

OLED电视残影消除和寿命提升

王俊生, 徐遥令, 王磊, 宁洪龙, 邹建华, 吴为敬, 彭俊彪

引用本文:

王俊生, 徐遥令, 王磊, 等. OLED电视残影消除和寿命提升[J]. 液晶与显示, 2020, 35(8): 795–800.

WANG Jun-sheng, XU Yao-ling, WANG Lei, et al. Elimination of sticking image and improvement of the lifetime of OLED TV[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2020, 35(8): 795–800.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.37188/YJYXS20203508.0795>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

一种针对AMOLED器件劣化的电学补偿技术

Electronic-compensation technique for improving the degradation of AMOLED devices

液晶与显示. 2019, 34(4): 335–341 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20193404.0335>

一种支持OLED亮度补偿的电流型PWM像素驱动电路

Current PWM pixel driving circuit with OLED luminance compensation

液晶与显示. 2016, 31(6): 563–568 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20163106.0563>

残影不良分析及改善对策研究

Analysis and research of slow charging

液晶与显示. 2015, 30(4): 566–570 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20153004.0566>

基于使用负性液晶的边沿场切换模式的局部残影分析

Analysis of FFS image sticking with negative liquid crystal

液晶与显示. 2015(3): 399–403 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20153003.0399>

TFT-LCD残影不良的研究与改善

Research and improvement of TFT-LCD image-retention

液晶与显示. 2016, 31(3): 270–275 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20163103.0270>

文章编号:1007-2780(2020)08-0795-06

OLED 电视残影消除和寿命提升

王俊生^{1,2}, 徐遥令^{2*}, 王磊¹, 宁洪龙¹, 邹建华¹, 吴为敬¹, 彭俊彪¹

(1. 华南理工大学 高分子光电材料及器件研究所, 发光材料与器件国家重点实验室, 广东 广州 510640; 2. 创维集团, 广东 深圳 518053)

摘要: OLED 电视在使用过程中会出现 OLED 显示屏因驱动电路的阈值电压漂移和寿命不足而导致性能退化的问题, 进而使显示屏出现残影(烧屏)现象。本文提出了采用像素补偿和电流补偿两种方案来消除或者减弱 OLED 显示屏的残影, 通过加速老化实验的方法, 验证了该两种方案能够有效消除或缓解 OLED 电视屏幕残影的产生, 可以使显示屏出现残影的时间点延后 13 340 h, 将其正常使用寿命延长近 80%, 有效提高了 OLED 电视屏幕使用寿命。

关键词: 像素补偿; 电流补偿; AMOLED 电视; 残影; 寿命

中图分类号: TN383+.1; TN948.5 **文献标识码:** A **doi:** 10.37188/YJYXS20203508.0795

Elimination of sticking image and improvement of the lifetime of OLED TV

WANG Jun-sheng^{1,2}, XU Yao-ling^{2*}, WANG Lei¹, NING Hong-long¹,
ZOU Jian-hua¹, WU Wei-jing¹, PENG Jun-biao¹

(1. State Key Laboratory of Luminescent Materials and Device, Institute of Polymer Optoelectronic Materials and Devices, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China; 2. Skyworth Group, Shenzhen 518053, China)

Abstract: During the operation of an OLED TV, the threshold voltage drift and the degradation of OLED panels will lead to the phenomenon of sticking image on the AMOLED display, especially in OLED TV. Two solution methods are presented: pixel compensation and current compensation to eliminate or reduce the sticking image on the screen of the OLED TV, and improve the lifetime of OLED TV. The accelerated aging test was used to verify that the solutions can effectively eliminate or alleviate the generation of sticking image on the screen of OLED TVs. The time of the appearance of sticking image can be delayed 13 340 h, as well as the available time of the screen was increased by nearly 80%. The lifetime of the OLED TV was effectively improved.

Key words: pixel compensation; current compensation; OLED TV; sticking image; lifetime

收稿日期: 2020-01-14; 修订日期: 2020-04-05.

