



国家新闻出版改革发展项目库入库项目
物联网工程专业教材丛书
普通高等教育“十三五”规划教材

Sensor Technology
and Its Application

传感器原理及应用

颜鑫 张霞 编著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com



国家新闻出版改革发展项目库入库项目
物联网工程专业教材丛书
普通高等教育“十三五”规划教材

传感器原理及应用

颜 鑫 张 霞 编著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本书以面向物联网应用的传感器为对象,详细介绍各类传感器的基本原理及应用技术,重点内容包括物联网中传感器的基本概念、功能与地位,传感器的理论及技术基础,物理量传感器,化学量传感器,生物量传感器,微机电(MEMS)传感器技术,集成传感器及传感器在物联网中的应用等。本书可作为物联网、电子信息、微电子、自动化等相关专业的教材或参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

传感器原理及应用 / 颜鑫, 张霞编著. -- 北京: 北京邮电大学出版社, 2020.1

ISBN 978-7-5635-5938-1

I. ①传… II. ①颜… ②张… III. ①传感器 IV. ①TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 272919 号

书 名: 传感器原理及应用

作 者: 颜 鑫 张 霞

责任编辑: 徐振华 王小莹

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 保定市中国画美凯印刷有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 11.5

字 数: 270 千字

版 次: 2020 年 1 月第 1 版 2020 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-5938-1

定价: 35.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

物联网工程专业教材丛书

顾问委员会

邓中亮 李书芳 黄 辉 程晋格 曾庆生 任立刚 方 娟

编委会

总 主 编:张锦南

副总主编:袁学光

编 委:颜 鑫 左 勇 卢向群 许 可
张 博 张锦南 袁学光 张 霞

总 策 划:姚 顺

秘 书 长:刘纳新

前 言

物联网是继计算机、互联网与移动通信网络之后信息科技领域的又一革命,近年来取得了突飞猛进的发展。物联网利用无线传感器、无线射频技术、智能网络技术等进行网络框架的构建,并在此基础上对物体进行管理和追踪。物联网的应用范围十分广泛,覆盖运输和物流、工业制造、健康医疗、智能环境(家庭、办公、工厂)等领域,市场前景十分广阔。目前物联网已经被正式列为国家五大新兴战略性产业之一,受到了产业界和学术界的广泛关注。

传感器技术是近年来迅猛发展的高新技术之一,与通信技术、计算机技术共同构成当代信息产业的三大支柱。作为物联网的神经末梢,传感器承担着信息采集与转换的重要功能,是物联网最底层、最核心的技术。因此,传感器技术在一定程度上决定了物联网的发展水平,掌握好传感器的原理与技术对于新型高性能传感器的设计开发和物联网的构建具有十分重要的意义。

本书较为全面地介绍了物联网中常用传感器的工作原理、关键技术与工程应用。

第1章为绪论。本章首先介绍了物联网与传感器的关系,引入传感器的概念,并详细描述了传感器的组成及其分类;然后结合实际分析了传感器的功能与地位,进一步介绍了目前传感器的发展现状,在此基础上设想了其未来的发展趋势。

第2章为传感器的理论基础。本章主要介绍了光电效应,磁电效应,压电、压阻效应,表面效应和界面效应等基础理论,描绘了传感器的静态特性和动态特性,这部分内容与大学物理、化学、信号与系统等知识有紧密的关系,是后续章节的基础。考虑到本书的性质,本章仅介绍基础概念和原理,未涉及过多的理论推导。

第3章为物理量传感器。物理量是度量物理属性或描述物体运动状态及其变化过程的量,物理量传感器是能感受规定的物理量并将其转换成可用输出信号的传感器。由于物理量传感器的被测参量繁多,采用的原理和技术多样,本章重点介绍了力学、热学、磁学、光学、声学等几类典型的传感器。

第4章为化学量传感器。本章介绍了化学量传感器的构成与分类,并重点阐述了常用的气体传感器和湿度传感器,以及它们的性能指标和在生活中的应用。对于气体传感器,本章重点介绍了半导体气体传感器的分类、传感机制及应用;对于湿度传感器,本章主要介绍了传感器的性能指标。本章在最后介绍了离子传感器,主要包括离子选择电极离子传感器和场效应管离子传感器,这类传感器制作工艺较为成熟、开始实用化的时间较早,应用面逐渐增加。

