

C₆₀/PMMA 的单重态激发态 吸收光限幅研究

宋瑛林 李 峰 王瑞波 李淳飞

(哈尔滨工业大学应用物理系, 哈尔滨 150001)

摘 要 研究了 C₆₀/PMMA 对波长 532 nm, 脉冲宽度为 21 ps 的脉冲激光的限幅特性, 并应用三能级模型进行了理论模拟。结果表明光限幅起源于单重态激发态吸收。

关键词 C₆₀/PMMA, 单重态, 激发态吸收, 光限幅。

1 引 言

C₆₀分子在较大的光谱范围内激发态吸收较强, 具有光限幅特性^[1~13], 对于研制宽带、高速轻便型激光防护器具有重要意义。有关 C₆₀掺杂高聚物的三重态激发吸收光限幅特性已有许多报道^[13~16]。在本文中, 作者研究了 C₆₀/PMMA 的单重态激发态吸收的光限幅特性。

2 实 验

实验样品 C₆₀/PMMA 的线性透射率分别为 54% 和 33%。实验装置图如图 1 所示。

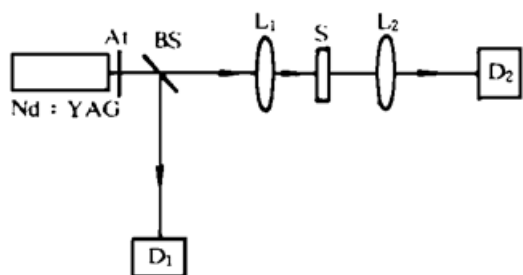


Fig. 1 Experimental setup

探测光源为调 Q 倍频 ns/ps Nd·YAG 脉冲激光系统(Continuum 公司), 输出波长为 532 nm, 脉宽为 21 ps, 重复频率为 1 Hz。入射激光首先经过减光器 A₁ (Newport 公司) 改变光强, 然后由分束器 BS 分成两束; 一束作为参考光, 监测入射光能量的变化; 另一束作为泵浦光, 经透镜聚焦后入射到溶液的前表面上。输出光经透镜恢复平行光, 透镜的焦距为 9 cm, 焦点上光斑半径约为 36 μm。两束光的能量均由积分能量计检测。

3 实验结果与分析

图 2 中符号 ●、○ 分别表示线性透射率为 $T_1 = 54%$, $T_2 = 33%$ 的 C₆₀/PMMA 的光限幅实验测试结果。实验结果表明 C₆₀/PMMA 具有光限幅特性。在可见光波段范围内, C₆₀ 分子的

单重态激发态吸收截面大于基态吸收截面, 激发态吸收强于基态吸收, 对于 ps 量级的脉冲具有较强的限幅作用, 在文献[17]中已观察到了 C₆₀ 溶液对 ps 激光脉冲的单重态激发态吸收光限幅特性。考虑单态激发态的吸收, C₆₀ 的电子能级简图如图3所示, S₀、S₁ 分别为基态和单重态第一激发态能量, S_x 为单重态高级高级激发态; 基态和第一激发态的分子布居数 n₁、n₂、σ₀、σ_s 分别为基态和激发态吸收截面; τ_{s0} 为单重态第一激发态至基态弛豫时间。则在样品中沿光传播方向(Z 方向) 光强的变化为:

$$\frac{dI}{dz} = - (\sigma_0 n_1 + \sigma_s n_2) I \quad (1)$$

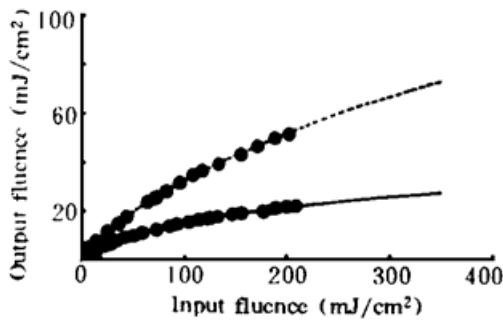
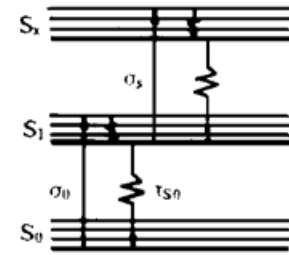


Fig. 2 Curve of optical limiting

Fig. 3 The energy-level structure of C₆₀ molecule

假定入射激光脉冲为高斯光束, 则在入射样品的界面处光强

$$I(t, z = 0) = I_0 \exp[-c(t/\tau)^2] \quad (2)$$

式中 I_0 为入射脉冲的峰值功率, c 为光速, τ 为脉冲宽度。把 C₆₀ 的能级参数及实验参数: $\sigma_0 = 2.9 \times 10^{-18} \text{ cm}^2$, $\sigma_s = 1.6 \times 10^{-17} \text{ cm}^2$, $\tau_{s0} = 30 \text{ ns}$, $\tau = 21 \text{ ps}$, $\lambda = 532 \text{ nm}$, $T_1 = 54\%$, $T_2 = 33\%$ 代入方程(1)~(2)式, 可以分别计出不同线性透射率的 C₆₀/PMMA 的激发态吸收光限幅特性曲线。图2中虚线和实线分别表示 $T_1 = 54\%$, $T_2 = 33\%$ 的 C₆₀/PMMA 的理论结果。

