

用于单晶定向的 YX-1 型 X 射线定向仪*

佟承新 赵南光
(丹东仪器厂) (晨星无线电器材厂)

在毛主席无产阶级革命路线的指引下,在各级党委的正确领导下,在兄弟单位的密切配合和大力支持下,遵照毛主席关于“独立自主,自力更生”的伟大教导,发扬“艰苦奋斗”的革命精神,完全采用国产原件、器件,试制成功我国第一台 YX-1 型 X 射线定向仪,为我国电子工业、光学工业和科学研究等部门提供了新型仪器。

一、仪器的应用范围、效果及特点

X 射线定向仪是利用 X 射线衍射原理,对各种天然或人造晶体(如:石英、硅、锗、砷化镓、铋化钢、钇正铁氧、铈酸锂、碘酸锂、锗酸铋、电气石等)进行精密定向的必不可少的仪器。

该仪器电气和电路的设计比较简化,仪器操作简便,定向准确、迅速、精度高,维修方便。适用于人造水晶的生产、石英谐振器制造、单晶体材料及其器件制造等工厂的生产现场。仪器的外形如图 1 所示。

二、仪器的一般原理

X 射线定向方法是以 X 射线的衍射现象为基础。所谓晶体是由原子所组成的图样,在三维空间中周期排列而构成的固体。当一束单色 X 射线照射一晶体时,如果入射 X 射线的波长 λ , 反射角 θ , 晶体中面间距 d , 满足布拉格方程:

$$n\lambda = 2d \sin \theta,$$

则在与 X 射线光束成 2θ 角度的方向得到衍射光束。所产生的 X 射线反射面,我们称为原子面。

当原子面指数 hkl 或 hkl 一经确定,其法线与 X、Y、Z 各晶轴的夹角及反射角就确定。我们要确定某一被测晶体的表面方向,首先必须要选择被测表面附近的原子面,通过原子面的方向才能确定被测表面相对于晶轴的方向。

通常检查晶体时,入射线的波长 λ 和原子面间距 d , 以及反射角 θ 均为已知数。再通过 X 射线定向仪

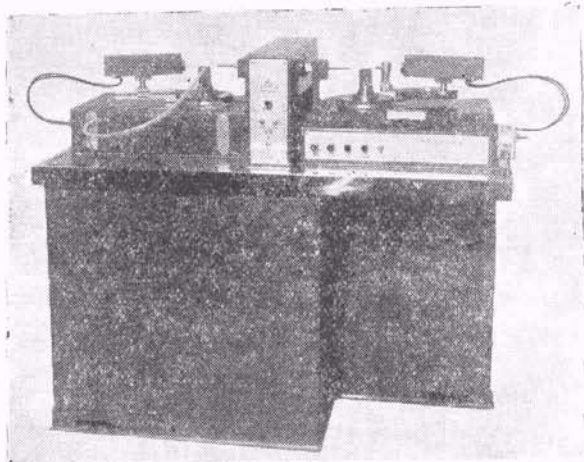


图 1 仪器的外形

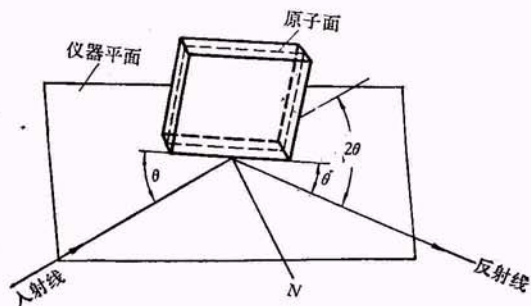


图 2 被测表面平行于原子面

确定反射角的实际值,从而计算出角度偏差值。

X 射线定向通常分为四种情况:

1. 被测表面平行于原子面,如图 2 所示。
2. 被测表面与原子面成一角度,平行于垂直棱,如图 3 所示。
3. 被测表面与原子面成一角度,平行于水平棱,如图 4 所示。
4. 被测表面不平行于原子面及各棱,如图 5 所示。

