

ADS液晶面板划痕Mura研究

李晓吉, 赵彦礼, 栗鹏, 李哲, 辛兰, 朴正溟, 廖燕平, 李承珉, 闵泰烨, 邵喜斌

引用本文:

李晓吉, 赵彦礼, 栗鹏, 等. ADS液晶面板划痕Mura研究[J]. 液晶与显示, 2020, 35(1): 31-40.

LI Xiao-ji, ZHAO Yan-li, LI Peng, et al. Strace Mura of ADS LCD[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2020, 35(1): 31-40.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.3788/YJYXS20203501.0031>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

TFT-LCD改善"斑点不良"的研究

Prevention of TFT-LCD's "spot issue"

液晶与显示. 2017, 32(7): 507-511 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20173207.0507>

手性剂对TN显示模式的影响研究

Effect of Chiral dopant on LC in TN display mode

液晶与显示. 2016, 31(7): 667-674 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20163107.0667>

泡棉压缩对液晶模组漏光的影响分析

Effect analysis of foam compression on the light leakage of LCD module

液晶与显示. 2017, 32(8): 601-606 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20173208.0601>

配向膜对LCD对比度的影响

Effect of alignment film on LCD contrast ratio

液晶与显示. 2015, 30(1): 47-50 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20153001.0047>

窄长型车载液晶显示屏黑画面漏光研究及改善

Research and improvement of black screen light leakage in narrow-length automotive display

液晶与显示. 2019, 34(10): 982-991 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20193410.0982>

文章编号:1007-2780(2020)01-0031-10

ADS 液晶面板划痕 Mura 研究

李晓吉*, 赵彦礼, 栗 鹏, 李 哲, 辛 兰, 朴正湜,

廖燕平, 李承珉, 闵泰烨, 邵喜斌

(重庆京东方光电科技有限公司, 重庆 400700)

摘要:手指滑动 ADS(Advanced Super Dimension Switch)液晶面板的 L255 画面时,由于按压导致的液晶分子形变和电场作用,滑动位置亮度会降低,表现为留下发暗的按压的痕迹。如果该痕迹在按压 5 s 后不能恢复,我们称之为划痕 Mura(Trace Mura)。本文通过对比 5 种不同像素设计的液晶面板的滑动按压实验的结果,得到了像素电极设计、驱动电压对 Trace Mura 的影响;进一步模拟分析液晶分子状态,得到判断不同像素设计的 Trace Mura 风险的模拟方法。主要结论如下:首先,像素电极尾部设计对于 Trace Mura 改善方面,弧角设计优于切角设计,切角设计优于开口设计;像素电极间距(Space)越小,Trace Mura 风险越小。其次,Trace Mura 需要在高灰阶电压下按压划动液晶面板才能发生;而发生 Trace Mura 的液晶面板,可以通过降低液晶面板的电压灰阶来消除按压痕迹。最后,对比液晶分子状态模拟结果,确认在电极末端的液晶分子方位角会发生突变(即向相反方向偏转),模拟的突变角度在 -15° 以上,预测有 Trace Mura 风险。

关键词:液晶显示面板;按压痕迹;方位角;突变角度

中图分类号:TN141.9 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20203501.0031

Strace Mura of ADS LCD

LI Xiao-ji*, ZHAO Yan-li, LI Peng, LI Zhe, XIN Lan, PIAO Zheng-hao,

LIAO Yan-ping, LI Cheng-min, MIN Tai-ye, SHAO Xi-bing

(Chongqing BOE Optoelectronics Technology Co., LTD., Chongqing 400700, China)

Abstract: As for advanced super dimension switch (ADS) LCD, using finger to slide the surface of LCD lighting on L255 image, the luminance of sliding areas on LCD reduces owing to the liquid crystal molecules deformation and electrical field. Usually, the liquid crystal of sliding area recovers due to electrical field, and also the luminance of those sliding area recovers. While the dark area can not recover in 5 s, trace Mura occurs. In this paper, by validating the recovery time after finger sliding 5 kinds of panels with different slit end design and slit space values, the impact of pixel design on trace Mura is investigated. Comparing with simulated LC twist angle, a method for evaluating trace Mura of panel is found. The results are as flow: Firstly, for slit end design, panel with arc angle is the best for trace Mura prevention, and panel with open tilt is the worst, of course, panel with tan-

收稿日期:2019-06-06; **修订日期:**2019-10-29.

基金项目:北京市科委首都科技领军人才培养工程应用技术研究与应用项目(No.201807)

Supported by Beijing Municipal Science & Technology Commission: Application Technology Research and Development Projects of Capital Science and Technology Leading Talents Training Project(No.201807)

* 通信联系人, E-mail:lixiaoji@boe.com.cn

gent tilt design appears middle risk for trace Mura. Simultaneously, narrower slit space design also appears faster recovery time and also is beneficial to trace Mura prevention. Secondly, reducing gray level of panel by setting a lower driving voltage is beneficial to trace Mura and also a good method for erasing trace Mura. Finally, the results of recovery time after sliding and simulated LC twist variations at slit end show that panel with larger than -15° LC twist variation has higher risk for trace Mura, which could be a method for evaluating trace Mura risk of ADS LCD.

