

新材料监测快报

MATERIALS NEWSLETTER

2024. 02

本期要目

- 美 DOE 先进材料与制造技术办公室 2023 年亮点回顾
- 英增材制造协会启动首个年度行动计划
- 韩产业通商资源部拟启动 2024 稳定供应链行动
- 美商务部向微芯科技拨款 1.62 亿美元促进芯片生产
- 半导体石墨烯研究取得突破
- 东丽推出 M46X 碳纤维
- 无液氮极低温制冷

中国新材料产业技术创新平台

目 录

专 题

美 DOE 先进材料与制造技术办公室 2023 年亮点回顾 1

战略规划

英增材制造协会启动首个年度行动计划 4

韩产业通商资源部拟启动 2024 稳定供应链行动 5

项目资助

美商务部向微芯科技拨款 1.62 亿美元促进芯片生产 6

美实验室与微软合作利用 AI 加速清洁能源科学发现 6

英打造 5G 通信领域自主供应链 7

美陆军投 5000 万美元改造航空和导弹系统 8

研究进展

半导体石墨烯研究取得突破 9

东丽推出 M46X 碳纤维 9

石墨烯纳米薄膜微电极为植入式高精度治疗铺平道路 11

无液氦极低温制冷 12

单个碳原子插入碳环新方法 12

固态电池新设计可在几分钟内充满电并循环数千次 13

超高强度陶瓷材料可耐 2000 °C 高温 14

量子比特利用磁铁在微米间距下实现选择性通信 14

杂乱环境中存在长寿命的固态量子比特 15

美 DOE 先进材料与制造技术办公室 2023 年亮点回顾

编者按：美国能源部（DOE）先进材料与制造技术办公室隶属于能源效率与可再生能源办公室，致力于推动材料和制造创新技术，支持美国制造业实现清洁和脱碳经济。重点工作包括下一代清洁能源材料和制造工艺技术、确保清洁经济供应链安全和可持续的材料，以及储能系统和宽带隙功率半导体等创新技术的研究、开发和示范等。本期专题归总了该办公室在材料和制造领域 2023 年的亮点工作。

2023 年是 DOE 先进材料与制造技术办公室（Advanced Materials and Manufacturing Technologies Office, AMMTO）创纪录的一年，发布了五项突破性的资助机会，启动了四项有奖竞赛活动，延续支持了三个清洁能源制造创新研究所和关键材料创新中心。2023 年 AMMTO 的工作亮点有以下几项¹。

（1）支持清洁能源转型和具有竞争力的美国制造业

①在 10 个州投资了 14 个项目，联邦投资总额超过 4500 万美元。其中，通用电气研究院获得 1500 万美元，基于 3D 打印技术开发、建造和改进风能、水能等大型机械的制造方法及技术。另外 13 个项目获得总计 3000 万美元的资金，致力于推进创新实践，重塑风力涡轮机设备的设计、材料和可持续制造。

②为清洁能源智能制造创新研究所（CESMII）续拨 600 万美元的初始资金，并有可能在随后的四个财政年度内追加资金，进一步推动智能制造的普及，提升智能制造对于清洁能源制造业竞争力，加速国家向净零碳经济过渡都至关重要。

③为先进复合材料制造创新研究所（IACMI）续拨 600 万美元的初

¹ Advancing Manufacturing for Our Clean Energy Future: 2023 in Review.
<https://www.energy.gov/eere/ammto/articles/advancing-manufacturing-our-clean-energy-future-2023-review>

始资金，并有可能在随后的四个财政年度内继续提供资金，推动复合材料技术研发，加快复合材料制造的商业化进程。

④宣布通过网络安全制造创新研究所（CyManII）470 万美元的征集提案，加强美国制造业的网络安全。

（2）投资制造技术、制造业劳动力和创新生态系统

①为电力电子创新研究所（PowerAmerica）续拨 800 万美元的初始资金，并有可能在随后的四个财年内持续提供资助，推进用于电力电子产品的下一代宽带隙半导体的美国国内制造，帮助整个经济实现脱碳和电气化。

②200 万美元投资 8 个选定项目，推动锂离子电池再生、回收和再利用领域的创新。AMMTO 通过 I 期“微型电池设计奖”为 8 项研究各颁发了 75000 美元的奖金，旨在加速创新微型电池设计的商业化，并集成到清洁能源制造所需的现有技术中。

