

Surface Damage and Countermeasures of Chemical and Mechanical Polishing of Monocrystalline Silicon Wafer

Xiongjie Wu Hongwei Jiang

Zhejiang Haina Semiconductor Co., Ltd., Kaihua, Zhejiang, 324300, China

Abstract

With the development of science and technology, electronic products technology content, silicon gradually large diameter, and the chip thickness requires increasingly thin, so to monocrystalline silicon thinning processing chemical mechanical polishing technology in the application of monocrystalline silicon wafer processing, need to optimize the chemical reagents, mechanical parameters, etc., to improve polishing effect, and reduce the monocrystalline silicon surface scratch, rough damage, realize silicon wafer efficient, accurate, no damage of smooth surface processing. This paper mainly analyzes the surface damage causes and countermeasures of the chemical and mechanical polishing of monocrystalline silicon wafer, so as to further improve the treatment effect of monocrystalline silicon wafer.

Keywords

monocrystalline silicon wafer; chemical machinery; polishing; surface damage; countermeasures

单晶硅片化学机械抛光的表面损伤及对策阐述

吴雄杰 江红卫

浙江海纳半导体股份有限公司, 中国·浙江 开化 324300

摘要

随着科学技术的发展, 电子产品技术含量日益提升, 同时硅片逐渐大直径化, 且芯片厚度要求越来越薄, 因此要对单晶硅片进行减薄加工处理。化学机械抛光技术在单晶硅片加工处理中的应用, 需要对化学试剂、机械参数等进行优化设计, 才能提升抛光效果, 并减少单晶硅片表面划伤、粗糙等损伤问题, 实现硅片高效、精准、无损伤的光滑表面加工处理。论文主要对单晶硅片的化学机械抛光的表面损伤原因以及应对措施进行分析, 从而进一步提升单晶硅片处理效果。

关键词

单晶硅片; 化学机械; 抛光; 表面损伤; 对策

1 引言

在现代化半导体工业高速发展过程中, 集成电路逐渐向高度集成化方向发展, 且电子元器件尺寸逐渐变小, 而且硅片直径逐渐增大, 要求硅片表面具有较高的平整度, 达到纳米级水平。化学机械抛光技术在单晶硅片处理中的应用, 能够实现硅片平整化。其中影响机械化学抛光质量的因素有抛光液、抛光垫、抛光设备等, 从而实现高质量的表面抛光质量。

2 化学机械抛光作用机制

化学机械抛光系统包含: 夹持硅片的抛光头、安装抛光垫的工作台、抛光液的供给设备。在具体的作业中, 需要把旋转的单晶硅片压在同方向旋转的弹性抛光垫上, 抛光浆

料在晶片与底板间连续流动。上下盘高速反向运转, 单晶硅片反应产物被剥离出来, 同时补充新抛光浆料^[1]。新裸露的表面会再次发生化学反应, 产生物被剥离出来并循环往复, 在衬底、磨粒、化学反应剂的作用下, 实现超精密抛光。为了提升抛光效果, 减少损伤, 增加硅片表面平滑性, 需要确保化学腐蚀作用与机械磨削作用的平衡性, 一旦前者超过后者, 会引起表面腐蚀、波纹等损伤问题; 如果前者小于后者, 会引起表面损伤问题。化学机械抛光技术的应用, 可以提高单晶硅片的表面质量, 并优化抛光效率, 实现表面平整化。其中, 化学机械抛光技术的应用原理如图1所示。在单晶硅片加工处理过程中, 往往会在刀具、磨料的机械作用下, 引起表面非晶化、微裂纹、塑性变形、划痕等损伤问题, 甚至引起表面层结构变化, 形成损伤层、变质层, 甚至会引起单晶硅片失效问题。基于此, 为了提升单晶硅片的处理质量, 实现无损伤、光滑表面, 要对化学机械抛光技术进行优化应用。其中单晶硅片化学机械加工中形成的损伤包含表面损伤和亚表面损伤问题, 前者包含划痕、微裂缝、凹坑; 亚表面

