

中间段光折变晶体材料参数的测量原理*

吉选芒 王金来

(山西运城高等专科学校物理系, 运城, 044000)

刘劲松 安毓英

(西安电子科技大学技术物理系, 西安, 710071)

摘要: 提出了中间段光折变晶体材料参数的测量原理。利用公开报道的关于 Ce:KNSBN 双光束耦合的实验数据计算了该晶体的材料参数。实验与理论结果相吻合。

关键词: 光折变效应 材料参数 双光束耦合

Measuring principle of materials parameters of photorefractive crystal in intermediate regime

Ji Xuanmang, Wang Jinlai

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

Liu Jinsong, An Yuying

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

Abstract: The two-wave coupling is a fundamental and important photorefractive effect. Till now, many papers have studied the saturation effect of the gain coefficient of the photorefractive crystal. The studies found that the gain coefficient G varies with the increasing of the light intensity I , and goes through three stages: cut-off, increasing and saturation regime. This paper formulated a set of expressions of materials parameters and presents the measuring principles of materials parameters of photorefractive crystal in intermediate regime, namely increasing regime. The experimental results are in accord with the theoretical analysis.

Key words: photorefractive effect material parameters two-wave coupling

引 言

在光折变效应中, 双光束耦合是一种最基本而又十分重要的光折变效应。以前, 人们在处理光折变效应时, 往往认为有效增益系数与入射总光强无关。但从最近的一些文献^[1,2]和我们对双光束耦合的研究发现, 增益系数 G 随总光强变化呈现出截止、增加而到饱和的变化特

* 国防科技预研基金资助。

征(见图 1)。我们把这种特性称为光折变效应的强度特性。在 G 随总光强变化而增加十分大的一段,我们称其为中间段。当 I_0 增加到一定值时,有效增益系数 G 几乎不变,这时,我们称双光束耦合进入饱和段。以前,人们提出材料参数测量,大多数都是关于饱和段而研究的。对于中间段问题,还没有系统的研究。我们提出了一种中间段材料参数测量原理。

1 中间段材料参数测量原理

对于单边平行极化双光束耦合,有效增益系数 G 定义为:

$$G = [I_2(d)(I_1(0) \neq 0)]/[I_2(d)(I_1(0) = 0)] \tag{1}$$

式中,分子是泵浦光不为 0 时出射信号光强,分母是泵浦光为 0 时出射信号光强。

刘劲松^[3]等给出了中间段 G 的表达式:

$$G = (1 + m)/(1 + m \delta^{\Gamma_s/\alpha}) \tag{2}$$

$$\delta = [\exp(-\alpha d) + I_s/I_0]/(1 + I_s/I_0) \tag{3}$$

式中, Γ_s 是指数增益系数, α 为吸收系数。 $I_0 = I_1(0) + I_2(0)$ 是总的入射光强, $m = I_1(0)/I_2(0)$ 是入射的泵浦光和信号光的强度比。 $I_s = \beta/S$ 是饱和光强, β 是热激发速率, S 为光电离截面。当 $I_s/I_0 \ll 1$ 时,可将其从上面的公式中忽略掉,从而得到 G 在饱和段的公式为

$$G = (1 + m)/(1 + m e^{-\Gamma_s d}) \tag{4}$$

所以,在饱和段,从原理上看,只要测出一个 G 值,便可由(4)式计算出 Γ_s 。但在中间段,由(2),(3)两式可知, G 的公式中包含 m, α, d, Γ_s 和 I_s 五个未知量。其中 m, α, d 可通过其它手段测出,还有 Γ_s 和 I_s 两个未知量。所以,从原理上讲,必须测量出两个 G 值,才能计算出 Γ_s 和 I_s 。一个方便的办法是保持其它参量不变,仅仅改变总的入射光强,采用两个不同的总光强 I_{01} 和 I_{02} ,来分别测量加载泵浦光前后的信号光的出射光强度,从而得到两个不同的 G 值,即 G_1 和 G_2 。由(2)式可有两个不同的方程为:

$$G_k = f(\Gamma_s, I_s, I_{0k}, \alpha, d, m), \quad k = 1, 2 \tag{5}$$

联立求解这两个方程,即可计算出 Γ_s 和 I_s 。按照这种办法, I_s 和 Γ_s 的公式为:

$$I_s = I_{01}(R_1^{\alpha/\Gamma_s} - e^{-\alpha d})/(1 - R_1^{\alpha/\Gamma_s}) \tag{6}$$

$$\Gamma_s = \alpha \ln R_1 / \{ \ln[(I_{02}/I_{01})(R_2^{\alpha/\Gamma_s} - e^{-\alpha d}) \times (1 - R_1^{\alpha/\Gamma_s})/(1 - R_2^{\alpha/\Gamma_s}) + e^{-\alpha d}] \} \tag{7}$$

$$R_k = (1 + m - G_k)/(mG_k), \quad k = 1, 2 \tag{8}$$

其中(7)式需要数值求解。(6)~(8)式给出了中间段材料参数测量原理的基本公式。

2 测量原理的检验

为检验上述原理的正确性,我们用王韧^[4]等关于 Ce:KNSBN 晶体在 488nm 的激光下进行单边平行极化双光束耦合的实验数据,用上面所提原理来计算该晶体在这种实验条件下的 Γ_s 和 I_s ,然后与文献[4]给出的 Γ_s 和 I_s 进行比

