

罗伯特·奥西安德 (Robert Osiander)

[美] M. 安·加里森·达林 (M. Ann Garrison Darrin) 著

约翰·L. 钱皮恩 (John L. Champion)

尤政 译

微机电系统和微结构 及其在航天中的应用

MEMS and Microstructures in Aerospace Applications

清华大学出版社



MEMS and Microstructures in Aerospace Applications

微机电系统和微结构 及其在航天中的应用

罗伯特·奥西安德 (Robert Osiander)

[美] M. 安·加里森·达林 (M. Ann Garrison Darrin) 著

约翰·L. 钱皮恩 (John L. Champion)

尤政 译

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书共 16 章, 主要内容包括: 概论, 机电系统技术在航天任务中的应用前景, MEMS 加工技术, 空间环境因素对 MEMS 技术的影响, 空间辐射影响和机电系统, MEMS 技术在空间系统的应用, 微加工技术在科学仪器方面的应用, 机电系统在航天器通信中的应用, 航天器热控制中的微系统, 航天器制导、导航和控制中的微系统, 微推进技术, 空间应用的 MEMS 封装技术, 关键性空间应用的处理与污染控制考虑, MEMS 应用的材料选择, 基于空间的 MEMS 设计和应用的可靠性测试, 航天机电系统与微结构的保障方法等。

本书适合航天、航空和 MEMS 技术领域的设计师、工程师、管理者和高校院所的相关学科的科研人员、高年级本科生、研究生和相关科技人员阅读。

MEMS and Microstructures in Aerospace Applications / by Robert Osiander, M. Ann Garrison Darrin, and John L. Champion / ISBN: 0-8247-2637-5

Copyright@ [2006] by CRC Press.

Authorized translation from English language edition published by CRC Press, part of Taylor & Francis Group LLC; All rights reserved; 本书原版由 Taylor & Francis 出版集团旗下, CRC 出版公司出版, 并经其授权翻译出版。版权所有, 侵权必究。

Tsinghua University Press is authorized to publish and distribute exclusively the Chinese (Simplified Characters) language edition. This edition is authorized for sale and distribution in the People's Republic of China exclusively (except Taiwan, Hong Kong SAR and Macao SAR). No part of the publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher. 本书中文简体翻译版授权由清华大学出版社独家出版并仅限在中国大陆地区销售。未经出版者书面许可, 不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

Copies of this book sold without a Taylor & Francis sticker on the cover are unauthorized and illegal. 本书封面贴有 Taylor & Francis 公司防伪标签, 无标签者不得销售。

版权所有, 侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

机电系统和微结构及其在航天中的应用/(美)奥西安德(Osiander, R.), (美)达林(Darrin, M. A. G.), (美)钱皮恩(Champion, J. L.)著; 尤政译. --北京: 清华大学出版社, 2013

书名原文: MEMS and microstructures in aerospace applications

ISBN 978-7-302-33485-9

I. ①微… II. ①奥… ②达… ③钱… ④尤… III. ①微电子技术—应用—航天—研究 ②微型—机械元件—应用—航天—研究 IV. ①V4-05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 191565 号

责任编辑: 庄红权 洪 英

封面设计: 常雪影

责任校对: 赵丽敏

责任印制: 王静怡

出版发行: 清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

社总机: 010-62770175

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印装者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×260mm

