

10.6 μ 窄带干涉滤光片研制

杨树梅 王洪芹

一、前 言

窄带干涉滤光片是激光通讯仪器中必不可缺少的元件,可用它来滤掉杂光,提高信噪比。

10.6 μ 窄带干涉滤光片的研制工作国内已有报导^[1],其半宽度为主波长的1—1.5%,最大透射率为50~60%(截除了次峰)。七二年英国报导^[10],其10.65 μ 的半宽度为250~350 \AA ,最大透射率为65%;七五年苏联报导了三十种红外色散滤光片指标^[2],其中10.5 μ 滤光片半宽度为主波长的5.7%,透射率为45%,10.8 μ 半宽度为11.9%,透射率为52%。

我们在七五年开展了这项研制工作,由于利用了红外材料的特性及合理地利用了高低折射率膜料的匹配,并改进了膜料的蒸涂技术与红外窄带干涉滤光片的测试方法,因而提高了10.6 μ 窄带干涉滤光片的指标。

二、方 案

缩窄干涉滤光片半宽度有两种办法:

(1) 增加干涉滤光片反射板的反射系数;

(2) 增加干涉级次。

根据理论计算与方案实验及我们现有的蒸涂技术条件,确定如下方案:

膜系:

$$L'GeL'HLH4L'HLHA$$

或

$$L''GeL'HLH4L'HLHA$$

其中 L'' ——PbCl (其折射率在10 μ 为2.03),

L' ——ZnS (其折射率在10 μ 为2.16),

H ——PbTe (其折射率在10 μ 为5.4),

L ——BaF₂ (其折射率在10 μ 为1.39),

A ——空气, Ge为锗基片(厚2mm), 实验中的控制波长为5.3 $\mu \times 2$ 。

为提高滤光片的性能,应对锗片做增透膜(见图1和图2,其表明了做增透膜的计算结果)。按其理论计算,锗片的增透膜材料的折射率 $n = 2$ 为最佳,而PbCl在10 μ 处的折射率为2.0,是锗片的最好增透材料;而ZnS在10 μ 的折射率为2.16,根据[6]计算得知,在锗片上于10.6 μ 用硫化锌增透后,

$$\text{剩余反射率} = \left(\frac{n_0 n_s - n_1^2}{n_0 n_s + n_1^2} \right) = 0.09\%, \text{ 式中}$$

n_0 为空气折射率, n_s 为基片锗的折射率, n_1 为增透膜材料ZnS的折射率。可见ZnS在10.6 μ 对于锗片的增透效果也可以满足需要。

滤光片中间层材料的选择问题直接影响着滤光片的性能,由图1和图2的理论计算得到, $GeL'HLH4L'HLHA$ 的理论半宽度为300 \AA (即ZnS做中间层情况),而 $GeL'HLH4LHLHA$ 的理论半宽度为170 \AA (即BaF₂做中间层情况),此两个膜系的理论计算透射率均为99.4%。

方案实验结果表明,用BaF₂做中间层的膜系透射率较低,只有28%左右,半宽度也并不低于1000 \AA 。分析其原因,主要是由于在目前制备的工艺条件下,没有蒸发速率

控制，剩于气体分析等，难于控制 BaF_2 微观结构的形成规律，因此其散射、吸收等影响，造成透射率较低。

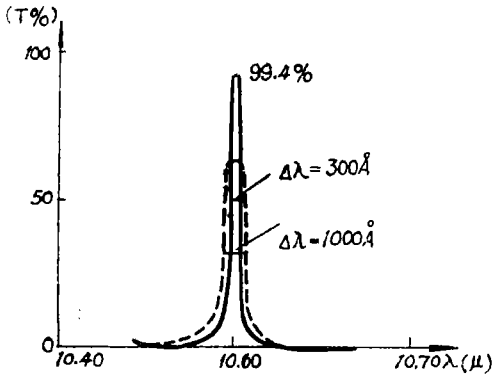


图 1. 膜系 $GeL'HLH_4L'HLHA$ 的计算曲线 (—表示), $GeHLH_4L'HLHA$ 计算曲线 (---表示).
 $n_0 = 1, n_g = 4, n_H = 5.4$
 $n_L = 1.39, n_{L'} = 2.16$

