

压电陶瓷特性测量实验

实验讲义

压电陶瓷特性测量实验

压电陶瓷是一种具有电致伸缩特性的功能陶瓷，材料在电场的作用下，几何尺寸会发生变化，一般变化量非常微小，每伏*厘米的变化量通常在 \AA 这个量级。这种微小的变化量非常适合于微小位移量的控制、操作和微细加工，因此广泛地被应用在生物医学、超精密机械等微小尺寸操控领域。

本实验主要是采用激光干涉原理，通过光干涉条纹的变化对压电陶瓷的压电特性进行观察和研究。通过本实验可以对压电陶瓷的压电特性和微小位移量的测量手段及方法有一个比较深入的认识和了解。

一、实验原理

1、干涉测长原理

测量位移是迈克尔逊干涉仪的典型应用，测量原理如图 1 所示：

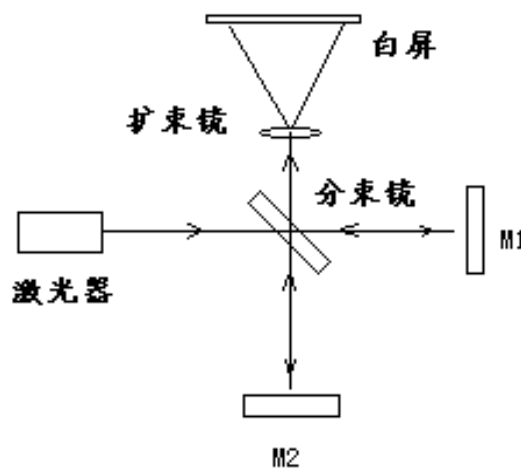


图 1 迈克尔逊干涉仪

从激光器发出的一束相干光经分束镜一分为二，分为两束。一束透射光落在反射镜 M1 上，另一束反射光落在发射镜 M2 上，M1、M2 分别将这两束光沿原路反射回来，在分束镜上重合后射入扩束镜，最后投影在白屏上。对光路进行调整，将在白屏上看到一系列的明暗相间的干涉条纹，这些干涉条纹会随着 M1 或 M2 的移动而移动，通过测出条纹的移动数就可计算出位移量，这就是激光测长的基本原理。

2、压电陶瓷电致伸缩原理

压电陶瓷的特点是在直流电场下对铁电陶瓷进行极化处理，使之具有压电效应。一般极化电场为 $3\sim 5\text{kV/mm}$ ，温度 $100\sim 150^\circ\text{C}$ ，时间 $5\sim 20\text{min}$ 。这三者是影响极化效果的主要因素。压电陶瓷具有敏感的特性，可以将极其微弱的机械振动转换成电信号。

本实验中采用的管状压电陶瓷，长度40mm，壁厚1mm，在内外壁上分别镀有金属电极以便施加电压，在陶瓷管的一端装有激光反射镜，在迈克尔逊干涉仪中充当反射镜。当在它的内表面加上电压（外表面接地）时，圆管伸长，反之加负电压时，圆管缩短。