第5章为生物量传感器。本章主要介绍了生物量传感器的原理和特点,同时用表格列出了各种分子识别元件和换能器,后续内容包括酶传感器、微生物传感器、细胞传感器、免疫传感

器和组织传感器,并且介绍了上述传感器的结构、原理以及各自的特点,列出了一些生物传感器的主要应用,这些应用涵盖了工业、科学研究、环境监测、食品安全等。

第6章为微机电(MEMS)传感器技术。本章首先介绍了MEMS的定义和特点,着重分析了MEMS传感器为何能在物联网时代大放异彩,并且对MEMS的常用材料、设计和制造工艺进行了简要介绍;然后对MEMS传感器进行了产品分类,从类别、工作原理、结构和性能指标等方面详细介绍了MEMS压力传感器、MEMS加速度计、MEMS陀螺仪等几种常用的MEMS传感器;最后通过实例介绍了MEMS传感器在煤场物联网系统中的应用情况。

第7章为集成传感器。本章在物理量传感器和化学量传感器的基础上,从结构、工作原理以及应用等方面介绍了几种典型集成传感器,包括集成温度传感器DS18B20、集成压力传感器MLX9080×、集成光电开关ULN-3330等。

第8章为传感器在物联网中的应用。本章对传感器在物联网中的应用进行分析和研究,并通过两个具体实例来展现传感器如何在物联网中发挥作用。第一个实例是基于物联网的激光传感器在智能家居中的应用,第二个实例是基于无线传感器网络的精准农业环境监测系统,以使读者能够充分了解传感器在物联网中扮演的重要角色。

本书既可作为高等院校和职业院校物联网、电子信息、微电子、自动化等相关专业学生的教材或辅导用书,也可作为科研人员和工程技术人员参考资料。在本书编写过程中,张欣瑶、张成、张泽宇、刘浩然、杨媛等同学付出了大量努力,作者在此一并致谢。

由于作者的水平有限,本书难免有错误或不当之处,敬请广大读者批评指正。

作者
于北京

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 物联网与传感器	1
1.2 传感器的基本概念	2
1.2.1 传感器的概念	2
1.2.2 传感器的组成	2
1.2.3 传感器的分类	4
1.3 传感器的功能与地位	7
1.4 传感器的发展现状与趋势	8
习题	9
第 2 章 传感器的理论及技术基础	10
2.1 传感器的基础效应	10
2.1.1 光电效应	10
2.1.2 磁电效应	13
2.1.3 压电效应和压阻效应	15
2.1.4 表面效应和界面效应	16
2.2 传感器的基本特性	17
2.2.1 传感器的静态特性	17
2.2.2 传感器的动态特性	23
习题	29
第 3 章 物理量传感器	31
3.1 物理量传感器概述	31
3.2 力学传感器	31
3.2.1 应变式力学传感器	32
3.2.2 压电式力学传感器	38
3.3 热学传感器	43

3.3.1	温标与温度的测量	43
3.3.2	热电阻温度传感器	44
3.3.3	热电偶温度传感器	47
3.4	光学传感器	50
3.4.1	光电传感器	51
3.4.2	光纤传感器	57
3.5	磁学传感器	60
3.5.1	磁电感应式传感器	60
3.5.2	霍尔式传感器	62
3.6	声学传感器	64
3.6.1	超声波传感器	64
3.6.2	声表面波传感器	68
	习题	71
第4章	化学量传感器	73
4.1	化学量传感器概述	73
4.1.1	化学量传感器的构成与分类	73
4.1.2	主要性能衡量指标	75
4.2	气体传感器	75
4.2.1	气体传感器概述	75
4.2.2	半导体气体传感器	77
4.2.3	其他类型气体传感器	79
4.3	湿度传感器	80
4.3.1	概述	80
4.3.2	电容式湿度传感器	83
4.3.3	半导体陶瓷湿度传感器	84
4.3.4	结露传感器	87
4.3.5	湿度传感器的应用	88
4.4	离子传感器	89
4.4.1	离子选择电极离子传感器	90
4.4.2	场效应晶体管型离子传感器	92
	习题	93
第5章	生物量传感器	95
5.1	生物量传感器原理及特点	95

