

文章编号:1007-2780(2019)05-0501-07

小尺寸 TFT-LCD GOA 显示屏不良横纹的研究

高英强*, 陈华斌, 李兴亮, 刘 洋, 宋勇志

(北京京东方显示技术有限公司 工艺开发部, 北京 100176)

摘要:随着 GOA(Gate On Array)技术的不断发展,在小尺寸 TFT-LCD 窄边框显示屏上的应用也越来越频繁,但是由于 GOA 电路的复杂性和 TFT 器件自身的稳定性,以及外界温度、湿度的影响,显示屏还存在显示不稳定的问题。本文针对小尺寸 TFT-LCD GOA 显示屏在高温高湿环境下产生的异常显示横纹,进行了深入分析与改善研究。通过对 GOA 区域 ITO 过孔电阻测试、显微镜检查以及修复实验验证,找出了不良产生的直接原因为 ITO 发生腐蚀,过孔电阻增大,导致 GOA 驱动信号无法上下导通。接着进一步研究 ITO 腐蚀发生的条件、ITO 腐蚀情况、驱动信号对应关系以及腐蚀成分,证明了 ITO 发生腐蚀原因为产品长期工作(200 h 左右)在高温高湿环境下,由于水分的不断渗入,使 GOA 区域 ITO 发生了电化学腐蚀效应。最后根据电化学腐蚀原理,通过采用隔水性强的封框胶、增加 ITO 膜厚以及降低 ITO 电位差等措施对工艺进行了改善,结果表明改善后的显示屏超过 1 000 h,未发生 ITO 腐蚀。

关键词: TFT-LCD; 窄边框; GOA; ITO 电化学腐蚀; 横纹不良

中图分类号: TN27 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20193405.0501

Horizontal stripes defect of small size TFT-LCD GOA panel

GAO Ying-qiang*, CHEN Hua-bin, LI Xing-liang, LIU Yang, SONG Yong-zhi

(Process Department, Beijing BOE Display Technology Co., Ltd., Beijing 100176, China)

Abstract: With the development of GOA technology, more and more GOA unit has been applied to small size TFT-LCD product. However, the display screen has an unstable display problem which is ascribed to the complicated GOA circuit configuration, characteristics and environmental factors such as temperature and humidity. In this paper, a horizontal stripes defect caused by GOA in display was deeply researched and the improving methods were given. This unusual phenomenon was related to corrosion of ITO in the GOA unit which induced ITO resistance to be too large and eventually the drive signal can't be output normally. Further research found that the electrochemical reaction would take place on ITO due to the continuous infiltration of water vapor through the GOA area in the high temperature and high humidity environment. Finally, according to the principle of electrochemical corrosion, the method of using water-repellent sealant was put forward, meanwhile the adjustment of increasing of the ITO's thickness and decreasing of the potential difference prevent corrosion of ITO in GOA, which made the product's working time increase from 200 h to 1 000 h.

收稿日期:2019-01-07; 修订日期:2019-02-22.

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

Key words: TFT-LCD; slim border; GOA; electrochemical corrosion of ITO; horizontal stripes defect

1 引言

近年来,随着 TFT-LCD 显示技术的发展,窄边框显示屏因其简洁、美观、相同尺寸可视面积大等优点,已成为高品质显示屏发展的主要趋势,特别是小尺寸显示屏,对窄边框的要求越来越高,GOA(Gate On Array,阵列基板行驱动)技术的应用也更加频繁^[1]。GOA 技术是利用液晶显示面板的阵列制程将栅极驱动电路制作阵列基板上,实现对栅极逐行扫描的驱动方式,可以省掉单独的栅极驱动集成电路部分,不仅降低显示器件材料成本和制作成本,而且减小面板的边框设计,更加符合显示面板的发展趋势^[2-4]。

