

ICP 刻蚀机晶圆夹具寿命优化

吴海, 王露寒, 王峻澎

中国电子科技集团公司第十三研究所 河北石家庄

【摘要】通过分析电感耦合等离子刻蚀系统在刻蚀晶圆的过程中晶圆夹具的重要作用和夹具的运动过程和作用,提出了石英和陶瓷两种材料制作的夹具在实际使用过程中的差异和优缺点以及陶瓷夹具对降低设备故障率的作用。

【关键词】等离子; 刻蚀; 晶圆夹具; 陶瓷

Optimization of wafer clamp with ICP etching Equipment

Hai Wu, Luhan Wang, Junpeng Wang

The 13th Research Institute, CETC, Shijiazhuang, China

【Abstract】 Through analyzing the importance of wafer clamp with inductive couple plasma etching system during etching process, and action process and function with wafer clamp, the differences or merits and demerits about wafer clamps those are made of quartz and ceramics in the actual use are proposed, as well as equipment failure rate can be greatly reduced.

【Keywords】 plasma; etch; wafer clamp; ceramics

引言

电感耦合等离子 (ICP) 刻蚀技术在半导体行业广泛应用, 是半导体行业的关键工艺。

ICP 刻蚀技术属于干法刻蚀, 具有各向异性的特点, 从根本上改善了湿法刻蚀技术所固有的横向钻蚀问题, 在最大限度上保证了纵向刻蚀效果。在半导体器件的制造过程中, ICP 刻蚀技术能够精确地转移图形, 满足更高的工艺技术要求。随着器件向微细化方向发展, 干法刻蚀工艺本身的要求不断提升: 一是不断优化改进工艺, 但这只是起到一定的缓解作用, 并不能从根本上解决问题; 二是优化设计刻蚀设备, 提高设备的硬性指标参数, 以满足工艺加工过程中更高的技术要求, 从根本上应对工艺发展的需要。

本文重点针对 ICP 刻蚀设备中的重要部件“晶圆夹具”边缘易被刻蚀损伤的特点进行优化, 达到优化设备工艺的目的。

1 夹具对等离子刻蚀技术的影响

晶圆夹具在等离子刻蚀过程中具有重要作用。当晶圆由机械手从 Loadlock 腔传送到 Chamber 腔中, 由顶针将晶圆顶起, 机械手退回 Loadlock 腔, 关闭

Loadlock 和 Chamber 腔之间的隔离阀门, 顶针下落, 晶圆放置在承片台上, 然后夹具中的压盘在气缸的带动下向下运动压在晶圆边缘, 通过检测晶圆背冷氮气的压力确定氮气漏率是否满足设备要求, 漏率满足要求后通工艺气体, 加射频功率进行等离子刻蚀。

由此可见夹具固定好晶圆满足氮气的漏率要求是工艺程序运行的初始关键步骤。由于夹具缺陷会引起很多故障发生。压不紧晶圆会导致氮气泄漏偏大, 无法运行工艺程序。使用寿命过短, 会导致频繁打开腔体更换, 打开腔体吸潮导致抽真空时间加长, 设备恢复指标时间长, 影响晶圆加工的连续性。

我们使用的大多数刻蚀设备都是使用石英盘作为夹具, 既起到固定晶圆的作用, 又起到遮挡等离子体的作用。但是我们知道, 要刻蚀的氧化层其中有 SiO_2 氧化层, 而石英的成分也是 SiO_2 , 所以在我们刻蚀掉不需要的 SiO_2 氧化层时, 石英盘也会被刻蚀掉。由于这个原因, 我们在设备的使用过程中需要经常更换石英盘, 石英盘被刻蚀的速率不是稳定的, 所以每个石英盘的更换周期也很难把握, 要想最大化的利用石英盘, 就有可能因为时间把握不准而导致石英盘被刻

作者简介: 吴海 (1980-) 男, 辽宁, 高级工程师, 主要从事半导体设备维修。

穿, 进而损伤到下电极, 而要避免这样的风险, 那么就要提前更换石英盘, 这样夹具成本很高, 而且频繁地打开真空腔室、更换夹具, 对设备各项指标的稳定性影响很大, 例如打开真空腔室后由于吸潮严重导致抽气速率变慢, 有时需要十几小时才能恢复到原来的指标, 这给设备的使用者带来了很大的困扰。

