

先进制造与新材料动态

ADVANCED MANUFACTURING AND MATERIALS NEWSLETTER

监测快报

2024 第23期
(总第453期)

本期要目

- “制造业美国”新建所专注半导体数字孪生技术
- 英 M4QN 发布量子技术材料路线图
- 美 DOE 资助 LENS 联盟以推动钠离子电池发展
- 美商务部计划斥资 3 亿美元推动半导体封装项目
- 美 DOE 投资 3600 万美元从废水中回收关键资源
- 日本科学家成功研制紧凑型高精度光晶格钟

中国科学院武汉文献情报中心

目 录

战略规划

“制造业美国” 新建所专注半导体数字孪生技术 1

英 M4QN 发布量子技术材料路线图 2

项目资助

美 DOE 资助 LENS 联盟以推动钠离子电池发展 4

美商务部计划斥资 3 亿美元推动半导体封装项目 4

美 DOE 投资 3600 万美元从废水中回收关键资源 6

研究进展

一步法快速制备新型催化剂 7

可在海洋中降解的新型可回收塑料 8

日本科学家成功研制紧凑型高精度光晶格钟 9

微尺度声学超材料的可调谐超声传播 10

SemiQon 发布首款针对低温环境优化的 CMOS 晶体管 10

战略规划

“制造业美国”新建所专注半导体数字孪生技术

11月19日，美国商务部与半导体研究联盟（Semiconductor Research Corporation, SRC）进行谈判，拟提供2.85亿美元资金（来自联邦和非联邦的总资助预计达10亿美元），资助后者建立和运营总部位于北卡罗来纳州达勒姆（Durham）的“制造业美国”研究所。这家名为 SMART USA（取自 Semiconductor Manufacturing and Advanced Research with Twins USA）的研究所将专注于开发、验证和利用数字孪生技术，推动美国国内半导体设计、制造、先进封装、组装和测试流程等。该所将加入“制造业美国”研究所序列，成为第18家研究所¹。

该研究所成员遍布美国30多个州，预计有150多家实体合作伙伴，还包括10家国家实验室、5家“制造业美国”研究所、5个经济发展机构和4个贸易与工会团体等。研究所通过汇聚产学研相关力量，加快先进半导体技术的开发与应用，缩短芯片生产的时间并降低成本，同时为下一代半导体劳动力队伍提供培训机会。

该研究所计划在未来五年内，实现以下目标：①召集半导体设计、制造、先进封装、组装和测试行业的利益相关方，在协作环境中解决与数字孪生相关的共同挑战；②使用数字孪生实现产能规划改进、生产优化、设施升级和实时流程调整，将美国芯片开发和制造成本降低35%以上；③将半导体制造、先进封装、组装和测试的开发周期缩短30%，并加快相关创新技术的开发及应用，包括突破性工具、材料和制造工艺等；④与半导体制造相关的温室气体排放量减少25%；⑤对10万名工人和学生进行数字孪生技术培训。

（万 勇）

¹ CHIPS for America Announces New Proposed \$285 Million Award for CHIPS Manufacturing USA Institute for Digital Twins, Headquartered in North Carolina.
<https://www.commerce.gov/news/press-releases/2024/11/chips-america-announces-new-proposed-285-million-award-chips>

英 M4QN 发布量子技术材料路线图

11 月 7 日，英国量子材料网络（Materials for Quantum Network, M4QN）与亨利·罗伊斯研究所合作发布《量子技术材料的未来方向》（*Future Directions for Materials for Quantum Technologies*）路线图报告。该报告基于 1 月 8 日至 9 日 M4QN 路线图会议上的专家讨论，汇集了学术界、工业界和政府约 80 位专家的意见，识别了未来十年内英国量子技术在计算和传感成像领域的材料发展关键挑战。报告涵盖了从量子比特材料到封装材料（如胶水、密封剂和多层互连）的全方面需求，并探讨了这些材料与科学及应用之间的联系^{2,3}。

