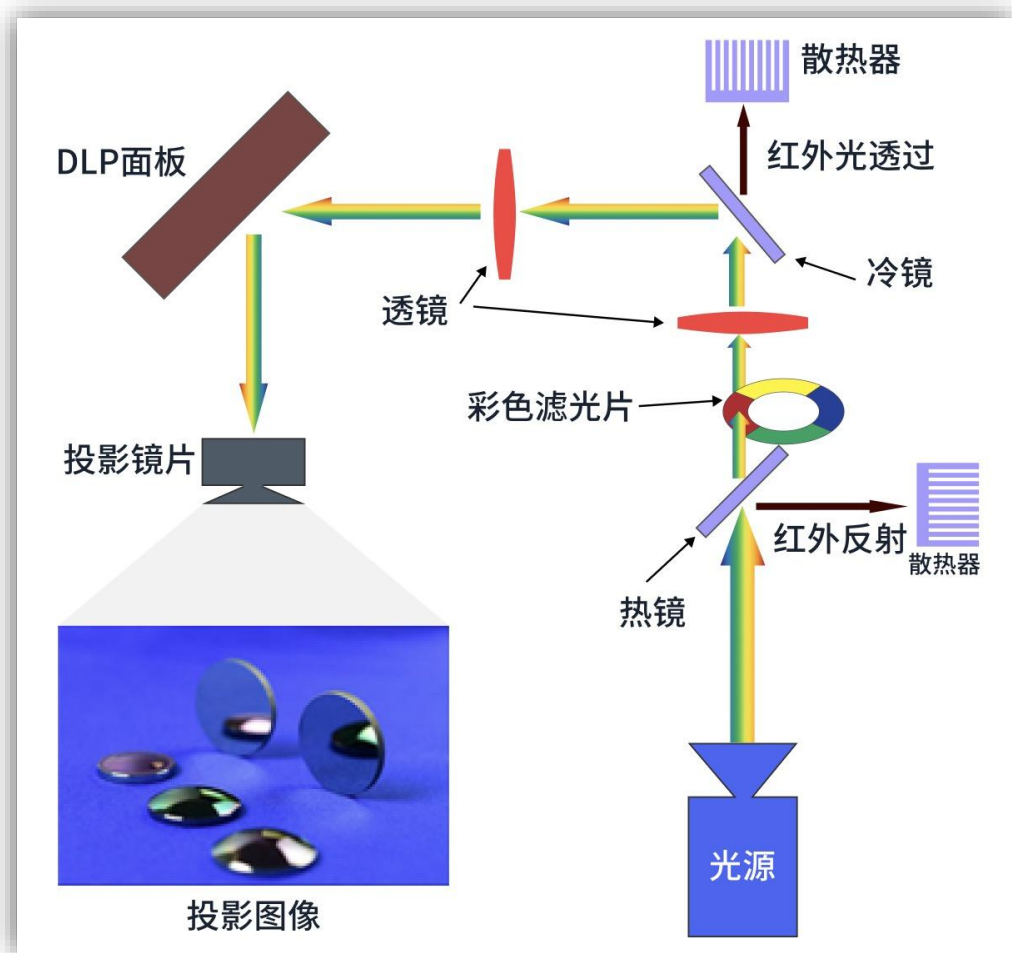


投影显示中的冷反射镜



在投影机中，光学薄膜在提高光学效率和减少光损耗方面发挥着重要作用，其中冷光镜是一个关键部分。冷光通过反射光源中的可见光并允许红外光透过，有助于提高图像质量并减少系统中的热负荷。

在本案例中，采用多个周期的对称膜堆作为初始结构，通过拓宽截止带和减小通带波纹，设计出一种能够在 45° 入射角下反射可见光并透过红外光的冷光镜。

应用情景

设计任务：

任务一：截止带拓宽

基于初始结构，通过将两中心波长不同的膜堆叠加镀在基板的同侧来拓宽截止带。

任务二：通带波纹减小

通过优化叠加后膜系的各层厚度，以满足目标光学性能指标。

指标：

- 入射介质: 空气
- 基板: 玻璃
- 入射角: 45°
- 工作波长: 400-1100 nm
- 截止带: 平均透射率 $<1\%$, 400-690 nm
- 通带: 平均透射率 $>99\%$, 750-1100 nm

