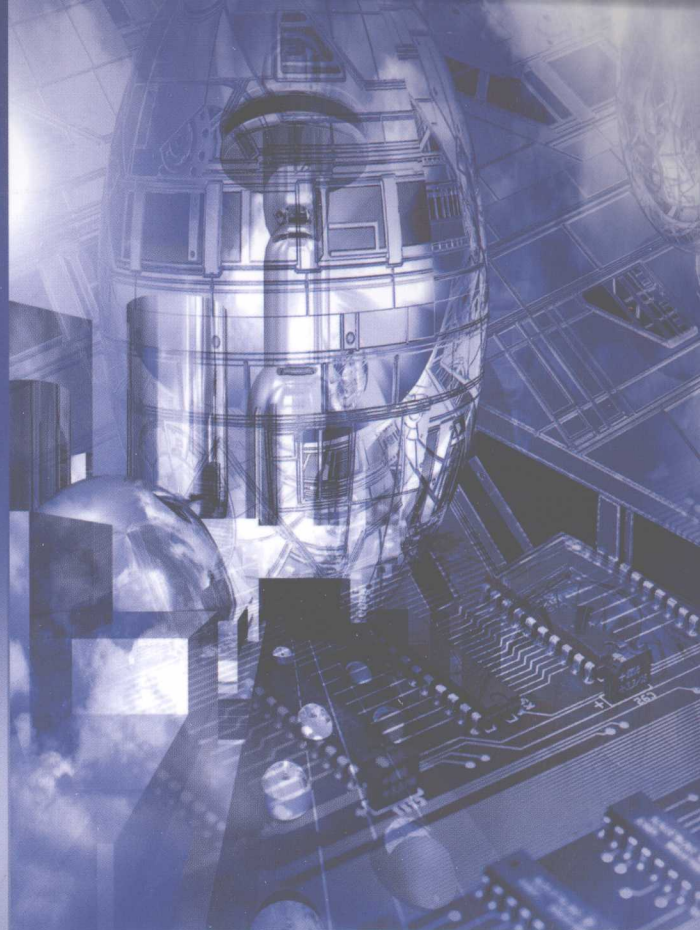




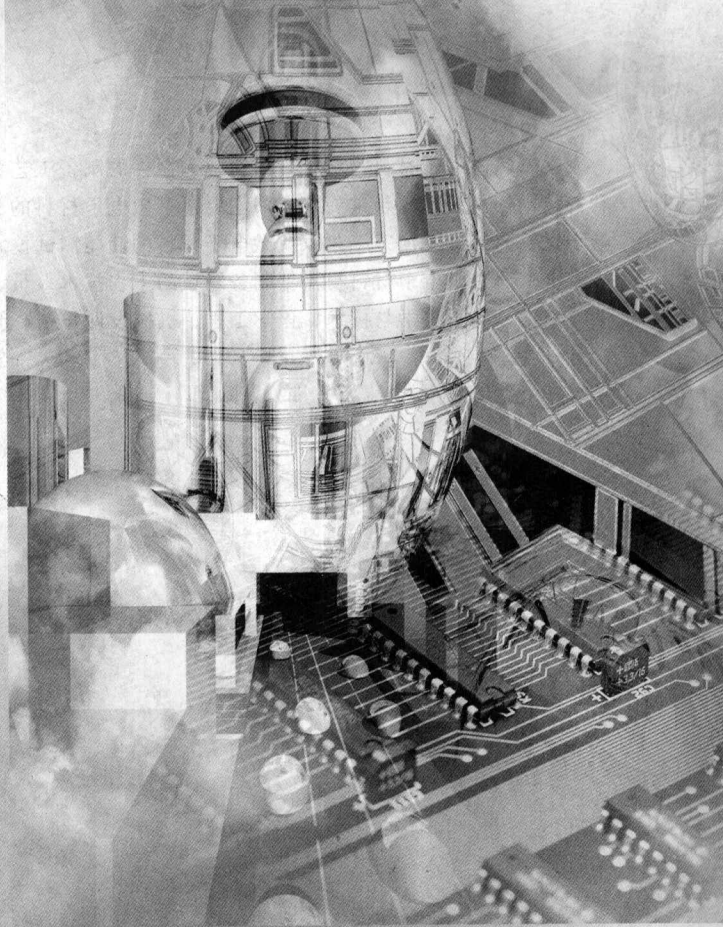
WEIDIANZI
CAILIAO
YU QIJIAN ZHIBEI JISHU

