



国家科技图书文献中心

National Science and Technology Library

集微技术信息简报

2021 年第 **4** 期 (总第 43 期)

中国科学院文献情报中心

2021 年 7 月制

本期目录

政策计划

拜登政府宣布“美国供应链”百日审查结果	1
欧盟启动半导体和工业云技术联盟	7
日本经济产业省发布《半导体和数字产业战略》	9

产业洞察

美国视角下的中国半导体行业现状	11
-----------------------	----

前沿研究

在纯自旋的准二维系统中发现量子相变	17
减少处理器热量积聚的新型热管理材料	19
可在柔性材料上生产出原子级薄晶体管的制造技术	21
碳纳米管射频器件的频率上限首次提升至太赫兹领域	23
基于石墨烯的机械谐振器的新型声子激光器设计	25

应用实施

英特尔加速制程工艺和封装技术创新	27
三星推出新芯片组以增强下一代 5G RAN 产品组合	28
IMEC 将 nanosheet 扩展到 2nm 以下技术节点	29
SK 海力士量产采用 EUV 技术的第四代 10 纳米级 DRAM	30

拜登政府宣布“美国供应链”百日审查结果

2021 年 6 月 8 日，美国白宫发布《建设韧性供应链，振兴美国制造，促进广泛增长》报告，宣布了“美国供应链”百日审查的主要结果，回应了 2 月 24 日拜登总统发布的指导美国政府进行四类关键产品供应链评估的第 14017 号行政命令。该报告由美国商务部主导半导体制造和封装供应链审查，由美国能源部主导大容量电池供应链审查，由美国国防部主导关键矿物和材料供应链审查，由美国卫生与公众服务部主导医药和原料药供应链审查。报告分析了美国关键产品供应链风险的形成原因、供应链地图、风险评估、全球概况、机遇和挑战，以及建议联邦政府采取的恢复供应链弹性的行动计划。报告指出，美国仍处于可以保持和加强创新领导力的有利地位，将在关键行业和价值链上重建生产能力。

一、美国关键产品供应链存在的风险

1. 半导体制造和先进封装

在过去的 20 年中，美国半导体行业已不再拥有全球最先进的技术生产能力，占全球半导体产量的比重也从 37% 下降到 12%。对于先进的逻辑芯片，美国及其盟友主要依赖中国台湾的设施，中国台湾生产的先进逻辑芯片占全球先进逻辑芯片产量的 92%。对进口芯片的依赖给关键半导体供应链带来了新的漏洞。美国生产的先进逻辑芯片仅占全球的 6%~9%，当前已受到供应短缺的严重影响。产能的丧失直接威胁到美国半导体供应链的各个环节、创新能力以及美国经济的长期竞争力。

2. 大容量电池

先进的大容量电池对全球清洁能源转型和国家安全至关重要。中国拥有全球 75% 以上的先进电池生产能力。美国先进电池组的原料严重依赖进口，电池关键技术可获得性使得电池供应链漏洞较为明显，并增加了美国的制造成本。随着大容量电池需求快速增长，到 2030 年全球锂电池市场预计将增长 5~10 倍，且受各国供应链限制、地缘政治和经济竞争等因素影响，美国该类产品供应链

的脆弱性日益突出。

3. 关键矿物和材料

随着清洁能源技术短期和中期需求的增长，美国需要增加关键矿物和材料的供应，以实现国家和全球气候目标。中国在国家和经济安全所需的一些关键矿产和材料中占据了价值链主导地位，中国的炼油产能也在全球占额较大。就算美国要使关键矿产资源多样化或增加本土开采，仍将依赖中国进行加工，然后再用于最终产品制造。

4. 药品和原料药

美国的部分关键药品和原料药严重依赖进口，这些产品和原料药占有处方药的 90%。大约 87% 的仿制药的原料药工厂位于海外，印度和中国是美国许多药品的进口国，但是印度近 70% 的原料药是从中国进口的。这使得美国基础药物供应链变得脆弱。此前（海外投资设厂）低成本策略以及不公平贸易导致美国本土生产的空心化严重。

二、美国关键产品供应链脆弱性的成因

美国政府对四类关键产品供应链进行了广泛的风险和脆弱性评估，审查了从原材料采购到制成品生产和分销的整个供应链，认为美国制造业产能不足，市场的错位激励和短期主义，美国联盟、合作伙伴和竞争对手国家采用的产业政策，全球采购的地理区域集中，前任政府有限的国际协调等原因导致了美国关键产品供应链的脆弱性。

三、解决关键产品供应链风险的建议

为加强美国本土关键产品供应链，重建美国工业基础和创新引擎，供应链百日审查小组从短期、中期和长期三个层面，为拜登总统和美国政府解决关键产品供应链风险提出了六方面的应对战略和行动计划。

（一）重建美国本土生产和创新能力

长期竞争力将需要一个由生产、创新、熟练工人和多样化的中小型供应商组成的生态系统。报告建议美国运输部、农业部、商务部、国土安全部、国防部、能源部、卫生部和公共服务部与美国政府其他部门和机构合作，制定振兴

国防、公共卫生和生物防备、信息和通信技术、能源、运输、农业和粮食生产六大工业基础综合战略，这些战略将在一年内实施。

1. 制定新的联邦法案加强关键供应链

具体建议包括：1) 投资至少 500 亿美元的专项投资用于本土先进半导体制和研发，扩大成熟节点和内存生产能力，以支持关键制造、工业和国防应用；2) 批准 50 亿美元用于消费者退税和税收优惠以刺激消费者采用美国制造的电动汽车，并批准 150 亿美元投资建设全国性的充电基础设施；3) 基于《美国就业计划》，建立新的激励措施投资整条电池供应链、支持本土电池及其包装生产，帮助没有能力在短期内获得税收抵免的企业家；4) 能源部贷款项目办公室启用“先进技术汽车制造贷款”项目，该项目拥有约 170 亿美元的贷款权限，可以迅速审查关键材料、矿物精炼、加工设施的应用，以及在美国重新装备、扩大或建立制造先进技术汽车电池和电池组的设施；5) 投资 500 亿美元支持商务部颁布拟议的供应链弹性计划，以监测、分析和预测供应链的脆弱性，并与行业、劳工和其他利益相关者合作，以加强美国一系列关键产品供应链的弹性；6) 建立一个新的跨部门《国防生产法案》行动小组，部署《国防生产法案》以扩大关键行业的生产能力。

2. 加大重点产品研发和商业开发的公共投入

具体建议包括：1) 能源部和其他联邦机构继续支持能够降低下一代电动汽车和电网存储技术关键矿物需求的技术，减少或消除电动汽车或固定储存所需的关键或稀缺材料、加速电池技术进步、回收利用锂电池和关键材料，提高美国在这一关键领域的竞争力；2) 卫生和公众服务部、国防部和其他机构可利用“美国救援计划”资金，增加对先进药物制造技术和工艺的资助，促进原料药的连续制造和生物制造。

3. 利用直接行政权力支持包括中小企业和熟练工人在内的生产者和创新者的生态系统

具体建议包括：1) 与行业和劳工部合作，通过基于行业的社区大学伙伴关系、学徒和在职培训，创造高质量工作的途径；2) 劳工部的就业和培训管理局

与行业、社区学院和非营利合作伙伴合作，通过注册学徒计划和劳动管理培训计划，支持半导体等先进制造业就业途径；3）小企业管理局应针对四个关键目标行业中的小企业和弱势企业开展一系列投资和技术援助计划，支持关键供应商的多样化；4）小企业创新研究和小企业技术转让竞争项目支持多样化的中小企业组合，以满足研发需求并增加商业化；5）美国进出口银行应该制定一份提案供董事会审议，审查是否应该和如何实施新的本土融资计划来支持美国制造业设施的建立或扩建，以及启动支持美国出口的基础设施项目。

（二）支持市场在工人、价值可持续性和质量方面的投资

国家层面供应链的弹性与企业层面供应链的弹性相同。标准和数据是强大的工具，使企业能够在价格之外，将产品和服务区分开来，并创造市场“拉力”。报告确定了政府可以在制定标准和激励高速公路（high-road）商业行为方面发挥更积极作用。

1. 为关键矿物的开采和加工制定 21 世纪的标准

具体建议包括：1）政府与私营部门、非政府利益相关者合作，鼓励制定和采用锂、钴、镍、铜和其他矿物等关键矿物的综合可持续性标准；2）建立一个具有采矿许可和环境法专业知识的跨机构团队，确定可能需要更新的法规和条例中的差距，确保新产品在整个项目生命周期内符合严格的环境标准，确保在采矿过程的所有阶段进行有效的社区协商和国家协商，在不损害环境和法律基准的情况下，研究减少许可时间、成本和风险的机会。

2. 确定美国关键矿产的潜在生产和加工地点

具体建议包括：1）由内政部领导的联邦机构在白宫科技政策办公室的支持下，成立一个由农业部、环境保护署等机构组成的工作组，确定美国本土可持续生产和加工关键矿物的潜在地点；2）联邦机构与私营部门、州、部落及其他利益相关者合作，扩大美国可持续、负责任的关键矿产生产和加工。

