

图7 直流条件下电子能量随气压的变化关系

工作中为 5 mA、10 mA 和 20 mA), 以及放电阴极管的孔径也不同 (本文为直径 8 mm, F. Howorka 等人的工作中为直径 20 mm)。然而, 除了由于阴极孔径不同使得电子密度随气压变化的极值点不同外 (这与  $P \cdot d$  值有关), 其电子能量和密度随气压的变化趋势是相同的, 且电子的能量和密度也为同一数量级。这说明双探针系统对于本文的实验测量是合适的。

### 参 考 文 献

- 1 D. E. Holmgren *et al.*, *Phys. Rev.*, **31**, 677 (1985)
- 2 В. С. Бородин *et al.*, *ЖТФ*, **38**, 1814 (1968); А. Г. Жиглинский, Т. Н. Хлопина, *ЖЛС*, **8**, 562 (1968)
- 3 F. Howorka, M. Pahe, *Z. Naturforsch.*, **27d**, 1425 (1972)

(收稿日期: 1988年11月28日)

## 吸收介质中三阶极化率的测量\*

费浩生 赵家龙 赵峰 韩力 陈肖慧

(吉林大学物理系, 130023)

### Measuring the third susceptibility in absorbing medium

*Fei Haosheng, Zhao Jialong, Zhao Feng, Han Li, Chen Xiaohui*

(Department of Physics, Jilin University, Changchun)

**Abstract:** A method is discussed to measure the third susceptibility  $\chi^{(3)}$  by degenerate four wave mixing (DFWM) in the absorbing medium, the reason is found out for the saturation of the reflectivity of DFWM at high pumping intensity, and some data of  $\chi^{(3)}$  in the absorbing media were given.

**Key words:** nonlinear optics, phase conjugation, nonlinear optical material

\* 本课题为国家自然科学基金资助项目。

全光学信息处理、光计算机的发展依赖于具有大的三阶非线性光学材料,因此介质的三阶非线性极化率的测量就显得特别重要。吴存恺等<sup>[1]</sup>提出了用简并四波混频方法测量透明介质的三阶极化率, G. R. Olbright<sup>[2]</sup>用于涉法测量了  $\text{Ods}_x\text{Se}_{1-x}$  玻璃的非线性折射率。本文将讨论用简并四波混频测量吸收介质的三阶极化率的方法。

### 一、一般理论考虑

图 1 中  $E_1$ 、 $E_2$  为互为反向传播的泵浦波,  $E_3$  为探测波,  $E_4$  为信号波,  $L$  为介质长度,  $\alpha$  为线性损耗系数。泵浦波可以表示成:

$$\begin{cases} E_1(z) = E_1(0) \exp(-\alpha z/2) \\ E_2(z) = E_2(0) \exp[-\alpha(L-z)/2] \end{cases} \quad (1)$$

根据四波混频耦合关系, 探测波和信号波由下面耦合波方程决定:

$$\begin{cases} \frac{dE_3^*}{dz} = -i\gamma e^{-\alpha L/2} E_4 - \frac{\alpha}{2} E_3^* \\ \frac{dE_4}{dz} = -i\gamma^* e^{-\alpha L/2} E_3^* + \frac{\alpha}{2} E_4 \end{cases} \quad (2)$$

利用边界条件

$$\begin{cases} E_3(0) = E_{30} \\ E_4(L) = 0 \end{cases} \quad (3)$$

则方程(2)的解为

$$\begin{cases} E_3(z) = \frac{2E_{30} \left\{ -\frac{\alpha}{2} \sin[r_i(z-L)] + r_i \cos[r_i(z-L)] \right\}}{\alpha \sin(r_i L) + 2r_i \cos(r_i L)} \\ E_4(z) = -\frac{2i\gamma^* E_{30} \sin[r_i(z-L)] e^{-\frac{\alpha}{2} L}}{\alpha \sin(r_i L) + 2r_i \cos(r_i L)} \end{cases} \quad (4)$$

式中

$$r_i = \left[ |\gamma|^2 \exp(-\alpha L) - \left(\frac{\alpha}{2}\right)^2 \right]^{1/2}.$$

定义共轭反射率为

$$R = |E_4(0)|^2 / |E_3(0)|^2 \quad (5)$$

利用(4)式则有

$$R = \frac{4|\gamma|^2 \text{tg}^2(r_i L) e^{-\alpha L}}{[\alpha \text{tg}(r_i L) + 2r_i]^2} \quad (6)$$

在小信号近似下,  $\text{tg}(r_i L) \approx r_i L$ , 因此

$$R \approx |\gamma|^2 [2L / (\alpha L + 2)] \exp(-\alpha L) \quad (7)$$

式中  $\gamma$  为耦合系数, 它与三阶非线性系数<sup>[3]</sup> 有下述关系:

$$\gamma^* = (3\omega / 4\pi c) \chi^{(3)} E_1 E_2 \quad (8)$$

由(8)和(7)式, 可得到三阶极化系数  $\chi^{(3)}$  为

$$\chi^{(3)} = \frac{2n^2 c^2 \epsilon_0}{3\omega l \sqrt{I_1 I_2}} R^{1/2} \quad (9)$$

式中

$$l = [2L / (\alpha L + 2)] \exp(-\alpha L/2) \quad (10)$$

称有效相互作用长度。在上述讨论中, 我们均采用 SI 单位制, 对  $\chi^{(3)}$  通常采用 esu 单位, 两单位制间的换算关系<sup>[8]</sup> 为

