

文章编号:1007-2780(2017)04-0265-04

感应耦合等离子体干法刻蚀中光刻胶 异常变性的改善

徐纯洁,张福刚,崔立加,张雪峰,徐 浩,刘日久,李根范,王世凯,郑载润
(合肥鑫晟光电科技有限公司,安徽 合肥 230011)

摘要:通过不同感应耦合等离子体刻蚀条件下进行的玻璃基板发生光刻胶变性的位置,研究光刻胶变性与下部电极结构的相关性。研究表明:下部电极的 Dam 区对玻璃基板的冷却效果较差,导致该区域的玻璃基板上光刻胶容易产生变性。经过对下部电极 Dam 区的改造可以有效增大玻璃基板的冷却范围,改善光刻胶变性残留问题。

关键词:感应耦合等离子体;干法刻蚀;下部电极;光刻胶;湿法去胶

中图分类号:TN141.9 文献标识码:A doi:10.3788/YJYXS20173204.0265

Improvement of photoresist abnormal degeneration in inductively coupled plasma etch

XU Chun-jie, ZHANG Fu-gang, CUI Li-jia, ZHANG Xue-feng, XU Hao, LIU Ri-jiu,
Li Gen-fan, WANG Shi-kai, ZJENG Zai-run

(HeFeiXinSheng Optoelectronics Technology Co.,Ltd, Hefei 230011, China)

Abstract: Comparing with the degenerated map of photoresist with substrate under different condition of inductively coupled plasma (ICP) etch recipe, this article explored the relationship between the degeneration of photoresist and the structure of electrode. Research results showed that the edge of electrode, which we called Dam Area, has poor cooling performance, thus leading to much more possibility of degeneration. We also developed an optimized Dam structure of electrode that can be used to enhance the cooling performance of the substrate, and solved the degeneration issue.

Key words: inductively coupled plasma; dry etch; low electrode; photoresist; wet strip

1 引言

干法刻蚀和湿法刻蚀是现代半导体工艺技术中的一个重要组成部分,湿法刻蚀是指通过化学

药液与被刻蚀物质发生化学反应而去除被刻蚀物质的方法,湿法刻蚀的特点是去除过程各向同性,会产生侧向钻蚀。干法刻蚀则是利用辉光放电的方式产生等离子体,利用其物理或者化学作用对样品进行去除,其特点是各向异性。干法刻蚀即

收稿日期:2016-11-11;修订日期:2016-11-18.

* 通信联系人, E-mail: xuchunjie@boe.com.cn

包括物理刻蚀作用也包括化学刻蚀作用。物理刻蚀是通过加速离子对基板材料表面的撞击,将基板材料表面的原子溅射出来,以离子能量的损失为代价达到刻蚀目的。化学刻蚀是反应等离子体在放电过程中产生的离子和许多化学活性中性物质与基板材料发生化学反应。不同模式的等离子体刻蚀设备表现出不同的物理和化学作用^[1]。感应耦合等离子体刻蚀设备^[1-2]可以获得更高密度的等离子体,使干法刻蚀的物理刻蚀作用显现的更为突出。

刻蚀工艺的主要用途是把掩模图形完整地复制到待刻蚀样品表面,目前工艺中通常使用光刻胶作为刻蚀掩模^[3-5]。光刻胶作为一种有机化合物,是现代半导体工艺中必不可少的组成部分,利用其受紫外光曝光后在显影液中的溶解度会发生明显变化的特点,通过对部分区域进行紫外曝光使光刻胶形成特定形貌的图型,经过刻蚀工艺后再将光刻胶剥离,使特定材料形成特定的器件形貌。不同形貌的材料叠加即可制成特定的半导体器件。然而光刻胶达到一定温度后会发生变性,一旦发生变性,后续的湿法刻蚀剥离工序无法将其完全剥离干净,产生光刻胶残留,影响膜层与膜层之间的衔接,进而影响半导体器件的特性。干法刻蚀中等离子体产生的过程是电子、离子、分子等不断的高速运动碰撞的过程,是能量不断交换的过程,等离子体产生过程中会放出大量的热能,致使干法刻蚀工艺腔体温度相对较高,通过热传导使玻璃基板的温度上升的也很快。干法刻蚀工艺腔体内的下部电极内部通过电极本体冷却及冷却气体的流通可以对玻璃基板起到冷却效果,然而由于玻璃基板周边与下部电极的接触方式与基板其它区域不同,周边区域冷却效果不佳,所有玻璃基板周边区域的温度相对更高一些。玻璃基板上的本文对产生这一异常现象的原因进行了分析,并提出了相应的解决方法。