5.2 酶传感器	96
5.2.1 酶传感器的基本结构、工作原理	97
5.2.2 酶的固定化技术	98
5.3 微生物传感器	100
5.3.1 微生物传感器的原理特性及分类	100
5.3.2 两类微生物传感器	100
5.3.3 微生物传感器的应用与发展	101
5.4 细胞传感器	102
5.5 免疫传感器	102
5.5.1 免疫传感器原理	103
5.5.2 免疫传感器的主要类型	104
5.5.3 免疫传感器的应用与前景	107
5.6 组织传感器	108
5.6.1 动物组织传感器	108
5.6.2 植物组织电极	109
5.7 生物量传感器的应用	110
5.7.1 在传统医学方面的应用	110
5.7.2 在非传统医学方面的应用	111
习题	112
第 6 章 微机电(MEMS)传感器技术	114
6.1 MEMS 概况及发展现状	114
6.1.1 MEMS 的定义	114
6.1.2 MEMS 的特点	115
6.1.3 面向物联网应用的 MEMS 传感器技术	116
6.2 MEMS 常用材料	117
6.3 MEMS 的设计	118
6.3.1 设计概述	118
6.3.2 设计时需要考虑的因素	119
6.3.3 MEMS 的分层设计	120
6.4 MEMS 的制造工艺	121
6.5 MEMS 传感器	122
6.5.1 MEMS 传感器的分类	122
6.5.2 MEMS 压力传感器	123
6.5.3 MEMS 加速度计	126

6.5.4	MEMS 陀螺仪(角速率传感器)	129
6.5.5	MEMS 气体传感器	132
6.5.6	MEMS 温度传感器	134
6.5.7	MEMS 湿度传感器	135
6.6	MEMS 传感器在物联网中的应用实例	138
	习题	140
第7章	集成传感器	141
7.1	集成温度传感器 DS18B20	141
7.1.1	DS18B20 的结构和工作原理	141
7.1.2	基于单片机的软件编程	147
7.2	集成压力传感器 MLX9080×	153
7.2.1	MLX9080×的结构和工作原理	154
7.2.2	MLX90807 的编程与校准	157
7.3	集成光电开关 ULN-3330	159
7.3.1	ULN-3330 的主要结构与工作原理	159
7.3.2	ULN-3330 的应用	161
	习题	162
第8章	传感器在物联网中的应用	163
8.1	基于物联网的激光传感器在智能家居中的应用	163
8.1.1	智能家居物联网体系	164
8.1.2	基于物联网的激光传感器智能家居控制系统研究	164
8.1.3	基于物联网的激光传感器智能家居控制系统的应用	166
8.2	基于无线传感器网络的精准农业环境监测系统	167
8.2.1	系统总体设计	167
8.2.2	硬件系统设计	169
8.2.3	系统软件设计	170
	习题	170
	参考文献	173

第1章 绪 论

1.1 物联网与传感器

物联网把物理实体的相关信息通过一些特殊的采集方式,转变成可供现有网络传输共享的数据,最后利用计算机网络实现对其的管理与控制。物联网公认的三个层次是感知层、网络层、应用层,其中感知层是物联网的数据和物理实体基础。只有感知层的技术达到了要求,整个物联网才能正常运行。在感知层中,传感器技术最为关键,传感器是物联网中获得环境动态变化信息的唯一途径,依靠传感器可准确、可靠、实时地采集信息并进行转化处理与传输,为物联网应用系统提供可供分析处理和应用的实时数据。

物联网是与应用密切相关的,从应用需求来看,物联网主要面向的是公共管理、行业、个人(大众)市场三大应用领域。不同的需求领域对应用传感器的要求既有共性,也有特殊性。当所需使用的传感器数量很多时,一般都要求其价格低廉,使用和维护成本低,性价比高;当使用环境恶劣时,要求传感器的可靠性高,抗干扰能力强;当电能、通信带宽等资源有限时,则突出节能要求,并且要求传感器本地信息处理能力强,从而使得传送的数据量小。面向不同的具体应用领域或者不同的应用需求,即使对于相同原理的传感器,对其功能和性能(如线性度、响应速度、稳定性、灵敏度和精确度等指标)的要求也往往不同。例如,在工业自动化领域,一般会侧重于对传感器的响应速度和准确性的要求,以及要求传感器可靠性高或者互换性好;在某些公共管理和个人市场,则对节能和低成本有突出要求。对传感器功能或性能要求的不同往往会导致对转换原理的选择限制或偏好以及对供电方式、输出接口方式的不同要求。有时,需要侧重考虑的性能指标还可能具有相互抵触性。整体而言,物联网对传感器最普遍性的要求除了性价比高、尺寸小、功耗低外,从提高性能和方便使用考虑,还需要具有便于实现网络化测量的接口,同时采用智能化方式。



