

● 全国家用电器维修人员培训补充读物

新编传感器原理·应用·电路详解

方佩敏 编著



電子工業出版社

全国家用电器维修人员培训补充读物 24

新编传感器原理·应用·电路详解

方佩敏 编著

电子工业出版社

(京)新登字055号

内 容 提 要

本书分20章介绍了多种传感器的基本工作原理、性能及参数,在介绍一些国内外新型传感器的同时,对相应的应用电路作了详解,具有很强的实用及参考价值。

主要内容有:传感器电子电路;温、湿度传感器及应用电路;气敏传感器及应用电路;色彩传感器及应用电路;CCD图象传感器、霍尔传感器、超声波传感器及各种压力传感器等等。

读者对象:电子专业技术人员、大专院校师生及电子爱好者。

全国家用电器维修人员培训补充读物 24

新编传感器原理·应用·电路详解

方佩敏 编著

责任编辑:刘冰 汪海波

*

电子工业出版社出版

电子工业出版社发行 各地新华书店经销

一二〇一工厂印刷

*

开本:787×1092毫米 1/16 印张:17 字数:420千字

1994年10月第1版 1995年6月第2次印刷

印数:6000—16500册 定价:19.00元

书号:ISBN7-5053-1860-8/TN·519

《全国家用电器维修培训教材》编委会

主 编	沈成衡		
副主编	王明臣	宁云鹤	
编 委	高坦弟	陈 忠	刘学达
	段玉平	左万昌	赵文续
	张道远	李 军	

出版说明

自1986年初中央五部委发出《关于组织家用电器维修人员培训的通知》以来,在各地有关部门的大力支持下,家用电器维修培训工作在全国蓬勃开展起来,并取得了可喜的成果。

为了使家用电器维修培训工作更加系统化、正规化,1987年4月,中国科协、商业部、国家工商行政管理局、劳动人事部、电子工业部、总政宣传部、中国电子学会联合召开“全国家电维修培训工作会议”。会议上,各部委一致指出此项工作的重要意义,同时要求对现行教材进行修改,并编写基础与专业基础教材。遵照此会议精神,全国家电协调指导小组办公室按照统一教学计划的要求,组织有一定理论知识和维修实践经验的作者,编写了较为完整的家电维修培训教材,并由科学出版社、电子工业出版社、科学普及出版社、解放军出版社、宇航出版社共同出版。

随着家电维修培训工作的深入开展,应家电维修培训班师生及社会各界读者的要求,全国家电维修培训协调指导小组办公室在完成全套教材的出版工作之后,又陆续组织出版了家电维修培训补充读物。迄今为止,已出版二十余种,有:《家用电器维修经验》、《简明英汉家用电器词汇》、《日常家用电器维修、自检、难题详解》、《怎样实现电视调频远距离接收》、《电冰箱、冷藏柜、空调器、电动机维修技术和修理经验》、《最新进口平面直角彩色电视机维修手册》、《实用电视接收天线手册—原理、选用、制作、安装、维护》、《怎样看家用电器电路图》、《快修巧修进口国产彩色电视机》、《最新进口录像机及激光放像/唱机维修手册》、《家用摄录像机(一体化)维修手册》、《卡拉OK·环绕声·混响处理器的原理与制作》及《最新音响集成电路应用手册》、《国内外彩色电视机维修资料大全》、《录像机常用集成电路手册》、《新编传感器原理·应用·电路详解》、《最新集成电路收音机原理与维修》等。

我们出版补充读物的宗旨,是对基本教材拾遗补缺,为培训班师生和不同层次的电子爱好者提供进一步的参考资料,帮助他们深化对基本教材内容的理解和拓宽知识面。因此,在编写过程中,我们注重内容新颖,实用,资料翔实,叙述力求深入浅出,通俗易懂。事实证明,补充读物的出版起到延伸培训教材深度和广度的作用,对提高广大电子爱好者的素质,提高家电维修培训工作质量都是大有裨益的。

由于家用电器维修培训牵涉面广,学员及广大电子爱好者的水平和要求不同,加之我们水平有限,故补充读物的出版还不能完全满足不同专业、不同层次读者的要求。我们恳切希望全国各地的家电维修培训班的学员、教师以及广大电子爱好者提出宝贵意见,并寄至北京3933信箱(邮政编码:100039)全国家电维修培训协调指导小组办公室,如在当地购不到图书可直接汇款常年供应,在此谨致诚挚谢意。

