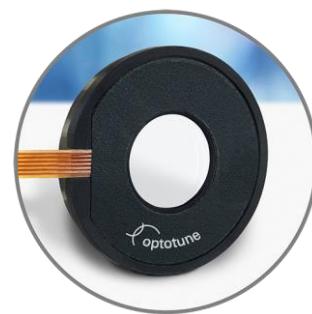


电动可调焦液态透镜 EL-12-30-TC



紧凑型 EL-12-30-TC 透镜专为 OEM 集成到各类光学系统中设计，适用于多种应用场景。其工作原理基于成熟的形变镜片技术，通过施加电流来调节镜片曲率，从而在毫秒级时间内将焦距调整到所需值。该透镜采用“推拉式”架构，能够将镜片曲率从凹面调节到凸面。凭借成熟的音圈执行器技术，EL-12-30-TC 可调焦液态透镜具有极高的可靠性与稳健性，即使在大温度范围的恶劣环境中也能稳定工作。

镜头规格

通光孔径	11.6	mm
焦距调节范围: (25°C, ±250 mA)	-6 to +10	dpt
零电流焦距 @ 0 mA (25°C, typical)	-1 to +2	dpt
透射波段	VIS: 450 to 1050	nm
波前误差 @ 0 dpt (垂直/水平光轴)	0.15 / 0.23	λ RMS @ 532 nm
镜片类型	平凹至平凸	
折射率 / 阿贝数	nD = 1.45 / v = 55	
响应时间 (typ. at 25°C, 0 to ±250 mA step)	3	ms
稳定时间 (typ. at 25°C, 0 to ±250 mA step, ±0.1 dpt)	10 (with signal conditioning) 20 (rectangular step)	ms
使用寿命 (-200mA to + 200mA, sinusoidal, 20Hz)	> 1' 000 '000 ' 000	
工作温度	-20 to 65	°C
存储温度	-40 to 85	°C
重量	10.5	g

电气规格

额定控制电流	-250 to 250	mA
最大控制电流	-300 to 300	mA
音圈电阻 @ 25°C	15	Ω
功耗 (5 dpt 范围, ±60mA)	55	mW
最大功耗 (@ 250 mA)	940	mW
存储器	ON Semiconductor: CAT24C64C4CTR (or similar)	
温度传感器	Maxim Integrated: MAX31875R2TZS+T (or similar)	
音圈最大电压	6	V
存储器与传感器最大电压	4	V

标准产品概览

标准产品型号 ¹	焦距调节范围	上螺纹	下螺纹	控制器
EL-12-30-TC-VIS-16D	-6 ~ 10 dpt	None	None	-
EL-12-30-TC-VIS-16D-C	-6 ~ 10 dpt	C-mount 公头	C-mount 母头	-
EL-12-30-TC-VIS-16D-C-E				ECC-1C 嵌入在 Hirose 适配器中

1 所有型号均可根据需求提供近红外（NIR）涂层或定制涂层。

液态透镜工作原理

EL-12-30-TC 的工作原理基于成熟的可变形聚合物透镜技术。透镜的核心包含光学液体，并由弹性聚合物膜密封，如图 1 所示。电磁执行器用于对透镜容器施加压力，从而改变透镜的曲率。通过调节流经执行器线圈的电流，可控制透镜的焦距（光学功率）。

