



Optical Design Program

Руководство Пользователя

Версия 9.0

Focus Software, Incorporated
P. O. Box 18228

Tucson, AZ 85731-8228 USA
Tel. (520) 733-0130

Fax. (520) 733-0135
ZEMAX@focus-software.com

www.focus-software.com

Примечание переводчика:
Новые адреса:

**ZEMAX Development
Corporation**

4901 Morena Blvd. Suite 207
San Diego, CA, 92117-7320 USA

Sales: (858) 490-2840

Support: (858) 490-2844

Fax: (858) 490-2836

E-Mail: sales@zemax.com
support@zemax.com

Web: <http://www.zemax.com>

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Глава 1

О документе	1
Что делает ZEMAX?	1
Чего не делает ZEMAX?	1
Получение технической поддержки	1
Системные требования	2
Инсталляция.....	2

ИНТЕРФЕЙС ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Глава 2

Введение	3
Типы окон	3
Операции в главном окне.....	3
Операции в окнах редакторов.....	4
Операции в графических окнах.....	4
Работа с текстовыми окнами.....	7
Работа с диалоговыми окнами.....	7
Прерывание выполнения длинных вычислений	8
Резюме используемых "горячих клавиш".....	8
Использование буфера обмена Windows	9

Об этом руководстве

ZEMAX доступен в трех различных вариантах: ZEMAX-SE (Стандартный вариант), ZEMAX-XE (Расширенный вариант), и ZEMAX-EE (Профессиональный вариант). Это руководство охватывает все три варианта, однако некоторые из функциональных возможностей уникальны.

Если функциональная возможность доступна и в ZEMAX-XE, и в ZEMAX-EE, но не доступна в ZEMAX-SE, то в руководстве, где она описывается, будет следующее сообщение:

! Эта возможность доступна только в ZEMAX-XE и ZEMAX-EE.

Если функциональная возможность доступна в ZEMAX-EE, но не в ZEMAX-XE или в ZEMAX-SE, то в руководстве, где описывается данная функция, будет следующее сообщение:

! Эта возможность доступна только в ZEMAX-EE.

Обратите внимание, что XE делает все, что делает SE плюс дополнительные возможности. Также, EE - дополнение к XE. Это руководство охватывает все три варианта ZEMAX.

ZEMAX® - зарегистрированная торговая марка Focus Software, Inc.

Что делает ZEMAX?

ZEMAX - программа, которая может моделировать, анализировать, и помогать в проектировании оптических систем. Интерфейс ZEMAX прост в использовании, и после небольшой практики можно научиться быстрому диалоговому проектированию. К большинству функциональных возможностей ZEMAX обращаются, выбирая опции в диалоговых окнах или опускающихся меню. Сочетания клавиш предусмотрены для быстрого управления или выбора пунктов меню. Это руководство предусматривает объяснение терминов, используемых в ZEMAX, описание процедур и описание доступных функциональных возможностей.

Чего не делает ZEMAX?

Ни программа ZEMAX, ни документация по ZEMAX не научат Вас, как проектировать оптические системы. Хотя программа и будет помогать Вам в проектировании и анализе оптических систем, все же основной проектировщик - Вы. Документация по ZEMAX - не обучающая программа по оптическому проектированию, терминологии или методологии. Техническая поддержка, доступная для пользователей ZEMAX включает в себя помощь по использованию программы, но не обучение фундаментальным принципам проектирования оптических систем. Если у Вас нет никакого опыта в оптическом проектировании, Вы можете почитать любую из доступных книг по данной тематике.

Главное, что ZEMAX не заменит хорошие технические навыки. Проект не должен считаться законченным, пока квалифицированный инженер не проверил вычисления, выполненные программой, чтобы убедиться, являются ли результаты разумными. Это особенно важно, когда предполагается реализация проекта, связанная с большими затратами. Ответственность инженеров состоит именно в проверке результатов расчетов ZEMAX.

Получение технической поддержки

Если у Вас есть вопросы об установке или использовании ZEMAX, пожалуйста, попробуйте следующее:

- 1) Посмотрите в оглавлении главу или раздел по интересующему Вас вопросу.
- 2) Check the index (at the back of this document) to see if it is referenced.
- 3) Посмотрите главу "Общие вопросы".
- 4) Посмотрите главу "The ZEMAX example files". (Файлы с примерами расчетов на ZEMAX).

Если Вы все же не нашли нужную информацию, Вы можете обратиться за технической поддержкой по телефону, факсу или по e-mail. Номера телефонов и адреса - на обложке данного Руководства.

Системные требования

Для установки ZEMAX необходимо: Windows 98, Windows 2000, или Windows NT; 64 Mb ОЗУ, 40 Mb свободного пространства на диске, CD-ROM, минимальное разрешение монитора 1024 x 768.

Примечание переводчика: здесь явный перебор.

Инсталляция

Перед установкой ZEMAX, пожалуйста, убедитесь в том, что все системные требования соблюдены.

Подключение "ключа"

ZEMAX защищен от копирования. Специальный "ключ" позволяет сделать только одну разрешенную копию. Подсоедините "ключ" к параллельному порту компьютера (порт для подключения принтера). Если Вы неправильно подключили "ключ", ZEMAX выдаст сообщение об ошибке.

Запуск ZEMAX

Программа инсталляции ZEMAX создаст новую группу программ. Для запуска ZEMAX щелкните два раза мышью по иконке.

Примечание переводчика: когда мы уже перевели эту главу, подумали: зачем НАШЕМУ пользователю все эти "ключи" и прочие девайсы. Хотели вовсе исключить ее. Но потом оставили, чтобы не нарушать сквозную нумерацию глав оригинала, и просто, чтобы текст не был слишком "сухим". Ибо, по нашему глубокому убеждению, даже самый серьезный технический текст должен содержать хоть что-нибудь освежающее для лучшего усвоения. Однако, чтобы не "перегнуть палку", главу все же пришлось сократить, исключив из нее пространные рассуждения о политике в отношении нарушителей основополагающего принципа "одноразового копирования".

Введение

Эта глава описывает понятия, используемые ZEMAX, и описывает некоторые сочетания клавиш для общих операций с окнами. ZEMAX удобен настолько, насколько Вы сможете изучить простые понятия непосредственно при пользовании программой. Для обучения пользованию ZEMAX шаг за шагом, см. главу "Программа Обучения".

Типы окон

В ZEMAX существуют различные типы окон, каждое из которых выполняет разные функции. Типы окон следующие:

Главное окно: Это окно имеет большую свободную область с заголовком, панелью меню и панелью инструментов сверху. Команды, доступные на этой панели меню вообще применяются к текущей оптической системе в целом.

Окна редакторов: существует шесть различных редакторов: Редактор данных линз (Lens Data Editor), Редактор функции качества (Merit Function Editor), Редактор мультikonфигураций (Multi-Configuration Editor), Редактор допусков (Tolerance Data Editor), только в ZEMAX-EE, Редактор дополнительных данных (Extra Data Editor) и Редактор непоследовательных компонентов (Non-Sequential Components Editor).

Графические окна: Эти окна используются, чтобы отобразить графические данные проектируемой системы, ход луча и графики MTF.

Текстовые окна: Текстовые окна используются для отображения текстовых данных типа данных задания, коэффициентов aberrаций и численных данных.

Диалоговые окна. Диалоги - это неизменяемые всплывающие окна. Диалоговые окна используются, чтобы изменить опции или значения полевых углов, длин волн, апертур и типов поверхностей. Также они широко используются для изменения опций в графических и текстовых окнах, чтобы, например, изменить число лучей на графике проектируемой системы.

Все окна могут быть перемещены или изменены (кроме диалоговых) с использованием стандартной мыши или команд клавиатуры.

Операции в главном окне

Панель Главного окна имеет несколько пунктов меню. Большинство пунктов меню соответствует главам в этом руководстве. См. определенную главу по пользованию соответствующими командами, доступными в каждом пункте меню. Вот эти пункты:

Файл (File): используется, чтобы открыть (Open), закрыть (Close), сохранить (Save) и переименовать (Save as..) файлы.

Редакторы (Editors): используются для вызова любого из окон редакторов.

Система (System): используется для отображения свойств оптической системы в целом.

Анализ (Analysis). Пункт меню "Анализ" объединяет в себе группу функций, не изменяющих параметры линз, но вычисляющих их численные или графические характеристики. Эти функциональные возможности включают в себя графическое изображение оптической системы, aberrации лучей, различные диаграммы, вычисление дифракционных эффектов и т.д.

Инструменты (Tools). Инструменты – это средства, которые могут изменять параметры линз или выполнять расчет системы в целом. Они включают в себя оптимизацию, расчет точностей (допусков), подгонку под пробные стекла и многое другое.

Отчеты (Reports). Сообщения, документирующие расчет линз. Это возможности, включающие резюме данных о системе, резюме данных о поверхностях, и отображают различные графики.

Макросы (Macros): используются, чтобы редактировать и выполнять ZPL-макросы.

Расширения (Extensions): обеспечивают доступ к ZEMAX расширениям, которые компилируют возможности, добавленные к ZEMAX.

Окно (Window): Выбирая из списка, открывает одно из используемых окон.

Справка (Help): Обеспечивается доступ к справочной документации.

Обычно большинство используемых опций меню имеет эквивалентные клавиши, которые значительно ускорят работу. Например, нажав Ctrl+Q можно выйти из ZEMAX. Сочетания клавиш ("горячие клавиши") перечислены рядом с опцией меню.

Удобна клавиша для переключения между окнами в пределах главного окна - Control+Tab. С помощью нее управление переходит к следующему окну в списке окон, поддерживаемых ZEMAX.

Главное окно отображает строку кнопок ниже строки меню. Эта строка кнопок используется для быстрого выбора общих операций. Все кнопки представляют функции, доступные в меню. Выбор вынесенных в строку кнопок может быть изменен в меню Файл (File), диалоговом окне Параметры (Preferences), на вкладках панели кнопок (Buttons). На этих вкладках диалогового окна кнопки определяются трехбуквенным обозначением. Рекомендуется разрешающая способность экрана 1024x768 или выше для просмотра кнопок.

Операции в окнах редакторов

Окна Редакторов используются, прежде всего, для ввода параметров линз и функции оптимизации (merit function). Каждый редактор подобен электронной таблице, со строками и столбцами. Пересечение строки и столбца формирует ячейку. Если редактор - активное окно (с подсвеченным заголовком), тогда одна из ячеек будет подсвечена или инвертирована. Эта ячейка называется активной ячейкой и является "центром ввода данных". Обратный (или негативный) цвет ячейки называется курсором, хотя это - не курсор в обычном смысле.

Наличие "центра ввода" данных означает, что любые данные, вводимые с клавиатуры, будут записаны в активной ячейке. Исключения - команды управления типа курсорных клавиш или других комбинаций клавиш, которые адресованы непосредственно главному окну. Для того, чтобы изменить данные в активной ячейке, просто вводят новые данные и нажимают клавишу ENTER. Чтобы добавить значение в ячейку, введите знак "плюс" и затем приращение, затем нажмите ENTER. Например, чтобы изменить величину от 12 до 17, введите "+5", и нажмите ENTER. Также работают символы умножения и деления (""). Чтобы вычесть значение, введите знак "минус", нажмите пробел и введите значение, которое нужно вычесть. Пробел требуется, чтобы отличить вычитание от простого ввода отрицательного числа. Для того, чтобы изменить часть содержания ячейки без повторного ввода полного значения, сначала выделяют ячейку, затем нажимают "back space" или F2. Курсорные клавиши, и клавиши "home" и "end" можно использовать, чтобы передвигаться в пределах ячейки для редактирования. Мышь может также использоваться, чтобы выбирать и заменять части текста. Как только изменения сделаны, нажатие ENTER завершит редактирование и оставит курсор на той же ячейке. Нажатие курсорных клавиш "вверх", "вниз" также завершит редактирование и соответственно переместит курсор. Нажатие "Tab" или "Shift" завершит редактирование и переместит курсор вправо или влево.

Чтобы прервать редактирование любой ячейки, нажмите клавишу "escape".

Клавиши курсора "влево", "вправо", "вверх" и "вниз" переместят курсор в соответствующем направлении. При одновременном нажатии клавиш CTRL и клавиш курсора "влево", "вправо", "вверх" и "вниз", редактор отображает одну страницу в соответствующем направлении. Клавиши Tab и Shift - также перемещают курсор вправо и влево.

"Page Up" и "Page Down" перемещают курсор на один экран за одно нажатие. "Ctrl+Page Up" и "Ctrl+Page Down" перемещают курсор вверх и вниз текущего столбца. Клавиши "Home" и "End" переместят курсор в первую строку первого столбца и последнюю строку первого столбца, соответственно. CTRL+ home и CTRL+end - переместит курсор на первую и последнюю строку последнего столбца, соответственно.

Одинарный щелчок по любой ячейке переместит курсор в эту ячейку. Двойной щелчок по ячейке вызовет диалоговое окно для этой ячейки, если оно существует. Щелчок правой кнопкой мыши также вызовет диалоговое окно для этой ячейки.

Операции в графических окнах

Графические окна имеют следующие пункты меню:

Update (Обновление, модификация) - повторное вычисление данных, отображенных в окне текущими параметрами настройки.

Settings (Параметры настройки) - вызывает диалоговое окно, которое управляет опциями этого окна.

Print (Печать) - печатает содержание окна.

Window (Окно) - Подменю окна:

Annotate: См. раздел "Использование функции "Аннотация".

Подпункты меню Annotate:

Line (Линия) - чертит отдельную линию в графическом окне.

Text (Текст) - подсказки и текст в графическом окне.

Box (Блок) - изображает рамку в графическом окне.

Edit (Редактирование) - позволяет проводить расширенное редактирование аннотаций.

Copy Clipboard (Буфер обмена) - копирует содержание окна в буфер обмена Windows. См. следующий раздел.

Export (Экспорт) - экспортирует отображенный график как Windows Metafile, BMP или JPG - файл.

Lock Window (Заблокированное окно). Если выбран этот пункт, окно будет преобразовано в "статическое" окно, чьи данные не могут изменяться. Содержание окна может быть напечатано, скопировано в буфер обмена, или сохранено в файле. Эта функциональная возможность предназначена для сравнения результатов различных файлов линз. Как только окно заблокировано, оно не может быть модифицировано (update), и, поэтому, любые новые файлы линз, которые впоследствии загружаются, могут быть проанализированы в сравнении с результатами заблокированного окна. Как только окно заблокировано, его нельзя разблокировать. Для того, чтобы повторно вычислять данные в окне, оно должно быть закрыто и открыто другое окно.

Clone (Аналог) - выбор этого пункта откроет новое окно, чьи параметры настройки и отображенные данные изначально идентичны текущему окну. Эта функция полезна, чтобы создать новое работающее окно с параметрами настройки первоначального окна. Имитированное окно действует подобно любому другому окну после того, как оно создано, так что оно может быть модифицировано или иметь свои параметры настройки, изменяемые независимо от первого окна.

Aspect Ratio (Соотношение высота-ширина) - может быть выбрано 3 x 4 (высота/ширина) по умолчанию, или 3 x 5, 4 x 3, или 5 x 3. Заданное по умолчанию соотношение может быть установлено на вкладке "Graphics", "File", диалогового окна "Preferences".

Active Cursor (Активный курсор) - активный курсор отображает (в области заголовка окна) значения координат, на которые курсор указывает в данный момент времени. На большинстве графиков XY-типа, смысл отображенных значений очевиден. На некоторых графиках, типа 3-х мерных, отображенное изображение - проекция 3-х мерного изображения предмета на плоскость. Проектирование изображения сделало бы координатные данные, отображенные активным курсором, менее значимыми, если бы изображение вращалось. Не вся графика поддерживает активный курсор. Активный курсор по умолчанию "выключен", но может быть включен, посредством выбора этой опции меню. Активный курсор может быть установлен, чтобы автоматически быть включенным или выключенным, когда создается новое графическое окно.

Configuration (Конфигурация) - выбирает текущую или любую определенную пользователем конфигурацию для данных, которые будут отображены. Значение по умолчанию - "текущее", т.е. данные в окне отображены для активной конфигурации. Некоторые окна анализа, типа 3D-layout, Report Graphics и Spot Diagrams, позволяют выбрать одну или более конфигураций независимо.

Overlay - предоставляет список всех открытых графических окон; любое из них может быть выбрано для отображения с текущими данными. Эта функция полезна для сравнения двух подобных графиков или видов, чтобы можно было обнаружить мелкие отличия.

Text (Текст) - отображает список текстовых данных в новом окне. Не все графические окна поддерживают эту опцию.

Zoom (Изменение размера окна) - управляет изменением масштаба изображения отдельных частей графиков. См. ниже.

Пункты подменю Zoom:

In: увеличение 2 крата.

Out: уменьшение 2 крата.

Last: Восстанавливает предыдущий масштаб увеличения.

Unzoom: Восстанавливает полный вид графика.

В графических окнах возможны два варианта работы с мышью:

Двойной щелчок в любом месте графического окна приведет к обновлению данных. Это аналогично выбору "Update". Щелчок правой клавишей мыши в любом месте графического окна вызовет диалоговое окно "Settings".

Использование функции "Аннотация".

Существует несколько путей снабдить графики различными примечаниями пользователя в виде рамок, линий и текста. Простейший способ - выбрать "Annotate" в меню любого графического окна, затем выбрать "Line", "Text", или "Box". Для того, чтобы начертить линию, выбирают пункт меню "Line", затем в начале линии нажимают левую клавишу мыши и, удерживая ее в нажатом состоянии, наводят перекрестие в предполагаемый конец линии, затем отпускают клавишу. Аналогично можно начертить на экране рамку. Для того, чтобы добавить текст в окно, выбирают "Annotate", "Text". Появится диалоговое окно ввода текста. Впечатайте требуемый текст, щелкните на "ОК", затем щелкните на том месте окна, где должен быть написан текст.

Для более точного контроля над местоположением линий и текста, а также для контроля за шрифтом, и возможностью добавлять более сложные аннотации, выбирают в меню "Annotate", "Edit". Появится редактор аннотаций, который состоит из простого текстового редактора и нескольких кнопок. Есть также отдельное поле отметки (checkbox) для предоставления или отключения функции аннотации для графика. Текстовое поле редактора используется, чтобы ввести текст аннотаций, которые нужно применить к графику. Для того, чтобы вставить новую линию, используйте сочетание клавиш Ctrl +Enter.

Есть несколько поддерживаемых команд, каждая с определенным синтаксисом:

ТЕКСТОВАЯ "строка" x y angle fontx fonty

Команда "TEXT" впишет любой текст в месте, определенном параметрами x и y, под углом в градусах, заданным параметром "angle", используя установленный шрифт, чья ширина и высота задаются fontx и fonty. Координаты приводятся в нормализованных единицах, где левый край графика имеет координату x = 0.0, правый край x = 100.0, нижний край - y = 0.0, и верхний край - y = 100.0. Оригинал размещается в нижнем левом углу экрана. fontx и fonty - в произвольных единицах. Угол, fontx, и значения fonty могут быть заданы в безразмерных единицах, и затем, заданные по умолчанию значения будут использоваться.

LINE x1 y1 x2 y2

Команда LINE рисует прямую линию от x1, y1 к x2, y2. Единицы и координаты - как описано для x и y в описании команды TEXT.

BOX x1 y1 x2 y2

Команда BOX рисует рамку с противоположными углами от x1, y1 к x2, y2. Единицы и координаты - как для x и y в описании команды TEXT.

ELLIPSE x y rx ry

ELLIPSE рисует эллипс, с центром в x, y с полушириной gx и полувысотой gy. Если gy тот же, что и gx или, если gy опущен, получается круг радиуса gx.

Есть также несколько кнопок в диалоговом окне аннотации:

OK: подтверждение аннотации в том виде как она отображена и выход.

Cancel (Отмена): возвращение назад к последним аннотациям и выход.

Save (Сохранение): открывает "Сохранить как", где может быть указано имя файла. Аннотации сохраняются в названном пользователем файле.

Load (Загрузка): открывает "Загрузка". Выберите папку, где находится файл, содержащий аннотации, который и должен быть загружен.

Reset (Сброс): Очищает буфер редактора.

Help (Справка): Вызывает функцию встроенной подсказки.

Использование "прокрутки" и увеличения

Любое графическое окно может быть "прокручено" влево, вправо, вверх и вниз или изменено в масштабе. Чтобы активировать режим "прокрутки" или изменения масштаба изображения, выбирают любое графическое окно ZEMAX, затем щелкают левой кнопкой мыши и удерживают ее нажатой 1/2 секунды в любом месте окна. Курсор изменится со стрелки на перекрестие. Теперь переместите мышь вниз и вправо, чтобы определить прямоугольник желаемого размера, он накроет область, которую надо увеличить. Теперь, отпустите левую кнопку мыши. Выбранная область будет увеличена. Чтобы "прокрутить" изображение, перетащите мышью бегунки прокрутки на краях окна. "Прокрутка" осуществляется только после того, как график был изменен в масштабе. Чтобы восстановить первоначальный размер графика, выберите Zoom Unzoom в меню графического окна.

"Горячие клавиши" поддерживаются при использовании "прокрутки" и изменении масштаба изображения. См. таблицу в разделе "Резюме используемых "быстрых" клавиш" этой главы.

Работа с текстовыми окнами

Текстовые окна имеют следующие пункты меню:

Update (Обновление): повторно вычисляются данные, отображенные в окне с текущими параметрами настройки.

Settings (Параметры настройки): вызов диалогового окна, которое управляет опциями окна.

Print (Печать): печать содержания окна.

Есть пять подпунктов меню текстовых окон:

Copy Clipboard (Буфер обмена): копирует содержание окна в буфер обмена Windows. См. следующий раздел.

Save Text (Сохранить текст): сохраняет отображенные текстовые данные в файле ASCII.

Lock Window (Окно заблокировано): Если выбран этот пункт, окно будет преобразовано в "статическое", чьи данные не могут изменяться. Содержание заблокированного окна может быть напечатано, скопировано в буфер обмена или сохранено в файле. Приложение этой функции - сравнение результатов разных файлов. Как только окно заблокировано, оно не может быть модифицировано и его нельзя разблокировать. Чтобы повторно вычислить данные в окне, оно должно быть закрыто, и открыто другое окно.

Clone (Аналог): выбор этого пункта откроет новое окно, чьи параметры настройки и отображенные данные первоначально идентичны текущему окну. Эта возможность полезна, чтобы создать новое окно, работающее с параметрами настройки первоначального окна. Имитируемое окно действует подобно любому другому окну после того, как оно создано, так что оно может быть модифицировано или иметь параметры настройки, изменяемые независимо от первого окна.

Configuration (Конфигурация): выбор текущей или любой другой конфигурации для данных, которые будут отображены. Значение по умолчанию - "текущее", т.е. данные в окне отображены для активной конфигурации.

Использование мыши:

Двойное нажатие где-нибудь в пределах окна, обновит его содержание. Это то же самое, что выбор "Update".

Щелчок правой кнопкой мыши где-нибудь в пределах окна вызовет диалоговое окно "Settings".

Работа с диалоговыми окнами

Большинство диалоговых окон устроены просто. Обычно есть кнопки "OK" и "Cancel" (отмена), которые являются общими для диалоговых окон Windows.

Analysis - функции, типа графиков аберраций лучей, имеют диалоговые окна, которые позволяют выбирать различные опции. Все эти диалоговые окна имеют шесть кнопок:

OK: повторно вычисляются и отображаются данные с выбранными в настоящее время опциями.

Cancel (Отмена): возвращение к выбранным прежде, чем было вызвано диалоговое окно, опциям, без повторного вычисления данных.

Save (Сохранение): сохраняет выбранные в настоящее время опции для использования по умолчанию в будущем. См. ниже.

Load (Загрузка): загружает заданные по умолчанию значения, которые были предварительно сохранены. См. ниже.

Reset (Сброс): возврат к "первоначальным значениям по умолчанию".

Help (Справка): вызывает систему помощи ZEMAX. Отображенная справочная страница содержит информацию об опциях активного диалогового окна.

Кнопки Save и Load имеют подобные функциональные возможности. Когда нажаты Save или Load, параметры настройки сохраняются для текущего файла, также как и для всех файлов без определенных параметров настройки. Например, если загружена оптическая система "А", и число лучей на графике установлено равным 15, затем нажата Save, новое заданное по умолчанию числа лучей для "А" будет 15. Любые вновь созданные файлы или старые файлы без собственных параметров настройки, также будут использовать "15" как новое значение по умолчанию. Теперь предположим, что загружена следующая система линз "В", число лучей заменено на 9, а затем снова нажата Save. Для "В", и всех систем, которые не имеют, никаких собственных параметров настройки, 9 будет новым значением по умолчанию. Однако, оригинал "А" сохранит установку 15, потому что этот файл имеет собственные параметры настройки.

Save и Load сохраняют частные параметры настройки в файле с тем же самым названием, но с расширением CFG вместо ZMX. Никакие данные линз не сохранены в CFG файле, только определяемые пользователем параметры настройки для каждой функции анализа.

Другие опции, которые появляются в диалоговых окнах, могут быть выбраны, используя клавиатуру или мышь. Для управления с клавиатуры, используйте комбинации клавиш Tab и Shift+Tab, чтобы двигаться от опции к опции. Клавиша "Пробел" может использоваться, чтобы переключить выбранный в настоящее время поле отметки (checkbox). Клавиши курсора могут использоваться для выбора пунктов в пределах падающего списка. Нажатием первой буквы вводимого текстового символа из падающего списка можно ввести весь символ.

Прерывание выполнения длинных вычислений

Некоторые инструментальные средства ZEMAX могут требовать относительно большого времени вычисления. Например, оптимизация, глобальная оптимизация и tolerancing могут выполняться от нескольких секунд до многих дней (**прим. перев – крепитесь!**). Чтобы закончить выполнение этих процедур, нужно нажать кнопку "Terminate". После того, как эта кнопка нажата, ZEMAX корректно выходит из вычисления и возвращает управление главной программе. Обычно, результаты прерванных вычислений недоступны и не отображаются. Некоторые функции анализа, типа MTF и анализа изображения при определенных обстоятельствах вычисляются долго. Например, сложные функции MTF или анализ изображения с большой плотностью лучей, требуют большего времени вычисления. Однако функции анализа не отображают состояние вычислений, и нет кнопки выхода, потому что функции анализа отображают их вывод непосредственно в окне. По этой причине, используется клавиша "Escape", чтобы закончить длинные вычисления анализа.

Клавиша выхода закончит MTF, PSF и другие вычисления. Если нажать "Escape", управление вернется к главной программе (может потребоваться 1 или 2 секунды) и данные, отображенные в окне, будут неверными. Для функции анализа изображения, "Escape" закончит рассмотрение новых лучей, однако, лучи, которые уже были прослежены, будут отображены, и данные этих лучей точны, хотя и неполны.

Резюме используемых "горячих клавиш"

Сочетания клавиш для ZEMAX

<u>Действие</u>	<u>Результат</u>
Ctrl + Tab	Перемещение из окна в окно.
Ctrl + буква	Это сочетание используется многими инструментальными средствами и функциями ZEMAX. Например, Ctrl+L (L – layout) вызывает 2D изображение оптической системы. Все сочетания клавиш перечислены рядом с пунктами меню.
F1..F10	Функциональные клавиши также используются как "горячие клавиши" многих функций. Все сочетания клавиш перечислены рядом с пунктами меню.
Backspace	Когда окно редактора активировано, подсвеченная ячейка может быть отредактирована, с использованием клавиши возврата на один символ назад. Как только эта клавиша нажата, мышь и курсорные клавиши "вправо-влево" могут использоваться для редактирования.
Двойное нажатие левой клавиши мыши	Если курсор мыши находится в пределах любого графического или текстового окна, двойное нажатие на левую клавишу приведет к повторному вычислению и обновлению графики. Это то же самое, что и выбор Update. Для окон редакторов, вызывается диалоговое окно "solves".
Нажатие правой клавиши мыши	Если курсор мыши находится в пределах любого графического или текстового окна щелчок правой клавишей вызовет блок параметров настройки для этого окна. Это то же самое, что и выбор Settings. Для окон редакторов, вызывается диалоговое окно "solves".

Tab	Перемещает курсор в следующую ячейку в окне редактора , или на следующее поле в диалоговых окнах.
Shift + Tab	Перемещает курсор в предыдущую ячейку в окне редактора или на предыдущее поле в диалоговых окнах.
Home/End	В таблицах редакторов курсор перемещается в начало таблицы влево-вверх/влево-вниз текущего редактора. В текстовых окнах курсор перемещается вверх/вниз окна. В графических окнах происходит увеличение/отмена увеличения.
Ctrl + Home/End	В таблицах редакторов курсор перемещается в начало таблицы вправо-вверх/вправо-вниз текущего редактора. В графических окнах происходит возврат к предыдущему увеличению/отмена увеличения
Cursor Key (Left, Right, Up, Down)	В таблицах редакторов курсор перемещается на одну ячейку за одно нажатие. В 3-х мерных графических окнах курсор вращает вид вокруг осей X и Y.
Ctrl + Cursor Key (Left, Right, Up, Down)	В таблицах редакторов курсор перемещается на один экран за одно нажатие клавиш. В графических окнах изображения перемещаются вправо-влево, вверх-вниз.
Page Up/Down	В таблицах редакторов курсор движется вверх или вниз на один экран за одно нажатие. В 3-х мерных графических окнах вид вращается вокруг Z.
Ctrl + Page Up/Down	В таблицах редакторов курсор перемещается в начало или в конец столбца.

Сочетания клавиш для WINDOWS

Alt + Tab	Переключение между всеми приложениями, выполняющимися в настоящее время. Чрезвычайно полезно для быстрого перемещения между ZEMAX и другими приложениями.
Ctrl + Esc	Вызывает список программ Windows. Список программ позволяет выбрать любую программу из перечисленных.
Alt	Выделяет строку главного меню текущего приложения.
Alt + letter	Выбирает опцию меню, соответствующую букве названия пункта меню. Например, Alt + F выбирает опцию меню "File".

Tab	Перемещение в следующую опцию или поле.
Shift + Tab	Перемещение в предыдущую опцию или поле.
Пробел	Переключает режимы "вкл" или "выкл".
Enter	Эквивалентно нажатию выделенной кнопки или настройкам "по умолчанию" в диалоговом окне.
Letter	Нажим первой буквы названия пункта меню в падающем списке эквивалентен выполнению этого пункта. Эта буква в названии пункта подчеркнута.

Использование буфера обмена Windows

Одна из наиболее полезных функций Windows - буфер обмена. Буфер обмена отводит местов памяти для графики и текста. Преимущество использования буфера обмена то, что фактически все программы, работающие под Windows, могут импортировать или экспортировать файлы в буфер обмена.

Так как ZEMAX прежде всего используется, чтобы произвести графические и текстовые данные, ZEMAX поддерживает только экспорт в буфер обмена. Как только желаемые данные скопированы в буфер обмена, очень просто для любого другого приложения, типа текстового или графического редактора или настольной издательской системы, отыскать данные. Например, графика в этом руководстве была создана в ZEMAX, скопирована в буфер обмена и затем вставлена в программу настольной издательской системы из буфера обмена.

Экспортировать из ZEMAX графику и текст в буфер обмена очень просто. Выберите графическое или текстовое окно, затем выберите Window, Copy Clipboard. Ничего не появится (передача данных чрезвычайно быстра), однако данные будут теперь доступны другим приложениям.

Чтобы теперь получить данные из буфера обмена для их обработки каким-либо приложением, запустите это приложение, и выберите "Вставить" (Paste), обычно в меню "Правка" (Edit) этого приложения.

Некоторые приложения Windows не могут импортировать ZEMAX графику, даже если они правильно отражаются в окне просмотра буфера обмена. В этом случае, следует использовать опцию "Export Metafile", описанную в разделе "Операции с графическими окнами" в этой главе. Как только metafile создан, большинство приложений Windows может его импортировать.

Глава 3

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Введение

Эта глава описывает терминологию, используемую в данном руководстве. Большинство терминов ZEMAX используются обычно в прикладной оптике, однако могут быть некоторые различия.

Активная конфигурация

Активная конфигурация - конфигурация, отображаемая в настоящее время в редакторе. Подробно - см. главу "Мультikonфигурации".

Угловое увеличение

Угловое увеличение - это отношение угла главного луча в пространстве изображений к углу главного луча в пространстве предметов. Углы измерены в паракиальном приближении.

Аподизация

Термин "аподизация" относится к форме распределения освещенности во входном зрачке системы. По умолчанию, зрачок всегда освещается однородно. Однако, иногда зрачок должен иметь неоднородное освещение. Для этой цели, ZEMAX поддерживает аподизацию зрачка, которая состоит в изменении освещенности по зрачку.

Поддерживается три типа аподизации зрачка: равномерная, Гауссова, и тангенциальная. Для каждого типа (кроме равномерного), фактор аподизации определяет закон изменения амплитуды в зрачке. См. обсуждение типов и факторов аподизации в главе "Системное Меню".

ZEMAX также поддерживает определяемые пользователем типы аподизации, которые могут быть применены к любой поверхности. Поверхностная аподизация отличается от аподизации зрачка тем, что поверхности не должны располагаться в зрачке. Для получения дополнительной информации о поверхностных типах аподизации, см. главу "Типы поверхностей", раздел "Определяемая пользователем поверхность".

Задний фокальный отрезок

ZEMAX определяет задний фокальный отрезок как расстояние по оси Z от последней оптической поверхности до паракиальной плоскости изображения. Если нет других поверхностей, то задний фокальный отрезок определяется как расстояние от поверхности №1 до плоскости паракиального изображения.

Кардинальные плоскости

Термин "кардинальные плоскости" (точки) относится к тем специальным сопряженным плоскостям, где объекты и поверхности изображения имеют определенное увеличение. Кардинальные плоскости включают главные плоскости, где линейное увеличение +1, мнимые главные плоскости, где линейное увеличение -1, узловые плоскости, где угловое увеличение +1, и фокальные плоскости, где увеличение равно нулю для плоскости фокуса пространства изображений и бесконечно для плоскости фокуса в пространстве предметов.

Кроме фокальных плоскостей, остальные кардинальные плоскости сопряжены друг с другом. Так, например, задняя и передняя главные плоскости попарно сопряжены друг с другом и т.д. Если среда в которой находится оптическая система имеет тот же самый показатель преломления и в пространстве предметов и в пространстве изображений, узловые плоскости идентичны главным плоскостям.

ZEMAX пересчитывает расстояние с поверхности изображения или с первой поверхности на различные плоскости пространства предметов.

Главный луч

В отсутствие виньетирования и аббераций, главный луч определяется как луч, идущий из данной точки поля, через центр входного зрачка в плоскость изображения. Обратите внимание, что в отсутствие виньетирования и аббераций, любой луч, проходящий через центр входного зрачка также пройдет через центры апертурной диафрагмы и выходного зрачка. При наличии виньетирования, главный луч рассматривается как луч, проходящий через центр виньетируемого зрачка, что означает, что главный луч не обязательно может проходить через центр апертурной диафрагмы. Если есть абберации в зрачке (фактически всегда есть), то главный луч может проходить через центр параксиального входного зрачка (если режим "ray aiming" не используется) или через центр апертурной диафрагмы (если "ray aiming" используется), но, вообще, не через оба центра. Если есть виньетирование, которое децентрирует зрачок, то главный луч пройдет через центр виньетируемого входного зрачка (если "ray aiming" не используется) или через центр виньетируемой поверхности апертурной диафрагмы (если "ray aiming" используется).

Общепринято, что главный луч проходит через центр виньетируемого зрачка, в то время как основной луч проходит через центр невиньетируемой апертурной диафрагмы. ZEMAX никогда не использует основной луч. Большинство вычислений относятся к главному лучу или центроиду. Обратите внимание, что расчеты по центроиду, вообще говоря, лучше, потому что они базируются на совокупном эффекте всех лучей, фактически освещающих плоскость изображения, а не на произвольном выборе одного луча, который является "специальным".

Координатные оси

Оптическая ось - ось Z, с начальным направлением распространения от объекта, являющимся положительным направлением. Отражения могут впоследствии изменять направление распространения. Координатная система дополнена сагиттальной осью X, ориентированной "в монитор" и тангенциальной осью Y, расположенной вертикально. Направление распространения - первоначально слева направо, вниз относительно оси Z. После нечетного числа отражений (1, 3, 5 ..) луч распространяется в отрицательном Z направлении. Поэтому, все толщины после нечетного числа отражений должны быть отрицательными.

Ограниченная дифракцией система

Термин "ограниченная дифракцией" (система) подразумевает, что работа оптической системы ограничена физическим эффектом дифракции в большей степени, нежели недостатками самой системы (абберациями). Общеизвестно, что если система ограничена дифракцией, следует вычислять волновые абберации системы (оптическую разность хода). Если отношение пик/волна (OPD) - меньше чем одна четверть волны, то система считается ограниченной дифракционно.

Есть много других критериев определения, является ли система ограниченной дифракционно, такие как число Штреля, RMS, "standard deviation", "maximum slope error" и других. Возможны ситуации, когда по одному критерию система является ограниченной дифракционно, а по другому не является таковой.

На некоторых графиках ZEMAX, типа MTF или "Распределение энергии в точке" (*Diffraction Encircled Energy*), дифракционный предел автоматически показывается. Эти данные обычно вычисляются путем "прогона" лучей от контрольной точки в поле зрения. Для аподизации зрачка, виньетирования, относительного отверстия, апертур поверхностей и пропускания можно произвести расчеты, но оптическая разность хода приравнена к нулю, независимо от ее фактического значения.

Для систем, которые включают полевую точку с координатами $X=0$ и $Y=0$ началом отсчета считается осевая полевая точка. Если полевая точка (0, 0) не определена, то начало координат помещается в точку 1.

Толщина по краю

ZEMAX использует два различных определения термина "толщина по краю". Обычно, толщина по краю вычисляется для определенной поверхности:

$$E_i = Z_{i+1} - Z_i + T_i$$

Где Z_i - стрелка прогиба поверхности i , вычисленная по +у-полудиаметру поверхности i , Z_{i+1} - стрелка прогиба поверхности $i+1$ вычисленная по +у-полудиаметру поверхности $i+1$, T_i - толщина по центру.

Обратите внимание, что толщина по краю обычно вычисляется для +у линейной апертуры, которая может не совпадать с x- апертурой, если поверхность не является поверхностью вращения вокруг оси Z.

Полудиаметры i -ой и $i+1$ -ой поверхностей, вообще говоря, отличаются. Однако ZEMAX все текущие вычисления толщины по краю производит строго по полудиаметру первой поверхности, для обеих поверхностей.

Полудиаметр второй поверхности не используется, хотя стрелка и форма поверхности учитываются.

Исключением является случай, когда толщина вычисляется в режиме "solve". Тогда учитываются полудиаметры обеих поверхностей.

Эффективный фокальный отрезок

Расстояние от задней главной плоскости до параксиальной плоскости изображения, когда предмет находится в бесконечности. Основные вычисления положения плоскости всегда основаны на данных параксиального луча. Эффективный фокальный отрезок всегда рассчитывается для системы в воздухе ($n=1.0$), даже если показатель преломления среды пространства изображений отличен от 1.

Диаметр входного зрачка

Параксиальное изображение апертурной диафрагмы в пространстве предметов.

Положение входного зрачка

Параксиальное положение входного зрачка относительно первой поверхности системы, но не поверхности объекта. Первая поверхность системы - всегда поверхность с номером 1, а поверхность объекта является поверхностью с номером 0.

Диаметр выходного зрачка

Параксиальное изображение апертурной диафрагмы в пространстве изображений.

Положение выходного зрачка

Параксиальное положение выходного зрачка относительно поверхности изображения.

Дополнительные данные

Дополнительные данные используются, чтобы определить некоторые нестандартные типы поверхностей. Подробнее см. раздел "Дополнительные данные" в главе "Типы поверхностей".

Полевые углы и высоты

Полевые точки могут быть определены углами и высотами предмета (для систем с конечным сопряжением), либо параксиальными или реальными высотами изображения.

Полевые углы - всегда измеряются в градусах. Углы измерены относительно оси Z пространства предметов и параксиального положения входного зрачка на оси Z пространства предметов. Положительные полевые углы подразумевают положительный наклон луча в этом направлении, и таким образом относятся к отрицательным координатам предмета.

ZEMAX преобразовывает X и Y полевые углы к направляющим косинусам луча по следующим формулам:

$$\text{tg } \Theta_x = -\frac{l}{n}$$

$$\text{tg } \Theta_y = -\frac{m}{n}$$

$$l^2 + m^2 + n^2 = 1$$

где l, m, и n есть x, y, и z направляющие косинусы.

"Плавающая" апертура

"Плавающая" апертура - один из системных типов апертуры, поддерживаемых ZEMAX. Это означает, что положение входного зрачка, числовая апертура в пространстве предметов, F/# в пространстве, изображений и апертурная диафрагма определены, если хотя бы один из этих параметров определен. Поэтому, установив радиус апертурной диафрагмы, и отпустив другие параметры системы, можно корректно задать апертуру системы. Особенно это удобно, когда апертурная диафрагма реальная и находится внутри системы.

Стекла

Марки стекол вводятся в столбец под заголовком GLASS ("Стекло"). Незаполненные ячейки этого столбца обозначают воздушные промежутки. Зеркальные поверхности могут быть обозначены словом MIRROR ("ЗЕРКАЛО"), хотя это название не будет появляться в каталоге стекла. Могут использоваться марки стекол, имеющиеся во встроенном каталоге, либо другие, предварительно введенные в этот каталог. Подробнее см. главу "Использование каталогов стекол".

Гексаполярные кольца

ZEMAX обычно выбирает модель (количество) лучей, участвующих в построении изображения при выполнении вычислений, типа диаграмм пятна. Эта модель лучей отражает размещение пучка лучей на входном зрачке. Гексаполярная конфигурация есть осе симметричное распределение пучка лучей. Она описывается числом колец вокруг центрального луча. Первое кольцо содержит 6 лучей, расположенных через каждые 60 градусов. Один луч находится в точке 0 на оси X зрачка. Второе кольцо имеет 12 лучей (общее количество - 19, включая нулевой луч в центре кольца). Третье кольцо имеет 18 лучей. Каждое последующее кольцо имеет на 6 лучей больше, чем предыдущее. Многие вычисления, требующие определения параметра выборки, такие как диаграммы пятна, используют число гексаполярных колец как удобное средство

определения числа лучей. Если выбран параметр - 5, то это не значит, что только 5 лучей будут использованы в расчете. Это значит, что будут использованы 5 массивов лучей, состоящих из: $1 + 6 + 12 + 18 + 24 + 30 = 91$ луч.

Фокальное отношение в пространстве изображений

Фокальное отношение в пространстве изображений является отношением парааксиального эффективного фокального отрезка, рассчитанного на бесконечном сопряжении к парааксиальному диаметру входного зрачка. Обратите внимание, что бесконечное сопряжение используется для вычисления этого параметра, даже если линза работает не с бесконечности.

Числовая апертура в пространстве изображений (NA)

Числовая апертура в пространстве изображений NA - это синус угла между парааксиальным главным лучом на оси и парааксиальным +у краевым лучом на оси, рассчитанным в определенном сопряжении для основной длины волны.

Единицы измерения параметров линз

Линзы - основные компоненты любой линзовой системы. Линзы характеризуются радиусами, толщинами, апертурами и другими параметрами, которые могут измеряться в миллиметрах, сантиметрах, дюймах или метрах.

Краевой луч

Краевой луч - луч, который проходит из центра предмета через край входного зрачка в плоскость изображения. При наличии виньетирования, ZEMAX определяет краевой луч, как луч, проходящий через край виньетированного входного зрачка. Если используется режим "ray aiming", то краевой луч проходит через край виньетированной апертурной диафрагмы. См. также Определение главного луча.

Максимальное поле

Отображает максимальный полевой угол в градусах, если выбран режим "угловое поле" (field angle), максимальную высоту предмета, если выбран режим "высота предмета" (object height) или максимальную высоту изображения, если выбран режим "высота изображения" (image height). Полевые режимы устанавливаются в диалоговом окне "Данные Поля" (Field Data), доступном в пункте меню "System".

Непарааксиальные системы

Термин "непарааксиальная система" относится к любой оптической системе, которая не может быть представлена расчетами по парааксиальному лучу. Это касается любой системы с наклонными или децентрированными поверхностями, голограммами, дифракционными решетками, светоделителями, элементами с градиентом показателя преломления и т.д. Большая часть теории оптических aberrаций была разработана для центрированных систем с преломляющими и отражающими поверхностями. Она включает в себя суммы Зейделя, данные Гауссова пучка, и фактически все основные характеристики, такие как фокусное расстояние, фокальное отношение, размер и положение зрачка. Все эти характеристики рассчитаны по парааксиальному лучу.

Если анализируемая система содержит любой из вышеперечисленных компонентов, то любым данным, вычисленным по парааксиальному лучу доверять нельзя.

Непоследовательный ход луча

Непоследовательный ход луча означает, что лучи следуют только по физически возможному пути, пока они не достигнут какой-либо поверхности. Тогда луч преломляется, отражается или поглощается, в зависимости от свойств данного компонента. Тогда луч изменяет свой путь. В непоследовательном ходе лучей они могут достигать любого компонента в любой последовательности или могут достигать тот же самый компонент неоднократно, в зависимости от геометрии и свойств системы. См. также Последовательный ход луча.

Нормализованное поле и координаты зрачка

Нормализованное поле и координаты зрачка часто используются и в программе ZEMAX, и в документации. Есть четыре нормализованные координаты: H_x , H_y , P_x , и P_y . Значения H_x и H_y - нормализованные полевые координаты; P_x и P_y - нормализованные координаты зрачка.

Нормализованное поле и координаты зрачка представляют собой точки с координатами, приведенными к единичному кругу. Линейный размер поля зрения (или высота предмета, если поле определено в линейной мере) используется, чтобы масштабировать нормализованные полевые координаты, а радиус входного зрачка используется, чтобы масштабировать нормализованные координаты зрачка. Например, предположим, что максимальная высота предмета - 10 мм. Это имело бы место, если выбраны 3 поля, например, в 0, 7, и 10 мм. Координата ($H_x = 0$, $H_y = 1$) относилась бы к лучу, который выходит из верхней точки предмета ($x = 0$ мм, $y = 10$ мм). Координата ($H_x = -1$, $H_y = 0$) относилась бы к лучу, который выходит из точки предмета с координатами ($x = -10$ мм, $y = 0$ мм). Зрачок масштабируется так же. Предположим, радиус входного зрачка (не диаметр) - 8 мм. Тогда ($P_x = 0$, $P_y = 1$) относится к лучу, который идет к краю входного зрачка. В плоскости входного зрачка, луч будет иметь координату ($x = 0$ мм, $y = 8$ мм).

Обратите внимание, что значения нормализованных координат должны быть всегда между -1 и 1, и что

$$H_x^2 + H_y^2 \leq 1, \quad P_x^2 + P_y^2 \leq 1$$

Преимущество использования нормализованных координат состоит в том, что некоторые лучи всегда имеют те же самые координаты, независимо от размера и положения предмета или входного зрачка. Например, краевой луч - луч, который проходит из центра предмета к краю входного зрачка ($H_x = 0$, $H_y = 0$, $P_x = 0$, $P_y = 1$) или главный луч, проходящий из края поля к центру зрачка (0,1,0,0).

Другое существенное преимущество этой системы состоит в том, что лучи, заданные в нормализованных координатах имеют те же значения при изменении размера и положения зрачка. Предположим, до оптимизации системы, Вы определяете набор лучей для вычисления функции оптического качества системы. Используя нормализованные координаты, тот же самый набор лучей будет работать неизменно, если размер и положение входного зрачка изменены во время оптимизации. Нормализованные полевые координаты работают, даже если полевые координаты определены в угловой мере. Например, предположим, что Вы выбрали углы у-поля 0, 7, и 10 градусов. Это подразумевает, что максимальный радиус поля в угловой мере - 10 градусов. Нормализованные полевые координаты $H_x = 0$ и $H_y = 1$ соответствуют х-полю 0 и у-полю 10 градусов. Координаты $H_x = -0.5$ и $H_y = 0.4$ соответствуют углу х-поля - 5 градусов и углу у-поля 4 градуса. Обратите внимание, что, даже если никакие х-углы не определены, Вы можете проследить лучи в этих полях, имеющие значения H_x отличные от нуля. Значения H_x и H_y всегда относятся к точкам в пределах круга, чей радиус определен максимальным полем. Если Вы определяете только одну полевую точку, с углом х-поля - 10 градусов, и у-поля - -6 градусов, то максимальное радиальное поле - 11.66 градусов, и H_x , и H_y будут тогда нормализованы к этому радиусу. Заметьте, что координаты нормализованы по полевым углам, если Вы определяете предмет в угловой мере. Если Вы используете линейную меру, тогда H_x и H_y нормализованы по высотам предмета.

Числовая апертура в пространстве предметов

Числовая апертура в пространстве предметов - это мера расхождения лучей, исходящих с поверхности предмета. Числовая апертура определяется как синус угла параксиального краевого луча в пространстве предметов. Краевой луч определяет границу конуса света, исходящего из точки предмета.

Parameter Data

Parameter data values используются, чтобы определить некоторые нестандартные типы поверхностей. Например, эти данные могут включать коэффициенты асферики, шаг дифракционной решетки, наклон или децентрировку поверхностей. Подробно об этом см. раздел "Parameter Data" в главе "Типы поверхностей".

Параксиальные и параосновные лучи

Термин "параксиальный", строго говоря, означает "около оси". Параксиальная оптика - оптика, которая хорошо описывается линейной формой закона Снеллиуса. Закон Снеллиуса:

$$n \sin \Theta = n' \sin \Theta'$$

Для малых углов он принимает вид:

$$n \Theta = n' \Theta'$$

Большее количество определений в оптике основано на предположении о линейности. Аберрации - отклонения от этой линейности, так что параксиальные свойства оптических систем часто рассматриваются как свойства системы в отсутствие аберраций.

Хотя есть многочисленные простые формулы для вычисления параксиальных характеристик, типа фокального отрезка, $F / *$, увеличения, и т.д., ZEMAX вообще не использует эти формулы. Внутренне, ZEMAX прослеживает "параосновные" лучи, которые являются реальным средством, использующим закон Снеллиуса в явном виде, т.е. лучи, идущие под малыми углами относительно основного луча, который является обычно осью или главным лучом.

Причина того, что ZEMAX использует "параосновные" лучи, а не параксиальные формулы - то, что много оптических систем включают в себя непараксиальные компоненты. "Непараксиальные" означает, что эти компоненты нельзя хорошо рассчитать в соответствии с обычной осевой теорией первого порядка. Они включают наклонные или децентрированные компоненты, и системы, использующие голограммы, дифракционные компоненты, асферику, и линзы с градиентом показателя преломления.

ZEMAX вычисляет много параксиальных параметров, и эти параметры должны использоваться с осторожностью, когда оптическая система имеет нестандартные компоненты. Часто, обобщение использования "параосновных" лучей приемлемо, но для необычных систем приближения первого порядка может оказаться недостаточно, чтобы адекватно описать свойства изображения.

Параксиальная высота изображения

Линейный размер изображения в соответствующих единицах измерения в параксиальной плоскости изображения.

Параксиальное увеличение

Линейное увеличение, это отношение параксиальной высоты изображения к высоте предмета. Параксиальное увеличение измеряется в параксиальной плоскости изображения. Значение - всегда ноль для систем с бесконечным сопряжением.

