

新材料监测快报

MATERIALS NEWSLETTER

2024.07

本期要目

- NIST 发布“制造业美国”2023 年度报告
- 美拟建半导体数字孪生研究所
- 美 DOE 投资 1.6 亿美元组建微电子科学研究中心
- 美 NSF 与行业伙伴共同资助可持续聚合物研究
- 英启动面向可持续未来制造业研究中心第三轮资助
- 光子行业发展逆势上扬
- 抗干扰量子导航技术通过飞行测试

中国新材料产业技术创新平台

目 录

专 题

NIST 发布“制造业美国”2023 年度报告	1
-------------------------------	---

战略规划

美拟建半导体数字孪生研究所	4
---------------------	---

项目资助

美 DOE 投资 1.6 亿美元组建微电子科学研究中心	5
-----------------------------------	---

美 NSF 与行业伙伴共同资助可持续聚合物研究	7
-------------------------------	---

英启动面向可持续未来制造业研究中心第三轮资助	8
------------------------------	---

行业观察

光子行业发展逆势上扬	9
------------------	---

研究进展

新型超纯硅芯片为量子计算机开辟道路	10
-------------------------	----

抗干扰量子导航技术通过飞行测试	11
-----------------------	----

日本首次对放射性铯原子进行直接成像	12
-------------------------	----

制备“绿氢”新方法大幅减少铀使用量	13
-------------------------	----

手性硼烯有望改善植入式技术	13
---------------------	----

可拉伸的混合响应压力传感器	14
---------------------	----

NIST 发布“制造业美国”2023 年度报告

编者按：4 月，美国国家标准与技术研究院（NIST）发布了制造业创新网络“制造业美国”（Manufacturing USA）2023 年度报告¹，总结了制造业美国计划在 2023 年取得的成就，并列举了 17 个制造业创新研究所及其 2500 个成员机构的技术创新和劳动力发展进展。以下是该报告的简要编译。

“制造业美国”构建了美国制造业公私合作网络，旨在强化美国国内各主体在技术、供应链和劳动力发展方面的大规模合作，确保美国在先进制造业的全球领先地位。该网络包括美国商务部（DOC）、国防部（DoD）和能源部（DOE）等三家主要管理及资助机构，17 家制造业创新研究所，以及美国国家航空航天局、美国国家科学基金会、美国卫生与公众服务部、农业部、教育部和劳工部等六个联邦合作机构。

2023 年，这些研究所与 2500 多个成员组织合作，开展了 670 多项应用研发技术项目，其中 85% 的关键技术指标满足了项目设计要求。产业部门是创新主体，制造商占成员组织的 63%，其中近 3/4 是中小企业。除了 1.09 亿美元的基本联邦投资外，这些研究活动还撬动了 3.07 亿美元的州、联邦和私营部门资金，2.8:1 的投资匹配远远超过了 1:1 的初始计划设计值。在先进制造业劳动力培养方面，教育和劳动力培训的人数比上一年增加了 25%，吸引了 10.6 万名工人、学生和教育工作者，接受培训的高等教育教师人数比上一年显著增加了 80%。

报告对照《国家制造业创新网络计划战略规划 2016》所列的四大战略目标，对 2023 年度 17 个制造业创新研究所取得的进展进行了总结。

¹ Manufacturing USA 2023 Annual Report.
<https://www.nist.gov/publications/manufacturing-usa-2023-annual-report>

(1) 确保美国在先进制造业的全球领先地位

高度聚焦制造业网络安全等国家战略优先事项，如 M×D（数字制造研究所）打造了网络安全资源库，创建 M×D 网络资源中心，为美国制造商提供了识别、保护、检测、响应和从所有类型的攻击中恢复所需的信息。“制造业美国”还提升了资料效率，提高绿色发展水平，如内含能降低与减排研究所 (REMADE) 2023 年新启动了 21 个项目，共投资 1500 万美元，推动了汽车、消费品、电子和重型设备等行业在整个产品生命周期内金属、纤维、聚合物和电子产品的回收、再利用和再制造。REMADE 投资的 82 个项目，每年将增加 4000 多万吨材料回收量，节省 1.2 千万亿英热单位 (quads) 能源，减少 6720 万吨温室气体排放。

