

TFT-LCD摩擦工艺ESD研究与改善

高荣荣, 周保全, 江桥, 滕玲, 陈维诚, 左爱翠, 郭红光, 韩基桐

引用本文:

高荣荣, 周保全, 江桥, 等. TFT-LCD摩擦工艺ESD研究与改善[J]. 液晶与显示, 2020, 35(1): 48-52.

GAO Rong-rong, ZHOU Bao-quan, JIANG Qiao, et al. Research and improvement on ESD of TFT-LCD rubbing process[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2020, 35(1): 48-52.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.3788/YJYXS20203501.0048>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

一种GOA产品静电失效的研究及改善

Research and solution of ESD problem for a GOA product

液晶与显示. 2019, 34(2): 155-159 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20193402.0155>

TFT-LCD摩擦工艺过程中静电放电不良分析及改善设计

ESD related defects analysis and improvement design solution in TFT-LCD rubbing process

液晶与显示. 2019, 34(8): 733-738 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20193408.0733>

TN型产品Zara Domain理论研究与分析改善

Theory research and analysis of Zara Domain on TN mode

液晶与显示. 2016, 31(3): 242-248 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20163103.0242>

摩擦工艺不良的探究

Research and solution of defects in rubbing process

液晶与显示. 2019, 34(11): 1073-1078 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20193411.1073>

摩擦Mura机理和设计改善方法

Mechanism and design improvement on Rubbing Mura

液晶与显示. 2019, 34(6): 570-575 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20193406.0570>

文章编号:1007-2780(2020)01-0048-05

TFT-LCD 摩擦工艺 ESD 研究与改善

高荣荣*, 周保全, 江 桥, 滕 玲, 陈维诚, 左爱翠, 郭红光, 韩基桐
(合肥京东方光电科技有限公司 Cell 分厂, 安徽 合肥 230012)

摘要:摩擦工艺 ESD(Electrostatic Discharge)是 TFT-LCD 制程中较为常见的一种不良,以 317.5 mm(12.5 in)产品为例,摩擦工艺过程中 ESD 发生率 20%,对产品良率影响较大。文章结合实际生产对摩擦工艺 ESD 的原因进行理论分析与实验验证,得出摩擦工艺发生 ESD 的原因为 TFT 基板上面有悬空的大块金属,在摩擦过程中电荷积累过多容易发生 ESD,ESD 进一步烧毁旁边金属电路导致面板点亮时画面异常。生产过程中通过工艺管控和产品设计两方面优化改善,工艺方面通过增加湿度,涂布防静电液以及管控摩擦布寿命进行改善,设计方面通过变更悬空的大块金属为小块金属,通过工艺设计优化最终生产过程中摩擦工艺 ESD 发生率由 20%下降到 0%,大大提高了产品品质,降低了生产成本。

关 键 词:摩擦工艺;ESD;大块悬空金属;湿度;防静电液;摩擦布寿命

中图分类号:TN141.9 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20203501.0048

Research and improvement on ESD of TFT-LCD rubbing process

GAO Rong-rong*, ZHOU Bao-quan, JIANG Qiao, TENG Ling,
CHEN Wei-cheng, ZUO Ai-cui, GUO Hong-guang, HAN Ji-tong

(Cell Department of Hefei BOE Display Technology Co., Ltd., Hefei 230012, China)

Abstract: Electrostatic discharge(ESD) is a common defect in TFT-LCD rubbing process, For example, the ratio of ESD is 20% at 317.5 mm(12.5 in) product, it is a great influence on the yield of products. The causes of ESD in rubbing process is studied with the theoretical analysis and experiment. Experiments show that the main reason for ESD is that there are large floating metal on the TFT substrate. In rubbing process, the charge is easy to accumulate on the TFT substrate and burning down the electric circuit, so the panel is abnormal. ESD can be reduced through controlling rubbing process and optimizing design. In process, increasing humidity and coating electrostatic prevention and controlling the life time of rubbing cloth can improve ESD. In design, by changing the large floating metal into small floating metal, ESD can be improved. By optimizing the process and design, the ESD ratio is reduced from 20% to 0%, which greatly improves the panel quality and reduced the product cost.

