

編 号: (74)013

內 部

出国参观考察报告

日本半导体器件技术概况

科学技术文献出版社

一九七四年八月

目 录

一、綜 述	(1)
二、日本集成电路发展概况及工艺	(7)
附件 1：日本电气公司情况	(52)
附件 2：日本冲电气公司情况	(73)
三、日本集成电路的制版工艺	(81)
四、日本集成电路生产的净化技术	(86)
五、日本集成电路生产设备	(115)
六、日本集成电路的封装外壳	(169)
七、日本微波半导体器件的发展概况	(175)

7/1/303
3

日本半导体器件技术概况

中国电子器件赴日考察团

中国电子器件考察团在日本参观访问了三十个单位。其中有富士通、日立、日本电气、三菱、东芝、夏普、松下、冲电气等八家公司的中央研究所和集成电路生产厂。此外还有电电公社的电气通讯研究所、通产省电子综合研究所和半导体振兴会所属半导体研究所等三个半导体研究所，以及六个高等学校，八个半导体设备生产厂，五个半导体材料和配件生产厂。另有一些厂家，与他们就感兴趣的问题进行了技术座谈。通过考察，我们总的印象是：日本半导体在生产方面比较先进，水平较高，对产品的试制和应用比较重视，但基础研究方面显得比较薄弱。现在我们将所见到的情况做一汇报如有不妥之处，请指正。

一、综 述

(一) 日本半导体的发展状况及动向

1. 集成电路的发展状况及动向

当前，在日本的半导体工业中集成电路占主导地位，主要生产公司约有二十家，我们参观了主要半导体生产公司，它们都设有千人以上的集成电路的生产厂，日本各地并设有许多卫星厂和专业化设备生产厂，向这些集成电路生产厂提供各种设备、材料和工艺配件、用品等。从而形成了一个工业体系，产量大、品种多、而且具有相当高的劳动生产率。例如日立武藏工厂，现有职工2,000名左右，年产集成电路8,400万块，其中包括大规模集成电路1,200万块，劳动生产率约为每人每年生产集成电路42,000块。

集成电路产品质量已能满足一般用途的广泛需要，失效率约为 10^{-7} /小时以下，最高水平达到 10^{-9} /小时，目前正在开展的提高可靠性的研究工作，主要是针对一些特殊需要，例如海底电缆中继站使用的集成电路要求10,000个元件在20年内不坏一个。集成电路已经在各个领域大量使用，我们这次考察中接触到的主要是民用的领域。台式计算器产量很大，有8位、12位、16位等品种。一般采用几片大规模集成电路制成，目前已经制成了采用一片大规模集成电路的16位台式计算器。液晶显示的台式计算器已有定型的产品。

日本大量发展中、小型电子计算机，并广泛应用。其原因是民用方面中、小型电子计算机已能满足需要，我们在日本小型电子计算机工厂参观中见到许多自动化测试控制装置，以小型NOVA计算机为核心，配上一些辅助配件即制成。中、小电子计算机的存储器已经采用集成电路的中、小规模存储器。

A 384780

— 1 —

彩色电视机，日本产量很大，销路很广。彩色电视机目前已从晶体管化过渡到广泛采用线性集成电路。

采用集成电路的电子秤、温度计、电子钟、自动售货机等已有产品。集成电路在数字仪表和各种工业控制中的应用极其广泛，使人感到集成电路的应用正涉及到国民经济的各个方面。

由于集成电路以及用它制成的各种设备在日本国内和国际市场上大量倾销，造成集成电路产品供不应求，从而刺激了集成电路的飞速发展，这几年增长很快，日本厂商预计1973年度的产值约增长20%左右。我们考察中见到有些厂家正在改建、扩建厂房或新建厂。日本主要集成电路生产公司的产量，如表1所示。

表1 日本主要集成电路生产公司的产量

公司名称	小、中规模集成电路 月产量(万块)	大规模集成电路 月产量(万块)	职工人数
日立	600	100	2000
东芝	500	20	
日本电气	482	67	700
三菱电机	330-400	30-40	
松下电子	300		
富士通	50-100	<1.0	1000
冲电气	40-50	5	

日本和美国大规模集成电路的集成度，列入表2。从表1上可以看到日本在MOS大规模集成电路方面与美国相比，差距较小，而双极型随机存储器则差距较大。日本厂家介绍，这两年他们大规模集成电路的集成度每年约提高一倍。

表2 日本和美国大规模集成电路的集成度对照表

品名	MOS型		双极型	
	日本	美国	日本	美国
RAM 随机存储器	2048位	4096位	256位	1024位
ROM 唯读存储器	8192位	16384位	7680位	8192位
SR 移位寄存器	1024位	1024位		

