

国外机械工业基本情况

仪器仪表元器件

沈阳仪器仪表工艺研究所

机械工业出版社

一九八六

内容简介 本资料为《国外机械工业基本情况》的仪器仪表元器件部分。主要内容是介绍美国、苏联、日本、联邦德国、瑞士等国家七十年代末到八十年代初几种典型仪器仪表元器件,如集成电路、印制电路板、半导体传感元件、激光器件、接插件、仪表电机、光学元件、弹性元件、机械元件等的行业和企业情况、技术现状和发展趋势,可供本专业各级领导干部、工程技术人员和教学工作者阅读与参考。

仪器仪表元器件

沈阳仪器仪表工艺研究所

*

国家机械工业委员会科学技术情报研究所编辑

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南里一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

机械工业出版社发行·机械工业出版社书店经售

*

开本 787×1092¹/₁₆·印张17¹/₄·字数 420 千字

1987年9月北京第一版·1987年9月北京第一次印刷

印数 0,001—1,500·定价: 4.85 元

*

统一书号: 15033·6660Q

出 版 说 明

机械工业肩负着为国民经济各部门提供技术装备的重任。为适应四化建设的需要，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具有自己特色的发展道路，我们组织编写了第三轮《国外机械工业基本情况》。这一轮是在前两轮的基础上，更全面、系统地介绍了国外机械工业的行业、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七十年代末和八十年代初的水平以及本世纪末的发展趋向。

第三轮《国外机械工业基本情况》共一百余分册，参加组织编写的主编单位包括研究院所、工厂和高等院校共一百余个，编写人员计达一千余人。本书为《仪器仪表元器件》分册。由机械部仪表局情报室审编，责任编辑：刘树春；主编单位是沈阳仪器仪表工艺研究所；参加编写的单位有辽宁大学、苏州仪表元件厂、上海仪表电机厂、上海光学仪器研究所、苏州晶体元件厂。主要执笔人员有（按章节编排顺序）：夏姿、白春丽、杨锡国、肇树春、王福仁、董文福、韦银春、王梓、何伦康、方博良、王国华、毛书正、王欣、朱兆铭、王德臣等同志。

机械工业部科学技术情报研究所

目 录

第一篇 国外仪器仪表元器件发展概况

一、概述	(1)
二、发展简史	(2)
三、研制特点	(4)
四、现状	(5)
五、展望	(14)

第二篇 几类典型元器件的基本情况

第一章 集成电路	(19)
一、概述	(19)
二、行业情况	(21)
三、企业情况	(35)
四、国外现状	(44)
五、展望	(68)
第二章 印制电路板	(72)
一、概述	(72)
二、行业情况	(73)
三、企业情况	(77)
四、国外印制电路板的产品情况	(82)
五、展望	(92)
第三章 半导体传感元件	(95)
一、概述	(95)
二、行业情况	(95)
三、企业情况	(99)
四、国外现状	(113)
五、展望	(136)
第四章 激光器件	(140)
一、概述	(140)
二、行业情况	(140)
三、企业情况	(144)
四、国外现状	(147)
五、展望	(156)
第五章 接插元件	(157)
一、概述	(157)
二、行业情况	(159)
三、企业情况	(162)
四、国外现状	(164)
五、展望	(170)

第六章 仪表电机	(173)
一、概述	(173)
二、行业情况	(173)
三、国外现状	(176)
四、展望	(183)
第七章 光学元件	(185)
第一节 概述	(185)
一、分类	(185)
二、行业情况	(185)
三、技术现状	(186)
第二节 光栅	(188)
一、物理光栅	(188)
二、计量光栅	(194)
第三节 光学薄膜元件	(196)
一、光学薄膜技术进展	(196)
(一) 概况	(196)
(二) 分类及应用	(196)
(三) 膜系设计	(200)
(四) 镀膜设备	(200)
(五) 膜厚监控	(201)
(六) 光学薄膜常数的测量	(202)
(七) 薄膜材料	(203)
(八) 制备工艺	(203)
二、企业介绍	(205)
第八章 弹性元件	(209)
一、概述	(209)
二、行业情况	(209)
三、企业情况	(212)
四、国外现状	(219)
五、展望	(229)
第九章 机械元件	(230)
第一节 宝石轴承	(230)
一、概述	(230)
二、行业情况	(231)
三、企业情况	(232)
四、国外现状	(241)
五、展望	(248)
第二节 小模数齿轮	(249)
一、概述	(249)
二、国外现状	(250)
三、发展动向	(257)
参考资料	(260)

第一篇 国外仪器仪表元器件发展概况

一、概述

由一个或多个零件构成的具有独立功能的最小单元称作元件。器件则是由多个零件、元件或者二者的结合构成的具有多种独立功能的集合体。

仪器仪表元件系指为仪器仪表和自动化装置所用的、具有独立功能的基础元器件。

在仪器仪表与自动化装置中,仪表元件能够完成信息的检测、传递、转换、放大、存储、运算、控制或显示等功能。

仪器仪表元件在仪器仪表中起着关键的作用,是仪器仪表和自动化装置的基础。它的质量、性能和水平对整机有着很大的影响。因而,仪器仪表元件是发展仪器仪表的基础和关键。

随着科学技术的高速发展,新原理、新工艺、新材料、新技术不断应用,元件的种类日益增多,其应用也几乎渗透到各个领域。仪器仪表元件涉及到多种学科和领域,成为边缘科学,不仅在当今世界,而且在未来的信息社会中也将起着日益重要的作用。

现将工业自动化仪表、成分分析仪器、电工仪表、光学仪器、电影机械、照相机机械、材料试验机、实验室仪器、电子计算机等所采用的元件大致分为十二大类分述如下:

