

Ce:KNSBN 晶体红光两波耦合特性研究*

吉选芒

安毓英 刘劲松

(山西运城高等专科学校物理系,运城,044000) (西安电子科技大学技术物理系,西安,710071)

摘要: 用红光对掺铈的铌酸钾钠锆钽(KNSBN)单晶样品进行了两波耦合的测量,研究了兩波耦合中样品的增益系数 Γ 与两束入射光夹角 2θ 的关系。用光折变理论拟合了 $\Gamma-2\theta$ 关系的实验结果,求出了该样品的有效光折变电荷密度,有效电光系数和电子-空穴对抗率的数值。

关键词: 光折变晶体 两波耦合

Study of two-wave coupling feature of Ce:KNSBN crystal at red light region

Ji Xuanmang

(Department of Physics, Yuncheng Advanced Training College, Yuncheng, 044000)

An Yuing, Liu Jinsong

(Department of Technical Physics, Xi'an University, Xi'an, 710071)

Abstract: Using 6328nm red light, we have made the experimental studies to two wave light coupling in Ce:KNSBN single crystal and demonstrate that the gain coefficient Γ of two-wave coupling is a function of the crossing angle 2θ of two beams. According to fitting of $\Gamma-2\theta$ experimental data, the effective photorefractive charge density, the effective electro-optical coefficient and the hole-electron competition factor have been derived. These results are useful to optical information processing.

Key words: photorefractive crystals two-wave coupling

引 言

光折变晶体具有在光信息处理,相位共轭技术等方面的应用前景,近年来吸引了许多研究者的注意^[1,2]。两波耦合是光折变效应的一种最基本的过程。有许多文献报道了光折变晶体

* 国防科工委预研基金资助。

- 张思玉,郑克全. 中国激光, 1991; 18(6):466~ 470
- 马咸尧,陶曾毅,王爱华 *et al.* 中国激光, 1993; 20(1): 73~ 77
- Vandelaar E, Molian P A. Surface Engng, 1988; 4(2): 159~ 172
- 张思玉,王必本,郑克全. 物理学报, 1994; 43(4): 678~ 682
- 郑立,张思玉,郑克全. 激光技术, 1994; 18(2): 119~ 122

作者简介: 刘志勤,男,1963年4月出生。讲师。现从事教学和激光技术及应用科学研究。

收稿日期: 1996-05-19 收到修改稿日期: 1997-02-26

两波耦合的理论和实验结果。P. L. Ramazza^[3]报道了用 514.5nm 的激光在 Cu: KNSBN 晶体中进行两波耦合的 $\Gamma-2\theta$ 的实验结果。Wang H Y^[4]等报道用红光在掺铜的 KNSBN 晶体中进行两波耦合的实验结果,并用理论分析对实验结果进行了拟合,但他们用 o 光的参数对 e 光的实验数据进行拟合时,理论与实验差别较大。朱瑞德^[5]等人报道了用 488nm 的激光在几种掺杂的 KNSBN 晶体中进行两波耦合的 $\Gamma-2\theta$ 的实验结果。

在本文中我们用 632.8nm 的红光在 Ce: KNSBN 晶体中进行两波耦合的 $\Gamma-2\theta$ 的实验结果,用光折变理论对实验结果进行了拟合。得出了该样品的有效电荷密度,有效电光系数和电子-空穴对抗率的数值。与文献[5]报道的掺杂 KNSBN 晶体的三个参数的数量级相同。

一、实验

我们进行两波耦合实验装置如图 1 所示。He-Ne 激光器输出波长为 632.8nm 的单色光束经偏振棱镜 P 使之偏振为极化方向平行于光学平台的 e 光,经过分束镜 BS 分为 I_s 和 I_p 两束光, I_s 为信号光, I_p 为泵浦光。经过两个全反镜 M 反射后对称入射到 5mm × 5mm × 5mm 的 Ce: KNSBN 晶体上。 D_1, D_2 为光电探测器, NF 为中性密度衰减器。通过调节 M_1 和 M_2 及样品位置来改变入射光夹角 2θ 。在实验中,我们保证入射总光强 $I_0 = I_s + I_p = 2000 \text{ W/m}^2$ 不变。泵浦光与信号光比值 $m = I_p / I_s = 53$ 。通过测量加载泵浦光前后的出射信号光,我们可得出有效增益 G 。进而可求出增益系数 Γ 。每改变一次角度 2θ ,都用一束强光对晶体进行一次擦除。我们得出 $\Gamma-2\theta$ 关系如图 3 中的黑点所示。

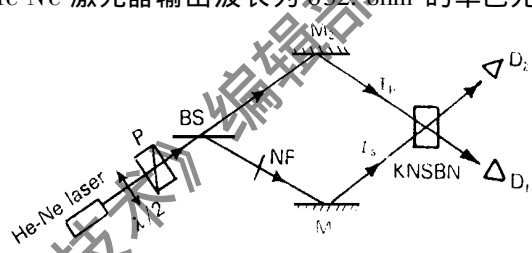


Fig. 1 Experimental setup of two-wave mixing

我们得出 $\Gamma-2\theta$ 关系如图 3 中的黑点所示。

二、理论和实验结果分析

在稳态情况下,两波耦合的有效增益为

$$G = [I_s(d) (I_p \neq 0)] / [I_s(d) (I_p = 0)] = (1 + m) / (1 + m e^{-\Gamma d}) \tag{1}$$

