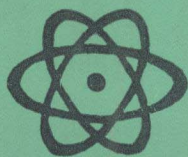


上海市十五年(1986-2000)科学技术 发展规划调研预测论证报告集

(一)

(内部资料 注意保存)



上海市科学技术委员会发展预测处编

说 明

为了实现党的“十二大”提出的在本世纪末国民经济总产值翻两番的战略目标，和迎接世界新技术革命的挑战，根据国务院批准的、国家计委、国家科委“关于编制十五年（1986—2000年）科技发展规划的报告”的精神，以“经济建设必须依靠科学技术，科学技术必须为经济建设服务”的方针为指导，贯彻先论证后决策的原则，自一九八三年以来，上海市科学技术委员会组织了全市科技、经济、管理、情报等方面的专家一千六百多人，在科技优先发展领域、候选重点行业、重大社会领域等三大方面，进行了上海市科技发展规划的调研、预测、论证工作，经过一年多时间的调查研究，科学数据的系统分析和专家的充分论证，现已编写出十七个科技优先发展领域、四十九个候选重点行业、四个重大社会领域共七十九篇调研、预测、论证报告。这些报告对本市有关科技领域、行业、重大社会领域的生产、技术现状、国外发展趋势和本市的差距，1990和2000年市场需求作出了基本分析和预测，围绕本世纪末上海国民经济发展的总目标，提出了本市科技发展的目标、战略、方向、重点和政策。为了提供本市经济、科技、教育、外贸、城市建设等部门和单位研究经济和科技发展、技术引进、技术改造、对外贸易、智力开发和人才培养等工作参考，现将这些报告汇编成册在内部发行。本集分为两册，第一册包括科技优先发展领域和重大社会领域共三十篇报告，第二册为候选重点行业四十九篇报告。本集所载报告的各项数据均系内部资料，仅供研究工作之参考，各单位和个人不得对外公开引用发表，不得翻印。

报告集由下列同志编辑：方开炳 姚振范 李仕雄 姜进树 王新华 汤万方
徐琳 许章林 常英珍 陆中雷 李元春 孙利源

上海市科学技术委员会发展预测处

一九八四年十二月

目 录

优先发展领域

一	微电子技术调研预测论证报告	(1)
二	计算机软件及应用调研预测论证报告	(20)
三	信息处理技术调研预测论证报告	(43)
四	生物工程调研预测论证报告	(56)
五	新型金属材料调研预测论证报告	(70)
六	新型有机材料调研预测论证报告	(95)
七	无机非金属新材料调研预测论证报告	(114)
八	光纤通讯调研预测论证报告	(136)
九	激光技术调研预测论证报告	(153)
十	机器人、人工智能调研预测论证报告	(181)
十一	海洋石油开发调研预测论证报告	(197)
十二	新型节能技术调研预测论证报告	(210)
十三	新能源开发技术调研预测论证报告	(235)
十四	同位素及射线技术应用调研预测论证报告	(248)
十五	生物医学工程调研预测论证报告	(276)
十六	核电技术调研预测论证报告	(290)
十七	科技咨询产业调研预测论证报告	(306)

重大社会领域

一	环境保护调研预测论证报告	(317)
二	上海开发大容量有轨快速交通的初步论证	(331)
三	建筑设计调研预测论证报告	(341)
四	建筑施工技术调研预测论证报告	(366)
五	高分子化学建材调研预测论证报告	(382)
六	建筑用钢调研预测论证报告	(396)
七	建筑玻璃调研预测论证报告	(408)
八	建筑墙体材料调研预测论证报告	(428)
九	水泥工业科学技术调研预测论证报告	(444)
十	粉煤灰利用调研预测报告	(469)
十一	冶金渣综合利用调研预测论证报告	(484)
十二	计划生育与优生调研预测论证报告	(494)
十三	医学卫生调研预测论证报告	(503)

微电子技术调研预测论证报告

摘 要

当今以集成电路技术为核心的微电子技术已经广泛渗透到工、农、商、通讯、军事、交通运输、办公室和企业管理乃至家庭生活之中，使工业结构和整个社会生活发生了巨大的变革，促进各个部门向着高速度、高效率、高可靠、低消耗方向突飞猛进。据报导，美、日等国的国民总产值中已有近 60% 与应用微电子技术密切相关。目前国际上广泛谈论的“第四次产业革命”或“第三次浪潮”都把微电子技术列为最重要的组成部分之一。我国已把微电子技术列为重大优先发展领域，并成立了国务院电子计算机和大规模集成电路领导小组。上海是全国微电子技术的重点发展基地之一，应为我国微电子技术发展作出积极的贡献。

五十年代末，伴随着半导体集成电路的出现，在美国产生了一个崭新的技术领域——微电子技术。它早期主要用于军事、空间技术和一些特殊需要的尖端项目。

六十年代中，大规模集成电路问世，七十年代初出现 4 位微处理器，半导体存储器达到 1K 位，并以廉价大量供应市场，集成电路在各个领域的应用技术和应用产品，特别是微型电子计算机的出现，促使微电子技术以惊人的速度向国民经济各个领域渗透。

七十年代末，集成电路发展到超大规模集成电路阶段。八十年代初，32 位微处理器和 256K 半导体存储器的出现使微型电子计算机在功能和性能上大大提高，其已经可以和七十年代的中型电子计算机相匹敌。

微电子技术的发展大大促进了信息产业的发展。美国 1980 年产业大军中，从事信息产业的人数达到 48%，有人预测八十年代末美国从事信息产业的人员将超过 50%，并认为这就是进入信息社会的标志。

日本经济专家预测微电子技术的发展对机械、冶金、化工、食品、石油等产业都有显著的影响。特别对电子、信息、通讯、精密机械、航空、宇航等产业影响最大，1985 年日本这些产业由于受到微电子技术的影响，产值将增长 34%，从业人员将增长 21.9%。

