

文章编号: 1000-7032(2008)05-0815-06

噻吩基联苯乙烯蓝色发光材料的合成与发光性能

柴生勇¹, 别国军¹, 徐新军², 刘 波¹, 刘琼妮¹, 于 贵², 刘云圻²

(1. 西安近代化学研究所, 陕西 西安 710065; 2. 中国科学院 化学研究所, 北京 100080)

摘要: 设计并合成了新型含噻吩基团的联苯乙烯类蓝色有机电致发光材料 4,4'-双(2-苯基-2-(2-噻吩)乙烯基)-1,1'-联苯(TPVB_i), 通过红外、核磁共振、元素分析对其结构进行了表征。利用紫外可见吸收光谱、荧光光谱和循环伏安法等研究了其 HOMO、LUMO 能级及发光性能。TPVB_i 溶液的荧光发射峰值波长为 451 nm, 薄膜的荧光光谱最大发射波长为 464 nm。循环伏安测得其氧化峰电位为 1.227 V。TPVB_i 的 HOMO 能级为 -5.55 eV, LUMO 能级为 -2.67 eV。以 TPVB_i 作为发光层制作了结构为 ITO/CuPc(10 nm)/NPB(30 nm)/TPVB_i(35 nm)/TPBi(35 nm)/Alq(100 nm) 的有机发光二极管器件, 并研究了该器件的电致发光性能。该器件在电压为 19.5 V 时, 达到最大亮度 1782.3 cd/m², 在电流密度为 15.69 mA/cm² 时, 最大电流效率为 1.73 cd/A; 器件的发光 CIE 色坐标为 $x=0.25$, $y=0.40$ 。

关 键 词: 噻吩基联苯乙烯; 蓝光材料; 有机电致发光

中图分类号: O482.3; TN873.3

PACC: 7860F

文献标识码: A

1 引 言

有机电致发光(OEL)技术被认为是最有前景的新一代显示技术。自从 1987 年柯达公司第一次开发双层结构器件^[1]以来, 高效稳定的新材料一直是研究的重点。蓝光材料是彩色显示中的关键材料, 其开发及专利保护更是热点^[2-5]。见于报道的蓝光材料包括芳烃类蓝光材料、芳胺类蓝光材料^[6]、有机硼类蓝光材料^[7]、有机硅类蓝光材料^[8]等。芳烃类包括了双烯基芳烃类(Distyrylarylene)蓝光材料^[9]、茈类蓝光材料^[10]、茈类蓝光材料^[11]、葱类蓝光材料^[12]等。很多的主体发光分子结构在文献中公开, 但绝大多数材料的分子结构仍然处于公司商业机密中, 材料的确切化学结构始终是保密的^[13]。

蓝光 OLED 发展至今, 日本 Idemitsu 公司的蓝光材料是目前被公认最好的^[9], 在器件稳定性、光色纯度和发光效率等方面均有上乘的性能, 其最主要的蓝光材料系以双烯基芳烃蓝光材料(DSA)系列的相关衍生物为主。在这一系列材料中不含五

元杂环结构, 如噻吩、呋喃等。本文将噻吩基团引入双烯基芳烃结构以期得到新的发光材料, 报道了噻吩基联苯乙烯蓝光材料的合成、光致发光性能、电化学性能以及在发光器件中的电致发光性能。

2 实 验

2.1 试剂与仪器

四氢呋喃, 分析纯, 蒸馏后用钠丝干燥保存; 多聚甲醛, 分析纯, 成都联合化工试剂研究所; 氯化锌, 分析纯, 天津双船化学试剂厂; 亚磷酸三乙酯, 化学纯, 上海凌峰化学试剂有限公司; 80% 油性分散氢氧化钠, 天津市北星新技术开发公司; 噻吩, 分析纯, 成都科龙化工试剂厂; 联苯、无水三氯化铝、苯甲酰氯等均为商品分析纯试剂。

美国 Nicolet 公司 6SXR-FTIR 型红外光谱仪, 溴化钾压片; 德国 ELEMENTAR 公司 Vario EL III 型有机元素分析仪; 美国 Bruker-AV 500 核磁共振仪; Hitachi F-4500 分光光度计; 江苏江分厂 MCP-1 型恒电位仪; 上海 UNICO UV-2102PCS 型紫外可见分光光度计。

