

## 一种简单和高灵敏度测量晶体电光系数的方法——比较法

尹 鑫

(山东大学晶体材料研究所, 250100)

**提要:** 在正交偏光干涉实验装置中, 用 DKDP 晶体的电光效应补偿其它晶体电光效应所引起的光程变化, 测量晶体电光系数相对于 DKDP 晶体  $\gamma_{63}$  的数值, 提出了一种简单和高灵敏度测量晶体电光系数的方法。

**关键词:** 电光系数, 比较法

## A simple and highly sensitive method for measuring electro-optic coefficients of crystals——comparative method

Yin Xin

(Institute of Crystal Materials, Shandong University, Jinan)

**Abstract:** In the experimental arrangement of perpendicularly polarized light interference, the electro-optic coefficients of crystals relative to  $\gamma_{63}$  of DKDP crystal are measured by compensating the change of optical path caused by the electro-optic effects of crystals with that of a DKDP crystal. A simple and highly sensitive method for measuring electro-optic coefficients of crystals is proposed.

**Key words:** electro-optic coefficient, comparative method

测量晶体的电光系数已有多种方法, 如干涉法、旋光仪法和半波电压法<sup>[1~4]</sup>。本文介绍另外一种简单和高灵敏度测量晶体电光系数的方法——比较法。

### 一、实验装置及测量原理

比较法测量晶体电光系数的实验装置是在半波电压法基础上改进而成的, 如图 1 所示。起偏器和检偏器的偏振方向互相垂直, 通过检偏器的 He-Ne 激光束沿 DKDP 晶体的  $O$  方向入射, 待测晶体和 DKDP 晶体的电感应主轴方向与检偏器的偏振方向成  $45^\circ$ 。光的干涉信号由硅光电池转变为电信号后, 锁定放大器对其进行放大。晶体上所加电压由四位以上数字电压表测量。

低频信号发生器输出频率相同的两相正弦波信号, 其中一相正弦波的位相在  $0\sim 360^\circ$  范

围内连续可调,经放大器放大后,分别加在 DKDP 晶体和待测晶体上。低频信号发生器输出的另一相频率相同的方波作为锁定放大器的参考信号。

正交偏光干涉的光强可用下式表示

$$I = I_0 \sin^2(2\alpha) \sin^2\left(\frac{\Gamma}{2}\right) \quad (1)$$

式中  $\alpha$  为晶体电感应主轴方向与起偏器偏振方向所成的夹角,  $\Gamma$  为快光与慢光通过晶体后的位相差。对上式微分

$$dI/d\Gamma = \frac{1}{2} I_0 \sin(2\alpha) \sin \Gamma \quad (2)$$

当  $\Gamma = 90^\circ$  时,  $dI/d\Gamma = I_0/2$ , 光强随位相的变化最灵敏,  $\lambda/4$  波片的作用就是提供  $90^\circ$  的预偏位相差, 即晶体上未加电压时, 经  $\lambda/4$  波片输出的两束光的位相差为  $90^\circ$ 。

锁定放大器只对和电压频率相同的光信号进行放大, 对直流信号和其它噪声信号无放大作用。

当在待测晶体上加电压时, 由于待测晶体的电光效应, 锁定放大器有一定的电压输出, 再在 DKDP 晶体  $O$  方向加电压, 补偿待测晶体电光效应所引起的光程差, 使锁定放大器输出电压恢复至零状态。

DKDP 晶体电光效应引起的光程差可记为

$$\Delta_1 = n_0^3 \gamma_{63} V_1 \quad (3)$$

式中  $n_0$ 、 $\gamma_{63}$  和  $V_1$  分别为 DKDP 晶体  $o$  光的折射率电光系数和  $O$  方向所加电压。

待测晶体电光效应所引起的光程差为

$$\Delta_2 = \frac{1}{2} n^3 \gamma_o V_2 l/d \quad (4)$$

式中  $n$ 、 $\gamma_o$  和  $V_2$  分别为待测晶体相应通光方向的折射率、有效电光系数和晶体上所加电压。 $l$  和  $d$  分别为待测晶体通光方向的长度和电场方向的厚度。

当两者互相补偿时, 有  $\Delta_1 = -\Delta_2$  的关系, 从而可解得

$$\gamma_o = -2 \left(\frac{n_0}{n}\right)^3 \left(\frac{V_1}{V_2}\right) \left(\frac{d}{l}\right) \gamma_{63} \quad (5)$$

由于 DKDP 晶体的电光效应是纵向效应, 以它作为参考样品, 测量结果与其尺寸因子无关。

## 二、实验和结果

测量前将 DKDP 晶体和待测晶体的通光方向调整至  $2^\circ$  的误差范围以内, 在两晶体上加一定的直流电压, 使其电感应主轴方向与要求方向的误差也在  $2^\circ$  以内。

