



传感器

实用技术

Sensor Practical Technology

◎ 徐开先 钱正洪 张彤 刘沁 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

传感器实用技术

徐开先 钱正洪 张 彤 刘 沁 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书系统地介绍了传感器及传感技术的基本概念、发展趋势、市场需求及产业概况,介绍了智能传感器、MEMS 传感器、生物传感器、力敏传感器、温度传感器、磁敏传感器、光敏传感器、湿敏传感器、气敏传感器、离散传感器的基本概念、特性参数、制备工艺、选型原则及应用。对传感器的可靠性设计、可靠性试验、可靠性筛选给出了实际的例证和失效分析实例。

本书介绍了国内外传感器及传感技术的新理论、新动向、新成果,内容涵盖了作者几十年来的科研、教学成果及实践经验,力求让读者对我国传感器及传感技术有一个深刻、全面、客观的认识,进而提高读者解决实际问题的能力。

本书适合于主管国家传感器技术和产业规划的政府官员;传感器设计、制造部门的工程技术人员、工艺人员、技术工人;传感器应用部门的工程技术人员、维修人员;大专院校相关专业的教师、学生以及有关部门的研究人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

传感器实用技术 / 徐开先等编著. —北京: 国防工业出版社, 2016. 12
ISBN 978 - 7 - 118 - 11103 - 3

I. ①传… II. ①徐… III. ①传感器 IV. ①TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 316932 号

※

国防工业出版社出版发行
(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)
北京京华虎彩印刷有限公司印刷
新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 43 字数 1019 千字
2016 年 12 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—1500 册 定价 120.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777
发行传真:(010)88540755

发行邮购:(010)88540776
发行业务:(010)88540717

前 言

传感技术是研究传感器的材料、设计、工艺、性能和应用的综合技术。

传感技术是信息技术(信息采集、信息处理、信息传输)三大组成部分之一,是发展我国互联网+、物联网及其应用的关键技术,也是发展装备制造业的关键基础元器件。传感器虽“小”但“要命”。人们往往把传感器誉为人的感官(光敏传感器——眼、气敏传感器——鼻、声敏传感器——耳、味觉传感器——舌、触觉传感器——皮肤),而把计算机誉为人体之大脑,把通信技术视为人体之经络。因此,通过传感器(感官)获取信息,由计算机(大脑)发出指令,由通信技术(经络)进行传输,再由计算机进行计算控制。

传感器和传感技术是国家综合实力、科技水平、创新能力的体现,是获取自然界和生产领域中信息的主要手段和途径。传感器和传感技术能获取人类感官无法获取的大量信息,能给新技术革命带来深刻变化和关键性突破,但同时也是现代技术发展的瓶颈。

传感器和传感技术具有基础面广、依附性强,技术密集、产业化难度大,投资密集、投资强度高,产品规格多、应用分散的特点。

从本质上讲,传感器产业属于服务型产业,传感技术属于应用技术。但传感器的经济效益具有“四两拨千金”作用,其本身的直接经济效益也许并不明显,但其推动的产业链及其产品效益可观、市场巨大、影响深远。其本身的经济效益主要由其应用对象体现,市场开发依赖于各产业应用的支撑。

传感器的难点在于产业化,传感器的重点也在于产业化。国内传感器现状可以归纳为三个“基本”,一个“提高”:传感器研究、生产、应用体系、产业布局基本形成,产业集群已成雏形;传感器的产品门类基本齐全,取得了一批重要科技成果,部分传感技术优势明显,总体产品质量处于中、低水平;传感器中低档产品基本满足市场需求,高档产品基本由国外进口。产品的设计水平、研发水平、应用水平普遍提高,但均处于国际中、低水平。

国内传感器产业发展存在的主要问题有下列几个方面:缺乏顶层设计和统筹规划,资源分散、产业规模小,核心技术少、创新能力弱;共性关键技术(设计技术、工艺装备技术、可靠性技术等)尚未真正突破;品种、规格、系列不全,技术指标不高;传感器的技术水平、工艺研究、新品开发总体上比国外落后10~15年。