印 张: 16.75

版 次: 2013 年 12 月第 1 版

印 数: 1~3000

定 价: 49.00 元



字 数: 405 千字

印 次: 2013 年 12 月第 1 次印刷

产品编号: 030347-01

中文版序言

PREFACE

1959年12月美国物理学家、诺贝尔奖得主、Richard Feynman 发表的著名演讲昭示了微机电系统(micro electro mechanical systems, MEMS)的来临。微机电系统是指可以批量制造的,集微结构、微传感器、微执行器以及信号处理和控制电路等于一体的器件或系统,具有体积小、质量轻、功耗低、批量生产等显著特征。微机电系统技术是一个交叉学科领域,融合了机械、电子、材料、物理、化学、控制、工艺等多个学科,涵盖了微惯性器件、微光学器件、微化学和生物芯片、射频器件和能源器件等多个应用领域。在微纳米见方的面积上集成了传感、转换、处理和执行等多项功能,改变了人类感知和控制世界的方式。因此, MEMS 自20世纪80年代中后期崛起以来,受到了发达国家国防部门的高度重视。到2010年, MEMS 产品的销售额达到80亿美元,并以每年10%以上的速度增长。

到目前为止,国内还没有系统阐述微机电系统技术在航天应用方面的参考书。由 Robert Osiander、M. Ann Garrison Darrin 和 John L. Champion 三位教授主持编著的 *MEMS and Microstructures in Aerospace Applications* 这本书,是联合了 James J. Allen 等十几位知名教授根据他们自己在微机电系统技术及其在航天领域应用方面多年的研究成果并总结完成的专著。内容主要涵盖了微机电系统技术本身、微机械结构、器件(部件)和系统在航天领域应用中需要特别考虑和研究的方方面面,具体包括:①微机电部件和系统技术概论;②微机电系统技术在航天的使命;③微细加工工艺;④空间环境和太空辐射对航天用微机电器件的影响;⑤MEMS技术在航天系统、仪器、通信、热控、导航、推进等方面的应用;⑥MEMS封装、材料、可靠性和测试验证在航天应用中的考虑。总的来看,这本书基本概念比较清楚,内容丰富,具有一定的参考价值,适合航天、航空和MEMS技术领域的设计师、工程师、管理者和高校院所相关学科的科研人员、高年级本科生、研究生和相关科技人员阅读。

清华大学尤政教授长期从事精密仪器特别是MEMS技术方面的教学和科研工作,对国内MEMS技术研发和产业化发展常有独到而敏锐的见解,这一次又适时地把这本书介绍到国内,值得赞赏,同时也向为翻译该书付出辛勤劳动的有关师生表示敬意。

希望本书的出版对有志从事MEMS特别是MEMS在航天领域应用技术研发的科技人员有所帮助。

丁卫高

2013年5月

原文序言

PREFACE

由于一个项目的要求,使得这本阐述微机电系统(MEMS)和微机构在航空航天方面应用的书籍才得以面世。

MEMS是一个跨学科的技术,要求的知识结构包括电子、微观机制、加工、物理、流体力学、包装、材料等,而以上这些也只是列举了技术需求中的几个方面而已。

不妨做个推断,太空任务需要更加广阔的学科范围。本书便是为了这个广阔的领域,特别是系统工程师而写的。

本书是针对系统工程师、飞行安全员、项目主管、技术专家、项目管理、子系统主管以及其他相关领域而设计的,其中包括科学家关于新的仪器功能的探寻,可以作为一个 MEMS 在航空航天领域应用的实践指南。本书的目的是向读者提供足够的背景知识和具体的信息,使读者能够设想并且支持 MEMS 能够介入到未来飞行任务中。为了建立 MEMS 在微太空飞行器甚至在太空飞行器上的应用的印象,我们先给出一个 MEMS 在空间领域应用的概述,还有目前已经发展的不同的应用,用这些来支持空间任务。大多数的这些应用目前还处于低技术水平,预期的下一步是发展用于空间的合格的硬件。然而,该领域目前仍然缺乏遗产数据库去为下一代 MEMS 改革征集规范性要求(有人说这也可能是一个好处)。本书的第二个目的是为那些最终的用户提供指导方针和材料,让他们借鉴这些来整合用在未来空间任务上的合格 MEMS 设备和工具。

