

通过非对称伽马调整改善面残像的理论分析和方法

王国磊, 马力, 陈鹏, 王景棚, 杜化鲲, 张熠点, 李恒滨, 宋红花

引用本文:

王国磊, 马力, 陈鹏, 等. 通过非对称伽马调整改善面残像的理论分析和方法[J]. 液晶与显示, 2020, 35(8): 831–837.

WANG Guo-lei, MA Li, CHEN Peng, et al. Theoretical analysis and method of area image sticking improvement by asymmetric gamma tuning[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2020, 35(8): 831–837.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.37188/YJYXS20203508.0831>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

TFT-LCD公共电压耦合畸变的影响因素及与线残像关系的研究

Influencing factors of TFT–LCD common voltage on the coupling of signal voltage and the relationship with line image sticking
液晶与显示. 2018, 33(4): 277–284 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20183304.0277>

TFT-LCD中驱动信号与线残像的关系研究

Relationship between line image sticking and drive signal in TFT–LCD
液晶与显示. 2018, 33(5): 375–380 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20183305.0375>

LCD面板TFT特性相关残像研究

Influence of TFT character on LCD image sticking
液晶与显示. 2018, 33(3): 195–201 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20183303.0195>

液晶组分以及V–T曲线漂移与线残像关系研究

LC mixture composition and V–T drift related to line image sticking
液晶与显示. 2015, 30(4): 581–589 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20153004.0581>

TFT-LCD背板设计对线残像改善的研究

Investigation on the improvement of line image sticking by array mask design of TFT–LCD
液晶与显示. 2018, 33(8): 625–630 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20183308.0625>

文章编号:1007-2780(2020)08-0831-07

通过非对称伽马调整改善面残像的 理论分析和方法

王国磊*, 马 力, 陈 鹏, 王景棚, 杜化鲲, 张熠点, 李恒滨, 宋红花
(合肥鑫晟光电科技有限公司, 安徽 合肥 230012)

摘要:对显示面板非对称伽马调整对残像影响的理论和相关机理进行分析,通过实际面板的残像评价验证了非对称伽马调整对残像的影响。通过实际的验证结果发现,相较于灰阶 127 通过调整不同的灰阶电压中心来补偿跳变电压的差异,直流残留引起的残像得到显著改善。其中短、中、长期残像的等级平均分别下降 2, 0.8, 0.6。结果充分表明,通过非对称伽马调整的方式可有效改善直流残留引起的残像。此方案可应用于实际产品中以降低残像发生的风险和等级。

关 键 词: TFT-LCD; 伽马调整; 面残像

中图分类号: TN141.9; TN873 **文献标识码:** A **doi:** 10.37188/YJYXS20203508.0831

Theoretical analysis and method of area image sticking improvement by asymmetric gamma tuning

WANG Guo-lei*, MA Li, CHEN Peng, WANG Jing-peng, DU Hua-kun,
ZHANG Yi-dian, LI Heng-bin, SONG Hong-hua

(Hefei XinSheng Optoelectronics Technology Co., Ltd., Hefei 230012, China)

Abstract: The theory and related mechanism of asymmetric gamma tuning effect on image sticking of display panels are analyzed. The effect of asymmetric gamma tuning on image sticking is verified by evaluation of the actual panel. The actual verification results show that, the area image sticking caused by the DC residual is significantly improved by adjusting the different gray scale voltage centers to compensate for the difference of the kickback voltage compared with the gray scale 127. The levels of short, medium and long-term image sticking decreased by about 2, 0.8 and 0.6 respectively. The results fully show that the area image sticking caused by DC residual can be effectively improved by the asymmetric Gamma adjustment method, which can be applied to actual products design to reduce the risk and grade of area image sticking.

Key words: TFT-LCD; gamma tuning; area image sticking

收稿日期:2019-11-25;修订日期:2020-01-02.

