

1.06 微米宽带硬膜偏振片的研制

范正修 范瑞瑛 陆月妹

(中国科学院上海光学精密机械研究所)

摘要——本文用自动设计的方法设计了在较宽光谱范围内具有优良特性的偏振膜,并对该膜系的稳定性以及厚度控制误差对其特性的影响进行了分析。

本文选用 TiO_2 和 SiO_2 作为偏振膜的材料。在实验的基础上,建立了 TiO_2 膜的折射率与基体温度的关系以及 TiO_2 膜的吸收率与淀积条件的关系。制成的偏振膜的性能,在 $1.06 \mu\text{m}$ 附近约 200 \AA 的范围内, $T_p \geq 95\%$, $T_s \leq 1\%$ 。这种偏振膜可以作为大功率激光系统的偏振元件。

一、引言

薄膜偏振片在激光技术中具有重要作用。它的性能好坏对激光输出有直接影响。在各种激光薄膜中,它的损耗最大,性能距理论极限最远,因此,提高偏振膜的质量,改进偏振膜的性能,一直是人们关注的问题之一^[1]。

薄膜偏振片在七十年代以后才开始应用于强激光系统。1971年 Buehman 等人^[2]报道了单波长薄膜偏振片的设计结果。到七十年代后期,薄膜偏振片已经有了正式产品^[3~5]。然而,比较实用的偏振膜设计的报道却很少。

我们于 1975 年研制了单波长薄膜偏振片,这种偏振片制备工艺比较简单,也有可能达到比较高的偏振度和比较高的平行分量透射率。然而,由于其较好的性能只能出现在一个很窄的光谱范围内,要制备一块理想的偏振片还是比较困难的,同时,由于偏振片的光谱曲线易受环境和使用条件的影响而产生漂移,即使做得出好的偏振片,其性能也很难在使用过程中保持稳定。为此,进行“宽带”偏振膜的研制是必要的。

宽带偏振片要求在较宽的光谱范围内达到尽可能高的平行分量(P分量)透射率和尽可能低的垂直分量(S分量)透射率。对于我们的工作,要求 $T_p \geq 95\%$, $T_s \leq 1\%$ 。考虑一个实用偏振膜的膜系制备工艺时,不仅要使它达到预定的性能指标,而且要着眼于其性能的稳定和工艺的重复。从设计到工艺规程的制订,都应建立在现有条件的基础上。在偏振膜的研制过程中,我们主要做了以下七项工作:

1. 设计性能较好且容易实现的偏振膜系。
2. 分析偏振膜的稳定性以及厚度控制误差对其性能的影响。
3. 建立切实可行的制备工艺。

本文 1982 年 1 月 19 日收到。

4. 在理论和实践相结合的基础上解决工艺重复性问题。
5. 分析导致偏振膜损耗的因素。
6. 考虑偏振膜的时效, 热处理以及激光损伤等问题。
7. 建立简单可靠的偏振膜测量装置。

二、偏振膜的膜系设计及理论分析

1. 偏振膜的膜系设计

为了建立切实可行的偏振膜系, 我们在设计中注意了以下几个问题:

(1) 偏振膜的初始膜系选用比较容易实现的 $\frac{\lambda}{4}$ 膜系。

(2) 考虑到光学薄膜材料的局限性, 根据激光对材料的要求, 设计中对材料的折射率取固定值。

(3) 考虑到最佳设计主要是通过薄膜厚度的修正来获得, 为了尽可能地简化控制技术, 设计中尽量减少修正的膜层, 并选择了靠近空气的几层膜。

最终采用自动平衡法^[7], 在固定折射率的前提下, 计算出几层修正层厚度, 获得了如下几组较为实用的修正膜系:

a. $A 1.324 H_1 0.909 L 0.444 H_1 1.239 L (H, L)^6 (H_2 L)^2 H_3 L 0.5 H_3 G$, 其中 $n_{H_1} = 2.3$, $n_{H_2} = 2.25$, $n_{H_3} = 2.2$, $n_L = 1.46$ (参见图 1);

b. $A 0.5 H_1 1.9 L 1.46 H_1 (H_1 L)^6 (H_2 L)^2 0.676 H_3 1.254 L 0.5 H_3 G$, 其中 $n_{H_1} = 2.3$, $n_{H_2} = 2.25$, $n_{H_3} = 2.2$, $n_L = 1.46$;

c. $A 1.139 L 0.618 H 0.723 L (HL)^9 0.5 HG$, 其中 $n_H = 2.25$, $n_L = 1.46$ (参见图 2)。

