

世界电子工业概览

第三分册 电子元器件和光电子技术

机械电子工业部电子科技情报研究所

一九九〇年

世界电子工业概览

第三分册

电子元器件和光电子技术

机械电子工业部电子科技情报研究所

一九九〇年

世界电子工业概览

第三分册 电子元器件和光电子技术

(内部发行)

一九九〇年九月出版

编辑者：机械电子工业部电子科技情报研究所

出版者：机械电子工业部电子科技情报研究所

发行者：北京 7 5 0 信箱 2 1 分 箱

定价：10.00 元

做好电子情报研究
工作，为领导决策和
制订计划服务。

一九九〇年三月廿日

苏崇琛



发挥科技尖兵作用
搞好情报调研工作

孙俊人

一九九〇·三·廿三

前 言

1990年《世界电子工业概览》，是一部全面介绍与论述世界电子产业发展的综合情报研究报告汇编。它是我所继1958年、1978年、1984年版，第四次编写出版。

我国处于社会主义发展初级阶段，属于发展中国家，为了更好地跟踪世界电子产业的高速发展，借鉴世界电子产业已经走过的道路及其发展中的经验和教训，结合我国实际情况，制定我国电子产业的中近期发展战略、目标、政策和措施。是少走弯路，逐渐缩短差距的捷径。

我国电子科学技术与发达国家相比，还有较大差距，从总体上看是属于“跟进型”的发展。在电子科学技术飞速发展的当今时代，借鉴发达国家各电子技术门类的发展趋势与途径，可以减少开拓新兴电子科学技术领域所必需付出的巨大代价。这是我们在一定历史时期内能够缩短技术差距的有利因素之一。

研究国外各类电子产品市场发展动态与趋势，有利于扩大对外经济贸易关系，增强出口创汇能力，缩小我国电子产业在外贸上的巨额逆差并形成出口大于进口的良性贸易循环，是不断引进国外先进电子科学技术与经验的基础，也是我国电子产业能否较快发展的关键。

借鉴和引进国外先进科学技术和经验的目的，是增强我们自力更生的能力。这是我国多年来在科研、生产、建设中的一条根本经验，也是我国电子产业能够自主地持续、稳定、协调发展的重要条件之一。

基于以上的指导思想，本《概览》的主要内容是：回顾80年代世界主要发达国家和新兴地区的电子产业及其主要电子技术门类所走过的道路，达到的规模与水平，执行的方针和政策，总结的经验及教训；展望90年代的发展前景；结合我国电子产业的发展进行分析比较并提出一些建议和意见。本《概览》的总体结构分为四个部分：I 综论，II 工业经济，III 电子设备和系统，IV 电子元器件和光电子技术，共三十五章，分三册出版。

为了把1990年版《概览》编写好，除组织了我所的情报研究人员外，还邀请了我国长期从事电子科研、生产、教学部门的教授、研究员、高级工程师，以及富有长期工作经验的情报专家，一起参加了这部情报研究资料的编写工作。由于大家共同努力和密切配合，才如期较好地完成了这项编写任务。

对受聘参加编写和审校的全体人员的辛勤努力，在此一并致谢；对他们所在单位的大力支持和协助，也表示衷心的感谢。

由于本《概览》涉及的领域广泛，编辑水平有限，虽经努力，难免尚有疏漏和不妥之处，恳请读者批评指正。

机械电子工业部电子科技情报研究所
一九九〇年三月

目 录

第一章	集成电路和半导体器件.....	(1)
第二章	真空电子器件	(38)
第三章	电阻器和电容器	(60)
第四章	混合集成电路	(77)
第五章	机电组件	(91)
第六章	电声器件	(99)
第七章	磁性材料及器件.....	(106)
第八章	传感器和敏感元件.....	(132)
第九章	化学电源和物理电源.....	(149)
第十章	印制电路板.....	(162)
第十一章	表面组装技术.....	(168)
第十二章	超导技术.....	(179)
第十三章	激光技术与应用.....	(185)
第十四章	红外技术与应用.....	(211)
第十五章	电子材料.....	(225)

第一章 集成电路和半导体器件

一、半导体产业发展概况

(一) 半导体产业的地位和特点

半导体产业有以下一些重要特点,这些特点本身就充分显示出它在国民经济建设和国防建设中的重要地位和影响。同时,我们应根据其特点正确地制定发展我国半导体产业的全面规划及相应的方针政策。

1. 半导体产业是国家的战略产业

80年代半导体技术突飞猛进地发展,器件功能不断增强,应用日益广泛,现在几乎用于一切电子设备中,并在设备中所占比重越来越大。现在少数几片甚至一块芯片就包含一个电子系统或子系统。半导体技术和产业不仅是电子信息产业不可缺少的支柱和基础,而且也是其它高技术赖以发展的基础。它向国民经济各部门渗透,推动了传统工业和信息服务业的改造,使其向高速、高效、高可靠、低消耗(能源、材料等)方向发展,并促进新兴产业的发展,从而推动整个国家经济的发展。半导体器件作为各种军事电子设备的核心部件在现代化国防建设中具有重要地位。因此半导体产业是强化国家经济实力和军事实力的战略产业。

