

文章编号:1007-2780(2018)08-0625-06

TFT-LCD 背板设计对线残像改善的研究

吕耀朝^{1*}, 林鸿涛², 陈曦¹, 杨虹³, 刘耀¹, 张洪林¹, 俞向南¹,刘文瑞¹, 吴洪江¹, 王进¹, 廖加敏¹

(1. 福州京东方光电科技有限公司, 福建 福州 350300;

2. 北京京东方显示技术有限公司, 北京 100176;

3. 京东方科技集团股份有限公司, 北京 100176)

摘要: 线残像一直是 TFT-LCD 行业中一个重点改善的不良之一。为了解决该不良, 本文通过对不同样品进行线残像评价及测试公共电极电压的畸变情况, 从 TFT-LCD 背板设计方面研究了公共电极电压的畸变对线残像的影响。首先, 通过激光熔接的方法将屏内的公共电极电压信号引出, 然后测出在信号线电压作用下的公共电极电压发生畸变的幅值, 最后将该幅值和实测的线残像水平进行了对比, 同时对不同信号线数量、信号线和公共电极的交叠面积、信号线与公共电极的距离、外围电路补偿等相关设计的测试和研究。结果表明: 公共电极电压的畸变程度与线残像水平具有对应性; 信号线数量与公共电极电压畸变幅值成比例关系; 信号线与公共电极线的单位交叠面积从 $66 \mu\text{m}^2$ 降到 $37 \mu\text{m}^2$ 时, 其公共电极电压畸变程度降低了 63%; 增大公共电极与信号线之间的距离有助于改善甚至消除线残像, 当距离从 $1.49 \mu\text{m}$ 增大到 $2.39 \mu\text{m}$ 时, 公共电极电压畸变幅值减小了 28%。通过降低信号线数量、降低信号线和公共电极线的交叠面积、增大信号线和公共电极的距离、外围电路补偿等方案均可改善线残像水平, 对 TFT-LCD 画面显示品质的提高具有重要指导意义。

关键词: 线残像; 公共电压畸变; 背板设计

中图分类号: TN141 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20183308.0625

Investigation on the improvement of line image sticking by array mask design of TFT-LCD

LV Yao-chao^{1*}, LIN Hong-tao², CHEN Xi¹, YANG Hong³, LIU Yao¹, ZHANG Hong-lin¹,YUN Xiang-nan¹, LIU Wen-rui¹, WU Hong-jiang¹, WANG Jin¹, LIAO Jia-min¹

(1. Fuzhou BOE Photoelectric Technology Co. LTD, Fuzhou 350300, China;

2. Beijing BOE Display Technology Co. LTD, Beijing 100176, China;

3. BOE Technology Group Co., LTD, Beijing 100176, China)

Abstract: Line image sticking is one of issue all along which needs to be improved in TFT-LCD industry. In order to solve this problem, the evaluation of line image sticking level and the common voltage (V_{com}) distortion of different productions were tested, and the effect of Vcom distortion on line image sticking was investigate in the aspect of array mask design. First of all, laser wedding was used to help

收稿日期: 2018-03-18; 修订日期: 2018-04-17.

* 通信联系人, E-mail: lvyaobao@boe.com.cn

us to test the signal of V_{com} in panel, then the V_{com} distortion could be tested when data voltage was inputted. Finally the V_{com} distortion and line image sticking level were compared, in the meantime, number of data line, the overlap area between data line and Common line, the distance between data line and Common electrode and circuit compensation which are related to array mask design were analyzed. The result suggests that V_{com} distortion corresponds to line image sticking level; V_{com} distortion increases with the number of data line; V_{com} distortion decreases by 63% when the overlap of data line and Common line decreases from $66 \mu\text{m}^2$ to $37 \mu\text{m}^2$; Increasing the distance between data line and common electrode can improve line image sticking, V_{com} distortion decreases by 28% when distance increases from $1.49 \mu\text{m}$ to $2.39 \mu\text{m}$. Decreasing the number of data line, decreasing the overlap area between data line and Common line, increasing the distance between data line and Common electrode and circuit compensation were considered to be effective to improve line image sticking, which is of vital importance for the image quality of TFT-LCD.

