

高等学校教材

机械工程前沿著作系列 HEP  
HEP Series in Mechanical Engineering Frontiers MEF

先进制造科学与技术丛书

# MEMS 技术及应用

蒋庄德 等 著

Technologies and Applications of MEMS

非外借

高等教育出版社

高等学校教材

机械工程前沿著作系列 HEP  
HEP Series in Mechanical Engineering Frontiers MEF

先进制造科学与技术丛书

# MEMS 技术及应用

Technologies and Applications of MEMS

MEMS JISHU JI YINGYONG

蒋庄德 等 著

高等教育出版社·北京

## 内容简介

本书讨论的主题是微机电系统 (MEMS) 这一前沿交叉学科。作者通过对 MEMS 技术的主要方面: 结构、材料、工艺、设计、测量进行系统论述, 并随之对 MEMS 的典型应用进行分类介绍, 为读者勾勒出当前微机电系统的发展全貌。作为对主体内容的补充和延伸, 纳机电系统 (NEMS) 和石墨烯在本书的结尾部分被予以专门的讨论。为 MEMS 专业课程提供适用的本科和研究生教材是本书的出发点, 为达此目的, 本书在内容安排上注意基础理论知识和具体技术细节并重, 力图体现作者对 MEMS 专业方向学生的培养理念和教学思路。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

MEMS 技术及应用 / 蒋庄德等著. -- 北京: 高等教育出版社, 2018. 11

ISBN 978-7-04-050478-1

I. ① M… II. ① 蒋… III. ① 微电机 IV. ① TM38

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 203176 号

策划编辑 刘占伟  
插图绘制 于博

责任编辑 刘占伟  
责任校对 刘莉

封面设计 杨立新  
责任印制 韩刚

版式设计 杜微言

出版发行 高等教育出版社  
社址 北京市西城区德外大街4号  
邮政编码 100120  
印刷 北京汇林印务有限公司

开本 787mm×1092mm 1/16  
印张 21  
字数 400千字  
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598  
网址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>  
<http://www.hepmall.com>  
<http://www.hepmall.cn>  
版次 2018年11月第1版  
印次 2018年11月第1次印刷  
定价 69.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换  
版权所有 侵权必究  
物料号 50478-00

## 作者简介

蒋庄德, 中国工程院院士, 西安交通大学教授, 英国伯明翰大学博士、名誉教授, 澳大利亚新南威尔士大学客座教授; 教育部科学技术委员会副主任兼战略研究指导委员会主任, 国务院学位委员会学科评议组成员, 中国机械工程学会副理事长, 中国微米纳米技术学会副理事长等; 教育部“微纳制造与测试技术”国际联合实验室主任。担任“Nature”出版集团唯一工程类期刊 *Microsystems & Nanoengineering* 编委、中国工程院院刊 *Frontiers of Mechanical Engineering* 副主编、*International Journal of Manufacturing* 主编。



长期从事微纳制造与先进传感技术、精密超精密加工与测试技术及装备等方面的研究, 在高端 MEMS 传感技术及系列器件、数字化精密测量以及超精密加工技术与装备等工程科技领域成果卓著, 在微纳米技术相关基础理论和生物检测技术及仪器等方面开展了创新性研究。获国家技术发明二等奖 2 项, 国家科技进步二等奖 1 项, 其他省部级奖励 9 项; 获首届全国创新争先奖, 何梁何利科学与技术进步奖, 西安交通大学研究生教育突出贡献奖。发表学术论文 600 余篇。

# 序 言

《MEMS 技术及应用》是西安交通大学仪器科学与技术学科开课已久的一门本科专业课程，并对机械、电气、电子、材料、航空等学科研究生开放。现在，这门课程的教材作为“先进制造科学与技术丛书”中的一本得以在高等教育出版社出版，可以视为作者对西安交通大学 MEMS 教学的一次很好的总结。

