

研究快报

## 一种蓝色聚合物激光材料\*

刘星元<sup>a, c)</sup> 王淑梅<sup>c)</sup> 刘 云<sup>a)</sup> 赵家民<sup>a)</sup> 吴东江<sup>a)</sup>  
宁永强<sup>a)</sup> 王立军<sup>\* \* c)</sup> 武胜利<sup>a)</sup> 王利祥<sup>b)</sup> 景遐斌<sup>b)</sup>  
王佛松<sup>b)</sup> 梁春军<sup>a)</sup> 赵东旭<sup>a)</sup> 洪自若<sup>a)</sup> 李文连<sup>a)</sup>

<sup>a)</sup> (中国科学院长春物理研究所, 长春 130021)

<sup>b)</sup> (中国科学院长春应用化学研究所, 长春 130021)

<sup>c)</sup> (中国科学院激发态物理开放研究实验室, 长春 130021)

关键词 聚合物, 受激发射, 激光材料

聚合物作为一种有机发光材料, 由于在平板显示和光电子器件中的良好应用前景而受到广泛研究<sup>[1-2]</sup>. 近年来, 一个重要进展是在聚合物中观测到了受激发射(简称 Polymer 激光)现象<sup>[3-6]</sup>. Polymer 激光最早是在溶液中实现的<sup>[3-4]</sup>. 作为一种新型的激光材料, 其优异的性能立即引起了人们的注意. 与小分子染料相比, 聚合物具有以下优点: 受激发射截面  $\alpha$  大, 典型的  $\alpha = 10^5 \text{ cm}^{-1}$ ; 通过修饰共轭主链上的取代基或共轭链长等方法, 可以获得不同波长的发射光, 因而, 发射光谱在可见区各波段的材料来源极其丰富; 很多聚合物在固态下的荧光量子效率仍很高, 可作为固体激光材料; 具有良好的导电性能, 在研制有机激光二极管方面, 具有极大潜力. 最近两年, 很多研究组报导以聚合物薄膜为激光介质, 采用微腔结构或波导结构, 在光泵浦条件下实现了谱线窄化和受激发射<sup>[5-6]</sup>. Polymer 激光的研究成为人们关注的焦点.

目前, 已经实现受激发射的聚合物材料多为具有较高荧光效率的共轭聚合物, 其他结构的聚合物鲜有报导. 在共轭聚合物中引入非共轭链段, 不但能获得短波长的蓝色发光, 还可以大大提高聚合物的荧光量子效率<sup>[7-8]</sup>. 本文以一种具有 PPV 发光链段和脂肪柔性链段交替的共聚物 CNMBC-Ph 为激活介质, 成功地获得了蓝色的 Polymer 激光.

实验方法如下, 把浓度为  $1.3 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$  的 CNMBC-Ph 的氯仿溶液作为激活介质, 放在液体池中. 增益长度为 10mm. 泵浦光采用主动锁模 Nd:YAG 激光器输出的三倍频激光, 波长为 355nm, 脉宽 300ps. 采用横向泵浦方式, 泵浦光经柱面透镜聚焦在聚合物溶液上. 激光谐振腔由两个平面镜组成, 一个是全反镜, 由平面铝镜构成, 另一个是输出耦合镜, 采用的是抛光的平面玻璃. Polymer 激光器的原理示意图以及 CNMBC-Ph 的化学结构如图 1 所示.

\* 中国科学院“九五”重大项目, 国家自然科学基金重大项目和杰出青年基金(29725410)资助课题

\* \* 通信联系人

1999年3月14日收到

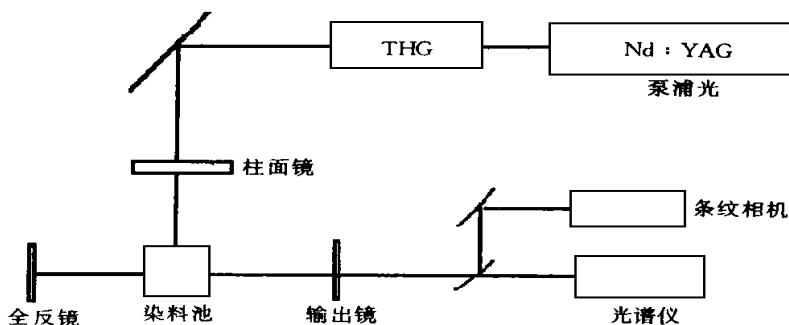
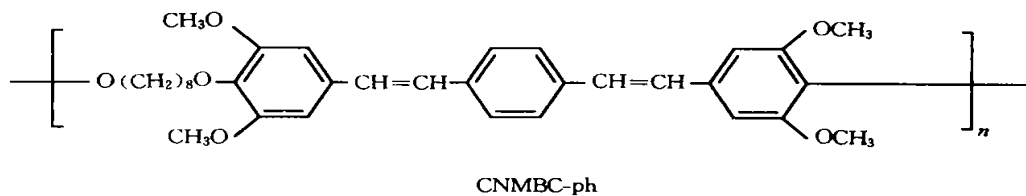


