

光机电一体化丛书

微型传感器 及其应用

蒋蓁 罗均 谢少荣 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

微型传感器及其应用

蒋蓁 罗均 谢少荣 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

微型传感器及其应用/蒋蓁,罗均,谢少荣编著.
北京:化学工业出版社,2005.5
(光机电一体化丛书)
ISBN 7-5025-6972-3

I. 微… II. ①蒋…②罗…③谢… III. 传感器
IV. TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 037068 号

光机电一体化丛书
微型传感器及其应用
蒋蓁 罗均 谢少荣 编著
责任编辑:任文斗 周红
文字编辑:吴开亮
责任校对:边涛
封面设计:潘峰
*
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)
购书咨询:(010)64982530
(010)64918013
购书传真:(010)64982630
<http://www.cip.com.cn>
*

新华书店北京发行所经销
北京市兴顺印刷厂印装
开本 787mm×1092mm 1/16 印张 12¼ 字数 293 千字
2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5025-6972-3
定 价:28.00 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 and 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

传感器在人们研究自然现象和规律以及生产实践活动中,起着非常重要的作用。特别是在当今,科学技术的发展使人类进入了一个信息时代,在利用信息的过程中,首先要解决的就是获取准确可靠的信息。传感器是获取自然或生产领域中信息的关键器件,是现代信息系统和各种装备不可缺少的信息采集工具。一个国家的传感器水平,已经成为这个国家的技术先进程度的一个标志。

传感器的微型化,是传感器的主要发展方向,也是科学技术的发展以及社会的发展对传感器的要求。微机械电子系统(Micro Electro Mechanical System, MEMS)技术的发展是微型传感器(简称微传感器)产生的最直接的推动力。微传感器也是目前最为成功最具有实用性的微机械电子系统装置。可以说,没有微机械电子系统技术,就没有微传感器。

微传感器具有一系列的优点:体积小、重量轻、功耗低、性能好、易于批量生产、成本低、便于集成化和多功能化、智能化水平高。微传感器在许多应用领域正在取代传统的传感器。由于使用了微传感器,所以产生了许多新的设备和装置。

全书共分11章,第1章介绍了传感器和微传感器的基本知识;第2章介绍了微机械电子系统的基础知识;第3章介绍了力和压力微传感器及其应用实例;第4章介绍了加速度和角速度微传感器;第5章介绍了热微传感器;第6章介绍了磁微传感器;第7章介绍了化学微传感器;第8章生物微传感器;第9章介绍了光电微传感器;第10章介绍了声表面波传感器;第11章集中介绍了微传感器的一些典型应用。

本书第1章、第2章、第4章、第6章、第8章、第9章和第11章由蒋蓁教授编写;第3章和第10章由罗均博士编写;第5章和第7章由谢少荣博士编写;全书由蒋蓁教授统稿。硕士生田志辉、吉梅峰、金淑君、许威等为本书做了大量的协助工作。

本书的编写得到了国家863计划、上海市教委基金和上海市科委重大专项项目的支持。同时,在本书的编写过程中,我们参阅和引用了许多国内外同行的学术论文和著作,编著者在此表示感谢。

由于编者水平有限,加上时间仓促,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评、指正和讨论。

编 者

2005年1月于上海

内 容 提 要

微传感器是在微机械电子系统技术基础上发展起来的一类新型传感器。微传感器具有体积小、重量轻、易于批生产、成本低等特点,在许多领域得到了越来越广泛的应用。许多常规传感器不能胜任的工作。通过使用微传感器可以很好地完成。微传感器已经成为 21 世纪传感器的重要发展方向。

本书主要从普及的角度系统地介绍了各类微型传感器的基本原理,包括力与压力微传感器、速度与加速度微传感器、热微传感器、磁微传感器、化学微传感器、生物微传感器、光电微传感器、以及声表面波传感器。此外还大量介绍了微传感器的典型的应用。本书的特点主要是内容系统全面、信息量大,涉及机电、光、热、磁、化学、生物等方面,有助于读者对微传感器有一个比较全面的了解。

