

研究简报

基于 N-BDAVB_i 的非掺杂高效蓝色 OLEDs

姚冠新¹, 韩强^{1,2}, 姜文龙², 王艳玲^{2,3}, 王福军², 王冬梅²

(1. 江苏大学材料科学与工程学院, 江苏镇江 212013; 2. 吉林师范大学信息技术学院, 吉林四平 136000;
3. 吉林医药学院 教务处, 吉林吉林 132013)

摘要: 采用真空蒸镀方法, 制备了以 N-BDAVB_i 为发光层的高效率非掺杂蓝色有机电致发光器件, 器件的结构为 ITO/2T-NATA(40 nm)/NPB(10 nm)/N-BDAVB_i((3+d) nm)/ADN(7 nm)/N-BDAVB_i((3+d) nm)/ADN(7 nm)/Alq₃(30 nm)/LiF(0.5 nm)/Al. 通过调整 N-BDAVB_i 层的厚度, 研究了器件的发光性能. 结果表明, 当 N-BDAVB_i 的厚度为 7 nm 时, 器件在 6 V 电压下的电流效率最大, 为 4.38 cd/A; 当 N-BDAVB_i 的厚度为 11 nm 时, 器件在 13 V 电压下的亮度最大, 为 13 200 cd/m². 该组器件的色坐标在 0~13 V 时均位于蓝光区域.

关键词: 有机电致发光器件(OLED); 非掺杂; 效率; 蓝光

中图分类号: TN383 文献标志码: A 文章编号: 1671-5489(2011)04-0760-04

High Efficient Undoped Blue Organic Light-Emitting Devices Based on N-BDAVB_i

YAO Guan-xin¹, HAN Qiang^{1,2}, JIANG Wen-long², WANG Yan-ling^{2,3}, WANG Fu-jun², WANG Dong-mei²

(1. School of Material Science and Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, Jiangsu Province, China;

2. College of Information and Technology, Jilin Normal University, Siping 136000, Jilin Province, China;

3. Academic Affair Office, Jilin Medical College, Jilin 132013, Jilin Province, China)

Abstract: High efficient undoped blue organic light-emitting devices (OLEDs) with a typical structure of ITO/2T-NATA(40 nm)/NPB(10 nm)/N-BDAVB_i((3+d) nm)/ADN(7 nm)/N-BDAVB_i((3+d) nm)/ADN(7 nm)/Alq₃(30 nm)/LiF(0.5 nm)/Al were prepared by means of thermal vacuum deposition method with N-BDAVB_i as the emitting layer. The results show that the device has a maximum luminous efficiency of 4.38 cd/A at 6 V when the thickness of N-BDAVB_i layer is 7 nm, and the device has a maximum luminance of 13 200 cd/m² at 13 V when the thickness of N-BDAVB_i layer is 11 nm. The CIE coordinates of the device are within the blue region when the voltage changes from 0 V to 13 V.

Key words: organic light-emitting device (OLED); undoped; efficiency; blue emission

有机电致发光器件是基于有机电致发光材料而制备的新一代显示器件, 而有机电致发光材料的光电特性是制备显示器件的基础和核心. 目前, 使用有机材料制备的器件可实现信息的获取、转换、处理和输出. 研究表明, 利用高性能有机材料制备的电致发光器件具有能耗低、效率高、视角广、重量轻、制备工艺简单、成本低廉以及种类繁多等优点^[1-4]. 由于有机发光材料具有较宽的光谱特性, 因此采用单色发光材料多层组合方法可显示白色光的特性. 通常人们对蓝色材料采用掺杂方法获得性能较

收稿日期: 2011-04-20.

作者简介: 姚冠新(1961—), 男, 汉族, 硕士, 教授, 博士生导师, 从事有机电致发光及摩擦材料的研究, E-mail: gxyao@ujs.edu.cn.

通讯作者: 姜文龙(1963—), 男, 汉族, 博士, 教授, 博士生导师, 从事有机电致发光器件的研究, E-mail: jiang_wl@163.com.

