



国家科技图书文献中心
National Science and Technology Library

集微技术信息简报

2020 年第 2 期（总第 35 期）

中国科学院文献情报中心

2020 年 3 月制

本期目录

政策计划

| | |
|-----------------------------|---|
| 美国半导体协会称赞美国参议院立法推动未来产业..... | 1 |
| 美国白宫成立跨部门工作小组推进半导体技术研发..... | 2 |
| 美国 DARPA 计划开发新一代射频电子技术..... | 2 |

产业洞察

| | |
|---------------------------------------|---|
| BCG 发布《美国限制与中国贸易对其半导体领先地位的影响》..... | 4 |
| Yole 发布《超越摩尔定律的外延设备技术及市场趋势 2020》..... | 8 |

前沿研究

| | |
|--|----|
| 奥地利维也纳光子学研究所开发二维材料神经网络图像传感器内计算的超快 机器视觉..... | 12 |
| 韩国科学技术学院开发超低功耗黑磷隧道场效应晶体管延续摩尔定律..... | 14 |
| 美国斯坦福大学开发出控制光子的新方法..... | 16 |
| 美国阿贡国家实验室开发新型分子层刻蚀技术..... | 17 |

应用实施

| | |
|--|----|
| 铠侠开始提供 PCIe4.0 ® 固态硬盘..... | 20 |
| 三星首推 EUV 工艺 DRAM 内存..... | 21 |
| 美光推出低功率 DDR5 DRAM 芯片专为 5G 和 AI 设计..... | 22 |
| Microchip 推出新型加密单片机..... | 23 |
| 英特尔宣布 Optane 直流持久存储器..... | 24 |

美国半导体协会称赞美国参议院立法推动未来产业

2020 年 1 月 29 日，美国半导体协会（SIA）报道，美国参议院提出《2020 年未来产业行动法案》，旨在推进美国在未来半导体技术领域的领导地位，包括人工智能、先进制造、量子计算和下一代无线网络。美国半导体协会对该法案的提出表示称赞并敦促国会考虑批准该法案。

这项立法将有助于对未来产业技术的规划和投资，其一些条款包括：（1）要求政府编制一份关于政府研发项目的报告，重点关注未来产业；（2）要求制定一项计划，到 2022 年将这些产业的投资翻一番，到 2025 年将这些领域的民用开支增加到 100 亿美元；（3）要求政府立法来实施这些开支计划。

《2020 年未来产业行动法案》在很大程度上与美国半导体协会发布的题为《赢得未来：美国在半导体技术领域持续领导的蓝图》报告中的一项核心建议保持一致。该报告显示，尽管 2018 年美国半导体行业的研究投资约 400 亿美元，但与全球主要竞争对手（尤其中国）相比，美国政府的研究投资一直在下降。该报告呼吁美国政府在五年内对半导体研究的投资从目前的水平增加两倍，达到每年约 50 亿美元，并将半导体相关领域的资金从目前的水平增加一倍，达到每年近 90 亿美元。美国政府机构如美国国家科学基金会、国家标准与技术研究院、能源部和国防部等对推进半导体技术研究，确保美国在未来技术领域的持续领导地位至关重要。

于杰平摘译自

<https://www.semiconductors.org/sia-applauds-new-senate-legislation-to-advance-industries-of-the-future/>

美国白宫成立跨部门工作小组推进半导体技术研发

2020 年 2 月，美国白宫科学与技术政策办公室（OSTP）宣布成立一个新的跨部门工作小组，致力于推进半导体技术研发，这将有助于半导体技术的创新。美国半导体协会（SIA）表示很期待与白宫以及相关研究机构合作一起支持半导体技术研发。此举措是美国政府促进美国能源部（DOE）、国防部（DOD）、国防高级研究计划局（DARPA）、国家标准与技术研究所（NIST）和国家科学基金会（NSF）等机构优先考虑半导体技术研发的一项积极行动。美国国会强调了半导体技术研究的重要性，并采纳了美国 SIA 的建议，并体现在了 2020 财年的拨款法案中。美国 SIA 在其“赢在未来：美国在半导体技术领域保持领导地位的蓝图”报告中的核心建议是加大政府对半导体技术研发的投资。该报告显示，与全球主要竞争对手相比，美国政府在半导体技术研发方面的投资一直在下降，尤其与中国相比。美国 SIA 呼吁美国政府在未来五年内在半导体技术研发方面的投资增加两倍。美国 NSF、NIST、DOE、DOD 等联邦机构的支持对推动半导体技术研发、确保美国在未来技术领域（如人工智能、量子计算、5G 等）保持领导地位至关重要。

于杰平摘译自

<https://www.semiconductors.org/white-house-launches-interagency-working-group-aimed-at-advancing-semiconductor-rd/>

美国 DARPA 计划开发新一代射频电子技术

2020 年 2 月，美国国防部高级研究计划局（DARPA）从学术界和私营部门选中几个团队来推动下一代通信系统混合模式集成电路的开发。

(1) BAE 系统公司、雷神公司、加州大学洛杉矶分校、加州大学圣地亚哥分校和犹他大学将领导研发团队致力于开发和实现先进的宽带射频混合模式电

路的设计，这些设计可以为国防部相关应用程序提供元件及为国防部用户建立混合式 IP 库奠定基础。

(2) 加州大学洛杉矶分校和加州大学伯克利分校将致力于**超宽带晶体管的突破**，以实现在可伸缩的 CMOS 平台上演示高达 1 太赫兹的切换速度。

(3) 美国格罗方德公司和以色列高塔半导体公司将负责**开发多项目晶圆制造技术**。

2019 年 1 月，DARPA 首次公布了**混合模式超大规模集成电路技术(T-MUSIC)**项目，旨在突破传统射频电子学与单片数字处理器之间接口技术面临的瓶颈，并将其作为电子复兴计划(ERI)第二阶段的一部分，而 ERI 的研究领域就包括将光子学和射频原件直接集成到半导体制造过程中。T-MUSIC 项目的目标是通过先进的 CMOS 制造平台开发下一代太赫兹混合式设备，将数字处理与智能化集成在同一芯片上。通过 T-MUSIC 项目，DARPA 希望在实现技术目标的同时培育美国国内的生产生态系统，以减少或消除对国外供应商的依赖，确保国防部用户的安全。这些技术将为国防部提供先进射频传感器、大容量无线和有线通信等领域以及其他方面的差异化能力。

于杰平摘译自

<https://www.criticalcomms.com.au/content/industry/news/darpa-program-aims-for-next-gen-rf-electronics-962984330>

BCG 发布《美国限制与中国贸易对其半导体领先地位的影响》

2020 年 3 月 9 日，波士顿咨询公司（BCG）发布《美国限制与中国贸易对其半导体领先地位的影响》报告，该报告是 BCG 受美国半导体协会（SIA）委托撰写的¹，旨在评估中美贸易摩擦对美国半导体产业的影响，主要内容包括半导体产业对美国战略的重要性、为什么中美贸易摩擦威胁美国在半导体领域的领导地位、为半导体产业保留“双赢”的全球通道。

