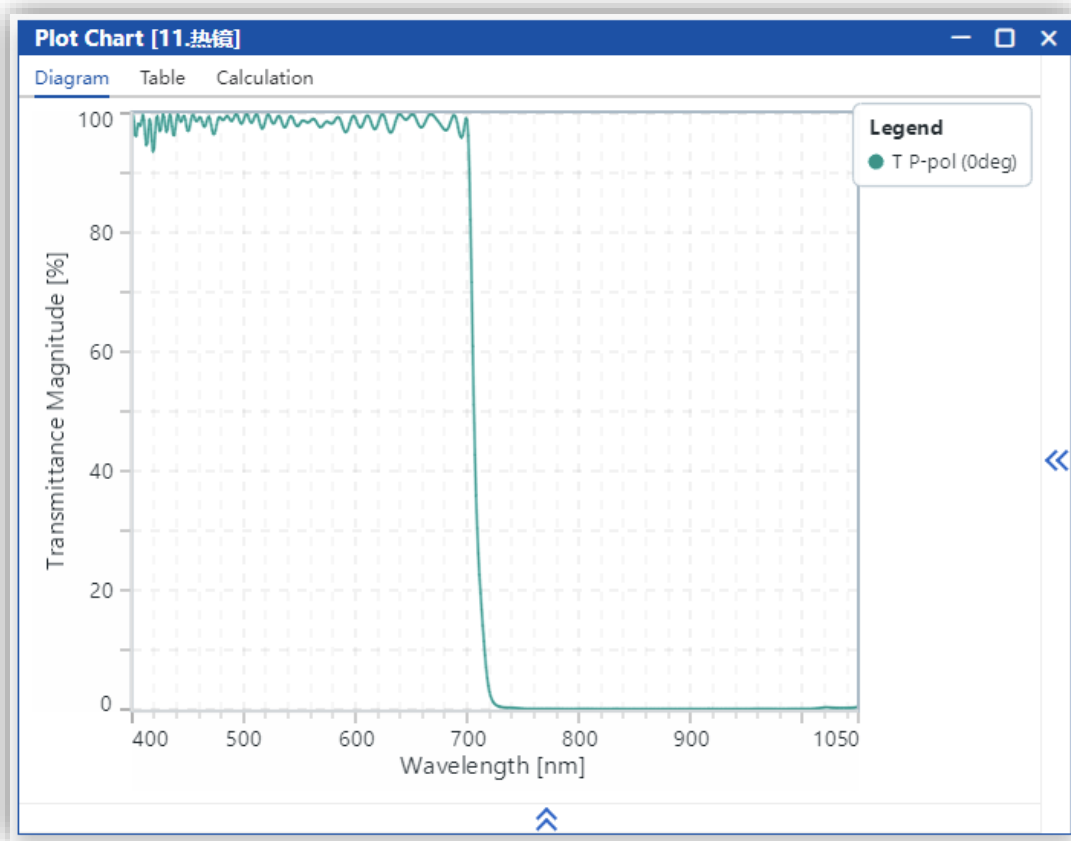


热镜



热镜能够透过可见光，同时反射超过90%的近红外和红外光，有效减少热量进入系统，防止因热积聚而造成投影系统损坏，因此是投影系统中的理想选择。

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，设计出一种在 0° 入射使用的热镜。

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
- 工作波长: 400-1050 nm
- 通带: 平均透射率>98%, 400-700 nm
- 截止带: 平均透射率<1%, 740-1050 nm