2. 半导体产业是一个高速发展的产业

半导体技术高速发展,产品更新换代迅速。以集成电路中的代表性产品存储器为例,更新换代周期平均为三年,每代产品的集成度为上一代的4倍,现已从80年代初的64KDRAM经256K和1MDRAM发展到现在的4MDRAM和16MDRAM。对应的加工线宽从3微米发展到0.5微米。这标志着半导体技术和工业已进入亚微米时代。

半导体技术的高速发展,推动了半导体产业的迅速发展。80年代,全世界半导体销售值从1980年的166亿美元增长到1988年的567亿美元,许多国家半导体销售值的增长率都远高于国民生产总值(GNP)的增长率。如1987和1988年美国GNP增长率分别为

3.9%和3.0%,而半导体销售值增长率分别为13%和24%;日本同期的GNP增长率分别为3%和10%,而半导体增长率为28%和46%。南朝鲜同期GNP增长率分别为25%和31.6%,而半导体增长率为72%和156%。

3. 半导体产业已成为一个大型产业

半导体技术不仅是当今高技术的重要组成部分,而且已发展成熟,应用广泛,逐步成长为一个大型产业。1988年美国、日本半导体销售值已分别达到236亿美元和258亿美元。在南朝鲜、马来西亚等新兴工业国内半导体产业已成为国民经济中的主要产业。

半导体产业的全球化已成为当前发展的趋势。在国家内部和国际间各企业也不断通过联合、兼并,向大型化方向发展,以增强其竞争能力。半导体产业在高速增长下,预计将在1994年达到1100亿美元,并将在本世纪末成为全球化的大型产业。

4. 半导体产业是技术密集和投资密集的高技术产业

半导体技术集各种科学技术之大成而发展。从产品设计、制造到测试、封装所用工艺技术和设备融合了计算机、精密机械、光学、三束、冶金、化工、超净、自控等科学技术的最新成果,技术难度大,设备昂贵。而且随着集成度的提高,生产规模的扩大,要求硅片大直径化,加工线宽微细化。故“一代产品,一代技术,一代设备”一一对应的特点很突出,开发新一代产品必须以开发新一代技术和新一代设备为前提,因此发展半导体产业不仅必须高强度投资而且必须持续投资。

当今发达国家和某些发展中国家都把半导体产业的发展当作加强国家经济实力和军事实力的战略措施予以高度重视,制定了一系列战略性的研究开发计划,从人力、财力和政策上予以大力支持。现在半导体产业及以它为基础的电子工业日益成为许多国家国民经济的先导产业和支柱产业,其产业实力的强弱已成为衡量全球政治和经济强国的重要尺度。

(二)生产和市场的现状 与趋势

据 ICE(集成电路工程)公司的统计和预测,1983~1993年世界电子设备总销售值从2350亿美元增加到7400亿美元,年均增长率为12%;同期内半导体产品销售值从220亿美元上升到814亿美元,年均增长率为14%,比电子设备增长快。这表明半导体在电子系统中的应用不断增长。1988年世界半导体市场销售额已达567亿美元。对半导体产品的需求总的趋势是上升的。因此各国及各大公司都在积极扩大生产规模,提高自己的市场占有率。

表1示出了1982~1988年世界各地半导体生产的增长及对比。1988年世界半导体总值为1982年

的2.35倍,集成电路增长更快,为3.47倍;在总销售值中集成电路所占比重从1982年的75%增加到1988年的82%,在半导体产品中占主导地位;最引人注目的是,在商品集成电路销售值中,日本公司的销售值所占比例迅速增长,终于在1986年超过美国,而且其后两年的增长率分别为37%和47%,比美国的22%和29%高得多,看来日本的生产能力已稳居世界领先地位;西欧所占比例一直保持在8%左右;世界其他地区(ROW)虽然所占比例很小,但近几年来增长很快。据报道,1987年该地区半导体总销售收入首次超过10亿美元,1988年已达到23亿美元。其中南朝鲜占76%,台湾占14%,两者共占90%。1987年南朝鲜半导体和集成电路增长率分别为89%和72%,1988年为156%和177%。而台湾相应的值分别为119%和70%,51%和43%。

表1 世界半导体生产(厂销值)统计

(单位:百万美元)

