

新材料监测快报

MATERIALS NEWSLETTER

2023. 12

本期要目

- 美发布 2024 财年国家量子计划预算报告
- 韩先进机器人产业愿景和战略提出三大举措
- 欧启动纳米电子生物传感器平台项目
- 全球灯塔网络再迎 21 位新成员
- 英弹射中心报告分析化合物半导体在绿氢生态系统中的作用
- 首个可编程逻辑量子处理器出现 或为量子计算早期拐点
- 碳材料家族再添 C₁₀ 和 C₁₄ 两位新成员

中国新材料产业技术创新平台
中国科学院武汉文献情报中心

目 录

专 题

美发布 2024 财年国家量子计划预算报告	1
-----------------------------	---

战略规划

韩将在全生命周期加强二次电池产业竞争力	4
韩先进机器人产业愿景和战略提出三大举措	5
韩发布工业供应链战略	5

项目资助

欧启动纳米电子生物传感器平台项目	7
美投资新建高数值孔径极紫外研发中心	8
英研究所建立先进材料创新中心	8

行业观察

全球灯塔网络再迎 21 位新成员	9
英弹射中心报告分析化合物半导体在绿氢生态系统中的作用	10

研究进展

首个可编程逻辑量子处理器出现 或为量子计算早期拐点	12
碳材料家族再添 C ₁₀ 和 C ₁₄ 两位新成员	13
超硬材料可与金刚石相媲美	14
金刚石+铈酸锂：充满希望的量子新材料组合	14
莱斯大学揭示二维铁电材料畴结构特征	15

美发布 2024 财年国家量子计划预算报告

12 月 1 日，美国发布 2024 财年国家量子计划（National Quantum Initiative, NQI）预算报告。报告除了介绍美国量子信息科学研究生态系统的年度亮点，以及国家标准与技术研究院（NIST）、国家科学基金会（NSF）、能源部（DOE）、国防部（DOD）、美国国家航空航天局（NASA）、国家安全局（NSA）和高级情报研究计划署（IARPA）资助的大量持续性研发活动以外，还简要概述了各机构在量子信息科学政策方面所做的努力和取得的进展¹。早在今年 6 月份，国家量子计划咨询委员会就公布了对该计划的首次评估，众议院科学、空间和技术委员会就“推进美国在量子技术领域的领导地位”举行了全面听证会，明年美国《国家量子计划法案》几项初始授权将五年到期。

根据预算报告，2023 年美国政府机构与量子材料有关的研发活动和活动亮点包括：

（1）NSF

NSF 通过项目支持了众多高校研究机构的量子材料研发工作，这些机构包括：加州理工学院量子信息与物质研究所、麻省理工学院-哈佛大学超冷原子中心、科罗拉多大学 JILA 物理前沿中心、新兴量子材料与技术多校区研究与教育集群（内布拉斯加大学领衔），以及普林斯顿复杂材料中心等多个以量子技术为重点的材料研究科学与工程中心（MRSEC）等。6 月 26 日，NSF 宣布了新的 MRSEC 奖项，其中几项涉及量子控制和量子信息处理用材料。

（2）DOE

DOE 跨学科中心为规模较小的研究团队提供支持，重点关注量子材料和相关的量子信息科学研究。1 月 26 日，DOE 宣布投资 910 万美元，

¹ The National Quantum Initiative Supplement to the President's FY 2024 Budget Released.
<https://www.quantum.gov/the-national-quantum-initiative-supplement-to-the-presidents-fy-2024-budget-released/>

用于推进量子信息科学和核物理研究，其中就包括研发下一代超导材料和高相干量子比特架构。8月8日，DOE宣布为52个项目提供3700万美元的资金用于多学科创新中心/新兴研究机构建设，其中6项与量子信息科学和量子材料研究有关。

(3) DOD

6月3日，国防部先进研究计划局（DARPA）发布了合成量子纳米结构（Synthetic Quantum Nanostructures, SynQuaNon）项目资助，征集新型电子超材料和纳米结构领域的创新基础或应用研究概念，以应用于量子限制超导纳米电子器件。

