

发散束 X 射线双元素靶的制备

范得培 张建中 丘第荣

(南京大学物理系)

一、双元素靶的制备

图 1 所示为背射 Kossel 线的衍射几何。聚焦的电子束通过靶管轰击到很薄的靶膜上，产生一个尺度很小的 X 射线点光源 S，直径 10—30 μm 。由 S 发出

充分发散的 X 射线入射到晶体上某一个衍射面时，总有一个入射圆锥满足 Bragg 条件，产生衍射。衍射线也形成一个圆锥，S' 为衍射圆锥的顶点。 θ 为 Bragg 角， $\alpha = 90 - \theta$ ，倾角 ϕ 为衍射面与样品表面的夹角。底片所记录的为近似椭圆的四次曲线^[1]，称为背 Kossel 线(简称为 Kossel 线)。

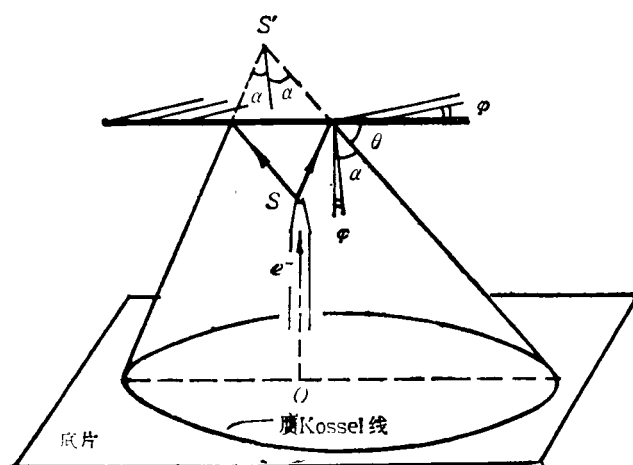


图 1 背 Kossel 线的衍射几何

背射 Kossel 线方法比透射 Kossel 线方法在实验上有很多优点，如样品制备简单，不受样品厚薄的影响，且在工作时不破坏样品。所以很多工作如应力、应变分析^[2]和半导体异质外延的界面处点阵常数的匹配^[3]都是用背射 Kossel 线方法进行的。但是单元素靶背射 Kossel 线花样由于靶管的遮挡和底片中心孔的影响，不可避免地造成很多 Kossel 椭圆不完整，靠近底片中心的一端的衍射线断缺了。也有些椭圆由于样品和底片尺寸的原因在另一端记录不到。所以，依靠椭圆长轴两端的衍射线进行测量分析的传统的方法无法进行。如用其他方法弥补，则会给测量工作带来很多困难，且影响测量精度。照片上的衍射曲线很多，但由于椭圆不完整，实际可用来测量的却很少，这对于很多工作尤其是需要很多数据的精确测量工作是很不利的。

为了克服单元素靶这一缺陷，近年来开始进行双元素靶的研制。目前国际上生产的用于 Kossel 线衍

射工作的微焦点 X 射线仪器，如日本理学电机株式会社生产的 CN4180E₁ 微焦点 X 光机，只提供一单元素靶。双元素靶仍处在实验室研究工作阶段。由于双元素靶能够同时发出两种特征 X 射线，用这种双元素靶拍摄单晶体的 Kossel 线花样，各个 Kossel 线椭圆一般来说皆由双线组成。再用适当的测量方法可以很有效地利用双线的不完整椭圆，使一张照片上能提供更多的信息。若两种波长选取适当，还可以进行晶体材料不同深度的应变分析^[4]。由于两种辐射波长有一定的差异，对晶体的同一晶面产生衍射时，必然是入射在这一晶面的不同区域。通过双线的衍射线可以分析晶面不同区域的畸变^[5]。

为了避免靶材料自身对 X 射线的吸收，靶膜要求尽量地薄，但又要求能承受高速电子的轰击和抽真空时的大气压力。所以膜的厚度有一个最佳值，大约在 20—30 μm 。由于要求能同时发出两种强度大致相同的两种特征辐射，靶膜中两种材料的含量必须有一定的

比例。与靶管封接后,要保证在 10^{-5} — 10^{-6} mmHg 的高真空下不漏气,并与靶管导通。靶膜直径 $\phi < 3$ mm,如此小的靶膜与靶管封接时,焊封材料不能流到靶膜上。以上这些条件给制备双元素靶带来一定的困难。国外报道了 Fe-Co^[2], Fe-Cr^[4] 双元素靶的研制,均采用镀层法,要求精确控制单面镀层的厚度。焊封技术要求很高。为提高可焊性,在如此小的靶膜四周还要复上一圈 Ag,为此设计了专用制靶工具^[4]。

