

8 通道光学薄膜宽带监控装置

徐才龙

(华东工业大学仪器仪表学院 上海 200093)

摘 要 本文给出了一台 8 通道宽带薄膜监控装置的研制结果. 该装置有 32 个检测波长可供选择, 能同时检测 8 个波长处的实时信号, 可用于光学薄膜的宽带监控, 在镀膜工艺自动化研究中取得较好的效果.

关键词 光学薄膜; 镀膜; 监测; 透过率

中图法分类号 O 484.4; TP 216.1

光学薄膜技术作为光学学科中的一个重要分支, 在现代光学技术中得到广泛应用. 借助于计算机技术, 光学薄膜在理论设计方面取得了长足的进展. 在膜系的制备过程中, 如何进行有效的监控, 获得理论设计所要求的特性, 则显得更为重要. 特别是非 $\lambda/4$ 宽带膜系的制备中, 有效的监控技术是获得成功的关键. 在自动镀膜工艺的研究中, 作者研制了一套 8 通道光学薄膜监控装置, 将其用于非 $\lambda/4$ 宽带膜系的监控, 取得了较好的效果.

1 监控原理

对于多层膜系中的每一层薄膜, 在理论设计时就能获得该层薄膜的光谱特性曲线, 在膜层所要求的光波段范围内, 各波长处均有相应的透过率. 作者将理论计算时获得的透过率用 $T_i(\lambda, e)$ 来表示. 在制作膜层时, 利用宽带监控装置, 检测出膜层在淀积过程中在各波长处的实际透过率, 用 $T_i(\lambda, e_i)$ 表示, 把实际透过率和理论设计透过率进行比较, 其差值为

$$\Delta T_i = T_i(\lambda, e_i) - T_i(\lambda, e) \quad (1)$$

式中, i 为膜层序数, λ 为检测波长, e 为膜层理论厚度, e_i 为膜层实际厚度.

如果对第 i 层膜设置 m 个监控波长, 按式(1)计算每个监控波长处的实测值和理论值的差值, 并把 m 个差值的代数和作为该层薄膜的评价函数^[1], 设这个函数为 $f(\lambda, e_i)$, 则

$$f(\lambda, e_i) = \sum_{k=1}^m |\Delta T_{ik}| = \sum_{k=1}^m |T_{ik}(\lambda, e_i) - T_{ik}(\lambda, e)| \quad (2)$$

从式(2)可以看出, 当 $f(\lambda, e_i)$ 趋向于最小时, 实际膜层厚度 e_i 越接近于理论厚度 e . 同时, 监控波长点 m 选择得越多, 评价函数 $f(\lambda, e_i)$ 越趋精确.

收稿日期: 1995-02-25

在膜层淀积过程中,利用宽带监控装置不断地检测出 m 个波长处的实际透过率,由计算机把实测值和理论值进行比较,计算出评价函数,当评价函数趋向于零时,停止膜层淀积,实现自动监控. 这种监控方法的原理是简单的,但要实现这种监控方法,必须要解决三个基本问题:一是对 m 个波长处的检测周期必须足够快,否则时间上的滞后会引起失控;其次是检测到的实际透过率应有足够的精确度,因为对于多层膜系,每一层的监控误差的积累,会使整个监控过程失败;再次是理论设计时所获得的理论透过率,必须经过多次试验并进行修正后,方可作为监控用的理论数据.

2 监控方案的选择

在薄膜淀积过程中,对其某一光谱区域内的透过率进行实时检测有多种方案可供选择. 可以利用硅光二极管阵列和光栅光谱仪进行检测^[2],也可用电荷耦合器件和光谱仪进行检测,作者也曾利用摄像管和光栅光谱仪检测膜层的光谱特性^[3],以上这些方法都基于电子扫描原理,均需要有相应的光栅光谱仪相配合. 硅光二极管阵列是一种较理想的器件,但这种器件价格较昂贵;而电荷耦合器在 400 ~ 500 nm 光波段内灵敏度较低. 从实用和可靠性方面考虑,我们设计了一套 8 通道光学薄膜宽带监控装置,该装置利用光导纤维束和窄带干涉滤光片作为分光系统,以光电真空管作为光电转换元件,省去了光栅光谱仪和电子扫描检测电路,测量灵敏度高,工作稳定可靠.

