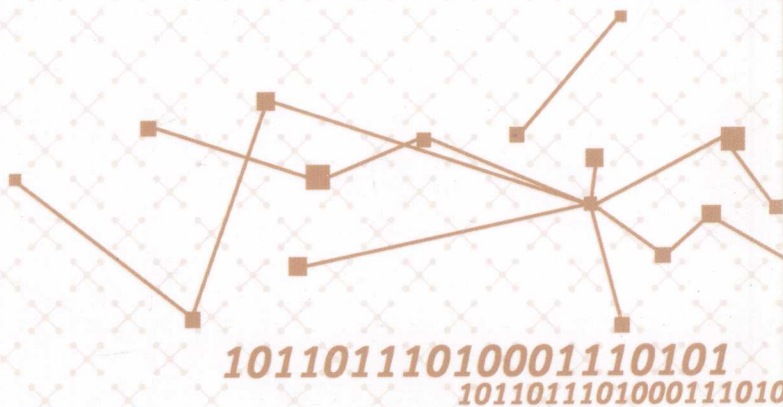




“十二五”国家重点图书出版规划项目

中国科学技术大学精品教材



杨 圣 张韶宇 蒋依秦 蔡莎莎 / 编著

先进传感技术

Advanced Sensing Technology

中国科学技术大学出版社

014036815

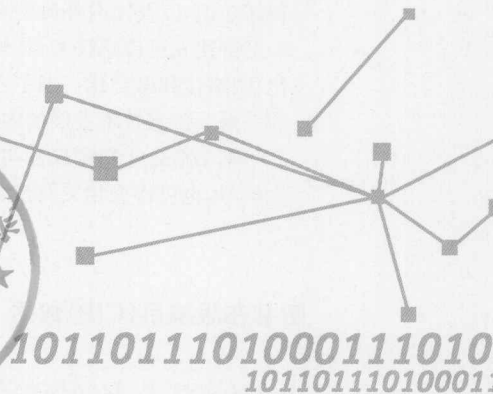


“十二五”国家重点图书出版规划项目

中国科学技术大学精品教材

国家自然科学基金项目资助

TP212
328



杨 圣 张韶宇 蒋依秦 蔡莎莎 / 编著

Advanced Sensing Technology

先进传感技术

中国科学技术大学出版社



北航

C1724914

TP212
328

内 容 简 介

本书的主要内容包括:国内外先进传感技术现状及发展趋势,先进传感材料,微传感器制造技术,传感器建模新方法,传感器设计、仿真及其工具软件等新概念、新思想和新知识,以及国内外典型先进传感器的材料特性、结构特点、原理分析和设计方法。本书讲述先进传感技术,具体体现在新原理、新材料、微型化、集成化、多功能化、智能化、网络化和融合化。书中还引入了“外化”、“体外进化”和“师法自然”等哲学概念,目的是揭示传感技术发展的内在规律,寻求创新的有效途径。

本书适合于精密仪器与机械、机械电子工程、测试计量技术及仪器等专业的研究生学习,也可作为相关科技工作者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

先进传感技术/杨圣等编著. —合肥:中国科学技术大学出版社,2014.1
(中国科学技术大学精品教材)

“十二五”国家重点图书出版规划项目

ISBN 978-7-312-03403-9

I. 先… II. 杨… III. 传感器 IV. TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 014141 号

中国科学技术大学出版社出版发行

安徽省合肥市金寨路 96 号,230026

<http://press.ustc.edu.cn>

安徽省瑞隆印务有限公司印刷

全国新华书店经销

开本:710 mm×960 mm 1/16 印张:22.75 插页:2 字数:432 千

2014 年 1 月第 1 版 2014 年 1 月第 1 次印刷

定价:41.00 元



编审委员会

主 任 侯建国

副主任 窦贤康 陈初升
张淑林 朱长飞

委 员 (按姓氏笔画排序)

方兆本	史济怀	古继宝	伍小平
刘 斌	刘万东	朱长飞	孙立广
汤书昆	向守平	李曙光	苏 淳
陆夕云	杨金龙	张淑林	陈发来
陈华平	陈初升	陈国良	陈晓非
周学海	胡化凯	胡友秋	俞书勤
侯建国	施蕴渝	郭光灿	郭庆祥
奚宏生	钱逸泰	徐善驾	盛六四
龚兴龙	程福臻	蒋 一	窦贤康
褚家如	滕脉坤	霍剑青	

总 序

2008年,为庆祝中国科学技术大学建校五十周年,反映建校以来的办学理念和特色,集中展示教材建设的成果,学校决定组织编写出版代表中国科学技术大学教学水平的精品教材系列。在各方的共同努力下,共组织选题281种,经过多轮、严格的评审,最后确定50种入选精品教材系列。

五十周年校庆精品教材系列于2008年9月纪念建校五十周年之际陆续出版,共出书50种,在学生、教师、校友以及高校同行中引起了很好的反响,并整体进入国家新闻出版总署的“十一五”国家重点图书出版规划。为继续鼓励教师积极开展教学研究与教学建设,结合自己的教学与科研积累编写高水平的教材,学校决定,将精品教材出版作为常规工作,以《中国科学技术大学精品教材》系列的形式长期出版,并设立专项基金给予支持。国家新闻出版总署也将该精品教材系列继续列入“十二五”国家重点图书出版规划。