但是由于 GOA 技术是 TFT 器件的组合设计,伴随着阵列基板工艺一起制作完成,而且 GOA 驱动电路结构复杂,一方面受阵列基板制造工艺的影响,存在不良缺陷的问题,另一方面又受到 TFT 器件自身不稳定性以及外界环境条件的影响,结果经常会导致 TFT-LCD 显示屏在使用过程中因 GOA 驱动问题产生显示异常的问题,因此,如何提高 GOA 电路驱动的稳定性的成为了众多科研院和显示面板厂商们研究的热点^[5-8]。本文对小尺寸 TFT-LCD GOA 显示屏在高温高湿环境下,工作时产生的异常显示横纹不良,从产生原因、发生机理以及改善方面进行了深入的分析 and 验证,发现 GOA 电路单元中 ITO 膜层的腐蚀对 GOA 驱动电路的稳定性输出有着直接的影响。

2 横纹不良产生原因

2.1 横纹不良现象确认

小尺寸 TFT-LCD GOA 显示屏在信赖性评价高温高湿(60℃,90%RH)环境下长期运行(200 h 左右)后,出现半屏或全屏横纹的异常显示现象。宏观观察,半屏横纹表现为显示屏幕一半正常显示,一半显示出现横纹不良;全屏横纹则表现为整张屏幕都出现横纹不良。

在异常显示位置,沿水平栅极(Gate 扫描线)

方向,可见间隔规律的呈周期性分布的亮暗线。本实验研究产品为 9.6 HADS 显示屏,分辨率为 1 280×800,常黑显示模式。图 1 所示为显示屏半屏横纹不良的一种现象,异常显示位置 3 行亮,1 行暗,呈周期性规律分布。这是因为该产品 GOA 设计采用双边 8 CLK 交错驱动,其中每 2 个 CLK 控制一组 GOA 单元,共有 4 组 GOA 单元,故当 1 组 GOA 单元中某一个 GOA 单元信号输出异常时,导致本组其以上 GOA 单元都输出异常,从而出现上述异常显示现象。若输出异常的 GOA 单元为起始单元时,则会产生全屏横纹不良。



图 1 半屏横纹不良现象

Fig.1 Abnormal display on the half screen

2.2 横纹不良原因分析

GOA 单元输出端信号检测:不良样品点亮后,在 L63 灰阶画面下,确认异常显示起始位置为第 A 个 GOA 单元控制的 Gate A 行(A=1,2, ..., 1 280,代表第 A 行 Gate 扫描线),接着用示波器对比测试异常 GOA 单元和正常 GOA 单元输出端信号,测得正常 GOA 单元输出端最高点电压为 20.01 V,最低点电压为 -7.21 V;而异常 GOA 单元最高点电压仅为 -5.94 V,最低点电压为 -7.69 V;由测试结果可知,异常 GOA 单元输出端最高电压为负值,所以无法开启本行 GOA 控制的每个像素 TFT 开关,无法进行充电,从而导致整行像素都发暗。

光学 & 扫描电子显微镜检查:对不良样品剖屏后,在光学显微镜下(20×)观察异常 GOA 区域,发现 GOA 区域大部分 ITO 连接单元的边

缘都发生了不同程度的腐蚀,ITO 腐蚀严重的单元有栅极启动信号(STV)输出孔、关断电压(V_{ss})信号输出孔,输入(Input)信号连接孔,重置(Reset)信号连接孔,以及输出(Output)信号连接孔等位置,这些腐蚀严重的 ITO 单元,用扫描电子显微镜进一步检查,可见不仅 ITO 单元边缘部分发生了严重腐蚀。而且过孔内 ITO 边缘内也同样发生了严重腐蚀。我们推测这些腐蚀严重的 ITO 过孔是导致 GOA 信号无法正常导通的直接原因。图 2 所示为 GOA 单元腐蚀严重 ITO 连接单元。

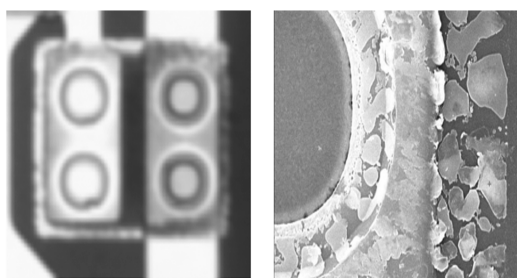


图2 腐蚀 ITO 单元。(a)光学显微镜检查结果;(b)扫描电子显微镜检查结果。

Fig.2 Corroded ITO unit . (a) Corroded ITO under optical microscope; (b) Corroded ITO under scanning electron microscope.