设计一款冷反射镜，在初始膜系结构的基础上，通过拓宽截止带并减小通带波纹，以提升整体光谱性能，目标是在 45° 入射角下实现400–690 nm波段内平均透射率低于1%，在750–1100 nm波段内平均透射率高于99%。

设计结果

12.冷光镜

Layer Design Project Merit Function Version

Import from Catalog Load to Catalog

System Configuration >

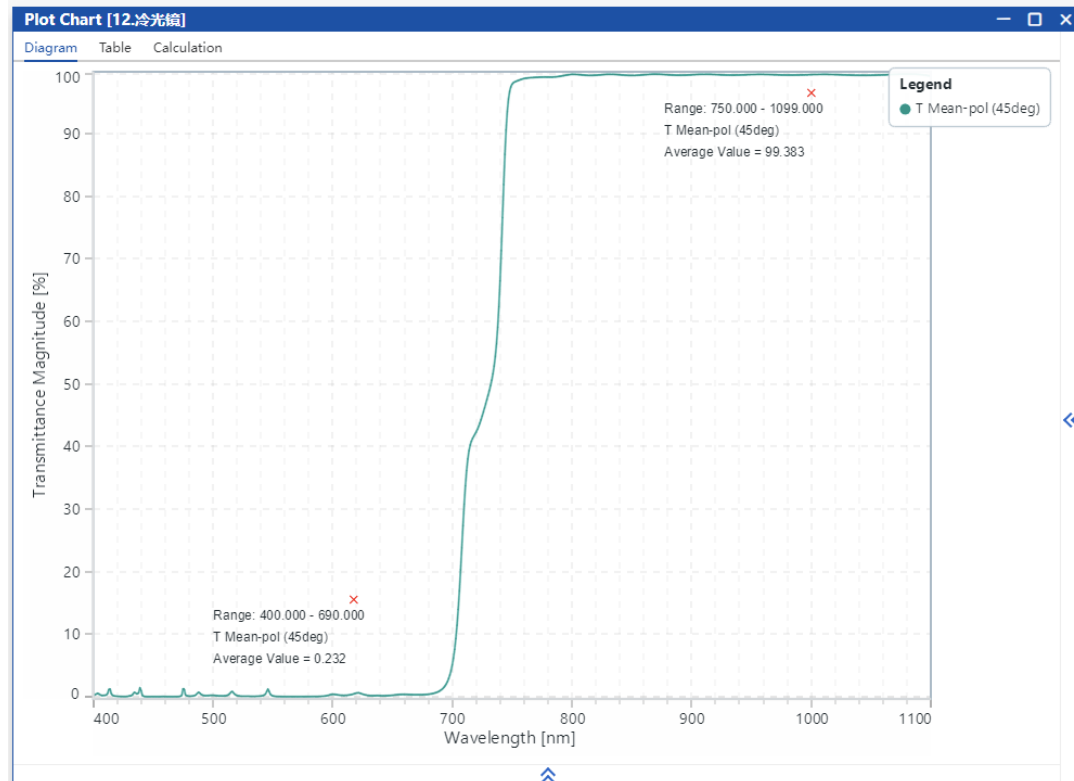
Reference Wavelength (nm) 510.000

Match Angle (deg) 0

Homogeneous Background Medium: Incident Medium: Air Substrate: Glass

Layer	Material	Refractive Index	Extinction Coefficient	Optical Thickness	Physical Thickness
49	Standard TiO2	2.34868	0.00037	0.31749905	66.94 nm
50	Standard SiO2	1.46180	0.00000	0.41487113	144.74 nm
51	Standard TiO2	2.34868	0.00037	0.31953712	69.39 nm
52	Standard SiO2	1.46180	0.00000	0.27861927	97.21 nm
53	Standard TiO2	2.34868	0.00037	0.38425750	83.44 nm
54	Standard SiO2	1.46180	0.00000	0.33290652	116.15 nm
55	Standard TiO2	2.34868	0.00037	0.38878971	84.42 nm
56	Standard SiO2	1.46180	0.00000	0.21487057	74.96 nm