【作者简介】吴雄杰(1970-), 男, 中国浙江浦江人, 本科, 工程师, 从事硅材料加工研究。

损伤包含非晶层、位错、弹性畸变等。

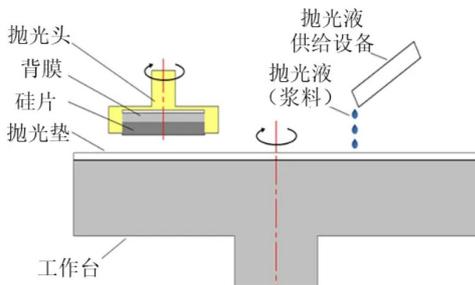


图1 化学机械抛光原理示意图

3 单晶硅片化学机械抛光表面损伤影响因素

在利用化学机械抛光技术对单晶硅片进行加工处理时，往往会受到多种因素影响（如图2所示），致使出现大量的表面损伤问题，影响加工质量。

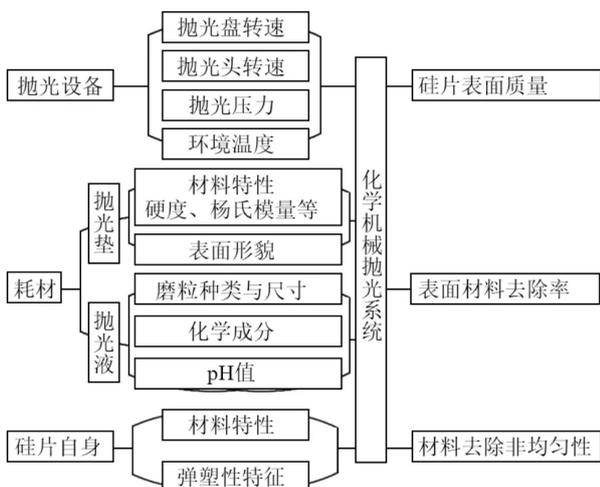


图2 单晶硅片化学机械抛光表面损伤影响因素

3.1 工艺问题

化学作用和机械作用是引起硅片表面损伤的重要因素之一，当两者相互匹配时，可以保障抛光质量稳定性，并减少表面以及亚表面损伤问题。一旦两者失衡，会加大表面损伤问题的出现几率。

3.2 抛光液

抛光液主要影响化学作用。其中具体体现在：当pH值不同时，引起的单晶硅片表面损伤厚度存在一定的差异性；黏度，该因素影响抛光液的流动性，进而影响化学机械抛光技术的研磨效果，当使用大颗粒抛光度时，虽然可以提高研磨速率，且快速去除材料，但是容易对单晶硅片表面造成严重损伤。如果抛光液稳定性不足，会引起化学沉淀、分层问题。当抛光液中存在金属离子，会引起金属沾污问题，降低硅片性能；磨料主要对机械作用产生影响，其中磨料尺寸、浓度、硬度等会对机械抛光产生差异化的影响^[2]。

3.3 抛光垫

该物质包含有磨料抛光垫和无磨料抛光垫，同时还包

含平面型、网络型、螺旋线型。通过抛光垫的使用，能够把抛光液均匀输送到抛光垫的各个区域，对化学反应后形成的反应物、碎屑等进行快速排出，强化去除效率，以便进行充分的化学反应，实现抛光作业的平稳性，防止出现硅片表面变形问题，其中影响使用效果的因素有硬度、压缩比、涵养量、粗糙度、密度等。其中影响抛光垫因素的主要为硬度，会对表征抛光垫性能产生重要影响，较硬的抛光垫可以提升表面平整度；较软的抛光垫可以提升表面质量和活性。

3.4 工艺参数的影响

①抛光液流量，会影响化学机械研磨效果，尤其是研磨去除速率、研磨后的表面粗糙度是重要的影响因素。一旦流量过小，会加大硅片与抛光垫摩擦力，加大硅片表面损伤缺陷；流量过大时，会引起金属表面腐蚀问题。②研磨温度，温度过高时，可以提高去除速率，但是会加剧化学反应，引起硅片表面损伤^[3]。③压力，抛光头半径不同，压力差异性较大，从而实现硅片表面的均匀性控制，虽然较大的压力可以提高去除速率，但是会引起表面损伤问题。④转速，其中涉及到抛光头、抛光垫、修整器的转速，转速不同，去除效率、表面粗糙度不同。

3.5 抛光机的清理与维护

对抛光机进行定期清理和维护，可以对抛光液容器、陶瓷盘等构件进行定时清理，保障整体机械设备的清洁性，防止对单晶硅片造成划伤。

4 单晶硅片化学机械抛光表面损伤防控措施

4.1 选择合适的抛光液和磨料

在对化学机械抛光技术进行应用时，需要结合单晶硅片硬度、表面要求等特点，选择合适的抛光液和磨料。抛光液、磨料类型的不同，也会引起表面抛光效果的差异性，一旦对抛光液、磨料选择不合适，会严重降低抛光处理效果，甚至会引起严重的表面损伤问题，增加表面粗糙度^[4]。在具体作业前，需要提前开展科学合理的试验作业，对各类抛光液、磨料的性能进行评估分析，保障材料适应性，同时需要对抛光液的浓度、作用时间进行合理设置，避免浓度过大或者作用时间过长，对单晶硅片表面造成切实损伤，最大程度上减少表面损伤问题的出现。