与一般无线传感器网络节点的传感器相比,在更多的应用场合中,物联网的传感器对测量准确性的侧重会突出一些。因为无线传感器网络往往可以借助多节点的共同观测来提高或保证监测的准确性和可靠性,而需要透彻感知目标的物联网对测量准确性的要求程度相对高,以及因控制成本对所用传感器数量的限制,决定了物联网传感器在更多情况下必须满足较高的测量精度与可靠性要求。

1.2 传感器的基本概念

1.2.1 传感器的概念

根据我国国家标准(GB/T 7665—2005《传感器通用术语》),传感器(Transducer/Sensor)的定义如下:“能感受被测量信息并将其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。”传感器曾被称为换能器或变送器(Transducer),近年国际上多用“Sensor”一词。

传感器的定义包含了以下含义。

- ① 传感器是测量装置,能完成检测任务;
- ② 它的输入量是某一被测量,可能是物理量,也可能是化学量、生物量等;
- ③ 它的输出量是某种物理量,这种量要便于传输、转换、处理和显示等,可以是气、光、电等量,目前主要是电物理量;
- ④ 输出量与输入量有确定的对应关系,且应具有一定的精确度。

最广义地说,传感器是获得信息的装置,能够在感受外界信息后,按一定的规律把物理量、化学量或者生物量等转变成便于利用的信号,转换后的信息便于测量和控制。国际电工委员会(International Electrotechnical Committee, IEC)对传感器的定义:“传感器是测量系统中的一种前置部件,它将输入变量转换成可供测量的信号。”传感器是传感器系统的一个组成部分,它是被测量信号输入的第一道关口。传感器系统则是组合了某种信息处理(模拟或数字)能力的传感器。

1.2.2 传感器的组成

传感器一般由敏感元件(Sensing Element)、转换元件(Transducing Element)、基本转换电路三部分组成,如图 1.1 所示。敏感元件指的是传感器

中直接感受或响应被测量的部分,是输出与被测量成确定关系的某一物理量的元件。转换元件指的是传感器中能将敏感元件感受或相应的被测量转换成适于传输或测量的电信号部分,其输入就是敏感元件的输出。将上述电路参数接入基本转换电路(简称转换电路),便可转换成电量输出。传感器只完成被测参数至电量的基本转换,电量输入测控电路,进行放大、运算、处理等进一步转换,以获得被测值或进行过程控制。



图 1.1 传感器的组成

实际上,有些传感器很简单,有些则较复杂。最简单的传感器由一个敏感元件(兼转换元件)组成,它感受被测量时直接输出电量,如热电偶传感器等。有些传感器由敏感元件和转换元件组成,因转换元件的输出已是电量,故无须转换电路,如压电式加速度传感器等。有些传感器的转换元件不止一个,被测量要经过若干次转换。

敏感元件与转换元件在结构上常是安装在一起的,为了减小外界的影响,转换电路也希望和它们安装在一起,不过由于空间的限制或者其他原因,转换电路常装入电箱中。不少传感器要在通过转换电路后才能输出电信号,从而决定了转换电路是传感器的组成部分之一。

随着集成电路制造技术的发展,现在已经能把一些处理电路和传感器集成在一起,构成集成传感器。进一步的发展是将传感器和微处理器相结合,将它们装在一个检测器中,形成一种新型的“智能传感器”。它将具有一定的信号调理、信号分析、误差校证、环境适应等能力,甚至具有一定的辨认、识别、判断的功能。这种集成化、智能化的发展无疑对现代工业技术的发展将发挥重要的作用。

传感器除了需要敏感元件和转换元件两部分,还需要转换电路的原因是进入传感器的信号幅度是很小的,而且混杂有干扰信号和噪声,需要相应的转换电路将其变换为易于传输、转换、处理和显示的物理量形式。另外,除一些能量转换型传感器外,大多数传感器还需外加辅助电源,以提供必要的能量,有内部供电和外部供电两种形式。为了方便随后的处理过程,要将信号整形成具有最佳特性的波形,有时还需要将信号线性化,该工作由放大器、滤波器以及其他一些模拟电路完成。在某些情况下,这些电路的一部分是和传感器部件直接相邻的。成形后的信号随后转换成数字信号,并输入微处理器。

同时,传感器承担将某个对象或过程的特定特性转换成数量的工作。其

“对象”可以是固体、液体或气体，而它们的状态可以是静态的，也可以是动态（即过程）的。对象特性被转换量化后可以通过多种方式检测。对象的特性可以是物理性质，也可以是化学性质。按照传感器的工作原理，传感器将对象特性或状态参数转换成可测定的电学量，然后将此电信号分离出来，送入传感器系统加以评测或标示。