Key words: rubbing process; ESD; large floating metal; humidity; electrostatic prevention; rubbing clothing life

收稿日期:2019-05-28;修订日期:2019-10-17.

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

1 引言

TFT-LCD 制程过程中摩擦工艺很容易发生 ESD,这种 ESD 对 TFT 器件影响较大,可以烧毁 TFT 器件沟道使面板点亮时产生异常^[1],严重影响产品品质同时变相增加了面板成本,所以 ESD 需要从根本上改善。

本文以 6G 工厂中生产的 317.5 mm(12.5 in)产品为例,研究在摩擦过程中 ESD 问题。ESD 容易导致面板区域多个连续 TFT 器件沟道烧毁,面板点灯状态表现为半截亮线。通过不良分析和实验测试找出工艺和设计改善方法,从根本上解决摩擦过程中 ESD 问题。

2 ESD 现象与特点

2.1 ESD 器件烧毁现象

面板在点亮时可以看到 ESD 烧毁 TFT 器件沟道产生的一条短亮线,短亮线所有画面下均可见,目镜($\times 20$)观察短亮线为像素发亮,一般为连续几个像素都会发亮,宏观表现为一条短的亮线,如图 1 所示。

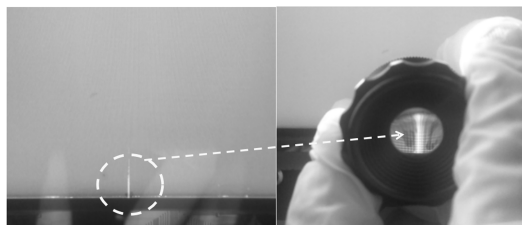


图 1 亮线现象

Fig.1 Phenomenon of data open

显微镜确认短亮线区域 TFT 器件沟道有异常痕迹(图 2),且 FIB 确认可见 TFT 沟道区域内部膜层有烧毁现象(图 3)。

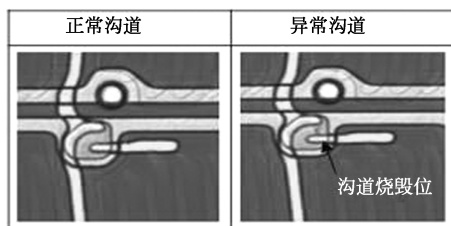


图 2 亮线显微镜照片

Fig.2 Microscope phenomenon of data open

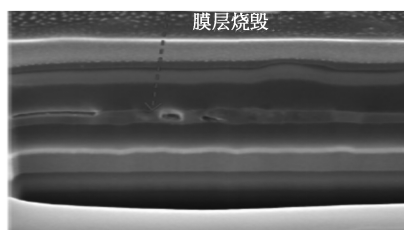


图 3 静电烧毁 FIB 图片

Fig.3 FIB picture of ESD

3 ESD 原理

摩擦工艺中,摩擦布摩擦 TFT 玻璃基板,由于 TFT 基板上有金属层。摩擦布和 TFT 基板摩擦过程中产生静电,当静电积累到一定程度发生放电,放电瞬间产生的大电流烧毁 TFT 器件^[2],导致 TFT 器件无法正常工作,在面板点亮时,异常器件的像素区域表现为发亮,表现在面板上为短亮线。

摩擦工艺是 TFT-LCD 行业中使液晶分子配向工艺^[3],即摩擦布在 TFT 基板上高速运转相互摩擦,最终摩擦布使 TFT 玻璃基板上的配向膜具有配向能力^[4],液晶分子可以按照一定顺序排列在配向膜上,如图 4 所示。

