

文章编号:1007-2780(2018)05-0375-06

TFT-LCD 中驱动信号与线残像的关系研究

林琳琳*, 张洪林, 林鸿涛, 负向南, 陈曦, 赖意强, 吴洪江, 刘耀, 庄子华, 李大海
(福州京东方光电科技有限公司, 福建 福州 350300)

摘要:通过对薄膜晶体管液晶显示器(TFT-LCD)产品易产生线残像的问题进行研究,考察了不同驱动信号电压及反转方式与线残像之间的关系。结果表明,通过减小驱动信号线电压,或提高驱动信号的反转频率,均可降低公共电极与信号线的耦合程度。当灰阶电压由 L255 减小为 L46,耦合电压幅值由 240 mV 降为 34.8 mV;当驱动信号方式由帧反转变为点反转时,耦合电压幅值由 112.6 mV 降为 63.1 mV,有效地改善了线残像,并利用德拜弛豫公式分析了驱动信号反转对线残像的作用机理,为线残像的分析和改善提供了理论依据和解决方向。

关键词:线残像;畸变;驱动信号反转方式;驱动信号电压

中图分类号:TN141 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/JYJXS20183305.0375

Relationship between line image sticking and drive signal in TFT-LCD

LIN Lin-lin*, ZHANG Hong-lin, LIN Hong-tao, YUN Xiang-nan, CHEN Xi,
LAI Yi-qiang, WU Hong-jiang, LIU Yao, ZHUANG Zi-hua, LI Da-hai

(Fuzhou BOE Photoelectric Technology Co. LTD, Fuzhou 350300, China)

Abstract: We investigated the relationship between line image sticking with different drive signal voltages and their inversion modes, because TFT-LCD easily produces line image sticking. The result shows that line image sticking and the coupling between common electrodes and data lines can be reduced by decreasing the drive signal voltage, or increasing the inverse-frequency of drive signal. When the gray level voltage is reduced from L255 to L46, the coupling voltage amplitude is reduced from 240 mV to 34.8 mV. When the driving signal changed from frame inversion to point inversion, the coupling voltage amplitude decreased from 112.6 mV to 63.1 mV. We also analyzed the mechanism of the inversion mode of drive signal on line image sticking by using Debye relaxation formula. The solution and theoretical basis were established for line image sticking by the research.

Key words: line image sticking; distortion; the mode of drive signal inversion; drive signal voltage

1 引言

近年来液晶显示器以其广视角、快速响应时

间、低能耗及高对比度等优势,迅速抢占了显示领域大部分的市场份额,成为显示市场的主流。随着对 LCD 产品深入的认识和广泛的使用,人们也对其显示品质提出了更高的要求。而残像是影响

收稿日期:2017-12-07;修订日期:2018-01-12.

* 通信联系人, E-mail: linlinlin@boe.com.cn

画面品质的一个亟待改善的问题^[1-5]。

LCD 产品长时间保持某一画面,当改变显示画面时,屏幕上仍可看到前一静止画面的残留影像,即为残像^[6]。残像产生的本质原因是由于驱动信号存在波形失真或含有一定的直流成分,造成液晶正负帧驱动时实际像素电压相对于公共电极电压不对称,导致 LCD 面板中的杂质离子发生定向移动^[7-10]。

LCD 产品的公共电极与信号线在空间上存在交叠,显示过程中,会形成交叠电容。当信号线电压发生变化时,公共电极电压由于耦合作用会发生畸变,偏离设定值。若这种偏离不能在一行扫描结束时恢复至设定电位,则实际像素电压就不是设定值,如若像素正负帧的实际电压相对于公共电极电压不对称,则存在直流分量,使杂质离子定向移动,形成残像。按画面切换后出现的形状,残像分为线残像和面残像。由于公共电极电压在残像画面(7×5)黑白格交界处存在耦合及延迟,且没有在一行扫描时间内恢复,导致直流残留。当由残像画面切换到灰阶画面后,直流残留会使交界处的像素电压发生改变,从而改变了此处的透过率,形成线残像。

