

KNbO₃:Fe 自泵相位共轭

王威礼 张合义 王德煌 郑英俊 沈德忠 童小林
(北京大学物理系, 100871) (人工晶体研究所)

提要: 本文提出 KNbO₃:Fe 光折变晶体的异形切割和最佳实验配置, 首次在室温下获得内环腔自泵相位共轭, 反射率高达 ~60%。

关键词: 光折变晶体, 自泵相位共轭

Self-pumped phase conjugation in KNbO₃:Fe crystals

Wang Weili, Zhang Heyi, Wang Dehuang, Zheng Yinjun
(Department of Physics, Peking University, Beijing)

Shen Dezhong, Tong Xiaolin
(Research Institute of Synthetic Crystals, Beijing)

Abstract: This paper presents a special cut and an optimum experimental configuration for KNbO₃:Fe photorefractive crystals. For the first time, a self-pumped phase conjugation using total internal reflection at room temperature is obtained, whose reflectivity is up to ~60%.

Key Words: Photorefractive Crystal, Self-Pumped Phase Conjugation

一、引言

近年来, 相位共轭的研究在非线性光学中成为一个极为活跃的研究课题, 在光折变晶体材料中又可利用单一光束建立自泵相位共轭波, 并能在室温和极低的连续激光功率(毫瓦量级)下实现, 因此更为引人注目。目前, 已在具有较大电光系数的 BaTiO₃^[1,2] 和 Sr_{1-x}Ba_xNb₂O₆^[3,4] 等光折变晶体中实现全内反射的内环腔式自泵相位共轭。

KNbO₃ 是一种性能优良的光折变晶体材料, 具有高频性能好的电光系数大的优点, 一直受到人们关注, 虽然它已在光放大和信息处理等实验中显示出广泛的应用前景, 但长期以来未能实现自泵相位共轭, 直到 1989 年美国休斯公司利用我国北京人工晶体所生长的单畴 KNbO₃, 在高于 62°C 的温度用 515nm 的氩激光实现了采用两个附加反射镜组成的外环腔式自泵相位共轭^[5], 在温度 124°C 时达到 26% 的反射率, 我们曾在室温下获得 KNbO₃:Fe 外环腔式自泵相位共轭反射率为 30~35%。

本文报道在室温下实现异形切割 KNbO₃:Fe 的内环腔自泵相位共轭, 其反射率高达 ~60%, 并给出反射率与入射光强、反射率与入射角、自泵相位共轭建立时间与入射光强之间的实验测量结果。

二、晶体异形切割考虑

KNbO₃ 光折变晶体在室温时具有 $2mm$ 点群对称性, 属于正交晶系, 它的不为零的电光系数为 r_{12} , r_{42} , r_{51} , r_{23} 和 r_{33} , 其中以 $r_{42}=380 \text{ pm/V}$ 为最大, 因此, 可以通过合理的设计, 按电光系数各向异性的特点进行切割和采取最佳的实验配置, 实现高反射率的自泵相位共轭器。KNbO₃ 晶体异形切割后的形状如图 1 所示, 光束 I_1 从晶体 MN 平面射入, 在晶体内光束经棱角 P 的两相邻侧面的全反射, 因此, 在晶体内反射光束形成一个环路, 并与入射光束相干和相交形成一个作用区, 由于进一步减少了内部损耗, 故优于按规则六面体切割和形成两个作用区的自泵相位共轭器^[6]。棱角 P 为 $\pi/2 - \alpha = \pi/2 - 0.1 \text{ rad}$, 晶体外的入射角为 θ' , 晶体内的折射角为 θ , 在晶体内入射光束与内反射光束间的夹角为 2θ , 两光束相干和通过线性普克尔电光效应而造成折射率相位光栅, 按动量守恒要求, 光栅矢量 K_g 和晶体光轴 C 的夹角为 β 。

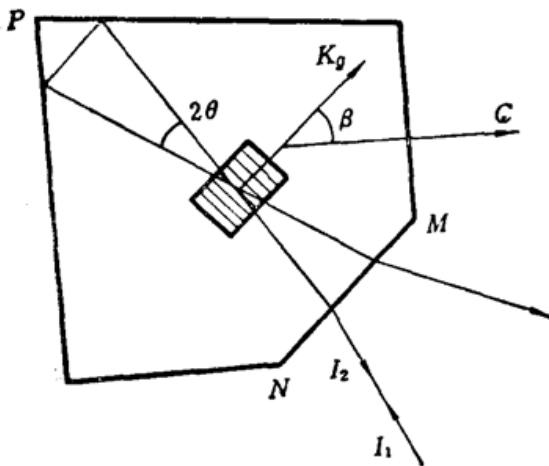


Fig. 1 KNbO₃:Fe special cutting self-pumped phase conjugator

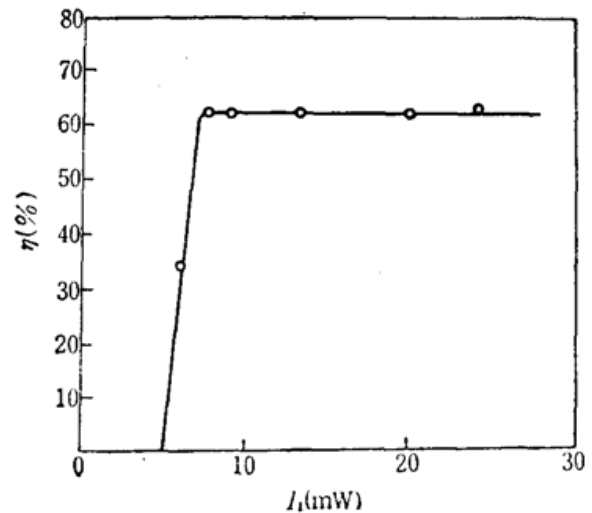


Fig. 2 Experimental results of reflectivity η as a function of the light intensity I_1 for KNbO₃:Fe special cutting self-pumped phase conjugator, the incident angle $\theta' = 12^\circ$

