

文章编号:1673-9981(2010)04-0313-04

# 有机电致发光显示彩色化技术及其发展\*

刘南柳, 彭俊彪

(华南理工大学高分子光电材料与器件研究所, 华南理工大学特种功能材料及其制备新技术  
教育部重点实验室, 广东 广州 510640)

**摘 要:**介绍了几种有机电致发光显示屏彩色化技术,探讨了各种制备技术的优点与不足以及相应的改进方案。

**关键词:**有机电致发光二极管; 平板显示; 彩色化技术

**中图分类号:** TN873

**文献标识码:** A

随着信息技术的飞速发展,对信息传输的终端器件——新型显示器件的研制越来越引起人们的重视. 平板显示器件(FPD)具有体积小、重量轻、能耗低、屏幕大等优势,是目前显示器研制的热点. 有机电致发光显示器以其节能低耗、响应快速、能适应多种恶劣环境等优势而崭露头角,引起了业界的重视,目前已发展到产业化阶段.

## 1 有机电致发光显示的发展

自从1987年美国柯达公司的邓青云首次用经典的三明治结构制备了高性能的有机电致发光二极管薄膜器件<sup>[1]</sup>,掀起了有机电致发光的研究热潮<sup>[2-11]</sup>. 1997年日本先锋电子首次将有机电致发光显示屏(OLED)用于汽车音响面板上,其后,这种以OLED为像素单元的有机电致发光显示屏不断被研发出来,广泛应用于手机、MP3以及电视机面板. 2007年索尼公司首次推出了厚度仅为3 mm的11英寸OLED电视机,引起了业界的轰动. 目前,全球各大显示器厂家纷纷投入OLED的研发,推动了OLED产业化进程的飞速发展. 2005年全球OLED面板出货量达5580万片,比2004年增长了72%,总产值同比增长了8%. 目前,OLED产品主要向有

源全彩和大尺寸的方向发展.

我国在OLED显示器领域也紧跟世界领先水平. 维信诺、四川虹视、信利电子以及多家科研机构均开展了OLED材料及其器件的研发,并取得了一定的成果. 华南理工大学在2002年利用自主创新聚合物材料和旋涂技术实现了红、绿、蓝单色显示屏. 2004年利用喷墨打印技术实现了1.5英寸、分辨率为77 ppi、96×RGB×64点阵全彩色显示屏<sup>[12]</sup>.

## 2 有机电致发光彩色化技术

实现全彩OLED显示,常用的彩色化技术有掩膜技术、彩色滤光膜技术、光色转换技术、激光热转移技术、凹版印刷技术以及喷墨打印技术等.

### 2.1 掩膜技术

掩膜技术一般用于真空蒸镀方式制备小分子OLED. 通过采用CCD像素对位,精确移动掩膜,分别蒸镀红绿蓝三基色发光层而实现图案化. 该技术只适用于容易升华的有机小分子材料,其优点是工艺简单成熟,操作简便. 但由于在制备高分辨率显示屏时需要高精度掩膜及精确的对位,导致低产能高成本.

收稿日期:2010-09-25

\* 基金项目:中央高校自然科学基金(20092M0111)

作者简介:刘南柳(1970—),女,湖南新化人,博士.

## 2.2 彩色滤光膜技术

彩色滤光膜技术是通过彩色滤光片(CF)将白光转换为彩色 OLED 所需要的红绿蓝三基色. 由于可利用 LCD 成熟的 CF 技术, 不需要掩膜对位, 极大地简化了蒸镀过程, 因而能降低生产成本, 可用于制备大尺寸高分辨率 OLED. 但是, 由于滤光片吸收了大部分的光能, 只有约 30% 的光能透过, 所以需要高性能的白光材料, 否则器件的效率较低, 一般也是用于小分子的 OLED 显示屏. 同时, 由于白光通过 CF 的光谱半峰宽一般在 100 nm 以上, 使显示屏的色域较窄.