我们接触的一些日本工程技术人员认为，大规模集成电路从原理上和基本工艺上看已经清楚，今后主要是解决技术性问题。因此各个研究所中很少见到有关大规模集成电路的研究工作，目前都在工厂中一面生产、一面搞技术发展。各厂家都在生产工艺和设备方面不断更新、力求其先进性。洁净厂房已普遍采用。利用电子计算机进行电路和图形设计、制版等（即所谓CAD技术）已广泛应用。光刻设备普遍采用分立视场接触式曝光机（硅片尺寸为 $\phi 50-75\text{mm}$ ），投影曝光机目前只有个别厂家使用（硅片 $\phi 50\text{mm}$ ），单晶生长、扩散、压焊、测试等工序不少工厂已实现单机自动化或半自动化。

日本的半导体工业主要靠从美国引进先进技术及设备来提高它的水平。在这次考察中我们看到日本各厂家许多关键设备多半是美国产品，例如CAD设备、离子注入、光刻机等等，因此，日本集成电路产量虽然很大，水平也较高，但是它对美国的依赖性很强。由于日本的

半导体技术大都靠技术引进，这也影响了日本国内半导体方面基础研究的开展。

2. 微波器件的发展状况及动向

微波器件的研究和发展在日本具有一定的规模，特别是微波低噪声晶体管的研究，达到了相当的水平。这次了解到的情况是：

硅低噪声晶体管：

6,000兆赫下 NF = 4 分贝

4,000兆赫下 NF = 3 分贝

砷化镓场效应管：

10,000兆赫下 NF = 5 分贝

8,000兆赫下 NF = 3.5分贝

常温参考：

4,000兆赫 NF = 0.6分贝 (50°K)

微波功率器件主要搞微波功率晶体管、雪崩管和体效应器件 (Gunn器件)。TRAPATT雪崩器件正开始研究，限累二极管侧重于材料的研究，器件方面未专门开展工作。微波功率器件所达到的水平是：

硅微波功率晶体管：

1,000兆赫 输出30瓦

2,000兆赫 输出2.0瓦

4,000兆赫 输出1.0瓦

6,000兆赫 输出0.3瓦

雪崩管：

10千兆赫 输出1.9瓦

50千兆赫 输出860毫瓦

80千兆赫 输出80毫瓦

在微波功率晶体管方面，日本正在改善双极型器件的结构，据估计有可能使频率达到10千兆赫左右。场效应功率器件目前正在开展的工作有砷化镓场效应功率管和硅埋栅场效应功率管的研究。

日本的微波器件主要用于中继通讯、电视转播、毫米波等方面，一九七六年日本准备发射电视通讯卫星，各公司和研究所正在为此而开展研究工作。

这次我们所见到的微波器件研究和生产情况比预料的要少。我们初步认为：一方面可能是对外开放少，另一方面可能是日本在军用方面受到限制因此产品比较少。

3. 光电器件的发展状况及动向

光电器件的研究和生产在日本日益受到重视。目前比较重要的产品是数码管（磷化镓材料制），主要用于台式计算器和数字仪表等。许多研究所和大学都在开展平面固体显示屏的工作。在半导体方面主要搞硫化锌场致发光平面显示器。其中夏甫公司水平较高，它展出一台屏幕为9吋的平面显示电视机，包含120×90单元播放黑白电视，已经基本上成功，但图象分辨率还不理想。厂家预言在两年内要实现彩色显示。激光器主要搞室温连续相干，采用双异质结的途径，各主要公司的中央研究所和大学都在研制，其中日本电气公司中央研究所搞

的比较好。他们希望的应用途径是光通讯和探索全光计算机的可能性。

4. 基础研究的状况及动向

由于日本半导体工业的发展主要是依靠引进美国的技术和设备，因此基础研究不受重视，显得很薄弱，这与它的庞大的工业体系很不相称。日本的一些学者和工程技术人员对这种状况很不满，呼吁加强基础研究工作。这次考察中看到各大学和电子综合研究所正在开展一些基础性研究工作，在各公司的研究所中围绕新产品的试制有目的开展一些预先研究工作。

日本的基础研究，一个很重要的课题是关于第五代电子计算机元件的探索。目前有两种看法：一种看法认为全光计算机是方向，因此他们从半导体激光的研制入手，探讨光逻辑电路和存储器，在这方面半导体振兴会所属半导体研究所和东北大学电气通信研究所正展开探索工作。据他们讲，五年内成功的希望不大，但他们是从长远考虑出发，坚持搞下去。另一种看法认为半导体功能器件是方向，主要是从畴功能器件入手进行探索，电子综合所正在开展这方面的研究，日本电气中央研究所以及一些大学也支持这种看法。在学术上还有不少争论。

