

文章编号:1007-2780(2018)04-0277-08

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

林鸿涛^{1*}, 陈曦¹, 庄子华¹, 赖意强¹, 袁剑峰², 邵喜斌³

(1. 福州京东方光电科技有限公司, 福建 福州 350300;

2. 重庆京东方光电科技有限公司, 重庆 400714; 3. 京东方科技集团股份有限公司, 北京 100176)

摘要:为了解决 TFT-LCD 的线残像不良, 对信号线与公共电极之间的电压耦合的大小和影响因素进行了研究。利用金属熔接技术, 测量了屏内公共电极电压在信号线电压作用下发生的耦合畸变的大小, 并将其与线残像的严重程度进行了对比。同时通过对不同的影响因素, 即版图设计、信号线电压及反转方式、TFT 工艺流程、TFT 膜质调整分别进行了研究和测试。结果显示信号线和公共电极及绝缘层构成了 MIS 结构的电容, 电容容值的变化导致的公共电压耦合程度与线残像的严重程度呈现明显的对应关系。通过改变非晶硅半导体层的介电常数或者尺寸设计, 可以减小信号线与公共电极间的寄生电容(包括信号线金属与公共电极线金属的交叠电容和信号线与像素公共电极间的侧向电容), 降低公共电极电压的耦合程度, 改善线残像不良。其中提高信号电压转换频率和用紫外光照射半导体层的改善效果最为明显, 耦合电压分别下降了 55% 和 62%, 线残像的消失灰阶从 L172 或更高转变为低于 L127。研究成果对于大尺寸、高分辨率、高亮度、低功耗的 TFT-LCD 产品的设计和性能改善, 有着重要的指导和参考意义。

关键词:公共电极电压畸变; 交叠和侧向电容; 介电常数; 线残像

中图分类号:TN141 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20183304.0277

Influencing factors of TFT-LCD common voltage on the coupling of signal voltage and the relationship with line image sticking

LIN Hong-tao^{1*}, CHEN Xi¹, ZHUANG Zi-hua¹, LAI Yi-chiang¹,
YUAN Jian-feng², SHAO Xi-bin³

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

2. Chongqing BOE Photoelectric Technology Co. LTD, Chongqing 400714, China;

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

Abstract: In order to solve the line image sticking issue of TFT-LCD, the data of coupling voltage between the data lines and the common electrode as well as the influencing factors were studied. By using metal welding technology, the common voltage (V_{com}) distortion induced by signal voltage was measured and compared with the severity of the line image sticking. At the same time, the different influencing factors such as the mask design, the amplitude and frame change frequency of the signal, the TFT process and the adjustment of the film characters were studied respectively. The results

收稿日期:2017-12-06; 修订日期:2018-01-17.

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

showed that the change of the stray capacitance between the data lines and common electrode caused the V_{com} distortion, which is corresponding to the line image sticking. Altering the permittivity or dimensions of the amorphous silicon layer can decrease the stray capacitance (including the overlap capacitance between the data lines and common voltage lines, and the side capacitance between the data lines and the common electrode within the pixels), so the V_{com} distortion can be lowered and the line image sticking improved. Among the solutions, rising the frame change frequency or irradiating the amorphous silicon layer with UV have the best results, which the V_{com} distortions were fallen down by 55% and 62%, and the gray level that the line image sticking vanished was turned down from L127 to below L127. The research achievements could be the important guide and reference to the new TFT-LCD with large size, high resolution, high brightness and low power consumption.

