

带位置反馈的双轴快速转向镜

MR-15-30



我们的双轴快速转向镜系列 MR-15-30 是需要在紧凑外形中实现大偏转角应用的理想选择。MR-15-30 的镜片尺寸为 15 毫米，外壳直径仅为 30 毫米。它可实现高达 $\pm 25^\circ$ 的机械倾斜角，对应 100° 的光学视场角 (FOV)。该镜片包含一个位置反馈系统，允许使用标准 PID 控制器进行精确控制。

该执行器基于成熟的技术。与振镜系统相比，其虚拟旋转点非常靠近镜片表面。镜片可镀制多种膜层，如保护金或保护银。

优势

- 大扫描角度
- 紧凑
- 精确
- 可靠

应用

- 汽车（激光雷达 LiDAR、动态车头灯、高级驾驶辅助系统 ADAS）
- 视觉（视场扩展 FOV expansion、变焦 zoom）
- 生物识别（眼动追踪 eye-tracking）和诊断设备
- 3D 打印

机械规格¹

执行器类型	音圈电机	
机械倾斜角	X轴: $\pm 25^\circ$ Y轴: $\pm 25^\circ$	
镜片直径	15.0	mm
旋转中心到镜面距离	1.3	mm
外壳直径	30.0	mm
高度	14.5	mm
重量	29.3	g
机械固定	4x M2 螺丝孔	
磁屏蔽	是	

性能规格

零点漂移 (典型)	100	$\mu\text{rad/K}$ 在整个 FOV 上的 RMS 值
传感器分辨率 (使用 14 位 ADC)	22	μrad
重复性	40	μrad 室温下在整个 FOV 上的 RMS 值

¹ 所有角度值均指机械角度。

校准精度	0.25 4.4	° mrad 在整个FOV上的RMS值 ²
静态电机常数	3	rad/A 线性化全量程
动态电机常数	14	krad/(A · s ²) 线性化全量程
谐振频率	X轴: 11-13 Y轴: 15-18	Hz
满量程带宽 (正弦波 ± 25 °)	20	Hz
小信号带宽 (正弦波 ± 0.1 °)	350	Hz
大角度阶跃稳定时间 (10 ° 阶跃) ³	MR-E-2: 13 MR-E-3: 8	ms (典型)
小角度阶跃稳定时间 (0.1 ° 阶跃) ³	MR-E-2: 3-5 MR-E-3: 2-2.5	ms (典型)

光学规格

表面膜层	保护金, 保护银, 可见光介质膜 (Dielectric VIS)	
反射率	平均值	
保护金	>95% (800 nm < λ < 2 μm)	45 ° 入射角 (AOI)
保护银	>96% (450 nm < λ < 2 μm)	45 ° 入射角 (AOI)
可见光介质膜	>97% (450 nm < λ < 650 nm)	45 ° ± 25 ° 入射角 (AOI)
表面质量	5/ 5x0.4; L1x0.06; C3x0.25; E 0.25	60-40 划痕-麻点 (ISO 10110)
镜面平整度	λ / 2	P-V @549nm (ISO 10110)

电气规格

控制接口	用于驱动线圈和反馈读出的模拟接口	
最大连续电流 (RMS)	单轴: 0.37 双轴: 0.26	A, 每线圈
峰值电流 (10 ms 持续时间)	2	A
最大平均驱动功率	1.5	W 两线圈合计
线圈电阻 (典型)	11	Ω
线圈电感 (典型)	6	mH
位置传感器供电电流 (@1.5 V)	40	mA
位置传感器输出电流 (典型)	0.1	mA
温度传感器	NXP LM75B 或等效品	I2C地址: 0x48 (+R/W 位)
EEPROM ⁴	M24C08 或等效品	I2C地址: 0x50 至 0x53 (+R/W 位)