本文主要针对 LCD 产品在实际显示过程中遇到的线残像问题,对 LCD 驱动信号电压及反转方式之间的关联;同时通过变更驱动信号线电压及相应的反转方式,来降低相应公共电极电压畸变(ΔV)的幅值以改善线残像。

2 实验部分

实验中采用的产品 A/B/C 模组样品的像素排列方式是 Z 反转;产品 D 模组样品的像素排列方式是列反转(图 1)。

公共电极电压畸变(图 2)的测试方法是在显微镜下找到柔性电路板上对应的输出测试点,细针扎断测试点与 IC 之间的连接线,阻断信号线的干扰;在 7×5 黑白格残像画面下点屏,标记输出对应信号线与黑白格交界的相交位置,激光熔接标记处信号线与公共信号线,引出屏内的公共信号;在 7×5 黑白格残像画面下,采集对应输出测试点处屏内的畸变波形。由于此画面存在 4 条黑白界线,因此采集到的公共电极电压畸变有 4 个值(图 3)。

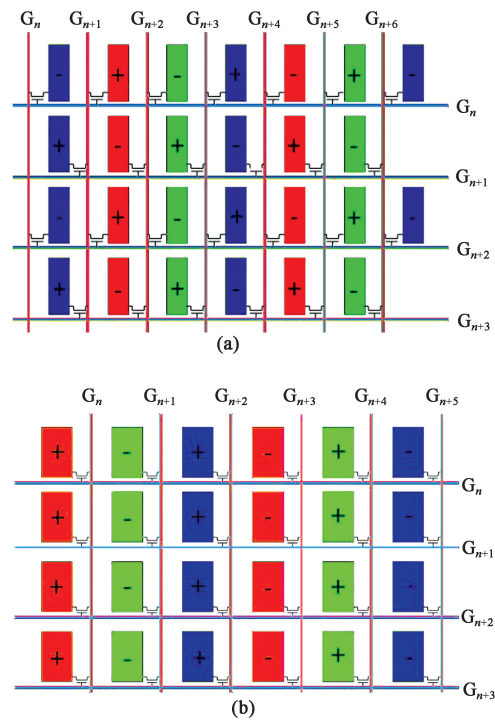


图 1 (a)Z 反转(b)列反转像素反转方式

Fig.1 (a) Z-inversion (b) Column-inversion of pixel inversion modes

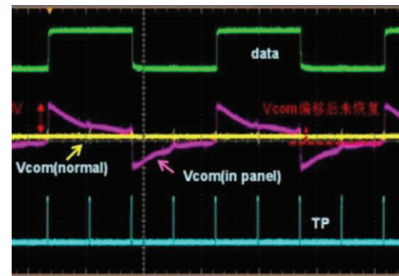


图 2 公共电极电压畸变波形

Fig.2 Waveform of V_{com} distortion

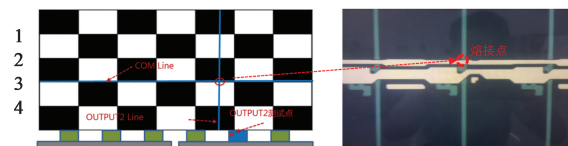


图 3 产品测试方案

Fig.3 Model test scenario

2.1 线残像与公共电极电压畸变

将产品 A/B/C 点 7×5 黑白格残像画面 24 h 后,对其线残像消失灰阶进行判级,再分别测试其在残像画面下的公共电极电压畸变。

2.2 驱动信号线电压

采用 7×5 黑白格残像画面,分别测试产品A在L255,L232,L192,L113,L46灰阶电压(间隔将近1V)下,耦合引起的公共电极电压畸变最大幅值、1行幅值及恢复时间(共4处)。

2.3 驱动信号线电压反转方式

采用 7×5 黑白格残像画面,分别测试产品A在1 dot/2 dot/Z反转驱动条件下的公共电极电压畸变,及产品D在1 dot/2 dot/列反转驱动条件下的公共电极电压畸变。

