

Ce:KNSBN 晶体的热激发速率的温度特性^{*}

吉选芒

(山西运城高等专科学校物理系, 运城 044000)

安毓英 刘劲松

(西安电子科技大学技术物理系, 西安 710071)

(1996 年 5 月 13 日收到; 1996 年 7 月 2 日收到修改稿)

提出了一种测量热激发速率与光电离常数比值的新方法, 通过 Ce:KNSBN 单晶的双光束耦合温度特性的实验数据, 计算了 Ce:KNSBN 该比值的温度特性. 理论计算与实验结果相符.

PACC: 4265; 4270G

1 引 言

光折变效应现在已经被广泛地应用于许多领域, 如相位共轭, 两波耦合放大器, 图像处理 and 光通信网. 热激发速率与光激发常数的比值在光折变效应中起着重要的作用. 因为热激发速率和它的温度特性能提供在晶体中掺杂能级的信息. 所以研究它不仅对非线性光学, 而且对于其它领域也是十分有意义的. 光折变晶体的两波耦合是从实验上确定热激发速率和它的温度特性非常有效的方法. 然而, 目前几乎所有关于两波耦合的理论都将热激发忽略不计^[1,2]. 这是因为在通常情况下, 热激发速率与光激发常数相比是非常小的. 但当我们研究光折变双光束耦合的温度特性时, 热激发速率的影响不能忽略. 本文报道了我们导出的一个测量热激发速率与光激发常数之比的公式. 并通过 Ce:KNSBN 晶体的双光束耦合的温度特性实验研究, 证明了该理论的正确性.

2 实 验

进行双光束耦合温度特性研究的实验装置与光路如图 1 所示, 将晶体 P 置于加热炉 H 中, 由 WMNK-420 型温控仪 C 探测和控制炉温, 从室温到 300 °C 连续可调, 分辨率为 1 °C, 控制精度为 0.1 °C. He-Ne 激光器 S 发出的 35 mW, 632.8 nm 的基模高斯光束, 经格兰棱镜 G 起偏后沿水平方向偏振, 与晶体的 c 轴平行, 作为泵浦光入射到晶体上. 中性密度滤波器 N, 分束器 BS 和全反镜 M 控制入射到晶体上的入射抽运光 $I_1(0)$ 和入射信号光 $I_2(0)$ 的强度大小和夹角. 两束光的夹角为 2θ . Ce:KNSBN 晶体横截面积为

^{*} 国防科技预研基金资助的课题.

10 mm × 10 mm, 通光方向厚度为 2 mm, D 为功率计, $I_{10} = I_1(0)$, $I_{20} = I_2(0)$, $I_2 = I_2(d)$, $I_1 = I_1(d)$. $I_1(d)$ 和 $I_2(d)$ 分别为出射抽运光和信号光的强度.

通过在不同温度下, 测量加载抽运光时的出射信号光 $I_2(I_{10} \neq 0)$ 和无抽运光时的出射信号光 $I_2(I_{10} = 0)$, 即可得到有效增益 $G = I_2(I_{10} \neq 0) / I_2(I_{10} = 0)$ 随温度变化的实验曲线. 通过旋转中性密度滤波器 N 即可改变总入射光强 $I_0 = I_1(0) + I_2(0)$. 图 2 给出了在两个不同 I_0 下 G 随温度变化的曲线. 实验中 T 从 295 K 变到 395 K, 间隔 10 °C 左右测一个点. 图 2 中其它参数是: 入射光束夹角为 $2\theta = 20^\circ$, 晶体吸收系数 $\alpha = 1.25 \text{ cm}^{-1}$, 入射光束强度比 $m = I_{10} / I_{20} = 2.25$, 晶体通光方向厚度为 $d = 2 \text{ mm}$.

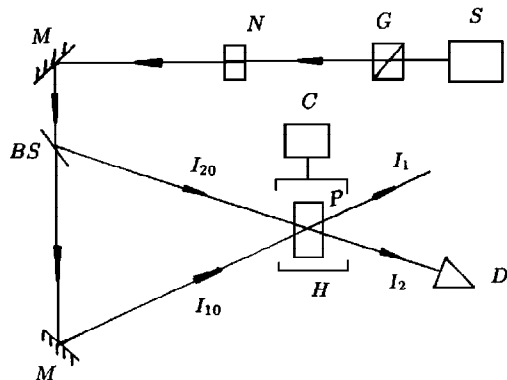


图 1 实验装置与光路

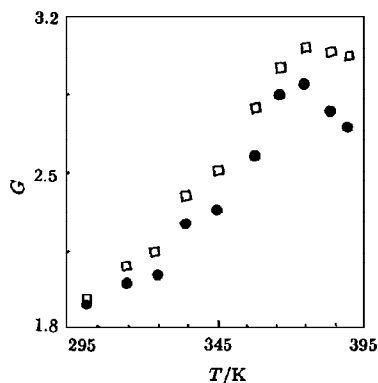


图 2 Ce:KNSBN 晶体有效增益 G 随晶体温度 T 变化 $\square$ 为 $I_0 = 1240 \text{ W/m}^2$; $\bullet$ 为 $I_0 = 200 \text{ W/m}^2$

3 理论与结果分析

对于单边平行极化的双光束耦合^[1,2], 考虑热激发速率后耦合波方程被修正为

$$\frac{dI_1}{dz} = -\frac{\Gamma_s}{(I + \beta/S)} I_1 I_2 - \alpha I_1, \quad (1)$$

$$\frac{dI_2}{dz} = \frac{\Gamma_s}{(I + \beta/S)} I_1 I_2 - \alpha I_2, \quad (2)$$

其中 $I = I_1 + I_2$, I_1 和 I_2 分别是晶体内部的抽运光和信号光; Γ_s 是当光强很大时的饱和耦合常数; β 是热激发速率; $S = \sigma / h\gamma$ 是光激发常数, σ 为光电离截面, $h\gamma$ 为一个光子能量.

