

文章编号:1007-2780(2010)05-0684-05

基于 BTHQZn 的黄色有机电致发光器件

黄 涛¹,姜文龙¹,丁桂英¹,汪 津¹
高永慧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,E-mail: htmaradona@163.com;
2. 华南理工大学 化学与化工学院,广东 广州 510641)

摘 要: 通过研究新型荧光材料 2-(2-溴-5-乙烯-噻吩)-8-羟基喹啉锌(BTHQZn)的电致发光特性,发现 BTHQZn 具有良好的电致发光特性和空穴传输特性,利用此特性制备了掺杂型有机电致黄光器件,结构为 ITO/2T-NATA(30 nm)/CBP:5%Ir(ppy)₃:10%BTHQZn(20 nm)/Alq₃(50 nm)/LiF(0.5 nm)/Al,器件在 12 V 时实现了黄绿光发射,最大发光亮度为 4 552 cd/m²,色坐标为(0.395 4, 0.497 6),在 11 V 电压下的最大发光效率为 2.82 cd/A。

关 键 词: 有机电致发光器件;空穴传输材料;亮度
中图分类号: TN 383⁺.1 **文献标识码:** A

Properties of Yellow Organic Light-Emitting Devices Based on (E)-2-(2-(5-bromothinophen-2-yl)vinyl)Quinolin-Zinc

HUANG Tao¹,JIANG Wen-long¹, DING Gui-ying¹,WANG Jin¹,
GAO Yong-hui¹,OUYANG Xin-hua², ZENG He-ping²

(1. College of Information Technology, Jilin Normal University, Siping 136000, China, E-mail: htmaradona@163.com;
2. School of Chemistry and Chemical Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

Abstract: The electroluminescence (EL) characteristics of a novel yellow emitting material (BTHQZn) were investigated in this paper. The results demonstrated the BTHQZn with strong emitting and hole-transporting ability. Based on the performances, a series of undoping and doping yellow organic light-emitting diodes (OLEDs) were fabricated. The yellow device was fabricated as follows: ITO/2T-NATA(30 nm)/CBP:5%Ir(ppy)₃:10%BTHQZn(20 nm)/Alq₃(50 nm)/LiF(0.5 nm)/Al, the maximum luminance was 4 552 cd/m² at an applied voltage of 12 V, while the Commission International de L'Eclairage coordinates was (0.395 4, 0.497 6), and the maximum luminous efficiency was 2.82 cd/A at applied voltage of 11 V.
Key words: organic light-emitting devices; BTHQZn; hole-transporting emitter material

1 引 言

来,在平板显示和作为液晶背光源的应用方面显示出了巨大的性能优势,越来越受到国内外研究机构与公司的广泛关注^[1-2]。而有机电致白光器

有机电致发光技术自 20 世纪 80 年代诞生以

收稿日期:2010-01-13; 修订日期:2010-05-05
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; No. 20082112);吉林省教育厅科研计划项目(No. [2007]154, No. [2008]155);四平科技局计划项目(No. 四科合字第 2005007 号, 四科合字第 2006008 号)
作者简介:黄涛(1978—),男,吉林四平人,硕士研究生,主要从事有机电致发光器件的研究。

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成为人们研究的热点。白光器件的高效率、高亮度、高色稳定性等优点对其产业化有着重要意义^[3-4],蓝光与黄光复合能够实现白光发射已经成为制备白光 OLED 的一个重要方法^[5-9],因此黄光 OLED 的研发受到广泛关注。目前一般采用红光荧光染料作客体,掺入绿光有机电致发光材料的方法来制作黄光 OLED。红荧烯(rubrene)是在黄光 OLED 中使用最广泛、性能比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,会增加 OLED 器件的层数,提高制作成本。为获得黄光 OLED 材料的多样性和丰富材料的多功能性,设计合成既具有发光又具有其他功能的材料并表征其在器件中的作用是很有意义的^[12]。

