

光机电一体化丛书

先进传感器 及其应用

刘亮等编著



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

光机电一体化丛书

先进传感器及其应用

刘 亮 等编著



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

先进传感器及其应用/刘亮等编著. —北京: 化学工业出版社, 2005. 4
(光机电一体化丛书)
ISBN 7-5025-6962-6

I. 先… II. 刘… III. 传感器 IV. TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 035113 号

光机电一体化丛书

先进传感器及其应用

刘亮等编著

责任编辑: 任文斗 周红

文字编辑: 钱诚

责任校对: 周梦华

封面设计: 蒋艳君

*

化学工业出版社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话: (010) 64982530
[http:// www.cip.com.cn](http://www.cip.com.cn)

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 15 字数 358 千字

2005 年 6 月第 1 版 2005 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6962-6

定价: 32.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

《光机电一体化丛书》编辑委员会

主任 林 宋

副主任 王生则 赵丁选 罗 均

委 员 (排名不分先后)

林 宋 王生则 赵丁选 罗 均 胥信平 黎 放

胡于进 何 勇 谢少荣 高国富 崔桂芝 殷际英

方建军 郭瑜茹 徐盛林 文秀兰 周洪江 刘杰生

蒋 蓁 王 琦 杨野平 王东军 尚国清 叶天朝

戴 荣 刘 勇 裴晓黎

序

光机电一体化是激光技术、微电子技术、计算机技术、信息技术与机械技术的相互交叉与融合，是诸多高新技术产业和高新技术装备的基础。它包括产品和技术两方面：光机电一体化产品是集光学、机械、微电子、自动控制和通信技术于一体的高科技产品，具有很高的功能和附加值；光机电一体化技术是指其技术原理和使光机电一体化产品得以实现、使用和发展的技术。

目前，国际上产业结构的调整使得各个行业不断融合和协调发展。作为光学、机械与电子相结合的复合产业，光机电一体化以其特有的技术带动性、融合性和普适性，受到了国内外科技界、企业界和政府部门的特别关注，在提升传统产业的过程中，它以其高度的创新性、渗透性和增值性，成为未来制造业的支柱，被誉为21世纪最具魅力的朝阳产业。我国已经将发展光机电一体化技术列为重点高新科技发展项目。

随着光机电一体化技术的不断发展，各个行业的技术人员对其兴趣和需求也与日俱增。《光机电一体化丛书》第一批（共9册）的出版，受到了广大读者的欢迎。为满足读者的进一步需求，我们联合北方工业大学、上海交通大学、东华大学、华中科技大学、海军工程大学、北京机械工程学院、中国船舶工业集团船舶系统工程部、上海大学、吉林大学、江汉大学、河南理工大学等高校的教师及科研部门的工程技术人员编写《光机电一体化丛书》第二批（共21册），拟在2005年初开始陆续出版发行，主要内容为光机电一体化技术在测试传感、驱动控制、激光加工、精密加工、机器人等方面的应用，以满足科研单位、企业和高等院校的科研及生产和教学的需求，为有关工程技术人员在开发光机电一体化产品时，提供有价值的参考素材。

本丛书的基本特点是：①内容新颖，力求及时地反映光机电一体化技术在国内外的最新进展和作者的有关研究成果；②系统全面，丛书分门别类地归纳总结了光机电一体化技术的基本理论和在国民经济各个领域的应用实例，重点介绍了光机电一体化技术的工程应用方法和实现方法；③深入浅出，每本书重点突出，注重理论联系实际，既有一定的理论深度，又具有很强的实用性，力求满足不同层次读者的需求，适合工程技术人员阅读和高校机械类专业教学的需要。

