



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 **2** 期 (总第 41 期)

中国科学院文献情报中心

2021 年 3 月制

# 本期目录

## 政策计划

贸易争端中有关半导体的关键政策.....	1
韩国发布 2021 年度下一代智能半导体（器件）研发计划.....	3
拜登签署关于美国供应链的行政命令，涉及芯片等领域.....	6
美国国会准备建立微电子学计划.....	7
美国网络和信息技术研发计划评估报告强调了微电子学的重要性.....	10

## 产业洞察

美国智库分析后摩尔时代中国政策对全球半导体创新的影响.....	12
---------------------------------	----

## 前沿研究

美国弗吉尼亚大学提出控制温度可延长电子和光子设备寿命新机制.....	17
瑞典皇家理工学院开发无热量光开关，可用于光量子计算芯片.....	18
基于 STEM 与 EELS 技术绘制金属或绝缘区域的电子相空间结构图.....	20
基于渗透性超弹性液态金属纤维毡构建生物兼容、单片可拉伸电子器件.....	22

## 应用实施

IMEC 将 0.33NA EUVL 的单次曝光图案化能力推向极限.....	26
Lumentum 推出五结和六结 940nm 和 905nm VCSEL 阵列产品.....	28
MIT 初创公司推出新型光子 AI 芯片.....	29
英特尔发布面向日常计算的固态盘.....	30
英飞凌推出第二代 nvSRAM .....	31

## 贸易争端中有关半导体的关键政策

半导体产业是智能手机、计算机、汽车、数据中心、通讯硬件、武器系统等应用领域的基石。自 20 世纪 80 年代以来，半导体产业不可避免地成为每次贸易冲突的风暴中心。2020 年 12 月，美国彼得森国际经济研究所（PIIE）发布报告，分析了美国如何让半导体产业卷入中美贸易争端。报告重点梳理了上世纪 80 年代美国和日本半导体贸易争端期间的关键政策（表 1），以及近期美国与中国贸易争端背景下涉及半导体产业的关键政策（表 2），经过修订补充见下。

表 1 1977-2006 年半导体产业的关键政策

序号	时间/年	政策
1	1977	美国半导体协会成立。
2	1982-1983	美国-日本高科技工作组同意每个国家在最惠国基础上降低半导体关税。
3	1985	美国对日本半导体产业发起“301 调查”，“301”是指《1974 年贸易法》第 301 条，简称 301 条款。
4	1985	美国针对日本半导体进口发起三次反倾销调查。
5	1986	美国和日本签订半导体贸易协定。根据该协定，日本扩大对美国半导体的进口，并对美国和第三方市场实施半导体出口限制，同时美国撤销对日本的反倾销调查。
6	1986	欧洲经济共同体（EEC）根据关税及贸易总协定（GATT）反对美国和日本签订的半导体贸易协定。
7	1987	美国对价值 3 亿美元的日本进口商品征收禁止性关税，以报复日本违反双方于 1986 年签订的半导体贸易协定。其中，1.35 亿美元商品的关税于 1987 年底取消，1.65 亿美元商品的关税有效期延至 1991 年。
8	1987	EEC 对日本可擦除可编程只读存储器（EPROM）发起反倾销调查。日本同意价格承诺（price undertakings）协议。
9	1987	EEC 对日本动态随机存储器（DRAMs）发起反倾销调查。
10	1987	美国半导体制造技术战略联盟（SEMATECH）成立。
11	1991	美国和日本重新谈判 1986 年签订的半导体贸易协定。
12	1991	EEC 应摩托罗拉公司（英国）和西子子公司（德国）的要求，对韩国 DRAMs 发起反倾销调查，加征关税。
13	1992	美国应美光公司的要求对韩国 DRAMs 发起反倾销调查，加征关税。
14	1997	美国应美光公司的要求对中国台湾地区和韩国静态随机存储器（SRAMs）发起反倾销调查，对中国台湾地区（包括对德州仪器与宏碁的合资企业）加征关税，对韩国未加征关税。
15	1997	信息技术协定（ITA）生效。
16	1997	韩国就美国 1992 年对韩国 DRAMs 加征关税向世界贸易组织（WTO）提起诉讼。2000 年，美国取消加征关税，双方争端得以解决。
17	1998	美国应美光公司的要求对中国台湾地区 DRAMs 发起反倾销调查。由于没发现有力证据，美国此次未加征关税。
18	2001-	中国大陆地区和中国台湾地区加入 WTO 和 ITA。

	2003	
19	2002	美国应美光公司的要求对韩国 DRAMs 发起反补贴调查，加征关税。
20	2002	欧盟应美光欧洲有限公司（英国）和英飞凌（德国）的要求对韩国 DRAMs 发起反补贴税调查，加征关税。
21	2002-2005	美国司法部就 DRAMs 价格操纵损害了戴尔、康柏、惠普、苹果、IBM 和 Gateway 等公司利益展开调查。2003 年，美光公司高管被判妨碍司法公正。2004 年，英飞凌和海力士分别被处以 1.6 亿美元和 1.85 亿美元罚款。2005 年，三星被处以 3 亿美元罚款。
22	2003	韩国就美国和欧盟 2002 年对韩国 DRAMs 加征关税分别向 WTO 提起诉讼。2008 年，美国和欧盟取消加征关税，争端得以解决。
23	2003	台积电在美国法院起诉中芯国际窃取商业机密和侵犯专利权。2005 年双方达成和解，中芯国际在六年内向台积电支付 1.75 亿美元赔偿。2006 年，台积电再次起诉中芯国际，并于 2009 年胜诉，双方达成庭外和解，中芯国际同意再支付 2 亿美元赔偿（不包括已支付的 1.35 亿美元）及 10% 的公司股份，并终止 2005 年和解协议。
24	2004-2005	美国就中国半导体增值税（Value-added Tax）退税政策向 WTO 提起诉讼。2005 年，中国取消了相关政策，双方争端得以解决。
25	2004	日本应美光日本公司和尔必达存储器公司的要求对韩国 DRAMs 发起反补贴调查。2006 年，日本开始对韩国加征关税。
26	2006	韩国就日本对韩国 DRAMs 加征关税向 WTO 提起诉讼。2009 年，日本取消加征关税，双方争端得以解决。

表 2 2014-2020 年涉及半导体产业的关键政策措施

序号	时间/年	政策
1	1977	美国半导体协会成立。
2	1982-1983	美国-日本高科技工作组同意每个国家在最惠国基础上降低半导体关税。
3	1985	美国对日本半导体产业发起“301 调查”，“301”是指《1974 年贸易法》第 301 条，简称 301 条款。
4	1985	美国针对日本半导体进口发起三次反倾销调查。
5	1986	美国和日本签订半导体贸易协定。根据该协定，日本扩大对美国半导体的进口，并对美国和第三方市场实施半导体出口限制，同时美国撤销对日本的反倾销调查。
6	1986	欧洲经济共同体（EEC）根据关税及贸易总协定（GATT）反对美国和日本签订的半导体贸易协定。
7	1987	美国对价值 3 亿美元的日本进口商品征收禁止性关税，以报复日本违反双方于 1986 年签订的半导体贸易协定。其中，1.35 亿美元商品的关税于 1987 年底取消，1.65 亿美元商品的关税有效期延至 1991 年。
8	1987	EEC 对日本可擦除可编程只读存储器（EPROM）发起反倾销调查。日本同意价格承诺（price undertakings）协议。
9	1987	EEC 对日本动态随机存储器（DRAMs）发起反倾销调查。
10	1987	美国半导体制造技术战略联盟（SEMATECH）成立。
11	1991	美国和日本重新谈判 1986 年签订的半导体贸易协定。
12	1991	EEC 应摩托罗拉公司（英国）和西子子公司（德国）的要求，对韩国 DRAMs 发起反倾销调查，加征关税。
13	1992	美国应美光公司的要求对韩国 DRAMs 发起反倾销调查，加征关税。
14	1997	美国应美光公司的要求对中国台湾地区和韩国静态随机存储器（SRAMs）发起反倾销调查，对中国台湾地区（包括对德州仪器与宏碁的合资企业）加征关税，对韩国未加征关税。

15	1997	信息技术协定 (ITA) 生效。
16	1997	韩国就美国 1992 年对韩国 DRAMs 加征关税向世界贸易组织 (WTO) 提起诉讼。2000 年, 美国取消加征关税, 双方争端得以解决。
17	1998	美国应美光公司的要求对中国台湾地区 DRAMs 发起反倾销调查。由于没发现有力证据, 美国此次未加征关税。
18	2001-2003	中国大陆地区和中国台湾地区加入 WTO 和 ITA。
19	2002	美国应美光公司的要求对韩国 DRAMs 发起反补贴调查, 加征关税。
20	2002	欧盟应美光欧洲有限公司 (英国) 和英飞凌 (德国) 的要求对韩国 DRAMs 发起反补贴税调查, 加征关税。
21	2002-2005	美国司法部就 DRAMs 价格操纵损害了戴尔、康柏、惠普、苹果、IBM 和 Gateway 等公司利益展开调查。2003 年, 美光公司高管被判妨碍司法公正。2004 年, 英飞凌和海力士分别被处以 1.6 亿美元和 1.85 亿美元罚款。2005 年, 三星被处以 3 亿美元罚款。
22	2003	韩国就美国和欧盟 2002 年对韩国 DRAMs 加征关税分别向 WTO 提起诉讼。2008 年, 美国和欧盟取消加征关税, 争端得以解决。
23	2003	台积电在美国法院起诉中芯国际窃取商业机密和侵犯专利权。2005 年双方达成和解, 中芯国际在六年内向台积电支付 1.75 亿美元赔偿。2006 年, 台积电再次起诉中芯国际, 并于 2009 年胜诉, 双方达成庭外和解, 中芯国际同意再支付 2 亿美元赔偿 (不包括已支付的 1.35 亿美元) 及 10% 的公司股份, 并终止 2005 年和解协议。
24	2004-2005	美国就中国半导体增值税 (Value-added Tax) 退税政策向 WTO 提起诉讼。2005 年, 中国取消了相关政策, 双方争端得以解决。
25	2004	日本应美光日本公司和尔必达存储器公司的要求对韩国 DRAMs 发起反补贴调查。2006 年, 日本开始对韩国加征关税。
26	2006	韩国就日本对韩国 DRAMs 加征关税向 WTO 提起诉讼。2009 年, 日本取消加征关税, 双方争端得以解决。

