

# Electroluminescent Property Studies of Multifunctional 8-Hydroxyquinoline Derivatives

Xin-hua Ouyang<sup>1</sup>, Yan-ping Huo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> School of Environmental and Chemical Engineering, Nanchang Hangkong University, Nanchang, 330063, P. R. China

<sup>2</sup> Faculty of Chemical Technology & Light Industry, Guangdong University of Technology, Guangzhou, 510006, P. R. China

Email: oyxhscut@yahoo.com.cn

**Abstract:** Three devices with different configurations were fabricated to study their electroluminescent properties of four multifunctional 8-hydroxyquinoline zinc derivatives. Results were found they showed strong yellow-light emission with excellent hole-transporting abilities. On the base of these results, a white device was constructed to investigate their yellow-light emission and hole-transporting properties. Interestingly, the on-set voltage of these derivative were below 8V, and their luminescence was up to 3164 cd m<sup>-2</sup> for M<sub>4</sub>, 4624 cd m<sup>-2</sup> for M<sub>3</sub>, and 3556 cd m<sup>-2</sup> for M<sub>2</sub> with power efficiency beyond 1.65 lm W<sup>-1</sup>, respectively.

**Keywords:** 8-hydroxyquinoline derivatives; Electroluminescent devices; Luminescent efficiency

## 多功能 8-羟基喹啉衍生的电致发光特性的研究

欧阳新华<sup>1</sup>, 霍延平<sup>2</sup>

<sup>1</sup>南昌航空大学环境化学工程学院材料化学系, 江西南昌, 中国, 330063

<sup>2</sup>广东工业大学轻工与化工学院, 广东广州, 中国, 510006

Email: oyxhscut@yahoo.com.cn

**摘要:** 本文设计三种不同结构的器件研究了四个多功能 8-羟基喹啉锌的光电性能, 结果表明这些功能分子均表现出强的黄光发射, 同时他们 also 具有良好的空穴传输性能和一定的电子传输能力。基于建构了一种白光器件使用多功能 8-羟基喹啉锌作为空穴传输和黄光发射材料, 其白光器件的起亮电压均在 8V 以下, 发光亮度分别为 3164 cd m<sup>-2</sup> (M<sub>4</sub>), 4624 cd m<sup>-2</sup> (M<sub>3</sub>) 和 3556 cd m<sup>-2</sup> (M<sub>2</sub>), 功率效率均在 1.65 lm W<sup>-1</sup> 以上。

**关键词:** 8-羟基喹啉衍生物; 电致发光器件; 发光效率

### 1 引言

自从 1987 年美国柯达公司 C. W. Tang[1]首次报道以二胺衍生物作为空穴传输层, 8-羟基喹啉铝为发光层的双层结构有机薄膜电致发光以来, 有机小分子及有机聚合物的薄膜电致发光成为近年来的研究热点[2~5]。主要由于这些材料选材范围广, 并且可以通过改变其空穴传输、电子传输材料或其器件的结构, 可能得到高亮度的全色发光。然而, 到目前为止, 8-羟基喹啉铝 (Alq<sub>3</sub>) 依旧是一种综合性能非常优秀的绿光材料。随着色彩需

求的不断提高, Alq<sub>3</sub> 这种发光单一、溶解性差的材料已不能人们的要求。但为了获得性能优良、结构稳定的发光材料, 相关的报道[6]提出通过化学方法修饰 8-羟基喹啉环, 可以保持 8-羟基喹啉的特性, 而且可以调控其能级差, 获得不同颜色的发光。通过引入不同的结构的分子进入 8-羟基喹啉环及改变配位的金属原子, 甚至获得单分子白光发光材料, 同时也可以改变其金属化合物的溶解性。

然而, 有机发光器件通常采用多层结构来实现, 其发光效率普遍不高, 这是由于载流子在不同的分子中迁移率不同所造成的, 让其在一个分子中迁移、重建和发光, 这必将很大程度的提高材料的发光效率, 最近相关

