

集微技术信息简报

2025 年第 **5** 期 (总第 68 期)

中国科学院文献情报中心

2025 年 9 月制

本期目录

政策计划

英美启动《科技繁荣协议》推动人工智能和量子等技术发展1

美国商务部撤销三家在华半导体公司“验证最终用户”（VEU）授权.....2

欧盟更新《两用物项管制清单》3

韩国金融服务委员会宣布设立 150 万亿韩元“国家增长基金”4

俄罗斯发布 11.2nm EUV 光刻机路线图5

德国启动高科技议程聚焦微电子等六大关键技术领域6

产业洞察

美国国会研究处发布《美国出口管制与中国：先进半导体》报告9

世界知识产权组织发布《2025 年全球创新指数报告》11

前沿研究

美国麻省理工学院开发新型静电排斥技术，实现范德华材料的高效转移.....13

澳大利亚新南威尔士大学实现工业兼容硅自旋量子比特，保真度超过 99%14

北京大学与香港城市大学首次实现了基于光电融合集成芯片的自适应全频段高速无线通信16

浙江大学发布全球规模最大的神经拟态类脑计算机“悟空”.....17

产业动态

美国联邦政府以 89 亿美元投资英特尔成为最大股东19

美国司法部与商务部联合处罚 Cadence 公司 1.4 亿美元19

美国 IBM 与 AMD 合作开发下一代计算架构“量子中心超级计算”20

SK 海力士全球率先量产 321 层 2Tb QLC NAND 闪存产品21

SK 海力士全球率先完成 HBM4 开发并实现量产	22
SEMI 宣布正式成立 3DIC 先进封装制造联盟	23
英伟达宣布投资 50 亿美元入股英特尔 共同开发 AI 基础设施和个人 计算产品.....	24

政策计划

英美启动《科技繁荣协议》推动人工智能和量子等技术发展

据英国政府官网（Gov.uk）9月16日、美国白宫9月18日报道，英国和美国启动《科技繁荣协议》（简称 TPD），共同开发人工智能（AI）、量子 and 民用核能等飞速发展的技术领域¹。

与此同时，在英国政府对人工智能等技术领域 440 亿英镑投资基础上，美国顶尖的人工智能公司，如微软、英伟达、谷歌、OpenAI 和 CoreWeave，共同承诺投入 310 亿英镑，用于加强英国的 AI 基础设施和前沿技术，涵盖数据中心、计算机芯片以及人工智能的支撑技术。其中，英伟达计划部署 12 万个 GPUs（包括 6 万个 Black Well Ultra GPUs），微软宣布投资 330 亿美元（约合 220 亿英镑）用于 AI 基础设施建设和运营，并联合 Nscale 公司建造英国最大的 AI 超级计算机、拥有超过 2.3 万多个先进 GPUs。

在人工智能领域，TPD 将加强并重新聚焦美国人工智能标准与创新中心（CAISI）和英国人工智能安全研究所（AISI）之间的伙伴关系，以交流 AI 模型计量和标准开发的最佳实践，提升对最先进模型功能的理解，并在研究所之间开展人才交流。TPD 还在美国能源部、卫生部、国家科学基金会及其英国同行之间建立了一个“AI for Science”旗舰研究项目，该项目面向前沿生物技术和精准医学，将在自动化实验室和新的科学数据集方面进行合作，特别关注癌症和慢性病研究以改善人民生活。

在民用核能研究领域，TPD 将协调美国核监管委员会、英国核

¹ <https://www.gov.uk/government/news/us-uk-pact-will-boost-advances-in-drug-discovery-create-tens-of-thousands-of-jobs-and-transform-lives>; <https://www.whitehouse.gov/articles/2025/09/president-trump-signs-technology-prosperity-deal-with-united-kingdom/>

监管办公室和英国环境署简化和加快审批流程，目标是在两年内完成反应堆设计审查、在一年内完成场地许可。TPD 还承诺英国在 2028 年底前彻底摆脱对俄罗斯核燃料的依赖，确保英美两国先进核燃料供应链的安全可靠。TPD 还将促进聚变能研究和开发的协调，包括通过人工智能加速核聚变技术的商业开发。

在量子计算领域，TPD 将推进量子技术的可信、可互操作标准，并建立美英量子技术基准测试工作组，推进量子计算硬件、软件和算法的基准测试突破。英美两国顶级量子机构之间的充分合作将带来更安全的量子供应链，并能够加速国防、金融、能源等领域的突破。

（执笔：沈湘 王丽）

美国商务部撤销三家在华半导体公司“验证最终用户”（VEU）授权

据官网 8 月 29 日报道，美国商务部宣布将英特尔半导体（大连）有限公司、三星中国半导体有限公司和 SK 海力士半导体（中国）有限公司从“验证最终用户”（VEU）授权名单中移除¹。该举措填补了拜登政府时期的一个漏洞。

VEU 计划是美国商务部工业与安全局（BIS）设立的一种制度，旨在简化对受信任的、低风险的外国最终用户的出口流程。被列入 VEU 清单的企业可以从美国进口指定的受管制物项（包括半导体设备和技术）而无需再单独申请出口许可证。2023 年拜登政府扩大了 VEU 计划，允许一组特定的外国半导体制造商出口大多数原产美国的商品、软件和技术，无需许可证即可在中国制造半导体，而美国所有的晶圆厂都不享有这种特权。随着出口管制新规则的生效，这些外资晶圆厂被免除技术出口豁免，也不再享有这种特权。

¹ <https://www.bis.gov/press-release/department-commerce-closes-export-controls-loophole-foreign-owned-semiconductor-fabs-china>

相关公司在该规则公布后 120 天内可申请和获得出口许可证。展望未来，美国商务部计划批准出口许可证申请，允许相关公司继续在中国经营现有的晶圆厂。然而，美国商务部明确表示不会批准用于扩大产能或升级技术的许可。

（执笔：沈湘 王丽）

欧盟更新《两用物项管制清单》

据官网 9 月 8 日报道，欧盟委员会对《欧盟两用物项出口管制条例》（2021/821 号条例）附件 I 中的清单进行了更新¹。更新后的清单与 2024 年多边出口管制制度的最新决定保持一致，包括《瓦森纳协定》（WA）、《导弹及其技术控制制度》（MTCR）、《澳大利亚集团》（AG）以及《核供应国集团》（NSG）。此外，还纳入了欧盟成员国作为《瓦森纳协定》缔约方所共同承诺的一些新增管制项目，确保全体成员一致执行。

