

(上接第 261 页)

种用来研究特定介质声学动力学(如声速、声速色散、声子衰减)以及弹性力学特征的新方法。

### 参 考 文 献

- [1] J. A. Armstrong et al., *Phys. Rev.*, **127** (1962), 1918; P. A. Franken, J. F. Ward, *Rev. Mod. Phys.*, **35** (1963), 23; P. S. Pershen, *Progress in Optics*, **5** (1966), 85; J. Dueuing, *Quantum Optics*, Academic Press. (1969), 421.
- [2] D. N. Nikogosyon, *Sov. J. Quantum Electron.*, **7** (1977), 1.
- [3] Y. R. Shen, *Progr. Quantum Electron.*, **4** (1976), 207.
- [4] R. Baumgartner, R. L. Byer, *J. Opt. Soc. Am.*, **68** (1978), 688; G. A. Massey, J. C. Johnson, *IEEE J. Quantum Electron.*, **15** (1979), 201.
- [5] R. W. Hellwarth, *Progr. Quantum Electron.*, **5** (1977), 1.
- [6] H. Puell, C. R. Vidal, *Opt. Commun.*, **18** (1976), 107; D. M. Bloom et al., *Appl. Phys. Lett.*, **26** (1975), 687.
- [7] L. J. Zych, J. F. Young, *IEEE J. Quantum Electron.*, **14** (1978), 147; H. Egger et al., *Opt. Lett.*, **5** (1980), 282.
- [8] S. C. Wallace, G. Zdasiuk, *Appl. Phys. Lett.*, **28** (1976), 449; C. Wallace et al., *Opt. Commun.*, **18** (1976), 110.
- [9] N. Bloembergen, P. Lallemand, *Phys. Rev. Lett.*, **16** (1966), 81; C. W. Cho et al., *Phys. Rev. Lett.*, **18** (1967), 107.
- [10] R. M. Herman, M. A. Gray, *Phys. Rev. Lett.*, **19** (1967), 824; D. H. Rank et al., *Phys. Rev. Lett.*, **19** (1967), 828; N. Bloembergen et al., *Phys. Rev. Lett.*, **25** (1970), 1476.
- [11] 激光物理学编写组, 激光物理学, 上海人民出版社, (1975), 233.
- [12] D. Cotter et al., *Opt. Commun.*, **16** (1976), 256; D. Cotter, D. C. Hanna, *Opt. Quantum Electron.*, **9** (1977), 509.
- [13] P. Rabinowitz et al., *Appl. Phys. Lett.*, **35** (1979), 739.
- [14] R. L. Byer, W. R. Trutna, *Opt. Lett.*, **3** (1978), 144.
- [15] C. K. N. Patel, E. D. Shaw, *Phys. Rev. Lett.*, **24** (1970), 451; S. D. Smith et al., *Progr. Quantum Electron.*, **5** (1978), 205.
- [16] S. R. J. Brueck, A. Mooradian, *Opt. Commun.*, **18** (1976), 15.
- [17] R. Y. Chiao et al., *Phys. Rev. Lett.*, **12** (1964), 592; C. L. Tang, *J. Appl. Phys.*, **37** (1966), 2945.

## 用广角纪尼叶单色聚焦相机精确测量钆镓石榴石的点阵常数

车广灿 梁敬魁

(中国科学院物理研究所)

文献[1]对德拜-谢乐照相中精确测定点阵常数的方法进行了研究。用衍射仪精确测量多晶点阵常数的方法,在文献[2]中作了归纳总结。本文简要介绍用广角纪尼叶(Guinier)相机精确测定钆镓石榴石(GGG)和掺杂钆镓石榴石点阵常数的方法和结果。

### 一、广角纪尼叶单色聚焦相机的特点

广角纪尼叶相机与纪尼叶四重聚焦粉末相机的基本原理相同<sup>[1]</sup>。广角纪尼叶相机的主要特点是,可收集到角度很广(1—89°)的衍射

线和可得到严格的单色入射辐射。我们使用的Huber 广角纪尼叶相机,通过适当的调节可获得严格的  $K_{\alpha_1}$  辐射。

众所周知,点阵常数测量的精度,取决于衍射线位置测量的准确度,各种误差的消除和校正以及衍射线对应的波长的准确度。严格的单色辐射,不但给衍射线的解析,衍射角的精确测量带来方便,同时还能给出衍射线对应的准确波长。由于  $\Delta d/d = -\cot\theta \cdot \Delta\theta$ ,在衍射线位置测量准确度相同的情况下,衍射线的角度愈高,则面间距  $d$  的相对误差(或立方晶系点阵常数的相对误差)愈小。因此,用广角纪尼叶相机