基金项目: 国家自然科学基金(批准号: 60978059)和江苏省研究生创新计划项目(批准号: CX09B_193Z).

高的有机电致发光器件(OLED)^[5-7].

王静等^[8]制备了NPB中掺杂Alq₃的蓝光器件,其最大亮度为10 770 cd/m²,最高效率为4.1 cd/A;侯庆传等^[9]通过在CBP中掺杂N-BDAVB*i*制备蓝光OLED,改善了器件的发光亮度和色纯度;张刚等^[10]制备了基于ADN的非掺杂蓝光OLED,最大亮度为7 227 cd/m²,最大电流效率2.77 cd/A;姜文龙等^[11-12]研究了电压和空穴传输层厚度对蓝光有机器件性能的影响.

本文制备了以N-BDAVB*i*为发光层、结构为ITO/2T-NATA(40 nm)/NPB(10 nm)/N-BDAVB*i*((3+d) nm)/ADN(7 nm)/N-BDAVB*i*((3+d) nm)/ADN(7 nm)/Alq₃(30 nm)/LiF(0.5 nm)/Al的蓝色有机电致发光器件,并研究了N-BDAVB*i*厚度变化对器件发光性能的影响.通过与空穴阻挡材料的优化匹配,得到了结构相对简单的高效率蓝色发光器件,并通过器件的能级结构讨论了该蓝色发光器件的发光机理.

1 实验

本文设计器件的结构为ITO/2T-NATA(40 nm)/NPB(10 nm)/N-BDAVB*i*((3+d) nm)/ADN(7 nm)/N-BDAVB*i*((3+d) nm)/ADN(7 nm)/Alq₃(30 nm)/LiF(0.5 nm)/Al.当d=0,4,8,12 nm时,相应的器件编号分别为A,B,C,D.其中:2T-NATA为空穴缓冲层;NPB为空穴传输和激子阻挡层;N-BDAVB*i*和ADN为蓝光发射层;Alq₃为电子传输层;LiF为缓冲层;Al(120 nm)为阴极.设计的器件结构和能级示意图如图1所示.所用各有机发光材料2T-NATA,Alq₃,NPB,N-BDAVB*i*和ADN的化学结构如图2所示.器件在多源有机分子气相沉积系统中制备,系统的真空度约为4×10⁻⁴ Pa.所有测试均在室温大气环境中进行.

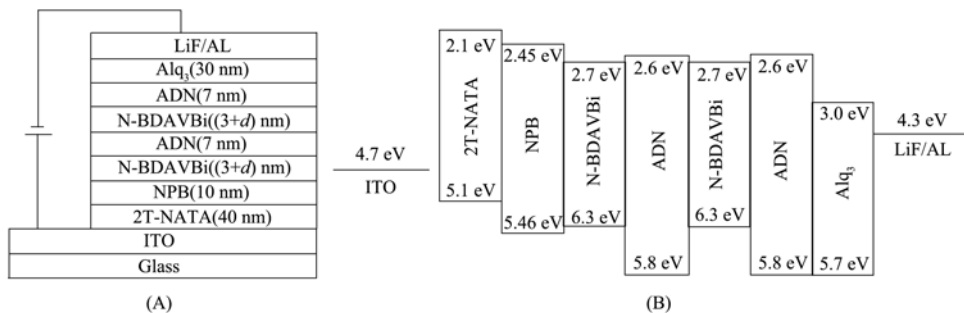


图1 器件结构(A)和能级示意图(B)

Fig. 1 Structure of device (A) and sketch map of energy (B)

