

利用猫式自泵浦位相共轭镜的 光学联想存储器*

张景文 赵 桦 孙万钧 许克彬 洪晶

姜全忠 吕新亮 陈焕鑫

(哈尔滨工业大学应用物理系, 哈尔滨 150001) (山东大学晶体材料研究所, 济南 250100)

摘 要 报道了以快速响应(150 ms), 成像质量高(分辨率 >50 pl/mm)的 16° 切掺铜钾钠铌酸锶钡(Cu:KNSBN)晶体猫式自泵浦位相共轭镜作为取阈反馈器件, 以低吸收薄晶体 Ce:Fe:LiNbO₃ 作为存储介质的光学全息联想存储器, 利用 25% 原信息寻址, 可得出完整的联想输出。

关键词 自泵浦位相共轭镜, 联想存储器, 衍射效率, 分辨率

1 引 言

光学联想存储系统的研制近年来得到国内外光学界的普遍重视^[1~4]。自从 1982 年 Feinberg 利用 BaTiO₃ 晶体实现了猫式自泵浦位相共轭反射^[5]以来, 利用其简化光学系统的工作在不断进行。新型高效光折变晶体 KNSBN 被研制出以后, 已利用多种掺杂实现了猫式自泵浦位相共轭反射^[6,7]。其中 Cu:KNSBN 晶体因具有稳定的性能^[8,9]被用于光学信息处理的不同方面^[10,11]。利用梯形切割的掺杂 KNSBN 晶体自泵浦位相共轭镜于光学联想存储系统在 $\lambda = 632.8$ nm 的实验结果已有报道^[4]。本文所介绍的联想存储系统中的取阈反馈器件选用 16° 切 Cu:KNSBN 晶体猫式自泵浦位相共轭镜, 选择薄 Ce:Fe:LiNbO₃ 晶体作为存储介质, 在 $\lambda = 514.5$ nm 时, 实现了联想读出。

2 自泵浦位相共轭镜及存储介质的性能

本系统选用掺铜 KNSBN 晶体设计的自泵浦位相共轭镜。为使光束在晶体内达到最佳耦合以期获得较高的共轭反射率且提高响应速度降低阈值, 实验中所用的铜掺量为 0.05 wt% 的 KNSBN 晶体被加工成 16° 切。样品尺寸为 7.2 mm \times 7.0 mm \times 5.7 mm, C 轴与 7.2 mm \times 7.0 mm 面成 16° 角^[9]。此样品对应氩离子激光器的四种波长 $\lambda = 514.5$ nm, $\lambda = 488.0$ nm, $\lambda = 496.5$ nm, $\lambda = 476.5$ nm, 均易调出猫式自泵浦位相共轭反射。此样品在 $\lambda = 514.5$ nm, 入射角 $\beta = 51.5^\circ$ 的条件下, 位相共轭反射率随入射晶体光强变化的实验曲线如图 1 所示。此样品在很大的入射光强范围之内均有较高的共轭反射率, 当入射光强为 2.18 W/cm² 时, 共轭反射率可达 60%。实验表明, 该位相共轭镜在相当大的角度范围(入射角 $-35^\circ \sim 70^\circ$)内均

* 本课题属高技术委员会资助项目。

收稿日期:1993年5月3日

有共轭输出,对应 0.1 mW/mm^2 的低入射光强仍有共轭输出. 这样宽松的条件使得该位相共轭镜易于调节. 大入射面尺寸有利于保护图象高频信息, 从而使该位相共轭镜具有良好的自泵浦位相共轭成像质量. 利用通用的 WT-1005-62 型标准分辨率板图案 N₂ 号(25-100 pl/mm)