微电子材料 与器件制备技术

王秀峰 伍媛婷 编



化学工业出版社



WEIDIANZI
CAILIAO
YU QIJIAN ZHIBEI JISHU

微电子材料 与器件制备技术

王秀峰 伍媛婷 编



化学工业出版社

·北京·

本书以微电子材料为对象,以材料和器件的制备工艺为主线,系统、全面地介绍了微电子材料与器件制备技术的前沿问题与进展。全书主要包括微电子材料的分类及性能、微电子器件中材料的选择、不同微电子材料与器件的加工工艺以及微电子材料的性能测试技术等。

本书适合微电子材料与器件制备领域的工程技术人员、研发人员阅读使用,也可作为高等院校材料科学与工程、电子科学与技术、化学工程、机械设计与制造等专业师生的教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

微电子材料与器件制备技术/王秀峰,伍媛婷编. —北京:化学工业出版社,2008.4
ISBN 978-7-122-02445-9

I. 微… II. ①王…②伍… III. 微电子技术 IV. TN4

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第037542号

责任编辑:路金辉 傅聪智
责任校对:吴静

文字编辑:颜克俭
装帧设计:京点图文设计

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张15¼ 字数360千字 2008年5月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:39.00元

版权所有 违者必究

前言

微电子产业是 20 世纪发展最快的产业之一，是一个知识、人才、技术密集领域，其应用涉及日常生活、医疗、国防、工业等方方面面。微电子技术一直保持着高速度的发展，随着集成电路（IC）工艺技术的不断发展，微电子元件形成了小型化、高可靠性、高效率、低成本的特点。

微电子技术与其他学科相结合会诞生出一系列崭新的学科和重大的经济增长点，目前，将微电子技术与其他学科进行结合已成为研究人员所热衷的新兴研究领域，并已取得了一定的研究成果。如微电子技术与机械、光学等领域结合就诞生了 MEMS 微机电系统技术；微电子技术与生物工程技术结合则产生了生物工程芯片，其代表为 DNA 生物芯片。

影响微电子工业发展的因素很多，材料科学与工程的发展扮演了极其重要的角色。IC 领域中各种处理材料的工艺步骤以及其质量、成本等无一不与材料息息相关。材料的发展促进了微电子工业的发展，例如锗硅材料的发展使得集成电路从只包括十几个单元电路飞速发展到含有成千上万个组件的超大规模集成电路，极大地促进了电子产品的微小型化，同时降低了电子产品的成本。

目前与微电子技术相关的书籍、资料并不少，但有关微电子材料与制程方面的书较少。本书以微电子材料为对象，以材料和器件的制备工艺为主线，系统、全面地介绍了微电子材料与器件制备技术前沿问题与进展。全书分为 12 章，主要包括微电子材料的分类及性能、微电子器件中材料的选择、不同微电子材料与器件的加工工艺以及微电子材料的性能测试技术等，主要内容如下。

第 1 章简单介绍了微电子材料、工艺、器件的发展和应用以及微电子技术的发展趋势。

第 2 章介绍了 IC 中主要基础材料单晶，特别是硅单晶的物理性能与制备工艺。

第 3 章着重介绍了衬底材料、薄膜材料种类以及薄膜材料的制备技术。

第 4 章主要介绍了光刻掩模版、光刻方式和设备、光刻胶以及纳米光刻压印技术。

第 5 章重点介绍了刻蚀方法、刻蚀工艺表征、常用材料的刻蚀工艺以及化学机械抛光工艺和清洗技术。

第 6 章介绍了微加工工艺中的表面预处理与表面清洗技术，包括杂质形式、清洗方法。

第 7 章集中介绍了表面层改性中的热氧化、扩散以及离子注入技术工艺原理、设备和应用。

第 8 章介绍了晶片键合原理、方法、表征测试以及应用。

第 9 章主要介绍了工艺集成技术中晶圆片的选择和处理、器件设计规则、热工艺、金属化以及可靠性测定。

第 10 章介绍了 CMOS 晶体管中多晶硅栅 CMOS 工艺、MOS 晶体管的按比例缩小、双极工艺技术以及多层金属布线等。

第 11 章集中介绍了 MEMS 工艺技术中双面加工工艺、隔膜结构、硅穿孔结构、图形化以及 IC-MEMS 集成工艺等。

第12章介绍了微电子材料与器件表面形貌、器件尺寸、电学性能以及物理和化学分析的测量分析方法。

本书适合有关专业的工程技术人员、研发人员阅读使用，也可作为材料科学与工程、电子科学与技术、化学工程、机械设计与制造等专业本科生、硕士生、博士生的教材使用，或作为相关专业研究生、本科生的教学参考书。