环境规格

工作温度 ⁵	-20 至 +85	° C
存储温度 ⁵	40 至 +85	° C
机械冲击	105 g, 15 ms	ISO 9022-3-30-07-1

² 基于50个校准点评估。工厂校准长期可能劣化至0.5 ° (典型值0.3 °)。

³ 使用700 mA (MR-E-2镜片控制器) 或1.1 A (MR-E-3镜片控制器) 峰值电流测量。

⁴ EEPROM内容定义可应要求提供。

⁵ 如需更大温度范围, 请联系我们。

振动	2.6 g, 20-150 Hz	ISO 9022-3-37-02-0
循环寿命	$>2 \times 10^9$	次循环

可用标准产品概览

标准产品型号	膜层	典型波长范围
MR-15-30-G-25x25D	保护金	800 nm - 2 μ m
MR-15-30-PS-25x25D	保护银 ⁶	400 nm - 2 μ m (低湿度)
MR-15-30-DVIS-25x25D	可见光介质膜	450 nm - 650 nm

控制

MR-15-30 可使用 Optotune 的 MR-E-3 镜片控制器驱动。为获得最佳性能，我们建议在闭环模式下操作镜片。Optotune 提供开发套件，包含带集成散热器的镜片头、MR-E-3 镜片控制器以及必要的附件。该套件非常适合设备的即插即用评估。完整的开发套件还提供不带外壳的 OEM 版本，以便集成到 OEM 设备中。对于任一版本的开发套件，均提供软件（Optotune Cockpit, CH SDK, Python SDK）。

有关控制器和开发套件的详细信息，请访问我们的网站。

⁶ 免责声明：尽管有保护膜层，但最好避免将银镜暴露在高湿度环境中，因其存在变色的风险。对于可见光谱范围内的应用，我们强烈推荐介质膜。因湿气引起的镜片膜层腐蚀，我们不承担质保责任。