《全国家用电器维修教材》编委会

1993年4月

前 言

现代工业生产自动化控制系统是以计算机为核心，以传感器为基础组成的。近年来，计算机技术发展飞速，相应之下传感器技术相对落后，因此传感技术已成为各国的重点科技发展项目，一些新颖传感器不断问世。

本书以工业自动化中最常用的传感器为基础，介绍它们的基本工作原理、性能及基本参数，并且介绍一些国内外新型传感器；与此同时结合各种不同的传感器给出相应的应用电路。这些电路设计合理，具有一定的实用及参考价值。

单片微型计算机(单片机)在80年代开始已逐渐在我国普及，各种以单片机为核心的智能型变送器及仪表已上市；利用单片机搞的测控装置在技术革新中也发挥极好的作用。本书在附录中介绍一些以单片机为核心的仪表、测控装置，供读者参考。

本书的编写得到汪海波同志提供大量新技术资料的帮助；在编写过程中，有关章节得到北京航空航天大学302教研室魏鸿然、张国华、孙德辉、周浩敏、陈博等同志的帮助；另外，泉州新新电子器件经营部及北京新大云公司提供了最新的传感器资料及实物，提供了实践的机会，在此谨表感谢。

由于水平所限，书中难免存在一些缺点和错误，热诚欢迎读者批评指正。

编著者

1993年1月

目 录

第一章 传感器概论	(1)
§ 1-1 传感器的作用及重要性.....	(1)
§ 1-2 传感器“热”.....	(2)
§ 1-3 传感器的分类.....	(3)
§ 1-4 传感器的基本性能参数.....	(4)
§ 1-5 新型传感器的开发方向.....	(6)
第二章 传感器电子电路	(9)
§ 2-1 一次变换与二次变换.....	(9)
§ 2-2 传感器电子电路的组成与要求.....	(9)
§ 2-3 几种典型的电子电路组成.....	(10)
§ 2-4 单片微型计算机在仪器、仪表及测控装置中的作用及组成.....	(13)
第三章 温度传感器及其应用电路	(15)
§ 3-1 概述.....	(15)
§ 3-2 PN结温度传感器及其应用电路.....	(16)
§ 3-3 热敏电阻温度传感器及其应用电路.....	(19)
§ 3-4 热电阻及其应用电路.....	(24)
§ 3-5 热电偶及其应用电路.....	(27)
§ 3-6 集成温度传感器.....	(33)
§ 3-7 石英晶体温度传感器.....	(37)
§ 3-8 光纤辐射温度传感器及温度计.....	(42)
§ 3-9 热释电型红外传感器及其应用电路.....	(43)
第四章 湿度传感器及其应用电路	(45)
§ 4-1 湿度的定义及其表示方法.....	(45)
§ 4-2 湿度传感器的分类与基本工作原理.....	(46)
§ 4-3 常用的湿敏元件及湿度传感器.....	(47)
§ 4-4 湿度传感器的应用电路.....	(50)
§ 4-5 结露传感器.....	(54)
第五章 气敏传感器及其应用电路	(59)
§ 5-1 半导体气敏传感器.....	(60)
§ 5-2 接触燃烧气敏传感器.....	(67)
§ 5-3 其它类型的气敏传感器.....	(70)
第六章 发光二极管及其驱动电路	(73)
§ 6-1 概述.....	(73)
§ 6-2 发光二极管的基本特性与参数.....	(75)
§ 6-3 发光二极管的驱动电路.....	(78)