基金项目: 深圳市战略新兴产业发展专项

Supported by Shenzhen Special Projects for the Development of Strategic Emerging Industries

* 通信联系人, E-mail: xuyaoling@skyworth.com

1 引言

有机发光二极管 (Active Matrix Organic Light-Emitting Diode, AMOLED) 具有自发光、响应速度快、对比度高、视角广等的特性, 得到广泛应用^[1-8]。AMOLED 显示的发光亮度与流过 OLED 器件的电流大小呈正向比例关系。OLED 电视是用 AMOLED 显示屏作为屏幕的电视机。实际使用中, 其 AMOLED 显示屏驱动薄膜晶体管 (Thin film transistor, TFT) 将产生阈值电压漂移, 使 TFT 在同样驱动电压下产生不同的驱动电流, 导致显示灰阶亮度不一致; 同时 OLED 会随着使用时间的增长产生退化、发光效率降低, 不同颜色以及不同区域的 OLED 器件工作时间不一致, 会导致 OLED 发光亮度不一致产生不可逆的残影, 残影无法消除将严重缩短 OLED 使用寿命。为解决 OLED 残影及寿命问题, 通常采用像素补偿电路来补偿 OLED 驱动 TFT 阈值电压 (V_{th}), 使 OLED 驱动电流一致, 以避免残影的产生^[9-11]。然而采用像素补偿电路存在电路设计复杂、响应速度慢、集成难度高、影响 OLED 面板开口率等问题。

本文提出了残影消除和寿命提升两种方案, 一是采用像素补偿方法, 即对 OLED 电视图像驱动信号的各个像素显示数据进行不同的灰阶补偿, 使 OLED 电视屏幕发光亮度均匀一致; 二是采用电流补偿方法, 即在 OLED 使用过程中的不同时间点来进行驱动电流补偿, 消除或降低 OLED 显示残影, 改善显示均匀性, 提升图像显示质量和 OLED 电视屏幕使用寿命。

2 方案构成及关键技术原理

OLED 电视残影消除和寿命提升方案如图 1 所示, 由图像解码、图像补偿、测试序列生成、表集、列驱动、OLED 电视屏、以及亮度计模块组成。其中, OLED 电视屏具有 $M \times N$ 个 OLED 像素 P_{ij} , 其中 $i=1, 2, \dots, M$, $j=1, 2, \dots, N$; 列驱动模块由 $M \times N$ 个 TFT 管组成, 与电视屏幕 $M \times N$ 个像素一一对应。

OLED 电视屏工作时, 外部输入的视频图像信号 V_{sig} 经过图像解码、图像补偿后输出驱动信

号 V_{data} , 并在控制信息的控制下驱动电视屏的 OLED 像素 P_{ij} 发光, 呈现视频图像。OLED 电视残影消除和寿命提升方案的关键步骤与技术原理包含补偿表集生成、像素补偿和电流补偿 3 个方面内容。

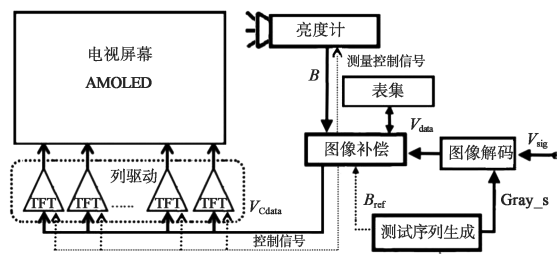


图 1 OLED 电视残影消除和寿命提升方案示意图

Fig.1 Schematic diagram of OLED TV image-retention elimination and lifetime extension

2.1 补偿表集生成的步骤与方法

补偿表集是像素补偿和电流补偿的基础, 分为像素补偿表集和电流补偿表集两部分。利用测试序列生成模块产生各个标准灰阶信号 $A_{x_Gray_s}$ ($x=1, 2, \dots, Z$) 以及各个标准灰阶对应的参考亮度值 B_{ref_Ax} , 补偿表集模块存储各个灰阶对应的补偿表 L_{Ax} , 每一个补偿表存储各个像素对应的驱动电压补偿值 L_{ij_Ax} , 初始状态时各个 L_{ij_Ax} 设置为 0。