西安交通大学精密工程研究所是国内最早涉足 MEMS 领域研究的学术单位之一，其在 MEMS 方向的科研活动可以回溯到 20 世纪 90 年代初。近 30 年来，西安交通大学 MEMS 团队取得了令人瞩目的科研成就，国家级各类重大科研项目不断承接，大型专业实验设备日趋完备，国际合作广泛深入，实验室建设成就突出，培养了数百名优秀的博士、硕士研究生，高水平论文层出不穷，多种微系统特别是微传感器器件成功研发，至今已获得多项国家级科技奖项。

作为这个优秀科研团队的创建人和领军者，蒋庄德院士与我长期共事，其早期创业艰辛，但能不畏困难，努力登攀，不仅在 MEMS 科研方面硕果累累、成绩斐然，而且十分注重人才培养和教学工作。20 年前，蒋教授凭借自身的丰富学识，受邀到境外大学进行长达整个学期的 MEMS 授课，成为该领域的国际知名学者。其后，蒋教授又开设研究生 MEMS 课程，进一步拓展了该课程的广度和深度。时至今日，作者才将其教学所得汇集成书，可见其人治学之严谨，真正是厚积而薄发。

纵观全书，内容全面系统，不仅体现了作者团队认真细致的撰写态度，也从侧面反映了西安交通大学 MEMS 团队研究方向既专且广的科研布局。当前，是制造业与信息化深度融合的时代，MEMS 传感器在智能制造、增材制造、大数据和工业互联网等方向所发挥的作用日益重要。我相信，这样一本内容翔实、立意深远的专业书籍不仅对于 MEMS 课程学习的学生而且对于该领域的众多研究者都具有十分有益的帮助和借鉴价值。在此，由衷祝愿蒋院士团队不断取得研究和教学成果，并对我国 MEMS 科研创新、技术进步和产业化继续做出重要的贡献。



2018 年 6 月 25 日

# 前 言

历经 30 余年的演进和发展,微机电系统 (micro electro mechanical system, MEMS) 这门前沿交叉学科已积淀了诸多经典内容。中国多所研究型大学在研究生和本科生阶段已开设了 MEMS 课程,而且一些高质量的中英文专业书籍也得到了广大师生的认可和好评,尽管如此, MEMS 教材在适用性和有效性方面的改善和提升一直都在持续进行。

作为中国最早开展 MEMS 学科研究的学术单位之一,西安交通大学精密工程研究所多年来在 MEMS 科研方面不乏出色的成绩,但更有意义的成果是我们为 MEMS 学科培养了数百名博士、硕士研究生。在 MEMS 方向培养研究生的近 30 年中,相关课程从初创到完备,从研究生培养拓展到本科生教学,从实验室建设到前沿科学研究和广泛的国际合作,都在不断积累经验,取得进步。

长期的科研工作、研究生培养和课堂教学实践使西安交通大学 MEMS 团队有了较深厚的积累,正在兴起的智能传感器、大数据、智能制造、工业互联网和物联网,特别是芯片核心技术的研究,使得该学科更增发展动力。为大学的 MEMS 教学提供一本内容全面、逻辑清晰、特色鲜明的教材,不仅很有必要,而且正当其时。

经过长时间的编写和修改,本书最终确定的章节内容包括: MEMS 导论、MEMS 结构、MEMS 材料、MEMS 工艺、MEMS 设计、MEMS 测量、MEMS 应用,以及纳机电系统 (NEMS) 和石墨烯。全书系统地阐述了微机电系统的主流技术、典型应用和研究热点,相信能够对同学们的 MEMS 学习提供有益的辅导和帮助。

西安交通大学多位老师参与了本书的编写工作:第 3 章,王海容、林启敬;第 4 章,卢德江、王琛英;第 5 章,田边、王久洪;第 6 章,王久洪、王海容;第 7 章,赵立波;第 8 章,杨树明、李磊;第 9 章,韩枫。在此对全体参编教师的辛勤工作表示感谢和敬意。