第七章 光电二极管与光电三极管应用电路	(84)
§ 7-1 光电二极管	(84)
§ 7-2 光电三极管	(87)
§ 7-3 应用电路	(89)
第八章 光电开关及光电断路器的应用	(94)
§ 8-1 光电开关	(94)
§ 8-2 光电断路器	(99)
第九章 色彩传感器及其应用	(105)
§ 9-1 色彩传感器的工作原理	(105)
§ 9-2 色彩传感器的应用	(108)
第十章 红外线传感器及其应用	(112)
§ 10-1 概述	(112)
§ 10-2 热释电型红外传感器	(114)
§ 10-3 应用电路	(117)
第十一章 光敏电阻及其应用	(123)
§ 11-1 光敏电阻的工作原理与结构	(123)
§ 11-2 光敏电阻的基本参数	(124)
§ 11-3 光敏电阻派生器件	(126)
§ 11-4 应用电路	(127)
第十二章 火灾报警传感器的应用	(132)
§ 12-1 感温火灾报警传感器	(132)
§ 12-2 离子感烟传感器	(133)
§ 12-3 火焰传感器	(136)
第十三章 CCD图象传感器	(142)
§ 13-1 概述	(142)
§ 13-2 CCD的工作原理	(143)
§ 13-3 CCD的主要特性	(145)
§ 13-4 CCD摄像传感器电路	(147)
第十四章 接近开关及其应用	(154)
§ 14-1 概述	(154)
§ 14-2 电感式接近开关	(155)
§ 14-3 电容式接近开关	(160)
第十五章 霍尔传感器及其应用	(164)
§ 15-1 概述	(164)
§ 15-2 霍尔元件	(164)
§ 15-3 霍尔传感器	(167)
§ 15-4 霍尔元件及霍尔传感器的应用	(171)
§ 15-5 霍尔电机	(174)
第十六章 磁敏电阻及结型磁敏器件的应用	(176)
§ 16-1 磁敏电阻及磁敏传感器	(176)

§ 16-2	磁敏二极管与磁敏三极管	(188)
第十七章	压阻式压力传感器及其应用	(193)
§ 17-1	概述	(193)
§ 17-2	硅压阻式压力传感器	(194)
§ 17-3	压阻式压力传感器的应用电路	(200)
第十八章	谐振式压力传感器及其应用	(204)
§ 18-1	概述	(204)
§ 18-2	振动弦式压力传感器	(206)
§ 18-3	谐振模压力传感器	(207)
§ 18-4	音叉振子压力传感器	(211)
第十九章	振动测量传感器及其应用	(213)
§ 19-1	概述	(213)
§ 19-2	压电式加速度传感器	(214)
§ 19-3	新型压电式加速度传感器	(216)
§ 19-4	压电式加速度传感器测量电路	(217)
§ 19-5	压阻式加速度传感器	(219)
§ 19-6	伺服加速度传感器	(224)
§ 19-7	加速度传感器的安装	(226)
第二十章	超声波传感器及其应用	(227)
§ 20-1	概述	(227)
§ 20-2	超声波传感器	(229)
§ 20-3	超声波专用集成电路	(233)
§ 20-4	超声波应用电路	(237)
附录		(242)
附录1	温度测量仪	(242)
附录2	一种实用光纤数字遥测系统	(245)
附录3	十六通道自动巡检电路	(252)
附录4	压力、温度测控仪	(255)

第一章 传感器概论

§ 1-1 传感器的作用及重要性

人可以通过五官(视、听、嗅、味、触)接受外界的信息,经过大脑的思维(信息处理),做出相应的动作。同样,如果用计算机控制的自动化装置来代替人的劳动,则可以说电子计算机相当于人的大脑(一般俗称电脑),而传感器则相当于人的五官部分。

传感器是借助于检测元件(敏感元件)接收一种形式的信息,并按一定规律将它转换成另一种信息的装置。它获取的信息,可以是各种物理量、化学量和生物量,而转换后的信息也有各种形式。目前大多数的传感器将获取的信息转换为电信号。

人体的五官是极好的传感器。例如人的手指的触觉是极其灵敏的,并且具有多功能,它可以感受物体的温度(冷热)、软硬、轻重及外力的大小。另外,它有特殊的手感,如对织物的手感、对液体粘度的手感等。但人体五官也有不足之处:例如,它没有察觉磁性的功能,看不见红外线及紫外线,听不到超声波的声音,也不能了解化学溶液中某种物质的含量等。另外,人体虽能感受温度,但仅能在一个较小的温度范围内,并且也仅能粗略地区别温度的高低。而温度传感器可以感受极宽的温度范围(如 $-200\sim 2000^{\circ}\text{C}$),它可以分辨出 0.1°C ,并且很容易达到 1°C 的精度。因此,传感器将作为一种代替或补充人的感觉器官的装置。

目前,传感器应用领域已十分广泛,在国防、航空、航天、交通运输、能源、机械、石油、化工、轻工、纺织等工业部门和环境保护、生物医学工程等方面都大量地采用各种各样的传感器。