③通过“能效提升二十年”（Energy Efficiency Scaling for 2 Decades）国家倡议，在领先的私营企业、国家实验室和学术界中获得 61 项承诺，让半导体行业重新走上每两年将能效提高一倍的道路，提高美国半导体制造商的经济竞争力，加强美国国内清洁能源供应链建设。通过“社区能源创新奖”提供资金，为该奖项的“制造业生态系统赛道”征集项目。

④2023 年，21 名研究人员成功入选“实验室嵌入式创业计划”（Lab-Embedded Entrepreneurship Program, LEEP）创新者，将开发下一代技术，为未来的清洁能源提供动力。这批创新者将在 DOE 的四个国家实验室工作两年，包括可再生能源实验室、劳伦斯伯克利实验室、阿贡实验室和橡树岭实验室。

（3）降低关键材料风险和加强供应链建设

①发布了 DOE 关键材料评估报告和相应的关键材料清单，为政府采取清洁能源技术提供信息，包括对替代品、代用品和回收利用的研究。

②启动关键材料合作组织，整合 DOE、政府、行业和学术界的关键

材料应用研究、开发和示范，加快美国国内关键材料供应链的发展。同时，AMMTO 还发布了一项融资机会公告，为关键材料加速器项目提供高达 1000 万美元的资助，推动关键矿物和材料解决方案研究向商业化方向发展，实现净零排放目标。

③重新命名了关键材料创新中心（原关键材料研究所），续拨 3000 万美元的初始资金，并有可能在随后的四个财年继续追加资金，为清洁能源技术制造所需的关键材料开发具有韧性和安全性的供应链。

④推出了“回收前再利用”清洁能源奖，提供总额 560 万美元的奖励，通过回收前再利用、修复、翻新、再制造等开发出创新方法，延长产品或零部件寿命。

AMMTO 重视创新生态系统，通过政府、行业、学术界、国家实验室、研究所和社区之间以任务为重点的战略协调与合作，展望和实现未来的能源与制造业。2024 年，AMMTO 将推出一系列战略和路线图，推进材料和制造技术的进步，走向清洁能源的未来。

英增材制造协会启动首个年度行动计划

英国增材制造协会（Additive Manufacturing UK, AMUK）宣布启动其首个年度行动计划²，以抓住全球增材制造行业的快速增长机遇。AMUK 成立于 2014 年，使命是推动英国成为增材制造技术研究、开发和应用的全球领先者。

到 2030 年，全球增材制造市场的未来预计将达到 600-900 亿美元，如果英国能够保持目前的全球地位，将占领约 30 亿美元全球市场。如果英国创造了合适的环境，积极鼓励企业采用、使用 and 开发增材制造技术，那么英国增材制造市场价值将超过 50 亿美元。

年度行动计划强调了如何推动英国增材制造厂商达到全球行业最前沿的水平，从而最大限度发挥未来市场增长的潜力。年度行动计划确定了实现这一目标所面临的挑战，包括设计，材料与工艺，检验、品质及标准，商业化、知识产权及数据管理，技能与教育，供应链开发，国家战略的实施等七大方面，以及应对上述挑战的行动计划。

年度行动计划提出，将在 2024 年 8 月针对 AMUK 会员进行调查，以确定增材制造技术当前面临的挑战。9 月，AMUK 指导委员会审查调研结果。10 月将正式确定未来 12 个月的挑战，并组建工作组着手应对挑战。

² Additive Manufacturing UK launches its first-ever Annual Action Plan for future growth of UK additive manufacturing.
<https://additivemanufacturinguk.org.uk/additive-manufacturing-uk-launches-its-first-ever-annual-action-plan-for-future-growth-of-uk-additive-manufacturing/>

韩产业通商资源部拟启动 2024 稳定供应链行动

韩国产业通商资源部（MOTIE）宣布，将积极推行供应链自主化、进口多元化、确保资源安全三大战略以确保供应链稳定³。

供应链自主化方面，产业通商资源部大幅增加相关研发预算，从去年的 176 亿韩元增加到今年的 739 亿韩元。其中，将“供应链稳定品类专用研发资金”用于二次电池材料、电气电子核心零部件等 29 项技术开发。此外，通过“完整供应链合作模式”，支持供需企业共同开发多个价值链互通的商品品类。扩大将商业化研发成果的量产绩效评价对象，从去年的 100 个扩大到今年的 150 个。

