

先进制造与新材料动态

ADVANCED MANUFACTURING AND MATERIALS NEWSLETTER

监测快报

2025 第10期
(总第464期)

本期要目

- SIA 向美参议院提出半导体产业发展建议
- 德教研部部署项目降低回收厂电池起火风险
- 波兰资助 3.2 亿美元建设锂离子电池材料工厂
- 沙特与美国合作建立稀土磁性器件供应链
- 体内声学 3D 打印技术助力深层组织修复与药物输送
- 首次证明单质铋的非拓扑特征

中国科学院武汉文献情报中心

目 录

战略规划

SIA 向美参议院提出半导体产业发展建议 1

项目资助

德教研部项目降低回收厂电池起火风险 2

波兰资助 3.2 亿美元建设锂离子电池材料工厂 3

沙特与美国合作建立稀土磁性器件供应链 4

研究进展

钪掺杂晶格技术创固态电池离子传导新纪录 4

动态畴壁观测技术实现亚埃级分辨率突破 5

CO₂是安全制备精确聚合物的关键..... 6

体内声学 3D 打印技术助力深层组织修复与药物输送 6

超声波实现更安全环保的水凝胶制造 8

首次证明单质铋的非拓扑特征 9

揭示超导量子比特材料界面层奥秘 10

仿生地衣系统推动混凝土自修复 11

SIA 向美参议院提出半导体产业发展建议

5月14日，美国半导体行业协会（SIA）政府事务副总裁 David Isaacs 在主题为“关键供应链中的贸易”的听证会上，向参议院财政委员会发表证词，阐述了推进贸易、税收、放松监管以及其他旨在确保美国在半导体技术领域保持领先地位的政策的重要性。以下简要翻译 SIA 观点及建议¹。

美国半导体行业在过去几十年中一直占据全球市场的领先地位，目前拥有全球 50.7% 的市场份额。美国政府和半导体行业应携手合作，制定全面的政策战略，以维持并增强美国的领先优势。为此，SIA 支持特朗普总统的半导体生产回流目标，这对于加强美国供应链至关重要。SIA 成员正在全美 28 个州投资超过 5000 亿美元，且仍在增加，用于新建半导体制造、研发设施，并培养新一代美国人才和劳动力。

贸易对于美国半导体行业的领先地位同样重要。2024 年，美国半导体行业约 70% 的收入来自美国境外客户。为了扩大半导体企业长期、资本密集型投资，企业需要确信，除了强劲的美国国内需求外，其产品能够进入全球市场并拥有全球客户群体。同时，必须确保美国芯片开发和生产具有成本竞争力。美国的贸易政策以及其他国内政策（例如税收、许可等）应旨在缩小美国与其他地区建设及运营半导体生产设施的成本差距。

SIA 提出以下建议以实现上述目标：

- （1）与盟友和伙伴就半导体技术及其衍生产品达成协议，为美国芯片和下游电子产品创造市场，并激励更具韧性的供应链建设；
- （2）实施国内税收激励政策，以促进对国内半导体生态系统的投资，并增强供应链韧性，包括延长和扩大先进制造投资税收抵免政策；

¹ SIA Advocates for U.S. Trade Policies that Advance American Leadership in Semiconductors.
<https://www.semiconductors.org/sia-advocates-for-u-s-trade-policies-that-advance-american-leadership-in-semiconductors/>

（3）简化法规，以促进美国芯片供应链投资，包括审查可能无意中阻碍建设半导体制造设施能力的法规；

（4）资助研发和劳动力培训项目，推进 SIA 政策蓝图中关于劳动力发展的建议；

（5）实施可降低设计和制造半导体所需的关键投入要素（包括材料和设备）成本的政策。

（黄 健）

项目资助

德教研部项目降低回收厂电池起火风险

德国垃圾分拣厂每年发生的火灾超过 1 万起，其中约 80% 由锂离子电池引起。锂离子电池广泛用于智能手机、电动牙刷等产品中，常与包装垃圾一起被丢弃。在分拣厂的回收过程中，这些电池容易受损并引发火灾，由此造成的损失每年约达 10 亿欧元。