在工业生产方面,全自动、半自动、加工设备、自动生产流水线、机器人的出现,它们可实现生产合理化、自动化、提高产品质量、降低生产成本、减轻工人的劳动强度、避免有害作业的直接操作。在家用电器和医疗卫生方面,新颖的家用电器在家务劳动的自动化、省力化方面起到极大的作用,全自动洗衣机、洗碗机已进入千家万户;新型家用电子医疗保健产品,如电子血压计、脉搏计、电子体温计等。它们对于改善人们的物质生活水平和提高人们的健康水平起了重要作用。在航空、航天方面,大型飞机在云层上被自动驾驶,并能在恶劣的气候条件下安全“盲目”着陆;空-空导弹的自动跟踪;人造卫星在太空进行遥感、遥测等高科技中都大量地安装有各种各样的传感器,以确保完成各项任务。

另外,在粮食资源、矿产资源、海洋开发、生命科学等领域还待更好地开发。正因为如此,传感器技术已受到世界各国普遍重视,并已发展成为一种专门的技术学科。

现代科学技术不断地发展,世界上正面临着一场新的技术革命,这场革命的主要基础就是信息技术,它是以极大地提高劳动生产率和工作效率为主要特征的。信息技术的关键在于信息的采集和信息处理,而信息采集主要依靠各种类型的传感器。

在一个自动控制系统中,首先要由传感器检测到信号,才能进行自动控制。传感器的精度、可靠性的高低,将决定这系统的成败。例如家用电冰箱就是一个最简单的温度自动控制系统。

它由温控器来控制压缩机的开关达到控制的目的。如果温控器中的温度传感器损坏，则电冰箱就无法正常工作了。

§ 1-2 传感器“热”

人们称传感器为具有时代性的商品。世界上许多先进国家都十分重视传感器的开发和应用。不少生产集成电路的厂家也生产各种传感器，连生产汽车的公司也专门组织力量进行传感器的开发。如日本丰田中央研究所在研制检测汽车发动机汽缸压力的硅压力传感器的同时，还开发了心脏血流和血压测量的传感器，受到社会的好评。松下电器公司在微波炉中采用湿度传感器代替插入食物的温度探针(温度传感器)，使用更为方便，并可更准确地完成各种烹调过程。采用湿度传感器的新型微波炉，打入美国市场，受到普遍的欢迎。造成这种现象的原因是，专门生产传感器的工厂来不及去开发，而用户又迫切需要造成的。有很多学者认为在世界范围内出现了传感器“热”。原因是：

1. 传感器技术落后于计算机技术

随着大规模和超大规模集成电路生产技术的进步，微型计算机的功能在不断提高，而价格却不断下降。因此，微型计算机的应用越来越广，它不仅用于工农业生产、事务管理、办公室自动化、高档家用电器，并进入家庭。与此相比，传感器技术处于明显的落后地位。按现状来看，不少传感器不能满足现代信息处理系统对其准确度、响应速度的要求，并且往往价格太高，使人们难以接受。传感器技术上的落后，已成为微型计算机应用中的“薄弱环节”。因此，只有突破这一关键技术，才能使微型计算机有更大的用武之地。

2. 新型家用电器迅猛发展

近年来，新型家用电器迅猛发展，花样越来越多，产量越来越大，这是家电控制电子化的必然结果。不少家用电器中都应用有各种各样的传感器，如表1-1所示。例如，在具有可以方便转换频道等功能的遥控电视机上，在可随意改变风速的遥控电风扇上，在防盗防入侵的报警装置中都装有红外线传感器；电冰箱及电子灶等电热用具能自动控制温度，因其内部装有温度传感器；自动洗衣机中装有的浊度传感器，可以合理地安排漂洗次数，起到节水、节电的作用；全自动傻瓜照相机中的光电传感器保证在不同的光线下适度曝光；其它方面如录音机中的磁性传感器、录像机中的结露传感器、抽油烟机及煤气报警器中的气敏传感器等等，都是借助这些传感器而实现了自动化，使人们生活更省力、舒适、安全。由于新颖家用电器日新月异，产量大增，给传感器带来极好的销售市场，同时给企业带来显著的经济效益和社会效益。