57	Standard TiO2	2.34868	0.00037	0.41045249	89.13 nm
58	Standard SiO2	1.46180	0.00000	0.37612903	131.23 nm
59	Standard TiO2	2.34868	0.00037	0.25570918	55.53 nm
60	Standard SiO2	1.46180	0.00000	0.31185011	108.80 nm
61	Standard TiO2	2.34868	0.00037	0.33230178	72.16 nm
62	Standard SiO2	1.46180	0.00000	0.29340985	102.37 nm
63	Standard TiO2	2.34868	0.00037	0.13117917	28.48 nm

Append Insert Delete Copy Layer Tools Lock Group



设计结果如图所示，45入射时，截止带平均反射率 $<1\%$ ，通带平均反射率大于 99% ，满足设计指标。

设计流程

初始结构

膜堆叠加

优化设置

结果查看

入射介质: 空气	基板: 玻璃		
λ_0 : 475nm	入射角: 45°		
符号	材料	光学厚度(全波)	物理厚度(nm)
L	SiO2	0.25	
H	TiO2	0.25	
初始公式	空气 (0.5H L 0.5H)^10 玻璃		
计算范围	400nm	1100nm	

初始结构是一个周期性的对称膜堆: $(0.5H L 0.5H)^{10}$

初始结构

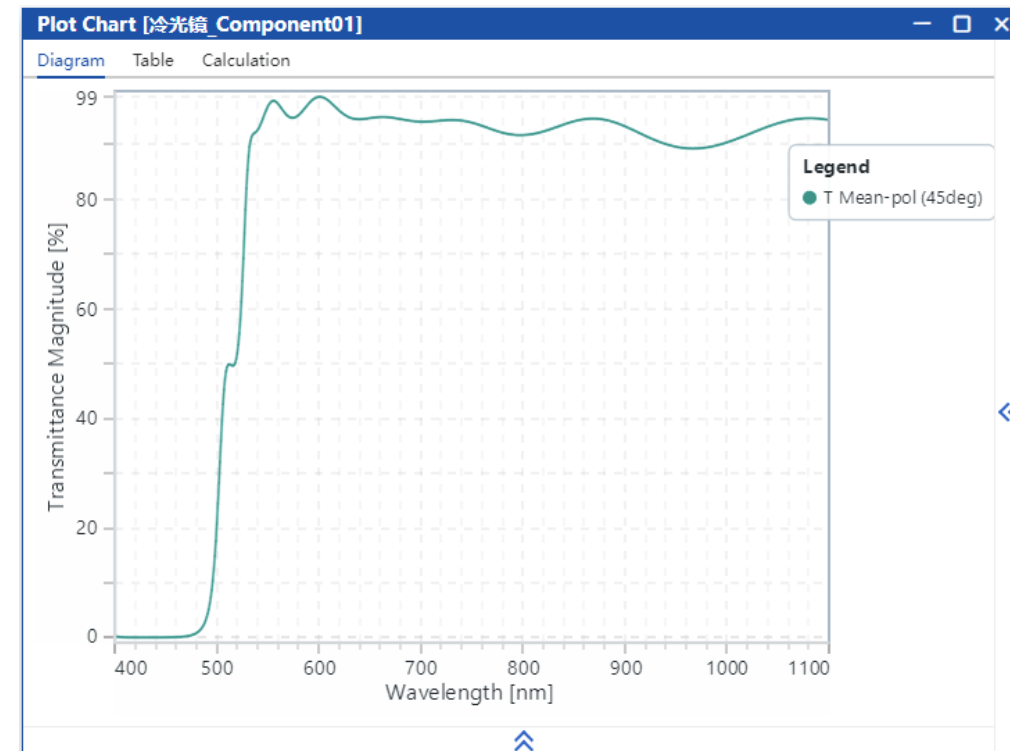
Symbol	Material		Optical Thickness	Physical Thickness	Packing Density
	Category	Name			
H	Standard	TiO2	0.25000000	49.77 nm	1.0000
L	Standard	SiO2	0.25000000	81.12 nm	1.0000

