



快速电动可调焦液态透镜 EL-3-10

紧凑型 EL-3-10 液态透镜专为 OEM 集成到各种光学系统中而设计。其工作原理基于成熟的形状可变透镜技术，通过施加电流调节透镜曲率，从而在数毫秒内将焦距调节至所需值。

该透镜采用“推拉式”架构，透镜曲率可从凹形调整至凸形。基于成熟的音圈驱动技术，使 EL-3-10 电动可调焦液态透镜具有极高的可靠性与稳健性，即使在大温度范围或恶劣环境下的应用也表现优异。

光学规格

通光孔径	3	mm
焦度范围 (@20°C) ¹	-13 ~ +13	dpt
透射波段	VIS: 420 ~ 900 NIR: 850 ~ 1600	nm
波前误差 @ 0 mA (垂直/水平光轴)	Class 1: <0.07 / <0.07 Standard: <0.2 / <0.2	λ RMS @532 nm
透镜类型	平凹至平凸	
折射率 / 阿贝数	nD = 1.300 / v = 100	
响应时间 (80% 阶跃)	<1	ms
稳定时间 (80% 阶跃)	2 / 4	ms (smart step / normal step signal)
使用寿命 (+/-100 mA 正弦驱动)	>1' 000' 000	cycles
损伤阈值	>1	kW/cm ²
工作温度	-20 to 65	°C
存储温度	-50 to 85	°C
重量	1.25	g

电气规格

常规控制电流	-120 to +120	mA
工作电压	-1...1	V
音圈电阻	7.1	Ohm
功耗 (全调焦范围)	0 to 100	mW
功耗 (+/- 5 dpt 调焦范围)	0 to 15	mW

标准产品型号概览

标准产品型号	调焦范围	柔性排线	保护玻璃	容器及/或保护玻璃镀膜	波前误差 @ 0mA
EL-3-10-VIS-26D-FPC	-13 ~ +13 dpt	Yes	Yes	420 – 900 nm	<0.2 λ RMS
EL-3-10-NIR-26D-FPC	-13 ~ +13 dpt	Yes	Yes	850 – 1600 nm	<0.2 λ RMS
EL-3-10-NOC-26D-FPC	-13 ~ +13 dpt	Yes	Yes	420 – 2200 nm	<0.2 λ RMS
EL-3-10-VIS-26D-OEM	-13 ~ +13 dpt	No	No	420 – 900 nm	<0.2 λ RMS
EL-3-10-NIR-26D-OEM	-13 ~ +13 dpt	No	No	850 – 1600 nm	<0.2 λ RMS
EL-3-10-NOC-26D-OEM	-13 ~ +13 dpt	No	No	420 – 2200 nm	<0.2 λ RMS
EL-3-10-VIS-26D-OEM-CG	-13 ~ +13 dpt	No	Yes	420 – 900 nm	<0.2 λ RMS
EL-3-10-VIS-26D-1-OEM-CG	-13 ~ +13 dpt	No	Yes	420 – 900 nm	<0.07 λ RMS

¹ 可根据需求提供最高 ±35 dpt 的光学功率范围定制版本。

机械结构图

标准版 EL-3-10 透镜配备柔性排线（见图2），可与我们的 EL-E-4 透镜驱动器兼容，适用于原型开发及小批量应用。此外，还提供用于大规模量产应用的 OEM 版本 EL-3-10 透镜。该版本设有两个焊盘，可用于焊接导线或连接弹片触点（见图4）。其上方方向的全视场角为 50° ，下方方向的全视场角为 46° 。对于 OEM 版本，保护玻璃为可选配置，可根据需求优化透过率性能。