Key words: TFT-LCD; trace Mura; twist angle; discontinuous

1 引言

薄膜晶体管液晶显示 (Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display, TFT-LCD) 面板在大尺寸电视 (TV) 领域仍占据主要的市场^[1-2]。高级超维场转换技术 (Advanced Super Dimension Switch, ADS) 显示模式具有宽视角, 快速响应和高对比度等优势, 成为 TV 产品的主流显示模式。对于 ADS 液晶 (LC) 面板, 其透过率的提升依然为永恒的主题, 同时对画质的要求仍在不断提升。画质的好坏决定了终端客户的竞争力水平。对于 TV 产品, 力学方面画质评价包括按压测试, 拍击测试, 及滑动按压测试等^[2-6]。这些严苛的测试用来模拟生产、运输、使用过程中遇到碰撞、挤压时液晶面板的显示状态, 以提前得知液晶面板的不良缺陷, 并通过设计、工艺、包装、运输等相关措施降低不良发生率, 或者完全规避不良, 以保证终端客户能够有更好的使用体验^[7-9]。

本文通过对比 5 种不同像素设计的 ADS 液晶面板的滑动按压结果, 得到了像素末端设计、电极间距设计、驱动电压对划痕 Mura (Trace Mura) 的影响; 同时通过模拟软件模拟 5 种面板的液晶分子排列, 对比试验结果, 分析 Trace Mura 发生的理论机理, 得出模拟判定 Trace Mura 的参考依据。

2 滑动按压测试方法和判定标准

滑动按压测试方法为: 在液晶显示面板的白态电压 (L255), 用手指在液晶面板上滑动, 见图 1 (左)。由于按压导致的液晶分子形变, 与电场的共同作用, 使得手指按压位置发暗, 那么手指滑动过的位置, 会在液晶面板上留下发暗的按压痕迹, 我们称之为 Trace Mura^[10-12]。以按压痕迹消失

的快慢程度, 来判断液晶显示面板的抗压能力。若液晶显示屏不能显示痕迹, 或者显示痕迹后, 能在 5 s 内消失, 则认为该显示屏无 Trace Mura。若手指按压的痕迹不能够在 5 s 内消失则认为该显示屏有 Trace Mura, 见图 1 (右)。

对于按压划痕在 5 s 内不能恢复正常, 即发生 Trace Mura 的液晶屏, 现象轻微的液晶屏需要几分钟可以恢复到正常画面, 现象严重的液晶屏永久不能恢复到正常的画面, 需要手动切换到低灰阶画面, 划痕才能消失。为了不影响终端客户的使用体验, 行业内通常以 5 s 内作为观察时间, 作为判定 Trace Mura 不良的标准。

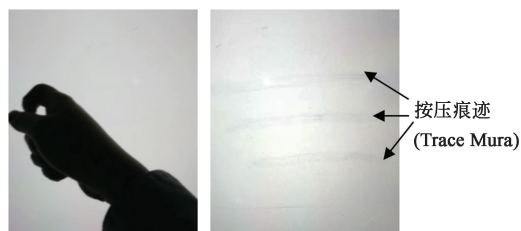


图 1 Trace Mura 按压手法及不良显示屏 (L255)

Fig.1 Pressing method and phenomenon of trace Mura (at Lever 255)

3 液晶面板 ADS 模式的像素设计

本文所采用的液晶面板均为 ADS 显示面板^[13-14], 其显示示意图见图 2, 图 3 为 ADS 显示面板俯视示意图。ADS 显示面板通常采用氧化铟锡 (ITO) 作为透明电极。第一层氧化铟锡金属 (1ITO) 为整面设计; 第二层氧化铟锡电极 (2ITO) 为条状设计, 其中 W 为条状电极的宽度, S 为状电极的间距, P 为 W 与 S 的和代表条状电极的节距。1ITO 与 2ITO 之间的边缘电场驱动液晶分子转动。

我们选取了 5 种不同像素设计的液晶显示面板进行测试, 见图 4。

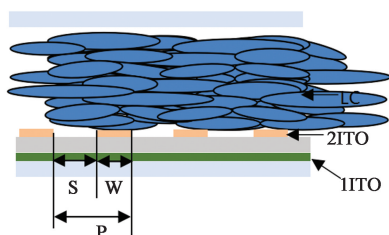
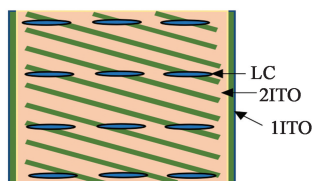
图 2 ADS 显示电极示意图 ($P=W+S$)Fig.2 ADS Display electrode diagram ($P=W+S$)

图 3 ADS 显示面板俯视示意图

Fig.3 ADS display electrode diagram at overlooking

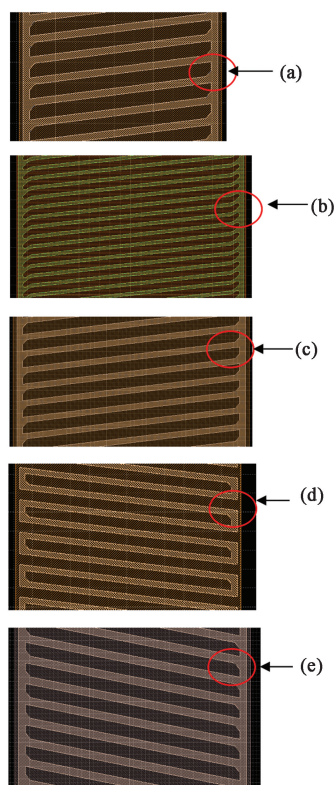


图 4 面板 a(a)、面板 b(b)、面板 c(c)、面板 d(d)、面板 e(e), 5 种面板的电极设计图。

Fig.4 Panel a(a), Panel b(b), panel c(c), panel d(d) and panel e(e) electrode design, respectively.

