

设备与元器件

1. 太赫兹设备与器件 ---169

- 1.1. 太赫兹光谱仪 ---170
- 1.2. 太赫兹源与成像设备 ---173
- 1.3. 太赫兹探测器与元器件 ---178

2. 激光元器件 ---181

- 2.1. CVI 激光元件 ---181
- 2.2. Altechna 光学元器件 ---189
- 2.3. 激光晶体 ---193
- 2.4. 高性能激光加工元器件 ---195
- 2.5. Semrock 滤光片 ---198
- 2.6. Andover 滤光片 ---205
- 2.7. VUV/UV 光学元器件 ---208
- 2.8. 杂散光吸收膜与镀层 ---209
- 2.9. 衍射光学元件 ---211
- 2.10. 液晶空间光调制器 ---214

3. 仪器设备 ---219

- 3.1. 飞秒激光微加工 ---219
- 3.2. 超快激光瞬态光谱测试系统 ---223

1. 太赫兹设备与器件

太赫兹（THz）是指介于远红外与常规无线电波之间的电磁辐射，大约在 $10^{11} \sim 10^{13}$ Hz（100GHz ~ 10THz，波长 $30\mu\text{m} \sim 3000\mu\text{m}$ ，波数 $3 \sim 300\text{cm}^{-1}$ ）范围内。THz 辐射具备独特的特征：

- 兼具光学波段与射频波段电磁波的特征；
- 所设及技术、源、器件部分与射频电子学相关，部分与光学类似；
- 宇宙辐射的重要组成部分；
- THz 谱段内有大量物质特别是大分子物质的特征吸收谱线；
- 针对水、金属、无机物、有机物有良好的吸收衬度；
- 人体无害；
- THz 电场变化的时间尺度在 ps 量级，与很多材料内部动力学过程时间尺度匹配。
- 这些特点决定了 THz 辐射具备广阔的应用前景：
- 材料表征与识别；
- 材料动力学过程研究；
- 天文学；
- 工业无损检测；
- 安检；
- THz 通讯与雷达
-

本节主要介绍 THz 相关的仪器设备，包括 THz 光谱系统、源、光学元件、探测器与成像器件等

1.1. 太赫兹光谱仪

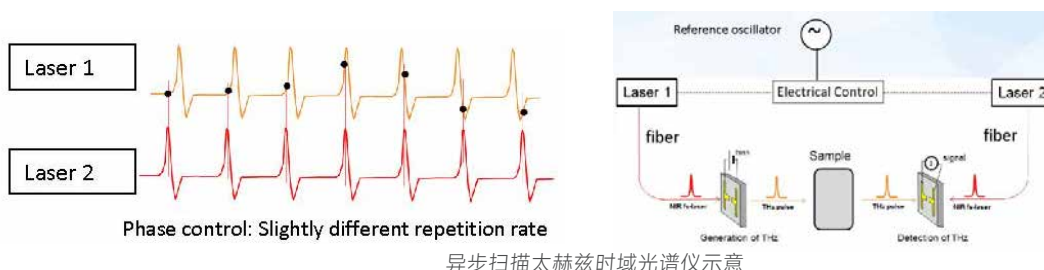
THz 光谱仪为测量样品在 THz 波段的吸收 / 反射 / 透射等光谱的仪器。目前最常用的技术是太赫兹时域光谱仪，采用超快激光经由太赫兹天线、光整流器等产生的瞬态电场脉冲作为宽谱太赫兹源，再利用反向效应的探测器探测。

1.1.1. ADVANTEST 太赫兹时域光谱仪简介

TAS 系列太赫兹时域光谱仪是 ADVANTEST 近年新设的光学检测部门推出的系统。作为著名的半导体设备制造商，ADVANTEST 致力于提供工业级、实用化、高稳定性的检测系统：

1) 异步扫描延时方式：高稳定、高分辨与高速度

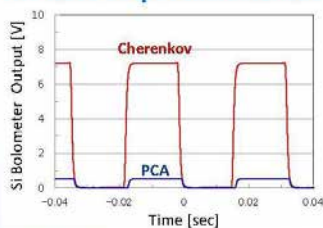
与常规的采用光学延迟线的太赫兹时域光谱系统不同，TAS 系列采用双飞秒激光异步扫描的方式。脉冲位相锁定的两台高稳定度光纤飞秒激光器以略微不同的重复频率出光，每一个脉冲对之间叠加一个精确的延时，其中一个脉冲用于激发太赫兹辐射而其后的脉冲用于探测太赫兹电场强度。无机机械结构的延时确保了系统稳定性；精细、准确的延时确保了时间取样精细度从而实现高分辨率光谱分析；光学延时的方法无需等待导轨动作，实现高速度采样，在扫描成像应用方面具备显著优势。



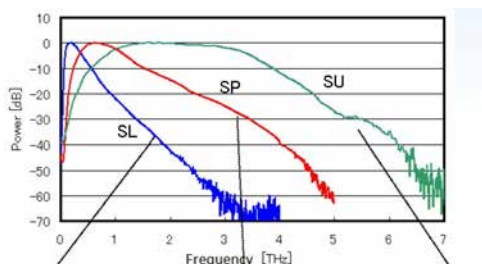
2) 光谱范围与动态范围

直接由飞秒激光器驱动的切伦霍夫辐射具备宽光谱、高动态范围的特征，提升辐射功率近 20 倍。

THz wave output characteristic



根据应用场景，ADVANTEST 采用光导天线、铌酸锂晶体等发射器，均可达到 70dB 动态范围。



太赫兹发射器	SL 型光导天线	SP 型光导天线	SU 型铌酸锂发射器
标称频谱区 S/N =1	0.03-3THz	0.1-5THz	0.5-7THz
实用频谱区 >-40dB	0.03-2THz	0.1-4THz	0.5-6THz
最优频谱区 >-20dB	0.03-1THz	0.1-2.5THz	0.5-4.5THz
峰值动态范围	>70dB	>70dB	>70dB

3) 全光纤耦合，便利使用

THz 发射源和探测器独立，与主机之间采用全光纤连接，可以任意布局。

仪器定期自行校准，可维持月度时间尺度的一致性，适应非常缓慢的过程（例如结晶）检测。

主要应用：

- 各类材料太赫兹吸收谱，反射谱测试
- 生物，药品，食品，农业，林业基础科研
- 太赫兹新材料，新晶体的表征与研发
- 无损探伤，无损检测的基础研究
- 太赫兹通讯，太赫兹电子学的基础研究
- 化学反应，晶体结晶过程的监控
- 危险品，毒品特征吸收谱库建立及透过包装物检测
- 非接触无损厚度测试，缺陷检测
- 高速示波器或高频电子器件的频宽校准
- 低温，强磁场，高压等极限环境下的样品太赫兹频谱检测



1.1.2. 开放式太赫兹时域光谱仪

TAS-TS 系列开放式太赫兹时域光谱仪是一台通用仪器，提供开放的太赫兹发射头和接收头，而用户可灵活配置发射 - 探测的几何构型、样品室、样品架、扫描机构等。TAS-TS 适合用户从零开始建设太赫兹实验室，或希望覆盖尽可能多的太赫兹光谱应用，例如：太赫兹光谱、扫描成像；联用低温、强磁场、高压等装置；自主开发无损检测、安检、刑侦、化学、生医应用系统等。



配置与参数：

主机选择

主机型号	TAS7500TS			TAS7400TS	
侧重方向	侧重太赫兹时域光谱成像及高动态范围			侧重精细光谱兼顾成像	
分辨率	3.6GHz	7.6GHz	61GHz	1.9GHz	7.6GHz
采谱速度	16ms	8ms	1ms	200ms	
激光器	1550nm, <50fs, 双光纤飞秒激光器, 异步扫描				

系统架构：

- 双光线飞秒激光、异步扫描系统、数据分析系统
- 太赫兹采样系统（最多可适配双发射 + 双接收模组）
- 光纤耦合太赫兹发射 / 接收模组

可选项：

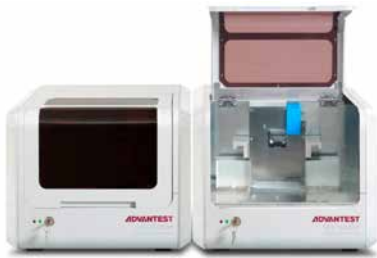
- 光谱成像（可吹扫密闭样品仓、扫描装置）
- 变角度、低温、强磁场等

发射 / 接收头选择

太赫兹发射头型号	TAS1110	TAS1120	TAS1130
覆盖频段	0.1-4THz	0.03-2THz	0.5-7THz
太赫兹接收头型号	TAS1230 全谱段接收头		
常见样品	高分子, 多态结晶, 生物材料, 超材料, 食品农作物, 建材	介电材料, 颜料涂料, 塑料, 建材	生物材料, 石墨烯, 功能材料, 树脂, 氧化物, 水性溶液
光纤长度	标准 1.5m 保偏光纤, 最长可至 4m		

1.1.3. 台式太赫兹时域光谱仪

TAS 台式太赫兹时域光谱仪为分析仪器级产品，用户无需了解 THz 时域光谱的细节。如同常规分析仪器一样，开仓、放置样品、测试，即可完成各种化学、生物、高分子、超分子、介电材料、药品、危险品、特种材料等太赫兹光谱分析。



配置与参数：

主机选择：

主机型号	TAS7500	TAS7400
侧重方向	侧重高灵敏度及高动态范围	侧重精细光谱
分辨率	7.6GHz	1.9GHz 7.6GHz
采谱速度	8ms	200ms
激光器	1550nm, <50fs, 双光纤飞秒激光器, 异步扫描	

变温选项（仅适用透射工作模式）：

变温台型号	TAS1020	TAS1030
变温范围 / 分辨率	-10~50 oC/ 0.1 oC	室温 ~300 oC/ 1 oC

特点：

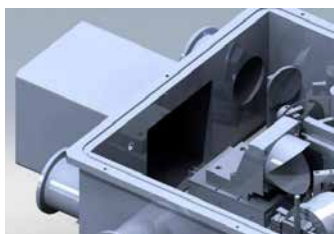
- 一体化设备，与 FTIR 的操作同样简便
- 可达 7THz 的超宽频谱范围
- 无需任何光路调校即可切换透射、反射，ATR，偏振，变温测试模式
- 提供 30 个 / 组不同形状尺寸的太赫兹样品池 / 样品架适应各种样品

测试频谱范围：

发射头型号	-SL	-SP	-SU
覆盖频段	0.1-4THz	0.03-2THz	0.5-7THz
常见样品	高分子, 多态结晶, 生物材料, 超材料, 食品农作物, 建材	介电材料, 颜料涂料, 塑料, 建材	生物材料, 石墨烯, 功能材料, 树脂, 氧化物, 水性溶液
峰值动态范围	>70dB	>70dB	>60dB
工作模式	透射, 反射, ATR (可选), 偏振 (可选)	透射, 反射	透射, 反射, ATR (可选)

1.1.4. 傅里叶变换太赫兹光谱仪

太赫兹光谱学的另一种方法是利用传统的傅里叶变换红外光谱仪的架构，在辐射源，谱仪主体，探测系统上做全面的优化或提升，将原本涵盖近红外 - 远红外的傅里叶变换红外光谱仪整体延展覆盖至红外 - 太赫兹全谱段 ($5\mu\text{m}\sim 5\text{mm}/0.06\sim 60\text{THz}/2\text{cm}^{-1}\sim 2000\text{cm}^{-1}$)。加拿大 Sciencetech-Inc 公司在这个方向处于世界领先地位。



设备特点:

- IR-THz 波段优化可工作谱段 $5\mu\text{m}\sim 5\text{mm}/0.06\sim 60\text{THz}$;
- 标准分辨率 0.12cm^{-1} ，即 $3.5\text{GHz}@1\text{THz}$; 可升级至 0.02cm^{-1} 分辨率;
- 设备基于迈克尔逊干涉仪标准架构完成常规红外 - 太赫兹光谱分析;
- 可工作于 Martin-Puplett 模式，在圆二色或线二色测试时可获得更高的信噪比。

典型配置:

- SPS-300 base system: 含不锈钢真空光谱仪主体，内置电动顶镜调节系统，扫描干涉仪工作于迈克尔逊模式，75W 超稳定汞灯，真空阀门组，电脑及软件
- V-pump-Ultravac: 真空泵组
- SPS-403 样品室 (常压或真空模式)
- 160-REC: 冷却用冰水机
- BO-HEB: 液氮制冷 Hot Electron Bolometer 远红外与太赫兹探测器
- LIA-830: 锁相放大器

常用选项:

- 外置红外辐射源
- 可切换的外置光源入口
- 光谱仪双出口选项
- 加长干涉仪扫描行程: 0.02cm^{-1} 光谱分辨率

主要技术指标:

- 测试光谱范围: $5\sim 2000\text{cm}^{-1}$ (即 $5\mu\text{m}\sim 2\text{mm}; 0.15\sim 60\text{THz}$)
- 标准模式分辨率: 0.12cm^{-1} ; (即 3.6GHz 分辨率)
- 真空环境: 10^{-3} Torr 到 10^{-5} Torr; 完全排除环境水蒸气对光谱的影响
- 中红外 - 远红外 - 太赫兹频段扫描范围无缝衔接
- 第一探测器出口室温工作 DTGS 探测器用于常规探测，第二探测器出口液氮制冷高灵敏度宽光谱 Bolometer 探测器，液氮杜瓦加液氮杜瓦二级制冷既保证 4.2K 液氮温度深度制冷获得最低探测器噪声，又同时通过前级的液氮杜瓦预制冷保证最低的液氮消耗量; 涵盖 $5\sim 2000$ 波数 (即 $5\sim 2000\mu\text{m}; 0.15\sim 60\text{THz}$)
- 模块化设计，支持第三方和用户订制光源，探测器，采样器



SPS-300 傅里叶变换太赫兹光谱仪安装案例

1.2. 太赫兹源与成像设备

1.2.1. 太赫兹量子级联激光器

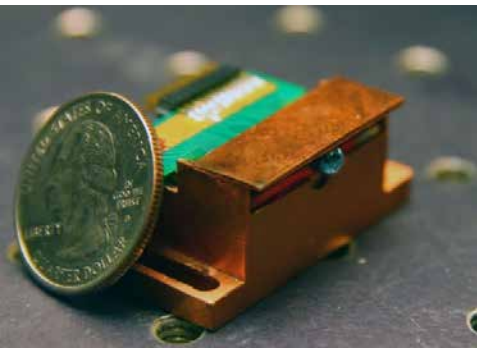
量子级联激光器（Quantum Cascade Laser, QCL）是一种非常重要的产生远红外~太赫兹辐射的半导体光源。美国 LongWave Photonics 公司技术源自麻省理工大学，是将太赫兹量子级联激光器商品化的领导厂商。



QCL 位于斯特林制冷机中



QCL 位于脉冲管制冷机中



QCL 位于脉冲管制冷机中

THz QCL 优势：

可在 1-5THz 的高频太赫兹波段有数毫瓦（即 EasyQCL100 系列）及数十毫瓦的输出即 EasyQCL1000 系列），针对太赫兹高透过率样品，可以获得比太赫兹低频段成像高一个数量级以上的空间分辨率。

相对于大功率气体太赫兹激光器，体积小，能耗低，更适合于构架应用系统

可以做调制，是很好的太赫兹通讯光源

THz QCL-DFB 可实现精密扫频

产品系列：

QCL 量子级联激光器或激光器阵列

小型真空腔体与真空泵

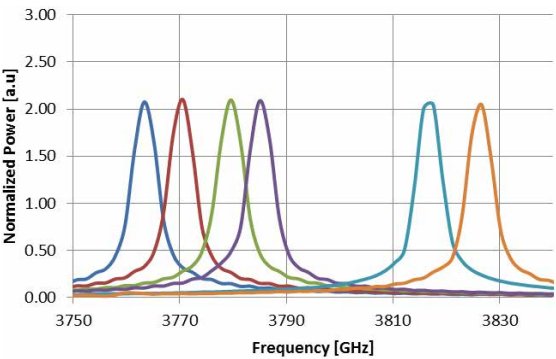
斯特林制冷机或脉冲管制冷机

激光器电源

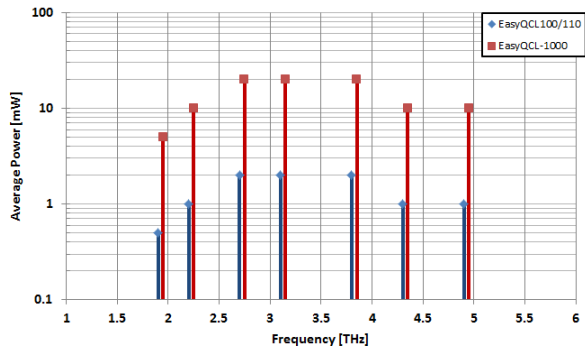
激光器控制软件

输出特性（部分产品）

	4.7 THz	3.9 THz	2.7 THz	1.8 THz
EasyQCL100	1 mW	2 mW	2 mW	0.5 mW
EasyQCL1000	10 mW	20 mW	20 mW	5 mW



可调谐激光器 THzQCL-DFB-3.8THz 输出



EasyQCL 典型输出

1.2.2. 毫米波成像系统

100GHz 量级的电磁波波长在 mm 量级，故称为毫米波，通常也归入太赫兹波段。毫米波用于成像时其分辨率能够达到 mm 量级，不同组分（如金属、水分、有机物）在这个波段等有良好的吸收 / 反射衬度，同时对生物组织完全无害，非常适合在人体安检、箱包检测、产品质检等领域替代 X 射线。

毫米波可以由全固态的肖特基二极管产生。TeraSense 的 IMPATT 技术能够产生 100GHz ~ 300GHz，功率可达 W 量级的毫米波，并可配置不同的波导输出各种光强分布，配合 TeraSense 面阵毫米波相机、快速线扫描毫米波相机，构成毫米波成像系统。

1) IMPATT 毫米波光源

IMPATT 毫米波光源可产生 100G~300GHz，最高功率 1.8W 的辐射。可配置不同的天线。



- IMPATT 技术
- 100G, 140G, 200G, 300GHz
- 保护隔离器提供更高稳定性
- TTL 调制
- 高频调制选项（100MHz, 1.5ns 上升 / 下降时间）
- 可拆卸号角天线
- 紧凑、成本低

输出频率	100GHz 源	140GHz 源	200GHz 源	300GHz 源
输出功率	80/ 180/ 400mW 0.8/ 1.8W	30/ 90/ 180mW 300/ 600mW	40/ 80/ 180mW	290GHz >10mW 280GHz >20/40mW
输出方式	锥形号角天线 法兰输出	锥形号角天线 法兰输出	对号角角天线 法兰输出	对号角角天线 法兰输出
其它特性	隔离器保护 TTL 调制	隔离器保护 TTL 调制	TTL 调制	TTL 调制

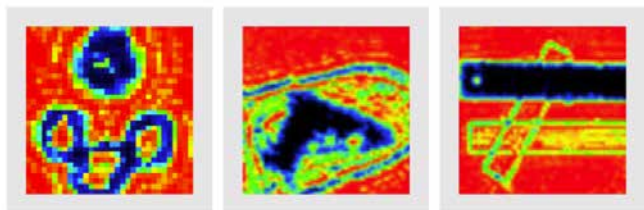
2) 太赫兹面阵相机



- 0.05 ~ 0.7 THz 响应
- 256, 1024, 4096 像素
- 体积小，价格低
- 50Hz 视频模式

型号	TERA-256	TERA-1024	TERA-4096
分辨率	16×16	32×32	64×64
像素间距	1.5mm		
噪声等效功率	1nW/ √ Hz		

TeraSense 面阵成像相机可用于毫米波直接成像。



3) 100GHz 太赫兹扫描成像系统

高速 THz 扫描成像系统是 TeraSense 的拳头产品。集成快速线扫描 THz 相机、THz 光源，用户可非常方便的组建太赫兹无损检测系统。



- 无电离辐射
- 扫描速度：可达 15m/s
- 5,000 线 / 秒采集率
- 易于工业集成

探测器

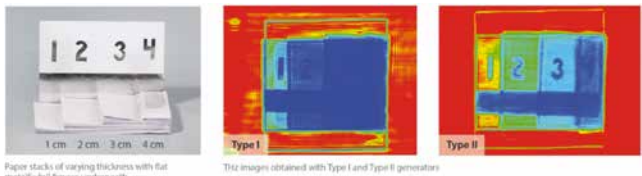
分辨率	256×1	图像采集率	5,000 fps
像素尺寸	1.5mm×3mm		100nW (5,000fps)
视场	384×3mm	灵敏度 (每像素)	45nW (1,000fps)
			14nW (100fps)

光源

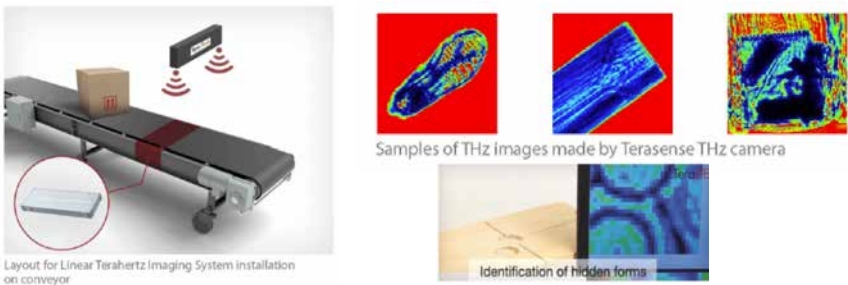
线扫描系统采用带特殊光学系统的光源，分为 Type I 和 Type II 两种。



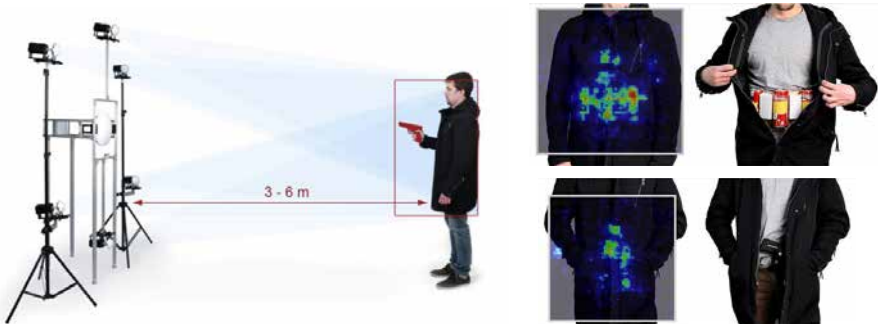
	Type I	Type II
频率	100GHz	100GHz
每像素功率	20μW	140μW
成像系统动态范围	24dB	30dB
光学系统	PTEE 元件	反射元件
技术	IMPATT	Super-Hero IMPATT



Type I / Type II 动态范围示意



左：传送带检测系统示意图；右：部分成像示例



100GHz 反射式人体安检演示机

4) 300GHz 线扫描成像系统

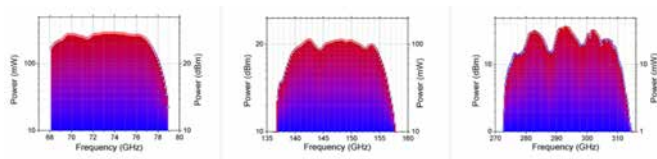


300GHz 太赫兹电磁波具备更短的波长，从而达到更高的分辨率。

工作频率	300GHz	采集速率	5,000 fps
分辨率	256×1 或 512×1	动态范围	200:1
探测视场	128mm×0.5mm 或 256×0.5mm		

5) TeraSense 其它产品

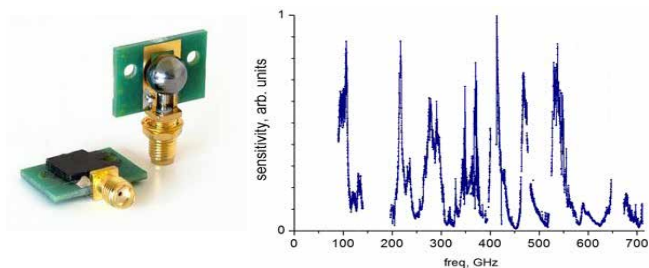
• 可调谐 THz 源



TeraSense 提供三种规格可调谐 THz 源：

70 ~ 77GHz	140 ~ 155GHz	280 ~ 310GHz
最大输出功率 300mW	最大输出功率 100mW	最大输出功率 35mW
线宽 <150Hz	线宽 <300Hz	线宽 <600Hz
支持 TTL 调制；功率稳定性： 0.1% / hr, 1% / day		