Key words: line image sticking; distortion of common voltage; array mask design

1 引言

自 20 世纪 90 年代液晶显示器(LCD)投入商用以来,因其低功耗、低驱动电压、低辐射、良好的显示品质、超薄等优异特性而得到广泛重视。随着技术的成熟,液晶显示器在近年来得到飞速发展,液晶平板电视也成为众多家庭的首选。在液晶显示器大规模使用和发展的情况下,人们开始追求高分辨率、高亮度、高对比度、高刷新频率、广视角等显示产品,同时对显示画面的品质的要求也越来越严苛。残像,一种严重影响画面品质的不良,引起了行业的重视^[1-3]。所谓残像,指屏幕长时间显示固定画面,当切换画面后,由于液晶分子在信号电压下无法正常偏转,导致屏幕上可见上个画面残留的影像^[4]。

残像主要包括面残像和线残像^[5]。面残像是由于像素中寄生电容的存在导致驱动电压和公共电极电压正负帧不对称^[6],屏内直流成份残留,使杂质离子定向移动,形成面残像^[7],可由信号电压及变更设计来达到改善的目的。线残像与多方面因素有关,在 7×5 chess 画面下,由于屏内信号线与公共电极线存在交叠产生耦合电容^[8],导致在黑白格交界处公共电极电压波形发生畸变,在这个畸变时间内像素电压与公共电极电压不对称,产生线残像^[9]。

对于一款显示产品而言,画面品质的好坏通常由多种因素决定^[10]。本论文主要通过测试液晶显示屏内的公共电极电压的畸变(V_{com} distortion)

来反映线残像严重程度,通过研究信号线数量、公共电极电压畸变程度和线残像水平的关系、耦合电容 C_{dc} 和公共电极电压畸变的关系及电路补偿的方式实现对线残像的改善。

2 实验方案

实验选用相同尺寸和分辨率的样品,分别将它们编号为模组 1/2/3/4/5/6,其中模组 1/2/3 用于分析线残像水平和公共电极电压畸变的关系,模组 4/5/6 用于分析侧向耦合电容与公共电极电压畸变的关系。选用不同型号的产品 A/B/C/D/E/F/G 用于分析信号线数量、正向耦合电容 C_{dc} 与公共电极电压畸变的关系,产品 H 用于电路驱动补偿分析。

2.1 线残像评价方法

线残像水平评价方法是将屏点 7×5 黑白棋盘格画面(Chess 图形),以 24 h 的线残像水平来评价其线残像严重程度,其线残像水平根据京东方品质部门评价标准得出,评价完后进行公共电极电压畸变测试。

2.2 公共电极电压畸变测试方案

如图 1 所示,在柔性电路板(COF)上 B 点切断,将 IC 输入到屏内的信号隔离,随后点屏,在 7×5 棋盘格画面下黑白格交界处将信号线和 V_{com} 在显微镜下进行激光熔接(图中 C 点),这样在柔性电路板上的 A 点即可测得屏内公共电极的电压信号。除特殊声明的实验画面外,所有的公共电极电压畸变测试画面均为 7×5 黑白

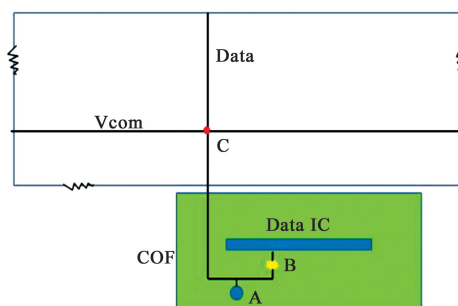


图 1 公共电极电压畸变熔接示意图

Fig.1 Schematic of V_{com} distortion welding

棋盘格,以公共电极电压畸变最大幅值作为评价标准。

2.3 公共电极电压畸变与信号线数量

实验使用如图 2 所示的竖向白格图形进行测试,产品 A/B/C 的测试电压统一调整为 A 的 L255 的灰阶电压。每次变化白格区域的宽度测得对应的公共电极电压畸变幅值,白格宽度通过点屏设备图形编辑实现,该白格宽度与加载信号的信号线数量成正比。