(一) 机械元件:包括小模数齿轮、仪表支承、压力表机芯、机械计数器、金刚石压头、调速器、阻尼器等。

(二) 弹性元件:包括波纹管、膜片、膜盒、弹簧管、平弹簧(如张丝、吊丝、游丝)等。

(三) 阻容元件:包括电阻器、电容器、电位器等。

(四) 电真空元器件:包括电子管、X射线管、光电倍增管、图象增强器、仪用光源等。

(五) 电磁元件:包括变压器、变流器、继电器、仪表电机等。

(六) 半导体元器件与集成电路:包括晶体管、整流元件、集成电路(有数字、模拟、微波集成电路)等。

(七) 机电元件:包括接插件、开关、指示灯等。

(八) 传感元件:包括力敏元件、热敏元件、光敏元件、磁敏元件、气敏元件、湿敏元件等。

(九) 光学元件:属于几何光学范畴的有透镜、棱镜、反射镜、目镜、物镜;属于物理光学范畴的有偏振片、波片、光栅;属于薄膜光学领域的有滤光片、分光镜、减反射膜等。

(十) 激光器件:包括固体激光器、气体激光器、半导体激光器、染料激光器、化学激光器、脉冲激光器。

(十一) 显示器件:包括阴极射线管、液晶显示器、荧光显示器、气体放电显示器、发光二极管等。

(十二) 其它元器件:包括气动元件、液动元件、射流元件、热电偶保护套管、印制电路等。

二、发展简史

仪器仪表元件的发展与仪器仪表的发展密切相关，两者不可分离，相互促进。纵观其发展，大致分为四个阶段：

（一）第二次世界大战前

最早的光学元件是从制作眼镜片开始的。早在1300年左右，西欧就有了眼镜片的制作。

十七世纪初，已能用透镜制成显微镜和望远镜，这些透镜是由整块的玻璃在研磨机和抛光机上制造出来的。

1639年，笛卡尔采用滚筒法加工出第一块非球面透镜。

1704年，Debraufe和Fatio两人获得了宝石轴承的发明权。

十九世纪初开始了湿度电测量的研究。

1830年，发现了光电效应。

1849年，法国人波登发明了波登管，德国出现了第一个膜片。

1870年，制成了波纹管，并能制造波纹管式蒸汽测量仪表。

1879年，美国物理学家霍尔发现了霍尔效应。

1880年，建立了瑞士曼洛慈宝石轴承厂（Meroz Jewel Factory）。

1885年，德国福兹海姆金属软管厂制成金属软管，该厂还生产仪表用波纹管和各种工程用波纹膨胀器。

1888年，奥地利的莱尼茨尔发展了液晶。

1904年，发明了真空二极管，出现了电真空器件，这是电子器件的第一代。

1906年，发明了真空三极管。

1931年，德国制成了硒光电池。

三十年代初，出现了多接点连接器。

三十年代末，美国的贝尔实验室制成了半导体热敏电阻。

1938年，发现了氯化锂的湿敏特性，并着手研制元件。

在第二次世界大战前，美、英、德、日、法、苏等国均已能生产仪器仪表及一些元件，并有一定的规模。当时，光学元件、机械元件、弹性元件、气动元件、传感元件、接插件、电真空器件都有了一定的生产和应用。

（二）第二次世界大战至五十年代

第二次世界大战使一些国家受到很大的损失，因此在五十年代前是恢复阶段。而对另一些国家，由于战争，在军事上的需要促进了某些元件的发展。在此期间，电子技术的发展大大地促进了元件（尤其是电子元件、半导体元件）的发展。

1946年，第一台电子计算机问世。

1947年，采用光波干涉法控制光栅刻划机，提高了衍射光栅的刻划精度和扩大了刻划面积。

1948年，美国贝尔电话实验室巴登等人开始研究半导体。同年，发明了点接触型晶体管，研制成功锗霍尔元件并用于测量磁场。

1951年，制成商用晶体管。

1952年，英国皇家雷达研究所提出集成电路（IC）的设想。

1954年，发明了硅太阳能电池、硅晶体管。

1957年，发明了隧道二极管。

1958年，美国的贝尔电话实验室研制出半导体应变片；美国德克萨斯公司研制成功第一块能实际工作的半导体集成电路，仅包含几个晶体管和少量的电阻、电容。

1959年，有了半导体集成电路的专利。

这一阶段，主要有两大标志：一是电子管技术的应用，即电子器件的第一代。由于应用电子管技术，给元件带来很大的变革，使仪器仪表快速、灵敏、可远距离传输、检测。二是半导体技术的应用，亦即进入电子器件的第二代。以1948年晶体管出现为转折点，使仪器仪表开始变得小型、耗能少。从1958年起，国外的电子仪表大部分采用了晶体管。其它元件，如光栅和光学薄膜元件、机械元件、弹性元件等，已普遍实现了专业化生产，生产工艺和设备得到改进，元件的质量和产量都有提高，三化工作有很大进展，元件的应用面也在迅速扩大。