表1.1 各种家用电器中使用的传感器

传 感 器 家 用 电 器	温 度							光		磁	压 力			气 体	湿 度							
	压力式	双金属片	热电偶	热敏电阻	PTC	感温铁氧体	有机感温体	红外检测器	CdS	光电三极管	光电二极管	霍尔元件	其它	膜盒	薄膜	半导体	氧化物半导体	接触燃烧式	尼龙	炭粒子	陶瓷	有机物
电子灶				■																	□	
电烤箱	□	■		■																		
气体烤箱	□	■	■																			

续

家用电器	传感器	温 度							光		磁	压 力			气 体	湿 度						
		压力式	双金属片	热电偶	热敏电阻	PTC	感温铁氧体	有机感温体	红外检测器	CdS	光电三极管	光电二极管	霍尔元件	其它	膜盒	薄膜	半导体	氧化物半导体	接触燃烧式	尼龙	陶瓷	有机物
烤箱电子灶		☐	☒		☒				☐									☐			☐	
电饭煲			☐		☒	☒	☒															
电热板			☒		☐																	
面包炉			☒			☐																
咖啡器			☒																			
房间空调器		☒	☒		☒	☐								☐					☐			
石油暖风机			☒		☐																☐	
电暖风机			☒			☒																
换气扇					☐													☐				
电暖炉			☒		☒	☐																
电热毯			☐					☒														
电冰箱		☒	☐		☒		☐							☐								
餐具清洗机			☒		☒																	
气体开水器		☒		☒																		
气漏报警器																		☒	☒			
火灾报警器		☒	☒		☐					☐	☒							☐	☐			
洗衣机										☐					☒							
衣物烘干机		☐	☒			☒																
被褥烘干机						☒																
干燥机		☒			☐																	
电熨斗			☒																			
吹风机					☐	☒																
电子驱蚊器						☒																
电视									☐	☐	☐											
录像机																				☒		
立体声音响					☐					☐		☐										
录音机													☐									

图例: ☒ 大量使用 ☒ 正在使用 ☐ 部分使用

§ 1-3 传感器的分类

传感器种类繁多。目前常用的分类方法有两种：一种是以被测参量来分，另一种是以传感器的工作原理来分，如表1-2及表1-3所示。

表1-2 按被测量来分类

被测量类别	被测量
热工量	温度、热量、比热；压力、压差、真空度；流量、流速、风速
机械量	位移(线位移、角位移)，尺寸、形状；力、力矩、应力；重量、质量；转速、线速度；振动幅值、频率、加速度、噪声
物性和成份量	气体化学成份、液体化学成份；酸碱度(PH值)、盐度、浓度、粘度；密度、比重
状态量	颜色、透明度、磨损量、材料内部裂纹或缺陷、气体泄漏、表面质量

表1-3 按工作原理来分类

序号	工作原理	序号	工作原理
1	电阻式	8	光电式(包括红外式、光导纤维式)
2	电感式	9	谐振式
3	电容式	10	霍尔式(磁式)
4	阻抗式(电涡流式)	11	超声式
5	磁电式	12	同位素式
6	热电式	13	电化学式
7	压电式	14	微波式

在这两种分类方法中，以被测量来分类时，使用的对象比较明确；以工作原理来分类时，传感器采用的原理比较清楚。本书的目的主要在于讲解，怎样合理选用传感器，故将以第一种分类方法为主来介绍。

由于同一种被测量可用不同的传感器来测量，因此习惯上常把两者结合起来称呼。例如，电容式差压传感器和压阻式差压传感器、电感式接近开关和电容式接近开关等等。

§ 1-4 传感器的基本性能参数

传感器的品种繁多，测量参数不同，用途各异，其性能参数也不一样。一般厂家给出的性能参数主要是静态特性。所谓静态特性是指被测量的各个值处于稳定状态(静态测量下)，或随时间变化非常缓慢状态下，传感器输出值与输入值之间的关系，一般可用数学表达式、特性曲线或表格来表示。动态特性是传感器反应随时间变化的响应特性。动态特性好的传感器，其输出量随时间变化曲线与被测量随时间变化的曲线相近。一般厂家仅给出响应时间。

一般传感器的主要性能参数有：

1. 测量范围(量程)

各种传感器都有一定的测量范围，超过规定的测量范围，测量结果会有较大的误差或造成传感器的损坏。有的传感器允许过载(即允许超过测量范围)，但过载不作为测量范围。在选用传感器时，传感器的测量范围应稍大于实际测量范围，以防止万一超量程时，不致损坏传感器。

