

# 双掺钾钠铌酸锶钡晶体光学特性研究\*

张日理 阳生红 李辉道 莫 党

(中山大学凝聚态物理研究所, 物理系, 广东, 广州, 510275)

**摘要** 成功地生长、制备出了双掺(Cu,Ce)钾钠铌酸锶钡晶体样品. 测量了双掺(Cu,Ce)钾钠铌酸锶钡晶体在红光波段的二波耦合特性及其光诱导吸收变化. 实验结果显示, 双掺(Cu,Ce)钾钠铌酸锶钡晶体在红光波段具有好的光折变性能, 其红光波段的二波耦合增益可达  $10\text{cm}^{-1}$ ; 且存在着较强的光诱导吸收现象, 其光诱导吸收变化明显地依赖于泵浦束光强和探测束光偏振, 探测束偏振方向平行晶体  $c$  轴时的光诱导吸收系数和探测束偏振方向垂直于晶体  $c$  轴时的光诱导吸收系数分别达  $0.53\text{cm}^{-1}$  和  $0.26\text{cm}^{-1}$ , 并对实验结果用两光折变中心模型进行了解释.

**关键词** 光折变材料, 钾钠铌酸锶钡, 光诱导吸收.

## OPTICAL PROPERTIES IN KNSBN CRYSTAL MATERIALS\*

ZHANG Yue-Li YANG Sheng-Hong LI Hui-Qiu MO Dang

(Institute of Condensed Matter Physics and Department of Physics, Zhongshan University,  
Guangzhou, Guangdong 510275, China)

**Abstract** KNSBN crystals were grown successfully with both Cu & Ce dopings. Two-wave mixing experiments and light-induced absorption changes experiments in (Cu,Ce):KNSBN crystals were carried out. The two-wave coupling gain was measured to be as large as  $10\text{cm}^{-1}$ . (Cu,Ce):KNSBN exhibits strong intensity and polarization-dependent absorptions at red wavelength. Light-induced absorption coefficients of up to  $0.53\text{cm}^{-1}$  and  $0.26\text{cm}^{-1}$  were obtained using an Ar laser pump beam for the extraordinary and ordinary probe beams, respectively. The results indicate that the two-center charge transport model is more appropriate for KNSBN.

**Key words** photorefractive materials, KNSBN, light-induced absorption.

### 引言

光折变晶体材料在光学信息处理, 光计算和光学相位共轭技术等方面具有潜在的应用研究前景, 引起了人们广泛重视和研究<sup>[1~6]</sup>. 钾钠铌酸锶钡(KNSBN)晶体是一种重要的光折变晶体材料, 它具有电光和非线性系数大, 性能稳定, 无室温相变和  $90^\circ$  畴, 易于生长和极化, 内部有 3 种类型结构空位, 易于引入其它离子进行掺杂改性等优点, 因此, 对 KNSBN 晶体的研究越来越受到人们的重视.

近些年来, 人们相继对很多不同掺杂 KNSBN 晶体进行了实验研究<sup>[1~3]</sup>, 但对双掺(Cu,Ce):KNSBN 晶体在红光波段光折变性能及其光诱导吸收现象方面研究报道的还很少, 本文将对双掺(Cu,Ce):

KNSBN 晶体在红光波段光折变性能及其光诱导吸收现象进行实验研究.

### 1 晶体材料制备

实验中, 我们采用中频感应加热法和溶体提拉法成功地生长出了纯的和双掺(Cu,Ce)钾钠铌酸锶钡晶体. 晶体生长原料均采用光谱纯的  $\text{BaCO}_3$ 、 $\text{SrCO}_3$ 、 $\text{K}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ , 按照分子式  $(\text{KNa})_{0.1}(\text{Sr}_{0.60}\text{Ba}_{0.40})_{0.9}\text{Nb}_2\text{O}_6$  进行称量配料, 并在熔体中加入 0.22 Wt. % CuO 和 0.05 Wt. %  $\text{CeO}_2$ . 双掺(Cu,Ce):KNSBN 晶体生长是在大气中进行的, 生长温度约  $1500^\circ\text{C}$ , 提拉速度为  $3\text{mm/h}$ , 转速为  $20\text{rpm}$ . 生长出的 KNSBN 晶体还需高温退火和极化. 晶体退火条件为: 温度约  $1160^\circ\text{C}$ , 时间约  $12\text{h}$ ,