* 1973 年 10 月 8 日收到。

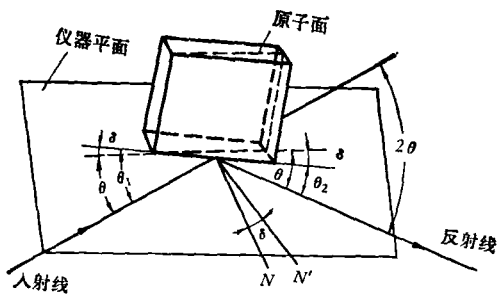


图3 被测表面与原子面成一角度, 平行于垂直棱

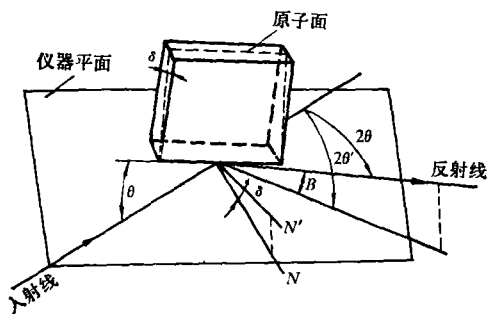


图4 被测表面与原子面成一角度, 平行于水平棱

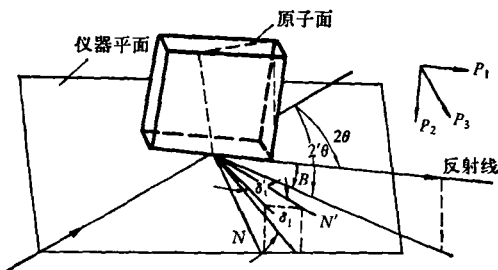


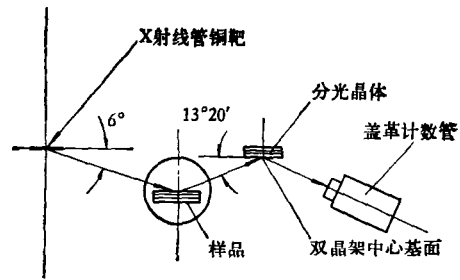
图5 被测表面不平行于原子面各棱

在通常情况下, 前三种遇到较多。若要确定被测面的角度, 先找出原子面与晶轴的夹角 α , 反射角 θ ; 若被测面与晶轴夹角为 φ , 此时, 被测面与原子面的夹角为 $\delta = \alpha - \varphi$, 其反射角分别为 $\theta_1 = \theta + \delta$, $\theta_2 = \theta - \delta$, 若将 X 射线接收系统放置在 2θ 位置, 旋转被测面支架, 就分别得 θ_1 及 θ_2 (测角仪度盘上的实际值), 此时就可以确定被测面的偏差 $\Delta\delta$ 值:

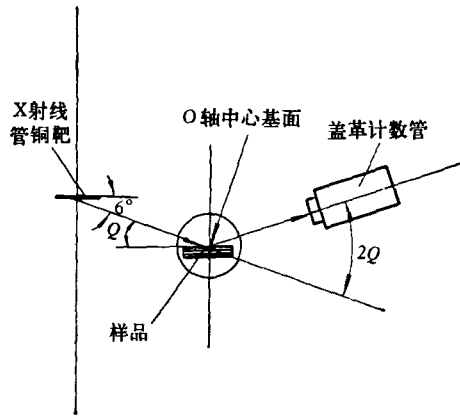
$$\left. \begin{aligned} \theta_1 - \theta_2 &= \pm \Delta\theta_1 \\ \theta_2 - \theta_1 &= \pm \Delta\theta_2 \end{aligned} \right\} \text{同号时 } \Delta\delta = \frac{|\Delta\theta_1| - |\Delta\theta_2|}{2}$$

$$\left. \begin{aligned} \theta_1 - \theta_2 &= \pm \Delta\theta_1 \\ \theta_2 - \theta_1 &= \mp \Delta\theta_2 \end{aligned} \right\} \text{异号时 } \Delta\delta = \frac{|\Delta\theta_1| + |\Delta\theta_2|}{2}$$

晶体角度的正确定向是提高产品质量的关键。X 射线定向仪检查晶体切面(或生长面)角度是目前科学的方法之一, 其准确度可达 $30''$ 。若加双反射装置, 那末, 准确度就可以达到 $15''-20''$ 。



(a) 加双晶附件



(b) 不加双晶附件

图6 仪器光路图

仪器的光路如图 6 所示。

三、主要技术数据

1. 电源为单相交流 220V, 50Hz, 可连续工作八小时, 高压为半波整流, 阳极接地, 30KVP 全压合闸, 电流为 0—5mA 连续可调。当电流电压波动为 $\pm 10\%$, 电压电流稳定度不低于 2%。
2. 测角仪精度为 $36''$, 样品旋转角度为 $-10^\circ-+50^\circ$, 计数管旋转角度为 $-10^\circ-+100^\circ$, 最小刻度数 $30''$ 。狭缝宽度为 0.05mm, 0.1mm, 0.2mm 三种。
3. 计数管采用 J131X 型盖革管, 工作在斜区, 电压为 450—1050V, 连续可调, 寿命长久, 不怕可见光。时间常数为: 0.1, 0.2, 0.5 秒, 分档可调。
4. X 射线管为铜靶, 其阳极接地, 风冷式, 寿命长, 使用简便, 其焦点为 $0.1 \times 4\text{mm}$, X 射线靶面角度 6° 。
5. X 射线管为 5mA, 30KVP, 灯丝电压为 3.5V, 灯丝电流为 4A。

