

# 晶圆留边减薄后的清洗工艺研究

白阳, 李远航, 李丹

中国电子科技集团公司第四十五研究所, 北京 100176

DOI:10.61369/ETQM.2025120020

**摘 要 :** 介绍了晶圆留边减薄后清洗的工艺过程和原理, 主要研究了晶圆留边工艺减薄后清洗过程中清洗方法、清洗时间对清洗效果的影响。提出改善清洗效果的工艺措施, 为提高晶圆留边工艺加工过程中的清洗效率提供指导。

**关 键 词 :** 晶圆留边工艺减薄; 清洗; 工艺研究

## Research on The Cleaning Process after Wafer Edge Thinning

Bai Yang, Li Yuanhang, Li Dan

The 45th Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Beijing 100176

**Abstract :** The process and principle of cleaning after wafer grinding with outer rim, and mainly studies the influence of cleaning method and cleaning time on the cleaning effect. The technological measures to improve the cleaning effect are put forward to provide guidance for improving the cleaning efficiency in the process of back grinding of wafer with outer rim processing.

**Keywords :** back grinding of wafer with outer rim; cleaning; process research

### 引言

自晶体管被发明以来, 集成电路一直遵循摩尔定律发展 -- 每18个月晶体管特征尺寸减小一半。尺寸减小, 实现更高密度集成, 功能、性能以及能效比大幅提升, 成本降低, 一如过去半个多世纪以来微处理器和半导体存储器芯片所呈现出的发展特点一样。

芯片的高密度集成使功率密度增加导致发热严重, 同时寄生电容和电阻会限制信号传输速度。通过减薄将晶圆减薄至50~100 $\mu\text{m}$  (图1) 缩短了热传导路径, 利用高导热材料快速散热, 避免因高温导致的性能下降或失效。同时薄化的衬底厚度, 减少寄生效应, 提升工作频率和能效。晶圆留边工艺和以往的背面减薄不同, 在对晶圆进行减薄时, 将保留晶圆外围的边缘约3mm左右部分, 只对晶圆内进行减薄。通过导入这项工艺, 可实现降低薄型晶圆的搬运风险和减少翘曲的问题<sup>[1]</sup>。

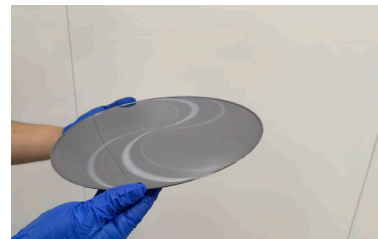


图1 晶圆留边工艺减薄后的成品

硅晶圆在进行减薄后, 晶圆表面不可避免残留有大量的磨削产生的颗粒污染物, 不能以湿法状态进入下道工序, 更无法满足后续的工艺要求。必须通过专门的清洗工艺对减薄后的晶圆表面残留的磨削产生的颗粒污染物进行有效去除, 从而保证输出的晶圆满足下道工序在洁净度方面的具体要求, 为下道工序降低风险和技术难度。

全自动减薄设备使用晶圆留边减薄工艺对硅晶圆进行减薄加工, 根据工艺需求选择二流体清洗法对减薄后的硅晶圆进行清洗。进行了多次实验, 分析了不同清洗流程和清洗时间对晶圆留边工艺减薄后硅晶圆清洗效果的影响规律, 提出改善清洗效果的工艺措施, 为提高清洗效率提供指导<sup>[2]</sup>。

### 一、清洗过程和原理

硅晶圆在全自动减薄设备完成晶圆留边工艺减薄后, 通过真空吸附在清洗载台上。在清洗阶段, 载台以一定的速度带动晶圆旋转, 清洗机构中的二流体装置, 会在不同流程通过喷出二流体、纯水或者氮气实现晶圆的清洗干燥。二流体装置使用一种精

细化的水气二流体雾化喷嘴, 在喷嘴的两端分别通入液体介质和高纯氮气, 使用高纯氮气为动力产生雾滴, 当雾滴撞击到颗粒时, 直接将颗粒从晶圆上剥离; 当雾滴撞击晶圆表面时, 产生脉冲波和膨胀波, 通过射流效应应将表面的颗粒从晶圆上冲洗掉, 实现高效快速清洁<sup>[3]</sup>。