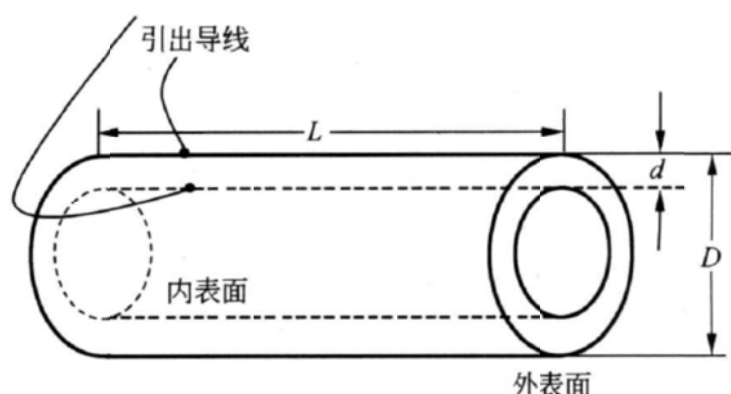


图2 管状压电陶瓷

二、实验内容

1、压电陶瓷压电常数的测量及特性研究

1-1 搭建光路

(1) 将光学隔振平台放置在一个坚固，平稳的桌面上，除四个隔振垫外，四周不要和任何物体相接触。

(2) 按下图3所示，在平台上搭制一套迈克尔逊干涉仪，其中的一个反射镜采用压电陶瓷附件。

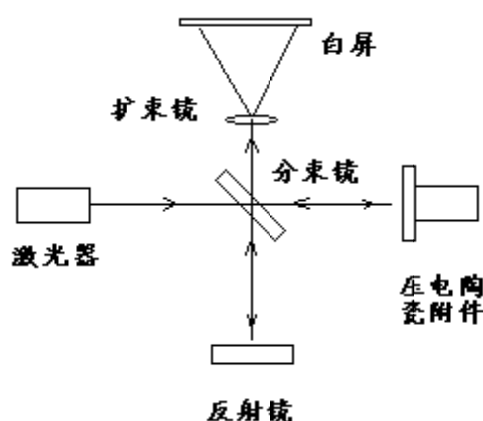


图3 系统光路图

(3) 将驱动电源分别与光探头，压电陶瓷附件和示波器相连。其中压电陶瓷附件接驱动电源插口，示波器 CH1 接驱动电压波形插口。光电探头接光探头插口，示波器 CH2 接光探头波形插口，如图4所示。整体光路系统连接如图5所示。

