

先进制造与新材料动态

ADVANCED MANUFACTURING AND MATERIALS NEWSLETTER

监测快报

2024 第 22 期
(总第 452 期)

本期要目

- 美发布《制造业美国战略计划 2024》
- 英研究所发布光伏系统材料路线图
- 美 Natcast 发布首个国家半导体中心战略规划
- 美 GAO 提出影响社会的三大科技趋势
- Photonics21 白皮书敦促欧盟向 300 mm 晶圆过渡
- 首次发现通往“量子自旋液体”材料的新途径

中国科学院武汉文献情报中心

目 录

专 题

美发布《制造业美国战略规划 2024》 1
英研究所发布光伏系统材料路线图 4

战略规划

美 Natcast 发布首个国家半导体中心战略规划 8

项目资助

美机构建立新战略合作伙伴关系 10
美 DOE 投资 3500 万美元用于人工智能开发新型催化剂 11
美 CHIPS for America 设计与协作设施选址加州 12
法研究机构、大学和企业联手加速量子光子器件创新 13
德 BMBF 资助量子光学材料和超导量子电路材料研发 14

行业观察

美 GAO 提出影响社会的三大科技趋势 15
Photonics21 白皮书敦促欧盟向 300 mm 晶圆过渡 16

研究进展

用细菌制造可生物降解塑料 17
首次发现通往“量子自旋液体”材料的新途径 18

美发布《制造业美国战略计划 2024》

编者按：美国可能正在经历制造业历史性繁荣。近年来，美国吸引了超过 5000 亿美元的私人投资进入美国制造业和未来产业。在过去两年中，工厂建设的实际支出翻了一番，过去 6 个月内制造业对国内生产总值增长的贡献打破了历史记录¹。美国制造业繁荣背后，离不开“制造业美国”（Manufacturing USA，原美国先进制造业创新网络计划）及旗下研究所的支撑，它们是维持美国在先进制造领域领导地位，建立强大劳动力队伍的关键。《振兴美国制造业和创新法案 2014》授权美国商务部先进制造国家项目办公室（AMNPO）研制并更新《制造业美国战略计划》，以指导制造业美国计划的实施。11 月 4 日，AMNPO 发布最新一期《制造业美国战略计划》²，本期专题对该战略计划做了简要编译。

《制造业美国战略计划》提出的愿景是，将创新技术发展和转变为规模化、高成本效益、性能优越的国内制造能力，维护美国在全球先进制造领域的领导地位。在使命方面，将整合美国人才、思想和技术，解决与行业相关先进制造挑战，增强工业竞争力。制造业美国框架下的 17 家研究所是完成该使命的关键。这些研究所专注于推动关键新兴先进制造技术的开发和商业化，并培训国内工人掌握这些新技术。

目标一：提高美国制造业竞争力

推动技术发展和成熟，降低国内制造业的成本并提高生产率。方法：广泛吸引工业界、学术界和政府及利益相关方参与互动。**行动：**AMNPO 将在国防部、能源部等联邦合作伙伴的支持下，为“制造业美国”网络举办多项活动，分享改进生产工艺或消除国内生产障碍的机遇和挑战。

¹ A Proclamation on National Manufacturing Day, 2023.
<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/presidential-actions/2023/10/05/a-proclamation-on-national-manufacturing-day-2023/>

² Manufacturing USA Releases 2024 Strategic Plan.
<https://www.manufacturingusa.com/news/manufacturing-usa-releases-2024-strategic-plan>

打造多元化的先进制造业生态系统。方法：广泛吸引社会各方参与互动。行动：AMNPO 及其联邦合作伙伴将每年至少支持两项活动，吸引黑人学院和大学、部落学院或大学、少数族裔服务机构、少数族裔企业以及服务农村的高等教育机构进行互动。

建立应用研究与开发创新的项目清单。方法：在符合国家先进制造优先事项的技术领域建立新的研究所，或者支持现有研究所的项目征集。行动：AMNPO 和国防部、能源部等联邦资助机构制定协调一致的最佳实践策略，确定潜在的新研究所和/或修改研究所的优先研究范围。

支持国家先进制造业的优先事项。方法：国防部、能源部等联邦资助机构将确保各个制造业创新研究所拥有足够的灵活性和资源，支撑国家先进制造业的优先事项。行动：AMNPO 将向研究所提供资助，扩大各个研究所活动的影响范围，覆盖更广泛的国家生态系统。各研究所有机会能够影响美国国家先进制造业的优先事项决策，如每年向国家科学技术委员会（NSTC）先进制造技术子委员会汇报感兴趣的技术等。