**资助信息:** 国家自然科学基金(No. 20802010)和南昌航空大学博士启动金(EA201002050)。

的报道也开始出现[6], 采用化学方法将具有高的空穴和电子传输能力的基团引入单分子中使其具有多功能性。因此, 设计合成具有多功能单层发射的有机分子成为当前研究的热点之一。咔唑, 芴, 菲及喹啉作为重要的中间体[7-8], 它们本身能够发光, 而且具有电子或者空穴传输能力。本文采用一系列新型的 2-取代-8-羟基喹啉金属配合物作为多功能材料, 并系统地研究它们的光电特性。分子结构如图 1 所示。

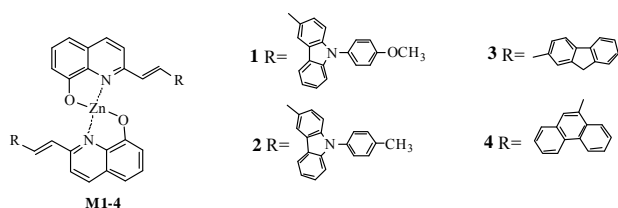


Figure 1. The structures of target molecules

图 1. 目标分子的结构

## 2 器件的制作

实验选用深圳南玻集团生产的方块电阻为  $40\Omega\text{cm}^{-1}$  的 ITO 基片作为阳极。使用 4,4',4''-[N-(2-naphthyl)-phenylamino]-triphenylamine(2T-NATA) 作空穴注入层, N,N'-bis-(1-naphthyl)-N,N'-diphenyl-1,1'-biphenyl-4,4'-diamine (NPB) 作为蓝光发射层和空穴传输层, tris(8-quinolinolato)aluminum (Alq<sub>3</sub>) 作为电子传输层, LiF 用作缓冲层, 以利于电子注入。整个器件蒸镀约 120 nm 厚, Al 作阴极。ITO 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, 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。按设计的结构分别生长不同的有机材料层、LiF 和 Al。为了系统的研究这些化合物的电致发光性能, 设计了以下四个结构的器件(图 2)。

## 3 结果与讨论

### 3.1 化合物 M1-4 的发光及其相关性质的研究

化合物 M1-4 的电致发光光谱如图 3 所示, 从器件 A, B 和 C 中可以看出, 他们在这三种结构中的发射峰基本一致, 位于 565-610 nm (M1-4) 之间, 典型的黄光发射光。说明这些发射波长是由目标分子产生的。器件 A, B, C 和 D 的电致发光性能归纳于表 1 中。

目标化合物在不同器件结构中的起亮电压均在 10V 以下; 说明器件中各层的能级匹配相符, 有利于电子和

空穴的注入。器件 C 中, 其驱动电压均高于其它器件, 说明这种结构的器件中电子和空穴注入不平衡, 电流的利用率比较低。

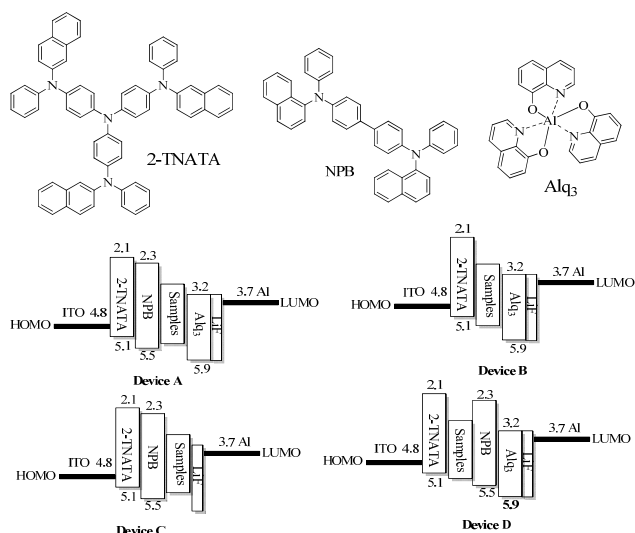


Figure 2. The structures of electron injecting, transfer materials, and the energy gap scheme

