

LAS-CAD GmbH
Brunhildenstrasse 9
D-80639 Munich
Germany
Tel. +49 89 17 36 07
Fax +49 89 17 25 94
email: info@las-cad.com
www.las-cad.com



光研科学有限公司

LAS-CAD 激光腔体设计软件 中国独家总代理

江苏省南京市小卫街20号310室 210094

电话: +86 25 57929358 传真: +86 25 57929359

E-mail: china@wavelab-sci.com

LASCAD™ 3.2 - 手册

Copyright LAS-CAD GmbH 1996 - 2004

Copyright WaveLab Scientific 光研科学

手册目录

1. 操作平台.....	3
2. 安装.....	3
3. 物理单位.....	3
4. 计算方法.....	3
4.1. 复高斯模算法.....	3
4.2. 有限元分析法 (FEA)	3
4.3. 基于光束传输法的波动光学代码.....	4
5. 程序开始运行.....	4
6. LASCAD的各窗口.....	4
6.1参数区窗口 (“Parameter Field”)	4
6.1.1 “X平面参数”	5
6.1.2 “y平面的参数”	5
6.1.3 “孔径”	5
6.1.4. 常规.....	5
6.1.5. “光斑尺寸”	6
6.1.6. 参数区窗口的版面.....	6
6.2 高斯模式图窗口.....	6
6.2.1. 移动, 插入和清除元件.....	7
6.3 主窗口: “LASCAD”	8
6.3.1 下拉菜单.....	8
6.3.2 Tool Bar工具条 (从左到右)	10
6.4. “New Project (新项目)” 窗口.....	10
6.4.1 选项: “Standing Wave Resonator (驻波腔)”	10
6.4.2. 选项: “Ring resonator” (环形腔)	10

6.4.3. Option: "External Beam"选项"External Beam" (外部光束)	11
6.5 窗口"Stability Diagram" (稳定性图表) 和 "Stability Criteria" (稳定性判据)	11
6.6 窗口: "Additional Beam Parameters at Drag Bar Position"	12
6.7 窗口: "Entrance Plane Beam Parameter入射平面光束参数"	12
6.8 窗口 "模式剖面图"	12
6.9"窗口"Curvature of Phase Front (相前弯曲)"	13
6.10. 窗口 "晶体, 泵浦光束和材料参数"	13
6.10.1. "模式"	13
6.10.2. "泵浦光"	13
6.10.3. "边界条件"	17
6.10.4 "材料参数"	18
6.10.5 "掺杂浓度&材料参数"	18
6.10.6 "有限元分析选项"	18
6.11 窗口: "三维视图"	19
6.12. 窗口: "泵浦光分布图"	20
6.13. 窗口: "2维 数据模型和抛物线拟和"	20
6.14. 窗口: "激光输出功率"	21
6.15. 窗口: "光束传输程序"	23
6.16. 窗口: "光束半径的收敛"	24
6.17 窗口: "右端反射镜上的强度和相位"	24
6.18. 窗口: 本征频率光谱	25
6.19. 窗口: "本征模"	25
7、BPM代码窗口	25
8、demo版的限制	25
附录: 吸收系数的计算	26

1. 操作平台

操作系统: Windows95, Windows98, Windows2000, Windows Xp

显示器: VGA以上的彩色显示, 最小分辨率必须为800*600像素

内存: 推荐使用256或512MB。如果内存太小, FEA程序将使用硬盘上的虚拟内存, 运行将会很慢。对于所需的内存, 可以根据如下经验公式来确定。如果在有限元分析模型里有 $N \times 1000$ 个元, 则内存应该不少于 $2 \times N$ MB。如果在有限元分析模型里包含一种以上的材料, 那么就需要更多的内存。

2. 安装

遵循常用程序的安装步骤。将光盘放入光盘驱动器中, 等待自动安装, 或双击程序执行文件 setup.exe。如果您正在使用windows95操作系统, 您可能看到“下列文件不能自动注册”(“The following files failed to Self Register”)信息, 这种情况可以参考光盘里文件

(Documentation) 目录中的自我介绍文本文件(readme.txt)。文件(Documentation)目录里的内容在安装过程是可以查阅的。

这种情况可以参考光盘里文件(Documentation)目录中还包括快速指南(QuicTour.rtf), 操作手册(Manual.rtf), 演示版限制(Demo_Limitations.rtf), (brochure.doc)和文献(article.doc)等文本文件。其中, 文献(article.doc)文件是一篇2000年5月发表在Laser Focus World 杂志上的一篇文章。

3. 物理单位

除了波长和光斑的尺寸单位为微米(μm)外, 长度单位都是毫米(mm)。除此以外, 如果使用其他的单位, 会在程序运行前和运行过程中特别文字说加注明。

4. 计算方法

4.1. 复高斯模算法

复高斯模算法就是采用Siegman所著的激光(Lasers)一书中的第20章里的复ABCD矩阵来计算激光谐振腔里的模式结构以及腔外光束。为此, 谐振腔里的所有光学元件都必须作抛物形近似。通常, 反射镜和介质的表面都是球面, 因此, 抛物形近似是很好的近似。在垂直于光轴的X和Y方向上, 热致折射率热致分布也作抛物形拟合。表面的热致畸变也用此法。在很多情况下, 这样处理是足够精确的。在光轴上, 程序使用这些拟合的二阶微商, 参见6.1.1节。由于高斯算法在大多数情况下能够给出好的近似, 因此它完全被集成到LASCAD的图形用户界面并被用来确定谐振腔的模式结构结构。