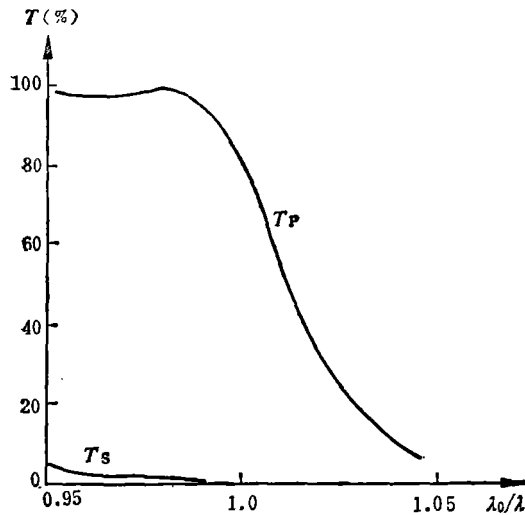


图 1 57° 入射 $1.06 \mu\text{m}$ 偏振片设计曲线(a)
膜系 $A 1.324 H_1 0.909 L 0.444 H_1 1.239 L (H_1 L)^6 (H_2 L)^2 H_3 L 0.5 H_3 G$, $n_{H_1} = 2.3$, $n_{H_2} = 2.25$, $n_{H_3} = 2.2$, $n_L = 1.46$

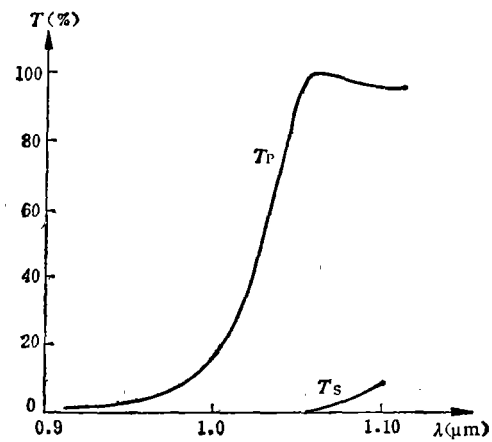


图 2 57° 入射 $1.06 \mu\text{m}$ 偏振片设计曲线(c)
膜系 $A 1.139 L 0.618 H 0.723 L (HL)^9 0.5 HG$, $n_H = 2.25$, $n_L = 1.46$

2. 偏振膜系的稳定性

偏振膜的性能主要由薄膜的厚度、折射率、入射角和工作波长决定。当薄膜的厚度等参

数或者使用条件改变时,偏振膜的性能相应地发生变化。这种变化愈小,膜系就愈稳定。分析膜系的稳定性,就是要求出薄膜的光谱反射率(或透射率)对薄膜参数的变化率,从而指导我们的设计。为此,我们求出反射率对薄膜参数的全微分^[8]:

$$dR(t, n, \lambda, \theta) = \frac{\partial R}{\partial t} dt + \frac{\partial R}{\partial n} dn + \frac{\partial R}{\partial \lambda} d\lambda + \frac{\partial R}{\partial \theta} d\theta \quad (1)$$

式中 t 、 n 、 λ 、 θ 分别表示薄膜的厚度、折射率、工作波长和入射角。

利用文献[8]给出的结果对偏振膜系 α 进行计算,可求出偏振膜系 α 的性能对四层修正膜的厚度、折射率、入射角和工作波长的变化率。由计算结果知道:

(1) 修正膜层的光学厚度是影响偏振膜性质的主要因素。在我们考察的波长范围内,不论是 P 分量还是 S 分量,偏振膜反射率随光学厚度的变化率都比随折射率的变化率大几倍到一个数量级。偏振膜系 α 的 S 分量和 P 分量反射率对四层修正层光学厚度的变化率分别如图 3 和图 4 所示。

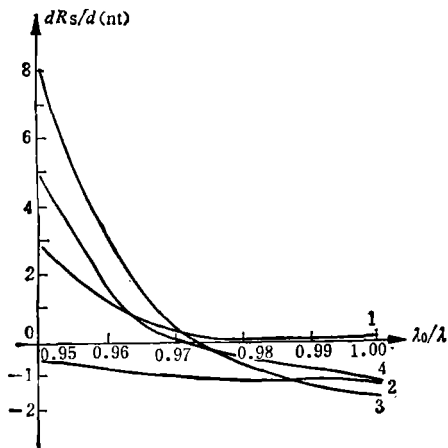


图 3 偏振膜 S 分量反射率对 1、2、3、4 层膜光学厚度的变化率(膜系 α)