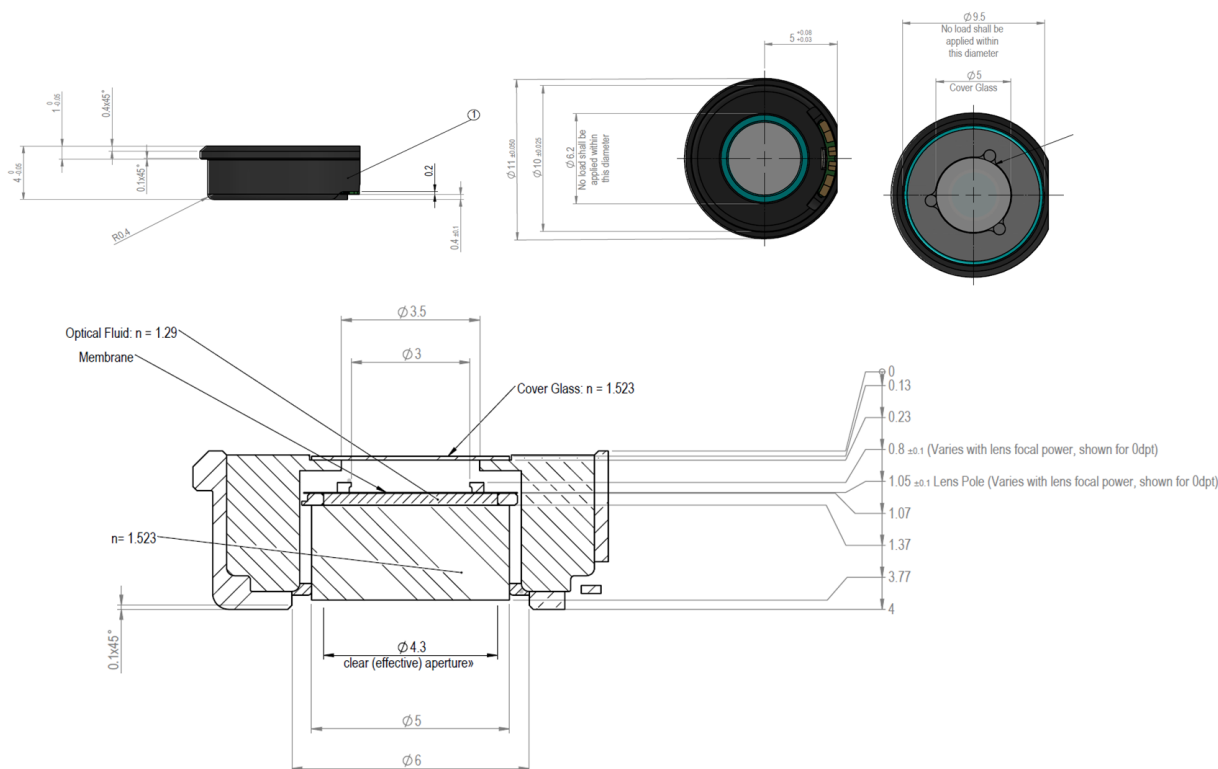


图1: EL-3-10-XXX-26D-OEM 透镜机械结构图

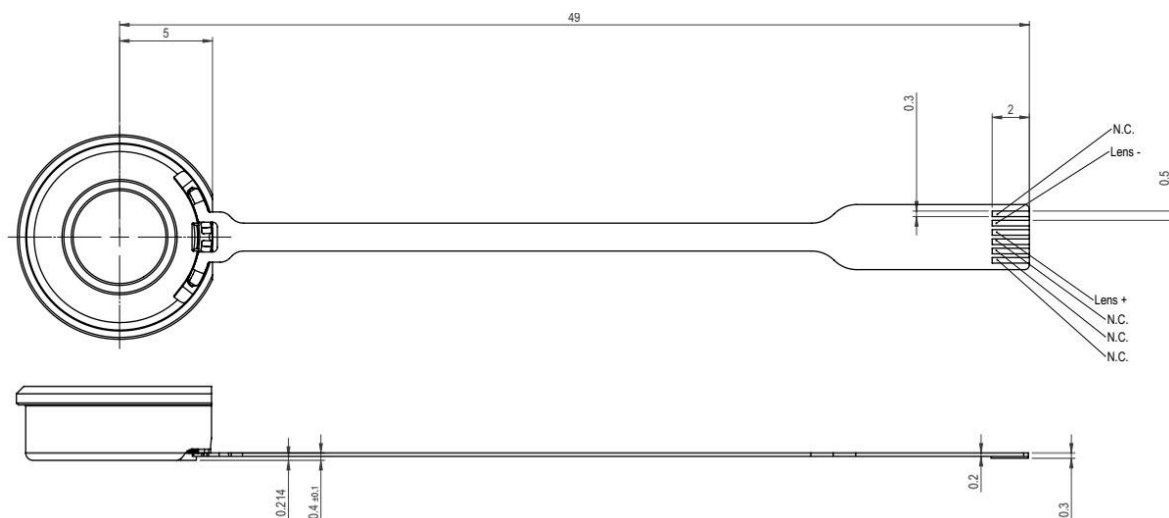


图2: EL-3-10-XXX-26D-FPC 透镜机械结构图

安装方式

透镜通过法兰进行夹持固定。其安装方向由 D 型切口进行定义。对于底部无保护玻璃的版本，其下方光学孔径中的薄膜直接暴露于环境中。因此，该透镜必须在洁净环境（例如洁净室）中进行集成，并在光学系统设计中确保底部界面免受灰尘污染。

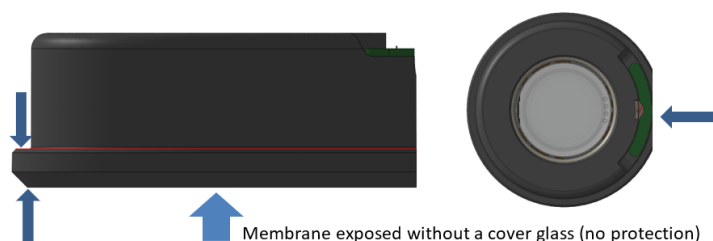


图3: EL-3-10 安装示意图

电气连接

