

有机小分子掺杂的聚合物发光二极管电致发光及其发射机制*

聂海^{1,2,†} 唐先忠¹ 陈祝^{1,2} 吴丽娟^{1,2}

(1 成都信息工程学院通信工程系, 成都 610225)

(2 电子科技大学电子薄膜与集成器件国家重点实验室, 成都 610054)

摘要: 在新型空穴传输聚合物聚 TPD(PTPD)中掺杂电子传输有机小分子荧光染料 Rubrene 制成薄膜器件. 考察了影响聚合物掺杂小分子薄膜器件发光性能的因素. 实验表明, 通过在器件中掺杂, 可以控制器件所发光的颜色. 研究了 PTPD 掺杂 Rubrene 分子薄膜的电致发光光谱和光致发光光谱. 由实验可知, 在光致发光中存在从 PTPD 向 Rubrene 的能量传递和电荷转移, 而电致发光则存在从 PTPD 向 Rubrene 的能量传递和 Rubrene 分子对载流子的俘获. 即掺杂器件的发射机制为载流子陷阱和 Förster 能量转换过程的共同作用.

关键词: PTPD; 掺杂; 发射机制

PACC: 4270J; 7280L; 7360

中图分类号: TN383+.1

文献标识码: A

文章编号: 0253-4177(2008)08-1575-06

1 引言

近几年, 由于共轭聚合物的发展, 有机聚合物电致发光的研究十分活跃^[1~5], 聚合物 LED 器件由于它的发光效率高、制造成本低、颜色丰富和大面积显示等优势, 其商业化前景十分诱人. 然而, 目前要解决的关键问题是如何提高器件的效率和稳定性. 改善器件性能的方法较多, 其中提高材料的稳定性和优化器件结构是最基本的方法. 在我们先前的工作中, 制备了新型的空穴传输聚合物聚 TPD(PTPD)^[6], 并制作了聚合物/有机小分子异质结掺杂型双层电致发光器件. PTPD 有较高的热稳定性、成膜性以及荧光染料掺杂效应, 极大地提高了器件的效率和稳定性^[7~9]. 然而, 要想得到实用的异质结掺杂型双层电致发光器件, 首先要解决发光材料及载流子输运层材料与掺杂材料之间的能级匹配问题, 此外, 制备多层结构的工艺也比较复杂; 其次还要解决有机层之间的稳定性以及小分子有机材料的结晶问题, 它们会影响器件寿命等性能; 最后, 在多层结构中, 有机层间的界面态增多, 这会给分析器件的稳定性以及寻找影响器件寿命的因素等带来困难. 鉴于上述原因, 选择单层结构的聚合物有机发光器件也许更容易使其实用化.

对于单层结构而言, 其致命的弱点在于电致发光强度和发光效率相对较低. 因此, 通过在聚合物中掺入有机发光材料^[10,11] (聚合物或有机小分子), 简化制膜工艺, 通过甩膜或浸渍提膜等方法完成; 还可通过改变聚合物的聚合度来改变能带结构, 使它们之间发生能量和电荷转移, 来提高有机发光强度和发光效率^[12,13]. 同时,

通过掺杂来获得一些新的发光现象 (有机染料掺杂是目前实现彩色显示的重要途径). 鉴于上述特点, 单层结构的掺杂聚合物电致发光器件受到人们的普遍重视. 通常认为染料掺杂的有机发光二极管发生了能量传递^[14~16]; 同时, 随着掺杂浓度的变化, 主发光体 (基质) 和客发光体 (杂质) 会出现互换现象.

目前, 我们已经建立了聚合物掺杂有机小分子发光器件的包括杂质陷阱效应的 $J-V$ 特性模型^[17]. 本文中, 我们将考察影响聚合物掺杂有机小分子器件发光性能的因素, 并根据器件的电致发光光谱和光致发光光谱研究其发射机制, 这对于提高器件的发光效率和稳定性具有重要意义.

