激光束整形器和扩束器设计

SYNOPSYS光学设计软件

设计目标

本课程的目的是使光通量尽可能均匀，目标是在出射口孔径上，光通量变化在 10%以内，将通过以下几种形式来分别设计：

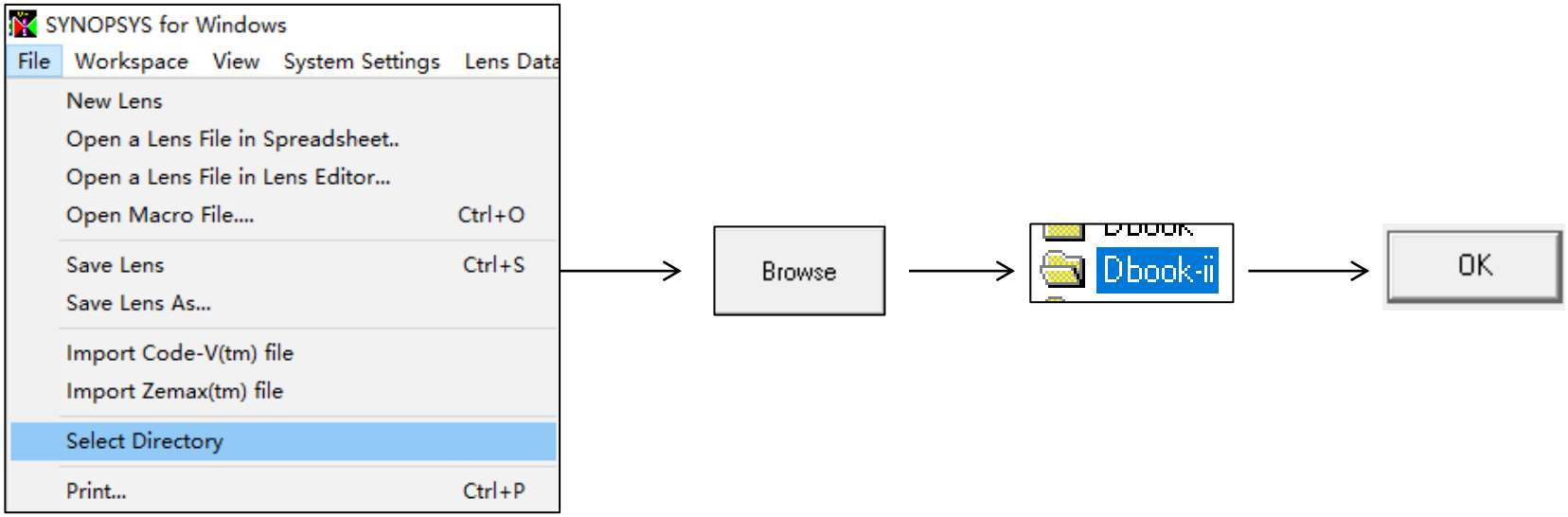
- 采用球面透镜来设计
- 采用非球面透镜来设计
- 采用DOE面来设计

概述

- C15M1激光器
- 检查系统的光通量
- 添加球面镜片优化
- 优化结果评估

设置工作目录

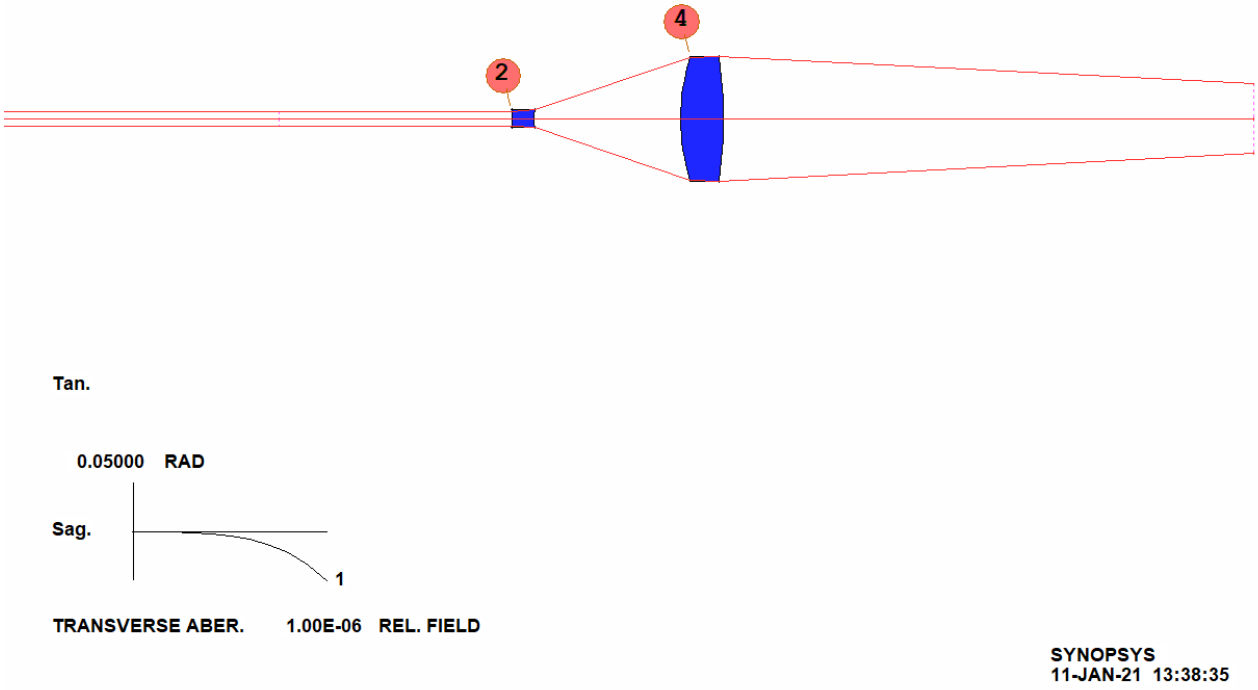
- 选择Dbook-II 工作目录



参考Donald Dilworth《Lens Design(Second Edition) Automatic and quasi-autonomous computational methods and techniques》第15章

激光束整形器的初始系统

- 点击Open MACro按钮
- 打开C15M1.MAC，点击Open
- 点击Run按钮

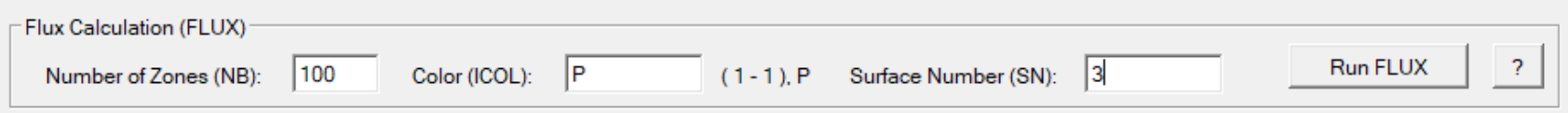


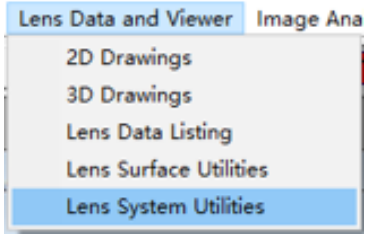
C15M1.MAC

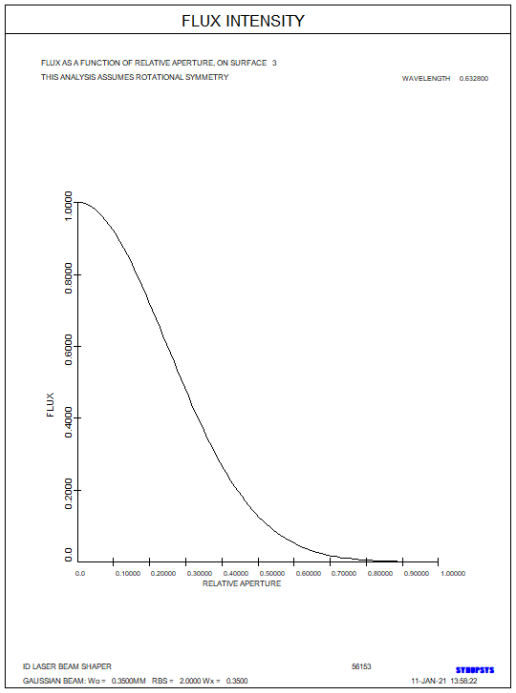
```
RLE                          ! Beginning of lens input file.
ID LASER BEAM SHAPER
WA1 .6328                    ! Single wavelength
UNI MM                       ! Lens is in millimeters
OBG .35 2                    ! Gaussian object; waist radius -.35 mm; define
full aperture as twice the 1/e**2 point.
1 TH 22                      ! Surface 2 is 22 mm from the waist .
2 RD -5 TH 2 GTB S           ! Guess some reasonable lens parameters; use glass
type SF6 from Schott catalog
SF6
3 UMC 0.3 YMT 5                    ! Solve for the curvature of surface 3 so
the marginal ray has an angle of 0.3;
!  find spacing so ray height is 5 mm on next surface
4 RD 20 TH 4 PIN 2           ! Guesses for surface 4
5 UMC 0 TH 50                ! Solve for curvature of 5 so beam is collimated.
7                            ! Surfaces 6 and 7 exist
AFOCAL                       ! because they are required for AFOCAL output.
END                          ! End of lens input file.
```


检查能量密度方法一

- 检查能量密度如何从孔径的中心下降到边缘
- 点击Lens Date and Viewer →Lens System Utilities或在Command Window中输入 FLUX 100 P 3

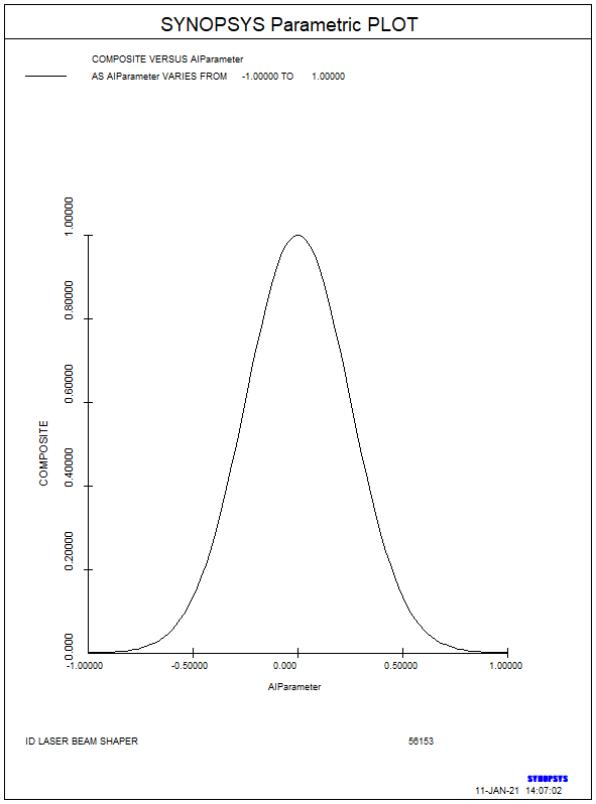






检查能量密度方法二

- 点击Open MACro按钮  ，打开C15M2.MAC，点击Open，点击Run按钮 
- 在Command Window中输入如下命令STEPS = 100
- 在命令窗口中输入DD
- 方法二是FLUX像差

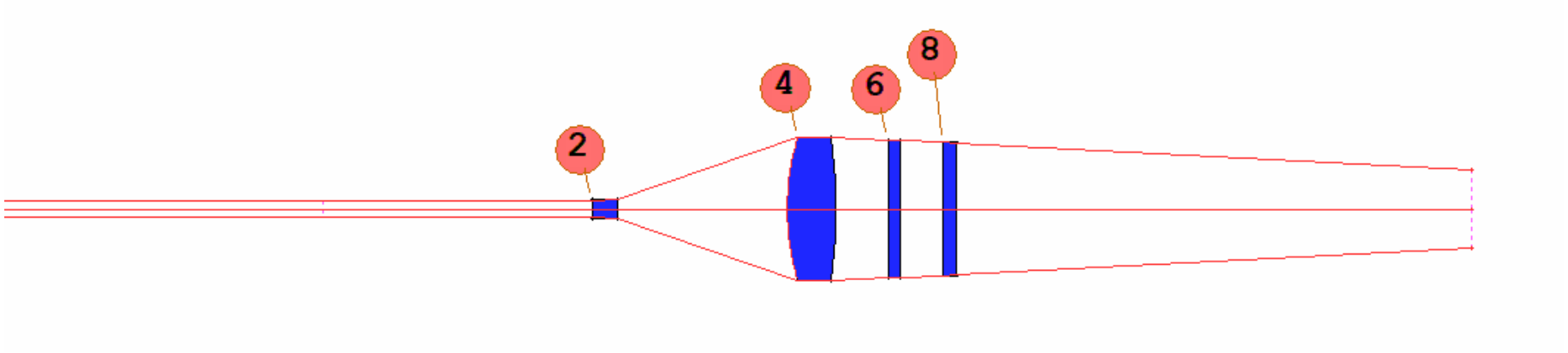


C15M2.MAC宏

```
DD: DO MACRO FOR AIP = -1 TO 1
COMPOSITE                          ! Ready a composite definition.
CD1 P FLUX 0 0 AIP 0 3             ! Composite data number 1 is the flux
at a relative Y- coordinate of AIP
                                   ! (defined later) on surface 3.
= CD1
Z1 = FILE 1
= 1 + Z1
ORD = FILE 1
```

