

如何使用 Binary2 面型设计衍射光学元件

概述

这篇文章介绍了如何在 OpticStudio 中建立衍射光学表面以及如何使用 Binary2 (二元面 2) 模拟衍射光学元件。本文使用的示例文件请从以下链接下载：

<https://customers.zemax.com/support/knowledgebase/Knowledgebase-Attachments/How-to-Design-Diffractive-Optics-Using-the-Binary/How-to-use-Binary-2.aspx>

Binary2 面型

Zemax LLC 感谢 Optics1 公司的 Robert E.Fischer 先生授权使用其著作《Optical System Design》中的图表。

在 OpticStudio 中，许多表面除了可以定义折射光焦度以外，还可以定义衍射光焦度。衍射光焦度与材料折射率和表面矢高无关，但可以改变光的相位。有关建立衍射光学表面的详细信息，请参考我们的往期文章“OpticStudio 建模衍射表面”。

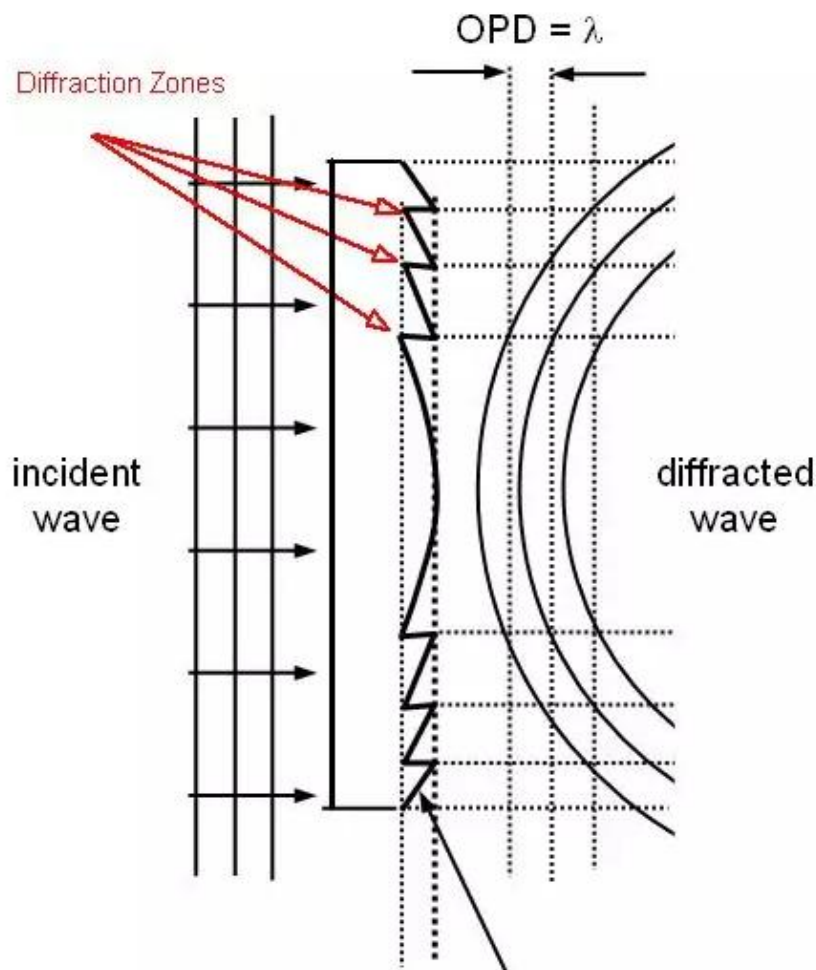
Binary2 中的衍射光焦度会在光学表面的截面上引入连续的相位变化：

$$\phi = M \sum_{i=1}^N A_i \rho^{2i}$$

其中系数 A_i 的单位为弧度。

由于相位变化在表面的截面上是连续的,因此 Binary2 面型模拟的是一个理想的二元衍射元件,其二元面的台阶尺寸趋近于无穷小或小于光的波长。

通常来讲, Binary2 面型模拟衍射光学元件的环形衍射区 (Diffraction Zones) 的尺寸与该区域到表面顶点的径向距离有关,如下图所示。OpticStudio 可以自动计算每个环形衍射区的径向坐标使相邻区域的相位差为 2π 。