在“中国制造2025”这一大背景下,为适时总结我国传感器行业发展的经验和教训,为推动我国传感器行业的发展,为给我国装备制造业特别是“智能制造”提供关键基础元器件——传感器的制造提供一些帮助,为给政府决策部门提供发展传感器的信息和依据……,我们组织了长期以来一直从事传感器和传感技术的科研、生产、应用的广大一线科技工作者,结合自身的科研、教学工作实际以及在生产和应用中遇到的实际问题,在调查研究我国传感器行业现实状况的基础上,结合“强基工程”研究,编写了七书。

本书主要介绍了传感器和传感技术的基本概念、分类、特性、命名,指出了国内传感器

产业存在的问题、发展滞后的原因、技术发展趋势、市场需求动态以及国内外产业发展概况。介绍了智能传感器、MEMS 传感器、生物芯片及生物传感器、力敏元件及力传感器、热敏元件及温度传感器、磁敏元件及磁传感器、光敏元件及光传感器、湿敏元件及湿度传感器、气敏元件及气体传感器及离散传感器的基本概念、特性参数、制备工艺、选型原则、应用指南及实用举例。

书中特别关注敏感元件和传感器的稳定性和可靠性问题。专门论述了敏感元件和传感器的寿命分布、可靠性设计、可靠性试验、可靠性筛选,提出了各类敏感元件和传感器的可靠性试验方法,并给出了失效分析实例。

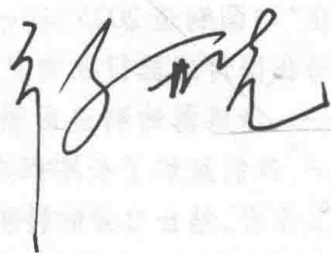
本书介绍了国内外在传感器和传感技术研究方面的新动态、新技术、新材料、新工艺,以及国内外的最新技术和最新成果。内容从设计入手,通过对制备工艺的剖析,提出解决各类敏感元件和传感器稳定性和可靠性问题的建议;提出注重传感器的产业化、规模化生产技术,重视传感器应用,特别是在互联网+、物联网中的应用;给出各类传感器型号、选用原则、应用举例、问题剖析。在本书写作过程中力求注重系统性、逻辑性、可读性,注重理论结合实践,体现学术水平和应用价值。

本书由教授级高工徐开先等编著。其中第一章、第二章、第四章、第六章由沈阳仪表科学院徐开先教授级高工撰写;第三章由传感器国家工程研究中心刘沁教授级高工撰写;第五章由感器国家工程研究中心张纯棣高工、匡石教授级高工撰写;第七章由杭州电子科技大学教授钱正洪博士撰写;第八章由中国科学院半导体所季安研究员撰写;第九、第十章由吉林大学张彤教授撰写;第十一章由上海兰宝科技有限公司谢勇高工撰写;第十二章由国家仪器仪表元器件产品质量监督检验中心李延夫教授级高工、孙礼工程师撰写。全书由徐开先教授级高工统一审稿、定稿。

在编写过程中,沈阳仪表科学研究院曾艳丽教授级高工、费书国教授级高工给予多方指导与帮助,提出了许多具体宝贵意见。《仪表技术与传感器》杂志马丽敏高工,中国仪器仪表协会传感器分会秘书长徐秋玲高工,李季高工对全书的编辑、整理、绘图等工作做出了很大努力。在此一并致以诚挚谢意!

本书的撰写人员,虽然长期工作在传感器一线几十年,但时代在前进、科技在进步、产品在发展,书中不足之处在所难免,有些观点尚须经受时间的考核与历史的检验,敬请广大读者批评指正,不胜感谢!

愿本书能给广大读者带来收益,能有助于我国传感器事业的发展,能为振兴民族传感器品牌发挥一点作用,足矣!