机械布局

MR-15-30 的机械布局如图 1 所示。在横向对准方面，我们建议使用外壳外径作为对准特征，而不是外壳的 M2 螺丝孔。安装时，镜片背面需要与散热器紧密接触。

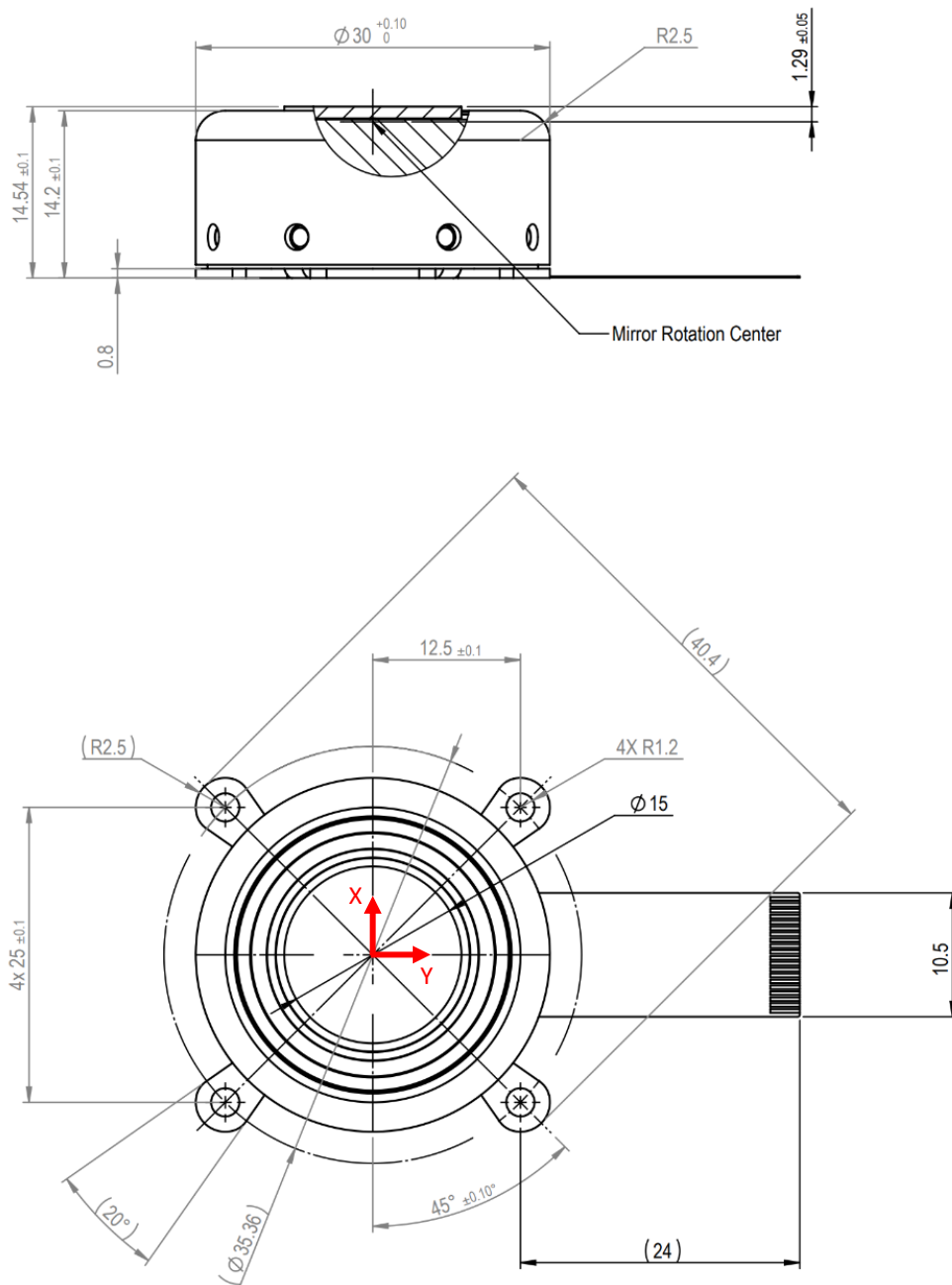


图 1：MR-15-30 机械图纸（单位：mm）。红色箭头指示镜片轴定义（X轴和Y轴）。

光束遮挡

根据光束直径、光束入射角和镜片偏转角的不同，可能会发生光束遮挡。参见图 2。对于 0° 入射的光束，使用直径不超过 10 mm 的光束可以在镜片可实现的整个 FOV 内避免遮挡。可应要求提供基于 Excel 的计算工具来评估光束遮挡。

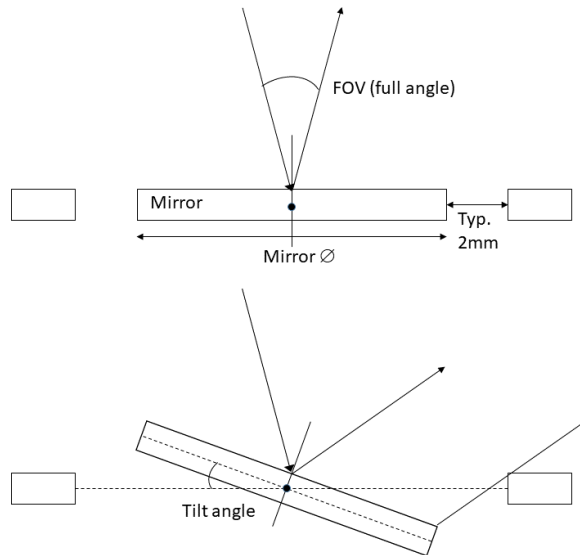


图 2：使用 MR-15-30 时不发生光束遮挡的最大允许光束直径取决于光束的入射角和镜片的倾斜角度。

定制产品

我们可根据要求提供镜片基板和膜层的定制。标准基板厚度为 1 mm，直径为 15 mm（图 3）。更厚的基板需要更小的直径以维持镜片的完整 FOV。对于直径为 12.7 mm 的基板，厚度最大可达 3.5 mm。请注意，定制镜片基板可能会导致惯性改变并影响镜片动态性能。