\* 广东省自然科学基金资助项目

稿件收到日期 2000-08-14, 修改稿收到日期 2000-11-02

\* The project supported by the Natural Science Foundation of Guangdong Province of China

Received 2000-08-14, revised 2000-11-02

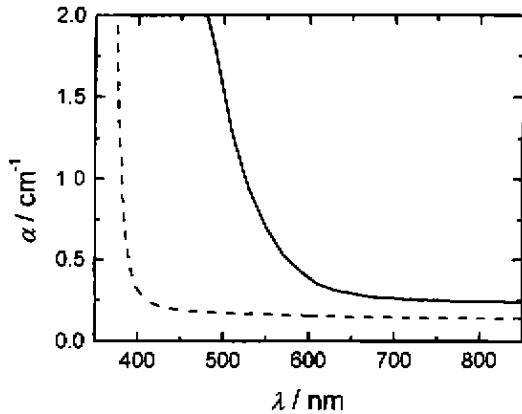


图1 双掺(Cu,Ce)(实线)和纯的(虚线) KNSBN 晶体的吸收光谱

Fig.1 The absorption spectra of undoped (dashed line) and (Cu,Ce)-doped (solid line)KNSBN

降温速率为 60 C/h, 晶体极化条件为: 温度约 150 C, 电场约 800V/mm, 时间约 20min. 最后, 经切割、抛光加工成实验所需的晶体样品.

图 1 给出了双掺(Cu,Ce)和纯的 KNSBN 晶体吸收谱, 从图 1 可以看出, 双掺(Cu,Ce)可有效增加 KNSBN 晶体的吸收, 使其吸收边明显向长波方向移动, 这说明(Cu,Ce)有效掺杂进入钾钠铌酸锶钡晶体.

### 2 双掺(Cu,Ce):KNSBN 光折变特性

光折变二波耦合测量实验装置及测量过程与文献[5,6]相似. 由 He-Ne 激光器发射的一束单模 e-偏振激光束被分光镜分成泵浦光和探测光, 泵浦光和探测光对称地入射到晶体样品 a-面, 并在 a-面相

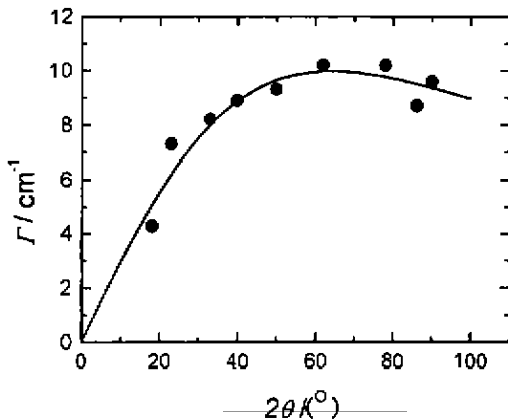


图 2 双掺(Cu,Ce)KNSBN 二波耦合增益与入射光夹角之间关系

Fig.2 The two-wave coupling gain versus external angle for (Cu,Ce):KNSBN

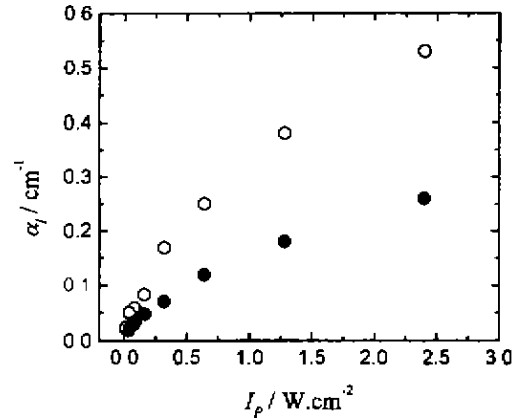


图 3 双掺(Cu,Ce)KNSBN 晶体的光诱导吸收系数与泵浦光强的关系(λ=457nm, ●和○分别表示探测光的偏振方向垂直和平行于晶体 C 轴)