3. 提高整个药品供应链的透明度

具体建议包括：卫生和公众服务部向国会提出建议，赋予其按照设施跟踪原料药生产、采购的权利，并要求在美国销售的所有药品都要在标签上标明原

原料药和成品剂型来源。目前仿制药、原料药的来源缺乏透明度。

(三) 发挥政府作为关键商品购买者和投资者的作用

作为重要的客户和投资者，联邦政府有能力塑造许多关键产品的市场，加强供应链韧性，支持国家优先事项。

1. 利用联邦采购加强美国的供应链

具体建议包括：根据《购买美国货法案》和远东地区委员会的规定，给联邦政府采购美国制造的关键产品提供额外的优惠。拜登总统已指示联邦政府要加强购买美国货，即要求将美国纳税人的钱用于美国关键产品生产。

2. 加强联邦在科学和气候研发拨款中的本土生产要求

具体建议包括：1) 政府更新联邦拨款中的制造要求、合作协议和研发合同，确保美国联邦政府资助用于美国本土的创新性生产，利用《拜杜法案》(Bayh-Dole Act) 等法律手段确定例外情况；2) 设立一个跨部门工作组以确定最佳实践，并在整个政府范围内制定和实施改进措施。

3. 改革和加强美国的战略储备

具体建议包括：1) 长期以来，美国的战略储备一直被忽视，有时其资金被用来抵消其他成本。目前，除恢复医疗用品和设备储备外，还应调整资本结构、恢复关键矿产和材料的国防储备；2) 建议私营部门加强关键产品短缺的行业评估，强化关键产品库存，以增加产品供应链弹性。

4. 确保美国新的汽车电池生产符合高劳工标准

具体建议包括：1) 向生产电池的本土企业提供税收抵免、贷款和补助金，确保创造高质量的就业机会，让工人拥有自由、公平的组织，以及集体谈判机会；2) 在新的财政拨款中，实施类似于 2009 年《美国复苏与再投资法案》中的工资要求；3) 采用建筑业的劳工标准，例如，从注册学徒制和劳工管理培训计划中强制雇用的比例，明确项目劳工、社区劳工和当地雇佣要求，签署雇主中立协议。

(四) 加强贸易执法机制等国际贸易规则

不公平的外国补贴和贸易做法对美国制造业和更广泛的美国竞争力产生了

不利影响。“抽水和倾销”的做法存在于制药和清洁能源等许多行业。美国政府必须实施一项全面的战略以遏制不公平的外国竞争。

1. 建立一支贸易打击力量

具体建议包括：1) 成立一支由美国贸易代表办公室领导的“供应链贸易行动小组”，针对侵蚀关键供应链的外部不公平贸易行为，找出那些造成美国供应链“空心化”的具体贸易违规行为，采取单边和多边执法行动，通过关税或其他贸易补救措施解决，并利用贸易协定加强供应链弹性；2) 美国商务部依据《1962 年贸易扩张法案》第 232 条规定，考虑是否应启动针对钕磁铁进口的调查。该条款规定，若总统认为有必要，可以无限制地施加关税或其他贸易壁垒，以确保进口产品不会威胁到美国国家安全。

(五) 与盟友和合作伙伴合作，减少全球供应链的脆弱性

美国无法单独解决供应链的脆弱性问题，必须与盟国和合作伙伴合作，确保关键产品的供应。

1. 扩大多边外交接触，主办一个新的总统论坛

具体建议包括：1) 扩大关于供应链脆弱性的多边外交接触，特别是通过四国集团和七国集团等志同道合的盟友集团；2) 总统召开关于供应链弹性的全球论坛，召集来自美国主要盟友和合作伙伴的主要政府官员和私营部门利益相关者，共同评估供应链脆弱性，并制定提升供应链弹性的综合方法。

2. 利用美国开发金融公司和其他融资工具支持供应链弹性

具体建议包括：1) 美国开发金融公司增加对项目的投资能力，以扩大关键产品的生产能力；2) 美国开发金融公司与盟国和合作伙伴合作，加强关键产品的供应链，利用金融工具确保海外制造和开采支持供应链弹性。

(六) 在经济复苏之际应对短期供应链中断问题

随着疫苗接种的普及，美国和全球经济开始复苏，本土需求变化对供应链带来了新的压力。虽然这些短期供应链中断是暂时的，但美国政府应该密切关注这些事态发展。

1. 建立“短期供应链中断应对工作小组”

具体建议包括：成立一个由商务部长、交通部长和农业部长领导的“短期供应链中断应对工作小组”，以提供全面的政府应对措施，召集利益相关者对问题进行诊断并提出解决方案，重点关注住房、建筑、半导体、交通运输以及农业和食品等供需明显不匹配的领域。

2. 创建一个数据中心，以监测近期供应链的脆弱性

具体建议包括：由商务部牵头协调，汇集整个联邦政府的数据，提高联邦政府跟踪供需中断的能力，并改善联邦机构及私营部门有效识别近期风险和脆弱性的能力。

沈湘编译自

<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/06/08/fact-sheet-biden-harris-administration-announces-supply-chain-disruptions-task-force-to-address-short-term-supply-chain-discontinuities/>

欧盟启动半导体和工业云技术联盟

2021 年 7 月 19 日，欧盟委员会启动两个新的工业联盟：处理器和半导体技术联盟，以及欧洲工业数据、边缘和云计算联盟。这两个新联盟旨在推动下一代微芯片和工业云/边缘计算技术发展，为欧盟提供加强关键数字基础设施、产品和服务所需的能力，同时，将汇集企业、成员国代表、学术界、用户，以及研究和机构。

1. 处理器和半导体技术联盟

微芯片包括处理器，是为电子设备和机器提供动力的关键技术。芯片支撑着各种各样的经济活动，决定着它们的能源效率和安全水平。处理器和芯片的开发能力对当今最发达经济体的未来至关重要。处理器和半导体技术联盟将成为欧盟在该领域进一步推动工业发展的关键工具。成员国承诺共同努力加强欧洲在半导体技术方面的能力，目前有 22 个成员国签署了这项倡议。

该联盟将识别和解决整个行业当前的瓶颈、需求和依赖性，通过制定技术路线图确保欧洲拥有设计和生产最先进芯片的能力，同时致力于将欧盟的全球半导体生产份额到 2030 年增加至 20% 以减少整体战略依赖性。

该联盟的行动内容主要体现在两个方面：

(1) 加强欧洲电子设计生态系统。该行动内容包括先进工艺节点设计和开源硬件解决方案，这将有助于开发资源节约的强大处理器。

(2) 建立必要的制造能力。该行动内容包括组装测试和先进封装，以生产下一代可信处理器和电子元件，同时呼吁本地和全球的参与者合作。这意味着欧洲将转向并行发展的双轨道生产技术：从 16 nm 到 10 nm 的成熟工艺路线，以满足欧洲现有需求；以及从 5 nm 到 2 nm 及以下的先进工艺路线，以预测未来技术需求。最先进的半导体产品具有更高的性能并有潜力大幅减少从手机到数据中心的能耗。

2. 工业数据、边缘和云计算联盟

《欧洲数据战略》强调数据生成量正在大幅增加，预计很大一部分数据需要进行边缘处理（到 2025 年这部分数据将从现在的 20% 增加至 80%）。这一转变为欧盟加强云和边缘计算能力、实现技术主权带来了重大机遇，需要欧洲开发和部署全新的数据处理技术，包括边缘计算以及摆脱完全集中的数据处理基础设施模式。

欧洲工业数据、边缘和云计算联盟将促进高度安全、节能和完全可互操作的颠覆性云和边缘技术的创新和发展，获得各领域云用户的信任。该联盟将满足欧盟公民、企业和公共部门（包括军事和安全部门）处理高度敏感数据的特定需求，同时提高欧盟工业的云和边缘技术的竞争力。欧盟 27 个成员承诺共同努力，在整个欧洲部署具有复原力和竞争力的云基础设施和服务。

在整个生命周期中，该联盟的工作将遵循以下关键原则和规范：

- (1) 互操作性和可移植性/可逆性、公开性和透明度方面的最高标准；
- (2) 数据保护、网络安全和数据主权方面的最高标准；
- (3) 能源效率和可持续性方面的最先进水平；

(4) 遵守欧洲云最佳实践，包括相关标准、行为准则和认证方案。

欧洲数字时代组织（A Europe Fit for the Digital Age）的执行副总裁玛格丽特·维斯塔格（Margrethe Vestager）表示：“云和边缘技术在提高竞争力和满足工业特定需求等方面向公民、企业和公共管理部门展示了巨大的经济潜力。微芯片是所有设备的核心。从手机到护照的小部件为技术进步带来了大量的机会。支持这些关键领域的创新至关重要，可以帮助欧洲与志同道合的合作伙伴携手同行。”

