

文章编号:1007-2780(2013)05-0711-05

## 液晶模组 ESD 失效分析及防护研究

李卿硕, 吴倩, 王莎

(成都京东方光电科技有限公司, 四川 成都 611731, E-mail: tedyli\_82@163.com)

**摘要:** 研究了液晶模组结构与静电放电(ESD)路径间的关系,当液晶模组受 ESD 冲击电荷无法顺利导出,抗 ESD 能力仅有 2 kV 的 Driver IC 便成为最容易损坏的器件,IC 失效会导致液晶模组无法正常工作。实验证明,当在 ESD 放电路径上特定位置增加静电保护装置,可将瞬间的电荷浪涌导入大地以提高液晶模组抗 ESD 的能力。论文探讨了一种在 TFT 基板增加静电环设计的方法可以代替 FPC 增加 TVS 管的现有模式。

**关键词:** 薄膜晶体管液晶显示器;静电放电;静电保护环;瞬变电压抑制二极管

**中图分类号:** TN303 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3788/YJYXS20132805.0711

## TFT-LCD Module ESD Failure Analysis and Protection Research

LI Qing-shuo, WU Qian, WANG Sha

(Chengdu BOE Optoelectronics Technology Co., Ltd, Chengdu 611731, China, E-mail: tedyli\_82@163.com)

**Abstract:** The relationship between LCD construction and Electrostatic Discharge(ESD) path was studied. Driver IC with the 2 kV ability for ESD generally, is the most easily damaged device when LCD attacked by ESD and the ESD charge is unable to disperse. LCD module can't work properly when drive IC was damaged. It is proved that additional device for ESD protect on the path of ESD circuit can conduct instantaneous current to ground to improve the ESD resistant ability of LCD module. A new method for additional electrostatic ring design on TFT substrate can instead of adding TVS tubes on FPC circuit, and this new design can be implemented without cost up.

**Key words:** TFT LCD; ESD; short ring; transient voltage suppressors

### 1 引 言

液晶模组<sup>[1]</sup>在生产及使用中,受到超过自身元器件承受能力的静电放电(ESD)冲击,并在产品无法耗散或释放电荷时,会造成部分抗 ESD 阈值低的器件失效。TFT LCD 使用的 Drive IC 抗(ESD)能力一般为 2 kV。测试时,一旦电荷在无法顺利耗散导出的情况下,电荷会向 IC 内部或 TFT 矩阵电路发出浪涌,致使 IC 或 TFT 面板功能失效,不良现象表现为画面显示异常(Abnormal Display)、亮暗线(Line Defect)、亮暗点不良

(Dot Defect),并且以画面显示异常最为普遍,主要体现在低灰阶画面偏白、灰阶过渡异常、开机闪退、闪烁、交叉串扰。ESD 是 TFT 行业的顽疾,是影响良率的主要因素,因此如何避免产品 ESD 一直是业内研究的重点,本文以提升液晶模组抗静电能力作为主要论述内容。

### 2 静电原因及其损害

静电<sup>[2]</sup>是一种客观存在的自然现象,产生的方式有多种,如接触、摩擦、电器间感应等。静电的特点是长时间积聚、高电压、低电量、小电流和作用时

收稿日期:2012-12-04; 修订日期:2013-04-24

作者简介:李卿硕(1982-),男,吉林省吉林市人,硕士,高级工程师,主要从事 TFT-LCD 可靠性评价及产品失效分析工作。

间短的特点。人体自身的动作或与其他物体的接触、分离、摩擦或感应等因素,可以产生几千伏甚至上万伏的静电。生产过程中静电防护的主要措施为静电泄露、耗散、中和、增湿、屏蔽与接地。

在半导体行业内,ESD 是影响产品良率的主要原因,ESD 会造成绝缘层击穿,形成隧道使放电位置短路或断路,导致产品电学特性失效。EOS 易发生在通电测试系统中,纳秒至微秒级别的大电流会让金属线膨胀、发热,使线路熔断。ESD 与 EOS 区别的一个表象特征是 ESD 放电起

始两点必须是导体,放电两点间必须是绝缘体,而 EOS 只发生在单根金属线上。

在 TFT LCD 面板<sup>[3]</sup>上 ESD 的表现交叉线路间的上下层击穿;EOS 表现为 FPC/IC 输入端金属线熔断膨胀、过孔位置的 ITO 熔断现象。在绑定 IC 的 TFT LCD 产品中 ESD 主要表现为 IC 功能器件击穿失效。

