

 实用工程技术丛书



大全

encyclopaedia

传感器技术大全 (上册)

主 编 张洪润
副主编 傅瑾新 吕 泉 张亚凡

 北京航空航天大学出版社

实用工程技术丛书

传感器技术大全

(上册)

主 编 张洪润
副主编 傅瑾新 吕 泉 张亚凡

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书是《实用工程技术丛书》之一,是根据现代电子技术、信息技术、计算机技术发展的最新趋势,以及广大科学研究人员、工程技术人员的迫切需要,参考国内外1000余种传感器及技术成果,从实用角度出发编写的具有实用性、启发性、资料性、信息性的综合工具书,也是我国第一部最全面,最系统的大型传感器技术工具书。

本书分上、中、下三册,共44章。其中涵盖了详尽示图达5000幅和附表近1000个。内容包括传感器的常用术语、材料、信号分析、精确评定、检验标定,以及光电、光纤、光栅、CCD、红外、颜色、激光、码盘、压电、压磁、压阻、电化学、生物、气敏、湿敏、热敏、核辐射、陀螺、超声、电容、电感、变压器、同步器、磁电、霍尔、磁敏、磁栅、涡流、谐振、电位器、电阻应变、半导体、符号、光阵列、荧光(磷光)新型特种传感器等多达数百种的实物外形、特性、工作原理、选用方法和使用技巧等。本书是三册中的上册。

本书适用于各个领域从事自动控制的选件人员,以及科研、生产、设计、开发、计算机应用、管理、维修等部门的有关工程技术人员,也可作为高等院校师生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

传感器技术大全.上册/张洪润主编. —北京:北京航空航天大学出版社,2007.10

ISBN 978-7-81124-234-8

I. 传… II. 张… III. 传感器 IV. TP212

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第109147号

传感器技术大全

(上册)

主 编 张洪润

副主编 傅瑾新 吕 泉

张亚凡

责任编辑 王 鹏 张冀青

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路37号(100083) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail:bhpress@263.net

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:41.75 字数:1069千字

2007年10月第1版 2007年10月第1次印刷 印数:5000册

ISBN-978-7-81124-234-8 定价:78.00元

《实用工程技术丛书》编委会

主 编 张洪润

副主编 傅瑾新 吕 泉 张亚凡 刘秀英

编 委

(以工作进入时间为序)

张洪润	傅瑾新	吕 泉	张亚凡	周肇飞	林大全
曾兼权	李德宽	吉世印	肖戈达	刘国衡	王广照
金伟萍	林焦贤	傅松如	蓝清华	周立锋	赵荣生
金有仙	张洪凯	傅琅新	傅琲新	傅伟新	龙太昌
<u>易佑华</u>	文登明	杨指南	张洪载	程新路	张 宇
吴国仪	吴守辉	孙 悦	王恩宏	张洪南	张素华
傅 强	隋福金	隋 毅	傅泊如	傅 涛	范述和
刘秀英	马平安	马 昊	王 川	田维北	陈德斌
李正光	李正路	张 红	程雅荣	袁 平	梁德富
高开俊	<u>盛余康</u>	尤伟康	汪明义	冉 鸣	王德超
张晓东	胡淑群	吴佳惠			

序 言

随着科学技术的不断发展,世界正面临一场规模宏大的新工业革命(又称信息革命)。特别是我国加入 WTO(世界贸易组织)后,各行各业也都正经历着深刻的变革,此种形势下人们对信息资源的需求就显得尤其迫切。而在信息技术领域被誉为“电子技术的五官”的传感器技术和被称为“电子技术的脑”的计算机技术,又是信息采集和处理两个关键环节的基本技术,所以显得尤其重要了。

目前,电子技术、传感技术、计算机技术(包括单片机、计算机技术)已成为 21 世纪最常用、最基础、最实用的技术。而在我国信息技术领域中,传感器和单片计算机应用技术担任了重要角色。从某种意义上来说,这也是衡量一个国家科学技术进步的一个基准。放眼现阶段信息技术类工具书市场,能满足广大科技人员迫切需要的工程技术类书籍相当缺乏,并且很多已有书籍也很难谈得上系统、全面与实用兼具,而这恰恰是广大科研与工程技术人员最迫切需要的。

为此,我们特地组织了多位有着丰富教学经验与科研经验的专家、教授,参照国内外 1000 余个研究成果、数千种传感器及应用技术,基于“能够解决科研难题、实际工程问题”的思想,耗时 13 年精心编写了该套《实用工程技术丛书》,希望能够为广大信息技术类从业人员提供一套全面、实用、权威的专业丛书。

目前该套丛书包括:

- 《传感器技术大全》;
- 《传感器应用电路 200 例》;
- 《传感器应用设计 300 例》;
- 《单片机应用设计 200 例》;
- 《FPGA/CPLD 应用设计 200 例》。

《传感器技术大全》一书,是根据现代电子技术、信息技术、计算机技术发展的最新趋势以及广大科学研究人员、工程技术人员的迫切需要,参考国内外 1000 余个传感器及技术成果,从实用角度出发编写的具有实用性、启发性、信息性的大型工具书。书中介绍了传感器常用术语、材料、信号分析、精确评定、检验标定,以及光电、光纤、光栅、CCD、红外、颜色、激光、码盘、压电、压磁、压阻、电化学、生物、气敏、湿敏、热敏、核辐射、陀螺、超声、电容、电感、变压器、同步器、磁电、霍尔、磁敏、磁栅、涡流、谐振、电位器、电阻应变、半导体、新型特种传感器等达数百种的实物外形、特性、工作原理、选用方法和使用技巧。本书适用于各个领域从事自动控制的选件人员以及科研、生产、设计、开发、计算机应用、管理、维修等部门的有关工程技术人员,也可作为高等院校师生的教学参考书。

