

文章编号:1007-2780(2015)06-0904-05

干法刻蚀工艺对 TFT-LCD Flicker 改善的研究

李 鑫*, 卞丽丽, 陈 曦, 吴成龙, 负向南
(福州京东方光电科技有限公司, 福建 福州 350330)

摘要: 为了对 TFT-LCD 中的闪烁不良进行改善, 本文通过研究 TFT-LCD 中干法刻蚀(Nplus Etch)对 TFT 特性的影响, 以此对刻蚀条件(Power、Gas)进行优化, 达到降低 Photo-I_{off} 的目的。实验结果表明, 当干法刻蚀主工艺条件为: Source/Bias=4 k/5 k, Press=90 mT, SF₆/O₂=1.1 k/3 kml/min, AT Step 条件为: Source/Bias=2 k/2 k, Press=100 mT, SF₆/O₂=3 k/3 kml/min 时, Photo-I_{off} 由量产最初的 58.15 降至 20.52, 闪烁由 15%~30% 降至 10% 以下。干法刻蚀工艺条件的优化对 TFT 特性以及闪烁有明显改善效果。

关 键 词: 干法刻蚀; TFT 特性; 闪烁改善

中图分类号: TN141.9 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20153006.0904

Improvement of flicker TFT-LCD by dry etching process

LI Xin*, BIAN Li-li, CHEN Xi, WU Cheng-long, YUN Xiang-nan

(Fuzhou BOE Optoelectronics Technology Co., Ltd, Fuzhou 350300, China)

Abstract: To improve the flicker in TFT-LCD, by studying the influence of Dry Etch(Nplus Etch) on TFT characteristics, the etching conditions (power and gas) were optimized, and the Photo-I_{off} was reduced, then the flicker was improved. Experimental results show that when the main process conditions of Nplus Etch were: Source/Bias=4 k/5 k, Press=90 mT, SF₆/O₂=1.1 k/3 kml/min and the conditions of AT Step were: Source/Bias=2 k/2 k, Press=100 mT, SF₆/O₂=3 k/3 kml/min, the Photo-I_{off} fell from 58.15 to 20.52 and the flicker fell from 15%-30% to 10% or less. The optimization of Dry Etching process has obvious improvement to TFT characteristics and flicker.

Key words: dry etch; TFT characteristics; flicker improvement

1 引 言

闪烁是 TFT-LCD 中普遍存在现象, 其产生的机理包括 VGL 低、V_{com} 漂移、Photo-I_{off} 过大等

多方面原因^[1-6]。由于 TFT-LCD 在生产过程中的工艺条件基本稳定, TFT 特性也基本固定, 因此针对闪烁改善的研究大多都是基于后期产品端, 此时的闪烁不良调整主要是通过调整 VGL、V_{com} 等进行改善。在 a-Si TFT-LCD 制程中, 干

收稿日期: 2015-05-29; 修订日期: 2015-06-23.
* 通信联系人, E-mail: lixin_b6@boe.com.cn

法刻蚀主要是对 N+ a-Si 和部分 a-Si 进行刻蚀,从而形成决定 TFT 特性的部分^[7-9]。因此,干法刻蚀工艺对 TFT 的特性起着重要的作用。本实验通过分别对干法刻蚀工艺过程中的功率变化、气流变化、气体比例变化,对 TFT 沟道形貌进行分析和 TFT 电学特性进行测试,达到降低 Photo- I_{off} 的目的;同时可以验证干法刻蚀工艺的调整对 TFT-LCD 的确有改善效果,并得到了干法刻蚀工艺的最优条件应用于实际量产。

2 实验过程

本实验样品均采用通过非晶硅 4Mask 掩膜工艺进行的产品样品进行测试;刻蚀设备为日本东京电子公司 ECCP 型干法刻蚀设备;玻璃基板选用康宁公司 Eagle-XG 型玻璃基板(2 500 mm×2 200 mm);电学特性测试设备为 YAF6565M Sagittarius Test System;观测设备采用聚焦离子束显微镜(Focused Ion Beam)和色彩分析仪(CA310)。