* 通信联系人, E-mail: wangguolei@boe.com.cn

1 引言

随着液晶显示产品的广泛使用,人们对产品的显示品质提出了越来越高的要求。而液晶显示产品的残像问题,一直都是影响 TFT-LCD 画面品质尤其是长期画面品质的重要问题之一^[1]。

所谓“残像”即影像残留,其根据实际情况通常分为“面残像”和“线残像”。不论哪种分类,两者产生的本质原因一致,即当液晶屏幕长时间保持一幅静止画面时,液晶分子由于受到长时间的电荷驱动而被极化,从而造成液晶分子不能在信号电压控制下正常偏转^[2-5]。其中线影像残留成因较复杂,一般都以离子模型^[6-7]进行讨论,可通过提高液晶、取向膜离子纯度等来改善;而面影像残留主要是由于施加在 LCD 屏上下两个基板之间的直流残留分量的驱动导致的,可由变更驱动信号或者电压设定来改善。

本文主要针对不同伽马(Gamma)电压设定在残像实验中的不同结果,对伽马电压与面残像的关系从理论上进行讨论和分析,从中找出对面残像改善效果更好的设定方案。

2 伽马调整的意义和方法

2.1 伽马曲线和伽马值

不同阶调的红绿蓝(RGB)像素相结合才能显示出亮丽的色彩,但人眼对亮度阶调的感觉并不是完全线性的,这就是伽马特性^[8]。伽马调整的本质就是用合适的电压对面板进行驱动以显示出正确的阶调和色彩,合适的电压就是与面板的特性相匹配,所以在正式伽马调整之前必须对面板的特性和驱动条件进行确认。

一般在显示器不同灰阶值的表达式如下:

$$L = L_{\max} \times \left(\frac{X}{255}\right)^{\gamma}, \quad (1)$$

其中 L 为 RGB 输出信号亮度(Luminance); $L_{\max}$: 屏幕最大亮度; X 为 8 位 RGB 输入信号灰阶(Gray Level)值,范围 0~255; γ 为灰度校正系数,即伽马值。

当图像与信号正确地出现在显示屏上时,将呈现不同的灰阶与亮度的关系曲线,将 0~255 灰

阶作为 X 轴,亮度作为 Y 轴,所描绘出来的曲线称为伽马曲线,如图 1 所示。伽马在色度学中用于衡量显示器亮度响应特性好坏,特性曲线近似于一条指数形式的曲线,伽马曲线或伽马值会直接影响到显示器画面的显示效果。为使显示产品达到最佳观感,根据人眼特性的要求,通常显示产品的伽马值为 2.2 左右。

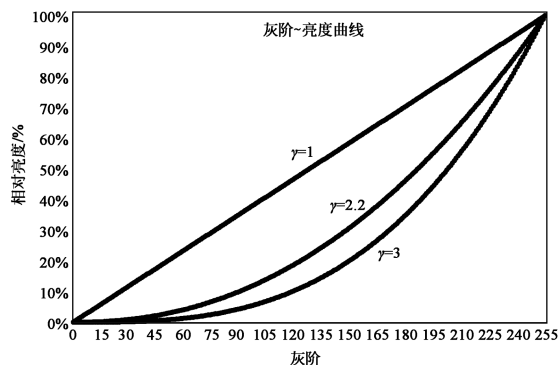


图 1 伽马曲线示意图

Fig.1 Gamma curves schematic diagram

2.2 电压-透过率曲线

通常情况下,液晶面板随着驱动电压的不同,透过率会随之发生变化。驱动电压和面板透过率关系呈现一条对称的 S 形曲线,即电压-透过率曲线(V-T),如图 2 所示。

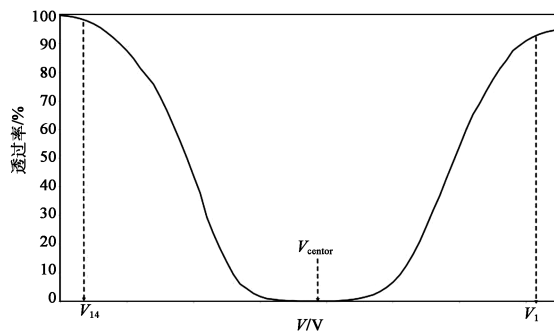


图 2 电压-透过率曲线

Fig.2 Voltage-transmittance curve

2.3 电压-灰阶曲线

根据电压-透过率曲线和伽马曲线,可以得出电压-灰阶曲线,进而可以得到每个灰阶所需要的电压(包括正反反转驱动用的正负电压)。图 3 为实际产品的电压-灰阶曲线。TFT-LCD 中伽马电压产生电路的设计通常采用 14 组伽马电压,其中 $V_1 \sim V_7$ 对应正极性驱动, $V_8 \sim V_{14}$ 对应负极性驱动。

