

文章编号:1007-2780(2009)01-0071-05

TBP 掺杂比例对 OLED 蓝光器件的影响

牟 强¹, 王秀峰², 张麦丽¹

(1. 陕西科技大学 电气与信息工程学院, 陕西 西安 710021, E-mail: muqiang@sust.edu.cn;

2. 陕西科技大学 材料科学与工程学院, 陕西 西安 710021)

摘 要: 制备了以 AND 为主体的蓝光器件, 发现 AND 厚度对器件发光特性有一定影响。当 AND/Alq₃ 厚度比为 4:3 且厚度为 40 nm 时, 所制器件启亮电压低, 发光特性好。另外, 掺杂 TBP 后, 改变了器件的能级结构, 可有效输入电子而阻挡空穴输出, 提高激子在 AND 中的复合。TBP 掺杂比例存在一最佳值, 实验发现, 当掺杂比例为 2% 时, 器件有最佳发光特性和色纯度。

关 键 词: 蓝光器件; ADN; TBP; 色纯度

中图分类号: TN304.5; TN311⁺.5; TN383⁺.1

文献标识码: A

1 引 言

有机电致发光器件具有功耗低、器件轻薄、主动发光、亮度高、视角广以及响应速度快等优点, 受到了人们的广泛关注^[1]。特别是近年来, 材料性能的改善和寿命的提高使 OLED 的应用取得了实质性的进展^[2-6]。在器件方面, 由于电致发光是一个电子-空穴的注入与复合过程, 其发光亮度与电子和空穴浓度及激子的复合概率的乘积成正比。要获得较大的发光效率, 不仅要求电子和空穴能进行有效注入和在器件内进行有效的输运和复合, 而且需要电子和空穴注入均衡^[7]。蓝光器件的特性是影响 OLED 彩色化进程的重要因素之一。通过对蓝光材料的掺杂, 可有效提高激子的复合率, 从而提高蓝光器件的发光特性。

2 实 验

2.1 器件制备

选取厚度为 1.1 mm, 方阻为 15~20 $\Omega/\square$ 的 ITO 玻璃作为基底, 清洗干净后放入 OLED 镀膜机预处理室, 当气压值为 8~10 Pa 时, 对其进行氧等离子轰击清洗 20 min。之后, 送入主蒸发室, 当真空度为 5×10^{-4} Pa 时, 相继在 ITO 表面上蒸镀 2T-NATA、NPB, 双源混蒸 AND 和

TBP, Alq₃, LiF, 最后蒸镀 Al。蒸发条件见表 1, 沉积厚度分别为 2T-NATA 15 nm, NPB 50 nm, AND(TBP) 40 nm, Alq₃ 30 nm。维持真空度不变, 继续沉积 LiF, 沉积速率为 0.1 nm/s, 厚度 0.5 nm; 金属 Al, 沉积速率为 1 nm/s, 厚度为 100 nm。

器件结构为:

ITO/2T-NATA (15 nm)/NPB (50 nm)/AND: TBP($x\%$)(40 nm)/Alq₃ (30 nm)/LiF (0.5 nm)/Al (100 nm)

其中: $x = 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0$ 。

表 1 各种有机材料的蒸镀条件

Table 1 Evaporation condition for different organic materials

	蒸发温度 ($^{\circ}\text{C}$)	真空度 (Pa)	蒸发速率 (nm/s)
2T-NATA	340	4×10^{-4}	0.10
NPB	220	4×10^{-4}	0.30
ADN	220	4×10^{-4}	0.30
TBP	160	4×10^{-4}	0.01
Alq ₃	150	4×10^{-4}	0.05

2.2 器件参数测试

在器件制备后, 立即对所制器件特性进行测

试,测量条件为室温、大气环境下。 I - V 特性曲线使用 Keithly 228A 进行测量,与此同时,用 SL-100 照度计对器件亮度进行对应的测量。用所得数据进行计算,可得到发光效率,计算公式如下:

$$\eta_p = \frac{L_p}{I_{\text{OLED}}V} = \frac{\pi \times BS}{J \times V}$$

其中, η_p 为发光效率; L_p 为光通量; I_{OLED} 为器件电流; S 为有效发光面积。

3 结果与分析

3.1 ADN·TBP 混合层厚度的确定

所制备的器件结构为:
ITO/2T-NATA (15 nm)/NPB (50 nm)/ADN(40 nm)/Alq₃ (30 nm)/LiF(0.5 nm)/Al (100 nm)

