

# 利用双光子吸收效应测量激光脉冲的相干时间

李 峰 杨 昆 宋瑛林 刘树田 李淳飞  
(哈尔滨工业大学应用物理系, 哈尔滨 150001)  
余从焯 朱培旺  
(北京理工大学化工与材料学院, 北京 100081)

**摘 要** 研究了利用反向泵浦-探测双光子吸收材料的方法来测量脉冲激光的相干时间, 并测量了 23 ps、532 nm Nd·YAG 激光脉冲的相干时间。实验和理论分析表明, 光束相干作用增加了双光子吸收, 利用此方法可测量其它脉宽激光的相干时间。

**关键词** 相干时间, 双光子吸收。

## 1 引 言

随着激光技术的发展, 用脉冲激光测量材料的光学非线性性质变得越来越普遍。无论用纳秒还是皮秒激光, 由于激光脉冲的时间相干性使得在简并四波混频测量中引起热效应<sup>[1~3]</sup>而对实验结果产生影响。因此, 需快速测量出激光脉冲相干时间, 以便有效消除热效应的影响<sup>[4, 5]</sup>。

对于相干时间的测量已有很多报道<sup>[6~10]</sup>, 本文采用反向泵浦-探测双光子吸收材料方法测量相干时间。这样既克服了在瞬态光栅法测量中衍射信号较弱的缺点<sup>[8]</sup>, 也克服了在一般泵浦-探测法中有较强泵浦光背景的影响<sup>[9]</sup>。

## 2 理论分析

本实验利用反向泵浦-探测双光子吸收材料方法测量相干时间。为简便起见, 使通过样品的探测光  $I_1$  和泵浦光  $I_2$  强度相等, 其电场强度分别表示为

$$E_1 = \frac{1}{2} E_1(z, t) \exp [i(\omega t - k_1 z)] + c. c. \quad (1)$$

$$E_2 = \frac{1}{2} E_2(z, t - t_0) \exp [i(\omega t - k_2 z - \omega t_0)] + c. c. \quad (2)$$

通过样品的总电场强度  $E_T$  为

$$E_T = E_1 + E_2$$

$$= \frac{1}{2} E_1(z, t) \exp [i(\omega t - k_1 z)] + \frac{1}{2} E_2(z, t - t_0) \exp [i(\omega t - k_2 z - \omega t_0)] + c. c. \quad (3)$$

其中  $E_1(z, t)$  和  $E_2(z, t - t_0)$  分别为两脉冲光电场强度的慢变包络,  $t_0$  为两脉冲光的时间延迟,  $k_1$  和  $k_2$  分别为两束光的波矢。通过样品的总光强为

$$I = \frac{1}{2} \epsilon_0 c n |E_T|^2 \quad (4)$$

即

$$I(z, t) = I_1(z, t) + I_2(z, t - t_0) + 2I_1(z, t)^{1/2} I_2(z, t - t_0)^{1/2} \text{Re} [\gamma(t_0)] \quad (5)$$

此处 
$$|\gamma(t_0)| = \frac{|\tau(t_0)|}{|\tau(0)|} \quad (6)$$

$\tau(t_0)$  为光场的自相干函数。为了确定两束光的相干耦合, 利用波动方程<sup>[11]</sup>

$$\nabla^2 E_T(z, t) - \frac{n^2}{c^2} \frac{\partial^2 E_T(z, t)}{\partial t^2} = \frac{1}{\epsilon_0 c^2} \frac{\partial^2 P_{nl}(z, t)}{\partial t^2} \quad (7)$$

式中  $P_{nl}$  为非线性极化率, 由于样品为双光子吸收材料, 线性吸收为零, 所以折射率  $n$  为实数,  $n = n_{re}$ 。存在双光子吸收时, 非线性极化率表示为

$$P_{nl}(z, t) = \epsilon_0 \chi^{(3)} |E_T(z, t)|^2 E_T(z, t) \quad (8)$$

式中  $\chi^{(3)}$  为三阶非线性极化率, 其虚部与双光子吸收系数  $\beta$  的关系为<sup>[11]</sup>

$$\beta = \frac{2\omega \chi_{im}^{(3)}}{n_{re}^2 c^2 \epsilon_0} \quad (9)$$

将 (3), (4), (5), (8), (9) 式代入波动方程, 并利用慢变振幅近似, 忽略  $\partial^2 E / \partial z^2$ 、 $\partial E / \partial z$  和  $\partial^2 E / \partial z^2$  项, 得到光束  $I_1$  通过样品时其能量  $F_1 = \int_0^t I_1 dt'$  的表达式

$$\frac{dF_1}{dz} = \frac{d \int_{-\infty}^t dt T_1(z, t')}{dz}$$

$$= -\beta \int_{-\infty}^t dt' [I_1(z, t') + I_2(z, t' - t_0)] I_1(z, t')$$

$$- \beta \int_{-\infty}^t dt T_1(z, t') I_2(z, t' - t_0) |\gamma(t_0)|^2 \quad (10)$$

