

ZEMAX 概况

ZEMAX 是一套综合性的光学设计软件。它集成了光学系统所有的概念、设计、优化、分析、公差分析和文档整理功能。具有直观、功能强大、灵活、快速、容易使用等优点。

3 种不同的版本: SE, XE, 和 EE。

ZEMAX 可以模拟 Sequential 和 non-sequential 成像系统和非成像系统。

序列性 (Sequential) 光线追迹

大多数成像系统都可以由一系列顺序排列的光学面来描述。光线按面的顺序进行追迹。如相机镜头、望远镜镜头、显微镜头等。它有很多优点, 如光线追迹速度快、可以直接优化和进行公差预算。

ZEMAX 中的光学面可以是反射面、折射面或衍射面。也可以建立因为光学薄膜引起的有不同透射率的光学面特性。

面之间的介质可以是各向同性的, 如玻璃或空气。也可以是任意的渐变折射率分布, 折射率可以是位置、波长、温度或其它特性参数的函数。也支持双折射材料, 它的折射率是偏振态和光线角度的函数。

ZEMAX 中, 所有描述面的特性参数, 包括形状、折射、反射、折射率、渐变折射率、热系数、透射率和衍射率都可以自定义。

非序列性 (Non-sequential) 光线追迹

很多重要的光学系统不能用 sequential 光线追迹的模式描述, 如复杂的棱镜、光管、照明系统、小面反射镜、非成像系统或任意形状的物件等。而且散射和杂光也不能用序列性分析的模式。

这些系统要求用 non-sequential 模式, 此时光线以任意的顺序打到物件上。

Non-sequential 模式可以对光线传播进行更细节的分析, 包括散射光或部分反射光。

进行 non-sequential 追迹时, ZEMAX 用 3D solid models 光学元件, 可以是任意的形状。支持散射、衍射、渐变折射率、偏振和薄膜。用光度学和辐射度学的单位。

Sequential 和 non-sequential 系统

ZEMAX 还可以在同一个系统中使用 sequential 和 non-sequential 光线追迹模式。

光源

在 sequential 和 non-sequential 分析中, ZEMAX 支持不同类型的光源。

Sequential 的光源

在 sequential 追迹中, 光源由物面上的视场或上 bitmap 扩展光源定义。有传统的点光源, 视场点可由角度、物高、实际像高或近轴像高定义。点光源可以用不同权重定义, 还可以分别指定每个光源的渐晕。从而可以调整不同视场的相对照度或 F/#。

ZEMAX 也支持像散或椭圆形状的二极管光源。

还有扩展光源。这些光源是用户用 ASCII 码自己定义的，它类似于 bitmap 图形，或用标准的 Windows BMP 或 JPG 格式。各个像素上的光强可以不同。

Non-sequential 光源

Non-sequential 光源比 Sequential 光源可以复杂得多。它一般是三维的，可以定义其输出的照度（单位为瓦或流明）。用光源发出的光线数控制光源采样，还可以分开控制显示的光线数和用于分析的光线数。

支持的光源有：

- 点光源 (uniform, cosine, or Gaussian)
- 椭圆面或实体
- 矩形面或实体
- 圆柱面或实体
- 半导体激光或阵列
- 灯丝
- 自己定义(可以是任意的)
- 从 Radiant Imaging 的 Radiant Source TM 读取

可以同时使用多个光源，它们可以是相干的（自定义相干长度），或非相干的，可以是单色的或复色的。

玻璃、镜头和样板目录

提供包括 Schott, Hoya, Ohara, Corning, 和 Sumita 的玻璃（目前不包括中国玻璃），和红外材料、塑料和自然材料（如硅），还包括双折射材料。

目录里包括色散、热分析、强度/酸、成本因子和其它数据。所有数据都可以看到或者进行修改。还可以很方便地增加数据。

存放的镜头数据厂家有: Coherent, CVI, Edmund Industrial Optics, Esco, Geltech, JML, LightPath Technologies, Linos, Melles Griot, Newport, NSG America, Optics for Research, OptoSigma, Philips, Quantum, Rolyn Optics, Ross Optical, and Spindler 和 Hoyer 等。