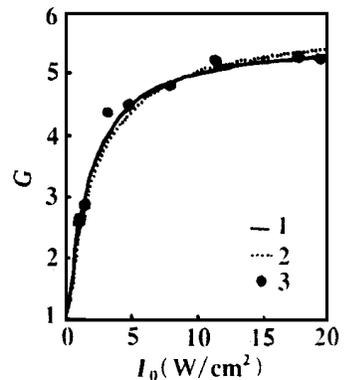


Fig.1 The dependence of gain coefficient G and total incident intensity I
 1—theoretical curve from ref. [4]
 2—theoretical curve according to our paper
 3—experimental points from ref. [4]

较,以证明这种原理的正确性。

图 1 中给出文献[4]中在 $2\theta = 37^\circ$ 的双光束耦合 G 随 I_0 变化的实验点和其理论曲线。文献[4]提供的饱和耦合系数 Γ_S , 饱和强度 I_S , 吸收系数 α 的值如下: $\Gamma_S = 4.0\text{cm}^{-1}$, $I_S = 0.45\text{W/cm}^2$, $\alpha = 215\text{cm}^{-1}$ 。

Table 1 The experimental results of reference[4] $2\theta = 37^\circ$

I_0	1.142	1.410	3.050	4.685	8.000	11.310	17.594	19.270
G	2.682	2.875	4.371	4.485	4.813	5.217	5.286	5.257

根据图 1 的实验数据,可得表 1。表 1 中, I_0 为入射总光强,单位为 W/cm^2 , G 为有效增

益系数。如果我们将 I_{02} 取作上表中的第一个值, $I_{02} = 1.142\text{W/cm}^2$, 相应的 $G_{02} = 2.628$, 然后可令 I_{01} 和 G_{01} 分别为表 1 中从第二列开始的对应值, 取吸收系数为文献[4]中给出的值 $\alpha = 2.5\text{cm}^{-1}$ 。用上述所提原理, 求出的 Γ_S 和 I_S 如表 2 所示。可以看出, 除了当

Table 2 The calculated results of Γ_S and I_S

I_{01}	1.410	3.050	4.685	8.000	11.310	17.594	19.270
G_{01}	2.875	4.371	4.485	4.813	5.217	5.286	5.275
Γ_S	4.079	5.220	4.267	4.063	4.173	4.055	4.013
I_S	0.573	0.917	0.603	0.568	0.601	0.566	0.554

$I_{01} = 3.050$, $G_{01} = 4.371$ 时计算出的 $\Gamma_S = 5.22$, $I_S = 0.917$ 偏大外, 其余的 Γ_S 值比文献[4]提供的 $\Gamma_S = 4.0$ 略大, I_S 的值也比文献[4]提供的 $\Gamma_S = 0.45$ 略大。我们将表 2 中较大的一组 Γ_S 和 I_S 值删去, 将其余取平均值可得到: $\Gamma_S = 4.108\text{cm}^{-1}$, $I_S = 0.583\text{W/cm}^2$ 。

由上面计算可看出, Γ_S 和 I_S 值都比文献[4]提供的值偏大, 这是由于我们采用是中间段测量原理, 而文献[4]采用的是饱和段的处理办法。

3 结 论

利用文中计算的 Γ_S 和 I_S 及文献[4]提供的 $\alpha = 2.5\text{cm}^{-1}$, 对 $2\theta = 37^\circ$ 时的实验点进行拟合, 如图 1 中的虚线所示。可以看出, 我们给出的拟合曲线比文献[4]给出的拟合曲线与实验值符合得更好。说明我们提出的这种测量材料参数的原理是完全可行的。

参 考 文 献

- 1 Cheng L J, Partovi A. A P L, 1986; 49(21): 1456
- 2 Ja Y H. Opt & Quant Electron, 1985; 17(4): 291
- 3 Liu J S, Liang Ch H, An Y Yet al. Chin Phys Lett, 1996; 13(2): 105
- 4 王韧, 莫党. 中山大学学报(自然科学版), 1992; 31(1): 1

作者简介: 吉选芒, 男, 1965 年 4 月出生。工学硕士, 副教授。研究光折变材料、效应和光电信息处理。

收稿日期: 1998-04-14 收到修改稿日期: 1998-05-29