业内产品 ESD 测试多以模组为基础进行,如表 1,各公司遵循的标准略有不同,IEC/61000-4-2<sup>[4]</sup>是相对严格的测试标准。

表 1 行业 ESD 对比  
Table 1 ESD Benchmarking

竞争社	cm(Inch)	Module/Cell/FPC	R/ $\Omega$	C	Standard	Voltage & Condition	Remark	引用
AUO	101.6(40)	Module	0	200 pF	MM IEC 61340-3-2 Ed.1.0-2002	$\pm 200$ V,once for each terminal	Non-operation	Ao40CN01
SHARP	9.65(3.8)	Module	0	200 pF	JESD 22-A115-A:1997	$\pm 200$ V,once for each terminal		LQ038Q5DR01
INNOLUX	6.35(2.5)	Module	1 500	100 pF	HBM IEC 61340-3-1 Ed.1.0-2002	$\pm 2$ kV,Human Body Mode,LCM Power ON		CT025TN01
SAMSUNG	14.22(5.6)	Module	330	150 pF	ML-STD-883F 3015.7 Mar.1989	Air: $\pm 15$ kV;Contact: $\pm 8$ kV 10 times/point;4 points/panel face	Non-operation	LTA056AN01
Hydis	6.10(2.4)	Module	330	150 pF	HBM: EC 61000-4-2	Air: $\pm 8$ kV 5 times/4Corner. Contact:6 kV 5 times/4Corner		
BOE	6.10(2.4)	Module	330	150 pF		Air: $\pm 8$ kV 5 times/4Corner. Contact:6 kV 5 times/4Corner	Operation	

### 3 ESD 放电路径模型

被动式发光 TFT LCD 主要由 [TFT Unit Cell] + [Up/Down Pol] + [Drive IC] + [FPC] + [Back Light] + [Cover] 组成,Back Light Cover 分为如图 2 塑料材质和如图 3 金属材质两类。

模组及手机组装均为手工操作,如图 4 所示,接触点多为模组四周。电荷释放路径会按照就近、低压、导体的原则进行路径选择<sup>[5-6]</sup>,因此带有金属外壳 r 的产品在受到 ESD 时,电荷会向金属



图 3 金属外壳

Fig. 3 Metal cover

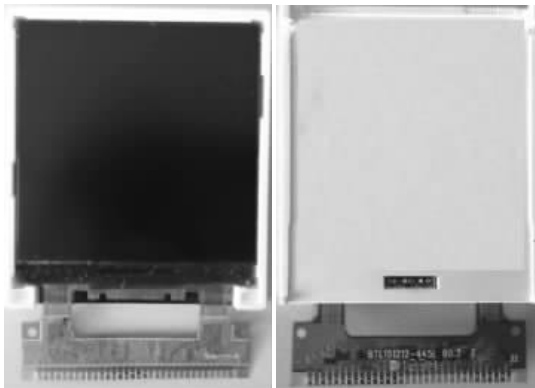


图 2 塑料外壳

Fig. 2 Plastic cover



图 4 ESD 放电位置

Fig. 4 ESD position

边框释放后耗散或导出,如图 5 塑料外壳产品放电时会选择 TFT Cell 内的最近金属放电。TN 软屏由于彩膜内有 Common ITO,IPS 硬屏表面有 Back ITO,电荷会分别经由 ITO 传导至如图 6 Driver IC Vcom 输出端和如图 7 的 Ground 端。

当然,电荷导入 Ground 端并非万无一失,IC 输入端的 VSS 与 FPC 共地,因此当瞬时高压抵达 FPC Ground 端,也会有电荷反向击穿 IC 的可能,正常情况下,由于能量在线路电阻中的耗损,ESD 电压脉冲可以逐级降低而达到不影响 IC 的安全级别。但遇到 ESD 级别已经超出了产品的规格要求范围的情况,还是会遇到 IC Ground 与内部发生击穿的情况。例如液晶模组抗静电能力为 Contact $\pm 6$  kV,而实际接触到 $\pm 15$  kV,逐级释放到 FPC Ground 端的电压已经不是安全电压,IC 便会出问题。本篇文章只讨论在合理 ESD 范围内的、满足产品 ESD 标准防护。