2 实 验

实验采用的是 G8.5 ICP(Inductive Coupled Plasma,电感耦合等离子体)设备,由东电电子(TEL)制造,使用玻璃基板大小 2 500 mm × 2 200 mm 基板厚度 0.7 mm,玻璃基板上进行了一次光刻胶掩模。测试方法:先连续使用 30 张

Bare Glass 模拟干法刻蚀条件进行干法刻蚀,使工艺腔体达到稳定的温度状态,再将准备好的测试基板传送至刻蚀腔体内使用相同条件进行干法刻蚀(刻蚀时间设定为 100 s),刻蚀完成后将测试玻璃基板进行湿法去胶,最后确认去胶后是否有光刻胶残留,如有发生光刻胶残留说明光刻胶在进行干法刻蚀时发生异常变性。

干法刻蚀时几个工艺参数进行说明:(1) Power:分 Source Power 和 Bias Power,ICP 设备 Source Power 和 Bias Power 最大可以均可达 60 kW,Power 越高腔体产生温度越高。(2) BC Pressure:Back Cooling 气体的压力,通常压力设定越大,冷却效果越好,然而设定过高会使腔体内玻璃基板抖动,容易导致电极 Arcing。(3) TC (TEL Chuck):是对玻璃基板进行静电吸附的直流电压的设定,和 Back Cooling Pressure 的设定存在关联,通常 BC Pressure 设定越大,要求 TC 设定要相应增大。

3 结果及讨论

通过测试不同的工艺条件发现,在不同的条件下光刻胶均发生了变性,如图 1 所示,且变性的位置均发生在玻璃基板的边缘位置,但不同的条件下变性发生距离玻璃基板的边缘的距离存在差异,如表 1 所示。

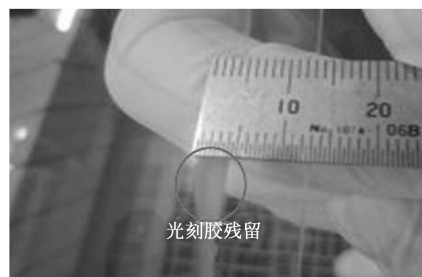


图 1 光刻胶变性

Fig.1 Degeneration of photoresist

干法刻蚀工艺进行时玻璃基板与下部电极的之间的接触方式如图 2 所示,下部电极的周边安装的是陶瓷部件,作为保护电极用,陶瓷高度略低于下部电极 0.5 mm 左右,玻璃基板与下部电极接触时基板外围边缘约 4 mm 超出电极范围,如图 3 所示,下部电极的周边设计高度会略高于下电极内部区域约 0.1 mm,称作 Dam 区。根据下

电极周边 Dam 区域的宽度可以分成两部分:(1)正常 Dam 区域;(2)PIN Dam 区域,如图 4,传统下部电极设计正常 Dam 宽度 10 mm,Pin Dam 宽度为 12 mm。进行实验的设备共 18 个 Pin,其中边缘 Pin 10 个,下部电极上 Pin 的分布,如图 5 所示。下部电极内部区域分散排布着 He 孔,用于吹扫 He(Back Cooling 气体),其作用是通过流通温度较低的 He 对玻璃基板进行冷却。