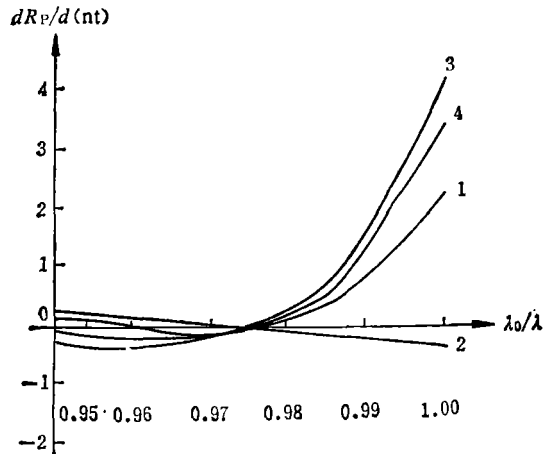


图 4 偏振膜 P 分量反射率对 1、2、3、4 层膜光学厚度的变化率(膜系 α)

(2) 各修正层的光学厚度对偏振膜性能的影响是不同的。就偏振膜系 α 来说,第二层影响最小,第三、第四层影响较大,其中又以第三层影响最大。

(3) 工作波长对偏振膜特性的影响是比较直观的,它反映在偏振膜的光谱曲线上,我们设计的宽带偏振膜,允许其在 150 \AA 范围内变化。

(4) 入射角对偏振膜性能的影响比较复杂,主要有两点:第一是影响每层膜的位相厚度,使偏振膜的波带产生位移;第二是影响每层膜的等效导纳(γ_{ik}),使膜系的光谱曲线发生变化。一般说来,随着入射角的增大,最佳工作点向短波方向移动,而最佳性能变化不大。我们设计的宽带偏振膜允许入射角在 $56^\circ \sim 63^\circ$ 范围内变化。

3. 偏振膜的厚度控制误差

对偏振膜系的稳定性进行分析后,我们再结合具体的工艺过程对可能出现的误差进行模拟计算和分析。在我们的工艺中,采用较为方便的极值法监控来控制膜厚,对几层修正层则用换控制片的方法。极值法的最大弊病是薄膜的反射率(或透射率)在极值点附近变化缓慢,它给层厚控制带来较大的误差,尽管如此,对于折射率不稳定的膜层来说,极值法的控制

精度还是比较高的。为了进一步了解制备工艺对偏振膜性能的影响,我们首先对极值法引起的膜层厚度误差进行计算,比较准确地求出极值法控制下偏振膜的实际厚度。现从理论上对此问题进行分析。

设第 K 层膜极值反射率为 R_{KL} , 这时整个膜系的导纳 Y_{KL} 是纯实数, 由于控制误差的存在, 反射率就有一个误差 ΔR_K , 所以实际反射率 $R_K = R_{KL} + \Delta R_K$, 用矩阵法求得:

$$R_K = \frac{\cos^2 \delta'_K (n_0 - Y_{KL})^2 + \sin^2 \delta'_K \left(\frac{n_0 Y_{KL}}{n_K} - n_K \right)^2}{\cos^2 \delta'_K (n_0 + Y_{KL})^2 + \sin^2 \delta'_K \left(\frac{n_0 Y_{KL}}{n_K} + n_K \right)^2}, \quad (2)$$

式中 δ'_K 为误差引起的位相差,

$$\operatorname{tg}^2 \delta'_K = \frac{R_K (n_0 + Y_{KL})^2 - (n_0 - Y_{KL})^2}{\left(\frac{n_0 Y_{KL}}{n_K} - n_K \right)^2 - R_K \left(\frac{n_0 Y_{KL}}{n_K} + n_K \right)^2}, \quad (3)$$

$$\delta'_K = \frac{2\pi}{\lambda} n_K t'_K,$$

由此,

$$t'_K = \delta'_K \cdot \lambda / 2\pi n_K,$$

式中 t'_K 为误差引起的薄膜厚度变化。

于是可得出:

$$t_K = t_{KL} + t'_K.$$

这里 t_{KL} 为极值时的薄膜厚度, t_K 为实际薄膜厚度。

又由:

$$\begin{pmatrix} B \\ C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \delta'_K & i \sin \delta'_K / n_K \\ i n_K \sin \delta'_K & \cos \delta'_K \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ Y_{KL} \end{pmatrix}, \quad (4)$$

得:

$$Y_K = \frac{C}{B} = Y_{K_1} + i Y_{K_2}, \quad (5)$$

其中,

$$Y_{K_1} = Y_{KL} / [\cos^2 \delta'_K + (Y_{KL}/n_K)^2 \sin^2 \delta'_K]; \quad (6)$$

$$Y_{K_2} = (n_K - Y_{KL}^2/n_K) \sin \delta'_K \cos \delta'_K / [\cos^2 \delta'_K + (Y_{KL}/n_K)^2 \sin^2 \delta'_K]. \quad (7)$$

