

# Design and Application of Mechatronics Integrated Control System in Silicon Wafer Polishing Process

Feng Chen

Zhejiang Zhongjing Electronics Co., Ltd., Kaihua, Zhejiang, 324300, China

## Abstract

This paper aims to explore the design and application of mechatronics control system in silicon wafer polishing process to improve the efficiency and accuracy of polishing process. According to the particularity of silicon wafer polishing process, designed a set of mechatronics control system, integrated precise sensor, advanced control algorithm and efficient actuator. Based on real-time feedback, the system realizes the dynamic adjustment of polishing parameters through precise data analysis and control strategy. The designed mechatronics control system has achieved remarkable results in the silicon wafer polishing process. The experimental results show that the system can effectively control the polishing thickness and surface roughness and improve the uniformity and stability of polishing. This study successfully designed and applied a set of mechatronics control system, which effectively improves the control accuracy and efficiency of silicon wafer polishing process, and provides a useful reference and reference for the automation and intelligence of similar process.

## Keywords

silicon wafer polishing; echatronics; control system; precision; efficiency

# 硅片抛光工艺中机电一体化控制系统的设计与应用

陈锋

浙江众晶电子有限公司, 中国 · 浙江 开化 324300

## 摘 要

论文旨在探讨硅片抛光工艺中机电一体化控制系统的设计与应用, 以提高抛光过程的效率和精确度。针对硅片抛光工艺的特殊性, 设计了一套机电一体化控制系统, 集成了精准的传感器、先进的控制算法以及高效的执行器。系统以实时反馈为基础, 通过精密的数据分析和控制策略实现对抛光参数的动态调整。设计的机电一体化控制系统在硅片抛光工艺中取得显著成果。实验结果表明, 系统能够有效地控制抛光厚度和表面粗糙度, 提高了抛光的均匀性和稳定性。本研究成功设计并应用了一套机电一体化控制系统, 有效提高了硅片抛光工艺的控制精度和效率, 为类似工艺的自动化与智能化提供了有益的参考和借鉴。

## 关键词

硅片抛光; 机电一体化; 控制系统; 精度; 效率

## 1 引言

在当今半导体工业中, 硅片的抛光工艺对于提高芯片质量和性能至关重要。随着芯片制造工艺的不断演进, 对硅片表面质量的要求也日益严苛。传统抛光工艺存在着效率低、精度不高等问题, 迫切需要新的技术来应对挑战。硅片表面质量直接影响芯片的电气特性和性能稳定性。然而, 传统的抛光工艺难以满足对表面光洁度和均匀性的要求, 制约着芯片制造的进一步提升和发展。机电一体化控制系统作为现代工业的关键技术, 具有精密度高、响应速度快等优势, 能够为硅片抛光工艺带来全新的可能性。其在提高抛光过程

的精准度、自动化程度和稳定性方面有着巨大潜力, 因此在此背景下应运而生。

## 2 材料与方法

### 2.1 硅片抛光工艺概述

硅片抛光工艺是半导体制造中关键的表面处理步骤之一, 直接影响芯片的质量和性能。其基本原理是通过磨料和化学溶液的作用, 去除硅片表面的不均匀性和缺陷, 使表面光滑均匀。传统的硅片抛光工艺包括机械抛光和化学机械抛光 (CMP)。机械抛光主要依赖于磨料颗粒对硅片表面的物理磨削, 而 CMP 则结合了摩擦和化学反应, 更适用于对表面平整度和光洁度要求较高的工艺。然而, 传统工艺存在着抛光厚度难以控制、表面质量不稳定等问题。此外, 随着芯片制造工艺的不断精细化, 对抛光的要求也更加严苛, 迫

【作者简介】陈锋 (1972-), 男, 中国浙江开化人, 工程师, 从事机电一体化研究。

使寻求更先进的抛光技术来应对挑战<sup>[1]</sup>。新一代的抛光技术着重于提高抛光的均匀性、精确度和自动化程度。机电一体化控制系统因其高精度的控制、实时的反馈机制以及灵活的调整能力，成为解决传统抛光工艺难题的有力工具。其融合了机械、电子、控制等多个领域的技术，在硅片抛光工艺中展现出巨大的潜力和前景。