欧盟内部市场专员布雷顿（Thierry Breton）表示：“欧洲具备引领技术竞赛的条件。这两个联盟将制定技术路线图以在欧洲开发和部署下一代数据处理技术，包括云计算、边缘计算和尖端半导体。欧洲工业数据、边缘和云计算联盟旨在开发节能且高度安全的欧洲工业云（不受第三国当局的控制和访问）。处理器和半导体技术联盟将通过确保欧洲拥有设计、生产最先进芯片（2nm 及以下）的能力来重新平衡全球半导体供应链。”

于杰平 王丽编译自

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_21_3733

日本经济产业省发布《半导体和数字产业战略》

数字产业、数字基础设施、半导体的发展环境正在发生着重大变化，如新冠疫情响应措施促进了数字化发展，各国积极采取行动以实现 2050 碳中和目标，全球半导体供需紧张，围绕尖端半导体和数字技术的贸易问题日益突出。为应对这些变化，日本经济产业省（METI）于 2021 年 3 月启动对半导体、数字基础设施和数字产业未来政策方向的研究，并于 6 月 4 日，发布《半导体和数字产业战略》，其中包括半导体领域的主要指导方向和未来行动计划。

一、半导体领域的三个指导方向

1. 确保国家所需的半导体生产和供应能力

尖端半导体逻辑器件是电子系统的基础，支持并驱动着数字经济发展，但日本在这方面并不具备优势。为了提高日本在经济安全方面的战略独立性，有必要与国外代工厂合资建厂以保护本土制造业基础。

为了充分发挥日本现有工厂支持全球供应链的作用，有必要在存储器、传感器、电源和微型计算机领域确定半导体制造基地的目标和领导者。此后，日本必须采取措施进行大胆的改革。

2. 加强半导体设计和技术发展以支持数字和绿色投资

以 5G、人工智能、自动驾驶、电动汽车和可再生能源等领域的数字和绿色投资市场的全球扩张为契机，加强半导体设计和技术开发，以支持后 5G/超 5G 系统、绿色创新等。

3. 加强设备和材料方面的瓶颈技术研发

有必要采取措施突破尖端技术瓶颈，来取得或加强日本在经济安全方面的战略重要地位。例如在制造设备和材料领域与海外代工厂进行联合技术开发，以支持全球半导体生态系统和供应链。

二、半导体领域的未来行动计划

该战略将充分利用后 5G 基金（2000 亿日元）、绿色创新基金（2 万亿日元）、《产业竞争力增强法案》等现有计划或法案；确保工业界的承诺和私营部门资金的有效利用；迅速发展国家项目和必要保障条件，同时设计可信的退出战略。

于杰平编译自

https://www.meti.go.jp/english/press/2021/pdf/0604_005a.pdf

https://www.meti.go.jp/english/press/2021/0604_005.html

美国视角下的中国半导体行业现状

2021 年 7 月 13 日，美国半导体行业协会（SIA）发布白皮书评估分析了中国半导体行业现状。

2021 年 6 月 17 日，中国人首次进入自己的空间站，5 月 15 日，天问一号探测器成功着陆火星。中国空间站和火星探测器相关的半导体产品的本土化设计和生产率达到了 100%，表明中国的微芯片能力越来越先进。

虽然中国已经掌握了一些芯片技术，但其商用半导体行业还处于相对初级的阶段。不过，中国政府正在努力缩小这一差距，从 2014-2030 年在半导体领域的投资远远超过 1500 亿美元。在蓬勃发展的市场和政府投资的推动下，中国在一些半导体细分市场上的竞争力将日益提升。

为了制定有针对性的政策，美国需要审视中国在全球半导体供应链中的位置和发展前景，以及其相关政策可能对美国构成的挑战。美国想要在与中国的长期竞争中取得胜利就需要投资本土半导体技术和提高芯片供应链弹性。

一、中国在全球电子产品供应链中的重要作用

中国是世界上最大的制造业中心，生产世界上 36% 的电子产品，包括智能手机、电脑、云服务器和电信基础设施，巩固了中国作为全球电子产品供应链最大节点的地位。此外，中国拥有世界近五分之一的人口，是继美国之后第二大半导体电子设备终端消费市场。

高度全球化的半导体和信息通信技术（ICT）供应链驱动了中国半导体行业的发展。2020 年，中国大陆地区进口了高达 3780 亿美元的半导体；组装了全世界 35% 的电子设备；占全球电视、个人电脑和手机出口的 30% 至 70%；消费了所有半导体电子产品的四分之一。进入中国市场对于任何一家具有全球竞争力的芯片公司都至关重要。

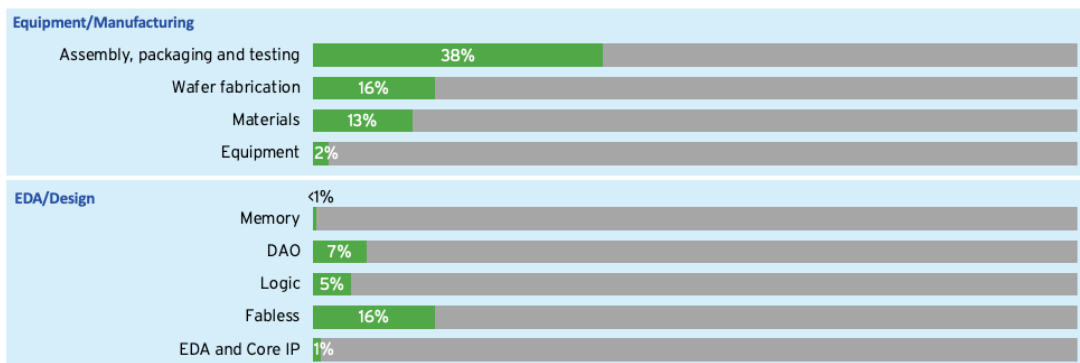
作为半导体行业的后来者，中国大陆地区本土芯片行业规模相对较小，仅占全球半导体销售市场的 7.6%。中国芯片公司主要向消费者、通信和工业终端

市场销售分立半导体器件、低端逻辑芯片和模拟芯片。中国芯片公司在高端逻辑芯片、先进模拟芯片和尖端存储产品市场明显缺席。中国本土半导体供应链并不发达，它在先进逻辑芯片代工生产、EDA 工具、芯片设计 IP、半导体制造设备和半导体材料等方面明显滞后。目前，中国大陆地区代工厂专注于更成熟的工艺制程节点，设备和材料供应链能力仅限于较老的技术。

在高度互联和价值链分层的全球半导体供应链中，中国目前具有一些显著的优势：（1）中国已经是全球外包半导体封装测试（OSAT）的领导者，（2）中国领先的 OSAT 公司已跻身于世界前 10 之列，占 2020 年全球 OSAT 市场的 38%，同时其超过 30% 的制造设施建在国外。

虽然中国大陆地区在全球芯片销售市场中仅占 7.6% 的份额，但中国半导体行业发展迅速。在中端移动处理器和基带、嵌入式 CPU、网络处理器、传感器和电源设备开发方面，中国大陆地区无晶圆厂（fabless）和 IDM 制造商取得了显著的进步。2020 年，中国大陆地区公司占全球无晶圆半导体市场的 16%，仅次于美国和中国台湾地区。中国大陆地区也在快速弥补人工智能芯片设计的短板，部分原因是其超大规模的云计算和消费者智能设备市场需求的快速增长，以及芯片设计市场准入门槛的降低。

Chinese Share in the Global Semiconductor Supply Chain by Major Segment



Source: BCG x SIA: Strengthening the Global Semiconductor Supply Chain in an Uncertain Era

图 1 中国在全球半导体供应链中的市场份额（按细分市场）

中国是重要的前端晶圆制造者，占全球晶圆产能的 23%。虽然中国近 95% 本土生产能力集中于成熟工艺节点（大于 28 nm），但由于经济数字化转型对新旧芯片的衔接需求，成熟的制造技术不应被忽视。

二、中国半导体行业政策

中国政府长期以来一直有支持新兴芯片的政策，随着《国家集成电路产业发展推进纲要》的出台，中国在 2014 年之后加速了集成电路产业的发展步伐。中国半导体行业政策的核心是国家集成电路产业发展投资基金，该基金成立于 2014 年，拥有 210 亿美元国家支持的融资，在 2019 年的二轮国家融资超过 350 亿美元。目前，该基金已经投资 390 亿美元，其中 69.7% 用于前端制造。此外，中国 15 个地方政府集成电路基金提供 250 亿美元用于资助中国半导体公司。上述资助尚未包括政府拨款、股权投资和低息贷款。