设计一个热镜，目标是在400-700 nm通带内平均透射率>98%，在740-1050 nm截止带内平均透射率<1%。

设计结果

11. 热镜

Layer Design Project Merit Function Version

Import from Catalog Load to Catalog

System Configuration >

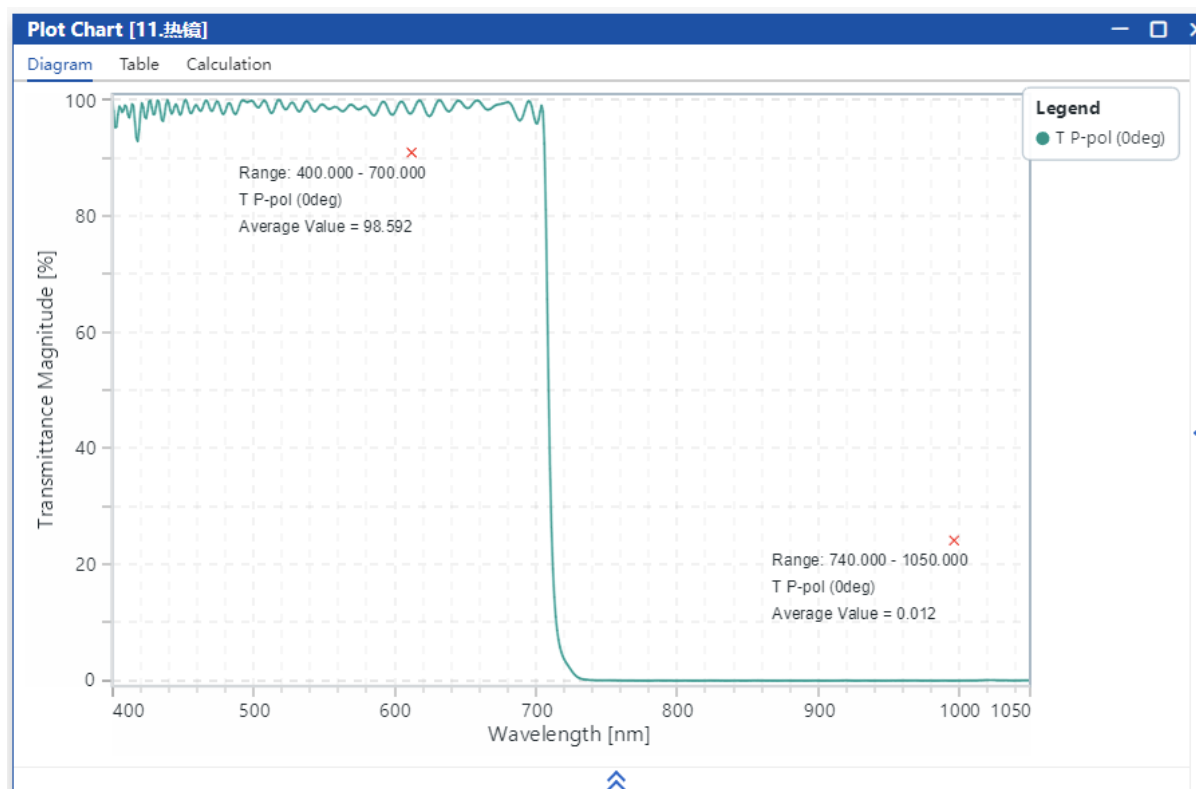
Reference Wavelength (nm) 510.000

Match Angle (deg) 0

Homogeneous Background Medium: Incident Medium: Air Substrate: Glass

Layer	Material Category	Name	Refractive Index	Extinction Coefficient	Optical Thickness	Physical Thickness	Lock
38	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.47863499	166.99 nm	d
39	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.48447775	115.21 nm	d
40	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.47863499	166.99 nm	d
41	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.48447775	115.21 nm	d
42	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.47863499	166.99 nm	d
43	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.48447775	115.21 nm	d
44	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.47863499	166.99 nm	d
45	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.48447775	115.21 nm	d
46	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.47863499	166.99 nm	d
47	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.48447775	115.21 nm	d
48	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.47863499	166.99 nm	d
49	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.48447775	115.21 nm	d
50	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.47863499	166.99 nm	d
51	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.48447775	115.21 nm	d
52	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.47863499	166.99 nm	d
53	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.48447775	115.21 nm	d
54	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.47863499	166.99 nm	d
55	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.48447775	115.21 nm	d
56	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.47863499	166.99 nm	d
57	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.48447775	115.21 nm	d
58	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.44922899	156.73 nm	No
59	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.45452263	108.09 nm	No
60	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.47554314	165.91 nm	No
61	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.48589022	115.55 nm	No
62	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.02867929	10.01 nm	No

