

PDATS 对 ps 脉冲的光限幅效应

宋 瑛 林 李 淳 飞 王 瑞 波 尹 祖 新

(哈尔滨工业大学应用物理系, 哈尔滨 150001)

余 从 焯 朱 培 旺

(北京理工大学化工系, 北京 100081)

摘 要 应用脉宽为 21 ps 脉冲, 波长为 532 nm 的激光脉冲研究了新型光限幅材料 5-(2-硫甲基-4-甲基-5-嘧啶基)-2, 4-戊二炔-1-醇的对甲苯磺酸酯的光限幅效应. 其优点是限幅幅值和限幅阈值低, 分别为 $E_c = 180 \text{ mJ/cm}^2$, $E_A = 150 \text{ mJ/cm}^2$; 可见光透射率高.

关键词 PDATS, 光限幅, 限幅阈值, 限幅幅值.

1 引 言

激光技术已在工业、农业、医疗、国防等领域获得了广泛的应用. 随着激光应用的发展, 对激光防护的需要也越来越迫切, 特别在激光加工和激光致盲武器的应用中急需保护眼睛不被破坏的快速响应防护器件. 目前世界各国研究的激光防护器件大都基于非线性光学原理, 如自散焦^[1]、非线性散射^[2]、光折变^[3]以及反饱和吸收^[4]光限幅效应. 实用的激光防护器要求对可见光具有高线性透射率, 低限幅阈值, 低限幅幅值, 快响应速度和防护波段宽等特点. 目前尚无一种光限幅材料可以同时达到上述指标. 人工合成的 C_{60} 比较引入注目^[5~8]. 作者曾研究 C_{60} 甲苯溶液、 C_{60} 掺杂聚合物的反饱和吸收光限幅效应^[9~11], 其优点是器件结构简单、防护波段宽、响应时间快, 但是在较高的可见光线性透射率下, 限幅效果不理想. 最近作者研究了一种新型光限幅材料 5-(2-硫甲基-4-甲基-5-嘧啶基)-2, 4-戊二炔-1-醇的对甲苯磺酸酯(5-(2-methylthio-4-methyl-5-pyrimidinyl)-2, 4-pentadiyne-1-ol tosylate, 简称 PDATS)的光限幅效应, 与 C_{60} 甲苯溶液相比, 它在保持高线性透射率(87%)的条件下, 仍具有较低的限幅幅值和限幅阈值.

2 实 验

PDATS 是由朱培旺等人合成的有机非线性光学材料. 材料合成工艺简单, 产率高, 而且易于聚合, 具有良好的热稳定性, 样品为棕黄色固体, 熔点为 114°C ; PDATS 的氯仿溶液为金黄色. 分子结构式如图 1 所示, 具有一维共轭结构, 嘧啶环为取代基, 电子离域性强, 因而

三阶非线性比较大. 经质谱测试, PDATS 的分子量为 372. 红外光谱测试得到了六条谱线: 2250 cm^{-1} (C-C); 1560 cm^{-1} , 1510 cm^{-1} (芳环); 1175 cm^{-1} ($-\text{SO}_2-$); 990 cm^{-1} , 800 cm^{-1} (S-O-C). 图 2 为 PDATS 的吸收光谱, 共振峰在紫外, 截止波长在 334 nm , 非共振区覆盖了可见光和近红外波段. 基态吸收很弱, 因而其光限幅器件可以具有较高的可见光线性透射率.

