

砷化镓晶体中的四波混频*

严 媛 李先锋 丁尧耕 陈英礼

(上海交通大学应用物理系, 上海 200030)

提 要

本文报道了以 $1.06\mu\text{m}$ 调 Q Nd:YAG 激光脉冲, 采用简并四波混频的方法, 在未掺杂的 GaAs 单晶中产生红外位相共轭短脉冲。研究了该光脉冲的主要特性。用实验的方法探讨了影响共轭光强弱的主要因素。

关键词: 光致折射效应、四波混频、位相共轭。

一、引 言

电光晶体中由光致折射效应 (Photorefractive effect) 产生的二波混频的研究进行得十分广泛, 其主要原因在于诸如光开关^[1]、二维光信号处理^[2]、相干像放大^[3] 等潜在的应用前景。所使用的晶体主要有 BTO、BSO、SBN 等。它们通常都具有较大的耦合系数, 但一般讲来在低功率水平时, 它们的耦合响应速度是较低的^[4]。近年来人们开始着眼于 III-V 族和 II-VI 族半导体单晶, 其中常用的材料有 GaAs、InP 和 CdTe 等^[5]。其响应速度在同样的光功率下较前述那些晶体高得多。而且还可以适用于包括半导体激光器在内的近红外相干光源, 因此将可适用于光通讯、图像处理等领域。

光致折射晶体在四波混频方面的应用也同时有了深入的研究, 并已构成诸如位相共轭谐振腔^[6]、畸变波前修正系统^[7] 等等。近年来对 GaAs 等材料的四波混频研究亦已开展^[8], 使用的波长已扩展到近红外, 并开始由连续光向脉冲光发展。

本文报道用调 Q Nd:YAG 激光对未掺杂的 GaAs 晶体进行四波混频规律的研究。研究了如何通过四波混频得到位相共轭短脉冲, 论证了其在畸变修正中的作用。同时对位相共轭中影响波前反射率提高的主要因素进行了详细的实验研究, 求得了主要规律。

二、四 波 混 频

1. 位相共轭脉冲的获得

光路如图 1 所示, 调 Q Nd:YAG 激光器输出 $1.06\mu\text{m}$ 激光脉冲经小孔后分为三束, 分别表示为 I_1 、 I_2 和 I_3 , 并都呈 TE 偏振。调整 I_2 和 I_3 反向平行, 精度优于 0.1mrad , 调整 I_2 的光程使之与 I_1 相同。则可在分束镜 S_3 后得到 I_1 的位相共轭光 I_4 。用红外摄象系统可在电视接收机屏幕上得到 I_4 的象, 如图 2(a) 所示。当插入培养皿底作为畸变介质时, 仍

收稿日期: 1990年7月6日; 收到修改稿日期: 1990年9月12日

* 上海市自然科学基金题目。

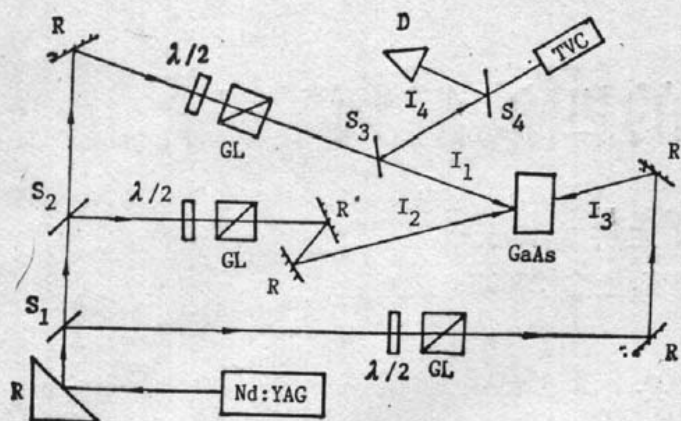
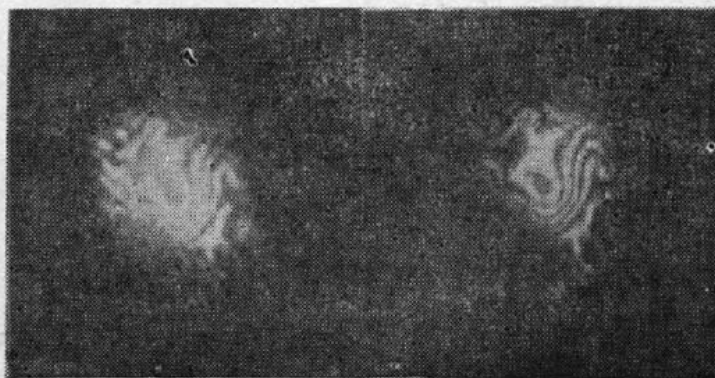