	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
半导体总值	17805	22205	32750	28855	34760	41900	56710
分立器件	4450	5070	6650	5965	7190	8085	10420
IC总值	13355	17135	26100	22890	27570	33815	46290
IC/半导体(%)	75	76	80	79	79	81	82
商品IC	10195	13510	21820	18090	22720	29075	40765
北美公司	6205	7850	12250	9300	9800	12000	15500
北美公司/商品IC(%)	61	58	56	51	43	41	38
欧洲公司	835	1040	1545	1460	1940	2400	3200
欧洲公司/商品IC(%)	8	8	7	8	9	8	8
日本公司	2990	4420	7800	7050	10540	13855	20300
日本公司/商品IC(%)	29	33	36	39	46	48	50
ROW公司	165	200	225	280	440	820	1765
ROW公司/商品IC(%)	2	2	1	2	2	3	4
内销IC	3160	3625	4280	4800	4850	4740	5525

注:(1)各地区公司的销售值是按公司总部地址统计的,例如东芝公司总部在日本,则东芝在世界各地的分公司的销售值都计入日本。

(2)1988年数据为估计值。

资料来源:美国ICE公司报告,1989年。

表2为世界半导体销售值预测。由于硅周期的原因,商品集成电路在1990年将出现负增长,而在1992年将大幅度增长;分立器件和内销半导体受硅周期的影响较小。

半导体生产相当高地集中于少数大型公司。例

如,1988年按销售值排列的世界十大商品半导体公司的销售值之和占世界商品半导体总销售值的56%,预计到1993年将占62%。表3为世界十大商品半导体公司排序的变迁。它不仅反映这些公司,也反映这些国家半导体实力的兴衰。1982年美国公司共5家,莫

托洛拉名列榜首,日本共4家,西欧1家。而今日本囊括了前3名,共占6家,他们都是综合型大公司,美国只剩3家。但是,如果计入内销值,则IBM1988年销售值为37亿美元,应列第3位。东芝和南朝鲜三星正在积极实施其半导体发展战略,预计到1993年东芝将升至首位,三星将跻身于十大公司之列。

表2 世界半导体销售值预测

(单位:百万美元)

年	商 品				内 销				合 计					
	IC	%	分立器件	%	IC	%	分立器件	%	IC	%	分立器件	%	总计	%
1987	29075	27	7735	13	4740	-2	350	3	33815	23	8085	12	41900	21
1988	40765	40	10070	30	5525	17	350	0	46290	37	10420	29	56710	35
1989*	42000	3	10270	2	5850	6	350	0	47850	3	10620	2	58470	3
1990*	39800	-5	10375	1	6000	3	350	0	45800	-4	10725	1	56525	-3
1991*	44300	11	10900	5	6300	5	360	3	50600	11	11260	5	61860	9
1992*	60000	35	13100	20	7250	15	375	4	67250	33	13475	20	80725	31
1993*	60000	0	13400	2	7625	5	375	0	67625	1	13775	2	81400	1

注: *用1988年的汇率,表中百分数为对上年的增长率。

资料来源:同表1。

表3 世界十大商品半导体公司

(单位:百万美元,%)

名次	1982	1988*	销售值*	增长率*	1993*	销售值*
1	莫托洛拉	NEC	4650	44	东芝	7400
2	TI	东芝	4545	52	NEC	7300
3	NEC	日立	3610	43	日立	5700
4	日立	莫托洛拉	2900	22	TI	4100
5	国家半导体	TI	2750	28	莫托洛拉	3900
6	东芝	英特尔	2330	57	三菱	3700
7	英特尔	松下	2080	40	富士通	3600
8	飞利浦	富士通	2075	51	英特尔	3100
9	富士通	飞利浦	2010	25	松下	3300
10	仙童	三菱	1940	48	三星	3200

* 预测,估计值。

资料来源:同表1。

表4为世界各地半导体市场统计和预测,它反映了各地区半导体产品的消费额,从而反映了该地区电子系统产品的发展趋势。在世界市场中,美国市场所占比例下降,日本上升,欧洲变化不大,而ROW市场迅速增长。由于发达国家的一些大公司为了利用廉价劳动力,避免关税壁垒和贸易摩擦,特别是日本为了克服日元升值的影响,近几年来纷纷将电子系统产品的生产转移到国外,也相当多的转移到ROW地区

(特别是亚洲),同时由于该地区电子工业的发展迅速,因而使这一地区对半导体产品的需求量激增。

世界半导体市场产品结构如表5所示。目前模拟电路占集成电路市场的18%,数字电路中逻辑电路占35%,微处理器(包括微控制器、外围电路等)占18%,存储器占28%,今后5年变化不大。从工艺结构上看,MOS电路约占70%。在分立器件中,功率器件和小信号器件(主要是微波器件)等尚不能完全被集成电路