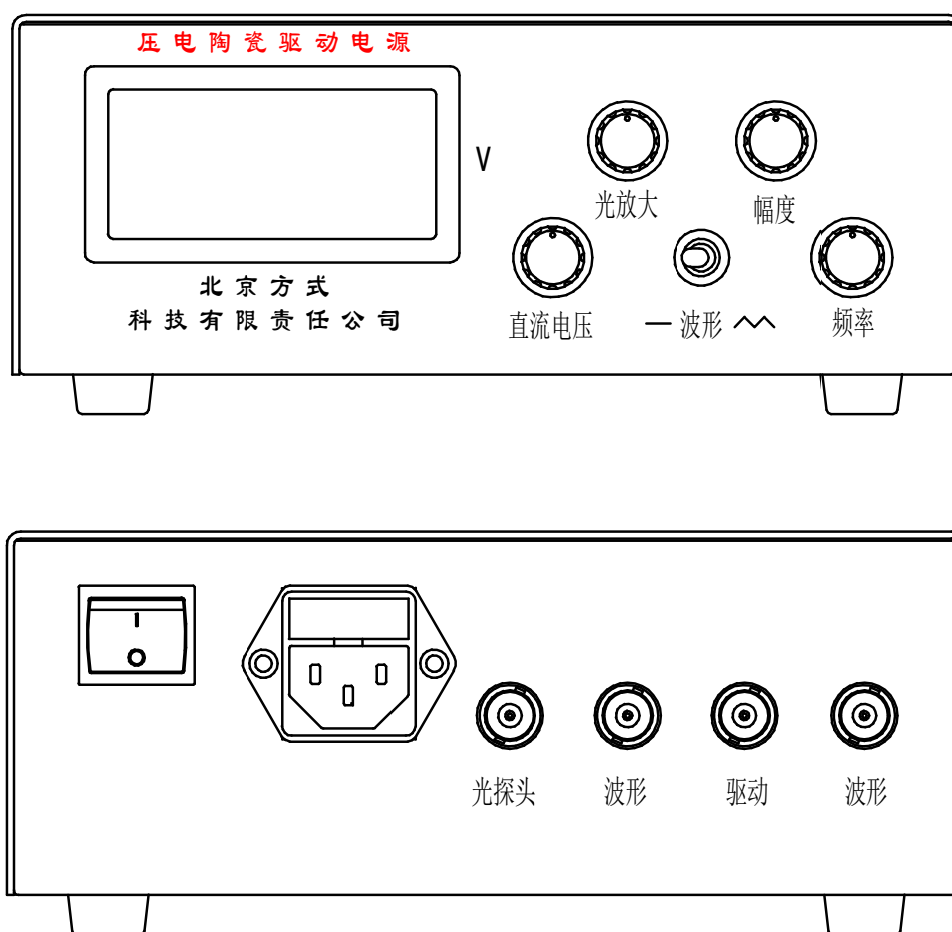


图 4 电源接口图示

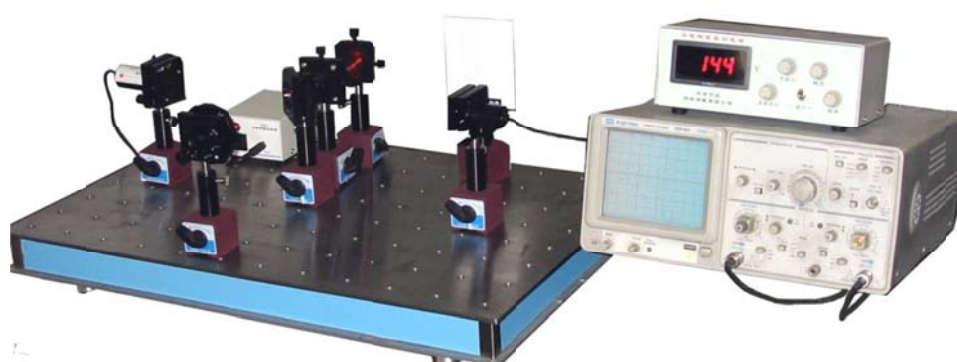


图 4 光学演示平台

(4) 调整半导体激光器，观察激光束距平台的高度，使各点的高度尽量相等，光束尽量平行于平台表面。

(5) 调整光路中各光学元件，使两束反射光回到分束镜合并后，尽量重合，且不要回到激光器出光孔中（进入激光谐振腔的激光会使激光器工作不稳定）。

(6) 观察白屏上的干涉条纹, 反复调整光学元件, 尽量使干涉条纹变宽 (两光束基本重合后, 夹角越小, 条纹越宽), 最好能达到扩束光斑中有 2-3 条干涉条纹。

1-2 结果记录及数据处理

(1) 用笔在白屏上标记一个参考点, 以作为记录干涉条纹移动数的基准。

(2) 将驱动电源面板上的波形开关打到左边直流 “—” 状态, 打开驱动电源的电源开关 (在后面板)。

(3) 慢慢旋转 “电源电压” 旋钮, 观察白屏上条纹的变化, 应可观察到条纹的移动, 表头表示的驱动电压的大小的值也将变化。

(4) 将直流电压降到最低, 平静一段时间, 等干涉条纹稳定后, 缓慢转动电压调节旋钮, 观察条纹的移动。条纹每移动过参考点一条, 就记录下相应的电压值; 每移动一条干涉条纹, 代表压电陶瓷长度变化了 $1/2$ 个波长, (即 $650/2\text{nm}=325\text{nm}$ 。)

(5) 到驱动电压开至最大后, 再从高压反方向降压并记录相应的电压值和条纹移动之间的关系值。通过以上数据, 画出电压-位移特性曲线。材料的压电常数就是材料单位长度在单位电压作用下的位移量, 通过上述曲线, 可求出平均压电常数。

2、压电陶瓷振动特性的研究 (激光干涉法)

2-1 搭建光路

(1) 取下白屏, 换上光电探头, 打开示波器。

2-2 结果记录及数据处理

(1) 将示波器置于双踪显示, CH1 触发状态, CH1 通道与驱动电压波形相连 (此接口的信号已衰减约 10 倍)。

(2) 将驱动电源波形开关置于右侧 “m” 端, 这时示波器 CH1 踪应可出现三角波形, 调节驱动频率, 使示波器屏上出现 1-2 个三角波。

(3) 将驱动幅度调到最大, “光放大” 旋钮旋到最大, CH2 通道与光探头波形相连, 这时 CH2 踪应有一系列类似正弦波的波形, 此为干涉条纹扫过光电二极管探头的信号。

(4) 改变驱动频率和驱动幅度, 观察 CH2 踪波形的变化情况, 体会干涉条纹与压电陶瓷振动的关系, 如频率、速度和振幅与波形的关系。

(5) 计算一个瞬时速度 (压电陶瓷的振动速度, 速度等于位移除以时间。CH2 通道

对应信号相邻两个峰之间的时间周期可读，对应白屏上相邻两个条纹的间距（即位移）为 $\lambda/2$ ）。

（6）计算压电陶瓷振动的振幅（CH1 通道一个三角波周期内对应 CH2 通道正弦信号的周期数量乘以 $\lambda/2$ （CH2 通道正弦信号一个周期对应的条纹位移为 $\lambda/2$ ）为振幅最大值）。



注意事项：

调整光路时不能用眼睛正对激光束，以免伤害眼睛。要用白屏接收光。