

基于单光子吸收的 PDA 光限幅效应

王江洪 沈玉全

(中国科学院感光化学研究所 215 室 北京 100101)

余从焯

宋瑛林

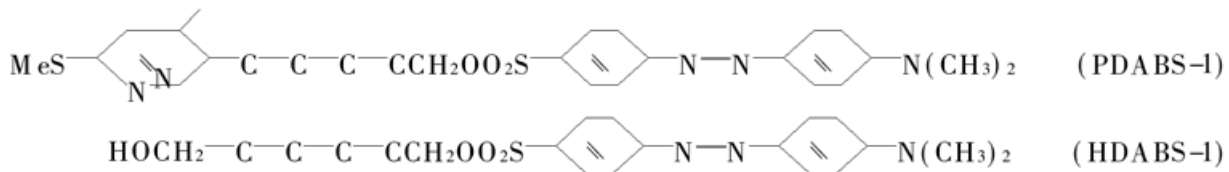
(北京理工大学化工与材料学院 北京 100081) (哈尔滨工业大学应用物理系 哈尔滨 150001)

提要 采用调 Q Nd:YAG 脉冲激光照射 PDABS-1/CCl₃, HDABS-1/CCl₃ 溶液, 研究了此类衍生物对皮秒、纳秒脉冲的光限幅效应, 证实了该光限幅效应是单光子吸收的结果。

关键词 PDABS-1/CCl₃, 单光子吸收, 光限幅

1 引 言

PDABS-1, HDABS-1 是两种我们新设计并合成的含嘧啶、偶氮苯基取代二炔的衍生物, 其结构为



除在 280~ 520 nm 波长范围内有较强的吸收外, 两种化合物在整个近红外和大部分可见光范围内没有光子吸收。用 UV 灯照射其粉末或其溶液会发出较强的紫蓝色荧光。在高功率可见脉冲激光照射下, 两种化合物和其溶液能发出相对较强的频率上转换荧光, 这表明该类化合物可能有大的光子吸收系数。两种化合物吸收光谱及命名见文献[1]。

2 光限幅实验

实验中, 激发光源是由 Continnum 公司提供的调 Q Nd:YAG 脉冲激光器。入射光波长、脉冲宽度和重复频率分别为 532 nm, 30 ps, 10 Hz。入射激光首先经过减光棒, 由分束片分成两束, 一束作为参考光, 监测入射光能量密度的变化; 另一束作为入射光, 经一个焦距为 9 cm 透镜聚焦后入射到盛在 5 mm 厚的石英玻璃池中的介质上输出。作用于池上的激光密度可通过改变滤光片的组合或样品池到焦点平面的距离来调节。入射光和透射光能量均由 Laser Precision corp 的能量/功率计监测。

实测时, 激光密度从 0~ 120 μJ (0~ 2947 mJ/cm^2), 0~ 160 μJ (0~ 3930 mJ/cm^2) 可变。焦点处光斑半径为 79 μm 。图 1 为增强吸收非线性光限幅效应测试光路图。利用该装置测定了

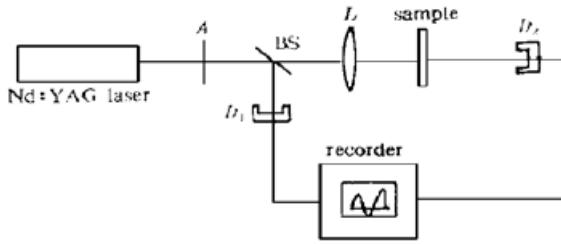


图 1 实验光路图

Fig. 1 Experimental setup

PDABS-1, HDABS-1 两种化合物不同浓度氯仿溶液对皮秒、纳秒脉冲的限幅特性曲线, 见图 2, 图 3。

由图 2, 图 3 可以看出, 随入射光能量的增加, 各样品出射光能量缓慢增加并趋向一个定值, 呈现饱和吸收性能。因入射波长为 532 nm, 可判断该吸收是一种单光子饱和吸收。其单光子吸收特性曲线见图 4, 图中 mJ 单位为换算所得。由

图 2, 图 3 得出 PDA 各自对应的限幅幅值、限幅阈值分别为 PDABS-1(图 2 (a)): 65 μ J, 60 μ J ($T = 87\%$, 30 ps); 50 μ J, 58 μ J ($T = 75\%$, 30 ps); HDABS-1(图 2 (b)): 90 μ J, 60 μ J ($T = 90\%$, 30 ps); 55 μ J, 60 μ J ($T = 80\%$, 30 ps); PDABS-1(图 3): 30 μ J, 40 μ J(8 ns)。