更新后的清单进一步强化了欧盟层面对新兴技术的管控，有助于确保两用物项贸易的安全，也符合《2024 年出口管制白皮书》的总体方向。统一的欧盟管制标准不仅提升了透明度和执行效果，同时也保证了欧盟企业的全球竞争力。

具体而言，欧盟本次修订新增或调整的管制内容包括：

（1）量子技术相关：量子计算机、在低温环境下运行的电子元件、参数信号放大器、低温冷却系统、低温晶圆探测器等；

（2）半导体制造与检测设备及材料：原子层沉积设备、外延沉积设备与材料、光刻设备、极紫外（EUV）薄膜、掩模与光罩、扫描电子显微镜设备、刻蚀设备等；

（3）先进计算集成电路与电子组件：现场可编程逻辑器件及相关系统等；

（4）耐高温涂料；

¹ https://policy.trade.ec.europa.eu/news/2025-update-eu-control-list-dual-use-items-2025-09-08_en

(5) 增材制造（3D 打印）设备与相关材料：金属粉末的孕育剂等；

(6) 多肽合成仪；

(7) 部分管制参数的修改，技术定义和说明的更新。

根据既定程序，该更新在欧盟理事会和欧洲议会完成通常为期两个月的审查后，将正式生效。

（执笔：沈湘 王丽）

韩国金融服务委员会宣布设立 150 万亿韩元“国家增长基金”

据官网 9 月 10 日报道，韩国金融服务委员会（FSC）宣布计划在未来 5 年内联合相关政府部门、产业代表和金融机构设立总规模达 150 万亿韩元（约合 7600 亿人民币元）的“国家增长基金”，旨在增强韩国在高科技战略产业领域的全球竞争力¹。

该基金将重点扶持人工智能、半导体、生物技术、疫苗、机器人、氢能、二次电池、显示器、未来汽车、国防等核心产业和相关基础设施等，通过大规模政策性资金引导，支持企业技术研发与产能扩张。

基金规模较原计划的 100 万亿韩元提高了 50%，由政府与社会资本各出资 75 万亿韩元共同组建，投资方式包括直接股权投资、间接股权投资、基础设施投资及低息贷款（2%）等。

韩国国家增长基金是一项关键政策举措，旨在提升金融业对生产力的赋能能力。作为该基金的关键组成部分，高新技术战略产业基金将于今年 12 月初启动。

（执笔：沈湘 王丽）

¹

<https://www.fsc.go.kr/eng/pr010101/85267?srchCtgry=&curPage=&srchKey=&srchText=&srchBeginDt=&srchEndDt=>

俄罗斯发布 11.2 nm EUV 光刻机路线图

据外媒报道，俄罗斯科学院微结构物理研究所公布了一项 11.2 nm 极紫外（EUV）光刻机的长期发展路线图，这是对该组织去年 12 月公开信息的补充。该新路线图显示，俄罗斯将最快在 2026 年完成 40nm 制程光刻机的研发，并在 2032 年前完成 28nm 制程光刻机研发，以及在 2036 年底前完成亚 10 nm 制程极紫外（EUV）光刻机研发¹。

俄罗斯光刻机路线图包括三个主要阶段：

第一阶段：计划于 2026-2028 年推出 40nm 制程光刻机，具有双镜物镜光学系统、套刻精度可达到 10nm、曝光区域为 3mm x 3mm，生产效率超过 5 片晶圆/小时。

第二阶段：计划于 2029-2032 年推出 28nm（有潜力支持 14 nm）制程光刻机，采用四镜物镜光学系统、套刻精度提升至 5nm、曝光区域为 26mm x 0.5 mm，生产效率超过 50 片晶圆/小时。

第三阶段：计划于 2033-2036 年推出亚 10 nm 制程光刻机，采用六镜物镜光学系统、套刻精度 2nm、曝光区域最大为 26mm x 2 mm，生产效率超过 100 片晶圆/小时。

俄罗斯没有复制阿斯麦（ASML）的 EUV 光刻机架构，选择采用混合固态激光器、基于氙气等离子体的光源以及由钨和铍（Ru/Be）制成的反射镜片来产生波长为 11.2nm 的 EUV 光源，理论上可将分辨率提升约 20%，同时能够简化设计并降低整个光学系统的成本。此外，该设计还可减少光学元件的污染，延长收集器和保护膜等关键零件的寿命。

这些光刻机的目标不是面向超大规模晶圆厂，而是旨在让小型代工厂以低成本采用。然而，这个计划的可行性尚不清楚。

（执笔：沈湘）

¹<https://www.tomshardware.com/tech-industry/semiconductors/russia-outlines-euv-litho-chipmaking-tool-roadmap-through-2037-country-eyes-replacing-duv-with-euv-but-plans-appear-unrealistic>

德国启动高科技议程聚焦微电子等六大关键技术领域

2025 年 7 月 30 日，德国联邦研究、技术与航天部（BMFTR）发布《德国高科技议程》，议程聚焦人工智能（AI）、量子技术、微电子、生物技术、聚变与气候中性能能源、气候中性交通技术等六项关键技术，同时在战略研究领域持续投入。目前，德国联邦内阁现已通过 2026 年财政预算草案，将在 2029 年前投入 180 亿欧元（约 210 亿美元），支持高科技议程。

六项关键技术的发展目标与具体措施

1. 人工智能。发展目标是：实现 2030 年 10% 的经济产出来自 AI；显著提高 AI 能力对科学、研究、商业、管理和社会的可用性和可用性；成为下一代人工智能和全球竞争的关键参与者。具体措施包括：2026 年启动“AI 机器人助推器”、展示具身智能技术的潜在工业应用；启动第二阶段的 AI 服务中心建设，加强大学、非大学研究机构和政府研究机构的 AI 计算能力、数据生态系统以及 AI 和数据能力；加强基础和应用型人工智能研究的 AI 卓越中心等。

2. 量子技术。发展目标是：到 2030 年实现至少两台欧洲顶尖水平的纠错量子计算机；到 2030 年确保量子传感器能够更早地发现疾病；加强并进一步扩大量子通信领域的创新生态系统；提高量子技术领域的技术工人。具体措施包括：2025 年起启动任务导向的硬件竞赛，推动软件栈的开发；2026 年开始建立用于测量生产过程参数、移动出行（充电周期监测）、生命科学（增强成像）和航天（卫星定位）等领域的研发和转移中心，并推动工业应用量子传感器的研发等。