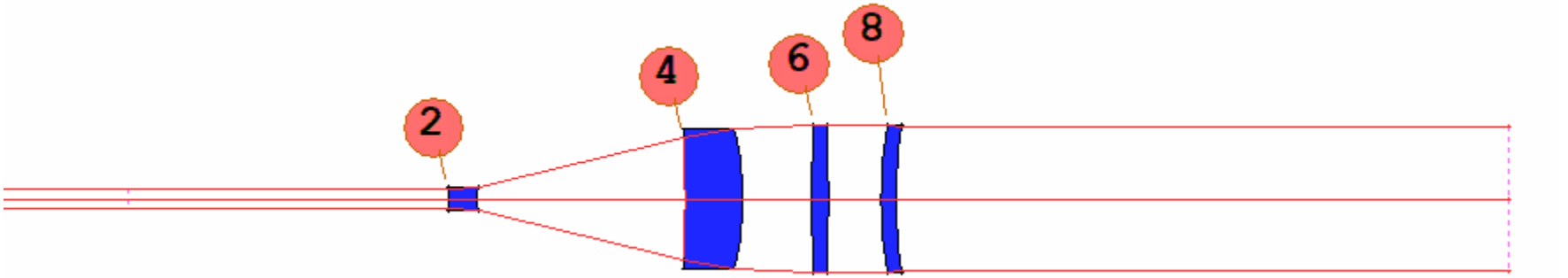
添加元件

- 点击WorkSheet Lens Edit按钮
- 点击Insert Element按钮
- 在表面5的右侧添加两个元件
- 点击Checkpoint按钮



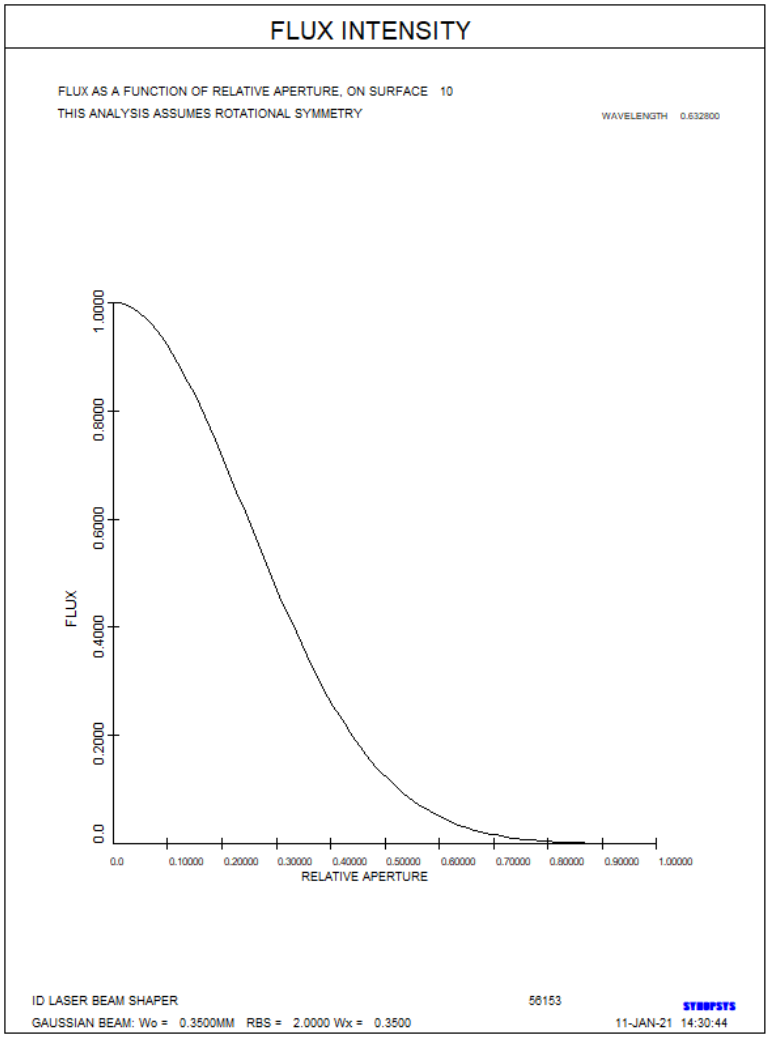
优化四个透镜

- 点击Open MACro按钮
- 打开C15M3.MAC，点击Open
- 点击Run按钮
- 您的结果可能会有所不同，因为您点击插入元件的确切位置是不可预测的



再次评估光通量均匀性

- 为了确定情况是否有所改善，我们需要再次评估光通量均匀性
- 在Command Window中输入FLUX 100 P 10
- 光通量没有改善

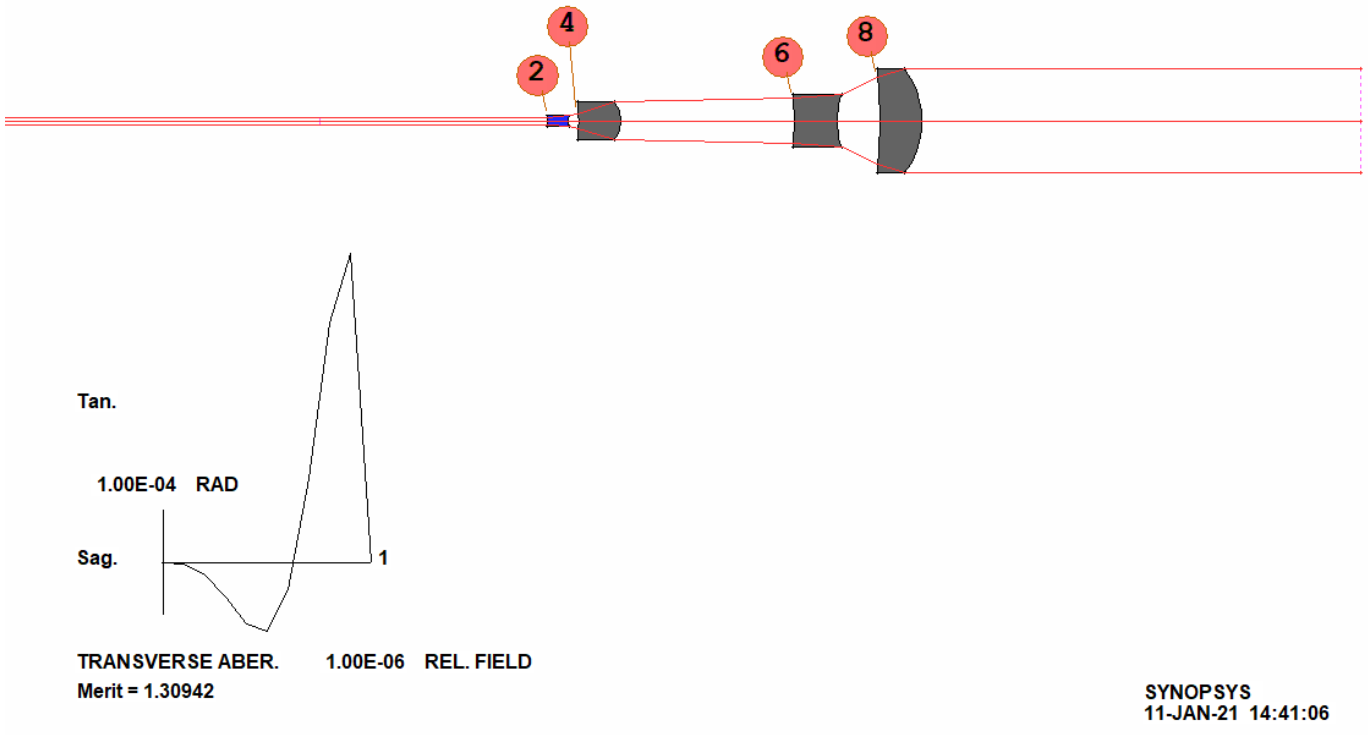


编辑光源

- 在WorkSheet中，在表面框中输入数字 0，然后单击“Update”
- 该光源目前定义为 OBG 0.35 2.000000，意思是高斯物，腰半径0.35 mm，全孔径在两倍1/e²点
- 将其更改为 OBG .35 1 并单击“Update”

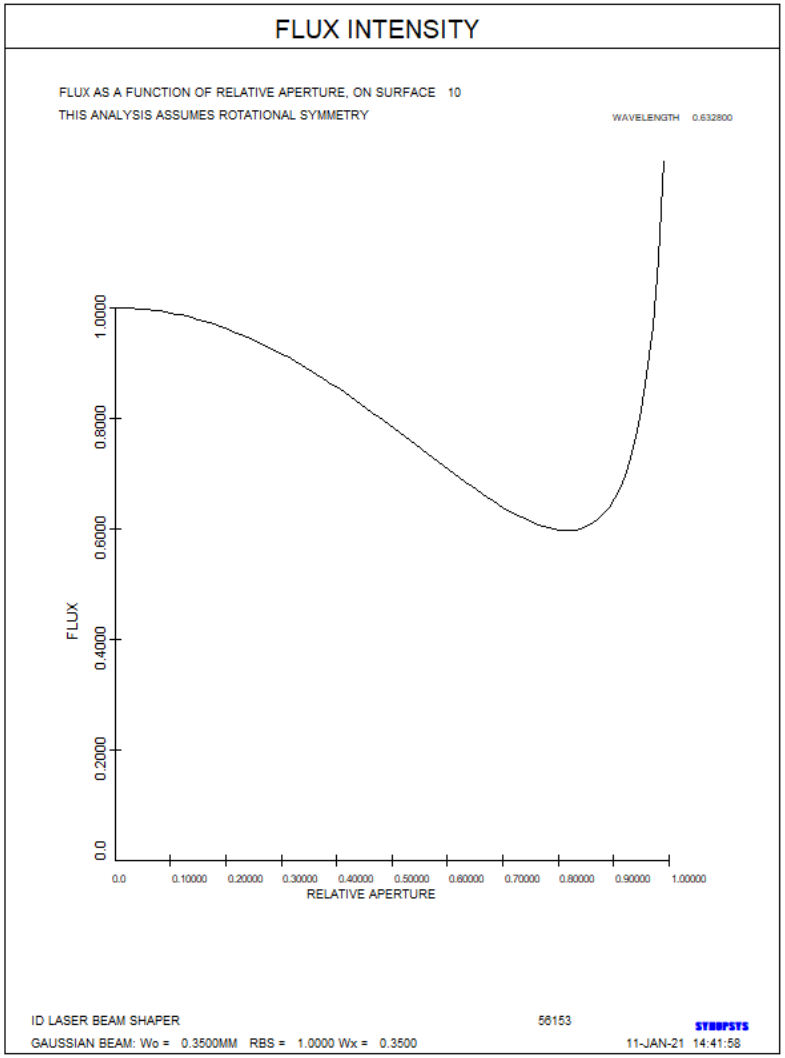
优化并模拟退火

- 点击Run按钮  ，再次运行C15M3.MAC
- 点击  ，模拟退火(22, 1, 50)



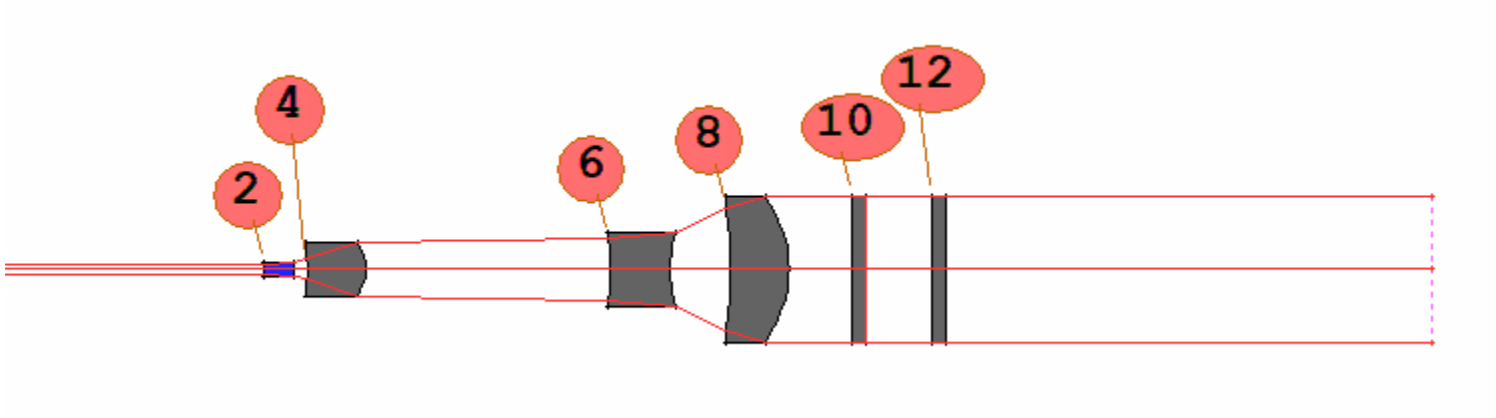
四个透镜的光通量均匀性

- FLUX 100 P 10
- 现在光通量稍好一些，但仍然不够均匀。
- 在保持光线角度控制的同时使强度分布变均匀并不容易。
- 这是所能达到四个元件的一个好的结果