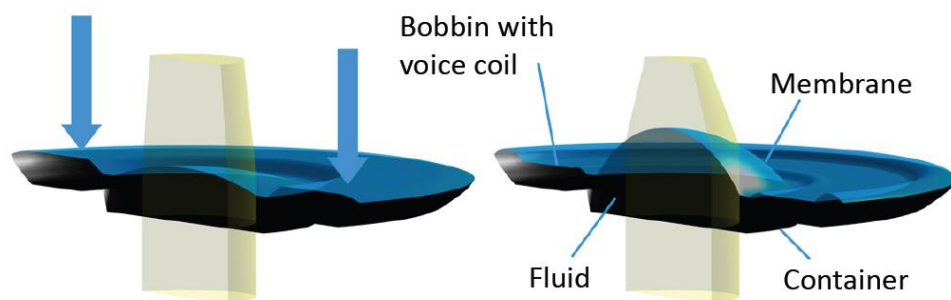


图 1: EL-12-30-TC 透镜外壳中密封透镜容器的工作原理示意图。透镜容器内充满光学液体，并嵌入透镜外壳中。

机械布局

EL-12-30-TC 配备钢制顶端回位结构和 LCP 底座。电气连接及与控制器的通信通过侧面的 FFC 扁平柔性排线实现。相关机械示意图见图 2。

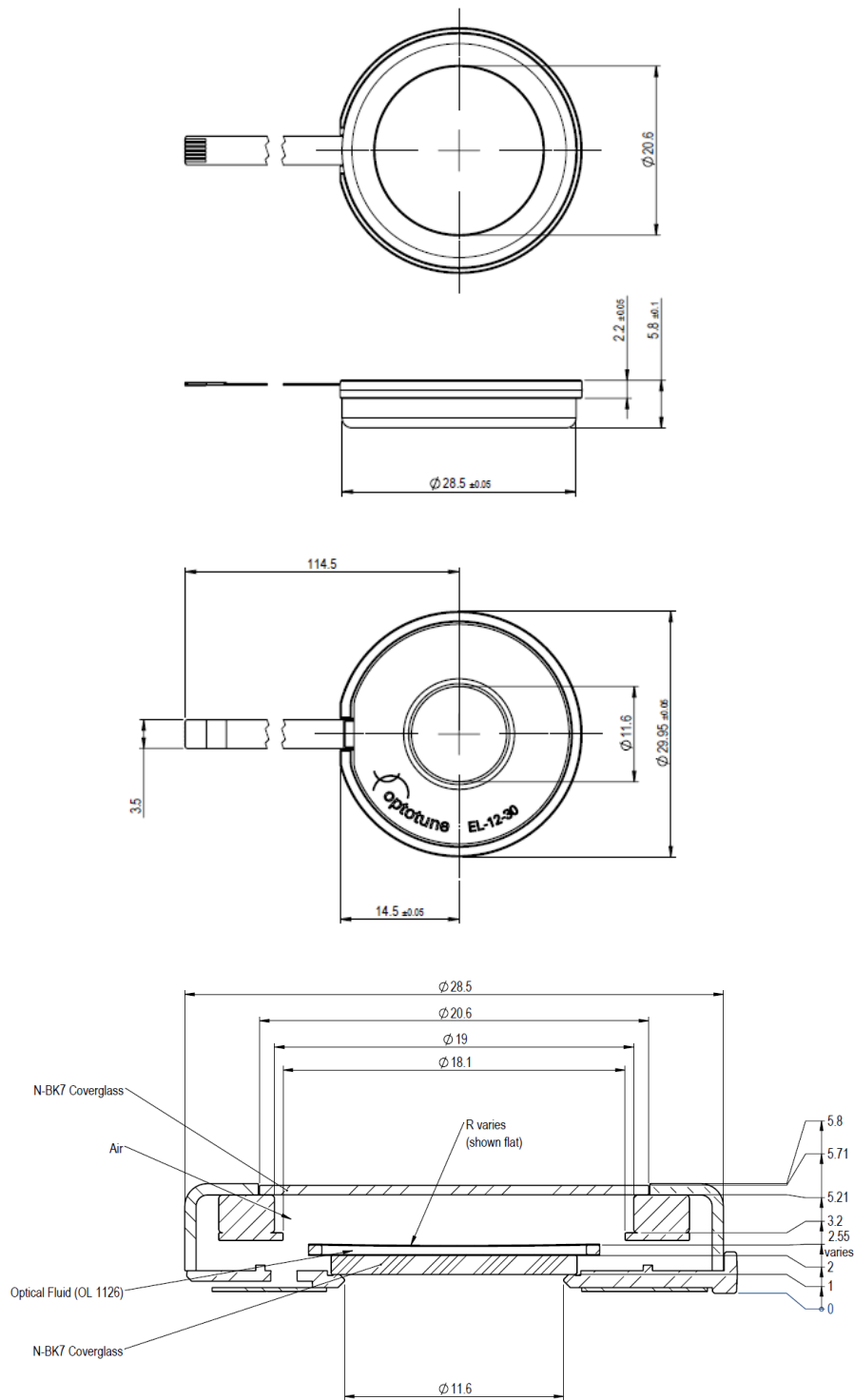


