

文章编号: 1000-7032(2010)05-0651-04

基于新型连接层的有机叠层电致发光器件

田 苗 苗^{1, 2}, 刘 星 元^{*}

(1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所 激发态物理重点实验室, 吉林 长春 130033;

2 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

摘要: 制备了一种基于新的电荷生成层 $m\text{-MTDATA}:\text{M}\alpha\text{O}_3$ 的叠层有机电致发光器件。叠层器件与单发光层器件相比, 发光亮度和电流效率均有成倍的提高。叠层器件的最大电流效率达到了 30.06 cd/A , 最大亮度为 83210 cd/m^2 , 分别约为普通器件的 2 倍。除此之外, 叠层器件在整个电流密度范围内的电流效率都很稳定。结果表明: $m\text{-MTDATA}:\text{M}\alpha\text{O}_3$ 可以作为高效率的叠层有机电致发光器件的电荷生成层。

关 键 词: 电荷生成层; $\text{p}\text{-}\text{in}\text{-}\text{p}$ 叠层; 有机电致发光

中图分类号: TN383.1

PACS: 72.80.Le; 78.60.Fi

PACC: 7280L; 7860F

文献标识码: A

1 引 言

有机电致发光器件 (OLED) 具有能耗低、驱动电压低、色域广、制备工艺简单、视角宽、响应快等特点, 是下一代平板显示的有力竞争者, 因而成为近年来国际上的研究热点^[1~5]。叠层结构 OLED 是指将多个发光单元之间用电荷连接层进行连接, 其发光互不影响。得到广泛研究的叠层 OLED 包含多个发光单元, 器件的总厚度和工作电压会相应增加, 但是器件内的电流密度较低, 可有效地避免过剩电流作用导致的热猝灭效应, 进一步提高 OLED 的电流效率、亮度、寿命等^[6~8]。通过掺杂不同发光波长的荧光材料, 叠层结构的各发光单元可以同时产生红绿蓝三基色发光, 因而, 叠层结构在制备高性能白光器件中的应用也很受关注。

制备高性能的叠层 OLED 首要的是选择高品质的电荷连接层 (也称为电荷生成层, 简称 CGL)。高品质的 CGL 不仅应该具有很好的电荷注入和生成作用, 同时还需要在器件的发光峰值处具有较高的透过率以降低器件的吸收损耗^[9]。目前, 已经报道的 CGL 总体可分为以下几种结构: 多层金属/金属 CGL、非掺杂有机/有机双层 CGL、 p 型及 n 型掺杂构成的有机 pn 结型 CGL、

掺杂有机物/金属双层 CGL。不同的 CGL 结构各有优缺点, 例如: 基于金属 CGL 制备的 OLED 工艺较为简单, 但是由于金属在可见光波长区透过率较低 (大多低于 70%), 导致器件效率降低; 基于非掺杂双有机层 CGL 制备的 OLED 工作电压往往很高, 降低器件寿命。因此, pn 结型 CGL 由于其兼具有较好的电学及光学特性而被广泛应用于制备高性能叠层有机电致发光器件, 如 Bphen/Cs/N, $\text{N}'\text{-Di}(\text{naphthalene-1-yl})\text{-N}$, $\text{N}'\text{-diphenylbenzidine}$ tetrafluorotetracyanoquinodimethane ($\text{F}_4\text{-TCNQ}$), 及 $\text{Alq}_3:\text{Mg}/m\text{-MTDATA}:\text{F}_4\text{-TCNQ}$ 。然而, 近来有报道称广泛采用的 p 型掺杂剂 $\text{F}_4\text{-TCNQ}$ 会降低界面的稳定性导致器件工作电压升高。为避免这个问题, 相对稳定的金属氧化物作为连接层就成为一种较好的选择, 如: $\text{Alq}_3:\text{CsCO}_3/\text{M}\alpha\text{O}_3$, $\text{Alq}_3:\text{Mg}/\text{V}_2\text{O}_5$, $\text{Alq}_3:\text{CsCO}_3/\text{M}\alpha\text{O}_3$, Bphen: $\text{CsCO}_3/\text{NPB}:\text{W}\alpha\text{O}_3$ 等。金属氧化物可以具有较好的导电性及较高的透过率 (85% ~ 90%), 但是它们的蒸镀温度较高 (600 °C 以上), 有机材料耐高温能力较差, 二者兼容性不好, 这对有机叠层器件的进一步实用化是个障碍。