取代,因而还有一定市场。

由于半导体产品应用广泛,品种繁多,任何国家都不可能也无必要生产所有的品种,同时由于半导体产业国际化的大趋势以及由于经济、技术的差异形成

的劳动密集型和技术密集型产品生产的国际分工等原因,半导体产品的国际贸易十分活跃。美国和日本半导体市场需求和产量都很大,但他们进出口额也很大,如表6和表7。

表4 世界商品半导体市场

(单位:10亿美元,%)

		1982	比例	1987	比例	1988*	比例	1989*	比例	1993	比例
集成电路	北美	5.2	51	9.7	33	13.0	32	13.1	31	16.4	27
	日本	2.6	25	10.5	36	15.8	39	16.3	39	21.2	35
	欧洲	1.9	19	5.4	19	6.9	17	7.0	17	10.1	17
	ROW	0.5	5	3.5	12	5.1	12	5.6	13	12.3	21
合计		10.2	100	29.1	100	40.8	100	42.0	100	60.0	100
分立器件	北美	1.3	32	1.7	22	2.1	21	2.2	21	2.7	20
	日本	1.4	32	3.5	45	4.5	45	4.6	45	6.0	45
	欧洲	1.1	27	1.6	21	2.0	20	2.0	19	2.4	18
	ROW	0.4	9	0.9	12	1.4	14	1.5	15	2.3	17
合计		4.2	100	7.7	100	10.0	100	10.3	100	13.4	100
半导体	北美	6.5	45	11.4	31	15.1	30	15.3	29	19.1	26
	日本	4.0	28	14.0	38	20.3	40	20.9	40	27.2	37
	欧洲	3.0	21	7.0	19	8.9	17	9.0	17	12.5	17
	ROW	0.9	6	4.4	12	6.5	13	7.1	14	14.6	20
合计		14.4	100	36.8	100	50.8	100	52.3	100	73.4	100

注: * 估计值, ** 预测值。

美国自1985年以来每年贸易赤字十几亿美元,特别是对日赤字严重。日本一直积极开拓国外市场,同时又极力保护国内市场,因而对世界各地的贸易一直是顺差。日本的外贸政策和低价倾销等手段引起各国的不满,遭到美国和西欧等国的抵制和制裁,常有贸易摩擦发生。在其他地区的进出口中,特别是出口中,跨国公司在当地的分公司和合资公司占有较大比重,同时,进口芯片,组装后出口的也占较大比重。

(三) 投资

半导体产业是投资密集的高技术产业。研究开发和基本建设投资巨大。表8为美、日、西欧和南朝鲜半导体的投资及占销售值的比例。从中可见美、日投资额均较高。由于日本积极扩大世界市场占有率,努力形成集约化大生产,因此不断增加基建投资,自1982

表5 世界半导体市场产品结构

(单位:亿美元,%)

	1982	1987	1988	1993
IC 总额	102	292	408	600
模拟 IC	22	21	18	19
双极存储器	4	2	1	1
MOS 存储器	29	20	27	27
双极逻辑	19	14	12	10
MOS 逻辑	13	26	23	24
MOS ₂ P 等	12	16	18	18
其它	1	1	1	1
分立器件总额	42		101	134
功率	23		23	25
小信号	21		19	18
整流器	16		15	14
二极管	13		10	9
晶闸管	7		6	5
光电子	16		23	25
其它	4		4	4

资料来源:同表1。

表6 美国对各地的半导体进出口

(单位:百万美元)

国家、地区	1985		1986		1987		1988	
	出口	进口	出口	进口	出口	进口	出口	进口
马来西亚	817.2	1094.3	965.6	1131.9	1190.5	1263.7	1310.8	1546.9
南朝鲜	428.2	526.3	450.2	584.1	550.5	786.0	767.3	1365.4
菲律宾	427.0	567.5	431.8	467.6	489.0	540.0	504.7	597.4
新加坡	387.3	530.4	457.5	593.4	524.0	769.3	779.3	982.1
墨西哥	352.7	192.6	415.5	247.3	474.4	279.8	631.4	285.4
英国	280.0	77.0	219.4	120.9	254.5	157.5	563.1	213.4
日本	236.5	1325.0	293.4	1390.9	470.1	1884.3	911.0	3188.9
加拿大	208.4	322.3	330.3	374.1	454.8	604.6	1117.0	724.6
联邦德国	189.6	63.3	177.7	77.2	193.6	97.6	370.5	221.1
台湾	172.0	725.9	264.7	305.9	470.9	436.8	644.7	596.3
泰国	—	148.8	426.4	239.3	387.0	338.0		402.2
香港	159.2	124.6	157.0	100.1	212.0	127.4	462.8	244.6
其他	172.0	465.1	467.5	236.9	559.8	333.0	1691.5	464.3
总计	4242.0	5713.1	4871.0	5962.6	6231.1	7618.0	9754.1	10802.6