ZEMAX 支持自动按进行样板比对。

用户还可以自己建立玻璃和样板库或往已有的库中添加数据。

SEQUENTIAL 光学面类型

提供的面形有：

类型	描述
Standard	包括平面、球面和二次曲面

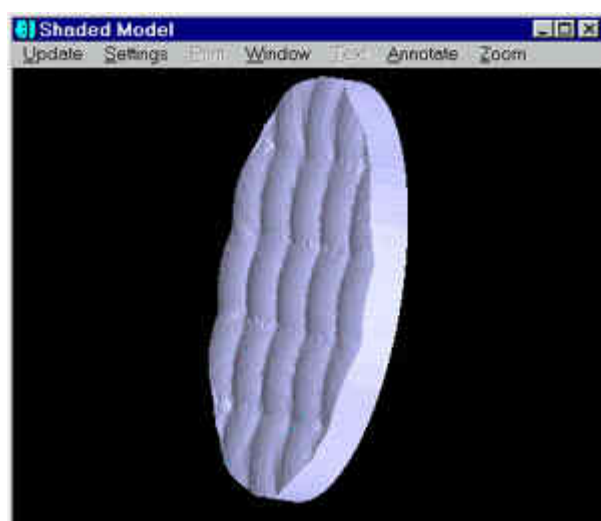
Even aspheric	偶次项非球面
Odd aspheric	所有次项非球面
Paraxial lens	理想透镜
Paraxial cylinder	理想薄柱透镜
Toroidal	圆柱形非球面和环面
Toroidal grating	带有光栅的环面
Toroidal hologram	有全息图的环面
Tilted	倾斜平面或光楔
Cubic spline	任意形状的径向齿轮面
Irregular	模拟制造误差
Hologram	2点光学制造的全息图
Diffraction grating	直线光栅, 标准基底
Coordinate break	使一个群组离轴和倾斜
Polynomial	非对称多项式非球面
Fresnel	Fresnel 波带非球面
ABCD	用于“黑盒子”光学系统的近轴 ABCD 面
Alternate	可变的面和面的交集
Conjugate	2共轭的点理想像面
Gradient index	折射率渐变面 Axial, radial, transverse, user defined
Zernike	由 Zernike 多项定义矢高的面
Zernike phase	由 Zernike 多项定义位相的面
Extended polynomial	扩展项的 XY 多项式非球面
Binary optic 1	XY 多项式位相轮廓面
Binary optic 2	径向多项式位相轮廓面
Extended asphere	扩展项的旋转非球面
Extended spline	任意形状的径向齿轮面
Extended Fresnel	非球面 Fresnel 面
Elliptical grating	椭圆光栅几何面
Superconic	独特的非球面扩展
Atmospheric	大气折射模型
Biconic	变形的二次非球面
Grid phase/sag	由列表点定义的矢高或位相面
Zone plate	Fresnel 波带片面模型
Jones matrix	用于偏振元件
Birefringent	单轴晶体, extraordinary/ordinary

NURBS	NURBS 面
User defined	自定义面 Refractive, reflective, diffractive, GRIN, see below

自定义面

是用 Windows DLL 代码构成。ZEMAX 公司提供这方面的服务，但要适当收费。ZEMAX 中带有下面的例子，可以供用户参考，也可以供使用。

Anamorphic Asphere	异常的 XY 非球面
Lens Array	二次非球面透镜阵列
Cylinder Array	非球面柱透镜阵列
Grating Cylinder	带有光栅线的柱面
Filter Surface	任意透过率的滤波器
GRIN Cylinder	垂直光束的柱面渐变折射率光纤
Offset Surface	随颜色厚度不同的面



自定义面

SEQUENTIAL 分析

图形分析

2D cross section
3D perspective and wireframe
Solid or shaded model
Surface, singlet, and doublet element drawings
ISO 10110 format drawings