仪器方框图如图 7 所示。

四、定向实例

有一些方法, 如光学法、偏振光法或根据晶体外形的方法等, 则准确性差、定向周期长, 无法确定任意面

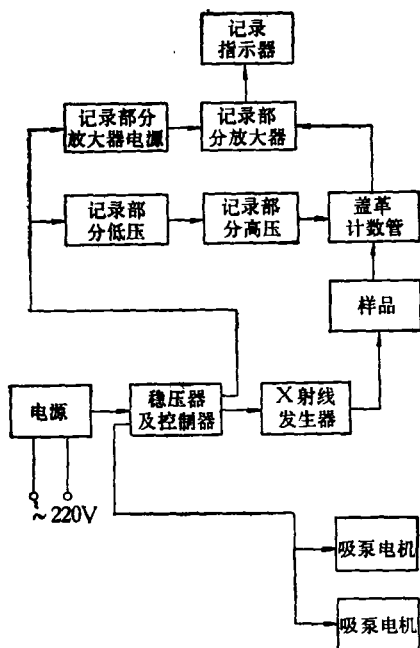


图7 仪器方框图

与各晶轴的位置；利用X射线定向，克服了上述不足。目前国产定向仪只需十几秒就可以测定一块晶体，并

且精确度达秒数量级。

现举例说明：

1. 如对半导体硅111晶面的确定，是属于第一种情况的定向，我们知道 $\theta = 14^{\circ}22'$ (λ 为反射角) 只要将接受器放置在 $2\theta = 28^{\circ}44'$ 位置，被测面支架在 $14^{\circ}22'$ 附近寻找最强点，此时指示最大值，记录度盘实际值 g_1 ，为消除因外界因素引起的误差，再把被测面旋转 180° 测量记录 g_2 值，测得 g_1, g_2 值，我们就很容易算出被测面的偏差 $\Delta\delta$ 值。

2. 对石英晶体绕X轴旋转与光轴成 $35^{\circ}13'$ 的切面，是属于第二种情况的定向，我们很容易查表得到 $\alpha = 38^{\circ}13'$ (原子面(011)与光轴夹角) $\theta = 13^{\circ}20'$ ，这样 $\delta = 38^{\circ}13' - 35^{\circ}13' = 3^{\circ}$ ，便得到 $\theta_1 = 13^{\circ}20' + 3^{\circ} = 16^{\circ}20'$ ， $\theta_2 = 13^{\circ}20' - 3^{\circ} = 10^{\circ}20'$ 。

将接受器放置在 $2\theta = 26^{\circ}40'$ 位置，被测面支架在 $16^{\circ}20'$ 附近寻找指示最大值，得到 g_1 值，再把被测面旋转 180° ，被测面支架在 $10^{\circ}20'$ 附近寻找得到 g_2 值，从而就可知道被测面与光轴成 $35^{\circ}13'$ 的偏差值。

我们应用这种设备，对很多晶体进行定向，除上述的例子外，尚有铈酸锂、方解石、硬脂酸铝、钆镓石榴石、钇铝石榴石、KAP等。都说明这项仪器工作时是满意的。

JG-2 激光测云仪*

山东电讯七厂

JG-2 激光测云仪是激光技术在气象探测中的应用之一。在探测低、中云的云底高度时，具有快速、准确、简便等优点，有时可以测出云的层次。这对于飞机的起飞降落、有云天气的航行等能快速提供有价值的云高资料。

主要技术指标

测量范围：可测任何结构的低云、中云，作用距离为120米至5000米；测量固体目标，在能见度比较好的情况下，作用距离为120米至15000米。测量时，激光收发系统可在仰角 -15° 至 90° 、方位角 0° 至 360° 之间任意转动，瞄准目标。

测量精度： ± 5 米。

重复频率：每分钟可工作5次，允许连续工作两分钟(即测距10次)，然后休息3分钟，方可继续工作。

整机重量：22公斤。

环境温度： -30°C — $+40^{\circ}\text{C}$ 。

供电电源：50Hz, 220V $\pm 10\%$ 。

工作原理

激光测云原理和微波雷达测云原理相同。它应用激光功率大、方向性和单色性好等特点。当激光测云仪发射出一束窄而强的激光脉冲，经过时间 t 后，接收到云层对激光的后向散射光，则斜距 r 可由下式求得：

$$r = \frac{1}{2} ct, \quad (1)$$

式中 c 为光速。

再由激光测云仪的仰角 θ ，利用简单的三角函数关系，即可算出云底高度：

$$H = r \sin \theta + h \quad (2)$$

* 1974年1月15日收到。