

国内外

敏感元件及传感器手册

SENSITIVE ELEMENTS & TRANSDUCERS HANDBOOK

前 言

随着电子计算机的广泛应用,敏感元件及传感器的研制和发展已成为八十年代的关键技术,已引起生产和科学研究各行业的重视。敏感元件及传感器作为获得信息,转换与传递各种信息的功能元件被誉为耳目,无论在工农业生产中、能源的开发和利用中以及医疗保健、人民生活上都得到了广泛的应用并越来越发挥其独特的技术作用和显著的经济效益。

为了促进国内敏感元件及传感器的发展,适应我国四化建设的需要,使国外的一些新传感技术尽快地在国内得到应用和发展,我们编译了“国内外敏感元件及传感器手册”,着重从生产应用方面介绍了敏感元件及传感器在国民经济发展中的作用,敏感元件及传感器的需求和应用,国外经济发达国家美国、日本、欧洲等国家敏感元件及传感器的水平和发展趋势,市场动态、国内,特别是国外生产的敏感元件及传感器的种类、工作原理、结构、性能、特点、应用以及价格等。因此本手册是电子行业和其它行业有关工程技术人员、管理人员了解和借鉴国外先进技术可贵的参考资料,同时也为电子元器件厂家开发新产品和应用的途径提供了依据。

手册在编译过程中,曾得到电子界前辈陈克恭、郭以述以及清华大学教授周志刚等同志的大力支持并对手册提出了宝贵的修改意见,在此,表示深切的谢意。

由于时间仓促,水平有限,错误和不妥之处,请读者予以指正。

《国内外敏感元件及传感器手册编译组》

一九八五年十月

参加编译人员

李德恒、张福学、李远、吕景楼、李松柏、方尔清、石敦礼、田春旗、高秀卿、李晓阳、阎克钧、李凤来、高广禄、陈健。

目 录

第一篇	概述	1
一、	敏感元件及传感器在经济发展中的作用	1
二、	传感器的需求和应用	1
三、	国外敏感元件及传感器发展水平及动向	3
四、	国内敏感元件及传感器的现状和发展趋势	11
五、	市场动向	12
第二篇	国内敏感元件及传感器	16
	光、红外线、紫外线	16
	温度	29
	力、重量	34
	压力、气压	38
	湿度、气体	78
	磁	94
	位置、角速度、角加速度	108
	生理	114
第三篇	国外敏感元件及传感器	119
	光、红外线、紫外线、放射线、激光	119
	温度	172
	力、扭矩、重量	206
	压力、真空、气压	217
	振动、声音、超声波	235
	湿度、气体、成分	254
	流量	278
	磁	293
	浊度、密度、粘度	317
	位置、角度、角速度、角加速度	321
	生理、其它	334

第一篇 概述

一、敏感元件及传感器在经济发展中的重要作用

敏感元件及传感器是一种能将各种物理和化学信息转换成电信号的功能元件,它具有信息感受、变换和传输等功能。敏感元件(传感器)不仅在人不能达到的地方或者对人有危险的场所起到人的耳目作用,而且能突破人的生理界限感受人不能感受到的外界信息。它与微处理机相结合,还具有对象识别和自动控制的功能。

未来的社会将是一个信息社会,而信息的处理靠的是电子计算机。电子计算机被人们誉为人的第二大脑,它能部分地代替人的脑力劳动进行“思维活动”,对搜集来的各种信息进行分析和处理。而敏感元件及传感器正是向电子计算机提供各种信息必不可少的“五官”。否则,如果只有先进的信息处理设备——电子计算机,而没有输入信息的敏感元件及传感器,则电子计算机也失去了其应有的地位和作用。

目前,世界上已经研制出各种各样的敏感元件和传感器,例如:能感受光线的“眼睛”,能听到声音的“耳朵”,能嗅出气味的“鼻子”,有的传感器对温度、湿度很敏感,有的对压力、色度很敏感等。但总的看来,传感器技术相对于飞速发展的电子计算机技术而言发展是缓慢的,所以有人把电子计算机这种状况比喻为“大脑发达,五官迟钝”。近年来,不少国家已开始认识到这一点,并且给予极大的重视。例如日本已将传感器列为八十年代应大力发展的五项重要技术的首位,美、英等国也以巨额投资进行传感器的技术开发。由此可见,微处理机(计算机)与传感器密切相关,微处理机(计算机)的推广和应用有赖于传感器的发展。信息社会也离不开传感器。

《日经实业》杂志曾对“今后十年值得注意的技术是什么?”作了书面调查,结果传感器由于潜在的社会需求被列为第一位。同时,日本科学技术厅用 Delphi 法对廿一世纪以前的技术作了预测,而作为1985~2000年大力加速开发的粮食、矿物资源、生命科学、医疗保健、能源、海洋开发、水资源等项目都离不开传感技术。可见传感技术在未来的国民经济发展中越来越发挥其重要的作用。

二、传感器的需求和应用

近年来,随着集成电路、半导体技术和信息处理技术的惊人进展,以微处理机为中心的微电子学也逐渐渗透到社会的各个领域,极大地改变着人们的生活和社会结构。

在这种形势下,人们对提供给设备和系统输入信息的传感器日益关注。设备和系统对传感器的需求已成为开发和研制传感器的强大动力。传感器是满足多样化社会需求的主要因素,它不仅在工业发展中占有重要地位,使工业实现合理化、高效化,从而增强在国际上的竞争能力,它还能丰富人们的生活,保护人类和大自然环境,有效地利用资源和能源等,总之,其应用范围正在日益扩大。

