

集微技术信息简报

2025 年第 **2** 期 (总第 65 期)

中国科学院文献情报中心

2025 年 3 月制

本期目录

政策计划

美国白宫发布“美国优先投资政策”总统备忘录以严格限制中美双向投资	1
欧盟委员会批准 9.2 亿欧元的德国半导体制造工厂援助措施	3
英国投资超 1200 万英镑用于资助 10 个量子项目	3
日本政府扩大尖端芯片和量子计算机相关技术出口管制	5
OECD 发布《量子技术政策入门》报告	5
新加坡拟拨款 10 亿新元设立新半导体研发中心	6

产业洞察

美众议员敦促对中国成熟芯片征收特定关税	8
美国智库 CSIS 发布《DeepSeek、华为、出口管制以及中美 AI 竞赛的未来》报告	10
德勤公司发布《2025 年全球半导体产业分析报告》	12
美国智库 ITIF 发表评论性文章《中国技术安全战略的政策指导》 ..	15
ISSCC 2025 全球技术格局与趋势洞察	18

前沿研究

瑞士洛桑联邦理工学院开发基于光子芯片的超宽带参量放大器	26
韩国首尔国立大学首次开发出新型二维半导体合成技术“hypotaxy”	27
中国科学院物理研究所开创原子级制造的范德华挤压技术，实现二维金属的普适制备	29
北京大学研制出世界迄今最低功耗的二维环栅晶体管	31
美国量子初创公司 PsiQuantum 推出为实用量子计算机打造的可制造量子光子芯片组 Omega	33

产业动态

韩国 SK 海力士紧急审查中国 EDA 软件	35
韩国三星电子计划开发下一代封装材料“玻璃中介层”	36
ASML 和 IMEC 签署五年期战略合作协议 聚焦先进制程与可持续发展.....	36
美国应用材料公司推出全新 2nm 及以下尖端制程芯片检测系统	37
谷歌 X 实验室宣布革命性光子芯片产品 Taara 的最新进展.....	38

政策计划

美国白宫发布“美国优先投资政策”总统备忘录以严格限制中美双向投资

据官网 2024 年 2 月 21 日报道，美国白宫发布“美国优先投资政策”总统备忘录（以下简称“备忘录”）¹，旨在鼓励盟国及合作伙伴的投资、同时加强对中国等“外国对手”的双向投资监管。备忘录面向财政部、国务院、国防部、商务部等 16 个与美国跨境投资相关的联邦机构，指导这些机构根据这份文件所表述的立场，研究并制定新的美国跨境投资法律法规或变更现有法律法规。

备忘录的核心思想是使美国在继续接受外国投资的同时，对来自特定国家（尤其是中国）的投资以及美国人对特定国家的投资实施更严格的审查与限制，从而维护其国家安全和经济安全。

一、鼓励来自美国盟友及伙伴国家的投资

对于来自美国盟友和伙伴国家的投资，备忘录旨在创建一个更加开放、便利的投资环境，重点促进人工智能和未来新兴技术在美国创建和增长。具体鼓励措施拟包括：

（1）对于涉及关键技术、关键基础设施、个人数据和其他敏感领域的美国企业的投资，将放宽对外国投资者访问美国资产的限制，放宽的程度取决于外国投资者与“外国对手”（包括中国（含香港和澳门特别行政区）、古巴、伊朗、朝鲜、俄罗斯和委内瑞拉）的合作程度。

（2）根据客观标准，为特定盟国及合作伙伴对涉及美国先进技术及其他重要领域的投资设立“快速通道”审查机制，以促进更多投资。尽管美国外国投资委员会已经在一定程度上加速了低风险投资案件的审查，但备忘录仍提出简化申报流程，以缩短符合条件的

¹ <https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/2025/02/america-first-investment-policy/>

投资审查时间，并加快对美国超过 10 亿美元的任何投资的环境审查。

(3) 鼓励外国人进行被动投资，包括不涉及控制权的股权投资、不具有投票权、董事会或其他治理权利的股份，也不能赋予任何影响管理或实质性决策的权利或对非公开技术、产品或服务的访问权限。也就是说，只分享经济利益，但不对美国企业的决策、管理、技术等产物有任何影响（甚至访问）权力的外国投资（包括来自中国的投资），原则上仍被允许。

二、限制外国对手利用对美投资和美国对外投资

备忘录将管制外国对手国家与美国之间的双向投资活动，防止这些国家通过跨境投资，削弱美国的军事、经济和科技方面的竞争优势。具体限制措施拟包括：

(1) 美国将减少中国等外国对手对公共和私营部门资本、技术和知识的技术投资。美国将制定新规则，阻止美国公司和投资者对中国国家军民融合战略行业的投资，并阻止中国关联人员收购美国关键企业和资产，只允许那些符合美国利益的投资。

(2) 美国将利用包括但不限于外国投资委员会审查等法律工具，限制与中国有关联的主体投资于美国的技术、关键基础设施、医疗保健、农业、能源、原材料或其他战略性行业，保护敏感设施附近的农田和房地产。同时，加强 CFIUS 对“绿地”投资的监管，其负责审查的“新兴和基础技术”范围也将进一步扩大。

(3) 为了减少投资者的不确定性，减轻行政负担，提高政府效率，美国将停止对来自外国对手的投资使用过于官僚、复杂和开放式的“缓解”协议。

(4) 美国将利用一切必要的法律工具，包括通过使用《国际紧急经济权力法》下的制裁权力，进一步阻止美国主体投资中国军工产业。在现有基础上，考虑对美国在中国的半导体、人工智能、量子、生物技术、高超音速、航空航天、先进制造、定向能等领域的

投资实施新的或扩大的限制，限制将涵盖中国国家军民融合战略涉及的其他领域。限制所涵盖的行业将定期审查和更新。

（执笔：沈湘）

欧盟委员会批准 9.2 亿欧元的德国半导体制造工厂援助措施

据官网 2024 年 2 月 20 日报道，欧盟委员会批准了一项 9.2 亿欧元（约 9.9 亿美元）的德国国家援助措施，用于在德累斯顿建造一座新的半导体制造厂¹。该措施将支持英飞凌（Infineon）的 35 亿欧元（约 37 亿美元）投资计划，完成 MEGAFAB-DD 项目并生产不同类型的芯片。这家新的半导体制造厂符合《欧洲芯片法案》和《欧盟委员会 2024-2029 年政治指导方针》中规定的目标，将推动欧洲发展数字经济、提供安全稳定的半导体供应。

新的半导体制造工厂将是一个前端设施，涵盖晶圆的加工、测试和分离，包括两个技术生产系列：（1）用于电子系统电源开关、管理和控制的分立电源技术；（2）对弥合模拟和数字世界之间的差距至关重要的模拟/混合信号集成电路。所生产的半导体将用于工业、汽车和消费应用。

新工厂将是欧洲第一家能够在两种技术之间快速切换生产且保持高产能的工厂，预计将于 2031 年达到满负荷生产状态。

（执笔：沈湘）

英国投资超 1200 万英镑用于资助 10 个量子项目

2025 年 3 月 10 日，创新英国（Innovate UK）宣布 10 个量子试点项目²，金额超过 1200 万英镑（约 1549 万美元），旨在通过提升

¹ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/it/ip_25_557

² <https://www.ukri.org/news/quantum-missions-pilot-competition-winners-announced/>

量子计算和量子网络的能力和消除技术障碍来加速它们的商业化应用。量子计算机可能提供超越最先进超级计算机的计算能力，有望在药物发现、金融投资组合优化、人工智能赋能领域取得突破。

10 个量子试点项目分别为：（1）QUDITS2 项目旨在开发展示量子通信可行性的硬件演示平台；（2）量子网络先进封装项目 PAGNet 旨在开发即插即用的量子光子集成电路（QPIC）封装解决方案，以解决量子密钥分发大规模部署的高昂成本问题；（3）硅基量子纠错项目 SiQEC 旨在交付能够实现多轮量子纠错（QEC）的基于自旋的量子计算系统；（4）面向分布式量子计算的可扩展量子比特-光子接口项目 Hyperlon 旨在交付量子比特-光子接口原型机的系统级演示；（5）自主高性能量子网络纠缠光子源项目 QNET-EPS 旨在开发自主纠缠光子源（EPS）技术并完善英国本土供应链；（6）量子计算混合测试平台：桥接确定性光源与硅光子学项目旨在构建基于电信波段的量子信息处理测试平台，通过提升单光子源（SPS）性能以满足量子计算需求，同时开发可扩展技术，演示新型混合架构在容错量子计算系统中的功能；（7）纠缠增强量子集成网络项目 EQUIN 将通过集成抗量子密码算法、纠缠光子通信系统扩展量子密钥分发网络能力；（8）单光子增强量子光网络探测器 SEQOND 项目将开发新型量子接收器，在提升性能的同时降低成本，并为量子存储器应用提供路径；（9）基于二维阱架构的量子测试平台项目 Q-TATA 旨在通过开发二维芯片，将多量子比特系统运行速度提升高达百万倍，突破量子计算机扩展瓶颈；（10）量子纠错读取测试平台项目旨在集成 SEEQC 可扩展读取系统与 Rigetti 量子处理器，打造全栈 QEC 系统，突破量子比特读取速度与质量的技术瓶颈，为量子计算机性能升级提供明确路径。

（执笔：于杰平）

日本政府扩大尖端芯片和量子计算机相关技术出口管制

据官网 2024 年 1 月 31 日报道，根据《外汇法》修订草案，日本政府发布出口管制更新草案的相关拟议规则，计划对尖端半导体的制造装置和软件、量子计算机相关技术等数十个物项实施更严格的出口管制限制¹。公司出口这些物项需要获得许可，以防止其用于武器或武器开发。先进半导体可用于提高精确制导武器的计算能力，量子计算机可用于破解加密。

与之前的管制相比，更新后的拟议规则在出口覆盖范围上更具针对性，并在技术细节上更加深入²。此外，日本政府还将数十家实体列入“外国用户清单”³。新规则最早将从今年 5 月下旬开始实施。

（执笔：沈湘）

OECD 发布《量子技术政策入门》报告

2024 年 1 月 29 日，国际经济合作与发展组织（OECD）发布《量子技术政策入门》报告⁴，概述了量子技术的应用潜力，指出了关键政策机遇和挑战。

一、量子技术的应用潜力

在商业应用方面，量子技术将在医疗健康、材料科学、能源、化学、金融、运输和物流、通信等领域带来变革性进展。量子计算能够解决经典计算机难以处理的复杂问题，潜在变革性应用场景包括 DNA 测序、新药研发、新材料发现、碳捕获技术增强、投资组合优化、运输和物流路线优化等。量子传感器能够提供比经典传感器更高的精度和灵敏度，潜在变革性应用场景包括医学成像和诊断、

