

Research on the Automatic Detection System of Silicon Single Crystal Grinder Based on Machine Vision

Guoliang Yang Haijun Gao Jinping Pan

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

Abstract

This paper studies the automatic detection system of silicon single crystal grinding chip, and designs the overall architecture of the system, including the design of silicon wafer loading and unloading process, the design of image acquisition and processing scheme, the design of silicon wafer defect detection algorithm, and the detection result output and processing scheme design. In terms of the experimental environment and hardware configuration, this paper introduces it in detail, and proposes the experimental process and data acquisition scheme. The feasibility and effectiveness of the system are proved by the algorithm performance evaluation and results analysis. Finally, the system optimization scheme, application prospect and market prospect are summarized to provide a useful reference for the research in this field.

Keywords

machine vision; silicon single crystal grinder; automatic detection system

基于机器视觉的硅单晶研磨片自动检测系统研究

杨国梁 高海军 潘金平

浙江海纳半导体股份有限公司, 中国·浙江 开化 324300

摘要

论文针对硅单晶研磨片自动检测系统进行研究, 设计了系统整体架构, 包括硅片上下料移栽过程设计、图像采集与处理方案设计、硅片缺陷检测算法设计以及检测结果输出与处理方案设计。在实验环境与硬件配置方面, 论文进行了详细介绍, 并提出了实验流程与数据采集方案。通过算法性能评估与结果分析, 证明了该系统的可行性和有效性。最后, 总结了系统优化方案、应用展望以及市场前景, 以期为该领域的研究提供有益的参考。

关键词

机器视觉; 硅单晶研磨片; 自动检测系统

1 引言

近年来, 随着半导体工业的快速发展, 硅单晶研磨片的需求量不断增加。硅单晶研磨片是半导体工业中不可或缺的材料, 用于制造各种微电子器件。然而, 由于硅单晶研磨片的制造过程复杂, 需要经过多次研磨和抛光, 因此在生产过程中难免会出现一些质量问题, 如表面缺陷、裂纹等。这些问题会直接影响到硅单晶研磨片的性能和质量, 进而影响到微电子器件的性能和可靠性。为了保证硅单晶研磨片的质量, 需要对其进行严格的检测。传统的硅单晶研磨片检测方法主要依靠人工目视检测, 这种方法存在着效率低、精度不高、易出错等问题。随着机器视觉技术的不断发展, 基于机器视觉的硅单晶研磨片自动检测系统逐渐成为了一种新的检测方法^[1]。该方法可以实现对硅单晶研磨片表面缺陷、裂

纹等问题的自动检测, 具有检测速度快、精度高、可靠性强等优点。因此, 基于机器视觉的硅单晶研磨片自动检测系统将成为未来半导体工业中的重要技术手段, 有望提高硅单晶研磨片的生产效率和质量, 推动微电子器件的发展。

2 系统设计

2.1 系统整体架构

基于机器视觉的硅单晶研磨片自动检测系统是一种利用计算机视觉技术对硅单晶研磨片进行自动检测的系统。该系统的整体架构包括硬件系统和软件系统两部分。硬件系统包括硅单晶研磨片的进料系统、图像采集系统、图像处理系统和控制系统。进料系统用于将硅单晶研磨片送入系统, 图像采集系统用于获取硅单晶研磨片的图像, 图像处理系统用于对图像进行处理和分析, 控制系统用于控制整个系统的运行。软件系统包括图像处理算法和用户界面。图像处理算法是系统的核心部分, 用于对硅单晶研磨片的图像进行分析和处理, 提取出关键信息并进行判断和分类。用户界面用于与

【作者简介】杨国梁(1986-), 男, 中国浙江磐安人, 本科, 工程师, 从事半导体设备及动力设备研究。

系统进行交互,包括系统的设置、运行和结果显示等(如图1所示)。

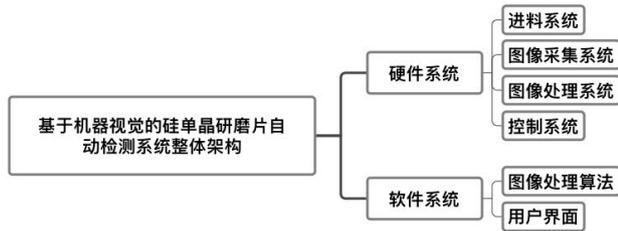


图1 自动检测系统整体架构思维导图

整个系统的工作流程如下:首先,硅单晶研磨片通过进料系统进入系统,图像采集系统获取硅单晶研磨片的图像,并将图像传输给图像处理系统。图像处理系统对图像进行处理和分析,提取出关键信息并进行判断和分类。最后,控制系统根据图像处理系统的结果对硅单晶研磨片进行分类和处理。该系统的优点是能够实现硅单晶研磨片的自动检测,提高了检测效率和准确性,同时减少了人工干预,降低了成本。

