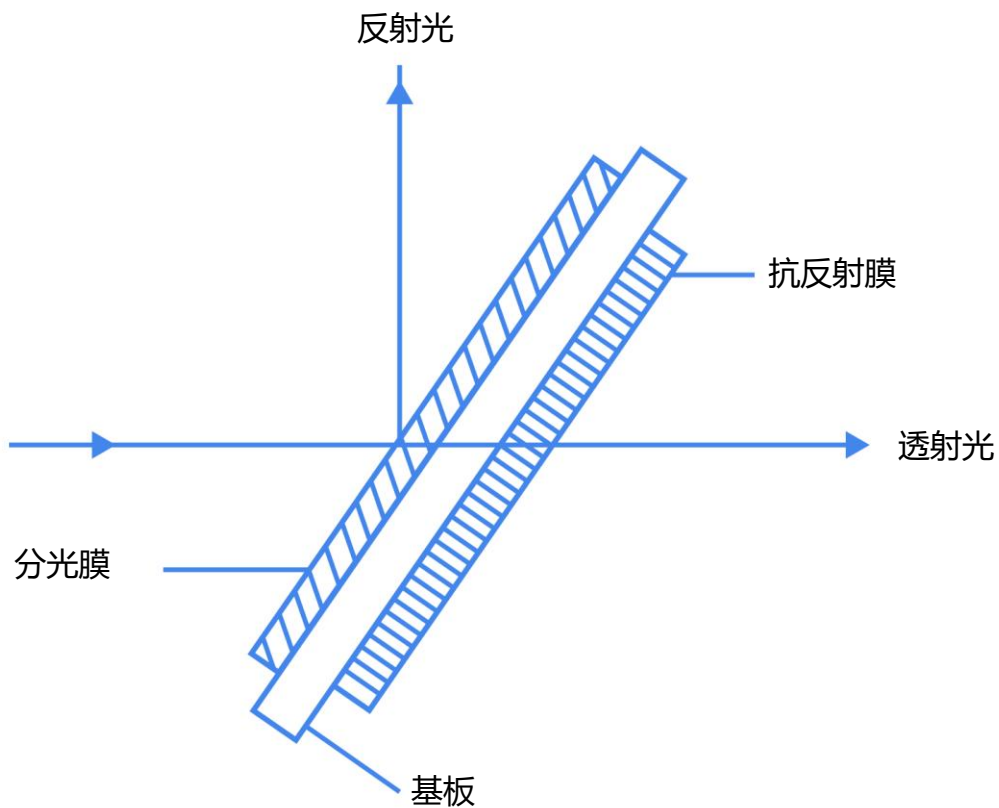


平板型中性分光镜



许多光学仪器需要将光束分成两个方向传播的透射光和反射光，此类分光装置通常采用中性分光镜。中性分光镜常见的结构有两种，其中平板型结构因其构造简单、性能稳定，广泛应用于光学实验和工业系统中。

本案例中，通过分别设计分光膜与减反射膜，并将其分别镀制在平板基板的两侧，成功实现了一种在可见光波段、 45° 入射条件下具有 50:50 分束比的平板型中性分光镜。

应用情景

设计任务：

任务一：分光膜：

基于初始结构，优化膜层厚度来达到指标。

任务二：反射膜：

在已有减反射膜设计的基础上，通过角度匹配功能，使其在 45° 入射条件下仍具有良好的减反射性能。

任务三：平板分光镜：

在基板前后表面分别镀制分光膜和减反射膜，最终获得所需的平板型分光镜。

指标：

- 入射介质: 空气
- 基板: 玻璃
- 工作波长: 400-700 nm
- 入射角: 45°
- 分光比: 50:50
- $\pm 8\%$ R/T

设计一个平板分光镜，包含一个分光膜和一个减反射膜。使其在可见光范围内、 45° 入射条件下实现 50:50 的分光比。平均透射率或平均反射率的偏差不得超过 $\pm 8\%$ ，即应控制在 42%–58% 范围内。

