

文章编号: 1672-8785(2021)05-0045-04

# 美国国防部强力推进微电子技术发展

焦 丛 王龙奇

(中国电子科技集团公司电子科学研究院, 北京 100041)

**摘 要:** 近年来, 微电子技术成为中美科技战、贸易战的“主战场”, 美国的微电子技术全球领先地位与微电子器件供应链安全均受到威胁。在此背景下, 美国国防部通过设立专项研发计划和加大资金投入等手段强力推进微电子技术的发展。从主要背景、发展动向以及影响意义等方面对这项战略规划进行了综合分析。

**关键词:** 美国国防部; 微电子; 元器件

**中图分类号:** TN4    **文献标志码:** A    **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2021.05.008

## U. S. Department of Defense Gives a Strong Push on the Development of Microelectronics Technology

JIAO Cong, WANG Long-qi

(China Academy of Electronics and Information Technology, Beijing 100041, China)

**Abstract:** In recent years, microelectronics technology has become the "main battlefield" of US-China technology and trade war. The US's global leadership in microelectronics technology and the security of the microelectronics supply chain have both been threatened. In this context, the U.S. Department of Defense has been vigorously promoting the development of microelectronics technology by establishing research and development programs and increasing funding. This strategic plan is comprehensively analyzed from the main background, development trends, and significance of influence.

**Key words:** U.S. Department of Defense; microelectronics; electronic components

### 0 引言

2020 年 9 月, 美国国防部副部长艾伦·洛德称, 他们正在制定《微电子战略》, 以进一步推进军用微电子技术的发展。2020 年 6 月, 美国国防部国防研究与工程现代化局局长刘易斯宣布, 该局负责监管的 11 项国防现代化优先技术排序已作调整, 并将微电子技术列为首位。当前中美战略博弈日趋激烈, 微电子技术

已成为中美科技战、贸易战的“主战场”。美国国防部强力推进微电子技术发展, 意在谋夺技术代差优势, 进而形成未来新的军事优势。

### 1 主要背景

#### 1.1 着眼抢占未来智能化战争先机

微电子器件正在从过去的单一器件转变成集信息获取、处理等多种功能于一体的“超级”器件, 在促进装备微型化的同时, 具备在

收稿日期: 2021-03-18

作者简介: 焦丛(1993-), 女, 北京人, 硕士, 主要从事情报研究工作。E-mail: jiaocong@cetc.com.cn

装备端处理海量数据的能力，以确保在未来智能化战争中夺取战场信息优势、决策优势和作战优势。

### 1.2 维持美国微电子技术的领先优势

长期以来，美国一直是全球微电子技术的领先者。但随着世界其他国家加大对微电子技术的投入，美国的技术领先地位可能会被削弱。通过持续推进相关举措，可以引导美国军方及政府部门加大投资力度，延续“军启动、民发展、产业促成熟”的演进模式，维持并扩大其在微电子领域的技术优势。

### 1.3 确保美国微电子器件供应链的安全

美国虽然占有全球 52% 的微电子技术专利，但只拥有全球 12% 的微电子器件制造市场以及 3% 的封装和测试市场。而亚洲则占有全球 75% 的微电子器件制造市场以及 98% 的封装和测试市场。过于依赖海外市场进行制造和测试，对美国微电子器件供应链的安全构成了严重威胁<sup>[1]</sup>。

## 2 发展动向

### 2.1 强化战略引领，加大资金投入

2017 年，美国国防部高级研究计划局 (Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA) 启动“电子复兴”计划，投入 20 亿美元开展微电子技术创新性研究，以期持续提升电子元器件的性能<sup>[2]</sup>。美国国防部在 2019 财年开始实施“提升国家安全和经济竞争力的微电子创新”计划，发展安全可信的本土设计、代工和封装生态系统。2020 年 6 月至 7 月，美国会参议员相继提出《半导体生产有益激励措施法案》和《2020 年美国半导体代工法案》，计划投资超过 370 亿美元。他们希望通过实施“国家微电子研发计划”、增强美国本土先进微电子器件制造和检验能力等措施，确保美国微电子技术的领先优势。目前这两项法案已合并入《2021 年国防授权法案》，并于 2021 年 1 月通过立法程序正式生效。通过数百亿美元的财政支持，着力实现美国半导体制造业的复苏，加速微电子相关技术研发，

