

## 特色专题

# 构建自主可控的集成电路产业体系

## ——“十五五”期间对中国集成电路产业发展的思考与建议

王阳元<sup>1</sup>, 卜伟海<sup>2</sup>, 于燮康<sup>3</sup>, 王润声<sup>1</sup>, 王永文<sup>4</sup>, 刘伟平<sup>5</sup>, 杨德仁<sup>6</sup>, 严晓浪<sup>6</sup>, 陈南翔<sup>7</sup>, 张兴<sup>1</sup>, 赵晋荣<sup>8</sup>, 康劲<sup>2</sup>, 魏少军<sup>9</sup>

**摘要** 本文立足世界经济 50 年长波周期演进规律, 聚焦第 5 个长波周期核心引擎——集成电路产业, 系统梳理了中国集成电路产业从“六五”至“十四五”的发展历程、产业体系现状及全球竞争格局。通过分析电子设计自动化(electronic design automation, EDA)、设计、制造、封测、设备、材料、存储器等关键环节的发展成果, 明确中国在国家安全领域芯片自主化等方面的突破, 以及多家企业跻身全球相关领域前 10 位的阶段性成就。同时, 深入剖析了产业存在的“小散弱”同质化内卷、上下游容错试错机制缺失、数据统计与产业标准不健全、“举国之力”转化不足等问题, 并结合后摩尔时代集成电路向延续摩尔、拓展摩尔、超越摩尔、丰富摩尔的发展趋势, 提出“十五五”期间要打造头部企业、完善协同机制、加大精准投资、强化基础研究、深化国际合作、优化人才培养。

**关键词** 集成电路; 产业; 长波周期; 后摩尔时代; “十五五”规划; 自主可控; 产业链安全

### 1 世界经济 50 年长波周期的演进

经济学研究表明, 世界经济的发展存在一个以 50 年为长波周期的变化规律, 称为“康德拉耶夫周期”<sup>[1]</sup>。18 世纪末到 19 世纪中叶为第 1 个长波周期, 以蒸汽机带动的纺织工业为驱动器; 19 世纪中叶到

19 世纪末期为第 2 个长波周期, 美国利用钢铁产业实现了大国崛起; 19 世纪末到 20 世纪中期为第 3 个长波周期, 美国利用电力和石化产业获得了经济强国地位; 20 世纪中期到 20 世纪末期为第 4 个周期, 日本以汽车产业为推进器实现了经济腾飞。人类社会从 20 世纪末期开始进入信息时代, 信息产业成为第 5 个长波周期推动生产力发展和社会进步的引擎(图 1)。

图 1 表明, 1820 年, 中国以农业和手工业为经济主体的国内生产总值(gross domestic product, GDP)占世界总量 32.92%; 但在 1840 年以后, 没有跟上时代前进的步伐, 成为了列强刀俎之上任人宰割的鱼肉。得益于在改革开放环境中信息产业的发展, 从 20 世纪末起, 中国 GDP 在世界总量中的占比开始缓步上升; 2005 年起, 中国的 GDP 开始加速发展; 2009 年, 中国 GDP 总量超过了日本, 成为了世界第二大经济体。

2024 年, 世界、中国、美国的 GDP 分别为 111.33

1. 北京大学集成电路学院, 北京 100871

2. 北方集成电路技术创新中心(北京)有限公司, 北京 100176

3. 国家集成电路封测产业链技术创新战略联盟, 无锡 320214

4. 北京大学软件与微电子学院, 北京 102600

5. 北京华大九天科技股份有限公司, 北京 100102

6. 浙江大学材料科学与工程学院, 杭州 310058

7. 长江存储科技控股有限责任公司, 武汉 430078

8. 北方华创微电子装备有限公司, 北京 100176

9. 清华大学集成电路学院, 北京 100084

收稿日期: 2025-10-09; 修回日期: 2026-01-15

作者简介: 王阳元, 教授, 中国科学院院士, 研究方向为微纳电子学的新器件、新工艺技术和新结构电路, 电子信箱: yywang@pku.edu.cn

引用格式: 王阳元, 卜伟海, 于燮康, 等. 构建自主可控的集成电路产业体系——“十五五”期间对中国集成电路产业发展的思考与建议[J]. 科技导报, 2026, 44(3): 34-49; doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2025.10.00017

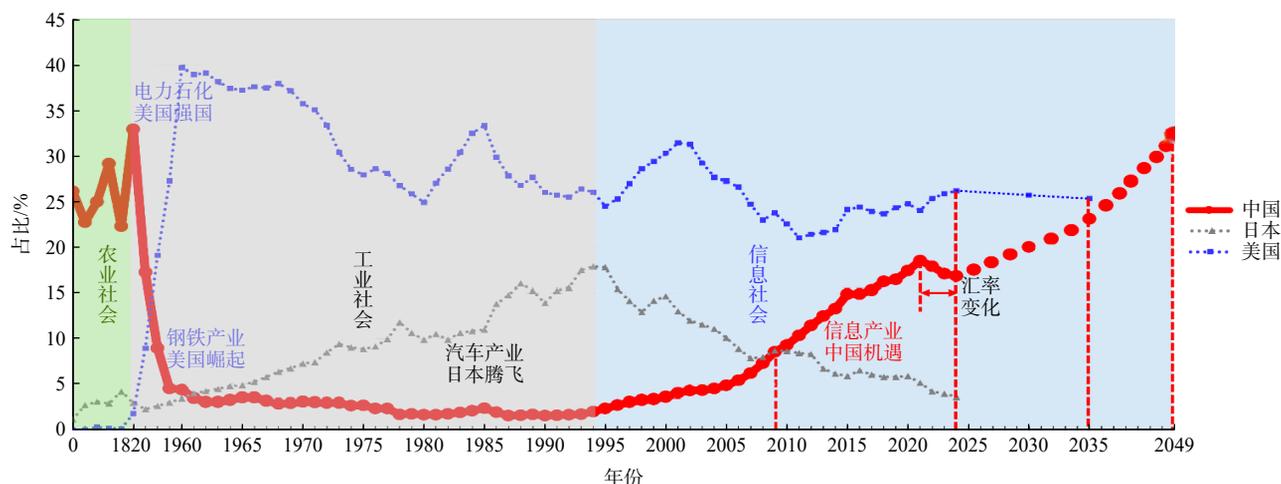


图1 中国、美国、日本历年 GDP 占世界 GDP 的比例

(数据来源:《世界经济千年史》(公元0年—1950年GDP,货币单位1990国际元),世界银行(1960年至今GDP,现价美元))

万亿、18.74万亿和29.18万亿美元(世界银行数据,名义GDP,现价美元),中国和美国分别占世界GDP总量的16.84%和26.21%。

从2025年起,假定世界、中国和美国的年均GDP增长率分别按2.5%、5.5%和2.2%,且不考虑汇率变化进行简单测算,到2035年,中国和美国GDP将分别达到33.8万亿和37.1万亿美元,分别占世界GDP总量的23.12%和25.38%。当然,在考虑到美债危机、通胀压力、汇率变化、新质生产力推动等不可预知因素的情况下,到2035年,中国GDP总量也存在和美国比肩,甚至超越的可能性。

若2025—2035年中国GDP年增长率按5.5%、其后按5%简单测算,到第5个长波经济周期末,即中华人民共和国成立100周年的2049年,中国将占世界GDP总量的32.40%,与1820年的32.92%基本相当,如图1所示。

之所以预测在“十六五”末的2035年,中国的经济体量有可能与美国相当甚至超越(依据高盛集团、国际货币基金组织主流模型预测),源于我们的底气。国家发展和改革委员会主任郑栅洁发布“十四五”期间的数据<sup>[2]</sup>表明:中国经济增速平均为5.5%,对世界经济增长的贡献率保持在30%左右;内需对经济增长的平均贡献率为86.4%,最终消费对经济增长的平均贡献率达到56.2%;中国钢铁产量连续28年稳居世界之首,连续15年稳坐全球制造业“头把交椅”,200多种主要工业品产量居世界第1位;2024年研发

支出占GDP的比例达到2.68%,接近经济合作与发展组织(Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD)国家的平均水平;2024年,集成电路年产量比“十三五”末增长72.6%;同时,中国还是第一货物贸易大国、第一外汇储备大国、第一能源生产大国、第一人力资源大国。另据世界银行、国际货币基金组织(International Monetary Fund, IMF)以购买力平价(purchase power parity, PPP)法测算GDP,中国经济总量在2016年已追平美国。2024年,中国的PPP GDP为38.19万亿国际元(PPP比较中用于统一转换各国货币的虚拟单位),美国为29.18万亿国际元,中国是美国的134%。中国已成为世界发展最稳定、最可靠、最积极的力量。

当今中国正面临世界百年未有之大变局。对中国而言的“好时代”是,中国正在崛起,正走在由“富起来”迈向“强起来”的康庄大道。根据联合国工业发展组织(United Nations Industrial Development Organization, UNIDO)2024年10月发布的《工业化的未来》报告,中国的制造业产值已占全球总量的35%。作为世界第二大经济体的中国,在“小院高墙”“脱钩断链”“关税高压”的威胁面前,成为了无惧狂风巨浪的中流砥柱。对中国而言的“坏时代”是,要面对各种以中国为敌的围剿、制裁和霸凌。仅在2021年以后,美国就出台了《2021年美国创新与竞争法案》《2022年芯片与科学法案》《国家安全战略》《2024年人工智能开发使用行政令》等政策,明确将中国视为“战略竞争对