图 2: EL-12-30 最简版本的机械示意图, 即 EL-12-30-TC-VIS-16D, 未安装任何螺纹适配器 (单位: mm)。

为了便于在光学系统中的集成，EL-12-30 可选配 M40.5x0.5 管体，提供 C-mount 顶部和底部适配器，如图 3 所示。该适配器可旋转，并可通过一颗紧定螺丝固定。螺纹适配器侧面的延长部分配有 6 针 Hirose 连接器（HR10G-7R-6P），适用于恶劣环境条件。

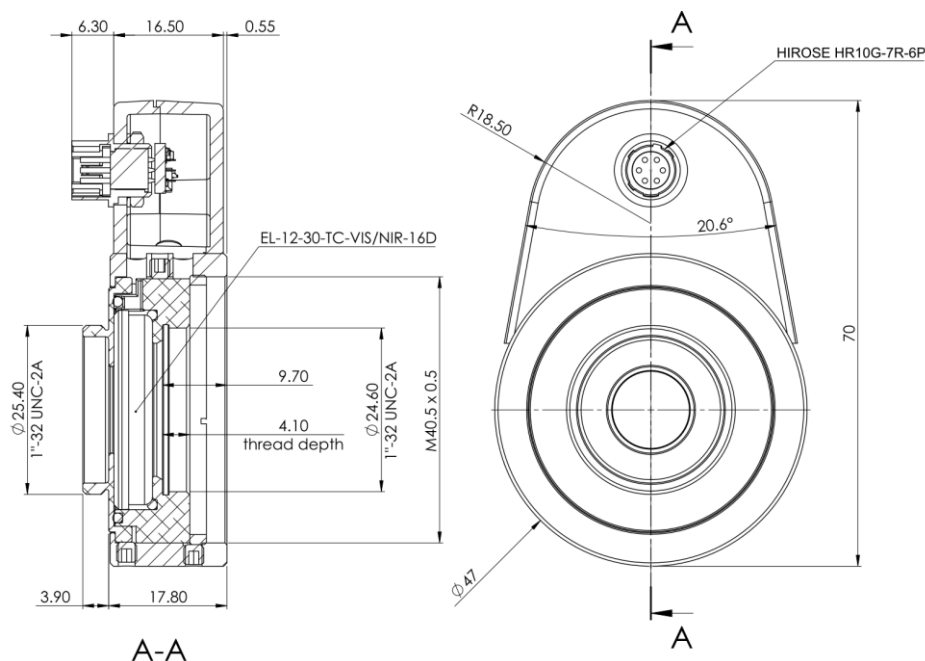
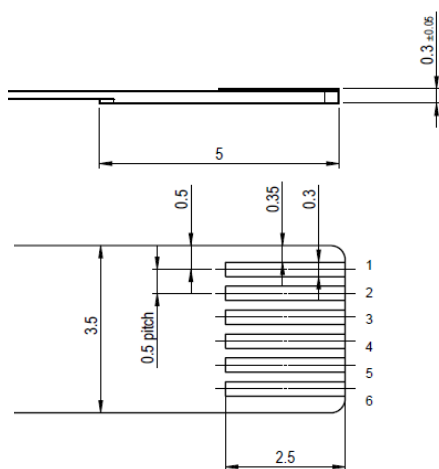