由于本丛书涉及内容广泛，相关技术发展迅速，加之作者水平有限，时间紧促，书中错误和不妥之处在所难免，恳请专家、学者和读者不吝赐教。

《光机电一体化丛书》编辑委员会

2004年10月于北京

前 言

随着大规模集成电路、电子技术及信息处理技术的飞速发展，以微型计算机为中心的微电子学也不断地向人类社会各个领域扩展、渗透，极大地改变着社会的科技水平、生产方式、人们的生活和社会结构。尤其是有关设备日渐实现自动化、系统化和智能化，要求能够迅速、准确、灵敏地获取有关信息并传递到电子设备或系统的器件，使得传感器显得特别重要。如果把计算机比作人的“大脑”，那么传感器则酷似人的“五官”（视觉、嗅觉、味觉、听觉和触觉），不过对传感器的要求要比人的五官高得多，它还要测量出人体无法或难以感知的量，诸如紫外光、红外光、电磁场、无味无嗅的气体及超高温、超高压、剧毒物、各种微弱信号等，并能放大、处理、传输、存储、显示或作必要的控制输出。

传感器的功能和作用是极其广泛的。在工业生产方面，它能实现生产合理化、自动化，提高质量、降低成本，增强产品的竞争能力；在家用电器和医疗卫生方面，它能丰富和改善人们的物质生活水平，协助诊断和预防各种疾病，提高人们的健康水平；在环保方面，它能监测、控制各种环境条件，改善人类赖以生存的自然环境。此外，在能源、自然资源、公安、保卫、交通运输等很多领域，它都能发挥重要作用。正因如此，传感器技术已受到世界各国的普遍重视。

在目前状态下，与快速发展的电子计算机技术相比，传感器技术的发展显得落后了，不论在性能上、品种上还是在规格、数量上均远不能满足需求，大有“大脑发达，五官迟钝”之势。近年来，由于功能陶瓷、高分子薄膜等敏感材料的开发，半导体及细微加工技术的发展，新型的先进传感器相继涌现，传感器理论及应用系统也有了较大的发展。

本书介绍了多种先进传感器的原理、性能及其电路的设计、制作方法。限于篇幅，主要只涉及传感器及其外部电路的硬件部分，并对传感原理、敏感元件及其应用进行了较多的介绍。详尽地论述了各种新型传感器在测量、探测、检测方面和传感遥控、遥测领域的具体应用技术。在具体叙述过程中，本书将力图讲清传感器的工作原理与基本特性，说明各种材料的宏观特性与微观结构的关系，工艺因素对材料结构及传感器电气性能的影响，对各类传感器的结构与制造技术也给予适当的介绍，同时还介绍了常用传感器测控电路和应用。内容深入浅出，通俗易懂，易做到学以致用。

本书内容涉及面广，各章均有一定的独立性，可以适应不同专业的广大读者的需要。本书最后给出了传感器技术在不同领域内的应用，希望能对广大读者在传感器技术的应用方面有所帮助。

参与本书编写的有刘亮副教授（第1章，第4章，第6章，第9章）、翟宇毅副教授（第3章，第5章，第8章，第10章）、朱方文副教授（第2章，第7章），全书由刘亮副教授统稿。

在本书的编写过程中参考了许多相关的文献与书籍。在此向这些文献与书籍的作者们表

示谢意。此外，崔泽、谢姚、豆尚成、陈为华、唐海滨、马金明、邓寅喆、郑卫龙、成霞、吴海峰参与了资料收集和绘图等工作。

由于编者水平有限，书中的错误和缺点难免，欢迎广大读者指正。

编 者

2005年2月于上海大学

内 容 提 要

本书围绕光机电一体化产品组成要素中紧密相连的传感器技术，从先进、新颖和实用的角度出发，详细介绍了多种先进传感器的原理、性能和设计、制作方法及其外部测量电路的设计方法。详尽地论述了各种新型传感器在测量、探测、检测方面和传感遥控遥测领域的具体应用技术。论述了常用传感器测控电路和传感遥控遥测电路的设计及应用。书中还以微电子技术和数字技术为重点，较详细地介绍了传感器的外部接口电路、信号转换和应用方法，深入浅出，通俗易懂，易做到学以致用。