面板 a: 亚像素的条状电极宽度为 $W=2.6 \mu\text{m}$, 节距 $P=8.0 \mu\text{m}$, 电极末端为切角设计, 见图

4(a)。

面板 b: 亚像素的条状电极宽度为 $W=2.6 \mu\text{m}$, 节距 $P=8.0 \mu\text{m}$, 电极末端为弧角设计, 见图 4(b)。

面板 c: 亚像素的条状电极宽度为 $W=2.2 \mu\text{m}$, 节距 $P=6.6 \mu\text{m}$, 电极末端为切角设计, 见图 4(c)。

面板 d: 亚像素的条状电极宽度为 $W=2.2 \mu\text{m}$, 节距 $P=6.6 \mu\text{m}$, 电极末端为开口设计, 见图 4(d)。

面板 e: 亚像素的条状电极宽度为 $W=2.9 \mu\text{m}$, 节距 $P=7.8 \mu\text{m}$, 电极末端为切角设计。见图 4(e)。

4 不同像素设计的 ADS 面板的按压结果

对以上 5 种面板分别在 L255 灰阶下进行滑动按压测试, 观察有无 Trace Mura。同时, 为了更好地了解按压前后的像素变化细节, 我们将 5 种面板点亮, 在 L255 灰阶画面下, 用尼康 (Nikon) 显微镜, 在 10 倍放大镜头下, 按压液晶显示面板, 记录按压前后像素的微观变化情况。

面板 a 用手指滑动后痕迹 5 s 不能消失, 即判定为有 Trace Mura, 见图 5; 面板 b 用手指滑动后痕迹不显示滑动痕迹, 即判定为无 Trace Mura, 见图 6; 面板 c 用手指滑动后痕迹不显示滑动痕迹, 即判定为无 Trace Mura, 见图 7; 面板 d 用手指滑动后痕迹不能消失, 即判定为有 Trace Mura, 见图 8; 面板 e 用手指滑动后痕迹不显示滑动痕迹, 即判定为无 Trace Mura, 见图 9。

图 5(a) 为面板 a 滑动按压测试 5 s 后的宏观图, 我们可以见到在面板 a 宏观画面中, L255 灰阶下用手指按压滑动过的局部区域, 画面偏暗, 即存在 Trace Mura 风险。

图 5(b) 为面板 a 滑动按压测试的微观图, 其中图 5(b)-1 为按压前的微观图, 图 5(b)-2 为按压 5 s 后的微观图。在微观画面下图 (b)-1, 面板 a 单个像素在按压前为正常驱动画面和排布; 按压后, 部分亚像素的液晶分子由于压力和电场的共同作用发生偏转, 在压力消失后液晶分子不能回转回到原有电场驱动下的排布, 导致部分条状电极区域亮度偏低, 从而导致按压后宏观画面局部

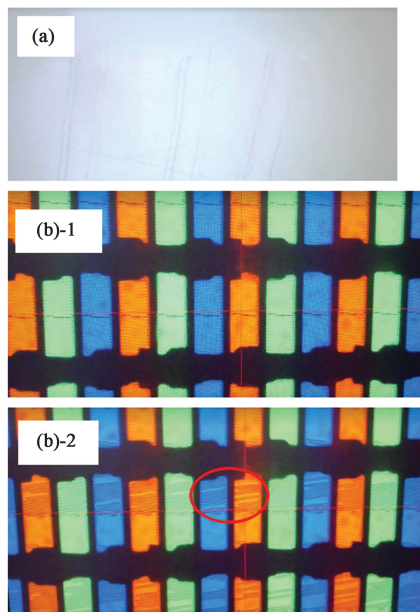


图 5 面板 a 的滑动按压测试结果宏观(a)及微观图(b)。(b)-1 为按压前的微观图,(b)-2 为按压 5 s 后的微观图。

Fig.5 Macro(a) and micro(b) diagram of sliding pressure test result of panel a. (b)-1 is microgram before the pressing; (b)- 2 is microgram after pressing 5 s.

偏暗,而被人眼所观察到。

图 6 为面板 b 的滑动按压测试宏观图和微观图,图 6(a)-1 为面板 b 手指滑动按压中的宏观图,(a)-2 为手指滑动按压 5 s 后的宏观图,(b)-1 为滑动按压中的微观图,(b)-2 为滑动按压 5 s 后的微观图。

在宏观画面下,可以看到面板 b(在 L255 灰阶下)在用手指按压滑动过的局部区域,按压痕迹

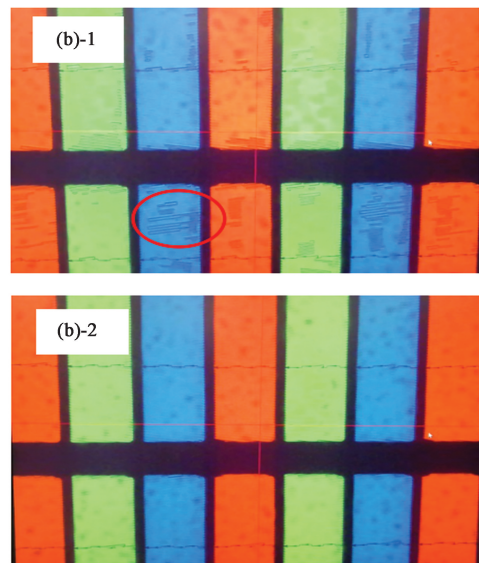
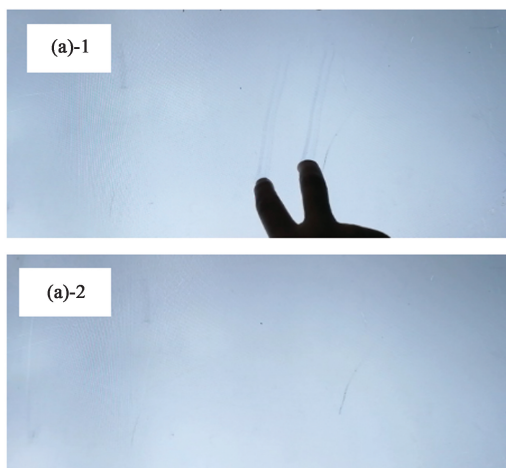