一、半导体产业对美国战略的重要性

1. 促进新技术突破

全球正处在数字转型和人工智能时代，增强/虚拟现实、自动驾驶汽车、物联网、工业 4.0 系统，以及智慧城市等变革性应用正在成为商业现实。半导体技术的进步将促进这些变革性应用成为可能，其中涉及传感器技术、5G 技术、高性能处理技术、低功耗处理器、量子计算等。

2. 维护国家安全

2018 年美国国防战略中列出的国防现代化优先事项包括微电子学、5G 和量子科学等，而他优先领域如网络安全、人工智能、自主系统和先进的成像设备等也严重依赖先进的半导体技术。半导体领域可信赖的供应商能够为国家提供经济上可行且安全可靠的部件对于国家安全至关重要。为此，美国国防高级研究计划局（DARPA）正在带头开展一项为期多年的电子复兴计划（ERI）。

3. 美国半导体产业的良性循环得益于其研发强度和规模

美国半导体产业的良性循环有两个核心因素：**研发强度和规模**。美国半导体公司一直将收入的 17%-20% 投资于研发，远远高于其他地区半导体公司 7%-14% 的投资。2018 年美国半导体企业的研发强度在美国所有行业中排名第二，

¹ <https://www.semiconductors.org/report-shows-risks-of-excessive-restrictions-on-trade-with-china/>

仅次于制药/生物技术行业。规模上，2018 年全球半导体产品收入接近 2260 亿美元，美国半导体产业比其他竞争对手收入要高很多，是韩国的 2 倍、日本的 5 倍、欧洲的 6 倍、中国的 15 倍。

4. 美国半导体产业面临激烈得国际竞争

美国半导体公司正面临来自韩国和中国的竞争，这两个国家的市场份额自 2009 年以来分别增长了 12% 和 3%。与此同时，在美国本土市场也面临着日益激烈的竞争，如欧洲和日本领先的半导体公司正通过大规模收购等方式加大投资力度。

(1) 韩国

韩国部分市场份额的增长反映出存储产品需求的激增，而韩国拥有两家在存储产品领域全球领先地位的公司。2019 年 3 月，文在演总统指示政府提高国家在全球半导体产业的竞争力。

(2) 中国

自 2000 年以来，发展国内半导体产业和减轻对国外供应商的依赖一直是中国政府政策的重点。近年来，中国无工艺线设计（**fabless design**）活动呈爆炸式增长。中国半导体产业协会（CSIA）报告显示，目前中国有超过 1600 家本土企业，合计占全球市场的 13%，高于 2010 年的 5%。BCG 认为中国原始设备制造商（**OEMs**）是衡量真正由中国推动的全球半导体需求部分的最佳标准。按照这个标准，由中国驱动的全球半导体需求占有 23% 的份额。目前，中国仅能满足其国内需求的 14%，**“中国制造 2025”**的目标是能满足其国内 70% 的半导体需求。为实现这一目标，中国已经为该计划承诺了约 1200 亿美元资金，同时在积极的引进海外人员、寻找并购机会。目前，中国华为在 **5G 芯片、5G 基站** 领域取得关键进展；自 2018 年以来，至少有九家大型中国消费电子公司追随华为的脚步，宣布计划开发芯片；几家中国公司正在生产基于替代架构的服务器；北京比特大陆科技有限公司在设计用于加密货币和区块链的高级定制芯片方面已经成为全球先驱；在人工智能领域，如百度、阿里巴巴和腾讯等在投资开发先进的集成硬件和软件的 **ASIC 芯片**；在内存方面，紫光集团在 **3D NAND 闪存**

领域实现突破；在制造方面，中国计划在未来五年内将其装机产能增加一倍，预计占全球新增装机产能的 25% 以上，预计 2023 年中国将成为全球最大的半导体产区，中国企业在半导体制造业的全球份额将从 2018 年的 3% 增加到 2023 年的 7%；中国正斥资 4 亿美元建设一个国家量子计算实验室，近年来中国申请的量子技术相关专利数量几乎是美国的两倍。基于这些进展分析，预计到 2025 年，中国能满足其国内 25%-40% 的半导体需求，但仍低于 70% 的目标。

二、为什么中美贸易摩擦威胁美国在半导体领域的领导地位

美国长期以来是全球半导体产业的领导者，拥有全球 45%-50% 的市场份额。中国半导体产业需求在全球的占比为 23%，而中国国内企业仅能满足 14% 的需求。BCG 预测到 2025 年，“中国制造 2025”计划将中国半导体产业的自给率提高到 25%-40%，而美国占全球的市场份额将下降 2%-5%。与中国制造 2025 计划的预期结果相比，中美贸易摩擦对美国半导体产业的负面影响更大且速度更快。中美贸易摩擦给美国半导体企业的发展带来了巨大阻力，自“贸易战”开始，美国 25 家最大的半导体公司年收入中值同比增长率从 10%（2018 年 7 月首轮关税实施前）降至 2018 年末的 1%。2019 年 5 月美国限制向华为销售某些技术产品后的三个季度中，美国顶级半导体公司的收入中值下降了 4%-9%。尽管美国和中国在 2020 年 1 月签署的“第一阶段”贸易协定包含了关于技术产业关键问题的条款，但没有涉及如中国对其国内半导体产业的直接国家支持问题，此外，向与美国国家安全有关的中国实体出口美国技术产品的限制仍然存在。

1. 美国继续实施当前实体名单中的限制条款的后果

如果美国继续实施当前实体名单中的限制条款，美国占全球的市场份额将下降 8%，收入下降 16%。

中国科技企业在美国甚至其他地区的市场份额受到侵蚀，而美国科技公司将失去在中国的市场份额。自 2019 年 5 月美国对华为实施限制以来，这种迹象已经显现。被列入实体名单的中国企业将用来自中国、欧洲和亚洲地区的供应商替换美国供应商，未被列入实体名单的中国企业将主动对其供应商进行多元化调整。此外，中国企业如智能手机、消费电子产品和互联网公司正在进行

内部调整，研发设计自己的芯片。

2. 美国完全禁止向中国客户销售半导体产品的后果

美国半导体公司将完全失去中国市场，而中国半导体企业将被迫寻找替代供应商。中国也会禁止美国的软件和设备如智能手机、个人电脑和数据中心设备进入其国内市场。中国替代国外技术的计划也将加速。

(1) 对中国的影响

从中长期来看，中国半导体企业受到的影响有限。在短期内，中国除需要应对寻找新供应商的动荡之外，面临的主要挑战包括：开发可行的替代性高性能处理器，保持与亚洲或欧洲等可能使用美国供应商提供的先进设计工具的新供应商密切合作。事实上，欧洲和亚洲国家也在积极努力摆脱美国 CPU 和架构供应。短期内，中国企业海外收入减少，但中国企业将扩大其在国内的市场份额。中国企业可以通过扩大其国内市场份额来弥补高达 75% 的海外收入损失。中国企业将所有系统和业务迁移到新的 IT 基础设施并达到基于美国技术的产品功能和成本需要投资和时间。