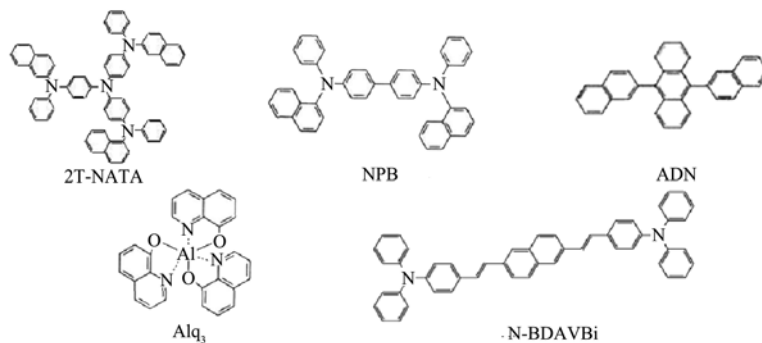


图2 有机材料的化学结构式

Fig. 2 Chemical structures of organic materials

2 结果与讨论

器件的电流密度与电压特性曲线如图3所示.由图3可见,在3~7 V偏压下,器件的电流密度基本未发生变化;当电压超过7 V时,电流密度逐渐增加.在相同的电压下,器件B和C的电流密度较高,器件A和D的电流密度较小,这是由于各器件的发光层厚度不同所致.由于N-BDAVB*i*和ADN界面处的HOMO能级间存在0.5 eV的势垒,当空穴注入到该界面时,在界面处形成空穴积累,从而在

N-BDAVB_i 层内形成一个与原场强方向相反的内建电场, 在相同电压下, N-BDAVB_i 层越薄, 内建电场越强, 从而注入空穴和电子受到的阻碍越强, 因此器件 A 的电流密度较小. 同一电压下器件 D 的电流密度较小, 是由于 N-BDAVB_i 层较厚, 主电场强较弱对载流子注入的动力不足所致. 器件 B 和 C 的参数介于器件 A 和 D 之间, 表现出较好的载流子传输特征.

器件的亮度与电压特性曲线如图 4 所示. 由图 4 可见, 当电压高于器件的开启电压(3 V)时, 器件的亮度随电压的升高逐渐增加. 在同一电压下(小于 12 V), 器件 B 和 C 的亮度较大. 这是由于场强形成激子的总量较大, 导致器件 B 和 C 的亮度较大.

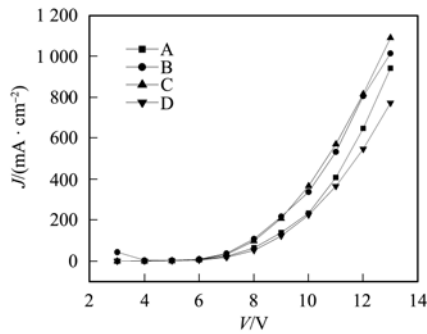


图3 器件的电流密度与电压特性曲线

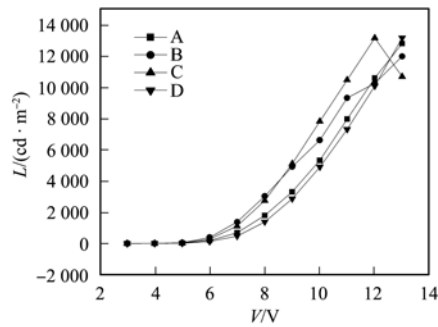


图4 器件的亮度与电压特性曲线

Fig. 3 Current density-voltage characteristics of devices

Fig. 4 Luminance-voltage characteristics of devices

器件的效率与电压特性曲线如图 5 所示. 由图 5 可见, 器件的发光效率呈先增大后减小的趋势, 这是由有机荧光材料共有的特性所致. 当器件的驱动电压约为 6 V 时, 器件 B 的发光效率最大, 为 4.38 cd/A. 当驱动电压继续增大时, 器件的发光效率逐渐下降. 这是由在该电压下载流子形成激子的比率较大所致. 当电压继续增加时, 载流子形成激子和辐射发光的总量增加, 但载流子形成激子的比率减小, 因此亮度增加而效率降低.