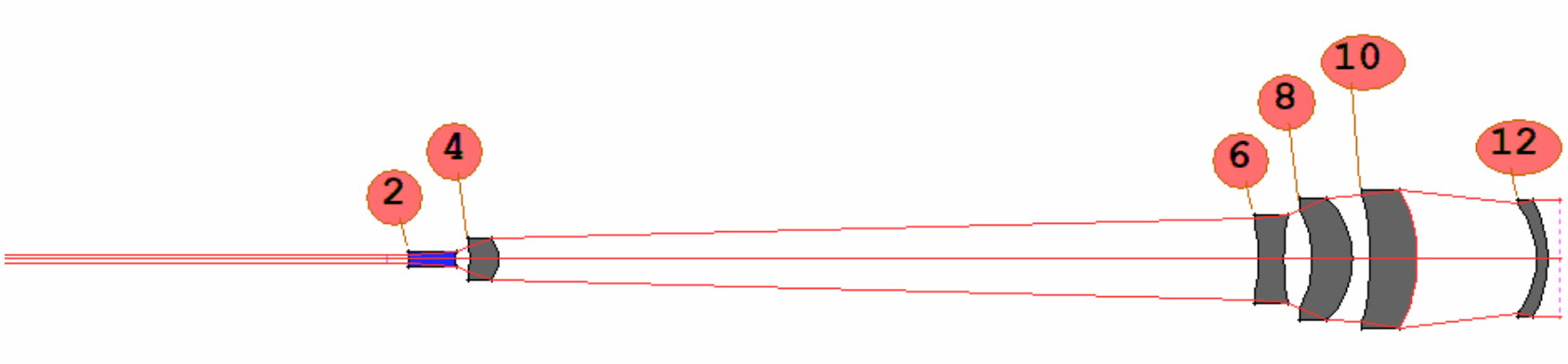
再添加两个透镜

- 点击WorkSheet Lens Edit按钮
- 点击Insert Element按钮
- 在表面9的右侧添加两个元件



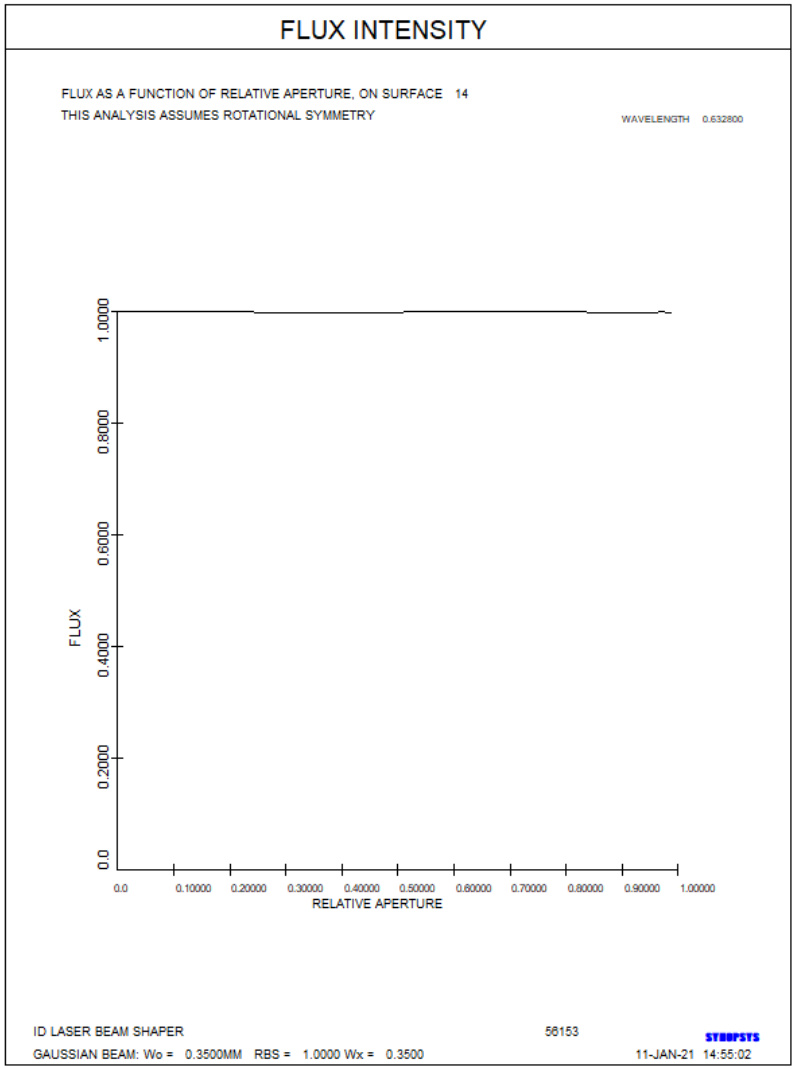
优化六个透镜

- 点击Open MACro按钮  ，打开C15M4.MAC
- 点击Open，点击Run按钮 
- 点击  ，模拟退火(22, 1, 50)



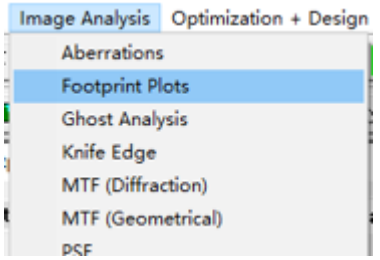
六片透镜的光通量均匀性

- FLUX 100 P 14
- 光通量完全在10%的均匀度的目标范围内
- 可以使用全球面透镜完成激光整形器，但需要六片透镜

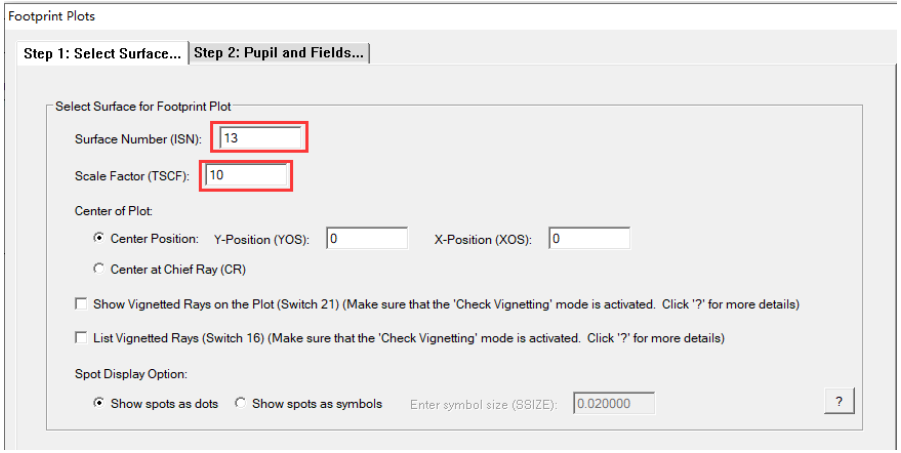


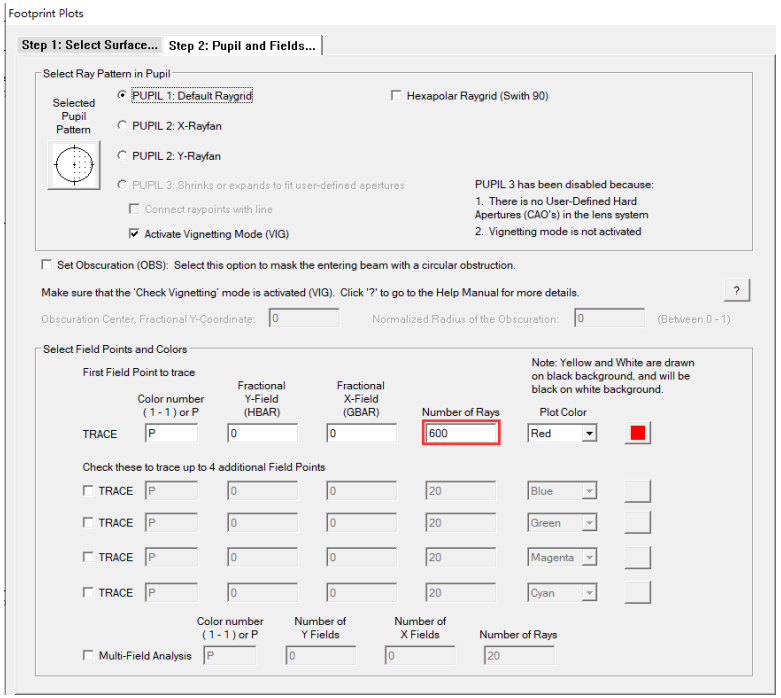
足迹图

- 点击Image Analysis →Footprint Plots或在Command Window中输入MFP



- 关闭开关27，选择表面13，Scale X Times 10，600条光线

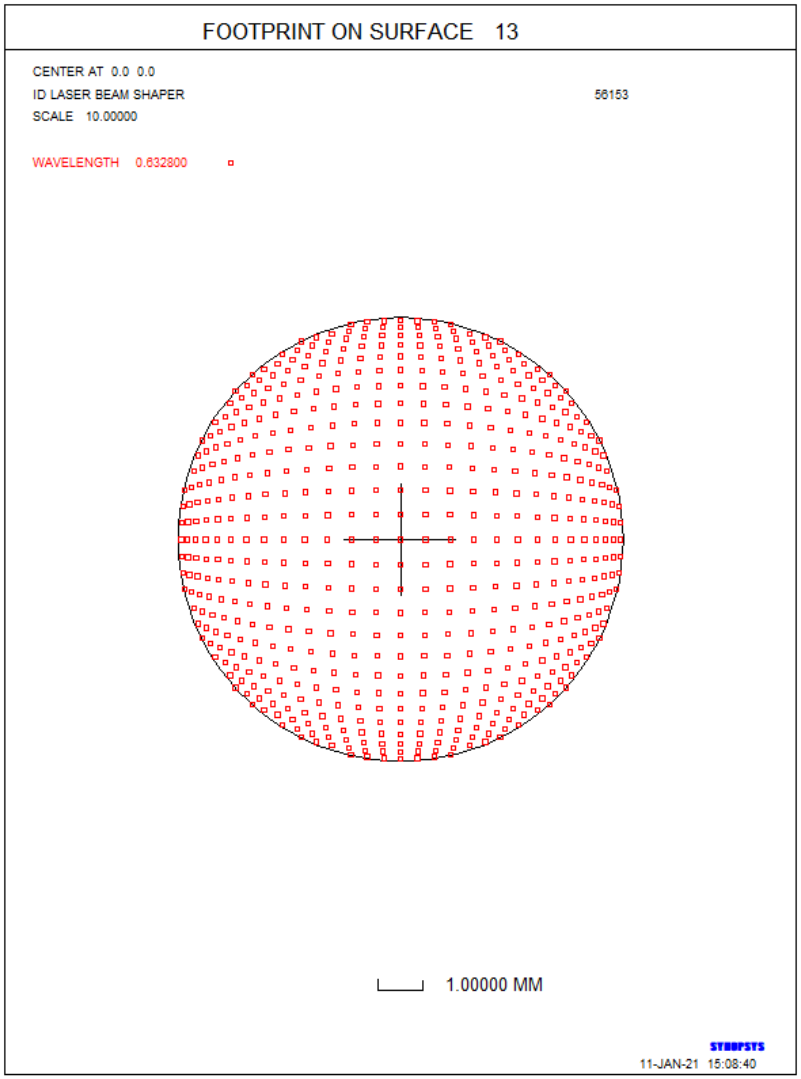




- 光线更多地在中心附近散开，在边缘附近压缩，这正是使光束更均匀的正确方法。

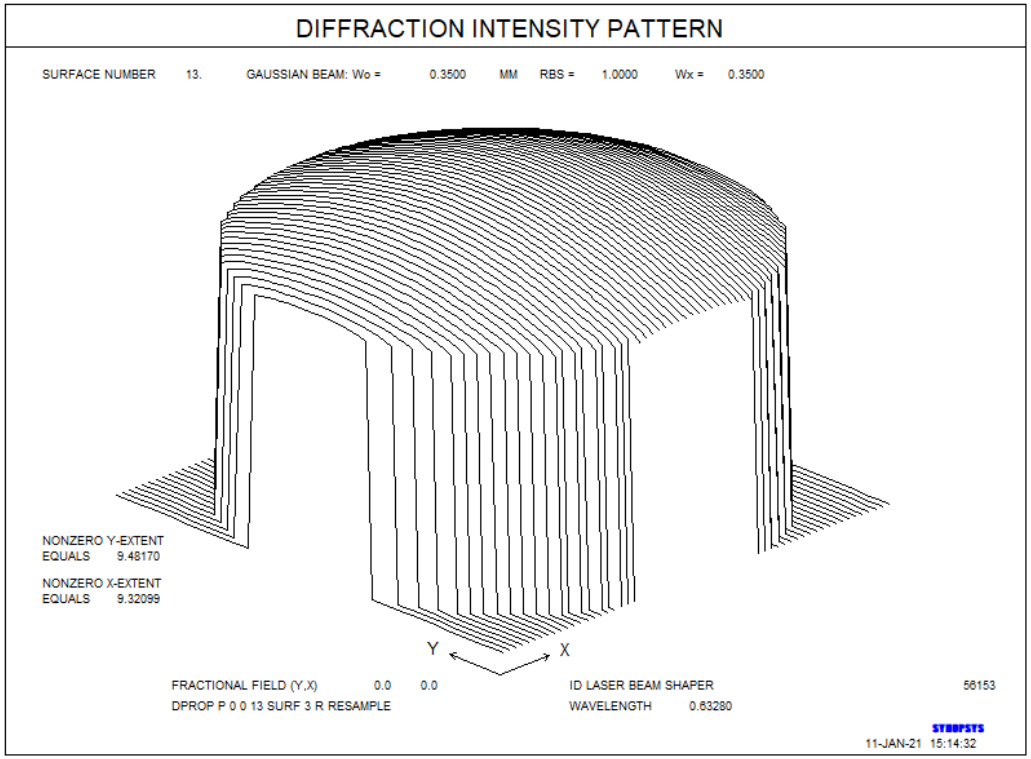
足迹图

光线更多地在中心附近散开，在边缘附近压缩，这正是使光束更均匀的正确方法。



检测能量密度方法三

- 方法三是DPROP衍射传播特性



新建宏，输入如下命令：

CHG

CFIX

1 TH 0

END

DPROP P 0 0 13 SURF 3 R RESAMPLE

小结

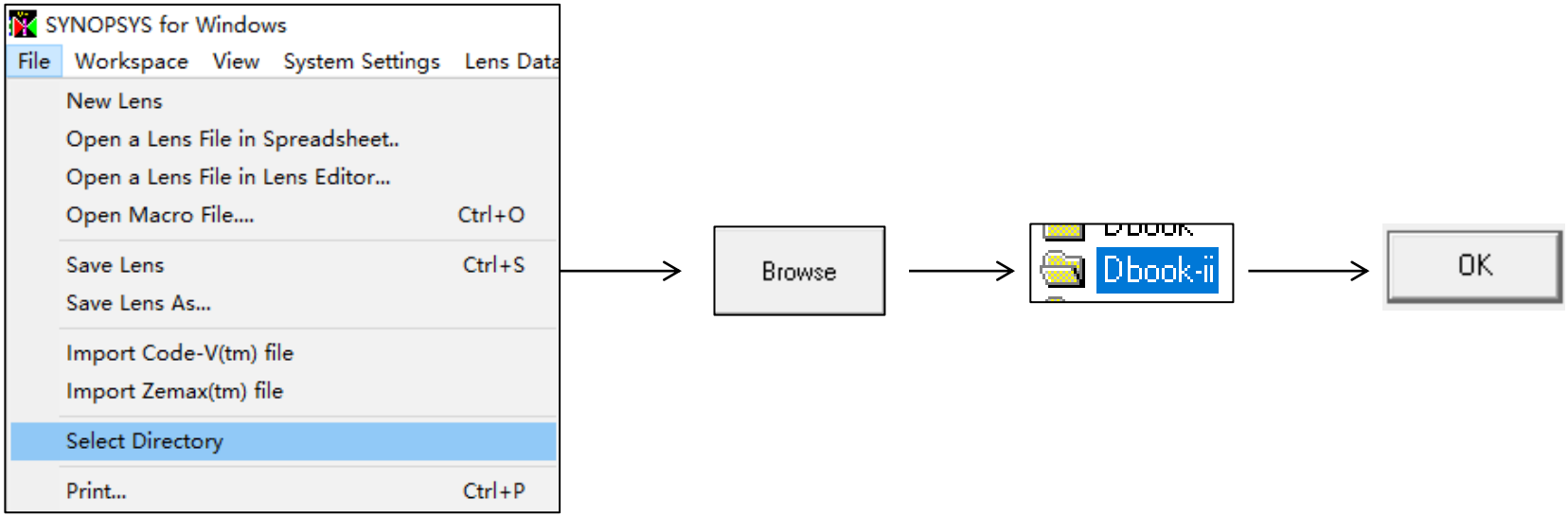
使用全球面镜可以设计激光整形器，可以达到光束均匀的要求，但需要六片透镜。球面透镜需要的镜片数量多，但是球面透镜易于加工。我们接下可以尝试，使用非球面来设计激光整形器。