本书可供工业自动化、嵌入式控制、机械电子、自动控制、过程控制、仪器仪表、计算机应用、测量等领域的技术人员使用，也可作为大专院校相关专业师生的教材和参考书。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 传感器的定义与组成	1
1.1.1 传感器的定义	1
1.1.2 传感器及传感器测量系统的组成	2
1.2 传感器的分类	2
1.3 传感器的选用	5
1.4 传感器发展的趋势	6
1.4.1 传感器在科技发展中的重要性	6
1.4.2 先进传感器技术的发展趋势	7
1.4.3 传感器发展过程中存在的问题	9
第 2 章 各种基本接口电路	10
2.1 A/D、D/A 接口电路	10
2.1.1 概述	10
2.1.2 D/A 转换	10
2.1.3 A/D 转换	14
2.2 数字编码器和译码器	19
2.2.1 数字编码器	19
2.2.2 数字译码器	22
2.3 遥控和遥测系统	23
2.3.1 引言	23
2.3.2 正弦载波信号的调制与解调	25
2.4 外部放大电路	29
2.4.1 放大器的基本概念	29
2.4.2 放大器的主要技术指标	30
2.4.3 三种组态三极管放大器性能比较	31
2.4.4 多级放大器	33
2.5 反馈控制电路	34
2.5.1 反馈的分类	36
2.5.2 反馈放大器的方框图表示和一般表达式	37
2.5.3 负反馈对放大器性能的改善	38
第 3 章 气敏传感器	41
3.1 气敏传感器的基本原理	41
3.1.1 工作原理	41

3.1.2	导电机理	42
3.1.3	半导体气敏传感器的结构	43
3.2	集成化半导体气敏传感器	44
3.2.1	Pd-MIS 二极管气敏传感器	44
3.2.2	Pd-MOSFET 气敏传感器	45
3.2.3	Pd-TiO ₂ 气敏传感器	48
3.3	接触燃烧式气敏传感器	48
3.4	超微粒气敏传感器	49
3.5	Fe ₂ O ₃ 系列气体传感器	49
3.6	气敏传感器的应用	50
第4章	多功能生物传感器	54
4.1	生物反应的基本知识	54
4.1.1	酶反应	54
4.1.2	微生物反应	56
4.1.3	免疫学反应	57
4.1.4	生物学反应中的物理量变化	58
4.1.5	生物反应敏感膜	58
4.2	生物传感器的工作原理、特点和分类	58
4.2.1	生物传感器的工作原理	58
4.2.2	生物传感器的特点	59
4.2.3	生物传感器的分类	59
4.3	酶传感器	60
4.4	微生物传感器	61
4.4.1	呼吸机能型微生物传感器	62
4.4.2	代谢机能型微生物传感器	63
4.5	免疫传感器	64
4.6	生物组织传感器	64
4.7	半导体生物传感器	65
4.7.1	酶光敏二极管	65
4.7.2	酶 FET	65
4.8	生物传感器的应用	66
4.8.1	生物传感器在各行各业中的应用	66
4.8.2	一种集成化 SOS/FET 多功能生物传感器	67
第5章	光学传感器	71
5.1	光学传感器的特点与分类	71
5.2	光纤传感器	72
5.2.1	光纤传感器工作原理与分类	73
5.2.2	光调制技术	73
5.2.3	传感型光纤传感器	78
5.2.4	传光型光纤传感器	78

5.3	光电传感器	81
5.3.1	光敏器件	81
5.3.2	光电传感器的分类	82
5.3.3	光电传感器	83
5.4	图像传感器	87
5.4.1	图像敏感器件	87
5.4.2	线性固态图像传感器	88
5.4.3	面型固态图像传感器	90
5.5	光学传感器的应用	91
第6章	硅微机电传感器	93
6.1	概述	93
6.1.1	硅微机电传感器的发展动态	93
6.1.2	硅微机电传感器的特点	94
6.2	力和压力传感器	94
6.2.1	硅微力传感器	94
6.2.2	硅微压力传感器	98
6.2.3	触觉成像传感器	100
6.3	硅微速度与加速度传感器	101
6.3.1	角速度传感器	102
6.3.2	加速度传感器	105
6.3.3	角加速度传感器	114
6.4	流体传感器	117
6.4.1	热流体传感器	117
6.4.2	表面摩擦力传感器	119
6.4.3	“干流体”传感器	121
6.4.4	“湿流体”传感器	123
6.5	硅微型惯性器件的组合 (MIMU)	124
6.5.1	硅微型惯性器件的组合形式	126
6.5.2	激励与检测方法	126
6.6	应用实例	128
6.6.1	应用于汽车工程	128
6.6.2	微机械惯性敏感装置的组合	130
第7章	红外传感器	133
7.1	基本知识	133
7.1.1	红外线基本概念	133
7.1.2	红外辐射源	134
7.1.3	基本定义和定理	135
7.2	红外检测	137
7.2.1	红外光敏元件	137
7.2.2	红外检测原理和主要方法	137