• 快速 THz 探测器



型号	Ultrafast-150	Fast-1
响应范围	50-700GHz	
响应度	0.5V/W	0.5V/W
上升时间	150ps	1μs
阻抗	50 Ω	10k Ω

• THz 元件

PTEE、PTFE、TPX 太赫兹元器件：



1.2.3. 太赫兹相机及均匀光源

INO 公司提供高频段太赫兹相机及匹配的镜头，同时提供用于 THz 成像的均匀光源。



Fast Optics
F/0.95

Ultrafast Optics
F/0.7



THz 相机 IRXCAM-THz-384

响应范围	70 ~ 3,189 μ m/ 0.094 ~ 4.25THz
分辨率	384 $\times$ 288
像素尺寸	35 μ m
窗口材料	硅
镀膜	针对所需波长镀膜
帧率	25Hz
信号接口	GigaE Link

大口径 THz 镜头

镜头型号	Fast	Ultrafast
焦距	44mm	
F#	0.95	0.7
成像距离	>90 cm	>60 cm
透镜材料	HRFZ-Si	
镀层	Parylene-C	

均匀 THz 光源

中心频率	515GHz	282GHz
均匀照明面积	114mm $\times$ 150mm	
输出功率	1.25mW	4mW

1.3. 太赫兹探测器与元器件

1.3.1. 太赫兹高莱探测器

高莱探测器（Golay Cell）是一类光声探测器，为现有室温工作条件下最灵敏的太赫兹探测器。高莱探测器可测量脉冲太赫兹辐射，测量连续太赫兹辐射时需加斩波器。



（左）高莱探测器和电源；（右）数据采集器

型号	GC-1P	GC-1T	GC-1D
窗口材料	HDPE 高密度聚乙烯	TPX	金刚石（Diamond）
测试光谱范围	15-8000μm	0.3-6.5μm 13-8000μm	0.4-8000μm
锥形入口直径		11mm	
入口窗口直径		6mm	
推荐探测功率		1×10 ⁻⁵ W（更高的功率需要做衰减）	
推荐调制频率		15±5Hz	
噪声等效功率 @15Hz 典型值		1.4×10 ⁻¹⁰ W/Hz ^{1/2}	
光学响应度 @15Hz 典型值		1×10 ⁵ V/W	
响应时间典型值		30ms	
灵敏度（D*，锥形收集器入口处）典型值		7.0×10 ⁹ cm×Hz ^{1/2} /W	
工作环境压力		760-10 ⁻³ mm Hg	
工作及储存温度范围		5-40℃	
湿度		0-80%	
振动		避免 1-100Hz 的振动	
额定电压		100/115±10% VAC, 220/230±10% VAC	
频率		50-60 Hz	
尺寸，L×W×H		126×45×87 mm	
重量		0.8 kg	

1.3.2. 太赫兹热释电探测器

热释电探测器可探测脉冲太赫兹辐射及斩波的连续太赫兹辐射。其灵敏度较高莱探测器低三个数量级，但造价较低。



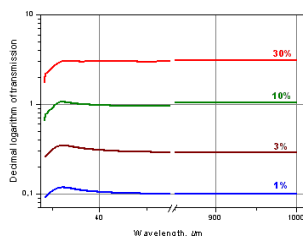
型号	LWP-PD1
探测尺寸	2*2mm
光学响应度	200V/W @ 10Hz
等效噪声功率 NEP	25 x 10 ⁻⁹ W/Hz ^{1/2}
噪声等效功率 @15Hz 典型值	25 x 10 ⁻¹⁰ W/Hz ^{1/2}
响应时间典型值	300ms
供电需求	9V DC
工作及储存温度范围	-25-85℃
信号输出	BNC

LONGWAVE
PHOTONICS

1.3.3. THz 元器件

俄罗斯 Tydex 公司提供各种材料、用途的太赫兹光学元器件：

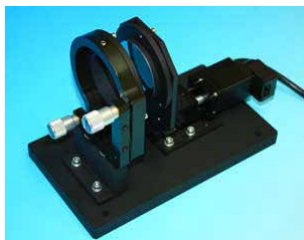
1) 太赫兹衰减片组



工作光谱范围	40-1000um (0.3-7.5THz)
衰减片轮数量	5
衰减片数量	4
各片对应透射率	1%; 3%; 10%; 30%
口径	25mm or 50mm

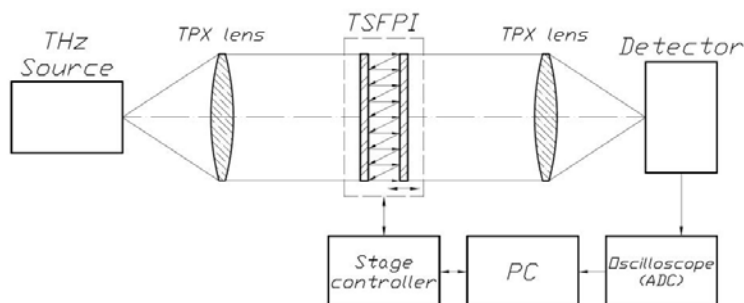
2) 太赫兹法泊干涉仪

法泊干涉仪 (FP 干涉仪) 为干涉式太赫兹滤光器，可通过改变镜片间距来改变透过波长。配合宽带 THz 源、高精度位移台，可构成 THz 光谱仪。



Tydex 厂家的可以提供该方案全套零部件，如透镜、干涉仪、探测器及带通滤光片等，供用户架构太赫兹频谱或波长测试设备。

- 测试范围：0.1-15THz
- 两片反射镜间距：0-9.5mm
- 定位精度：±1.25um
- 口径：52mm
- 光轴高：110mm
- 高损伤阈值
- 操作简单

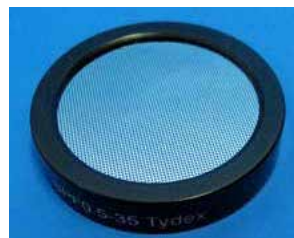


3) 太赫兹低通滤光片



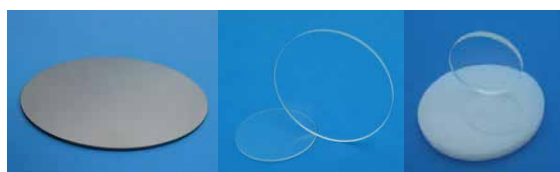
- 截止波长：13, 21, 27.5, 34, 55, 70, 75, 94um
- 透过部分透过率：≥ 80%
- 截止部分透过率：< 0.1%
- 损伤阈值：7-8W/cm²

4) 太赫兹带通滤光片



- 波长范围：0.1-15THz (0.1, 0.3, 1, 3THz 有库存)
- 透过部分透过率：60%-90%
- 截止部分透过率：< 4%
- 损伤阈值：60-100W/cm²

5) 太赫兹窗口



高阻硅窗口 太赫兹级晶体窗口 TPX窗口

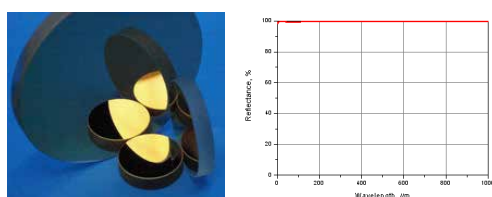
- 尺寸: 25.4-101.6 mm (高阻硅); 25.4-50.8mm (太赫兹级晶体); 25.4-50.8mm (TPX)
- 厚度: 1mm(高阻硅); 1-3mm(太赫兹级晶体窗); 2-3.5mm (TPX窗)

6) 太赫兹透镜



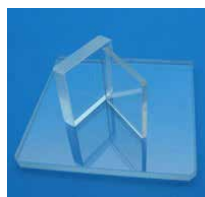
- 尺寸: 25.4, 38.1, 50.8mm(TPX透镜); 25.4, 38.1, 50.8mm(高阻硅透镜)
- 焦距: 25-200mm(TPX透镜); 25-200mm(高阻硅透镜)

7) 太赫兹反射镜



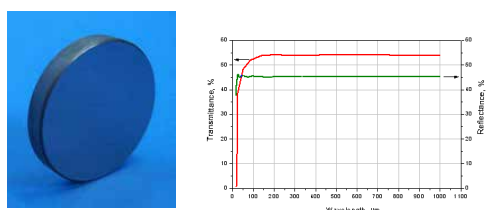
- 尺寸: 25.4, 38.1, 50.8, 76.2mm
- 厚度: 6.35mm

8) 太赫兹波片



- 光谱范围: 30-1000 μ m
- 口径: 20*20mm, 50*50mm
- 类型: 1/2, 1/4

9) 太赫兹分光镜



- 材料: 高阻硅
- 口径: ~150mm
- 分光比: 46 / 54

10) 太赫兹偏振片



- 波长范围: 7 μ m-3000 μ m
- 一般尺寸: 25mm
- 最大尺寸: 100mm
- 刻线数: 1200/mm

1.3.4. 太赫兹激光功率计

Ophir 激光功率计与激光能量计常规的校准波段一般为 0.19 ~ 20 μ m (15~1580THz)。专门为 THz 波段涉及的探头可扩展至 0.1 ~ 30THz。



型号	3A-P-THz	RM9-THz
频谱范围	0.1 - 30THz	
探头类别	热电堆探头	热释电探头
功率测试范围	15 μ W-3W	100nW-100mW;
功率计口径	12mm	8mm
噪音功率	4 μ W	20 μ W
系统响应速度	2.5s	3.5s
功率准确度	±8%	±10%
功率线性度	±1%	±2%
备注	测试脉冲信号至少 200Hz 重复频率, 测试连续信号需加 RMC1 斩波器	

2. 激光元器件

2.1. CVI 激光元件

美国 CVI laser optics 设计和生产紫外到近红外波段的高性能光学器件，主要应用在激光的光束调节和传输方面，在业内有很高的知名度。产品包括球面镜，平面镜，偏振片，棱镜和波片。还提供一系列用于超快激光应用的低色散和色散补偿光学元件。

CVI 产品精度高，性能好，光学元件各个参数达到行业顶尖水平，适用于对光学元件各方面性能要求高的科研、工业领域。

提供定制，批量生产。

2.1.1. 反射镜

CVI 提供超过 350 种镜片可供选择；设计入射角为 0° 或 45° ，覆盖波段从 190nm 到 2000nm；提供金、银、铝等金属镀膜，用于提高反射率、起保护作用等；使用 BK7 或 UVFS 材料，能够实现 $\lambda/10$ 表面质量的镜片；提供具有高反射率的镀膜镜片，如 MaxMirror 和 MaxBRlite 能在宽波段内实现大于 98% 的反射率。若是单面镀膜，会在未镀膜面用箭头指向镀膜面，方便使用。

1) 飞秒激光反射镜



具有宽带、高反射率、高损伤阈值和低群延迟色散的特点，应用于飞秒激光器。

提供两种型号分别对应 740-860nm，720-900nm 两个波段，并具备不同尺寸可选。

2) 线性激光窄带反射镜



高反射率、高损伤阈值，覆盖紫外到红外的所有主流激光器的波段。有十几款不同产品对应不同的波长和不同激光器。

3) 宽带介质反射镜



高宽带、高反射率，应用于低功率到高功率激光和固定或可变的入射角。

有两款不同类型的产品：MPQ 和 TLM2。其中，MPQ 覆盖主流的紫外和可见光波段的激光器波长，具有极高的反射率。TLM2：可调谐。能分别在 450~2100nm 波段实现连续激光和在 780~1030nm 短脉冲激光的高反射率。

4) 金属镀膜反射镜



具备能实现在紫外波段到中红外波段的高反射率金属膜层和起保护作用的保护膜。

2.1.2. 球面透镜

球面透镜主要用于聚焦、成像、准直或扩束等，广泛应用于各光学系统。

CVI 提供由 N-BK7, UV 级熔融石英, 准分子级熔融石英, CaF₂ 和 N-SF11 等材料构成, 直径范围为 2.5 至 76mm, 焦距为 3mm 至 10m 的透镜。

透镜支持各种镀膜, 包括增透膜、高反膜等。镜片的面形精度达到 $\lambda/10$, 能减少波前失真, 使散射最小。

包括平凸透镜、双凸透镜、平凹透镜、双凹透镜。

1) 平凸透镜



主要起聚光和准直光路的作用。当聚焦光在凸面处入射, 且透镜在无限共轭比处使用时, 能代替 best-form lens, 使得球面像差最小, 更加经济实惠。离轴使用时能减少球面像差和近零慧差。透镜材料是 N-BK7 或熔融石英, 不同型号的产品适用波段从 193nm 到 1600nm, 覆盖紫外到近红外。支持客户定制镀增透膜, 部分型号对连续激光和脉冲激光有较高的损伤阈值, 窄带脉冲激光: 15 J/cm², 20 nsec, 20 Hz @ 1064 nm, 宽带脉冲激光: 10 J/cm², 20 nsec, 20 Hz @ 1064 nm, 连续激光: 1 MW/cm² @ 1064 nm。

3) 平凹透镜



应用于光学扩束, 在光学系统中增大系统焦距、平衡像差。当准直光从凹面处入射、位于无穷共轭处时能减少球面误差和彗形像差。不同款型号覆盖波长从 193nm 到 1550nm。透镜材料为 N-BK7 和 UVFS。支持定制尺寸、焦距和镀增透膜。部分型号有较高损伤阈值。窄带脉冲激光: 15 J/cm², 20 nsec, 20 Hz @ 1064 nm, 宽带脉冲激光: 10 J/cm², 20 nsec, 20 Hz @ 1064 nm, 连续激光: 1 MW/cm² @ 1064 nm。

5) Best Form 正透镜



应用于光线的汇集和聚焦, 也可对点光源进行准直。在聚焦时能最大限度地减少慧形像差和球面像差。性能卓越, 能提供单透镜中最小的聚焦斑点。型号为 BFPL, 透镜材料熔融石英。通光孔径大于 75%, 镀增透膜后透过率超过 99% (视具体波长) 有较高的损伤阈值: 宽带脉冲激光 10 J/cm², 20 nsec, 20 Hz @ 1064 nm, 窄带脉冲激光 15 J/cm², 20 nsec, 20 Hz @ 1064 nm 连续激光: 1 MW/cm² @ 1064 nm

2) 双凸透镜



应用于常规的 1:1 成像、扩束和光束中继传输。正凸透镜能对真实物体的虚拟成像以及 0.2 至 5 良好的正共轭图像比 (取决于波长)。也可用于较低 f 值的对焦应用, 当以单位共轭比使用时, 其表现为最佳形式的单重透镜。覆盖波长从 193nm 到 1550nm, 透镜材料是 N-BK7 或熔融石英。有高面形精度 ($\lambda/10$) 和表面质量 (10-5)。支持定制焦距、尺寸和各类型的增透膜。

4) 双凹透镜



在各个光学系统中用于分散光或扩束, 在成像系统中可以透过透镜看到形成的虚像。透镜材料为 N-BK7 和熔融石英, 波段从 193nm 到 1550nm。通光孔径大于 85%, 镀增透膜后透过率超过 99% (具体由波长决定) 有较高的损伤阈值: 窄带脉冲激光 15 J/cm², 20 nsec, 20 Hz @ 1064 nm, 宽带脉冲激光: 10 J/cm², 20 nsec, 20 Hz @ 1064 nm 连续激光: 1 MW/cm² @ 1064 nm

6) 非球面玻璃聚光器



用于低成本的正透过率采购应用。在低 f 值, 高通量的情况下应用, 降低像差。不推荐成像、聚焦和或高功率下应用。波段 400-700nm, 镀氟化镁增透膜。表面质量 80-50。

2.1.3. 柱透镜

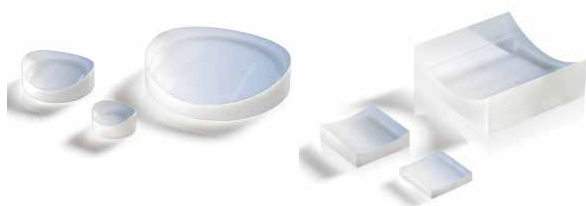
圆柱透镜能在一个维度上聚焦或展开光。典型应用包括激光扫描仪，全息，光学信息处理 / 计算，光谱学，染料激光和扫描共焦显微镜。CVI 激光光学柱面透镜制造精度高，损伤阈值高，能在工业，OEM 和研究应用中的高激光功率条件下保证元件的性能。这些精密镜头具有高表面精度，能达到 20-10 表面质量，能理想应用于大功率激光和降低散射以获得更好的信号噪声性能的应用。可镀宽带增透膜，支持定制。

1) 平凸型柱镜



用于在一个维度上聚光。正柱面透镜可以将输入准直光聚焦到一条线上，将光点变换为线图像或改变图像的纵横比。适用于激光线聚焦，激光投影，光束整形以及狭缝和线检测器阵列的照明。透镜材料 N-BK7 和熔融石英。表面质量 10-10。波段：193nm-1550nm。损伤阈值：10 J/cm², 20 nsec, 20 Hz @ 1064 nm 提供高能量低损耗的增透膜。镀膜后透过率大于 99%。

2) 平凹型柱镜



仅在一个维度上扩展光束，负圆柱透镜将输入准直光分离出一条线。适用于激光线生成，光束整形和图像的一维压缩。波段 193nm-1550nm，透镜材料 N-BK7 和紫外熔融石英 (UVFS)。表面质量 20-10，曲率误差 $\pm 0.5\%$ ，焦距误差 $\pm 0.5\%$ 。通光孔径大于 85%，透过率大于 99%，损伤阈值：10J/cm², 20 nsec, 20 Hz @ 1064 nm

2.1.4. 组合透镜

多元素透镜是需要专门性能或高度相位差应用的理想解决方案。CVI 的消色差透镜，平面镜和物镜镜片旨在最大限度地减少波前畸变，以获得优秀的光束质量和最小的焦斑尺寸。CVI 除了色差校正外还提供高度的球面像差和彗差校正。CVI1064nm 的 F-theta 透镜提供高损伤阈值，具有小且均匀的焦点尺寸以及高扫描线性度。多元件组件也可用于增加或减少光束直径。组装中使用的高品质光学平面可以将激光准直系统的发散 / 收敛设置为小于 20 μ rad。

1) 消色差透镜



用于在图像平面的同一点聚焦两个或多个波长。减少球面像差和彗形像差。非常适合宽带应用，如天文望远镜，等离子光谱，生物医学仪器和激光束转向。由于其性能远远优于简单的单透镜，也能理想应用于单波长条件。能最大限度地减少球面像差和彗形像差。波段：400nm-700nm，透镜材料：N-BK4 或 SF10 等玻璃材料。通光孔径大于 90%，表面质量 20-10/60-20（根据型号），透过率大于 99.5%

2) 消球差透镜



在单色光条件下使用，通过消除彗形像差和球面像差得到最小焦点尺寸。优秀得衍射限制性能，应用在理想的非线性光学，激光束扩展和准直，干涉仪，材料处理和光纤耦合。波段 266nm-1550nm，通光孔径大于 90%。其中，LAI 波段 780nm-1550 nm，表面质量 60-40，可以通过简单调整后焦点位置，校正球面像差，彗形像差，散光和球面色差，使其能在各种波长下使用。LAPQ 波段 266nm-1064nm，表面质量 10-5，透镜材料 UVFS，通过消除像差可以得到最小的焦点尺寸。

2.1.5. 波片

波片通过双折射来改变光的偏振态，包括标准波片和偏振旋转器。应用于需要优化，控制或分析偏振的应用中旋转极化，在线性和圆偏振之间转换，调整椭圆率或分离波长。我们提供一系列高性能，高损伤阈值石英波片，包括零级，多级和双波长波片以及 90° 偏振旋转器，选择主要由工作波长和温度范围定。它们具有广泛的尺寸，波长，可根据具体需求提供定制。

每个石英板已经精确地被切割和抛光以实现低透射波前误差，高表面质量优异的平行度，从而在全孔径上实现高性能和精确的延迟控制。偏振旋转器的最高激光损伤阈值和性能达到同样高的标准，并可以以 $\pm 0.5^\circ$ 的精度旋光。可以与用于光学隔离的偏振分光镜立方体一起使用或作为连续可变的分束器使用。

1) 多阶石英波片



用于旋转偏振方向 ($\lambda/2$ 波片) 或在线性和圆偏振 ($\lambda/4$ 波片) 之间转换。当对波长和温度的敏感度不重要时推荐高性能和高激光损伤阈值型号。适用于窄带宽激光及稳定的工作温度范围。

波段: 193nm-1550nm。适合于工作在温度稳定的环境下，高表面质量 10-5，有高损伤阈值 10 J/cm^2 , 20nsec, 20 Hz; $1 \text{ MW/cm}^2 \text{ CW}$ @ 1064 nm

2) 零阶石英波片



用于旋转偏振 ($\lambda/2$ 延迟) 或在线性和圆偏振 ($\lambda/4$ 延迟) 之间转换的复合零级波片。推荐用于可调谐半导体飞秒激光器。

具有高性能规格和高激光损伤阈值，广泛的有用带宽，优异的热稳定性等优点。可以选择光学接触，环形安装和空气间隔接触。波长 193nm 到 1550nm，其复合设计使得它能在宽带宽范围内实现半波或四分之一波长的相位延迟。工作温度稳定，表面质量 10-5，透过率大于 99.75%。

损伤阈值 10 J/cm^2 , 20 nsec, 20 Hz; $1 \text{ MW/cm}^2 \text{ cw}$ @ 1064 nm。

3) 双波长石英波片



用于旋转一个特定波长的偏振 ($\lambda/2$ 延迟) 而另一个波长偏振不变波片 (λ 延迟) 的双波长波片，具有高激光损伤阈值和双波长源的精确控制的优点。适合窄带宽和稳定的工作温度范围。表面质量 10-5，延迟误差: 23°C 下 $\lambda/100$ 。

镀增透膜后，

355+532: $R < 0.5\%$ at 355 nm and $R < 0.5\%$ at 532 nm

355+1064: $R < 1.3\%$ at 355 nm and $R < 0.5\%$ at 1064 nm

532+1064: $R < 0.6\%$ at 532 nm and $R < 0.3\%$ at 1064 nm

损伤阈值: 10 J/cm^2 , 20 nsec, 20 Hz; $1 \text{ MW/cm}^2 \text{ cw}$ @ 1064 nm

标准型号适用于 Nd:YAG 激光器，其他波长和相位延迟组合支持定制。

4) 90° 偏振旋转器



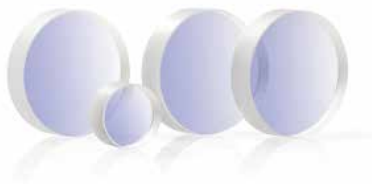
能够将线偏振光的偏振方向旋转 90° ，直接放在光路中，不需要角度调整。

适用单波长入射光，具有高损伤阈值。支持偏振旋转角度、尺寸和波长的定制 RT 型号波长: 1064nm，表面质量 10-5，镀增透膜，镜面反射率小于 0.25%。损伤阈值 10 J/cm^2 , 20 nsec, 20 Hz; $1 \text{ MW/cm}^2 \text{ cw}$ @ 1064 nm。

2.1.6. 窗片和光学基板

窗口是简单而高性能的基板，具有平行或微光楔的表面。它们将一个光学环境与另一个光学环境分开，并可对光束进行采样或转向。CVI 支持定制多种形状，楔形选项和抗反射涂层。所有这些都按照严格标准制造，低波前失真、低散射、高激光损伤阈值，能满足对镜片要求极为严格的激光应用。

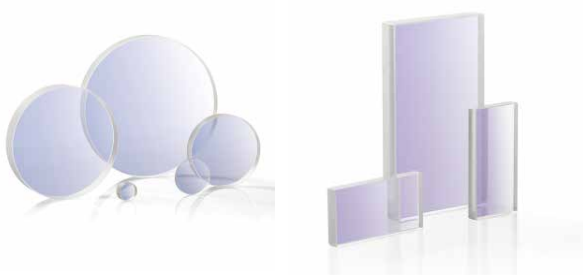
1) 高透射率激光窗口



镀增透膜提高透射率。高表面质量，低散射的光学窗口，具有一个或两个防反射涂层，用于高功率应用和输出最大光束。光楔选项： <10 arc sec 或 30 ± 5 arc min。标准直径从 12.7-101.6mm，标准厚度从 1.0-12.7mm，均支持定制。波段：193nm-1550nm，有单面镀膜和双面镀膜两种型号。