Fig.3 Light-induced absorption coefficient  $\alpha_1$  versus pump beam intensity  $I_p$  in (Cu,Ce):KNSBN ( $\lambda=457\text{nm}$ , ● and ○ dots correspond to the extraordinary and ordinary probe beams, respectively)

交, 当泵浦光开关时分别测量透过晶体的探测束光强. 图 2 给出了激光束偏振方向平行于晶体 c 轴时, 二波耦合增益与入射光夹角之间的关系, 其中, 圆点代表实验测量值, 实线为理论拟合曲线. 由图 2 可以看出: 双掺(Cu,Ce):KNSBN 在红光波段具有很好光折变性能, 其二波耦合增益可达  $10\text{cm}^{-1}$ .

### 3 双掺(Cu,Ce):KNSBN 光诱导吸收测量

光诱导吸收测量装置和过程与文献[7,8]相似.

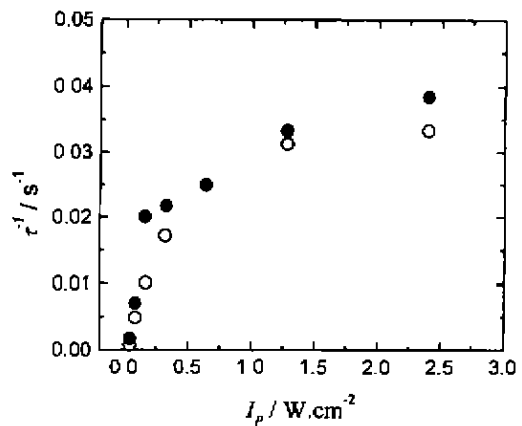


图 4 光诱导吸收时间响应率随泵浦光强的变化(λ=457nm, ●和○分别表示探测光的偏振方向垂直和平行于晶体 c 轴)

Fig.4 Buildup rate of the light-induced absorption  $1/\tau$  versus pump beam intensity  $I_p$  ( $\lambda=457\text{nm}$ , ● and ○ dots correspond to the extraordinary and ordinary probe beams, respectively)

实验中,我们用扩束后的氩离子激光( $\lambda=457\text{nm}$ ,偏振方向平行晶体 $c$ 轴)作泵浦光,使其均匀照射到晶体样品.用低能 He-Ne 激光( $\lambda=633\text{nm}$ )作探测光,使其在垂直于泵浦光方向上,沿着晶体内表面通过晶体,并记录透射光强的变化.光诱导吸收系数 $\alpha_1$ 定义为<sup>[7,8]</sup>

$$\alpha_1 = \frac{1}{d} \ln \frac{I_s(\text{with } I_p \text{ off})}{I_s(\text{with } I_p \text{ on})}$$

$I_s$  和  $I_p$  分别为探测光和泵浦光的光强, $d$  为探测光通过的晶体厚度(本实验中  $d=3.66\text{mm}$ ).