1.2.3 传感器的分类

一般来说，测量同一种被测参数可以采用的传感器有多种。反过来，同一个传感器也可以用来测量多种被测参数。而基于同一种传感器原理或同一类技术可制作多种被测量的传感器，因此传感器产品多种多样。传感器的分类方法有很多种，例如，可按照转换原理、被测量、输出信号类型、用途、制作材料及工艺等不同方式对传感器进行分类。

(1) 按传感器的工作原理分类

按传感器的工作原理可将传感器分为物理量传感器、化学量传感器、生物量传感器、MEMS 传感器和集成传感器五大类。

物理量传感器应用的是物理效应，如压电、磁致伸缩、离子化、极化、热电、光电、磁电等效应。被测信号量的微小变化都将转换成电信号。可以将传感器分为电阻式传感器（被测对象的变化引起了电阻的变化）、电感式传感器（被测对象的变化引起了电感的变化）、电容式传感器（被测对象的变化引起了电容的变化）、应变电阻式传感器（被测对象的变化引起了敏感元件的应变，从而引起电阻的变化）、压电式传感器（被测对象的变化引起了电荷的变化）、热电式传感器（被测对象温度的变化引起了输出电压的变化）等。

化学量传感器包括那些以化学吸附、电化学反应等现象为因果关系的传感器，被测信号量的微小变化将转换成电信号。将各种化学物质的特性（如气体、离子、电解质浓度、空气湿度等）的变化定性或定量地转换成电信号，如离子敏传感器、气敏传感器、湿敏传感器和电化学传感器。

大多数传感器是以物理原理为基础运作的。化学量传感器技术问题较多，如可靠性问题、规模生产的可能性问题、价格问题等，解决了这类难题，化学量传感器的应用将会有巨大增长。而有些传感器既不能划分到物理类，也不能划分为化学类，即为生物类。

常见传感器的品种和工作原理列于表 1.1。

表 1.1 传感器的品种及工作原理

传感器品种	工作原理	可测定的非电学量
敏力电阻半导体传感器、热敏电阻半导体传感器	阻值变化	力、重量、压力、加速度、温度、湿度、气体
电容传感器	电容量变化	力、重量、压力、加速度、液面、湿度
感应传感器	电感量变化	力、重量、压力、加速度、转矩、磁场
霍尔传感器	霍尔效应	角度、力、磁场
压电传感器、超声波传感器	压电效应	压力、加速度、距离
热电传感器	热电效应	烟雾、明火、热分布
光电传感器	光电效应	辐射、角度、位移、转矩

(2) 按检测过程中对外界能源的需要与否分类

传感器系统的性能主要取决于传感器,传感器把某种形式的能量转换成另一种形式的能量。依据检测过程中是否需要外界能源,传感器可分为有源传感器和无源传感器。

有源传感器也称为能量转换型传感器或换能器,能将一种能量形式直接转换成另一种,不需要外接的能源或激励源〔见图 1.2(a)〕,如超声波换能器、热电偶、光电池等。

与有源传感器相反,无源传感器不能直接转换能量形式,但它能控制从另一输入端输入的能量或激励能〔见图 1.2(b)〕,故其也称为能量控制型传感器。大部分传感器(如湿敏电容传感器、热敏电阻传感器等)都属于这类。由于需要为敏感元件提供激励源,无源传感器通常比有源传感器有更多的引线,传感器的总体灵敏度受到激励信号幅度的影响。此外,激励源的存在可能增加在易燃易爆气体环境中引起爆炸的风险,在某些特殊场合应用的话需要引起足够的重视。

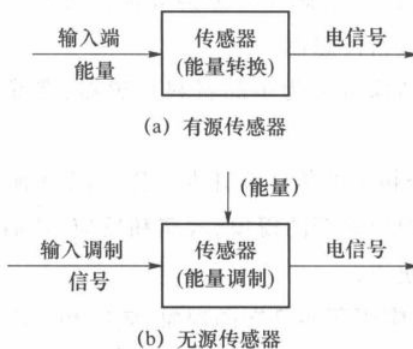


图 1.2 传感器的信号流程

(3) 按传感器输出信号的类型分类

按照传感器输出信号的类型,传感器可分为模拟式与数字式两类。

① 模拟式传感器

模拟传感器——将被测量的非电学量转换成模拟电信号,其输出信号中的信息一般以信号的幅度表达。

② 数字式传感器

数字传感器——将被测量的非电学量转换成数字输出信号(包括直接和间接转换)。数字传感器不仅重复性好,可靠性高,而且不需要模数转换器(ADC),比模拟信号更容易传输。由于敏感机理、研发历史等多方面的原因,目前真正的数字传感器种类非常少,许多所谓的数字传感器实际只是输出为频率或占空比的准数字传感器。