干法刻蚀工艺过程主要分 3 个过程进行:前处理工艺(BT)/主刻蚀工艺/后处理工艺(AT)。BT 是在一定功率的基础上,加入 O₂ 和少量 SF₆ 气体进行刻蚀,通过离子轰击对沟道表面进行预处理;主刻蚀是加入 Cl₂ 和少量 SF₆ 对沟道内 N+ 掺杂非晶硅层进行刻蚀;AT 通过加入 O₂ 和少量 SF₆ 气体对主刻蚀步骤产生的生成物和残留 Cl 进行清理,以防止 Cl 继续对 Si 进行氧化。

为便于描述,后述所提及的正常量产样品均为正常样品,进行刻蚀工艺参数调整的样品均为检测样品。

首先,分别选取 32ADS 和 21.5TN 两款产品,在其他条件保持一致的条件下,对干法刻蚀工艺中的 RF 功率进行变化测试,以研究其对 TFT 电学特性的影响,并通过测试确定比较适合工艺的功率范围。在此基础上,选定合适的功率之后,再对工艺中的气体进行调节,在主刻蚀和 AT Step 之间加入 SF₆ 气体处理步骤,测试 SF₆ 对 TFT 电学特性的影响。

在以上测试的基础上,对 AT Step 和主刻蚀

工艺中的各项参数建立正交试验,通过 TFT 特性测试和聚焦离子束显微镜观察以确定合适的 AT Step 和主刻蚀工艺条件。

最后分别对正常样品和选定最优条件进行的检测样品进行 TFT 电学特性和闪烁测试,验证刻蚀工艺改变后对 TFT 电学特性和闪烁的影响。其中,闪烁测试 CF 侧接受背光照射的情况,测试点位如图 1 所示。



图 1 闪烁测试点位
Fig. 1 Flicker test point

3 结果与讨论

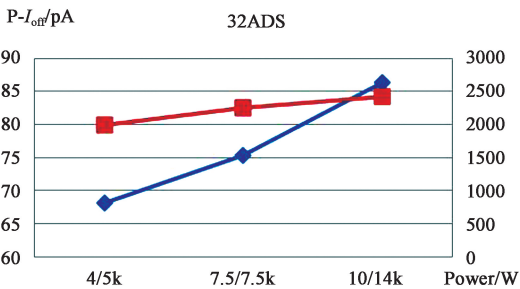
3.1 功率及气体条件对 TFT 特性的影响

3.1.1 功率变化对 Photo- I_{off} 的影响

图 2 是功率变化对刻蚀速率和 Photo- I_{off} 影响的测试结果。从以上结果可以看出,随着功率的增加,Photo- I_{off} 也将随之增大。虽然功率增大能有效地提高刻蚀速率,缩短刻蚀时间;但是同时由于功率的增加,离子轰击效果会加强,造成等离子体环境恶化,TFT 电学特性也会变差。因此,从 TFT 特性角度出发,选用较低的功率效果会比较好。

3.1.2 SF₆ 对 Photo- I_{off} 的影响

图 3 为 SF₆ 对 Photo- I_{off} 的影响测试结果。从图中可以看出,在 AT Step 与主刻蚀之间加入



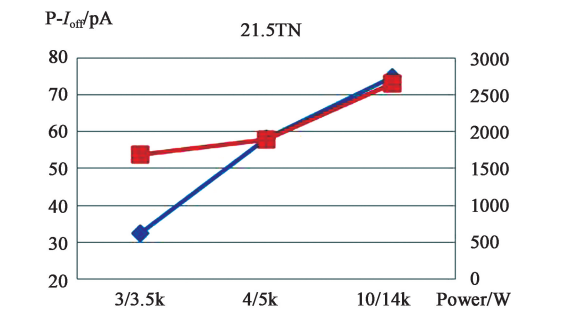


图 2 功率变化对 Etch Rate&Photo-I_{off}的影响
Fig. 2 Effect of Power on Etch Rate and Photo-I_{off}

