

doi: 10.3788/lop47.052302

AND:Rubrene 发光层的有机电致白光器件

牛连斌 关云霞 孔春阳 任岳 黄琳琳 贾许望

(重庆师范大学物理学与信息技术学院重庆市高校光学工程重点实验室, 重庆 400047)

摘要 利用 9, 10-bis (2-naphthyl) anthracene (AND)掺杂 rubrene 作为器件单一发光层, 研制成功单层白光器件。器件在电流密度为 140 mA/cm^2 时, 电流效率达到 5.93 cd/A ; 当电压为 21 V 时, 该器件达到最高亮度 9300 cd/m^2 。器件发光色坐标为(0.32, 0.40), 且随着电压的变化发光色度始终处于白光区。这种器件的白色发射是来源于 AND(蓝色发射)和 rubrene(橙色发散)的混合发射。与此同时, AND 和 rubrene 二者之间会发生 Förster 能量传递。

关键词 光学器件; 白光器件; 有机电致发光; AND:rubrene; Förster 能量传递

中图分类号 TN383.1 OCIS 230.3670 260.2160 文献标识码 A

White Organic Light-Emitting Diodes Based on AND:Rubrene Light-Emitting Layer

Niu Lianbin Guan Yunxia Kong Chunyang Ren Yue Huang Linlin Jia Xuwang

(Chongqing Key Laboratory of Optical Engineering, College of Physics and Information Technology, Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China)

Abstract White organic light-emitting devices were fabricated by 9, 10-bis (2-naphthyl) anthracene (ADN) doped with rubrene. Multilayer organic devices using AND and rubrene as an emitting layer produce white emissions with good chromaticity and current efficiency of 5.93 cd/A at 140 mA/cm^2 . A maximum luminance of 9300 cd/m^2 is obtained at the driving voltage of 21 V . The Commission Internationale de L'Eclairage coordinates of the white emission are in the white zone (0.32, 0.40). This performance can be explained by Förster energy transfer from the blue-emitting host to the orange-emitting dopant.

Key words optical devices; white light devices; organic electroluminescence; AND:rubrene; Förster energy transfer

1 引言

白色有机电致发光器件(WOLED)以其制备工艺简单、成本低、发光颜色纯正以及易于大面积制作和柔韧弯曲等优点, 被认为是未来重要的照明显示技术之一, 尤其在未来照明光源领域显示了诱人的应用前景。一束理想的白光通过红、绿、蓝三基色混合配色来实现, 并且材料的发光波段应该覆盖整个可见光区^[1~3]。自从1994年J. Kido等^[4]报道了WOLED以来, 有机白光通常是将多种发光材料简单共混, 然后通过每个发光体产生光的混合来实现白光。例如, J. Kido等^[4,5]使用多层结构和3种染料掺杂的聚合物实现了白光; Y. Sato等^[6]使用一种新的掺杂剂得到白光; S. R. Forrest等^[7]利用叠层结构获得了白光; M. Granstrom等^[8,9]报道了聚合物的白色发光。虽然这些研究人员在白光器件效率、亮度和寿命等取得了巨大的进步。但是, 他们的方法都需要制作很多薄膜层, 而每增加一层薄膜就会增加很高的成本。因此, 寻找

收稿日期: 2009-04-15; 收到修改稿日期: 2009-07-13

基金项目: 国家自然科学基金(60806047)、重庆市科委自然科学基金(2009BB2237)、重庆市教委科学技术研究项目(KJ080816)和重庆师范大学自然科学基金(07XLB015, 08XLS12)资助课题。

作者简介: 牛连斌(1979—), 男, 博士, 副教授, 主要从事半导体器件方面的研究。E-mail: niulb03@126.com

一种简单的方法来制作白光器件具有很重要的经济价值。

本文利用 9, 10-bis (2-naphthyl) anthracene (AND)掺杂 rubrene 作为器件单一发光层研制成功单层白光器件。这种方法大大简化了白光器件的制作过程。这种器件的具体结构是：铟锡氧化物(ITO)/copper phthalocyanine (CuPc) (5 nm)/ NPB(55 nm)/AND: rubrene (35 nm)/Alq₃ (55 nm)/CsF/Mg-Ag/Ag 其中最后一层 Ag 起保护作用。器件在电流密度为 140 mA/cm²时, 电流效率达到 5.93 cd/A; 当电压为 21 V 时, 该器件达到最高亮度 9300 cd/m²。器件发光色坐标为(0.32, 0.40), 且随着电压的变化发光色度始终处于白光区。

2 实验

电致发光(EL)器件结构和所用材料的分子结构如图 1 所示。实验中选用 CuPc 作为空穴注入层, NPB [N, N'-双(1-萘基)-N, N'-二苯基-1, 1'-二苯基-4, 4'-二胺]作为空穴传输层, AND: rubrene(rubrene 的质量分数为 0.6%)作为器件发光层, Alq₃ (8-羟基喹啉铝)作为电子传输层, ITO 及 CsF/Mg-Ag(Ag 与 Mg 的质量比为 1:10) /为负电极。

