

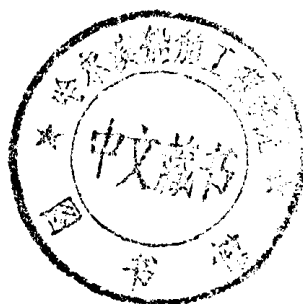
411393

电子工程手册系列丛书

B17

新型实用传感器 应用指南

吴东鑫 主编



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

内 容 简 介

本书以简洁的语言、醒目的图表,全面、系统地介绍了力、称重、速度、转速、位移、流量以及热敏、光敏、磁敏、声敏等物理量传感器;离子敏、气敏、湿敏等化学量传感器和生物传感器的基本原理与特性,接口电路、测试方法与仪表,传感器的选型原则及应用举例。并附有国内外部分典型产品的性能参数与用途,是一套完整的大型工具书和教学参考书。

本书取材广泛、内容新颖、实用性强,适合于从事测试设计、自动化控制、计算机应用技术,以及传感器研究设计、生产和使用的工程技术人员阅读,并可供有关专业的高等院校师生参考。

DL22/30 02

书 名:新型实用传感器应用指南

主 编:吴东鑫

责任编辑:魏永昌

印 刷 者:北京科技印刷厂印刷

出版发行:电子工业出版社出版、发行 URL:<http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036 发行部电话 68214070

经 销:各地新华书店经销

开 本:787×1092 1/16 印张:46.25 插页:1 字数:1400 千字

版 次:1998 年 4 月第 1 版 1998 年 4 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-5053-4172-3
TN·1073

定 价:90.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换

版权所有·翻印必究

新型传感器件如雨后天笋
层出不穷，

实用传感技术如泄地水银
无孔不入。

让《新型实用传感器应用指
南》伴随您跨入廿一世纪！

翁史



1996.9.

《新型实用传感器应用指南》编委会

主	编：	吴东鑫		
主	审：	童钧芳		
副主	编：	苏中义	张桂成	颜重光
编	委：	金仲元	卢国伟	颜重光
		金萃芬	王蓓琳	蔡武昌
		官本诚	姚静佐	拜国良
		王贺铭	虞孝栋	奚益民
		何正福	赖宗声	寿文德
		徐静芳	茅有福	朱建中
		高忠华	魏永昌	许德霖
工作人员：		施霓华	苏晓娴	夏广宇

前 言

当今，人类社会已进入信息时代，传感技术是现代信息技术中主要技术之一，在国民经济建设中占有极其重要的地位。传感器是摄取信息的关键器件，它与通讯技术和计算机技术构成了信息技术的三大支柱产业，是现代信息系统和各种装备不可缺少的信息采集手段，也是采用微电子技术改造传统产业的重要方法，对提高经济效益、科学研究与生产技术的水平有着举足轻重的作用。传感技术水平高低不但直接影响信息技术的水平，而且还影响信息技术的发展与应用。目前，传感技术已渗透到科学技术和国民经济的各个领域，在工农业生产、科学研究及改善人民生活等方面，起着愈来愈大的作用。许多尖端科学和新兴技术更是需要新型传感器来武装，如遥感、遥测、夜视技术方面需要光学传感器，在能源利用、海洋开发、环境保护、交通监测、气象预报、通讯设备、航天航空、医疗卫生和尖端科学等诸多领域都是传感技术的用武之地。计算机的推广应用，离不开传感器件，新型传感器与计算机相结合，不但使计算机的应用进入了崭新的时代，也为传感技术展现了一个更加广阔的应用领域和发展前景。

为了综合反映国内近年来传感技术领域的最新科研、生产与应用的成果，向广大读者介绍国内外传感器的最新信息与发展动态，使我国的传感器技术发展与应用水平跨入世界先进行列，受电子工业出版社的委托，编写了“新型实用传感器应用指南”一书。

