

文章编号:1007-2780(2018)03-0208-05

TFT-LCD 制造工艺中金属或金属复合膜层坡度角的研究

范学丽^{1*},靖瑞宽¹王晏韶¹,靳 腾¹,董建杰¹,许永昌¹,徐 斌¹,章志兴¹,高 矿²

(1.北京京东方光电科技有限公司,北京 100176;

2.北京京东方显示技术有限公司,北京 100176)

摘要:在薄膜晶体管液晶显示器(TFT-LCD)面板制程中, Gate 层(栅极)电路和 SD 层(源极)电路根据产品电阻等要求可以使用纯金属膜层,如钼、铜等金属膜层,也可以使用金属复合膜层,如铝钼、铝钨钼、钼铝钼等金属复合膜层。当使用不同金属或金属复合膜层作为 Gate、SD 电路时,应当对应不同的刻蚀液。但在实际生产时,往往是一种刻蚀液同时对应金属膜层或金属复合膜层。由于钼金属膜层的 Etch Rate(刻蚀速率)大于铝钼等金属复合膜层 Etch Rate,所以当铝钼等金属复合膜层刻蚀完成后对应坡度角有时会出现异常,如膜层角度较大(80~90°)、顶层金属钼发生尖角或缩进等现象,产生宏观不良及进行后工序时会产生相应的光学不良或导致后层物质残留,影响产品品质。本文针对金属膜层或金属复合膜层坡度角进行影响因素分析,主要受刻蚀工序及曝光工序影响。通过对刻蚀液浓度调整、温度调整、刻蚀方式调整及曝光工序等调整减少金属钼发生尖角、缩进几率,将金属膜层坡度角控制在 60°左右及金属复合膜层坡度角控制在 50°左右,从而降低不良的发生率,提高产品品质。

关键词:坡度角; Etch Rate; 膜层; 刻蚀

中图分类号: TN141.9 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20183303.0208

TFT-LCD manufacture technology metal or metal composite film layer profile

FAN Xue-li^{1*}, JING Rui-kuan¹, WANG Yan-ming¹, JIN Teng¹,
DONG Jian-jie¹, XU Yong-chang¹, XU Bin¹, Zhang Zhi-xing¹, GAO Kuang²

(1. Beijing BOE Optoelectronics Technology Co., Ltd, Beijing 100176, China;

2. Beijing BOE Technology Group Co., Ltd, Beijing 100176, China)

Abstract: In the thin film transistor liquid crystal display (TFT-LCD) panel process, Gate(grid) layer and SD layer (source) circuit can use pure metal film layers according to the product requirements, such as molybdenum, copper and other metal film, can also use metal composite film layers such as aluminum molybdenum, aluminum neodymium molybdenum, molybdenum aluminum molybdenum metal composite film. When different metal or metal composite layers are used as Gate and SD circuits, different etchant should be applied. But in actual production, it is often an etchant which corresponds to the metal film layers or metal composite film layers. The molybdenum metal film layers

收稿日期:2017-05-19;修订日期:2017-11-08.

* 通信联系人, E-mail: fanxueli820409@163.com

etch rate is larger than the aluminum molybdenum composite film layers etch rate. When the aluminum molybdenum composite film etching complete, the profile is abnormal sometimes, such as film larger angle ($80^{\circ}\sim 90^{\circ}$), top metal occurs tip or shrink phenomenon. When the macro defect occurs and the subsequent process will produce the corresponding optical defects or lead to residual material in the rear layer and affect the quality of products. In this paper, the factors affecting the profile of metal film layers or metal composite film layers are mainly affected by the etching process and exposure process. Through adjusting the etchant concentration, temperature, etching mode and exposure step to adjust the angle, the metal molybdenum occurrence probability of the metal film indentation is reduced, the slope angle of the metal film is controlled at 60° , and the metal composite film slope angle is controlled at 50° so as to reduce the bad incidence and improve the product quality.