我们曾根据文献[2,4]提供的方法,反复研制,尽管克服了技术上的困难,但也不易得到理想的效果。为此本文介绍我们研制 Ni-Cu 双元素靶简便有效的制备工艺。

在大约 0.1mm 厚的纯铜皮上电镀一层 Ni,经扩散退火,压延两面研磨到预期的厚度,保证 Ni, Cu 两种特征辐射的强度大致相同。用国产金属快干胶将靶膜仔细地与靶管口粘合,胶粘时注意将 Ni 多的一面露在靶管外面,这样就会有滤去 Cu 的 K_{β} 辐射的效果。

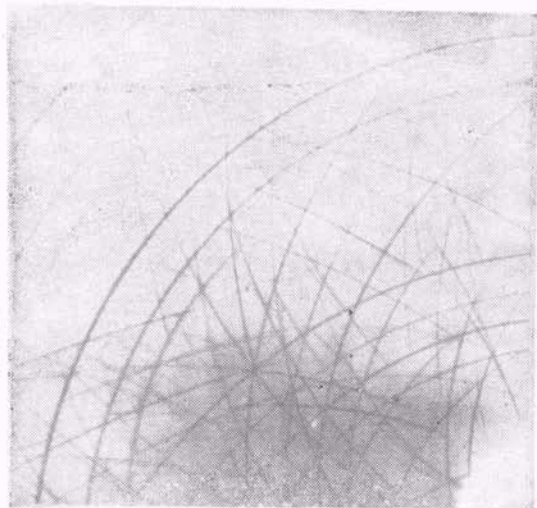


图2 Ni-Cu 双元素靶 Kossel 线衍射花样
(两次曝光法)

用粘胶方法不存在可焊性的问题,适用于各种材料的靶膜与黄铜靶管的粘合。图2是 Ni-Cu 双元素靶 Kossel 线衍射花样。可以看出每一根 Kossel 线都是由相邻的双线组成,其衍射强度大致相同。

二、双元素靶在 Kossel 线衍射工作中的优点

(1) 双元素靶用于背射 Kossel 线衍射的工作中,采用两次曝光法,对不完整 Kossel 线的测量,将充分显示出其优越性。

在图1中看到的底片上的一根 Kossel 线,由于应用双元素靶,再配合采用两次曝光法,就出现四根 Kossel 线,见图2。即使不完整也相当于单元素靶两次曝光完整的 Kossel 线的效果,但又不是单元素靶四次曝光的方法所能代替的。只要通过适当的方法就可以比较容易地测出晶面间距 d 和倾角 ϕ (晶面和样品表面之间的夹角)。原则上用一张底片就可以测量并计算出参加衍射的各个晶面的晶面间距 d 。这对精确测定点阵常数和三维应力应变分析是极为有利的。

(2) 我们曾用 Ni-Cu 双元素靶背射 Kossel 线花样分析了 LiNbO₃ 晶体在 75°C 附近衍射异常的现象^[5]。由于双元素的两种元素特征波长的差异,从照片上反映出,同属于一个晶面衍射的双线,根据畸变形状的不一,可以分析该晶面相邻区域的畸变的情况。双元素靶的这种优点是单元素靶所不及的。

参 考 文 献

- [1] B. A. Newman, *J. Appl. Cryst.*, 3(1970), 191.
- [2] T. Ellis et al., *J. Appl. Phys.*, 35(1964), 3364.
- [3] O. Igarashi, *Japan. J. Appl. Phys.*, 15(1976), 1435.
- [4] R. J. Schutz et al., *J. Appl. Cryst.*, 14(1981), 352.
- [5] 范得培、张建中、李加季, *物理学报*, 34(1985), 390.

(上接第9页)

- [7] H. R. Ott et al., *Phys. Rev. Lett.*, 52 (1984), 1551.
- [8] G. R. Stewart, *Rev. Mod. Phys.*, 56(1984), 755.
- [9] G. R. Stewart et al., *Phys. Rev. B*, 30(1984), 482.
- [10] S. Doniach, S. Engelsberg, *Phys. Rev. Lett.*, 17 (1966), 750.

- [11] 例如,可参阅 Д. И. 布洛欣采夫著《量子力学原理》中译本下册, § 117, 图 80.
- [12] M. Tachiki, S. Maekawa, *Phys. Rev. B*, 29 (1984), 2497.
- [13] P. W. Anderson, *Phys. Rev. B*, 30(1984), 1549.
- [14] H. R. Ott et al., *Phys. Rev. Lett.*, 52(1984), 1915.
- [15] P. W. Anderson, *Phys. Rev. B*, 30(1984), 4000.