

国外机械工业基本情况

仪 表 材 料

重庆仪表材料研究所 隋思聪 主编

机 械 工 业 出 版 社

仪 表 材 料

重庆仪表材料研究所 隋思聪 主编

机 械 工 业 出 版 社

(京)新登字 054 号

仪表材料

重庆仪表材料研究所 隋思聪主编

*

责任编辑:李宜春

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

邮政编码:100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

燕东印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092 $\frac{1}{16}$ ·印张 12·字数 285 千字

1995 年 5 月北京第 1 版·1995 年 5 月北京第 1 次印刷

印数 00 001—730 定价·60.00 元

*

ISBN 7-111-03703-0/TH·440

出版说明

机械工业肩负着为国民经济各部门提供实用、先进的技术装备的重任。为适应社会主义市场经济体制的发展要求,必须大力发展机械工业。上质量、上品种、上水平,提高经济效益,是今后一个时期机械工业的战略任务。为了借鉴国外机械工业的发展道路、措施方法和经验教训,了解国外机械工业的生产、技术和管理水平,以便探索我国机械工业在社会主义市场经济体制下自我完善的发展道路,我们组织编写了第四轮《国外机械工业基本情况》。这一轮是在前三轮的基础上,围绕我国机械系统各行业和专业的发展战略,针对我国机械工业的技术发展的实际要求,全面系统地介绍国外机械系统各行业、企业、生产技术和科学研究等方面的综合情况,着重报道了国外机械工业 80 年代中后期到 90 年代初期的水平及到本世纪末的发展趋向。

第四轮《国外机械工业基本情况》共 60 余分册,参加组织编写的主编单位包括研究院所、工厂和高等院校共 50 余个,编写人员达 500 余人。本书为《仪表材料》分册,由重庆仪表材料研究所 隋思聪主编,责任编辑:李宣春。

机械工业部科技信息研究院

前 言

为了借鉴国外机械工业的发展道路、措施方法和经验教训,了解国外机械工业的生产、技术和管理水平,探索我国机械工业具有中国特色的发展道路,机械工业部在 70 年代至 80 年代初组织出版了《国外机械工业基本情况》丛书(一、二、三轮),其中由本所和北京玻璃研究所主编的《仪表材料》分册,对于推动仪表材料行业科技进步,编制科技发展规划、制订科技政策,促进仪表材料与仪器仪表工业的发展,起到了应有的作用,是一部很有价值的参考资料。

根据机电部有关领导指示和 1990 年机电部机械情报工作会议的精神,1991 年机电部机械科技情报所下达文件,决定在“八五”期间继续组织编写第四轮《国外机械工业基本情况》,指令本所主编《仪表材料》分册。

众所周知,仪器仪表是工业的耳目,而仪表材料则是仪器仪表发展的基础。仪表材料以功能材料为主体,由于它在科技与社会进步中地位重要,普遍受到国外政府、企业和科研机构的重视。投入了巨大的人力和资金,取得了重大发展。仪表材料品种浩繁,规格众多,工艺复杂,性能特殊,决定了各国在行业、企业和产品等方面具有各自的特点。

本分册是前三轮《仪表材料》分册的延续和发展。在内容上以产品和基础工艺为主线着重阐述国外仪表材料行业、企业的综合情况,介绍产品与市场概貌,分类论述主要产品的技术水平,叙述了先进适用的生产技术及科研状况,重点报导了 80 年代中后期至 90 年代初国外工业发达国家达到的水平和对 90 年代发展动向的预测。限于篇幅,前三轮中已经介绍的内容不再重复。

本书共分十章,第一章论述国外仪表材料工业发展概况,报导了国外行业、企业、产品、市场信息,重点介绍了 11 家典型企业及其主要产品,列出了 300 家主要企业的概况,其余九章分别论述了弹性合金、测温材料、电阻材料、电接点材料、非晶软磁材料、永磁材料、电子浆料、半导体材料和功能陶瓷。

本书由高级工程师隋思聪任主编,第一、二、三章由隋思聪编写,第四章由白全智编写,第五、六章由方菲编写,第七章由赵纯正编写,第八章由杨楠编写,第九、十章由雷霆编写。本书业经本所有关专家组成审定组审定。

编 者

1994 年 10 月

目 录

第一章 国外仪表材料工业发展概况	(1)
1.1 行业	(1)
1.1.1 概述	(1)
1.1.2 行业规模	(2)
1.1.3 产品结构、产量与产值	(3)
1.1.4 技术经济水平与发展预测	(5)
1.1.5 仪表材料发展动向	(7)
1.2 企业	(10)
1.2.1 概述	(10)
1.2.2 典型企业	(11)
第二章 弹性合金	(40)
2.1 产品	(40)
2.2 工艺	(45)
2.3 研究与发展动向	(51)
第三章 测温材料	(55)
3.1 产品	(55)
3.2 工艺	(66)
3.3 发展动向	(68)
第四章 电阻材料	(71)
4.1 概述	(71)
4.2 产品	(72)
4.3 工艺	(78)
4.4 电阻材料的研究与发展动向	(86)
第五章 电接点材料	(89)
5.1 产品	(89)
5.2 基础工艺	(96)
5.3 发展动向	(100)
5.4 科研工作	(103)
第六章 非晶软磁材料	(106)
6.1 非晶软磁产品	(106)
6.2 基础工艺	(110)
6.3 发展动向	(112)
6.4 科研工作	(116)
第七章 永磁材料	(118)
7.1 产品与市场状况	(118)
7.2 世界永磁材料产业发展新格局	(122)
7.3 以 Nd-Fe-B 为核心的稀土铁系产品与技术开发	(124)

