

Glan-Taylor 棱镜端面增透膜的研制

赵 培¹ 吴福全^{1,*} 郝殿中¹ 王 初² 任树锋¹

(1 曲阜师范大学激光研究所, 曲阜 273165)

(2 曲阜师范大学物理工程学院, 曲阜 273165)

摘 要 为了提高 Glan-Taylor 棱镜的透射率, 改善其使用性能, 研究了 Glan-Taylor 棱镜增透膜的设计、制备及测试. 经过多次工艺实验选择了膜料并找到了合适的蒸镀条件, 较好的解决了膜层与冰洲石晶体的附着力, 用膜系软件进行了优化设计, 并利用电子束蒸发方法实际制备了设计的膜系. 最后利用岛津 UV3101 分光光度计测试了棱镜端面增透膜的反射光谱特性, 测量结果表明镀膜以后在设计的光谱区域内端面的反射率均小于 0.4%, 并且膜层牢固.

关键词 薄膜光学; Glan-Taylor 棱镜; 增透膜; 附着力

中图分类号 O439; O436.3 **文献标识码** A

0 引言

Glan-Taylor 棱镜是偏光技术中的重要器件, 广泛应用于线偏光的获得及检验中^[1]. 这种棱镜的消光比优于 10^{-5} , 抗光损伤阈值高, 使用光谱范围宽 (280~2800 nm), 但是棱镜的每个通光面上有约 4% 的剩余反射, 使得棱镜的透射率不高, 一般只有 85% 左右. 在棱镜的通光面上蒸镀增透膜能够减小通光面的反射率, 但是由于冰洲石晶体热力学性质的各向异性以及较低的硬度使得膜层和基体的附着力差, 容易脱膜, 因此, 在膜料的选择、蒸镀的工艺条件及膜系设计上进行探索, 以获得牢固的膜层、理想的增透效果是一项十分有意义的工作.

1 附着力实验

由于冰洲石基体的附着力差, 实验使用经过精细抛光的冰洲石晶体立方块 (标准块) 作为基体, 晶体光轴平行于抛光面. 蒸镀前用脱脂棉球蘸 2:1 的酒精和乙醚的混合液仔细擦洗干净. 所有膜层都是用电子束蒸发的方法制备, 镀制时间为 3 min, 镀制完成后经过自然冷却取出. 样品取出后先观察其牢固情况, 然后用脱脂棉球蘸酒精轻擦膜层表面, 如果不掉膜就加大力量重擦表面, 如果依然牢固, 就用胶带粘离^[1~3]. 这些方法虽然只是定性测试, 但也能够较好地说明膜层的附着力. 实验中样品制备条件及测试结果如表 1.

从表 1 看出, 对于冰洲石晶体基体, 以 220℃ 的基体温度制备的 Al_2O_3 和 ZrO_2 附着力最好, 即使用胶带粘离也不脱膜. 180℃ 和 260℃ 温度下 1 膜料附着力稍差, 但也较为牢固. 因此, 这两种膜料可以

表 1 冰洲石基体附着力实验

膜料	制备条件		测试方法			
	真空度 /Pa	温度 /℃	取出观察	轻擦	重擦	胶带粘离
MgO	3×10^{-3}	180	掉膜			
MgO	3×10^{-3}	220	不掉膜	掉膜		
SiO ₂	3×10^{-3}	180	不掉膜	掉膜		
SiO ₂	3×10^{-3}	220	掉膜			
HfO ₂	3×10^{-3}	220	掉膜			
Al ₂ O ₃	3×10^{-3}	180	不掉膜	不掉膜	不掉膜	掉膜
Al ₂ O ₃	3×10^{-3}	220	不掉膜	不掉膜	不掉膜	不掉膜
ZrO ₂	3×10^{-3}	180	不掉膜	不掉膜	不掉膜	掉膜
ZrO ₂	3×10^{-3}	220	不掉膜	不掉膜	不掉膜	不掉膜
ZrO ₂	3×10^{-3}	260	不掉膜	不掉膜	不掉膜	掉膜

作为内层膜使用. MgO , SiO_2 附着力较差, 当膜层较薄时轻擦即可脱落, 膜层较厚时会自然脱掉. HfO_2 附着力最差, 从真空室中取出后膜层很快破裂脱落. 因此这几种膜料只能作为中间层或外层膜使用.