手”和“最严峻的竞争者”，要将“击败中国”列为优先事项，美国甚至将国防部(the Department of Defense)更名为战争部(the Department of War)。欧洲和日本也相继出台了“去中国化”的《欧洲芯片法案》和《半导体产业紧急强化方案》。在这样波诡云谲的形势中，我们必须“丢掉幻想，准备斗争”。

## 2 集成电路产业成为推动生产力发展的引擎

马克思说：“各种经济时代的区别，不在于生产什么，而在于怎样生产，用什么劳动资料生产。”<sup>[3]</sup>如前文所述，第5个经济长波周期的引擎是信息产业。对于1958年集成电路的发明，诺贝尔奖评审委员会的评价是：“为现代信息技术奠定了基础。”信息在传播、交换和应用中体现价值。如今，信息已经成为人们生产和生活中的重要资源，成为国家安全的重要保障。

在中国制造业产值已占全球总量35%的基础上，加速发展中国信息产业应成为“十五五”规划的重中之重。这是保证GDP总量增长速度的需要，是持续增进民生福祉的需要，是“止戈为武”、保障国家安全、维护和平发展环境的需要。

在“十五五”的5年中，集成电路相关人员将承担着强军、强国的重任，肩负着中华民族伟大复兴的历史使命。信息产业的核心是集成电路和在集成电路中运行的软件，以及由集成电路和软件共同构成的信息系统。正在亚洲、欧洲和中东地区进行的局部战争，凸显了以集成电路和软件构成的体系战争特征。体系战争不再是兵员多寡、钢铁堆砌的简单比拼，战争胜负的砝码已经从制陆权、制海权、制空权向制天权、制电磁权、制信息权倾斜。“制”的核心是“智”，是“不战而屈人之兵”。当今，集成电路是“智”的载体。

卫星、有源相控阵雷达、预警机、歼击战机、无人机群、导弹已然是体系战争中的主导装备。传感器、中央处理器(central processing unit, CPU)、图形处理器(graphics processing unit, GPU)、数据处理器(data processing unit, DPU)、存储器、基带芯片、射频芯片、电源管理等芯片，在上述装备中承担着信息获取、信息处理、信息存储、信息传输和信息执行的所有重任。集成电路性能的高低、产能的强弱，以及由其中运行的软件系统所构成的数据链，已经成为武器

即时响应、实时应变、指挥控制、精准打击的“智能”关键；而宽禁带半导体(如SiC、GaN)的应用，对于电磁弹射系统能量转化效率、弹射效率与可靠性的提升，成为航母战斗群“体能”延伸的重要保障。可以说，现代装备体系中的集成电路和软件正在改变战争规则。

在民生领域中，信息体系成为人们提高生活水平和幸福指数的平台，架起了全世界人们相互沟通的桥梁。在互联网支持的环境下，移动通信、电子商务和数字支付的普及使得传统的邮政系统、纸媒传播、实体店购物和胶片产业在市场上感到落寞。微信(WeChat)、抖音(TikTok)，以及快递服务成为许多国家普通人生活中不可或缺的组成部分，媒体触及人群庞大，如2025年，“9·3”阅兵全媒体渠道直播和重播点播总触达296.21亿人次，电视端直播收视份额达92.61%，央视总台直播信号和新闻视频被129个国家和地区的2016家海外主流媒体采用播出<sup>[4]</sup>。2024年8月，中国电子行业以11.54万亿元的总市值首次超越银行业，成为A股市场第一大行业<sup>[5]</sup>。

## 3 从“六五”到“十四五”的中国集成电路产业

20世纪50年代，以中国固体物理和半导体物理学学科的开创者之一黄昆为代表的一代大师秉承着“中国有我们和没有我们，makes a difference”<sup>[6]</sup>的坚定信念，放弃了国外优渥的生活和科研条件回到祖国，成为了中国集成电路产业的奠基者；他们培养的第一批半导体专业人才成为中国集成电路产业的开拓者。

从20世纪60年代到90年代末，中国集成电路产业在初始创业中探索前进。进入21世纪，从“十五”起，在改革开放的大环境中，以中芯国际集成电路制造有限公司(中芯国际)为代表的一批与国际接轨的企业涌现，在国家政策的支持下，中国集成电路产业驶入了规范发展的快车道，自2001年至2011年，平均1年的销售额(810.9亿元)就超过了前20年销售额的总和(519.2亿元)。自“十二五”起，中国集成电路产业进入高速成长阶段。图2表明，从“六五”起，每2个相邻的10年段，后者的集成电路年平均销售额就增加一个数量级，按此规律预计，“十四五”到“十五五”这10年的年平均销售额将达到 $10^4$ 亿元。

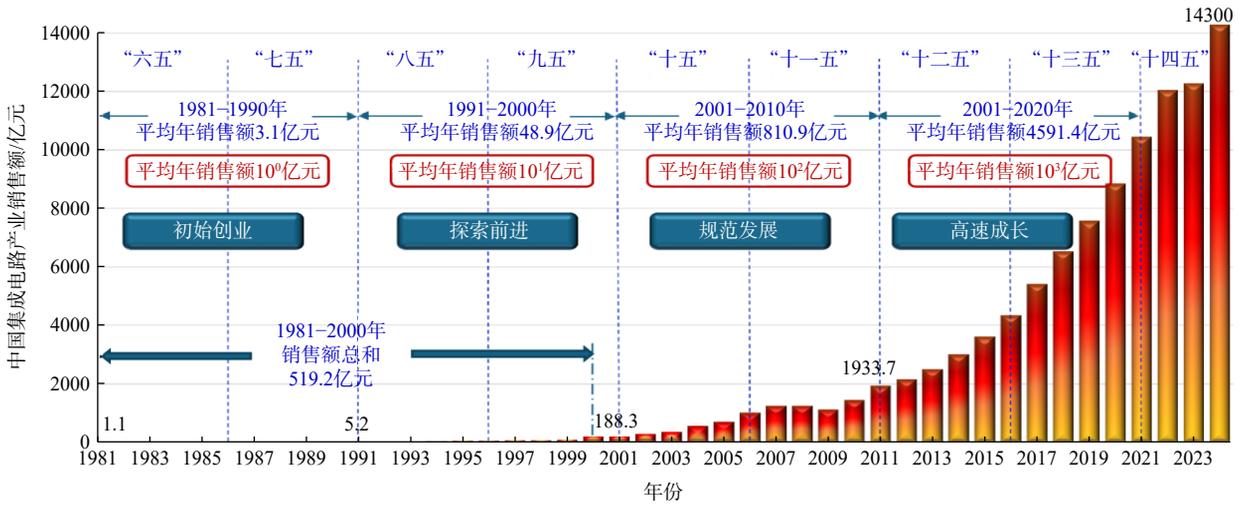


图2 中国集成电路产业历年销售额  
(数据来源: 中国半导体行业协会)

图3 表明了我国集成电路销售额、电子信息产业销售额和 GDP 的正相关关系。其中,从 2004 年到 2024 年,电子信息产业销售额与 GDP 之比均值约为 1/5;而集成电路销售额与 GDP 之比则从 1/300 上升到 1/100,这一是表明中国集成电路产业对 GDP 的贡献越来越大,二是证明了以集成电路为核心的电子信息产业的确是第 5 个经济长波周期的驱动器。图 4 为世界半导体市场总额与世界 GDP 总额的比较,同

样证明了二者之间的正相关关系。24 年间,半导体销售额/GDP≈1/220(24 年均值)。

## 4 集成电路的产业体系

### 4.1 集成电路产业体系的基本架构

集成电路产业体系包括集成电路产业链和支撑其发展的各种外部条件:集成电路产业链的生产发端于社会进步和国家安全需求,根据这些需求,由不断追求技术创新的生产链生产各种集成电路产品;最后,由集成电路+软件构成的整机系统,在各种信息设备的市场应用中体现其最终价值。作为集成电路产业体系,还要考虑国际环境变化、国内政策支持、持续投资强度和人才队伍建设等必要支撑条件(图 5)。

体积小、重量轻、智能强、速度快、功能多、容量大、功耗低是人们在生产和生活中对信息终端不断提出更新迭代的需求。为满足上述需求,作为集成电路产业体系核心部分的集成电路产业链,要在器件结构、设计工具、专用材料、专用设备、生产工艺等各个方面不断创新。

作为外部支撑条件,首先要创造有利于生产和进出口贸易稳定的和平环境;要加强人才,尤其是领军人才队伍的建设;同时,在已经发布的《鼓励软件产业和集成电路产业发展的若干政策》和《国务院关于印发进一步鼓励软件产业和集成电路产业发展若干政策的通知》基础上,进一步提高政策支持的方式和力

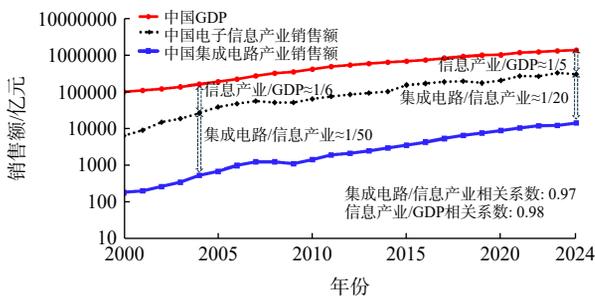


图3 中国集成电路产业、信息产业销售额和 GDP 的比较  
(数据来源: 国家统计局、工业和信息化部)