准数字传感器——将被测量的信号量转换成频率信号或短周期信号输出(包括直接或间接转换)。准数字传感器输出为矩形波信号,其频率或占空比随被测参量变化而变化。由于这类信号可以直接输入微处理器内,利用微处理器的计数器即可获得相应的测量值,因此准数字传感器与数字集成电路具有很好的兼容性。

开关传感器——当一个被测量的信号达到某个特定的阈值时,传感器相应地输出一个设定的低电平或高电平信号。

(4) 按材料分类

在外界因素的作用下,所有材料都会做出相应的、具有特征性的反应。它们中那些对外界作用最敏感的材料(即那些具有功能特性的材料)被用来制作传感器的敏感元件。从所应用的材料观点出发,可将传感器分成下列几类。

- 按照其所用材料的类别,传感器可分为金属传感器、聚合物传感器、陶瓷传感器和混合物传感器;
- 按材料的物理性质,传感器可分为导体传感器、绝缘体传感器、半导体传感器和磁性材料传感器;
- 按材料的晶体结构可分为单晶材料传感器、多晶材料传感器和非晶材料传感器。

与采用新材料紧密相关的传感器开发工作可以归纳为下面三个方向。

- 在已知的材料中探索新的现象、效应和反应,然后使它们能在传感器技术中得到实际使用;
- 探索新的材料,应用那些已知的现象、效应和反应来改进传感器技术;
- 在研究新型材料的基础上探索新现象、新效应和反应,并在传感器技术中加以具体实施。现代传感器制造业的进展取决于用于传感器的新材料和敏感元件的开发进度。传感器开发的基本趋势是和半导体以及介质材料的应用密切关联的。

(5) 按传感器制造工艺分类

不同的传感器制造工艺不尽相同,按照制造工艺,可将传感器分类为MEMS集成传感器、薄膜传感器、厚膜传感器和陶瓷传感器等。

MEMS集成传感器是用标准的生产硅基半导体集成电路的工艺技术制造的,通常还将用于初步处理被测信号的部分电路都集成在同一芯片上。

薄膜传感器是由沉积在介质衬底(基板)上相应敏感材料的薄膜形成的。使用混合工艺时,同样可将部分电路制造在此基板上。

厚膜传感器是利用相应材料的浆料涂覆在陶瓷基片上制成的,基片通常是由 Al_2O_3 制成的,需要进行热处理,使厚膜成形。

陶瓷传感器采用标准的陶瓷工艺或其某种变种工艺(溶胶-凝胶等)生产。

厚膜传感器和陶瓷传感器这两种工艺之间有许多共同特性,在某些方面,可以认为厚膜工艺是陶瓷工艺的一种变形。每种工艺技术都有优点和缺点。由于研究、开发和生产所需的资本不同等原因,可以根据实际情况选择不同类型的传感器。本书所罗列的只是一部分传感器的类型,随着我国工业化程度的提高,又出现了许多新型的传感器,在此本书不做更深的探讨。

1.3 传感器的功能与地位

人们为了从外界获取信息,必须借助于人类特有的感官系统。在研究自然现象和规律以及生产活动中,单靠人们自身的感觉器官的功能就远远不够了。为适应这种情况,就需要传感器。因此可以说,传感器是人类五官的重新定义。

常将传感器的功能与人类五大感觉器官相比拟。

光敏传感器——视觉;

声敏传感器——听觉;

气敏传感器——嗅觉;

化学量传感器——味觉;

压敏、温敏、流体传感器——触觉。

与当代的传感器相比,人类的感觉能力好得多,但也有一些传感器比人的感觉功能强,例如,人类没有能力感知紫外线或红外线辐射,感觉不到电磁场、无色无味的气体等。各种物理效应和工作机理被用于制作不同功能的传感器。传感器可以直接接触被测量对象,也可以不接触。传感器的工作机制和效应类型不断增加,其包含的处理过程日益完善。

对传感器设定了许多技术要求,有一些是对所有类型传感器都适用的,也有一些是只对特定类型传感器适用的特殊要求。针对传感器的工作原理和结