资料来源:Electronics Foreign Trade,EIA Marketing Services Department,1985~1988。

表7 日本对各地区的半导体进出口

(单位:亿日元)

		1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988 (1~10月)
		合计	出口	1966	2850	4238	7768	5818	5231
	进口	1133	1274	1536	2222	1654	1461	1627	1856
	贸易收支	833	1576	2702	5546	4164	3770	1297	1951
对美国	出口	712	1168	1843	3722	2195	1639	1954	2333
	进口	705	835	1076	1636	1254	1101	1192	1366
	贸易收支	7	333	767	2086	941	538	762	967
对欧洲	出口	280	419	552	1192	1092	915	853	960
	进口	137	119	122	137	138	174	194	198
	贸易收支	143	300	430	1055	954	741	659	762

资料来源:1989年版《日本半导体年鉴》。

年以来每年投资额均高于美国,居世界首位,而且投资额占销售值的比例也一直高于美国,这为它赶超美国创造了物资条件。欧洲投资额较低且增长缓慢。南朝鲜于80年代中期对半导体工业进行高强度重点投资,使半导体工业迅速增长。

1984年半导体市场空前繁荣,各大公司大举投资,而1985年因市场萧条又削减投资,故在1984年形成一投资高峰。最近几年存储器供不应求,今后需求量还将增大,由于它在半导体产业中具有重要地位,并被视作战略物资,因此各大公司都增加了投资来扩

大或新建1M和4M DRAM的生产能力。此外,高速SRAM、微处理器和ASIC方面也给予了相当的投资。如日本十大公司都在1988年追加投资,加强1M和4M DRAM的生产能力。1989年东芝、日立、富士通和三菱又以4MDRAM为重点分别投资950,950,870和620亿日元,都将在1990年初建立起月产100万块4M DRAM的生产能力。东芝还正在兴建16MDRAM的生产厂。

从投资强度来看,以1988年为例,日本十大公司投资最低为1.9亿美元,最高是东芝,为5.9亿美元,

居世界首位。美国投资在1亿美元以上的只有6家公司,为首的英特尔为4.5亿美元。欧洲投资1亿美元以上的有4家,为首的飞利浦为2.85亿美元。南朝鲜的三星和金星投资分别为1.07和1.94亿美元。随着技术的发展,产品更新换代,技术难度越来越高,建一条生产线所需投资越来越大,如表9所示。

表8 美、日、西欧和南朝鲜的半导体投资及占销售值的比例 (单位:百万美元,%)

	美国		日本		西欧		南朝鲜	
	基建投资	占销售值比例	基建投资	占销售值比例	基建投资	占销售值比例	基建投资	占销售值比例
1980	1299.8	15.4	956.2	24.9				
1981	1424.0	17.8	1046.7	25.1				
1982	1188.4	14.8	1301.0	27.8				
1983	1323.3	13.6	2234.3	33.7				
1984	3010.0	21.5	3508.4	35.8				500*
1985	1789.2	16.8	2960.9	33.8	500*			282*
1986	990.1	8.7	2585.5	21.8	820*	23.8	385*	91*
1987	1800*	9.5	2300*	13.0	890*	22.0	275*	48*
1988	2350*	10.0	4100*	16.0	890*	17.5	380*	26*

* 美国 ICE 公司报告 1989。

资料来源: The Microelectronics Race, 1988 年出版

表9 生产线投资随年代和产品增长 (单位:百万美元)

年	投资	产品	生产能力	自动化程度
1980	70	64K		
1985	150	256		手工
1989	300	1M	6英寸2万片/月	
1989	430	4M	6英寸2万片/月	30%
1991	680	16M	6英寸2.5万片/月	50%
1995	~1000	64M	8英寸.5万片/月	全自动

资料来源: 1989 Dataquest's 15th Annual Semiconductor Industry Conf.

研究开发投资也随着技术的发展日益增大,以美国和日本为例,研究开发投资示于表10。与表8对照,尽管基建投资随市场变化而有增减,但研究开发投资基本上是逐年上升的。美国一向以技术领先来保持其市场优势,因此研究开发投资历来是最高的,相当于一般国家平均值的2~3倍。

日本的研究开发投资稍低于美国,但其占销售值的比例显著高于美国,并着重于产品和生产技术的开发,这是日本在1985年后半导体销售值超过美国的重要原因。

除了各公司的研究开发投资外,各国政府为了促进本国半导体产业的发展,还针对各项研究开发计划项目进行投资。

表10 美国商品半导体公司和日本半导体公司的研究开发投资及占销售值的比例

(单位:百万美元,%)

年	日本		美国	
	投资	比例	投资	比例
1980	483.8	12.6	624.6	7.4
1981	621.3	14.9	776.0	9.7
1982	725.4	15.5	875.3	10.9
1983	941.5	14.2	943.8	9.7
1984	1078.0	11.0	1414.0	10.1
1985	1314.0	15.0	1597.5	15.0
1986			1581.8	13.9