目标二：推动技术创新，并将创新技术转化为规模化、高成本效益、性能优越的国内制造能力

向美国制造商提供经过验证的先进制造技术、材料和设备。方法：为制造商提供更多接触知识、服务、试验台和设施的机会，供其评估和采用新制造技术。行动：AMNPO 将与国防部、能源部等联邦资助机构合作，开发和分享最佳实践方案，帮助研究所为制造商（包括初创企业和中小企业）提供使用专业设施、设备和其他研究所资源的机会，并推送对后期技术开发信息。

促进分享技术知识和最佳实践以应对先进制造挑战。方法：识别、编纂并传播研究所技术活动产生的知识。行动：AMNPO 将与制造业扩展伙伴计划（MEP）网络合作，支持研究所与 MEP 中心间的知识转移。

鼓励多研究所合作以加速制造技术的开发和应用。方法：鼓励各研究所在技术开发、教育和劳动力发展以及供应链方面的合作。行动：

AMNPO 将为各研究所提供资助，支持开展多研究所项目。

目标三：加速发展先进制造业劳动力

支持开发和整合先进制造领域的证书和认证，以满足行业就业需求。

方法：调整现有的劳动力框架，以识别、开发先进制造劳动力认证。行动：白宫和劳工部将明确先进制造证书和认证所需的优先事项、有效机制和充足资源。

扩大学徒注册制、行业证书、职业咨询、远程教育和职业技术项目等。方法：吸引劳动力参与职业教育与培训。行动：AMNPO 将与联邦政府部门及各研究所合作，每季度召开会议，开发和收集最佳实践方案，实施路线图以协调教育和劳动力发展工作。

广泛吸引社会各类人群从事制造业。方法：支持先进制造业劳动力的公平发展，包括与劳工部和教育部合作，特别强调扩大原本参与不足的群体的参与。行动：AMNPO 将与 MEP 合作，突出展示制造业美国网络中先进个人代表的非凡成就，提高公众对先进制造职业的认识。

目标四：促进制造业创新研究所网络的建立

鼓励各研究所会员共同投资、共担风险。方法：鼓励研究所稳定并扩大会员组织，拥有自我造血功能。行动：AMNPO 和联邦资助机构将审查当前的会员模式和会员价值主张，并推荐发展策略以增加会员价值。

支持研究所发展，确保运营的连续性。方法：AMNPO、联邦资助机构和研究所将明确并开发研究所会员价值，并建立可持续的资金模式，以确保联邦资助中断后对研究所的运营影响最小化。行动：联邦资助机构将协助研究所制定长期运营策略，保持对国家和机构使命的支撑价值。联邦资助机构将分享其研究所的资助定期续签流程和续签评估结果。

支持跨网络合作，推动最佳实践、基础设施及活动的共享。方法：分享经验、知识、最佳实践、资源和基础设施，通过跨网络合作协调研究所的活动。行动：AMNPO 将促进制造美国研究所之间的合作，分享最佳实践，并制定跨网络活动计划，加强创新网络建设。

（黄 健）

英研究所发布光伏系统材料路线图

11月8日，英国亨利·罗伊斯研究所发布光伏系统材料路线图³，回顾了自2020年以来全球在光伏领域的关键进展，并在最后强调了光伏技术发展的关键事项。

报告认为光伏技术已成为全球向零碳排放过渡的中心支柱。为加速全球光伏安装容量的增长，需要增加对太阳能光伏研究和制造的投资，特别是将新技术从实验室规模转化为模块级别的能力。为了实现全球碳中和目标，太瓦级太阳能电力至关重要。预计未来30年内，全球需要安装超过7太瓦峰值的光伏容量，这是目前安装量的八倍以上。

与此同时，报告认为还应该关注新兴的光伏技术，如无机、有机和混合薄膜光伏，以及染料敏化光伏等，这能够使物联网、基础设施和农业变得更加可持续和资源高效。光伏社区还应该积极推动新兴光伏技术标准的制定和采纳，以支持其持续发展、快速商业化和部署。此外，需要推动立法，以回收光伏模块，提取有价值的元素并重新使用，从而减少环境影响和成本。

报告还建议加强学术界和工业界之间的合作，以及不同技术团队之间的数据共享，以解决光伏技术开发中日益复杂的挑战。投资培训和技能发展，以应对光伏技术开发领域的挑战，并加速部署。最后，在考虑光伏部署时，不仅要关注单个模块，还要考虑整个生态系统，包括逆变器、封装材料、关键材料的供应链以及这些供应的安全性，并针对新的应用制定政策和法规，以支持光伏技术的推广和应用。

