

文章编号:1007-2780(2017)12-0943-06

基于 IGZO 的 5.5 in FHD In-cell 触控 FFS 面板设计

王鸣昕*, 周刘飞, 田汝强

(南京中电熊猫液晶显示科技有限公司 研发中心, 江苏 南京 210033)

摘要: 为了达到便携移动终端日益轻薄的要求, In-cell Touch 技术是触控的最佳选择。目前, 非晶铟镓锌氧化物薄膜晶体管(a-IGZO TFT)越来越受到人们的关注, 与传统的硅基 TFT 相比, IGZO 拥有其相应的优势, 并且制造成本较 LTPS TFT 低廉, 制备过程容易掌控。为了将 IGZO 材料的优点运用在触控显示面板上, 设计了一款 5.5 in FHD In-cell Touch 面板。为了实现 FHD 的分辨率, 首次采用 IGZO-TFT 模型设计多工器(MUX), 并用它驱动本文所述的面板。通过检测, 触控的信噪比达 54 dB 以上。在文章最后展示了基于此次设计成功做出的样机。本文对实现自容式多点 in-cell 触控的关键结构做了简单的介绍, 针对在试做过程中遇到的寄生电容问题做了详细的分析, 并描述了相应的解决方法。将 IGZO 技术与 In-cell Touch 技术融合, 能够在较简单的工艺下达到高规格触控面板的需求。

关键词: 铟镓锌氧化物; 盒内内嵌触; 多路多工器; 投射电容; 边缘场开关技术

中图分类号: TN141.9 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20173212.0943

Design of 5.5 in IGZO TFT FFS In-Cell touch panel

WANG Ming-xin*, ZHOU Liu-fei, TIAN Ru-qiang

(Nanjing CEC Panda LCD Technology Co. Ltd., R&D Center, Nanjing 210033, China)

Abstract: In order to achieve the increasingly frivolous mobile terminal requirements, In-cell Touch technology is the best choice for touch control. At present, the Amorphous Indium Gallium Zinc Oxide Thin Film Transistor (a-IGZO TFT) has attracted more and more attention. Compared with the traditional silicon-based TFT, IGZO have their respective advantages, for example, the manufacturing cost is lower compared to LTPS TFT, and the process is easy to control. This paper introduced the design of 5.5 in FHD In-cell panel based on IGZO technology. The IGZO-TFT model is used to design the multiplexer (MUX) for the first time and drive the panel described in this paper. The SNR value of the final prototype is optimized to reach 54 dB. At the end, the paper shows the demo of this design. We briefly introduced the key structure of self-capacitance multiple in-cell touch. We analyzed the problems caused by parasitic capacitance in the producing, and described the solution of them. With integration of the IGZO technology and In-cell Touch technology, we can get a high specification touch panel in a relatively simple process.

Key words: IGZO; In-cell Touch; MUX; projected capacitive; FFS

收稿日期: 2017-06-05; 修订日期: 2017-07-11.

* 通信联系人, E-mail: wangmingxin@cecpanlalcd.com.cn

1 引言

随着移动终端的不断发展和进化,移动终端承载的功能越来越多,特别是人们对于手机的依赖逐渐增加。触控面板在满足了人们随时随地操作手机的同时,释放了实物按键的空间,增大了终端的显示区域。触控技术的发展历经了电感式触控和电容式触控,其中较成熟的技术为“投射式电容触控传感”技术,而投射式电容触控技术又先后发展为贴附式、Lens 整合式、显示屏整合式。In-cell 触控技术是最新的一种显示屏整合式触控技术,该技术将触控传感器集成到 TFT 面板上,采用该技术的触控面板更加轻薄,显示效果更加清晰。

IGZO 是新一代显示器的 TFT 材料,它的载流子迁移率是 a-Si 的 10 倍以上,而且制造工艺简单,开关特性优良,稳定性好,甚至可以用作下一代有机发光显示器的驱动材料^[1-3]。本文介绍了一种 IGZO 制成的 5.5 in (1 in=2.54 cm) FHD In-cell 触控面板,该面板采用 FFS 的显示模式,DATA 采用 MUX 驱动方式,实现了多点触控功能。传统的面板在采用了 In-cell 技术后,带来的问题是配线空间被压缩,驱动的负载增加。传统的非晶硅材料由于其驱动能力较差,难以用于 HD 级别以上的 In-cell Touch 面板;而众所周知,多晶硅材料的制备工艺又相当复杂,并且均一性较差。因此,我们将 IGZO 工艺与 In-cell 工艺融合,开发出一款基于 IGZO 技术的 FHD In-cell 触控面板。