（三）六十年代至七十年代

1960年，美国已有集成电路的商品生产，仙童公司发明了平面工艺。同年，红宝石固体激光器问世；外延工艺研究成功，线性和逻辑电路相继出现。

1961年，出现肖特基二极管，液相外延工艺成功。美国将集成电路用于军事系统，德克萨斯仪器公司制成能实际工作的单片半导体集成电路样品。

1962年，制成半导体激光器，日本、美国制成半导体气敏元件。同年发明了扁平封装工艺。

1963年，日本从美国引进集成电路。美国Vishay公司研制成超精密的金属膜电阻器。

1964年，大量生产集成电路，出现了大规模集成电路；复盖式晶体管研制成功；CO₂、YAG、氢离子激光器问世。

1965年，美国集成电路产量达9540万块。MOS电路大量生产，出现微型计算机。氦-镉、氮分子、HC1化学激光器相继研制成功。

1966年，染料激光器问世。

1967年，日本首先研制成功荧光数码管；美国集成电路投资达2亿美元；出现了大规模集成电路。

1968年，美国RCA公司研制成液晶平板显示器。出现霍尔效应键开关。

1969年，砷化镓场效应晶体管、磁泡器件、斗链器件研制成功。

1970年，美国贝尔实验室做出了空间电荷耦合器件。

1971年，美国英特尔公司制成四位单片微处理器4004。出现氮-氛波导激光器。

七十年代初，液晶显示器投放市场。

1973年，研制出上万个元件的大规模集成电路。

七十年代出现伺服电机、直线电机、平面电机等微型电机；半导体传感元器件迅猛发展，除各种力敏、热敏、光敏、磁敏、气敏、湿敏元件外，还出现集成化和功能化的传感元器件，在传感技术上也应用了集成电路工艺；激光器件、全息照相、光学信息处理、纤维光学、非线性光学、集成光学技术发展很快。

六十年代以来，科学技术发展的步伐大大加快，对仪器仪表和检控装置的要求也随之提高，促进了仪表元件的发展。在电子仪表全面实现晶体管化的同时出现了集成电路，一些厂家已采用集成电路制成第三代的电子计算机。惹人注目的是IC的发展及迅速在仪器仪表中

的应用,提高了仪表的可靠性,增加了功能,并使其微型化。此时 LSI 也已成熟。虽然 IC 大量应用,但分立元件不会淘汰,还将互相取长补短,根据不同的应用场合而选用不同的元件。各种电子元器件均进入大批量生产阶段。

在机械元件和弹性元件方面,六十年代前已基本实现了专业化生产,六十年代后处于稳定的定型生产,发展速度缓慢。但是,这几类元件由于结构简单、性能可靠、工艺简单、使用方便、价格低廉,所以在仪器仪表领域中仍然使用。在气动、液动元件方面,于六十年代出现了射流元件等新型元件。

在此阶段,光学元件取得重大进展,光栅刻划和复制技术已成熟,全息光栅已达到实际应用。光学纤维不仅用于光传输,还可制成光纤传感器。光学薄膜元件也获得发展,从远紫外到远红外范围的光学薄膜均能成批生产。另外,集成光路是在 IC 技术促进下发展起来的高密度光学器件,预计将在计算机和通讯方面得到应用。

(四) 八十年代以后

从八十年代开始,“新产业革命”问题(或称第四次工业革命)提到日程。美国的未来学家称为第三次浪潮,核心是“由工业社会进入信息社会”。这场技术革命是以信息工业(主要是电脑)为主角,包括生物工程,新材料、新能源以及光导纤维、激光、海洋开发、宇宙工业等新兴技术。电脑的发展是向体积越来越小、速度越来越快(日本已制成每秒运算13亿次的电脑,美国正在研制每秒运算一百亿次至两百亿次的巨型电脑)、价钱越来越便宜、效率高、应用广的方向发展。人工智能的发展将为计算机工业开拓一个新纪元。人工智能已能表现出各种技巧,如:疾病诊断、下象棋、作曲、控制精密而复杂的制造过程,驾驶宇宙飞船等。美国在1981年把人工智能列为八十年代的十大军事技术之一,并投资一千多万美元进行研究。日本截止到1980年底为止,整个产业界拥有的机器人为76661台,它所制造的机器人占世界总产量的45%。信息技术有三大支柱,一是测量与控制技术,二是计算技术,三是通讯技术。三者结合在一起构成完整的信息系统,仪器仪表就是实现测量与控制的重要工具,而仪器仪表元件又是仪表的重要组成部分。随着生产力的高速发展,知识更新的周期越来越短,信息量越来越大,需要检测和高速运算及处理,而更重要的是获取信息,这就需要大量的一次仪表(传感器)。人工智能机器人的发展也需要能起着电五官作用的检测元件,因而更促进了元件的发展。八十年代出现了多功能元件并开始研制智能化元件,将用于多维探测和宇航探测等。

三、研制特点

仪器仪表元件具有综合性强、品种多、应用面极广等特点,它牵涉到多个行业 and 部门,因而在国外没有一个独立完整的仪器仪表元件行业。现只能就一般的情况进行综合分析,其研制方面的特点综述如下:

(一) 属于边缘科学,综合性强、技术密集

仪器仪表元件的品种极多,牵涉的学科也很广,如光学、机械学、电子学、物理学、化学、生物学、仿生学等。所以元件的发展与多种学科和技术、知识有着密切的关系,每一种有关学科的进展都对元件发生重大的影响。元件的发展与多门科学技术的发展息息相关,只有以先进的技术水平为基础,才能使元件的发展速度加快。技术密集指研制元件的人员中,技术人员占的比例很大,如美国 Kulite 公司的技术人员占总人数的三分之一。

(二) 与新原理、材料、工艺、技术密切相关,品种更新快

仪器仪表元件的发展与新原理、新材料、新工艺、新技术的发展关系极为密切，后者起着加速元件品种更新的作用。如：由于发现霍尔效应而制出霍尔元件；由于发表了Pn结理论而制成面结型晶体管；由于半导体材料的出现制成了晶体管、半导体集成电路和传感元件；由于厚、薄膜工艺的发展才制成相应的厚、薄膜器件。许多先进技术的出现促进元件发展的步伐，如激光加工、微调、计量、等离子喷涂，超声波加工等新技术不断地在元件的制造和测试中得到应用。