进口多元化方面，将支持中小企业挖掘新进口来源、进行现场检查、样品进口和性能测试以及寻找进口替代。继试点锆、氢氧化锂、钼等 4 个品类的进口来源替代后，今年将继续推进企业反映的 10 个品类进口来源替代；提高贸易公司原材料进口保险限额，从 50 亿韩元扩大到 100 亿韩元。

确保资源安全方面，将增加核心矿产储备预算，从去年的 372 亿韩元到今年的 2331 亿韩元，增长六倍以上；提高锂库存，从去年的 5.8 天增加到今年的 30 天；提高电动汽车用永磁稀土库存，从半年增加到一年半。

³ MOTIE to roll out measures for stabilizing supply chain in 2024.
https://english.motie.go.kr/en/pc/pressreleases/bbs/bbsView.do?bbs_seq_n=1638&bbs_cd_n=2¤tPage=1&search_key_n=&search_val_v=&cate_n=

项目资助

美商务部向微芯科技拨款 1.62 亿美元促进芯片生产

1 月 4 日，美国商务部宣布与微芯科技（Microchip Technology）达成一项初步条款备忘录，以加强美国汽车、国防和航空航天工业的供应链韧性^{4,5}。该协议依据《芯片与科学法案》提供约 1.62 亿美元，以支持微芯科技增加在美国的微控制器单元（MCU）和其他特种半导体的产量。这项投资将大幅增加美国在关键节点上的半导体供应，对汽车、国防和航空航天工业等行业至关重要。预计将创造 700 多个直接就业机会，进一步确保关键芯片的国内供应，从而促进美国经济和国家安全。

这项投资将分为两个项目：约 9000 万美元用于升级和扩建科罗拉多州的一家制造工厂；约 7200 万美元用于扩建俄勒冈州的一家制造工厂。预计将使这两家工厂的半导体产量增加近两倍，并减少对全球供应链的依赖。

美实验室与微软合作利用 AI 加速清洁能源科学发现

美国西北太平洋国家实验室将与微软开展合作，借助云端高性能计算和人工智能（AI）技术，加速清洁能源领域科学发现。化学和材料科学领域是解决全球能源挑战的基础，被视为重点研究方向⁶。

此次合作的核心在于利用 AI 最擅长的领域，处理和分析数十亿信息位，并基于其分析快速得出结论。微软的 Azure Quantum Elements 平台使用了专门为辅助科学发现而构建的高级 AI 模型。目前，实验室研

⁴ Biden-Harris Administration Announces CHIPS Preliminary Terms with Microchip Technology to Strengthen Supply Chain Resilience for America's Automotive, Defense, and Aerospace Industries.

<https://www.nist.gov/news-events/news/2024/01/biden-harris-administration-announces-chips-preliminary-terms-microchip>

⁵ Biden-Harris Administration Announces CHIPS Preliminary Terms with Microchip Technology to Strengthen Supply Chain Resilience for America's Automotive, Defense, and Aerospace Industries.

<https://www.commerce.gov/news/press-releases/2024/01/biden-harris-administration-announces-chips-preliminary-terms-microchip>

⁶ PNNL Kicks Off Multi-Year Energy Storage, Scientific Discovery Collaboration with Microsoft.

<https://www.pnnl.gov/news-media/pnnl-kicks-multi-year-energy-storage-scientific-discovery-collaboration-microsoft>

究人员正在测试其识别有前景的能源应用新材料的能力，并将新型电池电解质材料作为测试案例。从接收模拟候选物到生产功能性电池，整个过程不到 9 个月，与传统方法相比，速度明显提升。

英打造 5G 通信领域自主供应链

在英国科学、创新和技术部（DSIT）的支持下，由 INEX Microtechnology、Custom Interconnect Ltd、Viper RF 和化合物半导体应用弹射中心（CSA Catapult）等机构组成的项目联盟，正致力于通过 ORanGaN 项目打造全新的自主供应链，专注于研发英国的射频氮化镓（RF-GaN）产品和设备⁷。这一项目的实施，不仅将为英国制造商提供更稳固的保障，同时也将为硬件制造商开辟更广阔的出口市场。更重要的是，它将对英国的 5G 基础设施和网络韧性产生深远影响，从而助力英国经济的持续增长。