7.4 Nd-Fe-B 永磁材料性能的改善	(125)
7.5 Nd-Fe-B 金属磁体制造新技术与新产品	(128)
7.6 Nd-Fe-B 磁粉制造新技术与新产品	(130)
7.7 可能的第四代稀土永磁材料	(135)
第八章 电子浆料	(138)
8.1 概述	(138)
8.2 典型电子浆料的性能及应用	(141)
8.3 浆料制造工艺	(146)
8.4 电子浆料的新进展	(147)
第九章 半导体材料	(151)
9.1 产品	(151)
9.2 工艺	(159)
9.3 发展趋向	(163)
第十章 功能陶瓷	(165)
10.1 产品	(165)
10.2 制造和生产工艺	(178)
10.3 发展趋势	(181)

第一章 国外仪表材料工业发展概况

1.1 行业

1.1.1 概述

众所周知,材料、能源和信息是新技术革命的三大支柱,材料科学技术是新技术革命的重要内容。20世纪50年代材料科学的出现是材料发展的重要标志,随着新型材料的迅速发展,70年代形成了材料科学与工程这门学科,由于材料科学与材料工程的紧密结合,借助新技术革命的巨大推动力,使得材料工业在80年代获得了巨大的进步。科学技术的发展不仅需要大量的传统材料,而且迫切需要创造出具有空前的或特定的性能的新型材料。因此,80年代在高技术领域中,新材料占据了重要位置,成为各国竞相开发的热门。大致可分成新型玻璃与陶瓷、新金属合金、功能高分子材料和复合材料四大类。

60年代以后,出现了“功能材料”的新概念,至今已为材料界人士所共识。现在一般是将材料分为功能材料与结构材料两大类,功能材料是以强度以外的功能为主的材料的总称。

仪表材料的主体就是功能材料,功能材料中有相当一部分是所谓新材料。

材料是当代高新技术发展的物质基础,由于材料在科技与社会进步中的重要地位,受到工业发达国家的普遍重视。

美国直接从事材料工作的科学家和工程技术人员有31~32万人,占美国全部人员的15%。60年代苏联人造地球卫星上天后,美国采取的紧急措施之一就是在全国成立了10个材料研究中心,70年代又陆续成立了14个专门材料研究中心。

为了加速高技术新材料的发展,工业发达国家都制订了开发新材料的长远规划。1991年3月美国政府公布了国家关键技术报告,在报告中新材料位居六大关键技术之首,在22个大项目中材料占有下列5项:材料合成与工艺、电子与光学材料、陶瓷、复合材料、高性能金属和合金。如果用投资额来衡量材料研究开发的规模,80年代美国政府拨给新材料研究开发的年度经费约为15亿美元。上述报告中指出,虽然80年代美国在新材料的研究发展和新产品开发方面都领先于日本,但从1989年开始,在新材料的研究发展方面美国已落于日本,在90年代如不采取重要措施,则将进一步明显落后于日本,而只能和欧共体国家持平。

1989年美国国家研究委员会发表了题为“90年代材料科学与工程——如何在材料世纪中拥有竞争能力”的长篇报告,强调指出材料科学与工程正进入一个史无前例的智力挑战和高产时期,在跨入下一世纪时,它是高技术发展的关键之一,而且对国计民生、国家安全以及对增强美国在国际市场中的竞争力都有重要影响。然而在过去10年中,美国政府对材料科学与工程的拨款却有下降的趋势。报告指出,美国目前的薄弱环节是合成与工艺,以及政府、企业和大学之间的密切合作。报告呼吁政府重视规划、强化投资,提出了若干建议,赞同美国国会已通过的关于建立国家关键材料委员会的决议。

日本对于新材料的研究发展予以高度重视,它是将新材料作为高技术优先发展的领域来

规划和安排的。为了在研究开发费用远比欧美各国低的条件下有计划地充分调动国家科研机构、产业界和学术界的积极性,日本通产省于1981年制定了“1981~1990年下世纪产业基础技术研究开发计划”,该计划的13个研究项目中有关新材料的研究项目有7个,前5年新材料研究费用预算约为140亿日元,而到了1987年年度预算已增加到71亿日元,另外还有民间的赞助资金11.32亿日元。80年代日本成立了3个新材料试验评价中心:1985年在名古屋建立了精密陶瓷中心,在东京建立了高分子中心;1986年在大阪建立了金属材料中心。

欧洲各国都有各自的材料研究计划,有的规模很大。比如法国新材料研究与发展计划从1988年已纳入国家计划,80年代每年政府投入的经费为18亿法郎(约合6亿美元)。法国材料工业现有职工200万人,年产值7000亿法郎,从事有关材料研究的科技人员约2万人。德国也制订了材料科研十年规划,投入巨额资金。

