

干涉法测量晶体的压电系数

尹 鑫 马世刚

(山东大学晶体材料研究所)

摘 要

我们用一台泰曼干涉仪,以 DKDP 晶体的电光效应补偿由于晶体反压电效应所引起的光程差,提供了一种简单、迅速和高灵敏度测量晶体压电系数的方法。

一、实验装置和测量原理

干涉法测量晶体压电系数的实验装置如图 1 所示,它的主体部分是一台泰曼干涉仪。在

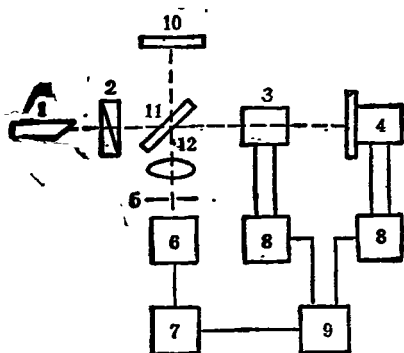


图 1 干涉法测量晶体压电系数的实验装置

1—He-Ne 激光器; 2—尼科耳棱镜; 3—DKDP 晶体; 4—压电晶体; 5—狭缝; 6—光电元件; 7—锁定放大器; 8—高压放大器; 9—信号发生器; 10—全反射镜; 11—分光板; 12—透镜

干涉仪分光后的一条光路中,有一电光晶体 DKDP 作为参考样品。晶体的光轴方向为通光方向,其电感应主轴方向与光束的偏振方向一致。这束光的全反镜和待测的压电晶体胶合在一起,或在压电晶体端面上镀上全反膜作为全反镜。两束光的干涉条纹用透镜放大,光电元件将光信号转变为电信号后,由锁定放大器放大。低频信号发生器同时输出频率相同的三相信号:一相方波,两相正弦波。方波信号作为锁定放大器的参考信号。两相正弦波的位相差

调整至 π 后,经两台高压放大器放大,分别加在 DKDP 晶体和待测的压电晶体上。锁定放大器只对和电压频率相同的光信号放大,对其它信号无放大作用,这样就避免了机械振动和空气流动所引起的噪声干扰。

当我们在压电晶体上加电压时,由于逆压电效应,晶体发生形变,推动全反镜移动,改变干涉仪两束光的光程差,再利用 DKDP 晶体的电光效应补偿光程差的变化。压电晶体发生形变所引起的光程变化为

$$\Delta_1 = 2d_{11}V_1l_1/d_1, \quad (1)$$

式中 V_1 为晶体上所加的电压, d_{ij} , l_1 和 d_1 分别为晶体的压电系数,应变方向的长度和加电压方向的样品厚度。

DKDP 晶体电光效应所引起的光程变化为

$$\Delta_2 = n_0^3\gamma_{33}^T V_2, \quad (2)$$

式中 n_0 和 γ_{33}^T 分别为 DKDP 晶体的 O 光折射率和电光系数, V_2 为光轴方向所加的电压。

当 DKDP 晶体的电光效应完全补偿压电晶体逆压电效应所引起的光程变化时,应有 $\Delta_1 = -\Delta_2$ 的关系,从而可以解得

$$d_{11} = -\frac{n_0^3\gamma_{33}^T V_2 d_1}{2V_1 l_1}. \quad (3)$$

根据上式就可以计算出晶体压电系数相对于 DKDP 晶体电光系数的值,最后换算成规定的压电系数单位。

用 DKDP 晶体作为参考样品的优点,一是晶体的光学均匀性好,二是由于电光效应是纵向效应,其大小与晶体的尺寸因子无关,可以减

少计算误差。

干涉仪两束光的干涉强度可写为^[4]

$$I = I_1 + I_2 + 2I_1I_2 \cos \Gamma, \quad (4)$$

式中 I_1 和 I_2 分别为干涉仪分光后的两束光的强度, Γ 为两束光的位相差。对(4)式微分得

$$dI/d\Gamma = -2I_1I_2 \sin \Gamma. \quad (5)$$

从上式可以看出, 当 $\Gamma = \pi/2$ 时, $dI/d\Gamma$ 最大, 光强随两束光位相差的变化最灵敏。所以, 测量时狭缝要尽可能对准干涉条纹最亮与最暗的中间部分, 这种情况下, 测试灵敏度最高, $\lambda/2000$ 的光程变化是很容易测量的。

