

传感器技术专刊



机械工业委员会沈阳仪器仪表工艺研究所

《传感器技术专刊》目录

1. 工业过程控制系统与敏感元器件.....马宝柱 谢 华 钧 (1)
2. 传感器技术的现状分析.....夏 姿 (8)
3. 传感器设计的理论研究和工程方法问题.....刘兴农译 (19)
4. 传感器和IC的模块化设计要点.....许宝瑜译 (22)
5. 陶瓷传感器促进了微处理机在自动化中的应用.....张仲春译 (25)
6. 廉价的温度传感器.....陆广振译 (29)
7. 热敏电阻湿度传感器及其应用.....张德本译 (32)
8. 温度测量传感器系列.....刘兴农译 (34)
9. 半导体高温温度传感器.....刘兴农译 (36)
10. 铂温度敏感元件的简单补偿电路.....王学众译 (36)
11. 测力和压力的传感器.....陆广振译 (38)
12. 半导体压力传感器的开发动向.....许宝瑜译 (41)
13. 硅蓝宝石元件在压力传感器中的应用.....许宝瑜译 (44)
14. 多晶硅薄膜制作的半导体压力传感器.....许宝瑜译 (47)
15. 应变计式传感器电源脉冲信号参数的选择.....刘兴农译 (51)
16. 使用半导体传感元件的差压、压力变送器.....黄西培译 (53)
17. 压阻式集成压力传感元件.....秦秋石译 (58)
18. 小型压阻式压力敏感元件最优化设计和制造方法.....秦秋石译 (61)
19. 电容式集成压力传感器.....盖洪凯译 (64)
20. 压力传感器的温度补偿.....陆广振译 (66)
21. 声——光压力传感器.....夏 姿译 (68)
22. 智能压力变送器.....李宗禄 (71)
23. 红外传感器——工业生产的得力工具.....张仲春译 (74)
24. 分类用的色度传感器.....陆广振译 (77)
25. 磁敏元器件及传感器.....夏 姿 (79)
26. 新式微型半导体磁传感器的物理学原理和性能.....陆广振译 (94)
27. 集成化智能磁敏传感器.....许宝瑜译 (100)
28. 光纤传感器.....高光伟译 (104)
29. 光纤膜片形变压力传感器.....陆广振译 (113)
30. 气敏传感器的市场动向.....杨 林译 (116)
31. 采用稳定化 ZrO_2 超微粉末制造厚膜湿度传感器.....杨 林译 (119)

工业过程控制系统与敏感元器件

沈阳仪器仪表工艺研究所

马宝柱 谢华钧

工业过程控制系统是敏感元器件应用最多、数量最大的领域。八十年代发达国家工业控制系统的先进性主要表现在广泛采用微电子技术和计算机技术,并向智能化方向发展。广泛采用高性能、高灵敏度、反应时间快、小型化、精密化、多功能化和集成化的敏感元器件是一个突出特点。如果说:“八十年代是敏感元器件时代”,对工业过程控制系统来讲,敏感元器件则是支配其自动化程度的关键元器件。

一、敏感元器件在工业过程控制系统中的应用情况

表1是日本产量为1000吨/年制铁所所用传感器的种类和数量。

表 1

品 种	数 量 (台)	品 种	数 量 (台)
温度传感器	6000	形状传感器	20
流量传感器	2100	厚度测量传感器	50
压力传感器	1500	称重传感器	450
液位传感器	600	长度检测传感器	30
分析传感器	450		

力、速度、加速度、长度、厚度、位移、温度、流量、物位的测量和转换及过

程分析、环境监测、事故诊断、安全报警、卫生保健、节能等都可以通过传感器来实现。例如: 30/60万千瓦发电机组中的协调控制系统的除氧器水平控制, 压力控制, 给水流量控制, 氢冷温度控制及输煤控制系统的煤位、煤量测量及其给水量控制, 烟气分析, 水质分析, 暖道系统的湿控、温控、消防、三废处理等都需要各种类型的敏感元器件。1700轧机连铸、热轧、冷轧、硅钢四个工段所需敏感元器件的品种有141种之多。

在系统中敏感元器件不仅品种多, 数量也十分可观, 如某钢厂一期工程所需压力及差压传感器1883台, 流量传感器829台, 荷重传感器1039台; 二期工程共需传感器130个, 每个辑铁车就需荷重传感器20个。某化工总厂一期工程用压力传感器1319个, 液位传感器1863个。30/60万千瓦机组所需变送器约1000个, 温度传感器500台。根据“七五”规划我国将建设30个水电站, 10个火电站, 3个核电站, 预计需各种传感器6.9万台, 温度传感器2万台。

在上述品种中, 由于技术发展水平和应用推广范围的有限, 各种类型传感器所占比例也是不一样的, 表2是我国工业过程控制系统用各种敏感元器件所占比例。表3是国外工业控制系统所需检测参数用各种传感器所占比例。

表 2

参 量	比 例	参 量	比 例
湿 度	40%	物 位	9%
压 力	30%	成 份	6%
流 量	15%	其 它	1%
荷 重	5%	合 计	100%

表 3

检测参数	比 例	检测参数	比 例
湿 度	10.0%	应 变	1.2%
红 外 线	5.9%	角 度	1.2%
压 力	5.7%	力	1.2%
湿 度	5.5%	流 速	1.2%
位 移	1.8%	形 状	1.2%
成份、组成	4.8%	电 流	1.2%
生物体化学量	2.8%	速 度	1.1%
流 量	2.7%	转 矩	1.1%
可 见 光	2.7%	声 波	1.1%
离子浓度	2.7%	阻 抗	1.1%
磁 场	2.0%	水 份	1.1%
照 度	2.0%	化验化学量	29.4%
位 置	1.8%	其 它	100%
转 角	1.4%	合 计	
生物体机械量	1.2%		

从表2、表3可以看出国内以机械量（包括：位置、流量、位移、转角、应变、角度、力、流速、形状、速度、转矩）温度、压力测量为主。国外也是机械量测量最多，约占1/3，其次是光学、化学、温度、生物、湿度。同时也可以看出：我国传感器的品种和应用领域与国外相差很远。