Formula:
(0.5H L 0.5H)*10

膜堆叠加

Layer	Category	Name	Refractive Index	Extinction Coefficient	Optical Thickness	Physical Thickness
20	Standard	Ta2O5	2.11845	0.00000	0.25000000	94.05 nm
21	Standard	SiO2	1.45349	0.00000	0.25000000	137.08 nm
22	Standard	Ta2O5	2.11845	0.00000	0.25000000	94.05 nm
23	Standard	SiO2	1.45349	0.00000	0.25000000	137.08 nm
24	Standard	Ta2O5	2.11845	0.00000	0.25000000	94.05 nm
25	Standard	SiO2	1.45349	0.00000	0.25000000	137.08 nm
26	Standard	Ta2O5	2.11845	0.00000	0.25000000	94.05 nm
27	Standard	SiO2	1.45349	0.00000	0.25000000	137.08 nm
28	Standard	Ta2O5	2.11845	0.00000	0.25000000	94.05 nm
29	Standard	SiO2	1.45349	0.00000	0.25000000	137.08 nm
30	Standard	Ta2O5	2.11845	0.00000	0.25000000	94.05 nm
31	Standard	SiO2	1.45349	0.00000	0.12500000	68.54 nm

优化设置



结果查看

使用公式工具构建了上述膜系作为基础结构，右图展示了其在可见光波范围内45°入射时的光谱。可以看出此时通带波纹较大，截止带的宽度也不达标。

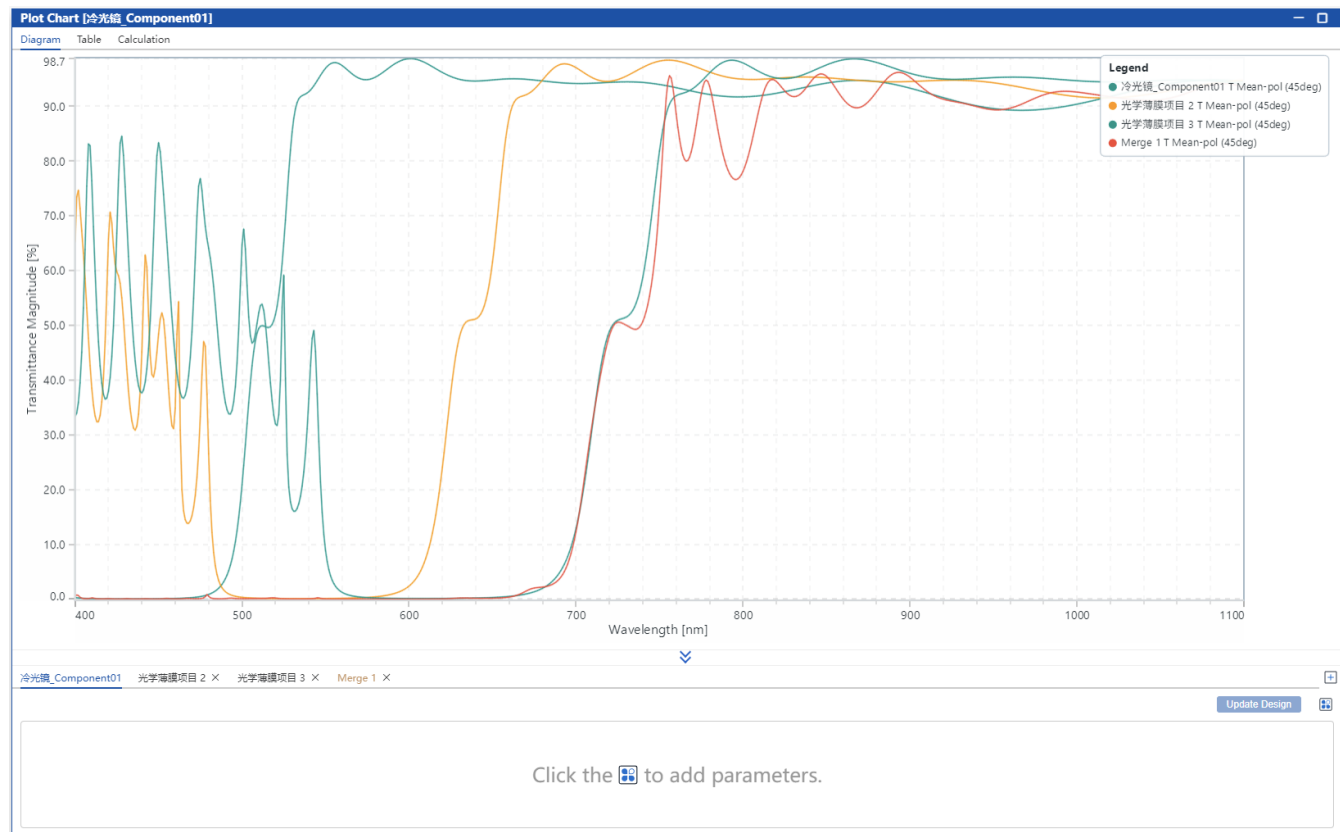
关于公式工具的更多信息: [Tutorial: Formula Tool](#)