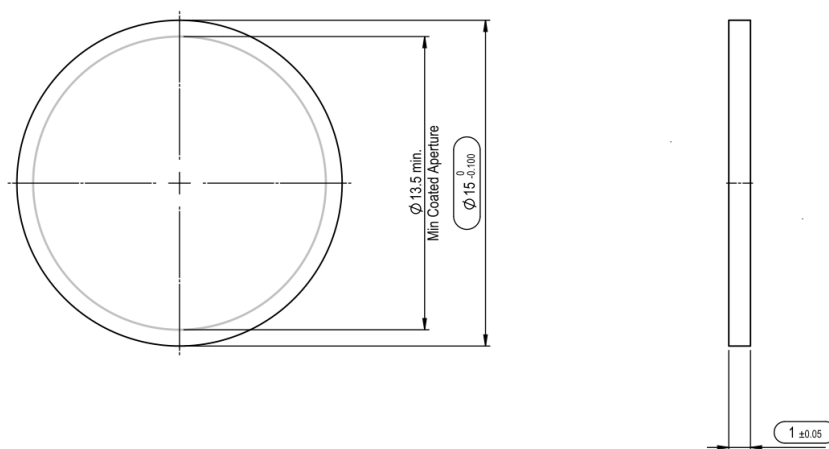


图 3：MR-15-30 镜片基板尺寸。

电气布局

MR-15-30 的电气连接采用 0.5 mm 间距的 20 针 FPC 排线。引脚定义如图 4 所示。

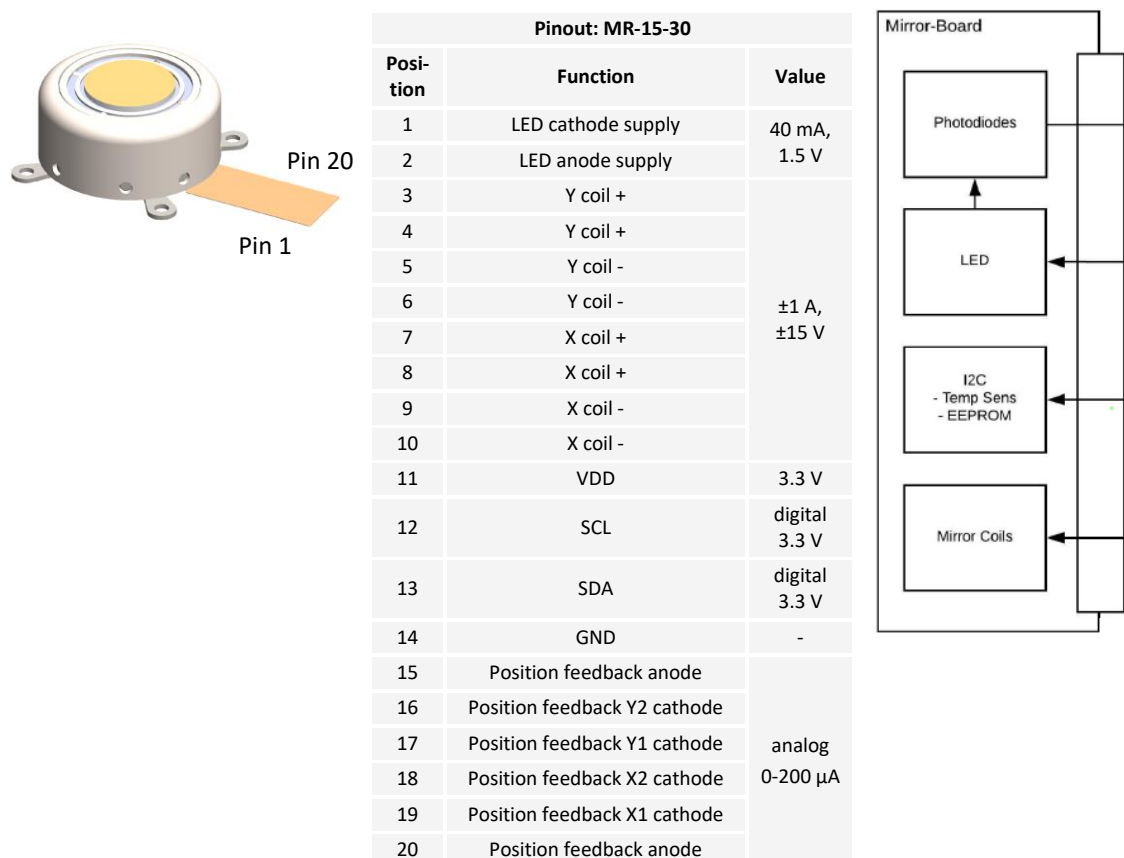


图 4：MR-15-30 的引脚分配和功能框图。

热管理

- 热量随驱动电流产生，并通过 MR-15-30 的背面传导出。镜片需要牢固地安装在金属（铜或铝）导热板上。
- 在最大静态偏转时，每通道的最大耗散功率为 0.25 W（总计 0.5 W）。
- 对于高占空比的快速振荡，双轴的总耗散功率为 4-5 W。
- 安全互锁装置在镜片达到其最高工作温度 85 °C 时中断镜片操作。