在器件物理和新器件探索方面，半导体振兴会的半导体研究所对隐栅场效应功率晶体管搞得比较出色。据介绍已做成30兆赫输出2,000瓦的样管，理论上预计可达到100千瓦。这种器件的特性和电子管特性相同，所以它可以直接取代电子管，他们正在研究在微波频段实现大功率输出。

在半导体材料方面，硅单品的质量问题已解决，晶体生长实现了自动控制。目前的兴趣主要是拉制高质量的大直径单晶，以满足大规模集成电路发展的需要，我们见到直径75毫米的单晶已投入使用。化合物半导体材料有砷化镓、磷化镓、铟化镓、硫化镓以及镓砷磷、镓锑砷等固溶体。他们认为化合物材料存在的问题比较多，从器件的观点看还是硅材料比较理想。在日本我们看到了一些为深入研究材料质量而设计生产的X光晶体分析仪（可以观察缺陷及其运动），高压电子显微镜、扫描电子显微镜、电子能谱仪等。

玻璃半导体的前途目前在国际上争论很大，在日本也是一样。不少人认为前途不大，理由是它的机理是热过程，不稳定。也有人主张搞下去。电子综合研究所菊池诚认为，过去对玻璃半导体的宣传夸大了，要求也过急了，现在应当踏踏实实认真地做研究工作，机理不能算弄清楚了，存在的问题很多，所以研究的兴趣也很浓。他的看法是玻璃半导体在开关应用方面竞争不过现在的集成电路，应当发挥它的特长，在光存储方面的应用可能有前途。

（二）日本发展半导体的一些特点

1. 引进美国的技术提高自己的水平。

日本的半导体工业主要从美国引进技术，各公司都与美国的垄断资本有联系，有些厂家属于美国子公司的性质。据富士通公司称，它是日本唯一的一家与美国资本没有关系的民族工业公司。日本有些公司的研究机构和美国有固定的合同关系，每年在美国定期协商工作内容。日本的一些关键性技术设备都是美国产品。例如CAD设备目前正在使用的是美国前两年的产品，磁笔和自动刻图机；美国近期产品光笔和精密图形发生器日本使用较少，正在从

美国引进中。日本这种搞法，虽然对半导体工业生产有一定作用，但使日本对美国在技术上的依赖性很大。

2. 高度专业化生产

日本半导体工业规模很大，由于资本主义制度下的自由竞争和技术垄断，它不可能有组织有计划的协调生产所以在新技术上各搞一套，重复浪费很大。另一方面在一个公司内部资本家为了赚钱，自发地形成了专业化的生产体系，看起来每个厂都比较精干，生产效率比较高。例如生产集成电路工艺中的掩膜版，日本有专门厂生产。大日本印刷和日本真空技术两个公司都设有专门制造掩膜版的生产车间（包括图形设计制造），工艺流程有些部份已自动化，据厂家说，他们供应全日本掩膜版用量的60%以上。集成电路封装用的陶瓷管壳，生产电路的公司都不自己搞，而由京都陶瓷和鸣海制陶两个专业厂生产。引线框架由大日本印刷等公司搞，发挥它的照相腐蚀的特长，建成了一条自动化的引线框架生产线，它的产量可以占日本总需要量的70%左右。这种专业化生产的特点是产量大，质量好，劳动生产率高。

在日本，我们还参观了一些专用设备厂，他们生产许多具有相当水平的设备，但他们的机械加工设备并不比我们国内半导体研究和生产单位的机械设备强，由于他们是专业化生产，厂家的生产技术特长容易发挥。

3. 超净的生产条件

超净技术一般是指净化空气的厂房和局部空气净化台。日本在发展大规模集成电路时，看准了超净是生产的必备条件，必须大搞，因此从1967年左右，各公司开始搞超净技术，七十年代初，超净厂房和净化台已趋于定型，现在已广泛采用。目前使用的标准一般是：光刻工艺和掩膜制备工艺采用100级（1立方英尺空气中直径大于0.5微米的灰尘不超过100个），扩散工艺、外延、蒸发以及管芯测试等工艺采用大厂房10,000级加超净工作台，压焊封装等采用10万级。工作人员进入一万级车间需要穿只有面部暴露的尼龙工作服（去静电的）。100级车间限制工作人数（如日电130平方米内限制工作人数不超过25人）。一般厂家认为超净的生产环境，从技术上看是必要的，经济上是合算的；效果显著，但投资是惊人的，100级超净车间每平方米约需人民币2,700—4,000元，10,000级的约需1,800—2,200元/每平方米。