¹ <https://public-comment.e-gov.go.jp/pcm/detail?CLASSNAME=PCMMSTDETAIL&id=595125013&Mode=0;>
<https://www3.nhk.or.jp/news/html/20250131/k10014709431000.html>

² <https://mp.weixin.qq.com/s/B7Ot0FmXr-Tct-eDHnJAig>

³ <https://mp.weixin.qq.com/s/ueiERYO3lQxeXcff3plrgw>

⁴ https://www.oecd.org/en/publications/a-quantum-technologies-policy-primer_fd1153c3-en.html

材料缺陷的高灵敏度检测、能源基础设施监测、能源探测、地面条件探测等。量子通信能够加强信息传输的安全性，潜在变革性应用场景包括提高财政、金融、医疗等关键部门的数据及其传输的安全性。

二、政策机遇与挑战

量子技术的政策机遇主要集中在四个方面：（1）政府对量子技术生态系统的支持，包括研发支持、技术准备和技术弹性；（2）建立量子技术能力的评估基准，以评估不同量子技术的成熟度和性能包括系统级基准、算法级基准、应用级基准等；（3）国际研发合作，公私合作及跨学科合作对促进量子技术发展至关重要；（4）标准，通过共享术语、制定基准有助于增强量子技术发展过程中的一致性和互操作性，但需防范过早标准制定对技术前沿探索的限制。

量子技术的政策挑战主要集中在四个方面：（1）国际合作方面，量子技术面临的诸多科学和工程挑战需要国际合作来解决，但随着技术在地缘政治中日益发挥核心作用，全球范围内的国际合作面临挑战；（2）人才技能方面，量子技术行业技能需求远超供给，国际间对拥有技能的人才竞争在加剧，人才的国际流动带来了安全风险；（3）供应链方面，量子技术的供应链仍在形成中且高度全球化和专业化，面临的中断风险高，而出口管制将进一步加剧中断风险；（4）技术获取方面，量子技术的门槛高，国家间的技术差距可能进一步加大，不均衡的技术获取将加剧国家间的科技鸿沟。

（执笔：于杰平 王丽）

新加坡拟拨款 10 亿新元设立新半导体研发中心

据官网报道，新加坡总理兼财政部长黄循财于 2 月 18 日在国会发表 2025 年财政预算案及施政方向¹。根据财政预算案，为加强科技

¹ <https://www.mof.gov.sg/singaporebudget/budget-speech/budget-statement/c-advancing-our-growth-frontier#Enhancing-our-Technology-and-Innovation-Engines>

和创新引擎建设，新加坡计划拨款 10 亿新元（约 7.45 亿美元）设立一座新半导体研发中心，为研究人员和行业合作伙伴提供工业级半导体原型和测试研发工具。

黄循财表示，新加坡占全球芯片市场份额的 10%以上以及半导体设备市场份额的 20%以上，有必要进一步提升已有竞争优势领域。此外，DNA 芯片正在开启生命科学新领域，仅新加坡就生产了世界上 80%以上的 DNA 芯片。

（执笔：沈湘）

产业洞察

美众议员敦促对中国成熟芯片征收特定关税

2025 年 3 月 11 日，美国众议院“美中战略竞争特设委员会”¹主席、共和党众议员约翰·穆勒纳尔（John Moolenaar），在美国贸易代表办公室（USTR）主办的一场听证会上作证，敦促美国贸易代表“确保对在中国制造并集成到进入美国的最终产品中的所有芯片征收特定关税”²。

事件回溯。USTR 于 2024 年 12 月 23 日发起对中国“主导半导体产业行为”的 301 条款调查，指控中国采取不合理、歧视性政策，损害美国商业利益。2025 年 3 月 11 日举行的听证会，涵盖政府机构、企业代表、智库专家等发言，聚焦中国对半导体领域的政策支持、市场行为、技术路径及对美国产业的影响。

美方认为有必要采取行动但实施难度大。美国认为中国在成熟芯片领域的产能不断扩张。美国政府可能在完成调查后对中国输美芯片征收更多关税，以应对美国认为对中国成熟芯片的依赖。专家认为，鉴于成熟芯片涉及层面广，对美国经济影响深远，一旦中国形成对该行业的垄断，将威胁美国的国家安全。但美国如果对所有含有中国芯片的产品征收关税，将对众多行业造成广泛影响，而且实施起来难度也很高。

特朗普政府或对中国芯片再叠加关税。“美中战略竞争特设委员会”得到美国两党支持，早在其 2023 年 12 月的经济报告³和 2024 年 1 月致政府函中就支持对中国成熟芯片征收关税。此后，莫勒纳尔多

¹ 英文全称：Select Committee on the Strategic Competition Between the United States and the Chinese Communist Party

²

[https://ustr.gov/sites/default/files/files/Issue_Areas/Enforcement/PRC%20Semiconductors%20301%20Investigation_Hearing%20Transcript%20\(Mar.%2011%2C%202025\).pdf](https://ustr.gov/sites/default/files/files/Issue_Areas/Enforcement/PRC%20Semiconductors%20301%20Investigation_Hearing%20Transcript%20(Mar.%2011%2C%202025).pdf)

³ <https://democrats-selectcommitteeontheccp.house.gov/sites/evo-subsites/democrats-selectcommitteeontheccp.house.gov/files/evo-media-document/final-reset-prevent-build-scc-report.pdf>

次呼吁“建立可靠的国内半导体供应，不受中国控制”。如果目前进行的 USTR301 调查结果认定中国半导体产品出口对美国经济和国家安全构成危害，预计特朗普政府将再次对中国芯片加征关税。美国目前已经对中国生产的半导体芯片征收 60% 的关税：从 2025 年 1 月 1 日开始对中国产半导体产品征收 50% 的关税，又于今年 2 月宣布对所有进口自中国的商品在已有的关税基础上加征 10% 的关税。

美国在对中国“芯片战”中的堵截策略呈现的是一种双向的态势。一方面，在先进制程芯片领域，美国联同盟友、试图通过出口管制限制先进芯片、相关技术和设备从西方国家流入中国；先进制程芯片可以用于超级计算机、人工智能(AI)、量子计算等新型科技领域。另一方面，中国成熟制程的芯片制造能力日益强大。这些芯片泛指 28nm 及以上制程节点的芯片，使用范围广泛，不仅用于各类家用电器，在汽车、军事、航空航天中也有使用。美国认为中国在这一领域的进步受到国家政策支持，可能对全球市场造成倾销隐患，试图以关税等贸易壁垒作为应付手段。

智库评论：实施关税难度较大，影响难以预料。美国智库战略与国际研究中心（CSIS）指出，美国销售的智能手机使用的四分之三芯片来自中国，如果再增收更多关税，在对中国造成打击的同时，也将会冲击高通和苹果公司。BIS 的调查数据显示，含有中国成熟制程芯片的美国产品占比超过三分之二，但这些产品中中国芯片的价值只占总量的 1.3%，数量占比为 2.8%¹。美国奥尔布赖特石桥集团认为，中国成熟节点半导体的绝大多数国内产能扩张都是为了服务于过去几十年来严重依赖进口的国内市场，美国的关税不会影响中国半导体制造企业发展服务国内市场的能力，而对含有中国芯片的“组件”征收更多关税，将非常难以实施，将增加成本，而最终目的也不明确。

¹ <https://www.bis.gov/media/documents/public-report-use-mature-node-semiconductors-december-2024>

美国智库 CSIS 发布《DeepSeek、华为、出口管制以及中美 AI 竞赛的未来》报告

2025 年 3 月 7 日，美国智库战略和国际研究中心（CSIS）发布《DeepSeek、华为、出口管制以及中美 AI 竞赛的未来》报告，关于 DeepSeek、华为、出口管制和中美 AI（特别是 AI 芯片）竞争的未来提出了 21 项关键判断，总体概述了 DeepSeek 的起源和成就、其地缘政治影响和美国及其盟国政策制定面临的关键挑战¹。

报告的主要观点包括：

1. DeepSeek 的技术创新是真实的，而不是宣传。DeepSeek 在性能和成本方面的技术成就并不令人惊讶，只是反映了行业发展的长期趋势。然而，令人惊讶的是这样的技术创新成就来自中国实验室。

2. DeepSeek 的成功很大程度上反映了 2022 年 10 月发布的美国 AI 芯片出口管制条例存在的缺陷。美国政府在 2023 年 10 月的相关管制条例更新中弥补了这些缺陷。然而，从另一个角度来看，DeepSeek 的技术创新也反映了美国 AI 芯片出口管制政策的成功，DeepSeek 的首席执行官指出，美国的 AI 芯片出口管制政策对其公司和更广泛的中国 AI 生态系统的整体进步构成了严峻挑战。

3. DeepSeek 研发的 AI 计算效率提升技术可能对美国企业的赋能效应更为显著，因为美国公司可以将这些技术应用于更大的计算资源，从而为更多的客户提供更好的 AI。DeepSeek 和其他 AI 效率创新将继续促进 AI 芯片的发展。

4. DeepSeek 在提炼美国 AI 模型和复制闭源算法创新方面的成功，确实引发了在缺乏强有力的知识产权保护情况下，AI 竞争优势的本质战略问题。而且，近年来的事态发展并没有让人相信，保护知识产权和技术秘密的传统方法在涉及中国 AI 时可能有效。

5. 出口管制是否有效，取决于能否有效实施和执法，以防止芯

¹ <https://www.csis.org/analysis/deepseek-huawei-export-controls-and-future-us-china-ai-race>

片走私。在这一点上，如果特朗普政府减少相关政府资源和行政工作人员，或者导致盟国不合作，美国有理由为此感到非常担忧。

6. 除了走私，美国面临的重大战略挑战是，中国有可能在国内以足够的数量和质量生产 AI 芯片，以建设与美国竞争的 AI 数据中心基础设施。

7. DeepSeek 有能力进行低于英伟达 CUDA 软件生态系统水平的架构创新。如果 DeepSeek 致力于加强华为的昇腾系列 Ascend 芯片和 CANN 异构计算架构软件生态系统，它将对英伟达构成更大威胁。

8. 由华为（AI 芯片设计师）、中芯国际（AI 芯片制造商）和长鑫存储/长江存储（高带宽存储器制造商）组成的中国联盟最近在推进 AI 芯片的国产化方面取得了重大战略进展。