Share of National IC Fund Phase I & II Investment by Segment

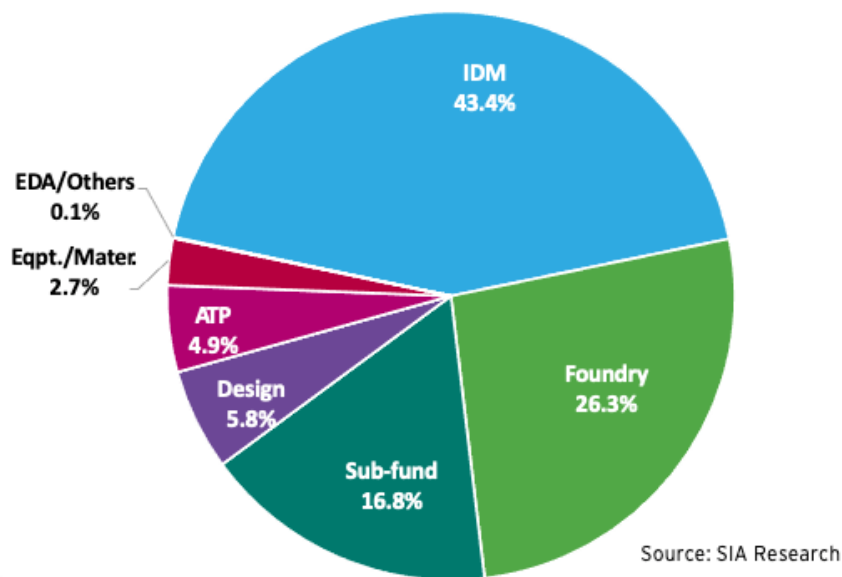


图 2 中国集成电路基金投资情况（按细分领域）

经济合作与发展组织（OECD）2019 年的一项研究显示，2014-2018 年期间，中国四家由政府支持的半导体公司从中国金融机构获得 48.5 亿美元的低于市场利息的贷款，占该项研究中 21 个同类公司总贷款额的 98%。

中国半导体行业 43% 的注册资本由政府直接或间接拥有或控制，这表明政府对半导体行业的发展方向有重大影响。中国政府为中国企业提供了巨大的成本优势，波士顿咨询公司 2020 年的一份报告显示，在中国建造和运营一个晶圆厂的成本比在美国低 37%。

随着地缘政治局势的日益紧张，中国更加重视建立本土供应链。在《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的

建议》中，半导体被明确确定为战略技术重点。中国本土科技公司也在加紧努力进军半导体行业。该行业的投资速度已大幅加快，2020 年，中国新成立了 22800 多家半导体公司，比 2019 年增长了 195%。

三、发展与挑战

迄今为止，中国政府的大部分补贴用于建造晶圆厂。自 2014 年以来，中国公司陆续宣布了 110 个新晶圆厂项目，承诺总投资额达到 1960 亿美元。但实际投资额要低的多，而且有一些明显的失败案例。在这些项目中，40 个晶圆厂已经建成并在运行，另有 38 条新生产线目前正在建设中，还有 14 个项目已经暂停。

预计中国半导体行业在 2021 年和 2022 年的资本支出分别为 123 亿、153 亿美元，占全球总额的 15%，并预计在未来 10 年内，晶圆装机容量几乎翻倍，达到全球芯片装机容量的约 19%。

中国的芯片生产商正致力于在存储器和成熟节点逻辑代工方面取得突破，以期在全球市场上获得优势。自 2016 年以来，中国政府已向国有存储器工厂投资至少 160 亿美元，以发展中国本土的 3D-NAND 闪存和 DRAM 产业，这些努力已开始取得一些成效。此外，中国领先的代工厂和几家代工厂初创企业已经加快了建设成熟工艺技术晶圆厂的步伐。根据超大规模集成电路公司（VLSI）预计，中国的存储器和代工能力在未来 10 年内将以 14.7% 的复合年增长率增长。

在中国政府 ICT 采购和进口替代计划的支持下，从事其他高端芯片开发的中国无晶圆厂企业也将增加创新，提高技术能力，并扩大产品供应。例如，中国的顶级 CPU 设计公司都宣布计划在 2020 年开发针对政府服务器和 PC 市场的 GPU。

此外，由于对进口外国 ICT 产品的限制日益增加，以及对出口管制加强的担忧，中国正在大力发展本土供应链能力。这包括加快对 EDA 设计公司、半导体制造设备和材料的投资。在 EDA 领域，在过去 24 个月里就有超过 8 家初创公司成立，总共筹集了近 4 亿美元的资金。中国 EDA 公司现在已经有能力生产传统芯片，且中国本土的设备公司有望在未来几年为成熟工艺节点（40/28 nm）

提供强大的生产能力。

中国政府大力推动半导体本土化，在竞争激烈、技术复杂的全球市场上，中国的半导体行业可能会有不同程度的成功。例如，中国准备在存储器、成熟节点逻辑代工和无晶圆厂芯片设计等领域发展竞争力，特别是在消费和工业应用领域，在这些领域中国可能会取得成功。但是，中国在高端价值链层面可能一段时间内仍将落后，例如领先的逻辑代工工艺技术（如同美国一样，中国大陆地区依靠中国台湾地区和韩国生产的 10 纳米以下的先进芯片）、通用高端逻辑芯片（CPU/GPU/FPGA）、先进的制造设备和材料（光刻胶、光刻技术等），以及与尖端逻辑芯片相关的 EDA 软件和 IP。

四、政策建议

在透明国际贸易规则和公平竞争环境的基础上，日益激烈的竞争将使全球芯片行业更强大、更有活力、更具创新性。中国的半导体行业政策可能对美国半导体行业的健康发展带来重大挑战。

美国需要认真应对来自中国的挑战，但不能让经济全面脱钩。半导体行业高度全球化，进入全球市场对美国公司维持高水平的研发投资和资本支出至关重要。半导体行业是世界上研发和资本支出最密集的行业，需要巨大规模的投资。近期的一项研究发现，扩大甚至完全与中国脱钩将导致美国芯片公司的全球市场份额下降 8-18%，从而导致研发和资本支出的大幅削减，以及多达 124,000 个美国就业机会的丧失，最终导致美国在该行业的全球领导地位下降。保持美国半导体公司进入中国通用商业芯片市场对确保美国竞争力至关重要。

应对来自中国挑战的最好方法是与美国盟友紧密合作，一方面迫使中国改变相关政策，同时制定全球新的规则 and 标准。例如，近期，拜登政府与日本和韩国进行了以半导体为重点的对话，与欧盟建立了贸易和技术委员会。

美国要想在与中国长期的半导体竞争中胜出，就必须加大投资提升技术竞争力，加强美国本土及其盟友半导体供应链的弹性。美国在这方面已向前迈出重要一步，近期，美国参议院通过了两党合作的《美国创新与竞争法案》，其中包括 520 亿美元的联邦半导体投资。两党以 68 比 32 的投票结果表明，国会广泛

认识到，美国要想在改变游戏规则的未来技术中竞争并获胜，就必须在半导体领域引领世界。美国众议院必须跟进，国会必须将最终的法案提交给拜登总统，以便签署成为法律。

于杰平 王丽编译自

<https://www.semiconductors.org/taking-stock-of-chinas-semiconductor-industry/>

MSFEIL

在纯自旋的准二维系统中发现量子相变

纯量子系统可以经历类似于水的液态和气态之间的经典相变。然而，在量子水平上，粒子在从相变中出现的状态中自旋显示出集体纠缠行为。这一开创性研究发现进一步加深了我们对量子磁性中一阶量子相变的理解，在各向异性自旋相互作用产生拓扑性质的材料提供了一条新的途径，这种材料可用于自旋电子学应用和量子计算中。这一发现是由巴西圣保罗大学物理研究所（IF-USP）教授胡里奥·拉里亚（Julio Larrea）领导的国际合作团队完成。

在以往的相关量子材料研究中，研究人员预测并在实验上证实了一个临界点终止了莫特金属-绝缘体跃迁线，这也是不连续载流子密度的一阶跃迁。在量子自旋系统中，连续的量子相变受到压力外加磁场和无序的控制，但不连续的量子相变受到较少的关注。几何受挫的量子反铁磁体（geometrically frustrated quantum antiferromagnet） $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ 构成了一个近乎精确的实现聚合 Shastry - Sutherland 模型，并显示了奇异现象，包括磁化平台、低能束缚态激发、反常热力学和不连续量子相变。此次，研究人员通过控制施加在 $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ 上的压力和磁场，提供纯自旋系统中临界点物理的证据，并基于高精度比热测量证明，其与水一样，压力-温度相图有一条一阶跃迁线，它将具有不同局部磁能密度的相分离，并在伊辛临界点终止。此外，使用最近发展的有限温度张量网络方法对数据进行了定量解释。

研究人员获得了一阶量子相变的第一个实验证据，它是完全由自旋组成的准二维系统。这是一项从实验发展和理论解释两方面进行的开创性研究，将有助于考察经典相变（以水的状态变化为例）及其量子模拟（以莫特金属-绝缘体相变为例）。在临界点附近，由于原子长度尺度上密度波动是无限相关的，水的性质表现出不正常的行为。因此，该材料显示出一种与气体和液体不同的独特状态。