Параксиальное рабочее фокальное отношение

Параксиальное рабочее фокальное отношение определено как

$$W = \frac{1}{n \operatorname{tg} \Theta}$$

где Θ - угол параксиального краевого луча в пространстве изображений, и n - показатель преломления среды пространства изображений. Положение параксиального краевого луча определено в конкретном сопряжении. Для не центрированных систем этот параметр относится к осевому лучу и усреднен по зрачку. Параксиальное рабочее фокальное отношение является эффективным рабочим фокальным отношением в отсутствии аберраций.

Основная длина волны

Основная длина волны, измеренная в микронах, используется для вычисления большинства других параксиальных или системных параметров, например положения зрачка.

Радиусы

Радиус кривизны каждой поверхности, измеренный в соответствующих единицах. Принято, что радиус является положительным, если центр кривизны находится справа от поверхности, и отрицательным, если центр кривизны находится слева от поверхности. Это не зависит от количества отражений в системе.

Сагиттальная и меридиональная плоскости

Термин "меридиональная" относится к данным, вычисленным в меридиональной плоскости, которая является плоскостью, заданной оптической осью и полевой точкой в пространстве предметов (плоскость положения главного луча). Сагиттальная плоскость - плоскость, ортогональная меридиональной, которая также пересекает оптическую ось. Для типовых центрированных систем с полевыми точками, лежащими на оси Y , меридиональная плоскость - плоскость YZ , а сагиттальная плоскость - ортогональная плоскости YZ , проходящая также через оптическую ось.

Проблема с этим определением состоит в том, что оно не может быть распространено на не центрированные системы. По этой причине, ZEMAX определяет меридиональную плоскость, как плоскость YZ , независимо от того, где находится полевая точка, и меридиональные характеристики всегда вычисляются по оси Y в пространстве предметов. Сагиттальная плоскость ортогональна плоскости YZ , и пересекает центр входного зрачка как обычно, а сагиттальные характеристики всегда вычисляются по оси X в пространстве предметов.

Выводы из этих определений следующие. Если система осе симметричная, то полевые точки по оси Y вполне определяют систему, отображая ее свойства и именно эти точки должны использоваться. В этом случае определение двух различных плоскостей избыточно. Если система - не осе симметричная, то нет никакой оси симметрии, и выбор плоскостей произволен.

Полудиаметры

Размер каждой поверхности описан величиной полудиаметра. Параметр по умолчанию - линейный размер апертуры, необходимый для того, чтобы пропустить все реальные лучи без виньетирования. Ввод значения в столбец "Semi-diameter" сопровождается символом "U", отображаемым рядом со значением полудиаметра.

"U" указывает, что полудиаметр определен пользователем. Эта установка отражает только положение линзы на оси, и не учитывает действительного хода луча через нее. Этот символ применяется в особенности к поверхности апертурной диафрагмы и поверхности изображения. Для того, чтобы отсечь ненужные лучи, используют факторы виньетирования, либо поверхностную апертуру.

Полудиаметры любых поверхностей для центрированных систем вычисляются очень точно до тех пор, пока поверхность не уменьшится до размеров каустики пучка лучей (обратите внимание, что обычно это происходит вблизи поверхности изображения). ZEMAX оценивает полудиаметры для осевых систем, прослеживая несколько крайних лучей зрачка. Для внеосевых систем, ZEMAX оценивает требуемые полудиаметры, используя либо заданное количество лучей, либо последовательную методику, которая работает медленнее, но более точно. Подробности см. в главе "Системное Меню". Важно, что "автоматический" полудиаметр ZEMAX вычисляет вообще очень хорошо.

Некоторые поверхности могут иметь настолько большую апертуру, что координата z поверхности становится определенной неоднозначно, "размножается". Например, сильно вытянутый эллипс может иметь больше чем одну координату z для тех же самых координат x и y на поверхности. В случае сферических поверхностей, этот случай называется "гиперполусферическим", и ZEMAX использует этот термин, даже если поверхность - не сфера. Гиперполусферические поверхности обозначены звездочкой "*" в столбце "Semi-diameter". Такой полудиаметр внешнего края поверхности соответствует апертуре меньшей максимальной.

Последовательный ход луча

Последовательный ход луча означает, что лучи следуют от поверхности к поверхности в predetermined последовательности. ZEMAX нумерует поверхности последовательно, начиная с нуля для поверхности предмета. Первая поверхность после поверхности предмета - 1, затем 2, 3, и т.д. до поверхности изображения. Прохождение лучей последовательно означает, что луч выходит с поверхности 0, следует к поверхности 1, затем к поверхности 2, и т.д. Ни один луч не идет от поверхности 5 к поверхности 3, даже если физическое положение этих поверхностей делало бы этот путь возможным. См. также раздел "Непоследовательный ход луча".

Апертуры поверхностей

Поверхностные апертуры имеют круглую, прямоугольную, эллиптическую или крестообразную (звездообразную) формы, которые могут виньетировать лучи. Есть также определяемые пользователем формы поверхностных апертур и аподизаций; и "плавающая" апертура, которая является основанной для текущего значения полудиаметра. Поверхностная апертура не оказывает влияния на ход луча, если он не выходит за ее пределы. Поверхностные апертуры не оказывают никакого влияния на системную апертуру. Для получения дополнительной информации, см. главу "Меню редакторов", раздел "Определение поверхностных апертур".

Системная апертура

Системная апертура - относительное отверстие системы, диаметр входного зрачка (Entrance Pupil Diameter), числовая апертура (Numerical Aperture) или размер апертурной диафрагмы (Stop Size). Любого из этих 4 типов апертур достаточно для определения остальных трех типов апертур оптической системы. Системная апертура используется для определения диаметра входного зрачка в пространстве предметов, который, в свою очередь, используется, чтобы пропустить через систему все лучи. Системная апертура всегда круговая. Лучи могут быть виньетированы после прохождения через систему различными поверхностными апертурами. Может быть задана только одна системная апертура, в то время как поверхностных апертур может быть много.

Толщины

Толщины - относительное расстояние до следующей поверхности в соответствующих единицах. Толщины - не абсолютные, каждая из них - есть смещение от предыдущей поверхности вдоль оси Z.

Толщины всегда изменяют знак после зеркальной поверхности. После нечетного числа отражений, все толщины должны быть отрицательными. Это одно из положений правила знаков независимо от числа отражений или присутствия координатных разрывов. Этот основополагающий принцип не может обойтись без поворота координатной оси Z на 180 градусов.

Полное внутреннее отражение (TIR)

Термин "полное внутреннее отражение" относится к условию, когда луч падает под слишком большим углом относительно нормали к поверхности, чтобы быть преломленным в соответствии с законом Снеллиуса. Это обычно происходит, когда луч под большим углом выходит из среды с высоким показателем преломления в среду с более низким показателем преломления, например, из стекла в воздух. При последовательном ходе луча, лучи, претерпевающие полное внутреннее отражение, не учитываются и таким образом вносят ошибки в расчет. Физически, луч может отразиться от границы сред, но ZEMAX не рассматривает этот эффект в режиме последовательного хода луча. Для непоследовательного хода, лучи, претерпевающие полное внутреннее отражение учитываются должным образом.

Полная длина системы

Полная длина - длина оптической системы, измеренная как расстояние между "крайней левой" и "крайней правой" поверхностями. Вычисление начинается с поверхности 1. Толщина каждой поверхности между поверхностью 1 и плоскостью изображения рассматривается, игнорируя любые повороты осей координат. Поверхность, с наибольшей координатой z, является "крайней правой" поверхностью, в то время как поверхность с минимальной координатой z является "крайней левой" поверхностью. Полная длина системы лишь приблизительно соответствует реальному значению для внеосевых систем.

Факторы виньетирования

Факторы виньетирования - коэффициенты, которые описывают видимый размер входного зрачка и местоположение для различных полевых точек. ZEMAX использует четыре фактора виньетирования: VDX, VDY, VCX, и VCY. Эти факторы представляют децентрировку по оси x, децентрировку по оси y, сжатие по x, и сжатие по y, соответственно. Заданное по умолчанию значение всех четырех факторов - ноль, что указывает на отсутствие виньетирования.

И поле зрения, и входной зрачок оптической системы можно представить в виде кругов с единичным радиусом. Нормализованное поле и координаты зрачка, определенные ранее в этой главе, являются координатами этих двух единичных кругов. Например, координаты зрачка ($p_x = 0$, $p_y = 1$) относятся к лучу, который идет от некоторой точки поля к краю входного зрачка. Если нет никакого виньетирования в системе, ZEMAX проследит лучи, чтобы заполнить полностью входной зрачок во время большинства вычислений. Во многих оптических системах используют преднамеренное виньетирование. Это означает, что часть лучей преднамеренно "отсечена" не апертурной диафрагмой, а другими диафрагмами.

Есть две причины для введения виньетирования в оптическую систему. Во-первых, виньетирование уменьшает размер линз, особенно в широкоугольных системах. Во вторых, виньетирование может удалить часть лучей, которые были бы чрезмерно аберрированы. Виньетирование обычно увеличивает отношение F / D (затемняет изображение), но качество изображения может улучшиться, если лучи отсечены правильно.

Факторы виньетирования преобразуют входной зрачок для определенной полевой точки. Нормализованные координаты зрачка преобразуются согласно следующим соотношениям:

$$P_x' = VDX + P_x(1 - VCX) \text{ и } P_y' = VDY - P_y(1 - VCY)$$

Фактор VDX затемняет зрачок слева и справа, в то время как VCX делает зрачок большим или меньшим в x направлении. Аналогично для VDY и VCY. Обратите внимание, что, если факторы виньетирования равны нулю, координаты зрачка остаются неизменными. Факторы виньетирования обеспечивают удобный путь проектирования оптических систем, в которых используется виньетирование. Однако, есть ограничения к использованию факторов виньетирования, которые необходимо понять:

1) Некоторые функции ZEMAX позволяют рассматривать ход лучей от произвольных полевых точек, где факторы виньетирования не были назначены. Эти функции включают анализ изображения, оптимизацию, кривизну поля и дисторсию, RMS по полю, относительную освещенность, и др. Эти функции не могут обеспечить точность результатов для данных, вычисленных для полей, отличных от определенных. Для осе симметричных систем, или систем с полевыми точками на оси Y, ZEMAX интерполирует между смежными полевыми точками, чтобы оценить действие факторов виньетирования в промежуточных полевых точках. Для большинства оптических систем со значениями x-поля, ZEMAX использует самую близкую заданную полевую точку для определения факторов виньетирования для произвольной точки. Функции типа вычисления аберраций луча, MTF, диаграмм пятна, и заданной по умолчанию функции качества, используют только определенные поля и, поэтому дают абсолютно точные результаты.

2) Когда фактор виньетирования определен, задача проектировщика - обеспечить, чтобы лучи, прошедшие мимо зрачка были фактически виньетированы! Если фактор виньетирования используется, чтобы сократить размер линз, то линзы должны быть сделаны не больше, чем требуется для того, чтобы пропустить лучи, идущие через край зрачка. Если лучам, идущим за пределами виньетированной апертуры, позволяют пройти в реальной оптической системе, то работа линз не будет коррелировать с компьютерной моделью.

3) Идентичные или почти идентичные полевые координаты не могут быть определены с различными факторами виньетирования. Полевые координаты должны отличаться на $1E-06$ от максимальной координаты поля, если два соседних поля используют различные факторы виньетирования. Это требуется потому, что ZEMAX должен определить факторы виньетирования для любой координаты поля, но не только для определенных полевых точек; и идентичные полевые координаты с различными факторами виньетирования не имеют никакой физической интерпретации. Надлежащий путь установить эту сортировку системы состоит в том, чтобы использовать мультikonфигурации, и изменять факторы виньетирования через редактор мультikonфигураций.

Факторы виньетирования работают в режиме "ray aiming" и без его использования. Если "ray aiming" выключен, то паракиальный входной зрачок преобразуется согласно уравнениям, приведенным выше. Если "ray aiming" включен, то преобразование осуществляется в плоскости апертурной диафрагмы.

Одно из возможных приложений факторов виньетирования состоит в изменении аберраций в зрачке без использования этого режима. Это – широко применяемый прием, который используется, чтобы ускорить вычисление хода лучей в широкоугольных системах.

Факторы виньетирования могут быть заданы в диалоговом окне "Field Data". См. главу "Системное меню" для получения дополнительной информации. Факторы виньетирования могут быть также изменяемыми параметрами; см. главу "Multi-Configurations".

Длины волн

Длины волн всегда измерены в микронах. Длины волн вводятся в диалоговом окне "Wavelength Data". Подробнее см. главу "Системное меню".

Рабочее фокальное отношение

Рабочее фокальное отношение $F/\#$ определено как

$$W = \frac{1}{2n \sin \Theta'}$$

Где Θ' - угол краевого луча в пространстве изображений, и n - показатель преломления среды в пространстве изображений. Краевой луч определен на заданном сопряжении.

Для внеосевых систем, этот параметр усреднен по четырем лучам, идущим через верхний, нижний, левый и правый края виньетируемого зрачка. Среднеквадратичное значение числовой апертуры по этим четырем лучам, преобразуется затем к $F/\#$.

Рабочее фокальное отношение $F/\#$ является, вообще говоря, гораздо более полезной характеристикой, чем $F/\#$ в пространстве изображений, потому, что оно основано на реальных данных лучей в фактическом сопряжении линз. См. также определение для параксиального рабочего фокального отношения $F/\#$.

Если краевые лучи не могут быть прослежены (из-за aberrаций луча), тогда временно используется меньший зрачок, чтобы оценить рабочее фокальное отношение $F/\#$.

ГЛАВА 4 . УПРАЖНЕНИЯ.

Урок 5: мультikonфигурационный расширитель луча лазера

F: Что Вы будете изучать. Использование опции мультikonфигурации.

Этот пример предполагает, что Вы ознакомились в общих чертах с ZEMAX и понимаете, как выполнить основную диагностику оптической системы.

Предположим, что Вам нужно спроектировать расширитель луча для лазера, который работает на длине волны 1.053мкм. Диаметр входного зрачка - 100 мм, и выходной диаметр - 20 мм. На входе и выходе – коллимированный пучок. Это – легкая задача, если нет никакого ограничения на полную длину системы, однако, чтобы усложнить ее, мы добавим несколько ограничений:

- 1) Могут использоваться только две линзы.
- 2) Проект должен представлять собой трубу Галилея (без внутренней фокусировки).
- 3) Расстояние между линзами должно быть не больше, чем 250 мм.
- 4) Только 1 асферическая поверхность допускается.
- 5) Система должна быть проверена на длине волны 0.63мкм

Задача проекта включает не только исправление aberrаций, но и исполнение его для двух различных длин волн. Однако, система не используется на обеих длинах волн одновременно, и, поэтому, мы можем изменять параметры настройки в течение испытания. Чтобы начать проектирование, запустите ZEMAX. Вставьте несколько поверхностей и сделайте переменными их радиусы кривизны. Обратите внимание, что колонка "Focal Length" находится на несколько колонок правее колонки "Glass". Заголовок "Focal Length" появится только после того, как Вы измените тип поверхности со "Standard" на "Paraxial". Для краткости показаны не все колонки.

Начальный вид редактора LDE для расширителя луча лазера

Surf	Surface Type	Radius	Thickness	Glass	Focal Length
OBJ	Standard	Infinity	Infinity		
STO	Standard	Infinity √	10.000	BK 7	
2	Standard	Infinity √	250.000		
3	Standard	Infinity	5.000	BK 7	
4	Standard	Infinity √	10.000		
5	Paraxial		25.000		25.000
IMA	Standard	Infinity			

Обратите внимание на использование paraxial линзы, чтобы фокусировки коллимированного пучка. Установите толщину (thickness) и фокусное расстояние равными 25.00. Также, установите входной диаметр зрачка равным 100 и длину волны (только одну) -1.053 микрон. НЕ ДЕЛАТЬ: не вводите другую длину волны!

Толщины линз были установлены произвольно, но этого будет достаточно для наших целей. 250 мм - из-за требования п.3. Теперь выберите "Editors", "Merit Function". Редактор функции качества должен быть пуст, в нем есть только "BLNK", означающий неиспользованный операнд. На первой строке измените тип операнда на "REAY". Этот операнд будет использоваться, чтобы обеспечить требуемое сжатие луча 5:1. Введите "5" в графу

" Srf * " (это – поверхность, на которой мы хотим контролировать высоту луча) и 1.00 в графу Py. Введите в графу "target" (цель) цифру 10. Это даст нам коллимированный луч на выходе диаметром 20 мм. В графу "weight" введите величину 1.0. Теперь выберите "Tools", "Update"; Вы должны увидеть в колонке "value" 50. Это - радиус входного зрачка, потому что мы имеем параллельный пучок в этом месте.

Теперь из меню выбираем "Tools", "Default Merit Function". Выберите "Reset", затем измените "Start At" на 2, затем щелкните на ОК. Это добавит операнды 2 -го массива и предотвратит потерю уже введенных данных операнда REAY.

Теперь из главного меню выбирают "Tools", "Optimization", затем щелкают на "Automatic". Когда оптимизация закончится, щелкните на "Exit". Теперь из главного меню выбирают "Analysis", "Fans", "Optical Path". Вы должны увидеть график OPD, показанный на рисунке E5-1

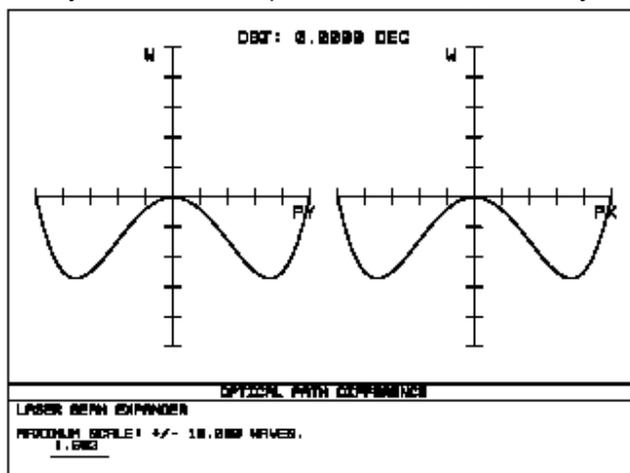


Рисунок E5-1.

Видно, что качество очень плохое, примерно 7 волн.

Аберрация, ограничивающая качество изображения - сферическая (ZEMAX, добавил дефокусировку, пытаюсь скомпенсировать ее), и к счастью, мы имеем очень эффективный путь устранения сферической аберрации. Переместите курсор до "conic" на поверхности 1, и сделайте этот параметр переменным через Ctrl-Z. Возвратитесь к оптимизации, и щелкните на Automatic. Функция качества должна резко уменьшиться. Теперь щелкните на "Exit", и обновите OPD. Теперь изображение ограничено дифракцией, с разумным эксцентриситетом. Удалите знак изменения на трех радиусах и эксцентриситете, нажатием Ctrl-Z в каждой ячейке. Прежде, чем идти дальше, сохраним файл, выбирая "File", "Save As". Введите имя MC1. ZMX для этой линзовой системы и щелкните на ОК. Вы можете открыть файл позже, если Вы сделаете ошибку в следующих немногих шагах. Убедитесь, что Вы удалили знаки изменения параметров.

Перейдите в диалоговое окно "Wavelength Data", выбирая "System", " Wavelengths". Измените длину волны с 1.053 на 0.6328, и щелкните на ОК. Снова активируйте OPD. Изображение ужасно из-за дисперсии стекла. Единственная аберрация - простая дефокусировка.

Чтобы исправить ее, мы можем отрегулировать интервал между линзами. Сделайте расстояние 250 мм на поверхности 2 переменным, затем выберите Tools, Optimization.

Вы должны увидеть только одну внесенную в список переменную. Выберете "Automatic". Функция качества должна уменьшиться. Щелкните на Exit, затем снова активируйте OPD. Система имеет аберрации приблизительно в одну длину волны на новой длине волны и на сопряженной. Удалите переменную, используя Ctrl-Z.

Мы теперь будем использовать опцию мультikonфигурации. Из главного меню, выберите Editors, Multi-configuration. Вставьте новую конфигурацию, выбрав Edit, Insert Config. Теперь двойным щелчком на первой колонке первого ряда, выбирают "WAVE" из падающего меню. В этом меню выберите "1" для "Wavelength #", затем щелкните на ОК. Это позволит нам определять различные длины волн для каждой конфигурации. Введите 1.053 под

" Config 1 " и 0.6328 под " Config 2 ". Теперь нажмите insert, чтобы добавить новый ряд в Multi Configuration Editor. Двойной щелчок на первой колонке, на новом ряде 1, затем выбирают "THIC " для типа операнда. " THIC " операнд позволит нам определять различную толщину для каждой конфигурации. Выберите "2" из "Surface" списка, и щелкните на ОК. Теперь введите 250 под " Config 1 ", и 250 под " Config 2 ". Эти "2" относятся к поверхности 2, так что мы определяем координату поверхности 2 как мультikonфигурационный параметр. Сделайте координату поверхности 2 в конфигурации 2 переменной, используя Ctrl-Z.

Теперь возвратимся к редактору функции качества. Выберите Tools , затем Default Merit Function. В появившемся диалоговом окне измените значение "Start At " на 1. Это заставит функцию качества начинать с 1-ой строки. Теперь щелкните на ОК. Это восстановит функцию качества для случая мультikonфигурации. Теперь REAY, введенный ранее, требует добавления к новой функции качества multi-config. В первой строке редактора функции качества, есть CONF операнд с 1 в колонке " Cfg * ". Этот операнд изменяет активную конфигурацию на 1. Под этой строкой следуют 3 OPDX операнда. Между CONF и первым OPDX, вставьте новую строку. Измените тип операнда на этой новой строке на "REAY". Введите "5" для Srf * (это - поверхность, на которой мы хотим контролировать высоту луча) и 1.00 для Ru. Введите в графу target цифру 10. Это даст нам коллимированный луч на выходе диаметром 20 мм. Любой операнд, внесенный в список под CONF 1 будет приписан этой конфигурации. Под CONF 2, никакой операнд не нужен, так как мы не можем иметь точно 5:1 сжатие луча на обеих длинах волн.

Теперь возвратимся к редактору данных линз, и сделаем переменными радиусы кривизны поверхностей 1, 2, и 4 , подобно тому, как в начале сессии. Также сделайте эксцентриситет на поверхности 1 переменным. Войдите в окно оптимизации. Обратите внимание, что 5 переменных активны (3 радиуса, 1 эксцентр, 1 мультikonфигурационный интервал). Теперь щелкните на Automatic, и когда оптимизация закончена, щелкните на Exit.

Теперь двойной щелчок на заголовке колонки " Config 1 " редактора мультikonфигурации, и активируется OPD. Заметьте, что качество превосходно на длине волны 1.053мкм. Теперь двойной щелчок на заголовке колонки "Config 2", и обновляется OPD (на сей раз для 0.6328мкм). Аберрации также хорошо исправлены. Обратите внимание, что редактор мультikonфигураций показывает эти два интервала, чтобы использовать их для двух длин волн. Сочетание клавиш Ctrl-A удобно для быстрого перехода между этими двумя конфигурациями.

Более сложные применения мультikonфигурации возможны, но процедура та же самая.

Урок 6: поворотные зеркала и разрыв координаты

F Что Вы будете изучать: лучшее понимание разрыва координаты, наклонные и децентрированные системы, поворотные зеркала. Большинство методов, описанных в этой обучающей программе автоматизировано с помощью функции "Add Fold Mirror", однако, здесь мы детально объясним эту процедуру для ручного ввода разрывов координаты.

Предыдущий урок показывал, как проектировать Newtonian телескоп. Важные пункты того урока:

1) Толщины всегда изменяют знак после зеркала. После нечетного числа зеркал, все толщины должны быть отрицательны. Это соглашение независимо от числа зеркал, или присутствия разрывов координаты.

2) разрывы координаты обычно бывают парными.

Этот урок покажет, как вручную добавить поворотные зеркала к простому сходящемуся пучку. Начнем с выбора File (Файл), New для того, чтобы вычислить все текущие данные линз. Функция "New" установит число полей, равное единице, число длин волн - единице. В Редакторе Данных Линз (LDE), есть три показанные поверхности: OBJ, STO и IMA, которые являются поверхностями 0, 1 и 2. Измените поверхностный тип на STO поверхности на

параксиальную линзу двойным щелчком на колонке типа поверхности, и затем выберите "параксиальный" из падающего списка. Затем, установите толщину STO поверхности равной 100, которая является фокусным расстоянием параксиальной линзы по умолчанию. Затем, выберите System, General, и в диалоговом окне, которое появится, введите величину апертуры 20 (это смоделирует F/5 линзу). Щелкните на ОК, чтобы закрыть диалоговое окно. Теперь, выберите Analysis, Layout, 3D Layout. Вы должны увидеть плоскую поверхность слева, и лучи, сходящиеся к точке фокуса справа. Любая оптическая система могла использоваться, чтобы сфокусировать луч; параксиальная поверхность линзы использовалась для простоты.

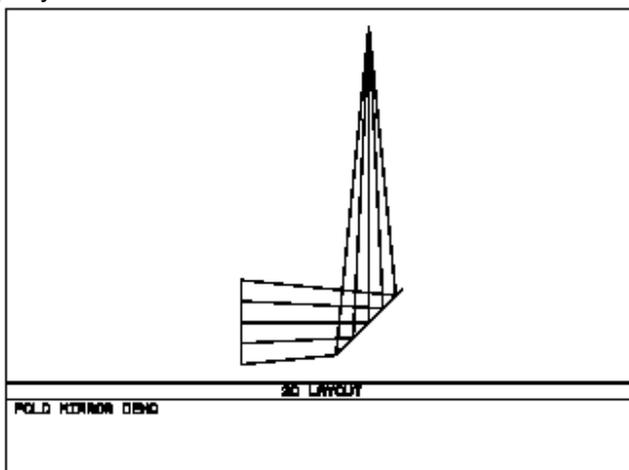
Теперь мы добавим одно поворотное зеркало, чтобы направить сходящийся луч вверх. Поворотное зеркало будет первоначально ориентироваться в 45 градусах. Предположим, что мы хотим, чтобы поворотное зеркало было на расстоянии 30 мм от параксиальной линзы. Три новые поверхности требуются: перерыв координаты, чтобы вращать систему координат на 45 градусов, затем поверхность зеркала, и наконец еще 45 градусное вращение, чтобы следовать за отраженным лучом. Это - критический момент: три поверхности требуются, чтобы осуществить единственное поворотное зеркало.

Чтобы добавлять эти три поверхности, щелкните где-нибудь на поверхности изображения, чтобы переместить курсор, затем нажмите клавишу insert три раза. Измените толщину поверхности 1 (STO поверхность) на 30. Введите "MIRROR" в колонке glass на поверхности 3. Измените расстояние до поверхности 4 (поверхность IMA) на 70. Обратите внимание, что это значение (70) отрицательно, потому что после нечетного числа зеркал все толщины изменяют знак.

Теперь активируйте окно 3D layout. Графическое изображение будет изменено, и Вы увидите, что свет начинает фокусироваться, отражается от зеркала, назад к фокусу 40 мм налево от параксиальной линзы. Поворотное зеркало еще не наклонено.

Чтобы наклонить поворотное зеркало на 45 градусов, измените поверхности 2 и 4, чтобы координировать разрывы двойным щелчком на колонке типа поверхностей и выберите "Coordinate Break" в падающем списке. Теперь сдвиньте курсор вправо до появления колонок "parameter". На поверхностях 2 и 4 появится ряд нулевых значений. Щелкните на параметре 3 колонки поверхности 4, и в заголовке колонки должна появиться надпись "Tilt About X". Два раза щелкните на этой ячейке (удостоверитесь, что Вы находитесь на поверхности 4) и выберите "Pickup". Установите "From Surface" на 2 и "Scale Factor" ("Фактор Масштаба") на 1.0. Это заставит второй угол вращения координаты всегда быть тем же самым как первый. Щелкните на ОК. Обратите внимание, что появится "P" рядом с ячейкой.

Теперь продвиньтесь к поверхности 2, и введите 45 в "наклон вокруг x" - колонку. В главном меню выбирают «System», «Update All», и Вы должны видеть расположение, показанное на рисунке E6-1.



Обратите внимание, что толщина параксиальной линзы, 30, располагает узел вращения первого перерыва координаты. Толщина перерыва координаты - 0, что означает, что зеркало расположено в той же самой точке. Однако, перерыв координаты вращает систему координат

на 45 градусов. Само зеркало не вращается, это - система координат, в которой оно находится, вращается. Зеркало также имеет нулевую толщину, потому что мы хотим вращать еще на 45 градусов перед перемещением к следующей поверхности. Вторая координата ломается, сначала вращая еще на 45 градусов, и затем перемещая эти -70 единиц к точке фокуса. Примечание, все наклоны и децентрировки, предшествуют thickness step.

Чтобы осуществлять другое поворотное зеркало, щелкните на поверхности изображения, чтобы расположить курсор там, и нажмите insert три раза. Измените толщину на поверхности 4 с -70 на -30, марку стекла поверхности 6 - на MIRROR, и толщину на поверхности 7 - на +40 (Обратите внимание снова на изменение знака после зеркала). Измените поверхностные типы поверхностей 5 и 7 на coordinate breaks и введите наклон вокруг x (-45) на поверхности 5. На поверхности 7, двойной щелчок на "tilt about x" и установите режим pick up на этом параметре. Используйте pick up от поверхности 5, с фактором масштаба 1. Активируйте 3D Layout . Это должно напомнить фигуру E6-2.

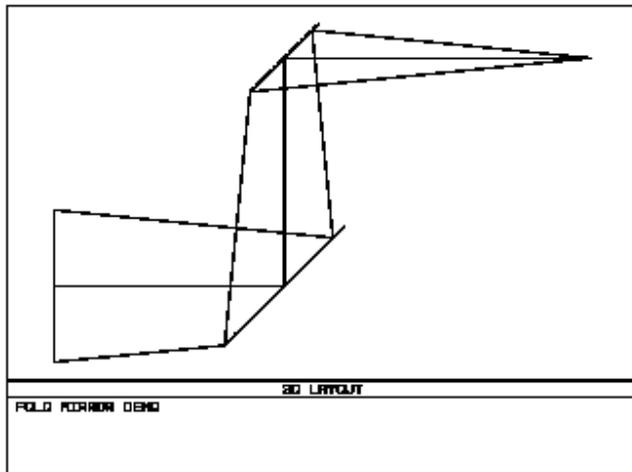


Рисунок E6-2

Вторая строка перерыв-зеркало-перерыв поворачивает луч еще на 90 градусов, так что ось теперь параллельна первоначальной оси. Так как мы добавили pick up на второй координатный разрыв в каждой строке, легко наклонить луч, изменив только два числа. Попробуйте ввести 30 и (-60) в tilt about x на поверхностях 2 и 5, соответственно, затем выберите System, Update All, чтобы увидеть эффект на рисунке 3D Layout.

New**Создать файл с новой оптической системой**

Назначение:
Очищает окно с текущей оптической системой.

Описание:
Эта опция возвращает ZEMAX в первоначальное состояние, т.е. к пустой таблице LDE - редактора. Открытое окно остается открытым. Если текущая оптическая система не была сохранена, ZEMAX сохранит ее перед закрытием.

Open**Открыть**

Назначение:
Открывает уже существующие файлы с данными оптических систем.

Описание:
Эта опция открывает новые файлы с данными оптических систем. Если текущая система не была сохранена, ZEMAX запишет ее перед открытием новой системы. Смотри также "Insert Lens".

Save**Сохранить**

Назначение:
Сохраняет файл с текущей оптической системой.

Описание:
Эта опция позволяет сохранить файл с данными текущей оптической системы. Для записи схемы в другие директории используйте опцию "Save As".

Save as ...**Сохранить как ...**

Назначение:
Сохраняет файл с текущей системой под другим именем.

Описание:
Эта опция позволяет сохранить файл с данными текущей оптической системы под другим именем или в другой директории.

Use Session Files

Сохранить/не сохранять текущие файлы при загрузке новой системы

Назначение:

Переключение между двумя различными режимами загрузки файла с новой системой:

1 - с сохранением всех открытых окон (с данными текущей системы) или 2 - с обновлением всех окон (в соответствии с данными новой оптической системы). Если эта опция включена, то все окна обновляются в соответствии с данными загружаемой системы.

Описание:

Эта опция описана в подразделе Environment, Editors ниже.

Insert Lens

Присоединить схему

Назначение:

Присоединение ранее записанного файла к текущему файлу.

Описание:

Эта опция подобна опции "Open", но, в этом случае, новый файл добавляется к текущему файлу. После выбора дополнительного файла, ZEMAX запросит номер поверхности, начиная с которой должны быть введены новые данные. Для этих новых данных будут введены новые дополнительные поверхности. Диалоговое окно имеет также контрольную клавишу "Ignore Object"; по умолчанию, расстояние от предмета до новой системы будет игнорироваться. Поэтому с новыми данными система будет начинаться с поверхности № 1, а не с поверхности № 0.

Хотя с помощью этой процедуры можно составить систему с большим набором различных схем, в полученной системе могут образоваться лишние поверхности, так что для достижения желаемого результата может потребоваться редактирование.

Preferences

Предпочтения

Назначение:

ZEMAX предоставляет пользователю некоторое количество экранных опций, которые могут быть установлены и записаны, так что они будут выбираться автоматически при каждом новом запуске программы. Главный конфигурационный файл программы - ZEMAX.CFG; этот файл может быть удален для возвращения к первоначальной конфигурации, которая устанавливается по умолчанию. Экранные опции подразделены на группы: Address (адрес), Directories (директории), Graphics (графики), Text (текст), Editors (редакторы), Printing (печать) и Button bar (экранные клавиши).

Address

Адрес

Назначение:

Эта опция позволяет сделать какую-либо запись в "адресный бокс". Адрес может быть использован, например, для указания названия предприятия-разработчика или названия оптической системы. Адресный бокс появляется в нижнем правом углу большинства графиков.

Settings (Установки):

Позиция	Описание
Address Line 1	Запись текста в первой строке адресного бокса
Address Line 2	Запись текста во второй строке адресного бокса
Address Line 3	Запись текста в третьей строке адресного бокса
Address Line 4	Запись текста (или автоматическая запись имени файла или номера zoom-позиции) в четвертой строке адресного бокса
Address Line 5	Запись текста (или автоматическая запись имени файла или номера zoom-позиции) в пятой строке адресного бокса
Show Line 4 As	Выбор содержания записи в четвертой строке: текст пользователя, имя файла или номер zoom-позиции
Show Line 5 As	Выбор содержания записи в пятой строке: текст пользователя, имя файла или номер zoom-позиции
Hide Address	Убрать адресный бокс

Directories

Директории

Назначение:

С помощью этой опции задается путь к главной директории ZEMAX и к директориям, в которые помещаются определенные типы рабочих файлов.

Settings (Установки):

Позиция	Описание
ZEMAX Path	Путь к главной директории ZEMAX, в которой (по умолчанию) ZEMAX будет искать файлы с записью каталогов стекол и стандартных оптических элементов.
Output Path	Путь к директории, в которую должны записываться (по умолчанию) файлы с текстовыми и графическими данными.
Lens Path	Путь к директории, в которую должны записываться (по умолчанию) файлы с данными оптических схем.
ZPL Path	Путь к директории, в которую должны записываться (по умолчанию) ZPL-макросы.
Undo Path	Путь к директории, в которую должны записываться файлы с сохраненными данными для операций undo/redo.
Stock Path	Путь к директории, в которую должны записываться файлы с дополнительными каталогами оптических элементов и схем. Все отдельные каталоги должны быть записаны в поддиректории директории "StockPath".

Graphics

Графики

Назначение:

С помощью этой опции устанавливаются размер, цвета и характер большинства графических окон ZEMAX. Смотри также описание опции Windows в разделе Date/Time option (Дата/Время).

Settings (Установки):

Позиция	Описание
B/W Screen	По умолчанию ZEMAX изображает на экране цветные графики; если эта опция включена, то на экране будут изображаться черно-белые графики.
B/W Plots	По умолчанию ZEMAX печатает на принтере цветные графики; если эта опция включена, то печататься будут черно-белые графики.
Show Options First	При включении этой опции, перед вычислением и выводом графиков на экран, сначала будет появляться окно для редактирования установочных параметров.
Win X,Y Size	Установка размера графиков (в пикселах), который будет использовать ZEMAX по умолчанию. Это позволяет подогнать размер графиков к размеру и разрешению используемого монитора.
Background	Цвет фона в графических окнах может быть выбран из открывающегося списка.
Metafiles	Установка формата записи текстовых и графических данных. Метафайлы используются для копирования графиков в буфер обмена (Clipboard) или на диск, после чего они могут быть импортированы в другие приложения Windows. В большинстве 16-битных приложений Windows 3.1 используется формат "16 Bit Standard". Однако в некоторых приложениях Windows 3.1 используется формат "16 Bit Placeable". В новейших 32-битных приложениях используется формат "32 Bit Enhanced". Файлы, записанные в 32-битном формате, имеют расширение EMF (Enhanced Metafile Format).
Metafile Pen Width	Установка толщины линии (в пикселах) на графиках, экспортируемых в виде Windows Metafiles (запись в Clipboard или на диск).
Aspect Ratio	По умолчанию ZEMAX устанавливает для графических окон формат 3x4, который хорошо подходит для стандартной бумаги 8,5 x 11 дюймов. Для печати на бумаге 11 x 17 дюймов лучше установить формат окон 3x5. При отношении сторон 4x3 или 5x3 высота окна будет больше его ширины. Каждое графическое окно может иметь свое отношение сторон, устанавливаемое с помощью Window, Aspect Ratio.
Frame Zoomed Graphics	Если эта опция включена, то увеличенные фрагменты графиков, экспортированные в Clipboard, будут обрамлены рамкой; в противном случае рамка не будет показана.

Text

Текст

Назначение:

Эта опция используется для установки характеристик текстовых окон. Установка Date/Time (дата/время) тоже будет действовать в графических окнах.

Settings (Установки):

Позиция	Описание
Screen Font Size	Размер шрифта (выраженный в пикселах), который будет использоваться для отображения текста в окнах. По умолчанию устанавливается 8-пиксельный шрифт.
Date/Time	Позволяет выбрать, нужно или нет печатать на диаграммах и графиках дату и время работы с данным файлом.

Editors

Редакторы

Назначение:

Эти установки позволяют выбрать формат и другие характеристики таблиц редакторов данных. Если ячейка в таблице слишком мала, чтобы на ней могло поместиться введенное число или надпись со многими знаками, то в ячейке, вместо урезанных данных, будет отображен знак "**".

Settings (Установки):

Позиция	Описание
Decimals	Позволяет установить число отображаемых в редакторе LDE десятичных знаков у всех чисел. Команда "Contrast", высвечиваемая вместе с другими числами, изменяет число отображаемых десятичных знаков, минимизируя занимаемое числом пространство.
Font Size	Размер шрифта, который должен быть использован для текста. По умолчанию, устанавливается 8-пиксельный шрифт.

Позиция	Описание
Auto Update	Контроль за тем, как и в какие моменты ZEMAX производит обновление данных редактора. При включении опции "None", такие параметры, как положение зрачка, функции solves и другие данные редактора LDE не будут обновляться до тех пор, пока не будет дана команда "Update" из системного меню "System". При включении опции "Update" обновление данных будет производиться автоматически каждый раз после того, как будут произведены какие-либо изменения параметров оптической системы, введены данные из внешнего файла или произведены изменения в редакторе мультikonфигурации. При выборе опции "Update All" автоматически будут обновляться не только окно редактора данных, но и все другие открытые окна. Смотри главу "System menu" для детального ознакомления с командами "Update" и "Update All".
Show Comments	Если установить этот "флаг", то в редакторе LDE появится дополнительная колонка, в которую можно будет записывать комментарий для каждой поверхности.
Undo	Эта команда позволяет сделать три установки: None, Memory 1 Step и Disk Multi Step. Детальное описание этих установок дано в главе "Editors Menu".
LDE Cell Size	Установка ширины элементов таблицы редактора LDE. При большой ширине элементов на экране может разместиться только небольшое число колонок таблицы, но зато заполняющие их данные будут легче читаться.
MFE Cell Size	Установка ширины элемента таблицы редактора MFE (Merit Function Editor).
MCE Cell Size	Установка ширины элемента таблицы редактора MCE (Multi-Configuration Editor).
EDE Cell Size	Установка ширины элемента таблицы редактора EDE (Extra Data Editor).
TDE Cell Size	Установка ширины элемента таблицы редактора TDE (Tolerance Data Editor).
Use Session Files	Если эта опция включена, то при загрузке новой схемы все открытые окна закрываются и открываются новые окна с их исходным расположением на экране; если эта опция выключена, при загрузке новой схемы расположение открытых окон на экране не изменится.

Printing **Печать**

Назначение:

С помощью этой команды производится установка характеристик вывода данных на внешнее печатающее устройство.

Settings (Установки):

Позиция	Описание
Skip Print Dialog	Если эта установка произведена, то ZEMAX не будет после команды "Print" (поданной из любого открытого окна) отображать установочное окно "Print", позволяющее выбрать тип принтера и другие опции печати. Если же эта установка не произведена, то после команды "Print" появится установочное окно "Print", позволяющее выбрать опции печати, определенные в Windows Print Manager.
Rotate Plots	Если произвести эту установку, то все графики при печати будут повернуты на 90 градусов. Это позволяет изменить ориентацию графиков для печати в "портретном" режиме. Смотри также текст следующего раздела.
Pen Width	Толщина линии в пикселах. Число 0 соответствует самой тонкой линии, большие числа будут обеспечивать более толстые линии.
Plot Width	Смотри описание этой опции в следующем разделе.
Left Margin %	Ширина левого поля графиков в процентах от максимальной ширины графика. Действует только на печать.

Right Margin % - ширина правого поля графиков в процентах от максимальной ширины графика. Действует только на печать.

Top Margin % - отступ сверху в процентах от максимальной ширины графика. Действует только на печать.

Bottom Margin % - отступ снизу в процентах от максимальной ширины графика. Действует только на печать.

Print Font Size - размер шрифта, используемого при печати в текстовых окнах.

Text Margin - ширина левого поля (выраженная в числе знаков), которая будет использована при распечатке текстовых файлов.

Описание: Опция "Plot Width" отличается от большинства других установок в ZEMAX, так как эта характеристика служит скорее для информации о том, какова ширина графика при печати, чем для ее установки. Разные принтеры будут печатать графики различного размера. Для масштабирования графиков необходимо определить их масштаб перед печатью. ZEMAX может печатать графики с точным масштабом 1:1, 1:2 и т.д. Нажатие экранной клавиши "Plot Width" приводит к появлению диалогового окна "Print". Это то же самое окно, которое появляется при печати графиков. Это окно позволяет установить нужный драйвер принтера и определить характеристики печати, такие как разрешение, ориентация и другие, изменяющиеся в зависимости от типа принтера. С помощью опций этого окна установите нужный драйвер принтера и режим печати, который Вы предпочитаете. Заметьте, что ZEMAX печатает графики в "пейзажном" режиме, поворачивая их на 90 градусов, если Вы используете установку "портретного" режима. Это сделано потому, что все принтеры по умолчанию обычно печатают в "портретном" режиме. Поэтому, лучше не менять установку принтера, а использовать опцию поворота графиков. ZEMAX будет использовать эти установки для определения ширины графиков при печати и будет показывать эту ширину в дюймах в графе "plot width". Заметьте, что ширина графиков автоматически пересчитывается при изменениях установок печати или при нажатии экранной клавиши "Reset".

После расчета действительной ширины графика, масштаб оптической схемы при печати будет очень точен. Однако, это будет только в том случае, если при печати будет использоваться тот же самый драйвер и тот же самый режим печати. Если при печати будут использоваться разные драйверы и разные режимы, то ширина графиков не будет автоматически пересчитываться. Для точного масштабирования графиков при печати с новым принтером или в новом режиме необходимо произвести новую установку ширины графика, как это было описано выше. Наконец, могут быть случаи, когда требуется изменить устанавливаемую по умолчанию ширину графиков. Например, если получаемый размер графиков должен быть уменьшен до определенной величины, чтобы он мог разместиться на каком-либо другом документе, то уже известный его размер может быть использован для масштабирования к новому размеру. Для этого просто введите новую ширину изображения в графу "Plot width" и нажмите экранную клавишу "Save". Все последующие графики будут печататься в новом масштабе. Заметьте, что точное масштабирование графиков возможно только при печати изображений схем или отдельных элементов, так как изображения всех других графиков не зависят от масштаба.

Colors Цвета

Диалоговое окно цветов предназначено для определения цветов, используемых ZEMAX для изображения графиков. Каждый цвет соответствует определенной длине волны или полю. Длина волны № 1 отображается цветом №1, длина волны №2 - цветом №2, и так далее. Поле №1 также изображается на графике цветом №1, поле №2 - цветом №2, и так далее. Красный, Зеленый, и Синий - определяющие цвета. Каждая вводимая величина «насыщенности цвета» должна быть между 0 и 255. Цвета определяются, используя значения RGB для 24-битного цвета (16 миллионов цветов), но будут ограничены возможностями графического адаптера Вашего компьютера. Окончательные цвета показываются справа от каждого значения RGB.

Основной цвет - цвет, который использует ZEMAX, чтобы изображать поверхности линз и NSC-объектов, в выбранных настоящее время в LDE и NSCE – редакторах, соответственно.

Buttons 1-16, Buttons 17-32, Buttons 33-48

Кнопки 1-16, Кнопки 17-32, Кнопки 33-48

Назначение:

Эти кнопки определяют, какие функции являются доступными непосредственно из главного окна ZEMAX.

Описание:

Есть 48 кнопок, которые могут быть установлены в верхней части экрана, чтобы вызвать любую из главных опций меню ZEMAX. Каждая кнопка имеет идентичные меню выбора опций из списка. Эти опции могут быть связаны с данной кнопкой. Выбор "Off" заставит кнопку исчезнуть. Чтобы сделать интерфейс более управляемым, доступные кнопки скомпонованы в группы по 16 штук.

Button Bar - "Горячие" клавиши.

Назначение:

с помощью этих установок определяются функции так называемых "горячих" экранных клавиш, расположенных в верхней части главного окна ZEMAX под главным меню.

Описание:

в верхней части главного окна ZEMAX под главным меню расположен ряд из 20 экранных клавиш, каждая из которых может служить для быстрого вызова любой подпрограммы из главного меню ZEMAX. Каждой клавише может быть присвоена функция любой из опций главного меню. Опция "Off" убирает изображение данной клавиши с экрана.

Status Bar - информационная полоса.

Назначение:

с помощью этих установок определяются характеристики оптической системы, которые должны постоянно отображаться в информационной строке, расположенной в нижней части главного окна ZEMAX.

Описание:

в нижней части главного окна ZEMAX имеется информационная полоса, на которой могут отображаться различные характеристики оптической системы, такие как EFL (эффективное фокусное расстояние), EPD (диаметр входного зрачка), F/# (фокальное отношение) и другие.

Exit (Выход).

Назначение:

Выход из программы ZEMAX.

Описание:

Если в схеме были произведены какие-либо изменения, то ZEMAX предложит записать их. Если никаких изменений не было, то работа программы будет просто прекращена.

Recently used files (Последние из загружавшихся файлов) Имена нескольких последних файлов, с которыми Вы работали, приведены в нижней части меню "File". Выбрав из этого списка нужный файл, Вы можете сразу же произвести его загрузку. Это быстрее, чем при использовании команд File, Open.

Lens Data (Редактор Данных Линз)

Редактор Данных Линз (LDE) - основная таблица, куда вводится большинство данных оптической системы. Эти данные включают радиусы кривизны, толщины и марки стекол для каждой поверхности системы. Каждая линза определена двумя поверхностями (передней и задней), объект и изображение требуют по одной поверхности. Когда Редактор LDE отображается на экране, данные могут быть введены в таблицу, просто печатая требуемые значения в нужную ячейку. Каждая колонка имеет заголовок, отражающий тип вводимых в нее данных, и каждая строка представляет отдельную оптическую (или фиктивную) поверхность. Курсорные клавиши перемещают курсор в нужную ячейку. Перемещение курсора непрерывно вправо или влево «прокручивает» таблицу, обеспечивая доступ к другим колонкам данных, таким как по диаметру, эксцентриситет и "параметры", чьи значения зависят от типа поверхности. Таблица будет "прокручиваться" слева направо или справа налево. Клавиши "page up" и "page down" переместят курсор вверх или вниз экрана. Экран будет также "прокручен" вверх или вниз, если требуется, когда в системе достаточно большое количество поверхностей.

Добавление и удаление поверхностей

Обратите внимание, что первоначально (если линза не была загружена) показываются три поверхности: объект, "stop" и поверхность изображения. Объект и поверхность изображения обязательно должны присутствовать и не могут быть удалены. Однако, другие поверхности могут быть добавлены и удалены, используя клавиши Insert (ввести) и Delete (удалить). Никакая поверхность не может быть введена перед объектом или позади изображения. В этом контексте слово "перед" означает поверхность с меньшим номером и слово "позади" означает поверхность с большим номером, в том смысле, что свет достигает различных поверхностей последовательно. ZEMAX нумерует поверхности от объекта, являющегося нулевой поверхностью, далее, к последней поверхности - поверхности изображения.

Вводят значения величин в таблицу редактора простым перемещением курсора в нужную ячейку и в печатают в нее данные. Чтобы отредактировать величины, отображенные в настоящее время на экране, нажмите клавишу возврата на один символ. Когда Вы редактируете содержание ячейки, Вы можете использовать клавиши курсора влево/вправо и home, end, чтобы перемещаться по тексту. Когда данные введены, нажмите любую курсорную клавишу или щелкните мышью на любой другой ячейке, или нажмите enter.

Есть также несколько комбинаций "быстрых клавиш". Чтобы добавить некоторую величину к текущему значению, напечатайте знак "плюс" перед числом. Например, если отображаемое число - 10, то, напечатав "+5" и нажав enter, оно изменится на 15. Символы "*" и "/" также работают. Чтобы вычитать, используйте знак минус, сопровождаемый пробелом. Например, вводя "- 5", число 17 изменится на 12. Обратите внимание на пробел между "-" и "5". Если пробел не был введен, программа предполагает, что Вы вводите новую величину, которая, возможно, отрицательна. Ввод "*- 1" изменит знак числа.

Копирование поверхностных данных в буфер обмена (из буфера обмена)

См. описание пункта меню "Редактирование" ниже.

Ввод комментариев

Каждая поверхность имеет поле комментария, в которое можно ввести до 32 знаков

пользовательского текста. Колонка комментария используется, чтобы улучшить читаемость описания линз и не затрагивает трассировку луча. Некоторые функции анализа также вводят на экран комментарии. Полная колонка комментариев может быть скрыта (см. описание меню "Опции" ниже).

Ввод радиусов

Чтобы ввести или изменить радиус кривизны поверхности, переместите курсор в нужную ячейку, и введите новое значение. Радиусы всегда вводятся и показываются в единицах длины, которые установлены для измерения параметров линз.

Ввод толщин (промежутков)

Чтобы ввести или изменить толщину (промежуток), переместите курсор в нужную ячейку и введите новое значение. Толщины всегда показываются в единицах длины, которые установлены для измерения параметров линз. Толщина поверхности - расстояние до следующей поверхности. Единственная поверхность, которая не имеет толщины - поверхность изображения. Толщины всегда меняют знак после зеркальной поверхности. После нечетного числа зеркал, все толщины должны быть отрицательны. Это правило знаков не зависит от количества зеркал или наличия разрывов координаты. Это основное правило не может обойтись без вращения координаты на 180 градусов.

