

文章编号:1005-5630(2004)02-0105-04

薄膜滤光片淀积过程实时光学监控系统*

林宇翔,章岳光,顾培夫,唐晋发

(浙江大学现代光学仪器国家重点实验室,浙江 杭州 310027)

摘要:介绍了一种薄膜制造实时光学监控系统,对监控系统的组成及各个模块的功能和工作原理进行分析。系统由计算机对信号进行采集、分析和判断,根据膜层的不同特点采取相应的监控方式,可以对各种规整和非规整膜系进行监控,自动开闭蒸发源挡板。

关键词:薄膜滤光片;实时;光学监控;计算机

中图分类号:TN1,TP2 **文献标识码:**A

In-situ optical monitoring system for thin film filter deposition processes

LIN Yu-xiang, ZHANG Yue-guang, GU Pei-fu, TANG Jin-fa

(State Key Laboratory of Modern Optical Instrumentation, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: An in-situ optical monitoring system for thin film deposition is introduced. The components of the system, functions and working principles of each module are analyzed. The computer samples, analyzes, and estimates the signals. Corresponding monitoring methods are adopted according to different characteristics of layers. The system can be used to monitor both regular and non-regular thin film stacks and switch the shutter automatically.

Key words: thin film filter; in-situ; optical monitoring; computer

1 引 言

光学薄膜广泛应用于光谱分析、激光技术、化学工业、宇航、大型精密仪器以及各类军工产品等科技领域^[1],光学薄膜厚度的准确控制是制备光学薄膜的关键技术。监控的准确度直接影响着光学薄膜的反射率、透射率、光谱特性和偏振特性^[2]。人们通常使用的监控方法有光学监控法和石英晶体监控法。对于光学薄膜来说,最常用的是光学监控法,国产镀膜机大多也是采用这种方法。目前,国产的镀膜机尚无膜厚自动监控系统,薄膜生产过程主要依靠人眼观察和手工操作。由于操作者工作时带有人为主观性和经验性,要及时准确判别关闭挡板的时间比较困难,难免误判。尤其是在极值点附近,光强信号的变化十分缓慢,如果仍由人工进行判断,很难保证镀膜的质量和重复性。现介绍的监控系统综合利用薄膜光学、数值滤波、最优化及微机技术,对光强信号进行采集、处理,并根据处理结果控制镀膜机的蒸发源挡板,可以克服人为操作的不足,提高镀膜生产的成品率和重复性。

2 系统硬件组成

系统是在对成都南光 700 系列光学监控镀膜机进行改造的基础上完成的。系统的整体硬件结构如图

* 收稿日期:2003-11-30

作者简介:林宇翔(1978-),男,福建厦门人,硕士研究生,主要从事光学薄膜厚度自动监控方面的研究。

1 所示,光源发出的光经调制器后分为两路:其中一路作为参考信号直接进入锁相放大器;另一路经监控片、单色仪和光电倍增管进入锁相放大器。锁相放大器的输出经过高精度 A/D 模块转化为数字信号,单片机读取该信号并传送给计算机;同时,计算机对单片机传送来的信号进行处理、判断,然后将指令发送给单片机,通过单片机控制镀膜机挡板的开关。为了使系统具有更好的扩展性和可移植性,单片机和计算机之间以 RS232 协议进行通信。