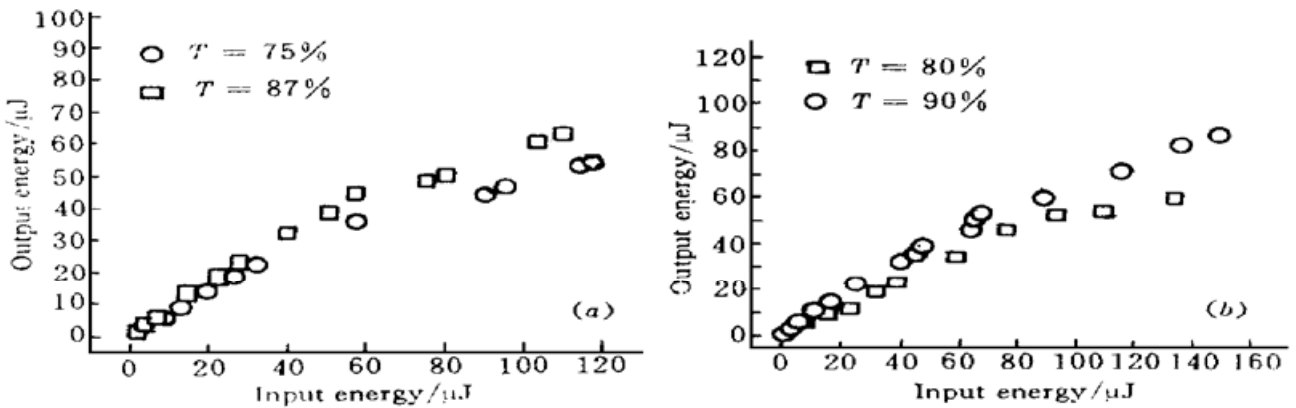


图 2 PDABS-1 (a) 和 HDABS-1 (b) 对 30 ps 脉冲输入-输出能量密度曲线(532 nm, 10 Hz)

Fig. 2 Observed input-output characteristics for PDABS-1 (a) and for HDABS-1 (b) (532 nm, 10 Hz, 30 ps)

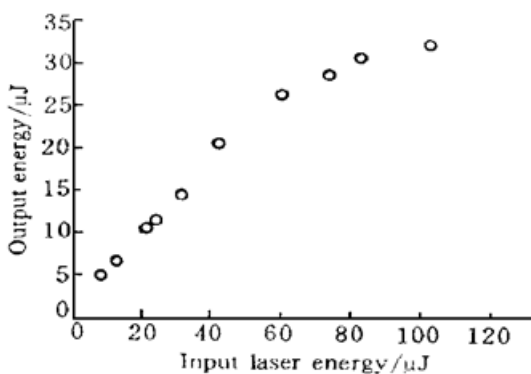


图 3 PDABS-1 对 8 ns 脉冲输入-输出能量密度曲线(532 nm, 10 Hz)

Fig. 3 Observed input-output characteristics for PDABS-1 (532 nm, 10 Hz, 8 ns)

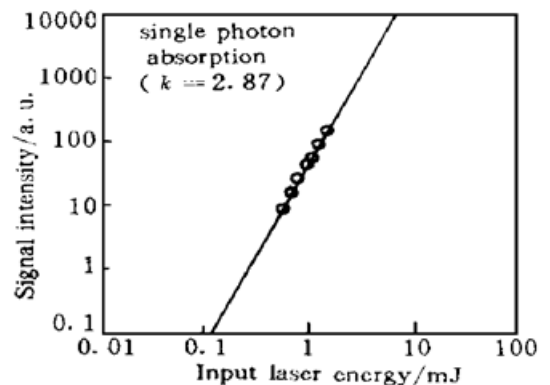


图 4 PDABS-1 单光子非线性吸收特性曲线 D(532 nm, 8 ns, 10 Hz, 斜率为 2.87)

Fig. 4 Signal intensity as a function of the writing laser intensity, in which a slope of 2.87 was found (532 nm, 10 Hz, 8 ns)

对于 PDABS-1, HDABS-1, 可以在较高可见光透射率条件下取得光限幅效应。优良的限幅材料要求具有较高的线性透射率和较低的限幅幅值与限幅阈值。在 30 ps 脉冲下, 比较

PDABS-1 在 87%, 75% 两种线性透射率下的限幅幅值与限幅阈值, 从透射率以及限幅幅值、限幅阈值综合考虑, 透射率为 75% 时比较理想, 其限幅阈值为 290 mJ/cm^2 , 限幅幅值为 250 mJ/cm^2 。在 8 ns 脉冲下 PDABS-1 的限幅阈值为 200 mJ/cm^2 , 限幅幅值为 150 mJ/cm^2 , 从测试结果来看, PDABS-1 在纳秒脉冲下有更好的限幅特性。同 PDABS-1 溶液相比, 在保持相同透射率(80%) 情况下, HDABS-1 的限幅阈值、限幅幅值分别为 300 mJ/cm^2 , 275 mJ/cm^2 , 相比之下 PDABS-1 的限幅效应(290 mJ/cm^2 , 250 mJ/cm^2) 要好一些。由于分子中含有一个较大的非电子响应的偶氮苯基团, 当激光激发时, 基态和激发态有效吸收面积较小, 吸收光子的效率较低, 因而限幅效应受到一定影响。