报告确定了计算和通信、传感和成像两个关键量子应用领域材料开发的挑战。两个领域之间的共同材料需求包括：

（1）固态量子发射器的材料开发和高效光子集成

多方面的材料集成，包括异质结、纳米光子器件制造和精确的接口技术；围绕片上光子系统需求开发新材料。

（2）材料质量和质量控制表征

在缺陷工程中，控制材料质量、表征质量控制结果，确保英国相关材料的供应链韧性。

（3）材料和量子系统发现与建模

研究和发现新的量子比特系统，包括二维、拓扑和自旋电子学系统，以探索可替代的生长技术；研究具有更高临界温度的材料；高质量薄膜材料；自旋系统的自动发现和表征。

报告还提出了三项发展建议，包括：

（1）技能和培训

吸引新的研究人员，支持提升现有研究人员的技能，创建新的教育和社区项目培训下一代研究人员和工程师。支持非传统和偏离主流想法

² Future directions for materials for quantum technologies report.

<https://m4qn.org/news/future-directions-report>

³ Royce welcomes Future Directions for Materials for Quantum Technologies Report.

<https://www.royce.ac.uk/news/m4qn-report-nov24/>

的研究提案，以此来鼓励创新思维。

（2）基础设施

从建模和高性能计算到二维材料合成及表征的小规模实验室、纳米制造设施、制造量子设备的大规模基础设施、晶圆测试试点生产设施和开放铸造厂等，基础设施对于推动英国量子社区在多个领域的进展至关重要，并以此实现英国的工业规模制造。报告建议，**英国需打造一个专门的创新金刚石的基础设施**，促进从金刚石高精度开发到实际大规模生产的无缝过渡，满足传感和成像应用需要。报告指出，英国可能已经具备这种能力，但有些需要改进，有些需要开发，以确保英国继续处于技术创新的前沿。

（3）资金

投入资金招聘和留住经验丰富的人员，保障研究项目和相关设备。支持不同专业之间的跨学科合作，以及包括工业界和学术界代表在内的实验室交流。

【快报延伸】

量子材料网络（M4QN）路线图活动由 M4QN 与亨利·罗伊斯研究所合作举办，并由制造研究所（Institute for Manufacturing, IfM）提供协助。该网络汇集了英国的材料研究基础、现有的国家量子技术计划（NQTP）和正在发展的量子技术产业基础，在英国范围内进行协调努力。M4QN 有两个主要目标：形成新的跨学科研究社区；确定应用领域内的新跨学科研究课题。

（蒿巧利）

项目资助

美 DOE 资助 LENS 联盟以推动钠离子电池发展

美国能源部（DOE）将在未来五年内拨款 5000 万美元，用于支持“低成本地球丰富钠离子储存”（Low-cost Earth-abundant Na-ion Storage, LENS）联盟⁴。该联盟由阿贡国家实验室牵头，成员包括布鲁克海文实验室、劳伦斯伯克利实验室、太平洋西北实验室等 5 家国家实验室，以及佛罗里达州立大学、加州大学圣地亚哥分校等 8 所大学。联盟旨在开发高能量密度、长寿命的钠离子电池，并在美国培养新一代电池科学家和研究人员，培育钠离子电池的产业生态系统，解决美国对锂离子电池中关键原材料的依赖，增加电动汽车电池供应的多样性，为电动汽车技术的可持续发展提供助力。

钠离子电池能够在部分应用中减少甚至摆脱对锂、钴和镍的需求，从而提供一种更经济实惠且可持续的解决方案。目前，钠离子电池所遇到的挑战是如何提高电池的能量密度，同时最小化或消除所有关键原材料的使用。为克服这一难题，阿贡实验室宣布召集了国家实验室和大学组成的国际级研究团队，将共同努力发现和开发高能电极材料，改进电解液，以及设计和集成电池单元并进行基准测试。同时，LENS 联盟将成立由成熟和新兴公司组成的顾问委员会，为其提供宝贵的行业视角，以培育美国钠离子电池生态系统。

（董金鑫）

美商务部计划斥资 3 亿美元推动半导体封装项目

11 月 21 日，美国政府宣布，美国商务部将与佐治亚州、加利福尼亚州和亚利桑那州就先进封装研究项目进行谈判，计划投资高达 3 亿美元，加强美国在人工智能等关键行业的尖端基板技术的领导地位。该项