收稿日期: 2007-12-29; 修订日期: 2008-01-31

基金项目: 陕西省科技计划资助项目(2004K07-G5)

作者简介: 柴生勇(1965-), 男, 甘肃宁县人, 研究员, 主要从事有机电致发光材料的研究。

E-mail: csy2048@pub.xaonline.com, Tel: (029) 88291840

2.2 合成

2.2.1 2-噻吩苯甲酮的制备

在装有搅拌、冷凝管、滴液漏斗和温度计的 250 mL 四口瓶中,加入 120 mL CS_2 和 45 g $AlCl_3$, 搅拌溶解,冰浴冷却至 10~15 °C。将 22 mL 噻吩和 35 mL 苯甲酰氯溶于 50 mL CS_2 中配制的溶液经滴液漏斗缓慢滴入反应瓶,滴加温度保持在 15~25 °C 之间,滴加约 3.5 h。滴完后自然升至室温,搅拌 3 h 放置过夜后,加热回流 3.5 h 冷却。将反应物倾入冰水中,用 30 mL 乙酸乙酯提取三次。有机相合并,用水在分液漏斗中洗涤至中性, $MgSO_4$ 干燥。蒸去溶剂,冷冻,得深棕色固体。用石油醚重结晶。得白色固体 46.7 g。mp 60~61 °C (文献 [14] 值 56.5 °C)。得率 89.2%。

2.2.2 4,4'-二氯甲基联苯的制备

在装有搅拌、冷凝管、恒压漏斗和温度计的 250 mL 四口瓶中加入 7.7 g 联苯、6 g 多聚甲醛、8.3 g 氯化锌、60 mL 环己烷、5 mL HAc 和 5 mL 水,搅拌升温。48 °C 时,开始缓慢滴加氯化亚砷,溶液从无色透明逐渐变为混浊,最后有大量固体生成, TLC 跟踪反应结束,用时约 13 h 滴入氯化亚砷 20 mL。停止搅拌,自然冷却,过滤。滤饼用水洗涤至中性,再用甲醇洗涤,得白色固体。乙醇重结晶得产品 7.9 g 得率 63.2%, 含量 99% (HPLC); mp 140~141 °C (文献 [15] 值: 136~138 °C)。

2.2.3 1,1'-联苯-4,4'-双(亚甲基磷酸二乙酯)的制备

在装有搅拌、冷凝管和温度计的 100 mL 三口瓶中加入 34 mL $P(OEt)_3$ 和 5 g 4,4'-二氯甲基联苯,通 N_2 保护,在 150 °C 反应 4~5 h 停止加热,搅拌降温。当温度降到 70 °C 时,加入 50 mL 石油醚 (60~90 °C),析出固体,过滤,得到白色固体产品 8.5 g 得率 93.6%, 含量 97% (HPLC), mp 106~108 °C。

2.2.4 TPVB 的合成

在装有搅拌、冷凝管、滴液漏斗和温度计的 500 mL 四口瓶中加入 150 mL THF, 24.1 g (0.053 mol) 1,1'-联苯-4,4'-双(亚甲基磷酸二乙酯)和 80% 含石蜡 NaH 7 g (0.3 mol), 搅拌 20 min 后经滴液漏斗滴入 21.8 g (0.116 mol) 2-噻吩苯甲酮和 20 mL THF。加热回流反应, TLC 跟踪反应结束。停止反应,冷却,搅拌下倒入含有盐酸的冰水

中,析出固体。过滤,水洗得 25.2 g 粗品。用 1:1 的正己烷和甲苯溶剂重结晶后得到淡红色粉末产品 21 g 得率 75.78%, 含量 98%, mp 182~184 °C。

FTIR (KBr): 3099, 3060, 3025 (Ar—C—H); 1593 (C—C); 1493, 1442, 1426, 1403 (Ar); 1242, 1074, 1028 (C—S); 893, 847, 829, 815, 765, 697 (ArC—H)。

元素分析理论值: C, 82.72; H, 5.01; S, 12.27。实测值: C, 82.62%; H, 5.01%。

1H NMR (500 MHz, $CDCl_3$): δ 7.446 (d, 2H, $J=7.5$ 噻吩), δ 7.402~7.420 (m, 4H 联苯), δ 7.320~7.364 (m, 4H 联苯), δ 7.232 (d, 4H, $J=6.5$ Hz 苯), δ 7.21 (t, 4H, $J_1=8.5$ Hz, $J_2=6.5$ Hz 苯), δ 7.016 (d, 2H, $J=8.5$ Hz 苯), δ 7.696~6.950 (m, 2H 噻吩), δ 7.07 (s, 2H 烯氢), δ 6.74 (t, 2H, $J=7.5$ Hz 噻吩)。