在像素补偿表集生成时, OLED 电视不接收外部信号, 测试序列生成模块依次产生各个标准灰阶信号灰阶 G_{s_Ax} , 图像解码模块将灰阶 G_{s_Ax} 解码为具有 $M \times N$ 个像素显示数据 $V_{data_ij_Ax}$ 的显示数据 V_{data_Ax} ; 接着图像补偿模块对 V_{data_Ax} 进行补偿处理, 即读取表集中该灰阶对应的像素补偿表 L_{Ax} , 并使得每个像素驱动电压数据 $V_{data_ij_Ax}$ 等于该像素显示数据 $V_{data_ij_Ax}$ 与驱动电压补偿值 L_{ij_Ax} 之和; 紧接着, 列驱动模块接收 V_{data_Ax} 后, 在控制信息的控制下依次打开与电视屏幕像素对应的 TFT 管, 使得具有 $M \times N$ 个像素的电视屏幕的像素 P_{ij} 依次发光; 同时在测量控制信号的控制下, 使用亮度计测量电视屏幕各个像素 P_{ij} 的实际亮度值 B_{ij_Ax} 。最后, 比较 B_{ij_Ax} 与参考亮度值 B_{ref_Ax} 的大小, 并调整驱动电压补偿值 L_{ij_Ax} , 使得实际亮度值 B_{ij_Ax} 与参考亮度值 B_{ref_Ax} 相等, 用调整后的驱动电压补偿值 L_{ij_Ax} 来更新像素补偿表 L_{Ax} , 并更新像素补偿表集。

2.2 像素补偿方案原理与实施过程

OLED电视屏工作时,像素补偿模块将根据图像解码后各像素的灰阶值读取补偿表集中对应的驱动电压补偿值,对OLED电视图像驱动信号的各个像素显示数据进行补偿,使得OLED电视屏幕发光亮度均匀一致。具体方法如下:

在正常图像显示时,测试序列生成模块不再进行工作。外部输入的视频图像信号 V_{sig} 经过图像解码模块解码后得到图像显示数据 V_{data} , V_{data} 具有 $M \times N$ 个像素显示数据 $V_{data_{ij}}$;图像补偿模块获取像素显示数据 $V_{data_{ij}}$ 的灰阶值 $V_{data_{ij_AK}}$,从表集查询对应的像素补偿表 L_{AK} ,获取像素驱动电压补偿值 L_{ij_AK} ,用 L_{ij_AK} 来补偿显示数据,即像素驱动数据 $V_{Cdata_{ij}}$ 等于像素驱动电压补偿值 L_{ij_AK} 与像素显示数据 $V_{data_{ij}}$ 之和,输出具有 $M \times N$ 个像素驱动数据的驱动数据 V_{Cdata} ;驱动数据 V_{Cdata} 通过电压驱动像素TFT产生电流,驱动OLED像素发光,使屏幕显示图像。

利用表集中补偿表 L_{AK} 中的像素驱动电压补偿值来对像素显示数据进行补偿后,驱动OLED屏幕显示图像,使得在相同灰阶信号输入时,OLED屏幕各像素显示的亮度一样,避免各个像素因TFT阈值电压不一致产生在同一灰阶信号下的亮度不一致,防止或缓解了残影的产生,有效提升了OLED电视的图像显示质量。

2.3 电流补偿方案原理与实施过程

随着使用时间的增长,OLED会产生退化及发光效率衰减等,在相同的TFT驱动电流驱动下其亮度变化较大,影响OLED的使用寿命。如图2所示,如果OLED在 $T_0, T_1, T_2, T_3 \dots$ 等各个时间点TFT驱动电流不变,亮度将快速降低,导致显示屏亮度不均,产生显示屏残影现象。