猴年(2016)于沈阳

目 录

第1章 传感器与传感技术概述	1
1.1 传感器与传感技术的基本概念及特点	1
1.2 传感器的作用和战略地位	2
1.3 传感器的分类	5
1.4 传感器的特性	8
1.4.1 传感器的静态特性	8
1.4.2 传感器的动态特性	13
1.5 传感器的命名、代号及图形符号	20
1.5.1 传感器的命名	20
1.5.2 传感器的代号	21
1.5.3 传感器的图用图形符号	25
1.6 传感器及传感技术发展趋势	33
1.6.1 传感技术发展趋势	33
1.6.2 传感器产业发展趋势	35
1.6.3 敏感材料发展趋势	35
1.6.4 传感器制备工艺发展趋势	38
1.7 传感器发展战略研究	39
1.7.1 传感器产品、工艺(装备)、材料发展重点	39
1.7.2 打造传感器产业基地	51
1.7.3 传感器发展路线	51
1.7.4 传感器发展措施建议	52
1.8 国内传感器发展概况	56
1.8.1 传感器产业发展现状	56
1.8.2 传感器市场国内需求分析	57
1.8.3 传感器产业发展存在的主要问题	60
1.9 国外传感器发展概况	63
1.9.1 国外传感器发展经验借鉴	63
1.9.2 国际传感器产业发展趋势	64
1.9.3 国外传感器产业现状	64
1.9.4 国外传感器市场需求状况	69

第2章 智能传感器	72
2.1 智能传感器的基本概念及分类	72
2.2 智能传感器的构成、功能与特点	74
2.2.1 智能传感器的构成	74
2.2.2 智能传感器功能	76
2.2.3 智能传感器的特点	77
2.3 智能传感器的技术剖析	77
2.3.1 智能传感器的基础理论——信息(数据)融合技术	77
2.3.2 智能传感器的设计	78
2.3.3 智能传感器实现的主要技术路径	80
2.3.4 智能传感器标准体系	80
2.4 智能传感器的实现途径	82
2.4.1 非集成化实现	82
2.4.2 集成化实现	83
2.4.3 混合实现	85
2.5 智能传感器的通信接口、协议	86
2.5.1 智能传感器的通信接口	86
2.5.2 智能传感器的协议、总线	90
2.6 智能传感器的发展趋势	94
2.7 智能传感器的应用	98
2.7.1 智能传感器在汽车电子系统应用	98
2.7.2 在环境监测方面的应用	99
2.7.3 在航天航空、通信领域的应用	101
2.7.4 在武器系统中的应用	102
第3章 MEMS 传感器及其应用	105
3.1 MEMS 传感器的基本概念	106
3.1.1 MEMS 传感器概述	106
3.1.2 MEMS 传感器的优点及典型特征	107
3.1.3 MEMS 传感器分类	108
3.1.4 MEMS 传感器的技术发展趋势	109
3.2 MEMS 传感器制作与材料	110
3.2.1 MEMS 传感器制作特点	110
3.2.2 MEMS 传感器典型材料	112
3.3 MEMS 传感器的典型制备工艺	115
3.3.1 MEMS 传感器膜制备工艺	118
3.3.2 MEMS 传感器的光刻技术	122
3.3.3 MEMS 传感器的干法腐蚀和湿法腐蚀工艺	125

