

端面用 $-R$ 倒角(见图2)。 $-R$ 是和反射镜片的 R 相匹配用的,因此放电管端面的倒角只要粗磨即可,也不需要光学仪器检测。

将放电管清洗烘干后,即可进行反射镜片的粘贴工作。粘贴时,只要用适当夹具在平行光管监视下调整反射镜片,使镜面与放电毛细管的轴垂直。这样的装配要求是很容易达到的(见图3)。而且装配稳定性较好,不会在粘密封胶时发生位置移动,克服了前面的困难。

用上述方法代替原先的端面磨平工序,手续大大简化,时间也大大节省。我们试装了几根He-Ne管,都取得了较好的效果。

用锗代替碲化铅镀制10.6微米滤光片

中国科学院上海光机所镀膜组

提 要

在批林批孔运动的推动下,由于破除了“洋框框”的束缚,思想认识进一步提高,经过反复实验,认识到用锗(Ge)和硫化锌(ZnS)能够镀好10.6微米窄带滤光片。在膜系确定后,滤光片的透过和半宽则取决于镀膜的工艺,特别是锗的蒸镀工艺。

一、前 言

在伟大的批林批孔运动中,我们狠批了林彪、孔老二复辟倒退的罪行,激发了全组同志的革命热情,同时也对一些因循守旧的习惯势力展开了针锋相对的斗争,思想认识有了进一步的提高。我们结合实际,对几年来镀制10.6微米窄带滤光片进展缓慢的问题进行分析,开展革命大批判。在用Ge和ZnS代替碲化铅(PbTe)和ZnS镀制10.6微米窄带滤光片的实践中,我们感到不批判“洋奴哲学”,不排除“洋框框”的束缚,就不可能取得镀好10.6微米窄带滤光片的成果。过去,从一些资料看到:国外做中心波长为10多个微米的窄带滤光片,凡水平较高的膜片,都是用PbTe和ZnS做的。因为PbTe是一种比较理想的红外镀膜材料,它的折射率高于5,选择它和ZnS来镀制窄带滤光片,蒸镀层数较少就可获得较窄的半宽,同时前后截止区较宽,蒸镀方法也方便,用钼舟就可蒸发,而且蒸发温度低。由于这样,我们刚开展工作时就决定用PbTe和ZnS来镀制10.6微米窄带滤光片。但是,PbTe这种镀膜材料目前国内暂时买不到,要靠进口,而且由于外国资本家的刁难还搞不到。我们在兄弟单位的大力支持下,虽然得到几批数量有限的PbTe材料,做了一些工作,然而,终因材料来源不足,使这方面的工作进展很缓慢。当时,我们也考虑过改用其他材料,比如用Ge作了实验,可是,由于在思想上没有破除“洋框框”的束缚,总觉得缺乏什么“根据”,尤其是最初几次实验效果不好,就不想再做下去了。

在批林批孔运动的推动下,我们对用Ge代替PbTe重新作了分析,Ge的折射率为4.0,较PbTe的低,因此,用Ge和ZnS镀制滤光片时,膜的层数要多一些,这是Ge不如PbTe的

地方,然而,“事物都是一分为二的。”Ge 的来源较之 PbTe 要容易得多,甚至在一般 Ge 片加工中剩下的边角碎料都好用,这个条件是十分有利的,此外,我们在实验中也积累了些镀 Ge 的经验,对于 10.6 微米窄带滤光片的镀制不但机器和监控系统不必做过多的改变,而且技术方法也基本掌握。所以,能不能镀好膜片的关键在于政治思想的路线是否端正。通过批林批孔运动,批判了“洋奴哲学”和“爬行主义”,从而使我们对伟大领袖毛主席“独立自主,自力更生”的方针有了进一步的体会,下决心依靠自己的力量把新型窄带滤光片干出来!斗争实践证明:我们不仅干出来了,而且进展速度比过去要快得多。以前曾经徘徊一年半仍止步不前,而改革 Ge-ZnS 滤光片的试验只用两个月却收效很大。两种思想,两个结果。同志们深有体会地说:大批促大干,思想得解放,跳出“洋框框”,膜片大变样。