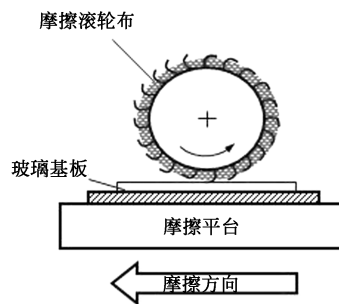


图 4 摩擦工艺示意图

Fig.4 Rubbing process

在摩擦工艺中,摩擦辊的转速 1 200 r/min,基板前进的速度为 50 mm/s,摩擦布的压入量为 $0.4 \mu\text{m}$ ^[5],实际摩擦工艺中摩擦布和玻璃基板高速摩擦时容易产生大量摩擦静电,静电在基板上释放过程中容易烧毁玻璃基板上的 TFT 器件沟道^[6]。对玻璃基板上 TFT 器件烧毁的线路进行确认,发现异常放电的原因为 TFT 基板 IC 交界位置处有大块金属,大块金属电容较大,摩擦过程中聚集大量电荷容易放电产生大电

流,烧毁线路上比较薄弱的器件沟道位置即发生 ESD。

4 实验设计

本文实验测试在 TFT-LCD 6G 工厂中进行,选取 317.5 mm(12.5 in)产品为例进行测试,每次实验测试都是单变量测试,实验中除了测试变量外其他生产工艺均相同,最后样品做成产品形式,再点灯对样品进行 ESD 发生与否判定,同时对不良样品显微镜确认器件沟道是否有烧毁痕迹,最后综合统计 ESD 的发生率。

4.1 工艺影响

4.1.1 摩擦设备湿度对 ESD 的影响

在摩擦工艺中,设备湿度影响摩擦过程中产生的静电。我们对摩擦设备的湿度进行测试验证,设计实验如表 1 所示。

表 1 不同湿度设计

Tab.1 Design of different humidity

Split	湿度/RH%	样品数量/pcs
1	58	10 500
2	60	12 400
3	62	14 500
4	64	14 000

4.1.2 设备机台涂布防静电液对 ESD 的影响

设备机台涂布防静电液形成极薄的透明膜,提供持久高效的静电耗散功能,对摩擦设备机台涂布防静电液和不涂布防静电液进行测试验证,设计实验如表 2 所示。

表 2 机台涂布防静电液设计

Tab.2 Design of electrostatic prevention

Split	涂布防静电	样品数量/pcs
1	无防静电液	14 000
2	有防静电液	14 000

4.1.3 摩擦布寿命对 ESD 影响

选取摩擦布不同寿命对玻璃基板进行摩擦,设计实验如表 3 所示。

表 3 不同摩擦布寿命设计

Tab.3 Design of different rubbing clothing lift time

Split	摩擦布寿命	样品数量/pcs
1	1	14 000
2	60	14 000
3	120	14 000
4	160	14 000
5	200	14 000

4.2 设计影响

ESD 放电源头是 TFT 基板上 IC 中间位置大块金属在摩擦工艺中产生大量电荷,电荷对周边金属信号线放电,烧毁与输入信号线连接的 TFT 器件沟道,导致面板点亮时产生短亮线,对面板画质产生影响。

产品设计时把悬空大块金属变为小块金属,且小块金属的排列为交错排列,如图 5 所示,防止在摩擦过程中积累大量电荷发生 ESD。

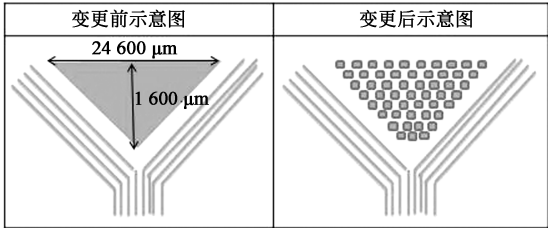


图 5 大块金属设计变更示意图

Fig.5 Design change of floating large metal

5 结果与讨论

5.1 工艺方面

5.1.1 摩擦设备湿度对 ESD 影响结果

从图 6 可以看出,摩擦设备湿度增加,ESD 发生率降低。当湿度达到 64RH%时,ESD 发生率 0.51%。

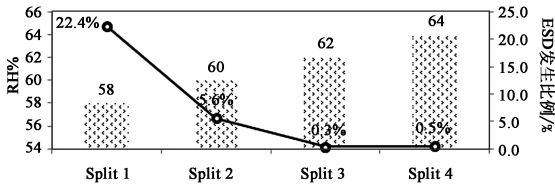


图 6 不同湿度对应 ESD 发生率

Fig.6 Result of different humidity

当湿度等于 64RH%, 空气的相对湿度增加, 玻璃基板表面增加水膜, 使表面电阻率大大降低, 静电荷就不易积聚, 积累电荷量变少。摩擦过程中产生的 ESD 减小^[7], 最终对 TFT 器件的损伤减小, 产品不良率降低。