2 面板主要功能设计

2.1 IGZO 像素结构

图 1 所示为此次设计采用的模型的 IGZO TFT 的转移特性曲线。IGZO TFT 器件的载流子迁移率高于 a-Si TFT,漏电流低于 LTPS TFT,对本文介绍的 5.5 in FHD In-cell Touch 面板有足够的驱动能力;并且在不影响显示画质的前提下,静态画面能够以较低的频率工作,从而降低功耗。

图 2 为本文所述的面板像素示意图。FFS 显

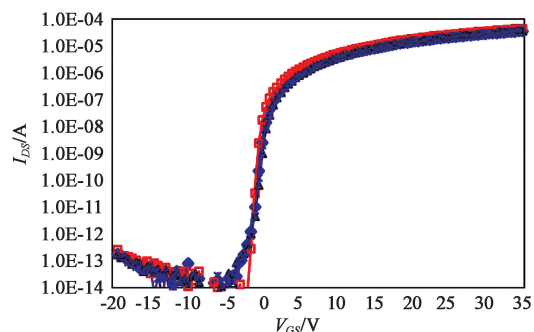


图 1 5.5 in FHD IGZO In-cell Touch 转移特性曲线
Fig.1 Characteristic curve of 5.5 in FHD IGZO In-cell Touch transfer

示模式的面板不仅具有更宽的视角,而且由于像素电极和公共电极均制作在 TFT 基板上,因此先天具有植入 In-cell Touch 功能的优势^[4]。自容式触控原理是在手指触摸面板的时候,手指与面板上的某一层金属形成一个电容,其中 TFT 基板上的公共电极充当自感电容的下电极。另外需要在数据线上重叠放置第三层金属线,该金属线将触控信号送至驱动 IC,此感应金属线在像素内经由通孔与公共电极连接^[5-8]。

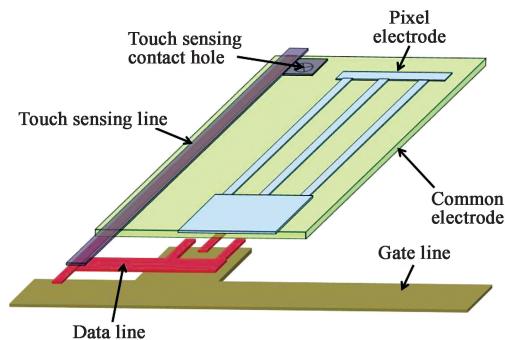


图 2 In-cell Touch 像素示意图
Fig.2 In-cell Touch pixel schematic

2.2 IGZO-TFT 多工器

随着面板分辨率的提高,IC 所需的输出 pin 成倍的增加,而 in-cell touch 架构又需要额外增加 touch 块的 touch sensor 输入 pin,最终使得 IC 的尺寸越来越大。巨大的 IC 在模组 bonding 时会遇到难以克服的工艺问题。由于体积增加,IC 各个 bump 的压合均一性难以保证,相隔离较远的 bump 的压合情况差异大,为了保证 IC 整体的压合情况,需要增加压力和温度,这样又会导致 IC 发生膨胀变形,如图 3 所示为我们采用全出

pin 的 in-cell 设计发生的压接问题,面板上的接触 pad 已经超出了对应 IC 的 bump 范围。

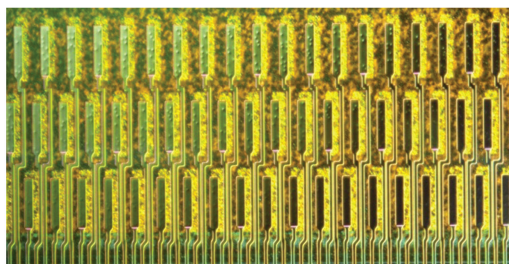


图 3 全触 pin In-cell Touch IC 膨胀显微镜照片

Fig.3 Microscope photograph full pin In-cell Touch IC expansion

为了解决这个问题只能采用多工器来减少 IC 的输出 pin 数量。MUX 能够使一根数据线分时驱动多个像素,它的问题就在于分配给单一像素的充电时间大幅降低,因此低载流子迁移率的材料无法完成这个工作^[9]。IGZO 材料的载流子迁移率与 LTPS 相比虽然有一定的差距,但是通过建立准确的 Device 模型,设计合理的 MUX 结构,是完全能够达到这样的驱动目标的。图 4 所示为论文所述的面板的 MUX 设计架构,采用 1 根数据线驱动 3 个像素。