为延长OLED使用寿命,本文提出的电流补

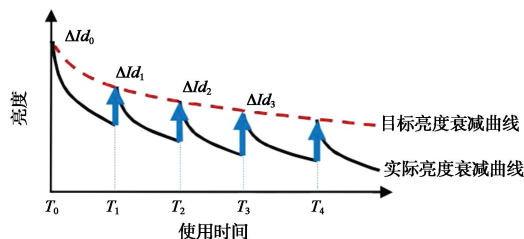


图2 OLED电视使用时间与亮度衰减曲线示意图

Fig. 2 Variation curve between using time and luminance attenuation

偿的方法是,预先设定OLED屏幕的目标亮度衰减曲线,即在 $T_0, T_1, T_2, \dots, T_t$,等各个时间点时OLED显示亮度的目标值对应的电流值 $I_{d0}, I_{d1}, \dots, I_{dt}, \dots$;同时,自动检测在实际使用过程中,各个预设时间点的实际电流值 $U_{Id0}, U_{Id1}, \dots, U_{Idt}, \dots$;随后,自动改变驱动数据,调整TFT驱动电流,使得实际驱动电流达到目标值,即每一个时间点增加的电流值为 $\Delta I_{dt} = I_{dt} - U_{Idt}$,从而补偿各个时间点的TFT驱动电流,提升OLED器件亮度,增加显示屏的亮度均匀性,提高OLED屏的使用寿命。

电流补偿表集的生成与前述像素补偿表集的生成过程相同,只是需要生成包括所预设的时间点 $T_0, T_1, T_2, \dots, T_t, \dots$ OLED像素在各灰阶下的目标亮度所对应的像素驱动电流 I_{d_ref} 值的补偿表集,存储在补偿表集模块中。

电流补偿的实施是在像素补偿的基础上实现的,通过补偿模块在预设各时间点自动调取相应的电流补偿表集的像素驱动电流 I_{d_ref} 数据进而相应调整像素补偿表集的驱动电压补偿数据来实现补偿。以 T_1 时间点为例,OLED电视屏以 T_0 为起点,当累计工作时间达到 T_1 时间点时,自动启动 T_1 时间点的电流补偿。具体过程为:测试序列生成模块依次产生各个标准灰阶信号灰阶 G_{s_Ax} ,像素补偿模块从电流补偿表中读取 T_1 时点像素 P_{ij} 在该灰阶时的目标电流值 $I_{d_ij_T1_ref_Ax}$,并检测该像素的实际驱动电流 $I_{d_ij_T1_Ax}$;调整驱动数据 $V_{cdata_{ij_Ax}}$,直到该像素驱动电流 $I_{d_ij_T1_Ax}$ 值与目标电流值 $I_{d_ij_T1_ref_Ax}$ 值相等。然后用像素驱动数据 $V_{cdata_{ij_Ax}}$ 在调整后和调整前的差值 $\Delta V_{cdata_{ij_Ax}}$,来更新像素补偿表集中的相应电压补偿值 L_{ij_AK} ,即新的电压补偿值 $L_{ij_AK_T1}$ 等于 L_{ij_AK} 与 $\Delta V_{cdata_{ij_Ax}}$ 之和。在 T_1 时间点之后,补偿模块将以更新后的像素补偿表集实施像素补偿,直到累计工作时间达到 T_2 时间点,则进行 T_2 时点的电流补偿。后面依次类推。

3 验证分析

我们选取了3块受测OLED电视屏幕(分别编号为1号屏、2号屏、3号屏)进行测试,测试图像采用如图3(a)所示的白/绿/红/蓝差异色块图及图3(b)所示的纯色色块图,差异色块图和纯色

色块图分别被分为 1~8 区域。根据对电视在家庭使用场景所播放视频的调查统计,OLED 电视屏像素发光最大平均压力状态下纯白色、纯绿色、纯红色、纯蓝色的亮度值分别为 101.5, 36.1, 12.5, 5.7 cd/m^2 ;而所有像素发光平均压力状态下相应颜色的亮度值分别为 80.2, 23.6, 8.2, 4.5 cd/m^2 。图 3(a)所示的白/绿/红/蓝差异色块示意图中,每个色块分为像素最大平均压力状态亮度和像素平均压力状态亮度两个区域,1/2 区域亮度分别为 101.5, 80.2 cd/m^2 , 3/4 区域亮度分别为 36.1, 23.6 cd/m^2 , 5/6 区域亮度分别为 12.5, 8.2 cd/m^2 , 7/8 区域亮度分别为 5.7, 4.5 cd/m^2 。图 3(b)所示的白/绿/红/蓝纯色色块示意图中,每个色块分为同样都是像素平均压力状态亮度的两个区域:1/2 区域亮度相同为 80.2 cd/m^2 , 3/4 区域亮度相同为 23.6 cd/m^2 , 5/6 区域亮度相同为 8.2 cd/m^2 , 7/8 区域亮度相同为 4.5 cd/m^2 。

