

电动变焦聚焦镜









电动变焦聚焦镜的原理是基于光反馈通过电流改变聚焦镜形状（曲率），从而改变其焦距。而这一过程能在数微秒内完成。其独特的机理可以使系统省去一系列复杂的机械结构，变得更加迅捷和紧凑。变焦聚焦镜，无论是机械或电动，其优越性相对于传统镜头都令人鼓舞。作为电动变焦聚焦镜的行业翘楚，我们可以根据您的要求定制，包括尺寸，可调焦距范围和速度。请告诉我们您的要求，我们乐于为您提供全面的解决方案。

- 设计紧凑
- 机构简洁
- 反应快速
- 耗能少
- 制造公差低

我们的电动变焦聚焦镜由电流控制，控制电流可选范围宽，从实验室常规电源到音圈马达驱动的 IC 均可。我们提供分辨率达 0.1mA 的高精度 USB 驱动器，此驱动器包含集成 I2C 数显温度传感器。

下表总结了我們最受欢迎的可调聚焦镜的主要技术参数：

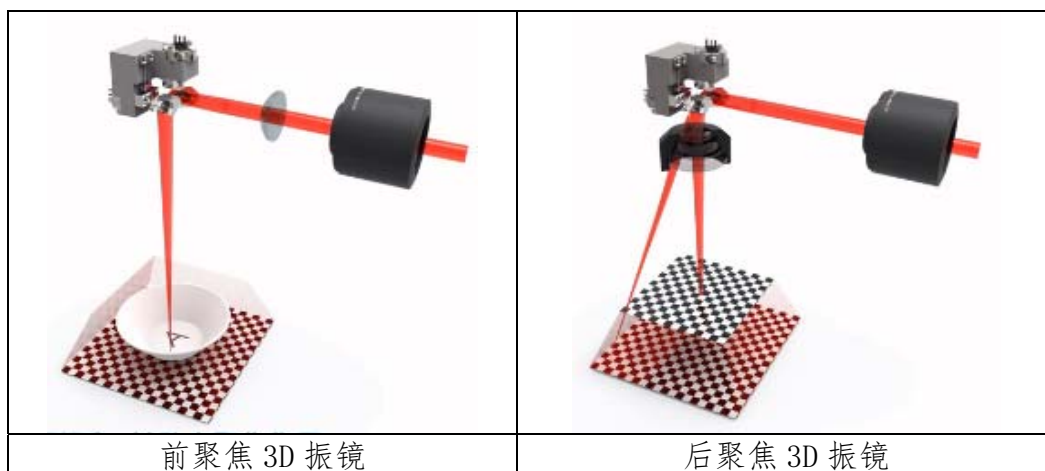
产品型号	STOT-EL-3-10 系列	STOT-EL-10-30 系列	STOT-EL-10-30-C 系列
外形图			
产品描述	快速电动变焦聚焦镜	快速电动变焦聚焦镜	快速电动变焦聚焦镜
尺寸 (直径 x 高度)	10x4.0mm	30x9.7mm	30x20.7mm
通光孔径	3mm	10mm	10mm
镜头类型	平凸到平凹	平凸	平凸 (可选补偿镜头)
焦距范围	+50-+120mm	+20-+140mm	-600-+170 mm
折射率	1.300	1.300 或 1.559	1.300

产品型号	STOT-EL-10-42-OF	STOT-EL-16-40-TC 系列	STOT-ML-20-37 系列
外形图			
产品描述	快速电动变焦聚焦镜	快速电动变焦聚焦镜	手动可调镜头
尺寸 (直径 x 高度)	42x36mm	40x11.9mm	35x8mm
通光孔径	10mm	16mm	20mm
镜头类型	平凸+平凹补偿镜头	平凸到平凹	平凸到平凹
焦距范围	-500-+500 mm	-500-+333 mm	-40-+40mm
折射率	1.300	1.300	1.300 或 1.559

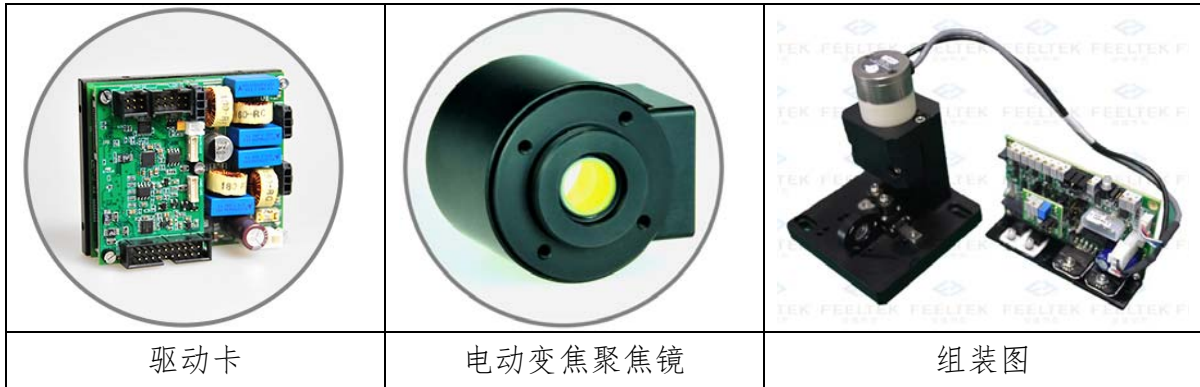
应用案例 1: 3D 激光扫描振镜

电动变焦聚焦镜的一个典型应用是 3D 激光扫描加工/打标。2D 普通振镜是激光器输出的光束先通过控制两片高速振镜的偏转角，改变激光的传播方向，然后通过场镜聚焦到扫描平面上，在工件表面作标记。这种方式控制起来比较容易，但是扫描面积受到场镜的限制，而且扫描平面内的每个光点的大小不一样。中间的较小，周围较大，而且容易产生枕型和腰鼓型失真。