概述

- C16M1激光整形器初始系统
- 优化模拟退火
- FLUX非球面设计的光通量均匀性
- TFAN子午光扇分析
- DPROP衍射传播特性
- ADEF非球面镜与最佳拟合球体距离
- ADEF最佳拟合球体条纹图

设置工作目录

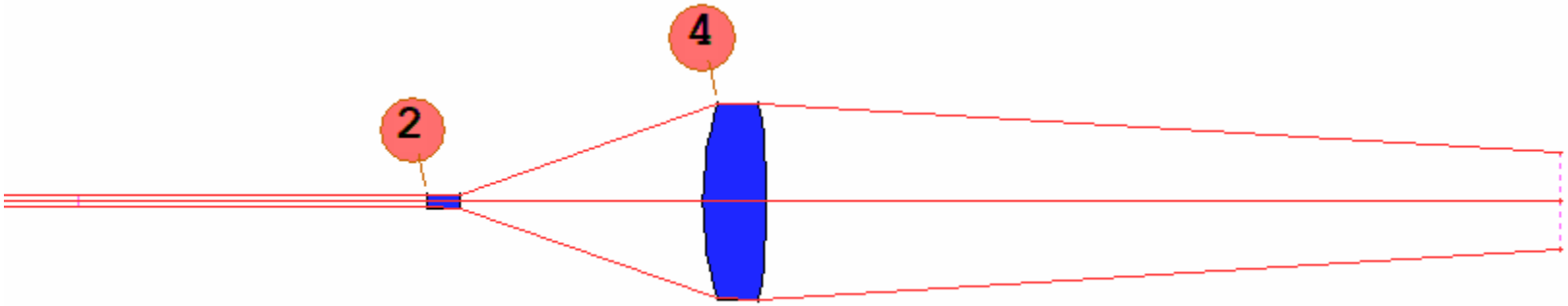
- 选择Dbook-II 工作目录



参考Donald Dilworth《Lens Design(Second Edition) Automatic and quasi-autonomous computational methods and techniques》第16章

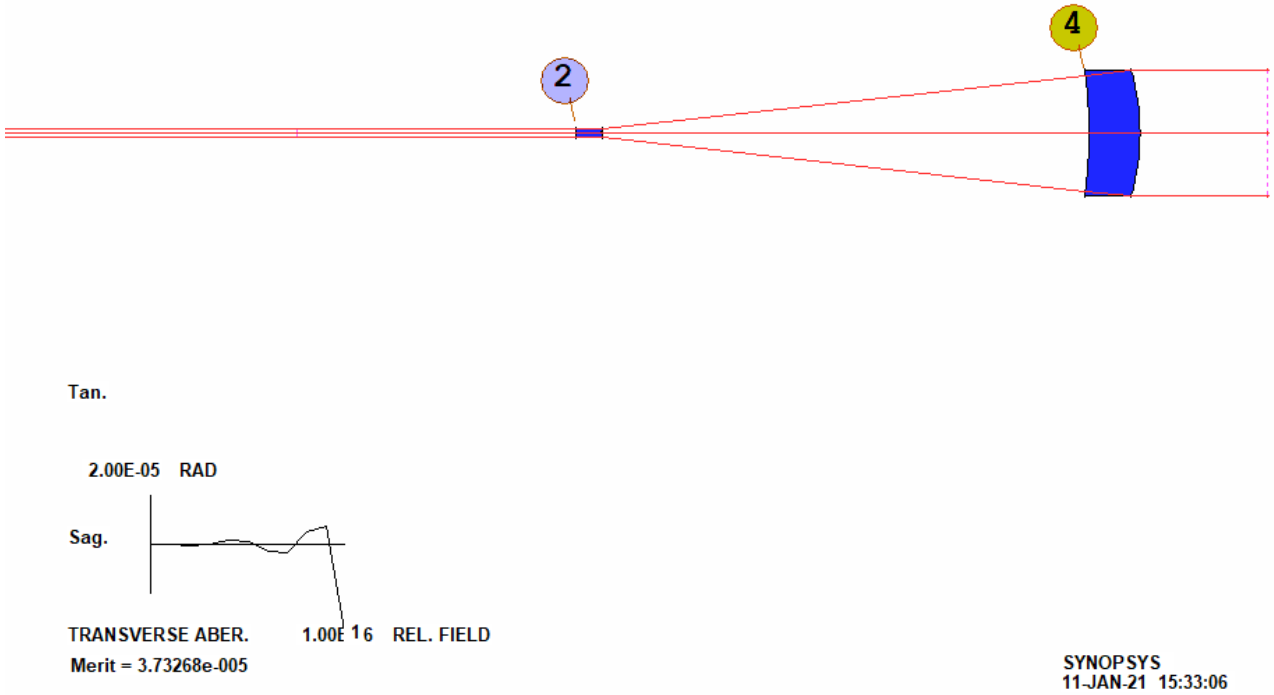
激光束整形器的初始系统

- 点击Open MACro按钮
- 打开C16M1.MAC，点击Open
- 点击Run按钮



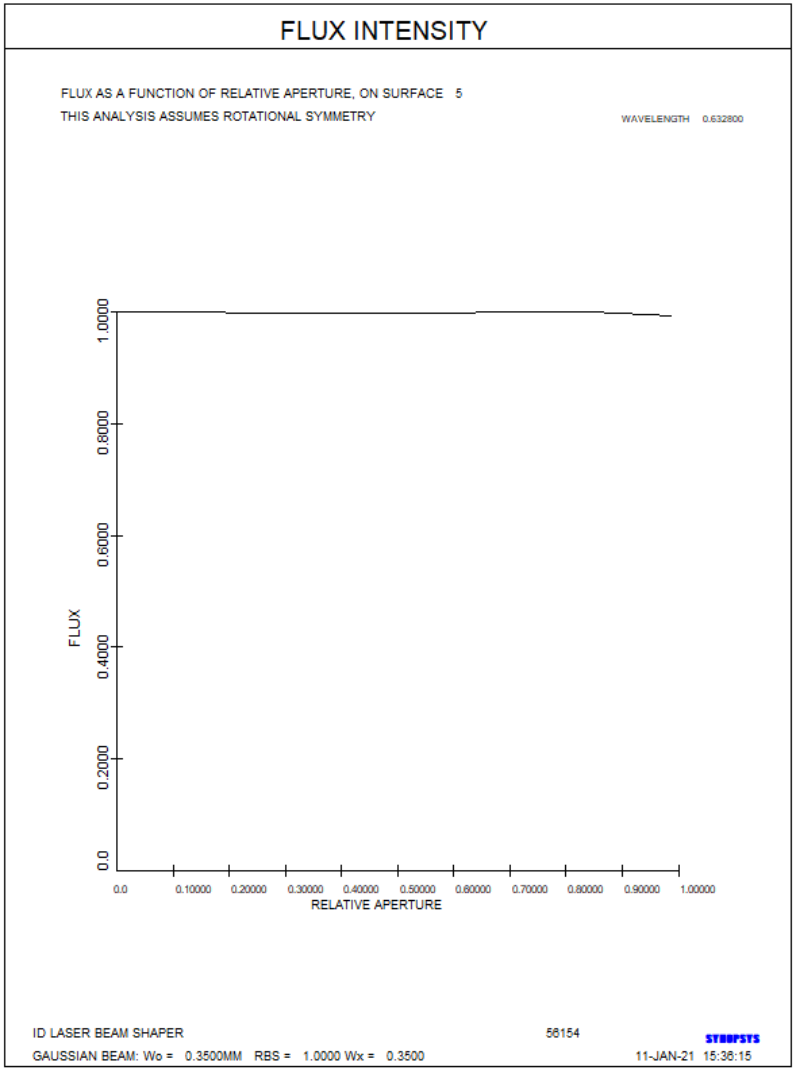
优化并模拟退火

- 点击Open MACro按钮，打开C16M2.MAC，点击Run按钮
- 点击Simulated Annealing按钮，模拟退火参数（22,1,50）



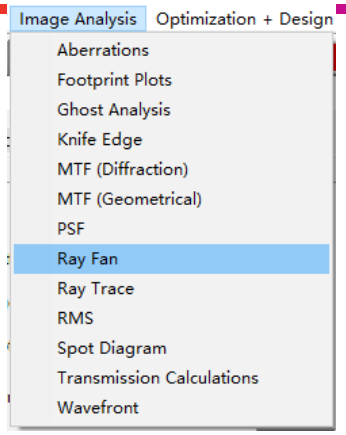
非球面设计的光通量均匀性

- FLUX 100 P 5
- 光通量几乎完全均匀

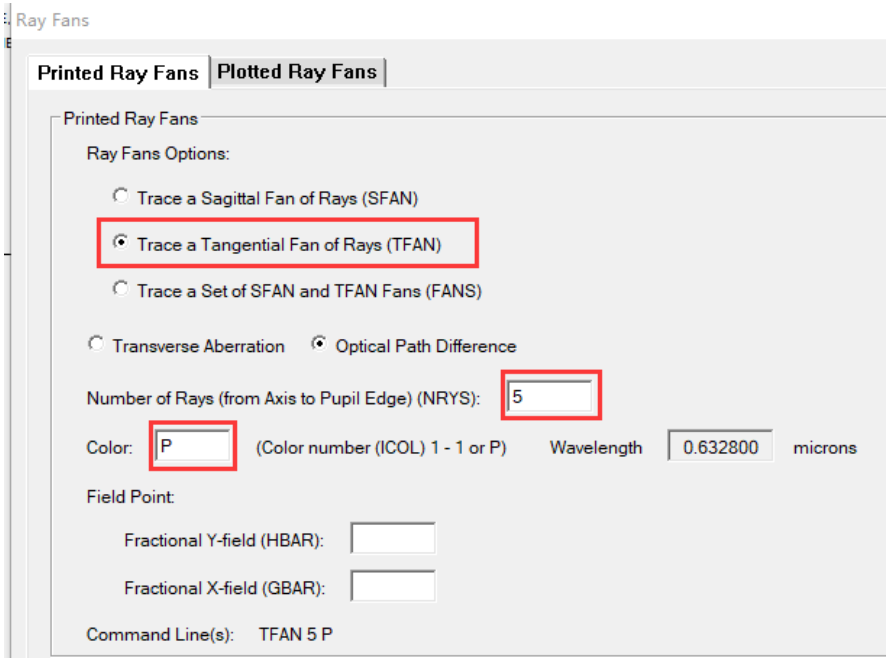


子午光扇分析

- 点击Image Analysis -> Ray Fan或在Command Window 中输入如下命令




```
SYNOPSYS AI> --- TFAN 5 P
ID LASER BEAM SHAPER                    56154          11-JAN-21    15:46:47
TANGENTIAL RAY FAN ANALYSIS

FRACT. OBJECT HEIGHT                HBAR       0.000000   GBAR       0.000000
COLOR NUMBER                           1
CHIEF RAY COORD. AT IMAGE              Y       0.000000
GAUSSIAN IMAGE HEIGHT                          0.000000

 REL ENT PUPIL                RAY ABERRATIONS
      YEN                  DELTA Y              DELTA X

_____________________________________________________________

    -1.000           3.933936E-05          0.000000
    -0.800          -5.242490E-06          0.000000
    -0.600           2.734351E-06          0.000000
    -0.400          -1.961788E-06          0.000000
    -0.200           8.586321E-07          0.000000
     0.200          -8.586322E-07          0.000000
     0.400           1.961788E-06          0.000000
     0.600          -2.734353E-06          0.000000
     0.800           5.242493E-06          0.000000
     1.000          -3.933939E-05          0.000000
SYNOPSYS AI>
```