7.3	红外检测仪器的主要组成	138
7.4	常用红外探测器	141
7.4.1	光电探测器	142
7.4.2	热电探测器	142
7.5	常用红外检测仪器	143
7.5.1	红外测温仪	143
7.5.2	红外热像仪	145
7.6	红外线传感器应用电路	146
7.6.1	红外检测在工业上的应用	147
7.6.2	红外传感器的人体检测电路	149
7.6.3	测距装置的信号处理电路	150
7.6.4	水果糖度检测	151
7.6.5	红外检测在军事上的应用	151
第8章	声波传感器	153
8.1	声波传感器的工作原理	153
8.1.1	声波的接收原理	153
8.1.2	测量传声器	154
8.1.3	测量传声器的校准	155
8.2	声表面波 (SAW) 传感器	155
8.2.1	概述	155
8.2.2	声表面波传感器理论基础	156
8.2.3	测量各种物理量的理论分析	157
8.2.4	各种 SAW 传感器	161
8.3	水声波传感器	166
8.4	超声波传感器	169
8.4.1	超声波传感器的基本原理与结构	169
8.4.2	基本结构	170
8.4.3	超声波传感器的基本特性	170
8.5	声波传感器的应用	172
8.5.1	超声治疗	172
8.5.2	声波在鱼群探测中的应用	173
8.5.3	电子扫描声纳	174
8.5.4	水底地形观察	175
第9章	特种传感器	176
9.1	柔性力传感器	176
9.1.1	Stewart 并联机构及特点	176
9.1.2	柔性力/力矩传感器的组成及工作原理	177
9.2	非晶态合金传感器	178
9.2.1	敏感材料	178
9.2.2	非晶态合金的敏感功能	180

9.2.3	非晶态合金传感器的工作原理	180
9.2.4	非晶态合金传感器	184
9.3	液晶传感器	187
9.3.1	液晶及其性质	187
9.3.2	各种液晶传感器	187
9.4	微波传感器	188
9.4.1	微波传感器及其分类	188
9.4.2	微波传感器应用	189
9.5	射线式传感器	192
9.5.1	核辐射的物理基础	192
9.5.2	射线式传感器	193
9.5.3	射线式传感器的应用	195
9.6	离子传感器	196
9.6.1	工作原理	196
9.6.2	离子传感器	198
9.6.3	集成离子传感器	200
9.7	超导传感器	201
9.8	智能传感器	203
9.8.1	概述	203
9.8.2	智能式传感器的构成及各部分功能	203
第10章	传感器应用实例	205
10.1	传感器在家用电器中的应用	205
10.1.1	传感器在家用电器中的发展	205
10.1.2	对家用电器传感器的要求	206
10.1.3	有待研制的传感器	208
10.1.4	传感器在家用电器中的应用实例	209
10.2	传感器在机器人中的应用	210
10.2.1	触觉	212
10.2.2	滑动感觉	214
10.3	传感器在航空、航天领域的应用	215
10.3.1	陀螺仪	216
10.3.2	加速度计和速度计	217
10.3.3	红外水平线传感器	217
10.3.4	阳光传感器	218
10.3.5	地磁传感器	219
10.4	超小型传感器的应用	220
10.4.1	应用于战术武器的制导系统	220
10.4.2	应用于小型、微型和纳米卫星	223
参考文献	224