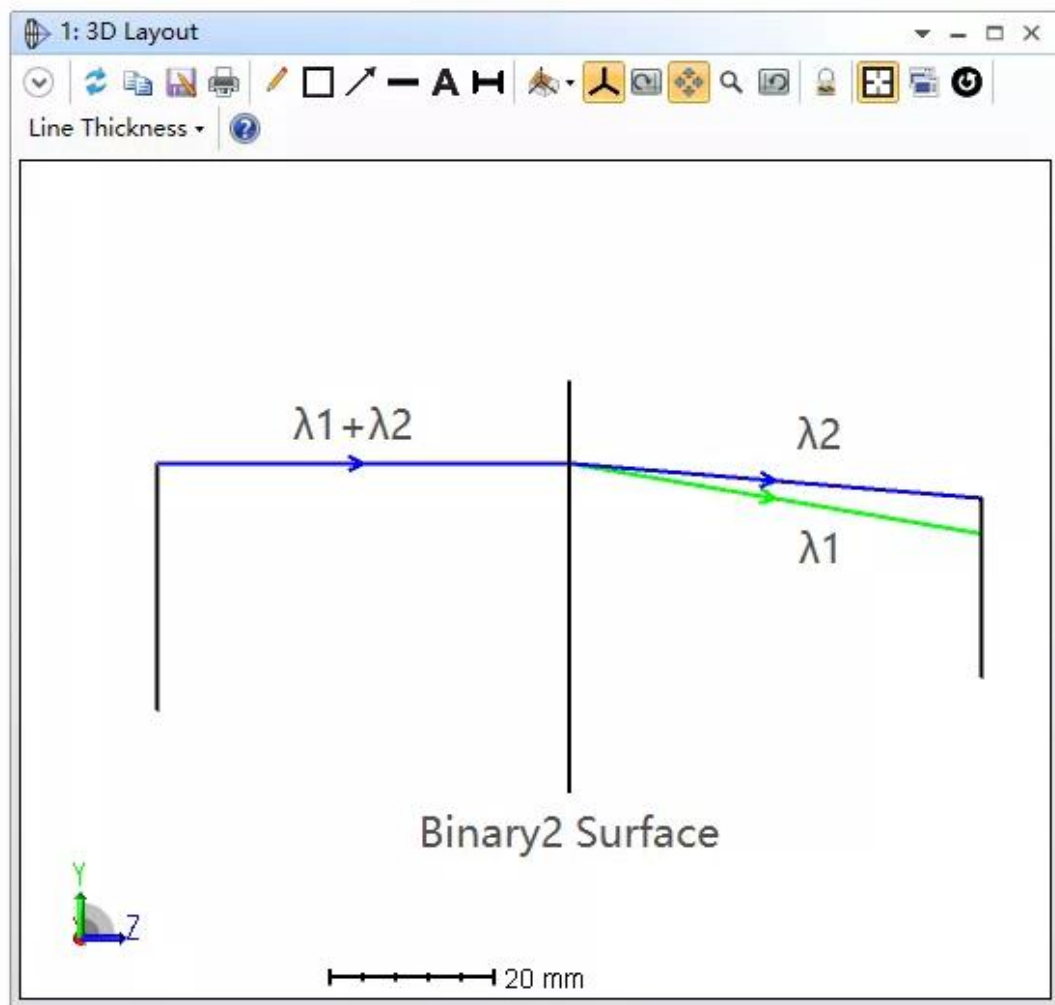
Diffractive Optical Element represented by Binary 2 surface