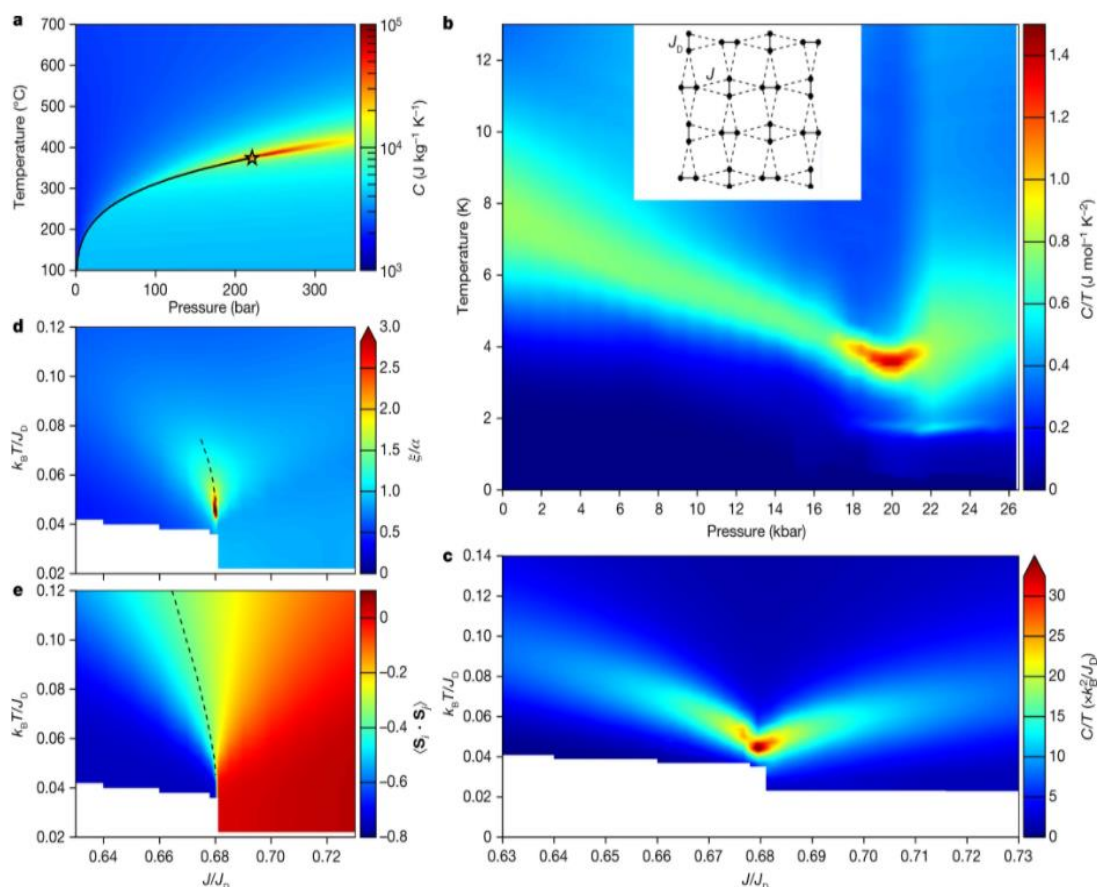


图 1 $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ 自旋体系相图，显示在绝对零度开始一阶转变。一阶转变在临界点结束，类似于水图。然而与水不同的是，在自旋系统中出现了一个新的有序状态，它是纯量子且强相关的反铁磁态。

使用置于极低温、高压和强磁场中的样品，以揭示相关量子态所需的精度获得这些测量值是一项艰巨的实验挑战。该实验在瑞士洛桑联邦理工学院的量子磁性实验室进行，测量精度由瑞士洛桑联邦理工学院 Frédéric Mila 和荷兰阿姆斯特丹大学 Philippe Corboz 领导的理论研究团队开发出最先进的计算方法来解释观察到的异常。

下一步研究工作是找到更多关于临界点附近出现的临界态和纠缠自旋态、不连续和连续量子相变的本质，以及代表电子自旋和电荷之间的相互作用和关联的能量尺度，这些导致了量子态，如超导性。为此，研究团队计划在临界点附近和更高的压力下进行一项研究，正在与巴西圣保罗大学物理研究所实验物理系教授 Valentina Martelli 合作建立一个新设施，即极端条件下的量子物质实验室。

该研究成果发表在《Nature》，2021，592：370 - 375，题目：“A quantum magnetic analogue to the critical point of water”。

沈湘摘译自[2021-7-27]

http://portal.nstl.gov.cn/STMonitor/home/bianyi_recordshow.htm?id=101176&parentPageId=1627356494479&serverId=182

<https://www.nature.com/articles/s41586-021-03411-8>

减少处理器热量积聚的新型热管理材料

在大多数电子系统中，大量的废热通过一系列具有热阻的器件层和接口从热点散发到散热器。大的热阻和由此升高的热点温度会降低器件的工作性能，因此热管理是半导体工业中的一个重要技术挑战。最近关于改善散热的研究主要集中在更换普通衬底（如碳化硅、硅和蓝宝石）和高导热（HTC）材料，以降低整体热阻。高性能热管理的一个关键挑战是实现 HTC 与电子结附近的低热边界电阻（thermal boundary resistance，界面对热流的电阻）的结合。

金刚石是目前高性能电力电子冷却研究的主要材料。研究表明，与传统的射频（RF）系统相比，氮化镓（GaN）-金刚石器件的热点温度降低。然而，GaN-金刚石界面的总热阻很低，影响了金刚石在热管理方面的应用潜力。传统的高温超导材料也受到热性能和其他固有问题的限制。例如，金刚石和立方氮化硼由于其高温高压合成要求、生长速度慢、成本高、质量劣化以及难以与半导体集成而在应用上具有挑战性。因为具有很弱的跨平面范德华键合，石墨烯具有很强的各向异性和机械柔软性。石墨烯和纳米管等纳米材料可以作为各种材料的良导体，但当以实际尺寸集成时，由于环境相互作用和无序散射，它们的热导率会下降。

近年来，基于从头计算理论（ab initio theory）在实验上开发出了新的化合物半导体，其热导率超过了一般的热导体。磷化硼（BP）和砷化硼（BAs）的

各向同性热导率分别为 $500 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 和 $1300 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 。BAs 的机械和热物理性能已被测量为与功率半导体高度兼容，这是器件集成所需要的。BAs 和 BP 与其他材料层的异构集成及其表征对于未来热管理应用设备至关重要，但这些还有待探索。。

美国加州大学洛杉矶分校研究人员报道了 BAs 和 BP 与其它金属和半导体材料的界面特性和集成，并通过材料表征、光谱测量和原子声子输运理论模拟研究了这些界面的散热性能和机制。由于其独特的声子能带结构，BAs 和 BP 表现出高 HTC 和低 TBR 的结合。

研究人员使用变质异质外延技术发展 GaN-on-BAs 结构，并测量了 $250 \text{ MW m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ 的热边界电导，通过使用具有可变宽度热源的 GaN - BAs 结构的实验数据来确定和研究 GaN 晶体管的热点温度，开发了器件集成并提供了 AlGaN/GaN 高电子迁移率晶体管（HEMT）的实验测量，验证了 BAs 优越的冷却性能。

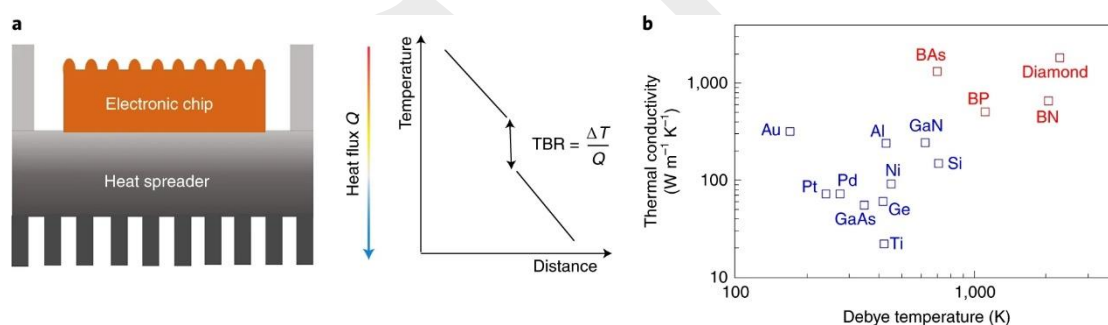


图 1 电子热管理采用集成 HTC 材料作为冷却基板，以改善散热

该研究成果发表在《Nature Electronics》，2021，4: 416 - 423，题目：“Integration of boron arsenide cooling substrates into gallium nitride devices”。

沈湘摘译自[2021-7-27]

http://portal.nstl.gov.cn/STMonitor/home/bianyi_recordshow.htm?id=101044&parentPageId=1627356155740&serverId=14