3. 微电子。发展目标是：实现高性能芯片“德国设计”；有针对性地加强增长领域从实验室到工业实施的转移，并在德国和欧洲建立“先进半导体技术”生态系统；提高德国和欧洲微电子公司的市场

份额，增强技术主权；增强供应链韧性并减少芯片供应中的关键依赖。具体措施包括：2026 年前建立一个芯片设计能力中心；通过欧洲芯片法新建并扩建芯片、设备和中间品工厂，以巩固德国作为欧洲第一大芯片生产基地的地位；通过扩大德国的制造流程，大幅增强供应链安全，尤其是安全芯片的安全等。

4. 生物技术。发展目标是：利用生物技术加强德国在未来医学发展中的自主能力，使德国成为健康研究的领先地；将德国发展成为全球最具创新性的生物技术基地，打造资源高效、具有竞争力的产业；利用生物技术开发未来具有弹性、抗危机的农业和粮食系统；推进医疗技术实现更具预测性和预防性的医疗。具体措施包括：在柏林建立基因和细胞治疗转化中心，扩大德国的基因组测序能力；将 AI 和工程技术结合并将其作为生物经济的关键技术；通过优化作物保护措施来保障产量，利用现代育种技术研究作物的气候和地域适应性因素等。

5. 聚变与气候中性能源技术。发展目标是：将德国发展为核聚变技术领先的创新中心；支持能源转型的创新和新技术，开发面向未来及未来全球市场的“德国制造”能源技术，在创新可再生能源领域的国际竞争中占据领先地位。具体措施包括：2025 年底提交战略性的长期“聚变行动计划”，2026 年底制定“聚变能源研究与创新路线图（FIRE）”，在磁约束聚变和激光惯性约束聚变领域建立网络活动中心，启动新的聚变研究资助计划；2026 年启动新的能源转型真实实验室、深层地热研究计划和氢能研究中心。

6. 气候中性出行技术。发展目标是：到 2035 年在德国建立具有竞争力的电池生产和回收系统；加强德国作为欧洲替代能源和气候友好型燃料技术研发中心的地位；将德国成为自动驾驶的领先市场，加强在地面交通、航空和航运方面的技术领导地位；加强汽车行业的可持续性和资源节约，确保不受地缘政治的影响。具体措施包括：

从 2026 年开始建立电池材料、电池生产和固态电池的电池能力集群；启动电子燃料创新助推器计划，并扩大碳捕集与利用以实现减排；加强航空研究、更新航空研究计划的战略指导方针，支持国家超级高铁的研究和开发，通过海事研究计划推进系统脱碳、水下机器人和船舶航行自主性等领域的新技术等。

（执笔：王丽）

产业洞察

美国国会研究处发布《美国出口管制与中国：先进半导体》报告

8月22日美国国会研究处（CRS）发布《美国出口管制与中国：先进半导体》的研究报告，对2018年以来美国针对中国半导体产业的管制路径、政策逻辑及其内在矛盾展开了系统梳理¹。报告指出，半导体具有战略性和独特性重要意义，不仅是现代工业体系和国家安全体系的底层支撑，更是人工智能等战略性前沿技术赖以发展的基础。由此，美国、中国以及其他地区在半导体和AI领域的博弈，被视为攸关未来经济竞争力、国家安全与全球领导地位的关键战场。

一、美国政府加强对华先进半导体出口管制的深层动因

自2018年以来美国政府一直致力于加强对华先进半导体的出口管制，其公开意图是限制中国获得技术和生产先进芯片的能力，并削弱中国获取相关计算和AI应用的能力。其深层动因主要来自美国政府两方面的担忧：（1）中国自2014年起推动大规模产业政策，其中发布了一项国家半导体产业政策，即工信部公布的《国家集成电路产业发展推进纲要》²，目标是到2030年实现关键环节的自主可控，构建完整的本土产业链。（2）中国的“军民融合”战略，使半导体、AI和其他技术的民用进展能够迅速转化为军事应用。这一趋势被美国视作潜在的安全威胁。因此，美国出口管制的首要目标是延缓中国在先进计算与AI领域的能力形成，从而维持自身的领先地位。

二、美国三届政府出口管制措施的演变

在管制措施的演变上，报告对三届政府的做法进行了分阶段剖析。第一届特朗普政府以“行为者”为核心，将一些中国公司（如中

¹ https://www.congress.gov/crs_external_products/R/PDF/R48642/R48642.2.pdf;
<https://mp.weixin.qq.com/s/8eRk7OSWJ0S-uHrYzixOhw>

² https://www.cac.gov.cn/2014-06/26/c_1111325916.htm?eqid=aa46d871000144da0000000264619de0

国通信巨头华为）列入“实体清单”，并在 2020 年扩展“外国直接产品规则”（FDPR），规定任何使用美国技术、软件或设备为华为生产芯片的公司均受到约束。美国商务部工业与产业局（BIS）还重新设立了军事最终用户清单，并再次收紧了清单上中国公司的许可要求。

拜登政府期间，强化了“技术”和“国家”双重维度的管制。BIS 将更多中国半导体相关企业列入到实体清单，并加强了对先进逻辑芯片及相关半导体制造设备（例如 EUV 光刻机、DUV 光刻机）、以及某些先进逻辑芯片和先进计算的技术性和国别性进行管制。美国拜登政府还推动与日本、荷兰等盟友协调行动，共同对华实施出口管制。2025 年 1 月，拜登政府还提出了一项全球性“AI 扩散规则”，试图设立全球性许可框架，将各国分为三个层级以实施对先进芯片、计算机和 AI 模型权重的出口管制，但最终未能实施。

第二届特朗普政府的政策表现出“收紧”与“放松”的并行：一方面扩大了对中国企业的限制，将更多的中国半导体相关企业添加到实体清单；另一方面又在 2025 年批准英伟达 H20 和超微半导体（AMD）MI308 两款 GPU 对华出口，但附加条件是政府直接抽取 15% 收益。