Ввод данных стекол

Материал, используемый для каждой поверхности, обычно определяется при вводе марки стекла в колонку "glass" редактора. Введенная марка должна присутствовать в одном из загруженных в настоящее время каталогов стекла.

Каталог по умолчанию - "Schott"; другие доступны. О том, как использовать несколько каталогов стекла, рассматривать, редактировать или добавлять каталоги, см. Главу 21 "Использование Каталогов Стекла". Чтобы определить поверхность как зеркало, используйте слово "mirror" (зеркало) в названии стекла.

Есть дополнительная команда "P", которая может быть добавлена к названию стекла при вводе. Этот выбор заставит ZEMAX изменять радиусы кривизны до и после поверхности так, чтобы поддержать постоянной оптическую силу линзы. Например, если марка стекла - BK7, вводя новую марку "SF1/P", вы измените BK7 на SF1, причем радиусы линзы будут подобраны так, чтобы сохранить неизменной ее оптическую силу. ZEMAX держит ее постоянной, однако, она слегка изменится из-за изменения в оптической толщине стекла. Этот эффект очень мал для тонких линз.

Ввод полудиаметров

Полудиаметр по умолчанию рассчитывается автоматически, как радиальная световая апертура, требуемая для пропускания лучей, идущих от всех полевых точек. Если для полудиаметра введено какое-либо значение, то оно будет сохранено, и рядом с этим значением появится буква "U". Это указывает, что полудиаметр определен пользователем. Значение полудиаметра определяет только то, как поверхность изображается на двумерном рисунке оптической системы (layout), но не говорит о том, виньетирована ли она лучи. О виньетировании лучей апертурами поверхностей, см. раздел "Определение поверхностных апертур".

Ввод эксцентриситета

Эксцентриситет можно установить на разных типах поверхностей. Чтобы ввести или изменить эксцентриситет поверхности, переместите курсор в желаемую ячейку и напечатайте новое значение. Эксцентриситет всегда безразмерен. О том, как определяются конические константы (эксцентриситет) поверхности, см. раздел "стандартная поверхность" в главе 14 "Типы поверхностей".

Ввод параметров

Параметры - это 8 дополнительных числовых значений, которые определяют свойства некоторых типов поверхностей. Для получения дополнительной информации о параметрах, см. Главу 14 "Типы поверхностей".

Диалоговое окно свойств поверхности

Двойной щелчок на поверхности в большой колонке (с номерами внесенных в список поверхностей) вызовет диалоговое окно свойств поверхности. В этом диалоговом окне могут быть определены следующие свойства поверхности.

Свойства поверхности, таблица типов

Тип поверхности

ZEMAX моделирует плоскости, сферы и асферику второго порядка; все эти типы поверхностей сгруппированы в категорию "стандартные поверхности". В диалоговом окне свойств поверхностей - список типов поверхностей. Выберите соответствующий тип из падающего списка. ZEMAX поддерживает много различных типов поверхностей в дополнение к стандартной поверхности. Они подробно описаны в Главе 14 "Типы поверхностей". Однако, очень большое число оптических проектов используют только стандартный тип поверхности.

Поверхность DLL

Если тип поверхности - "определенный пользователем", тогда форма поверхности и ход лучей определены во внешней программе, связанной с ZEMAX, называемой "Dynamic Link Library" (Динамическая Библиотека Связи) или DLL. Эта функция выбирает, какую DLL использует данная поверхность. Дополнительную информацию см. в Главе 14 "Типы поверхностей", раздел "Определенный пользователем".

Цвет поверхности

По умолчанию, на теновом рисунке модели оптической системы (Shaded Model Layout) зеркальные поверхности изображаются зеленым цветом, а преломляющие и фиктивные поверхности - синим. Цвет поверхности теновой модели можно выбрать из перечисленных в таблице цветов (Colors tab) диалогового окна "Preferences".

Установка поверхности апертурной диафрагмы (Make surface stop)

Поверхностью апертурной диафрагмы может быть любая поверхность в системе, кроме поверхности предмета и поверхности изображения. Чтобы изменить поверхность апертурной диафрагмы, выберите "Type", затем, щелкните на "Make surface stop" (установить поверхность апертурной диафрагмы) и нажмите ОК. Диалоговое окно исчезнет, и в ячейке таблицы LDE "surface" появится ярлык "STO" вместо поверхностного номера. Это не удастся сделать, если поверхность является предметом, изображением или - уже "STO"- поверхностью. Важно определить поверхность апертурной диафрагмы так, чтобы входной зрачок находился на

той же самой оси, что и поверхность предмета. Вы можете страховать это условие, помещая "STO"- поверхность оптической системы перед каждым разрывом координаты, децентрированной поверхностью, голограммой, дифракционной решеткой или другими компонентами, которые могут изменять положение оптической оси. Если ваша система симметрична относительно вращения вокруг оптической оси, то это ограничение не применяется. Если используется разрыв координаты, но только для осуществления поворота оси поворотными зеркалами в осевой системе, то положение зрачка будет вычислено правильно, даже если поверхность помещена после поворотных зеркал.

В некоторых системах невозможно поместить поверхность апертурной диафрагмы перед разрывами координаты. В этом случае должен использоваться режим "ray aiming". Режим "ray aiming" подробно описан в Главе "Системное меню".

Make surface global coordinate reference

Поверхность с абсолютной координатной ссылкой может быть любая поверхность оптической системы. Чтобы сделать выбранную поверхность поверхностью "global coordinate reference surface", выбирают эту установку в таблице "Type".

Эта поверхность подробно описана в Главе "Системное Меню", в разделе "Miscellaneous tab of the System".

Скрытие лучей падающих и отраженных (преломленных) поверхностями

В диалоговом окне предусмотрена опция "hiding" (спрятать, не показывать) лучи, которые обычно изображаются на различных рисунках. Данная опция отмечена в окне как "Hide rays to/from this surface", и, если сделан такой выбор, никакие лучи (падающие на эту поверхность и преломленные или отраженные ей) не будут показываться на различных типах графических изображений системы.

Свойства поверхности, таблица типов апертур

Поверхностные апертуры используются, чтобы учесть эффекты виньетирования. ZEMAX поддерживает следующие типы поверхностных апертур: тип апертуры не установлен, кольцевая апертура, кольцевое виньетирование, прямоугольная апертура, прямоугольное виньетирование, эллиптическая апертура, эллиптическое виньетирование, паутинообразное виньетирование, апертура, определенная пользователем, виньетирование, определенное пользователем и плавающая апертура. Апертура и типы виньетирования определяют области, которые пропускают или не пропускают лучи соответственно. Когда апертура определена на поверхности, ZEMAX покажет звездочку "*" рядом с номером поверхности в LDE-редакторе.

На отдельном оптическом элементе можно определить больше чем одну апертуру, вводя фиктивную поверхность с нулевой толщиной в нужном месте и, затем, помещая дополнительный тип апертуры на этой поверхности. Это полезно для создания сложных апертур. Многократные одновременные апертуры и виньетирования также могут быть определены на отдельной поверхности, используя определенные пользователем апертуры и функции виньетирования. Установка типов апертур для каждой поверхности осуществляется в диалоговом окне данных поверхности. Это диалоговое окно может быть вызвано двойным щелчком мыши на левой большой колонке редактора LDE. Когда "ни один" из типов апертуры не выбран (по умолчанию), всем лучам, которые могут преломляться или отражаться этой поверхностью, "разрешено" пройти данную поверхность. Прохождение поверхности полностью независимо от величины "полудиаметра" в редакторе LDE. Эта установка используется только для того, чтобы обрисовать оптические элементы, но не для определения виньетирования. Для того, чтобы "очистить" любую апертуру до состояния "по умолчанию" или изменить текущий тип апертуры, выбирают другой тип апертуры в диалоговом окне данных поверхностей.

Отдельные типы апертур описаны ниже.

Circular Aperture/Obscuration (Кольцевая Апертура/Виньетирование): кольцевая апертура определяет область, которая полностью виньетировывает все лучи, падающие на поверхность внутри минимального радиуса кольцевой зоны и вне ее максимального радиуса. Если луч - между минимальным и максимальным радиусами, то он проходит без виньетирования. Кольцевое виньетирование - дополнение кольцевой апертуры (т. е. зоны пропускания и виньетирования меняются местами).

Rectangular Aperture/obscuration (Прямоугольная Апертура/Виньетирование): лучи, которые пересекают поверхность вне прямоугольной зоны, определенной половиной ее ширины в "x" и "y" направлениях - полностью виньетировываются. Прямоугольное виньетирование - дополнение к прямоугольной апертуре.

Эллиптическая Апертура/Виньетирование: лучи, которые пересекают поверхность вне эллиптической зоны, определенной полушириной в "x" и "y" направлениях, не пропускаются поверхностью. Эллиптическое виньетирование - дополнение к эллиптической апертуре.

Spider (Паутинообразная апертура): этот тип апертуры определяется шириной каждой "паутинки" и их количеством. ZEMAX предполагает, что "паутинки" - это радиальные полосы определенной ширины, расположенные через равные угловые промежутки. Первая полоска начинается в радиальном положении "ноль градусов", которое отсчитывается от локальной положительной оси X. Более сложные пауки, которые содержат полосы различной ширины, расположенные на разных угловых расстояниях, могут быть построены, используя несколько апертур типа "spider" на смежных фиктивных поверхностях. Поверхности разрыва координаты могут использоваться, чтобы вращать паутинообразную апертуру (апертуры) на любой угол.

Плавающая Апертура: плавающая апертура подобна кольцевой апертуре, кроме минимального радиуса, который всегда равен нулю, и максимального радиуса, всегда равного полудиаметру поверхности. ZEMAX (в автоматическом режиме) оценивает значение полудиаметра, и, начиная с этого значения, апертура может изменяться (плавать). Плавающая апертура полезна, когда макрос или внешние программы используют ZEMAX, чтобы осуществлять трассировку лучей, которые могут лежать вне полудиаметров по умолчанию, и эти лучи должны быть виньетированы.

**Все предшествующие типы апертур смоделированы как поверхность, проектируемая из центра тангенциальной плоскости на оптическую поверхность. Фактические координаты "x" и "y" пересечения лучей и поверхности, используются, чтобы определить виньетирование, при этом координата z игнорируется. Различные результаты могут быть получены для крутых оптических поверхностей, если апертура помещена на фиктивную поверхность перед оптической, вместо того, чтобы установить ее непосредственно на поверхности, имеющей определенную кривизну. Это произойдет, если углы падения лучей на такую поверхность велики. Обычно, лучше размещать апертуры непосредственно на оптической поверхности, если конечно фиктивная поверхность не лучше подходит для описания вашей конкретной ситуации.

Все типы апертур могут быть децентрированы относительно текущей оптической оси, определяя X-или Y-децентрировки, или обе сразу. Децентрировки даются в единицах измерения параметров линз. Важно помнить, что децентрировки не смещают главный луч; апертурная диафрагма должна быть на той же самой оси, что и объект. При проектировании внеосевых телескопических систем, например, апертурную диафрагму устанавливают на оси и децентрируют систему.

User defined apertures and obscurations (апертуры и виньетирование, определяемые пользователем)

Кольцевые, прямоугольные, и эллиптические апертуры и виньетирования удобны и охватывают наиболее часто встречающиеся при разработке случаи. Однако, есть случаи, когда требуется общая модель апертуры. ZEMAX поддерживает общую апертуру, указанную пользователем, определенную рядом пар точек: (x1, y1), (x2, y2)... (xn, yn). Точки определяют вершины многоугольника. Многоугольник может иметь любую форму и может быть замкнут простой или сложной огибающей. Также могут быть определены многократные многоугольники (вложенные или не вложенные). Чтобы задать определенную пользователем апертуру или виньетирование, выберите нужный тип из списка типов апертур и, затем, щелкните на "Edit User Aperture" ("Редактировать пользовательскую апертуру"). Появится простой текстовый редактор, который

позволяет редактировать и просматривать список точек, определяющих многоугольник (и). X и Y -координаты на поверхности вводятся непосредственно. Края многоугольника обозначены линией с координатами X и Y, равными нулю. По этой причине, не может быть определен многоугольник, который имеет вершину с координатами (0,0). Если вершина все же была определена в (0,0), простая работа вокруг, чтобы вместо этого использовать некоторое очень малое значение для одной из точек, например, (1e-6, 0). Пока, по крайней мере, одна из координат - не ноль, точка будет рассматриваться скорее как вершина, чем как край многоугольника. Последняя, внесенная в список вершина многоугольника должна совпасть с первой точкой. Например, чтобы определить квадрат со стороной 20 единиц, точки были бы:

```
-10, -10
-10, 10
0, 10
10, -10
0, 0
```

Обратите внимание, что координаты последней точки совпадают с координатами первой, таким образом, определяя последнюю сторону квадрата. Может быть определено множество многоугольников. Для этого необходимо разделить их отдельной линией с координатами (0,0). Например, чтобы определить апертуру, состоящую из двух щелей, каждая шириной 5 единиц, разделенных 10 единицами, точки должны иметь следующие координаты:

```
10, -10
10, 10
5, 10
5, -10
```

Многоугольники могут быть также вложенными. Если точка пересечения луча лежит в пределах многоугольника, который находится внутри другого многоугольника, то считается, что рассматриваемая точка находится вне апертуры. Это соглашение позволяет определять в пределах апертуры "острова", которые стали виньетирующими, или наоборот. Допускается

```
0, 0
10, -10
10, 10
5, 10
5, -10
0, 0
```

любое число уровней вложения, и каждый уровень меняет статус точки: внутренний/внешний. Максимальное число точек определенной пользователем апертуры - 100.

Surface properties, Scattering tab (Свойства поверхности, таблица рассеяния)

Ф Эта функция доступна только в EE редакции ZEMAX.

Оптические поверхности, отполированные по высокому классу чистоты, обычно обладают малым рассеянием проходящего (отраженного) света. Поверхность с рассеивающими свойствами полезна для моделирования этого малого количества рассеянного света, для анализа эффектов рассеяния на графике MTF или других функциях оценки качества оптической системы.

Рассеяние смоделировано в ZEMAX как случайные отклонения угла преломления или угла отражения некоторых или всех лучей, выходящих с поверхности.

В ZEMAX есть два различных способа моделирования рассеяния: последовательный и непоследовательный.

Для последовательной модели принято, что луч отклоняется на очень небольшой угол. Эффект рассеяния "размывает" изображение на диаграмме пятна. Последовательное рассеяние не предназначено для моделирования эффекта рассеяния назад, широкий угол рассеяния (например, рассеяние Ламберта), где рассеянные лучи могут не следовать по «каноническому»

последовательному пути к поверхности изображения.

Для непоследовательной модели, рассеяние может происходить в любом диапазоне углов, и лучи будут трассироваться правильно, независимо от того, в каком направлении они распространяются. Непоследовательная модель - лучший выбор, если необходимо моделировать рассеяние от поверхностей, которые не являются частью последовательного пути распространения луча (оправы линз, бленды или другие элементы конструкции). Подробно об этом методе моделирования рассеяния см. Главу "Непоследовательные Компоненты"

Нет необходимости использовать функцию непоследовательных компонентов, чтобы моделировать рассеивание, если система последовательная, и обладает малым рассеиванием из-за неидеальной чистоты обработки оптических поверхностей.

Рассеивающая поверхность: установки

ZEMAX использует ту же самую терминологию и модели рассеяния для последовательных поверхностей и непоследовательных компонентов. См. Главу "Непоследовательные Компоненты", раздел "Рассеивание".

Единственное различие между непоследовательным рассеиванием и последовательным состоит в следующем:

Непоследовательная АВг рассеивающая модель поддерживает как коэффициенты отражения, так и коэффициенты преломления, в то время как последовательная АВг модель использует единственный набор коэффициентов; так как последовательные поверхности или отражают или преломляют, но не то и другое сразу. Отражает ли последовательная поверхность или преломляет, зависит только от того, является ли поверхность зеркалом или нет.

Также, в диалоговом окне для последовательных поверхностей, возможен выбор "Lambertian". Лучи, которые рассеиваются при использовании этой модели, могут следовать в любом направлении "вперед", под достаточно большими углами, так, что они могут распространяться через остальную часть оптической системы не обычным путем.

Только некоторые функции анализа ZEMAX используют данные рассеивания. Большинство функций игнорирует поверхностное рассеивание. Функции, которые используют данные рассеивания, например, диаграмма пятна, имеют специальную установку "Scatter Rays" ("Рассеянные лучи").

Установка и удаление функций "solves"

Большинство колонок данных (радиусы и толщины) поддерживает одну или более функций. Устанавливают функцию в ячейке двойным щелчком левой клавишей мыши на этой ячейке. Альтернативный вариант - щелчок правой клавишей мыши, или делают выбор через меню LDE-редактора. Функции описаны в Главе 16 "Функции "Solves".

Установка и удаление переменных

Чтобы сделать параметр переменным, щелкните мышкой на ячейке, содержащей параметр, или нажмите на клавиатуре комбинацию клавиш Ctrl-Z. Ctrl-Z также удаляет переменный статус параметра, действуя подобно переключателю.

Опции меню

Меню LDE-редактора используется для добавления и удаления поверхностей, выбора типов поверхностей и установки функций и переменных.

Редактирование

В пункте меню "edit" (редактирование) предлагаются следующие опции:

Surface Type (тип поверхности): этот выбор позволяет изменять тип поверхности.

Insert Surface (добавить поверхность): эта опция позволяет ввести новую строку (поверхность) в таблицу редактора. Клавиша "Insert" является "быстрой" клавишей.

Insert After (ввести после): этот выбор позволяет ввести новую строку (поверхность) в таблицу редактора после текущей строки. Ctrl-Insert - "быстрая" комбинация клавиш.

Delete Surface (удалить поверхность): удаление текущей строки из таблицы редактора. Клавиша "Delete" - "быстрая" клавиша.

Cut Surfaces: копирование данных отдельной поверхности или группы поверхностей в буфер обмена Windows, в отличие от удаления поверхности. Поверхность или группа поверхностей должна быть сначала выбрана, используя любой из следующих методов:

Использование мыши: щелкните на первой поверхности, которую Вы хотите выбрать. Держите левую кнопку мыши нажатой и смещайте курсор так, чтобы охватить все нужные поверхности. Выбранные таким образом поверхности будут выделены с помощью инверсии цвета. Чтобы выбрать только одну поверхность, сместите мышь вверх или вниз от нужной поверхности, пока две поверхности не будут выбраны, затем верните мышь обратно к нужной поверхности.

Использование клавиатуры: переместите курсор в любую ячейку в пределах строки поверхности, которую Вы хотите выделить. Нажмите shift и, не отпуская клавишу shift, перемещайте курсор с помощью курсорных клавиш вверх или вниз, пока желаемое количество поверхностей не будет выбрано. Отобранные поверхности будут выделены инверсией цвета. Чтобы выделить только одну поверхность, перемещайте курсор вверх или вниз от этой поверхности, пока две поверхности не окажутся выбранными, затем, верните курсор обратно к нужной поверхности.

Copy Surfaces (копировать поверхности): эта опция копирует все данные отдельной поверхности или группы поверхностей в буфер обмена Windows. Как выбрать отдельную поверхность или группу поверхностей, см. описание в разделе "Cut Surfaces" выше.

Paste Surfaces: копирование всех данных отдельной поверхности или группы поверхностей из буфера обмена в текущую строку, отмеченную положением курсора в LDE-редакторе. Поверхностные данные должны быть сначала скопированы в буфер обмена Windows с использованием опций "Cut Surfaces" или "Copy Surfaces", описанных выше.

Copy Cell (копировать ячейку): копирование данных отдельной ячейки в буфер обмена Windows.

Paste Cell: копирование данных отдельной ячейки из буфера обмена Windows в текущую ячейку. Данные должны быть сначала скопированы в буфер обмена Windows с использованием опции "Copy Cell", описанной выше.

Edit Cell (редактирование ячейки): перевод ячейки в режим редактирования.

Copy Spreadsheet (копирование таблицы редактора): копирование выделенной группы поверхностей или всей таблицы (если поверхности не выбраны) в буфер обмена Windows в текстовом формате, подходящем для экспорта в другое Windows-приложение, типа табличного или текстового редактора. Формат - табличный текст. При применении этой опции, ZEMAX использует кривизну, а не радиус, чтобы сохранить максимальную точность.

Функции "Solves"

Функции и переменные могут быть установлены на различные величины LDE редактора:

Radius (радиус): устанавливает функции на радиус кривизны.

Thickness (толщина): устанавливает функции на толщину.

Glass (стекло): устанавливает функции на стекло.

Semi-Diameter (полудиаметр): устанавливает функции на полудиаметр.

Conic (эксцентриситет): устанавливает функции на конические постоянные.

Parameter (параметр): устанавливает функции на параметры.

VariableToggle: устанавливает переключаемый (переменный/фиксированный) статус текущей ячейки. Ctrl-Z "быстрая" комбинация клавиш

Options (Опции)

Show Comments (показать комментарии): Если сделан этот выбор, то в таблице LDE-редактора будет отображена дополнительная колонка комментариев. Если этот выбор не сделан, то колонка комментариев не показана. Такой статус колонки комментария (показать/скрыть)

используется только для текущей сессии. О том, как установить этот выбор автоматически в начале сессии, см. Главу "File Menu" ("Пункт меню "Файл"), раздел "Preferences" ("Предпочтения").

Help (Помощь)

Using the LDE (пользование редактором LDE): вызывает диалоговую систему помощи по вопросам пользования редактором LDE.

Merit Function (Редактор Функции Качества)

Редактор Функции Качества используется, чтобы определять, изменять и рассматривать функцию качества системы. Функция качества используется для оптимизации и описана в Главе "Оптимизация".

Редактирование

Insert Operand (ввести операнд): ввод нового операнда в таблицу редактора MFE. Клавиша Insert выполняет ту же функцию.

Insert After (ввести после): ввод нового операнда в таблицу редактора после текущего операнда. Комбинация клавиш Ctrl-Insert выполняет ту же самую функцию.

Delete Operand (удалить операнд): удаление операнда, отмеченного курсором. Клавиша Delete выполнит ту же самую функцию.

Delete All (удалить все): удаление всех операндов, находящихся в таблице редактора MFE.

Cut Operands: копирует все данные отдельного операнда или группы операндов в буфер обмена Windows, затем удаляет операнды из таблицы. Операнд или несколько операндов должны быть сначала выбраны, используя любой из следующих методов:

Использование мыши: щелкните левой клавишей мыши на первом операнде, который будет выбран. Удерживая левую клавишу мыши нажатой, сместите курсор так, чтобы охватить все нужные операнды. Выбранные операнды будут выделены инверсией цвета. Чтобы выбрать только один операнд, сместите мышь вверх или вниз от нужного операнда, пока два операнда не будут выбраны, затем верните мышь обратно к операнду, который должен быть выделен.

Использование клавиатуры: поместите курсор в любую ячейку в строке нужного Вам операнда. Затем, нажимайте shift и перемещайте курсор вверх или вниз, пока нужные операнды не будут выбраны. Отобранные операнды будут выделены инверсией цвета. Чтобы выбрать только один операнд, подвиньте курсор вверх или вниз от операнда, пока два операнда не будут выбраны, затем верните курсор обратно к нужному операнду.

Copy Operands (копировать операнды): копируются все данные отдельного операнда или нескольких операндов в буфер обмена Windows. Чтобы выбрать отдельный операнд или несколько операндов, см. раздел "Cut Operands" выше.

Paste Operands: копируются все данные отдельного операнда или группы операндов из буфера обмена Windows в текущую строку редактора, определенную положением курсора. Данные операнда должны быть сначала скопированы в буфер обмена Windows, используя опции "Cut Operands" или "Copy Operands", описанные выше.

Copy Cell (копировать ячейку): копирует данные отдельной ячейки в буфер обмена Windows.

Paste Cell (копировать содержимое ячейки из буфера): копирует данные отдельной ячейки из буфера обмена в текущую ячейку. Данные должны быть предварительно скопированы в буфер обмена, используя "Copy Cell", описанную выше.

Edit Cell (редактировать ячейку): перевод ячейки в режим редактирования.

Copy Spreadsheet (копирование таблицы редактора): копирует выделенные операнды или полностью таблицу операндов (если ни один из операндов не выбран) в буфер обмена в текстовом формате, подходящем для экспорта в другое Windows-приложение, типа табличного или текстового редактора. Формат - табличный текст.

Tools (Инструменты)

Update (Обновить): Этот выбор позволяет повторно вычислить функцию качества. Все операнды заново вычисляются, и показываются их новые значения.

Default Merit Function (Функция Качества по умолчанию): вызывает диалоговое окно, в котором была определена одна из функций качества по умолчанию. См. Главу " Optimization ".

Save (сохранить): сохраняет текущую функцию качества в *. MF - файле. Этот шаг требуется только в том случае, если данная функция качества должна быть использована для оценки другой оптической системы. ZEMAX автоматически сохранит функцию качества вместе с файлом данных линз, когда этот файл с данными оптической системы сохраняется.

Load (загрузить): загружает функцию качества, предварительно сохраненную в *.MF файле или в *.ZMX файле. Любой тип файла может быть выбран; только часть файла функции качества будет загружена в таблицу редактора. Текущая функция качества утрачивается.

Help (помощь)

Помощь в работе с операндами: вызывает диалоговую систему помощи.

Multi-Configuration (Редактор Мультиконфигураций)

Редактор Мультиконфигураций очень похож на редактор LDE. Чтобы отредактировать содержание ячейки, перемещают курсор в эту ячейку и печатают новые данные. Чтобы установить функцию на нужной ячейке, два раза щелкают на ней левой клавишей мыши, или выбирают опцию "solve type" (тип функции) в меню.

Редактирование

Operand Type (Тип операнда): этот выбор позволяет изменить тип операнда мультиконфигурации. Подробное описание операндов мультиконфигурации, см. в Главе " Multi-Configurations ".

Insert Operand (ввести операнд): ввод новой строки в таблицу в текущем положении курсора. Новый операнд "ВЫКЛЮЧЕН", что означает, что операнд игнорируется. Клавиша Insert - "быстрая" клавиша.

Insert After (ввести после): ввод нового операнда в таблицу после текущего операнда. Новый операнд "ВЫКЛЮЧЕН", что означает, что операнд игнорируется. Ctrl-Insert - комбинация "быстрых" клавиш.

Delete Operand (удаление операнда): удаление текущего операнда из таблицы редактора. Клавиша delete - "быстрая" для этой опции меню.

Insert Configuration (ввести конфигурацию): эта опция позволяет ввести в таблицу редактора новую колонку, которая соответствует новой конфигурации.

Delete Configuration (удалить конфигурацию): удаление конфигурации, обозначенной текущим положением курсора.

Edit Cell (редактирование ячейки): перевод ячейки в режим редактирования.

Функции "Solves"

Solve Type (тип функции): эта опция вызовет диалоговое окно функций для ячейки, которая в настоящее время обозначена курсором.

Variable Toggle: устанавливает переключаемый (переменный/фиксированный) статус выбранной в настоящее время ячейки.

Tools (Инструменты)

Auto Thermal (тепловой анализ): Этот инструмент используется, чтобы выполнить большую часть утомительной работы по проведению теплового анализа для мультиконфигурации. Появится диалоговое окно, которое позволяет установить номера конфигураций, а также минимальные и максимальные температуры.

Инструмент создаст 1 номинальную конфигурацию для текущей температуры и давления.

Дополнительные конфигурации определены, чтобы охватить указанный температурный диапазон. Если требуются 3 конфигурации, то будет 1 номинальная конфигурация (конфигурация 1), и 3 конфигурации, которые охватывают указанный температурный диапазон в равных приращениях, т. е. всего 4 конфигурации. Давление будет, тем же, что в номинальной конфигурации.

Для каждого радиуса, толщины и полудиаметра, на которые воздействуют температурные эффекты, будут введены соответствующие операнды с TCE функциями. Это единственные операнды, которые добавляются автоматически. Специальные типы поверхностей, такие как полиномиальная асферика, бинарная оптика, голограммы и др. поверхности, которые используют параметр или дополнительные данные, должны иметь операнды и тепловые TCE функции, добавленные в редактор вручную.

Этот инструмент сотрет любые данные мультikonфигурации, уже определенные для системы линз.

Help (Помощь)

Помощь: вызов диалоговой системы помощи.

Tolerance Data (Редактор вариаций параметров)

Редактор вариаций параметров используется, чтобы определять, изменять, и рассматривать значения вариаций параметров оптической системы. Подробно об этом см. Главу 19 "Анализ влияния параметров" ("Tolerancing").

Redacting

Описание функций "Insert Operand", "Insert After", "Delete Operand", "Cut Operands", "Copy Operands", "Copy Cell", "Paste Cell", "Edit Cell" и "Copy Spreadsheet" см. в разделе "Функция Качества", пункт "редактирование" настоящего Руководства.

Инструкции по использованию мыши и клавиатуры при редактировании - там же.

Tools (Инструменты)

Default Tolerances (вариации по умолчанию): вызов диалогового окна вариаций по умолчанию. Подробно об этом см. Главу 19 "Анализ влияния параметров".

Loosen 2X (двукратное ослабление): увеличивает диапазоны вариаций (допусков) в два раза. Это - быстрый путь ослабления допусков, если все они слишком жесткие.

Tighten 2X (двукратное ужесточение): уменьшает диапазоны вариации в два раза. Это - быстрый путь сжатия допусков, если они слишком свободны.

Sort by Surface (сортировать по номеру поверхности): все операнды располагаются в возрастающем порядке сначала по номеру поверхности, затем по типу. Операнды COM и CPAR всегда помещаются вверху списка. SAVE операнд будет автоматически перемещен так, чтобы остаться ниже того же самого операнда, за которым он располагался перед сортировкой, потому что этот операнд связан с предыдущим операндом в списке. STAT операнд, если он присутствует, будет помещен вверху списка, и этот операнд должен быть перемещен или повторновставлен вручную. Так как STAT операнд затрагивает все операнды, которые следуют за ним в списке, сортировка списка лишит STAT операнд законной силы. Всякий раз, когда STAT используется в списке вариаций (чтобы изменить вид статистики в процессе анализа), будет требоваться редактирование списка, чтобы правильно расположить STAT операнд при сортировке. Обратите внимание, что могут потребоваться несколько STAT операндов, если операнды, которые первоначально следовали за STAT операндом, рассредоточены по списку по типу.

Sort by Type (сортировать по типу): все операнды располагаются в возрастающем порядке по типу, затем по номеру поверхности. См. Sort by Surface.

Save (сохранить): сохраняет текущие данные вариации в *.TOL файле. Этот шаг требуется только если данные должны быть загружены в файл другой оптической системы или сохранены как

архив. ZEMAX автоматически сохранит данные вариаций с файлом оптической системы, когда этот файл сохраняется.

Load (загрузить): загружает данные вариаций, предварительно сохраненные в *.TOL файле или в *.ZMX файле. Любой тип файла может быть выбран; только часть данных вариаций файла будет загружена в таблицу редактора. Текущие данные вариаций будут утеряны.

Help (Помощь)

Помощь: вызов диалоговой системы помощи.

Extra data (Редактор дополнительных данных)

F Эта функция доступна только в EE редакции ZEMAX.

Редактор дополнительных данных используется только для специальных поверхностей, которые поддерживаются ZEMAX-EE. Редактор очень похож на LDE-редактор, кроме того, что в нем имеются дополнительные колонки данных. См. Главу 14 "Типы поверхностей", где дано подробное описание специальных поверхностей, поддерживаемых ZEMAX-EE. В редакторе дополнительных данных поверхности не могут быть введены или удалены.

Редактирование

Copy Cell (копировать ячейку в буфер): копирует содержание отдельной ячейки в буфер обмена Windows.

Paste Cell (копировать ячейку из буфера): копирует содержание отдельной ячейки из буфера обмена Windows в текущую ячейку. Данные, должны быть, предварительно скопированы в буфер обмена Windows с помощью "Copy Cell".

Edit Cell (редактирование ячейки): Переводит ячейку в режим редактирования.

Функции "Solves"

Solve Type (Тип Функции): вызов диалогового окна типа функций для ячейки, которая в настоящее время обозначена курсором.

Variable Toggle: переключаемый (переменный/фиксированный) статус выбранной в настоящее время ячейки.

Tools (Инструменты)

Import (Импорт): используется, чтобы загрузить значения дополнительных данных из файла ASCII быстрее, чем печатая числа непосредственно. Этот выбор меню вызовет диалоговое окно, которое представляет список ASCII файлов, имеющих расширение .DAT. В диалоговом окне также определяется, номер какой поверхности должны получить дополнительные данные. Числовые данные должны располагаться в файле ASCII точно также, как они расположены в таблице редактора дополнительных данных. Формат файла ASCII - колонка чисел свободного формата, и файл должен закончиться расширением DAT.

Help (Помощь)

Пользование EDE: вызов диалоговой системы помощи по вопросам пользования редактором дополнительных данных (EDE).

Non-Sequential Components (Редактор непоследовательных компонентов)

F Эта функция доступна только в EE редакции ZEMAX

NSC редактор используется только для особого типа поверхностей, называемого "Non-Sequential Components" ("Непоследовательные компоненты"), поддерживаемым в EE-редакции ZEMAX. Он очень похож на редактор LDE. Подробнее о непоследовательных компонентах см. Главу "Непоследовательные Компоненты". Редактор NSC может быть активирован только если в редакторе LDE присутствует поверхность указанного типа.

Диалоговое окно свойств объекта

Двойной щелчок мышью по левой большой колонке (со внесенными в список номерами объектов) вызовет диалоговое окно свойств объекта. В этом диалоговом окне могут быть определены следующие свойства объекта.

Object properties (Свойства Объекта)

Object type (Тип Объекта)

Доступные объекты и их свойства обсуждены подробно в Главе "Непоследовательные Компоненты".

Data file (Файл Данных)

Некоторые объекты используют внешние файлы данных, чтобы определить форму объекта или свойства; здесь выбирают имя файла.

Object color (Цвет Объекта)

По умолчанию, на теневой модели оптической системы, ZEMAX изображает зеркала зеленым, преломляющие и фиктивные поверхности - синим и поглощающие - серым цветом. Цвет объекта модели может быть выбран любым из цветов, определенных в диалоговом окне Preferences, в пункте меню File.

User defined aperture (Определенная пользователем апертура)

Если пользователь определил апертуру, которая должна быть применена к поверхности или объекту, необходимо отметить этот выбор в диалоговом окне.

Aperture file (Файл Апертуры)

Имя файла данных определенной пользователем апертуры, если таковая вообще имеется, выбирается здесь. См. Главу "Непоследовательные компоненты" для получения дополнительной информации об этой функции.

Coat/scatter groups (группы Покрытие/Рассеяние)

Эти кнопки используются, чтобы войти в диалоговое окно, где определяют покрытие и такие их свойства, как рассеяние и расщепление лучей.

Menu options (Меню опций)

Меню опций редактора NSC используется для введения и удаления объектов, выбора типа и свойств объекта и установки функций и переменных.

Edit (Редактирование)

Object Type (тип объекта): вызывает диалоговое окно, в котором может быть выбран тип объекта.
Next Group (следующая группа): Если в редакторе LDE есть больше, чем одна непоследовательная поверхность (Non-Sequential Component), выбирая Next Group можно перейти к группе объектов следующей непоследовательной поверхности.

Edit Object (редактировать объект): если объект определен файлом ASCII, например, как Многоугольник (POB), то эта опция меню будет доступна. Если выбрана эта опция, будет вызван редактор текста, чтобы файл данных мог быть отредактирован. После редактирования и

сохранения файла; выберите Reload Object, чтобы загрузить новую информацию в ZEMAX.

Reload Object (перезагрузить объект): перезагрузка и обновление информации об объекте, который был определен внешним файлом данных, который был изменен, после прошлой загрузки. Обычно, эта опция используется, чтобы освежить POV или STL объекты, если другое приложение изменило файл данных.

Reload All Objects (перезагрузить все объекты): перезагрузка и обновление всех данных об объектах, внесенных в таблицу редактора, см. "Reload Object" выше.

Insert Object (ввести объект): введение новой строки объекта в таблицу редактора в текущую строку. Новый тип объекта - "Null Object" ("Пустой Объект"). Клавиша Insert - "быстрая" клавиша. Insert After (ввести после): введение новой строки объекта в таблицу редактора после текущей строки. Новый тип объекта - "Null Object" ("Пустой Объект"). Ctrl-Insert - "быстрая" комбинация клавиш.

Delete Object (удалить объект): удаление текущей строки объекта из таблицы редактора. Клавиша Delete - "быстрая" клавиша.

Cut Objects (копирование объектов): копирует все данные отдельного объекта или группы объектов в буфер обмена, затем удаляет объекты. Объект или группа объектов должны быть сначала выбраны.

- Об использовании мыши и клавиатуры для выделения объектов, см. описание в разделе "Функция Качества" этой главы.

Copy Objects (копировать объекты): копирует все данные отдельного объекта или группы объектов в буфер обмена. Чтобы выбрать отдельный объект или группу объектов, см. описание "Cut Objects" выше.

Paste Objects (копировать объекты из буфера): копирует данные отдельного объекта или группы объектов из буфера обмена в текущую строку, отмеченную курсором в NSC редакторе. Данные объекта должны быть сначала скопированы в буфер, используя "Cut Object" или "Copy Object", описанные выше.

Copy Cell (копировать ячейку): копирует данные отдельной ячейки в буфер обмена Windows.

Paste Cell (копировать содержимое ячейки из буфера): копирует данные отдельной ячейки из буфера обмена в текущую ячейку. Данные должны быть предварительно скопированы в буфер обмена, используя "Copy Cell", описанную выше.

Edit Cell (редактировать ячейку): перевод ячейки в режим редактирования.

Solves (Функции)

Функции и переменные могут быть помещены на X, Y и Z координаты, наклон вокруг осей X, Y и Z и любые из данных параметра:

X координата: устанавливается fixed (фиксированная), variable (переменная) или solves.

Y координата: устанавливается fixed (фиксированная), variable (переменная) или pickup solves (связанный параметр).

Z координата: устанавливается fixed (фиксированная), variable (переменная) или pickup solves (функции связанных параметров) на Z координате объекта.

Tilt about X (наклон вокруг оси X): на наклоняемом вокруг оси X объекте можно установить fixed (фиксированный) наклон, variable (переменный) наклон или pickup solves (функцию связанными параметрами).

Tilt about Y (наклон вокруг оси Y): на наклоняемом вокруг оси Y объекте можно установить fixed (фиксированный) наклон, variable (переменный) наклон или pickup solves (функцию связанными параметрами).

Tilt about Z (наклон вокруг оси Z): на наклоняемом вокруг оси Z объекте можно установить fixed (фиксированный) наклон, variable (переменный) наклон или pickup solves (функцию связанными параметрами).

Parameter (Параметр): на любом параметре можно установить фиксированное его значение, переменное, или задать параметр связанным с параметром другого объекта.

Variable Toggle: переключение статуса (переменный/фиксированный) текущей ячейки. Ctrl-Z -

"быстрая" комбинация клавиш.

Errors (Ошибки)

Show Error Messages (показывать сообщения об ошибках): Если сделан этот выбор, на экран будет выведено сообщение об ошибках трассировки луча 961 и 962, которые происходят внутри непоследовательной группы, если таковые будут обнаружены. Эти ошибки включают, возможно, неправильное размещение объектов в непоследовательной группе. Однако, в некоторых системах, возможно, объекты расположены должным образом, и все же, сообщение об ошибке может появляться. Если этот выбор отменить, сообщения об ошибках появляться не будут.

Detectors (Приемники)

Ray Trace/Detector Control (трассировка лучей/Управление приемниками: открывает диалоговое окно, которое управляет обнулением приемников и трассировкой лучей от NSC-источников. См. главу "Непоследовательные Компоненты" ("Non-Sequential Components").

Detector Viewer: открывает окно просмотра приемников. Окно позволяет просмотреть данные, зафиксированные любым из заданных приемников.

Help (Справка)

Пользование NSC Редактором: вызов системы встроенной подсказки по вопросам пользования NSC редактором.

Undo, Redo, and Recover (Уничтожить, Переделать, Перезаписать)

Есть три различных статуса функции Undo: None (ни один), Memory 1 Step (память 1 шаг), и Disk Multi Step (Диск, много шагов). Статус функции Undo устанавливается в диалоговом окне Preferences, закладка "Editors". Окно находится в пункте меню "File".

Undo: None

Если установить "None", то поддерживается режим не уничтожения. Используйте этот выбор на компьютерах, которые не имеют достаточной памяти или места на диске, чтобы поддержать режим Undo (уничтожения).

Undo: Memory 1 Step

ZEMAX хранит копию текущей оптической системы в памяти до и после каждого редактирования или оптимизации. Если выбрано Undo, то текущая система - замещается предыдущей. Если затем выбрано Redo, тогда системы снова меняются местами, что приводит к тому, что восстанавливается предыдущая редакция.

Memory 1 Step Undo полезна, чтобы восстановить данные линз, когда случайно сделан неверный шаг при редактировании, или чтобы восстановить данные к предшествующему состоянию после оптимизации. Однако, поддержан только один шаг. Преимущество этого выбора - скорость.

Undo: Disk Multi Step

ZEMAX сохраняет копию данных текущей системы линз в ZMX файле на диске после каждого редактирования или оптимизации. Эти сохраненные файлы используются, чтобы осуществить многошаговый режим функции Undo, который позволяет аннулировать любые изменения или ряд изменений. Undo полезен, чтобы восстановить данные линз, когда случайно сделана неправильная редакция или, чтобы восстановить данные линз к предшествующему состоянию после нескольких изменений или оптимизации.

Для того, чтобы полностью отменить изменения, сделанные в системе линз, выбирают Undo в Меню Редакторов. Undo может быть выполнено любое число раз, вплоть до первого редактирования, сделанного после загрузки файла линз. Функция Redo полностью отменяет

результат последнего применения Undo.

ZEMAX поддерживает директорию Undo файлов, которая, по умолчанию, является поддиректорией главной директории ZEMAX, называемой \UNDO. Undo файлы автоматически удаляются всякий раз, когда файл сохраняется, открывается новый файл или, когда заканчивается сессия ZEMAX. Если сессия ZEMAX заканчивается не корректно, операционная система "виснет", отключается питание компьютера или по любой другой причине, теряются данные линз, ZEMAX может восстановить потерянные данные, восстанавливая последний Undo файл. При запуске ZEMAX, делается проверка, существуют ли Undo файлы. Так как эти файлы удаляются при нормальном завершении работы ZEMAX, присутствие Undo файлов указывает на предшествующее неправильное завершение сессии. ZEMAX выведет сообщение с опцией восстановления последнего Undo файла. Если файл восстановлен, он должен быть немедленно сохранен под новым именем, так как старое имя файла не сохраняется вместе с файлом данных линз.

Функция Undo слегка замедляет работу Редакторов, так как каждое редактирование сопровождается сохранением. Сохранение не замедляет трассировку луча или скорость оптимизации, только редактирование данных линз.

Если больше, чем одна сессия ZEMAX идут одновременно, каждая сессия будет иметь свои собственные undo файлы. Однако, чтобы застраховаться от неправильного завершения программы, то же число ZEMAX сессий должно быть открыто, чтобы восстановить все файлы. Например, если идут 2 сессии ZEMAX, и выключается питание, первая новая сессия ZEMAX будет способна вернуть прежний файл первой сессии. Вторая сессия ZEMAX должна быть запущена, чтобы вернуть прежний файл второй сессии.

Update All

Эта команда обновляет все окна для приведения их в соответствие с последними внесенными изменениями. ZEMAX не обновляет автоматически графические и текстовые окна сразу после внесения изменений. Это сделано потому, что программа работала бы слишком медленно, если ZEMAX после каждого изменения производил бы пересчет МПФ, многочисленных диаграмм и проч. Вместо этого, сделав необходимые изменения, дайте команду Update All для обновления всех окон.

Каждое графическое или текстовое окно также может быть отдельно обновлено, если дважды кликнуть мышкой где-либо в пределах окна.

Update Обновить

Эта команда производит обновление данных только в редакторах Lens Data Editor и Extra Data Editor. Обновление редакторов используется для пересчета только основных свойств системы: положения зрачков, величин полудиаметров, показателей преломления и функций "solve". Смотри раздел "Update All".

General

Основные параметры

Эта команда вызывает диалоговое окно "General System Data", с помощью которого определяются характеристики и параметры, являющиеся общими для оптической системы как единого целого. Смотри также раздел "Advanced".

Lens Title

Наименование схемы

Наименование схемы будет появляться на всех графиках и текстах. Его нужно напечатать в строке Lens Title. Дополнительная текстовая информация может быть введена в большинство графиков; смотри раздел "Configuring the environment" в этой главе.

ApertureType

Тип апертуры

Апертура системы определяет размер пучка, идущего вдоль оси системы. Для установки апертуры системы Вы должны определить тип апертуры и ее величину. Используйте курсорные клавиши для выбора нужного типа апертуры системы из падающего списка. Типы апертуры системы могут быть следующие:

Entrance Pupil Diameter: Диаметр входного зрачка в линейной мере в пространстве предметов.

Image Space F/#: Сопряженное с бесконечностью параксиальное фокальное отношение (F/#) в пространстве изображений.

Object Space Numerical Aperture: Числовая апертура ($n \sin\theta$) краевого луча в пространстве предметов.

Float by Stop Size: Определяется величиной полудиаметра поверхности, на которую помещена апертурная диафрагма системы.

Paraxial Working F/#: Параксиальное фокальное отношение (F/#) в пространстве изображений при работе с конечного расстояния.

Object Cone Angle: Половина угла (в градусах) краевого луча в пространстве предметов; может превышать 90 градусов.

Эти термины были ранее определены в главе №3 "Conventions and Definitions". Если Вы выберете тип "Object Space N.A." или тип "Object cone angle", то расстояние ("thickness") до предмета должно быть конечным. Для каждой оптической схемы можно определить только один тип системной апертуры.

Aperture Value

Размерность и величина апертуры системы

Размерность апертуры зависит от типа апертуры. Например, для апертуры "Entrance Pupil Diameter" ее величина выражается в установленных линейных единицах. ZEMAX совместно использует установленный тип апертуры системы и ее величину, определенную в соответствующих единицах, для вычисления таких основных параметров, как размер входного зрачка и величины световых апертур для всех компонентов системы. Исключение составляет только апертура "Float by Stop Size": если выбран этот тип апертуры, то величина апертуры системы определяется величиной полудиаметра диафрагмы, установленной на апертурной поверхности в редакторе Lens Data Editor.

Lens Units

Единицы измерения

Имеется возможность выбора следующих линейных единиц измерения: миллиметры, сантиметры, дюймы и метры. Эти единицы используются для измерения таких параметров, как радиусы, толщины и диаметр входного зрачка. Для большинства диаграмм в качестве единиц измерения всегда используются микроны.

Glass Catalogs

Каталоги стекол

Имеется редакционная строка и группа электронных флажков с перечнем имен файлов (без расширения), в которых записаны используемые в данное время каталоги стекол. По умолчанию, флаг установлен на каталог "Schott"; что означает, что в схеме могут быть использованы стекла из этого каталога. Если требуются другие каталоги, то установите флаг на них. Если требуются каталоги, для которых не предусмотрены

флажки, то просто напечатайте в редакционной строке имена файлов (без расширения), в которых они записаны. В этой строке можно записать через пробел большое число различных каталогов. Смори главу "Using Glass Catalogs".

Notes

Примечания

Это поле позволяет ввести несколько строк текста, который будет записан в файл текущей оптической системы.

Advanced

Дополнительные характеристики

Эта команда вызывает диалоговое окно "Advanced System Data", которое используется для определения не столько общих характеристик системы, сколько данных, связанных с отдельной поверхностью. Смори также раздел "General".

Ray Aiming

Алгоритм "нацеливания" луча

Меню выбора режима "нацеливания" лучей (Ray Aiming) имеет три установки: None, Paraxial Reference и Real Reference. Если выбрана установка "None", ZEMAX будет использовать параксиальные величины размера и положения входного зрачка, определенные при установке величины апертуры и вычисленные на оси по лучам, пущенным с поверхности предмета для основной длины волны; это означает, что ZEMAX будет игнорировать aberrации входного зрачка. Для систем с умеренными угловыми полями это вполне приемлемо; однако некоторые системы, такие как системы с небольшими $F/\#$ или системы с большими угловыми полями зрения, могут иметь значительные aberrации входного зрачка. Aberrации зрачка производят два главных эффекта: изменение положения зрачка для разных углов поля и изменение формы зрачка.

ZEMAX может учитывать aberrации входного зрачка, если выбрать одну из установок "ray aiming". При включении режима "ray aiming", путь каждого луча рассчитывается с помощью итерационной программы, которая "нацеливает" луч так, чтобы он пересекал поверхность апертурной диафрагмы в нужном месте.

Нужное место на поверхности апертурной диафрагмы определяется, прежде всего, вычислением радиуса апертурной диафрагмы. Затем вычисляются "правильные" координаты на поверхности апертурной диафрагмы - путем использования линейного масштабирования координат зрачка. Например, краевой луч имеет координату $P_y = 1.0$. "Правильная" координата на поверхности диафрагмы рассчитывается путем умножения радиуса диафрагмы на P_y .

Абсолютная величина радиуса апертурной диафрагмы может быть вычислена по трекам либо реальных, либо параксиальных лучей. Если выбрана установка "Real Reference", то для этой цели используется трек краевого луча на основной длине волны, исходящего из центральной точки предмета и идущего через систему к апертурной диафрагме. Высота этого луча на поверхности апертурной диафрагмы будет приравнена к величине ее радиуса. Если же используется установка "Paraxial Reference", то вместо этого луча будет трассирован параксиальный луч. При выборе "Real Reference" все лучи нацеливаются к их "правильным" положениям на

поверхности апертурной диафрагмы, определенным по ее реальному радиусу, в то время как параксальные лучи всегда относятся к параксиальной величине диафрагмы.

При использовании "ray aiming" апертурная диафрагма, а не входной зрачок является однородно освещенной поверхностью. Это может приводить к неожиданным результатам. Например, когда в качестве величины, определяющей апертуру системы используется Object Space NA, ZEMAX трассирует лучи с правильной величиной NA к положению и размеру параксиального входного зрачка. Если затем выбирается установка "Paraxial Reference", то трек реального луча будет отнесен к параксальной величине диафрагмы. Это может привести к получению другой величины числовой апертуры, чем была установлена для системы. Это происходит из-за того, что угол луча был определен (нацелен) с учетом какой-либо аберрации зрачка. В таком случае для устранения этого несоответствия следует использовать установку "Real Reference".

Хотя "ray aiming" является более точной процедурой, чем "paraxial pupil aiming", большая часть треков лучей при этом будет вычисляться от двух до восьми раз дольше (см. описание опции "Tolerance" ниже). Поэтому, установка "ray aiming" должна использоваться только в тех случаях, когда это действительно требуется. Для определения величины аберраций входного зрачка в системе, просмотрите график аберраций зрачка (см. главу "Analysis Menu") при отсутствии какой-либо установки "ray aiming". Величина аберраций зрачка в пределах нескольких процентов в основном является незначительной. Если же система имеет значительные аберрации зрачка, то произведите установку ray aiming и повторите вычисление аберраций. Аберрации будут уменьшены до нуля или очень близкой к нему величине. Точность алгоритма "ray aiming" определена в разделе "Tolerance", приведенном ниже.

