

文章编号:1007-2780(2013)02-0194-05

FFS 产品树脂材料结构 ITO 刻蚀技术研究

姜晓辉, 张家祥, 王 亮, 郭 建,
沈奇雨, 曲连杰, 张文余, 田宗民, 阎长江

(北京京东方光电科技有限公司, 北京 100176, E-mail:jiangxiaohui198525@163.com)

摘 要: 树脂材料表面平坦度高, 光透过率高, 介电常数低($\epsilon \approx 3.5$), 在薄膜晶体管显示器(TFT-LCD)中使用树脂材料作为钝化层, 可以降低公共电极和源、漏金属之间的电容, 降低逻辑功耗, 达到降低整体功耗的目的, 同时增大开口率。文章讨论在边缘场中引入树脂材料作为钝化层产生的与氧化铟锡(ITO)刻蚀相关问题: 金属 Mo 腐蚀, ITO 缺失等。通过优化刻蚀工艺, 感光树脂与非感光树脂和 ITO 刻蚀液的搭配, 以及改变树脂涂胶工艺, 成功地将树脂引入 TFT-LCD 中。

关 键 词: 树脂材料; ITO 刻蚀; ITO 刻蚀液; 涂胶工艺

中图分类号: TN141.9 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3788/YJYXS20132802.0194

ITO Etching in FFS Structure with Resin Material

JIANG Xiao-hui, ZHANG Jia-xiang, WANG Liang, GUO Jian,

SHEN Qi-yu, QU Lian-jie, ZHANG Wen-yu, TIAN Zong-min, YAN Chang-jiang

(Beijing BOE Optoelectronics Technology Co., Ltd. Beijing 100176, China, E-mail:jiangxiaohui198525@163.com)

Abstract: The Acrylate resin layer has lower dielectric constant($\epsilon \approx 3.5$), better optical transparency, and can be spin-coated as a flat surface film easily. By using resin as passivation layer in the array process, the vertical gap is increased between the Common ITO and bus line and plannar the devices. This reduces unwanted capacitive coupling and enables the pixel electrode to be extended over the gate and data lines, thus increasing aperture area, specifically decreases power. In this work, there were some problems between the resin passivation layer and pixel ITO, such as Mo attack, missing ITO and so on. After optimizing the process of ITO Etching, photosensitive resin and non-photosensitive resin perfectly match with ITO etchant and Resin Coating, the resin passivation layer is sucessfully applied to the TFT -LCD.

Key words: resin material; ITO etching; ITO etchant; coating process

1 引 言

近年来,随着有源显示的发展,越来越多的 TFT 技术受到关注^[1-3]。目前高分辨率、低功耗液晶显示技术成为主流^[4-6]。在现有产品中加入树脂(Acrylate resin)材料(透过率 91%~94%,

介电常数 $\epsilon \approx 3.5$),能减低功耗以及增大开口率^[7]。但是随着树脂材料的引入,薄膜晶体管结构变更,使得在进行氧化铟锡(ITO)刻蚀时引发了一系列问题:Mo 腐蚀、ITO 缺失等。本文从 ITO 刻蚀液组分与刻蚀机理角度、不同衬底材料,以及增加树脂光刻工艺中的光刻胶厚度,减少

收稿日期: 2012-08-02; 修订日期: 2012-11-13

作者简介: 姜晓辉(1985—),男,湖南娄底人,工程师,主要从事液晶显示器湿法刻蚀相关的技术研发工作。

树脂被离子轰击,从而防止 ITO 缺失等角度阐述了树脂材料结构中的 ITO 刻蚀工艺。

2 实 验

在本实验中,首先形成 S/D 源漏电极,作为金属信号线。接着进行树脂层的制作,形成过孔。树脂材料分为感光与非感光材料两种。感光树脂过程为:先对玻璃表面用六甲基二硅烷(HMDS)处理,然后进行树脂的涂覆、曝光、显影、漂白,固化,最后进行感光树脂刻蚀。非感光树脂制作的过程为:首先进行树脂的涂覆,然后进行固化处理,接着进行树脂掩膜(resin mask),再进行干法刻蚀,剥离。完成后进行 ITO 薄膜的沉积、曝光,显影,实施 ITO 刻蚀实验。测试设备:扫描电子显微镜(SEM),关键线宽测试仪(CD),宏观微观显微镜(M/M),聚焦离子束(FIB)等。玻璃基板尺寸为 1 100 mm×1 300 mm。树脂结构图如图 1。