第 1 章 绪 论

“传感器”这个词富有传奇的色彩，充满迷人的魅力。进入 20 世纪 80 年代以来，随着现代科学技术的飞速发展，特别是大规模集成电路技术的发展和微型计算机的普及，传感器 (Transducer 或 sensor) 在技术革命中的地位和作用越来越突出。

传感器是信息采集系统的首要部件，是实现现代化测量和自动控制（包括遥感、遥测和遥控）的主要环节，是现代信息产业的源头，又是信息社会赖以存在和发展的物质与技术基础。现在，传感技术与信息技术、计算机技术并列成为支撑整个现代信息产业的三大支柱。可以设想，如果没有高度保真和性能可靠的传感器，没有先进的传感器技术，那么信息的准确获取就成为一句空话，信息技术和计算机技术就成了无源之水。

目前，从宇宙探索、海洋开发、环境保护、灾情预报到包括生命科学在内的每一项现代科学技术的研究以及人民群众的日常生活等，几乎无一不与传感器和传感器技术紧密联系着。应用、研究和开发传感器及传感器技术是信息时代的必然要求。因此，毫不夸张地说，如果没有传感器及其技术将没有现代科学技术的迅速发展。

1.1 传感器的定义与组成

1.1.1 传感器的定义

关于传感器至今尚无一个比较全面的定义。不过，对以下提法学者们似乎不持异议。传感器有时亦被称为换能器、变换器、变送器或探测器。其主要特征是能感知和检测某一形态信息，并将其转换成另一形态信息。因此，传感器是指那些对被测对象的某一确定的信息具有响应与检出功能，并使之按照一定规律转换成与之对应的可用的输出信号的元器件或装置。当然这里的信息应包括电量或非电量。在一定的场合也可以将传感器定义为敏感于待测非电量并可将其转换成与之对应的电信号的元件、器件或装置的总称。当然，将非电量转换为电信号并不是惟一的形式。例如，可将一种形式的非电量转换成另一种形式的非电量（如将力转换成位移等）。另外，从发展的眼光来看，将非电量转换成光信号或许更为有利。

根据中华人民共和国国家标准 (GB 7665—87)，传感器的定义是：能感受规定的被测量并按照一定规律转换成可用输出信号的器件或装置。通常传感器由敏感元件和转换元件组成。其中敏感元件是指传感器能直接感受被测量的部分，转换元件是指传感器能将敏感元件输出转换为适于传输和测量的电信号部分。实际上，美国测量协会把传感器定义为“对应于特定被测量提供有效电信号输出的器件”。但在某些情况下，变换成电信号也不一定是理想的。应该指出，有些国家的有些学科和领域，将传感器称为变换器、探测器或检测器等。因为，并不是所有的传感器都能明显分清敏感元件和转换元件两个部分，而是两者合二为一。例如半导体气体传感器、半导体光电传感器等，它们都是将感受的被测量信息直接转换为电信号输出，没有中间变换。

此外，从其功能出发，所谓传感器，是指那些能够取代甚至超出人的“五官”，具有视觉、听觉、触觉、嗅觉和味觉等功能的元器件或装置。这里所说的“超出”是因为传感器不仅可应用于人无法忍受的高温、高压、辐射等恶劣环境，还可以检测出人类“五官”不能感

知的各种信息（如微弱的磁、电、离子和射线的信息以及远远超出人体“五官”感觉功能的高频、高能信息等）。

1.1.2 传感器及传感器测量系统的组成

传感器一般是利用物理、化学和生物等学科的某些效应或机理按照一定的工艺和结构研制出来的。因此，传感器的组成细节有较大差异。总的来说，传感器应由敏感元件、转换元件和其他辅助部件组成，如图 1-1 所示。敏感元件是指传感器中直接响应与检出被测对象的待测信息（非电量）的部分，转换元件是指传感器中能将敏感元件所响应出的信息直接转换成电信号的部分。例如，应变式压力传感器是由弹性膜片和电阻应变片组成。其中弹性膜片就是敏感元件，它能将压力转换成弹性膜片的应变（形变）；弹性膜片的应变施加在电阻应变片上，它能将应变转换成电阻的变化量，电阻应变片就是转换元件。