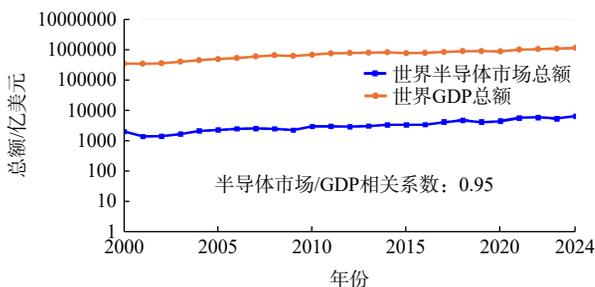


图4 世界半导体市场总额与世界 GDP 总额的正相关关系  
(数据来源: 世界银行、世界半导体贸易统计)

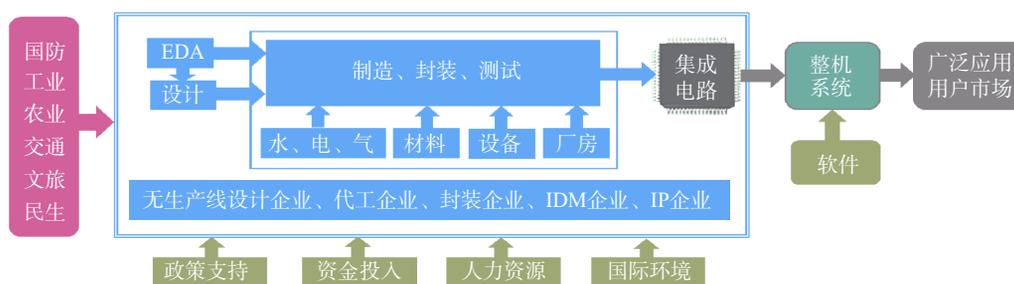


图5 集成电路产业体系基本构成

度;在国家集成电路产业投资基金(国家大基金)的基础上要持续增加国家对集成电路产业的高强度投入。

## 4.2 中国集成电路产业的现状与面临的挑战

### 4.2.1 中国集成电路产业的现状

1) 安全。在卫星、国家安全与军事网络、所有制导的攻防装备中应用的集成电路和加密软件,已经做到100%由自主可控的产业链进行生产、维护和迭代,对有关国家安全的领域构筑了坚实屏障。

2) 电子设计自动化。国际半导体产业协会(Semiconductor Equipment and Materials International, SEMI)统计数据显示,2024年,全球电子设计自动化(electronic design automation, EDA)市场规模为117.93亿美元,其中,国外的3家——新思科技(Synopsys)、楷登(Cadence)和西门子(Siemens)的EDA销售额分别为42.21亿、32.95亿和19.89亿美元,合计占世界EDA市场总额的81%。这3大企业形成了较高的行业进入壁垒,同时也积累了较强的用户黏性。

1993年,中国第一款具有自主知识产权的EDA工具“熊猫系统”研制成功,打破了国外封锁的大门,点燃了中国EDA产业发展的星星之火。其后,输出管制统筹委员会解除封锁,国外EDA企业以其成熟产品涌入,国内EDA工具研发和应用陷入低谷。2002年起,北京华大九天科技股份有限公司、上海概伦电子股份有限公司、杭州广立微电子股份有限公司、上海合见工业软件集团有限公司、上海思尔芯技术股份有限公司、深圳鸿芯微纳技术有限公司、芯华章科技股份有限公司、苏州培风图南半导体有限公司等一批EDA公司陆续成立,迄今逾百家。2024年,北京华大九天科技股份有限公司以1.56亿美元销售额跻身世界10强,居第6位。在模拟电路设计、存储电路设计、射频电路设计、平板显示电路设计等领域已

实现全流程覆盖,并在数字电路设计、晶圆制造EDA、先进封装EDA等领域取得突破,其电路仿真工具、物理验证工具、超大规模版图数据处理与分析工具、时序优化工具、电源可靠性签核工具达到全球领先水平,并可支持鳍式晶体管(fin field-effect transistor, FinFET)工艺。其EDA产品已在中芯国际、深圳市海思半导体有限公司、紫光展锐(上海)科技股份有限公司、海光信息技术股份有限公司、京东方科技集团股份有限公司等客户中得到广泛应用。

3) 设计。据集邦咨询(TrendForce)的研究报告,2024年,在无生产线设计企业(fabless)中,英伟达(NVIDIA)、高通(Qualcomm)和博通(Broadcom)的营收额分别为1243.77亿、348.57亿和306.44亿美元,豪威集成电路(集团)股份有限公司以30.49亿美元的营收额位列第9。2024年,国内集成电路设计企业有3626家,其产品以通信和消费类的中低端芯片为主,全行业产值为6460.4亿元(约909.9亿美元)。也就是说,3626家企业的销售总额尚不及英伟达一家的销售额。但是,除了需要在性能、功耗、成本和体积上都有高要求的手机芯片外,其他芯片,包括AI芯片、CPU芯片、现场可编程门阵列(field-programmable gate array, FPGA)芯片等,美国已经无法对中国实施限制。国内一批设计企业进入全球前列,芯片设计水平已跻身国际第一梯队,深圳市海思半导体有限公司、紫光展锐(上海)科技股份有限公司分别是国内智能手机处理器芯片第1、第2大设计商,市场占有率分别为20%、10%。

高端芯片的设计与生产主要受限于:EDA工具的禁运严重影响国内集成电路设计企业的研发效率和质量,同时还会增加风险和成本;国内芯片制造能力的提升;下游企业倾向于进口国外产品。

4) 制造。根据集邦咨询(TrendForce)发布的报

告,2025年第二季度,中芯国际在芯片代工企业的全球市场占有率(市占率)中超过了联华电子股份有限公司和格芯(GlobalFoundries),位居世界第3。上海华虹(集团)有限公司位居世界第6。

2025年上半年,中芯国际 $\geq 28$  nm工艺的晶圆月产能达到35万片,产能利用率达到92.5%;其14 nm及以下FinFET技术代工的芯片,已实现规模化量产和商业化,为国内先进逻辑产能需求提供了支撑。

5) 封测。2024年,全球集成电路封测产业市场规模达到821亿美元。其中,中国台湾日月光半导体制造股份有限公司营收185.4亿美元,位列第一,美国安靠科技(Amkor Technology)公司以63.2亿美元位列其次,江苏长电科技股份有限公司以50亿美元营收居世界第3位,通富微电子股份有限公司营收33.2亿美元位列全球第4;天水华天科技股份有限公司营收20.1亿美元排名第6。

截至2024年,国内先进封装的企业数量为116家。江苏长电科技股份有限公司在高算力(含相应的存储、通信)、AI端侧、功率与能源、汽车和工业等重要领域拥有行业领先的半导体先进封装技术。通富微电子股份有限公司大力开发扇外型、圆片级、倒装焊等封装技术并扩充其产能,积极布局芯粒(Chiplet)、2D+等顶尖封装技术,形成了差异化竞争优势。天水华天科技股份有限公司持续进行先进封装技术和产品的研发及量产工作,推进Chiplet、汽车电子、板级封装平台相关技术的研发。完成了2.5D生产线建设和设备调试,扇外型面板级封装(fan-out panel level packaging, FOPLP)技术通过了客户认证。盛合晶微半导体(江阴)有限公司是国内12英寸中段凸块加工产能和加工规模最大的企业,也是国内首家大规模量产基于硅通孔载板(TSV Interposer)的2.5D Chiplet全流程先进封装企业。

6) 设备。设备作为半导体行业的核心支柱,近年来在自主可控与国产替代的大背景下,本土化趋势愈发明显。北方华创科技集团股份有限公司是国内半导体设备的平台型企业,已形成“刻蚀+薄膜沉积+热处理+湿法+离子注入”全品类布局。2025年6月,北方华创科技集团股份有限公司取得芯源微控股权,补充光刻配套的涂胶显影设备短板。2024年,北方华创科技集团股份有限公司全球排名第6位。中微半导

体设备(上海)股份有限公司刻蚀机占全球市场份额的17%,据公开报道是唯一进入中国台湾积体电路制造股份有限公司(台积电)7 nm/5 nm工艺的大陆本土设备商。上海微电子装备(集团)股份有限公司28 nm光刻机(ArF, Immersion)进入工艺测试阶段。拓荆科技股份有限公司14 nm次常压化学气相沉积(subatmospheric chemical vapor deposition, SACVD)设备在中芯国际产线成功替代国外同类产品。盛美半导体设备(上海)股份有限公司自主研发出的单片兆声波清洗设备已经进入台积电CoWoS(2.5D、3D的封装技术)生产线。华海清科股份有限公司新一代12英寸超精密晶圆减薄机批量进入大生产线,连续发往国内多家半导体龙头企业。

据SEMI统计,2024年全球半导体设备出货金额为1171亿美元。其中,阿斯麦(ASML)、应用材料(Applied Materials)和泛林集团(Lam Research)的营收分别为310.2亿、250.3亿和162.1亿美元。中国大陆排名前10位的主要半导体设备制造商在2024年的半导体设备销售收入486亿元左右(约67.51亿美元),合计市场份额约占全球5.77%,占国内市场份额13.6%。