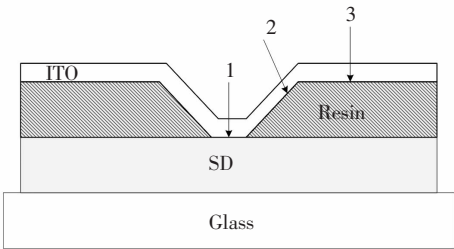


图 1 树脂结构图
Fig. 1 Structure of resin

在本文中主要就图示 1、2、3 所示位置进行讨论。在 1 位置,主要是在基板外围区域,S/D 金属为 Mo,ITO 覆盖在其上,然后进行曝光、显影、刻蚀,将该区域 ITO 刻蚀掉。金属 Mo 暴露在强酸性刻蚀液中,发生氧化还原,将该区域的 Mo 腐蚀。在 2 位置,感光树脂材料被硝酸(HNO₃)氧化,形成黑点。在 3 位置,由于光刻胶(PR)太薄,表面非感光树脂材料受到离子轰击,造成树脂表面粗糙。使得 ITO 与树脂材料结合性能变差,在进行 ITO 刻蚀过程中,产生 ITO 缺失。

3 实验结果讨论与分析

3.1 Mo 腐蚀现象的研究

如图 1 中(1)所示:SD 金属为 Mo, ITO 覆盖在其上,然后进行曝光、显影和刻蚀,将该位置的 ITO 刻蚀掉,暴露出金属 Mo。在 ITO 刻蚀时,发

现底层金属发黑。

通过研究刻蚀过程发现,刻蚀液成分对刻蚀有很大影响。目前刻蚀液大部分采用硝酸(HNO₃)等作为氧化剂,磷酸以及硫酸(H₂SO₄)用于金属以及金属氧化物的溶解,醋酸用于降低刻蚀液的黏度以提高浸润性。刻蚀金属 Mo 时,HNO₃ 主要是使金属 Mo 氧化成氧化钼。然而在进行 ITO 刻蚀时,HNO₃ 主要是用来调节电离平衡,软化光刻胶,提高刻蚀速度。ITO 膜层刻蚀对形状要求较高,要尽量减少 ITO 残留,因此进行 ITO 刻蚀时需要一定的过刻量。在本实验中,ITO 刻蚀完成之后,接下来的过刻过程,硝酸与底层金属接触,造成腐蚀。因此,在本实验中,我们采用了两种不同的刻蚀液(Etchant)Type A 与 Type B 进行 ITO 刻蚀实验,考察不同刻蚀液成分对金属腐蚀的影响。刻蚀液成分对比如表 1。

表 1 Etchant 成分对比

Table 1 Etchant composition contrast			
Etchant		Type A	Type B
Etchant ingredients		HNO ₃	CH ₃ COOH
		CH ₃ COOH H ₂ SO ₄ Additive	CH ₃ COOH H ₂ SO ₄ Additive

实验采取同一条件制备的样品在同一台设备上刻蚀,所不同的是采用不同的 ITO 刻蚀液。完成之后剥离,然后进行 M/M 观察。发现采用 Type A 进行刻蚀时,在玻璃边缘存在严重的腐蚀现象,用 Type B 进行刻蚀时,没有腐蚀现象产生。

对 Type A 出现的腐蚀进行 FIB 分析,分析结果图如 2 所示。

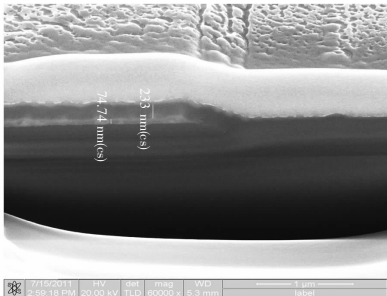
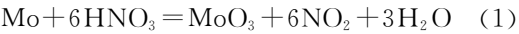


图 2 腐蚀区域 FIB 图
Fig. 2 FIB image of corrosion region

由 FIB 可以看出,在 ITO 刻蚀过程中,源漏电极金属被腐蚀。在本实验中,源、漏电极采用的

金属是 Mo,厚度在 200~300 nm。刻蚀完成后,从 FIB 图可以看出,源漏电极金属层厚度减少到 74 nm。说明采用 Type A 进行 ITO 刻蚀时,存在严重的 Mo 腐蚀。原因是在 Type A 中存在较高浓度的硝酸,在进行 ITO 刻蚀时,裸露出来的金属 Mo 被硝酸氧化成氧化物,然后在溶剂硫酸的作用下溶解,从而造成腐蚀。时间越长,腐蚀越严重。反应方程式如下:



因此选用 ITO 刻蚀液时,不能采用含有强氧化性酸的刻蚀液,防止底层金属腐蚀。

3.2 不同树脂材料对 ITO 刻蚀性能的影响

在 TFT 生产中,金属与底层材质的结合性能是保证刻蚀质量的重要条件。如果两者界面结合性能不良,刻蚀液沿界面的钻蚀会使图形边缘不齐,刻蚀速率加快,刻蚀偏差(CD Bias)也增加。因此在本实验中,我们考察了不同衬底树脂材料对 ITO 刻蚀性能的影响。

本实验中,采用两种不同的树脂材料:非感光(non-Photosensitive) N 以及感光(Photosensitive)M,采用 Type A 刻蚀液进行刻蚀。实验参数选择如表 2。

表 2 实验参数

Table 2 Experiment parameters

材质	温度/℃	压力/MPa	时间/ s
M	40	0.14	111
M	40	0.14	126
N	40	0.14	60
N	40	0.14	75
N	40	0.14	111
N	40	0.14	126

完成之后进行剥离以及 CD 测试,测试结果如图 3、图 4 所示。

由图 3 可知:随着刻蚀时间的延长,刻蚀偏差逐渐增加,同时刻蚀的均匀性(同一块玻璃基板上个点之间刻蚀差异,以及不同基板之间的刻蚀差异)也随之变差。从图 4 比较同一时间感光与非感光刻蚀之后的 CD bias,可知当 ITO 下面衬底材料为感光树脂时,刻蚀速率明显快于非感光树脂。非感光树脂为 Si—C 结构,类似于氮化硅(SiN₃),

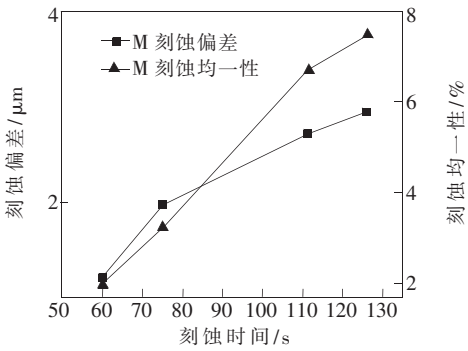


图 3 感光材料 CD bias 以及均匀性与刻蚀时间关系
Fig. 3 Photosensitive resin, relationship of etch time with CD bias and uniformity

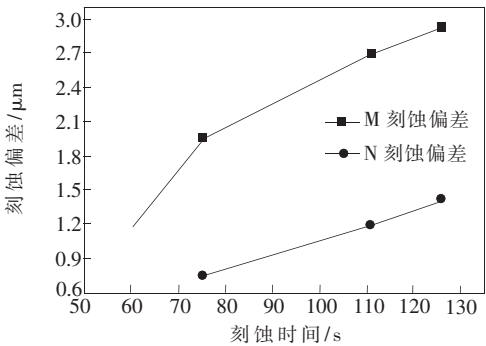


图 4 感光以及非感光 CD bias 与刻蚀时间关系
Fig. 4 Photosensitive resin and non- photosensitive resin, relationship of etch time with CD bias

与 ITO 结合性能较好。ITO 刻蚀液难渗入两者之间的界面,各向同性刻蚀量比较小。而感光树脂主要成份为酚醛树脂(Novolak),与 ITO 结合性能较差。刻蚀液容易渗入到 ITO 与感光树脂的结合处,刻蚀速度快,各向同性刻蚀较大,CD bias 增加,刻蚀的稳定性差。感光树脂在刻蚀过程中与 HNO₃ 发生氧化作用,在 M/M 下观察产生黑点,黑点 FIB 分析图如 5 所示。而非感光树脂架构为 Si—C 无机物,不存在此现象。

从 FIB 结果可以看出,感光树脂表面形成突起,同时有孔洞的形成。在 ITO 刻蚀过程中,硝酸与感光树脂材料接触,发生了氧化反应。感光树脂材料(主要成分为有机物)中的 C—O 键在遇到浓 HNO₃ 时发生部分断裂,C 被氧化,造成部分树脂材料与硝酸反应,产生孔洞。而非感光树脂材料表面是 Si—C 结构,类似于 SiN_x,性能比较稳定,遇到 HNO₃ 时,不会发生化学反应,因此无黑点产生。

