

文章编号:1007-2780(2018)02-0138-06

刻蚀液的调整对 Array Mura 影响的研究

冀新友*, 张家祥, 王 亮, 张 洁, 卢 凯, 黄东升, 陈 思, 王 威

(北京京东方光电科技有限公司, 北京 100176)

摘要:生产中经常出现常温污渍(Array Mura)不良。针对 TFT 面板布线细线化及低电阻电极的要求, 纯铝工艺迫切需要新型湿法刻蚀液的对应。目前, 本文通过对比 3 种产线中测试的刻蚀液, 得出 Array Mura 的产生主要与纯铝工艺的顶层金属钼的刻蚀后缩进有关, 其中测试的刻蚀液 C 可以有效控制金属钼的缩进至 $0.1\ \mu\text{m}$ 以内。控制顶层金属钼缩进的主要原因与刻蚀液 C 的硝酸浓度和添加剂含量有关, 通过控制药液进而控制了刻蚀过程内的电化学反应, 最终使得 Array Mura 得到了有效的改善, 后续无相关不良发生。采用刻蚀液 C 刻蚀后线宽、坡度角等相关刻蚀参数均满足要求, 目前已经导入量产使用。

关键词: 常温污渍; 钼缩进; 刻蚀液

中图分类号: TN141.9 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20183302.0138

Effects of array Mura by adjustment of etchant

JI Xin-you*, ZHANG Jia-xiang, WANG Liang, ZHANG Jie, LU Kai,

HUANG Dong-sheng, CHEN Si, WANG Wei

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

Abstract: Stain in room temperature (Array Mura) can be found in production. Aiming at the requirements of high precise and low resistance circuit, a new type of wet etching etchant is necessary for the manufacturing in aluminum technology. By comparing three kinds of etchant, we made a conclusion that the shrinkage of Top Mo has played a significant role in the producing of Array Mura. The concentration of nitric acid and other additive can control the process of electrochemical reaction which can drive an obvious improvement in Array Mura by controlling the shrinkage of Top Mo within $0.1\ \mu\text{m}$. The wet etching etchant C have already fitted all the etching parameters including CD bias and profile, and it also be imported into quantity production.

Key words: room temperature stain; Mo shrink; etchant

收稿日期: 2017-07-15; 修订日期: 2017-11-03.

基金项目: 京东方 TFT 特性研发基金

Supported by TFT Characteristic Research Fund of BOE

* 通信联系人, E-mail: jixinyou@boe.com.cn

1 引言

随着薄膜晶体管(TFT)技术的发展,广视角以及高 PPI 液晶显示技术成为显示市场的主流^[1],为了适应薄膜晶体管液晶显示器面板布线精细化的趋势以及低电阻电极的要求^[2],对湿法刻蚀的刻蚀液提出了更高的需求,纯铝工艺刻蚀过程中旧刻蚀液的顶层金属铝缩进量、刻蚀后坡度角都不尽人意,以及易出现倒角异常和常温污渍(Array Mura)等问题,尤其对于 Array Mura,后期信赖性测试会出现高温污渍等问题,以上种种都急切需要刻蚀液的开发调整来应对不良的发生。

湿法刻蚀是(TFT)制备过程中一项重要的刻蚀手段。经过薄膜沉积,光刻胶曝光出图形后,湿刻利用化学药液去除薄膜形成最终图案,主要适用于金属薄膜或氧化铟锡(ITO)图案的形成^[3-5]。

本文探讨了3种不同纯铝刻蚀液,从不同衬底结构、刻蚀时间的角度进行分析刻蚀机理,最终达到了优化现有刻蚀液,消除 Array Mura 的目的。

2 实验

在本实验中,首先通过磁控溅射沉积金属膜层,之后进行曝光机光刻形成相应图形,最后对3种刻蚀液湿法刻蚀进行验证,后续分析。

沉积薄膜分别沉积了双层膜底层铝顶层铝结构(Al/Mo)X,三层膜底层铝中层铝顶层铝结构(Mo/Al/Mo)Y和Mo/Al/Mo Z三种,其中X与Y的铝和铝厚度相同,Z的底层铝和Y相同,且沉积厚度薄,Al和顶层Mo的厚度比Y薄,如表1所示。

