

文章编号:1007-2780(2017)05-0352-05

垂直线不良分析与改善

张光明*, 白金超, 曲泓铭, 张益存, 于 凯

(北京京东方显示技术有限公司, 北京 100176)

摘要:针对栅极绝缘层和栅极引线接触处形成过孔倒角造成的一种垂直线不良进行分析和改善。研究气相沉积、干法刻蚀和磁控溅射对过孔倒角的影响,通过扫描电子显微镜对过孔形貌进行表征,并用成盒检测设备检测不良发生情况。实验结果表明:通过过孔刻蚀功率、气压、气体流量的变更可以消除倒角现象,垂直线不良由 1.4% 降为 0.7%。

关键词:垂直线不良;倒角;过孔

中图分类号: TN141.9 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20173205.0352

Analysis and improvement of vertical line mura

ZHANG Guang-ming*, BAI Jin-chao, QU Hong-ming,

ZHANG Yi-cun, YU Kai

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

Abstract: The vertical line mura which was caused by the via hole undercut between gate insulating layer and gate line has been researched. The effect of plasma enhanced chemical vapor deposition (PECVD), dry etch, sputter on via hole undercut was studied, and via hole morphology was characterized by scanning electron microscopy (SEM), the ratio of vertical line mura was tested by cell test equipment. The via hole undercut can be removed by changing via etch power, pressure, gas flow, and the vertical line was reduced from 1.4% to 0.7%.

Key words: vertical line mura; undercut; via hole

1 引言

在薄膜晶体管液晶显示器件生产工艺中, Mura 作为一种常见不良, 一直是影响产品质量的一个主要因素。它的主要表现是在同一灰度或者单色画面下, 亮度或者颜色显示不均匀, 极

大影响视觉观感^[1-3]。这其中, 有一种垂直线不良, 在阵列后工序成盒检测中, 检出比例较高, 亟待解决。对发生不良处进行扫描电子显微镜分析, 为阵列工序过孔刻蚀 (Via Etch) 工艺形成倒角 (Undercut), 导致后续像素电极沉积时发生断裂^[4-6], 成盒检测设备加载信号异常, 从而形成显示不良。

收稿日期: 2016-05-09; 修订日期: 2016-05-31.

* 通信联系人, E-mail: zgm20030530225@163.com

本实验研究在阵列工艺中,通过气相沉积基层去除、像素电极厚度增加和过孔刻蚀条件变更,探讨改善过孔刻蚀倒角的方法,进而消除垂直线不良,对于薄膜晶体管液晶显示器件工艺改善具有重要的意义。

2 实验

2.1 现象和原因分析

在阵列后工序成盒工序中,单色画面下检测到一种垂直亮线不良,如图 1(a)所示,屏幕右侧贯穿的垂直白线即为不良。从现象上看,不良为垂直方向亮线,推测与源漏数据线的信号传输有关。以 21.5TN 产品为例,选取 1 000 张玻璃基板(总共 35 000 个屏),观察成盒后屏幕的垂直线发生率及在基板上的分布情况,由图 1(b)可知基板中间区域发生率较高(总体为 1.4%,中间为 3.4%,边缘为 0.7%)。对发生不良位置进行扫描电镜分析发现,在阵列基板侧栅极绝缘层与栅极引线之间,有锯齿状尖角形成,图 1(c)为截面图,图 1(d)为俯视图,我们称之为倒角(Undercut)。推测倒角使后续像素电极沉积时过孔内像素电极发生断裂,成盒检测设备加载信号异常,从而形成显示不良。

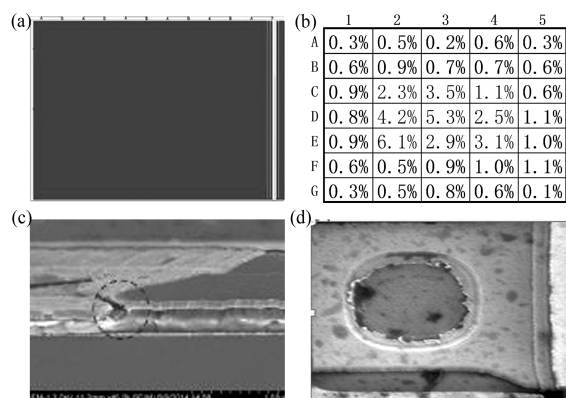


图 1 垂直线不良(a)、发生率(b)和倒角(c、d)