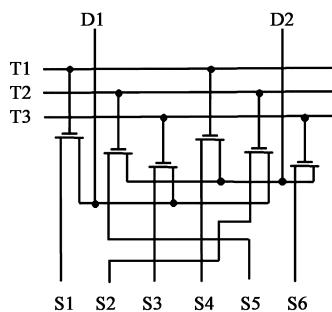


图 4 5.5 in FHD IGZO In-cell Touch MUX 架构

Fig.4 5.5 in FHD IGZO In-cell Touch MUX

3 制造流程

图 5 为本文所述 FHD IGZO In-cell Touch 像素剖面结构,在基板上依次沉积栅极、栅极绝缘层、IGZO 刻蚀阻挡层 Etching Stop 和源漏电极,形成 IGZO TFT,其中蚀刻阻挡层用来保护 IGZO 的表面,保证沟道特性。随后沉积一层约有机绝缘层,其目的是增大开口率,同时减小 Data 信号在触控检测周期内对触控信号的耦合

影响。之后在有机绝缘膜上沉积 ITO,作为公共电极层,公共电极同时作为触控感应电容的下极板;之后在其上方沉积金属层,形成触控检测线,该触控检测线与公共电极中间用绝缘层隔开,按照一定的顺序,在需要传输的触控点位将触控检测线与公共电极通过通孔连接在一起,以此达到多点触控的功能,最后再制作一层绝缘层和像素电极。需要注意的是,本文采用的工艺将像素电极放置在最上层,因此像素电极需要穿过多个绝缘层才能到达源漏极,其中每一层绝缘层的角度和形状的不良均可能导致像素电极断裂,甚至还有几率造成金属层的残留,引起短路。

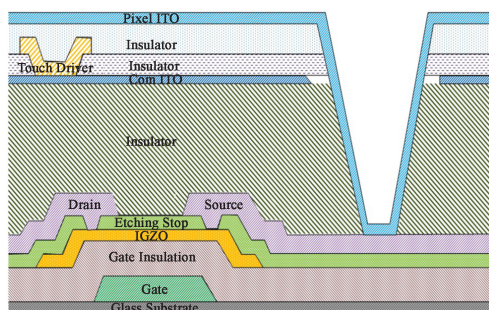
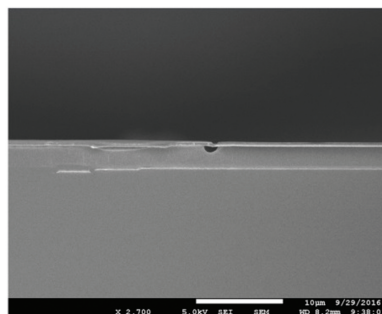


图 5 5.5 in FHD IGZO In-cell Touch 像素剖面结构图

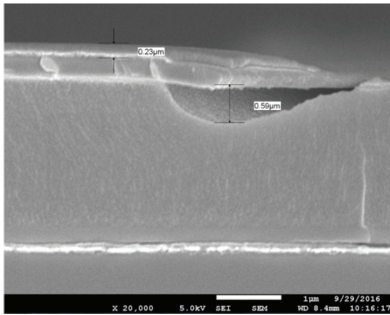
Fig.5 Profile structure for 5.5 in FHD IGZO In-cell Touch pixel

由于开口率的关系,touch sensing 走线设计在数据线上方,touch sensing 容易受到数据线上不断变化的数据信号干扰,为了降低数据线 with touch sensor 走线之间的寄生电容,因此在两层之间设计了一层较厚的有机绝缘膜。但是在之后的试验中发生了整面 touch sensor 线断线的情况,经过 SEM(扫描电子显微镜)分析,发现在有机绝缘膜的表面出现了很多 $0.5 \sim 0.6 \mu\text{m}$ 深的孔洞,如图 6(a)和(b)所示。当 touch sensor 走线



(a) touch sensor 断线 SEM 剖面图

(a) Touch sensor open issue SEM



(b) touch sensor 断线下方 JAS 孔洞细节

(b) Details of JAS holes below the touch sensor

图 6 5.5 in FHD IGZO In-cell Touch 试验 SEM 剖面图

Fig.6 5.5 in FHD IGZO In-cell Touch test SEM profile

经过上述孔洞时即发生断裂。经过详细的推测和实验设计,最终得出结论为成膜过程中的 Plasma 对有机绝缘膜产生影响。为了传输触控信号,新增的膜层使面板的表面环境发生改变,从而影响到整个成膜腔体的离子成分发生变化。通过调整膜层的材料和堆叠关系,我们找到了解决的办法,并且成功完成了整个制造过程。