Append Insert Delete Copy Layer Tools Lock Group



设计结果如图所示， 0° 入射时，通带平均反射率 $>98\%$ ，截止带平均反射率小于 1% ，满足设计指标。

设计流程

初始结构

膜堆叠加

膜层锁定

优化设置

结果查看

入射介质: 空气

基板: 玻璃

λ_0 : 797nm

符号	材料	光学厚度(全波)	物理厚度(nm)
----	----	----------	----------

L	SiO2	0.25	
---	------	------	--

H	Ta2O5	0.25	
---	-------	------	--

初始公式 空气 | (0.5L H 0.5L)^15 | 玻璃

计算范围 400nm 1050nm

初始结构是一个对称膜堆: $(0.5L \ H \ 0.5L)^{15}$

初始结构

膜堆叠加

膜层锁定

优化设置

结果查看

Formula [初始_component01]

Symbol	Material	Optical Thickness	Physical Thickness	Packing Density
H	Standard Ta2O5	0.25000000	94.05 nm	1.0000
L	Standard SiO2	0.25000000	137.08 nm	1.0000

Formula:
(0.5L H 0.5L)*15

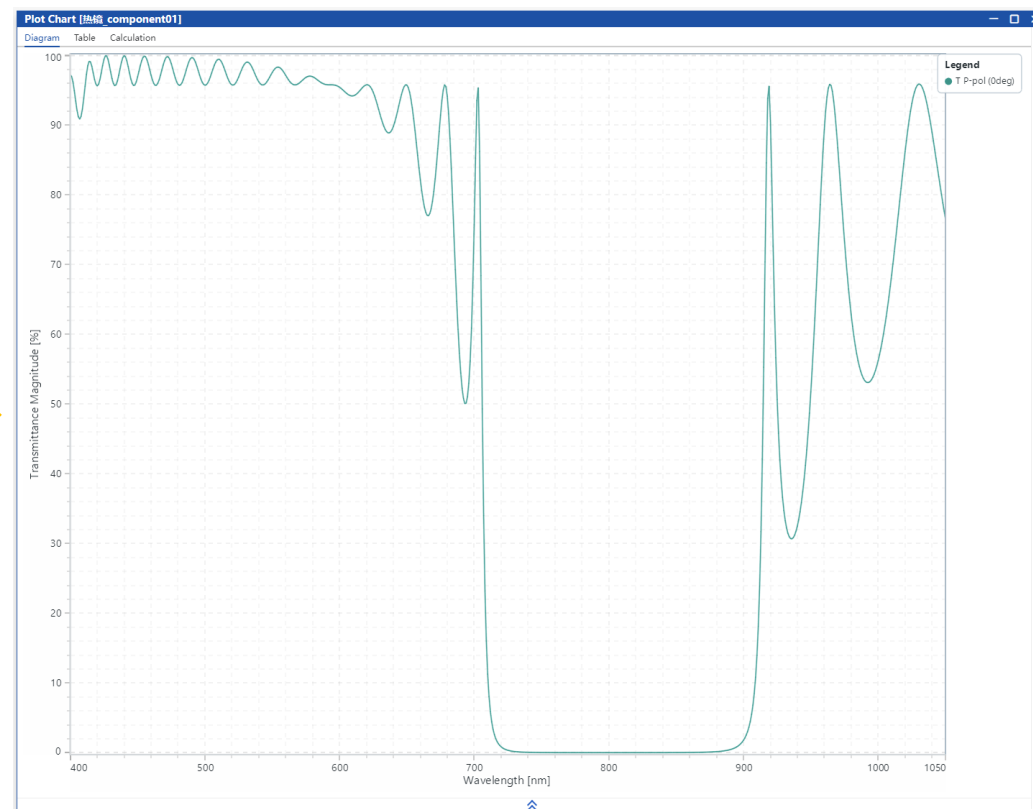
初始_component01

System Configuration

Reference Wavelength (nm): 797.000
Match Angle (deg): 0

Homogeneous Background Medium: Air
Incident Medium: Air
Substrate: Glass

Layer	Material	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



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](#)