(2) 对美国的影响

如果美国完全禁止向中国客户销售半导体产品，美国占全球的市场份额将下降 18%，收入下降 37%。美国半导体产业收入的下降将严重削减研发资金，同时减少 1.5 万-4 万个工作岗位。韩国有可能在几年内超过美国，成为半导体领域的世界领导者，而中国从长期发展看可能取得领导地位。美国一旦失去全球领先地位，美国企业将进入竞争力迅速下降、市场份额和利润率将不断萎缩的恶性循环。研发投资的减少将抑制美国半导体产业的增长，最终出现美国半导体产业依赖外国供应商的局面。

三、为半导体产业保留“双赢”的全球通道

BCG 报告分析，美国对其半导体企业的单边限制可能产生事与愿违的结果，并可能危机其在半导体领域长期以来的领导地位。一个强大的美国半导体产业需要完全融入全球技术供应链。美国和中国迫切需要找到一种新的平衡：在维护各自国家安全利益的同时，保护美国半导体公司的全球市场准入。美国 SIA

表示期待与华盛顿的领导人合作，确保美国对中国的贸易限制处在一个良性的平衡状态。

于杰平摘译自

<https://www.bcg.com/publications/2020/restricting-trade-with-china-could-end-united-states-semiconductor-leadership.aspx>

<https://www.semiconductors.org/report-shows-risks-of-excessive-restrictions-on-trade-with-china/>

Yole 发布《超越摩尔定律的外延设备技术及市场趋势 2020》

2020 年 1 月，Yole 发布《超越摩尔定律的外延设备技术及市场趋势 2020》报告，报告显示，2019 年超越摩尔定律的外延设备市场接近 9.4 亿美元，预计 2025 年外延设备市场将超过 60 亿美元。此外，报告介绍了超越摩尔定律的外延衬底材料，以及按照半导体材料类型和器件类型对竞争格局和主要外延设备供应商的市场份额分析。

一、化合物半导体外延片正大举进军超越摩尔定律的领域

目前，外延生长被广泛用于硅基器件及 III-V 族化合物半导体产业。生长高质量的材料是电路器件的一项关键技术。2019 年，由于 LED 和功率器件驱动，外延片的需求超过了 780 万片 6 英寸晶圆。预计到 2025 年，由于微 LED、功率器件、激光二极管应用的驱动，外延片需求将达到顶峰，约 2130 万片 6 英寸晶圆。

在半导体衬底方面，氮化镓（GaN）材料是继硅衬底之后的主要外延市场，由传统的 LED GaN 器件驱动。然而，可见光 LED 产业正在将业务多元化，转向基于砷化镓（GaAs）衬底的紫外 LED 和红外 LED 产品。此外，LED 制造商正在开发新型 LED，以继续在消费类显示器中创造价值，如迷你 LED 和微

LED。苹果公司计划在 2021 年的高端智能手表中采用微 LED 显示技术。在理想的情况下，微 LED 还可以应用于智能手机中，这必将会重塑外延晶圆市场。

碳化硅（SiC）衬底等宽禁带材料在电力电子市场上也找到了发展机会。尽管 SiC 衬底的市场价格较高，但是这种衬底是对于高压应用十分重要，因此被认为是一些 MOSFET 和二极管产品的技术选择。

以 GaAs 为衬底的红外激光二极管等光子学产品正在严重侵入外延生长市场。GaAs 对于无线电射频产品十分有利如 sub-6GHz 小基站、28GHz~39GHz 范围内的毫米波小基站。因此，随着智能手机从 4G 向 5G 发展，预计 GaAs 将取代 CMOS 成为 sub-6GHz 的主流技术。

Epi-ready wafers demand by application: 2019-2025 forecast*

(Source: Epitaxy Growth Equipment for More Than Moore Devices Technology and Market Trends 2020, Yole Développement, January 2020)

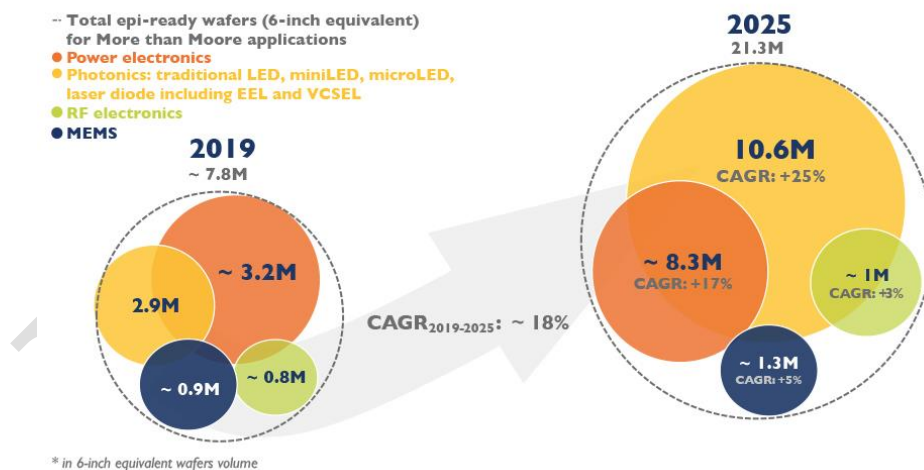


图 1 2019~2025 年外延片市场预测

二、激光二极管和新型 LED 将引爆外延设备市场

从技术的角度看，金属有机化学气相沉积（MOCVD）主要用于大多数 III-V 族化合物半导体外延设备，如砷化镓和氮化镓基器件。高温化学气相沉积主要用于硅基器件和碳化硅器件。

目前，外延设备市场主要由 LED 和功率器件驱动。但是，中国补贴政策导致了 LED 产能过剩。与实际生产需求相比，MOCVD 市场处于严重过剩的状况。MOCVD 的投资在未来几年难以预测，并且可能会逐年变化。如果政府决

定严格禁止主要的 LED 制造商提升氮化镓晶圆产能，那么情况可能会逐渐好转。

对于传统的 GaN LED，MOCVD 的投资趋势不会跟随 LED 晶圆的需求。考虑到中国最近的竞争趋势，普通照明和背光市场已经商品化。因此，外延设备供应商预计这些市场不会带来可观的收入。微 LED 外延对缺陷和均匀性和要求比传统 LED 更为严格。要求可靠的技术路线图能够改进工具和设备，以达到约每平方厘米有 0.1 个缺陷 (0.1 defects/cm²) 或大于 1 μ m 的缺陷更少。与传统的 LED 制造相比，洁净室要求也更严格，包括自动化和晶圆清洗。同时，激光二极管为外延设备市场提供了一个新兴的增长机遇。