4 结果讨论

表 1 总结了 5.5 in FHD IGZO In-cell Touch 的样机规格。自容的灵敏度高于互容,但是由于 ghost effect 影响,自容式一般不支持多点触控。由于此次设计采用的是自容式多点触控架构,因此,在首次样机试做过程中遇到了很多的问题,其中一个比较严重的问题是 touch sensor 的噪声较大,容易产生误检测^[10-11]。

表 1 5.5 in FHD IGZO In-cell Touch 样机规格

Tab.1 Prototype specifications for 5.5 in FHD IGZO In-cell Touch

Items		Specification
Display	Size	5.5" FHD
	Driver TFT	a-IGZO
	Resolution	1920 × 1080
	Number of touch channels	18 × 30
Touch	Touch unit size(mm)	3.8 × 4.0
	Report Rate(Hz)	120 Hz
	Glove Touch	Support

我们对这个现象进行了分析和验证。由于需要实现触控的功能,因此每个触控 Block 都单独拥有自身的 Common 电极,并且与相邻的其他触控 Block 的 Common 电极均不连接。图 7 为触控 Block 的示意图,其中共有 9 个区块,中间的区块 5 为设计的触控感应区,与它相邻的有 4 个区块。每两个相邻触控 Block 之间存在一个寄生电容,命名为 C_p ,Block 自身的所有的电容记作 C_B ,手指触摸 Block5 产生的自电容记 C_T 。相应的等效电路图如图 8 所示。

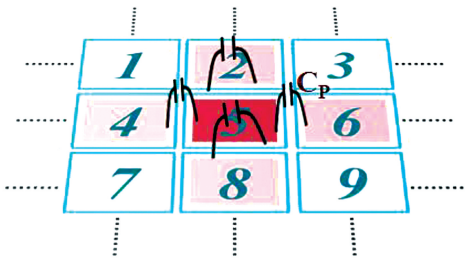


图 7 触控像素区块示意图

Fig.7 In-cell Touch pixel block

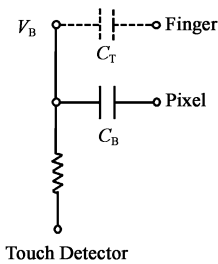


图 8 触控区块等效电路

Fig.8 Equivalent circuit diagram of touch Block

C_T 的存在会导致 Block 5 的电位发生变化,由此 IC 检测到 touch 信号。假设其电压变化量为 ΔV_{B5} ,忽略沿线的其他寄生参数,该变化量的计算如式(1)所示。现在分析 Block6 受 Block5 的影响情况,虽然 Block6 表面没有受到手指的影响,但是由于电容耦合效应, ΔV_{B5} 通过寄生电容 C_P 引起的电荷量变化为 ΔQ 。设 Block6 电压变化量为 ΔV_{B6} ,由最后推导得到的公式(3)可以看出,串扰信号的大小由四个变量决定,其中 V_{com} , C_B 与像素的显示特性相关,受到面板规格的制约, C_T 则影响 Block 5 的信号强弱。因此调整 C_p 的值是一个比较有效且可行的手段。

$$\Delta V_{B5} = \frac{C_T}{C_T + C_B} \times V_{com}, \quad (1)$$

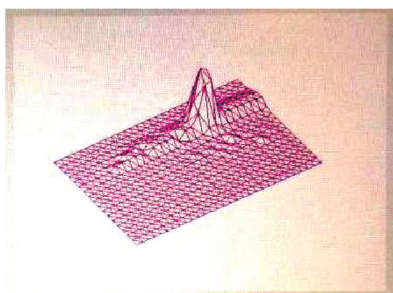
$$\Delta Q = \Delta V_1 \times C_P, \quad (2)$$

$$\Delta V_{B6} = \frac{\Delta Q}{C_B} = \frac{\Delta V_1 \times C_P}{C_B}$$

$$\frac{C_T C_P}{(C_T + C_B) C_B} V_{com} = \frac{C_P}{C_B + \frac{C_B^2}{C_T}} V_{com}, \quad (3)$$

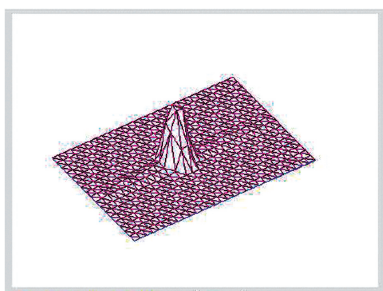
$$C_P = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r L(ITO) T(ITO)}{4\pi k d}, \quad (4)$$

为了验证这个推测,我们调整了 Block 之间的间距,即减小了式(4)中的 T 值,根据验证的结果来看横向和纵向的串扰明显降低。图 9 所示是调整前后的两种样机 SNR 的测试结果,降低 Block 之间间距的设计方案 SNR 值高于原来的设计方案。图 10 为样品的显示效果和搭载安卓系统的多点触控效果展示。



