

基于a-IGZO型OLED的顶栅自对准TFT结构中遮光层的研究

高 颖¹, 周星宇²

(1. 广东两阳中学, 广东阳江 529500; 2. 深圳市华星光电半导体显示技术有限公司, 广东深圳 518000)

摘 要: 顶栅自对准(Top-gate self aligned)结构的a-IGZO TFT器件具有较小的寄生电容, 适用于驱动OLED(Organic light emitting diode)显示器。为了增加TFT器件在光照条件下的稳定性, 驱动OLED的TFT(Thin film transistors)器件通常需要加入遮光层。文章对遮光层的作用、遮光层信号连接方式、缓冲层厚度以及遮光层尺寸的选择进行了探究。结果表明:(1)遮光层可以有效降低TFT因为光照射造成的阈值电压负偏;(2)遮光层连接电信号电性会更稳定, 并且信号连接到源极, 驱动电流更容易饱和, 最适合驱动OLED;(3)缓冲层厚度选择400 μm 的器件性能较好;(4)在设计允许的情况下, 遮光层应尽可能多的遮挡IGZO, 以改善器件的稳定性。

关键词: 顶栅自对准结构; 有机发光二极管显示器; 遮光层

中图分类号: TN321.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-488X(2020)04-0302-06

Research on the Shading Layer in Self-aligned Top-gate Thin Film Transistors Based on Amorphous Oxide for OLED

GAO Ying¹, ZHOU Xingyu²

(1. *Guangdong Liangyang Middle School, Yangjiang Guangdong 529500, CHN*; 2. *Shenzhen Huaxing Optoelectronic Semiconductor Display Technology Co., Ltd., Shenzhen Guangdong 518000, CHN*)

Abstract: Top-gate self-aligned a-IGZO TFT is suitable for driving OLED displays for its tiny parasitic capacitors. In order to improve the stability of TFT device under illumination condition, the driving TFT usually needs light shading layer. In this paper, the influence of the light shading layer, the selection of its signal connection, the thickness of the buffer layer and the size of the light shading layer were explored. The results showed that: (1) the light shading layer could effectively reduce the negative bias caused by the light of TFT, (2) the light shading layer connecting signal was more stable than the floating one, and the TFT whose shading layer was connected to the source electrode was more easily saturated, which could be helpful to carry out OLED, (3) buffer layer thickness of 400 μm was more favorable for device performance, (4) the light shading layer should cover IGZO, and its size should be as large as possible, which could effectively improve the device reliability.

Key words: top-gate self-aligned structure; OLED (organic light emitting diode) display; light shading layer

收稿日期: 2020-07-29

作者简介: 高 颖(1993—), 女, 硕士研究生, 研究方向为等离子体物理, 半导体物理, 物理教育等; (E-mail: 1924554880@qq.com)

周星宇(1988—), 男, 硕士研究生, 研究方向为半导体物理。

引言

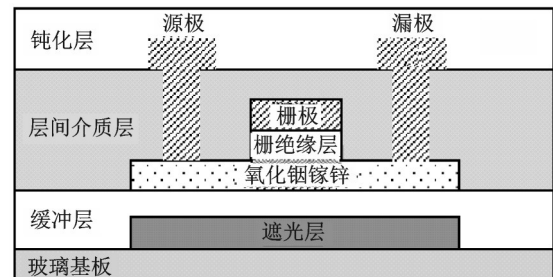
柔性显示屏^[1]在可穿戴显示屏领域的应用前景十分广阔。由于OLED^[2-3]器件不需要背光,设计上较灵活,适用于柔性显示屏。目前来看顶栅自对准(Top-gate self-aligned)^[4]结构的a-IGZO TFT最适用于驱动大尺寸OLED。顶栅自对准结构的TFT器件自身寄生电容小,有利于生产大尺寸高解析度的显示面板^[5]。众所周知,利用a-IGZO能够得到具有较高迁移率的器件,不需要过高的制程温度,适用于大尺寸生产。IGZO对光照敏感^[6],因而有研究者提出了在TFT底部增加遮光层^[7]以减少光照对器件的影响,遮光层材料一般为Mo, Ti等金属。在a-IGZO TFT器件底部增加遮光层是否会影响器件性能,遮光层是否需要连接信号,以及信号连接方式如何选择,遮光面积大小,遮光层与有源层间缓冲层的厚度等一系列问题需要进行系统探究。

