

## 数显德拜相测量仪的研制

王余姜 邓谷鸣 孙振宁 陈谋智

(厦门大学物理系 福建 厦门 361005)

**摘要:**为测量 X 射线粉末衍射照片德拜弧,进而计算布拉格角,制作了一种数字显示测量仪器. 该仪器用数字读出方式显示测量结果,适用于近代物理 X 光实验教学.

**关键词:**X 射线衍射;德拜相;数显仪器

## Digital read-out instrument for measuring Debye photograph

WANG Yu-jiang DENG Gu-ming SUN Zhen-ning CHEN Mou-zhi

(Department of Physics, Xiamen University, Xiamen, Fujian, 361005)

**Abstract:** An instrument with digital read-out has been made for measuring the X-ray powder diffraction photograph. The instrument can be applied to the modern physical experiments for measuring the Debye photograph and calibrating the Bragg angle.

**Key words:** X-ray diffraction(XRD); Debye photograph; digital display

### 1 引言

近代物理实验关于 X 射线的教学以粉末衍射作为基本实验. X 射线粉末照相获得一张由一系列对称分布弧线组成的衍射照片,称为德拜相. 根据布拉格方程  $2d\sin\theta=n\lambda$  (式中  $\lambda$  为 X 光波长,  $d$  为晶面间距,  $\theta$  为布拉格角), 对德拜相进行测量分析, 可以得出关于物质结构的重要结果, 例如物相组成, 晶体点阵常量, 晶面衍射指数等结构参量. 其中测量粉末晶体 X 射线衍射照片中每一对对称分布弧线之间距离进而计算布拉格角  $\theta$ , 是最主要的测量<sup>[1]</sup>. 由于微电子技术的发展, 数字式显示调节测量仪器得到迅速发展与推广应用. 我们利用数显测距装置制作德拜测量仪, 取代原有仪器机械刻度游标尺, 用于 X 射线衍射实验中测量布拉格角, 测量精度高, 结构简单, 使用方便.

### 2 数显测距原理简介

数显位移测量系统按其测量原理的不同, 可分为光栅测量系统、电栅测量系统、磁栅测量系统、容栅测量系统和球栅测量系统. “位置-电信号”转换分别采用如下技术:

光栅——利用光栅的叠栅条纹和光电转换技术;

电栅——利用感应同步器定、滑尺平面绕组间的电磁感应;

磁栅——利用磁性栅尺和磁头实现电磁/磁电转换;

容栅——利用平面容性尺实现电容感应转换技术;

球栅——利用导磁介质量的变化实现电磁感应.

我们利用电容式数显测距装置制作德拜测

量仪,取代原有仪器机械刻度游标尺,它的基本原理是:利用一个可变电容器,即两个表面平行的导体作为电极,两者互相隔离并可彼此相对移动,从而引起电容量的变化来对位移进行测量. 图 1 是一种气隙型电容传感器的原理示意图<sup>[2]</sup>. 图中定极板和动极板都是导电的金属板,

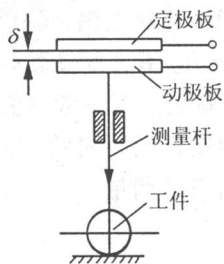


图 1 电容传感器

中间由空气隙  $\delta$  绝缘,组成电容器. 动极板与测量杆相连. 工件的尺寸变化经过测量杆使动极板移动,气隙或厚度  $\delta$  发生变化,引起电容相应变化. 平板电容器的电容  $C$  可由下式给出

$$C = \epsilon \frac{S}{\delta}$$

式中  $\epsilon$  为气隙绝缘介质的电容率(空气  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{F/m}$ ),  $S$  为电容器两极板工作面积,  $\delta$  为电容器两极板间隙厚度. 另一种面积型电容传感器通过两极板相对移动使工作(共有的)面积  $S$  改变,从而改变电容  $C$  的大小. 面积型电容传感器具有线性好的特点,在技术上设计了增量式电容传感器——容栅,即 1 个差分电容器. 它包含 3 个电极:两个在同一个平面内的电极 1 和电极 2 以及公共电极 3,如图 2 所示<sup>[3]</sup>.

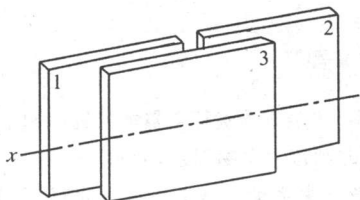


图 2 容栅的 3 个电极

公共电极 3 沿  $x$  轴上方向平行于电极 1 和电极 2 移动,差分电容器的分部电容是公共电极 3 在  $x$  轴位移的函数. 传感器通过极板相对移动使共有的面积  $S$  改变,从而改变电容的大小. 在大量程长度测量中采用周期性的设计,差

分电容器的电极由一组等间距并排的导片组成. 电子卡尺多数采用容栅这种类型的测量系统,它包含容栅标尺、读数头(容栅滑尺、接收电路)、数显装置等. 将电容大小或其变化转化为电信号,并在仪表上显示,即可测出位移长度. 容栅数显尺融汇微细加工工程和现代电子技术于一体,已获广泛应用. 图 3 是一种位相调制式数显系统的逻辑框图<sup>[3]</sup>.