作者简介

EDITORS

Robert Osiander 在 1991 年获得德国慕尼黑工业大学的博士学位。之后他曾在 JHU/APL 研究所及技术开发中心工作,并在 2003 年成为传感器科技项目组的助理主管,2004 年成为核心的专业成员之一。Osiander 博士目前的研究方向包括微机电系统(MEMS)、纳米技术、太赫兹成像和传感器、通信、热控和空间技术。他是美国宇航局 2005 年推出的新千年空间技术任务之一“航天器散热控制 MEMS 百叶窗”的主要研究者。Osiander 博士还制定了一项开发碳纳米管(CNT)为基础的热控涂层的研究计划。

M. Ann Garrison Darrin 是一个核心的专业工作人员,也是美国约翰·霍普金斯大学应用物理实验室的研究和技术开发中心的项目经理。她在政府部门(美国航天局、国防部)和关于空间飞行任务的技术发展、应用、运输的民营企业方面有着超过 20 年的经验。她拥有技术管理方面的理科硕士学位,撰写了数篇关于技术插入的文章,并带有多项专利。Darrin 女士从 1993 年到 1998 年是美国宇航局戈达德空间飞行中心电子元器件、包装与材料科学学院的院长。她在航天工程管理、微电子和半导体、包装以及先进小型化方面有着广泛的背景。Darrin 女士是中大西洋 MEMS 联盟的联合主席。

John L. Champion 是美国约翰·霍普金斯大学应用物理实验室(JHU / APL)研究和技术开发中心(RTDC)的一个项目经理。他在 1996 年获得美国约翰·霍普金斯大学材料科学系博士学位。Champion 博士研究的方向包括用于防御和空间应用的 MEMS 系统的设计、制造和鉴定。他参与了 JHU / APL 洛伦兹力式磁强计的研究和基于 MEMS 技术的航天器热控制的可变反射的概念设计。这项和美国宇航局戈达德空间飞行中心的合作被选为新千年计划空间技术 5(ST5)的三个微型卫星之一的示范技术。Champion 博士的研究为探讨层状结构的热致变形。他已经在该领域出版和发表了数篇文章。

致 谢

ACKNOWLEDGEMENTS

没有技术领军人物,不确定性和冒险性与确定性和方案压力的竞争会成为新技术在航天器中引入的障碍。这些领军人物的一个关键作用是防止新技术发展和创新的停滞。

编者有幸在美国航空航天局戈达德太空飞行中心(GSFC)新千年计划(NMP)组织中参与了空间技术 5(ST5)的工作。特别是 Ted Swanson 和 Donya Douglas 作为技术领军人物和技术先驱,在 ST5 创造了一个确定性、不确定性、风险以及压力的平衡环境,微米级的机器打开关闭以改变微卫星散热器表面的发射率。这些 VARI-E 微机电系统(MEMS)是美国宇航局、桑迪亚国家实验室和约翰·霍普金斯大学应用物理实验室(JHU/APL)之间合作的结果。还要特别感谢其他的美国宇航局的“科技冠军”,他们是 Matt Moran(格伦研究中心)、Fred Herrera(GSFC)等。和科技冠军的合作激励我们意识到“小”在空间应用中的巨大潜力。

还要把感谢送给我们的管理团队 Dick Benson、Bill D'Amico、John Sommerer 和 Joe Suter 以及约翰斯·霍普金斯大学应用物理实验室通过詹尼计划提供的支持。我们也感谢所有作者和评论家,尤其是美国航天局的 Phil Chen,为了研究在实验室居住了一年。感谢我们所有人同甘共苦。