Figure 13.5 from Optical System Design

Binary2 面型在固定径向坐标处所引入的附加相位与波长无关。与波长相关的光程由下式给出：

$$OPL = (Phase * wavelength) / (2\pi)$$

下图布局图所示为 Binary2 的色差：



Binary2 消色差单透镜

Binary2 面型经常用来矫正色差。在一个简单的单透镜中，长波长光的焦距相比短波长的光更长，如下图（a）。此时我们可以使用一个旋转

对称的衍射光学元件，例如 Binary2 面型，如下图 (b)，来减小轴向色差，如下图 (c)：

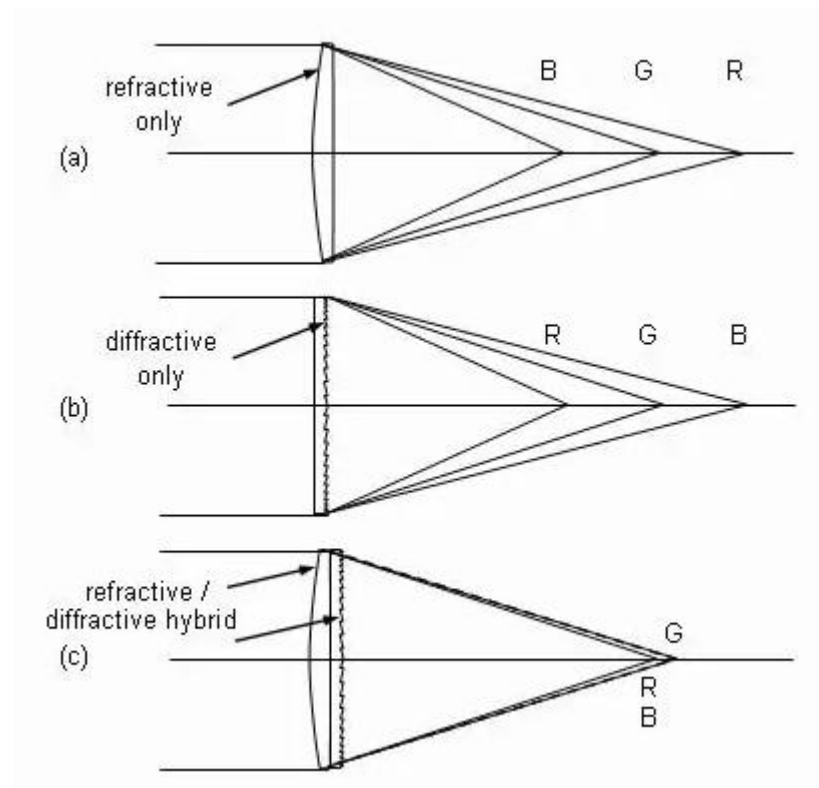


Figure 13.11 from Optical System Design

接下来让我们详细了解一下该单透镜的设计过程。如果您并不熟悉如何在 OpticStudio 中建立单透镜，请参考知识库文章 “Designing a Singlet in Zemax”。

我们将设计一个衍射级次 $m=1$ 的 Binary2 面型来矫正轴向色差。完整的系统设计请见示例文件。

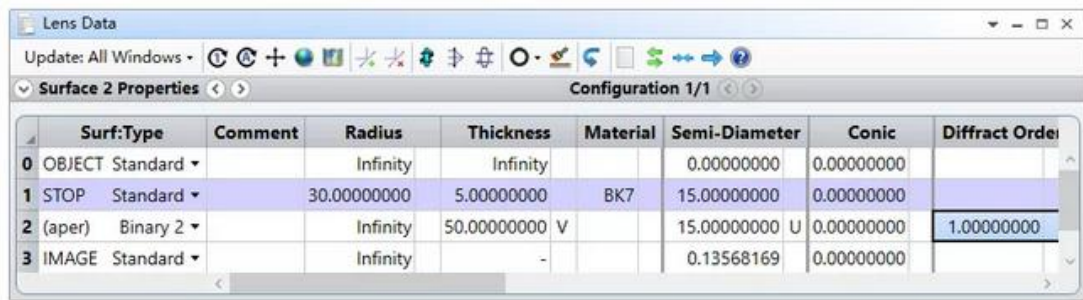
首先设置系统长度单位为 mm（设置 Setup > 系统选项 System Explorer > 单位 Units）

