

Mn:KNSBN晶体相位共轭特性的研究*

余卫龙 李庆行 余振新 朱德瑞
(激光与光谱学研究所) (物理学系)

摘 要

报道掺Mn的KNSBN晶体内四波混频后向相位共轭光的特性。相位共轭光的稳定性和相位共轭反射率随入射光的偏振组态而变化。记录光束的弱耦合及折射率光栅的竞争,使相位共轭光趋于不稳定。

关键词 相位共轭光, 简并四波混频

1 引言

当两个泵浦光束和一个信号光束入射到非线性介质时,由于非线性耦合作用,将产生与信号光逆向的第四个光束——相位共轭光。相位共轭光能自动地修正由于传输介质的不均匀性引起的信号光的波前畸变。各国科学工作者从材料、实验方法和基本理论等方面进行了大量的研究工作^[1~5],以求获得高灵敏度的非线性材料和高反射率的相位共轭装置。KNSBN $[(K_{1-x}Na_x)_{0.4}(Sr_{1-y}Ba_y)_{0.8}Nb_2O_6]$ 晶体是一种光电系数大,灵敏度高的光铁电体材料。KNSBN结构上存在着许多填隙空位,容易通过掺杂的方法来改变它的光电性能。与BaTiO₃相比,它容易生长出光学性能好的,足够大尺寸的样品^[1]。因此,这种晶体受到人们的重视。已有的若干工作都是利用A⁺激光束研究这种晶体在相位共轭过程的反射率和响应速度的^[6~8],而有关入射光偏振组态对相位共轭光的稳定性和反射率的影响则尚未见报道。掺Mn的KNSBN是一种新的晶体。在这种晶体上用小于0.5mW的较弱的He-Ne激光束,由简并四波混频产生后向相位共轭光。发现在入射光束的不同偏振组态下,反射率有很大的差异,稳定性也很不相同。通过开(on)或关(off)入射光束,观察了相位共轭光的时间特性。实验发现相位共轭光的稳定性既与记录光束的耦合强弱有关,又与折射率光栅的竞争有关。

2 晶体的稳态光谱

本实验所用的样品是掺1% MnO的KNSBN晶体,呈深红色,透明,其通光厚度为

本文1990年1月5日收到

●国家自然科学基金资助项目

3.92mm, 用UV240型分光光度计测量了它的透射光谱,如图1所示。晶体在可见光区有一个宽阔的吸收边,便于利用可见光作共振型简并四波混频相位共轭。值得注意的是,晶体对波长为633nm光有较强的吸收,可用很廉价的He-Ne激光器作为工作光源。如果在无掺杂的KNSBN晶体上产生相位共轭过程,通常只能用 A_r^+ 激光器作光源。

3 简并四波混频相位共轭实验

实验装置如图2所示。光源为单横模输出功率5mW的He-Ne激光器。 M_1, M_2 为反射镜; BS_1, BS_2 和 BS_3 为光分束器; P_1, P_2, P_3 和 P_4 为偏振器; S 为石英旋光片; ND 为中性滤光片; PM 为光电倍增管; $X-Y$ 为XY记录仪。实验中,令晶体主光轴平行于工作台台面, I_1 与晶体 y 轴的夹角为 3.25° , I_2 与晶体 y 轴的夹角为 10.083° ,故 I_1, I_2 的夹角为 6.833° 。入射光光斑直径约为0.4mm。共轭光信号由光电倍增管接收,并输至XY记录仪记录。当需要 I_1 偏振垂直于 I_2 时才加入石英旋光片 S 和偏振器 P_3 。

