

全介质硬膜窄带滤光片中心波长的变化特性

王明利 范正修[✓]李茹凤

(中国科学院上海光机所薄膜技术中心, 上海, 201800)

0484.41

A **摘要** 报道了全介质窄带滤光片中心波长的变化特性, 给出了探测氧分子谱线的 0.763nm 窄带滤光片的制备和中心波长的变化结果。

关键词 窄带滤光片, 中心波长.

薄膜

引言

滤光片作为滤光和选择谱线的器件, 在激光技术、光谱分析、航天器件以及很多军工产品中有着广泛的应用。

滤光片中心波长的漂移一直是薄膜工作者最关心的问题之一, 20世纪70年代 Meeleod^[1]以 ZnS/MgF₂ 为例就薄膜的堆积密度讨论了窄带滤光片中心波长的变化, 在一些特殊条件下软膜滤光片不能适应环境的变化, 而需要采用硬膜滤光片, 本文以 TiO₂/SiO₂ 材料制备的 0.763nm 窄带滤光片为例, 讨论了硬膜窄带滤光片中心波长的变化特性。

① 1 滤光片的制备

0.763nm 窄带滤光片是为了探测氧分子谱线而设计, 它要求具有稳定的中心波长, 在恶劣的气候条件下不失效、能抗辐射、抗强光。滤光片的半波宽度为 8nm, 当中心波长漂移大于 1nm, 滤光片将不能满足设计要求, 所以需要采用硬质材料沉积滤光片, 我们采用具有抗辐射、抗强光的 TiO₂/SiO₂ 材料制备滤光片。

已有很多文献分析研究了滤光片的制备和特性^[2-3]。窄带全介质滤光片通常是 1/4λ 膜系, 准确的监控薄膜的厚度是制备窄带滤光片重要条件之一, 结果表明, 极值法监控薄膜的厚度是制备窄带滤光片的有效方法之一, 尽管直接极值法控制单层薄膜的精度不高, 但是相邻两层的厚度误差能有效地相互补偿, 容易得到接近理论设计的光学指标。我们在 MS-450 高真空镀膜机上完成了滤光片的制备, 采用电子束蒸发沉积薄膜, 用极值法监控薄膜的厚度。薄膜沉积时基底的温度为 200℃, 采用 Lambda-9 分光光度计测量光谱曲线。

2 中心波长的变化特性

2.1 时间与中心波长的关系

薄膜在制备过程中, 由于快速冷却而含有各种各样的缺陷、形变等, 所以薄膜制备后在大气中会有十分缓慢的变化。

在室温下滤光片中心波长及其半宽度的变化如图 1 所示:

在大气中放置3个月,中心波长向长波方向漂移大约为1nm,峰值透射率和半波宽度的变化很小.在大气中放置4个月与放置3个月的光谱曲线基本重合,说明在大气中放置一定时间以后,中心波长将保持稳定.用高分辨率的透射电子显微镜观察^[4],光学薄膜的断面结构为柱状多孔形,这是因为薄膜的多孔结构对水蒸汽的吸附和解吸,而使薄膜的堆积密度、结晶度、折射率等发生变化,从而导致薄膜的光学厚度以及中心波长发生变化.

2.2 热处理与中心波长的关系

热处理对薄膜的影响过去已经有很多研究^[5-6],但是热处理对薄膜特性影响的机理尚不十分清楚.热处理对滤光片的影响主要是使滤光片的中心波长发生漂移,图2是滤光片在不同温度下,烘烤2h中心波长的变化.

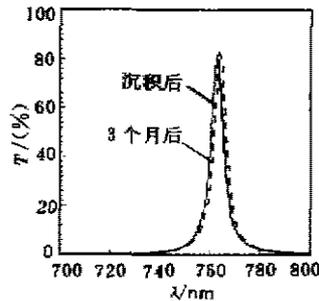


图1 时间与中心波长的关系
Fig. 1 The variation of the central wavelength with time

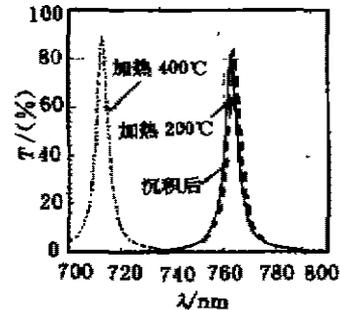


图2 热处理与中心波长的关系
Fig. 2 The variation of the central wavelength with heat treatment

从中心波长的变化中可以看出:烘烤温度在150℃时,滤光片的波长向长波方向漂移,而当烘烤温度为400℃时,滤光片的中心波长向短波方向漂移.这是由于滤光片制备的温度为200℃,当烘烤温度低于200℃时,热处理对它的影响大致相当于在大气中放置时对中心波长的影响,即向长波方向漂移1nm,而当烘烤温度高于制备时的温度时,热处理对它有很大的影响,即其中心波长向短波方向漂移5nm,这种变化的机理可能是由于TiO₂薄膜材料在高温处理过程中包含了再氧化、再结晶和消应力等多种因素.