二、滤光片的镀制

1. 镀膜的准备 镀膜机和膜厚监控系统原来是用作镀制 10.6 微米减反射膜和 CO₂ 激光器输出窗口的,为了做好滤光片,对它们作了一些改进和调整。

镀膜机真空系统的改进:用 Ge 和 ZnS 镀 10.6 微米滤光片,膜层厚,层数多,镀膜时间长,加之 Ge 的蒸发温度较高,所以镀膜过程中真空室内受热是厉害的(镀上十多层后真空室的底板热得烫手)。即使镀膜前对基底加热烘烤过 35 分钟,开始镀膜时,真空室仍有大量放气(放气主要由蒸发电极、坩埚和位于真空室下部的其它东西引起)。为了保证镀膜质量和提高工作效率,要求镀膜机具有较大的抽速是必不可少的。

我们用的镀膜机是上海曙光厂 66 年产品,钟罩直径为 450 毫米,原来抽速太低,我们给它换上 K-200 的扩散泵和 2X-4 的机械泵,并加大了真空管道的直径。用改进后的镀膜机镀滤光片,开始镀头一、二层时真空度不低于 1×10^{-4} 托,以后逐层增高,十层以后真空度上升到 8×10^{-6} 托。时间抓得紧一点,本文所述三种类型滤光片都可在四个小时内做完一次实验。

增加蒸发电极:为了保证膜层的均匀性,蒸发 ZnS 用的钨舟和蒸发 Ge 用的石墨舟都不应做得太大,特别是石墨舟不宜做得太大(更主要的原因后面还要讲到)。但是在镀 10.6 微米滤光片时,Ge 和 ZnS 用量都很大,根据实测的结果,镀一层 Ge 约需用料 1.0 克,镀一层 ZnS 约需用料 2.8 克(都是就我们坩埚的实际位置而言)。所以需要使用较多的坩埚,较多的电极。

实验中,我们采用四对蒸发电极,其中三对用来蒸发 Ge,一对用来蒸发 ZnS。若再多一、两对电极就更方便了。

增加换比较片装置:能放六块 $\phi 20$ 的 K₂O 玻璃片。在镀膜过程中半波层都是单独使用一块比较片。

监控波长的选择和蒸发源位置的调整:图 1 是我们监控系统的实际光路图。监控波长在 2.1~2.5 微米之间选择,用五倍四分之一监控波长的膜厚近似地作为 10.6 微米四分之一波长的膜厚。图中光源

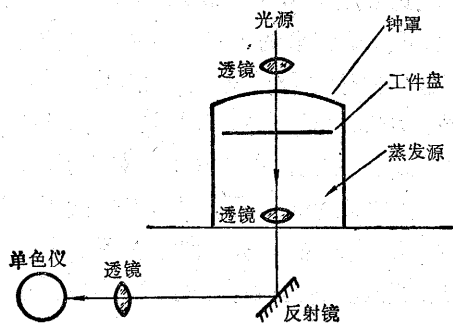


图 1 实验光路图

光源为 12 伏、100 瓦的白炽灯泡,单色仪为 GW-5A 型,光路中的透镜和真空室窗口都是普通

光学玻璃的。接收器为 PbS 光敏电阻(上海电光所造),采用选频接收,放大器用 FD-1 型测量放大器。

2. ZnS 的蒸镀 使用山东淄博博山陶瓷厂的压块材料,材料呈浅黄色,透明度较差,采用电阻加热,用钼舟蒸发。装料时要注意放得平整均匀。在蒸镀过程中要特别注意一件事情,就是掌握好基底温度。在基底 Ge 片上镀头一层 ZnS 之前要烘烤 35 分钟,停止烘烤后过十分钟再镀膜,这样镀出的膜牢固性较好,也不发雾。为了减少 ZnS 对 Ge 蒸发源的污染,ZnS 蒸发源和 Ge 蒸发源最好彼此相隔远一些,同时在它们之间放上一些铝板挡一挡也是有好处的。

3. Ge 的蒸镀 Ge 是放在石墨舟中用电阻加热蒸发的。

我们开始用 Ge 和 ZnS 镀 10.6 微米滤光片时,镀的是 LGe LHLHLLHLH 这样简单的膜系,测量结果表明,透过是很低的,仅 40% 左右。什么原因使透过这样低呢?现象是入门的向导,我们首先从一个重要的现象入手,进行分析、研究和实验,使问题逐步得到了解决。