3D 振镜分前聚焦 pre-scan 和后聚焦 post-scan 两种，前后是相对于聚焦和扫描的顺序而言。聚焦在前为前聚焦(先聚焦后扫描)，聚焦在后为后聚焦(先扫描后聚焦)。



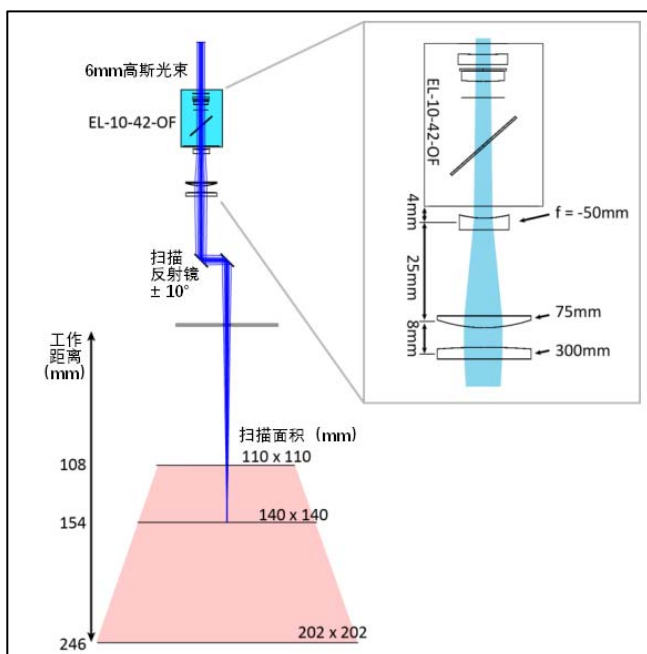
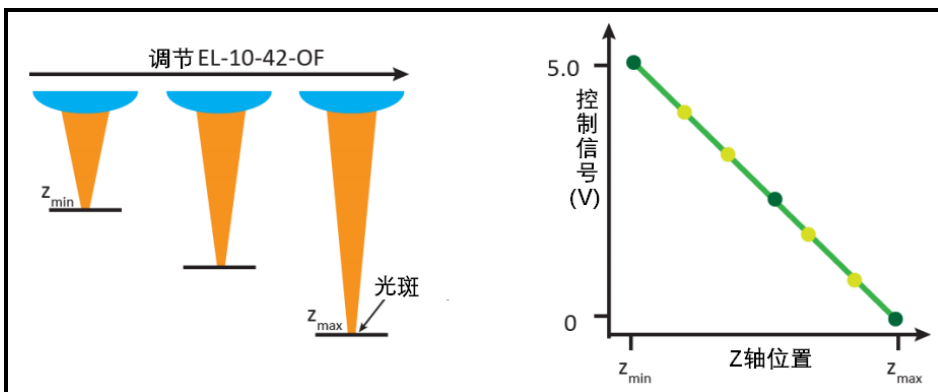
以前聚焦 3D 振镜为例，其光斑先通过聚焦镜聚焦，然后在光束聚焦的过程中进行扫描。电动变焦聚焦镜是激光处理系统实现快速 Z 轴调焦控制的最佳之选。电动变焦聚焦镜跟据工件平面到聚焦镜的距离改变聚焦镜的焦距，从而使聚焦后的光点全部聚到工件所在的平面内，达到 3D 聚焦的效果。前聚焦 3D 振镜可以将焦距拉长，从而增大了扫描面积，是目前大幅面高速扫描的最佳方案。还有一些内雕机也是采用这种动态聚焦的方式，速度比传统的方式快的多，大约可以达到 1000 点/秒，并可以保证扫描平面内的每一个光点的光斑大小一致。



STOT-EL-10-42-OF 电动变焦聚焦镜适合与纳秒或皮秒脉冲激光器搭配使用。具有如下特点：

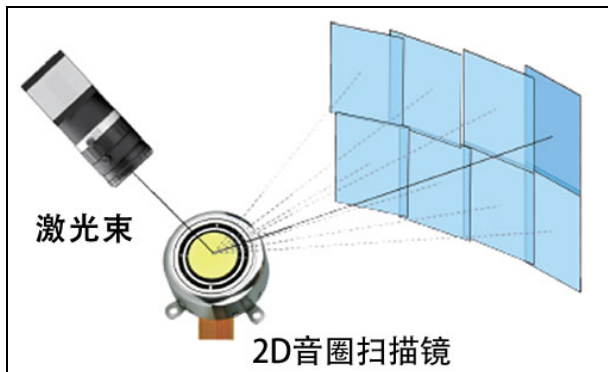
- 最大加工高度差可达 270mm
- 体积小，集成简便(直接放在扫描头和激光器之间)
- 45 度斜面加工速度可达到 6000mm/s
- 易控制（模拟驱动板输入 0-5V、数字板采用通用 XY2-100 协议）