MOCVD 市场可能会受到激光二极管、微 LED 和垂直腔面发射激光器 (VCSEL) 等化合物半导体器件向分子束外延 (MBE) 技术过渡的影响。事实上，MBE 可以在 VCSEL 和高频 5G 射频应用领域的产量和均匀性方面带来更大的优势。

在碳化硅功率器件方面，MOCVD 制造商正试图开发新型 MOCVD 技术，以应对主要使用高温化学气相沉积的碳化硅市场。

Epitaxy equipment market for More than Moore devices: 2019-2025 breakdown by technology

(Source: Epitaxy Growth Equipment for More Than Moore Devices Technology and Market Trends 2020, Yole Développement, January 2020)

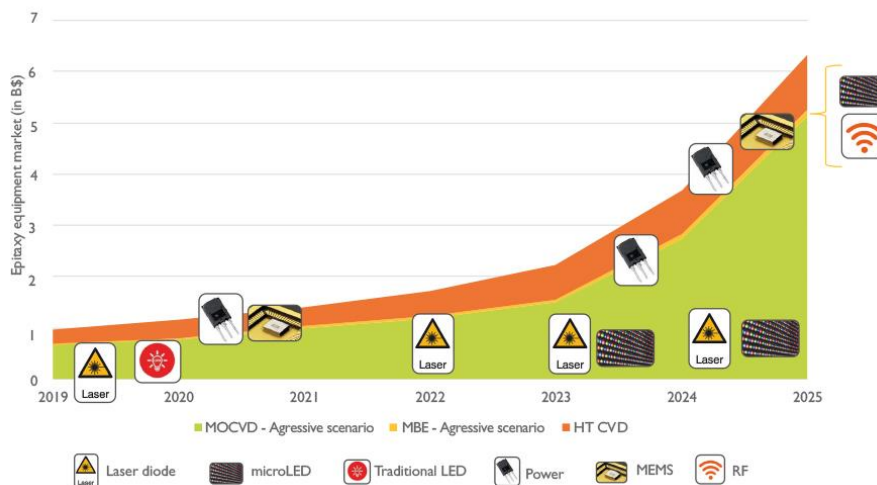


图 2 2019~2025 年超越摩尔定律的外延设备市场

三、颠覆性的非硅基器件营造更具竞争力的外延生长环境

从竞争格局来看，外延设备市场被三个不同类别的外延设备制造商占据：

(1) 顶级半导体设备供应商，例如来自硅基器件前端制造工艺领域的东京电子公司（Tokyo Electron）和应用材料公司（Advanced Materials），为外延工艺提供改进的化学气相沉积设备，但它们通常不在 MOCVD 领域竞争。

(2) 专业的 MOCVD 设备供应商，例如爱思强（AIXTRON）、维易科（Veeco）和中微半导体（AMEC），它们分别开发了专门用于固态照明的设备，而射频前端供应商在该领域没有任何产品。

(3) 来自功率半导体领域的碳化硅产业或高水平射频应用的设备供应商，提供高温化学气相沉积设备。



图 3 外延设备供应商竞争格局

于杰平摘译自

<https://www.i-micronews.com/products/epitaxy-growth-equipment-for-more-than-moore-devices-technology-and-market-trends-2020/>

奥地利维也纳光子学研究所开发二维材料神经网络图像传感器内计算的超快机器视觉

近年来，机器视觉技术有了巨大的飞跃，现在已经成为各种智能系统如自主车辆和机器人的一个组成部分。通常，视觉信息由基于帧的摄像机捕获，转换成数字格式，然后使用机器学习算法如人工神经网络（ANN）进行处理。然而，大量（大多是冗余）的数据通过整个信号链，导致低帧速率和高功耗。为了提高人工神经网络中后续信号处理的效率，人们发展了各种可视化数据预处理技术。

奥地利维也纳工业大学光子学研究所近期的研究成果证明图像传感器本身可以构成一个神经网络，它可以同时感知和处理光学图像，而无需延迟。奥地利维也纳光子学研究所的科研团队将一个新型的人造眼，光感应电子与制造相结合在一个微小的芯片传感器上，基于一个可重构的二维半导体（二硒化钨）光电二极管阵列，在芯片上构建了一个光电二极管的网络模型，以形成神经网络，将网络的突触权值存储在连续可调的光响应矩阵中，研发出一种超高速机器视觉设备——自带神经网络的图像传感器。该科研团队演示了有监督和无监督学习，训练传感器对光学投影到芯片上的图像进行分类和编码，让“眼睛”处理图像，每秒处理 2000 万字节。利用这一技术，仅 40 纳秒即可完成图像分类，比计算机处理快了几十万倍。

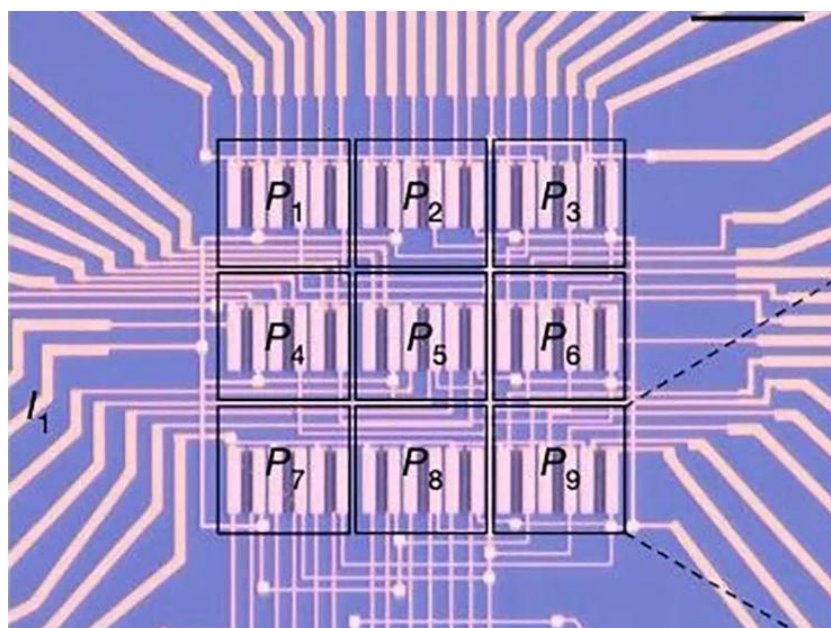


图 1 光电二极管神经网络传感器，包括 9 个像素的正方形阵列，每个像素有 3 个二极管，另外其光敏材料是 2D 半导体二硒化钨 (WSe_2)，这种材料对光具有调节响应能力

该研究成果发表在《Nature》，Publication: 04 March 2020, 579: 62 - 66，题目：“Ultrafast machine vision with 2D material neural network image sensors”。