4.2. 有限元分析法(FEA)

有限元分析法用于计算晶体的热分布、热形变和热应力。有限的令人感兴趣的结构数目使激光技术工程人员可以方便地调用预先设计好的模型进行有限元分析法的计算。目前在LASCAD里提供的模型有: 端面泵浦圆棒以及矩形板条, 包括用近平顶的超高斯分布泵浦光泵浦的圆棒和板条, 和侧面泵浦圆棒。其他的模型仍在研发中, 或者可以按客户要求提供。没有有限元分析法方面的知识, 使用者也可以通过LASCAD的图形用户界面来调整这些模型, 参见6.10节。晶体的尺寸可以改变, 泵浦光束的分布可以灵活地使用超高斯函数来模拟, 表面冷却模型可以选择, 也可以定义晶体的未掺杂区。利用现代自动网格生成器在晶体内产生等距离的网格并在其表面进行调整。这些等间隔的网格使人们可以用非常快的求解(cutting edge solver)技术。基于三维图形软件(OpenGL)技术的复杂的三维可视化代码用以显示有限元分析的结果。

4.3. 基于光束传输法 (BPM) 的波动光学代码

对于许多波动光学效应不能忽略的情况，与高斯算法的不同，基于快速傅里叶变换光束传输法 (BPM) 的波动光学代码可以直接逐次利用有限元法算出的结果而不必使用抛物型近似，因此，允许充分考虑有限元分析法 (FEA) 得出的折射率和结构畸变的三维分布。为此，波在晶体中传播每一小步都要考虑有限元分析法 (FEA) 的计算结果。为高斯算法的谐振腔模型也可以被直接转换并输入该代码。光束分布图可以利用Fox-Li的迭代法获得，不过计算中采用了很多更先进的计算方法。为了控制迭代过程的收敛性，使用光束传输法 (BPM) 开始计算后，程序会打开一个图形窗口，来显示迭代过程中随着迭代次数而变化的光斑尺寸，同时另一个图形窗口会周期性的显示输出耦合镜上的强度分布。迭代完成后，相位分布也可以显示。

另外，对本征模结构也进行了数值分析。为此，对每个往返周期右腔镜上的振幅数据进行采样。利用这些数据和场相关函数的FFT法对本征频率进行分析。场相关函数的FFT法可以参见 M. D. Feit 和 J. A. Fleck 的文章 “Spectral approach to optical resonator theory”，Appl. Opt., Vol. 20, 2843-2851 (1981)。随后，在第二次迭代过程之后，就可以计算本征频率光谱中最强峰对应的本征模分布。

5. 程序开始运行

启动 LASCAD 后，您可以在选择工作目录 (Select working directory) 的窗口中选择一个工作目录，或者在输入工作目录 (Enter working directory) 窗口内输入一个新工作目录名，由 LASCAD 产生的所有文件将存放在这一工作目录中，点击 “OK” 确认后，就会出现 LASCAD 的主窗口。点击这个窗口的新建项目 (File/New Project) 菜单，或者点击工具条最左边的图标按钮，或者仅仅按一下回车键，就会弹出一个对话框，在对话框中，可以选择驻波腔 (Standing Wave Resonator)，环形腔 (Ring Resonator)，或者外部光束 (External Beam)，这些选项将在6.4节中详细解释。现在，选择驻波腔，不要改变元件的数目和波长 (μm)，点击 “OK” 或按回车键 (ENTER) 关闭这个对话框，并出现另外两个窗口。上面的模式图窗口 (Mode plot window) 显示一个简单的两面镜驻波腔的高斯模形状，由5条线来表示光轴上不同位置上光斑尺寸的相对分布。下面的谐振腔参数窗口 (Parameter Field window) 显示在计算中使用的参数值。如果您在此窗口中的任一数值框内输入一个新的值，然后点击应用按钮 (Apply) 或者回车键 (ENTER) 后，就会立即执行新的高斯模计算。这些窗口以及其他的LASCAD窗口将会在下面介绍。多数窗口可以通过最小化和最大化按钮或用鼠标拖动它们来改变大小。下面按照一个LASCAD的新用户打开这些窗口的先后次序逐一描述。

6. LASCAD的各窗口

6.1参数区窗口 (Parameter Field)

这个程序里用的都是象反射镜、透镜、介质交界面这类的表面元件。元件之间充满介质。元件和介质都是用参数来描述。大多数参数都可以在垂直于光轴的两个方向分别定义。对参数进行修改并按回车键 (ENTER) 确认后，程序开始重新计算新的高斯模并产生一个新的模式图。

参数区窗口 (Parameter Field) 窗口的前三行依次表示下列各项：

- 元件号与腔模图窗口中的元件号相对应，高亮度的数值区对应于上面窗口 (模式图窗口) 的高亮度竖线。点击一数值区或者上面窗口中的竖线，可以把另一个元件设置为高亮度。
- 元件的类型。下拉框允许选择三种类型：反射镜，介质界面和薄透镜
- 两个元件之间的间隔