反射率

MR-15-30 标准膜层在 45° 入射角 (AOI) 下的反射率如图 5 所示。

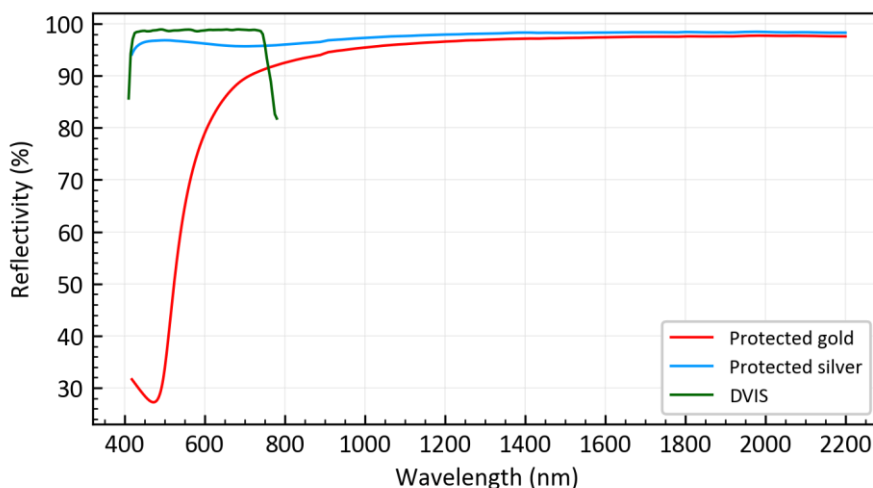


图 5：MR-15-30 标准膜层的反射率。

最大频率

当驱动单个轴时，MR-15-30 上每线圈推荐的最大 RMS 电流为 0.37 A（对应于正弦波的 0.52 A 峰值电流）。可以使用更高的电流，但只能在短时间内使用，以防镜片过热。

MR-15-30 可达到的最大振荡频率与偏转角度的函数关系如图 6 所示。注意显示的是驱动单轴的数据。当同时操作双轴时，RMS 电流限值为 0.26 A（正弦波对应 0.37 A 峰值）。最大平均驱动功率不应超过 1.5 W。