本书可供从事机械电子、自动控制、仪器仪表、传感器及其应用等有关方面的工程技术人员使用,同时也可供科研院所、设计部门以及大专院校的有关师生参考。

目 录

第 1 章 引 言	1
1.1 传 感 器	1
1.2 传感器的发展	3
1.3 微传感器	4
第 2 章 微机电系统基础	7
2.1 微机电系统定义	7
2.1.1 基础理论	7
2.1.2 技术基础	8
2.1.3 应用研究	9
2.2 微机电系统材料	10
2.2.1 硅	10
2.2.2 形状记忆合金	15
2.2.3 压电材料/电致伸缩材料	16
2.2.4 磁致伸缩材料	17
2.2.5 电流变体	17
2.2.6 凝胶	18
2.3 微机电系统的主要工艺	18
2.3.1 硅微加工	19
2.3.2 键合技术	24
2.3.3 LIGA 技术	25
2.3.4 准分子激光技术	26
2.3.5 特种精密加工技术	26
第 3 章 力和压力微传感器	28
3.1 力微传感器	28
3.1.1 应变式力微传感器	28
3.1.2 压电式力微传感器	28
3.2 压力微传感器	30
3.2.1 压阻式压力微传感器	31
3.2.2 电容式压力微传感器	33
3.2.3 谐振式压力微传感器	35
3.3 摩托罗拉 X 型硅压力微传感器	38
3.3.1 结构形式	38
3.3.2 分类	39

3.3.3 封装形式	40
3.4 应用实例：微型高度计	41
第4章 加速度和角速度微传感器	45
4.1 加速度微传感器	45
4.1.1 加速度微传感器工作原理	45
4.1.2 压阻式加速度微传感器	46
4.1.3 电容式加速度微传感器	50
4.1.4 谐振式加速度微传感器	55
4.1.5 伺服式加速度微传感器	57
4.1.6 隧道型加速度微传感器	58
4.1.7 加速度微传感器的应用	59
4.2 角速度微传感器	60
4.2.1 微机械陀螺的原理、分类与性能	60
4.2.2 音叉式微机械陀螺	64
4.2.3 框架式微机械陀螺	66
4.2.4 振动轮式微机械陀螺	68
4.3 微惯性测量组合	70
第5章 热微传感器	72
5.1 微型热电偶	72
5.1.1 热电效应	72
5.1.2 接触电动势	72
5.1.3 温差电动势	72
5.1.4 薄膜热电偶	73
5.2 半导体结的热微传感器	74
5.2.1 二极管温度传感器	74
5.2.2 晶体管温度传感器	76
5.2.3 集成温度传感器	76
5.3 热敏电阻型微传感器	79
5.3.1 热敏电阻参数	79
5.3.2 PTC 热敏电阻	79
5.3.3 NTC 热敏电阻	79
5.3.4 CTR 热敏电阻	80
第6章 磁微传感器	81
6.1 霍尔效应传感器	81
6.1.1 霍尔效应	81
6.1.2 霍尔效应传感器	82
6.2 磁阻传感器	84
6.2.1 磁阻效应	84
6.2.2 磁阻元件	87
6.2.3 磁敏电阻的温度补偿	89

6.3 结型磁敏管传感器	90
6.3.1 磁敏二极管	90
6.3.2 磁敏三极管	94
6.3.3 结型磁敏管传感器的应用	98
第7章 化学微传感器	101
7.1 气体微传感器	101
7.1.1 半导体气体传感器	101
7.1.2 石英振荡式气体传感器	107
7.1.3 凝胶电化学气体传感器	108
7.1.4 集成复合型气体传感器	108
7.2 湿度微传感器	110
7.2.1 半导体陶瓷湿度传感器	111
7.2.2 多孔氧化物湿度传感器	112
7.2.3 硅 MOS 型湿度传感器	113
7.3 离子敏微传感器	114
7.3.1 ISFET 的工作原理	114
7.3.2 离子敏感膜	117
第8章 生物微传感器	119
8.1 场效应晶体管型酶传感器	119
8.1.1 酶的本质和特性	119
8.1.2 场效应晶体管型酶传感器	121
8.2 压电晶体免疫传感器	122
8.2.1 免疫反应与免疫识别	123
8.2.2 免疫传感器的检测模式	125
8.2.3 压电晶体免疫传感器	126
8.2.4 压电晶体免疫传感器的应用	127
8.3 基因传感器	128
8.3.1 基因与基因诊断	128
8.3.2 基因传感器的基本结构和类型	129
8.3.3 压电晶体 DNA 传感器	129
8.4 基因芯片	130
8.4.1 基因芯片的构造与检测原理	130
8.4.2 基因芯片的制备	131
8.5 基因芯片的应用举例	133
第9章 光电微传感器	136
9.1 光电传感器的基本效应	136
9.1.1 光的基本性质	136
9.1.2 外光电效应	136
9.1.3 内光电效应	137
9.1.4 光热效应	138

