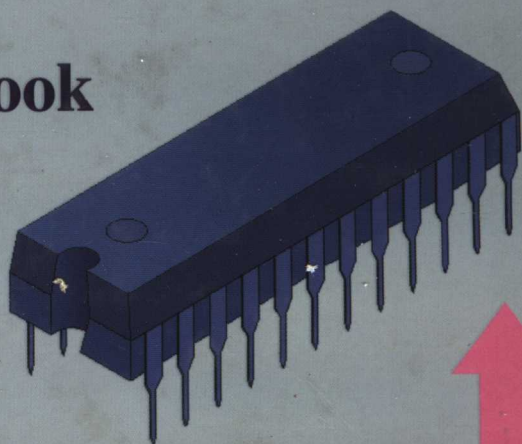


# Semiconductor Manufacturing Handbook

# 半导体 集成电路制造手册

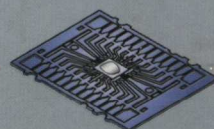
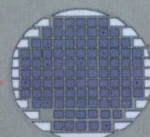
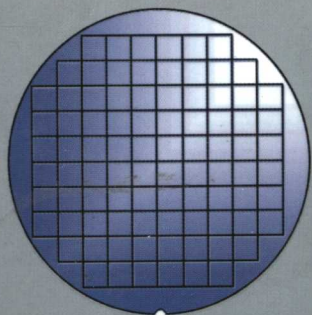
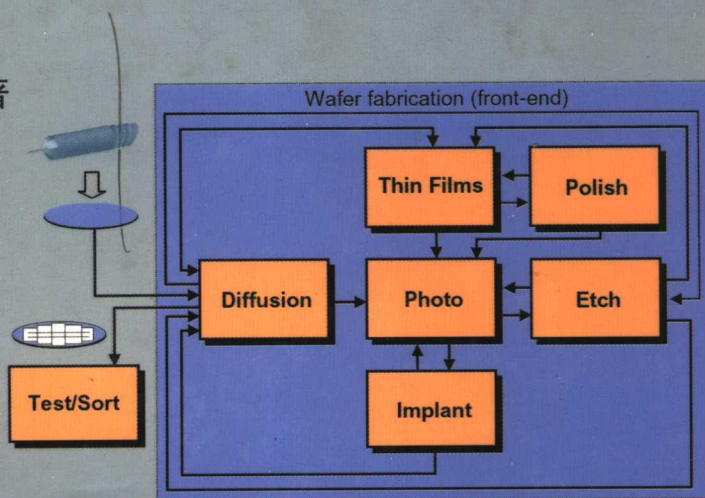


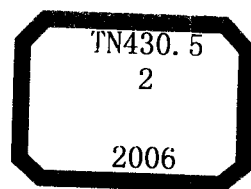
[美] Hwaiyu Geng 等著

赵树武 陈松 等译

赵水林 黄小锋

许学颖 刘海龙 审校





# 半导体集成电路 制造手册

Semiconductor Manufacturing Handbook

[美] Hwaiyu Geng 等著

赵树武 陈松 赵水林 黄小锋 等译

许学颖 刘海龙 审校

电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书是一本综合性很强的参考书，由60名国际专家编写，并由同等水平的顾问组审校。内容涵盖相关技术的基础知识和现实中的实际应用，以及对生产过程的计划、实施和控制等运营管理方面的考虑。涉及制造工艺和辅助设施——从原材料的准备到封装和测试，从基础知识到最新技术。针对最优化设计和最佳制造工艺，提供了以最低成本制造最佳质量芯片方面的必要信息。书中介绍了有关半导体晶圆工艺、MEMS、纳米技术和平面显示器的最新信息，以及最先进的生产和自动化技术。包括良品率管理、材料自动运送系统、晶圆厂和洁净室的设计和运营管理、气体去除和废物处理管理等。如此之广的覆盖面使得本书成为半导体领域内综合性最强的单卷参考书。

基于大范围的涵盖，本书适用面非常广。既适用于科研院校的教师、学生及研究人员，又适用于在半导体业界从事生产和管理的专业人员。

Hwaiyu Geng: **Semiconductor Manufacturing Handbook**

ISBN: 0-07-144559-5

Copyright © 2005 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

Original language published by The McGraw-Hill Companies, Inc. All Rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed in any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

Simplified Chinese translation edition jointly published by McGraw-Hill Education(Asia)Co. and Publishing House of Electronics Industry. Copyright © 2006.