图 3 给出了双掺(Cu,Ce):KNSBN 晶体的稳态光诱导吸收系数随泵浦光强的关系,从图 3 中可以看出稳态光诱导吸收系数随泵浦光强增加而增大,稳态光诱导吸收系数与探测束偏振方向有关.探测束偏振方向平行于晶体 $c$ 轴比探测束偏振方向垂直于晶体 $c$ 轴的光诱导吸收要大的多,前者最大值可达  $0.53\text{cm}^{-1}$ ,后者只有  $0.26\text{cm}^{-1}$ ,其比值约为 2.根据光折变两中心模型,在光折变晶体中存在深、浅两种陷阱能级,而光诱导吸收是由浅陷阱能级引起的.泵浦光可引起光折变晶体中深、浅两种陷阱能级重新分布,从而引起光诱导吸收系数变化,所以,随着泵浦光强增加,双掺(Cu,Ce):KNSBN 晶体光诱导吸收系数增加.晶体光诱导吸收系数依赖于探测束偏振方向的一种解释为<sup>[8]</sup>:可以把晶体中浅陷阱看作是沿着晶体 $a$ 轴和 $c$ 轴不同的各向异性孤立陷阱,这就导致着 $c$ 轴偏振的光有较大的偶极子动量,亦即有较大的光电离跃迁截面,所以探测束偏振方向平行于晶体 $c$ 轴比探测束偏振方向垂直于晶体 $c$ 轴的光诱导吸收要大的多.

光诱导吸收时间响应率定义为:光诱导吸收系数达到稳态光诱导吸收系数值的 $(1-1/e)$ 时所需时间的倒数.图 4 给出了双掺(Cu,Ce):KNSBN 晶体光诱导吸收时间响应率随着泵浦光强的变化关系.从图 4 中可以看出:随着泵浦光强的增加光诱导吸收时间响应加快.探测束光偏振对光诱导吸收时间

响应率影响不是很大,这与文献[8]的结果基本一致.

#### 4 结论

我们生长制备出了双掺(Cu,Ce):KNSBN 晶体样品,测量得到双掺(Cu,Ce):KNSBN 晶体二波耦合增益与入射光夹角之间的关系,以及在不同探测束光偏振方向下,晶体光诱导吸收系数和时间响应率随泵浦光强的变化特性.实验结果表明:双掺 KNSBN:(Cu,Ce)晶体在红光波段具有好的光折变特性和较强光诱导吸收现象.

#### REFERENCES

- [1] Neurgaonkar R R, Cory W K, K Oliver J R, *et al.* Development and modification of photorefractive properties in the tungsten bronze family crystals, *Opt. Eng.*, 1987, 26(5): 392-405
- [2] Chen H C, Sun D L, Song Y Y, *et al.* Growth and properties of a new TB type photorefractive crystal, *J. Crystal Growth*, 1993, 128: 880-885
- [3] MO Dang, ZHANG Yue-Li, ZHU De-Rui, *et al.* Photorefractive properties and phase-conjugation of doped KNSBN crystals, *Ferroelectrics*, 1997, 196: 47-52
- [4] YUE Xue-Feng, SHAO Zong-Shu, MU Xiao-Dong, *et al.* Optical oscillation inside photorefractive crystal and optical limiter, *J. Infrared Millim. Waves* (岳雪峰、邵宗书、牟晓东,等.光折变晶体内的光振荡和光学限幅器, *红外与毫米波学报*), 1993, 12(4): 287-291
- [5] Zhang Y L, Xie X S, Mo D, *et al.* Growth and photorefractive properties of Mn-doped  $(\text{KNa})_{0.1}(\text{Sr}_{0.5}\text{Ba}_{0.4})_{0.5}\text{Nb}_2\text{O}_6$  crystals, *J. Appl. Phys.*, 1996, 79(11): 8835-8837
- [6] Ewbank M D, Neurgaonkar R R, Cory W K, *et al.* Photorefractive properties of strontium-barium niobate, *J. Appl. Phys.*, 1987, 62: 374-380
- [7] Jermann F, Kratzig E, Godefroy G. Charge transport processes in  $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$  at high intensity laser pulses, *Appl. Phys. A*, 1992, 55: 113-118
- [8] Orlov S, Segev M, Yariv A, *et al.* Light-induced absorption in photorefractive strontium barium niobate, *Opt. Lett.*, 1994, 19(17): 1293-1295