图 6 面板 b 的滑动按压测试结果宏观图(a)及微观图(b)。(a)-1 为面板 b 手指滑动按压中的宏观图,(a)-2 手指滑动按压 5 s 后的宏观图,(b)-1 为滑动按压中的微观图,(b)-2 为滑动按压 5S 后的微观图。

Fig.6 Macro (a) and micro (b) diagram of sliding pressure test result of panel b. (a)-1 is macrograph on the pressing; (a)-2 is macrograph after pressing 5 s; (b)-1 is microgram on the press; (b)- 2 is microgram after pressing 5 s.

出现后在 5 s 内消失,即无 Trace Mura 风险。

在微观画面下,面板 b 单个像素在按压中,像素的小部分像素条状电极上的液晶分子,由于压力和电场的共同作用发生偏转,在压力消失 5 s 后液晶分子回转到原有电场驱动下的排布。

图 7 为面板 c 的滑动按压测试宏观图和微观图,图 7(a)-1 为面板 c 手指滑动按压中的宏观图,(a)-2 为手指滑动按压 5 s 后的宏观图,(b)为滑动按压 5 s 后的微观图。

在宏观画面下,可以看到面板 c(在 L255 灰阶下)在用手指按压滑动过的局部区域,按压痕迹出现后在 5 s 内消失,即无 Trace Mura 风险。

在微观画面下,面板 c 在压力消失 5 s 后大部分的液晶分子能回到原有状态,只有小部分液晶分子不能回到原有状态,但是由于这部分占有比例较小,不能被人眼所察觉。

图 8 为面板 d 的滑动按压测试宏观图和微观图,图 8(a)为面板 d 手指按压滑动 5 s 后的宏观

图, (b)为滑动按压 5 s 后的微观图。

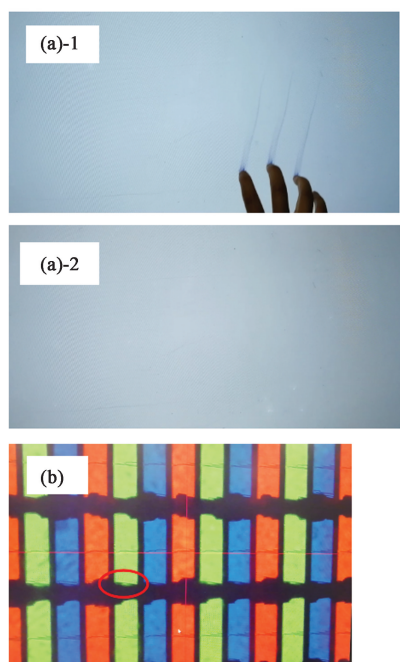


图 7 面板 c 的滑动按压测试结果宏观(a)及微观图(b)。(a)-1 为面板 c 手指滑动按压中的宏观图;(a)-2 手指滑动按压 5 s 后的宏观图;(b)为滑动按压 5 s 后的微观图。

Fig.7 Macro(a) and micro(b) diagram of sliding pressure test result of panel c; (a)-1 is macrograph on the pressing; (a)-2 is macrograph after pressing 5 s; (b) is microgram after pressing 5 s.

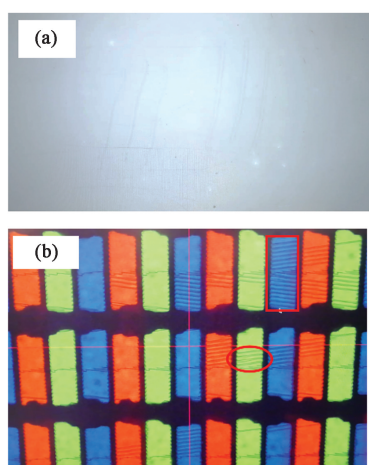


图 8 面板 d 的滑动按压测试结果宏观(a)及微观图(b)

Fig.8 Macro(a) and micro(b) diagram of sliding pressure test result of panel d

在宏观画面下,可以看到面板 d(在 L255 灰阶下)在用手指按压液晶显示面板时,按压痕迹出现且 5 s 后不消失,即有 Trace Mura 风险。

在微观画面下,面板 d 的单个像素在按压压力消失 5 s 后,像素的大部分、甚至整个像素条状电极上的液晶分子,由于压力和电场的共同作用发生偏转,不能回到原有状态,且这部分占有比例较高,被人眼所察觉,即形成了按压的痕迹。