王丽 于杰平编译自

<https://www.piie.com/publications/working-papers/how-united-states-marched-semiconductor-industry-its-trade-war-china>

## 韩国发布 2021 年度下一代智能半导体 (器件)

### 研发计划

2020 年 12 月 29 日, 韩国科学和信息通信技术部 (MSIT) 发布下一代智能半导体 (器件) 研发计划 2021 年项目实施计划。该研发计划旨在克服现有半导体技术局限, 致力于下一代超低功耗、高性能半导体器件核心技术的创新开发, 为期 10 年 (2020-2029 年), 金额达 2405 亿韩元。

#### 一、实施策略及内容

避免论文式研究，促进早期成果商业化和 IP 核应用，具体包括：（1）引入竞争性研发模式，评估每个步骤，并确定持续支持的项目；（2）支持晶圆级集成和验证（与下述研发协同进行）。

三类研发包括：

（1）新概念型基础技术（自由竞争模式）：该类研发旨在颠覆性创新，促进半导体范式改变。该类项目每年资助金额不超过 2 亿韩元，3 年后进行评估以确定后续支持。

（2）新器件技术（目标型竞争模式）：该类研发旨在开发 CMOS 工艺兼容的各种新器件技术（如超低压、3D 集成、内存计算、器件系统架构、布线融合、大脑模拟等），以实现超低功耗、高性能的目标。该类项目每年资助金额约 10 亿韩元。

（3）新器件集成和验证技术（内容明确型竞争模式）：该类研发旨在支持晶圆级集成和验证（集成工艺和基于设计的技术开发等），以促进实验室开发的元器件商业化。该类项目每年资助金额约 30 亿韩元。

## 二、2020 年资助情况

2020 年，下一代智能半导体（器件）研发计划选择并支持了 24 个新项目，总金额达 120 亿韩元。

其中新概念型基础技术类项目 7 个，总金额为 7 亿韩元；新器件技术类项目 15 个，总金额为 77.5 亿韩元；新器件集成和验证技术类项目 2 个，总金额为 30 亿韩元。

## 三、2021 年资助计划

2021 年，韩国将加大对下一代智能半导体器件研发计划的投资力度，加强项目团队及机构间的协作，加快创新步伐。

2021 年的总预算为 339.77 亿韩元，其中 229 亿韩元用于继续支持 2020 年选择的项目，103.18 亿韩元用于支持 19 个新项目，7.59 亿韩元用于项目运营管理。

2021 年的 19 个新项目中，其中新概念型基础技术类项目 10 个，总金额为

20 亿韩元；新器件技术类项目 8 个，总金额为 60.68 亿韩元；新器件集成和验证技术类项目 1 个，总金额为 22.5 亿韩元。2021 韩国加大新器件技术的投资力度以尽早确保其在人工智能半导体器件的核心技术优势（例如，人脑模拟器件研究）。2021 年新项目将于本年度 4 月开始执行，目前尚未公布。

表 1 2021 年持续支持 2020 年选择的项目（24）

序号	分类	名称	资助金额 (百万韩元)	
			2020	2021
1	新器件技术类 项目 15 个	利用高 k 绝缘隧道势垒的超低功耗 2D-3D 过渡金属二硫化物 TFET 及逻辑电路的研制	557	1114
2		基于阈值开关的快速传输低功耗逻辑器件和电路系统的开发	447	894
3		基于低温外延和再结晶工艺的 Si/SiGe 沟道 M3D 集成器件和架构开发	557	1114
4		基于低温工艺氧化物半导体的超低功耗 M3D 集成逻辑器件和架构的开发	557	1114
5		集成 2D 金属硫化物和 Ge/Si BEOL 的高性能器件和 M3D 集成技术开发	557	1114
6		基于 ReRAM 的近内存位向量运算开发	447	894
7		用于加速深度神经网络的三端内存计算器件和架构的开发	447	894
8		低功耗、高可靠性、与 CMOS 工艺兼容的（半）铁电内存计算器件及结构的研制	447	894
9		CMOS 工艺兼容的基于离子基三端突触器件和晶圆级阵列的神经形态结构开发和模式识别演示	447	894
10		具有片上训练功能的电荷存储突触器件/阵列和架构开发	667.5	1335
11		利用负电容场效应晶体管和隧道场效应晶体管开发超低功耗 10x10 SRAM 神经网络阵列技术	557	1114
12		下一代智能半导体的 CPI 设计和布线技术研究	557	1114
13		基于超低功耗纳米热驱动的下一代接线设备及其 3D 半导体系统架构的开发	281	562
14		基于随机纳米磁体的概率计算与逆运算逻辑电路	557	1114
15		基于低功耗新器件的安全芯片开发	667.5	1335
16	新器件集成和 验证技术类项 目 2 个	开发用于超低压新器件的 FEOL 集成平台	2000	4000
17		M3D 器件集成平台开发和系统架构研究	1000	2000
18		超梯度开关脉冲电离晶体管	100	200

19	新概念型基础技术类项目 7 个	基于拓扑量子物理学的超灵敏太赫兹非线性整流器	100	200
20		打印光接收单元-信号处理单元的集成图像传感器实现*	100	200
21		超低功耗单片高散热纳米光半导体器件的开发	100	200
22		基于的单分子尺度分子 2D 异质结的超低功耗高效学习人工突触装置的开发	100	200
23		自旋电荷转换的非易失性控制及自旋逻辑器件的开发	100	200
24		基于自旋结构动力学的超低功耗集成电路器件技术开发	100	200

\*欢迎勘误项目名称

王丽 于杰平编译自

<https://mp.weixin.qq.com/s/IQwy6aFqOiMBNd7Z6XcPDg><https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&mId=84&mPid=83&pageIndex=1&bbsSeqNo=65&nttSeqNo=3017357&searchOpt=ALL&searchTxt=%28%EC%86%8C%EC%9E%90%29>

## 拜登签署关于美国供应链的行政命令， 涉及芯片等领域

2021 年 2 月 24 日，美国总统拜登签署关于美国供应链的行政命令，并发表重要讲话。美国总统拜登认为美国关键供应链的弹性和可靠性关系到美国的经济和国家安全，就此与副总统、由参议员和众议员组成的两党小组召开会议。此次会议富有成效，他们就美国关键供应链的弹性和可靠性问题达成了实质性共识。

拜登签署关于美国供应链的行政命令旨在解决美国经济中关键领域供应链的脆弱性问题，提升美国应对危机的能力。他表示富有弹性、多样化和安全的供应链将有助于重振美国本土制造能力和创造高薪就业机会。在供应链弹性方面，拜登认为美国需要识别供应链中的潜在脆弱性，并确保拥有应对方案。拜登引用“丢失一个钉子，最后亡了一个帝国”的谚语来映射供应链中部分对整体的重要性。

### 一、确保芯片供应链安全

最近芯片短缺导致了汽车生产的延迟，进而影响了美国人的就业。芯片是创新和设计的奇迹，影响生活的方方面面，如汽车、智能手机、电视机、收音机、医疗诊断设备等都离不开芯片。

为确保芯片供应链的安全，拜登已指示联邦政府高级官员与产业界领袖合作共同解决芯片短缺问题，同时将与参议院和众议院就此共同努力。国会已经通过一项法案，短期内需要 370 亿美元来解决芯片短缺问题，拜登表示将会推进这项法案。此外，拜登政府正在向盟友、半导体公司等需求帮助，合作解决当前面临的瓶颈，以防止芯片供应链危机爆发。确保芯片供应链弹性一方面需要扩大美国本土生产制造能力，另一方面需要与志同道合的盟友进行更加紧密的合作。

## 二、签署行政命令的作用

(1) 对四种重要产品进行为期 100 天的审查，这种四种产品包括：半导体、关键矿物和材料如稀土、药品及其成分、先进电池如电动汽车电池。这四种产品对确保美国国家安全和提升国家竞争力至关重要，美国两党均强烈支持对它们进行快速审查。

(2) 2022 年针对美国六大经济产业的工业基础启动长期审查计划。在审查过程中提出确保供应链安全的政策建议并及时实施相关建议，而不是等审查结束才开始采取措施弥合现有差距。确保美国供应链的安全是每个美国公民的义务，美国政府将吸引美国各界人员（工人、产业界领袖、政策专家、科学家、农民、工程师）共同参与这项工作。

