

# BNN 等非线性晶体中缺陷对倍频光的影响

南京大学物理系晶体物理教研室 王业宁 谈云鹏 朱劲松 杨震

激光入射在非线性晶体上,将产生光的二次谐波辐射(SHG)。晶体的非线性光学性质是结构敏感的,晶体中缺陷诸如铁电畴、孪晶生长层、折射率的不均匀等等,对于倍频光的转换效率有着较大的影响,通过倍频光强的测量,对倍频晶体的温度和角度扫描曲线的测量以及倍频光斑图样的观察,我们对铌酸锂(LiNbO<sub>3</sub>)和铌酸钡(BNN)晶体中缺陷对 SHG 的影响作了初步的探讨。

在实验中,所用基波光源是声光调 Q 连续泵浦 YAG 激光器,输出 1.06 微米脉冲激光,峰值功率千瓦级,光脉冲重复频率 10 千周,样品放在腔外测角台上,其测量精度为 0.01 度。在做温度扫描曲线时,另用加热炉,温度控制精度 0.02°C。0.53 微米倍频光由光电倍增管接收,经放大后在示波器上显示。

## 1. 倍频晶体的温度和角度扫描曲线

当强度为  $I_\omega$  的基波光束入射在厚度为  $l$  的非线性晶体上,所产生的倍频光强度  $I_{2\omega}$  可由下式表示:

$$I_{2\omega} \propto d_{ij}^2 I_\omega^2 \frac{\sin^2(\Delta kl/2)}{(\Delta kl/2)^2}$$

$$\Delta k = k_{2\omega} - 2k_\omega = \frac{2\omega}{c_0} (n_{2\omega} - n_\omega)$$

在非线性晶体中,折射率与晶体的温度、晶体取向有关,因而可以通过改变晶体的温度或改变入射光与晶体光轴间夹角来达到  $\Delta k=0$  相匹配条件,而使倍频光输出最大,此时晶体的温度或入射光和晶体光轴的夹角称作相匹配温度或角度,在此温度(角度)附近改变温度(角度)可以得到倍频光输出功率和温度(角度)的关系,称作温度(角度)扫描曲线。

温度(角度)扫描曲线对晶体的折射率不均匀性很敏感,和理想晶体比较,其表现为主峰高度下降,半功率宽度增加,有时还出现多峰,倍频光斑上亦会出现黑的条纹,我们比较了两块 BNN 样品,其结果如下:

	53# BNN 晶体	44# BNN 晶体
功率半宽度 $\Delta T_m$	2.6°C	6°C
峰高	198 格	142 格
曲线形状	峰较尖锐	峰平而宽

实验说明 44# BNN 晶体的完整性较 53# 晶体差。

## 2. 孪晶对倍频光的影响

对于 BNN 晶体,其晶格参数  $a=1.75918$  毫微米,  $b=1.762559$  毫微米,两者很接近,晶体中往往容易出现大量的微孪晶( $a$  轴和  $b$  轴互换)。由于分辨率的限制,显微镜观察不到微米量级的微孪晶,我们利用晶体的倍频光温度和角度扫描曲线测量,检测晶体中微孪晶的存在和所占比重。

BNN 晶体  $d_{31}$ 、 $d_{32}$  非线性极化系数可以实现 SHG 相匹配。由于生长条件和组分不同,相匹配温度和相匹配角度可以在下述所示范围变化:

非线性极化系数	$d_{31}$ (入射光平面为 YZ 平面)	$d_{32}$ (入射光平面为 XZ 平面)
位相匹配角度	$\theta_m^{31} = 73 \sim 75^\circ$	$\theta_m^{32} = 75 \sim 77^\circ$
位相匹配温度	$T_m^{31} = 90 \sim 110^\circ\text{C}$	$T_m^{32} = 80 \sim 100^\circ\text{C}$