图1 CNMBC-Ph 的化学结构以及 Polymer 激光器的原理示意图

Fig. 1 Chemical structure of CNMBC-Ph and a schematic diagram of polymer laser.

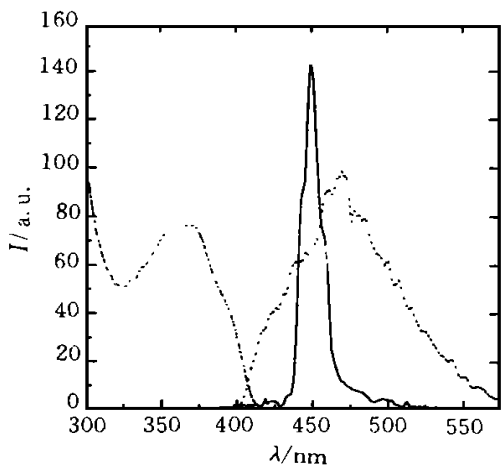


图2 CNMBC-Ph 氯仿溶液的吸收光谱(dash)、荧光光谱(dot)和激光发射谱(line)

Fig. 2 Absorption (dash), photoluminescence emission (dot) and lasing spectra (solid line) of CNMBC-Ph in chloroform solution.

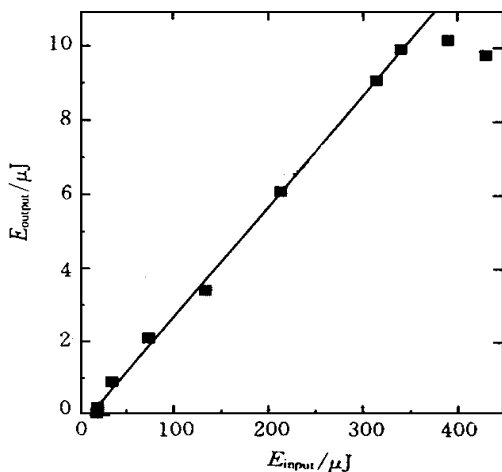


图3 聚合物激光器的输入输出能量曲线

Fig. 3 Polymer laser output pulse energy vs pump pulse energy.

图2给出了 CNMBC-Ph 氯仿溶液的吸收光谱、荧光光谱和激光发射谱。由图2可知, CNMBC-Ph 有一个峰值位于360nm 的吸收带。在低强度泵浦下, 溶液发出蓝色的荧光, 发射峰在460nm 左右。可见 stokes 位移较大, 材料的自吸收很小。聚合物激光器和常见的小分子染料激光器一样, 属于四能

级激光系统. 在适当的泵浦强度下, 可以观察到聚合物激光器输出的方向性较好的蓝色激光. 激光发射谱的峰值在450nm附近, 半高全宽为15nm. 发散角约6mrad. 图3给出了聚合物激光器的能量输出特性. 由图可知, 当泵浦能量低于340 $\mu$ J时, 激光器的输入输出能量基本呈线性关系. 能量转换效率为3.4%. 高于这个能量时, 激光器的输出达到饱和. 该聚合物激光器的阈值功率密度约为2.8MW/cm<sup>2</sup>. 通过条纹相机测量了溶液的荧光和激光脉冲的时间衰减特性, 如图4所示. 得到CNMBC-Ph在氯仿溶液中的荧光寿命为1.1ns, 激光的脉宽(半高全宽)约为300ps. 聚合物激光器的最大峰值输出功率可达40kW.