设置系统孔径类型为入瞳直径，并设置直径为 30mm

设置系统波长为 F，d，C 光

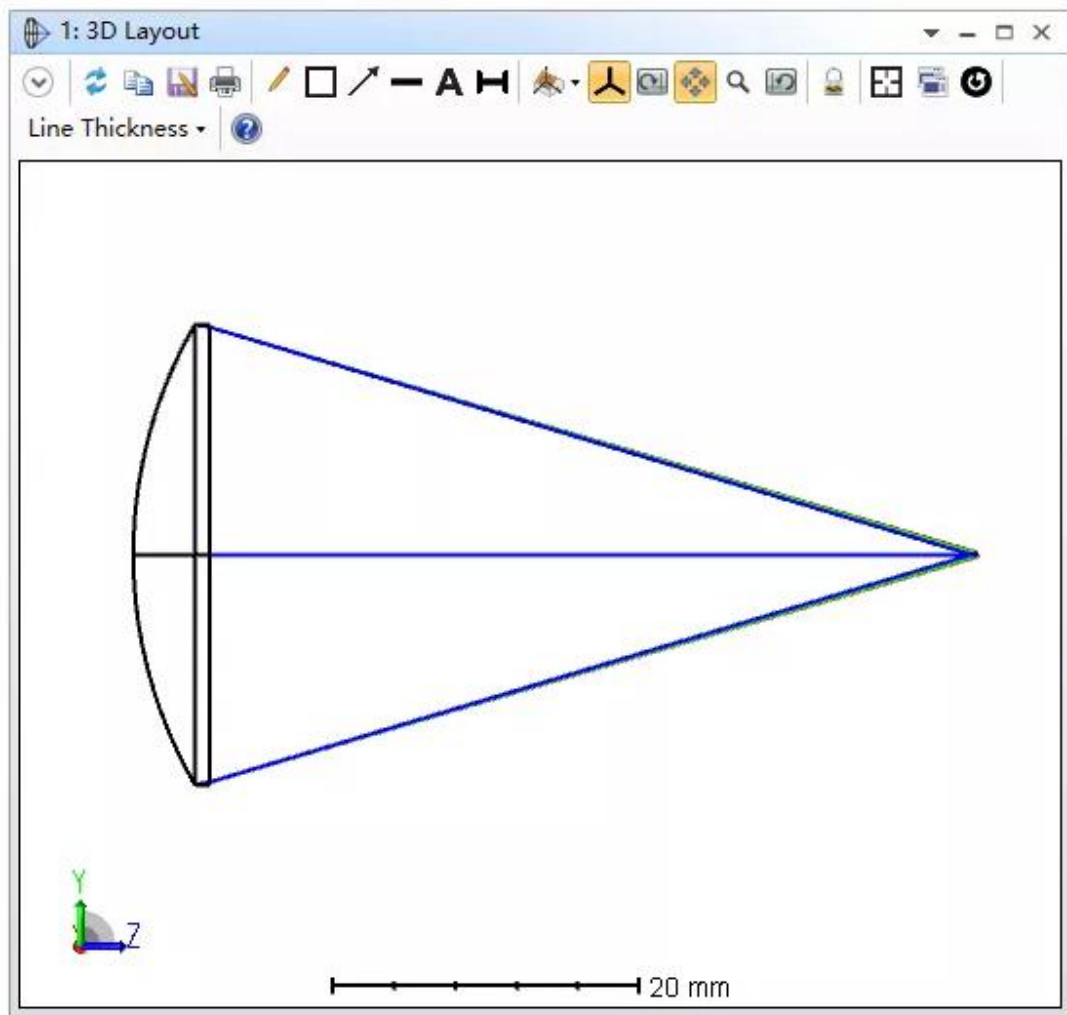
设置视场为轴上视场 ($X=0, Y=0$)

在透镜编辑器中设置如下参数 (将 Binary2 的厚度设为变量) :



Surf.Type	Comment	Radius	Thickness	Material	Semi-Diameter	Conic	Diffract Order
0 OBJECT Standard		Infinity	Infinity		0.00000000	0.00000000	
1 STOP Standard		30.00000000	5.00000000	BK7	15.00000000	0.00000000	
2 (aper) Binary 2		Infinity	50.00000000 V		15.00000000 U	0.00000000	1.00000000
3 IMAGE Standard		Infinity	-		0.13568169	0.00000000	

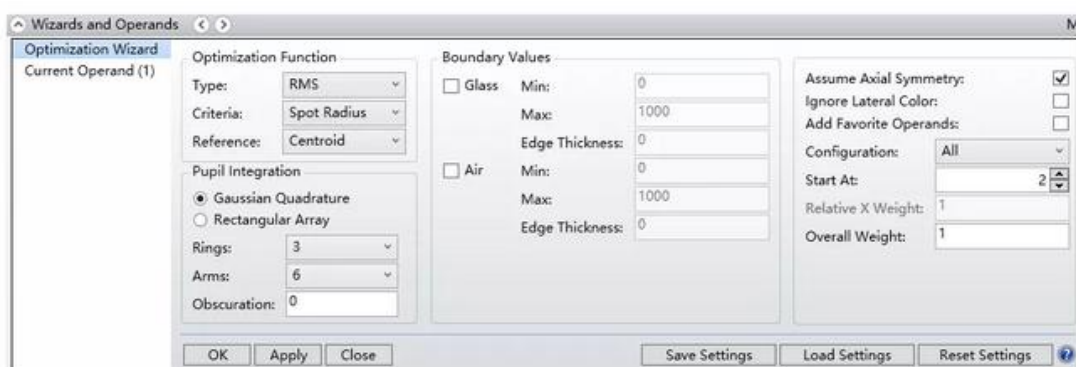
在布局图中我们会看到 :



