

光折变 $\text{Ni} \cdot \text{KNbO}_3$ 晶体近红外波段 自泵浦相位共轭特性的实验研究*

张治国 冯宝华 吴令安 康 谨 张秀兰 傅盘铭

(中国科学院物理研究所光物理开放实验室和中国科学院凝聚态物理中心, 北京 100080)

沈德忠 马笑衍 陈炯尧

(北京人工晶体研究所, 北京 100080)

周 钢 汤俊雄

(北京大学无线电电子学系, 北京 100080)

摘 要 在光折变 $\text{Ni} \cdot \text{KNbO}_3$ 晶体中, 在波长 725 nm 处获得 43% 的自泵浦相位共轭反射率输出, 在波长 831.4 nm 处共轭反射率仍可达 1%。

关键词 光折变, 自泵浦相位共轭, 近红外。

1 引 言

自从 1982 年 Feinberg^[1]的工作以来, 自泵浦相位共轭(简称为 SPPC)的研究工作已发展成为一个活跃的研究领域。最近, 在近红外波段的自泵浦相位共轭很受注意, 在掺杂及纯的 BaTiO_3 中已进行了很多在近红外波段的自泵浦相位共轭实验^[2-4]。但对 KNbO_3 晶体, 自泵浦相位共轭则仅限于可见光波段^[5]。为了改善晶体的光折变性能, 一个有效的办法是在晶体中引入掺杂元素。例如, 人们通过在 KNbO_3 晶体中掺入 Fe 离子来提高两波耦合增益系数^[6], 利用掺入 Rb^+ 离子来提高两波耦合响应速度^[7, 8]。为了把 KNbO_3 晶体自泵浦相位共轭的响应波长拓展到近红外区, 选取何种掺杂则是作者感兴趣的问题。

本文具体报道了 KNbO_3 晶体掺杂离子的选择, 掺杂晶体的生长, 以及 $\text{Ni} \cdot \text{KNbO}_3$ 在近红外区的自泵浦相位共轭响应特性。

2 实 验

2.1 掺杂离子的选择与晶体生长

实验中, 为了用晶体生长的方法从大量有效掺杂元素中筛选出一种合适的掺杂, 本文提出了一个简单而有效的方法。首先, 实验采用合成不同掺杂的 KNbO_3 多晶, 并将其研成 200

* 国家自然科学基金和国家科委 863 高科技项目资助课题。

收稿日期: 1996 年 8 月 23 日; 收到修改稿日期: 1996 年 10 月 18 日

目的粉末后, 压成 $\phi 300 \times 1 \text{ mm}$ 圆片, 然后测量其吸收谱, 根据它们的吸收特性来选择合适的掺杂离子。在众多的掺杂元素中, 最后选择了 Ni 元素, 因为 $\text{Ni} \cdot \text{KNbO}_3$ 多晶的吸收曲线在 600~ 700 nm 附近有一吸收峰, 如图 1(a) 所示。这意味着 $\text{Ni} \cdot \text{KNbO}_3$ 可以在近红外区有响应。

实验所用 $\text{Ni} \cdot \text{KNbO}_3$ 晶体是由北京人工晶体研究所所用顶部籽晶法生长的。原料为 52.5 mol% K_2CO_3 (99.9%) 和 47.5 mol% Nb_2O_5 (99.9%), 均匀混合, 于 1200°C 熔铂坩锅中。在生长炉中加入 1/1000 的 Ni_2O_3 (99.99%), 然后加热到 1080°C 并恒温 24 h, 使之完全熔解, 再缓慢降温到生长点。用 [100] 籽晶下种后, 以 $1^\circ\text{C}/\text{d}$ 的速率降温, 不提拉, 生长周期约为 4~ 5 day。等晶体长成后, 为避免在 427°C 及 201°C 的两次相变引起开裂, 长成的晶体需小心冷却至室温。经原子发射谱测试, 长成的晶体中 Ni 的浓度为 10 ppm。

经测量, $\text{Ni} \cdot \text{KNbO}_3$ 晶体的吸收曲线如图 1(b) 所示, 从中可以清楚地看出它和 $\text{Ni} \cdot \text{KNbO}_3$ 多晶的吸收曲线有相同的吸收峰。这表明多晶粉末样品确实可预测单晶的吸收特性。

2.2 自泵浦相位共轭实验

实验中, 样品为 0° 切割的 $\text{Ni} \cdot \text{KNbO}_3$ 单晶, 其几何尺寸为 $5.7 \times 5.9 \times 5.9 \text{ mm}^3$, c 轴平行于 5.9 mm 边。在自泵浦相位共轭实验中, 利用光谱物理公司生产的型号为 3900 S 的钛宝石激光器作光源, 输出激光为水平偏振光(e 光), 强度为 I 。用分束片将激光束分为反射光 I'_0 和入射光 I_{in} 。通过聚透镜将入射光 I_{in} 聚焦到样品上, 束斑直径为 1.8 mm, 实验测量分束片 BS 分出的反射光 I'_0 , 同时在相反方向测量分束片 BS 反射出来的自泵浦相位共轭波的强度 I'_{pc} , 然后通过下面的公式计算出自泵浦相位共轭反射率 γ_{pc} :

$$\gamma_{pc} = I_{pc}/I_{\text{in}} = I'_{pc}/I'_0(1 - r) \quad (2)$$

式中 I_{pc} 为自泵浦相位共轭波的强度, r 为分束片 BS 的反射率。

本文具体测量了自泵浦相位共轭反射率 γ_{pc} 与波长 λ 的关系, 如图 2 所示, 从中可以看出, 当入射光强度为 $10 \text{ W}/\text{cm}^2$ 时, 在波长 $\lambda = 725 \text{ nm}$ 处, $\gamma_{pc} = 43\%$, 随着入射波长的增加, 相位共轭反射率迅速下降, 但在波长 $\lambda = 831.4 \text{ nm}$ 处, 仍有 1% 的相位共轭反射率输出。耦合系数 Γ 随入射角变化如图 3 所示, 当 $\theta = 5^\circ$ 时, $T = 15.6 \text{ cm}^{-1}$ 。

