

有机高亮度黄光发光二极管*

黄劲松 谢志元 杨开霞 李传南 侯晶莹 刘式墉

(集成光电子学国家重点联合实验室吉林大学实验区 长春 130023)

南 金 戴国瑞

(吉林大学电子工程系 长春 130023)

摘要 用有机小分子制备的高亮度黄光电致发光器件,在 19V 下器件亮度可达 $40000\text{cd}/\text{m}^2$,外量子效率达 3.4%.

关键词: 发光二极管, 黄光, 高亮度, 有机物

PACC: 7860F, 8120S

文章编号: 0253-4177(2000)01-0076-03

Highly Bright Yellow-Emitting Organic Diode*

HUANG Jin-song, XIE Zhi-yuan, YANG Kai-xia,
LI Chuan-nan, HOU Jing-ying and LIU Shi-yong

(National Integrated Optoelectronics Laboratory, Jilin University, Changchun 130023, China)

NAN Jin and DAI Guo-rui

(Department of Electronic Engineering, Jilin University, Changchun 130023, China)

Received 30 August 1998, revised manuscript received 8 January 1999

Abstract We have reported a yellow-emitting organic diode with high brightness. The maximum luminance of the device can reach to $40000\text{cd}/\text{m}^2$ at 19V with external quantum efficiency 3.4%.

* 国家自然科学基金(No. 69637010)和国家“863”高技术计划(No. 863-307-12-04(02))资助项目(Project Supported by National Natural Science Foundation under Grant No. 69637010 and by Chinese National High Technology (863) Plan under Grant No. 863-307-12-04-02 Project).

黄劲松 男, 1971 年出生, 1997 年起于吉林大学电子工程系攻读博士学位, 主要从事有机/聚合物电致发光器件的研究工作. 在国内外期刊及会议上已发表文章三十余篇.

谢志元 男, 1970 年出生, 1996 年起于吉林大学电子工程系攻读博士学位, 主要从事有机/聚合物电致发光器件的研究工作. 在国内外期刊及会议上已发表文章十余篇.

1998-08-30 收到, 1999-01-08 定稿

Key Words: Emitting Diode, Yellow, Highly Bright, Organic

PACC: 7860F, 8120S

Article ID: 0253-4177(2000)01-0076-03

1 引言

自从 Tang 等发表了低驱动电压、高效率、高亮度的有机薄膜电致发光器件以来,因其工艺简单、成本低、直流低压驱动,并且可以制成大面积的平板显示而成为当前显示器件的研究热点^[1-7]. 为了进一步提高器件的性能,除了在材料合成方面优化选择外,还在器件结构设计上采用载流子传输层和限制层,以及用掺杂发光层或载流子传输层的方法等改善载流子的注入和传输特性. 这种多层结构的器件已经被证明较单层结构的器件有更好的发光特性^[8]. 另外,用高量子荧光效率的染料掺杂发光层,不仅能大幅度地提高器件的发光亮度及发光效率^[9,10],而且对器件的稳定性也有改善^[11]. 本文采用掺杂发光层的方法制备的多层结构有机发光器件,器件的最大亮度超过 40000cd/m²,外量子效率达到 3.4%,据我们所知,这是目前国内有机器件性能的最佳报道.

2 实验

ITO 导电玻璃用作器件衬底,方块电阻为 20Ω/□,依次用甲苯、丙酮、乙醇擦洗和超声清洗,再用去离子水漂洗,最后用氧等离子体处理后待用. 器件的制备是在多源有机分子沉积系统中完成的. 在沉积过程中系统真空度维持在 1×10^{-4} Pa 左右,电子传输材料为 8-羟基喹啉铝 (Alq)、空穴传输材料为 2-甲苯-4-苯基联苯二胺 (TPD)、荧光染料 5,6,11,12-四苯基四苯并 (rubrene). 有机分子结构及器件结构如图 1 所示. 掺杂方法以共源蒸发的方式实现, rubrene 掺杂浓度为 5% (摩尔比). 器件发光面积为 2×2 mm². 亮度由美国 1980A 型亮度仪测试,发光光谱由日本 RF-5301Pc 型光谱仪测得. 所有的测试都是在室温大气中进行的.

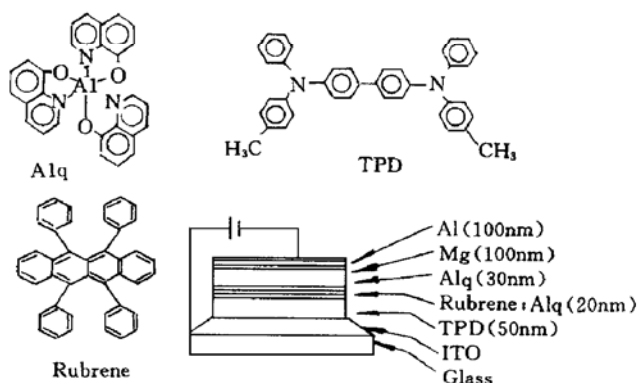


图 1 材料分子结构及器件结构

FIG. 1 Molecular Structure of Material and Structure of LED

3 结果与讨论

当给器件施加正向偏压时,在 2V 左右便有微弱的黄光发射出来,随着电压的增加,亮度迅速增加,到 19V 时,器件的亮度已超过 40000cd/m². 图 2 是器件的电致发光光谱 (EL), 发光峰值波长在 565nm, 这与 rubrene 的光致发光光谱 (PL) 的峰值波长一致. 由于 Alq 和 TPD 的 PL 谱峰值波长分别在 520nm 和 408nm, 因此黄光是从荧光染料 rubrene 中发射出来的.