于杰平 王丽编译自

[https://mp.weixin.qq.com/s/W\\_utSV5PiJ\\_RqUGTf\\_xx-w](https://mp.weixin.qq.com/s/W_utSV5PiJ_RqUGTf_xx-w)

<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/speeches-remarks/2021/02/24/remarks-by-president-biden-at-signing-of-an-executive-order-on-supply-chains/>

## 美国国会准备建立微电子学计划

2020 年 12 月初，美国国会通过了 2021 财年《国防授权法案》，其中包括微

电子学研发和生产以及人工智能等方面的跨部门行动条款。在微电子学方面包含有：建立一个美国国家半导体技术中心，以支持公私研发项目；财政资助跨国项目，以发展“安全可衡量”的微电子学并建立联合供应链；创建商务部项目，为“美国用于半导体制造、组装、测试、先进封装或研发的设施和设备”提供联邦财政补贴。对于国会应为整个微电子学相关计划或其组成单元提供多少资金，此次立法并没有提出具体建议。美国 2021 财年《国防授权法案》中有关半导体发展激励措施的主要部分如下：

### 一、半导体领域的激励措施

商务部应该创建财政补贴项目，为半导体领域的实体提供联邦资助，以鼓励它们在美国投资用于半导体制造、组装、测试、先进封装或研发的设备和设施，每个补贴项目不应超过 30 亿美元，在特殊情况下可申请更高补贴。实现该项目计划，需要联邦相关政府部门间的协调以及的美国政府问责局的审查。

### 二、国防部关于微电子学的举措

#### 1. 建立公私合作联盟等组织模式

美国国防部应联合商务部、能源部、国土安全部和国家情报局建立公私合作伙伴关系，鼓励建立一个或多个公司联盟或者其他类似的公私合作关系，以确保安全可测量的微电子学产品的开发和生产，包括集成电路、逻辑器件、存储器，以及涉及国家安全应用的此类微电子组件的封测。该部分激励措施可能包涵商务部补贴的使用，针对美国具备商业竞争和可持续的微电子制造和先进研发设施的建立、扩张以及现代化，也会提供相关激励措施。

#### 2. 建立微电子学国家研发网络

美国国防部可以建立一个微电子学国家研发网络，一方面实现美国微电子学创新环节中实验室到制造的过渡；另一方面增强美国在微电子学领域的全球领导地位。

### 三、审查微电子学技术在美国工业基地中的地位

本法案颁布后，商务部长应在 180 天内与国防部长、国土安全部长、能源部长等协商进行审查，评估美国工业基地对国防的支持能力，尤其要考虑供应

链的全球性、以及美国工业基地与外国工业基地之间在微电子学制造、设计和终端使用方面的重要依赖关系。

#### 四、资助安全可衡量的半导体及其供应链的开发和采用

财政部被授权设立“多边半导体安全基金”，包含为达此目的任何拨款资金，以发展安全可衡量的半导体及其供应链。财政部联合相关政府部门有权与合作政府建立共同资助机制来合理使用该基金，包括跨国研发合作。美国通过跨国基金项目，来确保可信外国合作伙伴的贡献和承若，包括成本共享和其它发展安全可衡量的半导体及其供应链的合作措施。

#### 五、先进微电子学研发方面

##### 1. 设立微电子学小组委员会

美国总统应就美国在微电子技术和创新方面的领导力和竞争力问题，设立国家科学技术委员会下属小组委员会。该小组委员会成员包括国防部长、能源部长、国家科学基金会主任、商务部长、国务秘书、国土安全部长、美国贸易代表、国家情报局局长、以及总统认为合适的其他联邦部门或机构的负责人。该小组委员会的职责包括制定微电子学国家战略、促进研发协调。法案发布后，总统需一年内向国会提交微电子学国家战略制定进展；委员会五年后需更新该战略；十年后将终止该小组委员会。

##### 2. 设立微电子学咨询委员会

商务部长应与国防部长、能源部长和国土安全部长协商，设立一个咨询委员会。该咨询委员会应由来自工业界、联邦实验室、学术机构的代表组成。咨询委员成员数量不少于 12 名，他们有权就美国政府关于微电子学研发、制造和政策事宜向美国政府提供建议。

##### 3. 建立国家半导体技术中心

商务部与国防部合作建立国家半导体技术中心，以进行先进半导体技术的研究和原型设计，进而确保美国本土供应链的安全和增强美国的经济竞争力。该中心将以公私合作联盟的形式运行，合作伙伴将来自私营部门、能源部和国家科学基金会。

#### 4. 启动国家先进封装制造项目

商务部长应启动国家先进封装制造项目，该项目由美国 NIST 领导。通过该项目，NIST 将联合国家半导体技术中心加强美国国内生态的半导体先进测试、组装、封装能力，同时联合可能成立的美国国家制造业研究所促进美国先进封装。

#### 5. NIST 开展微电子学研究

美国 NIST 应开展微电子学研究项目，在测量科学、标准、材料性能、仪器、测试和制造能力方面取得突破进展，以加快下一代微电子学计量的基础研究，同时确保美国在该领域的国际竞争力和领导力。

#### 6. 建立半导体国家制造业研究所

美国 NIST 可以建立致力于半导体制造的美国国家制造业研究所，以支持半导体设施维修虚拟化和自动化的研究；开发新的先进测试、组装和封装能力；培养半导体产业劳动力。

#### 7. 制定半导体本土生产政策

半导体激励措施的执行机构需制定相关政策，要求半导体生产的本土化，同时确保微电子研发成果的知识产权不受竞争对手的损害。

王丽 于杰平编译自

[https://mp.weixin.qq.com/s/hSRJ3qUKlp\\_wJiBzvU2FVA](https://mp.weixin.qq.com/s/hSRJ3qUKlp_wJiBzvU2FVA)

<https://www.congress.gov/bill/116th-congress/house-bill/6395/text>

## 美国网络和信息技术研发计划评估报告

### 强调了微电子学的重要性

2021 年 1 月，美国总统科学技术顾问委员会（PCAST）向美国总统和国会提交《网络和信息技术研发计划评估报告》，强调了微电子学和未来产业（IoT）的重要性，提出进一步加强网络和信息技术研发（NITRD）计划，以确保美国在当前和未来的全球领导地位和公共投资回报。

NITRD 计划是美国联邦政府最早实施、最大的、跨部门的信息技术领域正式计划。该计划是美国先进网络和信息技术（NIT）研发的主要政府资助来源，如计算机、网络和软件等。PCAST 定期对 NITRD 计划进行评估，本次报告评估了 2015 年以来 NITRD 计划的进展情况，着重探讨了六个美国国家利益相关的 NIT 新兴趋势和领域，并根据调查结果提出了建议。其中有关微电子学领域的调查及建议如下。

微电子学是 NIT 的基础，从材料到半导体工艺器件，从片上系统到多芯片组件，几乎涉足 NIT 的方方面面。在微电子学领域，美国面临的三个挑战包括：

(1) 随着晶体管尺寸的缩小，微电子技术受限于物理极限和散热问题，需要新的技术范式来支持相关性能的持续增长。(2) 美国面临着微电子供应链安全方面的挑战，该挑战与制造业成本和微电子产业全球化密切相关。(3) 商业处理器的脆弱性与硬件设计的网络安全影响紧密相关，提升研究人员、技术人员和决策者对此的解释和理解的至关重要。

高效和安全的微电子供应链对 NIT 产业至关重要，但是目前 NITRD 计划存在的相关问题如下：**(1) NITRD 努力协调微电子学研究的意图表明其在该领域的空白。**尽管国家纳米技术计划（NNI）有微电子学重点领域，但截至 2020 年，双方没有明确的 NNI-NITRD 联合计划来确保 NNI 在该领域的研究可以无缝对接到 NITRD 的研究系统中。(2) 在微电子学研发活动中，软硬件和系统架构之间缺乏研发协调和联合研究计划。

评估报告**建议** NITRD 计划应明确将微电子学纳入其研发计划中。(1) 形式上，可以设立独立机构间工作组（IWG），或者将硬件/组件研发纳入现有的 IWG 中。(2) 应当加强 NNI-NITRD 协调，以确保研发战略与项目计划保持一致。

王丽编译自

<https://mp.weixin.qq.com/s/8RgjRmQ5SQR3pGenOlnVpg>

[https://science.osti.gov/-/media/\\_/pdf/about/pcast/202012/FINAL\\_PCAST-NITRD-Report\\_2021.pdf?la=en&hash=6855ECA97C8C8C27F2727B2DF617758B54F7F1C3](https://science.osti.gov/-/media/_/pdf/about/pcast/202012/FINAL_PCAST-NITRD-Report_2021.pdf?la=en&hash=6855ECA97C8C8C27F2727B2DF617758B54F7F1C3)

# 美国智库分析后摩尔时代中国政策对全球半导体创新的影响

2021 年 2 月，美国信息技术和创新基金会（ITIF）发布《摩尔定律遭受破坏：中国政策对全球半导体创新的影响》报告（以下简称“报告”），分析了全球半导体产业概况及创新动力、讨论了中国半导体产业政策及其对全球半导体产业的影响，并提出相关政策建议。