⁴ A New Era for Batteries: Argonne Leads \$50M Sodium-Ion Innovation Push.
<https://www.bnl.gov/newsroom/news.php?a=122213>

投资还将撬动私营部门投入，使得项目预期总投资额逾 4.7 亿美元⁵。

先进基板是一种物理平台，允许多个半导体芯片无缝组装在一起，实现芯片之间的高带宽通信，高效传输电力并散热。先进基板是先进封装的基础，它将增强关键的先进封装技术，包括但不限于设备、工具、工艺和工艺集成。基于先进基板的先进封装将有力支撑人工智能高性能计算、下一代无线通信和更高效的功率电子器件。此类基板尚未在美国生产，但对于建立和扩展美国先进封装能力至关重要。拟议项目包括：

（1）佐治亚州基板和材料先进研究与技术（SMART）封装项目

将由 Absolics 公司牵头，合作伙伴包括 30 多个学术机构、大型和小型企业以及非营利组织，将构建玻璃芯封装生态系统，并支持对未来大批量制造能力的投资。项目还将把培训、实习和认证机会引入技术学院、黑人学院和大学和退伍军人计划，支持教育和劳动力开发工作。

（2）加利福尼亚州硅芯基板技术项目

将由应用材料公司牵头，合作伙伴包括 10 多个学术机构、大型和小型企业以及非营利组织，将推动颠覆性的硅芯基板技术开发和商业化，用于下一代先进封装和 3D 异质集成，支撑下一代节能人工智能和高性能计算系统的开发和构建，提升美国在先进封装领域的领导地位。此外，项目还将加强美国州立大学和半导体行业之间的培训和实习渠道。

（3）亚利桑那州扇外型晶圆级封装（FOWLP）项目

将由亚利桑那州立大学牵头，合作伙伴包括 10 多个学术机构、大型和小型企业以及非营利组织，将利用先进电子和光子学核心设施（AEP）探索 300 mm 晶圆级和 600 mm 面板级制造的商业可行性。项目将利用合作伙伴在材料、设备、芯粒（Chiplet）设计、电子设计自动化和制造等领域的专业知识，建立互连代工厂，将先进封装和劳动力发展计划与半导体工厂和制造商联系起来。

（黄 健）

⁵ CHIPS for America Announces up to \$300 million in Funding to Boost U.S. Semiconductor Packaging.
<https://www.commerce.gov/news/press-releases/2024/11/chips-america-announces-300-million-funding-boost-us-semiconductor>

美 DOE 投资 3600 万美元从废水中回收关键资源

11 月 21 日，美国能源部（DOE）先进能源研究计划署（ARPA-E）发起“实现废水中含能化合物增值回收”（Realize Energy-rich Compound Opportunities Valorizing Extraction from Refuse waters, RECOVER）计划，宣布投入 3600 万美元，用于从废水中回收关键金属和高能源价值材料，例如氨⁶。

美国大部分施用于农田的氨最终流入废水，且电子、清洁能源和军事技术所需的大多数关键金属大量存在于生活废水系统中，未经处理而丢弃。RECOVER 计划将开发从废水中提取关键材料的新方法和工艺，加强美国获取氨和关键金属的能力。来自农业、采矿和石油天然气生产的废水中含有充足的氨和关键金属，足以取代美国的全部或大部分进口量。RECOVER 计划的目标是通过废水资源回收的方式，替代美国国内 50% 的氨供应和 100% 的关键金属供应。

新回收技术将具有节能、高选择性和耐用性等优势，可长期使用，能够从废水中捕获多种高能材料。新工艺的操作步骤少，具备自动化和可扩展性，并且能够适配现有或新建的废水处理设施，既能减少能源消耗和二氧化碳排放，还能保持成本竞争力。

（冯瑞华）

⁶ U.S. Department of Energy Announces \$36 Million to Unlock Critical Resources from Wastewater.
<https://arpa-e.energy.gov/news-and-media/press-releases/us-department-energy-announces-36-million-unlock-critical-resources>

研究进展

一步法快速制备新型催化剂

金属封装共价有机框架（COFs）因具有优良的催化性能备受关注。传统制备金属封装 COFs 的方法需要多个工艺步骤和若干天反应时间，并且涉及危险溶剂、高温、隔绝空气等严苛条件，这极大限制了金属封装 COFs 的广泛研究和应用。