^{13}C NMR (125 MHz, $CDCl_3$): δ 147.9, 143.1, 141.6, 139.4, 136.3, 135.6, 129.8, 128.8, 127.9, 127.5, 126.2, 125.8。

2.3 OLED 器件制备

将刻蚀好的 ITO 玻璃依次用洗涤剂、去离子水、丙酮及无水乙醇等通过超声波清洗。将烘干的 ITO 基片置于真空镀膜机中,在真空度达到 3×10^{-4} Pa 时,以 0.1 nm/s 的速率依次蒸镀有机材料。最后更换掩模板,以 0.5 nm/s 的速率蒸镀铝阴极。有机层及阴极层的厚度通过靠近 ITO 基片的石英晶振片监测,并通过 Ambios XP-2 台阶仪进行校正。所制得的器件的发光面积为 4.8 mm^2 。

器件的电致发光亮度 (L)、电流、电压等在由计算机控制的光功率计 (Newport 2835-C)、半导体参数测试仪 (HP 4140B) 所组成的 $V-I-B$ 测试系统中测定。测定时,电源正极接 ITO、负极接金属阴极,测得的光功率值经过转换可得到发光亮度值。电致发光光谱图以及色坐标使用 Photo Research PR650 光谱光度/色度计测定。

3 结果与讨论

3.1 化合物的合成及结构

TPVB 按如图 1 所示路线由噻吩苯甲酮和联苯双(亚甲基磷酸二乙酯)经 Wittig-Homer 反应合成。

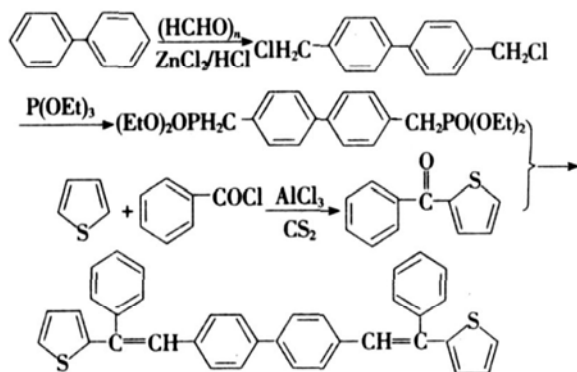


图 1 TPVBi 的合成路线

Fig 1 Synthetic route of the TPVBi

3.2 电子性能

TPVBi 在二氯甲烷的稀溶液中的紫外-可见吸收光谱如图 2 所示。

芳香族化合物均含环状共轭体系, 有共轭的 $\pi-\pi^*$ 跃迁, 一般有三个吸收谱带 E_1 、 E_2 、B 带。含不饱和杂原子的化合物既有 π 电子, 又有 σ 电子和 n 电子, 但仅 $n-\pi^*$ 跃迁的吸收带在近紫外区。由 $n-\pi^*$ 跃迁产生的吸收带被称为 R 带。TPVBi 在溶液中的吸收谱图中, 有吸收强度较大的 E_1 、 E_2 带和吸收强度较小的 B 带, R 带吸收强度弱, 被 B 带掩盖, E_1 、 E_2 和 B 带的吸收峰值分别为 232、262、365 nm。同结构相似的蓝光材料 DPVBi 的吸收光谱比较^[16], TPVBi 的 E_1 、 E_2 带, 在 DPVBi 中消失, 只有一个吸收峰 351 nm。这可能与当用苯置换 TPVBi 分子中的噻吩后, DPVBi 的分子刚性变化而导致激发态 S_1 、 S_2 、 S_3 的能级发生改变有关。