设计结果

平板分光镜

Layer Design Project Merit Function Version

Import from Catalog Load to Catalog

System Configuration >

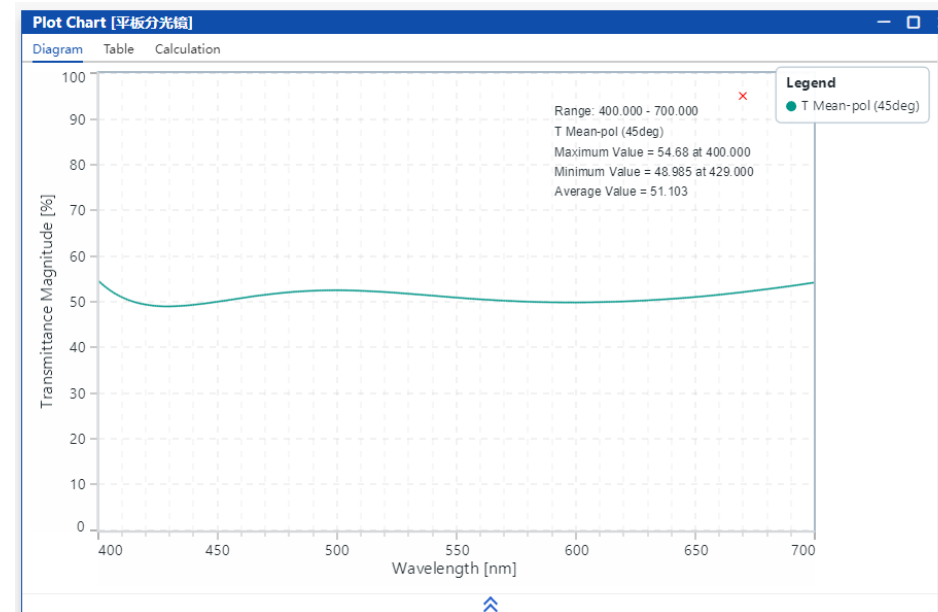
Reference Wavelength(nm) 510.000

Match Angle(deg) 45

Homogeneous Background Medium : Incident Medium : Air Substrate : Air

	Medium Type	Layer	Material		Refractive Index	Extinction Coefficient	Optical Thickness	Physical Thickness	Medium Thickness
			Category	Name					
<input type="checkbox"/>		1	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.27853901	60.48 nm	
<input type="checkbox"/>		2	Standard	Na3AlF6	1.35000	0.00000	0.35806147	135.27 nm	
<input type="checkbox"/>		3	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.18038712	39.17 nm	
<input type="checkbox"/>		4	Standard	Na3AlF6	1.35000	0.00000	0.09945427	37.57 nm	
<input type="checkbox"/>		5	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.11923961	25.89 nm	
<input type="checkbox"/>		6	Standard	Na3AlF6	1.35000	0.00000	0.03107417	11.74 nm	
<input type="checkbox"/>	Parallel	7	Substrate	Glass	1.52083	0.00000			2.000 mm
<input type="checkbox"/>		8	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.09096384	21.63 nm	
<input type="checkbox"/>		9	Standard	MgF2	1.38541	0.00000	0.13501733	49.70 nm	
<input type="checkbox"/>		10	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.12376197	29.43 nm	
<input type="checkbox"/>		11	Standard	MgF2	1.38541	0.00000	0.35501335	130.69 nm	

Append Insert Delete Copy Layer Tools Lock Group



设计结果如图所示，在可见光范围内、 45° 入射条件下的平均反射率为 51.1%，其最大值与最小值的偏差均在 $\pm 8\%$ 以内，满足设计要求。

设计流程

分光膜

初始结构

优化设置

结果查看

角度匹配

减反射膜

初始结构

角度匹配

平板分光镜

入射介质: 空气		基板: 玻璃	
λ_0 : 510nm		45°入射	
符号	材料	光学厚度(全波)	物理厚度(nm)
L	Na3AlF6	0.25	
H	TiO2	0.25	
初始公式		空气 HLHLHL 玻璃	
计算范围	400nm	700nm	

该分光膜的初始结构是四分之一波长膜堆。

分光膜

初始结构

优化设置

结果查看

角度匹配

Formula [7.六层平板型分光膜]

Symbol	Material		Optical Thickness	Physical Thickness
	Category	Name		
H	Standard	TiO2	0.25000000	54.29 nm
L	Standard	Na3AlF6	0.25000000	94.44 nm