表1列出了各个领域对传感器的需求,当然应用领域不同,所需传感器的种类及其应用的目的也有差异,但其主要目的无非是为了实现自动化,节省人力,提高效率,增强产品的功能,确保安全,保护环境,节省资源等。

传感器在民用设备中的需求主要以方便、舒适、提高性能、安全、节约能源、节省资源为目

表1 各个领域对传感器的需求

领 域	传 感 器 种 类	应 用 目 的
民 用 设 备	温度、湿度、露点、光、磁性、气体、液位、流量、重量、压力、振动、污染、含氧量、红外线	方便、舒适、提高性能、安全、节能
汽 车	温度、压力、位移、转速、流量、液位、转矩、振动、气体、露点、车速、方位、照度	方便、舒适、提高性能、控制废气排发、安全节能
工业仪器仪表	湿度、温度、压力、流量、液位、速度、pH 值、成份、气体、重量、放射线、形状、位移、转速、超声波、磁性	自动化、节省人力、生产工艺合理化、安全管理、防止公容、节能
防 灾 、 防 盗	气体、火焰、烟、温度、地震、漏水、防止闯入、红外线、振动、超声波	安全性、防止灾害、防盗、防窃
保 健 、 医 疗	温度、超声波、光、放射线、磁性、红外线、血压、血流、血栓检查、心电图、身長、体重	机电化、残废、老年化政策、远距离诊所、人工脏器等。
农 林 、 水 产	温度、湿度、气体、霜、日照、照度、pH值、成份、形状、重量、超声波、红外线。	园艺设施、探测鱼鲜、保鲜。
海 洋 、 气 象	温度、湿度、风向、风力、气压、雨量、盐份、潮位、波高、日照、浊度。	自动检查、遥测
资 源 能 源	磁性、光、红外线、重力、超声波、地震波、放射线	探矿、局部能源利用

的。近年来，由于采用了集成电路、大规模集成电路和微处理机，传感器在民用设备中的需求量剧增，从使用情况来看，其中大约有80%属于温度传感器，而在温度传感器中又以采用双金属和热敏铁氯体结构形式的居多。但是随着电子技术的进展，近两年来，以热敏电阻器为主的热敏晶体管、霍耳元件、湿敏传感器、气敏传感器、压力传感器等半导体和陶瓷材料制成的物理型传感器以及生物化学型传感器的使用量也逐渐增加。

今后，应用范围将进一步扩大到汽车、办公室自动化设备、机器人、机电设备、家用自动化设备等方面。可以预计，更多的新型传感器将会相继问世。

民用设备用的传感器同工业用的传感器相比较，其精度要求不如后者，但在高可靠性和低成本方面同样要求苛刻。下面列出了对民用设备用传感器性能的要求。

(一) 高性能

1. 高灵敏度、高精度。
2. 线性，无滞后现象。
3. 具有重复性。
4. 响应速度（时间）快。
5. 具有互换性和选择性。
6. 较宽的测量范围。
7. 干扰小和本身具有抗干扰的能力。
8. 调整、校准方便。

(二) 高可靠性

1. 使用寿命长 (5 ~ 10年以上), 不需维修。
2. 抗老化。
3. 耐环境性 (热、振动、酸、碱、气体、水、过载、尘污等)。
4. 损坏时要有失效保险。
5. 安全性 (传感器本身对人体无害)。

(三) 适合于大批量生产

1. 选择易于制造的形状 (包括封装)。
2. 容易达到性能、特征的要求。
3. 易于检验、测试 (形状、性能)。

(四) 其它要求

1. 体积小、重量轻、坚固耐用。
2. 多功能化 (有数字显示输出)。
3. 易于与微处理机接口。
4. 易于维修。
5. 价格低。

从技术和成本的角度来看,民用设备用的传感器,如热敏、光敏、磁敏等物理量传感器大致能满足应用的要求,而湿敏、气敏、成份等化学量传感器以及压敏、流量、位移等机械量传感器无论在技术方面,还是在成本方面都差一些,不能满足应用的要求。但随着非晶材料、高分子材料、生物工程材料等新型功能材料的开发以及半导体技术和系统技术的发展,传感器技术也将在多功能、集成化和智能化上得到进一步发展。预料今后各个领域对传感器的要求量也会越来越大,其品种也会更加多样化。传感器作为开拓高度信息化社会的智能装置的“五官”,将发挥着不可估量的作用。

三、国外敏感元件及传感器的发展水平和技术动向

鉴于敏感元件及传感器的特殊地位,世界各国对于研制和开发敏感元件和传感器都予以极大的关注,特别是经济、技术比较发达的国家,都投以巨资从事这项工作的研制和开发。日本通产省在高速发展电子工业规划中,八四年度国家资助敏感元件及传感器的研制经费就高达121亿日元,其中高性能浓度检测装置占48亿日元,高性能光电、热电变换功能材料占41亿日元,高性能放射性传感器材料占15亿日元等。西德八五年投入51亿马克发展电子技术,其中微处理机占17亿,而敏感元件及传感器就占10亿,居第二位。美国也以巨额拨款来从事这项研制和开发工作。

目前,国外已设有专门机构研讨敏感元件及传感器的研制和开发工作。例如在日本的电子振兴协会下设有“新固体敏感元件和传感器专门委员会;在美国,由国家有关部门出面组织不定期召开“传感器”讨论会,每次活动均出版“传感器专题讨论文集”。在英国,由国家标准局与工厂联合主办“传感器件展览会”和传感器学术报告会,每年一次。在苏联及东欧国家,敏感元件的研制和开发由几个国家分担其研制和生产任务。如保加利亚分担涡轮流量传感器和涡流流量传感器,苏联和捷克分担电磁流量传感器等。