像差扇形图

Ray aberration
Optical path difference

仿真科技 创意人生

完美的服务品质，源自於优异的专业能力，十足的用心以及对服务的坚持

	Pupil aberration
点列图	Standard field-by-field Through focus Full field, Matrix Extended source bitmaps and images
传递函数	Modulation transfer function (MTF) Sine or Square wave MTF Through focus MTF Point spread function (PSF) Surface MTF and filed MTF maps Geometric, Huygens, or FFT based MTF, PSF Wavefront maps
能量分析	Diffraction radial Geometric radial, x, y Extended sources Line/Edge response
几何像差	Diffraction extended source images Footprint analysis Grid distortion Relative illumination, Vignetting Longitudinal aberration, Lateral color Field curvature and distortion RMS vs. field, focus, or wavelength Interferograms Y-Ybar diagram Chromatic focal shift Dispersion plot, glass map diagrams Glass internal transmittance vs. wavelength
数值计算	Single and multimode fiber coupling efficiency

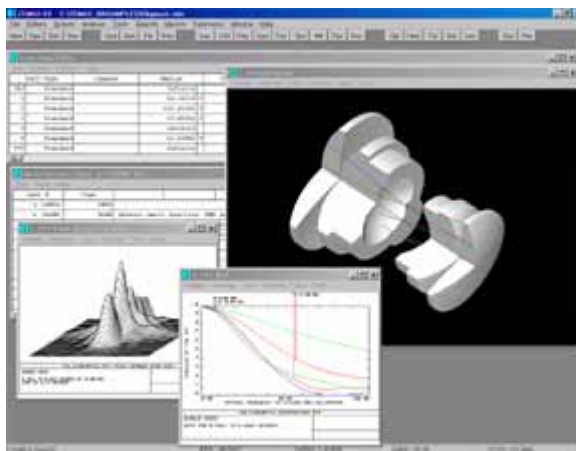
First order system data
Surface power, volume, edge thickness data
Ray trace data, real and paraxial
Gaussian beam parameters
Seidel and Zernike aberrations
Wavefront, transverse, longitudinal aberrations
YNI contributions
Sag tables, maximum aspheric deviation

偏振光追迹

Polarization Ray Tracing
Polarization state evolution
Polarization ellipse pupil map
System transmission
Coating reflection, transmission, and absorption
Polarization aberrations
System transmission fans

物理光学传播

User defined beam definition
Irradiance plots
Phase plots
Encircled Energy plots
Fiber Coupling
Supports Polarization

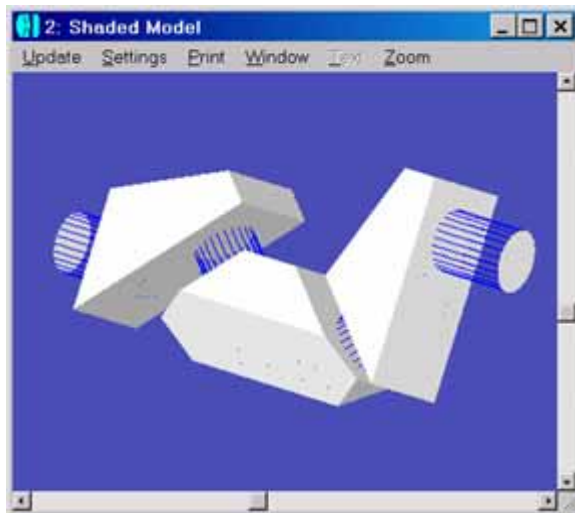


ZEMAXr 的分析图

仿真科技 创意人生

完美的服务品质，源自於优异的专业能力，十足的用心以及对服务的坚持

NON-SEQUENTIAL 组件



Non-sequential 光线追迹的应用包括照明系统、杂光控制、成像系统的鬼像分析、和非成像光学系统的一般设计。

Non-sequential 物件 vs. 面

进行 non-sequential 光线追迹时，ZEMAX 用固体的光学元件。追迹时，考虑能量偏振、BSDF 散射分布、薄膜和多级次衍射。

non-sequential 系统中包括一个或多个光源、探测器和物件。

光源

包括 ZEMAX 提供的或自定义的。

物件

ZEMAX 中的每个物件是固体或光学面。物可以放在任意位置。non-sequential 物件类型包括：

透镜	Standard, aspheres, toroids, MEMS
衍射元件	Binary, grating, holographic
固体形状	Cylinders, ellipses, rectangles, CPC
面状的	Completely arbitrary solids or surfaces
输入的物件	IGES, STEP, or STL formats
Fresnel 透镜	True Fresnel lenses with grooves

