

集微技术信息简报

2022 年第 **1** 期 (总第 46 期)

中国科学院文献情报中心

2022 年 1 月制

本期目录

政策计划

美国 JUMP 2.0 启动，开启新一轮微电子学计划.....	1
韩国与美国建立科技联盟.....	5
SIA 敦促美国取消“301 条款”中有害于半导体产业的关税.....	7
韩国政府公布“信息通信技术战略技术发展行动计划 2022”.....	10
日本政府持续实施“后 5G 信息通信系统基础设施强化研发计划”.....	11

前沿研究

多国研究人员合作研发分子光机纳米谐振腔将中红外光转化为可见光.....	13
三项最新《Nature》论文均表明硅量子计算的保真度可高于 99%.....	15
美英合作开发大面积范德华超晶格光物质耦合材料.....	16
瑞英合作开发同时读取多个量子比特的方法.....	19

产业动态

ICT 行业开启融合发展：SK 集团旗下 3 家公司 SK Telecom、SK Square 和 SK hynix 组建 ICT 联盟.....	22
美国 Voyant Photonics 公司 A 轮融资 1540 万美元研发芯片级激光雷达的 3D 传感技术.....	25
美国 Movandi 公司和韩国 Doosan Group 公司将在 5G 毫米波应用领域展开合作.....	26
日本京瓷 SLD 激光公司实现 LiFi 通信数据速率记录，比 5G 快 100 倍.....	28

政策计划

美国 JUMP 2.0 启动，开启新一轮微电子学计划

2021 年 12 月 22 日，美国国防部高级研究计划局（DARPA）与半导体研究公司（SRC）和一个由国防和半导体公司组成的财团合作，启动联合大学微电子学计划 2.0（JUMP 2.0）¹⁻²。JUMP 2.0 将面向微电子学和其他 ICT 技术所面临的新的和正在出现的挑战，包括高度互联的 AI 系统的安全漏洞、不断增长的存储需求、以及对模拟硬件的需求等。JUMP 2.0 计划建立 7 个研究中心来应对已经确定的挑战、推进创新并探索研究两用转化机会。

DARPA 微系统技术办公室（MTO）副主任兼 JUMP 2.0 负责人戴夫·帕默（Dev Palmer）表示：“在微电子学领域，DARPA 长期以来一直通过公私合作伙伴关系来支持长期的、开拓性的大学研究，公私合作伙伴关系往往能够推动微电子学领域的颠覆性创新。从 1998 年的焦点中心研究计划（FCRP）联盟开始，DARPA 一直与学术界、国防工业基地、半导体产业界保持着强有力的合作，以加速创新的步伐和推进微电子学发展。JUMP 2.0 将继续这一传统，成为电子复兴计划 2.0（ERI 2.0）的关键组成部分。

一、JUMP 2.0 目标

JUMP 2.0 联盟式合作的目标是大幅提高各类民用和军用微电子系统的性能、效率和能力，进而实现国防先进性同时保障商业受益。JUMP 2.0 将结合面向 2030 年的《半导体十年计划》和 ERI 2.0 的规划，集中资源用于高风险和高回报的长期创新研究，侧重 8-12 年间

¹ <https://www.darpa.mil/news-events/2021-12-22>

² <https://src.secure-platform.com/a/page/2021-JUMP-2.0-Single-Task-RA>

能够带来国防或商业收益的探索性研究。

JUMP 2.0 计划建立七个跨学科、跨大学的协作研究中心，这些中心需要解决 7 个关键研究主题之一，包括 5 个系统类主题和 2 个技术类主题。

二、JUMP 2.0 的七个关键研究主题

（一）认知：下一代人工智能系统和架构（系统类）

1. 研究领域

该主题包含 5 个关键领域：（1）新的计算方法，如超维表示、模拟计算、随机计算、香农启发计算、近似计算、生物/类脑模型（包括神经形态计算）等新信息表示和处理范式。（2）超越冯·诺依曼架构的创新，性能和能源效率的根本改进需要在新信息表示和处理、编程范式、算法，架构、人机界面、电路以及材料和器件技术方面取得突破。（3）新计算范式的系统方法，数据和信息流的设计和管理需要在系统、材料、设备、算法和软件编程方面进行优化，并与新处理方法进行权衡。（4）跨学科协同设计，包括系统软件、抽象编程、算法、架构、电路、设备、材料、工具和方法。（5）建模和基准测试，一项合理而复杂的研究任务需要在系统性能、大小和功率方面对新兴解决方法进行高水平的权衡分析和基准测试。

2. 预期成效

新型认知系统需要比传统计算方法至少在一个关键指标（能量、速度、芯片面积、复杂度、可靠性等）方面实现性能提升 100 倍，同时不损害其他关键指标性能，从而实现新的“杀手锏”应用。

（二）通信和连接：ICT 系统的高效通信技术（系统类）

1. 研究领域

该主题包含 5 个关键领域：（1）应用驱动的、软件可编程的架

构和原型演示；(2) 支持通信和连接架构的组件和集成子系统解决方案；(3) 设备和组件具备系统级性能；(4) 异构集成和独特的封装方法；(5) 移动数据的安全、完整和可信。

2. 预期成效

能够满足物理世界对移动数据和信息的及时性需求，并应对数据指数级增长带来的挑战。通信基础设施和设备能够得到根本性改进，通信容量和能源效率显著提高，通信延迟显著降低。同时通过关键数据和信息的及时传送，人们交流见解的能力得以增强。

(三) 智能感知：感知能力和嵌入式智能可以生成快速高效的行动（系统类）

1. 研究领域

该主题寻求模拟硬件的根本性突破，研发更加智能的物理-网络空间接口，具备探测、感知和推理能力。军民两用智能接口需求都依赖于传感器，但现有的传感器数据处理方法给通信、存储和计算基础设施带来了压力，因此需要开发高效、可靠、自主和安全的传感系统。

2. 预期成效

传感和执行系统能够有效减少预期的数据洪流，同时能够提供稳健和及时的快速响应。太赫兹范围内的新传感能力能够为医疗、基础设施和国防提供更高水平的情报和见解。机器人和工业控制系统能够更好地响应现场变化，以减少通信需求。

(四) 分布式计算系统和架构：高能效计算和加速器结构方面的分布式计算系统和架构（系统类）

1. 研究领域

该主题将在分布式、高能效的通用计算方面有所突破，包含 3

个关键领域：（1）全堆栈、应用驱动的集成；（2）新兴异构系统，允许跨负载和规模的动态性能优化；（3）通过跨学科协同设计提高能源效率。

2. 预期成效

可扩展、节能的分布式系统能够为通用计算工作负载提供最佳异构性。利用通信、计算、内存和存储主题的关键创新、协作和成果，实现分布式计算和边缘智能总体目标。

（五）智能内存和存储：用于智能内存系统的新兴内存设备和存储阵列（系统类）

1. 研究领域

该主题包含 5 个关键领域：（1）全堆栈式内存和以存储为中心的解决方案；（2）架构和算法，如存内计算；（3）器件/电路/封装级的创新和集成；（4）演示平台，用于探索和演示新系统和内存子系统以及新计算范式；（5）基准和建模。

2. 预期成效

运行大数据集算法的效率和吞吐量得到大幅度提升，存算一体能够大幅降低运行能耗。

（六）先进单片和异构集成：新型光电互连结构和先进封装（技术类）

1. 研究领域

该主题将通过 3D 单片和异构集成以及系统级封装来提升未来计算平台密度和效率（100 倍以上），涉及 3 个关键领域：（1）解决异构系统不断增加的集成密度要求的挑战；（2）互连结构的颠覆性创新；（3）探索相关的材料和工艺解决方案。

2. 挑战

集成解决方案的协同设计和开发；绿色节能的半导体封装材料；基础封装技术研究涵盖的技术和应用范围广泛；关键封装元件的多元异构性；异构集成技术的可用性演示会给（1~5）系统类中心带来挑战。

