

# 倾斜入射单轴晶体的相位差改善公式

邵中兴 许凤鸣 刘 旭

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

单轴晶体以与入射光呈某一角度(倾斜入射)应用在激光技术中的情况越来越普遍。例如激光波长调谐和激光倍频技术中的双折射滤光片和倍频晶体的设计等。大多数研究者采用的倾斜入射单轴晶体产生的相位差传统公式<sup>[1]</sup>是在双折射差  $\Delta n = |n_o - n_e| \ll n_o$  (或  $n_e$ ) 近似条件下得出的。对于某些双折射差小的光学材料。这个近似是好的, 但是对某些晶体, 例如方解石 ( $\Delta n/n \sim 11\%$ ), 这个近似就显得粗糙了。所以改善传统公式对实际应用是有必要的。

## 1. 改进公式

不沿用传统的  $\Delta n = |n_o - n_e| \ll n_o$  (或  $n_e$ ) 的近似条件, 我们得到了光线以入射角  $\theta$  通过单轴晶体产生的相位差公式

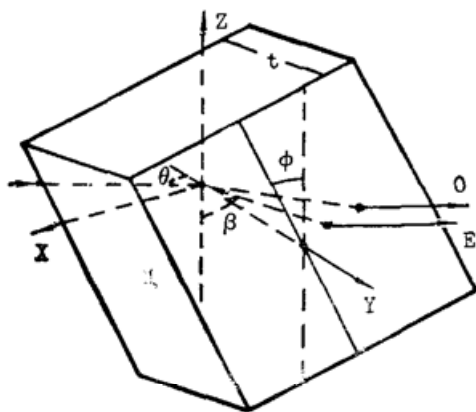
$$\delta = (2\pi t/\lambda) [(n_e^2(\beta) - \sin^2 \theta)^{1/2} - (n_o^2 - \sin^2 \theta)^{1/2}], \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} n_e(\beta)^{(2)} &= [(\cos^2 \beta/n_o^2) + (\sin^2 \beta/n_e^2)]^{-1/2} \\ \cos \beta &= \cos \phi \cdot \sin \theta / n_e(\beta), \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

当以布儒斯特角入射时,  $\cos \beta = \cos \phi \cdot \cos \theta$ 。上式各量的意义见图 1, 与传统公式相比较, 上式的物理意义更清楚, 当  $\lambda, t$  确定后, 引起相位差改变的实质因素是  $n_e(\beta)$ 。此外, 该式可适用于任意入射角情况, 当  $\theta = 0$ , 它退化为  $\delta = 2\pi t(n_e - n_o)/\lambda$ 。而传统公式则成为  $\delta = \infty$  的不合理结果。

## 2. 实验结果

用厚度分别为 1.604 mm 和 0.740 mm、光轴平行于表面切制的石英和方解石晶片, 通过调谐激光波长测得它们的透过曲线如图 2 所示。图中曲线 I 是传统公式的计算结果, 曲线 II 是改进公式计算的曲线, 折线是实验结果。由图可见, 对于方解石晶体, 在 584.0 nm



$\theta$ : incident angle;  $\phi$ : rotative angle of the axes;  $\beta$ : the angle between the E-ray and the axes; the path difference  $\Delta = (n_e(\beta) \times \Delta B_e + B_e C) - n_o \times \Delta B_o$

Fig. 1 The double refraction generated by an uniaxial crystal (optical axes are parallel to its surface) at oblique incidence

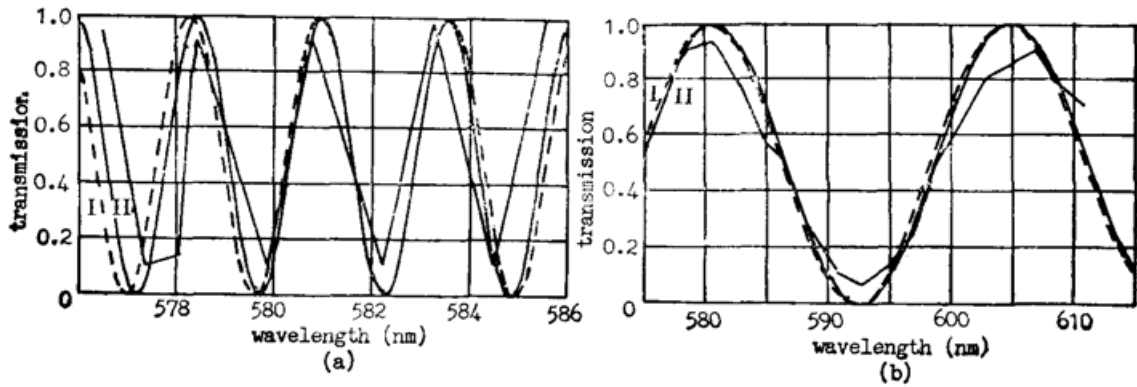


Fig. 2 The comparison of the two formulae to the experiments in measuring the crystals at oblique incidence

(a) calcite; (b) quartz.

The smooth curves are the theoretical, the solid lines show the exact formula. the dot lines show the conventional one. The zigzag lines are the experimental

附近, 曲线 I 的周期宽度为 2.65 nm (第一 218 周期), 曲线 II 的周期宽度为 2.55 nm。实际测量结果为 2.4 nm。显然, 一个周期内, 本式比传统公式改善了 0.1 nm, 对于石英晶体, 从 580.0 nm 到 604.0 nm, 曲线 I 的周期宽度为 23.85 nm。而 II 为 23.9 nm, 实际测量结果为 24.0 nm。由于石英晶体的双折射差远小于方解石, 所以, 公式的改善程度也不明显。

感谢张沛凤先生为本实验提供晶体。

### 参 考 文 献

- [1] M. Born, E. Wolf; *Principles of Optics*, (Pergamon press, 5th Ed., 1975), 694.  
 [2] M. V. Klein, T. E. Furtak; *Optics*, (John Wiley & Sons, second Ed., 1986), Ch. 9.4.