编者

2008年2月

缩略语表

英文缩写	英文全称	中文名称
AAS	atomic absorption spectroscopy	原子吸收光谱
AES	Auger electron spectroscopy	俄歇电子能谱
AFM	atomic force microscope	原子力显微镜
APC	advanced process control	先进工艺控制
APCVD/NPCVD	atmospheric-pressure CVD/normal pressure CVD	常压化学气相沉积
APS	absolute pressure sensor	绝对压力传感器
BMD	bulk microdefect	体微缺陷
BOE	buffered oxide etchant	缓冲氢氟酸
CCD	charge coupled device	电荷耦合器件
CD	critical dimension	特征线宽
CMOS	complementary metal-oxide-semiconductor	互补金属氧化物半导体
CMP	chemical mechanical polish	化学机械抛光
COP	crystal originated particles	晶体原生颗粒
μ CP	micro contact printing	微接触法压印
CTE	coefficient of thermal expansion	热膨胀系数
CVAL	curvilinear variable axis lens	曲线可变轴透镜
CVD	chemical vapor deposition	化学气相沉积
CZ-Si	Czochralski Si	直拉硅
DLA	diffusion-limited aggregation	扩散限制集聚理论
DOF	depth of focus	焦深
DRC	design rule checking	设计规则检查
DRIE	depth reative ion etching	深层反应离子刻蚀
DSP	double-side polished	双面抛光
DZ	denuded zone	净化区
EBL	electron beam lithography	电子束光刻
ECD	electrochemical deposition	电化学沉积
ECMP	electrochemical mechanical polish	电化学机械抛光
ECRCVD	electron cyclotron rezones CVD	电子回旋再分区化学气相沉积
EGS	electronic grade silicon	电子级硅
ELO	expitaxy lift-off	外延牺牲层法
EM	electromigration	电迁移
EMPA	electron microprobe analysis	电子微探针分析
EOT	equivalent oxide thickness	等效氧化层厚度
ESCA	electron spectroscopy for chemical analysis	化学分析电子波谱
EUVL	extreme ultraviolet lithography	极紫外线光刻
FET	field effect transistor	场效应晶体管
FPD	focal plane deviation	聚焦平面偏差
FPD	flat panel display	平板显示
FTIR	Fourier-transform infrared spectroscopy	傅里叶红外光谱

英文缩写	英文全称	中文名称
FZ	float zone	区熔法
HBT	heterojunction bipolar transistors	异质结双极晶体管
HCI	high-current implanters	高电流注入机
HDPCVD	high density plasma CVD	高密度等离子化学气相沉积
HEL	hot embossing lithography	热压印
HEM	heat exchanger method	热交换法
HEMT	high electron mobility transistor	高电子迁移率晶体管
HV	high vacuum	高真空
HVPE	halide vaporous phase epitaxy	卤化物汽相外延
IBL	ion beam lithography	离子束光刻
IG	intrinsic gettering	本征吸杂
IL	immersion lithography	沉浸光刻
ILD	interlayer dielectric	层间介质
IPA	isopropyl alcohol	异丙醇
IR	infrared spectroscopy	红外光谱
ITO	indium tin oxide	铟锡氧化物
LD	laser diode	激光二极管
LDD	lightly doped drain	轻掺杂漏
LEC	liquid encapsulation Czochralski	液体掩盖直拉法
LED	light emitting diode	发光二极管
LEED	low-energy electron diffraction	低能电子衍射仪
LOCOS	local oxidation of silicon	硅局部氧化
LPCVD	low-pressure chemical vapor deposition	低压化学气相沉积
LPE	liquid phase epitaxy	液相外延法
LRC	laser recrystallization	激光再结晶
LTPS	low temperature ploy silicon	低温多晶硅
MBE	molecular beam epitaty	分子束外延生长
MCI	meduim-current implanter	中等电流注入机
MEMS	micro-electro-mechanical system	微机电系统
MGs	metallurgical grade silicon	冶金级硅
MILC	metal induced lateral crystallization	金属横向诱导法
MLR	multilayer resist	多层胶
MOCVD	metal organic CVD	金属有机化学气象沉积
MOS	metal-oxide-semiconductor	金属氧化物半导体
MSQ	methyl silsesquioxane	甲基硅三氧化二烷
MTBF	mean time between failures	平均无故障工作时间
MTF	mean time to failure	平均失效时间
NA	numerical aperature	数值孔径
NAA	neutron activation analysis	中子激活分析
NBL	N ⁺ buried layer	N ⁺ 埋层
NGL	next generation lithography	下一代光刻技术
NIL	nanoimprint lithography	纳米压印光刻
NO	nitrided oxide	氮化的氧化硅