研究表明, 将 CF 中的子像素由原来的红绿蓝变为红绿蓝白, 可提高显示屏的发光效率与寿命, 能耗也降低了近 50%<sup>[13-17]</sup>. 但是, 子像素由三个变为四个, 一般会降低显示屏的开口率. 在设计像素结构时适当减少红蓝子像素的频率可以增加开口率, 而且对红绿蓝三基色而言, 由于红光和蓝光对发光亮度的贡献相对较少, 人眼对绿光更为敏感, 因此, 不会影响显示屏图像的质量<sup>[13]</sup>.

利用微腔结构中的微腔对谐振波与非谐振波长的自发辐射的干涉增强与减弱作用, 能使光谱的半峰宽变窄. 研究发现采用微腔结构的显示屏色域高达 NTSC 标准的 100%<sup>[15-17]</sup>.

## 2.3 光色转换技术

光色转换技术是通过蓝光激发红绿光材料使其发光而得到红绿蓝三基色的, 是光致发光与电致发光相结合的过程<sup>[18-19]</sup>. 由于这种技术不需要掩膜对位, 因而蒸镀过程较为简单, 可制备大尺寸器件. 蓝光材料是制约这种技术的瓶颈, 现阶段一般只能用于制备小分子 OLED. 传统的光色转换材料一般是有机荧光染料与光致抗蚀剂聚合物共混溶液, 由于光致抗蚀剂聚合物中的不饱和键及光诱发剂与荧光染料反应而产生浓度淬灭, 导致转换效率较低. 为了提高转换效率, 一般采取降低溶液浓度并增厚光色转换层的办法, 但厚至 10  $\mu\text{m}$  的光色转换层增加了光刻的难度, 所以这种技术一直未受到关注. 现在, 光色转换材料采用主客体共混材料, 主体材料吸收蓝光后将能量转移给客体材料. 在这种体系中, 光色转换材料的光致发光性能主要依赖于客体的荧光量子效率及主客体的能量转换效率, 这样膜层可降至 0.7  $\mu\text{m}$ . 2008 年 SID 会议上 Fuji 电子公司展示了应用这种技术制备的非晶硅 TFT 驱动的 2.8 英寸

有源全彩显示屏, 其色域达 NTSC 标准的 100%<sup>[19]</sup>.

## 2.4 激光热转移成像技术

三星 SDI 和 3M 显示材料中心共同研发的激光热转移成像技术, 是利用光热转换材料将激光的光能转换为热能而使旋涂的发光层图案化<sup>[20-21]</sup>. 其主要工艺流程为: 先将热转印的供体压在衬底上, 使供体与受体表面紧密接触, 然后用激光束对供体的成像模板进行曝光, 结果成像图案从供体接触面向传输层(光发射材料)释放, 并附着在传输层的受体接触面上, 最后, 剥离使用过的供体而得到高分辨率的功能层条纹. 其刻蚀精度可达 2.5  $\mu\text{m}$ , 可制备分辨率高达 302 ppi 的显示屏<sup>[21]</sup>. 但这种技术需要精确平衡发光材料与光热传递层间的粘力以得到高质量的图案化高性能器件, 同时这种技术需要分别对红绿蓝三种材料进行激光刻蚀实现图案化, 因此工艺流程复杂; 同时, 采用旋转涂布技术制备供体层薄膜, 材料的利用率较低, 浪费严重, 生产成本居高不下. 虽然利用该技术可制作大尺寸显示屏, 但在图案化衬底上多次旋涂很难得到均匀同一的膜层.

## 2.5 凹版印刷技术

凹版印刷技术通过图案化的浮雕将功能材料转印在衬底上, 而实现彩色化. 浮雕的精度决定了器件的分辨率. 2006 年 SID 会议上展出了用这种技术制作的分辨率为 210 ppi 的原型产品<sup>[25]</sup>. 由于可连续性生产, 采用凹版印刷技术有望实现量产, 也可将它用于制备柔性器件<sup>[26]</sup>. 这种技术需要防止溶液在干燥的过程中形成有可能与相邻像素相连的不均匀突起, 因此, 要调整溶液的粘度, 控制好溶液在衬底上的铺展性及溶剂的挥发性才能得到均匀的膜层. 膜层的厚度也依赖于印在衬底上的溶液量及溶质的含量等因素. 在制备过程中, 每次都应对浮雕进行彻底的清洗以免浮雕与溶液及衬底间的交叉污染, 从而降低器件的发光性能.