2 实验方法

我们选用的 PTPD 聚合物为 N,N'-二甲基苯-N,N'-二苯基联苯二胺与 9,10-二氯甲基苯的缩合物, 化学结构见图 1, 按文献^[14]的方法制备. 器件的制作方法如下: 分别将聚合物 ($M_w = 2.9 \times 10^5$, 凝胶色谱法, 聚苯

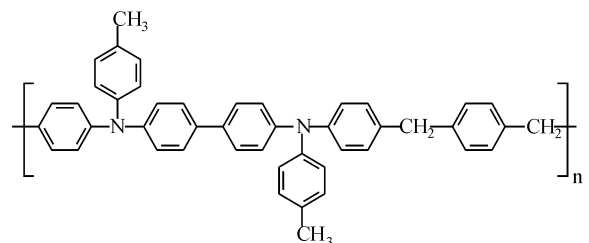


图 1 空穴传输材料 PTPD 的化学结构

Fig. 1 Chemical structure of PTPD as HTL

* 四川省重点科技攻关项目 (批准号: 03GG009-002) 和成都信息工程学院科研启动项目 (批准号: KYTZ200715) 资助项目

† 通信作者. Email: nearhgh@cuit.edu.cn

2008-01-08 收到, 2008-03-18 定稿

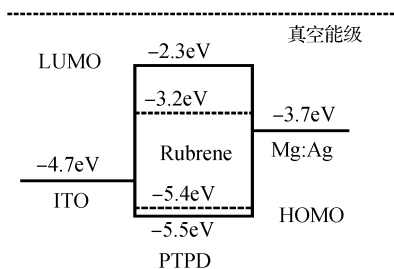


图 2 掺杂器件的能带结构图

Fig.2 Energy band diagram of doped device

乙烯为标样)和 Rubrene 分别溶解于四氢呋喃溶液,然后配制成一定浓度的混合溶液.再将配好的溶液过滤后用 KW-4A 型均胶机旋涂(3000r/min,20s)在经过清洗的镀有透明氧化铟锡(ITO,阳极)的玻璃(10Ω/□)上,膜层在显微镜下观察,要求均匀、平整、无气泡,膜厚由 Alpha step 200 台阶测厚仪测出.待涂膜干燥后放入 OLED-V 有机多功能高真空成膜设备,在 2.66×10^{-3} Pa 下,将 $m(\text{Mg})/m(\text{Ag})$ 为 10/1 共蒸作为阴极,电极的沉积速率为 5nm/s,厚度约为 250nm,采用 Protek-9100 型膜厚控制仪来监控膜厚,这样制得 ITO/PTPD: Rubrene /Mg:Ag 发光器件.所有器件未经封装,随即进行测试.

电致发光光谱均由日立 850 型荧光分光光谱仪测定,器件的 I - V 特性由实验室自制的电流-电压测量系统测量,所有测试均在大气环境中进行.

3 结果与讨论

根据所测定的能带参数,掺杂器件的能带结构如图 2 所示.

在电致发光过程中,掺杂剂作为一个陷阱,能俘获空穴或电子.当电流通过器件时,载流子中的空穴或电子被掺杂剂所俘获,并最终和所带电荷极性相反的载流子形成掺杂剂分子激子.在一个给定的掺杂器件中,载流子俘获过程是非常普遍的,并且可以和能量传递过程同时发生.形成有效的载流子陷阱所需的条件是:掺杂剂的 HOMO 能级必须高于主体材料的 HOMO 能级,或者掺杂剂的 LUMO 能级必须低于主体材料的 LUMO 能级^[18].目前, Rubrene 分子的 HOMO 能级是 -5.4eV,分别高于 PTPD 的 -5.5eV;并且, Rubrene 分子的 LUMO 能级也均低于 PTPD(见图 2).因此,在掺杂器件中,掺杂剂 Rubrene 分子能有效地俘获空穴和电子.