（三）品种多、产品更新快、应用广

仪器仪表元件品种繁多，仅以接插元件为例，其在七十年代末就已达到十多万个品种规格。

元件的产品更新换代很快，如半导体元件十年发展一代；晶体管—集成电路（IC）—大规模集成电路（LSI）—超大规模集成电路（VLSI）。

元件的应用极其广泛，几乎渗透到各个领域，如工业、农业、商业、交通运输、宇航、国防、军事、生物、医学、体育、科研等。

（四）产品性能、可靠性、性能/价格比提高快

元件的性能在十年中可提高一级，可靠性和性能/价格比提高一个数量级。

（五）趋向专业化生产

仪器仪表元件一般比较小型、精密，工艺要求特殊，加工设备专用性强，因而实现专业化生产具有重要意义。专业化生产可以提高质量、产量，降低成本，提高研制人员的技能和熟练程度，便于技术革新和发展新品种。另外，一些整机厂为了保证产品质量，对一些较关键或特殊的元件由本厂配套。元件的专业化生产主要有以下几种形式：

1. 专业化元件生产厂

这种厂是独立的，专门生产元件，产品面向多个行业或面向一些整机厂，有的还销往世界各地。如：美国的金属波纹管公司、AEI微型电机厂；日本的宝热敏电阻仪表公司、三光透镜工业；瑞士的工业宝石轴承加工厂，联邦德国的IWK金属波纹管厂，法国的FRB接插件公司等。

2. 公司所属专业化厂或厂属专业化车间

有一些综合性的大公司，由下属的专业生产厂进行元件的生产，也有的生产厂设置专业化的元件生产车间。如美国霍尼韦尔公司的力敏元件是由该公司的固体电子学中心研制，由固体产品中心生产。莫托洛拉公司的晶体管、电阻器、集成电路、光电器件等也是由专业化厂进行生产的。日本的富士通公司由其下属的须板工厂、会津工厂生产半导体分立元件和集成电路。联邦德国的卡尔·蔡司公司有自己的光学元件制造厂。日本鹭宫制作所设有金属波纹管生产车间。

四、现状

下面分别介绍具有代表性的元件之现状。

（一）机械元件

1. 宝石轴承

宝石轴承在国外已有280年的历史，目前许多工业发达国家均有专业公司或工厂。瑞士、美国和日本的产品较为先进，其中尤以瑞士为最佳，其历史悠久、发展快、水平高。世界上许多国家都进口瑞士的钟表，瑞士钟表世界驰名，而机械式钟表使用了大量的宝石轴承。瑞

士较著名的工厂有：宝石股份有限公司、赛茨股份有限公司、赛顿宝石轴承厂等。这些厂的产品方向稳定，生产能力强，专业性强，技术水平高。仅赛茨股份有限公司每年生产的宝石轴承达5500万粒。Meroz钟表宝石轴承加工厂每年生产钟表宝石轴承9000万粒以上。对于宝石轴承的三化工作国外也很重视，制订了许多标准，如美国的MS-27041B-63、MS27041B-27049；苏联的ГОСТ 8897-78、AH1729、AH1730、AH1851；联邦德国的DIN43803、DIN8274-72；英国的BS3937-70等。各生产企业大多制定有本企业标准。赛茨公司的刚玉宝石轴承的外径公差达0.006~0.008毫米，最高可达0.003毫米。现在大多数厂已实现了单机自动化或半自动化，同时大多采用金刚石磨料磨具，提高了生产效率和产品质量。近年来，又采用了新的加工技术，如瑞士、联邦德国和日本等国研究采用超声波加工、喷射加工、电子束加工和激光加工等新技术，并且已用于生产；电子束万能加工机床等已成功地用于生产；瑞士在生产中已大量采用立式或卧式钇铝石榴石激光打孔机加工通孔刚玉轴承，一般加工的孔径尺寸为0.09~0.35毫米。除此外，还制成钇铝石榴石锥形刚玉轴承控槽机，该机配有微型电子计算机控制锥形槽的深度和锥度。

2. 小模数齿轮

小模数齿轮是传递运动和力矩不可缺少的机械元件。虽然由于电子技术的发展，在有的仪表中电子元件可以代替机械部分，但因小模数齿轮具有传动准确、可靠等优点，目前仍是重要的机械元件。

近年来，由于设备精度的提高，新加工方法的使用，使小模数齿轮的质量提高。联邦德国的普发特（Pfanter）厂、日本的渥美公司、三菱公司等都有较高的技术水平。例如，国外在滚切工艺中，滚刀精度已基本上能满足当前加工的需要。加工机床的精度，普遍采用高精度分度蜗轮，周节累积误差达4微米。

国外对小模数齿轮的三化工作很重视，如有美国标准AGMA 112.04-65，英国标准BS4582-70，苏联标准AH1757、ГОСТ 9178-72、ГОСТ 9368-60及日本标准1328-75。

国外加工小模数齿轮均采用新技术，如联邦德国的普发特厂用AA级硬质合金滚刀加工硬齿面齿轮，齿面和周节误差能达到DIN 3962规定的3级精度。另外，国外一个微型电机厂用七台专用磨齿机床加工模数0.5毫米、齿数14、18、46、49的减速器齿轮，一次可加工14只，生产率比滚齿高5~7倍。有的厂用钢片叠成的滚齿修整器，磨出的齿形轮廓误差为0.004~0.006毫米，周节累积误差为0.015~0.025毫米，齿面光洁度可达▽9。用粉末冶金法制造小模数齿轮，可以节约金属，提高生产率，适于批量生产，表面光洁度可达6~7级。