用 Ge 和 ZnS 镀出的滤光片一个明显的现象就是膜面粗糙,层数少的时候这种现象不明显,随着层数的增加,这种现象就越来越明显了,这种膜,看上去很不舒服,经它反射的象在亮度和清晰度方面同光滑膜面相比有明显差别。为进一步观察它们之间的差异,我们使用显微镜,放大 200~400 倍,用反射方式观察了它们的表面。观察结果表明粗糙膜面的孔比光滑膜面的孔多几十倍。

膜面粗糙是 ZnS 引起的还是 Ge 引起的?我们怀疑是 Ge 引起的,根据我们的经验 ZnS 和其它材料组成的多层膜从来没有发现过这种现象,比如用 ZnS 和 PbTe 镀出的滤光片膜面就不是粗糙的。于是围绕着 Ge 的蒸镀做了下面几个实验:

a) 材料实验,我们使用的 Ge 是上海冶炼厂的 Ge 单晶(加工 Ge 片后的碎料、边料和余料),是不是这种材料不好引起膜面粗糙?为了回答这个问题,我们找来了日本进口的,德国进口的以及国内其它单位生产的 Ge,它们中有的单晶,有的是粉末状的,纯度都很高。实验结果表明用它们镀出来的膜和用上海冶炼厂镀出来的膜没有明显差别。

b) 蒸发速率实验,用各种不同速率蒸发 Ge,最快一分钟镀一层(10.6 微米的 $\lambda/4$),最慢 20 分钟镀一层,镀出来的膜也没有明显差别。

c) 真空度实验,在 5×10^{-4} 托到 3×10^{-5} 托蒸发 Ge 亦未发现膜面有明显变化。

d) 基底实验,镀在 Ge 片、Si 片和 K₂O 玻璃片上的膜,膜面都差不多。而且改变镀膜前烘烤时间,就是说改变基底温度也没有发现膜面变化。

做了这四个方面的实验,都未找到真正的原因,问题究竟在那里呢?“世上无难事,只怕有心人”,在实验过程中,由于石墨舟损坏常需要换新的,有一次换用了一只内表面用细砂纸仔细擦过的石墨坩埚,结果镀出的膜比以前镀的光滑些。抓住这一点,我们决定采用机械加工石墨坩埚,要求内表面尽量光滑,结果大有收获,头一次就镀出满意的表面光亮的膜。然而用这种坩埚镀出的膜并不是每一次都好,有时好,有时不大好,有时甚至很不理想。为此又反复做了一些实验和观察。后来弄清楚了,坩埚内表面光滑与否是影响膜面光滑的重要因素,但不是唯一因素。石墨坩埚做的好坏是镀好 Ge 膜的关键,但蒸镀时还得注意一些事情才能保证有较好的重复性。

一个好的石墨舟必须满足下述要求:

a) 石墨坩埚内表面要做得光滑,光洁度不要低于 $\nabla 6$;

b) 石墨坩埚要做得均匀,不均匀也会导致膜面不好,而且蒸镀时材料容易跳掉,坩埚均匀

与否,可以在蒸镀时根据坩埚的颜色来判断,不均匀的坩埚有电流通过时明暗是不同的。

c) 石墨坩埚要有合适的尺寸,不宜过大,也不宜过小。坩埚过大,蒸镀时用的电流就大,因而要影响蒸镀时的真空,要烧毁电极或者导致电极与石墨坩埚接触不好。坩埚过大常使实验失败,或镀出的膜表面不好。坩埚过小则材料不够用。坩埚盛料部分要做得薄一些,使热量比较集中,但不宜太薄,因石墨很脆,太薄不易加工,而且使用时容易断掉。图2给出的尺寸,既容易加工,使用效果又较好。用这样的坩埚蒸镀时使用的电流为200~240安,在我们的实验中ZnS的蒸发电流为250安。

d) 做石墨坩埚的材料要用光谱纯的,形状做成半球形较好。

蒸镀时必须注意的几个问题:

首先,料不要装得太多,也不要太少。象

我们使用的坩埚尺寸,装3克为宜。Ge是导电的,熔化后相当于减少了石墨坩埚的电阻,装料过多不利于蒸发。在我们坩埚中料超过4克,就需300安以上的电流才开始缓慢蒸发。装得太少,除不能充分发挥每只坩埚的作用外,还引起蒸发速率大大下降的问题。Ge在石墨坩埚中熔化后总是收缩成球形,只要料不是太多,Ge实际上仅同石墨坩埚底部一小块面积接触,起的导电作用不大,这时如果把蒸发电流固定,蒸发速率主要取决于熔化了了的Ge的表面积,材料少了,表面积也小了,所以蒸发慢,实验表明坩埚中的料大约为2克时有最大的蒸发速率。材料过少或过多都不好,即使增大蒸发电流,蒸发速率的增加也是有限的。而过大的电流会烧毁