TPVBi 在二氯甲烷稀溶液中的吸收峰波长为 365 nm。从吸收光谱的起始位置 430 nm 可以算出该分子 HOMO 能级与 LUMO 能级间的能量差

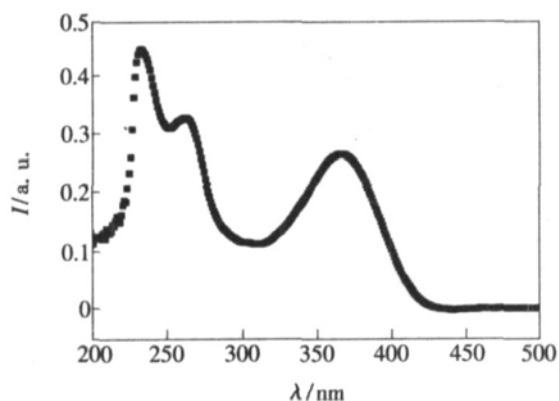


图 2 TPVBi 在二氯甲烷中的紫外-可见吸收光谱图

Fig 2 UV-Vis absorption spectrum of TPVBi in CH_2Cl_2 .

$$E_g = 1240/\lambda = 2.88 \text{ eV}.$$

循环伏安法可以较为精确地测定有机小分子的 HOMO 和 LUMO 能级^[17, 18], 所以用循环伏安法可以为实现电极材料、发光材料和载流子传输材料之间的能带匹配, 提供理论依据。对 TPVBi 可以得到 HOMO 能, 结合吸收光谱所得能隙差, 又可计算出 LUMO 能。

将 TPVBi 溶于 1:1 的 CH_2Cl_2 : CH_3CN 的混合溶剂, 配成 5×10^{-4} mol/L 溶液, 以 0.1 mol/L 四丁基高氯酸铵作为支持电解质, 在恒电位仪上测定循环伏安图。扫描速度为 30 mV/s。恒电位仪的工作电极为 Pt 片, 辅助电极为 Pt 丝 ($\phi 0.8$ mm), 参比电极为 Ag/AgCl 电极。采用二茂铁 (真空电离能 4.8 eV) 为外标物校正氧化电位值。

在 TPVBi 的 CV 图谱中, 其氧化支曲线氧化峰峰值电位 P_{ox} 为 1.23 V, 起始电位 E_{onset} 为 1.07 V。HOMO 能级对应于图谱的氧化支曲线氧化峰起始电位, 以二茂铁 (真空电离能 -4.8 eV) 作外标计算。二茂铁氧化峰的氧化峰起始电位 E_{onset} 为 0.35 V, 校正银参比电极真空能级为 -4.45 eV, 由 $E_{HOMO} = -E_{onset} + E_{Ag/AgCl}$ 计算得 TPVBi 的 E_{HOMO} 为 -5.55 eV。

由紫外-可见吸收光谱所得的 HOMO 与 LUMO 能级差值 (E_g) 2.88 eV, 可得出其 LUMO 能级为 -2.67 eV。

3.3 荧光发光性能

测定的 TPVBi 在 CH_2Cl_2 溶液中的光致发光 (PL) 激发光谱和荧光发射光谱以及 TPVBi 的薄膜的荧光发射光谱如图 3 所示。

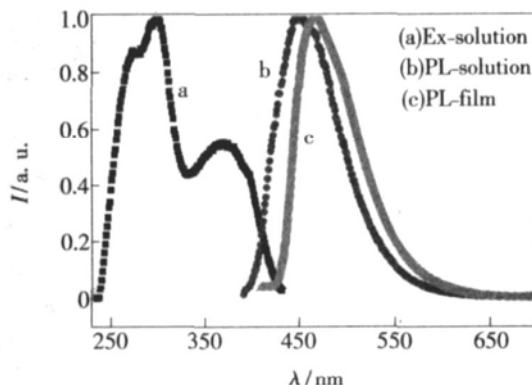


图 3 TPVBi 的荧光光谱 (a) 溶液中的激发光谱; (b) 溶液中的荧光发射光谱; (c) 薄膜的荧光发射光谱

Fig 3 PL spectra of TPVBi (a) Excitation spectrum in solution; (b) Emission spectrum in solution; (c) Emission spectrum of film.