为了协调和补充,欧共体制定了一个专门的材料研究计划——EURAM,第一阶段1986~1989年已经完成,总投资3000万ECU(欧洲货币单位)。第二阶段从1989年开始,五年规划中新材料总投资为2.29亿ECU,用于以下5个方面:①金属材料和金属基复合材料,②磁性、光学、电子、超导材料。③非金属高温材料,④高分子和高分子基复合材料,⑤特殊材料。在欧共体的联合研究中心(JRC)内,专门设立了新材料研究所,位于荷兰境内。

科学技术是材料工业发展的推动力。纵观世界工业发达国家,日本是最重视发展新材料的国家,其特点是“官、产、学”即政府、企业和学术界的联合开发体制,国家投资远比美国少,然而研究的质量高,产品化的技术是一流的。美国和德国的特点是建立国家领导的研究开发体制,投入巨额资金来推动研究和开发。在材料的基础研究方面,美、英力量雄厚,理论水平很高。为了促进新材料的开发,日本开始采取欧美各国所采用的在税制上支持的政策,对于研究经费的增加额减税20%,新材料开发投资减税10%,对于新材料试验研究费的税收可以任意延期等。日本的联合开发体制通过高质量的研究缩小了与美国在技术上的差距,显示出其优越性,美国已在借鉴日本的先进经验,收到了效益。

为了节省篇幅,有关仪表材料的发展历史及其特点这里不再赘述,请读者参阅文献〔1〕。下面分别对1983~1990年8年间行业规模、产品结构、产量产值、技术经济水平的变化情况以及2000年预测予以介绍。

1.1.2 行业规模

工业发达国家中以美国的仪表材料行业规模最大,生产企业约1000家,主要企业在100家以上,表1-20中列出了110家主要企业,全行业职工人数估计超过30万人。

据《日本工业制品统览》(1989~1990)对电子材料行业的统计,日本有仪表材料企业420家,这个数字是比较准确的,包括了一些小型企业。据80年代初的统计约为200家,也就是说80年代10年间日本仪表材料企业数翻了一番,这在工业发达国家中是发展最快的,其中主要企业约100家。据日本通产省对129家从事新材料生产的企业的调查,职工总人数为3万人,以此推算全行业职工人数约为10万人。

欧洲(包括前苏联)各国的仪表材料企业共约300家,其中英国约有100家,德国约有50家,其主要企业已列入表1-21、表1-22中。整个欧洲行业规模约10万人,80年代中似乎没有大的发展。

在仪表材料企业中,尤其是一些大型企业集团和美国通用电气公司、杜邦公司、德国西

门子公司、克虏伯公司、日本日立、东芝公司等，由于只有若干部门或子公司从事仪表材料研制工作，所以对专用设备和固定资产无法加以统计，但材料工业需要巨额设备投资却是公认的事实。

1.1.3 产品结构、产量与产值

国外仪表材料企业产品结构在 80 年代发生了重大的变化，最主要的特征，一是大力发展高附加值产品，二是进一步实行材料元件综合体制，三是加快了产品更新换代的速度。

由于工业产品在技术性能和设计结构方面的重大变化，导致对材料需求的改变。例如日本冶金行业为适应这种变化，80 年代以来大力研制各种高附加值产品，成绩显著。第 1 类是电子材料，据对日本 9 家大型冶金公司的调查，1989 年电子材料的销售额已占公司总销售额的 $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{4}$ 。第 2 类是硅酸盐材料，包括精密陶瓷、结构陶瓷、特种玻璃、金刚石等。目前已有 20 余家厂商研制高级硅酸盐材料，产品涉及 10 大门类。第 3 类是新型合金。许多企业对发展高附加值产品采取补贴政策，1989 年日本 9 家大型钢厂这方面的补贴为 1000 亿日元。日本钢铁业协会认为，本世纪的最后 10 年，日本冶金行业将完成对传统产品结构的调整。日本的合成纤维工业、化学工业也采取多面化发展的“下游战略”，在增加产品附加值方面进行了大量的努力，向复合材料、精密陶瓷等领域发展。美国因科合金国际公司大力开发高值新产品，比如镍包复粉末、镍包复纤维和超细镍粉等，1989 年高附加值新产品收入已达 1100 万美元。

越来越多的材料企业制定了开发元件以至整机的发展战略，走向综合化生产体制。比如英国的泰尔康金属公司原来是一家著名的合金公司，1984 年该公司收购了康泰克公司，后者的产品包括直流变流器、变压器、缓冲放大器、抑制器、电源及精密继电器等。泰尔康公司在磁性合金方面的专长与康泰克的电子技术相结合后效益大增。德国的真空熔炼公司预见到新型元器件发展前景良好，由于该公司有雄厚的材料基础，所以拓展产品种类的方向是向元件领域发展，其电感元件、传感器、变压器已广泛用于许多工业领域，今后还准备大力开发电子元件。国外大、中型材料企业完全不生产元器件的属极少数。