在德国联邦教育与研究部“DangerSort”项目的资助下，德国弗劳恩霍夫集成电路研究所正在开发一种基于传感器的分拣系统，该系统使用 X 射线技术和人工智能来检测有害的锂离子电池，并在早期阶段将其从其他垃圾流中分离出来²。在 X 射线分拣系统中，一条传送带以 3 米/秒的速度运送垃圾流，传送带上方的 X 射线源能够对物料流进行扫描，识别出安装在电子产品中或被其他垃圾掩盖的电池；传送带下方安装的 X 射线探测器能够对物料进行图像拍摄，从而形成连续的 X 射线照片序列。

² Sensor-Based Waste Sorting Reduces Number of Battery Fires in Recycling Plants.
<https://www.fraunhofer.de/en/press/research-news/2025/may-2025/sensor-based-waste-sorting-reduces-number-of-battery-fires-in-recycling-plants.html>

为精准分析这些照片，研究人员开发了一种能够进行快速图像处理的人工智能系统，用于专门检测含有锂离子电池的产品。根据收集的数据信息，系统将控制特殊的压缩空气阀，通过直径约 5 毫米的气嘴将危险电子产品从传送带上吹落，并将其送入单独的腔室中。该分拣系统目前仍在弗劳恩霍夫集成电路研究所进行测试，并计划于 6 月初交付给废物处理公司 LOBBE 进行首次实践测试。

（吴文涛）

波兰资助 3.2 亿美元建设锂离子电池材料工厂

5 月 7 日，波兰经济发展和技术部向 Ascend Elements 公司提供高达 3.2 亿美元资金，支持在波兰建设一座可持续的前驱体阴极活性材料（precursor cathode active material, pCAM）制造工厂³。这笔资助是波兰有史以来提供的最大规模的资助之一，其作为“欧盟临时危机与过渡框架”的一部分，旨在推动欧洲向净零经济转型。

pCAM 是一种高价值、精密工程材料，可用于制造电动汽车及其他先进工业应用的锂离子电池。Ascend Elements 计划在波兰的新工厂将其“Hydro-to-Cathode®”直接合成 pCAM 技术进行商业化，该技术能够将回收的锂离子电池材料制成可持续镍锰钴 pCAM。相较于传统电池回收工艺，该技术更加清洁高效，能将二氧化碳当量排放量和 PM_{2.5} 排放量分别降低 49% 和 26%。到 2030 年，计划进一步将二氧化碳当量排放量降低 86%，PM_{2.5} 排放量降低 94%。

（吴文涛）

³ Republic of Poland Offers Ascend Elements Up to USD \$320 Million to Support Construction of Lithium-ion Battery Materials Plant in Poland.
<https://ascendelements.com/republic-of-poland-offers-ascend-elements-up-to-usd-320-million/>

沙特与美国合作建立稀土磁性器件供应链

5 月，沙特阿拉伯采矿企业 Maaden 与美国稀土生产商 MP Materials 签署协议，探索在沙特阿拉伯开发完全集成的端到端稀土供应链⁴。

该协议将利用世界级的勘探与加工专业技术，推动沙特阿拉伯境内潜在稀土矿藏的开发，并降低相关风险。两家企业将评估合作开发垂直整合的稀土供应链的机遇，涉及采矿、分离、精炼到磁体生产等环节，提升产业深度，并为下游行业创造价值。利用沙特阿拉伯具有竞争力的能源基础、世界级的基础设施和战略位置，这一合作将多样化并扩展全球稀土供应链，支持行业日益增长的需求，旨在创建一个一体化的稀土供应全球中心。

（尹 伟）

研究进展

钪掺杂晶格技术创固态电池离子传导新纪录

当前全固态电池面临离子传导率低与材料体系复杂的技术瓶颈，制约其商业化进程。慕尼黑工业大学 Thomas Fässler 团队开发出钪掺杂锂锑化合物 ($\text{Li}_{2.55}\text{Sc}_{0.15}\text{Sb}$)，其锂离子传导速度比同类产品快 30% 以上，创下传导新纪录，为下一代储能开启新的可能⁵。

研究团队采用钪 (Sc^{3+}) 部分取代理的合成策略，在保持 $\beta\text{-Li}_3\text{Sb}$ 面

⁴ Maaden and MP Materials Collaborate to Establish Full Value Chain for Rare Earth Magnetics.
<https://mpmaterials.com/news/maaden-and-mp-materials-collaborate-to-establish-full-value-chain-for-rare-earth-magnetics>

⁵ World record for lithium-ion conductors.
<https://www.tum.de/en/news-and-events/all-news/press-releases/details/world-record-for-lithium-ion-conductors>