文中针对不同遮光层结构的TFT器件,对比了器件照光前后的 $I-V$ 曲线变化情况,探究了遮光层对TFT器件的影响,针对不同信号连接方式的器件,对比了其电性的优劣,找到了合适的遮光层信号连接方式,并针对缓冲层厚度及遮光层面积大小进行了研究。系统地探究了TFT中遮光层的相关问题,给OLED驱动背板的研究提供一定的参考。最后用优化后的顶栅自对准结构TFT器件成功驱动OLED器件点亮。

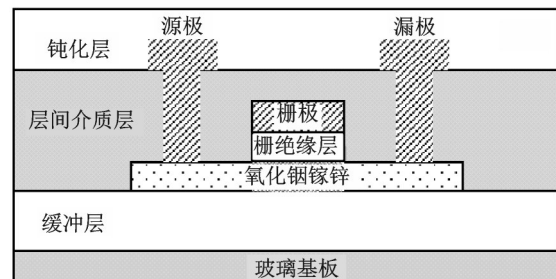
1 TFT器件制作

在G4.5代线上制作了顶栅自对准结构的TFT器件,器件结构示意图如图1,其中图1(a)是有遮光层的TFT器件结构,图1(b)为无遮光层的器件结构。TFT器件制作过程如下:首先在玻璃基板上用PVD(物理气相沉积)机台沉积一层遮光层,将遮光层图形化后在遮光层上方用CVD(化学气相沉积)机台沉积一层 SiO_x 作为缓冲(buffer)层。在缓冲层上方用PVD沉积一层IGZO,对IGZO进行图形化后,在其上方用CVD机台沉积一层 SiO_x 材料作为栅绝缘层,随后用PVD机台沉积一层金属层作为栅极(Gate)。对金属层进行图形化后,将金属层下面的 SiO_x 蚀刻出图形。随后对露出的氧化铟镓锌(IGZO)进行导体化处理,再用CVD机台沉积一层 SiO_x 作为层间介质层(ILD),在 SiO_x 上蚀刻出连接孔以便

IGZO与源漏金属层的信号搭接。沉积整面的金属层作为源极和漏极(S/D),使之连接到导体化后的IGZO,将源漏极金属蚀刻出图形,最后再用CVD沉积一层 SiO_x 层作为钝化层(PV)。用同样的方法制作出无遮光层及遮光层连接方式不同(包括遮光层不接信号且只遮住TFT沟道,遮光层不接信号且遮住整个IGZO,遮光层遮住整个IGZO且分别与源漏极或栅极相连)的TFT器件。文中涉及到的电性结果均使用Yang电子探针台(型号:Keithley S500)进行量测。



(a) 有遮光层的TFT器件结构



(b) 无遮光层的器件结构

图1 TFT器件结构示意图

Fig.1 Diagrams of TFT device structure

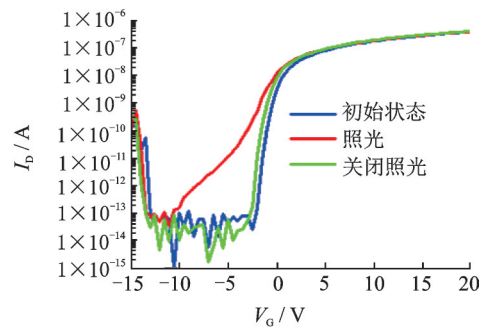
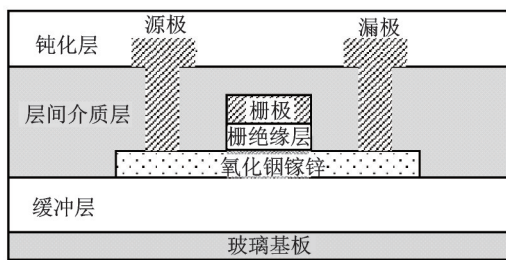
2 结果与分析