当天《Nature》杂志的 News and Views 专栏还发表了香港理工大学博士 Yang Chai 的评论文章 In-sensor computing for machine vision (机器视觉的传感器内计算)。Yang Chai 博士通过下图清晰地展现出了两种视觉处理方式的区别：

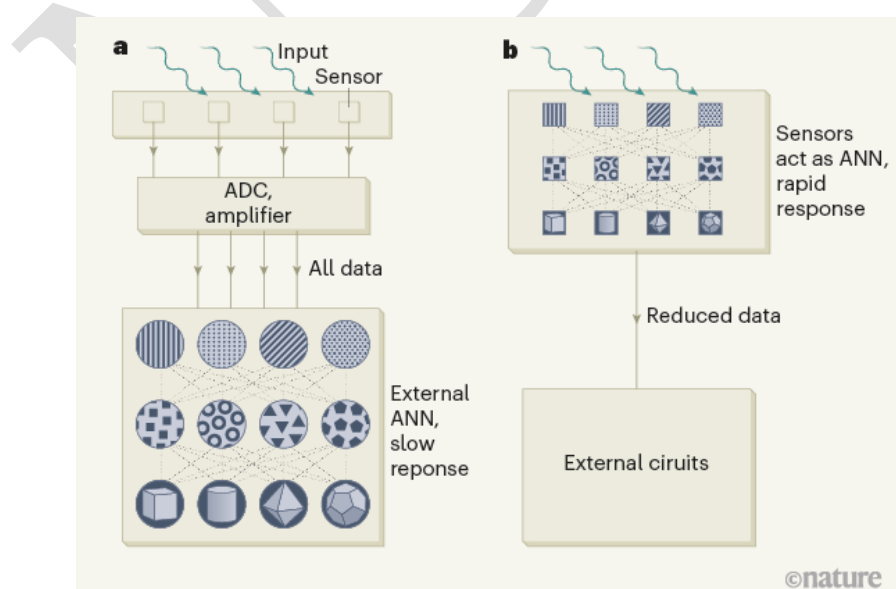


图 2 两种视觉处理方式

传统及其视觉处理过程（上图 a 部分）：传感器收集信号，通过模数转换器

(ADC) 将模拟信号转换为数字信号，放大后输入到外部人工神经网络，经参数调优训练神经网络。神经网络输入层接收编码简单物理元素的信号（点、线），随后这些信号优化为中级特征（简单形状），最终在输出层上形成图像（3D 形状）；

Lukas Mennel 团队图像传感器处理过程（上图 b 部分）：芯片上的互连传感器（图中的正方形）收集信号，并用作人工神经网络识别简单特征，减少传感器和外部电路之间的冗余数据移动。

沈湘摘译自

<https://www.nature.com/articles/s41586-020-2038-x#auth-6>

<https://t.cj.sina.com.cn/articles/view/2118746300/7e4980bc02000w8bp?from=tech>

韩国科学技术学院开发超低功耗黑磷隧道场效应晶体管延续摩尔定律

晶体管尺寸的不断缩小是当今信息技术成功发展的关键。然而，随着摩尔定律因功耗增加而达到极限，迫切需要开发新的替代晶体管设计。

随着晶体管尺寸的进一步微缩，降低开关和待机功耗，就必须克服亚阈值摆幅的热电子极限，即亚阈值范围内每十倍电流增加所需的电压。为了减少 CMOS 电路的开关和待机功率，降低晶体管的亚阈值摆幅至关重要。

然而，由于热载流子注入的影响，CMOS 晶体管中存在 60 mV/dec 的固有亚阈值摆幅极限。《国际器件与系统路线图》预测，将来需采用 CMOS 以外的新材料新结构来应对晶体管的缩放挑战。可替代场效应晶体管（Alternative tunnel field-effect transistors, TFET）被认为可以作为 CMOS 晶体管的主要替代物，因为 TFET 的亚阈值摆幅可降低至 60 mV/dec 以下。TFET 的运行通过量子隧穿实现，不会像 CMOS 晶体管一样因热注入而限制亚阈值摆幅。

特别是，异质结 TFET 在低亚阈值摆幅和高导通电流方面具有重要的应用

前景。高导通电流对晶体管的快速运行至关重要，因为低电流条件下将器件充电到开启状态需要更长的时间。与理论预期不同的是，由于异质结中的界面问题，先前开发的异质结 TFET 显示出比 CMOS 晶体管低 100-100000 倍的通态电流(100-100000 倍的运行速度)。界面问题阻碍了低功耗 TFET 替代 CMOS 晶体管。

韩国科学技术学院物理系教授 Sungjae Cho 领导的研究小组开发出了一种厚度可控的黑磷隧道场效应晶体管(TFET)，具有天然的异质结隧道场效应晶体管，其黑磷层厚度可随空间变化而不存在界面问题。该 TFET 在高导通电流下创造了最低的平均亚阈值摆幅，使得 TFET 能够像传统的 CMOS 晶体管一样快速工作，并且具有更低功耗。该 TFET 的开关功耗比传统互补金属氧化物半导体 (CMOS)晶体管低 10 倍，待机功耗低 10000 倍。研究小组表示，该黑磷隧道场效应晶体管能够取代传统 CMOS 晶体管，特别是解决了隧道场效应晶体管运行速度和性能问题，为延续摩尔定律铺平了道路。

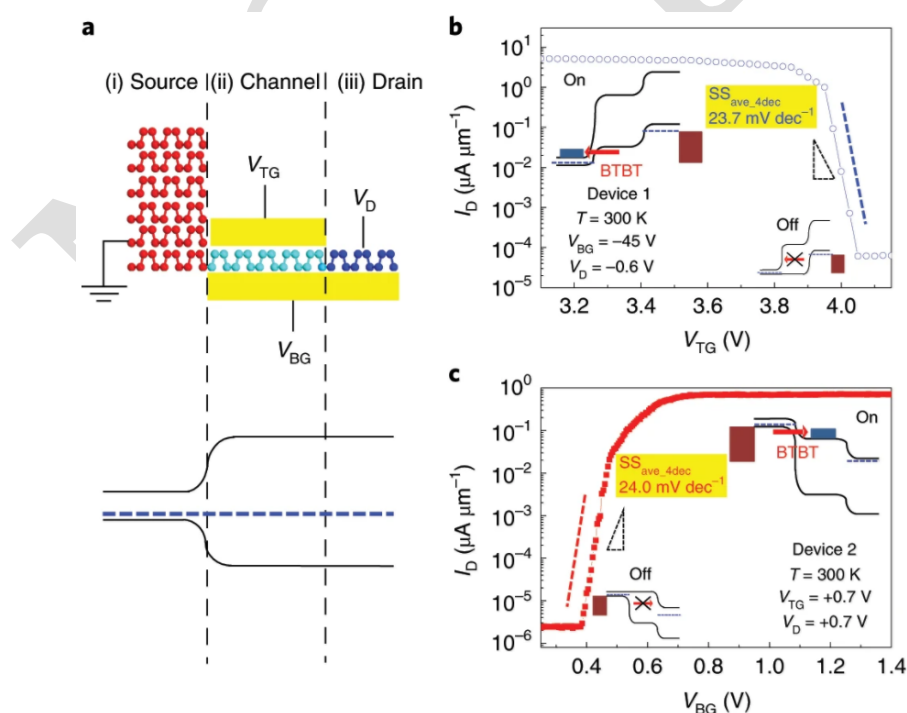


图 1 两种制备的黑磷 NHJ-TFET 在 $|V_D| \leq 0.7$ V 下的黑磷能带特性和传输曲线

该研究成果发表在《Nature Nanotechnology》，Publication: 27 January 2020, 15: 203 - 206，题目：“Thickness-controlled black phosphorus tunnel field-effect