TPVB 溶液的荧光光谱峰值波长为 451 nm (激发光谱峰值波长 370 nm), 为典型的蓝色荧光。TPVB 薄膜的荧光光谱表明其最大发射波长在 464 nm。半峰宽为 50 nm, 说明其色纯度很好。

荧光光谱同激发光谱比较有红移, 这是由于分子由激发态衰减回到基态之前, 激发态分子通过振动弛豫首先衰减到最低激发态 S_1 能级, 激发态分子与 S_1 的能量差, 表现为荧光发射光谱比激发光谱红移, 用斯托克斯频移表示其红移量。TPVB 的激发与发射之间的斯托克斯频移 (Stokes Shift) $= (1/\lambda_{max}^{ex} - 1/\lambda_{max}^{em}) \times 10^7 = (1/370 \text{ nm} - 1/451 \text{ nm}) \times 10^7 \text{ nm/cm} = 4.854 \text{ cm}^{-1}$ 。 λ_{max}^{ex} 和 λ_{max}^{em} 分别为激发光谱峰值波长和荧光光谱峰值波长。TPVB 的斯托克斯频移值较大, 说明其激发态能级与最低激发态 S_1 的能量差较大, 振动损失的能量大。薄膜态的光致发光 (PL) 图谱同溶液态的相比有 13 nm 的红移, 这是由于在薄膜态中分子紧密聚集后, 分子间作用力使 LUMO、HOMO 能级改变, 导致了发射光谱的变化。

3.4 电致发光性能

根据 TPVB 的 HOMO 和 LUMO 能级, 我们选择 CuPc 作为空穴缓冲层, NPB 为空穴传输层, TPBi 为电子传输层和空穴阻挡层。它们的分子结构如图 4 所示。

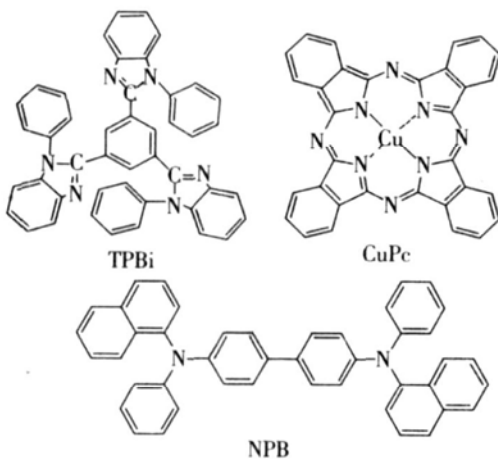


图 4 所用材料的分子结构

Fig 4 Molecular structures of the used materials

器件结构: ITO/CuPc (10 nm)/NPB (30 nm)/TPVBi (35 nm)/TPBi (35 nm)/Al (100 nm)。器件的能级如图 5 所示。

NPB 的 HOMO 能级为 5.4 eV, 可以容易地将空穴传入发光层 TPVBi 中, TPBi 的 HOMO 能 (6.2) 较高, 可以阻挡空穴。NPB 的 LUMO 为 2.3 eV,

电子被阻挡, 使得电子和空穴在 TPVBi 的复合几率变大, 从而提高器件的发光效率。

器件的电流密度-电压-亮度性能如图 6 所示。启亮电压为 7.6 V, 在电压为 19.5 V 时, 达到最大亮度 1782.3 cd/m^2 。

器件在 14~20 V 的电致发光谱见图 7。

不同电压下归一化的 EL 光谱基本上完全重合, 电压从 14 V 升高到 20 V, 器件的 EL 光谱没有发生变化, 峰值均为 492 nm, 表明在不同电压下, 电子和空穴的复合位置不变, 始终是 TPVBi 的

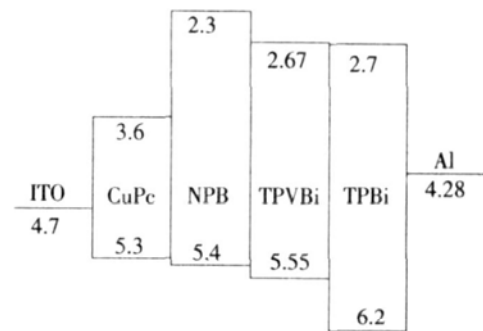


图 5 器件的能级图

Fig. 5 Energy level diagram of the device.

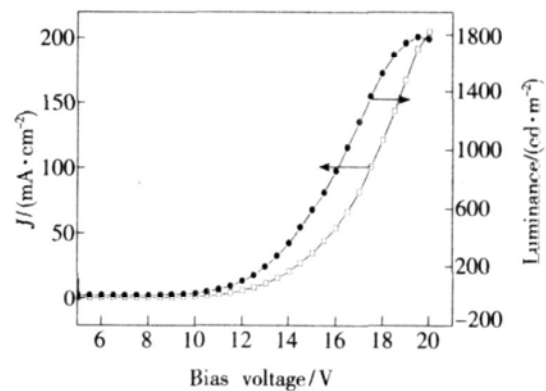


图 6 器件的 J-V-L 曲线

Fig. 6 J-V-L curves of the device.