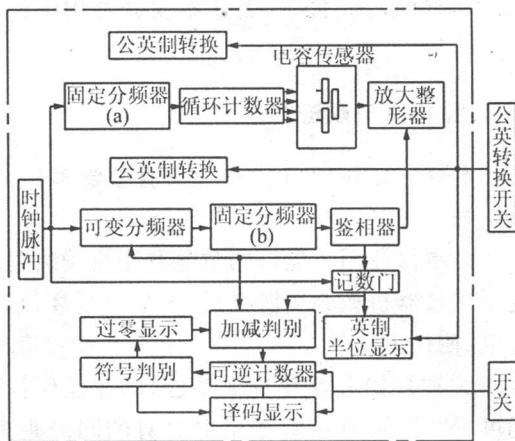


图 3 容栅数显系统逻辑框图

### 3 数显德拜相测量仪

实用的数显尺是把容栅、CMOS 大规模集成电路和 LCD 显示装置集合在机械尺身部分和游尺框上. 我们利用数显测距装置制作德拜相测量仪,其基本结构是一测距灯箱. 将一把特制数显尺平装在灯箱载玻片下方,德拜相测量底片放在灯箱上,数显尺读数头与游标连接,测量时游标的刻线对准德拜相衍射弧线的测量位置. 本仪器有效测量范围  $0 \sim 400 \text{mm}$ , 5 位数字

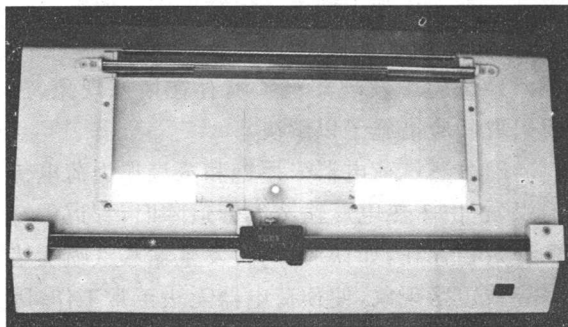


图 4 数显德拜相测量仪

LCD 显视,分辨率 0.01mm. 具有公英制转换,任意点置零和数值保持等功能. 可以满足直径 114.6mm 以内德拜相机拍摄的衍射照片长度的测量要求. 使用时,把德拜照片置于照明灯箱毛玻璃上,照片上的衍射弧线位置读数由数显游标尺直接读出. 由于数字显示装置在测量范围内有任意置“0”功能,可以用移动游标尺直接测量衍射弧对的绝对距离,这个距离与布拉格角有确定的对应关系,因此本仪器可用于测量布拉格角.

#### 4 仪器特点与改进方向

本仪器已用于近代物理实验教学多年,效果良好.

1)本仪器用较先进的数显测距直读装置取代原有仪器机械刻度游标尺,测量精度高,结构简单,使用方便.

2)本仪器有浮动置零功能,可在任何位置均可置“0”,可直接测量衍射弧对的间隔距离,克服原有仪器两次读取衍射弧对的位置读数,

然后相减并计算布拉格角的繁琐手续,节省时间,提高效率.

3)由于数显仪器选择专用单片数字集成电路和 LED/LCD 数码显示等新型器件,可实现数字设定、数码显示,具有多种调节功能,方便于仪表模块化设计,系统组成灵活,精度高,成本低,操作方便,可靠性强,可代替传统的模拟仪器而获得广泛应用. 本仪器对推广数字化技术用于改造实验装置有参考价值. 如果选用具有数值输出功能的测距模块,则可将本仪器改造为 X 光衍射自动测量.

#### 5 参考文献

- 1 王余姜. 一种应用于德拜相指标化的作图方法. 物理实验,1995,15(5):240
- 2 于文. 零件尺寸的自动检测. 北京:中国计量出版社,1987,32~37
- 3 李谋主编. 位置检测与数显技术. 北京:机械工业出版社,1993,388~394

(2001-03-29 收稿,2001-09-11 收修改稿)

(上接 21 页)

测试结果表明,人口烟道中增设水蒸汽预荷电器和水蒸汽喷嘴可以大大改变旋风脉冲静电水膜除尘器的电特性,提高了除尘效率. 在主电场电压为 190~200kV 时,其平均除尘效率为 96.34%,旋风水膜除尘器的平均除尘效率为 87.41%,平均提高了 8.93%. 在主电场电压为 220~230kV 时,平均除尘效率为 99.01%,可见基本上达到了静电除尘器的除尘效率.

#### 5.2 问题讨论

1)试验中发现蒸汽喷嘴存在堵塞现象,需要采取相应措施予以解决.

2)水蒸汽预荷电器采用饱和蒸汽作为荷电传输媒质,由于热电厂输蒸汽管道陈旧,管道中有各种杂物存在,如铁屑等,常发生输蒸汽喷嘴堵塞导致短路现象,使预荷电器无法正常工作,因此需提高水蒸汽的洁净度,在 Laval 喷嘴中增

加过滤网等措施,以保证水蒸汽预荷电器正常工作.

3)旋风水膜除尘器主体结构陈旧,水膜水量不足,水膜不均匀. 运行中发现水膜内壁有灰坨沉积,导致主电场电压下降,电晕电流也随之下降,降低了除尘效率,因此需改善水膜供水条件.

#### 6 参考文献

- 1 王辛刚. 水蒸汽喷嘴预荷电器的研究:[硕士论文]. 长春:东北师范大学物理系,2000
- 2 [日]营义夫主编. 静电手册. 北京:科学出版社,1983
- 3 Ouyang JT, Hui HX, Zhang GY et al. Generation of Charged Aerosol from Superheated Steam in Laval Nozzle. J. Aerosol Sci., 1995,26(4):559,562

(2001-07-29 收稿)