图 3: EL-12-30-TC-VIS/NIR-16D-C 的机械示意图

电气连接

EL-12-30-TC（无适配器）的电气连接由一条 6 针 FPC 弹性排线组成，适用于 Molex 型号 503480-0600 或同类连接器。其中两针用于透镜线圈，其余四针用于温度传感器和 EEPROM 的 I²C 通信。



Pin out: EL-12-30-TC		
Position	Function	Value
1	GND	-
2	Max. control current -	-300 to 300 mA
3	Max. control current +	-300 to 300 mA
4	I ² C SDA	Digital signal
5	I ² C SCL	Digital signal
6	Vcc	3.3 V

图 4: EL-12-30-TC 的 FPC 弹性排线电气连接示意图

Component:	Temperature Sensor	EEPROM
I ² C Address	Maxim Integrated: MAX31875R2TZS+T	ON Semiconductor: CAT24C64C4CTR
BIN	0b 1001 010x	0b 1010 000x
HEX	W: 0x94; R: 0x95	W: 0xA0; R: 0xA1
DEC	W: 148; R: 149	W: 160; R: 161

图 5: 电气组件及其地址示意

EL-12-30-TC 工业版通过 6 针 Hirose 接头实现连接。Hirose 接头类型表明是否在适配器中内置控制器，如下图所示。



图 6: 不带内置控制器的镜头型号电气连接示意，使用（公）Hirose 接头。



图 7: 带内置 ECC-1C 控制器的镜头型号电气连接示意，使用（母）Hirose 接头。

焦距与电流的关系

EL-12-30-TC 的焦距随电流变化：当施加正电流时，焦距增加；施加负电流时，焦距减小，如图 8 所示。当驱动电流达到额定最大值时，调节范围会进一步扩大，但需要考虑由此产生的显著热量。

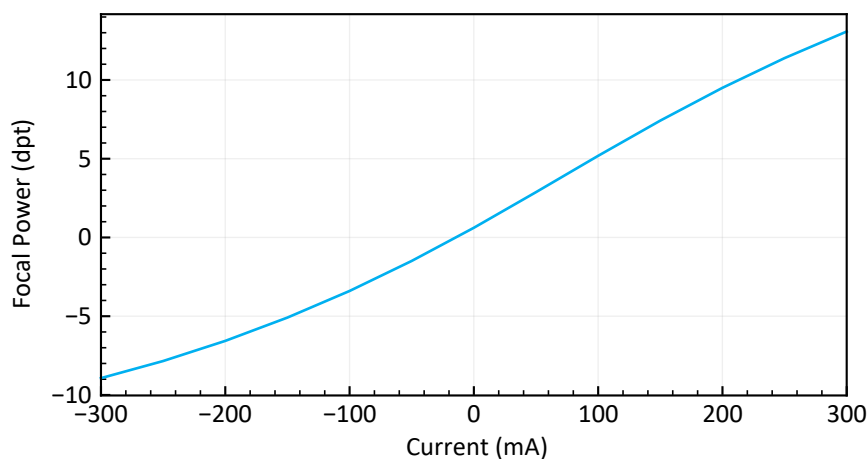


图 8：焦距（以屈光度表示）与电流之间的典型关系数据。

透射率

EL-12-30-TC 的光学液体和弹性膜材料在 400–2500 nm 波段具有高度透光性。由于膜材具有弹性，无法使用常规工艺进行镀膜，因此预计会有约 3–4% 的反射。覆盖玻璃可根据需求进行镀膜。图 9 显示了标准宽带镀膜的透射谱。