(一) 美国

在发展电子技术方面一直处于领先地位,初步统计,八十年代初,美共有生产9种典型工业控制参数(力、压力、应变、温度、速度、流量、位移、加速度和振动)、372个类别的主要传感器厂家171家,根据世界权威性咨询公司的预测,美在1980~1986年间还将增加15%比例的新厂。美在研制、开发传感器中明显的特点是:

1. 技术水平不断提高

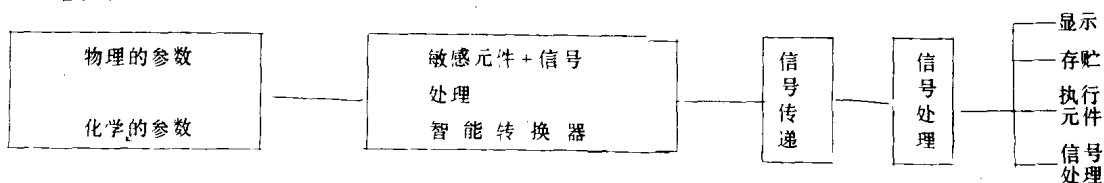
随着自动化技术的广泛需要,促使传感器从测量元件向量程广、高可靠、体积适中及价格合理的控制元件发展,水平有了很大提高。以 Celesco 公司的电位计式位移传感器为例,最长可测至2000英尺,精度高于0.1%,温度系数为0.002 %/°F并有在水下工作的品种。体积最小的如 Entron 公司量程为2~500磅/英寸²(较 Kulite CQ 030 量程广)的半导体压阻式压力传感器,尺寸只有 $\phi 14.27\text{mm}$,固有频率达420KHz。而 Acurex 公司生产的与各种应变、压电、热电偶及电感传感器配套耦合的无线传输装置可于30,000G的加速度条件下工作。Indikon 公司的涡流位移传感器的长期稳定性为2.5 $\mu\text{m}/\text{年}$,温度漂移为0.5 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ (输出10V)。精度最高的是 PSI 公司的振动筒形 PS 型标准数字压力传感器,重复性0.005%,滞后0.001%,温度误差为0.0002 %/°F。不仅传感器,近年还推出一系列高水平的配套仪表,如 Neff 公司的124A型放大器,带宽100KHz,线性0.003%,噪音1 μV ,增益为1~2500倍。此外,该公司还在著名的620系统中,在原有100,200,300,400及500系列中,新增了采集速度为100KHz、16位A/D、总精度为0.02%全部程控的600放大采样系列所有上述产品的技术性能在国际上也是比较先进的。

2. 在研制和开发敏感元件及传感器方面的新动向

(1) 趋向有源化。由于大多数传感器输出电平既不统一又很低,因此增大输出、统一输出电平(按IEC 0~5V或4~20mA标准)已着手进行。大多数厂家在生产传统产品的同时,生产标准化制式输出的有源传感器。如 Celesco 公司生产的PT420,PT510 电位计式位移有源传感器,CP51~53电感式有源压力传感器;Entran 公司的PI,PX及PV型半导体压阻式压力有源传感器等,与无源前相比,性能有很大提高。如Indikon 公司生产的XL系列涡流位移传感器,在实现有源化后,无需其它放大设备即可驱动3000英尺的电缆,在A92和A93加速度传感器内实现有源化后排除了电缆噪音的影响,保证在-54~+121°C温度下可靠地工作。

(2) 发展组合及多功能化产品。如 Celesco 公司生产的 DV301 型位移、速度组合传感器,能在同一拉线的作用下,分别带动测量位移的精密电位计以及测量线速度的测速发电机,从而实现从一个输入量中同时测量两个量的目的;Lebow 公司将应变式扭矩传感器、脉冲转速传感器及旋转变压器三者组成无接触式的功率传感器,当转速为1500~3500转/分时,系统精度可达0.2%;PMC/Beta公司的440型振动过载传感器是将压电传感器、有源电路、积分电路及输出报警、过载继电器组合成一个整体,从而实现了输出、过载报警及继电器保护多种功能。

(3) 朝智能化、系统化方向发展。通过敏感元件及传感器的固体化和集成化,实现产品的智能化。有关这一方面的研究工作在美國的Case Western Reserve 大学的电子工程中心进行。总之,传感器及其处理电路都要集成化。采用超大规模集成电路就可实现。关于智能化传感器的地位如下图所示。



过去的传感器多是把物理的或化学的信号转换成电信号的被动型元件，而今要考虑通过集成手段使传感器成为具有信号处理的能动型元件，即作为一个整体，付与其能动的功能，使其智能化。其主要功能如下：