对于 OEM 版本，可在两个 PCB 焊盘上连接导线。此外，也可使用弹簧针与 PCB 焊盘实现接触连接，例如 TE Connectivity 1551631-5。

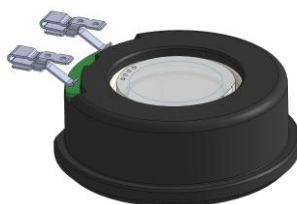


图4: EL-3-10-XXX-26D-OEM 焊盘与弹簧针连接示意图

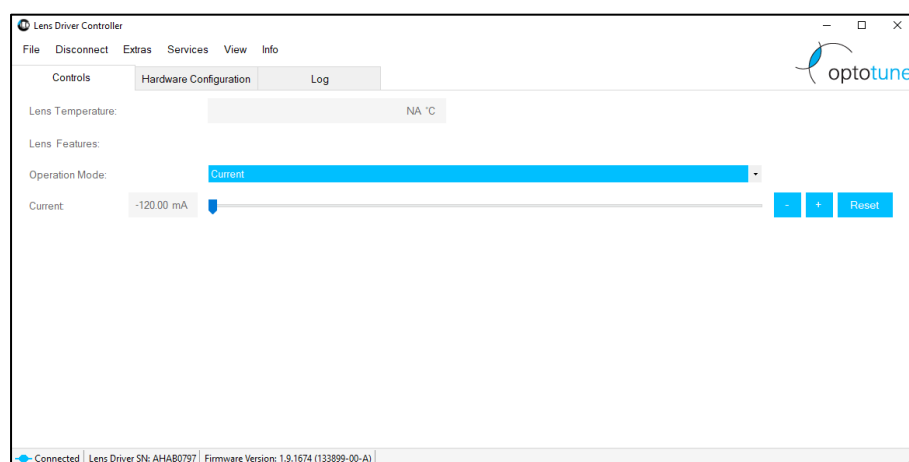
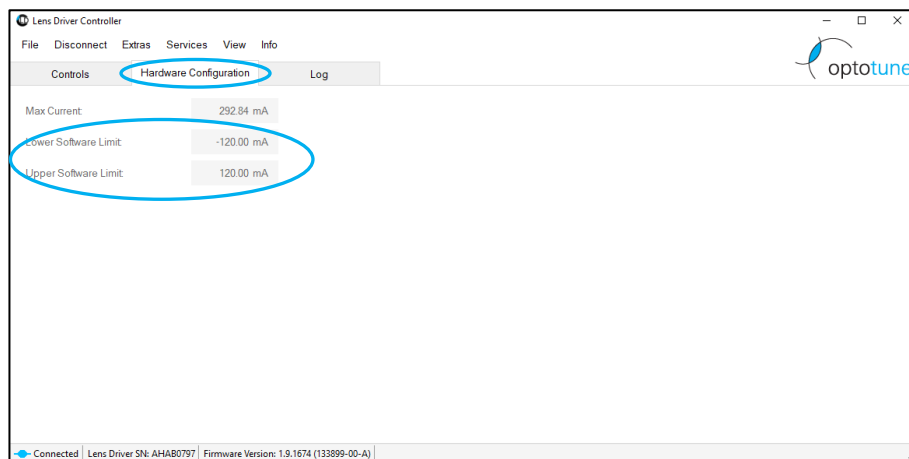
FPC 版本采用柔性排线并焊接至上述焊盘，如图5所示。排线末端设有加固连接头，配备 6 针接口，可适配 Amphenol SFV12R-2STE1HLF（单面连接，更安全）、Molex 503480-0600（双面连接，需注意方向）或同等规格连接器。