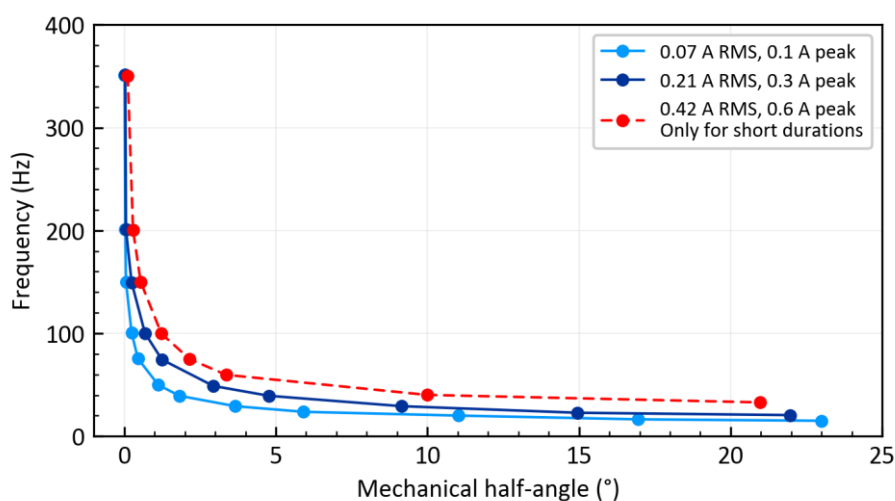


图 6：X 轴的最大振荡速度（正弦波）与机械半角和驱动电流的函数关系。高于 0.37 A RMS 的电流只能短时使用。

静态响应

MR-15-30 的静态偏转与施加电流和功率的函数关系如图 7 所示。请注意，由于摩擦和磁滞现象（磁滞 remanence），镜片的偏转会依赖于其先前的位置。在闭环操作中，通过镜片校准来补偿磁滞。

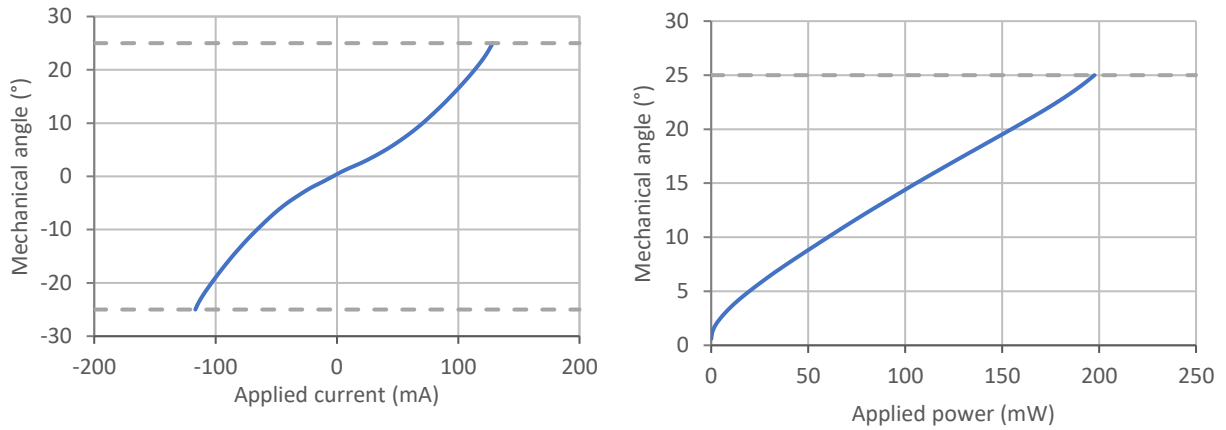


图 7：(左) 单轴机械角度与施加电流的关系。(右) 机械角度与施加功率的关系。斜率约为 $-8.6 \text{ mW}/^\circ$ 。

频率响应

MR-15-30 在 15 mA 峰值电流正弦激励下的频率响应如图 8 所示。X 轴的谐振频率通常在 11 至 13 Hz 之间；Y 轴的谐振频率在 15 至 18 Hz 之间。

