

集微技术信息简报

2022 年第 **6** 期 (总第 51 期)

中国科学院文献情报中心

2022 年 11 月制

本期目录

政策计划

美国发布《国家先进制造业战略》	1
韩国公布《韩国数字化战略》	4
美国国家科学基金会启动新兴技术领域劳动力发展计划	6
美国能源部与 21 家机构发起能源效率规模化国家倡议以提高半导体能效.....	7
美国商务部发布 500 亿美元“芯片基金”计划的实施战略.....	8
韩国政府发布国家战略技术培育方案	10
韩国和荷兰将扩大半导体产业合作	11

产业洞察

美国 SIA 发布《2022 年美国半导体行业现状》报告	13
美国 SIA 呼吁投资半导体研发的 5 个关键领域	21

前沿研究

北京大学和美国德克萨斯大学合作实现亚 0.5nm 电介质与 2D 半导体集成.....	25
中科院上海技物所和美国宾夕法尼亚大学等合作实现硒族半导体/硅半导体异质结隧穿电子的有效操控	26
美国麻省理工学院和韩国三星公司等合作利用量子点技术开发出室温偏振敏感 CMOS 太赫兹相机	28
美国宾夕法尼亚大学开发微激光芯片为量子通信增加新维度	30

产业动态

日本京瓷公司推出世界上最小的硅衬底 GaN 基边缘发射激光器.....	32
初创公司 NeoLogic 用“准 CMOS”技术 NeoMOS 设计 VLSI 以延长摩尔定律.....	33
韩国 LG Display 公司推出了世界上第一款 12 英寸高分辨率可拉伸显	

示器.....	34
英国初创公司 Quantum Motion 实现数千个量子点器件与控制电子器 件集成.....	35

政策计划

美国发布《国家先进制造业战略》¹

2022 年 10 月 7 日，美国白宫发布了由白宫科技政策办公室（OSTP）和国家科学技术委员会（NSTC）制定的《国家先进制造业战略》。为了实现促进经济增长、创造就业机会、加强环境可持续性、应对气候变化、加强供应链、确保国家安全和改善医疗保健的战略愿景，本次战略更新了 2018 年《先进制造业美国领导力战略》，提出了新阶段美国先进制造的愿景与目标，制定了发展和实施先进制造技术、培育先进制造业劳动力和建立制造业供应链弹性三个互相关联的目标，并确定了未来四年的 11 项战略方向及相关技术方案建议。

一、发展和实施先进制造技术

自动化、数据科学、人工智能、机器学习、生物技术和材料科学等领域的最新进展，以及全球经济范围的脱碳、医疗保健和国家安全方面紧迫的技术挑战，为先进制造业创造了新的机遇，美国必须通过快速发展和实施创新的制造技术来充分利用并保护其技术领先地位。该目标确定的五个战略方向及其相关技术方案建议如下：

1. 建立清洁和可持续的制造业以支持脱碳，技术方案建议包括：通过提高能源效率、使用低碳原料和能源以及捕获和储存工业二氧化碳，促使制造过程脱碳；改进清洁能源制造技术；扩大材料的可持续制造和循环利用等。

2. 加快微电子学和半导体制造业创新，技术方案建议包括：投资集成光电、印刷电子、新制传感、混合电子制造等半导体和电子

¹ <https://mp.weixin.qq.com/s/q7Q65GBGkjQYcREJTMPQ>

纳米制造，同时开发物理、化学和生物学方法以实现原子级精确控制分子结构；为新设备、材料和架构的创新和测试开发先进制造能力，同时为美国公司和大学提供利用芯片设计工具和晶圆代工的便捷获取途径；引入新材料、工具、设计、工艺和测试以实现高密度、高产量、高可靠性的先进半导体封装，同时加强研发和原型制造以及异构集成研发设施建设。

3. 实施先进制造业以支持生物经济，技术方案建议包括：促进生物制造研究；支持农业、森林和食品加工的人机合作；开发生物质加工和转化工艺；发展医药和保健产品的生物制造技术。

4. 发展新材料及加工技术，技术方案建议包括：基于物理计算和数据驱动的人工智能工具提高高性能材料设计和加工能力；开发适用于所有用户的增材制造工艺优化框架；发展先进的分离和处理方法，以减少或替代高需求技术中关键材料的使用；在微重力环境下开发新的增材制造工艺，以制造替代零件和空间基础设施等。

5. 引领智能制造业的未来，技术方案建议包括：通过数字孪生、制定数据兼容标准推进智能制造；优先考虑机器学习、数据访问、保密、加密和风险评估方面的研发，以便在制造业中采用人工智能；促进新技术和标准的开发，以实现安全和高效的人机交互；开发标准、工具和测试平台，实现制造业网络安全。

二、培养先进制造业劳动力

先进技术的变革有望创造数以百万计的新的、可持续的、高质量的美国工作岗位。大多证据表明，自动化、人工智能和机器人在未来十年将在全球范围内净增加制造业工作岗位。这些技术的开发和应用应该以补充工人技能的方式进行，而不是以替代工人技能的方式进行。为了维持和发展拥有高质量工作岗位的强大的先进制造业，美国必须增加制造业劳动力。该目标确定的三个战略方向及其相关技术方案建议如下：

1. **扩大和多样化先进制造业人才库**，技术方案建议包括：提高学生对先进制造业职业的认识；重点关注代表性不足的群体和少数族裔服务机构；解决服务不足群体的社会和结构性障碍。

2. **发展、规模化和促进先进制造业教育和培训**，技术方案建议包括：将先进制造纳入基础 STEM 教育；先进制造的职业和技术教育现代化；扩大和传播新的先进制造业学习技术和做法。

3. **加强雇主与教育机构的联系**，技术方案建议包括：扩大基于工作的学习和学徒制度；推广行业认证证书。

三、建立弹性的制造业供应链

美国的制造业供应链是一个复杂的生态系统，连接着原材料和零部件生产商、物流公司、集成商和商业支持服务。其中需要改进的一个关键领域是供应链和生态系统的弹性。该目标确定的三个战略方向及其相关技术方案建议如下：

1. **加强供应链之间的联系**，技术方案建议包括：促进供应链的内部合作；促进供应链数字化转型创新。

2. **努力减少制造业供应链的脆弱性**，技术方案建议包括：追踪供应链上的信息和产品，以帮助识别和快速减轻风险；提高供应链的可见度；改进供应链的风险管理；激发供应链的敏捷性。

3. **加强和振兴先进制造业生态系统**，技术方案建议包括：优先考虑为新制造业务的形成和增长提供关键项目支持；协助和激励中小型制造企业采用先进制造技术；协调和支持先进制造技术从实验室过渡到市场；建立和加强区域制造网络；改善公私伙伴关系。

（执笔：沈湘 王丽）

韩国公布《韩国数字化战略》

2022年9月28日，韩国公布《韩国数字化战略》¹（以下简称“战略”）。“战略”是韩国总统尹锡悦于2022年9月21日在纽约大学发表的“纽约构想”的具体实现规划，其提出“为实现人类普遍的价值，需要新的数字秩序”。《韩国数字化战略》是尹锡悦政府未来一系列国家数字化政策的代表性战略，并定位于建设全球数字化时代的创新模范先行者。《韩国数字化战略》提出了“再次跃升、全民共享、构建数字化经济和社会”的战略目标，包括五大战略，即全球领先的数字化能力、蓬勃发展的数字经济、数字包容性社会、开放数字平台政府、创新的数字文化。

一、全球领先的数字化能力

具体任务包括六个方面：（1）投资六大重要创新技术，主要包括人工智能、人工智能半导体、5G/6G通信、量子、元宇宙、网络安全。（2）保障数字化资源，包括人工智能、数据、网络资源共享、软件等。在人工智能方面，为下一代基础技术提供密集投资，建立世界领先的人工智能基础设施，例如神经网络处理器（NPU）、高性能计算和超大规模人工智能模型。同时，在制定人工智能国际标准方面发挥关键作用，例如建立人工智能伦理框架。在数据方面，整合公私数据，通过数据资产保护、数据交易秩序及标准化体系等方式建立数据价值评价和分配基础设施，以促进数据流通与利用。在网络资源共享方面，构建超高速、低能耗人工智能资源共享数据中心。在软件方面，通过重塑软件市场强化软件产业基础设施，重点聚焦软件运营（Software-as-a-service，软件即服务）。（3）构建更快、更安全的5G和6G网络，包括至2024年在韩国全域覆盖5G网络，

¹

<https://www.msit.go.kr/eng/bbs/view.do?sCode=eng&mId=4&mPid=2&pageIndex=&bbsSeqNo=42&nttSeqNo=742&searchOpt=ALL&searchTxt=>

至 2026 年在全球抢占 6G 网络标准专利等。(4) 构建人才强国，培育 100 万数字化技术人才。(5) 培育数字化平台产业，包括网络视频服务、元宇宙、数字化平台、区块链等。(6) 推动“韩国数字化倡议”引领全球市场，实施创新资本扶持。

二、蓬勃发展的数字经济

具体任务包括三个方面：(1) 利用数字技能加强服务业竞争力，包括数字文化产业、数字生物产业、数字物流产业。(2) 利用数字技术促进未来制造业，具体而言，对传统制造业，推动数字化升级改造，建设制造数据共享平台，对先进制造业，重塑汽车、船舶产业，推动技术商业化应用。(3) 利用数字技术将农业和渔业培育成未来经济增长的引擎，如发展智慧农场、智慧养殖等。

三、数字包容性社会

具体任务包括三个方面：(1) 构建安全、舒适的数字化社会，重点推动数字安全、数字福利、数字碳中和。(2) 创建一个每个公民都能从数字化中受益的社会，制定数字权利法案，支持小企业和传统市场的数字技术应用。(3) 利用数字技术振兴当地经济，通过数字基础设施和研发建立更大的“当地数字中心”，为当地数字新兴产业奠定基础。

四、开源数字政府平台

具体任务包括两个方面：(1) 通过数字政府平台实现数字福利和民主，一方面促进将在短期内为公民和企业创造利益的项目，另一方面主动采购公共和行政定制服务，并将数据和政府服务标准化，以通过 API 的形式提供。(2) 创新政府使用数字技术的工作方式，建立基于人工智能、大数据的政府管理系统，扩大政府部门间的数据合作等。

五、创新的数字文化

具体任务包括四个方面：(1) 推动以民间为主导的数字文化发

展。(2) 消除阻碍创新的监管障碍。(3) 建立数字经济和社会的法律框架。(4) 共享韩国数字创新成果。

(执笔：于杰平)

美国国家科学基金会启动新兴技术领域劳动力 发展计划

2022年10月19日¹，美国国家科学基金会（NSF）宣布启动新兴技术领域劳动力发展计划（ExLENT）。NSF计划为ExLENT投资3000万美元。在先进制造、人工智能、生物技术、量子信息科学以及半导体和微电子学等新兴技术领域，ExLENT将为感兴趣的个人提供更多实践学习机会。ExLENT将补足传统的STEM（科学、技术、工程、数学）教育的不足，以解决美国目前在新兴技术领域面临的大量劳动力短缺问题，同时ExLENT将促进并加强新兴技术领域的机构与职业教育专业机构之间的合作关系。

ExLENT为各层次人才提供三种学习方式：跟踪式、开端式、探索式三类体验式学习方式。其中，跟踪式——为任何领域的现有专业人员提供一个体验式学习机会，培养他们在新兴技术领域职业发展所需的技能和能力；开端式——为参加有限STEM培训的参与者提供体验式学习机会，以获得更深入的知识 and 经验，从而在新兴技术领域追求职业发展；探索式——为之前没有STEM经验的参与者提供体验式学习机会，培养他们对新兴技术领域的兴趣，激励他们进一步探索这些领域的潜在职业道路。

(执笔：于杰平)

¹ <https://beta.nsf.gov/news/new-nsf-workforce-development-program-opens-new>

美国能源部与 21 家机构发起能源效率规模化国家倡议以提高半导体能效

据美国能源部（DOE）2022 年 9 月 21 日报道¹，DOE 与 21 家半导体公司或组织共同发起“20 年能源效率规模化（EES2）国家倡议”，以在 20 年内将美国半导体行业的能源效率提高 1000 倍。EES2 倡议旨在引导半导体行业走上每两年将能源效率提高一倍的道路，以提高美国半导体制造商的经济竞争力并加强国内清洁能源供应链。这项倡议建立在《2022 芯片和科学法案》刺激国内半导体制造业的基础上，该法案将为美国半导体行业提供 540 亿美元资金，并为 DOE 提供 670 亿美元资金。

随着人类对半导体的日益依赖，半导体的“工业粮食”地位越发突显。据 DOE 分析，2010 年以来全球半导体的能源使用量每三年翻一番，如果继续按照现有增速，到 2030 年全球半导体产业可能会消耗近 20% 的全球能源。

首次签署 EES2 倡议的公私合作伙伴包括英特尔（Intel）、微软（Microsoft）、美光（Micron）、新思科技（Synopsys）、AMD、半导体研究公司（SRC）、阿贡国家实验室和桑迪亚国家实验室等。下一步将由 DOE 先进制造办公室牵头制定半导体产业 EES2 路线图，提供具体指标和建议以指导美国半导体行业研发并提高能源效率。该路线图将于明年发布。

（执笔：沈湘 王丽）

¹ <https://www.energy.gov/eere/articles/department-energy-announces-pledges-21-organizations-increase-energy-efficiency>

美国商务部发布 500 亿美元“芯片基金”计划的实施战略

2022 年 9 月 6 日¹，美国商务部发布 500 亿美元“芯片基金”计划的实施战略，概述了商务部如何实施美国总统拜登近期签署的“芯片法案”中的“芯片基金”计划。“芯片基金”计划是一项 500 亿美元的投资，旨在促进美国本土半导体产业的长期增长，确保美国国家和经济安全。

美国商务部为实施“芯片基金”计划制定了四个战略目标：（1）建立和扩大美国本土先进半导体的生产能力；（2）确保成熟节点半导体产品充足和稳定供应；（3）投资下一代半导体研发确保其在美国开发和生产；（4）培养多样化的劳动力，建立强大的社区促进半导体产业的繁荣。

基于上述目标，该实施战略给出了三方面关键举措、以及“芯片基金”申请的评估标准。

一、“芯片基金”实施关键举措

1. 大规模投资先进半导体制造

“芯片激励计划”将约四分之三的激励资金（约 280 亿美元），用于建立本土先进逻辑和内存芯片生产。这部分资金可用于赠款或合作协议，或用于补贴贷款或贷款担保。美国商务部仍在评估新颁布的先进制造设施投资税收抵免对资本支出的影响，其将对先进半导体制造的投资产生阻力。美国商务部将寻求建造或扩建制造设施的建议，以制造、封装、组装和测试关键零部件，尤其关注涉及多条高成本生产线和相关供应商生态系统的项目。

2. 扩大成熟和当前一代芯片、新技术和特殊技术、半导体产业

¹ <https://www.commerce.gov/news/press-releases/2022/09/biden-administration-releases-implementation-strategy-50-billion-chips>

供应商的制造能力

“芯片激励计划”将广泛扩大美国本土芯片生产，包括用于国防和关键商业领域的芯片，如汽车、信息和通信技术、医疗设备。这一举措范围广泛且灵活，鼓励行业参与者制定创造性建议。对于这一举措，商务部将设很多奖项，总价值预计至少占现有芯片激励资金的四分之一（约 100 亿美元）。这部分资金可用于赠款或合作协议，或用于补贴贷款或贷款担保。

3. 加强美国在半导体研发方面的领导地位

“芯片研发计划”将投资 110 亿美元用于国家半导体技术中心、国家先进封装制造计划、三个新的美国制造研究所以及美国国家标准与技术研究院的计量研发项目。这一系列计划旨在为美国半导体生态系统创建动态创新网络。实现这一愿景需要与学术界、产业界、盟友合作，以及多年的持续投资。

二、“芯片基金”申请的评估标准

1. 扩大规模，吸引私人资本

“芯片激励计划”将鼓励大规模投资以吸引相关供应商和劳动力投资。商务部鼓励潜在申请人探索创新的融资结构以利用各种资本来源。

2. 利用合作建立半导体生态系统

“芯片激励计划”将鼓励利益相关者、投资者、客户、设计师和供应商以及国际公司之间的合作。此类合作可以包括采购承诺、支持无晶圆厂设计的合作伙伴关系或供应商与生产商之间的合作。

3. 确保额外财政激励和支持，建立区域和地方产业集群

“芯片激励计划”要求申请人获得州或地方激励。美国商务部希望优先支持包括州、地方一揽子激励措施在内的项目。这些项目能够最大限度地提高区域和地方竞争力以及经济效益，包括支持强大的半导体生态系统。

4. 建立安全和具有弹性的半导体供应链

“芯片激励计划”将优先考虑符合信息安全、数据跟踪及验证标准和指南的项目，以及合作进一步开发和采用此类标准和指南的项目。

5. 扩大劳动力管道，以满足本土半导体产能增加导致的劳动力需求

“芯片激励计划”将创造高薪工作岗位，使所有美国人受益；优先考虑劳动力解决方案，使雇主、培训提供者、劳动力发展组织、工会和其他关键利益相关者能够共同合作；旨在创建更多付费培训和体验式学徒计划，提供综合服务，优先考虑创造性招聘策略，根据员工获得的技能雇佣员工。

6. 为企业创建包容和广泛共享的机会

“芯片激励计划”将优先考虑积极确保小型企业、少数民族企业、退伍军人企业、女性企业以及农村地区的企业从芯片计划获益的项目。

7. 提供稳健的财务计划

申请人需要提供详细的具体项目和公司层面的财务数据，以确保激励资金满足“芯片激励计划”的经济和国家安全目标，同时保护纳税人的资金。

(执笔：于杰平)

韩国政府发布国家战略技术培育方案

据韩联社报道¹，韩国政府 2022 年 10 月 28 日发布国家战略技术培育方案，将半导体、显示器、二次电池等技术指定为“12 大国家战略技术”。

¹ <https://cn.yna.co.kr/view/ACK20221028003200881?section=search>

在总统尹锡悦主持召开的国家科学技术咨询会议上，科学技术信息通信部（以下简称科技部）发布上述方案。科技部综合考虑产业全球竞争力、对新产业的影响力、外交与安全价值、取得成果的可能性等因素选定了 12 项战略技术。具体包括半导体和显示器、二次电池、高科技出行、新一代核能、高科技生物、宇宙太空及海洋、氢能源、网络安全、人工智能、新一代通信、高科技机器人及其制造技术、量子技术。方案还提出了将在这些领域着力推进的 50 项重点技术。

预算方面，政府将把相应技术的研发投入额从今年的 3.74 万亿韩元增加 10%至 4.12 万亿韩元（约合人民币 210 亿元），并将在明年的预算中为系统半导体、小型模块化反应堆（SMR）、5G 开放式无线接入网络（Open RAN）、量子计算与传感器等技术研发划拨 2651 亿韩元。

法律方面，政府将制定《国家战略技术特别法》，构建战略技术指定和管理体系等制度基础，加大支援力度。

（执笔：沈湘）

韩国和荷兰将扩大半导体产业合作

据韩国商报 2022 年 11 月 18 日报道¹，韩国总统尹锡悦和荷兰首相马克·吕特在 11 月 17 日举行了会晤，将两国关系提升为半导体和核电领域的战略伙伴。在会晤中，阿斯麦（ASML）首席执行官 Peter Wennink、三星电子董事长 Lee Jae-yong 和 SK 集团董事长 Chey Tae-won 承诺将加强合作。

目前，三星电子和 SK 海力士都在使用 ASML EUV 光刻设备，每台设备的成本达 5000 亿韩元。ASML 每年的 EUV 光刻设备供应量

¹ <http://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=104325>

只有 40 台左右，许多半导体制造商都试图获得。据业内人士透露，ASML 今年的产量为 51 台，其中三星电子和台积电分别拥有 18 台和 22 台。

最近，ASML 宣布将增加每年的 EUV 和 DUV 光刻设备供应量，分别达到 90 台和 600 台。因此，双方承诺的更密切合作可能包括增加对三星电子和 SK 海力士的光刻设备供应。

ASML 首席执行官于 11 月 16 日出席了韩国华城半导体集群项目的奠基仪式。该集群旨在成为再制造和光刻设备培训中心，面积有 16000 平方米，拟于 2024 年建成。ASML 计划对该集群项目投资 2400 亿韩元。

(执笔：沈湘)

产业洞察

美国 SIA 发布《2022 年美国半导体行业现状》报告

2022 年 11 月 17 日，美国半导体协会（SIA）发布年度报告，研究了美国半导体行业当前的发展现状以及面临的重大挑战¹。报告指出，2022 年全球半导体出货量有望突破历史最高记录，美国半导体公司继续将大约五分之一的年收入投资于研发活动——2021 年达到创纪录的 502 亿美元，美国颁布了具有里程碑意义的《芯片与科学法案》。但是，美国半导体行业仍然面临重大挑战，如：全球半导体销售增长在今年下半年大幅放缓、中美紧张关系继续影响全球供应链、美国其他重大政策挑战如制定政策保持美国在半导体设计方面的领先地位等依然存在。

一、《芯片与科学法案》激励计划及影响

为了应对新冠疫情、全球半导体供应链中断和地缘政治紧张局势等挑战，拜登总统于 2022 年 8 月 9 日签署《芯片和科学法案》，提供了关键的半导体制造激励措施和研发投资。《芯片与科学法案》吸引了美国政府和商界领袖的注意力，促成了建设晶圆厂和其他设施的新承诺。《芯片与科学法案》将通过创造就业机会和经济投资改变国家的未来。

（一）重塑美国半导体制造供应链

芯片激励计划。《芯片和科学法案》的基石是一项 390 亿美元的制造业激励计划，由美国商务部管理，旨在通过一系列广泛技术投资来振兴美国芯片制造生态系统，支持范围从大型先进晶圆厂到研

¹ https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2022/11/SIA_State-of-Industry-Report_2022.pdf

发项目，技术涉及成熟和先进芯片、新技术和专用技术、制造设备和供应材料。《芯片与科学法案》还为先进制造业设立了 25% 的投资税收抵免，由美国财政部实施，作为制造业激励计划的补充，以共同缩小美国投资和海外投资之间的成本差距。

芯片研发项目。《芯片与科学法案》将投资 130 亿美元用于半导体研发，设立了国家半导体技术中心、国家先进封装制造计划、美国制造业研究所、芯片国防基金、计量研发等项目。这些项目旨在完善半导体创新生态，促进政府、产业界、学术界和其他利益相关方之间的合作，为长期创新提供了资金，并有助于培养半导体行业未来创新所需的科学家和工程师。

《芯片法案》已产生的影响。自 2020 年 6 月《芯片法案》最初出台以来，半导体企业已宣布了数十个项目，以提高美国的制造能力，扩大国内半导体价值链。随着《芯片法案》的全面实施，预计未来几年还会有更多的项目。目前已公告了 46 个新的半导体生态系统项目，美国公司研发投资总额超过 1800 亿美元，将创造超过 20 万的就业岗位，包括在 12 个州新建的 15 个晶圆厂和扩建的 9 个晶圆厂以及在半导体材料、化学品、气体、晶圆等方面的大量投资。

（二）加强美国半导体劳动力

为了充分实现《芯片与科学法案》的承诺和机会，美国必须拥有一支强大的半导体劳动力队伍。《芯片法案》包括了劳动力发展措施（作为制造业激励计划和研发项目的一部分），以及美国国家科学基金会设立的 2 亿美元劳动力和教育基金。这些项目对于确保半导体行业拥有熟练的劳动力以满足短期和长期的广泛需求至关重要。

为了强化半导体劳动力队伍，美国需要提供额外的 K-12 STEM 教育资金，鼓励美国年轻人选择 STEM 相关职业。这需要政府、产业界、教育界和其他利益相关方共同努力，在课程开发、扩大学徒

制、增加职业和社区学院半导体项目、提高高等教育研究奖学金资助和人才项目等方面做出贡献。

为了提升竞争力，美国必须获得来自世界各地的最优秀、最聪明的人才。美国还应该增加获得国际 STEM 人才的机会，特别是从美国高校获得 STEM 学位的外国研究生。在美国大学获得高等学位的 STEM 毕业生中，有三分之二是外国人，美国需要留住这些人才，而不是迫使他们归国。改善 STEM 硕博士的绿卡发放限制将对美国半导体行业产生革命性影响。国会应该采取行动，永久性地改革和改善现有移民制度，为半导体行业持续创新和发展引进和留住国际人才。

二、确保美国半导体设计的领先地位

虽然《芯片与科学法案》为解决美国制造供应链中的关键缺口和脆弱性提供了重要激励措施，但也必须对芯片设计采取直接措施来保持美国在该领域的领导地位。

芯片设计是制造过程的第一步，芯片设计的创新对半导体技术的未来发展至关重要。美国半导体公司在全球芯片设计行业处于领先地位，美国在全球设计劳动力中所占份额最大：2021 年，全球约有 18.7 万名半导体设计工程师，其中 9.4 万名服务于总部位于美国的半导体公司。

但是，美国持续保持半导体设计领导地位尚存在不确定性。除了设计成本不断上升、技能人才短缺以及全球市场准入压力日益增大之外，国际竞争愈发激烈。国际竞争对手认识到芯片设计的战略重要性，正在大力投资建设其国内半导体设计能力。中国大陆地区、韩国、中国台湾地区、欧盟、日本和印度已承诺新增数十亿美元的芯片设计投资，包括提供高达 50% 的芯片设计投资税收抵免。如果不采取行动确保美国在设计和研发方面的竞争力，美国在全球销售

收入中的市场份额预计将从 2021 年的 46% 下降到 2030 年的 36%（见图 1），而同期中国大陆地区的市场份额预计将从 9% 飙升到 23%。

为保持美国在半导体设计方面的领导地位，SIA 敦促国会采取全面、综合的战略，具体行动包括：（1）对先进半导体设计提供 25% 的投资税收抵免，与《芯片法案》中包含的制造抵免相当；（2）高技能移民改革，确保获得顶尖科学和工程人才；（3）在减税政策方面，恢复研发支出的全额扣除。

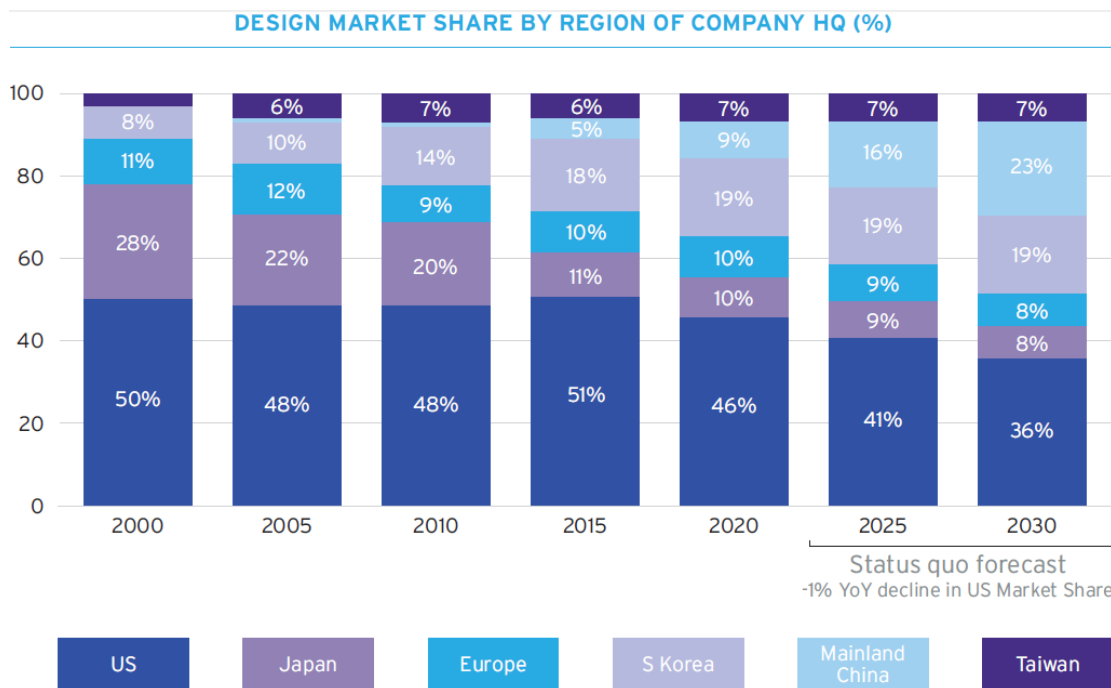


图 1 主要国家/地区半导体设计市场份额分布（按公司总部所在地）

三、半导体驱动不同领域创新

半导体对许多相关领域的新兴技术都有重大影响，如人工智能、高性能计算、自主系统和机器人。

半导体也在驱动一些可能不那么直接的领域，如生命科学。半导体创新可以在许多方面帮助解锁新的生命科学技术。例如，提供生物和制药模拟的强大计算资源，帮助大幅降低和缩短药物开发的成本和时间线。现代医疗设备是另一类依赖先进半导体的生命科学技术，包括用于健康监测的可穿戴传感器、医疗机器人、用于高分

辨率超声的先进成像技术、脑机接口技术和用于创伤干预的植入式设备。这些技术可能依赖先进半导体来协助数据收集和处理，以获得可操作的反馈，或帮助在体内导航以进行精准治疗。考虑到与芯片-生物接口相关的挑战，这类设备通常有独特的封装需求，仍然需要大量的材料和封装方面的研究来设计制造高性能医疗设备，以减少炎症反应和设备污染。

四、全球半导体市场概况

全球芯片短缺及产业应对。虽然芯片短缺和新冠疫情影响在2022年开始缓解，但预计未来十年，半导体需求将持续增长。全球半导体行业正计划通过创纪录的制造和研发投资来满足这一预期的市场增长。从2020年到2022年底，全球晶圆厂产能预计将增长30%，并在2023年增长更高。2022年，全球半导体行业资本支出继续加大，超过1660亿美元，以满足芯片的长期需求。

全球半导体市场持续增长。在过去30年里，半导体行业经历了快速增长，并产生了巨大的经济影响。由于新冠疫情导致的需求增加，2021年全球半导体市场增长强劲。继2020年达到4404亿美元销售额后，2021年全球半导体销售额增长26.2%、达到5559亿美元。世界半导体贸易统计（WSTS）等半导体销售分析机构预计，全球半导体行业销售额将在2022年显著增加到6180-6330亿美元。

五、半导体需求驱动因素

未来十年，半导体领域的持续创新将催生一系列变革性技术，包括人工智能、自动驾驶和物联网。事实上，半导体需求的长期增长动力已经稳定。半导体及其服务市场已形成真正的共生关系，正如半导体创新有助于进一步刺激市场需求，并打开全新市场。

半导体终端应用驱动因素反映了新冠疫情需求冲击下的变化。2021年，几乎所有类别的半导体终端应用销售都出现了显著增长。随着越来越多的工作方式转移为远程工作和在线教育，电脑等终端

应用类别的销售额出现了显著增长。其他市场，如汽车市场全年经历了大幅增长，最终成为半导体的第三大终端应用市场，见图2。如前所述，2021年全球芯片销售额达到5559亿美元，销量为1.15万亿，其中增长最快的是能够承受高温和其它物理挑战的汽车级芯片。

2021 DEMAND BY END-USE







End-Use Category	 Computer	 Communication	 Automotive	 Consumer	 Industrial	 Government
Annual Growth	23.1	24.0	37.9	28.9	26.6	26.4
Total Value (\$B)	175.0	170.6	69.1	68.4	66.9	5.8

图2 2021年终端需求市场分布

六、美国半导体行业市场份额

自上世纪90年代以来，美国半导体行业一直是全球芯片销售市场的领头羊，每年占全球市场近50%的份额。此外，美国半导体公司在研发、设计和制造工艺技术方面保持着领先地位或高竞争力。

美国半导体公司在商业模式和半导体制造设备方面处于市场领先地位，但在一些细分领域，美国半导体行业落后于亚洲竞争对手。

总的来说，美国半导体行业在研发最密集的领域保持着领先地位：EDA和IP核、芯片设计和制造设备。然而，前端和后端制造工艺主要集中在亚洲，包括7纳米尖端芯片晶圆制造、组装、测试和封装在内的全球75%的产能集中在亚洲。另外，美国在逻辑器件、分立器件、模拟器件和光电半导体等细分产品方面仍然处于领先地位，而在存储器方面落后于其他国家或地区。这些脆弱性强调了《芯片法案》投资的必要性，该法案为支持更多的本土制造提供了必要的激励措施。

七、美国半导体技术竞争力

美国半导体行业的研发支出一直很高，反映了美国半导体市场份额的领先地位和持续创新之间的内在联系。

从 2000 年到 2020 年，美国半导体行业的研发支出以大约 7.2% 的复合年增长率增长。2021 年，美国半导体行业的研发投资总额为 502 亿美元。

美国半导体行业的研发占比（研发支出占销售额的百分比）仅次于制药和生物技术行业，位列第三。尽管全球竞争对手都在增加研发投入，以期与美国半导体行业竞争，但美国公司的研发占比高于其他任何国家的半导体行业。

R&D EXPENDITURES AS A PERCENTAGE OF SALES

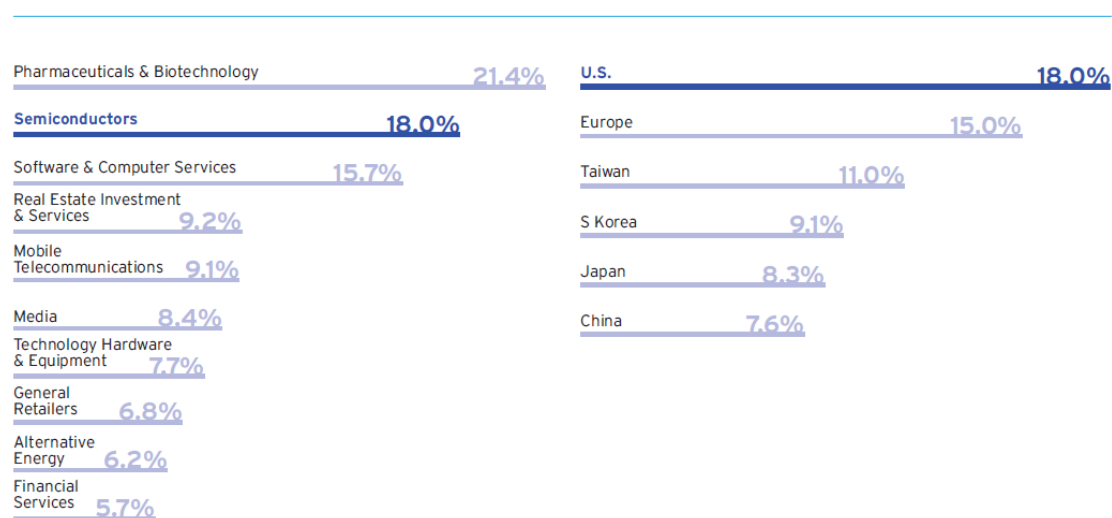


图 3 美国各行业研发占比（研发支出占销售额的百分比）及主要国家/地区半导体行业研发占比

八、美国本土劳动力和制造业

具有竞争力的本土劳动力对美国确保半导体领先地位至关重要。此外，强大的本土半导体制造业对增强美国经济至关重要。

在美国 49 个州，近 27.7 万人从事半导体行业的设计、制造、测试和研发工作。2021 年，美国半导体行业总共为美国提供了 184 万个就业岗位，包括超过 25 万个直接就业岗位、近 160 万个间接就业岗位，为美国创造了 1651 亿美元的收入。

2021年，美国半导体制造商约46%的前端晶圆产能位于本土，这一比例从2013年的57%持续下降。而美国半导体制造商的其他产能主要位于新加坡、中国台湾地区、欧洲和日本。

过去十年，美国本土之外的芯片制造产能平均增速是美国的五倍，这主要因为各国为吸引半导体制造商而实施的强有力的激励措施。《芯片法案》有望扭转这一长期下滑趋势，使美国在全球半导体制造业增长中获得更高的市场份额。

九、美国半导体创新政策展望

为了确保美国在全球半导体行业继续保持领导地位，美国必须提升竞争力和创新力。

1. 投资美国半导体领导力：（1）高效、及时、透明地执行《芯片和科学法案》中的政策和计划。（2）在《芯片法案》中为先进制造投资信贷制定法规，以涵盖半导体生态系统的全部创新环节。（3）采取促进创新和竞争力的政策，如制定半导体设计投资税收抵免，并加强研发税收抵免。（4）投资《芯片和科学法案》支持的研究和科学项目，保持美国的技术领先地位。

2. 增强美国的技术劳动力：（1）实施一项国家战略，以适当的投资为后盾，与教育行业和私营部门合作，共同改善美国教育系统，增加STEM人才。（2）改革美国移民政策，吸引并留住世界上最优秀的人才。（3）提供资金保障，强化各层次半导体人才队伍、并确保稳定支持各级教育和技能培训。

3. 促进自由贸易和保护知识产权：（1）批准和改善自由贸易协定，以消除市场壁垒，保护知识产权，促进公平竞争。（2）扩大信息技术协议。

4. 与志同道合的经济体紧密合作：与盟友调整政策和法规，以加强国家安全，促进经济增长、技术创新以及提高供应链弹性。

（执笔：沈湘 于杰平 王丽）

美国 SIA 呼吁投资半导体研发的 5 个关键领域¹

2022 年 10 月 27 日，美国半导体产业协会（SIA）联合波士顿咨询集团（BCG）发布《通过创新引领美国半导体研发》报告（以下简称“报告”），确定了半导体研发生态系统的 5 个关键领域，并建议通过美国芯片法案（CHIPS）的研发资金加强关键领域投资。

2022 年 8 月颁布的美国《芯片和科学法案》（CHIPS and Science Act）提出，为扩大美国现有半导体研发组织的范围和影响，美国将创建国家半导体技术中心（NSTC）和国家先进封装制造计划（NAPMP）。报告强调了政府和产业界在 NSTC 和 NAPMP 两个重要实体上进行合作的重要性，呼吁将 CHIPS 的资金用于弥补目前半导体研发生态系统中的关键缺口，认为这样做有助于为美国芯片创新的持续领先地位铺平道路。

半导体研发是一个关键的竞争领域，多国或地区都在采取措施加强其半导研发生态系统。例如，**日本配置资源**，投资 68 亿美元来加强其先进芯片本土制造、成熟芯片生产以及半导体研发；**韩国加强合作**，将建立“K-半导体产业带”，旨在建立集半导体生产、原材料、零部件、设备和尖端设备、设计等为一体的高效产业集群；**中国台湾地区提供行业指导**，通过评估整体半导体研发及其对产业需求的覆盖面来支持产业发展，避免投资平均化或关键领域经费投入不足等现象。与此同时，2021 年以来，日本、新加坡、韩国、欧盟等都宣布立法支持本国的半导体产能，中国也加大投资用于支持国内半导体产业。

如果美国缺乏对半导体创新商业化的支持可能会加速其它竞争国家或地区在该领域的发展，因此报告呼吁通过投资“规模化路径

¹ <https://mp.weixin.qq.com/s/AJ7H3Op6PV7XS2aXFwH5wA>

研究、研究基础设施、开发基础设施、全栈协同创新、劳动力培养”五个关键领域来加强美国研发生态系统的能力。

一、规模化路径研究

NSTC 和 NAPMP 应该帮助弥合早期研发和规模化生产之间的缺口，促进早期技术的转化和规模化，评估并投资美国产业界所需的早期技术。NSTC 和 NAPMP 应建立和加强**新兴领域的研发生态系统能力**，面向 5-15 年后投产的技术开展研发和商业化，研发资金投入将包括核心半导体技术和封装技术两方面。

核心半导体技术研发应该强调长期的、潜在的革命性的突破，包括材料、工艺、工具等方面的创新。这些创新领域包括：（1）用于逻辑、存储和模拟的**先进架构**，如：3D 堆叠器件、单片式集成、以存储为中心的计算；（2）超越 CMOS 的**先进材料**，如：二维材料、先进功能材料、光子或神经形态等新计算范式材料、高压高功率材料、先进射频材料；（3）**通用工艺**，如：先进光刻技术、先进光源和极紫外改进、金属化工艺改进；（4）**设计创新**，如：面向更多应用的领域专用加速器、混合信号设计、智能和传感能力集成、安全设计；（4）**工具改进**，如：将人工智能集成到设计工具中并实现更高的设计抽象性、用于模拟和射频电路的高级工具、增强全栈优化和硬件软件协同设计的工具；（5）**环境可持续性**，如：全球升温潜能值（GWP）较低的工艺气体、光刻和其他化学品的环境改善和极低浓度检测及处理技术、自然资源（能源、水等）友好型制造工艺。

先进封装技术应有助于解决半导体行业中短期挑战。相比于基础半导体材料和工艺进步，先进封装的规模化可以更快、更便宜，在 NSTC 和 NAPMP 成立的 5-10 年内（或更短时间内）产生商业影响。这些创新领域包括：（1）**先进测试和验证能力**，如：测试设计和数据分析以减少设计误差、测试自动化和 AI/ML 集成工具、模拟/射频/混合信号的测试；（2）**异构集成**，如：制定行业集成标准、

Chiplet IP 开发与获取、新型计算范式（光子、量子等）的集成方法；

(3) 先进封装和高密度互连 (<100 μm I/O pitch)，如：面板和晶圆级高带宽、低延迟高密度 2.5D 和 3D 堆叠和组装方法；混合键合、硅穿孔和先进中介层 (interposer) 工艺；提高器件寿命的先进热压缩键合；热管理以及减少串扰、噪声、寄生等；灵活且受约束的面积缩小封装；(4) 工具改进，如：封装级协同设计工具；卓越的电、热、机械建模和设计工具；组装和对准自动化。

二、研究基础设施&开发基础设施

NSTC 和 NAPMP 应在扩大、升级和提供研发基础设施方面发挥积极作用，促进基础设施或先进仿真和建模软件的使用。NSTC 和 NAPMP 的设施投入应与研发优先事项保持一致，既不能平均分配，也不能集中在单一技术或地点，而应根据技术需求，在分布式利益和规模利益间权衡，以扩展和升级少数现有机构的独特能力及基础设施。具体而言，NSTC 和 NAPMP 应尽可能利用现有基础设施和《美国芯片法案》提供的资金，并协调现有资源加快创新。这对于加速和扩大商业化的试点工作和原型设计尤为重要。NSTC 和 NAPMP 应该通过提供原型制作和规模扩大，为有前途的技术建立转化路径。

总体而言，NSTC 和 NAPMP 应升级先进仿真或建模软件、样品验证等研究设施生态系统以及原型设计和先导中心、掩模设施等开发设施生态系统，并促进研究人员和初创企业对设施、工具和服务的访问。

三、全栈式协同创新

NSTC 和 NAPMP 应通过召集公司解决复杂的技术问题来支持全栈式创新，并加速技术、工具和方法的开发。正如摩尔定律所描述的那样，随着开发和设计成本的上升，改进计算机技术的工程方法正在发生变化。半导体发展的下一个阶段需要整个计算堆栈的

“全栈式”创新，从材料和设计到系统架构和软件进行全方面覆盖。例如，对云计算数据中心需求的快速增长，突显了对能够提供低功耗高性能计算的半导体的需求。满足此需求的下一代系统创新需要将先进材料、新的计算架构、封装、软件等方面的专业知识结合起来。“全栈式”创新很难，当前半导体公司往往高度专业化，没有一家公司拥有下一代计算技术“全栈式”创新所需的所有技能和资源。美国的研发生态系统目前缺乏协调不同组织、不同部门进行全栈式创新的机制。

NSTC 和 NAPMP 必须在整个行业内广泛合作，维持一个广泛且具有代表性的行业伙伴网络，建立多样化的研发技术和基础设施组合，以促进协同开发、协同优化和异构集成等领域创新。

四、劳动力培养

NSTC 和 NAPMP 应该推动一系列计划，扩大美国半导体研发创新和劳动力规模及技能，以加强美国的研发生态系统和经济竞争力。半导体行业是研发密集型产业，依靠高技能劳动力进行研发创新。半导体设计、制造和价值链相关活动的高技能研发人员的供应不足可能会限制创新的步伐。与此同时，其他国家或地区正在积极吸引本国公民回国，并提供广泛的政策支持，以加强本国的研发生态系统。为扩大美国半导体研发劳动力，**NSTC 和 NAPMP 可实施的关键措施有：**投资美国 STEM 教育（夏令营、奖学金等）、吸引 STEM 工作者进入半导体行业（学徒、实习、职业规划等）、授予灵活的工作签证、投资工人的再培训和技能提升、加速新员工的培育工作。

（执笔：沈湘 王丽）

前沿研究

北京大学和美国德克萨斯大学合作实现亚 0.5nm 电介质与 2D 半导体集成

集成电路中场效应晶体管（Field Effect Transistor, FET）的尺寸微缩会带来更高的开关速度、更低的功耗和更高的集成，但也会导致短沟道效应。通过使用高载流子迁移率的二维（2D）半导体沟道和超薄高 k 电介质可以抑制这种不良效应。然而，将 2D 半导体与氧化物厚度相近的介质集成是非常具有挑战性的。

近期，北京大学化学与分子工程学院彭海琳教授研究团队和美国德克萨斯大学奥斯汀分校的研究人员成功地实现亚 0.5nm 电介质层与 2D 半导体晶体管的集成¹。

为了将电介质层与 2D 半导体集成，研究人员使用一种名为紫外线辅助插层氧化的工艺，基于高迁移率 2D 半导体 $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{Se}$ 合成新型单晶原生氧化物栅介质 $\beta\text{-Bi}_2\text{SeO}_5$ ，其拥有高介电常数（高达 22）、超平坦的晶格匹配界面和出色的绝缘性。即使二维 $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{Se}/\text{Bi}_2\text{SeO}_5$ 基顶栅场效应晶体管栅介质的等效氧化层厚度（equivalent oxide thickness, EOT）微缩至 0.41nm，在 1V 栅极电压下的漏电流仍低于低功率极限（ 0.015 A/cm^2 ），满足下一代晶体管电介质的工业要求²。

¹

<http://kjqb.las.ac.cn/choiceness/getChoicenessDetail.htm?serverId=14&uuid=376e928ef4554df15ceb89fd30b4793f&recommendId=115496&controlType=>

² Yichi Zhang, Jia Yu, Ruixue Zhu, et al. A single-crystalline native dielectric for two-dimensional semiconductors with an equivalent oxide thickness below 0.5 nm [J]. Nature Electronics, 2022, 5:643–649. <https://www.nature.com/articles/s41928-022-00824-9>

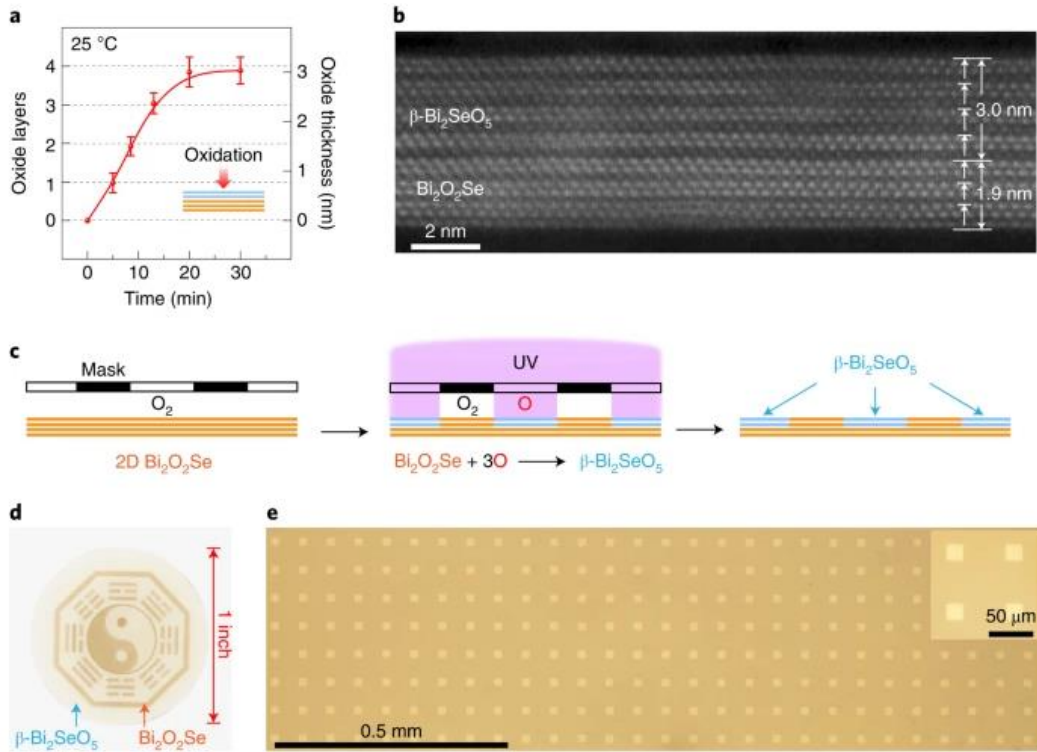


图 1 二维 $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{Se}/\text{Bi}_2\text{SeO}_5$ 异质结的紫外线辅助可控制备工艺

该新型材料有望用于开发二维晶体管中的超薄高 k （介电常数）栅极电介质，帮助实现晶体管的小型化，可能为开发更小、更快、更高效的 FET 铺平道路。

（执笔：沈湘）

中科院上海技物所和美国宾夕法尼亚大学等合作实现 硒族半导体/硅半导体异质结隧穿电子的有效操控

电路静态和动态模式下的低功耗是现代大规模纳米电子学的核心问题之一。在涉及单带传输的热离子器件（如：金属氧化物半导体场效应晶体管，MOSFET）中，由于亚阈值斜率存在理论极限，无法通过持续降低电源电压来降低芯片功耗。

具有直接能带间电荷隧穿和陡峭的亚阈值斜率传输特性的隧穿场效应晶体管（Tunnel field-effect transistor, TFET）提供了一种潜在的解决方案。然而，大多数硅基集成 III-V 异质结的 TFET 在某些

操作模式下表现出低导通电流密度和开/关电流比。基于二维材料的隧穿场效应晶体管可以提供改进的静电控制，并可能提供更高的电流密度和开/关电流比。

中科院上海技物所、美国宾夕法尼亚大学、美国国家标准与技术研究院和空军研究实验室的研究团队报道了栅极可调谐异质结隧道三极管 (gate-tunable heterojunction tunnel triodes (HJ-TTs))¹, HJ-TTs 基于范德华异质结构, 由 n 型二维金属硒化物 (InSe) 和高度 p 掺杂三维硅形成。这些三极管的亚阈值斜率低至 6.4 mV/decade, 平均亚阈值斜率为 34.0 mV/decade。这些器件的电流开/关比约为 10⁶, 漏极偏压为 -1 V 时, 导通电流密度为 0.3 $\mu\text{A}/\mu\text{m}$ 。

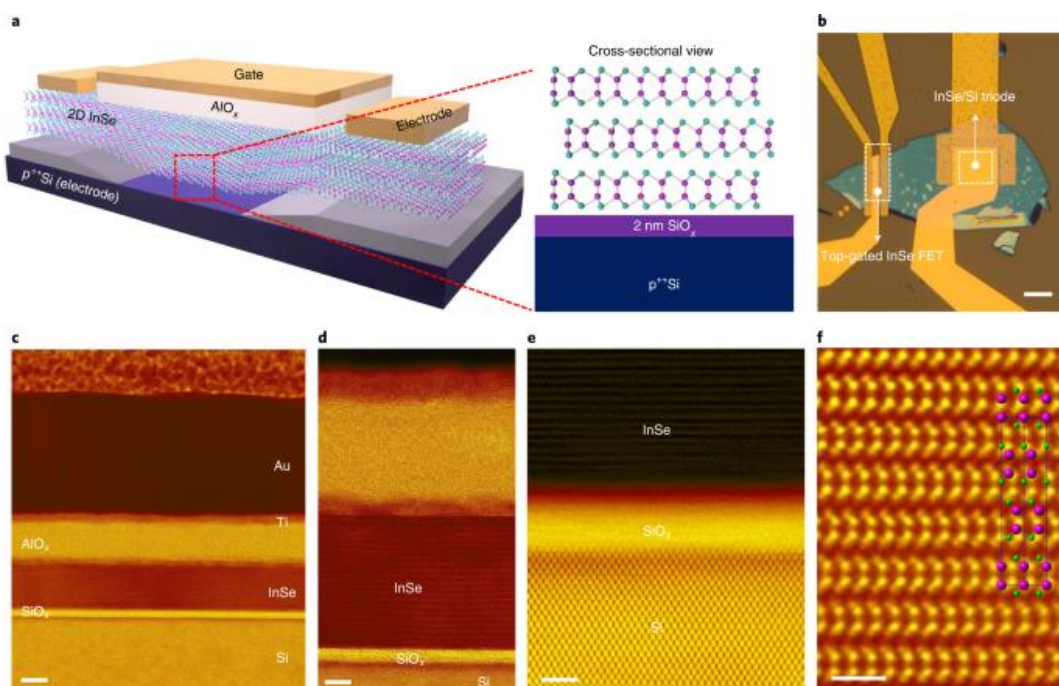


图 1 二维/三维异质结隧道三极管的结构与表征

该研究成果通过电容耦合的局域电场调控二维原子晶体能带结构, 实现硒族半导体/硅半导体异质结隧穿电子 band-to-band 隧穿效率的有效操控, 探讨了二维硒族原子晶体与硅半导体异质结中隧穿

¹ Jinshui Miao, Chloe Leblanc, Jinjin Wang, et al. Heterojunction tunnel triodes based on two-dimensional metal selenide and three-dimensional silicon [J]. Nature Electronics, 2022, 5:744–751. <https://www.nature.com/articles/s41928-022-00849-0>

电子在栅极电压与漏极电压协同调控下的输运行为，为混合维度异质结构在高性能电子与光电子器件研制方面奠定了理论与实验基础¹。

(执笔：沈湘)

美国麻省理工学院和韩国三星公司等合作利用量子点技术开发出室温偏振敏感 CMOS 太赫兹相机

太赫兹 (THz) 辐射，也被称为亚毫米辐射，其波长介于微波和可见光之间。它可以穿透大多数非导电材料，包括对可见光和中红外光不透明的材料，并检测某些分子的特征。该特性使其在很多领域展示出较好的应用前景，包括材料诊断、机场安全扫描、工业质量控制、天体物理观测、非侵入性防区外传感、国土安全和无线通信等。然而，由于同时具有高灵敏度、快速和宽带操作的室温探测器难以获得，设计使用太赫兹波检测并成像的设备一直具有挑战性，并且大多数现有的太赫兹设备价格昂贵、速度慢、体积大、不能表征偏振态，同时需要真空系统和极低的温度²。

美国麻省理工学院、明尼苏达大学和韩国三星公司的研究团队首次对量子点中太赫兹驱动发光的观察提供了一种通过场驱动的点间电荷转移进行检测的可能机制，开发了一种基于量子点增强的太赫兹到可见光 (QD-enhanced THz-to-visible, qTV) 上转换机制的室温互补金属氧化物半导体太赫兹相机和偏振计，并对发光体的几何结构和制造设计进行了优化，能够在室温和压力下快速检测太赫兹脉冲信号³。更重要的是，它可以同时实时捕获有关波的方向或“极

1

<http://kjqb.las.ac.cn/choiceness/getChoicenessDetail.htm?serverId=14&uuid=4b45d5a6e9f64503c54dde4b34d3cb24&recommendId=115775&controlType=>

2

<http://kjqb.las.ac.cn/choiceness/getChoicenessDetail.htm?serverId=14&uuid=0f80cea825fe28cc5f7a86aa7fef8366&recommendId=115763&controlType=>

³ Jiaojian Shi, Daehan Yoo, Ferran Vidal-Codina, et al. A room-temperature polarization-sensitive CMOS terahertz camera based on quantum-dot-enhanced terahertz-to-visible photon upconversion [J]. Nature Nanotechnology, 2022. <https://www.nature.com/articles/s41565-022-01243-9>

化”的信息，用于表征具有不对称分子的材料或确定材料的表面形貌。除了宽带和快速响应外，基于纳米光的传感器可以检测到峰值场低至 10kv cm^{-1} 的太赫兹脉冲信号，其灵敏度要远高于现有的其他同轴纳米孔径型设备。本研究同轴纳米光圈型装置展示了一种全新的功能：可以同时记录太赫兹的偏振状态和场强，并且具有较高的灵敏度。

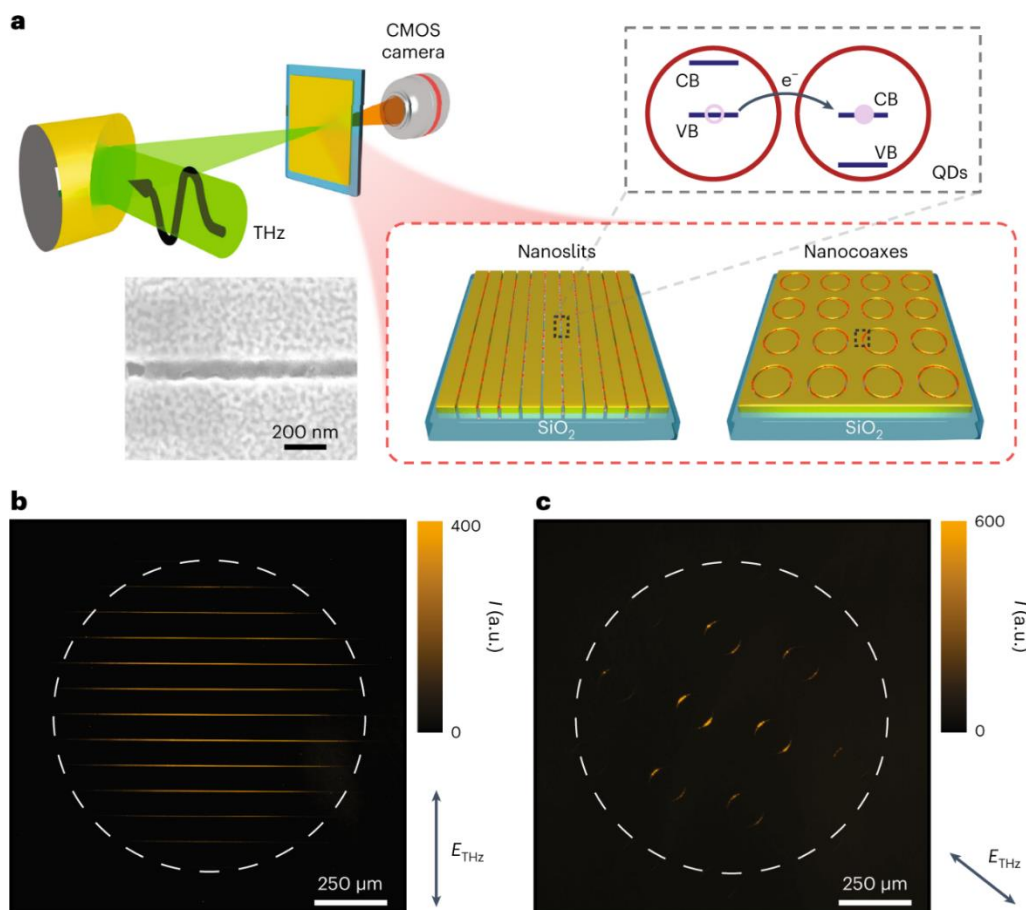


图 1 偏振敏感太赫兹成像实验示意图

这种新型“相机”由几层组成，采用了与微芯片类似的标准制造技术。由窄缝隔开的纳米级平行金线阵列位于基底上，其上层是一层发光量子点材料，最上面是用来形成图像的 CMOS 芯片。被称为偏振计的偏振检波器使用了类似的结构，但采用了纳米级的环形狭缝，使它能够检测入射光束的偏振。

(执笔：沈湘)

美国宾夕法尼亚大学开发微激光芯片为量子通信增加新维度

非量子芯片使用比特存储、传输和计算数据，而最先进的量子设备使用量子比特。比特可以是 1 或 0，而量子比特是能够同时为 1 和 0 的数字信息单位。在量子力学中，这种同时状态被称为“叠加”。叠加状态大于两个能级的量子比特被称为量子电码，它可存在于 0、1 和 2 等多个态中。由于只有两个能级的叠加，量子比特的存储空间有限，对干扰的容忍度很低¹。

美国宾夕法尼亚大学工程学院领导的研究团队研制出一种完全集成的微激光芯片，利用光的自旋-轨道耦合，大幅扩展了自由度 (DOF)，将信息交换的最大密钥速率从每脉冲 1 比特提高到每脉冲 2 比特²。新超维微激光器提供了四个层次的叠加，为进一步增加尺寸打开了大门，四能级量子密钥使量子密码学取得了重大进展，其微激光芯片的安全性和稳健性超过了现有的量子通信硬件，使任何一种以前的芯片上激光器的量子信息空间翻了一番。

此次的超维自旋轨道微激光器建立在该团队早期使用涡旋微激光器的基础上，涡旋微激光器可以灵敏地调整光子的轨道角动量。最新的设备通过在光子自旋上增加另一个级别的命令来升级以前的激光器能力。这种额外的控制级别能够操纵并耦合轨道角动量和自旋，使研究团队能够生成四能级系统。同时控制所有这些参数的困难一直是阻碍集成光子学中量子激光产生的原因，也是该团队工作的主要实验成就。

¹ https://www.cas.cn/kj/202211/t20221123_4855546.shtml?from=singlemessage

² Zhifeng Zhang, Haoqi Zhao, Shuang Wu, et al. Spin-orbit microlaser emitting in a four-dimensional Hilbert space [J]. Nature, 2022. <https://www.nature.com/articles/s41586-022-05339-z>

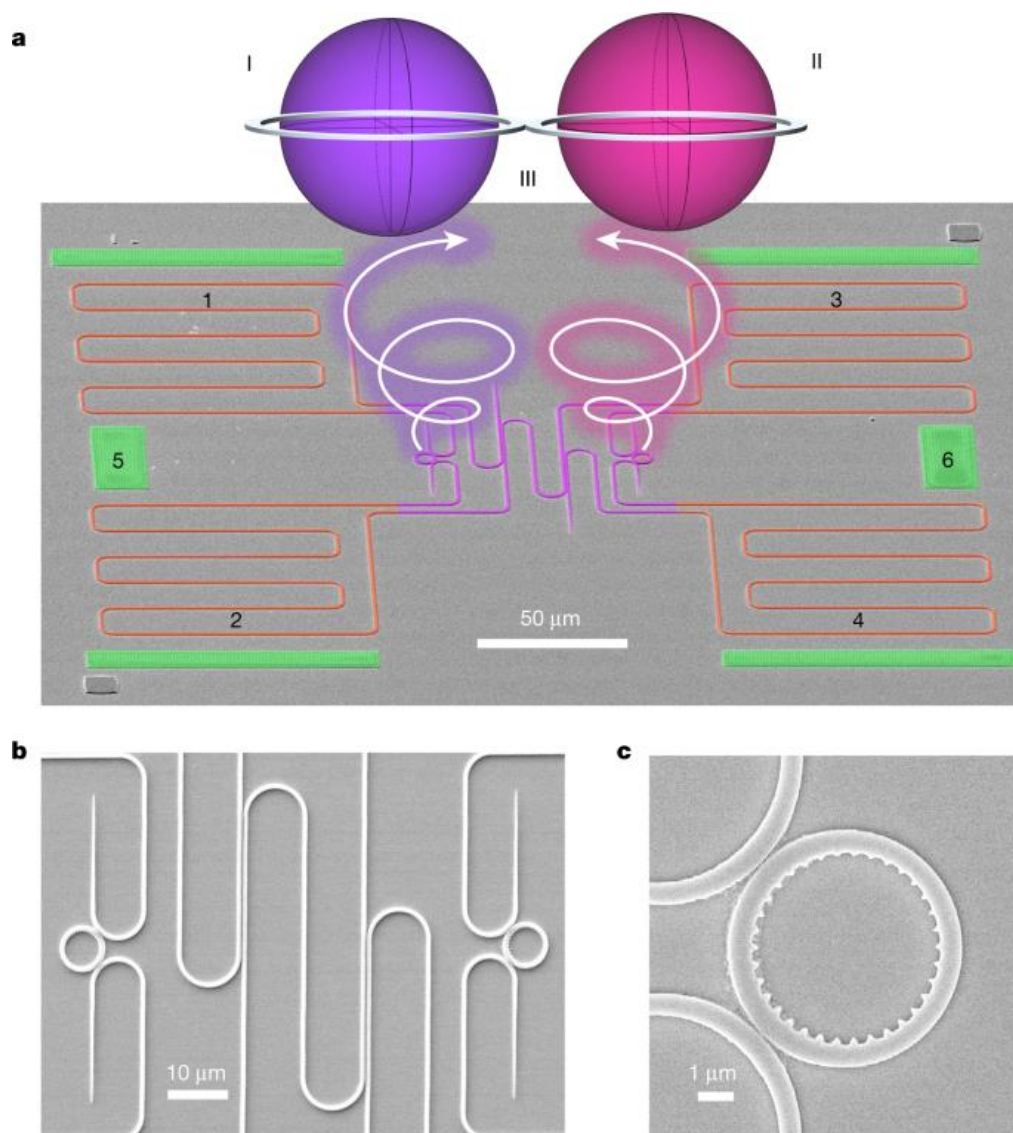


图 1 超维自旋轨道微激光器的结构示意图

(执笔：沈湘)

产业动态

日本京瓷公司推出世界上最小的硅衬底 GaN 基边缘发射激光器

据日本京瓷（Kyocera）公司官网 2022 年 11 月 2 日报道¹，京瓷公司推出了一种新的薄膜工艺，用于为氮化镓（GaN）基微光源制造独特的硅（Si）衬底。京瓷公司利用该新工艺可以制造出更高产量、更低成本的 100 微米长度的短腔激光器和微型 LED，可进一步应用于自动驾驶汽车的透明显示屏和 AR/VR 的智能眼镜等产品²。

该新工艺技术由京瓷公司位于日本京都的先进材料和设备研究所开发。首先，以低成本的方式在 Si 衬底上生长出大体积 GaN 层。然后在 GaN 层上用中间有开口的非生长材料进行掩模。当 GaN 层在 Si 衬底上形成时，在掩模的开口上生长 GaN 核。作为生长核的 GaN 层在生长初期具有许多缺陷；但是，随着继续横向生长形成 GaN 层，可以产生具有低缺陷密度的高质量 GaN 层，GaN 层的低缺陷区域有助于成功制造器件。

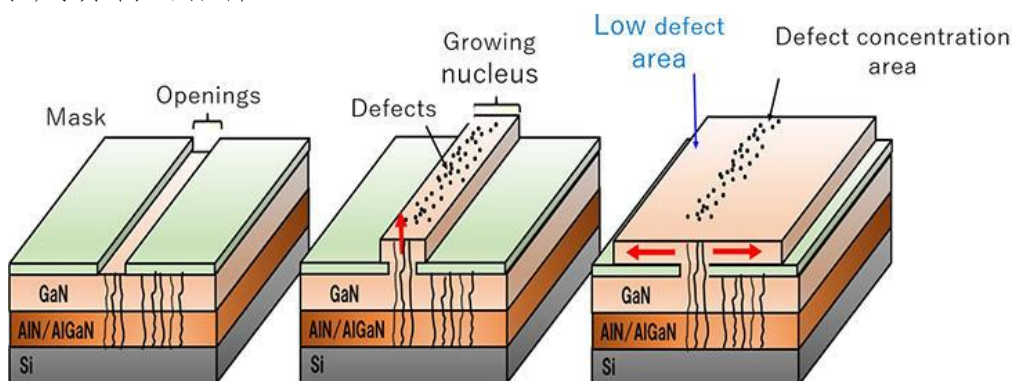


图 1 京瓷公司开发的新工艺技术流程

¹ <https://global.kyocera.com/newsroom/news/2022/000652.html>

²

<http://kjqb.las.ac.cn/choiceness/getChoicenessDetail.htm?serverId=14&uuid=0e1f1a2300329818ee27b596f44bfcbe&recommendId=116009&controlType=>

京瓷公司的新工艺具有以下优势：（1）更容易剥离 GaN 器件层：用不生长的材料掩蔽 GaN 层抑制了 Si 衬底和 GaN 层之间的结合，大大简化了剥离过程。（2）具有低缺陷密度的高质量 GaN 器件层：因为可以在比以前更宽的区域上沉积低缺陷 GaN，因此可以连续制造高质量的器件层。（3）降低制造成本：有助于 GaN 器件层与相对廉价的 Si 衬底的成功可靠剥离，从而大大降低制造成本。

（执笔：沈湘 王丽）

初创公司 NeoLogic 用“准 CMOS”技术 NeoMOS 设计 VLSI 以延长摩尔定律

据 All About Circuits 网站 2022 年 10 月 26 日报道¹，由几位半导体和超大规模集成电路专家创立的初创公司 NeoLogic（总部位于以色列内坦亚）绕过摩尔定律的死角，完全放弃了 CMOS 设计，在新的 VLSI 设计中使用单晶体管逻辑来显著减少晶体管数量。

面对晶体管缩放带来的电路复杂性和功率密度等挑战，NeoLogic 设计了一个独特的解决方案，使用其已获得专利授权的“准 CMOS”技术 NeoMOS 来设计 VLSI IP。

虽然 NeoLogic 没有透露其 NeoMOS IP 的细节，但该公司解释说，准 CMOS 架构将单晶体管逻辑（即 nMOS 或 pMOS）与 CMOS 逻辑集成在一起，以创建逻辑门和电路。NeoLogic 表示，在 VLSI 设计中添加单晶体管逻辑会显著减少晶体管数量。

NeoLogic 声称，NeoMOS 的优势包括降低成本、面积、功耗和设计复杂性。据报道，与标准 CMOS 产品相比，NeoMOS 可以在保持或改善电路延迟的同时，将功耗减少 50%，面积减少 40%。NeoLogic 表示，这相当于每瓦性能提高了 3 倍，使公司能够有效地

¹ <https://www.allaboutcircuits.com/news/computing-startup-neologic-prolongs-moores-law-with-quasi-cmos/>

跨越三代工艺节点。

目前，NeoLogic 通过许可协议销售其 IP 核，但公司希望有一天能销售自己的处理器和基于 NeoMOS 技术的其他技术。

(执笔：沈湘)

韩国 LG Display 公司推出了世界上第一款 12 英寸高分辨率可拉伸显示器

据 koreatime 网 2022 年 11 月 8 日报道¹，韩国 LG Display 公司推出了世界上第一款 12 英寸高分辨率可拉伸显示器，该显示器配备了一种自由可拉伸技术，能够在不变形或损坏的情况下进行伸展、折叠和扭曲²。

新产品是业界首款可延长 20% 的可拉伸显示器。它的高灵活性、耐用性和可靠性使其商业化潜力最大化，将用于时尚、可穿戴设备、移动和游戏等各种行业，以增强韩国显示技术的竞争力，同时继续引领行业的范式转变。

这种新型显示器基于一种由特殊硅制成的高弹性薄膜（也用于隐形眼镜），具有橡胶带般的柔韧性，可拉伸至 14 英寸。由于它使用的是像素间距小于 40 微米的 micro LED 灯，因此它还可以承受重大的外部冲击。此外，其 s 形弹簧接线结构使其能够承受超过 10000 次的形状重复变化。

可拉伸显示器是韩国国家研发项目的成果。LG Display 公司自 2020 年被韩国贸易工业和能源部选中领导该项目以来，已与来自工业和学术领域的 20 家机构合作。

(执笔：沈湘)

¹ https://www.koreatimes.co.kr/www/tech/2022/11/133_339435.html

²

<http://kjqb.las.ac.cn/choiceness/getChoicenessDetail.htm?serverId=14&uuid=c9f5c7bcda21136585ec991758c65bf&recommendId=115837&controlType=>

英国初创公司 Quantum Motion 实现数千个量子点器件与控制电子器件集成

据 newelectronics 网站 2022 年 10 月 30 日报道¹，总部位于英国的量子计算初创公司 Quantum Motion 取得了硅芯片上量子器件测量的世界纪录。该公司能将数千个量子点器件与控制电子器件集成在一起，放置在一个商业半导体代工厂制造的单个硅芯片上，在绝对零度以上不到十分之一摄氏度的温度下工作。该公司表示，这为使用现有硅制造工艺大规模生产量子芯片奠定了基础²。

Quantum Motion 的最新芯片——名为 Bloomsbury——是一款 3x3 mm² 器件，由一家一级代工厂使用与标准电子芯片制造相同的量产工艺制造。然而，与普通的计算机芯片不同的是，Bloomsbury 包含数千个量子点，单个电子可以作为量子比特一个接一个地装入其中。

该团队展示了如何在 12 分钟内测量面积小于 0.1mm² 的 1024 个量子点，这是此类量子设备质量特性的巨大飞跃。所有这些都是在这几十毫开尔文（-273 摄氏度）的温度下实现的，满足自旋量子位以最小错误率运行所需的工作条件。

从今天的小型量子处理器演示到大规模量子计算机，还需要克服几个挑战。其中一个特别的问题是如何在不需要大量输入/输出连接到芯片的情况下寻址大阵列中的每个量子位。量子芯片需要像传统 CPU 一样进行控制，传统 CPU 包含数十亿个晶体管，但只需要几百个输入/输出连接就可以连接到主板。实现这一点不仅意味着使用与传统电子器件相同的工艺制造量子器件，还意味着要设计能够在量子比特操作所需的超低温下工作的电子电路。

Quantum Motion 公司通过 Bloomsbury 芯片实现了上述挑战，大

¹ <https://www.newelectronics.co.uk/content/news/mass-production-of-quantum-chips-takes-a-step-closer>

²

<http://kjqb.las.ac.cn/choiceness/getChoicenessDetail.htm?serverId=14&uuid=e9b21f1c7558522f5e1a2cc7406a1d83&recommendId=115586&controlType=>

大加快了硅基量子芯片的测量和验证。Quantum Motion 公司已经创建了定制的“量子原语 (quantum primitives)”，基于晶体管版本和传统 CMOS 电路的构建块可以捕获单个电子。Quantum Motion 公司还开发了高频读出技术和软件自动化，可以在 12 分钟内测量 1024 个量子点阵列，显示单电子行为。

Bloomsbury 芯片是根据 Quantum Motion 的设计在一家商业代工厂制造的，采用可用于高产量和大批量芯片制造的 300mm 晶圆生产工艺。Bloomsbury 芯片是实现可扩展量子计算机道路上的一个重大里程碑。

该研究成果发表在 2022 年 IEEE 国际电子电路和系统会议上。

(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