Fig. 1 Experimental arrangement for FWM



(a) (b)

Fig. 2 The distortion correction ability of the conjugate pulses

(a) Conjugate pulses; (b) Conjugate pulses after reverse passage back through the aberrator

可在屏幕上得到如图 2(b) 的象。虽然由于部分 I_1 光经畸变介质的散射和折射后未能到达晶体, 也由于来回两次通过畸变介质时界面的反射和介质的吸收使其强度有明显下降, 以致增加了若干倍的曝光。但从照片的比较可以清楚地显示, 红外位相共轭的光脉冲亦有畸变修正的能力。

2. 共轭反射率的测定

用 $\rho = (I_4/I_1)$ 表示共轭反射率。改变不同的实验条件, 旨在找到影响共轭反射率的因素及主要规律, 从而着手提高之。在图 1 中 I_1 、 I_2 和 I_3 的光路中均插入 $(\lambda/2)$ 的波片和检偏器, 用来连续改变光束的强度。调整范围可达 1:100, 其测量结果如下:

(1) 固定 I_2 和 I_3 改变 I_1 , 测定共轭反射率 ρ 对于泵光 I_1 的依赖关系。光强以 $1 \mu\text{J}/\text{cm}^2$ 为单位。测量中 $I_3=1040$ 保持不变, 对 $I_2=75$ 和 $I_2=150$ 分别测出 $\rho \sim I_1$ 关系曲线, 如图 3 所示。结果表明: ρ 明显依赖于 I_1 , I_1 减小时, ρ 就增大。但这并不意味着 I_1 越小, I_4 越大。实验表明: 当 I_1 增大 10 倍时, I_4 仅增大约 1.5 倍。另外, 比较图 3(a) 和 (b) 两条曲线形状就完全一样, 可以将 I_2 看作为一个参量。

(2) 固定 I_1 和 I_3 而改变 I_2 , 测定 ρ 对 I_2 的依赖关系如图 4 所示, 结果表明: ρ 随 I_2 的

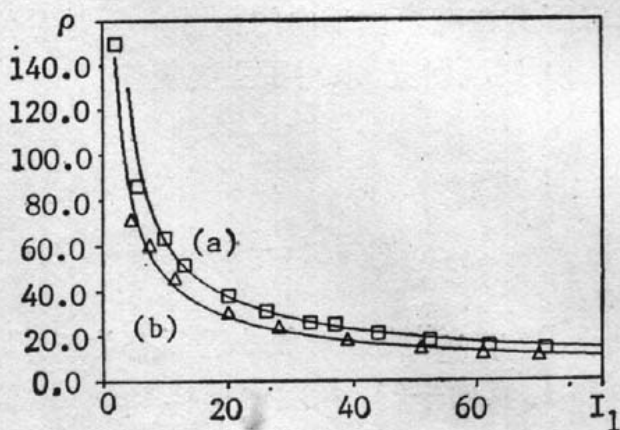


Fig. 3 Signal beam intensity I_1 dependence of wavefront reflectivity

(a) Pump beam intensity $I_2=150$
(b) Pump beam intensity $I_2=75$

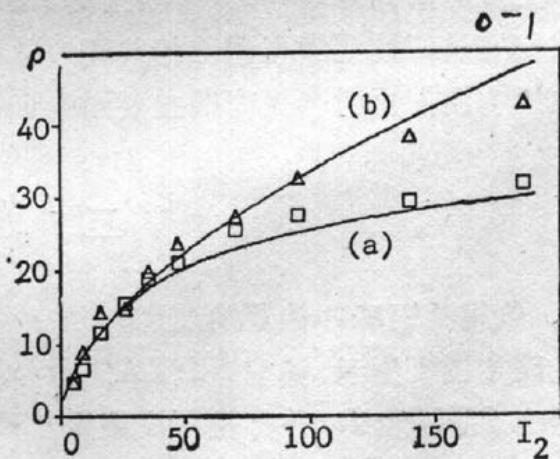


Fig. 5 Pump beam intensity I_2 dependence of wavefront reflectivity

(a) Pump beam intensity $I_1=15$
(b) Pump beam intensity $I_1=9$

增大而单调增大并逐步趋于饱和。其中对于 I_1 较大的曲线, 饱和现象愈加明显。另外, 比较图 4 中曲线(b) $I_1=9.5$ 和曲线(a) $I_1=15$ 的两条曲线, 在 I_2 不大时曲线差别并不大, 只是当 $I_2 \gg I_1$ 时, 二者差别才明显起来。