本课题组曾经报道了一种新型荧光染料(E)-2-(4-(diphenylamino) styryl) quinolato-Zinc (TPAHQZn)作为发光层的有机电致发光器件,其结构为 ITO/2T/TPAHQZn/ADN/Alq₃/LiF/Al^[13],研究了不同厚度的发光层对器件发光性能的影响。当 TPAHQZn 的厚度为 30 nm,驱动电压为 14 V 时,其亮度为 2 479 cd/m²,效率为 0.84 cd/A。器件的亮度和效率都不太理想,根本原因在于分子之间距离较小,作用较强,造成了激子的浓度淬灭^[14]。

基于以上考虑,本文首次将黄绿色荧光染料 2-(2-(5-溴噻吩基-2-乙基))喹啉锌(BTHQZn)掺杂在 CBP 中,制备了结构为 ITO/2T-NATA (30 nm)/CBP:5% Ir(ppy)₃:10% BTHQZn (20 nm)/Alq₃ (50 nm)/LiF (0.5 nm)/Al 的黄光 OLED。并研究了 BTHQZn 作为单发光层时器件的性能。

2 实 验

2.1 器件制备

为了研究 BTHQZn 的电致发光特性和载流子传输特性,设计了以下 4 种结构的器件:

A:2T-NATA (20 nm) /NPBX(20 nm)/BTHQZn (30 nm)/BCP (10 nm)/Alq₃ (20 nm)/LiF (5 nm)/Al;

B:ITO/2T-NATA (50 nm)/BTHQZn (40 nm)/LiF(0.5 nm)/Al;

C:ITO/2T-NATA (20 nm)/BTHQZn

(20 nm)/BCP(10 nm)/Alq₃ (30 nm)/LiF (0.5 nm)/Al;

D:ITO/2T-NATA (20 nm)/NPBX (30 nm)/BTHQZn (30 nm)/BCP(10 nm)/LiF (0.5 nm)/Al。

其中 B 器件只有空穴注入层(2T)和电子注入层(LiF),主要用来研究它的发光特性和载流子传输特性;C 器件只有电子传输层(Alq₃)而没有空穴传输层(NPBX),主要用来研究它的空穴传输特性;D 器件只有空穴传输层(NPBX),没有电子传输层(Alq₃),可以用来研究它的电子传输特性。最后利用 BTHQZn 作黄橙光发射层和空穴传输层,制备了器件 E,结构为 ITO/2T-NATA (30 nm)/CBP:5% Ir(ppy)₃:10% BTHQZn (20 nm)/Alq₃ (50 nm)/LiF(0.5 nm)/Al 掺杂型有机电致发光器件。

实验所用药品主要有 2T-NATA、NPBX、BTHQZn、BCP、Alq₃、BCP 和 Ir(ppy)₃ 等。BTHQZn 是华南理工大学化学与化工学院曾和平教授等合成的新材料,其他材料均从北京意莱特光电材料技术有限公司购买。

导电玻璃采用深圳南玻集团生产的方块电阻为 40 Ω/□的氧化铟锡(ITO)基片。以 ITO 为阳极,选用 2T-NATA 做空穴注入层,新材料 BTHQZn 既作为黄橙光发射层又作空穴传输层,Alq₃ 作为电子传输层,LiF 用作缓冲层,以利于电子注入,大约蒸镀 120 nm 厚的铝做阴极。实验中,将 ITO 玻璃衬底用清洁剂、丙酮、乙醇、去离子水反复冲洗,超声、干燥。器件的制备在多源有机分子气相沉积系统中进行。按设计的结构分别生长不同的有机材料层,最后生长 LiF 和 Al 作为阴极,在生长过程中系统的真空度维持在 3.3×10^{-4} Pa 左右,蒸发速度控制在 0.2~0.4 nm/s,器件有效发光面积为 5 mm²。

2.2 器件性能表征

电光测试系统由美国吉时利(Keithley)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 构成,用来表征器件的亮度-电压关系(L-V)、电流-电压关系(I-V)、色坐标及电致发光(EL)光谱。有机膜的厚度由上海产的 FTM-V 型石英晶体膜厚仪监测。所有的数据都是在室温(22 ℃)大气环境下获得,器件未封装。

3 结果与讨论

3.1 BTHQZn 的载流子传输特性

图 1 为器件 A 在不同电压时的归一化电致发光光谱。由图 1 可以看出,器件的 EL 谱覆盖了 380~780 nm 的可见光范围,器件在 580 nm 左右有明显的发射峰,是来自 BTHQZn 的黄光发射。不同电压下器件的归一化电致发光光谱几乎相同,说明 BTHQZn 的电致发光光谱并不随驱动电压的变化而改变,具有相对稳定的色纯度。