表 1 变性发生位置

Tab.1 Relationship between degeneration position and power supply

So./Bi. Power(kW)	TC/kV	BC Pre. /T	变性距离 基板边缘/mm
40/40	4.5	5	12
40/40	4.5	6	11
35/35	4.5	5	10
30/30	4.5	5	9
40/20	4.5	5	7

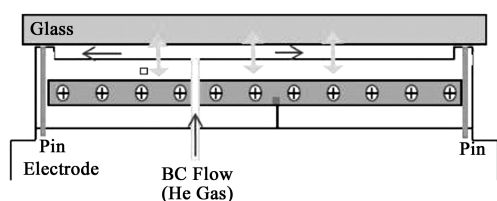


图 2 基板与电极接触方式

Fig.2 Back cooling system between glass and electrode

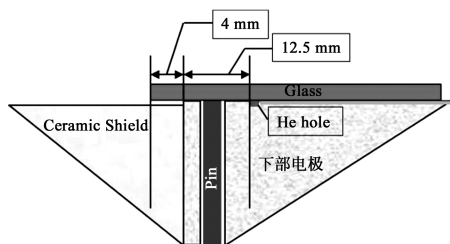


图 3 基板在电极上尺寸分布

Fig.3 Layout of glass in electrode

由于 Dam 区部电极内部略高,可以使 Back Cooling 气体在一个相对封闭的区域内部流动,使 He Flow 维持在一定的范围内。这样设计不易使玻璃基板被冷却气体吹起。高能量的等离子体产生时,如果玻璃基板翘起波动容易使等离子体与下部电极直接接触产生异常放电,使下

部电极 Arcing。

下部电极内部由于 He 可以自由流通,玻璃基板与 He 通过热对流方式传导热量,使基板温度均匀冷却。然而玻璃基板与下部电极 Dam 区接触区域,冷却气体无法流通至此,因此该区域玻璃基板与下部电极通过热传导方式进行降温,基板温度相对较高。传统下部电极 Dam 区玻璃边缘 14 mm 以内无法得到 He 冷却,Pin Dam 区玻璃边缘 16.5 mm 以内无法得到 He 冷却,如图 4。因此从实验上我们得到在玻璃基板边缘位置发生光刻胶变性的结果。

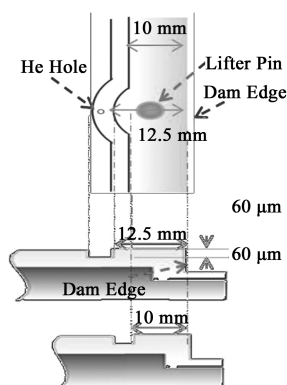


图 4 Dam 结构图

Fig.4 Structure of Dam area

重新对下部电极的 Dam 区进行了设计变更:(1)将 Dam 区宽度进行缩小由 10 mm 变更为 7 mm,如图 6 所示;(2)对 Pin Dam 区进行 Cutting 改造,如图 7 所示,使 He 气体能流通之 Pin 区域,增大冷却面积。