(3) 固定 I_1 和 I_2 改变 I_3 , 测定 ρ 对于 I_3 的依赖关系。测量结果如图 5 所示。结果表明: 当 I_3 增加时, ρ 的大小基本呈线性增长, 增长率随 I_3 的增长稍有减缓的趋势。这显然可以从 I_3 的存在对于 I_1 和 I_2 构成的强度光栅的调制度产生影响来解释。

3. 偏振态的影响

将 I_3 的偏振态改为 TM 波, 使之与 I_1 、 I_2 正交。重复上面的实验, 结果如图 5 中的“ Δ ”所示, 结果表明: TM 波与 TE 波相比, 两者相当一致。另一组实验中保持 I_3 和 I_2 (或 I_1) 的

TE 偏振而改变 I_1 (或 I_2) 的偏振为 TM 态, 实验测不到位相共轭光脉冲。两种情况表明: 在光强不十分强的情况下, 共轭光的产生用实时全息的观点去讨论是合理的。

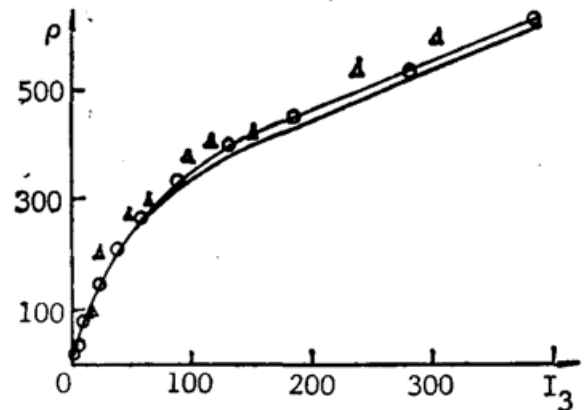


Fig. 5 Counterpropagating pump beam intensity I_3 dependence of wavefront reflectivity (Beam 3 is polarized perpendicular to others)

三、结 论

在 GaAs 晶体中由四波混频产生的位相共轭脉冲具有畸变修正的能力, 当 I_2 、 I_3 增大而 I_1 减小时, 可以获得最大的共轭反射率。

参 考 文 献

- [1] D. Rak; *Opt. Commun.*, 1984, **49**, No. 4 (Mar), 302~306.
- [2] V. Mar Kov; *Opt. & Laser Technol.*, 1979, **11**, No. 2 (Apr), 95~99.
- [3] H. Rajbenbach; *Opt. Commun.*, 1983, **48**, No. 4 (Dec), 247~252.
- [4] P. Yeh; *Appl. Opt.*, 1987, **26**, No. 4 (Feb), 602~604.
- [5] J. Kumar; *Opt. Lett.*, 1987, **12**, No. 2 (Feb), 120~122.
- [6] J. Feinberg; *Opt. Lett.*, 1980, **5**, No. 12 (Dec), 519~521.
- [7] J. Q. White; *Appl. Phys. Lett.*, 1980, **37**, No. 1 (Jul), 5~7.
- [8] A. M. Glass; *Appl. Phys. Lett.*, 1984, **44**, No. 10 (May), 948~950.
- [9] Yan Yuan *et al.*; *Opt. Acta*, 1986, **6**, No. 11 (Nov), 981~987.
- [10] Yan Yuan *et al.*; *Proc. SPIE*, 1986, Vol. 673, 451~454.
- [11] J. Feinberg; *J. Appl. Phys.*, 1980, **51**, No. 3 (Mar), 1297~1305.

Four-wave mixing in GaAs crystal

YAN YUAN, LI XIANFEN, DING YAOGENG AND CHEN YINGLI

(Department of Physics, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030)

(Received 6 July 1990; revised 12 September 1990)

Abstract

We have observed infrared conjugate pulses in undoped GaAs crystal by using degenerate four-wave mixing (DFWM) pumped by 1.06 μm mode-locked Nd: YAG laser. Main properties of these pulses and enhancement of the gain are discussed.

Key words: photorefractive effect, four wave mixing, phase conjugation.