心立方结构的同时，使 Sc^{3+} 离子占据面心立方 Sb 阴离子排列的四面体空隙，形成高效 Li^+ 扩散通道，进而制备得到 $\text{Li}_{3-3x}\text{Sc}_x\text{Sb}$ 系列化合物。实验结果显示，新结构通过空位工程提升离子迁移率，在 298 K 条件下实现 42 mS/cm 的高离子电导率和 17.6 kJ/mol 的超低活化能，同时电子电导率较离子电导率低两个数量级，展现优异混合导电特性。

上述研究工作发表在 *Advanced Energy Materials*（文章标题：Scandium Induced Structural Disorder and Vacancy Engineering in $\text{Li}_3\text{Sb} - \text{Superior Ionic Conductivity in } \text{Li}_{3-3x}\text{Sc}_x\text{Sb}$ ）。

（董金鑫）

动态畴壁观测技术实现亚埃级分辨率突破

当前铁电畴壁动力学研究受限于传统压电力显微镜的静态成像模式，无法捕捉亚矫顽场（sub-coercive field）下可逆畴壁运动过程。美国橡树岭国家实验室 Stephen Jesse 团队开发出扫描振荡器压电力显微技术（SO-PFM），通过双频同步激发与实时信号解耦，首次实现纳米尺度畴壁振动轨迹的动态追踪。该技术为铁电存储器与传感器件的界面动力学优化提供了关键表征手段⁶。

研究团队采用 FPGA 控制系统同步生成双频驱动信号（低频 650 Hz/4 V 驱动场+高频 40 kHz/1.5 V 探测场），结合干涉仪垂直位移检测，实现微秒级时间分辨率。通过构建三维时空数据矩阵解析电滞回线，结合基于误差函数拟合的静电效应分离算法，消除寄生静电信号干扰，成功捕捉域壁连续运动轨迹，揭示铁电极化变化规律。

上述研究工作发表在 *Small Methods*（文章标题：Imaging Bias-Driven Domain Wall Motion With Scanning Oscillator Piezoresponse Force Microscopy）。

（董金鑫）

⁶ Scientists track tiny structures key to advanced electronics.
<https://www.ornl.gov/news/scientists-track-tiny-structures-key-advanced-electronics>

CO₂ 是安全制备精确聚合物的关键

甲基丙烯酸酯聚合物可广泛应用于涂料、粘合剂和玻璃替代品。对于将这种材料用于药物递送系统等更精密的领域，需要依赖“阴离子聚合”（CMAP）高度受控工艺，但该工艺长期以来存在操作难度大且安全隐患突出的问题。美国康奈尔大学 Brett Fors 团队开发了一种操作简便且可规模化制备的甲基丙烯酸酯 CMAP 工艺，该工艺由 CO₂ 精确控制和介导。这项技术可用于开发甲基丙烯酸酯的高端应用，目前已用于开发无金属电池，未来还有望拓展至生物医学领域⁷。

研究团队开发的 CO₂ 介导 CMAP 技术仅需单容器反应体系。在 CO₂ 氛围中，通过引发剂和易于实现的加热（而非深度冷却）即可完成反应，最终获得结构明确的材料。该技术中引发剂的简易合成与“一锅法”特性，使阴离子聚合不再只局限于专业化学实验室。CO₂ 在 CMAP 技术中扮演了关键角色，它充当了聚合过程的“可逆开关”，能快速启停反应，还能稳定保护关键的高活性烯醇盐组分，从而保证了聚合反应的顺利进行和聚合物结构的精确性。

上述研究工作发表在 *Nature Chemistry*（文章标题：Controlled Anionic Polymerization Mediated by Carbon Dioxide）。

（郭文娟）

体内声学 3D 打印技术助力深层组织修复与药物输送

科学家以往尝试利用红外光触发聚合物在体内的聚合反应，但受限红外光穿透力，仅能作用于皮肤下浅层组织。美国加州理工学院 Wei Gao 研究团队成功开发出一种新型体内 3D 打印技术——深层组织体内声学打印（deep tissue in vivo sound printing, DISP）平台，巧妙结合超声波与低温敏感脂质体⁸，突破了这一局限。这一创新技术有望实现向跳动

⁷ Carbon dioxide key to making a precise polymer safely.