本书是电子工业部和新闻出版署列入“八五”期间重点出版的五十部大型工具图书之一，是由中国工程院院士、中国电子学会会长、原电子工业部副部长孙俊人教授组织编写的，已纳入电子工业出版社“九五”出版计划。

本书融传感技术理论与实际应用于一体，集检测技术与接口电路于一身，将传感器与其它电子元件、接口电路等巧妙地结合起来，使读者在了解各类传感器原理的基础上，掌握传感技术在诸多新兴领域中的应用，因此有较强的实用性。

本书突出地介绍了各类新型传感器的基本原理与应用电路，尤其是新型固态传感器的结构原理与应用实例，并介绍了若干典型产品的性能参数与用途，内容新颖，对研究人员与使用人员都有很大的参考价值。

本书内容涉及传感技术的研究、生产与应用的诸多领域，其范围包括机械量传感器（如力、称重、速度、转速、位移、流量等），还有热敏、光敏、磁敏、声敏等物理量以及离子敏、气敏、湿敏等化学量和生物敏传感器。因此本书为一套全面、系统、完整的大型工具参考书和教学参考书。

本书以简洁的语言和醒目的图表，介绍了各类传感器的工作原理、结构特点与特性，并提供了选择不同传感器的原则、应用举例、接口电路、测试方法和应用注意事项，以及典型产品的规格型号、性能指标、应用范围等。可供具有中专以上文化程度的工程技术人员，科研设计人员阅读，并可作为大专院校师生的参考书。

本书请中国工程院院士、全国首届高校传感器研究会主席、上海交通大学校长翁史烈教授题词。由国内知名的、有权威性的专家和长期从事传感器技术的有关科研、院校和生产企业的专家、教授组成的编委会，共同撰写完成。这本书是在他们的通力合作下，及在全国高

校传感器研究会副理事长吴东鑫高级工程师领导下，经过两年多的辛勤劳动、在搜集国内外大量最新资料及科研成果的基础上编著而成，该书的出版是集体智慧的结晶。

本书第一部分为物理量传感器，其中第一、二、三、四章属机械量传感器；第五、六、七、八章分别为热学、光学、磁学和声学量传感器，第二部分为化学量传感器，其中第九、十、十一章分别介绍气敏、湿敏及离子敏传感器；第三部分为生物传感器。

本书由吴东鑫高级工程师任主编，苏中义副教授（上海交通大学）、张桂成副研究员（中国科学院上海冶金所）、颜重光高级工程师任副主编，童钧芳教授（上海交通大学）任主审。其中第一章由金仲元（上海交通大学）、卢国伟（上海光华仪表厂）、颜重光（上海华东电子仪器厂）编写，第二章由金萃芬（上海交通大学）编写，第三章由王蓓琳（上海转速表厂）编写，第四章由蔡武昌、官本诚、卢国伟、姚静佐（上海光华仪表厂），及拜国良（开封仪表厂）、王贺铭（上海自仪九厂）编写，第五章由虞孝栋、奚益民（中国科学院上海硅酸盐所）编写，第六章由何正福（上海爱德奇通信设备有限公司）编写，第七章由赖宗声（华东师范大学）编写，第八章由寿文德（上海交通大学）编写，第九章由许德霖、徐静芳（华东师范大学），第十章由茅有福（华东师范大学）编写，第十一、十二章由朱建中（中国科学院上海冶金所）编写。

在编写过程中，承蒙国内许多单位的大力支持，并得到了上海交通大学高忠华教授的指导。特别是上海高联传感技术公司在人力和物力上的通力合作，使得该书能早日与读者见面。在此一并表示衷心地谢意。