本书中文简体字翻译版由电子工业出版社和美国麦格劳-希尔教育(亚洲)出版公司合作出版。未经出版者预先书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书封面贴有 McGraw-Hill 公司激光防伪标签，无标签者不得销售。

版权贸易合同登记号：图字：01-2005-5937

### 图书在版编目(CIP)数据

半导体集成电路制造手册 / (美) 耿怀玉等著；赵树武等译. - 北京：电子工业出版社，2006.12

书名原文：Semiconductor Manufacturing Handbook

ISBN 7-121-03281-3

I. 半... II. ①耿... ②赵... III. 半导体集成电路-集成电路工艺-教材 IV. TN430.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第120769号

责任编辑：史平 李秦华

印刷：北京市天竺颖华印刷厂

装订：三河市金马印装有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编：100036

开本：787 × 1092 1/16 印张：46.75 字数：1200千字

印次：2006年12月第1次印刷

定价：168.00元

凡所购买电子工业出版社的图书有缺损问题，请向购买书店调换；若书店售缺，请与本社发行部联系。联系电话：(010) 68279077。邮购电话：(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zllts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：(010) 88258888。

## 译 者 序

由原摩托罗拉(中国)电子有限公司天津半导体集成制造中心的几十位资深工程师组成自愿翻译小组,继《芯片制造》(*Microchip Fabrication*)之后,完成了又一本英译汉书籍。《芯片制造》一书的成功给了出版社信心,同时,更给了翻译小组信心。小组成员都很高兴看到能用他们的知识和经验换来读者的认可。这一点对小组成员的鼓舞很大,也符合翻译小组把综合介绍半导体工业工艺与制造技术的优秀书籍介绍给国内读者的初衷。目前,翻译小组成员非常分散地在不同公司和单位工作,这无疑给翻译的协调工作带来很大不便。但是,本书的优秀性再一次激起了小组成员的自发踊跃参与。几个月来,他们几乎把所有宝贵的业余时间都贡献给了本书的翻译和校对,争取用最短的时间将这本与国际半导体技术同步的书籍介绍给国内的读者。译者认为本书的特点在于:

1. 内容综合性很强,涵盖半导体生产过程的方方面面。
2. 所涉及的技术、工艺和设备等内容均为当今半导体工业的先进水平。对国内半导体行业的指导意义很强。
3. 内容组织结构合理:采用背景知识结合生产运营的介绍方式。更为重要的是书中链接了很多非常有帮助的参考文献信息,对读者来说是很难得的大信息库。这方面的价值有时可能超过其内容本身。
4. 书中侧重于对半导体生产运营知识的介绍,对实际问题的解决具有很强的指导作用。
5. 本书作者大多来自国际知名的半导体企业,他们对书中各方面知识的介绍很具有权威性。

全书共分六大部分 43 章,赵树武为翻译小组组长。在全书的编译过程中他和许学颖共同承担组织协调工作,并负责翻译了第 26 章、第 27 章和第 36 章。书中第 1 章和第 20 章由刘海龙翻译,第 2 章和第 31 章由李庆森翻译,第 3 章由于雷翻译,第 4 章和第 17 章由檀广节翻译,第 5 章由李金生翻译,第 6 章和第 15 章由黄小锋翻译,第 7 章由于世恩翻译,第 8 章由臧园翻译,第 9 章由杨沫涛翻译,第 10 章和第 39 章由邵立群翻译,第 11 章由龚平翻译,第 12 章由王劲松翻译,第 13 章由赵彬翻译,第 14 章由于力翻译,第 15 章由朱践知翻译,第 16 章由彭江晖翻译,第 17 章由闰智勇翻译,第 18 章和第 30 章由赵水林翻译,第 19 章由翁蓓翻译,第 21 章由高伟和陆永胜翻译,第 22 章和第 23 章由李振林翻译,第 24 章由李宝刚翻译,第 25 章和第 29 章由鞠光翻译,第 28 章由鞠光、朱践知和檀广节共同翻译,第 32 章由赵仁志翻译,第 33 章由徐宏翻译,第 34 章由朱践知翻译,第 35 章由赵林翻译,第 37 章由高强翻译,第 38 章由宋湘涛翻译,第 40 章由龚志伟翻译,第 41 章由刘睿翻译,第 42 章由陈松翻译,第 43 章由龙沛湘翻译。书中术语的汉语习惯叫法尽量与《芯片制造》一书中的译法靠拢,并适当予以增加。译本改正了原书中的一些印刷错误,对部分需要商榷的地方和译者在原著基础上的进一步解释内容,以“译者注”标明。全书由许学颖负责进行校订。由于译者受水平和时间的限制,译本难免存在不妥之处,恳请广大读者批评指正。