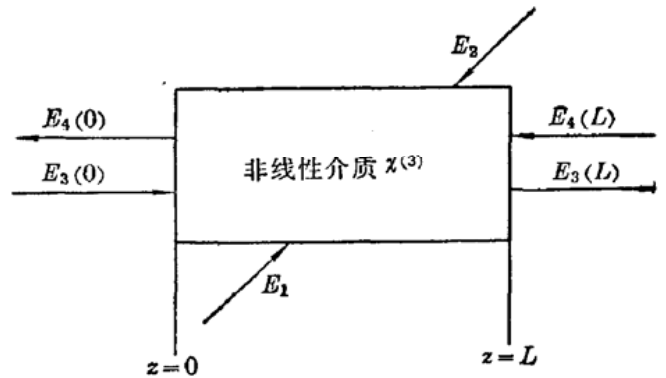


图 1 简并四波混频示意图

$$\chi_{esu}^{(3)} = 7.1 \times 10^9 \chi_{st}^{(3)}$$

## 二、测量结果及讨论

图 2 为测量三阶极化率的实验装置，光源为一台自制的电光 Q 开关 YAG 激光器，经 KDP 倍频所得 532.0 nm 光作激光源。激光束经分束器  $B_1$  和  $B_2$  分别形成探测光 ( $I_p$ )、前向泵浦光 ( $I_f$ ) 和后向泵浦光 ( $I_b$ )。前向与后向泵浦光为强度相等反向传播。前向泵浦光与探测光之间夹角约为  $2^\circ$ ，探测光强度约为泵浦光强度的十分之一。当这三束光同时作用于样品时，则产生与探测光反向传播的信号光 ( $I_s$ )，由分束器  $B_3$  取出共轭信号光  $I_s$ ，由 1P28 型光电倍增管接收，再送入 Boxcar 积分器处理，用记录仪记录。确定信号光与探测光的相对强度，从而求出位相共轭非线性反射率  $R$ 。实验中激光能量由 LPE-I 型能量计测量，激光脉冲宽度为 15 ns，光束截面约 3 mm。

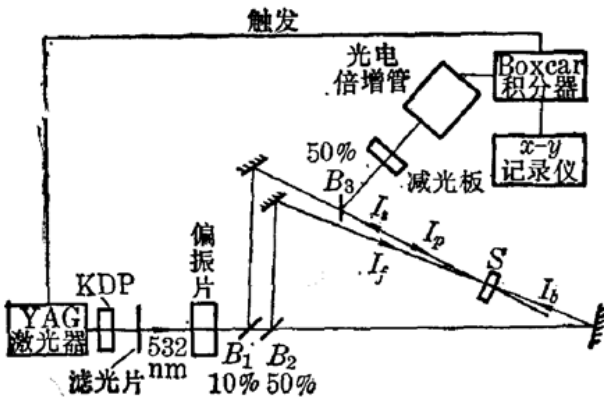


图 2 用简并四波混频测量吸收介质的三阶极化率实验装置

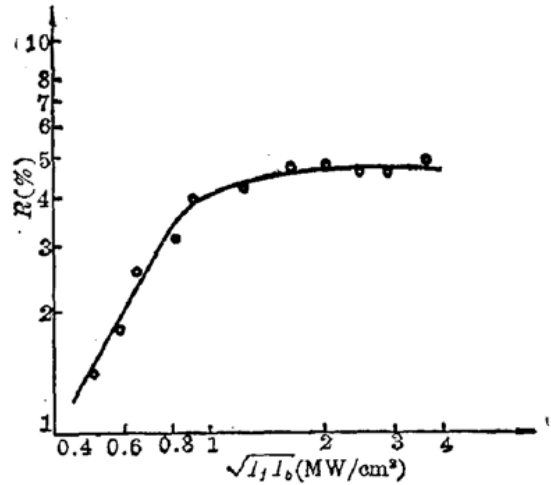


图 3 反射率与泵浦强度关系  
样品为  $\text{CdS}_{0.9}\text{Se}_{0.1}$  玻璃，厚 2 mm，泵浦源为 532.0 nm

我们对掺  $\text{CdS}_{0.9}\text{Se}_{0.1}$  玻璃的三级非线性极化率进行了测量，测得反射率与泵浦光强度的关系如图 3 所示，其斜率接近为 2。根据该曲线的直线部分，测得上述材料的  $\chi^{(3)} \approx 1 \times 10^{-9}$  esu。并对其他吸收型非线性材料的极化率进行了测量，结果如表 1 所示。由图 3 可知当

表 1 若干吸收介质的  $\chi^{(3)}$  测量结果

材 料	体 积 因 子	吸 收 种 类	$\chi^{(3)}$ 测量值(esu)
$\text{CdS}_{0.9}\text{Se}_{0.1}$	$10^{-3}$	本征	$1 \times 10^{-9}$
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ 溶胶	$10^{-6}$	本征	$3 \times 10^{-9}$
金溶胶	$10^{-7}$	表面等离	$3 \times 10^{-12}$

泵浦光束强度增加时，反射率出现饱和现象，这种饱和现象可随介质的不同而有所差异，对  $\text{CdS}_x\text{Se}_{1-x}$  玻璃已证明是由于半导体带填充引起，对多数吸收介质可能起因于吸收饱和。

### 参 考 文 献

- 1 吴存恺 *et al.*, 物理学报, **29**(4), 503(1980)
- 2 G. R. Olbright, N. Peyghambarian, *Appl. Phys. Lett.*, **48**, 1184(1986)
- 3 D. C. Hanna *et al.*, *Nonlinear Optics of Free Atoms and Molecules* Spriger-verlag Berlin Heidelberg 1979