

文章编号:1007-2780(2017)07-0518-08

RIE 模式干法刻蚀 ADS 产品铝腐蚀改善研究

蒋会刚*, 高建剑, 王晏韶, 赵海生, 王 辉, 吴 超

(北京京东方光电科技有限公司, 北京 100176)

摘要: Full-in-cell(FIC)产品信号线 SD 层结构为 Mo-Al-Mo 结构, 使用 Reactive Ion Etching(RIE)模式干法刻蚀设备进行 N+ Etch 时, 氯的化合物会吸附在信号线中的 Al 线侧壁及光刻胶的表面, 当玻璃基板离开刻蚀腔体接触到空气, 遇到水分发生水解反应, 对 Al 线造成腐蚀, 严重影响产品特性。本文在 RIE 刻蚀模式腔体内采用刻蚀条件变更改善 Al 腐蚀现象, 通过对刻蚀的前处理步骤, 后处理步骤以及去静电步骤的参数包括压强、功率和时间以及气体流量比进行实验设计并对数据进行分析。实验结果表明当后处理步骤 2 000 W, O_2/SF_6 比例为 2 000 mL $\cdot$ min $^{-1}$ /50 mL $\cdot$ min $^{-1}$, 压强为 200 mt(1 mt=0.133 Pa), Time 为 15 s 为最优条件, 可以彻底改善 Al 腐蚀现象。此条件 TFT 特性方面更加优越, Dark I_{on} 为 1.91 μ A, Photo I_{off} 为 4.1 pA。

关 键 词: 铝腐蚀; TFT 沟道; TFT 特性; 沟道厚度

中图分类号: TN141.9 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20173207.0518

Improvement of aluminum corrosion of ADS products by RIE etching mode dry etching

JIANG Hui-gang*, GAO Jian-jian, WANG Yan-ming,

ZHAO Hai-sheng, WANG Hui, WU Chao

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

Abstract: Full-in-cell (FIC) product signal line SD-layer is Mo-Al-Mo structure, when using Reactive Ion Etching (RIE) mode dry etching device for N + etching, the chlorine compounds absorbed on the side wall surface of the Al and photoresist line, when the glass substrate is etched away from the chamber exposed to air, the moisture encountered hydrolysis reaction, which will cause corrosion of Al wire and seriously affect the product characteristics. In this paper, the Al etching phenomenon is improved by changing the etching conditions in the RIE etching mode cavity. Related experimental design and data analysis of the parameters of the pretreatment step, the post-treatment step and the de-static step including the pressure, power and time and the gas ratio is discussed. The experimental results show that the Al corrosion can be improved when the post-treatment step is 2 000 W, the ratio of O_2/SF_6 is 2 000 mL $\cdot$ min $^{-1}$ / 50 mL $\cdot$ min $^{-1}$, the pressure is 200 mt and the time is 15 s. This condition is more advantageous in terms of TFT characteristics, Dark I_{on} is

收稿日期:2017-03-08; 修订日期:2017-04-10.

基金项目:京东方研发基金

Supported by BOE Development Fund

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

1.91 μA , Photo I_{off} is 4.1 pA.

Key words: aluminum corrosion; TFT channel; TFT characteristics; channel thickness

1 引言

伴随薄膜晶体管液晶显示器(TFT-LCD)的不断发展,人们日益追求更加轻薄化的面板,触摸面板和液晶面板的一体化主要采用 Full-in-cell 方法。Full-in-cell 是指将触摸面板功能嵌入到液晶像素中的方法,即在显示屏内部嵌入触摸传感器功能,这样能使屏幕变得更加轻薄。由于 Full-in-cell 产品对 TFT 的电学特性要求更高,采用 MO-Al-MO 的结构设计,由于现有 RIE 干法刻蚀模式设备的局限性,刻蚀气体只有 SF_6 , Cl_2 , O_2 , He, 以及 ADS 产品的特殊设计,在进行 TFT 沟道的欧姆接触层刻蚀时,氯的化合物会吸附在信号线中的 Al 线侧壁及光刻胶的表面,当玻璃基板离开刻蚀腔体后,Al 线侧壁中的氯化物接触点空气的水分发生水解反应,对 Al 线造成腐蚀,严重影响产品特性^[1-4]。本文通过研究 RIE 刻蚀模式设备的特性,对 Al 线腐蚀结构及机理的分析,来解决该类产品结构的 Al 线腐蚀问题。本研究采用刻蚀条件处理步骤的变更改善 Al 腐蚀现象,通过对刻蚀的前处理步骤,后处理步骤以及去静电步骤的参数包括压强、功率和时间以及气体流量比进行实验设计进而彻底改善 Al 腐蚀现象的发生^[5-6],进而提升 Full-in-cell 产品 TFT 特性。本研究在解决 Al 线腐蚀的同时,对产品特性也取得较大提升。