三、美国出口管制政策的漏洞和规避

报告同时揭示了管制体系中的多重漏洞与博弈空间。中国企业往往通过业务架构调整来规避清单限制，例如中国通信巨头剥离某业务，从而重新获得美国技术供应。美国芯片企业（如 AMD 和英伟达）则推出面向中国市场的“特供版”GPU，产品性能低于管制红线但仍能满足人工智能训练需求。此外，自 2016 年以来，BIS 的政策制定周期较长，为中国企业留出了囤货窗口。BIS 在中国审查获得许可的最终用户方面也面临诸多挑战。

中国方面也逐步建立起反制措施，包括对镓、锗等关键原料实施出口限制，以及利用反垄断审查等监管手段对美国企业施压。

四、美国出口管制的政策前景

美国国会和特朗普政府正在评估如何提升美国在半导体和 AI 领域的竞争力。一些利益相关者主张放松管制，呼吁取消对先进芯片的管制，以维护美国企业的全球市场份额，促进美国的竞争力，并增加中国对美方技术的依赖；另一派则坚持收紧政策，认为过度开放反而会加速中国填补先进芯片领域的空白，从而让美国丧失部分竞争优势。主张放松管制的相关者认为，美国的管制可能会鼓励中国努力实现技术本土化，并随着本国公司技术能力的增强而限制外国公司的市场准入。

对于行政部门允许管制技术出口并抽取收益的做法，美国国会可能会进一步审查其法律依据，评估是否触及宪法或相关法律关于禁止额外收费的条款。后续国会可能会推动新的立法，以强化出口许可制度的透明度与问责机制¹。

（执笔：沈湘 王丽）

世界知识产权组织发布《2025 年全球创新指数报告》

2025 年 9 月 16 日，世界知识产权组织（WIPO）发布了《2025 年全球创新指数报告》（Global Innovation Index 2025，简称 GII 2025）²。《全球创新指数报告》自 2007 年创立，目前已成为各国政策制定者、企业和研究人员衡量创新的重要参考工具。今年是该指数报告的第 18 版。

GI 2025 从创新投入和创新产出两大方面，对全球 139 个经济体的创新生态系统表现进行综合评价排名，设置了制度、人力资本和研究、基础设施、市场成熟度、商业成熟度、知识和技术产出、创

¹ <https://mp.weixin.qq.com/s/8eRk7OSWJ0S-uHrYzixOhw>

² <https://www.wipo.int/web-publications/global-innovation-index-2025/assets/80937/global-innovation-index-2025-en.pdf>; https://www.wipo.int/pressroom/en/articles/2025/article_0008.html

意产出 7 个领域，共 21 个二级指标和 78 项细分指标¹。GII 2025 将风险资本（VC）交易活动作为一项新指标，重新塑造了排名格局。

GII 2025 的主要结论包括：

1. 瑞士、瑞典、美国、韩国和新加坡在 2025 年全球创新指数中名列前茅，其次是英国、芬兰、荷兰、丹麦，中国排名第 10 位。这是我国首次跻身全球前 10，是排名前 30 中唯一的中等收入经济体。我国的全球创新指数排名从 2013 年以来已累计上升 25 位。

2. 中国在创新产出方面长期处于世界前列，2025 年排名第 5 位，较 2024 年上升 2 位；创新投入排名全球第 19 位，较 2024 年上升 4 位。我国多项知识产权相关细分指标位居全球第一，包括单位国内生产总值（GDP）本国人工业品外观设计专利申请量、实用新型专利申请量、商标申请量、创意产品出口额在贸易总额中的占比等。此外，中国在单位国内生产总值（GDP）本国人发明专利申请量、产业集群发展情况、企业供资研发总支出（GERD）占比等相关细分指标方面排名全球第二。

3. 全球百强创新集群分布于 33 个经济体，中国以 24 个全球百强创新集群排名全球第一。另外，美国 22 个、德国 7 个、印度和英国各 4 个，以及加拿大、日本和韩国各 3 个。其中，深圳—香港—广州集群排名首次跃居全球之首，北京（第 4 位）、上海—苏州（第 6 位）集群位居前十，是全球专利申请、科技创新及创业投资的热点区域。

4. 中国品牌价值稳居全球第二。2025 年全球前 5000 个品牌中，中国品牌总价值达 1.81 万亿美元，较 2024 年增长 2.84%。此外，中国高科技产品的出口及在全球价值链中的地位持续增强，在人工智能、半导体和绿色技术领域表现尤为出色。

（整理：沈湘）

¹ https://english.cnipa.gov.cn/art/2025/9/24/art_3090_201741.html;
https://www.cnipa.gov.cn/art/2025/9/17/art_53_201570.html

前沿研究

美国麻省理工学院开发新型静电排斥技术，实现范德华材料的高效转移

范德华（van der Waals, vdW）材料（如石墨烯、过渡金属硫化物等），凭借其原子级厚度特性，以及其与优异的电学、光学和机械性能，成为未来纳米电子、光电子和量子器件的重要候选材料。然而，这些材料通常通过化学气相沉积（CVD）等方法在非目标衬底上生长，然后转移到功能衬底上以实现器件集成。传统的转移方法主要包括：以聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）作为支撑层的湿法转移、干法转移，以及以 KOH 等碱性溶液刻蚀的转移技术。这些方法存在以下显著问题：（1）污染和残留物：PMMA 等有机支撑层难以完全消除，容易在材料表面留下残留物，影响器件性能。（2）机械损伤：转移过程中易出现裂纹、褶皱或破损等机械损伤，这种损伤在大面积材料中尤其严重。（3）界面耦合问题：传统转移方法依赖范德华力或毛细力，难以实现材料与功能衬底之间的可控解耦。（4）材料选择受限：某些衬底（如金属、柔性材料）在传统转移过程中易被腐蚀或存在与功能衬底不兼容的问题。因此，开发一种高效、清洁、通用且低损伤的范德华材料转移方法，是当前二维材料器件化与集成化面临的关键挑战。

美国麻省理工学院采用与 CMOS 行业兼容的氨水溶液，研发出一种基于静电排斥力的全新转移机制，突破了传统范德华材料转移中的污染、损伤和兼容性等瓶颈，具有无需蚀刻、高产量、快速、晶圆级规模、低成本且广谱适用性等优势¹。该新工艺实现了高材料完整性和界面清洁度，使二维场效应晶体管呈现出器件成品率高

¹ Xudong Zheng, Jiangtao Wang, Jianfeng Jiang, et al. Electrostatic-repulsion-based transfer of van der Waals materials [J]. Nature, 2025, 645:906–914. <https://www.nature.com/articles/s41586-025-09510-0>