ITO 过孔电阻测试:分别选取异常和正常 GOA 单元中连接 V_{ss} 、STV、Output、Reset 信号端 4 处腐蚀严重和正常的 ITO 过孔,对比测试 ITO 电阻值。电阻测试示意图如图 3 所示,采用两个探针,一个探针接触 ITO 过孔内,另一个接触 ITO 过孔外边缘,测试方法为电压法和电流法,即通过两个探针,测得 ITO 孔内外间的电压和电流,然后再根据电阻公式 $R=U/I$ 计算出电阻值,测试结果如表 1 所示。正常 GOA 单元中 4 处信号端的 ITO 过孔电阻平均值约为 $2.03 \times 10^2 \Omega$,而异常 GOA 单元中 4 处信号端的 ITO 过孔电阻平均值约为 $9.11 \times 10^5 \Omega$,可见,腐蚀的 ITO 过孔电阻异常偏大,可能造成 GOA 信号无法上下导通,产生横纹不良。



图3 ITO 过孔电阻测试示意图

Fig.3 Diagram of resistivity test of ITO holes

表1 ITO 过孔电阻测试结果

Tab.1 Result of ITO holes' resistivity test

ITO 过孔电阻/ Ω					
信号端	V_{ss}	STV	Output	Reset	Average
异常 GOA 单元	$9.08E+05$	$9.11E+05$	$9.13E+05$	$9.11E+05$	$9.11E+05$
正常 GOA 单元	$1.92E+02$	$1.78E+02$	$2.26E+02$	$2.15E+02$	$2.03E+02$

修复实验:为了确认是 ITO 电阻偏大造成 GOA 信号无法导通,形成不良的直接原因,我们做了钨粉沉积修复实验,即用钨粉沉积在腐蚀严重 ITO 连接孔表面,达到减小过孔电阻,恢复 ITO 过孔导通性的目的。实验证明,用钨粉沉积后,点屏确认,不良现象消失,屏幕恢复正常显示,实验证明形成不良的直接原因为腐蚀后的 ITO 电阻值偏大造成。

3 横纹不良发生机理

3.1 ITO 腐蚀条件:

因为横纹不良是产品在高温高湿测试条件下工作时产生的功能性问题,直接影响着产品寿命,同时也不满足品质出货标准(信赖性 THO 测试 $\geq 1\ 000\ h$),因此为改善这个不良,找到 ITO 发生腐蚀的原因和机理尤为重要。首先,我们研究了

引起 ITO 发生腐蚀的必要条件,将温度、湿度及电信号影响因子进行分离评价,即在常温高湿给信号、高温常湿给信号、高温高湿给信号以及高温高湿不给信号 4 种不同条件下,进行了长期信赖

性测试,如表 2 所示。测试结果表明,只有在高温高湿给信号条件下,且在较短的时间内,ITO 就会发生严重腐蚀,造成横纹不良,由此可见,高温、高湿和电信号是 ITO 发生腐蚀的 3 个必要条件。

表 2 ITO 腐蚀条件测试结果

Tab.1 Result of ITO Corrosion in different condition

实验项目	投入数量/片	投入时间/h	显示情况	ITO 情况
1 常温高湿给信号	10	1 000	正常	未腐蚀
2 高温常湿给信号			正常	未腐蚀
3 高温高湿不给信号			正常	未腐蚀
4 高温高湿给信号		176~240	横纹	腐蚀