图 9 为面板 e 的滑动按压测试宏观图和微观

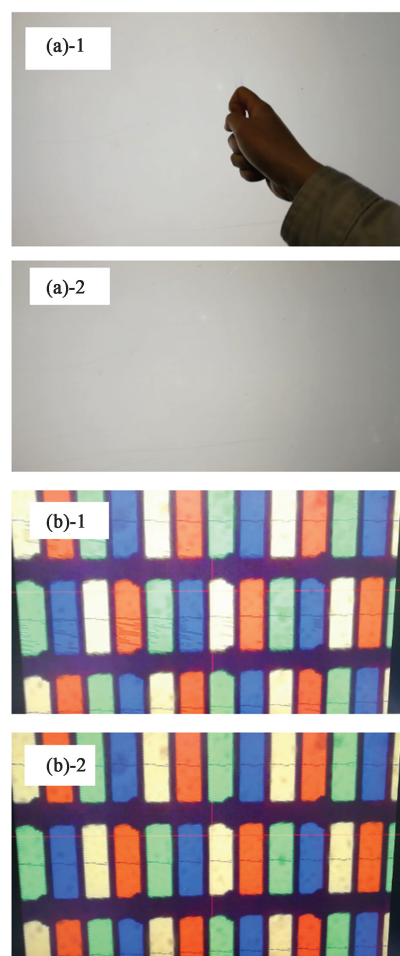


图 9 面板 e 的滑动按压测试结果宏观(a)及微观图(b)。(a)-1 为面板 e 手指滑动按压中的宏观图;(a)-2 手指滑动按压 5 s 后的宏观图;(b)-1 为滑动按压中的微观图;(b)-2 为滑动按压 5 s 后的微观图。

Fig.9 Macro (a) and micro (b) diagram of sliding pressure test result of panel e. (a)-1 is macrograph on the pressing 5 s; (a)-2 is macrograph after pressing 5 s; (b)-1 is microgram on the pressing; (b)-2 is microgram after pressing 5 s.

图,图 9(a)-1 为面板 e 手指按压滑动中的宏观图,(a)-2 为面板 e 手指按压滑动 5 s 后的宏观图,(a)-1 为滑动按压中的微观图,(b)-2 为滑动按压 5 s 后的微观图。可以看到,在宏观画面下面板 e(在 L255 灰阶下),用手指按压液晶显示面板时,痕迹较小,且按压压力消失 5 s 后,面板无按压痕迹留下,即无 Trace Mura 风险。

在微观画面下,面板 e 的像素在按压时,像素的小部分条状电极上的液晶分子,由于压力和电场的共同作用发生偏转,在压力消失后,液晶分子均能回到原有状态,即无 Trace Mura 风险。

5 ADS 模式不同面板滑动按压结果分析

通过对比分析 5 种 ADS 液晶显示面板的滑动按压结果,我们从以下 3 个方面考虑 ADS 液晶面板影响 Trace Mura 的关键因素及其发生机理。

5.1 像素电极末端设计对 Trace Mura 的影响

从面板 a 和面板 b、面板 c 和面板 d 两组的滑动按压测试可以看到(表 1):在相同的宽度(W)、节距(P)条件下,弧角设计优于切角设计(面板 a 与 b 对比),而切角设计优于开口设计(面板 c 与 d 对比),即得出以下结论:对于 Trace Mura 风险的防范设计,在考虑电极末端设计时,弧角设计优于切角设计,切角设计优于开口设计。

表 1 不同像素末端设计的按压结果对比

Tab.1 Sliding pressure test results of different electrode end design panels

Item	末端设计	Trace Mura 结果	
$W=2.6\ \mu\text{m}$	面板 a	切角	有
$P=8.0\ \mu\text{m}$	面板 b	弧角	无
$W=2.2\ \mu\text{m}$	面板 c	切角	无
$P=6.6\ \mu\text{m}$	面板 d	开口	有

5.2 像素电极的间距对 Trace Mura 的影响

我们选取条状电极末端设计为切角设计的面板,从面板 a、c 和面板 e 的滑动按压测试结果可

以看到(表 2):从模拟 a、c、e 面板的电极末端的液晶分子可以看到,见图 10,对于切角设计,其间距(Space)越大,则紊乱区域越大,即液晶分子的突变区域长度越大,越不利于液晶分子在末端的连续分布,故在受压力变形后,容易和电场的共同作用发生偏转,不能回到原有状态,被人眼所察觉,即形成了按压的痕迹。由此得出结论,条状电极的间距(Space)越大,越不利于 Trace Mura 风险设计。

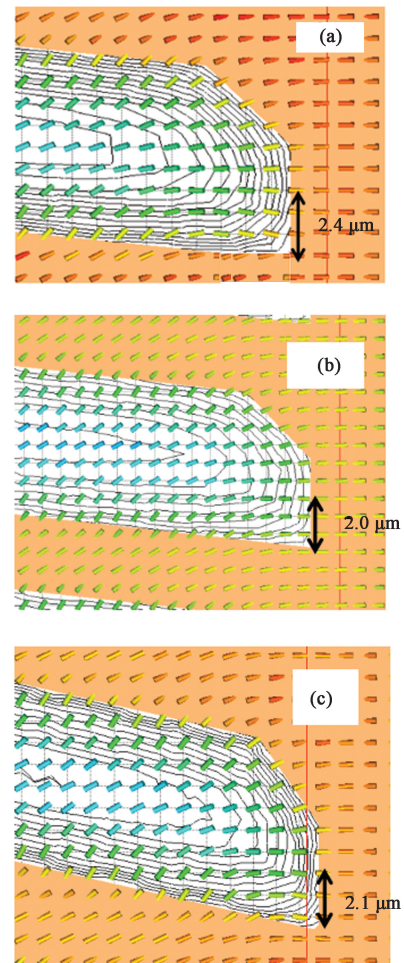


图 10 面板 a、c、e 不同电极间距设计的模拟突变区域长度。(a)面板 a 突变区域长度为 $2.4\ \mu\text{m}$; (b)面板 c 突变区域长度为 $2.0\ \mu\text{m}$; (c)面板 e 突变区域长度为 $2.1\ \mu\text{m}$ 。

Fig.10 Simulation azimuth mutation angle of different space design. (a) The length of the disordered region is $2.4\ \mu\text{m}$ of panel a; (b) The length of the disordered region is $2.0\ \mu\text{m}$ of panel c; (c) The length of the disordered region is $2.1\ \mu\text{m}$ of panel e.