前三行的下面，显示的是有如下五个标签页的寄存控制器：

x平面的参数

y平面的参数

孔径

常规参数

光斑尺寸

与之相关的表格中有很多数据框，可以输入参数值。

6.1.1 X平面参数 (x-Plane Parameter)

在此表格中第一行的数据框内，可以输入入射角（单位：度）。该参数是元件的法线和入射光束的轴线之间的夹角，由于模式图都是用直线表示法显示的，这个参数在模式图里没有反映出来。尽管如此，在计算中已经考虑了元件与光束之间的角度依赖关系。目前，光束传播必须在x平面，即由x轴和光传播轴（z轴）定义的平面内，而全三维的传播路径与波动光学代码集成在一起。接下来的四行允许列出像散参数，即可在X平面和Y平面输入的值可以不同。

- 类型参数 (Type Parameter)。这个参数取决于上面第二行选择的类型。对于反射镜和介质界面，它代表曲率半径。对于透镜，它代表焦距。
- 介质折射率的x分量
- 介质折射率对x的二阶导数的负数一次方（对应于 Siegman 所著的《激光》 (Lasers) 一书中的 n_2 ）
- 增益系数对x的二阶导数的负数一次方（对应于 Siegman 所著的《激光》 (Lasers) 一书中的 $-\alpha_2$ ）

6.1.2 Y平面参数 (y-Plane Parameter)

此表格中的四行显示了与X平面参数表格相应的Y平面的参数。如果这些数据框中输入的值与相应的X平面参数数据框的值不同，背景色就会变成蓝色，表明这个参数存在像散。X平面相应的数据框颜色也发生改变。如果设置了像散，X平面的值可以独立于Y平面的值而改变，否则Y平面的值会保持与X平面的值相同。按住控制 (Ctrl) 键，点击相应的框，将Y平面的值设置回X平面的值。

6.1.3 孔径 (Apertures)

此表格有两行，可以输入光阑半径，X平面和Y平面的值可以不同。但必须首先输入X平面的值，因为Y平面的值会随着X平面的值而改变。在高斯算法中，这些参数可以被用来确定既定孔径内的最大可能的 M^2 值，参见下一章。在波动光学代码中，孔径被用于衍射效应。如果X平面的值和Y平面的不一样，光束传输法 (BPM) 的代码里会使用一个椭圆孔径，此半径的预设值为 1000000 微米 (μm)，比通常的光斑尺寸大得多。如果您想用元件作为孔径，可以用很大曲率半径的介质界面。

6.1.4 常规参数 (General)

标着波长（单位：微米） (Wave Length, μm) 的数值框可以用来改变波长，在泵浦功率标定（单位：瓦特） (Pump power for rescaling, W) 的数值框中，可以输入泵浦功率值，以此线性标定对有限元法 (FEA) 的计算进行抛物线拟合获得的结果。这两个数值框在演示版中是不能用的。标着泵浦功率（单位：瓦特） (Pump power for rescaling, W) 的数值框是阴影的，其数值旨在示意演示版中最初用于有限元计算的数值。

此表格中的其他部分，可以分别定义X平面和Y平面上的光束质量因子 M_x^2 和 M_y^2 。这些参数可以直接输入，也可选择高阶的厄米-高斯模 TEM_{0n} 或 TEM_{m0} ，这些模可以分别按照方程 $M_x^2 = 2n+1$ 或 $M_y^2 = 2m+1$ 来自动定义光束质量。还可以在两个使用X平面（或Y平面）上的孔径定义 M_x^2 （或 M_y^2 ） (Use x(y)-plane apertures to define $M_{x(y)}^2$) 的选择显示框中，分别选定一个或全选两个，自动计算出所定义孔径内的最大 M^2 。

对于单独的外部光束，由于他们和入射面的其他参数直接相关，参数 M_x^2 和 M_y^2 不能在常规参数（General）的表格中定义。

6.1.5. 光斑尺寸（Spot Size Results）

此表格中的前两行显示x平面上各元件表面位置处的高斯光斑的大小。如果存在抛物型增益系数，正如快速指南里解释的那样，光波从左到右传播和从右到左传播是不同的，对应于不同方向的数值框分别用绿色和红色背景来区分。第三行和第四行分别显示的是相应的Y平面的值。

如果要显示元件表面之间位置处的光斑尺寸，请参考6.6节，拖动条所在位置处的光束参数（Additional Beam Parameters at Drag Bar Position）。

打印光斑尺寸请使用LASCAD主窗口的菜单里的打印至文件（Print to File/ ...）的选项。

6.1.6. 参数区（Parameter Field）窗口的版面

在参数区（Parameter Field）窗口中，选定水平间距（Horizontal distance）的选择显示框，可以使窗口内各数值框的水平间距得到合理的布局。窗口内的数值框太多，可以增加窗口的宽度。为此可以用鼠标拖动右边界，或使用窗口任务条里的最大化按钮。另外还可以使用窗口下面的滚动条，点击这个条上面的箭头，就可以单步滚动元件编号，或者移动滑动条可以更快地滚动元件编号，也可以点击滑动条左边和右边的区。