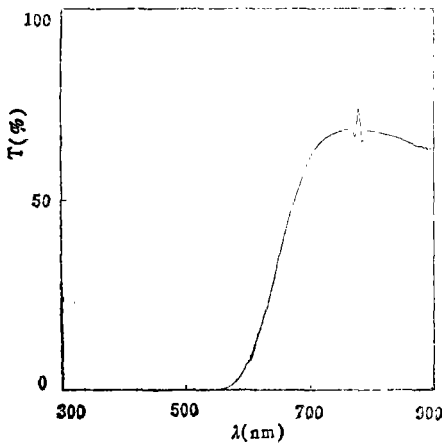


图1 掺Mn的KNSBN晶体的透过率
Fig.1 Transmissivity of Mn:KNSBN crystal

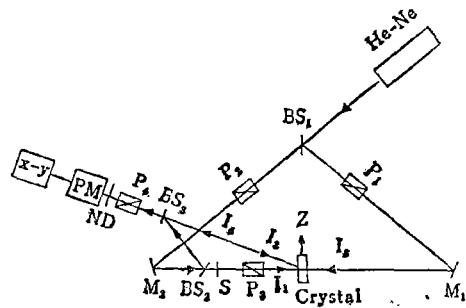


图2 简并四波混频实验装置
Fig.2 Scheme of experimental arrangement for degenerate four-wave mixing

3.1 相位共轭光的稳定性和反射率的观测

依次改变 I_1, I_2 和 I_3 的偏振状态,记录共轭光 I_4 的强度,得到图3的各条实验曲线。图中符号“ \parallel ”和“ \perp ”分别表示偏振平行及垂直于台面法线。由图可见,不同偏振组态的入射光产生的相位共轭光的稳定性有明显的差异。其中(a) $I_1 \parallel, I_2 \parallel, I_3 \perp$ 组态相位共轭光最稳定,其次是(b) $I_1 \perp, I_2 \parallel, I_3 \perp$; (c) $I_1 \perp, I_2 \perp, I_3 \parallel$; (d) $I_1 \parallel, I_2 \perp, I_3 \parallel$; (e) $I_1 \parallel, I_2 \perp, I_3 \perp$ 各偏振组态。最不稳定的是(f) $I_1 \parallel, I_2 \parallel, I_3 \parallel$ 和(g) $I_1 \perp, I_2 \perp, I_3 \perp$ 两个偏振组态。为了确证上述结果的可靠,我们反复多次测量了工作光束的稳定性,得到如图3(h)所示的结果,证实了入射的光束是很稳定的。测量 I_2, I_3 也得到类似结果。每测量完一种偏振组态的相位共轭

光的稳定性, 立即测量共相位共轭反射率的时间平均值, 结果列于表 1。由表 1 知道, 反射率最大的入射光偏振组态也是 $I_{1//}$, $I_{2//}$, $I_{3\perp}$, 它比其它偏振组态的反射率大一至两个数量级。

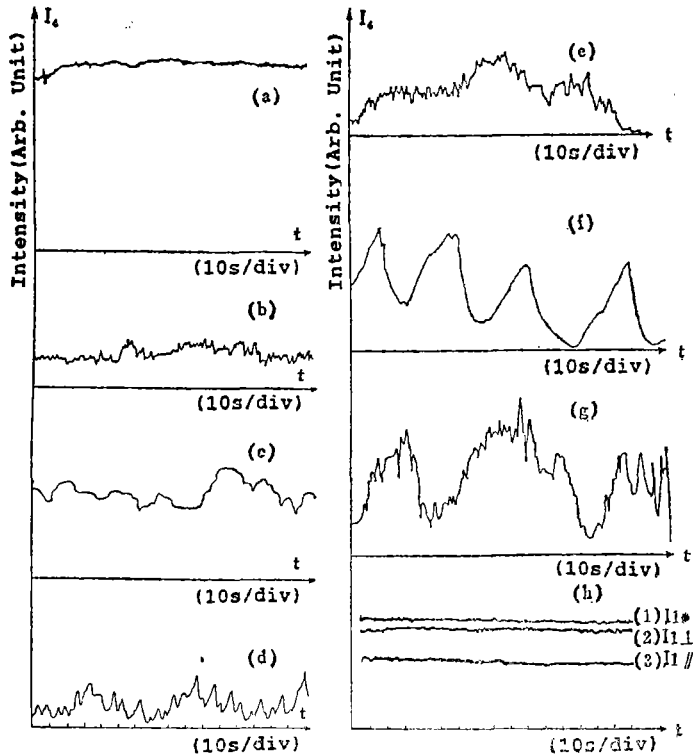


图 3 相位共轭波及入射光束的稳定性

Fig.3 The stability of phase-conjugate wave and the incident waves

- (a) $I_{1//}$, $I_{2//}$, $I_{3\perp}$ (b) $I_{1\perp}$, $I_{2//}$, $I_{3\perp}$ (c) $I_{1\perp}$, $I_{2\perp}$, $I_{3//}$
 (d) $I_{1//}$, $I_{2\perp}$, $I_{3//}$ (e) $I_{1//}$, $I_{2\perp}$, $I_{3\perp}$ (f) $I_{1//}$, $I_{2//}$, $I_{3//}$
 (g) $I_{1\perp}$, $I_{2\perp}$, $I_{3\perp}$ (h) 工作光束的稳定性. •表示非偏振