由上述计算, 我们求出了第 K 层膜的实际厚度和实际膜系的导纳。由于第 $K+1$ 层膜是在这个基础上淀积的, 所以在求第 $K+1$ 层膜时需要考虑这个因素, 而有:

$$Y_{K+1} = Y'_{K+1} + i Y''_{K+1} = \frac{Y_{K_1} \cos \delta_{K+1} + i (Y_{K_1} \cos \delta_{K+1} + n_{K+1} \sin \delta_{K+1})}{(\cos \delta_{K+1} - Y_{K_1} \sin \delta_{K+1}/n_{K+1}) + i Y_{K_1} \sin \delta_{K+1}/n_{K+1}}, \quad (8)$$

当膜系达到极值反射率时, Y_{K+1} 的虚部为零, 则由此可推出:

$$\operatorname{tg} 2 \delta_{K+1} = 2(Y_{K_1} n_{K+1}) / [(Y_{K_1}^2 + Y_{K_2}^2) - n_{K+1}^2], \quad (9)$$

$$Y'_{K+1} = Y_{K_1} / [(\cos \delta_{K+1} - Y_{K_1} \sin \delta_{K+1}/n_{K+1})^2 + (Y_{K_1} \sin \delta_{K+1}/n_{K+1})^2]. \quad (10)$$

$$R_{(K+1)L} = \left(\frac{1 - Y'_{K+1}}{1 + Y'_{K+1}} \right)^2. \quad (11)$$

这样就求出了第 $K+1$ 层膜的极值反射率、极值导纳和相应的厚度。重复以上过程便可求出存在控制误差 ΔR_{K+1} 时第 $K+1$ 层膜的实际厚度和导纳。同样, 可继续求第 $K+2$ 层、第 $K+3$ 层……的结构参数。

在求得偏振膜的实际厚度后, 再计算此误差存在情况下偏振膜的特性, 发现偏振性能大

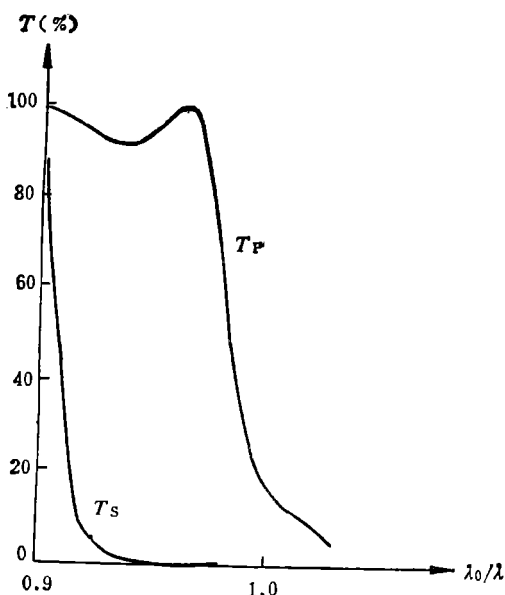


图5 厚度控制误差引起的偏振片光谱曲线的变化

误差数据: $(R_k = R_{kL} + (R_k - R_{k-1})/n)$
 $m: 100, 100, 100, 100, 200, 200, 200,$
 $200, 200, 150, 150, 150, 150, 200, 200,$
 $200, 200, 200, 100, 100, 100, 100, 100$

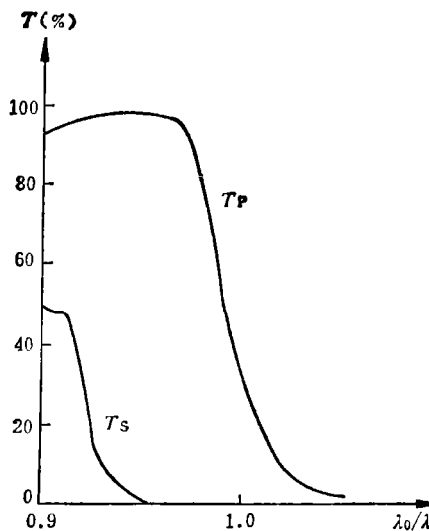


图6 考虑厚度控制误差,膜系再设计后的光谱曲线(57°入射时)