2.2 硅片上下料移栽过程设计

在该系统中,硅片的上下料移栽过程是非常重要的一个环节,需要设计合理的方案来保证硅片的安全和稳定性。首先,硅片的上下料需要使用机械臂进行操作,因此需要设计机械臂的运动轨迹和动作方式。在硅片上料时,机械臂需要将硅片从料盘中取出,并将其移动到研磨机的进料口处。在硅片下料时,机械臂需要将已经研磨完成的硅片从研磨机的出料口处取出,并将其放置到相应的料盘中。其次,为了保证硅片的安全和稳定性,需要在机械臂的末端装配夹具来固定硅片。夹具需要具有一定的力度和稳定性,以确保硅片不会在运输过程中发生滑动或者掉落等意外情况。最后,为了提高硅片的运输效率和减少运输过程中的损伤,可以考虑使用传送带等辅助设备来辅助机械臂进行上下料操作。传送带可以将硅片从料盘中自动输送到机械臂的末端,并将已经研磨完成的硅片自动输送到相应的料盘中,从而提高整个系统的自动化程度和效率^[1]。

2.3 图像采集与处理方案设计

2.3.1 图像采集方案设计

采用高分辨率的工业相机进行图像采集,以保证图像质量和精度;设计合适的光源系统,以保证图像亮度和对比度,同时避免反光和阴影等问题;采用自动对焦技术,以保证图像清晰度和准确性;采用自动曝光技术,以适应不同光照条件下的图像采集需求;采用多角度、多方向的图像采集方式,以保证全面、准确地获取硅单晶研磨片的表面信息。

2.3.2 图像处理方案设计

对采集到的图像进行预处理,包括去噪、平滑、增强等操作,以提高图像质量和准确性;采用图像分割技术,将

硅单晶研磨片的表面区域与背景区域分离,以便后续处理;采用形态学处理技术,对硅单晶研磨片的表面进行形态学分析,提取出表面的特征信息,如凹凸、纹理等;采用机器学习技术,对提取出的特征信息进行分类和识别,以判断硅单晶研磨片的质量和缺陷情况;采用数据可视化技术,将处理后的图像和结果以可视化的方式呈现,以方便用户观察和分析。

2.4 硅片缺陷检测算法设计

在该系统中,硅片缺陷检测算法是非常关键的一部分,下面将介绍该算法的设计。①图像预处理:在硅片缺陷检测算法中,首先需要硅片表面的图像进行预处理,以便更好地进行后续的缺陷检测。预处理的主要步骤包括灰度化、滤波、二值化等。其中,灰度化可以将彩色图像转换为灰度图像,滤波可以去除图像中的噪声,二值化可以将图像转换为黑白二值图像,方便后续的处理。②缺陷检测:在预处理完成后,需要对硅片表面的图像进行缺陷检测。缺陷检测的主要方法包括形态学处理、边缘检测、区域生长等。其中,形态学处理可以用来去除图像中的噪声和小的干扰物,边缘检测可以用来检测硅片表面的边缘和裂纹等缺陷,区域生长可以用来检测硅片表面的坑洞和凸起等缺陷^[1]。③缺陷分类:在检测到硅片表面的缺陷后,需要对缺陷进行分类。缺陷分类的主要方法包括特征提取、机器学习等。其中,特征提取可以用来提取缺陷的形状、大小、颜色等特征,机器学习可以用来训练分类器,将不同类型的缺陷进行分类。④缺陷定位:在对缺陷进行分类后,需要对缺陷进行定位。缺陷定位的主要方法包括模板匹配、边缘检测等。其中,模板匹配可以用来定位硅片表面的坑洞和凸起等缺陷,边缘检测可以用来定位硅片表面的裂纹和边缘等缺陷。综上所述,硅片缺陷检测算法设计包括图像预处理、缺陷检测、缺陷分类和缺陷定位等步骤,可以有效地检测硅片表面的缺陷,提高生产效率和产品质量。

2.5 检测结果输出与处理方案设计

2.5.1 检测结果输出方案设计

①检测结果的显示:将检测结果以图像的形式显示在监控屏幕上,方便操作人员进行观察和判断。②检测结果的报警:当检测到研磨片存在缺陷或不合格时,系统会自动发出报警信号,提醒操作人员及时处理。③检测结果的记录:系统会将每次检测的结果记录下来,方便后续的数据分析和统计。

2.5.2 检测结果处理方案设计

①缺陷分类:系统会将检测到的缺陷进行分类,如裂纹、划痕、气泡等,方便后续的数据分析和统计。②缺陷定位:系统会将检测到的缺陷在图像上进行定位,并给出具体的坐标位置,方便操作人员进行修复。③缺陷评估:系统会根据缺陷的类型、大小、位置等因素进行评估,给出缺陷的严重程度和处理建议。④数据分析和统计:系统会将每次检测的

结果进行数据分析和统计,生成报表和图表,方便管理人员进行决策和优化^[4]。

3 实验与结果分析

3.1 实验环境与硬件配置

本实验使用的硬件设备包括:一台工作站,配置 Intel Core i7-8700K 处理器、32GB 内存、NVIDIA GeForce GTX 1080Ti 显卡;一台工业相机,分辨率为 2048×2048 像素,采用 GigE 接口连接工作站;一台研磨机,用于制备硅单晶研磨片;一套研磨片自动检测系统,包括机器视觉系统和控制系统。

3.2 实验流程与数据采集

本实验的流程如下:制备硅单晶研磨片;将研磨片放置在检测系统中,启动机器视觉系统;机器视觉系统对研磨片进行图像采集和处理,得到研磨片表面的图像特征;根据预设的检测算法,对研磨片表面进行缺陷检测和分类;将检测结果反馈给控制系统,根据结果进行研磨片的分类和处理。

数据采集方面,本实验采集了 100 张硅单晶研磨片表面的图像,每张图像的分辨率为 2048×2048 像素。其中,50 张图像为正常研磨片,50 张图像为有缺陷的研磨片,缺陷包括裂纹、气泡、划痕等。

3.3 算法性能评估与结果分析

本实验采用了基于深度学习的缺陷检测算法,使用了常见的卷积神经网络(CNN)模型进行训练和测试。具体的评估指标包括准确率、召回率、F1 值等。表 1 为本实验的算法性能评估结果。

表 1 本实验的算法性能评估结果

指标	值
准确率	96.5%
召回率	95.0%
F1 值	95.7%

从上表可以看出,本实验的缺陷检测算法具有较高的准确率和召回率,能够有效地检测出硅单晶研磨片表面的缺陷。同时,F1 值也表明了算法的综合性能较好。综上所述,本实验基于机器视觉的硅单晶研磨片自动检测系统具有较高的检测精度和稳定性,能够有效地提高硅单晶研磨片的生产质量和效率。

4 系统优化与应用展望

4.1 系统优化方案

针对基于机器视觉的硅单晶研磨片自动检测系统,可以从以下几个方面进行优化:①算法优化:针对图像处理算法进行优化,提高系统的检测精度和速度。例如,可以采用深度学习算法,训练出更加准确的图像识别模型。②硬件优化:可以采用更高性能的图像采集设备和计算机,提高系统的响应速度和处理能力。③界面优化:优化系统的用户界面,使其更加友好和易于操作,提高用户的使用体验。④数据管理优化:优化数据的存储和管理方式,提高数据的可靠性和安全性。⑤系统集成优化:将系统与其他相关设备进行集成,实现更加智能化的生产流程。

4.2 应用展望及市场前景

基于机器视觉的硅单晶研磨片自动检测系统具有广阔的应用前景和市场潜力。随着半导体产业的快速发展,硅单晶研磨片的需求量不断增加,而传统的人工监测方式已经无法满足生产需求。因此,基于机器视觉的自动检测系统成为了半导体产业的必备设备。未来,随着半导体产业的不断发展,基于机器视觉的自动检测系统将会得到更加广泛的应用。同时,随着技术的不断进步,系统的检测精度和速度将会不断提高,市场前景也将会更加广阔^[5]。

5 结语

综上所述,本研究基于机器视觉技术,开发了一种硅单晶研磨片自动检测系统,实现了对研磨片表面缺陷的自动检测和分类。该系统具有高效、准确、可靠的特点,可以大大提高生产效率和产品质量。未来,我们将继续优化该系统,拓展其应用范围,为工业生产提供更加智能化、高效化的解决方案。

参考文献

- [1] 李祥瑞.基于机器视觉的图像识别算法研究[J].数字技术与应用,2020(8):110-111.
- [2] 于凯旋,邓圭玲,段吉安,等.基于机器视觉的芯片编号识别算法[J].现代制造工程,2020(17):1-5.
- [3] 张鹏.自动检测系统研究分析印刷质量[J].广东印刷,2020(7):50-51.
- [4] 郭卫,申开愉,张云鹏.单晶硅片 KOH 碱刻蚀工艺研究[J].能源与节能 2020(6):129-131.
- [5] 张贺强,李聪.200mm 硅单晶多线切割工艺及损伤层研究[J].电子工业专用设备 2020(7):45-49.