镜片材料：UVFS，表面质量 10-5，高损伤阈值，脉冲激光 15 J/cm^2 ，20ns, 20Hz at 1064nm，连续激光 1 MW/cm^2 at 1064nm。尺寸、基底和镀膜均支持定制。

2) 无镀膜光学基底



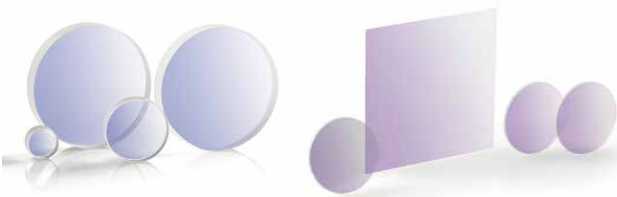
通过降低光楔，最大限度减少发射光束的角度偏差和对准误差。表面质量高，波前失真小，适用于消色差束采样等。圆形基底的楔形 <10 arc sec，矩形或矩形基底的楔形 $< \text{arc min}$ 低楔形选项： 30 ± 5 arc min 大楔形选项： 1° 或 3° 。镜片材料：FS 和 BK-7。传播波前误差： $\lambda/10$ @633nm，表面质量 10-5。

透光孔径大于 85%，光楔 30 ± 5 arc min。基底、尺寸和镀膜均支持定制。

2.1.7. 分束器

分束器通过波长，功率或偏振分离光束，通过 90° 反射并传输其余部分。选择分束器的关键是为应用找到正确的功率处理和光束位移组合。CVI 的平面和立方分光镜提供了各种涂层选项，利用光学粘合剂，光学接触等技术，以实现高功率处理。涂层选项包括偏振，激光线性非偏振，离子束溅射，宽带电介质和宽带混合涂层。每个分束器按照严格的规格制造，以确保光束质量，包括低光楔形，低透射波前误差以及高表面质量。其宽带 AR (BBAR) 涂层具有在非常宽的范围内和高损伤阈值 (10 J/cm^2 , 20ns, 20Hz, 脉冲 1064nm，1064nm 连续激光为 1 MW/cm^2)，平均反射率 $\leq 0.5\%$ 。支持定制精确尺寸，形状，波长或分割比例。

1) 分束镜



非常适合对高能量的应用，提供光束位移，鬼光束和偏振灵敏度都在合适范围内的分束镜。

高激光损伤阈值、光束偏移量约为 $0.3 \times$ 厚度，背面镀增透膜以减少鬼光束反射。支持不同功率和波长的分离。镜片材料：N-BK7 和 UVFS，透光孔径大于 85%。其面形精度 $\lambda/10$ at 633 nm，表面质量 10-5，反射率 $R_{\text{unp}} = 50\% \pm 15\%$ 。50%-50% 分光，具体分光波长、功率参照不同的型号。

2) 立方体分束器



通过接合界面避免了光束位移，但接口限制最大功率（如用环氧树脂用于接合）。鬼反射虽然减少，但仍然存在。具有无光束位移、易于安装、耐用和高激光损伤阈值的优点。可用于功率或偏振分离。透光孔径大于 85%，表面质量 20-10，不同型号涵盖波段 266nm-2000nm。

3) 分束器组件



高能量连续可变分光器通过结合半波片和偏振分束器，以实现光束传输的可变衰减。透过率 = 1%-95%，高损伤阈值，能实现高功率激光精确控制。波长从 266-1064nm，可用于 Nd:YAG 激光器。

反射率小于 0.25%，损伤阈值： 5 J/cm^2 @1064nm。

2.1.8. 偏振器

偏振器将光束分成两个高度偏振光束，从而使它们适合用于特定偏振的分离。当选择一个偏振器时，消光比和功率承受能力主要考虑内容，特别是激光应用。通常选择平面镜和立方体形式，入射角为 45° 或布儒斯特角。CVI 的线性激光偏振器和宽带偏振器涵盖波段从紫外到红外。具有高损伤阈值，在 1064nm 达到 20 J/cm^2 (20ns, 20Hz 脉冲激光)，消光比高达 5000:1。偏振器的主要用途是将光束分离成 S 分量或 P 分量。也可用于不同偏振光耦合，当偏振方向正交时可以获得很高的耦合效率，若输入无偏振光，则约有 50% 的耦合效率。可以和波片组合作为无源光隔离器。

1) 立方体偏振器



能用于紫外到近红外的窄带或宽带波段，棱镜表面可以限制功率处理（用环氧树脂胶合）。易于安装，具有高损伤阈值，波段 248nm-2000nm。表面质量：10-5，反射率小于 0.2%。使用熔融石英等，具体参数参照不同型号。

2) 偏振片



适用于高能量激光方面的应用，具有高表面质量、窄带、低光楔，低 TWE，能最大限度保证光束质量。具有高损伤阈值、低波前误差 ($\lambda/8$)，提供的标准波长为 Nd: YAG 和 Nd: YLF 激光器的对应波长，其它波长可以定制。传输效率 (部分) $\lambda \geq 527\text{ nm}$: 95%， $\lambda = 355\text{ nm}$: 90%， $\lambda = 248\text{ nm or } 266\text{ nm}$: 85% 表面质量 10-5，连续激光损伤阈值: $1\text{ MW/cm}^2 @ 1064\text{ nm}$ 。脉冲激光损伤阈值: 20 J/cm^2 , 20 nsec, 20 Hz @ 1064 nm 面形精度: 镀膜前 $\lambda/10$ at 633 nm，材料紫外级熔融石英。

2.1.9. 超快光学元件

应用于超短脉冲激光，可以在泵浦，钛蓝宝石振荡器，放大器，及相关的部分应用。

它们包括激光线反射镜，宽带电介质和金属镀膜反射镜，偏振器，立方体分束器，色散补偿棱镜，和镀增透膜窗口。适用于脉冲长度 10 到 130 飞秒的超快激光。提供半导体激光器和钛蓝宝石激光器的定制。具有低群延迟色散和高损伤阈值，提供波长和曲率半径的定制。

1) 啁啾脉冲反射镜



具有宽带、高反射率、高激光损伤阈值，低群延迟色散的特点。专为超短脉冲激光应用设计的高反射镜。覆盖波长 200-20000nm，超过 85% 的通光孔径，反射率大于 95.5% (根据具体型号、波长决定)。材料 N-BK7、UVFS，入射角 0° 或 45° ，镀膜后面形精度 $\lambda/10$ at 633 nm。表面质量 10-5。

2) 啁啾脉冲偏振器



将光束分成两个高度偏振光束，从而使它们适合用于特定偏振的分离。根据消光比和功率选择一个适当偏振器。有平面和立方体形式可供选择。入射角可以为 45° 或布儒斯特角。窄带，高损伤阈值，脉冲激光 10 J/cm^2 , 20 nsec, 20 Hz @ 1064 nm 连续激光 $1\text{ MW/cm}^2 @ 1064\text{ nm}$ ，适合高能量激光应用。表面质量 10-5，镀膜前面形精度 $\lambda/10$ at 633 nm。

3) 啁啾脉冲分束器



高效率，低色散，s 或 p 偏振光按 50: 50 分光。超过 200nm 的带宽。中心波长从 790 到 1550nm。

高效率、高耐久度使得它们在超快激光系统和实验优于部分反射金属涂层的元件。接近线性的群延迟色散，适用于激光脉冲持续时间 $>15\text{ fs}$ 的激光系统。材料 UVFS，入射角 45° 。

2.1.10. 棱镜

CVI 提供了包括光束转向，成像图像调整，波长分离等多种类型的棱镜。适合于在高功率激光工业，科研应用。可以定制的材料和尺寸，也提供各种电介质和金属涂层镀膜的棱镜。

棱镜在工业上有广泛应用，如通过光谱中实现激光跟踪和定位，测距和大气监测。其宽带宽、高损伤阈值，使得在激光系统中的色散补偿腔内使用或作为光束分离器。棱镜实现通过精抛光具有高表面质量、高面形精度和高激光损伤阈值，可选择镀低损耗抗增透膜。通过优秀的制造工艺，CVI 的棱镜具有大的通光孔径，小尺寸公差，以及低角度偏差的优点。棱镜的使用材料包括 N-BK7，熔融二氧化硅，Suprasil 1，晶体石英和 N-F2，其他材料可根据要求提供。支持各种光学涂层。

1) 无涂层楔形棱镜



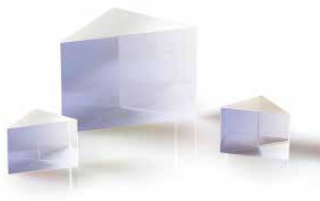
用于控制入射光束的偏差，并消除由于背反射造成的杂散光束。应用在干涉测量，光学的质量检测，以及高增益灵敏激光器的输出耦合。两个楔形棱镜可以通过角圆锥体组合改变波束转向。低楔选项： $30 \pm 5 \text{ arc min}$ ，高楔选项： 1° 或 3° 。标准厚度 $3.175\text{--}12.7\text{mm}$ ，标准直径从 $12.7\text{--}101.6\text{mm}$ 。直径和厚度支持定制。使用材料：UVFS 或 N-BK7，表面质量 10-5，传输波前误差 $\lambda/10$ @ 633 nm 。通光孔径：大于 85%。

2) 无涂层直角棱镜



用于 90° 或 180° 反射准直光束。因此用于改变成像方向，逆反射和作为外反射器。具有高品质的表面抛光，适合在高功率应用中使用。材料为 N-BK7 或 UVFS，支持定制材料和尺寸。标准倒角： $0.35\text{mm}@45^\circ$ ，角度公差： $\pm 3 \text{ arc min}$ 。

3) 镀增透膜棱镜



用于 90° 或 180° 反射准直光束。因此用于改变成像方向，逆反射和作为外反射器。具有高品质的表面抛光，适合在高功率应用中使用。材料为 N-BK7 或 UVFS，支持定制材料和尺寸。由于其镀增透膜会减少光束进入棱镜时的反射损耗。表面质量 10-5，通光孔径大于 50%，角度误差 $\pm 3^\circ \text{ arc min}$ 。损伤阈值：脉冲激光 10 J/cm^2 , 20 nsec , $20 \text{ Hz}@1064\text{nm}$ 连续激光 $10\text{MW/cm}^2 @1064\text{nm}$

4) 色散棱镜



用于将光束分离成不同分量波长，或将色散添加到系统中。通常以最小偏差角度使用，使得入射角和出射角相等，棱镜放大倍数为 1，反射损耗低。

用高品质表面抛光的 N-BK7，紫外级熔融石英，N-F2 和 Suprasil 1 等材料，适合高功率使用。

等边棱镜具有更多的色散性能，等腰棱镜具有更好的 p 偏振透射。可以定制尺寸，材料和涂层。

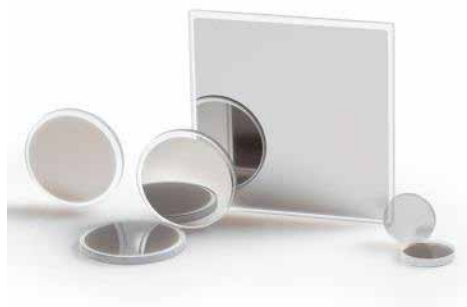
Pellin Broca 棱镜用于 90° 的波长分离。将单波长相对于输入光束偏离 90° ，多波长偏离 90° 左右。表面质量 10-5，通光孔径大于 85%。损伤阈值 15 J/cm^2 , 20 nsec , $20 \text{ Hz}@1064 \text{ nm}$ ，面形精度 $\lambda/10 \text{ p-v at } 633 \text{ nm}$ ，角度误差： $\alpha: \pm 30 \text{ arc min}$ ， $\beta: \pm 2^\circ$ 。

2.1.11. 滤光片

CVI 提供了近千个种滤光片, 包括带通, 边缘和陷波滤波器。波长范围从一到几百纳米。我们的中性密度滤光片可以均匀地衰减单个激光波长或宽范围的波长。具有 93% 的平均传输效率, OD 6 带外阻挡和高激光损伤阈值的规格, 适合使用条件苛刻的激光应用。中性密度滤光片系列可镀包括吸收性涂层, 金属涂层和介电涂层, 使其能在宽波长范围、较低功率使用, 也能通过在单个高功率激光波长下使用。支持客户定制。



用在宽辐照度范围下呈比例衰减, 分离或组合光束, 而不影响波长。宽带使用, 衰减随波长变化, 低功率。镀金属膜: 宽带使用, 波长均匀衰减, 低功耗。镀电介质膜: 窄带使用, 精确衰减; 高激光损伤阈值。波长从 250nm-2550nm, 表面质量 80-50, 镜片材料: 熔融石英或 BK7。表面光洁度: $\leq 3 \lambda$ per 25-mm area。



2.2. Altechna 光学元器件

Altechna 公司 1996 年成立于立陶宛，是一家光电和激光器研究的公司，主要致力于提供激光高能光学配件，激光光路设计解决方案，同时代理当地知名光电工业品牌，并提供高品质的检测保证以及激光器相关配件的制造。产品和服务涵盖 DPSS 激光器，DPSS 飞秒激光器，激光系统制造和整合，光学系统设计生产以及研究机构的建立，备有常规库存，可在最快时间内提供相关光学元件，已与四十多个国家的科研机构和公司保持良好的合作关系，主要的市场如欧洲，美国，日本，中国，韩国等。

产品和服务包括一般光学元件，偏振光学元件，激光器晶体，非线性晶体，激光器以及激光器配件，光学原件品质计量检测。

2.2.1. 普通光学元件

1) 各种镀膜非镀膜光学窗口基底



- 材质: 有 BK7, UVFS 等。
- 规格: 从 12.7mmX3mm 到 76.2mmX8mm, 最大可定制 500mm 窗口。
- 用途: 分光镜, 窗口和部分反射镜的理想材质, 适用于 UV, 高功率和超短脉冲激光应用。

2) 透镜



包括平凸透镜, 正负柱面镜, 鲍威尔透镜, 消色差透镜等。

- 材质: 有 BK7, UVFS, CaF_2 和 ZnSe 等。
- 规格: 包括直径 12.7mm, 25.4mm 和 50.8mm, 厚度 2.0mm 和 3.0mm, 焦距可选 20mm-10000mm, 最大可定制 500mm 直径, 1.5-20000mm 焦距的产品。
- 用途: 可用于光束聚焦发散。
- 材质: 有 BK7, UVFS 等。
- 规格: 尺寸规格有 10x10mm, 20x20mm 和 30x30mm 等, 焦距有 50-3000mm。
- 用途: 主要用于激光振镜, 光谱学, 染料激光器, 声光和其他应用。
- 材质: N-BK7, S-YIH6, N-SF5
- 规格: 尺寸主要是 9mm 直径,

扇顶角从 10-90 度, 激光光束宽度主要有 1, 2, 3mm。

- 用途: 主要用于产生均匀的激光光束, 用于设备视觉应用。
- 材质: 各种材质皆有。
- 规格: 直径有 12.7mm 和 25.4mm, 焦距有 30-250mm, 支持定制。
- 用途: 主要用于消除光学像差和色差, 可用波长范围 400-1050nm。
- 材质: 主要材质有 UVFS。
- 规格: 直径主要有 25.4mm, 厚度 5.0mm, 顶角有 90-179 度。

包括平凸棱锥和平凹棱锥。

3) 棱锥



• 用途: 主要用于激光打孔环切, 显微学和医疗行业。
包括色散棱镜和直角棱镜等。

- 材质: 主要材质有 BK7, UVFS,
- 规格: 尺寸可支持定制。

4) 棱镜



- 用途: 用于波长分离, 光路调整等,

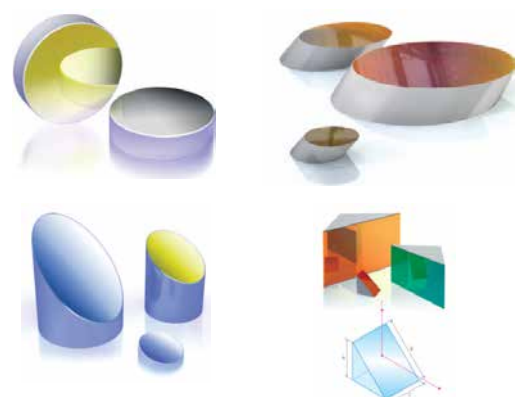
5) 镀介质膜元件



包括激光高反射镜，分光镜，激光输出耦合镜，波长分束镜，增透膜窗口等。

- 材质：主要材质有 BK7，UVFS。
- 规格：直径有 12.7mm，25.4mm 和 50.8mm。
- 用途：适用波长从紫外到近红外波段，高反射镜反射率可达到 99.9%。

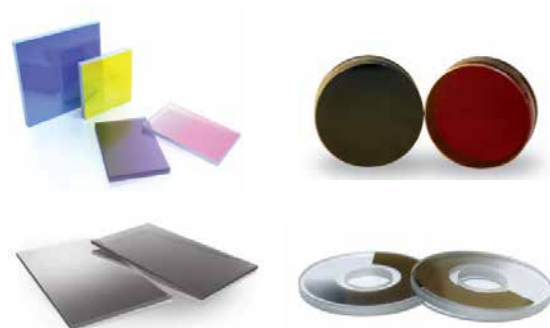
6) 镀金属膜元件



包括圆形镜，椭圆形平面反射镜，离轴抛物镜，柱面凹面镜，直角棱镜反射镜等。

- 材质：主要材质有 BK7 和 UVFS，镀膜有金，银，铝等。
- 规格：直径有 12.7mm, 25.4mm 和 50.8mm。
- 用途：可用于高反射率要求。

7) 滤光片



包括彩色玻璃滤光片，干涉滤光片，中性密度滤光片，环形可调中性密度滤光片。

- 材质：Schott glass，中性密度镜片。
- 规格：直径 12.7mm, 25.4mm, 50.8mm
- 用途：主要用于激光功率衰减和滤光，彩色玻璃滤光片可针对黄光，橙光，红光，蓝光，绿光等；干涉滤光片波长范围 250-5000nm；中性密度滤光片衰减比例有 0.1%-80%。

8) 无偏振分光立方体



- 材质：BK7。
- 规格：5x5x5, 12.7x12.7x12.7, 15x15x15。
- 用途：用于光束等比例分光，不受偏振影响，偏差不超过 5%，主要用于 532nm, 633nm, 1064nm 波长。

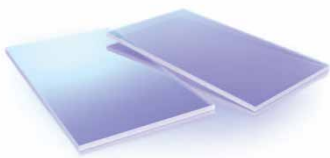
2.2.2. 偏振光学元件

1) 波片



- 材质：石英。
- 规格：适用波长范围 240-9000nm, 包括二分之一，四分之一波片。
- 用途：可用于高功率能量应用。

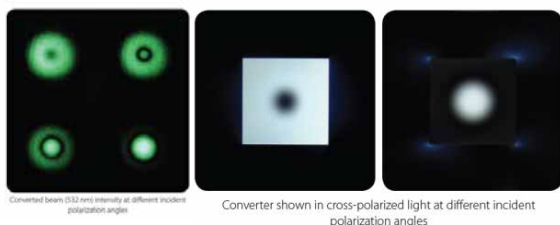
2) 偏振片



包括宽带中红外偏振片，径向 / 角向偏振片，薄膜偏振片，高对比度高消光薄膜偏振片。

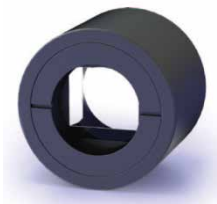
- 材质：主要材料有 KRS-5, CaF₂, ZnSe, UVFS 等。
- 规格：宽带中红外偏振片波长范围 20-1000 μ m, ; 径向 / 角向偏振片波长范围 488-1550nm, 透过率 40%-70%; 薄膜偏振片波长范围 266-1550nm。
- 用途：偏振分光。

3) 偏振转换器



- 材质：石英。
- 规格：波长范围 400-2000nm, 尺寸 1mm-10mm, 传输率 40%-90%。
- 用途：可用于各种偏振旋转和光斑整形应用。

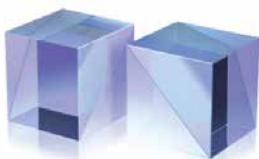
4) 偏振器



包括格兰偏振器，格兰 - 泰勒偏振器，格兰 - 汤普森偏振器，沃拉斯顿偏振器，罗尚偏振器。

- 材质：a-BBO, Calcite, YVO₄ 等。
- 规格：通光孔径 8mm, 10mm, 12.7mm, 15mm, 20mm 等。
- 用途：适用波长范围 200-4000nm, 主要用于将非偏振光转换为偏振光。

5) 偏振分光立方体



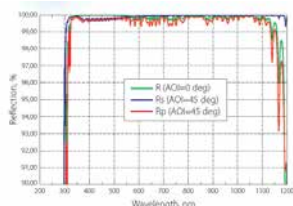
- 材质：主要材质 BK7, UVFS 等。
- 规格：波长范围 250-2200nm, , s 和 p 方向反射透射比例大于 90% 以上。
- 用途：偏振分光。

2.2.3. 超快 & 超宽带光学元件

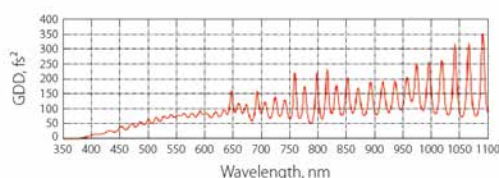
1) 超宽带高反射镜



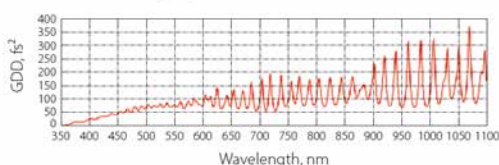
- 材质: BK7。
- 规格: 波长范围 350-1100nm, 可用于 0-50 度入射角, 发射率可达到 99%, 常用尺寸有直径 25.4mm, 厚度 6.35mm。
- 用途: 高功率激光光路调整。



GDD vs. Wavelength, AOI=0°



GDD vs. Wavelength, AOI=45°

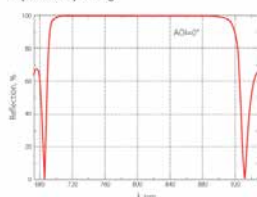


2) 低 (GDD) 超快反射镜

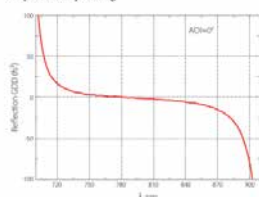


- 材质: 主要材质为 UVFS。
- 规格: GDD 值可控制在 -10fs^2 到 10fs^2 , 波长范围 250-1060nm, 反射率大于 99%。
- 用途: 主要用于飞秒应用, 可同时兼顾高反射率和低 GDD。

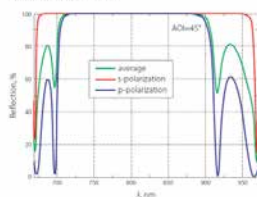
Calculated reflection curve of [1K00-GDD] coating



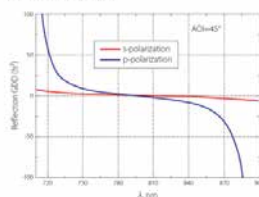
Calculated GDD-reflection values of [1K00-GDD] coating



Calculated reflection curve of [1K45-GDD] coating



Calculated GDD-reflection values of [1K45-GDD] coating

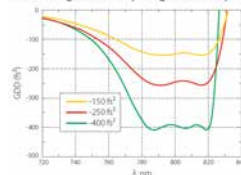


3) GTI 色散压缩镜

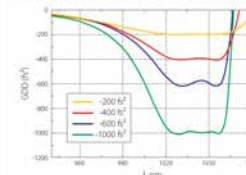


- 材质: 主要材质为 UVFS。
- 规格: 12.7x5mm, 25.4x5mm。
- 用途: 主要用于 Yb:YAG, Yb:KGW 飞秒激光器的脉冲压缩, 也可用来优化其他波长, 如 Ti:Sapphire 激光系统, 反射率可达到 99.9%, 中心波长误差可控制在 1% 左右。

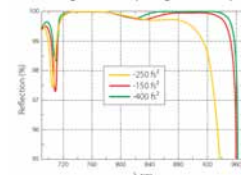
Simulated GDD curve for GTI mirror, HR=99.8% @700-900 nm, GDD@780-820 nm, AOI=0 deg