第三个特点是 80 年代产品更新换代的速度很快。以永磁材料来说，第三代稀土永磁——NdFeB 磁体在西方世界的总产量 1984 年只有 32t，1988 年剧增到 750t，1990 年仅烧结稀土永磁产量就达到 1550t，6 年内产量增长了近 50 倍，平均年增长率 90%，到 1990 年在永磁材料中的产值比重已占 16%，超过 SmCo 磁体和 Alnico 磁体。而 Alnico 永磁材料，从 70 年代以来不断下降，80 年代日本 Alnico 磁体的年产量从 3521t 降到 1920t（1990 年），将永磁材料的“宝座”让给了铁氧体和稀土永磁材料。又如硅单晶材料，80 年代初期 100mm 的硅片还刚刚投入使用，到现在 100mm 以下的硅片在发达国家已很少使用，150mm 的硅片开始大量使用，在日本其使用比例已达到 30%~35%，而美国 IBM 公司、得克萨斯仪器公司已投产 200mm 的硅片，还研制出更大直径的硅片样品，可见 10 年间硅单晶片更新换代速度之快。

关于仪表材料产量产值的统计分析，我们一方面对西方世界各类材料 80 年代数量的变化进行分析对比；另一方面，将日本 1983~1990 年材料产量产值的变化列表说明；由于日本的统计数据比较翔实，因而具有典型性。最后将预测到 2000 年各类材料的发展前景。

表 1—1 列出全世界新材料 1983~1990 年销售额及增长率。

表 1-1 全世界新材料销售额及其增长率

类 别	销 售 额			年均增长率(%)	
	1983 年 (亿法郎)	1985 年 (亿马克)	1990 年 (亿马克)	1980~1985 年	1985~1990 年
新型钢	2958	1150	1282	—	2.2
塑料	1160	500	701	—	7.0
新有色金属材料	638	250	300	—	3.7
复合材料	580	230	339.5	—	8.1
陶瓷	290	150	316.4	—	16.1
新型玻璃	174	80	128	—	9.9
电子材料	—	280	493.5	—	12.0
合计	5800	2640	3560.4	5	6.2

从表 1-1 中可以看出, 80 年代增长率最高的是陶瓷材料, 其次是电子材料; 新型钢虽然销售额居首位, 但其增长最低。

为了研究永磁材料在 80 年代的发展变化, 表 1-2 列出了各类永磁材料的产量和产值的变化, 对于到 2000 年的发展前景进行了预测。

由表 1-2 中可以看出: ①80 年代永磁材料产值翻了两番。自 1984 年以来, NdFeB 磁体以年年翻番的产量和产值急剧增长, 其势头令其它永磁材料望尘莫及。②在永磁材料中, 无论产量还是产值, 在 2000 年之前居首位的仍然是铁氧体; 到 2000 年时 NdFeB 磁体可望在产值上接近铁氧体, 也有人预测会超过铁氧体。③在稀土永磁材料中, 到 1990 年 NdFeB 的产量产值均超过了 Sm-Co, NdFeB 仍将以 20% 的年增长率奔向 2000 年, 而 Sm-Co 的产值将有减无增。④在 80 年代, AlNiCo 永磁在国外日益衰退, 10 年间产量减少了一半, 说明其市场已为铁氧体和稀土永磁所取代, 预计到 2000 年不会有新的起色。

80 年代半导体材料的发展也很惊人。1973~1988 年 15 年之内西方世界硅片销售量翻了两番, 年平均增长 11%。1990 年硅片销售额约为 18.83 亿美元, 产量为 1689 亿平方英寸。世界多晶硅的生产能力超过 10000t, 而目前需求只有 5000~6000t, 世界单晶硅的产量目前约为 5000t, 日本 1990 年单晶硅的销售量为 1780t, 1989 年化合物半导体的销售额为 206 亿日元。

日本生产的电子材料品种齐全, 每年出版的《日本电子工业年鉴》中均有历年生产情况的详细统计。根据该年鉴 1991 年版及其它资料, 在表 1-3 中列出了日本从 1983~1990 年 8 年间各类电子材料的生产状况, 通过分析可作出几点结论: ①8 年间日本电子材料产量增长了 44.4%, 产值增长了 48.2%, 接近一半。②8 年间产量增长幅度最大的前 4 类材料依次是稀土永磁、其它永磁、耐蚀耐热材料及软磁铁氧体; 减产最显著的是软磁合金, 说明了稀土永磁的飞速发展, 软磁合金部分已为软磁铁氧体所取代。③8 年间产值增长幅度最大的前 4 类依次是其它永磁、稀土永磁、热敏电阻和金属电阻材料, 产值下降最多的是铸造永磁 (铝镍钴为主), 主要原因是产量大减。④从日本电子材料领域来看, 产量最高的是铁氧体永磁材料, 1990 年年产 82906t; 产值最高的是软磁铁氧体, 1990 年年产值 929 亿日元。

据美国商业部预测, 到 2000 年全世界 12 项新兴技术的市场总营业额将达到 1 万亿美元

其中新材料将达到 4000 亿美元, 约占 40%。这 12 项新兴技术在美国的市场总额将达 3560 亿美元, 其中新材料为 1550 亿美元, 亦约占 40%。可见新材料在新技术革命中有举足轻重的地位。