## 一、全球半导体产业概况

### 1. 美国仍主导销售市场，但生产能力较弱

2019 年，美国拥有 47% 的全球半导体产业销售市场份额，而韩国、日本、欧洲、中国台湾和中国大陆等国家/地区分别占有 19%、10%、10%、6% 和 5% 的市场份额。美国仅拥有 11% 的全球半导体产业制造市场份额，而韩国、中国台湾、日本、中国大陆和欧洲等国家/地区分别占有 28%、22%、16%、12% 和 3% 的市场份额。美国半导体产业生产能力的下降主要因为美国许多半导体生产离岸，截止 2020 年底，美国仅有 20 家半导体制造厂（fabs）。

### 2. 美国、韩国、欧洲在半导体产业的不同领域引领全球

半导体芯片可以分为四种主要类型：逻辑芯片、存储器、模拟芯片和分立器件。2019 年，从半导体产业细分领域的市场份额看，美国在逻辑芯片和模拟芯片领域领先全球，而韩国和欧洲分别在存储器、分立器件领域领先全球。图 1 显示了全球不同国家/地区在半导体产业细分领域的市场份额情况。

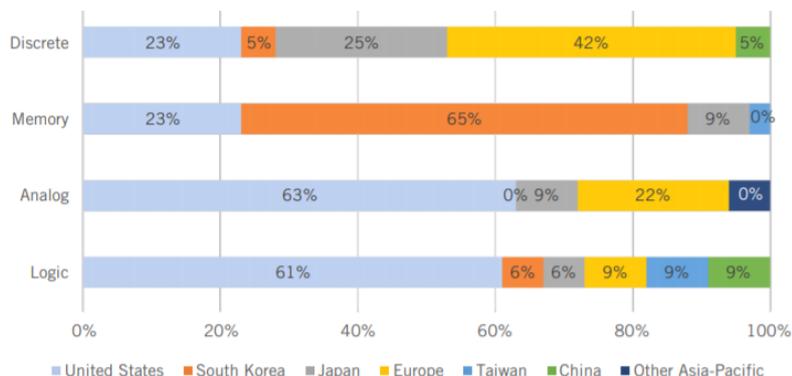


图 1 不同国家/地区在半导体产业细分领域的市场份额

### 3. 半导体产业高度全球化、各国多方面展开竞争

从半导体设计到制造，再到 ATP（组装、测试和封装），许多国家多方面展开竞争。半导体价值链的每个环节平均约有 25 个国家直接参与供应链、23 个国家间接支持供应链，其中，芯片设计环节在直接、间接参与方面分别涉及约 12、27 个国家，晶圆制造环节分别涉及约 39、34 个国家，封装环节分别涉及约 25、14 个国家，测试环节分别涉及约 25、10 个国家，如图 2 所示。美国国际贸易委员会估计半导体芯片产业 90% 的价值被设计和制造均分，仅 10% 在组装、测试和封装环节。



图 2 半导体产业价值链不同环节涉及的国家数量

半导体产业的运营模式发展可追溯到 20 世纪 50 年代，主要分为 IDM（集成器件制造商）模式、代工厂模式、无晶圆厂模式、OSAT（外包组装和测试）模式，如图 3 所示。其中，英飞凌公司、英特尔公司、美光科技公司、瑞萨电子公司、三星电子公司、SK 海士力公司、德州仪器等仍是 IDM 模式的领军企业。代工厂模式的典型代表包括台积电、格罗方德公司、中芯国际、联华电子公司。无晶圆厂模式主要专注于芯片设计，典型代表包括 AMD 公司、NVIDIA 公司、高通公司等。

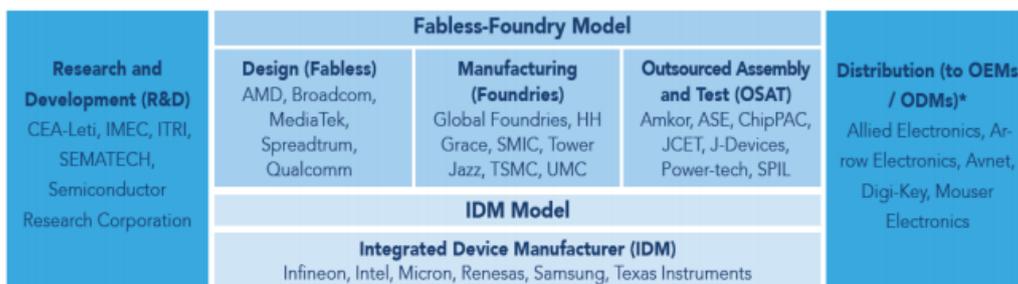


图 3 半导体产业运营模式

二十年前约有 30 家从事集成电路领域尖端技术的企业，而目前仅剩英特尔公司、三星电子公司、台积电、美光科技公司、SK 海力士公司 5 家。全球半导体产业的一个关键驱动力是专业化，例如，荷兰在极紫外（EUV）光刻方面、日本在化学品和生产设备方面、韩国在存储芯片方面、中国台湾在代工厂方面、马来西亚和越南在 ATP 方面等各具优势。

## 二、全球半导体产业的创新动力

全球半导体产业正在与生物制药产业竞争成为全球最具竞争力的研发密集型产业。开发一个新的半导体设计或建立一个新的半导体制造厂所需的专业知识、资本和规模是非常高的，而且在不断增加。半导体产业的健康发展取决于三个关键条件：（1）公平地进入全球市场；（2）合理的市场竞争环境；（3）最大限度地减少知识产权盗窃。

## 三、中国半导体政策

中国关于集成电路的政策可以追溯到 1956 年，自 2014 年之后密集出台，例如，2014 年 6 月，国务院印发《国家集成电路产业发展推进纲要》；2015 年 5 月，国务院印发《中国制造 2025》；2016 年，财政部、国家税务总局、发展改革委、工业和信息化部印发《关于软件和集成电路产业企业所得税优惠政策有关问题的通知》，国务院印发《十三五国家信息化规划》；2020 年 8 月，国务院印发《新时期促进集成电路产业和软件产业高质量发展的若干政策》、《国务院关于印发进一步鼓励软件产业和集成电路产业发展若干政策的通知》。

中国在全球半导体产业中占有重要地位，从芯片设计到制造，中国半导体实力在迅速增长。中国市场对美国半导体企业十分重要，是它们重要的收入来源。

## 四、建议

该报告认为中国半导体政策对全球半导体产业造成了威胁和挑战，从国际层面和美国本土层面提出了相应建议。

### （一）国际层面建议

#### 1. 扩大世贸组织有关补贴的内容

世贸组织认定行政补贴的三个要素：1) 财政资助；2) 由政府或公共机构提供的资助；3) 收补贴人从补贴中获益。美国应与志同道合的国家和世贸组织合作，更新相应规则：澄清“公共机构”的定义，将其扩大到包括国有企业和私营企业等受国家影响的实体；补贴国有责任证明其补贴不会对其他国家造成伤害；专注于大幅提高全球补贴的透明度；召开世贸组织成员国和上诉机构的年度会议，讨论与过度使用补贴相关的模式和挑战。

## 2. 美国应与盟国在半导体出口管制方面进行合作

对于全球半导体产业，中国既是一个重要的市场，也是一个重要的生产地。对支撑中国经济和军事崛起的核心技术的出口管制无疑将成为政策制定者认真考虑的工具。因此，美国应该：（1）尽最大可能与志同道合的国家合作，协调出口管制措施，将重点放在那些能够用来对美国及其盟友构成严重国家安全威胁的核心技术和其他物品上；（2）应避免实施单边出口管制，与德国、日本、韩国、中国台湾地区、荷兰和英国等具有本土半导体生产能力的国家或地区共同实施出口管制；（3）与志同道合的国家共同努力，就非市场经济国家的企业对全球半导体产业构成的威胁，以及半导体技术的发展速度和演变达成共识；（4）在《瓦森纳协定》安排机制之外建立工作组，对半导体技术和相关管制物品（现有管制物品范围之外）进行定义，并制定共同的许可政策。

## 3. 统一外商直接投资审查程序

美国应继续与志同道合的国家合作，协调投资审查程序，并考虑扩大其例外国（excepted foreign states）名单，将法国、德国、荷兰、意大利、日本和韩国等国包括在内。

## 4. 加强信息共享，保护知识产权

美国应该带领更多志同道合的国家建立一个更广泛的情报共享联盟，针对知识产权盗窃的行为编制企业及个人全面清单，并制定相应机制限制这些企业和个人在盟国市场上竞争。

## 5. 加强半导体研发活动中的盟国间合作

半导体创新的广泛性和复杂性意味着有机会招募来自志同道合的国家参与

长期、高潜力的研发计划。美国两党提出的《芯片法案》呼吁设立一个 7.5 亿美元的多边安全基金，以支持安全微电子技术的开发和采用。确保微电子供应链的安全将是第一步，2021 年 2 月，美国总统拜登签署关于美国供应链的行政命令，其中包括确保半导体芯片供应链安全。