由(1), (2)两式可以导出出射信号光的强度

$$I_2(d) = \frac{I_0 e^{-\alpha d}}{1 + m\delta\Gamma_s/\alpha}, \quad (3)$$

$$\delta = \frac{I_0 e^{-\alpha d} + \beta/S}{I_0 + \beta/S}, \quad (4)$$

其中 $m = I_1(0) / I_2(0)$ 是入射抽运光与信号光的强度比. 根据有效增益 G 的定义, 由(3)

式可以导出考虑热激发速率时 G 的表达式

$$G = \frac{1 + m}{1 + m\delta^{\Gamma_s/\alpha}}. \quad (5)$$

在(5)式中 m , G , α , d 可以从实验中测量,但存在着 Γ_s 和 β/S 两个未知数.所以要从(6)式确定 Γ_s 和 β/S ,必须在保持 m 不变条件下,测量在两个总入射光强 I_{10} 和 I_{20} 下的 G 随 T 的变化关系.从而得到两个方程

$$G_k = f(m, I_{k0}, \Gamma_s, \beta/S, \alpha, d) \quad (k = 1, 2). \quad (6)$$

由(6)式,可以推出

$$\Gamma_s = \frac{\alpha \ln R_1}{\ln [I_{20} I_{10}^{-1} (R_2^{\alpha/\Gamma_s} - e^{-\alpha d}) (1 - R_1^{\alpha/\Gamma_s}) (1 - R_2^{\alpha/\Gamma_s})^{-1} + e^{-\alpha d}]} \quad (7)$$

$$\beta/S = I_{01} (R_1^{\alpha/\Gamma_s} - e^{-\alpha d}) / (1 - R_1^{\alpha/\Gamma_s}), \quad (8)$$

$$R_k = \frac{1 + m - G_k}{m G_k} \quad (k = 1, 2). \quad (9)$$

利用(7)–(9)式进行数值计算,由 Ce:KNSBN 晶体在两个不同总光强下 G 随 T 变化关系(见图 2),可以求出 Ce:KNSBN 晶体的热激发速率与光激发常数比 β/S 随温度 T 变化的关系,如图 3 中实心圆所示.

用单载流子-能级带导模型可以给出热激发速率 β 满足如下公式^[3]:

$$\beta = \beta_0 T^{3/2} \exp\left(-\frac{E_t}{k_B T}\right), \quad (10)$$

其中 β_0 为室温下的热激发速率, E_t 为掺杂能级, k_B 为玻耳兹曼常数.

由 β/S 的定义,可将其表示为^[3]

$$\beta/S = (\beta/S)_0 (T/300)^{3/2} \times \exp\left[\frac{E_t}{k_B} (1/300 - 1/T)\right], \quad (11)$$

其中 $(\beta/S)_0$ 为 $T=300$ K 时该比值.

在图 3 中,实线为由(11)式计算的 β/S 随 T 变化的理论曲线.由图 2 计算得出 $(\beta/S)_0 = 3.05 \text{ W/m}^2$, E_t 的数值经过分析选取为 $1.2 \times 10^{-1.8} \text{ J}$.可以看出,图 3 中理论曲线与由实验点符合得较好.

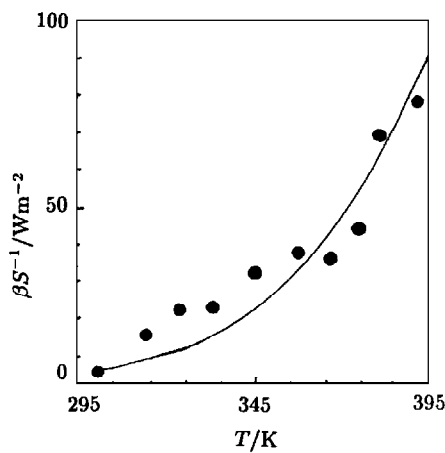


图 3 β/S 随温度 T 的变化 ●由图 2 数据结合(7)–(9)式计算结果;实线代表由(11)式理论计算结果

4 结 论

经过上述实验结果与理论计算的比较可以看出,我们导出的计算热激发速率与光激发常数比的公式,通过 Ce:KNSBN 晶体双光束耦合温度特性的实验数据计算是可行的.

这种方法对于其它光折变晶体也是适用的。

- [1] Pochi Yeh, *IEEE J. Quan. Electr.*, **25**(1989), 484.
- [2] 刘思敏、郭 儒、凌振芳, 光折变非线性光学(中国标准出版社, 北京, 1992), 第 54 页.
- [4] Li-Jen Cheng and A. Patorì, *Appl. Phys. Lett.*, **49**(1986), 1456.

TEMPERATURE DEPENDENCE OF THERMAL EMISSION RATE IN Ce:KNSBN

JI XUAN-MANG

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

AN YU-YING LIU JIN-SONG

(*Department of Applied Physics, Xidian University, Xi'an 710071*)

(Received 13 May 1996; revised manuscript received 2 July 1996)

ABSTRACT

A method of measuring the ratio of thermal emission rate to the photoexcitation constant is presented. The temperature dependence of this ratio for Ce:KNSBN is calculated by using experiment data of two-wave mixing. Results show that the calculations and phenomenological theoretic ones coincide with each other very well.

PACC: 4265; 4270G