此外，报告还总结了光伏材料、表征技术与标准、材料计算与建模以及光伏系统可持续性等方面的现状、挑战和关键技术。

(1) 光伏材料

晶体硅 (c-Si) 光伏： c-Si 光伏因具有转换效率高、成本较低、材料丰富、稳定性强以及产能增长快等优势，持续作为增长最快、最广泛的

³ Royce Research Team publishes Progress Update on Materials for Photovoltaic Systems Roadmap. <https://www.royce.ac.uk/news/photovoltaics-roadmap-update-nov2024/>

光伏技术。目前，c-Si PV 的电力成本（LCOE）已降至每兆瓦时 48 美元，能源回报时间已低于一年。c-Si 光伏占据了当前光伏市场约 95% 的份额，并且 2022 年产能达到了 255 吉瓦。

当前挑战及应对方法包括：①需要继续提高 c-Si 光伏的效率，保持每年 0.2%~0.5% 的增长。研究方向包括增加过剩载流子寿命（Increasing excess carrier lifetime）、开发高钝化接触、改进纹理以实现更薄的硅片以及减少金属手指（metal fingers）的阴影和线电阻；②扩展 c-Si PV 的基本效率极限（28%），通过与串联技术结合，将效率提高至 32%~35%；③提高 c-Si 光伏组件的稳定性，深入探究退化机制；④寻找银、铟和铋等稀缺材料的替代品，并减少材料消耗；⑤实现太瓦级别 c-Si 光伏，关键技术包括太阳能电池无银化、避免在透明导电电极中铟的使用、开发低温连接技术以及减少电缆中铜的使用。

碲化镉（CdTe）：CdTe 光伏占据了 2021 年光伏市场 5% 的份额，大约 10 吉瓦的产量。实验室规模的光电转换效率（PCE）已超过 21%，模块效率可达 19%，相比十年前的 9% 有显著提升。CdTe 光伏模块因其高光学吸收系数和低成本制造过程，具有所有光伏技术中最低的电力成本。

当前挑战及应对方法包括：提高开路电压，深入探究晶体和薄膜之间的电压差异，理解晶界、化学计量比、掺杂和界面能级对能级排列的影响；加速创新技术产业化，研究社区应将实验室规模的创新转移到大规模生产中，进一步降低生产成本。

铅卤化物钙钛矿（LHP）单结和多结光伏：LHP 是一类新兴的半导体材料，具有高吸收系数、长的电荷载流子扩散长度和相对良性的缺陷化学性质，已成为光伏吸收层的理想选择。到 2023 年，其效率已达到 26.7%。钙钛矿材料的组成可调性允许制造具有广泛带隙范围的 LHP，这使其能够用于开发多结太阳能电池。目前钙钛矿/硅串联太阳能电池的效率已经达到 33.9%，远超硅和单结钙钛矿光伏的效率。

当前挑战及应对方法包括：提高其可扩展性和稳定性，需要更深入

地理解材料的结晶动力学对纳米尺度上的组成异质性、晶界和界面缺陷形成的影响，以及探究减少缺陷密度和钝化剩余缺陷的方法；加快 LHP 商业化，需要继续开发高效沉积技术、优化光管理、改进制造工艺和提高界面及接触层质量；解决钙钛矿材料的毒性问题，需要开发更绿色环保的溶剂替代品，并在实验室和商业规模上证明其有效性。

有机光伏 (OPV): OPV 因其材料的柔软和分子特性，具有轻质、柔性、易于安装、透明和颜色选择性等卖点。其光电转换效率超过 19%，实验室设备的理论寿命超过 20 年。工业规模的模块效率高达 8%，并且户外光伏寿命预计超过 15 年。

当前挑战包括提高模块寿命、降低成本、实现规模化生产，并且需要适应特定应用的要求，如建筑集成光伏 (BIPV) 和室内光伏。为应对这些挑战，需要深入理解活性层和界面的退化机制，开发无毒溶剂及能够在空气中快速处理的工艺等。对于真空热蒸发 OPV，需要发现高效的可蒸发非富勒烯受体，以提高单结设备的光电转换效率。

(2) 光伏材料表征技术与标准

表征方法和测试标准是光伏技术开发的基石，贯穿从新材料发现到光伏系统实地部署的整个流程。最佳实践文件、协调的协议或在适用的情况下的标准，确保了高质量测量的采纳，尤其是在发布结果时记录所有相关信息。国际电工委员会发布的 IEC 60904 系列和 IEC 61215 系列等标准在光伏行业质量控制中发挥了重要作用。

随着光伏安装规模超过 1 太瓦峰值，需要制定策略以持续提高光伏系统的运行寿命，降低电力成本，减轻行业对全球资源的压力。新技术（如钙钛矿或有机光伏设备）也需要特定的失效机制研究。对于双面光伏设备等新兴光伏技术，相关测量协议或指南尚未完善。