2. 线性度

线性传感器测出的输入、输出曲线与某一规定直线不吻合的程度，称为非线性误差，或称为线性度，如图1-1所示。在输出特性与规定直线间，垂直方向上的最大偏差与最大输出的百分

比,即为非线性误差。

采用线性度高的传感器,在电路上处理较方便,测量精度也高;非线性很大的传感器若要采用数字显示或采用均匀刻度的指针式仪表显示,则一般在电路上要采用线性化补偿电路,或机械式的非线性补偿机构(波面凸轮等),其电路及机构均较复杂,调试较繁琐。

近年来,采用微型计算机(单片机)的仪器或测控装置,由于可以采用软件进行线性化处理,故可较方便地进行线性补偿。这对处理非线性大而要求精度高的仪表来说,无疑是最佳方案。

3. 不重复性

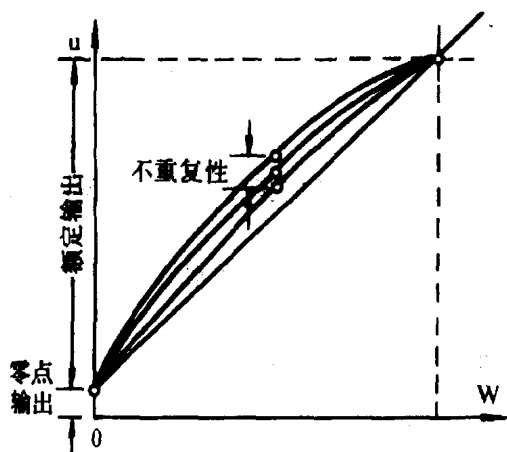


图1-2 传感器的不重复性

非线性误差、不重复误差及滞后误差这三项指标决定传感器的精确度,它是反映系统误差和随机误差的综合指标。一般,若已知这三项误差,可以通过误差合成求出精确度。

精度是用计算出的最大误差与最大输出的百分比表示。

6. 灵敏度(传感器系数)

对线性传感器来说,传感器校准直线的斜率就是灵敏度,而非线性传感器的灵敏度则随输入量不同而变化,如图1-4所示。

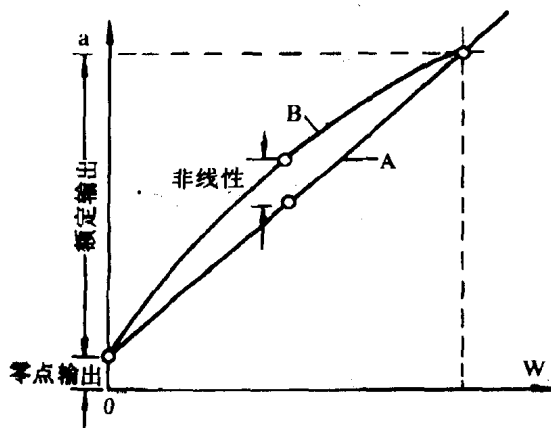


图1-1 传感器的非线性

不重复性是指在同一操作条件下,对输入量按同一方向作全程连续多次重复测量(有的规定为3次),输出值的不一致程度。以3次加载输出特性曲线在同一输入量时的最大偏移量与最大输出量之比的百分数称为不重复误差,如图1-2所示。

4. 滞后(迟滞)

在相同的工作条件下,传感器在正、反行程中,同一输入所对应输出的不重合程度称为滞后,如图1-3所示。

滞后误差是丙曲线在同一输出量时最大偏差与最大输出的百分比。

5. 精确度(精度)