膜系: $A 1.513 H, 0.918 L 0.33 H_1 1.296 L (H_1 L)^6$
 $(H_2 L)^3 H_3 L 0.5 H_3 G,$
 $n_{H_1} = 2.3, n_{H_2} = 2.25,$
 $n_{H_3} = 2.2, n_L = 1.46$

大下降(图5),这就说明初始设计的膜系在有误差存在的情况下是不够好的。

4. 偏振膜的折射率误差

我们选用 TiO_2 、 SiO_2 膜料,这些膜料对淀积条件的依赖性很大,特别是 TiO_2 ,它的折射率的高低直接取决于淀积时的基底温度和氧压。所以,我们在分析偏振膜的稳定性时,考虑了折射率在较大范围内变化,结果偏振光谱特性也相应下降。

以上分析表明,各类误差,其中特别是膜厚误差,使初始设计结果变得面貌全非,因此直接采用最初设计的参数是不可能获得稳定结果的。为了解决这个问题,我们在引入控制误差之后,对初始设计进行再修正,得到的结果由图6给出,这个设计比原设计稳定得多。实验证明,在现有的工艺条件下只有运用这种类型的设计,才有可能保证制备的重复性,才有可能把优质偏振片的制备由实验室推向生产。

5. 偏振膜的损耗

光学薄膜的损耗严重地影响光学薄膜的性能,特别对激光薄膜来说,损耗往往会导致薄膜的激光破坏,问题显得更为突出。在偏振膜中,P分量和S分量的损耗有很大的不同,S分量的工作点仍在反射带内,其损耗虽比中心波长处大,但相差不多,而P分量的工作点已在光谱曲线的通带部分,这里的损耗往往要比中心波长处大一个数量级,因此考虑在偏振膜中的损耗往往要比在反射膜中显得更为重要。

薄膜的损耗主要包括吸收、表面散射和体散射,由 TiO_2 - SiO_2 组成的多层介质膜,其损耗主要来自 TiO_2 层。在一般工艺条件下,偏振膜中P分量的表面散射损耗约为1%左右,

而体散射损耗更小一些,我们在给定表面散射和体散射系数的情况下,计算了P分量的光损耗与TiO₂消光系数的关系^[9]。结果表明:当TiO₂的消光系数小于0.0001时,偏振膜的损耗以表面散射为主(图7),当TiO₂的消光系数增加到0.0005时,吸收损耗与表面散射等

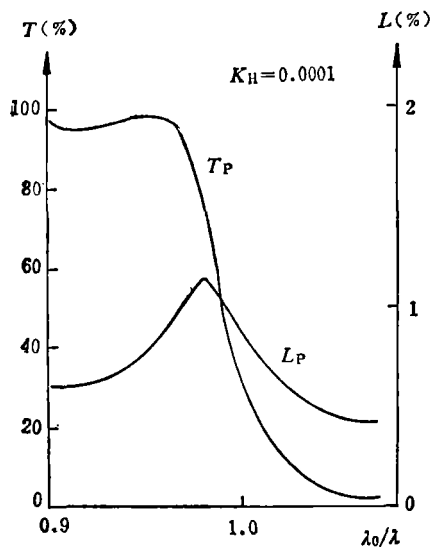


图7 偏振膜中P分量光的损耗曲线和考虑损耗后的光谱透射曲线(按设计膜系a)

损耗参数:

表面粗糙度 δ H层7Å, L层3Å;
 填充密度 P H层0.9, L层0.95;
 柱空心距 H层600Å, L层300Å;
 消光系数 H层0.0001, L层0.00001

量齐观,而当TiO₂的消光系数增至0.001以上时,损耗便以吸收为主。

从驻波场的理论来看,薄膜损耗的大小是由光强在薄膜内部的分布决定的,按设计膜系a计算的P分量和S分量的光强度在偏振膜内部的分布(图8和图9)表明:对S分量,光强分布象一般反射膜一样,主要分布在靠近入射介质的几层膜内,最大强度落在第三层TiO₂膜上,但强度小于入射光强。正因为光强在膜内急剧衰减,所以其总损耗是小的。而对于P分量,情况却大不相同,光强分布贯穿在整个膜层的始终,最大强度落在中间的几层TiO₂膜上,其强度超过入射光强,这就是P分量损耗之所以很大的原因。不论是P分量还是S分量,它的光强的最大值都落在TiO₂层,因此必须着重减小TiO₂膜的损耗。

