

一种新的高分子聚合物光限幅特性的实验研究

王希英¹, 侯立华², 田贵才², 刘成有²

(1. 白城师范专科学校物理系, 吉林 白城 137000;

2. 通化师范学院物理系, 吉林 通化 134002)

摘要: 报道了一种具有 $\sigma - \pi$ 电子共轭轨道的硅聚合物的光限幅特性。在 532nm 波长, 测量了不同浓度下样品的透射率与光强的关系。实验结果指出该聚合物具有较好的光限幅特性。利用 Z 扫描方法测定了该样品的有效双光子吸收系数 $\beta = 3.5 \times 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{W}$ 。

关键词: 光限幅; 聚合物; Z 扫描; 双光子吸收

中图分类号: Q631.24 **文献标识码:** A

1 实验

高分子聚合物在化学及物理学中占有重要的地位, 在许多光学应用研究中更是十分活跃, 例如, 光存贮、光限幅^[1-2]等。本文报道一种具有 $\sigma - \pi$ 共轭电子轨道的聚合物光限幅特性研究。该化合物 σ 共轭单元为硅聚合物而 π 共轭系统由 2', 2'-吡啶-5, 5' 双基联钌络合物组成。

聚合物的合成方法见文献[3]。其结构式如图 1 所示。

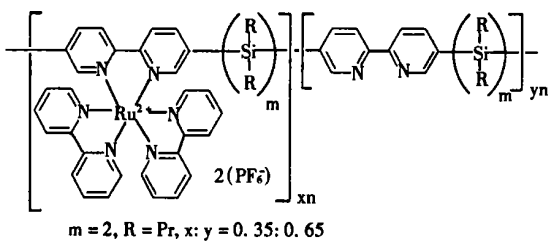


Fig. 1 Structure of the polymer, poly(disilanylene-2, 2'-bipyridine-5, 5'-diyl) ruthenium complex

该聚合物紫外到可见区吸收光谱如图 2 所示。由图可见吸收最大值出现在 293nm 附近, 而另次极大吸收出现在 460nm 处。在 400nm ~ 600nm 范围内吸收较低。

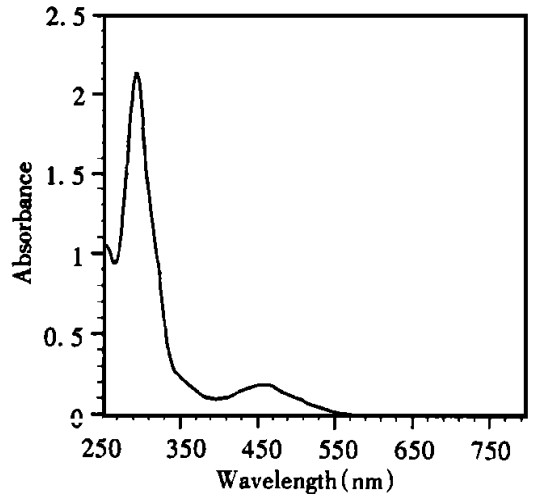


Fig. 2 UV-vis spectra of the polymer in chloroform

所需样品溶于三氯甲烷溶液中。实验装置如文献[4]所示, 光源由一调 Q YAG 倍频激光系统提供。(Spectra-physics GCR250-10) 波长 532nm, 脉冲宽度 7ns, 重复频率 10Hz, 输出激光由望远系统准直后形成直径 2mm 的激光束, 窗口为石英的样品室光学路径长 10mm, 入射到样品上的激光强度可由半波片与偏振片所组成的系统来控制, 光强大小由能量计 (RF 735, laser Precision Corp, USA) 测量。

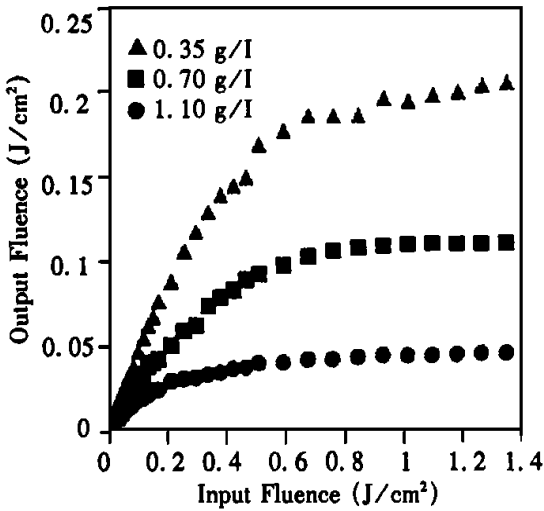
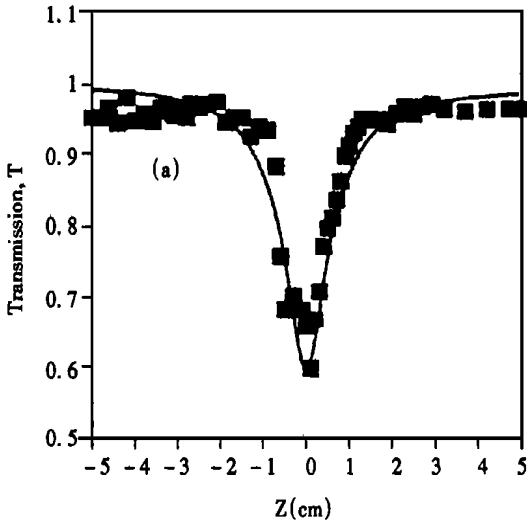
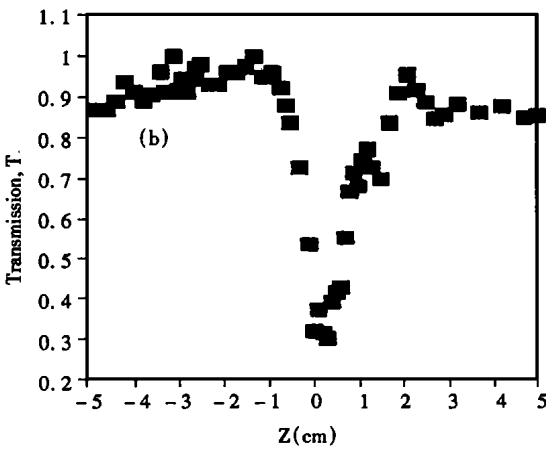


Fig. 3 Input versus output fluences of the sample for 7ns, 532nm laser pulses at three concentrations in a 10mm cell.