限于编写人员的水平所限，不足之处甚至错误在所难免，恳请读者赐教。

一九九七年六月于上海

目 录

第一章 力学量传感器

1.1	概论	1
1.2	力传感器工作原理与结构	1
	一、电阻应变式传感器	1
	二、压阻式传感器	6
	三、压电式传感器	8
	四、电容式压力传感器	13
	五、谐振式传感器	19
	六、电感式传感器	25
	七、压磁式传感器	27
1.3	称重传感器的选用	32
	一、称重传感器原理	32
	二、称重传感器结构类型	33
	三、称重传感器的主要技术参数	33
	四、称重传感器的选用技术	35
	五、称重传感器的应用技术	37
1.4	传感器接口电路	46
	一、变送器电路	47
	二、数字信号处理电路	55
	三、称量仪表的选用	57
1.5	产品介绍	61
	一、扩散硅、应变式压力传感器、变送器	61
	二、现代化计量设备——智能化高精密度电子天平	62
	三、压力传感器、压力变送器、压力仪表	63
	四、压电式力、扭矩传感器、激振力锤及各种测力仪与测试系统	64
	五、称重传感器	64
	六、CECC 型电容式差压变送器	65

第二章 位移传感器

2.1	概述	67
2.2	电阻式位移传感器	69
	一、电位器式位移传感器	69

二、应变式位移传感器	70
2.3 变磁阻式位移传感器	71
一、自感式位移传感器（电感式位移传感器）	71
二、互感式位移传感器（差动变压器式传感器）	75
三、电涡流式位移传感器	78
2.4 电容式位移传感器	78
一、电容式传感器	78
二、电荷平衡式电容传感器	79
三、容栅式传感器	79
2.5 光电式位移传感器	82
一、集成光敏器件	83
二、光电物位传感器及光电开关	84
三、光位置传感器（PSD）	85
四、光纤位移传感器	85
五、CCD 图象传感器	86
2.6 磁敏位移传感器	88
一、霍尔传感器	88
二、磁性薄膜电阻式位移传感器	89
三、威德曼效应位移传感器	89
2.7 数字式位移传感器	90
一、光栅	91
二、感应同步器	92
三、磁栅	93
四、编码器	93
五、振弦式位移传感器	94
2.8 压电式位移传感器	95
2.9 近代检测技术	96
一、核辐射检测技术	96
二、激光检测技术	96
三、微波检测技术	97
四、超声波检测技术	97
五、隧道效应	97
参考文献	98

第三章 转速、速度传感器

3.1 转速传感器	99
一、磁电式转速传感器	99
二、光电式转速传感器	101
三、电感式转速传感器	105

四、点火脉冲式转速传感器	106
五、其他转速传感器概述	109
六、转速传感器性能评定	109
3.2 速度传感器	110
一、旋转式速度传感器	110
二、光电速度传感器	112
三、空间滤波器式速度传感器	112
四、其它速度传感器概述	114
3.3 产品介绍	114
一、磁电转速表	114
二、发动机转速表	115
三、SZ 系列数字式转速表	115
四、SZG-441 型手持数字转速表	116

第四章 流量传感器

4.1 旋涡流量计	118
一、概述	118
二、工作原理与结构	118
三、选型原则	123
四、检测、实用电路及应用举例	124
五、产品介绍	128
4.2 电磁流量传感器	131
一、概述	131
二、工作原理	131
三、结构、分类及特征	132
四、选型要点	135
五、安装、使用注意事项	138
六、流量标定	139
七、应用举例	141
八、产品介绍	141
4.3 转子流量计	144
一、工作原理	144
二、结构、分类及特点	145
三、选型原则	147
四、标定	149
五、应用举例	149
4.4 质量流量计	151
一、概述	151
二、结构与工作原理	152

三、选型原则	158
四、测试电路及应用举例	160
五、产品介绍	170
六、其它	174
4.5 容积式流量计	180
一、概述	180
二、工作原理	180
三、结构、分类及特性	184
四、选型要点	186
五、安装、使用的注意事项	188
六、标定	189
七、应用举例	189
八、产品介绍	190
4.6 超声流量传感器	194
一、工作原理	194
二、结构、分类和性能	197
三、选用要点	199
四、应用举例	201