因此，在发展非破坏性表征技术的同时，需要制定和修订相关协议和标准，以验证和评估新技术和方法。此外，更好地传播和获取最佳实践或标准文件也至关重要。

(3) 光伏材料计算与建模

从纳米尺度的高通量材料发现到微米尺度的离子扩散建模，再到生产线上使用深度机器学习进行电池缺陷诊断，计算建模广泛应用于光伏研究和开发的各个尺度。计算材料数据库促进了将已知无机化合物作为新型光伏吸收材料的广泛筛选，包括金属卤化物钙钛矿、双钙钛矿和铜铟镓硒等材料类别。

目前所面临的关键问题包括：最容易获得的设计指标（如带隙和光吸收）并不足以保证高性能的器件表现。光伏器件在非平衡状态下产生电力，需要精确平衡的器件物理属性。此外，对材料的缺陷进行筛选需要大量算力，而高昂的计算成本阻碍了其快速发展。

为应对这些问题，需要推动理论方法的发展，应用机器学习方法预测能量和原子力，并且使用生成式模型对晶体结构进行预测，从而降低计算成本。尽管这些方法仍处于起步阶段，尚未应用于新型光伏的预测，但在其他领域的成功应用显示了其潜力。

(4) 光伏系统的可持续性

光伏系统的环境影响评估涵盖了多个影响因素，这些影响因制造地和安装地的气候而异。其中，水资源的使用在光伏生产和运营中受到关注，尤其是生产阶段的水资源消耗较高。光伏技术相比其他能源技术具有更高的矿物资源稀缺潜力（MRSP）。随着技术进步，硅光伏的硅使用量已显著降低，但对于 CIGS、CdTe 等技术，MRSP 较高，因为它们使用了更多的稀缺元素，如铟和镓。

此外，从连接光伏电解水制氢到集成的“人工叶”面板，光伏概念和材料对太阳能燃料系统的性能贡献显著。这一领域的快速发展展示了太阳能燃料技术的实际应用潜力。光伏领域与太阳能燃料领域之间的协同合作为跨学科合作提供了广泛机会，光伏系统可以从太阳能燃料系统的集成设计中受益，实现成本最小化并扩展功能。

(董金鑫)

战略规划

美 Natcast 发布首个国家半导体中心战略规划

10月24日，美国国家半导体技术促进中心（Natcast）发布《2025-2027财年国家半导体技术中心（NSTC）战略规划》，这是NSTC的首个战略规划，并将随着机构的发展和成熟定期进行更新。规划提出，要将NSTC建设成为一个长久稳定存在的机构，加强和扩大美国在半导体技术领域的领导地位。该规划确立了三个主要目标以及拟采取的措施⁴。

目标 1: 扩大美国的技术领导力

NSTC 将通过识别和推进有前景的半导体技术研究计划，以及促进整个美国半导体生态系统的合作，加强美国在半导体领域的领导地位。NSTC 的研究侧重于“从实验室到工厂”鸿沟的早期阶段，助力实现概念验证。如进展顺利，将进入“从实验室到工厂”的后期阶段，并通过不断增加的私人投资继续走向成熟。为支持这一目标，Natcast 将与 NSTC 成员密切合作，①提供早期研发项目的初始资金，并创建早期研究社区资产；②确定 NSTC 首个长期研究议程，优先识别下一代技术；③通过研究奖项和研究计划实施长期研究议程，包括奖励资助计划、内部研究计划、技术驻留计划、卓越研究中心等；④在半导体行业中促进联系、合作和创新。

Natcast 初步设计了三个下一代技术研究主题：①人工智能时代的能源效率。大语言模型的广泛应用，需要耗费大量的计算、内存、网络和能源等资源，本研究将推动大语言模型及未来关键模型训练指标的整体效率和推理能力的逐步提升，实现未来十年负荷效率 10 万倍的增长，比当前其他预测高出两个数量级；②芯片制造的可持续性。主要是减少并替代芯片制造中用到的全氟和多氟烷基类物质（PFAS），实现净零排放；③安全性和来源。当前半导体供应链的复杂性可能会掩盖相关部件的重

⁴ Natcast Releases National Semiconductor Technology Center (NSTC) Strategic Plan. <https://natcast.org/natcast-releases-nstc-strategic-plan>

要经济数据，并增加篡改、伪造等风险。该研究主题将搭建硅芯片来源框架，实现数字验证，提供商业和国家安全保障。

目标 2: 减少原型制作的时间和成本

Natcast 将建立和管理一个实物和数字资产组合，使 NSTC 社区受益，减少探索、原型设计和验证创新半导体设计的时间和成本。这些基础设施使研究人员能够将想法从实验室概念验证推进到原型和规模化示范，为实现大规模制造产品提供便利。为实现该目标，Natcast 将①建立相关设施，降低半导体原型设计、实验等研发活动的门槛，如 NSTC 原型与“国家先进封装制造项目”先进封装试验设施、NSTC 管理与设计设施、NSTC 极紫外中心、附属技术中心等；②推动获取电子设计自动化，以及设计资源、工具及共享数据集等；③推动获取多项目晶圆（MPWs）及整个价值链的需求；④设立投资基金为初创企业提供资本投资，推动有前景的创新成果商业化。