2.1 遮光层对TFT器件光照性能的影响

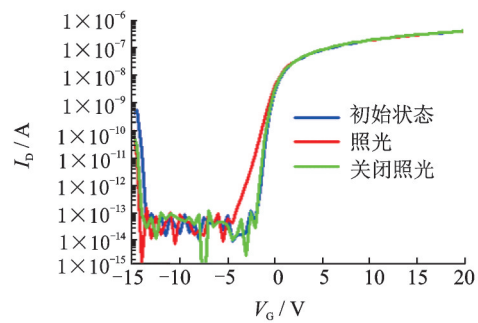
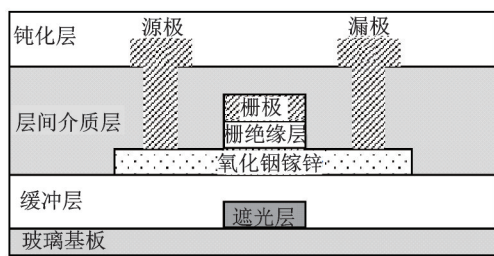
在室温条件下针对不同遮光层结构的TFT器件进行照光(光照强度为5 000 nit)对比测试。实验分为三个测试步骤:首先测试TFT器件的初始 $I-V$ 曲线,然后在器件底部照光并测试 $I-V$ 曲线,最后关闭照光再测试器件 $I-V$ 曲线。图2中给出了 $V_D=0.1\text{ V}$, $V_S=0\text{ V}$, $V_G=-15\sim 20\text{ V}$ 时TFT器件的 $I-V$ 曲线。其中蓝色曲线为器件的初始 $I-V$ 曲线,红色曲线为照光时器件 $I-V$ 曲线,绿色曲线为关闭照光后器件 $I-V$ 曲线。其中2(a)是无遮光层器件的 $I-V$ 曲线,2(b)是遮光层只遮住沟道的器件 $I-V$ 曲线,2(c)是遮光层遮住整个IGZO的器件 $I-V$ 曲线,且

(b)和(c)中遮光层均未接信号。从图2可以看到,所有器件照光后都有不同程度的电性漂移,关闭照光后器件电性向初始状态恢复。图2(a)中TFT器件由于没有遮光层,照光时电性漂移最严重,其他两个有遮光层的TFT器件照光前后电性变化相对轻微。当器件背沟道受到光照,IGZO中载流子数量增加,器件电流增大,因此器件底部照光会使沟道提前打开,阈值电压负向移动。遮光层的存在一

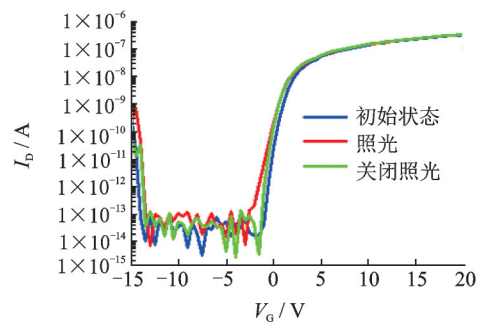
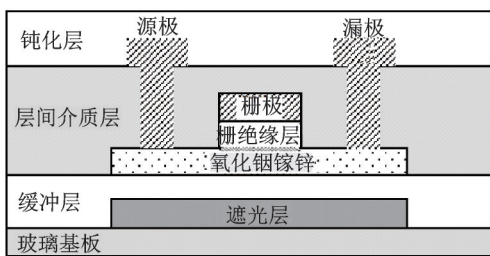
定程度上能够使电性保持稳定。对比图2(b)和图2(c),遮光层遮住IGZO的器件电性比只遮沟道的器件受到的照光影响小,但是光照关闭后,遮光层只遮住沟道的器件电性基本恢复到初始状态,遮光层遮住整个IGZO器件的末状态 $I-V$ 与初始 $I-V$ 的偏差更大,说明大面积的未加信号的金属对器件的电性有影响,且金属面积越大对器件的影响越大。因此TFT器件需要遮光层,且遮光层需要连接信号。



(a) 无遮光层的器件结构和器件光照前后的 $I-V$ 曲线对比



(b) 遮光层遮住IGZO沟道的器件结构和器件光照前后的 $I-V$ 曲线对比



(c) 遮光层遮住整个IGZO的TFT器件结构和器件光照前后的 $I-V$ 曲线对比

图2 不同遮光层结构TFT照光前后 $I-V$ 变化情况

Fig.2 Changes of $I-V$ before and after illumination for TFT with different light-shielding structures