（达 100%）、滞后效应低（7 mV）、亚阈值摆幅接近理想值（65.9 mV/dec）等卓越性能。若结合钽接触电极技术，该工艺在 1 V 偏压下能实现 1.3 mA/ μm 的超高导通电流。

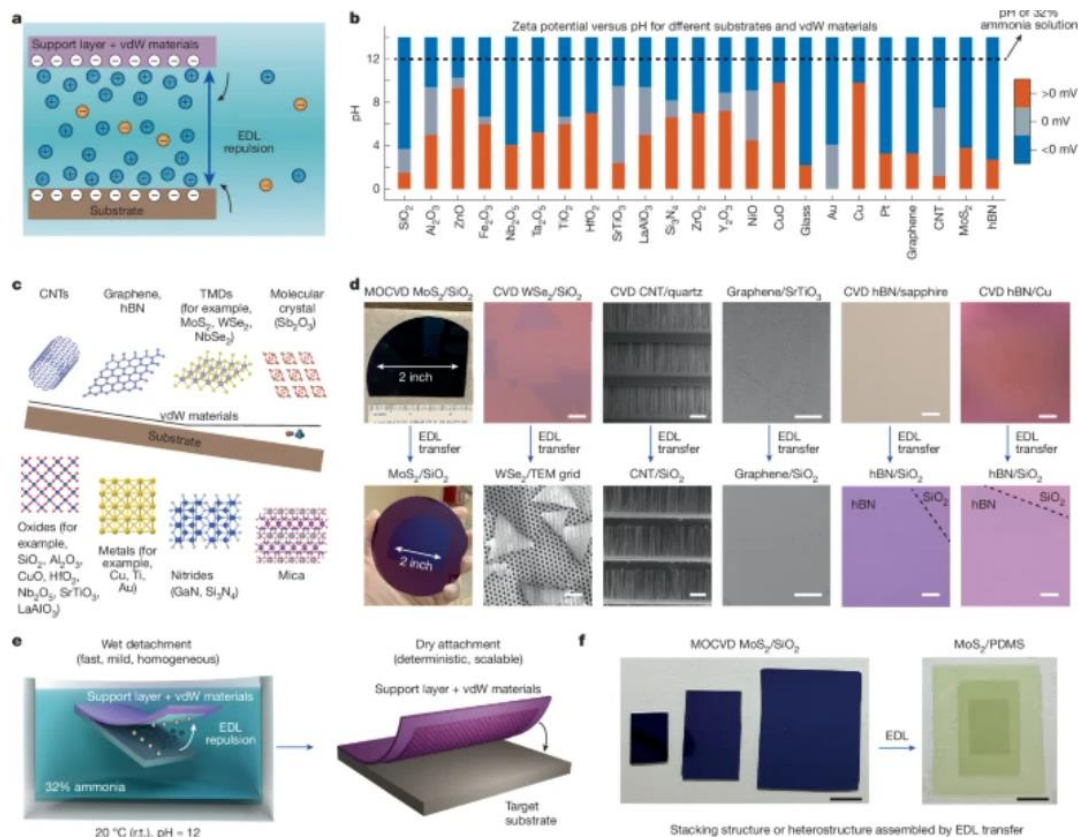


图 1 新型静电排斥转移技术示意图、适用范围和关键转换步骤

这项新型转移技术为基于范德华材料的电子设备提供了简便且适合量产的制造方案，推动了先进 3D 集成技术的发展。随着对机理的深入理解和工艺的不断优化，新型静电排斥转移技术有望成为二维材料器件制造的标准工艺之一，可以为实现后摩尔时代的集成电子系统提供关键支撑。

（执笔：沈湘）

澳大利亚新南威尔士大学实现工业兼容硅自旋量子比特，保真度超过 99%

在 300 毫米硅晶圆工业生产线上制造硅自旋量子比特具有诸多

潜在优势，包括：依托先进工艺的大规模制造能力、实现量子比特与现代电子设备的高效集成、以及显著降低成本。然而，工业规模制造硅自旋量子点仍面临材料挑战，核心是减少由界面和氧化物缺陷及陷阱引起的电荷噪声和静态失序。跟双量子比特门相比，高保真度的单量子比特操作可以最小化电荷噪声的影响。

澳大利亚新南威尔士大学基于 CMOS 几何结构制造了四个双量子比特器件¹。在关键指标中，所有四个量子设备的单量子比特和双量子比特控制保真度均超 99%，量子态制备和测量保真度高达 99.9%，并表现出长自旋寿命和长相干时间。此外，研究还发现携带核自旋的残留同位素是操作错误的来源，通过同位素纯化可进一步提升量子器件性能。

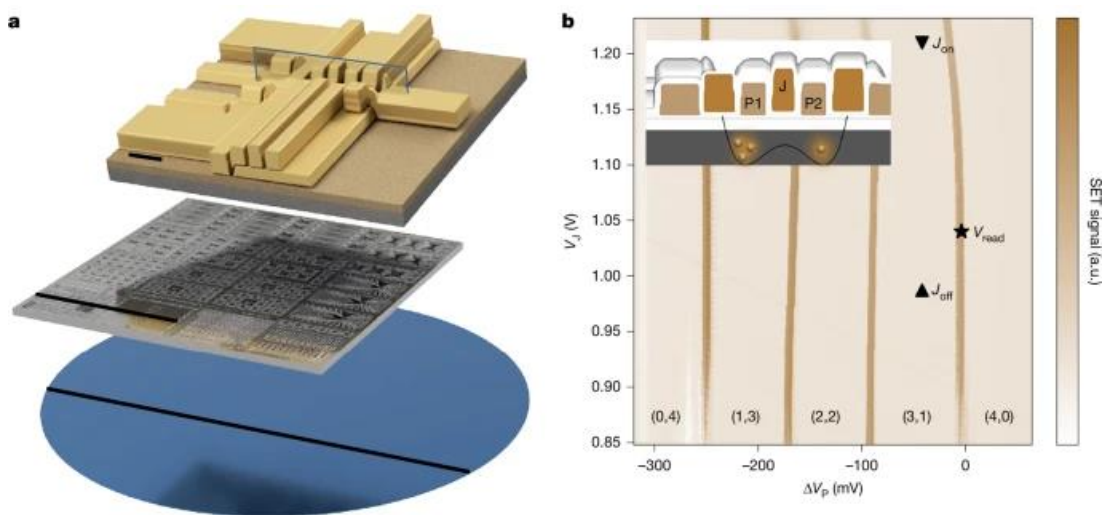


图 1 双量子比特器件和操作点

该研究进展标志着量子比特在工业环境中的高保真制造技术得到突破，为实现硅基量子计算机的大规模集成提供了可能。

（执笔：沈湘）

¹ Paul Steinacker, Nard Dumoulin Stuyck, Wee Han Lim, et al. Industry-compatible silicon spin-qubit unit cells exceeding 99% fidelity [J]. Nature, 2025. <https://www.nature.com/articles/s41586-025-09531-9>