还有一个照顾我们生活的签约佣工 Patricia M. Prettyman,他的技能和能力是非常宝贵的。

目 录

CONTENTS

第 1 章 概论	1
1.1 概述	1
1.2 背景和意义	2
1.3 航天用的 MEMS 器件	3
1.3.1 数字微型推进项目 STS-93	3
1.3.2 皮卫星任务	4
1.3.3 天蝎座亚轨道示范	4
1.3.4 基于 MEMS 的微型卫星侦察器系列	4
1.3.5 导弹和军火-惯性测量单元	4
1.3.6 蛋白石、蓝宝石和绿宝石	5
1.3.7 国际案例	5
1.4 微机电系统和微结构在航天中的应用	5
1.4.1 对 MEMS 的理解和 MEMS 的展望	5
1.4.2 航天系统和仪器中的 MEMS	6
1.4.3 卫星分系统中 MEMS	7
1.4.4 MEMS 技术航天领域应用的插入点	8
1.5 小结	9
参考文献	9
第 2 章 MEMS 技术在航天任务中的应用前景	11
2.1 引言	11
2.2 适用于航天任务的 MEMS 技术的近期研制状况	12
2.2.1 NMP ST5 热控百叶窗	13
2.2.2 JWST 微型快门阵列	14
2.2.3 尺蠖微型制动器	15
2.2.4 NMP ST6 惯性恒星相机	15
2.2.5 微型推进器	16
2.2.6 航天 MEMS 器件研制的其他实例	17
2.3 MEMS 技术在航天中的潜在应用	18
2.3.1 基于 MEMS 技术的飞行器元器件清单	18
2.3.2 低成本微型卫星	19

2.3.3 科学仪器和传感器	19
2.3.4 探索应用	20
2.3.5 太空粒子和变异体	20
2.4 挑战和未来的需求	21
2.4.1 挑战	21
2.4.2 未来的需求	21
2.5 小结	23
参考文献	24
第3章 MEMS 加工	26
3.1 引言	26
3.2 MEMS 加工技术	27
3.3 LIGA	28
3.4 体硅微加工工艺	29
3.4.1 湿法刻蚀	29
3.4.2 等离子刻蚀	31
3.5 牺牲层表面微加工工艺	33
3.5.1 圣地亚超平多层 MEMS 技术	36
3.6 集成电路和 MEMS 技术集成	40
3.7 其他 MEMS 材料	42
3.7.1 碳化硅	42
3.7.2 硅-锗合金	42
3.7.3 金刚石	43
3.7.4 SU-8	43
3.8 小结	43
参考文献	44
第4章 空间环境因素对微纳米技术的影响	47
4.1 引言	47
4.2 机械、化学和电效应	48
4.2.1 热机械效应	48
4.2.2 冲击、加速度以及振动的机械效应	49
4.2.3 化学效应	50
4.2.4 电效应	51
4.3 针对任务运行环境进行设计	52
4.4 空间特殊任务的环境影响	53
4.5 小结	56
4.6 所参考的军用规范和标准	57
参考文献	57

第 5 章 空间辐射影响和微机电系统	59
5.1 引言	59
5.1.1 空间辐射环境	59
5.1.2 地球轨道	61
5.1.3 星际空间	63
5.2 辐射效应	64
5.2.1 空间辐射与材料和设备的交互影响(电离)	65
5.2.2 空间辐射与材料和设备的交互影响(位移损伤)	67
5.2.3 MEMS 的辐射测试	67
5.3 MEMS 中辐射影响的实例	68
5.3.1 加速度计	68
5.3.2 具有梳齿驱动器和齿轮的微马达	70
5.3.3 RF 继电器	72
5.3.4 数字反射镜装置	73
5.4 MEMS 中辐射影响的缓解	74
5.5 小结	75
参考文献	75
第 6 章 微纳米技术在空间系统的应用	77
6.1 空间技术发展简介	77
6.2 高技术成熟度的成功范例	78
6.2.1 用于赫歇尔天文台和普朗克探测器的“蛛网”辐射 热测量仪	78
6.2.2 MEMS 太阳敏感器	79
6.2.3 MEMS 谐振陀螺仪	79
6.2.4 詹姆斯·韦伯太空望远镜应用的 MEMS 微型快门阵列	80
6.2.5 基于碳纳米管的热界面	80
6.2.6 射频 MEMS 开关	81
6.2.7 微化学传感器	82
6.2.8 MEMS 可变发射率控制器件	82
6.2.9 SAPPHIRE 卫星上的隧道红外传感器	83
6.2.10 自由分子流微电热推力器	84
6.3 技术发展途径	84
6.3.1 技术成熟团队方法	84
6.3.2 低成本、高速度的空间飞行	85
6.4 小结	86
参考文献	86