transistor for low-power switches”。

沈湘摘译自

<https://www.nature.com/articles/s41565-019-0623-7>

https://www.sohu.com/a/375740709_313834

美国斯坦福大学开发出控制光子的新方法

为了开发像量子计算机这样的未来技术，科学家们需要找到方法来控制光子，就像科学家已经可以控制电子一样。但是，光子远比电子难操纵，电子运动可受磁场控制，而光子不具备磁性，受控性能较差。

美国斯坦福大学和上海交通大学的研究人员开发出一种相对简单的新机制来控制光子，可使得光子像电子一样受控。研究人员设计出迷宫结构，诱导光子的运动。在通过迷宫结构后，光子会以预设的方式进行运动。

科学家们通过打开和关闭芯片中的电子来创建数字 0 和 1 来做到这一点，使用磁性来控制光子的颜色（或能级）和自旋（无论它是顺时针还是逆时针方向）之间相互作用的芯片，会比简单的开关电子产生更多可变状态。为了将光子带到产生这些磁效应所需的附近，斯坦福大学的研究人员使用了激光、光缆和其他现成的科学设备。

本研究还证明了结构化光学环腔可以支撑一个以上的合成维度。在调制下，谐振器内部的不同自由度耦合被用来合成两个额外维度，然后研究人员模拟许多通常与凝聚态系统相关的复杂物理现象。从超冷原子物理到光子学，创造合成维度已经引起了许多科学分支的极大热点。这样的能力为实现有效规范势和新颖的拓扑物理提供了一个通用平台，这些在实际系统中可能很难或不可能实现。

尽管该技术尚处于实验阶段，但其将有望帮助研究人员在基于光子的设备上处理、存储和传输更多的数据。

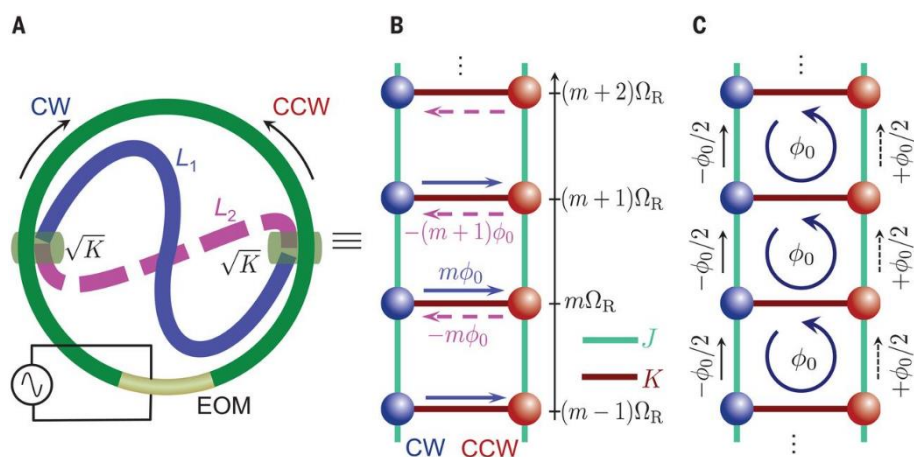


图 1 CW-CCW 模式耦合的调制环形谐振器及其合成尺寸晶格

该研究成果发表在《Science》，Publication: 03 January 2020, 367: 59-64，题目：“A single photonic cavity with two independent physical synthetic dimensions”。

沈湘摘自

http://k.sina.com.cn/article_2215881863_8413ac8700100oxrf.html?from=science

<https://science.sciencemag.org/content/367/6473/59>

<https://phys.org/news/2020-02-photons-electrons.html>

美国阿贡国家实验室开发新型分子层刻蚀技术

半导体器件是很多技术的核心。随着摩尔定律走向极限，十分有必要寻找一种新的方法，将更多的电路封装到单个设备中，以提高设备的计算速度和性能。半导体器件制造的进展受到多步制造过程中精确添加和移除薄层材料的能力的限制。最近关于原子层刻蚀（ALE）的研究为精确去除原子层沉积（ALD）无机薄膜提供了手段，为纳米器件的设计开辟了新的途径。

近日，美国能源部阿贡国家实验室的研究人员开发出一项新的技术——分子层刻蚀（molecular layer etching, MLE），可能会有助于制造这种尺寸越来越小、但结构和功能越来越复杂的器件。

为了将微电子器件造得更小，制造商必须把越来越多的电路塞进更小的薄

膜和 3D 结构中，现如今是用薄膜沉积和刻蚀技术来实现的，这种技术可以一次生长或去除一层膜。不过，在纳米层面控制物质，受到添加或去除薄膜材料手段的限制。而分子层刻蚀技术可以让制造商和研究者精确地去除微观和纳米级薄膜材料。

分子层刻蚀与分子层沉积（MLD）可以用于设计微观器件的结构。这跟原子层沉积（ALD）和原子层刻蚀（ALE）的方法类似，但原子层沉积仅适用于无机薄膜，而分子层刻蚀和分子层沉积也能用来生长和去除有机薄膜。

分子层刻蚀的工作原理，是将几纳米或几微米厚的薄膜暴露于真空室内的气体脉冲中。该过程中，最开始时，一种气体（气体 A）进入真空室，立刻与薄膜表面反应。然后，将薄膜暴露于第二种气体（气体 B）中。重复这一过程，直到从薄膜上去除期望的厚度为止。