资料来源: The Microelectronics Race, 1988 年出版

(四) 研究与开发

半导体产业作为技术密集的高技术产业,其发展要靠技术的发展来推动。因此研究开发工作占有重要地位。研究与开发含意很广,一般包括基础研究、应用技术开发、新产品开发和大量生产技术的开发等。应用技术开发为后两项开发的基础,而它又以基础研究为其基础。发达国家为了保持技术领先地位,都对基础研究给予应有的重视,在国家的研究开发经费中有一定比例给予基础研究。基础研究一般以大学和国家研究机构为主,产品和生产技术开发一般以企业为主,而应用开发常需大学、国家研究机构和企业相互配合,进行联合研究与开发。

为了开发新一代技术和产品而制定的庞大的研究开发计划所需投入的人力和资金可能超出一个公司,甚至一个国家的承受能力。因此 80 年代由国家计划和资助的国内或国际的联合研究开发的形式十分盛行。

早在 1975~1979 年日本通产省的 VLSI 计划就是一个政府资助(拨款 1.12 亿美元)的工业界与政府合作的联合研究开发计划。该计划的实施使日本的半导体加工技术跃进了一大步,为日本在 80 年代超过美国并几乎独占存储器市场奠定了基础。这一成功的创举后来为许多国家所仿效。继后通产省又成功地实施了一系列微电子及其有关技术的联合研究开发计

划。如 1981~1989 年的超级计算机计划(拨款 1.35 亿美元)和第 5 代计算机计划,前者主要研究高速器件,后者主要研究 VLSI 逻辑,参加研究的公司有 NEC、日立、富士通、东芝和三菱等七家公司;1981~1990 年的新功能元件计划(拨款 1.40 亿美元),研究 VLSI 及其工艺,由包括上述公司的共 10 家公司参加;1986~1996 年的 SORTEC 计划(拨款 6200 万美元),研究开发同步轨道辐射技术和设备,以产生光刻所需的软 X 射线,这是未来发展深亚微米技术所必需的。参加联合研究的有包括上述公司的共 13 家公司。

美国一贯重视基础研究和应用技术开发,而对大量生产技术的开发重视不足,这导致在 1985 年后美国在半导体市场的优势让位于日本。美国为了重振半导体产业,于 1987 年由政府资助成立了半导体生产技术联合体,SEMATECH,近期内每年投资 2.5 亿美元,其中政府资助 1 亿美元。其目标如表 11 所示,主要是开发先进的半导体生产技术和设备,以在 1992 年前改善对日本的竞争力。联合体只限于本国半导体公司和设备公司参加,现有成员包括 IBM、英特尔、莫托洛拉、国家半导体等 14 家公司,并选择了亚利桑那大学、加州伯克利大学、麻省微电子中心等作为基础研究中心,还与国际半导体设备厂家合作成立了 SEMI/SEMATECH。1988 年,IBM 已献出了 0.7 微米 4MDRAM 的工艺技术,AT&T 也献出了 0.7 微米 64KSRAM 工艺技术。

表 11 SEMATECH 计划目标

	第一期 1MDRAM	第二期 4MSRAM	第三期 16MSRAM
线宽(μm)	0.8	0.5	0.35 光学曝光
光刻技术	光学曝光	光学曝光	0.3X 射线曝光
芯片面积(mm^2)	200	200	200~500
硅园片尺寸(mm)	150	200	200
成品率(%)	90	95	97
完成日期	1988	1990	1993

美国国防部还制定和资助了一系列研究和开发计划,如超高速集成电路 VHSIC、微波毫米波集成电路 MIMIC(GaAsIC)和战略防御倡议(包括微电子的大型研究计划)等。这些计划将大大促进半导体技术和产业的发展。

西欧半导体技术和产业明显落后于美、日。西欧市场所需集成电路大部分靠进口。为了扭转这种形势,早在 1984 年西门子和飞利浦在政府资助下开始

执行兆位计划,联合开发存储器。两公司分别投资 22 亿马克和 25 亿荷兰盾。两国政府分别投资 3.2 亿马克和 1.7 亿荷兰盾。1987 年由法、荷、西德联合组成的“亚微米技术”小组又提出了“欧洲联合开发硅亚微米技术倡议”(简称 JESSI),建议作为西欧和欧共体国家联合研究项目。现在 JESSI 已经成为尤里卡计划的一个重要项目,将于 1988 年开始执行,1996 年完成。预计将耗资 73 亿马克,初步设想是,50%由工业界自