第 7 章 微加工技术在科学仪器方面的应用	89
7.1 引言	89
7.2 太空科学中的电磁场和粒子探测	89
7.2.1 等离子光谱仪	90
7.2.2 磁强计与电场探测器	92
7.3 望远镜和光谱仪	93
7.3.1 韦伯太空望远镜近红外光谱仪	93
7.3.2 自适应光学系统的应用	94
7.3.3 光谱仪的应用	96
7.3.4 微加工的测辐射热计	97
7.4 MEMS 传感器的原位分析	98
7.4.1 微加工的质谱仪	98
7.4.2 磁共振力显微镜	99
7.5 小结	99
参考文献	99
第 8 章 微机电系统在航天器通信中的应用	103
8.1 引言	103
8.2 航天器通信系统中的 MEMS 射频开关	103
8.2.1 MEMS 开关设计和制造	104
8.2.2 RF-MEMS 开关的性能和可靠性	107
8.3 RF-MEMS 移相器	108
8.3.1 开关线移相器	109
8.3.2 负载线移相器	109
8.3.3 反射式移相器	110
8.4 其他 RF-MEMS 器件	110
8.5 用于天线设计的 RF-MEMS	111
8.5.1 电控天线	111
8.5.2 分形天线	111
8.6 用于自由空间光通信的 MEMS 微镜	112
8.6.1 工艺要点	112
8.6.2 性能要求	113
8.6.3 光束控制性能测试	115
8.7 MEMS 在航天器光通信中的应用	116
8.7.1 光束控制	116
8.7.2 最新进展	118
8.8 小结	120
参考文献	121

第 9 章 航天器热控制中的微系统	126
9.1 引言	126
9.2 热传递的原理	126
9.2.1 热传导	127
9.2.2 对流	127
9.2.3 辐射	128
9.3 航天器热控制	128
9.3.1 航天器热控制硬件	129
9.3.2 空间中的热传递	129
9.4 MEMS 热控制器件应用	130
9.4.1 温度传感器	131
9.4.2 MEMS 百叶窗和快门	131
9.4.3 MEMS 热控开关	133
9.4.4 微型热管	134
9.4.5 MEMS 泵浦液体冷却系统	135
9.4.6 MEMS 斯特林制冷机	136
9.4.7 MEMS 热控制的问题	137
9.5 小结	137
参考文献	137
第 10 章 航天器制导、导航和控制中的微系统	139
10.1 引言	139
10.2 微小卫星中的小型模块化 GN&C 子系统	140
10.2.1 JPL 微导航器	141
10.2.2 GSFC 微小卫星姿态和导航电子系统	141
10.2.3 NMP ST6 惯性恒星相机	142
10.3 MEMS 姿态测量传感器	144
10.3.1 MEMS 磁强计	144
10.3.2 MEMS 太阳敏感器	145
10.3.3 地球传感器	145
10.3.4 星敏感器	145
10.4 惯性测量传感器	146
10.4.1 MEMS 陀螺仪	147
10.4.2 一个 MEMS 陀螺应用实例: NASA/JSC AERCam 系统	149
10.4.3 MEMS 加速度计	150
10.5 MEMS 姿态控制装置	150
10.6 MEMS 技术的高级 GN&C 应用	151
10.6.1 用于惯性测量的 MEMS 原子干涉仪	151