## 2.6 喷墨打印技术

喷墨打印技术是通过打印喷头将微量溶液(几皮升)喷射到红绿蓝子像素坑中实现三基色发光图案化. 这种技术具有操作简单, 节省材料, 能制备大尺寸柔性显示屏等优点, 是一种节能环保的彩色化技术. 在喷墨打印技术中, 均匀高质量的像素内薄膜是实现高性能显示屏的关键, 这要求高精度的喷墨打印设备, 同时需要高性能的可打印的发光材料溶

液,由于聚合物材料提纯困难,性能一直难以提高,限制了喷墨打印显示屏的发展.近年来,日本的 Seiko Epson 公司、Fujimi 公司以及美国的杜邦显示等多家研究机构积极研制高性能可溶性小分子发光材料,采用喷墨打印等方式制备有机小分子全彩色发光器件取得了一定的进展<sup>[27-31]</sup>.

喷墨打印技术是一种非接触式彩色化技术,可避免对功能溶液的接触性污染.同时,这种按需喷墨的技术可极大地节省比较昂贵的发光材料,减少对环境的污染,而且使用具有多个喷射口(128 或 256 个喷射口)的喷头打印可以大大缩短制膜时间.因此,喷墨打印彩色图案化技术无论是在节能环保还是在器件性能上都有较突出的优势.

### 3 结 语

随着有机发光材料性能的提高,特别是高性能的可溶性有机小分子材料的研发,采用喷墨打印技术制备的全彩 OLED 显示屏产业化指日可待.

#### 参考文献:

- [1] TANG C W, VANSLYKE S A. Organic electroluminescent diodes[J]. *Appl Phys Lett*, 1987, 51: 913-915.
- [2] BURROUGHS J H, BRADLEY D D C, BROWN A R, et al. Light-emitting diodes based on conjugated polymers[J]. *Nature*, 1990, 347: 539-541.
- [3] BRAUN D, HEEGER A J. Visible light emission from semiconducting polymer diodes [J], *Appl Phys Lett*, 1991, 58: 1982-1984.
- [4] GUSTAFSSON G, CAO Y, TREACY GM, et al. Flexible light-emitting diodes made from soluble conducting polymers [J]. *Nature*, 1992, 357: 477-479.
- [5] GREENHAM N C, MORATTI S C, BRADLEY D D C, et al. Efficient light-emitting diodes based on polymers with high electron affinities [J]. *Nature*, 1993, 365: 628-630.
- [6] MA Y G, ZHANG H Y, SHEN J C. Electroluminescence from triplet metal-ligand charge-transfer excited state of transition metal complexes [J]. *Synth Met*, 1998, 94: 245-248.
- [7] WU S J, CHENG J A, CHEN H M P, et al. Large area color filter fabrication by using ink-jet printing technology[A]. *SID 08 Digest*, 2008: 1435-1438.
- [8] KWONG R C, WEAVER M S, LU M H M, et al. Current status of electro phosphorescent device stability [J]. *Org Electron*, 2003, 4: 155-164.
- [9] HOLDER E, LANGEVELD B M W, SCHUBERT U S. New trends in the use of transition metal-ligand complexes for applications in electroluminescent devices[J]. *Adv Mater*, 2005, 17: 1109-1121.
- [10] LEE B W, PARK K, ARKHIPOV A, et al. The RGBW advantage for AMOLED [A]. *SID 07 Digest*, 2007: 1386-1388.
- [11] LEE B W, HWANG Y I, LEE H Y, et al. Micro-cavity DESIGN OF RGBW AMOLED for 100% color gamut[A]. *SID 08 Digest*, 2008: 1050-1053.
- [12] NIU Q L, CAO Y, WANG J, et al. Full color and monochrome passive matrix polymer light-emitting diodes flat panel displays made with solution processes [J]. *Org Electron*, 2008, 9: 95-100.
- [13] SPINDLER J P, HATWAR T K, MILLER M E, et al. Lifetime and power enhanced RGBW displays based on white OLEDs[A]. *SID 05 Digest*, 2005: 36-39.
- [14] LEE B, PARK K, ARKHIPOV A, et al. The RGBW advantage for AMOLED[A]. *SID Symposium Digest 38[A]*. *SID 07 Digest*, 2007: 1386-1388.
- [15] LEE B, LEE H, KIM C W, et al. Micro-cavity design of RGBW AMOLED for 100% color gamut[A]. *SID 08 Digest*, 2008: 1050-1053.
- [16] LEE S, CHU C, LEE J, et al. Achieving high color gamut microcavity on white OLED[A]. *Morreale J SID 08 Digest*, 2008: 1042-1045.
- [17] KIM S Y, KIM M G, LEE S H, et al. 3.0-in. 308-ppi WVGA AMOLED by top-emitting white OLED with color filter[A]. *SID 08 Digest*, 2008: 937-939.
- [18] LI C, SAKURAI K, KIMURA H, et al. Innovative full color OLED technology based on light emission from guest dye by energy transfer from el-excited host thin film[A]. *SID 06 Digest*, 2006: 1372-1375.
- [19] KINURA H, KAWAGUCHI K, SAITO T, et al. New full color OLEDs technology based on advanced color conversion method using ink-jet printing[A]. *SID 08 Digest*, 2008: 299-302.
- [20] LEE S T, BAETZOLD J, WEBSTER S, et al. A new patterning method for full-color polymer light-emitting devices: Laser Induced Thermal Imaging (LITI) [A]. *SID 02 Digest*, 2002: 784-786.
- [21] YOO K J, LEE S H, IM C Y, et al. 302-ppi high-resolution AMOLED using laser induced thermal imaging [A]. *SID 05 Digest*, 2005: 1344-1347.
- [22] LEE S T, CHIN B D, KIM M H, et al. A novel patterning method for full-color organic light-emitting de-