3.3.4	硅自停止腐蚀工艺	128
3.3.5	MEMS 体微加工的表面牺牲层工艺和 LIGA 工艺	130
3.3.6	MEMS 传感器的键合工艺	132
3.3.7	MEMS 传感器晶圆的切割与封装	136
3.4	MEMS 传感器测试	140
3.5	MEMS 传感器设计仿真简介	142
3.5.1	仿真工具简介	143
3.5.2	仿真设计实例——梳齿式加速度传感器的设计	149
3.6	MEMS 传感器应用	155
3.6.1	MEMS 传感器的典型应用	156
3.6.2	MEMS 传感器的其他应用	158
第4章	生物芯片和生物传感器	161
4.1	生物芯片及生物传感器的基本概念	161
4.2	生物芯片及生物传感器的分类	163
4.2.1	生物芯片的分类	163
4.2.2	生物传感器的分类	164
4.3	生物传感器的制备	165
4.4	生物传感器的发展趋势	171
4.4.1	生物芯片的发展趋势	171
4.4.2	生物传感器发展趋势	172
4.5	生物芯片、生物传感器国内外概况	174
4.5.1	生物芯片、生物传感器国外概况	174
4.5.2	我国生物芯片、生物传感器的现状	176
4.5.3	我国生物传感器技术发展历程	179
4.6	生物传感器的应用	181
4.6.1	生物传感器在医学领域中的应用	181
4.6.2	生物传感器在发酵工业中的应用	182
4.6.3	生物传感器在环境检测方面的应用	183
第5章	力敏元件及传感器	186
5.1	力敏元件及传感器的分类	186
5.2	力敏元件及传感器的特性参数	188
5.2.1	应变式力敏元件及传感器	189
5.2.2	压阻式力敏元件及传感器	192
5.2.3	电容式力敏元件及传感器	193
5.2.4	压电式力敏元件及传感器	196
5.2.5	电感式力敏元件及传感器	197
5.2.6	谐振式力敏元件及传感器	204

5.3	力敏元件及传感器的制造技术	206
5.3.1	主要工艺流程	206
5.3.2	氧化工艺	206
5.3.3	光刻	214
5.3.4	扩散和注入	222
5.3.5	退火和再扩	229
5.3.6	淀积工艺	229
5.3.7	电极制备工艺	231
5.3.8	电极合金化	232
5.3.9	表面钝化	233
5.3.10	硅膜片的形成	235
5.3.11	封接技术	239
5.3.12	焊接和充灌技术	242
5.3.13	典型的力敏传感器结构	245
5.3.14	力敏传感器典型的工艺流程	246
5.3.15	其他制备技术	248
5.4	力敏传感器的温度补偿	248
5.4.1	扩散硅压阻式压力传感器温度补偿的基本术语	248
5.4.2	扩散硅压阻式传感器的热漂移与供电的关系	249
5.4.3	扩散硅压阻式压力传感器的温度补偿原理(串并联电阻法)	251
5.4.4	扩散硅压阻式压力传感器的温度补偿计算方法 (串并联电阻法一)	254
5.4.5	扩散硅压阻式压力传感器的温度补偿计算方法 (串并联电阻法二)	262
5.4.6	传感器的温度补偿方法(软件补偿)	269
5.4.7	应变片传感器的温度补偿	272
5.5	力敏元件及传感器的选用原则	272
5.5.1	按性能指标要求选用	273
5.5.2	按使用环境要求选用	273
5.5.3	按测量对象要求选用	274
5.5.4	选用举例	275
5.6	力敏元件及传感器的发展及应用	276
5.6.1	直流电桥测量电路	278
5.6.2	频率测量电路	279
5.6.3	电荷放大测量电路	280
5.6.4	差动电容测量电路	281
第6章	热敏元件、温度传感器及应用技术	284
6.1	温度测量的基本概念	284