I. 改善信号的功能

阻抗转换和信号放大，减小周围环境的噪音和干扰，改善系统的信噪比 S/N 。

II. 予处理功能

消除无关信号，补偿由于温度、电源变化所造成的漂移以及0点漂移，进行非线性校正。

III. 信号处理

a) 为改善信号传输过程中的 S/N ，要进行编码和调制或使输入计算机的信号数字化。

b) 将判定工作和警报等用传感器的膜片集成化。

IV. 具有遥测的功能

传感器自身能测量环境，它与信号处理电路不设置在同一场所。这种情况下，对电磁波、光、超音波等信号的调制送到另一场所。

V. 逻辑电路的功能

a) 计算多个变量。采用 m 个传感器 ($y_1, y_2, y_3 \dots y_m$)，测量 n 个数值 ($x_1, x_2, x_3 \dots x_n$) 的情况下，输出 x_n 的综合值。

b) 识别和拒绝信号。将信号同存贮的标准值作比较后，进行识别。

c) 降低功耗

d) 系统参数综合化，为了能对系统进行管理，检测出各种参数，从显示系统状态测量值的传感器到信号处理系统的各传感器要一同进行集成化。

目前在美国，已有这种类型的产品问世，比较典型的是PLS公司的Sonix PS标准数字式压力传感器。它在一个不大的壳体内 ($760 \times 760 \times 860 \text{ mm}$)，装有英国 Solarton 公司的振筒式敏感元件，微处理器、计数分频器，I/O电路及测温二极管等附属电路。利用微处理器对敏感元件的输出中的高次非线性项以及环境温度变化后所引起的微小影响，进行数字校正和补偿。结果使传感器的滞后、重复性可高达0.001 %的水平，同时还有多种（数字及模拟量）输出方式。智能化的例子还有 Monarch 公司 Tach-IV型光电数字型非接触转速计 ($155 \times 90 \times 33 \text{ mm}$)。它除将发光、光电及有关电路装入外，同样装入微处理器，使得该仪器有自动量程转换、极性显示，电源与时基测试以及记忆存贮与自诊功能等，实现了其它一般硬件难以完成的功能。显然，用传统的设计、工艺及材料等手段要达到如此高的技术指标是很困难的。智能化以后，电路技术代替了复杂的设计、工艺及材料，并通过廉价的信号予处理同时还极大的降低了成本。

作为系统化的典型是Acurex公司，包括Netpac、Autograph及Autodata小型集合式系统。其中，Netpac是一种模块式前端，具有A/D功能，可控制输出；Autodata除本身可独立工作外，尚能与Netpac组成系统；Autograph具有较好的打印、绘图功能。它们的共同原理是基于从大量传感器的输入（Autograph可达50000个通道）：以微处理器为中心（PDP 11，LST 11或与IBM-PC-XT相容），具有标准通讯接口RS232或RS-422串行数据传输接口，与主机最远距离可去1300米的分布式系统。Autodata将键盘、磁带、打印、显示等部分同装在一个机箱内，可根据用户需要组成大、中、小单台或多台的结构形式。与通常以运算为主的微型机（带A/D及

D/A装置)相比,有其更大的实用性。这种由记录器生产厂发展起来的系统是八十年代进行工业现场控制的佳系统,也是目前在世界市场上最畅销的产品。

(二) 日本

日本的电子技术是在五十年代后期发展起来的,但在短短的廿多年里却取得了惊人的进展。日本虽未设专门从事传感器的专业研究所,但敏感元件和传感器的研制和开发按其性质不同各有分工与计划:凡大型的、技术难度大的项目,由通产省工业技术院电子综合研究所抓总,协调落实;各大学从事基础理论、新效应、新材料、新工艺的研究,各厂按照各自的专业特长从事中小型产品的开发试制项目,但他们的侧重面各有不同,如国立、公立研究部门侧重于电力、能源、宇宙开发、交通运输(汽车除外)、资源及海洋开发等应用领域;各大学侧重于科学计量、保健、医疗器械等应用领域,工厂则侧重于生产设备、民用设备、汽车等应用领域。表2展示了各研究部门在不同应用领域内的分工。

表2 各研究部门在不同应用领域内的分工

应 用 领 域 部 门	信息 处理、 通讯	科学 计量	电力、 能源	制造 工业用 生产设备	家用 电器	汽 车	交 通、 运 输	宇 宙 开 发	环 境、 安全、 气象	资 源、 海洋 开发	保 健、 医疗	农 林、 水 产	上 木、 建 设	商 业、 金 融	其 它	合 计 (件) %
大学及所属研究 部 门	5.0	20.0	5.0	14.4	6.9	3.8	0.0	3.8	9.4	0.6	21.9	0.6	0.0	0.0	8.9	100 (160)
国立、公立研究 部 门	8.2	11.3	8.2	15.5	4.1	3.1	6.2	7.2	11.3	4.1	7.2	2.1	0.0	0.0	11.4	100 (97)
工厂企业及所属 研究单位	9.7	7.4	4.7	21.1	21.1	10.7	1.0	0.7	10.0	0.7	6.4	0.0	1.3	0.3	5.0	100 (299)

传感器按其检测目的,在研制开发中所占比例见表3

1. 敏感元件及传感器的发展水平

日本研制和开发敏感元件及传感器的现状同欧美等国家相比较,处于同等和领先地位的比重较大,特别是在电力、能源、民用设备以及汽车等领域,日本一直处于领先地位(见表4)。如在能源、电力领域,日本处于领先地位的比重占60%,而在民用设备领域处于领先地位的比重占50%,汽车领域处于领先地位的比重占48%等。然而在其它领域,如以航天为中心的交通、运输、宇宙开发、资源和海洋开发领域内,日本对敏感元件和传感器的开发工作则落后于美国。形成这种状况的原因与两国发展的历史背景有关。美国研制开发电子技术及传感器是以军用和宇宙开发为主,而日本一开始就把力量集中在发展民用电子技术方面。有关日本目前研制、开发的各类传感器的状况以及同欧美国家相比较的技术水平见表5