初始结构

膜堆叠加

优化设置

结果查看



使用光谱图中的“项目合并”功能，将三个中心波长不同的膜系进行叠加，并预览合并后的光谱响应，从而实现截止带的拓宽。图中的红色曲线为合并后的光谱结果，可见截止带宽度得到了显著提升。

关于项目合并功能的更多信息: [Tutorial: Merge Project](#)

初始结构

膜堆叠加

优化设置

结果查看

12.冷光镜

Layer Design Project Merit Function Version

Import from Catalog Load to Catalog

System Configuration >

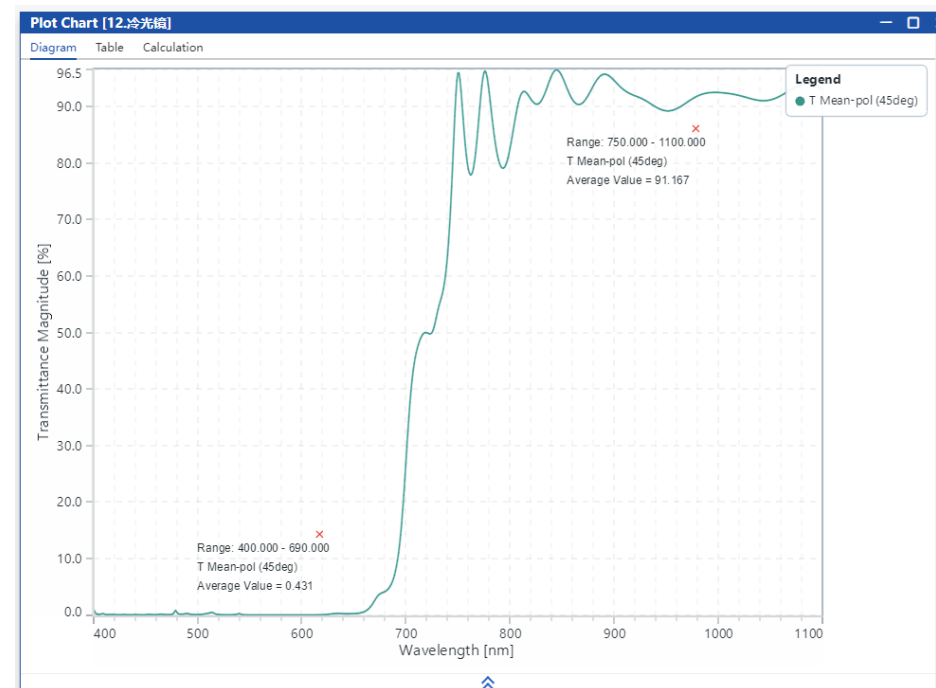
Reference Wavelength (nm) 510.000

Match Angle (deg) 0

Homogeneous Background Medium: Incident Medium: Air Substrate: Glass

Layer	Category	Name	Refractive Index	Extinction Coefficient	Optical Thickness	Physical Thickness
49	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.33964914	73.73 nm
50	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.32935577	114.91 nm
51	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.33964914	73.75 nm
52	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.32935577	114.91 nm
53	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.33964914	73.75 nm
54	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.32935577	114.91 nm
55	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.33964914	73.75 nm
56	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.32935577	114.91 nm
57	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.33964914	73.75 nm
58	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.32935577	114.91 nm
59	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.33964914	73.75 nm
60	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.32935577	114.91 nm
61	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.33964914	73.75 nm
62	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.32935577	114.91 nm
63	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.16982457	36.88 nm

Append Insert Delete Copy Layer Tools Lock Group



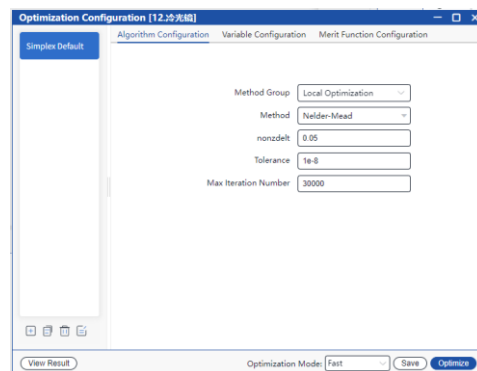
膜堆叠加后的项目如上图所示，可以看到此时的截止带已经满足指标，但通带平均透射率仍不达标且有较多波纹。