另外，对不同的系统，各种类型的传感器所占比例也不一样。例如：煤矿工业，压力、荷重、成份分析所占比例相当；钢铁工业，温度敏感元器件所占比例较大，约占50%；石油化工工业，温度敏

感元器件所占比例等于压力和流量之和，油田，流量敏感元器件与压力敏感元器件相当。

当今世界以电子计算机、遗传工程、光导纤维、激光新材料、新能源、海洋开发、外层空间为代表的新技术的飞速发展，促进了世界仪器仪表工业的发展，特别是微电子技术的广泛应用，结果是智能化、自动化、数字化、小型化、高可靠、低消耗的仪器仪表大量涌现，使仪器仪表产生了质的变革。传统的敏感元器件已无法满足工业过程系统的要求，发展物性型和复合型的智能化、小型集成化、固态化、图象化、光电子化、快速高精度化的敏感元器件是当务之急。

就我国目前情况来看，与国外差距仍然很大，笔者曾对174个单位敏感元件及传感器生产厂及科研单位进行了调查，调查品种是2434个，在这些产品中已经发挥效益的占41%，生产的成品率为20~30%。物性型传感器占20~30%，大多数的品种在试验室阶段，且重复品种甚多。为满足自动控制系统的要求，完成敏感元器件的研究开发工作，今后任务仍然十分艰巨。

表4是工业过程控制系统中测量参数
表5是过程诊断用敏感元器件的应用

二、工业控制系统用传感元器件的主要发展方向

1、提高敏感元器件可靠性、稳定性

随着工业过程控制系统自动化程度的提高，使用条件更加严酷，工作程序更加复杂，操作准确性更加严格，所以对敏感元器件的要求也就更高了。比如化工厂，在很多场合下敏感元器件与介质直接接触，且工作环境恶劣，连续工作时间一般在8000小时以上。为了解决这一问题，从设计到生产，直到检查都必须实现严格的

表4

图形的自动测量	检测表面损伤、污垢、尘埃	薄膜表面, 钢板, 玻璃, 轴承
	检测内部缺陷	板坯内部疵病; 玻璃内气泡和异物混入; 轴承研磨裂纹; 零件加工后的龟裂
	检测印刷和油漆的不合格	自动检测印刷的脱色和擦痕, 检测油漆不匀和光泽
	制品形状的自动测量	聚氯乙烯管壁厚度; 工字钢剖面尺寸, 电缆粗细
	织物和编织物的质量检查	检测纺织不匀, 织疵; 自动测量纤维粗细和起毛率。
加工中的测量	精加工尺寸的自动测量	刀头刀刃位置测量; 刀头的磨损和破损的检测; 车床加工直径的连续测定
	零件的图形认识	零件种类的认识; 零件尺寸、位置和姿势的测量
	安装用的自动测量	零件加工精度的分布测定和分类; 安装时加在零件上力的检测; 工业用机器人的感觉器
自动试验检查机	机器性能的自动试验和检查	电动机自动综合试验; 通信机性能自动检查; 齿轮箱的自动质量检查; 印刷线路板零件安装错误和短缺的检测; 泵噪声电平自动检查
	机械特性的自动测量	各种钢材的拉力、冲击、硬度、轴承硬度, 纤维、薄膜
	食品自动检查	食品中混入异物的检查、生物化学试验、细菌检查
特殊温度测量	表面温度	加热炉炉管; 轧制钢板; 转炉内钢液; 化纤喷嘴吸出后加热炉内颗粒
	温度分布	炉体表面温度; 连续铸造钢板内部; 生物体表面
料浆、粉体测量	液面测量	聚合物输送时的粉体水平面的测量; 纺织反应罐的液面; 石油化学料浆液面, 铸件铸造生产线钢液液面; 高炉内铁液液面; 化学药品贮藏罐内水平
	流量测量	四酮原料制造工艺中料浆流量; 合成纤维粉体输送流量; 啤酒用麦汁流量
	浓度测量	四酮材料制造反应催化剂浓度; 离子交换树脂浓度; 钢板热轧酸洗酸浓度; 苦味酸浓度; 油分浓度
	粘度测量	纺织反应罐内粘度; 混合用重油、轻油的流动点测量
	其它	结晶工程粒度分布; 浮成粉体的粉度分布; 高炉风口漏泄检测; 食品挤压工程溶解界面位置测量; 真空蒸馏装置内沥青浸入度。
分析	成分分析	石油化学原料—制品的组成和复合药剂中的有效成分; 工厂排出的气体; 高炉焦炭成分; 合成纤维各种工艺中的药液—混合气体成分; 连续退火炉发生的气体成分; 转炉吹炼中钢液成分。
	水分测量	合成树脂球料内成分; 铸型砂中的水分; 玻璃制作用硅砂的水分; 轮胎帘布中的水分; 纸、木材、纸浆中的水分。
	其它	聚合物的熔化指数; 燃烧气体发热量测量; 尼龙—四酮原料中的杂质检测; 油中的测定; 尼龙原料制作反应生产率测量, 浓缩结晶工程过饱和敏感元件; 聚丁二烯—门尼转化率测量。
其它	保养的自动化	大型透平故障预测; 主要计测器的故障预测

表5

过程诊断用敏感元件的应用

信息形态	利 用 技 术	诊 断 项 目
振动音响	振动, 音响(相位, 频率)的利用	离心压缩机, 往复压缩机, 鼓风机, 风扇等旋转机械的异常和故障的诊断
超声波	冲击波的利用, 因物质接触所发出的超声波的利用, 声发射的利用	旋转机械的轴承等, 滚动轴承的劣化诊断 埋设的管道中气体、液体等漏泄的检测 大型压力容器等的微小异常检测诊断
压 力	脉动压力的利用 压力损耗的利用	泵的异常检测和堵塞的诊断
热	利用从物体来的红外放射线 利用热流密度的变化	喇叭形通风管、烟囱、锅炉、炉等高温设备的炉壁、砖的劣化诊断 变压器、断路器等大型电力设备的异常发热的检测诊断
电 磁	不平衡电流的利用 电晕现象的利用 漏泄电流(磁通)的利用 电阻变化, 介质损耗的利用 涡流损耗的利用	发电机、高压电动机等的线圈的绝缘劣化的诊断 大容量变压器的线圈, 绝缘油等的劣化诊断 高压电缆的劣化诊断 配管、管路等内表面缺陷的诊断
化学的	润滑油中金属成分分析和绝缘油中气体的分析利用	旋转机械的异常检测 大容量变压器的绝缘油劣化诊断
机械的	转距变动的利用 变位、应变的利用	旋转机械的轴异常诊断 压力容器的异常诊断和检测