在掺杂的电致发光器件中,客体分子的激发还可能存在着能量传递机制.普遍采用 Förster 激子能量传递理论来解释在一个主体传输材料中掺杂剂分子的发射^[19].该理论的特征参数是 Förster 临界传递半径 R_0 , R_0 的定义是给体与受体之间的距离,当给体与受体相距 R_0 的时候,能量传递的速率几率是 50%. R_0 的值越大,给体与受体之间的能量传递效率越大,它的定义式中有如下关系^[19,20]:

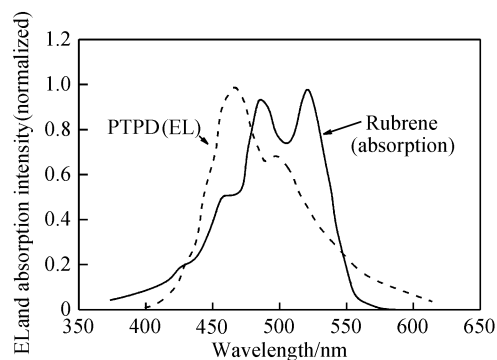


图 3 归一化的 PTPD 的发射光谱和 Rubrene 的吸收光谱

Fig.3 Normalized spectra of PTPD (EL) and Rubrene (absorption)

$$R_0^6 \propto \int_0^{\infty} F_M(\tilde{\nu}) \epsilon_Q(\tilde{\nu}) \frac{d\tilde{\nu}}{\tilde{\nu}^4}$$

式中 $F_M(\tilde{\nu})$ 是给体归一化的发射光谱; $\epsilon_Q(\tilde{\nu})$ 是受体归一化的吸收光谱. $\int_0^{\infty} F_M(\tilde{\nu}) \epsilon_Q(\tilde{\nu}) \frac{d\tilde{\nu}}{\tilde{\nu}^4}$ 所对应的数学

意义为给体的 EL 谱与受体的 Abs 谱的交叠积分.当给体的 EL 谱与受体的 Abs 谱有较大的重叠时,就会得到较大的 R_0 .从图 3 可以看出, Rubrene 的 Abs 光谱与 PTPD EL 光谱有较大的重叠,因此,对于 PTPD, Rubrene 是很好的能量受体.根据 Förster 能量传递理论,该掺杂体系具有较大的临界半径,从而能进行有效的能量传递.因此, PTPD₃ 激发的能量能传递给 Rubrene,从而获得 Rubrene 发射.根据 Förster 半径,我们可以预料,在掺杂过程中存在一个最优值.当掺杂过高时,由于激子之间距离太近,会引起自我淬灭,降低器件的发光效率;当掺杂浓度低时,在施主激发态弛豫之前,受主来不及充分接受能量,因此发光效率也会很低.但考虑到激子的迁徙作用,这个半径可以有一定的扩大.

实验发现,在不同偏压的情况下,电致发光光谱的形状有一定的变化.图 4 是不同电压下 PTPD 掺杂 2% Rubrene 单层器件的电致发光(EL)谱.可以看出:随着外置偏压的降低, PTPD 发射峰占 Rubrene 发射峰的比例逐渐减小,在偏压下降到 8V 时, PTPD 发射峰完全消失,即存在电压调制变色作用.在高电压的情况下,

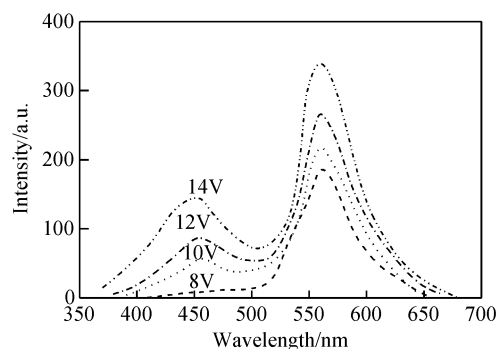


图 4 不同电压下 PTPD 掺杂 2% Rubrene 器件的电致发光(EL)谱

Fig.4 EL spectra of the Rubrene (2%) doped PTPD device at different voltages

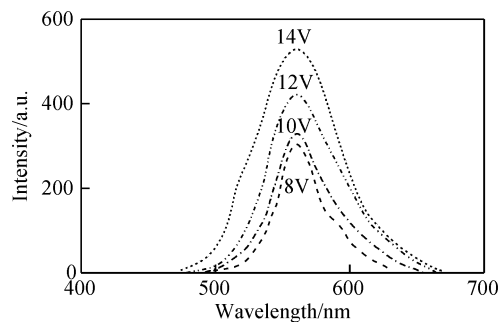


图 5 不同电压下 PTPD 掺杂 8% Rubrene 单层器件的电致发光(EL)谱
Fig.5 EL spectra of the Rubrene (8%) doped PTPD device at different voltages