2.2 遮光层对TFT器件电性的影响

图3是遮光层信号连接方式不同的TFT器件电性曲线。其中图3(a)是遮光层与源极相连的器件 $I-V$ 图,图3(b)是遮光层与栅极相连的器件 $I-V$ 图,图3(c)是遮光层与漏极相连的器件 $I-V$ 图。从

图中可以看到遮光层与漏极相连的器件 $I_b V_g$ 表现异常。遮光层与漏极相连相当于遮光层接一个正的电信号,沟道感应出相同数量的载子需要更小的栅极电压,因此 $V_b=10\text{ V}$ 时 $I-V$ 向负向漂移。遮光层与栅极相连的TFT器件饱和电流最高,这种结构

相当于IGZO上下方各有一个栅极,IGZO前沟道和背沟道都会感应出载子,因此载子浓度比其他结构大,饱和电流高。另外从图中可以看到,遮光层与漏极相连的器件 $I_b V_D$ 表现最差,电流不易达到饱和。遮光层与源极相连,TFT器件最易达到饱和电流。由于OLED是电流驱动的器件,TFT尽快达到饱和电流有利于OLED器件的发光稳定性,因此从电流饱和的角度来看遮光层与源极相连的器件最适用于驱动OLED。

2.3 缓冲层厚度选择

TFT器件的遮光层往往由金属制成,对沟道

的开关状态有一定影响,而遮光层与背沟道之间隔一层缓冲层,理论上缓冲层加厚可以减轻底栅对背沟道的影响,从而使器件性能更稳定。表1中对比了缓冲层厚度为200 μm 和400 μm 的器件电性参数,其中遮光层与源极信号相连,老化条件为 $V_G=+30\text{ V}$, $T=60\text{ }^\circ\text{C}$,老化时间为1 h。从表1中可以看到,缓冲层厚400 μm 的TFT器件迁移率更高,亚阈值摆幅SS更好, V_{th} 更正漂。缓冲层厚度对TFT器件的可靠性影响不大。遮光层与有源层距离增加,可以减轻遮光层对沟道的影响,使器件电性更好。建议TFT器件缓冲层厚度选择400 μm ,器件的电性表现较好,也不会过多增加TFT基板