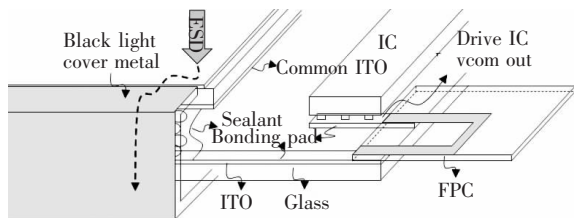


图 5 金属外壳放电路径模型  
Fig. 5 Metal cover ESD path model

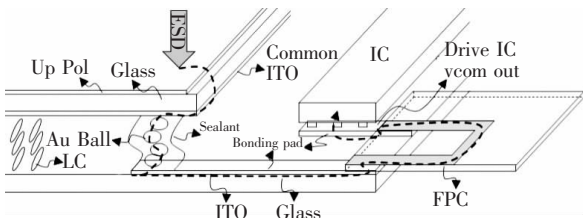


图 6 TN 品 IC 受 ESD 冲击路径模型  
Fig. 6 TN product ESD path model

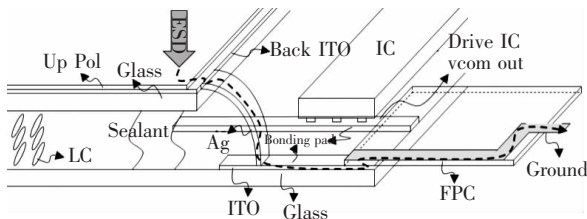


图 7 IPS 品受 ESD 冲击路径模型  
Fig. 7 IPS ESD path model

## 4 IC ESD 失效原因分析

瞬时高压沿 Driver IC Vcom 反向进入 IC 内部,IC 内部线路间存在相对高压差的线路会发生 ESD 击穿,如正电荷进入 IC 后会与最近且带有负电压的线路发生 ESD 击穿。

线不良是源驱动译码或 DAC 等电路发生 ESD 击穿短路或断路时导致单根线不良,图 8 为源驱动译码电路。使用 EMMI PHEMOS-200 设备测试,确认失效线路在正常运行时出现热点,证明此处电荷出现积累,线路发生了断路。

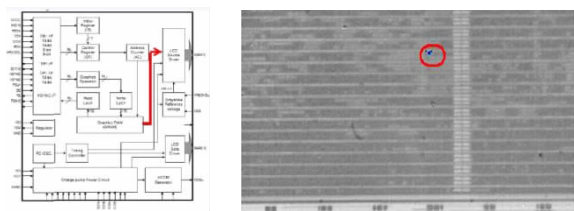


图 8 SDC 热点测试结果  
Fig. 8 SDC hot spot test result

画面异常显示是由于 Driver IC 内功能单元受到 ESD 击穿导致无法正常工作,使 TFT LCD 模块无法正常显示画面,如图 9 使用 EMMI PHEMOS-200 设备测试发现 IC VCI 单元损坏,IC 无法正常运行。

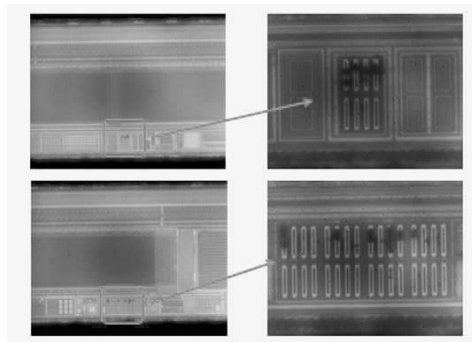


图 9 VCI 单元热点测试结果  
Fig. 9 VCI unit hot spot test result

## 5 IC ESD 保护设计

### 5.1 整机结构设计<sup>[7-8]</sup>

选用带有金属背光源外壳(Back Light Cover)能更好放置静电进入到 TFT LCD 系统内,尤其在经常触摸的位置设计金属导体,如图 5 这种设

计由于材料问题会增加成本,但是整体上可以使静电不需经过 TFT 内部传导,避免了电荷流经内部的风险。

### 5.2 外置元器件静电保护

现有设计中在 FPC Vcom 线路上并联 TVS (Transient Voltage Suppressor)管或其他高压导通器件,并将其连接 Ground 上,在 Vcom 线路上电压过载时启动保护措施,将电荷导入 Ground,如图 10 该方法需要在 FPC 生产中增加元器件,方法简单,易于实现。