参数区窗口也能被最小化。这样，您可以在修改参数（Modify Parameters）的对话框里修改参数，参见6.2.1。

6.2 高斯模式图窗口

这个窗口标题行显示了您所选的谐振腔的类型

如果设置了某个像散参数，在模式图窗口就会出现两个图形框。上面的一个显示了X平面的模式形状，下面的一个显示了Y平面的模式形状。对于旋转对称结构，仅有一个图形框显示。在较下面图形框的底部显示的数据为元件之间的间隔，对应于参数区（Parameter Field）窗口第三行显示的间距值。如果选定窗口左下角的直径调整（Adjust diameter）选择显示框，在图形框左侧的数据分别显示了两个图中各自的最大光斑尺寸，否则显示的只是图形的标定值。如果存在抛物型增益，模式图中就会显示绿线和红线，它们分别对应于从左到右和从右到左传播的光波。

元件用垂线来代表。元件的类型使用三角形标识符号表示，这些符号与参数窗口选择的元件类型一一对应，下面就是各个元件类型的标识符号。

反射镜：	实直角三角形
介质界面：	空直角三角形
透镜：	实等腰三角形

在参数区的类型一行里点击下拉菜单，使用回车（ENTER）键来确认，以此熟悉各种标识符号。类型参数的正负由标识符号的方向来表示。

在图形框上方可以看到三个显示选择框，最左边的一个可以在驻波腔情况下打开稳定性图（Stability Diagram）窗口，而在环形腔情况下打开稳定性判据（Stability Criteria）窗口，稳定性图和稳定性判据分别在6.5节中描述。

显示光束的附加参数（Show Additional Beam Parameters）的显示选择框可以打开拖动条所在位置处的光束参数（Additional Beam Parameters at Drag Bar Position）窗口。这个窗口与图形框内可以水平移动的洋红色垂直拖动条的位置相对应，当移动洋红垂直拖动条相对于标号为零的元件位置时，其数据会显示在拖动条所在位置处的光束参数（Additional Beam Parameters at Drag Bar Position）窗口中的洋红色的数据框内，同时，此窗口也会显示此处的光斑尺寸及其附加参数。这些在6.6节中加以描述。

请注意需要等待交叉型的鼠标标记出现后，才能移动的洋红色垂直拖动条。

显示模式分布 (**Show Mode Profile**) 的显示选择框也是和洋红色的垂直拖动条一起使用的，此选项控制按钮打开模式分布 (**Mode Profile**) 窗口，显示拖动条所在位置处的模式分布图，这些在6.8节中加以描述。

紧接着图形框下边可以看到一个滚动条 (**Scroll bar**) 和伸缩 (**Shrink & Stretch**) (伸缩) 控制按钮，使用这个滚动条，可以左右移动图形。使用三角形的伸缩控制按钮，可以增加或减小图形的宽度。

当点中参数区的某个数值框时，在腔模图的下面就会有一个滑块控件，拖动它就可以改变相应的参数值。此参数名显示在滑块最左边的参数框内，紧邻参数名的右边黄色数值框内是参数值，再右边的第三个数值框用来设定百分比范围，允许滑块控件在这个范围内扫描参数值。这个百分比数值框，可以直接输入不同的参数值，也可以从下拉菜单中选择参数值。假定值50%意味着如果初值为1000，那么此参数可在500—1500之间调整。当移动滑块控件时，就可以在黄色的块中看到实际的参数值。如果滑块正处于激活状态时，也可以使用键盘上的指针按键 ($\leftarrow$ 或 $\rightarrow$) 对滑块进行微调。用鼠标点击参数区的相关数值框或百分比框会使滑块复位到中心位置，并且以当前值取代以前中心位置的参数值。然后就可以开始以新的中心值来改变参数。滑块控件不能改变参数区中与孔径 (**Apertures**) 寄存控制器相对应的数据表格内的参数值。

在模式图窗口左下方的长度调节 (**Adjust Length**) 选项框允许每次绘图时都把模式图窗口的宽度都调整到图框的宽度。同时，洋红色的拖动条也被重新放到图形框的右边。

相邻的直径调节调整 (**Adjust Diameter**) 选项框的功能在前面已经解释过。

在模式图窗口右下角，有三个选择按钮，其功能为：

模式 (Mode only) :

仅仅计算和显示谐振腔内的模式形状

模式和外部光束 (Mode + External Beam) :

同时显示谐振腔内的模式形状和外部光束。外部光束用黄色以示区分。此处已经考虑了光束通过谐振腔的右端腔镜时的入射角和折射率

外部光束 (External Beam only) :

仅仅显示外部光束，其初始平面值和选择模式和外部光束 (**Mode + External Beam**) 选择按钮时所使用的值相同。如果要考虑一个独立的外部光束，就新建一个项目，选择外部光束 (**External Beam**) 选择项。

6.2.1. 移动，插入和清除元件

这些超作一般使用鼠标来进行，有时也同时使用键盘上的变挡 (**shift**) 键和控制 (**ctrl**) 键来完成，如下所述 (也可参见菜单项“热键和鼠标的使用”)

移动元件:

为了移动元件，可以点击模式图窗口中的竖线 (不要点在中间的数字框上!) 并水平拖动。此时，您可以看到与相邻元件的间隔值在变。释放鼠标键后，模式形状会立即被重新计算并绘出。

修改元件:

假如参数区 (**Parameter Field**) 窗口被关闭或您的监控器分辨率很低，可以通过下面的办法来修改参数。用鼠标右键点击模式图窗口中元件显示修改参数 (**Modify Parameters**) 的对话框，它的设置相应于“参数区”窗口，可以用同样的方式操作。在这个窗口您还可以激活滑块控件。不要关闭此窗口，用鼠标右键点击模式图窗口中不同的元件表面，您可以看到相应的参数值。