图5: 带柔性排线的 EL-3-10-XXX-26D-FPC 透镜

驱动器

紧凑型EL-3-10透镜可通过EL-E-4透镜驱动器进行驱动，只需将透镜的柔性排线直接连接至驱动器上的Molex接口即可。在软件界面中，可通过调节输出电流来控制透镜工作状态。需要注意的是，实现全光学功率调节范围需要 $\pm 120\text{mA}$ 的驱动电流。由于驱动器本身具备更高电流输出能力，因此在初始配置时必须遵循以下步骤：首先在未连接透镜的情况下将驱动器连接至PC。随后在软件的“Hardware Configurations（硬件配置）”选项卡中，将电流软件限幅设置为 $\pm 120\text{mA}$ 。完成设置后，可断开驱动器与PC的连接，连接透镜至驱动器，再将驱动器重新连接至PC。此时电流调节范围将被限制在 $\pm 120\text{mA}$ 内，从而有效防止对透镜的过驱动保护其安全运行。



操作步骤

1. 在未连接透镜的情况下，将透镜驱动器连接至PC
2. 打开透镜驱动器控制软件
3. 进入“Hardware Configurations（硬件配置）”选项卡
4. 将电流软件下限设置为 -120 mA
5. 将电流软件上限设置为 +120 mA
6. 关闭软件窗口
7. 断开透镜驱动器连接
8. 将透镜连接至透镜驱动器
9. 将透镜驱动器重新连接至PC
10. 打开透镜驱动器控制软件
11. 使用滑块调节透镜驱动电流

工作原理

EL-3-10的工作原理基于成熟的形状可变聚合物透镜技术。构成透镜的核心部分包含光学液体，并通过弹性聚合物薄膜进行密封（如图6所示）。电磁驱动器用于对容器施加压力，从而改变透镜的曲率。通过调节驱动线圈中的电流，即可实现对透镜光学功率的精确控制。