《传感器应用电路 200 例》一书,在参照了国内外 1000 余种现代传感器电路的基础上,为

使用方便,从实用角度归纳为传感器常用电桥电路(15种)、放大电路(20种)、功率驱动电路、二极管及敏敏电路、调制解调电路、检波器电路、限幅器电路、继电器电路、可控硅开关电路、电源电路(10种)、滤波器电路(10种)、信号转换电路(10种)、专用集成电路(10种)、接口电路(18种)、抗干扰电路(20种)、特种信号检测电路(10种)、非线性化电路(18种)以及其他电路等达200余例。本书特别适合于科学研究人员、工程技术人员在工程设计开发时选择、使用。

《单片机应用设计200例》一书,也参照了国内外1000余个研究成果,基于使用方便与实用的思想,归纳为单片机在网络通信、家用电器、工业控制、仪器仪表方面的应用设计实例,以及单片机程序设计技巧、产品开发技巧与秘诀等240余个实例。本书特别适合于科学研究人员、工程技术人员、维护修理人员以及大专院校师生在设计、开发、应用单片机以解决现代科研和生产中的许多实际问题时参考、借鉴。

《传感器应用设计300例》一书,主要介绍了近300个传感器的应用实例,以及传感器在机器人、飞行器、遥感技术、汽车工业、过程工业控制、信息系统、环境污染和公害检测、医学领域、节能系统中的应用。为方便使用,还介绍了传感器与计算机的接口、传感器选用指南(含传感器型号、性能参数、生产厂家)以及厂商名录。本书特别适合于科学研究人员、工程技术人员、维护修理人员以及大专院校师生在设计、开发、应用传感器以解决现代科研和生产中的许多实际问题时参考、借鉴。

本套《实用工程技术丛书》,严格遵循以下特点:

- ▶ 内容新颖,分类规范,使用方便、快捷;
- ▶ 结构严谨,系统全面,语言精炼;
- ▶ 图文并茂,讲述深入浅出,通俗易懂,注重理论与实践的紧密结合;
- ▶ 详尽介绍了其他书籍中涉及不到的技术细节、技术关键,实用性强。

鉴于此,本套丛书的应用范围相当广泛,不仅可以作为科学研究人员、工程技术人员在解决现代生产和科研中实际问题时的参考与借鉴,还可以作为维护修理人员以及大专院校高年级本科生、研究生、再教育培训班中相关专业(电子技术、电子信息、仪器仪表、应用物理、机械制造、测控计量、工业自动化、自动控制、生物医学、微电子、机电一体化、计算机应用等专业)的教学参考书,同时也可以充当信息技术爱好者自学时的重要工具书。

本套丛书在编写过程中,得到了众多高等院校、科学研究单位、厂矿企业、公司的鼎力支持,特别是北京航空航天大学出版社,为此套图书的出版给予了大力支持和帮助,我们借此一并表示最衷心的感谢!

鉴于该套丛书涉及的知识面相当广,而编者水平有限,书中难免存在不足和失误之处,敬请广大读者批评、斧正。

《实用工程技术丛书》编委会

2007年3月

前 言

当今时代,是“信息时代”。计算机被称为“大脑”,传感器被称为“五官”。信息的获取和处理都离不开“大脑”和“五官”。作为提供信息的传感技术及传感器倍受重视,已进入到了一个飞速发展的新阶段。

由于传感技术的空前发展,其应用不断深入并且更加广泛,所以人们渴望掌握这方面的知识,特别是掌握传感器电路这方面知识的要求愈来愈迫切。这是因为传感器电路好似传感器的敏感神经,它能将力、热、声、光等众多非电量参数转换成电量输出,并且应用在航空航天、仪器仪表、工业制造、通信网络、生物医学、家用电器等控制领域中。虽然目前已有不少传感器方面的书籍,但比较系统、全面地介绍传感器技术方面的书籍比较少见。为此,我们组织了大量在教学、科研、生产实践方面有丰富经验的专家、教授,根据现代电子技术、信息技术、计算机技术发表的最新趋势,以及高等院校师生及广大科学研究人员、工程技术人员的要求,参照国内外1000余种传感器及技术成果,从实用角度出发,编写了《传感器技术大全》这本书。

全书分上、中、下三册,共44章。主要介绍传感器常用术语、材料、信号分材、精确评定、检验标定,以及光电、光纤、光栅、CCD、红外、颜色、激光、码盘、压电、压磁、压阻、电化学、生物、气敏、湿敏、热敏、核辐射、陀螺、超声、电容、电感、变压器、同步器、磁电、霍尔、磁敏、磁栅、涡流、谐振、电位器、电阻应变、半导体、符号、光阵列、荧光(磷光)、新型特种传感器等达数百种的实物外形、特性、工作原理、选用方法和使用技巧等。

本书内容新颖、齐全,介类规范,使用方便、快捷。它融实用性、启发性、资料性、信息性于一体,可作为航空航天、机械、计量、汽车、电气、计算机应用、自动控制、传感器研究制造等领域从事科研、生产、设计、开发、维修、管理、选件等工程技术人员的必备工具书,可作为技术资料室和设备供应部门必备的资料书,也可作为大学本科高年级、研究生、再教育培训班等有关专业的教学参考书或自学用书。