（二）弹性元件

弹性元件也是发展较早的元件之一，历史已逾百年。尽管在电子技术高速发展的今天，由于弹性元件具有简单、可靠、价廉等优点，仍被大量采用。

国外弹性元件的生产较稳定。产品也较定型，并重视三化工作。许多国家制订了标准，如联邦德国标准DIN43801，苏联标准ГОСТ 21482-76、ГОСТ 21557-76、ГОСТ 21754-76，日本标准JISB7505-76等。

法国卡洛斯塔公司年产波纹管600万只，日本鹭宫制作所年产波纹管1000~1200万只。苏联已进行自动化生产，有了波纹管生产的全套自动化设备。联邦德国Pforzheim金属软管厂可制10层的波纹管。日本1982年年产弹簧管1000万只。

(三) 阻容元件

近年来, 由于家用电器、工业电子设备的发展以及新市场的扩大, 世界电子市场对阻容元件的需要量迅速增加。阻容元件的生产日本居首位, 已成为世界上消费电子产品的供应基地, 生产规模相当大。

1. 电阻器

电阻器的生产日本居世界首位, 其电阻器的产量约为美国的 4 倍, 产值是美国的 2.5 倍。1981 年日本电阻器的产量达 444.48 亿只 (比 1978 年增加一倍多), 产值为 2031.93 亿日元 (较 1978 年增长 62%)。日本的电阻器以碳膜和碳质合成电阻器为主, 工业用占 10%, 民用占 90%, 并大量出口。日本电阻器厂商达四百余家, 生产率很高。以松下电子元件公司为例, 年产电位器 10 亿只, 劳动生产率为 50 万只/人·年。

美国电阻器的生产, 在 1979 年创历史最高记录, 产量达 106.37 亿只, 产值为 6.47 亿美元。由于通货膨胀等原因, 1980~1981 年生产连续下降。碳膜电阻器的产量占 45%, 碳质合成电阻器占 26%, 金属膜电阻器 21%。市场结构: 工业用占 63%; 军用占 12%; 消费占 25%。美国线绕电阻器厂家有 63 家, 碳膜电阻器厂家达 42 家, 金属膜电阻器厂家 48 家, 垄断性很强。

国外金属膜电阻器目前已达 $\pm 0.01\%$ 的高精度; 超精密、超稳定的金属箔电阻器, 其精度已提高到 $\pm 0.0005\%$; 精密线绕电阻器的最高精度为 $\pm 0.002\%$ 。

国际电工委员会制订了电阻器的标准, 如 IEC 63-63、IEC 115-5、IEC 266、IEC 393 等。

2. 电容器

日本电容器的生产居世界首位, 其产量约为美国的 5 倍, 产值约为美国的 3 倍。1981 年电容器的产量达 381.39 亿只, 产值达 3076.65 亿日元, 较 1978 年分别增长 60% 和 50%。陶瓷电容器的产量占总产量的 56%, 铝电容器占 30%。日本电容器生产厂家约有 140 余个, 主要有松下电子元件、信英通信工业、化学电容器、马匡、埃而纳和日本电容器等六大公司, 这六大公司垄断了市场的 90%。日本化学电容器公司 1980 年投资 900 万美元, 日产量达 2 亿只。日本松下电子元件公司年产电容器 10 亿只, 劳动生产率为 50 万只/人·年。

国外超高性能的铝电解电容器的工作温度范围已达 $-70 \sim +150^{\circ}\text{C}$, 寿命长达十万小时。固体钽电容器的容量可做到 1.7~2200 微法。钽片电容器的容积效率高达 100000 微法·伏/英寸³。利用超薄聚酯膜和激光工艺制作的聚酯膜电容器已研制成功, 故障率估计为 2 故障/10 亿元件·小时, 绝缘电阻高达 10000 兆欧—微法, 容量为 0.121 微法。

国际电工委员会已制订了有关的电容器标准, 如 IEC 63-63、IEC 384-72、IEC 384-1、IEC 418 等。

(四) 电真空器件

电真空器件已有八十年的历史, 五十年代至六十年代是其黄金时代。尽管半导体技术蓬勃发展, 甚至在有的场合已取代电子管, 但是, 电真空器件仍在应用, 并有所进展。美国 and 日本的 X 射线管、电视显像管等都有较大的增长, 苏联在回旋管方面领先。美国在 1981 年电子管的产值为 20.14 亿美元, 出口值为 3.773 亿美元, 进口值为 3 亿美元。日本 1980 年电子管产值为 3629.06 亿日元, 产量为 13032.6 万只 (X 射线管 5.3 万只); 1981 年产值增至 4353.31 亿日元, 出口值达 1959.93 亿日元。

微波管仍是电子管行业研究的重点, 过去由美国垄断, 目前主要的研制是在苏联进行,

其次是日本和联邦德国。西方有37个生产厂家。当前主要任务是研制新型管和改善管的综合性。在微波管中,进展最快的管型是行波管,通讯卫星采用的行波管代表了这一产品的最高水平。美国海军研究实验室制作的回旋管,连续输出功率已高达兆瓦级。在毫米波及亚毫米波范围的回旋管是苏联领先,其返波振荡器频段为 $30 \sim 1000 \times 10^9$ 赫,并且制出高达 1250×10^9 赫的真空管,这是目前用电子管取得的最高频率。苏联研制的偏转调制管有几千瓦功率和80%的效率。