4. 提高集成电路的可靠性

集成电路的可靠性日本已达到相当的水平，元件失效率一般为 10^{-7} /小时，百万次以上大型计算机用的元件失效率为 10^{-8} — 10^{-9} /小时，最高的达到 1×10^{-9} 只/小时。

厂家对可靠性很重视，这次在富士通参观中看到，该公司正在开展高可靠性的运动，希望使大型计算机和海底电缆使用的元件可靠性更提高一步。我们看到各厂家根据用户的要求对产品各有一套筛选和考核的条件。从生产工艺上看，保证可靠性的措施主要是搞镜检、自动化生产和表面钝化。日本各厂家目前所用镜检，仍然由人工逐片进行。他们认为影响成品率和可靠性的主要是工艺中引起的损伤和沾污，而后者大多可以通过显微镜直接看出来，所以镜检是行之有效的办法。我们在参观中看到有的工厂检验人员占工艺线上的人员的20%左右。

5. 单机自动化

在集成电路生产中普遍认为：要提高产品质量必须搞自动化生产，因为工艺中的损伤和

人工操作很有关系。另一方面集成电路工艺线长，操作工序多，经过人手多，则容易引起质量的波动。由于集成电路工艺复杂，目前全流程自动化有困难，主张搞单项工艺的自动化。日本在单机自动化方面搞的比较好，不少工艺已实现自动或半自动化，例如扩散送片、清洗、光刻（对准尚用人工）、中测等已实现自动化。这些措施的采取减少了工艺中的损伤，提高了成品率，也提高了劳动生产率。

6. 废水、废气处理

半导体生产中的废气和废水含有各种强酸和其他有毒的物质，对空气和下水有一定的污染，日本各公司在新建的厂房已设置污水、废气处理装置，取得了一定的效果。采用的方法是：

（1）废气处理

生产中的废气主要是氢氟酸、硝酸、硫酸、盐酸等各种强酸气体。这些废气经管道输送到一个反应塔与氢氧化钠蒸气中和，生成盐类，经过这样处理，排出的废气中酸的含量很低，符合公害规定要求。

（2）废水处理

生产中的污水主要也是各种酸性水溶液，也由管道分集送到处理池，经酸碱中和、过滤、废渣干燥等一套处理工序后，使排放的水达到公害规定的要求。

（3）各种有机溶剂的处理

生产中的大量有机溶剂，目前没有找到合适的简单处理方法，采取统一回收运走。

7. 整机和元器件紧密结合

半导体元器件向集成电路大规模集成化发展，产品的专用性愈来愈强，因此它与整机的关系愈来愈紧密。日本各大公司系统内主要是用自己生产的元器件装整机，例如日立公司生产的器件70%自己用，富士通等公司生产的元器件全部自己用。这样，搞整机的人熟悉器件功能，搞器件的人也熟悉线路和整机系统的原理，免除了许多协调上的矛盾。

8. 及时掌握国际技术动向

半导体科学技术的发展非常迅速，使用面也愈来愈广泛，因此要了解发展动向，并制订先进的研究和生产规划，就要密切注意掌握情报。日本各研究机构的主要负责人每年要到西欧和美国有二次以上的定期交流、协商。日本各公司分布在世界各地的所谓海外事业部也为他们提供最新的发展动向。日本的科技人员还通过参加学术会议，进行交流和掌握情报。

（三）结 束 结

这次考察使我们对日本半导体的科研生产的发展状况及动向有了进一步的了解，看到了一些先进的工艺技术和设备，并有启发。我们整理出了日本集成电路发展概况及工艺、日本集成电路的制版工艺、日本集成电路生产的净化技术、日本集成电路生产设备、日本集成电路的封装外壳以及日本微波半导体器件的发展概况等六个技术专题总结。

通过考察体会到发展大规模集成电路是一项综合性技术，材料、工艺、设计、厂房等等都是有机联系的。日本在发展大规模集成电路中注意了两个方面的工作：一是集成电路的普

及应用；二是发展集成电路所必须的基础条件，为计算机辅助设计、超净技术、纯水和气体的净化、电子级化学试剂、单晶制备和封装等。上述各个方面很值得我们注意。我们深感要做的事很多。同时我们确信，我国半导体的发展坚持走自力更生的道路的巨大优越性。我们已经有了立足于自己的扎实基础，在正确路线指引下，只要统一规划，全面安排，狠抓薄弱环节，并配合一些技术引进供参考，我们一定能在不太长的时间内赶上世界先进水平。