结论 由图2可见, 基于单重态激发吸收的理论模拟结果和实验结果基本一致, 可以认为 C₆₀/PMMA 对 ps 脉冲的光限幅效应主要起源于单重态激发态吸收。由 C₆₀ 光谱可见, 在可见光波段范围内, 其单重态的激发态吸收截面大于基态吸收截面, 因而其限幅带宽可以覆盖整个可见光波段; 同时 C₆₀ 的单重态高级激发态的寿命较短(亚皮秒量级), 限幅响应速度可达皮秒量级。

参 考 文 献

- [1] L. Tutt, A. Kost, Optical limiting performance of C₆₀ and C₇₀ solution. *Nature*, 1992, **356** ·255~ 256
- [2] F. Bentivegna, M. Canva, P. Georges *et al.*, Reverse saturable absorption in solid xerogel matrices. *Appl. Phys. Lett.*, 1993, **62**(5) ·1721~ 1723
- [3] F. Henari, J. Callaghan, H. Stiel *et al.*, Intensity-dependent absorption and resonant optical nonlinearity of C₆₀ and C₇₀ solution. *Chem. Phys. Lett.*, 1992, **199**(1, 2) ·144~ 148
- [4] M. P. Joshi, S. R. Mishra, H. S. Rawat *et al.*, Investigation of optical limiting in C₆₀ solution. *Appl. Phys. Lett.*, 1993, **62**(15) ·1763~ 1765
- [5] L. Justus, Z. H. Kafafi, A. L. Huston, Excited state absorption-enhanced thermal optical limiting in C₆₀. *Opt. Lett.*, 1993, **18**(19) ·1603~ 1605
- [6] 李淳飞, 王玉晓, 国风云等 C₆₀ 介质反饱和吸收动力学与光限幅特性. *物理学报*, 1993, **42**(8) ·1236~ 1244

- [7] Kost, J. E. Jensen, M. B. Hlein *et al.*, Optical limiting in C_{60} solution. *Proc. SPIE*, 1994, **2229** ·78~90
- [8] Hood, B. P. Edmonds, D. G. Mclean *et al.*, Comparison optical limiting in carbon-blak suspensions, C_{60} in toluene, and C_{60} in chorophthalene at 694 nm. *Proc. SPIE*, 1994, **2229** ·91~ 99
- [9] Healy, G. S. Bahra, C. R. Brown, Nonlinear ansorption in carbon-60. *Proc. SPIE*, 1994, **2229** ·100~111
- [10] Chunfei Li, Lei Zhang, Ruibo Wang *et al.*, Dynamics of reverse saturanle ansorption and all-optical switching in C_{60} . *J. Opt. Soc. A me. (B)*, 1994, **11**(8) ·1356~ 1360
- [11] 宋瑛林, 王瑞波, 殷凤田等, C_{60} /PSt 复合材料的反饱和吸收与光限幅特性研究. 光学学报, 1994, **14**(9) ·995~ 997
- [12] 宋瑛林, 王瑞波, 李淳飞, C_{60} /PMMA 激发态吸收与光限幅特性研究. 光子学报, 1995, **23**(6) ·451~454
- [13] A. Kost. L. Tutt, M. B. Klein, T. K. Dougherty *et al.*, Optical limiting with C_{60} in polymenthyl methacrylate. *Opt. Lett.*, 1993, **18**(5) ·334~ 336
- [14] 龚旗煌, 杨少辰, 孙宇星等, 富勒烯 C_{60} / C_{70} 甲溶液光限制效应的研究. 红外与毫米波学报, 1993, **12**(2) ·110~ 114
- [15] 杨少辰, 龚旗煌, 孙宇星等, 足球烯分子 C_{60} 及 C_{70} 的反饱和吸收性质与光限制效应. 光学学报, 1993, **13**(4) ·289~ 293
- [16] 龚旗煌, 孙宇星, 杨少辰等, C_{60} 高聚物复合固体材料的反饱和吸收过程研究. 光学学报, 1993, **13**(8) ·766~ 768
- [17] 宋瑛林, 杨森, 王瑞波, C_{60} 对 ps 脉冲的光限幅效应. 中国激光, 1994, **A21**(8) ·653~ 656

Optical Limiting in C_{60} /PMMA Composite Based on Singlet Excited State Absorption

Song Yinglin Li Feng Wang Ruibo Li Chunfei

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

(Received 16 April 1995; revised 10 November 1995)

Abstract Optical limiting of C_{60} /PMMA is studied by using 21 ps laser pulse at 532 nm, and the three-level model is used for simulation. The results show that the optical limiting is caused by the singlet excited state absorption.

Key words C_{60} /PMMA, singlet state, excited state absorption, optical limiting.

第七届全国基础光学学术报告会在大同召开

中国光学学会第七届全国基础光学学术报告会于1996年8月17日~ 8月22日在山西省大同市胜利召开。专家们就当前基础光学方面感兴趣的问题进行了广泛的学术交流。

同时,中国物理学会光物理专业委员会亦于8月17日在大同市宣告成立。该专业委员会为加强交流,增进了解,促进光物理的发展,将定期组织各种学术交流活动。专委会主任为徐积仁教授,张道中,邹英华,诸君浩为副主任,郑师海任秘书。杨国桢,聂玉昕等同志代表中国物理学会及北京物理所到会表示祝贺。杨国桢研究员还就光物理的发展现状及其展望作了大会发言,受到与会者的好评。

(秋 志)