## （二）美国本土层面建议

美国必须关注自身半导体创新生态系统的健康。

### 1. 提供足够的资金以实现《芯片法案》的目标

2020 年，美国两党提出《美国芯片法案》和《美国代工厂法》两项重要法案，旨在刺激美国半导体产业的创新和竞争力。此后，这两项立法合并，被纳入《2020 年国防授权法》（NDAA），该法案于 2020 年底通过。该立法将扩大美国联邦政府对半导体研究和技术开发的投资，为在美国设立半导体生产设施提供激励措施，并为该行业的投资提供更多的税收抵免，充足的资金将是该立法目标实现的保障。

### 2. 增加联邦政府对半导体研发的投资

四十年前，联邦政府对半导体研发的资助是私营部门资助水平的两倍多。但到 2019 年，美国私营部门对半导体研发的投资约 400 亿美元，是联邦政府投资水平的 23 倍。2019 年，美国联邦政府在核心、半导体专用研发方面的投资仅为 17 亿美元（另外有 43 亿美元用于半导体相关领域的研究）。未来几年，联邦政府每年对半导体研发的投资至少应增加三倍。

于杰平 王丽编译自

<https://itif.org/sites/default/files/2021-china-policies-semiconductor.pdf>

## 美国弗吉尼亚大学提出控制温度可延长电子和光子设备寿命新机制

光-物质相互作用引起界面电荷和能量转移，这是光催化、能量收集和光电探测等技术的基础。与这些过程相关联的最常见机制之一依赖于载流子注入。然而，与这种热电子注入有关的能量传输的确切作用仍然不清楚。当使用中间绝缘层抑制电荷转移或使用非共振激发时，等离子体辅助光催化效率可以提高，这表明即使电荷转移被抑制，额外的能量传输和热效应也可以发挥明显的作用。这为界面处的催化和等离子体增强提供了一种额外的界面机制，该机制超越了传统假设的物理电荷注入。

弗吉尼亚大学工程学院的一项研究突破证明了一种控制温度并延长电子和光子设备（例如传感器，智能手机和晶体管）寿命的新机制。

该发现来自弗吉尼亚大学在热工程研究小组的实验和模拟中，对有关半导体设计中传热的基本假设提出了挑战。在设备中，金属和半导体材料的连接处形成电接触。传统上，材料和设备工程师一直认为电子能量会通过称为电荷注入的过程跨过这个结。电荷注入假定，随着电荷的流动，电子会从金属物理跃迁到半导体中，并带走多余的热量。这改变了绝缘或半导体材料的电组成和性能。与电荷注入同时进行的冷却会大大降低器件的效率和性能。

研究团队发现了一条新的传热路径，该路径具有与电荷注入相关的冷却优点，而没有电子物理地移动到半导体器件中的任何缺点。这种机制被称为弹道热注射。半导体材料吸收大量热量，但电子数量保持恒定。通过保持恒定的电荷密度来冷却电触点的能力为电子冷却提供了新的方向，而又不影响器件的电和光学性能。能够独立优化材料和设备的光学、电和热行为，从而提高了设备性能和使用寿命。

研究人员在激光计量学方面的专长-测量纳米级的能量转移-揭示了弹道热注射技术作为设备自冷却的新途径。其中涉及的测量技术特别是光学激光光谱

学，是一种测量跨金属-半导体界面传热的全新方法。

该团队的发现也为红外传感技术提供了希望。同时表明，只要氧化镉保持高温，光学调谐就会持续。

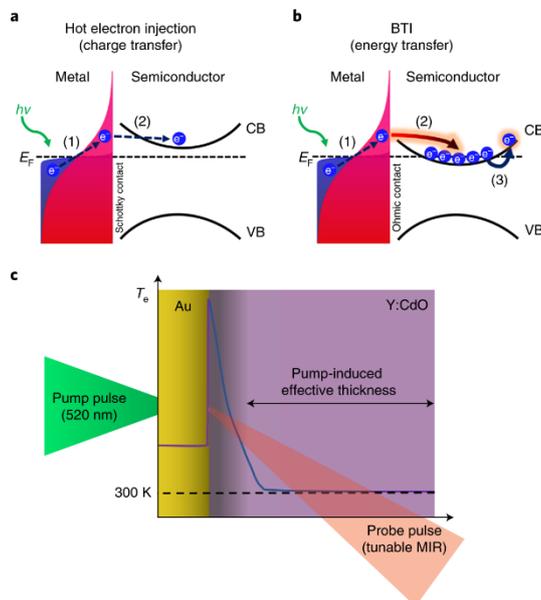


图 1 界面能量传递的机理和实验原理

该研究成果发表在《Nature Nanotechnology》，2021, 16:47 - 51, 题目：“Long-lived modulation of plasmonic absorption by ballistic thermal injection”。

沈湘摘译自[2021-3-23]

<https://phys.org/news/2020-12-discovery-paradigm-electronic-photonic-device.html>

<https://www.nature.com/articles/s41565-020-00794-z>

## 瑞典皇家理工学院开发无热量光开关， 可用于光量子计算芯片

集成量子光子学提供了一个有希望的途径，以扩大量子光学实验的小型化和稳定化复杂的实验室设置。量子集成光子学的核心元素是量子发射器、存储器、探测器和可重构光子电路。特别地，集成探测器不仅提供光学读出，而且当与可重构电路连接时，允许反馈和自适应控制，这对于确定性量子隐形传态、神经网络训练和复杂电路的稳定至关重要。然而，热可重构光子学产生的热量

与热敏超导单光子探测器不兼容，因此它们的片上协同集成仍然很难实现。

瑞典皇家理工学院开发了一种用微观机械运动而不是热量来重新配置的光学开关，使该开关与热敏感的单光子探测器兼容。研究人员展示了在同一芯片上与超导单光子探测器接口的集成光子电路的低功耗微机械重构，并展示了光子量子技术的三个关键功能：28db 的经典光和量子光的高消光路由，90db 的高动态范围单光子探测，以及 12db 功率变化下光激发的稳定。该平台实现了无热负荷可重构线性光学和自适应控制，这对于大规模量子光子学应用中的量子态制备和量子逻辑至关重要。

该小组将进一步开发该技术，使其与典型的电子产品兼容，这将涉及降低实验设置中使用的电压，进而进入量产阶段。

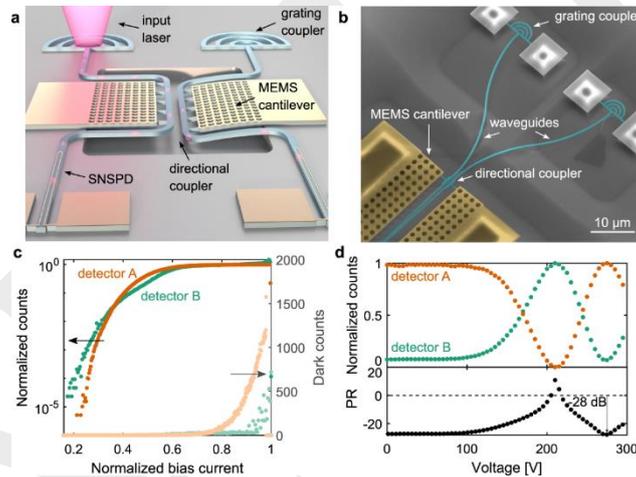


图 1 器件描述与表征

该研究成果于 2021 年 3 月 3 日发表在《Nature Communications》，题目：“Reconfigurable photonics with on-chip single-photon detectors”。

沈湘摘译自[2021-3-23]

<https://www.nature.com/articles/s41467-021-21624-3>

[http://portal.nstl.gov.cn/STMonitor/home/bianyiy\\_recordshow.htm?id=97022&parentPageId=1616478795273&serverId=14&controlType=](http://portal.nstl.gov.cn/STMonitor/home/bianyiy_recordshow.htm?id=97022&parentPageId=1616478795273&serverId=14&controlType=)

## 基于 STEM 与 EELS 技术绘制金属或绝缘区域的电子相空间结构图

瑞士洛桑联邦理工学院和日内瓦大学基于 STEM 与 EELS 技术绘制金属或绝缘区域的电子相空间结构图。稀土镍酸盐氧化物，又称镍酸盐，因其具有电子相变特性而引起了研究人员的广泛兴趣，并有望在未来的电子器件中得到应用。这种特殊的相变包括从金属状态转变为导电，随着温度下降而变成电绝缘状态。

在这种行为背后，这些化合物的电子性质与其“晶格”结构之间有着强烈的相互作用，即形成晶体的原子有序排列。然而，要揭示镍酸盐中这种金属到绝缘体相变的真实性质，并能够控制它用于潜在电子器件，需要了解每个特征相是如何在过渡过程中产生和演变的。

为了充分理解新电子材料所显示的物理特性，并控制它们在器件中，需要新的原子尺度表征技术。来自瑞士洛桑联邦理工学院和日内瓦大学的科学家们将两种尖端技术结合起来，实现了每个不同电子相的纳米级映射。在这方面，研究人员首次能够精确地确定原子工程装置的金属和绝缘区域，这些器件由两种具有近原子分辨率的镍化合物制成。该方法将有助于更好地理解这一重要电子材料家族的物理性能。

研究人员将像差校正扫描透射电子显微镜 (STEM) 与单色电子能量损失谱 (EELS) 相结合。在 STEM 中，图像是通过扫描电子束形成的，电子束聚焦到大约 1 埃的大小，穿过一个足够薄的样品，并使用环形探测器收集透射和散射的电子。虽然技术要求很高，但这项技术可以让研究人员精确地观察晶体的晶格结构，一行一行地观察原子。对于第二种技术 EELS，那些通过环形探测器中心孔的电子被收集起来。其中一些电子由于与镍酸盐晶体中的镍原子相互作用而失去了一些能量。通过测量这种能量差是如何变化的，可以确定镍酸盐化合物的金属或绝缘状态。

