

文章编号: 1007-2780(2013)04-0567-05

TFT-LCD 中画面闪烁的机理研究

林鸿涛, 王明超, 姚之晓, 刘家荣, 王章涛, 邵喜斌

(京东方显示技术有限公司, 北京 100176, E-mail: linhongtao@boe.com.cn)

摘要: 画面闪烁是 TFT-LCD 的重要缺陷。文章通过一系列的实验, 观察了 $\text{Photo-}I_{\text{off}}$ 、 V_{com} 、Flicker、 V_{gs} 之间的关系, 并给出了机理解释。 V_{gs} 的变化产生 ΔV_{p} , 导致 V_{com} 的漂移, 形成闪烁, 但如果 V_{com} 的均匀性较好, 这种闪烁理论上可以通过 V_{com} 调整消除。 $\text{Photo-}I_{\text{off}}$ 造成在正、负极性电压下像素的电压保持特性不同, 引起 V_{com} 进一步的漂移和闪烁。通过降低 $\text{Photo-}I_{\text{off}}$ 和提高 V_{gl} , 可以改善闪烁现象。

关键词: 薄膜晶体管液晶显示器; 闪烁; 光照漏电流; 公共极电压漂移; 电压保持特性

中图分类号: TN141.9

文献标识码: A

DOI: 10.3788/YJYXS20132804.0567

Mechanism Research About Flicker in TFT-LCD

LIN Hong-tao, WANG Ming-chao, YAO Zhi-xiao,

LIU Jia-rong, WANG Zhang-tao, SHAO Xi-bin

(Beijing BOE Display Technology Co. Ltd., Beijing 100176, China, E-mail: linhongtao@boe.com)

Abstract: Flicker is the serious defect of TFT-LCD. In this paper the relations among $\text{photo-}I_{\text{off}}$, V_{com} , flicker and V_{gs} had been observed through a series of experiments, and the mechanism explanation is demonstrated. The change of V_{gs} brings ΔV_{p} , results in the shift of V_{com} and flicker, however, this kind of flicker can be avoided theoretically by the V_{com} adjustment if the uniformity of V_{com} has no problem. The pixel's voltage holding characteristic has difference between the positive and negative frames due to the $\text{Photo-}I_{\text{off}}$, so the further shift of V_{com} and flicker are happened. The flicker phenomena can be improved by decreasing the value of $\text{Photo-}I_{\text{off}}$ or increasing the V_{gl} .

Key words: TFT-LCD; flicker; $\text{photo-}I_{\text{off}}$; V_{com} shift; voltage holding characteristic

1 引言

液晶显示器作为现今社会各领域主流的显示介质越来越受到人们的青睐。伴随着人们生活质量的提高, 液晶显示器的显示品质也越来越受到人们的重视。画面闪烁(Flicker)作为液晶显示器难以根除的问题不仅降低了显示质量, 而且严重时会导致人体生理上的不适。

为避免直流残留和直流阻绝效应, 液晶显示

器在实际工作时, 像素电压的极性是周期性变化的, 但同时也使得正负极性的像素电压绝对值不会完全对称, 因此呈现为闪烁。为了改善甚至消除闪烁对液晶产品画质的影响, 业内众多科研工作者都对此进行了研究^[1-9]。目前企业中普遍采用调节公共电极的电压(V_{com})以使之位于正负帧像素电压的中值点, 从而改善正负帧电压的对称性。

然而, 众多研究结果表明漏电流(I_{off})也是引

收稿日期: 2012-10-24; 修订日期: 2012-12-26

作者简介: 林鸿涛(1970—), 男, 吉林长春人, 学士, 高级工程师, 主要从事 TFT-LCD 产品研发设计工作。

起闪烁的主要原因^[10-14]。 I_{off} 与 TFT 关态栅压(V_{gl})之间存在紧密的关系。因此如果能够研究 V_{gl} 与 Flicker 之间的关系无疑将有效推动闪烁问题的解决。目前的大多数科研工作者依然采用将面板(Panel)拆解后测试 TFT 的 I - V 曲线,间接推测 V_{gl} 对 Flicker 的影响。与其他研究者相反 Myung-Sik Son 等模拟了不同栅压下 Flicker 与 I_{off} 的关系^[15],他们发现随着 V_{gl} 由负值向正值增大时,Flicker 值先是递减,然后又增加,他们推断这是由于 V_{gl} 对 I_{off} 产生影响而引起正负帧像素电压不对称进而使得 Flicker 偏高。该工作对研究 Flicker 提供了较好的方法,但是该方法属于模拟面板正常工作状态时推测 Flicker,因此具有很大的局限性。