在本书的编写过程中,曾得到中国工程院院士、国家光学和光电跟踪测量系统工程研究主要开拓者、中国光学会常备理事、中国宇航学会测控专委介副主任、四川省技术顾问团副主任、四川省光学学会理事长、国家863计划808重大专项

专家组组长、中国科学院光电技术研究所副所长、中国科学院成都分院院长、西南科技大学校长、获国家科技进步特等奖等多项(7次)科技进步奖的知名光学技术与仪器工程专家和学科带头人、四川大学国防学院院长博士生导师林祥棣院士,美国仪器学会(ISA)国际高级会员、中国光学学会光电技术专业委员会委员、中国机械工程学会测试技术专业委员会委员、四川大学测控系博士生导师周肇飞教授,教育界老前辈傅松如老师和张素华、张洪戟、张洪南、张洪凯、傅朗新、傅非新、傅伟新老师,以及众多高等院校、科学研究单位、厂矿企业、集团公司等的大力支持和帮助,特别是得到北京航空航天大学出版社的大力支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

本书由张洪润担任主编,傅瑾新、吕泉、张亚凡担任副主编,并负责会书的统稿和审校。参加编写的人员有:张洪润、傅瑾新、吕泉、张亚凡、周肇飞、林大全、李德宽、吉世印、肖戈达、刘国衡、王广照、傅松如、蓝清华、周立峰、赵荣生、金有仙、龙太昌、易佑华、杨指南、傅昱强、程新路、刘秀英、张宇、吴国仪、曾兼权、王思宏、隋福金、隋毅、傅泊如、傅涛、马平安、马昊、王川、田维北、陈德斌、张红、程雅兼、盛余康、袁平、尤伟康、汪明义、冉鸣、王德超、孙悦、张晓东、金伟萍等。

由于编者的水平和经验有限,书中难免存在不足和错误之处,敬请广大读者批评指正。

《传感器技术大全》主编

张洪润

2007年5月

目 录

上 册

第1章 概 述

1.1 传感器的作用	4
1.2 传感器的定义	6
1.3 传感器的分类	7
1.3.1 按工作原理分类	7
1.3.2 按输入信息分类	9
1.4 传感器的构成方法	9
1.4.1 基本型	9
1.4.2 电路参数型	11
1.4.3 多级变换型	11
1.4.4 参比补偿型	12
1.4.5 差动结构型	12
1.4.6 反馈型	12

第2章 传感器常用术语

2.1 传感器输入参数术语	14
2.1.1 振动、速度和加速度	14
2.1.2 声	16
2.1.3 力、压力	20
2.1.4 流 量	21
2.1.5 温 度	22
2.1.6 位移、角度和转速	24
2.1.7 冲击波	24
2.2 传感器性能术语	25
2.2.1 传感器速用性能术语	25
2.2.2 振动、冲击、加速度传感器性能 术语	30
2.2.3 力、压力传感器性能术语	32
2.2.4 流量传感器性能术语	33
2.2.5 温度传感器性能术语	33
2.2.6 位移、角度、转速传感器性能 术语	34

第3章 传感器的检测信号分析

3.1 信号及其描述与分类	36
3.1.1 信号及其描述	36
3.1.2 信号的分类	36
3.2 典型信号的数据表达式和波形	38
3.2.1 指数信号	38
3.2.2 正弦信号	38
3.2.3 复指数信号	39
3.2.4 $Sa(t)$ 信号(抽样函数)	39
3.2.5 钟形脉冲信号(高斯函数)	40
3.2.6 单位斜坡信号	40
3.2.7 单位阶跃信号	41
3.2.8 单位冲激信号	42
3.2.9 冲激偶信号	42
3.3 周期和非周期信号	43
3.3.1 周期信号的傅里叶级 数和离散频谱	43
3.3.2 非周期信号的傅里叶变换(或 积分)和连续频谱	46
3.3.3 常用的17种信号及频谱函数	47
3.4 随机信号的特性描述	50
3.4.1 均方值、均值和方差	50
3.4.2 概率密度函数	51
3.4.3 相关函数	51
3.4.4 功率谱密度函数	53

第4章 传感器测试误差、数据处理 与精确度评定

4.1 误差的基本概念	55
4.1.1 误差的定义及其相关术语	55
4.1.2 误差的分类	63
4.2 随机误差	64
4.2.1 随机误差的产生及其与系统误	