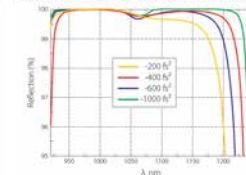
Simulated GDD curve for GTI mirror, HR=99.8% @930-1150 nm, GDD@1020-1060 nm, AOI=0 deg



Measured reflection curve for GTI mirror, HR=99.8% @700-900 nm, GDD@780-820 nm, AOI=0 deg



Measured reflection curve for GTI mirror, HR=99.8% @930-1150 nm, GDD@1020-1060 nm, AOI=0 deg



4) 色散镜

包括宽带色散镜, 高负色散镜, 高正色散镜。

- 参数及应用: 波长范围 230-6500nm, 主要用于飞秒系统应用, 可提供非常高的 GDD 补偿值。

5) 超高反射率反射镜

- 参数及应用: 反射率可达到 99.99%, 带宽大于 200nm, 波长范围 260-2900nm。

6) 三阶色散 (TOD) 镜

- 参数及应用: 当脉宽小于 30fs, 需要补偿三阶色散, 且不引入任何 GDD。波长范围 590-1800nm。

7) 超宽带抗反射镜片

- 参数及应用: 为了防止镜片产生菲涅尔反射, 镜片都会镀增透膜, 该镜片提供宽带增透膜, 并保持低 GDD 值, 反射率低于 5%, 波长范围 550-2375nm。

8) 超宽带分束镜

- 参数及应用: 主要用于超短脉冲, 波长范围 265-3275nm, 分光后主要分为透射和反射两个部分, 且相位都不会发生任何改变, 色散有着良好的控制。

2.3. 激光晶体

Raicol 公司总部在以色列，成立于 1995 年，主要从事非线性晶体制造及研发，从晶体生长到装配都有完善的解决方案，支持电光调 Q。产品主要用于航空航天，通信，医疗，工业及科研激光等市场，常规产品有 RTP，K RTP，BBO 等，同时有用于 SHG 和 THG 的超精良 LBO 晶体，用于高功率激光的 SHG 的 HGTR KTP 和 SKTP 晶体，用于 SHG 和 OPO 的 KTP 晶体以及自主研发的 PPKTP 晶体等，可支持不同尺寸及特殊要求的定制方案。

1) 用于高功率激光的 HGTR KTP



口径	可达 8mm×8mm
长度	可达 12mm
平整度	$\lambda/10$
平行度	10 arc sec
垂直度	10 arc min
划痕	10/5
增透膜	双带 R <0.1%
吸收系数	<50ppm/cm @ 1064nm <200ppm/cm @ 532nm
输出平均功率密度	up to 5kW/cm ² @ 532nm
损伤阈值	600MW/cm ² @ 1064nm/ 10ns

2) BBO 晶体及电光模块



口径	可达 15mm×15mm
长度	可达 20mm
平整度	$\lambda/10$
平行度	5 arc sec
垂直度	5 arc min
划痕	10/5
增透膜	双带 R <0.2%
吸收系数	<50ppm/cm @ 1064nm <100ppm/cm @ 532nm
波面畸变控制	$\lambda/8$ ($\lambda=633nm$)
损伤阈值	1GW/cm ² @ 1064nm/ 10ns 500MW/cm ² @ 532nm/ 10ns

3) LBO 晶体

适用波长：160 ~ 2600nm



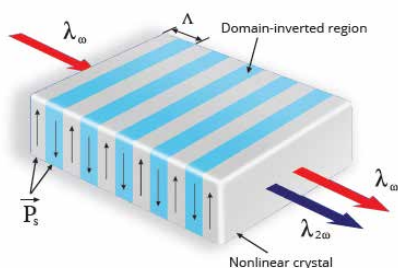
口径	可达 50mm×50mm
长度	可达 40mm 沿 X 轴
平整度	$\lambda/10$
粗糙度	<0.3nm RMS
平行度	5 arc sec
垂直度	5 arc min
划痕	2/1, 可订制 0/0
增透膜	双带 R <0.1%
吸收系数	2~4ppm/cm, 体吸收, 1064nm 1~2ppm, 表面, 1064nm 8ppm/cm, 体吸收, 532nm 1~2/cm, 表面, 532nm
波面畸变控制	$\lambda/8$ @ 633nm
损伤阈值	800MW/cm ² @ 1064nm/ 10ns 500MW/cm ² @ 532nm/ 10ns 300MW/cm ² @ 355nm/ 10ns

4) KTP 晶体：用于 OPO



口径	可达 30mm×30mm
方向	$\Theta=90^\circ$, $\Phi=0^\circ$
长度	可达 40mm 沿 X 轴
平整度	$\lambda/10$
光学楔角（沿 Y 轴偏振）	10 arc min
垂直度	10 arc minwqw
划痕	10/5
增透膜	双带 R<0.2%
吸收系数	< 50ppm/cm @ 1064nm
波面畸变控制	$\lambda/5$
损伤阈值	600MW/cm ² @ 1064nm/ 10ns

5) PPKTP

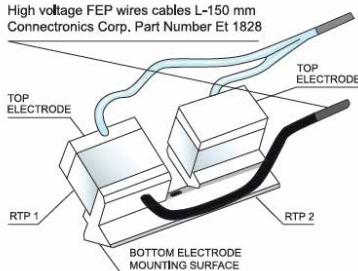


透过范围	350 ~ 4000nm
长度	可达 30mm
标准口径	1mm×2mm
运行温度	近室温 / 可订制
镀膜选项	腔内 / 腔外, AR/AR, AR/HR
损伤阈值	600MW/cm ² @ 1064nm/ 10ns

6) RTP 电光模组

RTP EO Cell Structure

High voltage FEP wires cables L-150 mm
Connectronics Corp. Part Number Et 1828



透过范围	500 ~ 4000nm
透过率 @ 1064nm	>99%
半波电压	3.6kV (9×9×10mm3 × 2)
消光比	可达 30dB
有效口径	1.5mm×1.5mm ~ 10mm×10mm
晶体长度	可达 50mm
接收角	< 4°
标准增透膜	R<0.1% @ 1064nm
损伤阈值	1GW/cm ² @ 1064nm/ 10ns

2.4. 高性能激光加工元器件

德国 Sill Optics 已经有一百二十多年的历史，一直致力于高性能光学元件、镜头的研发和制造。产品广泛用于高功率激光加工与超快激光加工。

Sill Optics 主要提供四类产品：扫描镜头；扩束镜；非球面镜；镜片组合。

2.4.1. 扫描镜头 (Scan Lens)

常用于工业材料加工，如钻孔，焊接，切割等，同时也用于医药，生物科学和其他科研方面。适用于短脉冲，超短脉冲飞秒激光设备。

1) 熔石英远心 f-theta 镜头



- 规格：波长范围 266-1980nm，焦距 32.2-305.5mm，扫描区域大小有 6x6mm，20x20mm，60x60mm，90x90mm，130x130mm 等。
- 用途：可用于激光垂直加工，包括材料表面钻孔和建模，适合大视场应用和高功率激光应用，同时对镜头热效应有良好的优化效果。

2) 熔石英 f-theta 镜头



- 规格：波长范围 266-1980nm，焦距 118.4-919.9mm，扫描区域大小有 73x73mm，160x160mm，215x215mm，139x139mm，425x425mm 等。
- 用途：常用于高功率激光应用，如焊接，清理和建模等，对于镜头热效应有良好的优化。

3) 光学玻璃远心 f-theta 镜头



- 规格：波长范围 405-1064nm，焦距 53.1-207.3mm，扫描区域大小有 14x14mm，20x20mm，60x60mm，139x139mm 等。
- 用途：孔径光阑所在位置在焦点前面，通过转向实现激光垂直加工。

4) 光学玻璃 f-theta 镜头



- 规格：波长范围 405-1064nm，焦距 89.7-1200mm，扫描区域大小有 53x53mm，90x90mm，160x160mm，748x748mm 等。
- 用途：主要用于大扫描区域加工，有良好的光学品质。

5) 光学玻璃小型 f-theta 镜头



- 规格：小镜框，光束输出孔径尺寸最大为 8mm，支持 M39x1 螺纹，可附件 M55x1，M79x1 和 M85x1 螺纹转换头，波长范围 532nm，1064nm，焦距 62.9 - 335.1mm，扫描区域大小有 30x30mm，65x65mm，155x155mm，200x200mm 等。
- 用途：由于视场小，所以相对标准镜头成像会更好，可用于小区域扫描加工。

6) 色差修正 f-theta 镜头



- 规格：波长范围有 532nm+1064nm，355nm+1064nm，808nm-980nm，450nm-650nm，405nm-650nm，焦距 60.3mm,163.2mm，254mm 等，扫描区域大小 22x22mm，70x70mm，180x180mm 等。
- 用途：通过在线测试系统证明，市场上色差修正 f-theta 镜头可用于 1064nm 和 532nm 波长。用于共聚焦显微镜应用时，可对于 450nm-650 波长范围进行优化，同时也可以优化 355nm 和 1064nm 波长的镜头。对于所有波长的光，相同焦距和工作距离，可以获得相同的成像视场。

2.4.2. 扩束镜

主要用于光学系统里扩大或者缩小光束直径尺寸，适用于高平均功率激光和高脉冲功率激光，包括固定放大率和可调放大率两种，其中有手动调节和自动调节。

1) ALPHA 固定倍率扩束镜



低吸收率高光圈，固定放大率的扩束镜，熔石英材质。

- 规格：主要是为波长范围 1030nm-1090nm，放大倍数 0.8-6.0，最大入射孔径 10-25.5mm。
- 用途：主要为高功率大光斑激光设计，高功率一般 1/e² 区域的光斑大小为 6-9mm，全光斑尺寸最大可到达 18mm，石英材质可降低损伤阈值，低吸收膜可优化镜头的热效应，从而可以用于千瓦级别的高能激光应用。

2) 熔石英固定放大率的扩束镜



- 规格：放大倍数从 1.5X 到 20X，适用波长范围为 266-1980nm。
- 用途：为了方便瞄准，采用了空气间隙双透镜的系统结构，从而最小化像差和限制衍射成像，而且非常方便调节镜头的发散角，该镜头为伽利略式，相对于开普勒式镜头没有外焦点，外形尺寸也比较短。

3) 微型熔石英固定放大率的扩束镜



- 规格：波长范围 355-1090nm，放大倍数 0.8-4.0，最大入射孔径 8-12mm。
- 用途：适用于对空间尺寸要求小的应用，镜头只包括两个镜头组，可实现与标准镜头一样的光学成像，整体长度只有 44.7mm，发散角调节和机械螺纹与标准的扩束镜是兼容的，同时也提供低吸收膜，可用于高功率激光应用。

4) 带马达接头的熔石英固定放大率扩束镜



- 规格：波长范围 266-1980nm，放大倍数 1.5-20，最大入射孔径 6.0-8.0mm。
- 用途：由标准镜头改进可远程控制发散角的变化，原始的光学性能仍然稳定，马达接头可支持 6mm 调节行程上分辨率达到 2400 步。

5) 可变倍率熔石英扩束镜



- 规格：波长范围 266-1980nm，放大倍数 1.0-8.0，最大入射孔径 10.0-18.0mm。
- 用途：由超高修正的 4 片镜片组成，发散角和放大率设定都是独立，非常方便操作，在变焦和调整发散角时，镜头总长是一定的，可实现不同焦距的应用。

6) 电动可变倍率熔石英扩束镜



- 规格：波长范围 266-1090nm，放大倍数 1.0-8.0，最大入射孔径 10.0-10.5mm。
- 用途：一般情况下，可通过马达接头由 PC 远程控制放大率，发散角需要手动调节，实现不同焦距的应用。

7) 增强强动力可变倍率熔石英扩束镜



- 规格：波长范围 266-1090nm，放大倍数 1.0-8.0，最大入射孔径 9.0mm。
- 用途：适用于要求比较前沿刺激的应用，全电动高精度系统，工业应用可充分利用其卓越的发散角和放大率调节的重复性和可靠性。

2.4.3. 非球面镜片

应用于非常多的光学系统内，主要优点有降低球差，大孔径，质量轻，低损耗和不产生虚影。由于本身的高纯度的石英材质和低吸收膜可降低热效应。目前，最大尺寸可做到 180mm，焦距长度范围 20mm-200mm 之间，可用于聚焦和瞄准。

1) 带框熔石英精密非球面透镜



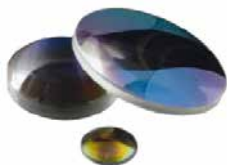
- 规格：波长范围 515-1980nm，焦距 20-204.6mm，外框尺寸有 36mm，41mm，56mm 三种。
- 用途：该镜头适合聚焦和瞄准，可用于高功率和光纤激光应用。

2) 无框熔石英精密非球面透镜



- 规格：波长范围 515-1980nm，焦距 20-204.6mm。
- 用途：随着非球面镜在光学系统里的广泛应用，对于高数值孔径的光学系统要求更高的分辨率，高输出的非球面偏差要小于 0.05umRMSi。用于高分辨要求，可支持定制品。

3) 无框熔石英标准非球面透镜



- 规格：波长范围 515-1980nm，焦距 20-82.7mm。
- 用途：对于焦长在 100mm 以内，可提供对于非球面公差要求不是很高的标准系列产品，偏差小于 0.25um RMSi。可用于大光斑高功率的光纤和多模激光应用。

2.4.4. 组合式聚焦镜头

多级镜片组合可优化镜头成像误差，对于非扫描应用，可提供精密的聚焦性能。单色光学系统只在特定波长进行修正，空气间隙的石英材质镜头非常适合高功率激光的准直和聚焦。消色差光学系统需要由多种玻璃材质和不同偏差的镜头组成，又由于组件往往是粘合在一起的，降低了损失阈值，所以只能应用于平均功率低于 200W 的激光应用。

1) 带框空气隙熔石英聚焦镜头

- 规格：波长范围 266-1090nm，焦距 23.8-249.8mm。
- 用途：用于光路聚焦，可拆卸

2) 双胶合光学玻璃聚焦镜头

- 规格：波长范围 1064nm，焦距 25-310mm。
- 用途：用于消除光学色差，体积小方便组合。

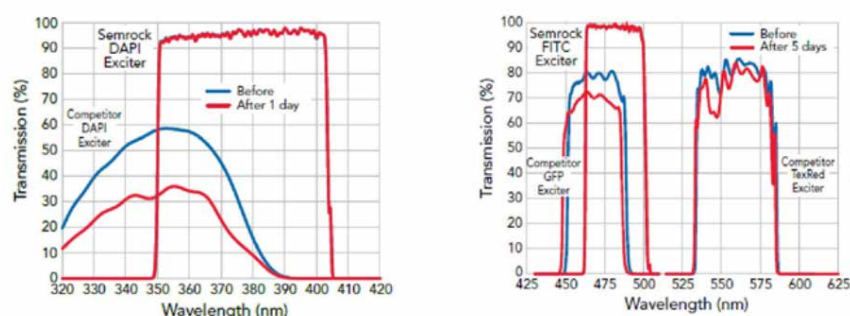
2.5. Semrock 滤光片

美国 Semrock 公司专业生产滤光片，具有大量设计专利和技术，已经成为生命科学行业的滤光片的标准，是目前市场上先进的光谱滤光器生产公司。

产品主要应用于 DNA 测序、荧光显微镜和成像、高通量筛选、点护理诊断、拉曼和 FTIR 光谱、光学断层相干扫描等。

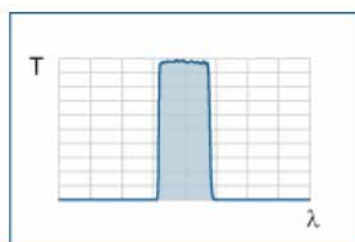


Semrock 通过硬涂层能极大地提高滤光片的光学损伤阈值。常规滤光片在 8 W/cm^2 连续曝光一天，传输下降了 42%。相比之下，Semrock 滤光片能保持不变。在以 1 W/cm^2 的强度照射，常规镜片在 300 小时后出现故障，无法滤光，而即使经过超过 1000 小时的曝光，Semrock 滤光片也不会改变。

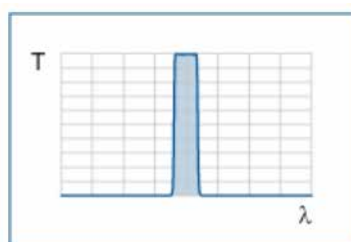


2.5.1. 单带 / 单边滤光片

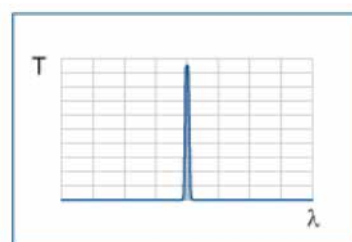
此类滤光片通常具备一个通过 / 截止带或边沿，为最常用的滤光片。



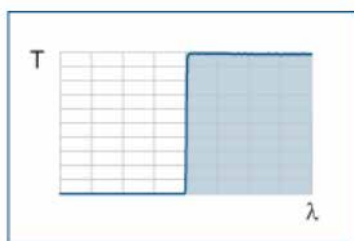
单带通滤光片



激光净化滤光片



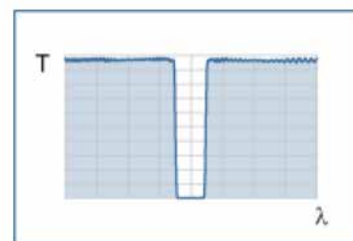
窄带净化滤光片



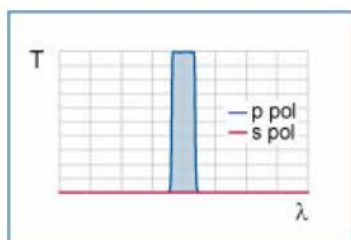
长通边沿滤光片



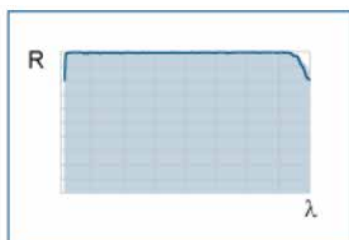
45° 长通单边二向色镜



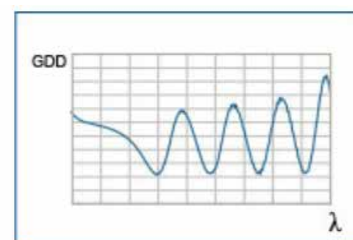
单陷波滤光片



偏振带通滤光片



宽带反射镜

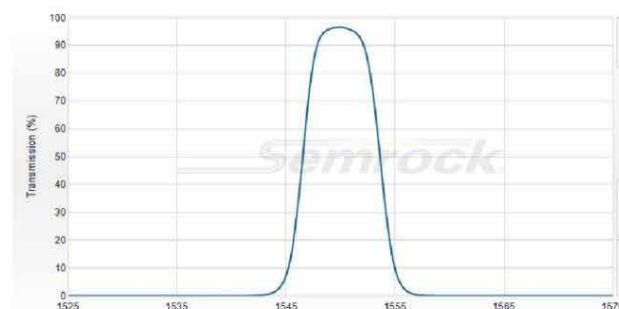


GDD 控制反射镜 / 分束片

1) 单带通滤光片

此类滤光片通常具有非常宽的阻挡带宽，但中心透过率有限。

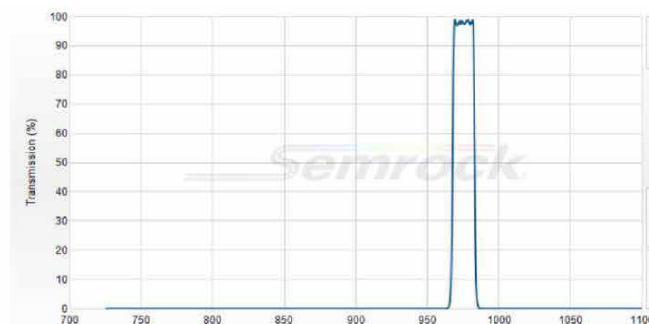
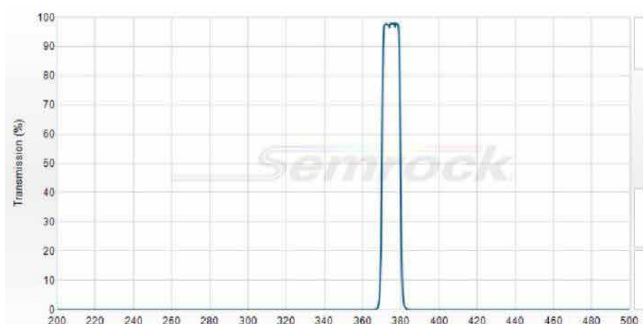
- 范围：224nm-1622nm
- 透过率：40%-70%
- FWHM：9.4nm-32nm 不等
- 圆形和方型可选
- 直径：5-25mm 边长：5-25mm



2) 激光净化滤光片

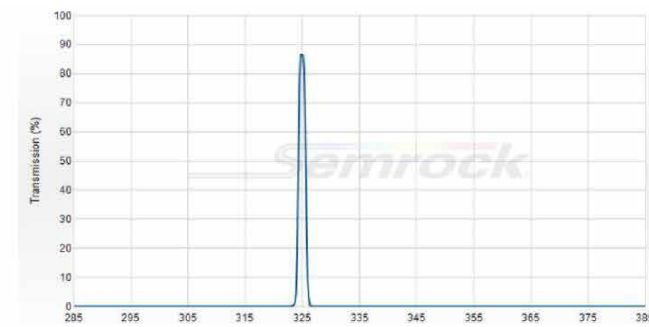
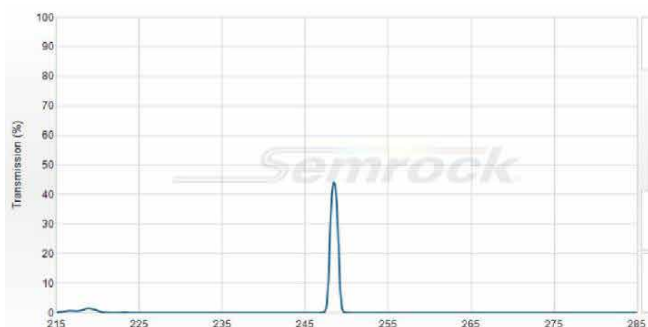
这一类滤光片具备很高的中心透过率，对于激光左右的一些杂散波长（如气体激光器的等离子线、半导体激光器的 ASE 等）有滤除作用。

- 专门针对激光应用的滤光片，分别对于 375nm、
- 405nm、435nm、439 nm、473 nm、640nm、785 nm、975 nm 的激光。带宽：6-10nm
- 标准尺寸：Φ12.5mmX3.5mm、Φ25mmX3.5mm 支持定制 5mm-32mm，尺寸误差 0.1mm



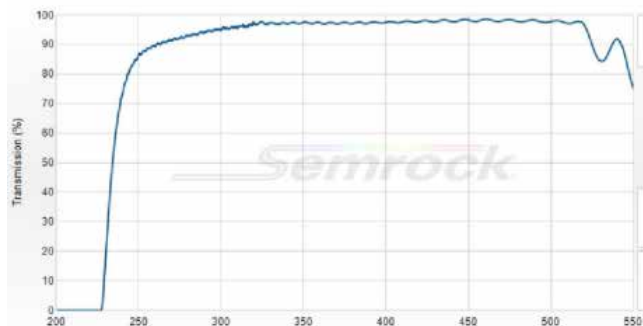
3) 窄带净化滤光片

- 波长 248nm-1075nm
- 通过率：40%-80% 不等
- FWHM：1.7nm-4.1nm(标准)，最大不超过 4nm
- 标准尺寸：Φ12.5mmX3.5mm、Φ25mmX3.5mm 支持定制 5mm-32mm，尺寸误差 0.1mm



4) 长通边沿滤光片

- 波长: 224nm-1580nm, 平均透过率: >90%
- 通过带宽: 200nm 左右
- 标准尺寸: $\Phi 25\text{mm} \times 3.5\text{mm}$ 支持定制: 5mm-50.8mm