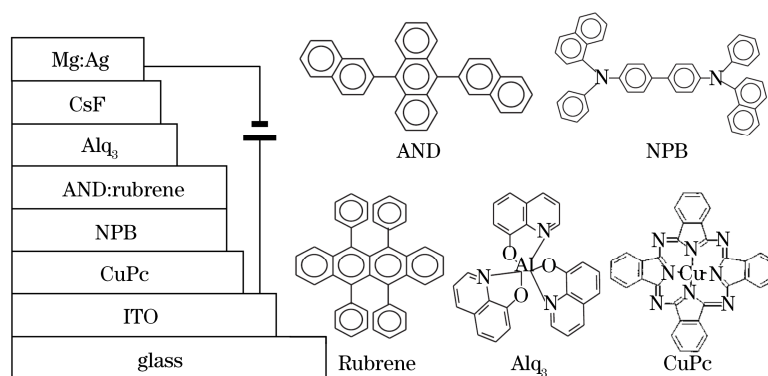


图1 器件结构和所用有机材料的分子结构式

Fig.1 A schematic description of the device structure and molecular structure of materials

将 ITO 玻璃衬底用丙酮、乙醇、去离子水反复擦洗, 接着对 ITO 玻璃衬底进行紫外臭氧照射处理。器件的制备在多源有机分子气相沉积系统中进行。将所用材料分别放在不同的蒸发源(石英坩埚)中, 每个蒸发源的温度可以单独控制。按设计的结构分别生长不同的有机材料层, 最后生长 CsF 和 Mg-Ag 作为负电极, 有掺杂剂时用共蒸发的方法, Mg-Ag 合金电极用双源蒸发方法制得。用石英振荡仪监测各薄膜层的厚度和成膜速率。在生长的过程中系统的真空度维持在 2.4×10^{-3} Pa 左右。空穴注入层的厚度和成膜速率分别是 5 nm 和 0.2 nm/s, 空穴传输层的厚度和成膜速率分别是 55 nm 和 0.2 nm/s, 电子传输层的厚度和成膜速率分别是 55 nm 和 0.2 nm/s, CsF 的厚度和成膜速率分别是 1 nm 和 0.01 nm/s, 电极的厚度和成膜速率分别是 100 nm 和 0.4 nm/s。器件的电流-电压-亮度特性用由计算机控制的 PR650—KEITHLEY 2400 系统测量和记录。

3 结果与讨论

图 2 是研制成功的白色有机电致发光器件的电流-电压和亮度-电压曲线。从图可以看出, 在正向电压驱动下, 电流随着电压的增加而呈指数增加。在反向电压下, 电流保持了一个很小的值。器件的起亮电压是正向 6 V, 器件的电致发光亮度随着正向注入电流的增加而不断增大。图 3 是器件在不同电压下的归一化电致发光光谱。可以看出, 所有的电致发光光谱的谱形完全一致。与这些光谱对应的色坐标是(0.32, 0.40)。这些数据说明在驱动电压不断增加的条件下, 器件的白光发射保持了一个相对稳定。还可以看到, 器件的电致发光光谱包含有 2 个光谱峰, 一个峰的位置是 453 nm, 另一个峰的位置是 550 nm。显而易见, 短波峰和长波峰分别来源于 AND 和 rubrene 的发射。

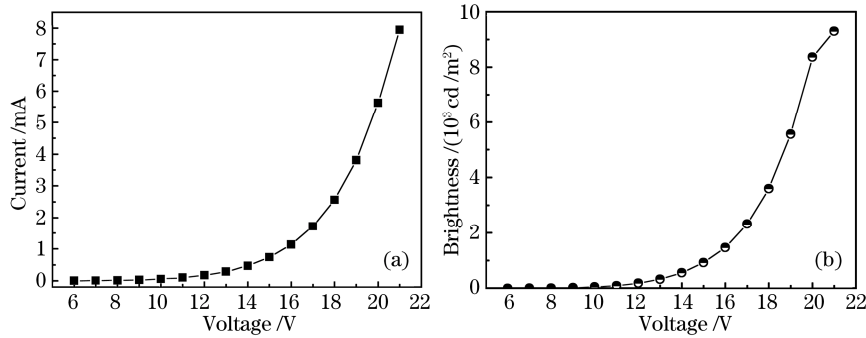


图2 (a)器件的电流-电压特性曲线; (b)器件的电压-电度特性曲线

Fig.2 (a) Current density versus voltage characteristics of the device; (b) luminance versus voltage characteristics of the device