差的联系	64	第6章 传感器的检验	
4.2.2 随机误差的分布	65	6.1 传感器的工作特性	168
4.3 系统误差	68	6.1.1 静态特性	168
4.3.1 系统误差的特征、来源及分类	68	6.1.2 动态特性	172
4.3.2 如何发现实验或测量中存在系统 误差	71	6.1.3 时间稳定性	174
4.3.3 如何消除实验或测量中的系统 误差	76	6.1.4 工作条件	174
4.3.4 如何确定实验或测量中的系统误差 已被消除	81	6.2 传感器的检验规程	175
4.3.5 系统误差的综合与分配	83	6.2.1 质量检验和规则	175
4.4 测量的数据处理	85	6.2.2 测量方法和测量器具	176
4.4.1 直接测量结果的数据处理	85	6.2.3 检验项目和规定条件	177
4.4.2 间接测量结果的数据处理	88	6.2.4 基本性能检验	178
4.4.3 粗大误差的处理方法	102	6.2.5 工作条件试验	184
4.4.4 静态测量结果的数据处理	103	第7章 传感器的标定	
4.4.5 动态测量结果的数据处理	110	7.1 传感器的标定方法	186
4.5 测量结果分析的常用方法	122	7.1.1 单独标定法	186
4.5.1 最小二乘法	122	7.1.2 组合标定法	187
4.5.2 回归分析法	128	7.1.3 标定工作线的选择方法	187
4.5.3 图解分析法	137	7.1.4 典型实例	189
4.5.4 逐差法	142	7.2 传感器的标定设备	193
4.6 测量结果的不确定度表示法	143	7.2.1 传感器的常用标定设备	194
4.6.1 不确定度与误差在概念上的 区别	144	7.2.2 传感器动态标定设备	201
4.6.2 不确定度与误差在误差处理上的 区别	144	第8章 传感器弹性敏感元件	
4.6.3 测量结果的不确定度的分析 与表示	145	8.1 弹性元件的特性及形式	214
4.7 传感器的精确度评定	148	8.1.1 弹性元件的固有频率	214
4.7.1 传感器的误差分析	149	8.1.2 非弹性效应	214
4.7.2 传感器精确度的评定方法	155	8.1.3 刚度	216
第5章 判定和建立数学模型的重要方法——量纲 分析法		8.1.4 灵敏度	217
5.1 量纲的引入及定义	159	8.1.5 常用弹性元件的力学特性	218
5.2 π 定理	159	8.1.6 常用弹性敏感元件的形式	220
5.3 量纲分析法在理论上的应用	161	8.2 常用弹性元件	221
5.3.1 量纲分析法的意义	161	8.2.1 等强度梁	221
5.3.2 典型应用	161	8.2.2 等截面梁	222
5.4 量纲分析法在实验中的应用	164	8.2.3 两端固定梁	223
5.5 无量纲结构式与模型实验	166	8.2.4 环式弹性元件	223
		8.2.5 波纹膜片与膜盒	225
		8.2.6 平膜片	227
		8.2.7 垂链式膜片	233
		8.2.8 圆柱弹性元件	235
		8.2.9 波登管(弹簧管)	237



8.2.10 波纹管	239	10.1.7 LED数码显示管系列	321
8.2.11 薄壁半球	241	10.1.8 其他类型光电传感器系列	323
8.3 敏感元件的加工新技术	242	10.2 光电传感器基本理论	325
8.3.1 薄膜技术	242	10.2.1 光电效应	325
8.3.2 微细加工技术	243	10.2.2 光子理论	328
8.3.3 离子注入技术	243	10.3 光电传感器器件	329
第9章 传感器材料		10.3.1 光电管	329
9.1 金属传感器材料	244	10.3.2 光电倍增管	333
9.1.1 弹性合金	244	10.3.3 光敏电阻	341
9.1.2 特殊合金材料	247	10.3.4 光电池	349
9.1.3 国外常用金属材料	247	10.3.5 光敏二极管和光敏三极管	355
9.1.4 常用金属材料处理规范	249	10.3.6 光电耦合器	385
9.2 陶瓷传感器材料	250	10.3.7 数码显示器	388
9.2.1 陶瓷材料的物理性质	252	10.4 光电传感器的测量电路	398
9.2.2 各种传感器用陶瓷材料	256	10.4.1 光源	398
9.2.3 陶瓷敏感元件的集成化与多 功能化	264	10.4.2 测量电路	398
9.3 有机传感器材料	267	10.5 光电传感器的应用	400
9.3.1 有机敏感材料的种类	267	10.5.1 模拟式光电传感器	400
9.3.2 有机热敏元件材料	268	10.5.2 数字式光电传感器	402
9.3.3 有机力敏元件材料	269	10.5.3 光电测温传感器	403
9.3.4 有机化学敏元件材料	271	10.5.4 表面缺陷光电传感器	406
9.4 半导体传感器材料	275	第11章 光纤传感器	
9.4.1 半导体的基本物性	275	11.1 国内外光纤传感器展示	410
9.4.2 半导体传感器的特性与工艺 技术	280	11.1.1 FM型微型光纤传感器	410
9.5 传感器材料的设计	281	11.1.2 FE7B-F/C-F小型光纤式光电 开关传感器	411
9.5.1 选择材料	281	11.1.3 GGO102 光纤型 60 kV 高压模拟 传输光耦合器	411
9.5.2 材料实用化	282	11.1.4 E32 型光纤传感器件	411
9.5.3 探索新的功能材料	282	11.2 光纤传感器基本理论	419
9.6 传感器材料的应用	284	11.2.1 光导纤维导光的基本原理	419
第10章 光电式传感器		11.2.2 光纤的性能及类型	421
10.1 国内外光电式传感器展示	289	11.2.3 光纤传感器的分类	423
10.1.1 光敏二极管与光敏三极管 系列	290	11.3 光纤传感器与光波调制技术	424
10.1.2 光电池系列	303	11.3.1 光纤传感器与光波强度调制 技术	425
10.1.3 光电倍增管系列	304	11.3.2 光纤传感器与光波偏振调制 技术	442
10.1.4 光电耦合器系列	304	11.3.3 光纤传感器与相位调制技术	448
10.1.5 光电开关系列	310	11.4 光纤传感器的主要元器件及其 选用原则	456
10.1.6 光电管系列	321	11.4.1 光 纤	456