作者

2018 年 5 月

# 目 录

<b>第 1 章 MEMS 导论</b> . . . . .	<b>1</b>
1.1 概念与定义 . . . . .	2
1.2 优势与不足 . . . . .	3
1.3 历史与发展 . . . . .	6
1.4 产业与市场 . . . . .	7
<b>第 2 章 MEMS 结构</b> . . . . .	<b>9</b>
2.1 微尺度效应对微结构的影响 . . . . .	9
2.2 微加工工艺对微结构的影响 . . . . .	11
2.3 换能物理效应对微结构的影响 . . . . .	13
2.3.1 压电效应 . . . . .	13
2.3.2 静电效应 . . . . .	15
2.3.3 热胀效应 . . . . .	16
参考文献 . . . . .	17
<b>第 3 章 MEMS 材料</b> . . . . .	<b>19</b>
3.1 单晶硅 . . . . .	19
3.1.1 晶圆制备 . . . . .	20
3.1.2 晶体结构 . . . . .	20
3.1.3 力学性能 . . . . .	22
3.1.4 压阻特性 . . . . .	24
3.2 硅基薄膜 . . . . .	25
3.2.1 多晶硅 . . . . .	25
3.2.2 二氧化硅 . . . . .	26
3.2.3 氮化硅 . . . . .	26
3.2.4 碳化硅 . . . . .	26
3.3 其他材料 . . . . .	27
3.3.1 陶瓷 . . . . .	27

3.3.2	聚合物	28
3.3.3	金属	31
3.3.4	新兴材料	33
3.4	材料性能表征	35
3.4.1	纳米压入法	35
3.4.2	四探针法	36
	参考文献	41
<b>第 4 章</b>	<b>MEMS 工艺</b>	<b>47</b>
4.1	光刻	48
4.1.1	光刻原理	48
4.1.2	UV 光刻版	50
4.1.3	UV 光刻机	50
4.1.4	光刻流程	52
4.2	非等离子体硅微加工技术	53
4.2.1	薄膜淀积	54
4.2.2	刻蚀	61
4.2.3	材料改性	67
4.3	等离子体物理基础	70
4.3.1	什么是等离子体	70
4.3.2	等离子体密度	70
4.3.3	等离子体鞘层	71
4.3.4	直流与射频放电	72
4.4	等离子体硅微加工技术	76
4.4.1	离子溅射	76
4.4.2	等离子体增强化学气相沉积	81
4.4.3	等离子体刻蚀	84
4.5	MEMS 硅微加工流程	93
4.5.1	体硅微加工流程	93
4.5.2	表面硅微加工流程	96
4.5.3	多用户 MEMS 加工流程	98
4.5.4	MEMS 结构与 IC 的集成策略	101
4.6	LIGA 与准 LIGA 工艺	102
4.6.1	LIGA 工艺	102
4.6.2	准 LIGA 工艺	106
4.7	MEMS 封装技术	107
4.7.1	电子封装基础	107
4.7.2	MEMS 封装策略	109
4.7.3	MEMS 封装工艺与材料	113



参考文献	116
<b>第 5 章 MEMS 设计</b>	<b>119</b>
5.1 设计方法	119
5.1.1 非辅助设计方法	120
5.1.2 辅助设计方法	120
5.2 设计过程	123
5.2.1 设计依据	123
5.2.2 工艺设计	124
5.2.3 力学设计	127
5.3 计算机辅助设计	130
5.3.1 基于 ANSYS 的结构仿真	130
5.3.2 基于 Tanner 的掩模版图设计	133
5.3.3 基于 ConventorWare 的工艺仿真	137
5.4 MEMS 设计中的工程力学	141
5.4.1 传感器的典型力学特性	141
5.4.2 传感器的典型力学结构	143
5.5 压力传感器硅芯片设计实例	160
5.5.1 一般描述	160
5.5.2 芯片的几何结构和尺寸设计	161
5.5.3 芯片的强度设计	162
5.5.4 工作压力设计	163
5.5.5 工作温度设计	164
参考文献	164
<b>第 6 章 MEMS 测量</b>	<b>167</b>
6.1 光学显微测量	167
6.2 光学干涉测量	168
6.2.1 位移干涉测量	169
6.2.2 相移干涉测量	171
6.2.3 白光干涉测量	172
6.3 其他光学测量技术	174
6.3.1 椭圆偏振测量法	174
6.3.2 三角测量法	176
6.3.3 激光扫描显微镜法	177
6.4 原子力显微镜	178
6.4.1 测量原理	178
6.4.2 MEMS 中的 AFM 测量	179