TFT 是光敏器件,光照下的光致漏电流(Photo- I_{off})特性对显示画质有重大的影响。在给定的光照强度条件下,Photo- I_{off} 与暗态漏电流(Dark- I_{off})越小,说明膜质对光的敏感性越低,器件越稳定。由于黑矩阵(BM)的设计宽度一般是栅金属电极(Gate)设计宽度的 3~4 倍以上,因此光线从彩色滤光片(CF)侧入射时对 TFT 的光照强度要比从阵列基板(Array)侧入射时小。通过将基板正反倒置,可以比较 Photo- I_{off} 特性对器件的影响。

为了直接研究 Panel 正常工作状态下像素漏电流 I_{off} 与 Flicker 的关系,我们采取将 Panel 正反倒置的方式测试了 V_{gs} (包括栅极开态电压(V_{gh})和关态电压(V_{gl}))与 Flicker 的关系,同时还研究了正反面 V_{com} 对 Flicker 的影响。最后结合相关的理论对出现的现象进行了分析。

2 实验部分

2.1 样品与仪器

实验所用样品主要有:2 个 TN 型常白模式的模组(Module),分别命名为 A-Panel、B-Panel。

实验所用的仪器主要有:色彩分析仪(CA310):日本 KONIKA MINOLTA 公司;半导体参数设备(YAF6565M):韩国 Agilent 公司。

2.2 实验过程

为便于描述,本文所提及的“正面”,即:CA310 测试镜头接触 CF 面,Array 面接受背光源照射;“反面”,即:CA310 测试镜头接触 Array 面,CF 面接受背光源照射。正反面测试的点位

均如图 1 所示,实验的测试画面均为 Flicker Pattern(2 Dot)下的绿画面。

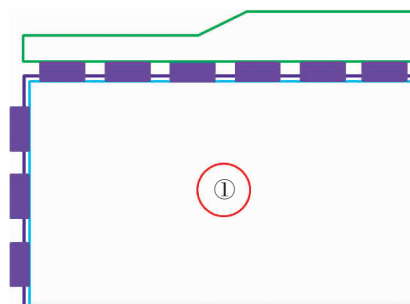


图 1 Flicker 测试点位图

Fig. 1 Position of flicker measurement

不同 V_{gh} 、 V_{gl} 下 Flicker 的测量:将 V_{gl} 、 V_{gh} 分别从电路板(PCB)上外接,调节其值,利用 CA310 测试正反面的最小闪烁值(Min-Flicker),在此过程中还需测试与 Min-Flicker 所对应的 V_{com} 。

不同 V_{com} 下 Flicker 的测量:将 V_{com} 从 PCB 上外接,首先利用 CA310 找到 Min-Flicker 所对应的 V_{com} 值,作为中心值。然后高于此值每隔 0.01 V,利用 CA310 测试 Flicker,共测 10 个点;低于中心值每隔 0.01 V,也利用 CA310 测试 Flicker,共测 10 个点完后将 Panel 反置进行同样的测试。