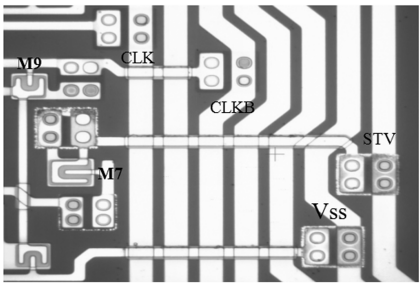
3.2 ITO 腐蚀规律

在光学显微镜下观察异常 GOA 区域 ITO 连接单元,只有 4 处保持完好,分别为时钟(CLK)信号输入连接孔、时钟(CCLKB)信号输入连接孔、CLKB 输入 TFT 模块 M9 的源栅连接孔以及 M9 和 M5 模块的漏栅连接孔位置,除以上 ITO 连接单元外,其余位置 ITO 单元均出现了不同程度的腐蚀,腐蚀严重的主要在 STV 信号输出孔以及输入 M7 模块的源栅连接孔、Input 信号输入 M1 模块的源栅连接孔、Output 信号输出连接孔以及 Reset 信号输入连接孔等位置,图 4(a)所示为部分腐蚀严重和保持完好的 ITO 单元。通过进一步对 ITO 连接单元施腐蚀情况和电信号的研究,我们发现这些 ITO 连接单元的腐蚀情况与所施加的电信号有一定的对应关系,保持完好或者腐蚀程度较轻的 ITO 连接单元,对应施加的电信号都是方波信号,而腐蚀严重 ITO 连接单元,对应施加电信号都是脉冲信号,GOA 电路单元工作时,施加的电信号波形,如图 4(b)所示。

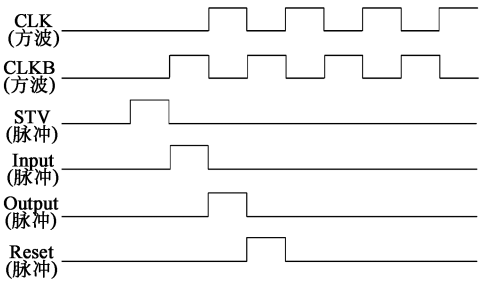
3.3 ITO 腐蚀机理

通过 ITO 连接单元腐蚀发生条件和 ITO 腐蚀规律的研究,我们认为 ITO 发生腐蚀的根本原因,产品在高温高湿环境条件下长期运行,水汽不断通过封框胶(Seal)或者聚酰亚胺(PI)膜等膜层渗入盒内,使周边区域的液晶(LC)、PI 导电能力增强,形成通路,从而使处于阴极的 ITO 发生电化学腐蚀^[9-12]。

ITO 连接单元施加电信号为方波信号时,相对脉冲信号,位于高电位,ITO 不发生腐蚀,而当



(a) 异常 GOA 单元 ITO 连接单元
(a) ITO units of abnormal GOA



(b) 驱动电压波形
(b) Oscillograph of driving voltage

图 4 ITO 连接孔腐蚀情况与驱动电信号关系
Fig.4 Relation between ITO units and driving voltage

ITO 连接单元施加电信号为脉冲信号时,相对方波信号,位于低电位,ITO 则发生腐蚀,证明 ITO 腐蚀与周边的电位有关,根据电化学腐蚀原理,推测处于低电位的 ITO 与周围的高电位 ITO 形成了电解池,处于低电位的 ITO 发生阴极腐蚀反应而被还原。反应机理推测如图 5 所示。

(1)在高温高湿条件下,水汽进入盒内,促进

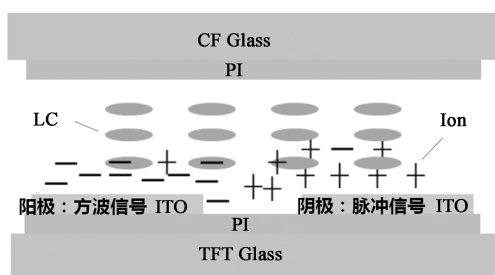


图5 ITO 腐蚀机理

Fig.5 Mechanism of ITO corrosion

周边 LC、PI 等杂质电离;

(2) 当 GOA 电路工作后,各个 ITO 上有了不同的电压,在电压差作用下,杂质离子在特定区域内移动,形成通路,阴离子往阳极 ITO 移动,阳离子往阴极 ITO 移动;

(3) 电解池反应是强制的氧化还原反应,当电压差达到阈值电压后,就会发生电解池反应;

(4) 假设阳极反应中杂质阴离子为 OH^- ,则阴极和阳极反应分别如下:

阴极反应(还原): $\text{In}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} + 6e^- \rightarrow 2\text{In} + 6\text{OH}^-$;

