

大光轴角晶体光学定向的经验方程*

肖 超 亮

(中国科学院物理研究所)

提 要

本文考虑了会聚偏振光干涉图中高折射率、大光轴角晶体的消光影亮度,以及它使消光影从黑十字位到离开偏光显微镜视场的角度增加,从而提高大光轴角厚晶体的光学定向的精确度。

在偏光显微镜会聚光的干涉图中,大光轴角晶体的薄片(0.03毫米左右)中, $2E > 85^\circ$ 就看不见光轴露头。而在 >3 毫米的厚晶体中 $2V > 45^\circ$, $N_m > 2.0$ 就看不见光轴露头了。在大光轴角晶体中区分垂直锐、钝角平分线切面的工作,曾有 Michel-levy^[1], Johannsen^[2] 根据 Mallard^[3] 公式作过,但其精确度对于黄晶为 $\pm 0.5^\circ$,对于折射率更高的

二轴晶就难以适应^[4]。我们考虑了宽度效应、光轴角、折射率与转动角度的关系,区分了 N_g , N_p , 进行了高折射率大光轴角晶体的准确定向。

二轴晶双曲线消光影在转动载物台时是一种沿着连续的等边双曲线运动的复杂曲线运动。Frasnel^[5] 证明 N_p , N_g 面消光影双曲线偏出 0° 位置时均是等边双曲线。我们取图1的坐标,得双曲线方程为

$$\cos 2\varphi = a^2/r^2. \quad (1)$$

实际上消光影双曲线离开视场转动角公式为

$$\varphi_1 = \frac{\pi}{4} - \varphi = \frac{\pi}{4} - \frac{1}{2} \arccos \left(\frac{D_0}{D_v} \right)^2, \quad (2)$$

式中 D_0 为双曲线顶点离开视场的半视角距离, D_v 为光轴露头的半视角距离。它们可由 Mallard 公式求得

$$D_v = K \sin E = \frac{d_0}{n_m \sin v} - N_m \sin V, \quad (3)$$

式中 d_0, n_m, v 为视场内看得见光轴露头的参考样品的的光轴露头半视角距离、光轴折射率、半光轴角; N_m, V 为待测样品的的光轴折射率、半光轴角。

由于消光影存在一定的宽度,使双曲线消光影离开视场有一增加角度,可令附加的角

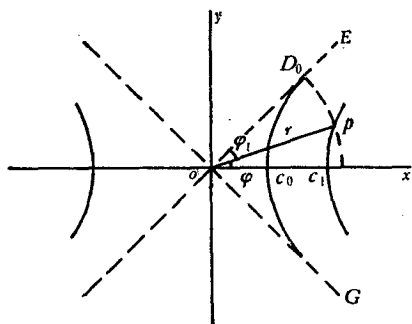


图1 消光影双曲线运动图解

oE, oG 为双曲线的渐近线,亦是锥光 0° 位置;
 D_0c_0, pc_1 是 ox 为实轴的两条双曲线

* 1978年4月10日收到;1979年8月30日收到修改稿。

度为近似直线关系。考虑到 $D_v \rightarrow D_0$ 时的边界条件, 即有双曲线消光影离开视场时光轴面转动的角度 Φ 的关系式

$$\Phi = \varphi_0 + \varphi_1 = \alpha \frac{\pi}{4} \frac{D_0}{D_v} + \left[\frac{\pi}{4} - \frac{1}{2} \arccos \left(\frac{D_0}{D_v} \right)^2 \right],$$

$$\alpha = \frac{A}{V} e^{-\beta} = \frac{A}{V} e^{-\frac{D_0}{D_v - D_0}}, \quad \varphi_0' = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{D_0}{D_v}, \quad (4)$$

α 称为角度系数, A 为常数。从关系式 (4) 看到, 随着 D_v 越接近于 D_0 , 近似直线关系部分越来越小。当 $D_v \rightarrow D_0$, 也就是光轴露头出现在视场内时, 近似直线关系的 $\varphi_0 \rightarrow 0$, $\varphi_1 \rightarrow 45^\circ$, 这与实际锥光图的观察是一致的。对于 α 系数中的 A , 可以从实验值求得。我们用 SNLN 铌酸锶钠晶体^[6]和黄晶^[7] $[\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{F}, \text{OH})_2]$ 的 N_p, N_g 面进行观察。SNLN 晶体是负二轴晶、超结构正交晶体。 $c \parallel N_p$, $b \parallel N_m$, $a \parallel N_g$, $N_p = 2.331$, $N_m = 2.3561$, $N_g = 2.3689$, $2V = 71^\circ$ 。黄晶是斜方晶系, 用排水称重法测得其比重为 3.558 克/毫升。按黄晶的成分、比重、光轴角、折射率曲线^[7]求得其光轴角为 63° , 折射率为 $N_g = 1.6245$, $N_m = 1.6173$, $N_p = 1.6145$, 它是正二轴晶, $a \parallel N_p$, $b \parallel N_m$, $c \parallel N_g$ 。参考样品用 BNN (铌酸钡钠晶体) ($2V = 13^\circ$, $n_m = 2.3838$) 和云母 ($2V = 42^\circ$, $n_m = 1.641$), 用油浸物镜 100 倍, 目镜 10 倍, 固定勃氏镜下用相应的公式求得 $K = 6.86$ 。今定 $D_0 = 4.00$ 格 (10 倍目镜, 每格 0.1 毫米), 把 SNLN 晶体 c 面、 a 面的 $2V, N_m, \Phi_{\text{实验}}$ 等代入 (3) 和 (4) 式, 得到相应的 $D_v, \varphi_1, \varphi_0$, 并由这些 Φ 的关系式求得 A , 使函数 Φ 的均方根误差最小, 由此得出 A 值为 44.9。用此法求得的 A 值和黄晶的 c 面、 a 面的 $2V, N_m$ 等代入 (3) 和 (4) 式, 所得的计算值 $\Phi_{\text{计算}}$ 与实验值 $\Phi_{\text{实验}}$ 仍符合。把这些结果列于表 1。这样可以