（七）高性能节能器件：支持下一代数字和模拟应用的新型材料、器件和互连技术（技术类）

1. 研究领域

该主题寻求有源和无源器件前道工艺（FEOL）和后道工艺（BEOL）集成的颠覆性创新。器件材料和工艺方面的突破性创新对分布式计算、通信、传感、网络、内存、存储系统满足未来工作负载需求至关重要。

2. 挑战

缺乏特需（如异质互联）功能材料的研究议程；针对非常规计算，需要与电路和架构的协同设计；需要基准测试和多尺度物理建模；缺乏系统的方法来快速、有效地筛选和发现新材料；新材料需要实现数量级的改进。

（执笔：于杰平 王丽）

韩国与美国建立科技联盟

2021年12月13-14日，韩国科学和信息通信技术部（MSIT）部长与美国科技政策办公室（OSTP）主任、联邦通信委员会（FCC）主席、国家科学基金会（NSF）主任在华盛顿举行会晤¹。

一、美韩双方代表在科技合作领域初步达成共识

¹ <https://www.msit.go.kr/eng/bbs/view.do?sCode=eng&mId=4&mPid=2&pageIndex=&bbsSeqNo=42&nttSeqNo=591&searchOpt=ALL&searchTxt=>

MSIT 部长与 OSTP 主任就在尖端技术领域建立联盟进行了深入交流，同意在半导体、新兴技术标准、能源创新技术等多个领域开展合作，作为 2021 年 5 月韩美首脑会谈的后续行动。此外，双方决定通过科学技术合作联合委员会会议来加强公私合作，并就设立全球技术发展合作基金达成共识。

MSIT 部长与 FCC 主席就通信和网络系统发展和部署的未来规划进行了深入交流。双方在 5G 和 6G 领域的合作意向强烈，Open RAN 技术有望成为双方合作的突破点。

MSIT 部长与 NSF 主任会见时强调加快签订量子技术合作谅解备忘录，并希望在国家层面获得联合研究和人才交流的支持。作为扩大人才网络的一部分，NSF 主任承诺为两国的研究人员提供交流机会。

二、美国智库就美韩科技合作发表相关评述

美国智库安全与新兴技术中心（CSET）在 2021 年 12 月 3 日就美韩科技联盟需要关注的方向发表评述。CSET 认为科技合作为美韩更紧密的合作指明了道路，科技联盟对双方安全关系至关重要，而且有望促进两国的经济发展。同时，CSET 概述了美韩科技联盟需要关注的三个方面。

1. 美中科技竞争现状

美中两国处在一个持久竞争的时期，两国的军事战略和经济发展规划均开始重点关注人工智能、自治系统、量子计算、半导体和生物经济。韩国在美中的科技竞争中扮演重要角色，尤其是信息技术、机器人和微电子。

在微电子领域，集成电路产品作为主要的出口商品，是韩国最重要的战略资产之一。在三星、海士力等行业巨头的支持下，韩国政府 2021 年 5 月发布《K-半导体战略》，计划到 2030 年实现综合半

导体强国目标。

在量子计算领域，韩国于 2019 年启动量子计算五年研发计划，计划在 2023 年建成实用 5 比特量子计算机系统（可靠性达 90%以上）。SK Telecom、KT、LG Uplus 等韩国电信运营商正在尝试量子密码学的一些商业化应用。

2. 美国政府需求

美韩两国的科技合作意向强烈，有很多共同关切。供应链方面，美韩正在合作为半导体等关键商品建立弹性供应链。出口管制方面，双方政府合作加强高科技的出口管制制度，避免战略商品和技术外流。人才交流方面，美韩两国希望通过加强双方的人才交流和高端人才交换来促进人工智能、量子计算等领域技术发展，但双方在高端人才交换机制方面进展缓慢。

3. 韩国的态度

目前，韩国在安全以外的问题上与美国的合作意愿不高。但是，在技术方面，任何国家都很难区分国家经济利益和国家安全利益。韩国积极发展美中竞争的五大新兴技术（人工智能、自治系统、量子计算、半导体和生物经济），或将巩固其与美国的安全关系，为其实现长期经济发展目标提供机会。

（执笔：于杰平 王丽）

SIA 敦促美国取消“301 条款”中有害于半导体产业的关税

在美国贸易代表办公室（USTR）考虑修改“301 条款”关于征收关税的内容之际，2021 年 12 月 1 日，美国半导体协会（SIA）向美国贸易代表办公室（USTR）提交一份评论¹，敦促美国取消有害

¹ <https://www.semiconductors.org/sia-urges-elimination-of-harmful-section-301-tariffs/>

于半导体产业的关税。SIA 认为“301 条款”关于对半导体及相关产品征收关税的规定正在导致全球芯片短缺，价格上涨，加重对美国汽车、电器、医疗设备等工业和科技产品消费者以及制造商的损害。

一、“301 条款”关税正在扰乱美国工业供应链和破坏拜登政府扩大美国制造业和就业的目标

上届政府根据“301 条款”对半导体及相关产品征收 25% 的关税，SIA 认为继续征收该关税将对美国产生非常不利的影响：（1）加剧芯片短缺，（2）导致工厂关闭，进而影响就业，（3）广泛破坏工业生产，（4）导致某些进口芯片的价格上涨，（5）损害美国本土半导体公司利益，不能向 USTR 提供贸易谈判筹码。

自“301 条款”对半导体及相关产品征收关税实施后，美国半导体进口下降了约三分之一。

半导体已经成为美国制造业的关键组成部分，不合理的关税将推高半导体投入成本，进而提高工业产品的制造成本，扰乱工业供应链，阻碍美国重塑制造业。

二、“301 条款”关税正在加剧全球芯片短缺对美国的不利影响

受新冠疫情以及地缘政治摩擦影响，全球供应链遭到了前所未有的破坏，同时也暴露了高度相互依存和全球化的供应链的脆弱性。加上全球数字化转型的加速，芯片短缺在未来一段时间内仍然存续。造成芯片短缺的因素涉及多个方面，包括工厂受疫情影响关闭，关键材料短缺，航运延误，需求增加。但“301 条款”关税的实施不利于缓解全球芯片短缺，而且加剧了供应链中断，最直接的影响是推高了半导体产品的制造成本。

虽然取消“301 条款”关税是一个循序渐进的过程，但对恢复美

国半导体供应至关重要。

三、对半导体制造设备的零部件征收高额关税阻碍了美国扩大半导体产能

半导体制造设施是资本密集型的，即使美国本土半导体设备制造商为全球提供了近一半的生产工具，但集成到生产工具中的零部件依然依赖进口。对半导体及其相关产品征收 25% 的关税将大幅增加美国半导体制造成本，进而影响制造业投资。《为美国半导体制造创造有益激励法案》正在考虑投资税收抵免，以支持对美国先进晶圆厂的新投资。对半导体设备零部件征收高额关税与美国政府迫切需要提升半导体制造能力的目标背道而驰。

四、取消“301 条款”中有害于半导体产业的关税不会增加美国的贸易谈判压力

中国尚未成为全球半导体技术的主力，2020 年，美国进口半导体及其相关产品的总额达 438.6 亿美元，而从中国的进口额为 26.5 亿美元。从中国进口的大部分芯片仍然是美国半导体公司在中国拥有或运营的工厂制造的。因此，高额关税对中国压力甚微。

中国在全球半导体供应链中的业务主要是组装、封装和测试（ATP）服务。移动和更换 ATP 基础设施的成本是巨大的，将减少美国制造商对半导体先进技术的投资，进而影响美国在半导体行业的持续领先地位。