英文缩写	英文全称	中文名称
NTD	neutron transmutation doping	中子嬗变掺杂
OISF	oxidation induced stacking fault	堆垛层错
OLED	organic light emission diode	有机发光二极管
ONO	oxidized nitrided oxide	氧化的氮氧化硅
OPC	optical proximity correction	光学邻近效应修正
PAECE	photo assisted electro-chemical etching	光辅助电化学刻蚀
μ PCD	microwave photoconductive decay	微波光导衰减法
PCM	portable conformable mask	复合掩模版
PDMS	polydimethylsiloxane	聚二甲基硅氧烷
PECVD	plasma-enhanced chemical vapor deposition	等离子体增强化学气相沉积法
PMMA	polymethyl methacrylate	聚甲基丙烯酸甲酯
POA	postoxidation anneal	氧化退火
Poly-Si	polysilicon	多晶硅
PSG	phosphorous doped silica glass	磷掺杂硅玻璃
PSM	phase-shifting mask	相移掩模版
PVD	physical vapor deposition	物理气相沉积
RBS	Rutherford backscattering spectrometry	卢瑟福背散射能谱法
RF	radio frequency	射频
RHEED	reflection high-energy electron diffraction	高能电子衍射反射仪
RIE	reactive ion etching	反应离子腐蚀
RLA	reactive limit assembling	反应限制集聚理论
RONO	reoxidized nitrided oxide	再氧化的氮氧化硅
RTA	rapid thermal annealing	快速热退火
RTO	rapid thermo-oxidization	快速热处理
RTP	rapid thermal processing	快速热处理
RTP	rapid thermal processor	快速热处理器
SAW	surface acoustic wave	声表面波
SBC	standard buried collector	标准埋层集电极
SCALPEL	scattering with angular limitation projection	限角度散射投影式电子束光刻
SCS	single-crystalline silicon	单晶硅
SDB	silicon direct bonding technique	硅片直接键合技术
SEM	scanning electron microscopy	扫描电子显微镜
α -Si : H	amorphous silicon	非晶硅
SIMOX	separation by implantation of oxygen	注氧隔离法
SIMS	secondary ion mass spectrometry	二次离子质谱
SOC	system on chip	片上系统
SOD	spin-on-dielectric	介质旋涂法
SOG	spin-on-glass	旋涂玻璃法
SOI	silicon-on-insulator	绝缘体上的硅
SPC	solid phase crystallization	固相晶化
SPE	solid phase epitaxy	固相外延
SPV	surface photovoltage	表面光伏法

英文缩写	英文全称	中文名称
SRP	spreading resistance	扩展电阻测量方法
SSP	single-side polished	单面抛光
STI	surface trench insulator	浅沟槽隔离
STM	scanning tunneling microscope	扫描隧道显微镜
TDS	thermal desorption spectroscopy	热解吸附谱线法
TEM	transmission electron microscopy	透射电子显微镜
TFT	thin-film transistor	薄膜晶体管
TIR	total indicator reading	总和指示值
TSI	top-surface imaging	上表面成像
TTBD	time-to-breakdown	与时间有关的击穿
TTV	total thickness variation	总厚度误差
TXRFS	total reflection X-ray fluorescence spectrum	全反射 X 射线荧光光谱
UBM	under bump metal	焊区基层金属
UHV	ultra high vacuum	超高真空
UHV/CVD	ultra high vacuum chemical vapor deposition	超高真空化学气相沉积
ULSI	ultra large scale integration	极大规模集成电路
UV-NIL	ultraviolet nanoimprint lithography	紫外固化压印
VPE	vapor phase epitaxy	气相外延
WIWNU	with in wafer non-uniformity	硅片内不均匀性
XPS	X-ray photoelectron spectroscopy	X 射线光电子能谱
XRD	X-ray diffraction	X 射线衍射
XRL	X-ray lithography	X 射线光刻
XRT	X-ray tomography	X 射线断层摄影术
ZMR	zone melting recrystallization	区熔再结晶

