

可饱和吸收染料中一种新型 两波相互作用*

胡企铨 林福成

(中国科学院上海光学精密机械研究所)

提 要

本文报道我们在可饱和吸收染料——BDN 和五甲川的二氯乙烷溶液中观察到的两束不共线、波长为 $1.06\ \mu\text{m}$ 的激光束间产生的一种新型两波相互作用现象。它和已知的简并四波混频、自衍射效应等不一样。

近年来,发表了不少有关强泵浦激光作用下,非线性介质产生的前向波相位共轭、高阶非线性效应和小信号增益等方面的研究论文^[1~4]。强泵浦激光和非线性介质间的相互作用至今仍是人们很感兴趣的一个研究课题。本文报道我们在可饱和吸收染料——BDN 和五甲川的二氯乙烷溶液中观察到的两束不共线、波长为 $1.06\ \mu\text{m}$ 的激光束间产生的一种新型两波相互作用现象。它和已知的简并四波混频、自衍射效应等非线性现象不同。

我们采用的实验布置如图1所示。分束板 BS_1 从同一调Q的YAG激光器中取出两束时间上同步、偏振方向相同,强度接近的泵浦光,两束泵浦光间的夹角为 θ 。泵浦波分别由 $f=600$ 的透镜 L 会聚后射入盛有可饱和吸收染料 BDN 或五甲川的二氯乙烷溶液(浓度为 $5 \times 10^{-4} M$)的染料盒 C 内。两束泵浦光在染料盒内不相交,其相对空间位置可用全反射镜 M 来调节。激光束的脉冲宽度 $10\ \text{ns}$ 。线宽为 $0.05\ \text{\AA}$,在染料盒内的功率密度约 $2 \times 10^8\ \text{W/cm}^2$ 。染料盒用通光面平行和有 10° 夹角两种结构,(通光面为平度优于 $\lambda/10$ 的光学平面)厚度用 $1, 4, 8\ \text{mm}$ 。染料盒后的屏 P 用来观察并获取透射波的图像。快速光电二极管及示波器(D)用来观察时间波形。分束板 BS_2, BS_3 用来观察后向波。

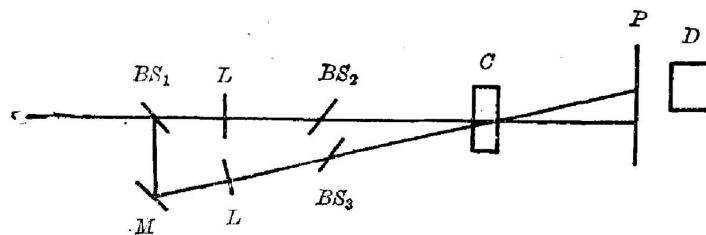


图1 实验布置

Fig. 1 Experimental setup

实验用照相干板得到了图2所示非常有趣的四束前向波空间分布图。图2中 A, B 二

收稿日期: 1984年5月4日; 收到修改稿日期: 1984年11月22日

* 本文曾在“第七届全国激光学术报告会”上报告。

列图像分别是在染料盒后 3 和 6 厘米处获得的。图中大点是两束强泵浦波，小点是新出现的前向波(图 2 是从照相干板上描绘的)。随着两束强泵浦波在染料盒内相对空间位置的不同，会有各种各样的前向波空间分布，如图 2 的 *a*、*b*、*c*、*d*、*e*、*f* 所示。这些空间分布不同的前向波具有一些共同的特征：

1. 两束泵浦波与两束新出现的前向波方向两两一致，它们保持有相同的平行间距，在空间上不重合。
2. 前向波产生的同时，不产生后向波。
3. 前向波和泵浦波在时间特性上一致，没有延时或失真，在频谱特性上也没明显变化。
4. 前向波的偏振方向和泵浦波的偏振方向一致。
5. 前向波的产生对非线性介质的长度没有严格限制。两泵浦波间的夹角在 $3^\circ \sim 6^\circ$ 范围变化都能产生前向波，其失调允许范围比四波混频实验的失调约大一个数量级。

作为比较，在图 2 (*g*) 中给出了同样的两束强泵浦波在染料盒内产生的四波混频前向位相复共轭波的典型图像。它和图 2 中其它图像明显不同。四波混频产生的相位复共轭前向波和泵浦波在同一平面内，两束泵浦波在染料盒内必须相交并满足一定的(虽不是严格的)相位匹配要求，它对染料盒的厚度，即非线性介质的长度有限制。而且，前向波间的夹角是泵浦波间夹角的倍数，在空间上与泵浦波有对称关系^[3]。