表 1 双曲线消光影离开视场角度 $\Phi_{\text{计算}}$ 和 $\Phi_{\text{实验}}$ 比较

晶体	晶面	$2V$	D_v (格)	φ_0' (度)	$e^{-\beta}$	φ_0	φ_1	$\Phi_{\text{计算}}(\text{度})$	$\Phi_{\text{实验}}$
SNLN	c 面 (N_p 面)	71	9.39	19.18	0.476	12	5.22	17	16—18
	a 面 (N_g 面)	109	13.2	13.68	0.646	7.3	2.65	10	9—11
黄晶	c 面 (N_g 面)	63	5.80	31.05	0.108	4.8	14.2	19	19—20
	a 面 (N_p 面)	117	9.46	19.03	0.481	7.0	5.15	12	12—13

由 (3) 和 (4) 式求得要测大光轴角晶体 N_p 面及 N_g 面特有的消光影离开视场的载物台转动角度, 并由此定出该面的方位。由表 1 中看出消光影宽度的角度增加值的影响是很大的。比值 $\sin E_0 / \sin E = EP$ 我们称为视光角的正弦比值。由于光轴露头不是一个点, 而是一个衍射小圆区域, 由 (4) 式知道, 当 $\varphi_0 \rightarrow 1^\circ$, $EP \geq 0.996$ 时, 就可以认为消光影的运动就是一种简单的双曲线运动。若按 Johannsen 方法, $EP \geq 0.69$ 时可以认为是简单的双曲线运动。这时 Johannsen 方法还可以适应这种大光轴角晶体。但是对于高折射率 (一般 $N_m > 2.0$) 的大光轴角晶体 $EP < 0.69$, Johannsen 方法就难以适应了。如 SNLN 晶体等见表 2。当 $N_m > 2.5$, $2V > 70^\circ$ 时, 按 Johannsen 的方法计算, N_p 面的 ω'_{N_p} 值和 N_g 面的 ω'_{N_g} 值的差别还不到一度, 这时 Johannsen 方法是不能区分 N_p, N_g 面的。

上述 EP 值我们称为临界比值. 一般在较好的平行度及较正的 N_p , N_g 切面上实际观察的双曲线消光影离开视场的角度可能有 $<$ 的偏差. 由表 1 可看出, 按 (4) 式计算的 $\Phi_{\text{计算}}$ 与实验值 $\Phi_{\text{实验}}$ 是符合的.

具体定向时, 在确定 N_g, N_p 面后以锥光图 0° 位置确定其光轴面方位. 在厚晶体中进行锥光观察时, 应注意使聚光镜尽量上提靠近待测样品, 必须直接采用油浸接物镜, 这样可以在小视场直径中提高分辨率, 扩大视场视角距离. 在简单细磨后直接进行观察的快速定向时, 尤其必须如此, 并要细调物镜使其聚焦至看到较均匀的颜色后才能进行观察. 在给某晶面定它的相对方位及给晶体生长的子晶的单方向定向时, 一般半小时至一小时即可. 在具体磨面准确定出 a 面、 b 面、 c 面时, 一般每种面四至八小时即可, 每面定向的准确度一般为 $< 0.5^\circ$.

表 2 区分大光轴角晶体 N_p 面和 N_g 面方法结果表
(云母定圆 $D_0 = 4.00$, 目镜 10 倍, 每格 0.1 毫米, 油浸物镜 100 倍)

晶 体	晶 面	光轴角 $2V$	我们的方法		Johannsen 方法	
			$\Phi_{\text{计算}}$	$\Phi_{\text{实验}}$	$\omega'_{\text{计算}}$	$\omega'_{\text{实验}}$
SNLN	c 面	71	17	16--18	5.32	7.3 ± 2.5
	a 面	109	10	9--11	2.68	6.4 ± 2.4

参 考 文 献

- [1] A. Michel-levy, *Les Mineveux des Roches*. 1888, p. 90—95; N. H. Hartshorne, "Crystals and the Polarising Microscope" (1960), p. 350.
- [2] A. Johannsen, *J. of Geology*, 32(1924), 81.
- [3] Er. Mallard, *Bull. Soc. Min.*, 5(1882), 77; A. Johannsen, "Manual of Petrographic Methods" (1918), p. 407.
- [4] E. Viola, *Zeit. Für Kryst.*, 31(1899), 484.
- [5] A. Johannsen, "Manual of Petrographic Methods" (1918), p. 440.
- [6] 中国科学院物理研究所晶体学室铈酸盐晶体研究组, 物理学报, 28(1979), 230; 朱镛, 张道范, 物理学报, 28(1979), 234.
- [7] W. A. Deer, R. A. Howie, "Rock-Forming Minerals" (1962), p. 145; 王德滋, 光性矿物学 245 页, (1975).

AN EMPIRICAL EQUATION FOR OPTICAL ORIENTATING CRYSTALS WITH LARGE OPTICAL AXIS ANGLES

XIAO CHAO-LIANG

(Institute of Physics, Academia Sinica)

ABSTRACT

In this note, the isogyres width of the interfurence figure in a convergent polarizing microscope is considered. Due to the occurence of this width, the angle through which the isogyres is brought from the black cross to the position just beyond the view field of a polarizing microscope would be increased. By taking into account this effect, the pricision of optical. Orientating trick crystal with large optical axis angle and high refraction index can be enhanced substantially.