二、日本集成电路发展概况及工艺

(一) 日本集成电路(IC)和大规模集成电路(LSI)发展概况

1. 日本IC和LSI发展概况

1. 第二次世界大战之后，1948年在美国出现晶体管。日本在1954年从美国引进晶体管技术，第二年就开始成批生产，到1959年日本晶体管产量就超过了美国，之后，日、美两国晶体管产量大致保持在同一个水平上。到1962年日本电子工业的产值就超过西德和英国，在资本主义世界中仅次于美国而居第二位。

2. 1958年在美国又出现了半导体集成电路(SIC)，简称集成电路(IC)或固体电路(SSC)*1963年美国集成电路进入到年产50万块的批量生产阶段。日本在1959年开始研究集成电路，1960年后逐渐试制出一些产品。1963年日本又从美国引进集成电路技术，到1966年日本集成电路才进入到年产29万的批量生产阶段，比美国晚三年。

美国1965年进入年产1,000万IC的大量生产阶段，而日本晚三年，于1968年年产近2,000万。美国1968年年产量超过1亿，日本于1970年年产量也超过1亿，比美国晚二年。这样，日本在集成电路产量方面占了资本主义世界的第二位。

3. 1967年美国在发展中、小规模集成电路的基础上搞出了单块元件数超过1,000个的大规模集成电路。到1969年美国LSI产量占整个IC产量25,290万的1.2%，约为300万。

日本在1969年LSI还处于研究阶段，但在1969—1970年期间，日本各大公司从美国引进CAD(计算机辅助设计)和CAT(计算机辅助测试)技术之后，在1970年LSI产量达到100万的水平。

美国在1970年又进了一步，搞出了单块元件数超过10,000个的LSI。通过这次考察了解到，日本在1973年开始研制出上万个元件的LSI。

IC的类别主要是双极型数字电路和线性电路，以及MOS型数字电路。

LSI的类别则主要是MOS型数字电路，其次是双极型数字电路。

日本和美国IC年产量逐年对比见表3。

日本生产IC和LSI的主要厂家有十几家，如日立、东芝、日本电气、三菱、三洋、松下、富士通、冲电气、索尼、夏普、新日本无线、协同电子以及东光等。

*广义的集成电路，除了半导体集成电路，还有薄膜集成电路，厚膜集成电路和混合集成电路。这儿我们简称的集成电路是指半导体集成电路。

表3 日本和美国IC年产量对照表

年份	美国			日本		
	IC	数字	线性	IC	双极型	MOS型
1963	50.5					
1964						
1965	1,004					
1966	2,940 (3,140)	2,710	230	29		
1967	6,860 (8,002)	6,120	740	333.6		
1968	13,390 (15,256)	11,590	1,800	1,988		
1969	25,290	21,912.6	3,376.8	5023.1	2766.6	2,256.5
1970	29,880 (31,019)	25,380 (26,909)	4,500 (4,110)	12,143.1 (12,279.1)	5,320.3 (5,376.3)	6,822.8 (6,902.8)
1971				11,058.4	数字 3,671.7 线性 3,844.8	3,541.9
1972				16,710*	线性 8,691* 数字 8,019*	
1973				21,400**	线性 12,000** 数字 9,400**	

单位：万块。*一部分是推算。**估算。

这次我们参观了其中八家：日立、东芝、日本电气、三菱、松下、富士通、冲电气和夏普。本文主要是根据在这些厂家参观的纪录整理出的材料。

2. 日本IC和LSI应用领域

日本电子工业大部分用于民用。日本晶体管是靠收音机发展起来的。日本MOS电路从SSI（小规模集成电路）、MSI（中规模集成电路）到LSI，可以说主要是靠台式计算器发展起来的。而从最近两年看出，线性电路增长很快，可以说主要是靠彩色电视机的发展带起来的。

日本IC40%用于台式计算器，37%用于电子计算机，14%民用，9%其它。而MSI和LSI近70%用于台式计算器。日本1972年台式计算器产量约有310万台，而1973年估计可达440万台。

除了以上所举台式计算器和电视机之外，IC和LSI广泛应用于各种大中小型和微型电子计算机上，以及机床程序控制、数字通讯、数字化仪器仪表、数字钟、电子手表、数字电子秤、磁带录象机、数字温度计、自动售货机和电子乐器等等。日本IC和LSI的产量迅速增长，IC年产量在七、八年间从29万发展到今年2亿多，增长700倍以上，系列、品种和集成度也迅速发展，这主要是由于广泛应用引起的日益增大的需要量刺激发展起来的，而据日本估计，需要量愈来愈大。