TFT 的 I - V 测试:将 Panel 剖开,洗去 Array 基板上的液晶,同时去除其上的取向膜(聚酰亚胺),用半导体参数设备测试其 I - V 曲线。

3 结果与讨论

3.1 不同 V_{gh} 下正反面 Min-Flicker/ V_{com} 测试

图 2(a)是 Panel 中心点(①)正反两面不同 V_{gh} 下测试的最小 Flicker 图。由图可知 A-Panel 正反两面 Min-Flicker 差别很大,B-Panel 正反两面差别较小。从表 1 可知 A Panel 的 Photo- I_{off} 明显高于 B Panel。此外无论是 A-Panel 还是 B-Panel 随着 V_{gh} 的增大而 Min-Flicker 几乎不变。说明 Flicker 的大小与 Photo- I_{off} 是相关的,而与 V_{gh} 的大小无关。图 2(b)是 Panel 中心点(①)正反两面不同 V_{gh} 下测试的与 Min-Flicker 对应的 V_{com} 图。从图中可以看出 B-Panel 的 V_{com} 值大于 A-Panel,此外不论 Panel 正置还是反置, V_{com} 都朝正向漂移;并且漂移曲线近似是两条平行线。说明 V_{com} 的漂移主要与栅压的变化(ΔV_{g})有关,

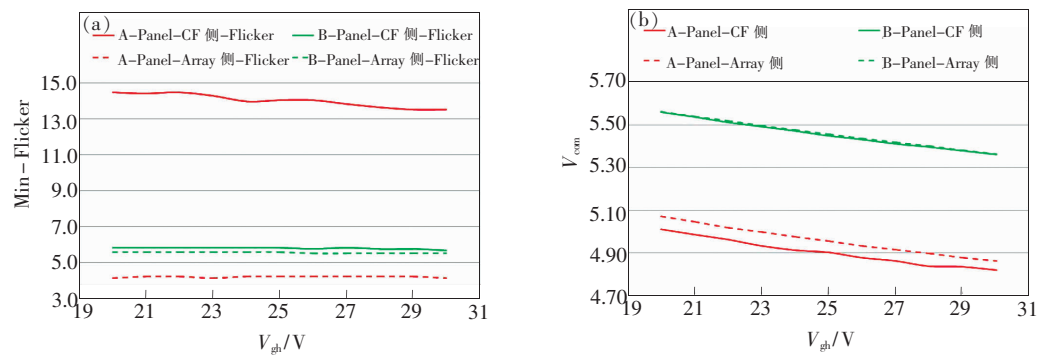


图 2 (a)不同 V_{gh} 下 Panel 中心位置(①)的最小 Flicker 图;(b) 不同 V_{gh} 下 Panel 中心位置(①)的共电极电压图。
Fig. 2 (a) Min-Flicker in center position(①) of panel in different V_{gh} ; (b) V_{com} in center position(①) of panel in different V_{gh} .

而与 $Photo-I_{off}$ 的大小关系不大。

3.2 不同 V_{gl} 下正反面 Min-Flicker/ V_{com} 测试

图 3(a)是 Panel 中心点(①)正反面不同 V_{gl} 下测试的最小 Flicker 图。由图可知 A-Panel 正反两面 Min-Flicker 差别很大,B-Panel 正反两面几乎相同。此外 A-Panel 正面随着 V_{gl} 增大 Min-Flicker 减小;其反面是缓慢下降; B-Panel 正反两面的 Min-Flicker 随着 V_{gl} 的增大均几乎不

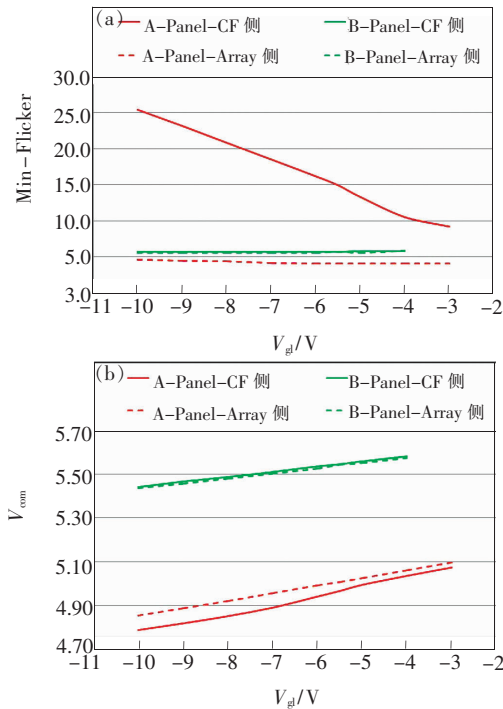


图 3 (a)不同 V_{gl} 下 Panel 中心位置(①)的最小 Flicker 图;(b) 不同 V_{gl} 下 Panel 中心位置(①)的共电极电压图。

Fig. 3 (a) Min-Flicker in center position(①) of panel in different V_{gl} ; (b) V_{com} in center position(①) of panel in different V_{gl} .