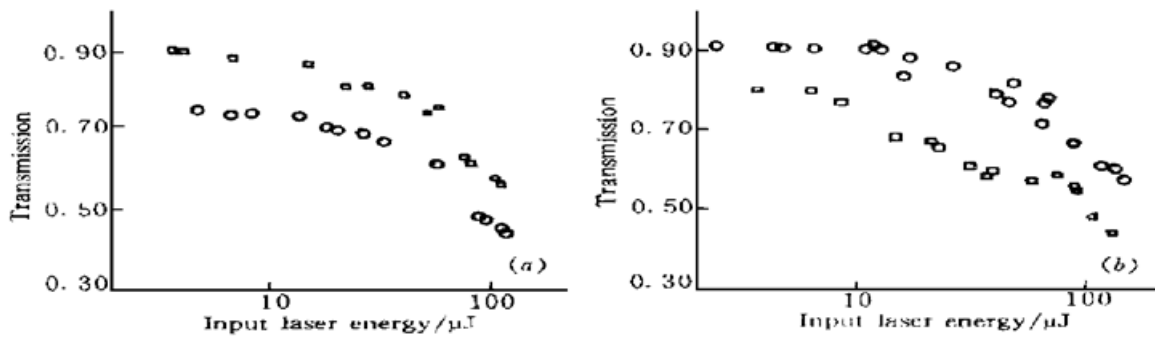


图 5 PDABS-1 (a) 和 HDABS-1 (b) 对 ps 脉冲的非线性透射率曲线

Fig. 5 Curve of nonlinear transmittance of PDABS-1 (ps) (a) and of HDABS-1 (ps) (b)

将图 2 (a), (b) 的光限幅测量结果稍作变换, 可得到 PDABS-1, HDABS-1 对 532 nm, 30 ps 激光的透射率变化曲线, 如图 5 (a) 和 (b) 所示。在低入射光强下, 透射率基本保持不变, 对应的吸收系数也基本不变; 当入射光强达到阈值后, 随入射光强的增加, 透射率下降, 表明 PDABS-1, HDABS-1 具有一定的光限幅效应。从图也可以看出材料的透射率不是迅速下降而是经历了一个比较缓慢的下降过程, 可见当激光激发时, PDABS-1, HDABS-1 分子中较大的非电子响应的偶氮苯基团, 对基态和激发态有效吸收面积的影响较大。

3 结果与讨论

采用波长 532 nm, 8 ns, 30 ps 脉冲宽度的超短激光源探讨了 PDABS-1, HDABS-1 两种取代丁二炔的氯仿溶液的光限幅行为和单光子吸收特性。根据实测时的激光密度(μJ), 焦点处光斑半径($79 \mu\text{m}$) 换算, 在 8 ns 脉冲下 PDABS-1 的限幅阈值、限幅幅值分别为 200 mJ/cm^2 , 150 mJ/cm^2 ; 透射率为 75% 的 PDABS-1 氯仿溶液的限幅阈值和限幅幅值分别为 290 mJ/cm^2 , 250 mJ/cm^2 。PDABS-1 在纳秒脉冲下有更好的限幅特性。同 PDABS-1 溶液相比, 在保持相同透射率(80%) 情况下, HDABS-1 的限幅阈值、限幅幅值分别为 300 mJ/cm^2 , 275 mJ/cm^2 , 相比之下 PDABS-1 的限幅效应(290 mJ/cm^2 , 250 mJ/cm^2) 要好一些。从测试结果来看, 可基于这种假设, 单光子吸收是引起该类材料光限幅行为的主要机理。由于 PDABS-1, HDABS-1 分子中含有较大的非电子响应的偶氮苯基团, 对基态和激发态有效吸收面积的影响较大, 因而限幅效应较 PDATS^[2] 的要弱一些。

参 考 文 献

- 1 Wang Jianghong, Yu Congxuan, Shen Yuguan. Characterization and synthesis of nonlinear optical materials of substituted diacetylenes with azophenyl group and pyrimidinering. *J. Beijing Institute of Technology* (北京理工大学学报), 1996, **5**: 123~ 129 (in English)
- 2 Song Yinglin, Li Chunfei, Wang Ruibo *et al.*. Performance of optical limiting in PDATS with ps pulse. *Acta Optica Sinica* (光学学报), 1994, **14**(12): 1329~ 1332 (in Chinese)

Optical Limiting Effect Resulted from Single Photon Absorption in PDA Composites

Wang Jianghong¹ Shen Yuquan¹ Yu Congxuan² Song Yinglin³

¹*Institute of Photographic Chemistry, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101*

²*School of Chemical Engineering and Materials Science, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081*

³*Department of Physics, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001*

Abstract In this paper, with a Q switched Nd:YAG laser, the optical limiting in PDABS-1/ CCl_3 and HDABS-1/ CCl_3 solutions for ps and ns pulses is studied and proved to be resulted from single photon absorption.

Key words PDABS-1/ CCl_3 , single photon absorption, optical limiting