

光盘动态测试

巩马理

(西南技术物理研究所, 成都)

潘龙法 徐端颐 金国藩

(清华大学精密仪器系, 北京)

摘要: 本文提出了一种用四象限光探测器实时测量光盘动态特性的方法, 测量了旋转光盘的起伏和倾斜, 分析了测试结果及影响测量误差的各种因素。本方法具有实时、简单的特点。

Dynamic testing of optical disk

Gong Mali

(Southwest Institute of Technical Physics)

Pan Longfa, Xu Duanyi, Jin Guofan

(Dept. of Precision Instruments, Tsinghua University)

Abstract: By utilizing quadrant detectors, a dynamic testing method for optical disk is proposed. The disk's height variation and tilt are measured under driven by the motors of disk driver. The analysis of the results is made with a brief discussion on the error in measurement.

一、引言

光盘存储是一种密度高、容量大和价格低的新型光学信息存储技术, 其基本方法是利用光学方法在记录介质(光盘)上实现信息的记录与读出。光盘驱动器工作时, 光盘高速旋

乐时晓, 男, 1933年出生。教授。现从事激光研究工作。

收稿日期: 1989年12月6日。

收到修改稿日期: 1990年1月10日。

转。由于电机主轴挠曲和光盘表面的不平等因素，光盘将发生上下起伏和倾斜，同时，由于光盘中心孔的偏心和电机主轴的转动偏心，光盘还将横向摆动。为了准确地实现信息存储，确保信息读写光斑始终位于确定的信息轨迹上，光盘驱动器中设置了精密的自动调焦（伺服精度要求 $< \pm 0.5 \mu\text{m}$ ）和精密的信息轨迹自动跟踪（伺服精度要求 $< \pm 0.1 \mu\text{m}$ ）。倾斜使从光盘表面反射的光线，进入探测器时产生位移，探测器输出附加的差动信号，叠加在自动调焦伺服和自动跟踪伺服的误差信号中，影响伺服精度^[1,2]。实际光盘驱动器中，要求光盘旋转时的起伏小于 $\sim \pm 0.5 \text{mm}$ ，倾斜小于 $\sim \pm 1^\circ$ 。为选择适当的光盘和合乎要求的主轴电机，有必要对光盘旋转时的动态特性进行测量。另外，测量光盘的动态特性，有助于了解光盘起伏和倾斜的时间特性，进而帮助伺服电路的设计。

本文介绍了一种利用两只四象限探测器，实时测量光盘动态特性的方法，巧妙地实现了信号分离，从三个信号通道分别给出光盘旋转时的起伏信号、切向倾斜信号和径向倾斜信号。

二、测量方法及信号处理

光盘动态测量装置如图1所示。激光束经分光镜和反射镜，入射到光盘表面，成为一正入射光束和一斜入射光束。两光束经被测光盘反射后，分别进入四象限探测器1和四象限探测器2。光盘的起伏和倾斜使光束到达四象限探测器表面时产生位移，四象限探测器输出差动信号，实现测量。光盘的倾斜可分解为绕切向轴的倾斜 $\Delta\varphi_t$ 和绕径向轴的倾斜 $\Delta\varphi_r$ 。

对四象限探测器1（光敏面标记为1、2、3、4），光盘倾斜引起正入射的反射光在探测器上产生位移。绕切向的倾斜 $\Delta\varphi_t$ 引起沿着（1+2）与（3+4）间的分割线方向位移，绕径向的倾斜 $\Delta\varphi_r$ 则引起沿着（2+3）与（1+4）间的分割线方向位移。而光盘上下起伏时，没有影响。对四象限探测器2（光敏面标记为5、6、7、8）， $\Delta\varphi_t$ 引起沿着（5+6）与（7+8）间的分割线方向位移， $\Delta\varphi_r$ 和上下起伏 ΔZ 引起沿着（6+7）与（5+8）间的分割线方向位移。由简单的几何关系，导出两个四象限探测器的各差动信号输出分别是：

$$(1+2) - (3+4) = a\Delta\varphi_t \quad (1)$$

$$(2+3) - (1+4) = b\Delta\varphi_r \quad (2)$$

$$(5+6) - (7+8) = [c\Delta Z + d\Delta\varphi_r] e \quad (3)$$

$$(6+7) - (5+8) = d\cos\theta\Delta\varphi_r \quad (4)$$

式中， θ 是斜入射光束的入射角； a, b, c, d, e 是与实验参数（如被测光盘至探测器的距离，光功率，探测器灵敏度）及前置放大增益系数和差动放大增益系数有关。