## 二、实验研究

为了研究清洗流程、清洗时间对晶圆的清洗效果的影响规律，分别对它们进行试验研究。本实验采用单一变量因素法，清洗参数固定为氮气压力0.1MPa,氮气流量200L/min，纯水压力0.2Mpa，纯水流量160mL/min。清洗流程初次选定为：二流体摆动清洗+纯水摆动清洗+氮气吹扫。清洗时间初次选定为：二流体摆动清洗40s、纯水摆动清洗10s、氮气吹扫50s，每组实验可根据上组的实验结果调整为上组实验变化参数的最佳参数，实验参数见表1。取直径300mm 晶圆留边工艺减薄后厚度为100 $\mu\text{m}$ 的硅晶圆，分为2组，根据上述的清洗流程进行清洗实验。

表1 清洗实验参数

清洗流程	二流体摆动清洗+纯水摆动清洗+氮气吹扫	二流体摆动清洗+边缘强化清洗+纯水摆动清洗+氮气吹扫	二流体摆动清洗+边缘强化清洗+纯水摆动清洗+氮气吹扫	二流体摆动清洗+边缘强化清洗+纯水摆动清洗+氮气吹扫
二流体摆动清洗时间	40s	40s	40s	40s
边缘强化清洗时间	--	40s	20s	10s
纯水摆动清洗时间	10s	10s	10s	10s
氮气吹扫甩干时间	50s	50s	50s	50s

## 三、结果与讨论

用显微镜观察直径300mm的硅晶圆清洗后表面的洁净程度，每个采样区域长宽均为5mm，表面颗粒判定依据为大于3 $\times 3\mu\text{m}$ 颗粒，通过清洗后的洁净程度，对比清洗效果。

表面颗粒清洗前需保持湿润状态，湿润环境能显著降低颗粒与表面间的粘附力，干燥后颗粒表面的粘附力增强，二流体的冲击力难以突破颗粒的静电吸附和机械嵌合，导致二流体清洗失效，晶圆留边工艺减薄后未经清洗直接吹干，晶圆表面大于3 $\times 3\mu\text{m}$ 颗粒为1100颗（图2）。

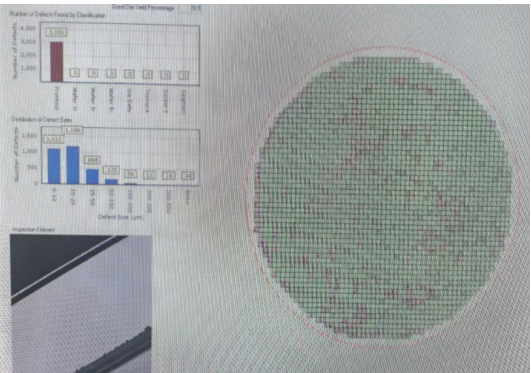


图2 清洗前晶圆表面颗粒

### （一）清洗方法对减薄后清洗效果的影响

在第一组实验中，分别用二流体摆动清洗+纯水摆动清洗+氮气吹扫流程和二流体摆动清洗+边缘强化清洗+纯水摆动清洗

+氮气吹扫流程对减薄后硅晶圆各10片进行清洗，测得减薄后硅晶圆表面清洗后的洁净度见表2，从洁净度的测量结果可以看出，清洗后硅晶圆表面颗粒明显变少，未使用边缘强化清洗流程清洗后晶圆边部分区域存在大面积颗粒（图3），通过强光灯照射晶圆表面观察，晶圆边缘存在明显圆形印记，该印记为搬运机械手抓取晶圆时手指边缘颗粒沉积导致（图4）。而使用边缘强化清洗流程的清洗后，边缘颗粒明显减少，清洗印记消失。根据清洗效果，可以选择二流体摆动清洗+边缘强化清洗+纯水摆动清洗+氮气吹扫流程清洗晶圆留边工艺减薄后硅晶圆。