表 2 不同间距设计的按压结果对比

Tab.2 Sliding pressure test results of different electrode space panels

Item	W/ μm	S/ μm	突变区域/ μm	Trace Mura 结果
电极末端	2.6	5.4	2.4	有
端切角	2.2	4.4	2.0	无
设计	2.9	4.9	2.1	无

5.3 电压对 Trace Mura 的影响

对于面板 d,其 Trace Mura 的现象最为明显,我们对其增加了电压对 Trace Mura 的影响实验。

实验 1,见图 11:我们在正常的灰阶画面下,用手指划动液晶显示面板,发现在 L255~L240 灰阶下均能划出 Trace Mura,而在低于 L240 灰阶时,则不能划出 Trace Mura。

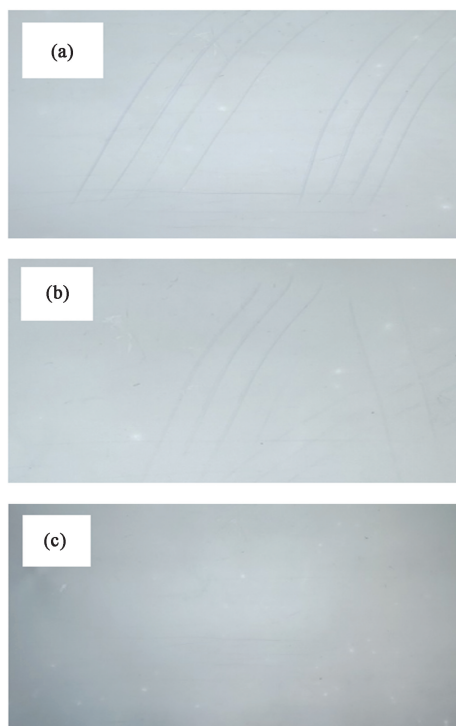


图 11 面板 d 不同电压下滑动按压测试结果。(a) L255 灰阶,发生按压痕迹,现象明显;(b) L245 灰阶,发生按压痕迹,按压痕迹轻;(c) L240 灰阶,按压不出痕迹。

Fig.11 Sliding pressure test result of Panel d at different voltage. (a) At L255 gray, there are obvious trace Mura after pressing; (b) At L245 gray, there are slightly trace Mura after pressing; (c) At L240 gray, there are no trace Mura after pressing.

实验 2,见图 12:我们在 L255 灰阶电场下,在面板 d 上划出 Trace Mura 后,逐步降低液晶面板 d 的灰阶电压,发现 Trace Mura 会随着电压下降而消失。

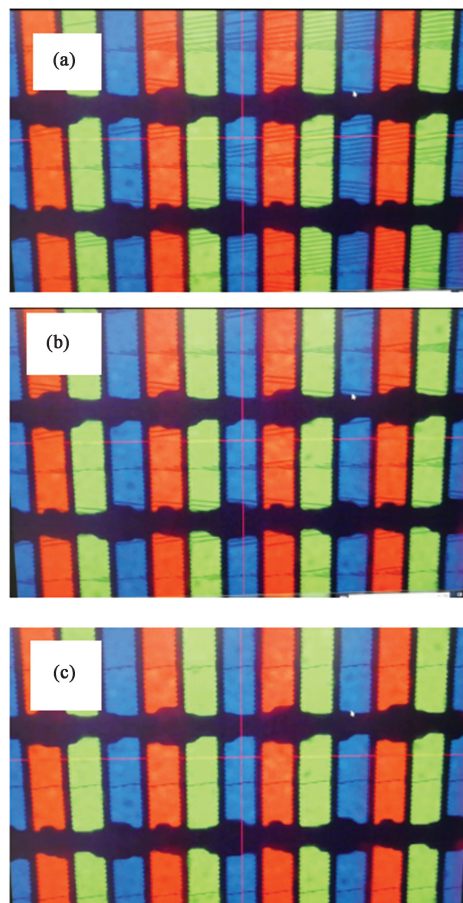


图 12 有按压划痕的面板 d,逐步降低电压的结果。(a)在电压 L255 灰阶按压后,像素变暗明显;(b)降低电压到 L245 灰阶,之前的按压痕迹现象减轻;(c)降低电压到 L240 灰阶,之前的按压痕迹现象消失。

Fig.12 Panel d with obvious trace Mura after gradually reducing the voltage. (a) At L255 gray, there are obvious trace Mura; (b) Reduce the voltage to L245 gray, the previous trace Mura is reduced; (c) Reduce the voltage to L240 gray, the previous trace Mura disappears.