我们对一块 BNN 晶体,入射光在  $YZ$  平面,测量温度和角度扫描曲线,都出现两个峰值,分别为  $T_1=83.5^\circ\text{C}$ 、 $T_2=91.5^\circ\text{C}$ ,  $\theta_1=73^\circ48'$ ,  $\theta_2=72^\circ32'$ , 我们认为  $T_1$  和  $\theta_1$  是  $d_{32}$  的贡献,  $T_2$ 、 $\theta_2$  是  $d_{31}$  的贡献,它们和上表给出的相匹配温度和角度数值相符合,双峰的出现是由于晶体中存在大量微孪晶成分,  $a$ 、 $b$  轴的互换,使在一个面通光时  $d_{31}$ 、 $d_{32}$  都分别对倍频光有贡献,由温度扫描曲线得到两峰比值为 1.2, 它给出了  $d_{32}$  和  $d_{31}$  贡献的比重,即微孪晶的比重,另外在这区域进行 X 光劳厄照相和倍频锥光环观察都证实了该区域微孪晶的存在。

### 3. 铁电畴对二次谐波的影响

当晶体具有  $180^\circ$  层状结构的平行平面畴时,如果畴壁间距正好是一个相干长度  $l_0$ , 当入射基波光垂直于畴壁传播,倍频光将得到加强,增强因子为  $[1+(1+2N)^2]/2$ ,  $N$  是畴壁数,若畴壁间距不等,在平均间距  $l/N > l_0$  时,增强  $(1+2N)$  倍。

我们在  $\text{LiNbO}_3$  晶体中观察到多畴区域倍频光增强效应比单畴区域倍频光增强 10 倍左右。

周期性  $180^\circ$  层状畴结构倍频加强理论和实验工作,指出有可能使不能实现相匹配的晶体或非线性极化系数实现准位相匹配。如  $\text{LiNbO}_3$  晶体  $d_{33}$  是不能实现相匹配的,它比能实现相匹配的  $d_{31}$  大 10 倍,如果利用周期性  $180^\circ$  层状畴,使  $d_{33}$  实现准位相匹配,有可能得到倍频转换效率较高的  $\text{LiNbO}_3$  晶体,现已生长出层状畴结构  $\text{LiNbO}_3$  晶体,控制层厚的工作正在进行之中。

## 关于单块 $\text{LiNbO}_3$ 激光电光 $Q$ 开关 表面破坏的一些问题

四机部一四一一所 二室

本实验粗略地探讨了  $\text{LiNbO}_3$  晶体的表面破坏阈值与表面光洁度、表面保护膜之间的关系,也简单地研究了 1.06 微米激光的二次谐波对  $\text{LiNbO}_3$  表面破坏阈值的影响。

为探讨表面光洁度和表面破坏阈值的关系,我们利用透镜将 YAG 电光  $Q$  开关激光器的输出激光束聚焦在不同光洁度的  $\text{LiNbO}_3$  样品的表面上,测试激光功率密度和表面破坏阈值等参数,从大量数据的统计平均效果清楚地看出,表面出现刻痕和存在砂眼引起的表面光洁度下降都将降低表面破坏阈值。

同时我们研究了表面保护膜对  $\text{LiNbO}_3$  表面破坏能力的影响,我们分别在  $\text{LiNbO}_3$  平片上和  $\text{LiNbO}_3$  单块开关的全内反射面上镀不同材料和不同厚度的膜层,进行破坏阈值的测试,与未镀膜的表面进行比较,发现  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{MgF}_2$ 、 $\text{SiO}$  这三种材料不同厚度的保护膜均不同程度地提高了  $\text{LiNbO}_3$  表面的抗破坏能力,并且镀膜后即使发生破坏,其破坏坑不易扩大,这与未镀膜时情况大不相同。

此外,还粗略地探讨了二次谐波的出现对  $\text{LiNbO}_3$  单块电光开关的全内反射面破坏的影响。实验表明,二次谐波对全内反射面的表面破坏无重大的影响。

最后,在  $\text{LiNbO}_3$  的加工工艺上作了改进,把光洁度提高到 100 倍显微镜底下看不到砂眼和刻痕的水平,并在表面镀上适当厚度的  $\text{SiO}_2$  膜层,这样,  $\text{LiNbO}_3$  单块开关全内反射面的抗破坏能力有所提高。当激光光斑较均匀时,在 1~10 次/秒的重复率和 ~40 兆瓦/厘米<sup>2</sup> 的激光功率密度下可较长时间工作而不破坏。

## 电光晶体 $\text{LiNbO}_3$ 的温度性能实验

中国科学院吉林应用化学研究所 王西坡 张恩远

铌酸锂 ( $\text{LiNbO}_3$ ) 晶体是一种多用途的良好的非线性光学材料。在激光技术的发展中,它的应用日趋增