(2) 开发先进制造技术

如先进复合材料制造创新研究所 (IACMI) 开发更高效、更具成本效益和环境可持续性的新制造工艺和材料，验证了风电叶片一次成型制造技术的可行性和经济性。为了帮助中风患者手部康复（这在标准护理中是无法实现的，许多患者几乎没有康复的希望），先进功能织物研究所 (AFFOA) 开发了创新的软机器人手套解决方案，并与服装制造商合作推动商业化。轻质材料研究所 (LIFT) 与波音公司合作开发了新型薄材料点焊技术，焊接处静态强度可以达到铝铆钉强度的两倍以上，可大幅减少航空航天结构中对铆钉的需求。波音公司预计将在阿帕奇攻击直升机项目中采用该技术。

(3) 加大人力资源开发力度，培育先进制造业所需人才

如柔性混合电子制造业创新研究所 (NextFlex) 扩大了 FlexFactor 旗舰教育和劳动力发展计划的覆盖范围，力图解决柔性混合电子 (FHE) 行业的技能差距和劳动力短缺问题。自 2016 年成立以来，FlexFactor 接待了来自全美各地的 1 万多名 K-12 学生，其服务对象正从 K-12 延伸到大学生和在职人员。生物制药创新研究所 (NIIMBL) 帮助退伍军人发展生物制药行业新技能，与得克萨斯农工大学合作推出了生物制药行业军

人就业项目，帮助制药行业扩展人才来源，并向退伍军人提供新的就业机会。

(4) 打造可持续的先进制造业创新生态系统

在总投资 6270 万美元“重建更好的地区挑战”的资助下，机器人创新研究所 (ARM) 与匹兹堡机器人制造中心²及其他成员合作推出了区域技能提升和培训系统，降低劳动者获取知识与技能的门槛，促进机器人和自动化领域初创企业孵化。先进再生制造研究所 (BioFabUSA) 也在“重建更好的地区挑战”的资助下开发了“工作与学习”项目，通过有针对性的课程、认证和奖学金等方式消除有兴趣进入生物制造领域的青年和成年学生面临的各种障碍。

² 该中心的目标是降低中小型制造商采用先进机器人和自动化技术的风险，加快机器人技术推广。

美拟建半导体数字孪生研究所

5月6日，美国联邦政府发布资助公告，拟新建专注于半导体行业数字孪生技术的研究所。美国商务部将为该所提供高达2.85亿美元的资助。这将是美国制造业创新网络“制造业美国”的第18家研究所，也是商务部在拜登政府时期筹建的第一家研究所³。

美国政府此次发布的资助公告，正是看中了数字孪生技术在半导体行业的应用潜力，希望能够克服研究工作碎片化、缺乏透明度与信任、设备设施成本高昂等挑战，推动芯片等半导体产品的研发与生产。与传统的物理研究模式不同，数字孪生可以存储在云端，这使得分散在美国各地的工程师和研究人员能够进行协作设计和工艺开发，从而有效推动人员的广泛参与，加快创新速度并降低研发成本。基于数字孪生的研究工作还可以利用人工智能等新兴技术，帮助加速美国新芯片开发和制造概念的设计，并通过改进产能规划、生产优化、设施升级和实时流程调整等途径显著降低成本。新建的研究所将开展半导体数字孪生开发相关基础与应用研究，建设并支持共享的实体及数字基础设施，实施与行业相关的示范项目等。通过这些努力，不仅将助力美国成为半导体行业数字孪生技术的引领者，还将培养下一代劳动力队伍和研究人员。

【快报延伸】

“制造业美国”整合优势科研力量与资源，建立分散的区域性创新机构，迄今已建立起17家研究所，涉及电子、材料、能源/环境、数字化/自动化、生物制造等领域。在成效方面，参与机构数量显著增长，非联邦资金来源多元化，对先进制造投资及技术进步的带动作用明显；同时，有更多的劳动力受到了培训，壮大了各层级人才队伍。

³ CHIPS for America Announces \$285 Million Funding Opportunity for a Digital Twin and Semiconductor CHIPS Manufacturing USA Institute. <https://www.nist.gov/news-events/news/2024/05/chips-america-announces-285-million-funding-opportunity-digital-twin-and-0>