Use Ray Aiming Cache

Использование буферной памяти для Ray Aiming

Если установить этот флаг, то ZEMAX поместит в буферную память (кэш) координаты луча, вычисленные алгоритмом Ray Aiming, которые будут использованы при трассировке нового луча. Использование кэш позволяет в огромное число раз увеличить скорость трассировки лучей при работе с алгоритмом Ray Aiming. Однако для использования кэша требуется, чтобы через систему мог быть трассирован главный луч. Для некоторых систем трассировка главного луча невозможна и кэш должен быть отключен.

Robust Ray Aiming (slow)

"Надежный Ray Aiming" (медленный алгоритм)

Если выбрать эту опцию, то ZEMAX будет использовать более надежный, но и более медленный, алгоритм "Ray Aiming". Эта опция должна использоваться только в том случае, когда алгоритм ray aiming является недостаточным даже с включенной кэш-памятью. Алгоритм "Robust Ray Aiming" не работает без кэш. Этот алгоритм обеспечивает дополнительный контроль за ходом лучей для уверенности в том, что при наличии многих оптических путей к одному положению апертурной диафрагмы, выбран единственно верный. Это типичная ситуация для светосильных широкоугольных систем, в которых внеосевые лучи могут найти виртуальные пути к диафрагме, что сбивает алгоритм "ray aiming".

Pupil Shift: X, Y, and Z

Смещение зрачка по осям X, Y и Z

Для большинства систем, использование алгоритма ray aiming будет устранять влияние aberrации входного зрачка, по меньшей мере, для обеспечения правильной трассировки лучей через систему. Это, конечно, не приводит к фактическому устранению aberrаций, а только к их учету. Для некоторых широкоугольных или сильно наклоненных и децентрированных систем, алгоритм ray aiming не сможет работать без помощи разработчика. Проблема заключается в том, что при трассировке лучей в качестве первого приближения используется параксиальный входной зрачок. Если aberrации зрачка очень большие, то существует вероятность того, что даже первое приближение не может быть использовано для трассировки лучей и необходимо предоставить алгоритму второе, более точное приближение.

Решение этой проблемы может быть достигнуто приближенной установкой величины смещения реального зрачка относительно его параксиального положения. Эта операция называется "Pupil shift" (Смещение зрачка) и состоит из трех составляющих:

x, y и z. Все эти три величины (по умолчанию равные нулю) должны быть использованы для оказания помощи алгоритму в нахождении более подходящего первого приближения для операции ray aiming. Положительная величина смещения Z указывает на то, что реальный зрачок находится за, то есть - правее (в принятой оптической координатной системе) параксиального зрачка, а отрицательная величина этого смещения указывает на смещение aberrированного зрачка влево. Большинство широкоугольных систем имеют зрачки, смещенные влево.

Величина смещения зрачка по оси Z линейно масштабируется по углу поля трассируемых лучей, так что эта величина должна относиться к смещению зрачка для максимального поля. Величины смещения зрачка по осям X и Y используются для изменения положения зрачка в случаях, когда плоскость предмета сильно наклонена или когда апертурная диафрагма сильно децентрирована. Если выбрана опция "Scale pupil shift factors by fields", то величины смещения X и Y также будут масштабироваться по полю; в противном случае будет использоваться одна и та же величина смещения для всех полей. Все смещения выражаются в установленных линейных единицах.

Важно понимать, что точные значения величин смещения не так важны. Если обеспечена возможность трассировки лучей в первом приближении, то этого достаточно, чтобы алгоритм ray aiming надежно определил точное положение зрачка. Величины смещения зрачка необходимы только для обеспечения стартовых условий для алгоритма ray aiming. В общем, путем подбора величин смещений зрачка можно определить подходящие значения.

Apodization Type

Тип аподизации

По умолчанию зрачок всегда освещен равномерно. Однако, бывают случаи, когда зрачок должен быть освещен неравномерно. Для этих целей ZEMAX предоставляет возможность моделирования аподизации зрачка, которая означает варьирование освещенности по площади зрачка. Поддерживается три типа аподизации зрачка:

uniform (равномерное), gaussian (гауссово) и tangential (тангенциальное). Тип uniform означает, что лучи равномерно распределены по входному зрачку, моделируя тем самым равномерную освещенность входного зрачка.

Тип аподизации "Gaussian" обеспечивает гауссово распределение лучей по входному зрачку. С помощью фактора аподизации определяется уменьшение амплитуды по радиальной координате. Амплитуда пучка лучей нормализуется к единице для центра зрачка. Амплитуда в других точках входного зрачка определяется выражением:

$$A(\rho) = e^{-G\rho^2} ,$$

где G - фактор аподизации и ρ - нормированная радиальная координата зрачка. Если фактор аподизации равен нулю, то зрачок будет освещен равномерно. Если фактор аподизации равен 1.0, то амплитуда пучка падает в e раз на краю входного зрачка (что означает падение интенсивности в e^2 раз и составляет около 13% от пикового значения). Фактор аподизации может быть любым числом, равным или большим 0.0. Значения больше 4.0 не рекомендуются. Это связано с тем, что для вычислений будет использоваться слишком мало лучей, если амплитуда будет уменьшаться слишком быстро с удалением от оси.

Аподизация типа "Tangential" (тангенциальная) подходит для моделирования освещенности плоской поверхности (такой как входной зрачок, который всегда является плоским) точечным источником. Для точечного источника интенсивность лучей, освещающих различные области плоскости, удаленной от источника на расстояние Z, определяется выражением:

$$I(r) = \frac{Z^3}{(Z^2 + r^2)^{3/2}} ,$$

где r - расстояние от точки пересечения плоскости с оптической осью, а интенсивность нормирована к единице на оси. Подставляя вместо r нормированные координаты зрачка и извлекая из выражения квадратный корень, получаем выражение для амплитудной аподизации:

$$A(\rho) = \frac{1}{(1 + \rho^2 \tan^2 \theta)^{3/4}} ,$$

где $\tan\theta$ - тангенс угла между линией, соединяющей точечный источник с верхней точкой входного зрачка, и осью Z. ZEMAX использует положение и размер входного зрачка для автоматического вычисления величины $\tan\theta$ при вычислении аподизации; коэффициент аподизации игнорируется.

ZEMAX также поддерживает аподизацию, определяемую пользователем для любой поверхности, а не только для входного зрачка. Задание аподизации поверхностей осуществляется с помощью поверхностей типа "User defined surface", описание которых дано в главе "Surface Types".

Apodization Factor

Коэффициент аподизации

Величина коэффициента аподизации определяет скорость затухания амплитуды интенсивности по зрачку. Смотри раздел "Apodization Type".

Reference OPD

Опорная поверхность для вычисления OPD

Разность хода лучей (Optical Path Difference, или OPD) - величина, которая представляет фазовые ошибки волнового фронта, формирующего изображение. Любые отклонения OPD от нуля приводят к ухудшению изображения, построенного оптической системой.

Так как выходной зрачок является изображением апертурной диафрагмы системы в пространстве изображений, он определяет область в пространстве изображений, в которой пучок лучей имеет четко определенные границы. Освещенность в области выходного зрачка, в основном, плавно меняется по амплитуде и фазе, и существует четко определенная граница между областями с нулевой и ненулевой амплитудой. Другими словами, можно предположить, что волновой фронт, идущий от выходного зрачка, больше не дифрагирует. Это так, если все апертуры в системе имеют большие размеры, чем размеры падающего на каждую из них пучка, ограниченного диафрагмой системы. Даже если выходной зрачок является действительным, что бывает довольно часто, он еще определяет область в пространстве изображений, в которой пучок свободен от дифракционных эффектов. Большую информацию об образовании дифракционного изображения и важности выходного зрачка можно найти в книгах, ссылки на которые даны в первой главе.

По мере того, как волновой фронт распространяется от выходного зрачка к плоскости изображения, профиль пучка усложняется по амплитуде и фазе, и волновой фронт расширяется из-за дифракции. С этой точки зрения, ошибка фазы, измеренная в плоскости выходного зрачка, чрезвычайно важна для описания волнового фронта и качества изображения.

По умолчанию, ZEMAX использует выходной зрачок в качестве опорной плоскости для вычисления OPD. Поэтому, когда производится вычисление OPD для данного луча, луч трассируется через оптическую систему вплоть до плоскости изображения, а затем трассируется назад - к "опорной сфере", которая лежит в выходном зрачке. Оптическая разность хода, измеренная "назад" до этой поверхности, представляет собой фазовую ошибку, величина которой важна для дифракционных вычислений, таких как ФПМ, ФРТ и функции распределения энергии. Дополнительная длина оптического пути, возникающая в результате трассирования луча назад, к выходному зрачку, вычитается из радиуса опорной сферы, что дает небольшую корректировку OPD, называемую коррекционным членом ("correction term"). Эти вычисления являются корректными и являются хорошим методом оценки для всех практически важных случаев.

Однако, ZEMAX позволяет использовать для вычисления OPD две другие опорные поверхности.

Использование в качестве опорной бесконечно удаленной поверхности ("Infinity") является приближением к случаю, когда выходной зрачок удален на очень большое расстояние (если даже этого не может быть), и когда величина коррекционного члена строго задается угловой ошибкой луча. Существует только один возможный вариант использования этой установки: в маловероятном случае, когда ZEMAX не может правильно вычислить положение выходного зрачка. Это может произойти с какой-нибудь необычной оптической системой, которая не образует изображения апертурной диафрагмы (действительного или мнимого). ZEMAX снабжен специальным кодом для

определения всех известных случаев, когда это может произойти, и, поэтому, эта установка не должна использоваться без специальных рекомендаций группы технической поддержки фирмы Focus Software (ныне - ZDC). В настоящее время не известны случаи, для которых можно было бы рекомендовать эту установку.

Установка опорной поверхности типа "Absolute" означает, что ZEMAX не будет учитывать коррекционный член при вычислениях OPD, а просто подсчитает полную длину оптического пути луча и вычитет ее из длины оптического пути главного луча. Этот метод не может быть физически значимым и может использоваться только с целью отладки или тестирования алгоритма вычисления OPD.

Итак, всегда используйте установку "exit pupil", а другие установки используйте только после получения соответствующих инструкций от ZDC. В противном случае, Вы можете просто получить ошибочные результаты.

Paraxial Rays

Параксиальные лучи

Обычно, свойства параксиальных лучей могут быть определены для систем, не обладающих осевой симметрией. Поэтому, ZEMAX при трассировке параксиальных лучей игнорирует все наклоны и децентрировки в системе, заданные поверхностями типа coordinate break. Игнорируя наклоны и децентрировки, ZEMAX может вычислить параксиальные свойства эквивалентной центрированной системы, которая обычно соответствует даже системам, не обладающим осевой симметрией.

Поэтому, рекомендуется установка "Ignore Coordinate Breaks", которая задана по умолчанию. При выборе других установок, ZEMAX может дать ошибочные результаты при вычислении параксиальных данных, ray aiming и OPD.

Известен только один случай, когда может потребоваться установка "Consider Coordinate Breaks". При трассировании лучей через сильно наклоненную дифракционную решетку учет наклонов и децентрировок может потребоваться даже для параксиальных лучей, в противном случае траектории лучей могут не удовлетворять уравнению решетки; это обусловлено тем, что угол отклонения лучей дифракционной решеткой существенно зависит от угла падения лучей.

Fast Asphere Trace

Быстрая трассировка лучей через асферические поверхности

При трассировке лучей через некоторые типы асферических поверхностей требуется итерационный процесс. Если эта опция установлена (она устанавливается по умолчанию), то ZEMAX производит первое приближение для решения уравнения пересечения лучей с поверхностью, пытаясь ускорить сходимость итерационного процесса. Однако итерационный процесс может не сходиться, если режим "быстрого приближения" будет применен к некоторым типам сильно искривленных асферических поверхностей. Для систем, в которых используются такие поверхности, может потребоваться отключение опции "Fast Asphere Trace"; и в этом случае ZEMAX будет использовать более медленный, но более надежный алгоритм для нахождения решения. Независимо от того, используете ли Вы эту опцию или нет, ZEMAX либо найдет точное решение уравнения пересечения лучей с поверхностью, либо даст сообщение об ошибке.

Check GRIN Apertures

Контроль GRIN - апертур

Эта установка обязует ZEMAX производить контроль за прохождением лучей через поверхности с градиентом показателя преломления (GRIN-поверхности). Каждый трек луча в пределах среды с градиентом показателя преломления будет контролироваться: не прошел ли луч вне границ, определенных передней поверхностью, и, если это так, то он будет виньетирован. Если эту установку снять, то луч может пройти вне границ, определенных передней поверхностью, если на ней не установлена апертурная диафрагма.

Use T, P

Использовать/не использовать данные о температуре и давлении

Если выбрана эта установка, то при вычислениях будут учитываться отклонения температуры и давления от их номинальных значений 20С и 1атм соответственно. Если не выбрана, - то все эффекты, обусловленные изменениями температуры и давления, будут игнорироваться. При этом возрастает скорость вычисления показателей преломления стекол; поэтому при анализе схемы для номинальных значений температуры и давления эту опцию лучше отключить. См. главу "Thermal Analysis". Эта опция доступна только в редакции ZEMAX-EE.

Temperature

Температура

Окружающая температура выражается в градусах Цельсия. См. главу "Thermal Analysis". Эта опция доступна только для редакции ZEMAX-EE.

Pressure

Давление

Давление воздуха выражается в атмосферах. Величина 0.0 соответствует вакууму, 1.0 - давлению на уровне моря. См. главу "Thermal Analysis". Эта опция доступна только для редакции ZEMAX-EE.

Semi Diameter Margin in %

Запас по полудиаметру в процентах

Обычно полудиаметры поверхностей вычисляются автоматически таким образом, чтобы через поверхности проходили все лучи. Для систем с близко расположенными друг к другу элементами или, когда края соседних элементов находятся в непосредственной близости, такие вычисления дают значения световых апертур и не оставляют запаса на полировку и установку линз. Часто, оптическая полировка осуществляется качественно только в пределах «светового диаметра», т. е. части от полной радиальной апертуры, обычно составляющей от 90% до 98% - в зависимости от размера.

Опция "Semi Diameter Margin in %" позволяет увеличить расчетную величину полудиаметра на заданную величину. По умолчанию, устанавливается значение 0, при котором никакого запаса не остается; в то же время, если установить запас 5%, то все величины полудиаметров будут автоматически увеличены на 5%.

Этот контроль существенно упрощает проектирование систем с близко расположенными элементами с крутыми поверхностями и краевыми контактами. Допускается максимальный запас в 50%.

Fast Semi-Diameters

Быстрое вычисление полудиаметров

ZEMAX автоматически вычисляет для всех поверхностей величины полудиаметров таким образом, чтобы через поверхности могли пройти все лучи от всех установленных полей и для всех заданных длин волн. Для точки на оси эти вычисления могут быть выполнены точно путем трассировки двух крайних (верхнего и нижнего) лучей для каждого поля и для каждой длины волны.

Для внеосевых систем нет другого пути для точного вычисления полудиаметров, как трассировка большого числа лучей по периметру виньетированного зрачка. Это дает точный результат, но может замедлить вычисления, так как ZEMAX должен будет часто пересчитывать величины полудиаметров, особенно во время оптимизации. Существует компромисс между скоростью вычислений и точностью.

Для внеосевых систем, по умолчанию, ZEMAX будет трассировать в истинной меридиональной плоскости виньетированного зрачка только по два луча для каждого поля и каждой длины волны и использовать полученные координаты каждого луча на каждой поверхности для оценки требуемых величин полудиаметров. Для некоторых систем полученные таким образом оценки оказываются недостаточно точными.

Если для опции "Fast Semi-Diameters" произвести установку "off", то для внеосевых систем ZEMAX будет итерационно трассировать столько лучей, сколько необходимо для определения величин полудиаметров с точностью не хуже 0.01% (5 значащих цифр). Скорость оптимизации при этом будет сильно замедлена, но для систем с очень сложной оценочной функцией это может оказаться несущественным.

Global Coordinate Reference Surface

Опорная поверхность для глобальной системы координат

Абсолютные координаты определяются путем поворота и смещения локальных координат на каждой поверхности. Преобразование координат может быть записано следующим образом:

$$\begin{bmatrix} x_g \\ y_g \\ z_g \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_l \\ y_l \\ z_l \end{bmatrix},$$

где подстрочный индекс "g" используется для обозначения абсолютных координат, индекс "0" - для обозначения сдвига координатных систем и индекс "l" - для обозначения локальных координат. Матрица поворота R и вектор сдвига могут быть вычислены для любой поверхности, используя любую другую поверхность в качестве опорной для абсолютной системы координат.

Матрица поворота позволяет понять ориентацию координатной системы поверхности по отношению к абсолютной опорной поверхности. На локальной поверхности единичный вектор, ориентированный вдоль оси x, есть просто (1, 0, 0). Этот вектор можно повернуть, используя матрицу R, для ориентации оси x в абсолютной системе координат. Умножение матрицы на каждый из трех единичных векторов дает:

$$\hat{x}_1 = \begin{bmatrix} R_{11} \\ R_{21} \\ R_{31} \end{bmatrix}, \quad \hat{y}_1 = \begin{bmatrix} R_{12} \\ R_{22} \\ R_{32} \end{bmatrix}, \quad \hat{z}_1 = \begin{bmatrix} R_{13} \\ R_{23} \\ R_{33} \end{bmatrix}.$$

Заметьте, что единичные векторы, ориентированные вдоль осей локальной координатной системы, это просто столбцы в матрице R. Приводимые в списке "Prescription Data" величины "Global vertex coordinates" (координаты вершин поверхностей в абсолютной системе координат), а также величины компонент матрицы поворота R и вектора сдвига - все относятся к абсолютной опорной поверхности. Если поверхность является поверхностью типа "coordinate break", то в R-матрицу включаются сдвиг и поворот координат. Если поверхность типа "coordinate break" выбрана в качестве опорной абсолютной поверхности, то опорная координатная система определяется после децентрировки и поворота локальной координатной системы. Если матрица R вычисляется для поверхности типа "coordinate break" и эта поверхность предшествует опорной поверхности, то R матрица относится к системе, предшествующей трансформации координат. Если у Вас возникает на этот счет сомнение, просто введите пустую поверхность, не являющуюся поверхностью "coordinate break", в интересующее Вас место для проверки «абсолютной» ориентации.

По умолчанию, опорной поверхностью является поверхность №1, но любая другая поверхность может быть выбрана в качестве опорной (кроме поверхности предмета, если она находится на бесконечности).

Опорная поверхность используется также для определения точки совмещения zoom -позиций на трехмерных схемах.

Fields

Поля

Диалоговое окно "Fields" позволяет определить направления в поле зрения (точки поля или просто "поля"). Поля могут быть заданы углами, высотами предмета (для систем с конечным сопряжением) или высотами изображения. Электронные клавиши могут быть использованы для введения/удаления полей, а также для сортировки данных в порядке возрастания. Смори главу "Conventions and Definitions", в которой описаны принятые соглашения относительно полей.

Vignetting factors

Коэффициенты виньетирования

ZEMAX предоставляет также возможность ввода коэффициентов виньетирования для каждого поля. Четыре коэффициента виньетирования имеют обозначения VDX, VDY, VCX и VCY. Величины этих коэффициентов должны быть равны нулю, если в системе нет виньетирования. Коэффициенты виньетирования описаны в главе "Conventions and Definitions" в разделе "Vignetting Factors".

В диалоговом окне имеется также электронная клавиша под названием "Set Vig". Если нажать эту клавишу, то коэффициенты виньетирования для каждого поля будут вычислены заново на основе данных текущей схемы. Алгоритм вычисления факторов

виньетирования рассчитывает "виньетирующие" коэффициенты децентрировки и сжатия зрачка таким образом, что четыре краевых луча, идущих через верхний, нижний, левый и правый края зрачка, пропускаются в пределах всех определенных пользователем полудиаметров каждой поверхности; используется только основная длина волны. Команда "Clr Vig" служит для обнуления коэффициентов виньетирования.

Алгоритм начинает работу с запуска "сетки" лучей через зрачок. На каждой поверхности, для которой самим пользователем были установлены величины полудиаметров, производится проверка: проходит луч через эту апертуру или нет. Все лучи, прошедшие через все поверхности, затем используются для вычисления центроида невиньетирующего зрачка. Заметьте, что используются только установленные пользователем (а не вычисленные автоматически) величины полудиаметров, а поверхностные апертуры (круглые и прямоугольные) игнорируются. Точный контур невиньетирующего зрачка затем вычисляется итерационным методом с точностью около 0.001%.

В некоторых случаях алгоритм может не работать. Для таких систем факторы виньетирования должны подбираться и устанавливаться вручную. Точность алгоритма расчета факторов виньетирования можно проверить путем трассировки нескольких краевых лучей.

Saving and loading field data

Сохранение и загрузка полевых данных

Электронные клавиши "Save" и "Load" (изображенные в диалоговом окне "Field dialog box") используются для сохранения и загрузки полевых данных независимо от данных схемы. Запись данных в файл производится в формате ASCII, что позволяет редактировать их и создавать новые файлы вне ZEMAX.

Wavelengths

Длины волн

Это диалоговое окно используется для определения длин волн, их весовых коэффициентов и определения основной длины волны. Электронные клавиши могут быть использованы для внесения и удаления отдельных длин волн, а также для их сортировки в порядке возрастания. В этом же окне Вы найдете обширный список наиболее употребляемых длин волн. Для введения длин волн из этого списка просто выберите нужную длину волны и нажмите электронную клавишу "Select".

Дополнительную информацию по длинам волн можно найти в главе №3 "Термины и определения" ("Conventions and Definitions").

Saving and loading wavelength data

Сохранение и загрузка данных о длинах волн

Электронные клавиши "Save" и "Load" (имеющиеся в диалоговом окне "Wavelength dialog box") используются для сохранения и загрузки данных о длинах волн независимо от данных схемы. Запись данных в файл производится в формате ASCII, что позволяет редактировать их и создавать новые файлы вне ZEMAX.

Polarization State

Учет поляризации

Это диалоговое окно служит для установки исходной поляризации луча, которая в дальнейшем, по умолчанию, будет использоваться для анализа схемы с учетом поляризационных эффектов. При расчете диаграммы пятна рассеяния и среднеквадратической величины пятна рассеяния с учетом поляризационных эффектов (при использовании опции "Use Polarization") это диалоговое окно служит только для установки исходного состояния поляризации луча. В этих задачах трассировка поляризованного луча используется только для определения интенсивности пропущенного луча с учетом эффектов Френеля, тонкопленочных покрытий и поглощения в массе стекла. Векторная природа электрического поля игнорируется, но скалярная теория принимается во внимание. Учитывается просто ослабление интенсивности лучей и выполняются взвешенные вычисления.

Поляризация определяется четырьмя числами: E_x и E_y , которые являются величинами электрического поля по осям X и Y, и X-Phase и Y-Phase, которые являются фазовыми углами в градусах. ZEMAX нормирует векторы электрического поля к интенсивности, равной единице.

В этом диалоговом окне имеется также флаг под названием "Unpolarized". Если этот флаг установлен, то значения E_x , E_y , X-Phase и Y-Phase игнорируются и будут выполнены так называемые "unpolarized" вычисления. При "unpolarized" вычислениях проводится трассировка двух лучей с ортогональной поляризацией и для них вычисляется средняя величина пропускания. Заметьте, что "unpolarized" вычисления занимают больше времени, чем "polarized" вычисления, которые в свою очередь занимают больше времени, чем вычисления с игнорированием поляризации вообще,

Трассировка поляризованных лучей доступна только для редакции ZEMAX-EE.

Next Configuration

Следующая конфигурация

Эта опция обеспечивает быстрое изменение всех графиков для отображения данных следующей конфигурации (или zoom-позиции). По этой команде обновляются все таблицы, текстовые и графические данные.

Last Configuration

Последняя конфигурация

Эта опция обеспечивает быстрое изменение всех графиков для отображения данных последней конфигурации (или zoom-позиции). По этой команде обновляются все таблицы, текстовые и графические данные.

Оптимизация **Optimization**

Назначение:

Оптимизация оптической схемы проводится с целью улучшения ее характеристик или ее модификации для удовлетворения заданным требованиям.

Описание:

Смотри главу "Optimization", в которой дано описание программы оптимизации, включая вопросы создания оценочной функции и задания переменных параметров.

Глобальный поиск

Global Search

Эта программа поддерживается только XE и EE- редакциями ZEMAX.

Назначение:

Эта программа осуществляет поиск глобального оптимума, который соответствует наилучшему из всех возможных решений для заданной оценочной функции и заданных переменных параметров.

Описание:

Смотри главу "Global Optimization".

Оптимизация методом "постукивания"

Hammer Optimization

Эта программа поддерживается только XE и EE- редакциями ZEMAX.

Назначение:

Эта программа осуществляет автоматически повторяющийся (итерационный) процесс оптимизации с многократным переходом через локальный минимум оценочной функции. После каждого цикла оптимизации параметры схемы немного меняются и производится повторная оптимизация. Этот процесс продолжается до достижения оптимальных характеристик схемы.

Описание:

Смотри главу "Global Optimization".

Таблица оценочной функции

Merit Function Listing

Назначение:

Эта команда генерирует таблицу операндов оценочной функции, которая может быть записана в файл или распечатана.

Settings:
Установки: установок нет.

Снять со всех параметров статус переменной величины

Remove All Variables

Назначение:
Эта команда позволяет моментально снять со всех переменных параметров текущей схемы статус переменной величины.

Описание:
Для всех параметров текущей схемы устанавливается статус постоянной величины ("fixed").

Допуски Tolerancing

Назначение:
Анализ допусков.

Описание:
Смотри главу "Tolerancing".

Таблица допусков Tolerance Listing

Назначение:
Эта программа генерирует таблицу допусков, которую можно записать в файл или распечатать.

Settings:
Установки: установок нет.

Суммарная таблица допусков Tolerance Summary

Назначение:
Эта программа генерирует таблицу допусков, которую можно записать в файл или распечатать. Формат этой таблицы несколько проще для чтения, чем таблица "Tolerance Listing", и в нем не используется символика ZEMAX, что делает данные более доступными для понимания изготовителями и другими людьми, не знающими терминологии ZEMAX.

Settings:
Установки: установок нет.

Подгонка под пробные стекла Test Plate Fitting

Эта программа поддерживается только XE и EE- редакциями ZEMAX.

Назначение:
Эта программа автоматически подгоняет радиусы кривизны поверхностей элементов оптической схемы под пробные стекла из каталога производителя.

Settings:

Установки:

ПОЗИЦИЯ	ОПИСАНИЕ
File Name	Выбор различных файлов с записью каталогов пробных стекол.
Method of Fit	Выбор степени подгонки, определяющей точность подгонки.

Описание:

Эта программа автоматически решает задачу подгонки радиусов кривизны поверхностей элементов текущей оптической схемы под пробные стекла разных изготовителей. Подгонка осуществляется с использованием текущей оценочной функции в качестве критерия качества подгонки.

Для подбора отдельных радиусов сделайте их величины переменными параметрами; одновременно можно осуществлять подбор любого числа радиусов. Теперь вызовите эту программу. Выберите файл с нужным каталогом пробных стекол (описание этих файлов дано в главе "ZEMAX Support Files").

Можно выбрать один из следующих методов подгонки:

Try All Methods:

Испытать все
методы:

Опробовать все методы и использовать тот из них, который приводит к наименьшей величине оценочной функции.

Best To Worst:

От наилучшего
к наихудшему:

Подогнать первыми радиусы, для которых в каталоге есть наиболее близкие пробные стекла (оценка производится в интерференционных полосах).

Worst To Best:

от наихудшего
к наилучшему:

Подогнать первыми радиусы, для которых в каталоге нет близких пробных стекол.

Long To Short:

От больших
радиусов
к малым:

Подогнать первыми наибольшие радиусы.

Short To Long:

От малых
радиусов
к большим:

Подогнать первыми наименьшие радиусы.

Теперь нажмите в диалоговом окне электронную клавишу "OK", и начнется подгонка. ZEMAX начинает подгонку с поиска в каталоге ближайших (в кольцах) пробных стекол для всех радиусов. Пробные стекла должны иметь правильную форму (выпуклую или вогнутую или и ту, и другую, как требуется) и должны иметь диаметр, подходящий для тестирования световой апертуры поверхности линзы (она определена величиной полудиаметра в таблице LDE - редактора). Считается, что пробное стекло имеет подходящий размер, если его диаметр не менее $3/4$ от световой апертуры линзы.

Затем, радиус поверхности, для которой наилучшим образом подходит одно из пробных стекол, заменяется на радиус этого пробного стекла. С этого радиуса снимается статус переменной величины и схема повторно оптимизируется. Переоптимизация будет затрагивать все оставшиеся переменные величины, включая все остальные радиусы (кроме того, для которого уже было подобрано пробное стекло). Заметьте, что при оптимизации будет использоваться текущая оценочная функция. После оптимизации эта процедура повторится, если в схеме остался радиус со статусом переменной величины. Заметим, что радиусы, в общем случае, подгоняются не в том порядке, в каком они расположены в таблице LDE - редактора.

В процессе подгонки на экран выводится информация о числе оставшихся для подгонки радиусов и о текущей величине оценочной функции. После того, как все радиусы будут подогнаны под пробные стекла, на экран будет выведен отчет о результатах подгонки. В отчете приводится информация обо всех измененных радиусах и идентификационных номерах соответствующих им пробных стекол.

Не существует способа узнать, являются ли выбранные пробные стекла оптимальными. Если в каталоге содержится большое число пробных стекол, и они образуют достаточно разумный непрерывный ряд, без больших пробелов, подгонка, обычно, бывает очень хорошей. Если в процессе подгонки величина оценочной функции возросла до неприемлемой величины, нужно либо использовать другой каталог пробных стекол (другого изготовителя), либо модифицировать схему, либо изготовить для некоторых линз дополнительные пробные стекла. Обычно, самый последний из подгоняемых радиусов является наиболее вероятным кандидатом на изготовление для него нового пробного стекла. В отчете указывается порядок, в котором были подогнаны все радиусы.

При использовании опции "Try All Methods" достигается наименьшая величина оценочной функции, так как при подгонке используются все 4 метода и из них выбирается тот, который дает наименьшую величину оценочной функции. Однако, может существовать и какой-либо другой, кроме этих четырех, алгоритм подгонки, который даст лучший результат.

Бывают случаи, когда алгоритм подгонки не может найти в каталоге близкое пробное стекло для данного радиуса. Это может случиться, когда в каталоге нет близкого по радиусу пробного стекла с достаточно большим для данной поверхности диаметром. В этих случаях в отчете дается сообщение "NO MATCH FOUND" и этот радиус в дальнейшем игнорируется. Обычно это означает, что для этой поверхности должно быть заказано новое пробное стекло.

Все имеющиеся в ZEMAX каталоги пробных стекол взяты у соответствующих производителей, и нет гарантии на их точность и полноту в данный момент; более детальные данные о пробных стеклах следует получить у самих производителей. В ZEMAX могут быть добавлены новые каталоги пробных стекол; производители должны для этого связаться с фирмой Focus Software.

Новый файл с записью нового каталога пробных стекол может быть добавлен в ZEMAX. Файл должен иметь расширение .TPD и должен быть помещен в директорию \TESTPLAT. ASCII-файл с новым каталогом должен иметь следующий формат:

! Первая строка заголовка
! Вторая строка заголовка
! и так далее (поддерживается до 15 информационных строк)
наименование пробного стекла радиус диаметр код
наименование_пробного_стекла радиус диаметр код
наименование_пробного_стекла радиус диаметр код
наименование_пробного_стекла радиус диаметр код
наименование_пробного_стекла радиус диаметр код
! и так далее

Пробное стекло может быть записано под каким-либо именем или под идентификационным номером; радиус кривизны выражается в миллиметрах; величина диаметра должна определять рабочую область пробного стекла; код - целое число, которое должно быть равно:

- 1, если имеется пробное стекло только с вогнутой поверхностью;
- 0, если имеется пара пробных стекол - с вогнутой и с выпуклой поверхностями;
- 1, если имеется пробное стекло только с выпуклой поверхностью.

Все эти четыре параметра должны быть записаны в одной строке через пробел. В наименовании пробного стекла пробелов быть не должно! Каждое пробное стекло (или пара) должно быть записано в отдельной строке, а строки разделены командой "Enter" (возврат каретки). Числа могут быть записаны в любом формате, но они должны выражать величины в миллиметрах. Максимальное число пробных стекол, которое может быть записано в один файл, - 30000. Заглавные строки могут использоваться для разных записей, например: указания изготовителя, его адреса, номера телефона и другой информации. При распечатке списка пробных стекол или результатов подгонки схемы под пробные стекла, ZEMAX вместо знака "!" печатает пробел.

Списки пробных стекол Test Plate Lists

Эта программа поддерживается только XE и EE - редакциями ZEMAX.

Назначение:

Эта программа выводит на экран текстовое окно, содержащее списки пробных стекол из каталогов разных производителей.

Settings:

Установки:

ПОЗИЦИЯ	ОПИСАНИЕ
File Name	Файлы с записью разных каталогов пробных стекол. Файлы пробных стекол должны быть помещены в поддиректорию /TESTPLAT.

Описание:

Все данные измеряются в миллиметрах. В колонках "CC" и "CX" перечислены все имеющиеся в каталоге вогнутые (ConCave) и выпуклые (ConveX) пробные стекла.

Каталоги стекол

Glass Catalogs

Назначение:

Обеспечивает доступ к каталогам стекол.

Описание:

Смотри главу «Использование каталогов стекол» ("Using Glass Catalogs").

Каталоги линз и объективов

Lens Catalogs

Назначение:

Используется для поиска подходящих одиночной линзы или объектива по каталогам производителей.

Settings:

Установки:

ПОЗИЦИЯ	ОПИСАНИЕ
Vendor	Выбор файла с нужным каталогом. Имя каждого файла соответствует названию фирмы-изготовителя. Файлы с записью каталогов линз должны находиться в директории, которая указывается в диалоговом окне "Environment".
Use Focal Length	Если установить этот флаг, то можно определить диапазон фокусных расстояний, который будет использован как один из критериев для поиска подходящей линзы. В противном случае, все фокусные расстояния будут считаться приемлемыми.
Focal Length M in/Max	Определение диапазона фокусных расстояний в миллиметрах.
Use Diameter	Если установить этот флаг, то можно определить диапазон диаметров, который будет использован как один из критериев для поиска подходящей линзы. В противном случае все величины диаметров будут считаться приемлемыми.
Diameter Min/Max	Определение диапазона величин диаметров в мм.
Equi-, Bi, Plano-, Meniscus	Если выбрать любую из этих опций, то поиск будет ограничен линзами, которые удовлетворяют, по меньшей мере, одному из выбранных критериев. Например, если выбрать Equi- и Bi-, то в поиск будут включены как равновыпуклые/равновогнутые (equiconvex/ equiconcave), так и двояковыпуклые/двояковогнутые (biconvex/biconcave) линзы.
Spherical, GRIN, Aspheric, Toroidal	Если выбрать любую из этих опций, то поиск будет ограничен линзами, которые удовлетворяют, по меньшей мере, одному из выбранных критериев. Категория "Spherical" используется не только для сферических линз, но и для всех "других" линз, не

	являющихся линзами с градиентом показателя преломления ("GRIN"), с асферическими ("Aspheric") или тороидальными поверхностями ("Toroidal").
Max elements	Определение максимального количества элементов в (сложном) объективе, которое будет использовано в качестве критерия поиска. При выборе опции "Any #" в поиск будут включены объективы с любым количеством элементов.
Search Results	В этом поле перечисляются все файлы с линзами, которые содержатся в загруженных каталогах и которые удовлетворяют критериям поиска (результат поиска).
Search	Команда на выполнение поиска.
Load	Команда на загрузку выбранной линзы в Lens Data Editor; при загрузке производится обновление всех открытых окон для отражения данных загруженной линзы.
Insert	Команда на присоединение выбранной линзы к текущей схеме. После подачи этой команды на экране появляется диалоговое окно, служащее для указания номера поверхности в схеме, к которой должна быть присоединена новая линза.
Prescription	Команда на открытие текстового окна с данными для выбранной линзы.
Layout	Команда на открытие графического окна с изображением схемы (или трехмерной проекцией для систем, не имеющих вращательной симметрии) выбранной линзы.
Exit	Команда на закрытие диалогового окна.

Описание:

На экранном поле "Search Results" (Результаты поиска) указаны условные названия, фокусные расстояния и диаметры линз, выбранных из указанного каталога в соответствии с заданными критериями поиска. После величины диаметра указан 3-х значный код типа линзы (P, S, 1). Первый знак - это код формы линзы: E - с одинаковыми радиусами, B - двояковыпуклая/двояковогнутая, P - плосковыпуклая/плосковогнутая, M - мениск, "?" - другие. Знак "?" (другие) используется для обозначения многоэлементных объективов. Второй знак - это код формы поверхностей: S - сферическая, G - с градиентом показателя преломления, A - асферическая, T - тороидальная. Третий знак обозначает количество элементов в объективе.

В процессе инсталляции ZEMAX создает поддиректорию под названием STOCKCAT. Записанные в этой поддиректории файлы имеют имена с расширением .ZMF. Каждый из этих файлов содержит большое число файлов с расширением .ZMX, в которых записаны данные отдельных линз. Например, файлы с линзами из каталога фирмы-изготовителя "Melles Griot" записаны в поддиректории C:\ZEMAX\STOCKCAT\MGRIOT.ZMF.

Чтобы быстро найти линзу (объектив), имеющую близкие к одной или нескольким поверхностям в текущей схеме характеристики, установите в редакторе "Lens Data Editor" курсор на первую поверхность из этой группы, а затем войдите через Tools в диалоговое окно Lens Catalogs. В диалоговом окне уже будут установлены по умолчанию подходящие значения критериев поиска для области фокусных расстояний и диаметров. ZEMAX вычисляет требуемые фокусные расстояния и диаметры линз и прибавляет к их величинам плюс/минус 5% для ограничения области поиска.

Программа "Lens Search" обеспечивает возможность поиска и выбора нужной линзы из числа имеющихся в каталогах. После выбора нужной линзы, она может быть загружена или присоединена к текущей схеме. Список файлов с каталогами линз приведен в главе "Support Files".

Редактор файлов с данными о покрытиях

Edit Coating File

Эта программа поддерживается только XE и EE - редакциями ZEMAX.

Назначение:

Вызывает редактор Windows NOTEPAD, в котором можно редактировать файлы COATING.DAT. В этих файлах записываются данные о материалах и покрытиях.

Описание:

Смотри главу "Polarization Analysis". После редактирования файла COATING.DAT его нужно перезагрузить с помощью программы "Reload Coating File"!; в противном случае ZEMAX может сам закрыться и перезагрузиться для выполнения этой операции (обновления данных).

Перезагрузка файла с данными о покрытиях

Reload Coating File

Эта программа поддерживается только EE - редакцией ZEMAX.

Назначение:

Перезагружает файл COATING.DAT. Этот файл содержит данные о материалах и покрытиях.

Описание:

Смотри выше.

Добавить покрытия на все поверхности

Add Coating to All Surfaces

Эта программа поддерживается только EE - редакцией ZEMAX

Назначение:

"Наносит" какое-либо покрытие на все поверхности текущей схемы, которые являются границей раздела воздух-стекло.

Описание:

После запуска этой программы на экран выводится диалоговое окно, позволяющее выбрать нужный тип покрытия. По умолчанию установлено просветляющее покрытие типа "AR", которое представляет собой четвертьволновый слой MgF₂. Может быть выбран любой другой тип покрытия. Выбранный тип покрытия будет нанесен на все поверхности раздела стекло-воздух; эта программа, в основном, используется для моделирования просветляющих покрытий.

Список покрытий

Coating Listing

Назначение:

Эта программа генерирует список материалов и покрытий, содержащихся в файле COATING.DAT.

Преобразование полудиаметров в круглые апертуры

Convert Semi-Diameters to Circular Apertures

Назначение:

Эта программа преобразует все поверхности текущей схемы, на которых не были установлены круглые апертуры, в поверхности с апертурами; полудиаметры круглых апертур (диафрагм) устанавливаются равными полудиаметрам соответствующих поверхностей.

Описание:

Главная цель этой программы - упростить анализ эффектов виньетирования. Для большинства оптических схем это проще и быстрее, чем использование коэффициентов виньетирования (см. главу "System Menu") в процессе оптимизации. Однако, коэффициенты виньетирования - это только приближение. Эта программа преобразует все полудиаметры в апертуры поверхностей. Коэффициенты виньетирования могут быть затем стерты (в этой программе это не делается автоматически), так что зрачок может быть заполнен и можно будет увидеть, в каком месте системы лучи действительно виньетируются.

Преобразование полудиаметров в плавающие апертуры

Convert Semi-Diameters to Floating Apertures

Назначение:

Эта программа преобразует все поверхности текущей схемы, на которых не были установлены поверхностные апертуры, в поверхности с "плавающими" апертурами; полудиаметры плавающих апертур (диафрагм) устанавливаются равными полудиаметрам соответствующих поверхностей.

Описание:

Эта программа подобна программе "Convert Semi-Diameters to Circular Apertures", за исключением того, что на поверхностях схемы вместо круглых апертур с фиксированными диаметрами устанавливаются плавающие апертуры. Величины полудиаметров плавающих апертур динамически изменяются в соответствии с изменениями полудиаметров поверхностей, величины которых определяются в режиме "automatic". Заметьте, что если величина какого-либо полудиаметра определена как фиксированная величина (режим "fixed"), то она не будет изменяться, и виньетирование будет происходить на уровне заданных полудиаметров.

Убрать все апертуры **Remove All Apertures**

Назначение:

Эта программа убирает из схемы все поверхностные апертуры.

Описание:

С помощью этой программы для всех поверхностных апертур устанавливается статус "None".

Reverse Elements

Реверс элементов схемы

Назначение:

Эта программа позволяет осуществить обращение одного элемента или группы элементов в оптической системе.

Settings:

Установки:

позиция	ОПИСАНИЕ
First Surface	Первая поверхность в группе поверхностей, которые должны быть обращены.
Last Surface	Последняя поверхность в группе поверхностей, которые должны быть обращены.

Описание:

Эта программа может неправильно работать, если в числе обращаемых поверхностей есть зеркальные поверхности, поверхности типа "coordinate break" или другие нестандартные поверхности.

Масштабирование

Scale Lens

Назначение:

Эта программа масштабирует параметры оптических систем в заданное число раз. Это полезно при заимствовании каких-либо известных прототипов для новой схемы, например, масштабирования к новому фокусному расстоянию; длины волн не масштабируются. Эта программа может быть использована также для изменения единиц измерения, например, для перехода от миллиметров к дюймам.

Settings:

Установки:

ПОЗИЦИЯ	ОПИСАНИЕ
Scale by factor	Если выбрать эту опцию, то масштабный коэффициент может быть введен непосредственно.
Scale by units	Если выбрать эту опцию, то параметры схемы будут выражены в новых единицах измерения.

Масштабирование схемы к новому фокусному расстоянию

Make Focal

Назначение:

Эта программа подобна программе "Scale Lens", за исключением того, что схема может быть прямо масштабирована к новому фокусному расстоянию. Вся схема масштабируется в соответствии с заданным фокусным расстоянием.

Быстрая подфокусировка Quick Focus

Назначение:

Быстрая фокусировка оптической системы путем изменения величины заднего фокального отрезка.

Settings:

Установки:

ПОЗИЦИЯ	ОПИСАНИЕ
Spot Size Radial	Подфокусировка к наименьшей величине RMS* пятна рассеяния в плоскости изображения.
Spot Size X Only	Подфокусировка к наименьшей величине RMS пятна рассеяния по оси X (в плоскости изображения).
Spot Size Y Only	Подфокусировка к наименьшей величине RMS пятна рассеяния по оси Y (в плоскости изображения).
Wavefront Error	Подфокусировка к наименьшей величине ошибки волнового фронта в плоскости изображения.
Use Centroid	При выборе этой опции все вычисления будут произведены относительно центра тяжести изображения, а не относительно главного луча. Эта опция лучше подходит для систем, у которых преобладает кома; но вычисления проводятся несколько медленнее.

*Среднеквадратичное значение

Описание:

Эта программа подстраивает толщину поверхности, предшествующей поверхности изображения. Толщина подбирается такой, при которой минимизируется величина RMS аберраций. Величина RMS аберраций вычисляется несколькими различными способами, которые описаны в данной выше таблице. Положение "наилучшего фокуса" зависит от выбранных критериев. Величина RMS всегда вычисляется как полихроматическая величина, усредненная по полю, с учетом всех заданных точек поля, всех определенных длин волн и их весов.

Добавить поворотное зеркало

Add Fold Mirror

Назначение:

Введение в схему ломающей зеркальной поверхности, включая необходимые поверхности типа "coordinate break".

Settings:
Установки:

ПОЗИЦИЯ	ОПИСАНИЕ
Fold surface	Указание номера поверхности, которая должна стать ломающим зеркалом. Указанная ломающая поверхность должна быть фиктивной поверхностью, уже введенной в схему в нужном месте.
Reflect angle	Угол между падающим и отраженным пучками.
Tilt type	Определение оси (x или y), относительно которой должна быть наклонена зеркальная поверхность.

Описание:

Эта программа вводит две фиктивные поверхности, одну перед зеркальной поверхностью и вторую после нее. Указанная ломающая поверхность становится зеркальной, а две фиктивные поверхности становятся поверхностями типа "coordinate break" с указанным углом наклона. Угол наклона второй поверхности "coordinate break" устанавливается как "pickup" от первой поверхности "coordinate break". Наконец, толщины и радиусы кривизны всех последующих поверхностей изменяют знак в связи с введением в схему нового зеркала.

Эта программа может давать неправильный результат, если фиктивная поверхность, на место которой вводится зеркальная поверхность, не является плоской стандартной поверхностью, расположенной в воздухе. Фиктивная поверхность, на место которой вводится зеркальная поверхность, должна быть заранее введена в схему. Например, для введения ломающего зеркала посередине между двумя линзами, удаленными друг от друга на 100 мм, фиктивная поверхность должна быть введена между линзами с толщинами до и после нее, равными 50 мм. На место этой фиктивной поверхности затем будет введена ломающая зеркальная поверхность.

Эта программа может не работать также в мультиконфигурационных схемах, если в разных конфигурациях изменяются толщина или тип стекла для какой-либо поверхности, следующей за ломающей зеркальной поверхностью.

Генератор "духов" (автоколлимационных точек)

Ghost Focus Generator

Назначение:
Анализ "духов" (автоколлимационных точек).

Settings:
Установки:

ПОЗИЦИЯ	ОПИСАНИЕ
Bounces	Выбор: отражение от одной поверхности или последовательное отражение от двух поверхностей.
First Surface	Номер первой отражающей поверхности.
Last Surface	Номер последней отражающей поверхности.
Save Files	Запись файла, использованного для вычисления "духов", на диск.
Image Plane Only	Если выбрать эту опцию, то после вычисления двойного отражения будут показаны данные только для поверхности изображения.

Описание:

Эта программа может работать некорректно для систем, содержащих поверхности типа "coordinate breaks" и нестандартные поверхности, а также для мультikonфигурационных систем.

Программа генерирует файлы, которые строятся по данным текущей схемы. Эти файлы организованы таким образом, чтобы пучок лучей отражался от указанной поверхности и шел назад через систему. Часть оптической системы, которая предшествовала отражающей поверхности, дублируется в обратном порядке, так что лучи могут быть трассированы назад. Цель этого анализа - проверить, могут ли лучи, отраженные от какой-либо оптической поверхности, образовать "духи" на другом компоненте системы или вблизи фокальной плоскости. Эти эффекты существенны в мощных лазерных системах, у которых фокусировка отраженных от оптических поверхностей лучей может повредить оптику. "Духи" также снижают контраст изображения. Программа поддерживает однократное и двойное отражения.

Для каждой генерированной системы приводятся величины: высота краевого луча, парааксиальное отношение $F/\#$ и RMS - размер пятна рассеяния на оси. Также указываются поверхности из стекла, которые могут иметь внутренний фокус. При анализе двойного отражения (double-bounce) для поверхности изображения приводится расстояние от нее до плоскости фокусировки "духов" и эффективное фокусное расстояние построенной для анализа схемы.

Созданные для анализа файлы записываются под именами GHfffsss.ZMX, и эти файлы могут быть открыты обычным путем для дальнейшего анализа. На место букв fff записывается номер первой отражающей поверхности, а на место букв sss - номер второй отражающей поверхности. Например, имя (файла) GH007002.ZMX означает, что анализируется двойное отражение - от поверхности 7 и от поверхности 2. При анализе однократного отражения только fff-число будет отлично от нуля.

Эта программа работает не правильно для систем, которые содержат нестандартные поверхности или поверхности типа "coordinate break", а также для мультikonфигураций. Эту последнюю проблему можно обойти, если активировать только одну из конфигураций и стереть все остальные данные мультikonфигурационного режима, а затем выполнить данную программу. Не для всех систем могут быть трассированы лучи для исследования "духов"; случаются проблемы с полным внутренним отражением или когда лучи полностью проходят мимо поверхности. Для более детального анализа следует открыть и модифицировать файл GHfffsss.ZMX.

Если первая отражающая поверхность находится перед апертурной диафрагмой системы, то положение входного зрачка вычисляется неверно. Эта проблема легко преодолевается (только для целей анализа "духов") путем использования перед выполнением программы следующей процедуры:

- 1) запишите для памяти данные о положении и величине диаметра входного зрачка;
- 2) введите в схему пустую поверхность на место первой поверхности;
- 3) Задайте толщину этой новой пустой поверхности, равную отрицательной величине записанного расстояния до положения входного зрачка;

4) сделайте эту пустую поверхность поверхностью апертурной диафрагмы системы ("Stop") и задайте величину диаметра входного зрачка равной записанной величине диаметра входного зрачка;

5) для систем, работающих с конечного расстояния (только для таких систем) добавьте к толщине объекта (расстояние до объекта) величину, равную толщине пустой поверхности.

Эти шаги дадут Вам правильное положение входного зрачка в пространстве предметов, и лучи будут правильно трассированы при отражении от поверхности, расположенной перед апертурной диафрагмой системы. Анализ "духов" может быть очень запутанным для систем средней сложности, так что требуется большое внимание при интерпретации полученных результатов.

Тест на скорость вычислений Performance Test

Назначение:

Тест на скорость трассировки лучей.

Описание:

Эта программа позволяет проверить скорость трассировки лучей через Вашу схему (выраженную в числе лучей-поверхностей в секунду), зависящую как от быстродействия Вашего компьютера, так и от сложности схемы. Программа трассирует большое число случайных наклонных лучей через текущую оптическую схему. Затем число трассированных лучей делится на число поверхностей в схеме и на время трассировки. Скорость сильно зависит от типа процессора, тактовой частоты компьютера и сложности схемы.

Экспорт IGES-файла Export IGES File

Назначение:

Данные текущей схемы экспортируются (с различными опциями) в файл формата IGES.

Settings:

Установки:

ПОЗИЦИЯ	ОПИСАНИЕ
First/Last Surface	Поверхности, которые должны быть включены в экспортируемые данные.
Wavelength	Длина волны, для которой вычисляются экспортируемые данные.
Field	Номер поля, для которого вычисляются экспортируемые данные.
Number of Rays	Число трассируемых лучей; точное значение зависит от установки "Ray Pattern".
Ray Pattern	Выбор типа ряда лучей для экспорта. Эта опция подобна опции, определенной для 3D-схемы; смотри главу "Analysis Menu".