有人把集成电路和微型电子计算机技术称作微电子技术；又有人把集成电路以及它在各个领域中的应用技术和应用产品都包含在微电子技术的范畴。虽然对微电子技术内容说法不一，但是都一致认为其核心是集成电路技术。目前国际上正在研究开发的各种新功能器件乃是硅集成电路技术的继续深化和发展，本质上属于集成电路范畴。因此，本报告就上海如何发展集成电路技术进行调研、预测、论证。

美国、日本的集成电路技术在国际上处于领先地位。七十年代末、八十年代初的工业化大生产水平是：线宽 2—3 微米、集成度大于 10 万个元件/芯片，代表性的产品是 64K 存储器和 16 位微处理器。逻辑电路单门延迟达几毫微秒（ECL 电路已达亚毫微

秒), 高速 CMOS 的速度功耗积可以低到 0.05 微微焦耳: 失效率 10^{-7} — 10^{-8} /小时元件(军品达 10^{-9} /小时元件)。1982 年美国生产集成电路 90 多亿块, 产值 59 亿美元, 日本生产集成电路 40 多亿块, 产值在 32 亿美元, 长期以来产量的平均年增长率都在 20% 以上。

国外专家预测在未来的超大规模集成电路中 CMOS 工艺将占有十分重要的地位: 新发展起来的专用和半专用电路目前占国际集成电路市场的 20%, 到 1990 年将占国际市场的 50% 以上: 九十年代初日本集成电路生产水平将达到线宽进入亚微米, 通用电路集成度达到 10^7 元件/芯片, 半专用集成电路的集成度达到 10^8 元件/芯片, 高速电路单门延迟低于 10 微微秒, 砷化镓集成电路形成工业化生产: 超晶格、超构造器件、10 层以上三维集成电路、约瑟夫逊集成等新功能器件到九十年代中期开始逐步进入实用化。

我国集成电路技术与美、日等国相比差距很大, 1982 年集成电路年产量为 1,313 万块, 相当于美国 1965 年, 日本 1968 年的水平, 产品主要是中、小规模集成电路。低档大规模集成电路尚处于试产阶段。我国集成电路生产成品率低、成本高, 售价比国际市场高 10 倍以上, 可靠性比国外差 1—2 个数量级, 而且品种还不配套。在技术装备上, 国内大部分工厂设备仍停留在十几年前的水平上。基础材料方面售价高, 质量不稳定、特别还有许多关键材料如: 光刻胶、超微粒干版、制版玻璃、塑封材料、过滤膜等等尚未过关。上海集成电路工业目前虽然在国内具有技术力量强、综合性配套容易、经济管理好, 多年来集成电路产量高、信誉好、利润高等优势, 但是长期以来研究、开发、生产设备都缺乏投资, 引进工作步子缓慢, 手续复杂, 专用设备力量分散、厂房结构不适合发展要求, 上海集成电路工业的优势正在减弱, 必须采取紧急措施扭转被动局面。

本纪末上海的战略目标是: 在技术水平上达到发达工业国家九十年代初期水平, 产品价格接近当时国际市场价格, 超大规模集成电路的工艺水平达到线宽进入亚微米, 集成度 10^8 — 10^7 元件/芯片, 高速集成电路单门延迟达到几十至几百微微秒, 高可靠器件失效率达到 10^{-9} /小时元件, 抗辐射强化器件能在 γ 辐照剂量 10^5 拉德环境下正常工作: 具有自行设计 10^6 — 10^7 元件/芯片、亚微米超大规模集成电路的能力。集成电路年产量达 15 亿块, 其中大规模及超大规模集成电路占 40% 以上。一部分产品能进入国际市场。砷化镓集成电路形成工业化大生产, 研制出一些有实用价值的新功能器件。

集成电路应用开发是发展微电子技术的生命线, 这不仅是由于集成电路的销路, 更重要的是在于集成电路只有通过各种应用才能充分体现其经济效益和社会效益。据 1982 年上海市集成电路销售情况看, 仪器仪表、民用三机、邮电通讯、教育科研等方面所占比重分别是 29.9%, 18.3%, 11.78%, 15.16%, 而电子计算机只占 6.07%。电子计算机工业作为全国和上海的重点, 肯定会有很大的发展。上海在仪器仪表、邮电通讯方面今后的发展也会很快。音、象设备不仅用于生活、娱乐, 而且在军事指挥、通讯、各种信息显示、工业控制中大量需要。此外上海应该重视开发集成电路在轻纺、机械、电机工业中的应用, 可以用于企业管理、工业控制、还可以用于产品本身的电子化。例如: 研制电子玩具, 给照相机、机床配上先进的集成电路系统, 使产品升级换代, 这不仅在国内市场受到欢迎, 而且可以出口。

上海集成电路开发工作应该发挥上海优势, 形成上海的特色。上海集成电路销售量

占全国一半左右，品种占全国70%，上海的CMOS电路研究开发水平在国内领先，产品畅销全国，供不应求，产量占全国50%以上，而且CMOS工艺在国际上被认为是今后很有发展前途的工艺，在未来的超大规模集成电路中占有重要的地位。模拟电路广泛应用于通讯，仪器仪表和音象设备，销路很广，上海在这方面也有优势，产品在国内很受欢迎，而且一直是盈利最好的。半专用电路在国内尚属冷门。我们认为上海应优先发展CMOS工艺：重点开发价格工艺难度比高的，盈利好的专用、半专用电路和各种模拟电路；与此同时也要适应电子计算机的需要，生产市场需要量大，应用面广的存储器、微处理器及LSTTL、ALSTTL、接口电路等。