表 1-2 西方世界永磁材料产值产量的变化

类 别	产 量(t)					产 值(亿美元)					
	1980 年	1985 年	1990 年	10 年间增长 幅度(%)	年均增长 率(%)	1981 年	1985 年	1990 年	9 年间增长 幅度(%)	年均增长 率(%)	2000 年 预计
铁氧体	225700	300000	431000	90	6.7	3.18	5.35	12.4	290	16.3	26
钕钴	150	1150 ^①	1000 ^②	567	21	0.6	3.5	3.1	416	20	2.5
钕铁硼	0	32	2020	621	99.5	0	0.1	3.4	3300	102	21
				(6 年)				(5 年)			
铝镍钴	8000	6600	4000	-100	-7.2	2.1	1.46	2.1	0	0	2.5
其它	—	—	—	—	—	—	0.12	0.59	391	37.5	—
								(5 年)			
合计	233850	307782	438020	87	6.47	6	11	21	250	15	52

注: ①1986 年数据。 ②1984 年数据。 ③估计值。

日本通产省预测, 到 2000 年日本新材料市场总额可达 95000~126000 亿日元, 如按 1 美元 130 日元的比价折算, 接近 1000 亿美元, 约占世界市场的 $\frac{1}{4}$ 。其中有机新材料可达 22000 亿日元, 金属新材料也是 22000 亿日元, 无机新材料可达 35000~65000 亿日元, 复合材料可望达到 17000 亿日元。其中每种材料的需求预测, 请参阅文献 [19]。

1.1.4 技术经济水平与发展预测

企业的经济效益取决于劳动生产率。我们把 10 家典型企业全员劳动生产率与人均净利润值统计在表 1-4 中以便分析对比。

从表中可见, 工业发达国家企业劳动生产率高, 多数在 80 年代中呈增长趋势; 从利润来看, 多数企业利润也是在不断增长。其中最典型的是美国因科公司, 在 1983 年公司尚处于亏损状态, 后来由于采取了一系列措施, 使之逐步扭亏增盈, 到 1989 年劳动生产率提高了 334%, 人均创利接近 4 万美元, 在上述 10 个企业中居首位。该公司改善经营、提高经济效益的主要措施是: ①调整产品结构, 大力增产高附加值产品; ②进行技术改造, 改进熔炼与加工工艺, 大型设备采用计算机控制; ③采用机械合金化等新工艺; ④不断提高质量管理水平, 有一套严格的管理体系, 保证产品的高质量。可以说因科公司是国外实行科学管理与经营的材料企业的缩影。

总之, 到 2000 年仪表材料的发展格局将是精密陶瓷、功能高分子材料、新金属材料 and 先进复合材料四分天下的局面。估计美、日、欧行业规模不会有大的发展, 国外仪表材料企业到 2000 年将发展到 2000 家左右。

表 1-3 1983~1990 年日本电子材料生产状况

大 类	小 类	(产量: t 产值: 百万日元)												8 年间产值 增长幅度 (%)
		1983 年		1984 年		1985 年		1986 年		1987 年		1988 年		8 年间产量 增长幅度 (%)
		产量	产值	产量	产值	产量	产值	产量	产值	产量	产值	产量	产值	
金 属 材 料	电子管、半导体材料	13895	27725	21705	4380	16078	33034	19484	35207	19826	31042	19975	38262	48.6
	软磁材料	15508	14688	11393	17160	9365	15039	10905	15239	10250	14728	10000	16085	-40.4
	弹性材料	9285	16168	11489	19528	8637	14829	10588	15211	12008	16326	13298	18390	51.3
	焊接材料	457	747	480	784	541	856	422	662	361	565	385	620	34.3
	耐腐蚀、耐热材料	940	4522	978	5317	991	6098	884	5289	1067	4842	1347	6485	159
	电阻材料	256	671	341	822	304	715	309	712	317	768	348	903	60
	特殊材料	2071	5234	2166	5922	2363	6018	2147	5218	2137	5184	2020	5964	17
	合计	37414	69758	48555	93341	38282	76647	44741	77540	45970	73457	47374	87252	30.8
烧 结 软 磁 材 料	软磁铁氧体	26708	76187	37642	91247	37103	85057	34339	84254	37098	91884	41101	97630	72
	压制铁心	77	790	14	1170	86	895	94	944	103	1048	121	1139	36.3
	合 计	26785	76978	37756	92418	37190	85953	34433	85199	37202	92933	41221	98770	72
水 磁 材 料	铸造磁体	2545	12192	2616	12794	2272	11374	1912	9334	1843	7816	1887	7908	-23
	铁氧体	58838	42862	70119	54192	71618	57480	76501	56121	84880	57198	85529	58372	40.9
	稀土永磁体	281	12013	429	17960	450	19134	648	26259	784	30758	1071	38349	431
	其它磁体	4	157	4	212	14	565	37	1434	6	259	10	417	250
	合 计	61668	67224	73170	85160	74355	88554	79099	93149	87515	96033	88498	105048	69.2
半 导 体 陶 瓷	热敏电阻	-	16201	-	22600	-	24112	-	24650	-	27956	-	34755	-
	可变电阻	-	8007	-	13114	-	11271	-	12016	-	12023	-	11635	-
	合 计	-	24208	-	35714	-	35384	-	36667	-	39980	-	46383	-
陶 瓷 基 板 压 电 陶 瓷 制 品	陶瓷基板	-	5254	-	7779	-	5888	-	7024	-	9186	-	11247	-
	压电陶瓷制品	-	39338	-	49043	-	46133	-	47674	-	53842	-	57190	-
	总 计	125868	282762	159482	336345	149828	336562	158275	317256	170688	365431	177093	405893	44.4
														48.2