可靠性保证。就我国目前情况看, 在敏感元器件领域内可靠性工作仍然是个薄弱环节, 应通过可靠性表征特性的研究, 开展可靠性试验, 实现可靠性设计。由于敏感元器件在过程控制系统中的地位, 决定了它必须改变原有的设计方式, 采用最优化设计方法, 其中包括最优化设计方法、最优化设计装备、最优化设计人员素质、最优化设计程序。为保证产品的可靠性、稳定性, 先进的严格的制造工艺和制造装备也是关键之一。比如扩散硅力敏器件, 国内从事开发与研究的单位较多, 开发的时间也比较长, 但是应用不太广泛, 一些整机厂想用但不敢用, 关键的原因是由于制做水平低, 性能不稳定, 可靠性差。从国

外一些厂家生产的产品来看, 结构设计比较先进, 采用计算机辅助设计, 离子注入技术, 精密微调技术, 表面保护技术, 静电封接技术等, 从而保证了产品的稳定性和可靠性。我国在这些方面仍未彻底解决。比如封接技术多年来尚未解决, 气密性不好, 造成元器件的漂移、蠕变, 致使稳定性差, 早期失效严重。不难想象, 一旦敏感元器件的稳定性、可靠性、耐久性得到解决, 敏感元器件在自动控制系统中的应用将会出现美好的前景。

2、要致力于小型化、精密、廉价元器件的开发

我国传统的传感元器件, 近些年来有

很大程度的提高，但也有些问题尚需解决，例如：金属应变式传感器，年产量约300万片以上，可谓量大面广，但结构尚需改进。特别是高稳定、高精度的元器件制造还很困难，箔材轧制、粘接剂、粘接工艺、密封技术还没解决。这是一个不可忽视的问题。但是随着整机自动化程度的提高和计算机的广泛应用，更需要一些小型、精密的元器件，来实现既有发达的大脑，又有灵敏的五官，以实现高水平的配套。再如结构型力平衡式变送器，结构比较复杂，在冲击、碰撞的条件下，工作受到限制，而小型的、精密的集成化变送器就能弥补其不足，并能和计算机很好的联用。又由于它和放大器做在一起，也解决了远传的问题。又如玻璃电极（PH计），是玻璃膜里封装液体溶质，这电极只能用于成份分析，寿命不长，易损坏。如果用场效应管离子电极（ISFET）或全固态离子电极，把参比电极做在一起，实现全固体化，甚至将电路做在一起，这种小型精密的传感器寿命将大大增加。所以说致力于小型化、精密化的传感器是当今新技术革命的要求。

国外考核元器件的应用价值，注重使用性能价格比这个指标。就是说在保证性能的同时降低销售价格。廉价传感器很受用户欢迎。自动控制系统也不例外。例如在一个系统中需压力变送器1000支。目前的价格，扩散硅传感器每只300~600元，做成变送器约1200元。系统中仅此一项就得支出100多万元，这个价格用户无法接受。为此很多厂家研究廉价的传感器，如多晶硅压力传感器，每只价约30元，变送器每台约300多元，这样其应用价值就大了。

3、开发新材料，寻求新机理，增加新品种

据调查，国外敏感元器件已开发158个

品种，应用391个物理效应，用材料10类以上，可测84种物理量。我国目前有42个品种，应用20几种物理效应，5类材料，按国内目前情况，欲达到国外七十年代末、八十年代初水平还需下很大功夫。

工业过程控制系统所处的环境条件比较复杂，如腐蚀性气氛、超低温、超高温、有毒有害气体，易燃易爆气体等等，同时根据被测对象的要求和元器件性能的要求，必须开发一些新的材料。比如防腐、耐高温、高性能的弹性合金材料及防腐涂料。过去弹性体一般采用Ni基合金或Co基合金，从国外资料报导来看，铌基合金在防腐、耐高温等性能方面，更有其优越性。以康铜箔为材料的金属应变计制成的力敏器件是国内目前大量广的产品。为了提高性能，国外正致力开发非晶态合金材料做成力敏器件。通常的钢液测氧用氧化锆传感器，这种传感器寿命低。目前正在寻求新材料以提高性能。如氧化钛材料，做为湿、气敏陶瓷传感器的陶瓷材料，正向微细化材料发展。总的看来，将由结构材料向功能材料发展。日本科学技术厅推进的“创造科学技术推进事业”中材料的发展将向新精细陶瓷、高功能高分子、高性能结晶控制合金、复合材料、高纯度聚合物，特殊结构物质、完美晶体等方向发展，这种“材料革命”乃是我国目前应予借鉴的。

如前所述，在工业过程控制系统中所需传感器元器件品种很多，但就目前我国情况，除了对现有传感器件，在性能上、可靠性等方面需提高，达到实用化程度外，还要开发一些新型元器件。

压力测量：在解决扩散硅力敏器件稳定性、可靠性，提高其性能价格比的同时，要开发价格低廉的多晶硅力敏器件、数字化功能元器件。同时根据计算机技术的要

求,要研究开发智能化力敏器件,如把敏感元件、匹配电路、前置放大、模拟—数字转换编码器和传输调制器做在一个基片上,这样提高了对讯号的辨别能力、精度和稳定性,与计算机联用,充分地实现人机对话。为了实现器件的智能化,首先应从集成化传感器开始,即是把敏感元件、补偿、放大电路制做在一个基片上,实现4~20 mA的输出。解决远传、低功耗、和本安防爆问题。