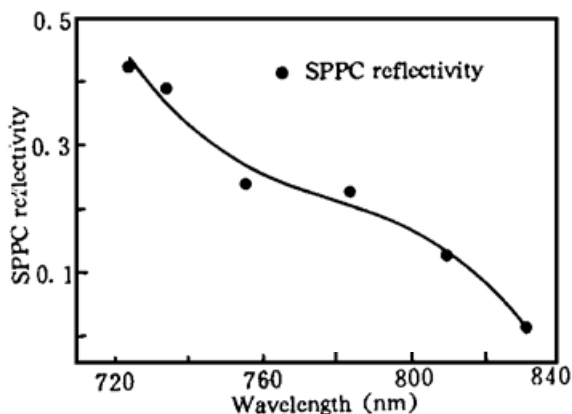


Fig. 2

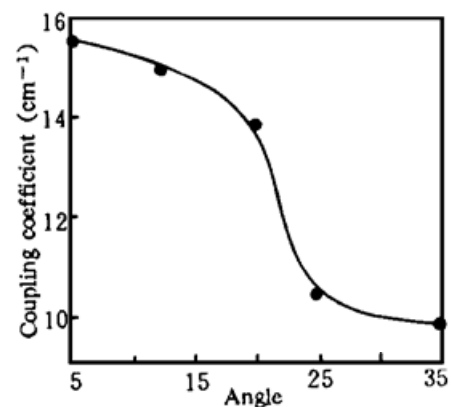


Fig. 3

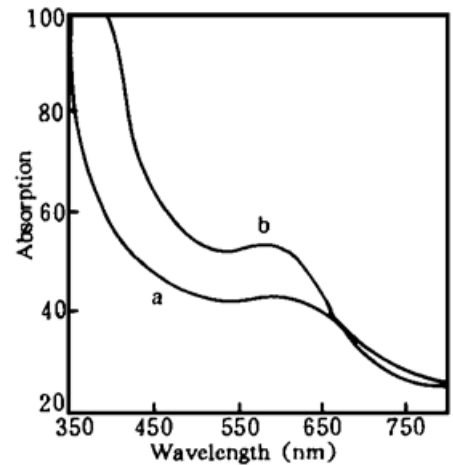


Fig. 1

结 论 本文用多晶粉末法成功地预测了单晶的吸收特性。研制出光折变 $\text{Ni} \cdot \text{KNbO}_3$ 单晶, 并测试了光折变性能。在近红外波段观测了自泵浦相位共轭效应, 其自泵浦相位共轭反射率在波长 725 nm 处达到 43%, 在波长 831.4 nm 处为 1%。

参 考 文 献

- [1] J. Feinberg, Self-pumped continuous-wave phase conjugator using internal reflection. *Opt. Lett.*, 1982, **7**(10) : 486~ 488
- [2] H. Y. Zhang, X. H. He, Y. H. Shih, Two-wave coupling and self-pumped phase conjugations at new infrared wavelengths in BaTiO_3 . *Opt. Commun.*, 1992, **88**(4, 5, 6) : 424~ 430
- [3] Y. Lian, S. X. Dou, H. Gao *et al.*, Mechanism transformation with wavelength of self-pumped phase conjugation in $\text{BaTiO}_3:\text{Ce}$. *Opt. Lett.*, 1994, **19**(9) : 610~ 612
- [4] B. A. Wechsler, M. B. Klein, C. C. Nelson *et al.*, Spectroscopic and photorefractive properties of infrared-sensitive rhodium-doped barium titanate. *Opt. Lett.*, 1994, **19**(8) : 536~ 538
- [5] C. Medrano, M. Zgonik, S. Berents *et al.*, Self-pumped and incoherent phase conjugation in Fe-doped KNbO_3 . *J. Opt. Soc. Am. (B)*, 1994, **11**(9) : 1718~ 1726
- [6] P. Gunter, Holography, coherent light amplification and optical phase conjugation with photorefractive materials. *Phys. Rep.*, 1982, **93**(4) : 199~ 299
- [7] H. Y. Zhang, S. Campbell, Pochi Yeh *et al.*, Submillisecond photorefractive response time of $\text{KNbO}_3 \cdot \text{Rb}^+$. *Opt. Lett.*, 1994, **19**(18) : 1397~ 1399
- [8] C. Wu, Y. Zhao, High-efficiency double phase conjugation in a Ce-doped strontium barium niobate crystal. *Opt. Lett.*, 1993, **18**(2) : 98~ 100

The Experimental Study of the Self-Pumped Phase Conjugation in $\text{Ni} \cdot \text{KNbO}_3$ at Near-Infrared Wavelengths

Zhang Zhiguo Feng Baohua Wu Linan Kang Jin

Zhang Xiulan Fu Panming

(Laboratory of Optical Physics, Institute of Physics

Center for Condensed Matter Physics, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

Shen Dezhong Ma Xiaoyan Chen Jiongyao

(Research Institute of Synthetic Crystals, Beijing 100018)

Zhou Gang Tang Junxiong

(Department of Radio-Electronics, Beijing University, Beijing 100871)

(Received 23 August 1996; revised 18 October 1996)

Abstract In $\text{Ni} \cdot \text{KNbO}_3$, self-pumped phase-conjugate reflectivities of 43% at 725 nm and 1% at 831.4 nm were obtained.

Key words photorefractive, self-pumped phase conjugation (SPPC), near-infrared.