项目资助

美 DOE 投资 1.6 亿美元组建微电子科学研究中心

5月8日，美国能源部（DOE）宣布将在四年内投入1.6亿美元，支持成立专注于能源效率和极端环境的微电子科学研究中心（Microelectronics Science Research Centers, MSRCs），确保美国在半导体创新方面的未来领导地位⁴。这笔投资将注重于以下四个领域的基础科学研究，被授予的项目网络将共同组成一个或多个 MSRC。

（1）新材料、表面处理和控制在、化学、合成和制造

方向一：专注于在检测、分析、交流和存储信息的方式进行变革性研究，而非对当前技术的改进。同时应设计和构想出高能效的系统和过程。该方向研究内容包括：①利用分子间相互作用来控制电子态或电子流；②探索和控制新型材料系统和物理特性，以用于实现未来的逻辑、存储、传感和通信等设备和系统。特别是，1D、2D 和纳米结构材料（包括但不限于超导体、铁电体、多铁性材料、光电子和拓扑材料等）的发现、合成和表征。

方向二：着重于合成具有所需结构、性能和功能的材料和分子的新技术，包括①通过原子逐层控制合成复杂薄膜和纳米级材料；②研究前驱体状态对散状纳米级材料加工的影响机理；③大规模纳米结构材料的低能量加工技术。

方向三：推动等离子体技术发展，应对电路和器件设计方面的挑战，包括：①实现器件制造的高效和可持续发展；②理解、表征和控制原子尺度下的等离子体表面相互作用；③开发基础数据和中心数据库，以实现低温等离子体诊断和建模；④实现对基本低温等离子体物理、化学和表面相互作用的实验验证、预测和集成建模，并努力开发新型结构。

⁴ Department of Energy Announces \$160 Million for Research to Form Microelectronics Science Research Centers. <https://www.energy.gov/science/articles/department-energy-announces-160-million-research-form-microelectronics-science>
<https://science.osti.gov/-/media/grants/pdf/lab-announcements/2024/LAB-24-3320.pdf#page=11>

（2）新的计算范式和体系结构

为实现新一代节能计算系统，需要对微电子协同设计方法背后的科学和技术进行彻底的重构，以将新兴的设备、材料、互连与科学计算应用的需求相结合。该领域要求开发新型建模和模拟工具，以加快探索和开发新兴硬件方法，包括开发新方法来解决处理器之间和节点之间的数据移动、高性能计算、边缘计算、生物启发或神经形态计算等问题。

该领域还关注能够自主操作、学习、自我诊断和修复的节能计算架构（即神经形态计算系统）的开发。以及非挥发性、磁性、超导性、离子导电性等方向研究，通过使用数字逻辑和模拟计算，实现节能的通用和专用设备。

（3）集成传感、边缘计算和通信

方向一专注于提升整个系统的集成水平，最终实现将所有传感、模拟、数字处理和通信功能都集成在“一块硅”中，或将包含多个小芯片的集成封装在一起。研究内容包括：实现传感器、模拟和数字数据处理元件的“垂直 3D 集成”的新型互连技术；集成光子或射频发射器组件的新工艺（即 4D 集成）。

方向二专注于提高探测器在极端环境（例如强电离辐射、深冷、强磁场）中的性能，研究内容包括：①建立工艺技术、模型和标准单元库；②开发片上系统的构建块；③新兴的设计和验证方法，包括物联网分布式网络技术和硬件神经网络、神经形态处理和异步技术等。

方向三专注于未来大型探测器系统的实时、持续的数据传输和处理能力，研究内容包括：研究高带宽、抗辐射、低功耗的数据链路；采用低延迟人工智能和机器学习技术在异构硬件上进行实时处理；神经形态计算；用于触发的高级特征提取。

（4）极端环境下的加工、辐射、辐射传输和材料相互作用

该领域专注于研究真空紫外（VUV， $<200\text{ nm}$ ）和极紫外（EUV）光子的产生、表面传输，以及光子-表面相互作用，研究内容包括：①产生

EUV 范围内光子的高效等离子体源；②EUV 光子和等离子体与 EUV 源和光刻扫描仪中的背景气体和面向等离子体的表面相互作用；③为满足未来加工需求而对等离子体激发激光器进行缩放；④EUV 生产中使用的多种等离子体的有效诊断和模型；⑤控制、定制和操纵用于半导体处理的 VUV，理解和控制等离子体使能的蚀刻反应；⑥了解光辅助蚀刻的机制和 VUV 引起的损伤和缺陷问题；⑦量化等离子体产生的 VUV 到表面的通量，提高对处理等离子体中 VUV 光的产生和传播的理解；⑧验证 VUV 诱导蚀刻和缺陷形成的机制。