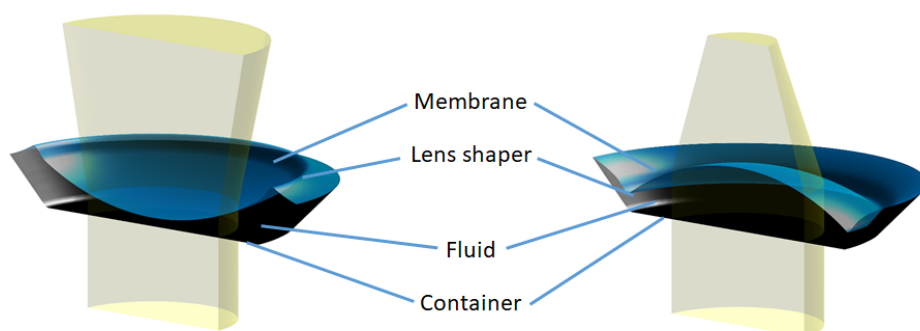


图6：密封透镜容器示意图（内含光学液体并封装于 EL-3-10 外壳中）

光学功率与电流关系

如图7所示，EL-3-10 的光学功率随正向电流的增加而增大，随负向电流的增加而减小。其规定的光学功率调节范围为 +13 至 -13 dpt。

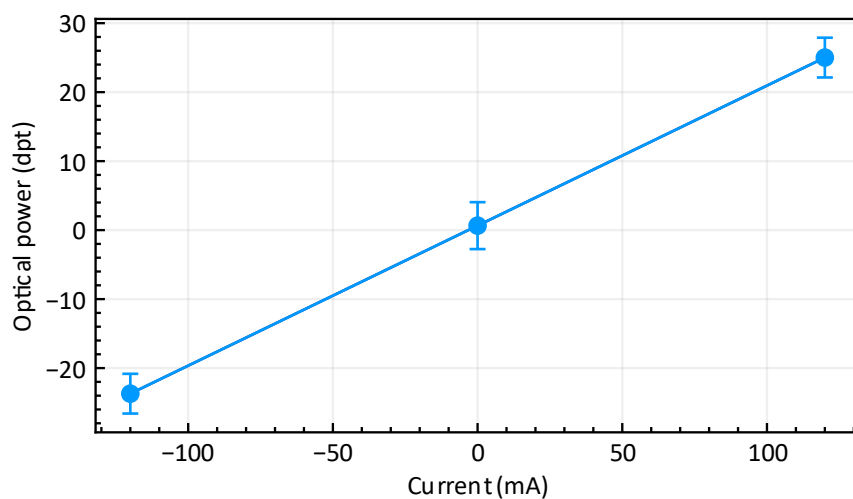


图7：EL-3-10 典型电流与光学功率关系曲线图

透射范围

透镜中的光学液体与弹性薄膜材料在 400 至 2500 nm 波段范围内均具有较高透过率。由于该薄膜具有弹性，无法采用标准工艺进行镀膜，因此预期存在约 3–4% 的反射损耗。保护玻璃可根据需求进行定制镀膜。图8展示了标准可见光（VIS）与近红外（NIR）宽带镀膜的透射光谱。

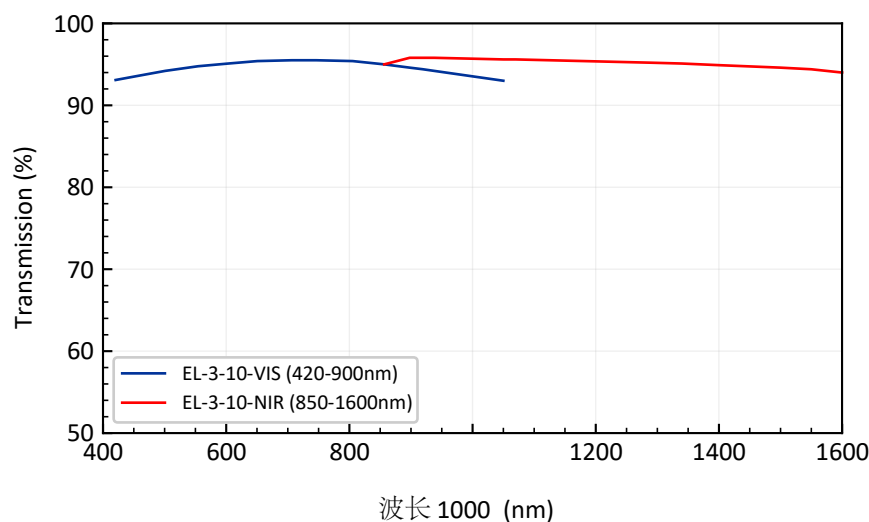


图8: EL-3-10 标准可见光 (VIS) 与近红外 (NIR) 镀膜的透射光谱

波前质量

从原理上讲，电动可调焦液态透镜呈现近似球面透镜形状，其标称光学参数可在 ZEMAX 光学设计文件中获取。当透镜用于水平光轴时，通常会受到重力引起的彗差影响。由于 EL-3-10 透镜具有较小的有效通光孔径以及较高刚性的膜结构，在水平光轴方向上几乎不存在可测量的 Y 方向彗差。然而，该透镜的焦距仍会受到加速度影响，在 1 g 条件下约产生 0.15 dpt 的焦距变化。