图 2 白格测试图形示意图

Fig. Schematic of V-Block test pattern

2.4 公共电极电压畸变与耦合电容 C_{dc}

通过 SEM 微观分析测得信号线与公共电极线的交叠面积,通过交叠面积得出各样品的正向耦合电容 C_{dc} 关系,再对比它们的公共电极电压畸变幅值,研究该畸变程度与正向耦合电容 C_{dc} 的关系。通过 SEM 微观分析测得信号线与公共电极间距离 d ,通过 d 反映侧向耦合电容 C_{dc}' 与公共电极电压畸变的关系。

2.5 公共电极电压畸变与电路补偿

通过显微镜激光切割实现补偿线数量的控制,产品 H 在 7×5 黑白棋盘格画面下测不同公共电极补偿数量的公共电极电压畸变幅值。

3 结果与讨论

3.1 公共电极电压畸变与线残像

表 1 为模组 1/2/3 在 7×5 黑白棋盘格画面下点灯 24 h 后的线残像水平及相应的公共电极电压畸变幅值。从表 1 中可以看出,线残像水平与公共电极电压畸变幅值有着明显的对应性,即线残像越严重,测得屏内的公共电极电压畸变的幅值越大。由于生产工艺的特殊性,在屏内除了显示所需的像素电容 (C_{lc})、存储电容 (C_{st}) 等,还有许多对显示不良影响寄生电容,如 C_{pd} , C_{dc} 等,公共电极电压在这些耦合电容的作用下产生畸变,在畸变恢复时间范围内,像素在正负帧时电压不对称,在屏内形成直流分量,导致线残像的产生。因此,我们可以通过对公共电极电压畸变的测试来间接反映屏幕的线残像水平。

表 1 公共电极电压畸变幅值与线残像水平的关系

Tab.1 Relationship between V_{com} distortion amplitude and line image level

	公共电极电压畸变/mV	线残像水平
模组 1	313.4	Level 3
模组 2	190.8	Level 2
模组 3	33.1	Level 0

3.2 信号线数量和耦合电容 C_{dc} 对线残像的影响

表 2 为产品 A 和 B 在竖向白格画面下所测公共电极电压畸变幅值,白格宽度与加载信号的信号线数量成正比,其中以 960 根信号线数量和对应的幅值为单位 1。从表中可以看出,无论是产品 A 还是 B,随着加载信号的信号线数量的增加,其对应的公共电极电压畸变幅值也随之增大,且具有一定的比例关系。根据平板电容公式:

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

其中: C 为电容, ϵ 为相对介电常数, S 为两极板面积, d 为极板间距。在一张屏内,每根信号线与公共电极线的交叠处都是同样的氮化硅膜层,即 d 和 ϵ 不变,当加载信号的信号线数量的增加相当于平板电容的实际面积 S 在增大,因此耦合电容 C_{dc} 也随着信号线数量增加而增大,导致公共电极电压畸变幅值增大。根据分析我们不难得

出,在相同工艺条件下,若信号线数量增加,则线残像会更加严重。

表 2 不同信号线数量对应公共电极电压畸变幅值
Tab.2 V_{com} distortion amplitude of different number of data line

信号线		产品 A		产品 B	
信号线数量	比例关系	幅值	比例关系	幅值	比例关系
300	0.3	11.5	0.5	17.6	0.4
600	0.6	17.8	0.7	29	0.7
960	1	25.2	1.0	41.5	1.0
1 920	2	43	1.7	77.7	1.9
2 880	3	67.3	2.7	117.7	2.8
3 840	4	97	3.9	157.1	3.8
4 800	5	128.5	5.1	198.5	4.8
5 760	6	145.6	5.8	236.8	5.7

为了进一步验证信号线数量的影响,选取相同尺寸和分辨率的两个产品 C 和 D 进行分析,其中产品 C 的信号线数量是产品 D 的两倍,它们的像素设计示意图如图 3 所示。表 3 为产品 C 和 D 的公共电极电压畸变幅值,显然信号线数量与公共电极电压畸变幅值成比例关系,与上述分析结果吻合。因此,产品 D 的信号线设计方案可有效改善线残像。