11.4.2 光源	457	11.17.1 结构原理	493
11.4.3 检测器	459	11.17.2 分析混合液体和非混合液体	494
11.5 光纤温度传感器	460	11.18 光纤传感技术的发展及其动向	494
11.5.1 辐射(红外)型光纤温度 传感器	462	第 12 章 光栅式传感器	
11.5.2 半导体吸光型光纤温度 传感器	464	12.1 国内外光栅式传感器展示	496
11.6 光纤速度和流量传感器	466	12.1.1 圆光栅系列	496
11.6.1 激光多普勒测速传感器	466	12.1.2 光栅位移数字测量系统	496
11.6.2 光纤旋涡式流量计	467	12.2 光栅式传感器的基本理论	497
11.7 光纤加速度传感器	468	12.2.1 光栅式传感器的基本工作 原理	497
11.7.1 相位变化型光纤加速度 传感器	468	12.2.2 计量光栅的种类	498
11.7.2 振幅型光纤加速度传感器	470	12.2.3 莫尔条纹	503
11.8 光纤压力和振动传感器	470	12.2.4 光栅式传感器常用光学(光路) 系统	509
11.9 光纤位移传感器	473	12.2.5 光栅式传感器的零位光栅	515
11.10 光纤形变传感器	477	12.3 光栅式传感器的设计	518
11.10.1 光纤形变与传输特性的变化	477	12.3.1 照明系统	518
11.10.2 光纤形变传感器	477	12.3.2 光栅副	520
11.11 光纤声传感器	478	12.3.3 光电接收元件	523
11.11.1 相位型光纤声传感器	478	12.3.4 机械结构	523
11.11.2 传输损耗型光纤声传感器	480	第 13 章 电荷耦合器件(CCD 图像传感器)	
11.12 光纤磁传感器	481	13.1 国内外 CCD 图像传感器展示	525
11.12.1 用法拉第效应的光纤磁 传感器	481	13.1.1 TCD 102C-1 型 CCD 线性图像 传感器	525
11.12.2 用磁致伸缩效应的光纤磁 传感器	482	13.1.2 TCD 201C 型 CCD 面积图像 传感器	526
11.13 光纤电压和电流传感器	483	13.1.3 CCD 型图像传感器	527
11.13.1 光纤电压传感器	483	13.1.4 1/3" CCD 彩色摄像机	528
11.13.2 光纤电流传感器	485	13.1.5 1/2" 数字处理彩色摄像机	529
11.14 光纤电磁场传感器	486	13.1.6 1/3" CCD 彩色摄像机 WV-CP210/212/214	530
11.14.1 微波传感器	486	13.1.7 1/3" CCD 彩色摄像机 WV-CP100E	532
11.14.2 光电磁场传感器	488	13.1.8 1/3" CCD 彩色摄像机 WV-CF20	533
11.15 光纤射线传感器	489	13.1.9 1/2" CCD 彩色摄像机	534
11.15.1 光纤射线传感器的结构 原理	489	13.1.10 1/3" CCD 黑白摄像机 WV-BP310/312/314	535
11.15.2 吸收型光纤射线传感器	490	13.1.11 1/3" CCD 黑白摄像机 WV-BP500/504	536
11.16 光纤分光传感器	491	13.1.12 1/3" CCD 黑白摄像机	
11.16.1 检测微量气体的光纤分光 传感器	491		
11.16.2 检测生物体内的光纤分光 传感器	492		
11.17 光纤折射率传感器	493		

WV-BP100/102/104	537	探测器	592
13.1.13 1/3" CCD 黑白摄像机		14.1.9 红外线传感器	593
WV-BP110/114	538	14.1.10 NJP 型非接触温度测量装置 ..	594
13.1.14 1/2" CCD 黑白摄像机	539	14.1.11 红外线温度传感器	594
13.1.15 集成监视系统 WV-CS500 ..	540	14.1.12 RD 型红外线辐射温度	
13.1.16 集成监视系统 WV-CS300 ..	542	检测器	594
13.1.17 集成监视系统 WV-BS200 ..	544	14.1.13 EFP 型热释电式红外线	
13.1.18 低光 CCD 摄像机	545	传感器	596
13.1.19 工业彩色 CCD 微型摄像机		14.1.14 TTS 型热释电非接触式温度	
GP-US502	546	传感器	597
13.1.20 工业彩色 CCD 微型摄像机		14.1.15 NJF 型红外热电温度传感器 ..	598
GP-KS252/252S	547	14.1.16 HDG 型光导碲镉汞红外	
13.1.21 集成化智能监视控制系统	552	探测器	598
13.2 CCD 图像传感器基本理论	556	14.1.17 HRD-1 型钽酸锂热电	
13.2.1 信号电荷的存储	556	探测器	599
13.2.2 信号电荷的耦合	558	14.1.18 NJL9102F 型热电堆	600
13.2.3 信号电荷的注入和检测	559	14.2 红外传感器基本理论	600
13.2.4 CCD 的特性参数	561	14.2.1 红外光	600
13.2.5 电荷耦合摄像器件	563	14.2.2 红外光检测的基本定律	601
13.3 典型 ICCD 及其驱动器	568	14.2.3 红外传感器系统的构成	602
13.3.1 二相线阵 ICCD	568	14.2.4 红外传感器的光学系统	603
13.3.2 典型面阵 ICCD	572	14.3 红外探测器	604
13.4 CCD 摄像机	575	14.3.1 红外探测器的特性参数	605
13.4.1 CCD 摄像机的扫描制式	575	14.3.2 热敏红外探测器	606
13.4.2 DL32 型面阵 CCD 黑白		14.3.3 光电红外探测器	611
摄像机	575	14.4 红外传感器的应用	615
13.4.3 CCD 彩色摄像机	579	14.4.1 在测温系统中的应用	615
13.5 CCD 图像传感器的应用	585	14.4.2 在报警系统中的应用	617
13.5.1 工件尺寸的高精度检测	585	14.4.3 在其他方面的应用	619
13.5.2 物体缺陷检查	586		
13.5.3 安全监测	587		
13.5.4 光学字符识别	587		
第 14 章 红外传感器		第 15 章 颜色传感器	
14.1 国内外红外传感器展示	589	15.1 国内外颜色传感器展示	621
14.1.1 OWL-1 型主动式红外入侵		15.1.1 色调传感器	621
探测器	589	15.1.2 E3S-GS/VS 型颜色传感器 ..	622
14.1.2 IA-200 型红外入侵探测器 ..	589	15.2 颜色传感器的基本理论	625
14.1.3 SDOZ-SNS-1 型热释电红外		15.2.1 色敏传感系统与色度学基础 ..	625
传感器	590	15.2.2 色彩的测定	629
14.1.4 IR-LPP650 红外滤光片	590	15.2.3 光电型色彩计	629
14.1.5 无源红外线探测器	591	15.3 半导体色敏传感器	631
14.1.6 IRA-EOOIS 型红外线传感器 ..	591	15.3.1 双色硅色敏传感器	631
14.1.7 HW 系列红外接收器	591	15.3.2 无定形硅色敏传感器	634
14.1.8 钽酸锂和钽酸锶钡红外			
		参考文献	638