目标 3: 建立和维持半导体劳动力培养生态系统

2024 年初，Natcast 成立了 NSTC 劳动力卓越中心，培养美国半导体行业所需的多元化和熟练劳动力，提高美国国内制造能力并引领半导体技术的发展。为实现该目标，将从以下四方面发力：①通过合作伙伴关系、资金、认可计划和共享资源，获取有效的劳动力解决方案；②促进半导体劳动力社区利益相关方之间的工作交流；③为利益相关方提供专业知识和定制服务，支持改善区域劳动力培养生态系统；④深入了解半导体劳动力现状，确保利益相关方知情，并展示最佳实践策略。

（冯瑞华）

美机构建立新战略合作伙伴关系

“制造业美国”清洁能源智能制造创新研究所（CESMII）和国家标准与技术研究院“制造业扩展伙伴关系”签署战略谅解备忘录，目的是通过广泛采用智能制造技术来提高美国制造商的竞争力和创新能力⁵。

此次合作旨在使中小型制造企业生态系统在智能制造领域具备规模上的一致性、经济性和深厚的专业知识。制造业扩展伙伴关系通过获得智能制造方面的专业知识，并将其遍及全美的中心网络与相关技术、方法、最佳实践、资源和教育机会等联系起来，扩大其对美国制造业增长和竞争力的影响。此外，CESMII 将利用制造业扩展伙伴关系国家网络的资产和资源，在日益数字化的供应商网络中，协助中小型制造商加速采用智能制造，提高制造业的生产力和竞争力。

该谅解备忘录关注以下关键领域的合作：

（1）智能制造生态系统

双方通过线下及线上研讨会和其他沟通渠道共同促进智能制造，为中小型制造商提供本地化的领域专业知识，帮助整合先进制造技术，并提高全球竞争力。

（2）教育与咨询

提供智能制造课程资源，包括研究所“智能制造学习系统”中特色的课程和软硬件设施，培养动手实践的智能制造技能。通过专家演讲、示范展出和教育研讨会等形式，合作举办区域行业活动。例如，研究所的智能制造业务评估和智能制造加速路线图框架相关工作，就得到了资深顾问团体的支持。

（3）技术集成

借助研究所在智能制造方面的专业知识，制造业扩展伙伴关系将通

⁵ CESMII and NIST MEP Forging a Strategic Partnership to Advance U.S. Manufacturing Competitiveness. <https://www.cesmii.org/cesmii-and-nist-mep-forging-a-strategic-partnership-to-advance-u-s-manufacturing-competitiveness/>

过在其全美中心网络中引入新技术和最佳实践来扩大其影响力，帮助中小型制造商从数据驱动的智能制造中实现价值。这其中包括研究所的入门工具包和智能制造互操作性平台，旨在加速数字化转型，并应用于整个供应链。

(尹伟)

美 DOE 投资 3500 万美元用于人工智能开发新型催化剂

11 月 14 日，美国能源部先进能源研究计划署 (ARPA-E) 宣布投资 3500 万美元，启动 CATALCHEM-E (Catalytic Application Testing for Accelerated Learning Chemistries via High-throughput Experimentation and Modeling Efficiently) 项目，通过高通量实验和高效建模，将人工智能与自主实验室相结合，创建新的工作流程，开发新型工业催化剂并进行应用测试研究⁶。

催化剂的发现和开发是一个复杂且耗时的过程，通常需要至少十年才能完成。CATALCHEM-E 项目将自主实验室等高通量实验平台与人工智能和机器学习 (AI/ML) 相结合，自主创造颠覆性的工作流程，将开发时间从十年缩短到一年，加快新型催化剂材料的发现。新研究和开发方法将整合多尺度性能测试数据和多尺度理论预测、合成、表征数据，以及实验研究催化剂优化周期。因此，自主实验室在高通量实验平台中能够在几小时内完成传统方法需要几周或几个月才能完成的工作。

基于 CATALCHEM-E 项目新开发的催化剂将助力制造低排放化学品、燃料和材料，促进石油、炼油和化工行业的工业增长，减少材料工业制造所需的能源，节省时间和资源。

(冯瑞华)

⁶ U.S. Department of Energy Announces \$35 Million Initiative that Combines AI and Autonomous Labs to Accelerate Industrial Decarbonization.
<https://arpa-e.energy.gov/news-and-media/press-releases/us-department-energy-announces-35-million-initiative-combines-ai-and>