其中 ADN 的厚度为 40 nm,它的确是从两个方面考虑的。其一,通过实验,可确定 ADN 与 Alq₃ 的厚度比例为 4:3。厚度太薄则空穴与电子的复合几率降低,则色度会偏绿,其原因是空穴穿越 ADN 层,在 ADN/Alq₃ 界面附近与电子复合;其二,厚度增加则驱动电压升高。综合考虑,选取 ADN 厚度为 40 nm。在有机介质中,载流子的传输速率与电场强度成比例,电场强度的分配与有机层厚度有关,合理设计厚度比例是提高复合率的关键问题之一。在本文所选器件中,若比例高于 4:3,发光效率会降低,实验中发现,选择此种比例器件性能较佳。

3.2 TBP 掺杂比例对器件性能的影响

实验发现通过掺杂 TBP 可以改善器件发光性能。由图 1 和图 2 可以看到,8 V 时当 TBP 掺杂浓度为 1.5%左右,器件亮度较高,电流密度较小。图 4、图 5、图 6 分别给出了从启亮电压 5~

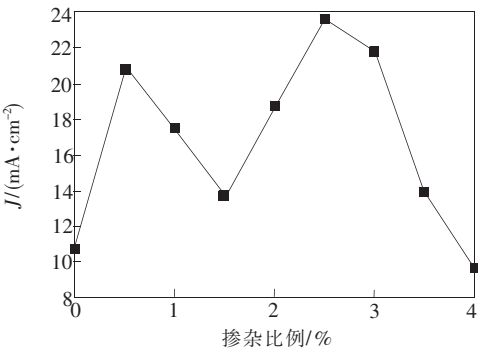


图 2 8 V 时掺杂比例对器件电流密度的影响
Fig. 2 Effect of doping scale on current density at 8 V

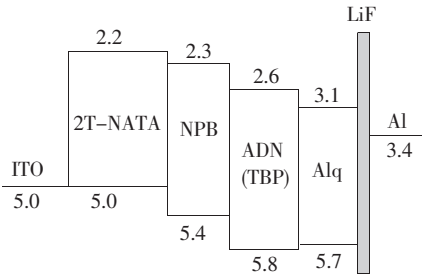


图 3 所制备的器件能带结构图
Fig. 3 Energy band of device

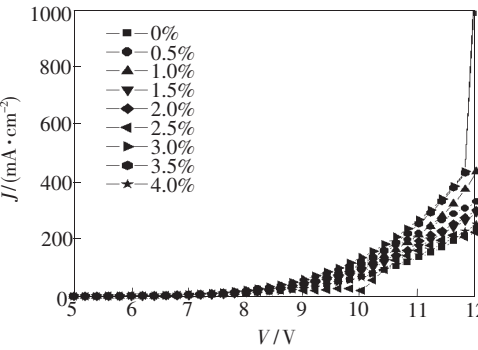


图 4 不同浓度时器件的电压-电流曲线
Fig. 4 Current-voltage of device with different doping scale

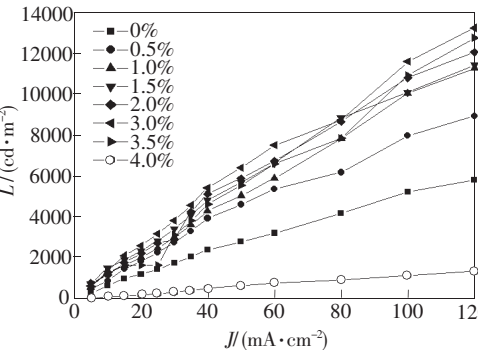


图 5 不同浓度时电流密度-亮度曲线
Fig. 5 Current-brightness of device with different doping scale