3 结果与讨论

3.1 线残像与公共电极电压畸变具有对应性

线残像与公共电极电压畸变有着非常密切的关系。表1是产品A/B/C分别在 7×5 黑白格残像画面点灯24 h后,线残像消失灰阶,及测试得的公共电极电压畸变。其中公共电极电压畸变的幅值(ΔV)越大,线残像越严重,消失灰阶越高。

因为耦合电容导致公共电极电压偏离设定值,当这种偏离不能在一行的扫描时间内恢复,则实际像素电位也就偏离了正常值,造成信号电压在正、负帧时不对称,因此导致直流偏置,从而引起线残像。公共电极电压畸变越大,这种不对称性越严重,线残像也越明显。因此公共电极电压畸变与线残像点屏判级结果有对应性,降低公共电极电压畸变幅值可以减轻甚至消除线残像。

表1 在 7×5 黑白格残像画面点灯24 h后,线残像消失灰阶及测试得的公共电极电压畸变

Tab.1 Relation between V_{com} distortion and line image sticking's disappeared level (24 h, 7×5 Chess pattern)

尺寸	V_{com} distortion/mV				线残像消失灰阶
	1	2	3	4	
产品B	81.3	76.3	78.7	76.0	L127
产品C	91.9	85.9	82.6	88.2	L138
产品A	221.9	169.9	174.2	161.0	L176

表2 产品A样品在不同灰阶电压下的测试数据

Tab.2 Change of V_{com} distortion amplitude and recovery time caused by gamma voltage variations

白格灰阶	1		2		3		3	
	$\Delta V/\text{mV}$	$\Delta t/\mu\text{s}$	$\Delta V/\text{mV}$	$\Delta t/\mu\text{s}$	$\Delta V/\text{mV}$	$\Delta t/\mu\text{s}$	$\Delta V/\text{mV}$	$\Delta t/\mu\text{s}$
L255	240.0	17.4	198.2	17.9	199.4	23.1	193.3	17.3
L232	144.1	17.4	110.9	17.9	120.3	23.1	112.3	17.3
L192	102.1	17.4	80.3	17.9	87.3	23.1	81.1	17.3
L113	59.5	17.4	49.7	17.9	51.3	23.1	50.5	17.3
L46	34.8	17.4	32.4	17.9	30.2	23.1	32.5	17.3

3.2 驱动信号电压的结果分析

表2是同一样品在不同灰阶电压下的测试数据。图4是公共电极电压畸变随白格灰阶的变化趋势。从图中可以看出,公共电极电压畸变与信号线电压均成线性关系,对于常黑模式而言,白格灰阶越高,信号线电压就越大, ΔV 就越大;且公共电极电压畸变恢复时间与信号线电压无关。

原理是:信号线与公共电极耦合产生的公共电极电压畸变程度,可以由水平移动(Level Shift)和衰减(Decay)两个参数表征(图5);水平移动越大,衰减时间越长,公共电极电压畸变程度

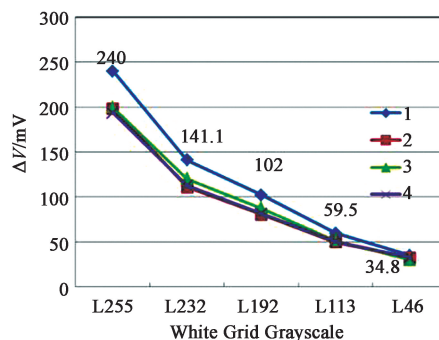


图4 公共电极电压畸变随白格灰阶的变化图

Fig.4 Change of V_{com} distortion amplitude caused by gamma voltage variations

越严重。根据畸变电荷量公式：

$$Q_{\text{Distortion}} = C_{\text{dc}} \times V \times r .$$

其中： C_{dc} 为信号线与公共电极的耦合电容， V 为信号线幅值电压， r 为分辨率，因此当衰减、 C_{dc} 及分辨率一定时，白格灰阶越高，信号线电压就越大，畸变电荷量也越多，公共电极电压畸变就越大，即信号线电压大小是公共电极电压耦合的直接决定因素。