所有物件可以是反射、折射或吸收。物件的数量没有限制，物件也可以从 CAD 程序中输入（文件格式为 IGES，STEP，STL 或用 ZEMAX 定义的 ASCII 码多面体）。

探测器

任何面状物件都可以作为探测器。还有专门的探测器物件，可以探测和显示光学系统中任意位置的相干或非相干辐射(power per area),或光强(power per solid angle)。

光线数据库

追迹的所有光线数据都存在一个文件中，计算任何探测器中的数据时，不需要重复计算。

棱镜库

ZEMAX 里面建立了大量的棱镜，常用的如 right, dove, roof, penta, pechan 等都有。其大小可以为任意值，也可以放在任意位置。

NON-SEQUENTIAL 分析

● 外形图

- 3D 透视图和着色图

● 光度或辐射度单位

- Watts, Lumens for source flux
- Watts/Area, Footcandles, Lux, Phot for irradiance
- Watts/Steradian or Candela for intensity

● 探测器

- 非相干或相干辐射/照度
- 在角度空间的辐射或发光强度
- 所有面状物件可以为探测器

● CAD 输入/输出

- IGES 和 STEP 输出; IGES, STL, STEP 输入为固体

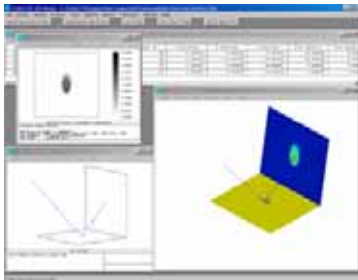
● 分光

- 打到面上的光线可以分裂成很多光线
- 分裂的光线还可以一直分裂
- 可以用光线能量和分裂的数目控制
- 考虑偏振和薄膜

● 光线散射

- 镜面, Gaussian, Lambertian 散射
- ABg 散射 BTDF/BRDF 数据
- 固体内部可以进行体散射
- 可以定义任意的散射数据

- 遵守能量守恒定律
- 光线数据库
 - 追迹的光线存在一个文件中
- *Gradient Index*
 - 任何固体都可以是 GRIN
 - GRIN 介质完全任意和自定义
 - 可以相互嵌套
- 衍射光学
 - 可以追迹多个级次
 - 可以自定义每个级次的相对能量
 - 位相轮廓可以为标准的或自定义的
 - 大多数物件都可以有衍射面
- 偏振
 - 光源可以是偏振光或自然光
 - 可以定义光源的相干性
 - 每个物件上可以定义薄膜



散射举例

优化

使用最小阻尼二乘法算法。用缺省的或自定义的优化函数，可以同时任意数量的变量优化。

优化函数

有 20 个缺省优化函数，包括使弥散斑半径或波像差的 peak-to- valley 或 RMS 最小。

可以预先定义控制目标数，包括像差系数等。

对变焦系统进行优化也很简单。

优化变量

ZEMAX 可以优化系统中任何参数,包括曲率半径、厚度、玻璃、二次项系数和非球面系数、光机周期、孔径、波长、视场等。Non-sequential 的位置和参数也可以进行优化。

容易使用

优化的功能也很容易使用。

全局优化

可以给出一系列满足目标和约束的设计。

ZEMAX 支持 2 种全局优化:(1)search:寻找新的设计形式,然后优化,寻找最佳的 10 个设计形式。直到用户中断计算为止。(2)hammer optimization:完全寻找当前设计形式的较好的形式。Hammer 优化用在设计的最后阶段,以确定最佳可能设计形式。二种算法用同样的优化函数。

公差分析

ZEMAX 综合的、灵活的和功能强的公差分析。

缺省的公差分析项目包括:曲率半径、厚度、条纹、位置、倾斜、离轴、局部误差、折射率、Abbe 数等。

还可以自己定义公差,包括非球面系数、离心/倾斜, solve 和参数公差等。定义的补偿器包括:焦距、倾斜、任意元件或面或群组的位置。

然后可以选择公差评价标准,有 RMS spot radius, RMS wavefront error, MTF, boresight error,或更复杂的自定义标准。