三、结果与讨论

KNbO₃:Fe 光折变晶体中 Fe²⁺ 离子在带隙中形成深施主能级, 相应地, 在吸收光谱的 ~500 nm 附近存在吸收峰。因此, 实验中所用的光源选用连续单模氩离子激光器, 输出波长为 515 nm, 最大输出功率为 2 W, 入射到晶体上的光斑直径为 1 mm。图 2 给出了室温下入射角 $\theta' = 12^\circ$ 时测量的自泵相位共轭反射率 η 和入射光强 I_1 的关系曲线, 反射率定义为自泵相位共轭光强 I_2 与入射光强 I_1 的比值, 即 $\eta = I_2/I_1$, 由图可见, 随光功率的增加, 反射率趋于饱和, 达到 60% 的常数值而入射光功率低于 7 mW 时, 反射率急剧下降, 以致自泵相位共轭现象

消失。

图 3 是实验测量自泵相位共轭建立时间 T 与入射光强 I_1 的依赖关系, 从图中可以看出, 随着入射光强的增强, 自泵相位共轭建立时间将缩短, 但入射光强与自泵相位共轭建立时间的乘积近似为常量, 即 $I_1 \times T \sim 2.0 \text{ W} \cdot \text{s}$ 。

图 4 给出自泵相位共轭反射率 η 与入射角 θ' 的依赖关系, 当入射光强固定在 $I_1 = 20 \text{ mW}$ 时, 入射角 θ' 分别在 $4^\circ \sim 44^\circ$ 和 $-8^\circ \sim -16^\circ$ 范围内都可以实现自泵相位共轭, 但存在一个最佳入射角 θ'_M 以获得最大反射率, 它们分别为 12° 和 -12° , 由于 KNbO_3 晶体在 514 nm 波长时的折射率 $n \sim 2.30$ ($n_1 = 2.20$, $n_2 = 2.32$ 和 $n_3 = 2.38$), 所以晶体内两光束的夹角 $2\theta = 0.2 \text{ rad}$ 即满足 $\alpha = |\theta|$ 时, 为最佳自泵相位共轭实验条件。入射角 θ 可分别取正负值时, 此时光栅矢量 K_g 恰好沿相反方向, 相应地光栅矢量 K_g 和晶体光轴 O 的夹角分别是 β 和 $\pi - \beta$ 。因此, 直接影响到自泵相位共轭反射率的效果。

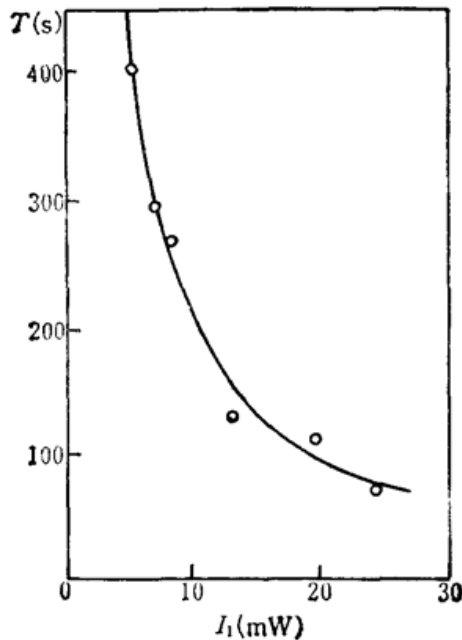


Fig. 3 Measured results of the build-up time T as a function of the incident light intensity I_1 for $\text{KNbO}_3:\text{Fe}$ self-pumped phase conjugator, the incident angle $\theta' = 12^\circ$

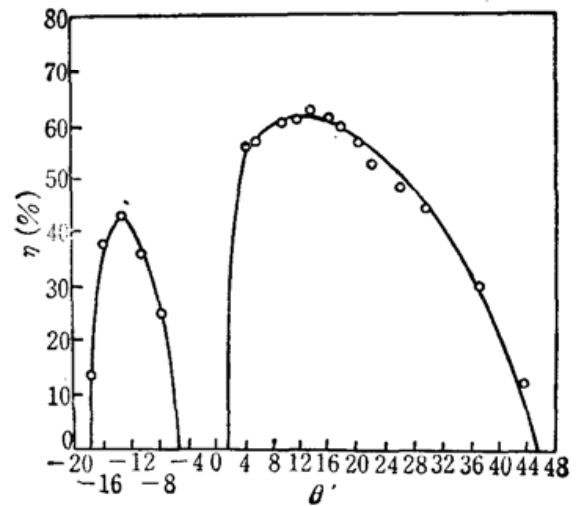


Fig. 4 Reflectivity η of $\text{KNbO}_3:\text{Fe}$ self-pumped phase conjugator vs the incident angle θ' for $I_1 = 20 \text{ mW}$

本文在实验工作中得到北京大学物理系陈尔立、刘越、何雪华和让庆润等同志的帮助, 特此致谢。

参 考 文 献

- 1 O. White *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **40**, 451(1982)
- 2 J. Feinberg *Opt. Lett.*, **7**, 486(1982)
- 3 G. Salamo *et al.*, *Opt. Commun.*, **59**, 417(1986)
- 4 M. Cronin-Golomb, C. D. Brandle, *Opt. Lett.*, **14**, 462(1989)
- 5 D. Rytz, Shen Dezhong, *Appl. Phys. Lett.*, **54**, 2625(1989)
- 6 K. R. MacDonald, J. Feinberg, *J. Opt. Soc. Am.*, **73**, 548(1983)