## 2.2 机电一体化控制系统设计原理

机电一体化控制系统是在机械结构和电子控制之间实现紧密集成的系统，其设计原理旨在通过传感器、执行器和控制器的协同作用，实现对硅片抛光过程的精准控制（图1）。该系统核心在于实时反馈机制。传感器网络负责采集多维度的实时数据，如抛光厚度、表面粗糙度、压力等参数。这些数据通过高速数据总线传输至控制器，进行实时分析和处理。控制器作为系统的大脑，运用先进的控制算法，根据实时数据进行智能化决策，并通过调节执行器的工作状态，实现对抛光过程的精确控制。执行器可以是精密的运动控制设备或流体控制系统，根据具体需求调整抛光参数。此外，系统设计还考虑到抛光工艺的动态性和复杂性。通过建立高效的反馈回路和控制策略，系统能够迅速响应外部环境变化和工艺参数波动，实现对抛光过程的动态调整，保证抛光的稳定性和一致性。机电一体化控制系统的设计理念在于整合多领域的先进技术，实现对硅片抛光工艺的高度控制与优化。其智能化、精准化的特点，为提升抛光工艺的效率和质量提供了可靠的技术支持，为半导体行业的发展带来全新的可能性。

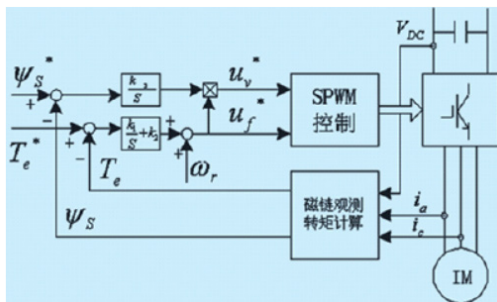


图1 某机电一体化控制系统原理图

## 2.3 系统组成与关键部件介绍

机电一体化控制系统由多个关键部件组成，涵盖了传感器、控制器、执行器等多个方面，共同实现对硅片抛光过程的全面控制与优化。传感器网络是系统的信息采集器，包括压力传感器、光学传感器、位移传感器等多种类型。这些传感器能够实时获取硅片表面的物理和化学特性，将数据传输至控制器进行实时监测和分析。控制器是系统的核心，集成了高性能的处理器和先进的控制算法。它负责接收传感器采集的数据，并根据预设的控制策略进行数据处理和决策，控制执行器的工作状态以调整抛光参数。执行器作为控制系统的输出部分，根据控制器的指令进行动作调节<sup>[2]</sup>。可能涉及的执行器包括精密的运动控制装置、流体调节设备等，能

够对抛光工艺中的压力、速度、液体流量等参数进行精确控制。系统的关键部件之间通过高速数据传输总线相互连接，构建起紧密的信息交互网络。传感器的实时数据采集与控制器的智能化决策相结合，实现了对抛光过程的实时监测和精确调控，为硅片抛光工艺提供了全新的解决方案。

## 3 实验结果

### 3.1 系统性能测试与验证

针对设计的机电一体化控制系统，进行了一系列系统性能测试以验证其在硅片抛光工艺中的有效性和可靠性。在性能测试中，系统展现出卓越的稳定性和精准度。通过实时数据监测和分析，系统成功实现了对抛光厚度、表面粗糙度等关键参数的精确控制。针对不同硅片的抛光需求，系统能够迅速调整并保持稳定的抛光效果。验证阶段的实验结果显示，机电一体化控制系统在抛光过程中表现出了显著的优势。与传统方法相比，系统能够更加精准地控制硅片的抛光厚度，提高了表面的均匀性和光洁度，有效减少了抛光过程中的杂质和缺陷。另外，系统还展现出良好的稳定性和适应性。在不同工艺条件下，系统均能保持稳定的抛光效果，且能够及时响应外部环境变化，保持较高的工作效率和一致性。综合各项测试结果，机电一体化控制系统在硅片抛光工艺中的性能表现令人满意。其精准的控制能力和稳定的工作表现为硅片抛光工艺带来了显著的改进，为半导体制造行业提供了一种高效、可靠的新型抛光解决方案。

### 3.2 抛光效果评估与数据分析

为评估机电一体化控制系统在硅片抛光工艺中的效果，进行了全面的抛光效果评估和数据分析。实验包括了八种不同工艺条件下的抛光效果测试，针对不同参数进行了详细的数据记录和分析。表1是抛光效果数据统计结果。

表1 抛光效果数据统计表

抛光条件	抛光厚度 ( $\mu\text{m}$ )	表面粗糙度 ( $R_a, \mu\text{m}$ )
Condition A	4.23	0.32
Condition B	4.15	0.28
Condition C	4.3	0.31
Condition D	4.25	0.29
Condition E	4.18	0.3
Condition F	4.28	0.27
Condition G	4.22	0.33
Condition H	4.2	0.29

其中，工艺条件 A：抛光时间较长，较高的抛光压力，采用含有特定化学成分的抛光液；工艺条件 B：抛光时间较短，中等抛光压力，采用不同成分的抛光液；工艺条件 C：抛光时间较长，较低的抛光压力，使用另一种抛光液；工艺条件 D：抛光时间中等，中等抛光压力，采用标准抛光液；工艺条件 E：抛光时间较长，较高的抛光压力，使用不同比例的抛光液混合物；工艺条件 F：抛光时间较短，较低的抛