DPROP衍射传播特性

新建宏文件，输入以下命令，运行。

STORE 9

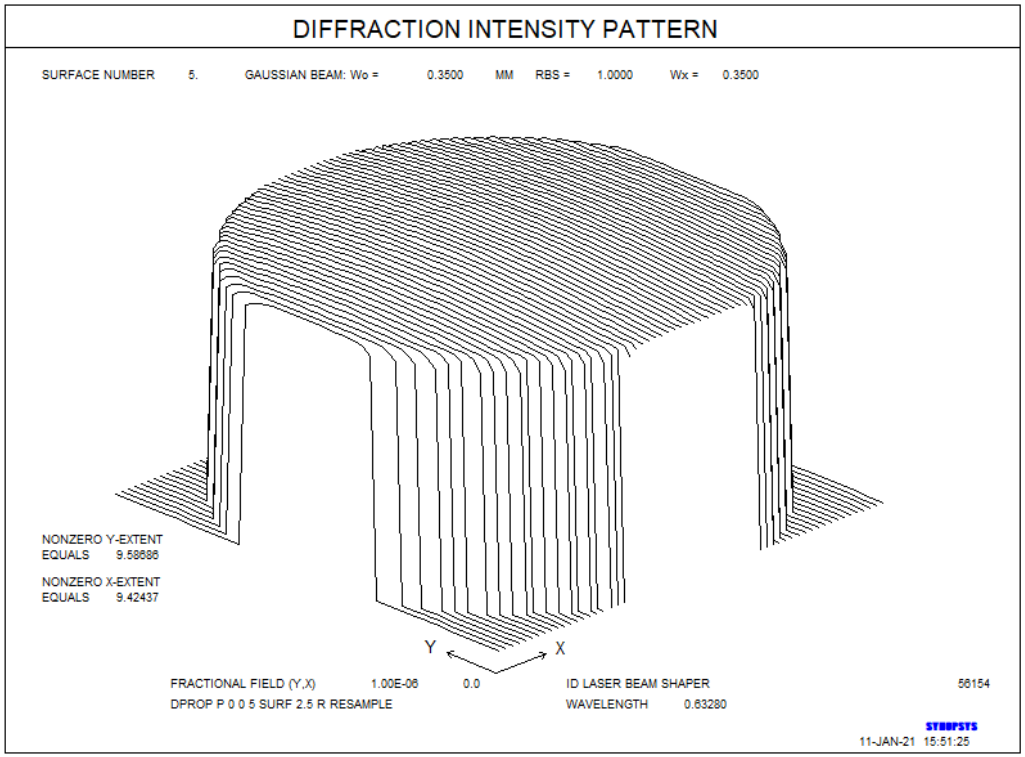
CHG

CFIX

END

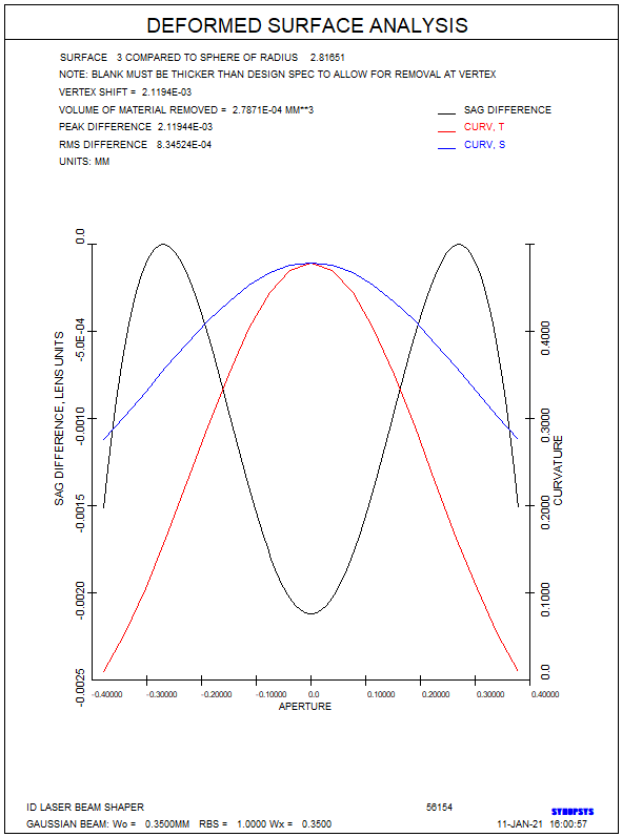
DPROP P 0 0 5 SURF 2.5 R RESAMPLE

GET 9

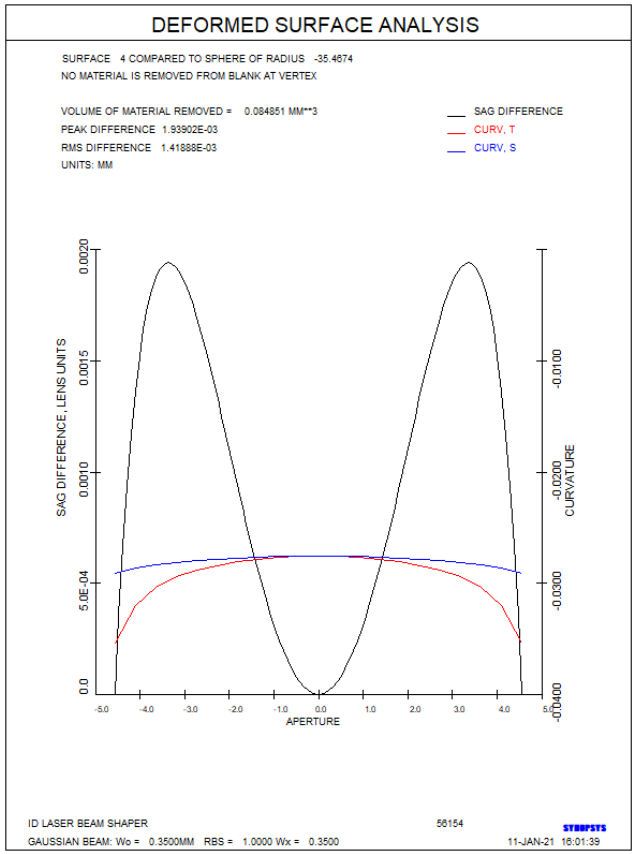


非球面镜与最佳拟合球体距离

命令窗口输入如下：
ADEF 3 PLOT



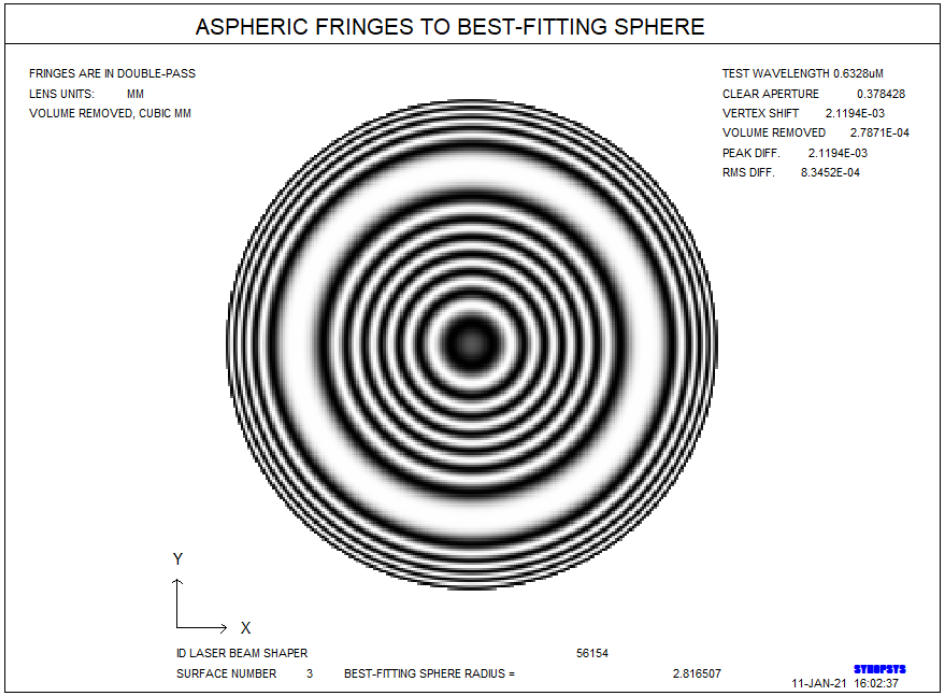
命令窗口输入如下：
ADEF 4 PLOT

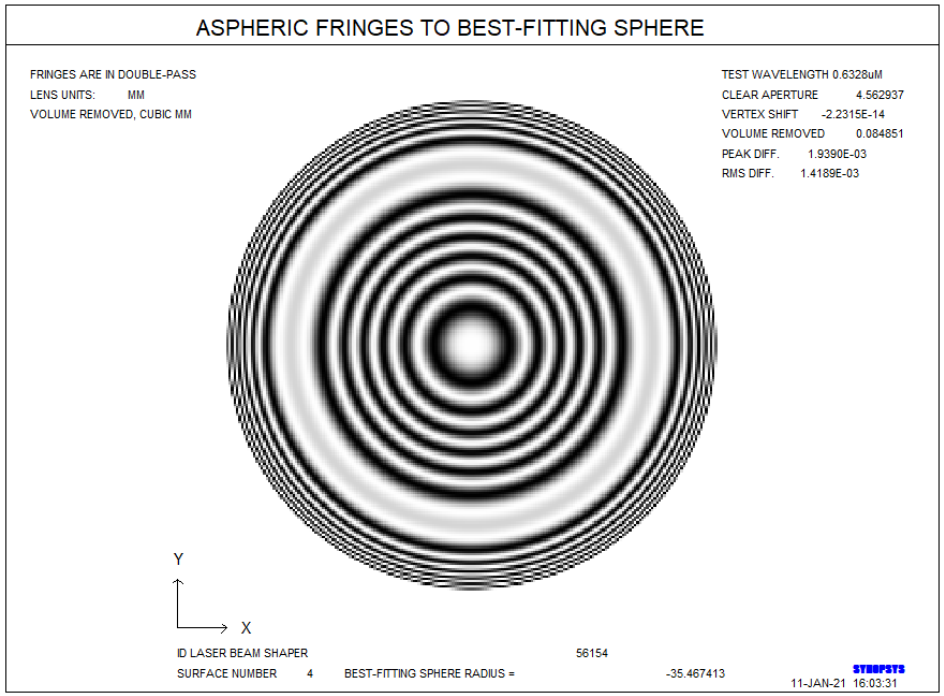


最佳拟合球体条纹图

命令窗口输入如下：
ADEF 3 FRINGES

命令窗口输入如下：
ADEF 4 FRINGES





小结

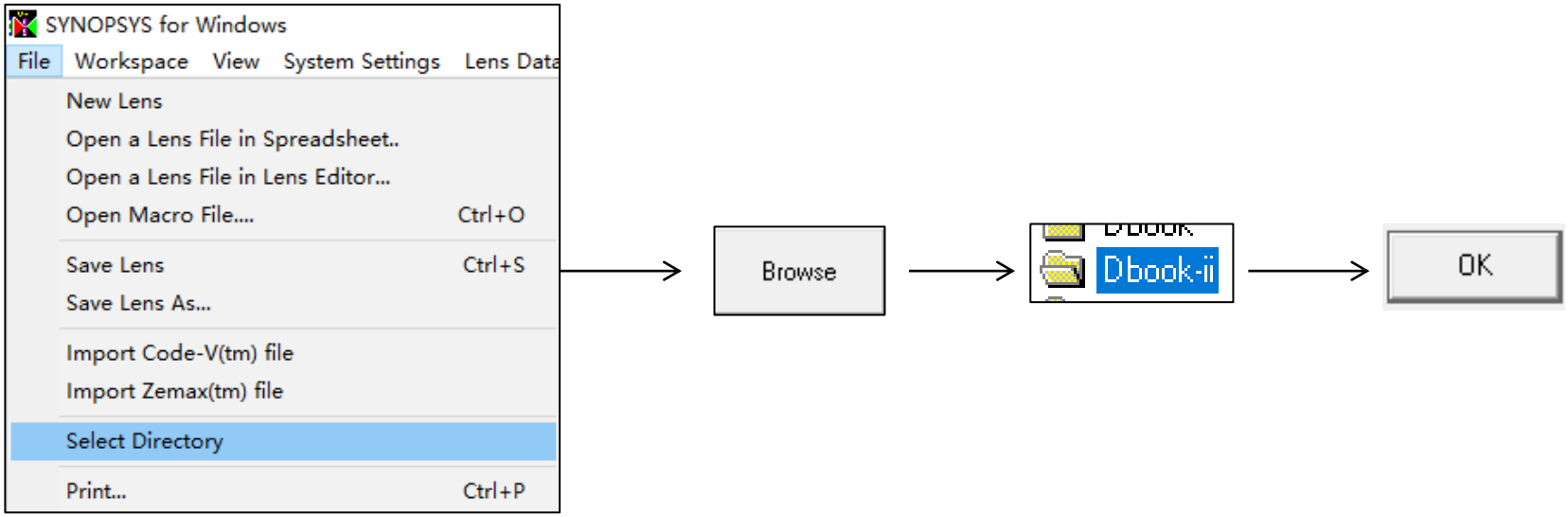
采用非球面设计激光整形器，通过两个非球面的设计达到光通量均匀性的要求，并分析了非球面的可加工性。接下来让我们采用DOE面型，来做同样的设计尝试。

概述

- 衍射光学元件(DOE)光束整形器的初始结构
- 优化模拟退火
- FLUX光通量均匀性
- MMA空间频率
- 优化降低空间频率，以利于制造
- DPROP衍射传播分析光通量分布

设置工作目录

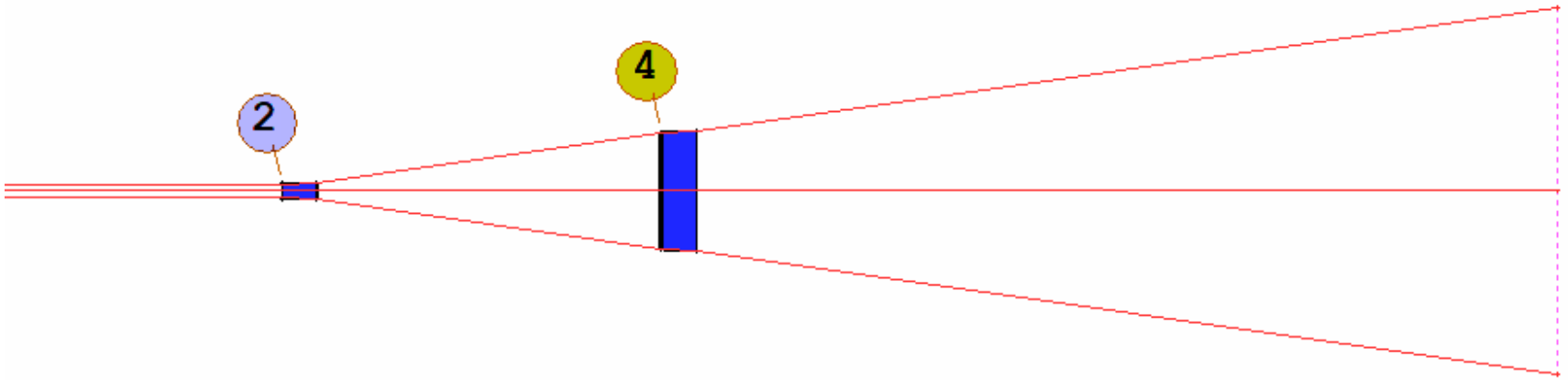
- 选择Dbook-II 工作目录



参考Donald Dilworth《Lens Design(Second Edition) Automatic and quasi-autonomous computational methods and techniques》第17章