阳极反应(氧化): $4\text{OH}^- \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e^-$;

总反应: $\text{In}_2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{In} + 3/2 \text{O}_2$ 。

注:阳极反应中若杂质阴离子中有放电顺序优于氢氧根的,优先杂质离子反应(如氯离子等)。

3.4 ITO 腐蚀机理验证

为了证明处于低电位的 ITO 发生阴极腐蚀反应而被还原,我们用 EDS 能谱分析了被腐蚀 ITO 和正常 ITO 的元素成分,测得腐蚀 ITO 中, In 含量明显增加,从正常的 4.69% 增加到 16.56%;而 O 的含量明显减少,从 8.24% 下降到了 4.17%。由此可以证明 ITO 发生了电化学腐蚀,部分 ITO 已被还原成 In 单质。

4 改善验证及结果讨论

综上,小尺寸 TFT-LCD GOA 显示屏横纹不良直接原因为 GOA 区域 ITO 连接单元发生了腐蚀,ITO 过孔电阻变大,导致 GOA 电信号无法上下导通;而 ITO 腐蚀的根本原因为产品长期工作在高温高湿环境条件下,水汽逐渐通过封框胶

或者 PI 膜等膜层渗入盒内,使周边区域的 LC、PI 导电能力增强,形成通路,从而使处于阴极的 ITO 发生电化学腐蚀。根据电化学腐蚀机理研究,影响 ITO 腐蚀的主要因素为温度、湿度以及电位差,且存在着渐进性。因此我们可以从隔绝水汽,降低电化学反应电位差以及增加 ITO 防腐蚀能力等方面来阻止此类电化学腐蚀。

对此,我们制定了以下改善方案,并且进行了实验验证,验证结果如下:

将本产品之前采用的 SWB-73 型号封框胶变更为隔绝水汽效果较好的 SWB-21 型号封框胶。SWB-21 胶的吸水率为 2.5%,透湿率为 57 g/m² (24 h),而 SWB-73 胶的吸水率为 4%,透湿率为 90 g/m² (24 h),SWB-21 胶在隔绝水汽方面要明显优于 SWB-73 胶。样品制作完成后,投入信赖性测试,测试环境温度为 60 °C,相对湿度为 90%,在 R、G、B、L0、L63、L127 以及 L255 等 7 种显示画面不断重复切换下,检查显示屏的工作状态。测试结果显示,采用 SWB-21 胶样品,发生不良的时间为 600~720 h,而 SWB-73 胶的样品,发生不良的时间为 176~240 h,可见 SWB-21 胶的隔水性要明显优于 SWB-73 胶。实验证明采用隔水性好的封框胶,可以减少或减慢水汽进入产品,可有效降低 ITO 腐蚀作用,减缓 ITO 腐蚀时间。

在采用隔水性较好 SWB-21 型号封框胶基础上,ITO 膜厚由之前 40 nm 增加到 70 nm,最后验证样品测试超过 1 000 h 未发生不良,可见 ITO 膜厚的增加,可以有效提高 ITO 抗腐蚀作用。

在采用隔水性较好 SWB-92 型号封框胶基础上,从降低电位差出发,把低电平 V_{ss} 电压从之前的一 11 V 调整到 -8 V 后,测试样品也超过 1 000 h 都未发生不良,可见降低电位差同样可以有效降低 ITO 腐蚀作用。

通过以上方案及实验验证,可见采用隔水性好的封框胶、增加 ITO 膜厚、以及降低 V_{ss} 电位,都可以有效降低 ITO 的腐蚀作用,延缓 ITO 腐蚀时间,有效预防因 ITO 腐蚀引起的横纹不良发生。

5 结 论

本文对小尺寸 TFT-LCD GOA 显示屏长期

工作在高温高湿环境条件下产生的功能性横纹不良进行了深入的分析与改善研究,通过大量测试和实验验证,明确了不良产生的直接原因为 GOA 区域 ITO 连接单元发生了腐蚀,ITO 过孔电阻变大,导致 GOA 电信号无法上下导通。而且进一步发现了 ITO 发生腐蚀的原因和机理,即在高温高湿条件下工作时,ITO 发生了电化学腐蚀。最