整个调焦范围内的典型波前误差如图9所示。

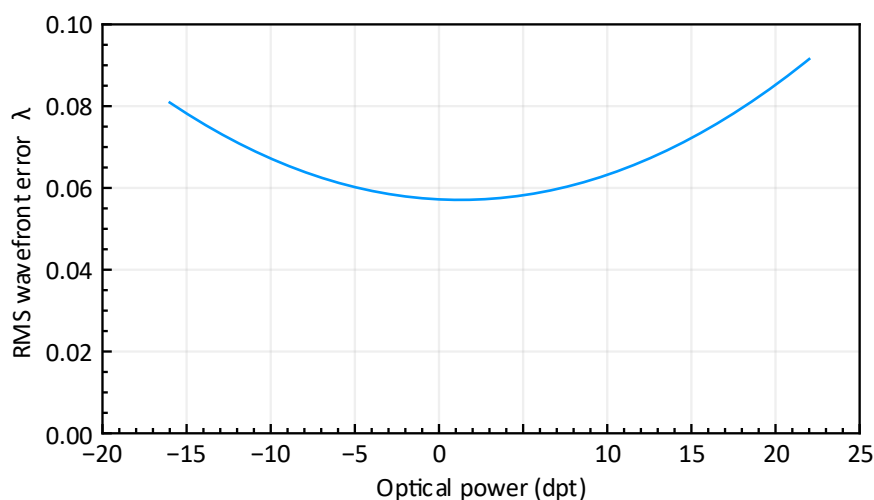


图9: EL-3-10 的典型 RMS 波前误差

响应时间

施加阶跃电流后的上升时间小于 1 ms，透镜完全稳定仅需约 4 ms。下方阶跃响应测量图显示了 EL-3-10 透镜的光学响应。对透镜驱动信号进行低通滤波可以抑制下方阶跃响应图中出现的振荡，从而在小于 2 ms 的时间内驱动一个受控的 80% 阶跃。

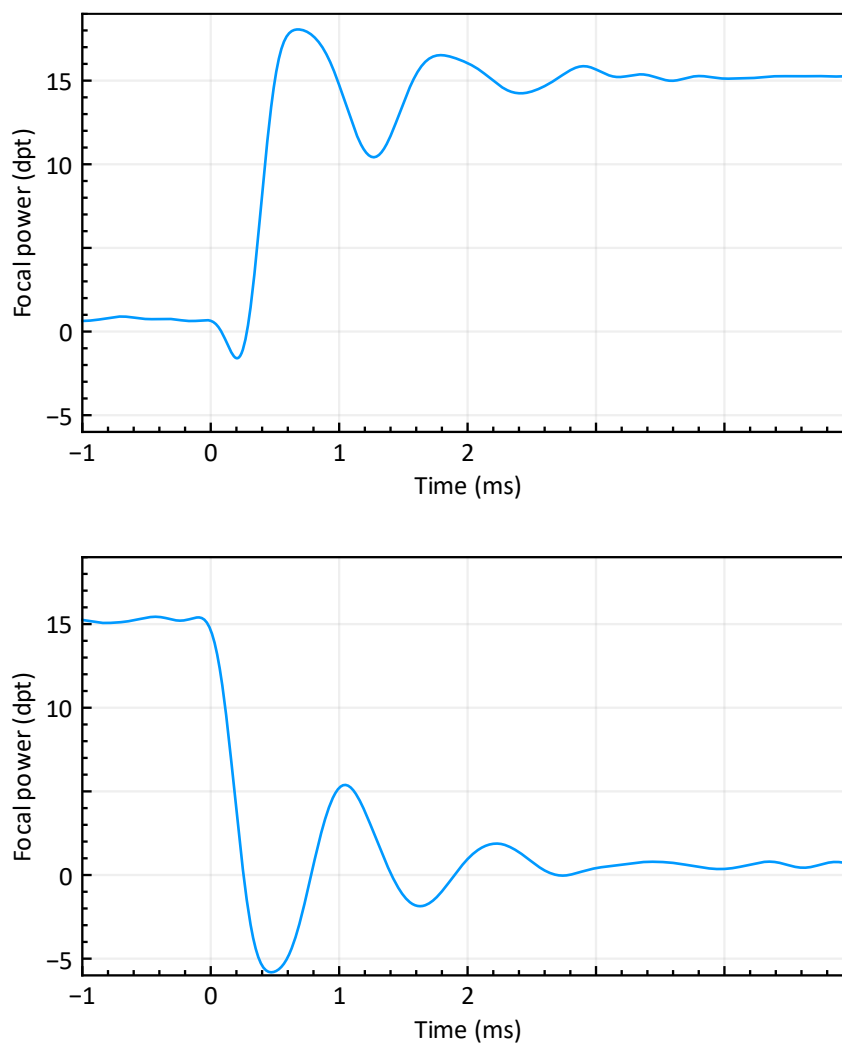


图 10: EL-3-10 透镜的 80% 阶跃响应

图 11 展示了宽频带范围内的频率响应，图中显示了约 475 Hz 处的共振峰。需要注意的是，在该共振频率附近或频率处会出现额外的球面像差，这可能会限制该透镜在高频应用中的使用。