上海也应该布点开发砷化镓集成电路，要在九十年代研制出砷化镓集成电路。逐步建立砷化镓集成电路工业。

上海还要安排新功能器件、器件物理、材料物理和化学等探索、贮备性研究和基础研究。

上海发展集成电路技术的攻关项目要以微细加工技术和计算机辅助技术为先导，微电子技术的标志是在“微”字，也就是集成电路元件尺寸缩小和电路集成度的增加。因此，微细加工技术是发展微电子技术的中心课题。美、日都在这方面给以大力投资，组织力量攻关。与此同时，随着集成度的增加，仿制、设计、测试的复杂程度超过了单靠人力所能胜任的程度，必须要采用计算机辅助技术。此外，随着集成电路技术的发展，对超净环境的要求和工艺控制的精度要求日益提高，制造工艺也要计算机辅助技术。上海一定要抓好工艺、设备、材料的结合，把微细加工技术搞上去；一定要抓好集成电路设计、计算机和信息处理三方面科技人员的结合，特别要提高仿制和设计能力，从而增强上海开发新品的能力。集成电路后工序，全国和上海的研究力量欠缺，应加强研究开发。只有狠狠地把微细加工技术和电子计算机辅助技术抓上去，上海集成电路技术的发展才有可靠基础。

为了提高成品率、降低成本、提高产品的竞争能力，上海要切实研究大生产技术：要研究并建立适合我国特点的先进管理体制和制度，要建立强大的中试基地，要研究失效机理：要研究市场动向，按市场需要发展新产品。

上海要成立集成电路研究开发中心，集成电路设计、仿制(剖析)中心，制版中心，理化分析中心，集成电路测试中心，可靠性及例行试验基地。同时要充分发挥高等院校研究所的作用。要把各方面的力量组织、协调好，明确分工，逐步形成基础研究、应用研究、开发研究、中试、大生产及销售服务协调发展的微电子工业体系，有层次地开展工作。

集成电路工业是知识密集、技术密集的新兴产业，设备更新周期很短，七十年代为4—5年，八十年代缩短到2—3年，基本上是一代设备提供一代技术，而一代技术又产生了一代集成电路。上海一定要加快发展技术和设备的步伐。在装备更新中，不仅要考虑先进性，而且更要注意成套性。目前，迫切需要引进一些先进的成套设备，但从长期看，一定要逐步摆脱依靠引进的被动状态。要从全国配套，发挥上海特点出发，把上海集成电路专用设备的有关力量组织起来，制订出专用设备的仿制和研制规划，加强研究开发工作。

基础材料是经常性大量消耗的物资，必须尽量立足于国内。重点基础材料是单晶硅、光刻胶、塑封树脂、过滤膜、试剂、特种气体等等。那些用量大，不易运输的，更应立足于上海。

集成电路技术领域的人才要全面考虑。从目前情况看，总的说技术力量很薄弱今后应逐步达到研究生、大学生、大专中专生、工人的比例为 5%、15%、30%、50%。初步预测到本世纪末，我国集成电路的产量相当于美、日 1982 年的产量，性能和质量相当于九十年代初水平，从业人员数量相当于 1982 年美、日从业人员数量，上海约需 2 万人。研究生 1,000 人，大学生 3,000 人，大专、中专生 6,000 人，工人 10,000 人。其中 10,000 人直接从事集成电路技术研究开发和生产。从专业知识看，急需培养一定数量的企业管理、质量管理、集成电路专用设备和后工序方面的专门人才。

对市场、投资效益初步预测是：本世纪末，全国集成电路需要量约 53 亿块。国产集成电路自给率约 80%，上海产量约占全国三分之一，即 15 亿块，产值约 44 亿人民币。1986—1990 年投资以人民币计算约 13 亿（若全部用于引进设备，只相当于这个时期国际市场集成电路专用设备销售总额的百分之一，收益（利润加税收）18 亿。净收益/投资为 37.5%，1990—2000 年投资 148 亿（若全部用于设备引进，只相当于这个时期国际市场集成电路专用设备销售总额的百分之二），收益 223 亿，净收益/投资约 50%。集成电路技术影响面极广，所以集成电路工业间接收益和社会收益极大，这是发展集成电路技术的根本动力。

由于微电子技术在国内外发展极为迅速，影响又极为深远。上海作为全国发展微电子技术的重要基地之一，要成立以系统工程、情报、集成电路技术三方面的科技工作者组成的专门研究机构，经常从事国内外微电子技术发展动态的调研、预测、论证工作，为上海市电子计算机和大规模集成电路领导小组提供参考意见。

一、概 况

当今世界上面临着一场大规模的“微电子革命”，它的核心是集成电路技术的飞跃发展，以集成电路及其在电子计算机、通讯、仪器仪表、民用电子设备等方面的应用为主体的微电子技术，广泛渗透到国防、科学技术、企业管理、工业控制、交通乃至人们日常生活之中。并且使这些领域发生了巨大的变革，促进各个部门向着高速度、高效率、高可靠、低消耗方向突飞猛进。据统计美、日等国国民生产总值中有60%与微电子技术有关。

随着社会的发展，人们对各种信息量的要求急剧增加，新兴的信息产业正在迅猛增长。1980年美国从事信息产业的人员已占整个从业人员的48%。而信息产业的基础就是电子计算机、通讯和集成电路。

微电子技术的研究、开发、生产水平是衡量一个国家技术进步、经济发达程度的一个重要标志。

微电子技术的核心是集成电路技术。国际上正在研究开发的各种新功能器件是硅集成电路技术的延伸和发展，本质上也属于集成电路范畴。因此，本报告以集成电路技术为主题。

（一）国际上微电子技术发展的概况及趋势预测

五十年代末，伴随着半导体集成电路的出现，在美国产生了一个崭新的技术领域——微电子技术。它当时的目标是使庞大的电子设备小型化、轻量化、易于搬动，以适应军事和尖端技术的需要。半导体集成电路早期主要用于军事、空间技术和一些特殊需要的尖端技术。

六十年代中，大规模集成电路问世。七十年代初出现4位微处理器，半导体存储器达到1K位，并能以低成本大量生产。这就使集成电路以惊人的速度广泛地渗透到工业、农业、商业、教育、通讯、企业管理乃至家庭等等各个民用领域，提高了整个社会的经济效益，工作效率，加强了社会信息交流。