9. 华为的 AI 芯片设计一直很强大。华为还利用空壳公司获得台积电的制造能力，获得了 200 多万个 AI 芯片，并储存了超过一年的高带宽存储器。

10. 由于美国及其盟国的出口管制，华为的 AI 芯片制造合作伙伴中芯国际（SMIC）一直在努力解决低产量（约 20%）和每月 2 万片 7 nm 晶圆的问题。中芯国际的 7 nm 以下制程节点生产是一条困难且不确定的道路。据相关消息，华为已经成功将美国制造的库存设备转移到中芯国际 SN2 厂房，中芯国际预计到 2025 年底将实现每月 5 万片 7 nm 晶圆的产能。如果所有这些产能都用于生产华为 Ascend 芯片（这是不太可能的），这意味着将每年生产数百万颗 Ascend 910C 芯片。

11. 华为 Ascend 芯片继续面临挑战，缺乏兼容的 AI 软件导致采购的芯片的利用率很低。然而，如果 DeepSeek 的开源社区极大提高了华为 CANN 软件生态系统，从而提高了其与英伟达 CUDA 软件生态系统的竞争力，这种情况可能会改变。

12. 基于从台积电采购的芯片、库存的高带宽存储器，以及中芯

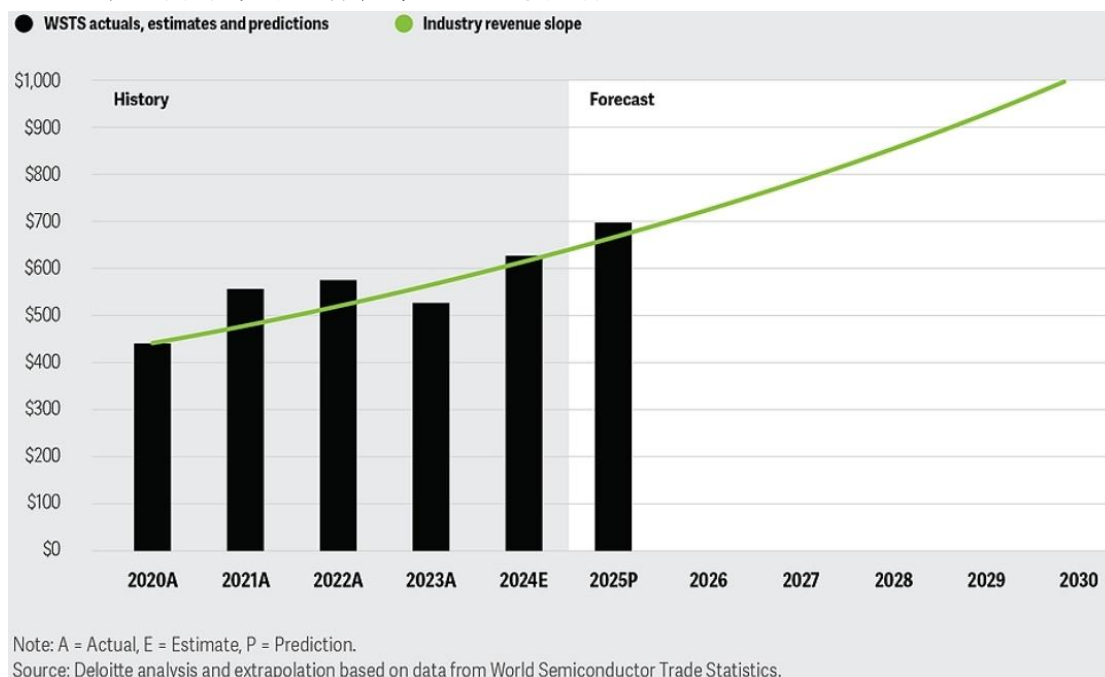
国际不断增加的 Ascend 芯片产量，华为和 DeepSeek 有望成功建立一个由百万级 Ascend 芯片构成的 AI 超级集群，但是也将面临大规模芯片集成和软件框架方面的挑战。

13. 在人类水平的通用 AI 和超越人类水平的超级 AI 方面，美国公司仍然领先于中国。然而，这一差距已大幅缩小，即使在极其严格的出口管制下，美国想要维持超过一两年的技术领先优势已显得不太现实。

（执笔：沈湘）

德勤公司发布《2025 年全球半导体产业分析报告》

据官网 2025 年 2 月 4 日报道，德勤（deloitte）公司发布《2025 年全球半导体产业分析报告》¹。报告指出，半导体产业在 2024 年表现强劲，预计增长率达 19%、销售额将达到 6270 亿美元（超过预期）。预计 2025 年销售额将达到历史新高 6970 亿美元，稳步迈向 2030 年 1 万亿美元销售额的理想目标。



¹ <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/technology/technology-media-telecom-outlooks/semiconductor-industry-outlook.html>

图 1 2020-2030 年全球芯片产业销售额分析及预测

一、2025 年全球半导体产业四大分析预测

1. 生成式 AI 芯片在个人电脑、智能手机、企业边缘计算和物联网领域广泛应用

用于大型云数据中心的 AI 训练和推理芯片的成本通常高达数万美元。在 2024 年和 2025 年，这些芯片或其轻量级版本在企业边缘计算、电脑、智能手机以及物联网相关设备中得到应用。在许多情况下，这些芯片被用于生成式 AI 或传统 AI（机器学习）或两者结合，而且两者结合应用的情况越来越多。

2. 芯片设计更注重“左移”，需要加强行业合作

德勤公司已在 2023 年预测，人工智能将成为人类半导体工程师的有力助手，帮助完成极其复杂的芯片设计过程以及改进和优化 PPA（功率、性能和面积）的方法。截至 2024 年，第一代 AI 已经实现了通过快速迭代增强现有设计，并在更短时间内发现全新设计。到 2025 年，芯片设计可能会更加“左移”——一种芯片设计和开发方法，其中测试、验证和确认在芯片设计和开发过程的早期进行，其优化策略可以从简单的 PPA 指标发展到系统级指标（如：算效比 FLOPS/W）。先进的 AI 能力（图神经网络和强化学习）的结合可能会继续帮助设计出更节能的芯片。特定领域和专用芯片设计预计将继续比通用芯片需求旺盛，因为一些行业（如汽车）和某些人工智能工作负载需要定制的芯片设计方法。

3. 半导体产业的人才挑战进一步加剧

在 2023 年的半导体产业展望分析中，德勤公司估计半导体产业到 2030 年需要增加 100 万名技术工人，即每年增加 10 万多名。两年后，这一预测不仅成立，而且预计 2025 年的人才挑战将进一步加剧。在全球范围内，各国没有足够的技术人才来满足半导体产业的劳动力需求。

从核心工程到芯片设计和制造、运营和维护，AI 可能有助于缓解一些工程人才短缺，但技能差距迫在眉睫。到 2025 年，吸引和留住半导体产业人才可能仍然是许多组织面临的挑战，其中一个较大的问题是劳动力老龄化，这在美国甚至欧洲更为突出。再加上复杂的地缘政治格局和供应链脆弱性，全球人才供应明显面临压力。

随着美国和欧洲的制造、组装和测试的在岸和回流，芯片公司和代工厂在 2025 年从当地招聘更多人才时可能会面临压力。另一方面，“友岸”（与盟国的公司合作）可以为供应链提供稳定性和韧性，特别是对美国和欧盟而言。但这也需要寻找合适的技能，以帮助满足马来西亚、印度、日本和波兰等国的新产能和人才需求。

4. 在地缘政治紧张局势下建立有弹性的供应链

在 2024 年半导体产业展望分析中，德勤公司已经深入探讨了地缘政治紧张局势。半导体供应链在 2024 年运行良好，目前没有理由相信 2025 年供应链韧性会降低，但与往常一样，风险仍然存在。鉴于生成式 AI 芯片在 2025 年及将来的重要性（销售额占比有望高达半导体产业的 50%）以及尖端芯片所需的处理器、内存和封装的较高集中度，生成式 AI 芯片产业可能比以往任何时候都更容易受到供应链中断的影响。尽管由于各种芯片法案，生成式 AI 芯片产业在地理上可能会变得不那么集中，而且在岸、回流、近岸和友邻等举措仍处于早期阶段，该产业至少在未来一两年内仍然非常脆弱。

二、未来展望

1. 目前生成式 AI 半导体的投资与盈利模式不匹配，存在投资过热的风险。2025 年，市场仍然认为“投资不足的风险大于投资过度的风险”。如果这种态度发生转变，对生成式 AI 芯片的需求可能会低于预期。

2. 敏捷芯片型初创公司的竞争可能会加剧，对更广泛的半导体行业的现有企业构成挑战。2024 年 2-4 季度，AI 芯片初创公司在全

球累计获得了 76 亿美元的风险投资。其中几家初创公司提供专业解决方案，包括基于 RISC-V 的定制应用程序、芯粒、大模型推理芯片、光子集成电路、芯片设计和芯片制造设备。

3. 随着美国和其他主要市场的利率可能进一步下降，有利的信贷环境可能会促进芯片企业的并购。芯片企业的并购情况已在 2024 年有所上升。AI 芯片和其他类型芯片这两类芯片市场更可能经历并购和整合，特别具有关键知识产权（IP）的公司如果无法跟上市场步伐，可能成为收购目标。全球范围内的不确定性、更严格的监管和贸易冲突可能会抑制交易环境。

4. 随着地缘政治挑战席卷全球，芯片公司应该为进一步的供应链中断做好准备。传统的渠道合作伙伴模式和盟友关系可能会被颠覆，即使“本土化生产”、“友岸外包”和“近岸外包”业务已经获得了发展势头。长期的地区冲突和战争可能会进一步影响重要物资和库存的流动。所有这些都可能扰乱半导体公司的需求规划，需要其能更加敏捷地适应供应链、采购合同以及定价条款。

5. 资本支出和收入的很大一部分是由 AI 和生产高度先进的 AI 芯片所需的先进晶圆驱动的。然而，汽车、工业和消费领域的晶圆需求持续低迷，而手机和其他消费品的需求有所上升。到 2025 年和 2026 年，即使总收入和资本支出继续呈上升趋势（至少从未来 9-12 个月来看），但 AI 相关支出的下降和零部件短缺都可能对全球半导体产业产生不利影响。

（执笔：沈湘）

美国智库 ITIF 发表评论性文章《中国技术安全战略的政策指导》

据官网 2025 年 2 月 18 日报道，美国智库信息技术和创新基金会

(ITIF) 发表评论性文章《中国技术安全战略的政策指导》¹。文章认为，中国是一个强大的地缘政治大国，正在积极追求技术霸权，以确保其全球领导地位。文章简要分析了中国旨在保护和巩固竞争优势、弥补相对落后的技术领域以及确保新兴前沿技术“三管齐下”的技术安全战略及其潜在发展障碍，并认为美国需要对中国的技术优势、技术劣势和总体技术安全战略进行清醒的评估，承认中国在某些领域暂时落后、在某些领域迅速赶上、以及在许多领域已经领先。这对于美国制定有针对性和有效的政策以及在未来几年保护美国的创新、竞争力和安全至关重要。美国需要采用战略应对方法，包括增加对 STEM 关键领域的公共投资，以及适当的贸易、税收和监管政策等。