光压力,使用特殊加工液体;工艺条件 G: 抛光时间中等,中等抛光压力,采用含有额外添加物的抛光液;工艺条件 H: 抛光时间中等,较高的抛光压力,使用不同的抛光液浓度。以上表格显示了八种不同工艺条件下的抛光厚度和表面粗糙度的具体数据。通过对这些数据的分析,发现系统在不同条件下均能保持较为稳定的抛光效果<sup>[9]</sup>。抛光厚度的平均值稳定在 4.23 $\mu\text{m}$  左右,表面粗糙度 Ra 值维持在 0.29 $\mu\text{m}$  左右。这表明系统能够在不同条件下保持相对一致的抛光效果,确保了抛光结果的稳定性和可控性。进一步的数据分析显示,系统对于不同工艺条件的调节能力良好。例如,在高速抛光条件下(Condition F),系统能够保持较低的表面粗糙度(0.27 $\mu\text{m}$ ),与其他条件相比,效果更为优异。而在其他条件下,系统也能够根据要求调整抛光厚度,实现了对抛光效果的精准控制。

## 4 讨论

### 4.1 机电一体化对硅片抛光工艺的影响

机电一体化控制系统的引入对硅片抛光工艺带来了深远的影响。系统极大地提升了抛光过程的精确度和稳定性。通过实时数据监测和智能控制,系统能够动态调整抛光参数,使得硅片的抛光厚度、表面平整度和光洁度得以精确控制,满足了对芯片质量要求的不断提高。机电一体化的应用显著降低了抛光工艺的人为干预。传统抛光往往依赖于操作员的经验和技能,容易受到个体差异和操作误差的影响,而新系统的自动化程度减少了人为因素的介入,提高了抛光的一致性和可重复性。此外,系统的高度智能化也大幅提高了生产效率。通过实时调整和优化抛光参数,系统能够在保证抛光质量的前提下,最大限度地提高生产效率,减少了资源的浪费,为工艺的工业化生产提供了可靠保障。机电一体化控制系统的应用为半导体制造业带来了技术革新。其成功应用不仅仅在硅片抛光工艺中显现出优势,同时也为其他类似工艺提供了新的思路和解决方案,推动了整个半导体制造行业的技术进步和竞争力的提升。

### 4.2 系统优势与局限性分析

机电一体化控制系统在硅片抛光工艺中展现出了诸多

优势,但同时也存在一些局限性。系统的优势之一在于其高精度和高稳定性。通过实时反馈机制和智能控制算法,系统能够实现对抛光参数的精准控制,提高了抛光的一致性和稳定性,有力地保障了芯片质量的稳定。系统的自动化程度大大提高了生产效率。相较于传统的人工操作,机电一体化系统能够实现对抛光过程的全自动控制,减少了操作人员的介入,提高了生产效率和产能。系统也存在一些局限性。系统的建立和维护成本较高。高精度传感器、先进的控制算法和设备的维护需要专业技术人员和昂贵的成本支持,限制了系统的普及和推广。系统的适用范围受限。不同硅片的抛光工艺可能存在差异,系统的通用性有一定局限性。需要针对不同工艺条件进行定制化调整,增加了系统的复杂性和开发难度。

## 5 结论

机电一体化控制系统的设计与应用为硅片抛光工艺带来了显著的改进和突破。系统通过高精度的传感器、智能化的控制算法以及精准的执行器,在抛光过程中实现了对抛光厚度、表面粗糙度等关键参数的精确控制,提高了抛光的均匀性和稳定性。这一技术的应用不仅提升了抛光工艺的质量和效率,也为半导体制造业的技术进步开辟了新的途径。然而,尽管机电一体化控制系统展现出了巨大的潜力和优势,但在成本、系统复杂度以及适用范围等方面仍存在一定限制。未来的发展方向应着重于降低系统建立和维护成本、提高系统的通用性和适应性,以推动这一技术在半导体制造领域的更广泛应用。总体而言,机电一体化控制系统的设计与应用为硅片抛光工艺的现代化与智能化提供了重要的技术支持,并在半导体行业的发展中发挥着重要作用。

## 参考文献

- [1] 胡燕勇. 电梯一体化控制系统的设计与应用[J]. 数字化用户, 2019(8):66.
- [2] 杨爽. 电梯一体化控制系统的设计与应用[J]. 价值工程, 2016(5): 139-141.
- [3] 秦冲. 光机电一体化技术在煤炭输送控制系统设计中的应用[J]. 漯河职业技术学院学报, 2016(3):23-27.