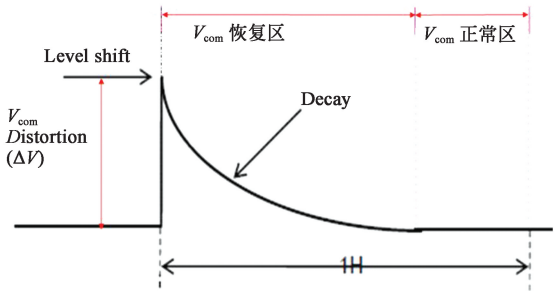


图 5 公共电极电压畸变影响图

Fig.5 V_{com} distortion influence diagram

3.3 驱动信号反转方式结果分析

图 6 是在 7×5 黑白格残像画面下，像素反转方式为 Z 反转，正帧时，驱动信号电压反转方式分

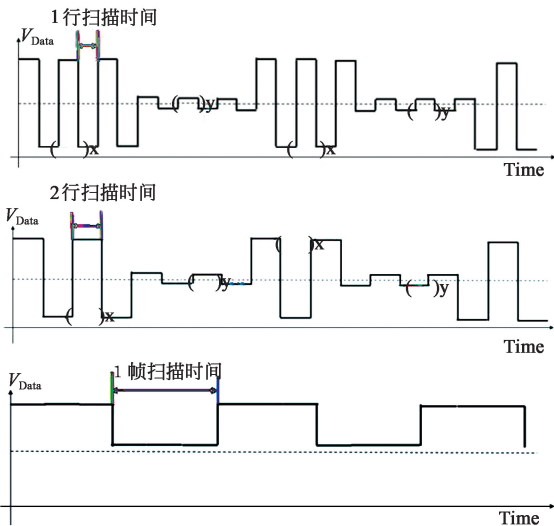


图 6 在 7×5 黑白格残像画面，正帧时，驱动信号电压反转方式为(a)1 dot(b)2 dot(c)Z 反转时的信号线波形图(像素反转方式为 Z 反转)，负帧时，全部信号波形相反

Fig.6 Waveforms of V_{data} in positive frame when the mode of drive signal voltage is(a)1 dot(b)2 dot (c)Z-inversion(pixel inversion mode is Z-inversion, 7×5 Chess pattern); if it is negative frame, the entire signal waveform is reversed.

别为 1 dot、2 dot 及 Z 反转的信号线波形(x 、 y 分别为一个黑/白格内，黑、白线的实际行数)。负帧的信号线波形与正帧大小相等，方向相反。1 dot 或 2 dot 反转，即信号线电压每扫描一行或两行，电压极性就发生反转；列反转，即信号线相邻两列的极性相反，但信号线电压为每扫描一帧，电压极性才反转；Z 反转，是针对像素设计命名，相对于信号线电压，其极性反转与列反转相同，即同一帧内信号线电压极性不变；在灰阶固定的状态下，列反转时信号线电压在一帧内固定不变，而 dot 反转时信号线电压在一帧内极性不断反转，电压大小(相对于公共电极电压)不变。图 6 表明，dot 反转方式的反转频率远高于 Z 反转。

图 7(a)是产品 A 分别在 1 dot/2 dot/Z 反转驱动条件下的公共电极电压畸变的测试结果。结果表明，在一行扫描结束时，Z 反转的公共电极电压畸变幅值最大。反转频率越高，公共电极电压畸变在一行扫描结束时的偏离程度越小；反转频率越低，公共电极电压畸变在一行扫描结束时的偏离程度越大。为了验证公共电极电压畸变是否