Rubrene 的荧光发射依赖于载流子俘获和能量转移两种机制,而在低电压的情况下,主要是载流子俘获的发光机制起作用^[21,22].这也是因为 PTPD 的带隙比 Rubrene 的带隙更宽,激发需要更大的能量.

图 5 是不同电压下 PTPD 掺杂 8% Rubrene 单层器件的电致发光(EL)谱.可以看出在掺杂浓度质量比达到 8% 的时候,即使是高外加电压情况下,也很难观察到 PTPD 在 455nm 处的发射峰,而只有 Rubrene 在 560nm 处的发射峰.这给器件的优化设计提供了依据.

这里我们讨论掺杂器件的发射机理.

图 6 是不同掺杂浓度下器件的归一化 EL 发射光谱.在较低掺杂(不大于 5% w/w)情况下,在发射光谱中都有两个发射峰:455nm 附近的来自 PTPD 的发光,560nm 左右对应的是 Rubrene 的发射峰,由图 6 可见主要是 Rubrene 的本征发射和少部分的 PTPD 发射.随着掺杂浓度的提高,PTPD 峰值很快地减小,直至猝灭.这是由于 PTPD 的带隙(3.2eV)比 Rubrene 的带隙(2.2eV)宽,它们的 HOMO 能级差不多,而 Rubrene 的 LUMO 能级比 PTPD 低,如图 2 所示.所以,从负电极注入的电子进入 Rubrene 导带比进入 PTPD 导带容易的多,造成 Rubrene 导带的电子浓度远多于 PTPD 导带的电子浓度,而从正电极注入的空穴进入 Rubrene 和 PTPD 价带的难易程度差不多,于是 Rubrene 导带的电子和价带的空穴复合的几率比 PTPD 大得多,电子直接注入到 Rubrene 的 LUMO 能级上,并且由于

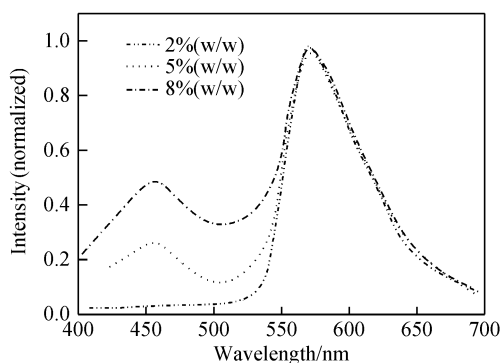


图 6 不同掺杂浓度下器件的归一化的 EL 发射光谱图
Fig.6 Normalized EL spectra of devices at different doping concentration