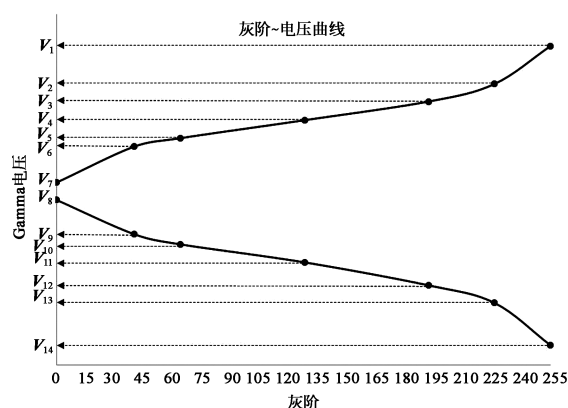


图 3 电压-灰阶曲线

Fig.3 Voltage-gray scale curve

3 伽马电压调整相关机理分析

3.1 灰阶电压中心及液晶电压说明

在 TFT-LCD 工作过程中,为了防止液晶分子的老化,通常会采用正反反转驱动的方式,即同一个灰阶对应两个驱动电压,分别为正极性电压和负极性电压,分别用 V_{dh} 和 V_{dl} 表示,电压中心通常用 V_{center} 表示。其中正极性电压为高于公共电极(V_{com})电压的电压,负极性电压为低于 V_{com} 电压的电压。图 4 为某一灰阶下的电压示意图,其中 $V_{center} = \frac{V_{dh} + V_{dl}}{2}$ 。在不考虑其他影响因素的

情况下,理论上 $\Delta V_+ = \Delta V_- = \frac{V_{dh} - V_{dl}}{2}$ 。此电压是加载在显示像素电极上的有效电压,直接决定面板各个灰阶的显示亮度,这个电压的调整会直接决定伽马曲线的形状,即决定伽马值是否满足 2.2。

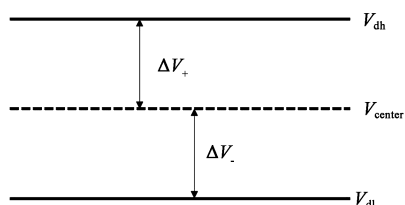


图 4 灰阶电压示意图

Fig.4 Gray scale voltage schematic diagram

3.2 最佳化 V_{com} 和跳变电压(ΔV_p)说明

图 5 所示为单一像素结构的等效电路示意图,其中扫描信号线控制 TFT 开关的开启与关闭,数据信号线提供显示所需要的准确的电压信

号,公共电极(V_{com})为显示面板基准电压电极, C_{gs} 为栅极与源极寄生电容, C_{lc} 为液晶电容, C_{st} 为存储电容。

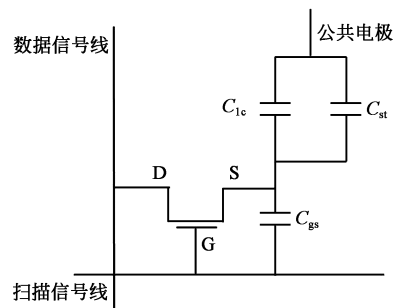


图 5 单一像素等效电路示意图

Fig.5 Schematic diagram of single pixel circuit

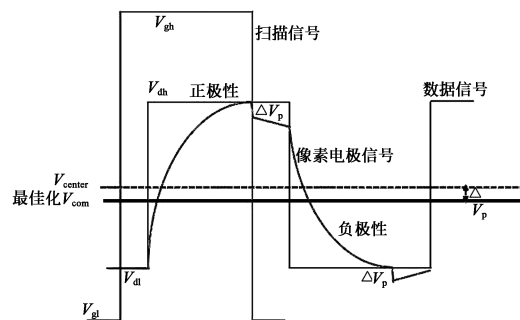


图 6 极性反转时序图

Fig.6 Timing sequence diagram in polarity inversion frame

图 6 为各个信号在极性发生变化时的时序图。图中 V_{gh} 、 V_{gl} 为扫描信号线上高电平和低电平电压, V_{dh} 、 V_{dl} 为数据信号线上正极性电压和负极性电压。从图中可以看到,当扫描信号线电压发生变化,由高电平(V_{gh})到低电平(V_{gl})时,由于寄生电容 C_{gs} 的存在,会对像素电极产生一个下拉的跳变,通常称这个跳变电压(Kickback Voltage)为 ΔV_p 。 ΔV_p 计算公式如下:

