

Ce :KNSBN 晶体中扇形光的时间演化

张金平,刘 峰,李盼来,郭庆林,魏艳红,梁宝来

(河北大学 物理科学与技术学院 河北 保定 071002)

摘 要 利用实时数据采集处理系统,实验研究了光扇的时间演化,测量了 Ce :KNSBN 晶体的光扇写入光强阈值,讨论了光扇效应对两波耦合动态过程的影响.

关键词 光折变;光扇效应;时间演化

中图分类号 O 743

文献标识码 :A

文章编号 :1000 - 156X(2003)04 - 0371 - 04

KNSBN 晶体作为理想的体全息记录材料在光存储、光学相位共轭、光学信息处理等领域具有潜在应用价值^[1~4].然而,作为高增益光折变材料的 KNSBN 晶体中存在着强烈的光扇效应,一方面光扇可以被利用,如作为光折变振荡器和自泵浦相位共轭器的种源等;另一方面光折变晶体被用于光存储和光学信息处理时,光扇作为噪声源,将在一定程度上限制了 KNSBN 晶体的具体应用.为此对 KNSBN 晶体的光扇效应进行了一系列相关研究,例如:Residori 等测量了 Cu :KNSBN 晶体不同 C 轴取向时光扇效应的动态特性^[5];Ramazza 等的实验结果表明 Cu :KNSBN 两波耦合体光栅的分辨率受到光扇噪声的强烈影响^[6];王立军等人研究了两波耦合对光扇效应的抑制作用^[7];Liang 等人将非相干擦除技术引入 Ce :KNSBN 晶体来抑制光扇噪声从而提高两波耦合输出信号的有效增益和信噪比^[8].本文以 He-Ne 激光作为光源,采用实时数据采集处理系统,实验研究了光扇的时间演化,光扇对两波耦合动态过程的影响.

1 实验装置与方法

实验装置如图 1 所示. He-Ne 激光器输出的 632.8 nm 激光被偏振分束器 BS 分为两束,一束由反射镜 M₁ 反射,经由半波片 HWP₁ 和偏振片 P₁ 入射到晶体上作为信号光 I_S,另一束由反射镜 M₂ 反射,经由半波片 HWP₂ 和偏振片 P₂ 对称地入射到晶体上作为泵浦光 I_P. 实验中 I_S 和 I_P 均为异常偏振光(e 光),分别以光电探测器 D₁ 和 D₂ 在晶体另一侧接收 I_S 和 I_P 的透射光 I_S' 和 I_P',并由计算机系统自动记录和存储.以单束泵浦光入射并实时监测其透射光强的变化,即可对光扇强度的演化和阈值特性进行研究.为了消除残存光栅对测量结果的影响,每次测量后都用一束强光对晶体进行仔细擦除,实验所用晶体为 5 mm×5 mm×5 mm Ce :KNSBN 晶体.

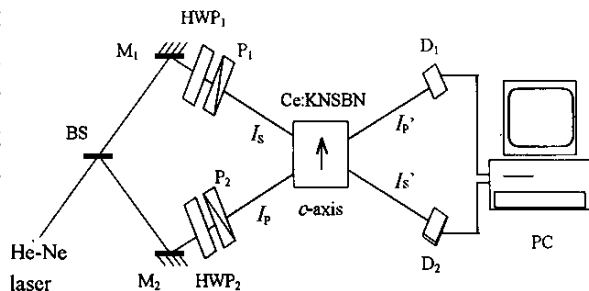


图 1 实验装置

Fig. 1 Experimental setup

收稿日期 2003 - 06 - 01

基金项目 河北省自然科学基金资助项目(101059),河北省教育厅博士基金(200B103)

作者简介 张金平(1955 -),女,河北平泉人,河北大学副教授,从事光学、光学信息处理等方面研究.