Fig.1 Vertical line mura(a), ratio(b) and undercut(c,d)

2.2 实验方法

本文实验基板是康宁公司 Eagle-XG 10K TFT 玻璃,尺寸为 2 500 mm×2 200 mm,厚度 0.5 mm。以 TN 产品为例,依次制作形成栅极、栅极绝缘层、源漏极及数据线、钝化层和像素层氧化铟锡(ITO),形成阵列基板,与彩膜基板对盒之

后切割,形成单独液晶盒进行检测。

2.2.1 气相沉积基层去除

当前量产条件中,栅极绝缘层(GI)的氮化硅厚度为 400 nm,这其中包含 15 nm 的沉积基层(FGI Buffer),如图 2 所示深色横线,其作用为防止雾状不良(FGI Haze)。其成膜膜质硬度小于其上的栅极绝缘层,据此推测,在后续过孔刻蚀过程中,气相沉积基层的横向损失量将会大于栅极绝缘层,使位于其上的栅极绝缘层与下方的栅极引线中间形成间隙,之后反应气体进入其中使其扩大化,与下方膜层脱离翘曲,从而形成倒角。实验通过去除此基层,探讨消除倒角的可能性。

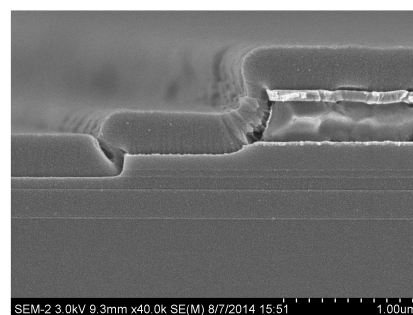


图 2 沉积基层

Fig.2 SEM picture of FGI buffer

2.2.2 像素电极厚度增加

目前像素电极厚度为 40 nm,通过增加其厚度,探讨减小倒角影响其断裂的可能性,如表 1 所示。

表 1 像素电极厚度

Tab.1 ITO thickness

样品	厚度/nm
1	50
2	60
3	70
当前条件	40

2.2.3 过孔刻蚀条件变更

Via Etch 条件主要由高频射线源压和偏压、腔室内气体压力、反应气体(主要为 SF_6 和 O_2)以及必要的反应刻蚀时间组成,如表 2 所示,通过提高或者降低高频射线源压和偏压功率、气体压力以及改变 SF_6 和 O_2 ,探讨消除倒角的可能性。

表 2 过孔刻蚀条件
Tab.2 Via etch condition

样品	气压/Pa	功率(源/偏)/ kW	气体(SF ₆ /O ₂)/ (mL·min ⁻¹)
4	13.33	5/8	2 500/2 500
5	13.33	5/8	3 000/4 250
6	13.33	7/10	2 500/2 500
7	13.33	7/10	3 000/4 250
8	18.67	5/8	2 500/2 500
9	18.67	5/8	3 000/4 250
10	18.67	7/10	2 500/2 500
11	18.67	7/10	3 000/4 250
当前条件	16	6/9	2 500/4 250

2.2.4 腔室内气体比例变更

当前腔室内中间和边缘区域供应气体的配比为 1 : 1,如图 3 所示。通过调整以上配比,探讨降低中间区域垂直线发生率的可能性,和表 3 所示。

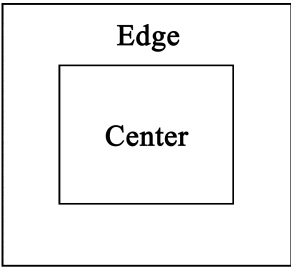


图 3 腔室内气体布局
Fig.3 Distribution of gas in a chamber

表 3 气体配比
Tab.3 Gas ratio

条件	边缘	中间
1	25%	75%
2	75%	25%
当前条件	50%	50%

3 结果与讨论

3.1 气相沉积基层去除

图 4 为气相沉积基层去除后,在过孔刻蚀和

像素电极沉积完成后进行的扫描电镜测试,可以看出有明显的倒角现象,证明此种方法不可取。原因可能是去除气相沉积基层后,剩余栅极绝缘层与钝化层膜质不同,反应气体对其横向刻蚀不同,产生倒角。