第五章 热学量传感器

5.1 热电偶传感器	202
一、温度与温标	205
二、热电偶的工作原理	206
三、结构与特性	207
四、热电偶的主要误差补偿	214
五、测试电路与标定	218
5.2 金属电阻温度传感器	222
一、工作原理	222
二、测温电阻器的结构特性	224
三、测试电路	227
四、应用举例	230
5.3 热敏电阻温度传感器	236
一、正温度系数的热敏电阻器 (PTC)	236
二、负温度系数热敏电阻 (NTC)	248
5.4 半导体集成温度传感器	252
一、工作原理	253
二、集成温度传感器类型与误差	256
三、应用举例	257
5.5 产品介绍	262

一、WZP-08 厚膜铂电阻温度敏感元件	262
二、MWFT 型薄膜铂电阻	262
三、HFC3 系列温度传感器	262
四、SW-2 石英温度传感器和石英温度计	263
五、便携式表面温度计	264
六、便携式红外辐射温度计	265
七、温度传感器元器件和温度仪表	267
参考文献	268

第六章 光敏传感器

6.1 光敏电阻器	269
一、工作原理	269
二、光敏电阻的分类、结构及技术参数	269
三、器件的应用	272
6.2 光敏二极管	275
一、工作原理	275
二、光敏二极管的分类、结构及技术参数	275
三、器件的应用	279
6.3 光电晶体管	280
一、工作原理	280
二、结构、技术参数及典型特性曲线	280
三、器件的应用	281
6.4 光控晶体闸流管	283
一、工作原理	283
二、结构、技术指标	283
三、器件的应用	283
6.5 集成型光敏传感器	283
一、分类及原理	283
二、特点与应用	284
三、应用电路	285
6.6 硅光电池	285
一、工作原理	285
二、器件的结构、典型曲线及技术参数	286
三、器件的应用	288
6.7 光电耦合器	289
一、工作原理	289
二、结构及技术参数	290
三、器件的应用	295
6.8 光电开关	299

一、工作原理	299
二、结构及技术参数	299
三、光电开关的应用	300
6.9 光电编码器	301
一、工作原理	301
二、结构及技术性能	301
三、光电编码器的应用	302
6.10 热电堆	303
一、工作原理	303
二、结构分类及特性	303
三、选型要点	304
四、测试电路	305
五、应用举例	305
6.11 PIN 光电二极管	306
一、工作原理	306
二、结构分类及特性	306
6.12 雪崩光电二极管	311
一、工作原理	311
二、结构分类及特性	312
三、选型要点	313
四、测试电路	313
五、应用举例	315
6.13 拉通雪崩光电二极管	315
一、工作原理	315
二、结构分类及特性	316
三、测试电路	321
四、应用举例	323
6.14 红外光电晶体管	324
一、工作原理	324
二、结构分类及特性	324

第七章 半导体磁敏传感器

7.1 霍尔元件	327
一、工作原理	327
二、特性参数和分类	328
三、误差补偿	330
四、应用举例	332
7.2 磁阻元件	334
一、InSb 磁阻元件的工作原理	334

二、结构分类及特性	335
三、磁阻电阻器的应用举例	337
7.3 磁敏二极管和磁敏三极管	339
一、磁敏二极管	339
二、磁敏三极管	346
7.4 霍尔元件集成电路	352
一、双极型霍尔开关集成电路	353
二、双极型霍尔线性集成电路	359
三、霍尔 MOS 集成电路	367
四、应用举例	369
7.5 横向磁敏晶体管	371
一、工作原理	371
二、器件性能及测试电路	372
7.6 多集电极三维磁敏器件	374
一、工作原理	374
二、多集电极三维磁敏器件的测量	375
7.7 MOS 型硅三维磁矢敏器	376
一、工作原理	376
二、器件性能	378
参考文献	380