器件 A ~ D 的发光性能比较列于表 1. 由表 1 可见, 器件 B 和 C 的性能较好. 这是由于当 N-BDAVB_i 的厚度为 7 ~ 11 nm 时, 在 N-BDAVB_i 内电子和空穴对形成激子的几率较大, 因此器件的效率较高, 而辐射发光的总量较多, 导致亮度增加. 器件在 13 V 时的 EL 光谱如图 6 所示. 由图 6 可见, 其主发射波长位于 472 nm 处, 为 N-BDAVB_i 发光.

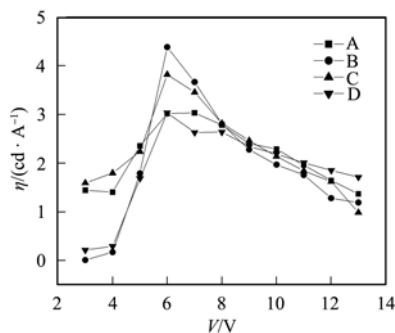


图5 器件的效率与电压特性曲线

Fig. 5 Efficiency-voltage characteristics of devices

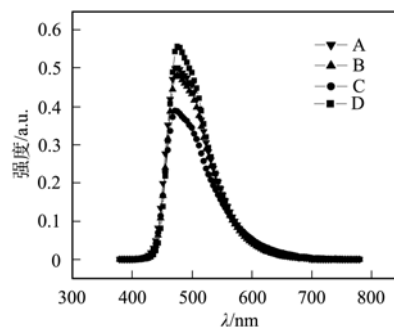


图6 器件在 13 V 时的 EL 光谱

Fig. 6 EL spectra of devices at 13 V

表 1 器件 A ~ D 的发光性能

Table 1 Performance of OLEDs A ~ D

器件	最大亮度/(cd·m ⁻²)	最大发光效率/(cd·A ⁻¹)	CIE 色坐标
	V = 12 V	V = 6 V	
A	10 620	3.03	(0.18, 0.29)
B	10 270	4.38	(0.18, 0.30)
C	13 190	3.82	(0.18, 0.28)
D	10 110	3.03	(0.18, 0.30)

综上,本文制备了以 N-BDAVB_i 为发光层的高效率非掺杂蓝色有机电致发光器件. 器件的结构为 ITO/2T-NATA(40 nm)/NPB(10 nm)/N-BDAVB_i((3 + d) nm)/ADN(7 nm)/N-BDAVB_i((3 + d) nm)/ADN(7 nm)/Alq₃(30 nm)/LiF(0.5 nm)/Al. 结果表明,在相同的电压下,当 N-BDAVB_i 的厚度为 7 nm 和 11 nm 时,器件 B 和 C 的电流密度较高. 这是由于 N-BDAVB_i 和 ADN 界面处的 HOMU 能级间存在 0.5 eV 的势垒,当空穴注入到该界面时,在界面处形成空穴积累,从而在 N-BDAVB_i 层内形成一个与原场强方向相反的内建电场,在相同电压下,若 N-BDAVB_i 层的厚度适中,则空穴和电子注入较多. 器件 B 在电压为 6 V 时效率最大,为 4.38 cd/A,在 12 V 时的最大亮度为 10 270 cd/m²;器件 C 在电压为 13 V 时亮度最大,为 13 200 cd/m²,在 6 V 时的最大效率为 3.82 cd/A. 当电压在 0 ~ 13 V 变化时,器件的色坐标均在蓝光区域,属于蓝光器件.

