

曲线向下弯曲的部分。外场继续增大时，出现大量  $a$  畴作  $90^\circ$  转向运动，直到饱和时成为 D 中情况。这时引起晶格的形变，要消耗较大的功，相应于图 6 中直线部分。

图 4 中的电滞回线形状也反映了电畴的  $180^\circ$  反向和  $90^\circ$  转向的区别。电滞回线上升较快部分约为  $0.64 \mu\text{C}$ ，相当于饱和高度的三分之一。而当回线总高度小于饱和值的三分之一时(如图 4 中点线所示)，形状更接近于矩形。单晶回线向左右两侧突出的尖角部分是  $a$  畴作  $90^\circ$  转向所引起的。一个  $c$  畴单畴 BT 单晶体

的电滞回线总是近似于矩形，没有尖角突出部分，因为其中没有  $a$  畴。

### 参 考 文 献

- [1] C. B. Sawyer, C. H. Tower, *Phys. Rev.*, 35 (1930), 269.
- [2] H. Diamant et al., *Rev. Sci. Instr.*, 28(1957), 30.
- [3] N. W. Schubring et al., *Rev. Sci. Instr.*, 35 (1964), 1517.
- [4] Y. T. Tsui et al., *Rev. Sci. Instr.*, 39(1968), 1423.
- [5] W. J. Merz, *Phys. Rev.*, 91(1953), 513.
- [6] W. J. Merz, *Phys. Rev.*, 95(1954), 690.

## 倍频扫描曲线的测试及若干应用

朱劲松 杨 震 谈云鹏 王业宁\*

(南京大学固体物理研究所)

性能研究中的若干应用。

### 一、引 言

当基波激光束入射到非线性晶体上时，由于非线性效应将产生倍频光(这一过程称为二次谐波产生，一般用 SHG 表示)。倍频扫描曲线是倍频光强-温度(角度)扫描曲线的简称，是倍频晶体性能的若干重要标志之一。通过它可以了解晶体的质量、晶体的相干长度、晶体的非线性系数等重要参数。

对于一个理想晶体，如果在相匹配角(温度)邻近改变它的角度(温度)，则其倍频光强将按  $\delta$  型函数形式变化，这是理想晶体的扫描曲线。

通常，扫描曲线是通过点测法得到的，即在逐步改变晶体温度(角度)的同时，逐点读出相应的倍频光强。这样做不但费工，误差大，而且还会漏掉一些变化的细节。目前我们采用的扫描曲线自动测试装置，具有既能节省人力、时间，又可准确完整地记录曲线细节等优点。本文简要介绍该自动测试装置及其在非线性晶体

### 二、实验装置

要得出扫描曲线，就要使实验装置能自动记录倍频光强，能自动改变晶体的温度(或自动改变晶体的晶轴与入射基波束的夹角)，并在记录光强的同时，自动记录下相应的温度(或角度)。

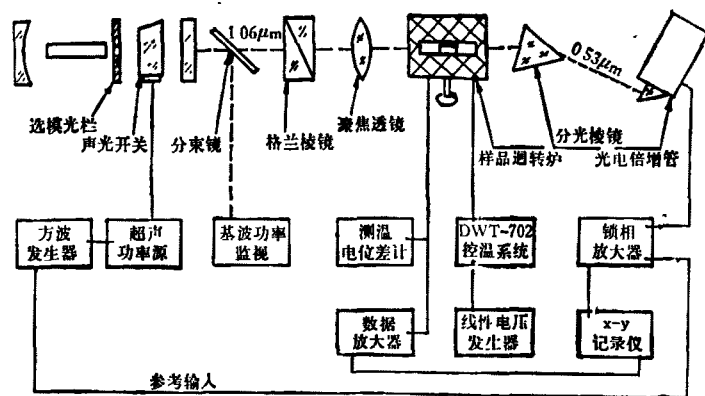


图 1 倍频扫描曲线自动测试装置方框图

\* 浦玉麟同志参加了部分实验工作。

图 1 是我们采用的自动测量装置方框图。

### 1. 倍频光强的自动记录

由声光调 Q 连续泵浦的 YAG 激光器输出的 1.06 μm 基波光, 经格兰棱镜起偏后由透镜聚焦在恒温炉(该炉可绕其轴心旋转, 通光角度可达 90°) 中的晶体上, 所得倍频光经棱镜分光后, 由加有 0.53 μm 干涉滤光片的光电倍增管接收, 经锁相放大器放大后进入函数记录仪 Y 笔予以记录。