Lens/Ray Layer	Выбор иерархии расположения в выходном файле схемы данных.
IGES File	Имя выходного файла и имя директории (полный путь), в которую должен быть помещен выходной файл. Предупреждение, что файл под этим именем уже существует, не выдается. По умолчанию файл записывается в текущую выходную директорию под именем EXPORT.IGS.
# Spline Segments	Число сегментов, которое должно быть использовано для интерполяции элементов объекта сплайнами при экспорте.

Описание:

IGES-формат (Initial Graphics Exchange Specification, IGES) - это американский национальный стандарт (American National Standard), который принят для обмена данными между различными программами типа CAD. В настоящее время ZEMAX поддерживает версию 5.2 стандарта IGES. Более детальную информацию о формате IGES можно получить от U.S. Product Data Association, P. O. Box 3310, Gaithersburg, MD 20885-3310.

ZEMAX экспортирует линии, сферические дуги и сплайны для представления формы и положения каждой поверхности. ZEMAX не экспортирует "края" линз и не делает различия между пустыми поверхностями, стеклянными поверхностями и зеркалами. Тип и число каждого экспортируемого IGES-элемента для данной поверхности зависит от апертуры поверхности, если она установлена и от симметрии поверхности, если она существует. В нижеследующей таблице показано, как ZEMAX определяет наилучшее представление поверхности. ZEMAX экспортирует все поверхности и лучи в 3D координатную систему, привязанную к глобальной координатной системе схемы, описание которой дано в главе "System Menu".

IGES ЭЛЕМЕНТЫ, ЭКСПОРТИРУЕМЫЕ В СООТВЕТСТВИИ С АПЕРТУРОЙ И ФОРМОЙ ПОВЕРХНОСТИ

SURFACE APERTURE	SURFACE SHAPE	ENTITIES USED
None, Circular Aperture or Obscuration	Plano (Плоская)	Одна линия вдоль оси X, одна линия вдоль оси Y, одна окружность в плоскости XY с радиусом, равным полудиаметру.
	Spherical (Сферическая)	Одна дуга в XZ плоскости, одна дуга в YZ плоскости, одна окружность в XY плоскости с радиусом, равным полудиаметру.
	Other (Другие)	Один сплайн в XZ плоскости, один сплайн в YZ плоскости, одна окружность в XY плоскости с радиусом, равным полудиаметру.
Rectangular Aperture or Obscuration	Plano (Плоская)	Три линии, параллельные оси X, и три линии, параллельные оси Y, расположенные по краям и центру поверхности в виде решетки.
	Other (Другие)	Три сплайна, параллельные оси X, и три сплайна, параллельные оси Y, расположенные по краям и центру поверхности в виде решетки в проекции на XY плоскость.

SURFACE APERTURE	SURFACE SHAPE	ENTITIES USED
Elliptical Aperture or Obscuration	Plano (Плоская)	Одна линия вдоль оси X, одна линия вдоль оси Y, один сплайн, определяющий края поверхности в XY плоскости.
	Other (Другие)	Один сплайн вдоль оси X, один сплайн вдоль оси Y, один сплайн, определяющий края поверхности.
User Defined Aperture or Obscuration	Any (Любая)	Одна линия для каждого заданного сегмента.

Линейный элемент - IGES элемент 110. Дуга окружности - IGES элемент 100. Элемент сплайна - IGES элемент 112. Лучи экспортируются как линейные элементы. В среде с градиентом показателя преломления (GRIN) лучи экспортируются как серия линейных элементов. На экране появляется предупреждение, если не все из указанных поверхностей были экспортированы.

Для "сложных" поверхностей, для которых нужно экспортировать как экраны, так и другие формы, используйте дополнительные пустые поверхности со вторыми апертурами, расположенные совместно с оптическими поверхностями. Например, для экспорта прямоугольной линзы с прямоугольным экраном на поверхности используйте две поверхности с нулевой толщиной между ними: одну с апертурой и вторую с экраном. Контролируйте, чтобы эти поверхности имели одинаковую форму, то есть для них был установлен один и тот же тип поверхности, и используйте, где это возможно, функцию "pick up".

Плавная настройка Slider

Цель:

Slider - контроль применяют в интерактивном режиме для подстройки величины выбранного системного или поверхностного параметра. Контроль влияния данного параметра осуществляется в любом из окон анализа.

Установки:

Пункт

Описание

Величина, которую следует изменить определяется следующими тремя установками:

Выберите группу: Surface (поверхность), System (система) или Configuration (конфигурация).

Выберите данные, которые должны быть изменены.

Возможный выбор включает: радиус, кривизну, толщину, коническую постоянную, параметры, и дополнительные данные, если выбраны поверхностные данные. Для параметров системы, выбор включает апертуру системы, поле и длины волн, фактор аподизации, температуру и давление. Для конфигурации - все операнды мультikonфигурации внесены в список.

Поверхностный номер для данных, которые будут изменены, если данные связаны с поверхностью.

Это поле используется для номера конфигурации, если выбраны данные конфигурации.

Window (окно)	Выберите "All" или любое определенное окно анализа, чтобы обновить его, когда процесс настройки закончен.
Start/Stop Value	Диапазон между начальным и конечным значениями величины, соответствует крайним пределам slider-контроля.
Animate	Автоматически увеличивает значение параметра в заданном диапазоне и непрерывно обновляет выбранные окна. Нажмите "Stop" во время процесса, чтобы закончить его, и кнопка "animate" изменится на "Stop".
Save	Сохраняет текущие данные, но оставляет открытым окно slider-контроля.
Exit	Восстанавливает оригинал (или последние сохраненные данные) изменяемого параметра и закрывает окно slider-контроля.

slider-контроль может использоваться, чтобы настроить любую поверхность или параметр системы при контроле, когда изменяемая величина затрагивает данные, показанные в любом открытом окне анализа или во всех окнах.

Когда slider-контроль активирован, делается копия данных, которые будут изменены. Если выбран новый тип данных (например, поверхностный номер или параметр, или установка surface/system (поверхность/система) изменена, старые данные автоматически восстанавливаются, если кнопка "Save" не была нажата. Кнопка «Save» заменяет сохраненную копию первоначальных данных на недавно измененные данные.

Если любое или все окна анализа требуют, чтобы долгое время осуществлялось обновление, slider-контроль может действовать неустойчиво. Это из-за операционной системы Windows. Если это происходит, выберите одно окно для обновления вместо "all" или выберите опции анализа, чтобы уменьшить время вычисления.

Введение

Эта глава содержит детальные описания каждого из сообщений ZEMAX. Содержание любого окна может быть напечатано выбором опции Print в меню окна.

Опция меню Settings (установки) позволяет изменять установленные по умолчанию параметры для вычисления. Выбор этой опции вызывает на экран диалоговое окно. В нем имеется пять кнопок: OK, Cancel, Save, Load, и Reset. OK заставляет повторно вычислять и повторно показывать данные с выбранными в настоящее время установками. Cancel (отмена)-возвращение к предыдущим установкам без обновления данных в окне. Save - сохранение в настоящее время выбранных установок для будущего использования и, затем, повторное вычисление и повторное отражение в окне результатов вычислений. Load загружает последние сохраненные установки без выхода из диалогового окна. Reset возвращает к установкам по умолчанию без выхода из диалогового окна.

Окно сообщений может быть обновлено двойным щелчком по левой кнопке мыши в пределах окна. Диалоговое окно установок вызывается щелчком правой кнопки мыши.

Данные поверхности

Назначение:

Отобразить на экране данные поверхностей.

Установки:

Пункт	Описание
Поверхность	номер поверхности, данные которой следует вывести на экран

Описание:

Эта функция выводит текстовое окно, которое показывает специфические данные поверхностей. Эти данные включают: оптическую силу и фокусное расстояние поверхности элемента, толщину по краю, показатель преломления и другие характеристики поверхности. Если материал поверхности - "образцовое" стекло, то ZEMAX внесет в список показатели преломления для каждой из определенных длин волн, рассчитанные по образцовым параметрам стекла. Также, в список будет внесено " наиболее подходящее стекло из имеющихся в каталогах, загруженных в настоящее время, которое имеет самый близкий показатель преломления к образцовому стеклу в RMS смысле. ZEMAX вычисляет ошибку показателя преломления как сумму квадратов разности между образцовым показателем и фактическим, используя формулы дисперсии. Суммирование - по определенным длинам волн. Ошибка показателя преломления вычисляется для каждого стекла в текущих каталогах, и стекло с самым низким RMS отклонением показателя преломления, обозначено как наиболее подходящее стекло.

Обратите внимание, что наилучшее стекло может иметь иное число Аббе, чем образцовое стекло, это происходит из-за приближений, сделанных при вычислении дисперсии образцового стекла. Так как показатель преломления - физически существенный параметр, только он принимается в расчет при выборе стекла.

При переходе от образцового стекла к реальному стеклу, используется тот же самый алгоритм, чтобы сделать выбор.

Для получения дополнительной информации об образцовых стеклах, см. главу 21 "Пользование каталогами стекла".

Данные оптической системы

Назначение:

Отобразить на экране данные системы

Установки:

Нет.

Описание:

Этот пункт меню вызывает текстовое окно, в котором находится список системных параметров, таких как положение и размер зрачка, увеличение, $F / *$, и т. д.

Данные установок

Назначение:

Эта функция отображает список всех поверхностных данных и характеристик системы линз в целом. Она используется для печати содержания Редактора данных линз.

Установки:

Пункт	Описание
General Data (Общие данные)	Включает $F / *$, положение зрачка, увеличение, и т. д.
Surface Data (общие данные поверхности)	Поверхностный тип, радиусы, толщины, стекло, полудиаметры, эксцентриситет
Surface Detail (детальные данные поверхности)	Данные параметров.
Edge Thickness (Толщина по краю)	X и Y толщина края каждой поверхности.
Multi-Config Data (Данные мультikonфигураций)	Таблица операндов мультikonфигурации
Solves /Variables (Solves/Переменные)	Типы функций «Solves»/Переменные
Index Data (Показатель преломления и КТР)	Показатели преломления и КТР для каждой длины волны \поверхности
Global Vertex	Абсолютные координаты каждого vertex и матрицы вращения системы для этой поверхности
Element Volume	Объем, плотность, и масса для сферической оптики.

F/ Numbers

Вносит в список рабочее F / * для каждой полевой точки для каждой длины волны.

Cardinal Points

Вносит в список положение кардинальных точек.

(Кардинальные точки)

Описание:

Это функция, выводящая на экран весь текст. Созданный файл содержит много характеристик линз, таких как спецификации, показатели преломления, абсолютные координаты, объем элементов, и др. Когда ZEMAX вычисляет объем элемента, вычисление предполагает, что поверхности сферические или плоские стандартного типа с круглыми краями, которые являются большими из всех смежных полудиаметров.

При вычислении плотности элементов, плотность в граммах на кубический сантиметр для стекла из каталога восстановлена по данным каталога. Для поверхностей с градиентом показателя преломления, ZEMAX предполагает, что плотность - 3.6 г/см³, что может быть разумным предположением, а может и не быть таковым.

Report Graphics 4/6 (Графические сообщения)

Назначение:

Эта функция выводит графическое окно, которое одновременно показывает 4 или 6 графиков. Основное преимущество этой функции состоит в том, что многочисленные графики анализа могут быть напечатаны на отдельной странице, делая подходящее резюме для сообщений, архивной документации, или статьи.

Установки:

Графическое окно сообщений работает несколько иначе, чем другие окна анализа. Если выбор "Settings" сделан из меню окна, то появится диалоговое окно, которое позволяет выбирать тип графиков, которые следует показать в каждом положении в пределах окна. Отобранные графики могут быть сохранены как выбор по умолчанию, подобно любому другому окну. Номер конфигурации для каждого окна может также быть выбран; по умолчанию - текущая конфигурация.

Дополнительно, установки могут быть сохранены как сообщение для повторного использования. Кнопка "Save As" сохранит текущие установки в файле, имя которого указывается в редактируемом окне справа от этой кнопки. Любое имя, которое может использоваться как имеющее силу имя файла, может быть введено. ZEMAX добавит соответствующее расширение к имени и будет использовать этот файл, чтобы хранить установки. Любые предварительно сохраненные файлы с установками, могут быть загружены, используя кнопку "Load From", описанную ниже.

Как только установки сохранены, их названия появятся в меню выбора для быстрого изменения участка.

Нажатием "Load From" загружаются установки, предварительно сохраненные нажатием кнопки "Save As", описанной выше.

Чтобы изменить установки для отдельного графика в пределах окна, должна использоваться правая кнопка мыши. Сначала, верните первоначальный масштаб изображения (если график был ранее увеличен), затем правой кнопкой мыши щелкните где-нибудь в окне в пределах заданного участка, чьи установки следует изменить.

Редактирование/Запуск ZPL Макроса

F Эта функция доступна только в XE и EE- редакциях ZEMAX.

Назначение:

Запустить макрос, написанный на программном языке ZEMAX. Эта опция вызывает диалоговое окно, в котором можно рассматривать, редактировать и выполнять макросы.

Описание:

Подробно о ZPL макро языке см. главу " Язык программирования ZEMAX ". Это диалоговое окно наиболее полезно для редактирования и отладки нового макроса. В нем также имеется кнопка, которая позволяет прерывать выполнение макроса.

Обновление списка макросов

Назначение:

Обновить список макросов.

Описание:

Эта опция обновляет макро список, что может потребоваться, если любой макрос был добавлен или удален после предыдущего обновления.

Названия макросов

Назначение:

Показать список всего ZPL макроса в папке "по умолчанию" для макроса. Щелкая на названии макроса, это немедленно выполняется.

Описание:

Намного быстрее выполнить макрос из списка названий макросов, чем использовать ZPL диалоговое окно макроса. Чтобы закончить ZPL макрос, нажмите "escape".

Глава 12

МЕНЮ РАСШИРЕНИЙ

Extensions (Расширения)

F Эта функция доступна только в EE - редакции ZEMAX.

Назначение:
Запуск расширений ZEMAX

Описание:
Подробное описание процесса создания расширений ZEMAX см. в главе "Расширения ZEMAX".

Расширения, встроенные в ZEMAX, описаны в следующем перечне.

РАСШИРЕНИЯ, ВКЛЮЧЕННЫЕ В ZEMAX

Название расширения	Описание
ArrayDemo	Создает таблицу лучей, трассируемых для текущей линзы. Эта программа-пример поставляется с исходным кодом и иллюстрирует использование команд для трассировки массива лучей.
DDE_DEMO	Выводит текстовые данные о лучах и системе. Этот пример включает исходный код и иллюстрирует Основы работы с DDE.
ISO_Drawing	Создает чертежи одиночных линз и склеенных дублетов по стандарту ISO 10110.
PhasePlot	Создает рисунок, фазы обращенного наклона фазы для поверхностей типа "Binary 2". График показывает фазу на поперечном диаметре поверхности.
SagCalculation	Выводит расширенные данные о прогибе поверхностей, Не обладающих радиальной симметрией.
TransmissionPlot	Вычисляет пропускание в зависимости от длины волны.

Refresh Extensions List (Обновить список расширений)

Обновление списка расширений.

Описание:

Этот пункт обновляет список расширений, что может потребоваться, если с момента последнего обновления списка были добавлены или удалены какие-то расширения.

Все новые расширения должны помещаться в папку \Extend в главной папке ZEMAX.

Названия расширений

Назначение:

Отображается список всех расширений ZEMAX, находящихся в папке \ZEMAX\Extend.

Щелчок мышью на названии расширения, немедленно запускает его.

Описание:

Подробности о создании и выполнении расширений ZEMAX см. в главе "Расширения ZEMAX".

Список открытых окон

Назначение:

Это меню вносит в список все, в настоящее время открытые окна по их названиям. Щелчок на любом внесенном в список названии окна активирует его и дает возможность работы с ним в диалоговом режиме, осуществляя ввод данных.

Описание:

Щелчок на любом внесенном в список названии окна активирует его и дает возможность работы с ним в диалоговом режиме, осуществляя ввод данных.

Введение

Solves - функции, которые активно регулируют заданные характеристики элементов оптической системы. Solves могут быть установлены на кривизне поверхностей, толщинах (расстояниях), марках стекол, полудиаметрах, эксцентриситете и параметрах. Solves устанавливаются двойным щелчком на ячейке редактора LDE, в которой Вы желаете их разместить. Появляется экран выбора типа функции. Выберите тип функции из падающего списка. Некоторые функции требуют дополнительных параметров. Доступные функции и требуемые параметры сведены в итоговую таблицу (см. ниже). Параметры могут также иметь статус "фиксированных" или "переменных"; они, сами по себе, не являются функциями, однако, внесены в список для его законченности. Отключение функций "solves" осуществляется выбором опции "FIXED" из падающего списка. Обратите внимание, что это просто сворачивает функцию "solves", но не изменяет последнее значение регулируемой величины. Двойное нажатие Ctrl-Z, с курсором, установленным на нужном параметре, также отключит любую функцию "solves", и это - самый быстрый способ отключения.

СПИСОК "SOLVES"

Тип Solve	первый параметр	второй параметр	третий параметр	код	целое число
Curvature: Fixed (Кривизна: фиксированная)					0
Curvature: Variable (Кривизна: переменная)				V	1
Curvature: Marginal ray angle (Кривизна: Угол краевого луча)	угол			M	2
Curvature: Chief ray angle (Кривизна: Угол главного луча)	угол			C	3
Curvature: Pick up (Кривизна: Связанный параметр)	поверхность	масштаб		P	4
Curvature: Marginal ray normal (Кривизна: Краевой луч нормален к пов-сти)				N	5
Curvature: Chief ray normal (Кривизна: Главный луч нормален к пов-сти)				N	6
Curvature: Aplanatic					

(Кривизна: Апланатическая)				A	7
Curvature: Element power (Кривизна: Оптическая сила компонента)	оптическая сила			X	8
Curvature: Concentric with surface (Кривизна: Концентрично с поверхностью)	поверхность, с которой обеспечена концентричность			S	9
Curvature: Concentric with radius (Кривизна: Концентрично с радиусом)	поверхность, с которой обеспечена концентричность			R	10
Curvature: F/# (Кривизна: F/#)	параксиальное отношение F/#			F	11
Thickness: Fixed (Толщина: Фиксирована)					0
Thickness: Variable (Толщина: Переменная)				V	1
Thickness: Marginal ray height (Толщина: Высота краевого луча)	высота	зона зрачка		M	2
Thickness: Chief ray height (Толщина: Высота главного луча)	высота			C	3
Thickness: Edge thickness (Толщина: Толщина по краю)	толщина	радиальная высота(используйте 0 для полудиаметра)		E	4
Thickness: Pick up (Толщина: Связанный параметр)	поверхность	масштаб	Offset	P	5
Thickness: Optical path Difference (Толщина: OPD)	OPD	зона зрачка		O	6

СПИСОК "SOLVES"

Тип Solve	первый параметр	второй параметр	третий параметр	код	целое число
Thickness: Position (Толщина: координата)	поверхность	расстояние до поверхности		T	7
Thickness: Compensator (Толщина: компенсатор)	поверхность	сумма толщин поверхностей		S	8
Thickness: Center of curvature (Толщина: Центр кривизны)	Пов-сть, к-рая должна быть в центре кривизны			X	9
Glass: Fixed (Стекло: фиксировано)					0
Glass: Model (Стекло: модель)	Nd	число Аббе	Dpgf		1
Glass: Pick up (Стекло: связанный параметр)	поверхность			P	2
Glass: Substitute (Стекло: Замена)	название каталога			S	3
Стекло: offset	Nd offset	число Аббе		O	4
Semi-Diameter: Automatic (Полудиаметр: Автоматический)					0
Semi-Diameter: Fixed (Полудиаметр: фиксированный)				U	1
Semi-Diameter: Pick up (Полудиаметр: Связанный параметр)				P	2
Semi-Diameter: Maximum (Полудиаметр: Максимальный)				M	3
Conic: Fixed (Эксцентриситет: фиксированный)					0
Conic: Variable (Эксцентриситет: переменный)				V	1
Conic: Pick up (Эксцентриситет: связанный параметр)	поверхность	масштаб		P	2
Parameter: Fixed (Параметр: фиксированный)					0
Parameter: Variable (Параметр:)				V	1

переменный)

Parameter:

Pick up	поверхность	масштаб	Offset	P	2
---------	-------------	---------	--------	---	---

(Параметр:
связанный)

Кривизна поверхности: угол краевого луча

Эффективное фокусное расстояние линзы можно контролировать, помещая функцию (solve) «угол параксиального краевого луча» на последнюю поверхность перед изображением. Например, предположим, что линза имеет входной диаметр зрачка 20 мм, и желательно ограничить эффективное фокусное расстояние 100 мм. Для этого требуется, чтобы угол краевого луча после последней поверхности составлял 0.1 (это число - 20, деленное на 2 и деленное на 100, знак "минус"- потому, что луч снижается к оси на пути к плоскости изображения). См. "Кривизна поверхности: Фокальное отношение".

Кривизна поверхности: Угол главного луча

Функция (solve) "угол главного луча" работает так же, как функция "угол краевого луча", но для вычислений используется параксиальный главный луч. Эта функция полезна, чтобы поддерживать заданное увеличение или коллимацию. Буква "C" в ячейке кривизны указывает, что на этой поверхности задана функция (solve) "угол главного луча".

Кривизна поверхности: связанные параметры

Другая полезная функция на кривизне поверхности - 'pick up'. Определение номера поверхности, предписывает программе ZEMAX установить на этой поверхности значение кривизны, связанной с кривизной некоторой другой поверхности. Дополнительный фактор масштаба позволяет изменять величину. Это полезно, например, в системах, где свет проходит через ту же самую оптику дважды, типа "нулевой" линзы. Эта функция позволяет переменным быть "связанными" вместе, и они изменяются под влиянием другой функции: редактирования, или оптимизации, в соответствии с иерархией, описанной ниже.

Функция "Pickup" может использоваться только при условии, что данные, с которыми она должна осуществлять связь параметров, уже были определены на предыдущих поверхностях. Определение номера поверхности, которая следует за данной функцией, вело бы к непредсказуемым результатам. Буква "P" в ячейке кривизны поверхности указывает, что на этой поверхности работает функция pickup.

Кривизна поверхности: краевой луч нормален к поверхности

Эта функция заставит поверхность быть нормальной к параксиальному краевому лучу. Это также называется поверхностью, центрированной с изображением. Эти специальные поверхности не создают никакой сферической аберрации или комы. Буква "N" в ячейке кривизны поверхности указывает, что на этой поверхности действует описываемая функция.

Кривизна поверхности: Главный луч нормален к поверхности

Эта функция вынудит поверхность быть нормальной к параксиальному главному лучу. Это также называется поверхностью, центрированной со зрачком. Эти специальные поверхности не вносят кому, астигматизм или дисторсию. Буква "N" в ячейке кривизны указывает, что на этой поверхности действует описываемая функция.

Кривизна поверхности: Апланатическая поверхность

Эта функция вынудит поверхность быть апланатической относительно параксиального краевого луча. Эти специальные поверхности не вносят сферическую аберрацию, кому или астигматизм. Буква "A" в ячейке кривизны поверхности указывает, что на этой поверхности действует описываемая функция.

Кривизна поверхности: оптическая сила элемента

Оптическая сила элемента дается выражением:

$$\varphi = c_1(n_2 - n_1) + c_2(n_3 - n_2) - c_1(n_2 - n_1) \cdot c_2(n_3 - n_2) \cdot \frac{r_2}{n_2}.$$

Эта функция регулирует величину c_2 так, чтобы поддерживать заданную оптическую силу элемента. Данную функцию принято устанавливать на второй поверхности из двух смежных. Эта функция игнорируется, если номер поверхности меньше, чем 2 или, если n_3 и n_2 одинаковы на основной длине волны.

Кривизна поверхности: Концентрична с поверхностью

Эта функция обеспечит такую кривизну поверхности, что поверхность станет концентричной с некоторой указанной поверхностью. Указанная поверхность должна предшествовать поверхности, на которую помещена данная функция. Буква "S" в ячейке указывает, что на эту поверхность помещена описываемая функция.

Кривизна поверхности: Концентрична с радиусом

Эта функция отрегулирует радиус кривизны поверхности таким образом, что ее центр кривизны совпадет с центром кривизны указанной поверхности. Указанная поверхность должна предшествовать поверхности, на которую помещена данная функция. Буква "R" в ячейке говорит о том, что на этой поверхности установлена описываемая функция.

Кривизна поверхности: Фокальное отношение (F/#)

Эта функция обеспечит такую кривизну поверхности, что угол краевого луча, выходящего с поверхности, будет равен $1/2F$, где F - параксиальное фокальное отношение $F / *$. Буква "F" в ячейке указывает, что на этой поверхности работает описываемая функция.

Толщина: Высота краевого луча

Одна из часто используемых функций, устанавливаемая на толщинах (расстояниях) - функция высоты краевого луча, которая может использоваться, чтобы приблизить плоскость изображения к параксиальному фокусу. Переместить плоскость изображения в параксиальный фокус можно двойным щелчком на ячейке "thickness" (толщина) последней поверхности перед поверхностью изображения и, затем, выбрав "Marginal Ray Height" в падающем списке. Так как краевой луч имеет высоту ноль, (он пересекает ось) в параксиальной плоскости изображения (в предположении осесимметричной системы), нам нужно отрегулировать последнюю толщину (расстояние) так, чтобы поверхность изображения оказалась там, где высота краевого луча - ноль. Значение высоты по умолчанию - ноль, что и требуется, и,

поэтому, просто щелкните на ОК, чтобы выйти из окна, и функция немедленно отрегулирует расстояние (толщину) соответствующим образом.

В принципе, функция могла быть установлена для некоторой другой высоты краевого луча, вводя отличное от нуля значение высоты (первый дополнительный параметр). Обратите внимание, что функцию высоты краевого луча можно установить на любую поверхность, не только на расстояние (толщину) до плоскости изображения. "Высота" - высота краевого луча на следующей поверхности (опять-таки, не обязательно на поверхности изображения).

Третий параметр, "Pupil Zone" (Зона зрачка), позволяет определять координату зрачка. По умолчанию - устанавливается ноль, что указывает, что должен использоваться параксиальный луч. Любая величина, отличная от нуля, указывает, что должен использоваться реальный краевой луч. Значение третьего параметра должно быть между -1 и 1. Это - координата "Ру", или нормализованная координата входного зрачка в "у" направлении. Эта функция может использоваться, чтобы ограничить зрачок стандартной "безабберационной" зоной, равной, 0.7 его диаметра, причем, лучи в пределах этой зоны будут иметь нулевую поперечную абберацию на оси. Буква "М" в ячейке толщины (расстояния) указывает, что на этой поверхности установлена описываемая функция.

Толщина: высота главного луча

Эта функция подобна предыдущей, кроме того, что используется параксиальный главный луч. Эта функция полезна, чтобы расположить поверхность в плоскости зрачка. Буква "С" в ячейке толщины указывает, что на этой поверхности установлена описываемая функция.

Толщина: толщина по краю

Эта функция динамически регулирует интервал между двумя поверхностями, чтобы поддержать указанное расстояние между поверхностями в указанной радиальной апертуре. Это полезно для предотвращения отрицательных, или чрезмерно острых граней на элементах. Буква "Е" в ячейке толщины указывает, что на этой поверхности установлена описываемая функция. Если радиальная апертура установлена равной нулю, то будет использоваться текущий полудиаметр. См. также главу №3 "Термины и определения".

Толщина: Связанные параметры

Функции "Pickup" также работают с толщинами. Толщина, в этом случае, дается выражением:

$$T = O + S \cdot T$$

где T - толщина поверхности, которую надо подобрать, S - масштаб, и O - offset (поправка). См. также раздел "Кривизна поверхности: связанные параметры".

Толщина (расстояние): Оптическая разность хода

Эта функция будет активно регулировать толщину, чтобы поддержать определенную оптическую разность хода в заданной зоне зрачка. Необходимо определить два параметра - OPD (в долях основной длины волны) и зону зрачка, чтобы оценить OPD. Например, чтобы поддержать положение фокальной плоскости так, чтобы реальный краевой луч имел ту же самую оптическую длину хода, как реальный главный луч, определяют функцию OPD на последнем промежутке перед плоскостью изображения. Установите OPD параметр, равным нулю, зону зрачка - 1.0 и нажмите "escape". Буква "О" указывает, что здесь установлена функция OPD. Рассмотрите график OPD и проверьте, что OPD - фактически равна нулю на краю зрачка. Только основная длина волны используется, и рассматривается только поле на оси. Более сложные OPD ограничения доступны, используя оптимизацию, описанную в отдельной главе.

Толщина: Положение

Описываемая функция поддерживает расстояние от указанной поверхности до поверхности, на которой установлена эта функция. Если указанная пользователем поверхность предшествует поверхности, на которую помещена функция, то будет поддерживаться, в соответствии с заданной величиной, сумма расстояний от указанной поверхности до поверхности после той, на которой установлена функция. Если указанная поверхность следует за поверхностью, на которую помещена функция, то будет поддержана сумма толщин от поверхности функции до указанной поверхности, в соответствии с заданной величиной. Если поверхность, на которую дана ссылка, та же самая, что и поверхность, на которой установлена функция, то толщина поверхности будет установлена в соответствии с заданной величиной функции.

Описываемая функция особенно полезна, когда нужно поддерживать длину части линз системы "zoom" (система с изменением масштаба изображения) в определенных пределах. Функция может также использоваться, чтобы выполнить ограничение толщины линз. В любом случае, функция может устранять переменные оптимизации и операнды, улучшая сходимость оптимизации. Буква "T" в ячейке толщины указывает, что на этой поверхности установлена данная функция. Подробно о проектировании "zoom" систем с использованием этой функции, см. главу "Advanced topics".

Толщина: Компенсатор

Описываемая функция подобна предыдущей. Она поддерживает толщину поверхности так, чтобы сумма толщин поверхности, на которой она установлена и поверхности, на которую дана ссылка, была постоянной. В форме уравнения, эта функция обеспечивает условие:

$T = S - R$, где S - сумма толщин этих двух поверхностей, R - толщина поверхности, на которую дана ссылка. Поверхность ссылки должна предшествовать поверхности, на которой установлена описываемая функция.

Толщина: Центр кривизны

Эта функция будет регулировать толщину поверхности так, чтобы поместить следующую поверхность в центр кривизны любой предшествующей поверхности. Буква "X" в ячейке указывает, что на этой поверхности установлена описываемая функция.

Стекло: Модель

Образцовое стекло - не функция. Образцовое стекло используется, чтобы идеализировать стекло, описывая дисперсию в видимой области длин волн, используя три параметра: показатель преломления на линии d , число Аббе на линии d и параметр, описывающий частную дисперсию. Для получения дополнительной информации об образцовых стеклах, см. Главу 21 "Использование Каталогов Стекла".

Стекло: Связанные параметры

Связанные параметры также работают со стеклами, см. раздел "Кривизна: Связанные параметры".

Стекло: Заменитель

Стекло-заменитель - не функция. Если выбрано "Substitute", то глобальным алгоритмам

оптимизации разрешено изменять тип стекла во время оптимизации. Это аналогично переменному статусу марки стекла.

Если не задано название каталога (то есть поле каталога не заполнено), то стекла могут быть отобраны из всех каталогов, выбранных для использования. Если название каталога задано (например, Ноуа), тогда будут отобраны стекла только из этого каталога.

Чтобы исключить некоторые стекла во время оптимизации, выберите "Exclude Substitution" ("Исключить Замену") для стекол, использование которых не желательно, в диалоговом окне каталога стекла; см. Главу 21 "Использование каталогов стекла". См. также Главу "Глобальная Оптимизация".

Стекло: Offset(поправки)

Данная функция позволяет делать поправки на показатель преломления и/или число Аббе, вычисленные по формулам дисперсии и данным дисперсии каталога стекла. Основное использование этой функции - проведение анализа влияния параметров. Если минимальная используемая длина волны больше, чем 0.3 микрона и максимальная длина волны - меньше, чем 2.5 микрона, и базовый показатель преломления больше 1.0, то изменение в показателе преломления дается различием между образцовым показателем преломления стекла, вычисленным на основе N_d и V_d и откорректированными (offset) величинами N_d и V_d . См. описание "Образцового" стекла в этой главе. В аналитическом виде, показатель преломления дается выражением:

$$n = n_{base} + n(N_d + \Delta N_d, V_d + \Delta V_d, P_d) - n(N_d, V_d, P_d)$$

Где функция $n()$ - функция образцового стекла-модели. Обратите внимание, что эта модель добавит различные поправки к базовому показателю на разных длинах волн.

Если критерий диапазона длин волн, описанный выше не выполнен, то поправки к показателю преломления просто добавлены ко всем значениям базового показателя:

$$n = n_{base} + \Delta N_d$$

Изменения в коэффициенте Аббе, в этом случае, игнорируются.

Полудиаметр: Связанный параметр

Функции "solves" также работают с полудиаметрами, см. раздел "Кривизна: Связанный параметр".

Полудиаметр: Максимальный

Данная функция используется, чтобы установить максимальное значение полудиаметра, что часто требуется при работе с мультikonфигурациями. Например, система с изменением масштаба изображения, которая имеет три конфигурации, будет, вообще, иметь три различных значения полудиаметра для каждой из поверхностей, на которых используются "автоматические" полудиаметры. Описываемая функция вычислит полудиаметр для каждой конфигурации и, затем, использует самый большой из них.

Эксцентриситет: Связанный параметр

Функции "solves" также работают с эксцентриситетом, см. раздел "Кривизна: Связанный параметр".

Параметр: Связанный параметр

Функции "solves" также работают со всеми 8 параметрами. Связанный Параметр дается выражением:

$$P^* = O + S \cdot P$$

где P - значение параметра поверхности, которое берется за основу, S - масштаб, и O - поправка. См. также раздел "Кривизна: Связанный параметр".

Предложения по использованию

Есть иерархия, в соответствии с которой, вычисляются функции "solves". Они вычисляются последовательно, от первой поверхности к поверхности изображения в таком порядке: кривизна, толщина, стекло, полудиаметр, эксцентриситет и, затем, параметры. Поскольку функции кривизны и толщины могут затрагивать положение входного зрачка, ZEMAX не позволяет функциям, которые используют трассировку луча, таким как "marginal ray height", быть помещенными перед stop - поверхностью. Это позволяет избегать неоднозначных или неправильных установок для соответствующих параметров. Нет способа предсказать результаты работы функций, помещенных перед stop-поверхностью. Подобная проблема возникает, когда на последней поверхности используется marginal ray solve, для того, чтобы контролировать фокусное расстояние - апертура должна быть определена скорее диаметром входного зрачка, чем фокальным отношением $F / *$, чтобы получить единственное решение. Функции высоко эффективны, и должны использоваться во время оптимизации, когда это возможно, вместо переменных величин. Например, обычно, лучше разместить функцию кривизны на последней поверхности, чтобы управлять эффективным фокусным расстоянием, чем оптимизировать фокусное расстояния явно.

Введение

F Эта функция доступна только в XE и EE редакциях ZEMAX.

Обычные средства оптимизации линз в течение десятилетий используют алгоритм наименьших квадратов (DLS). DLS имеет много привлекательных особенностей; он эффективен, и это очень хорошо при обнаружении "местного" минимума функции качества. В этом контексте, слово «местный» означает самое малое значение функции качества, которое может быть достигнуто от текущего положения в области решений без какого-либо увеличения функции качества (это - из области идеализации, в действительности, DLS может «прыгать» по малым областям функции качества, имеющей довольно большую величину).

Чтобы визуализировать эту проблему, вообразите, что Вы идете в поход и пробуете найти основание долины из отправной точки на склоне холма. Вы хотели бы найти самую низкую точку в долине. Предположим, что Вы не можете видеть всю долину; она в тумане и все, что Вы видите - ландшафт, расположенный очень близко к тому месту, где Вы стоите. Вы можете определить, какой путь ведет вниз, в долину, и идти в том направлении, пока наклон снова не станет подъемом; в этой точке Вы находите новое направление спуска. Вы могли бы повторить эту процедуру много раз, пока не найдена точка, где все направления - подъем. Эта самая низкая точка - местный минимум и основание, по крайней мере, этой долины.

Проблема этого метода состоит в том, что, как только Вы достигли местного минимума, нет известного пути (с точки зрения общей проблемы оптимизации), чтобы определить, нет ли лучшего, более низкого минимума где-нибудь еще. Например, если Вы должны были идти на подъем в любом направлении от данной точки, до достижения местного пика и, затем, продолжили спуск в следующую долину, Вы, в конечном счете, достигнете нового местного минимума. Этот новый минимумом ниже или выше предыдущего? Единственный способ выяснить состоит в том, чтобы продолжать поход!

Вы могли бы спросить, так как компьютеры настолько быстры, почему бы не исследовать каждую возможную конфигурацию, чтобы понять, какая из них является лучшей? Чтобы получить представление о проблеме, предположим, что нужно исследовать простой склеенный дублет с шестью степенями свободы (степени свободы - это переменные для оптимизации). Если предположить, что каждая переменная может принимать 100 различных значений (грубая выборка), то получим $1E+12$ различных возможных вариантов системы. Если каждая оценка системы требует рассмотрения 20 лучей (низкая оценка), и Вы можете проследить 1,000,000 лучей на поверхность в секунду, то требуемое время - о $8E+07$ секунд или, приблизительно, 2,5 года. Для системы с четырьмя элементами (16 переменных), оцениваемой в трех полях зрения и на трех длинах волн, используя 100 лучей для оценки, потребовалось бы $1E+32$ оценок системы или много миллиардов лет, т. е. время, сравнимое с возрастом вселенной.

Есть подходы к проблеме глобальной оптимизации, которые, к счастью, не требуют сверх усилий компьютера. Эти алгоритмы включают simulated annealing, мультистарт, образцовые экспертные системы, neural networks и другие. Все эти алгоритмы имеют сильные и слабые стороны, однако, эти вопросы лежат за рамками данной главы.

Возможности ZEMAX

В ZEMAX есть два разных алгоритма глобальной оптимизации, каждый - для разных целей. Первый алгоритм, который Вы, вероятно, будете использовать, называется "Глобальным Поиском", он используется, чтобы найти общий вид новой системы, и формирует только функцию качества и стартовый дизайн. Глобальный поиск использует комбинацию нескольких алгоритмов, обычный метод наименьших квадратов и некоторые опытные системы, чтобы искать новые формы проекта. Глобальный алгоритм поиска очень хорош при обнаружении многообещающих схем проекта, однако, он, обычно, не предлагает "законченные" проекты. Для этой цели используется второй алгоритм.

Второй алгоритм называется оптимизация методом "Молотка" (проектировщики оптических систем часто говорят о постукивании по системе с целью выжать из нее максимально хорошее качество изображения). Алгоритм «Молотка» используется для исчерпывающего поиска оптимального решения, как только найдена хорошая отправная точка, возможно, предшествующим опытом или алгоритмом глобального поиска. Алгоритм «Молотка» требует только частично оптимизированную систему и функцию качества в форме ZMX файла.

Хотя глобальные алгоритмы оптимизации чрезвычайно полезны, важно понять, что нет никакой гарантии, что всегда (или, хотя бы иногда) будет найден истинный глобальный оптимум. Конечно, нет никакой возможности определить, является ли любое решение глобальным оптимумом, даже если оно лучшее из тех, которые Вы когда-либо находили (вспомните "вселенский" масштаб проблемы глобального поиска).

Оба алгоритма: "Глобальный Поиск" и "Метод Молотка" требуют обширных вычислений, чтобы быть эффективными. Эти алгоритмы не предназначены для использования их в интерактивном режиме! Для этого предназначена именно DLS оптимизация. Если Вы устанавливаете глобальную оптимизацию на короткое время, Вы, скорее всего, будете разочарованы. Глобальная оптимизация высоко эффективна, когда Вы ставите задачу и позволяете компьютеру работать много часов, или даже несколько дней, но не десять минут. В идеале, Вы должны поставить задачу перед компьютером и позволить Глобальному Поиску (или методу "Молотка", в зависимости от ваших требований) работать всю ночь. Утром, Вы должны иметь полезные результаты.

Алгоритм Глобального Поиска

Прежде, чем Вы начинаете Глобальный Поиск, Вы должны придумать очень грубую отправную точку. "Очень грубо" означает, что проект имеет правильное количество поверхностей, определенную поверхность апертурной диафрагмы и изначально выбранные марки стекол. Пля и длины волн должны быть также определены. Вы также должны определить функцию качества; подробности этой процедуры см. в главе "Оптимизация" ("Optimization").

Сам эскиз может представлять собой набор параллельных пластин из стекла с функцией кривизны на последней поверхности, которая будет управлять фокусным расстоянием. Если функция не используется, то система должна иметь, по крайней мере, приблизительное фокусное расстояние. Также, должны быть определены все переменные параметры. Система должна быть сохранена перед началом Глобального Поиска.

ZEMAX использует стартовое фокусное расстояние как параметр для вычислений, так что начальный проект должен иметь, по крайней мере, приблизительно правильное фокусное расстояние!

В главном окне экрана выберите Tools (Инструменты), Global Search (Глобальный Поиск). В диалоговом окне есть четыре кнопки: Start (Начало), Stop (Остановить), Resume (итог, отчет) и Exit (Выход).

Выберите Start. ZEMAX копирует начальный файл в GLOPT_01.ZMX - GLOPT_10.ZMX, затем начинает поиск. ZEMAX начнет просматривать различные комбинации параметров линз, в пределах диапазонов, которые Вы определили. Оптимизация будет производиться на вновь образованной системе, пока ZEMAX не заключает, что новая система была оптимизирована достаточно.

Когда каждая новая система линз создана, ZEMAX сравнит функцию качества новой системы с лучшими десятью найденными и поместит этот вариант в соответствующем месте среди десяти лучших вариантов, переименовывая другие файлы. Если система имеет большую функцию качества, чем GLOPT_10.ZMX, тогда этот вариант будет отвергнут. Цикл повторяется бесконечно. Каждый раз новая система линз, которая является лучше, чем худший из десяти в списке ранее найденных, помещается в этот список. После того, как сотни систем были заменены (это может потребовать оценки многих десятков тысяч линз), окончательный набор файлов, с большой вероятностью, будет содержать некоторые очень хорошие проекты, или, по крайней мере, некоторые многообещающие конфигурации.

Алгоритм периодически возвращается к списку десяти систем, чтобы определить, могут ли они быть улучшены. Иногда некоторые системы улучшаются и помещаются обратно в список. Если это происходит, старший заменяемый проект отклоняется, если он имеет ту же самую основную форму, как новая система. Это сделано, чтобы поддерживать некоторое разнообразие в списке.

Чтобы прервать поиск, выберите Stop (остановить). В зависимости от того, что делает алгоритм в этот момент, он может выйти немедленно, или это может потребовать нескольких секунд. Как только алгоритм закончился, Вы можете щелкнуть мышкой на Exit (выход). Теперь Вы можете открыть любой из файлов GLOPT_01.ZMX - GLOPT_10.ZMX.

Кнопка Resume подобна кнопке Start, однако, сначала загрузятся существующие GLOPT_01-GLOPT_10 файлы и их текущие функции качества размещаются в списке десяти лучших. Таким образом, Resume начинает поиск оттуда, где закончился предыдущий цикл. Resume не стирает существующие десять лучших файлов, в то время как Start (начать) стирает файлы и начинает поиск, полностью основанный на системе, находящейся в настоящее время в LDE редакторе.

*Если выбрано Resume, когда полностью несвязанный файл находится в LDE редакторе, ZEMAX будет пытаться оптимизировать систему, используя текущие данные редактора LDE и Редактора Функции Качества, но будет использовать старые GLOPT файлы для сравнения.

Глобальный поиск будет редко находить глобальный оптимум для отдельно взятой системы. Причина в том, что Глобальный Поиск концентрирует усилия на обнаружении новых, перспективных оптических схем проекта, а не на лучшем возможном решении для каждой схемы. Эта последняя функция предоставлена отдельному алгоритму, называемому "Оптимизацией методом молотка", описанному в следующем разделе.

Алгоритм Молотка (метод прецизионного постукивания)

После рассмотрения схем проекта, произведенных Глобальным Поиском, Вы, вероятно, захотите исследовать одну или две из них. Проект с самой малой функцией качества не всегда лучший (хотя должно быть так, если Вы разработали функцию качества хорошо). Например, не лучшее решение может оказаться более легким в изготовлении. Не зависимо от критерия, который Вы используете, чтобы определить наиболее многообещающее решение, Вы теперь хотите найти лучший проект, возможно, с использованием этой выбранной системы как отправной точки. Оптимизация методом Молотка берет систему и пытается улучшить ее, внося изменения и оптимизацию. Каждый раз, когда система улучшена, она будет сохранена на диске во временном файле. Оптимизация методом Молотка требует для своего начала только ZMX файл с переменными и функцией качества. Экран оптимизации методом Молотка показывает стартовую функцию качества и лучшую функцию качества, найденную до сих пор. Хотя хорошие результаты иногда могут быть получены в течение нескольких минут, алгоритму нужно позволить работать несколько часов. Чтобы закончить поиск, выберите Stop, затем Exit (выход). Если работа ZEMAX некорректно прерывается, последний сохраненный файл алгоритма Молотка может быть найден во временном файле. Временное название файла строится по стартовому названию файла линз. Если оптимизируемая система сохранена в файле C:\ZEMAX\SAMPLES\MYFILE.ZMX, тогда временный файл будет называться:

C:\ZEMAX\SAMPLES\MYFILE_HAMMER.ZMX.

Алгоритм Молотка может также эффективно использоваться на частично оптимизированных проектах, которые не были произведены Глобальным Поиском. Не стесняйтесь использовать метод молотка в любом проекте!

Оптимизация выбора марок стекол

Если марка стекла задана как "образцовое" стекло, описанное числом Аббе и частными дисперсиями, то параметры модели могут быть сделаны переменными и оптимизированы точно так же, как любые другие числовые параметры. Однако, метод образцовых стекол имеет один серьезный недостаток. После того, как хорошее решение найдено, используя образцовые стекла, должно быть сделано обратное преобразование, от образцового стекла - к реальному. Проект, в этом случае, должен быть повторно оптимизирован, используя новое стекло.

К сожалению, для многих систем, оптимизированный проект будет хуже, чем проект на образцовых стеклах.

Еще более печальный момент состоит в том, что оптимальный проект, используя реальные стекла, может иметь отличающуюся от найденной с использованием образцового стекла форму. Традиционно, чтобы найти лучшую комбинацию стекол, проектировщик расположил бы дополнительные стекла на диаграмме стекол, заменил бы их в новом варианте системы и

повторно оптимизировал. Если бы новое решение было лучше, набор стекол был бы сохранен; иначе, оценивался бы новый набор стекол. Процедура продолжилась бы до тех пор, пока проектировщик был в состоянии продолжать поиск.

Using glass substitution (Использование замены стекол)

ZEMAX выполняет эту процедуру автоматически, позволяя связать стекла статусом "замены". Если стекло отмечено, как стекло-заместитель (используя диалоговое окно функций "solves" для стекол), то глобальные алгоритмы оптимизации (Метод Молотка и Глобальный Поиск) автоматически выполняют повторяющуюся замену подобных марок стекол во время оптимизации. Это позволяет ZEMAX оптимизировать не только числовые значения радиусов и толщин, но также позволяет вести прямую оптимизацию реальных стекол, без обращения к абстрактной идеализированной дисперсии.

Чтобы воспользоваться функцией замены, нужно определить статус каждого стекла, как стекла-заместителя ("substitute") в диалоговом окне функций "solve" (двойной щелчок на любом стекле в редакторе LDE - самый быстрый способ войти в это диалоговое окно).

Как только определен статус стекла-заместителя, вызывайте программу оптимизации (Алгоритм Молотка или Глобальный Поиск). ZEMAX автоматически будет изменять марки стекол во время поиска лучших проектов. По умолчанию, ZEMAX выберет любое стекло из любого из загруженных в настоящее время каталогов.

Restricting selected glasses (Ограничение выбора стекол)

На практике, обычно, необходимо ограничивать перечень доступных для замены стекол по следующим причинам:

Не все "стекла" в каталогах - фактически стекла; некоторые - жидкости, газы, кристаллы, или пластмассы, которые не могут быть приемлемы для использования.

Многие стекла очень дороги, тяжелы, ломки, или имеют другие нежелательные механические свойства.

Возможно, только некоторые каталоги желательны для выбора стекол; в то время как другие каталоги должны использоваться для других поверхностей в оптической системе.

По этим причинам, ZEMAX предусматривает несколько дополнительных методов ограничения стекол, используемых для замены:

определить один специальный каталог, который будет использоваться для любой данной поверхности;

определить "шаблон", который устанавливает пределы на стоимость, устойчивость к кислотам, устойчивость к пятняющим агентам и другие свойства стекло-заместителей;

"исключить" стекла из каталога;

определить "штрафы" в функции качества, которые препятствуют выбору стекол с нежелательными свойствами.

Диалоговое окно функций "solve" для стекол позволяет использовать для замены стекла список марок стекол из каталога. Если не задано название какого-либо каталога (то есть поле названия каталога в окне не заполнено), тогда стекла могут быть выбраны из всех каталогов, отобранных для использования при оптимизации системы в Главном диалоговом окне. Если название каталога задано (например, Ноуа), тогда будут выбираться стекла только из этого каталога. Это позволяет, если требуется, делать выбор стекол для различных поверхностей из разных каталогов. Это также полезно, чтобы ограничить количество рассматриваемых стекол для замены общим способом. Обратите внимание, что может быть определен пользовательский каталог. Не нужно указывать никаких расширений, ZEMAX автоматически добавляет в конец .AGF-файла расширение Glass Substitution Template (Шаблон замены стекла) может быть определен, чтобы ограничить выбор для замены, основанный на их стоимости, а также AR, SR, FR, CR, и PR значений. См. главу "Tools", раздел "Glass Substitution Template" для информации относительно задания шаблона.

Чтобы предотвратить выбор некоторых стекол для замены во время оптимизации, выберите "Exclude Substitution" ("Исключить Замену") для стекол, выбор которых нужно избежать, в диалоговом окне каталога стекол; см. Главу "Использование Каталогов стекол". Преимущество в исключении стекол состоит в том, что другие стекла в каталоге могут все еще использоваться,

что позволяет избежать необходимости определять отдельный каталог.

Штрафы - операнды в функции качества, например, GCOS, GTCE и INDX, которые используются, чтобы увеличить функцию качества, если стекла имеют недопустимые свойства. Это - наименее эффективный метод, потому что стекла все же могут быть выбраны, и система линз, в последствии, оптимизирована. Даже, если результирующая функция качества является слишком большой, она будет рассматриваться как хорошее решение. Однако, это полезно для определения соотношения между характеристиками стекол, например, уменьшения различия GTCE (КТР) двух стекол, которые составляют склеенную пару (чтобы предотвратить термическое разрушение).

Предложения по использованию

Есть несколько методов, чтобы максимизировать результаты выполнения глобальных алгоритмов оптимизации:

1) Если возможно, установите апертурную диафрагму на первой поверхности. Если входной зрачок находится в системе, Вы можете моделировать это, используя фиктивную первую поверхность для апертурной диафрагмы и, затем, отрицательную толщину, чтобы достичь поверхности 2.