目前，英国在商用 RF-GaN 器件的开发和生产方面尚未达到完全自给自足的状态。ORanGaN 项目的核心目标正是弥补这一缺陷，通过研发新的制造工艺和封装解决方案，打造 5G 核心组件，如基于氮化镓技术的单片微波集成电路芯片（MMIC）。在此过程中，各合作伙伴将协同工作，从 MMIC 的设计与开发，到芯片的实际制造，再到技术的测试与表征，以及芯片的电子与封装等环节，都将密切合作。项目计划在 2024 年 2 月结束，标志着英国在 RF-GaN 制造领域的出口能力迈上新的台阶。

⁷ New sovereign supply chain for 5G devices to be established in the UK.
<https://csa.catapult.org.uk/blog/2024/01/02/new-sovereign-supply-chain-for-5g-devices-to-be-established-in-the-uk/>

美陆军投 5000 万美元改造航空和导弹系统

美国陆军作战能力发展司令部航空和导弹中心将通过“航空和导弹武器系统轻质金属、聚合物和复合材料结构先进制造”研究合同为奥本大学提供 3 年 5000 万美元资助，将先进的制造材料和方法引入现有和未来的航空和导弹系统⁸。

该研究将由奥本大学应用研究所（Auburn University Applied Research Institute, AUARI）牵头，合作伙伴包括奥本国家增材制造卓越中心（NCAME）和先进制造系统跨学科中心（ICAMS）等。奥本大学研究团队将开发分析、设计、开发、测试、集成和维持现有和未来航空和导弹系统合格部件所需的原型先进制造工艺，研究范围覆盖机器学习到材料特性等领域。目前已有 930 万美元资金拨付给奥本国家增材制造卓越中心，研究美国陆军进一步实施增材制造行动所需的材料、零件和工艺资格。

⁸ Auburn University Applied Research Institute to oversee \$50M Army advanced manufacturing project — the largest research contract in university history.
<https://eng.auburn.edu/news/2024/01/50-million-auburn-applied-research-institute-grant>

研究进展

半导体石墨烯研究取得突破

天津大学马雷教授和美国佐治亚理工学院 Walter de Heer 教授率领的联合研究团队通过在石墨烯中引入带隙，创制出世界上首个由石墨烯制成的功能半导体^{9,10}。

研究人员采用创新的准平衡退火方法，利用特殊熔炉在 SiC 晶面上外延生长出单层石墨烯。通过对温度、时间和气体流量等生长环境进行严格控制，外延石墨烯会与 SiC 发生化学键合，并表现出半导体特性。表征显示，该半导体石墨烯带隙约 600 meV，室温霍尔迁移率高达 5500 cm² V⁻¹ s⁻¹，是硅的 10 倍。这意味着电子能够以非常低的阻力移动，可进行更快的计算。据介绍，该石墨烯半导体是当前纳米电子学领域，唯一具备所有必要特性的二维半导体。

上述研究工作发表在 *Nature*（文章标题：Ultrahigh-mobility semiconducting epitaxial graphene on silicon carbide）。

东丽推出 M46X 碳纤维

1 月 10 日，日本东丽工业株式会社宣布开发出 TORAYCA™ M46X 碳纤维。新产品比 MX 系列的其他产品强度高约 20%，同时保持高拉伸模量。M46X 可减轻碳纤维增强塑料材料重量，降低对环境的影响¹¹。

与此前推出的 T1200 新品相类似，M46X 主要也是通过结构控制工艺对纤维内部石墨结晶结构进行纳米级调控，从而实现纤维取向度的提升以及拉伸强度增强。

⁹ Researchers Create First Functional Semiconductor Made From Graphene.

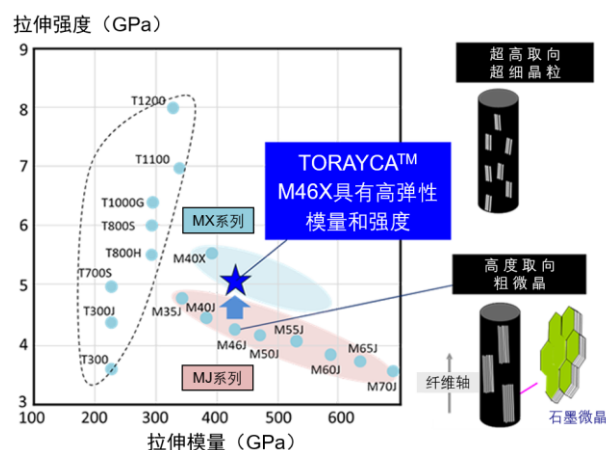
<https://research.gatech.edu/feature/researchers-create-first-functional-semiconductor-made-graphene>

¹⁰ 天津大学纳米中心半导体石墨烯研究取得新突破.