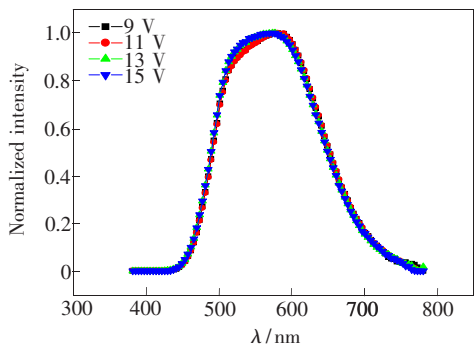


图 1 器件 A 在不同电压下的归一化电致发光光谱图
Fig. 1 Normalized EL spectra of device A at different voltage

由图 2 可知,器件的启亮电压为 6 V,随着电压升高,器件亮度明显增大,呈现出典型的二极管的发光特性。器件 A 具有良好的发光性能,在 15 V 电压下获得的最大的发光效率为 0.37 cd/A,在 15 V 电压下获得的最大发光亮度为 1 173 cd/m²,色坐标从 8 V 时的(0.347 9,0.542 4)到 15 V 时的(0.337 3,0.523 3)变化不大。这个器件表明了 BTHQZn 具有一定的发光特性。

器件 B、C、D 的亮度电压曲线如图 3 所示。从图中可以看到 3 个器件的启亮电压都较低,为

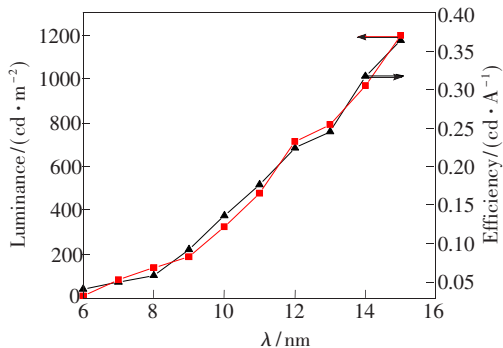


图 2 器件 A 的亮度-电压和效率-电压曲线
Fig. 2 L-V and E-V characteristics of device A

6 V。在电压为 8 V 时,亮度分别达到了 230, 202,181 cd/m²。随着电压的升高,3 个器件的亮度均明显增大,呈现出典型的二极管光电特性。其中器件 B 具有较好的性能,在电压为 14 V 时,达到了 1 533 cd/m²,此时色坐标为(0.405 4, 0.487 6);器件 C 达到 1 395 cd/m²,色坐标为(0.408 4, 0.489 6);器件 D 达到 1 289 cd/m²,色坐标为(0.407 7,0.490 2)。在相同电压下,器件 B、C 亮度均高于器件 D,3 个器件均为理想的黄光发射。3 个器件的效率-电压曲线如图 4 所示。由图 4 可以看出,随着电压的增大,3 个器件效率的变化趋势相同,都是随着电压的升高效率逐渐增加。器件 B 和 C 在 15 V 时效率达到最高,分别为 0.49 和 0.47;器件 D 在 14 V 时效率达到最高,为 0.41;当电压大于 15 V 以后,3 个器件的效率都呈下降趋势。在相同电压下,B 器件效率最高,C 器件次之,D 器件最低。说明 BTHQZn 具有一定的载流子传输能力,对空穴的传输能力远大于对电子的传输能力,同时还具有一定的发光特性。即新材料 BTHQZn 具有较好的发光特性和空穴传输特性。

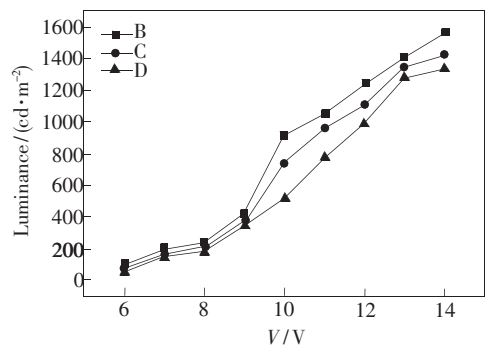


图 3 器件 B、C、D 的亮度-电压曲线。
Fig. 3 L-V characteristics of devices B, C and D.