一、中国“三管齐下”的技术安全战略

1. 保护和巩固竞争优势

中国利用深厚的制造业专业知识储备、庞大的劳动力、密集的供应商网络和系统的产业升级方法等优势，寻求保持和巩固其技术竞争优势。中国具有竞争优势的代表性领域包括先进制造业，特别是太阳能电池板和电动汽车电池等。分析人士指出，中国的技术创新往往来自生产线，而不仅仅是大学。中国工业劳动力改进流程的能力以及有竞争力的出口定价，在补贴等产业政策和汇率干预等措施支持下，推动了中国的竞争优势产业的发展。中国在工业机器人方面的进步，将人工智能驱动的软件与硬件相结合，表明其正朝着下一阶段的产业升级迈进。中国在先进制造业方面的领先地位可能会继续前进。

2. 弥补相对落后的技术领域

中国希望解决其相对劣势的技术，努力减少对外国投入的依赖。

¹ <https://itif.org/publications/2025/02/18/a-policymakers-guide-to-chinas-technology-security-strategy/>

2018 年美国对中兴通讯的出口管制已经敲响了中国政策制定者对国内半导体产业的强大警钟，2022-2023 年的半导体出口管制进一步加强了中国自力更生的行动。中国已为半导体投资拨款 1420 亿美元，远远超过美国的 390 亿美元，这表明了中国克服国内半导体产业劣势并缓冲外国政府杠杆的坚定决心。中国政策制定者必须在国际市场准入与本土开发和生产之间取得平衡。

3. 确保新兴前沿技术

中国还在确保新兴前沿技术领域的领先优势，并超越全球竞争对手。例如，中国在人工智能方面的做法与美国等全球领导者的做法明显不同。美国在传统人工智能技术方面表现出色，例如开发大语言模型。但是，中国的竞争优势在于其可以不受限制地获取大量数据（尽管数据质量难以衡量）。中国政府鼓励各行业利用这些数据并将人工智能整合进运营中以提高生产率。

在百度、阿里巴巴、字节跳动、腾讯、商汤、科大讯飞和旷视科技等公司以及清华大学等许多研究机构的支持下，中国的人工智能生态系统正在不断发展。在国内，中国正在为人工智能制定自己的标准和基准，DeepSeek 等公司凭借其突破性的 R1 模型挑战现有模型，成为前沿人工智能参与者；在国际上，商汤科技等公司正在协助沙特阿拉伯等开发基于人工智能的智能城市和监控系统。

二、中国的技术安全战略的潜在障碍

虽然中国的技术安全战略可能成为其政策制定者的指路明灯，但其雄心勃勃的最终目标仍面临重大障碍。在创新领域之外，中国还面临着巨大的结构性挑战，具体包括：

1. **劳动力投资不平衡。**虽然中国的某些精英大学已经成为推动创新的世界级机构，但培养人才的更广泛努力仍然不足。

2. **有利于国有企业的非市场环境可能会抑制中国创新生态系统的潜力。**尽管在过去几十年中，中国由国家主导的投资推动了快速

增长，但这种方法也加剧了中国政治经济的严重低效。在政治优先事项的推动下，国有企业尽管效率往往低于私营企业，但却获得了不成比例的信贷支持。这种分配不当扼杀了创新和高科技部门的发展。

3. **政府机构效率低下。**尽管中国自上而下的治理模式允许政府机构快速决策和大规模动员，但其往往受到官僚主义和腐败的困扰。提高政府机构工作效率和遏制腐败对于推进中国的技术安全战略目标至关重要。

4. **中国面临着日益严峻的地缘政治挑战。**美国及其盟友实施的出口管制、制裁和技术转让限制遏制了中国获得关键技术的机会。这些障碍对中国的技术安全发展战略构成了重大风险，特别是在半导体领域。

(执笔：沈湘)

ISSCC 2025 全球技术格局与趋势洞察

2025 年 IEEE 国际固态电路会议 (ISSCC) 于 2 月 16 日至 20 日在美国加利福尼亚州旧金山举行。会议主题为“硅引擎推动人工智能革命”，旨在展示和分享能够推动集成电路设计前沿并提供新系统能力的创新电路理念。会议内容涵盖多个技术领域，包括模拟电路、数据转换器、数字电路、架构与系统、成像/医疗/显示、存储器、电源管理、射频电路、无线通信、安全芯片、技术方向、有线通信等。作为一个展示全球最先进固态电路和系统芯片进展的顶级学术会议，ISSCC 2025 吸引了来自世界各地的行业专家和学者参与。本文聚焦于 ISSCC 2025 会议日程安排中入选的 246 篇正式论文，通过深入剖析这些论文，揭示各国及各机构在相关领域的最新动态与研究前沿。

ISSCC 2025 的会议论文数量共 246 篇（注：不包含 Session 1、Session 12、Session 16 的论文），国家分布情况如表 1 和图 1 所示，

中国大陆（包括港澳地区）发表 92 篇，数量最多，其次是美国、韩国，中国台湾发文量紧随其后。

表 1 发文国家与论文数量统计表

国家	论文数	国家	论文数
中国大陆	92	意大利	3
美国	51	加拿大	2
韩国	44	英国	2
中国台湾	20	比利时	1
日本	8	法国	1
荷兰	8	爱尔兰	1
瑞士	7	新加坡	1
德国	5	总计	246

中国总计发文量 112 篇（中国大陆 92 篇、中国台湾 20 篇），高校发表论文 98 篇，发文数量最多，其次是企业，发表论文数 6 篇，中国台湾的联发科技有限公司和中国大陆新兴的芯翼信息科技（上海）有限公司表现突出，3 所科研机构均发表 1 篇论文。在中国的机构中，发文数量超过 10 篇的机构有 3 所，北京大学发表 15 篇论文，发文数量最多，其次是澳门大学，发表论文 14 篇，清华大学紧随其后，发表论文 13 篇，这些机构均为集成电路设计领域贡献了卓越的中国力量。

表 2 中国机构发文情况

第一机构	第一机构类型	论文总数	备注
北京大学	高校	15	
澳门大学	高校	14	澳门
清华大学	高校	13	
复旦大学	高校	7	
中国电子科技大学	高校	5	
西安电子科技大学	高校	5	
东南大学	高校	4	
中国科学技术大学	高校	4	
浙江大学	高校	3	
上海交通大学	高校	3	
南方科技大学	高校	3	
西安交通大学	高校	3	
香港科技大学	高校	2	香港

天津大学	高校	1	
芯翼信息科技（上海）有限公司	企业	1	
香港中文大学	高校	1	香港
华东师范大学	高校	1	
中国科学院微电子研究所	科研机构	1	
中国科学院半导体研究所	科研机构	1	
南京大学	高校	1	
南京理工大学	高校	1	
固态微波器件与电路国家重点实验室	科研机构	1	
国防科技大学	高校	1	
华南理工大学	高校	1	
联发科	企业	5	台湾
国立清华大学	高校	4	台湾
台积电	企业	4	台湾
国立台湾大学	高校	3	台湾
国立阳明交通大学	高校	2	台湾
台积电企业研究	企业	1	台湾
国立成功大学	高校	1	台湾

美国发表论文 51 篇，高校发文数 31 篇，企业发文数 19 篇，科研机构发文数 1 篇。相较于中国，美国高校无发文量超过 10 篇的机构，企业在该领域表现较好。企业英特尔发文数位列美国机构榜首，其次是加州大学伯克利分校，发表 5 篇论文，加州大学圣地亚哥分校、莱斯大学紧随其后，发表 4 篇论文。

表 3 美国机构发文情况

第一机构	第一机构类型	论文总数
英特尔	企业	6
加州大学伯克利分校	高校	5
加州大学圣地亚哥分校	高校	4
莱斯大学	高校	4
南加州大学	高校	2
佐治亚理工学院	高校	2
IBM Systems	企业	2
密歇根大学	高校	2
联发科	企业	2
麻省理工学院	高校	2
Marvell	企业	2
Analog Devices	企业	2
伊利诺伊大学	高校	1

圣母大学	高校	1
德克萨斯大学	高校	1
弗吉尼亚大学	高校	1
圣路易斯华盛顿大学	高校	1
AMD	企业	1
Synopsys	企业	1
Cadence	企业	1
哥伦比亚大学	高校	1
爱荷华州立大学	高校	1
Meta	企业	1
Nvidia	企业	1
普林斯顿大学	高校	1
普渡大学	高校	1
桑迪亚国家实验室	科研机构	1
伦斯勒理工学院	高校	1

韩国发表论文 44 篇，高校发文量 31 篇，企业发文量 13 篇，发文量超过 10 篇的机构有 2 个，分别是韩国科学技术研究院、三星电子，可见这 1 所高校和 1 所企业在该领域研究实力相当。

表 4 韩国机构发文情况

第一机构	第一机构类型	论文总数
韩国科学技术研究院	高校	12
三星电子	企业	10
首尔国立大学	高校	5
韩国大学	高校	4
蔚山科学技术院	高校	2
SK 海力士	企业	2
西江大学	高校	2
汉阳大学	高校	2
延世大学	高校	1
成均馆大学	高校	1
大邱庆北科学技术院	高校	1
浦项科技大学	高校	1
三星先进技术研究所	企业	1

从总体机构类型分布情况而言，高校发文量较多，69 所高校发文量超过四分之三，35 所高校发文数量在 2 篇及以上。其次是企业，19 家企业发表论文 48 篇，三星电子、联发科、英特尔等公司表现优异，发文数量在机构分布中排行前十。科研机构发表 5 篇论文，其

中，3 篇来自中国，分别是固态微波与电路全国重点实验室、中国科学院半导体所、中国科学院微电子所等三所科研院所，另外 2 篇分别来自法国原子能委员会电子与信息技术实验室、美国桑迪亚国家实验室。

表 5 总体机构类型分布情况表

机构类型	机构数量	论文数量	论文数量占比
高校	69	193	0.784552846
企业	19	48	0.195121951
科研机构	5	5	0.020325203

