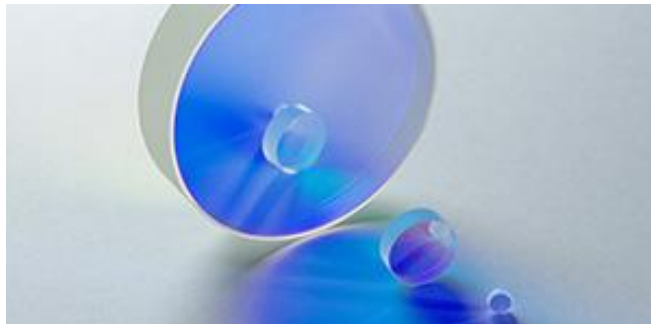




LAYERTEC 激光扫描镜 355nm 反射率>99% (用于材料加工)



描述

反射镜由基材和反射涂层组成。根据应用, 一个波长范围被完全或部分反射。同时, 可以优化反射镜以允许其他波长范围通过(传输)。

LAYERTEC 制造不同功率和波长范围的反射镜。我们的核心竞争力是生产具有特别高反射率 ($R > 99.999\%$)、高损伤阈值 (LIDT) 的光学干涉涂层, 以及修正超短脉冲激光器 (GDD) 中与折射率相关的传播时间差。

通用参数

1. 高功率反射镜

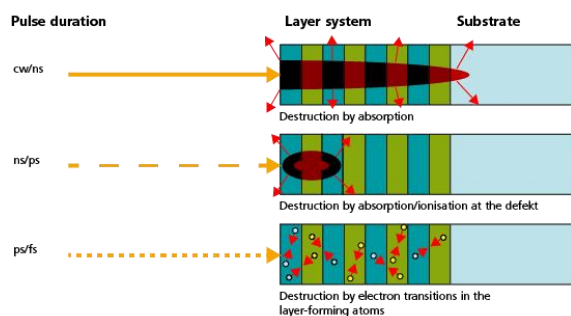
高功率反射镜必须能够承受非常高的辐射功率, 并且即使在长时间的照射下也不能遭受任何损坏。损伤阈值 LIDT 是光学器件电阻的基准。

LIDT 取决于许多参数。层特性(例如热特性、清洁度、带隙)和基板特性(例如材料、表面质量)必须与应用参数(例如波长、脉冲持续时间、重复率、光束直径、真空与大气成分)相匹配。

在激光加工过程中, 光学器件受到三种主要破坏机制的影响:

- CW – ns $\rightarrow$ 由于涂层材料内的吸收而导致的热破坏。
- ns – ~20ps $\rightarrow$ 由于缺陷吸收而局部加热。
- ~20ps – fs 或更短 $\rightarrow$ 电离效应破坏。

