

激光扩束镜的参数、原理和产品选型

激光扩束镜能够改变激光光束直径、发散角和强度分布，常用于激光扫描、激光谐振腔、激光干涉测量或遥测应用中，以实现诸如降低光斑能量密度、降低特定距离下的光束直径、减小聚焦光斑尺寸、激光束尺寸补偿等功能，是激光系统中最广泛使用的组件之一。



图 1 福晶科技的非球面高倍率扩束镜

一、激光扩束镜的参数指标

波长：激光波长是指激光所发射出来光波的空间频率，主要的使用单位有 nm 和 μm 。扩束镜的波长针对所适用的激光器来设计，除非扩束镜本身是消色差的，否则不同的波长需选用不同的扩束镜。福晶科技的扩束镜波段涵盖紫外（193 nm、266 nm、355 nm）、可见光（532 nm、632.8 nm）及近红外（1030 nm、1064 nm、1550 nm），除此之外，也有一系列适用于宽波段的扩束镜产品。

功率密度或能量密度：单位面积内的光学功率/能量，通常使用单位为 MW/cm^2 或 J/cm^2 ；单位面积下功率/能量越高，功率/能量密度越大。为了防止高功率/能量密度对激光系统元件的损伤以及空气电离，通常就会使用扩束镜放大光斑面积以减小密度，这时就要求扩束镜本身具有较高的损伤阈值。我司对于不同波段的扩束镜都有高损伤阈值要求，并配备损伤测试设备测试损伤阈值。

扩束镜的放大倍率：由物方透镜和像方透镜的焦距决定：

$$MP = \frac{f_{\text{物}}}{f_{\text{像}}}$$

扩束镜输出的**发散角**：与放大倍率成反比：

$$\theta_{out} = \frac{\theta_{in}}{MP}$$

发散角是描述扩束镜性能的重要指标之一。发散角是指光束在长距离传播后由于衍射而相对于束腰的扩散程度。光束发散角通常有激光的半角来定义，高斯光束的发散角（ θ ）定义为：

$$\theta = \frac{\lambda}{\pi\omega_0}$$

其中， λ 为激光波长， ω_0 为激光束腰。

二、激光扩束镜的基本原理

激光扩束镜的原理与望远镜的原理类似，同属于无焦系统，平行光入射光学系统，并平行光出射。激光扩束镜可分为开普勒式和伽利略式两种。

开普勒式由两片正透镜组成，两个透镜的焦点重合，两个透镜的间隔约等于两个透镜的焦距之和。当准直光入射后将两透镜之间形成一个能量汇聚焦点，在这个焦点上设置小孔光阑，可以实现空间滤波，提高激光的品质，但在高功率应用中，可能会产生自聚焦以及空气电离的风险。

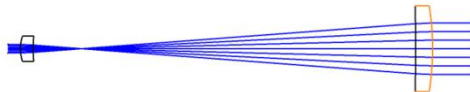


图 2 开普勒式扩束镜设计

伽利略式结构由一个正透镜一个负透镜组成，两透镜间距为两焦距之差。相较于开普勒式，两个透镜的光焦度更小，结构更加紧凑，价格也更便宜。另外，由于正负透镜的球差效应相反，伽利略式可以减少一部分球差，更适用于大口径以及非旋转对称光束。伽利略结构内部没有聚焦点使其更适用于高功率激光应用。

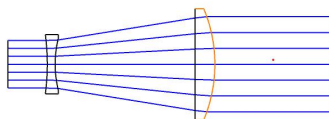


图 3 伽利略式扩束镜设计

三、福晶科技激光扩束镜的产品类型

1. 常规产品

福晶科技的常规扩束镜产品类型丰富且交付周期短，如常见波段 266nm、355nm、532nm 和 1064nm 的定倍不可调光束发散角扩束镜、定倍可调光束发散角扩束镜、1-3X 倍、2-10x 倍手动变倍扩束镜等。



图 4 福晶科技的变倍扩束镜

2. 定制产品

福晶科技还可根据客户的应用需求，**提供定制化的光束扩束与整形的解决方案**。比如高倍率扩束镜、消色差扩束镜、非球面扩束镜、柱面扩束镜、电动变倍扩束镜、水冷扩束镜以及匀光准直扩束镜等等。