注：存在同一篇论文隶属有两个机构的情况，论文 13.2 隶属于苏黎世大学和苏黎世联邦理工学院，统计机构数量时将两者分开，统计论文数量时按照一篇进行统计。



图 1 ISSCC2025 论文的机构类型分布情况

在发文数量前十的机构中，中国机构占比一半以上，其次是韩国。其中，中国大陆发文量共计 54 篇，北京大学、澳门大学、清华大学包揽前三，复旦大学位列第六，此外，中国台湾的联发科技股份有限公司发表 5 篇论文，可见，中国高校和企业在该领域发挥着重要作用。韩国发文量共计 22 篇，韩国科学技术研究院、三星电子位列第四、第五。美国发文量共计 8 篇，英特尔公司发表 6 篇论文，联发科技股份有限公司发表 2 篇论文。此外，瑞士的苏黎世联邦理

工学院和荷兰的代尔夫特理工大学也做出了较高的贡献。

表 6 发文机构与论文数量统计表（TOP10）

排名	第一机构	论文数量	第一机构所属国家/地区	第一机构类型
1	北京大学	15	中国大陆	高校
2	澳门大学	14	中国大陆	高校
3	清华大学	13	中国大陆	高校
4	韩国科学技术研究院	12	韩国	高校
5	三星电子	10	韩国	企业
6	复旦大学	7	中国大陆	高校
7	联发科	7	中国台湾（5 篇），美国（2 篇）	企业
8	苏黎世联邦理工学院	7	瑞士	高校
9	代尔夫特理工大学	7	荷兰	高校
10	英特尔	6	美国	企业

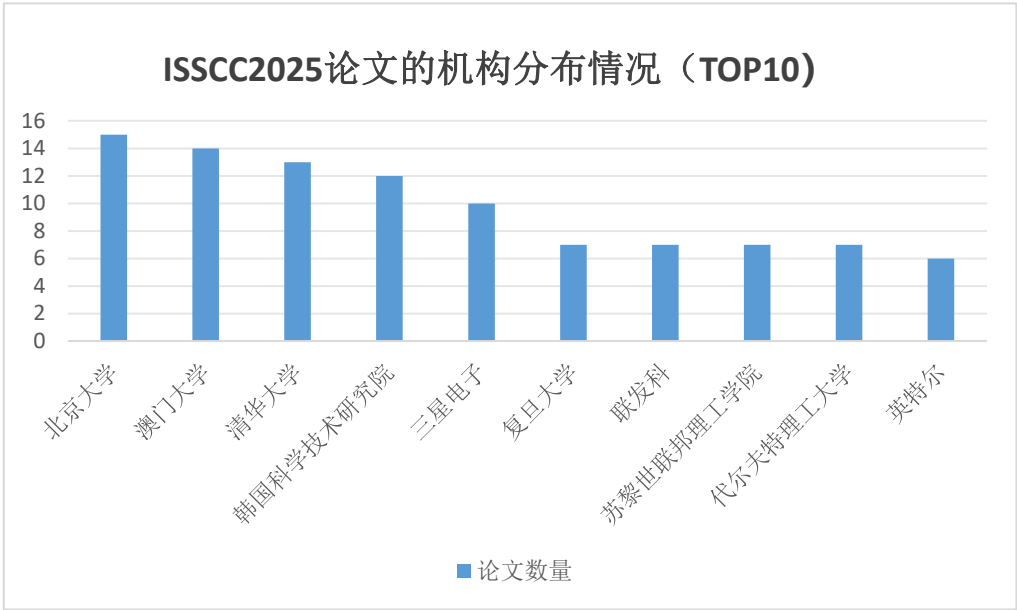


图 2 ISSCC2025 论文的机构分布情况（TOP10）

从会议主题而言，ISSCC 2025 技术论文分会包含 34 个主题（见表 8），Session1、Session12、Session16 分别为开幕式报告、ISSCC 之外的创新以及受邀行业论文，暂不纳入分析范围。

表 5 分会主题及论文

分会序号	论文数量	分会主题	分会主题（英文）
2	10	处理器	Processors
3	4	放大器和模拟前端	Amplifiers and Analog Front-Ends
4	6	模拟技术	Analog Techniques

5	11	高性能收发器的前端电路	Front-End Circuits for High-Performance Transceivers
6	10	成像和显示	Imagers and Displays
7	10	超高速有线通信	Ultra-High-Speed Wireline
8	9	用于系统适应、功率管理和时钟的数字技术	Digital Techniques for System Adaptation, Power Management and Clocking
9	11	无处不在的供电	Ubiquitous Power Delivery
10	5	用于通信和雷达的收发器芯片组	Transceiver Chipsets for Communications and Radar
11	5	射频和毫米波无线接收器	RF and mm-Wave Wireless Receivers
13	6	低温计算电路	Cool Computation Circuits
14	7	存内计算	Compute-in-Memory
15	7	医疗设备的神经接口和边缘智能	Neural Interfaces and Edge Intelligence for Medical Devices
17	6	硬件安全	Hardware Security
18	8	噪声整形和 SAR 型 ADC	Noise-Shaping and SAR-Based ADCs
19	11	频率合成器和串联谐振 VCO	Frequency Synthesizers and Series-Resonance VCOs
20	12	用于健康与自主性的传感器和执行器	Sensors and Actuators for Health & Autonomy
21	9	计算和 USB 电源	Compute and USB Power
22	5	内存接口	Memory Interface
23	10	AI 加速器	AI-Accelerators
24	8	高频 ADC	High-Frequency ADCs
25	5	高频率下的高概念	High-Concepts at High Frequencies
26	5	无线发射器和前端	Wireless Transmitters and Front-Ends
27	5	传感器接口	Sensor Interfaces
28	4	电容式传感器读出	Capacitive Sensor Readout
29	5	SRAM	SRAM
30	6	非易失性存储器和 DRAM	Nonvolatile Memory and DRAM
31	4	能量收集和物联网电源	Energy Harvesting and IoT Power
32	6	隔离电源和栅极驱动器	Isolated Power and Gate Drivers
33	5	超 100GHz 的组件	Components for Beyond 100GHz
34	6	数字锁相环和波形整形 VCO	Digital PLLs and Waveform-Shaping VCOs
35	8	植入式和可穿戴生物医学设备	Implantable and Wearable Biomedical Devices
36	9	超高密度 D2D 和高性能光收发器	Ultra-High-Density D2D and High-Performance Optical Transceivers
37	8	设计技术优化和数字加速器	Design-Technology Optimization and Digital Accelerators

从 ISSCC 2025 技术分会主题来看，中国大陆地区全面覆盖、高速增长，力图在架构+电路+系统三层形成突破，明显投入存内计算等结构性创新方向；美国总量收缩但质量集中，聚焦系统集成与智

能接口，如健康+神经+AI 边缘+传感+安全”系统接口融合方向；韩国保持混合信号和通信电路技术优势，如高速 ADC、PLL/VCO、传感等。

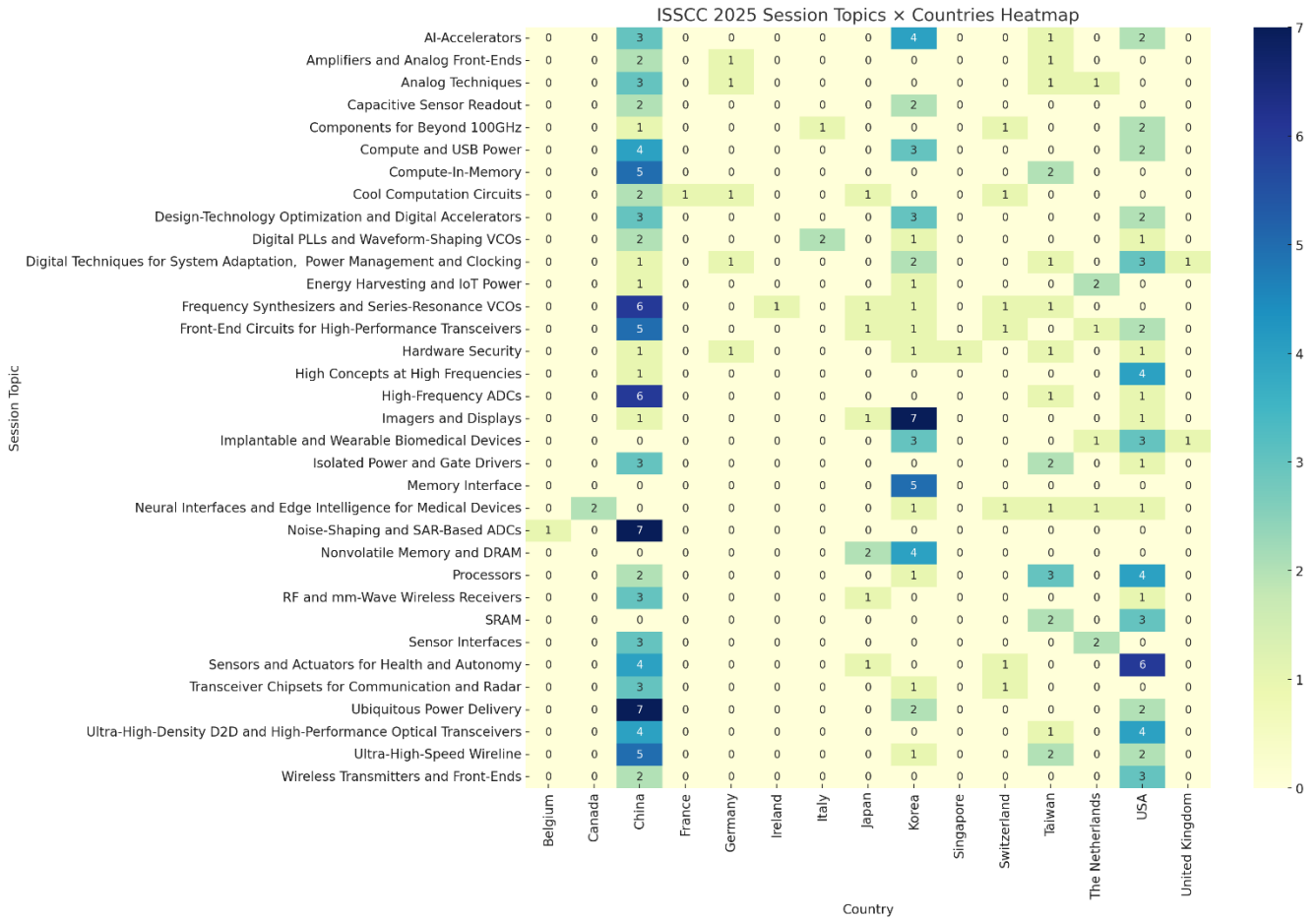


图 3 ISSCC2025 论文主题和国家分布热力图

前沿研究

瑞士洛桑联邦理工学院开发基于光子芯片的超宽带参量放大器

光放大是现代通信的关键所在，目前主要取决于掺铒光纤放大器（Erbium-doped fibre amplifiers, EDFAs）。然而，EDFAs 仅覆盖光纤的低损耗光谱中的一部分。这推动了对工作在铒增益窗口之外的放大器的研究¹。