电极,或者造成电极和石墨坩埚接触不好。前者使镀膜失败,后者使镀出的膜表面粗糙。

其次,为了避免电极和石墨坩埚接触不好这一问题,每次加料都要紧一紧电极螺纹。镀两、三次后要把坩埚和电极取下仔细清洗。

最后还要留意这样一个问题,蒸发电流不要一下加得太大,要慢慢加上,加到开始蒸发的电流时不要急于打开挡板,要等电流表头指示稳定后再打开。

总而言之,正常的蒸镀应该是电流指示表头稳定,坩埚内的材料无跳动和喷溅现象。镀出的膜表面应是光亮的。在显微镜下观察时孔少。

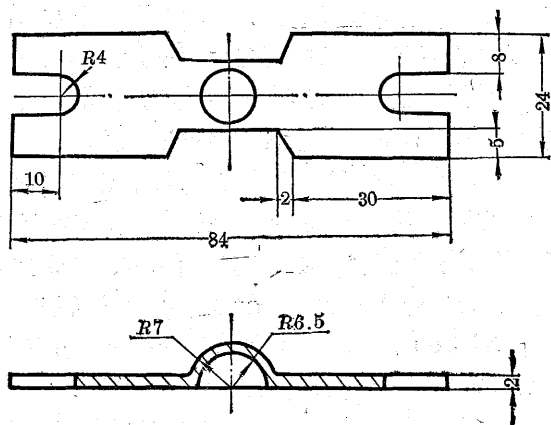


图2 石墨坩埚的尺寸(单位:毫米)

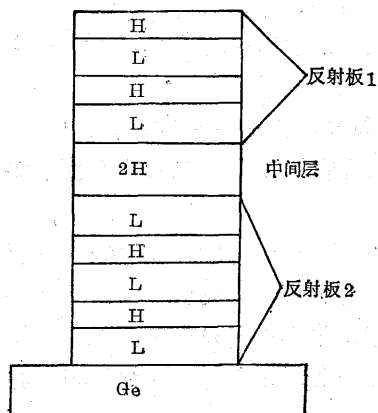


图3 单半波型滤光片

4. 膜系的选择和几种滤光片的透过曲线

关于窄带滤光片的理论,已有资料给出了详细的说明^[1],在此只将与本文有关的单半波和双半波类型简单讲一讲。图3所示为一种单半波型或法布里-珀罗型滤光片。反射板1、2常用高、低折射率两种材料组成 $\lambda/4$ 的多层膜,反射板的膜系要匹配得对称,尽可能使它们的反射率 R 相等,只有这样才能达到最大的透过。当两个反射板的 R 相等时,单半波滤光片的半宽 $\Delta\lambda$ 由下式计算:

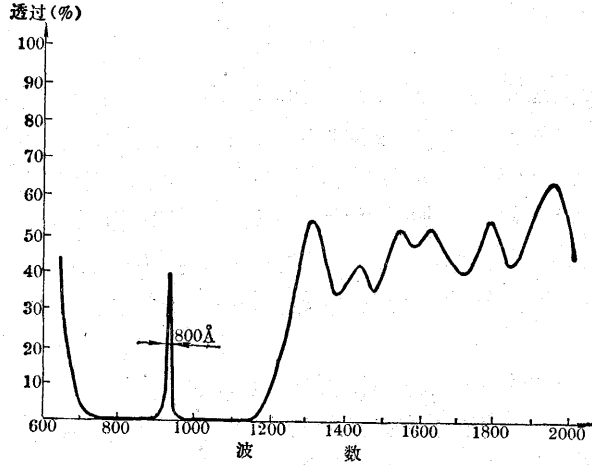


图6 膜系为 LGeLHLHLHLHLHLHLHLH 的滤光片的透过曲线

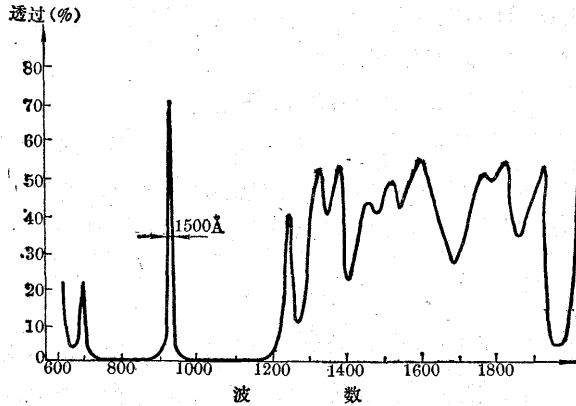


图7 膜系为 LGeLHLHLHLHLHLHLHL LHLHLHLHL 的滤光片的透过曲线

围内的通带。从目前情况来看,接受 CO_2 激光的接收器,常用的是 Hg Cd Te 和 Au:Ge,前者响应的波段是 8~14 微米,后者大约是 6~11 微米。我们的滤光片若和这两种接收器配合使用,对透过的抑制也就够了。

我们使用由 Te 和 ZnS 组成的反射板来抑制 5~8.5 微米范围的透过。它是直接镀在滤光片背面的,采用的膜系为 $\text{GeL}[0.3\text{H}'0.6\text{L}0.3\text{H}']$,其中 L 和 H' 分别代表 10.6 微米四分之一波长厚的 ZnS 和 Te。为了减少对 10.6 微米的反射,在 Ge 和反射膜系之间匹配了一个 L 层,反射板镀上后滤光片稍微有一点透过损失。

三、结 束 语

我们对用 Ge 和 ZnS 镀 10.6 微米窄带滤光片做了一些工作,但还有很多工作要做,象对截止区外通带的进一步抑制,对滤光片时效的进一步实验,对 ZnS 的蒸镀工艺,对改善滤光片透射带的波形等方面都还需要下一番功夫。本文提到的一些现象,象 ZnS 膜发雾,Ge 膜表面粗糙等等,至今我们还不能进行理论上的解释,这些都有待于进一步实验和研究。

林彪、孔老二胡说什么“生而知之”,这纯粹是骗人的鬼话。我们现在对用 Ge 和 ZnS 镀

10.6 微米窄带滤光片有了一些知识, 这些知识是从实践中得来的, 实践出真知是我们亲身体会, 我们决不上林彪、孔老二的当。

参 考 资 料

[1] H. A. Macleod; Thin-film Optical filters, ADAM. HILGER LTD; London, p. 154.

微孔叉丝迭象法用于光学谐振腔的调整

夏 生 杰

(中国科学院北京力学研究所)

提 要

本文介绍了一种既简便、精度又高的调腔方法, 并举例进行了计算分析和实验观察, 精度可达 0.01 毫弧度。与常用的望远镜调腔法相比, 这个方法有许多优点。

一、微孔叉丝迭象法

图 1 是微孔叉丝迭象法(简称微孔法)的示意简图。在激光器光腔的孔耦合镜前, 放一块刻有十字叉丝的白色漫反射分划板(见图 2), 中心钻有一微孔, 用白炽灯照明。于是通过耦合孔进入光腔的光线, 经过激光器两片反射镜多次反射, 形成了十字叉丝的一系列反射象。这些象可以通过分划板上的微孔由肉眼直接观察到。当光腔的两片反射镜中任一片发生偏转时, 叉丝的一系列象将随之作靠拢或分开的移动。

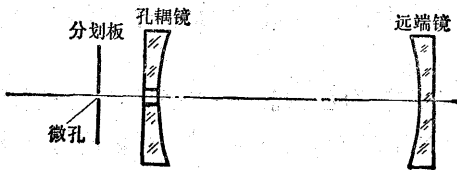


图 1 微孔法的布置

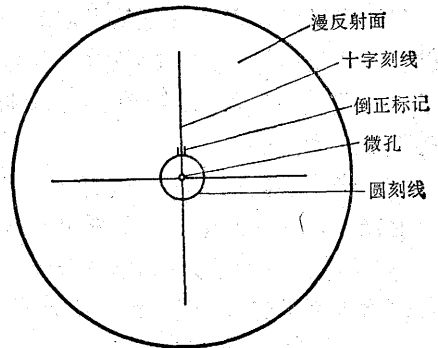


图 2 微孔分划板

调腔时, 首先是调准离分划板远端的反射镜, 使第一个叉丝象居中。然后再调准近端反射镜, 使所有叉丝象迭合在一起。这时, 光腔两片反射镜的光轴就完全重合。也就是调准了光腔。