

文章编号:1002-2082(2008)SO-0015-03

硒化锌基底上减反射膜的镀制

师建涛, 赵兴梅, 郭鸿香

(西安应用光学研究所, 陕西 西安 710065)

摘要: 硒化锌是红外光学系统中常用的材料, 由于该材料的透过率比较低, 并且比较软, 因此需要镀制适当膜层以增加其透过率和机械强度。介绍了一种在硒化锌基底上镀制减反射膜的方法, 该方法采用离子源辅助沉积的方法蒸镀硫化锌, 并把它作为与硒化锌的结合层; 采用共蒸发技术蒸镀2种不同的材料, 并把它作为低折射率和保护层材料。最后得到的膜系满足环境稳定标准和强度标准, 并且在 $3\mu\text{m}\sim 5\mu\text{m}$ 波段范围内的平均透过率可以达到98%。

关键词: 红外光学系统; 减反射膜; 离子源辅助沉积; 共蒸发技术

中图分类号: TN213

文献标志码: A

Fabrication of anti-reflection film on zinc selenide substrate

SHI Jian-tao, ZHAO Xing-mei, GUO Hong-xiang

(Xi'an Institute of Applied Optics, Xi'an 710065, China)

Abstract: Since the crystal ZnSe is soft and low transparent, a thin-film coating must be deposited on its surface to increase its transparence and machine strength. A method of depositing anti-reflection film on the surface of ZnSe substrate is introduced, which adopts ion source to deposit zinc sulfide (ZnS) as a combinative layer of crystal zinc selenide (ZnSe). The two kinds of different fluoride material were evaporated as a low refractive index and protective layer by using the total evaporation technology. A film system which meets the standard of environment and rigidity was prepared. Besides, its average transmissivity attains to 98% at the range of $3\mu\text{m}\sim 5\mu\text{m}$.

Key words: infrared optical system; anti-reflection film; ion source auxiliary deposition; total evaporating technology

引言

硒化锌是红外光学系统中常用的重要材料之一, 具有很好的机械特性和宽光谱($0.5\mu\text{m}\sim 20\mu\text{m}$)透光光学特性。但是, 由于该材料的硬度和透过率(在 $4\mu\text{m}$ 处的透过率 $\tau\geq 70\%$)都相对比较低, 因此既能够增透又能够抵御一定的外力冲击, 这是提高其应用范围的关键。加之可应用在红外区域中的镀膜材料不多, 而且一般的镀膜材料与其结合不牢, 这些都限制了其应用。为此我们提出了一

种可以在硒化锌基底上沉积优质减反射膜的工艺, 该工艺不但可以减少硒化锌表面的反射损失, 而且膜层牢固, 抗摩擦能力强, 有一定的保护作用。本文论述了既满足光谱特性, 又具有一定的牢固度的硒化锌基底上的减反射膜设计和工艺。

1 原理

离子辅助沉积(IAD)是在真空热蒸发的基础上发展起来的一种辅助沉积方法。当膜料从电子束

加热蒸发源蒸发时,淀积粒子在基板表面不断受到来自离子源荷能离子的轰击,通过动量转移,使淀积粒子获得较大的动能。这一简单的过程使得薄膜生长发生了根本的变化,从而使薄膜的性能得到了改善。我们提出的工艺,采用离子源辅助沉积方法蒸镀硫化锌,并将其作为与硒化锌基底的结合层,通过离子轰击为到达基板的硫化锌粒子提供足够的动能,提高了淀积粒子的迁移率,从而使膜层聚集密度增加。同时离子源辅助沉积方法,还可使表面吸附较弱的淀积粒子被溅射和膜内空隙通过轰击塌陷而被填充等作用。

设计要求在 $3\ \mu\text{m}\sim 5\ \mu\text{m}$ 的波长范围内使平均透过率 $\bar{\tau}\geq 98\%$,在该膜系设计中我们采用双层增透膜,即在硒化锌基片上先镀一层 $\frac{1}{4}\lambda_0$ 厚的折射率为 n_2 的膜层,这时对于波长 λ_0 来说,薄膜和基底的组合系统可以用一个折射率为 $Y=\frac{n_2^2}{n_g}$ 的假想基片来等价^[1-2]。显然,当 $n_2 < n_g$ 时,有 $Y < n_g$,也就是说,在硒化锌基片上先镀上一层低折射率的 $\frac{1}{4}\lambda_0$ 厚的膜层后,基片的折射率好象从 n_g 减小到 $\frac{n_2^2}{n_g}$,然后镀上 $\frac{1}{4}\lambda_0$ 厚的另外一种折射率为 $n_1 \approx \sqrt{Y \cdot n_0} = \sqrt{(n_2^2/n_3)n_0}$ 的材料,则在中心波长 λ_0 处有 $R = \left(\frac{n_2^2 - n_1^2 n_g}{n_2^2 + n_1^2 n_g}\right)^2$ 。