表 3

机械量 (压力、位置、流量、位移及其它)	32.2 %
光 (红外线、可见光、照度、其它)	13.5 %
化 学	11.4 %
温 度	10.7 %
生 物	8.3 %
湿 度	6.8 %
电 气	4.1 %
其 它	12.7 %

表 4

应用领域 \ 技术水平	落后	同等	先进	不明	合 计	
					%	件 数
信息处理通讯	8.9	35.6	42.4	13.3	100.0	45
科学计量	9.1	37.9	34.8	18.2		66
电力、能源	3.3	26.7	60.0	10.0		30
工业用生产设备	11.8	42.2	27.5	18.5		102
民用设备	2.6	34.6	50.0	12.8		78
汽 车	7.3	34.1	48.8	9.8		41
交通运输	55.6	22.2	0	22.2		9
宇宙开发	46.7	33.3	0	20.0		15
环境安全	7.1	28.6	42.9	21.4		56
海洋、资源开发	50.0	25.0	0	25.0		8
医疗、保健	12.9	40.3	33.9	12.9		62
农林、水产	50.0	25.0	0	25.0		4
土木建设	0	0	0	100.0		4
商业流通、金融	0	0	100.0	0		1
其 它	0	36.6	12.2	51.2		41
合 计	10.3	35.4	35.2	19.0	100.0	562

表 5 日本开发各类传感器状况以及同欧、美国家相比较的技术水平

表 5

	传感器研究状况				技术水平 (同其它国家相比)					
	研究 阶段	开发 阶段	实用 阶段	不明 X A 件数	合计 件数	落后	同等	领先	不明 NA 件数	合计 件数
机械				6	181				41	181
位置				1	28				12	28
压力				2	32				4	32
流量					15				3	15
形状					7				1	7
电气					25				3	25
磁敏					18				2	18
温度				3	60				7	60
光				1	76				8	76
可视光					15				1	15
红外线				1	33				6	33
湿度				3	38				10	38
化学				1	54				14	64
离子浓度				1	15				5	15
成分 组成					27				4	27
生 物					47				3	47
					35				2	35
					11				1	11

2. 面临的一些技术课题

- (1) 提高传感器的主要技术特性：灵敏度、精度、响应速度、测量范围等；
- (2) 提高传感器工作可靠性：耐环境特性、使用寿命、抗老化功能等。

各类传感器待解决的技术问题参见表 6。

表 6

传感器种类、名称	利用的转换功能	材料的种类	待解决的技术问题
距离传感器	检测激光	光敏二极管	解决响应时间超过10ms问题
半导体光传感器	光电效应	GaAs 半导体	解决元件稳定性
半导体应变传感器	压电效应	Si 半导体	400kg·cm ² 静压下,在-30~+80℃范围内工作
超声波传感器	根据压电效应产生电压	钛酸铅薄膜	提高灵敏度
PN结型容量式温度计	PN结容量和电导的温度变化	Si、Ge 半导体	增大检测范围
热电式红外线传感器	热电阻效应	半 导 体	改进界面控制技术
磁敏传感器	磁—转换成应变	合 金	老 化
红外光电传感器	光电导、光电效应	(Ae, Ga)Sb	降低噪音
红外线传感器	因红外辐射使电阻变化	半导体或热电元件	消除背景辐射的影响
温度传感器		无机半导体、尖晶石系	提高灵敏度
湿度传感器	离子传导	高 分 子	耐环境性
微型压力传感器	因压电效应使阻值变化	Si 半导体	降低偏差

3. 敏感元件及传感器技术开发的新趋势

日本在开发敏感元件及传感器方面的趋势同美欧国家大体相同, 主要从两个方面进行:

(1) 传感器的多功能化

充分利用发挥微电子技术的作用, 运用半导体 IC 技术, 薄厚膜技术, 研制单片集成和混合集成化的传感器。另一方面扩大薄膜技术在传感器中的应用, 以提高产品的灵敏度、响应时间和实现小型化。

以最近日本研制出的微型压力传感器为例, 就是把硅作为基片材料, 将敏感元件、信号处理电路集成于一个片上的集成化压力传感器。其膜片的尺寸为 $0.2 \times 0.4 \text{ mm}^2$, 传感器基片的外形尺寸为 $1.5 \text{ mm} \times 0.5 \text{ mm} \times 0.2 \text{ mm}$, 装在外径为 1 mm 的聚四氟乙烯管内, 可直接插入血管内作为血压监听器使用。其输出灵敏度达 $16 \mu\text{V}/\text{V} \cdot \text{mmHg}$, 精度为 0.1% , 线性为 $0.1\% \text{ FS}$ 。

研制开发多功能传感器, 诸如研制能检测温度—湿度、温度、气体等多参数的传感器。

(2) 研制和开发智能型传感器

智能型传感器是在一个半导体基片上, 采用微电子技术把传感器功能、逻辑功能、存贮功能等部分进行“三元”集成, 从而使传感器具备了多种功能, 诸如改善信号、自动校正、自动补偿、数据处理、图象识别, 存贮、记忆等。这是新一代传感器的雏形, 也是今后日本研制和开发传感器的主要方向。

为了研制智能型传感器, 还必须开发与传感技术、计算机技术有关的各种新技术和将传感器与计算机组装在一起的综合技术, 诸如:

- a) 应用微处理机技术
- b) 模拟电荷传输器件技术
- c) 弹性表面波器件技术
- d) 红外线电荷传输器件技术
- e) 光集成器件技术
- f) GaAs 高速器件技术
- g) 阵列检测器校正、补偿技术