由于设备条件限制,每次灰阶电压调整为 2.5 个灰阶。在 L255 灰阶,受压力影响,液晶分子偏转后与电场达成平衡态,形成 Trace Mura,见图 12(a)。当降低面板 d 的灰阶电压到 L245 灰阶时,电压变化导致平衡态被打破,发暗的像素减

小,见图 12(b)。当继续降低面板 d 的灰阶电压到 L240 灰阶时,液晶分子受力场影响的作用完全消失,液晶面板恢复正常,见图 12(c)。

由以上两个实验可知:首先,需要在高灰阶电压下(即较大的液晶偏转角度)按压划动液晶面板才能发生 Trace Mura;其次,发生 Trace Mura 的液晶面板,可以通过降低液晶面板的灰阶电压来消除按压痕迹。

5.4 ADS 模式液晶面板 Trace Mura 模拟判定方法

通过模拟 5 种面板液晶分子排布,我们发现,ADS 面板,在高灰阶(L255)电压下,在条状电极中部,液晶分子受电场作用,其方位角约为 $40^{\circ}\sim 65^{\circ}$,排列有序。但是到了条状电极末端,由于电场的终止,导致末端液晶分子排列紊乱,出现了局部的方位角突变,即向相反方向偏转,这个局部区域在受力按压后,扩大到条状电极中部,导致按压地方出现了局部发暗,形成痕迹,并与电场形成了稳定的排列,不能恢复,被人眼观察到,即形成了 Trace Mura。

以面板 a 为例,图 13 为面板 a 在 L255 灰阶的液晶分子模拟方位角,其中(a)为俯视图,(b)为图(a)中沿电极方向不同位置(如图(a)中黑色箭头线所示)深度为 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 切面图的方位角。图 13 中分为 3 个位置:①表示电极中部,②表示电

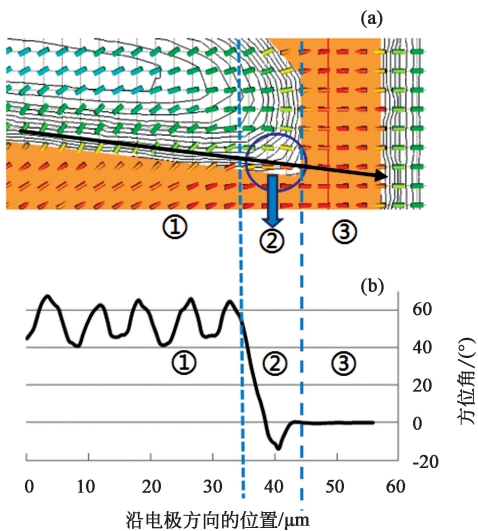


图 13 面板 a 在 L255 灰阶的液晶分子模拟方位角,俯视图(a)和 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 深度的切面图(b)。

Fig.13 Simulated azimuth of panel a at L255 gray voltage (a) and sectional view at $0.5\text{ }\mu\text{m}$ depth (b)

极末端,③表示为电极结束。在①位置,电极中部,电场驱动,液晶分子偏转 $40^{\circ}\sim 65^{\circ}$;在②位置,条状电极末端,电场紊乱区域,出现了局部的方位角突变,面板 a 向相反方向偏转了约 15° ;在③位置,电极结束,无电场,液晶分子不转动。

对比 5 种面板液晶分子在电极末端位置突变的角度与 Trace Mura 的现象,由表 3 可知,模拟实验 a~e 面板的液晶分子在条状电极末端的方位角的最大突变角度,发现突变的偏转角度大于 15° 时,液晶面板有 Trace Mura 风险,且该角度越大,则 Trace Mura 越严重。

表 3 不同面板在 L255 灰阶模拟最大突变方位角
Tab.3 In L255 gray-scale, simulated maximum mutations azimuth of different panels.

Items	Trace Mura 现象	最大方位角偏转模拟值
面板 a	有	-15.1°
面板 b	无	-9.6°
面板 c	无	-8.7°
面板 d	有,最严重	-36.9°
面板 e	无	-10.3°

对于 Trace Mura 与电压的关系,通过模拟,见图 14,以面板 d 为例。我们发现在不同电压下,液晶分子的局部突变方位角度,会随电压的提高而逐渐增加, $0\sim 4\text{ V}$ 下,液晶分子不发生突变; $4\sim 6.3\text{ V}$ 时,液晶分子发生突变,但是向相反

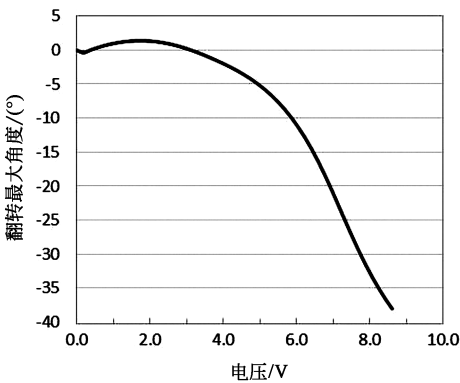


图 14 面板 d 电极末端不同电压的液晶分子模拟最大突变方位角

Fig.14 Simulated maximum azimuth mutation angle of Panel d at different voltages

方向偏转角度较小,即在 $0 \sim 6.3 \text{ V}$ 时不发生 Trace Mura; 大于 6.3 V 时,突变角度大于 15° ,与实验 1 的高电压灰阶下发生 Trace Mura 相符,说明在较大的液晶突变偏转角度时,更容易发生 Trace Mura。

6 结 论

本文通过对比 5 种不同像素设计的 ADS 液晶面板的按压划痕,得到了像素条状电极末端设计、条状电极间距设计、驱动电压对 Trace Mura 的影响:

对于 Trace Mura 风险的防范设计,在考虑像素电极末端设计时,弧角设计优于切角设计,切角

设计优于开口设计;像素条状电极的间距越小,Trace Mura 风险越小;Trace Mura 需要在高灰阶电压下(即较大的液晶偏转角度)按压划动液晶面板才能发生;发生 Trace Mura 的液晶面板可以通过降低液晶面板的电压灰阶来消除按压痕迹^[1,8]。

本文模拟了 L255 电压下像素电极末端的液晶分子状态。在末端的液晶分子方位角会发生突变,向相反方向偏转角度越大,Trace Mura 风险越大,以现有模拟数据认为,模拟偏转角度在 15° 以上,有 Trace Mura 风险。该方法与实验有较好的符合,为以后产品开发时,通过模拟分析评判 Trace Mura 风险提供了参考依据。

参 考 文 献:

- [1] 马群刚. TFT-LCD 原理与设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2011: 216-255.
MA Q G. *Principle and Design of TFT LCD* [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2011: 216-225. (in Chinese)
- [2] 刘同海, 高章飞, 孙国防, 等. ADS 模式 TFT-LCD 的显示原理研究[J]. 电子世界, 2017(20): 33-34.
LIU T H, GAO Z F, SUN G F, *et al.* Research on display principle of ADS TFT-LCD [J]. *Electronics World*, 2017(20): 33-34.
- [3] YOU J, JIA Q, YANG Y F, *et al.* P-103: Improvement of dark state light leakage in ADS mode LCDs [J]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 2015, 46(1): 1544-1547.
- [4] 熊奇, 毕芳, 王耀杰, 等. TFT-LCD 黑 Gap 分析及改善研究[J]. 液晶与显示, 2018, 33(7): 568-574.
XIONG Q, BI F, WANG Y J, *et al.* Research and improvement of TFT-LCD black gap [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2018, 33(7): 568-574. (in Chinese)
- [5] 桑胜光, 车晓盼, 王嘉黎, 等. 高 PPI ADS 产品白 Mura 不良产生原理及改善研究[J]. 液晶与显示, 2016, 31(5): 435-441.
SANG S G, CHE X P, WANG J L, *et al.* Principle and improving research of white Mura defect in high PPI ADS product [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2016, 31(5): 435-441. (in Chinese)
- [6] 肖洋, 周鹏, 闫润宝, 等. TFT-LCD Stage Mura 的研究与改善[J]. 液晶与显示, 2017, 32(4): 269-274.
XIAO Y, ZHOU P, YAN R B, *et al.* Research and improvement of TFT-LCD Stage Mura [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2017, 32(4): 269-274. (in Chinese)
- [7] 毕昕, 丁汉. TFT-LCD Mura 缺陷机器视觉检测方法[J]. 机械工程学报, 2010, 46(12): 13-19.
BI X, DING H. Machine vision inspection method of Mura defect for TFT-LCD [J]. *Journal of Mechanical Engineering*, 2010, 46(12): 13-19. (in Chinese)
- [8] 张鹏, 马婷婷, 杨叶花, 等. 液晶显示器 Mura 缺陷及测量方法浅析[J]. 电子测试, 2017(6): 50-52.
ZHANG P, MA T T, YANG Y H, *et al.* Mura defect and measurement method of liquid crystal display [J]. *Electronic Test*, 2017(6): 50-52. (in Chinese)
- [9] 刘毅, 郑学仁, 王亚南, 等. MATLAB 在 TFT-LCD 屏显示 MURA 缺陷检测的应用[J]. 液晶与显示, 2007, 22(6): 731-736.
LIU Y, ZHENG X R, WANG Y N, *et al.* Application of MATLAB in TFT-LCD's MURA defect detection [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2007, 22(6): 731-736. (in Chinese)

- [10] 佟泽源, 韩锐, 龙斌, 等. 泡棉压缩对液晶模组漏光的影响分析[J]. 液晶与显示, 2017, 32(8): 601-606.
TONG Z Y, HAN R, LONG B, *et al.* Effect analysis of foam compression on the light leakage of LCD module [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2017, 32(8): 601-606. (in Chinese)
- [11] 解会杰, 穆树祥, 范志新. 降低小尺寸液晶显示模组漏光不良[J]. 现代显示, 2010, 21(11): 23-26.
XIE H J, MU S X, FAN Z X. Reduce the light leakage of small size TFT-liquid crystal display modules in production [J]. *Advanced Display*, 2010, 21(11): 23-26. (in Chinese)
- [12] 李兴华, 暴军萍, 徐兵, 等. 液晶显示器模组黑态均匀性改善研究[J]. 液晶与显示, 2018, 33(4): 271-276.
LI X H, BAO J P, XU B, *et al.* Improvement research of TFT-LCD module black uniformity [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2017, 33(4): 271-276. (in Chinese)
- [13] 见帅敏, 解洋, 夏高飞, 等. TFT-LCD 边角漏光不良机理分析及改善研究[J]. 液晶与显示, 2017, 32(6): 455-460.
JIAN S M, XIE Y, XIA G F, *et al.* Analysis and improvement of TFT-LCD edge light-leaking mechanism [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2017, 32(6): 455-460. (in Chinese)
- [14] SHAO X B, LIAO Y P, WANG F F, *et al.* 81-1: *Invited Paper*: ADS wide viewing angle TFT-LCD manufacturing for TV products [J]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 2016, 47(1): 1087-1090.

作者简介:



李晓吉(1989—), 女, 湖北襄阳人, 高级研究员, 2015 年于河北工业大学获得硕士学位, 主要从事 Cell 设计方面的工作。E-mail: lixiaoji@boe.com.cn