参 考 文 献

- [1] SUN Yi-ru, Giebink N C, Kanno H, et al. Management of Singlet and Triplet Excitons for Efficient White Organic Light-Emitting Devices [J]. *Nature*, 2006, 440: 908-912.
- [2] Woo Jong Jo, Kwon-Hyeon Kim, Hyeon Chang No, et al. High Efficient Organic Light Emitting Diodes Using New 9,10-Diphenylanthracene Derivatives Containing Bulky Substituents on 2,6-Positon [J]. *Synth Met*, 2009, 159(13): 1359-1364.
- [3] Forget S, Chenais S, Tondelier D, et al. Red-Emitting Fluorescent Organic Light Emitting Diodes with Low Sensitivity to Self-quenching [J]. *J Appl Phys*, 2010, 108(6): 064509.
- [4] NIU Xiao-di, WANG Hong-su, WANG Song, et al. Effects of Phosphonate Polyfluorene as Electron Injection Layer on Electroluminescence of Polymer Light-Emitting Diodes [J]. *Journal of Jilin University: Science Edition*, 2010, 48(5): 851-854. (牛效迪, 王虹苏, 王嵩, 等. 醇溶性聚芴作为电子注入层对绿光聚合物发光器件性能的影响 [J]. *吉林大学学报: 理学版*, 2010, 48(5): 851-854.)
- [5] Tsuji Toshie, Naka Shigeki, Okada Hiroyuki, et al. Nondoped-Type White Organic Electroluminescent Devices Utilizing Complementary Color and Exciton Diffusion [J]. *Appl Phys Lett*, 2002, 81(18): 3329-3331.
- [6] Huang Y S, Jou J H, Weng W K, et al. High-Efficiency White Organic Light-Emitting Devices with Dual Doped Structure [J]. *Appl Phys Lett*, 2002, 80(15): 2782-2784.
- [7] HAN Qiang, JIANG Wen-long, YAO Guan-xin. Performance of Red Electrophosphorescent Devices with Mixed Host [J]. *Journal of Jilin University: Engineering and Technology Edition*, 2011, 41(3): 787-790. (韩强, 姜文龙, 姚冠新. 利用混合母体结构改善有机发光器件性能 [J]. *吉林大学学报: 工学版*, 2011, 41(3): 787-790.)
- [8] WANG Jing, JIANG Wen-long, SONG Rui-li, et al. Using Doped Alq₃ in NPB Hole Transmission Layers to Produce High Performance Blue Organic Light Emitting Devices [J]. *Journal of Optoelectronics · Laser*, 2006, 17(7): 790-793. (王静, 姜文龙, 宋瑞丽, 等. 空穴传输层 NPB 中掺杂 Alq₃ 制备高性能的蓝光器件 [J]. *光电子 · 激光*, 2006, 17(7): 790-793.)
- [9] HOU Qing-chuan, HUA Yu-lin, WU Xiao-ming, et al. Study of White Organic Light-Emitting Devices Using Color Conversion Film [J]. *Journal of Optoelectronics · Laser*, 2009, 20(7): 870-873. (侯庆传, 华玉林, 吴晓明, 等. 利用色彩转换膜实现白色有机电致发光研究 [J]. *光电子 · 激光*, 2009, 20(7): 870-873.)
- [10] ZHANG Gang, JIANG Wen-long, WANG Jin, et al. High Efficient Undoped Blue Organic Light-Emitting Diodes Based on ADN [J]. *Semiconductor Optoelectronics*, 2009, 30(6): 842-844. (张刚, 姜文龙, 汪津, 等. 基于 ADN 的非掺杂高效蓝色 OLED 器件 [J]. *半导体光电*, 2009, 30(6): 842-844.)
- [11] JIANG Wen-long, WANG Hong-mei, HAN Qiang, et al. A Blue Organic Light-Emitting Devices Fabricated by Using Thickness-Matched Organic Layers [J]. *Semiconductor Optoelectronics*, 2008, 29(2): 162-164. (姜文龙, 王洪梅, 韩强, 等. 用有机层厚度匹配法制作的有机电致蓝光器件 [J]. *半导体光电*, 2008, 29(2): 162-164.)
- [12] JIANG Wen-long, WANG Jing, DING Gui-ying, et al. Effect of Voltage on Electroluminescent Spectrum of Blue Organic Light-Emitting Devices [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2007, 22(3): 235-239. (姜文龙, 王静, 丁桂英, 等. 电压对有机蓝光器件发光光谱的影响 [J]. *液晶与显示*, 2007, 22(3): 235-239.)