由于所有的电子都是同时散射和收集的，研究人员能够将电子状态的变化

与不同镍酸盐化合物中相关的晶格位置联系起来。这种方法第一次绘制出金属或绝缘区域的空间结构图，达到了大约 3.5 埃（0.35 纳米）的非常高的空间分辨率。该技术将成为研究和指导这些新型电子材料原子工程的重要工具。

最新的电子显微镜能够以原子或纳米空间分辨率测量各种材料的物理性质。该研究通过将瑞士洛桑联邦理工学院的 Titan Themis 显微镜的性能推向极限，在这一领域向前迈出了重要一步，证明了测量由两种不同的镍酸盐精确制成的薄膜结构的电子状态变化。该方法为研究这些镍酸盐化合物的物理性质开辟了新的途径，揭示了在原子尺度上这种材料是导电的还是绝缘的，这是一个重要的问题，有助于更好地理解这些材料，以便在未来的计算方法中使用。

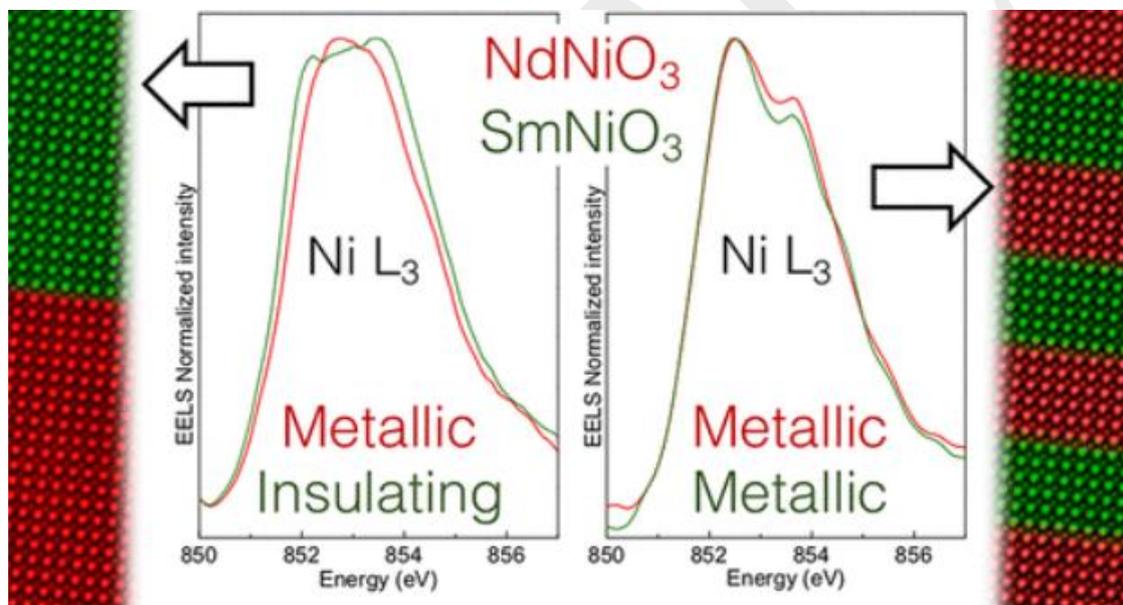


图 1 NdNiO<sub>3</sub>/SmNiO<sub>3</sub> 界面处金属/绝缘边界的宽度

该研究成果于 2021 年 3 月 8 日发表在《Nano Letter》, 题目：“Near-Atomic-Scale Mapping of Electronic Phases in Rare Earth Nickelate Superlattices”。

沈湘摘译自[2021-3-23]

<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.nanolett.0c04538>

[http://portal.nstl.gov.cn/STMonitor/home/bianyi\\_recordshow.htm?parentPageId=&id=97267](http://portal.nstl.gov.cn/STMonitor/home/bianyi_recordshow.htm?parentPageId=&id=97267)

&serverId=182

## 基于渗透性超弹性液态金属纤维毡构建生物兼容、单片可拉伸电子器件

香港理工大学基于渗透性超弹性液态金属纤维毡构建生物兼容、单片可拉伸电子器件。可伸缩电子产品广泛应用于各种应用领域，如可穿戴电子产品、皮肤电子产品、软机器人和生物电子产品。传统使用弹性薄膜构建的可伸缩电子设备缺乏渗透性，这不仅会影响穿戴舒适性，长期佩戴后会引起皮肤炎症，而且限制了设备在垂直方向上的集成设计尺寸。

2021 年 2 月 18 日，香港理工大学郑子剑教授团队报道了一种可拉伸的导体，它是通过简单地将液态金属涂覆或印刷在静电纺丝弹性体纤维垫上而制成的，并把这种可拉伸的导体称为“液态金属纤维垫”（LMFM）。液态金属悬挂在弹性纤维之间，自组织成横向网状和垂直弯曲的结构，同时提供高渗透性、延展性、导电性和电气稳定性。LMFM 对空气、水分和液体具有良好的渗透性，并在 10000 次拉伸试验中保持超弹性（超过 1800%应变）和超高导电性（高达  $1800000 \text{ S m}^{-1}$ ）。体内和体外生物相容性试验表明，LMFM 直接应用于皮肤具有良好的生物相容性。研究人员展示了用 LMFM 制造和封装多种可渗透可拉伸电子器件的简易方法，该 LMFM 具有心电图（ECG）传感器、汗液传感器和垂直堆叠的加热器。

LMFM 通过三个简单步骤制备：（1）静电纺丝超弹性纤维毡，（2）在可拉伸毡上涂覆液态金属，（3）通过预拉伸激活渗透性。作为概念验证，选择了聚苯乙烯-嵌段-丁二烯-嵌段-苯乙烯（SBS）和共晶镓-铟合金（EGaIn）作为弹性体和液态金属。制作了一个具有  $320 \mu\text{m}$  厚 SBS 衬垫和  $0.8 \text{ EGaIn-SBS}$  质量载荷的 LMFM 样品。SBS 微纤维的平均直径为  $2.7 \mu\text{m}$ （图 1b），SBS 毡的断裂应变为 2300%（图 1e）。这种新制备的涂覆 EGaIn 的 SBS 毡呈现出有光泽的金属样表面，透气性很小（图 1c）。为了激活渗透性，将衬底反复拉伸至 1800%的应变，循环 12 次，在此过程中，闪亮的表面变得暗淡，平面 EGaIn 转变为悬浮在 SBS 微纤维之间的网格状多孔结构（图 1d）。