Это увеличивает объем работ, потому что ZEMAX не должен вычислять, где находится входной зрачок. Вы можете сделать эту толщину переменной. Эта техника плохо работает для систем, типа широкоугольных объективов, которые имеют большую дисторсию во входном зрачке.

2) Использовать функцию "marginal ray angle" на последней стеклянной поверхности, имеющей оптическую силу, чтобы управлять эффективным фокусным расстоянием, вместо EFLF операнда. Уменьшение числа переменных на единицу значительно уменьшает размерность проблемы, т. к. EFLF операнд требует трассировки одного дополнительного луча, замедляя оценку функции качества.

3) Использовать функцию "marginal ray height" (для нулевой высоты луча) на последнем промежутке перед плоскостью изображения. Большинство линз хорошо исправлено на осидля зоны 0.7 зрачка. Вы можете использовать другую зону зрачка, если ваша интуиция подсказывает вам это. Эта функция будет гарантировать, что каждый проект, произведенный Глобальным Поиском, имеет нужное фокусное расстояние, так же, как функция кривизны обеспечивает правильное фокусное расстояние. Эти две функции вместе могут улучшать работу алгоритма Глобального Поиска по нескольким требуемым параметрам. Для оптимизации методом Молотка, замените функцию solve на простую переменную, чтобы учесть оптимальную дефокусировку.

4) Использовать MNCT и MNET операнды. Они существенны для ухода от отрицательных толщин по центру и по краю. ZEMAX использует эти ограничения, чтобы определить соответствующий диапазон каждой переменной в поиске. Решения будут попадать в эти недопустимые области, если Вы определенно не запрещаете это.

5) Выбирать функцию качества настолько простой, насколько это возможно. Использование 2-х или 3-х колец в построении функции качества по умолчанию - часто хороший вариант. См. главу 17 "Optimization" (Оптимизация). Вы всегда можете идти на увеличение количества колец при оптимизации методом Молотка.

6) Желательно управлять несколькими продолжительными циклами поиска; один из них необходим, возможно, для определения форм проекта, еще несколько - для исследования различных многообещающих схем и последний цикл - для окончательной доводки проекта, который Вы выбрали.

7) Чаще использовать стекла-заместители, чем образцовые стекла, особенно при использовании метода Молотка. Нет большей сложности в использовании метода Молотка в проекте, который использует образцовые стекла, потому что, в конечном счете, стекла должны быть преобразованы к реальным стеклам и, затем, проект должен быть оптимизирован снова. Стекла-заместители полезны, особенно на поздней стадии разработки проекта, когда форма проекта уже определена.

8) Вы можете перевести ваш монитор в режим Sleep или вообще выключать его, или использовать screen saver, если Вы планируете проводить поиск в течение многих дней.

9) Алгоритм Молотка может быть закончен и затем повторно начат без существенной потери информации. Когда алгоритм работает, он автоматически сохраняет любые улучшенные

проекты.

10) Если Глобальный Поиск закончен, он может быть возобновлен позднее с помощью кнопки "resume" (резюме) вместо "start".

11) Во время работы оптимизатора, он доминирует над ресурсами компьютера. Другие приложения будут работать, но они будут менее отзывчивы. Под Windows NT/2000, ресурсы, данные ZEMAX, могут быть уменьшены, открывая окно "Task Manager" (Менеджер Задач); затем, выбирают ZEMAX.EXE Process; щелкают правой клавишей мыши; затем выбирают Set Priority -> LOW.

12) Некоторые вычисления могут быть запрограммированы так, чтобы переходить в режим "sleep", если нет никакой пользовательской активности в течение некоторого времени. Эта функция должна быть отменена, чтобы позволить ZEMAX продолжать работу, даже если нет никаких команд с клавиатуры или мыши в течение длительных периодов времени.

Резюме

В завершении, подчеркнем, что функция поиска глобального оптимума не может найти этот оптимум для любой специфической задачи. Эта функция очень хороша для обнаружения альтернативных форм проекта, что было бы весьма утомительно осуществлять вручную. Это - очень мощный инструмент, который можно добавить к комплекту ваших инструментов; это - не замена ваших навыков разработки оптических проектов.

Алгоритм Глобального Поиска имеет существенную случайную компоненту, и, поэтому, два цикла поиска не дадут каждый раз в точности совпадающие результаты. Иногда решения будут хуже, иногда лучше, но, обычно, они различны для циклов одинаковой продолжительности.

Введение

ZEMAX обеспечивает простые в использовании, но гибкие и мощные возможности оценки пределов изменения параметров и анализа чувствительности системы к этим изменениям. Доступные для такого анализа параметры включают вариации кривизны, толщины, координат, показателей преломления, чисел Аббе, коэффициентов асферики и многое другое.

ZEMAX также поддерживает анализ влияния децентрировок отдельных поверхностей и групп линз, наклонов поверхностей или групп линз в любом произвольном направлении, отклонения формы поверхности от заданной и изменение весового коэффициента влияния любого из этих параметров или дополнительных данных. Так как параметрами и дополнительными данными могут быть коэффициенты асферики, градиенты показателя преломления и т.д., любая из этих величин может также быть предметом анализа влияния параметров. Различные изменяемые параметры могут использоваться в любой комбинации, чтобы оценить влияние ошибок изготовления на работу системы. Диапазон изменения параметра задается, используя простые операнды, типа TRAD, который определяет диапазон изменения радиусов. Эти операнды автоматически связаны с файлом данных системы линз. Операнды располагаются в соответствующем редакторе (Tolerance Data Editor), который находится в группе Редакторов (Editors) главного меню.

Влияние параметров может быть оценено в соответствии с несколькими различными критериями, включая размер пятна, ошибку волнового фронта, MTF, определенную пользователем функцию качества. Дополнительно, могут быть определены компенсационные параметры, чтобы смоделировать возможные юстировки, которые скомпенсируют дефекты изготовления линз. ZEMAX также позволяет установить пределы изменения параметров компенсаторов.

Влияние параметров может быть вычислено двумя путями:

1. Анализ чувствительности: для заданного набора вариаций, определяется изменение выбранного критерия качества для каждой вариации индивидуально.
2. Обратный анализ чувствительности: для заданного допустимого ухудшения качества изображения вычисляется допустимое изменение каждого из заданных переменных параметров индивидуально.

Чувствительность и обратный анализ чувствительности рассматривают эффекты влияния на качество изображения системы каждой из заданных вариаций индивидуально. Совокупное влияние всех вариаций оценивается вычислением среднеквадратической суммы.

В качестве альтернативного пути оценки совокупного влияния всех вариаций, используется моделирование методом Монте Карло. Это моделирование состоит в генерации ряда случайных линз, который отражает указанные вариации параметров. Рассматривая все заданные вариации одновременно, возможно точное моделирование ожидаемого эффекта.

Моделирование Монте Карло может генерировать любое число вариантов дизайна системы, используя нормальное (Гауссово), однородное или параболическое распределения.

Базовая процедура

Расчет влияния параметров линз состоит из следующих шагов:

- 1) Определяется соответствующий набор вариаций (допусков) параметров линз. Обычно, заданные по умолчанию характеристики, описанные в этой главе - приемлемы для начала.

Допуски задаются и изменяются в Редакторе вариаций (Tolerance Data Editor), доступном в пункте меню "Editors" главного меню.

2) Добавляют компенсаторы, и устанавливают допустимые диапазоны изменения для компенсаторов. Заданный по умолчанию компенсатор - задний фокальный отрезок, который определяет положение поверхности изображения. Могут быть определены и другие компенсаторы, например, наклон плоскости изображения. Использование в качестве компенсатора только заднего фокусного отрезка очень ускоряет процесс анализа, потому что может использоваться режим "Fast Tolerance". Нет никаких ограничений на количество компенсаторов, которые могут быть заданы.

3) Выбирают соответствующий критерий качества: размер пятна RMS, MTF, и т. д. Более сложный критерий может быть определен, используя процедуру расчета допусков, которая будет описана позже.

4) Выбирают желательный режим: анализ чувствительности или обратный анализ.

5) Изменяют заданные по умолчанию допуски или добавляют новые, чтобы удовлетворить требованиям, предъявляемым к системе.

6) Выполняется анализ влияния параметров с заданными допусками.

7) Рассматриваются данные, полученные в результате анализа и принимается решение относительно окончательного перечня вариаций. Если требуется, возвращаются к пункту 5. Детали этой базовой процедуры будут рассматриваться в последующих разделах.

Операнды вариаций

Каждый операнд вариаций обозначается четырьмя буквами мнемонического кода, например, TRAD для операнда вариации радиуса. Два целых числа, сокращенно Int1 и Int2, связаны с мнемоническим обозначением, и используются для того, чтобы идентифицировать поверхность или поверхности линз, к которым применяется вариация. Некоторые операнды вариаций используют Int1 и Int2 для других целей.

Каждый операнд вариаций также имеет минимальное и максимальное значения. Эти значения относятся к максимально приемлемому отклонению параметра от номинального значения. Для каждого операнда в редакторе TDE имеется место для комментария.

Имеющиеся операнды вариаций перечислены в следующей таблице и описаны подробно ниже.

ОПЕРАНДЫ ВАРИАЦИЙ

Название	Int1	Int2	Описание
Поверхностные вариации			
TRAD	Поверхность *	-	Вариация радиуса в единицах измерения параметров линз
TCUR	Поверхность *	-	Вариация кривизны поверхности линзы в обратных единицах
TFRN	Поверхность *	-	Вариация радиуса в кольцах
TTH	Поверхность *	Comp *	Вариация толщины или позиции

TCON	Поверхность *	-	Вариация эксцентриситета
TSDX	Поверхность *	-	Децентрировка стандартной поверхности по оси X
TSDY	Поверхность *	-	То же по оси Y
TSTX	Поверхность *	-	Наклон стандартной поверхности (TIR) вокруг оси X в градусах
TSTY	Поверхность		
TIRX	Поверхность *	-	наклон стандартной поверхности вокруг оси X в единицах измерения параметров линз
TIRY	Поверхность *	-	наклон стандартной поверхности вокруг оси Y в единицах измерения параметров линз
TIRR	Поверхность *	-	допуск на отклонение формы стандартной поверхности
TEXI	Поверхность *	# of Terms	анализ отклонения стандартной поверхности от заданной формы, использующий коэффициенты Цернике
TPAR	Поверхность*	Parameter #	Вариация значений параметра поверхности
TEDV	Поверхность*	Extra Data #	Вариация значений дополнительных данных поверхности
TIND	Поверхность*	-	Вариация показателя преломления на линии d (см. примечания)
TABB	Поверхность*	-	Вариация числа Аббе (Vd) (см. примечания)
Вариации компонента			
TEDX	Первая поверхность	Последняя поверхность	Децентрировка компонента относительно оси X в единицах измерения параметров линз

TEDY	Первая поверхность	Последняя поверхность	То же относительно оси Y
TETX	Первая поверхность	Последняя поверхность	Наклон компонента вокруг оси X в градусах
TETY	Первая поверхность	Последняя поверхность	То же вокруг оси Y
TETZ	Первая	Последняя	То же вокруг оси Z

Определяемые пользователем вариации

TUDX	Первая поверхность	Последняя поверхность	определяемая пользователем децентрировка относительно оси X
TUDY	Первая поверхность	Последняя поверхность	определяемая пользователем децентрировка относительно оси Y
TUTX	Первая поверхность	Последняя поверхность	определяемая пользователем вариация наклона вокруг оси X
TUTY	Первая поверхность	Последняя поверхность	определяемая пользователем вариация наклона вокруг оси Y
TUTZ	Первая поверхность	Последняя поверхность	определяемая пользователем вариация наклона вокруг оси Z

Для каждой вариации минимальное и максимальное значение задаются в Tolerance Data Editor (Редакторе вариаций). Вариации подробно описаны ниже.

TRAD: вариация радиуса в линейной мере

Используется для анализа влияния вариаций радиуса кривизны. Мин. и макс. - экстремальные отклонения в единицах измерения параметров линз.

Например, если номинальный радиус поверхности - 100 мм, и мин. и макс. значения TRAD для этой поверхности - - 0.50 мм и +0.50 мм, то анализ вариации будет выполнен применительно к радиусам 99.50 мм и 100.50 мм.

TCUR: Вариация кривизны

Используется для анализа вариации кривизны, которая непосредственно связана с оптической силой. Мин. и макс. - экстремальные отклонения в обратных единицах длины.

Например, если номинальный радиус поверхности - 100 мм, то номинальная кривизна - 0.01 обратных мм. Если мин. и макс. значения TCUR для этой поверхности --0.001 и +0.001 обратных мм, то анализ влияния вариации будет выполнен применительно к поверхности с радиусами 111.11 мм и 90.909 мм.

TFRN: вариация радиуса в кольцах Ньютона

Вариации, выраженные в кольцах Ньютона очень полезны, когда анализируются плоские поверхности или поверхности с большими радиусами. Мин. и макс. – экстремальные отклонения (безразмерные). TWAV - операнд используется, чтобы определить длину волны, на которой осуществляется тестирование.

Изменение стрелки прогиба поверхности для малых отклонений дается приблизительным выражением:

$$\Delta Z = \frac{r^2}{2} \Delta C,$$

Где r - полудиаметр поверхности.

Изменение стрелки прогиба связано с ошибкой, выраженной в кольцах Ньютона, соотношением:

$$\Delta Z = \frac{\lambda}{2} N,$$

где N - число колец.

Множитель 1/2 учитывает двойной проход света при тестировании методом колец Ньютона. Подробнее см. Malacara, Optical Shop Testing.

TTH: вариация толщины

TTH используется для анализа влияния вариаций, как абсолютных координат положения элементов, так и толщин линз в пределах групп.

По умолчанию, принимается, что все изменения в толщине затрагивают только данную поверхность и поверхности, находящиеся в контакте с ней. Например, если первая линза склеенного дублета имеет вариацию толщины +1.0 мм, то обе поверхности второй линзы будут сдвинуты на +1.0 мм.

Однако, поскольку ZEMAX определяет положение всех поверхностей, используя данные предыдущей поверхности, просто добавляя 1.0 мм к координате поверхности, ZEMAX переместит все последующие линзы в системе на величину +1.0 мм. При изготовлении, наиболее вероятно, произойдет то, что ошибка в толщине на +1.0 мм была бы "поглощена" первым воздушным промежутком после группы линзы. TTH может моделировать такой случай, позволяя задать поверхность "компенсатора". По умолчанию, поверхность компенсатора определена как первый воздушный промежуток, который следует за анализируемой поверхностью.

Чтобы проиллюстрировать, представим себе линзовую систему, где поверхность 3 сделана из BK7, поверхность 4 - из F2, а поверхность 5 - воздух. Номинальные толщины - 3, 4, и 6 мм, соответственно. Если TTH операнд был определен по умолчанию, то алгоритм анализа влияния вариации для поверхности 3, поместил бы компенсатор на поверхность 5. Если величина

вариации была +0.1 мм, то во время анализа, толщины будут изменены на 3.1, 4.0, и 5.9, соответственно. Таким образом, абсолютные координаты положения поверхности 6 относительно плоскости изображения незатронуты изменением толщины на поверхности 3. Компенсатор - это дополнительная опция; чтобы исключить ее, установите компенсатор на ту же поверхность, что и вариация, например: TTH 3 3. Для некоторых линзовых систем, типа тех, которые собираются в трубе, с установкой между ними промежуточных колец, компенсатор может быть не желателен.

Int1 используется, чтобы определить номер поверхности, Int2 - номер компенсационной поверхности, если Int2 не равен Int1. Мин. и макс. - экстремальные отклонения в заданных единицах длины.

TCON: Вариация эксцентриситета

TCON используется, чтобы определить допуск на эксцентриситет. Мин. и макс. - экстремальные отклонения, безразмерные.

TSDX, TSDY: Вариация на децентрировку поверхности

TSDX и TSDY используются, чтобы анализировать децентрировку поверхностей стандартного типа в X и Y направлениях соответственно. Значение Int1 указывает номер поверхности, и эта поверхность должна быть стандартной. Другие типы поверхностей могут быть проанализированы с использованием операндов TEDX и TEDI, описанных ниже. Мин. и макс. значения - в линейной мере.

Анализ с помощью операндов TSDX и TSDY используют для поверхностей нерегулярного типа. См. ниже.

TSTX, TSTY: Вариации наклона поверхности

TSTX и TSTY используются, чтобы анализировать влияние наклона стандартной поверхности вокруг осей X и Y, соответственно. Значение Int1 указывает номер поверхности, и эта поверхность должна иметь стандартный поверхностный тип. Нестандартные типы поверхностей могут быть проанализированы с использованием TETX и TETI операндов, описанных ниже. Мин. и макс. - наклон в градусах вокруг локальных осей линзы X и Y.

См. описание связанных TIR операндов TIRX и TIRY.

TSTX и TSTY- операнды используют для анализа наклонов поверхностей нестандартного типа. См. ниже.

TIRX, TIRY: Вариации наклона поверхности в линейной мере (TIR)

TIRX и TIRY используются, чтобы анализировать наклон стандартной поверхности вдоль осей X и Y, соответственно. Величина Int1 указывает номер поверхности, и эта поверхность должна быть стандартной. Другие поверхности могут быть проанализированы с использованием TETX и TETI операндов, описанных ниже.

TIRX и TIRY используются, чтобы определить вариацию на полном ходе индикатора (TIR), который измеряет "косину" линзы.

Мин. и макс. - два значения отклонения в единицах длины, измеренных на максимальной радиальной апертуре поверхности. Отклонение - как функция x или y нормализованных координат для TIRX или TIRY дается соотношением

$$\Delta Z_x = \frac{TIRX}{2} \rho_x; \Delta Z_y = \frac{TIRY}{2} \rho_y.$$

Например, если TIRX в вариация - 0.10 мм, то перекося в максимуме +х апертуры линзы составляет 0.05 мм, и перекося в максимуме -х апертуры составляет -0.05 мм, и "общая косина" составляет 0.10 мм. Подобные рассуждения относятся и к TIRY. Мин. и макс. используются просто, чтобы смоделировать наклон поверхности в каждом направлении. Угол наклона, который фактически имеет поверхность, дается выражением:

$$\theta_x = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta Z_y}{S}\right); \theta_y = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta Z_x}{S}\right).$$

Где S - полудиаметр поверхности. Обратите внимание, что вариация по Y подразумевает вращение вокруг оси X, а вариация по X подразумевает вращение вокруг оси Y. TIRX и TIRY используются для анализа поверхностей нестандартного типа. См. ниже.

TIRR: Вариация отклонения формы поверхности

TIRR используется, чтобы анализировать отклонение формы стандартной поверхности. Значение ht1 указывает номер поверхности, и эта поверхность должна быть стандартной. Анализ нестандартной поверхности непосредственно не поддерживается (см. обсуждение TEX1 операнда ниже).

Моделирование отклонений формы поверхности несколько более проблематично, чем другие типы вариаций. Прежде всего, потому, что нерегулярность формы поверхности по своей природе случайна и не детерминирована так, как это имеет место, например, при изменениях радиуса. Поэтому, должны быть сделаны некоторые предположения о характере этих отклонений. ZEMAX, при использовании TIRR, делает предположение, что нерегулярность является наполовину сферическим отклонением, и наполовину астигматизмом. Это менее "жесткое" предположение, чем принятие астигматизма на 100 %, потому что астигматизм нельзя компенсировать перефокусировкой.

Мин. и макс. значения - отклонения формы поверхности в кольцах Ньютона, измеренные на максимальной радиальной апертуре поверхности. TWAV операнд используется, чтобы определить испытательную длину волны.

ZEMAX предполагает измерения в двойном проходе. Например, TIRR "W" краев выдал бы отклонение формы поверхности:

$$\Delta z = \frac{\lambda_z W}{4} (\rho^4 + \rho_y^2).$$

ρ является нормализованной радиальной координатой, и ρ_y - нормализованная радиальная координата в y направлении. Изменение оптической разности хода в волнового фронта, которое связано с отклонением формы поверхности и показателем преломления раздела двух сред, определяется так:

$$\Delta OP = \Delta z \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right).$$

Анализ TIRR использует нерегулярный поверхностный тип.

При выполнении анализа Монте Карло, угол астигматизма выбирается случайно между 0 и 360 градусами. Это позволяет моделировать случайно ориентированную астигматическую разность, которая является менее серьезной и более реалистической, чем размещение всего астигматизма по оси Y каждого элемента.

См. обсуждение в разделе "Расчет влияния параметров с нерегулярным поверхностным типом".

TEXT: Анализ вариаций формы поверхности, использующий модель Zernike

TEXT используется, чтобы анализировать случайные нерегулярные отклонения формы поверхности (стандартной, "Even Aspheric", или "Zernike") малой амплитуды. Значение Int1 указывает номер поверхности, а значение Int2 определяет число членов полинома Цернике, которые используются для моделирования вариаций формы поверхности. Анализ вариаций поверхностей, иных, чем перечисленные выше, непосредственно не поддерживается.

TEXT подобен TIRR, но TEXT использует для анализа модель Цернике, а не формулы аберраций третьего порядка, используемые TIRR. См. главу "Типы поверхностей" для полного описания поверхности Цернике.

При использовании TEXT, мин. и макс. значения вариации интерпретируются, как *приблизительное* отношение пик/волна (PTV) - ошибка поверхности в двойном ходе на испытательной длине волны. Пик/волна - грубая мера оценки нерегулярности поверхности. ZEMAX вычисляет коэффициенты полинома Цернике, который определяет отклонение формы поверхности, используя следующую формулу:

$$c = \frac{\lambda f}{2 \sqrt{n}}$$

где f - число колец Ньютона, n - номер коэффициента Цернике, используемого в модели полинома и λ - испытательная длина волны. Коэффициенты масштабированы на $1/\sqrt{n}$, т. е. затем будет вычисляться их среднеквадратичное значение; так что PTV - ошибка нелинейна. Так как удобно определить приблизительное среднее отношение пик-волна (PTV), значение каждого коэффициента Цернике вычислено согласно приведенной выше формуле. Обратите внимание, что есть значение "c" и для мин. и для макс. вариации.

Для анализа чувствительности, поверхность преобразована к Цернике поверхности, и все коэффициенты полинома Цернике установлены на мин. или на макс. значения из вышеупомянутого уравнения. Обратите внимание, что, так как деформация поверхности также самая для всех членов полинома, то при "c"=0.001, и при использовании 20 членов полинома Цернике максимальное отклонение формы поверхности составит 20c.

Для анализа Монте Карло, поверхность преобразуется, как и для анализа чувствительности, но каждому члену полинома назначается коэффициент, выбранный случайным образом, который находится между мин. и макс. значениями вариации "c". Случайное значение выбрано, используя статистическую модель, выбранную для операнда (см. команду STAT). Заданное по умолчанию число членов полинома Цернике - 36, максимальное. Вообще говоря, если используется меньшее количество членов, нерегулярность поверхности будет иметь низкую частоту. Если используется большее количество членов, частота будет выше. Обратите внимание, что TIR операнд моделирует самую низкую частоту нерегулярности формы поверхности, порядка 24 отклонения. TEXT может моделировать гораздо более нерегулярные поверхности, и с 36 используемыми членами, приблизительно 5-15 вариаций будут отмечены на поверхности. TEXT не использует коэффициенты, описывающие x- и y-заклоны поверхности Цернике.

Поскольку Цернике поверхностное представление содержит и стандартный тип поверхности "Even Aspheric" - тип поверхности, любой из этих поверхностных типов может быть смоделирован поверхностью Цернике, созданной TEXT операндом. Если поверхность уже Цернике поверхность, то отклонения просто добавлены к коэффициентам полинома. Если поверхность является стандартной или "Even Aspheric" поверхностью, радиус нормализации поверхности Цернике приравнен к полудiamетру поверхности. Если поверхность уже была поверхностью Цернике, то мин. и макс. вариации приняты такими, чтобы они измерялись в долях уже определенного

радиуса нормализации.

TEXI всегда игнорирует нулевой член полинома Цернике и приравнивает его значение нулю.

TPAR: вариации параметра данных

TPAR используется для анализа вариаций параметров поверхности ("parameter data"). Int1 - номер поверхности. Int2 целое число между 1 и 8, которое указывает номер параметра. См. главу "Типы поверхностей" для просмотра таблиц, в которых указаны номера параметров для каждой поверхностной модели. TPAR полезен для определения вариаций коэффициентов асферики и др. Мин. и макс. - вариации в любых единицах, используемых параметром.

TEDV: Вариация значений дополнительных данных

TEDV - вариация значений дополнительных данных. Значения дополнительных данных используются редактором дополнительных данных в ZEMAX-EE, чтобы определить коэффициенты асферики, коэффициенты дифракции, или другие данные. Int1 идентифицирует поверхность, Int2 - номер дополнительных данных, и мин. и макс. - экстремальные отклонения в любых единицах. См. Главу "Типы поверхностей".

TIND: Вариация показателя преломления

TIND - вариация показателя преломления. Int1 идентифицирует поверхность, а мин. и макс. - экстремальные отклонения показателя преломления. Ошибка показателя преломления смоделирована как "смещение", которое не зависит от длины волны, если стекло поверхности не "образцовое" стекло, заданное показателем преломления на линии d, числом Аббе, и dPgF, или если стекло поверхности - стекло из каталога, и все определенные длины волн находятся между 0.3 и 2.5 мкм. В любом из этих случаев, TIND интерпретирует изменение показателя преломления для линии d, которое изменит показатели для всех длин волн нелинейно.

TABV: Вариация числа Аббе

TABV - вариация числа Аббе или Vd. Int1 идентифицирует поверхность, а мин. и макс. - экстремальные отклонения числа Аббе. Если стекло поверхности - "образцовое" стекло, определенное показателем на линии d, числом Аббе, и dPgF, или стекло поверхности - стекло из каталога, и все заданные длины волн находятся между 0.3 и 2.5 мкм, TABV интерпретирует число Аббе в d-свете, что изменит показатель для всех длин волн нелинейно. Иначе, TABV игнорируется.

Изменение показателя преломления дается оценкой дифференциального изменения показателей преломления на каждой длине волны как функции показателя преломления числа Аббе, и dPgF для линии d.

TEDX, TEDY: Вариация децентрировок элемента

TEDX и TEDY используются, чтобы анализировать децентрировку в X и Y направлениях соответственно. Два номера поверхностей, Int1 и Int2 обозначают первую и последнюю поверхности группы линз. Мин. и макс. - экстремальные децентрировки в линейной мере. Эти вариации требуют, чтобы ZEMAX вставил поверхность разрыва координаты до и после группы линз и, затем, децентрировал группу линз, как единое целое. По этой причине, TEDX и TEDY, в общем говоря, не должен использоваться с обеих сторон существующего координатного разрыва. Если Вы требуете этого, см. обсуждение TUDX и TUDY.

TEDX и TEDY может также использоваться для моделирования децентрировки поверхностей подобно TSDX и TSDY. TEDX и TEDY будут работать для поверхностей любого типа, включая стандартные и нестандартные поверхности, в то время как TSDX и TSDY работают только со стандартными поверхностями. Чтобы децентрировать одну единственную поверхность, используя TEDX или TEDY, просто введите одинаковые Int1 и Int2, соответствующие номеру поверхности.

Чтобы проверить, делает ли ZEMAX фактически то, что Вы хотите, см. команду SAVE, обсужденную в разделе "Проблемы с результатами анализа вариаций".

TEDX и TEDY операнды могут быть "вложенными". Например, возможно анализировать децентрировку одной группы поверхностей, определенной поверхностями с 5 по 20; при одновременном анализе децентрировок элементов, определенных поверхностями 5-8, 8-12, 14-20, и т.д. Эта способность поможет моделировать выравнивание ошибок элементов в пределах блока, также как выравнивание ошибок блока в целом. Правила вложения полностью описаны в разделе "Правила вложения для анализа Монте Карло".

TETX, TETY, TETZ: Вариации наклона элемента

TETX, TETY, и TETZ используются, чтобы анализировать, вариации наклона поверхности или группы линз вокруг осей X, Y, или Z соответственно. Два числа, Int1 и Int2 определяют начальную и конечную поверхности группы линз. Мин. и макс. - значения углов в градусах. Эти вариации требуют, чтобы ZEMAX вставил поверхность разрыва координаты до и после группы линз, и использовал фиктивную поверхность в конце группы, чтобы возвратиться к изначальному направлению распространения волнового фронта. Вся группа линз в этом случае может быть повернута, как единое целое. По этой причине, TETX/Y/Z не должны использоваться, когда заданные поверхности включают координатные разрывы, которые связаны со следующим координатным разрывом вне диапазона заданных поверхностей, контролируемых TETX/Y/Z. Опасность состоит в том, что два диапазона (две группы контролируемых поверхностей) перекроются, и позиции элементов не могут быть определены однозначно. Если Вы все же требуете этого, см. обсуждение TUTX, TUTY, и TUTZ.

TETX и TETY может также использоваться, чтобы моделировать, наклоны отдельных поверхностей, иногда называемых "клином", подобно TSTX и TSTY. TETX и TETY будет работать для поверхностей любого типа, включая стандартные поверхности и нестандартные поверхности, в то время как TSTX и TSTY работают только со стандартными поверхностями. Наклонить отдельную поверхность можно, используя TETX или TETY, просто, установив Int1 и Int2 на ту же самую поверхность.

TETX и TETY, по умолчанию, вращает группу линз вокруг ее центра, однако, часто выгодно вращать вокруг некоторой другой точки. Например, хорошо разработанные блоки линз будут вращаться вокруг узловой точки линзы, чтобы поддерживать неизменным фокус во время выравнивания. Этот случай легко смоделирован ZEMAX с помощью фиктивной поверхности в узловой точке. Просто поместите стартовую поверхность (Int1) в узловую точку, и поворот будет вокруг этой точки. Первая поверхность может быть расположена где-нибудь относительно остальной части группы линз; и так наклон может быть вокруг любой точки.

TETX, TETY, и TETZ операнды могут быть вложенными. Например, возможно анализировать наклон одной группы поверхностей, определенной поверхностями с 5 по 20; одновременно анализируя наклон элементов, определенных поверхностями 5-8, 8-12, 14-20, и т.д. Эта способность может моделировать ошибки центрировки элементов в пределах блока, также как ошибки центрировки блока в целом. Правила вложения полностью описаны в разделе "Правила вложения для анализа Монте Карло".

TUDX, TUDY, TUTX, TUTY, TUTZ: Определяемые пользователем наклоны / децентрировки

Эти пять вариаций, TUDX, TUDY, TUTX, TUTY и TUTZ, используется для определения допустимых наклонов и децентрировок. Названия - аббревиатуры от Tolerance User Decenter/Tilt

X, Y, и Z. Они подобны TEDX, Tedy, TETX, и TETY вариациям. Различие - то, что ZEMAX автоматически не вставляет требуемые поверхности разрыва координат, чтобы достичь указанных в вариациях децентрировок и наклонов. Используя TUDX, TUDY, TUTX, TUTY и TUTZ, Вы должны уже определить поверхность (указав Int1), которая будет поверхностью разрыва координаты. Обычно, но не всегда, будет вторая поверхность разрыва в Редакторе данных линз, на которой имеется указание "pickup solve" на анализируемый параметр. "Pickup solve" может быть положительным или отрицательным. Это позволяет осуществлять некоторый сложный поворот и центрировку вокруг произвольных точек. Важно, что разрывы координаты, вставленные для использования с TUXx вариациями, имеют номинальные значения ноль для всех наклонов и децентрировок.

Мин. и макс.- в линейной мере для TUDX и TUDY и - в градусах для TUTX, TUTY и TUTZ, точно также, как поверхность разрыва координаты.

Анализ влияния для нерегулярного поверхностного типа

Операнды в вариаций TSDX, TSDY, TSTX, TSTY и TIRR используют нерегулярный поверхностный тип, чтобы моделировать отклонение формы поверхности линзы. Для детального описания нерегулярного поверхностного типа, см. Главу "Типы поверхностей" ("Surface Types").

Подавляющие преимущества использования нерегулярного поверхностного типа - скорость, простота, и гибкость. Любой стандартный поверхностный тип может быть преобразован к нерегулярному поверхностному типу без потребности в фиктивных поверхностях или разрывах координаты. Кроме того, используя анализ Монте Карло, может быть одновременно смоделирован совокупный эффект наклона, децентрировки и отклонения формы поверхности. Когда ZEMAX анализирует влияние параметров, используя операнды TSDX, TSDY, TSTX, TSTY или TIRR, поверхность сначала преобразуется от стандартного к нерегулярному поверхностному типу. Поэтому только стандартный поверхностный тип поддержан при использовании этих операндов.

Операнды контроля

Есть также несколько операндов контроля, которые могут быть введены в Tolerance Data Editor. Эти операнды - не являются собственно операндами вариаций, но используются, чтобы определять компенсаторы, сохранять промежуточные результаты для дальнейшей оценки, определять статистические свойства, и определять испытательную длину волны для оценки влияния отклонений формы поверхности.

ОПЕРАНДЫ КОНТРОЛЯ

Название	Int1	Int2	Описание
CEDV	Surface #	Extra Data #	Устанавливает значения дополнительных данных для компенсатора.
CMCO	operand #	Config #	Устанавливает значение операнда мультиконфигурации для компенсатора.
COMP	Surface #	Code	Устанавливает компенсатор. Коды: 0 для толщины, 1 для радиуса, 2 для эксцентриситета.

CPAR	Surface #	Parameter #	Устанавливает параметр в качестве Компенсатора.
SAVE	File Number	-	Сохраняет файл. См. обсуждение ниже.
STAT	Type	# of standard deviations	Устанавливает тип статистического распределения для анализа МонтеКарло случайно выбранного параметра. См. обсуждение ниже.
TWAV	-	-	Этот операнд устанавливает испытательную длину волны. Колонка "Min" используется, чтобы редактировать и показывать испытательную длину волны.

Операнды контроля подробно описаны ниже.

CEDV: Определяет компенсатор дополнительных данных

CEDV используется, чтобы определить номер поверхности и номер дополнительных данных компенсатора, чтобы использовать для анализа вариаций. Int1 используется, чтобы определить поверхность, Int2 используется, чтобы определить номер дополнительных данных. Например, чтобы установить номер дополнительных данных 17, а номер поверхности и компенсатора 9, используйте CEDV с Int1 = 9, Int2 = 17.

См. Главу «Типы поверхностей» ("Surface Types") для определения по таблицам, какие значения дополнительных данных используются для какого типа поверхности.

Мин. и макс. - то же, что для COMP. Нет ограничений на число компенсаторов, которые могут быть заданы.

CMCO: Определяет мультikonфигурационный операнд компенсатора

CMCO используется, чтобы определить номер операнда и номер конфигурации компенсатора. Int1 используется, чтобы определить номер операнда, а Int2 для определения номера конфигурации. Например, чтобы определить мультikonфигурационный операнд 6 в конфигурации 4 - используйте CMCO с Int1 = 6, Int2 = 4.

См. Главу "Мультikonфигурации" для информации относительно использования операндов мультikonфигурации. Мин. и макс. работают так же, как для COMP. Нет ограничений числа компенсаторов, которые могут быть определены.

COMP: Определение компенсатора

COMP используется, чтобы определить номер поверхности и тип компенсатора, чтобы

использовать его для анализа вариации. Int1 используется для определения поверхности, а Int2 чтобы определить тип компенсатора. Int2 использует "код", определенный следующим образом:

Int2 = 0, компенсатор - толщина

Int2 = 1, компенсатор - радиус кривизны

Int2 = 2, компенсатор - эксцентриситет.

Мин. и макс. значения COMP операнда указывают максимальные изменения, допустимые для компенсатора. Например, если номинальное значение компенсатора 50, а мин. и макс. величины -1.0 и 1.0, то компенсатор будет ограничен диапазоном между 49.0 и 51.0. Это ограничение компенсаторов игнорируется, если выбрана пользовательская установка функции качества ("user defined merit function") как критерий оценки в вариации, хотя компенсаторы будут использоваться. Нет ограничений числа компенсаторов, которые могут быть определены.

CPAR: Определяет параметр в качестве компенсатора

CPAR используется, чтобы определить номер поверхности и номер параметра для компенсатора. Int1 используется, чтобы определить поверхность, а Int2 для определения номера параметра. Например, чтобы определить параметр 2 поверхности 5, которая является компенсатором, используйте CPAR с Int1 = 5, Int2 = 2.

См. Главу "Типы поверхностей" для определения по таблице, какие параметры используются для каких поверхностных типов. Мин. и макс. то же, что и в случае с операндом COMP.

Нет ограничений числа компенсаторов, которые могут быть определены.

SAVE: Сохранение результатов анализа чувствительности линз

Действие процедуры анализа вариаций не всегда прозрачно, особенно для систем, которые используют разрывы координаты или необычные функции качества. Чтобы разобраться ближе, что фактически происходит, используют SAVE операнд. SAVE вставляют после любой вариации, которую Вы хотели бы рассмотреть более подробно.

Например, предположим, что Вы ввели операнд вариации TEDX в редакторе TDE. После рассмотрения результирующей чувствительности, изменение функции качества, кажется не существенно. Отредактируйте операнды вариаций, чтобы добавить команду SAVE после команды TEDX. В колонку Int1 введите 0 или любую другую цифру.

В следующий раз, когда будет запущен анализ влияния вариаций, ZEMAX будет сохранять файл, который использовался для вычисления TEDX вариации в файле по имени TSAV000n.ZMX, где n - целое число, указанное в колонке Int1.

Файл с данными линз будет сохранен в той же директории, что и текущая оптическая система. ZEMAX сохранит данные в файле формата ZMX. Пользуйтесь файлом вариаций обычным способом и, затем, загрузите файл, который Вы определили. Вы должны увидеть данные предустановок, разрывы координаты, связанные параметры, переменные (которые являются оптимально подобранными компенсаторами) и функцию качества (обычно, при максимальной величине вариации). Эта процедура позволит Вам проверить, что данная конфигурация - фактически то, что Вы пробуете моделировать, и позволит Вам понять, как ZEMAX применяет Ваши предписания к системе, чтобы определить влияние на нее вариаций параметров.

STAT: Определяет тип статистического распределения

STAT используется, чтобы определить тип статистического распределения "находу", во время анализа Монте Карло. Команда "STAT" использует два целочисленных аргумента. Int1 определяет тип статистики: 0 для нормального распределения, 1 для однородного распределения, 2 для параболического распределения, и 3 для определяемого пользователем статистического распределения. Int2 используется только для нормального распределения, и это значение определяет число стандартных отклонений между средними и крайними значениями вариаций. Типы статистики определены подробно в разделе "Monte Carlo analysis" (анализ Монте Карло) ниже в этой главе.

TWAV: Испытательная длина волны

Этот операнд устанавливает испытательную длину волны. При установке в вариаций, ZEMAX добавляет TWAV операнд со значением 0.6328 мкм (He-Ne) для испытательной длины волны. Если TWAV операнд не определен, то ZEMAX по умолчанию устанавливает эту длину волны. В список операндов может быть помещено больше, чем один TWAV операнд; каждый операнд определяет испытательную длину волны для операндов, которые следуют за ним. Имеются в виду только те операнды, чьи мин. и макс. значения, измеренные в кольцах, используют эти установки. Колонка "Min" в TDE используется, чтобы отображать и редактировать испытательную длину волны.

Определенные по умолчанию вариации

Определенные по умолчанию вариации могут быть установлены, выбирая Tools, Default Tolerances в меню редактора вариаций (TDE). Редактор вариаций может быть активирован выбором "Editors" и "Tolerance Data" в главном меню. Диалоговое окно "вариаций по умолчанию" состоит из нескольких секций, сгруппированных по типам вариаций:

Поверхностные вариации

Радиус: Если этот пункт выбран, то будет включена вариация радиуса "по умолчанию". Вариация может быть определена установкой размера в линейной мере или в кольцах на испытательной длине волны (определенной TWAV операндом). Эта вариация используется только на поверхностях, которые имеют оптическую силу, что исключает фиктивные поверхности, которые имеют одинаковый показатель преломления с обеих сторон. Если поверхность плоская, то вариация определена как изменение формы в кольцах, даже если сделан другой выбор.

Толщина: Если выбрана толщина, вариация толщины определена на каждом промежутке. Принимается, что все изменения в толщине затрагивают только данную поверхность или любые поверхности, находящиеся в контакте с ней; поэтому, первый воздушный промежуток используется как компенсатор. См. детальное обсуждение по TTH ранее в этой главе.

Decenter X/Y: Если выбран этот пункт, то вариации децентрировки добавлены к каждой поверхности отдельной линзы. Вариация определена как фиксированная децентрировка в линейной мере. ZEMAX использует TSDX и TSDY для децентрировки стандартных поверхностей и TEDX и TEDY для нестандартных поверхностей.

Tilt (TIR) X/Y: Если выбран наклон или «косина», вариация в линейной мере или в градусах будет добавлена для каждой поверхности линзы. ZEMAX использует TSTX, и TSTY для наклона стандартной поверхности в градусах, TIRX и TIRY для стандартной поверхности в линейной мере (клин, косина), и TETX и TETY для наклона нестандартной поверхности в градусах.

S + A Irreg: Если сделан этот выбор, то определены сферическая aberrация и астigmatизм для каждой поверхности стандартного типа.

Подробнее, см. описание TIRR, данное ранее.

Zern Irreg: Если выбран этот пункт, то определена нерегулярность Zernike для каждой поверхности стандартного типа. Для деталей, см. описание TEXI, данное ранее.

Index: TIND используется, чтобы моделировать изменения показателя преломления.

Abbe: TABB используется, чтобы моделировать изменения числа Аббе.

Вариации элемента

Decenter X/Y: Если выбран этот пункт, вариации децентрировки добавлены к каждой группе линз. Вариация может быть определена как фиксированная величина децентрировки в линейной мере.

Tilt X/Y: Если выбран этот пункт, вариация наклона в градусах добавлена к каждой группе линз и поверхностей. Важно обратить внимание, что группы линз по умолчанию заключаются вокруг

узловой точки первой поверхности в группе. См. описание TETX и TETY выше о законах вокруг некоторой другой точки.

В дополнение к определению вариаций, в этом диалоговом окне есть две другие команды:
Start At Row : Эта команда указывает, куда в Редакторе вариаций должна быть помещена выбранная вариация. Если номер строки больше, чем 1, то новая вариация будет добавлена в конец списка, под указанным номером.
Use Focus Comp: Если выбран этот пункт, то в качестве компенсатора будет определено изменение заднего фокусного отрезка. Могут быть определены другие компенсаторы. См. раздел "Определение компенсаторов" для дополнительной информации.

Есть также шесть кнопок:

OK: Принять эти установки и запустить программу вычисления влияния параметров.

Cancel: Закрыть диалоговое окно.

Save (сохранить): сохранить выбранные установки.

Load: Восстановить предварительно сохраненные установки.

Reset: Вернуться к установкам по умолчанию.

Help: Вызвать диалоговую систему помощи.

По умолчанию, анализ Монте Карло, который выполняет ZEMAX, идет по Гауссовому "нормальному" распределению. Как только вариации определены, они автоматически сохраняются вместе с файлом данных линз. Если дополнительные поверхности вставлены в LDE редакторе, поверхности вариаций автоматически перенумеровываются.

Определение компенсаторов

Может быть определено много различных типов компенсаторов: толщина (наиболее часто используемый), кривизна, эксцентриситет, любой параметр или значение дополнительных данных любой поверхности или поверхностей. Операнды мультиконфигурации могут также быть определены как компенсаторы. Параметры полезны для использования при наклонах и децентрировках отдельных компонентов для компенсации. Поверхность, которая будет наклонена, должна быть определена как поверхность разрыва координаты, с любыми соответствующими связанными параметрами, как требуется.

Задний фокусный отрезок определен как компенсатор по умолчанию. Вы можете добавлять или удалять компенсаторы, чтобы приспособить анализ к вашей специфической ситуации и можете использовать столько компенсаторов, сколько Вы пожелаете. Вообще, использование большого количества компенсаторов ослабит точность анализа вариаций и усложнит фактическую коррекцию системы.

Все компенсаторы задаются, используя COMP, CPAR, CEDV, и CMOO операнды. Определение компенсаторов описано в разделе "операнды контроля".

Чтобы определить процедуру анализа вариаций, компенсаторы могут быть изменены, и различные наборы компенсаторов могут быть определены на различных стадиях моделирования. Подробности, связанные с этим выбором, см. в разделе «Использование списков вариаций» ("Using Tolerance Scripts") в этой главе.

Выполнение анализа влияния параметров

Как только все операнды вариаций и компенсаторы определены в редакторе TDE, может быть выполнен анализ вариаций. Чтобы запустить программу анализа, выберите "Tolerancing" в подменю "Tools" главного меню.

Диалоговое окно, которое появляется, имеет несколько средств управления, которые описаны ниже.

Fast Tolerance Mode (быстрый анализ): По существу, быстрый анализ рассматривает только изменения параксиального заднего фокусного отрезка в качестве компенсатора; все другие компенсаторы игнорируются. Быстрый способ очень полезен для грубого анализа, и, часто, в 50 раз быстрее стандартного анализа.

Merit: выбирается, чтобы определить, что должно использоваться как критерий качества.
Опции:

RMS - размер пятна (радиус, x , или y): лучший выбор для систем, не близких к "дифракционным"; например, системы с аберрациями более, чем одна длина волны. Это - самая быстрая опция. ZEMAX всегда использует centroid для анализа.

RMS wavefront лучший выбор для систем, которые являются близкими к дифракционному пределу; например, системы с аберрациями менее одной длины волны. Эта опция выполняется почти с такой же скоростью, как RMS - радиус пятна. ZEMAX использует centroid для анализа.
Merit Function (Функция Качества): Использует любую функцию качества, которая была определена для линзы. Это полезно для определенных пользователем критериев анализа. Определенные пользователем функции качества могут также потребоваться для систем с несимметричными полями или с существенными поверхностными апертурами. Если используется определенная пользователем функция качества, никакие ограничения на компенсаторы не добавляются к функции качества автоматически.

Geometric or Diffraction MTF (усредненная, тангенциальная или сагиттальная): лучший выбор для систем, которые требуют MTF спецификации. Если выбрана усредненная функция передачи модуляции, то используется усреднение между тангенциальными и сагиттальными сечениями. Если выбрана геометрическая MTF, ZEMAX использует приближение для MTF, наиболее быстрое в вычислении и достаточно точное с точки зрения анализа. Дифракционный MTF анализ может быть проблематичен, если вариации достаточно свободные, потому что дифракционная MTF не может быть вычислена, если OPD ошибки слишком большие. MTF - самый медленный из критериев, а вычисление дифракционной MTF несколько медленнее, чем вычисление геометрической MTF. Частота, для которой вычислена MTF, определена в "MTF Frequency".
Boresight error: определена как радиальная координата главного луча, прослеженная для поля вблизи оси, деленная на эффективное фокусное расстояние. Это определение дает меру углового отклонения изображения. ZEMAX моделирует boresight ошибку, используя только один BSER операнд (см. главу "Оптимизация").

Любые децентрировки или наклоны элемента или поверхности, будут отклонять главный луч и увеличивать значение BSER операнда. Boresight ошибка всегда вычисляется для основной длины волны в радианах. Этот критерий должен использоваться только для радиально симметричных систем. Обратите внимание, что boresight ошибка не дает никакой оценки качества изображения; это - просто мера отклонения луча от оси.

User Script (меню пользователя): командный файл, определяющий процедуру, которую нужно использовать для коррекции и оценки линз в течение анализа. Подробности относительно этого выбора, см. в разделе "Использование списков вариаций" ("Using Tolerance Scripts") ниже.

Mode (режим): чувствительность или инверсия. В режиме "чувствительность" вычисляется изменение функции качества для каждого экстремального значения вариаций. В режиме "инверсия" вычисляется величина каждой вариации, которая приводит к уменьшению величины Макс. критерия. В режиме инверсии мин. и макс. значения операндов вариаций изменяются на противоположные. См. описание "Макс. критерий" и "Обратная чувствительность".

Script: имя файла, при использовании функции "меню пользователя". Пользовательские файлы должны быть ASCII файлами, с расширением TSC и должны находиться в том же самом каталоге, что и ZEMAX.EXE

MTF Frequency: Если MTF выбрана как критерий, то он активен и используется чтобы определить MTF частоту. MTF частота всегда измеряется в линиях на миллиметр в пространстве изображений.

Max Criteria (Макс. критерий): При использовании режима инверсного анализа, этот критерий активирован и используется, чтобы определить предел качества изображения, приемлемый для проведения инверсного анализа в вариаций. Например, предположим, что критерий качества в размер пятна RMS, и номинальная величина RMS системы - 0.035 мм. Если Макс. критерий установлен равным 0.050, то ZEMAX вычислит мин. и макс. значения каждой вариации, которая уменьшает размер пятна RMS до величины 0.050. Величина макс. критерия должна отражать наихудшее качество изображения, которое может иметь система. При использовании MTF как критерия качества, макс. критерий более низкий по сравнению с MTF-критерием, так как меньшие числа указывают на худшее изображение. См. описание "Mode" и "Inverse Sensitivity" в

этой главе. Номинальная функция качества для текущего критерия качества может быть вычислена, нажатием кнопки "?", расположенной рядом с "max criteria" в окне редактора.

Fields (поля): Вообще говоря, определение полей, используемых при оптимизации и анализе неадекватны. Например, осе симметричная система может использовать поля 0, 7, и 10 градусов. Для целей анализа, нарушение осевой симметрии на полевых углах может приводить к неточным результатам, когда ведется анализ наклонов или децентрировок. При создании функции качества, ZEMAX может использовать три различных полевых установки:

Y-Symmetric: ZEMAX вычисляет максимальную полевую координату, затем определяет новые полевые точки в +1.0, +0.7, 0.0, -0.7, и -1.0 раз отличающиеся от максимальной полевой координаты, только в Y направлении. Все величины, относящиеся к X полю, установлены на ноль. Это - установка "по умолчанию" для систем, имеющих осевую симметрию.

XY-Symmetric: Подобно Y-Symmetric, за исключением того, что используется 9 полевых точек: 5 Y-Symmetric точек и -1.0, -0.7, +0.7, и +1.0 добавлены в направлении Оси X.

User Defined (Определенное пользователем): используются любые полевые определения, существующие в текущем файле. Этот выбор требуется при использовании факторов виньетирования, анализе многоконфигурационных систем, или использовании списков вариаций ("scripts"). Также он рекомендуется при анализе осе несимметричных систем или линз со сложными полевыми весовыми коэффициентами, определенными пользователем.

Если пользователь определил поля, никакое регулирование весов не предусмотрено. Для Y-Symmetric случая, центральная точка имеет вес 2.0, все другие имеют веса 1.0. Для XY-Symmetric случая, центральная точка имеет вес 4.0, все другие - единицу.

Sampling (Осуществление выборки): используется, чтобы установить, сколько лучей проследивать при вычислении функции качества. Чем больше выборка, тем большее количество лучей проследивается, и более точные результаты. Однако, увеличивается время вычислений. Обычно, выборки 3 достаточно для качественных оптических систем. Системы с большими абберациями требуют более высокого числа выборки, чем системы с малыми абберациями. Наиболее надежный метод для определения наилучшей установки в выборки состоит в том, чтобы сначала вычислить вариации при значении выборки 3, затем, снова - для выборки 4. Если изменение результатов умеренно, то используют более высокую установку. Если они изменяются существенно, попробуйте следующую установку (более высокую). Если результаты изменяются немного, возвратитесь к более низкому уровню выборки. Установка выборки выше требуемой просто увеличивает время вычисления без увеличения точности результатов.