2 实验原理

本文采用 RIE 模式 Dry Etching 机台对 TFT Channel 进行刻蚀,刻蚀气体为 SF_6 , Cl_2 , O_2 , He, 刻蚀步骤分为 BT(前处理步骤)、Main Etch(主刻蚀步骤)、AT(后处理步骤)和 Discharge(去静电步骤)。本文通过对 BT 步骤、AT 步骤以及 Discharge 步骤的参数包括压强、功率和时间以及气体流量比进行实验设

计^[7-10],研究不同条件对 Al 腐蚀的改善情况,并且进一步提升 TFT 特性。对各个实验设计的条件,通过光学检测设备对 Al 腐蚀不良进行检测验证改善效果,通过电学特性测试设备 YAF5000 对样品的 TFT 特性进行测试与评估,通过 K-MAC 设备测试 TFT 沟道厚度,整体验证 TFT 特性的趋势及 Al 腐蚀改善效果。

光学检测设备:图案检查,指对经过 Array 各工序后形成的具有规定图案的基板的检查,设备利用光学性方法检查 LCD 玻璃基板上的图案是否存在异常的设备。

光学检测目的:以光学的方式对 TFT Pattern 进行全面系统检查,并进行反馈,最终实现检出不良,提高良率的目的。光学方式检查,用发光元件及感光元件在基板上方扫过,无接触式的完成检查。

测试原理:经过物体表面反射后的光会携带物体表面的某些信息,如颜色、形状、凸凹程度、透明程度等,那么用计算机分析这些光信息就会再现物体。

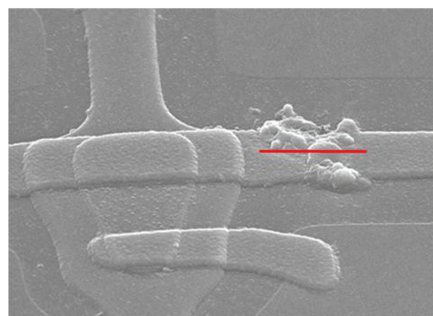


图1 Al 腐蚀现象表面 SEM 图

Fig.1 Al corrosion phenomenon surface SEM image

电学特性测试设备 YAF5000: TFT-LCD 前工序 TFT 基板完成后的检测设备,通过对有代表性的 TFT 器件电学参数的测量对 Array 工艺形成的 TFT 阵列的电学特性进行整体评估。做法是把信号线 Head 接触到栅极 Pad 上,栅极 Head 接触到栅极 Pad 上,Pixel Head 接触到 Pixel 中间的 ITO 上,温度及光照

3.2 电学特性测试

测试设备:高低温电学特性 PE 测试设备,YAF5000

测试目的:验证不同工艺条件对 Dark I_{on} 以及高温 Photo I_{off} 的影响

测试条件:温度(60 °C)光照(5 000 nit)

测试位置:按 Glass 对角线方向均匀选取 16 个点。

3.3 沟道厚度测试

测量设备:K-MAC

测试目的:测试沟道厚度 Spec :60~120 nm

测试位置:按 Glass 对角线方向均匀选取 16 个点,具体分布详见图 5。

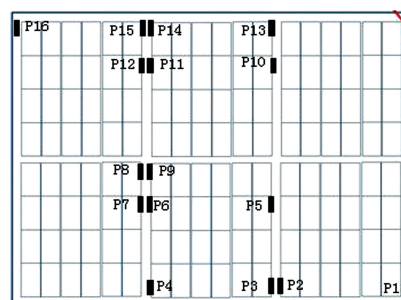


图 5 电学与 Channel Thickness 测试位置分布图

Fig.5 Electrical and channel thickness test position distribution image

3.4 测试 Glass 样品条件

样品 1~26 采用 TFT 沟道主刻蚀条件主步骤如表 1 所示。

表 1 沟道刻蚀主步骤

Tab.1 Channel etched main step

Glass	Channel 刻蚀工序		工艺参数	
	He/SF ₆ /Cl ₂ (mL · min ⁻¹)	Power/W	Pressure/mt	Time/s
样品 1~26	1 000/50/1 550	4 000	30	42

测试 Glass 样品 1~26 在表 1 主刻蚀步骤的基础上分别对前处理步骤,后处理步骤以及去静电步骤进行实验设计,具体参数及条件详见表 2。

表 2 实验设计

Tab.2 Experimental design

样品 (样品 1 为初始条件)	BT(前处理)	AT 后处理	Discharge(去静电)
	Power/W	Power/W	Power/W
	O ₂ /SF ₆ (mL · min ⁻¹)	O ₂ /SF ₆ (mL · min ⁻¹)	He/O ₂ (mL · min ⁻¹)
	Pressure/mt	Pressure/mt	Pressure/mt
	Time/s	Time/s	Time/s
样品 1	2000,2000/50,50,15	2000,2000/0,50,15	500,800/0,50,10
样品 2	3000,2000/50,150,15	2000,2000/0,50,15	500,800/0,50,10
样品 3	2000,2000/50,50,15	2000,2000/0,50,15	500,800/500,50,10
样品 4	2000,2000/50,50,15	4000,2000/150,200,25	500,800/0,50,10
样品 5	2000,2000/50,50,15	4000,2000/100,250,20	500,800/0,50,10
样品 6	2000,2000/50,50,15	4000,2000/100,200,15	500,800/0,50,10
样品 7	2000,2000/50,50,15	4000,2000/70,200,25	500,800/0,50,10
样品 8	2000,2000/50,50,15	4000,2000/50,200,20	500,800/0,50,10
样品 9	2000,2000/50,50,15	4000,2000/30,300,20	500,800/0,50,10

续 表

样品 (样品 1 为初始条件)	BT(前处理)	AT 后处理	Discharge(去静电)
	Power/W	Power/W	Power/W
	O ₂ /SF ₆ (mL · min ⁻¹)	O ₂ /SF ₆ (mL · min ⁻¹)	He/O ₂ (mL · min ⁻¹)
	Pressure/mt	Pressure/mt	Pressure/mt
	Time/s	Time/s	Time/s
样品 10	2000,2000/50,50,15	4000,2000/30,200,25	500,800/0,50,10
样品 11	2000,2000/50,50,15	3000,2000/100,100,15	500,800/0,50,10
样品 12	2000,2000/50,50,15	3000,2000/70,200,25	500,800/0,50,10
样品 13	2000,2000/50,50,15	3000,2000/50,300,25	500,800/0,50,10
样品 14	2000,2000/50,50,15	3000,2000/30,300,20	500,800/0,50,10
样品 15	2000,2000/50,50,15	2500,2000/50,100,15	500,800/0,50,10
样品 16	2000,2000/50,50,15	2000,2000/150,500,25	500,800/0,50,10
样品 17	2000,2000/50,50,15	2000,2000/100,350,15	500,800/0,50,10
样品 18	2000,2000/50,50,15	2000,2000/100,200,20	500,800/0,50,10
样品 19	2000,2000/50,50,15	2000,2000/50,200,15	500,800/0,50,10
样品 20	2000,2000/50,50,15	2000,2000/30,200,15	500,800/0,50,10
样品 21	2000,2000/50,50,15	2000,2000/30,40,15	500,800/0,50,10
样品 22	3000,2000/50,150,15	2000,2000/100,200,20	500,800/0,50,10
样品 23	3000,2000/50,150,15	2000,2000/100,200,20	500,800/500,50,10
样品 24	3000,2000/50,150,15	2000,2000/50,200,15	500,800/500,50,10
样品 25	2000,2000/50,50,15	2000,2000/100,200,20	500,800/500,50,10
样品 26	3000,2000/50,150,15	2000,2000/50,200,15	500,800/0,50,10

4 实验结果与分析

4.1 Al 腐蚀现象测试结果

通过以上实验方式,利用光学检测测试设备,对所有样品 Glass 全部扫描检测,得到以下数据,按照 Al 腐蚀严重程度,分成 5 个 Level,Level1~Level 分别对应无腐蚀,轻度腐蚀,中度腐蚀,严重腐蚀,重度腐蚀。样品 1~26 的光学测试结果详见表 3,样品 24 的光学检测图结果见图 6。

从表 2 和表 3 的测试结果以及图 6 可以看出,前处理步骤的优化可轻微降低 Al 腐蚀现象,后处理步骤通过气体流量比、压强以及时间的调整,对 Al 腐蚀改善非常明显,去静电步骤通过氧气添加也对 Al 腐蚀改善有积极的作用,样品

表 3 Al 腐蚀现象测试结果

Tab.3 Al corrosion phenomenon test results

样品	Al 腐蚀现象 Level1~Level5 无-轻微-中度- 严重-重度	样品	Al 腐蚀现象 Level1~Level5 无-轻微-中度- 严重-重度
样品 1 (初始条件)	Level-5	样品 14	Level-3
样品 2	Level-3	样品 15	Level-2
样品 3	Level-3	样品 16	Level-3
样品 4	Level-4	样品 17	Level-3
样品 5	Level-4	样品 18	Level-2
样品 6	Level-3	样品 19	Level-2
样品 7	Level-4	样品 20	Level-3

续 表

样品	Al 腐蚀现象 Level1~Level5 无-轻微-中度- 严重-重度	样品	Al 腐蚀现象 Level1~Level5 无-轻微-中度- 严重-重度
样品 8	Level-4	样品 21	Level-3
样品 9	Level-4	样品 22	Level-1
样品 10	Level-4	样品 23	Level-1
样品 11	Level-3	样品 24	Level-1
样品 12	Level-3	样品 25	Level-1
样品 13	Level-2	样品 26	Level-1

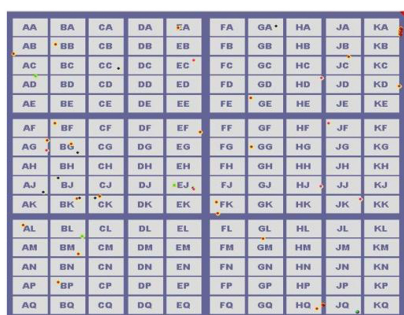


图 6 样品 24 的 Al 腐蚀现象光学检测图

Fig.6 Sample 24 Al corrosion phenomenon optical detection image

24 为改善 Al 腐蚀不良最优条件。

4.2 电学特性与沟道厚度测试结果

通过以上实验方式,利用 YAF5000 以及 K-MAC 测试设备,对各个样品的电学特性与沟道厚度进行测量,得到如表 4 数据。

表 4 电学特性与沟道厚度测试结果

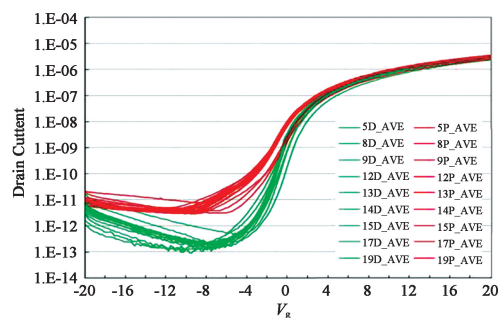
Tab.4 Electrical characteristics and Channel thickness test result

样品	Dark I_{on} (μA)	高温 Photo I_{off} (pA)	Thickness(nm) SPEC(90 $\pm$ 30 nm)
样品 1 (初始条件)	1.89	6.2	91.2
样品 22	1.86	5.4	92.0
样品 24	1.91	4.1	90.8
样品 26	1.85	5.6	91.3

从表 4 的测试结果来看,样品 1(初始条件)为 Al 腐蚀现象最严重的初始条件,改善样品 22, 24, 26 TFT 特性得到了更好的优化,样品 24 为特性最优条件,Photo I_{off} 下降明显,Dark I_{on} 以及沟道厚度与初始样品持平。

4.3 I-V 曲线图

样品 24 的样品 TFT I - V 曲线趋势如图 7 所示,测试结果表明,样品 24 的 TFT I - V 曲线得到进一步的优化。

图 7 样品 24 I - V 曲线Fig.7 Sample 24 I - V curve

4.4 SEM 显微镜测试结果

从图 8 样品 24 的 SEM 显微镜结果来看,无腐蚀现象发生。



图 8 样品 24 SEM 图像

Fig.8 Sample 24 SEM image

5 结 论

基于 RIE 刻蚀模式干法刻蚀 ADS 产品,信号线 SD 为 MO-Al-MO 的结构设计,在进行 TFT 沟道刻蚀的情况下。

(1)前处理步骤的优化可轻微降低 Al 腐蚀现象,实验设计前处理步骤采用功率:3 000 W, O_2/SF_6 比例为 2 000 mL $\cdot$ min $^{-1}$ /50 mL $\cdot$ min $^{-1}$,压强为 150 mt,时间为 15 s 为最优条件。

(2)后处理步骤的优化对改善 Al 腐蚀现象最为明显,添加六氟化硫,可有效改善铝腐蚀现象,实验设计后处理步骤 $2\,000\text{ W}$, O_2/SF_6 比例为 $2\,000\text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}/50\text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$,压强为 200 mt ,时间为 15 s 为最优条件。

(3)去静电骤的优化可轻微降低 Al 腐蚀现象,添加氧气对 Al 腐蚀改善有积极的作用,功率: 500 W , He/O_2 比例为 $800\text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}/500\text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$,压强为 50 mt ,时间为 10 s 为最优

条件。

(4)本文通过 TFT 沟道刻蚀条件变更,包括前处理步骤、后处理步骤以及去静电步骤可有效改善 Al 腐蚀现象,实验设计的最优样品 24 Al 腐蚀现象彻底改善,同时 TFT 特性提升明显,高温 Photo I_{off} 降到 4.1 pA ,本文的测试结果对 RIE 刻蚀模式干法刻蚀 ADS 产品的欧姆接触层具有重要指导意义。

参 考 文 献:

- [1] 陈亮,亢勇,赵德刚,等. $\text{Cl}_2/\text{Ar}/\text{BCl}_3$ ICP 刻蚀对 AlGaIn 的损伤研究[J]. 固体电子学研究与进展, 2008, 28(3): 420-423.
CHEN L, KANG Y, ZHAO D G, *et al.* $\text{Cl}_2/\text{Ar}/\text{BCl}_3$ inductively coupled plasma-induced etch damage of AlGaIn [J]. *Research & Progress of Solid State Electronics*, 2008, 28(3): 420-423. (in Chinese)
- [2] 李涛,冯海涛,李晓刚,等. 2A12 铝合金在含 Cl- 环境中的腐蚀行为和规律研究[J]. 材料科学与工艺, 2011, 19(3): 43-48.
LI T, FENG H T, LI X G, *et al.* Corrosion behavior of 2A12 aluminum alloy in Cl^- containing solution [J]. *Materials Science and Technology*, 2011, 19(3): 43-48. (in Chinese)
- [3] 贾瑞灵,翟熙伟,严川伟. Cl- 浓度对镁-铝合金 β 相模型合金腐蚀电化学行为的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2010, 22(6): 474-478.
JIA R L, ZHAI X W, YAN C W. Influence of Cl^- concentration on corrosion behavior of a model β -phase magnesium-aluminum alloy [J]. *Corrosion Science and Protection Technology*, 2010, 22(6): 474-478. (in Chinese)
- [4] 刘圣烈,崔莹石,金奉柱,等. 用 Al 或 Mo/Al/Mo 低阻材料改善 4-Mask 工艺中 Al 腐蚀的方法(英文)[J]. 液晶与显示, 2006, 21(5): 501-505.
YOO S Y, CHOI H S, KIM B J, *et al.* Preventing method of Al corrosion for applying improved 4-mask with low resistance material Al or Mo/Al/Mo [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2006, 21(5): 501-505.
- [5] 付玉霞,刘志弘,刘荣华,等. 铝-RIE 刻蚀工艺[J]. 半导体情报, 2000, 37(5): 37-40.
FU Y X, LIU Z H, LIU R H, *et al.* Process of Al-reactive ion etching [J]. *Semiconductor Information*, 2000, 37(5): 37-40. (in Chinese)
- [6] 李希有,周卫,张伟,等. Al-Si 合金 RIE 参数选择[J]. 半导体技术, 2004, 29(11): 19-21.
LIXY, ZHOU W, ZHANG W, *et al.* Reactive ion etching of Al-Si alloy: select etching parameters [J]. *Semiconductor Technology*, 2004, 29(11): 19-21. (in Chinese)
- [7] 来五星,廖广兰,史铁林,等. 反应离子刻蚀加工工艺技术的研究[J]. 半导体技术, 2006, 31(6): 414-417.
LAI W X, LIAO G L, SHI T L, *et al.* Study of reaction ion etching processing technique [J]. *Semiconductor Technology*, 2006, 31(6): 414-417. (in Chinese)
- [8] 汪梅林,汪永安. 化学干法刻蚀在 TFT-LCD 工艺中的应用[J]. 现代显示, 2016(12): 61-63.
WANG M L, WANG Y A. The application of CDE in TFT-LCD process [J]. *Advanced Display*, 2016(12): 61-63. (in Chinese)
- [9] 程正喜,郭育林,周嘉. SF_6/O_2 气氛下 Al 对反应离子刻蚀 Si 的增强作用机理研究[J]. 微细加工技术, 2007(1): 56-59.
CHENG Z X, GUO Y L, ZHOU J. Study on mechanism of Al-enhanced etching of silicon by reactive ions in SF_6/O_2 environment [J]. *Microfabrication Technology*, 2007(1): 56-59. (in Chinese)
- [10] 蒋会刚,肖红玺,王晏韶. TFT-LCD 高温光照漏电流改善研究[J]. 液晶与显示, 2016, 31(3): 283-289.

JIANG H G, XIAO H X, WANG Y M. Improvement In TFT-LCD High temperature and light leakage current [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2016, 31(3): 283-289. (in Chinese)

作者简介:蒋会刚(1987—),男,黑龙江牡丹江人,毕业于北京工商大学,本科生,现就职于 BOEOT,高级工程师,主要从事 TFT-LCD 干法刻蚀相关工作,E-mail:jianghuigang@boe.com.cn

高建剑(1987—),男,山西阳泉人,毕业于北京化工大学,本科生,现就职于 BOEOT,高级工程师,主要从事 TFT-LCD 干法刻蚀相关工作,E-mail:gaojianjian@boe.com.cn

王晏铭(1981—),男,北京人,毕业于北京大学,本科生,现就职于 BOEOT,资深高级工程师,主要从事 TFT-LCD 刻蚀相关工作,E-mail:wangyanming@boe.com.cn

赵海生(1981—),男,辽宁北票人,毕业于中国石油大学,本科生,现就职于 BOEOT,资深高级工程师,主要从事 TFT-LCD 阵列检测相关工作,E-mail:zhaohaisheng@boe.com.cn

王辉(1981—),男,北京人,毕业于北京工业大学,本科生,现就职于 BOEOT,资深高级工程师,主要从事 TFT-LCD Array 相关工作,E-mail:wanghui_ot@boe.com.cn

吴超(1982—),男,吉林双辽人,毕业于中南大学,本科生,现就职于 BOEOT,高级工程师,主要从事 TFT-LCD 生产工作,E-mail:wuchao_ot@boe.com.cn