

4, 4'-二甲氨基二苯乙烯 532 nm 处双光子吸收光限幅特性实验研究

王 骥 刘春玲 王 军 赵晓彦 查子忠

(哈尔滨工业大学光电子技术研究所, 可调谐激光国家重点实验室, 哈尔滨 150001)

摘 要 报道 4, 4'-二甲氨基二苯乙烯 532 nm 处双光子吸收光限幅特性的实验结果。在甲苯及丙酮溶液中, 双光子吸收截面分别为 $11.92 \times 10^{-47} \text{ cm}^4 \cdot \text{s}/\text{photon}$ 和 $4.78 \times 10^{-47} \text{ cm}^4 \cdot \text{s}/\text{photon}$ 。

关键词 双光子吸收, 光限幅, 4, 4'-二甲氨基二苯乙烯。

随着有机分子设计与合成技术的发展, 双光子吸收材料在光限幅领域的应用潜力引起了人们的关注。作为典型的共轭体系, 反对称二苯乙烯衍生物的非线性光学性质^[1]曾得到大量的理论及实验研究。最近, Ehrlich 等^[2]从实验上观察到双推电子基团取代的二苯乙烯衍生物具有很强的双光子吸收效应, 这为选择与设计性能优异的三阶非线性光学材料提供了新的分子体系类型。为系统研究分子结构对材料三阶非线性光学性质的影响规律, 我们设计了一系列由烷基、烷氨基及苯基取代的二苯乙烯衍生物, 首先应用半经验量子化学理论对它们的双光子吸收特性进行理论预测, 然后选择其中部分化合物进行了材料合成及性能测试。本文给出 4, 4'-二甲氨基二苯乙烯的实验研究结果, 本材料对目前大量使用的 532 nm YAG 倍频激光具有很好的双光子吸收光限幅特性。

4, 4'-二甲氨基二苯乙烯(BDMAS)的分子结构示于图 1。配成浓度分别为 $0.5 \times 10^{-2} \text{ M/L}$

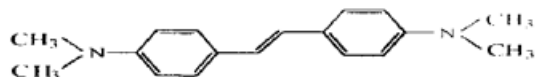


Fig. 1 Molecular structure of 4, 4'-bis
(dimethylamino) stilbene (BDMAS)

和 $1 \times 10^{-2} \text{ M/L}$ 的甲苯和丙酮溶液, 置于厚度为 1 cm 的石英池中, 532 nm 处线性透射率都约为 77%。光限幅性能测试采用开孔 Z 扫描实验装置。光源为调 Q Nd:YAG 脉冲激光系统, 倍频输出激光波长 532 nm, 脉宽 8 ns, 实验中单脉冲工作, 以保证每个激光脉冲都能遇到新的试样分子, 从而消除光解及热效应的不良影响。能量测量使用 Newport 公司的 818J-25B 探头。通过调节减光元件使输入激光能量由小到大变化, 直到样品池发出噼啪声时停止实验, 得到 4, 4'-二甲氨基二苯乙烯甲苯及丙酮溶液的光限幅特性曲线分别如图 2(a) 和图 2(b) 所示。

利用最小二乘法对实验数据进行多项式拟合, 拟合曲线如图 2 中虚线所示。已知双光子吸收的输出光强 I_0 与输入光强 I_i 满足下列关系^[3]:

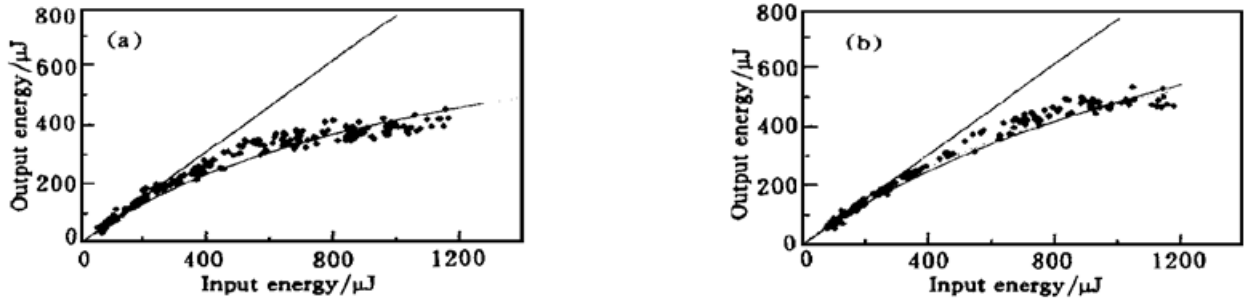


Fig. 2 The experimental results of optical limiting at 532 nm. (a) BDMAS in toluene, (b) BDMAS in acetone

$$I_i/I_0 = \exp(\alpha L) + \frac{\exp(\alpha L) - 1}{\alpha} \beta I_i, \quad (1)$$

式中 L 为样品厚度, β 为双光子吸收系数, 线性吸收系数 $\alpha = -(1/L) \ln T_L$, T_L 为线性透射率。当 $\beta = 0.96 \text{ cm/GW}$ 和 0.77 cm/GW 时, 由(1)式得到的输入与输出关系分别在图 2(a) 和图 2(b) 中以实线形式给出, 直线的斜率表示线性透过率。多项式拟合结果与理论曲线相吻合, 因此可断定本文中所测量到的光限幅效应源于材料的双光子吸收。

双光子吸收截面 δ 与 β 的关系如下^[3]:

$$\delta = h\nu\beta/N_A C, \quad (2)$$

N_A 为阿伏伽德罗常数, C 为样品摩尔浓度, $h\nu$ 为光子能量。通过上式可得到 532 nm 处 4,4'-二甲氨基二苯乙烯在甲苯及丙酮溶液中的双光子吸收截面分别为 $11.92 \times 10^{-47} \text{ cm}^4 \cdot \text{s/photon}$ 和 $4.78 \times 10^{-47} \text{ cm}^4 \cdot \text{s/photon}$ 。

通过理论计算得到 4,4'-二甲氨基二苯乙烯的双光子吸收相对于 4,4'-二丁氨基二苯乙烯将出现光谱蓝移, 双光子吸收截面虽略有减小但仍在同一量级。据文献[2]报道, 4,4'-二丁氨基二苯乙烯在波长 600 nm 处的双光子吸收截面为 $17.7 \times 10^{-47} \text{ cm}^4 \cdot \text{s/photon}$, 明显高于现有其它同类材料。本文的研究结果表明, 4,4'-二甲氨基二苯乙烯具有与其量级相当的双光子吸收, 而且具有波长优势。综合文献[2]研究结果, 实验规律与理论预测相一致。为在相同实验条件下进行比较, 另一种化合物的实验工作正在进行, 关于实验和理论工作的系统研究结果以后将作进一步详细报道。

参 考 文 献

- [1] Kogej T, Beljonne D, Meyers F *et al.*. Mechanisms for enhancement of two-photon absorption in donor-acceptor conjugated chromophores. *Chem. Phys. Lett.*, 1998, **298**(1): 1~6
- [2] Ehrlich J E, Wu X L, Lee I Y S *et al.*. Two-photon absorption and broadband optical limiting with bis-donor stilbenes. *Opt. Lett.*, 1997, **22**(24): 1843~1845
- [3] Bhawalkar J D, He G S, Prasad P N *et al.*. Nonlinear multiphoton processes in organic and polymeric materials. *Rep. Prog. Phys.*, 1996, **59**(9): 1041~1070