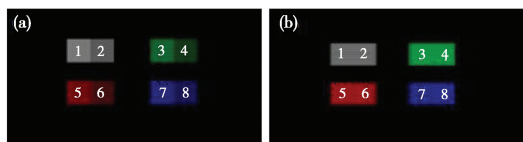


图 3 W/G/R/B 纯色色块及测试点示意图

Fig.3 Diagram of W/G/R/B pure color blocks and test point

这里采用的色彩分析仪为日本柯尼卡美能达 CA310,实验时环境温度为 25 $^{\circ}\text{C}$,湿度为 45%。

根据我们对 OLED 电视屏在显示图像时的主观评价,当屏幕显示像素发光平均压力状态下的纯白色时,如屏上不同区域间平均亮度差异达到 5%,观看者视觉上会开始感觉到明显色差;而当显示像素发光平均压力状态下的纯绿色、纯红色、纯蓝色时,则亮度差异达到 10%时,观看者视觉上才会开始感觉到明显色差。

实验采用常规测试方法,开始时间点为 T_1 。即:(1) T_1 时,OLED 电视开始并持续播放图 3(a)所示差异色块图像;(2)每隔一段时间间隔 t 时,切换播放图 3(b)所示纯色色块图像,用色彩分析仪测试白/绿/红/蓝纯色色块 1~8 区域的亮度;(3)当 W 色块的 1 区域和 2 区域亮度差异达到 5%时,时间记为 T_n ,则认为残影产生,则白色块残影时间为 $T_n \sim T_1$;否则继续上述过程直至残影产生。同理可以得到其他色块的残影时间,所

不同的是将绿/红/蓝三色的亮度差异达到 10%时认为是残影产生。

然而,这种常规测方法一般要达到上万小时,在实际检测中,采用加速老化进行测试来缩短检测时间。加速测试的白/绿/红/蓝差异色块图如图 4 所示。



图 4 加速测试的 W/G/R/B 色块示意图

Fig.4 Diagram of accelerated tested W/G/R/B color blocks

图 4 差异色块图与图 3(a)差异色块图的区别在于亮度,其中:1/2 区域亮度分别为 322.2, 254.6 cd/m^2 , 3/4 区域亮度分别为 260.3, 170.2 cd/m^2 , 5/6 区域亮度分别为 66.2, 43.4 cd/m^2 , 7/8 区域亮度分别为 33.9, 26.8 cd/m^2 。

图 3(a)差异色图各区域的亮度标记为 L_{ref} ,图 4 差异色块图各区域的亮度标记为 L_{acc} 。根据实践中积累的经验值,把加速系数 f_{acc} 定义为:

$$f_{\text{Acc}} = \left[\frac{L_{\text{acc}}}{L_{\text{ref}}} \right]^{1.8}, \quad (1)$$

例如 W 色块加速系数为:

$$f_{\text{Acc}} = \left[\frac{322.2}{101.6} \right]^{1.8} \text{ 或 } \left[\frac{270.4}{85.3} \right]^{1.8}, \quad (2)$$

由此,可以计算出白色块的加速系数约为 8,绿色块加速系数约为 35,红色块加速系数约为 20,蓝色块加速系数约为 25。

实验过程中,3 块 OLED 屏同时播放图 4 所示的差异色块图,进行加速老化。实验过程与常规测试方法基本相同。当残影产生后无法采用补偿措施消除时,则停止实验。在实验过程中各显示屏的具体条件设置如下:

1 号屏在加速老化实验过程中不进行像素补偿,也不进行电流补偿,但一旦检测出现残影,则进行电流补偿,补偿完毕后继续老化,如此循环。

2 号屏在加速老化实验过程中不进行像素补偿,也不进行电流补偿,但一旦检测出现残影,则进行像素补偿,补偿完毕后继续老化,如此循环。

3 号屏在加速老化实验过程中同时进行像素补偿和电流补偿,进行补偿的周期为 24 h。

测试 3 个屏在不同时间点时白/绿/红/蓝纯色色块相邻区域的亮度差(或亮度差异率),结果显示如表 1。其中, $T_1 \sim T_{10}$ 对应老化时间为 192 h;