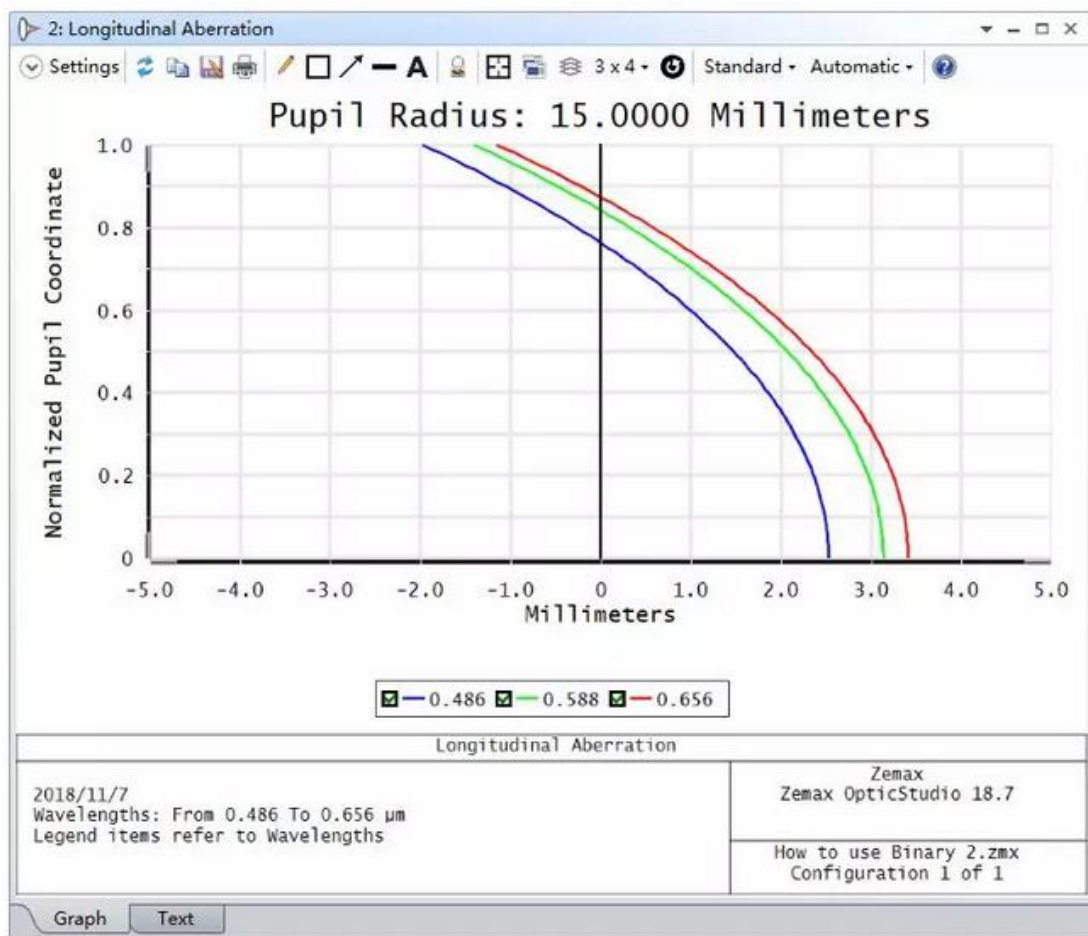
我们可以查看轴向像差 (Longitudinal aberration) 图表来直观的
观察轴向色差, 该工具位于分析 (Analysis) 选项卡 > 像差
(Aberration) 工具栏中, 当前初始结构的轴向色差如下图所示:



在评价函数编辑器中以均方根光斑半径 (RMS Spot Size) 为标准，
设置默认评价函数进行优化：



将焦点优化至最小，此时 Binary2 面的厚度约为 51.608mm 左右，
此时的轴向色差如下图所示：



可以看到系统的色差并没有变化,让我们在 Binary2 面上加入一些衍射光焦度对轴向色差进行控制。在透镜数据编辑器里 Binary2 面型的附加数据中设置衍射相位系数的最大项数 (Maximum Term) 为 2, 并设置 p^2 项和 p^4 项系数为变量, 如下图所示:

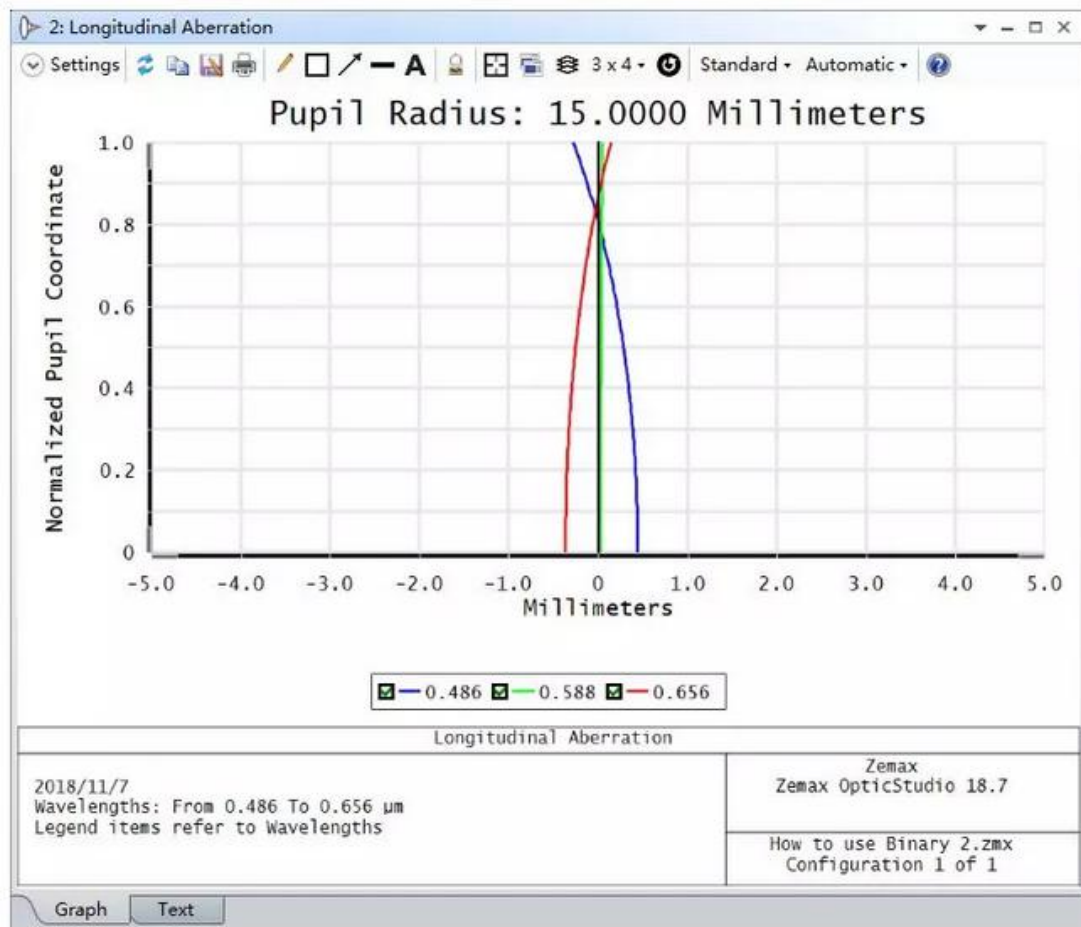
Lens Data

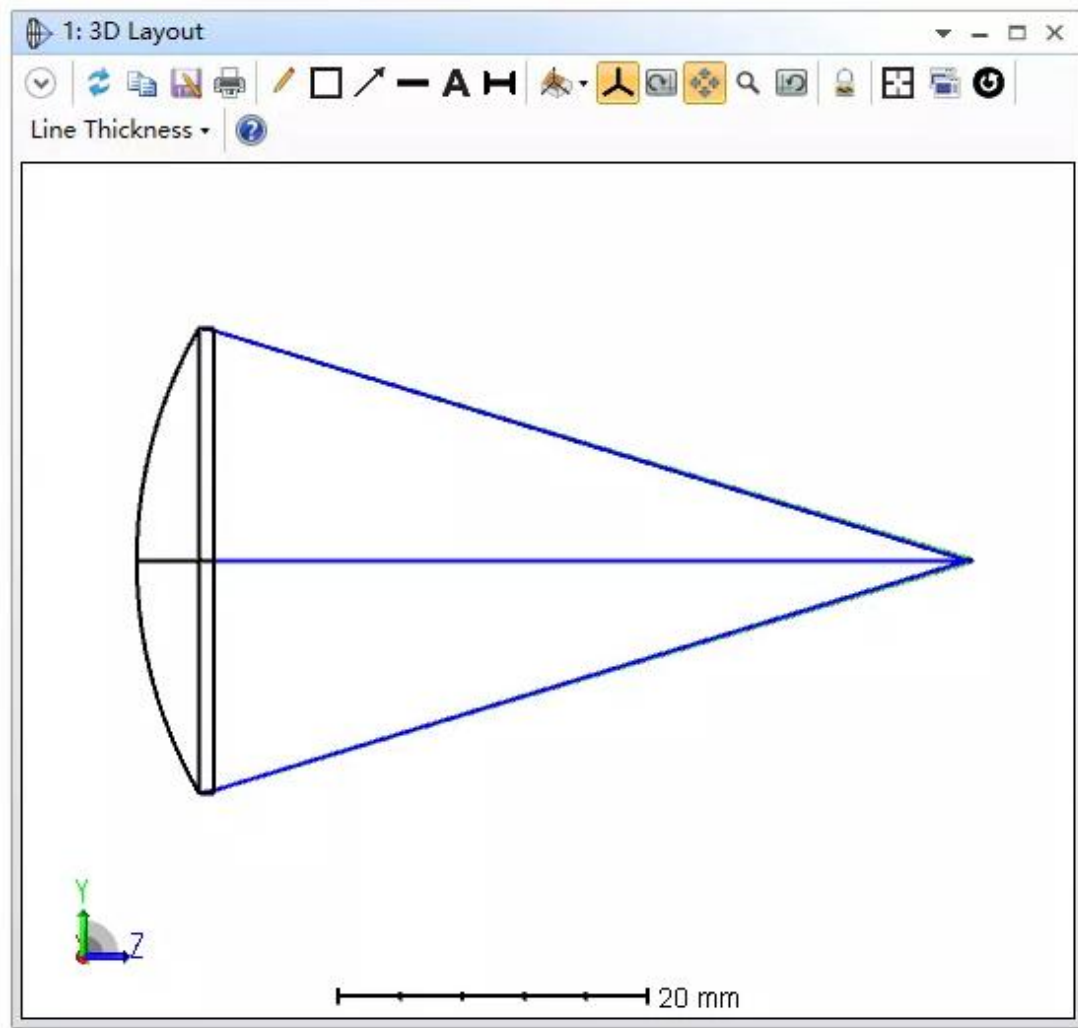
Update: All Windows

Surface 2 Properties Configuration 1/1

	Surf>Type	n	Maximum Term #	Norm Radius	Coeff. on p^2	Coeff. on p^4
0	OBJECT Standard					
1	STOP Standard					
2	(aper) Binary 2		2	15.00000000	0.00000000 V	0.00000000 V
3	IMAGE Standard					

重新优化系统, 我们可以看到系统的轴向色差相比之前变小了很多, 其轴向像差图和布局图如下所示:





现在我们得到了消色差的 Binary2 面的附加相位系数和相位分布 ,为了
 实现二元面的加工 ,我们还需要计算每个 $2\pi \cdot m$ 衍射区域的径向坐标。
 每个相邻衍射区域的相位差都是准确的 $+2\pi$ 或 -2π ,如下图所示 :