5) 45°长通单边沿二向色镜

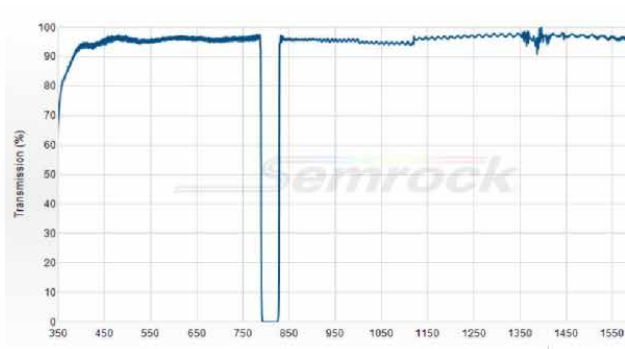
此类滤光片在荧光显微镜中大量使用, 用于分离激发光和荧光。

- 波长: 266nm-1064nm
- 平均透过率: >90%
- 标准尺寸: 25.2 mm x 35.6 mm x 1.1 mm
- 支持定制: 5mm-50.8mm



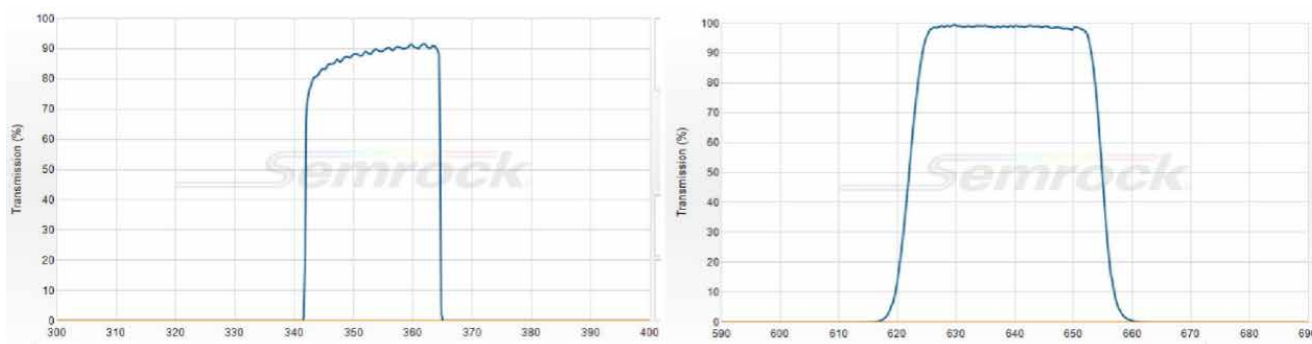
6) 单带陷波滤光片

- 适用波长: 405nm-808nm
- OD 带宽: 9nm-41nm 不等
- OD 值: >6.6
- 标准尺寸: $\Phi 25\text{mm} \times 3.5\text{mm}$
- 支持定制 5mm-32mm, 尺寸误差 0.1mm



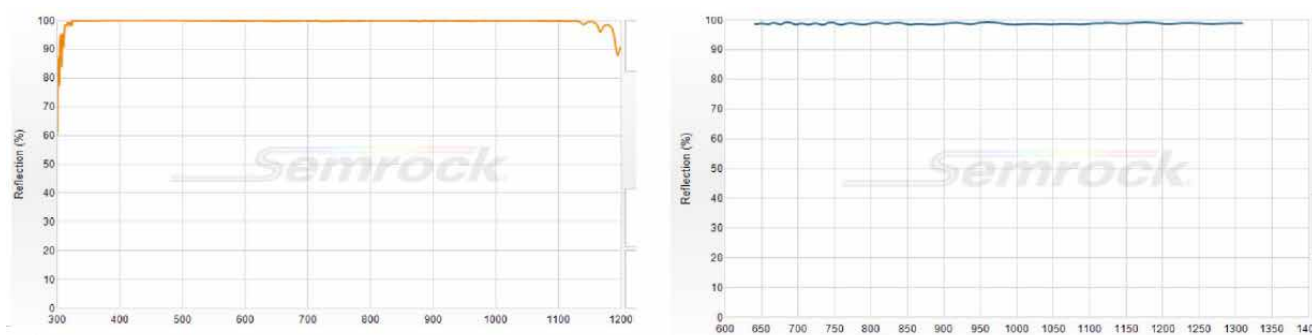
7) 偏振带通滤光片

- 波长: 353nm-1059nm, 平均透过率: >95%
- 通过带宽: 10nm-43nm 左右
- 偏振比: 1000000:1
- 标准尺寸: 25.2 mm x 35.6 mm x 2.0mm、 $\Phi 25\text{mm} \times 3.5\text{mm}$
- 支持定制: 5mm-25.4mm



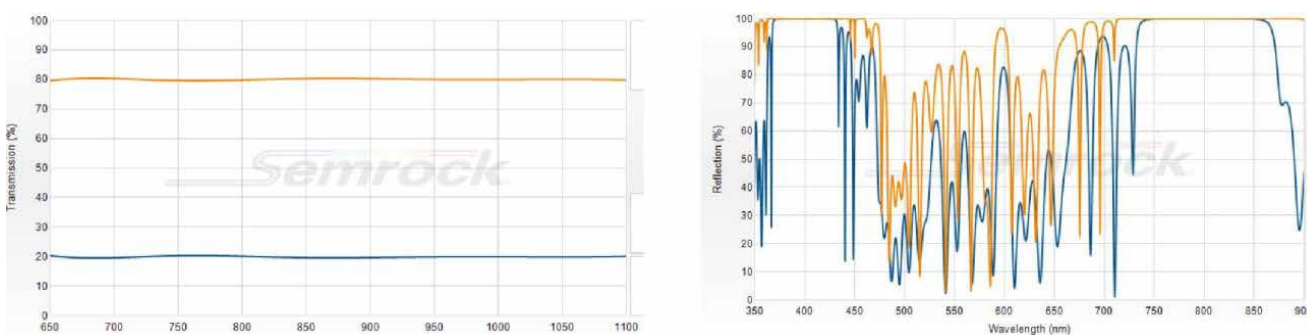
8) 宽带高反射镜

- 波长: 350nm-1300nm
- 反射率: >99%
- 入射角: 0° 到 50° 或 45°
- 标准尺寸: 25.2 mm x 35.6 mm x 1.1 mm
- 支持定制: 5mm-50.8mm



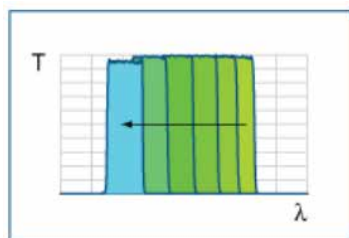
9) 低 GDD 反射镜 / 分光片

- 波长: 375nm-1100nm
- 反射 / 透射比 :50%-50%、30%-70% 等 $\text{GDD} = 0 \pm 10 \text{ fs}^2$
- 标准尺寸: $\Phi 25.4 \text{ mm} \times 3.0 \text{ mm}$ 不支持定制



2.5.2. 多带 / 多边滤光片

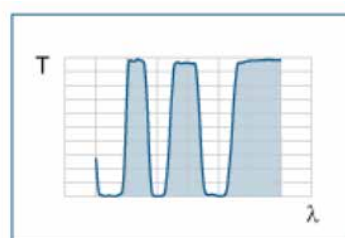
多带 / 多边滤光片具备多个透过 / 截止带或边沿，是一类特殊的滤光片。



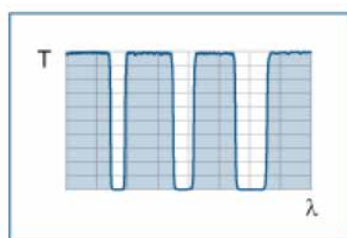
可调谐带通滤光片



多带带通滤光片



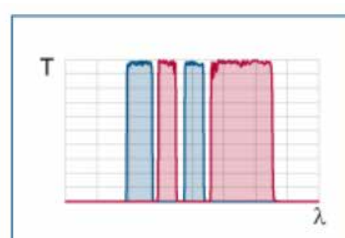
45° 多边沿二向色分束片



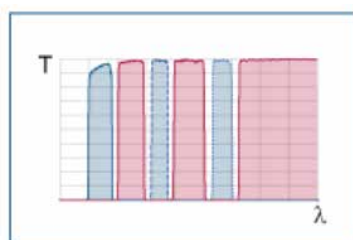
多带陷波滤光片



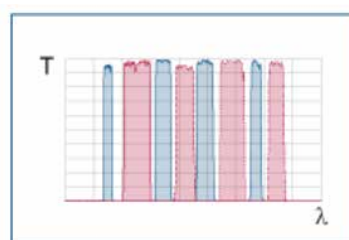
显微带通滤光片组



全多带滤光片组



Pinkle 多带滤光片组

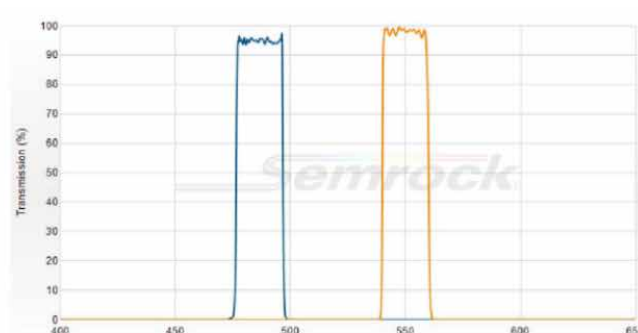
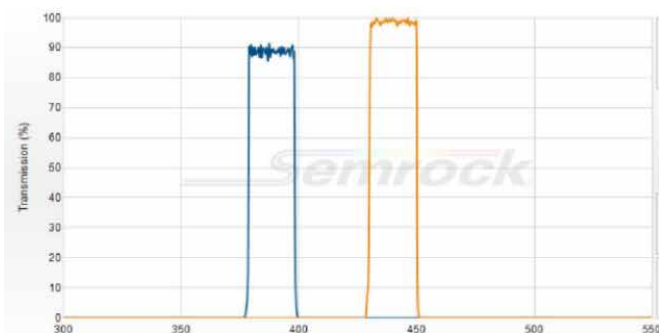


Sedat 多带滤光片组

1) 可调谐带通滤光片

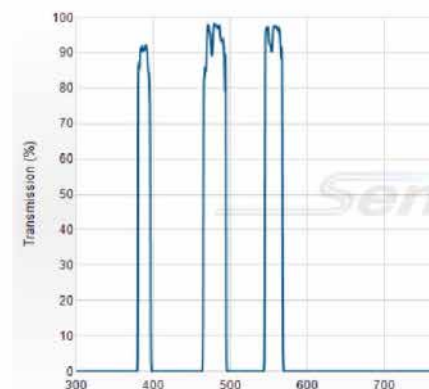
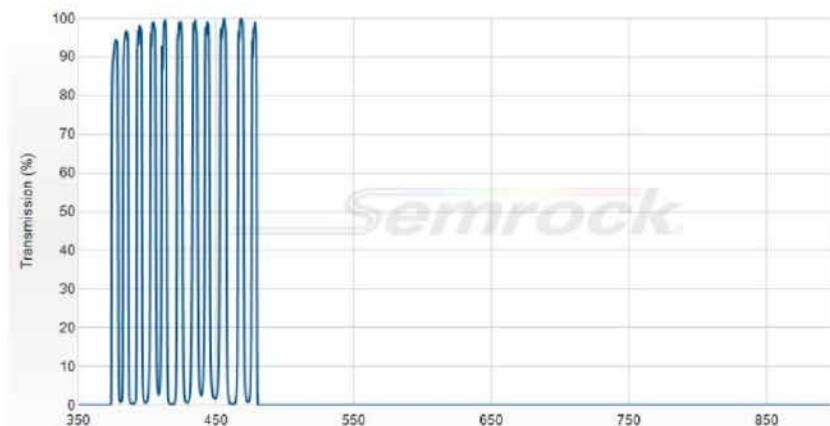
这一类滤光片通过旋转角度可以改变透过的中心波长，且能够在调谐中保持稳定的透过率和带宽。

- 波长：378nm-900nm
- 透过率：>70% 到 >90% 不等
- 出射角：0° 和 60° 带宽：15nm
- 标准尺寸：25.2 mm x 35.6 mm x 2.0 mm
- 支持定制：5mm-50.8mm



2) 5.13 多带通滤光片

- 提供双带通、三带通、多带通滤光片。
- 波长 376nm-1550nm
- 带宽 10nm、20nm、40nm 等 透过率 >90% 标准尺寸 25 mm x 5.0 mm
- 支持定制，尺寸 5mm - 50.8mm



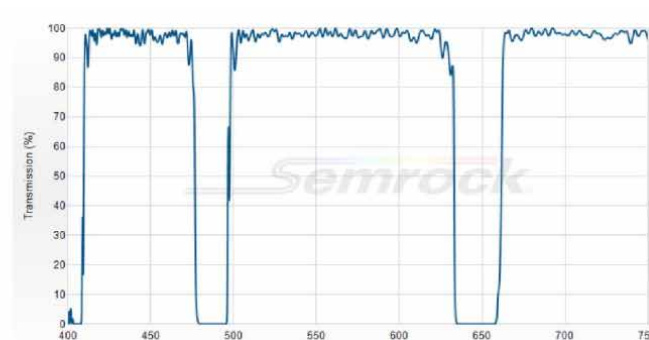
3) 45°多边沿二向色分光镜

- 提供双带通、三带通、多带通滤光片。
- 波长 395nm-659nm
- 带宽 9nm-40nm 不等 透过率 >90%
- 标准尺寸 25.2 mm x 35.6 mm x 1.1 mm ; 22.0 mm x 29.0 mm x 1.1 mm
- 支持定制，直径 5mm - 50.8mm 矩形 5mm-55mm



4) 多带陷波滤光片

- 提供双带通、三带通、多带通滤光片。
- 波长 229nm-1064nm
- 根据具体型号确定，透过率 >90%
- 标准尺寸 25 mm x 3.5 mm
- 支持定制，直径 5mm - 50.8mm 矩形 5mm-50.8mm



5) BrightLine® 单波段滤光片组

Semrock 提供的紫外荧光滤光片，具有高透射率，边缘陡度和阻挡作用，与高性能可见滤光片相媲美。

该组中的滤光片是芳香族氨基酸（如色氨酸）和其他紫外线激发荧光物种成像固有荧光的理想选择，对近红外光不敏感。

- 标准尺寸：Φ25 mm x 5.0 mm、Φ25 mm x 3.5 mm、25.2 mm x 35.6 mm x 1.1 mm



6) BrightLine® 多波段滤光片组

针对采用基于 LED 的光源，DAPI，FITC，TRITC 和 Cy5 等优化的荧光团显微成像的滤光片组合。

- 标准尺寸：Φ25 mm x 5.0 mm、Φ25 mm x 3.5 mm、25.2 mm x 35.6 mm x 1.1 mm



7) Pinkel 多频段滤光片组

该滤光片是对用蓝色，绿色和红色荧光蛋白（特别是 BFP，GFP 和 HcRed）进行三重标记的样品进行成像的理想选择。对于蓝色通道中的 DAPI（或 Hoechst）染色剂，以及其他绿色或红色荧光团，如绿色和红色通道中的 FITC 或德克萨斯红色样品也非常适用。

- 标准尺寸：Φ25 mm x 5.0 mm、Φ25 mm x 3.5 mm、25.2 mm x 35.6 mm x 1.1 mm



8) BrightLine®Sedat 滤光片组

该 9 滤光片组合“Sedat”四频段专为 DAPI，FITC，TRITC 和 Cy5 的高速成像而设计。

完整的组合包括一个具有四个单频带发射器的四频分束器，其将安装在滤光轮中，并且可以安装在 LED 光引擎中或安装在滤光轮中的四个单频激励器

- 标准尺寸：Φ25 mm x 5.0 mm、Φ25 mm x 3.5 mm、25.2 mm x 35.6 mm x 1.1 mm



2.6. Andover 滤光片

Andover 成立于 1976 年，主要设计和制造高品质的滤光片和镀膜。公司位于 Salem NH, 占地约 17 公顷。

Andover 拥有定制的、最先进的设备，包括自动化镀膜，玻璃抛光和制造设备。具备全方位的测试能力功能广泛，包括用于宽带光谱测量的自动分光光度计和用于窄带测量的超高分辨率分光光度计。光学测量实验室有计算机控制的可调谐干涉仪，用于传统激光干涉仪无法实现的波前测量。

Andover 为各种应用制造滤光器和涂层，包括：医疗仪器仪表、荧光研究、机器视觉、农业成像、地面和天文观测、电信、监视系统以及防御瞄准系统



2.6.1. 带通滤光片

Andover 提供不同类型的带通滤光片，包括标准带通滤光片、高透过率带通滤波片、定制带通滤光片、硬涂层窄带滤光片和硬涂层宽带滤光片。

波长范围从 194nm - 2400，覆盖范围从紫外到红外。

通过带宽从 1.5nm - 300nm，镜片标准尺寸 12.5mm、25mm 和 50mm。针对绝大多数激光波长、元素谱线有标准产品，也可根据客户的要求订制。

	标准带通滤光片	高透过率带通滤光片	半订制带通滤光片	硬膜窄带滤光片	硬膜宽带滤光片
膜层结构	软镀叠层	软镀叠层	软镀叠层	硬膜	硬膜
波长范围	194nm ~ 2400nm	435.8nm ~ 1550nm	214nm ~ 2400nm	334nm ~ 1550nm	345nm ~ 785nm
带宽	1nm ~ 100nm	10nm ~ 40nm	0.15nm ~ 80nm	10nm	80nm ~ 300nm
带外阻挡	OD4, UV-FIR	OD4, UV-800nm or 1000nm	OD4, UV-1000nm or UV-FIR	取决于波长	OD4, UV-1200nm
尺寸	12.5mm, 25mm and 50mm dia.	12.5mm, 25mm and 50mm dia.	12.5mm, 25mm and 50mm dia.	25mm dia.	12.5mm, 25mm and 50mm dia.

2.6.2. 红外滤光片



红外带通滤波片经常用于气体分析。Andover 提供常见气体波长的红外滤波片。

这些滤光片镀有坚固耐用的电介质涂层，可以承受与任何高质量光学元件相关的正常清洁和处理。

镜片标准尺寸 12.5mm、25mm 和 50mm。带通范围内标准通过率 90%，最低不少于 70%。

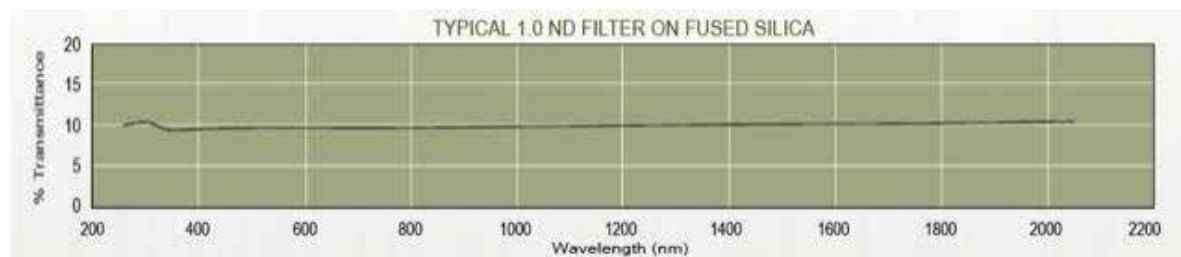
主要应用：FLIR 系统（Forward Looking Infra-Red）、红外安检系统和环境监测。

2.6.3. 中性密度滤光片

镀有金属涂层，工作波长从紫外到红外

标准尺寸为 12.5mm、25mm 和 50mm 通光率具体参见各个型号

主要用于宽带光谱的衰减器、作为光平衡应用的部分反射器和用作中性分束器



2.6.4. 二向色滤光片



二色性过滤器，既颜色分离过滤器。

用于需要隔离可见光谱的某些区域的各种应用中，也能应用在将光束分为两个或多个的光学系统中。

也用于彩色放大器和复印机作为光平衡滤片。波长范围 400nm-760nm。

标准尺寸 25mm、50mm 或 50mmX50mm。

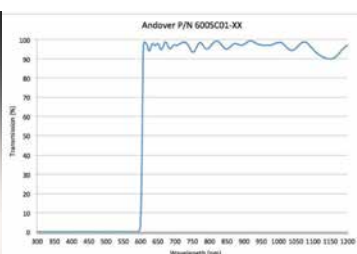
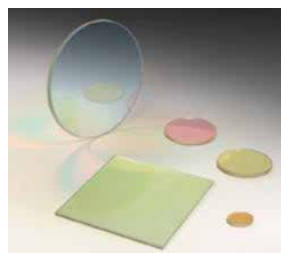
和容易褪色的有机染料或明胶类型涂料相比，

Andover 二向色滤光片中使用坚固、耐用的介电膜涂层，在长期使用后还能保持良好的性能。

使用温度范围：<200℃。

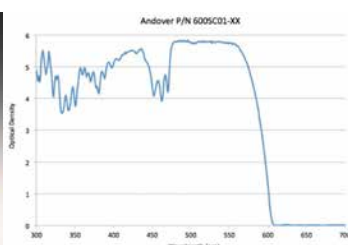
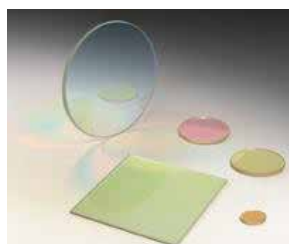
2.6.5. 边沿滤光片

1) 陡边沿滤光片



- 分为长通和短通滤光片；
- 在带通范围具有高通光率，带通外的波段通光率极低；
- 镜片材料为紫外熔融石英，耐高温；
- 尺寸 12.5mm、25mm、50mm 和 50mmX50mm；
- 厚度：1.5±0.25mm；
- 通光口径：≥ 95%；
- 温度范围：-50℃ ~+200℃；
- 带内透率：>90%；
- 带外抑制：OD >4.0。

2) 标准沿滤光片

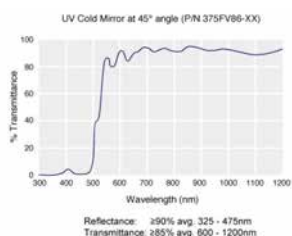


- 分为 LWP(long wave pass) 和 SWP(short wavepass)。
- 边缘透率差别极大，适用于荧光应用和光度测量。
- 通过干涉效应实现滤光，对入射角敏感，随着入射角的增加波长移动较短。
- 标准尺寸 25mm、50mm 或 50mmX50mm。截止范围 100nm-1000nm。
- 镜片材料：BK-7 表面质量：80-50
- 使用温度：-50℃ 到 +200℃
- 通过率：LWP 和 SWP 均为 85%

2.6.6. 温控用滤光片

此类滤光片主要为温控应用使用，能将不同波段的辐射分离。分为紫外冷镜、冷镜、热镜和红外抑制滤光片。

尺寸 25mm、50mm 和 50X50mm。



- 紫外冷镜：能有效反射紫外光，通过可见光和红外光。最大工作温度：200℃，入射角度 45°。
- 冷镜：反射可见光传播红外光，45° 入射，最大工作温度 200℃。
- 热镜：反射热量并传播可见光。最大工作温度：200℃，有 12.5mm 规格；
- 红外抑制滤光片：通热镜相似，最大特点是 有较长的红外波段阻挡范围。最大工作温度：100℃

2.6.7. 校准滤光片组



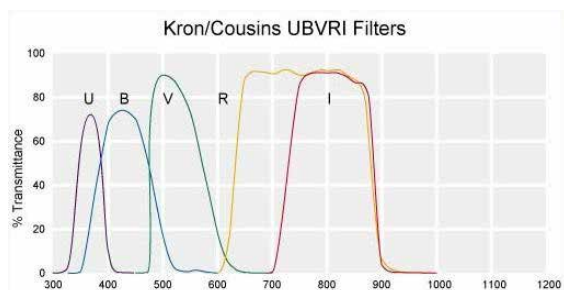
用作二次标准，用于验证可见光吸收光谱仪的透射率和吸光度。

Kron / Cousins UBVRi 过滤器：用于滤除和测量由天文物体发射的特定光谱带。有 Johnson/ Bessel 和 Kron/Cousins 两种类型，前者适用于光电倍增管，后者适用于硅 CCD；