Key words: common voltage distortion (V_{com} distortion); overlap and side capacitance; permittivity; line image sticking

1 引言

随着薄膜晶体管液晶显示器(TFT-LCD)在电视、手机、笔记本电脑、显示器等领域的广泛应用,人们对液晶显示产品的显示品质不断地提出了更高的要求,高分辨率、高色域、响应速度快、宽视角、画面稳定等都是新技术和新产品的研发方向和重点。以平面内开关显示模式(IPS: In-plane Switching)和高级超维开关显示模式(ADS: Advanced Super Dimension Switching)为代表的 TFT-LCD,以其在大屏幕,高分辨率下的高透过率和宽视角特点,已被广泛地应用在高端产品上^[1]。

TFT 面板是矩阵式有源驱动器件,信号线、栅极线和公共电极线(V_{com} : common voltage)纵横交错,中间通过无机绝缘膜层隔断,双层金属和中间的绝缘层构成了寄生电容(包括交叠电容和侧向电容)。寄生电容导致不同金属线上的电压信号产生耦合,从而偏离了设定值。在各种电容中,影响最大的是信号线电压和公共电极电压形成的电容 C_{dc} ,当信号线电压发生突变时,公共电极电压的电位也随之变化,然后在外电路输入的直流公共电极电压作用下逐渐恢复到设定位置。公共电极电压受信号线电压影响而产生偏离并逐渐恢复的现象,称之为公共电极电压畸变(V_{com} distortion)。

公共电极电位由于随信号线电压变化而变化,不能形成稳定的直流,严重时会导致画面偏绿和闪烁不良^[2-5]。除此之外,我们还发现它与液晶屏的线残像不良有着密切的关系,因此,研究公共电极电压畸变的影响因素,以及它导致线残像产

生的机理,成为一个重要的课题。

2 公共电压电容耦合的分析方法

2.1 公共电压耦合的测试方法

为了研究公共电极电压的变化情况,我们采用金属熔接(Welding)技术,将公共电极线与信号线(该信号线的信号输入已事先切断)连接起来,利用电路板上已有的信号线测试点,来观测公共电极电压在不同条件下畸变的波形和振幅(参见图 1)。除特殊声明的实验画面外,本文所使用的显示画面均为黑白棋盘格(Chess 图形),以公共电极电压波动的最大幅值作为评价标准。

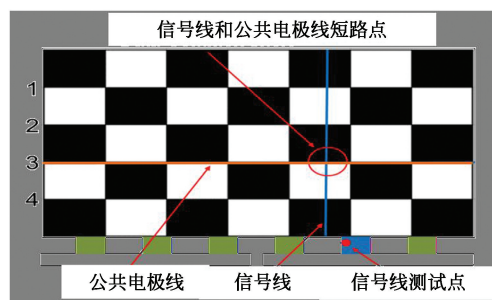


图 1 金属熔接实验测试公共电极电压畸变示意图

Fig.1 Schematic of measuring the V_{com} distortion by using metal welding technology

2.2 影响公共电压耦合的因素

根据大量的实验结果,我们总结归纳出明显影响公共电极电压畸变幅值的四大因素:版图设计、电路驱动、工艺流程、TFT 膜质调整。其本质均是改变信号线金属与公共电极线金属或像素公

共电极形成的寄生电容 C_{dc} 的大小。版图设计和工艺流程主要影响的是 C_{dc} 的几何尺寸的变更,而电路驱动和 TFT 膜质调整涉及的是电容介质的介电常数 ϵ 的变化。

3 公共电压耦合和线残像产生的影响因素与机理分析

3.1 版图设计

3.1.1 公共电极线与信号线间的寄生电容值设计

公共电极电压畸变是通过寄生电容 C_{dc} 受到信号线电压变化的耦合作用而产生的,作用程度的高低与屏内参与耦合的 C_{dc} 的大小和数量成正比。下面的实验结果显示了公共电极电压畸变与施加信号的信号线数量的关系(参见图 2 和表 1)。



图 2 施加信号的信号线数量与公共电极电压畸变幅值关系的测试实验

Fig.2 Experiment for studying the relation of the signal lines and V_{com} distortion

表 1 施加信号的信号线数量与公共电极电压畸变幅值关系的实验结果

Tab.1 Result of the experiment for studying the relation of the signal lines and V_{com} distortion