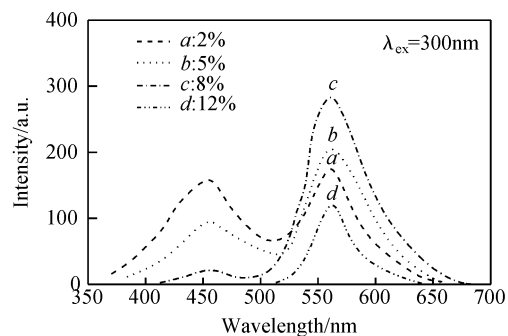


图 7 PTPD 掺杂 Rubrene 的 PL 谱
Fig.7 PL spectra of PTPD doped Rubrene devices

Rubrene 分子间距离比较大,因此电子可以在该层停留较长的时间,从而 Rubrene 分子可以作为电子陷阱,并最终与从空穴传输层 PTPD 注入的空穴相遇而复合形成激子.另外,进入 Rubrene 的电子也可能有少部分在电场的加速下进入 PTPD 的 LUMO 能级,这部分电子与空穴复合形成 PTPD 激发态. PTPD 激子中的大部分能量再经过能量传递机制将能量传递给 Rubrene 分子从而形成 Rubrene 激子,并与通过载流子俘获机制而形成的激子共同构成 Rubrene 分子发射; PTPD 激子中少部分直接跃迁到基态产生 PTPD 发射,这从 EL 光谱中 455nm 左右看到较小的 PTPD 发射峰得到印证,因此,其 EL 主要是 Rubrene 的发光.在较高掺杂(8% w/w)时,455nm 左右的 PTPD 发射峰完全猝灭,只有 560nm 附近 Rubrene 的发光.这是由于 PTPD 激子中的全部能量通过能量传递机制传递给 Rubrene 分子从而形成 Rubrene 激子,并且 Rubrene 分子也能有效地俘获空穴和电子形成 Rubrene 发射,从而导致主体发光和客体发光发生了互换.在任何情况下,载流子俘获和能量传递这两个过程都可以导致 Rubrene 分子的发射.因此,基于 EL 光谱,我们可以认为掺杂器件载流子的复合发射机制为载流子俘获和 Förster 能量传递过程的共同作用.

图 7 是 PTPD 掺杂不同浓度 Rubrene 的光致发光(PL)谱(入射光波长 λ_{ex} 为 300nm).从图 7 可知,当掺杂浓度为 2% (w/w) 时,在发射光谱中都有两个发射峰:455nm 附近的峰来自 PTPD 的发光,560nm 附近对应的是 Rubrene 的发射峰,并且两个发射峰的强度基本一样;当掺杂浓度为 5% (w/w) 时,来自 PTPD 的 455nm 的发射峰强度减弱,而来自 Rubrene 的 560nm 的发射峰增强;当掺杂浓度为 8% (w/w) 时,来自 PTPD 的 455nm 的发射峰逐渐猝灭,而来自 Rubrene 的 560nm 的发射峰强度增大到最大;当掺杂浓度为 12% (w/w) 时,只有来自 Rubrene 的 560nm 的发射峰,且强度减小到最小.

对于以上现象,我们可以这样理解:从 Rubrene 的吸收光谱和 PTPD 的发射光谱(图 3)可知,Rubrene 的吸收光谱和 PTPD 的发射光谱有较大的重叠,可导致 PTPD 与 Rubrene 间有较大的能量传递或电荷转移.当掺杂浓度较小(小于 5% w/w)时,PTPD 的光致发光可

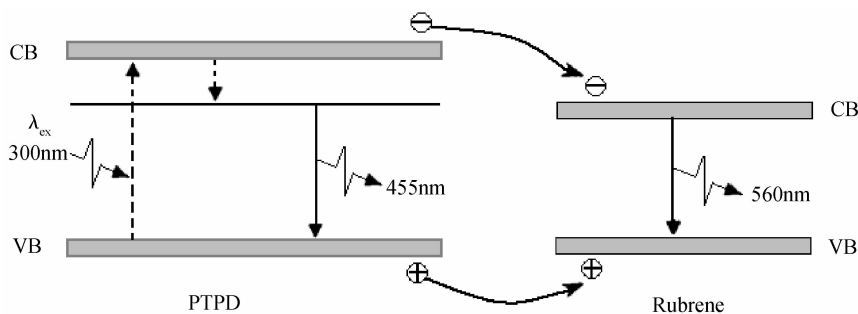
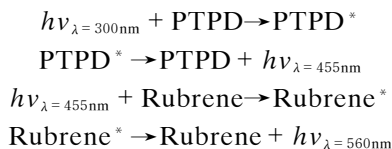


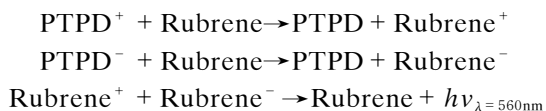
图 8 PTPD 掺杂 Rubrene 器件光致发光过程
Fig.8 PL process of Rubrene doped PTPD devices