二、实验和结果

由于 DKDP 晶体的电光效应与含氘量和温度条件有关, 测量前, 我们先用半波电压法^[2]测定了其电光系数。在信号频率为 420Hz, 晶体上加 10—90V 的电压的情况下, 测量了 ADP, KDP, 水晶, LiNbO₃ 和 LiIO₃ 晶体的部分压电系数, 结果列于表 1。

对 ADP 和 KDP 晶体的 d_{36} 的测量, 我们先作一坐标变换, 使原坐标系 Z 轴转 45°, 在新坐标系中^[2],

$$d'_{31} = \frac{1}{2} d_{36}.$$

我们在晶体的 Z 方向加电场, X-Y 45° 方向产

表 1 干涉法测量的晶体压电系数($\times 10^{-12}$ C/N)

测量方法	晶体				
	ADP (d_{36})	KDP (d_{36})	水晶 (d_{11})	LiNbO ₃ (d_{22})	LiIO ₃ (d_{33})
干涉法	48.0	23.6	2.29	21.3	45.7
文献报道	48.3	23.2	2.30	20.8	46.3

生应变, 测量了 d'_{31} , 最后计算出 d_{36} 。

对水晶的 d_{11} , LiNbO₃ 的 d_{22} 和 LiIO₃ 的 d_{33} 是直接测量的

测量的最后结果和文献 [1] 中所总结的结果基本一致, 最大误差不超过 5%。

三、讨论

1. 干涉法测量晶体的压电系数稳定、可靠、重复性好、灵敏度高。测量过程简单、迅速。

2. 用干涉法测量晶体的压电系数, 除晶体的压电系数和尺寸因子外, 不涉及晶体其它任何电学参数, 计算简便, 可减小测量误差。

[1] F. C. 兰茨别尔格著, 王鼎昌译, 光学, 人民教育出版社, (1964), 54.

[2] 蒋民华, 晶体物理, 山东科学技术出版社, (1980), 147, 154, 349.

(上接第 658 页)

族的施主元素 B, Al, Ga, In, Tl 及 F, Cl, Br, I 等能产生各种类型的宽带发光。在评价半导体材料质量时, 宽带发光不如前两种发光重要, 但它可以从另一个方面说明半导体中存在的深能级杂质多少, 作为高质量材料的判据。

图 5 是由 THM 法制备的 ZnTe 晶体的光致发光谱^[6]。图 5 中, I_{ex} (2.381eV) 线表示自由激子发射, I_a (2.375eV) 线表示束缚于中性受主 (V_{Zn}) 上的激子发射 (A^0, X)。2.349eV 线是 I_a 的 LO 声子伴线 (I_a-1LO)。在 2.2eV 附近出现了一个含有三个声子伴线的谱带: 2.24eV—2.21eV—2.18eV—2.16 eV, 其能量间

隔大约是 0.026eV。实验证明, 这个发射带与样品中的深能级杂质 Cu 有关。

衷心感谢长春物理研究所范希武老师的亲切帮助。

[1] J. I. Pankove, Topics in Applied Physics, 17, Springer-Verlag, New York, (1977), 133.

[2] T. P. Pear Sall, *GaInAs P Alloy Semiconductors*, Chichester, Wiley, (1982), 121.

[3] K. Zanio, *Semiconductor and Semimetal*, 13, Academic Press, New York, (1978), 100.

[4] T. Taguchi and B. Ray, *Prog. Cryst. Growth and Character.*, 6, Pergamon Press, Great Britain, (1983), 122.

[5] S. Fujita et al, *J. Appl. Phys.*, 50(1979), 1079.

[6] T. Taguchi et al., *J. Cryst. Growth*, 45(1978), 204.