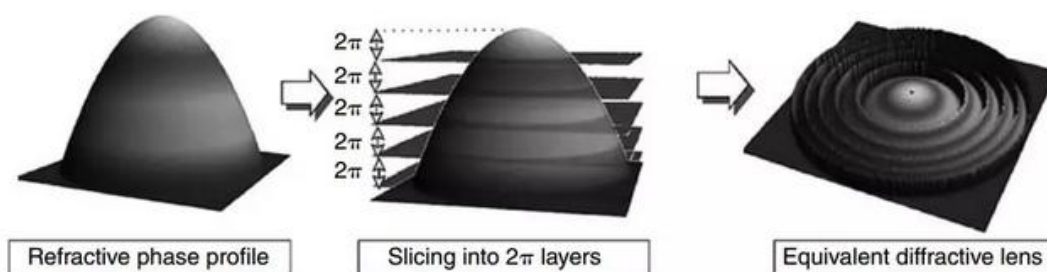
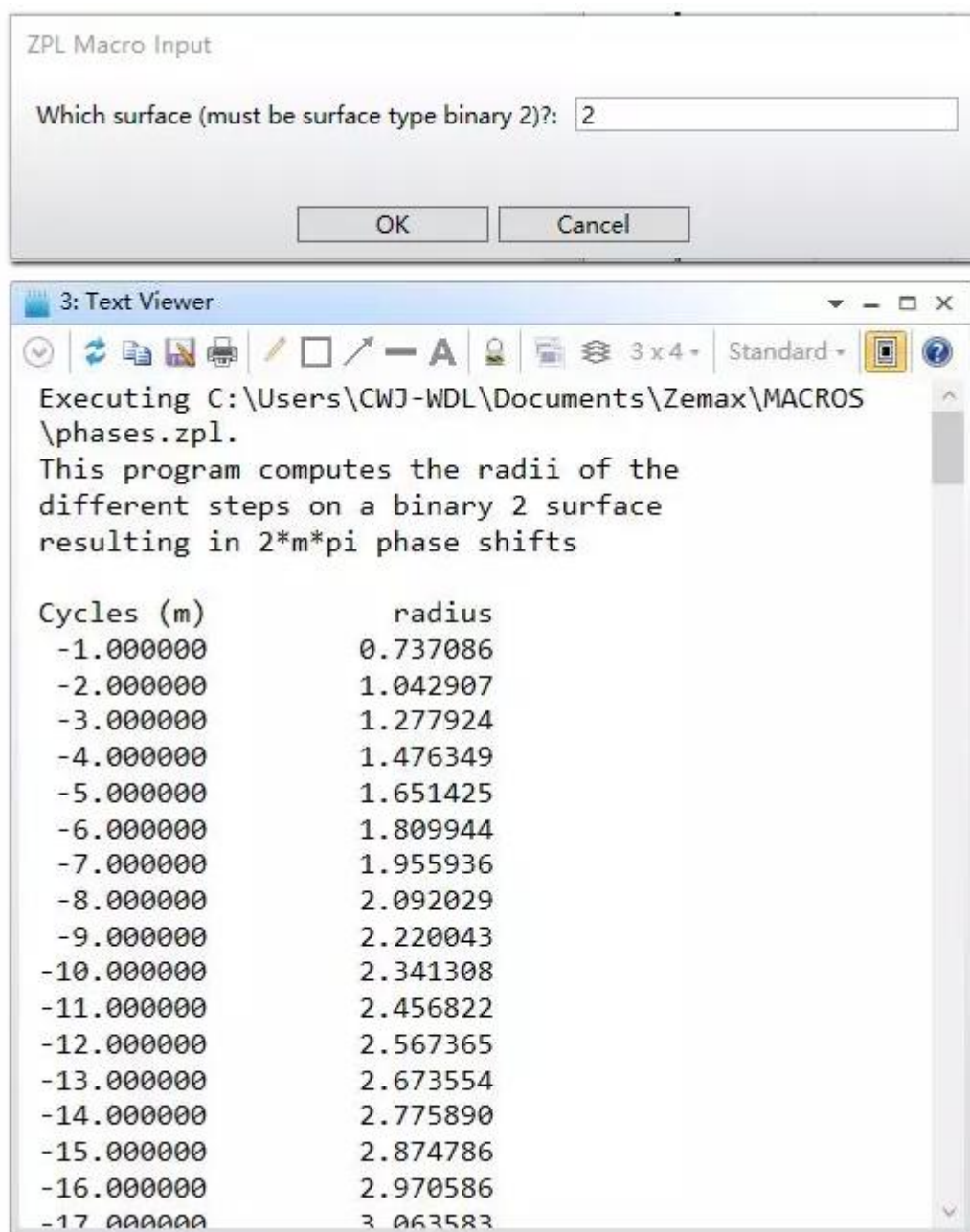


Figure 13.8 from Optical System Design

此时我们可以运行 OpticStudio 内置的宏程序 “Phases.ZPL” 来计算该相位分布，该宏程序可在编程 (Programming)选项卡 > 编辑/执行 (Edit/Run)中调用，其计算结果如下所示：



最终，宏程序计算出一共需要 246 个环形衍射区，最后一个环形区距离表面顶点的径向距离约为 14.94mm。

小结

这篇文章通过一个消色差单透镜的示例演示了如何使用 Binary2 面型 ,同时 OpticStudio 还可以计算出 Binary2 表面上每个 $2m\pi$ 环形衍射区域的坐标。