

光学膜厚度的监视器

文 摘

该仪器系用不同波长的两条光束，测量基片上薄膜的光学厚度。这两条光束被斩波成一系列的时间变换脉冲，经过薄膜和基片并被检波以提供电脉冲输出。之后，脉冲相减，其差被平均。光学薄膜的厚度如果是两条光束的平均波长的 $1/4$ 波长的整倍数，则平均为零。

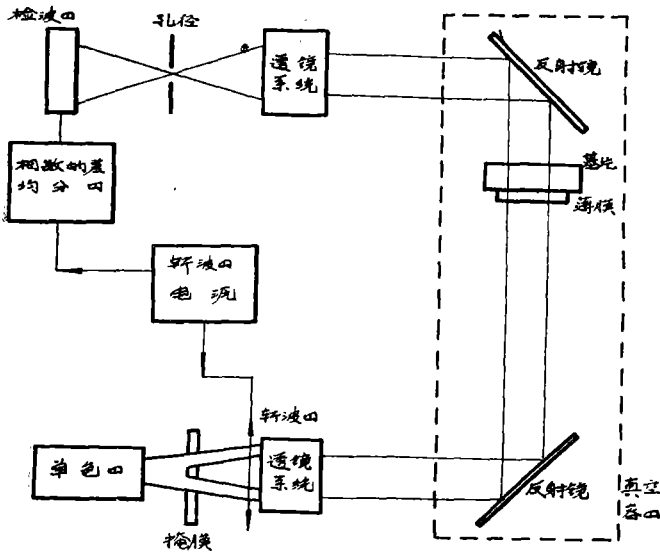


图 1

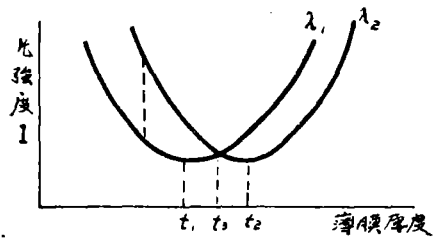


图 2

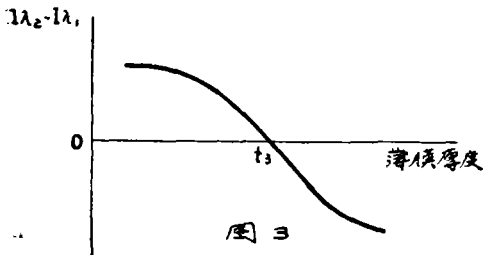


图 3

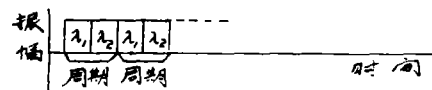


图 4

图 3

图 4

发明的背景

这部分叙述测量光学膜厚度的方法和手段。现代光学的最近进展强调了光学薄膜的制备方法。各种应用的主要要求是：精确地测定膜厚度并使用光学膜厚度监视装置进行这种测定。然而，这种装置的实际具有相当大的程度的变化，以致不能精确地测定厚度。

发明的梗概

这项发明是使通过薄膜或被薄膜反射的不同波长的两条光束的强度相减来测量薄膜的光学厚度。当膜为两条光束平均波长的 $1/4$ 波长整倍数时，光强度相等，于是得到一个零。利用膜的反射率的初步计算和光束的平均波长提供所希望的膜厚度要求的若干零。根据计算膜沉淀时的这些零，在零计数中得到正合适的厚度时，就可停止镀膜。

这项发明的一个目的是精确地测量薄膜的厚度。

另一目的是在无损伤情况下用光学方法精确地测量薄膜的厚度。

当与附图一起来考虑本发明的详细描述时，可明显看到它的其它目的，优点和新特点。

图 1 是发明的具体图解说明。

图 2 是表示穿过薄膜的光束的强度因厚度变化而变化的曲线图。

图 3 是穿过薄膜的两条不同波长的光束的强度差变化的曲线图。

图 4 是检波器输出的脉冲图，说明振幅对时间的关系。

发明的详细描述

从图 2 中我们可以看到：假若波长为 λ 的光束穿过一层薄膜，例如沉淀在基片上的

硫化锌，光强度随着膜厚度的变化而改变，当膜厚度 t_1 为某一数值时，它达到一个最小值。若具有不同波长 λ_2 的光，则在不同的厚度时出现最小的强度。然而，因为曲线的性质，交叉点出现在某一个中间厚度 t_3 。

若两种光强度相减，就得到图 3 所示的曲线。显然，在 t_3 得到零差分强度或零点。这个零出现在 λ_1 和 λ_2 平均值的 $1/4$ 波长整倍数时，即出现在 $n^{1/4}(\lambda_1 + \lambda_2/2)$ ，其中， n 是大于零的任意整数。图 1 表示本发明的具体情况。单色器是一个输出装置，它输出的是波长在光束的不同部分变化的一束光，穿过掩膜和斩波器的光投射到准直透镜系统。掩膜只允许两部分单色器光束分别以不同波长为中心（为： λ_1 和 λ_2 ）穿过。因此，对于 Bansch 和 Lomb 高强度光栅的单色器和特殊的掩膜，以及将单色器调到 5000 埃波长为中心时，两条光束将以 5050 Å 和 4950 Å 为峰值并且为 100 Å 的范围。另一种光源可以是白光源和环形干涉滤光片。