筹,25%由尤里卡项目资助,25%由欧共体提供。参加 JESSI 计划的已有 40 多家公司及许多大学和研究所等。西门子、飞利浦和 SGS-汤姆逊三大公司将发挥各自的技术优势,分别承担 DRAM、SRAM、EPROM 的研制工作。表 12 为兆位计划和 JESSI 计划的开发目标。JESSI 计划还包括将新开发的工艺技术应用于微处理

器和逻辑电路的研究,CAD 方法及其应用研究等。

此外,欧洲尤里卡计划是一个技术内容广泛的滚动式的庞大计划,其中还包括许多微电子项目,如 GaAsIC、ASIC、大功率半导体、设计新技术以及亚微米工艺技术等。

表 12 兆位计划和 JESSI 计划开发目标

项 目		兆位计划		JESSI 计划	
时 间		1987	1990	1993	1996
线 宽		1	0.7	0.5	0.3
主 要 产 品	DRAM	1M	4M	16M	64M
	SRAM	256K	1M	4M	16M
	EPROM			16M	64M
芯片面积(mm ²)		70	100	150	200
圆片直径(英寸)		4/6	6	8	8/10

在世界其他地区,半导体产业从组装业起家,最近几年发展较快,产品不断升级,研究开发的重要性日益突出,因此他们也制定了一系列研究开发计划,增加了投资,以提高研究开发能力。如南朝鲜三星公司于 1988 年开发了 1MSRAM、4MDRAM。继后,南朝鲜开始实施国家研究计划,1989~1992 年间投资 2000 亿南朝鲜元,开发 16M 和 64M 等存储器产品。现已有三星、金星、现代、大宇 4 大公司及南朝鲜电子通

信研究所和大学等参加。台湾也制定了 1984~1988 年超大规模集成电路五年计划。1989 年又制定了微电子技术发展计划,投资 4.5 亿新台币,研究亚微米制造技术和 1 微米设计技术。

以上大型研究开发计划集中了这些国家和地区的技术优势,反映了它们的研究开发工作的主流和技术水平。这些计划的实现将大大提高其技术水平,使半导体产业的面貌大大改观。

二、硅集成电路和分立器件

硅集成电路是半导体产品的主流,而硅的分立器件的发展已趋成熟,最近几年,电力电子器件的发展是一个重要方向,以下简述各类集成电路和分立器件的发展。

(一)数字集成电路

1. 标准逻辑电路

80 年代专用集成电路(ASIC)发展迅速,大量取代标准逻辑电路。因此,标准逻辑电路增长疲软,在总的逻辑电路市场中所占比例将从 1982 年的 77%下降到 1993 年的 42%。

逻辑电路的开发和生产主要针对各类计算机、程控交换机、仪器、数控机床及数字信息处理设备。它按门电路、触发器、计数器、寄存器、译码器、驱动器、全

加器、乘法器等形成系列化产品,一个完整的系列一般含有 200 余个品种。表 13 给出了美国各种工艺的逻辑电路的市场结构。从中可知各类 TTL 所占比例最大,其次是 CMOS 逻辑电路,CMOS 和 Bi-CMOS 市场呈上升势头,TTL 呈微降势头,预计 90 年代仍将如此。

表 13 美国标准逻辑电路市场结构 (单位:%)

	1984	1986	1988	1989
总销售值 (亿美元)	13.4	14.3	10.6	10.5
TTL	64	61	67	65
ECL	12.3	17.7	7	6.8
CMOS	19.7	21.2	25.5	26.7
Bi-CMOS		0.15	0.5	1.5

(1)TTL 电路 为适应高速、低功耗的要求,除标

准 TTL 电路外,还发展了多种不同系列品种。各种 TTL 电路在其市场中所占比例示于表 14,可见,LS TTL 是主导产品;1986 年以后,国际上已不再生产标准 TTL,STTL 市场已很小,并呈下降趋势。各类 TTL 的性能水平示于表 15。

(2)ECL 电路 在各种标准逻辑电路中,ECL 电路是速度最快的,主要用于超高速计算机和高频仪器,虽然 ECL 在速度的高端和低端分别遇到 GaAsIC 和 CMOS 及 BiCMOS 的挑战,但在巨型计算机应用中,ECL 电路仍在速度、集成度的综合选取中占优势。目前,ECL 电路的性能水平列于表 16。

表 14 美国各类 TTL 市场比例 (单位:%)

	1980	1982	1984	1986	1988	1989
TTL 总市场值 (亿美元)	9.19	7.88	8.60	8.70	7.11	6.85
标准 TTL	37	18	13.2	—	—	—
STTL	16	17.5	15.3	6.6	9.4	7.0
LS-TTL	46	60.9	61.6	65.5	54.3	52
AS-TTL						
ALS-TTL	1.0	3.4	9.4	27.9	36.3	41
FAST-TTL						