<https://www.nature.com/articles/s41928-021-00595-9>

可在柔性材料上生产出原子级薄晶体管的制造技术

物联网 (IoT) 设想的是, 电子产品存在于人类日常生活的方方面面, 为周围的机器、环境以及人类身体提供信息。IOT 所需的一些设备可以用硬硅制造, 但也需要具有非平面形状因子的、薄而轻电子设备, 可以与形状不规则的物体、人体皮肤上的物体或植入体内的物体共形连接。这将需要纳米级的柔性电子器件, 它们对机械应变具有鲁棒性, 易于集成, 并且具有低功耗和高性能。随着技术的进步, “柔性电子学” 越来越接近现实。柔性电子产品可弯曲、可塑形且有高效的计算机电路, 可穿戴或植入人体, 执行与健康相关的任务。

二维 (2D) 材料由于其缺乏悬空键、原子级 (亚 1 纳米) 薄层中良好的电子或空穴迁移率、较低的短沟道效应以及能够转移到不同衬底的能力, 成为柔性电子学的良好候选材料。单分子膜过渡金属二卤化物 (TMDs) 如 MoS_2 由于其电子带隙 (~ 2) 非常适合于低功耗应用, 可实现低关断状态电流。然而, 具有纳米级特征的高性能柔性 TMD 场效应晶体管的开发具有挑战性, 因为难以在柔性衬底上产生如此小的沟道长度, 并且 TMD 转移过程可能导致原子级薄材料的污染或损坏。

多年来, 超薄、灵活的计算机电路一直是个工程目标, 但高性能设备的小型化程度受限于制造技术。现在, 美国斯坦福大学的研究人员的发明, 可在柔性材料上生产出长度不到 100 纳米的原子级薄晶体管。

研究人员在一层涂有玻璃的实心硅板上, 形成了一个原子级的 2D 半导体二硫化钼薄膜, 上面覆盖着微小的纳米图案金电极。由于该步骤是在传统的硅基板上进行的, 因此可以使用现有的先进图案化技术对纳米级晶体管尺寸进行图案化, 从而实现在柔性塑料基板上无法达到的分辨率。

化学气相沉积的分层技术, 一次只生长 1 层原子的二硫化钼薄膜, 厚度相当于 3 个原子, 但需要温度达到 850 摄氏度才能工作。相比之下, 由聚酰亚胺制成的柔性基板在 360 摄氏度左右就会失去形状, 在更高的温度下会完全分解。

斯坦福大学的研究人员首先在坚硬的硅上形成这些关键部件的图案, 并让

它们冷却，这样就可以在不损坏的情况下应用这种柔性材料。只要在去离子水中简单“洗个澡”，整个设备堆叠就会剥离，完全转移到柔性聚酰亚胺上来。

经过一些额外步骤后，研究人员制造出了柔性晶体管，其性能比以往用原子薄型半导体生产的任何晶体管都高出几倍。研究人员说，虽然可以构建整个电路，将其转移到柔性材料上，但后续层的某些复杂情况使得转移后这些额外的步骤变得更容易。

最终，包括柔性聚酰亚胺在内的整个结构只有 5 微米厚，约是人类头发的十分之一，这意味着可在给定面积内安装更多晶体管。同时，这些设备能在低电压下运行时处理高电流，高性能、速度快、功耗低，且过程中可散热。

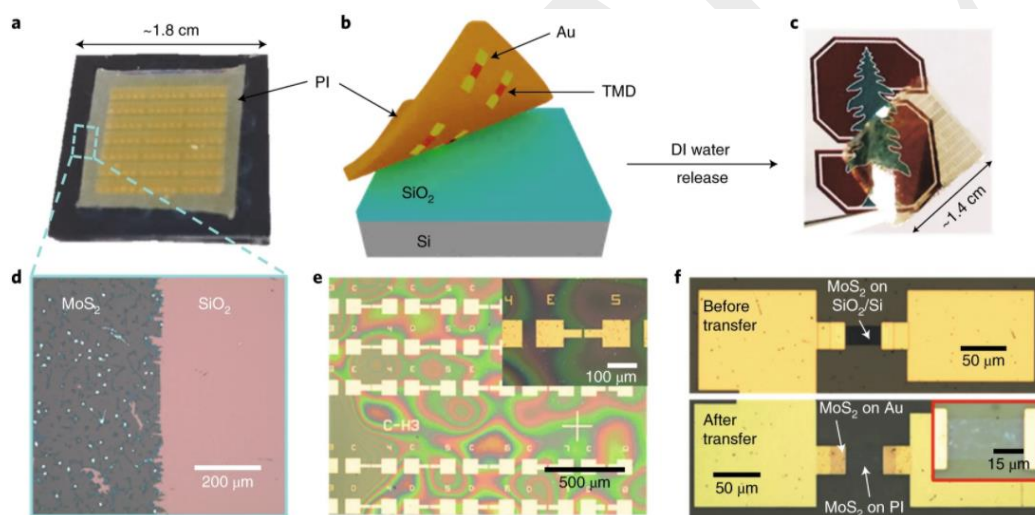


图 1 带有触点的 2D 单分子膜的转移过程

斯坦福大学团队正在研究将无线电电路与设备相结合，这尤其对于那些植入人体内或深度集成到其他物联网设备中的设备将是又一次技术飞跃。

该研究成果发表在《Nature Electronics》，2021，4：495 - 501，题目：“High-performance flexible nanoscale transistors based on transition metal dichalcogenides”。

沈湘摘译自[2021-7-27]

http://portal.nstl.gov.cn/STMonitor/home/bianyi_recordshow.htm?id=101538&parentPageId=1627374688557&serverId=182

<https://www.nature.com/articles/s41467-021-23181-1>

碳纳米管射频器件的频率上限首次提升至太赫兹领域

在 5G、6G 时代，工业互联网将得到长足的发展。无论是无人驾驶还是工厂自动化，由于需要处理海量的数据，都要有超级强大的底层器件。而且该种器件构建的系统必须要具备更快的数据传输速度，更大的数据吞吐量以及更复杂的电路集成度。碳基射频是一个非常好的选择。随着未来技术的成熟，碳基 SoC 集成技术将成为工业互联网、航空航天等领域的有力支撑。

为了开发新一代无线通信技术，需要能够在 90GHz 频率以上工作的综合射频设备。碳纳米管场效应晶体管在此类应用中很有前景，但目前包括工作频率在内的关键性能指标低于理论预测。北京大学电子学系、碳基集成电路研究院张志勇-彭练矛团队在碳基射频电子器件研究中取得重要进展。该团队制备了适合射频应用的半导体阵列碳纳米管材料，并在此基础上首次将碳纳米管射频器件的频率上限提升至太赫兹领域，真正展示了碳纳米管器件的高速高带宽和增益线性度优势。

基于高纯度碳纳米管阵列的射频晶体管阵列采用双色散分选和二元液体界面对准工艺制造。纳米管阵列的密度约为 120 纳米管/微米，最大载流子迁移率为 $1580 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ，饱和速度高达 $3.0 \times 10^7 \text{ cm s}^{-1}$ 。产生的场效应晶体管提供高直流性能（通态电流为 $1.92 \text{ mA } \mu\text{m}^{-1}$ ，峰值跨导为 $1.40 \text{ mS } \mu\text{m}^{-1}$ ），可在毫米波和太赫兹频率下工作。栅长为 50 nm 的晶体管电流增益和功率增益截止频率分别高达 540 GHz 和 306 GHz，射频放大器在 k 波段（18 GHz）具有较高的功率增益（23.2 dB）和固有线性（三阶截点输出功率 31.2 dBm）。

该研究成果充分展现了碳管在射频电子学上的优势和潜力，意味着在即将到来的 6G 时代，碳基将会提供速度更快、性能更强、集成度更高、能耗更低的核心芯片技术。未来，不论是个人移动设备还是工业互联网，甚至是遥远的天宫空间站也很有可能拥有“极速 WiFi”。