下图左边显示如何通过调节 STOT-EL-10-42-OF 镜头以改变聚焦光斑的 Z 轴位置，右边显示的是控制信号与 Z 轴位置的关系。



左图是一个没有 F-Theta 场镜的打标系统示意图。左边为设计的光学元件。STOT-EL-10-42-OF 镜头调节光束的发散角。 $f=-50\text{mm}$ 的镜片将光束发散大约 2 倍， $f=75\text{mm}$ 的镜片校准光束（这两个镜片组成准直扩束镜）， $f=300\text{mm}$ 的镜片将光束聚焦于工作平面。

应用案例 2: 3D 激光扫描 (2D 音圈扫描镜+电动变焦镜)



2D 音圈扫描镜是单个光学元件的二维光束偏转扫描，具有大镜面和宽扫描角度、小巧轻便的优势，将 2D 扫描镜与电动变焦镜相结合，可快速地在任意点定位激光束光斑。非常适用于动态前照灯（汽车）、生物识别、机器视觉、医疗诊断、光谱设备以及 3D 打印等应用。



电动变焦镜的详细技术文件

1、快速电控变焦镜STOT-EL-10-30-TC

STOT-EL-10-30-TC是设计更加快速、更加紧凑的光学系统，没有复杂的机械机构，直接电动调整聚焦。通过输入电流，10mm入射孔径的焦距可以调整到毫秒的具体数值。得益于它完整的温度传感器和特殊化数据库，用我们的变焦镜驱动4可以把透镜驱动到非常精确的聚焦力量。STOT-EL-10-30-TC适用于2个宽波段的涂膜选项，可见光光谱400-700nm 和红外光谱700-1100nm。



下表概述了这款紧凑型 STOT-EL-10-30-TC 主要技术参数：

标准产品型号	变焦范围	折射率	保护玻璃涂膜	波前误差
STOT-EL-10-30-TC- VIS-12D	+120 至+50 mm +8.3 至+20 dpt	1.30	400-700nm	<0.25 / <0.60 λ
STOT-EL-10-30-TC- NIR-12D	+120 至+50 mm +8.3 至+20 dpt	1.30	700-1100nm	<0.25 / <0.60 λ

*波前误差提供是在 λ RMS @525nm 光轴垂直/水平

应用：

- 显微镜观察
- 原子捕集
- 光学相关断层成像术
- 激光秀

2、快速电控变焦聚焦镜 STOT-EL-10-30-C

STOT-EL-10-30-C 是一款设计更加快速、更加紧凑的光学变焦系统，没有复杂的机械机构，直接电动调整聚焦。通过外控输入 0-300mA 电流，通光孔径 10mm 的透镜在毫秒范围内变焦到设定的焦距。STOT-EL-10-30-C 的两面都有螺纹，便于安装，还可以用固定焦距偏移透镜替换涂膜玻璃，允许根据应用程序的要求自由调整焦距范围。



STOT-EL-10-30-C (OEM 版)



STOT-EL-10-30-Ci (工业版)

STOT-EL-10-30-C 有两种主要光学配置：

1. 基本配置有平面封面眼镜，从 200mm 到 100mm 的焦调范围，使其成为微距成像的最佳选择。
2. “MV”配置针对机器视觉市场进行了优化。它包含一个负偏移透镜，因此整体焦距调整

范围从负到+286 毫米，这使得它成为与无限校正固定焦距透镜组合的理想选择。

下表总结了 STOT-EL-10-30-C 系列的主要技术参数：

标准产品型号*	使用驱动器 4 的调整范围 (0-250mA)	偏移透镜	保护玻璃涂膜	波前误差**
STOT-EL-10-30-C-VIS-LD	200 -100mm 5 - 10dpt	无	400-700nm	<0.15/ <0.25 λ
STOT-EL-10-30-C-NIR-LD	200 - 100mm 5 - 10dpt	无	700-1100nm	<0.15/ <0.25 λ
STOT-EL-10-30-C-VIS-LD-MV	-667 - +286mm -1.5 - +3.5dpt	有 (-150mm)	400-700nm	<0.15/ <0.25 λ
STOT-EL-10-30-C-NIR-LD-MV	-667 至+286mm -1.5 至+3.5dpt	有 (-150mm)	700-1100nm	<0.15/ <0.25 λ

*以上型号均可适用于 6 针 FPC 连接器 (OEM 版本) 或 6 针 Hirose 连接器 (工业版本)

**波长误差提供条件是 λ RMS @525nm 光轴垂直/水平。

自 2014 年起，所有镜头都提供“焦距能力模式”，该模式是直接利用已保存的校准数据到镜头上，允许开环控制，包括对在 ± 0.1 dpt 的情况下进行可重复性温差补偿。

应用：

- 机器视觉
- 显微镜
- 生物识别系统
- 光学相干层析

3、快速电控变焦镜 STOT-EL-10-42-OF

该电控变焦镜 STOT-EL-10-42-OF，致力于 3D 激光加工应用，在光斑质量、速度和重复性方面设定了最高标准。通过 -2. dpt 到 +2.0dpt 的调焦范围，光斑可以沿 z 轴控制扩大范围 (工作距离变化可达 180mm)。独有的内置光学反馈机制，允许长期重复 <0.02 屈光度。STOT-EL-10-42-OF 最佳适用于 1064nm 和 532nm。