插入一个附加元件

按住键盘上的变挡 (**shift**) 键, 在两个元件之间点击鼠标左键。此时就会出现一个插入元件 (**Insert Elements**) 的对话框, 显示要插入元件的参数。这个窗口的设置也和“参数区”窗口的相应。为简单起见, 插入一个新的元件, 其左边介质的特性总是随之而重新定义。为了消除像散, 按下键盘上的控制 (**Ctrl**) 键并点击有关的数据框, 如同在“参数区”的操作一样。元件也可以被加到谐振腔的左端腔镜表面或右端腔镜表面的外面。如果模式形状和外部光束 (**Resonator + External Beam**) 这一选项按钮已被选定, 当您点击右端腔镜表面和其右边元件表面之间的区域时, 对话框中将会有另外两个选项按钮供您确定新加元件用于谐振腔内还是用于外部光束。

清除元件:

按下键盘上的控制 (**ctrl**) 键然后点击要被清除的元件, 并在随之出现的对话框中确认。

插入热透镜晶体:

请参阅6.10节和6.13节。

清除热透镜:

按下键盘上的控制 (**ctrl**) 键并用鼠标左键点击热透镜区可清除热透镜。也可以参阅6.12节。

在您继续操作之前, 可先自行练习一下, 例如, 可以重复众所周知的一个简单两镜腔的模式特性。在打开参数区窗口后, 就会显示建议使用的参数, 这些参数还包括一个很小的抛物形增益系数以免谐振腔变成非稳。为了了解谐振腔什么时候会变为非稳, 您可以把这些值设为零。

6.3 主窗口 (LASCAD):

6.3.1 下拉菜单

6.3.1.1. 文件 (File)

新项目 (New Project): 打开一个新项目 (New Project) 窗口, 在6.4节予以描述。

打开项目 (Open Project): 从先前保存的项目文件里读取所有的参数, 包括热透镜参数。

存储项目 (Save Project) 和存储项目至 (Save Project As): 将项目中所有的参数及其解释以ASCII码的格式保存到一个文件里。您可以在文本编辑器里对其进行编辑和打印, 但须谨慎改动, 不要将直线删除。

退出 (Exit): 关闭LASCAD程序。

6.3.1.2. 打印 (Print)

模式图 (Mode Plot): 打开打印机对话框, 然后打印在模式图窗口中显示的高斯模形状。

参数区 (Parameter Field): 打印在参数区 (Parameter Field) 窗口中显示的参数。

为完整地打印在一页纸上, 建议在打印之前, 预先减小窗口的水平尺寸或以图片的形式打印。

抛物线拟合 (Parabolic Fit): 打印温度和畸变的抛物线拟合 (Parabolic fit of Temperature and Deformation ...) 窗口中的图形, 参阅6.12节。

6.3.1.3. 打印到文件 (Print to File)

模式图 (Mode Plot): 产生一个模式图图表的位图文件

光学元件参数 (Optical Element Parameters): 产生一个包含参数区 (Parameter Field) 窗口中显示的光学元件参数的列表文件。这些元件按顺序逐个被列表, 包括他们依次在光轴的位

置、元件的类型、焦距长度或曲率半径、以及元件之间的介质参数等。

谐振腔轴上的光斑尺寸 (Spot Sizes along Resonator Axis)：产生一个列表文件，该文件列出了沿z轴以很小的步长增加的腔内各处的光斑尺寸。其中包含了光波从左到右和从右到左传播时的光斑尺寸。如果需要，y-平面的光斑尺寸也可以列出。

外部光束的光斑尺寸 (Spot Sizes along External Beam)：产生一个列表文件，该文件列出了沿z轴以很小的步长增加的腔外高斯光束的光斑尺寸。

元件位置上的光斑尺寸 (Spot Sizes at Element Positions)：产生一个列表文件，该文件列出了元件所在位置处的光斑尺寸以及元件类型。

右腔镜上的强度分布 (Intensity at Right Mirror)：产生一个由光束传输法 (BPM) 代码计算的右腔镜上强度分布的位图。参阅6.17节。

右腔镜上的相位分布 (Phase at Right Mirror)：产生一个由光束传输法 (BPM) 代码计算的右腔镜上相位分布的位图。参阅6.17节。

本征模 (Eigenmode)：产生一个在本征模窗口中显示的本征模分布的位图文件，参阅6.19节。

6.3.1.4. 复制到剪贴板 (Copy to Clipboard)

将6.3.1.3节中描述的位图复制到剪贴板。

6.3.1.5. 视图 (View)

高斯模式图 (Gaussian Mode Plot)：重新打开高斯模式图窗口。

参数区 (Parameter Field)：重新打开参数区窗口。

模式分布 (Mode Profile)：打开模式分布窗口，参阅6.8节。

稳定性图 (Stability Diagram)：打开一个窗口显示谐振腔的稳定性图，参阅6.5节。

稳定性判据 (Stability Criteria)：打开一个窗口显示谐振腔稳定性判据的数值，参阅6.5节。

晶体，泵浦光束，材料参数 (Crystal, Pump Beam, and Material Parameters)：打开或重新打开一个窗口以便输入相应的参数，参阅6.10节。