我们还对未封装器件的寿命进行了测试 (如图 3 所示). 在恒定注入电流为 15mA/cm² (此时器件的亮度达到 500cd/m²) 的情况下,未封装器件在室温下大气中的半寿命达到 230h. 在相同的注入电流和相同测试条件下,比未掺杂器件的稳定性有了数量级的提高.

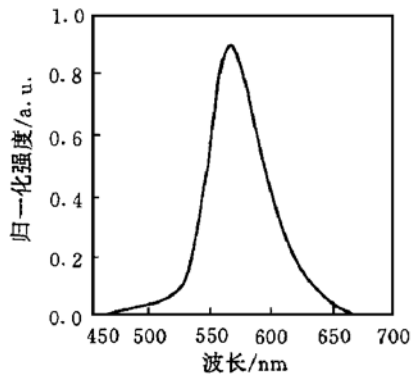


图 2 器件电致发光光谱
FIG. 2 EL Spectrum of LED

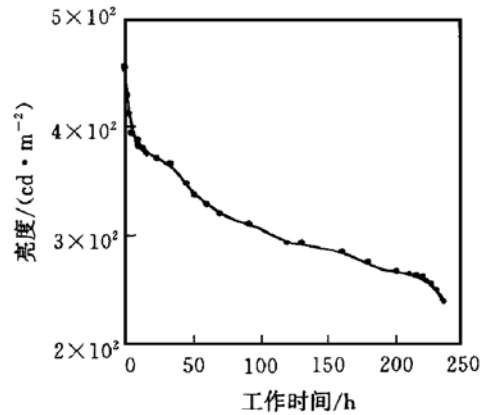


图 3 未封装器件半寿命测试曲线
FIG. 3 Luminance versus Operation Time

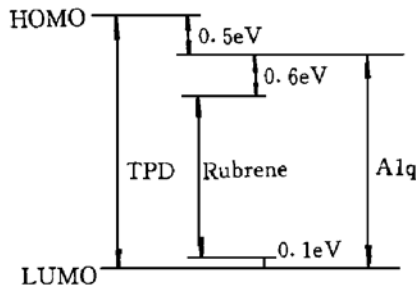


图 4 器件能级结构示意图
FIG. 4 Diagram of Energy Band
of LED

我们将器件性能的显著提高归功于 rubrene 的引入. 首先, 由于 rubrene 的 HOMO 和 LUMO 能级落在 Alq 的带隙中(如图 4 所示, 图中所示的能级是根据由循环伏安法测试的各种材料的能级绘出), 注入到掺杂 Alq 层中的电子和扩散到该层中的空穴被有效地限制在 rubrene 分子内, 提高了激子的形成几率, 降低了注入载流子的传输损耗. 第二, 由于发光层夹在空穴传输材料 TPD 层和电子传输材料 Alq 层之间, 远离电极, 避免了激子在 Alq 与电极界面处的淬灭. 第三, 由于我们选用的掺杂剂 rubrene 是一种很好的荧光染料, 它的量子荧光效率接近 100%^[12], 有效地提高了器件的电发光效率. 另外, 由于 rubrene 的引入, 减弱了有机分子间的相互作用力, 使 Alq 层的结构更趋于稳定, 而且 rubrene 是一种单氧淬灭剂, 它能有效俘获在有机薄膜中的单氧而延缓金属电极和其他有机分子的氧化, 从而提高了器件的稳定性.

参 考 文 献

- [1] C. W. Tang, S. A. Van Slyke, *Appl. Phys. Lett.*, 1987, **51**: 913.
- [2] C. W. Tang, S. A. Van Slyke, C. H. Chen, *J. Appl. Lett.*, 1989, **65**: 3610.
- [3] Y. Shirota, Y. Kuwabara, H. Inada, *Appl. Phys. Lett.*, 1994, **65**: 807.
- [4] C. Adachi, K. Nagai, N. Tamoto, *Appl. Phys. Lett.*, 1995, **66**: 2679.
- [5] 马於光, 唐建国, 刘式塘, 等, *半导体学报*, 1995, **16**: 524[Ma Yuguang, Tang Jianguo, Liu Shiyong *et al.*, *Chinese Journal of Semiconductors*, 1995, **16**(7): 524(in Chinese)].
- [6] J. S. Huang, K. X. Yang, Z. Y. Xie *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, 1998, **73**: 3348.
- [7] J. S. Huang, H. F. Zhang, H. Y. An *et al.*, *Chin. Phys. Lett.*, 1996, **13**: 944.
- [8] S. A. VanSlyke, C. H. Chen, C. W. Tang, *Appl. Phys. Lett.*, 1996, **69**: 2160.
- [9] Y. Hamada, T. Sano, K. Shibata *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 1995, **34**: L824.
- [10] A. R. Brown, D. D. C. Bradley, J. H. Burroughes *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, 1992, **61**: 2793.
- [11] Shi Jianmin, C. W. Tang, *Appl. Phys. Lett.*, 1997, **70**: 1665.
- [12] B. Stevens, B. E. Algar, *J. Phys. Chem.*, 1968, **72**: 2582.