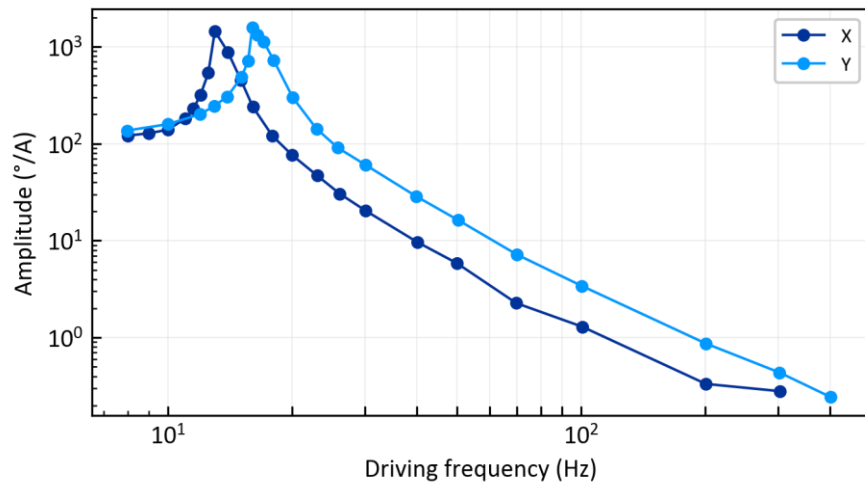


图 8：MR-15-30 双轴在正弦激励（15 mA 峰值电流）下的幅频响应。

阶跃响应

使用 MR-E-2 镜片控制器操作时，MR-15-30 对小阶跃 (0.12°) 和大阶跃 (20°) 的响应分别如图 9 和图 10 所示。所有角度均指机械角度。

