

文章编号: 1007-2780(2011)01-0044-05

基于 NPBX 掺杂 CzHQZn 的黄色有机电致发光器件

高永慧¹, 姜文龙^{1*}, 丁桂英¹, 丛 林¹, 孟昭晖¹, 欧阳新华², 曾和平²

(1. 吉林师范大学 信息技术学院, 吉林 四平 136000;

2. 华南理工大学 化学与化工学院, 广东 广州 510640)

摘 要: 利用一种既具有空穴传输特性又具有发光特性的新型荧光染料 *N*-乙基咔唑-2-乙烯基-8-羟基喹啉锌[(E)-2-(2-(9-ethyl-9H-carbazol-3-yl)vinyl)quinolato-zinc, CzHQZn]掺杂在 NPBX 中作为空穴传输层, CzHQZn 同时还作为发光的主体, 制备了结构为 ITO/2T-NATA(30 nm)/NPBX:25% CzHQZn(x nm)/BCP(10 nm)/Alq₃(60- x) nm/ LiF(0.5 nm)/Al 的有机发光器件(x 为掺杂发光层的厚度), 掺杂发光层的厚度按照 15, 20, 25, 30 nm 进行变化, 相应改变 Alq₃ 的厚度, 使得这两者的总厚度为 60 nm 保持不变。当掺杂发光层的厚度是 20 nm, Alq₃ 的厚度是 40 nm, 其他层厚度保持不变时, 器件在 4 V 电压下实现了黄光发射, 色坐标为(0.514 6, 0.470 5), 亮度是 1.078 cd/m²。在 14 V 的电压下, 器件最大发光亮度为 449 0 cd/m², 最大发光效率为 0.98 cd/A。

关 键 词: 有机电致发光器件; 发光层; CzHQZn; 性能

中图分类号: TN383⁺.1

文献标识码: A

DOI: 10.3788/YJYXS20112601.0044

Yellow Organic Light-Emitting Devices Based on NPBX Doped CzHQZn

GAO Yong-hui¹, JIANG Wen-long^{1*}, DING Gui-ying¹, CONG Lin¹,MENG Zhao-hui¹, OUYANG Xin-hua², ZENG He-ping²

(1. College of Information Technology, Jilin Normal University, Siping 136000, China;

2. School of Chemistry and Chemical Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

Abstract: The performance of yellow organic light-emitting devices (OLEDs) based on a novel material [(E)-2-(2-(9-ethyl-9H-carbazol-3-yl)vinyl)quinolato-zinc (CzHQZn)] with an emitting/hole-transporting layer as an acceptor was investigated. These devices were fabricated as follows: ITO/2T-NATA(30 nm)/NPBX:25% CzHQZn(x nm)/BCP(10 nm)/Alq₃(60- x) nm/LiF(0.5 nm)/Al(x : the thickness of doping layer). The x is 15, 20, 25, 30 nm, respectively, the thickness of Alq₃ is correspondingly changed, the total thickness of doping layer and Alq₃ is a constant of 60 nm. When x is 20 nm, the thickness of Alq₃ is 40 nm, a yellow OLED can be obtained with the CIE coordinates of (0.514 6, 0.470 5), the luminance of 1.078 cd/m² at 4 V. The maximum luminance is 449 0 cd/m² at 14 V, and the maximum luminous efficiency is 0.98 cd/A.

Key words: organic light-emitting devices; emitting layer; CzHQZn; performance

收稿日期: 2010-05-06; 修订日期: 2010-06-02

基金项目: 国家青年基金项目(No. 10804036); 吉林省科技发展计划项目(No. 20080528, 20082112); 吉林省教育厅“十一五”科学技术研究计划项目(No. [2007]154, No. [2008]155, No. [2009]192); 四平科技局计划项目(四科合字第 2005007 号, 四科合字第 2006008 号)

作者简介: 高永慧(1980—), 男, 辽宁大连人, 硕士, 主要从事有机电致发光器件的研究。

* 通讯联系人, E-mail: jiang_wl@163.com

1 引言

有机电致发光技术自 20 世纪 80 年代诞生以来,有机电致发光器件(Organic light-emitting devices,OLEDs)作为新一代的平板显示技术,因为具有视角大、工作温度范围广、响应速度快、功耗低、可柔性显示等许多优点而成为显示领域的研究热点^[1-2],有机电致白光器件更是以其在液晶背光源、固态照明光源等方面的巨大应用潜力而成为人们研究开发的主要目标。白光器件的高效率、高亮度和高色稳定性对其产业化具有重要意义^[3-4]。蓝光与黄光复合实现白光发射已经成为制备白光 OLED 的一个主要方法^[5-9],因此黄光 OLED 的研究受到广泛关注。目前一般采用红光荧光染料作为客体掺入到绿光有机发光材料中来制作黄光 OLED。红荧烯(Rubrene)是在黄光 OLED 中使用广泛、性能较好的一种荧光染料掺杂剂^[10-11],但其功能单一,只能做发光层。为了使黄光 OLED 材料来源更广泛以及实现材料的多功能性,设计合成既具有发光又具有其他功能的材料是很有意义的^[12]。

