

文章编号: 0253-2239(2005)05-719-2

## 高效率高亮度红色有机电致磷光器件\*

吴有智<sup>1</sup> 朱文清<sup>2</sup> 郑新友<sup>2</sup> 孙润光<sup>2</sup> 蒋雪茵<sup>2</sup> 张志林<sup>2</sup> 许少鸿<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 兰州理工大学材料科学与工程学院有色金属新材料国家重点实验室, 兰州 730050)  
(<sup>2</sup> 上海大学嘉定校区电子信息材料系, 上海 201800)

**摘要:** 在一种红色有机电致磷光器件中采用双(2-甲基-8-喹啉)4-联本氧基铝[bis(2-methyl-8-quinolinato)4-phenylphenolate aluminum, BA1q]为空穴和激子阻挡层,得到了效率、亮度和色度俱佳的发光器件。器件最高亮度为10362 cd/m<sup>2</sup>,最高外量子效率为7.0%,器件色坐标[Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) co-ordinates]为(0.672, 0.321)。另外在大电流密度100 mA/cm<sup>2</sup>下,量子效率仍有4.3%。该器件性能指标基本能够满足彩色动态显示中对红色发光的要求。

**关键词:** 材料; 发光学; 有机电致发光; 红色; 磷光; 发光效率

中图分类号: TN873.3 文献标识码: A

## Highly Efficient Bright Red Organic Electrophosphorescent Device

Wu Youzhi<sup>1</sup> Zhu Wenqing<sup>2</sup> Zheng Xinyou<sup>2</sup> Sun Runguang<sup>2</sup> Jiang Xueyin<sup>2</sup>

Zhang Zhilin<sup>2</sup> Xu Shaohong<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> the State Key Lab of Advanced Nonferrous Material, School of Materials Science & Engineering,  
Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050  
<sup>2</sup> Department of Materials Science, Shanghai University, Jiading Campus, Shanghai 201800)

**Abstract:** A highly efficient bright red electrophosphorescent device using bis(2-methyl-8-quinolinato)4-phenylphenolate aluminum (BA1q) as a hole and exciton blocker is reported. Maximum luminance and external quantum efficiency of the device are 10362 cd/m<sup>2</sup> and 7.0% respectively. Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) co-ordinates are (0.672, 0.321). In addition, the quantum efficiency is still as high as 4.3% at a current density of 100 mA/cm<sup>2</sup>. The device can satisfy the requirement of the red in the full color dynamic displays.

**Key words:** material; luminescence; organic electroluminescence; red; phosphorescence; electroluminescent efficiency

近年来,以铂、铱、铱等重金属为代表的一类配合物<sup>[1~4]</sup>由于强的旋-轨耦合而使三线态激子辐射发光(磷光),使有机发光器件的效率得到大幅提高。文献<sup>[4]</sup>研究了几种红色磷光材料,其中以苯基噻吩吡啶和乙酰丙酮与Ir的配合物{bis[2-(2'-benzo[4,5- $\alpha$ ]thienyl) yridinato-N,C3']iridium acetylacetonate, btp<sub>2</sub>Ir(acac)}的性能最好,以这种材料实现的器件最高亮度达到6800 cd/m<sup>2</sup>,最大外量子效率为7.0%。

本文将磷光材料 btp<sub>2</sub>Ir(acac)掺入4,4'-双(9-喹

啉基)-1,1'-联苯,4,4'-N,N'-dicarbazole-biphenyl (CBP)<sup>[6]</sup>,采用双(2-甲基-8-喹啉)4-联本氧基铝[bis(2-methyl-8-quinolinato)4-phenylphenolate aluminum, BA1q]为空穴和激子阻挡层,Liq/Al为复合阴极<sup>[7]</sup>,获得了效率、亮度和色度俱佳的红色发光器件。器件结构为:ITO/TPD/CBP:btp<sub>2</sub>Ir(acac)/BA1q/Alq<sub>3</sub>/Liq/Al,其中ITO为氧化锡铟(Indium tin oxide),TPD[N,N'-二苯基-N,N'-双(3-甲基苯基)-1,1'-联苯-4,4'-二胺,N,N'-diphenyl-N,N'-bis(3-methylphenyl)-1,1'-

\* 国家自然科学基金重大研究计划(90201034)资助课题。

作者简介: 吴有智(1965~),男,兰州理工大学副教授,博士,主要从事有机薄膜电致发光材料及器件的研究。

E-mail: youzhiwu@163.com

收稿日期: 2004-12-21; 收到修改稿日期: 2005-03-22

biphenyl-4,4'-diamine]为空穴传输层,CBP为基质,btp<sub>2</sub>Ir(acac)为掺杂剂,BAlq和Alq<sub>3</sub>为电子传输层兼空穴、激子阻挡层。器件制备及测量方法与文献[5]相同。