美国沃特金斯—约翰逊公司的电子束半导体器件水平较高。

在功率发射管方面,各国产品自成系列,品种齐全。

(五) 仪表电机

在仪表电机的研制方面,世界上较先进的国家有:联邦德国、日本、美国、瑞士。1980年,日本的精密小型电机产量为1亿只,产值达1000亿日元。联邦德国微电机公司(Mini-motor)生产斜绕组直流电机,瑞士艾斯凯普(escap)公司生产 $\phi 16 \sim \phi 36$ 毫米的低惯量斜绕组直流电机,上述两个厂年产斜绕组直流电机共二百万台,占世界该型电机产量的1/2。美国Servo-Tek公司的电机电刷寿命达到十万工作小时。日本安川公司的空心杯直流电机的工作寿命竟高达10年。日本产BM-D3型交流伺服电机的激磁电压为100伏;控制电压15伏;频率为50赫;启动电压为0.5伏以下;启动转矩7140克·厘米;空载转矩1250转/分;时间常数13毫秒;使用温度范围 $-10 \sim +50^\circ\text{C}$;外形尺寸 $\phi 63 \times 45$ 毫米。

国外的微电机行业不断地应用新材料、新技术。瑞士研制一种塑料行星齿轮减速箱,用于与空心杯斜绕组微型电机组装,构成了低速大转矩的系统。日本Copal公司将塑料磁钢材料制成永磁步进电机的转子,可将其最大空载连续频率提高到1000周/秒。美国发展了速比大和传递效率很高的谐波齿轮用于电机。

国外对微电机的标准化工作很重视,已制订的标准有国际电工委员会的标准IEC34-4A-72、IEC34-10-75;日本标准MIL-S-22432-63、MIL-S-81963-74、JISC4906-76、JISC4907-81;苏联标准ГОСТ2641-61、ГОСТ20360-74;联邦德国标准DIN42021T₁、DINE42025T₂等。

(六) 半导体元器件与集成电路

此部分包括半导体分立元器件与集成电路两部分。

1. 半导体分立元器件

分立器件是针对集成电路而言,已有几十年的发展历史。集成电路自从出现后,高速发展,并且越来越多的电子功能将会实现集成化。事实上,在半导体技术发展中,五十年代晶体管技术占主导地位。但从六十年代中至七十年代,集成电路则起主要作用,而且在某些领域逐渐取代分立元器件。集成电路尽管有许多优点,但也有不足之处。如:在同一芯片或同一封装内,同时制造大量的有源和无源元件,要选择成各元件都是最佳条件是很困难的,而分立器件则可针对性地做出最佳选择,因而其在低噪声、高耐压、大电流、大功率和微波性能等方面都超过集成电路。并且,分立器件有较大的通用性和灵活性,可适应各种需要。美国RCA公司认为分立器件每年约以10%的速度增长。世界上以美国和日本生产发达,技术水平较高。半导体分立器件的产值,美国在1980年为204184.9万美元,1981年为269934.6万美元,日本1981年为2938.77亿日元,1982年为3785.55亿日元。近几年来,微波器件发展很快,美国1974~1980年的微波器件市场,崩越二极管平均每年增长40%,神化镓场效应晶体管增长

37%，双极晶体管增长17%，甘氏二极管增长15%。微波平面硅双极晶体管为8千兆、噪声3.9分贝。美国微波联合公司销售了砷化镓超突变结构变容管系列，其Q值达1500~4000，最大调谐比为10:1。Alpha公司的DVE 4560-24砷化镓变容二极管，截止频率为900千兆，击穿电压为10伏。Parametric工业公司的PT3516砷化镓隧道二极管截止频率为20千兆，峰电流为45毫安，电流峰谷比达15，峰电压为175毫伏。

目前，4安、400伏和12.5安、80伏的低频功率器件已进入商品阶段。用于开关式电源的VMOS功率场效应晶体管，其开关速度比等效双极晶体管快10~100倍，现已有50毫微秒、10安的商品。近年来，日本的乐器公司、三菱、东芝、光峰、日本半导体研究振兴协会等对VMOS场效应晶体管和静电感应晶体管的发展工作投入很大的力量。

国际电工委员会制订了半导体分立器件的有关标准，如IEC147-1G-75，联邦德国、苏联、美国等也制订了有关标准。

2. 集成电路

集成电路仅有二十余年的发展史，但其发展速度惊人，已经历了小规模、中规模、大规模、超大规模四个阶段。1981年全世界集成电路的销售额为134亿美元，美国约占世界产量的70%，日本接近24%。1982年，世界总销售额增至146亿美元。日本1982年的产量达451216万个，产值达8332.8亿日元。美国1982年线性电路的销售额为8.915亿美元，西欧1982年的销售额为16.895亿美元。

美国在世界集成电路的生产中处于领先地位，1982年美国集成电路的销售额占世界的67%。美国国际商用机器公司所生产的64K RAM集成电路的数量比世界其它制造商的生产总额还要多，且生产技术也先进。1983年初美国电话及电报公司下属的Western Electric公司已首先制成256K RAM集成电路，并开始投入市场。

日本在目前已控制了16K RAM集成电路美国市场的40%，还控制64K RAM美国市场的50%，并向欧洲和东南亚出口。日本政府每年花费约100亿日元协助集成电路工业的发展，努力发展新产品，有十三家大厂在研制“闸门排列”式的集成电路，此项1982年的销售额为1.5亿美元。日本电气公司1983年发明“布洛赫线”集成电路，可存储十亿以上的位。