9.2 光电探测器	138
9.2.1 光敏电阻	138
9.2.2 光敏二极管	139
9.2.3 光敏晶体管	142
9.3 CCD 传感器	144
9.3.1 CCD 的结构	144
9.3.2 CCD 的工作原理	144
9.3.3 固态图像传感器	146
9.3.4 CCD 摄像器件的主要特性	147
9.3.5 面阵 CCD 图像传感器不均匀性的校正	148
9.3.6 CCD 器件的应用	151
第 10 章 声表面波传感器	153
10.1 声表面波传感器技术基础	153
10.1.1 声表面波的类型	153
10.1.2 声表面波的主要性质	158
10.1.3 声表面波叉指换能器 (IDT)	160
10.1.4 声表面波传感器检测原理	164
10.2 声表面波压力传感器	166
10.3 声表面波温度传感器	169
10.4 声表面波气体传感器	170
10.5 声表面波陀螺	171
第 11 章 微传感器的应用	173
11.1 在汽车工业中的应用	173
11.2 在机器人中的应用	175
11.2.1 微型机器人	175
11.2.2 微型飞行器	177
11.3 在生物医学方面的应用	177
11.4 在光学方面的应用	180
11.5 在航空航天方面的应用	180
参考文献	183

第1章 引言

人类为了从外界获得信息，必须借助于感觉器官。人的“五官”——眼、耳、鼻、舌、皮肤分别具有视、听、嗅、味、触觉功能，人的大脑通过“五官”就能感知外部信息。但人们在研究自然现象和规律，以及在生产实践活动中，单靠自身的感觉器官的功能是远远不够的，必须要使人的感觉器官能够得到延伸，这时就需要使用传感器。传感器是人类“五官”的延长。在工程科学与技术领域里，可以说传感器是人体“五官”的工程模拟物。

在第一次工业革命中，出现了以蒸汽机为代表的许多新型机械，机器生产开始代替手工劳动，使人类的劳动强度大大减轻，机器生产中可以完成许多光靠体力无法完成的工作。但是，由于传感器技术还未得到充分的发展，这些机器还是相当“笨拙”，不能自动地进行工作，完全要依靠人来进行操作，人们还只能利用自己的感官来作为传感器。今天，正是有了传感器及电子计算机，才有了自动控制和自动化，才有了机器人，才使得人类不但可以在体力上得到解放，而且还可以在脑力上得到解放。