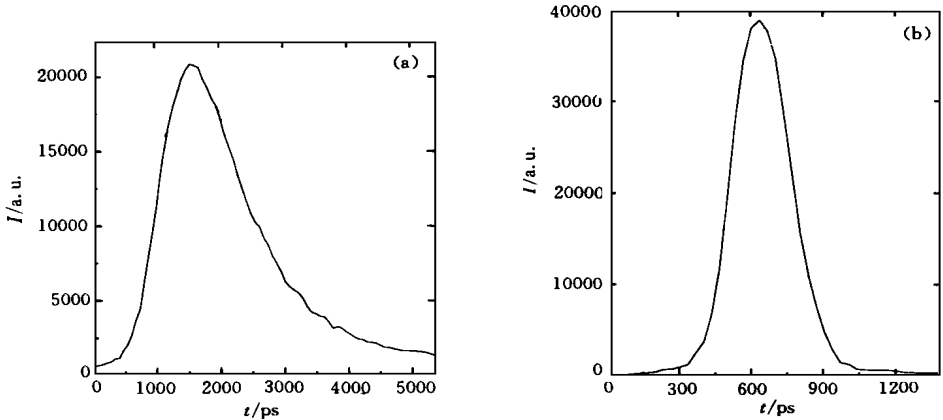


图4 CNMBC-Ph 氯仿溶液的荧光(a)和激光(b)脉冲的瞬态特性

Fig. 4 Temporal behaviors of PL(a) and lasing(b) of CNMBC-Ph in chloroform solution.

总之, 以聚合物 CNMBC-Ph 的氯仿溶液作为增益介质, 制备了聚合物激光器. 获得了蓝色的激光发射. 该材料在固体薄膜中的受激发射行为正在研究.

## 参 考 文 献

- [ 1 ] Burroughes J H, Bradley D D C, Brown A R *et al*, Nature, 1990, **347**: 539.
- [ 2 ] Braun D, Heeger A J. Appl. Phys. Lett., 1991, **58**: 1982.
- [ 3 ] Moses D. Appl. Phys. Lett., 1992, **60**: 3215.
- [ 4 ] Brouwer H J, Krasnikov V V, Hiberer A *et al*, Appl. Phys. Lett., 1995, **66**: 3404.
- [ 5 ] Zenz C, Graupner W, Tasch S *et al*, Appl. Phys. Lett., 1997, **71**: 2566.
- [ 6 ] Hide F, Diaz-Garcia M A, Schwarta B J *et al*, Science, 1996, **273**: 1833.
- [ 7 ] Yang Z, Sokolik I, Karasz F E. Macromolecules, 1993, **26**: 1188.
- [ 8 ] Hu B, Yang Z, Karasz F E. J. Appl. Phys., 1994, **76**: 2419.

# A COPOLYMER LASER MATERIAL WITH A BLUE STIMULATED EMISSION

Liu Xingyuan<sup>a,c)</sup> Wang Shumei<sup>c)</sup> Liu Yun<sup>a)</sup> Zhao Jiamin<sup>a)</sup> Wu Dongjiang<sup>a)</sup>  
Ning Yongqiang<sup>a)</sup> Wang Lijun<sup>c)</sup> Wu Shengli<sup>a)</sup> Wang Lixiang<sup>b)</sup> Jing Xiabin<sup>b)</sup>  
Wang Fosong<sup>b)</sup> Liang Chunjun<sup>a)</sup> Zhao Dongxu<sup>a)</sup> Hong Ziruo<sup>a)</sup> Li Wenlian<sup>a)</sup>

<sup>a)</sup> (*Changchun Institute of Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130021*)

<sup>b)</sup> (*Changchun Institute of Applied Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022*)

<sup>c)</sup> (*Laboratory of Excited State Processes, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130021*)

## Abstract

An organic laser based on the soluble conducting polymer, Poly[1,8-octanedioxy-2,6-dimethoxy-1,4-phenylene-1,2-ethenylene-1,4-phenylene-1,2-ethenylene-3,5-dimethoxy-1,4-phenylene] (CNMBC-Ph) has been fabricated. The laser was pumped by the light pulses from a third harmonic radiation of a Nd:YAG laser. The stimulated emission was achieved in the blue wavelength region with the peak at 450nm. The threshold power density is about  $2.8\text{ MW/cm}^2$ . The maximum peak power of the laser output achieves at about 40kW.

**Key words** polymer, stimulated emission, laser material