6.2	热敏元件、温度传感器的基本原理及特性参数	288
6.2.1	热电偶	288
6.2.2	热电阻	291
6.2.3	热敏电阻器	296
6.2.4	热辐射温度传感器	302
6.2.5	新型温度传感器	305
6.3	热敏元件及传感器制备技术	313
6.3.1	热敏电阻器的制备技术	313
6.3.2	铂热电阻的制备技术	321
6.4	热敏元件、温度传感器的应用技术	328
6.4.1	测量电路	328
6.4.2	温度控制	332
6.4.3	温度仪表	333
6.5	测温元件、测温传感器及测温仪表的选用	335
6.5.1	测温元件选择	335
6.5.2	测温传感器选择	336
6.5.3	温度变送器的选用	339
6.5.4	温度仪表的选用	340
第7章	磁敏元件及传感器	342
7.1	磁敏元件及传感器的分类与特性参数	342
7.1.1	磁敏元件及传感器分类	342
7.1.2	磁敏元件的特性参数	342
7.1.3	磁敏传感器的原理与特性	344
7.1.4	磁敏元件及传感器性能比较	350
7.2	磁传感器的制备工艺	352
7.2.1	固态磁敏传感器制备关键工艺	353
7.2.2	霍尔敏感元件的制备	358
7.2.3	薄膜磁阻传感器的制备	360
7.2.4	磁敏单元与半导体电路的工艺集成	363
7.3	磁敏传感器的信号处理与补偿技术	364
7.3.1	信号处理电路	364
7.3.2	温度补偿与处理	366
7.3.3	非线性补偿与处理	371
7.3.4	零点补偿与处理	374
7.4	磁敏传感器的应用	377
7.4.1	磁敏传感器的应用领域	377
7.4.2	磁敏传感器的选用原则	379
7.4.3	磁敏传感器的典型应用	380

第 8 章 光敏元件及传感器	392
8.1 光敏元器件及传感器分类	392
8.2 光敏元件的工作原理	392
8.2.1 光电导元件的工作原理及结构特点	392
8.2.2 光电池的工作原理	393
8.2.3 PIN 光敏二极管	395
8.2.4 雪崩光敏二极管	395
8.2.5 光敏三极管的工作原理	396
8.2.6 色敏元件	396
8.2.7 光电位敏元件的工作原理	397
8.3 光敏元件的特性	401
8.3.1 光照特性	401
8.3.2 光谱特性	402
8.3.3 伏安特性	403
8.3.4 频率特性	404
8.3.5 温度特性	405
8.3.6 灵敏度和积分灵敏度	406
8.3.7 稳定性及寿命	406
8.3.8 光电流和暗电流	407
8.4 光敏元件的设计和制作工艺	407
8.4.1 硅光电池的设计	407
8.4.2 位敏元件的设计	409
8.4.3 光敏元件的制备工艺	410
8.5 其他光敏元器件	412
8.5.1 自扫描光敏二极管阵列	412
8.5.2 非晶硅光敏元件	413
8.5.3 化合物光电池	414
8.5.4 其他类型光敏元件	415
8.6 光敏元件的应用	415
8.6.1 光敏元件的温度补偿技术	415
8.6.2 光敏元件的应用基础	417
8.7 光敏元件的选用要点	420
8.7.1 光电导元件的选用	420
8.7.2 光电池的应用	421
8.7.3 光敏二极管、光敏三极管的选用	422
8.7.4 位敏元件的选用	422

第9章 湿敏元件及传感器的应用	423
9.1 湿敏元件及湿度传感器的基本概念	423
9.1.1 湿敏元件及传感器的分类	423
9.1.2 湿敏元件及传感器的特性参数	423
9.1.3 湿敏元件及传感器的国内外概况	425
9.1.4 湿敏元件的发展趋势	427
9.2 湿敏元件及传感器的制备工艺	428
9.2.1 陶瓷湿度传感器	428
9.2.2 有机高分子湿度传感器	438
9.2.3 树脂分散型结露传感器	440
9.2.4 半导体式湿度传感器	441
9.2.5 电解质系湿度传感器	443
9.2.6 湿度传感器的制作工艺	446
9.3 湿敏元件及传感器的应用	450
9.3.1 湿敏元件及传感器的选用原则	450
9.3.2 湿敏元件及传感器的应用实例	452
9.3.3 几种湿度传感器的检测电路	456
9.4 湿度传感器的最新进展	457
9.4.1 介孔湿度传感器	458
9.4.2 多孔交联聚合物湿度传感器	460
第10章 气敏元件及传感器的应用	464
10.1 气敏元件及传感器的基本概念	464
10.1.1 气敏元件及传感器的分类	464
10.1.2 气敏元件及传感器的特性参数	465
10.1.3 气敏元件及传感器的国内外概况	469
10.1.4 气敏元件及传感器的发展趋势	471
10.2 气敏元件及传感器的工作原理和制备工艺	473
10.2.1 半导体式气体传感器	473
10.2.2 固体电解质式气体传感器	481
10.2.3 接触燃烧式气体传感器	484
10.2.4 电化学式气体传感器	484
10.2.5 有机高分子式气体传感器	486
10.2.6 集成复合型气体传感器	487
10.2.7 MEMS 气体传感器	489
10.3 气敏元件及气体传感器的应用	490
10.3.1 气敏元件及传感器的选用原则	490
10.3.2 气敏元件及气体传感器在家居中的应用	493