<https://www.tju.edu.cn/info/1026/8836.htm>

¹¹ Toray Develops TORAYCA™ M46X Carbon Fiber with High Tensile Modulus and Enhanced Strength.

<https://www.toray.com/global/news/article.html?contentId=ogp9xo5t>



拉伸强度与模量图

东丽还将开发 M46X 预浸料，其树脂基体将采用专有的 NANOALLOY 微结构控制技术。采用该预浸料制成的新产品将显著提高抗压强度、提升刚度、减轻成品重量，且具有更大的设计灵活性。

从采用石墨化纱线的 M40 开始，东丽一直致力于开发高拉伸模量超过 350 GPa 的高性能碳纤维。例如，1984 年推出的 M40J 和 1986 年推出的 M46J，以满足对高模量 MJ 碳纤维系列的需求。同时，东丽继续开发平衡拉伸强度和模量的技术。MX 系列是通过应用相关技术，控制纤维内部石墨微晶结构和取向而创建的。该系列的首款产品是 2018 年推出的 M40X，该产品作为符合市场需求的高性能碳纤维和预浸料而获得了良好声誉。

产品名称	拉伸强度 (GPa)		拉伸模量 (GPa)		断裂伸长率 (%)		密度 (g/cm ³)	
	4	5	300	400	1.0	1.5	1.0	2.0
M46X	5.0		437		1.1		1.84	
M46J	4.0		436		0.9		1.84	
M40X		5.5	377			1.5		1.79
M40J	4.4		377		1.2			1.76

M46X 碳纤维基本特性

石墨烯纳米薄膜微电极为植入式高精度治疗铺平道路

基于多年的欧洲石墨烯旗舰项目研究，西班牙加泰罗尼亚纳米科学与纳米技术研究所、英国曼彻斯特大学等多机构合作，开发出神经接口石墨烯工程技术（Engineered Graphene for Neural Interfaces, EGNITE），这是一类基于石墨烯的新型灵活、高分辨率、高精度植入式神经技术。这一成果将为神经电子学和脑机接口的蓬勃发展做出贡献¹²。

该纳米多孔石墨烯创新技术集成了半导体行业的标准制造工艺，可组装直径仅为 25 μm 的石墨烯微电极。石墨烯微电极具有低阻抗和高电荷注入的特性，是灵活高效神经接口所需的基本属性。多位神经科学和生物医学专家使用中枢神经系统和外周神经系统的不同模型进行了临床前研究，结果表明，EGNITE 技术能够非常清晰和精确地记录高保真神经信号；更重要的是，它还能提供极具针对性的神经调节。EGNITE 技术将高保真信号记录和精确神经刺激独特地结合在一起，代表了神经电子疗法的潜在重大进步。这种创新方法填补了神经技术领域的一个重要空白，EGNITE 电极的开发使石墨烯处于神经技术材料的最前沿。

EGNITE 技术已获得专利保护，并授权给 INBRAIN 神经电子公司。该公司是“石墨烯旗舰计划”的合作伙伴，目前正在牵头将这项技术转化为临床应用和产品，为这项石墨烯创新技术的首次人体临床试验做准备。这项基于石墨烯的创新神经技术，有望在神经科学和医疗应用领域产生变革性影响。

上述研究工作发表在 *Nature Nanotechnology* (文章标题: Nanoporous graphene-based thin-film microelectrodes for in vivo high-resolution neural recording and stimulation)。

¹² Innovative graphene-based implantable technology paves the way for high-precision therapeutic applications.
<https://www.uab.cat/web/newsroom/news-detail/innovative-graphene-based-implantable-technology-paves-the-way-for-high-precision-therapeutic-applications-1345830290613.html?detid=1345905827733>