美 CHIPS for America 设计与协作设施选址加州

11月1日，美国国家半导体技术促进中心（Natcast）宣布，第二个研发旗舰设施——CHIPS for America 设计与协作设施（DCF）将选址加利福尼亚州桑尼维尔。DCF 将在整个半导体价值链中起到推进半导体设计研究、劳动力培养、投资和协作等重要作用。而第一个研发旗舰设施——高数值孔径极紫外（NA-EUV）光刻中心已于2023年12月选址在纽约州奥尔巴尼纳米技术综合体^{7,8}。

桑尼维尔将成为半导体研发和劳动力培养的首要地点，汇集来自整个生态系统的NSTC成员，应对微电子行业和当今世界面临的严峻挑战。DCF 将是一个多功能设施，成为Natcast和NSTC运营的关键地点，①在芯片设计、电子设计自动化（EDA）、芯片和系统架构以及硬件安全方面进行先进半导体研究；②举办各种项目活动，包括NSTC劳动力卓越中心、设计支持门户（Design Enablement Gateway）和未来投资基金；③召集半导体生态系统的NSTC成员和利益相关方；④实施各种管理功能。

DCF 将促进行业领导者、学术界、投资者和政府合作伙伴之间的合作，并通过NSTC卓越劳动力中心提供的会晤空间、劳动力最佳实践和举措，建立并强化本地和美国生态系统。DCF 还将为NSTC成员提供宝贵的物理和数字资产，以开发下一代半导体技术，满足日益严苛的最终用途需求，如人工智能和5G等。

（冯瑞华）

⁷ Biden-Harris Administration Announces Sunnyvale, CA as Expected Location for Second CHIPS for America R&D Flagship Facility.

<https://www.commerce.gov/news/press-releases/2024/11/biden-harris-administration-announces-sunnyvale-ca-expected-location>

⁸ SIA Commends Selections for CHIPS R&D Flagship Facilities.

<https://www.semiconductors.org/sia-commends-selections-for-chips-rd-flagship-facilities/>

法研究机构、大学和企业联手加速量子光子器件创新

11月13日，法国 Quandela 公司与国家科学研究中心（CNRS）、巴黎-萨克雷大学、巴黎西岱大学在法国纳米科学与纳米技术中心成立 QDlight 联合研究实验室，专注于纳米设备内的量子光子器件研究。未来，量子光子器件将彻底改变数据处理和安全领域，对各行各业产生影响。上述机构计划在六年时间内合作开发下一代量子态光子发射器，并将其应用于量子信息技术，维护法国在光子量子计算机领域的领导地位，提高法国的计算能力⁹。

新联合实验室旨在通过开发发射器和协议产生新的光量子态，创建容错光子量子计算机，展示量子通信协议。两个研究重点如下：

“光”重点 开发量子光子纠缠协议，创建多方纠缠的光子链和光子图。这些非经典的光子状态是“量身定做”量子计算范式的核心，该范式则是创建通用量子机器的最具希望框架。

“生长”重点 集中在该联合实验室生产的基于量子点的光子器件的质量方面。器件质量依赖于超高纯度材料的生长（决定光子等“量子纯度”），以及光子器件生产可重复性的提高。

【快报延伸】

2017年以来，Quandela 和其前身纳米科学与纳米技术中心之间的合作，促成了研究人员和工程师在半导体量子点物理学基础研究、固体微腔中的光与物质相互作用、量子光子的产生和测量协议、以及量子协议和计算的首次实施方面的多次互动。

作为欧洲领先的光子量子计算公司，Quandela 生产和销售光子量子计算不可或缺的组件——量子态光子发射器，并于 2023 年交付了首台光子量子计算机。Quandela 的量子光子发射器由量子点组成，这些量子点在半导体矩阵中的行为类似于人工原子。将连续的激光脉冲集中在这

⁹ Quandela, the CNRS, Université Paris-Saclay and Université Paris Cité join forces to accelerate research and innovation in quantum photonics.
<https://www.cnrs.fr/en/press/quandela-cnrs-universite-paris-saclay-and-universite-paris-cite-join-forces-accelerate>

些人工原子上，可以按需产生一系列无差别的单光子。在光腔提供的最佳共振和光子萃取条件下，这些量子点可以产生几十兆赫兹的光子通量，从而在光子芯片上有效地实现量子计算协议。

QDlight 联合实验室的成立标志着法国在半导体单光子源技术领域保持全球优势的下一阶段工作。实验室将不断改进量子点，并推动高质量量子点的应用。

(蒿巧利)