ECL 电路的发展方向,一是继续提高速度和集成度,二是保持速度优势的同时更进一步降低功耗。

(3)CMOS 逻辑电路 CMOS 逻辑比双极逻辑起步晚,但由于它具有低功耗、大动态范围、高抗扰度、强负载能力、高输入阻抗、抗辐射等优点,80 年代市场逐年增长,在很多领域取代 TTL 逻辑,大有居上之势。各种 CMOS 标准逻辑系列的典型性能示于表 17。

(4)BiCMOS 逻辑电路 这是一种采用双极和 CMOS 兼容的、兼备二者之长的新兴标准逻辑,1986 年进入市场以来,已显示巨大的生命力。但 BiCMOS 工艺复杂,一般比 HCMOS 工艺增加 3~4 次光刻,工作量增加 20%。

新的 BiCMOS 逻辑系列称为 74BCT 系列,用途与 CMOS74ACT 系列相对应,速度快于双极 FAST 系列。

2. 半导体存储器

80 年代相继开发了 256K、1M、4M 和 16M 位 DRAM。1989 年 1M DRAM 已大量生产,占 DRAM 市场销量的 44.3%,见表 18 所示。16M DRAM 已研制成功,日立等少数公司打算将其在 1992 年投入批量生产,64M DRAM 正在研制中,日本富士通公司还发表了大圆片规模的 200M 位 DRAM 的研制工作。

表 15 各种 TTL 电路的性能水平

逻辑名称	系列代号	单门延时 (ns)	单门功耗 (mW)	频率 (MHz)	工作电压 (V)	门输入电流 (μ A)	附注
标准 TTL	5400/7400	10	10	25	5	1.6	这三种市场上已很少见
L-TTL	54L/74L	30	10		5	18	
H-TTL	54H/74H	6	20		5	2	
S-TTL	54S/74S	3	18	80	5	2	
LS-TTL	54LS/74LS	10	2.5	33	5	4	3 μ m 工艺
ALS-TTL	54ALS/74ALS	4~5 1.0	1.0 10	30	5	20	
FAST	54F/74F	3~4	4	125	5		

表 16 ECL 标准逻辑电路性能水平

系列名称	单门延时(ns)	单门功耗(mW)	速度功耗积(μ J)
MECL 10K	2.0	25	50
MECL 10KH	1.0	26	26
F100K	0.5~0.75	20	15

表 17 CMOS 标准逻辑典型性能

系列名称	单门传输延时 (ns)	单门动态功耗 (括号内为静态功耗)	工 艺	附 注
4000A/4500A 4000B/4500B	100 100	(0.12nW) (0.12nW)	10μm Al 栅 CMOS	与 TTL 不能互换 与 TTL 可互换
40H 系列	15	1.2mW	5μm Al 栅 CMOS	可取代 STTL
54HC/74HC 54HCT/74HCT	9	1.2 (0.001mW)	3~3.5μm 硅栅 CMOS	带字母 T 表示可与 LSTTL 直接互换使 用
54AC/74AC 54ACT/74ACT	3~3.5	(2.5nW)	1~1.5μm 硅栅 CMOS	加字母表示 T 可与 ALS-TTL 互换使用

表 18 DRAM 市场销售量百分比

(单位: %)

年份	1987	1988	1989	1990	1991	1992
64K	17.1	9.5	5.1	1.7	0.8	—
256K	77.7	73.2	50.6	21.4	8.3	3.5
1M	5.1	17.3	44.3	74.2	74.3	59.4
4M	—	—	—	2.6	16.5	35.0

DRAM 大体每三年更新一代,其集成位数为上代产品的 4 倍,芯片尺寸为上代产品的 1.5 倍,工序数增加 30~40%,单位功能价格平均每年降低 1/3。

1M 和 4M DRAM 普遍采用了提高性能、紧缩单元面积的槽式电容或叠式电容结构。1M 位 DRAM 一般采用 1~1.2μm 工艺,少数也有采用 1.3~1.5μm 工

艺的;4M DRAM 一般采用 0.8μm 工艺,少数也有采用 1.0~1.2μm 工艺的。虽然大多数 1M DRAM 采用 CMOS 工艺,但仍有少数产品采用 NMOS 工艺。

表 20 列举目前部分 1M SRAM 和 16M DRAM 研究成果的性能。EPROM 产品已达到 1M 位,4M E²PROM 已开发成功。

表 19 兆位 DRAM 的集成参数

DRAM 规模	科研成果 发表年代	总元件数 (个/片)	典型芯片面积 (mm ²)	工艺条宽 (μm)	大圆片直径 (mm)	商品化年份
1M	1984	225 万	62.5	1.0~1.2	125~150	1987
4M	1986	800 万	99.2	0.8	150~200	1989
16M	1987	3150 万	135	0.5	200	1992*
64M	1990	1.5×10 ⁸	100	0.2~0.3	200	1995*

注: * 预测值