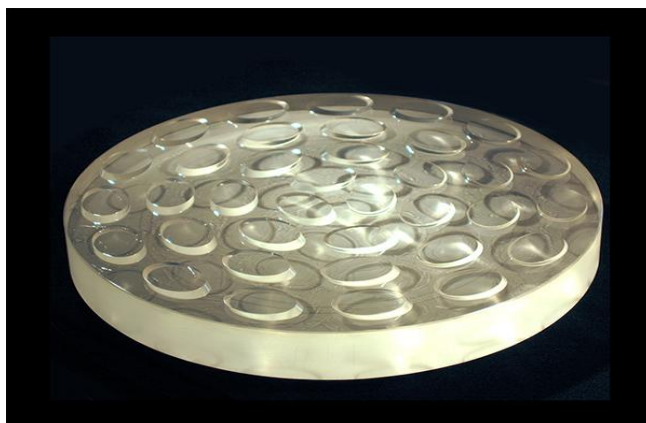
不同脉冲长度下的主要破坏机制



我们生产的光学器件具有非常高的破坏阈值。技术报告中总结了选定 LAYERTEC 光学器件已确认的破坏阈值。



1.1 转向镜



生产过程中（抛光过程）的 45° 椭圆形转向镜（所谓的“香肠片”）

偏转镜专门改变入射光的方向。通过选择涂层，可以针对特定波长范围和特定入射角调整镜子的反射率。此外，镜子还可以针对振荡（偏振）方向和高破坏阈值进行优化。

LAYERTEC 生产几乎所有入射角和偏振类型的偏转镜，无论是针对一种波长优化的布拉格镜还是宽带镜。例如，根据要求，可以适应高激光功率和/或短脉冲。此外，还可以计算涂层在 Max. 反射时的最低损耗或定义的残余透射率。

1.2 谐振器反射镜

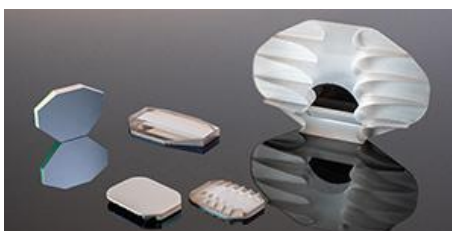


激光谐振腔是激光器的核心。其中产生激光束。它由一个全反射镜和一个部分反射镜组成。它们之间是有源激光介质，由泵浦机制激发。

端镜反射光线几乎 100%。输出镜具有较低的限定反射率，并且从谐振器释放激光束。如果端面镜还充当耦合镜，则它还具有抗反射层以允许泵浦辐射进入。

LAYERTEC 为光谱范围 130 nm – 7 μm 的所有激光器生产谐振镜。根据激光器类型，使用经过多年验证的材料组合和设计结构。除了网上商店的产品之外，还根据客户的要求制造个性化的特殊反射镜。

1.3 扫描镜





扫描镜用于激光材料加工, 使激光束在工件上快速灵活地移动。它们的背面通常被磨成片状。由于这种特殊的设计, 它们非常薄且轻, 以实现方向的快速改变。

扫描镜是 LAYERTEC 产品系列的重要组成部分。为此目的开发的层设计提供了高性能稳定性和必要的反射角不变性。尤其是金属基镜与介电层的组合可增加功率激光器的反射率, 从而允许在加工区域区域直接成像。

1.4 准分子反射镜



当激光器在紫外范围内使用时(准分子激光器), 光学器件会暴露在非常高的能量下。此外, 准分子激光器以脉冲模式运行, 并产生具有高峰值强度的极短脉冲。因此, 准分子光学器件必须具有高损伤阈值并且耐用。准分子激光器是气体激光器, 通常使用氟进行操作。如果光学器件暴露在工艺气体中, 则基材和涂层也必须基于氟, 否则它们会溶解。

LAYERTEC 生产适用于所有准分子激光器的光学器件 (F2 激光器 157 nm、ArF 激光器 193 nm、KrF 激光器 248 nm、XeCl 激光器 308 nm、XeF 激光器 351 nm)。用于氟基激光器的谐振腔镜和输出耦合镜由带有氟化物涂层的 CaF_2 或 MgF_2 基板组成, 也可直接与激光气体接触使用。输出耦合镜的反射率通常高达 $R = 50\%$ 。指出反射率的精度为 $\pm 3\%$ 。

157 nm 和 193 nm 的偏转镜也基于 CaF_2 基板上的氟化物层系统。这保证了高损伤阈值和长使用寿命。波长为 248 nm 的偏转镜由石英玻璃基板上的 UV 兼容氧化物层系统组成。光束传输光学器件可设计用于任何入射角。45° 入射角的偏转镜可作为标准组件提供。

1.5 中红外反射镜



MIR 反射镜适用于中红外范围 (1.5 - 8 μm) 的激光辐射。这种辐射特别容易被碳氢化合物和水吸收。它主要用于医疗应用和塑料加工。

一方面, 中红外范围内的波长是通过直接激光激发产生的, 波长约为 2 μm (Ho:YAG 激光、Tm:YAG 激光) 和 3 μm (Er:YAG 激光)。另一方面, 它们可以通过光学参量频率转换(周期性极化铌酸锂)产生, 没有直接的激光跃迁。这种光参量振荡器的发射范围延伸至约 8 μm 的波长。