2 膜系设计

该工艺的难点在于采用什么样的工艺才能使膜层沉积在硒化锌基底上不脱落,以及用什么样的材料才能使膜层与膜层间的应力最小,而且还能够达到理论增透效果。文献[2]用氟化钡、硒化锌和氟化钇 3 种材料设计的膜系(平均透过率大于 98%),但这种方法设计出来的薄膜相对比较软。为了改进薄膜的机械强度,经过多次实验,最终选择离子辅助沉积硫化锌作高折射率层,2 种材料共蒸发产生的材料 A 做低折射率层来完成工艺。考虑到材料在不同蒸镀条件下的折射率有所不同,我们先在北仪 ZZSX-1100Z 型镀膜机上进行材料实验。由在镀上单层 ZnS 薄膜后测得的光谱曲线可以计算出硫化锌在 $4\ \mu\text{m}$ 处的折射率为 $n_{\text{ZnS}}=2.2$ 。同样的方法计算出材料 A 在 $4\ \mu\text{m}$ 处折射率 $n_A=1.35$ 的理论曲线如图 1 所示。

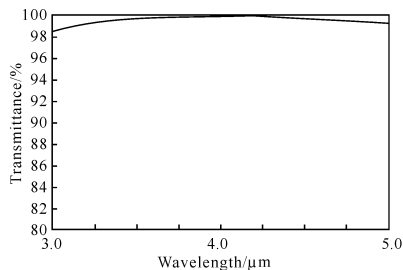


图 1 透过率设计曲线

Fig. 1 Design curve of transmissivity

3 工艺实现

该工艺是在北仪 ZZSX-1100Z 型镀膜机上实现的,沉积前我们选择的真空度为 5×10^{-4} Pa。针对硒化锌与其他材料结合时应力太大的缺点,我们在镀膜前向真空室内充氩气,并调解流量计使真空度保持在 9×10^{-4} Pa 左右,用离子源对硒化锌基底轰击 6 min,以增强基底的活性,然后再沉积 ZnS (ZnS 采用电子束蒸发技术沉积)。采用共蒸发的方法沉积混合料 A,蒸发材料的纯度均为 99.99%。基片选用直径为 20 mm,厚度为 2 mm 的双面抛光硒化锌平片,基片在行星架上旋转并用辐射加热器加热,加热温度为 $200\ \text{C}$ 。

4 结果分析

比较图 1 和图 2,我们发现理论曲线与设计的曲线存在一定的差距,这是因为在设计的时候没有考虑基底的吸收。由于不同厂家生产的硒化锌晶体的吸收系数不一样,所以在设计的时候没有计算吸收。

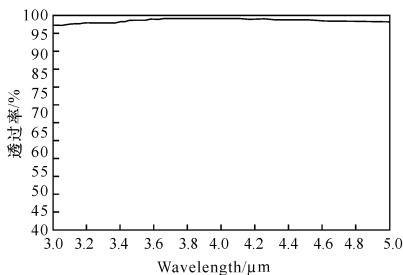


图 2 测试结果

Fig. 2 Measured curve

通过反复实验,我们发现,混合料应力的大小是随混合物的比例和蒸发温度的变化而发生变化

的,因此适当的混合物比例和蒸发温度是完成该膜系的关键。

参考文献:

- [1] 唐晋发,顾培夫,刘旭,等. 现代光学薄膜[M]. 杭州:浙江大学出版社,2006.
- [2] 李云奇. 真空镀膜技术与设备设计安装及操作维护

实用手册[M]. 北京:化学工业出版社,2006.

- [3] 潘永强,朱昌. 硒化锌基底 $8\ \mu\text{m}\sim 12\ \mu\text{m}$ 高效高稳定性减反射膜的研究[J]. 红外,2004(10):1-3.
- [4] 赵洪范. 对红外 $8\ \mu\text{m}\sim 12\ \mu\text{m}$ 反射膜的探讨[J]. 应用光学,1993,14(1):43-45.
- [5] 周九林,尹树百,译. 光学薄膜技术[M]. 北京:国防工业出版社,1974.