2 膜系设计

2.1 端面增透膜的设计

由附着力实验可知 Al_2O_3 和 ZrO_2 可以作为内层膜使用, Al_2O_3 的折射率在 1.6 左右, ZrO_2 的折射率在 1.9~2.1 之间, 因此膜系设计时内层膜折射

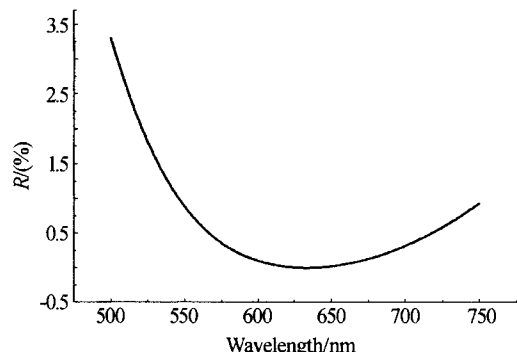


图 1 G/1.62 1.95 1.45/A 反射光谱
Fig. 1 Reflective spectral of G/1.62 1.95 1.45/A

*Tel:0537-4458293 Email: fqwu@mail. qfnu. edu

收稿日期: 2005-03-13

率可选择的范围是很小的. 基于此, 本文设计了膜系: $G/1.62\ 1.95\ 1.45/A$.

用软件模拟得到反射曲线如图 1, 在 633 nm 处, 剩余反射率为 0.006%, 增透效果很理想(控制波长和中心波长都是 633 nm).

2.2 宽带增透膜的设计

$\lambda/4-\lambda/2-\lambda/4$ 结构的膜系称为宽带增透膜的“母膜系”, 从这里可以派生出很多种类的宽带增透膜设计^[4], 从这一结构出发, 设计了两组膜系: ① $G/1.6^2\ 1.72\ 1.97\ 1.45/A$, 反射光谱见图 2(a); ② $G/1.6^1.95\ 1.45^1.4\ 1.7^0.9\ 1.95\ 1.45/A$, 反射光谱如图 2(b). 对于第一组膜系, 从 485 nm~645 nm 范围内平均剩余反射为 0.111%, 带宽较窄. 第二组膜系带宽较宽, 低反射区从 450 nm~690 nm 有 240 nm 的带宽, 但是剩余反射较高, 平均反射率为 0.276%; 实际中可以根据需要选择不同的膜系.

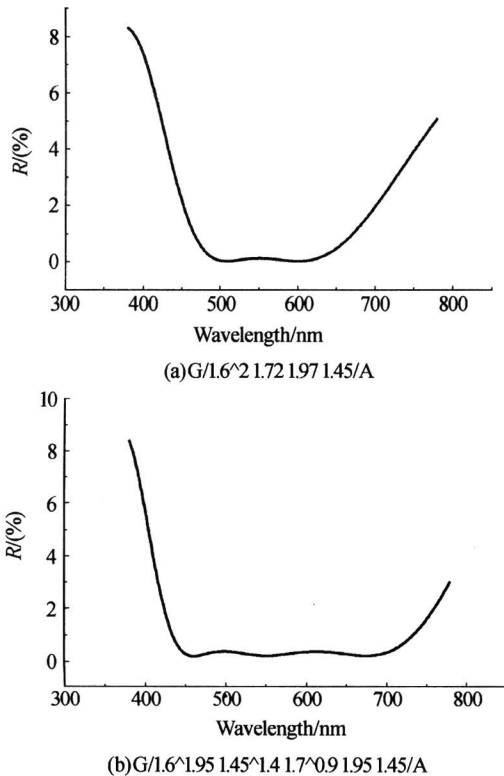


图 2 反射光谱
Fig. 2 Reflective spectral

对于不同的中心波长, 膜系的带宽是不同的, 其规律是随着中心波长的增加带宽变宽, 在实际制备时应注意这一点^[5].

3 膜系的制备与性能测试

3.1 制备

实验根据设计的膜系, 制备了端面 633 nm 窄带增透膜、端面 750 nm~900 nm 及 1150 nm~1490 nm 宽带增透膜. 为了测量的方便, 以标准块的抛光面

作为棱镜端面窄带、宽带增透膜的基体, 棱镜斜面增透膜直接镀在棱镜的斜面上. 镀膜前基体表面用脱脂棉球蘸 2:1 酒精和乙醚混合液擦洗干净, 然后放入真空室中蒸镀. 薄膜是利用电子束蒸发的方法制备的, 镀膜结束后自然冷却至室温取件测量.