之后，两条光束落到斩波器断续器上，斩波器（警为：American Time Products 的看叉斩波器）交错地间断每条光束，因此，每条光束由一系列间隔脉冲组成，一束光的脉冲出现于另一束光的间隔时间。例如，有效的斩波器的频率大约为 150 Hz。这时，这两条脉冲的光束穿过使它们平行的透镜系统。

这两条光束投射到镀膜罩里并且从第一个反射镜经过膜和它的基片反射到另一个反射镜上，反射镜把光束从真空中反射出来（若基片是不透明的，则光束从该处反射。这项发明对任意一种情况皆能用。

然后，光束穿过集光并聚焦的透镜系统和缩小视场的孔径，于是只有单色器的光落到检波器上。检波器是一个提供比例于落在其上面的光强度的电输出。例如，可使用一光电倍增器。

检波器的电输出馈给减法和平均装置，例如 Princeton Applied Research 相敏检波

器 HR—8 型。图 4 表示指示器的电输出，它由脉冲组成。每个周期包括两个脉冲，一个是波长为 λ_1 的光束而另一个是波长为 λ_2 的光束（可能在脉冲之间有间隔，这取决于斩波器的工作）。减法和平均装置使一个周期里的每两个脉冲相减，平均其差并在电压计那样的指示装置上显示。电源的输入使减法和平均装置和光束脉冲同步，也激励斩波器，通常是一个正弦发生器。

为了获得一给定的物理膜厚度，已知膜的反射率，使用下列关系式：

$$1. T = Kt$$

$$2. N = 4T/\lambda$$

其中：

T = 膜的光学厚度

K = 膜的折射率

t = 膜的物理厚度

N = $1/4$ 波长个数（或零的个数）

λ_0 = 所用的两条光束的平均波长

t 、 K 和 λ_0 是已知的，因此一定要出现的若干个零给出给定的光学膜厚度，于是就可计算物理膜厚度。可以通过观看指示器确定它们，也可通过把减法和平均装置的输出输送给电子计算装置的方法确定它们。假若 N 得出来不是一个整数并要求精确度，那么为提供一个造成 N 为整数的波长，单色器的平均或中心波长可以改变。

虽然预定的厚度可以用零信号指示，但由于单色器的中心波长容易改变，也可以获得大范围的厚度。这种方法与检波器的敏感度对波长的变化无关，或与基片的任何特性无关。如果两条光束具有不同的强度，那么为了平衡检波器的输出可采用各种方法。若所有这些因素都存在的话，在膜沉淀开始之前利用减法和平均装置上的零偏移就可消除。膜开始增厚时，这个仪器上的指示器离开零读数，而在每次遇到透射或反射的一个极大或极小时，它都经过这同一个零点。

既然对透射和反射都可以用，所以甚至在透明的基片上淀积薄膜时也可以利用反射

的方法，因其总有一些反射光的。

显然，根据以上说明，本发明的许多改进和变化是可能的。所以，认为在附加的要求范围内就是不专门描述这项发明也可以实行。

本专刊的要求和希望保证的是：

1. 测量沉淀在基片表面上的薄膜厚度用的光学膜厚度测量设备包括：

提供两条不同波长的光束的装置，当光束穿过膜时，每条光束呈现一条光强度对膜厚度变化的曲线，每条曲线具有交错的最大和最小值点，一条曲线对另一条位移，因此交叉点出现在改变光束平均波长 $1/4$ 的膜厚度。

交错地间断每条光束的装置，因此光束由一系列在时间上的交错脉冲组成。

使间断光束平行的装置。

把间断光束投射到膜和基片上的装置。

光通过膜和基片或从它们反射之后使光聚集并使传输或反射的光束聚焦用的装置。

光透射时，光束通过基片，若基片不透明，则光束被反射。

透射或反射的光束检波后提供与其强度一致的电输出的装置。

连接到相减的交错脉冲和平均其差的检波装置的装置。

连接到减法和平均装置以提供平均差指示的装置。

2. 如要求 1 中的装置有：

供给两条光束的装置包括一个单色器和一个两个孔的掩膜。

减法和平均装置包括一个相敏检波器。

3. 测量沉淀在基片表面的薄膜厚度的方法包括以下几步：

交错地间隔不同波长的两条光束，于是光束形成两列光脉冲，一列脉冲出现于另一列的间隔，交错地出现。

把这些平行安排的脉冲的光束投射到膜和基片上。

使脉冲的光束聚焦，它们是被透射的还

是被基片反射的取决于基片是透射光的还是反射光的，并将其投在光检波装置上以提供比例于光强度的电输出。

使电输出的交错脉冲相减并平均其差；
利用平均差的零点指示镀膜厚度。

译自、美国专利№.3744916