Formula:
lhhlh

Cancel Create new Insert after

7.六层平板型分光膜

Layer Design Project Merit Function Version

Import from Catalog Load to Catalog

System Configuration >

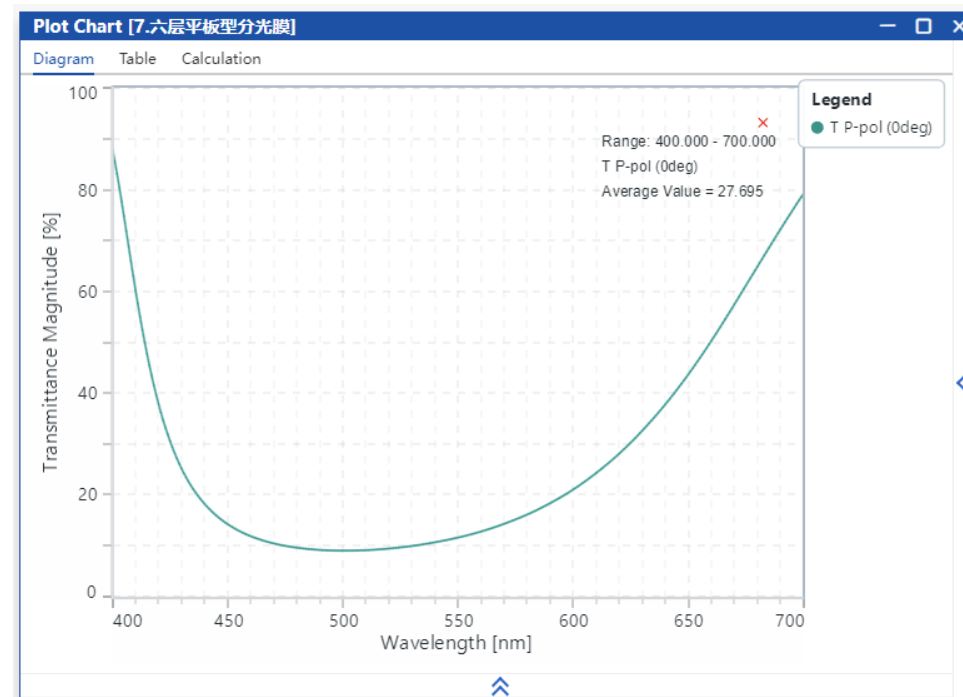
Reference Wavelength(nm) 510.000

Match Angle(deg) 0

Homogeneous Background Medium: Incident Medium: Air Substrate: Glass

Layer	Category	Name	Refractive Index	Extinction Coefficient	Optical Thickness	Physical Thickness
1	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.25000000	54.29 nm
2	Standard	Na3AlF6	1.35000	0.00000	0.25000000	94.44 nm
3	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.25000000	54.29 nm
4	Standard	Na3AlF6	1.35000	0.00000	0.25000000	94.44 nm
5	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.25000000	54.29 nm
6	Standard	Na3AlF6	1.35000	0.00000	0.25000000	94.44 nm

Append Insert Delete Copy Layer Tools Lock Group



减反射膜

初始结构

角度匹配

平板分光镜

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 0° 入射时的光谱。可以看出此时在的透射率不达标

关于公式工具的更多信息: [Tutorial 02: Formula Tool](#)