无液氦极低温制冷

超固态是一种在接近绝对零度（0 K，即-273.15 °C）时出现的量子物态。在超固态情形下，物质中的原子一方面呈规则排列，同时还可以在其间“无粘滞”地流动。超固态自 20 世纪 70 年代作为理论猜测提出以来，各国科学家尚未在固态物质中找到超固态存在的可靠实验证据。

中国科学院大学苏刚教授、中国科学院物理所孙培杰研究员、中国科学院理论物理所李伟研究员、北京航空航天大学金文涛副教授等组成的联合研究团队，在钴基三角晶格磁性晶体中首次发现量子自旋超固态存在的实验证据。同时，研究人员利用该晶体材料，通过绝热去磁获得了 94 mK（-273.056 °C）的极低温，成功实现无液氦极低温制冷，并将该效应命名为“自旋超固态巨磁卡效应”。研究团队将继续突破极低温的极限，并建成无液氦极低温制冷机。极低温制冷机可以为超导量子计算机等提供接近绝对零度的极低温运行环境，并应用于凝聚态物理、材料科学、深空探测等前沿技术领域^{13,14}。

上述研究工作发表在 *Nature*（文章标题：Giant magnetocaloric effect in spin supersolid candidate $\text{Na}_2\text{BaCo}(\text{PO}_4)_2$ ）。

单个碳原子插入碳环新方法

单原子骨架编辑已成为当代结构修饰中的重要合成工具，通过原子插入、删除和替换实现分子的靶向重塑。以往的研究重点多是氮原子插入，而单个碳原子插入碳环面临着巨大的挑战。

德国明斯特大学 Frank Glorius 教授和美国德克萨斯农工大学 Osvaldo Gutierrez 教授领导的国际化学家团队开发了一种使用单原子骨架编辑的精确高效工具，采用光氧化还原催化，将具有不同官能团的单

¹³ 自旋超固态及其巨大磁卡效应的发现。

https://iop.cas.cn/xwzx/kydt/202401/t20240110_6951735.html

¹⁴ 自旋超固态及其巨大磁卡效应的发现。

https://itp.cas.cn/kxyj/kydt/202401/t20240111_6951757.html

个碳原子插入到茛（生产有机化合物时经常使用的原料）中，使环状化合物的大小从五元环增大到六元环¹⁵。

研究团队进行了机理计算，检测自由基链中的潜在反应机制。计算表明，该反应通过重氮甲基自由基和茛的初始加成反应进行的。这项研究的结果为复杂分子结构的设计和修改开辟了道路，使药物合成和材料科学中的工业应用受益。

上述研究工作发表在 *Nature Catalysis*（文章标题：Ring expansion of indene by photoredox-enabled functionalized carbon-atom insertion）。

固态电池新设计可在几分钟内充满电并循环数千次

锂金属阳极的容量是商用石墨阳极的十倍，可以大大增加电动汽车的行驶里程，因此成为研究热点之一。哈佛大学 Xin Li 带领的研究团队研发出一种固态电池的新型阳极结构，具有出色的性能表现，有望为电池技术的进一步创新和发展开辟新的道路¹⁶。

研究人员通过在阳极中使用微米大小的硅颗粒，形成由硅颗粒包裹锂金属的结构，成功抑制了锂枝晶的生长。在经历锂化动态过程后，锂离子在硅芯周围形成表面均匀的锂金属镀层。由于镀层和剥离可以在均匀的表面上快速发生，电池能够在大约 10 分钟内充满电。研究人员制作出邮票大小的软包电池（pouch battery），在 6000 次循环后仍保留了 80% 的容量，明显优于市场上的其他软包电池。

上述研究工作发表在 *Nature Materials*（文章标题：Fast cycling of lithium metal in solid-state batteries by constriction-susceptible anode materials）。

¹⁵ Chemists develop new approach to inserting single carbon atoms.

<https://www.uni-muenster.de/news/view.php?cmdid=13799>

¹⁶ Solid state battery design charges in minutes, lasts for thousands of cycles.