6.5	扫描电子显微镜	181
6.5.1	工作原理	182
6.5.2	测量特点	183
6.5.3	SEM 对试样的要求及其在 MEMS 中的应用	185
6.6	MEMS 动态测量	188
6.6.1	基于频闪成像、计算机视觉和干涉测量的 MEMS 动态测量	188
6.6.2	基于激光多普勒测振的 MEMS 动态测量	192
6.6.3	基于其他原理和方法的 MEMS 动态测量	193
	参考文献	195
<b>第 7 章</b>	<b>MEMS 应用</b>	<b>197</b>
7.1	MEMS 传感器	197
7.1.1	压阻式耐高温压力传感器	197
7.1.2	MEMS 微加速度传感器	199
7.1.3	MEMS 微陀螺	203
7.1.4	微麦克风	205
7.1.5	微电极	209
7.2	MEMS 执行器	213
7.2.1	静电执行器	214
7.2.2	压电执行器	218
7.2.3	形状记忆合金执行器	221
7.2.4	热执行器	223
7.3	典型 MEMS 器件	225
7.3.1	数字微镜	225
7.3.2	微流体芯片及系统	228
7.3.3	MEMS 机器人	232
7.3.4	微纳卫星	245
	参考文献	247
<b>第 8 章</b>	<b>NEMS 概述</b>	<b>251</b>
8.1	绪论	251
8.1.1	NEMS 的定义	251
8.1.2	NEMS 的特点	252
8.1.3	NEMS 的发展	253
8.1.4	NEMS 的应用	255
8.2	NEMS 材料、工艺与器件	256
8.2.1	纳米材料	256
8.2.2	纳米加工	260
8.2.3	纳传感器、执行器和纳光电器件	278

8.3 纳集成系统 . . . . .	286
8.3.1 集成方法 . . . . .	286
8.3.2 典型纳集成系统 . . . . .	288
8.4 纳米线光电探测器的设计制备案例 . . . . .	290
8.4.1 纳米线结构的制备方法 . . . . .	290
8.4.2 CdS 纳米线光电探测器设计与制备 . . . . .	291
参考文献 . . . . .	292
<b>第 9 章 石墨烯概述 . . . . .</b>	<b>295</b>
9.1 石墨烯的发现 . . . . .	295
9.2 石墨烯的结构 . . . . .	296
9.3 石墨烯的性质 . . . . .	297
9.4 石墨烯的制备方法 . . . . .	299
9.5 石墨烯的结构表征技术 . . . . .	304
9.6 石墨烯的应用 . . . . .	309
9.6.1 石墨烯器件 . . . . .	310
9.6.2 石墨烯复合材料 . . . . .	317
参考文献 . . . . .	317

# 第 1 章 MEMS 导论

1959 年, 诺贝尔奖获得者、加州理工学院教授费曼在其所作的著名演讲《底层的丰富》中问道“为什么我们不可以从另外一个角度出发, 从单个的分子甚至原子开始进行组装, 以达到我们的要求?”。1981 年, 扫描隧道显微镜 (STM) 的发明为我们揭示了一个可见的原子、分子世界, 使我们观测物质的分子和原子成为可能。1984 年, 费曼在他的另外一次演讲中又提出了一个问题: “制造极其微小的、有可移动部件的机器的可能性有多大?”。2016 年, 三位科学家因发明了“行动可控、在给予能源后可执行任务的分子机器”获得了诺贝尔化学奖。以上历程, 虽然仅仅是微纳制造技术发展中的一个缩影, 但却生动形象地说明了微纳制造对认识和改造物质世界所作出的巨大贡献。正如中国古代道家典籍《庄子》中所描述的蜗牛两根触角上的两个小国家, 两根蜗牛触角就是他们的整个世界, 也正如中国古语所言“螺蛳壳里做道场”、“小天地里大乾坤”, 微纳制造和它所打造的微机电系统 (MEMS)/纳机电系统 (NEMS) 将人类社会带进了一个设计和制造的全新领域。