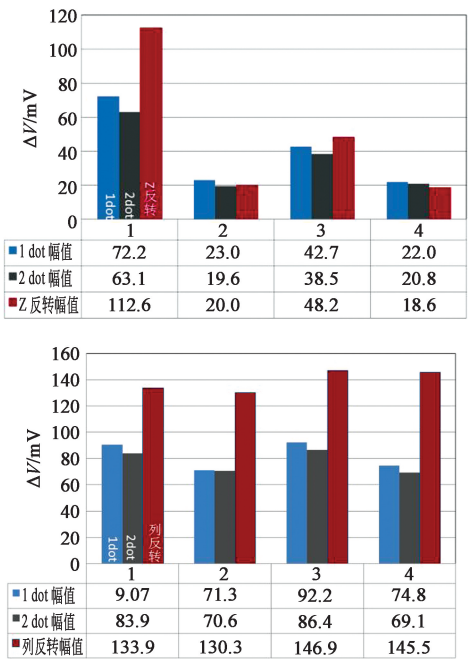


图 7 (a)产品 A 在 1 dot/2 dot/Z 反转(b)产品 D 在 1 dot/2 dot/列反转驱动条件下的公共电极电压畸变对比

Fig.7 Change of V_{com} distortion amplitude ΔV in the mode of drive signal voltage is (a) 1 dot/2 dot/Z-inversion (b) 1 dot/2 dot/column inversion

与像素反转方式有关,我们测试了像素设计为列反转方式的产品 D,结果如图 7(b)所示,在一行扫描结束时,列反转的公共电极电压畸变幅值最大。以上结果表明,公共电极电压畸变与像素排列方式无关,而与信号线电压驱动反转方式有关。

当将驱动方式由 Z 反转变更为 2 dot 反转时,线残像水平由 L1 降为 L0。因为在一行扫描时间,公共电极电压耦合恢复效果好。根据德拜弛豫介电常数频域公式,

$$\epsilon_{r(\omega)} = \epsilon_{\infty} + \frac{\epsilon_0 - \epsilon_{\infty}}{1 + i\omega\tau}.$$

分解成实部和虚部:

$$\epsilon'_{r(\omega)} = \epsilon_{\infty} + \frac{\epsilon_0 - \epsilon_{\infty}}{1 + \omega^2 \tau^2},$$

$$\epsilon''_{r(\omega)} = (\epsilon_0 - \epsilon_{\infty}) \frac{\omega\tau}{1 + \omega^2 \tau^2}.$$

德拜公式的实部 $\epsilon'_r(\omega)$ 表示介电常数随频率变化而变化,其中角频率 $\omega = 2\pi f$, τ 是介质电荷的松弛时间,由材料决定; ϵ_0 是介质静态介电常数, ϵ_{∞} 是角频率趋于 ∞ 时的介电常数。低频时,介电实部 $\epsilon'_r(\omega)$ 为静态介电常数,介电虚部 $\epsilon''_r(\omega)$ 接近于零。

根据平行板电容公式:

$$C = \frac{\epsilon S}{d}.$$

当信号线和公共电极交叠面积 S 及空间距离 d 一定时, C 由介电常数 ϵ 决定。介质所加的驱动信号反转频率 f 越高,角频率 ω 也越高,介电常数 $\epsilon'_r(\omega)$ 就越低,因此 C_{dc} 减小,导致公共电极电压畸变减小,线残像水平也降低。

但 2 dot 与 1 dot 驱动信号反转方式下的公共电极电压畸变结果相近,且 2 dot 的公共电极电压畸变略小于 1 dot,这可能是因为 2 dot 和 1 dot 都属于中频反转,根据图 8 德拜弛豫介电实部 $\epsilon'_r(\omega)$

和介电虚部 $\epsilon''_r(\omega)$ 随角频率 ω 变化的曲线。当角频率 ω 处于中频时,介电实部 $\epsilon'_r(\omega)$ 快速下降,介电虚部 $\epsilon''_r(\omega)$ 达到峰值, $\epsilon'_r(\omega_1, 1 \text{ dot})$ 略小于 $\epsilon'_r(\omega_2, 2 \text{ dot})$, 所以会出现当 $f(2 \text{ dot}) > f(1 \text{ dot})$ 时, $\Delta V(2 \text{ dot})$ 略小于 $\Delta V(1 \text{ dot})$ 的情况。提高驱动信号的反转频率虽然可以显著降低公共电极电压畸变,但功耗也明显提升,因此使用受限。