从激光破坏的角度考虑,偏振膜的破坏阈值不仅与薄膜的总损耗有关,更重要的是取决于光在薄膜内部的最大强度,在上面分析的第a组膜系中,P分量在偏振膜中的最大强度超过入射光强,比S分量大得多,所以偏振膜的破坏阈值低于同样材料的反射膜,这里P分量是矛盾的主要方面。为了改善这些状况,我们又分析了第c组膜系的光强分布,发现它在场强分布上与第a组膜系稍有不同(参见图9和图10),而且P分量在膜内的最大强度有了明显下降,所以它的损耗也就有所减小。可见,偏振膜的膜系设计与控制技术一起构成影响偏振膜质量的主要因素,所以必须从膜系结构和控制工艺两方面着手减小偏振膜的损耗。

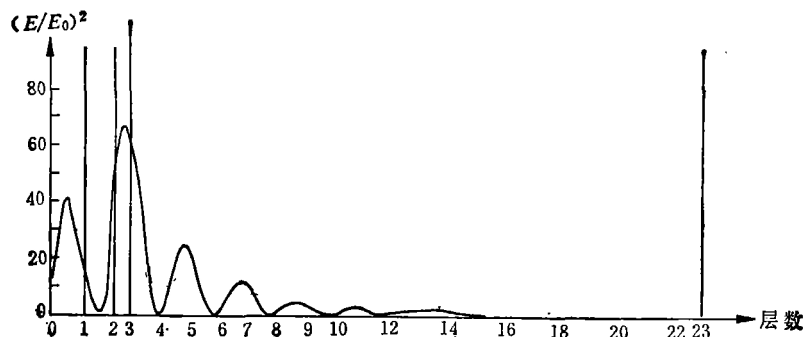


图8 在图7给定的条件下,S分量光在偏振膜内的场强分布

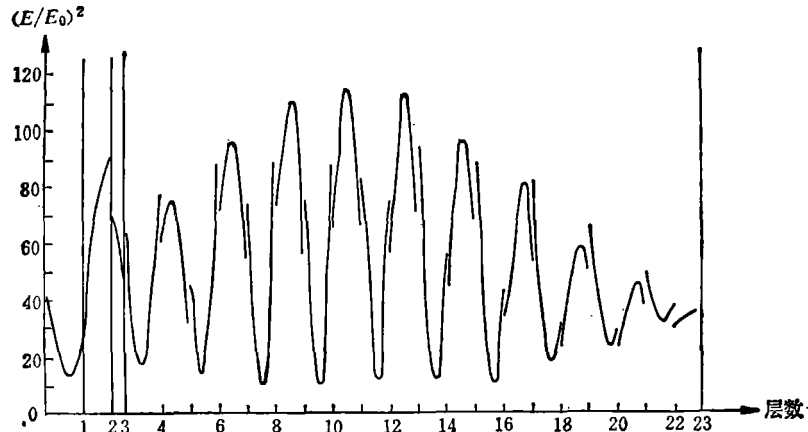


图9 在图7给定的条件下, P分量光在偏振膜内的场强分布

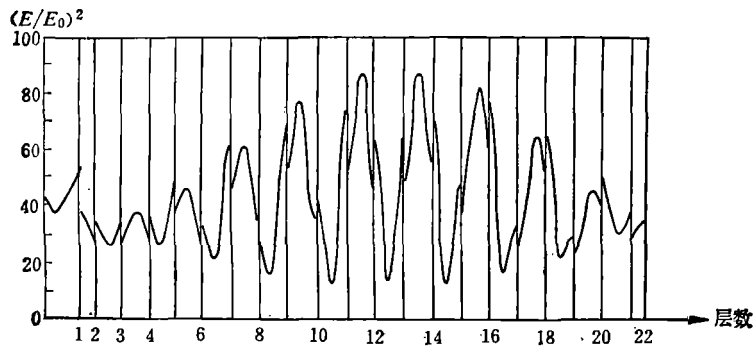


图10 在膜系(C)给定的条件下, P分量光在偏振膜内的场强分布

三、偏振膜的制备

我们选定以 TiO_2 - SiO_2 为高、低折射率膜料的具有四层修正层的第 α 组膜系为实验膜系,从膜系可见,对材料折射率和层厚都有一定要求,其中主要希望 TiO_2 材料具有较稳定的折射率和尽可能小的吸收。从使用角度出发,又要求膜具有较好的时间稳定性,因此在选定膜系后必须选择一个比较简单合适的工艺规程。

我们在工艺上注意了以下几个方面:

1. 关于 TiO_2 的折射率

TiO_2 材料在不同工艺条件下折射率变化范围较大,为了摸清实际镀膜过程中 TiO_2 折射率随基板温度的变化情况,我们模拟实际镀膜过程,用激光测温法^[10]测定了镀膜前及镀膜过程中基板温度的变化,然后,模拟这些温度镀制 TiO_2 单层膜,测定其折射率,发现在我们的实验条件下,镀二十三层 TiO_2 - SiO_2 膜的过程中,由于增加了蒸发源这个热源,基板温度升高 50°C ,因此 TiO_2 的折射率也是逐渐增大的,它的变化范围为 $2.2\sim 2.3$ (图11)。

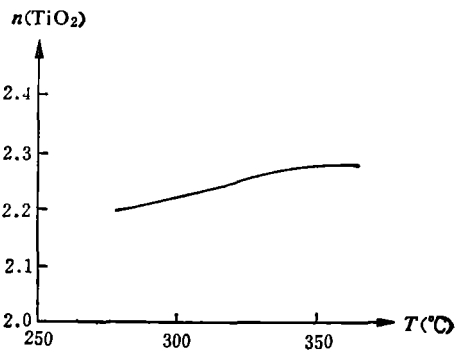


图11 TiO_2 折射率随温度变化的实验曲线

2. 关于 TiO_2 的吸收

为了减小 TiO_2 膜的吸收, 实验摸索了各种不同工艺条件下 TiO_2 的消光系数, 发现不同的基板温度、氧压、淀积速率以及热处理对 TiO_2 的吸收大小都有影响, 实验结果表明: 当选择基板温度为 $300^{\circ}C$, 淀积速率为 $8 \text{ \AA}/\text{sec}$, 氧压为 $2 \times 10^{-4} \text{ Torr}$, 淀积后又进行 8 小时 $400^{\circ}C$ 的热处理, TiO_2 的消光系数已接近 0.0002, 因此基本上已能满足偏振膜的要求。

3. 膜厚控制及修正层厚度的选择

为了解决制备的重复性, 我们摸索了各种工艺条件对偏振膜光谱特性的影响。实验情况与理论分析是一致的。我们找到了影响偏振片质量的主要因素, 即极值法监控中控制的不稳定性, 因此我们采用对 $\lambda/4$ 给以一个恒定误差, 然后调整修正层厚度比的方法, 找到对偏振膜光谱特性影响较小的修正层厚度比, 取得了较好的制备重复性。

4. 成膜后的热处理

为了去除膜层中吸附的水汽, 减小 TiO_2 膜的吸收, 改善并稳定 TiO_2 的结构, 从而改善并稳定偏振膜的光谱性能, 对镀制的偏振片还进行较长时间的高温烘烤。结果表明, 经热处理后, 膜的吸收减小, 最佳偏振短移, 提高了偏振膜的光谱特性和稳定性。

四、偏振膜性能的测量

1. 光谱性能

偏振膜光谱性能的测量, 是在一台简单的实验装置上进行的 (如图 12 所示)。采用 $12V100W$ 溴钨灯作光源, 用单色仪作分光元件, 采用红外薄膜偏振片 (偏振度约为 99.6%) 作起偏器, 用 GDB-239 光电倍增管作接收器, 前面配置积分球, 以消除由于被测片的放置引起的光束偏移而造成的测量误差, 最后用检流计显示光强。为了消除由于基片厚度引起的光束偏离, 在测量样品盒中放置两块同样厚度的基板以补偿光路。误差分析表明, 该系统的相对测量误差小于 0.005。

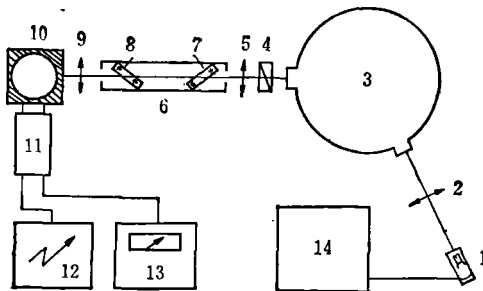


图 12 偏振膜光谱测量装置简图

1—光源; 2—会聚透镜; 3—单色仪; 4—偏振片; 5—透镜; 6—样品柜; 7—光束准直玻璃架; 8—测试样品架; 9—会聚透镜; 10—积分球; 11—光电倍增管; 12—高压电源; 13—检流计; 14—稳压电源

我们研制的偏振片光谱测量结果如下:

(1) 在 $1.06 \mu m$ 附近, 带宽 200 \AA 范围内, $T_p \geq 95\%$, $T_s \leq 1\%$, 其中较优者为 $T_p \geq 98\%$, $T_s \leq 0.5\%$ (如表 1 所示)。