温度测量:此项在过程控制中所占比例是很大的。目前厚膜铂电阻比较引人注意,其特点是:测温范围比较宽、成本低、精度比较高、稳定性和可靠性好,更为突出的是容易形成大批量的专业化生产。在某种程度上可以取代很大一部份热电偶和铂电阻温度计。集成化温度传感器也是目前比较受欢迎的元器件。它是把温度检测及处理电路制作在一个基片上,在-50~200℃温区里能可靠使用。在工业过程中的制药系统、食品加工系统、造纸系统及环境监测、安全报警中有较高的使用价值。

机械量测量:在轧钢系统中,被测的机械参量很多,如厚度、宽度、位移、速度等。而这些参量都是在动态下进行测量的。这些参量测量国外大都采用光图像传感器来解决,如西德西门子公司已研制出“四线性型”图像传感器,这种技术能使标准的1728个像素线性阵列的长度由25 mm缩短到17.5 mm。就我国目前来看,应从光电二极管阵列入手。因为它有较好的光谱特性,并能获得较高的信噪比。从制造上讲并不太复杂,同时具有较高的实用价值。如开发紫蓝光阵列制成位置传感器就是一例。

环境监测及过程分析:在这一类传感器中包括了气敏、湿敏和离子敏感器件。

这一类元器件工作在高温、强酸、强碱、氯化氢、乙醇、甲苯、二氧化碳、一氧化碳等环境条件中,其要求是:寿命高、选择性好、灵敏度高。例如做为过程分析用的pH电极,测量氢、钠、钙、氯离子量,电极由于关系到成份的配比,所以要选择性好,灵敏度高。国内很多高等院校都在从事这一研究工作,其中制造高性能的离子敏感膜是工艺关键。如果把这种场效应管型元器件制成一体化的集成元件,其应用价值是非常大的。陶瓷湿度、气体传感器也是当前的热门,关键在于选择高性能的功能材料。陶瓷厚膜传感器是目前发展方向,因为它制作简单,成本较低,易于实现批量生产。多功能陶瓷传感器是目前引人注目的一种,如 MgCr_2O_4 - TiO_2 陶瓷传感器,在温度达600℃时性能仍然是稳定的,它可以制造出理想的湿—气传感器,在150℃温区内检测湿度,有令人满意的结果,对环境中气体不敏感,在400~450℃对气体极度敏感。 BaTiO_3 - SrTiO_3 组成的陶瓷温—湿传感器是最有希望的一种。它在150℃以下对温度敏感,高于150℃时显示出明显的热敏电阻性能。

工业过程诊断:其特点是带有自诊断系统。例如电能管理监测系统中漏磁通的动态监测装置,大电机定子损耗测量装置。电动机、发电机运行中的自检系统,内燃机运行自诊断系统,都需要高灵敏度的传感器。在此领域中的传感器的种类很多,如光纤传感器、红外探测器、霍尔探头、应力测量传感器等。通过传感器的监测避免事故发生。磁—温传感器就是其中的一种,这种传感器是在电机运行中随着磁场的变化,其温度发生变化。正常情况下,温度应保持在一定的范围内,在事故发生前,这种磁—温曲线发生变化,

通过检测及早发现隐患。如果在此基础上制成集成化元件,其中包括:转换部分、放大部分,送至记录指示部分和安全报警系统中,实现自动报警和故障自动记录的目的。这不仅保证了安全,也为排除事故创造了有利条件。

光纤传感器:光纤传感器是近些年来发展起来的一门新兴技术,它与传统的传感器相比具有灵敏度高、动态范围大、抗电磁干扰、电绝缘、耐腐蚀、体积小、重量轻、可挠等优点。国外目前主要有光纤陀螺、光纤电流、光纤磁场、光纤声、光纤温度、光纤流量、光纤加速度、光纤振动等传感器。国内也有十几家单位从事光纤传感器的研究,但其产品大多数都处于实验室样品阶段。为了尽快达到国外先进水平,以及我国的具体情况,应首先从机械工业部门大型成套设备中,用传统传感器技术所不能解决的测试技术及生产过程特殊环境条件的测试技术中,选择典型光纤传感器为对象,开展光纤传感器系统及其应用的研究工作。如:发电机运转过程中内部温度、振动、变形;大型变压器运行过程中内部温度测试;以及强电磁场、易燃、易爆、强腐蚀的环境条件下需要的传感器等。逐步向其它方向扩展。

三、结束语

过去我国敏感元器件在工业过程控制系统中的应用,多是以结构型为主,虽然出现了一批物性型传感器,但由于质量及推广应用问题,确实存在信誉危机。物性

型传感器的长处没有得到发挥。故此笔者认为今后的任务是:首先要提高原有物性型传感器性能,加强应用技术研究,使大批元器件从试验室阶段进入实用阶段,在此基础上再开发新型元器件。同时,新型元器件的开发(如集成化、多功能化、智能化元器件)也要广泛吸收国外先进技术。从高起点入手,逐步提高我国自动控制系统水平,缩短与先进国家之间的差距。

主要参考文献

- (1) 鉄钢プロセスにおけるセンサ技術《センサ技術》83.3, P.27~31
- (2) 石油化学プロセスにおけるセンサ技術
《センサ技術》83.7/83.P32~36
- (3) 传感器及敏感材料目前概况、技术动向与发展前景
《传感器技术》1985/84.P.1~10
- (4) 国外传感技术动向 青山
- (5) 工业过程控制系统用敏感元件及传感器可行性研究报告 机械工业部仪器仪表工业局
- (6) 《国外传感器及其仪表选编》
机械部自动化仪表科技情报网等编译
- (7) 多功能陶瓷传感器
《国外传感器发展与应用》
译文专辑 1984年
- (8) 《廉价传感器技术与应用》
上海市仪表电讯工业局科技情报研究所
- (9) 光纤传感技术与光纤传感器
清华大学无线电电子学系
廖延彪

传感器技术的现状分析

沈阳仪器仪表工艺研究所 夏 姿

传感器具有灵敏度高、精度高、可靠性好、响应速度快、小型、寿命长、多功能、智能化等优点,因而应用广泛,各国也极其重视它的研究和开发。现将传感器技术的国内外现状做一分析。