<https://seas.harvard.edu/news/2024/01/solid-state-battery-design-charges-minutes-lasts-thousands-cycles>

超高强度陶瓷材料可耐 2000 °C 高温

华南理工大学褚衍辉研究团队通过多尺度结构设计，成功制备出兼具超强力学强度和高隔热性的高熵多孔硼化物陶瓷材料。该材料展现出 2000 °C 高温稳定性¹⁷。

研究团队在微米尺度上，通过超高温快速合成技术在数十秒内完成烧结，抑制晶粒生长，进而在材料内构筑均匀分布的亚微米级超细孔隙；在纳米尺度上，通过进一步固溶反应，建立晶粒之间强界面结合；在原子尺度上，通过引入 9 元阳离子严重晶格畸变，提高晶格内部的应力场和质量场波动，提高硼化物的本征力学强度。实验显示，在室温下，气孔率约 50% 的材料 $(\text{Hf}_{1/9}\text{Zr}_{1/9}\text{Ta}_{1/9}\text{Nb}_{1/9}\text{Ti}_{1/9}\text{Cr}_{1/9}\text{Mo}_{1/9}\text{V}_{1/9}\text{W}_{1/9})\text{B}_2$ (9PHEB) 表现出高达 337 MPa 的超高抗压强度和低至 $0.76 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 的导热系数；温度为 2000 °C 时，抗压强度可达 690 MPa。

上述研究工作发表在 *Advanced Materials* (文章标题: Ultrastrong and High Thermal Insulating Porous High-Entropy Ceramics up to 2000 °C)。

量子比特利用磁铁在微米间距下实现选择性通信

美国芝加哥大学 David D. Awschalom 教授领导的研究团队正在开发通过磁铁而非空气发送信号实现单个量子比特连接的芯片设备，这种基于传统材料、室温可扩展、稳健的量子技术非常强大，原则上也可以应用于其他固态量子比特系统¹⁸。

量子纠缠是构建量子计算机的前提，基于微波通讯的氮空位中心的间距也因此被限制在几纳米的范围内，如此小的间距不再允许任何有用的相关配置和设备。在新的实验装置中，研究团队利用磁铁接收来自氮空位中心的微波信号，成功验证了氮空位中心可以与磁性材料“对话”，

¹⁷ 可耐 2000 度高温！华南理工制备出超高强度、高隔热的高熵多孔陶瓷材料。

<https://news.scut.edu.cn/2024/0115/c41a48314/page.htm>

¹⁸ In novel quantum computer design, qubits use magnets to selectively communicate.

<https://chicagoquantum.org/news/novel-quantum-computer-design-qubits-use-magnets-selectively-communicate>

微波以磁子的形式进行传输。磁子的传输距离可以达到许多微米，这正是集成电子设备的典型尺度。通过磁铁连接氮空位中心，量子比特间可以实现选择性交互，这对于执行复杂工作的量子计算机极其重要。下一步研究团队将在磁铁的另一侧放置氮空位中心，并通过“磁子”将来自现有氮空位中心的微波传输到另一侧的氮空位中心，利用磁性材料在氮空位中心之间建立联系，使它们在相距较远的情况下也能纠缠在一起。

上述研究工作发表在 *PNAS*（文章标题：Magnon-mediated qubit coupling determined via dissipation measurements）。

杂乱环境中存在长寿命的固态量子比特

瑞士保罗谢尔研究所 A. Beckert 研究团队发现，将大量稀土离子掺入晶体中，一些稀土离子会形成离子对，成为高度相干的量子比特，推翻了以往“实现长寿命量子比特或相干性的关键在于清洁度”的观点¹⁹。

传统观点认为，要想拥有长寿命量子比特必须远离彼此及其他干扰的影响。实际上这种“极简”量子比特的方法存在问题，因为找到合适的超纯材料和开发量子比特稀释技术绝非易事。研究团队通过在氟化钷锂晶体中掺入稀土金属铽，制造出固态量子比特。与传统稀土掺杂量子比特相比，新的量子比特并非基于单个稀土离子的核自旋双态系统，而是由具有不同电子态、存在强相互作用的离子对形成。因为在晶体中只有少数铽离子才能形成离子对，所以这种量子比特相对稀少。对于给定密度的量子比特，向晶体中直接扔进稀土离子并从垃圾中挑选可用的量子比特的策略，比通过稀释将单个离子相互分离的传统方法更加有效。

上述研究工作发表在 *Nature Physics*（文章标题：Emergence of highly coherent two-level systems in a noisy and dense quantum network）。

¹⁹ Solid-state qubits: Forget about being clean, embrace mess.

<https://www.psi.ch/en/science/scientific-highlights/solid-state-qubits-forget-about-being-clean-embrace-mess>