

用简并的四波混频测量介质的三阶极化率*

吴存恺 王志英 范俊颖

(中国科学院上海光学精密机械研究所)

提 要

本文研究了各种透明介质的简并的四波混频作用。通过测量后向反射波与入射波的强度比,可以确定介质的三阶极化率,并给出了各种液体介质和玻璃的测量结果。

介质的三阶极化率是非线性光学中很重要的物理量,它已有几种方法测量^[1]。但些方法装置较为复杂而且精度不高。本文提出用简并的四波混频方法来测量透明介质的三阶极化率 $\chi^{(3)}$,采用这种方法装置简单、测量直观。

设作用在长度为 L 的非线性介质上的场为^[2]

$$E_i(\mathbf{r}, t) = \frac{1}{2} A_i(\mathbf{r}) \exp[i(\omega t + \mathbf{k}_i \cdot \mathbf{r})] + \text{c.c.},$$

式中 $i = 1, 2, 3, 4$ 。 E_1 和 E_2 为强抽运波,且 $\mathbf{k}_1 + \mathbf{k}_2 = 0$, E_4 为入射物波, E_3 为复共轭反射波。这时非线性极化强度为

$$P^{NL}(\omega_4 = \omega) = \frac{1}{2} \chi^{(3)} A_1 A_2 A_3^* \exp[i(\omega t - \mathbf{k}_3 \cdot \mathbf{r})],$$

$$P^{NL}(\omega_3 = \omega) = \frac{1}{2} \chi^{(3)} A_1 A_2 A_4^* \exp[i(\omega t - \mathbf{k}_4 \cdot \mathbf{r})].$$

由波动方程

$$\nabla^2 E_i + \frac{\epsilon}{c^2} \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = -\frac{4\pi}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} P^{NL},$$

得耦合波方程(波沿 Z 方向传播)

$$\frac{\partial A_3}{\partial Z} = -i\chi^* A_4^*,$$

$$\frac{\partial A_4^*}{\partial Z} = i\chi A_3,$$

式中耦合系数为

$$\chi = \frac{2\pi\omega}{cn} \chi^{(3)} A_1 A_2.$$

从而得非线性反射率为

$$R = \frac{I_3(0)}{I_4(0)} = \tan^2|\kappa|L.$$

* 1979年4月29日收到。

于是知,测量非线性反射率 R 就可得到 $\chi^{(3)}$.

实验装置如图 1 所示. Nd:YAG 激光经 KDP 晶体倍频得 5320 埃线偏振激光束. 经分束器 1 分束,其透射光经光程补偿器 3,长焦距 ($f = 1.5$ 米) 透镜 4 直接投射到非线性介质 8 上,透过非线性介质的光束经全反射镜 9 沿原光路返回. 分束器 1 的反射光束经全反射镜 2,取样镜 6 和长焦距 ($f = 1.2$ 米) 透镜 7 也投射到非线性介质上. 这两束光的夹角为 7×10^{-2} 弧度. A_1, A_4 采用 LCA 精密能量卡计 (8.05 毫焦耳/毫焦耳) 测量. A_3 和 A_4 束用 IP21 光电倍增管接收后用 A15/6 光电检流计检测. 此检流计用 LCA 卡计定标.

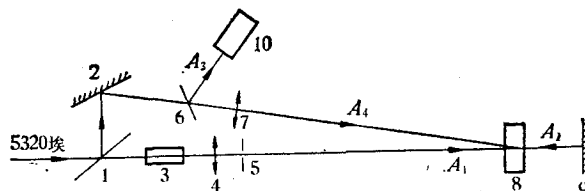


图 1 用简并的四波混频测量介质的三阶极化率装置

我们测量了各种透明液体和玻璃的三阶极化率. 对于透明介质可视 $I_1 \simeq I_2$, 其能量为 18 毫焦耳, I_4 的能量为 3 毫焦耳. 对于 CS_2 , 测得 $R = 0.065$, $L = 0.5$ 厘米. 抽运光束的功率密度为 5.6×10^8 瓦/厘米². 由前面给出的公式求得 $\chi^{(3)} = 2.1 \times 10^{-12}$ 静电单位, 用其它方法测量值为 $\chi^{(3)} \approx 1.8 \times 10^{-12}$ 静电单位.

表 1 用四波混频测量的 $\chi_{\text{III}}^{(3)}$ (或 n_2)

介 质	$\chi_{\text{III}}^{(3)}$ (静电单位)	用其它方法测量值
CS_2	2.1×10^{-12}	1.8×10^{-12}
硝 基 苯	1.8×10^{-12}	1.5×10^{-12}
氯 苯	8.4×10^{-13}	5.5×10^{-13}
甲 苯	6.3×10^{-13}	4.1×10^{-13}
苯	4.0×10^{-13}	2.9×10^{-13}
	n_2 (静电单位)	
ZF ₄	62×10^{-14}	66×10^{-14}
ZF ₆	77×10^{-14}	75×10^{-14}
ZF ₇	95×10^{-14}	90×10^{-14}

如果让 A_4 束的偏振方向与 A_1 束相垂直, 就可以测量得 $\chi_{1221}^{(3)}$.

对各种透明介质测量的 $\chi_{\text{III}}^{(3)}$ 列于表 1. 对于各向同性介质非线性折射率

$$n_2 = \frac{6\pi}{n} \chi_{\text{III}}^{(3)}.$$

用简并的四波混频对透明介质三阶极化率进行相对测量更为方便.

参 考 文 献

- [1] J. M. Cherlow, T. T. Yong, R. W. Hellwarth, *IEEE J. Quantum Electronics*, QE-12 (1976), 644.
[2] A. Yariv, D. M. Pepper, *Opt. Lett.*, 1 (1977), 16.

MEASUREMENT OF THIRD-ORDER SUSCEPTIBILITY BY DEGENERATE FOUR-WAVE MIXING

WU CUN-KAI WANG ZHI-YING FAN JUN-YIN

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

ABSTRACT

In this paper, degenerate four-wave mixing was studied in various transparent optical media. Third-order susceptibility has been determined by the ratio of the input probing beam intensity to the backward wave intensity in four-wave mixing. The results of some solvents and glass media are presented.