应用：

- 激光打标
- 微加工
- OCT 光学相干断层成像
- 3D 打印
- 激光投影模板。

4、快速电控变焦镜 STOT-EL-16-40-TC

拥有 16mm 的通光孔径，展示了世界上最大的聚焦可调镜头。它的设计已经在许多方面最佳化：

- 更大的通光孔径比前一代 STOT-EL-10-30 大 60%，2.5 倍的通光亮。
- 可调镜头可以从一个平坦的零状态变成一个平凹或平凸透镜，导致焦距调节范围高达 -10 到 +10 屈光度 (-250 到 +250mA)。

- 设计最佳，将热漂移影响最小化至 0.02 dpt/°C，内置温度传感器，可实现典型的+/- 0.05 屈光度的整体重现性。
- 响应和设置时间分别为 5 毫秒和 25 毫秒，这仍然比大多数机械替代品快很多。
- 集成内部的镜头整形器允许最高可能的定位精度镜头调整。

STOT-EL-16-40-TC 的紧凑形式可用于 OEM 集成，也可用于工业用途的多线程适配器和强大的 Hirose 连接器，可调焦镜可以和常用的成像镜头轻松组合。



STOT-EL-16-40-TC (OEM 版本)



STOT-EL-16-40-TC 带有线型适配器（工业版本）

下表为 STOT-EL-16-40-TC 系列的主要规格：

标准产品型号	调谐范围	波前误差	最高线程	最低线程
STOT-EL-16-40-TC-VIS-5D	-500 - 333 mm -2 - 3 dpt	<0.25 / <0.5 λ		
STOT-EL-16-40-TC-VIS-20D	-100 - 100 mm -10 - 10 dpt	<0.50 / <2.5 λ		
STOT-EL-16-40-TC-VIS-5D-M25.5	-500 - 333 mm -2 - 3 dpt	<0.25 / <0.5 λ	M25.5x0.5 公	M40.5x0.5 母
STOT-EL-16-40-TC-VIS-5D-M27	-500 - 333 mm -2 - 3 dpt	<0.25 / <0.5 λ	M27x0.5 公	M40.5x0.5 母
STOT-EL-16-40-TC-VIS-5D-M30.5	-500 - 333 mm -2 - 3 dpt	<0.25 / <0.5 λ	M30.5x0.5 公	M40.5x0.5 母
STOT-EL-16-40-TC-VIS-5D-C	-500 - 333 mm -2 - 3 dpt	<0.25 / <0.5 λ	C-mount 公	C-mount 母
STOT-EL-16-40-TC-VIS-5D-M42	-500 - 333 mm -2 - 3 dpt	<0.25 / <0.5 λ	M42x1 公	M42x1 母

*所有型号均提供 6 针 FPC 连接器。带螺纹适配器的型号配有 6 针 Hirose 连接器

***波前误差是在垂直/水平光轴 $x = 525\text{nm}$ 时提供。

应用：

我们的 STOT-EL-16-40-TC 的应用包括：

- 机器视觉
- 显微镜
- 增强和虚拟现实中的真正 3D
- 眼科设备的屈光矫正

5、手动变焦镜 STOT-ML-20-37

STOT-ML-20-37 可以根据具体要求进行自我调整。通过手动旋转调节环，镜片可以从凸面变为平面或凹面。这个独特的功能允许选择和微调镜头的焦距在-40 到+ 40mm 范围内。

手动调焦镜是以下应用的理想选择：

- LED 照明
- 光学研发(如波束扩展器)
- 教育
- 眼科设备
- 系统原型



6、驱动电源和软件

6.1 电动调焦镜驱动 4

变焦镜驱动 4 提供了一个简单而精确的方法来控制电动可调镜头，特别是 STOT-EL-6-18 和 STOT-EL-10-30 系列。与驱动程序的通信遵循一个开放的简单串行协议，它可以在 Windows 或 Linux 上的任何编程语言中实现(c#, Labview 和 Python 源代码可用)。该驱动附带免费软件，可以作为独立解决方案使用，也可以集成到 OEM 设计中。作为一个紧凑的 USB 供电的电流源，它也用于驱动 LED 或激光二极管。



变焦镜驱动 4 (OEM 版本)



变焦镜驱动 4(工业 版本)

主要特点：

- 电流控制以 0.07mA 步长，从-290 到+290 mA。
- 驱动频率从 0.2 到 2000 Hz(方形、三角形或正弦曲线形)
- I2C 传感器读数，例如：用于温度补偿(“聚焦能力模式”)
- USB 驱动 (5V)
- 驱动软件用于 Windows 7、8 和 10
- 可以塑料，钢材或无外壳

这款恒流电源适用于：

- 电动可调聚焦镜
- 发光二极管
- 激光二极管

6.2 工业调焦镜控制器 TR-CL180 (Gardasoft)

这款 Gardasoft 的调焦镜控制器，设计为工业用途，是机器视觉用户的理想解决方案。千兆以太网接口，RS232 和模拟接口以及大量的软件开发包允许轻松集成。控制器的触发器输入和快速响应时间使得它也在显微镜检查 Z 叠加和生命科学中的应用更加有趣。

主要特点:

- 电流控制从-400 到+400mA，0.1mA 步长，0.5mA 精度
- 千兆以太网接口，RS232 和前面板接口
- 0-10V 模拟输入(12 位)
- I2C 传感器读出温度补偿(“光焦度模式”)
- 供电电源:24V
- 软件开发包:
c++, c#, VB, Labview, Cognex VisionPro, Teledyne Dalsa Sherlock, Stemmer Imaging CVB