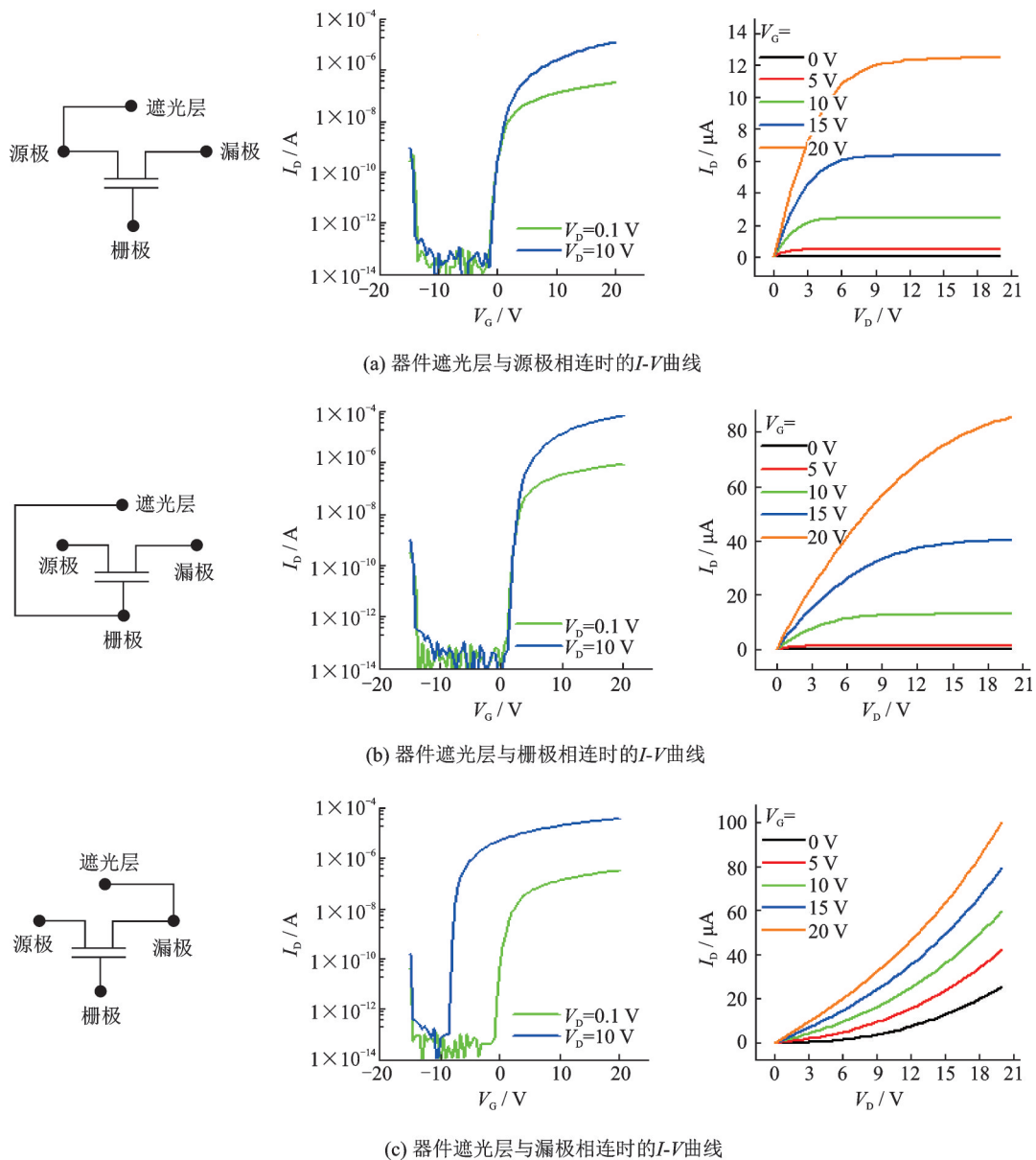


图3 结构不同的TFT器件的 I - V 曲线

Fig.3 I - V curves for TFT with different light-shielding structures

的厚度。

表 1 缓冲层厚度不同 TFT 器件电学参数对比

Tab.1 Electrical parameters of TFT devices with different buffer thicknesses

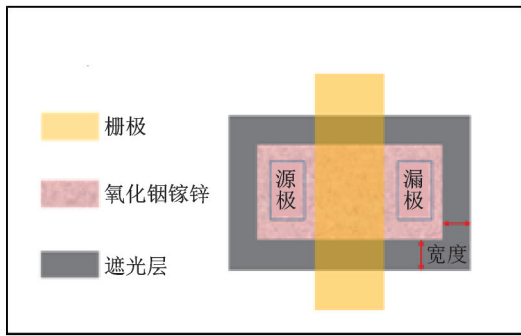
缓冲层厚度/ μm	阈值电压/V	迁移率/ $(\text{cm}^2 \cdot \text{Vs}^{-1})$	亚阈值摆幅/ $(\text{V} \cdot \text{decade}^{-1})$	正压老化后阈值电压偏移量/V
200	-0.4	6.7	0.36	+2.4
400	0.06	8.0	0.24	+2.3

2.4 遮光层遮光面积大小对比

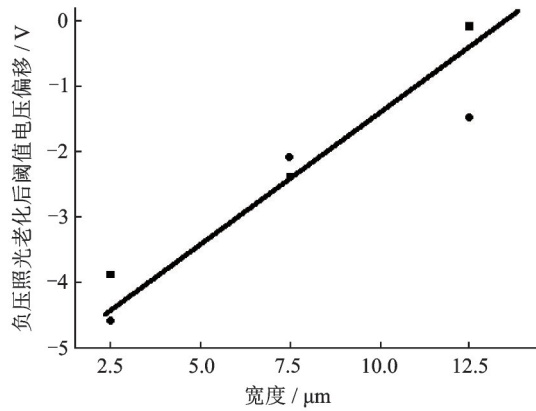
针对遮光层面积不同的 TFT 器件进行了可靠性测试,图 4(a)中是 TFT 器件遮光层遮光面积不同的示意图,图 4(b)是不同遮光层遮光面积(遮光