始于 20 世纪 60 年代的集成电路 (integrate circuit, IC) 长期保持着高速发展态势, 被认为是 20 世纪标志性的技术与工业成就。这一人类追求电路微型化的成功努力不仅使计算机与信息技术发生了翻天覆地的变化, 而且也激发了人们在更广阔的领域内进行微小型化革命的雄心。IC 工艺的特征尺度在近几十年的时间里不断下降, 使芯片的面积在基本保持不变的情况下, 其内部所包含的器件数量按照摩尔定律 (Moore's Law) 呈指数上升。但显然这种持续降低特征尺度的技术进步是会触碰到天花板的, 毕竟原子有一定的物理体积。2015 年, 《纽约时报》撰文指出摩尔定律在集成电路制造业的神话即将被打破; 摩尔本人亦认为摩尔定律到 2020 年就会黯然失色。因此, 从尺寸缩小转向功能扩展, 即 more than Moore, 而非 more Moore, 自然成为 IC 发展的一种道路选择。MEMS 因而得以在 IC 中诞生, 并从中分离出来, 成

为一门独立的工程学科, 也被看作 IC “下一个符合逻辑的步伐”。

作为高年级本科生和研究生阶段的课程教材, 本书将全面系统地介绍 MEMS 的基本知识和基础理论。全书共计 9 章: 第 1 章为 MEMS 导论; 第 2 章为 MEMS 结构; 第 3 章为 MEMS 材料; 第 4 章为 MEMS 工艺; 第 5 章为 MEMS 设计; 第 6 章为 MEMS 测量; 第 7 章为 MEMS 应用; 第 8 章为 NEMS 概述; 第 9 章为石墨烯概述。

本章首先介绍 MEMS 的基本概念, 并以常规尺度的机电系统和 IC 作为参照物进一步解析概念的要点。之后的一个小节将着重讨论 MEMS 的主要优点与现阶段的不足, 并将进一步阐述 MEMS 的价值和面临的挑战。简要的发展历程之后是 MEMS 的市场状况, 了解这些方面的情况对于全面认识 MEMS 至关重要。

## 1.1 概念与定义

MEMS 是 micro electro mechanical system 的首字母缩写, 源于 1989 年美国国家自然科学基金委员会 (NSF) 举办的微细加工技术研讨会总结报告 *Microelectron Technology Applied to Electronical Mechanical System*, 其字面含义是指集成了微电子和微机械的微系统, 事实上现在人们对这一专业名词的理解已经放宽为所有超越 IC 功能并具有相似尺度的微型系统、器件或结构。

由于一系列特定的原因, 世界各地的学术界对这一事物的认知有不同的侧重之处, 相应地, 对 MEMS 概念的表述也不完全相同。

美国北卡罗来纳微电子中心 (MCNC) 的定义: MEMS 是由电子和机械组成的集成化器件或系统, 采用与集成电路兼容的大批量处理工艺制造, 尺寸在微米到毫米之间, 尤其是将计算、传感与执行融为一体, 从而改变了感知和控制自然界的方式。

欧洲 NEXUS (The Network of Excellence in Multi-functional Microsystems) 的定义: 微机构产品具有微米级结构, 并具有微机构形状提供的技术功能。微系统由多个微元件组成, 并作为一个完整的系统进行优化, 以提供一种或多种特定功能。

日本微机械中心的定义: 微机械由只有几毫米大小的功能元件组成, 它能够执行复杂、细微的任务。

国际电工技术委员会 (IEC) 的定义: 微系统是微米量级内的设计和制造技术。它集成了多种元件, 并适合于以低成本大批量生产。

前面三个代表性的定义反映了不同的技术路线, 都有所侧重, 而 IEC 的定义准确周到, 是对 MEMS 成熟而深刻的理解和表述。

为了便于学习, 这里再引用一个较为传统的表述: MEMS 是由微加工技术制备, 特征结构在微米尺度 ( $1\mu\text{m} \sim 1\text{mm}$  范围) 的, 集成有微传感器、微致动器、微电子