SF₆处理步骤(Source/Bias=2K/3K,SF₆=3 000 sccm,Press=50 mT)之后,Photo-I_{off}有明显的下降。SF₆产生的 F 离子对基板的轰击作用相对于 Cl 和 O 较小,并且生成物为气态的 SiF₄,容易排出。因此,在刻蚀过程中或者在 AT Step 中适量加入 SF₆气体对 TFT 电学特性会有改善。

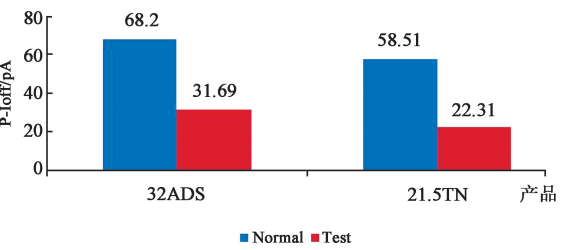


图 3 SF₆ 变化对 Photo-I_{off}的影响
Fig. 3 Effect of SF₆ on Photo-I_{off}

3.2 AT Step 正交试验

表 1 为 AT Step 设置的正交试验组,表 2 为正交试验结果。考虑到前文得出的功率不宜过高等因素的影响,通过表 2 可以确定 AT Step 最优条件为:Source/Bias=2 kW/2 kW,Pressure=100 mT,O₂/SF₆=3 000 mL/min/3 000 mL/min。在此条件下,Photo-I_{off}由 58.15 降至 25.5。

表 1 AT Step Parameter 正交试验

Tab.1 AT step parameter orthogonal experiment			
水平	AT Step Parameter		
	Source/Bias(kW)	Pressure(mT)	O ₂ /SF ₆ (mL/min)
1	2/2	70	1500/4500
2	3/3	100	3000/3000
3	4/4	130	4500/1500

表 2 AT Step Parameter 正交试验结果

Tab.2 Result of AT Step parameter orthogonal experiment				
Split	Power/kW	Pressure/mT	O ₂ /SF ₆ /mL/min	Photo-I _{off}
1	2/2	70	1 500/4 500	26.6
2	2/2	100	3 000/3 000	25.5
3	2/2	130	4 500/1 500	44.3
4	3/3	70	1 500/4 500	28.4
5	3/3	100	3 000/3 000	40.2
6	3/3	130	4 500/1 500	39.3
7	4/4	70	1 500/4 500	34.5
8	4/4	100	3 000/3 000	89
9	4/4	130	4 500/1 500	28.6

3.3 SF6 对 TFT 形貌的影响

为了确认 AT Step 中 SF₆ 比例对 TFT 形貌的影响,设置了表 3 的实验组。图 4 分别为按照表 3 的实验组进行的 SEM 结果。从图中可以看出,当 O₂/SF₆=3 000 mL/min/3 000 mL/min 时,效果最好。在 SF₆ 比例较低时,沟道内部平坦度较差,有毛刺现象;而当 SF₆ 比例太高时,容易发生过刻现象。合适的 SF₆ 比例有助于形成较好的沟道形貌。

表 3 AT Step SF6 比例变化试验

Tab.3 Test of SF6 proportional change			
Split	Power/kW	Pressure/mT	(O ₂ /SF ₆)/(mL/min)
1	2/2	100	1 500/4 500
2	2/2	100	3 000/3 000
3	2/2	100	4 500/1 500