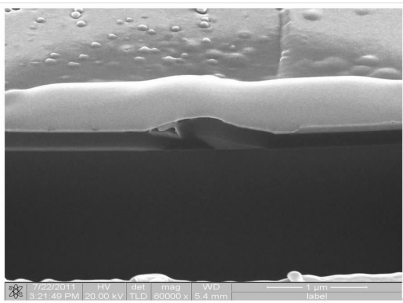


图 5 黑点 FIB 图

Fig. 5 FIB image of black spot

3.3 ITO 缺失解决

当衬底材料为非感光树脂时,我们发现 ITO 产生了一定的缺失现象。SEM 图片如 6 所示。

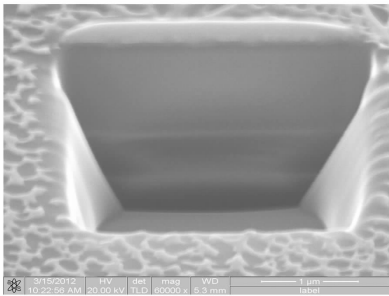


图 6 ITO 缺失 SEM 图

Fig. 6 SEM image of ITO lack

从图 6 可以看出,ITO 缺失区域,树脂表面凹凸不平。非感光树脂工艺流程为树脂涂覆、固化、resin mask,最后进行树脂干法刻蚀。干法刻蚀主要是利用辉光放电方法产生带电离子以及具有高度化学活性的中性原子和自由基,然后用这些粒子与薄膜反应^[8]。干法刻蚀主要是垂直进行刻蚀。在进行干法刻蚀时,由于干法刻蚀的选择性,会同时刻蚀衬底材料与光刻胶(PR)。非感光树脂与光刻胶的选择比较低,且初始涂覆 PR 胶太薄。在进行树脂刻蚀时,PR 胶被刻蚀掉,接着等离子体继续对树脂表面进行轰击,造成树脂表面粗糙,ITO 与树脂黏附性变差。在进行 ITO 刻蚀时,刻蚀液在 4 所示位置渗入两者之间的界面,该区域刻蚀液浓度增加,造成该区域 ITO 过刻,产生缺失。示意图如图 7 所示。

考虑选择比因素,解决此种不良,在不改变选择比的情况下,增加 PR 胶的厚度。刻蚀进行时,随着 PR 厚度的增加,刻蚀完成后,树脂表面仍有

一层薄的 PR 胶覆盖,减少等离子对树脂表面的损伤。我们设计了 PR 胶厚度试验,分别为 1.5 μm ,1.6 μm ,1.8 μm ,2.1 μm 。实验表明随着 PR 胶厚度的增加,ITO 缺失逐渐减轻直至消失。特别是当 PR 胶厚度增大到 2.1 μm 时,PR 胶在树脂表面附着性好,且形成较好的坡度角。在完成树脂干法刻蚀之后,仍然有一层薄的 PR 胶覆盖在树脂上,避免了树脂表面被离子轰击,从而消除 ITO 缺失。因此增加光刻胶厚度是一种有效解决 ITO 缺失的方案。

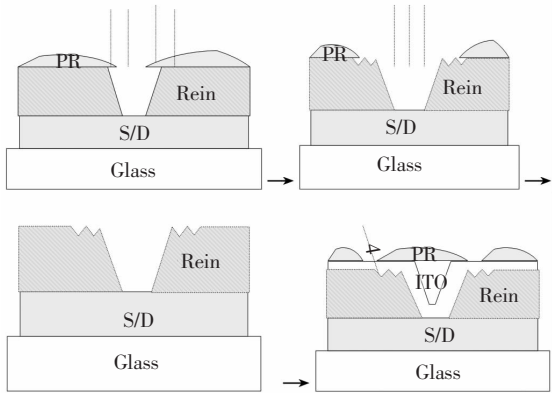


图 7 ITO 缺失机理

Fig. 7 Mechanism of ITO lack

4 结 论

研究了在边缘场中由于树脂材料的引入而带来的一系列 ITO 刻蚀相关的问题,研究了刻蚀液种类、树脂材料、以及光刻胶厚度对 ITO 性能的影响。试验结果表明:

(1)不同刻蚀液对树脂结构影响密切,选用含硝酸的 ITO 刻蚀液,容易造成源、漏金属的腐蚀,同时将感光材料部分氧化,形成黑点。因此在选用 ITO 刻蚀液时,必须选用不含硝酸的刻蚀液。