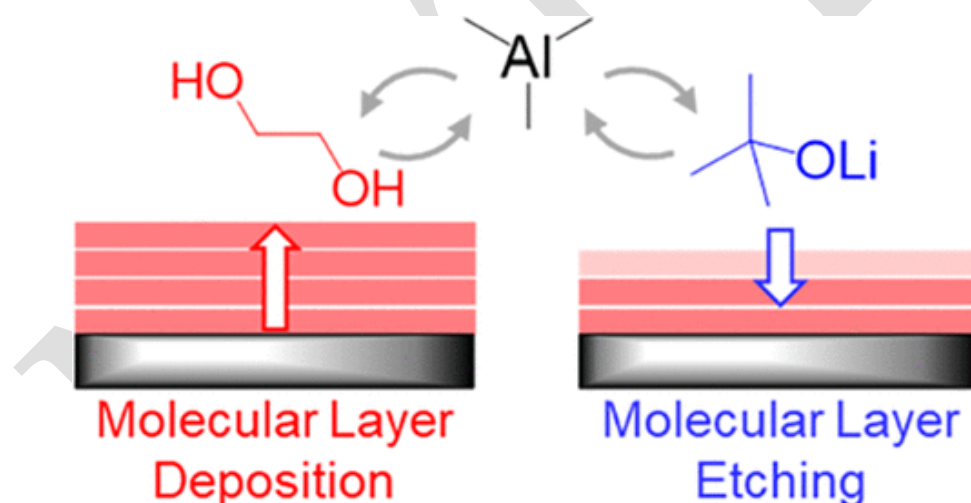


图 1 分子刻蚀原理

分子层刻蚀的一个关键之处，是 A 和 B 的表面反应是自限制的。只有在所有可用的活性表面位点被消耗完之后，它们才会继续进行。这种自限制性的特点非常有利于微电子器件的制造，因为它会相对容易地将这一工艺扩展到更大的基板尺寸上。

研究人员用芦荟酮（一种类似于硅酮橡胶的有机材料）测试了这种新方法，发现它在柔性电子领域具有应用潜力。实验中的气体 A 是含锂的盐，气体 B 是三甲基铝（TMA），后者是一种有机金属铝基化合物。

在刻蚀的过程中，锂化合物以“使锂黏附于薄膜表面、并破坏薄膜上的化学键”的方式，与芦荟酮薄膜的表面发生反应。然后，通入 TMA 并与之反应后，就会去除含锂的膜层。该过程就可以一层一层地持续进行，如果有必要的话，甚至可以把这个材料这样去除掉。

利用这项新的技术，可以帮助制造商和研究者，走上制造和控制纳米级材料几何形状的新途径。对他们来说，该工艺也可能是一个更安全的选择，因为它不含有卤素。而且，该工艺还具有“选择性”这一优点，这种刻蚀技术可以选择性地去除 MLD 层，而不会影响到附近的 ALD 层。这项技术为纳米器件的设计开辟了一种新的可能途径。

该研究成果发表在《Chemistry of Materials》，Publication: January 15 2020,32:992-1001，题目：“Molecular Layer Etching of Metalcone Films Using Lithium Organic Salts and Trimethylaluminum”。

沈湘摘译自

<http://www.migelab.com/Article/articleDetails/aid/15778.html>

<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.chemmater.9b03627>

铠侠开始提供 PCIe4.0® 固态硬盘

铠侠于 2020 年 2 月 21 日开始提供最新一代 PCIe®/NVMe™固态硬盘，这款固态硬盘可为企业超大规模数据中心带来更高水平的性能。

PCIe4.0 旨在使客户端、服务器和存储系统的性能提高一倍，将速度提高到 16.0GT/s（每通道每秒传输量达千兆），从而将云和企业应用的性能推向新高度。存储器解决方案领域的全球领导者铠侠株式会社今日宣布，其 PCIe® 4.0 NVMe™企业和数据中心固态硬盘(SSD)系列即日起向客户出货。

作为开发 PCIe® 4.0 NVMe™ SSD 的公认领导者，铠侠不断突破闪存性能的极限。铠侠是首家公开展示 PCIe® 4.0 SSD 的公司，现在开始出货这些次世代的硬盘。

铠侠的 CM6 系列企业级 SSD 符合 PCIe® 4.0、第 4 代 4 通道（或双端口，2 通道）和 NVMe™1.4 规范，采用双端口配置，具有高可用性，并提供同类最佳的顺序和随机读取/写入性能，分别最高 6.9 GB/s 和 1.4M IOPS。这些代表着相比其 PCIe® 3.0 前代产品提高了 2 倍，以及比典型的 SATA 驱动器快 12 倍。CM6 系列是企业应用和用例而设计的——包括高性能计算、人工智能、缓存层、金融交易和数据分析，其可用容量高达 30.72TB。

铠侠的 CD6 系列数据中心 SSD 符合 PCIe® 4.0、第 4 代 4 通道和 NVMe™1.4 规范，采用单端口配置，适用于服务器，并面向超大规模数据中心和通用应用，例如数据库、云/容器环境、Web 服务器和媒体流。CD6 系列将提供高达 15.36TB 的可用容量、高达 6.2GB/s 的传输量和 1.0M IOPS 随机访问性能。

CM6 和 CD6 系列均提供 1 DWPD（每日全盘写入次数）和 3 DWPD，以及包含广泛的安全性/加密选项。此外，新的 SSD 已成功通过 PCI-SIG Workshop 的合规性，并含在 UNH-IOL 集成商的 NVMe™ 1.4 设备兼容性列表中。

邹丽雪选摘自

<https://business.kioxia.com/zh-cn/news/2020/20200221-1.html>

三星首推 EUV 工艺 DRAM 内存

三星电子（Samsung Electronics）2020 年 3 月 25 日宣布，已经出货 100 万业界首款 10nm EUV 级（D1x）DDR4 DRAM 模组，并完成全球客户评估，这为今后高端 PC、手机、企业级服务器等应用领域开启新大门。

EUV（极紫外光刻）工艺是目前世界上最先进的芯片制造工艺，EUV 光刻机也被认为是完成 7nm 以下制程的重要途径。三星率先将 EUV 工艺用到 DRAM 内存颗粒的生产上，可以在精度更高的光刻中减少多次图案化的重复步骤，并进一步提升产能。

三星表示，将从第四代 10nm 级（D1a）DRAM 或高端级 14nm 级 DRAM 开始全面导入 EUV，明年基于 D1a 大规模量产 DDR5 和 LPDDR5 内存芯片，预计会使 12 英寸晶圆的生产率翻番。

虽然目前支持 DDR5 内存的 PC 平台还没有出现，不过内存芯片却在各大存储器厂商的推动下逐渐开始接近上市。三星量产的第一代 EUV DDR5 DRAM 单芯片容量为 16Gb（2GB），地点是平泽市的 V2 线。

除了 10nmEUV 工艺的存储芯片外，三星也正在推进 5nm 及以下制程的 EUV 工艺。外媒报道称，三星已经从半导体设备生产商那里订购了 5nm 工艺生产的相关设备，目前已经开始在华城 V1 工厂内建立了一条 5nm 的晶圆代工生产线。据悉相关的设备组装需要两个多月，按照进度来看，今年 6 月份以前，三星应该能够安装完所有的设备。三星将在今年年底进行 5nm EUV 工艺的量产。在三星 5nm 正式量产后，将负责高通下一代 5nm 旗舰芯片和 X60 5G 基带芯片的生产。