1958年学校成立之时,教员大部分来自中国科学院的各个研究所。作为各个研究所的科研人员,他们到学校后保持了教学的同时又作研究的传统。同时,根据“全院办校,所系结合”的原则,科学院各个研究所在科研第一线工作的杰出科学家也参与学校的教学,为本科生授课,将最新的科研成果融入到教学中。虽然现在外界环境和内在条件都发生了很大变化,但学校以教学为主、教学与科研相结合的方针没有变。正因为坚持了科学与技术相结合、理论与实践相结合、教学与科研相结合的方针,并形成了优良的传统,才培养出了一批又一批高质量的人才。

学校非常重视基础课和专业基础课教学的传统,也是她特别成功的原因之一。当今社会,科技发展突飞猛进、科技成果日新月异,没有扎实的基础知识,很难在科学技术研究中作出重大贡献。建校之初,华罗庚、吴有训、严济慈等老一辈科学家、教育家就身体力行,亲自为本科生讲授基础课。他们以渊博的学识、精湛的讲课艺术、高尚的师德,带出一批又一批杰出的年轻教员,培养

前 言

传感器是自动化-信息化-智能化系统及设备的关键部件。我们正处在信息时代,几乎所有的行业都在用自动化-信息化-智能化的设备与系统取代老式设备与系统。目前,敏感元器件与传感器在工业部门的应用普及率已被国际社会作为衡量一个国家智能化、数字化、网络化程度的重要标志,正如国外有的专家认为:谁支配了传感器,谁就支配了目前的新时代。

传感技术涉及的学科广泛,不仅工程技术类学科离不开它,即使是数学、物理学、化学、地球科学、生物学、天文学这些基础学科也与之相互融合。举例来说,传统上数学是传感技术的基础之一,但传感器对数学的贡献却很少,出人意料的是近年来“压缩传感技术”成了很多数学家的研究课题。在作者的教学实践中,经常会有一些学基础科学的同学不解地问:“传感技术对基础科学研究真的很重要吗?”回答是肯定的。买来的仪器基本上都不是你所独有的,世界上那么多人用此仪器都没有观察到的现象,被你观察到的概率也会非常小。如果你能自己研制或改进传感器,那就大不一样了,你可以看到别人看不到的现象,进而发现别人发现不了的规律。客观地说,很少有一门技术能像传感技术这样来源于如此多的学科,而又反过来服务于这些学科。

本书选取的内容侧重于先进传感技术。所谓先进传感技术,就是代表传感技术发展方向的传感技术,主要体现在以下几个方面:新原理、新材料、微型化、集成化、多功能化、智能化、网络化和融合化。除此之外,先进传感技术必然要拥有先进的分析、仿真和设计手段,离不开最新软件工具的支持。由于先进传感技术涉及光、机、电等多个领域,需要掌握的软件工具也就随之增多,以至于一个人要花大量的时间才能够熟悉这些软件工具。限于篇幅,本书只能对这些软件工具作简要介绍,无法深入展开。

目 次

总序	(i)
前言	(iii)
第 1 章 传感器概论	(1)
1.1 人体感官与传感器	(3)
1.1.1 人的外化	(3)
1.1.2 人的体外进化	(4)
1.1.3 人体感官的外化与体外进化	(5)
1.1.4 师法自然与仿生传感器	(9)
1.2 传感器的分类、构成与发展动向	(13)
1.2.1 传感器的分类	(14)
1.2.2 传感器的构成	(16)
1.2.3 传感器的发展动向	(17)
参考文献	(20)
第 2 章 传感器材料	(21)
2.1 电学功能材料	(21)
2.1.1 导电材料	(22)
2.1.2 绝缘材料	(22)
2.1.3 半导体材料	(23)
2.2 磁学功能材料	(25)
2.2.1 磁性材料	(25)
2.2.2 有机磁体	(26)
2.2.3 磁电材料	(26)
2.3 光学功能材料	(27)

3.3.6 钎焊	(61)
3.3.7 硅-硅直接键合	(61)
3.3.8 微装配	(61)
3.4 封装技术	(64)
3.4.1 芯片级封装	(65)
3.4.2 圆片级封装	(67)
3.4.3 系统级封装	(67)
3.5 质量控制	(68)
3.5.1 微测试技术	(68)
3.5.2 可靠性技术	(69)
3.6 洁净室	(70)
参考文献	(71)
第4章 微传感器设计、建模与仿真	(73)
4.1 微传感器设计	(73)
4.1.1 尺度效应	(74)
4.1.2 微传感器动力学	(76)
4.2 微传感器建模	(77)
4.2.1 相似等效法	(78)
4.2.2 分析力学建模	(78)
4.2.3 耦合场建模	(80)
4.3 微传感器仿真	(82)
4.3.1 MEMS CAD 软件	(82)
4.3.2 SolidWorks 软件	(84)
4.3.3 Comsol, Ansys, MATLAB 软件	(84)
4.3.4 Zemax, TracePro, OptisWorks 软件	(85)
参考文献	(85)
第5章 硅电容式微传感器	(87)
5.1 典型传感器结构及工作原理	(87)
5.1.1 微型硅加速度计	(88)
5.1.2 硅集成压力传感器	(93)
5.1.3 CMOS 集成电容湿度传感器	(94)
5.2 设计、建模与仿真	(97)