AC-930 衰减片：三片衰减片透过率分别为 10%、20%、30%

AC-930 衰减片：三片衰减片透过率分别为 1%、3%、50%。

拥有校准证明。



2.6.8. 色玻璃滤光片：



由高品质滤光玻璃制成， 双面抛光，覆盖波段从紫外到红外。

主要有三种类型：带通滤光片、热吸收滤光片和高通滤光片。

不能应用于高温或温度变化大的工作环境。

厚度：3mm ±0.5mm

表面质量：80/50 MIL-M-13508

最大工作温度：100℃

主要应用在：天文学、机器视觉、电子仪器仪表、医用设备、校准等。

2.6.9. 滤光片轮



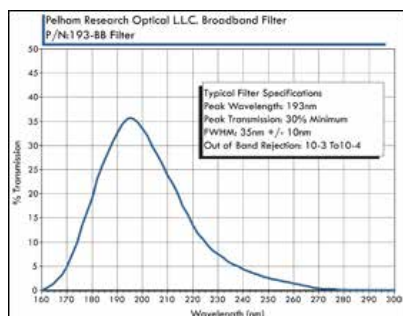
滤光片轮用于自动切换不同的滤光片。

可提供 6 位 25mm 口径滤光片轮及 12 位 12.5mm 滤光片轮，USB2.0 接口。

2.7. VUV/UV 光学元器件

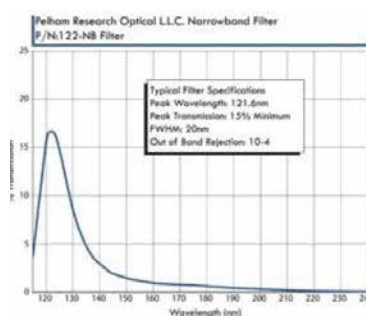
PRO (Pelham Research Optical LLC) 是高品质真空紫外 (VUV) 和紫外 (UV) 光学滤波片、镜片和镀膜制造商。PRO 在 VUV~UV 天文分析和应用的领域有 30 年的经验，参与了哈勃太空望远镜的 TRACE 项目、UVCS-SOHO 任务和 WFP II 宽域行星相机等多个项目的合作。

1) VUV / UV 宽带滤光片



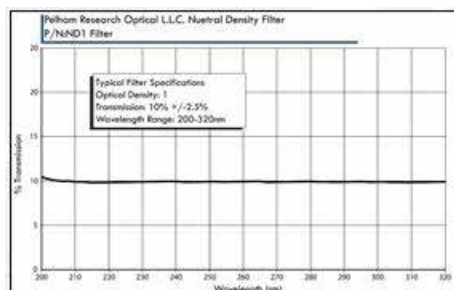
- 波长范围：130nm-320nm
- 带宽：35nm-50nm
- 最小透过率：30%
- 带外透过率： 10^{-3} - 10^{-4}
- 应用：天文学，生物技术仪器，元素分析，环境监测等。

2) VUV / UV 窄带滤光片



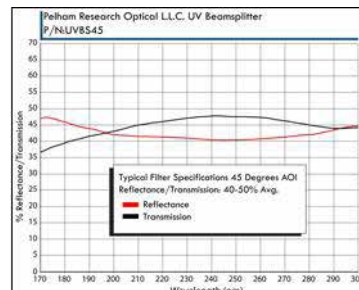
- 波长范围：120nm-320nm
- 带宽：约 20nm
- 最小透过率：15%
- 带外透过率： 10^{-4}
- 应用：天文学，生物技术仪器，元素分析，环境监测等。

3) 金属膜紫外中性密度滤光片



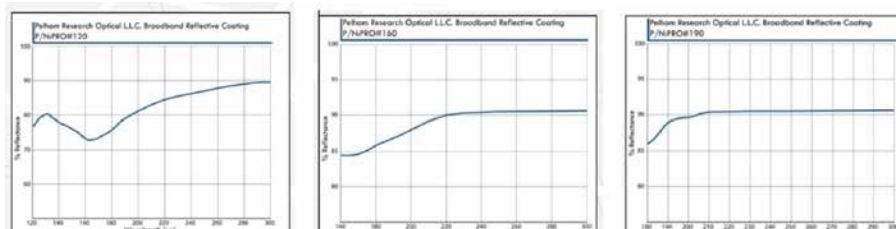
- 标准 OD 为 0.3 至 4.0。
- 均匀地衰减 200nm 到 320nm 的透射光的强度。
- 用于低功率应用，如显微镜和光学校准。

4) 紫外分光镜 (UVBS)



- 波长从 170nm 到 300nm
- 入射角 45 度
- 平均反射率和透射率为 40% 至 50%
- 金属涂层，适合低功率应用
- 通光孔径占尺寸 85%，表面质量 20-10。

5) VUV / UV 宽带金属涂层

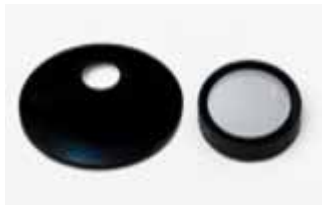


Pelham Research Optical (PRO) VUV / UV 宽带镜面涂层设计用于在真空临界波长下提供良好的反射率。为了确保质量的一致性，每个涂层批次在 12 度入射角下测量反射率。可以根据客户提供的材料，以及图纸提供的构建打印完成。

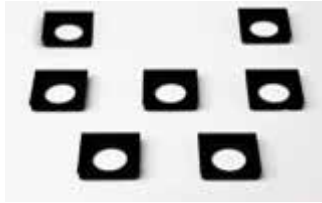
VUV / UV 宽带镜面应用：分析学科，DUV 光谱仪，ICP 光谱，半导体计量学和天文学应用。

2.8. 杂散光吸收膜与镀层

ACKTAR 主要从事杂散光吸收膜的研发和工业化生产，具备业界领先的性能。ACKTAR 吸收膜采用真空沉积技术，生产过程及产品具备环境友好性，可替代污染、有毒的工艺。



EUV-UV-VIS-NIR



VIS-NIR-MIR-LWIR



LWIR

主要应用：

光学系统内表面抗散射；紫外 / 可见光 / 红外吸收带

高比率表面涂层，代替蚀刻，磨粒，阳极氧化等工艺；

冷屏和其它红外探测器部件；

发射器、黑体；

热控系统散热器；

热成像相机、夜视系统；

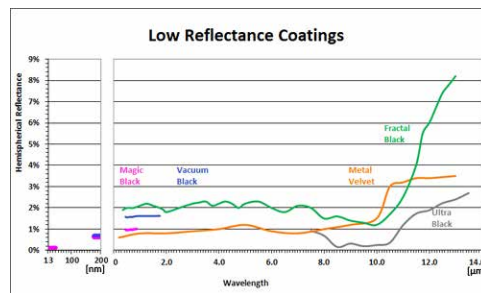
温度传感其辐射吸收层；

电子系统散热图层，大容量电容阳极和阴极箔；

光学实验真空腔体内涂层

Acktar 的高发射率 / 高吸收率黑色涂层，用于高性能光学中的杂散光抑制。具有非常低的反射率，高热稳定性，优异的粘合性。Acktar 涂层基本上适用于所有的工程材料：金属和合金，聚合物，硅，玻璃和陶瓷等。可用于紫外、可见光、近红外、短波红外、中波红外、长波红外波长范围，工作温度可从 -269°C ~ $+350^{\circ}\text{C}$ ，膜厚 $0.3\mu\text{m} \sim 25\mu\text{m}$ 。

Acktar 吸光材料可制成吸收箔方便用户贴在器件表面，也接收用户的各型器件直接沉积镀膜。



1) 吸光箔



Acktar 涂料不仅可用于直接涂覆在部件上，还可以制成涂层箔，用于直接粘贴在用户光学器材的表面。这些箔片适合面积较大的应用，或有可能被沾污而需要定期清理 / 更换的场合。

主要特点与优势

- 外形柔软轻薄，易于处理和安装
- 适用于塑料和金属部件，支持自粘背胶
- 被动热控制
- 无微粒，真空 / 低温 / 洁净腔室兼容，可清洗
- 低温 ~ 350°C 适用

主要特点与优势

- 杂散光抑制 / 吸收
- 光学包装与封装
- 激光设备
- IR 光学系统

2) 孔径光阑



通光口径外对特定波段的光有极低的反射率。仅有数微米的超薄厚度，在边界保持完整锋利的边沿，不会有材料聚集。

3) 光束截止器



用于实验室场合减低环境杂散光。适用于连续和脉冲激光，功率可达 $10\text{W}/\text{cm}^2$ 。

波长范围：EUV ~ VIS

反射系数： $<10^{-6}$

4) 杂散光吸收镜片



高吸收材质镜架装配的镜片 / 滤光片可杜绝光学元件周边产生的杂散光。涂层只有几微米厚，不会对机械尺寸产生影响；气密性非常好，在极端环境下不易起雾。

5) 比表面积吸光镀层

- Acktar 专有的真空沉积（真空镀膜）技术产生的涂层具有非常高的比表面积。主要特征：
- 定制涂层的受控形态，孔隙和化学成分
- 订制物理和光学性质。
- 工作温度： -196°C 至 $+450^{\circ}\text{C}$
- 对金属和非金属基材的粘合性上佳
- 优良的机械强度和耐磨性
- 完全生态友好，干燥过程和干燥材料无化学废物，无废水，无机且完全无毒
- 可选择导电 / 非导电
- 可选择亲水性或疏水性表面特性

2.9. 衍射光学元件

衍射光学元件（Diffractive Optical Elements, DOE）是新型的微纳光学器件，通常是在光学基底的表面通过光刻工艺制造的二维阵列排列或订制规律排列的、微米尺度的衍射单元。激光经过衍射光学元件后其波前位相被精密调控，从而实现在一定位置（通常是焦点）的特定强度分布、位相分布，并可实现纵向传播特性调控。

以色列 HOLO/OR 是全球著名的光学元器件生产厂商，成立于 1989 年，主要致力于研发、设计和生产各种光学衍射（Diffractive Optical Elements, DOEs）元件以及微光学元件，产品主要应用于高精度、高功率和系统集成领域。

主要产品：

- 光束整形器：平顶光束整形器、均质器、环形器、涡旋器；
- 激光分束器：一维 / 二维分束器、定制分束器、光束取样器、衍射光栅；
- 焦点整形器：多焦点透镜、焦斑延长器、双波长聚焦镜

主要应用：

- 医疗：激光止血、激光手术、激光祛斑、激光脱毛
- 工业：激光切割、激光焊接、激光钻孔、激光打标、激光显示
- 科研：涡旋光、超分辨显微

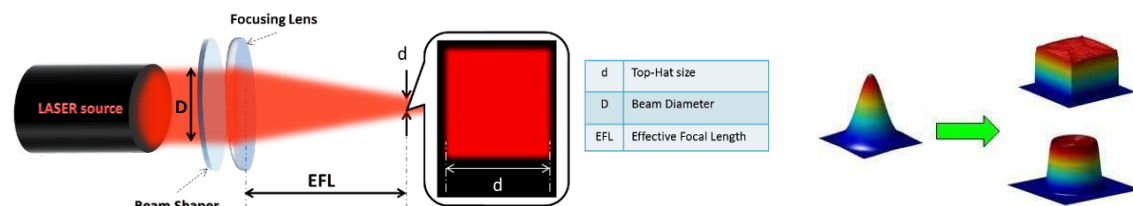
主要特点：

- 覆盖波长：193nm-10.6 μ m
- 主要材质：Fused Silica, ZnSe, Plastic
- 元件尺寸：几个毫米 -100mm
- 可承受较高激光功率
- 可定制

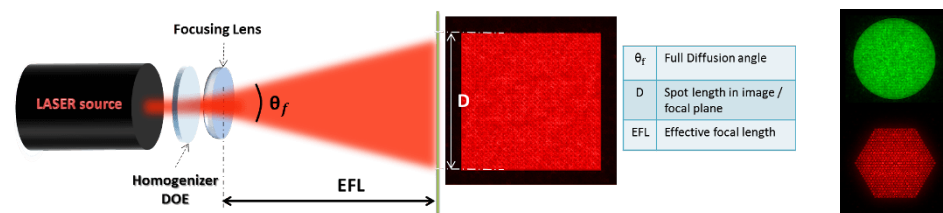
2.9.1. 光束整形器

束整形器系根据光衍射的原理，一方面可将激光整形为圆形、正方形、长方形、线性或者其它形状的平顶型光斑；一方面亦可将激光整形为单环、多环和涡旋形光斑；其中匀光器采用双面镀大功率抗反射膜层，可将准直光束整形为能量分布均匀的各种形状光斑。

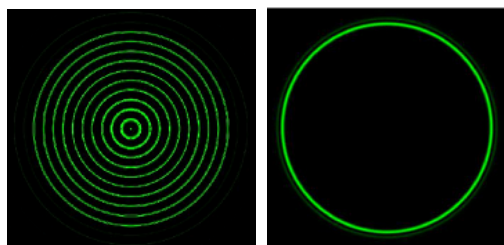
1) 平顶光束整形器（光源为类高斯激光）



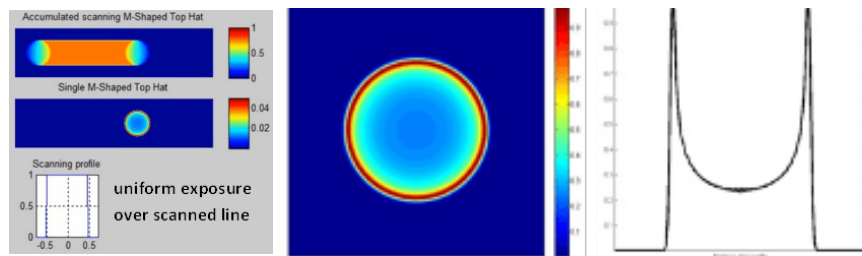
2) 均质器（光源为多模激光）



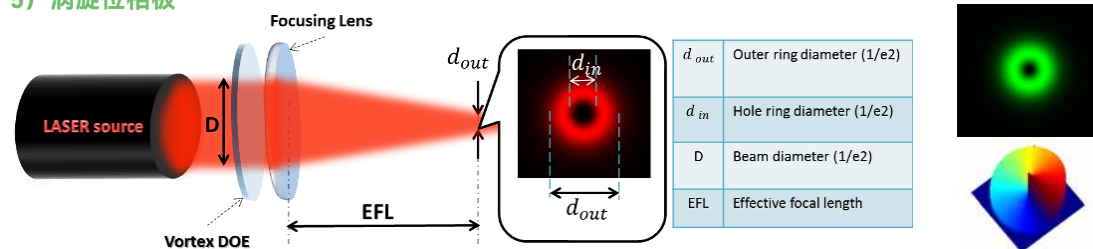
3) 环形器（1/2/12 环可选）



4) M 型光斑发生器



5) 涡旋位相板



2.9.2. 分束器

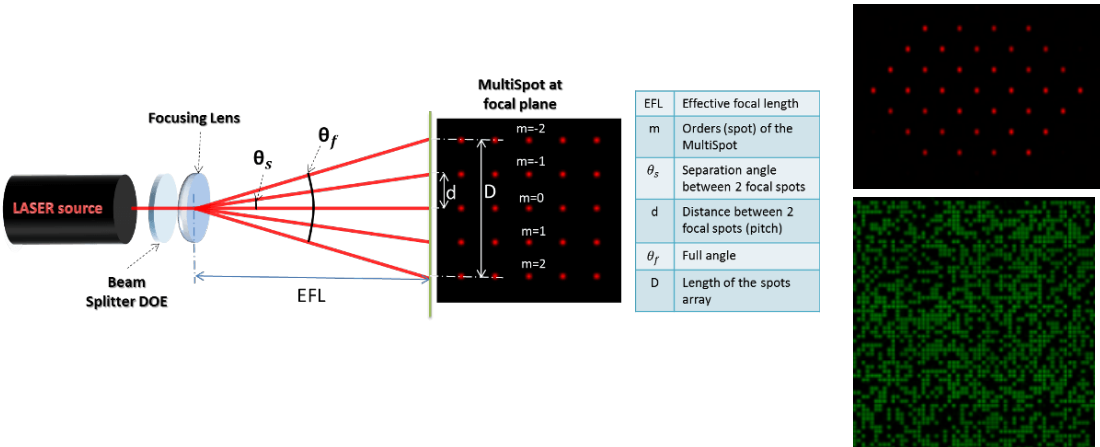
激光分束器是用来将一束激光分为多束激光，分束后的多束激光除了功率以及传播方向和原始激光不一样之外，其余参数均和原始激光保持一致。激光分束器可产生一维（1×N）、二维（M×N）的分束光阵列，其中的二维光束阵列亦可有多种形状可选。

光束取样器隶属激光分束器，是用来将较高功率的激光按照不同的功率比例分成一高一低两束激光，从而便于激光光束的分析。

HOLO/OR 公司的衍射光栅为特殊的 Damman 透射式 50% 周期光栅。

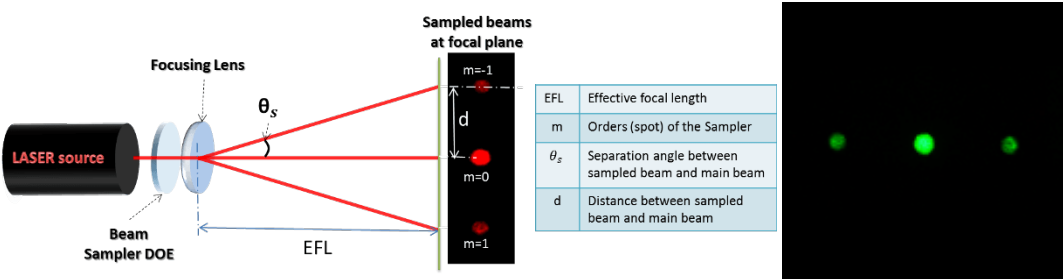
1) 激光分束器

激光分束器可产生多个等间距、等强度的激光光斑，可用于激光并行加工等应用。订制的激光分束器还能产生非常复杂的编码光强分布。

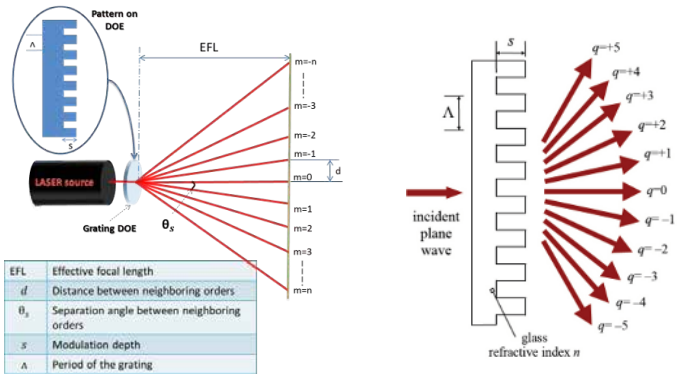


2) 光束取样器

光束取样器产生固定能量比率、相同光束特性的衍射光斑，可用于激光的实时测量。



3) 衍射光栅

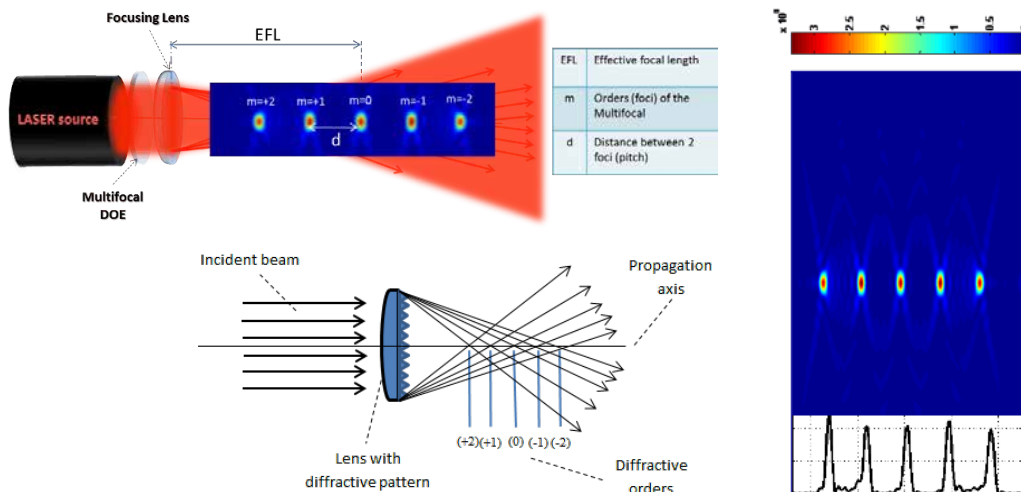


2.9.3. 焦点整形器

焦点整形器主要在焦点的纵向产生特定的结构，通常目的是增加激光与材料相互作用的深度，主要分为以下三种器件：

1) 多焦点整形器：

一束准直光束（单模或多模）入射到多焦点整形器上，沿着光轴方向，距离多焦点整形器不同的位置会产生一系列焦点光斑。

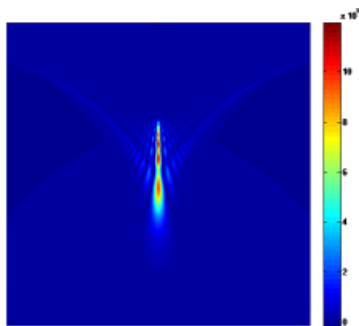


2) 焦点延长器（贝塞尔光束发生器）

HOLO/OR 公司的焦点延长器作为市面上最新的产品，可以在保持①焦点光斑横向宽度以及分辨率不变的条件下，获得②纵向更长的焦点光斑。

这一特点对于激光打孔或者焊接一些透明材料（玻璃、硅）、激光显微、光束分析、精确准直等应用，具有鲜明的优势特点。

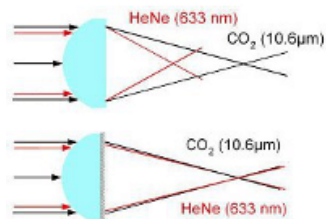
传统的光学元件（柱面镜、镜片等）无法同时得到①②两种效果，因为焦点横宽以及分辨率不变要求光学元件具有很高的数值孔径，但是焦点纵向延长又要求光学元件具有非常小的数值孔径。HOLO/OR 公司专利 Novel 技术则可以同时满足上述两项要求，得到①②两种效果。



3) 双波长聚焦镜（共聚焦）

在激光手术中，CO₂ 激光通常用作切割或止血，而一束氦氖激光用于指示。

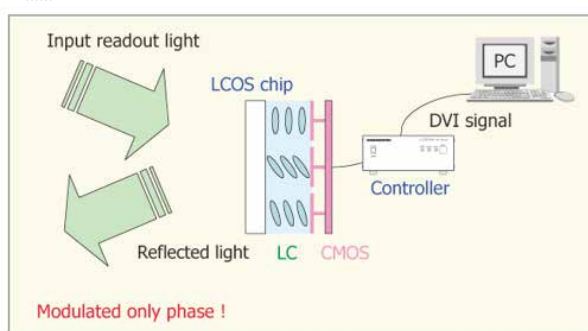
HOLO/OR 公司的双波长聚焦镜，可以将 CO₂ 激光以及合可见光两束激光同时聚焦到一个焦点位置，确保精确操作。



2.10. 液晶空间光调制器

液晶空间光调制器 (LCOS SLM, Spatial Light Modulator with Liquid Crystal on Silicon) 采用 LCOS 工艺, 通过电压驱动改变每个像素内液晶的取向来实现对反射光的像素级位相调控。液晶空间光调制器能够以高空间分辨率 (可达 WUXGA1920×1200 或 Full HD 1920×1024) 精细控制波前位相, 从而达到完全控制光束传输特性、获取所需要的任意位相和强度分布的能力。液晶空间光调制器彻底改变了光学和激光应用的光场调控能力, 其应用包括:

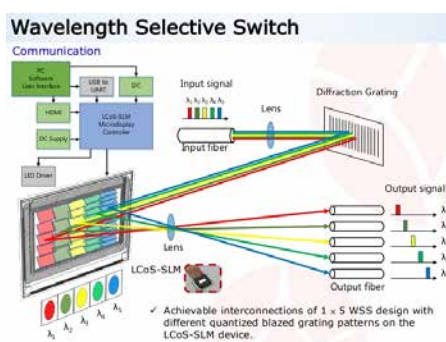
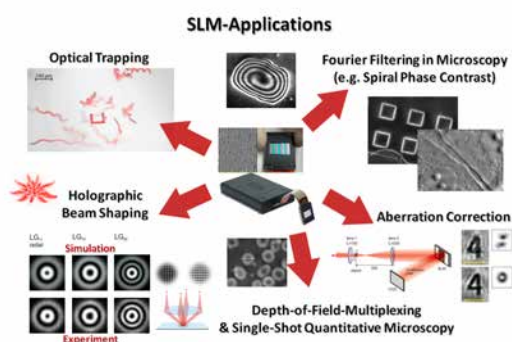
- 特定形貌光束产生 (显微、加工)
- 光镊与粒子陷俘
- 固态激光分束器、固态激光扫描头
- 全息干涉
- 波前矫正与自适应光学
- 相衬成像
- 飞秒激光频谱整形与位相调控
- 可变光栅, 可变滤波器
- 3D 投影, AR 显示, 激光显示
-