抛物线拟合 (Parabolic Fit)：打开或重新打开一个窗口以便开始抛物线拟合计算，参阅6.12节所述。

输入外部光束 (Input for External Beam)：打开或重新打开入射平面光束参数 (Entrance Plane Beam Parameters) 窗口，以便输入入射平面处外部光束的参数，这个选项按钮仅仅在新项目 (New Project) 窗口中的外部光束 (External Beam) 选定后或者有这个选项的项目被打开时才能使用。

泵浦分布 (Pump Profile)：打开或重新打开显示泵浦分布的窗口，参阅6.10节。

相前弯曲 (Curvature of Phase Front)：打开相前弯曲 (Curvature of Phase Front) 的窗口显示相前弯曲图，参阅6.9节。

6.3.1.6. 有限元分析 (FEA)

参数输入和运行有限元分析程序 (Parameter Input & Start of FEA Code)：打开一个窗口，

在此窗口选择一个腔结构，输入晶体尺寸，泵浦结构和材料参数，然后开始运行FEA程序。参阅6.10节。

抛物线拟合(Parabolic Fit): 打开窗口开始使用工作目录下指定的有限元分析输出(FEA. Out)文件进行抛物线拟合计算。此文件中含有先前执行的所有FEA的运算结果以及同时还包括计算中所用的所有晶体、泵浦和材料的参数，参阅6.13节。

使用先前的拟合结果(Use Previous Fit): 使用先前的抛物线拟合的结果插入一个含有热透镜效应的晶体。

三维可视器(3D Visualizer): 打开窗口显示有限元分析法的计算结果。参阅6.10节。

6.3.1.7. 光束传输法(BPM)

运行光束传输法(Run BPM): 打开窗口，输入光束传输计算所需的参数，开始运行程序。参阅6.15节。

显示光束半径(Show Beam Radius): 打开光束半径收敛性(Convergence of Beam Radius)窗口。此窗口显示光束半径随腔计算迭代次数的演化。参阅6.16节。

显示光束分布(Show Beam Profile): 打开右端镜上的强度和相位(Intensity and Phase at Right End Mirror)窗口。参阅6.17节。

显示频谱(Show Frequency Spectrum): 打开本征频率谱(Spectrum of Eigenfrequencies)窗口。参阅6.18节。

显示本征模(Show Eigenmodes): 打开本征模(Eigenmodes)窗口，参阅6.19节。

6.3.1.8. “Laser Power(激光功率)”

打开一个窗口，计算激光的输出功率。

6.3.2 工具条(Tool Bar)(从左到右)

按钮1: 打开新的项目窗口(和相应的菜单选项具有相同的功能)。

按钮2: 保存项目里所有的参数到一个文件(和相应的菜单选项具有相同的功能)。

按钮3: 打开先前的项目(和相应的菜单选项具有相同的功能)。

按钮4: 打印模式图窗口中显示的模式形状(和相应的菜单选项具有相同的功能)。

6.4. 新项目窗口(Window: New Project)

在您点击工具条上的新项目(New Project)按钮后，就会出现一个新项目(New Project)窗口。在此窗口中您可以选定驻波谐振腔(Standing Wave Resonator), 环形谐振腔(Ring Resonator)或外部光束(External Beam)三个选项中的任意一个，三个选项解释如下。另外您可以输入波长[单位: μm]，元件数，光束质量参数。

6.4.1. 驻波谐振腔选项: (Option: Standing Wave Resonator)

这个选项可以选定一个驻波谐振腔以及上面的段落里描述的参数默认值并准备开始计算。在这种结构里可以增加额外的元件。小的抛物型增益系数有助于避免谐振腔建立过程中的不稳定性，如果您不喜欢它，可以将其参数改为零。正如6.2.中所述，如果增益系数存在，驻波谐振腔的模式图是用绿线和红线表示的，因为这种情况和增益系数为零的情况不一样，从右到左的光的传播和从右到左的光的传播是不相同的。绿线代表光波从左向右传播，而红线代表光从右到左传播。可以增大增益系数并改变镜子的曲率半径观察此现象。

6.4.2. 环形谐振腔选项: (Option: Ring Resonator)

这个选项可以选定一个环形谐振腔，在此情况下，由于只考虑一个方向的传播，将不会显示

表示光束从右到左传播的红线。由于零号元件仅仅被看作光波从最后一个元件传播出来的一个虚界面，所以不可能在谐振腔左端的外面增加元件。不过可以通过在最后一个元件的外面或在零号与一号元件之间插入一个元件在物理上获得等同的结果。当您输入环形谐振腔内的元件数时，不需要考虑零号元件。

6.4.3. 光外部束选项：(Option: External Beam)

这个选项可以选定对外部光束单独进行计算。选中这个选项，然后点击确认 (OK) 纽后，就会打开入射面光束参数 (Entrance Plane Beam Parameters) 窗口，其过程将在6.7节中予以描述。当为外部光束计算输入通过的元件数时，不需要考虑零号元件。

6.5. 稳定性图表和稳定性判据窗口 (Window: Stability Diagram and Stability Criteria)

在驻波谐振腔的情况下，选定模式图窗口中的显示稳定性图 (Show Stability Diagram) 选项框，就可以打开稳定性图 (Stability Diagram) 窗口；在环形腔的情况下，同样选定显示稳定性判据 (Show Stability Criteria) 选项框，就可以打开稳定性判据 (Stability Criteria) 窗口。这两个窗口也可以从主菜单中选择观看/稳定性图 (View/Stability Diagram) 或观看/稳定性判据 (View/Stability Criteria) 项来分别打开。另外稳定性判据 (Stability Criteria) 窗口也可从稳定性图 (Stability Diagram) 窗口中打开。