测量点阵常数有可能达到非常高的准确度。

## 二、相机“刀边”常数的标定

由于底片显影、定影中冲洗温度和时间的不同，底片的长度将发生明显变化。为了测得衍射线的准确  $\theta$  值，通常加入内标，用内标物质衍射线作标准加以修正。然而内标物质的衍射线有时与未知物质的衍射线相重叠，而且由于内标物质的存在，也可能降低试样的衍射强度，从而给测试工作造成困难。Stoe 公司的广角纪尼叶相机采用的办法是，在底片盒的上下部，每隔  $5^\circ$  刻有角度参考线，用以校正衍射线的位置。我们使用的广角纪尼叶相机没有这种角度参考线。我们认为采用标定“刀边”的办法同样可以达到理想的效果。因为照片上“刀边”间所对应的角度，对于同一底片盒来说是一个常数。用 Huber 广角纪尼叶相机准确测量点阵常数，采用对称背反射技术，测量的衍射线的角度范围在  $58-89^\circ$  之间。将图 1 中 A、B 之间的距

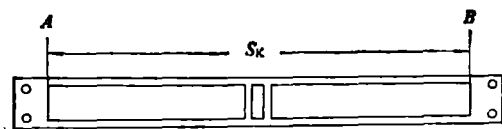


图 1 对称背反射法“刀边”位置示意图

离所对应的衍射角定义为相机的“刀边”常数，用  $\theta_k$  表示。我们用中国科学院半导体研究所生长的纯硅单晶粉末作为标准试样，采用文献 [1] 叙述的方法测得的点阵常数为  $5.43075-5.43096 \text{ \AA}$ ，计算时采用  $5.43086 \text{ \AA}$ 。由于“刀边”清晰，测量的准确度较高。“刀边”及衍射线位置用剑桥比长仪测量，测量精度为  $\pm 0.01 \text{ mm}$ ，即衍射角的测量精度为  $\pm 0.0025^\circ$ 。对于我们使用的 Huber 广角相机，在对称背反射的情况下，用 Si 作标准样品，测得的  $\theta_k = 64.150^\circ$ 。对于对称背反射技术，衍射角的精确计算方法如下：

$$\theta = 90^\circ - [\theta_k \times \text{同一衍射线对之间的距离 (mm)} / 2S_k(\text{mm})]$$

## 三、校 验

通过对 NaCl 点阵常数的测定，校验“刀边”的标定结果和确定测量精度。用分析纯 NaCl 的饱和水溶液加入无水酒精得到颗粒度很细的 NaCl 沉淀，烘干、研细后作为标准样品。在上述角度范围内，对于 NaCl 可获得 (620)，(640) 两条清晰的衍射线。 $\theta$  角的测定结果分别为  $64.962^\circ$  和  $80.050^\circ$ ，计算得的点阵常数  $a$  分别为  $5.63923 \text{ \AA}$  和  $5.63921 \text{ \AA}$  ( $\text{CuK}\alpha_1$  波长取  $1.54051 \text{ \AA}$ )。所得点阵常数与平均值的偏差  $\leq \pm 0.00015 \text{ \AA}$ ，即相对误差小于  $3 \times 10^{-5}$ 。如果测量相对误差小于  $1 \times 10^{-3}$ ，则必须进行折射率校正。

$$a_{\text{cor}} = a_{\text{obs}}(1 + \Delta n) \\ = a_{\text{obs}} \left( 1 + 2.71 \times 10^{-6} \lambda^2 \rho \frac{\sum Z}{\sum A} \right),$$

其中  $a_{\text{cor}}$  表示校正后的点阵参数， $\Delta n$  为折射率校正项， $\rho$  为样品密度， $\lambda$  为辐射波长， $\sum Z$  为单胞中全部原子序数总和， $\sum A$  为单胞中全部原子的原子量总和，可以预料，如果在更高角度存在强的衍射线，测量准确度仍可以提高。对于 NaCl 试样的测定结果，与文献中通常采用的 NaCl 的点阵常数  $5.63919-5.63946 \text{ \AA}$  是相当一致的。

## 四、钆石榴石和掺杂钆石榴石点阵常数的测量

作为良好的磁泡衬底材料，它必须与外延的磁性薄膜的点阵常数相近，以实现衬底与外延薄膜的点阵常数匹配。GGG ( $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ ) 是石榴石型结构中具有较大点阵常数的晶体，因此成为外延生长 YIG 的良好衬底材料。显然对于这一类材料，点阵常数的精确测量是十分重要的。我们用对称背反射法，在衍射角大于  $64^\circ$  的范围，得到四条清晰的衍射线，其相应的面指数为  $H^2 + K^2 + L^2 = 212, 216, 244, 248$ ，测定结果见表 1。