七十年代末，集成电路发展到超大规模集成电路阶段。以八十年代初生产的32位处理器为核心的微型电子计算机在功能和性能上已经可以同七十年代的中型电子计算机相匹敌。微电子技术的发展大大促进了信息产业的发展。美国1980年产业大军中只有3%从事农业，22%从事工业，27%从事服务业，而从事信息产业的人数达到48%，预计80年代末美国从事信息产业的人员将超过50%，有人认为这就是进入“信息社会”的标志。

日本经济专家预测：日本机电、电子、信息、精密机械、航空、宇航等产业受到微电子技术发展的影响最大。由于微电子技术进步，这些产业1985年总产值将比1980年增长34%，从业人员将增加21.9%。

综观国际上发展集成电路技术的过程，具有如下特点：

1. 从战略观点发展集成电路技术

在美国六十年代集成电路开发的动力主要来自于军事和空间技术的需要。1965年集成电路有70%是军品。70年代末,虽然军品的集成电路只占整个市场的7%,但是军品无论在速度、可靠性、耐恶劣环境、功能等各个方面的指标都比其它方面高。为了和苏联对抗,美国国防部极为重视微电子技术的开发,于1979年投资2.1亿美元,组织十几个研究所、大学和公司执行以提高武器性能为目标的超高速集成电路(VHSIC)七年计划。预计该计划的实现将使美国武器性能领先苏联五年以上。在美国,主要靠国防部投资开发而成熟起来的微电子技术在转向民用时,就比较容易取得成果:把那时成熟的,甚至常常在美国来说是过时的或淘汰的设备和技术出口,还能赚钱。这对整个国民经济带来许多好处。

日本集成电路技术在上世界上仅次于美国。由于美日关系密切,日本比较容易从美国得到集成电路技术方面的先进技术和设备。直到1977年日本半导体工厂用的分步重复制相系统、图形发生器、CAD系统、离子注入机等100%由美国进口,电子束曝光装置80%由美国进口。

日本是在综合性企业中从战略上考虑发展集成电路的。在开发时期,集成电路工业投资是由其它方面的营利来补助的。日本集成电路工业在发展初期投资回收率很低,直到七十年代中期才开始营利。日本集成电路的市场主要是民用。在集成电路技术开发成熟之后用于改造各种行业从中得到许多好处。例如用于电子表、计算器、各种机械自动化、家用电气自动化、电子玩具、机器人等等。

由于集成电路工业对一个国家的国力和社会文化有巨大的影响。因此,英国、法国和西德政府很重视集成电路工业的发展,在1978年都制订了开发超大规模集成电路的计划,并分别拨款1.4亿美元、1.3亿美元、1亿美元用以资助开发研究工作。即使象南朝鲜、菲律宾等发展中国家政府也大力扶植集成电路工业。

2. 集成电路工业研究开发费用及设备投资比重大,利润率也高。

集成电路工业在国际上仍属于新兴工业,正处在迅速成长发展时期,设备2—3年就要更新一次,研究开发费用和设备投资占的比重很大。以日本为例,1980年研究开发费用占集成电路销售总额13.2%,设备投资占集成电路销售总额22.3%,两项合起来占35.5%。

在美国1980年发表的统计结果表明:半导体工业的研究开发费占产品销售值的5.8%,仅次于数据处理工业(10%),各高级工艺行业的平均值为4%。各高级工艺行业的平均产品利润率为65.4%,而半导体工业的利润率最高为102.3%。

3. 对关键性高级技术政府资助组织企业间联合攻关。

集成电路的高级关键技术的开发工作,需要大量资金和高水平的科技人员,并且要有强大的设备研制力量的配合。即使在发达国家中一个公司往往也感到力量不足,要走联合开发的道路。1976—1980年,日本五家公司联合开发微细加工技术,获得成功,使得64K存储器在国际市场上击败美国,占领了国际市场的70%。美国半导体协会于1981年成立联合研究机构,对从材料到器件的全部工艺技术进行基础性研究和技术开发。目前参加该机构的有13家公司。1983年IBM、HP、Motorola等19家公司联合投资在斯坦福建立一个集成系统研究开发中心,以对付日益加剧的对日竞争。日本11家

公司正在联合开发三维集成电路、超晶格、超构造器件等新功能器件，以增强日本集成电路发展的后备力量。

国际上集成电路发展的水平及趋势是：

七十年代末、八十年代初工业生产水平是：线宽 2—3 微米，集成度大于 10 万个元件/芯片，代表性产品是 64K 静态存储器，16 位微处理器，逻辑电路的单门延迟几个毫微微秒(ECL 电路可达亚毫微微秒)，高速 CMOS 的速度功耗乘积可以低到 0.05 微微焦耳，失效率 10^{-7} — 10^{-8} /小时元件(军品达到 10^{-9} /小时元件)。1982 年美国生产集成电路 90 多亿块，产值 59 亿美元。日本生产集成电路 40 多亿块，产值 32 亿美元。年增长率都大于 20%。

根据日本专家预测，九十年代初日本集成电路将发展到：线宽进入亚微米，集成度达到 10^7 元件/芯片；单门延迟低于 10 微微秒的逻辑电路进入实用化；砷化镓集成电路进入实用化；半专用集成电路的集成度达到 10^6 元件/芯片；而超晶格、超构造器件，10 层以上的三维集成电路，约瑟夫逊集成等新功能器件到九十年代中期开始进入实用。

总之到九十年代初国际上发达国家微电子技术的工业基础仍将是硅集成电路工业。它的发展趋势主要体现在超大规模、超高速、低功耗。新发展起来的专用、半专用超大规模集成电路是引人注目的新动向。此外，砷化镓高速集成电路将在生产中占有一定的比例。新功能器件到九十年代中期进入实用化。

(二) 我国的现状及与发达国家的差距。

我国的集成电路诞生于 1965 年。1975 年又研制出我国第一块大规模集成电路。目前，中小规模集成电路已可批量生产，每片集成度 1 万元件/芯片左右的大规模集成电路(如 1K 静态存储器、4K 动态存储器)，已开始在工厂组织试生产，集成度为 2—3 万个元件/芯片的大规模集成电路(如 4K 静态存储器，16K 动态存储器等)已研制出样品。