本课题组曾经制作了结构为 ITO/2T-NATA/CzHQZn/TPBi/LiF/Al 的有机电致黄光器件。该器件中的 CzHQZn 层既是空穴传输层,又是黄光发射层。在 2T-NATA、TPBi、LiF 的厚度分别是 20,35,0.5 nm,CzHQZn 的厚度是 20 nm 时,器件在 8 V 电压下获得最大亮度为 296 8 cd/m²,在电压为 7 V 时效率达到最大值 0.50 cd/A。器件的亮度和效率均不是十分理想,分析其原因,应该是分子之间距离较小、作用较强,激子的浓度猝灭所造成的^[13]。

基于以上实验研究以及多次实验验证,我们将黄绿色荧光染料 N-乙基咔唑-2-乙基-8-羟基喹啉锌 [(E)-2-(2-(9-ethyl-9H-carbazol-3-yl)vinyl)quinolato-Zinc,CzHQZn] 以质量分数为 25%的比例掺杂在 NPBX 中,既作为空穴传输层又作发光层,制备了最佳的结构为 ITO/2T-NATA(30 nm)/NPBX:25% CzHQZn(*x* nm)/BCP(10 nm)/Alq₃(60-*x*) nm/LiF(0.5 nm)/Al 的黄色 OLED^[14-15]。在保持空穴注入层(2T-NATA)和电子注入层(LiF)的厚度分别为 30 nm 和 0.5 nm 不变的情况下,掺杂发光层按照 15,20,25,30 nm 进行变化,相应改变 Alq₃ 的厚度,使这

两者的总厚度为 60 nm 保持不变。对不同掺杂层厚度的器件的性能进行了研究。

2 实验

2.1 器件制备

制备了结构为 ITO/2T-NATA(30 nm)/NPBX:25% CzHQZn(*x* nm)/BCP(10 nm)/Alq₃(60-*x*) nm /LiF(0.5 nm)/Al 的黄色 OLED 器件,其中 *x*=15,20,25,30 nm。

器件结构如图 1 所示。本实验选用深圳南玻集团生产的方块电阻为 40 Ω/□ 的氧化铟锡(ITO)导电玻璃作为衬底,ITO 用作阳极。选用 2T-NATA 作为空穴注入层,以 CzHQZn 为客体掺入到 NPBX 母体中作为空穴传输层。其中 CzHQZn 除了起到一定的空穴传输作用之外,主要作为黄光发射的主体。以 Alq₃ 作电子传输层,LiF 用作缓冲层以利于电子注入,大约蒸镀 120 nm 厚的 Al 作为阴极。本实验中所用 CzHQZn 是华南理工大学化学与化工学院合成的新材料,其他材料均从北京意莱特光电材料技术有限公司购买。

实验中将 ITO 玻璃衬底用清洁剂、丙酮、乙醇、去离子水反复擦洗、超声,洗净后烘干。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。按设计的结构分别蒸镀不同的有机材料层,最后蒸镀 LiF 和 Al,在蒸镀的过程中系统的真空度维持在 3.0×10⁻⁴ Pa 左右,蒸发速率控制在 0.2~0.4 nm/s,器件有效发光面积为 5 mm²。

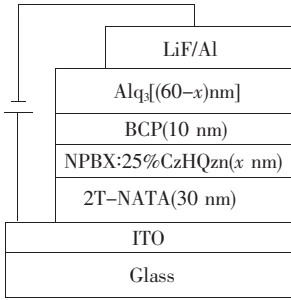


图 1 器件结构示意图
Fig.1 Structure of the device

2.2 器件性能表征

在室温(22 ℃)大气环境下,对以上未封装器

件用由计算机控制的美国吉时利仪器公司生产的可编程的电流-电压源 Keithley Source 2400 和美国产的光谱扫描光度计 PR655 所构成的测试系统来表征亮度-电压(L - V)、电流-电压(I - V)特性曲线、色坐标及电致发光(EL)光谱。有机膜的厚度由上海产的 FTM-V 型石英晶体膜厚监测仪监测。所有的数据都是在室温大气环境中测得。