目前,中国大陆晶圆制造设备供应商有185家,半导体封装设备供应商有224家。

7) 材料。集成电路材料主要包括硅材料、高纯电子化学品、高纯电子气体、光刻胶、高纯石英制品、溅射靶材、框架引线封装材料等。直拉硅单晶(硅片)包括抛光片、外延片、SOI硅片(绝缘体上硅)等类型。

日本的信越(Shin-Etsu)、胜高(SUMCO),中国台湾的环球晶圆股份有限公司,德国的世创(Siltronic)和韩国的SK Siltron这5家企业占据了全球硅片市场85%的份额,其中信越和胜高2家企业的市场占比达50%以上。2024年,中国150 mm及以下集成电路硅片已经全国产化;200 mm硅片被本土芯片厂商的接受程度在进一步提升,已获得约70%的国内市场份额;300 mm集成电路硅片的国产化正在加速,国内市场约55%已经由国产硅片替代使用,特别是300 mm存储芯片用硅片基本可以实现自主供应。但是多晶硅的70%、抛光机的70%、抛光垫和浆料的90%依赖进口。

目前,国内主要的12英寸硅片厂家有西安奕斯

伟材料科技股份公司、杭州立昂微电子股份有限公司、上海硅产业集团股份有限公司及中环领先半导体科技股份有限公司。2024年,西安奕斯伟材料科技股份有限公司硅片产能达到71万片/月,全球市占率6%(测试片占50%),排名第6位。山东天岳先进材料科技有限公司在碳化硅衬底制造市场中占22.80%,居全球第2位。江苏南大光电材料股份有限公司实现了ArF光刻胶(28 nm工艺)量产,客户覆盖中芯国际、长江存储科技控股有限责任公司(长江存储),2025年国产替代率预计突破30%。晶瑞电子材料股份有限公司在G线光刻胶市占率达30%;KrF光刻胶国产化率达42%。

8) 存储器。存储器包括动态随机存取存储器(dynamic random access memory, DRAM)、NAND闪存(NAND Flash)、NOR型闪存(NOR Flash)和存储器接口等产品。据世界半导体贸易统计组织(World Semiconductor Trade Statistics Organization, WSTS)统计,2024年世界半导体市场总额为6305.5亿美元,其中存储器为1655.16亿美元,占26.25%。存储器的市场份额中,DRAM占58.26%,NAND Flash占41.68%<sup>[7]</sup>,是存储器竞争的主要赛道。

1976年,北京大学王阳元团队研制成功的硅栅N沟道1024位金属氧化物半导体(MOS)DRAM比日本电气股份有限公司(NEC)于1973年研制的1024位MOS DRAM(型号 $\mu$ PD404)仅晚了3年,一举打破了西方封锁,成为继美、日之后的第3个拥有1024位MOS DRAM的国家。

其后,由于资金、设备、人才等因素的制约,加之国外产品的涌入,中国DRAM的研发和生产一度中止;直至2004年,中芯国际的第一款产品64 Mb的DRAM交付用户。但由于中芯国际转型为晶圆代工厂(Foundry),DRAM的研发与生产再度中止。

自1976年中国第一款DRAM诞生后的40年,长鑫科技集团股份有限公司(长鑫科技)于2016年成立,弥补了中国DRAM研发和生产的空白。作为集设计、制造、封测一体的垂直整合制造(IDM)厂商,2019年,长鑫科技推出了自主设计生产的8Gb DDR4产品,实现了中国大陆DRAM产业“从0到1”的突破。目前,该企业已通过“跳代研发”策略,完成了从第一代工艺技术平台到第四代工艺技术平台的量产,

以及DDR4、LPDDR4X到DDR5、LPDDR5/5X等产品的覆盖和迭代。2024年,三星电子(SAMSUNG Electronics)、SK海力士(Hynix)和美光科技有限公司(Micron Technology, Inc.)在全球DRAM市场占有率分别为40.49%、29.38%和22.93%,长鑫科技为4%,成为全球第4的DRAM制造商。作为全球DRAM市场的后起之秀,长鑫科技一直致力于通过加大研发投入和自主技术创新,在DRAM产品设计、制造工艺、封装测试、模组设计与应用等各业务环节构建了全面、完善的核心技术体系,主要核心技术已达到国际先进水平。

长江存储也是一家集芯片设计、研发制造、封装测试及系统解决方案产品于一体的存储器IDM企业,2024年实现了294层3D NAND闪存量产,月产能达到30万片晶圆,其世界市场份额为8.6%,位居第6。长江存储晶栈3.0架构率先突破200层。日本铠侠(KIOXIA)和韩国三星电子均放弃临近型外围电路/置底层外围电路(PNC/PUC)架构,向长江存储购买晶栈架构专利授权用于新技术代开发。晶栈架构在集成电路存储领域首次实现中国技术反向定义国际主流技术路线,引领了国际3D NAND技术发展方向。2024年,全球NOR Flash市场规模达到26.99亿美元,兆易创新科技股份有限公司以23%的全球市场份额居第2位。澜起科技股份有限公司的主要产品是内存接口芯片,内存扩展控制芯片,内存模组配套芯片。2024年,澜起科技股份有限公司内存接口芯片的世界市场份额达36.8%,位居全球第1。其客户集中于三星电子、SK海力士、美光科技有限公司这3家企业。

9) 进出口。中国集成电路国产化率逐渐提高,进口集成电路开始减少(图6)。但是,2024年中国集成电路进口额为3857.9亿美元,超过原油进口额3247亿美元,仍位列第1。2024年,进口集成电路中,处理器(手机、电脑、GPU)和控制器占进口额的49.9%,存储器占24.1%;进口集成电路均价为0.69美元/个。国产汽车95%的芯片依靠进口。90%以上的存储芯片依靠进口。2024年,中国集成电路出口总额为1595.5亿美元,超过手机的1343.6亿美元,成为出口额最高的单一商品,出口集成电路均价0.54美元/个。可以看出,无论是进口还是出口的集成电路,仍

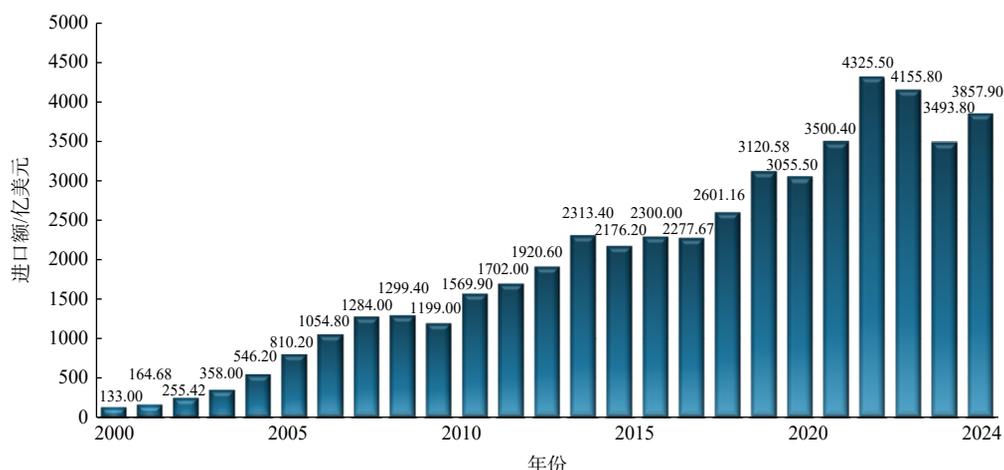


图 6 中国集成电路的进口额  
(数据来源: 中国海关)

在中、低档产品的范畴之内, 尚未突破高端集成电路生产的瓶颈。

10) 投资。国家大基金一期 1387 亿元、二期 2041.5 亿元, 在支持中国集成电路产业的发展过程中起到了重要作用, 2024 年 5 月 24 日正式成立的第三期大基金 3440 亿元即将持续对中国集成电路产业的发展提供鼎力支持。3 期大基金合计约 967.4 亿美

元。但是, 2024 年, 英特尔公司(Intel Corporation)、三星和台积电 3 家 1 年的资本支出合计就达到 857.8 亿美元(图 7)。三星电子 1 年约 360 亿美元的资本支出, 接近组建一支航母战斗群的费用(据美国国防部的武器项目成本报告《SAR》估算一个航母战斗群的初始装备成本约为 375 亿美元)。

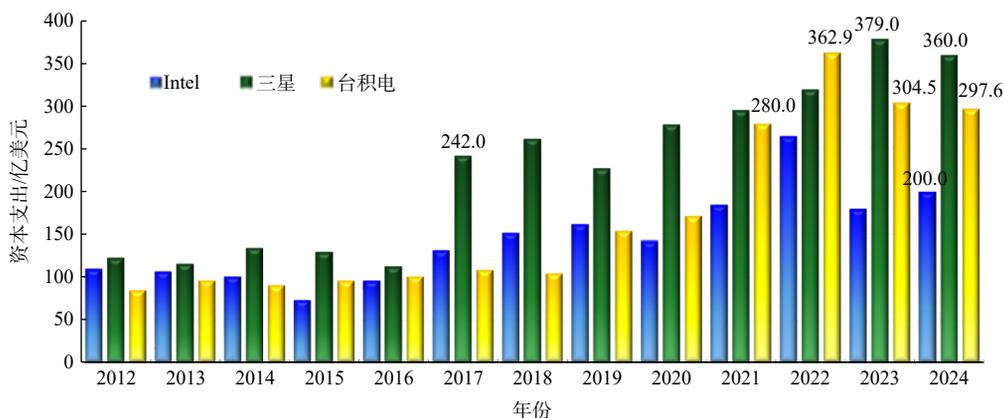


图 7 Intel、台积电和三星的资本支出  
(数据来源: 各公司财报)