6.3 EL-E-OF-A 变焦镜驱动器用于 STOT-EL-10-42-OF，模拟接口(0-5V)

STOT-EL-E-OF-A 可以通过模拟电压信号控制 STOT-EL-10-42-OF 镜头模块。几个数字信号可用于状态验证。电子产品实质上提供了一个模拟到数字阶段读取控制和设置电压信号，数字处理与实现了 PID 循环指令和电流源到驱动焦镜和加热器单元。这个驱动更适用于 OEM 集成在激光打标系统中，因此没有外壳。

主要特点:

- 模拟控制电压从 0 到 5V (ADC 分辨率 16 位)
- 取样频率 1.1 千赫
- 变焦镜驱动电流范围从 0 到 300mA
- 集成光反馈(OF)控制
- JTAG 或 USB 固件更新接口



6.4 STOT-DSD 驱动器

STOT-DSD 是一款基于 FPGA 的数字控制器，用于控制 STOT-EL-10-42-OF 变焦镜模块。该板由两层组成，顶层是数字伺服接口 (DSI-1-016)，底层是数字伺服控制器 (DSC-1)。这款控制器由两层组成，顶层是数字伺服接口 (DSI-1-016)，底层是数字伺服控制器 (DSC-1)。这款控制器是特别设计和优化于 OEM 集成在 3D 激光标记系统。

主要特点:

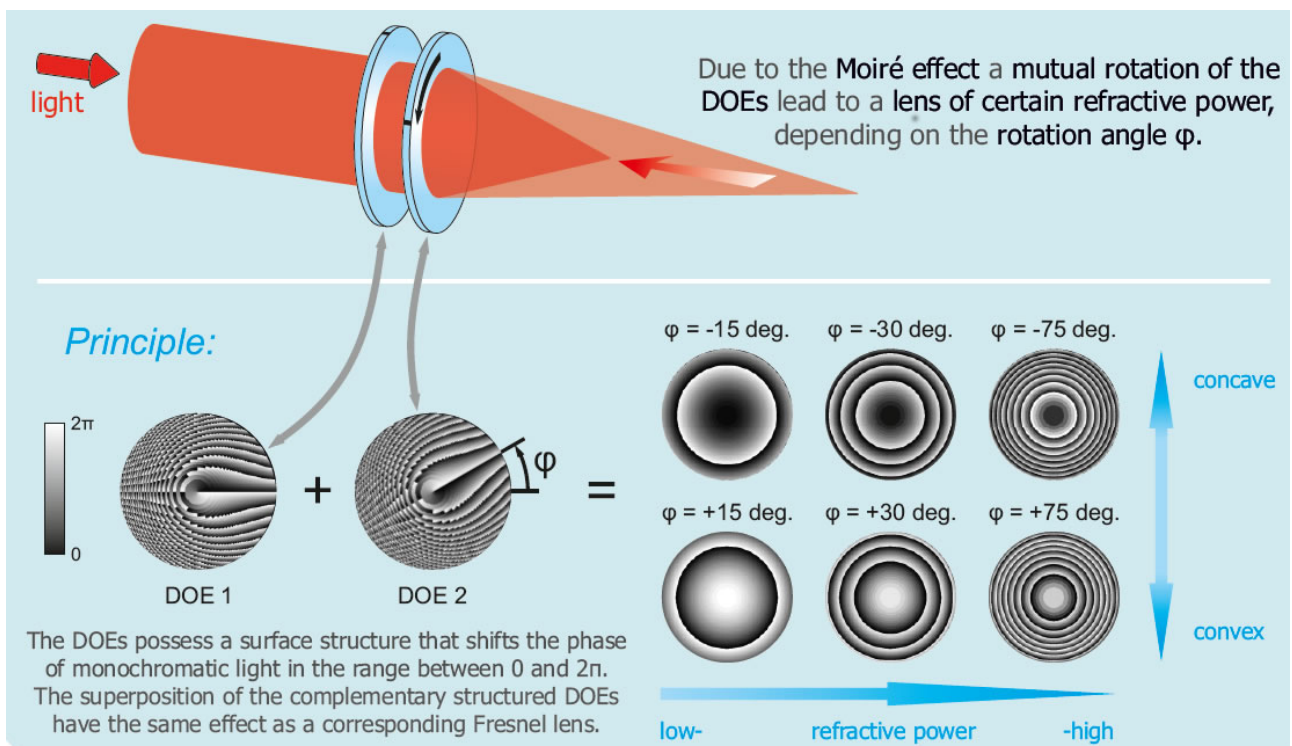
- 脉冲宽度调制 (PWM) 镜头控制
- 自动调整聚焦
- 跟踪延迟 < 1ms
- 加热器控制单元
- XY2-100 和双向 XY-SCAPS 接口
- 标记速度高达 8000 毫米/秒，用于 45 度的孵化工作



可变焦距镜头（莫尔镜）

将两个特殊结构的 DOE 极联得到各种光学元件，如透镜、轴心镜或螺旋相位板等。两个衍射光学器件 DOE 通过相互旋转来连续调节光焦度或焦距。光焦度 (focal power) 等于像方光束会聚度与物方光束会聚度之差，它表征光学系统偏折光线的能力。光焦度常用字母 ϕ 表示，折射球面光焦度 $\phi = (n' - n) / r = n' / f' = -n / f$ ，其中 n' 为像方折射率， n 为物方折射率， r 为球面半径， f' 为像焦距， f 为物焦距。一般光焦度表示为像方焦距的倒数（近似认为空气的折射率为 1）。上述光焦度等式对任何光学系统都是普适的（无傍轴之分）。