第 16 章 激光传感器

16.1 激光传感器的基本理论	643
16.1.1 激光的本质	643
16.1.2 激光的形成	644
16.1.3 激光的特性和激光的频率稳定	646
16.1.4 激光器	648
16.1.5 激光的应用	653
16.2 激光传感器	656
16.2.1 激光干涉传感器	656
16.2.2 激光衍射传感器	660
16.2.3 激光扫描传感器	663
16.2.4 激光流速传感器	665

第 17 章 码盘式传感器

17.1 国内外编码器展示	668
17.1.1 国外编码器展示	668
17.1.2 国产编码器系列	697
17.2 编码器的基本理论	717
17.2.1 码制与码盘	717
17.2.2 二进制码与循环码(格雷码)的转换	719
17.2.3 编码器脉冲当量变换	720
17.3 编码器的基本类型	721
17.3.1 角度数字编码器	721
17.3.2 直线位移编码器	728
17.3.3 双盘编码器	730
17.3.4 编码器应用举例	732

第 18 章 压电式传感器

18.1 国内外压电式传感器展示	734
18.1.1 压电加速度传感器系列	734
18.1.2 压电式压力传感器系列	748
18.1.3 压电振动传感器系列	757
18.1.4 压电力传感器系列	758
18.2 压电式传感器基本理论	758
18.2.1 压电转换元件的工作原理	758
18.2.2 压电材料	763
18.2.3 压电元件常用结构形式	766
18.3 压电式传感器的等效电路及测量电路	767

18.3.1 等效电路	767
18.3.2 测量电路	768
18.4 压电式传感器的应用	777
18.4.1 压电式测力传感器	777
18.4.2 压电式压力传感器	786
18.4.3 压电式加速度传感器	792
18.4.4 压电式声表面波传感器	807
18.4.5 压电式超声波传感器	811
18.5 压电式传感器的误差	811
18.5.1 环境温度的影响	811
18.5.2 湿度的影响	812
18.5.3 横向灵敏度和它所引起的误差	812
18.5.4 电缆噪声	812
18.5.5 接地回路噪声	813

第 19 章 压磁式传感器

19.1 国内外压磁式传感器展示	814
19.1.1 CLJ 型压磁式测力计	814
19.1.2 ZLJ 型压磁式张力计	815
19.2 压磁式传感器基本理论	815
19.2.1 压磁式传感器工作原理	815
19.2.2 压磁式传感器的特性及测量误差	816
19.2.3 压磁式传感器的测量电路	820
19.3 压磁式传感器的类型	821
19.3.1 阻流圈式压磁传感器	821
19.3.2 变压器式压磁传感器	822
19.3.3 桥式压磁传感器	825
19.3.4 磁弹性应变计	826
19.3.5 逆魏德曼效应及涅赛姆效应传感器	826
19.3.6 巴克豪森效应传感器	827
19.4 压磁元件的形状及制造工艺	827
19.4.1 压磁元件的冲片形状	827
19.4.2 压磁元件的制造工艺	829
19.5 压磁式传感器的应用	831
19.5.1 压磁式温度传感器	831
19.5.2 压磁(磁致伸缩)式转矩传感器	832
19.5.3 压磁式力传感器	834
19.6 压磁式传感器的基本计算方法	835

第 20 章 压阻式传感器

20.1 国内外压阻式传感器展示	838
20.1.1 压阻式压力传感器系列	838
20.1.2 压阻式加速度传感器系列	852
20.2 压阻式传感器基本理论	855
20.2.1 压阻式传感器的工作原理	855
20.2.2 压阻式传感器的测量线路	856
20.2.3 压阻式传感器的温度漂移与补偿	857
20.3 压阻式传感器硅芯片的设计	865
20.3.1 硅杯结构的选择	865
20.3.2 硅杯膜片材料的选择	865
20.3.3 硅杯几何尺寸的确定	866
20.3.4 扩散电阻条的阻值、几何尺寸与位置的确 定	867
20.4 压阻式传感器量程的计算	870
20.5 压阻式传感器的类型	871
20.5.1 压阻式压力传感器	871
20.5.2 压阻式加速度传感器	876
20.6 压阻式传感器的应用	882