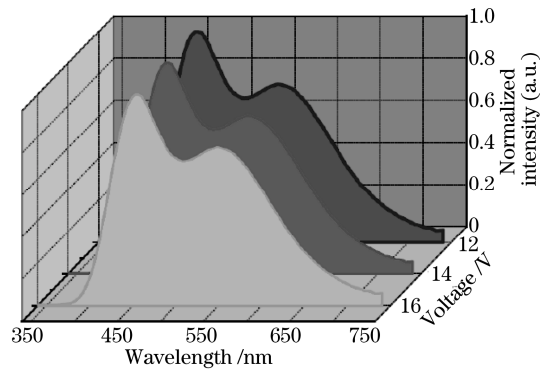


图3 不同电压下器件的归一化电致发光光谱

Fig.3 Normalized EL spectra of the device at different applied voltages

根据电致发光基本理论,如果把蓝色发射和橙色发射适当比例混合,就可以得到白光。在以前的实验中,我们已经分别测试了 AND 和 rubrene 的吸收光谱。发现它们之间有一定的重叠,这就意味着如果适当地控制 AND 和 rubrene 的掺杂比例,那么在它们之间就会发生 Förster 能量传递,即从 AND 把能量传递到 rubrene。基于以上分析,可以认为这种器件的白色发射是来源于 AND(蓝色发射)和 rubrene(橙色发射)的混合发射。与此同时二者之间会发生 Förster 能量传递。

图4是白光器件的电流密度-电流效率曲线。可以看出,在电流驱动下,器件的电流效率随着电流密度的增加而快速地增加。当电流密度是 140 mA/cm^2 时,器件的电流效率达到 5.93 cd/A 。然后,器件的电流效率随着电流密度的增加而缓慢下降。当电流密度是 200 mA/cm^2 时,器件的电流效率保持在 4.67 cd/A 附近。

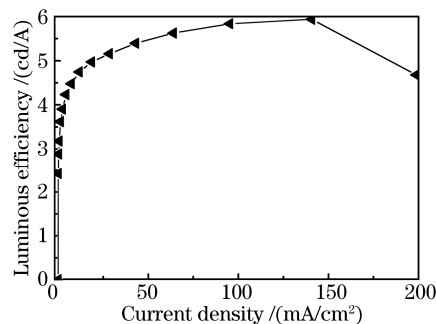


图4 器件的电流密度-效率曲线

Fig.4 Efficiency versus current density characteristics of the device

4 结论

利用一种简单的方法研制成功白色电致发光器件。这种白光器件的发射主要来源于 AND(蓝色发射)和 rubrene(橙色发射)的混合发射。当器件的电流密度为 140 mA/cm^2 时,器件的电流效率达到 5.93 cd/A 。在驱

动电压为 21 V 时, 器件的最大亮度达 9300 cd/m²。实验结果表明, AND 和 rubrene 二者之间存在 Förster 能量传递。

参 考 文 献

- 1 S. R. Forrest. The path to ubiquitous and low-cost organic electronic appliances on plastic[J]. *Nature*, 2004, **428**(6986): 911~918
- 2 X. M. Yu, H. S. Kwork, W. Y. Wong *et al.*. High-efficiency white organic light-emitting devices based on a highly amorphous iridium (III) orange phosphor[J]. *Chem. Mater.*, 2006, **18** (21): 5097~5103
- 3 P. L. Burn, A. B. Holmes, A. Kraft *et al.*. Chemical tuning of electroluminescent copolymers to improve emission efficiencies and allow patterning[J]. *Nature*, 1992, **356**(6364): 47~49
- 4 J. Kido, K. Hongawa, K. Okuyama *et al.*. White light-emitting organic electroluminescent devices using the poly (N-vinylcarbazole) emitter layer doped with three fluorescent dyes[J]. *Appl. Phys. Lett.*, 1994, **64**(7): 815~817
- 5 J. Kido, M. Kimura, K. Nagai. Multilayer white light-emitting organic electroluminescent device[J]. *Science*, 1995, **267** (5202): 1332~1334
- 6 Y. Sato, T. Ogata, S. Ichinosawa *et al.*. Characteristics of organic electroluminescent devices with new dopants [J]. *Synth. Met.*, 1997, **91**(1): 103~107
- 7 S. R. Forrest, P. E. Burrows, Z. Shen *et al.*. The stacked OLED (SOLED): a new type of organic device for achieving high-resolution full-color displays[J]. *Synth. Met.*, 1997, **91**(1): 9~13
- 8 M. Granstrom, O. Inganas. White light emission from a polymer blends light emitting diode[J]. *Appl. Phys. Lett.*, 1996, **68**(2): 147~149
- 9 Y. Yang, Q. Pei. Efficient blue-green and white light-emitting electrochemical cells based on poly [9, 9-bis (3, 6-dioxaheptyl)-fluorene-2, 7-diy] [J]. *J. Appl. Phys.*, 1997, **81**(7): 3294~3298