美 NSF 与行业伙伴共同资助可持续聚合物研究

5 月 2 日，美国国家科学基金会（NSF）与巴斯夫、陶氏、IBM、百事可乐和宝洁等行业合作伙伴宣布，为“通过新兴数据分析实现可持续聚合物”（SPEED）项目提供 950 万美元，用于可持续聚合物研究。其中，NSF 将提供 700 万美元资金，五个行业合作伙伴将共同提供 250 万美元的资金和实物捐赠⁵。

合成聚合物广泛应用于混凝土、塑料、纸张和橡胶等许多产品及材料中。SPEED 作为 NSF “可持续发展分子基础”（Molecular Foundations for Sustainability, MFS）项目的一部分，通过将前沿化学与先进的数据科学工具相融合，设计出高价值的新型聚合物并将其商业化，可以减少污染和浪费，最终提高地球的健康水平和生物群落的韧性。

本次招标鼓励研究界通过创建和使用以数据为中心的环境，在研究项目中发现和开发新的可持续聚合物或现有聚合物的可持续途径：①侧重于预测聚合物和先进软材料结构和性能的新方法；②通过人工智能或机器学习等数据分析获得洞察力；③包括利用现有或新的合成路线，更高效、可扩展地制备单体和聚合物；④旨在培养一支利用数据分析创造

⁵ NSF and industry partners announce sustainable polymer research funding opportunity.
<https://new.nsf.gov/news/nsf-industry-partners-announce-sustainable-polymer>

可持续聚合物和软材料的技术队伍。

MFS-SPEED 将根据研究范围和团队规模，为每项研究提供最高 200 万美元的补助金，补助金期限最长为三年。目标是资助团队合作研究，以超越传统的单个学科界限。

英启动面向可持续未来制造业研究中心第三轮资助

英国工程与自然科学研究理事会（EPSRC）启动了面向可持续未来的制造业研究中心第三轮资助，将以高质量、多学科的研究为特色，与相关制造业密切合作，并将在英国制造业生态中发挥领导作用⁶。

本轮资助总投资 3300 万英镑，拟资助不超过 3 个项目，单个项目执行周期七年。本轮资助将补充和更新 EPSRC 现有的研究中心组合，填补前两轮资助留下的战略缺口，而非重复投资。此外，项目申请必须有助于实现 EPSRC《战略执行计划 2022-2025》（*Strategic Delivery Plan 2022-2025*）中列出的至少一个优先事项。

受资助的面向可持续未来的制造业研究中心将聚焦高质量、多学科研究，推动材料制造和下一代生产制造技术的应用，目前这些应用依赖于铸造与成型、机械加工、熔炼、焊接与烧结、剪切与成型等技术。研究中心将打造适合员工技能发展的环境，并具备实现影响力的清晰路径。研究中心将成为该领域的领导者，推动其所在地区的国家制造业研究议程，并与社区中的其他主体建立广泛而紧密联系。

⁶ Manufacturing research hubs for a sustainable future three: outline.
<https://www.ukri.org/opportunity/manufacturing-research-hubs-for-a-sustainable-future-three-outline/>

光子行业发展逆势上扬

5月，法国市场研究机构 Tematys 发布题为《光子市场动态观察（2019-2022）》（*Insights into the Dynamic Photonics Market (2019-2022)*）的报告。报告显示，2019-2022年期间，尽管全球经济和地缘政治紧张局势不断加剧，但欧洲、亚洲和美国的光子产业依然保持强劲发展势头，年均复合增长率达到6.8%，超过了同期全球GDP的增速⁷。

2022年，全球光子组件及系统市场规模达8650亿美元。预计到2027年，这一数字将提升至1.2万亿美元。报告指出，环境、能源、照明、工业4.0和农业是光子应用增长最快的细分市场。尽管农业和食品领域目前只是一个相对较小的新兴市场，但在此期间（2019-2022）表现出高达11.8%的年均复合增长率。