式中, $m = I_p / I_s$ 为入射泵浦光与信号光的比值, Γ 为增益系数, d 为相干长度。

通常情况下, Γ 可以表示为^[2]
$$\Gamma = [(2\pi R r_{\text{eff}}) / (\lambda n)] E \tag{2}$$

式中, λ 是光波在真空中的波长, n 是折射率, R 是电子-空穴对抗因子, E 是饱和空间电荷场的虚部, r_{eff} 是有效电光系数。本文中所用的光为 e 光, r_{eff} 的表达式如下:

$$r_{\text{eff}} = (1/2) [n_o^4 \gamma_{13} (\cos \theta' - \cos 2\beta) + 4n_o^2 n_e^2 \gamma_{42} \sin^2 \beta + n_e^4 \gamma_{33} (\cos \theta' + \cos 2\beta)] \cos \beta \tag{3}$$

n_o 和 n_e 分别为 o 光和 e 光的折射率, β 是光栅波矢量与晶体 c 轴的夹角。如果没有外加电场,根据纯扩散模型,空间电荷场虚部 E 可表示为:
$$E = E_d / (1 + E_d / E_q) \tag{4}$$

式中, $E_d = k_B T k_g / q$ 是扩散场, $E_q = q N_{\text{eff}} / (\epsilon_0 \epsilon k_g)$ 是稳态空间电荷场的最大值。 k_B 是玻耳兹曼常数, q 是电子的电量, $\epsilon_0 \epsilon$ 是介电常数, $N_{\text{eff}} = N_A (1 - N_A / N_D)$ 是有效光折变电荷密度, $k_g = 2\pi / \Lambda_g$, $\Lambda_g = \lambda / (2 \sin \theta)$ 是光栅间隔。Wood^[6]等给出了 Γ 作为 Λ_g 的函数表达式如下:

$$\Gamma \Lambda_g = \frac{\lambda}{q R r_{\text{eff}} N_{\text{eff}}} \frac{\lambda^2}{\Lambda_g} \left(\frac{\lambda^2 n q}{4\pi^2 R r_{\text{eff}} k_B T} \right) \tag{5}$$

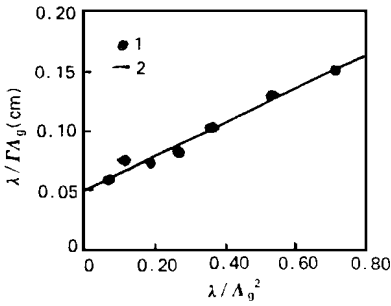


Fig. 2 Measured $(\lambda/\Lambda_{g0}) \sim (\lambda/\Lambda_g)^2$ and its theoretical curve 1—experimental points 2—theoretical curve

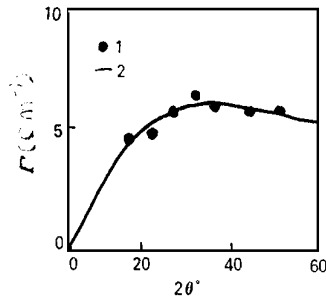


Fig. 3 Two-wave mixing gain coefficient Γ versus the internal beam angle 2θ 1—experimental points 2—theoretical curve

图 2 中给出了由 $\Gamma-2\theta$ 关系实验数据转换过来的 $\lambda/(\Gamma\Lambda_g)$ 相对于 $(\lambda/\Lambda_g)^2$ 的变化关系。由于方程 (5) 为一直线方程, 图 2 中的实线是对测量数据的拟合结果。由这条拟合直线的斜率和截距, 我们可以获得 Rr_{eff} 和 N_{eff} 。对

于我们所测量的这块晶体, 我们得出:

$$Rr_{eff} = 18.012 \times 10^{-12} \text{ m/V},$$

$$N_{eff} = 0.29357 \times 10^{23} / \text{m}^3.$$

在理论分析中, KNSBN 晶体的参数选取如下: $\gamma_{13} = 30 \text{ pm/V}$, $\gamma_{33} = 200 \text{ pm/V}$, $\gamma_{42} = 820 \text{ pm/V}$, $n_o = 2.35$, $n_e = 2.27$, $\epsilon_{11} = 588$, $\epsilon_{33} = 500$ 。

在图 3 中, 我们利用 (2) 式及本文得出的 N_{eff} 和 Rr_{eff} 及上述参数对 $\Gamma-2\theta$ 的实验结果进行了拟合, 实线是我们的拟合曲线, 可见, 理论与实验符合得十分完好。

三、小 结

由本文理论与实验结果可以看出: Ce:KNSBN 单晶两波耦合增益系数 Γ 与两光束入射夹角 2θ 的关系符合 (2) 式。本文得出的 N_{eff} 和 Rr_{eff} 与文献 [5] 报道数据具有相同的量级。这说明本文的实验结果是可靠的。

参 考 文 献

- 1 Gunter P. Phys Rep, 1982; 93: 199
- 2 Ford J E, Ma J, Fainman Y *et al.* J O S A, 1992; (A9): 1183
- 3 Ramazza P L, Zhao M J. Opt Commun, 1993; 102: 93
- 4 Wang H Y, Tian M Z, Jiu L L *et al.* Opt Commun, 1995; 115: 563
- 5 朱瑞德, 王 韧, 谭健华 *et al.* 物理学报, 1992; 41(9): 1440
- 6 Hong J, Saxena R. Opt Lett, 1991; 16: 180

作者简介: 吉选芒, 男, 1965 年 4 月 20 日出生。工学硕士。研究光折变材料, 效应和光电信息处理等。

收稿日期: 1996-04-24 收到修改稿日期: 1996-10-28