如果读者希望了解更多半导体行业的相关技术和知识,并乐于与译者进行更深入的探讨,欢迎通过以下联系方式与译者联系,共同切磋交流:赵树武,scott\_zhao@263.net 或 scott.zhao@intel.com;吴红东,hongdong\_wu@yahoo.com;马法军,mfjamao@yahoo.com;于力,yuli@chinaren.com;龚平,gongpingg@yahoo.com;黄小锋,r33296@yahoo.com;于雷,jambo\_yu@yahoo.com.cn;于世恩,shawnjinyu@yahoo.com;刘海龙,hlliu@hotmail.com;陈松,chensl1@yahoo.com;李宝刚,r53773@yahoo.com;赵彬,alex\_zhao2003@sina.com;李振林,werther\_lizl@hotmail.com;樊新军,xinjunfan@yahoo.com.cn;于成飞,irsiyu1976@yahoo.com.cn;徐宏,eltonhongxu@yahoo.com;尹娟毅,r28777@yahoo.com;朱践知,jianzhizhu@hotmail.com;曾庆成,zengqc1@yahoo.com;穆泓毅,henrymu@126.com;许学颖,sapphirexu@yahoo.com 或 sapphire.xu@freescale.com。

# 前 言

无论是工程师、专业技术人员、管理者、教授或学生,都在跨部门的制造环境下面临越来越多的挑战。对一个项目,我们必须考虑:什么是已知的?什么是未知的?哪些方案可行以及怎样证明其可行性?怎样将技术知识应用于制定方案计划、支援一个团队或者成功领导和完成项目?

我们面临的挑战可能包括:制定晶圆制造工艺、提升生产良品率、实施自动生产工艺、制定质量和安全管理计划以及扩大辅助设施能力。如果想要更有效地计划、设计和执行项目,就要求对微芯片基础、晶圆加工工艺、生产、气体和化学品、运营、良品率管理和厂务设施等都有很好的理解。

本书的目的是为在半导体生产厂工作的读者提供一些基本的知识,以便解决问题、制定晶圆制造工艺、改进现有微芯片制造厂的生产线。这本手册包含了半导体行业中传统的和新兴的晶圆制造工艺、后段制造、良品率管理和辅助设施。此外,还涵盖纳米技术基础、微机电系统(MEMS)以及与晶圆工艺和设施相类似的平板显示器。

本书分为六个主要部分,共43章。总体来讲,每章包含三部分:原理、运营考虑因素和参考文献。原理包括技术原理及其应用。运营考虑因素包括运行、安全、环境问题、维护和经济方面的考虑。另外,还有对计划、实施和控制生产工艺的实用指导。参考文献和扩展阅读部分包含系列相关书籍、技术论文和便于进一步阅读的网站。为了统一术语,本手册遵从 SEMATECH 的《半导体术语词典》(*Dictionary of Semiconductor Terms*)。

本手册的第一部分介绍半导体基础的背景知识。包括微芯片是怎样制造的、采用什么原料以及介绍常用的工艺,如等离子体和真空等。第二部分介绍传统的和新兴的晶圆工艺和技术。第三部分介绍后段制造,如检验、研磨和划片,以及封装。第四部分讨论纳米技术、MEMS 和平面显示器原理。第五部分介绍特种气体、化学品和研磨液输送系统。第六部分介绍生产运营管理,包括良品率管理、材料自动运输系统、六西格玛、EHS、晶圆厂和洁净室的设计和建设和、控制微观污染、空气传播分子污染、静电控制和废水处理工艺。

本手册涵盖的内容包括:晶圆工艺、后段制造、良品率管理、晶圆厂和洁净室的设计和建设和、污染控制以及厂务管理等。对工艺工程师、工业工程师、制造工程师、厂务工程师、质量工程师、研发专家、经理、教师和学生等都会有所帮助。书中涉及的微芯片工艺和生产的广度和深度一定会帮助您打开信息之门。本书是针对半导体领域出版的综合性最强的单卷参考书。

HWAIYU GENG, CMFGE, P. E.