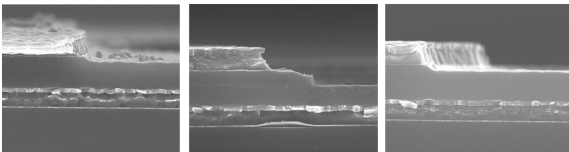


图 4 试验 SEM 结果
Fig. 4 SEM result of SF₆ proportional change

3.4 主刻蚀条件优化

干法刻蚀主刻蚀过程的机理是通过 Cl₂跟 Si

反应: $\text{Si} + 2\text{Cl}_2 = \text{SiCl}_4$, SiCl_4 在室内以固态的形式存在, 不易被排出; 同时 SF_6 能产生 F 离子, F 离子与 Si 反应生成气态的 SiCl_4 , 容易被排出; 但是 SF_6 的缺点是对绝缘层 SiN_x 刻蚀率较高, 增大 SF_6 会导致 Si 和 SiN_x 选择比下降。在以上测试 AT Step 最优条件的基础上, 对于干法刻蚀主刻蚀工艺条件进行改进, 适当增加 SF_6 和降低 Cl_2 进行测试。通过表 4 测试结果可以看出, 通过条件进一步优化, $\text{Photo-}I_{\text{off}}$ 可以从 25.5 继续下降到 20.52。

表 4 主刻蚀工艺测试结果
Tab. 4 Result of main etch step

Split	Pressure (mT)	Power (kW)	SF_6/Cl_2 (mL/min)	$\text{Photo-}I_{\text{off}}$
1	50	4/5	600/4 500	58.15
2	50	4/5	800/3 000	23.83
3	90	5/3	1 100/3 000	21.21
4	70	5/3	1 100/4 000	26.94
5	90	4/5	1 100/4 000	24.15
6	90	4/4	1 100/4 000	23.78
7	90	4/5	1 100/3 000	20.52

3.5 工艺优化后对闪烁的影响测试

图 5 为干法刻蚀主刻蚀步骤和 AT Step 都进行优化后的 TFT 特性测试结果, 图 6 为干法刻蚀主刻蚀步骤和 AT Step 都进行优化后的闪烁测试结果。可以看出, 经过工艺优化, 在干法刻蚀主刻蚀步骤和 AT Step 中适当添加 SF_6 量, 不仅对 $\text{Photo-}I_{\text{off}}$ 有明显的降低, 同时对闪烁也有显著

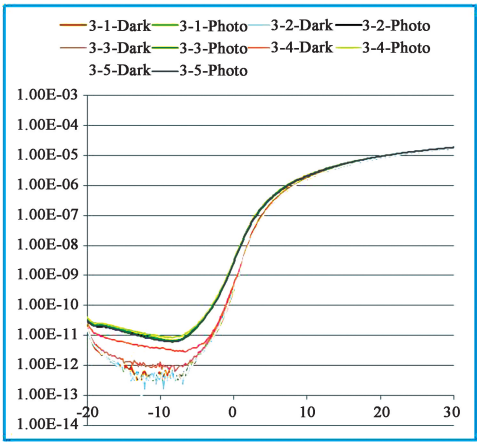


图 5 工艺优化前后 TFT 特性
Fig. 5 TFT characteristics before and after the process optimization

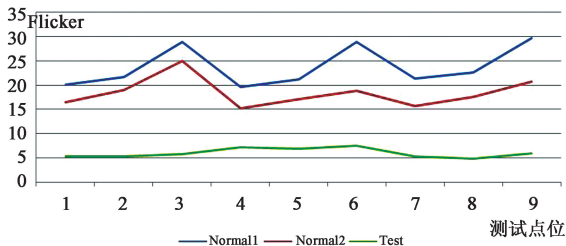
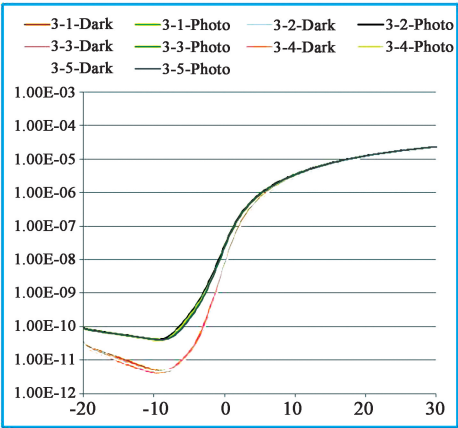


图 6 工艺优化后闪烁测试结果
Fig. 6 Flicker test results after the optimization of the process