$$\Delta V_p = \frac{C_{gs}}{C_{gs} + C_{lc} + C_{st}} \times (V_{gh} - V_{gl}) \quad (2)$$

由于液晶显示通常采用正负极性驱动的方式,因此在正负极性信号反转时无法避免出现闪烁(Flicker)的问题。在实际工艺生产过程中,为了能够尽量减小闪烁,通常会在闪烁 127 点灯画面下,通过调整 V_{com} 使得闪烁值最小化,此时的 V_{com} 电压通常称为最佳化 V_{com} (V_{com_opt})。根据闪烁发生机理,此时像素电极上的正极性电压和负

极性电压相等,即 $(V_{dh} - \Delta V_p) - V_{com_opt} = V_{com_opt} - (V_{dl} - \Delta V_p)$ 。由此可得出最佳化 V_{com} 的计算公式如下:

$$V_{com_opt} = V_{center} - \Delta V_p, \quad (3)$$

从公式(3)可以看出,最佳化 V_{com} 与 V_{center} 和 ΔV_p 有关。根据液晶分子的基本特性,由于不同灰阶下液晶分子的偏转状态不同所对应的介电常数也不同,则 C_{lc} 也不同。不同灰阶下的 ΔV_p 由于 C_{lc} 的不同而不同,所以理论上不同的灰阶下的最佳化 V_{com} 也不同。

但是由于实际工艺生产过程中由于不能每个灰阶都进行最佳化 V_{com} 的调整,调整闪烁时使用的是灰阶 127 的最佳化 V_{com} 。因此在面板调整最佳化 V_{com} 后,除了灰阶 127 其他灰阶下都有一个相对于灰阶 127 的直流残留,此直流残留是非常不利于残像评价。

为了探寻不同灰阶下 ΔV_p 的差异,通过模拟计算对比从灰阶 40 到灰阶 255 的 ΔV_p 值。图 7 为不同灰阶下的模拟结果。从图中可以看出,随着灰阶的不断增大, ΔV_p 值不断减小,其中灰阶 255 跟灰阶 127 下的差异达 0.037 V。

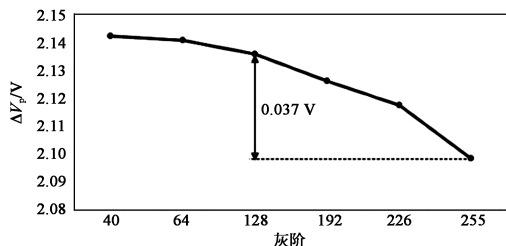


图 7 不同灰阶下 ΔV_p 模拟结果

Fig.7 Simulation result of ΔV_p under different gray scale

通常在工艺生产过程中调整闪烁采用的是相对比较敏感的灰阶 127。而从图 7 可以看到,不同灰阶下的 ΔV_p 与灰阶 127 下的 ΔV_p 均有差异。从公式(3)可以得到,不同灰阶下的最佳化 V_{com} 理论上是不同的。我们通过不同灰阶的闪烁画面下寻找最佳化 V_{com} 的方法进一步验证上述结论。

图 8 为通过不同灰阶闪烁画面下得到的最佳化 V_{com} 及通过 V_{center} 计算得到的 ΔV_p 。从图中可以看出,不同灰阶下的 ΔV_p 随着灰阶的增加逐渐减小,通过曲线拟合灰阶 255 与 127 下 ΔV_p 差异为 0.05 V,与图 7 中的模拟结果相近。

