



电场调制下聚合物光波导的放大自发辐射

张波, 侯延冰*, 滕枫, 刘小君

北京交通大学光电子技术研究所, 发光与光信息技术教育部重点实验室, 北京 100044

* 联系人, E-mail: ybhoul@bjtu.edu.cn

收稿日期: 2009-07-23; 接受日期: 2009-08-13

教育部新世纪人才基金(编号: NCET-08-0717)、国家自然科学基金(批准号: 60777026, 60677007, 60825407)和“111”引智计划基金(编号: B08002)资助项目

摘要 报道了电场调制下的MEH-PPV光波导放大的自发辐射. 我们设计制备结构为ITO/SiO₂/MEH-PPV/SiO₂/Al多层光波导. 在脉冲激光激发下, MEH-PPV薄膜产生窄光谱的放大自发辐射. 在器件的ITO和Al两极间加上同步电脉冲, 随着脉冲电压的增加, 电场诱导的激子离化增强, 导致放大的自发辐射强度大幅度降低. 这种机制可以用于增益可调聚合物光波导放大器和光开关.

关键词

MEH-PPV

放大的自发辐射

电场调制

激子离化

近年来, 共轭聚合物因具有良好的成膜性、低驱动电压、高发光效率、可实现全色发光等优势, 在发光及平板显示方面已引起人们的广泛关注. 共轭聚合物受激发射截面、吸收系数较大、自吸收较小, 易于实现光泵浦下的粒子数反转, 在激光器和光放大器中具有很好的应用潜力^[1-4]. 共轭聚合物发光在电场作用下将发生发光猝灭现象^[5,6], 将电场应用于对聚合物激光的调制, 可以改变发光的强度, 有望应用于可调谐激光器和光开关等领域.

本文我们设计了具有双电极的光波导, 首次报道了在电场调制下 Poly[2-methoxy-5-(2'-ethylhexyl-oxy)-1,4-phenylenevinylene] (MEH-PPV)光波导的放大自发辐射(ASE)的性质. 实验所用器件的结构为ITO/SiO₂/MEH-PPV/SiO₂/Al(如图1所示). 用电子束热蒸发仪在清洁的ITO玻璃上镀一层SiO₂层, SiO₂层的厚度约为50 nm. 在SiO₂层上旋涂MEH-PPV层厚度约为150 nm. 用干燥箱70℃退火后再用电子束热蒸发仪蒸镀一层SiO₂, SiO₂层的厚度约为50 nm. 最后用热蒸发仪蒸镀一层铝电极作为器件的阴极, 厚度

约为70 nm. SiO₂/MEH-PPV/SiO₂形成的对称三层波导夹在ITO和Al两个电极中间. 当聚合物发光层受到泵浦光激发时, 由于MEH-PPV薄膜的折射率约为1.77, 比SiO₂的折射率($n=1.45$)高^[7], 满足形成波导的条件的光沿着光波导传输, 从端面输出. 而不满足光波导条件的光将透射过SiO₂层损耗掉.

泵浦光源采用可调谐 Nd:YAG 激光器, 激发波长为500 nm, 脉宽约5 ns, 重复频率为10 Hz. 实验中, 使用中性衰减片控制泵浦强度, 入射光通过焦距为10 cm的柱面透镜将泵浦光束汇聚成约0.5 mm宽的线状光斑对样品进行激发, 并利用可调狭缝控制线状光斑的长度, 线状光斑长轴方向与样品边垂直. ITO 电极和 Al 电极分别与脉冲电源输出正负极相连接, 调节脉冲电源的脉冲宽度和时间延迟, 使之与泵浦光的信号相同步, 从而达到利用电场对光致发光进行调制的目的.

MEH-PPV 薄膜的吸收光谱、荧光光谱与分子结构如图2所示, 其吸收光谱的吸收峰在494 nm. MEH-PPV 的荧光光谱有两个发光峰, 第一发光峰位

和实验结果符合得比较好. 电场强度的改变导致增益系数降低, 使得ASE强度降低. 将ASE电场猝灭机制应用于光波导放大器, 可以实现增益可调放大器. 当猝灭很强时, ASE将完全消失, 可以实现电控制下的光开关.