施加阶跃电流时，建议使用低通滤波器抑制 250 Hz 以上的频率，以避免如图 10 所示的激励振荡。

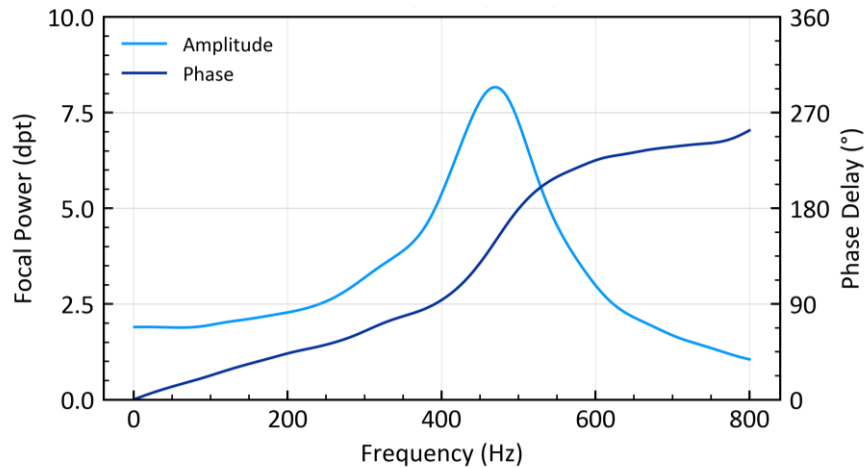


图 11: EL-3-10 的典型频率响应和相位延迟。驱动幅度为 -10 至 10 mA。

温度效应

残余温度效应会影响光功率的长期漂移。这些温度效应通过温度灵敏度来量化，即每摄氏度光功率的变化。根据图 12 中的曲线，EL-3-10 的灵敏度会随光功率的变化而增加或减少。为了在整个温度和光功率范围内实现可重复的光功率驱动，需要额外的主动温度补偿。由于灵敏度随光功率的增加而降低，因此建议在灵敏度最低的正光功率范围内操作 EL-3-10。