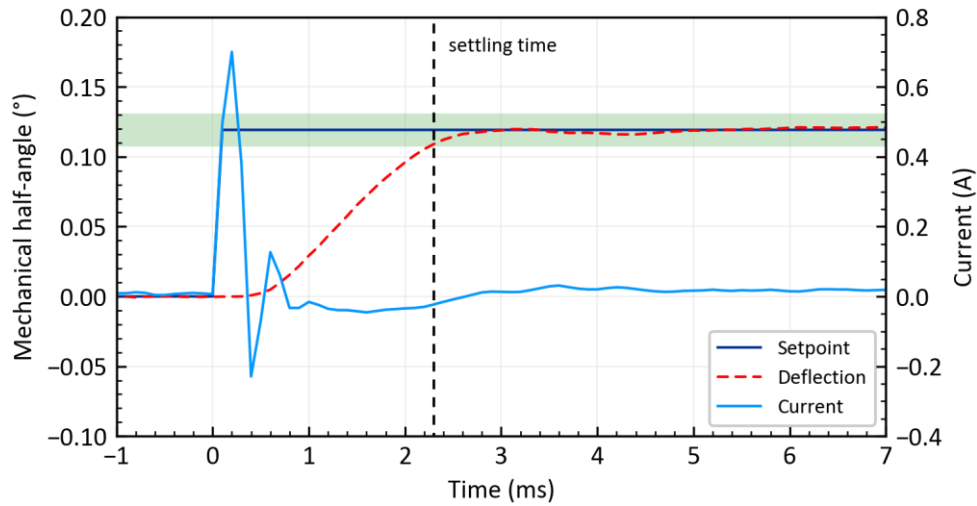


图 9：X 轴 0.12° 阶跃的小阶跃稳定过程。达到阶跃值 $\pm 5\%$ 范围内（绿色阴影区域）的稳定时间为 2.3 ms。

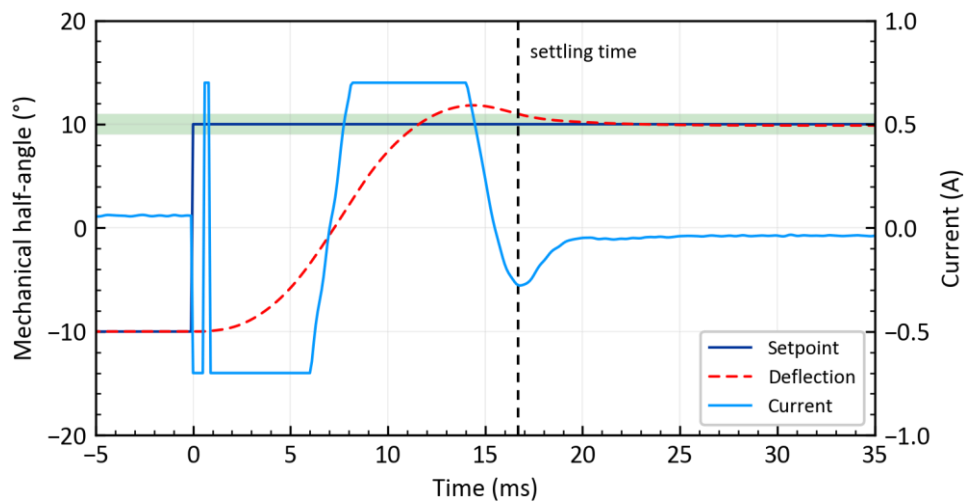


图 10：X 轴 20° 阶跃的大阶跃稳定时间。达到阶跃值 $\pm 5\%$ 范围内（绿色阴影区域）的稳定时间为 16.7 ms。

环境测试

MR-15-30 已通过以下可靠性测试：

测试项目	测试程序	备注
机械循环	5点星形图案，5 Hz，室温，由 MR-E-2 控制	达到 20 亿次循环，无疲劳迹象
加速万向节测试	8000 rpm	达到 8 亿次完整旋转，无明显性能下降
温度循环	-40 °C 至 70 °C，1 K/min，50 小时	ISO 9022-2-14-06-1
温度冲击	-40 °C 至 55 °C，2.5 小时/循环，<20 秒转换时间，5 个循环	ISO 9022-15-03-1
干热	85 °C，45% 相对湿度，1 周	ISO 9022-2-11-06-1
机械冲击	15 ms 减速，每轴 9 次冲击，最高 105 g	ISO 9022-3-30-07-1
泡罩包装跌落	1 m 高度，3 个轴向，每轴方向 2 次跌落	ISO 9022-3-33-6-0
振动 (正弦)	10-150 Hz 扫频，1 倍频程/分钟，每个方向 2 小时	ISO 9022-3-33-6-0
振动 (随机)	20-150 Hz，2.6 g rms，每个方向 10 分钟	ISO 9022-3-37-02-0

包装

单个 MR-15-30 单位采用纸盒包装。大批量运输采用防静电 (ESD-safe) 且可堆叠的 PET 托盘，每托盘 25 个 MR-15-30 单位（图 11），密封在真空袋中。

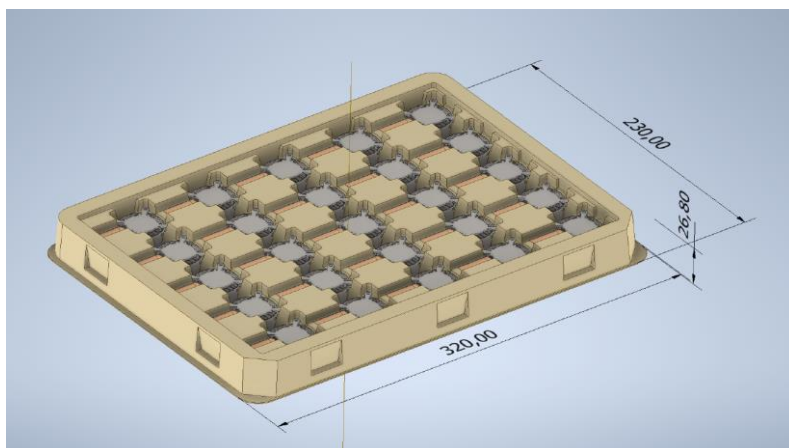


图 11：MR-15-30 托盘设计。

安全与合规

该产品符合 RoHS、REACH、CE 和阻燃性 UL94 V-0 标准。客户全权负责遵守集成和操作的所有相关安全法规，包括电磁兼容性 (EMC) 合规。

有关光学、机械和电气参数的更多信息，请联系我们。