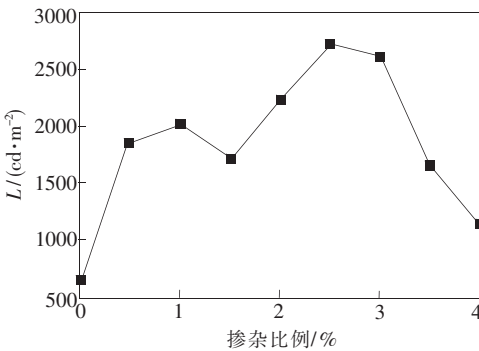


图 1 8 V 时掺杂比例对器件亮度的影响
Fig. 1 Effect of doping scale on brightness at 8 V

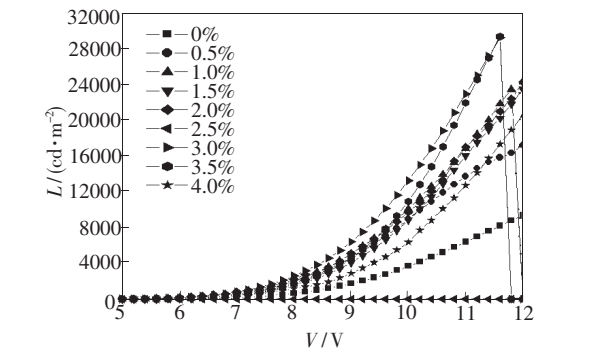


图 6 不同浓度时电压-亮度曲线
Fig. 6 Voltage-brightness of device with different doping scale

12 V 时,所制备器件的电压-电流、电流密度-亮度(B)、电压-亮度(B)曲线。从中可以看出,在掺杂浓度为 2% 时器件的发光效率最高,电压-电流曲线平缓,电流-亮度曲线和电压-亮度曲线反映出发光效率较高。综合以上因素,确定出最佳掺杂比例为 2%。图 7 是发光效率曲线。

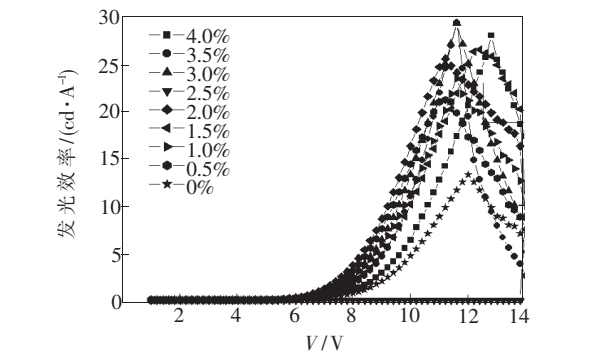


图 7 不同浓度时效率-电压曲线
Fig. 7 Efficiency-voltage of device with different doping scale

图 8 为各种掺杂比例的器件所对应的发光光谱。由图中看到,无掺杂时,器件只有一个光谱峰值,在波长为 454 nm 处,色坐标(0.163 4,0.158 2),色谱较宽,这是因为 AND 的 HOMO 能级较高,能有效传输空穴,但因空穴传输能力过强使激子在电子传输层 Alq₃ 中复合发光导致器件色纯度不好;电压为 19 V,最高亮度 9 000 cd/m²。

随着掺杂浓度的增加,可以看到器件出现两个峰值,一个在 460 nm 附近,另一个则在 480 nm 附近,且相对峰值高度先增加后减小,在 2.0% 最小,色度更佳。红移的峰值就是 TPB 的特征峰,原因是在未掺杂时,ADN 峰值波长为 460 nm,而 Alq₃ 的峰值波长约为 550 nm。由此可知 TBP 的 LOME 能级比 ADN 低,能带也较窄(见图 3),其恰当的掺杂,有利于电子的注入,阻挡空穴向 Alq₃ 传输,提高激子的复合率,从而提高发光效率。掺杂浓度较低和较高,都会减少 ADN 中激子复合几率,增加电子和空穴在 TBP 中复合,引起

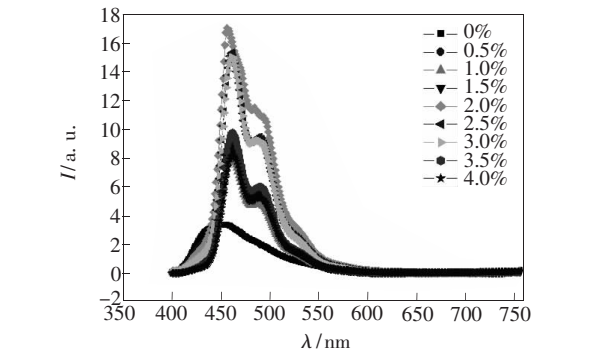


图 8 各种掺杂比例的器件所对应的发光光谱
Fig. 8 Luminescence spectra of device with different doping scale