信号处理与控制电路等部件的微型系统。其中,微传感器用于获取外部信息,微电子信号处理与控制电路用于处理信息并作出决策,微致动器用于执行决策。

根据上述定义, MEMS 的内部结构如图 1.1 所示。MEMS 在结构组成和功能表现上与常规尺度的机电系统并无区别,均能够对环境作出正确有效的反应,两者的差别主要是结构特征尺度上的差异, MEMS 大致要小 3~4 个数量级。IC 与 MEMS 具有相同或者相似的尺度,但无论其设计多么复杂,终归只是电路部分而非完整的智能系统。IC 既不能够对工作环境中各种物理量进行感测,也不具备机械运动或其他方式的执行功能,而这两方面却正是 MEMS 的核心。

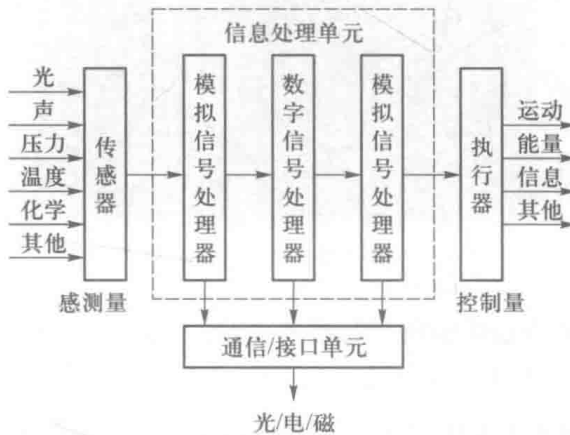


图 1.1 MEMS 的内部结构及其与外部环境的相互作用

## 1.2 优势与不足

从 MEMS 的定义出发,我们可以容易地发现其拥有一些其他系统所不具备的固有优势。其中,最明显的是 MEMS 系统和器件的尺寸十分微小,通常在微米量级,图 1.2 所示的微电机与一根人类头发的直径可相比拟。微小的尺寸不仅使得 MEMS

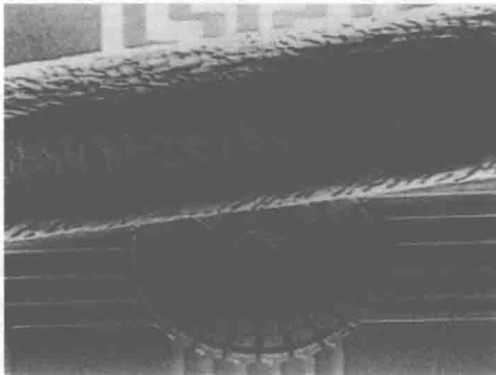


图 1.2 微电机与一根头发在一起

能够在一些常规机电系统无法介入的微小空间场合内工作,而且还意味着系统具有微小的质量和能耗,一个典型的例子是质量不到 1 kg 的微卫星,其照片如图 1.3 所示,这显然是对搭载质量极为关注的航天发射领域所乐见的。再者,微小的结构尺寸通常还为 MEMS 器件带来更高的灵敏度和更好的动态特性,这主要是因为微型系统的质量惯性和热惯性都小得多,微结构的固有频率通常也比较高。

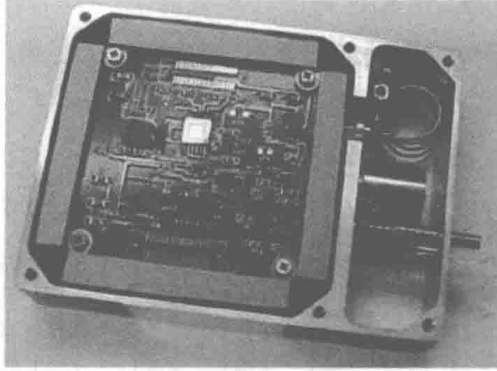


图 1.3 Pico 卫星

MEMS 另外一个重要优势源于其制备工艺,目前 80% 以上的 MEMS 采用硅微工艺进行制作,这使其具有类比于 IC 的大批量生产模式。如图 1.4 所示,成阵列布置的一批芯片在前道加工工序中作为一个硅晶圆可同时得到加工, MEMS 芯片的制造成本因而得以大大降低,例如 ADI 公司非常成功的 MEMS 产品——微加速度传感器芯片每片售价只有几美元。大批量制造带来的低成本可能是 MEMS 最重要的一个特点,虽然不像其尺寸微小那样显而易见,但它却是 MEMS 市场竞争力的核心。尤其对于以研发费用高和制造环境严苛为特点的精密制造工业,只有大批量制造才能有效保证产品的市场销量和竞争力。