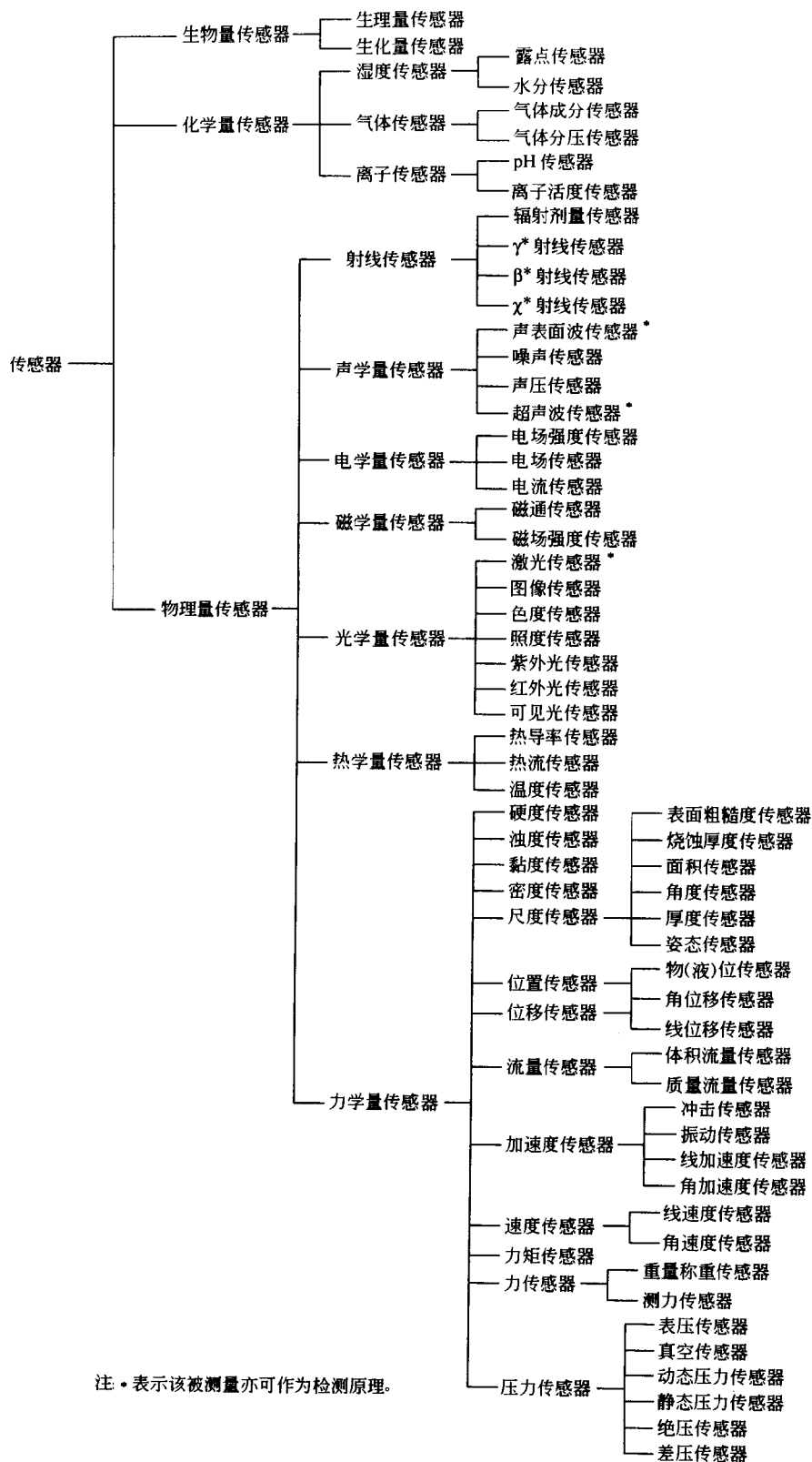
如今，科学技术的发展使人类进入了信息时代。在利用信息的过程中，首先要解决的就是获取准确可靠的信息。传感器是获取自然或生产领域中信息的关键器件，是现代信息系统和各种装备不可缺少的信息采集工具。在当今，一个国家的传感器水平，已经成为这个国家的技术先进程度的一个标志。

1.1 传 感 器

传感器 (Sensor/Transducer) 是一类用途十分广泛的器件，无论在国民经济建设中还是在国防建设中，传感器都扮演着非常重要的角色。国家标准《传感器通用术语》(GB 7665—87)对传感器下的定义是：能感受（或响应）规定的被测量并按照一定的规律转换成可用信号的器件或装置，通常由敏感元件和转换元件组成。传感器是一种检测装置，能感受到被测量的信息，并能将检测感受到的信息按一定规律变换成为电信号或其他所需形式的信息输出，以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求。