信号线		A 产品		B 产品	
信号线数量	比例关系	幅值	比例关系	幅值	比例关系
300	0.3	19.2	0.5	11.72	0.4
600	0.6	29.7	0.7	19.32	0.7
960	1	42	1.0	27.64	1.0
1 920	2	71.7	1.7	51.8	1.9
2 880	3	112.2	2.7	78.48	2.8
3 840	4	161.7	3.9	104.76	3.8
4 800	5	214.2	5.1	132.36	4.8
5 760	6	242.7	5.8	157.88	5.7

我们采用的是京东方集团(BOE)生产的常黑模式的 ADS 显示模组,按照图 2 所示制作在黑色背景下的白框图形,白框的宽度从低到高变化。随着白框范围的加大,更多的信号线施加了从暗到亮的电压变化,即参与电容耦合的 C_{dc} 增多,从表 1 中可以看到公共电极电压畸变的幅值也随之增高,并且信号线数量的增加和公共电极电压畸变的幅值的增高基本上是等比例变化的。

我们在另外的实验中,通过减小公共电极线和信号线的宽度,减小交叠面积,增大信号线与像素公共电极的距离,降低 C_{dc} ,此时测量其公共电极电压畸变的幅值也随之减小。

为了保证 TFT 基板的导电良好,必须要保证金属线具有一定的宽度,否则有严重的信号衰减甚至开路的危险。但随着 TFT-LCD 产品的分辨率越来越高, C_{dc} 导致的公共电极电压畸变在明显加剧。

3.1.2 V_{com} 补偿线路设计

改善公共电极电压畸变的另一个思路,是通过设计合理的公共电极电压补偿线路^[6],稳定屏内公共电极电压,抑制公共电极电压受其它信号的耦合而产生的波动。补偿线路的设计原理是从屏内的公共电极引出一条线路(称为公共电极电压反馈: V_{com} feedback),将屏内实际的公共电极电压信号传输给控制器,控制器相应地产生并放大负反馈信号,由另外的公共电极电压补偿线路送入屏内,从而达到稳定公共电极电压的作用。

使用不同厂家的 IC 和选取不同的放大倍数,对于公共电极电压畸变有一定的影响作用,但在版图设计里也要考虑公共电极电压补偿线路的设计,这对于大尺寸显示器是非常重要的。



图 3 带有公共电极电压补偿线路的 TFT 版图设计示意图

Fig.3 Schematic of TFT mask design with V_{com} compensation

下面的实验证明了,采用不同的公共电极电压补偿线路,对公共电极电压畸变的影响是很大的。

图 3 是 C 款产品的版图设计示意图,图中绿线表示公共电极电压的网状设计,蓝线表示公共电极电压反馈线路,左右两侧的红线表示公共电极电压的补偿线路设计。本产品共有四对公共电极电压补偿线路连入屏内不同位置的公共电极网络中。我们的实验是逐一切断公共电极电压补偿线路,观察屏内部的公共电极电压畸变的幅值是否发生变化。

表 2 公共电极电压补偿线路的数量与公共电极电压畸变的幅值的关系的实验结果

Tab.2 Result of the experiment for studying the relation of the V_{com} compensation lines and V_{com} distortion

补偿线路状态	Distortion 幅值
未切断公共电极电压补偿线路	130
切断一对公共电极电压补偿线路	148
切断两对公共电极电压补偿线路	155
切断三对公共电极电压补偿线路	165
切断四对公共电极电压补偿线路	171

表 2 的结果显示,随着公共电极电压补偿线路的减少,公共电极电压畸变的幅值依次增大,由此证明了公共电极电压补偿线路对降低公共电极电压畸变起到了明显的作用。

3.2 电路驱动

3.2.1 信号线电压的影响

信号线电压的变化引起公共电极电压畸变,信号线电压变化的大小是公共电极电压耦合程度的直接决定因素^[7]。灰阶越高,信号线电压变化越大,公共电极电压畸变越严重,结果参见图 4。