(二) 日本IC和LSI当前生产水平及研制动向

1. 日本IC和LSI当前生产能力及劳动生产率

从这次考察的七家公司所介绍的产量来看, IC 每月的总产量达 2,400~2,500 万, 由此计算一年可生产 2.88~3.03 亿。按总产量来排列, 日立第一, 东芝第二, 日本电气第三, 三菱第四, 松下第五, 富士通第六, 冲电气第七。

其中六家 LSI 每月的产量达 223~233 万, 由此计算一年可生产 2,676~2,796 万。按 LSI 产量来排列, 日立第一, 日本电气第二, 三菱第三, 东芝第四, 冲电气第五, 富士通第六。

SSI 和 MSI 每月产量为 2,139~2,259 万, 由此计算一年可生产 25,668~27,108 万, 名次排列与总产量相同。

详细数字见表 4。根据这次参观中各厂家介绍的数字估算而得的年产量为 3 亿, 比前两

表 4. 1973 年日本各厂 IC 产量表

序号	厂名	IC		LSI		
		月总产量	月产量	名次	LSI/IC (%)	名次
1	日立	700万	100万	1	14.29%	1
2	东芝	500万	20万	4	4%	5
3	日本电气	482万	67万	2	13.9%	2
4	三菱	330~400万	30~40万	3	10%	4
5	松下	300万	(估40万)		(13.33%)	
6	富士通	50~100万	<1万	6	1~2%	6
7	冲电气	40~50万	~5万	5	10~12.5%	3
	每月合计	2,402~2,532万	223~233万*		9.2~9.3%	
	每年合计	2.88~3.036亿	2,676~2,796万*			

序号	厂名	SSI、MSI			备注
		月产量	名次	SSI、MSI/IC (%)	
1	日立	600万	1	85.71%	LSI中C MOS占90% MOS占24%
2	东芝	480万	2	96%	
3	日本电气	415万	3	86.1%	
4	三菱	300~360万	4	90%	
5	松下	260万	5	86.67%	TTL中MSI占20% MOS占60~70%
6	富士通	49~99万	6	98~99%	
7	冲电气	35~45万	7	87.5~90%	
	每月合计	2,139~2,259万		90.7~90.8%	
	每年合计	25,668~27,108万			

*未计松下估计的40万月产量。

年实际产量相距较大，也比日本“电子机械工业会”估计的1973年年产量21,400万大。最近得到的日本1973年1月、2月、3月和5月月产量资料上说，月产量已从1,700万发展到2,000万，由此估计1973年年产量将达2.3~2.4亿。

日本生产IC的设备，特别是后部工序的设备，已逐步实现单机自动化或半自动化，因此劳动生产率较高。如日立公司武藏工场，共2,000人，专门生产IC，月产IC600万，LSI100万，共计月产700万，平均每人月产3,500块，年产42,000块。又如主要生产电视机用的线性电路、自动化程度较高的松下公司长冈工场，共2,000人，月产IC和LSI260~300万，Si晶体管500万，Ge晶体管2000万，二极管500万。IC车间一班350人，两班算700人，平均每人月产3,700块，年产44,400块。又如日本生产IC中等规模的冲电气八王子工场，共1,200人，生产半导体、电子管、继电器和印刷电路板，只有一车间生产半导体，IC总产量月产40~50万，其中LSI5万。如果以500人算，则平均每人月产也有800~1,000块，年产9,600~12,000块。

2. 日本LSI集成度水平

以RAM（随机存取存储器）、ROM（唯读存储器）和SR（移位寄存器）来对比日本与世界最高集成度水平。

1. MOS LSI

(1) RAM

美国：4,096位（英特尔公司），日本达到2,048位（日本电气和富士通），最近日立已制出4,096位。

(2) ROM

美国：16,384位（电子矩阵公司），日本达到8,192位（日立）。

(3) SR

加拿大：2,048（双1,024）位（微型系统国际公司），日本达到1024位（日本电气、日立、富士通）。

2. 双极型LSI

(1) RAM

美国：1,024位（仙童半导体公司），日本达到256位（日本电气）。

(2) ROM

美国：8,192位（单片存储器公司），日本达到7,680位（冲电气）。

(3) SR (MSI)

美国：8位（德克萨斯、莫托洛拉等），日本达到10位（富士通）。

一般来说，日本MOS LSI与世界最高集成度相差一倍，但正在紧赶。按日立说法，近几年来该公司LSI集成度是一年翻一番。双极LSI，在RAM上美国创1,024位记录遥遥领先。日本各厂家很少发展双极ROM，因此在双极LSI方面相差较远。在考察中了解到只有冲电气搞的双极ROM集成度较高，据说是因为用户没有急需，我们估计由于日本搞大型计算机较少之故，而且研究ROM软件要化较大功夫。