北京大学与香港城市大学首次实现了基于光电融合集成芯片的自适应全频段高速无线通信

未来下一代无线通信网络，需要动态实时调度全频谱资源来支持多样化应用场景，以满足日益增长的泛在接入需求；同时还需具备实时频谱重构能力，以确保在复杂频谱环境中的高效利用和稳定连接。为实现自适应的全频段灵活无线通信，亟须研发一种可以兼容全频段无线信号的通用型硬件，并能满足小型化/轻量化集成和低功耗运行的需求。然而，传统电子学硬件只能在单个频段工作，由于设计规则、结构方案和材料体系的不同，传统器件难以实现跨频段甚至全频段工作¹。

北京大学与香港城市大学研究团队合作，通过创新光电融合架构，提出了“通用型光电融合无线收发引擎”的概念，基于薄膜铌酸锂光子材料平台成功研制出可重构、超宽带光电融合芯片，实现了超过 110 GHz 覆盖范围的自适应可重构高速无线通信，实现了从“频段受限”到“全频兼容”的突破²。该芯片在 11 mm×1.7 mm 的微小功能区域内，集成了宽带无线-光信号转换、可调谐低噪声载波/本振源产生以及数字基带调制等完整无线信号处理功能，实现了系统级高度集成。研究人员基于核心芯片提出了基于高性能光学微环谐振器的集成光电振荡器架构，首次实现了从 0.5 GHz 至 115 GHz 中心频率的实时、灵活、快速重构能力。

¹ <https://ele.pku.edu.cn/info/1012/3784.htm>

² Zihan Tao, Haoyu Wang, Hanke Feng, et al. Ultrabroadband on-chip photonics for full-spectrum wireless communications [J]. Nature, 2025, 645:80–87. <https://www.nature.com/articles/s41586-025-09451-8>

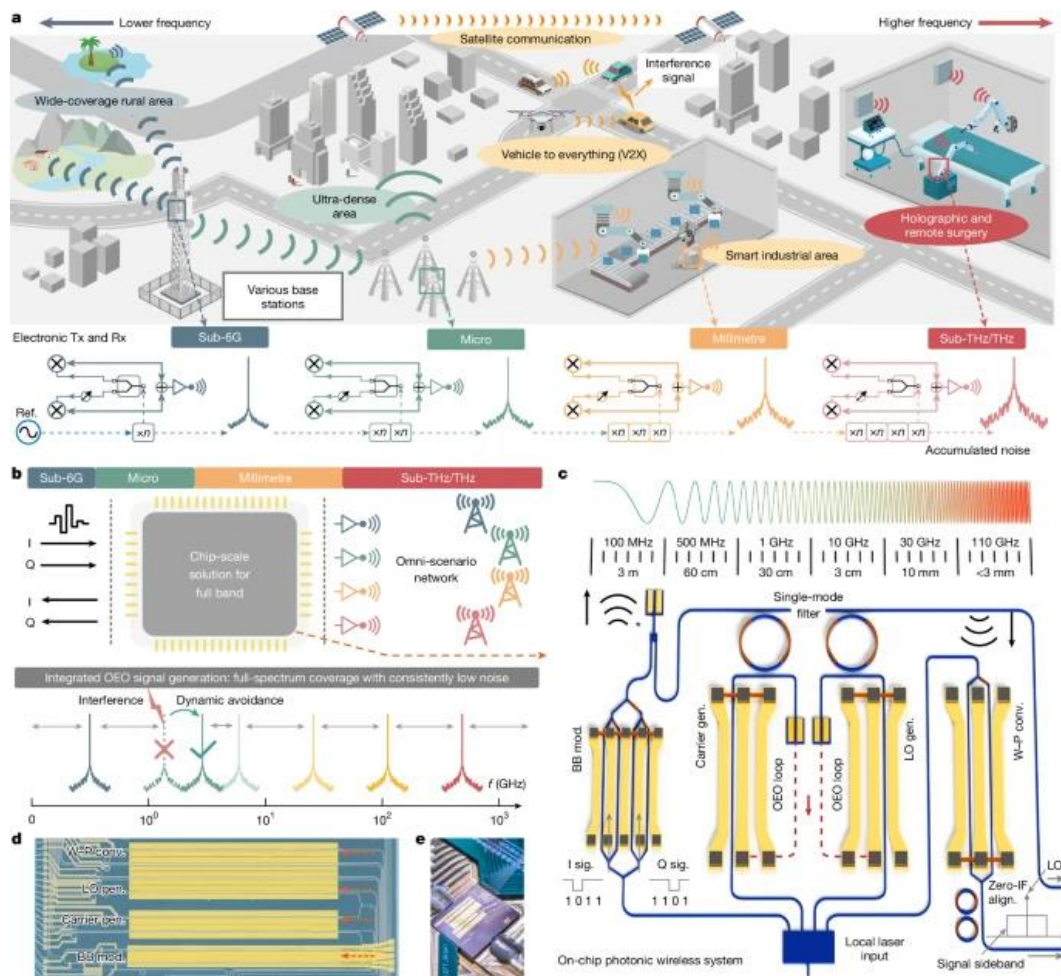


图 1 支持全场景无线网络的超宽带集成光子学示意图

实验验证表明，该系统的传输速率可达到 120 Gbps 以上，满足 6G 通信的峰值速率要求。得益于光电融合集成芯片的超宽带特性，端到端无线通信链路在全频段范围内展现出卓越的性能一致性。

（执笔：沈湘）

浙江大学发布全球规模最大的神经拟态类脑计算机“悟空”