2 实验结果与讨论

2.1 光扇效应

光扇效应是当一束激光入射到光折变晶体上时,由于入射光与晶体中近前向散射光之间的光耦合所形成的具有一定空间分布的、被放大的扇状散射.实验中以不同强度($9.5\times10^{-3}\sim9.55\times10^{-2}\text{ W/cm}^2$)单光束泵浦光(e 光) I_p 照射晶体,并测量晶体后透射光强 I_p' 的变化.图2中给出了 $I_p=9.5\times10^{-3},2.0\times10^{-2},3.5\times10^{-2},6.25\times10^{-2}\text{ W/cm}^2$ 时透射光强随时间的变化曲线,可以看到当 $I_p=6.25\times10^{-2}\text{ W/cm}^2$ 时透射光强 I_p' 呈衰减过程且出现明显的谷值,时间约70 s,当 $I_p=3.5\times10^{-2}\text{ W/cm}^2$ 时,透射光强衰减到谷值时间约150 s,而 $I_p<2.0\times10^{-2}\text{ W/cm}^2$ 时透射光强基本不随时间的变化,从图2看出透射光强衰减到谷值时间随着 I_p 的增加而减小,在不考虑晶体吸收下, I_p 光能量的损耗归结为光扇的耗散,透射光强 I_p' 随时间的变化反映了扇形光束强度的时间演化.若将光扇强度定义为 $I_f=I_p(t=0)-I_p'(t)$, $I_p'(t)$ 为稳态值,测得稳态光扇强度值 I_f 随泵浦光写入强度 I_p 变化曲线如图3所示.当 $I_p<2.0\times10^{-2}\text{ W/cm}^2$ 时 I_f 很小可以忽略,当 $I_p>2.0\times10^{-2}\text{ W/cm}^2$ 时 I_f 开始增强,当 $I_p>3.0\times10^{-2}\text{ W/cm}^2$ 时 I_f 迅速上升,说明在Ce:KNSBN晶体中光扇效应也存在如文献[9]所述的在掺杂LiNbO₃晶体中出现的光扇效应随写入光光强而增大的阈值特性.结果提示光折变晶体应用于光学信息处理时,采用低于阈值的写入光强有利于提高衍射效率和信噪比.图4给出了利用CCD摄像系统拍摄的 $I_p=6.25\times10^{-2}\text{ W/cm}^2$ 时不同时间扇形光束分布,其结果与图2时间演化相一致,而扇形光束是非对称型^[10].

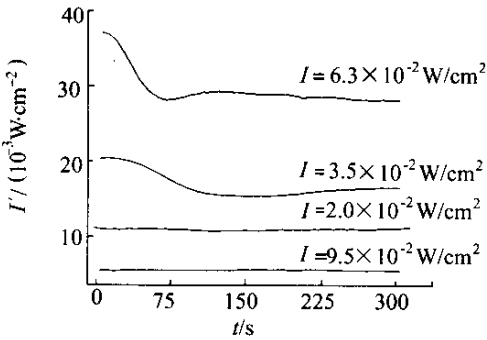


图2 透射光强 I_p' 随时间的变化曲线
Fig.2 Variation of I_p' as a function of time

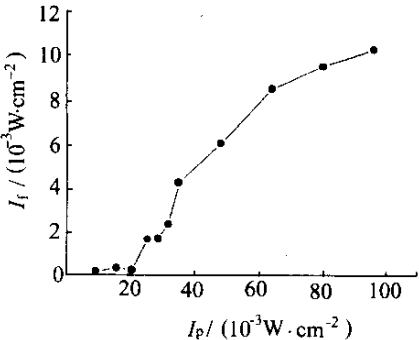
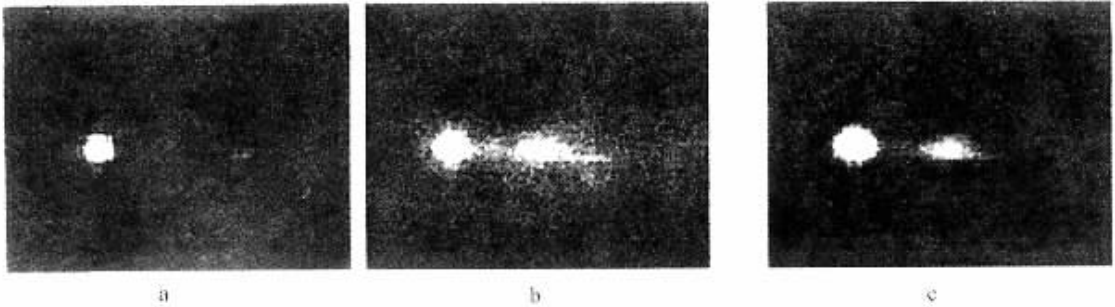