10.6.2	小型 GN&C 传感器和执行器	151
10.6.3	用于机器人系统控制的 MEMS 敏感皮肤	152
10.6.4	模块化 MEMS 独立安全保障传感器单元	152
10.6.5	精密望远镜定向	152
10.7	小结	153
	参考文献	154
第 11 章	微推进技术	157
11.1	引言	157
11.2	电推进器	160
11.2.1	脉冲等离子推进器	160
11.2.2	真空电弧推进器	162
11.2.3	场发射或场效应电推进器	164
11.2.4	激光烧蚀推进器	166
11.2.5	微型离子推进器	168
11.2.6	微型电阻引擎	170
11.2.7	液体汽化微推进器	172
11.3	化学推进器	174
11.3.1	冷气推进器	174
11.3.2	数字推进器	175
11.3.3	单组元推进器	177
11.4	放射性同位素推进器	178
11.4.1	工作原理	178
11.4.2	系统构成	178
11.5	小结	179
	参考文献	179
第 12 章	空间应用的 MEMS 封装技术	182
12.1	MEMS 封装功能简介	182
12.1.1	机械支撑	182
12.1.2	环境隔离	182
12.1.3	与其他系统组件间的电气连接	183
12.2	MEMS 封装的类型	183
12.2.1	金属封装	184
12.2.2	陶瓷封装	184
12.2.3	薄膜多层封装	185
12.2.4	塑料封装	185
12.3	MEMS 封装的固连	185
12.4	热管理问题	186

12.5	多芯片封装	187
12.5.1	MCM/HDI	187
12.5.2	倒装片	188
12.5.3	片上系统	189
12.6	MEMS 的空间应用实例	189
12.6.1	空间技术 5 星的变发射率涂层器件	189
12.6.2	USAFA 猎鹰 SAT-3 的平面等离子分光计	190
12.6.3	詹姆斯·韦伯空间望远镜的微镜阵列	191
12.7	小结	191
	参考文献	192

第 13 章 关键性空间应用的处理与污染控制的考虑 194

13.1	引言	194
13.2	硅片的处理	194
13.3	管芯划片、释放和封装过程的处理	195
13.3.1	管芯划片	195
13.3.2	释放时的处理	195
13.3.3	封装	196
13.4	进程中处理和储存要求	197
13.5	静电放电控制	197
13.6	污染控制	198
13.6.1	污染控制程序	198
13.6.2	MEMS 污染控制	199
13.6.3	加工的污染控制	200
13.6.4	MEMS 封装时的污染控制	200
13.6.5	MEMS 封装后的污染控制	202
13.6.6	空间技术 5 项目中的污染控制	203
13.7	小结	205
	参考文献	206

第 14 章 MEMS 应用的材料选择 207

14.1	引言	207
14.2	微尺度定律	207
14.3	材料选择	208
14.4	材料失效	208
14.4.1	黏附	208
14.4.2	分层	209
14.4.3	疲劳	209
14.4.4	磨损	209

14.5	环境因素	209
14.5.1	振动	210
14.5.2	冲击	210
14.5.3	温度	210
14.5.4	原子氧	211
14.5.5	辐射	211
14.5.6	微粒	212
14.5.7	真空	212
14.5.8	湿度	213
14.6	材料	213
14.6.1	单晶硅	213
14.6.2	多晶硅	213
14.6.3	氮化硅	214
14.6.4	氧化硅	214
14.6.5	金属	214
14.6.6	多晶金刚石	214
14.6.7	碳化硅	215
14.6.8	聚合物与环氧	215
14.6.9	SU-8	215
14.6.10	CP1 [®]	216
14.7	小结	216
	参考文献	217
第 15 章	基于空间的 MEMS 设计和应用的可靠性测试	220
15.1	MEMS 可靠性概述	220
15.2	统计得到的品质一致性与可靠性规范	220
15.3	物理失效方式	221
15.4	MEMS 失效机制	222
15.4.1	材料的不相容性	222
15.4.2	黏附	223
15.4.3	蠕变	223
15.4.4	疲劳	224
15.5	环境因素与器件可靠性	224
15.5.1	环境导致的应力复合	225
15.5.2	热效应	228
15.5.3	冲击与振动	229
15.5.4	湿度	229
15.5.5	辐射	229
15.5.6	电应力	230