以分为两个部分:一部分 PTPD 通过能量传递过程将能量传递给 Rubrene 使之发光,另一部分是不参与能量传递的 PTPD 本身的发光.另外,能量传递存在一个临界半径 R_0 ,在低掺杂时,有一部分 PTPD 没有参加能量传递.随着 Rubrene 在混合薄膜中所占比例的升高(即掺杂浓度超过 5% w/w 时),掺杂 PTPD 的 PL 谱在 455nm 处的主峰逐步猝灭,但位于 560nm 主峰不变,是 Rubrene 的发光.这是因为:这时主发光体是 Rubrene, PTPD 变成了客发光体.从能量传递理论可知,此时 PTPD 向 Rubrene 的能量传递的半径减小,可导致 PTPD 与 Rubrene 间有较大的能量传递或电荷转移,其光致发光的整个过程可用图 8 来描述.

其能量传递过程:



其电荷转移过程:



根据以上的能量传递和电荷转移过程可知,当掺杂浓度超过 5% (w/w) 时,随着掺杂浓度的增加,就会有更多的 PTPD 分子与 Rubrene 分子发生这种能量传递和电荷转移,导致 PTPD 的 455nm 处发光强度减弱,而 560nm 处 Rubrene 发光强度增强.

当掺杂浓度达到 8.0% (w/w) 时,获得最大的发光强度.这是由于在这个掺杂浓度时,PTPD 分子和 Rubrene 分子间的这种能量传递和电荷转移达到饱和.随着掺杂浓度进一步增加到 12% (w/w) 时,发光强度将逐渐减小,当掺杂浓度增加到一定值时,则 Rubrene 的发光被猝灭.可以这样理解:当能量传递和电荷转移到饱和后,再增加 Rubrene 的浓度,造成 Rubrene 分子间相互作用增加,抑制了 PTPD 和 Rubrene 分子间的能量传递和电荷转移,致使发光强度降低.

现在比较一下单层掺杂器件光致发光光谱(PL)和电致发光(EL)光谱.

图 9 是归一化的掺杂浓度为 2% (w/w) 的光致发光光谱(PL)和电致发光(EL)光谱图.可以看出:掺杂器件

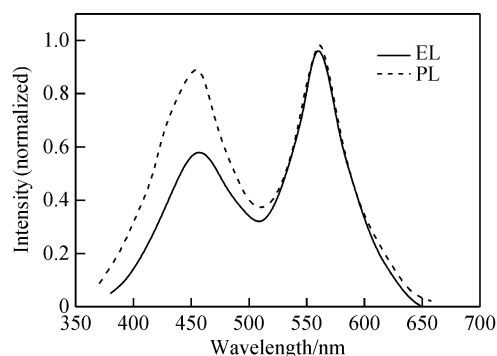


图 9 掺杂浓度为 2% (w/w) 的光致发光(PL)光谱和电致发光(EL)光谱
Fig.9 Normalized EL and PL spectra of devices at doping concentration 2% (w/w)

的光致发光光谱和电致发光光谱图中都有来自 PTPD 和 Rubrene 的发射峰,但电致发光光谱图中的 PTPD 发光强度比光致发光光谱中的 PTPD 发光强度要减弱一些.这是由于光致发光情况下,薄膜中没有自由载流子,只有能量转移发生作用;而电致发光情况下,PTPD 发射峰相对 Rubrene 发射峰的比例降低,这也说明在电致发光情况下,是能量转移和载流子捕获两种机制的共同作用,Rubrene 的 HOMO 和 LUMO 能级完全落于 PTPD 的能级结构之间,形成很强的载流子陷阱,使得 PTPD 载流子复合几率减少,降低了 PTPD 的发光强度.

4 结论

考察了影响聚合物掺杂小分子薄膜器件发光性能的因素.实验表明,在器件中掺杂,能提高器件的发光效率,也可以控制所发光的颜色.实验发现,在不同偏压的情况下,电致发光光谱的形状有一定的变化.在较低掺杂浓度(2% w/w)下,随着外置偏压的降低,PTPD 发射峰占 Rubrene 发射峰的比例逐渐减小,在偏压下降到 8V 时,PTPD 发射峰完全消失,即存在电压调制变色作用.而在较低掺杂浓度(8% w/w)下,即使是高外加电压情况下,也很难观察到 PTPD 在 455nm 处的发射峰,而只有 Rubrene 在 560nm 处的发射峰.