(七) 印制电路板

随着对电子产品需要的增长，印制电路板的需要量也不断增长。世界印制电路板产值，1981年为72亿美元，1982年为84亿美元，1983年为97亿美元，1984年预计为113亿美元。日本的产值1981年为3020.9亿日元，1982年为3615.1亿日元，1983年约为4132.6亿日元，单面板的增长率低，双、多层板大有前途，尤其是个人计算机和数字处理机的需要量增加，促使对印制电路的需要量增加。联邦德国的印制电路板1979年产量为1043703.4万只，1980年产值为308669万马克。

美国的印制电路板技术发展很快，所有的印制电路厂除设有技术研究中心外，都采用先进技术及先进的光学和机械设备。如用电子计算机和数控技术实现制造工序单机自动化，利用计算机检测控制等。其产品指标高，印制电路板最小导线宽度与间距为0.075毫米，各个大厂都用计算机控制电镀生产线，光电公司还建立了镀金自动线。

目前，国外已能大量生产导线宽为0.3和0.2毫米的印制电路板。多层板的最多层数达21层。

国际电工委员会制订了有关印制电路板的标准IEC 326-2(76)、IEC 326-3(80)，美国、

联邦德国、英国等都制订了有关标准。

(八) 接插件

接插件在各类电子元件中所占的地位, 就其销售量看居第四位 (次于集成电路、电子管和半导体器件)。

国外以美国和日本的生产技术先进, 厂家多。美国有接插元件厂二百余个, 日本有四百余个, 联邦德国、英、法各有几十个厂。早在1977年世界接插件的产量为20亿只, 产值为11亿4千多万美元。日本接插件生产的发展速度很快, 如1980年产量为176202.7万只, 产值为1363.36亿日元; 1982年产量346581万只, 产值为1975.7亿日元。美国接插件生产在1976~1981年的五年中, 年平均增长率为9.8%。

近几年国外发展的圆形接插件有耐高温型, 最高温度达1400℃; 耐高压型, 能耐电压24千伏/毫米。法国F.R.B接插件公司生产的HC型接插件能可靠地使用30年之久, 可靠性极高, 达 $10^{-8} \sim 10^{-9}$ 。另外, 美国还发展了光导纤维连接器。美国许多公司生产无插拔力的连接器, 有双排280线的, 还有CK系列的, 接点数为双排40、120、156线, 插入力很小, 约有150克, 寿命达几千次。

在开关方面, 美国1982年总产值为2.56亿美元。装配自动化程度较高, 如钮子开关的装配自动化程度一般为30~70%, 有的厂为100%。日本的按钮开关具有较高的技术水平, 其机械寿命达200万次以上。

国际电工委员会制订了接插件的有关标准IEC130、IEC171、IEC512等, 美国、英国、联邦德国等国家都制订了有关标准。

(九) 半导体传感元件

近年来, 国外半导体传感元件蓬勃发展, 许多国家都很重视, 有的国家甚至把它的发展摆在首位。比如美国和日本都极其重视传感元件的发展, 并将其发展与新技术革命紧密地联系在一起。美国每年销售额增长20%, 日本1984年各种传感元器件的总产值达1460~1480亿日元。此外各国对标准化工作也很重视。

1. 半导体热敏电阻

国外已制出高温达1000~1200℃的热敏电阻 (日本、苏联、法国), 低温至-196℃ (苏联)。热敏电阻的互换性较好; 氧化物半导体和单晶半导体热敏电阻已大量生产, 特性线性化的问题已基本解决; 有机半导体材料 and 高温材料的研究也有很大进展。

2. 应变元件

国外已生产了体型、扩散型、Pn结型、薄膜型元件, 并在新材料元件的研制上投入力量, 如硅兰宝石材料、SiC材料、聚合物材料等, 可在高温下工作, 耐辐照。美国霍尼韦尔公司生产的扩散型压力传感器世界驰名, 最高精度可达0.02%。日本共和电业株式会社生产的高输出应变片, 电阻值达10千欧。苏联的硅兰宝石压力传感器, 采用外延结构, 已成批生产, 工作温度范围为-50~+450℃。1981年生产的硅兰宝石应变计可测压0.1~100兆帕。

3. 光敏元件

光敏元件的发展速度极快, 以1982年为例, 日本的产量为21亿只, 产值为68亿日元, 美国的销售额达2.59亿美元。

光敏电阻器中, 主要的产品是CdS和CdSe光敏电阻器。日本毛利利卡公司生产的光敏电阻器, 最大耐压为800伏。

光电池方面,国外主要生产硅光电池,日本夏普公司研制出的硅兰电池,灵敏度很高,可测月光。日本还研制出灵敏度高的磷砷化镓光电池。

最近,国外又制成新型结构的光电元件,如“夹心型”元件。

4. 霍尔元件

国外已制成 Ge、Si、InAs、InSb、GaAs 等材料的霍尔元件。苏联制出尺寸只有 1 毫米的小型霍尔元件;美国霍尔元件的线性较好,可工作到低温 -269°C 。

近年来,一些新材料得到了应用,如固溶体、三元化合物、高掺杂材料等。

5. 气敏元件

1962年日本和美国首先制成气敏元件,1968年后,气敏元件在日、美有很大的发展,特别是日本发展最快。日本费卡塔(フイガロ)技研公司生产烧结型气敏元件TGS型,寿命超过八年,可测低浓度的丙烷气体(0.2%)或低浓度CO。TGS型是以 SnO_2 为主要成分的烧结体。据1968~1976年的统计,出售了一千万支。马匡(マルエニ)电子股份公司生产的GS-5型气敏元件,可探测丙烷(0.1%)、丁烷(0.1%)、氢(0.05%)及乙醇(0.05%)等气体,响应速度优于10秒。日本的日立制作所、松下电器、新宇宙电机公司、理研计器等公司都研制气敏元件。