五、SIA 非常支持美国政府促进本土半导体供应链弹性和多样性

美国 USTR 启动临时产品关税排除程序有助于解决目前的芯片短缺问题，但由于时间的不确定性将会给中国之外的半导体供应链多样化带来长期压力。

SIA 建议 USTR 在考虑取消“301 条款”中有害于半导体产业的关税同时，立即启动更广泛的产品关税排除程序。

(执笔：于杰平 王丽)

韩国政府公布“信息通信技术战略技术发展行动计划 2022”

为应对日益激烈的全球科技竞争，韩国科学与信息通信技术部（MSIT）不断扩大对半导体和量子信息等国家战略技术的投资，同时加强对有前景技术的抢先发现与布局，着力确保核心技术能力、培养人才、扩大基础设施建设，构建本土科技生态系统。

2022 年 1 月 13 日¹，韩国科学与信息通信技术部长公布“信息通信技术（ICT）战略技术发展行动计划 2022”，计划投入 904 亿韩元（约 4.76 亿人民币）用于量子计算、超级计算、下一代半导体和超导等 ICT 战略技术研发。这笔资金总额几乎是 2021 年（467 亿韩元）的两倍，将具体用于资助 12 个项目（含 6 个新增项目），详见表 1。

在量子计算领域：（1）开发和建设 50 个量子比特的量子计算机及相关技术和基础设施；（2）运营量子信息科学家培养中心，以培养一流的量子专家；（3）作为韩美总统峰会的后续措施，将在美国设立量子信息合作研究所。

在高性能计算领域：（1）进行原型芯片制造和验证以开发高性能 CPU；（2）资助广泛的合作研究，利用超级计算解决方案解决科学难题。

在半导体领域：（1）开发一种新型的半导体内存工艺（存算一体）；（2）进行未来的化合物半导体外延开发。

超导领域是一个较新的领域，2022 年将资助非绝缘高温超导技

¹ <https://www.msit.go.kr/eng/bbs/view.do?sCode=eng&mId=4&mPid=2&pageIndex=1&bbsSeqNo=42&nttSeqNo=618&searchOpt=ALL&searchTxt=>

术。

表 1 “ICT 战略技术发展行动计划 2022” 资助的项目

领域	项目名称	项目经费（百万韩元）
量子计算	量子计算技术研发	11,409
	量子科技研发生态系统构建	11,200
	量子科技人才培养	7,050
	（新增）量子计算研究基础设施建设	10,000
	（新增）促进量子技术领域的国际合作	6,000
高性能计算	引领高性能计算发展	13,700
	（新增）推进高性能计算的应用	1,000
半导体	培养半导体领域的综合性高端人才	8,600
	智能半导体器件核心技术研发	--
	（新增）存算一体智能芯片技术研发	9,906
	（新增）下一代化合物半导体核心技术研发	7,500
超导	（新增）高温超导磁体技术研发	4,003

（执笔：于杰平 王丽）

日本政府持续实施“后 5G 信息通信系统基础设施强化研发计划”

“后 5G 信息通信系统基础设施强化研发计划”自 2019 年开始发起¹，总投入资金约 2000 亿日元，项目申请分批启动，项目申报指南持续修订。整体上，“5G 计划”主要资助项目包括三类：第 I 类——后 5G 信息通信系统核心技术开发；第 II 类——先进半导体制造技术开发；第 III 类——先导研究。

日本的大学、科研机构、企业均有资格申请，可以单独或联合申请。日本经济产业省商务信息政策局负责确定研发方向，日本新能源与产业技术综合开发机构（NEDO）负责具体的项目管理以及评审工作。评审工作分两个阶段：第一阶段由经济产业省商务信息政策局执行，从宏观政策层面审查研究方案及课题的合理性；第二

¹ https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100172.html

阶段由 NEDO 执行，从技术层面审查其合理性。

“后 5G 信息通信系统基础设施强化研发计划”的项目申报自 2020 年 4 月 15 日启动¹以来，项目申报指南已更新 2 次（2021 年 3 月 9 日²，2021 年 6 月 30 日³），项目申报已开启多轮，最近一次申报为 2022 年 1 月 17 日-2 月 17 日⁴。

最新项目指南包括的技术主题方向如下：

（一）后 5G 信息通信系统核心技术开发（I 类）

1. 核心网络：（1）“云”核心先进技术，（2）“云”网络综合管理和自动优化技术。

2. 传输线路：（1）光传输系统高速化技术，（2）光传输数字信号处理（DSP）高速化技术，（3）应对小型化的高速非易失存储技术，（4）固定无线传输系统大容量化技术，（5）先进总线传输技术，（6）超高速光链路技术，（7）先进光开关技术。

3. 基站：（1）虚拟化基站控制器的高性能技术，（2）基站无线电单元高性能技术，（3）基站装置间互连相关的评估和验证技术，（4）高频设备的高功率和小型化技术，（5）耐高温的光连接技术，（6）高频功放集成阵列天线封装技术，（7）先进无线接入技术。

4. 边缘计算：（1）用于边缘计算的先进逻辑芯片技术设计与开发，（2）用于边缘计算服务器的大容量、高带宽内存模块技术设计与开发。

5. 终端：终端通信功能配置技术开发。

（二）先进半导体制造技术开发（II 类）

1. 先进半导体前道工艺技术开发（More Moore）：2nm 及以下

¹ <https://www.meti.go.jp/press/2020/04/20200415001/20200415001.html>

² <https://www.meti.go.jp/press/2020/02/20210205005/20210205005.html>

³ <https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210630001/20210630001.html>

⁴ <https://www.meti.go.jp/press/2021/01/20220117002/20220117002.html>

节点的半导体制造技术，包括微细加工技术（光刻）、薄膜沉积、布线技术、退火工艺、蚀刻技术、清洗技术等关键制造与工艺技术。

2. 先进半导体后道工艺技术开发 (More than Moore): (1) 高性能计算专用芯片先进封装技术, (2) 边缘计算专用芯片先进封装技术, (3) 高性能计算/边缘计算专用芯片的共性基础封装技术。

(三) 先导研究

先导研究主要随着第 I 类项目和第 II 类项目的新增、扩展而部署或调整, 此类技术可能在后 5G 时代无法实现实用化, 但极具应用前景, 包括下一代网络技术 (量子网络)、传输技术 (光互联)、基站技术 (基站虚拟化)、应用系统技术 (多场景用例)、移动边缘计算技术 (实时/低功耗/自适应) 等 I 类主题项目及相关 II 类开发技术。

(执笔: 于杰平 王丽)

前沿研究

多国研究人员合作研发分子光机纳米谐振腔将中红外光转化为可见光

从无线电波到 x 射线的全谱电磁信号的控制和分析制约着信息处理、电信网络、材料表征、光谱学、成像到遥感等领域的技术进步。中红外和远红外频率范围从几太赫兹到 100 太赫兹不等, 在国土安全、气体、化学品和生物组织的分子分析、热成像和无损材料检测以及天文调查等领域有着广泛的应用。然而, 红外探测技术在灵敏度、成本效益和集成度方面无法与可见光和近红外 (VIS/NIR) 探测器相媲美, 从而激发了利用 VIS/NIR 探测器进行红外光谱分析的新方法, 如非线性干涉仪、与量子技术兼容的相干频率上转换。

光机腔最近成为有望实现量子相干频率转换的候选器件。瑞士

洛桑联邦理工学院、中国武汉工程大学、德国耶拿大学、西班牙巴伦西亚理工大学以及荷兰原子和分子物理学研究所（AMOLF）组成的研究团队开发出一种新方法，通过分子光机纳米谐振腔将红外光频率改变为可见光频率来探测红外光¹⁻²。该分子装置可以将常见的高灵敏度的可见光探测器的“视线”延伸到红外区域。