表 1-4 典型企业技术经济状况

国别	企业名称	全员劳动生产率 (万本国货币/人·年)			人均净利润 (万本国货币/人·年)		
		1983 年	1989 年	增长率(%)	1983 年	1989 年	增长率(%)
美	卡本特技术公司	9.47	17.9	89	0.38	0.82	115
美	杜邦公司	19.9 ^①	24.4	22.6	0.76 ^①	1.70	124
美	因科公司	4.7	20.4	334	-0.94	3.89	414
英	马太公司	—	20.45	—	0.25 ^②	0.74	196
德	德固萨集团	49 ^③	42.6	-13	0.49 ^③	0.52	6
德	真空熔炼公司	12.9 ^③	14.4	17	0.48 ^③	0.60	25
德	瓦克化学公司	24.8 ^③	28.9	17	1.3 ^③	0.99	-24
日	日立金属公司	2728	2117	-22	64.6 ^②	57.17	-12
日	住友特殊金属公司	3062	3951	29	82.6	114.67	39
日	东金公司	2772 ^③	3469	25	64.7 ^③	68.3	6

注：①1985 年数据 ②1986 年数据 ③1987 年数据

1.1.5 仪表材料发展动向

1.1.5.1 弹性合金

①在耐腐蚀弹性合金中，不锈钢性能优良、价格低廉，一直受到重视。以双相不锈钢为例，70 年代开始出现第二代双相不锈钢，其特点是用氮取代了一部分镍，结果不仅降低了成本，而且提高了抗拉强度，改善了抗点蚀和缝隙腐蚀性能。预计 90 年代发展最快的三大主流是双相不锈钢、高相不锈钢和马氏体时效不锈钢，在许多场合可以替代镍基或钴基耐腐蚀弹性合金。②深入研究铍青铜代用材料。铍青铜是传统的弹性合金，用量很大，但也有铍毒害、价格高等重大缺点。国外近年大力发展调幅结构 (Modulation Structure) 铜基高弹性合金，如贝尔研究所的 Cu-9Ni-6Sn 合金、725 合金、728 合金等，其目的之一也是寻求铍青铜的代用材料。预计 90 年代会出现一些新的铜基高弹性合金，具有接近或超过铍青铜的优异性能。③日本在开发恒弹性合金方面走在世界的前列。80 年代针对高温、低温、磁场等使用环境开发了多种耐高温、耐低温、无磁恒弹性合金。由于恒弹性合金的使用环境日益复杂化、多样化，所以恒弹性合金正向高温、低温、高强度、耐腐蚀、无磁、易切削、非晶态等方向发展。④快速凝固合金将取得突破。国外对快速凝固技术进行了多年的研究，已开发出若干制取快凝粉、片、带、丝的工艺。目前非金合金以软磁合金和稀土永磁为主，弹性合金产品品种少。相信 90 年代非晶弹性合金将取得进展，其它快凝合金也会取得突破。⑤发展精密加工技术。由于元件加工自动化的需求，对型材尺寸公差、表面质量、外形的要求也日益提高。许多大公司都改造或新建了计算机控制的精轧机、矫形机等，使型材表面质量与尺寸公差大为提高。

1.1.5.2 测温材料

①N 型热电偶是近 20 年开发的一种新型中温热电偶，其高温稳定性比 K 型热电偶好得多，国际电工委员会已将其列入 IEC-584 标准。由于这种热电偶具有可以完全取代 K 型、部分替代铂铑热电偶的优良特性，今后是大有发展前途的。②铠装热电偶材料试验研究极受重

视。美国 ASTM E-20 技术委员会将对《铠装热电偶及铠装热电偶材料试验方法》标准作重大修改,并将制定试验操作推荐规范。③国外已大量生产厚膜及薄膜铂电阻元件,使铂电阻温度计由手工式生产走向大规模自动化生产,同时也实现了工业铂电阻的铠装化。④热敏电阻及用它作敏感元件的温度计,在国外一直占有十分重要的地位,仅次于热电偶和电阻温度计居第三位。由于热敏电阻灵敏度度高、稳定性好、价格低廉等特点,其发展不容忽视。⑤光纤温度传感器是 70 年代发展起来的新型温度计,近年来在数量和质量上都有较大的发展。由于它具有抗干扰能力强的特点,是一类有发展前途的温度传感器。