- 低成本和高功率柔性透镜材料
- 焦点在光轴上
- 设计紧凑（轻薄）
- 尺寸、波长和光焦度可扩展
- 衍射极限分辨率（单色光）
- 光学特性可在大范围内连续、简单、精确的变化（如 $D = \pm 25$ dpt）



可调镜头

使用莫尔镜可以改变光束的焦点（即镜头的焦距），也可以对变化距离的物体进行锐利成像。通过旋转两个 DOE（衍射光学元件），透镜的焦距会发生变化。

可调轴心镜

我们的可调轴心镜可轻易的产生高质量的类贝塞尔光束。通过旋转两个 DOE（衍射光学元件）来调节光束的输出参数。

莫尔镜



莫尔镜是可调聚焦镜领域的一项创新技术，与其他透镜比较，它的优点如下：

- 适用于大功率应用
- 焦点在光轴上
- 紧凑设计（轻薄）
- 可扩展的尺寸、波长和光焦度
- 衍射极限分辨率（单色光）
- 光学特性可在大范围内的连续、简单和精确变化（例如 $D = \pm 25$ dpt）

两个莫尔镜的组合可以用来制作可变放大倍数的镜头。也使其结构紧凑，小巧的变焦光学元件（特别适合用于智能手机或热敏相机）

可调相移器和螺旋光束

通过特殊的 DOE 设计，可以产生可调谐的光学相移器。同样的原理也可以用制造螺旋波阵面（OAM）。这种光束像一个具有波阵面扩展的螺旋形的螺旋波。

通过相互转和 DOE，相移器和螺旋束变换器可以很容易地调谐。

我们可为客户选择从紫外/可见光到红外再到太赫兹波长的最佳基底。所有部件的孔径可达 25 毫米。

应用领域和市场

- 成像：可用于摄像机、手机、可调眼镜、人眼成像系统的轻型紧凑变焦光学系统
- 高功率：激光雕刻、打标和切割等高功率应用的扫描头
- 激光投射：可调照明系统、灯具和头灯、可变焦距汽车照明、扫描仪、投影仪、打印机等。
- 实验室设备：可调多功能光学原型设备等。
- 科学前沿：激光光束整形和调制、光镊和干涉仪中环形光束的产生等。
- 更多应用：热成像、红外成像、太赫兹辐射应用、变焦超声透镜

综上所述：它既可以用于特殊的高端应用也适合众多的低端大众产品。实现光焦度补偿，光学效率高达 90%，减少色差，与“标准”光学元件（如玻璃透镜）结合，可补偿色散效应。

1. 电动可调莫尔镜 MIE-20-1064

可电控调节衍射透镜的光焦度。

光学参数：

- 波长：1064 nm
- 可调焦距范围：-75 到无穷大到 +75 mm 到无穷大
- 屈光度可调范围：-13.2 到 +13.2 Dpt
- 基材：熔融石英
- 偏振性：与入射光相同
- 镜片类型：凸面到凹面



- 1064nm 镀膜

机械参数:

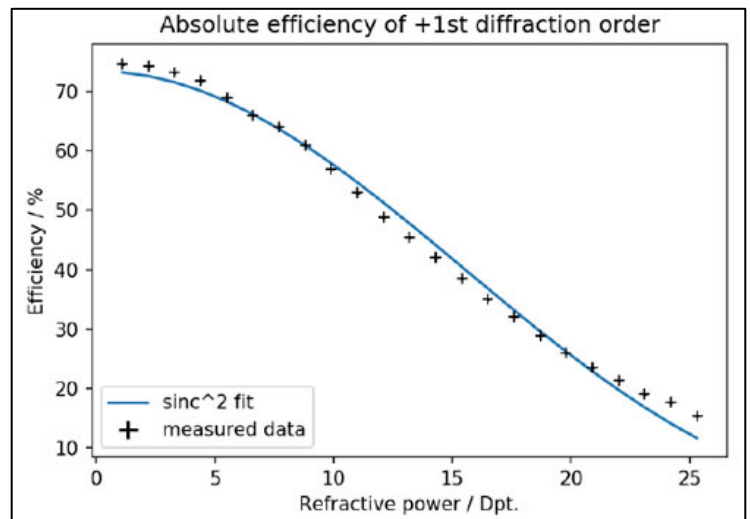
- 长度: 98mm
- 宽度: 73mm
- 高度: 38mm
- 重量: 250g
- 通光孔径: 20mm

运行参数:

- 温度: 15- 40°C
- 湿度 < 80%R.H (31°C 时).