当湿度等于 58RH%, 摩擦工艺中产生的静电不易消散, 有可能形成高电位。容易在摩擦过程中产生 ESD^[8]。所以当摩擦设备湿度较低时容易发生 ESD, 损害玻璃基板上的 TFT 器件。

5.1.2 设备机台涂布防静电液对 ESD 的影响

从图 7 可以看出, 摩擦设备机台涂布防静电液, ESD 发生率明显降低为 1.2%。

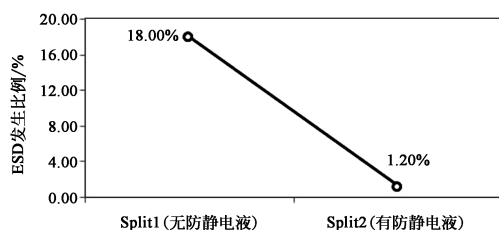


图 7 有无防静电液 ESD 发生率

Fig.7 Result of electrostatic prevention

玻璃基板放置在设备机台上, 如图 8 所示。机台上涂布防静电液时, 防静电液涂在玻璃基板背面, 可以形成极薄的透明膜, 提供持久高效的静电耗散功能, 能有效消除摩擦产生的静电积聚^[9], 所以涂布防静电液后 ESD 比例明显降低。

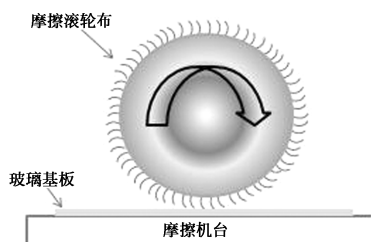


图 8 摩擦设备涂布防静电液

Fig.8 Anti-static fluid on EQP stage

5.1.3 不同摩擦布寿命对 ESD 影响

从图 9 可以看出, 随着摩擦布寿命增加, ESD 发生率升高。

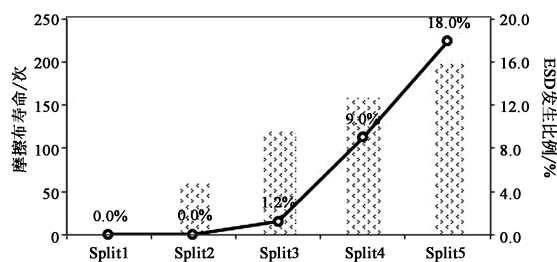


图 9 摩擦布寿命对应 ESD 发生率

Fig.9 Result of rubbing clothing lift time

随着摩擦布寿命的增加, 摩擦布的布毛经过多次摩擦后可能积累了电荷或者是材质有一定变化, ESD 发生率明显升高。

5.2 设计方面

5.2.1 玻璃基板悬空的大块金属对 ESD 影响

从图 10 可以看出, 设计方面上 IC 中间位置的大块金属变更为小块金属, 不良率降低为 0%。

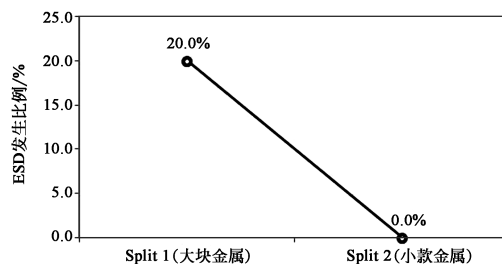


图 10 大块金属变更 ESD 发生率

Fig.10 Result of floating large metal

大块金属变为小块金属时, 平行版电容器电容变小, 储存电荷的能力变小, 电容公式如下:

$$C = \frac{\epsilon S}{4\pi\kappa d} \quad (1)$$

变更前电容:

$$C(\text{大块金属}) = \frac{\epsilon S}{4\pi\kappa d} = \frac{19.68 \times 10^5 \epsilon}{4\pi\kappa d} \quad (2)$$