邹丽雪选摘自

<https://www.samsung.com/semiconductor/newsroom/news-events/samsung-announces-industrys-first-euv-dram-with-shipment-of-first-million-modules/>

美光推出低功率 DDR5 DRAM 芯片专为 5G 和 AI 设计

美光今年 2 月份推出低功率 DDR5 DRAM 芯片, 已广泛应用于大规模量产的高性能智能手机。

美光低功耗 DRAM (LPDRAM) 产品套件具有功耗低、性能高、多密度选型、温度范围广等特点, 为用户带来出色的智能手机以及其他智能设备的高性能体验。新型美光 LPDDR5 DRAM 芯片功耗更低, 数据访问速度更快, 而这两大性能恰恰是确保智能手机实现人工智能 (AI) 和 5G 功能的关键。美光 LPDDR5 产品符合 JEDEC 新标准, 与前几代产品相比, 该产品将数据访问速度提升 50%, 而功耗则降低了 20% 以上。

这款下一代内存解决方案可提升 5G 网络连接并具备强大的数据处理能力, 为高级 AI 功能的应用提供支持。美光 LPDDR5 还提供更高的带宽, 实现了此前只有旗舰智能手机才具备的高性能图像处理功能, 同时还可保持较长的电池寿命。

美光目前推出的新 DDR5 内存容量分别为 6GB、8GB 和 12GB, 数据传输速率为 5.5Gbps 和 6.4Gbps。LPDDR5 还将以基于 UFS 的多芯片包 (uMCP5) 形式应用于中高端智能手机, 帮助实现此前只有旗舰手机才具备的高性能。

美光的内存创新产品为 AI 类移动技术的应用夯实了道路。而美光科技的创新内存产品不止于此。与其他产品组合类似, LPDDR5 解决方案还可应用于 PC、物联网、汽车、联网及美光不同业务版块 (手机、客户/消费者以及嵌入式设备) 等不同市场领域。

新型 LPDDR5 DRAM 芯片将在美光科技的汽车内存产品上起到关键作用, 满足当今和未来这一领域对强大内存的需求。低功率 DDR5 内存解决方案在不影响性能的情况下, 功耗更低, 特别适合应用于下一代自动驾驶车辆的仪表盘、车载信息娱乐和 ADAS (高级驾驶辅助系统)。

LPDDR5 的高速度和低功率帮助移动和汽车设备实现在 AI 技术、自动驾驶、5G 联网、高级显示和下一代相机功能等方面的同步。随着各大企业在下一代内

存基础上纷纷推出新的解决方案，预计会掀起新一轮的创新热潮。

邹丽雪选摘自

<https://cn.micron.com/in-china/articles/2020/february/next-gen-mobile-memory-liberates-5g-ai-innovation>

Microchip 推出新型加密单片机

Microchip Technology Inc.（美国微芯科技公司）2020 年 3 月 12 日发布新型加密单片机 CEC1712。这款由加密技术支持的单片机配备 Soteria-G2 定制固件，可终止通过外部串行外设接口（SPI）闪存启动的系统中的 Rootkit 和 Bootkit 等恶意程序。

Microchip 的 Soteria-G2 定制固件基于功能全面的 CEC1712 Arm® Cortex®-M4 处理器，以预启动模式，凭借硬件信任根保护为通过外部 SPI 闪存启动的操作系统提供安全启动功能。此外，在系统的使用期限内，这款单片机还提供密钥撤销和代码回卷保护功能，可实施现场安全更新。这款单片机符合 NIST800-193 指南的规定，可防范、检测、修复损害，保障系统平台固件的整体可靠性。安全启动功能和硬件信任根对系统防范威胁，防止威胁因素载入系统过程中至关重要，它们只允许系统使用制造商信任的软件进行启动。

Soteria-G2 固件与 CEC1712 单片机结合使用，可简化代码开发工作，减少风险，帮助设计人员更快速地采用和实现安全启动功能。Soteria-G2 固件将只读内存（ROM）中实现的 CEC1712 不可变安全自举程序作为系统信任根。

CEC1712 安全自举程序可加载、解密和验证通过外部 SPI 闪存在 CEC1712 单片机上运行的固件。之后，经验证的 CEC1712 代码对首个应用处理器的 SPI 闪存中存储的固件进行验证。CEC1712 单片机最多支持两个应用处理器，每个应用处理器配备两个闪存组件。Microchip 或 Arrow Electronics 提供客户专用数据预配置选项。该选项是一种安全的制造解决方案，有助于防范过度创建和伪

造行为。除了可将开发时间缩短几个月之外，该选项还能大幅简化配置逻辑，让客户可以方便地保障设备安全并管理设备，且不会产生第三方配置服务费用、认证费用等间接费用。

除了在 5G 和数据中心操作系统预启动期间防范恶意程序之外，CEC1712 单片机和 Soteria-G2 固件还能帮助互联自动驾驶汽车的操作系统、车用高级驾驶辅助系统（ADAS）及其他通过外部 SPI 闪存启动的系统提升安全性。

CEC1712 单片机和 Soteria-G2 套件 提供多种软硬件支持选项。软件支持包括 Microchip 的 MPLAB® X IDE、MPLAB Xpress 和 MPLAB XC32 编译器。硬件支持功能包含在编程器和调试器中（包括 MPLAB ICD 4 和 PICkit™ 4 编程器/调试器）。

邹丽雪选摘自

<https://www.microchip.com/en/pressreleasepage/protect-against-rootkit-and-bootkit-malware-in-systems-that-boot-from-external-spi-flash-memory>

英特尔宣布 Optane 直流持久存储器

英特尔公司近日宣布了备受期待的 OptaneDC 持久内存 DIMMs，它将使用 3D XPoint 内存，这是一种非易失性内存，它是 NAND 和 DRAM 的融合。3D XPoint 在断电后保留数据，这意味着它可以作为内存和存储来处理，并为许多新的用例做好准备。

新的 Optan DIMM 将填充一个标准的 DDR4 插槽，但提供更密集的存储选项：容量为 128GB、256GB 和 512GB。这比目前的 128GB DDR4 模块有了很大的提高。英特尔正在定位 DIMM，以弥补 DRAM 和 NAND 之间的价格和性能差距，尽管目前还不知道定价细节。然而，预计 DIMM 的价格将远远低于目前的 DDR4D RAM。

DIMM 还将配备类似 SSD 的控制器以及英特尔设计的专有内存控制器。光

学内存 DIMM 可以与传统的 DRAM 一起使用，尽管由于延迟、带宽和协议问题，它们的处理方式将大不相同。因此，需要 CascadeLake 重新加工的内存控制器。

邹丽雪选摘自

<https://www.intel.cn/content/www/cn/zh/platform-memory/component-and-dimm-module-ddr-archive.html?wapkw=DIMMs>

INTEL

《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 沈湘 邹丽雪 于杰平

联系人：王丽

电话：010-82626611-6649

电子邮件：wangli@mail.las.ac.cn