表 3 产品 C 和 D 公共电极电压畸变幅值
Tab.3 V_{com} distortion amplitude of production C and D

信号线数量比例关系		公共电极电压畸变/mV
产品 C	2n	273.3
产品 D	n	144

需要特别指出的是:产品 D 的 G 线数量增加一倍,则每行像素的扫描充电时间相对地缩短了一半,意味着公共电极电压畸变后的允许恢复时间缩短了。但在我们现阶段的研究中,公共电极电压畸变的幅值很大,实际的恢复时间都比允许恢复时间要长得多,因此改善线残像的关键是降低公共电极电压畸变的幅值,G 线的增加对线残像的影响可以忽略。

从表 2 我们还可以看出,在信号线数量相同

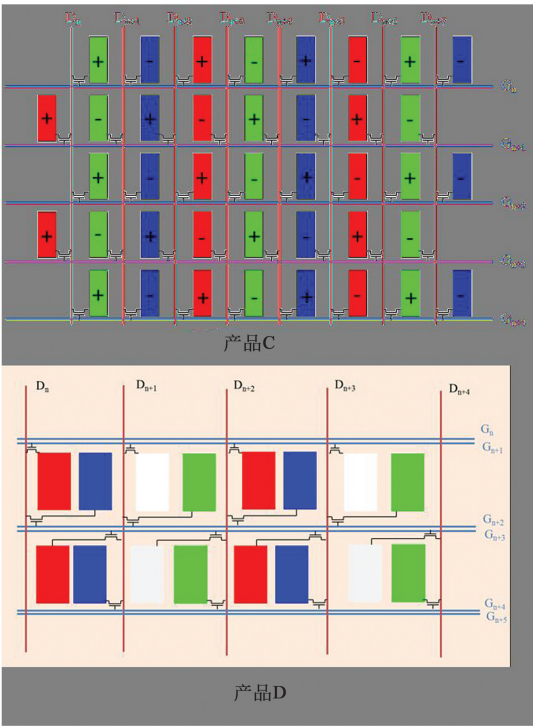


图 3 产品 C 和 D 的像素设计示意图
Fig.3 Pixel design of production C and D

的条件下,产品 A 和 B 的公共电极电压畸变幅值存在一定的差异。为了明确这个差异性,将产品 E/F/G 进行了 SEM 微观分析得出单位交叠面积数据,如表 4 所示,它们的公共电极电压畸变测试结果是在 7×5 黑白棋盘格画面下得到。产品 E/F/G 信号线数量一致且信号线与公共电极线交叠处的氮化硅膜层沉积工艺和参数均一致,即 d 和 ϵ 不变,因此它们的正向耦合电容 C_{dc} 的差异主要由信号线与公共电极线交叠面积 S 决定。从表 4 可以看出当单位交叠面积从 $66\text{ }\mu\text{m}^2$ 降到 $37\text{ }\mu\text{m}^2$ 时,其公共电极电压畸变降低了 63%,单位交叠面积越小,则相同加载信号线数量正向耦合电容 C_{dc} 就越小,造成的公共电极电压畸变越小。

表 4 产品 E/F/G 信号线与公共电极线交叠面积及公共电极电压畸变幅值

单位交叠面积 $S/\mu\text{m}^2$		公共电极电压畸变/mV
产品 E	37	81.3
产品 F	54.1	133.2
产品 G	66	221

根据上文分析公共电极电压畸变与线残像水平具有对应性,因此降低交叠面积可有效改善线残像水平。

信号线与公共电极线交叠面积 S 的控制主要是通过工艺上对它们线宽的控制,虽然减小线宽可降低交叠面积,但线宽过小会使线电阻增大,那么就需要增加膜层厚度来控制线电阻,这样在交叠处坡度角增大容易导致膜层断裂,造成断路。因此,线宽的减小需要考虑多方面的因素。