我们基于新结构的电荷生成连接层 Bphen: $\text{LiF}/m\text{-MTDATA}:\text{M}\alpha\text{O}_3$ 制备了叠层 OLED。比较双发光单元的叠层器件与单发光单元器件, 叠层

收稿日期: 2010-03-29 修订日期: 2010-08-24

基金项目: 中国科学院知识创新工程项目; 吉林省科技发展计划 (20050108 20090346) 资助项目

作者简介: 田苗苗 (1980-), 女, 吉林长春人, 博士, 主要从事有机半导体材料的受激发射特性的研究。

* : 通讯联系人; E-mail: xingyuanli@ hotmail.com, Tel: (0431) 86176341

器件的平均电流效率达到了 25.6 cd/A, 最大亮度为 83 210 cd/m², 分别约为普通器件的 2 倍。另外, 叠层器件最大电流效率达到 30.06 cd/A, 在整个电流密度范围内的电流效率都很稳定。结果表明: Bphen: LiF/m-MTDATA: MoO₃ 是很合适的叠层器件连接层结构。

2 实 验

叠层 OLED 器件的制备过程与单发光单元 OLED 制备过程基本相同, 首先对玻璃基板进行丙酮超声清洗, 超纯水超声清洗, 然后将晶片放入真空热蒸发设备内, 在 5×10^{-4} Pa 的高真空下依次蒸镀各有机层, 在蒸镀完第一个发光单元后蒸镀电荷生成层, 然后再继续制备第二个发光单元, 最后蒸镀上金属电极。有机层的蒸发速率控制在 0.2~0.3 nm/s, 金属层的蒸发速率控制在 0.7~0.8 nm/s。所有器件均未经封装, 在大气环境下进行测试。器件亮度-电流-电压 (*B-I-V*) 关系曲线由 Keithley 2400 型数字源表和 Photo Research PR705 型光谱扫描色度计进行测量。

3 结果与讨论

图 1 所示为叠层器件的结构, (a) 为普通 p-i-n 器件结构图, (b) 为叠层 p-i-n 器件结构图。其中单发光单元 p-i-n 器件阳极接触界面为 p 型掺杂的 m-MTDATA: MoO₃ (10%), 阴极接触界面为 n 型掺杂的 Bphen: LiF (30%)。为验证将这两层掺杂层连接在一起, 适合于制备叠层有机电致发光器件的连接层, 我们制备了双发光单元的叠层器件 A 和单发光单元的参考器件 B, 结构如下:

器件 A: G/ITO/m-MTDATA: MoO₃ (15 nm)/m-MTDATA (8 nm)/NPB (20 nm)/Alq₃: C545T (30 nm)/Bphen (25 nm)/Bphen: LiF (5 nm)/m-MTDATA: MoO₃ (15 nm)/m-MTDATA (8 nm)/NPB (20 nm)/Alq₃: C545T (30 nm)/Bphen (25 nm)/Bphen: LiF (5 nm)/Al (60 nm)。

器件 B: G/ITO/m-MTDATA: MoO₃ (15 nm)/m-MTDATA (8 nm)/NPB (20 nm)/Alq₃: C545T (30 nm)/Bphen (25 nm)/Bphen: LiF (5 nm)/Al (60 nm)。

图 2 对比了叠层器件 A 和普通器件 B 的发光亮度, 在注入电流密度为 500 mA/cm² 时, 器件 A 达到最大亮度值为 83 210 cd/m², 相对于器件

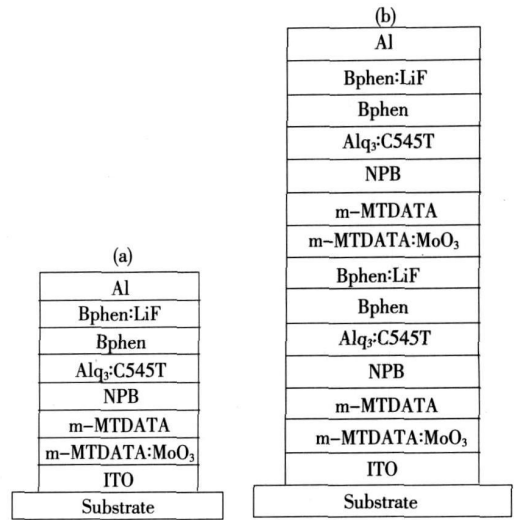


图 1 (a) 普通 p-i-n 器件的结构; (b) 叠层 p-i-n 器件结构。

Fig. 1 Structure of normal p-i-n OLED (a) and tandem p-i-n OLED (b)