表1 三种膜层对比

Tab.1 Comparison of three film

薄膜	X	Y	Z
顶层铝	S	S	L
中层铝	S	S	L
底层铝		S	S

H:厚,L:薄,S:同等

本实验分别探讨了在40℃条件下刻蚀后,刻蚀端点检测(EPD)、线宽差异(CD bias)、刻蚀过刻时间(OE.%)、微观形貌的差异,对比得出可以解决目前产线中 Array Mura 的最佳刻蚀液; Array Mura 如图1所示,其中3种刻蚀液分别为A刻蚀液(硝酸浓度a%)为当前量产采用刻蚀液,B刻蚀液(硝酸浓度b%),C刻蚀液(硝酸浓度c%), $a>b\approx c$,如表2所示。



图1 Array Mura 照片

Fig.1 Photo of Array Mura

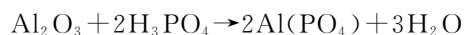
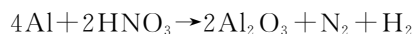
表2 刻蚀液成份对比

Tab.1 Comparison of the etchant component

刻蚀液	种类 A	种类 B	种类 C
HNO ₃	H	L	L
HAC	S	S	S
H ₃ PO ₄	S	S	S

H:浓度高,L:浓度低,S:同等

纯铝刻蚀液中主要成分为硝酸(HNO₃)、磷酸(HPO₄)、醋酸(CH₃COOH)以及添加剂,其中主要起到金属刻蚀作用的为硝酸,磷酸分解金属氧化物,醋酸起到缓释作用。



添加剂控制刻蚀电化学反应速率,从而实现不同活性金属间电子迁移的速率,形成好的坡度角。

3 结果与讨论

3.1 不同刻蚀液 EPD 差异的研究

如图2,对比3种刻蚀液在相同温度下对3种不同膜层的EPD可知,A刻蚀液的EPD小于

B 和 C, B 和 C 的 EPD 较为接近, 说明刻蚀液 A 的刻蚀速率快于 B 和 C; 同比 Mo/Al/Mo Y 和 Al/Mo X, 刻蚀液的 EPD 相差很小, 因此相对较薄的底层金属钼对 EPD 影响小。

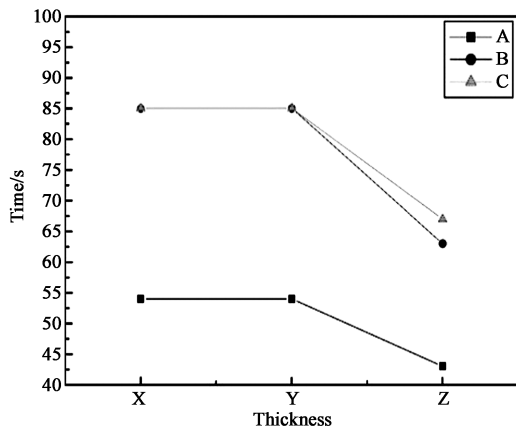


图 2 三种刻蚀液 EPD 对比

Fig.2 EPD comparison of three etchant

而 A 的刻蚀速率大于 B 和 C 的主要原因为 A 的 HNO_3 浓度大于 B 和 C, 对于刻蚀液纵向刻蚀起主要作用的 HNO_3 浓度大, 金属腐蚀速度快, 虽然易于产能提高, 但难于控制复合层金属的刻蚀选择比, 因此 A 刻蚀液 Array Mura 现象较为严重; B 和 C 易于改善 Array Mura。

3.2 不同刻蚀液 CD bias 和均匀性差异的研究

图 3 为 3 种刻蚀液对于沉积膜层 Y 在 40°C 刻蚀的 CD bias 对比; 从图上可以看出: 三种刻蚀液的 CD bias 曲线线性都较好, 都易于调控刻蚀后线宽, 相同过刻量 (OE.%) 下, C 的刻蚀后线宽差异 (CD bias) 大于 B 的, B 大于 A 的 CD bias; 另外两种膜层的规律相同于此膜层, 在此不进行赘述。

从 EPD 的讨论可以得知, 刻蚀液 C 的 EPD 最大, 因此相同过刻量下, 刻蚀时间 C 约等于 B 大于 A, 即 A 的刻蚀时间最短, 因此虽然刻蚀液对于铝膜层的纵向刻蚀, A 的刻蚀速率最快, 保证无残留的情况下, 刻蚀时间短, CD bias 小; B 和 C 的 EPD 相近, 但刻蚀液配比中, 添加物的存在导致电化学反应的速率受到控制, 因此 C 的 CD bias 小于 B 的; 从产能角度及细线化设计角度考虑刻蚀液 A 最佳, 但 EPD 小, 工艺可调控空间小也是缺点, 且出现了 Array Mura 的困扰; 相比 B 和 C 刻蚀液, EPD 相近, 区别点在于添加剂的含