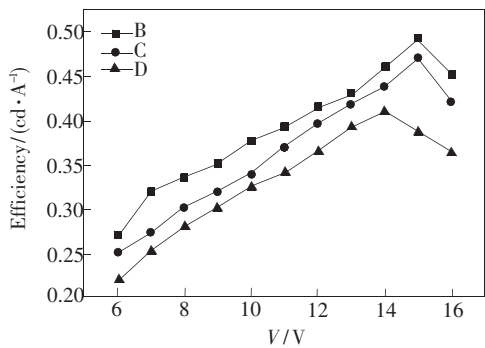


图 4 器件 B、C、D 的效率-电压曲线。
Fig. 4 E-V characteristics of devices B, C and D.

3.2 以 BTHQZn 作为发光层的黄光器件

以上器件的亮度和效率均较低,为了进一步提高器件的性能,制备了掺杂结构的发光器件。在以前的研究中,本课题组曾经报道结构为ITO/2T-NATA(20 nm)/CBP:6% Ir(ppy)₃:10% MoBCzHQZn(25 nm)/TPBi:6% Ir(ppy)₃(47 nm)/LiF(0.5 nm)/Al 的掺杂结构的发光器件^[15],最大发光亮度为 11 073 cd/m²,最大效率为 2.51cd/A。基于以上工作,本文制备了结构为ITO/2T-NATA(30 nm)/CBP:5% Ir(ppy)₃:10%BTHQZn(20 nm)/Alq(50 nm)/LiF(0.5 nm)/Al 的发光器件,称为器件 E。

图 5 为器件 E 的电压-亮度和电压-效率曲线图。从图 5 可以看到,器件的启亮电压较低,在 6 V 时亮度已经达到 25.4 cd/m²,器件在 11 V 时最大发光效率为 2.82 cd/A,在 12 V 时达到最大,亮度为 4 552 cd/m²,此时色坐标为(0.395 4, 0.497 6)。

由图 7 可以看到,当外界驱动电压变化时,器

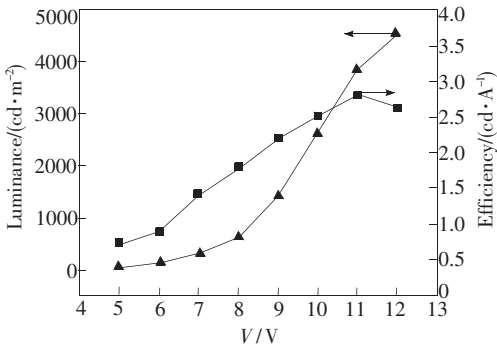


图 5 器件 E 的亮度-电压和效率-电压曲线

Fig. 5 L-V and E-V characteristics of device E

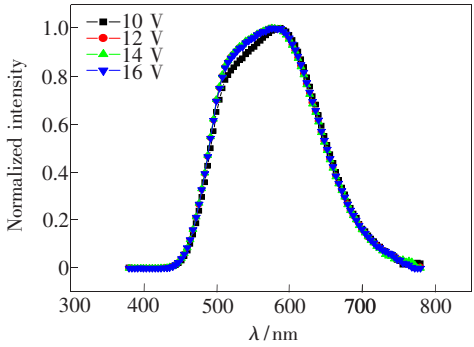


图 6 器件 E 的归一化光谱图

Fig. 6 Normalized EL spectra of device E at different voltage

件 E 的发射峰稳定在 580 nm 左右,可见 BTHQZn 的器件具有稳定的色纯度。器件发光性能较好的原因主要有两个方面:首先,黄光发射层采用母体材料 CBP 中同时掺杂 Ir(ppy)₃ 和 BTHQZn 的结构方式,利用 Ir(ppy)₃ 的磷光敏化作用,提高 BTHQZn 的发光效率和亮度^[16];其次,利用 Ir(ppy)₃ 掺杂到电子传输层 BTHQZn 中,提高电子的迁移率,调整了空穴和电子的平衡,将激子限制在发光层中发光,从而提高了有机电致发光器件的效率^[17]。

4 结 论

研究了新型荧光材料 BTHQZn 的电致发光特性和载流子传输特性,制备了效率和亮度较好的黄光器件。在 11 V 时,器件的最大发光效率为 2.82 cd/A;在 12 V 时,器件达到最大发光亮度为 4 552 cd/m²,此时色坐标为(0.395 4, 0.497 6)。

参 考 文 献:

[1] Tang C W, VanSlyke S A. Organic electroluminescent diodes [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 1987,51(12):913(1-3).