反观有限的国家大基金, 要在多少年内、由多少企业来分配这 900 多亿美元? 在资本的唆使与糖衣炮弹的攻击中, 又如何保证国家大基金有效地发挥作用? 这是我们必须慎重思考, 也要加强管理的课题。

11) 小结。集成电路生产是一项牵涉百种设备、千种材料、万种产品的, 庞大的、极其复杂的系统工程, 上述现状梳理只是以管中窥豹的方式对中国集成电路产业链中的部分环节进行概貌性描述, 核心结论

为: (1) 在政治、军事、太空、经济、文化、社会、网络等涉及《中华人民共和国国家安全法》规定的国家安全领域, 中国已经能够实现 100% 自主制造、具有自主知识产权的芯片, 筑牢了国家安全的底线; (2)  $\geq 28$  nm 成熟工艺的中低端芯片占世界市场的 80%, 中国  $\geq 28$  nm 芯片产能占该世界市场的 33%, 且芯片的设计与制造均不受制约; (3) 在攀登集成电路产业顶峰的征途中, 中国已经登上了进入世界前 10 的“第一

台阶”(表 1),并在这个台阶上建立了继续攀登的“大本营”。

表 1 中国集成电路公司主要领域及世界排名

企业名称	领域	2024年世界排名
北京华大九天科技股份有限公司	EDA	6
豪威集成电路(集团)股份有限公司	Fabless	9
中芯国际集成电路制造有限公司	Foundry	3
上海华虹(集团)有限公司	Foundry	6
江苏长电科技股份有限公司	封测	3
通富微电子股份有限公司	封测	4
天水华天科技股份有限公司	封测	6
北方华创科技集团股份有限公司	设备	6
西安奕斯伟材料科技股份	硅片	6
山东天岳先进科技股份有限公司	碳化硅衬底	2
长鑫科技集团股份有限公司	DRAM	4
长江存储科技有限责任公司	NAND Flash	6
兆易创新科技集团股份有限公司	NOR Flash	2
澜起科技股份有限公司	内存接口	1

#### 4.2.2 中国集成电路产业存在的主要问题

1) 小、散、弱同质化竞争内卷严重。小而散是中国集成电路产业发展中的痼疾。EDA企业逾百家,封测企业 116 家,晶圆制造设备企业 185 家,封装设备企业 224 家,设计企业 3626 家,销售额小于 1000 万元的企业 1769 家,人数少于 100 人的小微企业占总数的 87.9%。其根源是“宁为鸡头,不为牛尾”“小富即安”的小农经济文化延续。当然,在市场经济中,很难实施对小微企业的强行并购,但占 87.9% 的小微企业“优不胜,劣不汰”的结果就是因内卷而产生内耗,占据了众多的公共资源,也分散了众多的公共资源。小微企业绑在一起也不可能与英伟达、高通、新思科技、楷登这样的集团军正面交锋,散沙难以相聚成塔。

2) 上下游企业之间欠缺容错、试错机制。EDA 工具要经过设计企业使用才能逐渐成熟,与制造企业合作才能创造更多可以复用的知识产权(intellectual property, IP);新的设备、新的材料要经过生产线批量生产的考验才能逐步稳定运行与可靠供货;设计的新产品要在整机上经过反复试用才能改进其性能。这期间的容错、试错是不可回避的过程,然而这一过程都需要付出成本,成本的增加有可能成为加速产品国

产化的障碍。尤其是当某一产品不受制约,可以从国际市场上采购时,由于供方与客户之间所产生的黏性和已经建立的生态关系,使得能够国产化的产品更是难以在市场中杀出一条血路。以汽车电子为例,虽然中国已经成为汽车生产第 1 大国,占全球市场 66% 的份额,但国产汽车 95% 的芯片仍依靠进口,其中计算和控制类芯片依赖度高达 99%,功率和存储类芯片依赖度达 92%<sup>[8]</sup>。而这些电路的绝大部分国内均可以生产。

3) 整合权威数据统计。制定规划的第一步是“知己知彼”,“己”和“彼”的直观表现是数据。数据的权威与否在于统计对象的设定和统计方法的运用。由于统计对象和统计方法的差异,不同的统计单位也会产生不同的数据。全球宏观数据(如 GDP)一般以世界银行、IMF 和国家统计局的数据库为准。世界半导体行业数据一般以美国半导体行业协会(Semiconductor Industry Association, SIA)、WSTS、IC Insight、Gartner 所公布的数据作为参考。中国半导体行业公布数据的权威部门是中国半导体行业协会、工业和信息化部及海关总署。有以下问题需要解决。

(1) 可以公开、共享、连续的宏观数据。对中国集成电路产业数据的统计,有相关政府部门、各部门行业协会,也有众多咨询公司和顾问公司将数据变为纸质、售价高企的“研究报告”。不反对将数据分析转化为利益,但某些可以公开、共享的数据也不应转变为某些企业的私有财产。从世界银行官网可以查到历年世界及各大洲的 GDP 数据,但要进一步查找各国的数据就需要成为注册会员。同样,在 WSTS 官网上可以查到世界半导体总销售额的数据,但月度数据或增长率就只有 PDF 格式图片,若查找各国具体数据,也需要注册成为会员,并交纳相关费用。

(2) 明确“中国集成电路产业与市场”的定义。WSTS 对世界半导体市场规模的定义很简单,即所有总部所在地企业当年销售总额之和(所有海外建设的企业销售额一概并入总部所在地企业的销售总额,如 SK 海力士(无锡)产业发展有限公司、三星半导体(西安)有限公司的销售总额并入总部在韩国的海力士、三星的销售总额)。把上述单个企业的销售额累加,最后形成世界数据。中国半导体行业协会对半导体产业的统计是设计、制造、封装三业之和,制造与封装的

产值在最终产品的价值中就产生了重复统计,始终与国际数据不能接轨。中国集成电路市场的真实规模,目前仍是待解之谜。进口电路中,有多少集成电路用于中国的整机制造,复又随整机出口;有多少集成电路用于国内整机,并在国内市场“消费”;而国内企业生产的集成电路有多少由国人消费,多少出口,似乎没有人说得清。

另外,行业协会将所有在本土建设的企业销售额,包括外企在国内建设的公司的销售额都统计在中国的产业销售额之内,如SK海力士(无锡)产业发展有限公司等的营收就被国内、国外统计了2次。综上,中国权威主管部门需要明确中国集成电路产业和市场的定义,并以此作为今后制定规划和指导企业发展的统一依据。

4) 制定产业标准规范。仅以设备标准为例。半导体设备及零部件标准体系存在3大缺陷,制约产业发展:(1)基础性标准难满足先进制程(如极紫外光刻)对精度、纯度、可靠性的严苛要求,缺乏前瞻性专属规范,导致研发方向不明、性能评估失准;(2)新型特种零部件(耐等离子体部件、精密陶瓷件)缺乏细化性能与寿命标准;设备协同控制及自动化集成等系统级接口规范缺失,制约良率优化;(3)现有标准多定性描述,缺乏高精度量化指标及极端工况测试方法,导致寿命预测失准、质量管控困难。这些问题引发设备性能瓶颈、供应链风险加剧、研发成本高企、产业协同受阻。

5) 将“举国之力”化为可以具体实施的举措。美国遏制中国集成电路产业发展主要是利用EDA、设备和材料3张牌。“十五五”期间应首先解决EDA、极紫外光刻(EUV)和硅片这3个关键问题。“打得一拳开,免得百拳来。”“举国之力”不应是口号,而应该是“十五五”期间必须由国家层面建立的整合机制,从而锻造出真正可以与强手对垒的“头部企业”。

以光刻机为例,ASML的EUV有10万个零部件,零部件供应商有5000家,ASML不过是集大成者。据报道,中国EUV的激光光源、移动平台和光学系统均在不同单位取得突破性进展,如何以举国之力将其集成,是“十五五”期间必须解决的问题。如何创立中国的ASML,让“被集成者”跳出“名利”的藩篱,统一调度资金和人力资源,是有关部门应立即制定实

施方案的紧急课题。同样,EDA和硅片也必须由国家层面统筹引导,在企业合作中创造出崭新的共赢机制。

## 5 集成电路产业的发展趋势

就戈登·摩尔(Gordon Moore)最初的论述而言,最低成本下,每2年芯片上的晶体管数增加1倍(是2年前的2倍),或可以表述为:本年每单位价格所能购买的晶体管数是前2年的2倍。实际上,由于芯片越来越复杂,制作成本越来越高,这个“2倍”的倍数越来越低,也就是说,摩尔定律前进的脚步越来越迟缓。2014年每1美元所能购买的晶体管数只与2012年相等,这与摩尔最初的论断已经完全相悖,可以认为,这是传统摩尔定律经济论述上的“终结”(图8)。