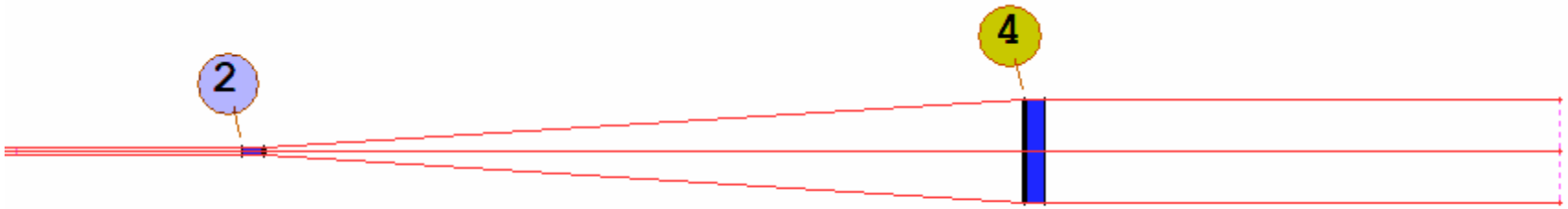
DOE 光束整形器的初始结构

- 点击Open MACro按钮，打开C17M1.MAC
- 点击Open，点击Run按钮
- DOE意思是衍射光学元件



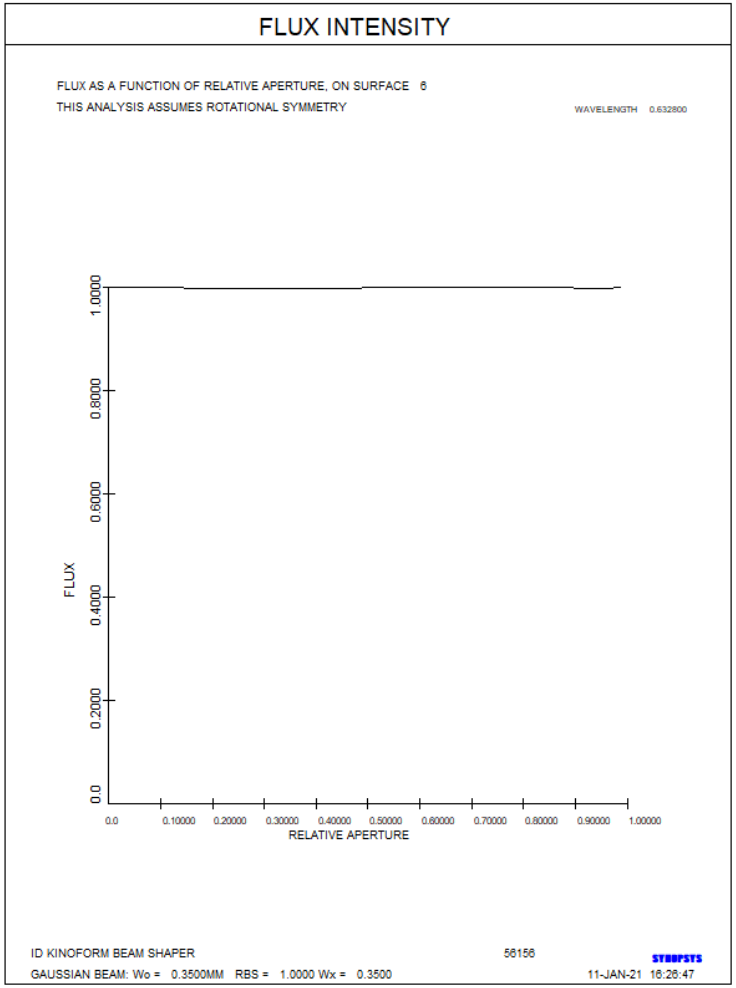
优化模拟退火

- 点击Open MACro按钮 ,
- 打开C17M2.MAC点击Open,
- 点击Run按钮
- 再次点击Run按钮
- 模拟退火(22,1,50)



光通量随孔径变化

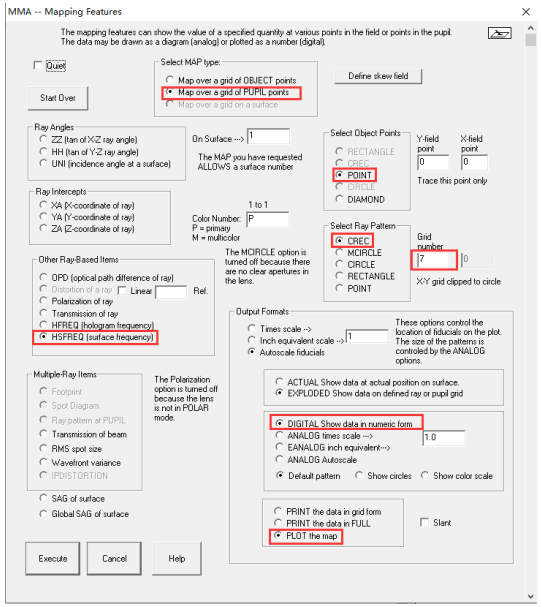
- FLUX 100 P 6
- 光通量均匀。
- DOE面型是否可以加工？表面 4 的空间频率是多少？如果它太高，制造工艺上可能存在难度。

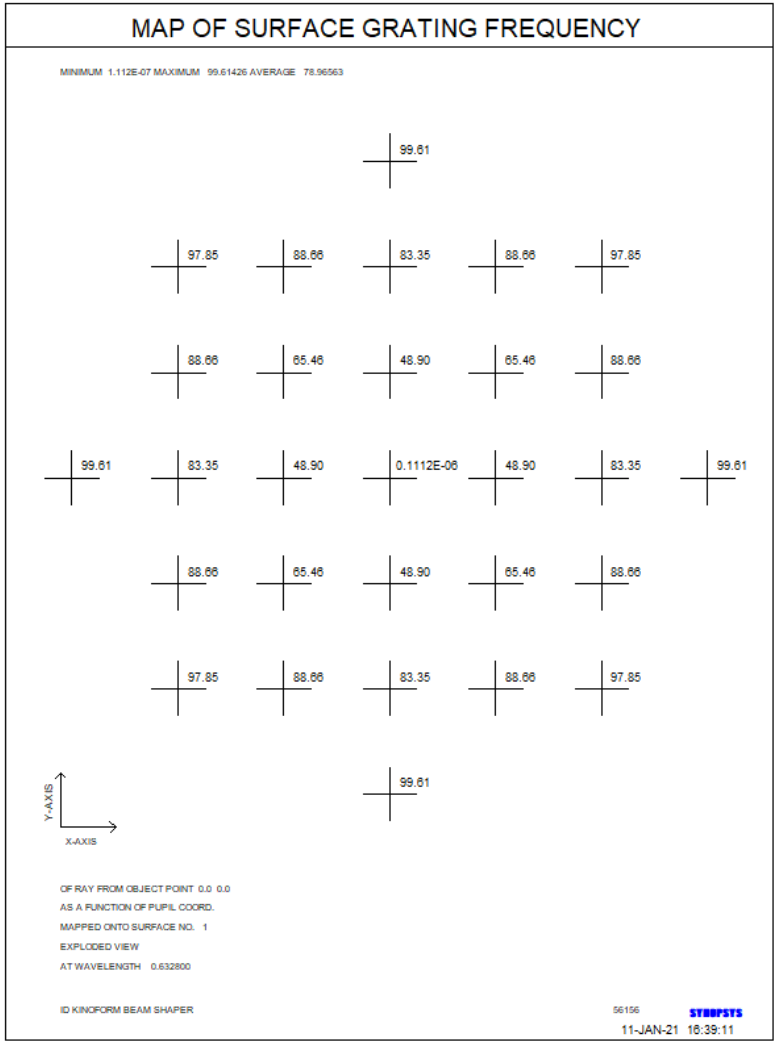


表面4的空间频率

在CW输入MMA

- 选择PUPIL
- 选择HSFREQ
- 选择POINT， 0
- 选择CREC，grid 7
- 选择DIGITAL
- 选择PLOT the map



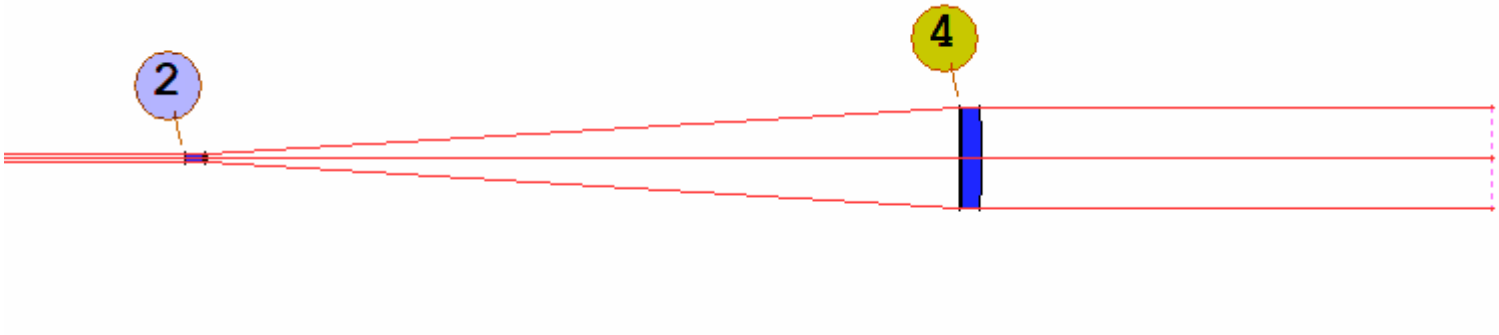


降低空间频率

- 在PANT文件中添加VY 5 RAD
- 在AANT文件中添加

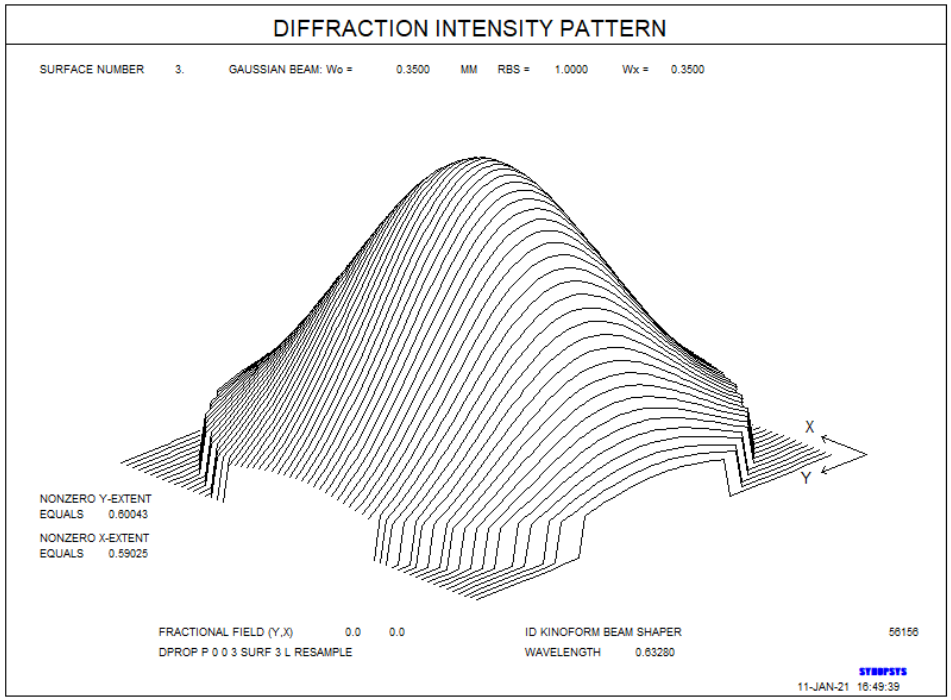
M 50 .01 A P HSFREQ 0 0 1 0 4

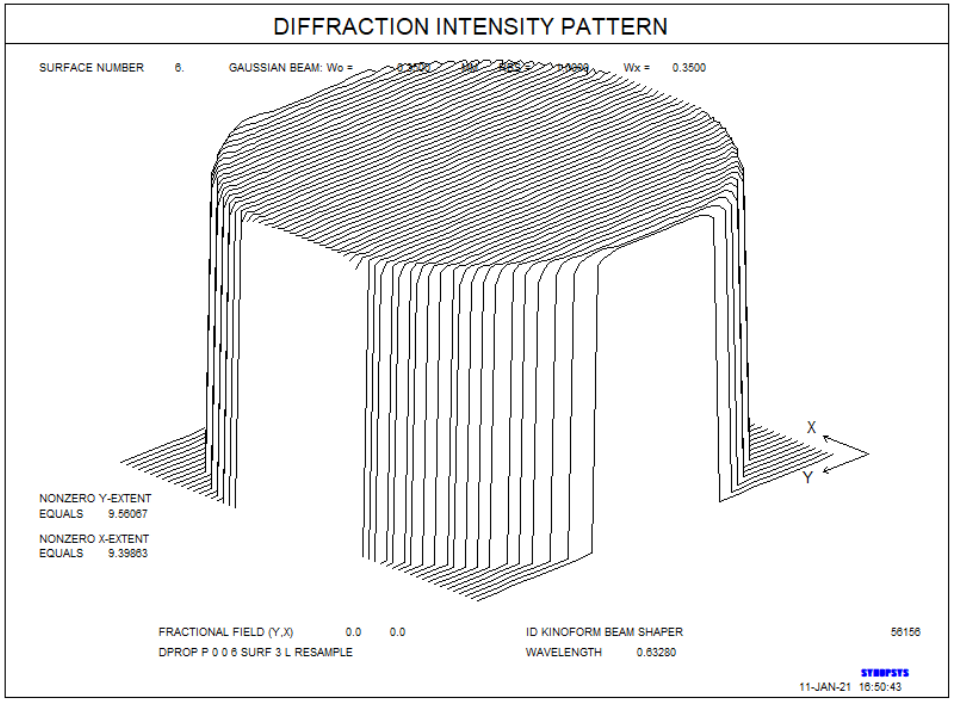
- 点击Run按钮



DPROP衍射传播分析

- DPROP P 0 0 3 SURF 3 L RESAMPLE
- DPROP P 0 0 6 SURF 3 L RESAMPLE
- 表面3为高斯分布，表面6均匀分布