详细型号和主要参数见表5A和B。

此外，日本MOS台式计算器型号和组成块数见表6，因收集资料不全，仅供参考。

表 5 A. 日本 LSI 集成度和参数水平与世界水平对照表

M O S 电 路	R A M			R O M			S R			
	型 号	位 数	参 数	型 号	位 数	参 数	型 号	位 数	参 数	
世界代表水平	Intel-1401	4,096	存取300ns	EAI-EA4800	16,384		MSIL-MF2401	2048 (双1024)	1MHz	
日 本	日立	HM4500	4,096 存取180ns	HN32100P	8,192	5; 7 μ s	HD3504	1024	fcp = 2.5MHz fD = 5MHz	
	东 芝	HM3503-1	1,024	A MOS(研制)	T5505	2,048	SAMOS(研制)	μ PD716	1024 (双512)	
		T3132	1,024		2,304	MNOS(研制)				
	日本电气	T2265	2,048	μ PD503D	6,000	4,096	6 μ S	MB8024	1024	2MHz
		μ PD406	2,048							
	三 菱	μ PD407	4,096	存取150ns(研制)	MN5020	2,560	1; 0.6 μ s			
		M8533	1,024	存取300ns						
	松 下	M8754	4,096	存取100ns(研制)	MB8501	2,240	1 μ s			
		富士通	MB8202	2,048	存取90ns	MB8502				
	冲 电 气	MSM2711	1,024	存取300ns						

公司: Intel —— 美国英特尔公司

EAI —— 美国电子矩阵公司 (Electronic Arrays Inc.)

MSIL —— 加拿大微型系统国际公司 (Micro-Systems International Ltd.)

表 5 B

双极型 电 路	R A M			R O M			R S (MSI)		
	型 号	位 数	参 数	型 号	位 数	参 数	型 号	位 数	参 数
世界代表水平	FSC-93415	1,024	存取60ns	MMI-MM5280/6280	8,192	T=100ns	TII-SN5491A	8	10~18MHz, 24~40ns
日 本	日立						HD2524	8	10~20MHz, 20~40ns
	日本电气	μPB2200D	存取50ns				μPB2091D	8	10~18MHz, 24~40ns
	三菱					1,024PROM(研制)			
富士通	MB7032	128	存取25ns				MB454	10	4~9 MHz, 80~160ns
冲电气				MSL8001/8002	7,680	T=200ns	MB455	8	25~35MHz, 26~35ns

公司: FSC —— 美国仙童半导体公司 (Fairchild Semiconductor Corp.)

MMI —— 美国单片存储器公司 (Monolithic Memories Inc.)

TII —— 美国德克萨斯仪器公司 (Texas Instruments Inc.)

表6. 日本MOS台式计算器统计表

公司	型号	位数	片数	说明
日立		8	1	HD3500、HD3600系列
		12	2、1	HD3500系列, HD3578、HD3579、
		16	3、2、1*	HD3500系列, 2存贮器。*明年初
		KK-32	12	
		KK-24	14	
		KK-26D	16	
		180A/B	8	
		220B	12	1存贮器
		52A/62	12	1存贮器
		62D	12	2存贮器
		52P/62P	12	1存贮器
	56/66	16	1存贮器	
	56R/66D	16	2存贮器	
	P100	16	10存贮器, 10级, 台式程序计算机 $\sqrt{\quad}$, Sin, cos, Ln, e^x , π 。	
东芝	EL-805	8	5	C MOS, 液晶显示, T3201、T3202、 T3103B、T3104(圆壳)、S3200(圆壳)
	BC-1217	12	1	T3140、2存贮器
	BC-1424	14		
	BC-1492PR	14		
三菱		6	1	MA8168B, 双6位
		12	1	MA8606B, 1存贮器
		12	1	MA8606B, 2存贮器, 带打字
日本电气		8	1	μ PD215 (非标准)
		8	1	μ PD224
		8	2	μ PD271、261
		8	1	μ PD274
		8	1	μ PD275
		12	4	μ PD281, 282, 261, 262
		12	1	μ PD284, 有存贮器
		12	2	μ PD221, 222, 带打字
		12	1	μ PD256, 带打字
	12	3	μ PD287, 288, 289, 带打字	
松下	JE-850V	8	1	MN5500
		8	1	MN5520, 1存贮器
		12	1	MN5700, 1存贮器
		16	6	+9IC, +8混合IC, 1存贮器, $\sqrt{\quad}$
		16	1	MN5710, +3混合IC, 1存贮器, $\sqrt{\quad}$

续表 6

公 司	型 号	位 数	片 数	说 明
夏	EC-3	8	1	C MOS, 液晶显示, S3201、S3202、 T3103、T3104(圆壳)、S3200(圆壳)
普		8	5	