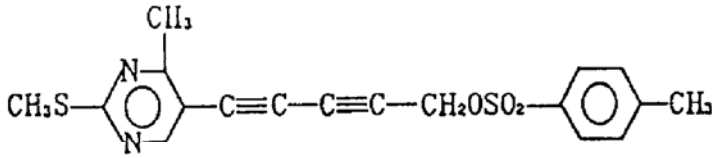


Fig. 1 The molecular structure of PDATS

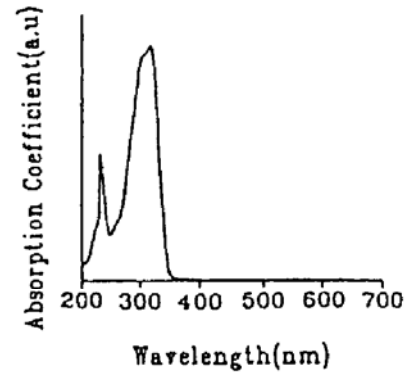


Fig. 2 Absorption spectrum of PDATS

实验样品为 PDATS 氯仿溶液, 盛于厚度为 0.5 cm 的比色皿中, 线性透射率为 87% . 激发光源为 Continuum 公司的 ns-ps 调 Q 倍频 Nd:YAG 脉冲激光系统, 激发波长为 532 nm , 脉宽 21 ps , 重复频率 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, 监测入射激光能量密度的变化; 另一束作为入射光, 经透镜聚焦后入射到介质上输出, 输出光由透镜收集到探测器中. 透镜焦距为 9 cm , $1/e^2$ 光强处光斑半径为 $36\text{ }\mu\text{m}$. 入射和透射光能量均由 Laser Precision Corp. 的能量/功率计监测, 由两个 RJP-370 探头接收. 调整减光棒, 连续改变入射光的能量大小, 测量透射激光能量、透射率的变化.

3 结论及讨论

目前有关光限幅的各项参数尚无统一的标准. 为简单起见, 作者讨论理想的光限幅效应. 理想的限幅效果见图 3, 定义 E_{th} 为光限幅的输入阈值, 简称为限幅阈值 (Limiting Threshold), 定义 E_c 为光限幅的输出幅值, 简称为限幅幅值 (Clampet Output).

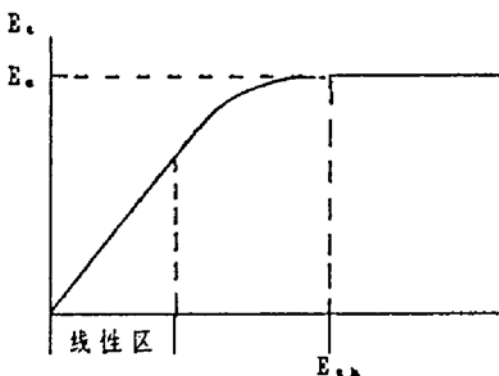


Fig. 3 Illustration of optical limiting

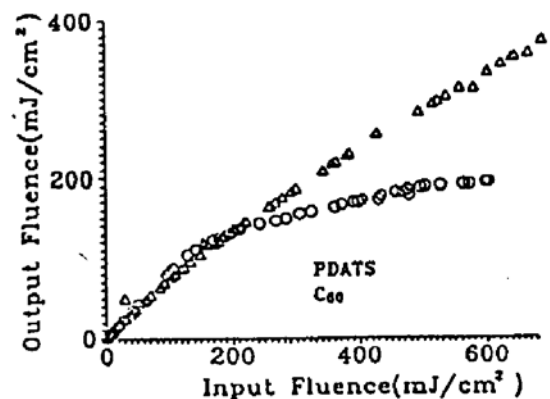


Fig. 4 Curve of output fluence versus input fluence

图 4 为 PDATS 氯仿溶液的光限幅特性曲线, 图中符号 Δ 表示 C_{60} 甲苯溶液的相同条件下的光限幅实验结果. 结果表明 PDATS 氯仿溶液对脉宽为 ps 量级的激光具有良好的限幅效果. 其最突出的优点是在保持高线性透射率 (87%) 条件下, 限幅阈值和限幅幅值比较低, 分别为 $E_{th} = 150\text{ mJ/cm}^2$, $E_c = 180\text{ mJ/cm}^2$. 在有机材料中, C_{60} 甲苯溶液的反饱和吸收光限幅的限幅幅值是比较低的^[5], 但是在保持高线性透射率的条件下, PDATS 的限幅阈值和限幅幅值

低于 C_{60} . 下面简单分析一下 PDATS 的限幅机理.

一般有机分子中都存在激发态能级. 当激发态的吸收截面小于基态吸收截面时介质的吸收为饱和吸收, 在高光强下, 介质吸收饱和, 输出光强随输入光强的增加而线性增加; 当激发态吸收截面大于基态吸收截面而且激发态和基态可以吸收同频率光子时, 介质的吸收系数随输入光强的增加而增加, 输出光强被限制在一定的光强范围内而不再变化, 这就是所谓的反饱和吸收现象. 激发态的吸收截面与基态吸收截面之比越大, 其反饱和吸收光限幅的限幅幅值就越低^[12]. 图 5 为透射率变化曲线. 在低光强下, 随入射光强的增加, 透射率基本不变, 相对应的吸收系数也不变; 入射光强达到一定阈值后, 透射率迅速下降, 吸收系数迅速增加. 可以认为光限幅效应主要来源于 PDATS 的反饱和吸收. PDATS 的限幅效果优于 C_{60} 的主要原因就是它的激发态吸收截面与基态吸收截面的比高于 C_{60} 的激发态吸收截面与基态吸收截面的比. 它的吸收截面及其它的激发态光物理参量有待进一步测定.