# 目 录

## 第一部分 半导体基础介绍及基本原材料

第 1 章 半导体芯片制造综述 .....	2
1.1 概述 .....	2
1.2 半导体芯片 .....	2
1.3 摩尔定律 .....	2
1.4 芯片的设计 .....	3
1.5 芯片生产的环境 .....	3
1.6 芯片的生产 .....	3
参考文献 .....	9
第 2 章 集成电路设计 .....	10
2.1 概述 .....	10
2.2 集成电路的类型 .....	10
2.3 p-n 结 .....	10
2.4 晶体管 .....	11
2.5 集成电路设计 .....	13
2.6 集成电路设计的未来走向及问题 .....	14
参考文献 .....	15
第 3 章 半导体制造的硅衬底 .....	16
3.1 概述 .....	16
3.2 硅衬底材料的关键特性 .....	16
3.3 硅晶圆制造基础 .....	17
3.4 硅衬底材料 .....	18
3.5 硅衬底制造中的关键问题和挑战 .....	25
3.6 结论 .....	27
参考文献 .....	27
第 4 章 铜和低 $\kappa$ 介质及其可靠性 .....	29
4.1 概述 .....	29
4.2 铜互连技术 .....	30
4.3 低 $\kappa$ 介质技术 .....	33
4.4 铜/低 $\kappa$ 介质的可靠性 .....	35
参考文献 .....	38

<b>第 5 章 硅化物形成基础</b> .....	40
5.1 概述 .....	40
5.2 硅上工艺基础 .....	41
5.3 未来趋势和纳米级硅化物的形成 .....	45
5.4 结论 .....	46
参考文献 .....	46
<b>第 6 章 等离子工艺控制</b> .....	48
6.1 概述 .....	48
6.2 等离子体的产生和工艺控制的基本原理 .....	48
6.3 工艺控制和量测 .....	53
6.4 干法刻蚀的特性 .....	59
6.5 未来趋势和结论 .....	60
参考文献 .....	60
<b>第 7 章 真空技术</b> .....	63
7.1 真空技术概述 .....	63
7.2 测量低气压压力的方法 .....	64
7.3 产生真空的方法 .....	66
7.4 真空系统的组成部件 .....	68
7.5 泄漏探测 .....	69
7.6 真空系统设计 .....	69
7.7 未来趋势和结论 .....	72
补充读物 .....	72
信息资源 .....	72
<b>第 8 章 光刻掩膜版</b> .....	73
8.1 概述 .....	73
8.2 光刻掩膜版基础 .....	73
8.3 光刻掩膜版生产设备 .....	75
8.4 运转、经济、安全及维护的考虑 .....	76
8.5 未来趋势与结论 .....	76
参考文献 .....	78

## 第二部分 晶圆处理

<b>第 9 章 光刻</b> .....	80
9.1 光刻工艺 .....	80
9.2 光学光刻成像 .....	85
9.3 光刻胶化学 .....	92
9.4 线宽控制 .....	96



9.5 光刻的局限性 .....	98
补充读物 .....	99
<b>第 10 章 离子注入和快速热退火 .....</b>	<b>100</b>
10.1 概述 .....	100
10.2 离子注入系统的组成部分 .....	101
10.3 后站结构 .....	106
10.4 关键工艺和制造问题 .....	106
10.5 离子注入的资源 .....	110
参考文献 .....	110
<b>第 11 章 湿法刻蚀 .....</b>	<b>112</b>
11.1 概述 .....	112
11.2 含 HF 的化学刻蚀剂 .....	113
11.3 金属刻蚀 .....	115
11.4 湿法刻蚀在混合半导体中的应用 .....	116
11.5 湿法刻蚀的设备 .....	117
11.6 环境、健康和安全问题 .....	118
参考文献 .....	118
<b>第 12 章 等离子刻蚀 .....</b>	<b>119</b>
12.1 概述 .....	119
12.2 硅衬底 IC 器件制造中的等离子刻蚀 .....	122
12.3 硅衬底 MEMS 器件制造中的等离子刻蚀 .....	126
12.4 III-V 族混合半导体中的等离子刻蚀 .....	132
12.5 等离子刻蚀的终点探测 .....	136
12.6 结论 .....	138
致谢 .....	138
参考文献 .....	138
<b>第 13 章 物理气相淀积 .....</b>	<b>142</b>
13.1 物理气相淀积概述 .....	142
13.2 PVD 工艺的基本原理 .....	142
13.3 真空蒸发 .....	143
13.4 蒸发设备 .....	145
13.5 蒸发淀积的层及其性质 .....	147
13.6 溅射 .....	147
13.7 溅射设备 .....	150
13.8 溅射淀积的层 .....	156
13.9 原子层淀积:薄膜淀积技术的新远景 .....	157
13.10 结论与展望 .....	158
参考文献 .....	159