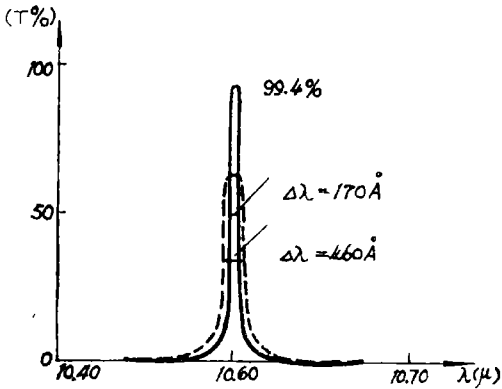


图 2. 膜系 $GeL'HLH_4LHLHA$ 的计算曲线 (—表示), $GeHLH_4LHLHA$ 计算曲线 (---表示).
 $n_0 = 1, n_g = 4, n_H = 5.4,$
 $n_L = 1.39, n_{L'} = 2.16.$

在我们的方案中，采用了蒸发工艺较成熟的 ZnS 做滤光片中间层。这样虽然比 BaF_2 做中间层的理论计算带宽从 170 \AA 降至为 300 \AA (见图 1 和 2)，但仍符合半宽度为主波长的 1% 的使用要求。由方案实验证实，此种

材料在目前工艺技术条件下，制备的 ZnS 薄膜可以克服 BaF_2 做滤光片中间层的缺点，使滤光片的透射率比 BaF_2 做中间层的情况有明显提高，其它指标也满足要求。

短波次峰的截除采用了七层前截止膜系，高折射率材料为 $PbTe$ ，低折射率材料为 BaF_2 。

三、实 验

利用了具有 CaF_2 窗口的 $\phi 306$ 真空镀膜装置，用极值法控制膜厚，采用了能斯特光源，十周测量放大器，热偶接收器。

$PbTe$ 材料的蒸发，采用了非接触电阻加热方法 (如图 3) 把 $PbTe$ 放入石英坩埚之后，再放入多股钨丝环中加热蒸发，使 $PbTe$ 不直接与钨丝接触。蒸发过程中，注意予熔和蒸发过程的变化，防止其分解。蒸发速率应稍慢，以避免蒸发时材料过热，否则会使膜层成分发生部分变化，增大自由载流子的吸收，影响膜层的光性。对于 $PbTe$ 这种半导体材料的纯度选择要高，蒸发过程还要注意避免其它杂质对 $PbTe$ 的污染。蒸发 $PbTe$ 的真空度为低于 $5 \times 10^{-6} \text{ mmHg}$ ，基底加温 150° 左右，这是有利于保持 $PbTe$ 高折射率的性能。

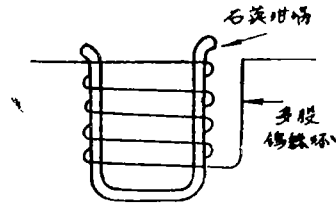


图 3 蒸发 $PbTe$ 所用的蒸发源。

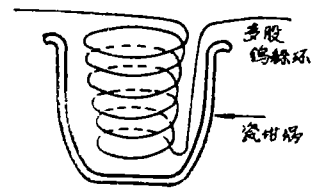


图 4 蒸发 ZnS 所用的蒸发源。

ZnS 是采用热压的多晶块状材料, 把它放入瓷坩埚中的多股钨丝环内进行蒸发的, 如图 4 所示。用此种蒸发源的加热电流比用抽屉式钼片槽低一倍左右, 故易控制蒸发速度, 并减少了可能分解的机会。BaF₂ 材料是采用高纯度 (不低于 99.9%) 多晶颗粒粉末, 并采用瓷坩埚内成螺旋形的多股钨丝蒸发源 (如图 4), 蒸发速率不宜快, 并注意其它杂质对其的污染。

四、实验结果与分析

实验结果是利用日本的 IR-27 红外光谱仪测量的, 并且利用优选法中的对分法优

选了此仪器对于测量 10.6 μ 窄带干涉滤光片的最佳狭缝宽度, 同时合理地使用该仪器的波长标尺放大, 因此较准确地测量了窄带干涉滤光片的各参数。

实验结果给出: 滤光片的半宽度 Δλ, 在 10.6 μ 小于 894 Å, 其为主波长的 0.84%, 透射率为 54% (截除次峰); 在 10.1 μ, Δλ = 614 Å, 为主波长的 0.61% 透射率为 50% (截除次峰), 在 10.4 μ 处 Δλ 小于 1000 Å, 为主波长的 0.96%, 透射率大于 50% (截除次峰后) (最后一个波长的数据是用光谱仪的快速挡测量的, 实际上数据应比此数据好)。