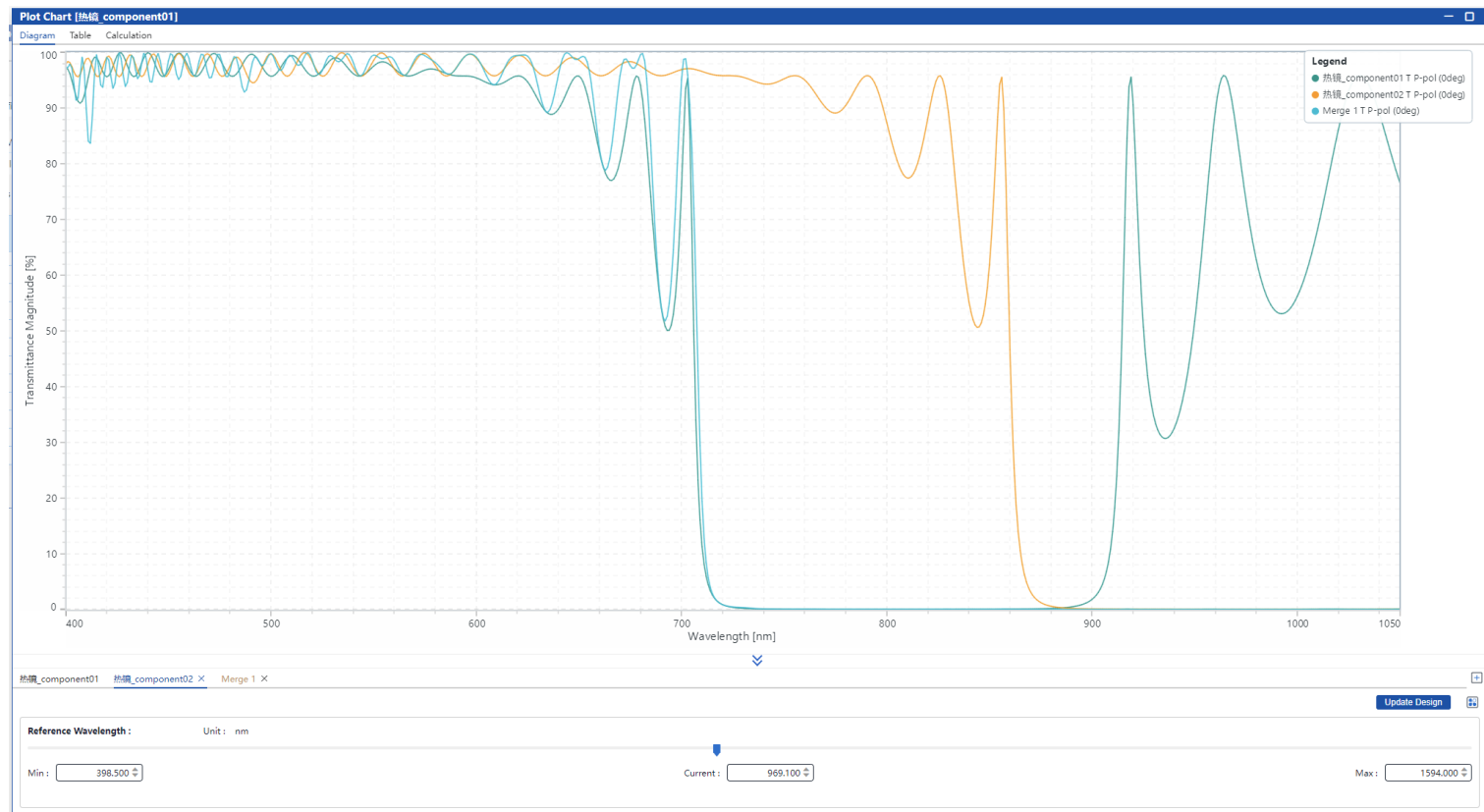
初始结构

膜堆叠加

膜层锁定

优化设置

结果查看



使用光谱图中的“项目合并”功能，可将两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。图中的蓝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: 多项目光谱对比与项目合并](#)