Sensitivity 分析

单独考虑每个定义的公差。将参数调整到公差范围的极限,然后确定每补偿器的最佳值。最后将每个公差的贡献列表输出。

Inverse Sensitivity 分析

在定义系统最低性能后, inverse sensitivity 分析迭代计算每个参数的公差容限。

Monte Carlo 分析

Monte Carlo 分析非常有用,功能也非常强,因为它同时考虑所有公差的影响。它用定义的公差产生一些随机系统,采用适当的统计模型,调整所有的补偿器,使每个参数随机扰动,然后评估整个系统性能的影响。

变焦和多重结构

ZEMAX 支持变焦镜头分析和设计。可以设计变焦镜头、扫描镜头、多光路系统、透镜阵列、干涉仪、分光镜等。

可以对多重结构同时进行优化。每重结构可以是同样的或不同的优化函数,变化和约束条件也可以是相同或不同的。通过在一个温度范围内同时优化,也可以用在热分析中。

物理光学传播

Physical Optics Propagation (POP)不是用光线追迹,而是用衍射计算的方法计算光线在光学系统中的传播。考虑透镜孔径的衍射和光束在透镜之间的传播情况。

可以用单位面积内的能量定义光束。输出包括辐射和位相面的图形、截面图、能量分布和光纤耦合。也可以计算不在光轴上的倾斜光束。

热分析

有些光学系统用在很宽的温度范围或不在常温下使用时,需要考虑温度和压强的影响。ZEMAX 用非线性温度模型,而不是简单的 dn/dt 近似。

ZEMAX 可以指定或优化热膨胀系统的透镜或元件之间的间隔。

玻璃目录包括温度和压强数据,以支持热效应分析计算。可以精确地模拟光学面的热膨胀特性。

扩展光源分析

在设计成像系统时,点光源能够精确描述成像质量的很多方面。但是扩展光源对观察畸(特别是非径向畸变)很有用,检查像的方向、分色及定量观察整个系统的性能。

ZEMAX 支持二种扩展光源。ASCII 格式的光源,是一些简单的形状,如字母、方块等。也支持彩色的 Windows BMP 和 JPG 格式的光源。可以对光源进行缩放、旋转,也可以放在视场中任何地方。

宏

ZEMAX 支持宏语言,称为 ZPL。其结构有点象 BASIC。也支持函数调用、自定义阵列、数字和字符串、文本和图形输出等。

对更复杂的分析工作,ZEMAX 支持更能用程序界面,叫 extensions。可以在外部程序的控制下进行光线追迹、分析和优化。用 C 或 C++ 语言编写。

偏振光追迹

ZEMAX 具有全面的偏振光追迹和分析能力。可以任意定义输入光线的偏振态。ZEMAX 考虑透射、反射、吸收、偏振态、衰减和延迟。

偏振光追迹要求计算面和体材料的效应。面效应决定于面上的光学薄膜的特性。

薄膜模型

ZEMAX 具有薄膜建模能力。可以定义多层金属或电介质膜。薄膜不以用在电介质或金属基底上。可以由任意层数、任意材料组成,每种材料可以由复折射率定义。

如果面从空气-玻璃转换为玻璃-空气,则 ZEMAX 会自动转换膜层的顺序。

材料建模

ZEMAX 中有详细的体吸收模型, 包括任意波长、任意厚度的玻璃的透射。体吸收一般使光线衰减, 衰减的数量决定于光线的光程长度、材料特性和波长。所有材料都可以定义吸收或透射特性。

偏振数据

ZEMAX 可以定义偏振和非偏振入射光束。ZEMAX 在 3D 空间中追迹电场矢量的, 包括每个面交点处的 S 和 P 分量。偏振分析结果可以是表格数据或图形数据。