美国对气敏元件的机理、性能及应用做了不少的研究工作,研究了添加活化剂,使元件的灵敏度大为提高。美国的国家宇航局马歇尔空间飞行中心、G.C.Electronics公司、Crafter公司、C & M Industries公司、K.F.Industries公司等都研制气敏元件。

6. 湿敏元件

湿敏元件最早出现于1938年,从1966年起有了较大的发展。湿敏元件主要分为湿敏电阻、湿敏电容和湿敏阻容三种。主要材料有硅、氯化锂、氧化铝、氧化锌、氧化锡等。国外以日本发展最快,制造湿敏元件的厂家有:神荣公司、松下电子器件公司、大阪府立工业技术研究所、松下电子工业公司等。神荣公司制出的硅湿敏元件适于测35~95%的相对湿度,在0~50%的湿度范围内,指示误差为3~5%;在60%的湿度条件下,滞后为 $\pm 2\%$,吸湿过程的响应速度不大于10秒,稳定时间为10分钟。松下电子器件公司已研制出温度测量范围为0~100%的晶体湿敏元件以及湿度测量范围为0~50%的陶瓷湿敏元件。大阪府立工业技术研究所制出了薄膜氧化锡湿敏元件。

(十) 光学元件

本部分主要介绍光栅及光学薄膜元件。

1. 光栅

目前,世界上已有不少国家掌握光栅刻划技术,如美国、苏联、日本、联邦德国、民主德国等,其中以美国为最先进,也是最早发明光栅的国家,苏联次之。据不完全统计,目前世界上有五十多台光栅刻划机(但性能良好的只有约二十台)。美国拥有二十台光栅刻划机,其中有六台能刻600毫米宽光栅的大型光栅刻划机。苏联已制成 500×450 毫米²的大光栅。

2. 光学薄膜

国外目前减反膜已有紫外到可见光谱区的光谱范围2000~6000埃的产品,每面残余反射小于0.25%,但解决大于和等于 45° 的宽带减反膜还是一个难题。激光高反射膜的反射率最高可达99.999%。红外滤光片已用来监测空气污染、导弹制导系统。特殊膜中的透明导电膜、光电效应膜、光磁效应膜等已普遍用于光学仪器。

（十一）激光器件

激光技术已有二十多年的历史，其发展速度极快。六十年代为理论探索和基本器件的研究；七十年代为整机系统设计、制造和初步应用阶段；八十年代是激光技术全面应用时期。激光器是激光技术的核心部件。下面主要介绍三大类的激光器。

1. 固体激光器

这是最早出现的激光器，到目前已发展了一百多种基质材料，比较成熟的有：红宝石、钕玻璃、钇铝石榴石等，并在国外已有定型产品出售。标准的红宝石激光器直径为几毫米，棒长10厘米，输出几十兆瓦。美国激光公司的产品，峰值功率为1500兆瓦，脉冲宽度10毫微秒。YAG激光器的室温连续输出已超过1千瓦。

2. 气体激光器

目前已得到的振荡谱线有二千余条，从大约1000埃的真空紫外，一直覆盖到2毫米附近的红外波段。He-Ne激光器国外的研制最成熟，已获得九十余条振荡谱线。气体激光器的种类很多，有氦、氖、铜蒸汽、氦离子、氪离子、氮离子、氩-镉、CO₂、N₂、CO、H₂等激光器。

3. 半导体激光器

包括有：GaAs、CdS、GaAlAs、InAs、InP等多种激光器。其发展的主流是GaAs-GaAlAs激光器。目前最成熟的是波长为0.8~0.9微米的激光器，还有长波长（1.0~1.7微米）、可见光、可调谐等激光器。日本国际电极电话公司和东京工业大学联合研制的激光器，室温连续工作寿命已达8000多小时。

（十二）显示器件

近年来，显示器件在稳步发展，据美国斯坦福资源公司预测，1980年全世界显示器件的销售额为53.2亿美元；1981年达54.8亿美元，增长3%；1982年达57.9亿美元，增长5.6%；到1985年将达69亿美元，五年平均的增长率为5.3%。主要的生产国家和地区有：美国、日本及西欧。美国在1982年生产的各类显示器件约为13.2亿美元，占全世界市场的23%左右。日本在1982年的产值约16.6亿美元，约占全世界市场的28.7%。西欧1982年的产值也为13.2亿美元。以上国家和地区的产值共计43亿美元，占全世界市场的3/4。

在显示器件的总产值中，约有21.5%为各类新型显示器件，即12.5亿美元。其中发光二极管占43%，约为5.41亿美元；液晶显示器件次之，占36%，约为4.5亿美元；再次是等离子体显示，占110%，约为1.4亿美元；荧光显示管占7.5%，约为0.94亿美元。这些新型显示器件的工作电压低、平板显示、功耗低。

发光二极管市场的年平均增长率为9%，日本制成GaAlAs发光二极管，发光效率达2.1~4.1%，亮度达9000~24000英尺·朗伯。

预计1985年世界液晶显示板的产量比1980年翻一番，达3.7亿块。日本液晶显示板的月产量约为1000万块。

等离子显示以较快的速度增长（年增长率达19%），其产品之半是笔划型的，用于字符显示；还有一半是点阵型的，用于字符和图形显示。目前正大量生产能显示500个以下字符的显示板。

荧光显示管方面，目前主要是日本伊势公司和双叶公司的产品，现以12~15%的年增长率在增长。其特点是亮度高、可彩色显示、结构简单。现已可在一块显示板上做出128×128个点阵。