初始结构

膜堆叠加

膜层锁定

优化设置

结果查看

11. 热镜

Layer Design Project Merit Function Version

Import from Catalog Load to Catalog

System Configuration >

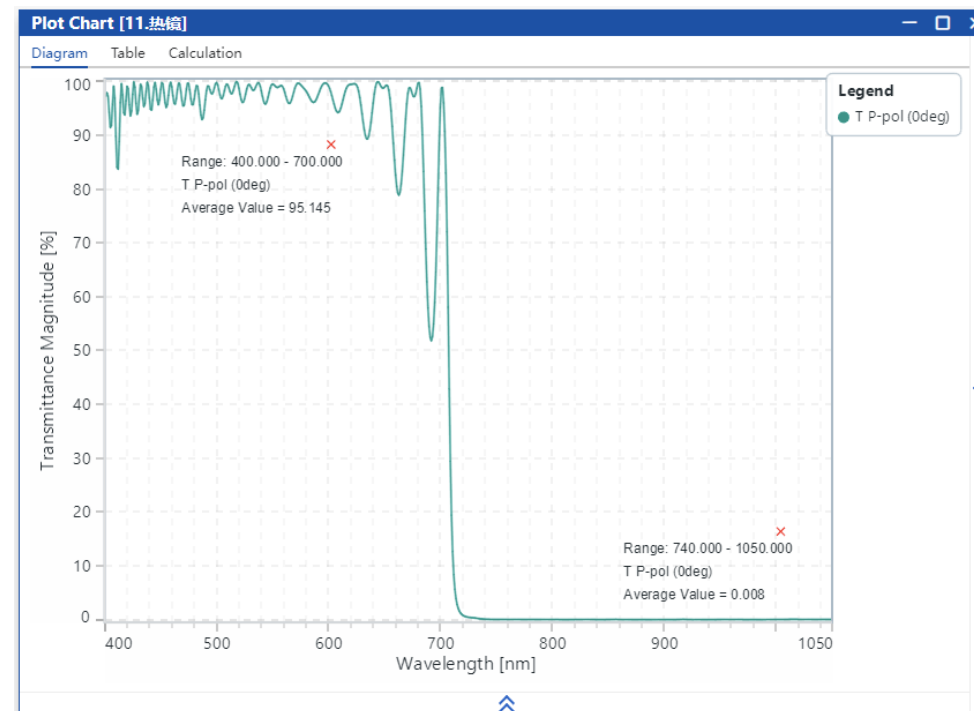
Reference Wavelength (nm) 510.000

Match Angle (deg) 0

Homogeneous Background Medium: Incident Medium: Air Substrate: Glass

Layer	Material		Refractive Index	Extinction Coefficient	Optical Thickness	Physical Thickness
	Category	Name				
48	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.47863499	166.99 nm
49	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.48447775	115.21 nm
50	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.47863499	166.99 nm
51	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.48447775	115.21 nm
52	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.47863499	166.99 nm
53	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.48447775	115.21 nm
54	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.47863499	166.99 nm
55	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.48447775	115.21 nm
56	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.47863499	166.99 nm
57	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.48447775	115.21 nm
58	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.47863499	166.99 nm
59	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.48447775	115.21 nm
60	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.47863499	166.99 nm
61	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.48447775	115.21 nm
62	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.23931750	83.49 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了指标，但通带平均透射率仍不达标且有较多波纹。