目 录

1	概述	1
1.1	微电子技术	1
1.2	微电子材料及其应用	2
1.3	工艺	3
1.4	器件	4
1.5	未来趋势	4
2	单晶	6
2.1	概述	6
2.2	硅	6
2.3	硅的晶体结构与性能	7
2.4	硅晶体中的缺陷和非理想状态	8
2.5	硅的晶体生长及设备	9
2.5.1	硅的纯化	9
2.5.2	直拉法生长单晶硅	10
2.5.3	区熔法生长单晶硅	11
2.5.4	外延法	13
2.5.5	生长设备	13
2.6	其他单晶	15
2.7	晶圆制备	16
3	薄膜	18
3.1	概述	18
3.2	衬底	18
3.3	多晶硅	19
3.4	非晶硅	21
3.5	硅化物	22
3.6	二氧化硅	24
3.7	金属薄膜	25
3.8	薄膜新材料	25
3.8.1	金刚石	25
3.8.2	其他	26
3.9	薄膜制备方法	27
3.9.1	物理气相沉积	27

3.9.2	蒸发和分子束外延生长	28
3.9.3	溅射	29
3.9.4	化学气相沉积	31
3.9.5	其他沉积方法	35
3.10	外延	38
3.10.1	外延的概念	38
3.10.2	外延技术的发展	38
3.10.3	异质外延	39
3.10.4	硅的 CVD 同质外延	40
3.10.5	外延的模拟	40
4	光刻、铸造和压印	42
4.1	概述	42
4.2	光刻掩模版	44
4.2.1	传统掩模版	45
4.2.2	相移掩模版	45
4.2.3	X 射线光刻掩模版	46
4.2.4	电子束光刻镂空式模板与散射式掩模版	47
4.2.5	离子束光刻掩模版与模板	48
4.2.6	掩模版的制造、缺陷和修复	48
4.2.7	复合掩模版	50
4.3	主要光刻技术及设备	50
4.3.1	沉浸光刻	50
4.3.2	无掩模光刻技术	51
4.3.3	紫外线光刻/极紫外光刻	51
4.3.4	电子束光刻	53
4.3.5	离子束光刻	58
4.3.6	X 射线光刻	58
4.3.7	设备	60
4.4	基本图形形状	62
4.5	光刻胶	63
4.5.1	光刻胶的反应机理及应用	65
4.5.2	应用性能指标	67
4.5.3	光刻胶薄膜光学	68
4.5.4	光刻胶去胶或灰化	69
4.6	表面活性剂	69
4.7	光学光刻延伸技术	71
4.7.1	上表面成像及多层胶技术	71
4.7.2	光刻图形的胶修整及化学收缩	71
4.8	光学光刻模拟	72
4.9	压印	72

4.9.1 纳米压印光刻	72
5 刻蚀与化学机械抛光	80
5.1 概述	80
5.2 刻蚀方法与设备	81
5.2.1 湿法刻蚀	81
5.2.2 电化学刻蚀	82
5.2.3 各向异性湿法刻蚀	83
5.2.4 干法刻蚀技术(等离子体刻蚀技术)	83
5.2.5 激光刻蚀	88
5.2.6 纳米级无损刻蚀工艺	88
5.2.7 离子束刻蚀	88
5.3 刻蚀工艺表征	89
5.4 常用材料的刻蚀工艺	90
5.4.1 硅	90
5.4.2 二氧化硅	91
5.4.3 氮化硅和氮氧化硅	93
5.4.4 铝	93
5.4.5 铜	94
5.4.6 难熔金属和硅化物	94
5.5 化学机械抛光工艺和设备	94
5.5.1 传统的化学机械抛光	96
5.5.2 双面化学机械抛光	97
5.5.3 电化学机械抛光	98
5.5.4 超无应力抛光技术	99
5.5.5 不同材料的 CMP 技术	100
5.5.6 CMP 成本控制	104
5.5.7 发展趋势	104
5.6 CMP 的化学	104
5.7 晶圆抛光	105
5.8 CMP 控制测量	106
5.9 CMP 工艺的后清洗技术	108
6 清洗与表面预处理	110
6.1 概述	110
6.2 杂质的形式与分类	111
6.2.1 颗粒污染	111
6.2.2 有机杂质	112
6.2.3 金属杂质	113
6.3 湿法清洗	116
6.3.1 分类	116