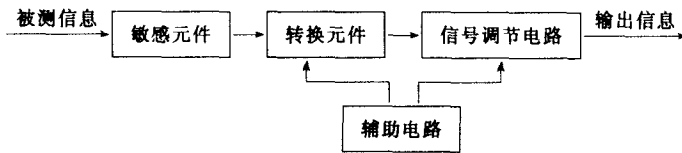


图 1-1 传感器组成

应该指出的是，并不是所有的传感器都必须包括敏感元件和转换元件。如果敏感元件直接输出的是电量，它就同时兼为转换元件。因此，敏感元件和转换元件两者合一的传感器是很多的。例如，压电晶体、热电偶、热敏电阻、光电器件等都是这种形式的传感器。

传感器系统中除了传感器之外，还包括测量电路和显示装置，如图 1-2 所示。



图 1-2 非电量测量系统

测量电路的作用在于把传感器输出的电信号进行调整（放大或衰减）、处理（如运算）和变换（模/数变换或数/模变换）。在测量电路对信号进行调整、处理和变换的整个过程中，信号的能量形式始终是电能形式，这部分全部为电子线路。

显示装置包括显示器和记录器两部分。

显示器是用来作信号显示的，也就是把被测量信息显示出来。显示器一般也分为模拟显示器和数字显示器，模拟显示器一般用指针式仪表、示波器等，数字显示器最常用的是数字电压表（万用表）、数字频率计等。目前，微机系统的 CRT 显示屏幕既能显示模拟信号（如图形、曲线、波形等），也能显示数字信号。

记录器是用于记录测量过程中信号随时间变化的关系，特别是动态测试中难以观察的瞬变过程。常用的记录器有笔录仪、光线示波器，高瞬变过程可用记忆示波器、模拟磁带机等。当然，对各点进行 A/D（模/数）转换后，也能进行数字记录。

总之，传感器技术是一门学科交叉型和知识密集型的应用技术。它要求既要探索 and 了解传感技术，又要研究和制作敏感材料，既要熟悉待测对象各种变化习性，又要对所获取的信号进行放大、传送、储存、反馈、运算、显示等处理工作。本书在第二章中将较详细地介绍用于传感器测量系统的测量电路及与计算机的接口。

1.2 传感器的分类

传感器的品种很多，原理各异，检测对象五花八门，因此其分类方法甚繁，至今尚无统

一的规定。人们通常是站在不同角度，以某一侧面为重点来进行分类的。归纳起来，大致有如下几种分类法。

(1) 按工作机理分类

这种分类方法是以其工作原理划分，将物理、化学和生物等学科的原理、规律、效应作为分类的依据。按传感器的工作机理的不同，可分为结构型、物性型和复合型三大类。

结构型传感器是利用物理学的定律构成的，其性能与构成材料关系不大。这是一类其结构的几何尺寸（如厚度、角度、位置等）在被测量作用下会发生变化，并可获得比例于被测非电量的电信号的敏感元器件或装置。例如，用于测量压力、位移、流量、温度的力平衡式、振动式、电容式、电感式等传感器的均属该类。这类传感器开发得最早，至今仍然广泛应用于工业流程检测设备中。

物性型传感器是利用物质的某种和某些客观特性构成的，其性能与构成材料的不同而有明显区别。这是一类由其构成材料的物理特性、化学特性或生物特性直接敏感于被测非电量，并可将被测非电量转换成电信号的敏感元器件或装置。由于它的“敏感体”就是材料本身，故不存在显著的结构特征，也无所谓“结构变化”，所以这类传感器通常具有响应快的特点；又因为它多以半导体为敏感材料，故易于集成化、小型化、智能化。显然，这对于与微型计算机接口是有利的。所有半导体传感器以及一切利用因环境发生变化而导致本身性能发生变化的金属、半导体、陶瓷、合金等制成的传感器都属于物性型传感器。

