

KNSBN 掺 Mn 光折变晶体生长及自泵浦相位共轭*

张日理 谢祥寿 周长师 朱德瑞 莫 党

(中山大学物理学系, 广州 510275)

摘 要 在实验制备铌酸锶钡钾掺 Mn 晶体样品 (KNSBN: Mn) 上, 实现了 He-Ne 激光波长的自泵浦相位共轭, 测得 KNSBN: Mn 晶体的自泵浦相位共轭反射率高达 70%。研究了自泵浦相位共轭反射率随入射光束角度、功率密度的关系, 测量了自泵浦相位共轭反射率随激光功率密度的变化。

关键词 KNSBN 晶体, 自泵浦相位共轭

分类号 O782, O439

钨青铜结构铌酸锶钡 (SBN) 和钾钠铌酸锶钡 (KNSBN) 是一类具有优良光折变性能的铁电晶体材料。SBN 和 KNSBN 晶体在室温下都是四方相, 其中 SBN 晶体具有较大的横向电光系数, 而 KNSBN 晶体不仅有较大的横向电光系数, 而且有较强的纵向电光系数。同其它优良光折变晶体钛酸钡 (BaTiO_3), 铌酸钾 (KNbO_3) 等相比, KNSBN 晶体具有易生长, 生长周期短 (只需一天), 无 90° 畴, 易极化、加工, 晶体具有较大的固熔体范围, 易掺杂和取代等优点。我们通过改变 KNSBN 晶体的生长组分和掺杂元素, 改变其光折变性能, 制成具有各种特殊光折变性能的 KNSBN 及掺杂晶体。并生长制备出了在较长的红光波段具有好光折变性能的 A 位非充满型 KNSBN: Mn 晶体。

自 1982 年, 人们在 BaTiO_3 晶体上实现了自泵浦相位共轭以来^[1], 相继在 KNbO_3 , SBN, KNSBN 等^[2,3]其它晶体材料上实现了自泵浦相位共轭。近年来, 人们对 KNSBN 及掺杂 KNSBN 晶体的光折变性能进行了很多研究^[3,4], 实现了不同波段的自泵浦相位共轭。对 He-Ne 激光波长 632.8nm 下的自泵浦相位共轭也进行了研究, 并且, 在 KNSBN 掺 Ce, Cu 晶体上实现了 He-Ne 激光下的自泵浦相位共轭^[5,6], 其正切向 KNSBN 自泵浦相位共轭反射率最高达 60%。本文用 He-Ne 激光 (波长 632.8nm), 在 KNSBN: Mn 晶体样品上实现了自泵浦相位共轭, 其共轭反射率高达 70%。

1 晶体生长及样品制备

晶体生长用高纯 Nb_2O_5 和光谱纯的 K_2CO_3 , Na_2CO_3 , SrCO_3 , BaCO_3 及 MnO_2 作原料, 按分子式 $(\text{KNa})_{0.1}(\text{Sr}_{0.6}\text{Ba}_{0.4})_{0.9}\text{Nb}_2\text{O}_6$ 进行称料, 并加入 0.04Wt% 的 MnO_2 , 然后,

收稿日期: 1994-03-26

* 国家青年“863”和广东省科学基金资助项目

进行均匀混合、压块, 高温烧结等工序, 制成 KNSBN: Mn 的多晶料. 最后, 采用中频感应加热, 熔体提拉法进行单晶生长. 晶体生长是在大气中进行, 生长温度为 1500℃, 生长速度为 3mm/h, 生长转速为 20r/min, 晶体降温速率为 80℃/h, 生长出的晶体形状为方柱形, 颜色为茶色, 生长晶体尺寸为 18mm×18mm×20mm.

KNSBN: Mn 晶体属于钨青铜结构. 钨青铜结构的一般表示式为: $(A_1)_4(A_2)_2C_4B_{10}O_{30}$, 其中 A_1, A_2, C 和 B (B 包括 B_1, B_2 两种位置) 分别为 15-, 12-, 9- 和 6- 配位体位置. 图 1 给出了四方钨青铜在 (001) 面的投影图. 对于 KNSBN 晶体, $K^+, Na^+, Ba^{2+}, Sr^{2+}$ 占 15-, 12- 配位体位置, 即占据 A_1, A_2 位, 而 Nb^{5+} 占据 6- 配位体位置, 即为 B 位, 而 9- 配位体即 C 位通常空着. KNSBN 晶体的一般表达式为 $(K_yNa_{1-y})_{2A-2}(Sr_xBa_{1-x})_{2-A}Nb_2O_6$, 其中 $0 \leq y \leq 1, 0.25 \leq x \leq 0.75, 1 \leq A \leq 1.2$. 当 $A=1.2$ 时, A 位被全部充满, 称为全充满型 KNSBN; 当 $A < 1.2$ 时, 称为非充满型 KNSBN. 而本实验生长的 KNSBN: Mn 晶体可以写成 $(K_{0.5}Na_{0.5})_{2 \times 1.1-2}(Sr_{0.6}Ba_{0.4})_{2-1.1}Nb_2O_6$ 掺 0.04Wt% MnO_2 , 其中 $A=1.1$, 即 $K^+, Na^+, Sr^{2+}, Ba^{2+}$ 占据了 91.7% (1.1/1.2) 的 15-, 12- 配位体位置, 是属非充满型 KNSBN 晶体.