3.2 性能测试

棱镜端面增透膜反射光谱的测量是在日本岛津产 UV3101PC 型紫外-可见-红外分光光度计上完成的. 测量反射光谱借助了相对反射率测量附件, 样品的绝对反射率是和标准样品相比较得到的, 由于增透膜的反射率较低, 一般都要小于 1%, 所以用一面磨毛的 K9 玻璃平板作为标准样品, 在可见和近红外波段, 其反射率为约为 4.2%. 测量反射光谱时, 取走测量光路的样品后仪器显示的反射率并不为零, 并且随波长的改变而变化, 为此扫描了一条本底曲线, 显然样品的反射率中包含了这一曲线^[6], 在计算应减去. 样品的绝对反射率公式为

样品的绝对反射率 = (直接测量的反射率 - 本底反射率) \times 0.042

由于 K9 玻璃有一定色散, 所以计算中有一定误差, 但仍然能够反映出增透膜的增透效果. 作为比较, 测量了基体的反射率, 见图 3(a)、(b), 可见区 o 光反射率在 6% 左右, e 光反射率在 3.8% 左右, 红外波段 e 光反射率在 3.4% 左右, 和理论计算相符,

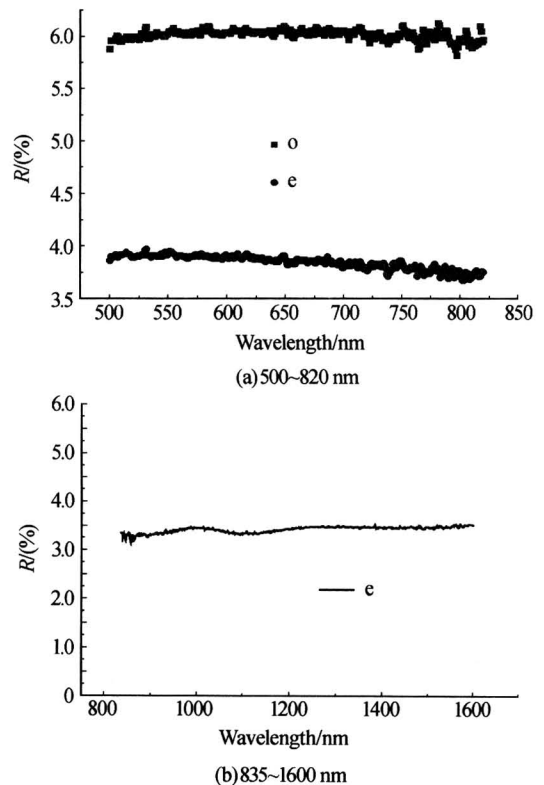


图 3 标准块端面实测反射光谱
Fig. 3 Reflective spectrum of the end surface of the Iceland crystal

说明测量结果是可信的.

图 4 为 Glan-Taylor 棱镜端面在 633 nm 处窄带增透膜反射光谱测量结果, 反射率为 0.21%, 反射率最小值为 0.13%, 在 643 nm 处, 这说明镀制时控制波长偏长.