总结

- 使用全球面透镜设计激光整形器需要六片透镜。
- 使用非球面或衍射元件需要更少的透镜，因此值得我们，通过设计要求和最终的生产成本，去评估决定采用哪种面型结构，来加工制造。

高斯光束

最快的优化算法

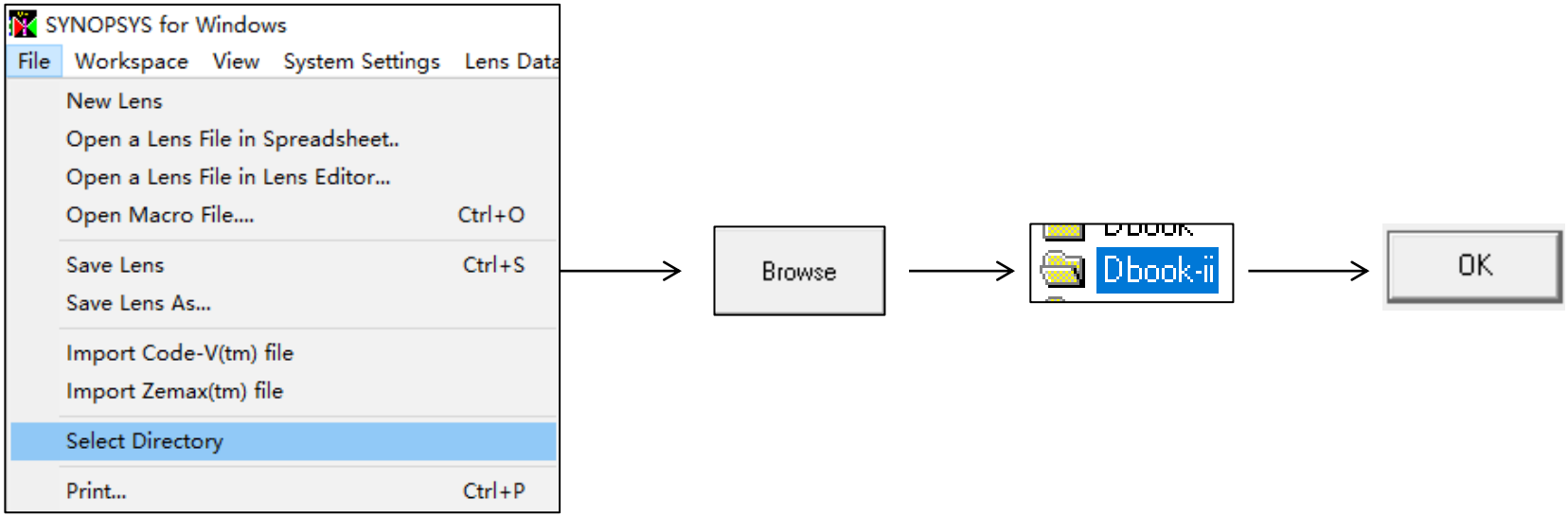
SYNOPSYS光学设计软件

概述

- BEAM高斯光束追迹
- RAY真实光线追迹
- 高斯光束的强度分布
- MDI高斯光束的衍射图

设置工作目录

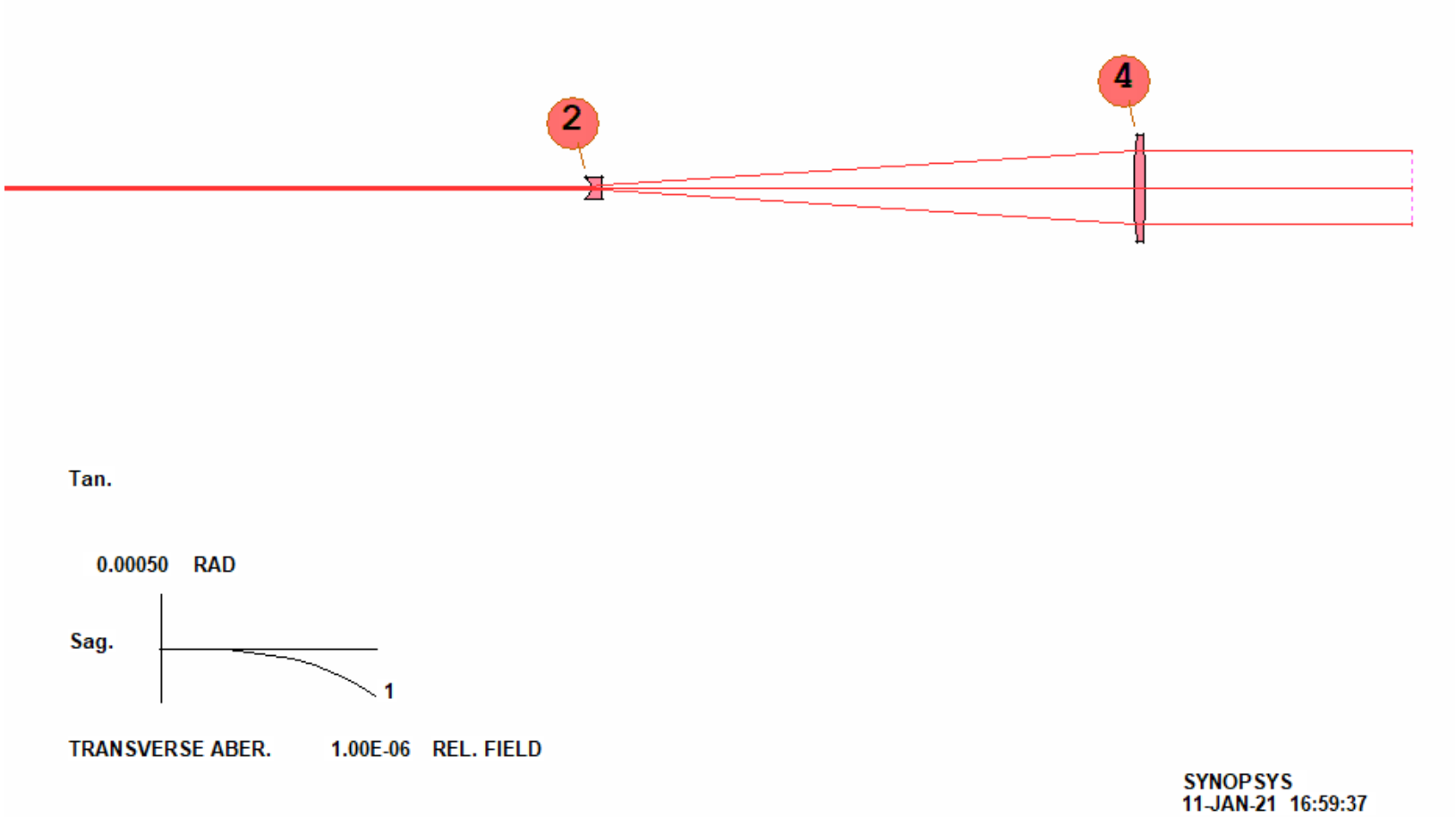
- 选择Dbook-II 工作目录



参考Donald Dilworth《Lens Design(Second Edition) Automatic and quasi-autonomous computational methods and techniques》第33章

二维图

- 点击 打开C33L1



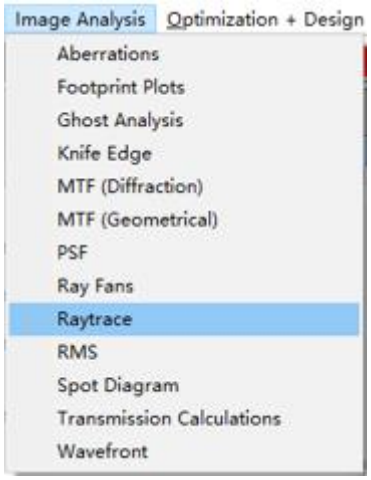
BEAM高斯光束追迹

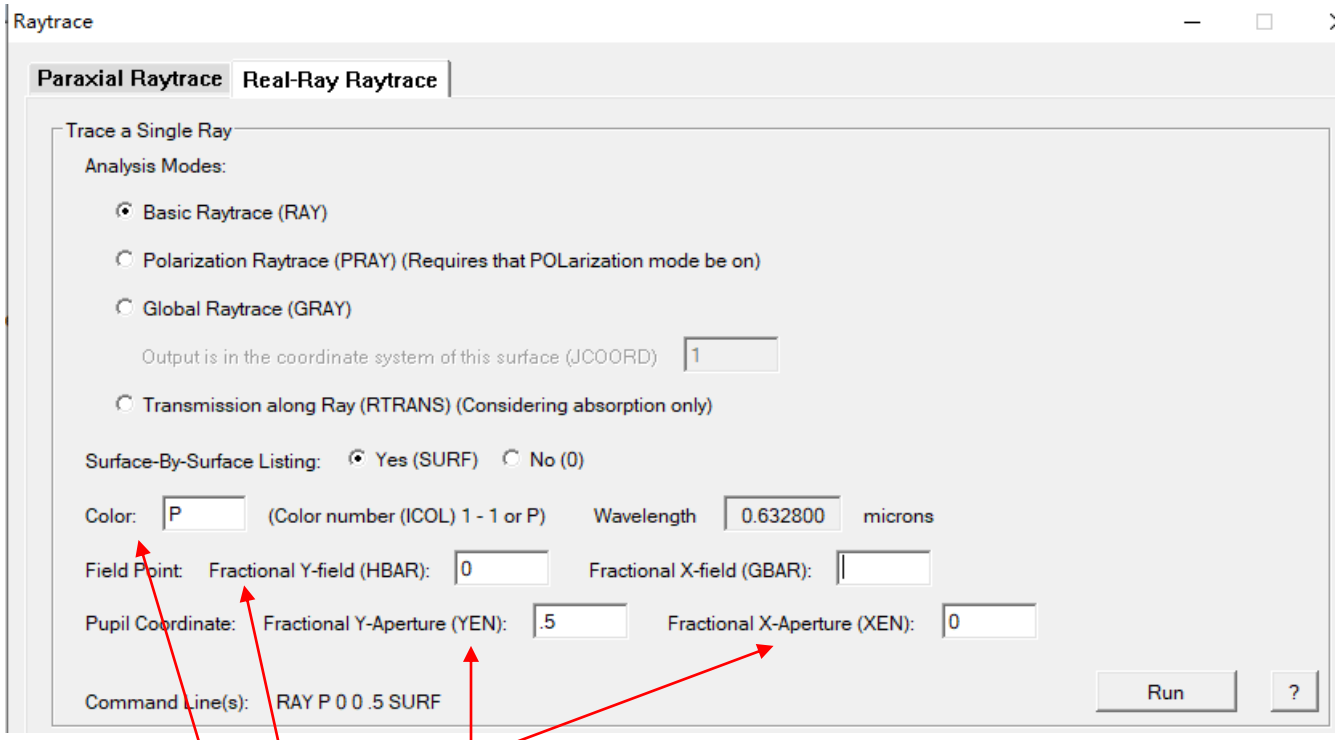
- 在Command Window中输入BEAM
- 由于衍射作用，表面 2 上的光束半径大于表面 1 上的光束半径。

```
SYNOPSYS AI>beam

ID OBG DEMO                                  212              11-JAN-21    17:05:33

GAUSSIAN BEAM ANALYSIS

SURF     BEAM RADIUS   WAIST LOCATION     WAIST RADIUS       DIVERGENCE
_____________________________________________________________________________
  1        0.150000 -7.5157030E-15         0.150000         0.001343
  2        0.164341       -7.368983         0.005965         0.022287
  3        0.208892       -6.563589         0.006332         0.031811
  4        3.389933     -357.899054         0.014036         0.009472
  5        3.408876    -2087.561971         3.406641   5.9127598E-05
  6        3.408985    -2137.561971         3.406641   5.9127598E-05
  7        3.408985    -2137.561971         3.406641   5.9127598E-05
SYNOPSYS AI>
```


RAY真实光线追迹

- 点击Image Analysis →Raytrace或在Command Window中输入 RAY P 0 0 .5 SURF





RAY P 0 0 .5 SURF

RAY真实光线追迹

- RAY P 0 0 .5 SURF
- 真实光线追迹在入瞳点(0, .5)，SURF指获取光线坐标和角度的逐面输出
- ZZ是光线路径投影到X-Z平面上的角度的正切，在表面折射之后
- HH是光线路径投影到Y-Z平面上的角度的正切，在表面折射之后
- UNI是在表面折射之前，与表面法线的光线角度，以度为单位，始终为正

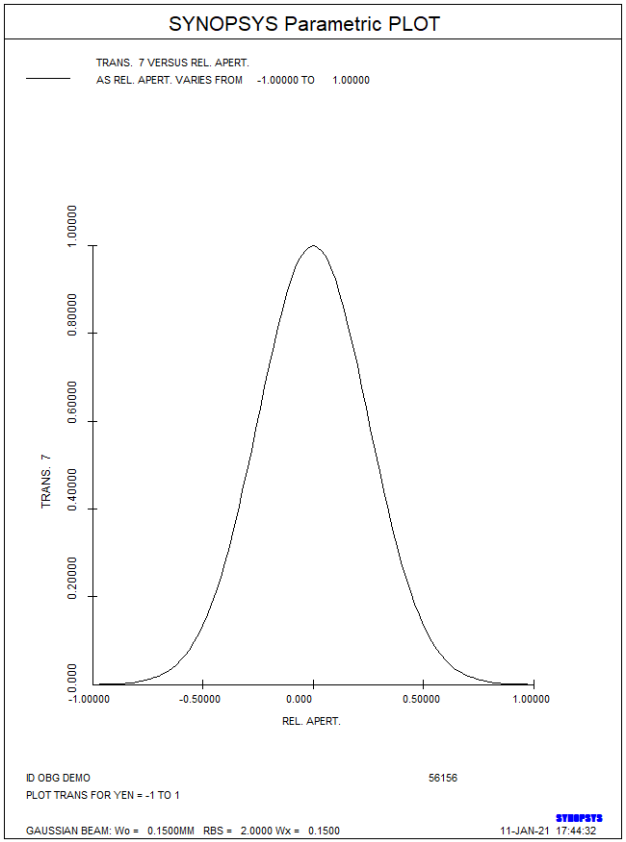
```
SYNOPSYS AI> --- RAY P 0 0 .5 SURF

INDIVIDUAL RAYTRACE ANALYSIS

FRACT. OBJECT HEIGHT              HBAR      0.000000   GBAR      0.000000
FRACT. ENTRANCE PUPIL COORD.       YEN      0.500000    XEN      0.000000
COLOR NUMBER                         1
```