[2] Burroughes J H, Bradley D D C, Brown A R, *et al.* Light-emitting diodes based on conjugated polymers [J]. *Nature*, 1990, 347(6293):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):193502(1-3).

[4] 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): 2008-2013.

[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(12):1750(1-3).

[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(6771):750-752.

[8] Tokito S, Lijima T, Tsuzuki T, *et al.* High-efficiency white phosphorescent organic light-emitting devices with greenish-blue and red-emitting layers [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2003, 83(12):2459-2461.

[9] Li F, Cheng G, Zhao Y, *et al.* White-electrophosphorescence devices based on rhenium complexes [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2003, 83(23):4716(1-3).

[10] Yang X H, Neher D. Polymer electrophosphorescence devices with high power conversion efficiencies [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2004, 84(14):2476-2478.

[11] Cheng Gang, Li Feng, Duan Yu, *et al.* White organic light-emitting devices using a phosphorescent sensitizer [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2004, 82(24):4224(1-3).

[12] 马晨,王华,郝玉英,等. 一种新型结构的黄光有机电致发光器件 [J]. 光谱学与光谱分析,2008,28(7):1479-1482.

[13] 王广德,丁桂英,姜文龙,等. 基于 TPAHQZn 发光色度稳定的黄色 OLED [J]. 液晶与显示,2009,24(4):497-500.

[14] Jiang Wenlong,Zhang Gang, Ding Guiying, *et al.* Yellow OLEDs with CzHQZn as hole-transporting and emitting layers [J]. 半导体光电,2009,30(4):502-505.

[15] 丁桂英,姜文龙,汪津,等. 基于 N-对甲氧苯基咪唑-2-乙炔基-8-羟基喹啉锌的白色和黄色有机电致发光器件的性能 [J]. 物理化学学报,2009,25(10):2068-2073.

[16] 丁桂英,姜文龙,常喜,等. 基于 N-乙基咪唑-2-乙炔基-8-羟基喹啉锌的黄绿色有机电致发光器件的性能 [J]. 物理化学学报,2009,25(5):958-962.

[17] 丁桂英,姜文龙,汪津,等. 电子传输层中掺杂 Ir(ppy)₃ 改善白光 OLED 的效率 [J]. 固体电子学研究与进展, 2008,28(3):392-395,429.

学术论文英文摘要写作质量标准(试行)

为了让中文学术期刊学术论文以更高的质量走向国际,以利于国际科技界对中国科技事业的了解和交流,有必要规范英文摘要的质量标准:

一、英文摘要是应用符合英文语法的文字语言,以提供文献内窗口梗概为目的,不加评论和补充解释确切地论述文献重要内容的短文。

二、英文摘要必须符合“拥有与论文同等量的主要信息”的原则。为此,英文摘要应重点包括 4 个要素,即研究目的、方法、结果和结论。在这 4 个要素中,后 2 个是最重要的。在执行上述原则时,在有些情况下,英文摘要可包括研究工作的主要对象和范围,以及具有情报价值的其他重要的信息。当前学术期刊上英文摘要的主要问题是要素不全,繁简失当。

三、英文摘要的句型力求简单,通常应有 10 个左右意义完整、语句顺畅的句子。

四、英文摘要不应有引言中出现的内容,也不要对论文内容作诠释和评论,不得简单重复题名中已有的信息;不用非公知公用的符号和术语,不用引文,除非该论文证实或否定了他人已发表的论文,缩略语、略称、代号,除了相邻专业的读者也能清楚理解的以外,在首次出现时必须加以说明;科技论文写作时应注意的其他事项,如采用法定计量单位,正确使用语言文字和标点符号等,也同样适用于英文摘要的编写。

摘自:中国科协学会学术部 2002.9 通知