日本LSI管芯尺寸举例如下:

东芝: 1024位MOS RAM, 在 $2.81 \times 3.54\text{mm}^2$ 的管芯上有4,289个P沟道Si栅MOS管。
12位单块台式计算器, 在 $5.62 \times 5.78\text{mm}^2$ 的管芯上有8816个P沟道Si栅MOS管。

松下: 8位单块台式计算器, 在 $4.51 \times 4.85\text{mm}^2$ 的管芯上有4,516个MOS管。16位单块台式计算器, 在 $5.9 \times 5.9\text{mm}^2$ 的管芯上有11,000个P沟道Si栅MOS管。

3. 日本生产的IC系列和各公司生产的系列及其代表产品

A. 双极电路

(1) 数字电路, 按电路型式分, 共有7个系列:

①DTL系列(二极管-晶体管逻辑)

日本、东芝、日本电气、三菱、松下五家生产。品种有9~25种, 绝大部分为SSI, 只有一种MSI。松下有2个系列。

②TTL系列(晶体管-晶体管逻辑)

日立、东芝、日本电气、三菱、富士通、冲电气六家生产。品种有25~77种, SSI和MSI。在各系列中TTL MSI发展品种最多, 共MSI品种有10~37种。MSI品种最多为日立, 1972年为27种, 1973年达到37种。按MSI品种多少排列, 日立第一(37种), 日本电气第二(29种), 三菱第三(27种), 富士通第四(22种), 冲电气第五(20种), 东芝第六(10种)。世界上TTL MSI品种最多的是美国德克萨斯公司, 在1971年四个系列共有80种。日本电气、东芝和富士通TTL有2个系列, 三菱有3个系列。

③SBD TTL系列(肖特基二极管箝位晶体管-晶体管逻辑)

日立、日本电气两家生产, 都只有3种SSI, 而日立1973年产品目录上已去掉。

④CML或ECL系列(电流型逻辑或发射极耦合逻辑)

日立、日本电气、富士通三家生产。品种有22~39种, SSI和MSI。日立有3个系列, 单门时延分别为6ns, 2ns和1.1ns; 富士通有2个系列, 单门时延分别为2ns和1ns。日立1.1ns系列全为MSI(自称为LSI)。

⑤CSL系列(控制饱和逻辑)

日立、日本电气、富士通、冲电气四家生产。品种有14~23种, 大部分为SSI, 只有1~2种MSI。

⑥HTL或HNIL系列(高门槛逻辑或高抗干扰逻辑)

东芝、日本电气两家生产。品种有14~22种, 大部分为SSI, 有5种MSI。

⑦NTL系列(无门槛逻辑)

日立、富士通两家生产和研制, 都为LSI。

日本各厂家生产的双极型数字电路系列和品种数汇总见表7。

(2) 线性电路。按应用分, 共有4个系列:

表7. 日本厂家双极型数字电路系列品种数目表

序号	厂名	DTL		TTL		SBD TTL	CML (ECL)		CSL		HTL (HNIN)		NTL
		SSI	MSI	SSI	MSI	SSI	SSI	MSI	SSI	MSI	SSI	MSI	LSI
1	日立	16	0	33	37	3	10 12 0	1 0 16	13	1	—	—	有
2	东芝	15	0	15 0	7 3	—	—	—	—	—	17	5	—
3	日本电气	9	0	30 0	9 20	3	21	4	21	2	14	0	—
4	三菱	18	0	12 22 4	4 19 4	—	—	—	—	—	—	—	—
5	松下	16 8	0 1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	富士通	—	—	21 11	22 0	—	19 3	0 0	13	1	—	—	有
7	冲电气	—	—	57	20	—	—	—	15	0	—	—	—

①电视用线性电路

日立、东芝、日本电气、三菱、松下五家生产。品种有7~27种

②音响线性电路

日立、东芝、三菱、松下四家生产。品种有7~23种。

③工业线性电路，包括运算、差分放大器

日立、东芝、日本电气、三菱、富士通五家生产。品种6~13种。

④其他线性电路

日本电气、三菱、松下、富士通、冲电气五家生产。品种2~24种。

表8. 日本厂家双极型线性电路系列品种数目表

序	厂名	电视用	音响	工业用	其他	合计
1	日立	14	23	9	0	46
2	东芝	15	13	6 + 1**	0	35
3	日本电气	14	0	11**	24	49
4	三菱	7	7	3 + 3**	2	22
5	松下	27 + 3*	19	0	8	57
6	富士通	0	0	13	14	27
7	冲电气	0	0	0	5	5

* 为磁带录象机用。

** 为运算、差分放大器。