表 1 各入射光偏振组态下相位共轭反射率
 Tab. 1 The reflectivity of phase-conjugation

图号	I_1 (mw)	I_2 (mw)	I_3 (mw)	I_1 偏振	I_2 偏振	I_3 偏振	R_f (%)
(a)	0.26	0.25	0.4	//	//	\perp	1.4
(b)	0.20	0.25	0.4	\perp	//	\perp	0.012
(c)	0.26	0.25	0.4	\perp	\perp	//	0.026
(d)	0.20	0.25	0.4	//	\perp	//	0.018
(e)	0.20	0.25	0.4	//	\perp	\perp	0.016
(f)	0.26	0.25	0.4	//	//	//	0.30
(g)	0.26	0.25	0.4	\perp	\perp	\perp	0.19
—	0.20	0.25	0.4	\perp	//	//	—

3.2 开(on)或关(off)入射光时相位共轭光信号的时间特性

通过开或关各入射光束,测量相位共轭光信号随时间的变化规律.各实验曲线如图4所示.为了检查探测系统的反应速率,我们测量了光电倍增管、xy记录仪系统的时间响应特性,证实该系统的时间响应速度足够快,约为0.2s.

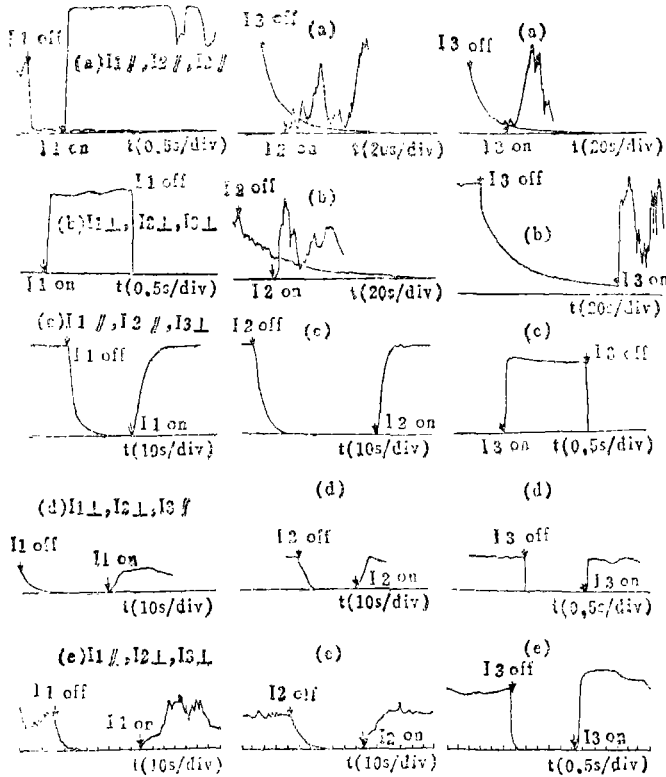


图4 开关入射光束时相位共轭波信号的时间特性,符号“//”及“ \perp ”分别表示偏振平行及垂直于工作面法线

Fig.4 Time behavior of phase-conjugate wave when the incident waves are “on” and “off”