调整锁定放大器参考信号的位相, 使其与待测晶体电光效应引起的光信号的位相差为  $0^\circ$ , 再调整 DKDP 晶体上所加电压的位相, 使其电光效应所引起的光信号的位相与锁定放大

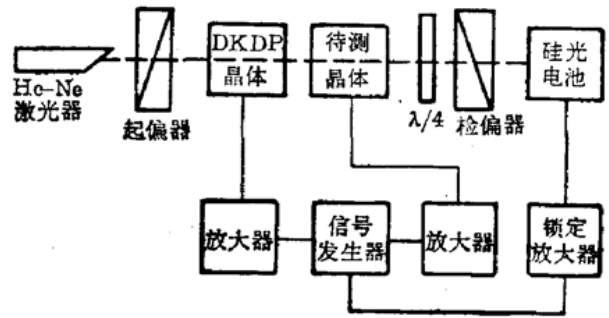


图1 比较法测量晶体电光系数的实验装置

器参考信号的位相差为  $180^\circ$ 。则锁定放大器对两信号的放大量均为最大, 但输出电压的极性相反, 这样就保证了两者互相补偿的目的。

在电压频率为  $1\text{kHz}$ 、晶体上加几十伏电压的情况下, 测量了典型的电光晶体 ADP、KDP 和  $\text{LiNbO}_3$  晶体的部分电光系数, 结果列于表 1, 为了验证实验装置的可靠性, 在同样的温度条件下, 用干涉法<sup>[2]</sup>和半波电压法<sup>[4]</sup>测量了同一样品的电光系数, 结果也列于表 1。此外, 为便于比较, 将文献[4]总结的结果也列于表中。

表 1 各种方法测量的 ADP、KDP 和  $\text{LiNbO}_3$  晶体的电光系数( $10^{-12}\text{M/V}$ )

电光系数 ( $\lambda=632.8\text{nm}$ ) 测量方法	晶 体	ADP( $\gamma_{63}$ )	KDP( $\gamma_{63}$ )	$\text{LiNbO}_3$ ( $\gamma_{22}$ )
		比较法	8.36	10.3
半波电压法	8.31	10.2	6.46	
干涉法	8.42	10.5	6.38	
文献[4]	8.5	10.3	6.7	

各种方法测量结果的最大偏差不超过 5%, ADP 和 KDP 晶体的测量结果与文献[4]总结的结果基本一致,  $\text{LiNbO}_3$  晶体的测量结果与文献报道的结果差别较大一些, 这可能是高温熔体晶体光学质量的影响。

从(5)式可以看出, 除标准样品 DKDP 晶体  $\gamma_{63}$  的测量精度外, 引起测量误差的主要因素有待测样品的尺寸因子、两样品上所加电压和晶体折射率的测量精度。用最小偏向角和 V 形棱镜法测量晶体的折射率, 可达四位或五位有效数字; 用数字电压表测量晶体上所加电压也可达四位有效数字; 如果待测样品的大小在厘米数量级, 其尺寸因子的测量也可达四位有效数字。DKDP 晶体的  $\gamma_{63}$  可用半波电压法<sup>[4]</sup>测量, 其有效数字可达三位。所以, 测量结果取三位有效数字。

比较法测量晶体电光系数的灵敏度很高, 可达万分之一  $\lambda$  以上。DKDP 晶体的半波电压在室温为  $3600\text{V}$  左右, 晶体上加  $0.3\sim 0.4\text{V}$  的电压, 锁定放大器就有  $1\text{V}$  左右的输出电压。对一般电光晶体, 加几十伏乃至几伏的电压, 就可以测量其电光系数。

和干涉法比较, 虽然比较法不能分离测量晶体的主轴电光系数, 如  $3m$  点群的  $\gamma_{13}$  和  $\gamma_{33}$ , 但不需要那样要求苛刻的防震措施, 由于光能量集中, 测试灵敏度较之提高了 5 到 10 倍。

由于采用了零点补偿技术, 即两信号完全补偿时, 锁定放大器的输出电压为零。测量过程中, 光强的轻微漂移对测量结果影响不大。

### 参 考 文 献

- 1 K. Onuki *et al.*, *J. Opt. Soc. Am.*, **62**, 1030(1972)
- 2 尹鑫 *et al.*, 人工晶体, **17**, 128(1988)
- 3 A. R. Johnston *et al.*, *J. Opt. Soc. Am.*, **55**, 828(1965)
- 4 蒋民华, 晶体物理(山东科学技术出版社, 济南, 1980), 349, 406, 410