(2)不同树脂材料,同样条件下进行 ITO 刻蚀,感光材料的刻蚀速率比非感光的刻蚀速率快,而且随着时间的增加,刻蚀的均匀性也随着变差。

(3)树脂干法刻蚀过程中,树脂与 PR 胶的选择比较低,PR 胶较薄,易造成 PR 胶被刻蚀。接着轰击树脂表面,引起树脂表面粗糙。ITO 与树脂的结合性变差,刻蚀时产生 ITO 缺失。实验表明随着光刻胶厚度的增加,可以有效减少甚至消除等离子对树脂表面的轰击,减少 ITO 缺失。

参 考 文 献:

[1] 洪飞,谭莉,朱棋锋,等. 高性能顶栅结构有机薄膜晶体管 [J]. 液晶与显示,2012,27(3):313-317.

[2] 吴为敬,颜骏,许志平,等. IGZO TFT 与 ZnO TFT 的性能比较 [J]. 液晶与显示,2011,26(2):147-153.

[3] 李文波,王刚,张卓,等. TFT 用掩膜版与 TFT-LCD 阵列工艺 [J]. 半导体技术,2010,35(6):522-526.

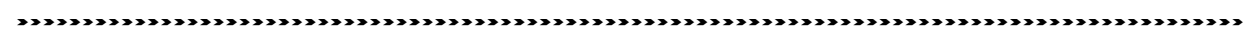
[4] 程艳,魏延存,李峰. TFT-LCD 驱动芯片内置 SRAM 的低功耗设计 [J]. 微电子学与计算机,2010,27(9):172-175.

[5] 毕昕. 面向 TFT-LCD 制程的 Mura 缺陷机器视觉检测方法研究 [D]. 上海:上海交通大学,2009.

[6] 宴峰,张自立. 高分辨率 LCD 控制板的设计与实现[J]. 计算机与数字工程,2002,4(30):24-28.

[7] 周伟峰,薛建设,明星,等. 应用低介电材料丙烯酸酯树脂作为 TFT-LCD 钝化层材料[J]. 液晶与显示,2011,26(1):19-22.

[8] 王泗禹,康剑. 半导体微细加工中的刻蚀设备及工艺 [J]. 微纳电子技术,2002,39(11):41-44.



欢迎订阅 欢迎投稿
《光学 精密工程》

《光学 精密工程》是中国仪器仪表学会一级学术期刊,中国科学院长春光学精密机械与物理研究所主办,科学出版社出版。由国内外著名科学家任顾问,陈星旦院士任顾问委员会主任,国家科技部副部长曹健林博士担任主编。

《光学 精密工程》坚持学术品位,集中报道国内外现代应用光学、光学工程技术、光电工程和精密机械、光学材料、微纳科学与技术、医用光学、先进加工制造技术、信息与控制、计算机应用以及有关交叉学科等方面的最新理论研究、科研成果和创新技术。本刊自 2007 年起只刊发国家重大科技项目和国家自然科学基金项目及各省、部委基金项目资助的论文。《光学 精密工程》竭诚欢迎广大作者踊跃投稿。

本刊获奖:

国际检索源:

- 中国百种杰出学术期刊
- 中国精品科技期刊
- 中国权威学术期刊(RCCSE)
- 中国最具国际影响力学术期刊
- 中国科学院择优支持期刊

- 《美国工程索引》(EI Compendex)
- 《美国化学文摘》(CA)
- 《英国 INSPEC》(SA)
- 《俄罗斯文摘杂志》(PJK)
- 《美国剑桥科学文摘》(CSA)

国内检索源:

- | | |
|-------------|----------------|
| 中国科技论文统计源期刊 | 中文核心期刊要目总览(北大) |
| 中国学术期刊(光盘版) | 中国学术期刊综合评价数据库 |
| 万方数据系统数字化期刊 | 中国科学期刊全文数据库 |
| 中国科学引文数据库 | 中国光学文献数据库 |
| 中国物理文献数据库 | 中国学术期刊文摘 |
| 中国期刊网 | 中国物理文摘 |

地 址: 长春市东南湖大路 3888 号
《光学 精密工程》编辑部

国内邮发代号: 12-166
国外发行代号: 4803BM

邮 编: 130033
电 话: (0431)86176855
传 真: (0431)84613409

定 价: 50.00 元/期
帐 户: 中国科学院长春光学
精密机械与物理研究所

E-mail: gxjmgc@ciomp. ac. cn
gxjmgc@vip. sina. com

银 行: 建行长春朝阳支行
帐 号: 22001360300054506148

http://www. eoep. net