注意这里只保留了  $k_1$  方向的光。此方程右边第一项描述了对  $I_1$  光的双光子吸收, 第二项为两束光相干耦合项对  $I_1$  光产生的双光子吸收。若两束光完全相干, 则  $|\gamma(t_0)| = 1$ , 若完全不相干, 则  $|\gamma(t_0)| = 0$ , 第二项为零。当  $0 < |\gamma(t_0)| < 1$  时表示了光束的部分相干性。

### 3 实验结果

实验装置如图 1 所示, 光源为 Continuum 公司的 ns-ps 调 Q-锁模倍频 Nd:YAG 脉冲激光系统, 输出激光为 532 nm, 23 ps 高斯型脉冲, A 为减光棒, 输出脉冲由分束器 BS 分束后



会直接影响到透过率  $T_1(t_0)$  的测量, 从而增加  $t_c$  的测量误差;

5) 本方法与作者根据文献[9] 所测得的结果( $t_c = 8 \sim 11$  ps) 相同, 这表明了本方法的可靠性。

总之, 用本文所述方法测量相干时间, 信号探测容易, 实验光路简单, 并且适用于不同脉宽的激光测量。

### 参 考 文 献

- [1] R. G. Caro, M. C. Gower, Phase conjugation by degenerate four-wave mixing in absorbing media. *IEEE J. Quant. Electron.*, 1982, **QE-18**(9) : 1376~ 1380
- [2] C. Maloney, H. Byrne, W. M. Dennis *et al.*, Picosecond optical phase conjugation using conjugated molecules. *Chem. Phys.*, 1988, **121**(1) : 21~ 39
- [3] J. O. Tocho, W. Sibbett, D. J. Bradley, Thermal effects in phase-conjugation in saturable absorbers with picosecond pulses. *Opt. Commun.*, 1981, **37**(1) : 67~ 71
- [4] 费浩生, 韩 力, 艾希成等, 卟啉化合物的反饱和吸收与三阶非线性光学效应 科学通报, 1991, **36**(13) : 994~ 996
- [5] Z. Yu, X. Mi, Q. Jiang *et al.*, Distinguishing molecular-reorientation gratings from thermal gratings by a time-delayed method. *Opt. Lett.*, 1988, **13**(2) : 117~ 119
- [6] X. Yi, C. Yang, P. Yeh, Two-wave mixing with partially coherent waves in photorefractive crystals, *Nonlinear Optics: materials fundamentals, and applications, 1996 Technical Digest Series*, Maui, Hawaii, 1996, July 8~ 12, **11** : 319~ 321
- [7] L. M. Soroko, *Holography and Coherent Optics*. Translated from Russian by A. Tybulewicz, New York, Plenum, 1980
- [8] H. J. Eichler, U. Klein, D. Langhans, Coherence time measurement of picosecond pulses by a light-induced grating method. *Appl. Opt.*, 1980, **21**(3) : 215~ 219
- [9] Z. Vardeny, J. Tauc, Picosecond coherence coupling in the pump and probe technique. *Opt. Commun.*, 1981, **39**(6) : 396~ 400
- [10] M. Born, E. Wolf, *Principles of Optics*. Oxford, Pergamon, 1975
- [11] Y. R. Shen, *Then Principles of Nonlinear Optics*. New York, Wiley-Interscience, 1984

## Coherence Time Measurement of Laser Pulses Using Two-Photon Absorption

Li Feng    Yang Kun    Song Yinglin    Liu Shutian    Li Chunfei

(Department of Applied Physics, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001)

Yu Congxuan    Zhu Pei wang

(School of Chemical Engineering and Materials Sciences, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081)

(Received 1 November 1996; revised 9 December 1996)

**Abstract** The coherence time measurement of laser pulse was studied by using counter-running pump probe technique in two-photon absorption materials. The coherence time of 23 ps, 532 nm laser pulses was measured. The experimental results and theoretical analysis show that additional two-photon absorption arises from two-beam coherence effect. This method can be applied to other pulse width laser measurement.

**Key words** coherence time, two photon absorption.