实验中选取 $\theta = 60^\circ$ ，则（4）式成为：

$$(6+7) - (7+8) = 0.5d\Delta\varphi_r \quad (5)$$

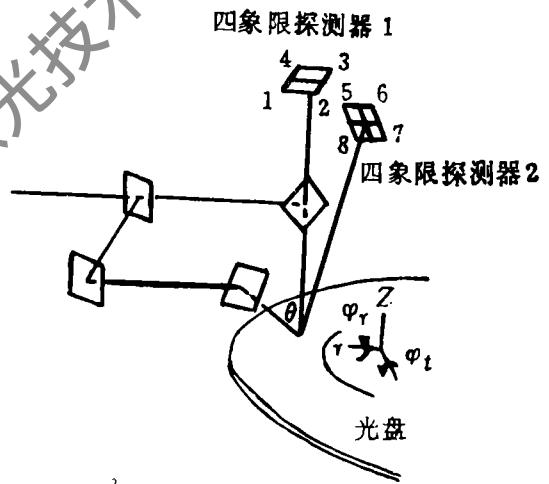


图1 光盘动态测试装置

采用如图2所示的信号处理电路,调整各差动放大减法器的增益系数 G_1 、 G_2 、 G_3 和 G_4 ,可得到单独的动态信号: ΔZ 、 $\Delta\varphi_i$ 和 $\Delta\varphi_r$ 。调整步骤如下:

1.分析(3)、(5)两式,交换四象限探测器2的输出端5和7,并调整 G_3 或 G_4 ,使交换前后的信号相等,确定出 $e=1$,还原5、7;

2.调整 G_2 ,使 $(2+3)-(1+4)=2 \times [(6+7)-(5+8)]$,确定出 $b=d$;

3.分析(1)、(2)两式,交换四象限探测器1的输出端1和3,并调整 G_1 ,使交换前后的信号相等,确定出 $a=b=d$,还原1、3。

这样,(1)~(3)及(5)式成为:

$$(1+2)-(3+4)=d\Delta\varphi_r \quad (6)$$

$$(2+3)-(1+4)=d\Delta\varphi_i \quad (7)$$

$$(5+6)-(7+8)=c\Delta Z+d\Delta\varphi_i \quad (8)$$

$$(6+7)-(5+8)=0.5d\Delta\varphi_i \quad (9)$$

(7)、(8)两式相减就得到了单独的起伏信号 ΔZ ,由通道Ⅲ输出。I、II通道则分别输出倾斜信号 $\Delta\varphi_r$ 和 $\Delta\varphi_i$ 。上述各式中的系数 c 、 d ,实际上为测量灵敏度,由定标确定。

三、测试结果及分析

实验中的光源,采用稳频偏振输出的He-Ne激光器,输出功率稳定(优于0.1%),输出光束经滤波扩束准直。为了增加测量的线性度,光路中设置了 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 的方型孔光栏。四象限探测器的光敏面响应均匀性为1~2%。系统测量灵敏度 d 的标定,以静态定标方式完成。其中,起伏测量灵敏度系直接标定,而倾斜角度测量灵敏度则由位移灵敏度按下式得到:

$$\text{倾斜角度灵敏度} = \frac{180 \times \text{位移灵敏度}(\text{V}/\text{mm})}{\pi \times r(\text{mm})} (\text{V}/\text{度})$$

式中, r 是被测光盘与四象限探测器1之间的距离。实际标定的起伏测量灵敏度为 $1.52\text{V}/\text{mm}$,倾斜角度测量灵敏度为 $0.53\text{V}/1^\circ$ 。

实验比较了实际光盘与表面抛光的玻璃圆盘的差异,测量了沿不同半径处光盘表面的起伏和倾斜。测量动态信号由存储示波器监视并由磁带记录机实时记录,由绘图仪绘出信号曲线。信号由7T17S型信号处理机处理,给出信号的功率谱。

典型的光盘动态测量信号及其功率谱如图3所示。从谱图上可以看出,光盘起伏及倾斜的功率谱分布在其基频10~15倍的频率范围内,因此,实际光盘驱动器中的伺服回路的低频高增益带宽必须大于此频率范围,以获得较高的伺服精度和较快的响应时间。