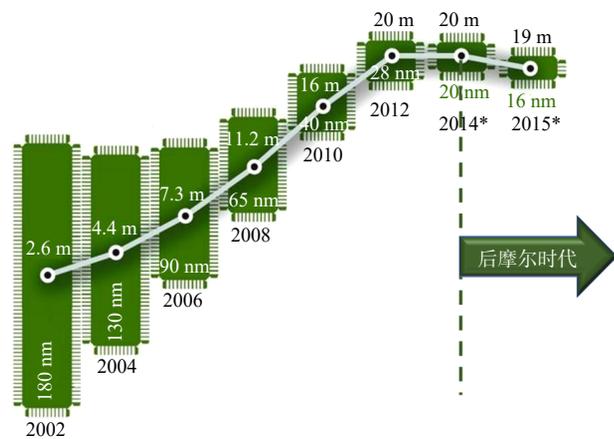


图8 每1美元购买的晶体管数

(资料来源: Great Graphic: Is this the End of Moore's Law? - Marc to Market)

随着加工线宽越来越小,工艺也越来越复杂,芯片加工成本也就越来越高。至28 nm以后的工艺,每百万门的成本不降反升,这与1965年摩尔最初的论述“集成的晶体管数超过一定数量后,成本反而迅速上升”的结论一致。也就是说,并非在“最低成本下”每2年晶体管数量可以翻一番。可以认为,2014年20 nm后,传统的摩尔定律已经终结(图9)。

后摩尔时代的集成电路将向延续摩尔、拓展摩尔、超越摩尔和丰富摩尔4个方向发展(图10)。

1) 延续摩尔。延续摩尔即在工艺、材料、器件、设备的不断创新和完善中,仍以缩小加工尺寸为提高芯片集成度的动力,从图11可以看出,Intel工艺发展

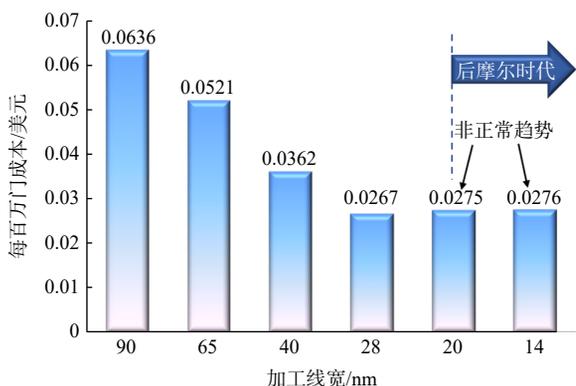


图9 每百万门的成本

趋势线与摩尔预测的晶体管数2年翻一番趋势线基本平行,故称为“延续摩尔”。但自台积电采用FinFET和EUV工艺后,该趋势斜率产生了明显变化(1989—2015年加工线宽每2年缩小31%,2015—2027年加工线宽每2年缩小37%)。由于加工线宽的进一步缩小,此时的芯片可以容纳更多器件,可以把CPU、GPU、存储器接口、调制解调器、音频电路、视频电路等集成在一个芯片上的“系统”,因而称之为“片上系统”,即“System on Chip”(SoC)。SoC既可以处理数字信号、模拟信号,也可以处理混合信号和射频信号。

2) 拓展摩尔。系统级封装(system in package, SiP)是拓展摩尔的发展方向。它可以将不同功能(处理器、存储器)、不同材料(硅、砷化镓、碳化硅、氮化

镓等)、不同加工线宽(例3~180 nm)、不同工艺(光电器件、微机电系统)、不同功率的各种电路、元件、器件,用并列或堆叠(3D)的方式集成在一个封装体内,实现一个完整的系统功能(图12)。当SoC进入介观物理范畴、受物理极限制约时,SiP则不会受此约束。当前,Chiplet是SiP技术的研究热点之一。

3) 超越摩尔和丰富摩尔。未来5年先进逻辑器件的发展,必须是器件结构、互连、新材料、新工艺以及EDA软件的全方位协同创新。围栅晶体管(gate-all-around FET, GAAFET)将取代FinFET,是未来5年内先进逻辑器件的主流方向。GAAFET的具体实现形式主要包括纳米片(nanosheet)和叉片(forksheet)结构。纳米片是目前产业界公认的主流GAAFET结构。此外,垂直场效应晶体管(vertical field effect transistor, VFET)、倒装堆叠晶体管(flip-FET或FFET)和互补场效应晶体管(complementary FET, CFET)同是3D新器件结构的研究方向(图13)。其中FFET于2023年由北京大学黄如院士团队在全球范围内首次提出,是当前设备成熟度、工艺成熟度最高的不依赖于EUV实现3~2 nm的中国路径,有望在全球实现技术引领。该技术通过在同一晶圆的正反两面分别形成有源器件与金属互连网络,并通过垂直通孔实现双面器件、双面电路的电源与信号互连,可将单片晶圆上的晶体管密度提升50%以上,并增加芯片的布局

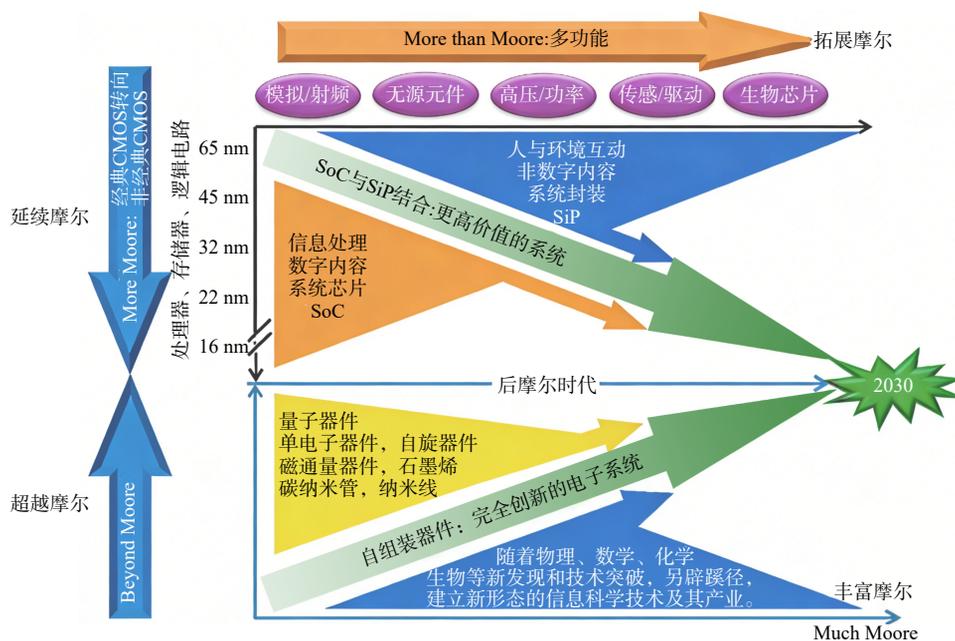


图10 后摩尔时代集成电路的发展方向

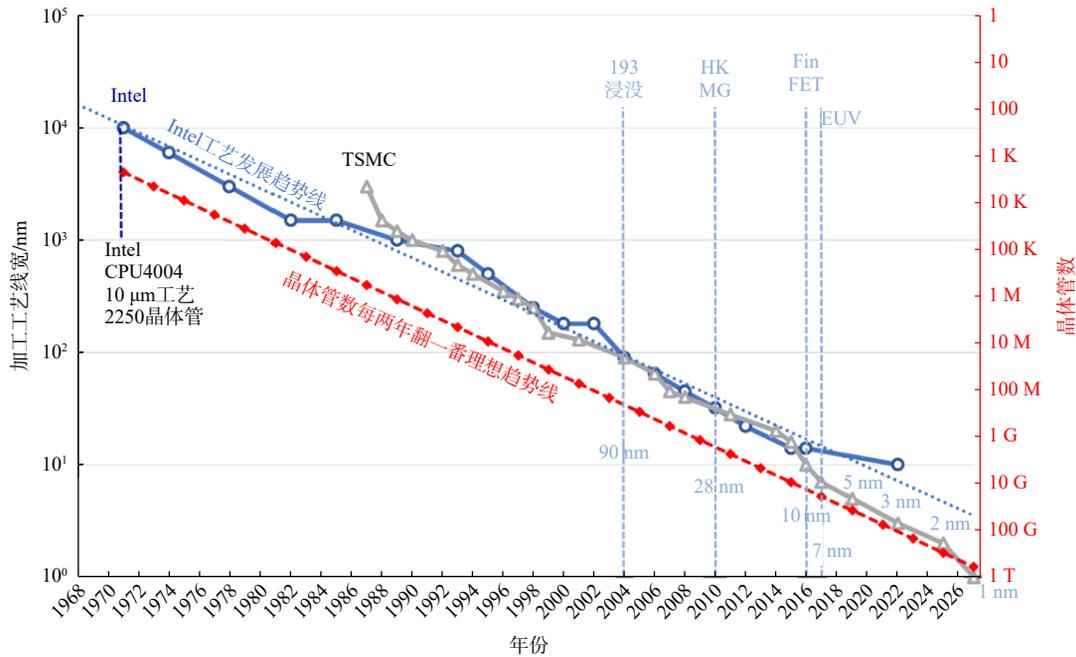


图 11 后摩尔时代集成电路加工尺寸的缩小

(数据来源: Transistor count – Wikipedia, 台积电制程年鉴–Bing images)