1.1.5.3 电阻材料

①锰加宁合金、镍铬改良型合金、铁铬铝电热合金等传统材料仍大量生产与使用。线绕精密电阻合金正在向高精密、高可靠性方向发展。应变电阻合金方面,目前广泛使用应变康铜合金、镍铬改良型及镍钼系列应变电阻合金、铁铬铝系高温合金及贵金属合金等。用于制造温度传感器的镍仍然是一种重要的热敏金属材料,日本等国也开发出新型热敏电阻合金②由于仪器仪表小型化和高可靠性的要求,各国对薄膜电阻器材料(包括贴箔平面电阻器材料)和超微细丝的研究予以优先发展。③对精密电阻元件要求小型化的同时,对深低温下可靠使用的要求也日益迫切,如 Pt-Rh 电阻合金,可在 2~K 温区的使用。④由于非晶态制造技术的迅速发展,非晶电阻材料可望有更大的发展。⑤电阻材料的发展和电阻元件的制造工艺已融为一体,许多企业实行了材料元件一体化生产。⑥快淬技术、磁悬浮熔炼等新工艺的出现,将会大大提高合金性能,推动电阻材料的发展。

1.1.5.4 电接点材料

①随着各种电子元器件向着小型化发展,全系接点材料将发挥越来越重要的作用,并通过连续选镀和薄层电镀节约金的用量。目前硬金是应用最广的电接点材料,通常是把它镀在延展性好的镍层上。②钯及钯合金是金的最佳替代材料,例如和钯-镍合金,可以在电镀钯或钯-镍合金上再镀一层很薄的金,这样可以替代电镀硬金。③包覆复合接点材料存在着不利小批量生产、难以获得厚度小于 1mm 的连续包覆层等缺点,因而包覆型贵金属接点材料大约只占贵金属接点材料的 2%~3%,而且有不断下降的趋势。④锡及其合金在某些可靠性及寿命要求不高的情况下,可以代替镀金,预计可以进一步推广使用。

1.1.5.5 非晶软磁材料

①非晶软磁合金在电力方面应用的条件日渐齐备,可望取代硅钢。美国投入运行的非晶变压器已达两万台,据估计到 1993 年欧、美变压器市场对非晶软磁材料的需求量可达 15~25 万吨,到 2000 年全世界配电变压器和非晶材料市场将达到 10 亿美元。据推算若全部电力变压器用非晶铁芯取代硅钢,美国每年节电折合 9 亿美元。②非晶软磁合金在电子领域的应用将继续扩大,形成软磁铁氧体、硅钢、坡莫合金、非晶软磁并存的局面。③1988 年开发的 Fe 基超微晶软磁材料被称为“第二代快淬软磁合金”,比第一代非晶软磁具有更优异的综合性能,比如其 μ_n 可达 35×10^4 以上,因而估计它将具有广阔的应用前景。

1.1.5.6 永磁材料

①产值产量持续增长。永磁材料产品在 80 年代的增长速度超过 70 年代,而在 90 年代将以更高的速度发展。1990 年与 1980 年相比,西方世界永磁材料产量增长了 87%,永磁材料产值增长了 250%,产值年均增长率超过 10%。预计 90 年代产值年增长率为 12%,到 2000

年西方世界永磁材料年产值可达 50~65 亿美元。②市场结构发生重大变化。传统的铝镍钴永磁材料已日益衰落, Nd-Fe-B 永磁材料在 80 年代后期以年年翻番的速度增长。这样, 有人预计到本世纪末 Nd-Fe-B 永磁产量会接近铁氧体永磁, 也有人预测它可能超过铁氧体永磁, 总之是铁氧体永磁与钕铁硼永磁材料齐头并进的局面。③粘结永磁材料发展迅速。粘结永磁材料工艺简单, 宜于自动化生产, 因而占有优势。当前产值产量最高的粘结永磁是粘结永磁铁氧体, 1990 年它占粘结永磁总产量的 80%。增长速度最高的是钕铁硼粘结永磁材料。④1990 年开发的稀土铁氧化物, 有希望成为第四代稀土永磁材料。这类材料的特点是居里温度高, H_A 值也很高, 磁能积与 Nd-Fe-B 相当。1991 年欧洲已有 SmFeN 合金产品问世, 看来这类合金有着巨大的发展潜力。

1.1.5.7 电子浆料

①银钯合金是电子浆料中用量最大的系列, 其发展趋势是减少钯的用量, 比如用 Ag80Pd20 取代 Ag70Pd30, 厚膜混合电路用导体材料 Ag85Pd15 和 Ag90Pd10 合金均向 Ag99Pt1 合金发展, 金浆料也有向银钯和银铂发展的趋势。②节约贵金属。Au、AgPd 等向 Cu 发展, 低温硬比型和导电粘结剂 Ag 浆料都在向 Cu、Ni、Zn 浆料发展。为了节约贵金属, 元件向薄膜化发展, 比如 Au 由 7~8 μ m 向 1 μ m 以下发展。③工艺上采用新技术。比如采用高速自动印刷、红外线烧结(高速烧结)紫外线干燥等。

1.1.5.8 半导体材料

①增大硅片直径。随着集成度的增加, 芯片面积要增大, 要求进一步增大硅片的直径, 所以硅片大直径化一直是单晶硅的发展趋势。②提高硅片表面平整度, 严格控制表面清洁与无缺陷。16MDRAM 要求区域厚度误差为 0.5 μ m/15 $\times$ 15mm², 目前还达不到。目前要求控制硅片表面上 0.1 μ m 以上的微粒, 严格控制 Fe、Cu 等金属杂质的污染。在距硅片表面 10 μ m 深的表面区域, 要求形成无析出物产生、均质、完全无缺陷的表面层。③控制氧及氧析出。由于氧浓度与氧析出与微小缺陷的控制、吸杂能力、机械强度诸特性有关, 因而控制氧及氧析出成为控制硅单晶质量的重要问题。④GaAs 单晶已能制备 100mm 直径的晶片, 目前正向 150mm 直径晶片发展。正在开发控制位错和缺陷的技术, 目标是大直径的无位错、无缺陷化合物半导体单晶, 包括三元和四元单晶。