变。这说明 Flicker 的大小与 $Photo-I_{off}$ 的大小并不是正相关的关系。图 2(b)是 Panel 中心点(①)正反面不同 V_{gl} 下测试的与 Min-Flicker 对应的 V_{com} 图。从图中可以看出 B-Panel 的 V_{com} 值大于 A-Panel。此外不论 Panel 正反放置时, V_{com} 都随 V_{gl} 增大而增大;并且正反面的增大趋势近似两条平行线。这说明 V_{com} 的变化主要与 ΔV_g 有关,而与 $Photo-I_{off}$ 的大小关系不大。

3.3 不同 V_{com} 下正反面 Min-Flicker 的测试

图 4 是 Panel 中心位置的 Min-Flicker 与 V_{com} 的关系图。表 1 是 A/B-Panel 的 TFT 特性数据。

由图 4 可以看出 B-Panel 的 V_{com} 明显高于 A-Panel。A-Panel 正反两面曲线有较大差异。正面测试时曲线底部是圆滑和平缓的,并且最小值较大,反面测试时曲线的底部是尖锐的,并且相对于正面,其最小值比较小。对 B-Panel 而言正反面测试时曲线的底部都是尖锐的,并且正反测试 Min-Flicker 的值几乎相同。根据上述分析结合

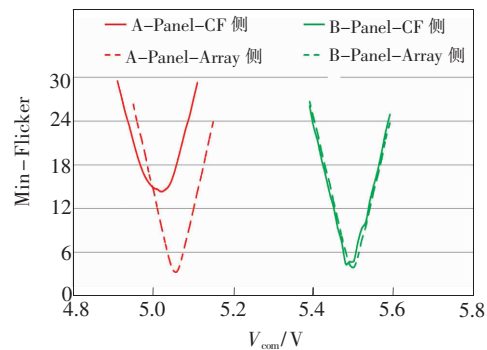


图 4 Panel 中心位置(①)的最小 Flicker 与 V_{com} 关系图
Fig. 4 Min-Flicker and V_{com} in center position (①) of panel

表 1 中两张 Panel 的 $\text{Photo-}I_{\text{off}}$ 数据,我们认为 $\text{Photo-}I_{\text{off}}$ 偏大时,Flicker 曲线的底部是平滑的,最小值很大; $\text{Photo-}I_{\text{off}}$ 偏小时,Flicker 曲线的底部是尖锐的,最小值很小。对于同一个 Panel, $\text{Photo-}I_{\text{off}}$ 越小, V_{com} 越高。

表 1 Panel 的 TFT 特性数据

Table 1 Data of TFT characteristics of panels				
Sample	Photo- I_{off} (pA)(-8V)			
	Avg.	STDEV	Max	Min
A-Panel	50.05	3.93	57.03	44.14
B-Panel	6.03	2.08	8.08	5.60