<b>第 14 章 化学气相淀积</b> .....	160
14.1 概述 .....	160
14.2 原理 .....	161
14.3 CVD 系统的组成 .....	168
14.4 预淀积与清洗 .....	170
14.5 排除故障 .....	171
14.6 未来趋势 .....	172
参考文献 .....	173
<b>第 15 章 外延生长</b> .....	174
15.1 概述 .....	174
15.2 用于先进 CMOS 技术的硅外延 .....	178
15.3 制造 .....	184
15.4 安全和环境健康 .....	186
15.5 外延的未来发展趋势 .....	186
15.6 结论 .....	187
参考文献 .....	187
补充读物 .....	187
<b>第 16 章 ECD 基础</b> .....	188
16.1 概述 .....	188
16.2 基本的 ECD 技术(电镀工作原理) .....	189
16.3 铜大马士革 ECD 工艺的优点 .....	191
16.4 铜 ECD 的生产线集成 .....	192
16.5 铜 ECD 工艺的其他考虑因素 .....	193
16.6 未来趋势 .....	194
16.7 结论 .....	195
参考文献 .....	195
<b>第 17 章 化学机械研磨</b> .....	198
17.1 CMP 概述 .....	198
17.2 常见的 CMP 工艺应用 .....	199
17.3 CMP 的工艺控制 .....	201
17.4 后 CMP 晶圆清洗 .....	204
17.5 常见的 CMP 平台与设备 .....	205
17.6 CMP 工艺废弃物管理 .....	207
17.7 未来发展趋势与结论 .....	208
参考文献 .....	209
信息资源 .....	209

<b>第 18 章 湿法清洗</b> .....	210
18.1 湿法清洗概述与回顾 .....	210
18.2 典型半导体制造:湿法清洗工艺 .....	215
18.3 湿法清洗设备技术 .....	218
18.4 未来趋势与结论 .....	219
参考文献 .....	220

### 第三部分 后段制造

<b>第 19 章 目检、测量和测试</b> .....	224
19.1 测试设备概述 .....	224
19.2 测试设备基础和制造自动化系统 .....	228
19.3 如何准备、计划、规范、选择供应商和购买测试设备 .....	249
19.4 操作、安全、校准、维护中的考虑因素 .....	255
19.5 未来趋势和结论 .....	258
致谢作者 .....	263
补充读物 .....	263
信息资源 .....	264
<b>第 20 章 背面研磨、应力消除和划片</b> .....	265
20.1 概述 .....	265
20.2 背面研磨技术 .....	265
20.3 晶圆背面研磨机 .....	266
20.4 划片 .....	270
20.5 划片机 .....	274
20.6 生产设备要求 .....	276
20.7 晶圆减薄 .....	277
20.8 全合一系统 .....	281
20.9 未来技术趋势 .....	282
补充读物 .....	283
<b>第 21 章 封装</b> .....	284
21.1 概述 .....	284
21.2 封装的演变 .....	291
21.3 凸晶及焊盘重布技术 .....	297
21.4 实例研究 .....	322
21.5 光电子和 MEMS 封装 .....	328
参考文献 .....	329
补充读物 .....	330

## 第四部分 纳米技术、MEMS 和 FPD

<b>第 22 章 纳米技术和纳米制造</b> .....	332
22.1 什么是纳米技术 .....	332
22.2 纳米技术和生化技术 .....	333
22.3 纳米制造:途径和挑战 .....	333
22.4 纳米制造——不仅仅是工程和工艺 .....	339
致谢 .....	340
参考文献 .....	340
<b>第 23 章 微机电系统基础</b> .....	341
23.1 概述 .....	341
23.2 MEMS 的技术基础 .....	343
23.3 微机电系统制造原理 .....	347
23.4 微机电系统的应用 .....	361
23.5 未来的趋势 .....	362
23.6 结论 .....	362
参考文献 .....	363
其他信息 .....	364
<b>第 24 章 平板显示技术和生产</b> .....	365
24.1 概述 .....	365
24.2 定义 .....	365
24.3 平板显示的基础和原理 .....	366
24.4 平板显示的生产工艺 .....	372
24.5 未来趋势与结论 .....	374
补充读物 .....	376