10.3.3	气敏元件及气体传感器在汽车中的应用	494
10.3.4	气敏元件及气体传感器在工业上的应用	496
10.3.5	气敏元件及气体传感器在检测大气污染气体方面的应用	496
10.3.6	气敏元件及气体传感器在医疗方面的应用	497
10.3.7	气敏元件及气体传感器在家用电器方面的应用	498
10.3.8	气敏元件及气体传感器在煤矿安全方面的应用	498
10.4	气体传感材料的最新进展	499
10.4.1	金属氧化物材料的结构调控与敏感特性	499
10.4.2	石墨烯材料的结构调控与传感特性	500
第 11 章	离散传感器及应用	505
11.1	离散传感器的基本概况	505
11.1.1	离散传感器的基本构成	505
11.1.2	离散传感器的分类	506
11.1.3	离散传感器产业发展的基本状况和差距	512
11.1.4	离散传感器的发展趋势	516
11.2	离散传感器的特征参数	519
11.2.1	离散传感器通用参数	519
11.2.2	离散传感器特征参数	525
11.3	离散传感器制备工艺	529
11.3.1	离散传感器的结构	529
11.3.2	离散传感器的设计	532
11.3.3	离散传感器的工艺	537
11.3.4	传感器的测试检验	545
11.4	离散传感器的应用	569
11.4.1	离散传感器的选型原则	569
11.4.2	离散传感器的应用及前景	574
第 12 章	敏感元件及传感器可靠性技术	584
12.1	可靠性技术基础概述	584
12.1.1	可靠性技术发展史	584
12.1.2	可靠性技术及其特点	585
12.1.3	可靠性技术中常用的几个基本概念	586
12.1.4	产品的寿命分布	591
12.1.5	可靠性设计	597
12.1.6	环境试验	602
12.1.7	可靠性试验	609
12.1.8	可靠性管理	625
12.2	敏感元件及传感器的可靠性试验	628

12.2.1	概述	628
12.2.2	力敏元件及传感器可靠性试验	631
12.2.3	热敏元件及温度传感器可靠性试验	636
12.2.4	光敏元件及光传感器可靠性试验	640
12.2.5	磁敏元件及传感器可靠性试验	642
12.2.6	湿敏元件可靠性试验	645
12.2.7	气敏元件可靠性试验	646
12.2.8	离子敏感元件可靠性试验	647
12.3	敏感元件及传感器的失效分析	648
12.3.1	概述	648
12.3.2	分析方法	650
12.3.3	敏感元件及传感器失效分析实例	654
附录		662
参考文献		665

第 1 章 传感器与传感技术概述

本章主要论述了传感器及传感技术的基本概念及特点,传感器的作用和战略地位,传感器的分类、特性、命名、代号及图形符号,传感器及传感技术发展趋势,传感器产业发展战略研究以及传感器产业的国内外概况。

1.1 传感器与传感技术的基本概念及特点

1. 传感器

传感器(sensor)是能感受被测量并按照一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置,通常由敏感元件和转换元件组成。