据官网 8 月 2 日报道，浙江大学脑机智能全国重点实验室发布新一代神经拟态类脑计算机——Darwin Monkey（简称“悟空”）¹。“悟空”内置 960 颗自研达尔文 3 代类脑计算芯片，支持的脉冲神经元规模超

¹ <https://www.zju.edu.cn/2025/0802/c76699a3072814/page.htm>

过 20 亿，神经突触超过千亿，神经元规模已接近猕猴大脑，典型运行状态功耗约 2000 瓦。这是全球首台突破 20 亿神经元的神经拟态计算机。此前纪录为 Intel 2024 年 4 月发布的具有 11.5 亿神经元的 Hala Point 系统。这也是浙江大学类脑计算团队在 2020 年 9 月推出国内首台亿级神经元类脑机 Darwin Mouse（“米奇”）后的又一里程碑。

“悟空”所采用的达尔文 3 代类脑计算芯片由浙江大学、之江实验室于 2023 年初联合研制，单颗芯片可承载 235 万神经元、亿级突触，并支持类脑计算专用指令集与神经拟态在线学习机制。团队历时两年攻关，打造出“悟空”类脑计算机并配套新一代达尔文类脑操作系统。

“悟空”类脑计算机由 15 台刀片式类脑服务器组成。为了突破芯片间互连速度与系统能效的瓶颈，研究团队基于 2.5D 先进封装技术，研制出晶圆级超集成类脑计算芯片 DarwinWafer；基于 DarwinWafer，搭建了刀片式类脑服务器。整个刀片式类脑服务器仅包含一张集成了 64 颗达尔文 3 代类脑计算芯片裸片的 12 寸晶圆，摆脱了传统光罩的物理约束，实现导线微纳尺度的互连优化。

“悟空”类脑计算系统具有大规模、高并行、低功耗等特点，将为现有的计算场景提供新的计算范式。

（执笔：沈湘）

产业动态

美国联邦政府以 89 亿美元投资英特尔成为最大股东

据官网 8 月 22 日报道，英特尔宣布与美国联邦政府达成一项具有里程碑意义的战略投资协议。根据协议条款，美国联邦政府将以 89 亿美元（约合人民币 638 亿元）的总价，按每股 20.47 美元的价格收购英特尔 4.333 亿股普通股，持股比例约为 9.9%¹。此项交易完成后，美国联邦政府将成为英特尔的最大股东。这笔投资资金主要由两部分构成：一是依据《芯片与科学法案》提供的 57 亿美元补贴；二是来自“安全飞地”项目中的 32 亿美元政府资助资金。加上此前已获得的 22 亿美元补贴，美国政府对英特尔的累计投资总额达 111 亿美元。

根据协议，美国政府将采取被动持股方式，具体表现为以下三个关键方面：首先，将不向英特尔董事会派驻代表席位；其次，不享有任何特殊的公司治理权限或信息获取特权；最后，美国政府承诺在需要股东表决的重大事项上与公司董事会保持一致的投票立场。这一安排既确保了英特尔保持独立运营，又体现了美国政府作为战略投资者的审慎立场。

（执笔：沈湘）

美国司法部与商务部联合处罚 Cadence 公司 1.4 亿美元

2023 年 7 月 28 日，美国司法部国家安全司与加州北区检察官办公室宣布，Cadence 设计系统公司因违反美国出口管制法律达成认罪

¹ <https://www.intc.com/news-events/press-releases/detail/1748/intel-and-trump-administration-reach-historic-agreement-to>

协议，被处以总计超过 1.4 亿美元的刑事与民事罚款¹。其中，刑事罚款 1.18 亿美元，民事罚款 9500 万美元。这一罚款总额刷新了美国对 EDA 企业出口违规的最高罚款纪录²。

Cadence 公司被指控在 2018-2022 期间，通过幌子公司（中南 CAD 中心）向中国国防科技大学出口 EDA 硬件、软件及半导体设计知识产权（IP）技术，违反了美国《出口管理条例》（EAR）。此次罚款规模及调查细节凸显了美国出口管制制度的复杂性与执行力度。

美国商务部工业和安全局（BIS）在此类案件中扮演关键角色，通过实体清单等工具对涉及“国家安全”的技术交易实施严格管控。Cadence 表示已实施“强有力的出口合规计划”，并主动配合 BIS，进行政策细节澄清，以规避未来风险。。

（执笔：沈湘）

美国 IBM 与 AMD 合作开发下一代计算架构“量子中心超级计算”

据官网 8 月 26 日报道，IBM 与 AMD 宣布将结合经典高性能计算（HPC）和新兴的量子计算机技术，合作开发名为“量子中心超级计算”的下一代计算架构，促进 IBM 实现“本世纪末推出容错量子计算机”的愿景³。

在该项合作中，IBM 和 AMD 将分别发挥各自技术优势：IBM 凭借其在量子计算机和软件方面的领导地位，AMD 则依托其在 HPC 和 AI 加速器方面的领导地位，共同开发可扩展的开源平台，加速经典-量子混合算法的运行。在这种“量子核心+经典算力”的混合架构设计中，量子计算机与强大的 HPC/AI 基础设施

¹ <https://www.justice.gov/opa/pr/cadence-design-systems-agrees-plead-guilty-and-pay-over-140-million-unlawfully-exporting>

² <https://www.eet-china.com/mp/a424868.html>

³ <https://newsroom.ibm.com/2025-08-26-ibm-and-amd-join-forces-to-build-the-future-of-computing>

协同工作，一个经典-量子混合问题的不同部分将由最适合的计算范式进行处理。例如，未来量子计算机可以专门用于模拟原子和分子的行为，而由 AI 驱动的经典超级计算机则负责处理大规模数据分析任务。这种技术融合，将以前所未有的速度和规模解决现实世界的复杂问题。

目前，AMD 和 IBM 正在探索如何将 AMD 的 CPU、GPU 和 FPGA 与 IBM 的量子计算机进行深度集成，以实现新兴算法的高效加速和实时纠错功能。双方研究团队计划在今年晚些时候对“量子中心超级计算”架构进行初步演示，并将积极探索如何通过 Qiskit 等开源生态系统促进新算法的开发和广泛采用。