一、国外现状

1、传感器行业的概貌、特点

国外对传感器的研制十分重视,因此其发展速度极快,并且很有发展前途。据不完全统计,美国、日本、英国、法国、联邦德国、民主德国、荷兰、苏联、瑞士、瑞典等国都有传感器的研制和生产。这些国家设有专门的研究机构和生产厂家,许多大学和公司也设有专门的研究机构,还成立了有关传感器的专门组织机构,组织学术会议,进行情报交往,并负责有关的发展规划。在整个行业的发展中,以美、日为最先进,欧洲的发展也很快。最先发展的是美国,日本由于大量从美国引进,加速了发展步伐,甚至大量向美国输出产品,如以美国和日本的电子元件贸易额为例,在1980年,美国输出到日本的贸易额为2.832亿美元,日本输出到美国则为8.302亿美元。1980年世界传感器的产值是2.57亿美元,其中:88%是传统的传感器,7%是半导体传感器,5%是高分子及其它传感器。1986年世界传感器的产值将增至8.92亿美元,其中:38%是传统的,28%是半导体的,19%是高分子的,15%是其它新型传感器。1986年比

1981年固态传感器的产值增10倍,达5亿美元。在发展中,有的国家从军用起家扩展到民用(如美国)。并且随着电子计算机、半导体材料、微电子学和集成电路工艺的发展,更促进了传感器技术的发展。行业的特点如下:

(1) 综合性强、技术密集

这种知识、技术密集型工业的发展速度很快,如日本,1975~1980年知识密集型工业每年平均增长12%,而一般的制造业每年只增长3.4%;1980年又上升至15.7%,一般型只上升3.5%。

(2) 日趋专业化生产

美国、日本等国都有大量的专业化生产厂,这样,可提高生产技术水平,提高工人和技术人员的熟练程度,提高生产率,促进行业发展。

(3) 发展速度快、品种繁多、批量一般都较小、产品更新快、质量较好

不只是产值、产量增加速度快,而且新品种不断出现,如已出现多功能、智能化的传感器。产品的质量也较高,其量程广泛,可靠性好,精度高,温漂小。

(4) 需要量大,需求增长快

如:美国传感器的需要量十年增长了三倍,从1973年的7720万美元增长到1982年的31170万美元;苏联在微电子传感器方面的需要量达到10万只/年。日本传感器国内的销售额为117.0~117.5亿日元,1983年为1300~1320亿日元,比1982年增长11~12%。在世界范围内,1981年报道的年增长率——流量:25%;温度15~

21%；压力30%；其它：13%。

(5) 国际交往与日俱增

传感器方面有关的会议、学术活动等日益增多，举例如下：

国际传感器技术（研究开发与应用）学术大会，1983年在瑞士召开，有二百余厂家参加。

国际电子器件会议（IEDE），至1982年已开过28届。

英国仪器厂商协会主办的“国际传感器交流会与展览会”从1974年开始，每年举行一次，展览会与交流会同时举行。

就生产的厂家来分析，有两种类型。一种是专业生产厂，这种厂一般较小，有二、三百人，特点是技术人员占的比重大。另一种是综合性的大公司，由下属的厂进行传感器的生产，其产品主要是为满足本公司的整机和系统配套，此外，还出售一部分元器件。前者如美国的Kulite公司，是一个仅有三百人的小专业生产厂，技术人员就达到一百人，公开登记的专利就达五十项之多。专业化厂较多的国家是日本，日本的中、小型传感器厂极多，达400家。综合性的大公司如美国的Honeywell公司、西德的西门子公司等。

各国对传感器的重视程度，也可以从传感器行业人员的结构情况看出来。例如：美国从事传感器技术的科技人员已占该行业总人数的15%。就世界范围来说，该领域中的科技人员、管理人员和工人三者的比例正朝着1：1：1的结构变化。目前，国际上已建立起来的中小型研究、开发、生产中心，共耗费投资已有2000～3000万美元。

2、技术现状

发展国家对传感器技术的开发极为重视，有的国家将传感器的发展列在首位。

从技术发展来看，传感器经历了结构

型和物性型，由于微处理机的普及，出现了智能型（亦称信息处理型）。一些发达国家将半导体集成电路、计算机、激光、光纤等先进的科学技术用到传感器技术中来。如用超大规模集成电路技术、信息处理技术、超微细加工技术制成三维结构的高精度超小型传感器；用超微粒子加工技术制成超微粒子集成传感器；用新型功能材料制成新功能传感器等。

目前传感器的精度状况大致是：普通精度约占30%，高精度仅占1～2%，廉价低精度的占60～70%。从用户的需要来看，95～96%是通用的，只有4%是特殊的。

与通用性强、飞速发展的信息处理技术相比，传感器技术是一种因检测对象不同而技术各异的独立、专门技术，就此而论，它尚比较落后，但随着各种新原理、新材料、新技术的应用，传感器技术同信息处理技术的差距正日益缩小。

国外发展传感器技术有两条不同的道路，一条是以美国为代表，是走先军工后民用、先提高后普及的高精尖的路子；另一条是以日本为代表，侧重实用和商品化，先普及后提高，由引进、仿制到自行设计、创新的路子。实践证明：美国尽管起步早，但花费太大，收效不太大；而日本的路子，发展速度极快，使它很快地步入世界前列。

传感器市场有一个值得注意的趋向是：半导体传感器的市场有显著的增加。1982年在国际市场上仅占5%，到1987年将达20%，1992年将占40%。从使用数量看，大部分为温度传感器，但销售量最大的是压力传感器，占总销售量的39%；温度：25%；力：14%；位置和位移：13%；其它9%。1985年世界市场的半导体传感器市场销售额约为32亿马克，其

中：49%用于汽车业；27%用于家用电器业；14%用于测量和控制、调节技术；通信及家用电子器件则各占5%。

对于三化工作，各国也很重视，据不完全统计，在下述标准中都有有关的传感器方面的标准：①国际标准：国际电工委员会标准（IEC）；②美国标准：美国国家标准（ANSI，ANSI），美国军用标准（MIL-T），美国材料试验学会标准（ASME）；③日本标准：日本工业标准（JIS）；④西德标准：西德工业标准（DIN）；⑤苏联标准（ГОСТ），苏联技术标准（ВГО）。