(2) 在入射角为 $60^{\circ} \pm 3^{\circ}$ 范围内, 光谱透射率均能保持较好的水平 (参见表 2 和图 13)。

表1 入射角为57°和60°时偏振膜的光谱性能

$\lambda(\mu\text{m})$	57°		60°	
	P(%)	S(%)	P(%)	S(%)
1.086	97.5	1.0	96.5	1.3
1.080	97.7	0.9	96.7	1.0
1.075	97.5	0.7	97	0.8
1.070	97.5	0.5	97.3	0.6
1.064	96	0.3	98	0.5
1.060	95.2	0.2	98	0.3
1.055			97.2	
1.050			95.7	0.1

表2 偏振膜光谱性能随角度的变化

$\theta(^{\circ})$	T(%)	
	P	S
56	95.5	0.4
57	97.4	0.5
58	98	0.6
59	98.8	0.7
60	98.3	0.8
61	98.2	1.0
62	97.8	1.0
63	98	1.2

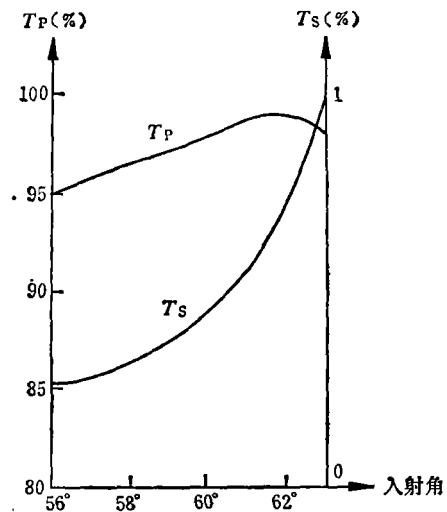


图13 偏振膜的透射率与入射角的关系(实验曲线)

表3 不同脉宽激光对偏振膜的破坏

(激光波长: 1.064 μm , 入射角: 57°)

脉冲宽度	光斑面积 (cm^2)	破坏阈值 (GW/cm^2)	
		P	S
100 ps	0.0015	31	35
1 ns	0.00172	4.42	
7 ns	0.0044	0.68	
50 ns	0.045	0.038	

表4 重复频率激光对偏振膜的破坏

脉宽	重复频率	单次破坏阈值	多次破坏阈值 (160次)
7 ns	1次/sec	680 MW/cm^2	106 MW/cm^2

(3) 由于该膜具有一定的光谱宽度和角宽度, 所以对特定波长, $T_p \geq 95\%$ 、 $T_s \leq 1\%$ 的重复性可大于 50%, 并且在一般温度下性能较稳定。

2. 激光损伤阈值

为了考察激光对该偏振片的破坏情况,我们用不同脉宽和不同重复频率的激光进行了实验,其结果如表3和表4所示。

实验结果说明,该偏振片对高功率、短脉冲激光具有较高的抗破坏能力,但对较长脉冲或较高重复频率的激光是不适用的。主要原因是TiO₂有吸收,薄膜的激光破坏有明显的积累效应。

参 考 文 献

- [1] 吉田国雄等,レーザー研究, **4** (1976), 3, 249.
- [2] Buchman W. et al., *J. Opt. Soc. Am.*, **61** (1971), 12, 1604.
- [3] Boulbee Gordon H., *Electro-Opt. Syst. Des.*, **10** (1978), 4, 24.
- [4] *Laser Focus*, **14** (1978), 6, 39.
- [5] *Laser Focus*, **15** (1979), 11, 49.
- [6] 张虹,范正修,上海光机所研究报告集, **8** (1980), 145.
- [7] 范正修,钱伟珍,光学学报, **1** (1981), 3, 273.
- [8] Laan C. j. v. d. and Frankena H. J., *Appl. Opt.*, **17** (1978), 4, 538.
- [9] 范正修,激光, **8** (1981), 8, 45.
- [10] 沈元华, **794** 镀膜会议资料选编,第四册,1980.

PREPARATION OF HARD FILM POLARIZER WITH WIDE FREQUENCY-BAND NEAR 1.06 μm

FAN ZHENGXIU, FAN REIYING, LU YUEMEI
(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

ABSTRACT

A film polarizer with good qualities in a wide spectral range near 1.06 μm is automatically designed. The stability and the effect of the error in thickness-controlling on the property of the polarizer are analysed.

TiO₂ and SiO₂ are used as the material of the thin film. Relations between the refractive index of TiO₂ thin film and the temperature of the substrate, and between the absorbance of TiO₂ thin film and deposition parameters are experimentally established. The result of $T_p \geq 95\%$ and $T_s \leq 1\%$ of this polarizer, which can be used in a high power laser system, is obtained within the range of 200 Å near 1.06 μm .