传感器一般由敏感元件 (Sensing Element) 和转换元件 (Transduction Element) 组成。其中敏感元件是指传感器中能直接感受或响应被测量的部分；转换元件是指传感器中能将敏感元件感受或响应的被测量转换成适于传输或测量的电信号部分。有时人们往往把传感器、敏感元件、换能器及转换器的概念等同起来。在非电量电测变换技术中，传感器一词是和工业测量联系在一起的。实现非电量转换成电量的器件称之为传感器；在水声和超声波等技术中强调的是能量的转换，比如压电元件可以起到机-电或电-机能量的转换作用，所以把可以进行能量转换的器件称之为换能器；对于硅太阳能电池来说，也是一种换能器件，它可以把光能转换成电能输出，但在这类器件中强调的是转换效率，习惯上把硅太阳能电池叫做转换器；在电子技术领域，常把能感受信号的电子元件称为敏感元件，如热敏元件、光敏元件、磁敏元件及气敏元件等。这些不同的提法，反映了在不同的技术领域中，只是根据器件用途对同一类型的器件使用着不同的技术术语而已。这些提法虽然含义有些狭窄，但在大多数情况下并不会产生矛盾，如热敏电阻可称其为热敏元件，也可称之为温度传感器。又如扬

表 1-1 传感器（按被测量）分类体系表



注：*表示该被测量亦可作为检测原理。

声器, 当它作为声检测器件时, 它是一个声传感器, 如果把它当成喇叭使用, 也只能认为它是一个换能或转换器件了。

随着科学技术的不断发展, 尤其是信息技术的发展, 作为获取信息的重要手段——传感器技术也得到了长足的进步, 其应用领域越来越广泛, 对其要求越来越高, 需求越来越迫切。传感器技术已成为衡量一个国家科学技术发展水平的重要标志之一。鉴于传感器的重要性, 在 20 世纪 80 年代, 发达国家对传感器在信息社会中的作用又有了新的认识和评价。如美国把 80 年代看作传感器时代, 把传感器列为 90 年代 22 项关键技术之一; 日本曾经把传感器列为十大技术之首; 我国的 863 计划等计划中也把传感器研究放在了重要位置。

传感器种类繁多, 五花八门, 原理各异, 检测对象几乎涉及各种参数。要对传感器进行分类是一件很困难的事, 至今没有统一规定。根据各种文献与书籍总结起来, 传感器一般可以按照以下方法分类。

① 按传感器的被测量分, 可分为: 物理量传感器、化学量传感器、生物量传感器等。

② 按传感器能量转换原理分, 可分为: 机-电传感器、光-电传感器、热-电传感器、磁-电传感器、电化学传感器等。

③ 按传感器输出信号分, 可分为: 输出为开关量 (“1” 和 “0” 或 “开” 和 “关”) 的开关型传感器; 输出为模拟信号的模拟型传感器; 输出为脉冲或代码的数字型传感器。

④ 按传感器的结构形式分, 可分为: 结构型传感器、物性型传感器、复合型传感器。

⑤ 按传感器功能分, 可分为: 单功能传感器、多功能传感器、智能传感器。

⑥ 按传感器的能源分, 可分为: 有源传感器和无源传感器。

此外, 还有从材料、工艺、应用角度等方面进行分类。

在这些传感器分类体系中, 按被测量分类的方案简单、明了、实用、概括性强, 在实际应用中使用最多。按照我国国标制定的传感器分类体系, 传感器分为物理量传感器、化学量传感器以及生物量传感器三大门类, 下含 12 小类: 力学量传感器、热学量传感器、光学量传感器、磁学量传感器、电学量传感器、声学量传感器、射线传感器 (以上归属为物理量传感器); 气体传感器、离子传感器、湿度传感器 (以上归属化学传感器) 以及生化量传感器与生理量传感器 (属生物量传感器), 给小类又按两个层次分成若干品种。表 1-1 所示为传感器 (按被测量) 分类体系表。

1.2 传感器的发展

随着传感器应用领域的不断扩大, 传感器技术也得到了飞速的发展。由于传感技术所涉及的技术领域如此广泛, 几乎渗透到各个科学领域, 因此对传感器新理论的探讨、新技术的应用、新材料和新工艺的研究将成为传感器总的发展方向。