### 2. 温度的自动升、降装置及温度的自动记录

自动升、降温是通过一线性电压发生器与控温热电偶反向串接后, 再接至 DWT-702 精密温度控制仪的热偶输入端。恒温炉中的升、降温速率及温度高低可按需要变化。由热偶测得的温度信号经直流放大后进入函数记录仪的 X 笔。

### 3. 角度的自动变化及角度自动记录

基波光与晶轴夹角的自动变化是通过马达带动恒温炉, 使炉绕其轴心旋转而达到, 并由 X-Y 记录仪同时记录所转角度的大小。当 X 笔和 Y 笔同时记录时, 即可自动得出温度扫描曲线 ( $I^{2\omega} \propto T$ ) 或角度扫描曲线 ( $I^{2\omega} \propto \theta$ ), 其中  $I^{2\omega}$  为倍频光强度,  $\theta$  为晶体转过的角度,  $T$  为晶体的温度。

## 三、应用

### 1. 位相匹配条件下的应用

#### (1) 实际晶体的质量检测

在实际晶体中, 由于生长过程或其他过程引入的各种缺陷(如生长层、杂质、电畴、孪晶、组分不均等), 将使晶体内各处的折射率不均匀, 因而倍频受到影响, 使倍频光斑内各处的强度分布不均(如文献 [1] 中的图 5 所示), 并使扫描曲线的形状发生变化, 例如半功率宽度加宽, 出现双峰等。因此, 可通过扫描曲线的形状来判别晶体的完整性, 得出晶体质量的信息。

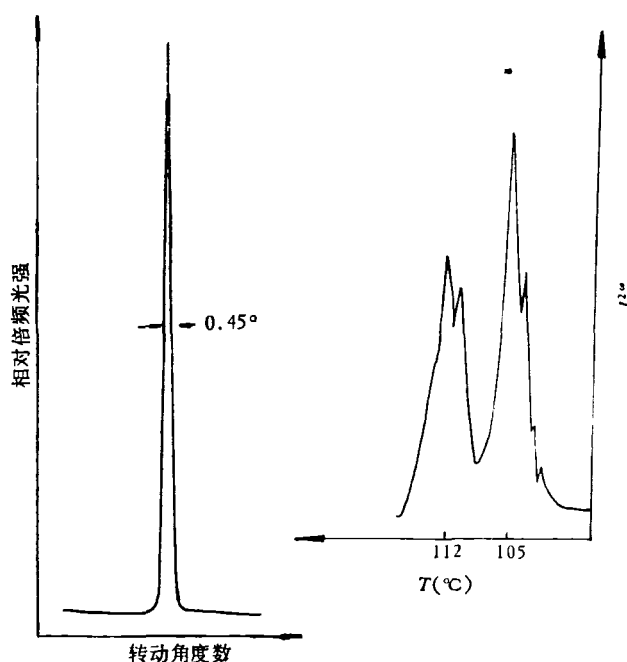


图 2

图 3

图 2 是我们测得的铌酸钡钠-10# 样品的角度扫描曲线, 从图可看出该晶体质量是较好的。图 3 是铌酸钡钠-53# 样品在折射率突变区的温度扫描曲线(通光区为一具有明显折射率突变区, 折射率的突变使曲线出现双峰)<sup>[2]</sup>。

#### (2) 测定位相匹配温度和位相匹配角

从扫描曲线可得出未知晶体的位相匹配温度和位相匹配角, 为实际使用提供了条件, 对于象铌酸锂一类的匹配温度对组分敏感的晶体, 还可通过匹配温度的测量来估计其组分(对照已知的组分-匹配温度曲线)<sup>[3]</sup>。

### 2. 非位相匹配条件下的应用

在非位相匹配条件进行的 SHG 实验中, 可记录到倍频光强度随样品的转动(或随样品的温度变化) 出现接近周期性的变化曲线, 即 Marker 条纹<sup>[4]</sup>, 简称 MF 曲线。图 4 为我们记录的单畴铌酸锂-1# 晶体的角度 Marker 条纹。

由于

$$I^{2\omega} \propto [\sin^2(\Delta k l / 2)] / (\Delta k l / 2)^2,$$

$$\Delta k = \frac{W}{C} (n_o'' - n_e''),$$

在  $\Delta k \approx 0$  (即非位相匹配) 时, 倍频光强随  $\Delta k l/2$  的变化而呈周期性变化。其规律为: 当

$$l = l_c = \frac{\lambda_0}{4|n_i^o - n_j^{2o}|}$$

时, 或  $l$  为  $l_c$  的奇数倍时, 倍频光强出现极大值; 而当  $l$  为  $l_c$  的偶数倍时出现极小值,  $l_c$  称为 SHG 的相干长度。