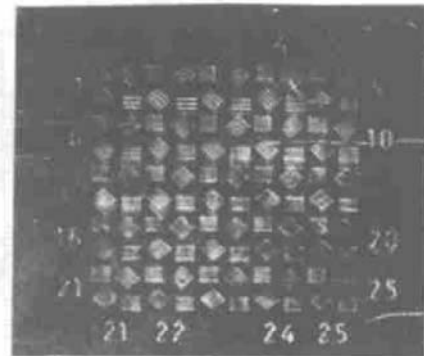
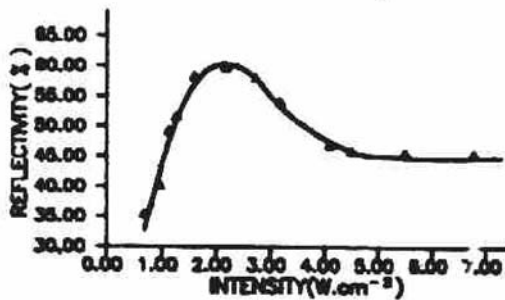


Fig. 1 Reflectivity of self-pumped phase conjugator versus input light density for 16°-cut Cu : KNSBN (incident angle $\beta=51.5^\circ$)

Fig. 2 Phase-conjugate replica of the resolution chart N₂ of WT-1005-62

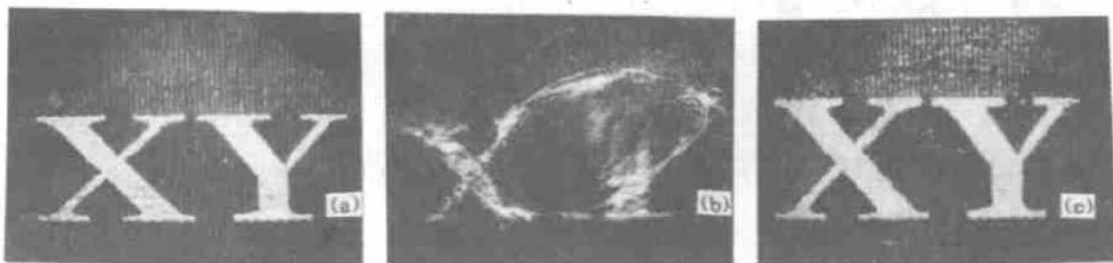


Fig. 3 (a) Image in the input plane, (b) image with severe phase distortion, (c) phase conjugate output image removing phase distortion

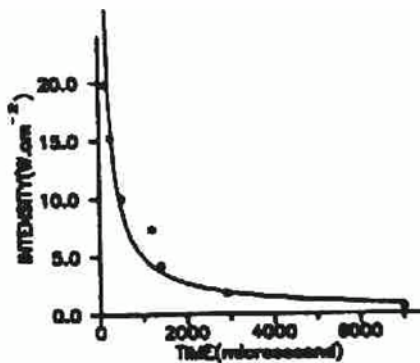


Fig. 4 Response time versus incident light intensity for 16°cut Cu : KNSBN self- pumped phase conjugator using cylindrical lens

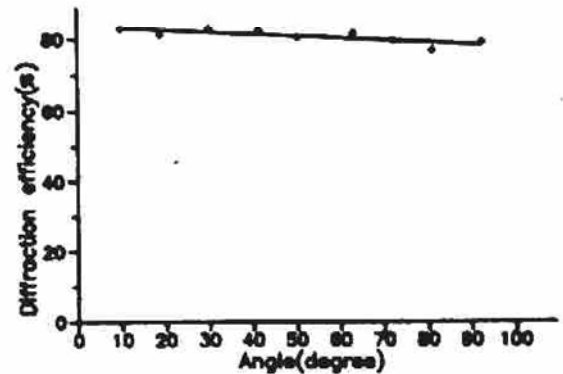


Fig. 5 Diffraction efficiency versus full external cross angle of the two incident beam

作输入图象, 得到如图 2 的输出图象. 从图中看出, 其成像分辨率 $>50 \text{ pl/mm}$. 其消除位相畸变能力良好. 以印有英文字母“xy”图样的透明片作输入图象[图 3(a)], 在入射光路中引入位相畸变介质, 使其产生较严重的位相畸变[图 3(b)], 其输出消位相畸变结果示于图 3(c). 利用柱面镜压缩入射光斑垂直于光轴方向的尺寸, 位相共轭反射的响应时间可显著缩短. 响应时间(达到共轭反射率的饱和值的 $[1-(1/e)]$ 倍所需时间)随入射光强变化的实验曲线示于图 4. 从曲线上可以看出, 入射光强为 19.8 W/cm^2 时响应时间为 150 ms , 这对于提高光学系统的整体运转速度无疑是一个大的进步.

该联想存储器所用的存储介质是 $Ce:Fe:LiNbO_3$ 薄晶体(厚度 1.0 mm). 该晶体未经还原处理, 吸收系数较小 $\alpha = 1.67 \text{ cm}^{-1}$. 其衍射效率随入射泵浦光与信号光外夹角 2θ 的依赖关系实验曲线示于图 5. 实验条件为 $I_{10} = I_{20} = 2.24 \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2}$, I_{10} 与 I_{20} 的入射光束截面直径分别为 4.0 mm、1.0 mm. 从图中看出, 衍射效率在很宽的角度范围之内保持在 80% 以上, 这个现象可以用薄晶体中显著的源于扇形效应的光爬行现象加以解释^[12]. 对较厚的晶体(厚度 2.0 mm)可得到更高的衍射效率(95%). 但在联想系统中, 取阈反馈过程使得光波两次通过晶体. 兼顾衍射效率和吸收损失两个因素, 选择薄晶体作为存储器件.

3 联想存储器

该联想存储器光路图如图 6 所示. 光源是工作在 514.5 nm 波长的氩离子激光器, 其偏振方向平行于入射平面. 在记录过程中用一束准直平行光波照明入射平面. 被存储的物体是印有汉字“联想”的透明片. 原始图象放在焦距 $f = 308 \text{ mm}$ 的傅里叶透镜前面, 参考光束与其夹角 $2\theta = 24.5^\circ$, 在位于透镜后焦面上的薄 $Ce:Fe:LiNbO_3$ 晶体中记录下原始图象的傅里叶变换全息图. 参考光的透射光照在 16° 切 $Cu:KNSBN$ 晶体上. 以最易产生猫式自泵浦的最佳入射角 $\beta = 51.5^\circ$ 入射. 物光平均光强 56.5 mW/cm^2 , 参考光光强 $I_r = 2.42 \text{ W/cm}^2$. 记录时间约 25 sec.

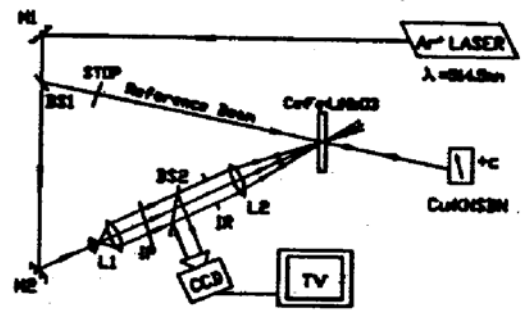


Fig. 6 Experimental setup for real-time associative memory; BS1, BS2-beam splitters, M1, M2-mirrors, L1, L2-Lenses

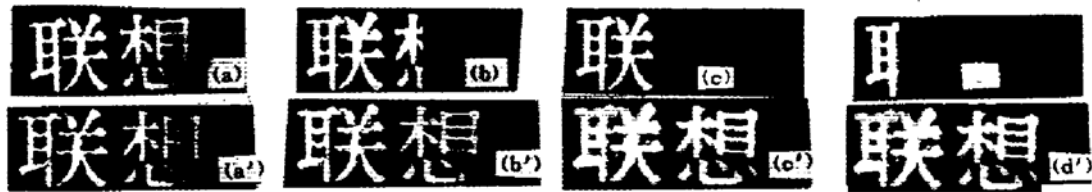


Fig. 7 (a), (b), (c), (d); complete and partial input images. (a'), (b'), (c'), (d'); associative images

此后, 以原物的部分或全部信息寻址, 当再现参考光光强高于自泵浦位相共轭反射的阈值时, 经自泵浦位相共轭镜反射后, 反向读出存于记录介质上的全息图, 得到联想输出结果. 由于自泵浦位相共轭镜具有良好的成象质量, 自动消除位相畸变及自准直等特点, 使得此联想存储器具有很好的联想输出结果, 信噪比较高, 在输入平面内分别用原图象的 100% [图 7 (a)], 75% [图 7 (b)], 50% [图 7 (c)], 25% [图 7 (d)] 进行寻址时, 在输出面上得到联想输出结果依次示于图 7 (a'), (b'), (c'), (d').