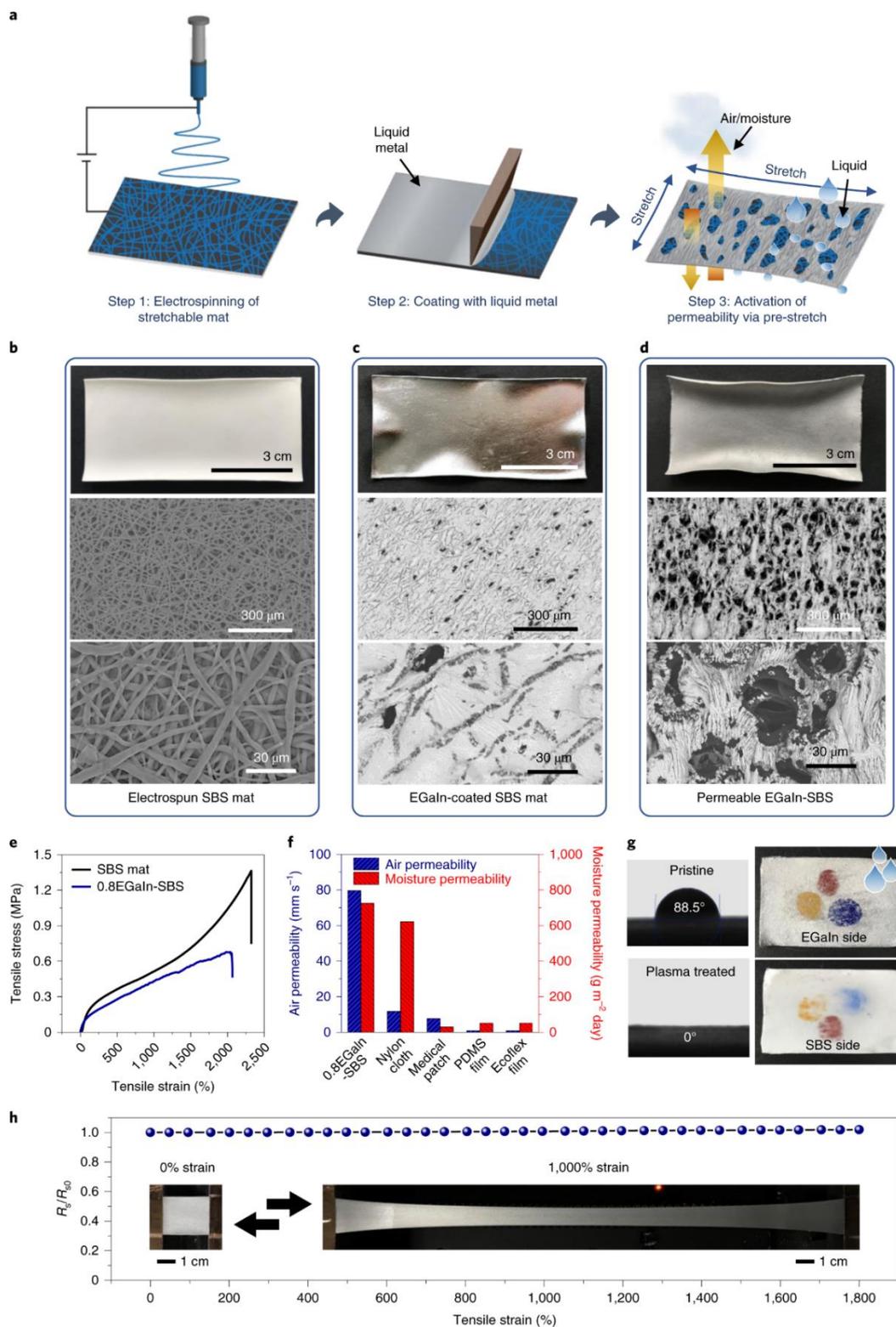


图 1 渗透性和超弹性的 LMFM 的典型制作过程示意图



图 2 EGaIn-SBS 的印刷和封装

LMFM 是一种新型的可拉伸导体，可以通过在弹性静电纺丝纤维毡上涂覆或印刷液态金属来制备。通过简单的预拉伸过程，液态金属会自组织成横向多孔且垂直弯曲的网状物，该网状物悬挂在弹性纤维之间。与其他基于液态金属的最新可拉伸导体相比，LMFM 是迄今为止唯一能够同时实现超高导电性、超高 Q 值、超高应变、高生物相容性和高渗透性的材料策略，展示了一种概念验证的三层整体可伸缩电子垫，具有独特的渗透性和全超弹性的优势。原则上，可以通过增加设备层的数量来实现更多的功能。研究人员展望，LMFM 将成为

一个通用和用户友好的平台，用于制造集成密度高、多功能和长期耐磨的单片可拉伸电子产品。

该研究成果于 2021 年 2 月 18 日发表在《Nature Materials》，题目：“Permeable superelastic liquid-metal fibre mat enables biocompatible and monolithic stretchable electronics”。

《Nature Materials》在同一天也刊登发表了耶鲁大学 Rebecca Kramer-Bottiglio 课题组利用液态金属（EGaIn 合金）网络实现高导电性、超可拉伸性和机械稳定性电子产品的研究报道。与以前将不同的金属颗粒混合到液态金属中的工作不同，该工作在原位形成固态氧化镓颗粒。其研究表明，当液态金属纳米颗粒被加热到 900° C 时，由于氧化和相分离，在表面形成一层固体薄膜；同时，下面的液态金属颗粒破裂并合并成一个液体网络。这形成一个高导电性（ $2.06 \times 10^6 \text{ S m}^{-1}$ ）薄膜，然后可以转移到软弹性体上。这种混合物还润湿了电子元件，克服了液态金属通常难以与其他表面接触的难题。

该研究成果于 2021 年 2 月 18 日发表在《Nature Materials》，题目：“Highly stretchable multilayer electronic circuits using biphasic gallium-indium”。

沈湘摘译自[2021-3-23]

<https://www.nature.com/articles/s41563-020-00902-3>

<https://www.nature.com/articles/s41563-021-00921-8>

<http://nanoer.net/showinfo-32-29112.html>

## IMEC 将 0.33NA EUVL 单次曝光图案化能力推向极限

在 2021 年 SPIE 高级光刻会议上，Imec（纳米电子学和数字技术领域的世界领先研究和创新中心）和 ASML（全球领先的半导体光刻设备制造商）共同发表了几篇论文，展示了 0.33NA NXE:3400 极紫外光刻（EUVL）的最终单次曝光图案化能力。通过工艺优化，可以实现在一次曝光中使用 Inpria 金属氧化物抗蚀剂形成 28nm 节距线/沟槽的图案，可用于大批量制造。Imec 首次将光学和电子束检测与电气数据相关联以进一步提高随机缺陷率（即断裂和桥接）。此外，光源优化有助于利用 NXE:3400 扫描式光刻机实现最小节距（24nm 节距线/沟槽和 28nm 节距接触孔），并将高数值孔径（NA）EUV 光刻扫描机用于早期材料开发。

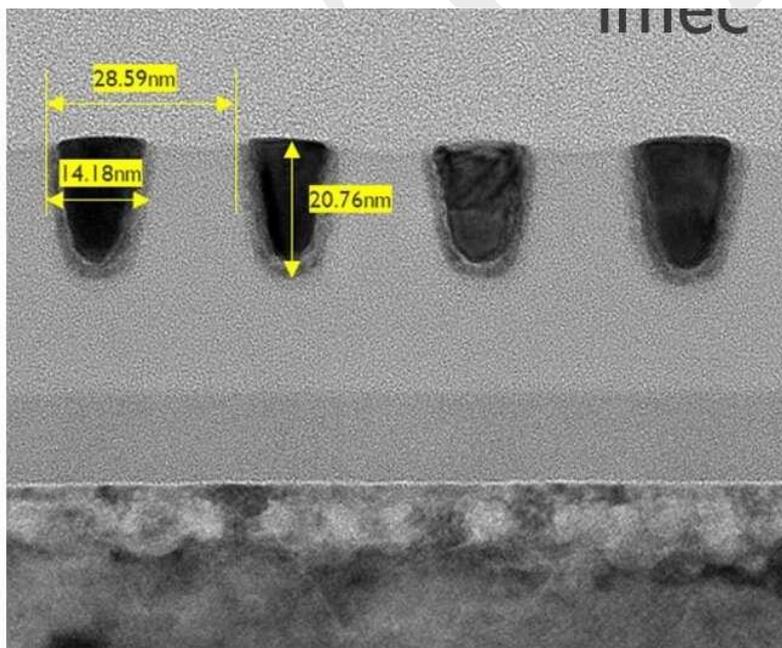


图 1 Ru 金属化后在 0.33NA EUV 全场扫描中使用 Inpria s MOx 工艺进行 28nm 节距单曝光图案化

极端紫外光刻技术已发展到了关键点，可以通过 EUV 多次图案化技术来实现下一代高密度集成电路，或进一步推动现在的 0.33NA 全场扫描式光刻机的单次曝光能力。虽然多次图案化技术可允许更宽松的节距，但单次图案化有着明显成本优势且工艺更简单。Imec 和 ASML 已经证明了 28nm 节距单次曝光图案

化工艺准备就绪，这对应于 5nm 技术节点的后道工艺关键金属层，接近 NXE:3400 光刻机规模制造的分辨率极限。

为了解随机图形化故障，研究人员将扫描电子显微镜、宽带等离子体和电子束技术获得的缺陷检测数据与电气测量数据相关联。在大面积钉金属化蛇形结构上进行了电气试验，该结构可以测量电气开路（因此可以测量抗蚀层的桥），还可以在金属化前叉和尖端结构（metallized fork-fork and tip-to-tip structures）上进行电气测量以实现短路（抗蚀层断裂）测量。除了显示出良好的相关性外，互补的电气测量允许捕捉多个过程变化的重要信息，有助于减少随机图形化故障。

0.33NA EUV 光刻技术可扩展到 28nm 节距是由于综合优化了图案化过程的各种因素，包括掩模板、照明装置、金属氧化物抗蚀剂和蚀刻工艺。例如，使用亮场掩模色调和控制镜头像差，可以极大提高小节距和临界尺寸图案化的可行性。

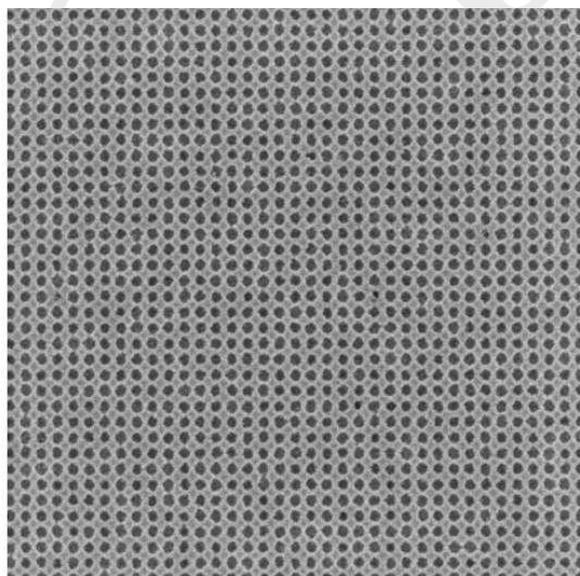


图 2 显影后通过 0.33NA NXE:3400 全场扫描式光刻获得的 28nm 接触孔

Imec 和 ASML 除了突破了单曝光 EUVL 批量生产的界限外，还推进了 0.33NA NXE:3400 的极致分辨率，目的是用作高 NA-EUVL 的早期材料开发平台。