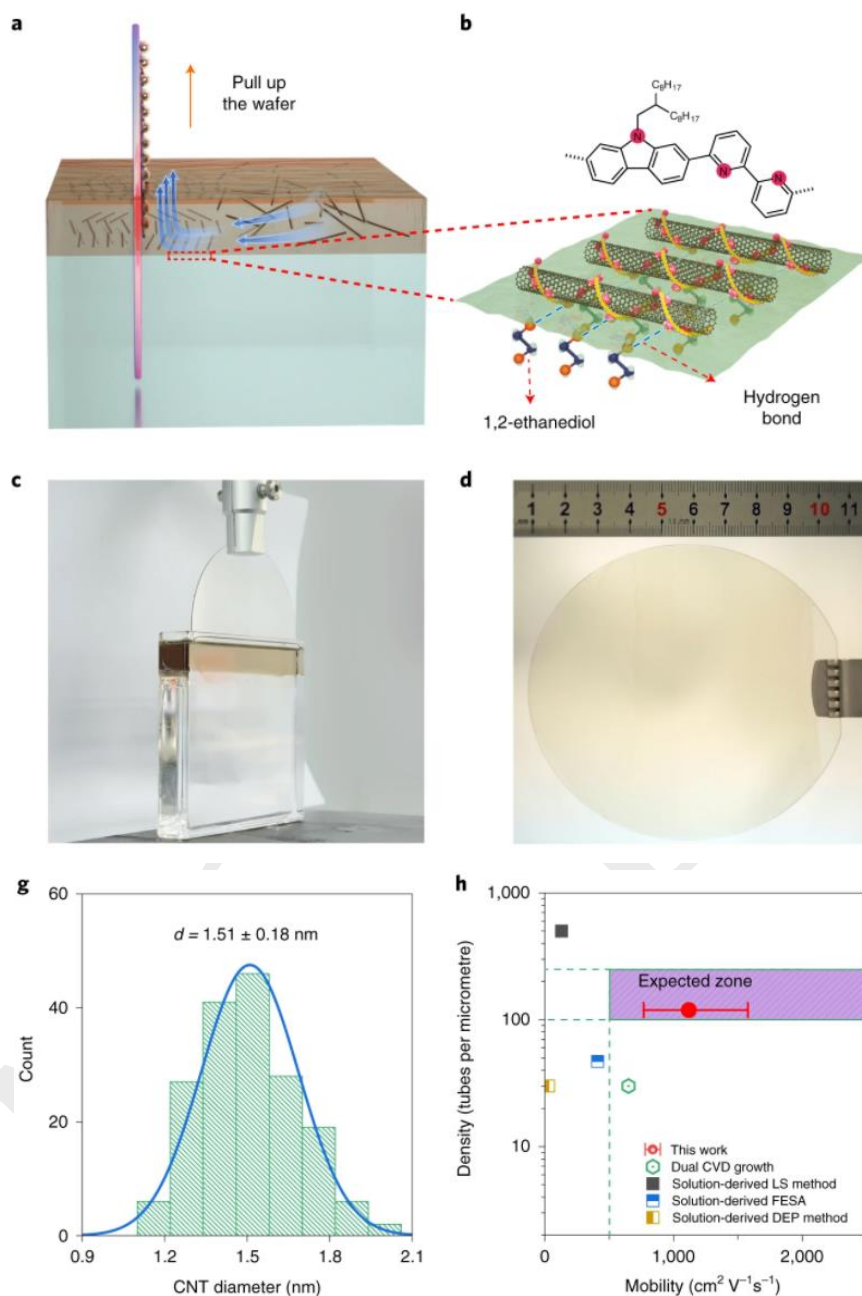


图 1 阵列碳管制备和表征

该研究成果发表在《Nature Electronics》，2021，4：405 - 415，题目：“Radiofrequency transistors based on aligned carbon nanotube arrays”。

沈湘摘译自[2021-5-25]

http://portal.nstl.gov.cn/STMonitor/home/biany_i_recordshow.htm?id=101045&parentPageId=1627355091256&serverId=14

<https://www.nature.com/articles/s41928-021-00594-w>

基于石墨烯的机械谐振器的新型声子激光器设计

有些物质在受到辐射时，会发出波长、相位和偏振相同的光子。这一过程被称为受激发射，由阿尔伯特·爱因斯坦在一个多世纪前预言，是当前激光装置的基础。第一批激光器是大约六十年前建造的。

类似的过程，包括“相同”声子的发射，是一种被称为声子激光器（saser）装置的基础。它和激光是同时被预测的，但是在很长一段时间里，只有少数实验实现被开发出来，而且没有一个在工业上得到广泛的应用。镁离子、半导体、具有微腔的复合系统、机电谐振器、纳米粒子以及许多其他物质和系统在过去十年中被用作声子激光器的活性介质。

中俄合作研究团队共同开发了一种基于石墨烯的机械谐振器，在这种谐振器中诱导了声量子或声子的相干发射。这种被称为声子激光器的器件在信息处理以及材料的经典和量子传感方面有着广泛的应用潜力。与以往的研究不同，本研究使用石墨烯来产生相干声激励。由于石墨烯的独特性质，这种谐振器具有广泛的应用前景。

石墨烯谐振器是用微光刻技术制作的：在硅衬底上沉积一层光敏聚合物薄膜。利用紫外光，在基板上“绘制”出某种结构，随后通过等离子体处理形成微腔的重复系统。经过处理的基板上覆盖着一层石墨烯，这种“鼓”系统的行为就像一个谐振器，也就是说，如果外部振动以一定的频率产生，它就会放大。

如果用特定波长的激光照射这种“鼓”，光子就会在硅衬底和石墨烯之间反复反射，从而形成光学腔，在那里产生适当频率的机械振动。

在实验上，研究人员研究了一种纳米结构，它是一种由碳单原子层或石墨烯构成的固定膜。原子或声子的振动通过暴露于外部光辐射而被激活。这项研究预计将继续进行，因为是对超小型物体的物理学研究，并有可能创造新一代量子光机传感器和传感器。

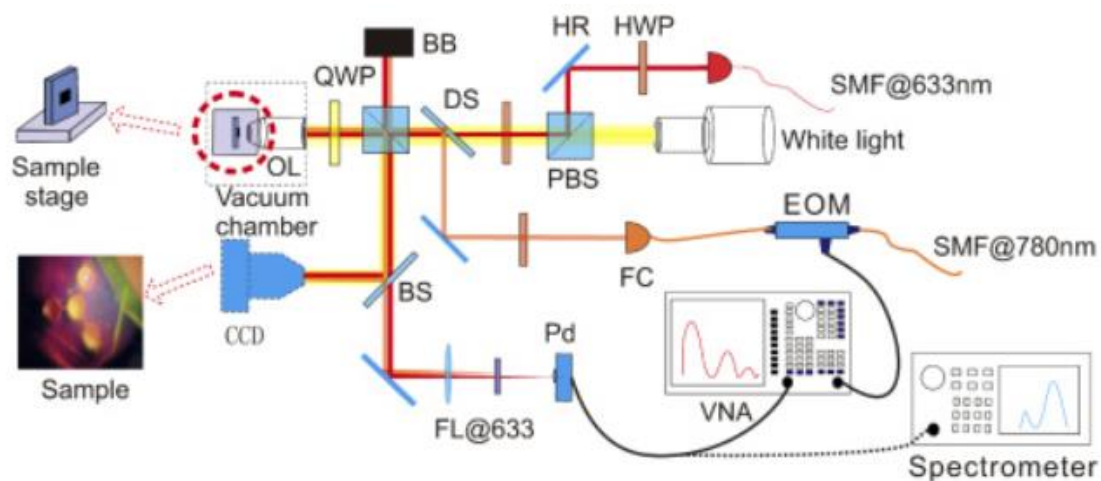


图 1 实验步骤示意图。两束激光聚焦在样品上，一个石墨烯薄片覆盖着一个带有微孔的硅衬底。

该研究成果发表在《Optics Express》，2021, 592: 370 - 375, 题目：“Phonon lasing with an atomic thin membrane resonator at room temperature”。

沈湘摘译自[2021-7-27]

http://portal.nstl.gov.cn/STMonitor/home/bianyi_recordshow.htm?id=100776&parentPageId=1627355921038&serverId=182
<https://www.osapublishing.org/oe/fulltext.cfm?uri=oe-29-11-16241&id=450960>

英特尔加速制程工艺和封装技术创新

2021 年 7 月 27 日，英特尔公司公布了有史以来最详细的制程工艺和封装技术路线图，展示了一系列底层技术创新，这些创新技术将不断驱动从现在到 2025 年乃至更远未来的新产品开发。除了公布其近十多年来首个全新晶体管架构 RibbonFET 和业界首个全新的背面电能传输网络 PowerVia 之外，英特尔还重点介绍了迅速采用下一代极紫外光刻（EUV）技术的计划，即高数值孔径（High-NA）EUV。英特尔有望率先获得业界第一台 High-NA EUV 光刻机。

英特尔技术专家详述了以下路线图，包含新的节点命名（Intel 7、4、3、20A）和实现每个制程节点的创新技术：

（1）基于 FinFET 晶体管优化，Intel 7 与 Intel 10nm SuperFin 相比，每瓦性能将提升约 10%-15%。2021 年即将推出的 AlderLake 客户端产品将会采用 Intel 7 工艺，之后是面向数据中心的 SapphireRapids，预计将于 2022 年第一季度投产。

（2）Intel 4 完全采用 EUV 光刻技术，可使用超短波长的光，刻印极微小的图样。凭借每瓦性能约 20%的提升以及芯片面积的改进，Intel 4 将在 2022 年下半年投产，并于 2023 年出货，这些产品包括面向客户端的 MeteorLake 和面向数据中心的 GraniteRapids。

（3）Intel 3 凭借 FinFET 的进一步优化和在更多工序中增加对 EUV 的使用，较之 Intel 4 将在每瓦性能上实现约 18%的提升，在芯片面积上也会有额外改进。Intel 3 将于 2023 年下半年开始用于相关产品生产。

（4）Intel 20A 将凭借 RibbonFET 和 PowerVia 两大突破性技术开启埃米时代。RibbonFET 是英特尔对 Gate All Around 晶体管的实现，它将成为公司自 2011 年率先推出 FinFET 以来的首个全新晶体管架构。该技术加快了晶体管开关速度，同时实现与多鳍结构相同的驱动电流，但占用的空间更小。PowerVia 是英特尔独有的、业界首个背面电能传输网络，通过消除晶圆正面供电布线需求