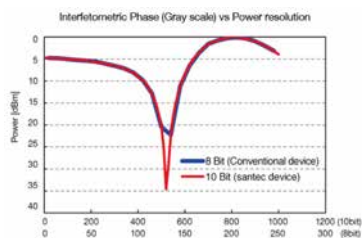
液晶空间光调制器工作示意



液晶空间光调制器的制备 (左)、检验 (中)、成品 (右)



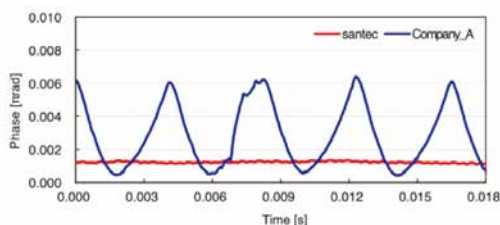
部分应用示例



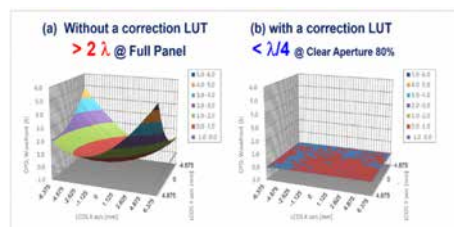
基于丰富的光学、微电子、半导体制程经验，Santec 研发的 LCOS SLM 带来一系列突破性的特性：

- 高空间分辨率：可达 1920×1024 或 1920×1200 分辨率
- 高位相分辨率：位相控制动态范围可达 10bit ($1,024:1$)，生成更加精细、平滑的位相分布：

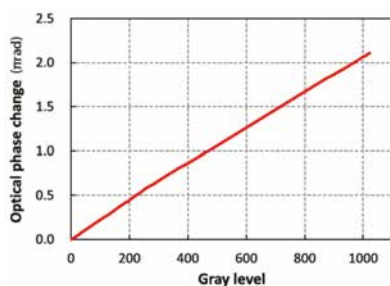
- $\sim 0.002 \pi$ 超低位相噪声，确保使用稳定性



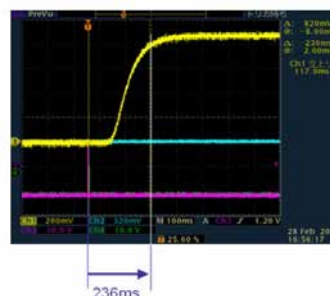
- 非常平整的初始位相差（通过 LUT 静态矫正）



- 高线性



- 快速响应：236ms 完成位相调节



- 便利的控制功能，支持灰度 bmp 控制、数据表格控制，支持目标模式直接控制：



SANTEC 提供三款型号的 SLM：高分辨率 SLM-200，紫外增强型 SLM-250，高功率型 SLM-300。每种型号都提供 OEM 式与一体式两种封装：



2.10.1. SLM-200

SLM-200 为通用型高分辨率空间光调制器。

技术指标：

主要特点：

- 高分辨率：1920×1200 或 1920×1080
- 60Hz/ 120Hz 帧率
- 记忆功能
- 触发输入 / 输出

主要应用

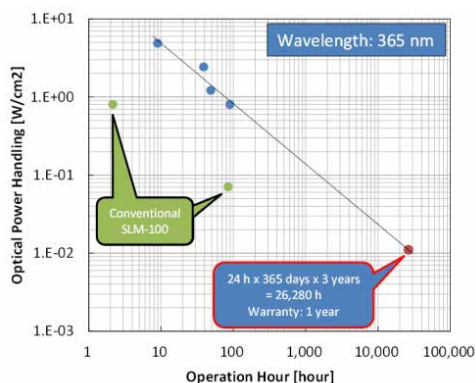
- 光束指向调节
- 波前矫正
- 脉冲或光斑成型
- 衍射光学
- 光学操控（光镊、粒子陷阱）
- 可编程位相模式

项目	参数	单位	说明
波长范围	450 ~1600	nm	参照 AR 镀膜选项表有效面积
面板尺寸	15.36 × 9.60	mm	
分辨率	1920×1200	像素	
像素尺寸 / 间距	7.8/ 8.0	μm	
反射率	>90	%	取决于波长范围
占空比	95	%	
灰度级	10	bit	1024:1
帧率	60 或 120	Hz	出厂设定
LCOS 驱动频率	1200	Hz	
相位深度	2 π	rad	
位相稳定性	<0.001 π	rad	典型值
介面	DVI/ USB3.0		
光功率	10W/cm ²	W/cm ²	@1550nm, cw, 2.0mm 光束直径

项目	参数						
代号	-01	-02	-03	-04	-12	-14	-21
增透膜范围 nm	450-550	750-850	1000-1100	1500-1600	400-700	450-550 / 1500-1600	450 -1600
增透膜反射率 (%)			< 0.5		< 1.5	< 0.6	< 2.5

2.10.2.SLM-250

SLM-250 是 SANTEC 独特的 UV 增强的产品，采用全新的液晶和介质膜工艺，在 10mW/cm² 紫外辐照下可以长期使用。



SLM-200 在 365nm 紫外光辐照下的寿命测试

项目	参数	单位	说明
波长范围	365 ~ 550	nm	镀 AR 膜
面板尺寸	15.36 × 9.60	mm	有效面积
分辨率	1920×1200	像素	
像素尺寸 / 间距	7.8/ 8.0	μm	
AR 膜反射率	<0.7	%	0 度入射
面板反射率	>70	%	典型值
占空比	95	%	
灰度级	10	bit	1024:1
帧率	60 或 120	Hz	出厂设定
LCOS 驱动频率	1200	Hz	
相位深度	2 π	rad	
位相稳定性	<0.003 π	rad	典型值
介面	DVI/ USB3.0		
可接受光功率	40 10.0	MW/cm ² mW/cm ²	355nm 峰值功率, 260ps/ 100Hz 365nm, 连续, 24h/day

2.10.3. SLM-300 高功率空间光调制器

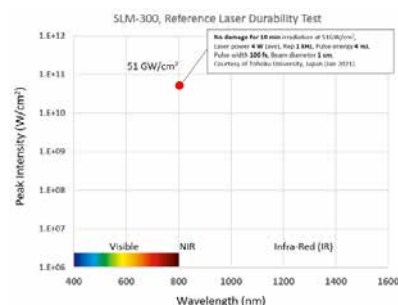
SLM-300 为高功率型号，创下了承受 200W 高功率激光的纪录，比 SLM-200 高 100 倍。

主要特点：

- 高承受功率
- 10 bit (1024:1) 灰度级
- 超低位相噪声 ~ 0.003 π

主要应用：

- 工业加工与处理
- 3D 打印
- IC 修裁



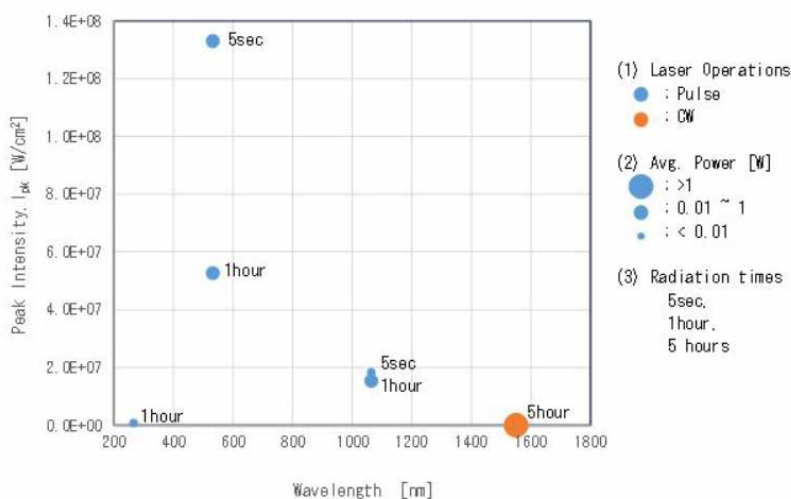
SLM-300 损伤测试：4W/1kHz/100fs, 1cm 飞秒激光辐照 10 分钟无损伤

项目	参数	单位	说明
波长范围	532, 800, 1064	nm	镀 AR 膜
面板尺寸	15.36 × 9.60	mm	有效面积
分辨率	1920×1200	像素	
像素尺寸 / 间距	7.8/ 8.0	μm	
面板反射率	>92	%	典型值
占空比	95	%	
灰度级	10	bit	1024:1
帧率	60 或 120	Hz	出厂设定
LCOS 驱动频率	1200	Hz	
相位深度	2 π	rad	
位相稳定性	<0.003 π	rad	典型值
介面	DVI/ USB3.0		
可接受光功率	200	W/cm ²	cw @ 1064nm
冷却水	1 ~ 2	L/min	Rc (PT) 3/8 inch female

2.10.4. 液晶空间光调制器应用示例

1) 功率耐受能力模拟

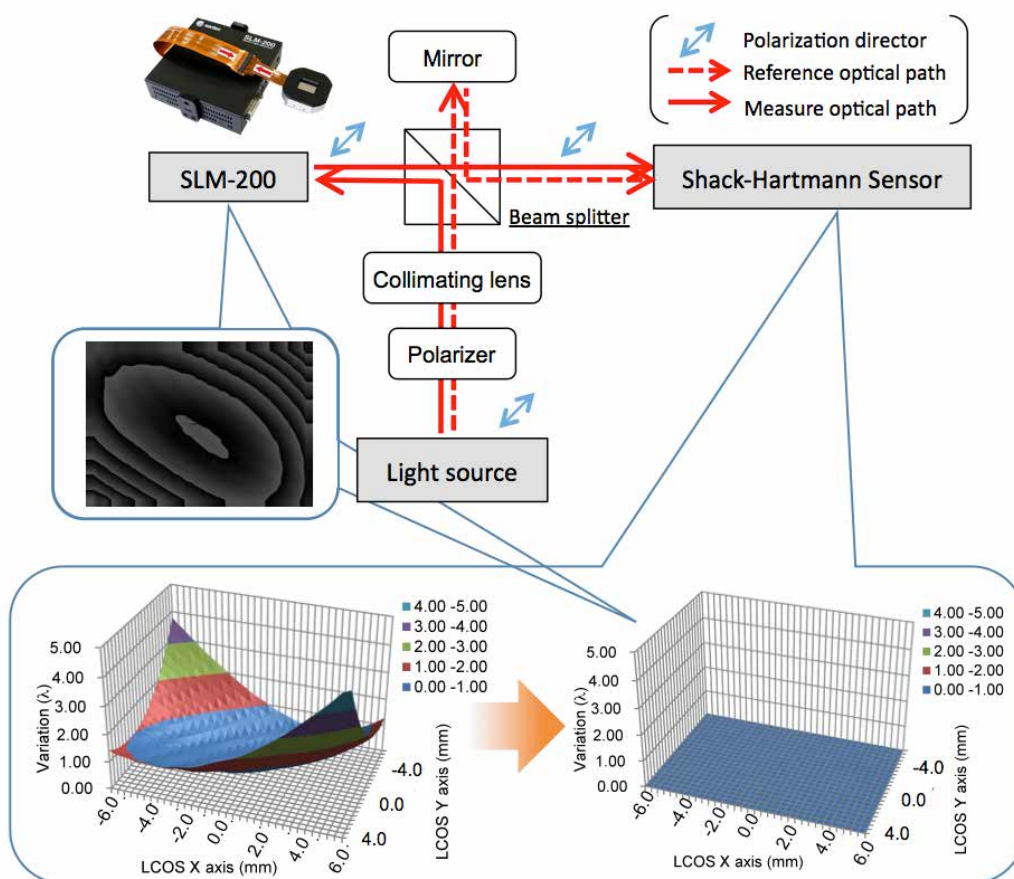
Santec 可根据您的应用场景，模拟 SLM 的功率耐受能力。



<Confirmed examples of high power resistance>

2) 波前矫正 (自适应光学)

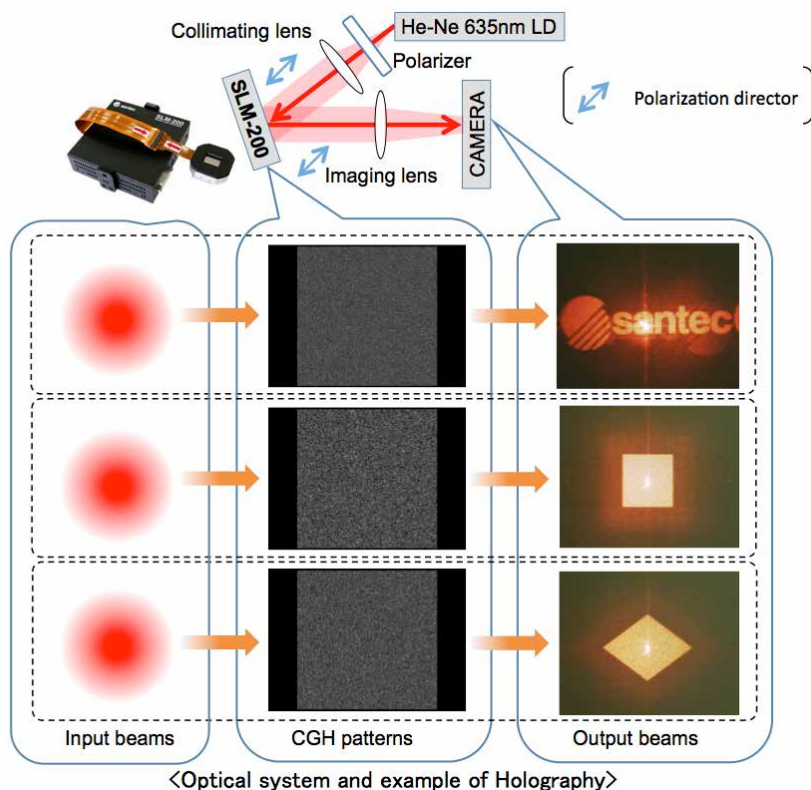
经过干涉仪实测，SLM 与 Shark-Hartmann Sensor 构成的自适应光学系统可达 $\lambda/40$ 的波前位相平整度。



<Optical system and example of wavefront correction>

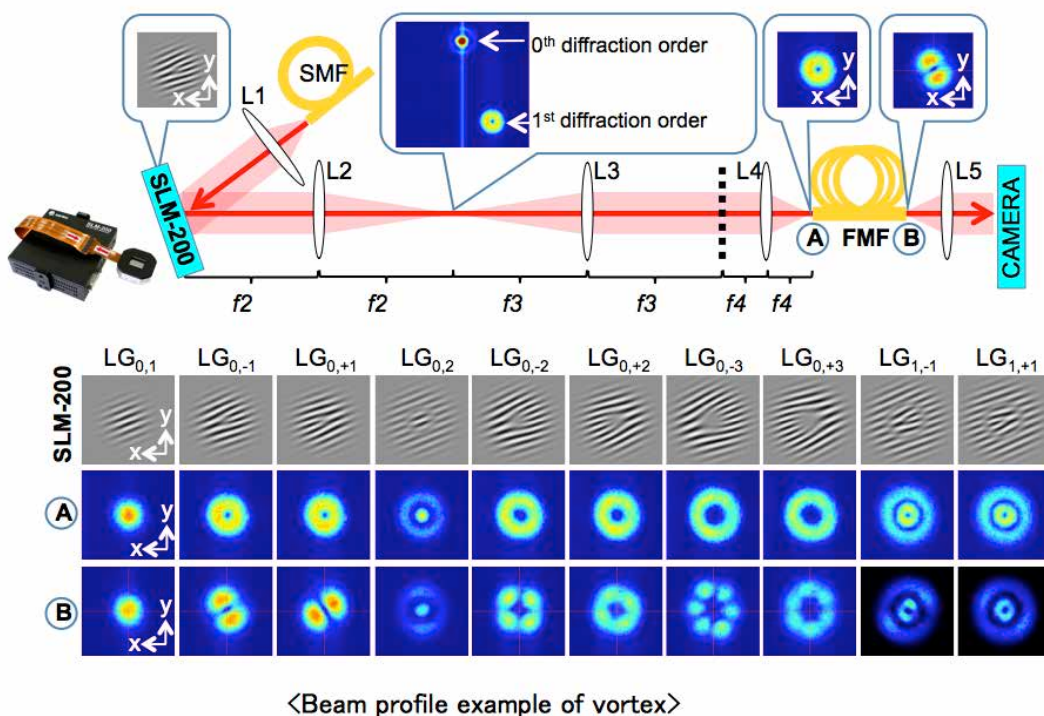
3) 全息

通过 Santec 图形化软件直接按照目标图像生成空间频率域分布图，写入 SLM 并在傅里叶面产生所需要的强度分布。



4) 涡旋光产生

SLM 可用于产生各种拓扑荷的涡旋光，用于光镊或者空分复用（Space Division Multiplexing, SDM）等应用。



3. 仪器设备

3.1. 飞秒激光微加工

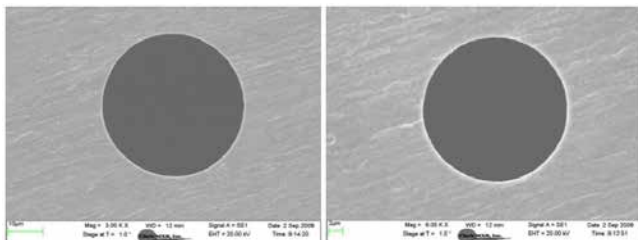
飞秒激光是微加工处理的理想方式之一。完全冷加工避免了热效应导致的加工缺陷或材料改性；多光子电离机制使其可以支持高加工精度（纳米尺度），并支持透明（低吸收）、硬脆、难熔介质加工；飞秒激光强电场在材料表面或内部诱导的规律结构则呈现特殊的光学、物理、化学特性，典型示例包括疏水结构、扩展吸收谱（如黑硅）、微纳石英波导等。

3.1.1. UMW 飞秒激光微加工系统

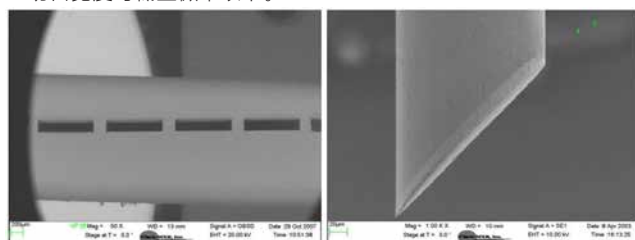
Clark-MXR 公司提供的商用飞秒激光微加工系统，它包括了用超短脉冲激光（钛宝石 CPA 放大器或 IMPULSE 光纤飞秒激光器）进行微加工所需的一切设备与配件，可用于微加工任何材料，生成亚微米精细结构，而不会对周边材料造成损害，不会造成材料飞溅，加工结果极其精确并具有高度可重复性。此系统包括标准 300mm×300mm×100mm 高精度运动平台，同轴影像观察系统和精确效果检测系统以及各种加工图形控制软件。



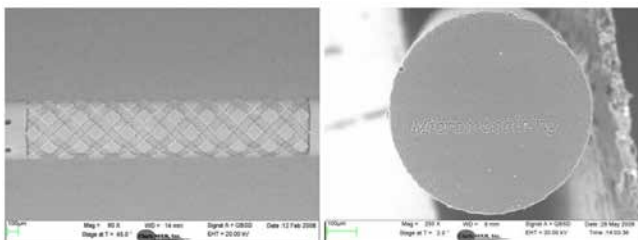
• 精密钻孔：



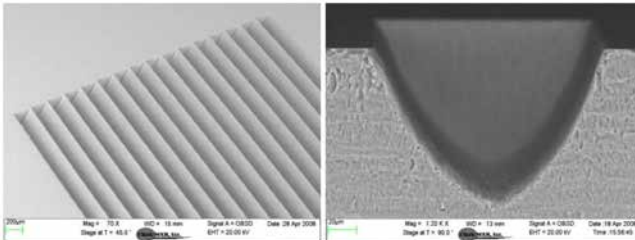
• 刻写：支持多种材料体系的刻写，包括晶体、金属、难溶硬材料等。切口宽度可低至微米以下。



• 表面改性：纳米尺度处理导致光学、化学、物理特性改变，如宽谱反射，低反射率，衍射表面，化学反应表面，高粘性表面等。



• 精密研磨：



3.1.2. Sabray 系列飞秒激光加工系统

1) Imperay 五轴双工位超快激光加工系统

ImpeRay 加工系统是一款大行程五轴激光加工系统，花岗石龙门框架结构设计可以保证系统优良的加工稳定性，所配置运动平台的高移动精度和大行程范围使得系统在大幅面超精细处理领域有着非凡的能力，双工位设计可满足更多加工需求。



功能特点

- 超大行程，超高精度
- 兼容多款超快激光器
- 双工位设计
- 兼容多种功能加工头

加工头选项

- 螺旋扫描加工头
- 扫描振镜加工头
- 长工作物镜

平台参数

	X 轴	Y 轴	Z 轴 (双)	A 轴	B 轴
行程	500mm	500mm	200mm	180°	360°
精度	±1μm	±1μm	±2μm	3 arc sec	6 arc sec
重复定位精度	±0.4μm	±0.4μm	±0.4μm	1 arc sec	3 arc sec
平台自重	108.6kg	62.2kg	5.2kg	17.8kg	4.3kg
最大速度	200mm/s	200mm/s	300mm/s	600rpm	600rpm
最大负载	150kg	150kg	18kg	100kg	10kg

激光参数

	钛宝石放大器	Yb 激光器	Nd:YVO4 激光器
脉冲宽度	≅ 120fs	<400fs	<15ps
平均功率	≥ 5W	up to 100W	≥ 20W
中心波长	790±10nm	343, 515, 1030nm	266, 355, 532, 1064nm
重复频率	up to 10kHz	up to 1MHz	up to 1Mhz
光斑模式	M ² ≤ 1.3	M ² ≤ 1.5	M ² ≤ 1.5

2) Sabray 飞秒微加工系统



功能特点

- 工业级稳定、长寿命飞秒激光系统
- 模块化设计的激光加工头
- 花岗石龙门结构，高加工可靠性和稳定性
- 高移动精度和大移动行程
- 扩展性强，可使用其它公司超快激光系统

应用领域

- 超快激光刻蚀
- 触摸屏玻璃和 ITO 切割
- 表面处理和表面 3D 结构制作
- 超精细钻孔和切割

Sabray 飞秒微加工系统属于超精细加工设备，主要基于 UpTek 公司的 Phidia 系列飞秒激光系统和 Spearay 系列激光加工模块组成，并配置了德国 Scoroff 高端机柜。整个系统结构紧凑，具有工业级高稳定性、高可靠性等特征。

Spearay 系列激光加工模块独特的花岗石龙门支架结构设计可以保证系统优良的加工稳定性。Spearay 所配置运动平台的高移动精度和大行程范围使得系统在大幅面超精细处理领域有着非凡的能力。

Phidia 飞秒激光系统可以输出高能量窄脉宽的飞秒脉冲激光，其脉冲宽度可窄至 120fs 到 40fs，输出能量可高达 0.1mJ 到 2mJ，从而确保 Sabray 系统可以有效处理几乎所有种类的材料。

加工系统参数

型号	方向	行程	精度	重复定位精度	分辨率	承载能力
Spearay-S	X	150mm	0.09%	$\pm 2.5\mu\text{m}$	-	205kg
	Y	150mm	0.09%	$\pm 2.5\mu\text{m}$		25kg
	Z	50mm	0.09%	$\pm 2.5\mu\text{m}$		10kg
Spearay-H	X	150mm	-	$\pm 0.1\mu\text{m}$	8.5nm	20kg
	Y	150mm		$\pm 0.1\mu\text{m}$	8.5nm	20kg
	Z	50mm		$\pm 0.1\mu\text{m}$	8.5nm	5kg
Spearay-U	X	160mm	$\pm 0.3\mu\text{m}$	$\pm 0.025\mu\text{m}$	1nm	12kg
	Y	160mm	$\pm 0.3\mu\text{m}$	$\pm 0.025\mu\text{m}$	1nm	12kg
	Z	50mm	$\pm 1.5\mu\text{m}$	$\pm 0.5\mu\text{m}$	100nm	2.5kg
Spearay-4 Axis	X	100mm	$\pm 0.5\mu\text{m}$	$\pm 0.3\mu\text{m}$	-	20kg
	Y	50mm	$\pm 0.5\mu\text{m}$	$\pm 0.3\mu\text{m}$		20kg
	Z	50mm	$\pm 0.5\mu\text{m}$	$\pm 0.3\mu\text{m}$		5kg
	Z	360°	0.06°	0.0035°		2.3kg
最大速度	200mm/s	200mm/s	300mm/s	600rpm		600rpm
最大负载	150kg	150kg	18kg	100kg		10kg