围绕欧洲光子行业的发展状况，报告揭示了以下要点。

①**大量新增工作岗位**。在此期间，光子产业新增了3.5万个工作岗位，远超欧洲制造业整体的增长率；

②**行业规模**。2022年，欧洲光子产值飙升至1246亿欧元，涵盖超过5000家公司，为欧洲制造业发展做出了重大贡献；

③**年收入增长**。该行业在2019-2022年期间见证了6.5%的年收入增长率，即使考虑通胀因素，也超越了欧洲GDP 2%的年增长率；

④**市场份额**。欧洲在全球光子学市场中位居第二，占据15%的市场份额，仅次于中国（32%），略微领先于美国；

⑤**创新和研发**。欧洲光子行业持续开展研究和创新，研发强度达到10.5%，显著高于其他行业。

⁷ Market Research Study Photonics 2024 - Light Technologies Buck Trend Despite Global Economic Turmoil.
<https://www.photonics21.org/2024/market-research-study-photonics-2024---light-technologies-buck-trend-despite-global-economic-turmoil>

新型超纯硅芯片为量子计算机开辟道路

由澳大利亚墨尔本大学 David Jamieson 教授、英国曼彻斯特大学 Richard Curry 教授联合率领的研究团队开发了一项变革性的高纯硅制备技术。这项技术为构建大规模、高保真度的量子计算机提供了理想材料，推动量子计算机发展向前迈进一步⁸。

硅（Si）是量子计算机芯片的主要候选材料，迄今为止高质量硅量子比特的获得仍部分受限于初始硅材料的纯度。除了理想的同位素 ^{28}Si ，天然硅中还包含 4.5% 的 ^{29}Si 。 ^{29}Si 原子核中多携带一个中子，这个额外的中子犹如一枚微型的干扰磁体，它能够破坏量子相干性，并产生计算误差。

研究人员将一束聚焦的纯 ^{28}Si 原子高速射向硅芯片，使 ^{28}Si 原子逐渐取代芯片中的 ^{29}Si 原子，将 ^{29}Si 的占比从原本的 4.5% 大幅降低至仅 0.0002%。Jamieson 教授指出，要将硅纯化至上述水平，只需要在任何一个半导体制造实验室中找到一台标准的离子注入机，并根据本研究设计的特定配置进行调整即可。之前墨尔本大学利用纯度较低的硅材料已经创造并至今仍保持着 30 秒的单量子比特相干世界纪录⁹，下一步团队将致力于同时维持许多量子比特的相干性。一台仅有 30 个量子比特的可靠量子计算机在某些应用中的性能将超过当今的超级计算机。

上述研究工作发表在 *Communication Materials*（文章标题：Highly ^{28}Si enriched silicon by localised focused ion beam implantation）。

⁸New super-pure silicon chip opens path to powerful quantum computers.
<https://science.unimelb.edu.au/about/news/new-super-pure-silicon-chip-opens-path-to-powerful-quantum-computers>

⁹Storing quantum information for 30 seconds in a nanoelectronic device.
<https://www.nature.com/articles/nnano.2014.211>

抗干扰量子导航技术通过飞行测试

由美国量子信息公司 Infleqtion、英国航空航天公司 BAE、英国国防科技公司 QinetiQ 联合开发的先进量子导航技术，成功通过英国国防部的飞行测试，且不会被干扰或欺骗。这是英国首次在飞行中的飞机上测试此类突破性技术，也是全球首次公开报道的此类飞行¹⁰。

该项目由 Infleqtion 牵头，从英国科研与创新署（UK Research and Innovation）获得近 800 万英镑的资金，旨在创建量子传感器，解决英国在定位、导航和授时（positioning, navigation, and timing, PNT）数据方面严重依赖全球导航卫星系统（GNSS）或全球定位系统（GPS）的问题。从客运航班到货物航运都依赖准确、安全和可靠的导航系统。通常情况下 GPS 不会干扰飞机的飞行路径，不过一旦出现干扰或欺骗 GPS 信号的单点故障，则可能会严重破坏关键的经济、国防和战略活动。未来新的基于量子技术的 PNT 系统，能够有效补充现有天基导航和授时系统，特别是有助于确保关键的运输系统和基础设施能够不受干扰地运行。

试飞团队在一架改装飞机上，成功测试了紧凑型 Tiqker 光学原子钟、基于超冷原子的小型化量子系统等两项突破性的量子技术，以及量子惯性导航系统的其他部分。精密时钟是现代 PNT 技术的基石，超精确的计时器对于各种应用都至关重要；而超冷原子的便携式生产则是其中的另一个关键环节。因为超冷原子是制造量子加速计和陀螺仪的理想材料，而量子加速计和陀螺仪则是量子惯性导航系统的核心部件。独立于传统卫星导航的量子惯性导航系统，具有卓越的精度和弹性，有望彻底改变 PNT 领域。