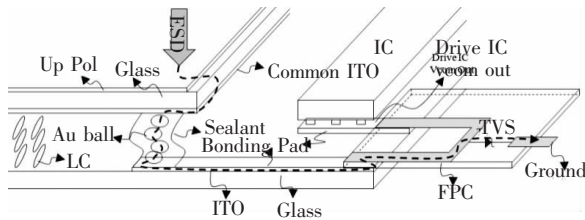


图 10 瞬变电压抑制二极管 ESD 放电路径

Fig. 10 Upload TVS ESD path model

### 5.3 面板设计保护<sup>[9]</sup>

上面两种方法在实际产品中已经应用,作者设计了一种优化的结构,在不增加成本的情况下只需变更掩模板即可实现。如图 11, TFT 面板增加短路环在 Vcom Pad 和 Ground Pad 间,其作用与 TVS 相同,并在 FPC 上增加 Ground Pin 与 TFT Ground Pad 相连,在 Vcom 线路电压过载时,电荷通过 Vcom Pad→Short Ring→Ground Pad→FPC→Ground Pin 导入大地。静电环的原理即在低压时关闭,高压时导通,在正常的 TFT 工艺中即可实现而不需要增加额外成本,FPC 上的处理工艺也只需要在设计上变更即可。

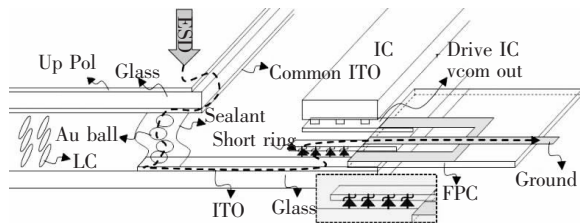


图 11 TFT 面板静电环 ESD 放电路径

Fig. 11 ESD path model of short ring on TFT substrate

## 6 实 验

针对 5.3 所述设计,在同款 TN 软屏上,仅变更 TFT Pad 设计和 FPC 设计,使用塑料外壳,小批量产品生产并进行 ESD 可靠性实验<sup>[10]</sup>,对比变更前产品抗 ESD 的效果如表 2。

实验方法:放电位置如图 3 所示,按照 IEC 61000-4-2 标准进行  $\pm 6 \sim \pm 8$  kV 接触式限制试验。

样品要求:FPC 上增加 TVS 的产品、TFT 面板新 Mask 样品、原有设计产品各 120 pcs。

判定标准:试验后产品无异常,可正常运行。

表 2 ESD 实验结果

Table 2 ESD test result

Contact	原设计	TVS 管	新 Mask
ESD/kV	【OK/NG】	【OK/NG】	【OK/NG】
+6	18/2	20/0	20/0
-6	17/3	20/0	20/0
+7	12/8	20/0	20/0
-7	11/9	20/0	20/0
+8	5/15	17/3	16/4
-8	7/13	18/2	17/3

## 7 结果与讨论

方法 § 5.2 和方法 § 5.3 均能满足 IEC 61000-4-2 标准的 Contact  $\pm 6$  kV 要求,符合产品标准。从实验数据上看,方法 § 5.3 新 Mask 设计能实现方法 § 5.2 TVS 管防  $\pm 6$  kV ESD 的效果,但在抗 7~8 kV ESD 程度上还是略逊一筹。后续可以通过增加短路环的数量,增加短路环线宽降低电阻等方式优化设计。

## 8 结 论

电子元器件、电子设备在实际生产和使用中无法避免本体静电的积累与外界冲击,电荷不会凭空消失,只有合理地将其导出才能避免产品主要器件受 ESD/EOS,上述方法中均是使用电荷泄露的办法降低抵达 IC 端的瞬时间电压,其中 § 5.3 变更 Mask 设计的方法是成本较低的一种组合。

参 考 文 献:

[ 1 ] 戴亚翔. TFT LCD 面板的驱动与设计[M]. 北京:清华大学出版社,2008.