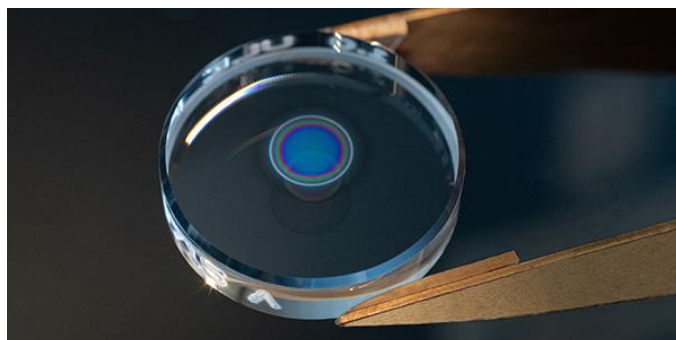
LAYERTEC 为 MIR 系列生产一系列反射和透射光学元件。熔融石英等标准基材以及标准涂层材料在此波长范围内部分表现出高吸收。为了覆盖更广泛的波长范围, 涂层设计经过特殊配置。





2.低损耗反射镜

平行平面镜



低损耗镜应以尽可能少的损耗反射激光束。因此，低损耗反射镜的反射率为 99.99% 或更高，主要用于电磁辐射的频率测量和腔内衰荡 (CRD) 光谱仪。

因此，制造商必须特别注意涂层系统中的吸收源，例如化学计量误差或杂质（例如铁、铬、铜）。

保持尽可能低的散射光损失也很重要。它们的大小主要取决于基底和内界面的微观粗糙度以及各层的体积散射光。

LAYERTEC 目前实现了以下值 (LAYERTEC 基材和溅射 LAYERTEC 涂层的组合)：

波长	吸收	散射光
355 nm	20 ppm	50 ppm
515 nm	2 ppm	6 ppm
1030 nm	< 1 ppm	4 ppm
1550 nm	< 1 ppm	3 ppm
2950 nm	20 ppm	2 ppm

标准情况下，低损耗反射镜的抗反射层适用于 $\varnothing 6.35$ 毫米至 $\varnothing 50.8$ 毫米的基板几何形状。

我们拥有宽带 CRD 测量站，可以测量不同几何形状的反射 (ppm 分辨率)。

3.超快反射镜



超短激光脉冲包含大量不同波长的同步单个波。当脉冲激光束穿过光学系统时，各个波的波长相关延迟 (色散) 会导致传播时间的差异。结果，激光脉冲变宽并且脉冲能量降低。对于此类激光系统，需要使用光学器件来消除这些传播时间 (GDD) 差异。

自 1996 年以来，LAYERTEC 一直为欧洲研发机构和激光器制造商等生产啁啾反射镜。在数百本有关短脉冲激光技术开发的科学出版物中，LAYERTEC 被称为定制组件供应商。



啁啾电介质系统在我们公司进行溅射，因此其光学性能实现了非常好的长期稳定性。必须考虑以下几个方面：

复杂的啁啾涂层系统应用于功能区域尽可能小的简单基板几何形状。作为标准，我们对直径为 12.7 mm – 25 mm 的圆形光学器件或入射面积为 10 x 40 mm² – 15 x 45 mm² 的矩形光学器件进行镀膜。

定制基板几何形状是可能的。

我们拥有测量站来确定 250 – 1700 nm 波长范围内平面线性调频光学器件的色散。

3.1 啁啾反射镜



当超短激光脉冲通过光学系统时，其形状会发生变化。由于色散与波长有关，每个单独的波都会有不同程度的延迟，并且传播时间会出现差异。结果，激光脉冲变宽并且脉冲能量降低。为了中和这种效应，使用了啁啾镜。