第 21 章 电化学式传感器

21.1 国内外电化学式传感器展示	887
21.1.1 氢离子敏感场效应晶体管	887
21.1.2 8012-00 型袖珍 pH 计	887
21.2 电化学式传感器基本理论	888
21.2.1 电化学基础	888
21.2.2 离子敏选择电极的工作原理及组成	896
21.3 玻璃电极	899
21.3.1 玻璃电极的结构与性能	899
21.3.2 复合玻璃电极和微型玻璃电极	901
21.4 晶体膜电极	901
21.4.1 晶体膜电极的结构及其工作原理	902
21.4.2 氟离子选择性电极	902
21.4.3 其他晶体膜电极	904
21.5 活动载体膜电极	905
21.5.1 几种活动膜电极	905
21.5.2 活动载体膜的性能	907
21.5.3 微型液膜电极	911
21.6 离子选择性场效应管	912

21.6.1 ISFET 的结构与性能	912
21.6.2 ISFET 的集成化	912
21.7 离子敏选择性电极的应用	913
21.7.1 流动系统测量基本类型	913
21.7.2 对连续 ISE 分析器的基本要求	914
21.7.3 工业 pH 测量与控制	914
21.7.4 工业流程自动电位滴定系统	915

第 22 章 生物传感器

22.1 国内外生物传感器展示	917
22.1.1 生物电极	917
22.1.2 医用涂胶电极	918
22.1.3 YSI27 型工业用酶电极分析仪	919
22.1.4 YSI23A 型人体血液葡萄糖分析仪	920
22.1.5 YSI23L 型人体血液乳酸盐分析仪	920
22.1.6 YSI2000 型乳酸和葡萄糖酶电极分析仪	920
22.1.7 YSI5300 型液晶显示生物氧测量仪	920
22.2 生物传感器基本理论	921
22.2.1 生物传感器的基本原理	921
22.2.2 生物传感器的分类	922
22.2.3 生物功能物质的分子识别机理	923
22.3 生物传感器及其应用	931
22.3.1 酶传感器	931
22.3.2 免疫传感器	936
22.3.3 半导体生物传感器	937
22.3.4 酶热敏电阻	940

第 23 章 气敏传感器

23.1 国内外气敏传感器展示	946
23.1.1 QM-B 型薄膜气敏元件	946
23.1.2 TGS816 型气敏传感器	946
23.1.3 TGS109 型气敏传感器	946
23.1.4 EGS-NO ₂ A 型气敏传感器	947
23.1.5 TC-4 型可燃气体探测器	948
23.1.6 氧气测定器	948
23.1.7 FT626 环境氧仪	949
23.1.8 ZAL 型红外气体分析仪	949
23.2 固态电解质气敏传感器	950
23.2.1 固态电解质材料	950

23.2.2	电位式气敏传感器	953	湿度校准仪	1001	
23.2.3	安培式气敏传感器	957	24.1.9	EYH-S22 型露点传感器	1001
23.2.4	氧化锆氧传感器	960	24.1.10	露点传感器	1002
23.3	声表面波(SAW)气敏传感器	962	24.1.11	HD型湿度和露点检测仪	1002
23.3.1	传感器材料及构造	962	24.2	湿敏传感器的分类	1003
23.3.2	传感器工作原理	964	24.3	水分子亲合力型湿敏传感器	1004
23.3.3	气敏选择膜	967	24.3.1	陶瓷湿敏传感器	1004
23.4	半导体气敏传感器	968	24.3.2	电解质湿敏元件	1009
23.4.1	半导体气敏传感器材料	969	24.3.3	高分子湿敏传感器	1010
23.4.2	半导体气敏传感器构造	970	24.3.4	尺寸变化式湿敏元件	1012
23.4.3	半导体气敏传感器的气敏机理	971	24.3.5	干湿球湿度计	1012
23.4.4	半导体气敏传感器的气敏选择性	972	24.4	非水分子亲合力型湿敏传感器	1012
23.4.5	半导体气敏传感器的分类	974	24.4.1	微波湿敏传感器	1012
23.5	金属栅 MOS 气敏传感器	980	24.4.2	红外湿敏传感器	1013
23.5.1	金属栅 MOS 元件基本原理	980	24.4.3	热敏电阻湿敏传感器	1014
23.5.2	氢敏 Pd-MOS 传感器	985	第 25 章 热敏传感器		
23.6	真空度气敏传感器	987	25.1	国内外热敏传感器展示	1018
23.6.1	热导式真空计	988	25.1.1	热敏电阻系列	1018
23.6.2	热阴极电离真空计	988	25.1.2	E-R35 型极细式测温电阻	1019
23.6.3	冷阴极电离真空计	989	25.1.3	PXN-64 型热敏电阻传感器	1019
23.6.4	粘滞性真空计	989	25.1.4	BXB-53 型热敏电阻传感器	1020
23.7	气体成分传感器	989	25.1.5	BYE-64 型热敏电阻传感器	1020
23.7.1	质谱计	989	25.1.6	PXA-24 型热敏电阻传感器	1021
23.7.2	四极质谱分析仪(QMS)	990	25.1.7	PXK-67 型热敏电阻传感器	1021
23.7.3	氦检漏器	990	25.1.8	热敏电阻传感器	1022
23.7.4	气相色谱分析仪	991	25.1.9	热敏电阻线性换向器	1022
23.7.5	微波气体成分传感器	991	25.1.10	热偶组合式传感器	1023
23.8	光成分分析传感器	992	25.1.11	热电偶系列	1023
23.8.1	原子吸收光谱分析法	993	25.1.12	5901(STP-1000)型粘贴式测温片	1025
23.8.2	化学发光法	993	25.1.13	厚膜白金测温电阻器	1025
23.8.3	吸光度分光法	994	25.1.14	CR 和 CRF 型铂测温电阻	1026
第 24 章 湿敏传感器			25.1.15	薄膜热敏传感器	1026
24.1	国内外湿敏传感器展示	996	25.1.16	2541 型袖珍式温度传感器	1027
24.1.1	EYH-HOIC 型湿度传感器	996	25.1.17	5821(FR-1)型薄膜热电堆热流计	1028
24.1.2	PQ653J 型湿度传感器	997	15.1.18	5810 系列圆筒式辐射热流计	1028
24.1.3	D 型陶瓷湿敏传感器	998	25.1.19	5831(ELE-1)型电子束能量计	1029
24.1.4	氧化铝湿度分析仪	998	25.1.20	SYSTEM3 无接触式温度测量系统	1029
24.1.5	M 系列氧化铝湿度传感器	999			
24.1.6	HC-1 型电容式湿敏器件	999			
24.1.7	HN 电子湿度计	1000			
24.1.8	MC741-HP 型 RANAREX				