目前，传感器常用的敏感材料有：半导体材料、光导纤维、液晶、高分子材料、生物功能材料、凝胶、形状记忆合金、应变电阻合金、弹性合金、磁性材料、超导材料、稀土金属、金属氧化物、陶瓷材料等十余种。

先进国家的传感器，都具有较高的技术性能，除了满足一般的需要外，还能满足一些特殊的需要，如高温、腐蚀、辐照、恶劣环境等。以热敏电阻为例，国外有可工作到1000℃以上（最高1400℃）的，苏联、法国、英国、日本都有稳定的高温热敏电阻的生产；低温方面，苏联有可工作到液氮（-196℃）温度下的热敏电阻。而美国、日本等国的SiC热敏电阻，可耐腐蚀和辐照。

（1）美国

美国认为七十年代是LSI年代，八十年代是传感器年代。

美国1981年比1980年研制费增长18%（军工增12%），1980~1986年，除将增加15%的新型传感器厂外，总产将增加四倍，达10亿美元左右。近十年来产值增长率为30~40%。现有传感器厂家254家。

1986年美国的传感器市场为4.8亿美

元。

美国许多厂家都设有研究开发部门，而且投入大量的人力、物力。仅以霍尼韦尔（Honeywell）公司为例，其固态电子学分部设有两个中心——固态发展中心（SSDC）和固态产品中心（SSPC），就有1600人，前者仅用于设备方面的费用就达5千万美元，两个中心有第一流的科学家，净化试验室最高的达十级。

美国有一个不定期召开的“传感器讨论会”，由国家宇航局、兵器发展实验中心、国家情报局等几大单位负责、组织有关大学、研究单位和生产单位参加，除进行学术交流外，还搞协调工作。每次会议之后，正式出版“传感器专题讨论文集”和“传感器使用者人名录”。

美国仪表学会（ISA）组织的每年一次的年会，交流、展览传感器。隔年召开一次“固体传感器会议”（1983年在荷兰召开，1985年在美国召开）。

美国办有传感器技术的专门刊物“传感器评论”（sensor review），另外，在IEEE、AIC等杂志中也经常刊登有关文章。

美国生产传感器的254个厂家中，有：生产压力传感器的77家；位移71家；加速度45家；力和振动40家；应变计36家；流量和速度31家。仅压力传感器的出口额，1979年为1.6万美元，1982年达2.5亿美元。

美国传感器发展的特点是：早期传感器技术多具有较深的军事应用背景，随着发展逐渐向民用转移。多数厂家的传感器皆有其固定的销售范围及用户。

在产品的技术性能方面，小型化的传感器很多，如Entran公司的压力传感器，量程为2~500磅/英寸²，尺寸为φ1.27mm。高精度的传感器，Honeywell公司的

美国较著名的传感器研制单位如表1所示。

表 1

研 制 单 位	研 制 的 传 感 器
M. I. T	宽波段光传感器、心磁计、溶存气体传感器、转轮式陀螺
J. P. L	涂层、触觉传感器
NASA	远程摄像管、半导体应变传感器
NAVAL研究室	光纤、SQUID约瑟夫逊磁通传感器
SBRG公司	红外传感器
RCA	Si-APD, 红外摄像传感器
H. P	功率传感器、石英压力传感器
RETYK	成像传感器
LAKE SHORE	超低温传感器
TI	红外线温度传感器
N. B. S	驻极体传感器
N. I. H	人工心脏泵流量传感器
IBM	约瑟夫逊元件传感器、超声波传感器
GM	旋转流量传感器
NOAA (美国海洋气象局)	声波探测器
Emdevco公司	压电加速度传感器
GE. AERO THERM公司	应变传感器
N. S	半导体压力传感器
GOULD	半导体应变仪
Honeywell Inc.	扩散硅压力传感器
Ether Ltd.	扩散型压力传感器、半导体应变计
Entran公司	压力传感器
P S I公司	标准数字压力传感器
Celeasco公司	位移传感器

DADS压力传感器, 精度高达0.02%, 用于航空, 最大压力量程为15磅/英寸²。PSI公司的PS型标准数字压力传感器的精度最高, 重复性为0.005%, 滞后0.001%, 温度误差0.002%, 已作为标准计量器使用。在量程上Celeasco公司的位移传感器, 最长可测至2000英尺, 精度优于0.1%, 温度系数0.002%/°F。

(2) 日本

“日经实业”最近对“今后十年中值得注意的技术是什么?”做了书面调查, 结果是: 第一位: 传感器; 第二位: LSI; 第三位: 复合材料; 第四位: 陶瓷; 第五位: 光导纤维、超小型电池等。

日本科学技术厅对21世纪的技术预测中, 指出传感器的重要作用, 尤其是1985~2000年大力开发的项目都需要传感器技

术。

日本在1984年以前对传感器的投资达121亿日元。1982年传感器的总产值约为1300亿日元, 占电子元器件年总产值的3.81%。1984年总产值为1460~1480亿日元。其产值年增长率为30~40%, 预计1986年总产值将为1980年的三倍, 这速度在日本各类元件中名列前茅, 正处于急速发展阶段, 1990年以前以30%的速率增长。销售额1982年国内为1170~1175亿日元, 1983年为1300~1320亿日元, 全国有传感器研制和生产厂及与传感器密切相关的生产厂1251家。

为了加速传感的发展, 在电子工业振兴协会下设有一个“新型固态敏感元件及传感器专门委员会”, 对国内的需要和生产情况进行调查、分析, 并由通产省制订

规划,对一些重要的项目予以一定资助。传感器的开发、研究有分工与规划:凡大型的、技术难度大的长远项目(5~10年),由通产省工业技术院电子综合研究所总抓,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;工厂则按照各自的专业特长从事中小型的新产品开发试制项目(3~5年),各单位则形成“敏感材料——传感器——传感器应用”一体化的开发研究体系。日本每年举办一次“传感器基础及应用”研究会,日本电气学会电子设备技术委员会等组织的“传感器技术”学术活动,自1981年起,每年召开一次会议。此外,还有国际固态器件会议(CSSD)等。日本除了在“电子材料”、“计测技术”、“计装”、“电子”等刊物上经常发表有关文章,又于1981年出版了“传感器技术”(センサ技术)杂志。