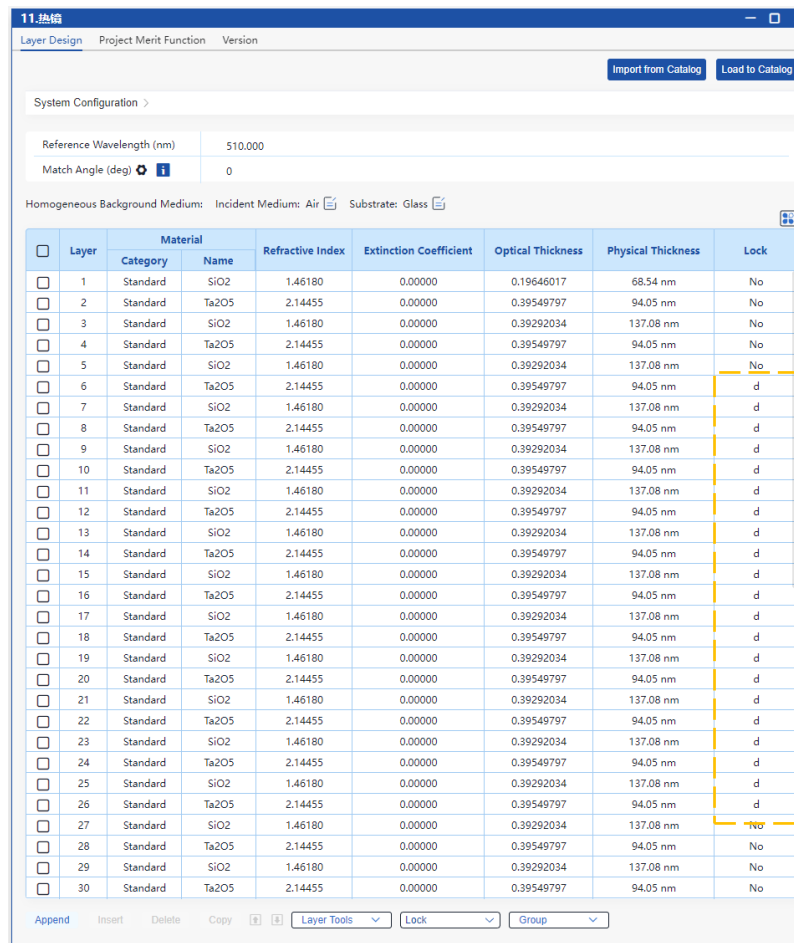
初始结构

膜堆叠加

膜层锁定

优化设置

结果查看



Layer	Material		Refractive Index	Extinction Coefficient	Optical Thickness	Physical Thickness	Lock
	Category	Name					
1	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.19646017	68.54 nm	No
2	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.39549797	94.05 nm	No
3	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.39292034	137.08 nm	No
4	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.39549797	94.05 nm	No
5	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.39292034	137.08 nm	No
6	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.39549797	94.05 nm	d
7	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.39292034	137.08 nm	d
8	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.39549797	94.05 nm	d
9	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.39292034	137.08 nm	d
10	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.39549797	94.05 nm	d
11	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.39292034	137.08 nm	d
12	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.39549797	94.05 nm	d
13	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.39292034	137.08 nm	d
14	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.39549797	94.05 nm	d
15	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.39292034	137.08 nm	d
16	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.39549797	94.05 nm	d
17	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.39292034	137.08 nm	d
18	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.39549797	94.05 nm	d
19	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.39292034	137.08 nm	d
20	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.39549797	94.05 nm	d
21	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.39292034	137.08 nm	d
22	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.39549797	94.05 nm	d
23	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.39292034	137.08 nm	d
24	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.39549797	94.05 nm	d
25	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.39292034	137.08 nm	d
26	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.39549797	94.05 nm	d
27	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.39292034	137.08 nm	No
28	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.39549797	94.05 nm	No
29	Standard	SiO2	1.46180	0.00000	0.39292034	137.08 nm	No
30	Standard	Ta2O5	2.14455	0.00000	0.39549797	94.05 nm	No

将第 6 至第 26 层以及 37 至 57 层的膜厚进行锁定，锁定后这些层在优化过程中将保持不变。仅保留靠近入射介质，两个膜堆间的膜层以及靠近基底的膜层作为匹配层参与优化，以在不影响截止带性能的前提下，有效降低通带波纹。