利用本征三阶光学非线性的光学参量放大器（optical parametric amplifiers, OPAs）是一项具有开创性的工作，目前已经演示了增加的信道容量。OPAs 提供高增益，对于相位保持放大器，可以达到 3-dB 量子极限，并表现出了单向操作行为。然而，高度非线性光纤或体波导的功率要求限制了 OPAs 的采用。与之相比，基于集成光子电路的 OPAs 提供了显著增加的模式限制和光学非线性，但受到带宽限制。

瑞士洛桑联邦理工学院利用低损耗、二氧化硅基磷化镓光子集成电路克服了这一挑战，并在 0.25 平方毫米的紧凑尺寸中，仅用几厘米长的波导获得了高达 35dB 的参量增益²。在大约 140 nm（即 17 THz）的超宽带宽上，实现了超过 10 dB 光纤-光纤净增益，相比于 C 波段 EDFAs，增益窗口增加了三倍。

¹ <https://mp.weixin.qq.com/s/to3wXZelmTnIwyPfajel-w>

² Nikolai Kuznetsov, Alberto Nardi, Johann Riemensberger, et al. An ultra-broadband photonic-chip-based parametric amplifier [J]. Nature, 2025. <https://www.nature.com/articles/s41586-025-08666-z>

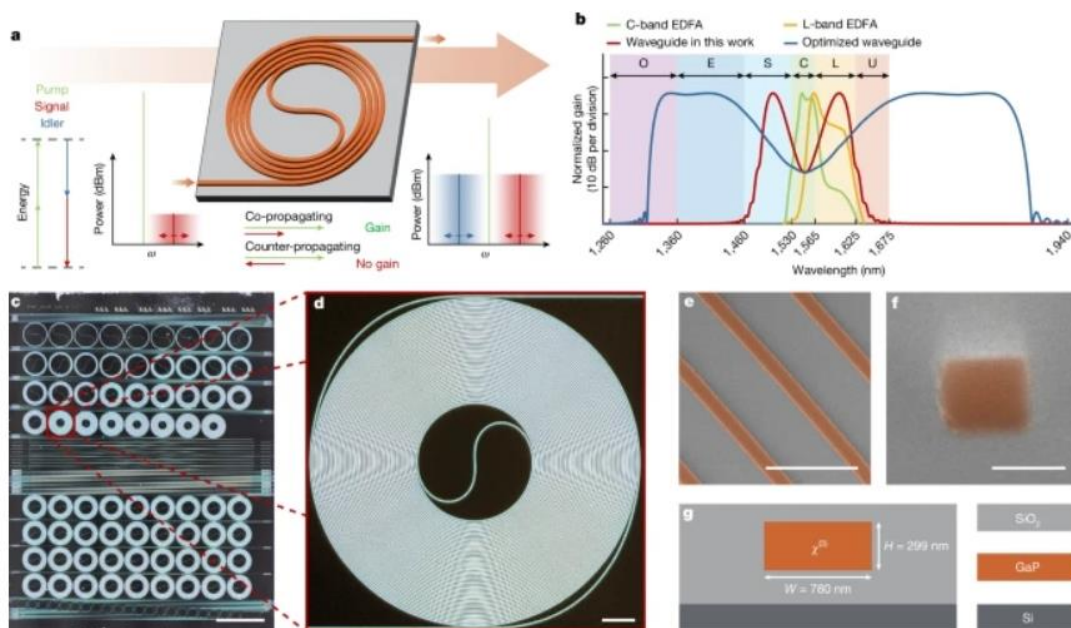


图 1 集成磷化镓光子波导中的光学连续波参量放大

研究人员还进一步演示了输入信号的高动态范围，跨越六个数量级，同时保持低噪声系数。这标志着在光子芯片中首次实现了超宽带、高增益、连续波放大，为下一代集成光子学开辟了新前景。

(执笔：沈湘)

韩国首尔国立大学首次开发出新型二维半导体合成技术“hypotaxy”

随着 AI 技术进步对半导体性能需求的不断增加，其对降低半导体器件功耗的研究需求也在增加。因此，能取代传统硅的低功耗、高性能的新型半导体材料受到广泛关注。其中，过渡金属二硫化物（TMD）等二维材料因其薄的结构和优异的电性能而被视为下一代半导体的候选材料。然而，目前尚缺乏大规模、高质量的工业制备工艺¹。传统上，TMD 是通过化学气相沉积在晶体衬底上外延生长而成。然而，这种方法需要在生长后将 TMD 转移到目标衬底，这使得

¹ <https://en.snu.ac.kr/research/highlights?md=v&bbsidx=152796>

厚度控制和扩展变得困难。

韩国首尔国立大学（Seoul National University）研究团队成功开发出一种新型二维半导体合成技术“hypotaxy”，实现了在多种衬底上直接生长晶圆尺度的单晶二维半导体¹。“hypo”表示向下，“taxy”表示排列，反映了合成薄膜向下生长的特性。

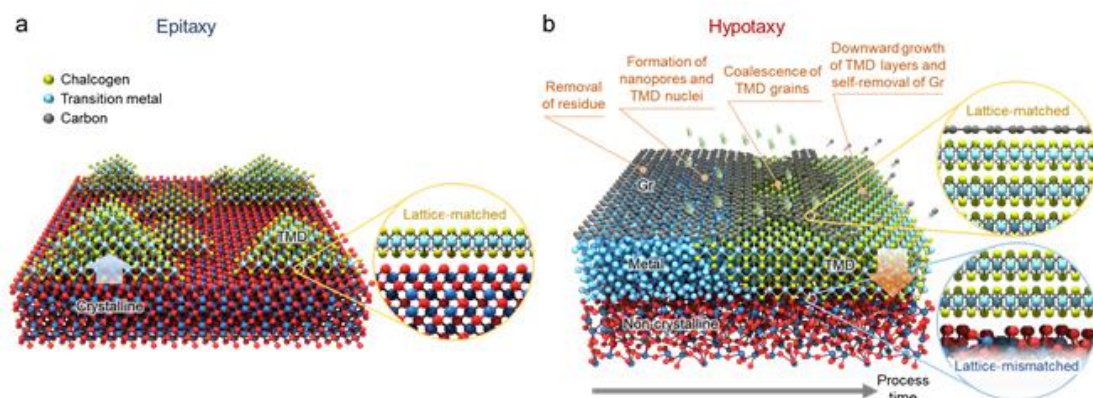


图 1 TMD（过渡金属二硫化物）的外延（Epitaxy）和下延（Hypotaxy）生长示意图比较

研究人员引入石墨烯、六方氮化硼等二维材料作为模板，引导 TMD 晶体排列，从而能在任何（包括非晶和晶格失配）衬底上合成完美的单晶 TMD 薄膜。此外，石墨烯模板会自然消失，无需后续去除工序，并且可以精确控制金属薄膜的厚度，以调节 TMD 层数。研究团队使用这种方法在不同的衬底上实现了从单层到数百层的精确 MoS₂ 厚度控制，制备出 4 英寸单晶 MoS₂，具有高导热性（约 120 W m⁻¹ K⁻¹）和高迁移率（约 87 cm² V⁻¹ s⁻¹）。此外，这项技术使得单晶 TMD 能够在 400° C 下低温生长，且与现有的半导体制造工艺兼容。

¹ Donghoon Moon, Wonsik Lee, Chaesung Lim, et al. Hypotaxy of wafer-scale single-crystal transition metal dichalcogenides [J]. Nature, 2025, 638:957–964. <https://www.nature.com/articles/s41586-024-08492-9>

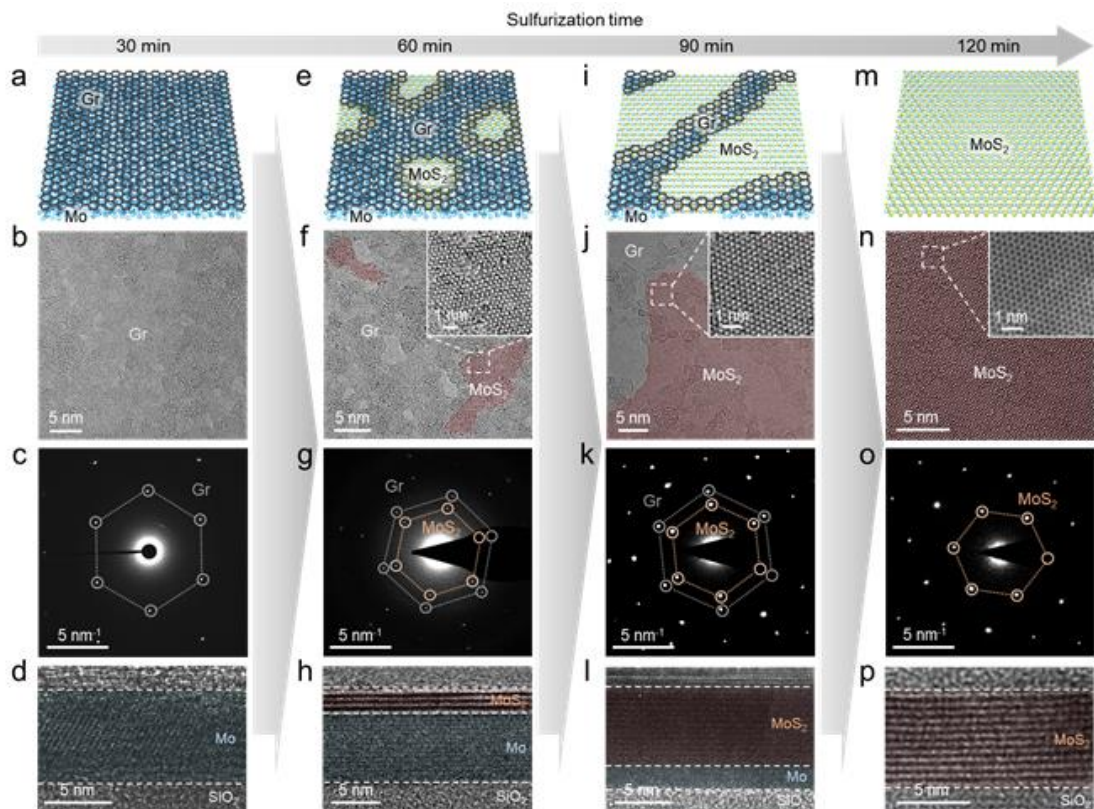


图 2 下延法生长的 TMD 随时间的生长过程示意图、TEM 图、衍射图以及生长横截面 TEM 图（从上到下）

这种向下排列生长方法可以扩展到其他 TMD，如 MoSe_2 、 WS_2 和 WSe_2 ，为传统外延生长中的衬底限制提供了一种新的解决方案。这表明该下延晶体生长方法在开发高性能、高集成度的 2D 半导体器件和实现下一代 2D 半导体的商业化方面具有巨大的潜力。