上海已研制成 1K 静态存储器，1K、4K 动态存储器，16K 可改写只读存储器及单片 8 位微处理器等大规模集成电路，1982 年生产了约 1 万多块，同时加速了中小规模集成电路的升级换代。现已制成以中小规模为主体的 PMOS、CMOS 和 TTL 等大类共 300 多个品种的产品系列，1983 年集成电路产量达 1,000 万块，约占全国的 50%。

专用设备方面：加工直径 50 毫米硅片的大部分设备国内已能供应，加工直径为 75 毫米硅片的设备已研制出大部分样机，超大规模集成电路所需关键设备，少数已着手组织研制，测试设备已研制出样机。

上海在专用设备研制方面也取得了不少成果，净化室、等离子刻蚀机、电子束蒸发器、刻图绘图仪、精密翻版机、平整度测试仪、比较显微镜等已投入生产，提供使用。图形发生器、投影光刻机等 10 余种精密专用设备在研制中。

在基础材料方面，国内大多数基础材料技术指标已可满足低档大规模集成电路的需要，部分材料研制质量接近国际同类产品的水平，但尚需创造条件，方可形成批量生产能力。

上海生产的纯度达到五个 9 的电子纯化学试剂产品已有 46 个品种，并能提供纯度

达到四到五个9的氢、氧、氮、氩等高纯气。

经过几年的调整,全国现存集成电路研究所、室11个,工厂47家,职工三万五千人,其中技术人员近6千人,主要分布在电子工业部、中国科学院、航天工业部、机械工业部和上海、北京、江苏等省市。此外,还有40余所高等院校设有集成电路有关的专业、研究所、室等。上海直接从事大规模集成电路研制和生产的单位有二所(中国科学院上海冶金研究所,上海半导体器件研究所)。五校(复旦大学、上海交通大学、上海科技大学、华东师范大学、上海大学工学院)五厂(上海元件五厂、上海无线电七厂、上海无线电十四厂、上海无线电十九厂、上海无线电十六厂)。共有职工5,600人,其中高级技术人员38人,中级技术人员403人,有60—70个工厂生产与集成电路有关的基础材料、专用仪器、专用设备和封装配套部件。

与发达国家相比,我国集成电路远远落后,主要表现在:

生产方面:我国1982年集成电路总产量为1,313万块,相当于美国1965年、日本1968年的水平:我国小规模集成电路成品率为20—40%,中规模集成电路成品率为10—20%,国外可达90%左右:我国产品可靠性为 10^{-5} — 10^{-3} /元件小时,个别达到 10^{-7} /元件小时,比国外差1—2个数量级:国内中小规模集成电路平均售价比国外高十几倍以上,劳动生产率比国外低几十倍,生产品种尚且不能配套。

技术水平上,国外已开始进入超大规模集成电路应用阶段,研制已突破256K动态存贮器,32位微处理机,83年12月IEDM将发表1M位动态存贮器的研究报告。我国尚处于低档大规模集成电路试生产阶段,研制处于大规模集成电路阶段。

技术装备上:国外生产设备正向加工125毫米直径硅片过渡,而且备有质量检测、监控设备,国内大部分工厂的设备仍然停留在十几年前的水平上(加工直径为35毫米硅片),引进国外设备(加工直径为75毫米硅片)的只有少数工厂。

基础材料方面:产品未经大生产考验,价格较高,质量不稳定,其中光刻胶、超微粒干版、制板玻璃、塑封材料、过滤膜和特种气体等尚未过关。

上海虽然目前集成电路的产量、质量、利润率都在国内领先,但是上海在技术改造与设备更新上长期投资不足,引进国外技术和设备上十分迟慢,所以上海的优势正在下降,必须迅速采取措施扭转被动局面。

二、上海发展微电子技术的战略目标

到本世纪末从技术水平上说,达到发达国家九十年代初期水平,产品价格接近当时国际市场价格,超大规模集成电路工艺水平达到线宽进入亚微米、集成度达到 10^6 — 10^7 元件/芯片,高速集成电路单门延迟达到几十—几百微微秒,高可靠器件失效率达到 10^{-9} /小时元件,抗辐照强化器件能在 γ 射线辐照剂量 10^5 拉德的环境下正常工作,能自行设计 10^6 — 10^7 元件/芯片、亚微米超大规模集成电路。集成电路年产量达到15亿块,其中大规模与超大规模集成电路占40%以上,砷化镓集成电路形成工业化大生产,研制出一些有实用价值的新功能器件。

发展上海微电子技术应该发挥上海的优势，形成上海特色和全国协调，以硅集成电路为核心、集成电路的应用为生命线，相应发展专用设备和基础材料，在上海市电子计算机大规模集成电路领导小组统一领导下，建立集成电路研究、开发、中试、工业化大生产的完整体系。特别要重视提高上海开发新品种和组织大生产的能力。要提高仿制能力，更要提高自行设计能力，逐步摆脱仿制为主的局面。在工艺类型上选择国际上最有发展前途且上海在国内占优势的 CMOS 工艺为发展重点，在品种上结合市场需要重点开发专用和半专用电路，除继续完成国家规定的系列型谱品种外，重点发展模拟电路。

三、微电子技术的发展重点及技术政策

上海发展微电子技术的战略重点是开发硅亚微米，超高速、超大规模集成电路及其应用，与此同时狠抓大规模集成电路与中小规模集成电路的工业化大生产技术。在提高质量、降低成本的前提下扩大品种、增加产量、大力推广应用。所有集成电路全部采用国际通用技术标准或国外先进技术标准，实现标准化、通用化、系列化，使部分产品进入国际市场。

要组织一定的力量研究开发砷化镓集成电路和砷化镓/砷铝镓异质结晶体管集成电路，并适当布点开展有关三维集成电路、超晶格器件、超构造器件、约瑟夫逊集成电路等新功能器件的基础技术研究。