模组 1 和模组 3 设计上极为相近,从表 1 中可以明显看出,公共电极电压畸变幅值直接下降了一个数量级,相应的线残像也得到消除。对比模组 1 和模组 3 的参数发现两者的差异在于信号线下方有无源层(Active 层),如图 4 所示。在信号线线宽相同的条件下,有源层的存在相当于信号线线宽增大,那么距公共电极的距离 d 就变小,即 $d_1 < d_2$,导致侧向耦合电容 C_{dc}' 增大,因此公共电极电压畸变幅值很大。为了进一步确认以上分析的正确性,我们选取模组 4/5/6 进行验证,如表 5 所示。可以看出,当 d 从 $1.49 \mu\text{m}$ 增大

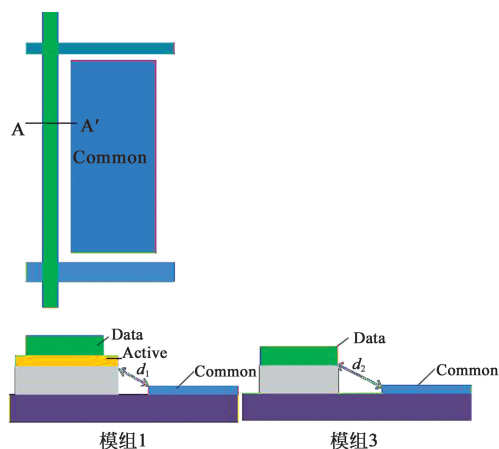


图 4 模组 1 和模组 3 信号线截面示意图

Fig.4 Data line cross section of Module 1 and Module 3

表 5 公共电极电压畸变幅值与有源层到公共电极距离 d 的关系

Tab.5 Relationship between V_{com} distortion amplitude and the distance from Active layer to Common layer

	公共电极电压畸变/mV	$d/\mu\text{m}$
模组 4	211.2	2.39
模组 5	244.2	2.15
模组 6	293.4	1.49

到 $2.39 \mu\text{m}$ 时,公共电极电压畸变幅值减小了 28%,说明侧向耦合电容 C_{dc}' 越小其公共电极电压畸变幅值也越小。通过以上分析,增大公共电极与信号线之间的距离 d 来减小侧向耦合电容有助于改善线残像。

3.3 补偿信号对线残像的改善

通过上述分析可知降低公共电极电压畸变幅值可有效改善线残像,那么不改动像素设计的前提下通过外围电路进行信号补偿来降低屏内公共电极电压畸变幅值显得十分必要。

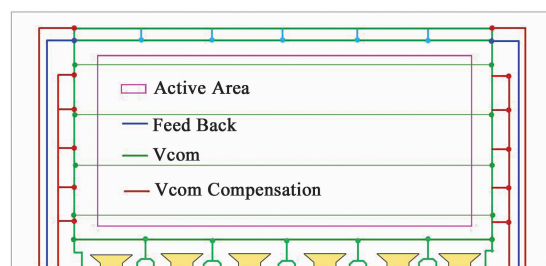


图 5 外围电路补偿点设计示意图

Fig.5 Design of outside circuit compensation

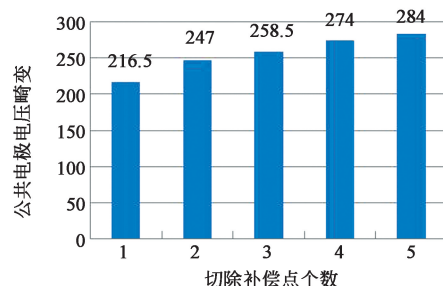


图 6 样品 H 切除补偿点后公共电极电压畸变幅值变化情况

Fig.6 Variation of V_{com} distortion amplitude of sample H after cutting compensation

图 5 为外围电路补偿点设计示意图,绿色为屏内的公共电极线,蓝色为公共电极电压信号的实时测试信号线(V_{com} feedback),当公共电极电压信号发生变化时,电路板上的控制单元会发送相应的负反馈信号,通过红线传输到屏内,使屏内公共电极电压保持稳定。图 6 为样品 H 切除补偿点后公共电极电压畸变幅值柱形图,其中横轴表示切除补偿点对数,纵轴表示切除补偿点对应的公共电极电压畸变幅值。从图中可以看出:(1)屏内补偿点越多,其公共电极电压畸变幅值越小,也就是说通过外围电路对屏内进行补偿可有

