

Research on Detection and Repair Technology of Surface Defects in Silicon Wafer Preparation Process

Xiongjie Wu Hongwei Jiang

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

Abstract

Detection and repair technology studies the influence of surface defects on device performance in the preparation process of silicon wafer, and analyzes the types of surface defects and their effects on the performance of silicon wafer. The principle and application practice of chemical mechanical polishing (CMP) and ion injection repair technology discuss the development trend of optical microscope detection technology, automation and intelligence. The application effect of detection and repair technology in the actual preparation process, and the effects on silicon wafer quality and device performance were verified by data analysis.

Keywords

silicon wafer preparation process; surface defects; detection technology; repair technology

硅片制备工艺中表面缺陷的检测与修复技术研究

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

检测与修复技术研究硅片制备过程中表面缺陷对器件性能的影响, 论文对表面缺陷的种类、产生原因及对硅片性能的影响进行了分析。化学机械抛光 (CMP) 及离子注入修复技术原理及应用实践探讨了光学显微镜检测技术、自动化、智能化的发展趋势。检测和修复技术在实际制备过程中的应用效果, 以及对硅片质量和器件性能的影响, 均通过数据分析进行了验证。

关键词

硅片制备工艺; 表面缺陷; 检测技术; 修复技术

1 引言

硅片作为集成电路等微电子器件的基础材料, 其表面质量直接影响器件性能和生产成本。然而, 在硅片制备工艺中, 表面缺陷常常存在, 给器件性能带来负面影响。研究表面缺陷的检测与修复技术具有重要意义。论文旨在系统分析硅片表面缺陷的类型、成因及对器件性能的影响, 探讨现有的检测技术, 如光学显微镜, 以及修复技术, 如化学机械抛光和离子注入。通过实验数据的分析验证, 为提高硅片制备工艺的质量和器件性能提供技术支持和理论指导。

2 表面缺陷的分类与特征分析

2.1 表面缺陷的类型及其成因分析

硅片制备工艺中常见的表面缺陷类型有晶格缺陷、氧化物形成、金属污染等。晶格缺陷一般有位错、晶界、杂质等, 其形成受晶体生长条件和材料制备工艺等多种因素影响。氧

化物形成多发生于氧化处理过程中, 主要由氧化剂温度气氛等引起, 金属污染以工艺中的各种设备材料为主, 比如金属器皿金属探针等, 各种成因相互交织, 造成表面缺陷复杂多样的现象, 所以对其形成机理有深入认识十分关键^[1]。在硅片制备工艺中, 针对不同的表面缺陷及其形成机理进行有效的检测和修复策略的制定。

2.2 表面缺陷对硅片性能的影响分析

表面缺陷对硅片性能的影响是多方面的, 它们会降低硅片的光学性能, 导致光学器件的失效或性能下降。表面缺陷还会影响硅片的电学性能, 如增加电阻、降低载流子迁移率等, 从而影响器件的电性能。表面缺陷还可能成为应力集中点, 导致硅片的机械性能下降, 甚至引发晶体破裂。表面缺陷对硅片的性能具有严重的负面影响, 必须采取有效措施进行检测与修复。

2.3 表面缺陷特征分析方法与工艺参数关联性研究

表面缺陷特征分析方法主要包括能直观观察表面缺陷的形貌、尺寸和分布的光学显微镜、扫描电子显微镜 (SEM)、原子力显微镜 (AFM) 等, 可通过研究工艺参数与表面缺陷的关联性, 进而优化工艺条件, 减少缺陷产生的可能性,

【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。

从而找出制备过程中容易造成表面缺陷的环节。如氧化物形成的程度可以通过调节氧化处理的温度和时间来加以控制；化学机械抛光的效果可以通过改变抛光液的成分和酸碱度而得到优化^[2]。对制备工艺改进提供重要依据的是表面缺陷特征分析方法与工艺参数的关联性研究。

3 表面缺陷的检测技术

3.1 光学显微镜检测技术及其应用

光学显微镜是利用光学透镜放大被测物图像，从而实现观察和分析表面缺陷的一种常用表面缺陷检测工具。光学显微镜在硅片制备过程中，通常配有能清晰显示显微缺陷形态和尺寸的高分辨率镜头和数码影像处理系统。不同尺寸和形态的表面缺陷可以通过调节显微镜的放大倍数和焦距来检测和分析。光学显微镜还能结合反射衍射、共焦成像等特殊照明技术，提高检测灵敏度和细微瑕疵的精确性。表面缺陷的检测和分析在硅片制备过程中被广泛应用于光学显