图3 光扇强度随写入光强的变化
Fig.3 Light intensity dependence of fanning intensity



a. $t=0$ b. $t=70\text{ s}$ c. $t=150\text{ s}$
图4 不同时间扇形光束分布

Fig.4 Pictures of the fanning light at different illumination time

2.2 光扇效应对两波耦合的影响

实验观察到当信号光和泵浦光打开的顺序和时间间隔不同时,两波耦合增益 G (G 定义为 $G = I_S' / (I_P \neq 0) \vee I_S' (I_P = 0)$) 随时间变化曲线也不同.若定义两束写入光都被打开的时刻为 $t = 0$,信号光打开和泵浦光打开的时间间隔为 Δt ,图 5 给出了时间间隔 Δt 为 -25 s , -15 s , 0 , 15 s , 25 s , 75 s 时两波耦合有效增益 G 随时间的变化曲线.可以看到信号光超前打开时 ($\Delta t < 0$),由于信号光强为 $I_S = 1.25 \times 10^{-3}\text{ W/cm}^2$,远小于光扇阈值所需入射光强,其光扇效应可以忽略,故 G 的动态曲线与信号光和泵浦光同时打开时所得曲线基本相同, G 在 $t = 120\text{ s}$ 到达峰值,最大值为 $G = 24.6$;当信号光滞后打开时 ($\Delta t > 0$), G 到达峰值时间随着时间间隔 Δt 的增大而延长, G 的最大值随着 Δt 的增大而减小,当 $\Delta t > 75\text{ s}$ 时, G 的最大值趋于一稳定值约为 $G = 16$.由实验结果可看出:信号光超前或信号光与泵浦光同时打开时两波耦合增益 G 的最大值明显高于信号光滞后打开情况,认为信号光滞后打开时间间隔不同对应光扇的演化也不同,当信号光滞后打开时光扇效应较强导致泵浦光到信号光的能量转移减弱,造成了信号增益的差异.随着光扇强度的继续增大 G 将下降,可见光扇对 Ce :KNSBN 晶体两波耦合动态过程的影响非常显著.但实验还发现无论何种情况,随着时间延长 G 到达稳定值时,信号光、泵浦光和光扇间的能量分配基本相同,有效增益变化最终趋于稳定值约为 16 左右.