## 第五部分 气体和化学品

<b>第 25 章 特种气体和 CDA 系统</b> .....	378
25.1 概述 .....	378
25.2 半导体生产工艺的要求 .....	379
25.3 法规的要求和其他通常要在设计中考虑的问题 .....	380
25.4 特殊气体的分配和输送 .....	382
25.5 执行 .....	390
25.6 特殊气体系统的未来趋势 .....	395
25.7 洁净干燥空气 .....	398
25.8 结论 .....	401
致谢 .....	401
参考文献 .....	401

补充读物 .....	402
<b>第 26 章 废气处理系统 .....</b>	<b>403</b>
26.1 概述 .....	403
26.2 基本原理 .....	405
26.3 主要组成部分 .....	411
26.4 重要考虑因素 .....	415
26.5 未来趋势 .....	417
参考文献 .....	417
<b>第 27 章 PFC 的去除 .....</b>	<b>418</b>
27.1 高氟碳化合物 .....	418
27.2 减少 PFC 排放的策略 .....	421
27.3 PFC 去除理论 .....	423
27.4 催化法去除 .....	425
参考文献 .....	429
<b>第 28 章 化学品和研磨液操作系统 .....</b>	<b>430</b>
28.1 概述 .....	430
28.2 化学品和研磨液操作系统中的要素和重要条件 .....	431
28.3 设备 .....	432
28.4 高纯化学品的混合 .....	435
28.5 系统的纯度 .....	440
28.6 CMP 研磨液系统 .....	444
28.7 结论 .....	448
参考文献 .....	448
<b>第 29 章 操控高纯液体化学品和研磨液的部件 .....</b>	<b>449</b>
29.1 概述 .....	449
29.2 流体操控部件的材料 .....	450
29.3 金属杂质、总可氧化碳量和颗粒污染物 .....	452
29.4 工业检测标准和协议 .....	452
29.5 操控流体的部件 .....	453
29.6 流体测量设备 .....	458
29.7 工艺控制的应用 .....	463
29.8 结论 .....	465
补充读物 .....	465
<b>第 30 章 超纯水的基本原理 .....</b>	<b>466</b>
30.1 概述 .....	466
30.2 UPW 系统的单元操作 .....	466
30.3 初始给水 .....	467

30.4 预处理 .....	470
30.5 初级处理 .....	472
30.6 最终处理、抛光和配送 .....	476
30.7 未来趋势 .....	478
参考文献 .....	479

## 第六部分 气体和化学品

<b>第 31 章 良品率管理</b> .....	482
31.1 概述 .....	482
31.2 良品率管理定义及其重要性 .....	483
31.3 良品率管理基本要素及良品率管理系统的执行 .....	485
31.4 优化良品率管理系统所要考虑的问题 .....	493
31.5 未来趋势与结论 .....	495
补充读物 .....	496
<b>第 32 章 自动物料搬运系统</b> .....	498
32.1 概述 .....	498
32.2 AMHS 的主要组成部分 .....	499
32.3 AMHS 的设计 .....	502
32.4 运营中的考量 .....	505
32.5 未来趋势 .....	506
<b>第 33 章 关键尺寸测量方法和扫描电镜</b> .....	508
33.1 概述 .....	508
33.2 关键尺寸测量基本概念 .....	509
33.3 扫描电镜的基本概念 .....	510
33.4 扫描电镜规格和选择流程 .....	513
33.5 未来趋势与结论 .....	516
参考文献 .....	517
<b>第 34 章 六西格玛</b> .....	518
34.1 什么是六西格玛 .....	518
34.2 六西格玛的基本强项 .....	519
34.3 主要的 DMAIC 阶段 .....	521
34.4 六西格玛设计(DFSS) .....	524
34.5 应用实例 .....	526
34.6 未来趋势与结论 .....	531
补充读物 .....	531
<b>第 35 章 高级制程控制</b> .....	532
35.1 技术概况 .....	532
35.2 高级制程控制的基本知识 .....	532