2.3 入射角与中心波长的关系

由于滤光片在使用时,通过它的光线为会聚光,类似于有一定角度的光线通过滤光片.图3为滤光片在制备过程中没有控制误差时,入射角 θ 与中心波长的变化 $\Delta\lambda$ 之间的理论曲线.

图4为滤光片的不同入射角中心波长的实际变化.

从图4中可以看出,当入射角在0~7°变化时,中心波长向长波方向有微小的漂移,当入射角变至10°时,中心波长向短波方向漂移.而理论结果是随着入射角的增加,中心波长向短波方向漂移,而且漂移的量比较大.这是由于滤光片在制备时,膜厚的控制采用极值法,相邻的两层膜之间的误差相互补偿,薄膜的厚度与理论值有一定的差值,这样导致实际结果与理论曲线之间的差异.实际结果表明,入射角对滤光片中心波长的影响比理论上要小.

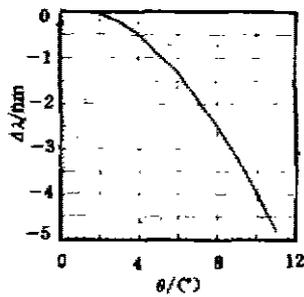


图3 入射角随中心波长变化的理论曲线
Fig. 3 Theoretical curve of the variation of incident angle with the central wavelength

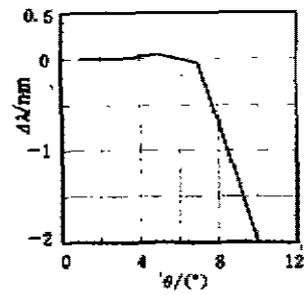


图4 入射角随中心波长变化的实验曲线
Fig. 4 The experimental curve of the variation of incident angle with the central wavelength

2.4 温度与中心波长的关系

温度与中心波长的关系是指不同温度条件下,滤光片中心波长的位置变化.由于薄膜材料的折射率与温度有关,当温度发生变化时,材料的折射率发生变化,同时多孔结构的薄膜由于温度的变化,对水的吸附解吸不同,使薄膜折射率不同,从而导致滤光片中心波长的变化.图5为不同温度下滤光片的光谱曲线图.

从图5可见,温度与滤光片中心波长的关系,当温度从室温(25℃)降至5℃时,中心波长向长波方向有微小的变化,温度从室温升至45℃时,中心波长向短波方向漂移小于1nm,当温度升至80℃时,中心波长向短波方向漂移10nm.

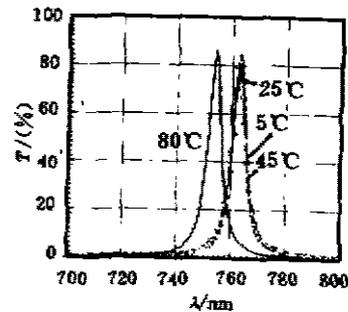


图5 温度与中心波长的关系
Fig. 5 The variation of temperature with the central wavelength

3 结语

通过对0.763nm窄带滤光片中心波长的研究,我们了解全介质窄带滤光片中心波长的变化特性.材料采用 $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ 制备的窄带滤光片,能满足探测氧分子谱线的要求,在恶劣的环境中不失效,而且能抗辐射,抗强光.

参考文献

- 1 Macleod A. *Opt. Acta.*, 1979, 24:907.
- 2 Grezes-Besset C, et al. *Appl. Opt.*, 1989, 28:2960.
- 3 Fornier A. et al. *SPIE*, 1986, 652:27.
- 4 Chroedter S. *SPIE*, 1986, 652:15
- 5 Claud A. et al. *SPIE*, 1990, 1307:485.
- 6 Macleod A. 周九林,等译. *光学薄膜技术*, 北京:国防工业出版社, 1974, P230

THE VARIATION OF THE CENTRAL WAVELENGTH OF ALL DIELECTRIC HARD THIN NARROW-BAND FILTERS

Wang Mingli Fang Zhengxiu Li Yufeng

(Thin Films Technology Center, Shanghai Institute of

Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800, China)

Abstract The variation of the central wavelength of the all dielectric hard thin narrow-band filters was reported. The deposition and variation of the central wavelength of the 0.763nm narrow-band filter for detecting oxygen molecule spectrums were presented.

Key words narrow-band filter, central wavelength.