初始结构

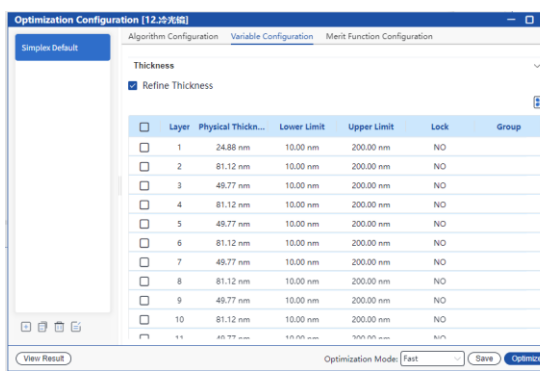
膜堆叠加

优化设置

结果查看

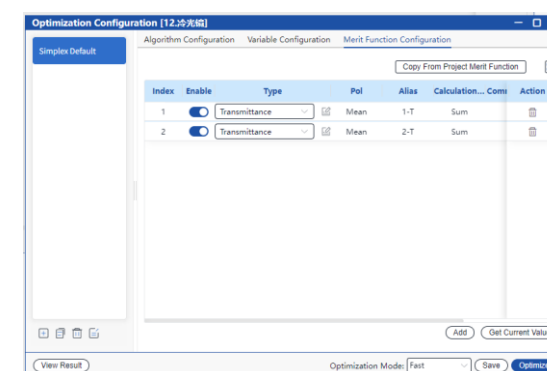


算法: Nelder-Mead



变量: 所有层的厚度

范围限制: 10-200 nm



目标: 在 400–690 nm 波段内入射角0°时反射率最小

在750–1100nm 波段内入射角45°时反射率最大

通过 Nelder-Mead 算法优化所有层的厚度，目标是在45°入射时，750-1100 nm最大化透射率，400-690 nm最小化透射率。