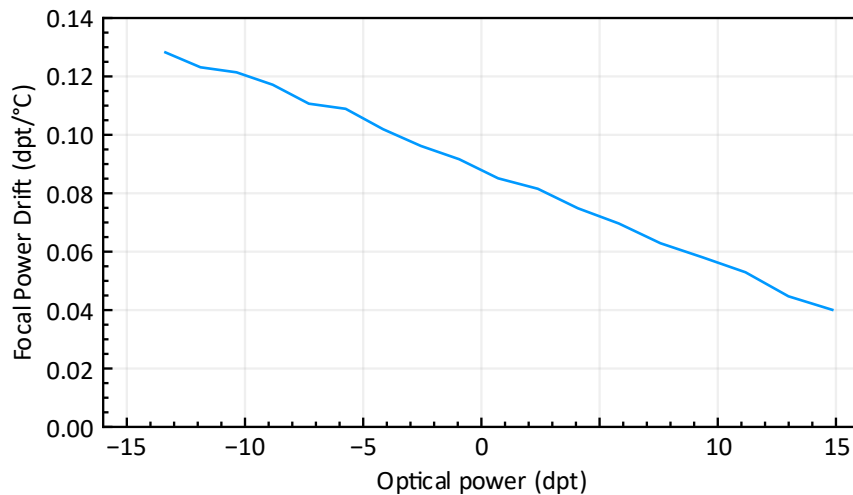


图 12: EL-3-10 在整个光功率范围内的温度灵敏度

光学布局

可根据要求提供 Zemax 仿真结果，用于模拟 EL-3-10 透镜在光学设计中的应用。

安全性和合规性

本产品符合 RoHS 和 REACH 标准。客户需自行负责遵守所有相关的集成和操作安全法规。

包装

EL-3-10 采用防静电 PET 塑料托盘包装。每个托盘可容纳 70 个 EL-3-10 OEM 版本和 20 个带柔性排线的 EL-3-10 版本。

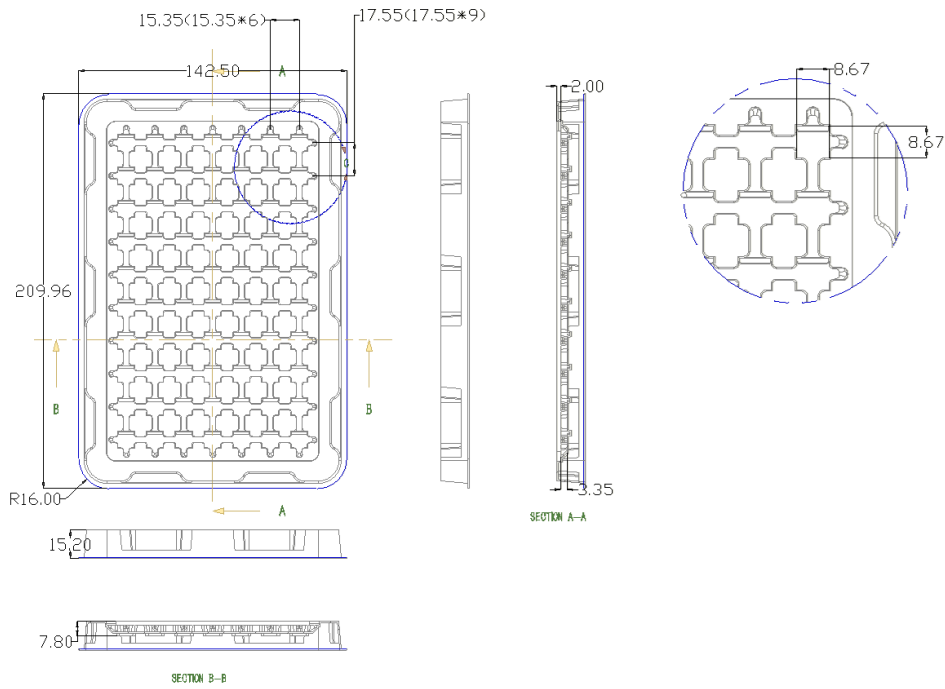


图 13: EL-3-10 托盘底部

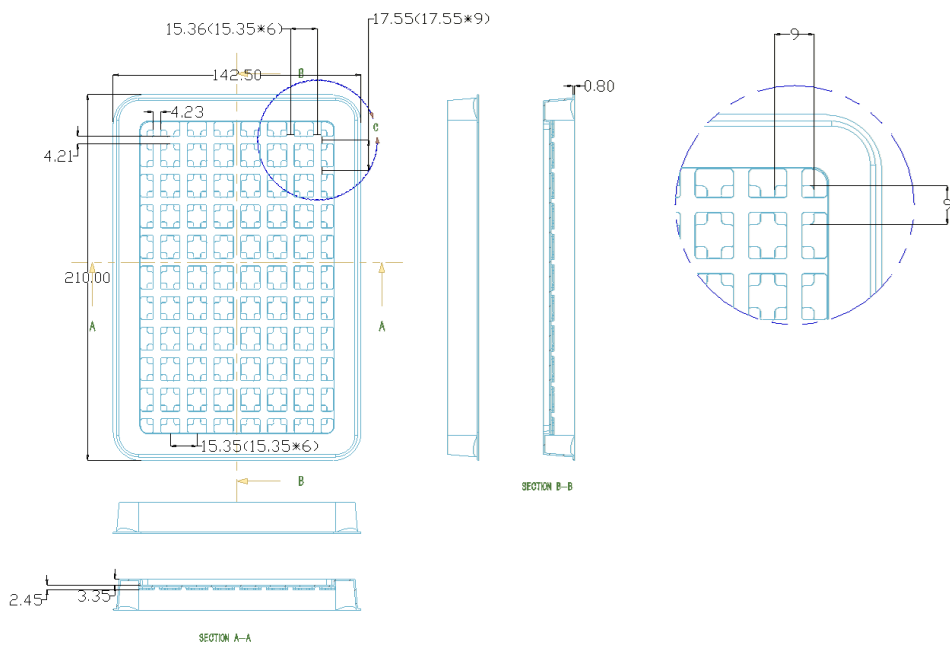


图 14: EL-3-10 托盘盖