并每隔 24 h 测试一次亮度变化率, $T_{11} \sim T_{16}$ 如表 1 所示。

从表 1 可以看出,OLED 屏在绿色区域(3/4

表 1 测试样屏亮度差异率

Tab.1 Brightness change rate of test sample screens

		T_{10}	T_{11}	T_{12}	T_{13}	T_{14}	T_{15}	T_{16}
		192 h	216 h	240 h	264 h	288 h	312 h	336 h
1 号屏	W	0.6%	0.8%	0.4%	0.5%	0.7%	0.9%	1.5%
	G	9.1%	10.3%	8.1%	9.0%	12.4%	10.5%	12.5%
	R	4.6%	5.1%	3.8%	4.0%	5.9%	5.1%	5.5%
	B	1.2%	1.6%	1.0%	1.3%	1.9%	1.4%	1.6%
2 号屏	W	0.7%	1.1%	0.3%	0.3%	0.6%	0.3%	0.3%
	G	9.3%	10.0%	8.0%	8.0%	12.1%	10.5%	11.3%
	R	4.6%	5.3%	3.1%	3.3%	5.1%	4.5%	4.9%
	B	1.6%	2.2%	1.0%	1.2%	1.7%	1.5%	1.7%
3 号屏	W	-1.2%	-1.0%	-1.5%	-1.5%	-1.4%	-1.3%	-1.3%
	G	5.5%	6.6%	6.1%	6.5%	7.4%	8.0%	8.4%
	R	-0.1%	0.5%	-0.3%	-0.3%	0.9%	1.5%	1.5%
	B	1.2%	1.9%	1.6%	1.6%	2.7%	2.3%	2.3%

测量区域)的残影时间最短,图 5 中显示了 1、2、3 号显示屏的绿色块老化趋势曲线。从图可以看出,1 号屏和 2 号屏在 T_{11} 时间点开始,即老化 216 h,绿色亮度差超过 10%,出现残影;通过在 T_{11} 时间点进行电流补偿或者像素补偿,可以看到在随后的工作时段,亮度差减小,残影减弱;继续老化至 T_{14} 时间点,残影再次出现,但此后通过电流补偿或者像素补偿可以缓减残影,但不能消除残影。而 3 号屏在一开始加速老化时就开始

电流补偿和像素补偿,显示屏色块相邻区域的亮度差相比于 1 号和 2 号显示屏,亮度差一直较小,到测试 T_{16} 时间点都未出现残影,显示屏的寿命得到了较大程度的提升。

更进一步,1 号屏加速老化的残影时间约为 216 h,换算得到对应的常规老化的残影时间为 7 560 h,通过电流补偿将残影时间延长至 10 080 h,残影时间延长率达 33%;2 号屏采用像素补偿,对残影时间的影响与电流补偿基本相同;而同时采用电流补偿和像素补偿的 3 号屏残影时间提升至 13 340 h 以上,相比于没有补偿的显示屏,残影时间延长率提升近 80%。

基于上述实验验证及对比分析表明,电流补偿和像素补偿能够有效消除或缓解 OLED 电视屏残影的产生,提高其使用寿命。

4 结 论

提出了 OLED 电视残影消除和寿命提升新方案,通过对图像信号进行实时像素补偿,及在不

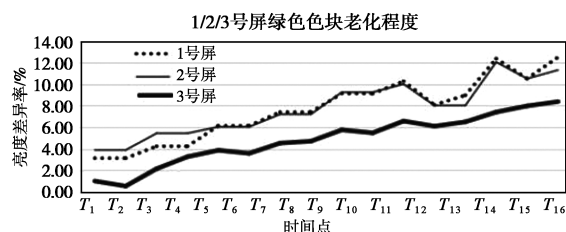


图 5 1、2、3 号显示屏加速测试绿色区域的亮度差变化趋势图。

Fig. 5 Trend chart of measurement difference change in green areas of accelerated tested No. 1, 2 and 3 screens, respectively.