(a) open aperture;



(b) closed aperture Z-scan data

Fig. 4 Solid curves corresponding to the experimental data theoretically

我们完成三种不同的样品浓度下的实验, 浓度分别为 0.35g/L, 0.70g/L 和 1.10g/L。实验结果如图 3 所示。由此得到线性透过率分别为 48.0%, 30.0% 和 18%。在三种条件下, 透射光强分别被钳位于 0.20J/cm², 0.10J/cm², 0.04J/cm²。由此我们可见光限幅特性非常好, 并且钳位光强的大小与样品浓度线性相关。

由实验曲线可见对低浓度样品, 光限幅的临界光强为 0.5J/cm², 而在高浓度情况时, 当光强大于 0.2J/cm² 光限幅特性即可发生, 这一结果预示着当样品浓度增加后光限幅的阈值随之降低。

为了研究光限幅的起源, 我们采用标准的 Z 扫描方法对样品的透射特性进行了研究。所用激光经 $f = 200\text{mm}$ 透镜聚焦后形成束腰约为 50 μm 的高斯光束, 样品室光学路径长 1mm, 置于一高精度可移动平台上, 样品浓度为 0.7g/L, 光腰处最大光强为 $5 \times 10^8 \text{W/cm}^2$, 样品的线性吸收约为 $\alpha = 0.09\text{cm}^{-1}$ 。透射信号由光电二极管与数字存储示波器 (LeCroy9362) 组成的系统完成。

实验所得透射率 $T = \frac{I_0}{I_i}$ 与样品位置之间的关系曲线如图 4(a)、(b) 所示。a 及 b 分别对应于开孔及闭孔 Z 扫描结果。

由图可见, 非线性吸收对样品的透射率影响较大, 其线性透射与非线性透射差别约为 40%,

若假设总吸收系数为

$$\alpha = \alpha_0 + \beta I$$

其中 α_0 为线性吸收系数, β 为非线性吸收。

由非线性光学理论可知三阶极化率 $\chi^{(3)}$ 满足关系式

$$\text{Im}(\chi^{(3)}) = (n_0 \epsilon_0 c)^2 \beta / \omega$$

其中 n_0 和 ϵ_0 为真空中样品的折射率及介电常数, c 和 ω 为真空中的光速及角频率, 由理论对实验曲线拟合后可得 $\beta = 3.5\text{cm/GW}$, 若取样品的折射率近似于三氯甲烷的折射率值则可得到

$$\text{Im}(\chi^{(3)}) = 1.86 \times 10^{-10} \text{esu}$$

2 结 论

我们完成一种特殊合成的高分子 Poly (didilanyl-ene-2, 2'-bipyridine5, 5'-diyl) 钆高分子聚合物非线性光限幅特性的实验研究, 结果发现在可见光区虽然样品的线性吸收较小, 但非线性吸收却相当大, 作为一种光限幅材料它将具有一定的应用价值。

感谢日本理化学研究所提供的实验条件使实验顺利完成。

参考文献:

- [1] Tutt L W, Kost A. Optical limiting performance of C_{60} and C_{70} solutions[J]. Nature, 1992, (356): 225- 226.
- [2] Van styland E W, Vanherzeele H, Woodall M A, Soileau M J, Guha S A L, Boggess T F. Two photon absorption, nonlinear refraction and optical limiting in semiconductors[J]. J. Opt. Soc. Am, 1985, B9: 2065- 2074.
- [3] Tokura S, Yasuda T, Segawa Y, et al. Novel δ - π alternating polymers having 2, 2'-bipyridyl in the polymer backbone and their ruthenium complexes[J]. Chem. Lett, 1997, 1163.
- [4] Kost A, Tutt L, Klein M B. Optical limiting with C_{60} in polymethyl methacrylate[J]. Opt. Lett, 1993, 18: 344- 366.
- [5] Shen Y R. The principles of nonlinear optics[M]. New York: Wiley, 1984.

Optical limiting properties of α^0 - π high molecular polymer

WANG Xi ying¹, HOU Li hua², TIAN Gui cai², LIU Cheng-you²

(1. Department of Physics, Baicheng Normal College, Baicheng 137000, China;

2. Department of Physics, Tonghua Normal College, Tonghua 134002, China)

Abstract: The paper describes optical limiting properties of Si polymer with α^0 - π electron conjugate tracks. The transmissivity and light intensity of the sample in different concentrations at 532nm had been measured. The results show that the polymer is characterized by good optical limiting properties. Finally, an effective two photon coefficient $\beta= 3.5 \times 10^9$ cm/W measured by Z-scanning method is given.

Key words: optical limiting; polymer; Z-scan; two photon absorption

作者简介: 刘成有(1959-), 男, 吉林白山市人, 1989年中国科学院长春光学精密机械与物理研究所硕士毕业, 1995年留学日本, 1999年回国, 现主要从事非线性光学及光化学研究。