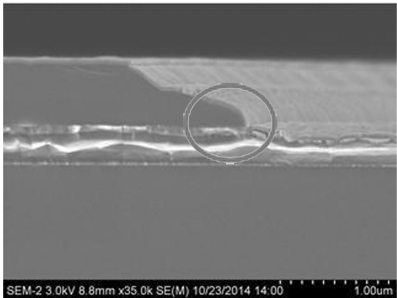


图 4 沉积基层取出后扫描电镜
Fig.4 SEM picture of FGI buffer skip

3.2 像素电极厚度增加

图 5 为像素电极厚度增加后扫描电镜图片,厚度分别为 50 nm 的样品 1 和 60 nm 的样品 2 在倒角影响下,均有断裂的现象;而厚度为 70 nm 的样品 3 则形貌良好。说明像素电极厚度增加到一定程度以后,其强度及抵御倒角使其断裂的能力有所增强,即使倒角存在,像素电极完全覆盖其上也不会断裂。但从风险控制和节约成本的角度考虑,不建议采用此种方法。

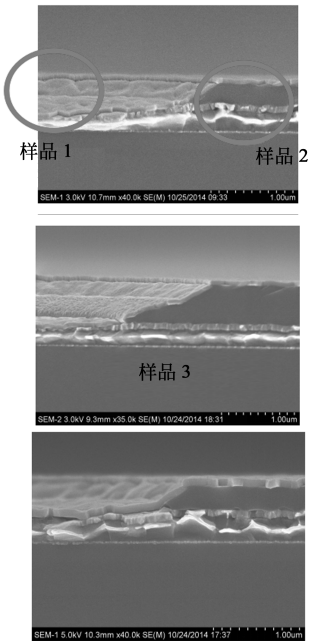


图 5 像素电极厚度增加后扫描电镜
Fig.5 SEM picture of ITO thickness increased

3.3 过孔刻蚀条件变更

图6为过孔刻蚀条件变更后各样品扫描电镜测试照片。从图中可以看出,样品6过孔形貌较好,无倒角现象。而其他样品均有不同程度的倒角现象,同时坡度角较大,极易使像素电极发生断裂。通过对后续成盒工序结果确认,无倒角条件垂直线不良发生率有明显改善(总体0.7%,中间1.6%,1 000张Glass,总共35 000个屏)。样品6为降低压力、提高高频射线功率、减少 SF_6 的条件,结果较好的原因可能是压力降低,腔室内部气体量较少、浓度较低,则化学刻蚀较弱,对过孔内横向刻蚀较弱;同时高频射线功率较高,能量较大,使气体方向性很强的物理性刻蚀作用较大,沿电势差方向的垂直向刻蚀作用较大,而横向作用较小; O_2 的作用是促进 SF_6 的解离,后者解离的等离子体再进行刻蚀, O_2 减小时,解离作用减弱,使 SF_6 的化学刻蚀减弱。以上原因共同减弱了倒角形成的可能性,每个条件具体改善的程度以及哪个条件作用较大还需进一步研究。

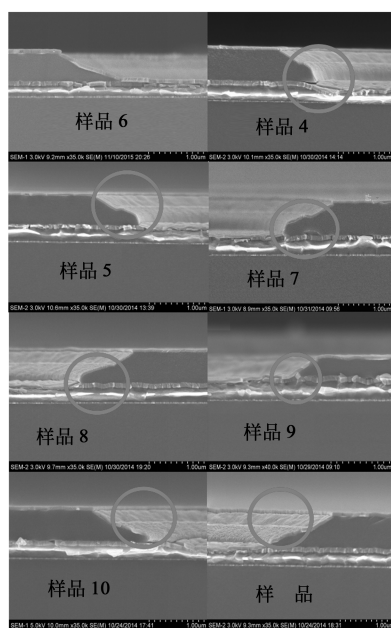


图6 过孔刻蚀条件变更后扫描电镜
Fig.6 SEM picture of Via etch test result

3.4 腔室内气体比例变更

气相沉积基层、像素电极厚度和过孔刻蚀条件不变的情况下,只改变腔室内边缘和中间气体配比验证采用当前条件,如图7所示,(a)为条件1中间区域SEM,(b)为条件2中间区域SEM,均