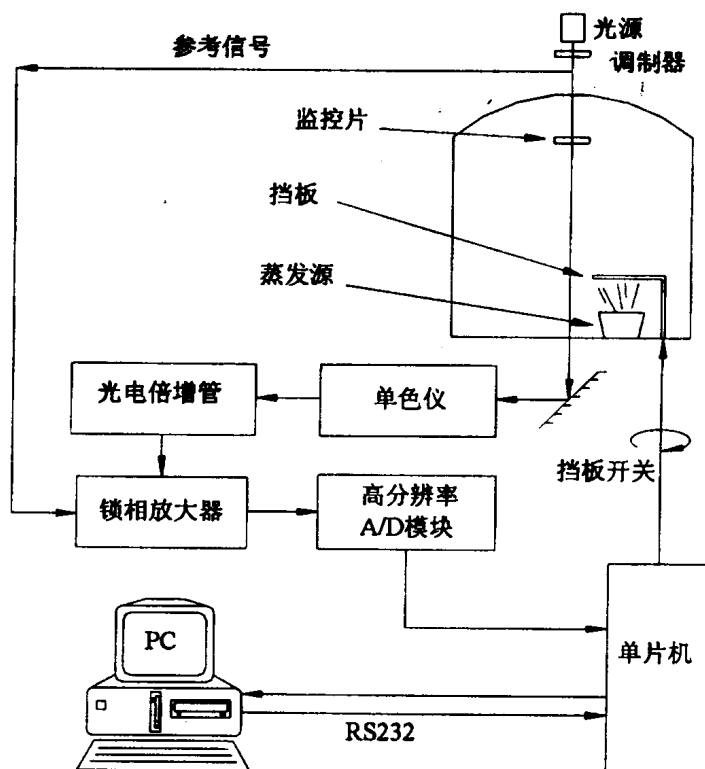


图 1 监控系统硬件组成

3 系统特性

3.1 监控方式

系统提供了极值监控和定值监控两种不同的监控方式可供选择。用户可以根据不同膜层的监控特性,分别选择监控方式,以达到最好的监控效果。

根据薄膜光学的原理,当薄膜厚度达到 $1/4$ 监控波长的整数倍时,透过薄膜的光强变化出现极值,经过光电转化器件后输出的光电流也相应出现极值,人们常常利用这一特性对薄膜的厚度进行监控。这种方法就称为“极值法”。但是,由于光强信号在极值处变化缓慢,所以对噪声特别敏感。尤其是在信号很弱的时候,信噪比很低,要准确判断出极值点就更为困难了。系统采用最小二乘法对局部数据进行拟合,解决了这一问题。计算机把当前时刻采集到的数据和前面一段时间采集到的数据进行拟合,得出监控曲线变化的趋势。根据趋势提前判别极值点出现的时刻,并与采集到的数据进行比较,就可以较好地进行极值点的监控。

采用定值监控时,由于终止镀膜的时刻远离极值点,信号变化较快,只要对采集到的信号进行一定的数值滤波,并且实时计算沉膜速率,就可以准确计算出关闭挡板的提前量,对膜层进行准确的监控。

实践证明,综合利用以上两种监控方式,可以有效地对许多膜系进行准确的监控,薄膜的实测曲线很好地满足了设计要求。

3.2 噪声处理

系统对噪声的处理主要分为两部分:进入 A/D 模块前的硬件滤波和软件对数据进行的处理。

由于薄膜监控信号的变化是一个变化相对缓慢的过程,系统用硬件滤波模块滤除信号中的中、高频成

分,消除了信号中的毛刺,使 A/D 模块能够接收到较为平滑的信号。

软件对数据的处理也分为两种方式,加权均值滤波和局部数值拟合。由于低频的噪声在硬件滤波过程中没能很好地消除,考虑到对信号进行处理的速度,计算机对采集到的数据进行加权均值滤波,使光强的变化曲线进一步平滑。加权均值滤波就是将光强信号的大小根据不同的采样时刻乘以相应的系数,再算出平均值。采用这种方法,当前数据会受到之前数据的影响,使系统用来分析镀膜过程的信号产生延时。通过改变滤波参数可以调整延时的长短。综合考虑滤波效果和延时长短,系统采用的平均延时为 350ms。

进行极值控制时,加权均值滤波已经不能满足准确控制的要求。采用局部数值拟合可以获得很好的效果。对一段时间内采集到的数据进行拟合,得到信号的整体变化趋势,通过对趋势的分析预先判断极值的大小以及出现极值的时刻,就可以对准确地对膜层进行极值监控。