打造可信可靠的微电子供应链。2020 年 9 月，美国国防部酝酿出台《微电子战略》，拟采用加强政府与商业机构合作、加速微电子制造业回归本土等举措，重振美国军用微电子技术的发展。

### 2.2 探索微电子技术发展的新方向

微电子技术一直遵循摩尔定律发展，不断缩小晶体管尺寸以提升其性能。但随着晶体管的特征尺寸达到原子级别，延续摩尔定律面临极大挑战。新材料、新器件和新架构成为后摩尔时代微电子技术发展的新方向。

#### 2.2.1 探索新材料技术

虽然硅仍然是微电子领域最基础的材料，但其物理特性限制了它在光电子、高频、高功率器件上的应用。美国国家科学基金会在 2008 年启动了用于资助硅可替代研究的“超越摩尔定律的科学与工程”，其中碳基纳电子被视为重中之重。2019 年 8 月，美国麻省理工学院使用标准工艺流程设计制造出了首个完全由碳纳米管构成的微处理器 (见图 1)，标志着碳纳米管材料向实用化迈出了重要一步。

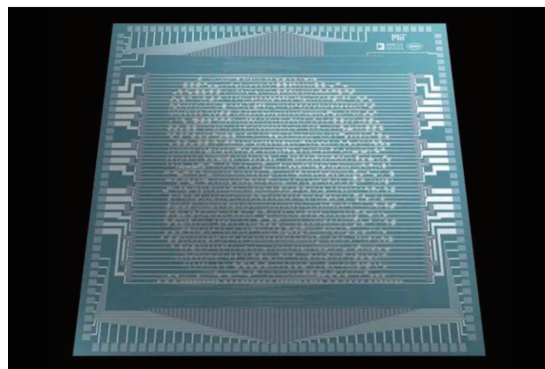


图 1 美国麻省理工学院制造的首个完全由碳纳米管构成的新型微处理器

#### 2.2.2 推动异质集成技术研发

作为超越摩尔定律的重要手段，异质集成技术已成为微电子技术未来发展的重要突破方向。在 2019 年“电子复兴”计划峰会上，DARPA 展示了一种由磷化铟及氮化镓小芯片与硅基互补金属氧化物半导体 (Complementary Metal Oxide Semiconductor, CMOS) 集成的直接数字合成器。该器件的输出功率达到业界最高

水平, 表明异质集成技术接近成熟<sup>[3-4]</sup>。

### 2.2.3 探索新型计算架构

为应对冯·诺依曼架构存在的低智能、高能耗问题, 美国正在探索类脑计算等新型计算架构。类脑计算通过模拟神经网络架构实现高速并行计算, 以极低的硬件成本实现传统计算无法达到的智能水平。美国 IBM 公司开发出的“真北”芯片(见图 2)能够模拟 100 万个神经元和 2.56 亿个神经突触进行思考与学习, 其运行功耗仅为 70 mW, 比传统计算机低 4 个数量级。该芯片目前已用于超级计算机和机载目标识别研究, 未来有望大幅提高作战效能。



图 2 美国 IBM 公司的“真北”芯片

## 2.3 确保军用元器件安全可控

### 2.3.1 确保供应链安全

美国国防部制定和实施基于“零信任”的“可量化保证”战略, 改变“可信赖代工”模式带来的局限性。通过在供应链的各个节点上插入加密签名, 完成采购后再验证安全性, 确保美国能够在国内生产军用先进芯片, 从而在保证供应链安全的情况下获得最先进技术及能力。

### 2.3.2 大力遏制假冒元器件

美国参议院军事委员会发布报告称, 已有总数超过 100 万片的假冒元器件进入美国现役装备, 严重威胁其装备安全。为遏制假冒元器件问题, 美国国防部成立了联合联邦保障中