正如A. E. Siegman著的《激光》(Lasers) 中第19章所描述的，稳定图起始于描述稳定双镜谐振腔之目的。就这种谐振腔而言，高斯光束参数和光斑尺寸存在有限实数解唯一的条件如下关系式成立，

$$0 \leq g_1, g_2 \leq 1$$

其中 g_1 和 g_2 被定义为

$$g_1 = 1 - \frac{L}{R_1} \text{ 和 } g_2 = 1 - \frac{L}{R_2},$$

L 是两个镜子之间的距离； R_1, R_2 分别是左右腔镜的曲率半径。在O. Svelto所著的《激光原理》(Principles of Lasers) 的第5.5节中，这个概念被推广至腔内含光学元件的一般驻波谐振腔。在这种情况下， g_1 和 g_2 应该分别用单向ABCD矩阵中的元素 $A_1 = g_1^*$ 和 $D_1 = g_2^*$ 来代替，ABCD矩阵是所有腔内元件和端面镜的矩阵乘积。端面镜可以被等价的内透镜加平面镜代替。对于一般的情况，可以导出等价稳定条件为

$$0 \leq g_1^* g_2^* \leq 1$$

如果存在增益波导，由于单向矩阵依赖于光束的传播方向，因此这些关系不是精确有效。然而，对于小的抛物线形增益系数而言，仍然是有用的近似（参见下面）。

在稳定性图中，按下绘图点 (Plot point ...) 的按钮，可以显示属于实际结构的点。如果现在改变结构，就会绘出一个新的点，而原来的点仍被保留以示区别。例如您可以看一下改变泵浦功率的影响。首先打开参数区窗口的常规参数 (General) 列表，在相关的框中输入想要的数值，然后点击应用 (Apply) 按钮，在稳定性图 (Stability Diagram) 上就会显示相应的点。甚至可以完全执行一个新的有限元分析 (FEA) 程序，但是，这种情况下，有限元分析 (FEA) 文件夹下保存结果的文件也会被重写。如果想保存这些结果，必须预先修改这个文件夹名。如果想恢复与先前的点相应的结构，点击这个点，按照弹出的窗口中的指示进行操作。如果想清除所有的点，请按点清除 (Clear points) 按钮。属于各个点的项目文件被分别保存在工作目录下的稳定性结构 (Stabilityconfigs) 子目录下，并被命名为“Stabfile_1”，“Stabfile_2”等等。如果想额外地显示Y平面的模式图，选定显示Y平面图 (Show y-plane diagram) 的选项框。

在环形谐振腔的情况下，稳定性图不再适用。取而代之的是更一般常判据，如往返ABCD矩阵的

迹的一半的实部和虚部，或者Siegman的《激光》（Lasers）一书，第二十一21章中定义微扰本征值。这些判据的值及 A_1 和 D_1 值都会显示在稳定性判据（Stability Criteria）窗口中。对稳定的谐振腔而言，往返ABCD矩阵迹的一半的实部 m 应该符合条件，

$$-1 \leq m \leq 1 .$$

微扰本征值会给出相对于微扰的本征解的稳定性判据。它的绝对值的平方必须小于或等于1。

为了检查稳定性图在增益波导情况下的适用性， $A_1 \cdot D_1$ 和 $(A+D)/4+1/2$ 两个数据同时显示在稳定性判据（Stability Criteria）窗口中，它们对增益存在与否是完全一致的，其中 A 和 D 是往返矩阵ABCD里的元素。

6.6. 拖动条位置处的附加光束参量窗口 (Window: Additional Beam Parameters at Drag Bar Position)

在模式图窗口中选定显示附加光束参数（Show Additional Beam Parameters）选项框，即可打开此窗口。当从图框右边拖动洋红色垂直条到模式图上时，此洋红色垂直条相对于0号元件的位置会显示在洋红色数值框内，或者，也可以在这个数值框里输入数值并点击应用（Apply）按钮来改变条的位置。如果输入的数值超出其范围，会给出拖动条超出范围（Position of drag bar out scale range）的提示。点击重新设置拖动条（Reset drag bar）按钮，可将其恢复到初始位置。下面的数值框给出拖动条所在位置处的光斑尺寸，相前曲率半径，远场发散角，虚拟光束束腰的大小，虚拟光束束腰的位置，以及光束束腰和发散角的乘积。这里由于抛物型增益不为零，会由此而引入附加的相前曲率，因此虚拟光束束腰和实际光束束腰可能会不一致。

如果要打印光斑的结果，请使用LASCAD主菜单里的打印至文件（Print to File/ ...）选项。

6.7. 入射平面光束参数窗口 (Window: Entrance Plane Beam Parameter)

在新项目（New Project）窗口中，如果您选择外部光束（External Beam）选项框，这个窗口就会被自动打开，进入这个窗口，您可以输入入射平面光的光束参数。有三种情况供您选择，