第八章 声 传 感 器

8.1 超声传感器	382
一、压电超声换能器	382
二、静电超声换能器	407
三、磁致伸缩超声换能器	409
8.2 声压传感器	413
一、电阻性声压传感器	414
二、电容性声压传感器	416
三、电动式声压传感器	420
四、压电式声压传感器	421
五、可变磁阻式声压传感器	422
六、磁致伸缩声压传感器	425
七、光纤式声压传感器	425
8.3 声表面波传感器	428
一、声表面波原理	429
二、声表面波的产生与检测	429
三、声表面波传感器及其工作原理	434
四、声表面波传感器的应用方向	437

8.4 国内外典型的声传感器产品简介	441
一、超声传感器（换能器）	441
二、传声器	447
三、超声波物位和流量探头	452
四、武汉桑迪电子仪器公司产品	452
参考文献	453

第九章 气体传感器

9.1 半导体式气体传感器	456
一、电阻式气体传感器	457
二、MOSFET 型气体传感器	473
9.2 电化学式气体传感器	475
一、伽伐尼电池式气体传感器	476
二、定电位电解式气体传感器	478
三、固体电解质气体传感器	483
9.3 接触燃烧型和导热型气体传感器	487
一、接触燃烧型气体传感器	487
二、热传导型气体传感器	491
9.4 产品介绍	497
参考文献	502

第十章 湿度传感器

10.1 相对湿度传感器	504
一、电解质湿度传感器	504
二、陶瓷湿度传感器	507
三、金属氧化物湿度传感器	513
四、高分子膜湿度传感器	516
五、温湿双功能传感器	523
10.2 露点传感器	530
一、氯化锂露点传感器	531
二、陶瓷结露传感器	535
三、电子聚合物结露传感器	536
四、精密光电露点仪	538
五、氧化铝电容露点传感器	542
六、氧化硅表面电导露点传感器	544
10.3 水分传感器	547
一、烘干称重法	547
二、电阻式水分传感器	549
三、电容式水分传感器	551

四、红外水分仪	554
五、微波水分仪	556
六、中子水分传感器	559
10.4 湿度传感器产品介绍	562
一、相对湿度传感器	562
二、露点传感器	573
三、水分传感器	576
参考文献	579

第十一章 离子敏传感器

11.1 离子选择电极	581
一、工作原理	581
二、结构分类及特性	582
三、选型要点	589
四、测量方法	592
五、应用举例	601
六、产品介绍	610
11.2 新型离子敏传感器	618
一、微电极	618
二、离子敏场效应晶体管	625
三、光纤传感器（光极）	631
参考文献	641

第十二章 生物传感器

12.1 概述	643
一、定义	643
二、应用	643
三、分类	643
四、特点	643
12.2 酶电极	644
一、酶学基础知识	644
二、酶电极的工作原理	646
三、酶电极的结构分类及特性	646
四、选型原则	656
五、实用电路	656
六、应用举例	657
七、产品介绍	659
12.3 酶热敏电阻	664
一、酶热敏电阻的工作原理	664

二、结构分类	665
三、选型原则	665
四、应用举例	665
五、产品介绍	667
12.4 光纤生物传感器	668
一、工作原理	668
二、结构分类及特性	671
三、选型要点	672
四、测试电路	674
五、应用举例	676
六、产品介绍	677
12.5 微生物传感器	690
一、工作原理	690
二、结构分类及特性	691
三、应用举例	693
12.6 压电晶体型生物传感器	697
一、工作原理	697
二、结构分类和特性	698
三、测量方法及分类	700
四、应用举例	702
五、声表面波器件	704
12.7 免疫传感器	705
一、工作原理	705
二、结构分类及特性	710
三、应用举例	711
四、产品介绍	715
12.8 组织传感器	715
一、工作原理	715
二、结构分类	717
三、组织传感器的特性	719
四、应用举例	719
参考文献	720