4 分析与结论

从图4(c) $I_1 \parallel, I_2 \parallel, I_3 \perp$; (d) $I_1 \perp, I_2 \perp, I_3 \parallel$; (e) $I_1 \parallel, I_2 \perp, I_3 \perp$ 各偏振组态看来,相位共轭光主要是 I_3 在 I_1 和 I_2 形成的折射率光栅上衍射产生的,因为在这些偏振组态下,只有开或关 I_3 才出现接收仪器时间分辨极限的阶跃信号.另外,从开或关 I_1 与 I_2 时信号的时间特性曲线上,知这些偏振组态下折射率光栅的建立和消失时间约在5~10s之间.再看(a) $I_1 \parallel, I_2 \parallel, I_3 \parallel$ 偏振组态.开 I_1 时出现一个阶跃信号,这说明 I_1 在 I_2 和 I_3 形成的折射率光栅上衍射产生相位共轭光.关掉 I_1 时除了有一个阶跃信号外,还有一部分慢下降信号,这说明 I_3 也在 I_1 和 I_2 形成的折射率光栅上衍射产生相位共轭光.启开 I_3 时,信号有一小部分上跃也说明这一点.从开和关 I_1 时信号的不对称性,知道存在着两组折射率光栅的竞争.关 I_2, I_3 时信号的时间特性

曲线示明折射率光栅消失的时间常数约在20~30s之间。最后看(b) $I_{1\perp}$, $I_{2\perp}$, $I_{3\perp}$ 偏振组态。开或关 I_1 时信号都出现阶跃, 说明 I_1 在 I_2 和 I_3 形成的折射率光栅上衍射产生相位共轭光。开启 I_3 出现的阶跃信号与关掉 I_3 时出现的小部分阶跃信号又说明 I_3 也在 I_1 和 I_2 形成的折射率光栅上衍射产生相位共轭光。开和关 I_3 时信号的极端不对称性, 说明两组折射率光栅存在着较强的竞争。关 I_2 , I_3 时信号的时间特性曲线示明这种偏振组态下折射率光栅消失的时间常数约在50~60s之间。

由上所述, 我们得到如下结论: ①偏振组态 $I_{1\parallel}$, $I_{2\parallel}$, $I_{3\perp}$ 的相位共轭光最稳定, 反射率最大。②偏振组态 $I_{1\parallel}$, $I_{2\parallel}$, $I_{3\parallel}$ 和偏振组态 $I_{1\perp}$, $I_{2\perp}$, $I_{3\perp}$ 的相位共轭光最不稳定, 它可能是由折射率光栅的竞争引起的。其相位共轭反射率比前一种偏振组态小一个数量级。③其它偏振组态的相位共轭光稳定性介于上两种情况之间。我们认为其不稳定性是由于形成折射率光栅的记录光束 I_1 和 I_2 的耦合较弱所引起的 (I_1 , I_2 不平行偏振)。其相位共轭反射率又比上两种偏振组态小一个数量级。反射率小又是 I_1 和 I_2 耦合较弱的佐证。④折射率光栅的建立和消失时间常数在几秒至数十秒之间, 折射率光栅的竞争使折射率光栅消失的时间变长。

参 考 文 献

- [1] Clark W W et al., *J. Crystal Growth*, 84 (1987), 4, 629~637
- [2] Feinberg J et al., *Opt. Lett.* 12,(1987) 12, 519~521
- [3] 岳学锋, 光学学报, 8(1988), 8, 727~733
- [4] Yariv A. *Opt. Lett.*, 1 (1977), 16~18
- [5] Abrams R L et al., *Opt. Lett.*, 2 (1978), 4, 94~96
- [6] Rodriguez J et al., *Appl. Opt.*, 26(1987), 9, 1732~1736
- [7] Zhu Rong et al., 1989 Conference on Laser and Electro-Optics, USA, Digest:TUO4, 25 PM April, 1989
- [8] Peng Wenji et al., 1989 Conference on Laser and Electro-Optics, USA, Digest:TUI5, 25AM April, 1989
- [7] Miller M J et al., *Opt. Lett.* 12 (1987), 5, 340~342

Studies on the Optical Phase-Conjugation in Mn:KNSBN Crystal

She Weilong* Li Qingxing Yu Zhenxin Zhu Derui

Abstract

The backward optical phase-conjugate wave generated by four-wave mixing in Mn:KNSBN crystal are reported. The reflectivity and the stability of phase-conjugate wave depend on the polarization of incident beams. The stability of phase-conjugate wave relation with the coupling of recording beams and with the competition of two different sets of refractive index grating is described.

Keywords phase-conjugate wave, degenerate four wave mixing

• Institute for Laser and Spectroscopy