美国克拉克亚特兰大大学 Xinle Li 团队发展了一种一步法室温合成工艺，能够在一小时内完成金属封装 COFs 的制备，且无需有毒溶剂和隔绝空气等条件。该方法提升了金属封装 COFs 的合成效率和可持续性，有望拓宽其在各领域的应用⁷。

研究人员利用机械化学原位封装策略，在室温和空气环境下对 COFs 前体和金属离子进行球磨，在一小时内快速合成得到金属封装 COFs，合成产量可达克级。表征结果显示，合成的金属封装 COFs 具有高结晶度，且金属元素均匀分布于 COFs 中。研究人员进一步将该材料用于催化芳基溴和芳基硼酸的 Suzuki-Miyaura 偶联反应，该反应在室温下 1 小时的转化率高达 96%-99%。此合成方法具有良好普适性，通过改变金属离子和 COFs 的种类，可制备出多种金属封装 COFs 材料，可望用于催化、储能、储气、化学传感以及吸附和分离等一系列应用。

上述研究工作发表在 *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*（文章标题：Mechanochemical in Situ Encapsulation of Palladium in Covalent Organic Frameworks）。

（吴文涛）

⁷ From Days to Hours: A Faster Way to Make a Promising New Catalyst.
<https://newscenter.lbl.gov/2024/11/26/from-days-to-hours-a-faster-way-to-make-a-promising-new-catalyst/>

可在海洋中降解的新型可回收塑料

科学家们长期致力于开发安全可持续的材料，以取代不可持续且危害环境的传统塑料。虽然已存在一些可回收和可生物降解的塑料（如聚乳酸），但这些塑料不溶于水，进入海洋后无法降解。当前，微塑料（尺寸小于 5 mm 的塑料碎片）已对水生生物造成了严重危害，并进入食物链，甚至是人体。

日本理化学研究所新兴物质科学中心 Takuzo Aida 团队开发了一种新型超分子塑料，该塑料坚固且可生物降解，并能够在海水中分解，将有助于缓解微塑料在海洋和土壤中积累并最终进入食物链等污染危害问题⁸。

研究人员发现将六偏磷酸盐和胍盐在水中混合时，得到了两种相分离的液体，其中一相为粘稠相，包含两种单体相互作用形成的结构交联盐桥，另一相为水相，溶解有副产物无机盐。通过对粘稠相液体进行干燥处理，即得到所需新型超分子塑料。实验结果显示，这种新型塑料无毒、不易燃，并且与其他热塑性塑料一样，能够在超过 120 °C 的温度下重塑。此外，通过改变胍盐的种类，研究人员制备出了硬度和拉伸强度各异的塑料，这些塑料的性能均比肩或优于传统塑料，这意味着可根据需求定制出硬质耐划伤塑料、橡胶硅胶状塑料、强承重塑料或低强度柔性塑料等一系列新型功能塑料。在可回收性和生物降解性方面，当将塑料置于盐水中时，单体间的相互作用被破坏，导致塑料发生分解，并可以粉末形式回收 91% 的六偏磷酸盐和 82% 的胍盐，回收方式简单高效；而将塑料埋于土壤中，由于六偏磷酸盐和胍盐均能被细菌分解，塑料能够在 10 天内完全降解，并作为肥料为土壤提供磷和氮等营养元素。

上述研究工作发表在 *Science*（文章标题：Mechanically strong yet metabolizable supramolecular plastics by desalting upon phase separation）。

（吴文涛）

⁸ Bye-bye microplastics: new plastic is recyclable and fully ocean-degradable.
https://www.riken.jp/en/news_pubs/research_news/pr/2024/20241122_1/index.html

日本科学家成功研制紧凑型高精度光晶格钟

光晶格钟是一种原子钟，精度相当于 100 亿年里仅产生大约 1 秒误差，比目前定义国际单位制秒的铯原子钟高出数百倍，是下一代定义国际单位制秒的有力候选者，有望成为未来社会的关键基础性设施，促进超高精度高程测量和定位系统的开发。