3.2.2 信号线反转频率的影响

为了防止液晶分子极化,TFT-LCD 的信号线电压采用交流驱动。电压反转频率可分为帧反转和点反转,帧反转频率最低,1 dot 反转的频率最高^[8](参见图 5)。通过实验我们发现,信号线极性反转的频率越高,公共电极电压畸变的幅值越小(参见表 3)。相比较一帧才反转一次的信号线驱动方式,如果采用扫描一行就反转(即 1 dot 反转)或者扫描两行就反转(即 2 dot 反转),公共

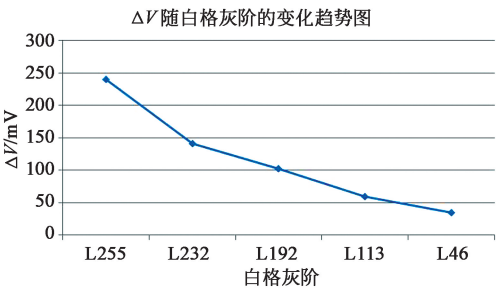
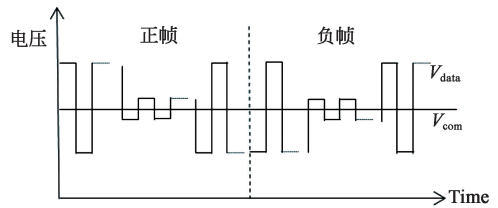


图 4 信号线电压与 V_{com} distortion 幅值的关系

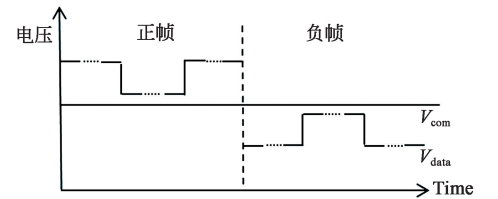
Fig.4 Relation of the signal voltage and V_{com} distortion

电极电压畸变的幅值就会明显减小。



(a)点反转

(a)dot reverse



(b)帧反转

(b)frame reverse

图 5 信号线电压反转方式示意图

Fig.5 Schematic of signal reverse mode

表 3 信号线反转方式与 V_{com} distortion 幅值关系的实验结果

Tab.3 Experiment result of the relation of signal reverse mode and V_{com} distortion

单列信号线电压反转方式	Distortion 幅值
帧反转	240
2 dot 反转	112
1 dot 反转	108

这种变化可以用德拜公式来解释^[9]。德拜公式反映了电介质的介电常数与所加电场的角频率及松弛时间的关系。

$$\epsilon_r(\omega) = \epsilon_x + [\epsilon(0) - \epsilon_x] / (1 + i\omega\tau), \quad (1)$$

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; $\epsilon(0)$ 是介质静态介电常数; ϵ_∞ 是角频率 $\rightarrow \infty$ 时的介电常数。

$$\epsilon_r'(\omega) = \epsilon_x + [\epsilon(0) - \epsilon_x] / (1 + \omega^2 \tau^2). \quad (2)$$

随着介质所加的电压的频率 f 增高,其角频率 ω 也升高,介电常数 ϵ_r' 降低,电容减小, C_{dc} 减小,导致畸变的幅值减小。但是在同样高频反转条件下,1 dot 反转方式下的公共电极电压畸变与 2 dot 反转方式下的公共电极电压畸变是相近的,不是非常符合频率与公共电极电压畸变的关系,推测可能在升高频率的同时,信号的传输和衰减上的差别变得相对明显了。有关的详细内容将在专门的文章中讨论。