至于我们的工作和“自衍射效应”或“相干耦合效应”^[5~7]的区别是：首先，我们所用的两束泵浦波在染料盒内不相交，用二重筒并四波混频的方法^[8]观察不到引起这类效应的热光栅。再则，从描述自衍射效应等现象的物理本质来看，受激热瑞利散射引起的弱光束放大是以光散射的瞬态理论为基础的^[9,10]，而根据我们实验中前向波和泵浦波时间波形完全一致的结果，

只能说明我们的实验现象没有明显的瞬态过程特性，否则新产生的前向波时间波形前沿将有明显失真。

除了对 $1.06 \mu\text{m}$ 激光波长有饱和吸收的 BDN 和五甲川染料溶液进行实验观察外，还用 $0.53 \mu\text{m}$ 激光束对可产生自衍射效应或四波混频现象的吸收介质(如 R6G, RB 染料乙醇溶液)进行实验观察，没有看到我们在可饱和吸收介质中观察到的那种两波相互作用。我们企图用三阶非线性极化理论和求解耦合波方程的方法来解释这个实验现象，但是发

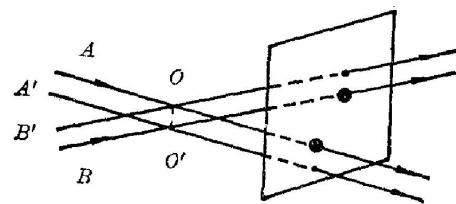


图 3 泵浦波与非线性介质相互作用的图像

Fig. 3 Geometry of the interaction between the pump wave and the nonlinear medium

发现饱和吸收介质的二能级系统模型对此并不适用。因此，这种实验现象的机理尚不清楚，有待进一步研究。

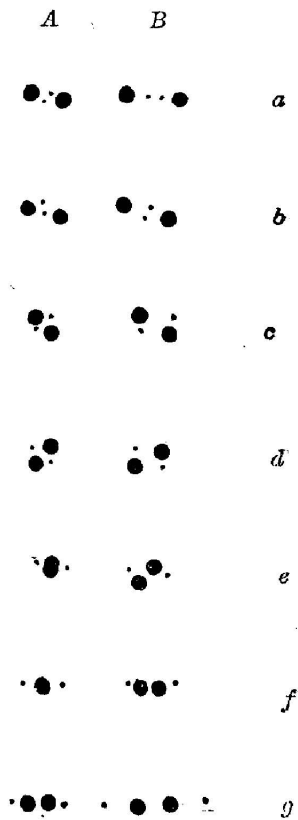


图 2 四束前向波空间分布图
Fig. 2 Spatial distribution of the 4-beam forward wave

但是, 如采用图 3 所示的染料盒空间内两束泵浦波和非线性饱和吸收介质相互作用的图像, 就可以唯象地解释两波相互作用后各种各样前向波分布的图样。新产生的两束前向波可以认为是被放大的两束弱波, 而弱波起源于具有空间分布是高斯型的两束强泵浦波的边缘。弱波的放大增益及探测手段的灵敏度, 决定了两束强泵浦波不相交的最小间距。在我们的实验条件下, 弱波增益估计为 e^0 , 两泵浦波间的最小距离约一个光斑直径。

参 考 文 献

- [1] Heer, C. V., & Griffen, N. C.; *Opt. Lett.*, 1979, **14**, No. 8, 239.
- [2] Naohiro Tan-no., Ohkawara, K., & Inaba, H.; *Phys. Rev. Lett.*, 1981, **46**, No., 1282.
- [3] Heer, C. V.; *Opt. Lett.*, 1981, **6**, No. 11, 549.
- [4] Hellwarth, R. W.; *IEEE. J. Quantum Electron*, 1979, **QE-15**, No. 2, 101.
- [5] Gorlanov, A. V. *et al.*; *Sov. J. Quantum Electron*, 1979, **9**, No. 4, 508.
- [6] Arafiev, Yu. A. *et al.*; *Sov. J. Quantum Electron*, 1979, **9**, No. 8, 1072.
- [7] Jena, A. V., & Lessing, H. E.; *Appl. Phys.*, 1979, **19**, No. 2, 131.
- [8] 范俊颖, 胡企铨, 林福成; <'83 国际激光会议文集(中国, 广州)>, 493.
- [9] Mack, M. E.; *Phys. Rev. Lett.*, 1969, **22**, No. 1, 13.
- [10] Rother. W.; *Z. Naturf.*, 1970, **25a**, No. 7, 1120.

Newtype two-wave interaction in saturable dye

HU QIQUAN AND LIN FUCHENG

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

(Received 4 May 1984; revised 22 November 1984)

Abstract

We have observed a new-type interaction of two non-collinear laser beams with the same frequency in saturable dye solution—bis-(4-dimethyl aminodithio benzil) (BDN) and pentamethine cyanine. It differs from the four-wave mixing, the so-called transient self-diffraction and coherent coupling effects.