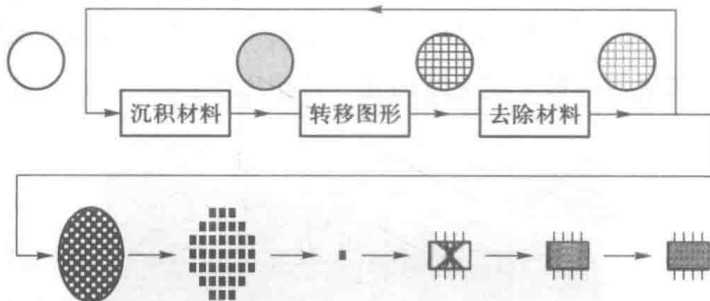


图 1.4 IC 工业模式的批量化制作流程

于单一芯片内实现机电集成也是 MEMS 独有的特点,这同样来自与 IC 兼容的硅微加工流程。单片集成 (monolithic integrate) 系统能够避免杂合 (hybrid) 系统中由各种连接所带来的电路寄生效应,因此可以达到更高的性能并更加可靠。图 1.5 所示是由美国桑迪亚 (Sandia) 国家实验室与加州大学伯克利分校的传感器与致动器

中心 (Berkeley Sensor & Actuator Center, BSAC) 联合研发的单片集成式 MEMS 惯性测量系统, 可以看到感测单元和外围电路被集成制作在同一芯片内。再者, 由于省去了连接和某些封装环节, 对于大批量制造来说, 单片集成更有利于节约成本。

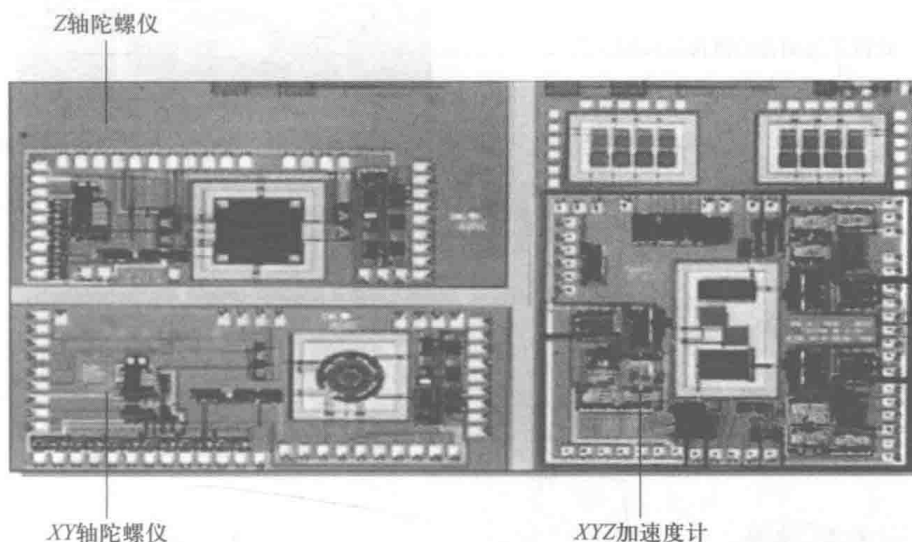


图 1.5 Sandia 国家实验室与 BSAC 联合研发的集成式 MEMS 惯性测量系统

除了具有上述优点之外, MEMS 在现阶段还存在着一些不足。首先, MEMS 的微小尺寸和大批量制造模式使得组件装配特别困难, 这极大地限制了 MEMS 结构组件的复杂程度, 从而削弱了整个系统的功能。因此, 目前许多 MEMS 都是设计成无需装配或者具有自装配功能的系统, 例如图 1.6 所示的由芯片内部装配机构立起的微平面镜。再者, MEMS 构件的加工绝对误差虽然很小, 但其相对误差较大 (图 1.7), 这对于有结构配合要求的应用场合显然是不利的。另外, 还存在 MEMS 硅微加工所适用的材料较为单一、三维加工能力明显不足等限制性因素, 这些方面的改进还有待人们对 MEMS 继续进行深入的研究。