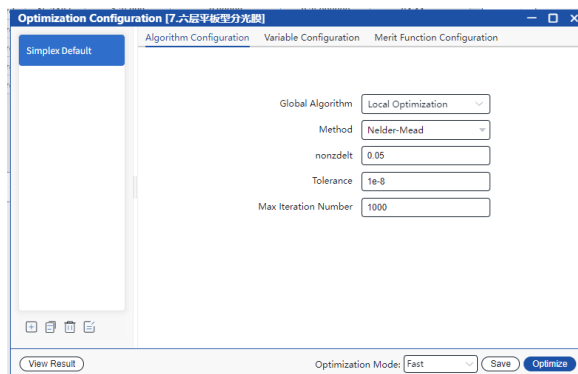
分光膜

初始结构

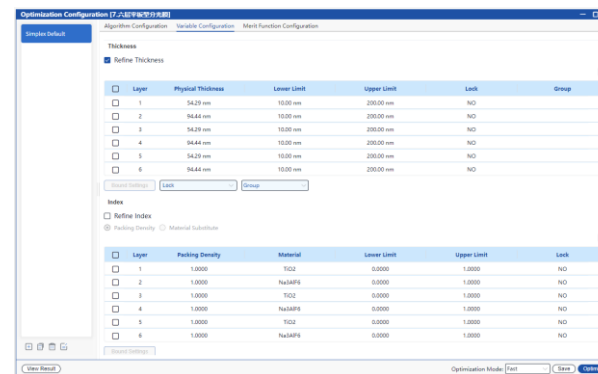
优化设置

结果查看

角度匹配

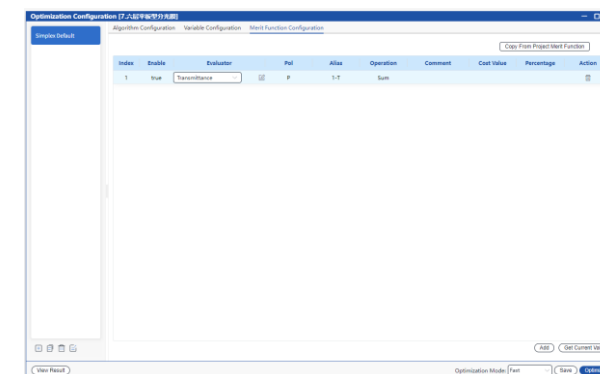


算法: Nelder-Mead



变量: 膜层厚度

范围限制: 10-200 nm



目标: 在 400-700 nm 波段内入射角 0° 时
反射率达到50%

减反射膜

初始结构

角度匹配

平板分光镜

采用Nelder-Mead 算法对各层厚度进行优化, 目标是在 400-700 nm波长范围内、 0° 入射角时透射率达到50%。

关于优化的更多信息: [Tutorial 01: Optimization Workflow](#)