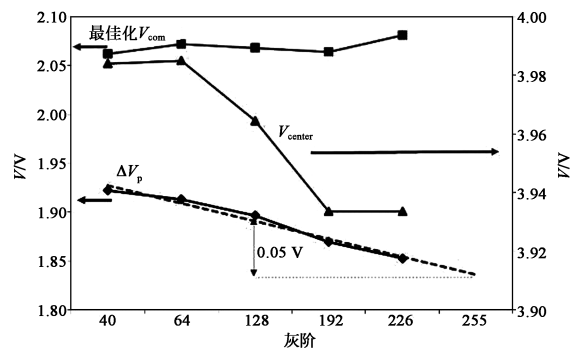


图 8 不同灰阶下最佳化 V_{com} 实测结果和 ΔV_p 计算结果

Fig.8 Optimize V_{com} measurement result and ΔV_p calculate result under different gray scale

3.3 灰阶伽马电压调整的思路说明

在液晶显示领域,当不同灰阶下的 V_{center} 一致时,常被称为对称伽马,而不同灰阶下的 V_{center} 不一致时被称为非对称伽马。如前文所述,当采用对称伽马电压设定时,在面板调整最佳化 V_{com} 后,除了灰阶 127 之外,其他灰阶下都有一个相对于灰阶 127 的直流残留,此直流残留非常不利于残像评价。从上述公式(3)可以看出,为了弥补不同灰阶下 ΔV_p 的差异,可以通过调整 V_{center} ,从而使得各个灰阶下的最佳化 V_{com} 保持一致,不同灰阶的驱动电压下没有相较于灰阶 127 的直流残留,进而改善直流残留引起的残像问题,此即为非对称伽马调整的思路和优势。

4 对称和非对称伽马电压调整结果对比

4.1 对称伽马电压设定及残像结果

对于残像的评价有很多种方法,残像点灯的图像也有很多^[9-11],此产品评价使用的图像如图 9 所

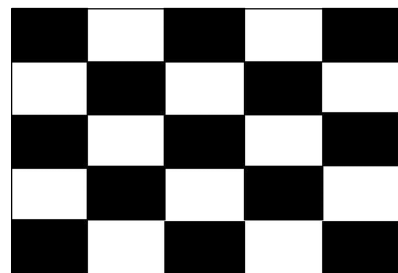


图 9 残像评价图形

Fig.9 Image sticking evaluation pattern

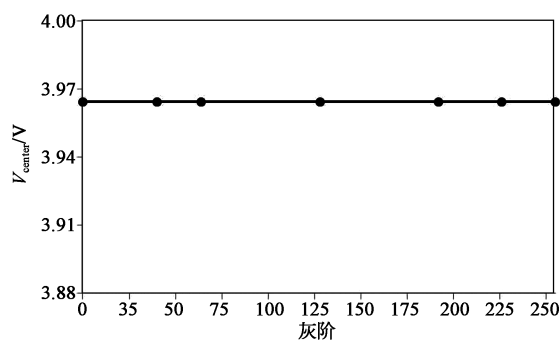
示,为 5×5 黑白格图形。此产品使用的评价时间分别为短期3 min,中期1 h,长期6 h,即点灯时间分别为3 min,1 h、6 h后确认残留的程度,判定的水平(Level)越低,说明残像水平越好。按照此产品的品质要求,残像水平需小于等于Level 2。

表1为此产品初始版对称伽马电压设定,图10为此电压设定下的 V_{center} 趋势图。此产品电路设计方案中,所控制的灰阶绑点分别为255,226,192,128,64,40,0共7个。绑点的选取会根据不同产品电路设计方案的不同而不同。从图中可以看出,初始版本的伽马电压设定下各个灰阶的 V_{center} 一致,即对称伽马。

表1 初始对称伽马电压设定

Tab.1 Origin symmetry gamma voltage setting

灰阶	正极性 电压/V		负极性 电压/V		V_{center}/V	V_{center} 差异/V
255	V_1	7.379	V_{14}	0.550	3.965	0.00
226	V_2	6.446	V_{13}	1.483	3.965	0.00
192	V_3	6.035	V_{12}	1.894	3.965	0.00
128	V_4	5.564	V_{11}	2.365	3.965	Ref.
64	V_5	5.172	V_{10}	2.758	3.965	0.00
40	V_6	4.963	V_9	2.967	3.965	0.00
0	V_7	4.165	V_8	3.765	3.965	0.00

图10 初始对称伽马电压设定下 V_{center} 趋势图Fig.10 V_{center} trend of origin symmetry gamma voltage setting