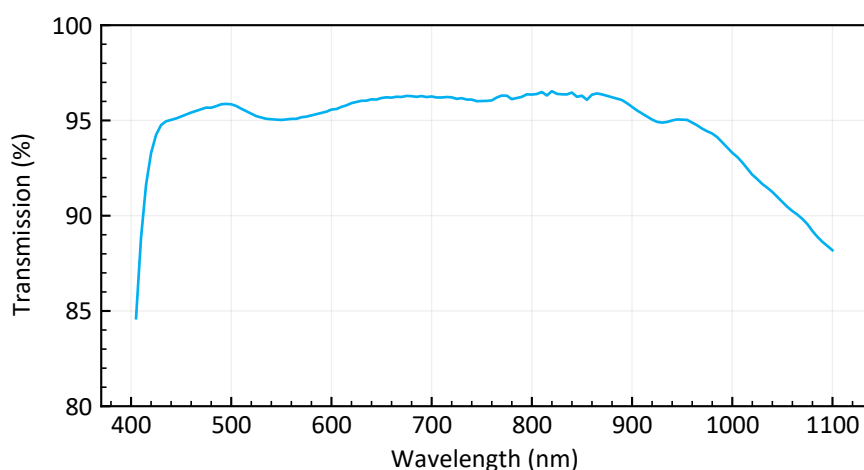


图 9：标准 EL-12-30-TC 的透射光谱。

波前质量

图 10 显示了典型波前误差随焦距变化的情况。不同镜片的波前质量可能存在差异，可根据需求提供定制规格。通常，最佳波前性能出现在 0 至 5 dpt 之间。当镜片垂直放置使用（光学轴水平）时，需要考虑 Y-彗差，其波前误差约为 $0.2-0.25 \lambda$ RMS。由重力引起的 Y-彗差与镜片的有效孔径、液体密度及膜片的机械特性有关，并可根据需求进行优化。

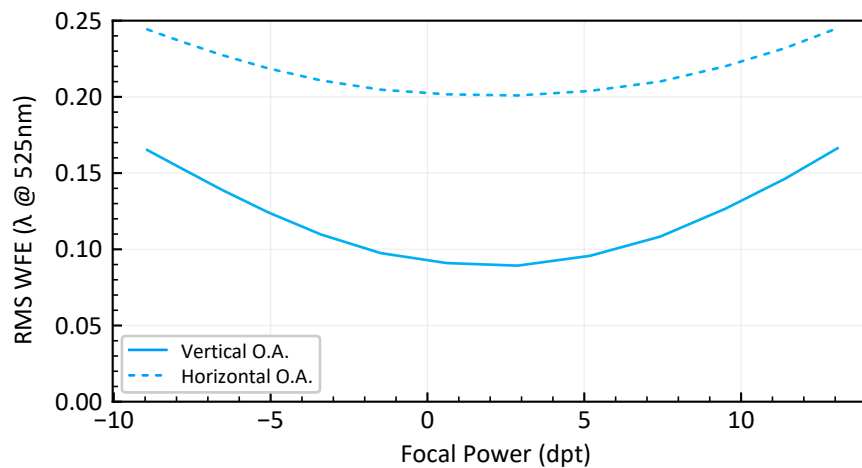


图 10: EL-12-30-TC 的典型波前误差随焦距变化曲线，光学轴垂直和水平时的测量结果（波长 525 nm，测量覆盖有效孔径的 80%）。

响应时间

EL-12-30-TC 的响应时间非常快，约为 3 ms，基于矩形阶跃输入的稳定时间约为 20 ms。控制器可提供适当的信号调理，从而将稳定时间减半，如图 11 所示。