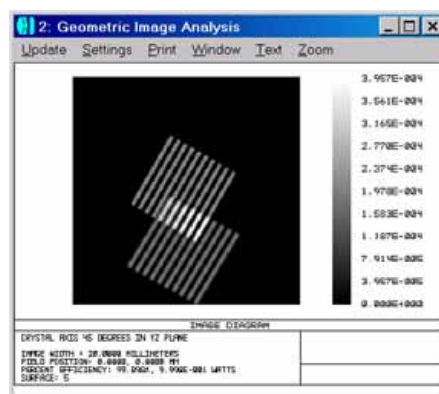
双折射材料

ZEMAX 模拟双折射单轴晶体, 如方解石。这些材料的光线追迹很复杂, 介质的有效折射率是角度(与面法线及晶轴的夹角)的复函数。

ZEMAX 完全 3D 地处理传播的光线, 正确计算任何入射角、晶轴方向任意的任何偏振态的位相。也考虑偏振透射强度。

O 光和 e 光的路径都计算。

里面还包含有双折射材料库, 任何色散的新材料都可以自定义。



由方解石双折射晶体产生的双像

ZEMAX 的系统需求

Windows 98/ME/NT/2000/XP

256 MB 内存(最小), 推荐用 512 MB 内存

物理光学分析可能需要更多的内存

200 MB 或更多的硬盘空间

一个并行口或 USB 接口

CD-ROM 光驱

最小显示分辨率 1024 x 768

ZEMAX 不同版本的功能对照表

项 目	功 能 参 数	SE	XE	EE
一般参数	3D 光学位置(倾斜、旋转、离轴)	√	√	√
	不限制面、变量、优化目标等的数目	√	√	√
光源类型	点光源, 激光二极管, 椭圆、扩展光源,	√	√	√
	均匀、Gaussian、Lambertian 分布	√	√	√
	用角度、物高、实际或近轴像高定义	√	√	√
面的类型	球面、非球面、二次曲面、多项式非球面	√	√	√
	柱面、环面、x-y 多项式面、齿轮面、圆锥面、双锥面	√	√	√
	全息、衍射光栅、理想透镜、ABCD 面、Fresnel 透镜	√	√	√
	园环、矩形、椭圆和网格状也径	√	√	√
	渐变折射率透镜	√	√	√
	能用非对称二元光学/衍射光学、Zernike 面		√	√
	椭圆和 VLS 光栅、扩展齿轮面		√	√
	双折射、自定义面及其它选择的特殊面形			√
优化	有 20 个缺省优化函数的最小阻尼二乘法算法	√	√	√
	全局优化、MTF 和衍射能量优化		√	√
	宏或编辑的扩展项计算的优化			√
公差分析	对倾斜、离轴、所有结构参数、玻璃特性的优化	√	√	√
	RMS 弥散斑大小、波前、瞄准、MTF、用户自定义标准	√	√	√
	Sensitivity、Inverse sensitivity、Monte Carlo 分析	√	√	√
	用程序语言公差分析			√
工具	鬼像焦点的产生、1 和 2 个面的反射	√	√	√
	输出到 CAD 程序的 IGES、SAT、STEP 固体模型数据	√	√	√
	ZPL 宏语言		√	√
	编辑自定义特性			√
分析	布局图、零件图、像差曲线、相对照度	√	√	√
	点列图、能量图、Y-Ybar 图、MTF、PSF	√	√	√
	成像分析、光强直方图、自定义光源成像	√	√	√
	干涉图、彩色焦移曲线、场曲和畸变等	√	√	√
	偏振光分析、薄膜分析			√
	热分析和优化、TCE、dn/dt			√
	物理光学传播			√

非序列性光线追迹(仅 EE 版本才有的功能)



一般参数 全局坐标中 3D 光学位置(相对物的位置)、对面、物、探测器和光线等的数目没有限制

光源类型 点光源, 激光二极管, 椭圆、矩形、灯丝、体、面光源、Radiant Source 光源和自定义光源

物件的类型 三角形、矩形、椭圆、锥形、柱形、管状、环面、棱镜、Fresnel 透镜、传统透镜、非球面、环形面、MEMS, CPC, 衍射光学、全息、光栅和自定义的物件和棱镜、从 CAD 输入的文件

介质可以是任意的玻璃、折射率渐变材料、吸收、反射或衍射、散射材料
薄膜可以放在任何物件的任何面上,

工具 输出到 CAD 程序的 IGES、SAT、STEP 格式的固体模型文件
可以看到任何点探测的能量, 包括相干和非相干辐射及光强图

分析 一根光线可以在任何边界分裂为任意数量的光线,
任何物件上都可以进行体/面散射模拟
可以同时追迹多级次衍射的光线
追迹的光线数据可以保存起来作为序列性分析使用
使用实际的辐射度单位和光度学单位