LAYERTEC 生产特殊介电系统（反射镜、泵浦反射镜、短通或长通滤波器、解耦器等），可根据客户要求可在 200 – 5000 nm 波长范围内对相位响应（即负或正 GDD）产生适应性影响。

具有简单布拉格反射镜（经典 $\Lambda/4$ 反射镜）或更大带宽的相位校正反射系统称为啁啾反射镜。另一方面，用于仅在几纳米带宽上具有（高）负 GDD 的 ps 激光器的相位校正镜被称为 GTI 镜。

带宽与布拉格反射镜大小相同的啁啾反射镜通常可以在不增加 GDD 振荡的情况下进行计算和制造。

所需带宽越大，GDD 的振荡越强。在这些情况下，我们原则上建议通过啁啾镜像对其他光学元件对 GDD 振荡进行相互补偿。

3.2 啁啾镜对



啁啾镜用于补偿超短激光脉冲与色散相关的传播时间差。如果 GDD 曲线中的振荡很强，则需要啁啾镜对（由两个啁啾镜组成）。对于高带宽的反射镜尤其如此。

啁啾镜的 GDD 曲线并不代表直线曲线，而是显示振荡。其中，这些强度有多强取决于光谱带宽。对于小于同类布拉格镜带宽的 GDD 带宽，振荡相当小。另一方面，具有高带宽的反射镜表现出强烈的 GDD 振荡。



可以通过使用相应的镜对来实现校正。它们由两个具有相反 GDD 曲线的不同涂层介电镜组成，激光束可以根据需要在两个镜之间来回反射（见图）。这些镜子针对小入射角进行了优化，从而可以实现大量反射。

3.3 GTI 反射镜



GTI 反射镜（Gires-Tournois 干涉仪）用于非常窄波长范围的强时间对准。这使得它们特别适合紧凑型 ps 激光系统（例如 Yb:YAG 或 Yb:KGW 激光器）。

常见 GTI 镜像的示例值：

波长范围	反射率 [%]	GDD [fs ²]
1020 – 1080 nm	99.9	-250 ± 50
780 – 820 nm	99.8	-500 ± 75
1040 nm	99.95	-1000 ± 100
1030 nm	99.9	-10000 ± 1500

二十多年来，LAYERTEC 一直为全球优秀的 PS 激光器制造商制造 GTI 反射镜。

为了增加脉冲功率和/或高重复率，您还可以通过使用多个 GTI 反射镜来实现所需的校正。对于极端要求，通常必须在 Max. 反射率、GDD 值和损伤阈值之间进行折衷。由于此类系统负载较重，热透镜效应问题在损坏之前就已经出现。

3.4 适用于超快应用的金属反射镜



铝、银或金的金属层一方面具有在宽带宽上反射光的优点，另一方面不改变各个波相对于彼此的相位位置。因此，金属镜是短脉冲激光光束引导的理想选择。

额外的介电涂层可保护金属层免受与空气成分（氧气、硫）的化学反应，并具有长期稳定性。同时，可以在有限的光谱范围内提高反射率，而相位响应几乎不受影响。



这种反射增强金属镜也经常用作扫描仪光学器件。

4.特殊镜子

LAYERTEC 提供适用于各种专业应用的反射镜，例如

- 大带宽、低色散的金属反射镜
- 零相移反射镜以及相移反射镜
- 用于弱激光线的谐振镜
- 赫里奥特池

4.1 金属反射镜



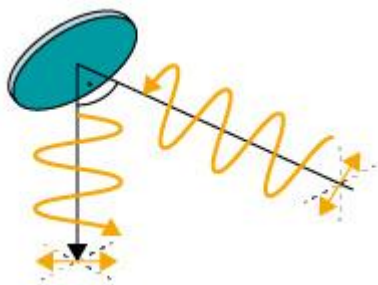
金属是适用于低激光功率应用的成熟反射镜材料。它们在宽光谱带宽（尤其是中红外范围）内提供高反射率，并且与色散相关的传播时间差异可以忽略不计。