(3) 变更后电容:

$$C(\text{小块金属}) = \frac{\epsilon S}{4\pi\kappa d} = \frac{4 \times 10^2 \epsilon}{4\pi\kappa d} \quad (3)$$

其中: S 为金属交错面积, 大块金属变更为小块金属后, S 变小导致 C 变小。电容器容量变小^[10]。摩擦过程中金属上聚集电荷变少则不容易发生 ESD。

6 结 论

G6 工厂生产 12.5 FHD 产品通过设计变更将 TFT 基板上 IC 中间位置大块金属变更为小块金属,从而降低在摩擦过程中的静电积累,ESD 发生率由 20% 下降到 0%。

通过对摩擦工艺 ESD 研究,找出设计方面和

工艺方面改善摩擦静电的方案。设计方面可以尽量避免大块金属的设计,大块金属在摩擦过程中容易积累电荷发生 ESD,烧毁线路,造成产品不可恢复的损害。工艺方面可以通过提升设备湿度,以及机台涂布防静电液或者管控摩擦布的寿命等方法降低摩擦过程中 ESD。ESD 的理论分析与研究结果为后续摩擦静电提供了改善方向,提高产品品质,增加公司效益。

参 考 文 献:

- [1] 申智源.TFT-LCD 技术:结构、原理及制造技术[M].北京:电子工业出版社,2012.
SHEN Z Y. *TFT-LCD Technology: Structure, Principle and Manufacturing Techniques* [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2012. (in Chinese)
- [2] 王新久.液晶光学和液晶显示[M].北京:科学出版社,2006.
WANG X J. *Liquid Photology and Liquid Display* [M]. Beijing: Science Press, 2006. (in Chinese)
- [3] 田民波,叶锋.TFT 液晶显示原理与技术[M].北京:科学出版社,2010:9-22.
TIAN M B, YE F. *TFT LCD Display Principle and Technology* [M]. Beijing: Science Press, 2010: 9-22. (in Chinese)
- [4] 刘红红,张艳君.混合排列柱状薄层中的向列相液晶指向矢分布的研究[J].液晶与显示,2017,32(1):13-18.
LIU HH, ZHANG Y J. Director distributions of nematic liquid crystals in hybrid arrangement cylindrical cells [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2017, 32(1): 13-18. (in Chinese)
- [5] LEE Y B, PARK K H, LEE S K. Comparison of the cell process margin at each LC modes [C]//*Proceedings of IDW*. Fukuoka, Japan, 2010: 123-148.
- [6] 范恒亮,汤展峰,刘利萍,等.TFT-LCD 残影不良的研究与改善[J].液晶与显示,2016,31(3):270-275.
FAN H L, TANG Z F, LIU L P, *et al.* Research and improvement of TFT-LCD image-retention [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2016, 31(3): 270-275. (in Chinese)
- [7] LEE S H, LEE S M, KIM H Y, *et al.* 29.2; 18.1" Ultra-FFS TFT-LCD with super image quality and fast response time [J]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 2001, 32(1): 484-487.
- [8] LIU HH, ZHANG Y J, YUE H R, *et al.* Influence of flexoelectric effect on director alignment of nematic liquid crystals in axial arrangement cylindrical cells [J]. *Chinese Physics Letters*, 2018, 35(2): 026103.
- [9] ALLENDER D W, CRAWFORD G P, DOANE J W. Determination of the liquid-crystal surface elastic constant K₂₄ [J]. *Physical Review Letters*, 1991, 67(11): 1442-1445.
- [10] BAKDEKER K. Electrical conductivity and thermo-electromotive force of some metallic ampounds [J]. *Annals of Physics, (Leipzig)*, 1997, 22(4): 749-766.

作者简介:



高荣荣(1986—),女,陕西延安人,学士,高级工程师,2010 年于陕西科技大学获得学士学位,主要从事 TFT-LCD 液晶行业产品设计与不良解析工作。E-mail gaorongrong@boe.com.cn