3.4 理论分析

图 5 是 Panel 在灰阶状态下,内部各种信号的示意图,图中 V_p 指像素电压, ΔV_p 是指像素的跳变电压。

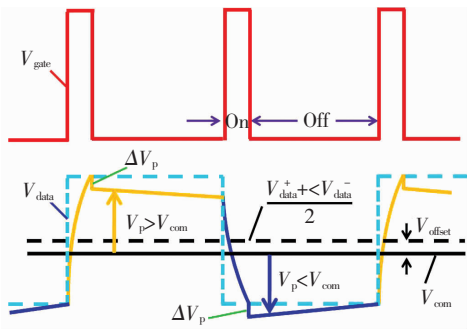


图 5 Panel 在灰阶状态下的各种信号图
Fig. 5 Signals in panel at gray pattern

研究表明 TFT-LCD 的闪烁是在数据信号电压更新之间,由像素电压的任何改变所引起的。而像素电压的变化则主要是由两种因素引起:一种是 V_{com} 偏离理想位置,导致正、负帧像素的充电电压不对称,充电后显示亮度不对称,如图 5 所示;正、负帧像素电压相对于 V_{offset} 是不对称的。另外一种是由于在正、负极性帧下像素电压保持特性不对称,导致充电后像素显示亮度不对称。

理论表明 $\Delta V_p = [C_{\text{gs}} / (C_{\text{gs}} + C_{\text{lc}} + C_{\text{st}} + \cdots)] \times \Delta V_g$ [16]。而 $\Delta V_g = V_{\text{gh}} - V_{\text{gl}}$,因此降低 V_{gh} 或增加 V_{gl} ,就可以降低 ΔV_p ,使 V_{com} 朝正向漂移。Flicker 在理论上依然能够调节至最小,所以 V_{gh} 变化时 Flicker 几乎不变。

图 6 是 Panel 在 Flicker 测试画面下的信号示意图,表 2 是与图 6 相对应的各电极上电压的

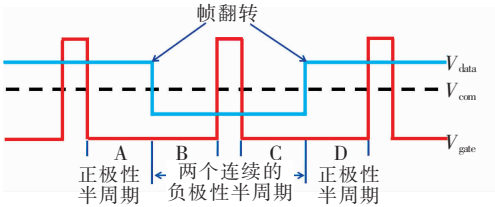


图 6 Panel 在闪烁状态下的各种信号图(帧翻转)
Fig. 6 Signals in panel at Flicker pattern(frame inversion)

大小,关于关态电流 (I_{ds}) 的大小同栅极与源极之间的电压 (V_{gs}) 的变化关系,在文献[11]中有详细描述。

由图 6 可知在正极性周期和负极性周期的各个阶段,由于像素充电电压有正负之分,因此 V_{gs} 和漏极与源极之间的电压 (V_{ds}) (即像素电压与信号线电压) 都是不同的。在正极性帧周期中的 A 阶段,由于 V_{gs} 较大(数值更负),同时 V_{ds} 小,因此 I_{off} 值较小,而在负极性帧周期中, I_{off} 始终处于很大的状态。因此像素的正、负极性帧的电压保持特性不对称,导致 Flicker 现象。

随着 V_{gl} 的上升,正、负极性帧的 I_{off} 值都上升趋于接近[11],正、负极性帧的电压保持特性也趋于相同,因此 Flicker 值降低,图 3(A) 中 A-Panel 的 CF 侧 Flicker 会一直降低。另一方面,由于 TFT 膜质的改善,整体 $\text{Photo-}I_{\text{off}}$ 值降低,也可以缩小 A 阶段与 B 阶段的电压差异(C 阶段与 D 阶段受 V_{gl} 的影响很小,基本没有变化),使得 Flicker 值降低,因此图 3(a) 中 B-Panel 会比 A-Panel 的 Flicker 低。此外当 $\text{Photo-}I_{\text{off}}$ 高时 TFT 器件对光照的敏感度会上升,因此图 3(a) 中 A-Panel 的 CF 侧的 Flicker 水平要高于 Array 侧。

对于像素电压而言,A、B 阶段是正电压,C、D 阶段是负电压,因为正、负电压状态下的电压保持特性不同,因此会导致 V_{com} 在 ΔV_p 造成漂移的基础上进一步漂移。随着膜质的改善和 $\text{Photo-}I_{\text{off}}$ 值的降低,B 阶段的漏电情况得到改善,而其他

表 2 Panel 闪烁模式下各电压比较[11]

Table 2 Voltage comparison in Flicker pattern[11]				
帧周期	项目			
	阶段	V_{gs}	V_{ds}	I_{off}
正极性帧周期	D	小	大	大
	A	大	小	小
负极性帧周期	B	大	大	较大
	C	小	小	大