表 1 GGG 和掺杂 GGG 的点阵常数\*

GGG 晶体的点阵常数 (Å)		掺 Ca <sup>2+</sup> 和 Zr <sup>4+</sup> 的 GGG 的点阵常数 (Å)**	
头部	尾部	晶体	剩料
12.3824	12.3822	12.4154	12.4235

\* 18°C 的点阵常数。

\*\* 掺 Ca<sup>2+</sup> 和 Zr<sup>4+</sup> GGG 的配料成分: CaO 1.59 wt%, ZrO<sub>2</sub> 2.95wt%, Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 49.5wt%, Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 45.6wt%。

从表 1 可见,纯 GGG 晶体头部和尾部点阵常数基本相同,说明 GGG 晶体是同成分熔化。同时,由于 Gd<sup>3+</sup> 与 Ga<sup>3+</sup> 离子半径差别较大<sup>[4]</sup>, Ca<sup>2+</sup> 的离子半径与 Ga<sup>3+</sup> 相近, Zr<sup>4+</sup> 的离子半径比 Gd<sup>3+</sup> 小,比 Ga<sup>3+</sup> 大。为了保持晶体电荷平衡,根据掺杂 GGG 点阵常数变大的事实,只

可能是 Ca<sup>2+</sup> 替代 Gd<sup>3+</sup>, Zr<sup>4+</sup> 替代 Ga<sup>3+</sup>, 形成固溶体。剩料的点阵常数比拉出的晶体点阵常数大,也就是说剩料中的 CaO 与 ZrO<sub>2</sub> 的含量比单晶体中的含量多。这说明 Ca<sup>2+</sup>, Zr<sup>4+</sup> 在掺杂固溶体中的分凝系数小于 1。

致谢: GGG 样品是由张乐溥先生提供的,在此表示感谢。

### 参 考 文 献

- [1] 陆学善,物理学报, 29 (1980), 273.
- [2] 梁敬魁,物理, 10 (1981), 301.
- [3] 纪尼叶著,施士元译, X 射线晶体学, 科学出版社, (1959), 164—178.
- [4] Lange, Handbook of Chemistry, 10Ed., McGraw-Hill Book Company Inc., New York, Toronto, London, (1961), 108.

## 一轴晶棒状晶体的快速定向法

刘 来 保

(中国科学院安徽光学精密机械研究所)

### 一、前 言

目前,无表面方位特征的棒状晶体的定向都是采用经典的方法——劳厄定向法。

作者在对下降法自发生长的淡红银矿、硫镓银、硒镓银等棒状晶体的定向过程中,发现这些晶棒的侧表面均有某个部位的似平面法线为  $\langle h00 \rangle$  或  $\langle hh0 \rangle$  方向。也就是说,虽然生长轴与光轴夹角大小不等,但生长轴都位于 ZY 或 ZX (四方晶系 Z $\langle hh0 \rangle$ ) 平面内(见图 1, 2 和表 1)。本工作就是利用这种潜在的结晶学特点来简化定向过程的。另外,对近 50 根火焰法和提拉法生长的红宝石(生长轴与光轴的夹角都在 60—70° 左右)棒也进行了研究,发现其生长轴基本上都位于 ZX 平面内,少数位于 ZY 平面内。因此,也可以采用同样的方法定向。

物理

表 1

晶体名称	晶系	实验样品数**	相符柱面	反射角 $\theta$	
				理论值	实测值
红宝石 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	三方*	45	(030)	34°8'	30—45°***
		2	(110)	18°55'	20—22°
淡红银矿 $\text{Ag}_3\text{AsS}_3$	三方	2	(030)	14°35'	14—15°
硫镓银 $\text{AgGaS}_2$	四方	9	(020)	15°54'	13—20°
		1	(220)	22°17'	22°00'
硒镓银 $\text{AgGaSe}_2$	四方	1	(020)	14°56'	15°30'
Nd: YAG $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$	立方	15	(040)	14°54'	14—17°
		3	(220)	10°29'	7—11°

\* 有的学者也将红宝石归入六方晶系。

\*\* 为全部实验样品数,未发现例外现象。

\*\*\* 红宝石全为成品棒,由于毛坯较粗,在切取时有选择性,故往往不是完全平行棒轴切割,因此差角较大。