复合型传感器是指将中间转换环节与物性型敏感元件复合而成的传感器。而采用中间环节是因为在大量的被测非电量中，只有少数（如应变、光、磁、热、水分和某些气体）可直接利用某些敏感材料的物质特性转换成电信号。所以，为了增加非电量的测量种类，就必须将不能直接转换成电信号的非电量变换成上述少数量中的一种，然后再利用相应的物性型敏感元件将其转换成电信号。可见，复合型传感器实际上是既具有将待测非电量先变换成中间信号的功能，又具有将该中间信号随即转换成电信号功能的一类敏感元器件或装置。毫无疑问，这类传感器的性能不仅与物性型敏感元件的优劣及选用得当与否密切相关，而且还与中间转换环节设计的好坏及选用恰当与否关系甚大。目前，对某些信息的获取主要靠它来完成。

这种分类法的优点是对于传感器的工作原理分析得比较清楚，类别少，有利于对传感器基本原理的掌握。

(2) 按被测量分类

这种分类方法是按被测量的性质不同划分。目前把不同的被测量的传感器分为物理量传感器、化学量传感器和生物量传感器三大类。各类传感器又分为若干族，每一族又可分为若干组。按此种方法分类的传感器体系见表 1-1。

表 1-1 按被测量分类法的传感器体系

类	族	组	具体传感器名称
物理量传感器	机械量传感器	物理机械量传感器	硬度传感器、黏度传感器、密度传感器、浊度传感器
		几何量传感器	表面粗糙度传感器、厚度传感器、形状传感器、容积传感器、面积传感器、角度传感器
		位移传感器	物位传感器、姿态传感器
		流量传感器	容积流量传感器、质量流量传感器

续表

类	族	组	具体传感器名称
物理量传感器	机械量传感器	加速度传感器	冲击加速度传感器、振动加速度传感器、加速度传感器
		速度传感器	流速传感器、角速度(转速)传感器、线速度传感器、速度传感器
		力传感器、应变传感器	张力传感器、应力传感器、力矩传感器、荷重传感器、测力传感器
		压力传感器	负压(真空)传感器、动压传感器、静压传感器、绝对压力传感器、差压传感器、微压传感器
	热学量传感器	热导率传感器、热流传感器、温度传感器	
	光学量传感器	可见光传感器、红外线传感器、色传感器、激光传感器、图像传感器	
	磁学量传感器	磁场强度传感器 磁通密度传感器	
	电学量传感器	电流量传感器、电压传感器、电场传感器	
	声学量传感器	超声波传感器、声压传感器、噪声传感器、表面声波传感器	
	核辐射传感器	X射线传感器、 β 射线传感器、 γ 射线传感器、辐射剂量传感器	
化学量传感器	气体传感器	气体分压传感器 气体浓度传感器	
	湿度传感器	露点传感器、水分传感器	
	离子传感器	离子活度传感器、离子浓度传感器、成分传感器、pH传感器	
生物量传感器	生物量传感器	生理化学量传感器	血液成分传感器、激素传感器
		生理机械量传感器	心音传感器、血压传感器、气道阻力传感器、肌肉张力传感器
		体检生化量传感器	尿素传感器、血蛋白传感器
	微生物传感器	葡萄糖传感器、甲烷传感器、谷氨酸传感器、头孢菌素传感器、青霉素传感器、生化耗氧传感器	
	酶传感器		
	免疫传感器		

由于这种分类方法是按被测量命名传感器的，其优点是能明确地指出传感器的用途，便于使用者根据其用途选用。但是这种分类方法是将原理互不相同的传感器归为一类，很难找出每种传感器在转换机理上有什么共性和差异。因此，这对于掌握传感器的一些基本原理是不利的。

(3) 按敏感材料分类

这种分类方法是按制造传感器的材料分类。这也可分出很多种类：半导体传感器、陶瓷传感器、光导纤维传感器、高分子材料传感器、金属传感器等。这种分类方法是第一类分类