研究人员表示，试飞试验标志着机载量子技术取得了突破性进展，量子 PNT 解决方案的开发向前迈出了重要一步，这将在支持下一代战斗航空系统的开发中发挥重要作用。

¹⁰ Un-jammable quantum tech takes flight to boost UK's resilience.
<https://www.ukri.org/news/un-jammable-quantum-tech-takes-flight-to-boost-uks-resilience/>

日本首次对放射性铯原子进行直接成像

2011年3月11日，日本发生大地震和海啸，福岛第一核电站的3座反应堆由于失去备用电源未能及时进行冷却处理而发生熔毁。从那时起，大量的研究工作集中在了解受损反应堆中的燃料碎片的特性，必须小心清除和处理。这些碎片的物理和化学状态仍存在许多不确定因素，这使得回收工作变得非常复杂。受损的核电站反应堆以颗粒形式释放出大量的放射性铯（Cs），这些颗粒被称之为“富铯微粒”（Cs-rich microparticles, CsMPs），难溶、粒径小于5 μm，且含有玻璃状成分。对富铯微粒的细致表征可以为揭示反应堆熔毁机制及其受损程度提供重要线索。然而，尽管微粒中含有大量的铯，但电子显微镜的电子束会损坏样品，对其在原子尺度直接进行成像并不可行。

日本九州大学 Satoshi Utsunomiya 团队在分析测试手段上取得新的突破，第一次对环境样品中的放射性铯原子进行了直接成像，为环境和放射性废弃物管理提供了新的认知，助力推进后续的处置工作¹¹。

研究团队基于之前相关研究发现，在铯含量高于20%的富铯微粒中，一种名为铯榴石的沸石含有较多的铁，而自然界中的铯榴石通常是含铝较高。正是基于该差异，研究人员认定其是在反应堆中形成，由于富铯微粒中的大多数铯是裂变衍生的。因此，对铯榴石采用高分辨率高角度环形暗场扫描透射显微镜（HAADF-STEM）技术开展表征分析。尽管铯榴石受到电子束照射后会变成无定形物质，但这种损伤与其成分相关，而且一些夹杂物在电子束中是稳定存在的，研究人员再通过建模获取更多信息，生成了有史以来第一张关于放射性铯原子的直接图像。

上述研究工作发表在 *J. Hazard. Mater.*（文章标题：“Invisible” radioactive cesium atoms revealed: Pollucite inclusion in cesium-rich microparticles (CsMPs) from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant）。

¹¹Much More Than A World First Image of Radioactive Cesium Atoms.
<https://www.helsinki.fi/en/news/mathematics-and-science/much-more-world-first-image-radioactive-cesium-atoms>

制备“绿氢”新方法大幅减少铱使用量

从水中提取氢气时，使用铱作为催化剂被认为是产率最高、产氢最稳定的方法之一。但铱的稀缺性限制了其进一步的应用。日本理化学研究所可持续资源科学中心 Ryuhei Nakamura 团队开发出一种新方法，能够在不改变氢气生产速率的情况下，将反应所需的铱量减少 95%。这一突破可能会彻底改变生产“绿氢”的能力，并有助于实现碳中和¹²。

研究人员使用一种氧化锰作为催化剂，并将单个铱原子分散在氧化锰上，使它们不会相互接触或结块。氧化锰和铱之间产生了相互作用，使铱处于罕见且高度活性的+6 氧化态。实验结果显示，新的催化剂可以在 82%的降解率下连续工作 3000 小时，并且在保证氢气产量相当的情况下，铱使用量减少 95%。

上述研究工作发表在 *Science*（文章标题：Atomically dispersed hexavalent iridium oxide as oxygen evolution catalysts for PEM water electrolysis）。

手性硼烯有望改善植入式技术

硼烯在原子量和电子结构等方面与碳非常相似，比石墨烯更具导电性、更薄、更轻、更坚固、更灵活。硼原子可以排列成不同的构型，使硼烯具有不同的形状和各种特性，如手性。美国宾夕法尼亚州立大学制备出手性硼烯二维材料，这种材料能够以独特的方式与不同的生物单元（如细胞和蛋白质前驱体）相互作用，可用于制造先进的传感器和植入式医疗设备¹³。

研究人员将硼粉末置于高能声波中，利用溶液合成法制备出硼烯微片（borophene platelets），然后在液体中将硼烯微片与不同的氨基酸混合，

¹² Manganese sprinkled with iridium: a quantum leap in green hydrogen production. https://www.riken.jp/en/news_pubs/research_news/pr/2024/20240510_2/index.html

¹³ ‘Better than graphene’ material development may improve implantable technology.