生长出的晶体需在居里点温度以上加电场进行极化, 极化条件为: 温度 170℃, 极化电场 1kV/mm. 最后, 对极化好的晶体进行切割、加工, 抛光成 5.2mm×6.2mm×7.5mm 的晶体样品. 晶体透射谱见图 2.

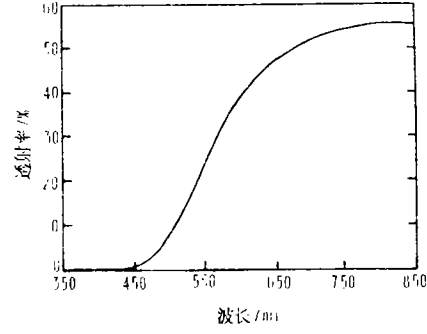
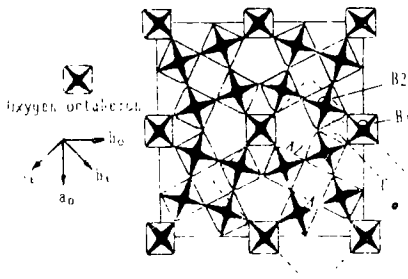


图 1 钨青铜结构在 (001) 面的投影图, 其中实线和虚线分别代表正交和四方晶胞
Fig. 1 Schematic diagram showing a projection of the tungsten bronze structure (001) plane

图 2 KNSBN: Mn 晶体的透射谱, 晶体通光方向长度为 5.2mm
Fig. 2 The transmission spectrum of Mn-doped KNSBN crystal. The curve was recorded for 5.2mm thickness

2 自泵浦相位共轭实验及结果

图 3 为测量自泵浦相位共轭反射率及响应时间的实验装置图. 其中 PS 为旋光器, 调节入射光的偏振方向, P 为检偏器, 选择入射到晶体进行自泵浦相位共轭的光为 e 光. F 为衰减片, 用于调节入射光强度. BS 为分光镜, 其反射率为 20%. He-Ne 激光束未经聚焦, 激光波长为 632.8nm, 光束直径为 1.1mm, 晶体通光方向厚为 5.2mm. 用 LPE-1A

型激光功率能量计同时测量入射光和所产生的共轭光的反射光 I_{pr} 和 I_{cr} , 测得共轭光反射率 $R = (I_{cr}/I_{pr}) (1/(1-r))$ (r 为分光镜反射率). 另外, 用光电管和 X-Y 记录仪记录自泵浦相位共轭的响应时间. 响应时间定义为: 激光入射到晶体上开始到共轭光达到稳态值的 90% 所需的时间. 图 4 给出了典型的自泵浦相位共轭反射率随时间的响应曲线.

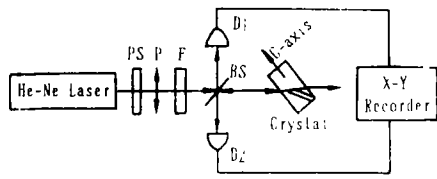


图 3 实验装置示意图

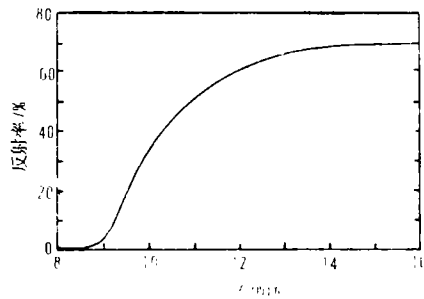


图 4 自泵浦相位共轭反射率随时间变化曲线

Fig. 3 Experimental arrangement of measuring phase conjugate reflectivities and response times