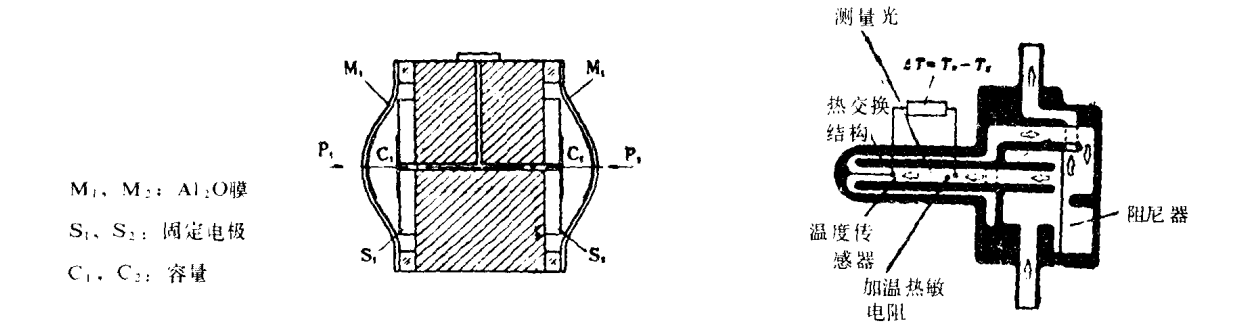
(三) 欧州

欧州各国的电子技术发展也较快, 对敏感元件及传感器的研制、开发工作也很重视。一九八三年十一月在西德杜塞尔多夫召开了三年一次的计量与自动化技术展览会国际会议, 一九八四年六月又在法国巴黎举行了国际传感器展览会和学术会议。两次会议上, 欧州各国发表了许多有关传感器方面的重要论文, 並展出了部分产品。但从目前欧州各国研制、开发传感器的规模, 投入的人力、物力来看还不能与美、日两国相媲美。物性型传感器的研制、开发工作进展不大, 结构型传感器有许多独到之处, 在研制开发智能化机器人用传感器方面 (如视觉、触觉传感器等) 取得了一定成果。下面用一些实例简述各国开发的情况和动向。

西德

西德飞利浦公司研制出的电容式差压传感器是采用薄膜技术在氧化铝薄片上制成电极, 形成可变电容。由于氧化铝陶瓷的弹性特性和化学稳定性, 使该传感器具有较高的精度、稳定性和可靠性。法鲁库斯瓦根公司的汽车用热电型燃料流量传感器, 采用热敏电阻加温, 测量范围为 0.3

~24e/h(幅度变化范围1:80),精度为±2.5%,响应时间为200 msec。如测量对象的幅度变化



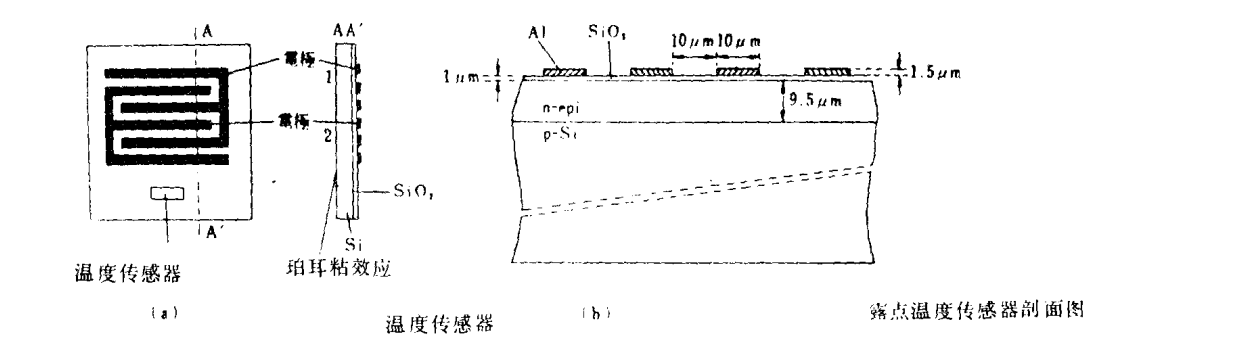
电容式差压传感器(飞利浦公司)

范围为1:100时,则响应时间为10msec。夫朗霍夫物理测量研究所研制的液位传感器,利用光耦合器,通过五个光纤束把液位分为11节进行测量和显示。该研究所目前正从事具有光学快门的视觉系统和与其联动的焊接用机器人的研究工作。当电压急剧变化,降低至近似于零时,由于电弧很快就消失,快门能在几毫秒内反映出焊接对象的温度分布和焊枪顶端状态。

燃料流量传感器(法鲁库斯瓦根公司)

荷兰

在荷兰研制和开发集成化传感器主要在戴尔福特工业大学进行。该大学研制的露点温度传感器是在n型外延层上制作1μm的SiO₂薄膜并在上面形成梳状电极,构成露点温度传感器的容量。根据结露的情况,检测出容量的变化,并转换成电信号输出。该大学研制的另一种位移传感器,其结构类似露点温度传感器。它是在绝缘基片上,按一定间隔制成格子状的固定电极和有一个移动电极。电极每隔90°相位加以不同的电压。移动电极在非接触情况下,根据容量耦合程度,通过相位的变化,读取位移。传感器的灵敏度取决于电极本身的精度。通常灵敏度为0.45%μm,非线性为2μm。目前荷兰政府拟把戴尔福特工业大学作为研究和开发传感器的中心,在人力、物力上给予很大的支持。



