

光学介质膜引进的附加光程的测量

杨之昌 邱榴贞 章志鸣

(复旦大学物理系)

光学介质膜引进的附加光程是光学薄膜测量的重要内容。本文介绍了两种测量方法，它们的原理明确，装置简单，测量的结果基本一致。

光学介质膜一般是用真空镀膜的方法将其涂在玻璃基板或其它的光学元件上，它所引进的光程由下式表示：

$$\Delta = (n - 1)d,$$

式中 d 是光学介质膜的厚度， n 是它的折射率。

本文介绍用两种不同的方法对光学介质膜引进的附加光程进行测量。

- (1) 用三缝衍射法直接测量附加光程；
- (2) 用偏振方法测定介质膜的折射率 n ，

用多光束等厚干涉方法测量厚度 d ，再根据上式计算得到附加光程。

一、用三光缝衍射法测量介质膜引进的附加光程

1. 原理

图 1 是三光缝的夫琅和费衍射的光路图。图中 F 点是透镜 L_2 ($f_2 = 550\text{mm}$) 的焦点，观察屏放置在 L_2 的焦平面上。钠灯和一只狭缝

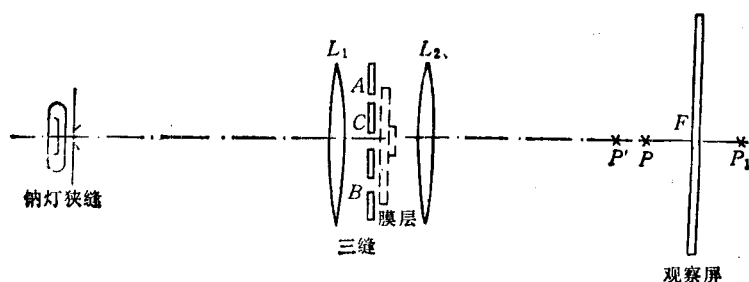


图 1

组成准单色的线光源，光波波长为 5893 \AA 。狭缝置于透镜 L_1 ($f_1 = 550\text{mm}$) 的前焦面上，用光刻方法制成的等宽度和等间距的相互平行的三缝垂直于光轴，放置在透镜 L_1 和 L_2 之间，并使光轴通过中央缝的中心。这样在开启光源后，它发出的准单色光波经过 L_1 变换成平面波透过三缝，然后经 L_2 会聚在其后焦面上。只要调节狭缝宽度，并使它的取向与三缝的取向一致，此时在观察屏上就可以展现出三缝的夫琅和费衍射图，它的光强分布可用下式表示：

$$I = a^2(1 + 2 \cos \delta)^2, \quad (1)$$

其中 δ 是三缝的外侧上、下缝 A 或 B 与中央缝 C 到焦点下的几何路程不同所引进的位相差， a^2 是单缝的夫琅和费衍射因子。

若观察屏从焦点平行移动到光轴 P 点上，使外侧缝和中央缝之间所引进的光程差 $\Delta' = \lambda/4$ 时，可以证明在屏上 Q 点的光强

$$I_Q = u_Q \cdot u_Q^* = a^2(1 + 4 \cos^2 \delta). \quad (2)$$

从(2)式可以知道，此时观察屏上的衍射光强分布成为等极大光强分布。同理，当观察屏

由焦点 F 向另一方向平移到 P_1 点,若这时

$$\Delta' = -\lambda/4,$$

则在观察屏也可以观察到等极大光强分布。由此可得出结论:观察屏从 P 点移动到 P_1 点(即 $\overline{PP_1}$ 等于相邻出现等极大光强分布的间距),外侧缝和中央缝对观察点所引进的光程差为 $\lambda/2$ 。若将待测介质膜遮住中央缝,这时等极大光强位置从 P 点移动到 P' 点,则可求得附加光程

$$\Delta = \frac{\lambda}{2} \frac{\overline{PP'}}{\overline{PP_1}}. \quad (3)$$

2. 实验装置和测量

实验装置基本上如图 1 所示。测量时,在观察屏处放置一台低倍读数显微镜(JDX-2型),用它测量轴向移动量。

测量开始时先不放待测膜层,沿轴向移动显微镜镜筒,当观察到等光强衍射条纹时,分别记下显微镜的位置读数 P 和 P_1 。然后,在中央缝的光路上加待测膜层再移动显微镜镜筒,再次观察到等光强衍射条纹,记下显微镜的位置读数 P' 和 P'_1 。最后,利用(3)式即可求出附加光程 Δ 的大小。例如,测得 $\overline{PP_1} = (5.87 \pm 0.11)$ cm, $\overline{PP'} = (1.82 \pm 0.09)$ cm,代入(3)式,得到 $\Delta = (85 \pm 5)$ nm。

3. 实验的注意事项

(1) 制作三缝时,两相邻缝的间距 b 要小一点,这样衍射条纹比较清晰。

(2) 必须使用折射率均匀的平行平面玻璃基板,玻璃宽度略大于三缝的宽度,待测膜层要遮住中央缝。

4. 误差

本实验主要误差来源在于很难判定等极大光强的位置。它的误差大于显微镜的刻度误差。为了减少这一误差,可以测量十次取平均值。

二、介质膜厚度和折射率的测定及附加光程的计算

光学介质膜厚度用多光束等厚干涉方法测量,我们已在《物理》杂志上作过介绍。这里主

要介绍用偏振方法测定介质膜的折射率。

1. 原理

光学介质膜一般镀制在玻璃基板上,见图 2(a) 所示。它有三个分界面:一是空气和介质膜组成的界面,用“ n_0-n 界面”表示;二是介质膜和基板组成界面,用“ $n-n_G$ 界面”表示;三是空气和基板组成的界面,用“ n_0-n_G 界面”表示。当光线以入射角为 i_0 入射到 n_0-n 界面上,若 i_0 正好是布儒斯特角,则 $r_{//} = 0$,也就是光波是 TM 波。这时,在 n_0-n 界面上没有反射,但是在 n_0-n_G 界面和 $n-n_G$ 界面仍有反射。它们的反射系数可由菲涅耳公式推算出,

$$r_{//} = r'_{//}.$$

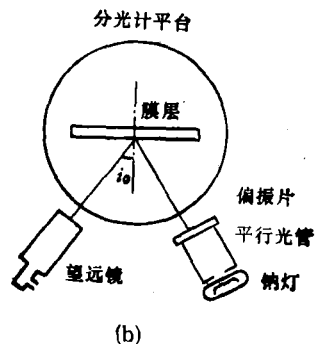
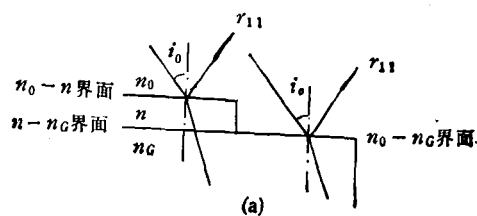


图 2

因此可知,用偏振法测介质膜折射率的方法是:当 TM 波入射到 n_0-n-n_G 界面和 n_0-n_G 界面时,改变其入射角 I 大小,直到观察到 n_0-n 界面和 n_0-n_G 界面的反射光强相等时,则入射角 i_0 就是 n_0-n 界面的布儒斯特角。利用布儒斯特角定律 $\text{tg } i_0 = n(n_0 \approx 1)$, 就可以算出介质膜的折射率。

2. 实验装置和测量方法

把样品垂直放置在已调整好的分光仪上,用钠光灯作光源,在分光仪的平行光管的物镜

(下转第493页)