以日本1979~1981年发表的传感器专利为例,从表2可以看出各种传感器之构成。

表 2

传感器的种类	1979	1980	1981
光、电磁波	1077	1187	1387
压力、应变计、声	1095	1186	1190
气体、化学成分	744	810	818
磁	484	564	697
温 度	505	511	618
放射线核物质	221	272	247
湿 度	77	104	105
生 物	58	56	71
合 计	4261	4690	5133

日本传感器的发展道路不同于美国,

它是大量从美国引进技术,并且非常注重推广应用,所以传感器厂家均十分重视传感器的应用技术,生产不同类型的应用装置,收到了明显的经济效益。如费加罗(FIGARO)公司的LP气体报警器占国内市场的80%,城市气体报警器占出口的20%。在敏感材料方面,半导体材料仍占有较大的技术优势;陶瓷敏感材料在国际上处于领先地位;并注意开发高分子功能材料。

日本的调查,传感器分为三个阶段;
①正在进行基础研究的研制阶段,占20%;
②开发阶段(已获设计性能、还没产生经济效益)占35%;
③已实际应用,完全按商品化生产的,占45%。

传感器用于检测目的的类别比例如下:湿度6.8%;生物8.3%;温度10.7%;化学11.4%;机械32.2%;光3.5%。从应用范围看,日本国际贸易工业部科技工业协会搞了一次调查,情况如下:情报处理及通讯:8%;科学测量:11.7%;电力、能源:5.3%;生产设备及加工:18.1%;家用电器:13.9%;车辆:7.3%;交通、运输:1.6%;航天开发:2.7%;环保、安全、气象观测:10%;资源、海洋开发、医疗:11%;农、林、渔业:0.7%;物资分配、商业、银行:0.2%;其它:7.3%。

日本研制和生产传感器的主要厂家如表3所示。

关于传感器产品的技术水平,松下电子部品开发了高稳定的SiC热敏电阻,是用高频溅射工艺制作的,元件尺寸为 $1.55 \times 2.55 \times 0.7 \text{ mm}$,工作温度范围为 $-20 \sim +300^\circ\text{C}$,B值精度 $< \pm 1\%$,响应时间 < 2.5 秒,3000小时阻值稳定性 $< 3\%$ 。山武·霍尼韦尔公司研制的DSTJ8000型差压/压力传感器,测量范

表 3

研 制 单 位	研 制 的 传 感 器
松下电器产业	各种传感器
松下电子部品	光、温度、湿度、气体、压力、位置、磁、超声波、放射线传感器
旭化成电子(株)	高灵敏度霍尔元件
石坂电子(株)	热敏电阻及传感器
费加罗(FIGARO)	气体传感器及报警器
神荣(ShinYci)	湿度传感器、高温热敏电阻
东芝(Toshiba)	霍尔、光、压力传感器
宝工业(Takara)	热敏电阻及传感器
モリリカ	光敏电阻、光电池、光电管
太阳诱电	霍尔元件
东京芝浦电气	光电池、霍尔传感器、热敏电阻
山武、ハロウエル	扩散硅压力传感器; 光、温度、湿度、气体传感器
センサ技术研究所	传感元器件
TDK(株)	结露传感器
电气音响(株)	磁传感器
横河北辰电机	非接触位移传感器, 压力、温度传感器
芝浦电子制作所	湿度传感器、新型热敏电阻
夏普(シャープ)股份公司	光电池、光敏电阻、光电耦合器件
光电工业研究所	各种光电传感器
日本电容器工业公司	气敏传感器
日本电气公司(NEC)	发光二极管
东京计研(TOKYO Giken Co.Ltd.)	扩散硅压力传感器, 无触点霍尔开关
东京宇宙(コスモス)公司	硒光电池、硅光电池、湿度传感器
富士通(株)	位置传感器、半导体传感器
日本工业技术院电子技术综合研究所	各种磁传感器
三菱电机中央研究所	压力、光、热、气、湿敏传感器
丰田中央研究所	温度、气体、压力、位置、磁传感器
村田制作所	压力、温度、光、湿度、超声波传感器

围 0 ~ 20 mm 水柱至 0 ~ 700 kgf / cm² , 能耐环境温度变化, 重复性好, 温度特性好, 差压、压力传感器均为 $\pm 0.25\% F \cdot S / 55^{\circ}\text{C}$; 精度高, 差压传感器为 $\pm 0.25\% F \cdot S$, 压力传感器为 $\pm 0.20\% F \cdot S$, 完全耐压防爆结构, 耐腐蚀。

(3) 其它国家

西欧的传感器市场, 每年递增 20% , 1985 年传感器市场销售额达 10 亿西德马克。欧州传感器八十年代总投资将超过 10 亿美元。

由英国仪器厂商协会主办的“国际传感器交流会与展览会”, 以 1981 年第 11 次为例, 共有 119 个厂商参加, 设展台 147 个, 并在 1981 年成立了英国技术组 (BT

G), 是协助国家研究发展公司及国家企事业单位工作的, 它积极从事发展传感器件技术。

苏联在 1983 年专门召开了“微电子传感器”会议, 共有三百多单位、千余名代表参加, 并在会议上决定每两年要召开一次关于微电子传感器的研制和应用方面的会议。

西欧有“传感器会议”(1985 年在西德召开), 法国也有“法国传感器”会议。

苏联有传感器厂家三百余家, 英国有六十多家, 法国有 70 ~ 90 家, 每个公司有 5 ~ 100 人, 这些公司的传感器企业收入为 100 ~ 1000 万法郎, 平均收入近 200 ~ 300 万法郎。