2 夹具优化方案

基于上述石英盘夹具的缺点, 提出了用陶瓷夹具替代。首先, 陶瓷的硬度和耐高温性能要远远优于石英, 其应用在 300 度—400 度真空环境下完全适用。根据刻蚀设备中等离子特性, 夹具的设计原则如下:

① 夹具需要有较高的硬度和耐等离子刻蚀的性能。

② 夹具需要有耐高温的性能。

③ 材料要具有良好的绝缘性、耐腐蚀性。

④ 结构简单, 便于拆装。

根据表 1 中两种材料对比, 在真空等离子环境中使用陶瓷材料做夹具更有优势。

设计内容:

① 采用 AL₂O₃ 含量为 99.5% 的陶瓷作为晶圆夹具材料;

② 将三部分晶圆夹具结构精简优化为两部分, 便于拆装。

晶圆夹具的作用是固定晶圆处于下电极中心, 并且在真空环境下, 不能发生位置变化, 这样产生的等离子才能均匀高速地轰击在晶圆上表面, 去除没有被抗刻蚀剂覆盖的部分, 留下我们所需要的图形。由于刻蚀设备的下电极多是铝材料的, 铝在等离子的轰击下会产生损伤, 导致电极无法使用, 所以夹具设计还有另一个作用就是防止晶圆以外的铝电极被等离子刻蚀损伤, 由于这两个作用, 大多数刻蚀设备的下电极上会放置一个中心有孔的石英盘覆盖, 保护铝电极。

如图 2 所示。

优化前的夹具由三部分组成: 石英卡盘、石英压盘、酚醛树脂遮挡盘。如图 2、图 3、图 4。优化后的夹具由两部分组成: 陶瓷卡盘和陶瓷压盘如图 5。

3 夹具优化前后对比分析

优化后夹具由两部分组成: 陶瓷卡盘、陶瓷压盘。如图 5、图 6。

图 7 为晶圆放置在承片台上的结构图。晶圆下方空间为通氦气冷却晶圆的, 需要在承片台和晶圆间形成的密闭空间内维持一定的压力才能满足晶圆背面冷却的要求。因此, 晶圆在真空腔体内需要利用夹具下压的力量使其紧紧地压在承片台密封圈上。夹具下压的力量由气缸的升降高度决定, 调节合适的高度使得晶圆既能够被压紧又不至于被压裂。

设备原来的卡盘和压盘使用的都是石英材料的, 由于卡盘比较薄, 所以几乎每个月都要打开腔体更换, 非常繁琐, 如不及时更换, 石英卡盘被刻穿了 (如图 8) 就会损伤下电极, 而陶瓷卡盘就不容易被刻穿了 (如图 9)。而压盘的问题还要严重, 由于设计的尖角式的夹具压在晶圆上的部分非常小, 1 毫米左右, 石英尖角在等离子的轰击下很快不平了 (如图 10), 而陶瓷尖角不易被刻蚀损伤 (如图 11), 尖角不平会导致晶圆压不紧密封圈, 氦气就会泄漏到真空腔, 设备会出现氦气漏率大的报警故障, 导致工艺程序停止运行, 基于此改用陶瓷尖角压盘替代石英尖角压盘。替代前每次更换完新的石英卡盘和压盘后, 随着石英的损耗刻蚀速率会变慢, 替换成陶瓷盘后, 刻蚀的速率稳定不变, 这有利于精确控制刻蚀厚度。这次替换不仅解决了频繁开腔更换夹具带来的一系列问题, 而且解决了刻蚀速率不稳的问题。