基于初始版对称伽马电压设定,我们随机选取5片样品投入残像评价,其短、中、长期残像结果请参考表2。其中数字代表残像等级,数字越大残像越严重。

表2 初始版对称伽马残像结果

Tab.2 Image sticking result under origin symmetry gamma voltage setting

面板编码	3 min 残像	1 h 残像	6 h 残像
1 #	2	1	0
2 #	4	2	1
3 #	2	0	0
4 #	3	1	1
5 #	4	3	1

从表中可以看出,部分样品的残像水平较差,达到Level 4的水平,此残像水平远不能满足客户对于此产品画面品质的要求。

4.2 非对称伽马电压设定及残像结果

为了通过伽马电压补正不同灰阶下 ΔV_p 的差异,进而减小面板的直流残留,我们在初始版本的基础上对伽马电压进行了修正,如表3所示。我们保证灰阶128的 V_{center} 不变,通过调整其他灰阶的 V_{center} 进行补正,最大的补正量为灰阶255,补正量为0.06 V。从图11中可以看出,各个灰阶的 V_{center} 不同,即非对称伽马。

表3 补正版非对称伽马电压设定

Tab.3 Revision asymmetric gamma voltage setting

灰阶	正极性 电压/V		负极性 电压/V		V_{center}/V	V_{center} 差异/V
255	V_1	7.319	V_{14}	0.490	3.905	-0.060
226	V_2	6.405	V_{13}	1.442	3.924	-0.040
192	V_3	6.004	V_{12}	1.863	3.934	-0.030
128	V_4	5.564	V_{11}	2.365	3.965	Ref.
64	V_5	5.182	V_{10}	2.768	3.975	0.011
40	V_6	4.982	V_9	2.986	3.984	0.020
0	V_7	4.189	V_8	3.789	3.989	0.025

为了结果的可对比性,选取之前同一批次样品的5片样品进行对比,残像结果如表4所示。结果显示,残像结果有大幅改善,尤其是短、中期残像。结果充分说明,通过伽马电压补正 ΔV_p 差异,减小面板直流残留,可有效改善短、中期残像。

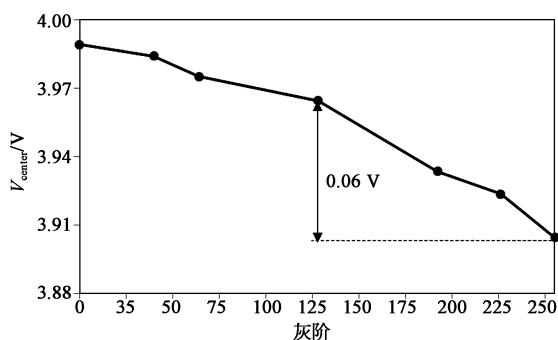
图 11 补正版非对称伽马电压设定下 V_{center} 趋势图Fig.11 V_{center} trend of revision asymmetric gamma voltage setting

表 4 补正版非对称伽马残像结果

Tab.4 Image sticking result under revision asymmetric gamma voltage setting

面板编码	3 min 残像	1 h 残像	6 h 残像
1 #	0	0	0
2 #	1	1	0
3 #	1	1	0
4 #	1	0	0
5 #	2	1	0

4.3 结果分析

从两次对称伽马电压设定和非对称伽马电压设定下残像评价结果可知,当采用对称伽马电压设定时,面板整体残像水平较差。当采用非对称伽马电压补正不同灰阶下 ΔV_p 的差异进而减小面板的直流残留后,直流残留引起的残像得到显著改善,短、中、长期残像的 Level 等级平均下降 2、0.8 和 0.6。结果充分说明,通过非对称伽马调整的方式可有效改善直流残留引起的残像。

5 结 论

本文对显示面板非对称伽马调整对残像影响的理论和相关机理进行分析,通过实际面板的残像评价验证了非对称伽马调整对残像的影响。通过实际的验证结果发现,相较于灰阶 127,通过调整不同的灰阶中心电压来补偿跳变电压的差异,直流残留引起的残像得到显著改善,其中短、中、长期残像的 Level 等级平均分别下降 2、0.8 和 0.6。结果充分表明,通过非对称伽马调整的方式可有效改善直流残留引起的残像,此方案可应用于实际产品中以降低残像发生的风险和等级。