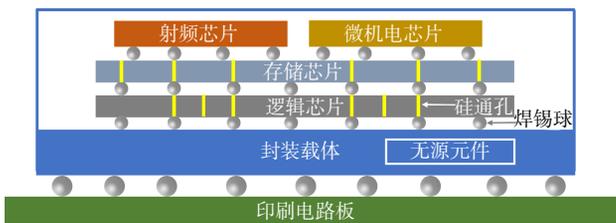


图 12 SiP 示意

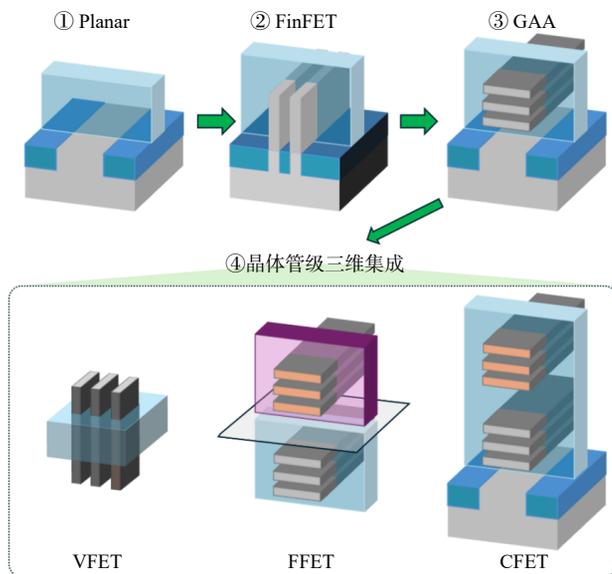


图 13 3D 晶体管结构示意图

布线空间和自由度,可大幅提升芯片集成度。FFET概念首次发表于2024年超大规模集成电路(very

large scale integration circuit, VLSI)国际技术会议,并在2025年VLSI国际技术会议上首次发表了正背面器件验证成果,引起了国际集成电路产业界的广泛关注(图14)。

从FinFET向GAA、VFET和FFET的演进,以及背部互连技术的引入,都对制造工艺提出了前所未有的挑战。例如,背部供电网络(back-side power delivery network, BSPDN)的实现需要全新的工艺流程,包括精密的晶圆减薄、晶圆键合以及背面刻蚀和高精度对准等高难度步骤。这些工艺必须确保在不影响晶体管电学性能的前提下完成。此外,随着晶体管尺寸的持续微缩,传统的铜互连材料已经难以满足需求,需要采用钴(Co)、钌(Ru)等新型金属材料作为互连线。这些新材料的导入也需要开发相应的沉积和刻蚀工艺,增加了制造的复杂性和成本。这就要求做到设计与工艺协同优化(design-technology co-optimization, DTCO),系统与工艺协同优化(system-technology co-optimization, STCO)(图15)。

在EDA方面,新的器件架构,尤其是垂直堆叠器件,无法直接沿用传统的平面布局设计方法,需要全新的版图设计方法和策略来优化晶体管密度。这种根本性的转变对EDA平台提出了新的要求,需要开发能够支持三维设计、双面互连和复杂堆叠架构的工

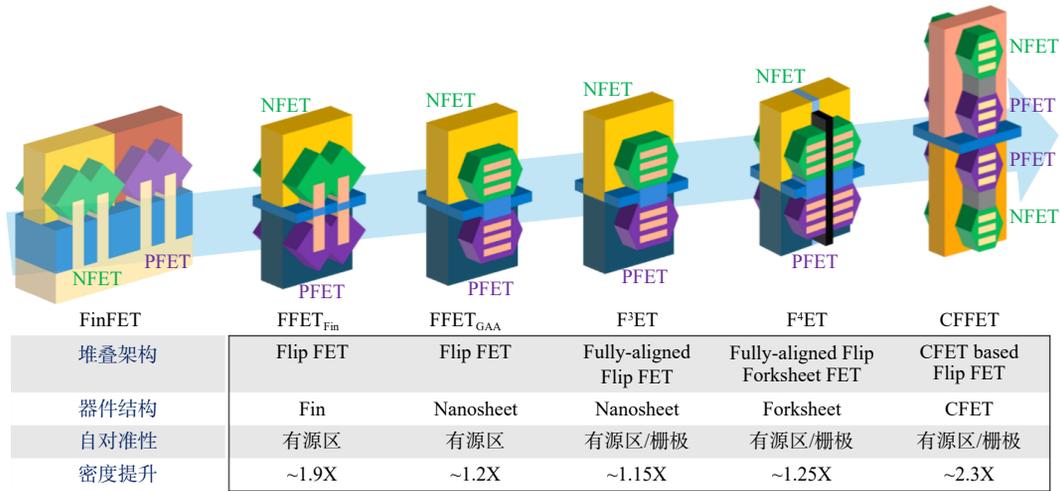
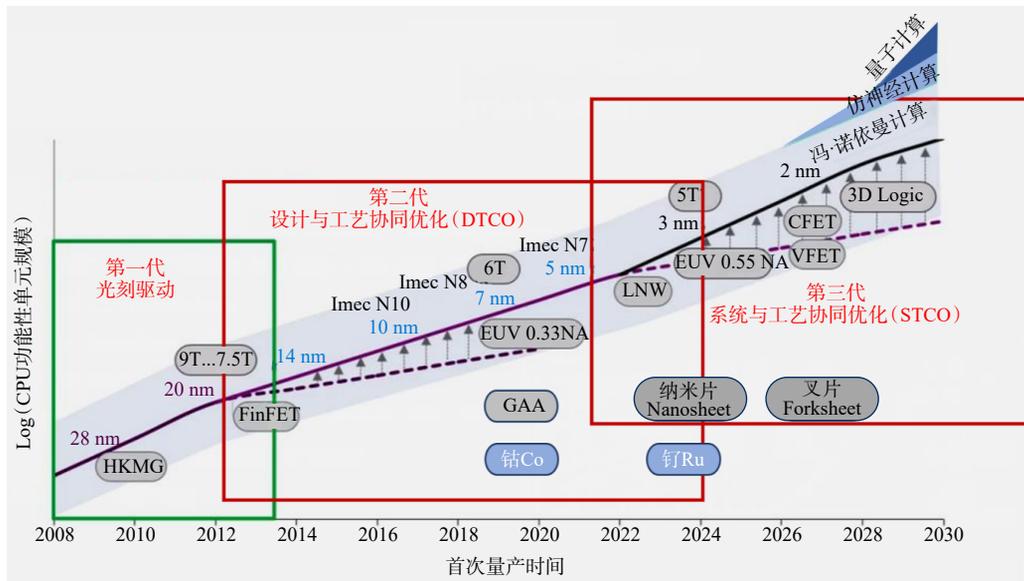


图 14 FFET 的发展方向



(资料来源: 根据 IMEC 在 ITF(2017—2020)上发布的最新路线图多图综合整理)

具和算法,以及 Chiplet 或异构集成的 EDA 工具。

在集成电路设计中,软件定义芯片技术是一种颠覆性的芯片设计技术,通过软件编程可以实时对芯片功能进行灵活配置和动态调整,成为新一代先进芯片架构的典型代表。

在智能化需求显著增长的背景下,芯片算力越来越大,但数据处理能力提升后,数据供应成了芯片的重要瓶颈。在人工智能应用下,有庞大的数据量,数据传输的延迟已经成为制约芯片,乃至人工智能系统发展的关键因素。存算一体技术通过将计算和存储集成到一体的新型芯片设计技术,打破了传统计算架构中“计算”和“存储”分离的模式,减少了数据在存储

单元和计算单元搬运的延迟和功耗开销。

在硅基之外,将大规模引入具有优异物理特性的新一代半导体材料(如 SiC、GaN),并探索超宽禁带材料(如 Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、AlN、BN 等),以应对高压、高频、高温、高功率、光电子等应用场景的极限需求。

为了满足从纳米尺度迈向原子级制造工艺,EUV 将持续提升光源功率和稳定性,发展更高数值孔径光刻机(high-NA EUV),并配套开发更精密的掩模版制造与检测设备、新型光刻胶与显影设备。

4) 投资。随着集成电路技术的进步,其投资也随之不断增长,持续、稳定、高强度的投资是集成电路技术进步的切实保障。图 16 为不同技术节点的集成

电路设计费用增长趋势。可以看出,5 nm 集成电路产品是 28 nm 产品设计成本的 7.6 倍。设计成本中 EDA 软件占比最高,达 43%。随着技术节点的不断缩小,制造业的投资也在不断增加。

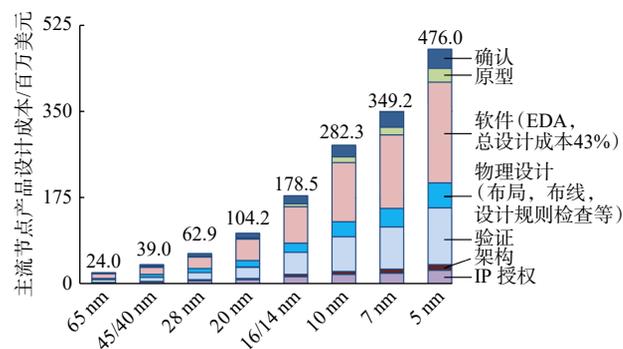


图 16 主流节点集成电路的设计成本

(资料来源: What's After FinFETs?(semiengineering.com))