第一个选项：输入光斑大小和远场角

第二个选项：输入束腰光斑大小和入射平面与束腰之间的间隔

第三个选项：输入远场角和入射平面与束腰之间的间隔

任选其中一个，都可以使输入的相应数据在计算中得到合理的使用。所有输入的数据都取决于光束传输介质中的折射率，入射平面和光束束腰的距离被取一个绝对值。点击符号（>）选项框，可以实现汇聚光束和发散光束之间的切换，在 x 平面和 y 平面这个符号可以分别设置。

另外也可以分别输入 X 平面和 Y 平面上的光束质量参数 M_x^2 和 M_y^2 。在独立的外部光束的情况下，由于这些参数与其他入射平面参数直接相关，因此他们不能在参数区窗口中的常规参数（General）表格里直接定义。

6.8. 模式分布窗口 (Window: Mode Profile)

选定模式图窗口右上角的显示模式分布（Show Mode Profile）选项框，可以打开6.2节所述的模式分布（Mode Profile）窗口。这个窗口的两个图形分别是 X 方向和 Y 方向上洋红色拖条位置处的厄米-高斯 TEM_{00} 和 TEM_{0m} 模。在模式图中拖动这个洋红条，可以显示腔轴上不同位置处的模式分布，使用上下箭头控制按钮可以实现不同阶数模式之间的转换，使用拉伸按钮可以改变水平和垂直方向的尺度，也可以直接将参数输入相关的数字框，然后点击应用（Apply）按钮。用鼠标点击其中任一图形，会使其高度与图表窗口的高度相适应。左下角的数字框显示的是模式图中洋红条和编号为零的元件之间的间隔。

如果在模式图中有一个热透镜，还能显示横向泵浦光分布。为此，必须选定显示泵浦光分布（Show pump light distribution）选项框。泵浦光分布以每立方毫米瓦特为单位，如分布图右边

的纵坐标所示。目前此纵坐标的尺度不能调整，但是它随拖动条的移动而改变。

打印（Print）按钮可以打印图表。

这个窗口也可以从LASCAD主菜单上选择观看/模式分布（View/ Mode Profile）来打开。

6.9. 相前弯曲窗口（Window: Curvature of Phase Front）

从LASCAD主菜单上选择观看/相前弯曲（View/Curvature of Phase Front），可以打开相前弯曲（Curvature of Phase Front）窗口，该窗口显示高斯模的相前弯曲。由于抛物型增益会引起附加的相前弯曲，因此在增益参数存在时，尤其令人感兴趣。建立一个只有两个平面反射镜谐振腔结构，其中存在抛物线形增益参数，就可以看到从左向右传播的波对右手边而言，有正的曲率，而反方向传播的波则对左手边而言也有正的曲率，即曲率对传播方向而言总是正的。另一方面如果考虑一个仅仅抛物线形折射率不为零的结构，则相前为平面。您可以用滑块调整显示曲率的尺度，最左边的位置对应于实曲率。

6.10. 晶体，泵浦光束，和材料参数窗口（Window: Crystal, Pump Beam, and Material Parameters）

从LASCAD主菜单上选择有限元分析/参数输入和开始（FEA/Parameter Input & Start of FEA Code），就可以打开晶体，泵浦光束，和材料参数窗口（“Crystal, Pump Beam, and Material Parameters”）窗口。这个窗口的主要部分是有6个标签的对话框。分别介绍如下，

6.10.1. 模型（Models）

这儿有八个选项可供选择不同泵浦方式和晶体的几何形状。

- 圆棒，（双端）端面泵浦
- 圆棒，泵浦光沿Z轴方向是平顶高斯分布，与Z轴垂直方向是超高斯分布
- 板条，（双端）端面泵浦
- 板条，泵浦光沿Z轴方向是平顶高斯分布，与Z轴垂直方向是超高斯分布
- 圆棒，侧面泵浦
- 板条，侧面泵浦，含三明治结构
- 圆棒，数值输入泵浦光分布
- 板条，数值输入泵浦光分布

在选项框的下面的方格中可以输入晶体的长度、直径或者宽度和高度。对于板状晶体，端面还可以是倾斜的，在这种情况下，晶体的长度是两端面中心的距离。晶体的端面沿与晶体的长边平行的z方向编号，坐标原点位于最左边端面的中心处。端面绕平行于Y轴的轴线旋转，旋转角为端面与Z轴正向的夹角， 90° 表示端面和Z轴垂直，负的角度表示端面与Z轴的夹角大于 90° 。完成有限元分析计算后，您菜单里选择有限元分析/三维视图（FEA/3D Visualizer）选项，打开三维视图，在那里可以显示坐标系原点，参阅6.11节。

6.10.2. 泵浦光（Pump Light）

在这儿您可以输入泵浦功率和参数来定义泵浦光的分布。这个输入数据框的内容取决与您所选的结构。

6.10.2.1. 端面泵浦（End Pump）

在端面泵浦的情况下，泵浦光束的强度分布，即被吸收的泵浦功率密度 [单位: 瓦特/立方毫米, (W/mm^3)] 使用超高斯函数来模拟。可以选择旋转对称或X-Y对称。泵浦光束可以分别从左端面或右端面入射，也可以从两端同时入射。在页面内的入射功率 (Incident power) 数值框中分别定义每束光的总功率，无入射光束时，一定要把功率设置为零。点击其中一个入射功率数值框，上述参数框会自动的分别按照左边的光束或右边关的光束排列。

下面的方程分别给出了每一束光被局部吸收的泵浦功率密度。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/086211115214010133>