<https://news.cornell.edu/stories/2025/05/carbon-dioxide-key-making-precise-polymer-safely>

⁸ 脂质体是具有保护性脂肪层的球形细胞样囊泡，通常用于药物输送。

的心脏等深层组织精确输送细胞，助力组织修复⁹。

研究团队在脂质体中加入交联剂，并将它们嵌入含单体、成像造影剂及待递送物质（如治疗药物等）的聚合物溶液中，制成复合生物墨水并注入体内。脂质体颗粒对低温敏感，当聚焦超声使目标区域温度升高约 5 °C 时，脂质体颗粒将释放交联剂，触发局部聚合物打印。同时，借助细菌囊泡蛋白质胶囊这一造影剂，超声成像可清晰捕捉聚合反应发生的位置和时间，实现精准打印。该技术已在小鼠实验中取得显著成果，如将载有化疗药物阿霉素的聚合物打印于小鼠膀胱肿瘤附近，肿瘤细胞的死亡率较直接药物注射大幅提高。此外，DISP 平台还可打印用于细胞和药物输送的生物粘附凝胶、生物电水凝胶等。

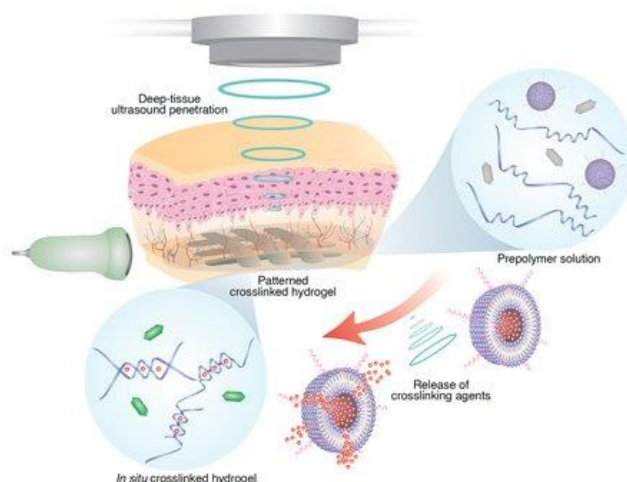


图 深层组织体内声学打印（DISP）平台

上述研究工作发表在 *Science*（文章标题：Imaging-guided deep tissue in vivo sound printing）。

（冯瑞华）

⁹ 3D Printing In Vivo Using Sound.
<https://www.caltech.edu/about/news/3d-printing-in-vivo-using-sound>

超声波实现更安全环保的水凝胶制造

水凝胶是一种能吸收并锁住大量水分的聚合物凝胶，广泛应用于伤口敷料、药物输送、组织工程、软体机器人以及软性隐形眼镜等领域。传统水凝胶制造依赖化学引发剂触发化学链式反应，但部分引发剂有毒，尤其在医疗应用中存在风险。

加拿大麦吉尔大学 Jianyu Li 研究团队开创了利用超声波制造水凝胶的新方法，摒弃有毒化学引发剂，使水凝胶生产更迅速、更清洁且可持续，在强度、柔韧性以及抗冻、抗脱水性能上更为出色¹⁰。

研究团队将超声波作用于液体前驱体，产生微观气泡，气泡塌陷时释放巨大能量，促使凝胶在几分钟内形成，极大缩短了制造时间，而传统方法在紫外线下可能需数小时甚至一夜时间才能完成。这种超声波驱动的技术被命名为“声学凝胶”（sonogel），解决了对有毒化学引发剂的依赖问题，消除了有害物质，使生产过程更安全和环保。在生物医学应用领域，该技术展现出巨大潜力。超声波能够深入穿透组织，有望实现体内水凝胶的无创形成。可以设想将液体前驱体注入体内，再利用超声波精准地使其在所需位置固化，这对治疗组织损伤和再生医学是潜在变革性手段。该技术还为基于超声波的 3D 生物打印铺平道路，研究人员可以利用声波而非依赖光或热来精准“打印”水凝胶结构。

上述研究工作发表在 *Advanced Science*（文章标题：Ultrasound Cavitation Enables Rapid, Initiator-Free Fabrication of Tough Anti-Freezing Hydrogels）。

（冯瑞华）

¹⁰ Ultrasound unlocks a safer, greener way to make hydrogels.
<https://www.mcgill.ca/newsroom/channels/news/ultrasound-unlocks-safer-greener-way-make-hydrogels-365279>