3.3 监控软件

监控系统所有对数据的分析和判断都是由监控软件来完成的。监控软件的界面如图 2 所示。

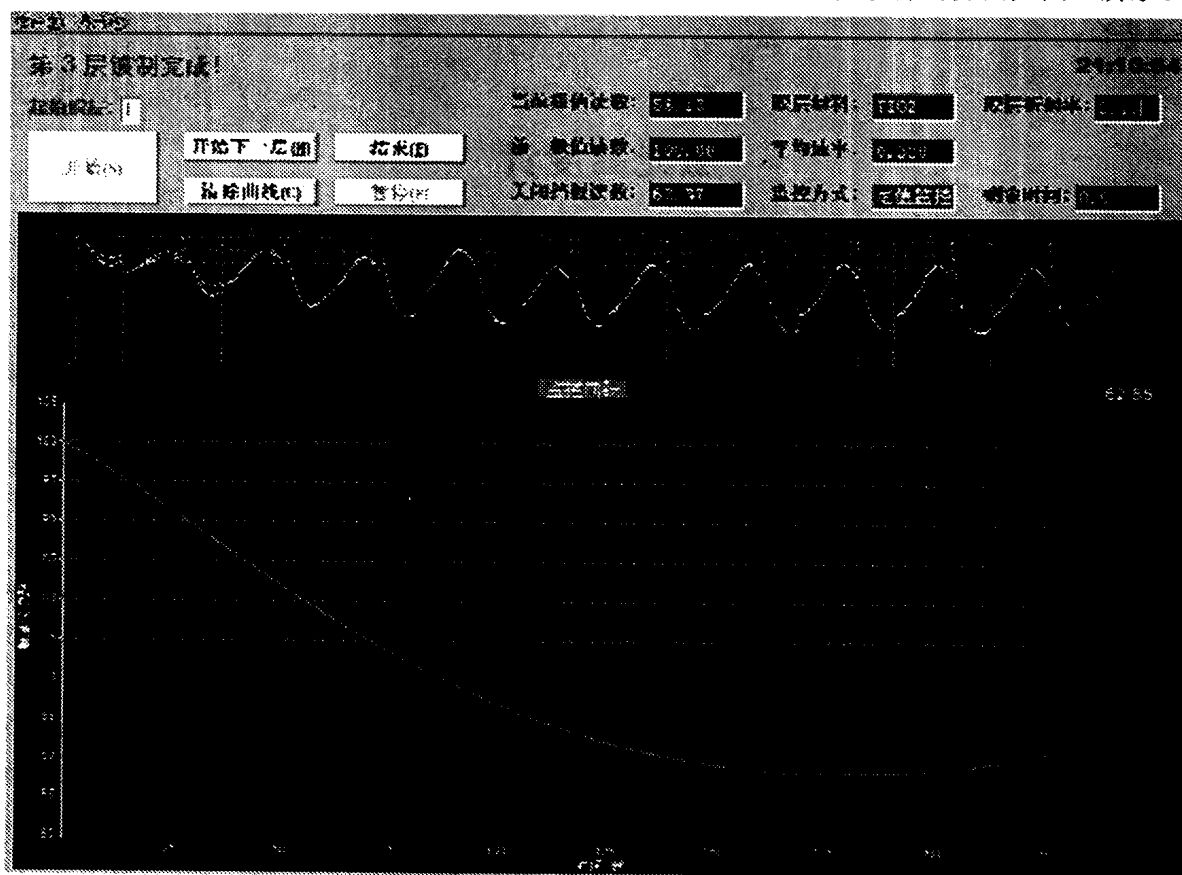


图2 监控软件界面

监控界面实时提供了膜系和镀膜过程的各种信息,包括理论监控曲线,实际监控曲线,当前膜层的监控方式,估计的剩余沉膜时间,膜层的实际折射率,以及膜层的平均蒸发速率,可以使用户直观清楚地看到镀膜的过程。

软件建立了与 TFCalc 的接口,可以直接导入 TFCalc 设计的膜系,自动生成理论监控曲线,并且可以在镀膜过程中对未镀膜层的监控参数进行修改。同时,监控软件还能自动生成完备的镀膜过程日志,记录各膜层镀制的起止时间、透射率变化情况、平均蒸发速率以及实际的折射率,供使用者对整个镀膜过程进行分析。

4 讨论

实践表明,现介绍的监控系统可以较为准确地监控减反、高反、带通及截止等多种类型滤光片,但是对于监控精度要求高的膜系效果并不理想。这是因为影响监控效果的因素还有很多,例如光源输出和蒸发源

的稳定性,监控光路和电子线路中噪声的影响,以及滤波造成的信号延迟。系统只是在采集到的信号的基础上进行监控,所以难以进行更为精确的监控。只有同时解决好以上各方面的影响因素,才能提高监控系统的精度,更为准确地对薄膜的沉积过程进行监控。

5 参考文献

- [1] Macleod H A. Thin-Film Optical Filters (The Third Edition)[M]. Bristol and Philadelphia: Institute of Physics Publishing, 2001.
[2] 唐晋发,顾培夫. 薄膜光学与技术[M]. 北京:机械工业出版社,1989.

消 息

激光高度计

将在中国月球计划中为“月球画像”的激光高度计,已由中国科学院上海技术物理研究所研制成功,并于不久前在北京通过了专家的初样评审。它将跟随我国第一颗探月卫星亲历绕月旅行,用三维影像再现月球表面原始风貌,为下一步航天员登月选择最佳着陆点。

据上海技术物理研究所科研人员介绍,激光高度计的主要工作方式是利用计算发射和接收到激光的时间差来进行距离的测量。它以高精确度、高分辨力和很好的独立性得到青睐,并被广泛应用于遥感、航空航天等领域。美国科学家在第一代和第二代火星探测器上都采用了这种激光高度计来获得火星表面的地形分布图。科学家用不同的颜色来标定不同的高度,火星表面的形貌就简洁形象地展现在人类面前。

激光高度计将实现获取卫星下方月球地形高度数据的任务,服务于月球表面三维影像获取的科学和应用目标。通过星上激光高度计测量卫星到星下点月球表面的距离,为光学成像探测系统的立体成图提供修正参数;并通过地面应用系统将距离数据与卫星轨道参数、地月坐标关系进行综合数据处理,获取卫星星下点月表地形高度数据。

专家说,探月一号卫星的工作阶段分为发射轨道、转移轨道和环月轨道阶段。激光高度计在进入环月阶段之前不工作;在进入环月阶段之后,不论月球表面是白天或黑夜,也不论卫星处于正飞或侧飞状态,激光高度计将长期开机工作。

(摘自《科学时报》)