系统记录时间较长主要是由于 $Ce:Fe:LiNbO_3$ 晶体响应时间的限制. 若以快速响应的掺杂 $KNSBN$ 晶体作存储介质, 此系统可望获得更快的运转速度.

结 论 本文提出的光学全息联想存储系统所采用的 16° 切 $Cu:KNSBN$ 猫式自泵浦位相共轭镜, 具有良好的成象质量及消位相畸变的能力, 响应快, 且位相共轭反射角度响应范围较

宽, 阈值较低. 作为存储介质的 Ce : Fe : LiNbO₃ 薄晶片不仅吸收系数小而且也有宽的角度响应范围, 因此, 这一系统特别适用于多重存储.

参 考 文 献

- [1] N. Farhat, D. Psaltis, A. Prata *et al.*, Optical implementation of the Hopfield model. *Appl. Opt.*, 1985, **24** (10) : 1469~1475
- [2] H. Xu, Y. Yuan, J. Zhang *et al.*, Implementation of holographic associative memory with dynamic thresholding device. *Opt. Commun.*, 1992, **92**(4~6) : 326~336
- [3] 许克彬, 张景文, 徐海英等, 实时联想存储技术与器件. *光子学报*, 1992, **21**(5) : 73~80
- [4] 王凡, 张以谟, 采用自泵浦相位共轭镜的光学联想存储器. *光学学报*, 1992, **12**(1) : 149~51
- [5] J. Feinberg, Self-pumped, continuous-wave phase conjugator using internal reflection. *Opt. Lett.*, 1982, **7** (10) : 486~488
- [6] 余有龙, 姜作宏, 高军等, Co : KNSBN 晶体自泵浦位相共轭特性的研究. *光学学报*, 1992, **12**(10) : 883~887
- [7] S. Bian, J. Zhang, X. Su *et al.*, Self-pumped phase conjugation of 18° cut Ce-doped KNSBN crystal at 632.8 nm. 1993, **18**(10) : 769~771
- [8] Q. Jiang, Y. Song, D. Sun *et al.*, Mechanism of the self-pumped phase conjugator using Cu : KNSBN. *Nonlinear Optics*, 1991, **1**(1) : 307~312
- [9] Q. Jiang, X. Lu, Y. Song *et al.*, Enhanced self-pumped phase conjugation from 16°-cut Cu : KNSBN. *Appl. Opt.*, 1992, **31**(29) : 6299~6302
- [10] J. Zhang, H. Xu, H. Pu *et al.*, Real-time double-exposure interferometry using self-pumped conjugator with Cu : KNSBN. *Opt. Commun.*, 1992, **87**(5/6) : 263~266
- [11] J. Zhang, H. Xu, Y. Yuan *et al.*, Real-time coherent image differentiation using a self-pumped phase conjugator with Cu : KNSBN. *accepted by Appl. Opt. and to be published*
- [12] Zhang Jingwen, Sun Wanjun, Bian Shaoping *et al.*, Very high photorefractive gain in two-beam coupling with thin iron-doped LiNbO₃ crystal. *Chinese Phys. Lett.*, 1993, **10**(4) : 227~230

Optical Associative Memory with "Cat" Self-Pumped Phase Conjugator

Zhang Jingwen Zhao Hua Sun Wanjun Xu Kebin Hong Jing

(Department of Applied Physics, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001)

Jiang Quanzhong Lu Xinliang Chen Huanchu

(Institute of Crystal Materials, Shandong University, Jinan 250100)

(Received 3 May 1992)

Abstract An optical holographic associative memory utilizing a self-pumped phase conjugator and a thin piece of Ce : Fe : LiNbO₃ crystal as feedback device of thresholding and memory medium respectively is presented in this paper. The "cat" self-pumped phase-conjugator of 16°-cut Cu : KNSBN shows rapid response and good image quality and the thin piece of Ce : Fe : LiNbO₃ crystal with low absorption coefficient has a wide range of angular response. The complete image output can be addressed with less than 25 % of stored image.

Key words self-pumped phase conjugator, associative memory, diffraction efficiency, resolution.