考察了 PTPD 掺杂 Rubrene 分子薄膜的电致发光

光谱和光致发光光谱,研究了其电致发光机理和光致发光机理.由实验可知,在光致发光中存在从 PTPD 向 Rubrene 的能量传递和电荷转移,而电致发光中则存在从 PTPD 向 Rubrene 的能量传递和 Rubrene 分子对载流子的俘获.低掺杂时,在光致发光中,PTPD 被分为两部分,一部分通过能量传递将能量传递给 Rubrene,另一部分是不参与能量传递的 PTPD 本身的发光;而在电致发光中,没有参与能量传递的那部分 PTPD 参与了陷阱作用.随着掺入染料浓度的增加,掺入的 Rubrene 由客发光体变成了主发光体,从而使得 PTPD 增加了对能量传递的贡献,在较高浓度下逐步猝灭.

参考文献

- [1] Sirringhaus H, Tessler N, Friend R H. Integrated optoelectronic circuits based on conjugated polymers. *Science*, 1998, 280: 1741
- [2] Burroughes J H. Light-emitting diodes based on conjugated polymers. *Nature*, 1998, 395: 257
- [3] Liedenbau M C, Croonen Y, van de Weijer P, et al. Low voltage operation of large area polymer LEDs. *Synth Mat*, 1998, 91: 109
- [4] Friend R H, Gymer R W, Holmes A B, et al. Electroluminescence in conjugated polymers. *Nature (London)*, 1999, 397: 121
- [5] Yan Jinliang, Zhu Changchun. Deterioration of blue-emission electroluminescent devices made of single layer polymer thin films. *Chinese Journal of Semiconductors*, 2001, 22(2): 224 (in Chinese) [阎金良, 朱长纯. 蓝光聚合物单层薄膜发光器件的退化机理. *半导体学报*, 2001, 22(2): 224]
- [6] Nie Hai, Tang Xianzhong, Li Yuanxun. Synthesis of charge transporting polymer containing TPD units and its application in electroluminescent devices. *Chinese of Appl Chem*, 2004, 21(4): 415 (in Chinese) [聂海, 唐先忠, 李元勋. 含 TPD 结构单元电荷传输聚合物的合成及其在 EL 器件中的应用. *应用化学*, 2004, 21(4): 415]
- [7] Nie Hai, Zhang Bo, Tang Xianzhong. Heterostructure doped organic light-emitting diodes and their stability. *J Optoelectronics · Laser*, 2005, 16(9): 1050 (in Chinese) [聂海, 张波, 唐先忠. 掺杂型异质结有机电致发光二极管及其稳定性. *光电子·激光*, 2005, 16(9): 1050]
- [8] Nie Hai, Zhang Bo, Tang Xianzhong. Electroluminescence of polymer/small-molecules heterostructure doping light-emitting diodes and the emission mechanism. *Chinese Journal of Semiconductors*, 2005, 26(9): 1778 (in Chinese) [聂海, 张波, 唐先忠. 聚合物/有机小分子异质结掺杂型电致发光二极管及其发射机构. *半导体学报*, 2005, 26(9): 1778]
- [9] Nie Hai, Zhang Bo, Tang Xianzhong. Significant improvement of OLED's efficiency and stability by doping both HTL and ETL with different dopant in heterojunction of polymer/small-molecules. *Chinese Physics*, 2007, 16(3): 0730
- [10] Burrows P E, Forrest S R, Sibley S P, et al. Colotunable organic light-emitting devices. *Appl Phys Lett*, 1996, 69: 2959
- [11] Hamada Y, Kanno H, Tsujika T, et al. Red organic light-emitting diodes using an emitting assist dopant. *Appl Phys Lett*, 1999, 75: 1682
- [12] Kanno H, Hamada Y J, Takahashi H. Development of OLED with high stability and luminance efficiency by co-doping methods for full color displays. *IEEE J Sel Top Quantum Electron*, 2004, 10(1): 30
- [13] Murata H, Merritt C D, Kafafi Z H. Emission mechanism in rubrene-doped molecular organic light-emitting diodes: direct carrier recombination at luminescent centers. *IEEE J Sel Topics Quantum Electron*, 1998, 4: 119
- [14] Piroreun P, Oh H S, Shen Y L, et al. Role of CsF on electron injection into a conjugated polymer. *Appl Phys Lett*, 2000, 77: 2403
- [15] Ding X M, Hung L M, Cheng L F, et al. Modification of the hole injection barrier in organic light-emitting devices studied by ultraviolet photoelectron spectroscopy. *Appl Phys Lett*, 2000, 76: 2704
- [16] Chkoda L, Heske C, Sokolowski M, et al. Improved band alignment for hole injection by an interfacial layer in organic light emitting devices. *Appl Phys Lett*, 2000, 77: 1093
- [17] Nie Hai, Zhang Bo, Tang Xianzhong. Electroluminescence of polymer doped small-molecules light-emitting diodes and the effects of doping trap. *Acta Physica Sinica*, 2007, 56(1): 0263 (in Chinese) [聂海, 张波, 唐先忠. 聚合物掺杂有机小分子发光二极管的电致发光与杂质陷阱效应. *物理学报*, 2007, 56(1): 0263]
- [18] Kozlov V G, Bulovic V, Burrows P E, et al. Study of lasing action based on Förster energy transfer in optically pumped organic semiconductor thin films. *Appl Phys*, 1998, 84(8): 4096
- [19] Shoustikov A A, You Y, Thompson M E. Electroluminescence color tuning by dye doping in organic light-emitting diodes. *IEEE J Sel Topics Quantum Electron*, 1998, 4: 3
- [20] Read K, Karlsson H S, Murnane M M, et al. Excitation dynamics of dye doped tris (8-hydroxyquinoline) aluminum films studied using time-resolved photoelectron spectroscopy. *Appl Phys*, 2001, 90(1): 294
- [21] Shaheen S E, Kippelen B, Pgharnbarlan N. Energy and charge transfer in organic light-emitting diodes: A soluble quinaclidone study. *J Appl Phys*, 1999, 85(11): 7939
- [22] Ltano K, Ogawa H, Shirota Y. Exciplex formation at the organic solid state interface: yellow emission in organic light emitting diodes using green fluorescent tris(8-quinolinolato) aluminum and hole transporting molecular materials with low ionization potentials. *Appl Phys Lett*, 1998, 72(6): 636