层超出 IGZO 外围 $2.5 \mu\text{m}$, $7.5 \mu\text{m}$, $12.5 \mu\text{m}$)的 TFT 器件 NBTIS ($V_g = -30 \text{ V}$, $T = 60 \text{ }^\circ\text{C}$, 老化时间为 1 h, 光照强度为 4 500 nit)测试结果。从图中可以看到遮光层超出 IGZO 的范围会影响 TFT 器件 NBTIS 结果。由于遮光层要遮挡来自外界的干扰光线,减少 IGZO 的劣化,因此面积不宜过小。遮光层超出 IGZO 面积越大,器件可靠性(NBTIS)结果越好。为了 TFT 器件性能的稳定,遮光层面积应在遮挡全部 IGZO 的基础上设计得尽可能大。

最后,用优化后的顶栅自对准结构 TFT 器件成功驱动 OLED 器件点亮。图 5 是 103 cm 4K2K 的 AMOLED 电视机点亮效果图,表 2 中给出了 103 cm 4K2K 的 AMOLED 电视机具体参数。



(a) 遮光层遮光面积不同的器件结构示意图



(b) 不同遮光层的 TFT 器件负压老化 ($V_g = -30 \text{ V}$, 老化时间 1 h, $T = 60 \text{ }^\circ\text{C}$, 光照强度 4 500 nit) 结果比较

图 4 不同遮光层的 TFT 器件负压老化结果比较

Fig.4 Stress results for TFT with different light-shielding areas

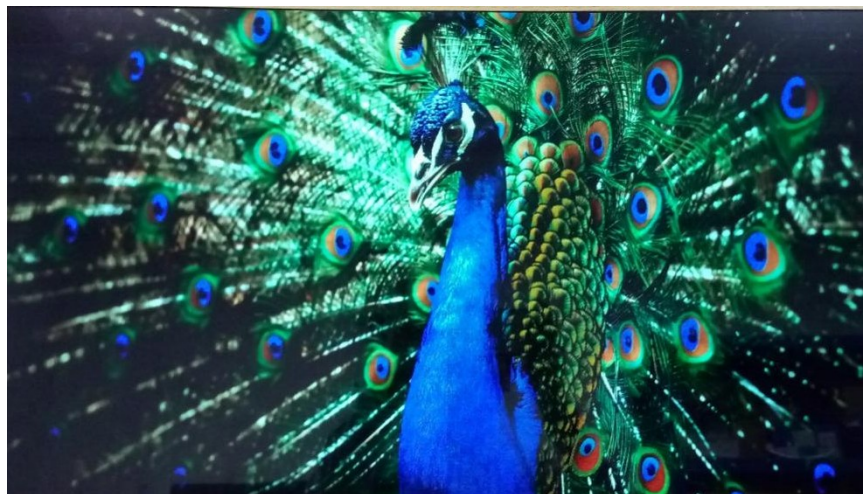


图 5 103 cm 顶栅自对准结构 TFT 驱动的 AMOLED 电视机点亮效果图

Fig.5 103 cm AMOLED demonstration with top-gate self-aligned a-IGZO TFT backplane

表2 103 cm 4K2K的 AMOLED 电视机具体参数
Tab.2 Parameters of 103 cm 4K2K AMOLED TV

项目	参数
屏幕大小/cm	103
驱动背板 TFT	IGZO Top Gate
OLED 排布方式	WOLED+CF
解析度	3 840×2 160
像素大小/μm	175.5×175.5
解析度/ppi	145
发光模式	顶发光

3 结 论

顶栅自对准结构的 TFT 器件底部加一层遮光层可以使器件电性更稳定。遮光层遮住整个 IGZO 有利于器件电性,且遮光层需要接信号。遮光层与源极相连器件照光前后电性最稳定,器件最易达到饱和电流,因此最适用于驱动 OLED 器件。研究表明,TFT 器件缓冲层厚度为 400 μm 有利于器件电性,也不会过多增加 TFT 基板的厚度。遮光层的设计面积应尽可能大以保证 TFT 器件的稳定性,遮光层与有源层距离增加,可以减轻遮光层对沟道的影响,使器件电性更好。最后用优化后的 TFT 器件驱