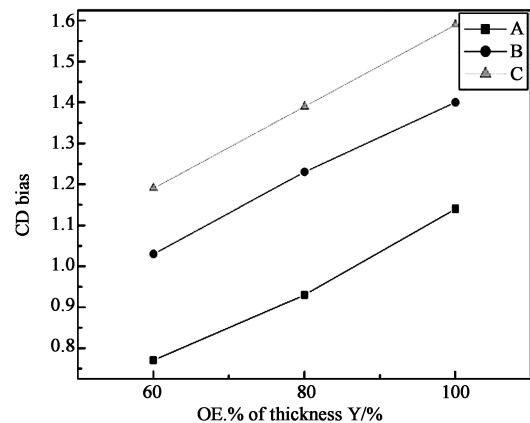


图 3 三种刻蚀液 CD bias 对比

Fig.3 CD bias comparison of three etchant

量对于横向刻蚀的影响, 控制金属钼和金属铝金属层电子迁移速率, 所以造成了 CD bias 的差异。

图 4 为 3 种刻蚀液对于沉积膜层 Y 在 40°C 刻蚀的标准差 (3sigma) 对比; 从图中可以看出 3 种刻蚀液的刻蚀均匀性均较好, 满足量产条件 (标准差 < 1) 且差异不大, 另外两种膜层的规律相同于此膜层, 在此不进行赘述。

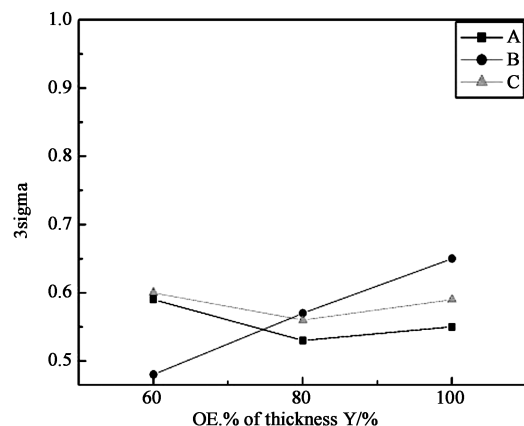


图 4 三种刻蚀液标准差对比

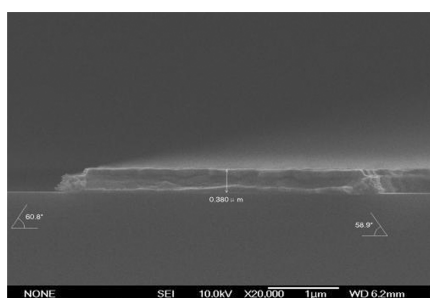
Fig.4 Sigma comparison of three etchant

3.3 不同刻蚀液刻蚀微观形貌的研究

对膜层 Y 厚度进行 3 种刻蚀液刻蚀后扫描电镜 (SEM) 确认, 温度均为 40°C 。

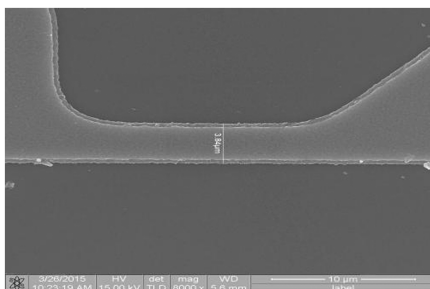
其中图 5 为 A 刻蚀液刻蚀后膜层断面及顶端图, 从图中可以看出, 膜层左右坡度角在 60° 左右, 从断面图可见, 顶层金属钼缩量较大; 从顶端图可见, 可明显看到底层金属的突出, 突出量见表 3 统计。