微镜。

3.2 检测技术的自动化与智能化发展趋势

表面缺陷检测技术随着技术的进步，人工智能技术的发展，正在快速地向自动化、智能化的方向发展。自动化技术可以快速准确地检测和分类表面缺陷，通过引入机器视觉系统和自动化控制软件。例如，对大面积硅片表面缺陷的自动识别和统计分析，可以通过图像处理算法和模式识别技术来实现。智能技术则通过与人工智能算法如深度学习和神经网络相结合的方式，提高表面缺陷检测系统的智能程度和自适应能力。该技术不仅可以对不同类型的表面缺陷进行自动识别和定位，还可以根据检测结果对工艺参数进行自动调整，实现对硅片制备工艺稳定性和一致性的在线实时监控和反馈控制^[3]。自动化、智能化的检测技术发展趋势，将为硅片制备过程提供更加高效、可靠的质量控制与管理解决方案。基于机器视觉系统的硅片表面缺陷检测设备如图 1 所示。

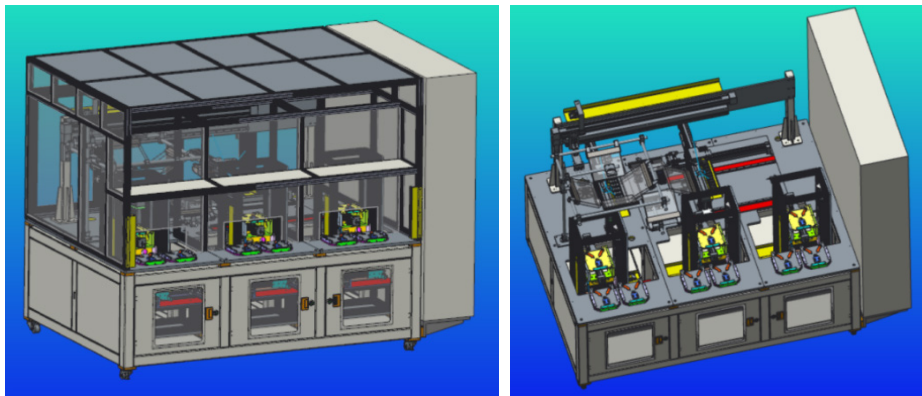


图 1 基于机器视觉系统的硅片表面缺陷检测设备

4 表面缺陷的修复技术

4.1 化学机械抛光（CMP）技术在表面缺陷修复中的应用

化学机械抛光（Chemical Mechanical Polishing, CMP）技术是一种广泛应用于半导体工艺的表面处理方法，对表面缺陷修复起着重要作用。CMP 技术通过使用化学溶液和研磨剂在特定环境下切削和去除硅片表面，结合了化学腐蚀和机械磨削的优点，使硅片表面达到平整、光洁的效果。表面缺陷在硅片制备过程中经常存在，除了影响硅片的光学和电学性能外，还会降低器件的可靠性和稳定性，如氧化物、金属污染和晶格缺陷等。CMP 技术可以有效地去除各种类型的表面缺陷，通过调整抛光液的成分和 pH 值，配合磨料的选择。它的修复过程主要分为两个阶段：粗磨和细磨，去除表面大部分瑕疵，然后再进行细磨，使表面进一步变得平整、光洁。通过对抛光液浓度和温度的控制，更好地修复表面缺陷，从而达到精确控制抛光率和表面平整度的目的^[4]。修复后的硅片不仅表面平整光滑，而且不会残留任何化学物质，符合制备微电子器件所需的高要求，硅片的表面光洁光

滑，不会残留任何化学物质。CMP 技术广泛应用于硅片制备过程中，提供了硅片质量与器件性能提高的有效手段。未来 CMP 技术将继续扮演重要角色，为制备微纳电子器件提供更为稳定可靠的表面处理方案。

4.2 离子注入修复技术的原理与应用实践

离子注入修复技术是以高能离子在材料表面的能量沉积效应为原理，广泛应用于半导体工艺中的表面缺陷修复方法。该技术实现了表面缺陷的修复和改善，通过向硅片表面注入高能离子，引发局部结晶重排和晶格修复。离子束在硅片表面产生的高能量轰击，在离子注入修复过程中，可引起表面原子位移和重新排列，使表面缺陷得以消除或减少。离子注入还可以改变表面材料的化学成分，形成新的化学键和晶体结构，使表面更稳定、更坚固，离子注入还可以改变表面材料的化学成分实际运用中，离子注入修复技术可针对不同类型的表面缺陷进行调节与优化，通过控制离子注入的能量剂量及深度，达到对不同深度及种类表面缺陷的修复作用。离子注入修复技术还可与退火化学处理等其他表面处理方式相结合，使修复效果得到进一步的提高。实践证明，离