Perform Sensitivity (Выполнить анализ чувствительности): Если выбран этот пункт, то будет выполняться анализ чувствительности (или обратный анализ чувствительности). Если этот пункт не выбран, то анализ чувствительности не выполняется, и программа переходит непосредственно к моделированию Монте Карло.

Opt Cycles (выбрать количество циклов): Это определяет, как строго ZEMAX будет пытаться оптимизировать величину компенсатора. Если установлен режим "Auto", то ZEMAX вызовет оптимизатор в авто режиме, который будет управлять процессом оптимизации до тех пор, когда он начнет сходиться. Для грубого анализа может использоваться небольшое число, например, 1, 2, или 3. Если компенсаторы трудно оптимизируются, более высокая установка может увеличить точность. Если выбрано слишком малое число циклов оптимизации, то прогноз анализа вариаций будет пессимистическим; результат будет хуже, чем фактически возможно. "Авто"-установка самый безопасный в использовании вариант. Более высокие значения увеличивают точность за счет увеличения времени. Эта установка используется только, если выключен быстрый режим анализа вариаций.

Show Descriptions (Показывать описания): Если выбран этот пункт, полное описание значения каждого операнда вариации будет отображаться в отчете анализа. Если не выбран, только сокращенные названия операндов вариаций будут внесены в список.

Show Compensators (показывать компенсаторы): По умолчанию, значения компенсатора не распечатываются в отчете. Если этот пункт выбран, то каждое значение компенсатора будет напечатано наряду с изменениями в функции качества для каждой вариации.

Monte Carlo (Монте Карло): используется, чтобы определить, сколько моделирований Монте Карло должно быть выполнено. Установка 20 (по умолчанию) произведет 20 случайных линз, которые отражают указанные вариации. См. раздел "Моделирование Монте Карло". Число моделирований Монте Карло может быть установлено на ноль, что выведет анализ Монте Карло

из итогового сообщения.

Statistics (Статистика): Выберите Гауссово "нормальное" распределение, "uniform" или "parabolic" (параболическое) распределение. Эти установки используются только анализом Монте Карло. Команда "STAT" используется для контроля над выбранной моделью статистического распределения.

Save MCRuns: Этот выбор используется, чтобы сохранить определенное число файлов линз, произведенных в течение анализа Монте Карло. Величина определяет максимальное число файлов линз, которые будут сохранены. Например, предположим, выбрано число 20. После того, как первая линза Монте Карло просчитана, данные будут сохранены в файле MC_T0001.ZMX. Второй файл линзы Монте Карло будет просчитан и затем сохранен в MC_T0002.ZMX и так далее. Только первые 20 линз Монте Карло будут сохранены, последний сохраненный файл будет MC_T0020.ZMX. Если требуется меньшее количество моделей Монте Карло, то меньшее количество файлов линз будет сохранено. Убедитесь, что Вы не имеете никаких файлов линз с названиями MC_Txxxx.ZMX, так как ZEMAX переписывает эти файлы без предупреждения, поскольку линзы сохранены. Цель этой функции - дать возможность в дальнейшем изучать файлы линз, просчитанные программой анализа Монте Карло.

Configuration # (номер конфигурации): Для линз мультиконфигурации, указывает, какая конфигурация должна использоваться для анализа. Будет рассматриваться только выбранная конфигурация, и номер конфигурации будет напечатан в заключительном сообщении. Если выбрано "All" (Все), то все конфигурации будут рассматриваться сразу; в этом случае только пользователь определяет функцию качества и пользовательские установки рассматриваемых полей.

Hide All But Worst: Если выбран этот пункт, будет выключена печать всех данных анализа чувствительности. Это полезно чтобы уменьшить размер сообщения. "Скрытое" окно проверки обычно используется в сочетании с "Show worst" (Показать худший вариант). Этот режим может быть установлен и будет показывать только некоторое число операндов вариаций, это позволяет ограничивать распечатку только наиболее серьезными вариациями.

Show worst: См. "Hide all but worst" выше.

List Fields Individually: Когда выбран этот пункт, ZEMAX вносит в список результаты анализа, выполненного для каждой полевой точки отдельно. Это позволяет детально рассмотреть работу линзы по полю. В список внесены: критерий, лучшее, худшее, среднее и стандартное отклонение для каждой определенной полевой точки в анализе Монте Карло.

Force Ray Aiming On: Если линза уже использует режим "ray aiming", то этот режим будет использоваться при оценке вариаций. Если он еще не был включен, то он будет использоваться, только если будет выбран этот пункт. Вообще, использование режима "ray aiming" дает более точные результаты, но более медленная скорость вычисления. Для предварительной оценки вариаций, оставьте выключатель в положении "off" (выкл.), но для окончательной оценки, установите выключатель в положение "on" (вкл).

Overlay MC Graphics: Если выбран этот пункт, каждое открытое графическое окно (типа MTF) будет обновлено и перезаписано для каждого произведенного программой анализа Монте Карло файла линз. Результирующие данные полезны, чтобы показать полный диапазон выполнения анализа для моделируемых линз. Графики Анализа, которые автоматически не изменяют масштаб, наиболее полезны. MTF, MTF vs. Height, Encircled Energy и другие, которые дают пользователю определенный установленный масштаб. Статические, текстовые окна и окна редакторов не обновляются. Overlaid графические окна будут представлены как статические, после того, как анализ вариаций закончен. Время, необходимое для вычисления каждого из графиков анализа для каждой MC линзы, очевидно, замедлит анализ вариаций.

Status (статус): Этот пункт используется алгоритмом в вычисления вариаций, чтобы обеспечить появление сообщений о статусе во время вычисления.

В диалоговом окне есть также шесть кнопок:

OK: выполняется анализ вариаций, используя текущие установки.

Cancel (отмена): выход из диалогового окна без выполнения анализа вариаций.

Terminate (прерывание): заканчивает анализ вариации.

Save (сохранение): сохраняет выбранные в настоящее время установки для будущего

использования.

Load (загрузить): восстанавливает предварительно сохраненные установки.

Reset (перезагрузка): возврат к установкам по умолчанию.

Как только все установки сделаны, нажмите ОК, чтобы начать анализ вариаций.

Как ZEMAX осуществляет анализ вариаций

ZEMAX начинает анализ вариаций, сохраняя данные линз во временном файле, который будет использоваться, чтобы восстановить эти данные после того, как анализ закончен. Все изменения, сделанные в течение анализа, будут в конечном счете отвергнуты, и первоначальный файл будет восстановлен неизменным. Исключение - обратный анализ чувствительности, где мин. и макс. значения вариаций могут быть изменены.

Затем, ZEMAX удаляет все переменные. Solves оставлены на месте, однако, это может приводить к проблемам в течение анализа.

Считываются операнды вариаций и устанавливаются компенсационные параметры, определенные COMP и SPAR. Определенные компенсаторы могут быть изменены в течение анализа, если используется режим "script". Если режим "ray aiming" включен в той системе линз, которая подвергается анализу влияния параметров, или если включен выключатель "Force Ray Aiming On", то этот режим будет использоваться в оценке вариаций. Вычисление вариаций с использованием режима "ray aiming" более точное, но скорость выполнения медленнее. См. Главу " Системное Меню". Затем ZEMAX использует Merit, Field, MTF Frequency, и Sampling установки из диалогового окна вариаций, чтобы определить соответствующую функцию качества для анализа. Так как это делается применительно только к временному файлу, первоначальная функция качества, определенная для системы линз остается неизменной.

К функции качества добавляются граничные условия, чтобы ограничить компенсаторы мин. и макс. значениями, указанными командами SPAR и COMP. При использовании функции качества, определяемой пользователем, или если включен быстрый режим (fast mode), граничные условия на компенсаторы игнорируются.

Затем, ZEMAX вызывает функцию оптимизации, чтобы найти лучшие параметры для компенсаторов. Результирующий (окончательный) файл оптической системы сохраняется для последующего использования алгоритмом анализа. Если включен быстрый режим, тогда в качестве компенсатора используется задний фокусный отрезок.

Функция качества этой системы линз, как предполагается, является "номинальной" функцией качества. Обратите внимание, что номинальное значение функции качества, вообще говоря, не будет тем же самым, что и значение функции качества, которое отображено при оптимизации, потому, что ZEMAX строит новую функцию качества только для использования в анализе вариаций.

Затем ZEMAX продолжает анализ чувствительности или обратной чувствительности, или анализ Монте Карло, как описано в следующих разделах.

Быстрый режим анализа

ZEMAX имеет два метода оценки вариаций: быстрый и стандартный. Если выбран режим "Fast Tolerance", то сделано несколько предположений, которые очень ускоряют оценку вариаций. Во-первых, все определенные компенсаторы и граничные условия компенсаторов игнорируются. Задний фокусный отрезок выбран в качестве компенсатора. Это означает, что дефокусировка поддерживается при номинальном значении фокусного расстояния системы, без повторной оптимизации.

Эти предположения очень ускоряют оценку вариаций, приблизительно в 50X. Быстрый режим высоко точен, если задний фокусный отрезок - единственный компенсатор; типичное отличие результатов вычисления в этом режиме от гораздо более медленного стандартного режима находится в пределах нескольких процентов.

Если быстрый режим не включен, то ZEMAX использует алгоритм оптимизации, чтобы найти

лучшие значения для всех компенсаторов. Быстрый анализ вариаций чрезвычайно быстр, точен и должен использоваться, если задний фокусный отрезок - единственный компенсатор, и система хорошо описана парааксиальными лучами. Быстрый режим оценки вариаций не должен использоваться, когда система имеет существенную несимметрию относительно оси, или есть много компенсаторов. Когда есть сомнения, используйте оба способа и сравнивайте результаты.

Чувствительность (sensitivity), обратная чувствительность (inverse sensitivity), алгоритм анализа Монте Карло - все работают в быстром режиме. Так как быстрый режим не оптимизирует компенсаторы точно, результаты, вообще говоря, слегка хуже, чем результаты стандартного режима.

Анализ чувствительности

При анализе чувствительности, каждая вариация оценивается независимо, используя следующий алгоритм:

Создается временный файл данных оптической системы.

Параметр, чья вариация оценивается, приводится к минимальной величине. Например, если оцениваемая вариация - TRAD, и номинальная величина - 100 мм, с нижним пределом отклонения -0.1 мм, радиус устанавливается равным 99.9. Если вариация - наклон или децентрировка элемента, вставляются фиктивные разрывы координаты, чтобы моделировать отклонения. Поскольку поверхность наклоняется и децентрируется (операнды типа TSDX, TSDY, TSTX, TSTY, TIRX или TIRY), используется нерегулярный поверхностный тип, даже если поверхность имеет первоначально стандартный тип.

Настраиваются компенсаторы. Используемый метод зависит от того, включен ли быстрый режим. Результирующая функция качества печатается в сообщении.

Процедура повторяется для верхнего предела отклонения номинального значения вариации. Этот основной алгоритм повторяется для каждого операнда вариации.

Ценность анализа чувствительности - обнаружение слишком свободных допусков, вносящих большие вклады в увеличение функции качества. Эта техника позволяет проектировщику идентифицировать поверхности, которые являются высоко чувствительными к некоторым ошибкам, типа наклона или децентрировки. Различные поверхности также будут, вообще говоря, иметь очень разную чувствительность к различным ошибкам. Анализ чувствительности помогает в идентификации допусков, которые должны быть уменьшены, и допусков, которые могут быть расширены. Это также ценно для определения оптимального числа компенсаторов и требуемого диапазона регулирования.

Ф анализ чувствительности помогает в определении допусков, которые должны быть уменьшены, и допусков, которые могут быть расширены.

Объем результатов вычислений может быть очень большим, особенно для многолинзовых систем с соответствующим большим количеством вариаций. Часто, чувствительность к вариациям сильно отличается по всем возможным вариациям. Функция "Show worst" (показ. наихудший) чрезвычайно полезна, чтобы суммировать худшие результаты, потому что она сортирует вариации по величине их вклада в функцию качества и затем печатает в порядке уменьшения вклада. Функция "Hide all but worst" (скрыть все, кроме худшего), сворачивает большую часть распечатки, если разработчика интересуют только худшие вариации.

В конце концов, индивидуальные вариации вычислены, ZEMAX переходит к статистике. ZEMAX использует RSS - усреднение (корень квадратный из суммы всех значений) для вычисления оцененных изменений. Для каждой вариации вычисляется отклонение от номинала - мин. и макс. значения вариации, затем усредненное. Окончательные усредненные величины суммируются для всех вариаций, и вычисляется квадратный корень.

Обратный анализ чувствительности

Если выполняется анализ обратной чувствительности, вариации вычисляются также, как при анализе чувствительности. Однако, вычисление выполняется итерационно (пошагово) внутри петли, хотя подбор делается между макс. и мин. значениями вариации. Процедура подбора осуществляется до тех пор, пока функция качества не станет равна приблизительно величине макс. критерия, определенного в диалоговом окне вариации.

Например, если критерий качества - размер пятна RMS, номинальное качество - 0.035, и макс. критерий - 0.050, ZEMAX будет подбирать мин. и макс. вариации, пока качество не достигнет 0.050 для этих двух крайних значений. Есть исключения в этом правиле:

Макс. критерий должен представить худшее изображение, чем номинал. Появится сообщение ошибки и анализ вариации не будет выполнен, если номинальное изображение хуже, чем Макс. критерий.

Если мин. или макс. результаты лучше, чем номинальная система, то установки вариации не изменяются, и лучшее результирующее качество показывается в отчете. Это может случиться, когда система улучшается из-за увеличения F/\ast , когда анализируются вариации радиусов.

Если изображение при стартовой величине вариации лучше, чем Макс. критерий, вариация никогда не будет ослаблена; она может быть только сжата во время выполнения обратного анализа чувствительности. Например, если номинал - 0.035, и Макс. критерий - 0.050, и начальная вариация выдает качество изображения 0.040, вариация не будет увеличиваться. Чтобы вычислить фактический предел, вариация должна быть сначала ослаблена в Редакторе вариаций и, затем должен быть проведен повторный анализ обратной чувствительности. Это сделано, чтобы предотвратить появление более свободных, чем это необходимо допусков. Вообще, допуск, который является более свободным, чем некоторая разумная величина, не уменьшает производственные затраты.

Оцененное изменение в изображении вычисляется так же, как при анализе чувствительности, используя недавно подобранные значения вариаций. Обратный анализ чувствительности состоит в уменьшении индивидуальной вариации, поэтому ни один дефект не вносит слишком большой вклад в ухудшение изображения.

Обратный анализ чувствительности помогает в уменьшении отдельных вариаций, поэтому ни один дефект изготовления не вносит слишком большой вклад в ухудшение изображения

Обратите внимание, что предел максимального критерия в анализе обратной чувствительности вычислен для каждой вариации индивидуально. Полная оценка ухудшения изображения будет все еще даваться как RSS в сех индивидуальных вкладов.

Анализ Монте Карло

В отличие от анализа чувствительности и обратного анализа чувствительности, анализ Монте Карло моделирует суммарный эффект в сех вариаций одновременно.

Для каждого цикла Монте Карло, все параметры, которые определяют вариации, устанавливаются случайным образом, используя заданный диапазон изменения параметра и статистическую модель распределения этого параметра в указанном диапазоне. По умолчанию, все параметры распределены по нормальному закону с четырьмя стандартными отклонениями в диапазоне между минимальной и максимальной величиной. Например, для радиуса 100.00 мм с вариацией +4.0/-0.0 мм будет назначен случайный радиус между 100.00 и 104.00 мм, с нормальным распределением, с матожиданием 102.00 мм и стандартным шагом отклонения 1.0 мм.

Эта модель "по умолчанию" может быть изменена, используя команду STAT. Каждый операнд вариации может иметь отдельное определение для статистики, или операнды с той же самой статистической формой распределения могут быть сгруппированы вместе. Все операнды вариаций, которые следуют за командой STAT, используют статистическое распределение, определенное этой командой. В редакторе вариаций может быть помещено столько команд STAT, сколько потребуется.

Команда STAT имеет два аргумента, Int1 и Int2. Int1 должен быть установлен равным 0 - для нормального, 1- для однородного, 2 - для параболического и 3-для определенного пользователем закона распределения. Только для нормального распределения, значение Int2 должно быть установлено равным числу стандартных отклонений между средним и экстремальными значениями параметра.

Возможные статистические распределения описаны ниже.

Нормальное статистическое распределение

Распределение "по умолчанию" - модифицированное Гауссово нормальное распределение:

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right), -n\sigma \leq x \leq n\sigma.$$

Модификация состоит в том, что случайно выбранные величины x (измеренные, как отклонения от средней величины в пределах между двумя экстремальными значениями вариации) ограничены в пределах " n " стандартных отклонений. Величина " n " по умолчанию - два, однако она может быть изменена, используя аргумент Int2 команды STAT, определенной ранее. Это сделано, чтобы быть уверенным, что никакая выбранная величина не превысит указанный предел вариации. Стандартное отклонение установлено на $1/n$ от половины максимального диапазона вариации. Например, если " n " - 2, и толщина - номинально 100 мм с вариацией плюс 3 и минус 1 мм, то выбранная величина будет со средним значением 101 мм и диапазоном плюс-минус 2 мм, со стандартным отклонением 1.0. Если " n " - 5, то стандартное отклонение будет 0.4. Чем больше " n ", тем более вероятно, что выбранная величина будет ближе к середине диапазона изменения вариации. Чем меньше " n ", тем больше нормальное распределение напоминает однородное.

Однородное статистическое распределение

Однородное распределение имеет форму:

$$p(x) = \frac{1}{2\Delta}, -\Delta \leq x \leq \Delta.$$

Где Δ - половина разности между макс. и мин. значениями вариации. Обратите внимание, что случайно выбранная величина будет лежать где-нибудь между указанными экстремальными вариациями с одинаковой вероятностью.

Параболическое статистическое распределение

Параболическое распределение имеет форму:

$$p(x) = \left(\frac{3x^2}{2\Delta^3} \right), (-\Delta \leq x \leq \Delta),$$

Где Δ -то же, что и в однородном распределении. Параболическое распределение выбирает случайные величины, которые, скорее, будут попадать на края диапазона вариации, чем в середину, что имеет место при нормальном распределении.

Статистическое распределение, определяемое пользователем

Статистическое распределение, выбранное пользователем, определено файлом ASCII со сведенными в таблицу данными распределения. Общая функция вероятности может быть определена как

$$p(x_i) = T_i, 0.0 \leq x_i \leq 1.0,$$

где значения T сведены в таблицу для некоторого числа дискретных значений X . Это общее распределение может быть численно проинтегрировано, и из сведенных в таблицу значений, оцененная величина X может быть выбрана со статистикой, соответствующей сведенному в таблицу распределению.

Формат файла - две колонки данных:

```
X1 T1
X1 T2
X3 T3
... И т.д.
```

Где значения X -монотонно увеличивающееся число точек между 0.0 и 1.0 включительно, и значения T - вероятности получения этих значений X . Обратите внимание, что ZEMAX использует распределение вероятности, которое охватывает диапазон от 0.0 до 1.0, так, что первая определенная величина $X1$ ДОЛЖНА быть равна 0.0 (это может иметь любую вероятность $T1$, включая ноль), а последняя определенная величина ДОЛЖНА иметь значение Xn , равное 1.0. До 200 точек может использоваться, чтобы определить распределение между $X = 0.0$ и $X = 1.0$; появится предупреждение, если слишком много точек внесено в список.

Для каждого операнда вариации, в последствии определенного (пока другая команда STAT не достигнута), выбранные мин. и макс. значения определяют фактический диапазон случайной переменной X . Например, если величина 100.0 имеет вариацию -0.0 и +2.0, распределение вероятности будет простираться в диапазоне от 100.0 до 102.0.

Как только данные определены в файле, он должен быть помещен в тот же самый каталог, что и программа ZEMAX, и имя файла (с расширением) должно быть помещено в колонку комментариев редактора вариаций в той же самой строке, что и команда STAT. Тип STAT должен быть установлен равным "3".

Имя файла определенного пользователем распределения вероятности, должно быть помещено в колонку комментариев редактора вариаций для STAT операнда

Одно из возможных распределений могло быть таким:

```
0.0 0.0
0.1 0.5
0.2 1.0
0.3 0.5
0.4 0.0
0.5 0.5
0.8 4.0
```

1.0 5.0

Обратите внимание, что значения X не должны быть равномерно расположенными; более короткий интервал может использоваться в областях быстрого изменения вероятности. Это распределение имеет два пика, и более высокий пик сильно сдвинут в максимальную сторону распределения.

Статистическое распределение, определенное пользователем, очень гибкое и может использоваться, чтобы моделировать любое распределение вероятности. "Multiple" распределения могут быть определены и использоваться в том же самом анализе вариаций.

Обсуждение метода Монте Карло

Обратите внимание, что, следуя от нормального и однородного распределений к параболическому, анализ становится последовательно более пессимистическим, и, таким образом, с более консервативными вариациями.

Для каждого цикла, подстраиваются компенсаторы и, затем, печатается функция качества и значения компенсаторов. В конце распечатки, дается статистическое резюме анализа Монте Карло.

Анализ Монте Карло оценивает изображение линзы, рассматривая все вариации одновременно. В отличие от анализа чувствительности, который идентифицирует "худшие вариации" в системе, анализ Монте Карло, оценивает реальное изображение системы, подвергшейся указанным вариациям. Статистическое резюме, может быть очень полезно для линзовых систем, которые идут в массовое производство. Линзы, которые являются единичными, конечно не следуют этой статистике из-за неадекватного осуществления выборки. Однако, анализ Монте Карло все же полезен, потому что он определяет вероятность, с которой линза будет соответствовать заданным требованиям.

Правила вложения для анализа Монте Карло

При выполнении анализа Монте Карло, все вариации рассматриваются одновременно. Поэтому, если не соблюдены некоторые правила, пользователь может определить операнды наклона и децентрировки элементов, которые будут находиться в противоречии или неоднозначны.

Вариации типа TEDX, Tedy, TETX, и TETy требуют, чтобы ZEMAX вставил разрывы координаты до и после группы поверхностей и, затем, наклонил или децентрировал группу в целом. Наклоны и децентрировки, выполненные первым разрывом координаты должны быть "скомпенсированы" вторым разрывом координаты. Это может быть выполнено только, если параметры первого и второго разрывов координаты связаны. ZEMAX делает это с помощью функций "pickup" и "solves".

Этот метод не работает, если диапазоны, назначенные операндам вариаций перекрываются. Например, если операнд TETX установлен на поверхностях 3-8, затем последующий TETX на поверхностях 5-12, первый разрыв координаты, который наклоняет группу поверхностей 5-12, изменит положение поверхностей 5-8, и второй разрыв координаты первой группы будет перемещен. В этом случае, ZEMAX не может контролировать разрывы координаты, он будет работать, как предписано. Фактически, перекрытие в разрывах координаты не имеет единственной трактовки, и трудно представить оптическую систему, где оно имеет какую-либо физическую интерпретацию.

Вариации могут быть вложенными, однако, вложение подразумевает однозначный порядок наклонов и децентрировок. Например, TETX на 5-12 сопровождается TETX на 5-9 и TETX на 10-12 абсолютно разумно. Этот порядок моделировал бы наклон сборки, составленной из многих элементов, каждый из которых может быть наклонен непосредственно в пределах сборки.

Правила вложения очень просты:

- 1) Все вариации наклона и децентрировки элемента должны быть вложенными.
 - 2) Наиболее удаленная пара поверхностей в каждой вложенной группе должна быть первой.
- Вот - пример имеющего силу набора операндов:

TETX 5 12
TETX 5 10
TETX 11 12

Вот - пример неправильного набора операндов:

TETX 5 12
TETX 9 15
TETX 5 15

Второй операнд недействителен, потому что нарушает правило 1. Третий операнд недействителен, потому что, хотя вложен с операндом 1, это - наиболее широкий из двух диапазон (нарушено правило 2). Второй операнд должен быть удален или изменен, но третий операнд мог бы быть помещен перед первым, чтобы список операндов стал корректным:

TETX 5 15
TETX 5 12

Обратите внимание, что операнд считается вложенным, даже если он разделен одним или более поверхностными разделами с предыдущим операндом, так, TETX 5-15 мог бы сопровождаться другим TETX 5-15 или TETX 5-12, или TETX 13-15, но не TETX 4-13.

Использование списков вариаций

F Эта функция доступна только в EE-редакции ZEMAX.

Краткий обзор списков вариаций

Списки вариаций - простые командные файлы, определяющие процедуру, которой нужно следовать, чтобы оценить качество изображения линз. Списки позволяют моделировать сложные процедуры оценки. Со списками возможны следующие действия:

- добавить или убрать компенсаторы.
- загрузить новые функции качества.
- оптимизировать определенные компенсаторы, использующие любую функцию качества.
- контролировать и сообщать любую величину, вычисленную ZEMAX через функцию качества.
- сохранять линзы на любой стадии анализа в ZMX файле.

Любое число этих действий может быть объединено в списке; так что могут быть определены разнообразные функции качества и группы компенсаторов. Список выполняется много раз в течение анализа вариаций, включая:

- один раз вычислить номинальные данные.
- дважды для каждого операнда вариации в анализе чувствительности: (один раз для мин. и один раз для макс. вариации).
- многократно для каждого операнда вариации в обратном анализе чувствительности.
- один раз для каждой случайной линзы в анализе Монте Карло.

Командные файлы вариаций должны быть файлами ASCII, с расширением TSC и должны быть помещены в тот же самый каталог, что и ZEMAX. Любые упомянутые файлы функции качества (которые имеют MF расширение) должны также быть помещены в этот каталог.

Команды "списочных" вариаций

Команды "списочных" вариаций определены и описаны ниже.

!

Синтаксис:

! Линия комментария!

"" Символизуется, чтобы определить комментарии в списке.

CEDV

Синтаксис:

CEDV парам.поверхности

CEDV определяет новый дополнительный компенсатор. "Поверхность" - номер поверхности в первоначальном файле линзы. ZEMAX автоматически перенумеровывает поверхность, если дополнительный разрыв координаты или другие фиктивные поверхности были вставлены в соответствии с программой. Величина "парам." соответствует дополнительному числу данных для поверхности.

CLEARCOMP

Синтаксис:

CLEARCOMP

CLEARCOMP удаляет все текущие компенсаторы. Новые компенсаторы должны быть определены в списке до команды OPTIMIZE (ОПТИМИЗАЦИЯ).

CMCO

Синтаксис:

CMCO операнд конфигурации

CMCO определяет новый компенсатор операнда мультikonфигурации. Величина - номер строки операнда в первоначальном файле линзы. Величина для "config" соответствует номеру конфигурации.

COMP

Синтаксис:

COMP код поверхности

COMP определяет новый компенсатор. Величина - номер поверхности в первоначальном файле линзы. ZEMAX автоматически перенумеровывает поверхность, если дополнительный разрыв координаты или другие фиктивные поверхности были вставлены в соответствии с программой. Величина "кода": 0- для толщины, 1- для кривизны, 2- для эксцентриситета.

SPAR

Синтаксис:

SPAR парам. поверхности

SPAR определяет новый компенсатор параметра. Величина "surf" - поверхностный номер в первоначальном файле линзы. ZEMAX автоматически перенумеровывает поверхности, если дополнительный разрыв координаты или другие фиктивные поверхности были вставлены в соответствии с программой. Величина "парам." соответствует номеру параметра для поверхности.

LOADMERIT

Синтаксис:

LOADMERIT filename.mf

MF файл должен быть в том же самом каталоге, что и ZEMAX. Файл должен быть в надлежащем формате.

Когда функция качества загружена, она заменяет любую уже существующую функцию качества. ZEMAX автоматически перенумеровывает любые операнды, которые ссылаются на поверхности, если в соответствии с программой были вставлены дополнительные разрывы координаты или другие фиктивные поверхности. Любые операнды, которые ссылаются на поверхностные номера, должны иметь поверхностные номера для первоначальной, не измененной системы линз. Тогда оценивается новая функция качества. Результирующей величиной функции качества будет та, которая будет возвращена в программу анализа вариаций, поскольку функция качества не работает, если выполняется последующая команда LOADMERIT или OPTIMIZE.

OPTIMIZE

Синтаксис:

OPTIMIZE n

ОПТИМИЗАЦИЯ выполняет "n" циклов оптимизации. Если n - ноль или опущен, оптимизатор работает в автоматическом режиме.

REPORT

Синтаксис:

REPORT "текстовый" операнд

REPORT будет печатать любой определенный пользователем текст в выходное окно анализа вариаций наряду с величиной любого операнда загруженной в настоящее время функции качества. Значение операнда - целое число, соответствующее номеру операнда (строке). Если операнд - ноль, то будет распечатано значение полной функции качества.

SAVE

Синтаксис:

SAVE n

SAVE сохранит текущий файл линзы в ZMX файле с именем TSAVnnnn. ZMX, где nnnn - четырехзначное целочисленное представление числа "n". Например, если "n" - 6, файл будет сохранен как TSAV0006. ZMX.

Пример "списка" вариаций

В качестве примера, предположим, что оптическая система собрана из многих линзовых элементов. Для процесса выравнивания и оценки, выбраны следующие регулировкисистемы: Элемент номер 2 децентрируется, пока осевой испытательный луч не попадет в центр изображения. Элемент номер 4 перемещается вдоль оси, пока не будет достигнуто надлежащее увеличение. Наконец, подбирается задний фокусный отрезок, чтобы максимизировать MTF на оси.

Затем измеряется и регистрируется дисторсия.

Оценивается MTF в 5 полевых точках.

Предположим, что элемент номер 2 децентрирован, используя параметры 1 и 2 на поверхности 3, которая является существующим разрывом координаты, положение элемента 4 - 10, изадний фокус -15. Кроме того, примем за функцию качества, которая сосредотачивает осевые лучина поверхности изображения-CENTER.MF, увеличение, предписанное функции качества - MAGNIFY.MF, функция качества MTF - MTF.MF и функция оценки качества - EVALUATION.MF. Соответствующий список мог бы выглядеть так:

```
! clear any existing compensators for a clean start
CLEARCOMP
! load the centering merit function
LOADMERIT CENTER.MF
! define the two compensators to decenter element 2
CPAR 3 1
CPAR 3 2
! optimize 4 cycles
OPTIMIZE 4
! clear the decenters, load the magnification merit, and adjust thickness 10
CLEARCOMP
LOADMERIT MAGNIFY.MF
COMP 10 0
OPTIMIZE 4
! now load the MTF merit function, and adjust back focus
CLEARCOMP
LOADMERIT MTF.MF
COMP 15 0
OPTIMIZE 4
! finally, load the evaluation merit function, and report the distortion and
5 MTF values
! these should be the first 6 operands in EVALUATION.MF.
CLEARCOMP
```

```
LOADMERIT EVALUATION.MF
REPORT "Distortion = " 1
REPORT "MTF at field 1 = " 2
REPORT "MTF at field 2 = " 3
REPORT "MTF at field 3 = " 4
REPORT "MTF at field 4 = " 5
REPORT "MTF at field 5 = " 6
```

В конце списка, величина функции качества, следующая за последней командой LOADMERIT или OPTIMIZE, возвращена как " функция качества", которую ZEMAX использует в сообщениях.

Мультиконфигурационный анализ линз с изменением масштаба

изображения

Анализ вариаций может быть выполнен для каждой конфигурации мультиконфигурационной системы линз. Просто выберите желательную конфигурацию из падающего списка " Configuration #". Вообще, не требуется анализировать все конфигурации, но это - опция. При использовании обратного анализа вариаций, последовательный анализ вариаций в каждой конфигурации выявит самую существенную вариацию, которая применима ко всем конфигурациям.

Анализ систем с функциями "solves"

Вообще говоря, Вы должны удалить все "solves" и переменные перед началом анализа вариаций параметров. Может быть, более удобно сохранить линзу во временном файле для анализа, если у Вас слишком много "solves" или переменных. Хотя анализ все же будет работать, если Вы оставили "solves" в вашем файле линз, результаты могут быть не те, которых Вы ожидаете. Причина в том, что определенные "solves", типа функции "высота параксиального краевого луча", больше не имеют смысла, когда оптическая система содержит наклоненные или децентрированные элементы. Даже если система первоначально имела осевую симметрию, большинство операндов вариаций типа TETX и TETY делают систему не симметричной. Функции, использующие связанные параметры (Pickup solves), также могут давать странные результаты, потому что алгоритм анализа иногда будет изменять параметры поверхностей (например, толщины) при вставке и удалении разрывов координаты. То же самое ограничение относится к "solves" положения, которые не могут работать правильно, когда координаты линз изменены алгоритмом анализа.

Есть, однако, случаи, где pickup solve - действительно то, что Вы хотите. Например, если Вы используете линзу в двойном проходе, и наклон на одном элементе подразумевает наклон на последующем элементе, тогда pickup solve, может использоваться. Для этого случая, Вы должны использовать команды TUTX и TUTY, и вариация "по умолчанию" не будет работать. Если в Вашей системе оставлены эти типы функций "solves", игнорируйте предупреждение: " Solves должны быть удалены перед началом анализа вариаций ".

Проблемы с результатами анализа вариаций

См. обсуждение в разделе о SAVE операнде.

Если любые из расчетных данных вариаций типа функций качества и процентных изменений показывают величину "Бесконечность", это означает, что функция качества не могла быть оценена для указанной вариации. Обычно, функция качества не может быть оценена из-за полного внутреннего отражения некоторых лучей. Статистические данные, которые следуют за анализом чувствительности, обычно, бессмысленны, если любая из вариаций имеет величину бесконечности. Решение состоит в том, чтобы уменьшить в два или больше раз диапазон изменения вариаций и, затем, повторить анализ.

"Ловушки" анализа вариаций

Одна возможная ошибка - нефизическое распространение лучей, когда используются вариации наклона типа TETX и TETY. Если два элемента отделены очень маленьким воздушным промежутком или фиктивной поверхностью, наклоны каждого элемента будут включены в вариации "по умолчанию" независимо. Если интервал между элементами мал, то для одного из элементов, возможно попадание в точку, где он "сталкивается" с другим элементом, хотя, этого не происходит практически.

Поскольку процедура анализа вариаций наклоняет и децентрирует линзы, алгоритм автоматически включает режим "ray aiming" (см. Главу " Системное Меню "). Если номинальная функция качества в сообщении алгоритма вариаций отличается от ожидаемой величины, проверяют, выключен ли режим "ray aiming" в файле линзы. Попробуйте включить его и переоптимизируйте систему. Вообще, если есть большое различие между функциями качества, когда "ray aiming" включен и когда он выключен, то этот режим должен быть оставлен включенным.

Резюме

Программа анализа вариаций весьма гибка и мощна. ZEMAX не использует никакие приближения, экстраполяции, или оценки, чтобы вычислить вариации. По этой причине, это дает полезные результаты для обычных и для сложных систем. Очень важно понимать, что анализ-сложная процедура, и алгоритмы, используемые ZEMAX - не безошибочны. Поэтому, долг проектировщика – убедиться в том, что программа выдает разумные результаты.

Введение

ZEMAX поддерживает режим определения, анализа, и оптимизации оптических систем, которые используются в нескольких конфигурациях. Мультиконфигурации используются, чтобы проектировать оптические системы с изменением масштаба изображения или оптимизировать системы, работающие на различных длинах волн. Однако, подобно анализу влияния параметров, работа с мультиконфигурациями требует немного больше практики и опыта.

В ZEMAX имеется простой пример для изучения процедуры смены конфигураций. Конфигурации отличаются разными значениями одних и тех же параметров. Например, в системе с изменением масштаба изображения, интервалы между различными элементами могут принимать больше, чем одно значение. Каждый набор значений, используемых вместе, формирует одну конфигурацию.

Первый шаг

Сначала, первым и наиболее важным шагом является определение одной конфигурации, используя обычный режим работы ZEMAX. Хорошо начать с наиболее сложной конфигурации. Если все конфигурации имеют одинаковое число элементов, выбирают любую из них. Как только Вы определили основную конфигурацию, пришло время определять новые конфигурации, которые являются разновидностями первой. Первую конфигурацию не обязательно оптимизировать сразу, это можно сделать позже.

Выберите в главном меню "Editors", "Multi-Configuration". Таблица, которая появляется - и есть редактор мультиконфигураций (MCE). Используя меню редактора MCE, конфигурации (колонки) и операнды (строки) могут быть добавлены или удалены. Данные, введенные в MCE, будут сохраняться автоматически всякий раз, когда Вы сохраняете ваш файл линз.

Изменить тип операнда можно двойным щелчком мышки на первой колонке редактора. Появится диалоговое окно, где тип и номер операнда мультиконфигурации могут быть изменены. Операнды сведены в следующую таблицу:

Тип	Номер	Описание
CRVT	№ поверхности	кривизна поверхности
THIC	№ поверхности	толщина поверхности
GLSS	№ поверхности	стекло
CONN	№ поверхности	эксцентриситет
PAR1	№ поверхности	параметр 1
PAR2	№ поверхности	параметр 2
PAR3	№ поверхности	параметр 3
PAR4	№ поверхности	параметр 4
PAR5	№ поверхности	параметр 5
PAR6	№ поверхности	параметр 6
PAR7	№ поверхности	параметр 7
PAR8	№ поверхности	параметр 8
XFIE	№ поля	величина X-поля
YFIE	№ поля	величина Y-поля
FLWT	№ поля	весовой коэффициент данного поля

FVDX	№ поля	фактор виньетирования VDX
FVDY	№ поля	фактор виньетирования VDY
FVCX	№ поля	фактор виньетирования VCX
FVCY	№ поля	фактор виньетирования VCY
WAVE	№ длины волны	длина волны
WLWT	№ длины волны	ее весовой коэффициент
PRWW	-	номер основной длины волны
APER	-	апертура системы, безотносительно текущего определения апертуры (диаметр входного зрачка или $F / *$). См. также SATP.
STPS	-	Номер поверхности апертурной диафрагмы. Апертурная диафрагма может быть помещена на поверхность с любым номером (исключая предмет и поверхность изображения), задавая целочисленный параметр для каждой конфигурации
SDIA	№ поверхности	полудиаметр
CSP1	№ поверхности	параметр функции кривизны 1
CSP2	№ поверхности	параметр функции кривизны 2
TSP1	№ поверхности	параметр функции толщины 1
TSP2	№ поверхности	параметр функции толщины 2
TSP3	№ поверхности	параметр функции толщины 3
HOLD	-	Держит данные в буфере мультиконфигурации. Полезен для временного выключения одного операнда без утери связанных данных.
APMN	№ поверхности	Значение минимальной апертуры поверхности. Поверхность должна иметь определенную апертуру (НЕ полудиаметр).
APMX	№ поверхности	Значение максимальной апертуры поверхности. Поверхность должна иметь определенную апертуру (НЕ полудиаметр).
APDX	№ поверхности	апертура X-децентрированной поверхности. Поверхность должна иметь определенную апертуру (НЕ полудиаметр).
APDY	№ поверхности	апертура Y-децентрированной поверхности. Поверхность должна иметь определенную апертуру (НЕ полудиаметр).
TEMP	-	температура в градусах Цельсия
PRES	-	атмосферное давление 0-вакуум, 1- нормальное давление

EDVA	№ поверхности/ № дополнительных данных	EDVA используется, чтобы присвоить многократные значения дополнительным данным. Этот операнд требует 2 числовых параметра: номер поверхности и номер дополнительных данных.
PSP1	№ поверхности	Параметр 1 (поверхность). Этот операнд требует 2 числовых параметра: номер поверхности и номер параметра.
PSP2	№ поверхности	функциональный параметр 2 (масштаб). этот операнд требует 2 числовых параметра: номер поверхности и номер параметра.
PSP3	№ поверхности	функциональный параметр 3 (поправка) этот операнд требует 2 числовых параметра: номер поверхности и номер параметра.
MIND	№ поверхности	показатель преломления образцового стекла
MABB	№ поверхности	число Аббе образцового стекла
MDPG	№ поверхности	dPgF образцового стекла
CWGT	-	Полный вес для конфигурации. Это число имеет значение только относительно весов других конфигураций. Вес конфигурации используется только алгоритмом функции качества по умолчанию, чтобы установить функцию качества, которая рассматривает конфигурации по относительным весовым коэффициентам. Если вес конфигурации - ноль, то конфигурация игнорируется во время формирования функции качества по умолчанию.
FLTP	-	Тип поля. Используйте 0 для полевого угла в градусах, 1 для высоты объекта, 2 для параксиальной высоты изображения, 3 для реальной высоты изображения.
RAIM	-	Используйте 0, если режим "Ray aiming" выключен, 1- для параксиальной области и 2- для реальных лучей.
COTN	№ поверхности	название покрытия, если

		такое имеется на данной поверхности
GCRS	-	Абсолютная координата поверхности, на которую сделана ссылка.
NPAR	поверхность/ предмет/ параметр	Изменяет колонки параметра для непоследовательных объектов в NSC редакторе.
NPOS	поверхность/ предмет/ координата	Изменяет значения координат x, y, z, "наклон x", "наклон y" и "наклон z" для непоследовательных объектов в NSC Редакторе. Признак изменения координат - целое число от 1 до 6 для x, y, z, наклона x, наклона y и наклона z, соответственно.
SATP	-	Тип апертуры системы. Используйте 0 для "Entrance Pupil Diameter" (диаметр входного зрачка), 1- для "Image Space F/#" (F / # в пространстве изображения), 2- для "Object Space NA" (числовая апертура в пространстве предметов), 3- для "Float By Stop Size" (плавающая апертура), 4- для "Paraxial Working F/#" (параксиальное рабочее отношение F/#), 5- для "Object Cone Angle". См. также APER.

Определение номера конфигурации

Количество конфигураций изменяют, добавляя или удаляя конфигурации, используя пункт меню "Edit".

Определение каждой конфигурации

Для того, чтобы определить операнд мультikonфигурации, два раза щелкают мышкой на названии операнда, который Вы желаете заменить (список названий - в левой колонке). Например, предположим, что Вы хотите ввести несколько значений толщины поверхности 5. Предположим, что Вы хотите иметь три различных конфигурации. Введите 2 новых конфигурации, используя меню "Edit". Щелкните два раза на левом столбце, в первой строке. Выберите "THIC" из падающего списка диалогового окна. Выберите "5" для номера поверхности, затем щелкните на ОК. Теперь, в каждую колонку конфигураций, введите требуемую толщину для данной конфигурации.

Добавление и удаление элементов

Одно из применений функции мультikonфигурации - проектирование систем, которые могут использоваться с или без некоторых реальных оптических элементов. Это легко осуществить, создавая "элементы - фантомы" в некоторых из конфигураций. Смысл этой уловки - определить элемент (рельно - первую поверхность элемента) с оптическими свойствами материала, которые изменяются с изменением

конфигурации. Предположим, в конфигурации 1 элемент присутствует и сделан из стекла BK7. В конфигурации 2, элемент отсутствует. При использовании GLSS операнда, введите "BK7" для конфигурации 1 и оставьте поле для конфигурации 2 пустым. Хотя поверхности, которые определяют элемент - все еще присутствуют в описании системы линз, они не имеют оптической силы, потому что стекло было удалено (элемент становится парой фиктивных поверхностей). Обратите внимание, что номер поверхности должен остаться одним и тем же во всех конфигурациях.

Смена конфигураций

Чтобы выполнить любой анализ, действуйте как обычно. Программа будет использовать текущую конфигурацию для всех вычислений и графиков. Чтобы сменить конфигурацию, два раза щелкают на заголовке колонки MCE-редактора, сверху той конфигурации, в которую Вы желаете перейти. Также работают «быстрые» клавиши Ctrl-A и Shift-Ctrl-A.

Оптимизация с мультikonфигурациями

ZEMAX оптимизирует данные мультikonфигураций так же, как обычные данные. Чтобы создать мультikonфигурационную переменную, поместите курсор на параметр и нажмите Ctrl-Z, повторное нажатие Ctrl-Z уберет переменный статус параметра. Когда вызвана оптимизация, она автоматически будет считывать новую переменную. Может быть определено сколь угодно много мультikonфигурационных переменных.

Чтобы вести оптимизацию, имея несколько конфигураций, просто выбирают "Default Merit Function" в меню Tools редактора функции качества. ZEMAX будет строить соответствующую функцию качества. Оптимизация, при наличии многих конфигураций выполняется, используя CONF операнд. Этот операнд изменяет текущую конфигурацию во время оценки функции качества. Это означает, что все определенные после CONF операнды будут уместны в новой конфигурации. CONF может использоваться многократно в последовательности операндов, чтобы оценить различные параметры.

Граничные условия и введенные пользователем операнды оптимизации оцениваются в мультikonфигурационной функции качества и, поэтому, предписаны только конфигурации, в которой они определены. Например, если CONF1 операнд сопровождается различными операндами типа EFFL или REAY, они будут оценены только в конфигурации 1. Чтобы предписывать эти же операнды конфигурации 2, те же самые операнды должны быть повторены под CONF 2 операндом.

Преимущество этой системы состоит в том, что введенные операнды или их соответствующие значения и веса, могут быть различны в каждой конфигурации. Неудобство - потребность копировать операнды, которые применяются в более, чем одной конфигурации, в каждую конфигурацию.

Предложения по организации мультikonфигурационной функции качества

Есть два различных способа организовать мультikonфигурационную функцию качества. Первый путь состоит в том, чтобы добавить определенные пользователем операнды в пределах каждой CONF группы функции качества по умолчанию:

CONF 1

операнды пользователя для конфигурации 1

операнды по умолчанию для конфигурации 1

CONF 2:

операнды пользователя для конфигурации 2

операнды по умолчанию для конфигурации 2

CONF 3:

...и т.д.

Другой метод состоит в том, чтобы построить функцию качества по умолчанию, затем добавлять все пользовательские операнды сверху, с тем, чтобы все они находились в одном месте:

CONF 1

Пользовательские операнды для конфигурации 1...

CONF 2

Пользовательские операнды для конфигурации 2...

CONF 3

Пользовательские операнды для конфигурации 3...

И т.д...

DMFS

CONF 1

Операнды по умолчанию для конфигурации 1...

CONF 2

Операнды по умолчанию для конфигурации 3...

CONF 3

Операнды по умолчанию для конфигурации 3...

И т.д...

Обе функции качества работают одинаково, но первый метод быстрее. Второй метод более легок для редактирования и обслуживания. Обратите внимание на использование DMFS операнда после определенных пользователем операндов. Этот операнд служит как маркер, так, чтобы когда функция качества по умолчанию восстановлена, она была бы добавлена в конец перечня, после DMFS операнда, и операнды, введенные пользователем, не были потеряны.

Обратите внимание, что, если Вы изменяете полевые углы, высоты или веса, или значения длины волны или веса в окне мультikonфигурации, Вы должны восстановить функцию качества по умолчанию. Когда функция качества по умолчанию построена, она использует данные для каждой конфигурации, чтобы определить прослеженные лучи, и соответствующую поправку.

Использование функций "solves" с данными мультikonфигураций

Два типа функций " solves " поддержаны в окне мультikonфигурации: функции, связанные с другим операндом и конфигурацией, с масштабом и поправкой, и термическая функция со связанными параметрами.

МСЕ функции со связанными параметрами

Предположим, что есть три конфигурации, и в двух из них, значения одного из операндов (скажем, THIC или GLSS) должны иметь одинаковую величину. В одной из конфигураций для этого операнда может использоваться функция со связанными параметрами, для подстраховки.

Устанавливают функцию двойным щелчком мышки на строке и конфигурации, в которую она должна быть помещена. Появится диалоговое окно, в котором можно определить тип функции, конфигурацию и операнд, а также, масштаб и поправку. Новое значение ячейки определяется так: новое значение = целевое значение * масштаб + поправка. Обратите внимание, что «целевое значение» может быть из любой другой ячейки в МСЕ, пока номер целевой конфигурации и номер операнда - меньше или равен текущему номеру конфигурации и номеру операнда, соответственно.

Глава 21 ПОЛЬЗОВАНИЕ КАТАЛОГАМИ СТЕКОЛ

Введение

В составе ZEMAX есть несколько стандартных каталогов, и Вы можете создавать свои собственные каталоги. Стандартные каталоги могут быть отредактированы. В этой главе описывается, как добавить новые марки стекол к существующим или новым каталогам, и как использовать каталоги в ваших оптических расчетах. Нет никаких ограничений числа каталогов стекол, которые Вы можете создавать.

ZEMAX вычисляет показатели преломления по коэффициентам, имеющимся в каталогах стекол. Когда Вы указываете стекло "BK7" в соответствующем столбце Редактора данных линз (LDE), ZEMAX ищет эту марку стекла в каждом из загруженных в настоящее время каталогов. Если стекло найдено, ZEMAX использует коэффициенты для этого стекла, и затем, по соответствующим формулам, вычисляет показатели преломления для каждой из определенных Вами длин волн.

Этот метод может показаться более сложным, чем просто ввод показателей преломления, но он имеет многочисленные преимущества. Одно из них состоит в том, что формулы более точны, чем введенные пользователем данные. Данные каталога более удобны, т.к. требуют от пользователя только ввести марку стекла. Это - особое преимущество на стадии выбора марок стекол для предстоящего расчета. Дополнительно, любая длина волны может использоваться, даже если никаких данных о показателе преломления для этой длины волны нет. Основным недостатком - то, что должны быть рассчитаны коэффициенты, хотя эти данные вполне доступны в каталогах и легко рассчитываются. Если у Вас есть данные по показателю преломления для некоторого материала не в каталоге или, если Вы чувствуете, что ваши данные лучше, чем данные каталога, ZEMAX вычислит коэффициенты для Вас автоматически; см. раздел "Вычисление показателей преломления n".

Определения, использованные в каталогах стекол

Эта глава описывает загрузку, редактирование, и пользование каталогами стекол. Чтобы определить, что данный каталог используется для заданных линз, используйте вкладку Glass Catalog диалогового окна General. Заданный по умолчанию каталог - SCHOTT.AGF каталог. Вы можете определить альтернативный или дополнительный каталоги в этом окне. Для определения альтернативного каталога просто вводят его название (без расширения). Вы можете также определить много текущих каталогов, просто внося их в список через пробел. Например, чтобы использовать "schott" и каталоги "hoya", введите "schott hoya". Чтобы использовать "ohara", "schott", и "инфракрасные" каталоги, вводят "ohara schott infrared". Можно поступить по-другому, просто щелкнув мышью по названиям каталогов, перечисленных в группе checkboxes ниже списка названий. Вы только должны печатать имя каталога, если его нет среди перечисленных в списке.

Все перечисленные каталоги должны находиться в \GLASSCAT поддиректории главной директории ZEMAX. Причина того, что названия каталогов определены в этом окне - то, что выбранный каталог сохраняется за каждой линзовой системой отдельно. Если Вы сохраняете систему линз и загружаете этот расчет в более позднее время, нужные каталоги, и только они, будут автоматически загружены. Вы можете определить различные комбинации каталогов для каждой из оптических систем, которые Вы проектируете.

Загрузка каталогов

Чтобы загрузить уже созданный каталог для редактирования, выберите Tools, Glass Catalog. Выберите название каталога из перечисленных в падающем списке диалогового окна. Как только каталог загружен, Вы можете добавлять, удалять, или изменять данные в каталоге, как описано в следующих разделах. Вы можете сохранить недавно измененный каталог, но только под тем же названием. Поэтому, будьте очень осторожны при редактировании

каталогов, которыми укомплектован ZEMAX. Вы можете неосторожно заменить правильные данные на ошибочные.