An Electroluminescence and Emission Mechanism for Small Molecular Doped Polymer Light-Emitting Diodes*

Nie Hai^{1,2,†}, Tang Xianzhong¹, Chen Zhu^{1,2}, and Wu Lijuan^{1,2}

(1 Department of Communication Engineering, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)

(2 State Key Laboratory of Electronic Thin Films and Integrated Devices, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China)

Abstract: Small-molecule doped polymer light-emitting diodes have been fabricated using a novel PTPD (poly-TPD) as the hole transport material and highly fluorescent Rubrene as the dopant. Electroluminescent characteristics of different doped concentrations are studied at different voltages. The results indicate doping can control luminescence color. EL spectra and PL spectra have been investigated in Rubrene doped PTPD devices. Experiments indicate the presence of energy transfer and charge transfer from PTPD to Rubrene for PL and the presence of energy transfer and carrier trapping from PTPD to Rubrene for EL. The EL emission mechanism for doped devices is carrier trapping and Förster energy transfer processes working together.

Key words: PTPD; doping; emission mechanism

PACC: 4270J; 7280L; 7360

Article ID: 0253-4177(2008)08-1575-06

* Project supported by the Key Technologies R & D Program of Sichuan Province (No. 03GG009-002) and the Start-Up Program for Scientific Research of Chengdu University of Information Technology (No. KYTZ200715)

† Corresponding author. Email: nearhgih@cuit.edu.cn

Received 8 January 2008, revised manuscript received 18 March 2008

©2008 Chinese Institute of Electronics