首次证明单质铋的非拓扑特征

拓扑材料因其独特的物理特性，在量子计算、自旋电子学及其他高端电子应用领域具有广阔前景。然而，近 20 年来关于单质铋是否属于拓扑材料一直存在争议。日本神户大学 Fuseya Yuki 团队通过在电子模拟中引入表面弛豫因素，成功证明了单质铋本质上并非拓扑材料，从而终结了这一长期争议，并为量子计算与自旋电子学相关材料的研发奠定了重要的理论基础¹¹。

研究团队长期致力于铋元素的研究，并首次发现晶体表面附近弛豫会导致晶体结构自发变化。在此项研究中，进一步探究了这种表面弛豫是否会对材料的拓扑性质产生影响。研究团队借助计算机模拟构建了材料中电子行为的模型，并将表面弛豫引起的晶体结构变化纳入其中。计算结果表明，铋晶体表面的弛豫效应会使材料表面表现出拓扑特征，从而掩盖了其本体非拓扑的本质。此前，材料的拓扑结构通常依据“体边对应”原则来判断，即表面特征被视作体部特征的体现。然而，本次研究发现，这一传统原则可能并不完全适用。

本研究提出的表面弛豫可导致体边对应关系失效的观点，不仅适用于单质铋，还可能广泛适用于其他材料体系。因此，所谓的“拓扑阻滞”效应或许也将在其他材料中被发现，这为未来相关领域的研究提供了新的思路 and 方向。

上述研究工作发表在 *Physical Review B*（文章标题：Topological blocking at the Bi(111) surface due to surface relaxation）。

（蒿巧利）

¹¹ Bismuth's mask uncovered: Implications for quantum computing and spintronics materials.
<https://www.kobe-u.ac.jp/en/news/article/20250516-66646/>

揭示超导量子比特材料界面层奥秘

为确保量子计算机高效运行，量子比特必须具备更长的“相干时间”，即能够更长时间地保持量子信息。然而，量子比特的性能受到多种因素的影响，包括材料组成、制备工艺以及界面结构等。由美国能源部布鲁克海文国家实验室 Aswin k. Anbalagan、太平洋西北国家实验室 Peter V. Sushko 共同领导的研究团队发现，超导量子比特材料中存在一个意外的界面层，可能影响量子比特的性能。该界面层位于钽金属薄膜与蓝宝石基底之间，被称为金属-基底界面（M-S 界面）。研究团队通过多种成像技术和理论模型，发现氧原子在蓝宝石表面的浓度会影响钽的沉积方向，从而导致量子比特结构的差异¹²。

研究人员利用国家同步辐射光源 II 的光束线进行 X 射线反射实验，发现钽薄膜与蓝宝石基底之间存在一个之前未被观察到的薄层。进一步的扫描透射电子显微镜和电子能量损失谱研究显示，该界面层由钽原子与蓝宝石中的铝和氧原子混合而成。太平洋西北国家实验室的计算模拟表明，蓝宝石表面氧浓度的高低决定了钽的沉积方向。这一发现为优化量子比特的制备工艺提供了新的方向。研究人员可以通过控制基底表面的氧浓度来调整钽的沉积方向，从而改善量子比特的性能。未来的研究将进一步探索不同钽沉积方向对量子比特性能的影响，以及如何利用这一发现缩小量子比特的尺寸。

上述研究工作发表在 *Advanced Science*（文章标题：Revealing the Origin and Nature of the Buried Metal-Substrate Interface Layer in Ta/Sapphire Superconducting Films）。

（蒿巧利）

¹² Scientists Reveal Hidden Interface in Superconducting Qubit Material.
<https://www.bnl.gov/newsroom/news.php?a=122329>

仿生地衣系统推动混凝土自修复

混凝土是一种广泛使用的建筑材料，但其存在容易开裂的重大缺陷，可能导致建筑物或桥梁坍塌等灾难性事故。美国得克萨斯农工大学 Congrui Grace Jin 团队从大自然中汲取灵感，开发了一种仿生合成地衣系统，使混凝土能够进行自修复。

研究人员利用蓝细菌（cyanobacteria）从空气中固定 CO_2 和 N_2 ，并通过丝状真菌吸附 Ca^{2+} ，从而产生可用于填充混凝土裂缝的 CaCO_3 和生物基聚合物。这些微生物协同工作，仅靠空气、光和水即可生存，使得该系统的自主性有别于以前的自修复工作。

上述研究工作发表在 *Materials Today Communications*（文章标题：Design of Co-culturing system of diazotrophic cyanobacteria and filamentous fungi for potential application in self-healing concrete）。

（尹 伟）

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