法国

法国研制和开发传感器的特点是以机器人应用为前提,侧重于一些特殊的传感器。该项研制工作在法国自动控制研究所进行。他们利用压敏导电的弹性体制成具有触觉的人造皮肤。弹性体是聚酰亚胺和碳精粉的混合物,其电阻值将因压力作用而减少。用这种弹性体结构的电极可通过触觉进行成象。当同手指上装有触觉传感器的人造手握时,握力越大,对方的握力也增大。这种可控制握力的人造手,能紧紧地抓住物体而不会使其脱落。

四、国内敏感元件及传感器的现状与发展趋势

我国的敏感元件及传感器的研制工作起步较晚，大都是70年代后开始研制。84年前开过四次学术交流会，两次展览会。82年电子工业部派出五人传感器考察小组对日本18家21个单位进行了专业性技术考察。84年在武汉召开了“全国传感器其应及用学术讨论会”，收到论文345篇，会上报告及收入文集的有142篇。1985年10月由中国仪表学会、四川省仪表学会以及重庆市有关单位联合举办了“全国传感器和传感材料元件及其应用学术交流会暨展览会”，会上发表100多篇论文，内容涉及到敏感材料及其应用，传感器的研制、生产和性能测试及其应用，以及国内这一技术领域的发展水平等各个方面。这些活动对我国的敏感元件及传感器的发展无疑起了巨大的推动作用。

目前，国内已有几百个单位（包括大专院校）研制和生产敏感元件和传感器。有基于物理效应，如光、电、声、磁、热等效应进行工作的传感器；基于化学反应，如化学吸附、选择性化学反应等进行工作的传感器等多种品种。

随着我国测量技术和仪表制造技术的发展，近几年来，国内已先后推出了不少新的传感器，如红外测温计、霍耳型压力传感器、涡流流量传感器，超声波流量以及液位传感器等。并正在向固体化和集成化发展。但就国内敏感元件和传感器的发展水平来看，无论在品种和质量上都落后于国外，据有关资料估计，至少落后10~15年。

在质量方面，如我国的CYC-1A压阻式压力传感器是国内同类产品中的较成功的产品，其总误差为0.5~0.1%，测量范围为0~200至0~300 mmH₂O，灵敏度及零点温度系数均小于0.05%FS/℃，满量程输出为0~20mV。但与国外同类产品相比仍有差距。如英国Druck公司的PDCR型压阻式传感器，测量范围可以37毫巴~700巴，超压可高达10倍，电压为75mV~10V，精度可高达±0.04%。而美国Honeywell公司生产的压阻式压力传感器精度高达0.02%。又如我国的振筒式压力传感器，其测量范围为0~1200mmHg，重复性为0.02%，滞后为0.005，长期稳定性≤0.04%（一年），工作温度范围为-30~+60℃，而英国Solartron公司3087型振筒式压力传感器的技术指标已达到：重复性0.001%FS，滞后<0.001%FS，工作温度范围-55~+125℃。

在品种方面，数量不多，有些尚属空白。以光纤传感器为例，国内虽有不少单位从事研究工作，但多数是处于研制、试验、鉴定阶段，只有少量几个品种作为检测技术中的传感应用。而国外光纤传感器的发展极为迅速，并已进入实用阶段。目前已有力、热、声、电磁、核物理等各应用领域的光纤传感器70多种。如日本松下公司生产的光纤电流表，光纤电压表和光纤温度计，磁场和电压测量范围为4700Oe和2000V，测量精度约为±1%；测量范围为-10~+40℃，精度±0.05℃；美国兰宝石光纤高温计可测温度为2000℃，其精度比现有热电偶标准高10倍。

影响国内产品质量的原因是多方面的，但主要是敏感元件和传感器所用的金属、非金属、化工、陶瓷及半导体等专用材料不过关，有关生产单位难以提供各类质量高、用量小、规格要求特殊的专用材料。另外在工艺方法、生产设备、计量检测技术方面也落后于国外。这些问题将会随着我国经济不断发展和科学技术水平的提高逐步得到解决。目前从国内研制和开发敏感元件和传感器方面来看，总的趋势是：

1、加强专用材料的研究，从过去的结构材料转向开发新的功能材料和复合材料。如陶瓷材料中的压电陶瓷、半导体陶瓷，高分子材料中的导电性高分子、半导体高分子、感光性树脂等。

开发新的半导体材料，金属材料中的非晶态材料及可控结晶合金等以及材料复合技术的改进、扩大复合材料的品种。1985年10月在重庆市举办的《全国传感器敏感材料元件及其应用学术交流会暨展览会》发表的论文中，有三分之一的内容涉及到新材料的研制、开发和应用。无疑，作为发展传感器的物质基础——材料的研制和开发工作，通过这次交流会将会取得积极的进展。

2、改造现有技术设备和引进国外的先进技术和设备，采用新工艺。诸如实现固体化、集成化，解决等离子、激光及电子束焊接加工工艺等。

3、发展系列化产品及开发新产品，以适应我国经济建设发展的需要。如扩大传感器的适用性和应用领域，生产配套的系列化产品，研制和开发监测和节能用传感器，以及生物化学传感器等。

五、市场动向

八十年代，由于自动控制及工厂自动化的需要，欧洲工业用传感器的市场将由1980年的11.3亿美元增至1990年的38亿美元，预计十年中市场规模将增至2倍以上，表7列出欧洲各类传感器增长情况。

表 7

传感器各类名称	1980 (百万美元)	1990 (百万美元)
温度 湿度	154	360
压 力	172	560
位置 (位 移)	227	911
重 量 (力)	230	830
流 量	170	547
液 位	79	255
其 它	102	340