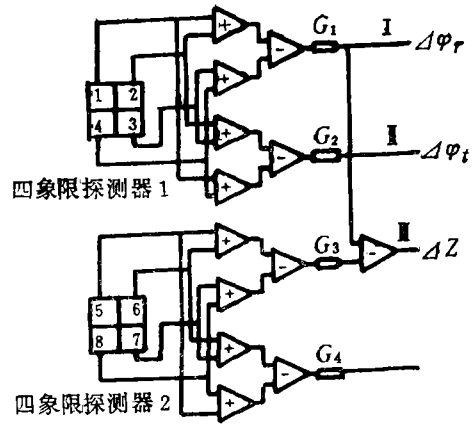


图2 信号处理电路

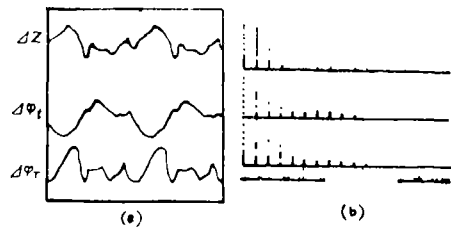


图3 光盘动态测试信号(a)及谱图(b)

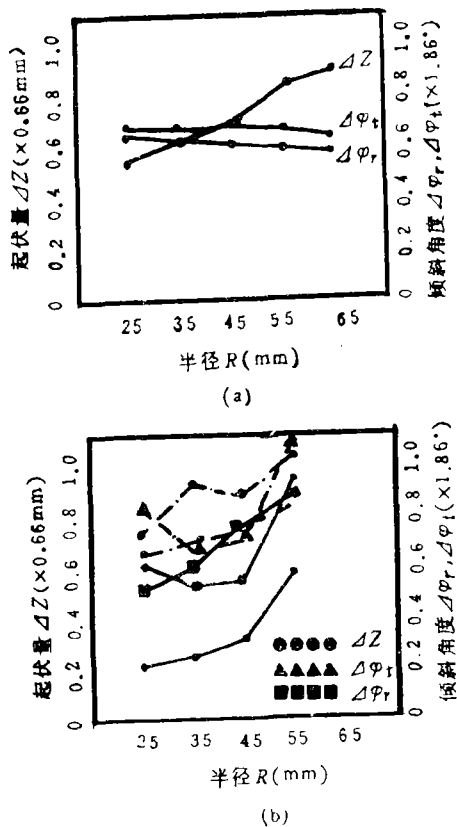


图4 起伏及倾斜测量结果
 (a) —光学圆盘 (b) —实际光盘
 ———— 激光电视播放机主轴电机
 - - - - 激光唱机主轴电机

前置放大输出端与差动放大器之间加一除法器，消除功率起伏及偏振的影响，通常，可使影响减小1~2个数量级。归一化处理还可消除被测表面反射率变化的影响。通常，电路处理非线性误差约为1~3%，选用高精度的运放并精选、配合电路元件，可进一步提高电路处理精度。探测器表面的光灵敏度均匀性，是器件固有特性，无法采用实验方法予以消除或减小，是影响测量精度的主要因素。本实验中，四象限探测器的光敏面灵敏度均匀性为1~2%。考虑到上述各因素的影响及定标误差，实际测量误差为2~4%。

参 考 文 献

- [1] Musha T et al., SPIE., 1982; 329: 48
 [2] Yasuo Kiemura et al., Appl.Opt., 1988; 27(4): 668

作者简介：巩马理，男，1959年10月出生。博士。现从事高能强激光技术，非线性光学，光盘存储技术及光电系统研究。

收稿日期：1990年2月20日。

收到修改稿日期：1990年4月10日。

沿不同半径处，盘的起伏及倾斜的测量结果如图4所示。其中(a)是表面抛光圆盘的测试结果。光学玻璃圆盘，经抛光处理，表面很平，盘转动时的起伏和倾斜，主要是由电机主轴的挠曲引起的，因此，随着半径的增大，盘的起伏量线性增加，而倾斜则基本保持不变，表明本测量方法正确。

图4(b)是实际光盘的上下起伏及倾斜，随半径变化的情况。盘的起伏在1mm左右，倾斜在1°左右，这正是一般光盘的情况。图中还比较了激光音乐光盘唱机(CD)主轴电机与激光电视光盘机(LV)主轴电机的差异，从图中可以看出，实验所选用之CD电机的性能较LV电机的性能好。

四、小 结

本文提出了一种实时测量光盘动态特性的方法，实际测量了光盘旋转时的起伏和倾斜。这种方法可用于一般光洁表面的动态测量及监视，具有实时、简便的特点。影响这种测量方法测量误差的主要因素有光源功率的变化、探测器光敏面的均匀性及电路处理误差。实际测量中应采用输出功率稳定的光源，另外，由于测量中的分光镜和反射镜均采用斜入射方式，具有较强的偏振选择性，因此，光源还应具有偏振性。一般光源，可采用功率归一化方法，在