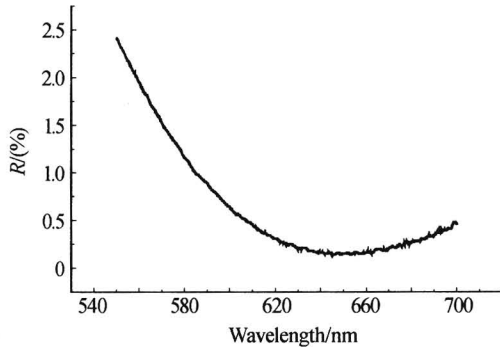


图 4 633 nm 窄带增透膜实测反射光谱

Fig. 4 Measurement reflective spectral of 633 nm AR

图 5(a)、(b)分别为端面在 750 nm~900 nm、

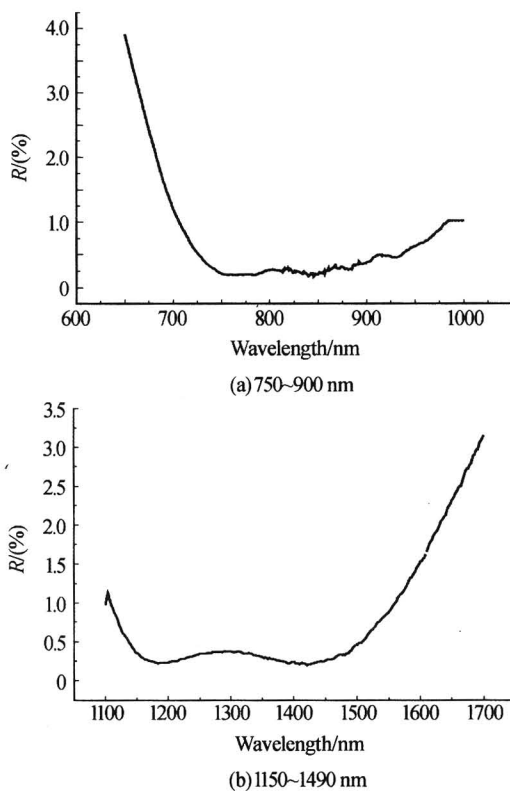


图 5 宽带增透膜实测反射光谱

Fig. 5 Measurement reflective spectral of broadband AR

1150 nm~1490 nm 范围内宽带增透膜实测反射光谱, 平均反射率分别为 0.388%、0.299%.

4 结论

通过附着力实验发现 Al_2O_3 和 ZrO_2 在 220°C 和一定的蒸发速率下与冰洲石基体结合的最为牢固, 可以作为内层膜使用. 在此基础上本文设计、制备并测试了 633 nm 窄带增透膜及 750~900 nm 和 1150 nm~1490 nm 宽带增透膜, 测试结果表明 633 nm 增透膜的剩余反射为 0.21%, 而两个宽带增透膜的平均反射为 0.39% 和 0.3%, 大大降低了 Glan-Taylor 棱镜端面反射率^[7], 并且膜层牢固, 说明本文的设计、制备是成功的.

参考文献

- 王海宴, 杨廷梧. 激光水下偏振特性用于目标图象识别. 光子学报, 2003, **32**(1): 9~13
Wang H Y, Yang T W. *Acta Photonica Sinica*, 2003, **32**(1): 9~13
- 顾陪夫. 薄膜技术. 杭州: 浙江大学出版社, 1990
Gu P F. *Thin film technique*. Hangzhou: Zhejiang University Press, 1990
- Anthony E E. Stresses developed in optical film coatings. *Applied Optics*, 1966, **15**(1): 51~61
- 林永昌, 卢维强. 光学薄膜原理. 北京: 国防工业出版社, 1990
Lin Y C, Lu W Q. *The principle of the optical thin film*. Beijing: National Defence Industry Press, 1990
- Sven Laux, Nobert Kaiser, et al. Broad-band antireflection coatings deposited with ion-assisted evaporation. Part of the EUROPTO Conference on Advances in Optical Interference Coatings, Berlin, Germany. *SPIE*, 1999, **3738**: 76~80
- 王英剑, 王靖, 宋永香, 等. 白宝石窗口增透膜的研究. 中国激光, 2001, **28**(8): 765~768
Wang Y J, Wang J, Song Y X, et al. *Chinese Journal of Lasers*, 2001, **28**(8): 765~768
- 张晓辉, 丁双红. 规整膜系层厚允许误差的研究. 光子学报 2003, **32**(9): 1145~1148
Zhang X H, Ding S H. *Acta Photonica Sinica*, 2003, **32**(9): 1145~1148

The Development of the Glan-Taylor Prism AR Film

Zhao Pei¹, Wu Fuquan^{1,*}, Hao Dianzhong¹, Wang Reng², Ren Shufeng¹

¹ Institute of Laser Research, Qufu Normal University, Qufu 273165

² Department of Physics, Qufu Normal University, Qufu 273165)

Received date: 2005-03-15

Abstract For increasing the transmissivity of the Glan-Taylor prism and making its performance better, the design, evaporation and measurement of the Glan-Taylor prism's antireflection films were studied. The suitable film materials and control condition were found by engineering testing for many times and solved the problem of the adhesive power between the film and the Iceland crystal. The film structure was designed using the film soft and the film was evaporated on the Iceland crystal surface according to the film structure which had been designed. The reflective spectral of the antireflective film were measured by spectral photometers. The result of the measurement shows that the reflectance of the end surface, which had been filmed, is less than 0.4% in the range of spectral regions, and the adhesive power of the film is firm.

Keywords Thin-film optic; Glan-Taylor prism; Antireflection film; Adhesive power



Zhao Pei was born in Tengzhou in Sep. ,1977. He is a graduate student in Laser Research Institute of Qufu Normal University. His major is optical thin-film.