Key words: profile; etch rate; film; etch

1 引言

在薄膜晶体管液晶显示器(TFT-LCD)面板制程中,Array 阵列工序时,Gate 层(栅极)电路和 SD 层(源极)电路根据产品电阻等要求有时使用纯金属膜层,如铝、钼、铜等金属膜层,有时使用金属复合膜层,如铝钼、铝钨钼、钼铝钼等复合膜层。当使用不同金属膜层或金属复合膜层作为 Gate 层、SD 层电路时,应当使用不同的刻蚀液。因金属膜层与金属复合膜层的刻蚀速率不同,使用相同的刻蚀液会导致不同膜层 Gate 或 SD 层坡度角存在异常,导致不良发生,影响产品品质^[1-10]。

但在实际生产中因产线布局、动力供液系统等多因素影响,往往是采用一种刻蚀液同时对应金属膜层及金属复合膜层。如用一种刻蚀液同时对应刻蚀金属膜层和金属复合膜层时,如刻蚀铝钼膜层及钼膜层时,由于钼的 Etch Rate(刻蚀速率)大于铝的 Etch Rate,所以刻蚀完成后对应膜层坡度角往往存在异常,如钼膜层角度较大、铝钼金属复合膜层顶层钼发生尖角或顶层钼发生缩进现象,这些现象会产生宏观不良,进行至后工序时会产生相应的光学不良或导致上层物质残留,影响产品品质。本文针对金属膜层或金属复合膜层坡度角进行影响因素分析并进行改善,主要探讨不同膜层对应刻蚀液浓度调整、温度调整、及曝光工序调整等减少金属顶层钼发生尖角或顶层钼发生缩进现象,从而改善金属膜层或金属复合膜层坡度角,提高产品品质。

2 坡度角影响因素分析及改善

2.1 刻蚀工序影响

2.1.1 刻蚀液浓度影响

金属膜层或复合膜层刻蚀液主要成分为硝酸、醋酸、磷酸及添加剂等混酸,其中硝酸的主要作用为刻蚀金属,硝酸的含量对金属膜层坡度角有较大影响。当刻蚀液中各单酸浓度变化时,刻蚀速率会随之变化,针对不同金属膜层或金属复合膜层,坡度角存在不同的变化程度。

(a)金属复合膜层

针对金属复合膜层,如铝钼膜层,因刻蚀液对这两种金属刻蚀速率不同,本实验主要对硝酸浓度进行调整,坡度角会随着硝酸浓度变化而发生变化。当硝酸浓度较高时,顶层钼缩进较多,主要因为在此浓度时顶层钼刻蚀速率高于铝刻蚀速率,导致坡度角不理想,宏观显示为白点不良,后端有光学不良发生。当降低硝酸浓度时,顶层钼刻蚀速率会减缓,降低到一定程度时,铝钼刻蚀速率差距最小,坡度角达到理想状态,顶层钼无缩进现象,且坡度角控制在 45° 左右,效果良好,如图 1 所示。

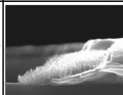
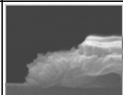
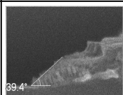
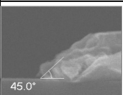
硝酸浓度	浓度1	浓度2	浓度3	浓度4
坡度角				

图1 金属复合膜层坡度角随硝酸浓度变化趋势

Fig.1 Profile of metal composite film layer change with nitric acid concentration trend

(b)金属膜层

当金属膜层进行刻蚀时,如钼膜层刻蚀,当醋酸浓度调整时,钼刻蚀速率会随醋酸浓度调低而加快,导致坡度角变大,坡度角变大易导致产品在后段发生不良。当醋酸浓度调高时钼刻蚀速率减慢,坡度角变小,当醋酸浓度调整到一定范围内时坡度角可控制在 $60^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 左右,经试验验证坡度角在此角度范围内后工序无不良发生。图 2 所示。

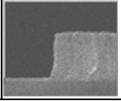
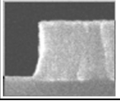
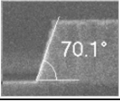
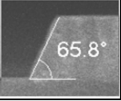
硝酸浓度	浓度1	浓度2	浓度3	浓度4
坡度角				

图 2 金属膜层坡度角随醋酸浓度变化趋势

Fig.2 Profile of metal film layer change with acetic acid concentration trend

2.1.2 刻蚀液温度影响

为保证刻蚀速率,刻蚀液需要在一定温度下进行刻蚀工艺,金属膜层及金属复合膜层使用温度一般控制在 $30^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 度左右,实际生产中根据不同金属、不同膜层厚度、刻蚀宽度、膜层坡度角、设备产能等要求决定刻蚀液使用温度。

(a)金属复合膜层

金属复合膜层如铝钼膜层进行刻蚀,使用低温进行刻蚀时,顶层钼容易发生尖角现象,此现象容易造成异常放电或后层物质残留等不良,影响产品品质。刻蚀液温度提高,顶层钼尖角现象减轻,但当温度提高到一定程度时,容易发生顶层钼缩进的现象,所以控制刻蚀液保持适当的温度,既可以改善顶层钼尖角现象又无钼缩进产生,将膜层坡度角控制在 45° 左右,此角度较为理想,如图 3 所示。