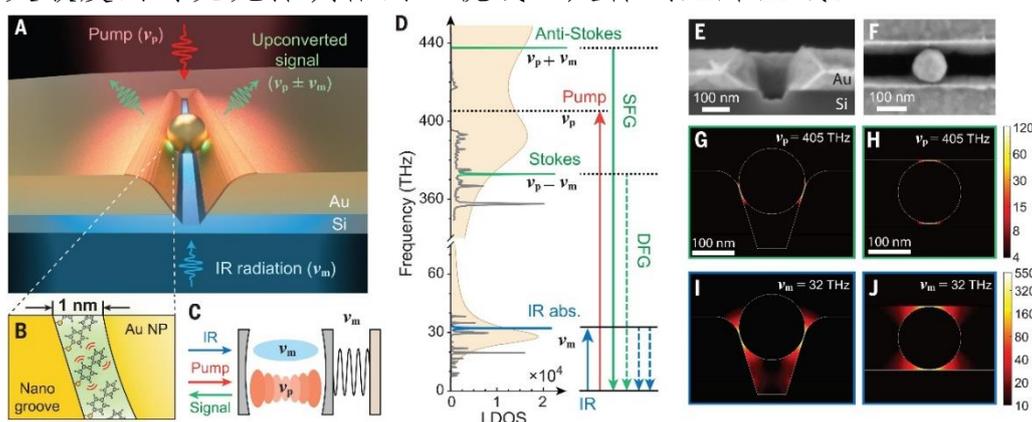


图 1 分子光力学上转换概念

研究人员使用了一个容纳数百个分子的等离子体纳米腔演示了在环境条件下，从中红外（32 太赫兹）到可见光域的亚微光连续波信号的光机转换。入射光场共振驱动集体分子振动，在可见光泵浦激光器上产生相干调制，并产生亚自然线宽的上转换拉曼边带。经过预测和实验验证，与自由空间相比，每个分子的上转换效率总体提高了至少 13 个数量级。

这个新分子装置有许多优越的特点。首先，转换过程是相干的，原始红外光中存在的所有信息都能映射到新产生的可见光中，这使得高分辨率红外光谱学可以用标准探测器来进行，比如手机摄像头中的探测器。其次，每个装置的长度和宽度大约为几微米，可以被纳入大型像素阵列中。最后，该方法具有高度的通用性，只需选择具有不同振动模式的分子，就可以适应不同的频率。然而，目前该

¹ Chen W, Roelli P, Hu HT, et al. Continuous-wave frequency upconversion with a molecular optomechanical nanocavity[J]. SCIENCE, 2021, 374(6572): 1264-1267. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abk3106>
² http://portal.nstl.gov.cn/STMonitor/home/bianyiy_recordshow.htm?id=107837&parentPageId=1643107850071&serverId=14

分子装置的光转换效率很低，研究人员正在进一步改进，这是走向商业应用的关键一步。

(执笔：沈湘)

三项最新《Nature》论文均表明硅量子计算的保真度可高于 99%¹

经典计算机以比特来存储和处理信息，比特的值可以为 1 或 0。而量子计算机的量子比特值可以是 1，也可以是 0，或者因为量子叠加同时是 1 和 0。这将使量子计算机比经典计算机具有指数级的强大功能。然而，量子态对外界干扰非常敏感，以致于退相干等问题阻碍了量子比特数量扩张，进而限制了量子计算机的实用性。

2022 年 1 月 19 日，《Nature》期刊在网站上优先出版了来自日本理化学研究所²、荷兰代尔夫特理工大学³和澳大利亚新南威尔士大学⁴的三支国际量子计算研究团队的研究成果。这三个研究团队都证明了硅量子计算的保真度可以高于 99%。其中，日本理化学研究所研究团队基于硅/硅锗合金量子点实现了单量子比特 99.84%和双量子比特 99.51%的保真度；荷兰代尔夫特理工大学研究团队同样基于硅/硅锗合金量子点实现了单量子比特 99.87%和双量子比特 99.65%的保真度；澳大利亚新南威尔士大学研究团队通过离子注入硅，基于核自旋实现了单量子比特 99.95%和双量子比特 99.37%的保真度。

¹ a) http://portal.nstl.gov.cn/STMonitor/home/bianyi_recordshow.htm?id=107865&parentPageId=1643189210048&serverId=14; b) <https://newatlas.com/quantum-computing/silicon-quantum-computing-99-percent-accuracy>

² Noiri A, Takeda K, Nakajima T, et al. Fast universal quantum gate above the fault-tolerance threshold in silicon[J]. Nature, 2022, 601(7893): 338-342. <https://www.nature.com/articles/s41586-021-04182-y>

³ Xue Xiao, Russ M, Samkharadze Nodar, et al. Quantum logic with spin qubits crossing the surface code threshold[J]. Nature, 2022, 601(7893): 343-347. <https://www.nature.com/articles/s41586-021-04273-w>

⁴ Madzik MT, Asaad S, Youssry A, et al. Precision tomography of a three-qubit donor quantum processor in silicon[J]. Nature, 2022, 601(7893): 348-353. <https://www.nature.com/articles/s41586-021-04292-7>