15.6 小结	230
参考文献	231
第 16 章 航天微机电系统与微结构的保障方法	233
16.1 引言	233
16.1.1 商用环境 VS 空间环境	233
16.1.2 测试方案的定制	234
16.2 基于空间环境的设计实践	234
16.2.1 寿命周期环境总则	235
16.2.2 降额与冗余	235
16.3 筛选、质检和流程控制	236
16.3.1 基于制造的设计	236
16.3.2 装配和封装鉴定/筛选要求	236
16.3.3 封装和操作	239
16.4 评审	240
16.5 环境测试	242
16.6 最终集成	246
16.7 小结	246
参考文献	247

The machine does not isolate man from the great problems of nature but plunges him more deeply into them. (机械不是把人从自然问题中隔离开来,而是把人更深入地融入自然。)

Saint-Exupéry, Wind, Sand, and Stars, 1939

第 1 章 概 论

1.1 概述

当微机电系统(microelectromechanical system, MEMS)和微结构(microstructure)在航天飞行任务中还处于初始应用的时候,我们来拼凑一本关于 MEMS 系统和微结构在航天中的应用这样一本书,似乎是一件有些草率的事情。任何一项技术从初始阶段发展到成熟阶段都需要几年时间和经历一些曲折的过程。打个比方,直到 20 世纪 40 年代晚期当大多数人能够乘坐飞机的时候,人类才算真正进入了飞行时代。从 1903 年莱特兄弟实现第一次飞行开始,到飞行实现大众化,整个成长期经历了五十多年。类似地,1969 年威斯丁豪斯(Westinghouse)设计了一种谐振栅式场效应管,标志着 MEMS 技术的诞生。在接下来的 10 年里,制造商开始在硅基圆片上使用刻蚀技术生产压力传感器,这种试验一直进行着,直到 80 年代初期硅采用表面加工工艺制造用于硬盘磁头的多晶硅执行器。到 80 年代,当 MEMS 器件在微电子和生物医学工业广泛地设计和研制时, MEMS 技术的潜能才被真正发掘出来。接下来的 25 年里, MEMS 技术从被认为是一项可关注的技术转变成一项具有潜在商业价值的技术。在 90 年代,美国政府和相关机构对 MEMS 技术和相关的起步项目进行了大规模的支持。空军科学研究局(Air Force Office of Scientific Research, AFOSR)支持了相关材料的基础研究,而国防部高级研究计划局(Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA)在 1993 年开始建设相应的代工服务(foundry service)。此外,国家标准技术研究所(National Institute of Standards and Technology, NIST)开始提供商业的代工服务。

在 20 世纪 90 年代后期, MEMS 技术在航天应用中的早期演示验证开始。这些演示体现在 Mighty Sat 1、返回式卫星(shuttle orbiter) STS-93 以及 DARPA 牵头的 OPAL 飞行联盟和 Scorpius(Microcosm)的亚轨道飞行当中。这些早期的切入点可能会被认为是下一代 MEMS 在航天应用的基础。一些早期应用主要出现在那些高校和业余爱好者研制的卫星当中。在不到 10 年的时间里, MEMS 发展成为一种完整的有系统的能用于航天的技术。MEMS 技术已经在航天被迅速采用,并且可以预测在今后 10 年里能够获得更广泛的使用。

出版这本书就是为了帮助和指导能够被更严格的航天飞行系统所采用的下一代 MEMS 技术的发展。这本书指出了在过于挑剔的航天系统和任务中采用新技术后如何降低风险,目的就是为了给那些系统工程师所使用。