德 BMBF 资助量子光学材料和超导量子电路材料研发

11 月，德国联邦教育研究部（BMBF）在“量子系统——开发顶尖技术，塑造未来”研究计划下，通过“量子系统的创新材料和工艺”资助措施启动 2 个量子材料项目，具体如下¹⁰。

(1) GOI-4-IQ-Nano 项目

开发玻璃基板上的单晶磷化镓薄膜（GaP-on-insulator, GOI），作为高度集成的量子纳米光学的新平台。为实现光子集成电路和元表面，对晶片进行横向微结构和纳米结构处理。实现基于 GOI 的集成量子光学系统是一项重大技术挑战。该项目旨在通过实验证明该材料系统在相关应用结构中的优越性。

(2) QuantumSpice 项目

研究并优化超导量子电路制造中使用的材料组合和加工方案。约瑟夫森结是所有超导量子计算机芯片的基本组成部分。项目的重点是提高约瑟夫森结的质量和可靠性。此外，项目还将研究新的表征方法，以大大加快学习周期，为电路研究和实现技术所需的性能改进及技术扩展创造新的机会。

(蒿巧利)

¹⁰ Neue Projekte im November.

<https://www.quantentechnologien.de/artikel/neue-projekte-im-november-2.html>

美 GAO 提出影响社会的三大科技趋势

11 月，美国政府问责办公室（GAO）发布题为《展望未来：可能影响社会的三大科技趋势》（*On the Horizon: Three Science and Technology Trends that Could Affect Society*）的报告，重点关注未来十年的科技发展趋势。报告详细描述了三项新兴技术的发展情况及潜在影响因素，旨在为可能对美国产生重大影响的技术提供前瞻性见解¹¹。

技术 1: 通过基因编辑治疗或预防疾病

基因编辑在治疗或预防疾病、改善认知能力、延长寿命和增强身体机能等方面呈现出广阔前景，但该技术的发展可能会受到伦理问题的限制，特别是遗传问题。此外，该技术的成本较高，每位患者需花费超 200 万美元，并且联邦资金能否用于特定类型的基因编辑研究尚不明确。

技术 2: 在太空中制造半导体晶体

太空具备微重力、真空、污染小等独特环境，相较于在地球上制造的半导体晶体，在太空中制造的半导体晶体能够具有更少的缺陷和更高的纯度。这些高质量半导体将有助于制造出功能更强大的计算机、速度更快的通信系统及性能提升的消费电子产品。然而，该技术十分依赖于美国国外的原材料供应链，并且需要能够满足制造需求的航天器。报告指出，政策制定者需考虑构建投资、开发和知识产权保护的全面许可框架对于促进该技术发展的可行性。

技术 3: 可生物降解的生物塑料

可生物降解的生物塑料是一类由生物源材料制成的塑料，在环境中分解的速度比传统塑料快。该生物塑料的现世有望缓解传统塑料的环境污染问题，但这一技术也面临着一些挑战，例如生物塑料的降解将增大二氧化碳的排放，并且使消费者消费行为的环保预期与实际情况产生偏

¹¹ On the Horizon: Three Science and Technology Trends that Could Affect Society.
<https://www.gao.gov/products/gao-25-107542>

差。因此，政策制定者应考虑增加此类技术标签的清晰度，例如明确标注生物降解所需的条件，同时增强消费者的相关教育，消除上述偏差。

（吴文涛）

Photonics21 白皮书敦促欧盟向 300 mm 晶圆过渡

欧洲光子器件领域技术平台 Photonics21 发布了《300 mm 光子器件白皮书》，提出欧洲光子技术必须尽快过渡到 300 mm 晶圆，否则欧洲工业和社会可能依赖美国和/或亚洲供应商。转向更大的晶圆不仅对欧洲光子产业有益，还能确保欧洲双用途技术主权。该白皮书已获得了欧洲纳米电子技术研究协会（AENEAS）的支持¹²。

白皮书提出，尽管 200 mm 晶圆仍然很重要，但 200 mm 和 300 mm 晶圆之间的技术差距正在扩大。例如，EUV 等最先进的光刻工具、最先进的 3D 晶圆堆叠等仅在 300 mm 晶圆上可用。因此 200 mm 晶圆的光子产品/技术在性能、成本和产能方面有落后的风险。

白皮书识别了已经准备好进行过渡的产品和技术，包括微测辐射计成像仪、光子集成电路（PICs）以及对生产至关重要的 300 mm 外延和晶圆级测试工具。到 2028/2029 年，欧洲公司在微测辐射计成像仪、PICs 和 300 mm 光子器件工具的年销售额将达到 18 亿欧元，直接创造 7300 个工作岗位，将使欧洲在光子器件产业中处于领先地位。