参 考 文 献:

- [1] NANNON Y, MINO Y, TAKEDA E, *et al.* Characterization of sticking effects of TFT-LCD [J]. *SID*, 1990, 9 (5): 404-407.
- [2] 林鸿涛, 邵玉生, 胡海琛, 等. TFT-LCD 中驱动信号对线残像的改善研究[J]. 液晶与显示, 2012, 27(3): 359-363.
LIN H T, XI Y S, HU H C, *et al.* Improvement research of line image sticking by drive signal in TFT-LCD [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2012, 27(3): 359-363. (in Chinese)
- [3] 彭毅雯, 徐伟, 罗毅, 等. TFT-LCD 面影像残留改善研究[J]. 液晶与显示, 2012, 27(1): 66-69.
PENG Y W, XU W, LUO Y, *et al.* Improvement of TFT-LCD area image sticking [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2012, 27(1): 66-69. (in Chinese)
- [4] 马莉, 徐经纬, 杨传崎, 等. 笼形倍半硅氧烷修饰的金纳米粒子对 4-正戊基 4'-氰基联苯液晶性能的影响 [J]. 应用化学, 2018, 35(11): 1378-1383.
MA L, XU J W, YANG C Q, *et al.* Effect of polyhedral oligomeric silsesquioxanes-modified gold nanoparticles on 4-n-pentyl-4'-cyanobiphenyl liquid crystal properties [J]. *Chinese Journal of Applied Chemistry*, 2018, 35(11): 1378-1383. (in Chinese)
- [5] 王萌, 杨槐. 纳米管掺杂聚合物稳定蓝相液晶的电场响应性能 [J]. 应用化学, 2018, 35(8): 969-971.
WANG M, YANG H. Electrically responsive properties of carbon nanotube-doped polymer-stabilized blue phase [J]. *Chinese Journal of Applied Chemistry*, 2018, 35(8): 969-971. (in Chinese)
- [6] STOJIMENOV G, NEYTS K, VERMAEL S, *et al.* The influence of the driving voltage and ion concentration on

- the lateral ion transport in nematic liquid crystal displays [J]. *Japanese Journal of Applied Physics*, 2005, 44(8): 6190-6195.
- [7] NEYTS K, VERMAEL S, DESIMPEL C, *et al.* Lateral ion transport in nematic liquid-crystal devices [J]. *Journal of Applied Physics*, 2003, 94(6): 3891-3896.
- [8] 蒋明敏,喻金华,蒋玲.基于FPGA的液晶显示屏的伽马校正研究[J].*电脑知识与技术*,2015,11(26):189-192.
JIANG M M, YU J H, JIANG L. Study of gamma correction for liquid crystal display [J]. *Computer Knowledge and Technology*, 2015, 11(26): 189-192. (in Chinese)
- [9] 陈孝仙,吴添德,杨尚松.一种高可靠消除FFS模式TFT-LCD静电引起残像的方法[J].*光电子技术*,2013,33(4): 270-273.
CHEN XX, WU T D, YANG S S. A high reliable method of eliminating image sticking caused by static on FFS mode TFT-LCD [J]. *Optoelectronic Technology*, 2013, 33(4): 270-273. (in Chinese)
- [10] 叶纯,王烨文,林占强,等.TFT-LCD屏的Flicker和DC残留的研究及改善[J].*液晶与显示*,2018,33(12):1047-1052. (in Chinese)
YE C, WANG Y W, LIN Z Q, *et al.* Research and improvement of flicker & residual DC in TFT-LCD [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2018, 33(12): 1047-1052.
- [11] 许卓,金熙哲,吴海龙,等.LCD面板TFT特性相关残像研究[J].*液晶与显示*,2018,33(3):195-201.
XU Z, JIN X Z, WU H L, *et al.* Influence of TFT character on LCD image sticking [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2018, 33(3): 195-201. (in Chinese)

作者简介:



王国磊(1982—),男,山东潍坊人,资深高级研究员,2009年于吉林大学获得硕士学位,主要从事液晶显示器驱动背板相关设计的研究。E-mail: wangguolei@boe.com.cn