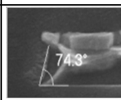
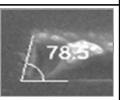
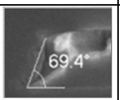
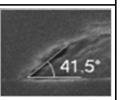
温度(度)	浓度1	浓度2	浓度3	浓度4
坡度角				

图 3 金属复合膜层坡度角随刻蚀液温度变化趋势

Fig.3 Profile of metal composite film layer change with etchant temperature trend

(b)金属膜层

金属膜层如钼膜层进行刻蚀时,温度较高,钼

刻蚀速率加快,角度不易控制,钼膜层坡度角容易发生尖角现象,当降低刻蚀液温度时,刻蚀速率减慢,坡度角随着刻蚀液温度降低逐渐变小,当刻蚀温度调整至一定温度时,坡度角可控在 $50^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 左右,此膜层效果较好,如图 4 所示。

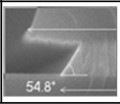
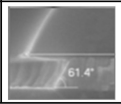
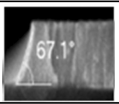
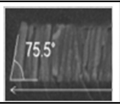
温度(度)	浓度1	浓度2	浓度3	浓度4
坡度角				

图 4 金属膜层坡度角随刻蚀液温度变化趋势

Fig.4 Profile of metal film layer change with etchant temperature trend

2.1.3 刻蚀方式影响

金属刻蚀方式主要有 Spray(喷淋)、Dip(浸泡)等方式,使用 Spray 方式(简写成 S)进行刻蚀时,纵向刻蚀速率高于横向刻蚀速率,使用 Dip 方式(简写成 D)进行刻蚀时,横向刻蚀速率高于纵向刻蚀速率。所以在实际刻蚀时,根据金属膜层厚度、线宽要求和坡度角要求等采用不同的刻蚀方式对应。

(a)金属膜层

针对金属膜层,当刻蚀方式全部采用 Spray 方式时,坡度角较大, 75° 左右,当采用一个 Spray 方式两个 Dip 方式时(SDD),坡度角可控制在 60° 左右,效果良好。Dip 刻蚀方式可以较好的控制坡度角,但是实际生产中,需要根据设备特性及工艺要求等选择刻蚀方式,如图 5 所示。

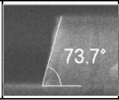
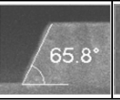
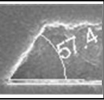
刻蚀模式	SSS	SDS	SDD
坡度角			

图 5 金属膜层坡度角随刻蚀方式变化趋势

Fig.5 Profile of metal film layer change with etching mode

(b)金属复合膜层

针对金属复合膜层,当刻蚀方式全部采用 Spray 方式时,坡度角控制在 60° 左右,当采用一个 Spray 方式两个 Dip 方式时(SDD),坡度角可控制在 40° 左右。因金属复合膜层全部使用 Spray 方式时,坡度角控制在 60° 左右可满足产

品要求,实际生产时可根据具体要求确定刻蚀模式,如图6所示。

刻蚀模式	SSS	SDS	SDD
坡度角	58.5°	45.0°	41.8°

图6 金属复合膜层随刻蚀方式变化趋势

Fig.6 Profile of metal composite film layer change with etching mode

2.2 曝光工序影响

2.2.1 后烘时间影响

刻蚀工序进行时,刻蚀液钻刻能力与前工序涂覆光刻胶与膜层粘附力有一定关系,当粘附力小时,刻蚀液更容易钻刻,坡度角较好。粘附力大小可通过后烘时间体现,当不进行后烘时,光刻胶与膜层粘附力最小,刻蚀液越容易钻刻,随着后烘时间增加,粘附力增加,刻蚀液钻刻能力变弱,坡度角变差。若不进行后烘有时会存在光刻胶开裂的情况,产生不良,后烘时间过长会影响设备产能,实际生产时会根据产能和产品要求适当控制后烘时间。

(a)金属膜层

针对金属膜层进行后烘时间测试,随着时间增多,光刻胶与膜层粘附力增大,刻蚀液钻刻能力变弱,坡度角变大。当不进行后烘或后烘时间短时,光刻胶有断裂的风险,当后烘时间过长时,会影响曝光工序产能。实际生产将时间控制在一定范围内,确保坡度角的同时保证设备产能,如图7所示。