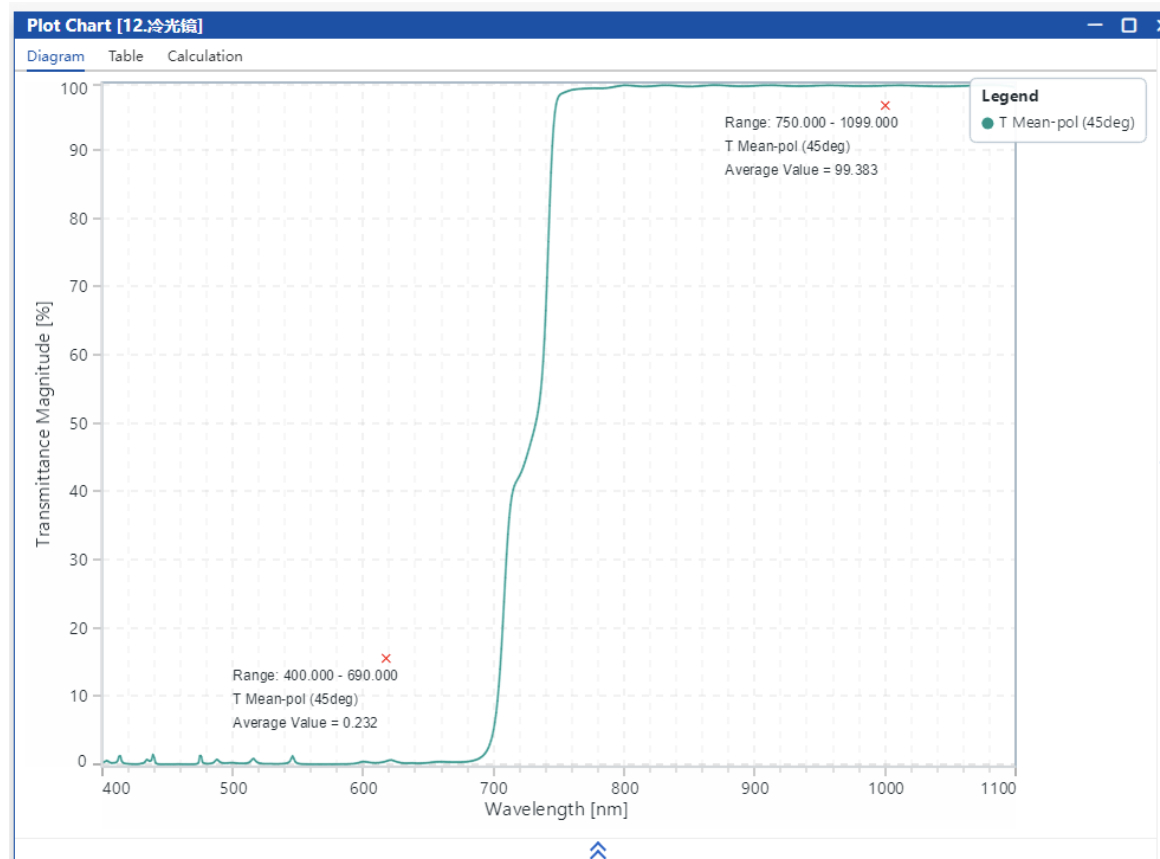
关于优化的更多信息: [Tutorial: Optimization Workflow](#)

初始结构

膜堆叠加

优化设置

结果查看



优化后的通带波纹明显减小，且平均反射率大于99%，满足设计要求。

内容	信息
标题	投影显示中的冷反射镜
文档编号	VLU-S_20250702_01
文档版本	1.0
发布日期	2025/07/02
所需软件包	光学薄膜设计工具包 v1.0
软件版本	2025R1
分类	应用场景

包罗万象

All Inclusive

迅捷高效

Efficient and Fast



<http://www.luoxun.com/>