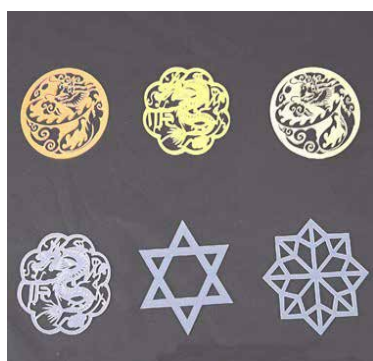
激光参数

	钛宝石放大器	Yb 激光器	Nd:YVO4 激光器
脉冲宽度	$\leq 120\text{fs}$	$< 400\text{fs}$	$< 15\text{ps}$
平均功率	$\geq 5\text{W}$	up to 100W	$\geq 20\text{W}$
中心波长	$790 \pm 10\text{nm}$	343, 515, 1030nm	266, 355, 532, 1064nm
重复频率	up to 10kHz	up to 1MHz	up to 1Mhz
光斑模式	$M^2 \leq 1.3$	$M^2 \leq 1.5$	$M^2 \leq 1.5$

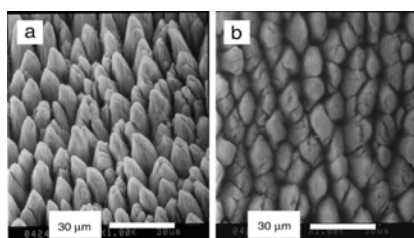
典型应用

• 超快激光刻蚀

Sabray 飞秒微加工系统配置 Scanlabs 大幅面高速扫描振镜可以用来进行超精细雕刻、刻蚀，也可在透明材料内部实现三维高精度内雕

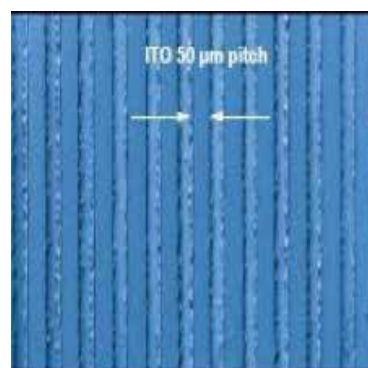


• 二维和三维表面微结构制作



• 高精度划线、切割

Sabray 飞秒微加工系统可以输出高峰值功率的飞秒脉冲激光，通过选用合适数值孔径的聚焦物镜可以对手机屏玻璃盖板、ITO 导电薄膜等材料实现高效、超精细划线和切割；



• 脆性易碎材料的切割、钻孔



利用 Sabray 飞秒微加工系统可以对碳化硅、陶瓷以及蓝宝石等脆性易碎材料进行超精细切割、钻孔。通过配置 Trepanning 加工头可实现高径深比的微孔制作。

3) Spearay-Bragg 布拉格光栅刻写系统

Spearay-Bragg 利用最先进的 光束整形技术, 在透明介质内部 诱导高折射率调制 (折射率变化 $\geq 0.45@$ 石英玻璃)、低散射 Bragg 点 (直径 $\leq 150\text{nm}$), 可 实现迄今为止最高对比度的 Bragg 波导和 Bragg 光栅光纤。

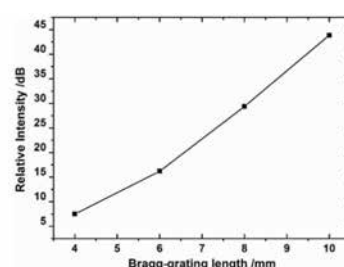
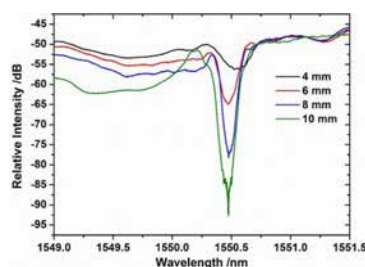
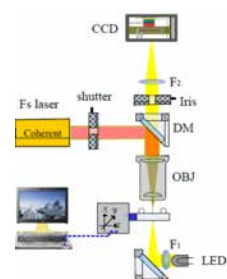


功能特点

- 兼容主流激光器
- 高稳定度, 高加工精度

主要应用

- FBG 刻写
- 波导 Bragg Grating 刻写
- 体布拉格光栅 (VBG) 制作
- 啁啾光纤光栅直写



4) 四轴飞秒激光直写系统

Spearay-4Axis 系统是针对管状材料精密切割设计的, 利用一维高精度旋转轴、二维扫描振 镜、三维 XYZ 精密定位系统, 结合超快激光微加工特点, 能够实现薄壁管材的精密切割、保持表面完整性的表面标刻、和功能性超表面处理。



主要应用

- 心血管支架加工
- 玻璃管等管状样品切割
- 柱状曲面加工

- 高数值孔径物镜 (适用于超精密切割、划线)

数值孔径 (NA)	放大倍数	分辨能力 (μm)	焦深 (μm)	工作距离 (mm)	焦距 (mm)
0.14	5	2	14	34	40
0.28	10	1	3.5	33.5	20
0.42	20	0.7	1.6	20	10
0.55	50	0.5	0.9	13	4
0.42	50	0.7	1.6	20.5	4
0.5	80	0.6	1.1	15	2.5
0.7	100	0.4	0.6	6	2
0.55	100	0.5	0.9	13	2
0.62	200	0.4	0.7	13	1

配置参数:

- 扫描振镜 (用于激光划切)

入光孔径	10 mm
标刻速度	3 m/s
定位速度	12 m/s
响应时间	0.35 ms
典型扫描幅面	110 $\times$ 110 mm ²
长时间工作漂移量	<100 μrad
温度漂移	<25 $\mu\text{rad}/\text{k}$

- Trepanning 加工头 (用于高精度钻孔)

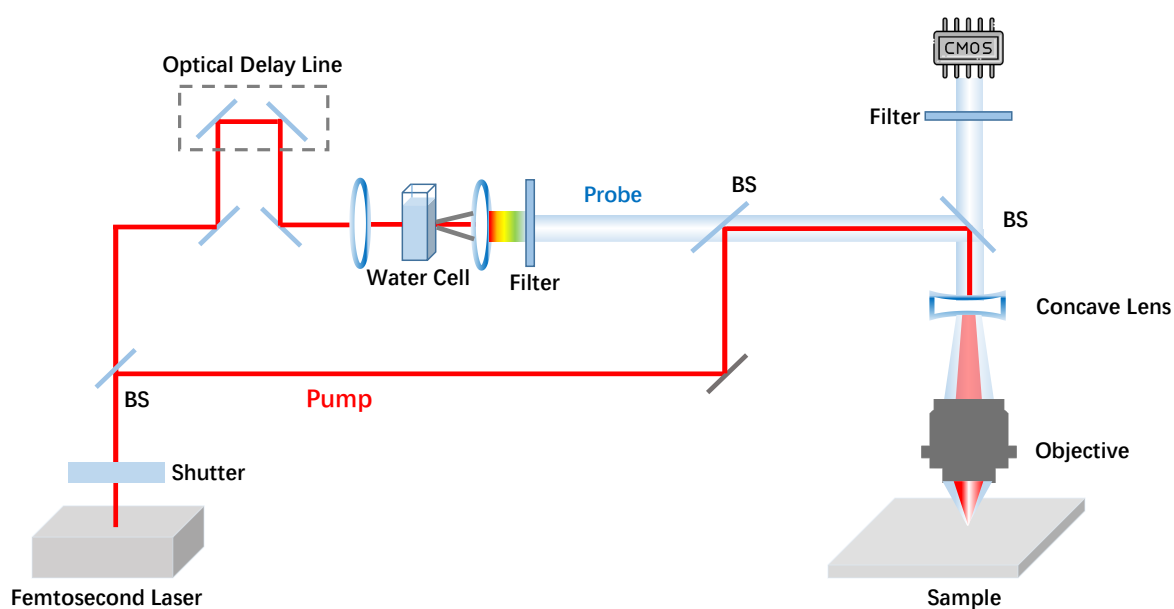
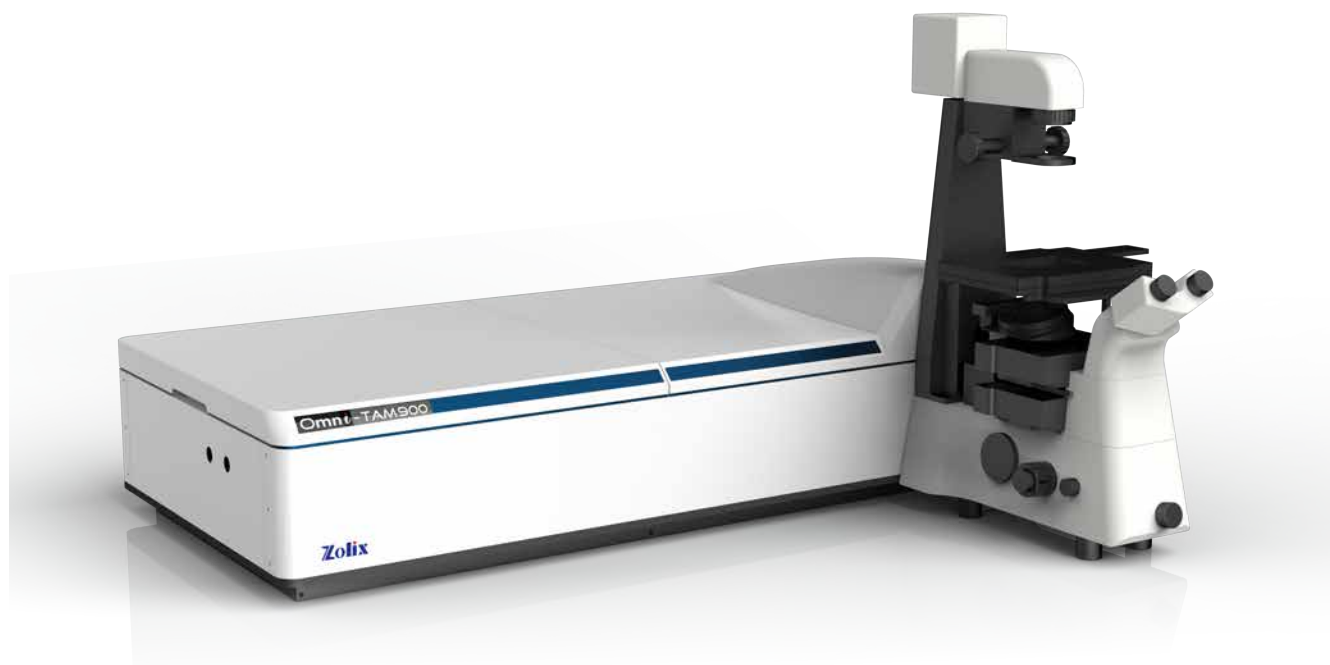
转速	3000 rpm
径深比	1:20
扩张比	1:2
典型锥度 ($f=100\text{ mm}$)	0~5°
可加工孔径	1~400 μm
钻孔精度	$\pm 1\text{ }\mu\text{m}$

3.2 超快激光瞬态光谱测试系统

3.2.1. 宽场瞬态吸收成像系统 TAM900- 看见载流子的运动

基于泵浦探测（Pump-Probe）原理的瞬态吸收光谱，在频率维度和时间维度上提供了丰富的光谱和动力学信息，过去的几十年应用于物理、化学、材料、能源、生物等广泛领域。当今，许多领域科学研究的范式和需求都在不断更新。尤其是随着钙钛矿光伏、二维材料、量子器件、高温超导等前沿领域的发展，科学家亟需在空间维度上揭示载流子等微观离子的迁移和演化规律，研究微纳米材料的物理态在空间分布上的异质性。瞬态吸收成像，可在空间和时间维度上研究微观粒子和能量的运动和演化，是研究微观粒子和能量的时空演化、阐释微观机制的重要工具。

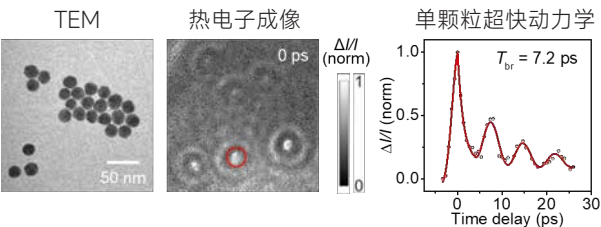
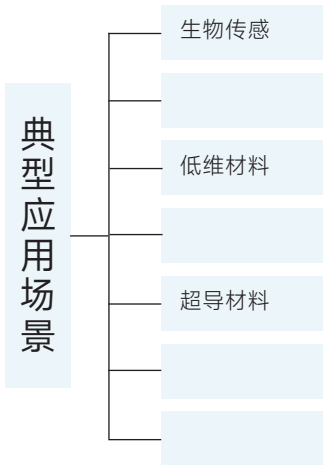
瞬态吸收成像，一般有两种实现方式，点扫描成像和宽场成像。相对点扫描成像，本设备宽场成像模式具有速度快、通量高，成像质量更加细腻的特点。



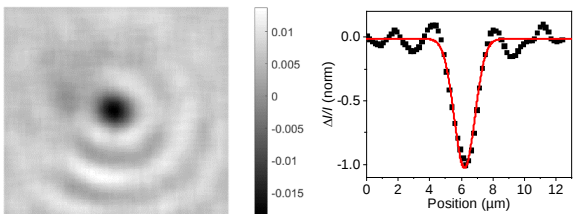
宽场瞬态吸收成像

仪器特点和创新

高灵敏、高通量，可测量到单个纳米颗粒、单层石墨烯乃至单层分子晶体的瞬态吸收信号。



单个金纳米颗粒的瞬态吸收成像

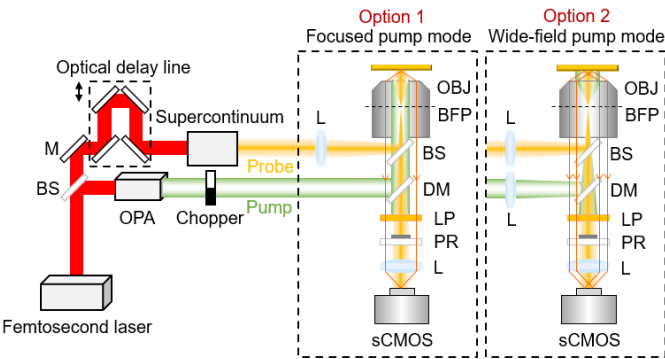


单层石墨烯上的载流子信号

仪器原理和实现方式

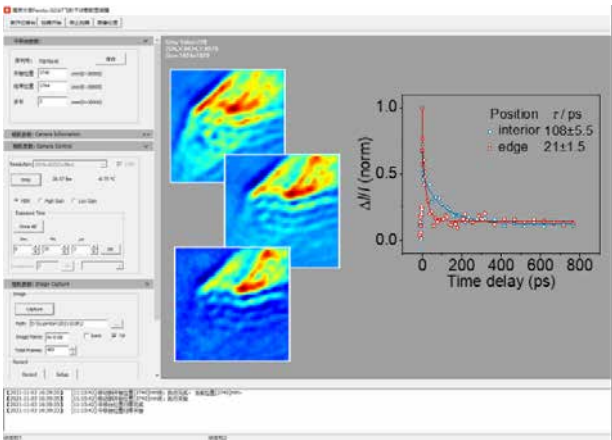
Omni-TAM900 宽场飞秒瞬态吸收成像系统原理如下图所示，经过飞秒激光器和光学参量放大器（OPA）之后出来的飞秒激光，通过显微镜的光学系统进入，并作为泵浦光源激发样品，而另一束经过空间调制的探测光在一定的时间延迟之后也经过显微系统到达样品，样品在激发态对探测光产生的吸收情况会被显微镜上的 sCMOS 相机记录下来。通过调节光学延迟线（Optical Delay Line），得到样品在不同延迟时间下的 sCMOS 图像。

Omni-TAM900 可以有两种成像模式（如下图所示）：聚焦泵浦模式（点泵浦，宽场探测）和宽场泵浦模式（宽场泵浦、宽场探测），前者主要用于研究载流子的迁移，后者用于检测载流子的空间分布状况。



软件

软件可进行同步采集，自动控制和处理，载流子的寿命、载流子的迁移速率、载流子的分布、动力学等信息均可通过软件得到。

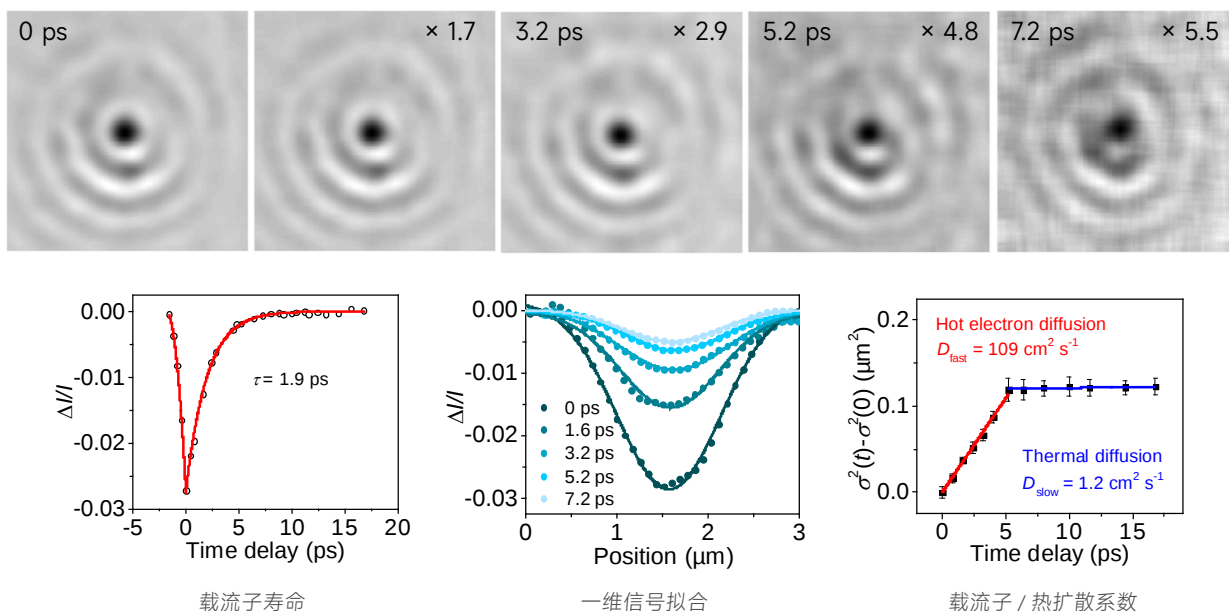


应用方向及实测数据

Omni-TAM900宽场飞秒瞬态吸收成像系统是测量载流子时空演化的强大工具，可广泛应用于物理、材料及器件的前沿研究，比如：太阳能电池、低维材料、量子器件、超导材料、新型半导体、纳米催化、生物传感等，对纳米尺度和飞秒时空尺度中的超快的物理、化学及生物过程进行监测。

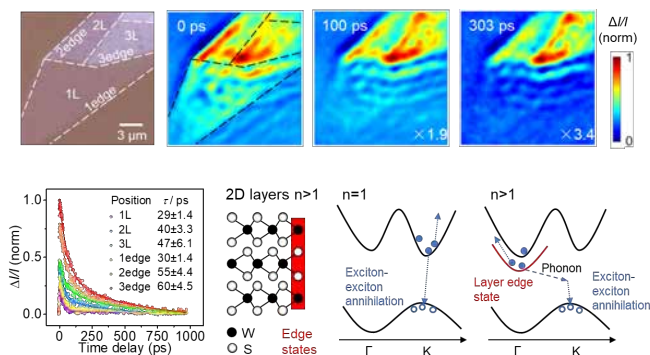
金属镀膜中的载流子迁移和热扩散

10 nm厚金属薄膜上的超快热载流子和热扩散，采用仪器的点激发，宽场探测模式。



新型二维材料中的边缘物理态研究

二维 WS₂ 中激子分布情况，激子寿命研究。可以看到，多层的边缘具有更高激子密度和更长激子寿命



技术参数

光源	飞秒激光 + OPA，激光波长范围取决于应用场景
检测器	sCMOS
成像空间分辨率	500 nm
载流子迁移定位精度	30nm
时间分辨率	500 fs (100 fs 激光脉冲条件下)
时间延迟线	0-4 ns/0-8 ns
显微镜模块	倒置显微镜，上方为开放空间，后期可兼容低温模块、探针台、电学调控、磁场等特殊实验场景。
测量模式	点泵浦 + 宽场探测（载流子迁移） 宽场泵浦 + 宽场探测（载流子分布）
仪器工作模式	反射 / 散射

您的应用

先锋科技一直以来致力于了解行业应用与行业发展最新前沿，深入与用户进行沟通，为您提供合适的产品和解决方案。

我们在此索引了一部分的应用及相关产品的列表，方便您能够快速检索。

我们深知我们对应用的了解远谈不上深入、全面、准确，因此任何时候都欢迎您联系我们，提出您的想法和需求；

希望在您的帮助下，这个索引能够越来越完整、准确。

感谢您过去、现在、将来对我们的支持！

行业	应用	产品类别
工业制造	激光器研发	激光功率能量测试
		激光 光束分析
		激光波前测试
		激光波长与光谱测试
		激光元器件
	激光加工	DOE 衍射光学元件
		在线高功率激光测量
		高功率激光聚焦测量
		微加工焦点测量
		超快激光及测试
		工业级高功率激光器
		超快激光加工系统
	工业在线检测	在线 3-D 形貌检测
	FBG 制备与测试	准分子激光器
		紫外、深紫外激光器
	激光安全防护	护目镜、防护玻璃、防护帘、防护墙
光通讯与传感	高精度波长与光频谱测试	波长计、频谱仪
	通讯器件 / 网络测试	可调谐光源
		多功能测试系统
		OTDR
		误码仪
	相干光通讯	可调谐光源
		波长计、频谱仪
	光纤传感	可调谐光源
		波长计、频谱仪
汽车与消费电子	镜头测试	传函测试仪
	虚拟现实与增强现实	传函测试仪、波前分析仪
	激光人眼安全测试	功率计
		波长计与光谱仪
		光斑分析仪
	平板显示修补	激光器

行业	应用	产品类别
环境与安全、健康与生命科学	光声光谱与成像	OPO 激光器
	超快显微学	超快激光器及测试设备
	光学相干层析	OCT 系统与部件
	大气环境激光雷达	纳秒脉冲激光器
	红外 TDLAS 气体检测	红外波长计
		红外 Cascade 激光器
		紫外脉冲激光器
	环境质谱	MALDI TOF 激光器
		可调谐紫外脉冲激光器
无损检测	太赫兹	
能源与动力	燃烧与流场诊断	PLIF 染料激光器
		PIV 激光器
		大能量脉冲激光器
科学研究	光镊与粒子陷阱	高稳连续激光器
		衍射光学元件
		空间光调制器
		窄线宽可调谐激光器
	冷原子研究	激光波长计
	精密测量	光梳及光梳用激光器
	大科学装置	飞秒激光时间分发
	强场与高能量密度物理	超快激光器
		光束整形
	微波光子学	超快激光微波源
	材料、化学、生物显微	荧光及拉曼激发激光器
DOE 及空间光调制器		
滤光片等光学元件		
精密制造	精密光学元件制造	干涉仪
	大型光学系统研发	干涉仪、波前位相检测
	晶圆及集成电路检测	紫外激光器
形貌检测		
计量与检验检疫	激光器检验检疫	功率能量检测
		光斑检测
		光谱波长检测

先锋科技(香港)股份有限公司

Titan Electro-Optics(Hong Kong)Co., Ltd.

☎ 010 62634840 🌐 www.teo.com.cn

全国服务网络：北京 | 上海 | 深圳 | 成都 | 西安 | 长春 | 郑州 | 无锡



版权所有 翻版必究