(a) 初始设计样机触控测试结果

(a) Touch test data of initial design prototype

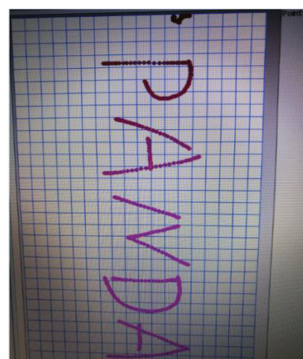


(b) 调整 T 值后样机触控测试结果

(b) Touch test data after adjusting T value

图 9 5.5 in FHD IGZO In-cell Touch SNR 测试结果

Fig.9 SNR test of 5.5 in FHD IGZO In-cell Touch



(a) 5.5 in FHD IGZO In-cell Touch 写字板效果

(a) Tablet show Touch prototype



(b) 5.5 in FHD IGZO In-cell Touch 多点触控效果

(b) Multi touch function in Android system

图 10 5.5 in FHD IGZO In-cell Touch 样机

Fig.10 5.5 in IGZO In-cell Touch prototype

5 结 论

我们采用 IGZO 技术成功设计出了一款 5.5 in FHD In-cell Touch 面板,面板的画质没有受到 In-cell 触控结构的影响。最终样机的 SNR 值经过优化后达到 54 dB 以上,足够用于 Touch 功能检测。面对 FHD 解析度的手机面板,IGZO 器件的驱动能力同样能够达到 LTPS 器件的效果,而且 IGZO 制成的工艺更加简单,制造成本更低,结合目前手机用户的需求来看,能够完全满足用户的体验,因此 IGZO 技术更加适合实际量产。

参 考 文 献:

- [1] 陈龙龙,张建华,李喜峰,等.基于柔性 PI 基底的氧化物 IGZO TFT 器件工艺及特性研究[J].液晶与显示,2015,30

- (5):796-800.
- CHEN L L, ZHANG J H, LI X F, *et al.* Process and properties of oxide IGZO TFT device based on flexible PI substrate [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2015, 30(5): 796-800. (in Chinese)
- [2] 刘翔, 薛建设, 贾勇, 等. 金属氧化物 IGZO 薄膜晶体管的最新研究进展[J]. 现代显示, 2010(10): 28-32.
- LIU X, XUE J S, JIA Y, *et al.* The recent research progress of amorphous indium gallium zinc oxide thin film transistors [J]. *Advanced Display*, 2010(10): 28-32. (in Chinese)
- [3] UM J G, MATIVENGA M, GENG D, *et al.* High speed a-IGZO TFT-based gate driver by using back channel etched structure [J]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 2014, 45: 968-971.
- [4] JEONG I H, JANG I W, KIM D H, *et al.* Investigation on flexoelectric effect in the fringe field switching mode [J]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 2013, 44(1): 1368-1371.
- [5] KIM C, LEE D S, KIM J H, *et al.* Advanced in-cell touch technology for large sized liquid crystal displays [J]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 2015, 46(1): 895-898.
- [6] TOMITA S, OKADA T, TAKAHASHI H, *et al.* An in-cell capacitive touch sensor integrated in an LTPS WSV-GA TFT-LCD [J]. *Journal of the Society Information Display*, 2012, 20(8): 441-449.
- [7] CHIANG CH, WU Y E, HO K T, *et al.* Mutual-capacitance in-cell touch panel [J]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 2016, 47(1): 498-501.
- [8] BROWN C, KAY A, SUGITA Y, *et al.* A capacitive touch panel for simultaneous detection of non-conductive and conductive objects [J]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 2015, 46(1): 891-894.
- [9] KIM C D, HAN J Y, KIM Y W, *et al.* A 1280-RGB x 800-dot driver based on 1: 12 MUX for 16M-color LTPS TFT-LCD displays [J]. *Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea SD*, 2009, 46(1): 98-106.
- [10] TERANISHI Y, NOGUCHI K, MIZUHASHI H, *et al.* New in-cell capacitive touch panel technology with low resistance material sensor and new driving method for narrow dead band display [J]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 2016, 47(1): 502-505.
- [11] YANG J H, PARK S H, JEON J Y, *et al.* A High-SNR area-efficient readout circuit using a delta-integration method for capacitive touch screen panels [J]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 2012, 43(1): 1570-1573.

作者简介:王鸣昕(1985—),男,江苏南京人,工程师,2007年于南京航空航天大学获得学士学位,主要从事 TFT-LCD 面板设计和开发。E-mail: wangmingxin@cecpanalcd.com.cn