A、C、D阶段的电荷泄漏状态变化很小,因此由于漏电流造成的 V_{com} 漂移会减小, V_{com} 会升高。因此图4中A-Panel的Array侧 V_{com} 高于CF侧 V_{com} ,而B-Panel的Array与CF侧则几乎相同。

4 结 论

采取将Panel正反倒置的方式测试了 V_{gh} 、 V_{gl} 与Flicker的关系,此外还研究了正反面 V_{com} 对Flicker的影响,最后结合相关的理论对出现的现象进行了分析。经过研究发现:当Photo- I_{off} 过

大时Flicker会较大,同时Flicker受 V_{gl} 的影响也很明显,此外还会加剧 V_{com} 的漂移。鉴于上述分析本文认为降低Flicker的方法主要是:调节 V_{com} ,降低 ΔV_p 的影响以提高正负帧电压的对称性;改善TFT器件的膜质降低Panel的Photo- I_{off} 以使像素有效电压接近数据信号电压;增大 V_{gl} 降低正、负帧漏电流的差异以使正负帧有效电压相近。但是 V_{gl} 过大可能会导致Panel无法正常显示,因此该方法的实用性是有限的。这些研究对改善面板的闪烁问题提供了分析和解决的思路。

参 考 文 献:

- [1] 徐益勤,张宇宁,李晓华. 显示器件大面积闪烁视觉生理基础与改善方法[J]. 电子器件,2008,31(5):1417-1420.
- [2] 林鸿涛,邵玉生,胡海琛. 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.
- [3] 唐进. 液晶显示器显示闪烁研究[D]. 上海:上海交通大学,2008.
- [4] 潘旭辉. 平板显示器闪烁评价和测量系统的研究[D]. 杭州:浙江大学,2006.
- [5] 李永忠,纪伟丰,周炎宏. STN-LCD残影显示的原理分析及实验研究[J]. 液晶与显示,2011,12(6):733-740.
- [6] Li C, Yan T, Wang L L. Investigation of flicker visibility in impulse type displays [J]. *Proceedings of Asia Display*, 2007, (1): 264-267.
- [7] 闫亮. TFT LCD最佳驱动方法及性能改进的研究[D]. 天津:天津大学,2006.
- [8] 杨虹,唐志勇,凌志华,等. VGA TFT LCD的驱动电路设计[J]. 液晶与显示,2001,16(1):52-58.
- [9] Donald L, Mike W, 印宁华. 怎样真正消除液晶显示屏的闪烁[J]. EDN CHINA 电子设计技术, 2005,11:82-83.
- [10] Tae H K, Soon S J, Jae W P, *et al.* Simulations of crosstalk and flicker in TFT-LCDs [J]. *Journal of the Korean Physical Society*, 2001,39(1):67-71.
- [11] 廖燕平,王军. 薄膜晶体管(TFT)及其在平板显示中的应用[M]. 北京:电子工业出版社,2008:215-234.
- [12] Zhao H Y, Jae G Y, Jai-il R, *et al.* Photo-leakage current impact on image sticking [C]//*IDW'09 Digest*, Miyazaki, Japan; IDW, 2009:69-72.
- [13] Xie C, Shi Y, Zhu J L, *et al.* The effect of TFT characteristics on panel uniformity and image sticking [C]//*IMID*, Daegu, Korea; IMID, 2012:1-6:493-494.
- [14] Shi Y, Xie C, Jae G Y. The research of relationship between ADS mode LCD image sticking and TFT photo I-off by simulation method [C]//*IMID*, Daegu, Korea; IMID, 2012:501-502.
- [15] Myung-S S, Keon-Ho Y, Jin Jang. Electrical stimulation of the flicker in poly-Si TFT-LCD pixels for the large-area and high-quality TFT-LCD development and manufacturing [J]. *Solid-State Electronics*, 2004, (48):2307-2313.
- [16] 马占杰. 改善a-Si TFT LCD像素电极跳变电压方法研究[J]. 现代显示, 2009, (4):19-27.