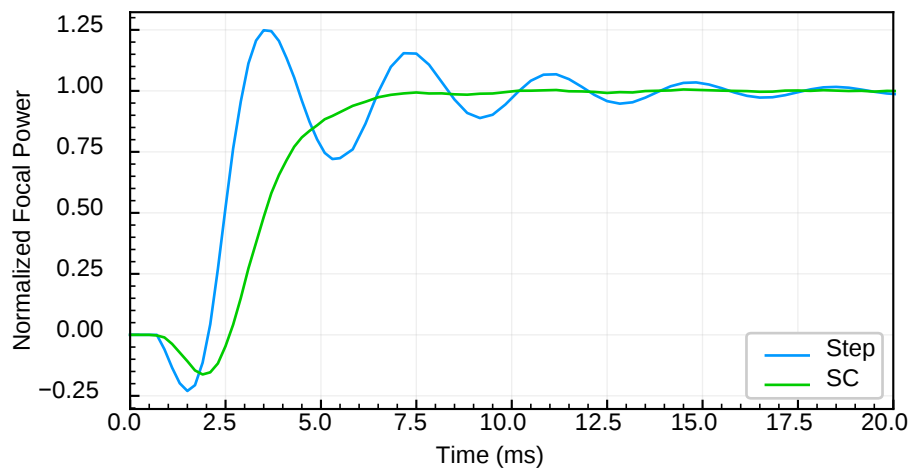


图 11: 通过信号调理 (SC) 可改善稳定时间。

图 12: 在室温下测量的多个电流阶跃下的焦距响应曲线。

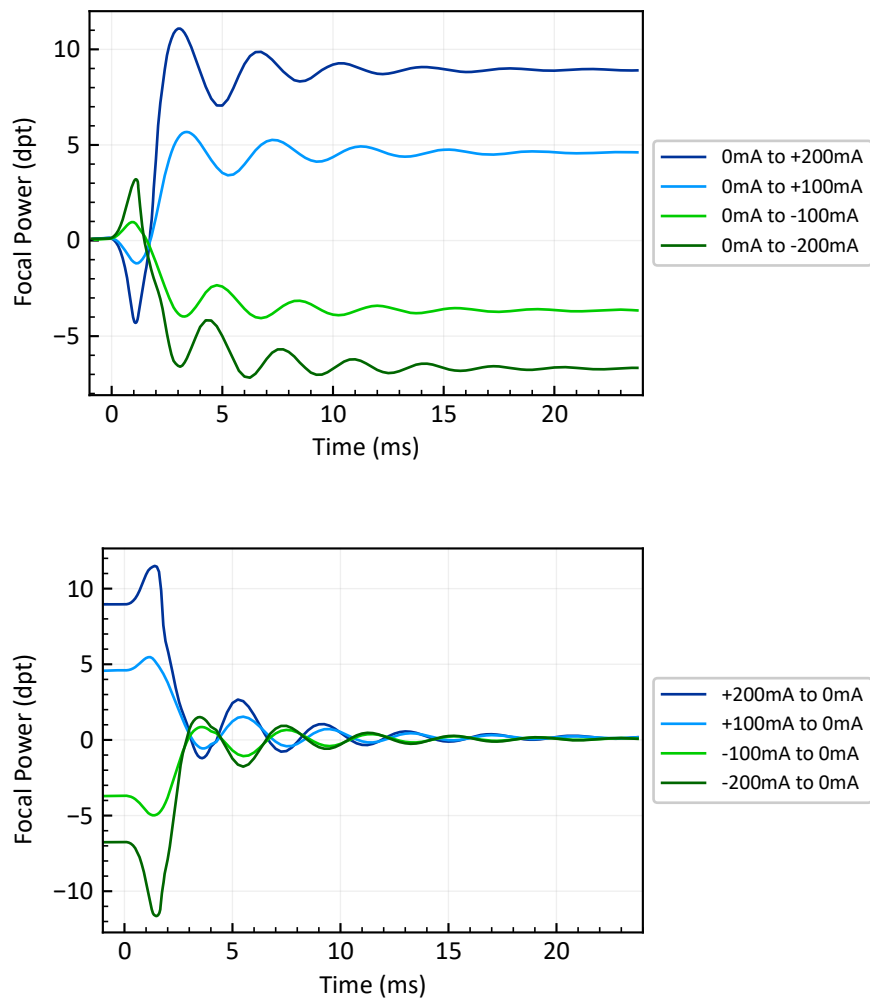


图 12: EL-12-30-TC 在多个电流阶跃下的典型焦距响应。上图为从低电流到高电流的阶跃序列，下图为从高电流到低电流的阶跃序列。

图 13 展示了该透镜在宽频范围内的典型频率响应，出现约 275 Hz 的谐振峰。由于高阶模式的激发会增加波前误差，因此在谐振频率附近通常不适合成像应用。在施加电流阶跃时，建议使用低通滤波器抑制 150 Hz 以上的频率，以避免如图 12 所示的激励振荡。