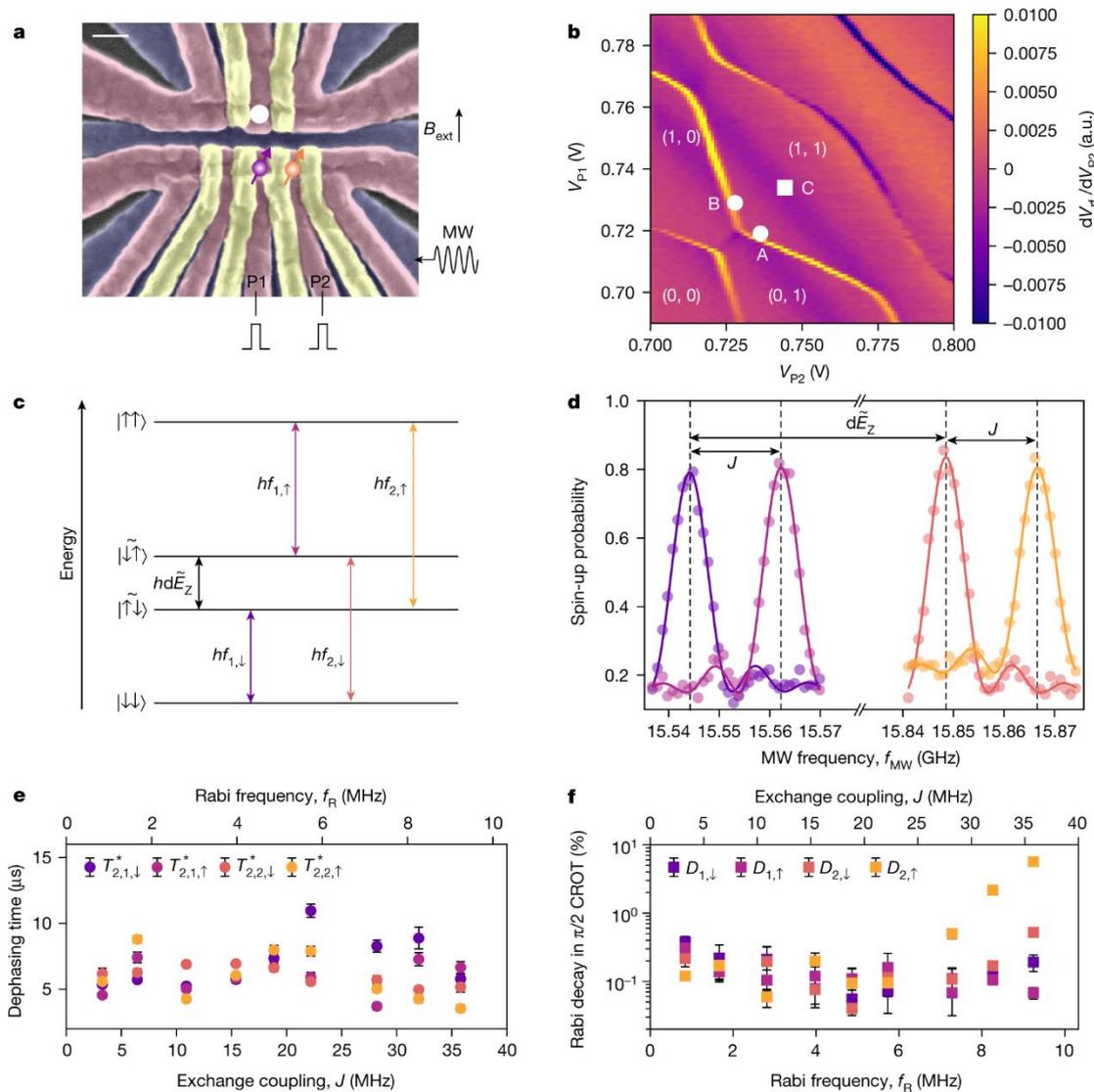


图 1 日本理化学研究所研究团队构建的双量子比特系统

现在三项新研究同时证明了错误率低于 1% 的硅量子计算机系统，意味着，可纠错的硅量子计算可以实现。从当前主流的商业半导体基础设施来看，这无疑是量子计算迈向实用性、大规模量子比特方向的重要里程碑。

(执笔：沈湘 王丽)

美英合作开发大面积范德华超晶格光物质耦合材料

半导体多量子阱 (MQW) 和超晶格构成了所有现代高性能光电

和光子元件的基础，涉及调制器、激光器和光电探测器等。然而，大多数已知的可扩展多量子阱和超晶格结构都是外延生长的。虽然外延多量子阱和超晶格的商业化已经取得了重要进展，但它们在任意衬底上集成的固有困难限制了它们的广泛应用。范德华半导体的出现，具有能在晶圆尺度上均匀生长并高保真地转移到任意衬底上的能力，为在人工堆叠结构中合理设计电子和光子色散开辟了新的途径。

二维（2D）范德华材料是一大类具有多种电子性质的材料，这种多样性能够互相结合组成具有新特性和潜在应用的异质结构。以前大部分研究都集中在用机械剥离层制造的异质结构上，这些层的横向尺寸为几微米见方，厚度不均匀，这对制造具有足够重现性的超晶格结构以满足所需的光子或电子色散提出了实质性的挑战。对于光子应用而言，二维材料的单分子层是不理想的，尽管有共振光学响应，但是与光的相互作用较弱，因为材料厚度小于 1 nm。Mo、W、Re 等半导体过渡金属二卤化物（TMDC）是范德华材料的一个子类，由于过渡金属与硫族元素的强面内键合，具有大而复杂的折射率。TMDC 的低介电屏蔽和高度受限激子波函数导致激子结合能约为 500 meV。为了设计 TMDC 与光的强相互作用，并保持其单层结构的关键优势，有必要在一维结构中构建具有单层重复单元的超材料或超晶格结构。

在美国陆军研究实验室等资助下，美国宾夕法尼亚州立大学、加州大学洛杉矶分校、空军研究实验室、布鲁克海文国家实验室、戴顿大学和英国爱思强（AIXTRON）公司的研究人员合作¹⁻²，开发了一种制造高光发射原子级薄超晶格或半导体薄膜的新方法。研究

¹ Kumar P, Lynch J, Song BK, et al. Light-matter coupling in large-area van der Waals superlattices[J]. NATURE NANOTECHNOLOGY, 2021, DOI10.1038/s41565-021-01023-x. <https://www.nature.com/articles/s41565-021-01023-x>

² http://portal.nstl.gov.cn/STMonitor/home/bianyiy_recordshow.htm?id=107866&parentPageId=1643189175572&serverId=14

人员制作了一个由钨和硫组成的五个原子厚的超晶格，可直接在晶片上生长，然后再溶解基板，使得晶格可以转移到任何所需的材料上。这种超晶格非常薄、重量轻并具有成本效益，而且可以通过操纵超晶格的形状间接控制其发光。

该研究从实验上实现了超材料或超晶格的统一吸收（near-unity absorption），同时保持单层 TMDC 的增强光致发光发射和光电特性。超晶格的规模为平方厘米，由金属有机化学气相沉积（MOCVD）生长的 TMDC（ MoS_2 和 WS_2 ）的重复单元以及堆叠在金背反射器上的绝缘间隔物（h-BN 和 Al_2O_3 ）组成（图 1a）。当光以大于 45° 的入射角耦合到超晶格中时，超晶格中出现了强耦合激子极化。此外，通过改变超晶格及其单元的几何参数，可以观察到激子-极化子色散和耦合强度都是可调控的。这种组装过程既通用又简单，由于没有微加工限制，因此在材料选择方面具有极大的灵活性，可以允许几个不同的二维硫属化合物和间隔层的集成。人工设计、可扩展的范德华超晶格为电子、光电和光子应用开辟了广阔前景。

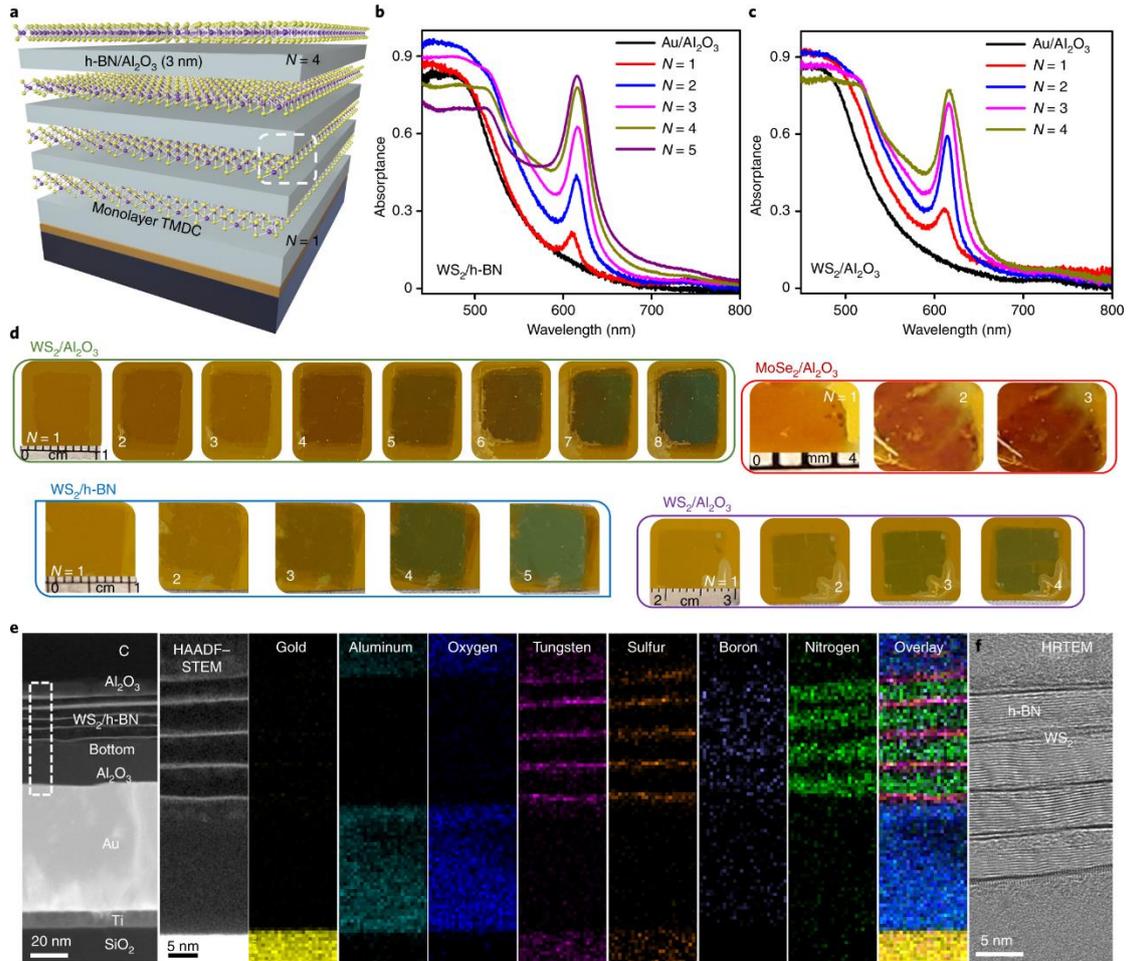


图 1 多层激子量子阱超晶格的结构和组成

(执笔：沈湘)