心, 以确保国防部所购电子元器件的安全。同时还加强了元器件防伪鉴别及安全技术研发。通过“国防电子供应链硬件完整性”“安全硅的自动实施”等项目提高假冒元器件筛查能力, 确保芯片供应链安全。

### 2.3.3 加快半导体制造业回归本土

通过公、私合作的方式提供资本, 鼓励国内外制造商在美国本土生产微电子器件。2020 年 5 月, 美国政府约谈台积电公司, 要求其加速 5 nm 芯片工厂在美本土的建造计划; 英特尔和格芯公司也宣布在美国本土扩大产能和运营新厂。

## 3 主要影响

### 3.1 加速美军装备向智能化演进

微电子技术是装备智能化的重要引领和赋能要素, 将带动装备形态向“器件级装备”转变。比如, 随着微电子技术的发展, 美军已研制出微型无人机、微型导弹等微小型智能装备。它们比传统装备更具隐蔽性, 可能会颠覆未来作战样式。

### 3.2 增强美军微电子器件自给能力和可信度

美国国防部推动微电子制造业回归, 目标是在维护其民用微电子领域领先地位的同时, 完善军用微电子器件研发及制造体系, 摆脱对亚洲微电子制造产能的依赖, 进而提升军用微电子器件的自给能力与应用可信度。

### 3.3 可能进一步拉大技术差距

自 2013 年起, 我国集成电路连续多年超过石油, 成为第一大进口商品。2019 年, 我国的芯片自给率仅为 30% 左右。在集成电路全产业链上, 我国除了具备一定的设计和封装测试能力之外, 在设计软件、制造设备、制程工艺等产业链关键环节和核心技术方面差距较大, 且严重依赖国外。美国一方面通过发布商业禁令和设置法案条例来对我国实施技术封锁和禁运; 另一方面通过实施超前研发计划, 在未来新技术的底层架构中设置专利壁垒, 给我国军用微电子技术的创新发展制造阻力。这可能会进一步拉大技术差距。

#### 4 对策建议

微电子技术是世界科技强国的重要标志。面对美国的遏制和打压,我们应坚定不移地将其置于国家优先发展的战略地位,举全国之力发展微电子技术。加强战略布局,从国家层面上设置管理机构,统筹军工集团、中国科学院、高等院校、民口企业等优势力量,坚持当前亟需与长远发展的梯次接续,聚力突破我国微电子技术发展的瓶颈短板。开展基础理论、基础材料和基础工艺研究,立足自主创新,加强面向基础研究的投入力度和保障机制,逐步攻克核心瓶颈问题,夯实发展根基;探索在微电子领域另辟蹊径、赶超发展的可能性,形成微电子前沿颠覆性技术战略抵消能力;在碳基电子、第四代半导体、光子传输、智能芯片、微系统等有巨大军事价值和应用潜力的技术领

域积极布局,加强技术预置,构筑战略先发优势,谋求从根本上改变游戏规则。

#### 参考文献

- [1] Semiconductor Industry Association. 2020 State of the U.S. Semiconductor Industry [EB/OL]. [www.semiconductors.org/2020-state-of-the-u-s-semiconductor-industry](http://www.semiconductors.org/2020-state-of-the-u-s-semiconductor-industry), 2020.
- [2] Haystead J. DARPA Presents Electronics Resurgence Initiative (ERI) Summit [J]. *Journal of Electronic Defense*, 2018, **41**(7): 1-10.
- [3] DARPA. ERI Summit 2019 [EB/OL]. [www.darpa.mil/news-events/electronics-resurgence-initiative-summit-2019](http://www.darpa.mil/news-events/electronics-resurgence-initiative-summit-2019), 2019.
- [4] 王龙奇,彭玉婷,焦丛. 美国“电子复兴”计划为后摩尔时代电子工业发展奠定基础 [J]. *红外*, 2019, **40**(4): 25-28.