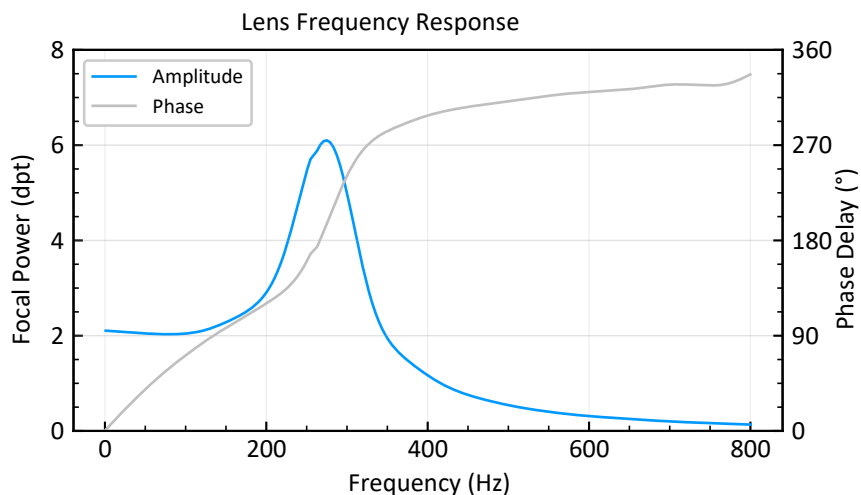


图 13: EL-12-30-TC 的典型频率响应及相位延迟。驱动幅度为 -50 至 50 mA。

温度影响

残余温度效应会影响规格表中焦距的长期漂移。温度效应通过温度灵敏度 S (单位 dpt/°C) 量化, 表示焦距随温度每升高一摄氏度的变化量。如图 14 所示, S 与焦距几乎呈线性关系。一般来说, 将 EL-12-30-TC 与热沉 (大质量、高热导率材料) 良好热连接, 可将温度影响降到最低。

最佳热性能通常在 0 至 5 dpt 范围内操作时实现。

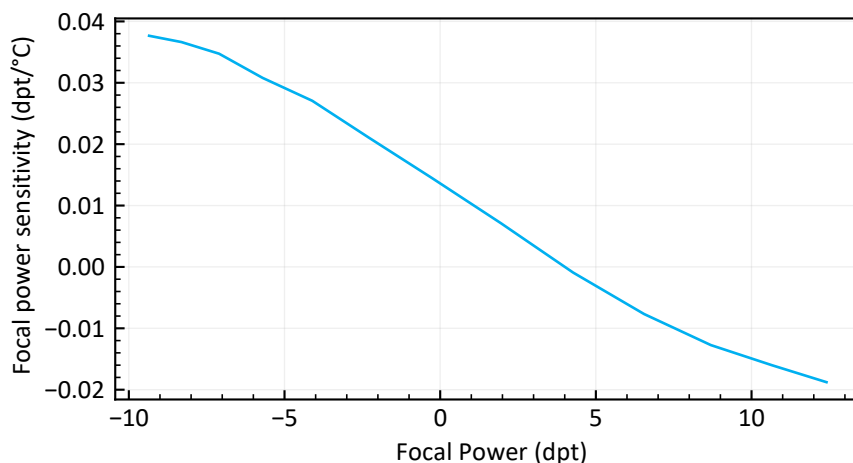


图 14: 焦距与温度灵敏度的关系。

由于液体透镜的光学液体粘度随温度变化, 其响应特性会有所不同, 如图 12 所示。需要注意的是, 在非常低的工作温度下, 可以对 EL-12-30 施加最高约 300 mA 的电流, 使透镜自身温度升高约 10–20°C。