图 1.6 由芯片内部装配机构立起的微平面镜



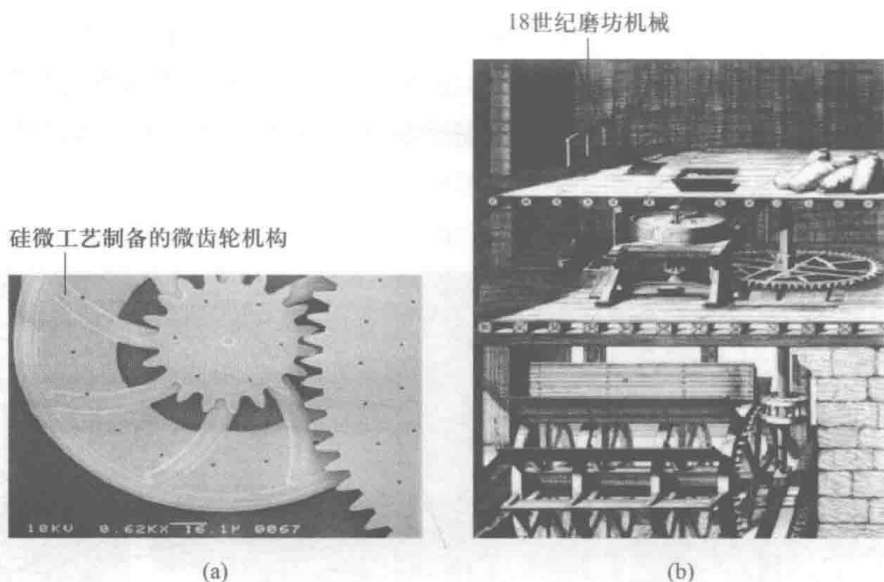


图 1.7 硅微工艺制备的微齿轮机构与 18 世纪磨坊机械的相对加工精度相当

### 1.3 历史与发展

1962 年, 世界上第一个真正意义上的 MEMS 器件——微型硅压力传感器由 Honeywell 公司研制成功。1967 年, Westhousing 提出了共振门场效应管 (GFET) 的设想, 体现出采用牺牲层方法制造硅材料微机械结构的良好创意。1970 年, 出现了硅基加速度计。1977 年, 出现了电容式压力传感器。1979 年, 出现了微喷墨打印头。

20 世纪 80 年代初期, 以单晶硅的各向同性和各向异性腐蚀技术为代表的体硅微机械加工技术成为制作 MEMS 器件的有效手段。1980 年, 第一次进行了以多晶硅薄膜作为结构层的表面硅微工艺的实验, MEMS 制作技术取得突破性进展, 各种微细加工技术实验研究的高潮随后到来。1982 年, Petersen 发表论文 *Silicon as Mechanical Materials*, 详细阐述了基于硅技术的微机械器件制造的可能性和优点。同年, 德国卡尔斯鲁厄原子能研究中心提出了一种以高深宽比结构为特色的光刻电铸法 (LIGA) 工艺。1985 年, 牺牲层技术被引入微机械加工, 表面微机械加工概念由此产生, 进一步拓展了 MEMS 加工的灵活性。

1988 年, 美国加州大学伯克利分校和麻省理工学院分别采用表面工艺研制了 MEMS 静电电机。同年, 第一届 IEEE MEMS 国际会议召开。其后, 美国 15 名科学家提出“小机器、大机遇: 关于新兴领域——微动力学的报告”的国家建议书, 声称“由于微动力学 (微系统) 在美国的紧迫性, 应在这样一个新的重要技术领域与其他国家的竞争中走在前面”; 此建议得到了美国国家有关机构的重视, 连续大力投资, 并把微纳米技术与航空航天、信息作为科技发展的三大重点。

1989 年, Tang、Nguyen 等利用多晶硅表面牺牲层工艺研制出梳齿式静电力驱动