性能:

- 行程 360°
- 最快速度: 430 °/秒
- 双向可重复性: 0.05°
- 归位重复性: 0.25°
- 双向精度: 0.4°
- 齿隙: 0.013°
- 编码器分辨率: 143360 counts/rev
- 相对磁力编码器: 0.0025°/count
- 最小增量运动: 0.002°
- 最小保持扭矩: 0.01 Nm
- 轴摆动: 0.014°
- 最大总负载: 50g
- 最小寿命: >600000 转



电气参数:

- 电机类型: 压电电机
- 输入直流电压: 4.5- 5.5 V
- 典型电耗 (工作期间): 800 mA
- 典型电耗 (待机期间): 800 mA

通信接口:

- 总线: Multi-Drop 3.3 V/5 V TTL RS232
- 旋转板上的连接器: Picoflex R
- 接口板上的连接器: Picoflex, Micro USB, DC Jack [6.3mm OD (GND), 2.1mm ID (+5V)]
- 速度: 9600 baud
- 数据长度 (1 个停止位, 无奇偶校验): 8 位
- 协议数据格式: ASCII HEX
- 模块地址和命令格式: 助记符

2. 手动可调莫尔镜 STD-MI-10-532

通过手动旋转后环可以调节衍射透镜的光焦度。

光学参数：

- 波长：532 nm
- 可调焦距范围：-75 到无穷大到 +75 mm 到无穷大
- 屈光度可调范围：-13.2 到 +13.2 Dpt
- 基材：熔融石英
- 偏振性：与入射光相同
- 镜片类型：凸面到凹面
- 400-700nm 镀膜

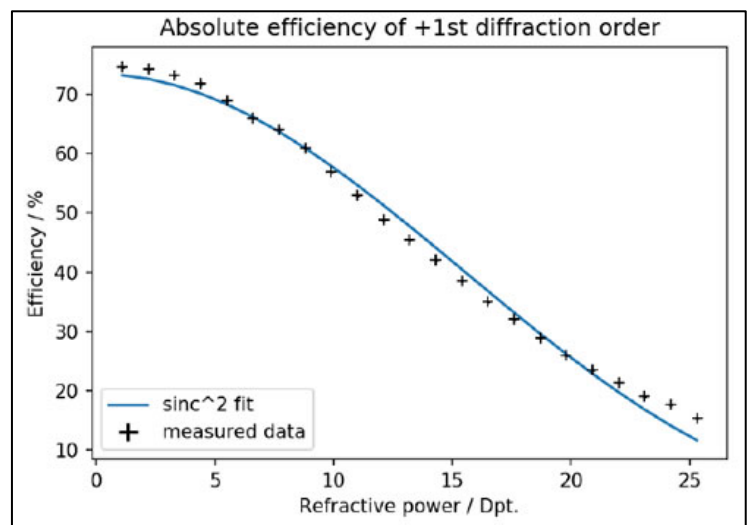


机械参数：

- 外壳直径：32mm
- 外壳厚度：26mm
- 重量：50g
- 通光孔径：10mm
- 调节范围：连续的
- 接口：螺纹 C 接口
- SM1 适配器：是

运行参数：

- 温度：15- 40°C
- 湿度：20-90 %R.H



应用领域和市场

- 成像：可用于摄像机、手机、可调眼镜、人眼成像系统的轻型紧凑变焦光学系统
- 高功率：激光雕刻、打标和切割等高功率应用的扫描头
- 激光投射：可调照明系统、灯具和头灯、可变焦距汽车照明、扫描仪、投影仪、打印机等。
- 实验室设备：可调多功能光学原型设备等。
- 科学前沿：激光光束整形和调制、光镊和干涉仪中环形光束的产生等。
- 更多应用：热成像、红外成像、太赫兹辐射应用、变焦超声透镜

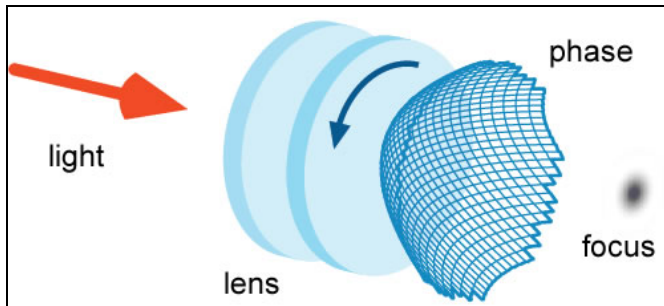
综上所述：它既可以用于特殊的高端应用，也适合众多的低端大众产品。实现光焦度补偿，光学效率高达 90%，减少色差，与“标准”光学元件（如玻璃透镜）结合，可补偿色散效应。

- 光学效率高达 90%：由于其高效率，该透镜还可用于大功率激光器（切割、雕刻等）。
- 结构紧凑小巧的设计：相较于传统光学元件小巧紧凑很多，可以使用在空间狭小的地方。
- 大的光功率范围：光学特性在大范围内连续、简单、精确变化（如 $D = \pm 25$ dpt）。

可调镜头

莫尔镜可以实现动态聚焦。应用范围包括：

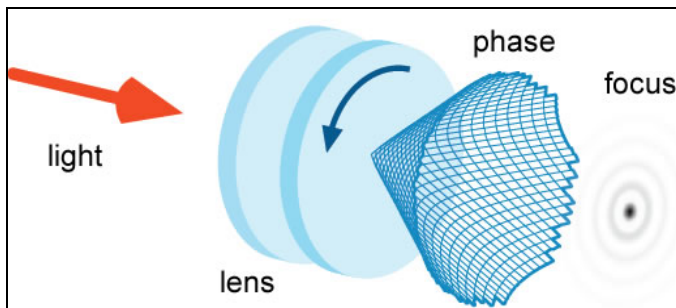
- 智能手机、无人机、微型摄像机以及红外摄像机的自动对焦或变焦光学系统
- 体积成像和 3D 激光处理
- 用于汽车工业、条形码扫描和太赫兹应用的可调透镜
- 眼科用变焦透镜