提高信号线的反转频率虽然可以显著降低公共电极电压畸变的幅值,但功耗也大幅提升,因此使用场合受到限制。

3.3 工艺流程

这里所说的工艺流程,指的是 Array 采用几道光刻工艺来制作 TFT 基板。随着半曝光 (HTM; Halftone mask) 技术的普及,越来越多的 TFT 产线都尽可能地减少曝光 (Mask) 次数以提高产能和降低成本。对于 ADS 产品,早先执行的是 6 次光刻工艺,即(1)制作像素公共电极的第一层透明金属电极 (ITO) 图形;(2)制作金属栅线 (含公共电极线) 图形;(3)制作半导体层 (即有源层: active 层) 的硅岛图形;(4)制作信号线及 TFT 图形;(5)制作过孔图形;(6)制作像素显示电极的第二层透明金属电极 (ITO) 图形。现在普遍使用 5 次光刻工艺,即将第 3 次和第 4 次光刻合在一次光刻过程中完成;甚至使用 4 次光刻工艺,即在 5 次光刻工艺的基础上,将第 1 次和第 2 次光刻合为一次光刻过程。光刻工艺的减少,首先出现了金属线两侧有更宽的硅边 (active tail) 和 ITO 边 (ITO tail) 的现象;其次,由于信号线下方保留了半导体层,信号线、半导体层、绝缘层、栅线形成了金属-绝缘体-半导体 (MIS) 结构,其交叠电容是一个复合电容。

$$\frac{1}{C_{dc}} = \frac{1}{C_0} + \frac{1}{C_s}, \quad (3)$$

其中: C_s 是半导体介质电容, C_0 是绝缘介质电容,它们串联形成了复合电容 C_{dc} 。

当前主流的 TFT-LCD 的半导体有源层 (active 层) 是通过等离子体放电沉积的掺氢非晶

硅。在光照条件下,它的载流子受到能量的激发,整体的 Fermi 能级升高,进入导带的载流子增多,导电性增强,介电常数 ϵ 变大。因此随着光照的增强,半导体电容 C_s 在增大,导致复合电容 C_{dc} 增大;而且由于存在硅边 (active tail),随着背光源的亮度的增加,有源层的导电性增强,趋向于导体,相当于信号线和公共电极间的间距大大缩小,因此侧向电容明显增大^[10]。从图 6 结果可知,随着背光源的亮度提高,公共电极电压畸变的幅度在增大。

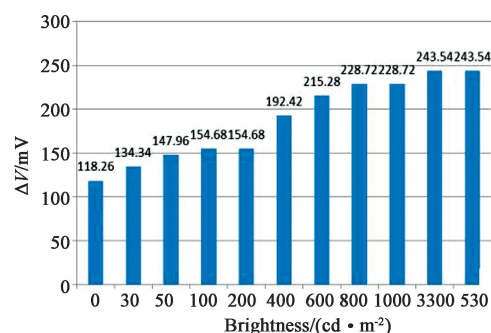


图 6 背光源亮度变化与 V_{com} distortion 幅值的关系

Fig. 6 Relation of the backlight brightness and V_{com} distortion

作为对比,我们又选取了一款采用将半导体有源层硅岛图形和信号线及 TFT 图形分开制作的工艺制成的产品,测试在有无背光源照射条件下的公共电极电压畸变是否有变化,参见图 7。采用 0+4 mask 工艺时,半导体层保留在信号线下方,和绝缘层共同形成 MIS 结构的复合电容;采用 0+5 mask 工艺时,半导体层会被去除掉,只剩下绝缘层电容。

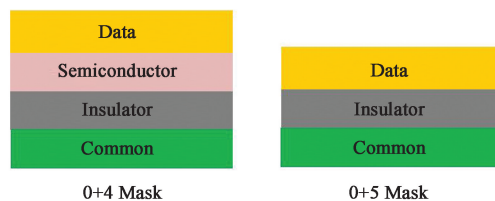


图 7 信号线下方有无半导体层的截面示意图

Fig. 7 Schematic of the section of the data line with/without amorphous silicon layer