3 8 通道宽带监控装置

用于光学薄膜制备的真空镀膜机,一般均配备有监控光学系统. 图 1 是 KD-58 型真空镀膜机的光学监控系统,光源灯丝位置被安装于聚光镜 1 的焦平面上,光束经聚光镜 1 后成为平行光束,通过比较片后,由聚光镜 2 聚焦于焦平面上. 图 2 是 8 通道宽带监控装置示意图,分光系统由一根特制的光导纤维束和 8 组干涉滤光片所组成. 光导纤维束如图 2 所示,其入射端被做成 1 束,而在出射端被分成 9 束. 光导纤维束的入射端面被安装于图 1 中聚光

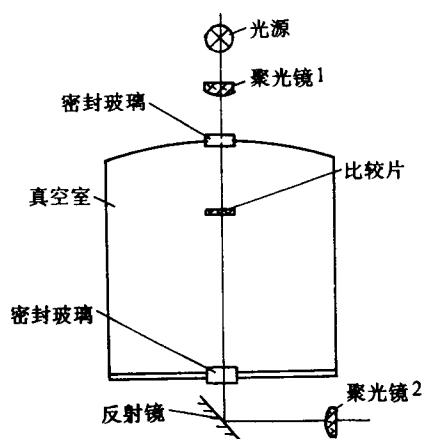


图1 镀膜机光学监控系统

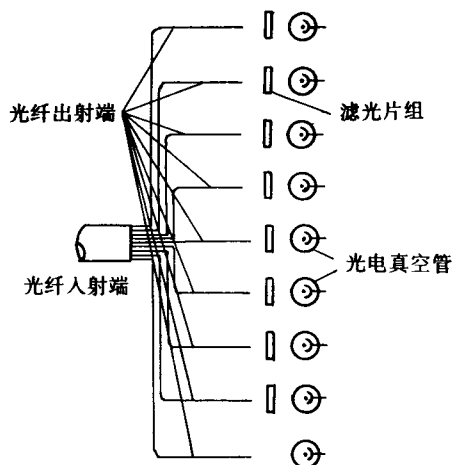


图2 光纤分光系统示意图

镜2的焦平面上,接收来自比较片的光信号,光通过光导纤维束后,从9个出射端面上射出. 在其中8个出射端面前,安装了8组干涉滤光片,每组有4片滤光片,可根据监控波长的要求切入光路内,因此,在实现膜层监控时,有32种监控波长可供选择.

窄带干涉滤光片的中心波长均经过测定. 用光电真空管接收经干涉滤光片后的单色光信号,当膜层透过率发生变化时,光电真空管输出电信号也随之变化. 由于光电转换时间极短,因此达到了实时检测的目的.

在光学薄膜设计时,可从32种波长中选择8种作为监控波长. 如果薄膜需要有超出上述32种波长之外的特殊监控波长,则可随时更换上所需监控波长的干涉滤光片. 各层膜在监控波长处的理论透过率均在膜系理论设计时获得,由于膜层材料的理论折射率和真空沉积时的实际折射率存在差异,所以计算所获得的理论数据须经过多次试验修正后才能作为计算机自动监控的理论数据.

在光导纤维束的9个出射端中,有一个出射端专门用来监视光源波动,因此该出射端之前不安装干涉滤光片. 利用计算机对该路信号不断采样,并与其他8路信号作比较,以消除光源波动对监控精度的影响.

由于光导纤维束有很好的挠性,监控装置在与镀膜机连接时不需要复杂的机械结构,只要把光导纤维束的入射端面与镀膜机的光学系统连接即可,故监控装置与镀膜机的相对位置不需要固定,也不存在镀膜机振动引起光斑漂移而造成测量误差的问题.

4 光电器件的选择

可供8通道监控装置选择的光电器件有光电倍增管,光电真空管和半导体光电器件.

光电倍增管是一种较理想的器件,该器件采用多碱光电阴极,其光谱响应范围较宽^[4],特别在紫光波段灵敏度较高,可以弥补光源在紫光波段的能量不足. 光电倍增管由于采用了电子倍增系统,可以检测微弱光信号. 该器件主要缺点是价格较贵,工作时需要有高压电源供倍增级使用. 光电真空管同样采用多碱光电阴极,其光谱响应特性与光电倍增管的特性相似,但灵敏度要比倍增管低,只要适当增加光源功率,经过实测,它的灵敏度已足够感受被检测光信号的变化. 这种器件性能稳定,价格也较低,因此在本装置中选择GD-24型光电真空管作为光电接收元件.

半导体器件主要有光敏电阻、硅光电池、光电二极管等,它们的光谱响应峰值均在700~900 nm波长之内. 这些器件价格虽低,但灵敏度较低,特别在紫光波段,灵敏度更低,故不宜在本装置中采用.

5 前置放大器

光电真空管接收到的光信号很小,它输出的光电流也很小,不宜直接作为模数转换电信号,而且,不同波长的光信号能量差异也很大,因此,光电信号需要进行阻抗变换和放大.

图3是本装置中采用的前置放大器. 该放大器有较大的放大倍数调节幅度. 根据计算机模数转换的要求,9组光电真空管输出的光电信号经9组前置放大器放大,均能获得满幅值为

华东工业大学

HUADONG GONGYE DAXUE

学报

XUEBAO

(原《上海机械学院学报》)

Vol.17 No.2

2

1995

JOURNAL OF

ISSN 1000-1921

EAST CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