白皮书认为，这一过渡将需要昂贵的开发费用，没有欧盟委员会和成员国的支持难以实现。Photonics21 请求欧洲芯片联合中心（Chips JU）支持，并尽可能地降低 300 mm 试验线的使用门槛。如果欧洲没有可用于制造红外热成像仪和 PICs 的 300 mm 工业设施，则应该启动《欧盟芯片法案》“同类首创”（first-of-a-kind）开放代工厂资助机制。

（黄 健）

¹² Time for Europe's photonics to move to 300mm wafers - Photonics21 white paper.
<https://www.photonics21.org/2024/time-for-europe%E2%80%99s-photonics-to-move-to-300mm-wafers---photonics21-white-paper>

用细菌制造可生物降解塑料

伪芳香族二羧酸具有与广泛使用的石油基芳香族二羧酸相似的化学结构，其聚合物呈现出较芳香族聚酯（如 PET）更加优良的物理性能和生物降解性，因此其作为一类可以合成聚合物塑料的环保单体备受关注。然而，传统基于化学技术的生产方法，存在产率和选择性低、反应条件复杂、产生危险废弃物等问题，极大限制了生产及其应用。

韩国科学技术研究院 Sang Yup Lee 团队利用系统代谢工程技术，开发了一种微生物菌株，实现了 5 种伪芳香族二羧酸的高效生产。该技术有望应用于各种聚酯生产工业过程，将有助于未来以微生物为基础的生物单体产业取代以石油化工为基础的化工产业¹³。

研究人员以棒状杆菌为研究模型，利用代谢工程技术构建了平台微生物菌株，该菌株能够增强原儿茶酸（多种伪芳香族二羧酸的前体）的代谢流动并防止其流失。在此基础上，研究人员通过转录组分析方法发现了基因操作靶点，生产出 76.17 g/L 的 2-吡喃酮-4,6-二羧酸，同时利用新发现和构建出的 3 种吡啶二羧酸的生产代谢途径，成功生产出 2.79 g/L 的 2,3-吡啶二羧酸、0.49 g/L 的 2,4-吡啶二羧酸和 1.42 g/L 的 2,5-吡啶二羧酸。此外，研究人员通过构建和强化 2,6-吡啶二羧酸生物合成途径，使 2,6-吡啶二羧酸的浓度达到了 15.01 g/L。值得一提的是，此方法生产的 2,4-、2,5-和 2,6-吡啶二羧酸具有全球最高的浓度，特别是 2,4-和 2,5-吡啶二羧酸的产量达到 g/L 的规模，而以往方法的产量仅为 mg/L 级别。

上述研究工作发表在 *PNAS*（文章标题：Metabolic engineering of *Corynebacterium glutamicum* for the production of pyrone and pyridine dicarboxylic acids）。

（吴文涛）

¹³ KAIST Researchers Suggest an Extraordinary Alternative to Petroleum-based PET - Bacteria!
https://news.kaist.ac.kr/newsen/html/news/?mode=V&mng_no=41350

首次发现通往“量子自旋液体”材料的新途径

量子自旋液体是一种理论上存在的物质状态，其磁性特性不遵循经典物理定律。与常规铁磁材料（如冰箱磁铁）不同，量子自旋液体中的电子通过量子纠缠而非有序排列来连接。英国伯明翰大学宣布发现了一种基于钌的新物质，这种物质满足了“Kitaev 量子自旋液体状态”的要求，为实现和控制具有新物理特性的量子材料迈出重要一步¹⁴。

通过使用英国 ISIS 中子和 μ 子源以及 Diamond Light Source 仪器，研究人员证明了该新型材料具有开放框架结构，可以调节钌金属离子之间的相互作用，为实现 Kitaev 量子自旋液体状态提供了新途径。这项工作是理解新材料设计及物质量子态探索的非常重要的一步。它揭示了迄今为止尚未得到充分探索的一大类材料，这可能为设计用于量子应用的新型磁性材料提供重要线索。

上述研究工作发表在 *Nature Communications*（文章标题：Kitaev interactions through extended superexchange pathways in the $j_{\text{eff}}=1/2$ Ru^{3+} honeycomb magnet $\text{RuP}_3\text{SiO}_{11}$ ）。

（蒿巧利）

¹⁴ New route to ‘quantum spin liquid’ materials discovered for first time.
<https://www.birmingham.ac.uk/news/2024/new-route-to-quantum-spin-liquid-materials-discovered-for-first-time>

中国科学院武汉文献情报中心
先进制造与新材料情报研究



微信扫一扫，关注我们

编辑：中国科学院武汉文献情报中心战略情报部
地址：湖北省武汉市武昌区小洪山西 25 号
电话：027-8719 9180
传真：027-8719 9202
邮箱：[amto at whlib.ac.cn](mailto:amto@whlib.ac.cn)