测试结果显示,与使用 0+4 mask 工艺的样品不同,对于使用 0+5 mask 工艺的样品,不论背光源开启或者关闭,公共电极电压畸变无差异,说明没有

了半导体层的寄生电容是恒定的,不受光照影响。

3.4 TFT 膜质调整

导致公共电极电压畸变的是交叠电容 C_{dc} 。因此通过膜质变更,改变电容介质的介电常数^[6],减小它对光照的敏感性,就可以有效地降低畸变^[2]。

因为寄生电容 C_{dc} 的介质是由绝缘层薄膜、半导体层薄膜、欧姆接触层薄膜共同组成的,因此改变其中任何一个或几个薄膜的成份或性质,都可以改变电容大小。我们在 D 款产品上进行实验,尝试了两种改变介质介电常数的方法,一种是通过改变反应气体的比例来改变绝缘层的性质;另一种是通过 UV 光照射半导体层,产生更多的 Si:H 悬挂键和缺陷,降低了半导体层的电子寿命和密度,降低了介电常数 ϵ ^[11-12],如表 4。

表 4 电容介质性质调整与 V_{com} distortion 幅值的变化关系

Tab.4 Relation of the adjustment of the film characters and V_{com} distortion

膜质改变方式	Distortion 幅值
不改变	186
改变成膜气体比例	144
UV 光照射半导体层	71

改变薄膜性质的方法很多,但膜层性质与 TFT-LCD 的器件性能密切相关,需要考虑对各方面产生的影响,综合评价。更多的实验和机理分析仍然在进行中。

3.5 V_{com} distortion 与线残像的关系

3.5.1 实验结果

残像是显示器件普遍存在的重大缺陷之一。当长时间显示固定的、有不同灰阶差别的画面的情况下,显示器会形成固定的亮度差异,称为残像^[3]。残像分为面残像和线残像,而公共电极电压畸变与线残像有着非常紧密的联系^[13]。公共电极电压畸变越大,线残像越严重。通常都采用图 1 的黑白棋盘格图形在一定的时间内来产生残像,然后在不同灰阶画面下通过残像的明显程度来评价残像的严重程度。多数公司的评价起始灰阶选择 L127,即中间亮度的灰阶,如果能看到残像图形,就调高灰阶,直至看不到残像图形为止,所谓消失灰阶就是看不到残像图形的最高灰阶。

如果 L127 下就看不到残像,就认为没有残像不良(部分公司会将 L63 作为起始灰阶观察残像)。

图 8 表示了在灰阶 L127 下观察,由于公共电极电压耦合造成的线残像的基本形状。

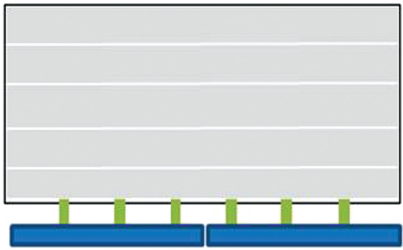


图 8 公共电极电压畸变导致的线残像示意图

Fig.8 Schematic of the line image sticking induced by V_{com} distortion

表 5 公共电极电压畸变和线残像水平的关系 (24 h 的残像观察结果, 5×7 棋盘格图形, Gray Level 越高表示线残像越明显)

Tab.5 Relation of V_{com} distortion and line image sticking (the result after aging 24 h, 5×7 chess pattern, the higher the Gray Level means line image sticking more obvious)

No.	V_{com} distortion/mV	Line I/S Gray Level
Sample 1	83	$\leq L127$
Sample 2	222	L153
Sample 2	280	L172

对照表 5 内公共电极电压畸变的程度和线残像的严重程度,两者呈现明显的对应关系。当通过采取措施,将公共电极电压畸变从 280 mV 下降到 83 mV 时,线残像的水平也从消失灰阶 L172 下降到 L127 以下(在 L127 下已经看不到线残像了)。

3.5.2 机理解释

如前文所述,信号线与公共电极间的寄生电容导致了公共电极电压畸变,公共电极的电位偏离了设定值。如果这种偏离现象不能在一行的扫描时间内恢复,则像素上充电的电荷量也必然偏离了正常值(充电的电荷量是由 TFT 充电能力、信号线电位、公共电极电位三者共同决定的,当前两者固定时,公共电极电位的高低决定了像素电荷量的多少)。如果正帧和负帧