效降低 distortion 幅值;(2)即使外加补偿也无法消除屏内的公共电极电压畸变。该现象可有如下解释:耦合电容 C_{dc} 的存在是线残像形成的主要原因之一,对于 4Mask 工艺的屏而言, C_{dc} 往往是难以避免的,因此通过外电路补偿只能降低公共电极电压畸变的幅值而无法完全消除。即便如此,通过增加补偿点来改善线残像也是一种有益的方法。

4 结 论

屏内 C_{dc} 的存在是线残像产生的主要原因之一,通过对不同样品的线残像水平评价及进行相应的公共电极电压畸变幅值的测试,得到了以下结论:(1)公共电极电压畸变幅值与线残像水平具有对应性,可通过公共电极电压畸变幅值反映线残像严重程度;(2)相同工艺条件下信号线数量与

公共电极电压畸变幅值成比例关系;(3)降低信号线与公共电极线的交叠面积可有效降低公共电极电压畸变幅值,当单位交叠面积从 $66 \mu\text{m}^2$ 降到 $37 \mu\text{m}^2$ 时,其公共电极电压畸变降低了 63%;(4)增大公共电极与信号线之间的距离 d 有助于改善甚至消除线残像,当 d 从 $1.49 \mu\text{m}$ 增大到 $2.39 \mu\text{m}$ 时,公共电极电压畸变幅值减小了 28%;(5)外围电路增加补偿点可降低公共电极电压畸变幅值,在不改变显示区像素设计的前提下,是改善线残像的一种行之有效的方法。本文中所列举的模组 3 样品,综合了以上分析结果,采用去除有源层(Active 层)工艺,实现了降低信号线和公共电极线的交叠面积、增大信号线和公共电极的距离的效果,同时进行了外围电路补偿,其公共电极电压畸变幅值已降到 33 mV,无线残像产生。本论文结果可为今后 TFT-LCD 显示行业中线残像改善提供有效的方案。

参 考 文 献:

- [1] HUANG P W, LIANG B J. Study on image sticking phenomenon in STN LCD[D].DMC, 2003: 667.
- [2] LIU L, LIAO Y P, SONG J J, *et al.* Research on line image sticking for large size high resolution TFT-LCD panel [C]//*International Meeting on Information Display*. 2015 Digest. Daegu, Korea: IMID, 2015: 23-28.
- [3] 焦峰,王海宏.TFT-LCD 残像原理与分析-加强篇二[J].现代显示,2012(6):17-20.
JIAO F, WANG H H. The theory and analysis of TFT-LCD image sticking-upgrade II [J]. *Advanced Display*, 2012(6): 17-20. (in Chinese)
- [4] 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)
- [5] 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: 253-263. (in Chinese)
- [6] ELLERSICK S D, WALKER B, LAMBERTH L, *et al.* Photometric and colorimetric measurement procedures for airborne electronic flat panel displays—SAE ARP 4260 [R]. SAE Technical Paper 2009-01-3143, 2009: 64-65.
- [7] 马群刚.TFT-LCD 原理与设计[M].北京:电子工业出版社,2011.
MA Q G. *TFT-LCD Principle and Design* [M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2011. (in Chinese)
- [8] LIU P M, LIEN S C, HUANG C H, *et al.* Driving method for reducing image sticking: US, US8674916 [P]. 2014-03-18.
- [9] ZHAO Y P, ZHANG D L, KONG G L, *et al.* Evidence for light-induced increase of Si-H bonds in undoped a-Si: H [J]. *Physical Review Letters*, 1995, 74(4): 558-561.
- [10] YUE G Z, KONG G L, ZHANG D L, *et al.*, Dielectric response and its light-induced change in undoped a-Si: H films below 13 MHz [J]. *Physical Review B*, 1998, 57(4): 2387-2392.

作者简介:吕耀朝(1980—),男,福建建阳人,硕士,中级研究员,主要从事 TFT-LCD 相关研发工作。E-mail: lvyaochao@boe.com.cn