1.1.5.9 功能陶瓷

①日本是生产与应用气敏陶瓷最活跃的国家, 费加罗技研公司是世界上最早推出气体传感器的厂家, 日生产能力在 1200 万支以上。日本气敏元件市场年增长速度为 25%~30%, 发展方向是进一步扩大检测气体的种类, 提高选择性、检测灵敏度与长期稳定性, 以及对传统材料进行改造, 获得新材料。②进一步研究湿敏陶瓷的工作机理, 提高材料的长期稳定性, 通过加入稀土元素等方面来降低阻抗。通过开发新材料目前已试制出若干全新的湿敏传感器。③热敏陶瓷发展比较成熟, 已能大批量工业化生产。日本芝浦电子等一些公司热敏电阻月生产能力在 100 万支以上, 1990 年日本热敏电阻总产量为 6 亿多支。NTC 热敏电阻的使用温度尚需向低温和高温区扩展, 测量精度也有待提高。国外正在努力降低 PTC 热敏电阻在 T_c 以下的阻值, 提高其通流能力, 探索新材料等。④压敏陶瓷制造的压敏电阻用量极大, 1990 年日本压敏电阻产量近 12 亿只。目前压敏电阻正向低电压化、高压高能量化、复合功能化以及片状化方向发展。

1.2 企业

1.2.1 概述

80年代世界科学技术与经济的发展使国外仪表材料企业的状况发生了明显的变化,美、日、欧企业现状大致有以下特点:

(1) 跨国集团公司有所发展。许多材料企业随着实力的增强,逐步向国外扩张,或兼并他人,或开设点,有的大公司不断更新扩大经营范围,甚至成为跨多种行业的大型托拉斯。除原有的杜邦公司、因科公司、西门子公司、通用电气公司外,80年代组成集团的有马太集团、德国萨集团、瓦克集团等。

(2) 采取“下游战略”。企业开发高附加值产品,向新材料领域扩张,材料企业向元件、整机领域发展,采用了多方位、多元化发展的所谓“下游战略”。前述日本冶金企业普遍实施这一战略,美国因科公司由于开发高附加值产品效益大增,英国泰尔康公司由于与元件公司合并实现了材料元件一条龙生产,发挥了各自的优势。

(3) 某些使用材料的企业推行“上游战略”。随着生产的发展,许多企业认识到材料自给自足的重要性,原来不搞材料的企业也挤进了材料企业队伍。最典型的事例是美国通用汽车公司,基于永磁材料在汽车及其它部门应用日益增加,所以它不惜投入巨资开发稀土永磁材料,其产品MQ磁粉年生产能力约450t,产品除20%为自用外,80%推向国内外市场。该公司1990年生产粘结稀土永磁的能力也达到450t,具有举足轻重的地位。又如日本主要磁性材料企业与德国最大的汽车配件厂Robert Bosch共同合作生产铁氧体。

(4) 日本采用“全球扩张”战略。以磁性材料为例,美国计算机工业与汽车工业对永磁需求的增长,促使日本企业在美国纷纷设厂,抢占市场地区。1987年以前美国的永磁材料厂家中只有日立磁体一家是外资企业,今天已有6家,产量占美国总产量的40%,其中日本有3家。1985年美国没有一家外资汽车磁性元件厂,现在已有上百家外资磁性元件厂涌入美国。日立公司在德国、住友公司在印尼都建立了生产铁氧体的合资厂。其它材料行业中日本企业向欧美扩张势力的事例也层出不穷,对此某些西方人士已提出警告。

(5) 调整机构与产品结构。比如对于成本高、效率低的生产部门实行关停并转,减少低价低利产品,增产高技术高值产品,产品多元化等,这方面事例很多,在典型企业中均有介绍。

(6) 大力进行设备投资,增强生产能力。如美国卡本特公司在80年代投资3900万美元购买了一台美国最大的旋锻机,安装了一台价值1.2亿美元的多道热轧机。美国因科公司亨廷顿厂的棒材轧机是美国最大的热轧系统。又如日本大阪钛公司向伊万里厂投资170亿日元建立4M用晶片生产线,投资额相当于1990年销售额的40%。

(7) 不惜巨资加强研究开发。国外企业重视保持技术优势,投入的研究开发费用一般占销售额的5%~8%,拥有强大的技术力量。美国杜邦公司有5000多名科学家从事研究和开发工作,有9000多名熟练的技术人员从事制造与推销工作。日立金属公司总共有一万多人,就设有磁性材料研究所等5个研究所。其研究所的高水平研究与先进的科研手段是密不可分的,这些手段包括电子显微镜、光刻设备、气相沉积设备、大功率激光器等。