(1) 敏感元件:传感器中能直接感受或响应被测量的部分。

(2) 转换元件:传感器中能将敏感元件感受或响应的被测量转换成适合传输或测量的电信号部分。

当输出为规定的标准信号时,则称为变送器(transmitter)。

智能传感器(intelligent sensor)是具有与外部系统双向通信的手段,用于发送测量、状态信息,接收和处理外部命令的传感器。

图 1-1 示出了标准的扩散硅力敏传感器的构成。

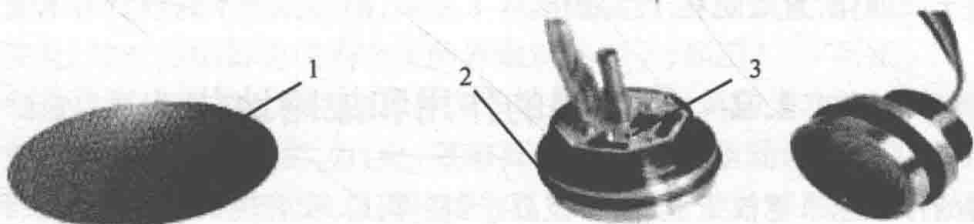


图 1-1 扩散硅力敏传感器的构成
1—敏感元件; 2—转换元件; 3—参考压力接口。

其中,敏感元件由硅材料上采用 MEMS(微机电系统)工艺制作的惠斯登桥路组成,置于壳体内;转换元件主要由专用放大电路和补偿电路组成。

最简单的传感器是由一个敏感元件(兼转换元件)组成的,在感受被测量时直接输出电量,如热电阻、热电偶等。

2. 传感技术

传感技术是研究传感器的材料、设计、工艺、性能和应用的综合技术。传感技术是一门涉及边缘学科的高新技术,它涉及物理学、数学、化学、材料学、工艺学、统计学和各种现代、前沿的学科技术。

对传感器和传感技术的研究,不仅要十分重视对敏感元件的研究和开发,更应十分重

视对传感技术的研究和开发,以便获得一个稳定、可靠、有直接经济效益和巨大社会价值的传感器。

3. 传感器、传感技术的特点

(1) 基础面广,依附性强。传感器、传感技术的发展依附于敏感机理、敏感材料、制备工艺、工艺装备、检测技术、市场应用等 6 块基石。敏感机理千差万别,敏感材料多种多样,工艺技术层出不穷,工艺装备各有特点,检测技术不断完善,市场应用复杂多变。没有上述 6 块基石支持,传感器和传感技术发展难以为继。

(2) 技术密集,产业化难度大。传感器涉及多学科、多技术,特别是智能传感器,除涉及传感技术外,还涉及 IC 技术、计算机技术、无线通信技术等,而这些技术都在不断发展和完善中。要实现传感器产业化,必须解决一系列传感器产业化难题,如产业化中关键技术的突破、产业化条件的提供、产业化人才的培养、产品的市场应用规模,产业政策的制定和实施等一系列问题。

(3) 投资密集,投资强度高。传感器除在产品研发过程中需资金投入外,在工艺装备、测试设备、示范应用、人才培养等方面的投资也很高,尤其是在工程化研究以及实现规模化生产时要求的投资强度更高,而且要求连续性投资,在短期内又很难见到效益。

(4) 产品规格多,应用分散。传感器产品门类和品种规格繁多,据不完全统计有 12 大类,42 小类,6000 多品种,20000 多种规格,呈现出多品种、少批量、高要求、广应用的特点,不同的应用场合对传感器有不同的要求。

从本质上讲,传感器产业属于服务型产业,传感技术属于应用技术,投资密集,一次性投资强度大且要求连续投资,但传感器的经济效益具有“四两拨千斤”作用,其本身的直接经济效益也许并不明显,但其推动的产业链及其产品效益可观、市场巨大、影响深远。其本身的经济效益主要由其应用对象体现,市场开发多依赖于各产业应用的支撑。传感器的难点在于产业化,重点也在于产业化。

1.2 传感器的作用和战略地位

传感器的作用越来越被工业界、科技界、国防军工、政府决策部门所认识和重视。这是因为:传感技术是信息技术三大组成部分之一,是发展我国物联网及其应用的关键技术;传感器是发展我国装备制造业的关键基础元器件,传感器虽“小”但“要命”。