后根据 ITO 电化学腐蚀的影响因素和腐蚀机理,制定并验证了有效解决该不良的改善方案,使 ITO 腐蚀发生时间从 200 h 左右延长到超过 1 000 h。该横纹不良分析与改善研究对以后小尺寸 TFT-LCD GOA 显示屏的开发设计或相似问题的解决积累了宝贵的经验,具有很大的参考价值。

参 考 文 献:

- [1] 刘亮,王向楠,赵德友,等.TFT-LCD 移动显示窄边框技术进展[J].液晶与显示,2013,28(2):228-232.
LIU L, WANG X N, ZHAO D Y, *et al.* Slim border trend of TFT-LCD mobile display panel [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2013, 28(2): 228-232. (in Chinese)
- [2] CHANG T T, HSUN C L, CHANG S M, *et al.* Gate driver on array of a display: US, 2011/0018001 A1 [P]. 2011-01-27.
- [3] CHANG L H. Gate driver on array structure and display: US, 786835 7 B2 [P]. 2011-01-11.
- [4] 杨怀伟.GOA 电路模块及其测试方法、显示面板和显示装置:中国,104503174A[P].2014-12-24.
YANG H W. GOA circuit module, testing method of GOA circuit module, display panel and display device: CN, 104503174A [P]. 2014-12-24. (in Chinese)
- [5] 刘世奎,王超,杨雪,等.液晶显示领域之 GOA 技术专利分析[J].中国发明与专利,2013(6):21-28.
LIU S K, WANG C, YANG X, *et al.* The analysis of GOA technology patent in liquid crystal display [J]. *China invention & Patent*, 2013(6): 21-28. (in Chinese)
- [6] 张小祥,顾芳霞,刘正,等.TFT-LCD 产业中 GOA 单元不良的研究[J].液晶与显示,2015,30(3):388-392.
ZHANG X X, XIE F X, LIU Z, *et al.* GOA unit defect in TFT-LCD industry [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2015, 30(3): 388-392. (in Chinese)
- [7] 刘同海,梁晓桐,高章飞,等.双侧 GOA 驱动 TFT-LCD 的常见线不良研究[J].电子世界,2018(5):186-188.
LIU T H, LIANG X T, GAO Z F, *et al.* The study on common line defects of bilateral GOA driven TFT-LCD [J]. *Electronics World*, 2018(5): 186-188. (in Chinese)
- [8] 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)
- [9] 王辉,缴春雷,王虹.COG 液晶显示模块电极腐蚀问题研究[J].光电子技术,2006,26(2):127-128,132.
WANG H, JIAO C L, WANG H. Study on the eroded electrode of COG LCM [J]. *Optoelectronic Technology*, 2006, 26(2): 127-128, 132. (in Chinese)
- [10] 王浩,钟澄,蒋程捷,等.ITO 在 NaOH 溶液中阳极与阴极极化过程的电化学行为[J].物理化学学报,2009,25(5): 835-839.
WANG H, ZHONG C, JIANG C J, *et al.* Electrochemical behavior of ITO films during anodic and cathodic polarization in sodium hydroxide solutions [J]. *Acta Physico-Chimica Sinica*, 2009, 25(5): 835-839. (in Chinese)
- [11] 曹楚南.腐蚀电化学原理[M].3 版.北京:化学工业出版社,2008.
CAO C N. *Principles of Electrochemistry of Corrosion* [M]. 3rd ed. Beijing: Chemical Industry Press, 2008. (in Chinese)
- [12] 王巍强.COG 工艺的 LCD 模块电极腐蚀的控制[J].液晶与显示,2006,21(6):696-699.
WANG W Q. Controlling electrode corrosion of LCD module in COG process [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2006, 21(6): 696-699. (in Chinese)

作者简介:



高英强(1985—),男,河北张家口人,硕士,2009 年于长春理工大学获得硕士学位,现为北京京东方显示技术有限公司高级研究员,主要从事 TFT-LCD 产品不良分析及改善研究。E-mail: gaoyingqiang@boe.com.cn