57	6.3.2	清洗液	118
68	6.3.3	湿法清洗去除颗粒杂质	121
	6.3.4	晶圆片的颗粒测量	122
68	6.4	干法清洗	122
18	6.4.1	等离子体清洗技术	123
18	6.4.2	气相清洗	124
58	6.4.3	激光清洗法	125
88	6.5	冲洗和烘干	125
88	6.5.1	冲洗	125
88	6.5.2	烘干	127
88	7	表面层改性	128
68	7.1	热氧化	128
90	7.1.1	氧化过程	128
90	7.1.2	迪尔-格罗夫氧化模型	130
10	7.1.3	氧化物的结构	130
80	7.1.4	氧化物电荷	131
80	7.1.5	氧化过程的模拟	132
10	7.1.6	局部氧化	132
10	7.1.7	氧化时应力和图形的影响	133
10	7.1.8	氧化设备	134
60	7.2	扩散	136
70	7.2.1	扩散机理	137
80	7.2.2	扩散时的掺杂剖面形貌	137
60	7.2.3	扩散模拟	138
001	7.2.4	扩散应用	138
101	7.2.5	扩散设备	138
10	7.3	离子注入	139
101	7.3.1	简介	139
801	7.3.2	离子注入的基本原理	140
801	7.3.3	注入工艺	141
801	7.3.4	缺陷及热退火	142
011	7.3.5	离子注入模拟	143
	7.3.6	离子注入的设备	144
011	7.3.7	注入测量	146
111	8	晶片键合技术	147
81	8.1	概述	147
81	8.2	晶片键合的基本原理及其要求	147
81	8.3	键合方法	149
811	8.3.1	玻璃浆料键合	149

8.3.2	阳极键合	149
8.3.3	直接键合技术	150
8.3.4	等离子体键合	150
8.3.5	金属键合	151
8.3.6	黏着键合	151
8.3.7	外延牺牲层法	151
8.4	键合晶片的表征测试方法	152
8.4.1	键合前晶片表面的表征	152
8.4.2	键合强度测试法	152
8.4.3	键合界面特性的表征	154
8.5	键合的应用	154
8.5.1	用键合技术形成 SOI 材料	154
8.5.2	用键合技术形成 MEMS 结构和三维器件	155
8.5.3	用低温键合技术形成光电子器件	156
8.5.4	用键合方法形成特殊结构和器件	157
9	工艺集成	158
9.1	概述	158
9.2	晶圆片的选择	158
9.2.1	硅片	159
9.2.2	非硅基片	162
9.3	设计规则	163
9.3.1	版图规则	163
9.3.2	RCL 器件设计规则	165
9.3.3	层与层间的布局规则	166
9.3.4	套准规则	167
9.3.5	电性设计规则	169
9.3.6	RCL 芯片	169
9.4	热工艺	170
9.4.1	薄膜修正	170
9.4.2	表面修正	170
9.5	金属化	171
9.5.1	金属类型	171
9.5.2	金属淀积系统	175
9.6	可靠性测定	177
9.6.1	热可靠性	178
9.6.2	氧化硅缺陷和电性品质	178
9.6.3	电迁移	179
9.6.4	应力迁移	179
10	CMOS 晶体管	181
10.1	概述	181

10.2	多晶硅栅 CMOS 工艺	181
10.3	MOS 晶体管的按比例缩小	184
10.3.1	光刻的按比例缩小	184
10.3.2	晶体管的按比例缩小	185
10.3.3	前道模拟	186
10.4	晶圆片的选择	186
10.4.1	栅氧	187
10.4.2	自对准栅	187
10.4.3	替代栅	188
10.4.4	与硅的接触	188
10.5	双极工艺技术	189
10.5.1	SBC 双极型晶体管的加工工艺	190
10.5.2	先进双极结构	192
10.5.3	BiCMOS 工艺技术	194
10.6	多层金属布线	195
10.6.1	双层金属布线	195
10.6.2	多层金属布线	196
10.6.3	大马士革金属布线(镶嵌金属布线)	196
10.6.4	金属布线的按比例缩小	198
10.6.5	铜金属布线	198
10.6.6	低电介质材料	199
11	MEMS 工艺集成	202
11.1	概述	202
11.2	双面加工工艺	202
11.2.1	双面抛光晶圆片	203
11.2.2	双面生长、掺杂和薄膜沉积	204
11.2.3	双面光刻	204
11.2.4	键合对准	205
11.3	隔膜结构	205
11.4	硅穿孔结构	206
11.4.1	硅通孔制备方法	206
11.4.2	硅通孔互连中的关键工艺技术	208
11.5	图形化技术	209
11.5.1	光刻胶技术	209
11.5.2	剥离掩模层/窝形掩模层	209
11.5.3	屏罩式掩模	209
11.6	等离子体刻蚀与各向异性湿法刻蚀	210
11.7	压阻式压力传感器	211
11.8	IC-MEMS 集成	213