（执笔：沈湘）

中国科学院物理研究所开创原子级制造的范德华挤压技术，实现二维金属的普适制备

目前二维材料基本局限在范德华层状材料体系。不同于范德华层状材料，金属是高度对称的非范德华材料，各向同性且金属键作用强，给二维金属的制备带来了挑战，目前未能在原子级厚度极限下实现大尺寸和本征的二维金属¹。

¹ https://www.cas.cn/syky/202503/t20250313_5049836.shtml

中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心研究团队提出了原子级制造的范德华挤压技术，为二维金属、合金以及其他二维非范德华材料的原子级制造开辟了有效的方案¹。研究人员通过将金属熔化并利用前期制备的高质量单层 MoS_2 范德华压砧挤压，实现了埃米极限厚度下铋、锡、铅、铟和镓等二维金属的普适制备。范德华挤压制备的二维金属上下均被单层 MoS_2 封装，具有优异的环境稳定性（在超 1 年的测试中无性能退化）和非成键界面，有利于器件制备以探索二维金属的本征特性。电学测量表明，单层铋的电导率随着温度的降低近线性增加，表现出经典金属行为，室温电导率可达 $9.0 \times 10^6 \text{ S/m}$ ，比块体铋的室温电导率（约 $7.8 \times 10^5 \text{ S/m}$ ）高一个数量级以上。并且，单层铋展现出明显的 P 型电场效应，其电阻可被栅电压调控达 35%（块体金属通常小于 1%），阐明了低功耗全金属晶体管和高频器件的可能性。同时，范德华挤压技术能够以原子精度控制二维金属的厚度，即单层、双层或三层，为揭示此前难以企及的新奇层叠自旋特性提供了可能。

¹ Jiaojiao Zhao, Lu Li, Peixuan Li, et al. Realization of 2D metals at the ångström thickness limit [J]. Nature, 2025, 639:354–359. <https://www.nature.com/articles/s41586-025-08711-x>

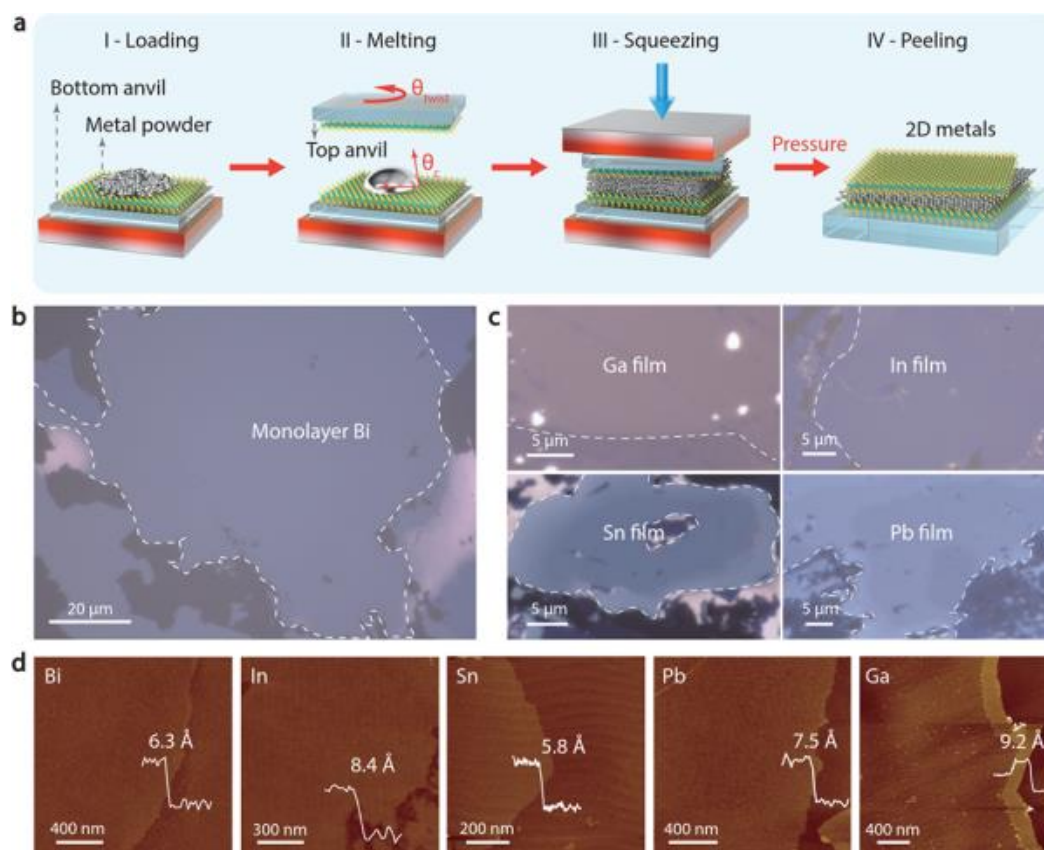


图 1 范德华挤压技术普适制备埃米极限厚度二维金属

该研究为二维金属、合金以及其他二维非范德华材料开辟了有效的原子级制造方案，开创了二维金属这一重要研究领域。

(执笔：沈湘)

北京大学研制出世界迄今最低功耗的二维环栅晶体管

器件架构和材料的创新促进了晶体管的小型化，可以提高芯片性能、能效和集成密度。二维环栅晶体管（2D GAAFET）技术是后摩尔时代突破硅基晶体管物理极限的重要路径之一，其关键在于结合二维半导体的高迁移率与环栅（Gate-All-Around, GAA）结构的强栅控能力，以实现更高性能、更低功耗的器件。然而，2D GAAFET 技术面临着二维沟道与环栅介质的原子级均匀尺寸控制和界面结构精确控制等挑战¹。

¹ <https://www.chem.pku.edu.cn/tpxw/164225.htm>

北京大学研究团队报道了世界上迄今为止最低功耗的 2D GAAFET，并基于 2D GAAFET 研制出高性能、低功耗的二维环栅逻辑器件¹。研究人员基于独创的二维铋基半导体可控插层氧化方法，设计并制备了高质量的二维铋基半导体/环栅外延异质结，研制出的 2D GAAFET 具有很高的界面质量和栅控能力，表现出高迁移率。2D 半导体硒氧化铋 ($\text{Bi}_2\text{O}_2\text{Se}$) 通过具有原子平整界面的高 κ 层天然氧化物栅介质材料 Bi_2SeO_5 外延集成，实现了高电子迁移率 ($>280 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$)、低界面缺陷密度 ($\sim 2 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2} \text{ eV}^{-1}$)、高电流开关比 (10^8) 以及近乎理想的亚阈值摆动 (62 mV dec^{-1}) 等性能。研究人员进一步结合先进微纳加工技术和界面调控手段，成功构筑出具有 30 nm 栅长的短沟道 2D GAAFET，在 0.5 V 的超低工作电压 (VDD) 下展现出超高开态电流密度 ($> 1 \text{ mA}/\mu\text{m}^2$)、低本征延迟 (Delay, 1.9 ps) 及低能量延迟积 (EDP, $1.84 \times 10^{-27} \text{ Js}/\mu\text{m}$)。该晶体管的性能与能效同时超过了传统硅基晶体管的物理极限，是世界上迄今为止速度最快、能耗最低的晶体管。

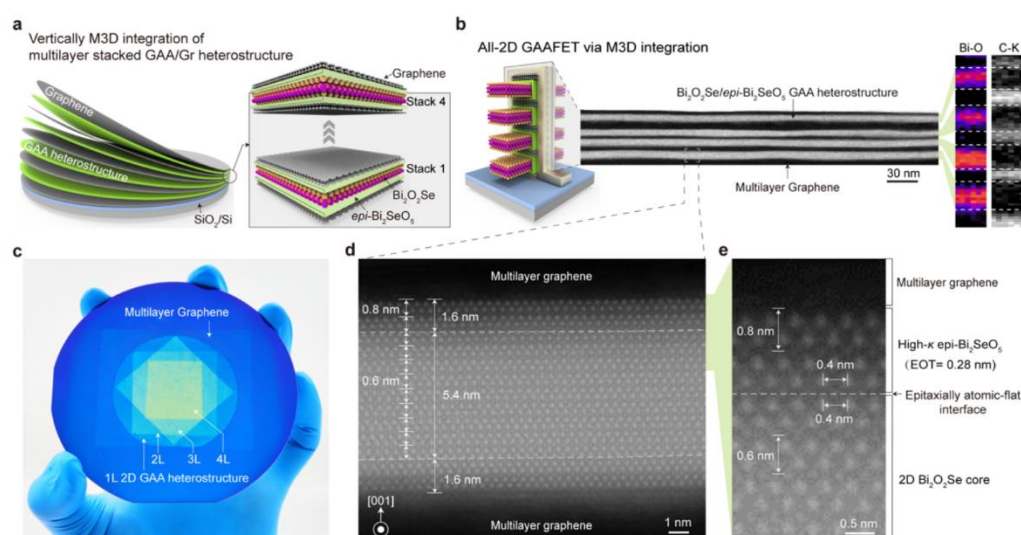


图 1 二维 $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{Se}/\text{Bi}_2\text{SeO}_5$ 环栅外延异质结与三维异质集成

¹ Junchuan Tang, Jianfeng Jiang, Xiaoyin Gao, et al. Low-power 2D gate-all-around logics via epitaxial monolithic 3D integration [J]. Nature Materials, 2025. <https://www.nature.com/articles/s41563-025-02117-w>

研究人员还基于上述 2D GAAFET 构筑了非门（NOT）、与非门（NAND）和或非门（NOR）等一系列逻辑单元器件，均可在超低功耗下实现逻辑功能。

这项工作突破了后摩尔时代高速低功耗芯片的二维新材料精准合成与新架构三维异质集成瓶颈，为未来先进芯片技术的发展带来新机遇。

（执笔：沈湘）

美国量子初创公司 PsiQuantum 推出为实用量子计算机打造的可制造量子光子芯片组 Omega

如何大规模生产量子芯片是开发出实用型量子计算机的最大难题之一。近期，美国量子初创公司 PsiQuantum 发布一款专为百万量子比特规模的实用量子计算机打造的量子光子芯片组 Omega，该研究成果发表于《自然》期刊¹。PsiQuantum 公司的发展愿景是制造出世界首台实用型量子计算机。