西德1980~1985年电子工业总投资为
51亿马克, 其中传感器就占10亿。

主要传感器厂家如表4所示。

表4

国别	研 制 的 厂 家	研 制 的 传 感 器
西德	西门子公司 (Siemens AG) 特律风根通用电气公司 (AEG Telefunken) 布朗·鲍威里公司 (BBC) 电子元件有限公司 (Electo cell GMBH) 赫曼公司 (Heimann GMBH) 瓦尔伏公司 (Valvo GMBH) KFA研究所	力, 热, 光, 磁传感器 力, 热, 光, 磁传感器 热敏电阻 光敏电阻及传感器 光敏电阻及传感器 光电池 测温电阻传感器
法国	塞雷·施卢姆贝格公司 (Sereg Schlumberger) 汤姆逊—通用无线电报公司 (Thomson—CSE) RTC公司 欧州电子元件公司 (LCC—CICE)	扩散型压力传感器 声—电器件, 薄膜型传感器, 霍尔元件 光电传感器 热敏电阻
苏联	苏联科学院半导体研究所 全苏电气机械科学研究所 (ВНИИЕМ) 全苏电工科学研究所 乌克兰物理科学研究所 全苏热工仪表科学研究所 (ВНИИ ТИ) 全苏原子和动力泵制造科学研究和设计院 (ВНИИАЭН)	铋化铟霍尔元件 小型霍尔传感器 高温霍尔元件 光敏电阻及传感器 传感器 扩散硅压力传感器
荷兰	水理研究所 飞利浦公司 (Philips) 泰鲁夫托大学	投入式压力型波浪仪 各种传感器 温度传感器
美国	德克萨斯仪器公司 (Texas Instrument Ltd.) 德拉克公司 (Druck) 标准电话电缆公司 (Standard Telephones and cables Ltd.) 法伦蒂公司 (Farranti Ltd.) 通用电气电子管公司 (The GEC Electronic Tube Co.Ltd.) 普莱塞公司集团 (The Plessey Co.Ltd.) 穆拉德公司 (Mullad Ltd.)	热敏, 光敏传感器 扩散型压力传感器 热, 光传感器 扩散型压力传感器, 太阳电池, 硅集成霍尔传感器 光电管, 光电摄像管 太阳电池, 红外探测器 电子光学器件, 多种红外线电池, 砷化镓霍尔传感器
东德	德累斯顿测量电子仪器厂	半导体应变传感器
瑞典	鲍佛斯公司 (AB Bofos)	各种半导体传感器
瑞士	瑞士机床与机器制造 (Swiss Locomotive and Machine Works Witthar)	各种半导体传感器
加拿大	Durham Instruments division of BUCHAN Instruments Inc.	传感器, 应变计

英国的传感器产品, 如力敏传感器, 一般是从材料、工艺和电路上下功夫, 不断提高性能指标, 使其具有明显的特点, 又有完整的系列, 适合用户提出的各种性能要求, 使产品具有很大的竞争性。其传感器配套电路、元件都是从美国订货, 这

样既讲究经济效益, 又能保证质量, 上得快。

苏联已批量生产硅蓝宝石压力传感器, 可测压0.1~100兆帕、苏联电器科学院研制出一种小型霍尔元件, 尺寸只有1 mm。其铋化铟霍尔传感器, 灵敏度温度

系数 $\leq 0.02\%/^{\circ}\text{C}$, 工作温度范围为 $-270\sim+60^{\circ}\text{C}$, 敏感表面尺寸不大于 $2.4\times 2.4\times 0.01\text{mm}$ 。

3、展望

(1) 技术预测

①应用预测

最近, 一些发达国家对今后传感器应用的发展进行了预测。

1986年: 农作物生长状态、干旱、霜冻、虫灾的早期预报。

1990年: 物理、化学、生物和物理化学信息处理和数字化; 液体和气体中各种组分和浓度的监测和自动控制; 余热利用、一次能源和二次能源开发和利用; 海港和航空港的信号控制、运行管理; 全自动洗衣机。

1991年: 局部地区暴雨、洪水和山崩。

2000年: 深海资源的勘探和开发。

2005年: 对100万以上人口大城市进行6级以上地震(一月前)预报。

②市场预测

表5为欧洲传感器市场预测。

表5

欧洲市场	1980年 (美元)	1990年 (美元)
工业传感器	1.13×10^8	33×10^8
机床传感器	1.48×10^8	553×10^8
化学石油方面的传感器	79×10^8	265×10^8
材料处理设备方面传感器	57×10^8	230×10^8
美国	210×10^8	723×10^8
西德	309×10^8	1×10^8
法国	193×10^8	646×10^8

表6为美国和欧洲的传感器市场预测。

表6

	1986年 (美元)	1990年 (美元)	增长率
美国和欧洲	0.83×10^9	1×10^9	32%/年
欧洲	350×10^6 /年		
美国	480×10^6 /年		

美国传感器的销售额1981年为 760×10^6 美元, 预测1987年为 3.17×10^9 美元, 上升了80%。购买传感器的主要部门是科学、医疗、研究部门和实验室。

另外, 一个显著的趋势是在汽车工业中廉价传感器的需求量与日俱增, 其销售额仅美国到1986年就达1.1亿个, 金额达500亿日元。仅汽车发动机用的传感器, 其销售额1981年为150亿日元, 1986年将增加到300亿日元, 销售量将增加到6000万个。日本一辆新颖的轿车少者需二十多只, 多者40~50只, 在某种意义上讲, 今后汽车的竞争, 是传感器的竞争。

(2) 技术动向

①材料方面

从传感器的敏感元件材料来看, 目前主要是无机材料、合金、无机半导体材料。其中无机半导体材料已成为敏感元件材料的核心。今后, 复合材料很有发展前途, 因为其具有无机材料和有机材料的综合优点。例如有机烟雾传感器就是把导电性的微细粉末和尿烷树脂复合在一起制成的。开发新型功能材料是今后的迫切任务, 功能材料包括: 有机系、无机系、金属系、复合系等。为了进行功能材料的开发, 有时需要控制材料中原子、分子的排列, 有时需要实现材料的薄膜化、微小化、纤维化、气孔化、复合化等形态, 以提高各种传感器的功能。

②传感器的发展趋势

对目前传感器来说, 应当提高其性