图 2. 电子注入和传输材料的分子结构, 器件中电子结构图

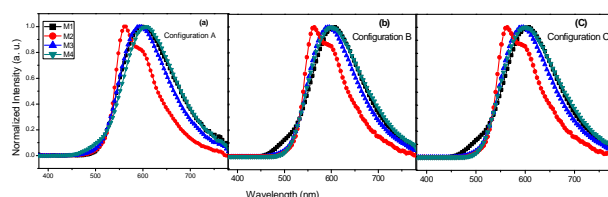


Figure 3. The electroluminescent spectra of M1-4

图 3. 目标化合物 M1-4 的电致发光光谱

Table 1. The parameters of EL in devices A, B, C and M1-4

表 1. M1-4 在三种器件中的电致发光参数

器件 (样品)	最大亮度 (cd m <sup>-2</sup> )	色坐标 (x,y)	发光效率 (cd A <sup>-1</sup> )	功率效率 (lm w <sup>-1</sup> )
A (M1)	1420	(0.528, 0.464)	0.67	1.25
A (M2)	3596	(0.492, 0.495)	1.76	3.3
A (M3)	2782	(0.519, 0.469)	1.08	1.03
B (M1)	697	(0.518, 0.47)	0.31	0.6
B (M2)	192	(0.5, 0.492)	0.15	0.05
B (M3)	1222	(0.521, 0.471)	0.35	0.55
B (M4)	379	(0.534, 0.445)	0.78	0.05
C (M1)	1396	(0.529, 0.463)	0.96	1.92
C (M2)	3596	(0.492, 0.495)	1.76	4.4
C (M3)	3384	(0.527, 0.459)	0.92	1.22
C (M4)	3531	(0.547, 0.444)	0.79	3.15

目标化合物的最大发光效率和最大发光亮度也列于表 1 中, 而且也研究了它们在不同电压下的发光色度, 结果发现这些化合物在不同电压下的色度坐标变化非常小, 说明其发光颜色稳定性好。根据器件结果, 化合物 M1-4 均具有强的发光和空穴传输特性, 同时也具备一定的电子传输性能。因此, 在制备发光器件时, 可以将其直接作为发光层、空穴传输层和电子传输层, 这样有利于在器件制作过程中减少制作工艺, 减低成本。

从表中发现, 器件 A 和 C 发光亮度较器件 B 有很大程度的提高, 这也说明化合物 M1-4 在器件 B 中的电流的利用率比较低, 不利于电荷的重建和传输。目标化合物在器件 A 和 C 的最大发光亮度均在 3000 cd m<sup>2</sup> 以上, 这也说明目标化合物具有强的荧光发射性能。从表 1 中可以看出, 目标化合物在器件 B 中的发光效率相对较低, 这也从另一个方面说明了这些分子在没有电子传输层时电荷传输较差, 值得注意的是化合物 M2 在器件 C 中其功率效率达到 4.4 lm/w。这将有利于 M2 在光电材料上的应用。

### 3.2 化合物 M1-4 白光器件的研究

基于上述结果, 使用目标化合物 M2-4 作黄橙光发射层和空穴传输层, NPBX 作蓝光发射层, 制备了结构为 ITO/2T-NATA (20nm)/ 目标化合物 (25 nm) / NPBX (13 nm) / BCP (8nm) / Alq3 (34 nm) / LiF (0.5 nm)/Al 的非掺杂型高效率有机电致白光器件。从图 4 中可以看出, 所有化合物的电致发光光谱均出现两个发射峰, 其中位于 450 nm 左右处的发射峰来是源自于 NPBX, 而位于 560-600 nm 处的峰则是来自化合物 M2-4。从这些白光器件电致发光光谱可以发现, 它们的 EL 谱几乎覆盖了从 380 nm 到 780 nm 的整个可见光范围。而且, 在这些发光谱中表现出有趣得现象, M3 的黄橙光的发射强度相对于蓝光的发射强度高, 而 M2 和 M4 黄橙光的发射强度相对于蓝光的发射强度弱。这主要可能是由于以下原因而产生的: (1) NPBX 和 M2-4 的厚度比例; (2) NPBX 和 M2-4 的发光效率; (3) NPBX 和 M2-4 界面的势垒差。