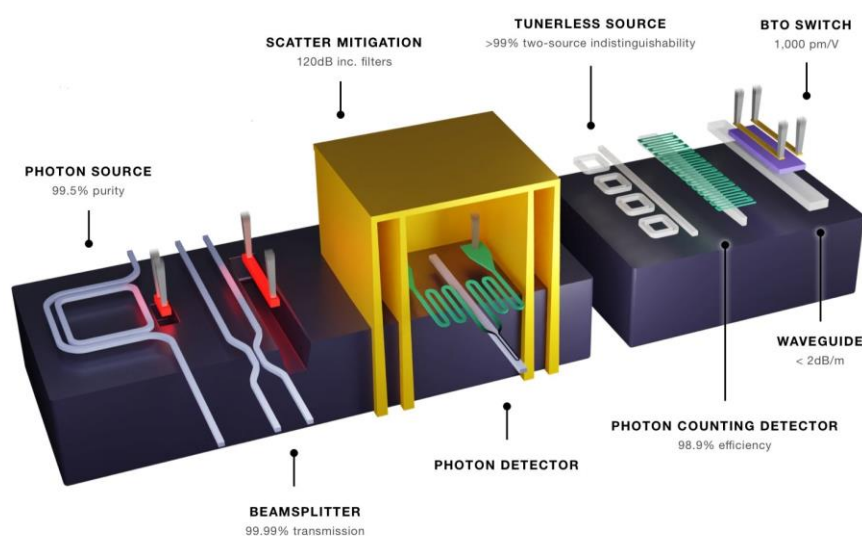


图 1 量子光子芯片组 Omega 示意图

¹ PsiQuantum Team. A manufacturable platform for photonic quantum computing [J]. Nature, 2025. <https://www.nature.com/articles/s41586-025-08820-7>

Omega 由 PsiQuantum 公司设计，基于美国 Global foundries（格罗方德）公司的 45 nm 工艺制造，实现了高性能单光子源、超导探测器和低损耗光开关在内的先进组件集成，并首次实现了从光子生成、操控到检测的全链条集成。该芯片组性能指标全面突破行业极限：单量子比特态制备和测量保真度达到 $99.98\% \pm 0.01\%$ ，双光子量子干涉可见度达到 $99.50\% \pm 0.25\%$ ，双量子比特融合门保真度达到 $99.22\% \pm 0.12\%$ ，芯片间量子互联的保真度达到 $99.72\% \pm 0.04\%$ ，这些指标为光子量子计算设定了新的基准。同时，PsiQuantum 公司展示了长达 250 米的高保真量子互连，这是构建大规模容错量子系统的关键一步¹。

PsiQuantum 公司的研究首次将光子量子计算从“实验室手工制品”升级为“工业标准化产品”，解决了光子量子计算规模化制造的核心难题，标志着光子量子计算迈向了实用化²。PsiQuantum 公司计划在澳大利亚布里斯班和美国伊利诺伊州芝加哥建设的量子计算中心将在今年破土动工。中心将部署 PsiQuantum 公司的首个大规模量子系统，标志着量子计算从研究到工业规模的过渡。

（执笔：沈湘 王丽）

¹ <https://www.psiquantum.com/featured-news/omega>

² <https://www.baqis.ac.cn/news/detail/?cid=2212>

产业动态

韩国 SK 海力士紧急审查中国 EDA 软件

据韩国媒体 2 月 16 日报道，韩国半导体巨头 SK 海力士已在紧急审查其使用的中国电子设计自动化（EDA）软件，以应对美国可能出台的新政策¹。这些政策可能会限制韩国半导体企业使用中国软件，业界人士透露，预计美国可能会对使用中国软件的韩国半导体企业施加限制，SK 海力士正在评估其使用的中国 EDA 软件是否符合未来政策要求。

SK 海力士此举背后的主要原因之一是美国政府在 2024 年底决定将中国 EDA 公司华大九天（Empyrean）的韩国分公司 Empyrian Korea 列为贸易限制实体。业界预测，SK 海力士可能会因此停止使用中国 EDA 软件。SK 海力士的整体运营对中国 EDA 软件的依赖程度相对较低，这一情况也强化了他们停用中国 EDA 软件的预期。

目前全球 EDA 市场被 Synopsys、Cadence、西门子 EDA 等美国公司占据 70% 以上的市场份额。然而，近年来随着“高性价比 EDA”产品的不断涌现，中国的市场份额不断上升。华大九天、概伦电子（Primarius）等公司就是其中典范。

自 2022 年以来一直在使用中国 EDA 解决方案的韩国三星电子预计也将采取类似行动。

（执笔：沈湘）

¹ <https://www.hankyung.com/article/2025021686471>; <https://www.trendforce.com/news/2025/02/17/news-sk-hynix-reportedly-weighs-suspension-of-chinese-eda-software-amid-expected-u-s-restrictions/>

韩国三星电子计划开发下一代封装材料“玻璃中介层”

据韩国商业报 3 月 7 日报道，三星电子公司近期收到了韩国材料供应商 Chemtronics 公司和设备制造商 Philoptics 公司关于合作开发玻璃中介层的提案。目前三星电子公司正在探索使用康宁（Corning）公司生产的玻璃开发下一代封装材料“玻璃中介层”，旨在取代昂贵的硅中介层并提高中介层性能¹。

目前中介层由昂贵的硅材料制成，这被认为是高性能半导体价格上涨的主要原因。通过用玻璃制造中介层，可以显著降低成本，同时提供中介层的耐热性和抗冲击性，并简化工艺流程。因此，玻璃中介层被视为游戏规则的改变者，有望将半导体竞争力提升到一个新水平。

与此同时，三星电子公司旗下的子公司三星电机（Samsung Electro-Mechanics）正在研究一种“玻璃基板”，并计划在 2027 年实现量产。玻璃基板被定位为超越塑料基板的下一代产品，可以取代硅中介层，并最大限度地抑制传统塑料基板尺寸扩大时产生的翘曲问题。

三星电子公司希望通过以上两种技术策略的同步发展，提高半导体生产效率和创新能力。

（执笔：沈湘）

ASML 和 IMEC 签署五年期战略合作协议 聚焦先进制程与可持续发展

据官网 3 月 11 日报道，荷兰光刻设备巨头阿斯麦（ASML）宣布与比利时微电子研究中心（IMEC）签署了一项新的 5 年期

¹ <https://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=236912>

战略合作协议¹，这对长期合作伙伴将继续在先进工艺和可持续发展领域发挥各自的知识和专长。

在半导体先进制程方面，IMEC 牵头建设的欧盟亚 2 nm 制程前沿节点 NanoIC 试验线将整合 ASML 的整个产品组合，包括 0.55 NA EUV、0.33 NA EUV、DUV 浸没式光刻机、YieldStar 光学计量仪和 HMI 单光束和多光束检测技术。双方还将在硅光子学、存储器和先进封装领域展开合作，为未来多元化市场中基于半导体的人工智能应用提供全栈创新。

此外，ASML 将为 IMEC 探索环境和社会效益的创新研究理念和行动提供资金支持。

（执笔：沈湘）

美国应用材料公司推出全新 2nm 及以下尖端制程芯片检测系统

据官网 2 月 19 日报道，美国半导体设备大厂应用材料公司宣布推出最新的半导体缺陷检测系统——SEMVision H20，以帮助领先的半导体制造商进一步突破芯片微缩的极限²。该系统将业界最灵敏的电子束技术（第二代冷场发射技术）与先进的 AI 图像识别技术相结合，可以更好、更快地分析世界上最先进芯片中的纳米级缺陷。

SEMVision H20 系统利用以下两项重大创新，实现对芯片缺陷的高精度分类，同时分析检测的速度比当今最先进技术快 3 倍：

（1）第二代冷场发射（CFE）技术：应用材料公司推出的 CFE 技术是电子束成像领域的突破性技术，可实现亚纳米级分辨率，被应用于识别最小的隐藏缺陷。与传统的热场发射（TFE）技术相比，CFE 在室温工作时会产生更窄的电子束，从而可以将

¹ <https://www.asml.com/en/news/press-releases/2025/asml-and-imec-sign-strategic-partnership-agreement>

² <https://ir.appliedmaterials.com/news-releases/news-release-details/applied-materials-accelerates-chip-defect-review-next-gen-ebeam>

纳米级图像分辨率提高 50%，成像速度提高 10 倍。在 SEMVision H20 系统中，应用材料公司推出第二代 CFE 技术，在保持业界最高灵敏度和分辨率的同时，实现了更快的吞吐量。更快的成像速度增加了每个晶圆的覆盖范围，使芯片制造商能够在三分之一的时间内收集相同数量的信息。

(2) 深度学习 AI 图像模型：SEMVision H20 使用深度学习 AI 模型从虚假缺陷中自动提取真实缺陷。应用材料公司的专有深度学习网络不断使用晶圆厂的数据进行训练，并对缺陷类型进行分类，包括空隙、残留物、划痕、颗粒等数十种缺陷类型，从而实现更准确、更有效地缺陷表征。

(执笔：沈湘)

谷歌 X 实验室宣布革命性光子芯片产品 Taara 的最新进展

据官网 2 月 28 日报道，谷歌 X 实验室宣布了其研发的新型光子芯片 Taara 的最新进展¹。在过去七年里，Taara 研究团队一直致力于利用光束提供丰富、快速、经济实惠的互联网连接。

最新一代 Taara 光子芯片基于硅光子技术，利用空气作为光信号传输介质，克服了传统电磁频谱拥塞和光纤成本高、部署困难的问题，实现了高速数据传输。相较于第一代 Taara Lightbridge 技术，新芯片实现了从“红绿灯大小”到“指甲盖大小”的跨越。Taara 光子芯片的微型化设计通过软件控制 Taara 芯片光束实现，无需移动笨重的部件即可实现精确的光束跟踪、控制和校正，这在光通信领域是一项重大的技术突破。在性能方面，Taara 光子芯片极大地突破了带宽瓶颈，与传统光纤使用光通过地下电缆传输数据一样，Taara 使用非常窄的不可见光束以高达 20 Gbps 的速度传输数据，最远传输距离

¹ <https://x.company/blog/posts/taara-chip/>

可达 20 公里。在实验室测试中，谷歌研究团队使用两个 Taara 光子芯片成功实现了 1 公里室外距离下 10 Gbps 的稳定传输速度，这是硅光子芯片首次在室外环境下，实现如此远距离、如此大容量数据的传输。未来，谷歌研究团队计划通过创建具有数千个发射器的迭代版本来提高芯片的传输距离和传输容量，并于 2026 年将该芯片集成到新产品中。

（执笔：沈湘）

《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。

中国科学院文献情报中心
情报研究部 战略前沿科技团队
联系人：王丽
电话：010-82626611-6649
电子邮件：wangli@mail.las.ac.cn