(一) 开发集成电路应用是发展微电子技术的生命线。

美、日微电子技术的发展道路表明：集成电路在各个领域的广泛应用是微电子技术发展的动力，世界上不少国家的集成电路并不发达，他们用进口集成电路来发展与集成电路应用有关的电子工业。从中得到许多好处。即使象日本那样的集成电路工业十分发达的国家，1981年净出口集成电路占总产值的10%左右。而进口集成电路总额却占生产总额15%以上。日本的电子表风行世界，音象设备压倒美国，照相机击败德国，都与采用先进集成电路有关。

上海一定要加强集成电路应用的研究，组织好集成电路应用工业。这不仅是为集成电路工业的发展提供市场，更重要的是只有大力推广集成电路在各方面的应用，才能达到集成电路工业的强大的社会效益与经济效益。

上海1982年半导体器件公司销售集成电路结构是：

电子计算机	民用三机	仪器仪表	邮电通讯	教育科研	军事重点	机电	其它
6.07%	18.3%	29.9%	11.78%	15.16%	8.6%	6.5%	5.28%

从以上结构可以看出上海集成电路销售额中仪器仪表、民用三机、教育科研、邮电通讯等占的比重很高。

从发展趋势看电子计算机作为国家重点发展需要量将迅速增加，上海邮电通讯发展也会很快，仪器仪表工业上海力量较强，音、象设备不仅用于生活、娱乐，而且在通讯、各种信息显示、军事指挥、工业控制中都大量需要。

上海应组织力量大力促进集成电路应用于轻纺、机械、电机、化工、冶金等工业进

行技术改造,提高生产效率、产品质量、并使产品升级换代,从而可以大力提高经济效益。例如我国出口的机床,若配上先进的集成电路电子设备,售价可以大大提高。

(二) 上海集成电路工业宜结合市场需要重点开发专用、半专用电路,继续完成国家规定的系列型谱品种外,加强开发模拟电路,优先发展 CMOS 工艺。

集成电路产品可分成通用型电路和专用型电路两类,通用型电路应用面广,需要量大。特别是半导体存储器及微处理器,在计算机应用中需要量极大。美、日一些大工厂,掌握了这些电路的生产技术,进行大量生产,大大降低了成本,使一块难度不低的微处理器集成电路也只卖几美元。专用型电路是根据整机电路的特殊需要而专门设计的,电路设计的针对性强,且各个企业在设计上各有自己的巧妙之处,这就使整机性能大大得到改善,从而可以提高整机的销售竞争能力,这类产品要求制造单位的设计能力强,设计周期短,它的价格与工艺难度之比较高,得到整机单位与集成电路制造单位的普遍重视,成为当前产品发展中的重要分支。目前国际市场专用、半专用电路虽然只占 20% 左右,但有人预计 1990 年将增加到 50% 左右。

上海的科技力量比较雄厚,应用单位广,设计力量强,这些都是发展专用电路的良好条件,应该发挥上海在这方面的优势,重点研究开发专用、半专用集成电路,以制成性能良好的整机系统与国内外竞争。

上海模拟集成电路在研制和生产方面一直走在前面,产品销售额占全国三分之一以上,广泛应用于通讯、仪器仪表、音、象设备,在国内很受欢迎,而且一直是集成电路中盈利最高的。上海应发挥已有的长处,把模拟电路作为上海的特色来抓。

CMOS 工艺在今后大规模、超大规模集成电路发展中将占重要地位,它比现有的双极型电路和 NMOS 电路有更大的潜力和竞争能力,上海的集成电路中 CMOS 的产量为全国一半以上,而且产品供不应求。在研制水平方面,上海已研制成 1K 位 CMOS 静态存储器,正在研制 4K 位 CMOS 存储器。这在国内来说也处于领先地位。上海应以 CMOS 工艺作为优先发展方向。

上海在集成电路工业化大生产方面有良好的基础,上海集成电路销售量占全国一半左右,品种占全国 70%。七十年代中曾达到一个厂年产 500 万块中、小规模集成电路的大生产水平,至于存储器和微处理器这些大规模集成电路的生产能力和国外相比,差距很大,且在国内也不占优势。上海应充分重视增强市场需要量大的存储器与微处理器的生产能力;TTL, LSTTL, ALSTTL,也要适当发展。

对国际上近年来发展十分迅速,已经逐步走向实用的砷化镓集成电路的开发研究应给予足够的重视,应制订出上海的研究开发计划,在 2000 年能形成生产能力。对超晶格、超构造器件、三维集成电路和约瑟夫逊集成等等新功能器件也要制订出研究开发计划,器件物理、材料物理化学等基础研究也要作出适当安排。

重点发展目标是:

1. 1990 年建立完整的用硅栅 CMOS 工艺制作的高速 CMOS 中小规模集成电路产品系列。研制出包括存储器、微处理器等一系列 CMOS 大规模和超大规模集成电路,以及数字电路与模拟电路兼容的 CMOS 多功能超大规模集成电路,与应用单位配合,大力开发 CMOS 专用、半专用电路,建立这些电路的 CAD 设计。在本世纪末工业化

生产水平达到：线宽进入亚微米，超大规模集成电路超过 10^8 元件/芯片，超高速电路单门延迟达到亚毫微秒。

2. 上海要进一步加强力量，发展优势和特点，大力开发各种模拟电路，着重于提高精度，提高速度，降低功耗，降低漂移，提高输入阻抗，并向多功能、多品种方向发展。本世纪末达到世界发达国家八十年代末、九十年代初的水平。品种和数量适应当时国内市场的需要，并且有一定的出口能力。

(三) 工业化大生产技术是集成电路工业的关键

据知，日本在研制 16KRAM 样品阶段，成品率只有 5%，小批量生产时成品率 10—20%，而只有当进一步把合格率提高到 40% 以后，才能在经济上获利。集成电路工业是一个知识、技术密集的研究开发型工业，大量科研成果不断涌现，而科研样品转化为大生产必须具备以下条件：产品要有市场；生产过程产品成品率要高，并且要有高的劳动效率、低的成本；工艺要规范化；产品要标准化、系列化、通用化；要有优良的性能和高的可靠性等等。大生产技术就是要解决这些问题。