35.3	应用	539
35.4	应用所需要考虑的事项	545
35.5	未来趋势与结论	547
	参考文献	547
<b>第 36 章</b>	<b>半导体生产厂区环境、健康和安全管理方面需要考虑的事项</b>	<b>549</b>
36.1	概述	549
36.2	半导体制造过程中的 EHS 危害	549
36.3	适用于半导体制造者的 EHS 法规	552
36.4	遵守法规之外的期望	561
36.5	半导体工业 EHS 的未来走向	563
	参考文献	564
	信息资源	564
<b>第 37 章</b>	<b>芯片制造厂的计划、设计和施工</b>	<b>565</b>
37.1	概述	565
37.2	计划	565
37.3	设计	573
37.4	施工	580
37.5	结论	586
	致谢	586
<b>第 38 章</b>	<b>洁净室的设计和建造</b>	<b>587</b>
38.1	概述	587
38.2	洁净室标准、分类和认证	587
38.3	典型洁净室	590
38.4	气流分布与模式	592
38.5	换气	593
38.6	洁净室的组成	594
38.7	空调系统的要求	595
38.8	工艺污染控制	598
38.9	振动和噪声控制	599
38.10	磁性和电磁通量	599
38.11	空气和表面静电电荷	599
38.12	生命安全	600
38.13	流体动力学计算机模拟	600
38.14	洁净室经济性	601
38.15	实践中的问题及解决方案(举例)	603
	补充读物	616
	信息资源	617
<b>第 39 章</b>	<b>微振动和噪声设计</b>	<b>618</b>
39.1	概述	618

39.2	测量方法和标准 .....	619
39.3	振动和噪声源 .....	625
39.4	地基和结构设计 .....	626
39.5	机械/电动/工艺设计中的振动和噪声控制 .....	630
39.6	声学设计 .....	638
39.7	机器厂务连接 .....	640
39.8	厂务振动检测的目的与时机 .....	641
39.9	振动和噪声环境的老化 .....	642
39.10	未来方向和特例 .....	642
	致谢 .....	643
	参考文献 .....	643
<b>第 40 章</b>	<b>洁净室环境中静电放电的控制 .....</b>	<b>646</b>
40.1	半导体洁净室中的静电电荷 .....	646
40.2	静电在洁净室中的危害 .....	646
40.3	静电电荷的产生 .....	650
40.4	绝缘体和导体 .....	651
40.5	洁净室内的静电管理 .....	652
40.6	空气离子化对静电电荷的控制 .....	654
40.7	静电测量 .....	657
40.8	空气离子发生器的应用 .....	659
40.9	结论 .....	661
	参考文献 .....	661
<b>第 41 章</b>	<b>气体分子污染 .....</b>	<b>663</b>
41.1	化学污染的介绍及气体分子污染的定义 .....	663
41.2	气体分子污染的分级 .....	664
41.3	AMC 控制的考虑 .....	665
41.4	AMC 控制的执行 .....	666
41.5	气相化学过滤器 .....	667
41.6	干式涤气过滤器介质 .....	668
41.7	化学过滤系统的设计 .....	671
41.8	AMC 监控 .....	673
41.9	AMC 控制的应用区域 .....	675
41.10	AMC 控制的规范和标准 .....	676
41.11	选择一种 AMC 控制系统 .....	678
41.12	最后的考虑 .....	679
41.13	结论 .....	681
	参考文献 .....	681
	信息来源 .....	682



<b>第 42 章 半导体制造业中微粒的监测</b> .....	683
42.1 概述 .....	683
42.2 微粒检测仪的操作原理 .....	686
42.3 详细说明一个微粒检测仪 .....	688
42.4 关于在气体应用中的特殊考虑 .....	689
42.5 关于在液体应用中的特殊考虑 .....	692
42.6 污染控制的层次 .....	696
42.7 空气传播中分子污染 .....	700
42.8 结论 .....	701
参考文献 .....	702
<b>第 43 章 废水中和系统</b> .....	703
43.1 概述 .....	703
43.2 水和 pH 值 .....	703
43.3 应用评价 .....	707
43.4 标准 pH 值调节系统的结构 .....	709
43.5 系统优化 .....	715
43.6 控制系统 .....	723
43.7 用于 pH 值调节的化学药品 .....	725
43.8 pH 值调节在化学机械刨光(磨光)、降低金属和降低氟化物含量中的应用 .....	729
补充读物 .....	730
<b>附录</b> .....	731