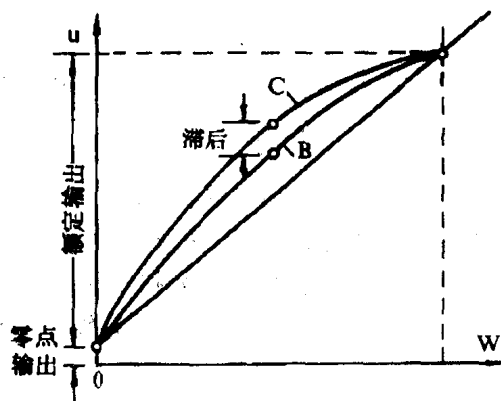


图1-3 传感器的滞后

如传感器的灵敏度大, 它的信号处理电路较为简单。当信噪比较小时(传感器输出信号 S 与噪声 N 之比, 称为传感器的信噪比 S/N), 信号处理较为困难。

7. 零点时间漂移

传感器在恒定的温度环境中, 零点输出信号与时间的变化特性, 称为传感器零点时间漂移, 简称零漂。传感器的零漂一般按8小时内输出信号的变化来度量。

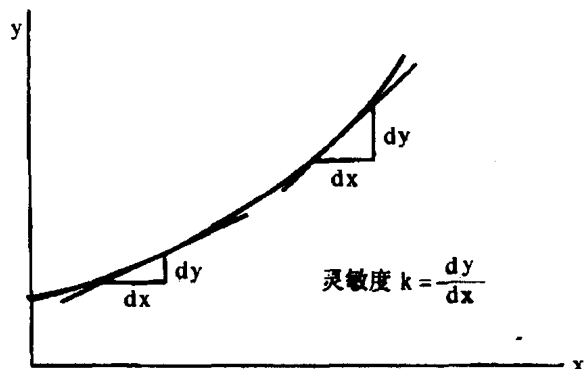


图1-4 非线性传感器的灵敏

8. 零点温度漂移

传感器的零点输出随温度而变化的特性, 称为传感器的零点温度漂移。一般常用环境温度变化 10°C 所引起的输出变化相对于最大输出的百分比表示。

在实际使用中, 时间漂移与温度漂移是同时存在的。

9. 灵敏度漂移

传感器的灵敏度随温度改变而变化, 它反映温度变化对传感器输出信号

影响的大小。一般用温度每变化 10°C 而引起传感器灵敏度的相对变化来表示。

10. 工作环境条件

一般给出的传感器工作环境条件参数是温度范围及湿度范围。例如, 温度范围为 $0-40^{\circ}\text{C}$, 相对湿度不大于 $90\%\text{RH}$ 。在此范围内, 能保证传感器的各项性能指标在规定误差范围之内。

11. 响应速度

传感器的响应速度反映其动态特性, 对于一阶传感器, 一般用时间常数大小来表示。时间常数小, 表示动态响应好。

另外, 不同类型的传感器还有一些表示它特性的参数, 这里不一一列举, 可参看各章的介绍。

§ 1-5 新型传感器的开发方向

传感器技术正在飞速向前发展, 主要在两个方面, 即传感器本身的研究开发和传感器应用

一、新材料的应用

传感器虽然是一个小小的装置, 但它涉及的学科非常广, 如材料、物理、化学、生物、医学、电子等等。因此, 它所用的材料种类多, 加工技术复杂。

近年来, 传感器材料的研究和发展趋势是:

1. 半导体材料在敏感技术中占有较大的技术优势, 在今后的一个时期内, 仍占有主要地位。

2. 功能陶瓷材料在敏感技术发展中有较大的技术潜力。这里指的是, 以一定化学成份组成的陶瓷材料, 经过成型及烧结的精密陶瓷材料。采用精密陶瓷材料最大的特点是耐热性, 因

此, 陶瓷型 O_2 传感器可用于汽车发动机燃烧比的控制系统, 也可广泛地用于各种锅炉的燃烧控制系统。另外, 新型陶瓷型湿敏元件及热敏电阻也是采用精密陶瓷材料制成的。

3. 功能金属、功能有机聚合物及非晶态等新材料, (如记忆合金、 PVF_2 聚偏氟乙烯、铁基非晶态合金) 在敏感技术发展中有广阔的应用前景, 并且已制成不少新型传感器, 今后将更引人注目。

4. 研究固体材料、薄膜材料的敏感原理和敏感技术, 把敏感元件的生产转到新的先进技术基础上, 可进一步提高产品质量及降低生产成本。

二、新工艺技术的应用

这里特别提出的是微细加工技术在超小型传感器中的应用。微细加工技术是一种集成电路的加工技术, 它由三大基本技术组成: 平面电子工艺技术、有选择的化学腐蚀技术及机械切割技术。例如, 采用CVD(化学汽相沉积)和VED(真空蒸发沉积)技术制备的 SnO_2 等超微粒子氧化物, 具有感度高、响应快、精度高、体积小、重量轻、能耗低的特点, 可制成一些性能优异的光敏、气敏、湿敏和热敏等敏感元件。利用微细加工技术制造微型压阻式压力传感器(例如美国Kulite公司和Entran公司都已有 $\phi 0.75mm$ 直径的压阻式压力传感器供应市场)又是一个成功的例子。它可以植入人体血管内; 进行压力测量。