来优化信号传输。Intel 20A 预计将在 2024 年推出。英特尔也很高兴能在 Intel 20A 制程工艺技术上，与高通公司进行合作。

(5) 2025 年及更远的未来：从 Intel 20A 更进一步的 Intel 18A 节点也已在研发中，将于 2025 年初推出，它将对 RibbonFET 进行改进，在晶体管性能上实现又一次重大飞跃。英特尔还致力于定义、构建和部署下一代 High-NA EUV，有望率先获得业界第一台 High-NA EUV 光刻机。英特尔正与 ASML 密切合作，确保这一行业突破性技术取得成功，超越当前一代 EUV。

邹丽雪选摘自

<https://newsroom.intel.cn/news-releases/intel-accelerates-process-packaging-innovations/#gs.6w7kk4>

三星推出新芯片组以增强下一代 5G RAN 产品组合

2021 年 6 月 22 日，三星电子发布一系列新芯片组，这些芯片组将嵌入下一代 5G 解决方案中，旨在将三星下一代 5G 产品提升至新的水平，提高性能和能效并减小尺寸，将于 2022 年投入商用。

新芯片组包括：

(1) 第三代毫米波 RFIC

这款新芯片是继三星前几代 RFIC 之后推出的。第一代 RFIC 于 2017 年推出，为三星 5G FWA 解决方案提供动力，支持全球首个在美国的 5G 家庭宽带服务。两年后，为三星 5G Compact Macro 提供动力的第二代 RFIC 推出，这是业界首个毫米波 5G NR 无线电，此后一直在美国广泛部署。第三代 RFIC 芯片同时支持 28GHz 和 39GHz 频谱，并将嵌入三星下一代 5G CompactMacro。该芯片采用先进技术，可将天线尺寸缩小近 50%，最大限度地扩大 5G 无线电的内部空间。此外，最新的 RFIC 芯片提高了功耗，从而使 5G 无线电的尺寸更加紧凑、重量更轻。最后，新 RFIC 芯片的输出功率和覆盖范围有所增加，使下一代 5G

Compact Macro 的输出功率增加了一倍。

(2) 第二代 5G 调制解调器 SoC

三星于 2019 年推出的首款 5G 调制解调器 SoC，为该公司新的 5G 基带单元和 Compact Macro 提供动力。迄今为止，这些 5G 调制解调器 SoC 已出货超过 200,000 个。与上一代相比，第二代芯片将使三星即将推出的基带单元具有两倍的容量，同时将每个单元的功耗降低一半。此外，它支持 6GHz 以下和毫米波频谱，为三星的下一代 5G Compact Macro 和大规模 MIMO 无线电提供波束成形和更高的功率效率，同时减小这两种解决方案的尺寸。

(3) DFE-RFIC 集成芯片

2019 年，三星推出了第一款数字/模拟前端 (DAFE) 芯片，作为 5G 无线电 (包括 5G Compact Macro) 的重要组成部分，通过模数转换 (analog-to-digital/digital-to-analog) 和同时支持 28GHz 和 39GHz 频谱。

这款新芯片结合了适用于 6GHz 以下和毫米波频谱的 RFIC 和 DFE 功能。通过集成这些功能，该芯片不仅使频率带宽增加了一倍，而且还为三星的下一代解决方案 (包括 5G Compact Macro) 缩小了尺寸并提高了输出功率。

邹丽雪摘译自

<https://news.samsung.com/global/samsung-unveils-new-chipsets-to-enhance-next-generation-5g-ran-portfolio>

IMEC 将 nanosheet 扩展到 2nm 以下技术节点

据 IMEC 2021 年 6 月 15 日报道，在 2021 年 VLSI 技术和电路研讨会上，IMEC 首次展示了全功能的集成 forksheet 场效应晶体管 (FET)，其短通道控制 (SSSAT=66-68mV/dec) 可与栅极长度低至 22nm 的全环绕栅极 (GAA) nanosheet 器件相媲美。双功函数金属栅极 (Dual work function metal gates) 以 17nm 间距集成在 n 和 pFET 之间，突出了 forksheet 器件用于高级 CMOS 面积缩

放的关键优势。

forksheet 器件最近被 IMEC 提出作为最有前途的器件架构，以扩展 GAA nanosheet 器件的生成，并具有 2nm 技术节点以下的额外缩放和性能。与 nanosheet 器件不同，forksheet 中的 sheet 由三栅叉形（trigate forked）结构控制，即通过在栅极图案化之前在 p 和 nMOS 器件之间引入介电“绝缘墙”来实现。

“绝缘墙”从物理上隔离了 p 型和 n 型沟槽，这使得 n-to-p 间距比 FinFET 或 nanosheet 器件更紧凑。。

IMEC 首次展示了 forksheet 器件的电气特性，该器件通过使用 300 毫米工艺流程成功集成，栅极长度低至 22 纳米。n 和 pFET 均具有功能完整的两个堆叠硅通道。它们的短通道控制（SSSAT=66-68mV）与在同一晶圆上共同集成的垂直堆叠 nanosheet 器件的短通道控制相当。对于 forksheet 器件，使用替代金属栅极工艺在 17nm 的 n-p 空间（约为最先进 FinFET 技术中间距的 35%）集成了双功函数金属栅极，突出了一个新器件架构的主要优势。

在 2nm 技术节点采用 Nanosheet 将受到 n-to-p 空间限制，新的 forksheet 器件架构作为 GAA Nanosheet 器件的自然演变有望突破这一极限，可将标准单元高度从 5T 缩放至 4.3T，同时仍保障性能增益。通过 forksheet 设计，可用空间可用于增加 sheet 宽度，从而进一步增强驱动电流。

邹丽雪摘译自

<https://www.imec-int.com/en/press/imec-reports-first-electrical-demonstration-integrated-forksheet-devices-extend-nanosheets>

SK 海力士量产采用 EUV 技术的第四代 10 纳米级 DRAM

2021 年 7 月 12 日，SK 海力士开始量产适用第四代 10 纳米（1a）级工艺的 8Gigabit（Gb）*LPDDR4 移动端 DRAM 产品，预计从下半年开始向智能手机厂

商供应适用 1a 纳米级技术的移动端 DRAM。

该产品是 SK 海力士首次采用 EUV 技术进行量产的 DRAM，意义非凡。SK 海力士在此前生产 1y 纳米级产品过程中曾部分采用了 EUV 技术，事先完成了对其稳定性的验证。

相较前一代 1z 纳米级工艺同样规格的产品，1a 纳米级 DRAM 在每一张晶圆中可产出的产品数量约提高了 25%。此次新产品稳定支持 LPDDR4 移动端 DRAM 规格的最高速度（4266Mbps），并相较前一代产品其功耗也降低了约 20%。此次量产的 1a 纳米级 DRAM 在生产效率和成本竞争力层面都有改善，从而可以期待更高的盈利。通过将 EUV 技术全面导入量产程序，SK 海力士有望进一步巩固引领尖端技术的高新企业地位。

在本次 LPDDR4 产品之后，SK 海力士计划从明年初开始将 1a 纳米级工艺导入于去年十月推出的全球首款 DDR5DRAM 中。

邹丽雪选摘自

<https://news.skhynix.com.cn/sk-hynix-starts-mass-production-of-1anm-dram-using-euv-equipment/>

《集微技术信息简报》是由中国科学院文献情报中心情报研究部承担编辑的半导体、集成电路、微电子相关领域科技信息综合报道及专题分析简报（双月报），于2014年3月正式启动，2014年为季度发行的《光刻技术信息简报》，2015年更名《集微技术信息简报》双月发行，2017-2018年根据服务内容聚焦点更名《第三代半导体技术信息简报》。2019年起卷名恢复《集微技术信息简报》。按照“统筹规划、系统布局、分工负责、整体集成、长期积累、深度分析、协同服务、支撑科研”的发展思路，规划和部署《集微技术信息简报》。《集微技术信息简报》服务对象是集成电路、微电子领域的相关领导、科技战略研究专家和科研一线工作者。《集微技术信息简报》内容力图兼顾科技决策和管理者、科技战略专家和领域科学家的信息需求，报道集成电路、微电子领域的国际科技战略与规划、科技计划与预算、科技进展与动态、科技前沿与热点、重大科技研发与应用、重要科技政策与管理等方面的最新进展与发展动态，不定期提供半导体、集成电路、微电子领域热点方向的专题分析。

《集微技术信息简报》是内部资料，不公开出版发行；除了其所报道的专题分析报告代表相应作者的观点外，其所刊载报道的中文翻译信息、汇编信息等并不代表编译者及其所在单位的观点。

NSTL 微电子器件及集成专项情报服务团队

执笔人：王丽 于杰平 沈湘 邹丽雪

联系人：王丽

电话：010-82626611-6649

电子邮件：wangli@mail.las.ac.cn