传感器的主要发展方向如下。

(1) 向高精度度发展

随着自动化生产程度的不断提高, 对传感器的要求也在不断提高, 必须研制出具有灵敏度高、精确度高、响应速度快、互换性好的新型传感器以确保生产自动化的可靠性。例如, 对于火箭发动机燃烧室的压力测量, 希望测试准确度能高于 1%; 对超精机加工的在线检测, 要求准确度达 $0.1\ \mu\text{m}$, 且工作可靠。在 20 世纪 30~40 年代, 检测准确度一般为百分

之几到千分之几。近几年来检测的准确度提高很快,有些量的检测可达万分之几,甚至百万分之几。例如,采用光电倍增管作为传感器的自动光学高温计,测温范围可达数千度,而准确度为 10^{-2}K ;用直线光栅测线位移时,测量范围在几米时,准确度可达几微米。但目前能生产精度在万分之一以上的传感器的厂家为数很少,其产量也远远不能满足要求。

(2) 向高可靠性、宽检测范围发展

传感器的可靠性直接影响到电子设备的抗干扰等性能,研制高可靠性、宽检测范围的传感器将是永久性的方向。例如提高温度范围历来是大课题,一般的传感器的工作范围都在 $-20\sim 70^{\circ}\text{C}$,在军用系统中要求工作温度在 $-40\sim 85^{\circ}\text{C}$ 范围,而汽车、锅炉等场合要求传感器工作在 $-20\sim 120^{\circ}\text{C}$,在冶炼、焦化等方面对传感器的温度要求更高,还有一些场合则要求测量很低的温度。目前,用半导体砷化镓二极管可测 $0.3\sim 400\text{K}$ 的深低温,因此发展新兴材料(如陶瓷)的传感器将很有前途。

(3) 向微功耗及无源化发展

传感器一般进行的都是非电量向电量的转化,工作时离不开电源,在野外现场或远离电网的地方,往往是用电池供电或用太阳能等供电,开发微功耗的传感器及无源传感器是必然的发展方向,这样既可以节省能源又可以提高系统寿命。目前,低功耗的芯片发展很快,如TI2702运算放大器,静态功耗只有 1.5mA ,而工作电压只需 $2\sim 5\text{V}$ 。

(4) 向智能化数字化发展

随着现代化的发展,传感器的功能已突破传统的功能,其输出不再是一个单一的模拟信号(如 $0\sim 10\text{mV}$),而是经过微电脑处理好后的数字信号,有的甚至带有控制功能,这就是所说的数字传感器。

除了上述的发展方向外,传感器还朝着一个重要的方向发展,这就是微型化。对传感器微型化的要求来自于各个方面。例如,各种控制仪器设备的功能越来越多,但要求各个部件体积能占位置越小越好,因而传感器本身体积也是越小越好。传感器的微型化,除了在体积、重量、能耗等方面有减少外,还大大降低了传感器的成本、提高了传感器的可靠性、扩展了传感器的应用领域,以往很多难以想像的应用,随着传感器的微型化而变成了现实。传感器的微型化,也使传感器的系统化、智能化成为可能。传感器的微型化,产生了微型传感器(简称微传感器)这一新的领域。

1.3 微传感器

传感器的微型化,是传感器的主要发展方向,也是科学技术的发展以及社会的发展对传感器的要求。当然,微传感器的诞生,也是科学技术发展的一个必然结果。没有相应的技术支持,要实现微传感器是不可能的。微机械电子系统(Micro Electro Mechanical System, MEMS)技术的发展是微传感器产生的最直接的推动力。许多专家都认为微机械电子系统技术将掀起下一次工业革命,微传感器是目前最为成功、最具有实用性的微机械电子系统装置。可以说,没有微机械电子系统技术,就没有微传感器。

与“普通的”或“常规的”传感器相比,微传感器不仅仅只是在尺寸上按比例缩小。微传感器在材料、加工方式、应用范围等方面,与传统的传感器都有很大的不同。可以说,微传感器的出现,给传感器带来了一场革命。

微传感器出现的时间不长,但涉及的面很广,但究竟什么是微传感器,到目前为止还没有形成一个准确的定义。许多专家对其有不同的说法,例如有的将微传感器定义为至少

有一个方向的尺寸是在亚毫米级的传感器就是微传感器。但这样的定义未免太过于狭窄。综合各种文献，微传感器包括三个层面的含义。

① 微传感器指的是单一的传感器，这类传感器的一个显著特点就是尺寸小（一般敏感元件的尺寸从微米级到毫米级、有的甚至达到纳米级），在加工中，主要采用精密加工、微电子技术以及微机电系统技术，使得传感器的尺寸大大减小。