有倒角发生,但条件2倒角较条件1轻微,可知调整气体配比不能完全改善倒角情况;表4为调整气体配比后总体发生率、中间发生率和边缘发生率,可知调整气体配比对总体发生率和边缘发生率影响较小,对中间发生率影响较大,中间发生率与中间气体比例呈现正相关。这可能是因为中间气体比例高时,离子浓度大,化学刻蚀较强,对过孔内部横向刻蚀较大,导致较易形成倒角,反之亦然。而边缘气体比例高时,边缘发生率并没有明显升高,因为边缘区域面积较大,且一直有真空泵对气体进行抽取,所以气体对过孔内横向刻蚀有限,形成倒角的可能性较低。以上为推测原因,具体原因还需要进一步分析。

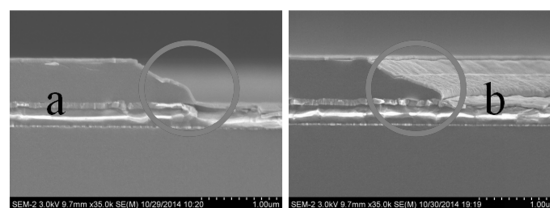


图7 气体配比扫描电镜
Fig.7 SEM picture of gas ratio

表4 气体配比结果
Tab.4 Gas ratio test result

条件	总体发生率/%	中间发生率/%	边缘发生率/%
1	1.4	3.6	0.6
2	1.2	2.8	0.7
当前条件	1.4	3.4	0.7

4 结 论

垂直亮线形成原因为:过孔刻蚀时在栅极绝缘层与栅极引线之间形成倒角,使后续像素电极沉积时过孔内像素电极发生断裂,成盒检测设备加载信号异常。采用气相沉积基层去除不能完全消除倒角现象;像素电极厚度增加可以减小其在过孔内断裂的可能,但也存在一定风险;通过对过孔刻蚀的功率降低、气压减小、气体流量的变更可以消除倒角现象,垂直线不良从1.4%降至0.7%;通过腔室内区域气体配比调整,当中间区域气体比例降低后,可适当改善中间区域垂直线不良发生率。

参 考 文 献:

- [1] 高荣荣,姚成宜,叶超前,等.关于 TN 型 TFT-LCD 中周边 Mura 的分析与改善[J].电子世界,2014(18):160.
GAO R R, YAO C Y, YE C Q, *et al.* Analysis and improvement of Mura in peripheral TN of TFT-LCD type [J]. *Electronics World*, 2014(18): 160. (in Chinese)
- [2] SONG J H, KWON D J, KIM S G, *et al.* Advanced four-mask process architecture for the a-Si TFT array manufacturing method [J]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 2002, 33(1): 1038-1041.
- [3] KAGAN C R, ANDRY P. 薄膜晶体管(TFT)及其在平板显示中的应用[M].廖燕平,王军,译.北京:电子工业出版社,2008:132-178.
KAGAN C R, ANDRY P. *Thin Film Transistor (TFT) and Its Application in Flat Panel Display* [M]. LIAO Y P, WANG J, Trans. Beijing: Electronic Industry Press, 2008: 132-178. (in Chinese)
- [4] GRUNER G. Carbon nanotube films for transparent and plastic electronics [J]. *Journal of Materials Chemistry*, 2006, 16(35): 3533-3539.
- [5] 刘翔,薛建设,周伟峰,等.改善沉积氮化硅薄膜对 FFS-TFT 透明电极 ITO 影响的研究[J].真空科学与技术学报,2012,32(1):36-38.
LIU X, XUE J S, ZHOU W F, *et al.* SiN_x buffer layers and transparence improvement of indium-Tin-oxide electrode [J]. *Chinese Journal of Vacuum Science and Technology*, 2012, 32(1): 36-38. (in Chinese)
- [6] 白金超,王玉堂,郭总杰,等.TFT-LCD 过孔接触电阻研究[J].液晶与显示,2015,30(3):432-436.
BAI J C, WANG Y T, GUO Z J, *et al.* Via hole contact resistance in TFT-LCD [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2015, 30(3): 432-436. (in Chinese)

作者简介:张光明(1983—),男,河北唐山人,硕士研究生,毕业于北京化工大学,主要从事 TFT-LCD Array 工艺和技术方面的工作。E-mail:zgm20030530225@163.com