25.1.21 热敏电阻液位传感器	1029	26.1.9 FT611 型医用 γ 井型探头	1106
25.1.22 FTC 型热敏芯继电器	1030	26.1.10 FD603 型井型 γ 闪烁探头	1107
25.2 热电偶型传感器	1031	26.1.11 FJ374 型 γ 能谱探头、FJ374A 型 X 能谱探头	1107
25.2.1 热电偶型传感器的理论基础	1031	26.1.12 FJ367 型通用闪烁探头	1108
25.2.2 热电偶传感器的结构及所用材料	1035	26.1.13 BH1220 型自动定标器	1109
25.2.3 热电偶型传感器的类型	1040	26.1.14 FJ391A 放射性活度计	1110
25.2.4 热电偶的分度法及主要特性	1052	26.1.15 BH3084 型 X- γ 个人辐射报警仪	1112
25.2.5 热电偶自由端温度	1065	26.1.16 半导体探测器	1113
25.2.6 热电偶实用测温线路	1070	26.1.17 BH1216 型低本底 α 、 β 测量装置	1114
25.2.7 热电偶动态时间误差及校正	1074	26.1.18 直读式低能 X、 γ 射线袖珍剂量仪	1115
25.2.8 热电偶使用中的注意事项	1076	26.1.19 BH-6012 型二维骨密度仪	1116
25.2.9 热电偶的故障及其修复	1077	26.1.20 FT-638G 型微机肾图仪	1117
25.3 热敏电阻型传感器	1078	26.1.21 FH463A 自动定标器	1119
25.3.1 热敏电阻的主要特性	1078	26.1.22 FJ365 型计数管探头	1120
25.3.2 热敏电阻的基本参数	1082	26.1.23 FJ373 型便携式 n- γ 辐射仪	1121
25.3.3 热敏电阻的应用	1083	26.1.24 热释光探测器和剂量计	1122
25.4 热膨胀型热敏传感器	1088	26.1.25 FH1073A 型 3 kV 高压电源	1124
25.4.1 双金属片式热敏传感器	1088	26.2 核传感器基本理论	1125
25.4.2 压力式热敏传感器	1088	26.2.1 放射源	1125
25.5 电容量变化型热敏传感器	1089	26.2.2 探测器	1128
25.6 铁氧体型传感器	1089	26.2.3 核传感器测量电路	1137
25.7 压电型热敏传感器	1090	26.2.4 放射性辐射的防护	1139
25.7.1 压电石英热敏传感器	1090	26.3 核传感器在人体器官功能诊断中 的应用	1140
25.7.2 压电超声热敏传感器	1091	26.3.1 甲状腺功能测定仪	1140
25.7.3 压电 SAW 热敏传感器	1091	26.3.2 肾功能测定仪	1142
25.8 晶体管型热敏传感器	1092	26.3.3 脏器功能测定仪	1150
25.9 其他热敏传感器	1092	26.3.4 心功能测定仪	1153
25.9.1 热噪声型和 NQR 型热敏传感器	1092	26.3.5 γ 射线肺密度图测定仪	1157
25.9.2 热或光辐射型热敏传感器	1092	26.3.6 局部大脑血流量测定系统	1158
25.9.3 电阻温度计	1093	26.3.7 骨密度测定仪	1164
第 26 章 核传感器		26.4 核传感器在医学显影诊断中的应用	1165
26.1 国内外核传感器展示	1094	26.4.1 闪烁扫描机	1165
26.1.1 核传感器总汇	1094	26.4.2 医用 γ 照相机	1174
26.1.2 FJ377 型热释光剂量仪	1095	26.5 核传感器在医学实验仪器中的应用	1207
26.1.3 FJ411 型热释光退火炉	1097	26.6 核传感器在工业领域中的应用	1213
26.1.4 FJ417 型热释光照射器	1098	26.6.1 厚度计	1213
26.1.5 碘化钠(铯)闪烁探测器	1099		
26.1.6 FH458 型甲状腺功能仪	1102		
26.1.7 FT604 型铅准直 γ 闪烁探头	1103		
26.1.8 FT610 型甲状腺功能仪探头	1105		