12 微电子材料与器件性能测量分析	215
12.1 表面形貌观察	215
12.1.1 光学显微法	215
12.1.2 扫描电子显微镜	215
12.1.3 透射电子显微镜	216
12.1.4 原子力显微镜	217
12.1.5 扫描隧道显微镜	217
12.2 器件尺寸测量	218
12.2.1 电机械探针和原子力显微镜	218
12.2.2 X 射线反射法	218
12.3 电学测试	218
12.4 物理和化学分析	219
12.4.1 X 射线衍射	219
12.4.2 红外光谱	219
12.4.3 俄歇电子波谱法	220
12.4.4 X 射线光电子波谱法	220
12.4.5 二次离子质谱	220
12.4.6 全反射 X 射线荧光光谱	221
12.4.7 卢瑟福背散射能谱法	221
12.4.8 电子微探针分析	221
12.4.9 原子吸收光谱	222
12.4.10 微波光导衰减法	222
12.4.11 X 射线断层摄影术	222
12.4.12 其他	222
参考文献	224

1

概述

1.1 微电子技术

20 世纪 60 年代, 电子学产生了一个新的学科分支, 即研究如何利用固体内部的微观特性以及一些特殊工艺, 在一块半导体材料上制作大量的组件, 从而在一个微小面积中制造出复杂的电子系统, 这就是微系统电子学, 简称微电子学 (microelectronics)。而微电子技术是微电子学中各项工艺技术的总称, 它包括系统和电路设计、工艺技术、材料制备、自动测试等一系列专门技术。所以微电子技术是微小型电子元器件和电路的研制、生产以及用它们实现电子系统功能的技术领域, 这个领域中最主要的就是集成电路 (integrated circuits, IC) 技术。微电子技术是随着集成电路技术, 特别是大规模集成电路技术的发展而发展起来的一门新兴技术。

微电子技术不仅使电子设备和系统的微型化成为可能,更重要的是它引起了电子设备和系统的设计、工艺、封装等的巨大变革。所有的传统元器件,如晶体管、电阻、连线等,都将在硅基片内以整体的形式互相连接,设计的出发点不再是单个元器件,而是整个系统或设备。

微电子技术的发展可以追溯到 1947 年美国电话电报公司 (AT&T) 贝尔实验室的三位科学家巴丁、布赖顿和肖克莱制成第一支晶体管 (transistor) 以取代电子管。晶体管的出现拉开了集成电路的序幕。随着晶体管应用日益广泛, 特别是制造工艺的发展, 1958 年出现了第一块集成电路板。

随着微电子技术的发展,集成电路经历了小规模集成电路、中规模集成电路、大规模集成电路和超大规模集成电路四个阶段。标志集成电路水平的指标之一是集成度。所谓集成度就是指在一定尺寸的芯片上(几个平方毫米)能做出多少个组件。集成电路发展的初期,一块芯片上只能集成十几或几十个组件,其电路的功能也是有限的。一般将一块芯片上集成100个组件以下的集成电路称为小规模集成电路。到20世纪60年代中期,一块芯片上可集成几百甚至上千个组件,我们把集成100~1000个组件的集成电路称为中规模集成电路。20世纪70年代是集成电路飞速发展的时期,集成电路已经进入1000个以上元器件的大规模集成时代,这期间已经出现了集成20多万个元器件的芯片。如今在约 1cm^2 的芯片上,可集成上亿个电子元器件。

随着材料制备工艺的发展,硅片可以做得越来越大,目前生产的硅片直径可达 300mm 左右,这就意味着,在一个硅片上同时可以制造更多的集成电路。现在,集成电路已经成为信息产业和高新技术产业的核心技术,也是推动国民经济和社会信息化的关键技术。整个集成电路产业的发展非常迅速。但我国集成电路的生产技术水平跟国际相比还有一定的差距,