② 微传感器也指一个集成的传感器，这类传感器将微小的敏感元件、信号处理器、数据处理装置封装在一块芯片上，形成集成的传感器。

③ 微传感器也指传感器系统，在这种系统中，不但包括传感器，还包括微执行器，可以独立工作。此外，还可以由多个微传感器组成传感器网络或者通过其他网络实现异地联网。

微传感器具有一系列的优点。

（1）体积小，重量轻

利用微机电系统技术，微传感器的敏感元件尺寸大多在微米级，这使得微传感器的整个尺寸也大大缩小，一般微传感器封装后的尺寸大多为毫米级，有的甚至更小。例如，微型压力传感器已经可以小到放在注射针头内，送进血管测量血液流动情况；装在飞机或发动机叶片表面用以测量气体的流速和压力。体积的减小也带来了重量的减轻，微传感器的重量一般都在几克到几十克之间。

（2）功耗低

绝大多数传感器都是将非电量信号转换为电量信号，并且是无源的，也就是说工作时离不开电源。在很多场合，传感器都是利用电池等供电，因此传感器功耗的大小，在某种程度上决定了整个系统的寿命。微传感器一般都是低功耗，工作电压也比较低，这样既节约了能源又提高了系统的寿命。

（3）性能好

由于微传感器在几何尺寸上的微型化，不但保持了它原有的传感特性，而且其温度稳定性提高，不易受外界温度干扰。元件共振频率很高，工作频带加宽，敏感区间变小，空间解析度提高。

（4）易于批量生产，成本低

微传感器的敏感元件一般是利用微机电系统制造工艺制造，微机电系统制造工艺一个显著的特点就是适合于批量生产，并且大批量生产使得传感器单件的成本大大降低。

（5）便于集成化和多功能化

传感器的集成化一般包含三方面含义。其一是将传感器与其后级的放大电路、运算电路、温度补偿电路等集成在一起，实现一体化。其二是将同一类的传感器集成于同一芯片上，构成二维阵列式传感器。其三是将几个传感器集成在一起，构成一种新的传感器。传感器的“功能化”是与“集成化”相对应的一个概念，是指传感器能感知与转换两种以上的不同的物理或化学量。在微传感器中，可以充分发挥和利用微机电系统技术的特点，使传感器做到集成和多功能。例如，在同一硅片上制作应变计和温度敏感元件，制成同时测量压力和温度的多功能传感器，将处理电路也制作在同一硅片上，还可实现温度补偿；将检测几种不同气体的敏感元件用厚膜制造工艺制作在同一基片上，制成监测氧气、氨气、乙醇、乙烯四种气体的多功能传感器；日本开发出了可同时检测钠、钾和氢离子的微传感器，用这种传感器可同时检测血液中的钠、钾和氢离子浓度，对诊断心血管疾病有很大意义，该传感器的尺

寸为 $2.5\text{mm} \times 0.5\text{mm}$ ，可直接用导管送到心脏内测量。

(6) 提高传感器的智能化水平

智能传感器是测量技术、半导体技术、计算技术、信息处理技术、微电子学和材料科学互相结合的综合密集技术。智能传感器与一般传感器相比具有自补偿能力、自校准功能、自诊断功能、数值处理能力、双向通信功能、信息存储、记忆和数字量输出功能。微机电系统技术在传感器上的应用大大提高传感器的智能化水平。利用微机电系统技术，可以将信号调节电路、信号处理电路（甚至包含微处理器）、接口电路等与传感器封装成一体，组成传感器系统。例如日本已开发出三维多功能的单片智能传感器，它将半导体力敏元件、电桥线路、前置放大器、A/D转换器、微处理机、接口电路、存储器等分别分层次集成在一块半导体硅片上，构成了硅压阻式智能传感器。智能化传感器是传感器技术发展的必然趋势。