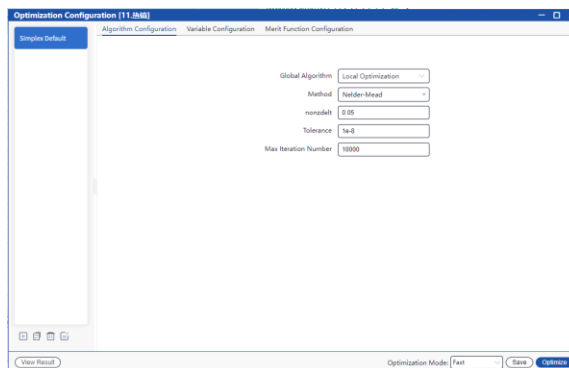
初始结构

膜堆叠加

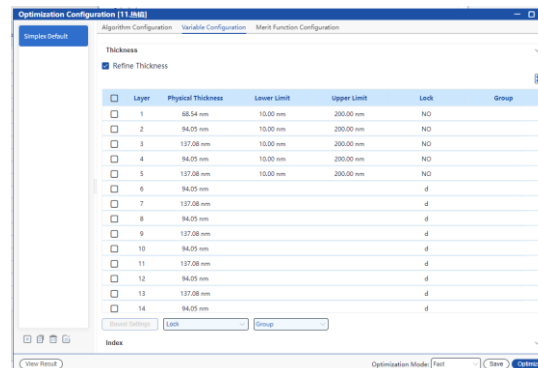
膜层锁定

优化设置

结果查看

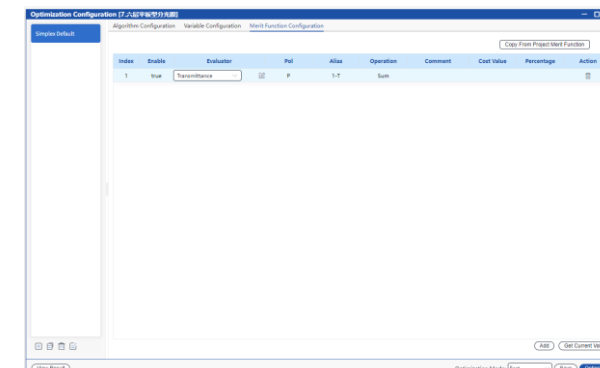


算法: Nelder-Mead



变量: 第 1-5 层, 第 27-36 层与第 58-62 层的厚度

范围限制: 10-200 nm



目标: 在 400-700 nm 波段内入射角 0° 时反射率最大

通过 Nelder-Mead 算法优化第 1-5 层、第 27-36 层及第 58-62 层的厚度, 以在 400-700 nm 范围内、正入射条件下最大化透射率。

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

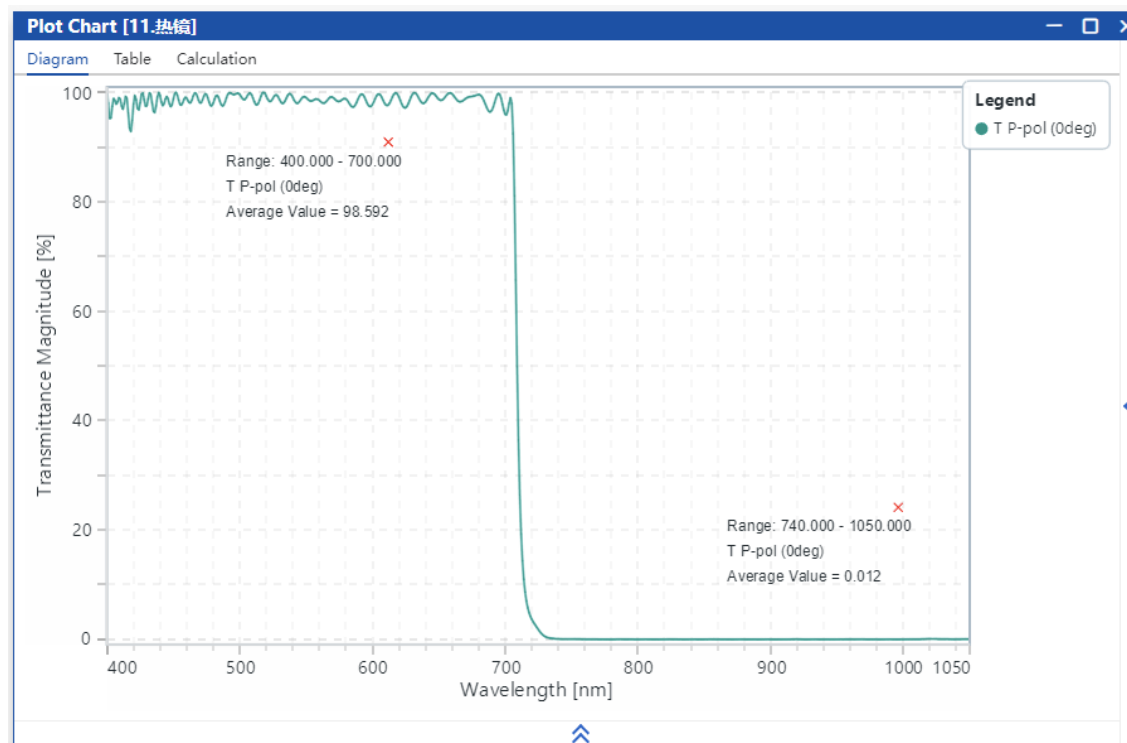
初始结构

膜堆叠加

膜层锁定

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98%，满足设计要求。

内容	信息
标题	热镜
文档编号	VLU-S_20250701_02
文档版本	1.0
发布日期	2025/07/01
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/>