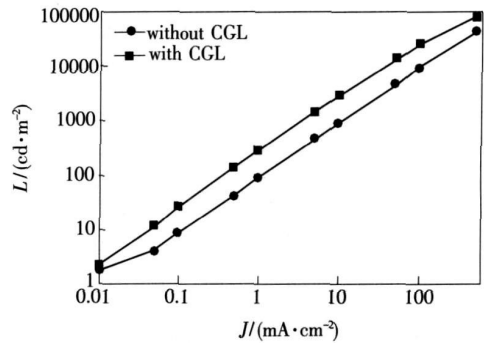


图 2 叠层器件 A (■) 和普通器件 B (●) 的发光亮度对比

Fig. 2 Luminance vs current density of device A (■) and device B (●)

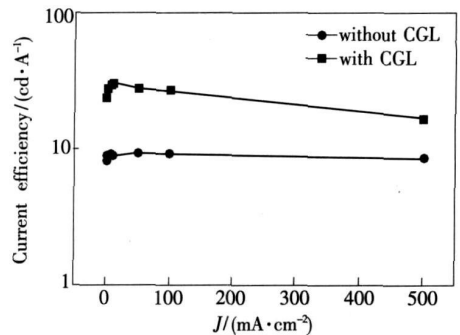


图 3 器件 A (■) 和器件 B (●) 发光效率随电流密度的变化关系

Fig. 3 Current efficiency vs current density of device A (■) and device B (●)

B, 其亮度值提高了近 1 倍, 说明 Bphen: LiF/m-MTDATA: MoO₃ 是很合适的叠层器件连接层

结构。

图 3 为叠层器件 A 和普通器件 B 的发光效率随电流密度的变化关系曲线。由图可见, 叠层器件 A 一直具有较高的电流效率, 在电流密度增加过程中, 其平均效率为 25.6 cd/A, 而器件 B 的电流效率平均值为 13.2 cd/A, 器件 A 的平均效率约为器件 B 的 2 倍, 器件 A 的最大电流效率达到了 30.06 cd/A, 这一结果进一步表明了叠层器

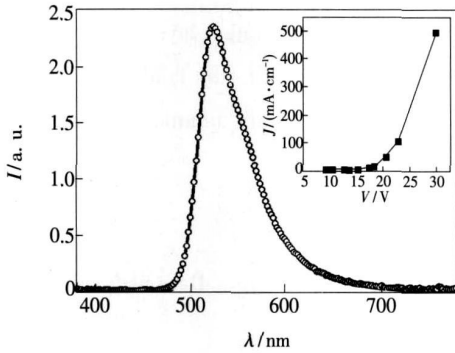


图 4 器件 A 的 EL 光谱和 $I-V$ 特性曲线

Fig 4 EL spectrum of device A (inset shows the $I-V$ curve of device A)

件的效率相对于普通器件具有很大的提高, 这种效率的提高不仅使叠层结构可以应用于有机电致发光器件, 而且, 可以应用于制备有机电泵激光器的有源层。

图 4 给出了器件 A 的 EL 光谱和 $I-V$ 特性曲线, 发光来源于发光层掺杂的荧光材料 C545T 的发光, 峰值为 524 nm, $I-V$ 特性曲线为典型的二极管特性。

4 结 论

基于新结构的电荷生成连接层 Bphen:LiF/m-MTDATA:M O_3 , 我们制备了的叠层有机电致发光器件。比较双发光单元的叠层器件与单发光单元器件, 其发光亮度、电流效率均有成倍的提高, 叠层器件的平均电流效率达到了 25.6 cd/A, 最大亮度为 83 210 cd/m², 分别约为普通器件的 2 倍。另外, 叠层器件最大电流效率达到 30.06 cd/A, 在整个电流密度范围内的电流效率都很稳定。结果表明 Bphen:LiF/m-MTDATA:M O_3 是很合适的叠层器件连接层结构。

参 考 文 献:

- [1] Guo X, Shen G D, Wang G H, *et al* Tunnel regenerated multiple active region light emitting diodes with high efficiency [J]. *Appl Phys Lett*, 2001, **79**(18): 2985-2987
- [2] Shen Z, Burrows P E, Bulovi V, *et al* Three-color tunable organic light emitting devices [J]. *Science*, 1997, **276** (5321): 2009-2012
- [3] Burrows P E, Khalfin V, Gu G, *et al* Control of microcavity effects in full color stacked organic light emitting devices [J]. *Appl Phys Lett*, 1998, **73**(4): 435-437
- [4] Jia Yong, Deng Zhenq, Xiao Jing, *et al* The effect of PBD as electron transporting layer in Alq₃:DCJTB organic light emitting devices [J]. *Chin. J. Lum in* (发光学报), 2008, **29**(1): 23-26 (in English).
- [5] Xie Zefeng, Yuan Yongq, Chen Shuming, *et al* Study on metal microcavity OLEDs with improved efficiency [J]. *Chin. J. Lum in* (发光学报), 2008, **29**(1): 37-40 (in English).
- [6] Rand B P, Peumans P, Forrest S R. Long range absorption enhancement in organic tandem thin-film solar cells containing silver nanoclusters [J]. *J. Appl Phys*, 2004, **96**(12): 7519-7526
- [7] Kanno H, Giebink N C, Sun Y, *et al* Stacked white organic light emitting devices based on a combination of fluorescent and phosphorescent emitters [J]. *Appl Phys Lett*, 2006, **89**(2): 023503-1-3
- [8] Sun J X, Zhu X L, Peng H J, *et al* Highly efficient stacked OLED employing new anode-cathode layer [C]. Hongkong S D, 2005: 797-799.
- [9] Liao L S, Klubek K P. Power efficiency improvement in a tandem organic light emitting diode [J]. *Appl Phys Lett*, 2008, **92**(22): 223311-1-3.

High Efficiency Tandem Organic Light-emitting Diode Based on a New Charge Connecting Layer

TIAN Miaomiao^{1,2}, LU Xingyuan¹

(1 Laboratory of Excited State Processes, Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics

Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China;

2 Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract A tandem organic light-emitting diode (OLED) with a new charge generation layer of m-MTDATA: MoO₃ has been studied. Compared to the OLED with single electroluminescence unit, the tandem OLED shows an enhanced luminance and current efficiency by a factor of nearly 1. The maximum luminance and the maximum efficiency of tandem OLED are 83 210 cd/m² and 30.06 cd/A, respectively.

Key words charge generation layer; tandem; OLED

CLC number TN383.1

PACS 72.80.Lg; 78.60.Fi

PACC: 7280L; 7860F

Document code A

Received date: 2010-03-29

向您推荐《液晶与显示》——中文核心期刊

《液晶与显示》是中国最早创办的液晶学科专业期刊,也是中国惟一的液晶学科和显示技术领域综合性专业学术期刊。它由中国科学院长春光学精密机械与物理研究所、中国光学光电子行业协会液晶专业分会和中国物理学会液晶分会主办,科学出版社出版。

《液晶与显示》以研究报告、研究快报、综合评述和产品信息等栏目集中报道国内外液晶学科和显示技术领域最新理论研究、科研成果和创新技术,及时反映国内外本学科领域及产业信息动态,是宣传、展示我国该学科领域和产业科技创新实力与硕果,进行国际交流的平台。本刊是英国《科学文摘》(INSPEC)、美国《化学文摘》(CA)、俄罗斯《文摘杂志》(AJ)、美国《剑桥科学文摘》(CSA)、“中国科技论文统计源期刊”等 20 余种国内外著名检索刊物和文献数据库来源期刊。

《液晶与显示》征集有关各类显示材料及制备方法、液晶显示、等离子体显示、阴极射线管显示、发光二极管显示、有机电致发光显示、场发射显示、微显示、真空荧光显示、电致变色显示及其他显示、各类显示器件物理和制作技术、各类显示新型模式和驱动技术、显示技术应用、显示材料和器件的测试方法与技术、成像技术和图像处理等研究论文。《液晶与显示》热忱欢迎广大作者、读者广为利用,踊跃投稿。同时,竭诚欢迎社会各界洽谈广告业务、合作组织技术交流与信息发布时间。

《液晶与显示》为双月刊,国内定价 30 元。国内邮发代号: 12-203 国外发行代号: 4868BM。广告经营许可证号: 2200004000068

地 址: 长春市东南湖大路 3888 号

《液晶与显示》编辑部

邮 编: 130033

电 话: (0431) 86176059

E-mail: yjk@ciomp.ac.cn

国内统一刊号: CN 22-1259/O4

国际标准刊号: ISSN 1007-2780

国际刊名代码 (CODEN): YYXIFY

传 真: (0431) 84695881

网 址: www.yjxscm