信息技术主要由信息采集、信息处理、信息传输三大部分组成。传感技术与信息技术的关系如图 1-2 所示。



图 1-2 传感技术与信息技术的关系

从图 1-2 可知,传感技术是现代控制测量技术的主要环节,如果没有传感技术对被

测对象进行准确、可靠的检测,无论对信息的转换、处理、传输和显示有多么精确,都没有任何意义。

人们往往把传感器誉为人的感官,即光敏传感器——眼、气敏传感器——鼻、声敏传感器——耳、味觉传感器——舌、触觉传感器——皮肤,而把计算机誉为人的大脑,把通信技术视为人体的经络。因此,通过感官(传感器)获取信息,由大脑(计算机)发出指令,由经络(通信技术)进行传输,再由计算机进行计算控制。

传感器和传感技术的作用和战略地位主要表现在以下几个方面。

1. 传感器是获取自然界和生产领域中信息的主要手段和途径

无论是流程控制的温度、压力、流量三大热工参数检控,还是离散控制的位移、位置、距离和角度等参数的检测,以至环境监测、医疗防护、人体健康、物联网应用等各种领域,如不能获得准确可靠的信息,则所有的应用都将一事无成。事实上,许多科学研究的障碍,首先就在于对信息的获取存在困难。

2. 传感器能获取人类感官无法获取的大量信息

利用传感器,能观察到 10^{-10}cm 的微粒,能测量 10^{-24}s 的时间以及进行 10^{-15}T 磁感应强度、 10^{-13}A 电流、 10^{-23}J 能量等物理量的高精度检测,能观察到上千光年的茫茫宇宙和数十万年的天体演变。传感器可以在超高温、超低温、超高压、超低真空、超强磁场、超弱磁场等各种极端条件下获得人类感官无法获得的信息。可以说,传感器是人类五官的延伸。

3. 传感器和传感技术能给新技术革命带来深刻变化和关键性突破

IC 工艺的引入,MEMS 传感器的出现,使自动化仪表由机械式仪表进入了机电一体化仪表;片上集成工艺的引入,采用了无线通信和低功耗技术,推出了单片集成传感器和 WSN 传感器,使仪器仪表进入现场总线仪表时代;而计算机技术、通信技术、大规模集成电路制造技术在传感技术中的应用,诞生了智能传感器,从而使仪器仪表出现了智能仪表的革命性变化,这时传感器与仪表之间的界限就模糊了,如图 1-3 所示。

又如制造仪器仪表的材料由金属转为非金属,由硅材料转为功能材料,特别是功能材料中的智能材料具有感知温度、力、电、磁等外界环境产生驱动(位移等)等的效应,这类材料的引入,将颠覆现有传感器、仪器仪表制造工艺流程,使传感器、仪器仪表产品发生结构性的变革和进步。

4. 传感器和传感技术是工业化、信息化时代的关键技术

在工业自动化技术发展时代,传感器、执行器、计算机是组成近代自动化系统的三大环节,传感器是关键。因此,在微处理器开始普及的 20 世纪 80 年代,掀起了“传感器热”,日本把传感技术列为 20 世纪 80 年代十大技术之首,美国把传感技术列为 20 世纪 90 年代 22 项关键技术之一,甚至有“谁掌握了传感器,谁就掌握了一个时代”之说。

在信息化、物联网时代,传感器和传感技术是信息科学和技术的核心,是信息技术发展和物联网产业发展的关键。信息获取技术大大落后于信息处理技术(计算机技术)与信息传输技术(通信、网络技术),所以传感器和传感技术仍然位于推动科学技术进步的关键与基础地位,是众多科学家、技术工作者攻坚的热点。

5. 传感技术的发展水平是国家综合实力的表现

传感器基础理论的研究与国家基础理论研究的重视程度有关,也体现国家基础理