- vices, laser induced thermal imaging (LITI)[A]. SID 04 Digest, 2004; 1008-1011.
- [23] LEE S T, SUH M C, KANG T, et al. LITI(Laser Induced Thermal Imaging) technology for high-resolution and large-sizes AMOLED[A]. SID 07 Digest, 2007; 1588-1591.
- [24] WOLK M B, LAMANSKY S, TOLBERT W A, Progress in laser induced thermal imaging of OLEDs[A]. SID 08 Digest, 2008; 511-514.
- [25] KITAZUME E, TAKESHITA K, MURATA K, et al. Development of polymer light-emitting diode (PLED) displays using the relief printing method[A]. SID 06 Digest, 2006; 1467-1470.
- [26] HIROYOSHI N, SHIGERU M, HIROFUMI N, et al. Flexible OLEDs poster with gravure printing method[A]. SID 05 Digest, 2005; 1196-1199.
- [27] FEEHERY W F. Solution processing of small-molecule OLEDs[A]. SID 07 Digest, 2007; 1834-1836.
- [28] XIA S, BROWN J J, SONOYAMA T, et al. Printable phosphorescent organic light emitting devices[A]. SID 08 Digest, 2008; 295-298.
- [29] O'REGAN M. Solution processed OLED displays: advances in performance, resolution, lifetime and appearance[A]. SID 09 Digest, 2009; 600-602.
- [30] KIM M N, CHO I S, PARK B, et al. Highly efficient ink-jet printed small molecular phosphorescent OLED [A]. SID 09 Digest, 2009; 1734-1736.
- [31] MACKENZIE D, SHIN J H, ZHANG J, et al. Printed, doped flexible P-OLED displays and lighting[A]. SID 09 Digest, 2009; 20-24.

## The development of OLED color patterning technology

LIU Nan-liu, PENG Jun-biao

*(Institute of Polymer Optoelectronic Material and Devices, Key Laboratory of Specially Functional Materials and Advanced Manufacturing Technology, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)*

**Abstract:** Patterning technologies for full-color organic light-emitting displays (OLEDs) were introduced first in this paper, then the advantages and the improvements of disadvantages of kinds of method were discussed.

**Key words:** organic light-emitting diode; flat-panel display; patterning technology