瑞英合作开发同时读取多个量子比特的方法

量子计算可以比经典计算机更有效地解决计算问题，但构造必要的量子硬件是一个相当大的技术挑战。硅量子点（QD）的电子自旋是一种很有前途的固态系统，如最近报道的长相干、高保真量子比特满足了构建接近容错阈值的量子计算机的基本要求，可用于制造此类硬件。硅量子点通常使用定制工艺制造，但最近的研究表明，它们可以使用行业兼容甚至行业标准工艺大规模制造。

2021 年 11 月 16 日 IBM 推出一款 127 个量子比特的量子计算处

理器“Eagle”，成为目前全球量子比特数最多并且是首款突破“100比特大关”的量子计算处理器，规模超过了谷歌公司2019年9月推出的53个量子比特的量子计算原型机“悬铃木”和中国科技大学2021年10月推出的66个量子比特的可编程超导量子计算原型机“祖冲之二号”。根据IBM在2020年9月15日发布的量子技术扩展路线图，IBM还计划在2022年推出433比特IBM量子处理器“Osprey”，2023年推出1121比特IBM量子处理器“Condor”，并在未来推出超过一百万比特的处理器。

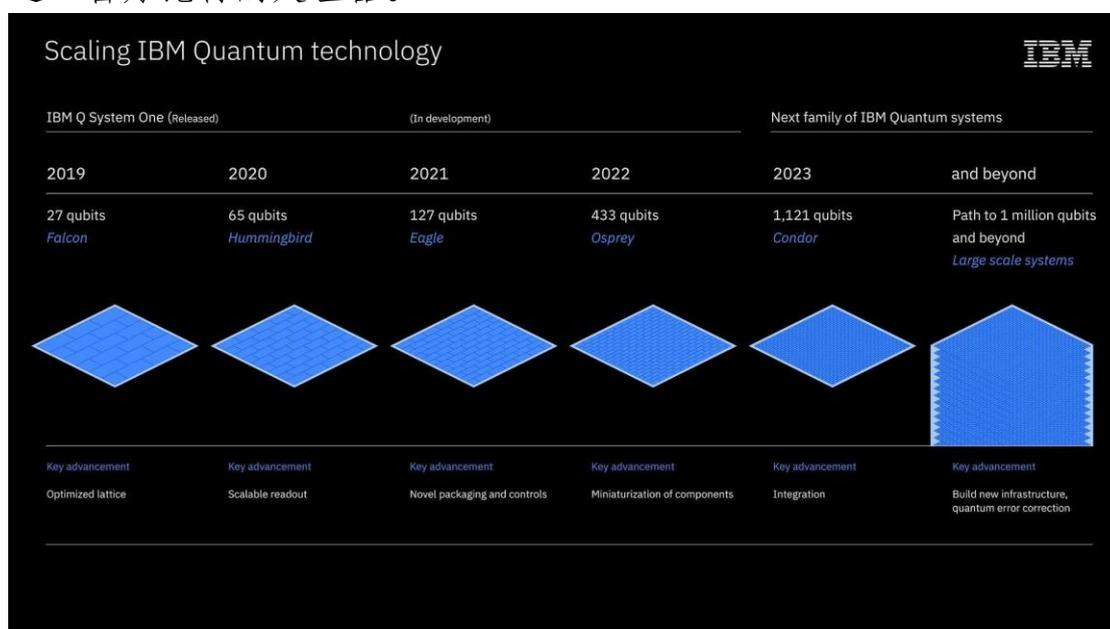


图 1 IBM 公布的量子计算技术路线图

量子计算机的工作原理不同于传统计算机，依靠量子叠加和纠缠的特性能够执行复杂计算，可应用于生物化学、密码学等领域。现在面临的一个挑战是扩展量子比特数量以提高计算机的处理能力。更为复杂的挑战是，量子比特的工作温度接近绝对零度（零下273.15摄氏度），因此在室温下读取和控制它们异常困难。研究人员通常会在室温下使用设备，单独控制每个量子比特。

目前大规模硅量子计算机的不同蓝图已经被报道，这些方案达成的共识是：（1）基于金属-氧化物-半导体（MOS）的量子点阵列来实现量子比特；（2）用经典数字和模拟电路实现控制和读取。全

系统集成将减少占用空间，易于信号同步，减少延迟和最小化芯片间布线。然而，鉴于经典电子器件在毫开尔文（millikelvin）冷却温度下能力降低，最终可能的集成水平不确定。因此，探索集成的极限对于创建成熟的固态量子处理器至关重要。

瑞士联邦洛桑理工大学、日立欧洲有限公司、英国剑桥大学和量子计算初创公司（Quantum Motion Technologies）组成的研究团队开发出一种新方法¹⁻²，能够突破技术障碍，有效地同时读取多个量子比特。研究人员将量子点整合到晶体管中来模拟量子比特，并在几乎与量子计算机同等的温度条件下进行实验，通过用单个链路操作三个量子比特的方法来减少连接数，可以同时有效读取九个量子比特。该方法还可以扩展到更大的量子比特矩阵。

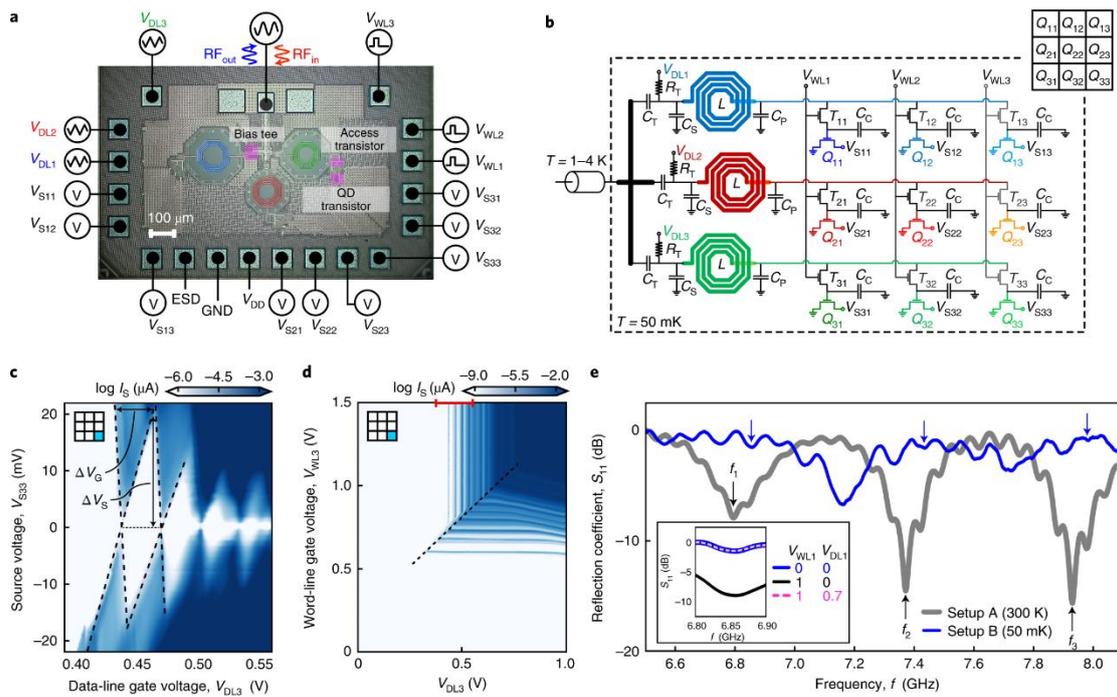


图 2 全集成的低温 CMOS 量子经典矩阵示意图

研究人员使用工业 40nm CMOS 技术制造的非交互硅基量子点阵

¹ Ruffino A, Yang TY, Michniewicz J, et al. A cryo-CMOS chip that integrates silicon quantum dots and multiplexed dispersive readout electronics[J]. NATURE ELECTRONICS, 2022, DOI10.1038/s41928-021-00687-6. <https://www.nature.com/articles/s41928-021-00687-6>