东京大学 Hidetoshi Katori 教授领导的研究团队研发出世界上第一台体积小、性能稳定、精度超高的光晶格钟⁹。

该光晶格钟包括用于在真空室内对时钟跃迁进行光谱分析的物理套件、用于操纵原子的激光器、时钟操作的控制系统以及用作激光器频率参考的光学腔。激光冷却的原子被囚禁在光学晶格中，并在低温黑体辐射屏蔽中高精度测量时钟跃迁频率。研究团队将垫片线圈嵌入物理包的真空室内并紧凑集成激光器和控制电子设备实现整体设备小型化，成功将光晶格钟体积从传统 920 升缩减至 250 升。激光器和控制系统的设计可承受温度波动、振动和长期老化，确保在不同环境下的可靠性能。



体积为 250 升的紧凑型光晶格钟

（黄 健）

⁹ Successful development of the world's first compact and robust high-precision optical lattice clock with a 250-L volume.
https://www.jst.go.jp/pr/announce/20241121/index_e.html

微尺度声学超材料的可调谐超声传播

低频和大尺寸的声学超材料已得到广泛研究，但高频下微尺度声学超材料的超声波控制或表征还面临挑战。麻省理工学院 Carlos Portela 领导的研究团队提出了一个新颖而简单的微球设计框架，可以调整超声波在 3D 微尺度超材料中的传播方式¹⁰。

研究人员使用简单的支撑立方晶胞设计，提出了三种微球放置策略，增强了超声波传播特性的可调性。所有含微球的设计均通过一步、单材料、双光子光刻工艺构建，以实现其在微尺度上的制造。基于无损、高通量激光超声波表征，研究人员通过实验展示了微米级材料内的可调弹性波速度，可调的准静态刚度高达 75%，动态纵波速度高达 25%。

通过简单的几何变化，微球设计框架扩展了超材料的可调动态特性空间，使微尺度声学超材料和器件的设计和制造变得简单明了。该研究还提升了制造和表征微尺度声学超材料的实验能力，以推动其在医疗超声和机械计算领域的应用。更重要的是，微球设计框架适用于微尺度以外的其他制造技术，只需要单一的组成材料和一个基本的 3D 几何体，即可获得在很大程度上可调谐的特性。

上述研究工作发表在 *Science Advances*（文章标题：Tailored ultrasound propagation in microscale metamaterials via inertia design）。

（冯瑞华）

SemiQon 发布首款针对低温环境优化的 CMOS 晶体管

11 月 26 日，芬兰量子硬件公司 SemiQon 推出全球首款能够在低温环境下高效运行的 CMOS 晶体管，这一创新显著提升了电子设备的性能，消除了散热问题，并为量子计算机的可扩展性铺平了道路。这款晶体管能够在 1 开尔文及更低温度下工作，消耗的功率仅为传统室温晶体管的 0.1%，并且热耗散降低 1000 倍。这不仅是量子计算领域的一项巨

¹⁰ Tunable ultrasound propagation in microscale metamaterials.
<https://news.mit.edu/2024/tunable-ultrasound-propagation-microscale-metamaterials-1120>

大突破，还可能为高性能计算和航天应用带来能效提升¹¹。

传统电子元件在超低温环境下性能不佳，这成为了实现量子计算机容错水平的主要障碍。该新型 CMOS 晶体管通过减少 1000 倍的热耗散，允许控制和读出电子设备直接放置在与处理器同处的低温环境中，而不会对系统造成热干扰。这种设计简化了随着量子处理器规模扩大而日益增长的控制和读出复杂性，克服了一个几乎没有其他可行解决方案的严峻挑战。

SemiQon 公司预计在 2025 年向客户交付首批低温优化的 CMOS 晶体管。这些晶体管将减少量子计算机所需的昂贵控制电子基础设施，使这些机器的构建更加简便，操作更加高效。由于量子计算机在实现容错性的过程中复杂度会持续增加，这些晶体管的优势预计将受到量子计算机制造商及其投资者的青睐。

（蒿巧利）

¹¹ First ever CMOS transistor fully optimized for cryogenic conditions released by SemiQon.
<https://www.semiqon.tech/news-insights/first-ever-cmos-transistor-fully-optimized-for-cryogenic-conditions-released-by-semiqon>

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)