所引起的公共电极电压畸变不同(实际上由于信号线电压不同,公共电极在正帧和负帧时的畸变程度是不同的,我们对此将有专门的文章说明这一点),则像素的正帧和负帧的充电量也不同,两者是不对称的,因此导致直流偏置,造成可动电荷的定向积聚,长时间积累而引起线残像。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。

4 结 论

伴随着 TFT-LCD 产品的分辨率的逐步升高,信号线和公共电极之间的寄生电容越来越大,由于电压耦合产生的公共电极电位偏离现象也越来越严重,直接的后果就是线残像越来越明显。信号线和公共电极及绝缘层构成了 MIS 结构的

电容,该电容的容值与半导体层受到的光照强度、光通量和信号线电压大小及反转频率相关。其中提高信号线反转频率的影响最为明显,能使耦合电压下降 55%(240 mV $\rightarrow$ 108 mV)。TFT 膜质的变更对降低公共电极电压畸变是本质上的影响,例如通过 UV 光照改变半导体层的介电常数,可以将耦合电压降低 62%(186 mV $\rightarrow$ 71 mV),线残像的消失灰阶也可以从 L172 改善到 L27 下不可见。但膜质改善涉及到显示器件光学和电学的多方面性能。不同工艺流程形成的硅边和 ITO 边不同,因此公共电极电压畸变的程度也不同。以上提到的工作仍然在继续细致深入地实验分析中,相关的数据和结论会逐步发表。这些研究成果对于大尺寸、高分辨率、高亮度、低功耗的 TFT-LCD 产品的设计和性能改善,有着重要的指导和参考意义。

参 考 文 献:

- [1] SHEEDY J E. VDTs and vision complaints: A survey [J]. *Information Display*, 1992, 8(4/5): 20-23.
- [2] ISENSEE S H, BENNETT C A. The perception of Flicker and Glare on computer CRT displays [J]. *Human Factors*, 1983, 25(2): 177-184.
- [3] 马群刚. TFT-LCD 原理与设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2011.
MA Q G. Principle and Design of TFT-LCD [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2011. (in Chinese)
- [4] 戴亚翔. TFT LCD 面板的驱动与设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.
DAI Y X. *Design and Operation of TFT LCD Panels* [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2008. (in Chinese)
- [5] 田民波, 叶锋. TFT 液晶显示原理与技术[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
TIAN M B, YE F. *Principle and Technology of TFT Liquid Display* [M]. Beijing: Science Press, 2010. (in Chinese)
- [6] 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.
LIAO Y P, SONG Y Z, SHAO X B, *et al.* *Thin Film Transistor Liquid Crystal Display* [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2016. (in Chinese)
- [7] 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.
YANG H, TANG Z Y, LING Z H, *et al.* Design of driving circuit for VGA TFT LCD [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2001, 16(1): 52-58. (in Chinese)
- [8] 杨虹, 王刚. TFT 液晶显示屏驱动方法的研究[J]. 微电子学, 2000, 30(1): 39-42.
YANG H, WANG G. A study on driving techniques for thin-film-transistor liquid crystal display [J]. *Microelectronics*, 2000, 30(1): 39-42. (in Chinese)
- [9] 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)
- [10] ZHUANG Z H, YANG X Y, CHEN X, *et al.* Influence of illumination on Vcom distortion[S]. Society for Information Display, 2018: 150.
- [11] ZHAOY 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.
- [12] 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.
- [13] 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)

作者简介:林鸿涛(1970—),男,吉林长春人,1993年毕业于中国科技大学,获得理学学士学位,现为京东方科技集团 Panel 开发中心高级专家,主要从事 TFT-LCD 产品不良解析方面的研究。E-mail: linhongtao@boe.com.cn