LAYERTEC 采用磁控溅射工艺生产杂散光损耗极低的金属涂层。

我们生产金反射镜、银反射镜和铝反射镜。对于银反射镜和铝反射镜，建议施加额外的保护层。这可以防止它们氧化并允许对其进行清洁。

此外，可以通过有针对性地应用其他层来提高特定波长的反射率。

4.2 零相移反射镜



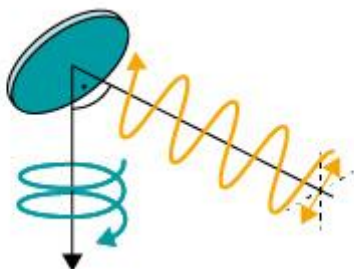
在传统的反射镜中，入射光束的偏振类型在反射过程中发生变化。例如，s 偏振光变成 p 偏振光。零相移反射镜确保保持入射光束的偏振类型。例如，它用于激光材料加工，将激光束从源引导到切割头。

LAYERTEC 生产波长范围为 157 – 4500 nm 的零相移反射镜。这些分量抵消了反射光束的 s 偏振部分和 p 偏振部分之间的相移。因此，入射偏振模式被保留



类型	波长范围	R(反射率)	T(透射率)	D(群延迟色散)	入射角	偏振	规格种类
HR	1030 nm	> 99.9 %			45°	s,p-Pol.	1

4.3 相移反射镜

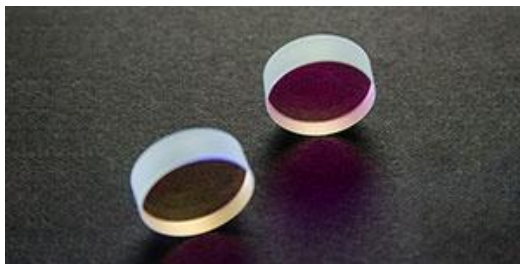


相移反射镜将线偏振光转换为圆偏振光。这种效应在激光材料加工中特别有用，其中线性偏振会导致与轴相关的、不均匀的结果，例如在切口或钻孔中。

与波片的工作方式（即在垂直入射下传输激光束）相反，相移反射镜通过反射和 45° 的入射角来工作。该层系统经过优化，可实现 s 偏振光和 p 偏振光之间的特定相位差。

典型应用是在 45° 入射角下使用 $\lambda/4 \triangleq 90^\circ = \pi/2$ 的相位差，为线性偏振的入射光束生成圆偏振辐射。我们还根据客户要求实现其他价值。

4.4 用于弱激光线的谐振器反射镜



掺钕晶体在不同波长下呈现激光跃迁。然而，它们的强度各不相同。如果要发射与较弱激光跃迁的波长相对应的激光辐射，则必须抑制较强激光跃迁的激光线。

LAYERTEC 提供多种激光反射镜，其中最强激光跃迁的 1064nm 激光线被抑制，以实现其他波长的高效激光发射。根据激光设置，所有涂层均根据客户规格进行设计和制造。

Nd:YAG		Nd:YVO4	
激光波长	二阶谐波	激光波长	二阶谐波
946 nm	473 nm	915 nm	457 nm
1064 nm	532 nm	1064 nm	532 nm
1123 nm	561 nm	1340 nm	670 nm
1319 nm	659 nm		



4.5 赫里奥特池镜



赫里奥特池通过多次反射增加腔内激光束的光路，从而可以构造紧凑的谐振器。为此，它们由两个焦距相等的球面镜组成。赫瑞特池用于缩短激光脉冲。

两个谐振器镜之一具有典型的非中心孔，其用作例如光束（或工艺气体）的入口和出口。入口侧和出口侧各有一个锥形开口，以防止光束被夹住。