² http://portal.nstl.gov.cn/STMonitor/home/bianyiy_recordshow.htm?id=107867&parentPageId=1643189128008&serverId=14

列，在毫开尔文工作温度下实现资源高效利用和可扩展多路微波读出。单个量子点可以使用带有数字晶体管的行列随机访问架构来读取，可以二次减少输入数量；使用基于门的微波反射技术稳定兼容的工业 CMOS 技术进行读出，其核心元素完全集成在芯片上。最后，研究人员演示了时域和频域多路复用，从而使每个量子点的读出谐振器数量呈亚线性缩放（从而最小化电路占用），同时保留了一定程度的并行读出，非常适合量子纠错。

（执笔：沈湘）

产业动态

ICT 行业开启融合发展：SK 集团旗下 3 家公司 SK Telecom、SK Square 和 SK hynix 组建 ICT 联盟

据 SK Hynix 官网 1 月 8 日报道¹，SK 集团旗下的 SK Telecom、SK Square 和 SK Hynix 宣布成立“SK ICT 联盟”，联合研发和投资 ICT 融合技术。此次结盟正值 SK Hynix 庆祝加入 SK 集团十周年之际，加之 SK Square 成功从 SK Telecom 剥离，标志着半导体、通信和投资之间协同增效的新时代开始。

从 2022 年 1 月起，这三家公司将由最高决策层“协作委员会”运营，由副董事长 Park Jung-ho 担任主席，委员会成员还有 SK Telecom 首席执行官 Ryu Young sang 和 SK hynix 首席执行官 Lee Seok-Hee。

SK Hynix 表示，三家公司在 ICT 方面组成联盟，目的是在半导体、5G、AI 等诸多 ICT 领域获得全球性竞争力，三家公司计划通过

¹ http://portal.nstl.gov.cn/STMonitor/home/bianyiy_recordshow.htm?id=107830&parentPageId=1643086611280&serverId=14

SK Square 的创新投资、SK Telecom 的 5G 和 AI 技术、SK Hynix 的未来半导体技术，在全球市场开展联合业务活动。具体目标包括：

1. 增加 SK Telecom 自主研发的人工智能芯片 SAPEON 在全球半导体市场的显示度

SK Telecom、SK Square 和 SK Hynix 将首先创造协同效应，将 SK Telecom 的人工智能芯片 SAPEON 引入全球市场。这三家公司将共同投资在美国成立 SAPEON 公司，并进军全球人工智能半导体市场。

SAPEON 是 SK Telecom 于 2020 年 11 月推出的自主研发人工智能芯片，价格约是 GPU 的一半，但深度学习计算速度是 GPU 的 1.5 倍，功耗比 GPU 低 20%。

SK Telecom 计划利用其在 5G 和人工智能领域积累的研发能力和服务经验，引领 SAPEON 相关技术的发展。从中长期来看，将通过开发专用于数据中心和自动驾驶的人工智能芯片来扩大 SAPEON 阵容。

SK Telecom 还将促进其 AI 半导体和 SK Hynix 半导体存储技术之间的协同效应，同时与 SK Square 合作吸引战略和金融投资者。

SAPEON 公司将作为一个前哨站，通过吸引美国大型科技公司作为主要客户，将人工智能半导体业务扩展到全球市场，还将积极吸引半导体开发专家和外部投资者。此外，SAPEON Korea 作为 SAPEON 公司的子公司，将负责韩国和亚洲地区的业务。

SK Telecom 预计人工智能和元宇宙的融合将定义未来的 ICT 世界，并计划加速 T Universe、Ifland 和 AI Agent 三大关键服务。此外还将引入新服务，为 UAM 飞机、自动驾驶汽车和机器人等未来设备添加联网智能。

2. 创造和运营超过 1 万亿韩元的 ICT 投资资本

SK Telecom、SK Square 和 SK Hynix 计划今年建立海外投资基地

以吸引海外金融投资者投资，创造和运营超过 1 万亿韩元的总投资资本。目前已和全球知名投资者接洽讨论。

在投资资金的支持下，三家公司将积极投资技术创新型公司，如人工智能、元宇宙、区块链和半导体。三家公司拟通过这些投资在 ICT 行业的融合发展中取得优势，发现可以改变行业格局的独角兽，并带来宝贵的业务协同效应。

SK Telecom 和 SK Hynix 将加强投资公司的商业伙伴关系，甚至获得未来收购这些公司的优势。作为一家投资公司，SK Square 希望建立良好的业绩记录，同时增加其企业价值。

据市场研究公司 Mergermarke 分析，全球收购市场规模在 2021 年达到 1400 万亿韩元，比上一年增长了约两倍。全球企业之间的并购正在迅速调整行业结构，而那些未能跟上这一趋势的行业就会在竞争中落后。

3. SK Hynix 将通过“融入美国”战略扩大全球市场占有率

最近，半导体市场见证了人工智能、自动驾驶和元宇宙等行业的多样化需求，CPU、GPU 和 MPU 等系统架构领域正在走向多元化。现有市场的竞争法不再适用，企业必须开发新的商业模式和技术以保持竞争力。

SK 海力士的目标是成为全球顶尖科技公司，引领瞬息万变的 ICT 行业。随着对英特尔 NAND 和 SSD 业务的收购，SK Hynix 已充分准备好加强 NAND 闪存业务的竞争力，希望摆脱现有的半导体供应商角色，与全球 ICT 公司一起引领未来技术。

此外，美国作为全球最大的 ICT 市场和战场，SK Hynix 将实施“融入美国”战略，以增强商业竞争力并拓展新的合作伙伴关系。SK Hynix 还将在美国建立一个新的业务部门和研发中心。

与此同时，SK Square 计划通过创新投资，加快三家公司之间的协同效应。为了响应 SK Hynix 向全球市场扩张和新技术开发的举措，

SK Square 将对半导体生态系统进行联合投资，并增加元宇宙和区块链等未来创新平台的投资。SK Square 将通过最近投资的虚拟资产交易所 Korbit 进入新的全球区块链市场，并与 SK Telecom 的元宇宙平台 Ifland 合作构建基于区块链的经济系统。

（执笔：沈湘）

美国 Voyant Photonics 公司 A 轮融资 1540 万美元研发芯片级激光雷达的 3D 传感技术

美国 Voyant Photonics 公司致力于使用硅光芯片实现激光雷达（LiDAR），两位公司创始人都曾在硅光子学领域的奠基人、美国哥伦比亚大学 Michal Lipson 教授带领的 Nanophotonics 团队访学。2019 年 7 月 Voyant Photonics 公司从 Contour Venture Partners、LDV Capital 和 DARPA 获得 430 万美金投资以研发硅光电激光雷达，旨在实现硅光芯片内的光相控阵列，用来调控光束的传播方向，通过改变穿过芯片的光相位来避免光的近距离自我干扰，从而产生了强大且人眼无法看到的光，可以在没有任何移动部件的高速环境中，扫描过大片区域，成为自动驾驶的“眼镜”。