子注入修复技术可有效地提高硅片表面质量和性能,提高器件的可靠性和稳定性,在微电子器件的制备中具有举足轻重的作用。今后随着半导体工艺的日益发展以及技术的进步,离子注入修复技术将得到进一步的完善与提高,从而在微纳电子器件的制备中提供更加可靠高效的表面处理手段。从长远看,随着技术的不断进步,离子注入修复技术将成为微电子器件制备中不可或缺的重要一环。

5 数据分析验证

5.1 表面缺陷检测与修复技术在实际硅片制备工艺中的应用案例分析

表面缺陷检测与修复技术在实际硅片制备工艺中的应用案例分析是为了验证其在提高硅片质量和器件性能方面的有效性,对一批硅片进行了表面缺陷检测,并针对检测结果采用了化学机械抛光(CMP)技术进行修复,初步检测结果显示,平均每平方厘米表面缺陷数量为50个。通过CMP技术进行了修复处理,修复后再次进行了表面缺陷检测。结果显示,经过修复处理后,表面缺陷数量平均降至15个。这表明CMP技术能够有效地修复硅片表面的缺陷,使其表面质量得到显著改善^[5]。对修复前后的硅片进行了器件性能测试。结果显示,修复后的硅片器件的电阻值降低了20%,载流子迁移率提高了15%。这说明修复技术不仅改善了硅片表面质量,还直接影响了器件的性能。表面缺陷检测与修复技术在实际硅片制备工艺中的应用案例分析证明了其在提高硅片质量和器件性能方面的有效性和可行性。

5.2 检测与修复技术对硅片质量及器件性能的影响分析

为了评估这些技术在硅片制备过程中的实际效果,检测与修复技术对硅片质量和器件性能的影响分析,深入分析了硅片质量和器件性能对硅片表面缺陷的检测与修复。通过光学显微镜对一批硅片的检测,发现表面缺陷的密度平均为100defects/mm²。采用的是化学机械抛光(CMP)技术修复。修复后,再次进行光学显微镜检测,结果显示表面缺陷密度明显降低,表面缺陷密度为30100defects/mm²。这说明CMP技术能有效地修复硅片表面的缺陷,并对器件性

能产生明显的影响,对修复前后的硅片分别进行器件性能的测试,结果发现修复后的硅片器件的电阻值平均降低了25%,载流子迁移率平均提高了20%,说明修复技术不仅能提高硅片表面质量,而且对器件性能也有直接的影响。经统计分析,修复前后硅片的缺陷密度与器件性能指标之间存在明显的负相关关系,即表面缺陷密度越低,器件性能就越好。在硅片表面修复技术的研究和应用方面,应着重考虑如何提高修复效果,以进一步提高器件性能^[6]。经过对检测与修复技术对硅片质量及器件性能的影响进行的研究分析,发现在提高硅片制备工艺的稳定性 and 一致性,以及使器件性能得到提高方面具有十分重要的作用,从而为微电子器件的发展提供了可靠的技术支撑。

6 结语

系统地研究了硅片制备过程中表面缺陷的检测与修复技术,探讨了光学显微镜、化学机械抛光及离子注入等检测与修复技术的原理与应用,通过分析表面缺陷的分类、成因及其对硅片性能的影响。实验数据验证了这些技术在实际过程中的应用效果,也验证了这些技术对硅片质量和器件性能的提高效果。综合来看,为微电子器件的发展提供了可靠的技术支撑,检测与修复技术对于提高硅片制备工艺的稳定性 and 一致性,以及器件性能的优化具有重要意义。

参考文献

- [1] 宋园园.EBCMOS中电子倍增层的制备研究[D].长春:长春理工大学,2023.
- [2] 刘碧慧.高性能背钝化晶体硅太阳能电池铝浆的制备研究及应用[D].株洲:湖南工业大学,2023.
- [3] 张飞.Cu-Sn-Ti金属结合剂超薄砂轮的制备与切割评价[D].泉州:华侨大学,2023.
- [4] 辛毓.原子层沉积氧化钛薄膜用于硅太阳能电池的研究[D].保定:河北大学,2023.
- [5] 刘永康.用于生物传感的叉指微电极制备及生物传感器构建的研究[D].长沙:中南大学,2023.
- [6] 周轶凡.双面钙钛矿/硅叠层电池设计与制备研究[D].成都:电子科技大学,2023.