图 4 的亮度-电压和效率-电压曲线可以发现, 器件的起亮均在 5 V 以下, 器件在 14V 时达到最大电流效率, 在 15 V 时达到最大亮度, 此时色坐标位于白光色度坐标范围内; 并且器件的色坐标由 6 V 时的白光色度到 15 V 时的白光色度坐标均在白光范围内。表 2 归纳了化合物 M2-4 的白光器件的最大发光亮度、色

度、驱动电压及功率效率等参数。

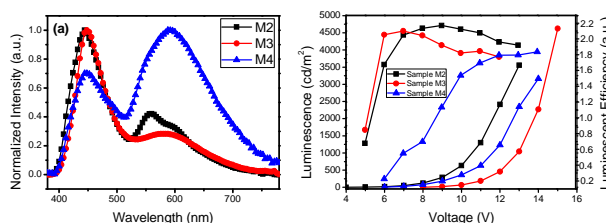


Figure 4. The white-light emission and luminescence of M2-4  
图 4. 基于化合物 M2-4 的白光器件的发光光谱和电流电压及效率

Table 2. The major parameters of the white-light device  
表 2. 白光器件的主要参数

	起亮电压 (V)	发光亮度 (cd m <sup>2</sup> )	色度 (x,y)	功率效率 (lm w <sup>-1</sup> )
M2	4	3556@13V	(0.3719,0.3275)	1.79
M3	6	4624@15V	(0.3507,0.3128)	1.97
M4	8	3164@14V	(0.3834,0.3313)	1.65

### 4 结论

本文演示了一系列新型多功能的 8-羟基喹啉金属化合物的电致发光和电荷传输性质采用四种不同结构的器件表征, 结果表明, 所有目标分子均具有好的发光性质和空穴传输性能。而且, 基于上述实验的基础上, 建构了一种白光器件, 使用目标化合物与 NPBX 参杂的白光器件, 在这些器件当中, 目标化合物均表现出优越的发光和电子传输性能。

### References (参考文献)

- [1] C W Tan, S A Vanslyke. Organic electroluminescent diodes [J]. Applied Physics Letters, 1987, 51 (12): 913-915.
- [2] Tianhang Zheng, Wallace C H Choy. High efficiency blue organic LEDs achieved by an integrated fluorescence-interlayer-phosphorescence emission architecture[J]. Advanced Materials, 2010,207(4): 648-655.
- [3] Wenyu Ji, Letian Zhang, Tianyu Zhang, Wenfa Xie, Hanzhuang Zhang. High-contrast high-efficiency microcavity top-emitting white organic light-emitting devices[J]. Organic Electronics, 2010, 11(2): 202-206.
- [4] Malte C Gather, Fabian Ventsch, Klaus Meerholz. Embedding organic light-emitting diodes into channel waveguide structures[J]. Advanced Materials, 2008, 20 (10): 1966-1968.
- [5] Malte C Gather, Anne Koehnen, Aurelie Falcou, Heinrich Becker, Klaus Meerholz. Solution-processed full-color polymer organic light-emitting diode displays fabricated by direct photolithography[J]. Advanced Functional Materials, 2007, 17(2): 191-200.
- [6] Xinhua Ouyang, Heping Zeng, Guiying Ding, Wenlong, Jiang, Jing Li. Luminance materials containing carbazole and triphenylamine exhibiting high hole-transporting properties[J].

- Synthetic Metals*, 2009 (19-20): 2063-2069.
- [7] Xinhua Ouyang, Guangrong Wang, Heping Zeng, Weiming Zhang, Jing Li. Design and synthesis of 2-substitued-8-hydroxyquinline zine complexes with hole-transporting ability for highly effective yellow-light emitters[J]. *Journal of Organometallic Chemistry*, 2009, 694(21): 3511-3517.
- [8] Weiming Zhang, Heping Zeng. Tuning wavelength: Synthesis and properties of 2-substitued-8-hydroxyquinline derivatives with zine complexes[J]. *Acta Chimica Sinica*, 2008, 66(4):465-470 (Ch).  
张卫民, 曾和平. 调控发光波长: 新型 2-取代 8-羟基喹啉衍生物金属锌配合物的合成与特性研究[J]. *化学学报*, 2008, 66(4): 465-470.