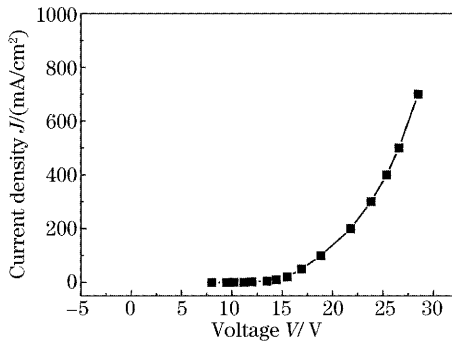


图1 器件的电流密度-电压特性曲线

Fig. 1 Curve of current density vs voltage of the device

图1为器件的电流密度-电压特性曲线,图2为其亮度-电流特性曲线。电流密度为10 mA/cm<sup>2</sup>时,器件工作电压为14.3 V,亮度为515 cd/m<sup>2</sup>。由此可得该电流密度下,器件电流效率为5.2 cd/A。按照文献[6]计算出量子效率为6.8%。随着电流密度增加,器件效率下降。器件量子效率随电流变化的曲线示于图3中。由图可见,在0.1~10 mA/cm<sup>2</sup>的电流范围内,器件的量子效率较为稳定,位于6.7%~7.0%之间,最高量子效率为7.0%(对应1.0 mA/cm<sup>2</sup>),与文献[5]所报道的最高效率相当。在电流大于10 mA/cm<sup>2</sup>时,器件的效率随电流的增大而出现明显下降的趋势。从文献<sup>[1~4]</sup>报道来看,当电流密度增加到100 mA/cm<sup>2</sup>时,发光效率要损失一半以上,甚至降低一个数量级。但在本文器件中,100 mA/cm<sup>2</sup>电流密度下,器件的量子效率为4.1%,与最高效率相比其效率损失仅为41%,而比文献[4]的结果2.5%高出0.6倍。这种效率随电流变化而表现出超常的稳定性说明造成效率随电流增加而下降原因可能除了T-T淬灭外,还有其他方面的因素,诸如界面的稳定

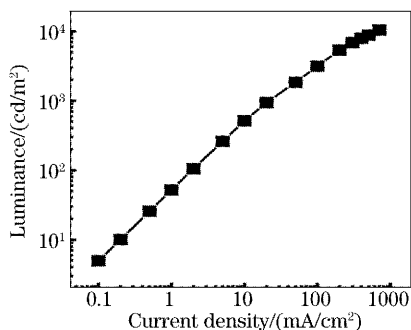


图2 器件的亮度-电流特性曲线

Fig. 2 Curve of the luminance vs current density

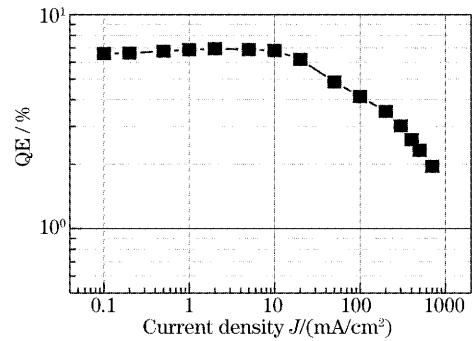


图3 器件的量子效率-电流密度特性曲线

Fig. 3 Curve of quantum efficiency vs current density of the device

性和空穴、激子阻挡层本身的稳定性等。磷光器件中多采用甲基苯基邻啡罗啉BCP作空穴、激子阻挡层,而本文采用BAlq作空穴、激子阻挡层。表明用BAlq作空穴、激子阻挡层比BCP更加有利于提高器件的性能。这可能是由于BAlq比BCP更加稳定的缘故,也有可能是由于发光层与BAlq形成的界面比与BCP形成的界面更加稳定。器件最高亮度达到10362 cd/m<sup>2</sup>,比文献[4]的结果高出0.5倍。

器件电致发光谱主峰位于625 nm,670 nm附近有一肩峰,器件电致发光谱及发光色度几乎不随电流变化而变化。器件色坐标为: $x=0.672$ , $y=0.322$ 。从器件的效率、亮度和色度指标来看基本可以满足全彩色显示对红色器件的要求。器件发光机理及稳定性问题是下一步需要研究的问题。

## 参 考 文 献

- 1 M. A. Baldo, D. F. O'Brien, Y. You *et al.*. Highly efficient phosphorescent emission from organic electroluminescent devices [J]. *Nature*, 1998, **395**(6698): 151~154
- 2 Chihaya Adachi, Marc A. Baldo, Mark E. Thompson *et al.*. Nearly 100% internal phosphorescence efficiency in an organic light emitting device [J]. *J. Appl. Phys.*, 2001, **90**(10): 5048~5051
- 3 Masamichi Ikai, Shizuo Tokito, Youichi Sakamoto *et al.*. Highly efficient phosphorescence from organic light-emitting devices with an exciton-block layer [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2001, **79**(2): 156~158
- 4 Chihaya Adachi, Marc A. Baldo, Stephen R. Forrest *et al.*. High-efficiency red electrophosphorescence devices [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2001, **78**(11): 1622~1624
- 5 Wu Youzhi, Zheng Xinyou, Sun Runguang *et al.*. Highly efficient distyryl arylene (DSA) derivative blue organic electroluminescent device with improved color purity [J]. *Acta Optica Sinica*, 2004, **24**(8): 1120~1125 (in chinese)  
吴有智,郑新友,孙润光等. 色纯度改进的苯乙烯衍生物高效蓝色有机电致发光器件 [J]. *光学学报*, 2004, **24**(8): 1120~1125
- 6 J. Endo, J. Kido, T. Matsumoto. Alkaline metal complexes as electron-injecting layer in organic EL devices [C]. *Proc. Int. Conf. Adv. Tech. Polym.*, Yamagata, 1999. 124~125