SURF	RAY VECTORS X	Y	Z	(X DIR TAN) ZZ	(Y DIR TAN) HH	(INC. ANG.) UNI
OBJ	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000549	
1	0.000000	0.136910	0.000000	0.000000	0.000549	0.031434
2	0.000000	0.164338	-0.005301	0.000000	0.022307	3.663636
3	0.000000	0.209062	-0.000397	0.000000	0.031846	1.060103
4	0.000000	3.395560	0.057666	0.000000	0.009449	3.769940
5	0.000000	3.413463	-0.047616	0.000000	-5.576629E-05	1.057009
6	0.000000	3.410672	0.000000	0.000000	-5.576629E-05	0.003195

```
        REDUCED RAY ANGLES IN RADIANS AT IMAGE SURFACE
         PSI (X)        PHI (Y)              Z
         0.000000 -5.576629E-05       0.000000
SYNOPSYS AI>
```

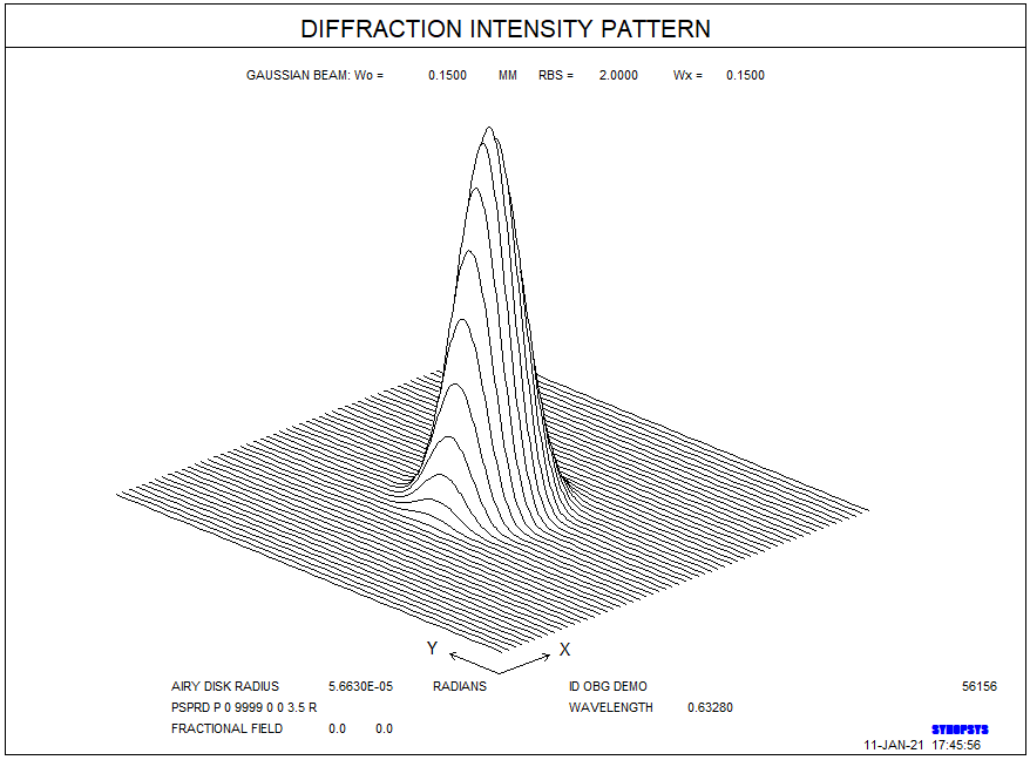

高斯光束的强度分布

- STEPS = 100
- PLOT TRANS FOR YEN = -1 TO 1
- 这显示了一个漂亮的高斯形状



高斯光束的衍射图

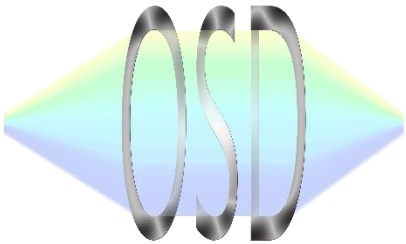
- 在Command Window中输入MDI
- Number of Rays = 9999，点击PSPRD
- 由于光束是高斯的，远场图像在形状上也是高斯的。



总结

本例讲述了BEAM高斯光束追迹，RAY真实光线追迹，高斯光束的强度分布，MDI高斯光束的衍射图

ZSEARCH案例之变倍激光扩束镜



武汉墨光科技有限公司

设计要求

- 工作波长：632nm
- 变倍比：1~10X
- 入射光束直径：<=5mm
- 出射光束直径：<=50mm
- 设计确保从全孔径出射的光线与光轴之间的角度小于0.03°
- 总长：<200mm

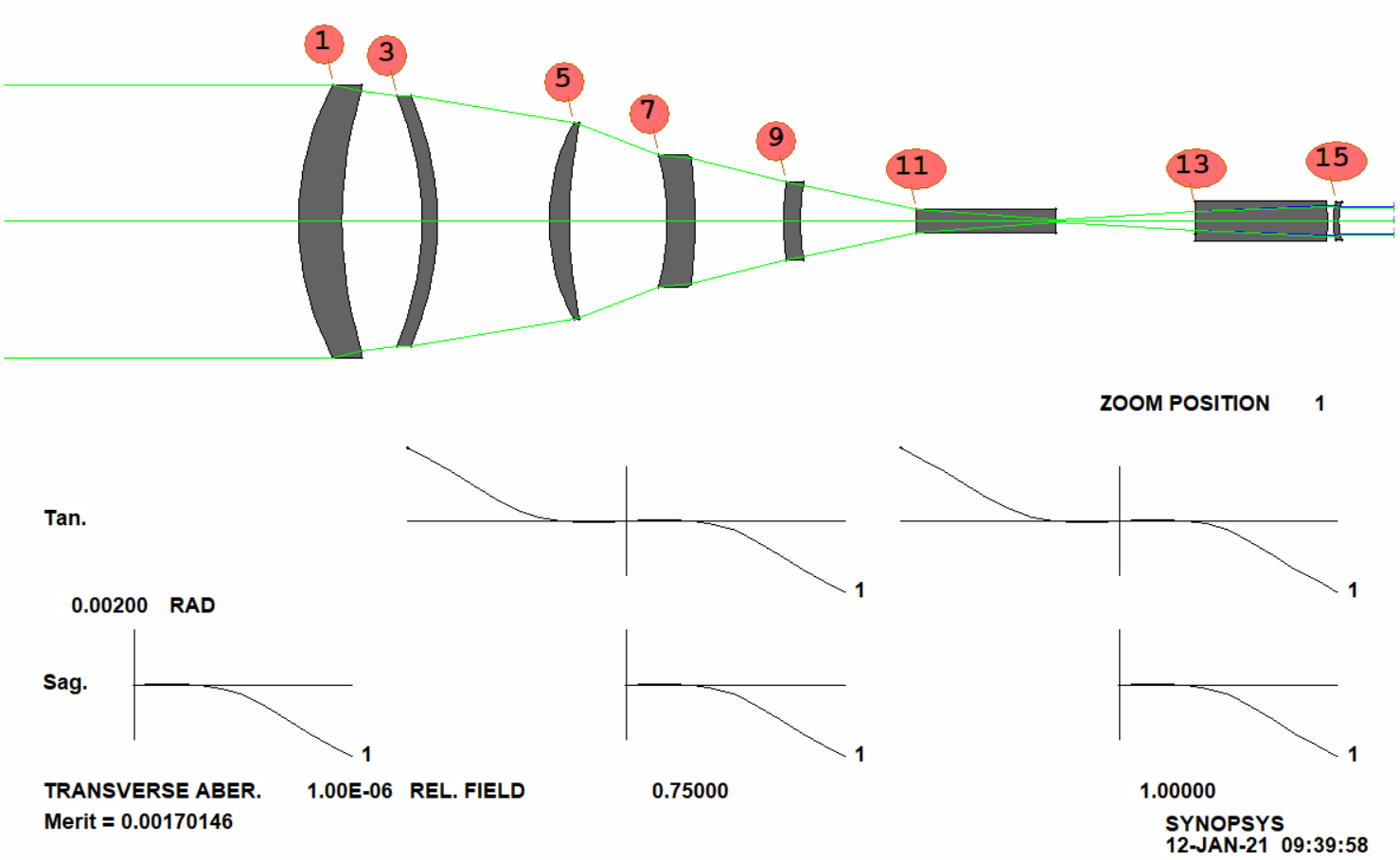
ZSEARCH输入

```
CORE 8
TIME
ZSEARCH 4 QUIET
SYSTEM
ID AFOCAL ZOOM
OBB 0 .001 25
WA1 .6328
AFOCAL
UNITS MM
END

GOALS
ZOOMS 10
GROUPS 2 2 2 2
ZGROUPS 0 Z Z 0
BACK 10 1
FINAL
OBB 0 .01 2.5

ZSPACE NONLIN 2
GIHT .01 .1 0
APS 1
```

ZSEARCH输入

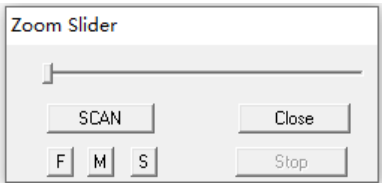
```
NPASS 30
ASTART 15
COLOR MONO

ZMOM .2 1 1

AFOCAL
TOPD .1
NGRID 6
FOV 0
FWT 1
SNAP 1
ANNEAL 30 10 Q 30
QUICK 30 30
AGROUP
END

SPEC AANT
M 2.5 1 A P YA 0 0 1 0 LB1
LUL 200 2 2 A TOTL
END

GO
```

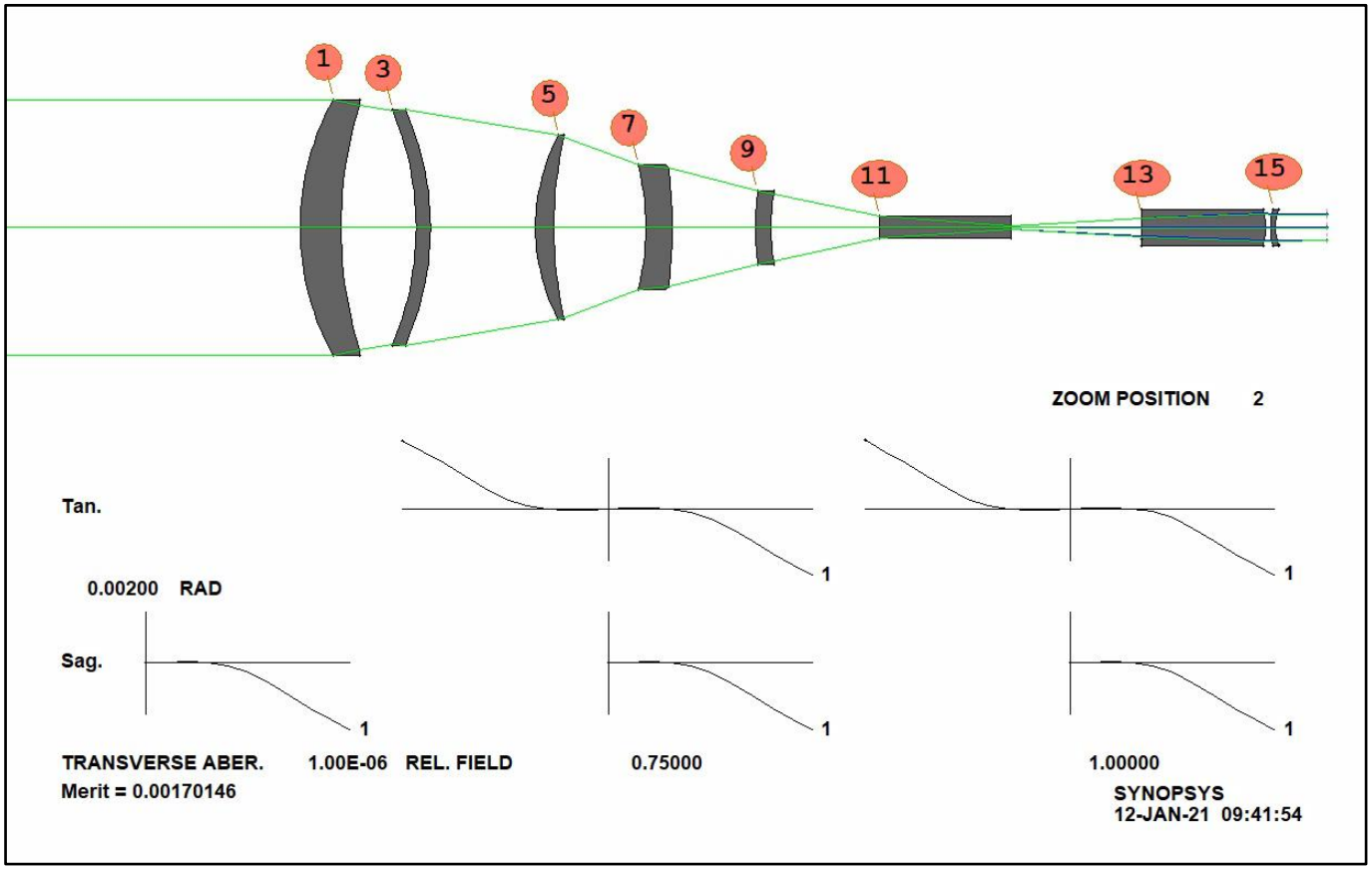
ZSEARCH输出结果



ZSEARCH输入

点击 打开滑动条





感谢

- ASDOPTICS——Advanced Optical System Design

- www.asdoptics.com

- sales@asdoptics.com
- support@asdoptics.com

SYNOPSYS技术交流群

QQ群号：965722997

更多信息敬请关注：

- 技术交流
- 软件更新信息