（执笔：沈湘）

SK 海力士全球率先量产 321 层 2Tb QLC NAND 闪存产品

据官网 8 月 25 日报道，韩国 SK 海力士公司率先完成了 300 层以上的 QLC NAND 闪存开发，并开始量产 321 层 2Tb QLC NAND 闪存产品¹。与现有产品相比，新产品容量提升至 2 Tb，同时通过将闪存内部可独立运行的平面架构从四平面扩展为六平面，显著提升了并行处理能力，有效缓解了大容量存储的性能衰减问题。

新产品不仅实现了容量翻倍，也实现了数据传输速度翻倍，其中，写入性能最多可提升 56%，读取性能提升了 18%。此外，其数据写入能效提高了 23%，特别适合用于低功耗需求的 AI 数据中心等应用场景。

¹ <https://news.skhynix.com.cn/sk-hynix-begins-mass-production-of-321-layer-qlc-nand-flash/>

SK 海力士表示，321 层 NAND 闪存将率先应用于消费级 PC SSD，随后逐步扩展到企业级固态硬盘（eSSD）和嵌入式存储（UFS）产品。针对 AI 服务器市场，公司还将基于独有的 32 个 NAND 晶片堆叠的封装技术，推出集成度翻倍的超高容量 eSSD 产品。

（执笔：沈湘）

SK 海力士全球率先完成 HBM4 开发并实现量产

据官网 9 月 12 日报道，SK 海力士已成功完成面向 AI 应用的第六代高带宽存储器 HBM4 的开发，并在全球率先构建了量产体系¹。作为存储技术领域的重要突破，HBM4 创造了行业新标杆，其数据处理速度与能效表现均达到全球最高水平。

HBM4（第六代）跟之前的产品相比，在性能、能效、可靠性和产品上市时间方面均有显著提升。HBM4 采用了 2048 条数据传输通道（I/O），是前一代产品的两倍，带宽扩大了一倍，能效也提升了 40% 以上。此外，HBM4 的运行速度达到 10 Gbps（每秒 10 千兆比特），大幅超越国际半导体器件标准组织（JEDEC）规定的 8 Gbps（每秒 8 千兆比特）。

此外，SK 海力士在 HBM4 的开发中采用了产品稳定性获得市场认可的先进 MR-MUF（批量回流模制底部填充）技术和第五代 10 纳米级（1b）DRAM 工艺，显著降低了量产风险。

随着 AI 需求和数据处理量剧增，为实现更快的系统速度，市场对 HBM 的需求也在急剧攀升。同时，数据中心因巨大的耗电量面临严峻运营压力，存储器的能效已成为产业应用的关键因素。SK 海力士预测，HBM4 可将 AI 服务性能最高提升至 69%，

¹ <https://news.skhynix.com.cn/sk-hynix-completes-worlds-first-hbm4-development-and-readies-mass-production/>

不仅能从根本上解决数据瓶颈问题，还可显著降低数据中心电力成本，从而提供突破 AI 基础设施限制的行业级解决方案。

（执笔：沈湘 王丽）

SEMI 宣布正式成立 3DIC 先进封装制造联盟

据官网 9 月 9 日报道，国际半导体产业协会（SEMI）在 SEMICON Taiwan 2025 上宣布正式成立“3DIC 先进封装制造联盟（3DIC Advanced Manufacturing Alliance, 3DICAMA）”¹。该联盟由台积电与日月光担任共同主席，并携手欣兴电子、台达、永光化学、致茂、弘塑等 37 家企业成员，致力于推动跨领域协助与标准化建设，打造全球最完整的 3DIC 生态系统。

AI 时代，3DIC 成后摩尔定律关键驱动力。据 Yole Intelligence 预测，先进封装市场规模将从 2024 年约 380 亿美元增长至 2030 年约 790 亿美元，年复合成长率达 12.7%，展现稳健上升趋势。这一发展主要源自 AI 与 HBM 技术的持续演进，激发了业界对高效能、低功耗与高密度封装解决方案的强劲需求，使 3DIC 跃升为系统级集成的关键技术。

SEMI 指出，3DIC 仍面临异质整合、散热管理与微缩互连等关键技术挑战，亟需跨供应链的协同创新。中国台湾地区凭借完整的半导体供应链体系、领先的先进制程量产能力，以及在国际合作与标准制定上的影响力，正成为全球 3DIC 与先进封装发展不可或缺的核心枢纽。

3DICAMA 将重点推进推动四大核心任务。首先，在产业协作方面，3DICAMA 将整合半导体产业链源，搭建跨领域技术创新平台，促进设计、制造、封装测试环节的经验共享。其次，在供应链强化

¹ <https://www.semi.org/zh/SEMICON-Taiwan-2025/3DICAMA>; <https://www.sipo.org.tw/industry-overview/industry-news/item/4183-2025070401.html>

方面，将通过提升本土制造能力与全球资源对接，构建具备高稳定性的产业生态系统。第三，在标准体系建设方面，3DICAMA将基于SEMI平台整合产业共识，建立覆盖材料、制程与设计的全流程技术规范，推动标准实施与产业化应用。最后，在技术突破方面，将重点攻关散热管理及高密度互连技术瓶颈，建立先进测试认证体系，同时推进系统自动化升级与接口标准化，持续完善先进封装生态。

（整理：沈湘）

英伟达宣布投资 50 亿美元入股英特尔 共同开发 AI 基础设施和个人计算产品

据英伟达官网、英特尔中国官微 9 月 18 日报道，英伟达宣布将投资 50 亿美元购入英特尔普通股¹。同时，双方达成战略合作关系，将联合开发多代定制化数据中心及个人电脑（PC）产品，旨在提升以加速超大规模、企业级及消费级市场中各类应用与工作负载的运行效率。合作计划通过英伟达 NVLink 实现架构无缝连接，整合英伟达的 AI 与加速计算领域的技术优势，以及英特尔领先的 CPU 技术及 x86 生态系统，为客户提供前沿解决方案。

在数据中心领域，英特尔将为英伟达定制 x86 处理器。这些处理器将被集成至英伟达 AI 基础设施平台中，并实现商业化部署。

在个人计算领域，英特尔将推出集成英伟达 RTX GPU 芯粒（Chiplet）的 x86 系统级芯片（SoC）。这款创新设计的 x86 RTX SoC 将为需要 CPU 与 GPU 深度协同计算的 PC 终端提供核心算力支持。

（整理：沈湘）

¹ <https://blogs.nvidia.cn/blog/nvidia-and-intel-to-develop-ai-infrastructure-and-personal-computing-products/>

《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