图 6 为 B 刻蚀液刻蚀后膜层断面及顶端图,



(a)SEM 截面图

(a)SEM photo of cross-section

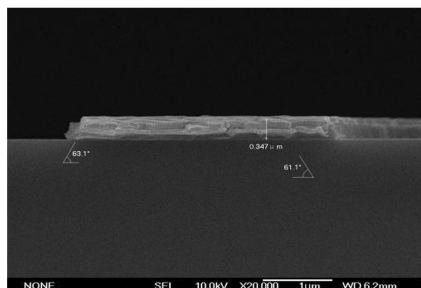


(b)SEM 顶端图

(b)SEM photo of surface

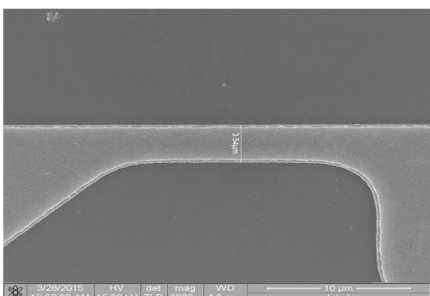
图 5 A 刻蚀液刻蚀后 SEM 图

Fig.5 SEM photo of etchant A



(a)SEM 截面图

(a)SEM photo of cross-section



(b)SEM 顶端图

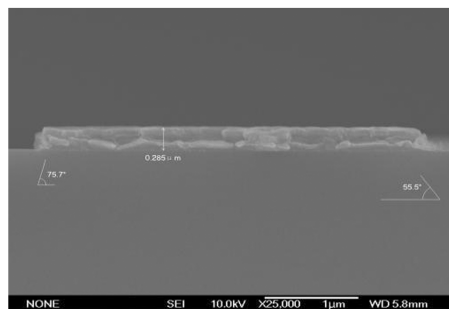
(b)SEM photo of surface

图 6 B 刻蚀液刻蚀后 SEM 图

Fig.6 SEM photo of etchant B

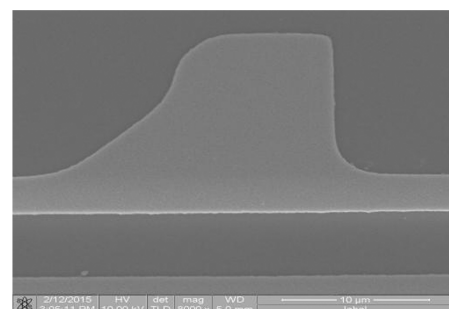
从图中可以看出,膜层左右坡度角在 62° 左右,从断面图可见,顶层金属钼缩进量减小;从顶端图可见,依然看到下层金属,缩进量见表 3 统计。

图 7 为 C 刻蚀液刻蚀后膜层断面及顶端图,从图中可以看出,膜层左右坡度角平均在 65° 左右,从断面图可见,顶层金属钼缩进量很小;从顶端图可见,几乎无法看到下层金属,因此金属钼缩进较小,缩进量见表 1 统计。



(a)SEM 截面图

(a)SEM photo of cross-section



(b)SEM 顶端图

(b)SEM photo of surface

图 7 C 刻蚀液刻蚀后 SEM 图

Fig.7 SEM photo of etchant C

从表 3 可见,3 种刻蚀液的坡度角均在 $60^\circ \sim 70^\circ$ 间,满足量产要求,不易发生搭接异常;同比 3 种刻蚀液的顶层金属钼缩进量,刻蚀液 C 的最佳,小于 $0.1 \mu\text{m}$ 。

表 3 刻蚀液坡度角及缩进量对比

Tab.3 Comparison of profile and Mo shrink

刻蚀液	种类 A	种类 B	种类 C
坡度角	60°	62°	65°
钼缩进	$0.36 \mu\text{m}$	$0.26 \mu\text{m}$	$0.1 \mu\text{m}$

3.4 Array Mura 的产生机理及其对比刻蚀液改善效果

如图 1 所以, Array Mura 的产生使得后端产品信赖性出现高温污渍不良, 降低了良品率, 因此改善 Array Mura 势在必行; 其中图 1 所示的 Array Mura 的程度即为量产刻蚀液即 A 刻蚀液刻蚀后效果, 经过引入 B、C 刻蚀液后, 改善照片如图 8、9 所示; 其中 B 刻蚀液刻蚀后的 Array Mura 的严重度在程度 2~3 等级, C 刻蚀液刻蚀后的 Array Mura 的严重度在程度 0~1 等级, 因此得出结论, Array Mura 的产生与顶层金属钼的缩进相关。