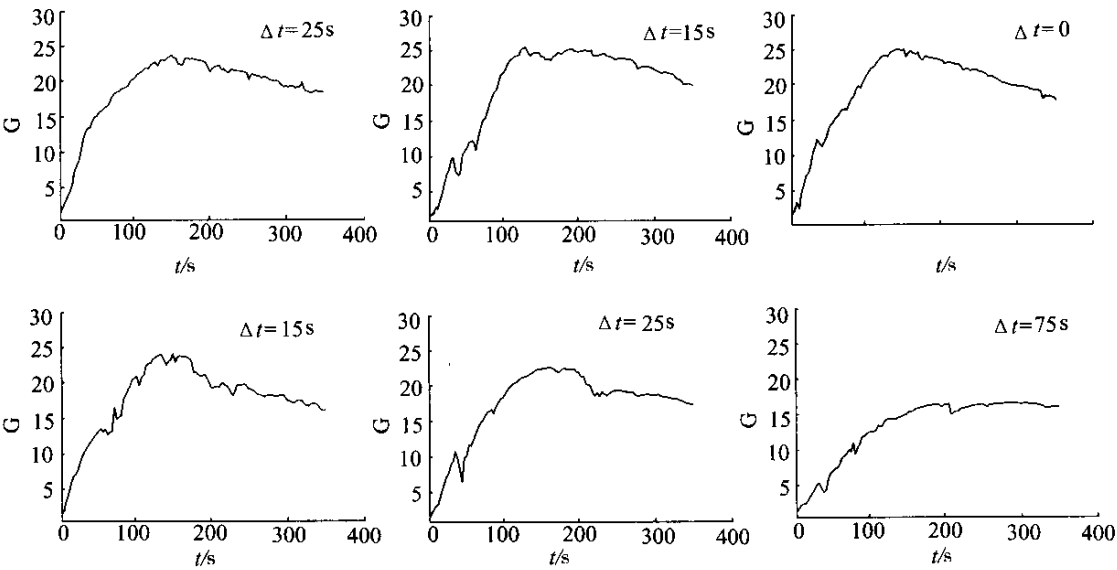


图 5 信号光和泵浦光非同时打开时有效增益的动态曲线

Fig.5 Dynamic curves of G when the pump and signal beam open non-simultaneously

为进一步观测光扇效应对两波耦合的影响,由实验装置图 1,在写入总光强 I_0 为 $6.25 \times 10^{-2}\text{ W/cm}^2$,写入光强比 $I_P/I_S = 50:1$ 采用计算机系统自动记录和存储,以光电探测器 D_1 , D_2 测量透射光 I_S' 和 I_P' ,获得两波耦合时间演化如图 6.其中 I_P' , I_S' , $I_0' = I_P' + I_S'$,分别为泵浦光透射光强、信号光透射光强以及透射的总光强.可以看到 I_0' 经过一段时间振荡后,强度明显衰减.如果忽略材料吸收,实验表明了泵浦光能量损耗除了向信号光转移外,其余可认为是扇形光的散射造成的,同时 I_0' 的时间行为也反映出了光扇在两波耦合过程中的演化.

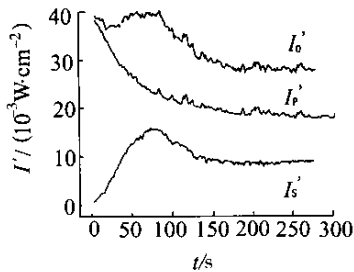


图 6 两波耦合时间曲线

Fig.6 Temporal evolution of the two-wave coupling

3 结论

实验结果表明当 He-Ne 632.8 nm 激光在 Ce :KNSBN 晶体中写入体光栅时,光扇效应存在明显的写入光强阈值特性,当写入光强大于 $2.0 \times 10^{-2} \text{ W/cm}^2$ 才存在明显的光扇效应;信号光和泵浦光非同时打开下两波耦合增益的时间变化和两波耦合动态过程的实验结果,给出了扇形光对泵浦光能量的耗散过程,以及光扇随时间的演化.

参 考 文 献:

- [1] CHEN H C, SUN D L, SONG Y Y, et al. Growth and properties of a TB type photorefractive crystal[J]. J Crystal Growth, 1993, 128(1-4): 880-885.
- [2] XU J, WU Y, LIU S, et al. High-performance self-pumped phase conjugator with a multichannel in KNSBN:Cu crystal[J]. Opt Lett, 1991, 16(16): 1255-1257.
- [3] 闫晓娜, 刘立人. 偏振控制的光折变开关[J]. 光学学报, 1999, 19(7): 1003-1005.
- [4] 郭庆林, 傅广生, 梁宝来, 等. 利用 Ce :KNSBN 光折变晶体提高光学图像相关模式识别鉴别率[J]. 光学学报, 2002, 22(6): 641-644.
- [5] RESIDORI S, RAMAZZA P L, et al. Dynamics of beam fanning in Cu-doped KNSBN[J]. Optics Communications, 1993, 105(1-2): 100-104.
- [6] RAMAZZA P L, ZHAO MINGJUN. Experimental study of two wave mixing amplification in Cu-doped KNSBN[J]. Optics Communications, 1993, 105(1-2): 93-99.
- [7] 庄立军, 过巴吉, 王家友. 光折变两波耦合对光扇开效应的抑制作用[J]. 光学学报, 1996, 16(8): 1082-1086.
- [8] BAOLAI LIANG, ZHAO QI WANG, CARTWRIGHT C M. Enhancement of two-wave coupling in a Ce :KNSBN crystal with optimum polarizations of writing beams[J]. Applied Optics, 2001, 40(20): 3359-3364.
- [9] NOUEL Y, KAMBER, JINGJUN XU, SONIA M MIKHA, et al. Threshold effect for photorefractive light-induced scattering and signal beam amplification in doped LiNbO₃ crystal[J]. Journal of Applied Physics, 2000, 78(6): 2684-2687.
- [10] 刘思敏, 郭 儒, 凌振芳. 光折变非线性光学[M]. 北京: 中国标准出版社, 1992. 146.

Temporal Development of Fanning in Ce :KNSBN Photorefractive Crystal

ZHANG Jin-ping, LIU Feng, LI Pan-lai, GUO Qing-lin, WEI Yan-hong, LIANG Bao-lai
(College of Physics Science and Technology, Hebei University, Baoding 071002, China)

Abstract The temporal development of the fanning is studied with a synchronous data recording system. The incident intensity threshold property of the fanning effect in two-wave in a Ce :KNSBN crystal is measured, and the influence of fanning effect to the dynamic process of the two waves coupling is discussed.

Key words photorefractive; fanning; temporal development

(责任编辑 孟素兰)