总之, 实验结果表明, PDATS 氯仿溶液具有良好的光限幅特性, 具有高的线性透射率, 是一种比较理想的光限幅材料.

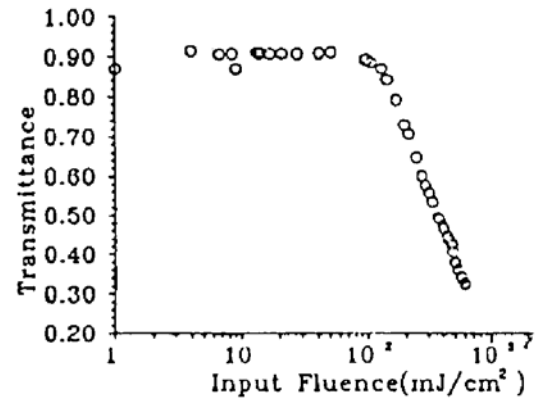


Fig. 5 Curve of transmittance versus input fluence

参 考 文 献

- [1] R. C. C. Leite, S. P. S. Porto, P. C. Damen, The thermal lens effect as a power-limiting device. *Appl. Phys. Lett.*, 1967, **10**(3): 100~101
- [2] K. Mansour, M. J. Soileau, E. W. Van Stryland, Nonlinear optical properties of carbon-black suspensions(ink). *J. Opt. Soc. Am. (B)*, 1992, **9**(7): 1100~1109
- [3] M. C. Golomb, A. Yariv, Optical limiters using photorefractive nonlinearities. *J. Appl. Phys.*, 1985, **57**(11): 4906~4910
- [4] W. Blau, H. Byrne, W. M. Dennis *et al.*, Reverse saturable absorption in tetraphenylporphyrins. *Opt. Comm.*, 1985, **56**(1): 25~29
- [5] L. W. Tutt, Alan Kost, Optical limiting performance of C_{60} and C_{70} solution. *Nature.*, 1992, **356**: 255~256
- [6] M. P. Joshi, S. R. Mishra, H. S. Rawat *et al.*, Investigation of optical limiting in C_{60} solution. *Appl. Phys. Lett.*, 1993, **62**(15): 1763~1765
- [7] B. L. Justus, Z. H. Kafafi, A. L. Huston, Excited-state absorption-enhanced thermal optical limiting in C_{60} . *Opt. Lett.*, 1993, **18**(19): 1603~1605
- [8] F. Bentivegna, M. Canva, P. Georges *et al.*, Reverse saturable absorption in solid xerogel matrices. *Appl. Phys. Lett.*, 1993, **62**(15): 1721~1723
- [9] 李淳飞, 张雷, 王瑞波等, C_{60} 介质反饱和吸收动力学与光限幅特性. *物理学报*, 1993, **14**(8): 1236~1244
- [10] 宋瑛林, 王瑞波, 殷凤田等, C_{60} /PMMA 复合材料的反饱和吸收与光限幅特性研究. *光子学报*, 1994, **23**(2): 97~100
- [11] 宋瑛林, 杨森, 王瑞波等, C_{60} 对 ps 脉冲的限幅效应. *中国激光*, 1994, **A21**(8): 653~656
- [12] 李淳飞, 王惠, 杨森等, 酞菁铜非共振反饱和吸收的稳态特性. *光学学报*, 1993, **13**(3): 219~223

Performance of Optical Limiting in PDATS with ps Pulse

Song Yinglin Li Chunfei Wang Ruibo Yin Zhuxin

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

Yu Congxuan Zhu Peiwang

(*Department of Chemical Engineering, Beijing University of Science and Engineering, Beijing 100081*)

(Received 26 December 1993; revised 1 March 1994)

Abstract Optical limiting in 5- (2-methylthio-4-methyl-5-pyrimidinyl)-2,4-pentadiyne-1-ol tosylate (PDATS) in solution was performed using 21 ps laser pulses at 532 nm wavelength. By employing this material with high linear transmittance, low threshold and low clamped output of $E_{th} = 150 \text{ mJ/cm}^2$ and $E_c = 180 \text{ mJ/cm}^2$, respectively were obtained.

Key words PDATS, optical limiting, limiting threshold, clamped output.