我们将实验结果列入表 I 并与苏联同类滤光片的同年水平相比较。

表 I

国 别 类	我们七五年的实验结果				苏联七五年的红外滤光片情况			
	滤光片 序号	λ _{max} (μ)	半 宽 度		T _{max} (%)	λ _{max} (μ)	半 宽 度	
Δλ (Å)			Δλ/λ _{max} (%)	Δλ (Å)			Δλ/λ _{max} (%)	
1	10.1	614	0.61	50	10.2	5000	4.9	48
2	10.4	1000	0.96	50	10.5	6000	5.71	45
3	10.6	小于 894	0.84	54	—	—	—	—
4	—	—	—	—	10.8	12900	11.94	52
注: 1. 我们利用了锗基片 (2mm) 2. 截除了滤光片的次峰。					注: 苏联没标明基片材料和次峰情况			

五、结果讨论

1. 上述仅是我们七五年的初步工作, 因时间关系没能从理论及实验方面做更深入探讨, 尚需进一步提高。

为提高 10.6 μ 滤光片性能, 应提高现有红外材料的蒸涂技术, 减少吸收率, 以满足光性要求, 并探索碲化铋 (Bi₂Te₃ 的折射率为 9.4) 等新材料的应用。

PbTe 是红外可取的高折射率材料, 并有较好的机械强度。其折射率可达 5.74^[4]。在我们的实验中, 由于没有充氧, PbTe 的折射率没有达到理想值, 其值低于 5.4。为了保证 PbTe 的良好光性, 应把基底加温 150°~250℃, 并充氧蒸发, 同时还应注意其蒸发速率^[3,4]。

此外, 还应探索红外材料膜层的结构, 掌握真空涂镀的微观过程, 提高蒸发技术, 从而进一步提高滤光片的性能。

TF₃ 透镜防腐减反膜

李永贵

(一) 概 念

近几年,随着光学仪器和光学镜头的品种不断增多,因而各类新牌号的光学玻璃随之得到较广的应用。象(TF₃、FK₁)等等。这些新牌号的光学玻璃,多半在化学稳定性和光学应力等方面都是比较差的。这样就给我们镀膜加工带来了极大的困难。如TF₃玻璃就是在玻璃系列里,化学稳定性最差的一种。用这种材料磨制的镜面存放在大气中,它不仅潮解,而且还与某些薄膜材料如MgF₂起反应,而引起表面腐蚀,这一现

象,是通过多次试验得出的结果,也就是说,光磨好的镜面镀上MgF₂膜,就可使表面立即腐蚀,甚至将零件装进镀过MgF₂膜的机器内抽一下真空取出来,也是相同的结果——腐蚀,但相反磨好的镜面,不镀MgF₂膜,它并不马上腐蚀,可存放1—2天。

当初对这一现象的出现感到奇怪,但后来通过分析,觉得并没有什么,而是两种物质在大气中吸潮后,相互反应的结果,TF₃玻璃和MgF₂都是容易潮解的物质。最后找到了原因,进行了多方面的分析,提出了新的膜系,改进了工艺,经过试验,终于在防腐性能和光学性能方面得到了满意的结果。

2. 继续提高10.6μ滤光片半宽度问题

除了在“第二部分的方案”中提到的两个办法外,还应提高膜厚控制精度,对于红外滤光片控制方面所涉及问题较多些,更应注意解决。控制误差不仅影响到中心波长的位置,也会影响到滤光片的其他指标。

以上考虑是实现全介质多层膜结构为基础的方案。如前所述,因多层膜系结构中特别是高级次滤光片的膜系结构中存在散射问题,所以利用多层膜系结构提高滤光片的半宽度的办法,在一定程度上要受到限制。因此从滤光片的膜系结构上应进一步研究,如用云母片等做中间层的结构,特别是超窄带干涉滤光片更应考虑采用此种结构^[3,5]。

参 考 文 献

1. 光学薄膜技术(资料汇编)五机部综合研究所p211

2. Sov. J. Opt. Technol, Vol, 43, No5, May 1976
3. 光学薄膜技术〔英〕H.A. 麦克劳德著 周九林、尹树百译 p378
4. J. Phys. D. Appl Phys. Vol. 9, 1976, p309
5. Sov. J Opt. Technol, Vol. 43, No5, 1976. p 312
6. "Optics of Thin Films" A. Vašicek 著 p186
7. Appl. Opt, Vol. 14, No. 12, p3034 1975
8. Sov. J Opt, Technol, Vol, 43. No5, May 1976 p325—326.
9. Appl Opt, Vol. 8, No. 2, 1969, p227—242
10. Optics and Laser Technology Vol, 4, No. 2 p79—86 (1972)