同时间点来进行电流补偿,可有效消除或降低 OLED 显示残影的产生(即延长了残影时间),提升了 OLED 显示均匀性和 OLED 电视屏的使用

寿命。目前该方案在创维 S8A、S9A 等 OLED 电视上得到了大规模使用,效果良好。

参 考 文 献:

- [1] ISLAM A, RABBANI M, BAPPY M H, *et al.* A review on fabrication process of organic light emitting diodes [C]//*Proceedings of 2013 International Conference on Informatics, Electronics and Vision (ICIEV)*. Dhaka, Bangladesh: IEEE, 2013: 1-5.
- [2] 周志敏,纪爱华.OLED 驱动电源设计与应用 [M].北京:人民邮电出版社,2010.
ZHOU Z M, JI A H. *Design and Application of OLED Driving Power* [M]. Beijing: Posts and Telecommunications Press, 2010. (in Chinese)
- [3] 徐遥令,李坚,王俊生.AMOLED 显示残影消除方法、显示终端及存储介质:中国,201811254571.2 [P].2019-01-04.
XU Y L, LI J, WANG J S. AMOLED display residual image eliminating method, displaying terminal and storage medium: CN, 201811254571.2 [P]. 2019-01-04. (in Chinese)
- [4] LIN Y H, HSU S F, LEE C C, *et al.* AMOLED as a green solution for display [C]//*Proceedings of SPIE 7415, Organic Light Emitting Materials and Devices XIII*. San Diego, USA: SPIE, 2009: 7415.
- [5] 王丽杰,张彤,刘式墉.Poly-Si TFT 有源驱动 OLED 单元像素电路的参数设计[J].吉林大学学报:理学版,2005,43(3):338-342.
WANG L J, ZHANG T, LIU S Y. Parameters design of pixel circuit for OLED active matrix driving array based on poly-Si TFT [J]. *Journal of Jilin University: Science Edition*, 2005, 43(3): 338-342. (in Chinese)
- [6] 刘伟强,崔荣朕,武瑞霞,等.蓝色延迟荧光材料及器件的研究进展[J].应用化学,2019,36(1):1-9.
LIU W Q, CUI R Z, WU R X, *et al.* Recent progress on blue delayed fluorescent materials and devices [J]. *Chinese Journal of Applied Chemistry*, 2019, 36(1): 1-9. (in Chinese)
- [7] 霍冉,吴雨莹,杨煜,等.石墨烯电子器件的研究进展[J].应用化学,2019,36(3):245-258.
HUO R, WU Y X, YANG Y, *et al.* Research progress in graphene electronic devices [J]. *Chinese Journal of Applied Chemistry*, 2019, 36(3): 245-258. (in Chinese)
- [8] 刘彭义,唐振方,孙汪典.有机发光器件的研究进展及应用前景[J].暨南大学学报:自然科学版,2002,23(1):66-73.
LIU P Y, TANG Z F, SUN W D. Research advances on organic light-emitting devices and their applied prospects [J]. *Journal of Jinan University: Natural Science*, 2002, 23(1): 66-73. (in Chinese)
- [9] NATHAN A, CHAJI G R, ASHTIANI S J. Driving schemes for a-Si and LTPS AMOLED displays [J]. *Journal of Display Technology*, 2005, 1(2): 267-277.
- [10] DAWSON R M A, SHEN Z, FURST D A, *et al.* The impact of the transient response of organic light emitting diodes on the design of active matrix OLED displays [C]//*Proceedings of 1998 International Electron Devices Meeting*. San Francisco, USA: IEEE, 1998: 875-878.
- [11] ASHTIANI S J, REZA CHAJI G, NATHAN A. AMOLED pixel circuit with electronic compensation of luminance degradation [J]. *Journal of Display Technology*, 2007, 3(1): 36-39.

作者简介:



王俊生(1977—),男,辽宁大连人,博士研究生,2012 年于大连理工大学获得硕士学位,主要从事显示及家电行业技术方面的研究。E-mail: wangjunsheng@skyworth.com



徐遥令(1980—),男,湖北咸宁人,硕士,教授级高级工程师,2006 年于中南大学获得硕士学位,主要从事显示技术、电子技术方面的研究。E-mail: xuyaoling@skyworth.com