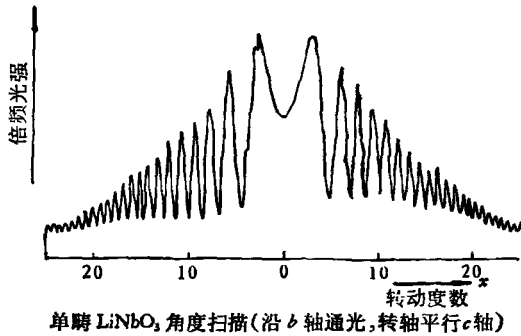


图4 单畴铌酸锂-1#晶体的角度 Marker 条纹

当我们将晶体绕晶轴旋转时, 将使入射角发生变化, 光在晶体中通过的距离  $l$  就不同, 因而可得到  $I^{2\omega}$  周期性变化的角度 Marker 条纹。同理, 如果保持  $\theta$  不变 ( $\theta = 90^\circ$ ) 而改变样品的温度, 那么, 由于  $\Delta n$  随温度变化而变化, 也可以记录到 Marker 条纹 (或称为热致 MF 曲线)<sup>[4]</sup>。我们用同一块铌酸锂进行实验, 也得到热致 MF 曲线。

MF 曲线包含着丰富的信息, 经过分析, 可以测定有关的物理量<sup>[4]</sup>。

#### (1) 相干长度的测量

在非位相匹配条件下, 相干长度是一个重要的物理量。如在为利用某些不能实现位相匹配的非线性系数而采用的准位相匹配实验中, 选择具有如聚片多畴<sup>[5]</sup>、天然双晶<sup>[6]</sup>等晶体时, 需要准确地知道其相干长度。通过 MF 曲线测得的  $l_c$  数值可与由折射率算得的理论值相互参照。

由前面的分析可知, 只要在角度 MF 曲线上测出相邻的极大与极小之间的角度差, 换算成晶体的内角  $\theta'$ , 再由  $l_c = d/2[(1/\cos\theta'_{\min}) - (1/\cos\theta'_{\max})]$ , 即可得  $l_c$ <sup>[7]</sup>。对单畴铌酸锂-2#样

物理

品, 使基波偏振方向沿  $x$  轴时, 将晶体绕  $x$  轴旋转, 所得角度 Marker 条纹如图 5 所示。由该图可算出对应于不同  $\theta_m$  的  $l_{c_{33}}(\theta_m)$ 。[由于光在晶体中用不同的  $\theta_m$  角入射时, 它的相干长度略有不同,  $\theta_m$  大时,  $\Delta k$  增加,  $l_c(\theta_m)$  变小;  $\theta_m$  小时,  $\Delta k$  变小,  $l_c(\theta_m)$  变大]。采用最小二乘法计算并画出  $l_{c_{33}}(\theta_m)$  曲线 (如图 6 所示), 并外推到  $\theta = 0^\circ$  时, 得到  $l_{c_{33}} = 3.38 \mu\text{m}$ 。这与理论计算值  $l_{c_{33}} = 3.40 \mu\text{m}$  相符<sup>[5]</sup>。

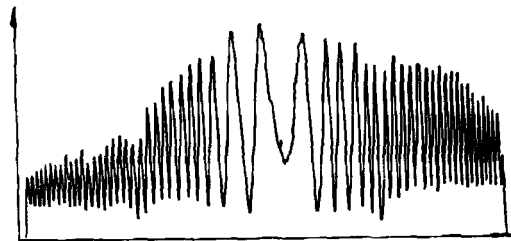


图5 单畴铌酸锂-2#晶体相应于  $d_{33}$  的角度 Marker 条纹

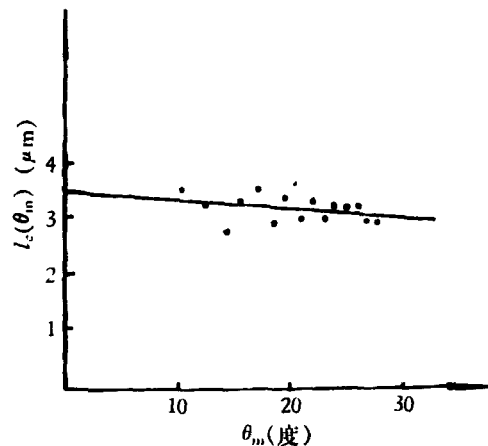


图 6

如果改变基波偏振方向, 有选择地接收某方向偏振的倍频光, 并绕不同晶轴旋转, 可得出相应于不同  $d_{ij}$  的  $l_{c_{ij}}$ 。

#### (2) 非线性系数 $d_{ij}$ 的测量

利用 MF 曲线的包迹峰值  $S_{ij}^{2\omega}$  和相干长度  $l_{c_{ij}}$ , 由  $d_{ij} \propto S_{ij}^{2\omega}/l_{c_{ij}}$ <sup>[8]</sup> 可得相应的非线性系数  $d_{ij}$  (也可以利用一已知  $d$  的材料作为标准试样, 同时在位相匹配条件下测量待测样品与标准试样的相对倍频光强, 通过比较而得未知的  $d_{ij}$ )。

此外,通过 MF 曲线,还可由测出的  $l_c$  定出  $\Delta n$ , 求得吸收系数,得出晶体的精厚度  $l^{[4]}$ .