动的 OLED 背板成功点亮。

参 考 文 献

- [1] Shin H J, Park K M, Takasugi S, et al. A high image quality OLED display for large size and premium TVs[J]. SID Symposium Digest of Technical Papers, 2017, 48(1): 1134-1137.
- [2] Shin H S, Jeong J K, Mo Y G, et al. Organic light emitting display (OLED) and its method of fabrication[P]. U.S. 7, 663, 302. 2010-2-16.
- [3] 高伟男,毕勇,刘新厚,等.我国新型显示关键材料发展战略研究[J].中国工程科学,2020,22(05):44-50.
- [4] Shima Y, Jincho M, Hamochi T, et al. Development of a top-gate transistor with short channel length and c-axis aligned crystalline indium gallium zinc oxide for high-resolution panels[J]. SID Symposium Digest of Technical Papers, 2016, 47(1): 1037-1040.
- [5] 房 耸.应用于高分辨率液晶显示器的非晶硅薄膜晶体管栅极驱动电路的设计[D].上海:上海交通大学,2017.
- [6] Chen W T, Hsueh H W, Zan H W, et al. Light-enhanced bias stress effect on amorphous In-Ga-Zn-O thin-film transistor with lights of varying colors[J]. Electrochemical and Solid-State Letters, 2011, 14(7): 297-299.
- [7] Miryeon Kim, Wooyung Sun, Jongseuk Kang, et al. The effect of a S-contacted light shield on the electrical characteristics of an LTPS TFT [J]. Semiconductor Science Technology, 2017, 32(8): 085001.

(上接第 297 页)

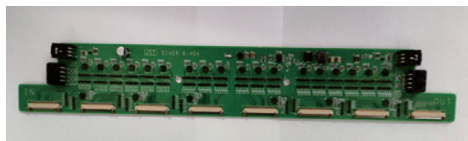


图7 驱动器实物图
Fig.7 The physical image of drive

两侧的接插件可用于级联。

多个驱动条级联驱动 LED 智能玻璃显示屏显示如图 8 所示,多个级联驱动条置于 LED 透明显示屏两侧,保证了 LED 显示屏的透明显示。

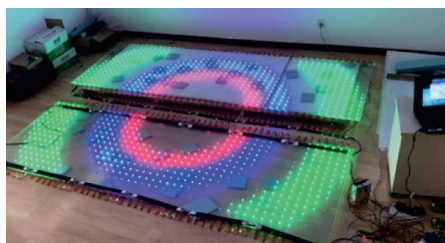


图8 多个驱动条级联驱动 LED 智能玻璃显示屏显示
Fig.8 The LED smart glass screen display driven by multiple driving strips in cascade

4 结 束 语

介绍了一种可分布在 LED 智能玻璃显示屏四

周、保证 LED 智能玻璃显示屏进行图像或视频透明显示的窄条形驱动器。其主要作用是将串行数据通过专用的 LED 驱动芯片转为并行数据,再经过 FPC 软板驱动 LED 智能玻璃显示屏显示。本驱动不仅能实现画面的 4 096 阶灰度级显示,实现多个 LED 智能玻璃显示屏级联显示,进而增大显示画面,而且驱动器还具有重量轻,体积、价格适中等优点。在室内外 LED 智能玻璃透明显示领域中具有重要作用,应用价值较高。

参 考 文 献

- [1] 高 敏.LED 显示屏发展综述[J].电子制作,2015,08:107.
- [2] 张 芳,樊 柯.LED 显示屏集成控制技术的发展现状及趋势探讨[J].电子制作,2019,02:88-89.
- [3] 冀 刚.室外 LED 显示以及在交通领域的应用[J].电子技术与软件工程,2018,09:103.
- [4] 李相国,姚晓魁,赵广河.一种基于模拟 PWM 的全彩色 LED 显示屏[J].液晶与显示,2014,03:361-369.
- [5] 赵 肃,王卫东,何志毅.一种乱序 PWM 控制的 LED 恒流驱动芯片[J].微电子学与计算机,2013,09:137-140.
- [6] Li X R, Wang S L, Lai X Q. Design and implement of LED drive circuit chip with the controllable constant output current [J]. Optoelectronics Letters, 2009, 11(3): 186-189.