表 1 夹具优化前后对比数据

夹具/属性	石英夹具	陶瓷夹具
莫氏硬度	7	9
耐等离子刻蚀性	一般	强
耐高温性 (°C)	1300	1700
绝缘性	较好	好
耐腐蚀性	耐酸碱	耐酸碱

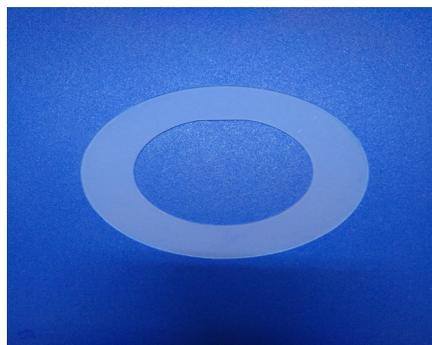


图 2 石英卡盘



图 3 石英压盘



图 4 酚醛树脂遮挡盘



图 5 陶瓷卡盘

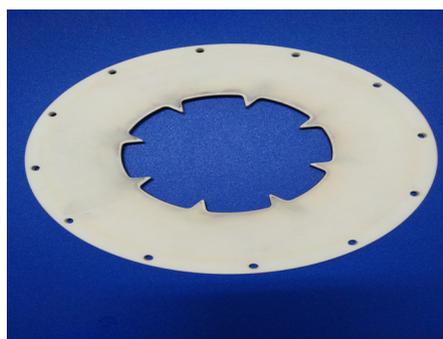


图 6 陶瓷压盘

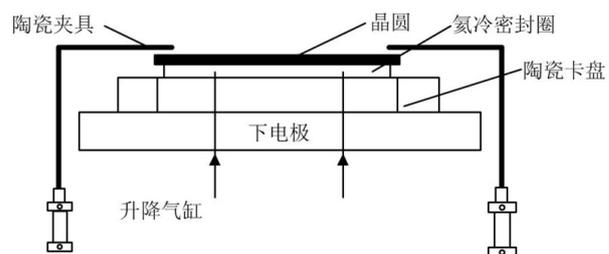


图 7 晶圆放置结构图

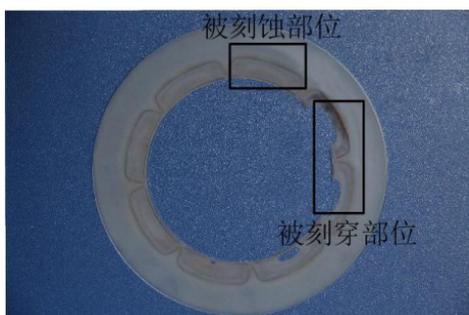


图 8 使用三周后被刻穿的石英卡盘

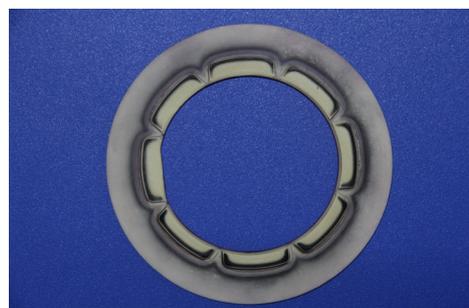


图 9 使用六个月后陶瓷卡盘基本没有损伤



图 10 使用四周刻蚀损伤后的压盘尖角不平



图 11 使用六个月后陶瓷压盘尖角基本没有损伤

表 2 夹具优化前后使用对比数据

夹具	石英卡盘	陶瓷卡盘	石英压盘	陶瓷压盘
使用寿命 (周)	3	> 60	4	> 60
年节约更换夹具时间 (小时)		38		30
年节约夹具数量 (只)		19		15
年降低故障次数 (次)		19		15

4 结论

陶瓷夹具优化的作用:

- ①节约了石英产品频繁采购的人力、资金成本。
 - ②大大降低了氦气泄漏报警导致程序停止运行的故障率。
 - ③避免了频繁打开真空腔体吸潮气引起的真空抽气速率降低的设备异常现象。
 - ④大大减少了因为夹具故障引起的设备停机维修时间。
 - ⑤解决了石英夹具引起的刻蚀速率不稳的问题。
- 优化后的夹具能够有效避免刻蚀损伤且使用寿命大大延长。

5 结束语

经过 10 台刻蚀设备一年的工艺测试验证, 替换后因更换晶圆夹具而进行的设备开腔次数由原来的每年 20 次降低至 1~2 次, 故障率大大降低, 设备使用更稳定, 有利于保证产品一致性。

参考文献

- [1] 郑志霞, 冯建勇, 张春权. ICP 刻蚀技术研究[J]厦门大学学报(自然科学版), 2004, 43 (8): 365-368
- [2] 贾英茜, 李莉, 荣旭巍. ICP 刻蚀技术及其在 MEMS 中的应用. 科技风杂志, 2014, 9: 76-76

收稿日期: 2022 年 9 月 19 日

出刊日期: 2022 年 10 月 24 日

引用本文: 吴海, 王露寒, 王峻澎, ICP 刻蚀机晶圆夹具寿命优化[J]. 国际机械工程, 2022, 1(3): 78-81

DOI: 10.12208/j. ijme.20220041

检索信息: 中国知网 (CNKI Scholar)、万方数据 (WANFANG DATA)、Google Scholar 等数据库收录期刊

版权声明: ©2022 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。 <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS