

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 _____

学号: 200429038

UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于 C/S 构架的分布重复精缩机控制系统研制

The High Precise Wafer Stepper on The Basis of C/S Frame

薛 波

指导教师姓名: 郭隐彪 教授

专 业 名 称: 机械电子

论文提交日期: 2007 年 月

论文答辩时间: 2007 年 月

学位授予日期: 2007 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2007 年 月

厦门大学学位论文原创性声明

兹提交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1、保密（ ），在 年解密后适用本授权书。

2、不保密（ ）

（请在以上相应括号内打“√”）

作者签名：

日期： 年 月 日

导师签名：

日期： 年 月 日

摘 要

半导体器件制造技术是本世纪中期发展起来的一门新技术。精缩机是集成 IC 器件制造的关键设备之一。其主要问题是要满足不断提高的工作分辨力、套刻和生产效率三项技术指标, 其中光刻工作台系统的定位精度和重复精度, 是决定光刻线条粗细和曝光图形套刻精度的重要因素。目前国内外研制成功计算机辅助制版系统和由它控制的自动制图机、光学图形发生器等高精度自动制版设备, 以及激光图形发生器、电子束图形发生器等新的制版设备。基于此, 利用计算机丰富的资源, 采用先进的开放式运动控制技术, 以及基于 C/S 构架的网络视频技术对高精度分布重复精缩机的控制系统进行了研制, 同时开发了相应的应用软件。

本文的研究内容主要包括:

- 1、研究半导体器件的制版工艺, 分析其生产原理与流程。
- 2、研究应用开放式运动控制技术, 构建基于 PC 及 DSP 上下位控制的精缩微动控制系统。
- 3、研究应用基于 TCP/UDP 协议的远程控制和视频监控技术。
- 4、开发基于 C/S 构架的高精度分布重复精缩机的软件, 满足其高精度和高效性要求。
- 5、进行实验验证了所研制的精缩机的有效性和稳定性。

关键词: 精缩机; 运动控制; 视频监控

Abstracts

Semiconductor Manufacture is a new developing technology. Wafer Stepper is one of the key equipments for large scale integration parts producing. It's main duty is to solve increasing demand for high resolving power, high overlapping accuracy and efficient performance. Among them the motion position accuracy of the exposition worktable is determinable for thickness of the graphic lines and the degree of the overlapping accuracy which is most important for semiconductor manufacture. Nowadays, whether inboard or outboard companies have both developed the computer assistant graphic equipment and optical graphic originating equipment for make shadow mask panels. On the basis all of these, a kind of high performance and high precision wafer stepper control system was researched and have been realized with the technology of advanced open motion control and C/S structure network.

The main work can be describe as follows:

1. Do research on semiconductor process technology, analyze it's theory and flow.
2. Do research on technology of open motion control system, establish the 2-axis motion control system which is controlled by PC and DSP.
3. Do research on remote control and video transportation with TCP/UDP network protocol.
4. Develop the wafer stepper software with C/S structure, to reach the aim of high performance.
5. Experiments are done to testify that the system meets the requirement ,and also show the good stability.

Key words: wafer stepper; motion control; video monitor

目 录

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| 第一章 绪论 | 1 |
| 1.1 引言 | 1 |
| 1.2 光刻掩模版制作及精缩工艺 | 2 |
| 1.3 制版技术发展现状 | 3 |
| 1.4 分布重复精缩机控制系统 | 5 |
| 1.5 本课题研究实现 | 7 |
| 第二章 精缩机控制系统关键技术分析 | 9 |
| 2.1 控制系统概述 | 9 |
| 2.2 运动与逻辑控制控制技术 | 9 |
| 2.3 网络视频技术 | 12 |
| 2.4 调焦对准技术 | 14 |
| 2.5 小结 | 16 |
| 第三章：精缩机控制系统总体方案与整体构架 | 17 |
| 3.1 总体结构设计 | 17 |
| 3.2 控制系统硬件构架 | 17 |
| 3.3 控制系统软件构架 | 18 |
| 3.4 小结 | 20 |
| 第四章 精缩机控制系统硬件设计 | 21 |

| | |
|------------------------------|-----------|
| 4.1 运动及逻辑控制模块设计 | 21 |
| 4.2 汞发射谱产生电路 | 27 |
| 4.3 精缩主机工作台 | 29 |
| 4.4 实时图象监控系统 | 30 |
| 4.5 小结 | 30 |
| 第五章 精缩机控制系统软件设计 | 31 |
| 5.1 高精度运动及逻辑控制软件设计 | 31 |
| 5.2 视频图象采集软件设计 | 41 |
| 5.3 视频发送与接受及系统远程控制软件设计 | 45 |
| 5.4 小结 | 49 |
| 第六章 精缩机调试及实验 | 51 |
| 6.1 精缩机安装及调试工作 | 51 |
| 6.2 精缩机工作流程及运行结果 | 51 |
| 6.3 小结 | 56 |
| 第七章 结论与展望 | 59 |
| 7.1 结论 | 59 |
| 7.2 展望 | 59 |
| 参考文献 | 60 |
| 致谢 | 63 |

Table of Contents

| | |
|--|-----------|
| Chapter 1 Introduction | 1 |
| 1.1 Foreword..... | 1 |
| 1.2 Process of Shadow Mask Panel Make..... | 2 |
| 1.3 Home and Abroad Correnative Research..... | 3 |
| 1.4 The Control System of Wafer Stepper..... | 5 |
| 1.5 Outline Of The Thesis..... | 7 |
| Chapter Key Technologies of The Control Unit of Wafer Stepper.. | 9 |
| 2.1 Summarizing of Control Unit..... | 9 |
| 2.2 Motion and Logic Control Technology..... | 9 |
| 2.3 Network Video Technology..... | 12 |
| 2.4 Focus and Aiming Technology..... | 14 |
| 2.5 Conclusion..... | 16 |
| Chapter 3 The Frame of The Control Unit of The Wafer Stepper.. | 17 |
| 3.1 The Design of The Frame..... | 17 |
| 3.2 The Frame of The Hardware..... | 17 |
| 3.3 The Frame of The Software | 18 |
| 3.4 Conclusion..... | 20 |
| Chapter 4 Hardware Design of Wafer Stepper Control Unit | 21 |

| | |
|--|-----------|
| 4.1 Motion Control and Logical Control Module..... | 21 |
| 4.2 Mercuric Array Produce Circuit..... | 27 |
| 4.3 Wortable of Wafer Stepper..... | 29 |
| 4.4 Real Time Video Monitor System..... | 30 |
| 4.5 Conclusion..... | 30 |
| Chapter 5 Software Design of Wafer Stepper..... | 31 |
| 5.1 Motion Control and Logical Control Module Software..... | 31 |
| 5.2 Video Data Collection Software..... | 41 |
| 5.3 Video Data Transmission and Remote Control Software..... | 45 |
| 5.4 Conclusion..... | 49 |
| Chapter 6 Wafer Stepper Install and Experiment..... | 51 |
| 6.1 Install and Coordinate..... | 51 |
| 6.2 Work Flow and The Result..... | 51 |
| 6.3 Conclusion..... | 56 |
| Chapter 7 Dissertation Conclusion and Outlook..... | 59 |
| 7.1 Conclusion..... | 59 |
| 7.2 Outlook..... | 59 |
| Reference..... | 60 |
| Acknowledgement..... | 63 |

第一章 绪论

1.1 引言

半导体器件制造技术是本世纪中期发展起来的一门新技术，是整个半导体产业的基础。半导体制造技术的发展是与半导体器件的发展紧密相连的，它是发展电子计算机、宇航、通讯、工业自动化和家用电器等电子技术的基础。^[1]

半导体集成电路的制造过程如表 1.1 所示。为了降低集成电路成本，提高集成度和工作速度，需要进一步缩小 MOS 集成电路的器件尺寸。为了使芯片上有更高水平的集成度，势必要求器件的纵向和横向尺寸按比例缩小。这种高水平的集成使逻辑应用方面有更高的功能，在存储器应用方面有更高存储容量。近十年间，硅器件已由微米进展到深亚微米尺度。因此，必须进一步提高器件和工艺设计及新材料的水平，这样才可满足越来越高的可靠性要求。

表 1.1 半导体集成电路制造过程

| | | | |
|------|-----------------------------|------|-----------------------------|
| 步骤 1 | 硅片装备：包括晶体生长、晶棒磨圆、硅片切割及硅片抛光。 | 步骤 | 装配与封装： 将硅片沿划线切割成单个芯片。 |
| 步骤 2 | 硅片加工：包括硅片清洗、电路层生长、刻蚀及参杂。 | 步骤 4 | 进行金属连接后封装成集成电路元器件。 |
| 步骤 3 | 芯片测试、分类：包括对芯片进行探测、测试、分类 | 步骤 5 | 产品测试： 确保集成电路元器件通过电气及环境测试 |

在半导体器件制造工艺中，硅外延平面工艺是最普遍采用的一种。有了硅平面工艺才使人们早已设想过的集成电路得以实现，为电子设备的微型化和集成电路的发展开辟

了新的途径。^[2]其主要工艺流程如图 1.1 所示:



图 1.1 平面晶体管工艺流程

目前,在大规模及超大规模集成电路生产中,分步重复投影光刻技术是大量使用的实用技术,其光刻设备已成为集成电路生产中的关键设备之一。为满足微米及亚微米光刻的需要,要求光刻设备具有较高的对准精度和调焦精度。^{[3] [6] [7]}

1.2 光刻掩模版制作及精缩工艺

集成电路 (IC) 制版的技术特征属于光学微细加工技术 (也称微分刻技术)。该技术是由计算机数据处理、计算机控制、激光精密定位、精密机械制动、精密光学曝光成像以及相关的化学物理处理等系统紧密结合的精密微细加工技术,一套完整合格的光刻掩模版的制作过程较复杂,其主要流程如图 1.2 所示:

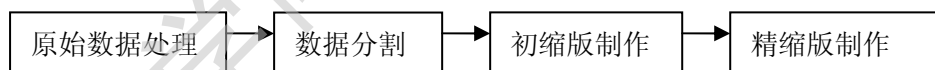


图 1.2 光刻掩模版制作

数据处理是将用户已完成的设计整理成制版设备可接受的制版数据,进行掩模版制作。处理好的数据,还要根据图形发生器的具体要求,将制版数据进行矩形分割——将版图数据中各种图形实体都分割为图形发生器可识别的曝光矩形,称为 PG (pattern generator) 数据,并将分割数据写成数据带——PG 带。^{[2] [3]}

初缩版制作是制版工艺中第一步关键步骤,它的重要意义在于将设计者的设计思想——版图数据转化为可分辨识别的实物——掩模版。其图形发生的基本原理,是对感光基版进行拼接良好的矩形曝光,版图中任何形状的图形,都是由各种大小和角度不同的曝光矩形拼接形成的。将数据处理后得到的 PG 数据读入图形发生器,通过计算机终端

控制激光精密定位系统、自动曝光系统,按照已设定好的图形数据坐标(X 、 Y 、 θ 角),对精细工作台上的掩膜基版进行位置和大小都非常精密准确的矩形曝光。当曝光工作完成后,将曝好光的基版进行显影定影等一系列后续化学处理,就可以得到与设计版图等同或具有倍率关系的初级掩膜版,也称为初缩版。

掩膜版的分步重复制作,常称为精缩工艺,采用分步重复精缩机(stripper photo-repeater)来进行精缩版制作。分步重复制作的目的,就是为了提高生产效率,实现大批量规模生产。

平面型半导体器件,都是由多次光刻工艺来制作的。要在同一硅片上制作出图形结构完全相同的、排满整个硅片的管芯器件,首先就要用按要求进行图形分布的掩膜版进行光刻。版上同一层的图形,都具有相同的图形结构和图形线宽误差,器件制造时,不同层的图形结构,就要用具有该层特定结构图形的掩膜版来进行掩膜光刻形成,所以,对精缩版的各项技术指标要求就比初缩版高一个数量级。

通常精缩版是对中间掩膜版进行固定的缩小倍率——10倍来制作的。具有能够进行水平对准、与相应的精缩机匹配的标记图形,版图尺寸10倍于管芯尺寸的中间掩膜版可以由上述初缩版制作方法制备。自动聚焦系统使固定缩小倍率的缩小镜头组以最佳的焦距,将中间掩膜版上的图象聚焦于基版上,再通过激光精密定位和步进系统,对基版进行精密步进曝光。每套版图的各层都是在同一水平的条件下,按固定的倍率和统一的焦距和步进间距对掩膜基版进行分步重复曝光,从而,既保证了各层图形具有清晰的边界,又保证各层图形在重叠对准时,各个区域的图形都能同时准确套准。一般的,套准精度小于0.3微米。

其次为保证在同一硅片上同时制作的成千上万只器件管芯特性,具有基本相同的电特性,首先就要求用来光刻管芯图形的掩膜版上的光刻图形线宽具有良好的一致性。所以,在制作掩膜版时,要考虑曝光能量、曝光光源均匀性、掩膜基版上光敏剂分布均匀性等综合因素,使得同一掩膜版上的光刻图形线宽误差尽量一致。一般图形线宽的一致性误差小于 0.3 微米。^{[2] [6] [7] [8]}

1.3 制版技术发展现状

光掩模版是光刻工艺中复印光致抗蚀掩蔽层的“印相底片”。随着大规模集成电路

工艺技术的迅速发展,对光掩模版的质量,包括各种掩模精度、缺陷密度和掩模版的耐用性能等都提出了极高的要求。

光掩模制作技术大体上可分为传统的刻图缩微制版技术系统、计算机辅助设计、光学图形发生器自动制版技术系统和以电子束扫描成像为代表的各种短波长射线成像曝光技术系统。

刻图缩微制版技术:最初是从印刷工业中的印刷制版技术移植到微电子工艺技术中来的。制作一套光掩模版需要经过复杂的过程。首先需要根据半导体器件或集成电路电学参数的要求、工艺条件和精度的要求确定适当的放大倍率来绘制掩模原图。然后利用缩微照相技术或图形发生系统制作掩模原版,亦称中间掩模版。为了能在同一个硅片上同时制作多个电路芯片而且又便于切割成单个芯片,中间掩模版的图形还要用具有分步重复功能的精密缩小照相机进一步缩小到实际芯片尺寸。同时,让同一图形在纵横两个方向按一定的间距重复曝光,制成含有芯片图形阵列的母掩模版(也称精缩版)。最后复印出供给生产上光刻工艺使用的工作掩模版。

计算机辅助设计光学图形发生器制版技术系统:随着半导体器件、集成电路、大规模集成电路制作技术的发展,芯片集成度越来越高,电路图形越来越复杂,加工尺寸越来越精细,遂研制成功计算机辅助制版系统和由它控制的自动制图机、光学图形发生器等高精度自动制版设备,以及激光图形发生器、电子束图形发生器等新的制版设备,形成了半导体工艺中所特有的高精度光掩模制作技术体系。尤其是电子束图形发生器,具有很高的分辨率和高速扫描成像系统,不但可用于制作中间掩模版,而且还能取代分步重复设备直接制作出含有芯片阵列图形的母掩模版或工作掩模版。然后,再利用各种光刻设备把光掩模图形转移到硅片表面的光致抗蚀层上。这种技术在大规模和超大规模集成电路制作工艺中起着越来越重要的作用。到80年代初,采用这些技术已制作出最细加工线宽为1.3~2.5微米的256千位动态随机存储器芯片,这已接近光掩模加工技术和光掩模图形转移技术的极限。

短波长射线成像曝光技术系统:为保证大规模集成电路的芯片成品率,并进一步提高集成度(如最小加工尺寸达亚微米级的百万位存储器芯片),已采用电子束、离子束或X射线等直接在硅片上扫描成像的加工新技术,取代传统的光掩膜图形转移技术。

目前,在国内半导体技术领域所使用的设备主要依赖进口。但是,由于受资金、半

导体制程技术（国内本土企业目前的制程技术为 $0.3\mu\sim+3\mu\text{m}$ ）以及国外发达国家与地区在先进光刻机方面长期以来对中国实行严格的封锁等因素，国内还较多使用传统的制版设备。尤其在精缩板的制作上，多数采用分布式重复精缩机，面对国内不断发展半导体市场，分布重复精缩机还具有良好的应用前景。^[9]

1.4 分布重复精缩机控制系统

1.4.1 现代运动控制技术

分布重复精缩机的核心技术为运动控制技术，分布重复的过程是控制系统驱动电机精确控制工作台运动的过程。因此采用何种控制系统和如何提高控制精度是精缩机的一个核心任何。

运动控制系统是以机械运动的驱动设备——电动机为控制对象，以控制器为核心，以电力电子功率变换装置为执行机构，在自动控制理论的指导下组成的电气传动自动控制系统。通过控制电动机的转矩、转速和转角，将电能转换为机械能，实现运动机械的运动要求。

随着各邻域内科学技术的不断发展，使得运动控制技术不再是用电子装置对机械的简单控制，而是包含了机械工程、电子工程、控制工程、计算机学科以及智能仪表技术的相互交叉和融合的技术，如图 1.3 所示。

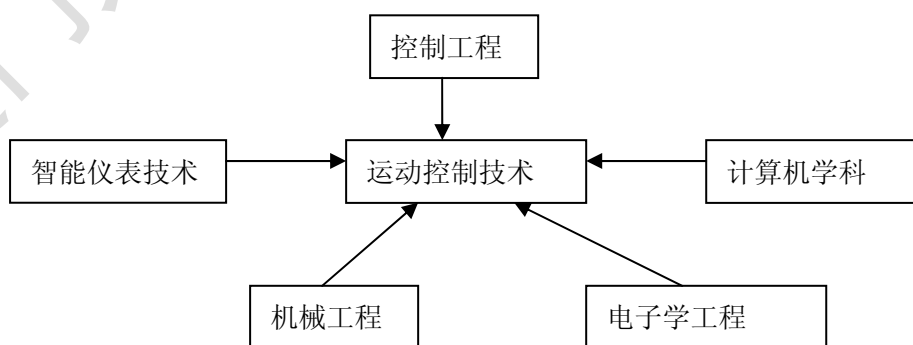


图 1.3 运动控制技术的构成

由此可见,运动控制技术实在传统技术的基础上,与一些新兴技术相结合而发展起来的。主要包括伺服传动技术,是直接执行操作的技术;精密机械技术,要求机械部分精度高,有更好的可靠性和可维护性;检测传感技术,是系统的感受器官,是实现自动控制、自动调节的关键环节,它的功能越强,系统的自动化程度就越高;自动控制技术,在基本控制理论的指导下,对具体装置或控制系统进行分析、综合与控制器的设计;计算机与信息处理技术,包括信息的输入、交换、存取、运算、判断决策和输出等技术。

运动控制技术的发展将随着运动控制系统软硬件的发展和不断改善而得到进一步的发展。归纳起来,运动控制技术的发展主要有以下 3 个方面。

(1) 从性能上看,向高精度、高效率、高性能、智能化大的方向发展。如数控机床,其控制精度能实现 $0.1\ \mu\text{m}$ 的高精度,其进给速度可达 $24\sim 100\text{m}/\text{min}$,甚至更高,其联动和控制的轴数能实现 $9\sim 15$ 轴,同时增加了人机对话功能,设置了智能 I/O 通道和智能工艺数据库。给使用、操作和维护带来了极大的方便。

(2) 从功能上,向小型化、轻型化、多功能方向发展。通过结构优化设计和精细加工,可使机械的质量减轻到与人的体重相称的程度。多功能也是自动化发展的要求和必然结果,一般机电一体化产品,为了适应自动化控制规模的不断扩大和高技术的发展,不仅要求它们具有数据采集、检测、记忆、监控、执行、反馈、自适应、自学习等多种功能,以便能实现整个生产系统的最佳化和智能化。

(3) 从层次上看,向系统化、复合集成化方向发展。复合集成,既包括各种分技术的相互渗透、相互融合和各种产品不同结构的优化和复合,又包含在生产过程中同时处理加工、装配、检测、管理等多种工序。为了实现多品种、小批量生产的自动化与高效率,应使系统具有更广泛的柔性。

1.4.2 数字化远程视频监控应用

视频监控系统是用于对指定场景区域进行监视,并把场景内的视频信息传递给监控者,使其能根据相应的情况采取适当措施的系统。视频监控系统的发展经历了由 90 年代初的,以模拟设备为主的闭路电视监控系统到基于多媒体计算机的模拟输入与数字压缩、显示和控制系统。

视频监控系统成本低、功能强大、方式灵活及可靠性高的特点,广泛应用于安全防

范、生产流程控制、医疗监护、远程教育等领域。正是由于视频监控系统的广泛应用，将视频监控技术与其它自动化技术结合，来提高自动化的水平。这种想法得到了广泛的认同，在各个领域得到了广泛的应用。在工业成产流程控制上，为生产实时监控和自动生产提供了基础。

1.5 本课题研究实现

1.5.1 需求及技术指标

根据厦门大学微机电中心项目要求，重新研制分布重复精缩机整个控制系统，在满足系统精度的同时，要求具有人性化操作流程，满足自动工作生产要求。其详细技术指标如表 1.2 所示：

表 1.2 分布重复精缩机技术指标

| | | |
|----|--------------|--------------------------------------|
| 1 | 定位精度 | -3u~+3um |
| 2 | 重复精度 | -3u~+3um |
| 3 | 累积精度 | 10um |
| 4 | 工作台有效行程 | 100×100mm |
| 5 | 工作台移动速度 | 5mm/s |
| 6 | X 图形个数及 Y 行数 | 1—256 |
| 7 | 间距设置 | 0. 01~99. 99mm |
| 8 | 镜头倍率 | 1/10 |
| 9 | 镜头分辨率 | 1. 5u |
| 10 | 高压汞灯及谱线 | 500W g 线 |
| 11 | 曝光时间 | 0. 1~9. 9s |
| 12 | 初缩版尺寸 | 4. 5” ×4. 5” (5” ×5”) |
| 13 | 精缩版尺寸 | 2. 5” ×2. 5” 3” ×3” 4” ×4” 5” ×5” |

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士学位论文摘要库