据今日半导体 2022 年 1 月 6 日报道¹，Voyant Photonics 公司从 UP.Partners 以及之前的投资机构 LDV Capital 和 Contour Ventures 再次获得 1540 万美元投资以研发芯片级激光雷达（LiDAR）的 3D 传感技术。

以前，激光雷达系统是使用离散的机械和光学元件制造的，导致器件尺寸大且生产成本低。Voyant Photonics 公司利用商用化、可扩展的半导体制造工艺，将数千个光学和电子元件集成到一个芯片上，降低了激光雷达的尺寸和制造复杂性，能够大规模生产激光雷

¹ http://portal.nstl.gov.cn/STMonitor/home/bianyiy_recordshow.htm?id=107307&parentPageId=1643004535760&serverId=14

达系统，从而使激光雷达成为一种无处不在的机器感知技术，为大规模 3D 传感技术的应用铺平道路。

激光雷达可以在许多行业实现 3D 视觉，包括交通、机器人、工业自动化和消费电子。现在 Voyant Photonics 公司的开发工具包可供其候选名单上的部分客户使用。

Voyant Photonics 公司的首席执行官彼得·斯特恩（Peter Stern）认为，公司正在提供第一个由集成光子芯片供电的激光雷达系统。Voyant Photonics 公司的联合创始人克里斯·法尔（Chris Phare）表示，公司很快将推出几百美元的激光雷达系统，未来大规模生产的售价将不到一百美元。

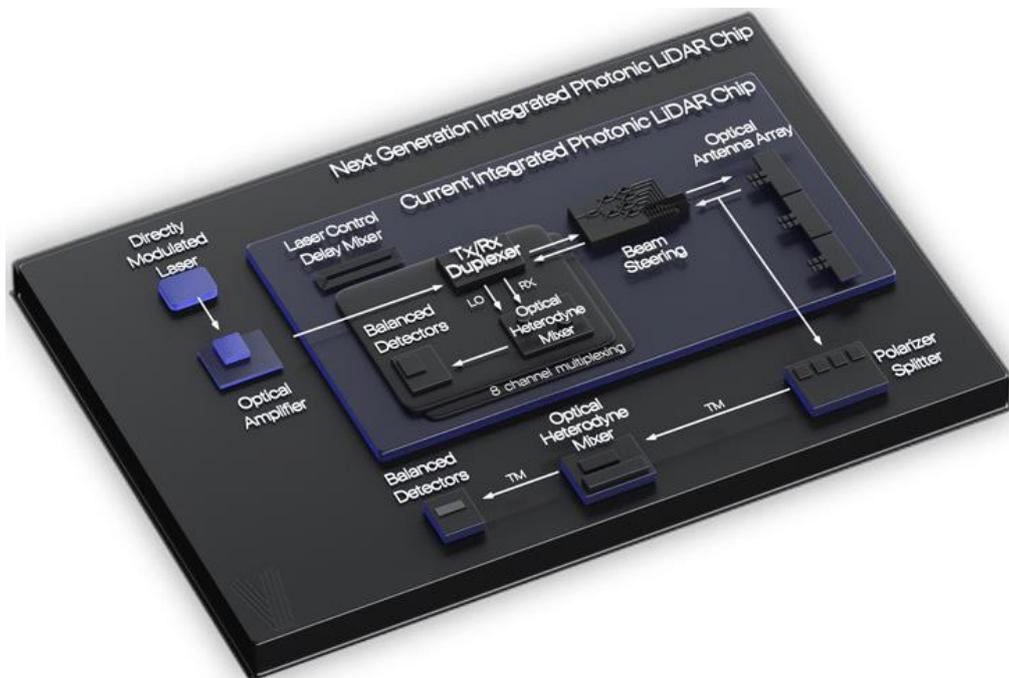


图 1 LiDAR 芯片的技术发展框架

（执笔：沈湘）

美国 Movandi 公司和韩国 Doosan Group 公司将在 5G 毫米波应用领域展开合作

Movandi 推出一种 BeamXR 的解决方案，实际上是信号的增强

器和中继器，可以增加毫米波信号覆盖范围，并减少对基站的需求，使 5G 能够覆盖整个室内或室外环境。Movandi 已经通过车载 BeamXR 技术成功演示了其在车联网中提供无缝 5G 网络实现 C-V2X 的可行性。

2021 年底 Movandi 宣布已完成 5G 射频前端 (RFEE) 毫米波频段和有源中继器的完整产品组合部署。Movandi 表示，其所有的芯片组都是采用系统方法进行自上而下的专业设计，并且独立完成天线设计，基于 BeamX 毫米波专利技术的新产品系列现已涵盖全球市场所有许可的毫米波频段，包括用于中继器、开放式无线电接入网络 (ORAN)、小型蜂窝 (small cell)、客户终端设备 (CPE) 和移动设备的 24 GHz、26 GHz、28 GHz、39 GHz 频段。美国、日本和欧洲的一些运营商和原始设备厂商 (OEM) 已表达出对毫米波频段的浓厚兴趣。

Movandi 近期又宣布为 BeamXR 供电的智能中继器提供新的升级功能和能力，包括将毫米波频谱扩展至 60 GHz、低于 6 GHz 的 RF 模块、具有云智能的新型 mesh 室内和室外软件，以及室外太阳能智能中继器支持，以降低 5G 部署成本。这些以 Movandi 为动力的智能中继器解决方案目前已上市，并由全球 5G 运营商部署。

据每周电子 2022 年 1 月 5 日报道¹，美国 Movandi 公司和韩国 Doosan Group 公司将合作设计和制造基于 BeamXR 技术的智能中继器模块，致力于向全球 5G 毫米波网络中继设备商提供 BeamXR 驱动的平台，包括 O-RAN RU 无线电单元、小型蜂窝和移动设备等。

(执笔：沈湘)

¹ http://portal.nstl.gov.cn/STMonitor/home/bianyi_recordshow.htm?id=107308&parentPageId=1643014494599&serverId=14

日本京瓷 SLD 激光公司实现 LiFi 通信数据速率记录，比 5G 快 100 倍

位于美国加利福尼亚州的日本京瓷子公司 SLD 激光公司（以下简称 KSLD 公司），正在将基于氮化镓（GaN）的激光光源商业化，用于汽车、移动、专业照明和消费应用。据今日半导体 2022 年 1 月 6 日报道¹，KSLD 公司已经实现了号称最快的可见光无线通信技术（LiFi），其数据传输速率超过 90 Gbps（比 5G 快 100 倍）。该公司在美国拉斯维加斯 1 月 5 日至 7 日进行的消费电子展（CES 2022）上展示了 DataLight LiFi 新技术在汽车和消费应用方面的新技术。

KSLD 公司首席执行官 James Raring 表示，为了开创照明和无线连接的未来，该公司的超高速 LiFi 技术具有眼睛安全、不受环境照明影响、安全、高效且无射频干扰等特点，目前正在将 LiFi 解决方案商业化，面向移动应用、汽车、海底以及射频敏感环境（如飞机客舱、智能工厂、医疗保健、安全的政府设施和智能城市）等领域。

KSLD 公司的 DataLight LiFi 新技术利用可见光和红外双发射激光光源，使客户能够将强大的智能照明系统商业化，实现空间动态照明、夜视照明、精确传感、3D 激光雷达以及光功率传输的功能。DataLight 可以针对客户的特定应用进行配置，并具有使用人工智能和机器学习优化性能的潜力。

（执笔：沈湘）

¹ http://portal.nstl.gov.cn/STMonitor/home/bianyi_recordshow.htm?id=107310&parentPageId=1643014623284&serverId=14

《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
执笔人：王丽 于杰平 沈湘
联系人：王丽
电话：010-82626611-6649
电子邮件：wangli@mail.las.ac.cn