Описание полей данных диалогового окна Glass Catalog

Диалоговое окно каталога отображает большое количество данных о каждой марке стекла. Ниже дано описание полей данных диалогового окна.

ПОЛЯ ДАННЫХ ОКНА "GLASS CATALOG"

Catalog (каталог) каталогов	Используется, чтобы определить какой из AGF - формата должен быть отображен.
Glass (стекло) стекла отображены.	Используется, чтобы определить, данные какого из указанного каталога должны быть
Rename (переименовать) стекло,	В случае, когда необходимо переименовать это можно сделать в этом поле.
Formula (формула) коэффициенты.	Дисперсия любого стекла описывается формулой. Это поле позволяет контролировать, какая из формул используется. Если эти установки изменяются, то результаты станут неверными, если не ввести соответствующую новой формуле
Index Nd (показатель преломления) 0,587мкМ (линия d). показателя справки.	Показатель преломления для длины волны ZEMAX не использует эту величину при расчетах преломления. Она приведена исключительно для
Abbe Vd (число Аббе) показателя справки.	Число Аббе для линии d . ZEMAX не использует эту величину при расчетах преломления. Она приведена исключительно для
Exclude Substitution стекла не будет (исключить замену) оптимизации, при переходе от	Используется, если определено, что эта марка выбрана в процессе глобальной модели стекла к реальному стеклу или когда расчет осуществляется с

использованием

Ignore Thermal expansion
соответ-
(игнорировать тепловое
расширение)
моделирование

позволяя

теплого

каталоге.

K1, L1... A0, A1 ..., A, B, C, и т.д.

коэффициентов

изменяются

TCE
температурном

введенное

получить

Temp

преломления.

эффект

температурой и

если включен

окне.

D0, D1, D2, E0, E1, Ltk

Тепловой Анализ".

ρ
сантиметр.

DPgF

операнда RGLA..

Используется условный материал с TCE (КТР),
связанным с газом или жидкостью. Клавиша TCE дает
возможность осуществлять тепловое

расширение твердых материалов, типа газов и жидкостей,

точно определять значение коэффициента

расширения в редакторе данных линз, но не в

Рассматриваются только краевые эффекты.

Первые восемь строк столбца в центре
диалогового окна отображают значения

дисперсии. Названия этих коэффициентов

зависимости от формулы.

TCE - коэффициент расширения в

диапазоне от -30 до +70 градусов Цельсия. Это –
безразмерный параметр. Отображаемое или

значение следует умножить на $1e-6$, чтобы

фактическое значение.

Температура в справочнике в градусах Цельсия,
для которой определены значения показателя

Если эта температура отличается от 20 градусов,

изменения температуры между текущей

температурой справочника будут ощутимы, только,

режим "Use T, P" в расширенном диалоговом

Это - тепловые коэффициенты, используемые
моделью теплового анализа. См. главу "

ρ - плотность материала в граммах на кубический

Это - отклонение относительной частной
дисперсии от нормальной прямой.

Min Wave, Max Wave микронах, верные	Минимальные и максимальные длины волн в в пределах которых формула дисперсии дает значения показателя преломления.
Relative Cost раза	Здесь указана относительная стоимость стекла в сравнении с BK-7(аналог К-8). Например, 3,5 показывает, что это стекло стоит примерно в 3.5 больше, чем BK-7 за фунт. За точными цифрами обращайтесь к производителю стекла.
CR, FR, SR, AR, PR подразделяются пятнающим устойчивость (PR). Вообще,	Это условные обозначения классов устойчивости стекла к внешним воздействиям. Эти классы на устойчивость к климатическим факторам (CR), агентам (FR), устойчивость к кислотам (SR), к алкалоидам (AR), и устойчивость к фосфатам чем меньше цифра (лучше всего ноль), тем более устойчиво стекло. За подробностями обращайтесь к производителю.

Создание нового каталога

Чтобы создать новый каталог, сперва выйдите из ZEMAX. Сначала скопируйте один из каталогов (например, SCHOTT.AGF) в файл с новым именем. Теперь Вы можете запустить ZEMAX, загрузить новый каталог, удалять и добавлять данные, которые Вы хотите. Вы можете также редактировать AGF-файл непосредственно, поскольку это ASCII-файл.

Формулы дисперсии стекла

Коэффициенты в каталоге используются в каждой из полиномиальных формул, которые поддерживает ZEMAX. Есть девять различных формул дисперсии: константы дисперсий Шотта, Sellmeier №1, Sellmeier №2, Sellmeier №3, Sellmeier №4, Герцбергера, Конради, и две формулы из книги "Handbook of Optics".

Вы можете добавлять новые стекла к загруженному в настоящее время каталогу, если Вы имеете данные о показателе преломления в форме одного из следующих уравнений. Во всех уравнениях длина волны измеряется в микронах.

Формула Шотта

$$n^2 = a_0 + a_1 \lambda^2 + a_2 \lambda^{-2} + a_3 \lambda^{-4} + a_4 \lambda^{-6} + a_5 \lambda^{-8}.$$

Требуемые коэффициенты имеются в большинстве каталогов изготовителей стекла. Schott больше не использует эту формулу, но она широко используется другими изготовителями

стекла.

Формула Sellmeier №1

$$n^2 - 1 = \frac{K_1 \lambda^2}{\lambda^2 - L_1} + \frac{K_2 \lambda^2}{\lambda^2 - L_2} + \frac{K_3 \lambda^2}{\lambda^2 - L_3}.$$

Для всех трех членов могут быть введены коэффициенты, чтобы описать материал, хотя можно пользоваться меньшим количеством членов.

Формула Sellmeier №2

$$n^2 - 1 = A + \frac{B_1 \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_1^2} + \frac{B_2}{\lambda^2 - \lambda_2^2}.$$

Используются только два коэффициента, и есть постоянный член.

Формула Sellmeier №3

Формула Sellmeier №3 - точно такая же, как формула Sellmeier №1, с одним добавленным членом :

$$n^2 - 1 = \frac{K_1 \lambda^2}{\lambda^2 - L_1} + \frac{K_2 \lambda^2}{\lambda^2 - L_2} + \frac{K_3 \lambda^2}{\lambda^2 - L_3} + \frac{K_4 \lambda^2}{\lambda^2 - L_4}.$$

Формула Sellmeier №4

$$n^2 = A + \frac{B \lambda^2}{\lambda^2 - C} + \frac{D \lambda^2}{\lambda^2 - E}.$$

Формула Герцберга

$$n = A + BL + CL^2 + D\lambda^2 + E\lambda^4 + F\lambda^6,$$
$$L = \frac{1}{\lambda^2 - 0.028}.$$

Формула Герцберга используется, главным образом, в инфракрасной области. Эти коэффициенты для инфракрасных материалов чаще всего являются эмпирическими, со значительной разницей в результатах; поэтому необходима осторожность в интерпретации их значений. Причина того, что ZEMAX не имеет более обширного инфракрасного каталога - большой разброс экспериментальных данных. Если Вы имеете лучшие данные для конкретного материала или образца, используете их. Часто данные по определенной варке стекла доступны в виде коэффициентов; Эти данные также могут быть полезны для некоторых приложений.

Формула Конради

$$n = n_0 + \frac{A}{\lambda} + \frac{B}{\lambda^{3.5}}$$

Формула Конради чрезвычайно полезна для применения в случаях, когда количество данных весьма ограничено. Например, если Вы имеете только три пары значений: длина волны - показатель преломления, то формула Шотта дает бессмысленные результаты для промежуточных длин волн и непригодна.

Формула №1 из книги Handbook of Optics

$$n^2 = A + \frac{B}{(\lambda^2 - C)} - D\lambda^2,$$

Формула №2 из книги Handbook of Optics

$$n^2 = A + \frac{B\lambda^2}{(\lambda^2 - C)} - D\lambda^2.$$

Общие комментарии по использованию дисперсионных формул

Важно, что в некоторых публикациях используются уравнения, подобные, но не идентичные любому из этих выражений. Часто возможно преобразовать выражения, чтобы получить их в требуемой форме, а затем повторно вычислить их коэффициенты.

Это хорошая идея еще и потому, что можно сравнить коэффициенты с табличными значениями, доступными во многих руководствах и публикациях. Используйте график дисперсии или табличные данные. Если есть несоответствия, тщательно проверьте данные, которые Вы ввели и правильность использования формул и единиц измерения.

Вычисление показателей преломления n (Fitting index data)

Смотри также описание в разделе "Fitting melt data" ниже.

Чаще всего, материалы, которые вы собираетесь применить, уже имеются в каталоге. Если их нет, Вы можете ввести коэффициенты приведенных выше формул. В качестве альтернативы, ZEMAX вычислит коэффициенты формул Шотта, Герцбергера, Конради или Зельмейера №1. В диалоговом окне "Glass Catalog", щелкните мышью по "Fit Data", появится диалоговое окно "Fit Index Data".

В левой части окна имеется редактор, состоящий из двух колонок. Используя мышь, введите длины волн

(в микронах) и показатели преломления в соответствующие колонки. Чем больше данных Вы введете, тем точнее будут вычислены коэффициенты.

Если у Вас данных больше, чем помещается в строках редактора, используйте те из них, которые находятся наиболее близко к интересующему Вас диапазону длин волн. В конечном счете, трех точек достаточно, чтобы получить хорошие результаты, если Вы пользуетесь формулой Конради, шести или более (предпочтительно двенадцать-пятнадцать) для формул Шотта, Герцбергера или Зельмейера №1. Выберите формулу из падающего списка диалогового окна. Вы можете попробовать каждую из них, чтобы определить, какая дает наименьшую погрешность.

Среднеквадратичной ошибкой (RMS) является ошибка между имеющимися данными показателей преломления и вычисленными с использованием подобранных компьютером

коэффициентов. Максимальная ошибка- это наибольшая разность между вычисленной и имеющейся величинами для любой пары точек. Т. к. формула Зельмейера №1 имеет нелинейные коэффициенты, процесс вычисления по ней носит итерационный характер, и она требует больше времени.

Теперь переместите курсор вверх, наведите на поле "Name" и введите название материала для каталога. Выберите "Fit", и ZEMAX вычислит оптимальные коэффициенты. Соответствующие среднеквадратичная и максимальная ошибки отображаются вверху окна. Для того, чтобы ввести эти данные в текущий каталог, выберите "Add to catalog". ZEMAX выдаст сообщение, подтверждающее, что стекло сохранено в каталоге.

Когда стекло добавлено в каталог, вводят данные о пропускании (при необходимости). По

умолчанию установлено пропускание 1.0 для всех длин волн.

Данные о показателях преломления и длинах волн могут быть также сохранены в ASCII файле для использования в будущем и загружены снова с помощью соответствующих клавиш. ASCII файл может быть также отредактирован вне ZEMAX и затем загружен.

Вычисление n для отдельной варки стекла (Fitting melt data)

Смотри также описание в разделе "Fitting index data" выше.

Важно понимать, что показатели преломления, вычисляемые ZEMAX, или приведенные в каталогах производителей стекла, являются усредненными по большому количеству варок или образцов стекла. Каждый образец стекла из отдельно взятой варки слегка отличается по показателю преломления от каталожных или номинальных величин. Отличие обычно бывает небольшим, но оно может быть существенным для некоторых оптических систем.

Обычно, качественное оптическое стекло поступает от изготовителя с паспортом, в котором указаны показатели преломления для нескольких длин волн, либо в виде отклонений от номинальных каталожных значений, либо в виде непосредственно измеренных значений n. Обычно это 3-5 значений. Эти данные называются "данными варки", т. к. они соответствуют именно данной варке стекла. Процедура "Melt Data" является утилитой, позволяющей преобразовать ограниченный объем данных производителя о конкретной варке в готовые к использованию данные "новой" марки стекла в каталоге.

Максимальное число точек, которое можно использовать в этой процедуре-8. Если у Вас есть более восьми точек, пользуйтесь процедурой "Fit Index". Минимальное количество точек-3, однако, 4 или 5 точек - лучше для получения хороших результатов. Диапазон длин волн, в котором заданы показатели преломления, должен быть как можно шире и, как минимум, должен перекрывать диапазон, в котором будет производиться расчет. Во всех случаях вычисленные с помощью процедуры "Melt Data" данные должны быть тщательно проверены на точность перед их использованием.

Процедура " Melt Data" поддерживает следующие контрольные функции:

Glass: марка стекла в выбранном каталоге.

Melt Name: марка "нового" стекла. По умолчанию - прежнее название с расширением "_MELT". Название должно содержать не более двадцати символов.

Formula: дисперсионная формула, которая используется для вычислений. Выберите одну из следующих формул: Шотта, Герцбергера, Конради или Зельмейера №1. По умолчанию - устанавливается формула Шотта, если для номинального стекла не использовалась другая.

Use: Эта функция включает или выключает из рассмотрения каждую строку данных.

Wavelength: длины волн в микронах для показателей преломления, которые будут введены.

Nominal: показатель преломления для определенной длины волны, при использовании номинальной дисперсии стекла.

Actual : фактически измеренный показатель преломления данной варки стекла.

Delta: различие между фактическим и номинальным показателем преломления. Обратите внимание, отредактировано ли значение дельты, "фактическое" значение корректируется автоматически.

Fit/Insert : эта кнопка запускает процедуру подгонки, как описано ниже.

Cancel : Прекращение процесса подгонки.

После того, как процесс вычисления будет закончен, стекло новой варки будет добавлено в каталог, каталог сохранен, и появится соответствующее сообщение.

Обсуждение "melt fitting"- метода

Проблема с "данными варки" состоит в том, что обычно имеются данные о малом числе точек (3-5). Большинство процедур "подгонки" нуждаются, по крайней мере, в 8 точках для получения хорошей точности. Поэтому, необходимо по нескольким точкам экстраполировать изменение показателя преломления на достаточно большое число точек, чтобы точно "подогнать" результирующую дисперсию.

ZEMAX делает это по следующему алгоритму:

Сначала, рассчитывается приближение по фактическим данным дисперсии, используя формулу Конради. Эта формула используется потому, что она устойчиво и "разумно" работает, когда известны только три точки.

Затем осуществляется приближение Конради по номинальным данным, используя только определенные длины волн.

Генерируется большое количество точек (в настоящее время 60), полностью перекрывающее используемый диапазон длин волн номинального стекла. К каждому номинальному значению показателя преломления, добавляется поправка, которая является разницей между двумя приближениями Конради, которые были произведены, используя только длины волн данной варки.

Наконец, результирующие данные по большому количеству точек (длин волн) подгоняются с использованием выбранной формулы (не обязательно Конради). Это - финальная часть подгонки перед добавлением данных в каталог.

После того, как процесс подбора коэффициентов закончен, предоставляется отчет, суммирующий проведенный процесс. Проверьте это сообщение тщательно перед использованием нового стекла!

ZEMAX автоматически копирует все данные о плотности, стоимости и другим отличиям от номинального стекла.

Определение пропускания стекла

Выбор кнопки "Transmission" вызывает редактор данных пропускания в рамках каталога стекол. Пропускание это интенсивность прошедшего света, которая зависит от толщины стекла и длины волны. ZEMAX моделирует интенсивность прошедшего света, используя закон Буггера:

$$t = e^{-\alpha t}$$

Где α - коэффициент поглощения, а t - толщина стекла. Параметр α , вообще говоря, зависит от длины волны и измеряется в единицах обратной длины. См. Главу "Анализ Поляризации" для информации относительно рассмотрения поляризации луча и пропускания.

Пропускание определено в каталоге стекла 3-я числами: длиной волны в микронах, интенсивностью прошедшего излучения и толщиной в "мм". Например, пропускание стекла на длине волны 0.35 микрона может быть 0.65 для толщины 25 мм. В редакторе данных пропускания может быть определено множество точек. ZEMAX преобразовывает данные к "мм" и интерполирует их между определенными длинами волн. Если расчет выполняется на длине волны вне определенного диапазона длин волн, то используются данные для самой близкой

длины волны; иначе, ZEMAX выполняет линейную интерполяцию.

Не все стекла, перечисленные в каталогах, имеют правильные данные трансмиссии, особенно для инфракрасных материалов и других некоммерческих стекол. Если данные пропускания предоставлены изготовителем, это обычно имеет место. Если никакие надежные данные не доступны, или если данные просто были опущены, заданное по умолчанию пропускание устанавливается равным 1.0 для всех длин волн.

Моделирование газов и жидкостей

Как только материал определен в каталоге стекол, ZEMAX использует TCE, указанный для этого материала, чтобы определить тепловое расширение радиуса, толщины по центру, и других данных для поверхностей, использующих этот материал. Однако, если материал - не твердое тело, а газ или жидкость, то, вообще говоря, тепловое расширение не определяется свойствами материала, но определено толщиной слоя материала.

В этом особом случае, ZEMAX должен использовать TCE, имеющийся в LDE-редакторе, чтобы определить свойства материала, а не TCE, имеющийся в каталоге стекол. Это может быть выполнено с помощью выключателя Ignore Thermal expansion (игнорировать тепловое расширение) для материала из каталога стекол.

Другие опции каталога стекол

Выбор кнопки "Sort Index" сортирует стекла по показателю преломления n_d , "Sort Abbe" - сортирует стекла по числу Аббе (V_d), и "Sort Name" сортирует стекла по названиям (в алфавитном порядке, затем по номерам). "Calc n_d/V_d " вычисляет значения n_d и V_d , основанные на коэффициентах дисперсии. "Report" (отчет) обеспечивает выдачу всей информации для выбранного стекла.

Быстрый поиск стекла

Самый быстрый способ найти данные любого стекла - щелкнуть левой кнопкой мыши по названию стекла в LDE-редакторе, затем выбрать "Tools", "Glass Catalogs" (или выбрать кнопку GLA, если она отображена). Нужный каталог и стекло будут отображены.

Использование MIL-стекол

Стекла MIL - это стекла, обозначенные в каталоге (Шотта) шестизначным цифровым кодом, типа 517640 для BK7. Первые три цифры MIL - кода - показатель преломления для линии d минус единица. Последние три цифры - число Аббе, умноженное на 10. Вы можете вводить шестизначный цифровой код непосредственно в соответствующий столбец Редактора данных линз вместо названия стекла. ZEMAX использует формулу для вычисления показателя преломления для каждой определенной длины волны, основанную на показателе преломления и числе Аббе, определенными MIL - кодом стекла. Формула основана на методе наименьших квадратов подгоночных коэффициентов многих типовых стекол. Как правило, точность вычисления показателей преломления не хуже 0.001. В ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах точность ухудшается.

Стекла с MIL - кодом, вообще, не лучшая замена для констант дисперсии или других моделей стекла, однако они полезны, если никаких других данных нет.

Важно обратить внимание, что показатели преломления, рассчитанные по шестизначному цифровому MIL - коду, не те же самые, что вычислены по данным каталога, даже если MIL - код, который Вы используете, соответствует стеклу в каталоге.

Использование смоделированных стекол

ZEMAX может идеализировать дисперсию стекла, используя показатель преломления для линии d (0.5875618 микрон), число Аббе и отклонение частной дисперсии от нормальной прямой. Показателю преломления для линии d присвоен символ Nd. Числу Аббе - символ Vd :

$$V_d = \frac{N_d - 1}{N_F - N_C}$$

где N_F и N_C являются показателями преломления на 0.4861327 и 0.6562725 микронах, соответственно.

$\Delta P_{g,F}$ - частная дисперсия.

ZEMAX использует формулу, основанную на типичной дисперсии стандартных стекол в видимом диапазоне, чтобы оценить показатель на любой определенной длине волны в пределах видимого диапазона как функция значений Nd и Vd. Эта формула обеспечивает точность для типичных стекол вплоть до 0.0001.

Значения N_F , N_C и $\Delta P_{g,F}$, характеризующие стекла, доступны в диалоговом окне Lens Data Editor'a (LDE).

Обратите внимание, что смоделированные стекла - собственно говоря, приближение, хотя, обычно, очень хорошее приближение в видимом диапазоне. Вне видимого диапазона длин волн, например, в ультрафиолетовом или инфракрасном, такая модель не точна и не может использоваться.

Введение

F Эта опция доступна только в EE-редакции ZEMAX.

Факторы окружающей среды, например, температура и давление окружающего воздуха могут влиять на работу оптических систем. Есть три фактора для рассмотрения. Во-первых, показатель преломления стекла зависит от температуры и от длины волны; относительные показатели преломления, измеренные относительно воздуха, также изменяются с изменением давления. Во вторых, стекло расширяется или сжимается при изменении температуры, которая может изменить радиус и толщину линзы.

В-третьих, интервалы между элементами оптической системы могут изменяться из-за расширения или сокращения материала линз.

Возможности теплового анализа ZEMAX могут учитывать все эти эффекты. ZEMAX может использоваться, чтобы анализировать и оптимизировать проект для любой определенной температуры или диапазона температур. Показатель преломления, данный формулами дисперсии, обычно измерен при стандартной температуре и давлении, 20 или 25 градусов Цельсия (в зависимости от изготовителя) и 1 атмосфере. Также, показатель преломления определяется в соответствии с соглашением, что материал находится в воздухе, который имеет показатель, равный единице. Показатель преломления относительно воздуха называется относительным показателем преломления. Когда показатель преломления определен в вакууме (который имеет показатель преломления, точно равный единице), он называется абсолютным показателем преломления. Различие между этими двумя определениями для любого стекла - функция длины волны, температуры и давления.

Определение температуры и давления

Две величины определяют условия окружающей среды: температура в градусах Цельсия и давление воздуха в атмосферах. Эти значения устанавливаются в диалоговом окне, которое можно найти в пункте главного меню System, General, Environment. В этом диалоговом окне есть графа с надписью: " Use Temperature Pressure ". Если эта графа не отмечена пользователем, то температура и давление игнорируются. Игнорирование температуры и давления ускоряет вычисление показателя преломления, так что оставьте ее не помеченной, если температура - 20 градусов Цельсия и давление - 1 атмосфера; это значения параметров окружающей среды по умолчанию. Эти стандартные величины температуры и давления сокращенно обозначены STP. Если " Use Temperature Pressure" используется, то температура и давление учитываются во время вычисления показателя преломления.

По умолчанию, любая определенная температура и давление относятся ко всем поверхностям в оптической системе. Однако, оптические системы, которые требуют, чтобы были определены разные температуры в одной и той же системе, также поддерживаются. Это требуется для оптических систем, в которых некоторые линзы находятся в вакууме или в нагретой среде; в то время как другие - нет.

Вычисление показателя преломления

ZEMAX всегда использует относительный, а не абсолютный показатель преломления. Поэтому, программе требуется несколько шагов для его вычисления. Основные шаги для вычисления показателя преломления для каждого сорта стекла на каждой длине волны:

- вычисляется относительный показатель преломления стекла в STP.
- вычисляется показатель преломления воздуха в STP.

- вычисляется абсолютный показатель преломления стекла (относительно вакуума) в STP.
- вычисляется изменение в абсолютном показателе преломления стекла при указанной температуре.
- вычисляется показатель преломления воздуха при указанной температуре и давлении.
- вычисляется показатель преломления стекла относительно воздуха при указанной температуре и давлении.

Конечный результат - показатель преломления стекла при указанной температуре и давлении относительно воздуха при той же температуре и давлении - то, что использует ZEMAX для трассировки луча. Если не указана марка стекла поверхности, то она интерпретируется как воздух, с показателем преломления единица. С этого момента при трассировке луча используется только отношение показателей преломления, и нет никакой необходимости обращаться к абсолютным показателям. Обратите внимание также, что ZEMAX может легко моделировать системы, используемые в вакууме, просто установив окружающее давление воздуха равным нулю.

Обычно, нет никакой потребности определять показатель преломления материала в вакууме, который имеет величину меньше единицы. Есть, однако, случаи, когда показатель преломления материала в вакууме становится удобным. Например, предположим, что оптическая система содержит воздухонепроницаемую ячейку, из которой воздух был откачен. Если остальная часть оптической системы не в вакууме, то используйте окружающее давление воздуха 1 и определите "glass" ("стекло") в откаченной ячейке, как "вакуумный" материал ("вакуумные" материалы определены в MISC.AGF каталоге). Эта техника даст правильные результаты для любой окружающей температуры и давления.

Для показателя преломления стекла в STP, ZEMAX использует формулы дисперсии и числовые данные, имеющиеся в каталоге стекол. Подробно об этом см. Главу 21 "Использование каталогов стекол". Для показателя преломления воздуха, ZEMAX использует следующую формулу:

$$n_{air} = 1 + \frac{(n_{ref} - 1)P}{1.0 + (T - 15) \cdot (3.4785 \times 10^{-3})}$$

где:

$$n_{ref} = 1 + \left[6432.8 + \frac{2949810\lambda^2}{146\lambda^2 - 1} + \frac{25540\lambda^2}{41\lambda^2 - 1} \right] 1.0 \times 10^{-8},$$

T - температура по Цельсию, P - относительное давление воздуха (безразмерное). Эта формула для показателя преломления воздуха - из книги F. Kohlrausch, Praktische Physik, 1968, Vol 1, стр. 408.

Изменение в абсолютном показателе преломления стекла с температурой дается следующим выражением:

$$\Delta n_{abs} = \frac{n^2 - 1}{2n} \left[D_0 \Delta T + D_1 \Delta T^2 + D_2 \Delta T^3 + \frac{E_0 \Delta T + E_1 \Delta T^2}{\lambda^2 - \lambda_{ik}^2} \right],$$

Где n – относительный показатель преломления при стандартной температуре (STP),

ΔT – отклонение температуры от 20°C (положительное, если температура больше 20°C) и шесть остальных коэффициентов даются производителями стекол для описания поведения стекла при изменении температуры.

Эта модель была разработана фирмой Schott Glass Technologies,

Шесть констант должны быть в каталоге стекол, чтобы были возможны вычисления. Значения по умолчанию для всех шести констант - ноль; поэтому, если никакие тепловые данные не были добавлены к каталогу, тепловые эффекты не рассматриваются, и используются показатели преломления для STP. ZEMAX не может вычислять тепловое изменение показателя преломления ни для какой марки стекла без этих шести констант. Однако, доступны некоторые приближения, если нет данных об этих шести коэффициентах. См. раздел "Добавление данных о тепловых изменениях показателя преломления" ниже.

ZEMAX не рассматривает эффекты влияния окружающей среды на показатель преломления поверхностей с градиентом показателя преломления, MIL стекол, или model glasses (образцовых стекол), которые описаны просто числом Аббе и показателем преломления. Однако, возможно вручную определить изменения свойств окружающей среды, используя редактор мультikonфигураций.

Чтобы анализировать или оптимизировать оптическую систему при определенной температуре и давлении, все, что требуется - это определить данные в диалоговом окне. Все радиусы и толщины тогда будут измерены при указанной температуре, и ZEMAX соответственно вычислит показатели преломления.

Определение множества значений температуры и давления

Реальная мощь функции теплового анализа проявляется, когда система должна быть проанализирована или оптимизирована при разных параметрах окружающей среды, например, в широком температурном диапазоне или при изменяющихся высотах (изменении давления). Эти системы представляют несколько проблем:

- необходимость определения номинальной температуры, при которой измерены радиусы и толщины.

- изменения показателя преломления, радиусов и толщин должны быть связаны с изменениями окружающей среды.

- должны учитываться тепловые свойства материалов (КТР).

- некоторые поверхности могут быть при одной температуре или давлении, а другие поверхности - при других температуре или давлении.

ZEMAX нуждается во всех подробных сведениях. Основной подход к введению многоконфигурационной системы: Определите систему при некоторой номинальной температуре и давлении. Обычно, это STP, и должны быть условия окружающей среды, под которые изготавливается оптическая система. Все радиусы и толщины будут определены только для этой температуры и давления.

Теперь определите дополнительные конфигурации (см. главу Multiconfigurations). В каждой дополнительной конфигурации будут определены свои температура и давление и будут использоваться специальные функции, называемые "тепловые функции", чтобы регулировать радиусы и толщины для каждой конфигурации. Операнды мультikonфигурации, которые управляют температурой и давлением - TEMP и PRES.

TCE (КТР) - коэффициент теплового расширения. Когда изменяется температура оптического элемента, линейное изменение в размере дается выражением:

$$L' = L(1 + \alpha\Delta T),$$

Где L – линейный размер, α - КТР, ΔT - изменение температуры.

Поскольку материал расширяется, радиус кривизны также увеличивается. Поэтому, и толщина и радиусы оптической поверхности изменяются линейно с температурой.

Предположение о линейности - только приближение, но разумное для большинства материалов и температурных диапазонов. КТР определен наряду с данными дисперсии в каталоге стекол. См. главу 21 "Использование каталогов стекол".

Определение параметров, существенных для тепловых эффектов

В редакторе мультиконфигураций есть специальная функция, называемая "Thermal Pick Up". Эта функция используется, чтобы вычислить новое значение параметра мультиконфигурации, основанное на данных температуры и давления новой конфигурации по сравнению с конфигурацией "ссылки". Тепловые связанные параметры затрагивают только некоторые типы мультиконфигурационных параметров, как описано ниже.

Значения радиусов кривизны (CRVT)

Если операнд мультиконфигурации - CRVT, то кривизна поверхности в новой конфигурации вычисляется на основе кривизны номинальной конфигурации, различия температур между этими двумя конфигурациями и КТР этого материала.

Если марка стекла поверхности имеется в каталоге (например, BK7 или F2), тогда используется каталожное значение КТР. Если материал - "воздух", тогда есть две возможности: если материал предыдущей поверхности - стекло из каталога, то используется КТР этого стекла, иначе, тепловые эффекты игнорируются. Эти правила имеют одно важное приложение: если оптический элемент - склеенный дублет, то для первого радиуса будет взят КТР первого стекла, в то время как для второго и третьего радиусов будет взят КТР второго стекла. Другими словами, ZEMAX игнорирует "напряжение", вызванное склейкой. Это предположение не может быть точно для большого температурного диапазона.

Значения толщин (THIC)

Если операнд - THIC, то есть две возможности. Если поверхность представляет собой каталожное стекло, то используется КТР этого стекла. Иначе - КТР, указанный в колонке КТР поверхности. КТР колонка используется для ввода КТР определенного пользователем материала, использованного для соединения (склейки). Есть еще один важный момент: если поверхность не из каталожного стекла, то тепловое расширение вычисляется по длине материала, которая считается от края данной поверхности до края следующей поверхности. Так как важно расширение материала по краю, а не в центре, это - более точное вычисление. Например, предположим, что две линзы были разделены алюминиевым кольцом размером 80 мм. Если стрелка первой поверхности линзы была - 5 мм и стрелка второй поверхности - 8 мм, полная толщина промежутка по краю - 93 мм. Если КТР алюминия - 23.50 E-6, то, при температурном изменении +20 градусов, толщина края изменилась бы с 93 до 93.0437 мм. Если игнорировать изменения в стрелках двух поверхностей линз, толщина по центру изменилась бы до 80.0437 мм. Обратите внимание, что это - совсем иное температурное расширение, чем то, если бы при вычислении рассматривалась только толщина по центру.

Поскольку расширение по краю приводит к изменению радиусов смежных поверхностей, даже КТР 0.0 приведет к изменению толщины, если радиусы изменяются. Чтобы исключить тепловое изменение толщин, не используйте КТР 0.0, а, просто, полностью удалите тепловую функцию.

Значения параметров

Свойства тепловой функции связанных параметров зависят от номера параметра и типа поверхности. Если параметр интерпретируется как характеристика, измеренная в единицах длины, то соответствующие вычисления (масштабирование) выполняются точно так же, как в случае для радиуса кривизны. Если единицы измерения являются производными единиц длины, например, квадратные единицы длины или обратные единицы длины, то соответствующее масштабирование также выполняется. В иных случаях, тепловая функция связанного параметра

игнорирует тепловые эффекты и просто приобретает значение параметра в номинальной конфигурации.

Специальные типы поверхностей, такие, как полиномиальная асферика, бинарная оптика, голограммы, и другие поверхности, которые используют параметр или дополнительные данные, должны иметь операнды и тепловые функции связанных параметров, добавленные вручную в редакторе мультikonфигураций; автоматически эти операнды не добавляются.

Дополнительные значения

Тепловые свойства функции связанного параметра для дополнительных значений зависят от типа поверхности. Вообще, должен быть вычислен только " радиус нормализации ". Это благодаря тому, что тепловое расширение может рассматриваться просто как масштабирование длины. Так как большее число поверхностей, использующих дополнительные значения, используют безразмерные коэффициенты, должен быть вычислен только радиус нормализации. Эта методика одинаково хорошо работает для бинарной оптики и полиномиальных асферических поверхностей. Для поверхностей, использующих дополнительные значения, но не использующих радиус нормализации, тепловая функция связанного параметра игнорирует тепловые эффекты и просто приобретает значение номинальной конфигурации.

Специальные поверхностные типы, такие как полиномиальная асферика, бинарная оптика, голограммы и другие поверхности, использующие параметр или дополнительные значения, должны иметь операнды и тепловые функции связанных параметров, добавленные вручную в редакторе мультikonфигураций; автоматически эти операнды не добавляются.

Все другие значения

Все другие значения связываются, и их величины будут идентичны тем, что в номинальной конфигурации. Тепловые эффекты игнорируются.

Определение разных условий окружающей среды в пределах одной конфигурации

Иногда требуется, чтобы разные части оптической системы находились при различных температурах и давлениях.

Заметим, что эта ситуация отличается от случая, когда вся система рассматривается при различных условиях окружающей среды с помощью мультikonфигураций.

Группам поверхностей могут быть назначены их собственные температура и давление, используя TEMP и PRES операнды мультikonфигурации, даже если есть только 1 определенная конфигурация. Суть в том, что каждый TEMP и PRES операнд определяют параметры окружающей среды для всех операндов, которые следуют за ними в редакторе мультikonфигурации. Последний TEMP и PRES операнды, внесенные в список редактора, определяют "глобальную" окружающую среду, которая относится ко всем данным, не внесенным в список редактора мультikonфигурации.

Например, предположим, что для данной модели оптической системы требуется, чтобы поверхности 1-5 были при температуре 20 градусов Цельсия, а поверхности 6 -10 - при 50 градусах. Первый внесенный в список операнд должен быть TEMP (то же самое рассуждение применимо и к PRES), определяя начальную температуру окружающей среды в 50 градусов Цельсия. Все кривизны, толщины, полудиаметры, стекла, и другие значения для поверхностей 6-10 должны быть внесены в список после TEMP операнда. Тогда список должен заканчиваться другим TEMP операндом, определяющим температуру "глобальной" окружающей среды в 20 градусов. В результате система будет оценена при соответствующих температурах (и/или давлениях) для каждой поверхности. Чрезвычайно важно понять два основных правила:

F ***1. Все операнды редактора мультikonфигурации, которые следуют за TEMP или PRES операндом, оценены при заданной этими операндами температуре или давлении.***

F 2. Последние TEMP и PRES операнды, внесенные в список редактора мультikonфигурации определяют температуру и давление для всех других данных системы, в редакторе мультikonфигурации или вне его.

Наиболее важный шаг в установке сложной оптической системы с различными условиями окружающей среды - тщательная ее проверка. Два превосходных инструмента для выполнения этого - показатель преломления и таблица данных мультikonфигурации. В этой таблице перечислены температуры и давления для каждой марки стекла и тепловых соотношений функций связанного параметра.

Проверка тепловых функций связанного параметра для каждого из них - также хорошая идея; данные должны быть, по крайней мере, частично проверены вручную, чтобы убедиться в правильности заданного диапазона и температурных расширений.

Автоматическая тепловая установка

Удобные средства для автоматического введения оптической системы для теплового анализа описаны в Главе "Editors Menu" ("Меню Редакторов"), "Multi-configuration" ("Редактор Мультikonфигураций"), в разделе "Tools" ("Инструменты").

Добавление данных КТР

Есть два вида данных КТР. Для поверхностей, использующих марку стекла, имеющуюся в одном из каталогов (например, BK7 из каталога Schott), ZEMAX использует КТР, указанный в каталоге. См. главу 21 "Использование каталогов стекол".

Если поверхность не использует стекло из каталога, то значение КТР берется непосредственно из КТР колонки в LDE редакторе. Колонка КТР - последняя колонка в таблице LDE, справа от колонки "параметр". Обратите внимание, что КТР - безразмерный параметр, и всегда вводится как коэффициент с множителем $1E-6$. Поэтому, значение $23.50 E-06$ вводится просто как 23.5. ZEMAX автоматически учитывает множитель $1E-6$ при вычислении тепловых эффектов.

Моделирование газов и жидкостей

См. раздел "Моделирование газов и жидкостей" в Главе 21 "Использование Каталогов стекол" для получения информации относительно теплового моделирования нетвердых материалов.

Добавление данных о тепловых изменениях показателя преломления

Изменение показателя преломления с температурой или давлением воздуха окружающей среды и длины волны смоделировано для любого стекла, используя выражение, данное ранее. Выражение требует, чтобы шесть коэффициентов определили температурную и "цветовую" (от длины волны) зависимость изменения абсолютного показателя преломления. Часто имеет место ситуация, когда для материалов, добавленных пользователем, эти шесть коэффициентов, описывающих изменение - не доступны. Однако, большинство каталогов стекол содержит, по крайней мере, одно линейное приближение изменения показателя преломления при изменении температуры. Это отношение называется dn/dt . Если единственными доступными данными является dn/dt , то приближение к общему выражению может быть сделано, принимая все коэффициенты, кроме D, равными нулю:

$$\Delta n_{abs} = \frac{n^2 - 1}{2n} [D_0 \Delta T],$$

где D дается выражением:

$$D_0 = \frac{2n}{n^2 - 1} \frac{dn}{dt}.$$

D должен быть рассчитан и затем введен в каталог стекол. Относительный показатель преломления на центральной длине волны, измеренный при стандартных условиях (STP) - адекватное значение для n. Должны быть приняты меры предосторожности, чтобы использовать это приближение впоследствии. Необходимо проверить вычисленные значения показателя преломления на различных длинах волн и при разных температурах. Обратите внимание, что dn/dt должны быть абсолютные, а не относительные.

Ф *Особое предостережение при использовании только одного значения dn/dt.*

Использование единственного значения dn/dt для оценки D - грубое приближение. Фактическое изменение показателя преломления от температуры, вряд ли, будет линейно для любой длины волны или температурного диапазона. Поэтому, следует относиться к этим расчетам с чрезвычайной осторожностью и сомнением.

Оптимизация атермальных систем

Для того, чтобы оптимизировать атермальную систему, сначала определяют мультikonфигурации, требуемые для моделирования системы при каждой температуре, используя методы, описанные в предыдущих разделах. Затем определяют переменные для оптимизации только в номинальной конфигурации. Например, предположим, что номинальная конфигурация номер 1 и конфигурации 2, 3 и 4 определены, используя тепловые функции связанного параметра для каждого радиуса кривизны и толщины. В номинальной конфигурации делайте переменными только радиусы кривизны и толщины.

Также возможно оптимизировать КТР материала между группами линз. Чтобы это сделать, просто установите переменную на соответствующем значении в колонке "TCE" LDE-редактора.

Ограничения при тепловом анализе

Есть несколько ограничений по точности теплового анализа ZEMAX. Прежде всего, данные КТР должны всегда проверяться по температурному диапазону использования. Данные показателя преломления также должны быть проверены у изготовителя используемого стекла.

Тепловой анализ не обязательно работает правильно с наклоненными, децентрированными или другими нетрадиционными оптическими системами. Трудности возникают при вычислении изменения толщины края компонентов, которые являются несимметричными; например, между двумя линзами, наклоненными относительно друг друга.

Температурные изменения показателя преломления и данные по КТР для стекол Schott, получены от фирмы Schott, и она заявляет, что эти данные точны в температурном диапазоне от -40 до +80 градусов Цельсия и в диапазоне длин волн 0.435 до 0.644 микромметров. Данные могут экстраполироваться вплоть до 1.06 микрон с уменьшенной точностью. Степень точности данных для других стекол неизвестна.

Из-за сложности моделирования тепловых эффектов, ни каким данным не следует доверять. Нужно критически относиться ко всем вычислениям, значениям показателя преломления и данным по КТР, которые следует проверять независимо от ZEMAX. Это также относится и к работе со стеклами Schott в пределах диапазонов, указанных выше.

Введение

Эта глава посвящена ответам на обычно задаваемые вопросы об установке и использовании ZEMAX. Здесь даны соответствующие ссылки на другие главы Руководства. Если у Вас есть вопрос, который не рассмотрен здесь, посмотрите также Оглавление.

Вопросы об установке программы

В. Как установить ZEMAX?

О. Прочитайте Главу 1, "Процедура установки".

В. Когда я запускаю ZEMAX, появляется сообщение: "Please attach ZEMAX hardware lock to parallel port!"

("Пожалуйста, подсоедините "ключ" к параллельному порту!")

О. Проблема состоит в том, что ZEMAX не может найти ключ к аппаратным средствам ЭВМ. Убедитесь в том, что Вы установили ключ правильно и удостоверьтесь, что он подключен именно к параллельному порту вашего компьютера. Если Вам подключили принтер, удостоверьтесь, что он включен. Если все же ничего не получается, пожалуйста, позвоните в сервисную службу.

Вопросы о вводе данных линз

В. ZEMAX, кажется, неправильно трассирует лучи; они не попадают в апертурную диафрагму.

О. Наиболее частая причина того, что лучи проходят мимо апертурной диафрагмы или ведут себя странно - то, что поверхность апертурной диафрагмы установлена после разрыва координаты. Избегайте помещать апертурную диафрагму после разрывов координаты! Если апертурная диафрагма следует за разрывом координаты, особенно с децентрировкой по x или y, то параксиальные лучи, требуемые, чтобы определить входной зрачок, не могут быть прослежены. ZEMAX использует параксиальный входной зрачок, чтобы сослаться на главные и краевые лучи. Попробуйте переместить апертурную диафрагму в фиктивную плоскость перед любыми разрывами координаты. Если у Вас осесимметричная система со встроенной апертурной диафрагмой, то попробуете включить режим "ray aiming".

В. Почему я не могу устанавливать толщину поверхности изображения?

О. ZEMAX использует соглашение, что толщина поверхности - расстояние до следующей поверхности. Начиная с плоскости изображения - нет никакой следующей поверхности. Хотя некоторые программы используют эту толщину, поскольку есть функция дефокусировки, ZEMAX не делает этого. Причина, прежде всего в том, что интерфейс должен быть последовательным, и, конечно, в том, что ZEMAX не вынуждает плоскость изображения быть обязательно в параксиальном фокусе. Рассуждения выше об использовании фиктивной поверхности и перед плоскостью изображения на дефокусировку никак не влияют.

В. Почему я не могу устанавливать полудиаметр на поверхность объекта?

О. ZEMAX устанавливает размер объекта, основанный исключительно на заданных значениях поля зрения. Установить специфический размер объекта просто. Это делается в окне «Field Data».

Вопросы об анализе оптических систем

В. Когда я смотрю на рисунок системы (layout plot), там есть лучи, которые, очевидно, находятся вне световой апертуры поверхностей линз. Почему эти лучи не виньетированы?

О. ZEMAX имеет два независимых средства для установки поверхностных полудиаметров и поверхностных апертур. Значения, указанные в колонке полудиаметров используются только для того, чтобы определить, как изобразить линзу (ее размер), но не для того, чтобы определить, действительно ли лучи виньетированы. Виньетирование задается только поверхностными апертурами или факторами виньетирования. Чтобы задать виньетирование лучей, Вы должны явно установить круглую (кольцевую) апертуру (или ту, которая требуется) на поверхности, или задать соответствующий фактор виньетирования для определенной полевой точки. См. главу 3 " Термины и Определения ".

В. На 3-х мерном изображении оптической системы, лучи, кажется, проходят за поворотное зеркало, затем отражаются от поверхности, которой в этом месте нет, и, затем, следуют в правильном направлении.

О. Это вызвано фиктивной поверхностью с нулевой толщиной, помещаемой непосредственно до разрыва координаты, который наклоняет поворотное зеркало. ZEMAX трассирует лучи к фиктивной поверхности и, затем, назад, к поверхности зеркала. Поверхности разрыва координаты всегда игнорируются на 3-х мерном рисунке поверхностей и лучей. Решение состоит в том, чтобы установить полу - диаметр фиктивной поверхности, равный нулю. Альтернативно, не используйте фиктивную поверхность вообще.

В. Когда я вызываю функцию рассеяния точки (PSF), рисунок напоминает связку разбросанных линий, а не дифракционное изображение.

О. Всякий раз, когда Вы выполняете любые дифракционные вычисления, включая MTF, PSF, и распределение энергии в дифракционном пятне, Вы должны проверить, что амплитуда волнового фронта и его отклонение - в пределах размера решетки, который обычно использовался при таких вычислениях. Чтобы проверить это, вызовите OPD и проверьте, что OPD находится в пределах нескольких волн. Как правило, плотность выборки 8x8 приемлема для разности хода менее одной волны, 32x32 приемлемо для OPD до 4-х волн, 64x64 приемлемо для OPD до 8 волн, и так далее. Обратите внимание, что OPD доступна на графике поверхностного волнового фронта и на экране коэффициентов Zernike. Убедитесь, что проверили каждую длину волны отдельно (вот почему OPD самый легкий способ проверки, т.к. он показывает данные для всех длин волн сразу). Если OPD превышает эти приблизительные пределы, то вычисление дифракции затруднено, и результатам вычислений нельзя доверять. К счастью, если OPD большая, то дифракционные вычисления не требуются, вместо этого используют геометрические эквиваленты (RMS размер пятна и геометрическую MTF).

В. Как я могу моделировать протяженный источник или источник со сложной структурой?

О. Строго говоря, ZEMAX моделирует только точечные источники. Обычный подход

состоит в том, чтобы выбрать несколько точек на протяженном источнике и, затем, проектировать систему по максимальному качеству изображения в этих точках. Изменение качества изображения по полю зрения, обычно бывает небольшим, поэтому достаточно нескольких дискретных точек, чтобы смоделировать его. Вы можете, однако, проверить протяженный объект, отображающий свойства системы обычным путем, используя опцию анализа изображения. См. главу " Меню Analysis" для подробного обсуждения анализа изображения.

В. Что дают графики кривизны поля и дисторсии? Почему данные кривизны поля начинаются не в нуле?

О. См. определения кривизны поля и дисторсии в главе " Меню Analysis ".

Вопросы об оптимизации

В. Почему множители Лагранжа, кажется, не работают?

О. ZEMAX предписывает строго уменьшающуюся функцию качества во время оптимизации. Другими словами, ZEMAX после оптимизации никогда не должен возвращаться к системе с более высокой функцией качества, чем та, с которой оптимизация началась. Это означает, что множители Лагранжа не предписаны, если результат - система с более высокой функцией качества. Чтобы обойти эту проблему, используйте "весовые" операнды. Они, обычно, быстрее и более устойчивы, чем операнды Лагранжа. Большой вес операнда будет вести к желаемому результату.

В. При использовании алгоритма глобального поиска, ZEMAX предлагает системы, которые имеют нефизические толщины и кривизны. Как определить граничные условия в течение глобального поиска?

О. Способ определения граничных условий в глобальном поиске тот же самый, что при обычной оптимизации: операндами граничных условий в функции качества.

В. Как потребовать, чтобы система была телецентричной в пространстве изображения?

О. Один путь состоит в том, чтобы использовать RANG операнд. Потребуйте, чтобы RANG операнд главного луча ($H_x=0$, $H_y=1$, $P_x=0$, $P_y=0$) имел значение 0 в плоскости изображения. Это подразумевает, что главный луч параллелен оптической оси, что означает, что выходящий лучок - " в бесконечности ". Алгоритм оптимизации должен будет поработать, прежде, чем система фактически станет телецентрической, и должно быть достаточное количество переменных (радиусы, толщины), чтобы достичь условия телецентричности. Тот же самый способ работает в пространстве объектов.

В. Как еще можно сделать систему телецентрической в пространстве предметов?

О. RANG операнд, описанный выше обычно прекрасно работает. Однако, чтобы избежать необходимости использования оптимизации, просто задайте толщину предмета некоторой большой величиной, например $1E5$ и, затем, поместите апертурную диафрагму на поверхности 1. Используйте функцию `riscur` на толщине поверхности 1 с масштабом -1 так чтобы толщина была $-1e5$, которая возвращает поверхность 2 к предмету. Теперь, задайте толщину поверхности 2, равной фактическому расстоянию до объекта.

Обратите внимание, что, если система - телецентрична в пространстве предметов, расстояние до объекта должно быть конечным. Единственный недостаток этого метода состоит в том, что рисунки будут выглядеть странными, если стартовая поверхность установлена на "2" вместо "0" по умолчанию. Обратите внимание также, что тип апертуры должен быть "Object space NA" или "Image Space F/#" для телецентричности систем в

пространстве предметов. Не используйте другие типы апертуры.

В. Как построена функция качества по умолчанию?

О. См. главу 17 "Optimization", раздел "Определение функции качества по умолчанию".

В. Почему я не могу оптимизировать длины волн, полевые значения или значение апертуры системы?

О. ZEMAX не поддерживает прямую оптимизацию этих параметров системы. Однако, Вы можете легко обойти это ограничение, используя мультikonфигурации (см. главу "Мультikonфигурации"). Вы можете устанавливать и изменять поля, длины волн, веса и значения апертуры системы, Вы можете легко оптимизировать эти значения.

В. Почему оптимизация игнорирует некоторые из полевых точек или почему делает оптимизированную систему на одних длинах волн намного лучше, чем на других?

О. Наиболее обычные причины - 1) Вы изменили полевые значения или веса или значения длин волн или веса и затем забыли восстановить функцию качества по умолчанию, 2) переменные, которые Вы определили, не оказывают достаточного влияния на функцию качества. См. главу 17 "Optimization".

В. Почему оптимизированные линзы имеют отрицательные толщины по центру или по краю?

О. Если Вы определенно не ограничиваете оптимизацию, чтобы исключить проекты с отрицательными толщинами края или центра, оптимизатор свободен установить любое значение любой переменной. Чтобы управлять толщинами по краю и по центру, используйте операнды MNET и MNCT, описанные в главе 17 "Optimization".

В. Почему фокусное расстояние увеличивается во время оптимизации?

О. Вы должны ограничить эффективное фокусное расстояние, используя EFL операнд или, используя функцию угла краевого луча на последней поверхности линзы. Альтернативно, Вы можете просто зафиксировать задний фокусный отрезок, вместо того, чтобы ставить его на вариацию. Причина того, что эффективное фокусное расстояния увеличивается - то, что линзы с пологими радиусами легче реализуются, и, если определенно не ограничено фокусное расстояние, оптимизатор будет стремиться к большему отношению $F/\#$ системы. Эта проблема может также быть решена, используя image space $F/\#$ вместо входного диаметра зрачка в качестве системной апертуры.

Вопросы о преобразовании данных линз

В. Как я могу преобразовывать CODE V® файл в формат ZEMAX?

О. Сохраните CODE V файл в формате SEQ. Затем, запустите утилиту SEQ2ZMX, чтобы преобразовать файл из SEQ в формат ZMX. SEQ2ZMX конвертер расположен в \SEQ2ZMX поддиректории главной директории ZEMAX. Подробно о SEQ2ZMX конвертере см. текстовый файл SEQ2ZMX.TXT, расположенный также в поддиректории \SEQ2ZMX. Не все файлы могут быть преобразованы правильно; но обычные линзы преобразуются практически без особых проблем.