3 结果与讨论

图 2 为不同发光层厚度的器件在 10 V 时的电致发光光谱图。从图中可以看出,4 个器件的发光都是主峰位于 596 nm 的 CzQHZn 的黄光发射^[16]。当 $x=20$ nm 时,黄光发射峰的强度最大。

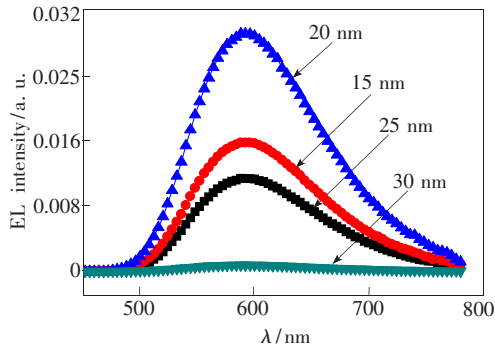


图 2 不同发光层厚度器件在 10 V 时的电致发光光谱图
Fig. 2 EL spectra of the device with various emitting layer thicknesses at 10 V

器件的电流密度-电压特性曲线如图 3 所示,可以看出电流随着电压的增加而平稳增加,表明器件具有良好的载流子传输特性。由图 4 的亮度-电压特性曲线可以看出:当发光层为 20 nm 时,在 14 V 电压下得到的黄光器件亮度最大,达到 4 490 cd/m²,此时色坐标为(0.511 2,0.476 5),

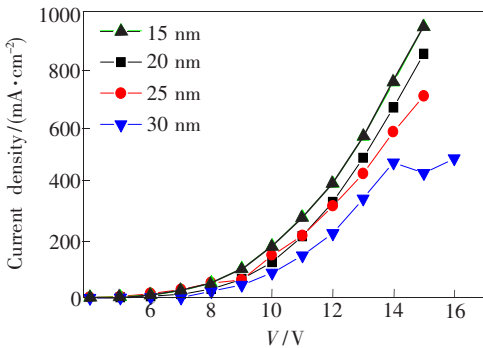


图 3 不同发光层厚度器件的电流密度-电压特性曲线
Fig. 3 Current-voltage characteristics of the devices with various emitting layer thicknesses

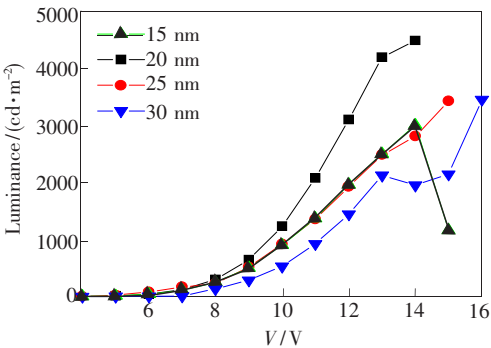


图 4 不同发光层厚度器件的亮度-电压特性曲线
Fig. 4 Luminance-voltage characteristics of the devices with various emitting layer thicknesses

器件的启亮电压为 4 V。发光层为 20 nm 时器件性能最好,主要是由于在发光层厚度小于 20 nm 时,同一电压下内部场强较大,增加了激子解离的机会,导致器件性能降低;若厚度大于 20 nm,则发光层内部场强较小,不利于载流子的传输和激子的形成,也使器件的性能不佳^[17]。

由图 5 的效率-电压特性曲线可以看到,在电压为 8 V 时,器件的最大效率为 0.98 cd/A,色度稳定在(0.502 1,0.488 4)和(0.512 1,0.476 8)之间,是性能较好的黄光器件。其他 3 个器件的性能详见表 1。

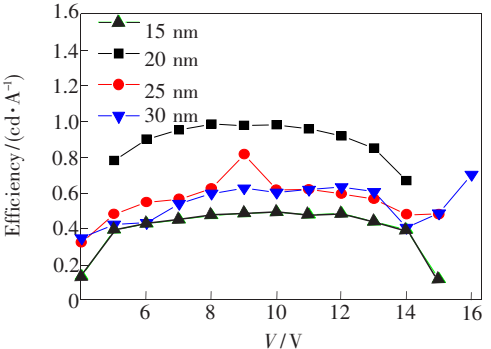


图 5 不同发光层厚度器件的效率-电压特性曲线
Fig. 5 Efficiency-voltage characteristics of the devices with various emitting layer thicknesses

由表 1 可以看出,几个器件开启电压均较低,这是由发光材料 CzHQZn 本身的性质决定的,其 HOMO 能级应该与 2T-NATA 的 HOMO 能级相接近,进而使器件的载流子注入比较容易,降低器件的启亮电压。器件的整体效率不是很高,说明器件中载流子的利用率不高,很多载流子没有完全复合形成激子而辐射发光。主要原因是在掺