1. 上海要建立强大的中试基地

上海要建立强大的中试基地，对科研成果进行选择，将那些成品率高、性能好、市场需要、可靠性高的品种制订出详细的工艺规范转入大生产，而把那些不具备工业大生产条件的品种淘汰掉或要求科研单位重新开发。

2. 严格质量管理体系

质量管理是一门科学。有管理制度问题，也有理论问题。日本集成电路生产现在成品率比美国高，失效率比美国低，价格比美国便宜，很重要的原因是日本在质量管理理论和制度上都比美国优越。我国在质量管理上还没有形成一套办法，必须培养这方面的人才。要研究集成电路工业质量管理的理论、方法和管理制度，形成适合我国特点的先进的质量管理方法和管理制度，并严格实施。

3. 加强失效机理分析及可靠性研究

完备失效分析的方法与设备。开展系统的失效机理分析，为研进工艺、提高可靠性提供依据。

研究高可靠性器件的制造技术和筛选技术，为特殊需要的高可靠性器件建立完整的筛选方法及系统。

进行与可靠性有关的基础研究。

4. 在发展集成电路工业化大生产的过程中，必须要抓紧材料、配件、设备以及集成电路标准化、系列化，做到系列齐全，与国际通用标准一致，可以通用或互换使用。

5. 要发展电子计算机辅助制造技术，这不仅是为了提高劳动生产率，更重要的是在于保证高成品率和高可靠性。

本世纪末上海集成电路要建立国际先进的管理方法和制度，建立强大的中试基地，形成完整的理化分析和可靠性研究基地。在工业化生产中：大规模集成电路成品率达到 50—70%，超大规模成品率达到 30—50%，产品成本接近国际市场价格，器件失效率达到 10^{-9} /小时元件，建成年产集成电路 1 亿块以上的大型工厂 3—4 座。

(四) 微细加工技术和电子计算机辅助技术是集成电路技术发展的中心课题

微电子技术的重要标志是器件尺寸的缩小和集成度的增加。因此,微细加工技术理所当然地是中心课题。美、日都在这方面给予大量投资并组织力量攻关。与此同时,随着集成度的增加,仿制、设计、测试的复杂程度都超出了人力所能胜任的范围,必须要采用计算机辅助技术。此外,在超大规模集成电路生产过程中,要有超净环境,要进行精确的过程控制,需要发展计算机辅助制造。国际上已出现无人车间。微细加工技术和计算机辅助仿制(CAC),计算机辅助设计(CAD),计算机辅助测试(CAT),计算机辅助制造(CAM)等计算机辅助技术也是各种新功能器件、其它微电子器件(如表面声波器件、磁泡器件)的基石。

1. 微细加工技术

微细加工技术主要是:微细线条的曝光、刻蚀技术、精密掺杂、浅结技术、薄外延技术、薄膜形成技术、激光切断、熔接、修刻技术等。

微细加工技术的研究开发必须要有工艺、设备、材料三方面密切配合。发展新工艺要新设备武装,而新设备的研制又需要新工艺开发作为依据,新工艺、新设备又都要材料作为基础。

从曝光技术来说:1990年上海集成电路的目标是2—3微米线宽,2—3万元件/芯片。即使到2000年,用2—3微米线宽以上的线宽制成的集成电路仍将占很大的比例。这只需要光学投影曝光技术。2000年要进入亚微米线宽,这就需要电子束曝光,X射线曝光,子区域扫描曝光。

从刻蚀技术来说:在线宽为3.5微米到2.5微米是湿法刻蚀和干法刻蚀的过渡区。开发2微米以下线宽工艺必须要用干法刻蚀工艺,如等离子刻蚀、溅射刻蚀、离子束刻蚀。其中离子束刻蚀精度高,刻蚀线宽可达0.1微米左右,且能刻蚀多种材料,为国际上先进的刻蚀工艺。

浅结技术包括离子注入,激光或电子束退火,微离子束无掩膜技术。

磁控溅射是国际上先进的淀积金属薄膜的技术,低压化学气相淀积、等离子增强化学气相淀积、光化学气相淀积技术(CVD技术)是目前国际上很活跃的制备优质介质膜,半导体膜、金属硅化物新工艺。分子束外延技术(MBE)和金属有机化学气相淀积技术(MOCVD)是制备几十至几百埃异质结构半导体膜的新技术,是发展超晶格器件,超构造器件、高电子迁移率晶体管集成电路的基础。

在超大规模集成电路中,常常会因为局部单元不合格而使整个芯片报废。最近国际上发展了冗余技术,在芯片上加进一些备用单元,在必要时可以用激光技术等将不合格的单元切断,将好的备用部分接上。

上海发展微细加工技术应采用以下方针:

对于微细加工技术中那些需要工艺、设备甚至材料密切配合进行开发的关键项目,上海也有一定基础的,要发挥上海综合性技术力量强的优势,重点投资,组织协调好各种力量,进行攻关,限期突破。例如:干法刻蚀技术、亚微米隔离技术、各种化学气相淀积技术、100埃左右优质氧化膜制备技术、多层布线技术,激光精密切断、熔接、修刻技术等等。

需要量大, 应用面广的微加工设备, 上海有优势的要加速开发。例如: 1:1 投影光刻机。

对于国内尚未开发成熟的重大技术, 要进行调研、论证, 对有条件的要组织力量研究开发。如 X 光曝光技术, 离子束刻蚀技术, 高束流离子注入机, 子区域扫描曝光机。

对于技术指标要求明确、投资大、技术难度高、外省市已形成优势, 有产品设备, 国家已在外省市投资开发的, 上海可以购买设备进行工艺研究、开发工作。例如: 硅单晶炉、分步重复曝光系统、电子束曝光机、多功能图形发生器。