西欧制造部门通过使用敏感元件和传感器得到很大收益。如在机床应用方面由1980年的1.48亿美元增至80年代末的5.35亿美元，其中应用增长率最高的是“加热”和“冷却”部门，将由目前的5700万美元上升到1990年的2.3亿美元。表8中列出了各用户中敏感元件及传感器的应用增长情况。

日本传感器的主要市场是民用设备，特别是随着民用设备的电气化，传感器在民用电子领域的需求量猛增，由1978年的132亿日元增至1984年的640亿日元，平均每年递增30%。仅录象机和家用电器两项1984年的需求量就占80%。表9、10列出了日本各类传感器及其在电子应用领域的增长情况。

表 8

	1980 (百万美元)	1990年 (百万美元)
工具机方面应用	148	553
材料加工应用	161	600
加热和冷冻应用	57	230
化工 石油化工方面应用	79	265
供水和环境	57	200
加工业: 铁 钢 非铁金属	143	371
食品和饮料	138	450
制造业: 塑料、橡胶制品	57	189
电子、电气	22	57

表 9 日本 1978~1984 年各类传感器增长情况 (单位: 百万日元)

传感器名称	1978	1981	1984	年平均增长率 (%)	
				78~84	81~84
温 度	2.619(19.9)	4.713(10.3)	9.049(14.1)	23.0	24.3
光	5.103(38.8)	12.325(26.8)	16.790(26.2)	22.0	10.9
图 象	2.250(17.1)	20.570(44.7)	24.624(38.5)	49.0	6.2
磁 敏	402(3.1)	1.712(3.7)	4.546(7.1)	49.8	38.5
其 它	2.793(21.2)	6.652(14.5)	9.012(14.1)	21.6	10.7
合 计	13.167(100)	45.972(100)	64.021(100)	30.2	11.7

注: 括号内为百分比

表10 日本 1978~1984 年电子各应用领域传感器增长情况。单位: 百万日元

应用领域	1978	1981	1984	年平均增长率 %	
				78~84	81~84
电 视	339(2.6)	612(1.3)	645(1.0)	11.3	1.8
录 象	2.783(21.2)	26.390(57.4)	38.544(60.2)	55.0	13.5
音 响	901(6.8)	2.752(6.0)	2.936(4.6)	21.8	2.2
家用电器	4.560(34.6)	7.592(16.5)	12.591(19.7)	18.4	18.4
其 它	4.584(34.8)	8.626(14.5)	9.305(14.5)	12.5	2.6
合 计	13.167(100)	45.972(100)	64.021(100)	30.2	11.7

注: () 内为百分比

如按每年15.7%的增长率估算，预计到1990年将从1984年的640 亿日元增至1990年的1530亿日元。表11、12列出了1984年至1990年各类传感器及其在电子设备应用领域内的增长情况的预测。

表11 1984~1990日本各类传感器增长情况预测 单位：百万日元

名 称	1984	1990 (预测)	84~90 平均增长率%	84~90 预计增长率	
温 度	9.019(14.2)	13.777(9.9)	7.3	5.3	
光	16.790(26.2)	26.636(17.4)	8.0	11.0	
图 象	24.624(38.5)	50.804(33.1)	12.8	29.3	
电 气	1.557(2.4)	6.585(4.3)	27.2	5.6	
磁 敏	4.546(3.8)	7.075(4.6)	7.7	2.8	
扭 矩	——(——)	1.208(0.8)	—	1.4	
气 体	2.421(3.8)	5.126(3.3)	13.3	3.0	
语音识别	——(——)	27.861(18.2)	—	31.2	
其 它	5.034(7.9)	14.232(9.3)	18.9	10.3	
合 计	64.021(100)	153.304(100)	15.7	10.0	

注：() 内为百分比

表12 1984~1990年日本电子各应用领域传感器增长情况 单位：百万日元

应 用 领 域		1984	1990 (预测)	84~90年 平均增长率 %	84~90年 增 长 额
现 有 领 域	电 视	645(1.0)	4.331(2.8)	37.4	3.686
	录 象	38.544(60.2)	65.775(42.9)	9.3	27.231
	音 响	2.936(4.6)	19.508(12.7)	37.1	16.572
	家用电器	12.591(19.7)	26.061(17.0)	12.9	13.470
	其 它	9.035(14.5)	13.161(8.6)	5.9	3.856
小 计		64.021(100.0)	128.836(84.0)	12.4	64.815
新 领 域		——(——)	24.468(16.0)	—	24.468
合 计		64.021(100.)	153.304(100.0)	15.7	89.283

注：() 内为百分比

另外，由于美日等对燃料的经济性和污染控制方面的立法，已导致电子技术在汽车上的应用急剧增加，这些国家的汽车制造公司被迫开发和装用先进的电子式发动机控制系统，以求降低排气量和提高燃料利用的经济性，因此，汽车工业也成为廉价传感器的最大市场。美国销售量预计到1986年，将近1.1 亿个，销售金额将达500 亿日元，其中仅用于发动机电子控制方面的传感器约6000万个，销售金额约300 亿日元。日本汽车工业用传感器也以同样速度发展。西欧由于对汽车排放废气等方面不严格，在电子化进展方面较美国和日本缓慢。尽管如此，预计到1986年西欧汽车工业用传感器的销售额将增至130 亿日元。

目前传感器的价格的总趋势正在下降，各国制造商正为降低成本而努力，随着廉价传感器的