## 6 对“十五五”规划的思考和建议

### 6.1 发展目标

(1) 按 WSTS 的统计标准,中国集成电路产业跻身集成电路产业强国前 3 名的行列。(2) 国民经济领域需求的芯片自给率提高到 80%,加强集成电路全产业链生态链的建设,国内能够满足市场需求的、小于 1 美元的中低档产品逐步减少进口或停止进口(用于整机产品加工复出口产品除外)。(3) 夯实自主可控的 28 nm 全产业链体系; 14 nm 生产链能够稳定生产; 初步完成全国产化的 7 nm 生产线建设及试运行。(4) 建设最先进工艺能力的公共平台来研发验证最新器件结构、工艺(逻辑、存储、光电、异构集成等)、装备、零部件、材料、EDA 软件等。成熟的新结构器件迅速扩大产能。(5) 在基础研究领域,原始创新能更多地涌现,在新器件结构、新材料、新工艺研发和生产的某些领域引领世界发展潮流。

### 6.2 建议实施的举措

1) 研究制定有利于企业整合、并购的政策,集中各种资源创建与世界产业巨头比肩的头部企业,将“各自为战”变为“团队作战”。以举国之力攻克最重要的材料(硅圆片、电子气体)、设备(曝光机)难关,努力提高国产 EDA 软件的系统集成水平,扩大其在国内外市场的占有率。

2) 研究制定有利于各生产环节上下游之间容错、

试错和验证的机制与鼓励措施,通过国产化应用的补贴、保险等方式,加速已研制成功产品的国产化进程,缩短国产产品进入大生产线的时间。

3) 持续加大对集成电路产业的投资力度,一是在世界半导体市场增长率下降的低谷期进行投入,二是要加强创新投入,尤其是对基础研究、不求短期回报的投入。要加强对国家投资的调控能力,必须将有限的资金在有限的时间和有限的空间内集中使用,切不可在地域或部门的利益分配中,造成资金的游移、分散和迟延。要加大对中国集成电路产业的投资强度和集中度,通过税收、补贴等政策支持和制度设计加强对投资的计划制定和监管。

4) 基础研究要提前 10 年部署。以性能功耗比作为标尺,以 3D 集成为发展方向,沉下心来进行器件结构、材料、EDA 算法等基础研究工作,使其能够产生革命性的创新成果。要扩展研究成果转化为生产力的渠道,缩短研究成果转化为生产力的时间,使其在产业发展中产生价值,同时要注重科研成果的知识产权保护工作。

5) 加强国际合作,对于一般材料和设备的研发或采购,要融入国际产业链和生态链,构建国内国际双循环的发展格局。

6) 加大人才培养力度和吸引力。支持骨干企业和高校联合,以市场和企业需求为导向,培养产业急需人才,使北京大学软件与微电子学院等单位充分发挥人才培养示范作用。对企业开展的师资、课程体系、教材、实践基地等支撑能力建设给予一定额度的补贴。对 EDA、材料等基础支撑产业从业人员在个人所得税减免、落户、子女入学等方面给予政策倾斜,增强行业对人才的吸引力。在深化产教融合中,要优化课程模块化设计,推进多学科交叉培养,培育复合型创新人才。要构建创新创业孵化体系,培养产业创业力量,同时注重国际化培养,开展国际交流合作。

### 6.3 结论

今后 5 年,中国的芯片产业将会是“卧薪尝胆”的 5 年;是丢掉幻想、准备斗争的 5 年;是扎稳中高端脚跟、夯实内循环市场的 5 年;是尊重科学规律、潜心基础研究“磨一剑”的 5 年。既然核心技术买不来、要不来、讨不来,那就只能“干出来”。中国芯,前进的道路上有落石、有陷阱、有荆棘、有蛇蝎,但是没有任何

障碍能够阻挡中华民族崛起的步伐,已经点燃的中国芯火炬正在撕开黑暗势力编织的铁幕,照亮了中华民族前进的征途。已经站起来、富起来的中国必将在强起来的道路上永远阔步前进。

**致谢:**感谢长鑫科技集团股份有限公司提供数据等资料。

### 参考文献(References)

- [1] 王阳元,王永文.我国集成电路产业发展之路[M].北京:科学出版社,2008.
- [2] 新的开创性进展、突破性变革、历史性成就——国新办发布会聚焦我国“十四五”时期经济社会发展[EB/OL].(2025-07-09)[2025-10-01].[https://www.gov.cn/lianbo/bumen/202507/content\\_7031295.htm](https://www.gov.cn/lianbo/bumen/202507/content_7031295.htm).
- [3] 马克思.资本论(第一卷)[M].中共中央马克思恩格斯列宁斯大林著作编译局,译.北京:人民出版社,2004.
- [4] 伟大胜利 永远铭记!总台直播纪念大会全球传播创纪录[EB/OL].(2025-09-04)[2025-10-01].<https://www.cctv.cn/2025/09/04/ARTIqjl0G5ajmnmjZLNkbNeIX250904.shtml>.
- [5] 电子行业总市值首超银行说明什么[EB/OL].(2025-08-28)[2025-10-01].[http://finance.cnr.cn/cjtt/yw/20250828/t20250828\\_527342772.shtml](http://finance.cnr.cn/cjtt/yw/20250828/t20250828_527342772.shtml).
- [6] 黄昆给杨振宁的一封信:物理研究大部分时间是做日常工作——纪念黄昆先生100诞辰[EB/OL].(2019-09-02)[2025-10-01].[https://www.thepaper.cn/newsDetail\\_forward\\_4320158](https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_4320158).
- [7] 2025-2031年存储行业市场调研及发展趋势预测报告|存储芯片[EB/OL].(2025-09-25)[2025-10-01].<https://finance.sina.com.cn/roll/2025-09-25/doc-infrtinn1082374.shtml>.
- [8] 国产电动汽车拿下全球66%市场,但90%芯片仍依赖进口![EB/OL].(2024-10-20)[2025-10-01].<https://finance.sina.com.cn/tech/roll/2024-10-21/doc-inctepqv6609418.shtml>.

## Building an independent and controllable integrated circuit industry system: Reflections and suggestions on the development of China's integrated circuit industry during the "15th Five-Year Plan" period

WANG Yangyuan<sup>1</sup>, BU Weihai<sup>2</sup>, YU Xiekang<sup>3</sup>, WANG Runsheng<sup>1</sup>, WANG Yongwen<sup>4</sup>, LIU Weiping<sup>5</sup>, YANG Deren<sup>6</sup>, YAN Xiaolang<sup>6</sup>, CHEN Nanxiang<sup>7</sup>, ZHANG Xing<sup>1</sup>, ZHAO Jinrong<sup>8</sup>, KANG Jin<sup>2</sup>, WEI Shaojun<sup>9</sup>

1. School of Integrated Circuits, Peking University, Beijing 100871, China
2. North Integrated Circuit Technology Innovation Center (Beijing) Co., Ltd., Beijing 100176, China
3. National Technology Innovation Strategic Alliance for IC Packaging and Testing Industry Chain, Wuxi 320214, China
4. School of Software and Microelectronics, Peking University, Beijing 102600, China
5. Beijing Emphyrean Technology Co., Ltd., Beijing 100102, China
6. School of Materials Science and Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China
7. Yangtze Memory Technologies Co., Ltd., (YMTC), Wuhan 430078, China
8. NAURA Microelectronics Equipment Co., Ltd., Beijing 100176, China
9. School of Integrated Circuits, Tsinghua University, Beijing 100084, China

**Abstract** Based on the evolutionary law of the 50-year long-wave cycle of the world economy, this paper focuses on the core engine of the fifth long-wave cycle—the integrated circuit (IC) industry. It systematically sorts out the development history, current status of the industrial system, and global competitive pattern of China's IC industry from the "6th Five-Year Plan" to the "14th Five-Year Plan" periods. By analyzing the development achievements in key links such as electronic design automation (EDA), design, manufacturing, packaging and testing, equipment, materials, and memory, the paper identifies China's breakthroughs in chip autonomy in national security-related fields and the phased achievements of multiple enterprises ranking among the top 10 in relevant global fields. Meanwhile, it deeply analyzes the industry's existing problems, including homogeneous competition and internal friction caused by "small scale, dispersion, and weakness", lack of fault tolerance and trial-and-error mechanisms between upstream and downstream enterprises, imperfect data statistics and industrial standards, and insufficient transformation of "national efforts" into practical actions. Combined with the development trends of integrated circuits in the post-Moore era—extending Moore's Law, expanding Moore's Law, transcending Moore's Law, and enriching Moore's Law—the paper proposes that during the "15th Five-Year Plan" period, efforts should be made to build leading enterprises, improve coordination mechanisms, increase targeted investment, strengthen basic research, deepen international cooperation, and optimize talent training.

**Keywords** integrated circuit; industry; long-wave cycle; post-Moore era; 15th Five-Year Plan; independent and controllable; industrial chain security ●



(责任编辑 王丽娜)