还要适当布点开发: 分子束外延(MBE)、金属有机化学气相淀积, 激光和电子束退火技术等新技术, 为开发新功能器件创造条件。

2. 计算机辅助技术

随着集成度增加集成电路版图的设计工时急剧增加。若用人工设计大规模集成电路和超大规模集成电路, 需要数十乃至数百个人年, 而且根本无法避免出错, 必须借助于计算机辅助设计。例如: 对一个典型的 64KMOSDRAM, 采用人工设计据估计需要 8 人年左右, 而初级 CAD 系统 Calma 仅需 2 人月, 对大规模集成电路和超大规模集成电路进行仿制与测试必须要有计算机辅助(CAC、CAT), 随着集成电路复杂程度的增加, 在设计时必须考虑到它们的可测性。所以计算机辅助设计和计算机辅助测试是密切相关的, 要形成大规模、超大规模集成电路大生产, 需要保证高度超净环境和工艺条件的精确控制, 这就需要计算机辅助制造(CAM)。

在计算机辅助设计方面, 上海的奋斗目标是: 在 1990 年以前建立起比较完善的达到国际上先进国家八十年代初期的计算机辅助设计系统。1990 年开始, 主要的大规模集成电路新品种的开发可以由上海计算机辅助设计中心和试制单位合作设计, 每年可设计 2—3 百元件/芯片的大规模集成电路 50 套左右。1990 年以后要重点发展设计超大规模集成电路的高级语言。研制出“硅编译器”, 大大提高超大规模集成电路的自动设计程度, 减少人工劳动和避免差错, 建立具有中国特色的标准原胞和任意原胞设计法, 为研制大规模集成电路、专用电路或半专用电路服务。特别要重视门阵列的设计, 实现层次型的设计方法。建立和健全上海地区数据库。本世纪末上海市要具备自行设计 10^6 — 10^7 元件/芯片的超大规模集成电路电子系统的能力。

在计算机辅助测试方面:

开展数字系统、模拟系统和数字模拟混合系统测试理论和方法的研究。提出有实际使用价值的测试生成的算法, 为测试生成系统的开发提供理论基础。建立实用的、面向大规模集成电路的测试生成系统, 解决集成度在几千个门/芯片左右的电路测试码自动生成。

进行测试系统(包括有关测试软件)的研究与生产, 初步建立上海的测试系统系列, 并有一定的生产能力。产品能满足大部分大规模集成电路测试的需要。研制出 40 兆赫左右的大型通用测试系统: 40 兆赫以上的存储器专用测试系统, 能解决 32 位微处理器的测试; 研制成线性电路综合测试系统和印刷电路板的测试系统, 测试速度在 10—20 兆赫, 时钟分辨率优于 1 毫微秒、直流测量精度高于千分之二的通用测试系统(系统具有高级的测试语言、系统监测器、系统诊断程序和一些实用程序)应形成生产能力, 能适应一般常用大规模集成电路测试的需要。

开发测试程序。这是一项难度较高，工作量极大的开发工作，也是将自动测试系统应用于工业化大生产的重要保证。这部分工作要计算机辅助测试设备研制单位和使用单位密切配合，与测试系统、集成电路品种同步发展。

本世纪末上海应建立起较完整的计算机辅助测试工业，在测试科学(包括理论、方法、模型)和测试系统(包括系统本身、系统软件、测试程序等)方面都要有一支强大的专业队伍，要有完整的研究开发机构和配套生产基地，使计算机辅助测试开发的综合技术达到国际上八十年代末九十年代初水平。

上海要重视计算机辅助仿制(集成电路剖析)技术的研究开发。提高仿制能力并非权宜之计，从长远看，仿制国际优选产品的工作在相当长的时期内仍是必不可少的。

上海要将现在从事集成电路计算机辅助技术方面的力量组织、协调，再组织电子计算机和信息处理方面的有关力量配合，使上海在集成电路计算机辅助技术方面走在全国的前面。

(五) 引进工作要积极慎重

日本大量从美国引进新的集成电路技术和设备用来发展本国的集成电路技术，而西欧、东南亚等国则是向美国、日本引进先进的技术和设备以发展本国集成电路技术，国外集成电路设备更新换代的周期已从七十年代的4—5年缩减到八十年代的2—3年。基本上是一代设备提供一代技术，而一代技术产生了一代集成电路产品。我国集成电路技术和设备落后美、日十五年左右。集成电路技术和设备的研究开发需要巨额投资，需要强大的现代化工业基础，有计划地引进先进技术和设备，有利于较快地缩短我国和国际水平的差距，引进工作一定要注意以下几点：

1. 认真进行调研、论证，在吸取过去经验教训的基础上，制订一套较长期的统一引进计划，使引进工作和上海市长远规划结合得更紧密。

2. 按计划实行引进工作的过程要保证质量，简化引进手续加快速度。在集成电路领域，国外向我国提供的都是五年以前的过时技术和设备。按这几年实际情况，从决定引进到正常运行的间隔又要五年以上，这样一来至少就要落后十几年。加上在引进过程中有时没按国外原有的技术要求给予各种条件的保证，这就使引进工作失去了原先预期的经济效益，给国家造成很大损失。

3. 要充分发挥引进技术和设备的效益。首先要组织好强有力的技术队伍，消化吸收引进技术。同时必须把需要量大，性能好的材料、设备交一些样品给材料、设备的研制单位进行剖析、仿制、改进、提高，从而逐渐摆脱对国外的依赖，走出自己的路子并逐步争取在某些方面能向国际市场出口。

(六) 加强专用设备和基础材料研制和生产，是摆脱落后状态的关键

在专用设备方面，上海的力量很分散，没有统一的组织和规划。除了光学仪器外，其它设备(如扩散炉、离子注入机等等)在国内都不如外省市，有的是上海最早生产(如超净室)，但现在被外省市超过了。所以上海必须把有关的力量组织协调好，并组织电子计算机和信息处理方面的力量配合，通过仔细的调研、论证，确定上海市专用设备的主攻方向。初步的看法是，上海在专用设备方面除了前面提到的微细加工及计算机辅助技术方面所需要的设备应作为重点方向外，还可以发展一些工艺测试所需的光学仪器