## 四、讨 论

### 1. MF 曲线的形状

#### (1) $\theta = 0$ 两侧曲线对称性问题

实验表明,为保证  $\theta = 0$  两侧对称,必须使晶体的旋转轴在光束最窄部的中心,使垂直光束旋转时入射面保持不变,还要使旋转轴严格平行于一个晶轴……<sup>[7]</sup>

#### (2) MF 曲线最小值不为零问题

造成 MF 曲线最小值不为零的因素有:晶体加工时两面不平行;表面的不平整;基波光束有一定发射角(要求在几毫弧度以内);光电倍增管的暗电流;测量环境的影响(如激光泵浦发出的光)等。这些因素均应注意。

### 2. 弱信号的检测

在 Marker 条纹的测量中,使用了锁相放大器,这在测量非位相匹配情况下的倍频光是必要的。此时由于信号相当弱,需要从较强的噪声中检测出信号,又由于这里记录的是脉冲信号,占空比较小,因而测量的灵敏度受影响。如

采用门积分放大器,则更好。由于条件限制,我们只采用锁相放大器,但已起到了抑制光电管热噪声及杂散光的作用。在使用锁相放大器时,其积分时间的选择是重要的。通常,积分时间长一些,可以更好地检测出弱信号,而且抗干扰性能也好。但在测量快速变化的信号时,积分时间太长,会使曲线严重失真;积分时间太短,又会使缓慢变化的信号受基波波动的影响而产生抖动(本实验中为使基波输出稳定,光泵电源采用恒流电源)。所以,工作时要注意两者兼顾,选择适当的积分时间。

## 参 考 文 献

- [1] 朱劲松、谈云鹏、王业宁,物理, **9**(1980), 217.
- [2] 王业宁、朱劲松、谈云鹏,物理学报, **29**(1980), 1629.
- [3] F. Zermike, J. E. Midwinter, Applied Nonlinear Optic, John Wiley & Sons New York/Sydney/Toronto/London, (1973).
- [4] 李荫远、杨顺华,非线性光学,科学出版社, (1974).
- [5] 冯端、闵乃本、洪静芬、杨永顺、朱劲松、王业宁, Appl. Phys. Lett., **37** (1980), 607.
- [6] C. Hocker et al., Appl. Phys. Lett., **26** (1975), 442; C. Hocker et al., J. Appl. Phys., **28** (1976), 267.
- [7] J. Jerphsongen, S. K. Kutz, J. Appl. Phys., **41** (1970), 1667.
- [8] F. T. 阿雷克等主编,《激光手册》翻译组译,非线性光学和材料(《激光手册》第四分册),科学出版社, (1978).

## 两次斜蒸一氧化硅在多路驱动液晶显示器中的应用

陈绍山 姚文太 龙建辉

(长沙七七〇厂)

在液晶显示器件的表面处理中, Janning<sup>[1]</sup> 首创了倾斜蒸发一氧化硅(SiO)的方法而获得了向列液晶的均匀排列。当斜蒸角(蒸发束与基片平面所成的角)小于  $15^\circ$  时,得到的是大于  $20^\circ$  的高倾角排列;而当蒸发角在  $15-45^\circ$  之间时,液晶指向矢的倾角为  $0^\circ$ <sup>[2]</sup>。实验证明这两种情况都不适应多路驱动显示。因为国产的 411 联苯的高倾角排列将由于容易产生交叉效应而使视角范围变窄,后者则容易产生排列的

反倾斜<sup>[3]</sup>。多路驱动的液晶显示器要求低预倾角的表面取向,才能得到满足实用要求的宽视角特性。

要得到低预倾角的定向排列,可通过两次斜蒸 SiO 而实现,这一结论已由文献 [5, 6] 所证实。Meyerhofer<sup>[4]</sup> 和 Johnson<sup>[5]</sup> 的两次蒸发程序正好相反。为了使淀积在基片上的 SiO 膜的厚度易于控制,我们按照 Johnson 程序先蒸  $7^\circ$  (蒸发束与基片法线的夹角则为  $83^\circ$ ) 后蒸  $30^\circ$ 。