Fig. 4 Typical plot of phase conjugate reflectivity as a function of time

首先改变入射到晶体上的光的入射角, 测量自泵浦相位共轭反射率随光的入射角变化, 实验表明: KNSBN : Mn 有宽的角度响应, 几乎在 $0 \sim 180^\circ$ 均可实现自泵浦相位共轭, 在入射角 $\theta = 40 \sim 60^\circ$ 时反射率较高, 在 θ 约为 49° 时反射率最高. 固定入射光的入射角 $\theta = 49^\circ$, 调节衰减片, 测量共轭反射率及响应时间随入射光功率密度的变化如图 5 所示, 从图 5 (a) 中可以看出当激光入射光功率密度 $\rho = 8.4 \text{ mW/mm}^2$ 时, 共轭反射率最高, 达 70%, 此结果比文献 [5] 得到的 KNSBN : Ce 晶体的自泵浦相位共轭反射率 40%, 及文献 [6] 得到的 KNSBN : Cu 晶体的自泵浦相位共轭反射率 60% 都要高. 由图 5 (b) 可以看出: 随着激光功率密度的增加自泵浦相位共轭响应速度明显加快.

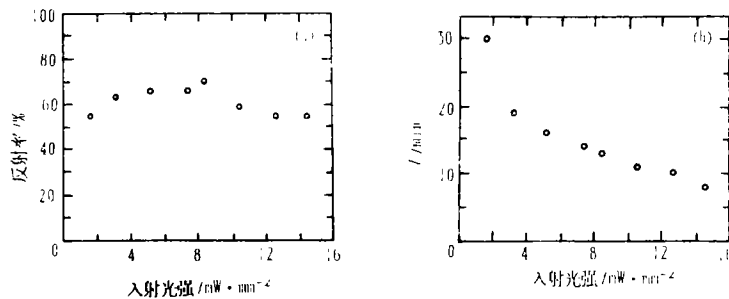


图 5 自泵浦相位共轭 (a) 反射率和 (b) 响应时间与入射光强的关系

Fig. 5 (a) The reflectivity and (b) response time of the self-pumped phase conjugate as a function of input power

3 结 论

我们通过选取适当的组分和掺杂元素, 生长制备出了非充满型掺锰 KNSBN 晶体样品, 发现 KNSBN : Mn 在 He-Ne 激光波段具有好的光折变响应, 掺 0.04Wt% MnO₂ 的 KNSBN 晶体, 在 632.8nm 处自泵浦共轭反射率高达 70%.

KNSBN : Mn 晶体在较长光波段具有好的光折变性能, 具有高的共轭光反射率, 可用于制作较长波长响应的光折变器件.

参 考 文 献

- 1 Feinberg J. Self-pumped, continuous-wave phase conjugator using internal reflection. *Opt Lett*, 1982, 7(10):486~488
- 2 Heyi Zhang, Xuehua He, Erli Chen et al. Phase conjugator using total internal reflection in KNbO₃:Fe. *Appl Phys Lett*, 1990, 57(13):1298~1300
- 3 Montgomery S R, Jan Yarrison-Rice, Pederson D O et al. Self-pumped phase conjugation in the red in photorefractive Ba_{0.5}Sr_{1.5}K_{0.25}Na_{0.75}Nb₅O₁₅ and Sr_{0.6}Ba_{0.4}Nb₂O₆ with cerium in 9-fold coordinated sites. *J Opt Soc Am, B*, 1988, 5(8):1775~1780
- 4 王韧, 莫党. 光折变晶体中与光强有关的二波耦合及能量转移. *中山大学学报(自然科学版)*, 1992, 31(1):1~7
- 5 Yue X F, Shao Z S, Chen H C et al. Self-pumped phase conjugation in (K_{0.5}Na_{0.5})_{2y}(Sr_{0.61}Ba_{0.39})_{1-y}Nb₂O₆ at 633nm. *Chinese Phys Lett*, 1990, 7(7):304~307
- 6 Yue X F, Lu XL, Song Y Y et al. Studies on Self-Pumped Phase Conjugation in Cu-Doped (K_{0.5}Na_{0.5})_{0.2}(Sr_{0.61}Ba_{0.39})_{0.9}Nb₂O₆ Crystals. *Appl Phys, B*, 1991, 53:319~322

Self-pumped Phase Conjugation of a Mn-doped KNSBN Crystal

Zhang Yueli* Xie Xiangshou Zhou Changshi Zhu Derui Mo Dang

Abstract The Mn-doped (KNa)_{0.1}(Sr_{0.6}Ba_{0.4})_{0.9}Nb₂O₆ (KNSBN) crystals grown, poled and polished in this experiment were described. The self-pumped phase conjugation of Mn-doped KNSBN was observed at 632.8nm using He-Ne laser. The self-pumped phase conjugation reflectivity as high as 70% was measured. The reflectivity as function of the incident angles and the incident intensities as well as the relation of the response time to the incident intensities were studied experimentally.

Keywords KNSBN, self-pumped phase conjugation

* Department of Physics, Zhongshan University, Guangzhou 510275