表 1 不同发光层厚度器件的发光性能
Table 1 Performances of devices with various emitting layer thicknesses

devices	Luminance/(cd · m ⁻²) (V=4 V)	Luminance _{max} / (cd · m ⁻²)	EL efficiency _{max} / (cd · A ⁻¹)	CIE coordinates (x,y)
15 nm	1	3 008(14 V)	0.63(12 V)	(0.512 1,0.476 8)
20 nm	1	4 490(14 V)	0.98(8 V)	(0.502 1,0.484 4)
25 nm	1	3 427(15 V)	0.81(9 V)	(0.511 6,0.477 5)
30 nm	1	3 456(16 V)	0.49(10 V)	(0.511 5,0.477 2)

杂过程中局部区域内 CzHQZn 分子分布不均匀,成膜时分子间距比较小,分子间相互作用强烈,导致荧光量子产率降低,也就是浓度淬灭效应。但与未掺杂器件相比,器件的效率已经有了较大提高^[13]。

4 结 论

将既具有空穴传输特性又具有发光特性的新型荧光染料 CzHQZn 掺杂在 NPBX 中作为空穴传输层,CzHQZn 同时又作为发光的主体,制备了结构为 ITO/2T-NATA(30 nm)/NPBX:25%

CzHQZn(*x* nm)/BCP(10 nm)/Alq₃(60-*x*)nm/LiF(0.5 nm)/Al 的黄色有机电致发光器件。研究了发光层在不同厚度(*x*=15,20,25,30 nm)时的电致发光特性。掺杂发光层的厚度为 20 nm 器件在 14 V 电压下实现了最大亮度的黄光发射,最大发光亮度为 4 490 cd/m²。在电压为 8 V 时,器件的效率达到最大,为 0.98 cd/A。器件色坐标稳定在(0.502 1,0.488 4)和(0.512 1,0.476 8)之间。器件的启亮电压较低,在 4 V 的电压下亮度为 1.078 cd/m²。

参 考 文 献:

[1] Tang C W, VanSlyke S A. Organic electroluminescent diodes [J]. *Appl. Phys. Lett.*,1987,51:913-915.
[2] Burroughes J H, Bradley D D C, Brown A R, *et al.* Light-emitting diodes based on conjugated polymers [J]. *Nature*,1990, 347:539-541.
[3] Xu Y H, Peng J B, Jiang X Y, *et al.* Efficient white-light-emitting diodes based on polymer codoped with two phosphorescent dyes [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2005, 87(19):502-505.
[4] 张春玉, 陆景彬, 秦莉,等. 微腔有机电致发光白光器件设计及制作 [J]. *发光学报*, 2009, 30(6):728-733.
[5] Sato Y, Ogata T, Ichinosawa S, *et al.* Characteristics of organic electroluminescent devices with new dopants [J]. *Synthetic Metals*, 1997, 91(1-2):103-107.
[6] Huang J S, Yang K X, Liu S Y, *et al.* High-brightness organic double-quantum-well electroluminescent device [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2000,77:1750-1752.
[7] Baldo M A, Thompson M E, Forrest S R. High-efficiency fluorescent organic light-emitting devices using a phosphorescent sensitizer [J]. *Nature*, 2000, 403:750-752.
[8] 周瑞,宋新潮,田杰,等. 新型蓝色有机电致磷光配合物二(2-二氟苯基-4-甲基吡啶)[2-(2'-吡啶基)咪唑]合铱的合成及光谱学性能 [J]. *发光学报*, 2010, 31(2):279-284.
[9] 徐阳,王华,宋春丽,等. 一种近白光发射聚合物的合成与发光性能 [J]. *发光学报*, 2010, 31(2):274-279.
[10] Yang X H, Neher D. Polymer electrophosphorescence devices with high power conversion efficiencies [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2004, 84:2476-2478.
[11] 丁桂英,姜文龙,汪津,等. 利用 C-545T 超薄层多层结构的白光器件 [J]. *液晶与显示*, 2008,23(2):214-218.
[12] Ma C, Wang H, Hao Y Y, *et al.* A novel yellow organic light-emitting device [J]. *Spectroscopy and Spectral Analysis*,2008,28(7):1479-1482.
[13] Jiang W L,Zhang G, Ding G Y, *et al.* Yellow OLEDs with CzHQZn as hole-transporting and emitting layers [J]. *Semiconductor Optoelectronics*,2009,30(4):502-505.