第6章 谐振式传感器	(111)
6.1 常用的激振、拾振方法	(111)
6.1.1 静电激振与静电拾振	(112)
6.1.2 电磁激振与拾振	(113)
6.1.3 压电激振与拾振	(113)
6.1.4 电热激振与压阻拾振	(113)
6.1.5 光激振与拾振	(114)
6.2 谐振式加速度传感器	(117)
6.2.1 振梁型谐振加速度计	(117)
6.2.2 静电刚度式谐振微加速度计	(118)
6.2.3 DETF 谐振式微加速度计	(119)
6.3 谐振式压力传感器	(120)
6.3.1 硅谐振式压力微传感器	(120)
6.3.2 石英谐振式压力传感器	(123)
6.3.3 振弦式称重传感器	(125)
6.4 谐振式微机械陀螺	(127)
6.4.1 工作原理及理论公式	(127)
6.4.2 理论分析	(127)
参考文献	(129)

• viii •

7.1.2	声表面波激励	(132)
7.1.3	基本分析模型	(133)
7.2	SAW 传感器的结构及等效电路	(136)
7.2.1	延迟线型结构	(136)
7.2.2	谐振器型结构	(137)
7.2.3	SAW 器件等效电路	(139)
7.2.4	SAW 传感器封装	(139)
7.2.5	SAW 传感器测量方法	(142)
7.3	典型 SAW 传感器	(143)
7.3.1	SAW 加速度传感器	(143)
7.3.2	SAW 压力传感器	(145)
7.3.3	SAW 温度传感器	(147)
7.3.4	SAW 无源无线传感器	(148)
	参考文献	(150)
第 8 章	薄膜传感器	(152)
8.1	薄膜的测量与分析	(152)
8.1.1	薄膜的方块电阻	(152)
8.1.2	薄膜的附着力	(154)
8.1.3	薄膜的硬度	(158)
8.1.4	薄膜的厚度	(158)
8.1.5	薄膜的分析	(159)
8.2	薄膜温度传感器	(160)
8.2.1	热电阻传感薄膜	(161)
8.2.2	薄膜热电偶	(162)
8.3	薄膜力传感器	(165)
8.3.1	超低温薄膜压力传感器	(165)
8.3.2	单点力传感器	(166)
8.4	薄膜磁敏电阻传感器	(169)
8.4.1	电流传感器	(170)
8.4.2	机械量传感器	(170)
8.4.3	薄膜磁敏电阻元件 KMZ10	(171)
8.4.4	MR-400, ER-450 磁阻器件	(173)

10.3.3	光纤器件	(237)
10.3.4	光纤法布里-珀罗传感器	(240)
10.3.5	光纤水听器	(242)
10.3.6	光纤陀螺	(245)
参考文献		(247)
第 11 章 图像传感器		(249)
11.1	可见光图像传感器	(249)
11.1.1	CCD 图像传感器	(256)
11.1.2	CMOS 图像传感器	(260)
11.1.3	CIS 图像传感器	(264)
11.2	红外图像传感器	(266)
11.2.1	红外探测器	(268)
11.2.2	凝视型红外成像	(269)
11.2.3	扫描型红外成像	(270)
11.2.4	红外制导技术	(270)
11.3	紫外图像传感器	(274)
11.3.1	紫外探测器件	(275)
11.3.2	紫外告警技术	(277)
11.3.3	极紫外成像仪	(279)
11.3.4	紫外指纹检测	(280)
参考文献		(281)
第 12 章 智能传感器		(283)
12.1	独立智能传感器	(283)
12.1.1	基本功能	(283)
12.1.2	典型结构	(285)
12.2	传感器网络	(285)
12.2.1	有线传感器网络	(286)
12.2.2	无线传感器网络	(287)
12.2.3	传感器网络编程	(289)
12.3	多传感器信息融合	(290)
12.3.1	基本概念	(292)
12.3.2	层次结构	(292)

14.1.6	SPR	(327)
14.2	生物敏感材料固定	(328)
14.2.1	吸附法	(328)
14.2.2	包埋法	(329)
14.2.3	共价键法	(331)
14.2.4	LB 膜法	(331)
14.3	典型生物传感器	(333)
14.3.1	酶传感器	(333)
14.3.2	组织传感器	(336)
14.3.3	微生物传感器	(338)
14.3.4	免疫传感器	(341)
14.3.5	DNA 传感器	(343)
14.3.6	SPR 生物传感器	(345)
14.3.7	生物芯片	(346)
	参考文献	(347)