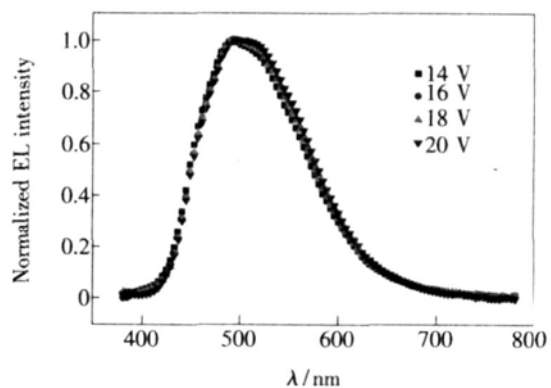


图 7 器件在不同电压下的电致发光谱

Fig. 7 EL spectra of the device in different voltage.

发光, 其色坐标为 CIE (0.25, 0.40), 也不随电压的变化而改变。与光致发光的光谱图 3 相比, 器件的发光光谱形状同薄膜的光致发光光谱, 但有 28 nm 的红移。导致这一现象的原因可能是由于 TPVB 激发态有多重“亚稳态能级”, 在光子激发下, 激子处于高能级, 而在器件中, 在电流激发下, 激子处于低能级。

该器件在电流密度为 15.69 mA/cm² 时, 电流效率最大, 其值为 1.73 cd/A。

4 结 论

设计合成了含噻吩基团的联苯乙烯类蓝色有机电致发光材料 TPVB; 用 ¹H NMR、FTIR、元素分析等方法对其结构进行了表征。紫外可见吸收光

谱最大吸收峰波长为 365 nm, 采用 370 nm 的紫外光激发溶液的荧光发射峰值波长为 451 nm; 薄膜的荧光光谱最大发射波长为 464 nm, 半峰宽为 50 nm。循环伏安测得其氧化峰电位为 1.227 V。TPVB 的 HOMO 能级为 5.55 eV, LUMO 能级为 2.88 eV。以 TPVB 作为发光层制备了结构为 ITO/CuPc (10 nm)/NPB (30 nm)/TPVB (35 nm)/TPBi (35 nm)/Al (100 nm) 的有机发光二极管器件, 研究了器件的电致发光性能。该器件在电压为 19.5 V 时, 达到最大亮度 1782.3 cd/m², 该器件在电流密度为 15.69 mA/cm² 时, 发光效率为 1.73 cd/A。该器件发光颜色不随电压变化, 其电致发光光谱最大峰值在 492 nm, 色坐标 CIE 为 x = 0.25, y = 0.40。

参 考 文 献:

- [1] Tang C W, VanSlyke S A. Organic electroluminescent diodes [J]. *Appl Phys Lett*, 1987, **51**(12): 913-915
- [2] Zheng Daishun, Qian Keyuan, Zhang Fujia. Synthesis and luminescence properties of blue organic light-emitting material LBq₄ [J]. *Chin. J. Lum. in.* (发光学报), 2006, **27**(3): 367-372 (in Chinese).
- [3] Zhang Yuxiang, Liu Ba, Gao Renxiao, et al. Synthesis and properties of a blue organic electroluminescent material [J]. *Chin. J. Lum. in.* (发光学报), 2006, **27**(4): 557-560 (in Chinese).
- [4] Li Qing, Yu Junsheng, Li Weizhi, et al. Fabrication and characterization of the blue organic light-emitting diode based on N, N'-bis-(1-naphthyl)-N, N'-biphenyl, 1'-biphenyl-4, 4'-diamine [J]. *Chin. J. Lum. in.* (发光学报), 2007, **28**(1): 184-188 (in Chinese).
- [5] Qu Ba, Chen Zhijian, Li Fushan, et al. Materials and devices in the field of polyfluorene derivatives organic electroluminescence [J]. *Chin. J. Lum. in.* (发光学报), 2007, **28**(5): 683-692 (in Chinese).
- [6] Chen C T, Chiang C L, Lin Y C. Ortho-substituent effect on fluorescence and electroluminescence of arylamino-substituted coumarin and stilbene [J]. *Org. Lett.*, 2003, **5**(8): 1261-1264
- [7] Noda T, Shirota Y. 5, 5'-bis(dimesitylboryl)-2, 2'-bithiophene and 5, 5''-bis(dimesitylboryl)-2, 2': 5', 2''-terthiophene as a novel family of electron-transporting amorphous molecular materials [J]. *J. Am. Chem. Soc.*, 1998, **120**(37): 9714-9715
- [8] Chen H Y, Lan W Y, Luo J D, et al. Highly efficient organic light-emitting diodes with a silyle-based compound [J]. *Appl Phys Lett*, 2002, **81**(4): 574-576
- [9] Hosokawa C, Higashi H, Nakamura H, et al. Highly efficient blue electroluminescence from a distyrylene emitting layer with a new dopant [J]. *Appl Phys Lett*, 1995, **67**(26): 3853-3855
- [10] Yeh C C, Lee M T, Chen H H. High-performance blue OLEDs based on sterically hindered pyrene host material [C]. *Proc Soc Inf Display*, Seattle, WA, 2004, 788-792
- [11] Saitoh A, Yamada N, Yamashita M, et al. Novel fluorene-based blue emitters for high performance OLEDs [C]. *Proc Soc Inf Display*, Seattle, WA, 2004, 150-153
- [12] Shi J M, Tang C W. Anthracene derivatives for stable blue-emitting organic electroluminescence devices [J]. *Appl Phys Lett*, 2002, **80**(17): 3201-3203
- [13] Wen Shih-wen, Lee Meng-ting, Chen C H. Recent development of blue fluorescent OLED materials and devices [J]. *IEEE/OSA J. Display Technol.*, 2005, **1**(1): 90-99
- [14] Wesley M innis, Roger Adams, Cogan H D. Phenylthienyl ketone [J]. *Org. Synth., Coll.*, 1932, **2**: 520; 1943, **12**: 62

- [15] Fang Q J, Zhu Chunyan Study on chloromethylation of biphenyl [J]. *Fine Spec Chem.* (精细与专用化学品), 2005, **13**(10): 25-27 (in Chinese).
- [16] Zheng X Y, Zhang Z L, Xu S H, *et al* Synthesis and luminescent properties of distyrylarylene derivative blue emitting material DPVBi [J]. *Chin. J. Lum. in.* (发光学报), 2003, **24**(3): 265-269 (in Chinese).
- [17] Eckhardt H, Shacklette L W, Jenk Y. The electronic and electrochemical properties of poly(phenylene vinylenes) and poly(thienylene vinylenes): An experimental and theoretical study [J]. *J. Chem. Phys.*, 1989, **91**(2): 1303-1315.
- [18] Ding B D, Zhang J M, Xu S H, *et al* Convenient electrochemical method to determine the energy level of organic electroluminescent materials [J]. *Chin. J. Lum. in.* (发光学报), 2003, **24**(6): 606-611 (in Chinese).

Synthesis and Luminescence of a Blue-light-emitting Material of Thiophenyl Distyrylarylene

CHAI Sheng-yong¹, BIE Guo-jun¹, XU Xin-jun², LU Bo¹, LU Qiong-ni¹, YU Gui², LU Yun-qi²

(¹ Xi'an Modern Chemistry Research Institute, Xi'an 710065, China;

² Institute of Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract A novel blue-light-emitting material of thiophenyl distyrylarylene, 4,4'-bis(2-phenyl-2-(thiophen-2-yl)vinyl)-1,1'-biphenyl was designed and synthesized. Its structure was determined by IR, ¹H NMR and elementary analysis. Its HOMO, LUMO and luminescence characteristic was studied by UV-Vis absorption spectra, fluorescence spectra and cyclic voltammetry. The HOMO energy and LUMO energy of TPVBi is -5.55 eV and -2.67 eV, respectively. TPVBi emits blue fluorescence with a peak wavelength at 451 nm in solution and with a peak wavelength at 464 nm in film. Organic light-emitting-diode with a structure of ITO/CuPc(10 nm)/NPB(30 nm)/TPVBi(35 nm)/TPBi(35 nm)/Al(100 nm) was prepared and electroluminescence properties were studied. The device exhibited a maximum luminance of up to 1782.3 cd/m² at 19.5 V and a maximum efficiency of up to 1.73 cd/A at a current density of 15.69 mA/cm². The CIE chromaticity coordinates of the light emitted from the device are $x = 0.25$, $y = 0.40$.

Key words thiophenyl distyrylarylene; blue-light-emitting material; organic electroluminescence