可调轴心镜

利用莫尔镜生成可调轴心镜，以动态调节自愈光束。应用范围包括：

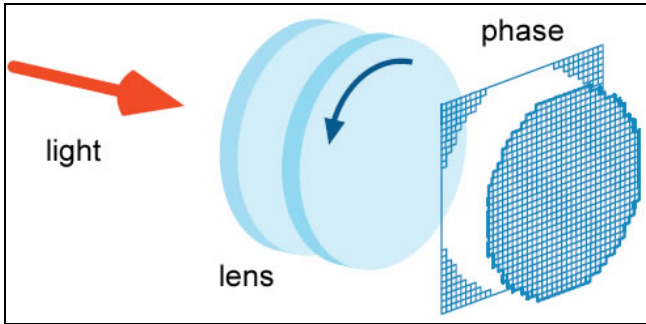
- 细胞等微米级结构的动态捕获
- 激光加工钻孔时产生可变自愈光束或光环
- 成像过程中的适应景深
- 激光手术中的动态光束调制



可调相移器

利用莫尔镜原理可实现无穷远相移器。应用范围包括：

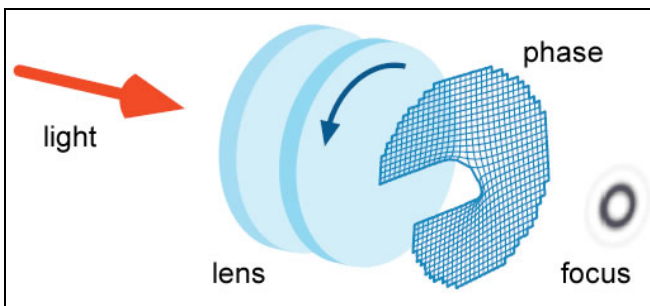
- 高精度光谱学中的移频器
- 干涉测量中的相位控制
- 光学相干层析成像
- 原子俘获和量子操纵



可调螺旋光束

利用莫尔透镜，可以调整阶梯状相位前沿的陡度以产生直径可变的环形焦点。应用范围含盖：

- 捕获和旋转微米级结构，如电池
- 在光学显微镜下可变地突出物体边缘
- 激光加工中的可变尺寸钻环
- 通过动态波束复用提高通信系统的比特率



问与答

1. 可变焦莫尔镜片的优点是什么？

可变焦莫尔镜片是由一对特殊结构的衍射光学元件，通过标准光刻技术制造。相较于其他液体、光声或纳米材料技术，此镜片设计和结构更加简单。简单的结构也使莫尔镜对温度变化不敏感还具有抗振动性能。

这种基板很薄，重量也轻，可以由多种材料制成，同时还包括紫外或红外光谱范围的材料。它是通过简单的旋转平板来实现较宽焦距范围内的聚焦，在单色照明下产生无像差的光斑。

2. 可变焦莫尔镜片的缺点是什么？

- 色差强
- 当光功率增加，透镜效率降低
- 仅在特定波长下运行最佳
- 最大通光孔径受限（约 20mm）

3. 可变焦莫尔镜片的效率是多少？

莫尔镜的一阶衍射效率 n_1 取决于所选的扭转角 θ ，由此得到相应的光焦度： $n_1 = (\text{sinc}(\theta/2))^2$ (1)。

总效率是衍射效率和透射效率 n_t 的乘积，约为 96%。对于 45° 的扭转角，衍射效率约为 65%，因此总效率约为 62%。

4. 可变焦莫尔镜是如何制造的？

可变焦莫尔镜的单个衍射光学元件的表面结构由标准光刻技术制作产生。它们合成的一对元素产生可以连续调整以创建连续可变的焦距的菲涅耳区。

5. 偏振如何影响性能？

可变焦莫尔镜的性能与偏振无关。

6. 客户定制的可变焦莫尔镜需要提供什么相关参数？

要定制一个可变焦莫尔镜，需要知道以下参数：

- 透镜尺寸（直径、方形等）
- 通光孔径
- 最大厚度
- 所需焦距范围
- 工作波长范围
- 最大光焦度时所需的效率

7. 可变焦莫尔镜能提供多大的光焦度范围和数值孔径？

如果 DOE 表面的光刻处理单元在波长范围内（紫外到红外范围内），可变焦莫尔镜的光焦度 (D) 计算如下： $D = \theta / A\pi$ (2)。这里 θ ，代表 DOE 的当前扭曲角，A 表示透镜的通光孔径。式 (1) 表明，对于 $\pm 90^\circ$ ($\theta = \pm \pi/2$) 的扭转角，可变焦莫尔镜的衍射效率大于 80%。这种带孔径的莫尔镜的光焦度范围，如下所示： $D = \pm 1 / (2A) = \pm 25 \text{ Dpt}$ 。这意味着可变焦距莫尔透镜的光焦度与光圈成反比。NA 在其光焦度的整个调制过程中是恒定值（在上述示例中， $NA = 0.24$ ）。

8. 有哪些波长的莫尔镜提供？

可变焦莫尔镜可用于从紫外到红外的波长。DOE 的莫尔图案需要针对特定的波长进行设计；当结构高度等于设计波长的整数倍 (2π 相移) 时，可以获得最大的效率。DOE 设计中的限制因素是基底的传输特性。熔融石英通常用于紫外或可见光，而红外应用通常会选择锗。