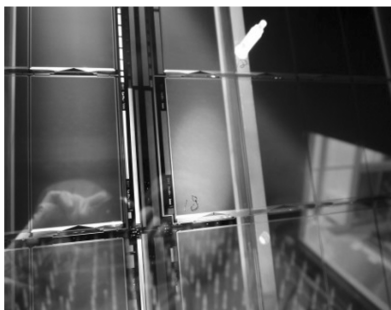


图 8 刻蚀液 B 刻蚀后 Array Mura 照片

Fig.8 Photo of Array Mura after etched by B

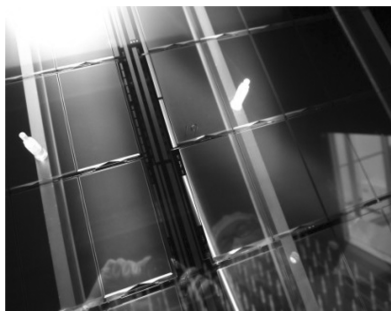


图 9 刻蚀液 C 刻蚀后 Array Mura 照片

Fig.9 Photo of Array Mura after etched by C

因为 Array Mura 宏观可见, 判断与自然光的反射有关, 如图 10 所示, 金属钼与金属铝对于自然光的反射率不同, 钼约为 50%, 铝约为 90%, 当正常无缩进情况下, 肉眼无法识别到反射光线的差异, 但当出现顶层金属钼缩进时, 两种金属的不同反射率就显现出来了。

因此对于解决 Array Mura 的办法就是需要选取金属刻蚀选择比更佳, 无缩进或缩进量低的刻蚀液, 刻蚀液 C 为最佳选择。

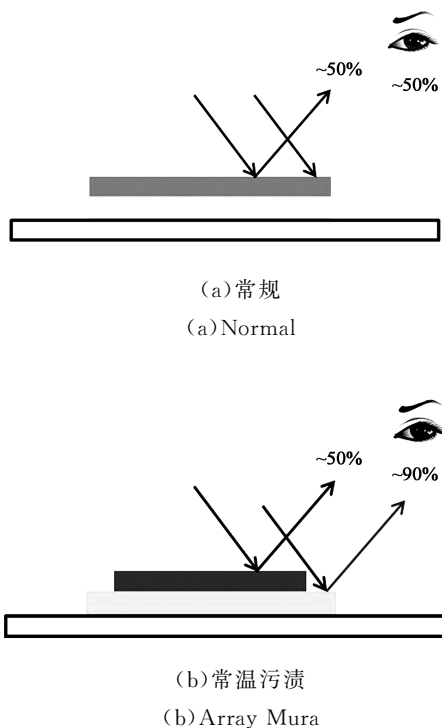


图 10 Array Mura 机理

Fig.10 Mechanism of Array Mura

4 结 论

Array Mura 为 TFT 工艺上产生的一种新型光学不良, 肉眼可见, 后续产品信赖性会出现高温污渍, 需要及时改善; 本文通过探讨 3 种刻蚀液的相关特性得出以下几点结论:

(1) Array Mura 的产生与纯铝工艺多层金属膜层间, 顶层金属钼缩进有关, 主要由于金属间自然光的反射率不同而引起;

(2) 对比 3 种刻蚀液可知, 刻蚀液 C 的顶层金属钼缩进量最小, 因此 Array Mura 肉眼不可见或发生程度在 0~1 等级;

(3) 三种刻蚀液在相应 EPD 及 CD bias 控制上各有优势, 如 A 的 EPD 短, 产能高, 但易容易波动, 造成 bias 控制难;

(4) 刻蚀后金属膜层坡度角监控方面, 3 种刻蚀液均达到量产水平, 在保证搭接良好的前提下, 刻蚀液 C 为最佳选择。原因为 C 的硝酸浓度以及添加剂的配比可有效对应产线内纯铝工艺的产品开发并有效改善 Array Mura。

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.
HONG F, TAN L, ZHU Q F, *et al.* High performance organic thin film transistor based on top-gate configuration [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2012, 27(3): 313-317. (in Chinese)
- [2] 李文波,王刚,张卓,等.TFT用掩模版与TFT-LCD阵列工艺[J].半导体技术,2010,35(6):522-526,559.
LI W B, WANG G, ZHANG Z, *et al.* Mask used for TFT and TFT-LCD array technology [J]. *Semiconductor Technology*, 2010, 35(6): 522-526, 559. (in Chinese)
- [3] 晏峰,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,2002,30(4):24-28.
YAN F, ZHANG Z L. Design and implementation of High resolution LCD control board [J]. *Computer & Digital Engineering*, 2002, 30(4): 24-28. (in Chinese)
- [4] 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.
WANG S Y, KANG J. Application and development of etch equipment and process in semiconductor superfine line manufacturing [J]. *Micronanoelectronic Technology*, 2002, 39(11): 41-44. (in Chinese)
- [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)

作者简介:冀新友(1985—),男,北京人,硕士,工程师,主要从事与液晶面板相关的技术研发工作。E-mail:jixinyou@boe.com.cn