对下部电极的 Dam 区改造后重新进行实验测试,在相同干法刻蚀条件下光刻胶变性位置距离玻璃基板边缘缩小了 4 mm 左右,如表 2 所示,得到了很大改善。

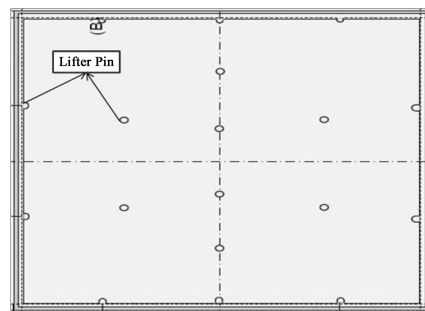


图 5 Lifter Pin 分布

Fig.5 Distribution of Lifter Pin

值得一提的是,在正常 TFT 基板生产工艺

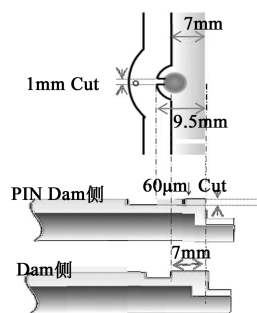


图 6 Dam 改造

Fig.6 Structure of optimized Dam area

时,通常玻璃基板边缘 10 mm 以外进行了边缘曝光,即,一般玻璃基板边缘 10 mm 以外无光刻胶存在,所以如果能保证距离玻璃边缘 10 mm 以上无光刻胶变性发生,不会造成产品不良发生。

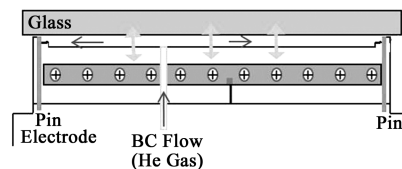


图 7 Pin Dam 改造

Fig.7 Optimized Dam area of electrode

表 2 改造前后光刻胶变性位置

Tab.2 Degeneration position between Old Electrode and the Optimized one

下部电极	So./Bi. Power(kW)	TC/kV	BC Pre. /T	Dam 区变性 位置/mm	Pin Dam 区变性 位置/mm
原电极	40/40	4.5	5	9	12
改造电极	40/40	4.5	5	6	8

4 结 论

通过对下部电极周边 Dam 区域的设计改造一方面可以保证玻璃基板与下部电极之间一定的封闭性,Back Cooling Flow(He flow)维持在

稳定范围内;另一方面能有效扩大 Back Cooling 气体对玻璃基板周边的冷却范围,降低玻璃基板温度,缩短光刻胶变性发生区域,在较高 Power 的感应耦合等离子体刻蚀条件下,使光刻胶变性发生区域减小,避免了因此而产生的工艺不良。

参考文献:

- [1] 王晨飞.半导体工艺中的新型刻蚀技术—ICP[J].红外,2005(1):17-22.
WANG C F. New etching technology in semiconductor process—ICP [J]. *Infrared*, 2005(1): 17-22. (in Chinese)
- [2] 樊中朝,余金中,陈少武.ICP 刻蚀技术及其在光电子器件制作中的应用[J].微细加工技术,2003(2):21-28.
FAN Z C, YU J Z, CHEN S W. Inductively coupled plasma etching technology and its application in optoelectronic devices fabrication [J]. *Microfabrication Technology*, 2003(2): 21-28. (in Chinese)
- [3] 乔辉,刘诗嘉,刘向阳,等.感应耦合等离子体干法刻蚀中光刻胶掩模的异常性[J].半导体光电,2016,37(1):59-62.
QIAO H, LIU S J, LIU X Y, *et al.* Abnormality of photoresist mask exposed to inductively coupled plasma dry etching [J]. *Semiconductor Optoelectronics*, 2016, 37(1): 59-62. (in Chinese)
- [4] 王亮,王文青,李鑫,等.增强型等离子体耦合干法刻蚀条件对 PR 胶灰化的影响[J].液晶显示,2012,27(2):204-207.
WANG L, WANG W Q, LI X, *et al.* Effects of PR ashing in process of enhanced capacitive coupled plasma etch [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2012, 27(2) 204-207. (in Chinese)
- [5] 郑载润,郑云友,侯智,等.O₂/SF₆混合气体对光刻胶的离子刻蚀研究[J].现代显示,2007(10):41-44.
ZHENG Z R, ZHENG Y Y, HOU Z, *et al.* Research on reactive ion etching of PR in O₂/SF₆ mixtures [J]. *Advanced Display*, 2007(10): 41-44. (in Chinese)

作者简介:徐纯洁(1986—),男,安徽合肥人,硕士,高级工程师,主要从事液晶显示行业中干法刻蚀工艺调试及设备管理等工作。E-mail:xuchunjie@boe.com.cn