[ 2 ] 吴宗汉. 基础静电学[M]. 北京:北京大学出版社,2010.

[ 3 ] 谷至华. 薄膜晶体管(TFT)阵列制造技术[M]. 上海:复旦大学出版社,2007.

[ 4 ] 国际电工委员会 IEC. IEC/61000-4-2[S]. 日内瓦:IEC,1995.

[ 5 ] 秦文超,孙斌. 静电放电的简化放电模型 [J]. 云南电力技术,2009,37(3):53-54.

[ 6 ] 邱亮,张之圣. ESD 的物理失效分析及放电路径的研究 [J]. 电子测量技术,2007,30(3):6-9.

[ 7 ] 瞿伟锋,王瑞鑫,王小波. 关于电子设备静电放电(ESD)防护的设计原则 [J]. 电磁兼容技术,2008,(1):61-63.

[ 8 ] 薛同泽,沙占友,崔博. 人体静电放电(ESD)及保护电路的设计 [J]. 电子设计,2007,5(2):303-305.

[ 9 ] 高文宝. TFT-LCD 静电防止回路模拟与设计 [J]. 液晶与显示,2007,22(5):611-615.

[10] 武占成,刘尚合,魏明,等. ESD 模拟器电流波形校验装置 [J]. 河北师范大学学报(自然科学版),1999,23(3):357-359.



科技参考文献著录的规则

根据中华人民共和国国家标准“文后参考文献著录规则”(GB/T7714-2005),《液晶与显示》编辑部希望广大作者在向本刊投稿时注意参考文献的著录。

1. 文后参考文献书写格式

期刊:[序号]作者. 文献题名[文献类型标志]. 连续出版物题名:其他题名信息,年份,卷号(期号):起止页码[引用日期]. 获取和访问路径.

例:[1]凌志华. STN-LCD 技术的发展[J]. 液晶与显示,2002,17(4):233-242.

例:[2]李晓东,张庆红,叶瑾琳. 气候学研究的若干理论问题[J]. 北京大学学报:自然科学版,1999,35(1):101-106.

例:[3]邵喜斌,王丽娟,李梅. a-Si:H TFT 亚阈值区 SPICE 模型的研究[J/OL]. 液晶与显示,2005,20(4):267-272. [2005-10-18]. [http://www.wanfangdata.com.cn/src/szhqk/wf\\_szhqk\\_browser.Asp](http://www.wanfangdata.com.cn/src/szhqk/wf_szhqk_browser.Asp).

专著:[序号]作者. 题名[文献类型标志]. 析出文献其他责任者//专著主要责任者. 专著题名:其他题名信息. 版本项(第 1 版略). 出版地:出版者,出版年:析出文献的页码[引用日期]. 获取和访问路径.

例:[4]周其凤,王新久. 液晶高分子[M]. 北京:科学出版社,1994:27-38.

例:[5]日本学术振兴会第 142 委员会. 液晶器件手册[M]. 黄锡珉,黄辉光,李之熔,译. 北京:航空工业出版社,1992.

例:[6]母国光. 白光光学信息处理及彩色摄影术[M]//陈星旦. 光学与光学工程,北京:科学出版社,2005:62-72.

例:[7]赵耀东. 新时代的工业工程师[M/OL]. 台北:天下文化出版社,1998[1998-09-26]. [http://www.ie.nthu.edu.tw/inf/ie.newie.htm\(Big5\)](http://www.ie.nthu.edu.tw/inf/ie.newie.htm(Big5)).

例:[8]陈兵,徐寿颐. 新型烷基环己基炔类液晶的合成与性质[C]//2002 年中国平板显示会议论文集. 深圳:深圳天马微电子股份有限公司,2002:167-168.

例:[9]闫石. 液晶光控取向膜材料的研究[D]. 长春:中国科学院长春光学精密机械与物理研究所,2001.

例:[10]全国文献工作标准化技术委员会第七分委员会. GB/T5795-1986 中国标准书号[S]. 北京:中国标准出版社,1986.

专利:[序号]专利所有者. 专利题名:专利国别,专利号[文献类型标志]. 公告日期或公开日期[引用日期]. 获取和访问路径.

例:[11]吕永积,王群伟,邵佑军,等. 平板真空摄像器件:中国,ZL95241185. 7[P]. 1997-08-09.

(下转 P798)