Imec 和 ASML 还展示了该设备图案化 24nm 节距线/沟槽和 28nm 接触距接

触孔的能力，后者通过优化光瞳和成像条件以及线/沟槽两次曝光来实现，光源辐照能量达 45mJ/cm<sup>2</sup>。

NXE:3400 扫描式光刻机使用 Inpria 的金属氧化物 (MO<sub>x</sub>) 抗蚀工艺。Inpria 的 CEO 表示，图案转移可在非常薄的抗蚀层上实现，这与高 NA-EUV 息息相关。这将为 Imec 图案化生态系统提供抗蚀剂开发、计量和蚀刻工艺的机会，以加速推进下一代 EUVL 系统 (如高 NA EXE:5000)。

这些进展扩充了 Imec 的阿秒分析和干涉光刻实验室 (AttoLab) 的现有知识，AttoLab 实验室有望提供高 NA 抗蚀剂成像能力，进而实现 8nm 节距的单次曝光成像。

沈湘 王丽等摘译自[2021-3-24]

[http://portal.nstl.gov.cn/STMonitor/home/bianyi\\_recordshow.htm?id=96726&parentPageId=1616481065389&serverId=182&controlType=](http://portal.nstl.gov.cn/STMonitor/home/bianyi_recordshow.htm?id=96726&parentPageId=1616481065389&serverId=182&controlType=)  
<https://techxplore.com/news/2021-02-single-exposure-patterning-capability-033na-euvl.html>

## Lumentum 推出五结和六结 940nm 和 905nm VCSEL 阵列产品

美国光子元件及激光器制造商 Lumentum Holdings Inc 宣布推出高功率和高效率的五结和六结垂直腔面发射激光器 (five-and six-junction VCSEL) 阵列产品，可用于消费电子、汽车 LiDAR 和 3D 传感等应用。

随着 LiDAR 和 3D 传感技术在消费电子、汽车和工业市场中的应用和扩展，新应用和新功能推动高功率和高效率小型化器件需求的增长。Lumentum 表示，与现有器件相比，其五结和六结 VCSEL 阵列可实现更低的功耗，具有非常高的斜率效率和创记录光学峰值功率表现。每颗单独光功率超过 2w 的 VCSEL 发射器，可以在紧凑 1 平方毫米面积的 VCSEL 阵列内产生超过 800W 的峰值功率。新型多结 VCSEL 阵列的峰值光功率、低散热和小芯片尺寸，对于将其应用扩展到高性能、全固态和远程 LiDAR 领域至关重要。

汽车、消费者和工业客户越来越需要高性能的 VCSEL 阵列，以开发更多采用 LiDAR 和 3D 传感的产品。Lumentum 的多结 VCSEL 阵列发射 940nm 和 905nm 的波长，该产品面对消费电子市场，可与其他大批量 VCSEL 阵列产品在同一生产线上制造。除了新型大功率 VCSEL 阵列照明器之外，Lumentum 还为 3D 传感、汽车和 LiDAR 应用提供了多种光学解决方案，包括车内监控 VCSEL 解决方案，3D 传感和 LiDAR 的高性能砷化镓（GaAs）/磷化铟（InP）边缘发射激光器芯片，以及面向 FMCW 相干激光雷达的 1550 nm 窄线宽 DBR 二极管激光器。

在 SPIE Photonics West 2021 数字论坛（3 月 6 日至 11 日）上，Lumentum 将展示其用于 3D 感测和 LiDAR 的激光和光学产品线，并提供技术演讲和小组讨论。

沈湘等摘译自[2021-3-24]

[http://portal.nstl.gov.cn/STMonitor/home/bianyi\\_recordshow.htm?id=97105&parentPageId=1616478795273&serverId=14&controlType=](http://portal.nstl.gov.cn/STMonitor/home/bianyi_recordshow.htm?id=97105&parentPageId=1616478795273&serverId=14&controlType=)  
[http://www.semiconductor-today.com/news\\_items/2021/mar/lumentum-040321.shtml](http://www.semiconductor-today.com/news_items/2021/mar/lumentum-040321.shtml)

## MIT 初创公司推出新型光子 AI 芯片

2021 年 3 月 10 日，麻省理工学院初创公司 Lightmatter 推出新型光子 AI 芯片——Enviser 芯片。这种芯片从根本上与传统的计算机芯片相区分，是一种用光子而非电子执行运算的计算机芯片。

常规的计算机芯片通过使用晶体管来控制半导体中的电子流进行工作。通过将信息编码为连续的 1、0 序列，这些芯片可以执行各种逻辑运算，为复杂的软件提供相应功能。相比之下，Lightmatter 的芯片设计为仅用于执行特定类型的数学计算，以便能够更好地运行功能强大的 AI 程序。Harris 在位于波士顿的公司总部展示了他们的新型芯片，表面和普通的计算机芯片并无差异，上面有几根光纤，下层的硅芯片可协调各个光子部件的功能，并提供临时的存储功能。但是，该芯片是通过在微小的通道（仅几纳米）内分离和混合光束来执行计算

的。



图 1 Enviser 芯片

Lightmatter 公司计划在今年晚些时候开始发售其首款基于光子的 AI 芯片——Enviser，并为常规数据中心提供包含 16 个这种芯片的刀锋服务器。Lightmatter 公司称 Enviser 芯片的运行速度比最先进的 Nvidia A100 AI 芯片快 1.5 至 10 倍，具体根据任务的不同有所差异。以运行 BERT 自然语言模型为例，Enviser 的速度是英伟达 (Nvidia) 芯片的 5 倍，并且仅消耗了其六分之一的功率。Lightmatter 的芯片受限的根本原因是它的计算是模拟的，而非数字的。这使它本质上不如数字硅芯片准确，但是该公司已经研发出提高计算精度的技术。Lightmatter 将其芯片定位在主要用于运行 AI 模型的预训练，因为这需要较低的精度。对于特定的 AI 计算，Enviser 芯片速度更快、效率更高，这是因为它可以利用不同波长的光实现更有效的信息编码，并且控制光比用晶体管控制电子流所需的功率要少。

邹丽雪摘自

<https://xw.qq.com/cmsid/20210313A08RC900>

<https://www.wired.com/story/chip-ai-works-using-light-not-electrons/amp>

## 英特尔发布面向日常计算的固态硬盘

2021 年 3 月 2 日，英特尔推出基于 144 层 QLC（四层单元）技术的客户端固态硬盘——英特尔®固态硬盘 670p。

英特尔固态硬盘 670p 采用最新的 QLC 技术，单盘容量最高可达 2TB，能够为日常计算和主流游戏提供显著的价值。与上一代英特尔®QLC3DNAND 固态硬盘相比，670p 提供更高的性能，包括 2 倍顺序读取和 20% 的耐久性提升。为满足当今最常见的计算需求，英特尔这款最新的客户端硬盘同时针对低队列深度和混合工作负载进行了调优，实现了性能、成本和功耗的恰当平衡。

英特尔公司高级副总裁兼 NAND 产品和解决方案事业部总经理 RobCooke 表示：“英特尔固态硬盘 670p 基于英特尔 144 层 QLC3DNAND 技术，每裸片容量为 128GB。与上一代固态硬盘相比，英特尔固态硬盘 670p 的读取性能提高了 2 倍，随机读取性能提高了 38%，时延降低多达 50%。通过提供峰值性能、最高 2TB 的容量和增强的可靠性，英特尔固态硬盘 670p 是轻薄型笔记本电脑理想的存储解决方案。”

英特尔的 QLC 固态硬盘基于浮栅技术所打造，数据保持力是这一技术的一大关键性竞争优势。英特尔固态硬盘 670p 的全新单元配置还以合理的价格为日常计算需求优化了大容量存储，且有助于加快固态硬盘的普及。

邹丽雪摘自

<https://newsroom.intel.cn/news-releases/intel-launches-ssd-for-everyday-computing-mainstream-gaming/>

## 英飞凌推出第二代 nvSRAM

2021 年 3 月 23 日，英飞凌公司推出第二代非易失性 SRAM (nvSRAM)。新一代设备符合 QML-Q 和高可靠性工业规范的要求，可在苛刻的环境（包括航空航天和工业应用）中支持非易失性代码存储和数据记录。

256kbSTK14C88C 和 1MbSTK14CA8C 的 nvSRAM 符合 32pin 300 密耳双列直插式陶瓷封装的要求，适用于 MIL-PRF-38535QML-Q 规格（-55° C 至 125° C）和工业标准（-40° C 至 85° C）。5V 和 3V 版本均支持航空航天、通信和导航系统、工业熔炉和铁路控制系统中引导代码、数据记录和数据存储。英飞凌还提供晶圆销售服务，以支持封装解决方案中的系统。

新一代 nvSRAM 扩展了英飞凌在电荷陷阱存储器方面的领导地位，扩展的 nvSRAM 系列致力于为恶劣操作环境的高性能、高可靠性存储器提供解决方案。nvSRAM 技术将高性能 SRAM 与 SONOS 非易失性技术结合在一起。在正常工作条件下，nvSRAM 类似于传统的异步 SRAM，发生电源故障时，nvSRAM 会自动将 SRAM 数据的副本保存到非易失性存储器中，该数据的保护期限可长达 20 年。

邹丽雪摘自

<https://www.infineon.com/cms/en/about-infineon/press/market-news/2021/INFATV202103-053.html>

<https://www.chinaflashmarket.com/News/2021-03/174165>

《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