<https://www.psu.edu/news/materials-research-institute/story/better-graphene-material-development-may-improve-implantable/>

制成手性硼烯。研究发现氨基酸中的硫原子比氨基酸的氮原子更易粘在硼烯上，某些氨基酸（如半胱氨酸）会根据手性在不同的位置与硼烯结合。研究人员将手性化的硼烯微片暴露在培养皿的哺乳动物细胞中，观察到手性改变了它们与细胞膜的相互作用以及进入细胞的方式。研究首次表明，硼烯的各种多态结构与细胞的相互作用各不相同，细胞内化途径由其独特结构决定。

硼烯的独特结构可实现有效的磁性和电子控制，可应用于医疗保健、可持续能源等领域。研究团队正在进行硼烯生物传感器、药物输送系统和成像应用等几个项目的开发，相关成果有望用于更安全、更有效的植入式医疗设备。

上述研究工作发表在 *ACS Nano*（文章标题：Chiral Induction in 2D Borophene Nanoplatelets through Stereoselective Boron–Sulfur Conjugation）。

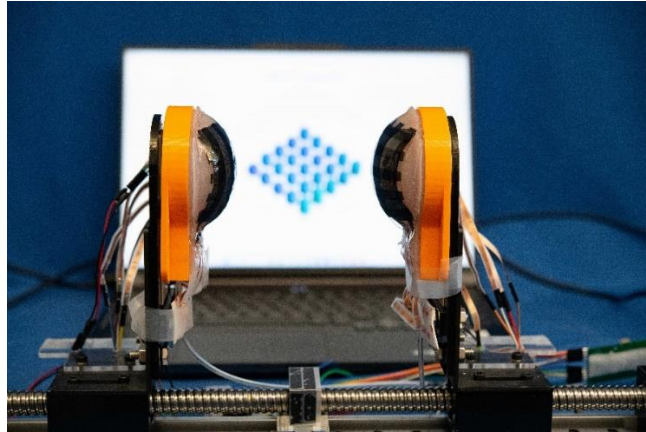
可拉伸的混合响应压力传感器

触摸感应可拉伸电子皮肤有望用于软体机器人、假肢、仿生物和生物传感器。尽管在材料和结构创新方面取得了长足的进步，使可拉伸压力传感器的制造成为可能，但仍然存在重大挑战：这些传感器对面内拉伸和面外压力都表现出敏感性，因此在同时承受拉伸和压力时失去传感精度。为应对这一挑战，美国得克萨斯大学奥斯汀分校开发出可拉伸的混合响应压力传感器（stretchable hybrid response pressure sensors, SHRPS），可以让机器人等设备拥有与人类皮肤一样的柔软度和触感，为执行高度精确和力量控制的任务开辟新的可能性¹⁴。

该传感器由层压板组成，层压板具有几乎不导电的多孔纳米复合材料和位于两个可拉伸电极之间的超薄介电层。SHRPS 将电阻式和电容式两种压力相结合，可实现超高压灵敏度，同时有效抵消拉伸引起的干扰。

¹⁴ Stretchable E-Skin Could Give Robots Human-Level Touch Sensitivity.
<https://news.utexas.edu/2024/05/02/stretchable-e-skin-could-give-robots-human-level-touch-sensitivity/>

研究人员利用可拉伸性制造出了可充气的探针和夹具，它们可以改变形状来执行各种灵敏的、基于触摸的任务。充气的皮肤包裹探针被用于人体，以准确捕捉脉搏。夹具可以紧紧抓住不倒翁而不掉落，即使硬币掉在里面也不会掉落。



可拉伸混合响应压力传感器演示装置

上述研究工作发表在 *Matter*（文章标题：Stretchable hybrid response pressure sensors）。