后烘时间(s)	时间1	时间2	时间3	时间4
坡度角	54.0°	62.1°	71.6°	76.3°

图7 金属膜层随刻蚀方式变化趋势

Fig.7 Profile of metal film layer change with etching mode

(b)金属复合膜层

金属复合膜层与金属膜层一致,随着后烘时间的增加,刻蚀液钻刻能力变弱,坡度角变大,当后烘时间增大到一定程度,坡度角顶层钼存在尖角的情况,如图8所示。

后烘时间(s)	时间1	时间2	时间3	时间4
坡度角	33.7°	57.2°	60.7°	51.9°

图8 金属复合膜层坡度角随后烘时间变化趋势

Fig.8 Profile of metal composite film layer change with hard bake time

3 结 论

本文针对金属层或金属复合膜层坡度角进行改善,通过对刻蚀液浓度调整、温度调整、刻蚀方式调整及前工序等调整减少金属钼发生尖角、缩进几率,将金属膜层坡度角控制在60°左右及金属复合膜层坡度角控制在50°左右,从而降低不良的发生率,提高产品品质。

参 考 文 献:

- [1] 王伟,向东,杨为,等.湿法刻蚀腔室结构数值优化[J].人工晶体学报,2014,43(5):1110-1114.
WANG W, XIANG D, YANG W, et al. Numerical optimization of a chamber structure design for the wet etching [J]. *Journal of Synthetic Crystals*, 2014, 43(5): 110-1114. (in Chinese)
- [2] 荀本鹏.大尺寸面板液晶显示屏阵列工艺中的金属钼刻蚀研究[D].成都:电子科技大学,2007:62-70.
XUN BP. *Large size liquid crystal display panel array of molybdenum metal etching research* [D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China, 2007: 62-70. (in Chinese)
- [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.
GU Z H. *Thin Film Transistor (TFT) Array Manufacturing Technology* [M]. Shanghai: Fudan University Press, 2007. (in Chinese)
- [4] 尉永波,陈建军,张宸铭,等.LTPS工艺中光刻胶与膜层粘附力的研究[J].液晶与显示,2017,32(3):190-195.
JU Y B, CHEN J J, ZHANG C M, et al. Photoresist and film adhesive force in LTPS process [J]. *Chinese Jour-*

- nal of Liquid Crystals and Displays*, 2017, 32(3): 190-195. (in Chinese)
- [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.
BI X. *Study on the methods of machine vision inspection for the Mura defect of TFT-LCD process* [D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2009. (in Chinese)
- [6] 翟莲娜,周化岚,李小慧,等.氧化锡透明导电电极的刻蚀研究[J].腐蚀科学与防护技术,2014,26(1):41-44.
ZHAI L N, ZHOU H L, LI X H, *et al.* Etching of transparent and conductive indium tin oxide films [J]. *Corrosion Science and Protection Technology*, 2014, 26(1): 41-44. (in Chinese)
- [7] 胡宇峰,李冠明,吴为敬,等.二次耦合直流输出的金属氧化物 TFT 行驱动电路[J].发光学报,2016,37(10): 1223-1229.
HU Y F, LI G M, WU W J, *et al.* Gate driver integrated by MOTFTs using twice-bootstrap DC output module [J]. *Chinese Journal of Luminescence*, 2016, 37(10): 1223-1229. (in Chinese)
- [8] 刘翔,陈旭,谢振宇,等.使用低电阻金属铝制造薄膜晶体管阵列信号电极[J].液晶与显示,2009,24(4):533-536.
LIU X, CHEN X, XIE Z Y, *et al.* Low resistant metal for thin film transistors [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2009, 24(4): 533-536. (in Chinese)
- [9] 孙敏,张金凤,郑佳晶.遗传算法在湿法刻蚀设备温度 PID 控制中的应用[J].电子工业专用设备,2014(1):31-34.
SUN M, ZHANG J F, ZHENG J J. Genetic algorithm in the wet etching equipment temperature control [J]. *Equipment for Electronic Products Manufacturing*, 2014(1): 31-34. (in Chinese)
- [10] 李玉胜.湿法刻蚀与清洗中晶圆缺陷问题的研究[D].天津:天津大学,2013.
LI Y S. *Wafer defects issue study in wet etch and wet clean* [D]. Tianjin: Tianjin University, 2013. (in Chinese)

作者简介:范学丽(1982—),女,内蒙古赤峰人,工程师,就职于北京京东方光电科技有限公司,主要从事 TFT-LCD 工艺技术的研究。E-mail:fanxueli820409@163.com