- 1) **在 3D 打印机和激光扫描中使用扩束镜时要求光斑连续可调**，得益于福晶科技工程师团队成熟的电机编程与优良的机械设计水平，公司可提供**电动变倍扩束镜**与**水冷变倍扩束镜**两类产品。变倍扩束镜能实现在**固定距离内对光斑尺寸的调整**；而增加水冷结构能够**减少在高功率激光下镜片的热效应**。

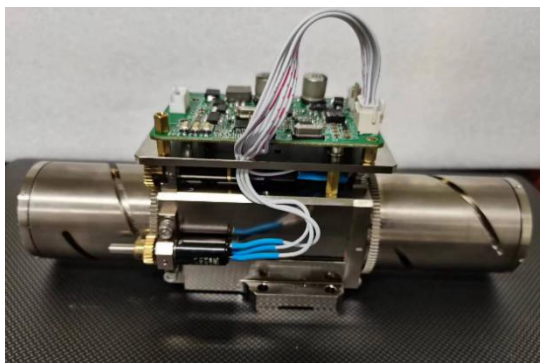


图 5 福晶科技的电动变倍扩束镜



图 6 福晶科技的水冷变倍扩束镜

2) 在要求光束准直的前提下需对**光斑形状做出优化**, 通常会采用柱面透镜或者非球面透镜方案对光斑的快慢轴尺寸进行优化。

柱面扩束镜方案中, 柱面透镜将扩展光束较窄的尺寸即光束慢轴, 其优势在于聚焦慢轴尺寸的同时不会放大光的正交分量。两轴发散角与焦距的关系式为:

$$\theta_{\text{快}} = \theta_{\text{慢}} \frac{f_2}{f_1}$$

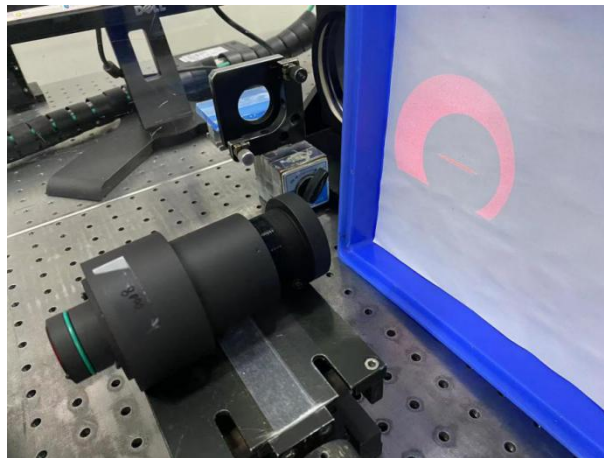


图 7 福晶科技的柱面扩束镜

非球面扩束镜方案基于福晶科技具有卓越的非球面加工与光学设计能力, 为匀光准直镜的定制化提供了强有力的支持。

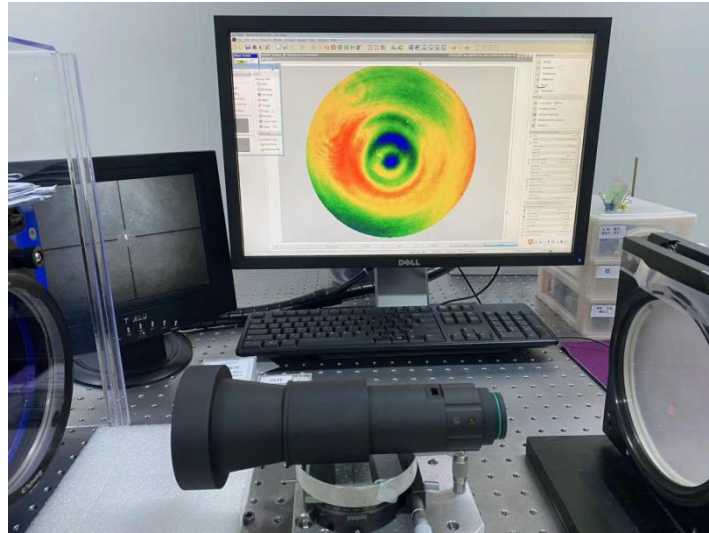


图 8 福晶科技的非球面扩束镜

该方案在传统准直扩束的同时，对激光光束的能量分布进行均匀化。经匀光准直镜后的光线强度分布均匀，光斑能量分布接近平顶光束，使其在激光雕刻与焊接中，有着不俗的表现。

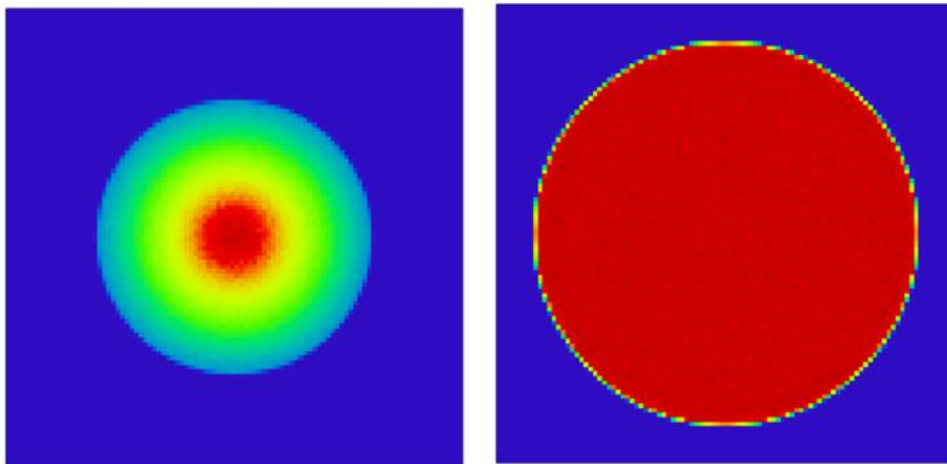


图 9 匀光准直镜加入前后光线的光强分布

四、严格的质量管理

福晶科技注重产品的质量管控，我们确保每一件扩束镜产品出厂前都经过严格的生产和检测过程控制。为保证扩束镜表面的质量，扩束镜的装配与检测全过程都在高度无尘的洁净室中完成；在检测环节，我们会对扩束镜产品的光洁度、波前、光束质量等指标进行严格的检测与管控，所用的检测仪器包括但不限于 Zygo 测量平台、金相显微镜、自准直仪和光束分析仪等，力保客户能获得最佳的使用体验。

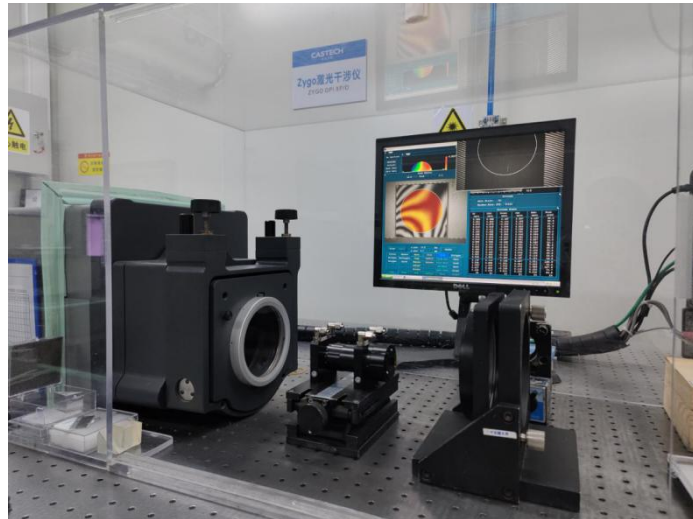


图 10 福晶科技的 Zygo 测试平台

在福晶科技,我们始终坚持以客户需求为导向,依靠不断突破技术创新和提高产品质量,从而为客户提供更好的使用体验。获取更多更详细的激光扩束镜相关的产品信息以及技术方案定制咨询请和我们的销售团队联系:

销售邮箱:

sales@castech.com

销售总机:

+86-(0) 591-83710533

+86-(0) 591-83791703

中国区销售:

+86-(0) 591-83771604

+86-(0) 591-83517265