表 2 不同掺杂比例时器件特性比较

掺杂比例(%)	峰值波长(nm)	色坐标(x,y)	最高亮度(cd/m ²)	对应驱动电压(V)
0	454	0.163 4,0.158 2	9 000	19
0.5	460	0.15,0.16	9 000	22
1.0	461	0.145 3,0.164 8	18 300	20
1.5	461	0.139 7,0.172 9	18 000	20
2.0	461	0.143 1,0.168 5	18 000	17
2.5	461	0.136 1,0.167 6	17 900	17
3.0	461	0.137 4,0.17	18 000	20
3.5	462	0.136 4,0.173 9	27 000	21
4.0	462	0.136 7,0.181	27 000	22

谱线红移,所以存在一最佳掺杂值,这就是本次实验给出的 2.0%的掺杂浓度。同时从表 2 还可看到,掺杂浓度为 2.0%时,发光效率也是最高的,

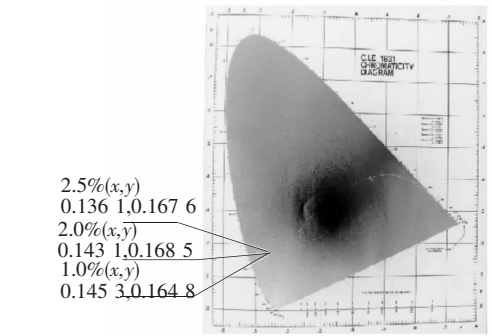


图 9 浓度分别为 1.0%、2.0%、2.5%色坐标在色度图中的位置

Fig. 9 Position diagram of color coordinate wich doping scale in 1.0%,2.0%and 2.5%

参 考 文 献:

[1] 万博泉,谢静. OLED 显示技术近期进展及赶超机遇 [J]. 电子产品世界, 2007,(7):56-57.

[2] 委福祥,曹进,张晓波,等. 新型苯乙烯衍生物掺杂的蓝色及白色有机电致发光器件 [J]. 物理学报, 2006,55(4): 55-57.

[3] 王广德,王立,姜文龙,等. DPVBi 的厚度和发光位置不同对有机电致发光器件性能的影响 [J]. 发光学报, 2007, 27(2):189-192.

[4] Xu Y,Peng J,Mo Y,*et al.* White polymer lightemitting diodes with bilayer structure [J]. *Proc. SPIE*,2005,4641: 172-177.

[5] 胡忠,徐洪光,庄筱磊,等. 双主体掺杂红色有机电致发光显示器件的研究 [J]. 液晶与显示, 2007,22(1):65-68.

[6] Chihaya A,Tetsuo T,Shogo S. Confinement of charge carriers and molecular excitation within 5nm thick emitter layer in organic electroluminescent devices with a double heterostructure [J]. *Appl. Phys. Lett.* , 1990,51(12):913-915.

[7] Schlär R. Photoemission spectroscopy of LiF coated Al and Pt electrodes [J]. *Appl. Phys. Lett.* , 1998,84(51): 6729-6736.

Effect of TBP Doping Scale on Blue OLED

MU Qiang¹, WANG Xiu-feng², ZHANG Mai-li¹

(1. Department of Electric & Electron Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China, E-mail: muqiang@sust.edu.cn;

2. Department of Material Science & Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract

In the experimentation, the blue OLED with 9,10-di-(2-naphthyl) anthracene (ADN) as light-emitting subjectalization was fabricated. It is found that the performances of devices are effected by

色坐标的位置也较好。图 9 给出了1.0%、2.0%、2.5%时对应的色坐标在色度图上的位置。

4 结 论

制备了以 AND 为主体的蓝光器件。实验中发现, AND 厚度对器件发光特性有影响, 当 AND/Alq₃ 厚度比为 4:3, AND 厚度为 40 nm 时, 所制器件启亮电压低, 发光特性好。但是, 因为 AND 的 HOMO 能级较高, 能有效传输空穴, 且因空穴传输能力过强使激子在电子传输层 Alq₃ 中复合发光导致器件色纯度不好。掺杂 TBP 后, 由于其 LUMO 能级和 HOMO 能级均比 AND 低, 所以可有效输入电子而阻挡空穴输出, 提高激子在 AND 中的复合。TBP 掺杂比例存在一最佳值, 实验发现, 当掺杂比例为 2% 时, 器件有最佳发光特性和色纯度。