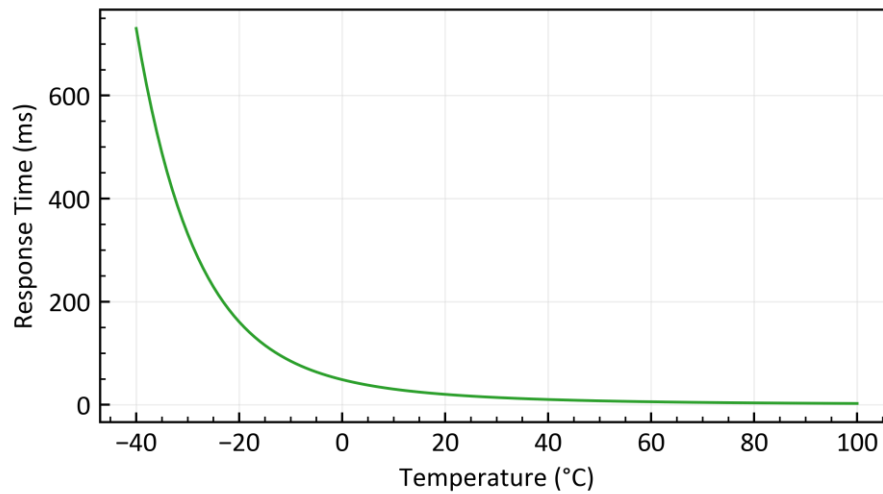
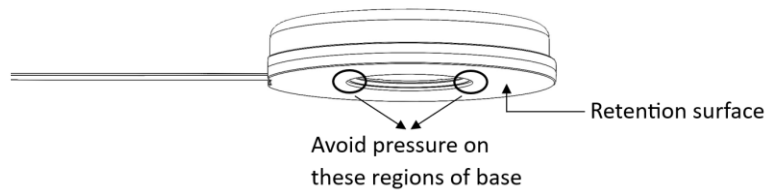


图 15: 透镜温度对响应时间的影响。

EL-12-30-TC 的安装方式

EL-12-30-TC 可通过法兰进行固定。其 LCP 底座设计用于沿光轴方向保持透镜位置稳定。



EL-12-30-TC 设计用于 OEM 集成，可使用来自 Thorlabs、Edmund Optics 和 Qioptiq 的以下组件进行安装。



G024503000
LINOS- Qioptiq



G061042000
LINOS- Qioptiq



LMR30/M
Thorlabs



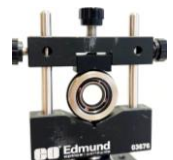
KM200V/M
Thorlabs



SM30L03
Thorlabs



NT64-564
Edmund Optics



NT03-676
Edmund Optics

EL-12-30-TC 还可根据需求提供 C-mount 版本。

光学布局

可通过我们获取 EL-12-30 系列镜头在光学设计中建模的 Zemax 仿真数据。

自发荧光、双折射及偏振特性

EL-12-30-TC 不具有自发荧光、双折射，也不依赖任何其他形式的偏振特性。

安全性与合规性

本产品符合 RoHS 和 REACH 合规标准。客户在集成与使用过程中需自行确保遵守所有相关安全法规。

使用寿命与可靠性

EL-12-30 已通过表 1 所列的环境及加速老化测试。在适用情况下，我们的测试与 ISO 9022 《光学与光子学——环境测试方法》中定义的标准保持一致。

测试项目	ISO	状态
机械循环 200 million full range cycles (-200mA to +200mA, sinusoidal, 20Hz)	-	Pass, continued test ongoing
机械冲击 500g 1ms, 3 shocks along each axis	9022-30-08-1	Pass
高温存储 85±2 °C, rel. hum. <40%, 2h	9022-11-08-1	Pass
低温存储 -35±2 °C, 16h	9022-10-07-1	Pass
湿热 55±2 °C, rel. hum. 90% to 95%, 16h	9022-12-07-1	Pass
温度冲击 -40 to 55 °C, 2.5h/cycle, <20s transition time, 5 cycles	9022-15-03-1	Pass

表 1: EL-12-30-TC 的可靠性与使用寿命测试