三、采用新的效应开发新型传感器

新的效应包括物理效应、化学效应及生物效应, 利用这些新的效应开发新型传感器。下面分别举一些例子。

1. 新的物理效应

近年来开发的新型表面弹性波(SAW)传感器, 它可以测量温度、力及压力等参数。北京航空航天大学在1988年研制成SAW力传感器, 中科院声学所在同年研制成SAW温度传感器(测温范围 $0\sim 100^\circ C$, 频率变化 $0\sim 160kHz$, 其分辨力是极高的)。

SAW器件已广泛用于电视机中作为滤波器, 但作为测温传感器的SAW传感器的效应与滤波器不同。当SAW传感器的衬底($LiNbO_3$ 晶体)温度变化时, SAW的传播速度 V_p 将发生变化; 另外, 传感器的结构参数也随温度变化而变。其结果是, 温度变化时, SAW传感器的频率随之变化。

这种传感器与石英温度传感器相比, 更适合于大量生产、加工成本低, 并且其衬底可直接粘贴在金属外壳上, 时间常数小。

2. 新的化学效应

利用对离子敏感的场效应管用于医用化学计量, 可制成一种新的化学效应传感器。例如, 采用离子敏感场效应管(IS FET)制成微小的 CO_2 传感器, 可以做成注射器针头直径大小, 把它置入人体内, 可测出血液中 CO_2 分压, 即可获有关人体循环器官和呼吸器官功能的重要信息, 可免去抽血的痛苦。

3. 新的生物效应

用微生物取代酶固定在薄膜上, 利用微生物有选择的反应特性制成微生物传感器。一般采用骨胶原或多孔性醋酸纤维素制成薄膜。采用微生物传感器可以在发酵过程中进行在线实时测量。

四、集成传感器

集成传感器是新型传感器重要的发展方向之一。其基本原理是用集成加工技术，将敏感元件、测量线路、放大器及温度补偿元件等集成在一个基片上。它不仅尺寸小、重量轻、稳定性及可靠性高、响应速度快，而且由于生产自动化程度高，成本较低。

在各种半导体材料中，以硅为基材的集成传感器发展最快。硅集成传感器是利用硅本身的物理效应及与硅平面技术相结合的产品。例如，集成温度传感器、集成霍尔传感器及硅压阻式集成压力传感器等。

硅压阻式集成压力传感器是将硅膜片、压阻电桥、放大器和温度补偿电路集成在一个基片上。又例如霍尔集成传感器，它将霍尔元件、放大器、整形电路、驱动电路及稳压电源做在一小基片上，其外形与塑封小型三极管相同，其厚度仅1.54mm。

采用集成传感器可简化电路设计、节省安装、调试时间，减少系统部件，增加可靠性及降低生产成本。正因如此，许多传感器都向集成传感器方向发展。它的应用范围从汽车、家电、生物、医学到航空航天技术，几乎无所不包。

五、多维化传感器

一般的传感器只能获取一个点的信息。利用电子扫描方法，把多个传感器单元做在一起，就可以识别空间和复杂物体的状态，即所谓多维化传感器。X射线的CT就是多维传感的实例。此外，一种新型的半导体器件——固体图象传感器（CCD阵列传感器），它具有体积小、重量轻、寿命长、分辨率高、功耗低、残留图象少、图象不变形、不易受电磁场干扰及信号处理较容易等一系列优点，正在逐步地取代摄像管。它不仅在自动化生产线上发挥“视觉”的作用（如纺织品质量检查及大规模集成电路图形检查等），并且在天文罗盘、星体跟踪、卫星遥感装置上也开始应用。

六、灵巧传感器

灵巧传感器（Smart Sensor）是通过控制机与传感器之间的双向通信，对传感器实施软件控制，使之具有可编程或自适应功能。采用灵巧传感器的好处是，可以实现主控单元对传感器的控制；在激励电压、增益、电桥平衡、偏置和滤波器带宽等的调节上，也可实现传感器自适应补偿。

灵巧传感器是计算机技术与传感器技术的高一级结合，是传感器设计观念上的一大进步。