综上所述, 电场作用下, 放大的自发辐射产生高

场猝灭. 随着电场强度的增加, ASE猝灭很明显. 当电场强度增加到 0.9×10^6 V/cm时, ASE强度为无电场时强度的 43%. 与SE相比, ASE高场猝灭更为明显. MEH-PPV放大的自发辐射具有较高的电场离子化系数. 从而证明MEH-PPV可作为优良的可调谐激光材料和光放大器材料.

参考文献

- 1 Hide F, Schwartz B J, DiazGarcia M A, et al. Laser emission from solutions and films containing semiconducting polymer and titanium dioxide nanocrystals. *Chem Phys Lett*, 1996, 256(4/5): 424—430[DOI]
- 2 McGehee M D, Heeger A J. Semiconducting (Conjugated) polymers as materials for solid-state lasers. *Adv Mat*, 2000, 12(22): 1655—1668
- 3 Hide F, Diaz-Garcia M A, Schwartz B J, et al. Semiconducting polymers: A new class of solid-state laser materials. *Science*, 1996, 273: 1833—1836[DOI]
- 4 Samuel I D W, Turnbull G A. Polymer lasers: Recent advances. *Mater Tod*, 2004, 7: 28—35[DOI]
- 5 Hou Y, Koeberg M, Bradley D D C. Electric field-induced quenching of photoluminescence in blend of electron and hole transporting polyfluorene. *Synth Met*, 2003, 139: 859—862[DOI]
- 6 Szmytkowski J, Stampor W, Kalinowski J, et al. Electric field-assisted dissociation of singlet excitons in tris-(8-hydroxyquinolino) aluminum (III). *Appl Phys Lett*, 2002, 80(8): 1465—1467[DOI]
- 7 Awasthi K, limori T, Ohta N. Fluorescence of electron donor-acceptor pairs of *N*-ethylcarbazole and 1, 3-dicyanobenzene in the presence of electric field and magnetic field. *Chem Phys Lett*, 2009, 470: 219—223[DOI]
- 8 Wang X Y, Xu Y M, Zhang C P, et al. Calculation of optical parameter of MEH-PPV film. *Acta Photonica Sinica*, 2005, 34: 746—749
- 9 Frolov S V, Vardeny Z V, Yoshino K. Cooperative and stimulated emission in poly (p-phenylene-vinylene) thin films and solutions. *Phys Rev*, 1998, 57: 9141—9147
- 10 Kalinowski J, Stampor W, Di Marco P. Electromodulation of fluorescence in a crystalline organic photoconductor (thionaphthenindole). *J Chem Phys*, 1992, 96: 4136—4148[DOI]
- 11 Kalinowski J, Stampor W, Di Marco P. Electromodulation of luminescence in organic photoconductors. *J Electrochem Soc*, 1996, 143: 315—325[DOI]

Amplified spontaneous emission in conjugated polymer waveguide under modulation of electric field

ZHANG Bo, HOU YanBing*, TENG Feng, LIU XiaoJun

Key Laboratory of Luminescence and Optical Information, Ministry of Education, Institute of Optoelectronic Technology, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China

Amplified spontaneous emission (ASE) from poly [2-methoxy-5-(2'-ethylhexyl-oxy)-1, 4-phenylenevinylene] (MEH-PPV) film modulated by an electric field are reported for the first time. The device with slab structure of ITO/SiO₂/MEH-PPV/SiO₂/A was designed and fabricated. With the increasing intensity of electric field, the dissociation of excitons enhances and the intensity of ASE descends. This mechanism can be applicable to gain tuneable waveguide amplifier and optical switch.

MEH-PPV, amplified spontaneous emission, electric field induced quenching, exciton dissociation