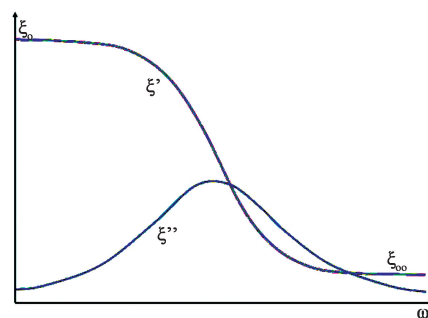


图 8 德拜弛豫介电实部 $\epsilon'_r(\omega)$ 和介电虚部 $\epsilon''_r(\omega)$ 随角频率变化曲线

Fig.8 Change of Debye relaxation dielectric real part and imaginary part caused by angular frequency ω variations

4 结 论

线残像的产生,与信号线和公共电极间的寄生电容导致公共电极电压偏离设定值的结果存在着极大的相关性。减小信号线电压,或是通过将驱动反转方式由 Z 反转变更为 dot 反转,提高驱动信号反转频率,减小介质的介电常数,来减小耦合电容,从而减小公共电极电压畸变(幅值分别由 240 mV 和 112.6 mV 降为 34.8 mV 和 63.1 mV),均可以有效改善线残像。这项研究结果为今后设计低功耗、高分辨率的 LCD 产品及改善线残像提供了重要的指导。

参 考 文 献:

- [1] LIU L, LIAO Y P, SONG J J, *et al.* Research on line image sticking for large size high resolution TFT-LCD panel [R]. 2015 DIGEST. Daegu, Korea; IMID, 2015: 23-28.
- [2] 李锐,丰景义,温刚,等.液晶组分以及 V-T 曲线漂移与线残像关系研究[J].液晶与显示,2015,30(4):581-589.
LI R, FENG J Y, WEN G, *et al.* LC mixture composition and V-T drift related to line image sticking [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2015, 30(4): 581-589. (in Chinese)
- [3] 殷之文.电介质物理学[M].2 版.北京:科学出版社,2003.
YIN Z W. *Dielectric Physics* [M]. 2nd ed. Beijing: Science Press, 2003. (in Chinese)

- [4] 焦峰,王海宏.TFT-LCD 残像原理与分析-加强篇二[J].现代显示,2012,23(6):17-22.
JIAO F, WANG HH. The theory and analysis of TFT-LCD image sticking-upgrade II [J]. *Advanced Display*, 2012, 23(6): 17-22. (in Chinese)
- [5] ZHUANG Z H, YANG X Y, CHEN X, *et al.* Influence of illumination on Vcom distortion [S]. Society for Information Display, 2018: P-150.
- [6] 焦峰,王海宏.TFT-LCD 残像原理与分析(基础篇)[J].现代显示,2012,23(4):54-59.
JIAO F, WANG HH. The theory and analysis of TFT-LCD image sticking (Basis) [J]. *Advanced Display*, 2012, 23(4): 54-59. (in Chinese)
- [7] 林鸿涛,郇玉生,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)
- [8] 马群刚.TFT-LCD 原理与设计[M].北京:电子工业出版社,2011:153-157.
MA Q G. *TFT-LCD Principle and Design* [M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2011: 153-157. (in Chinese)
- [9] 廖燕平,宋勇志,邵喜斌,等.薄膜晶体管液晶显示器显示原理与设计[M].北京:电子工业出版社,2016:73-83.
LIAO Y P, SONG Y Z, SHAO X B, *et al.* *Thin Film Transistor Liquid Crystal Display* [M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2016: 73-83. (in Chinese)
- [10] LIU P M, LIEN S C, HUANG C H, *et al.* Driving method for reducing image sticking: US, US8373730 [P]. 2013-02-12.

作者简介:林琳琳(1990—),女,福建平潭人,硕士,中级研究员,主要从事 TFT-LCD 相关研发工作。E-mail:linlinlin@boe.com.cn