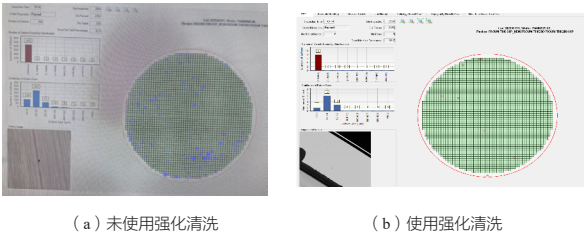


图3 清洗后晶圆表面颗粒

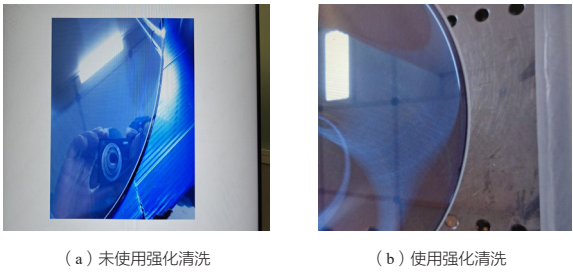


图4 清洗后晶圆表面颗粒沉积印记

表2 不同清洗方法下硅晶圆表面洁净度

清洗方法	表面颗粒数/颗					
	片号	1	2	3	4	5
二流体摆动清洗+纯水摆动清洗+氮气吹扫流程	颗粒数	442	451	453	424	463
	片号	6	7	8	9	10
	颗粒数	397	369	374	377	415
二流体摆动清洗+边缘强化清洗+纯水摆动清洗+氮气吹扫流程	片号	1	2	3	4	5
	颗粒数	14	10	8	9	7
	片号	6	7	8	9	10
	颗粒数	14	11	8	14	14

### （二）边缘强化清洗时间对清洗效果的影响

在第二组实验中，使用二流体摆动清洗+边缘强化清洗+纯水摆动清洗+氮气吹扫流程，在其他参数不变的情况下通过调整边缘强化清洗时间清洗晶圆各10片，测得减薄后硅晶圆表面清洗前后的洁净度见表3，从洁净度的测量结果可以看出，40s时与前一项试验基本一致，随着边缘强化清洗时间的减少，硅表面颗粒残留也相应减少，但随着边缘强化清洗时间继续降低，硅表面颗粒残留有增加趋势（图5）。边缘强化清洗时间为20s时，在显微镜下观察硅晶圆表面，基本无颗粒残留，清洗效果最佳。

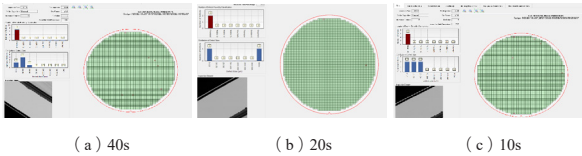


图5 强化清洗后晶圆表面颗粒

表3 不同边缘强化清洗时间下硅晶圆表面洁净度

边缘强化清洗时间 /s	表面颗粒数 / 颗					
40	片号	1	2	3	4	5
	颗粒数	14	10	8	7	8
	片号	6	7	8	9	10
	颗粒数	10	8	11	8	12
20	片号	1	2	3	4	5
	颗粒数	2	1	1	4	2
	片号	6	7	8	9	10
	颗粒数	5	1	2	2	3
10	片号	1	2	3	4	5
	颗粒数	9	8	11	9	9
	片号	6	7	8	9	10
	颗粒数	9	7	12	9	14

四、结论

采用不同的清洗方法、不同的清洗时间对晶圆留边工艺减薄后硅晶圆进行清洗实验。清洗完成后，用显微镜观察硅晶圆清洗

后的表面洁净度可以分析出：

- 1.硅晶圆清洗装置清洗后，晶圆表面的大于3\*3μm的颗粒明显减少；
- 2.搬运机械手边缘在拾取晶圆时会产生颗粒沉积，需要对晶圆上该区域进行针对性清洗；
- 3.边缘强化清洗的最佳时间应控制在20秒左右，这一时间窗口可平衡清洗效果与表面干燥风险。时间过长可能导致部分区域表面水提前蒸发，干燥后颗粒因表面张力重新吸附，导致二流体清洗失效。而时间过短导致二流体的冲击力无法充分剥离颗粒，清洗效果大打折扣。

分析了不同清洗方法和清洗时间对晶圆留边工艺减薄后硅晶圆清洗的表面洁净度的影响规律，可以得出晶圆留边工艺减薄后硅晶圆清洗的相对最优参数，采用二流体摆动清洗 + 边缘强化清洗 + 纯水摆动清洗 + 氮气吹扫流程，同时边缘强化清洗清洗时间选择为20s，清洗效果最佳，基本无脏污颗粒残留。

参考文献

[1]李彧.晶圆留边磨削减薄工艺基础研究[J].大连理工大学.2021,02:70.  
[2]孙莉莉.碳化硅减薄后的清洗工艺研究[J].电子工业专用设备.2025,54(01):33-36.  
[3]张雨生,何管,由晓明,梁立康,张云杰.二流体雾化器雾化过程仿真及试验[J].农业工程.2023,13(08):107-112.