分光膜

初始结构

优化设置

结果查看

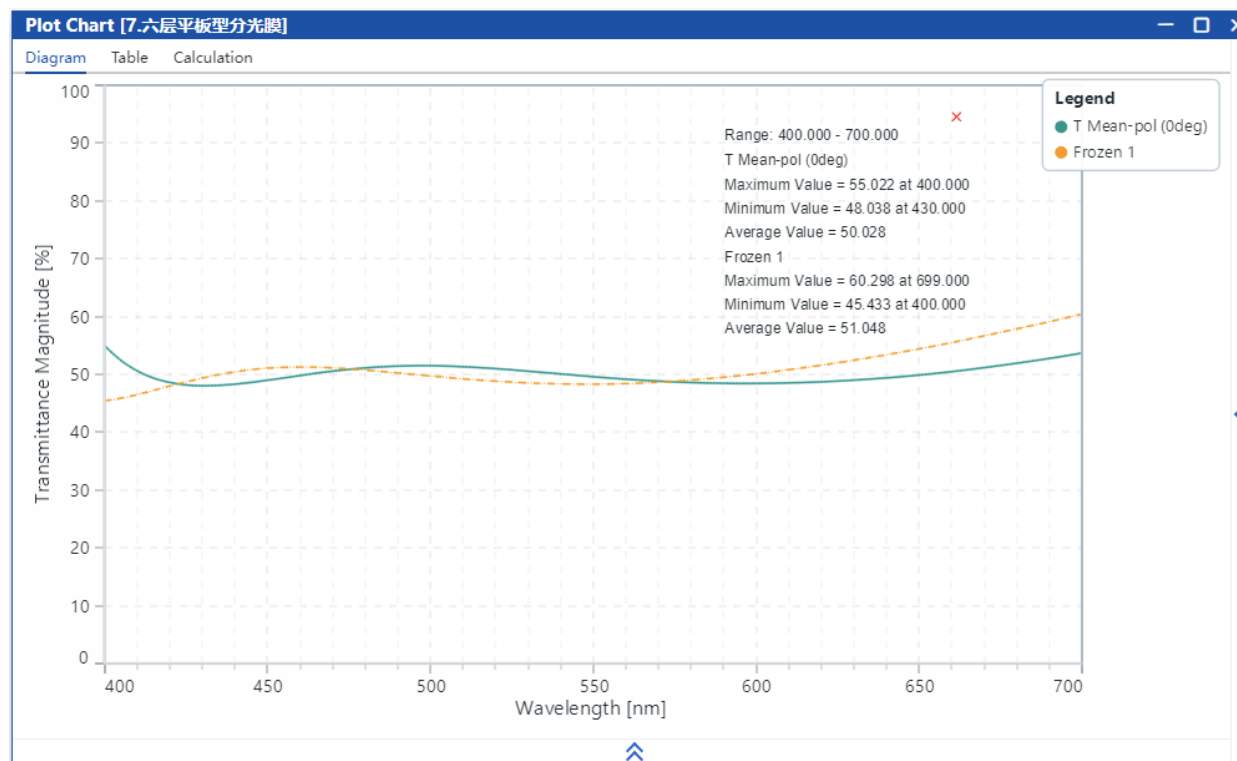
角度匹配

减反射膜

初始结构

角度匹配

平板分光镜



优化后的膜系在 0° 入射下已满足设计指标，但在 45° 入射时（黄色虚线），最大反射率超出设计要求 8%，因此后续仍需进行角度匹配调整。

分光膜

初始结构

优化设置

结果查看

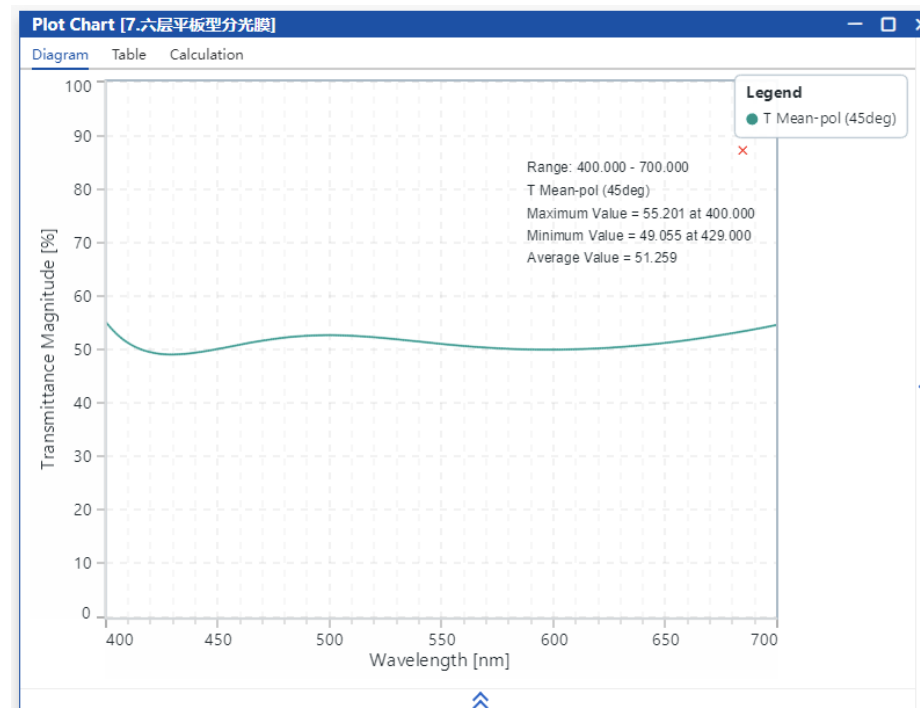
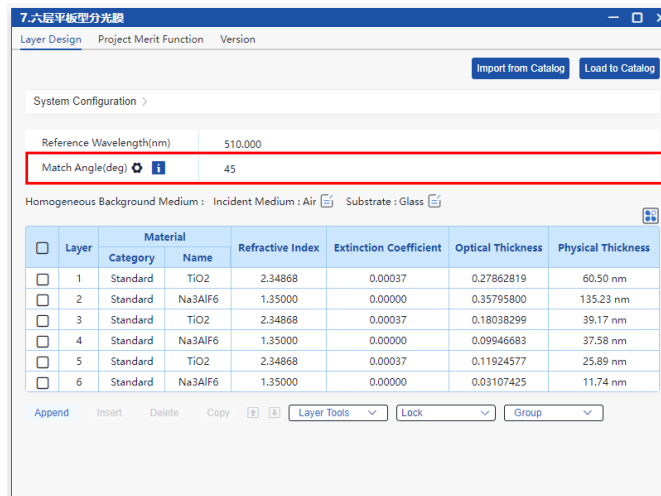
角度匹配

减反射膜

初始结构

角度匹配

平板分光镜



角度匹配后的分光膜已经满足了设计指标。

关于角度匹配的更多信息: [Tutorial 03: Match Angle](#)

分光膜

初始结构

优化设置

结果查看

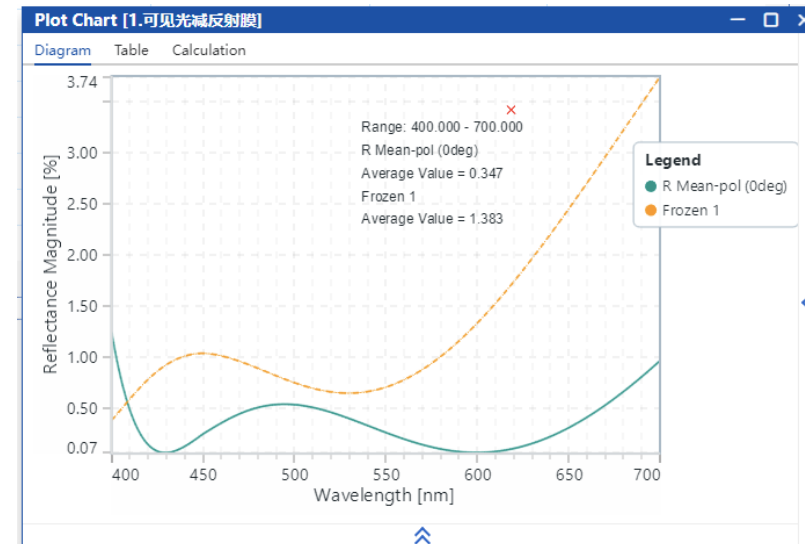
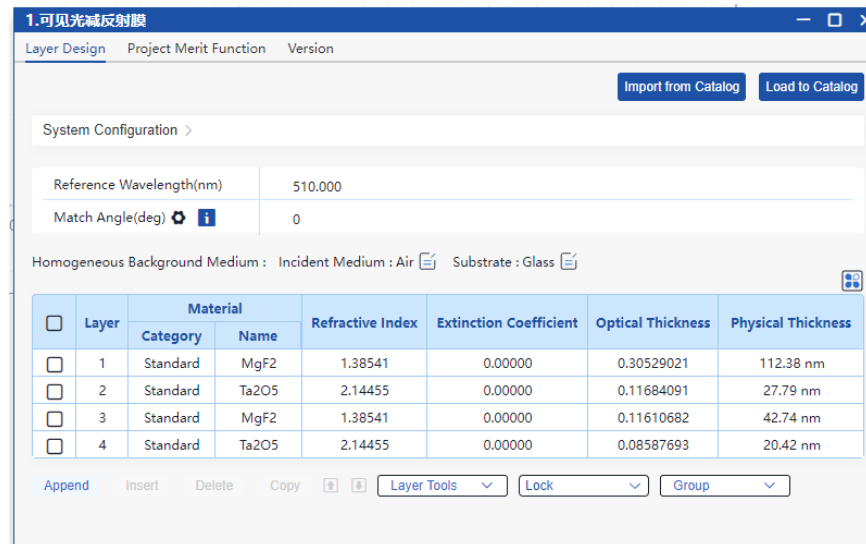
角度匹配

减反射膜

初始结构

角度匹配

平板分光镜



之前分光膜的设计基于理想情况，未考虑实际镀制在平板上所引入的额外反射。因此，需要在平板背面增加减反射膜以降低反射率。本设计中使用了已优化的可见光减反射膜。然而，由于该减反射膜是针对 0° 入射角优化的，在 45° 入射条件下（黄色虚线）减反效果较差，因此后续仍需进行角度匹配优化。

分光膜

初始结构

优化设置

结果查看

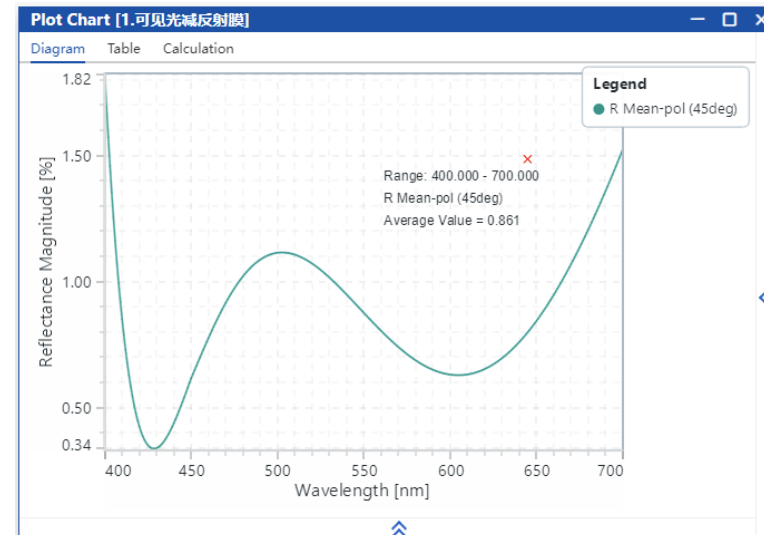
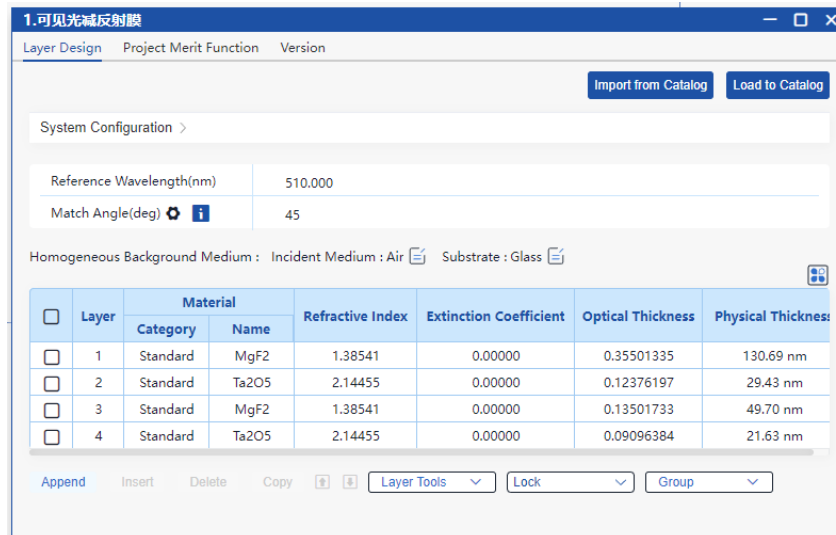
角度匹配

减反射膜

初始结构

角度匹配

平板分光镜



角度匹配后的减反射膜光谱如上图所示。

关于角度匹配的更多信息: [Tutorial 03: Match Angle](#)

分光膜

初始结构

优化设置

结果查看

角度匹配

减反射膜

初始结构

角度匹配

平板分光镜

平板分光镜

Layer Design Project Merit Function Version

Import from Catalog Load to Catalog

System Configuration >

Reference Wavelength(nm) 510.000

Match Angle(deg) 45

Homogeneous Background Medium : Incident Medium : Air Substrate : Air

	Medium Type	Layer	Material		Refractive Index	Extinction Coefficient	Optical Thickness	Physical Thickness	Medium Thickness
			Category	Name					
<input type="checkbox"/>		1	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.27853901	60.48 nm	
<input type="checkbox"/>		2	Standard	Na3AlF6	1.35000	0.00000	0.35806147	135.27 nm	
<input type="checkbox"/>		3	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.18038712	39.17 nm	
<input type="checkbox"/>		4	Standard	Na3AlF6	1.35000	0.00000	0.09945427	37.57 nm	
<input type="checkbox"/>		5	Standard	TiO2	2.34868	0.00037	0.11923961	25.89 nm	
<input type="checkbox"/>		6	Standard	Na3AlF6	1.35000	0.00000	0.03107417	11.74 nm	
<input type="checkbox"/>	Parallel	7	Substrate	Glass	1.52083	0.00000			2.000 mm
<input type="checkbox"/>		8	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.09096384	21.63 nm	
<input type="checkbox"/>		9	Standard	MgF2	1.38541	0.00000	0.13501733	49.70 nm	
<input type="checkbox"/>		10	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.12376197	29.43 nm	
<input type="checkbox"/>		11	Standard	MgF2	1.38541	0.00000	0.35501335	130.69 nm	

Append Insert Delete Copy Layer Tools Lock Group

如上图所示，通过将分光膜和减反射膜分别镀制在玻璃基板的两侧，构成了一个平板型分光镜。

分光膜

初始结构

优化设置

结果查看

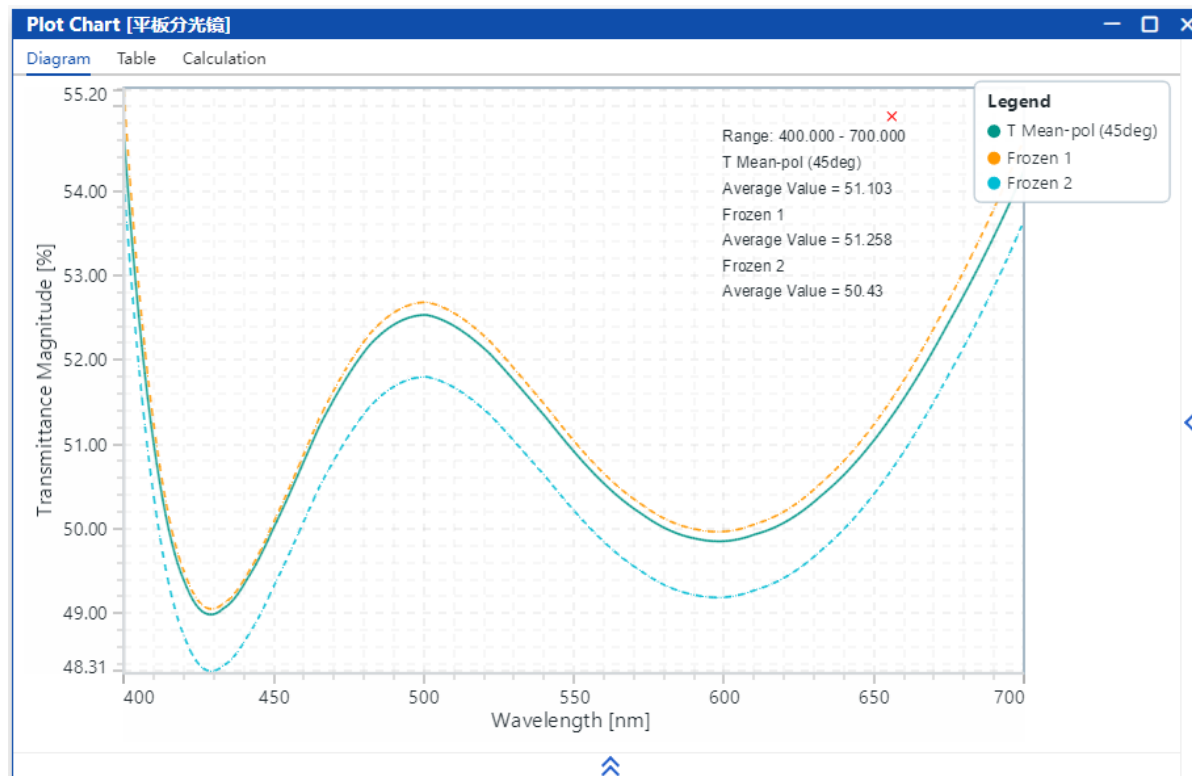
角度匹配

减反射膜

初始结构

角度匹配

平板分光镜



平板分光镜的光谱如上图所示。与未镀减反射膜的情况（蓝色虚线）相比，添加减反射膜后透射率有所提升（绿色曲线）。黄色曲线表示理想条件下的光谱表现。

内容	信息
标题	平板分光镜
文档编号	VLU-S_20250626_01
文档版本	1.0
发布日期	2025/06/26
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/>