4.2 控制抛光机械参数

在进行化学机械抛光作业中，要结合实际工作要求，对机械参数进行优化设置，其中主要涉及到抛光压力、时间、转速等，一旦抛光压力过大，会引起严重的表面磨损问题，甚至增加划痕数量，严重降低单晶硅片抛光处理效果。基于此，要结合单晶硅片的特性、抛光要求，对机械参数进行针对性设置，并结合实际作业情况，对机械参数进行灵活性调整，从而实现抛光作业的有效性、稳定性开展。通过对抛光压力、速度的合理设计，可以对抛光作业中的摩擦化学反应中产生的热进行有效性控制，实现机械作用对摩擦扩散化学

的控制,并有效减少抛光作业中化学物质的使用量,减少环境污染,实现绿色化抛光^[5]。

4.3 定期清洁抛光设备

工作人员需要对抛光设备、工具进行定期清洁和维修,确保其始终处于良好的运行状态,从而减少单晶硅片表面损伤问题的出现几率。在抛光设备和工具在长期使用过程中,往往会在设备上形成大量的磨屑和污垢,一旦清理不及时,会严重影响抛光效果,甚至会引起单晶硅片表面划伤、磨损问题。基于此,要结合实际情况,定期组织开展设备清洁工作,并对其进行规范维护、保养,减少设备故障,实现化学机械抛光作业的顺利进行^[6]。

4.4 要优化抛光流程

为了对单晶硅片表面损伤问题进行有效性预防和控制,需要结合实际情况,对抛光工艺、流程进行持续性优化和改进,如可以引进多步抛光技术,或者对不同粒度的磨料进行交替使用,从而强化抛光效果,最大程度上减少表面损伤率。还需要优化安排抛光流程,减少作业环节中出现新的损伤源。完成抛光作业后需要对抛光质量进行科学性监测,确保表面平整度、光洁度、硬度等指标符合设计要求。当发现表面损伤时,要分析原因,提出针对性的修复措施,优化工艺技术。

4.5 强化人员培养

为了提升单晶硅片化学机械抛光质量,减少表面损伤问题的出现几率,需要强化人员培养,提升作业人员的知识技能和操作水平,同时详细掌握抛光原理,明确操作技巧要求,树立科学合理的安全意识和质量意识,对表面抛光损伤问题进行有效性预防和控制^[7]。

4.6 优化损伤修复技术

①针对划痕、微小凹凸等轻微表面损伤,要通过局部再抛光的方法实施科学性修复。在此过程中,要选择原始抛光过程相同的化学试剂,同时要确保机械摩擦条件的契合性,以便实现受损区域的精细化处理,实现损伤部位的完全修复,保障单晶硅片表面恢复原本的平整度和光洁度。要对

修复抛光力度、时间等进行合理控制,既要保障修复效果,还需要减少造成二次损伤^[8]。②针对深度划痕、大面积磨损等严重的表面损伤,要选择专业化的修复技术,如通过激光修复技术,向受损部位发射激光束,使其能够短时间内快速升温 and 冷却,实现材料表面重新结晶,使其能够恢复到原始性能。还需要利用涂抹薄膜技术,覆盖新材料,实现损伤修复。③针对特殊的表面损伤,要制定针对性的修复方案,如特殊的化学处理、机械修复等方式,或者对多种修复方式进行组合应用。在具体的修复作业中,要提前做好全面性的损伤评估工作,了解损伤程度、类型,保障修复方式的针对性和有效性;要保障修复过程的规范性、安全性;要做好修复区域的质量检测工作。

5 结语

综上所述,为了提升单晶硅片加工处理效果,需要对化学机械抛光技术进行优化应用,并对硅片表面损伤原因进行分析,提出针对性的应对措施。

参考文献

- [1] 孔慧停.硅溶胶的可控制备及其在化学机械抛光中的应用[D].济南:山东大学,2023.
- [2] 曹建伟.12英寸单晶硅片双面化学机械抛光机[Z].浙江省,浙江晶盛机电股份有限公司,2021-10-22.
- [3] 杨志豪.化学机械抛光硬质合金的表面损伤研究[D].湘潭:湘潭大学,2021.
- [4] 王斌.化学机械抛光中表面损伤的问题研究[J].城市建设理论研究(电子版),2017(21):239.
- [5] 陈晓春.化学机械抛光试验及其材料去除机理的研究[D].无锡:江南大学,2014.
- [6] 陈晓春,赵永武,王永光.单晶硅片化学机械抛光的表面损伤研究[J].润滑与密封,2014,39(4):15-22+60.
- [7] 吕玉山,张辽远,王军,等.抛光垫提高化学机械抛光接触压强分布均匀性研究[J].兵工学报,2012,33(5):617-622.
- [8] 杜家熙,苏建修,万秀颖,等.单晶硅片化学机械抛光材料去除特性[J].北京科技大学学报,2009,31(5):608-611+617.