地改善。闪烁改善后从量产条件的 15%~30% 降低到 10% 以下。

4 结 论

本文根据 TFT LCD 中出现的闪烁现象发生受 $\text{Photo-}I_{\text{off}}$ 影响的机理, 对应到对 TFT 特性产生主要影响的设备端 (Dry Etch)。通过研究干法刻蚀工艺中各参数对 $\text{Photo-}I_{\text{off}}$ 的影响, 最终确定 SF_6 气体的比例会对 TFT 形貌以及 TFT 特性 ($\text{Photo-}I_{\text{off}}$) 改善有重要作用。并且在最优条件下, $\text{Photo-}I_{\text{off}}$ 由量产条件下的 58.15 下降至 20.52。同时, 闪烁也有明显改善, 由量产条件下的 15%~30% 下降至 10% 以下。这不仅有效地改善了产品端的闪烁, 还为继续解析与 TFT 特性相关的产品端不良, 从设备端寻找解决途径提供了思路。



参 考 文 献:

[1] 王明超,姚之晓,刘家荣,等. TFT-LCD 中 $I_{\text{off-p}}$ 与画面闪烁关系的研究[J]. 液晶与显示, 2013, 28(2): 215-219.
Wang M C, Yao Z X, Liu J R, *et al.* Relationship between flicker and $I_{\text{off-p}}$ in TFT-LCD [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2013, 28(2): 215-219. (in Chinese)

[2] 徐益勤,张宇宁,李晓华. 显示器件大面积闪烁视觉生理基础与改善方法[J]. 电子器件, 2008, 31(5): 1417-1420.
Xu Y Q, Zhang Y N, Li X H. Physiology analysis and reduction method for large area flicker of displays [J]. *Chinese Journal of Electron Devices*, 2008, 31(5): 1417-1420. (in Chinese)

[3] 姚之晓,王明超,林鸿涛,等. TFT 漏电流对 Flicker 影响及测试方法研究[J]. 现代显示, 2012, 23(10): 32-36.
Yao Z X, Wang M C, Lin H T, *et al.* Experiments of TFT Photo-leakage current impact on Flicker [J]. *Advanced Display*, 2012, 23(10): 32-36. (in Chinese)

[4] 林鸿涛,王明超,姚之晓,等. TFT-LCD 中画面闪烁的机理研究[J]. 液晶与显示, 2013, 28(4): 567-571.
Lin H T, Wang M C, Yao Z X, *et al.* Mechanism research about flicker in TFT-LCD [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2013, 28(4): 567-571. (in Chinese)

[5] 马占洁. 改善 a-Si TFT LCD 像素电极跳变电压方法研究[J]. 现代显示, 2009(4): 19-22, 27.
Ma ZJ. The investigation to improve kickback voltage of pixel electrode of a-Si TFT LCD [J]. *Advanced Display*, 2009(4): 19-22, 27. (in Chinese)

[6] Isensee S H, Bennett C A. The perception of flicker and glare on computer CRT displays [J]. *Human Factors*, 1983, 25(2): 177-184.

[7] Li C, Yan T, Wang L L. Investigation of flicker visibility in impulse type displays [J]. *Proceedings of Asia Display*, 2007(1): 264-267.

[8] Son M S, Yoo K H, Jang J. Electrical simulation of the flicker in poly-Si TFT-LCD pixels for the large-area and high-quality TFT-LCD development and manufacturing [J]. *Solid-State Electronics*, 2004, 48(12): 2307-2313.

[9] Huang C -C, Constable J H, Yost B, *et al.* AMLCD flicker model considering the V_T shift in a-Si: H TFT[J]. *IEEE Transactions on Device and Materials Reliability*, 2003, 3(4): 184-190.

作者简介:李鑫(1986—),男,山东潍坊人,中级研究员,现主要从事 TFT-LCD 技术及研究相关工作。E-mail:lixin_b6@boe. com. cn
卞丽丽(1989—),女,内蒙古赤峰人,工程师,现主要从事 TFT-LCD Dry Etch 技术相关工作。E-mail:bianlili@boe. com. cn
陈曦(1984—),男,江苏苏州人,硕士研究生,高级研究员,现主要从事 TFT-LCD 技术及研究相关工作。
E-mail:chenxi@boe. com. cn