(4) NSA

物质科学实验室（Laboratory for Physical Sciences, LPS）与空军科学研究办公室联合资助“材料表征和量子性能计划”（Materials Characterization and Quantum Performance），采用“材料优先”的方法来提高最先进量子比特的稳定性和可重复性，重点是由半导体和超导体材料系统构建的、用于基于门的量子计算的固态量子比特。计划的目标是描述量子材料的特性，确定材料特性与量子比特性能之间的相关性。在合作的第一年，双方将联合授予青年研究员计划三项杰出的量子计算提案。LPS量子比特合作实验室启动“超级半导体实验室”（Super Semi Lab），实验室拥有多个支持量子传感材料研究、超导量子比特研究和半导体量子比特研究的稀释制冷机。LPS“量子传感研究计划”以固态材料中的缺陷中心为基础，开发高灵敏磁强计，并致力于将这些传感器应用于广泛的国家安全问题。

根据预算报告，美国政府机构与量子材料有关的科学政策包括：

(1) “科学之上” 研究方面

DOE的量子研发项目呈现多样化，材料和光子学等基础研究的关键主题是其侧重点之一。NSF物理前沿中心以及材料研究科学与工程中心历来支持与量子信息科学有关的项目，2024财年将继续并扩大对量子信

息科学项目的支持。NIST 加强并扩大了基础性量子信息科学研究计划，其中就包括对复杂物理系统和量子比特类型、光量子态、材料设计等方面的理论和实验科学研究。DOD 陆军、海军和空军研究办公室对材料科学、凝聚态物质、原子和光学物理等领域实施单人研究员计划和青年研究员计划。

（2）深化产业合作方面

能源部发布“加速新兴技术创新”公告，瞄准将材料科学、可扩展合成、设备架构和算法方面的进展结合起来的提案，以实现下一代微电子技术或过渡到用于计算和量子技术的新兴量子材料。

（3）关键基础设施方面

对异常脆弱的量子态进行新的应用和新的探究，需要具有特殊材料、严格公差、超低温和新型量子控制系统的平台。NSF 的国家高磁场实验室和高能 X 射线科学中心为量子材料的前沿研究提供重要工具。NSF 支持九个材料研究科学与工程中心建设，创造新型材料解决重大挑战，促进未来工业的发展。NSF “实现量子飞跃：量子材料科学、工程和信息计划”（Q-AMASE-i）已于 2019 财年建立第一个量子铸造厂，该中等规模的基础设施用于量子材料和器件的快速原型设计和开发；2021 财年建立第二个铸造厂——MonArk 量子铸造厂，加速二维量子材料研究。DOE 基础科学与工程局纳米科学研究中心资助开发首个量子材料压机（Quantum Material Press, QPress），这种为量子设备创造新型层状材料的仪器为 25 个小组的研究活动提供了支持。Q-NEXT 建立两个量子铸造厂，从增长到集成对材料和器件进行调控研究。其中，阿贡国家实验室的铸造厂提供包括金刚石和碳化硅缺陷在内的自旋量子比特材料的合成、制造、确定性放置和表征。位于斯坦福直线加速器中心国家加速器实验室的铸造厂专为研究和制造超导量子比特、传感器和设备而设计。这些铸造厂还包含用于量子材料、器件和组件开发的新型试验台和工具。

（蒿巧利）

韩将在全生命周期加强二次电池产业竞争力

12月13日，韩国政府在紧急经济部长级会议上宣布，将在全生命周期范围内加强韩国二次电池产业竞争力，以应对美国《通胀削减法案》和欧盟《关键原材料法案》等带来的全球竞争加剧问题²。

韩国政府将于2024年制定法律以培育废旧电池再制造、再利用产业生态系统，并引入三阶段安全检查系统，促进废旧电池的安全可靠转运和利用。在电池拆解之前将进行详细的性能评估，符合再制造和再利用标准的废旧电池将不被视为废料，而被视为产品以促进工业利用。

韩国的二次电池储存和运行稳定性测试将从目前的30天延长到180天，并将建立电池生命周期管理系统，法律将要求电池用户和性能评估人员提供数据。

引入目前适用于半导体的专利优先审查制度，并增加专利审查员的数量，专利审查期将从目前的21个月大幅缩短至10个月。

“电动两轮车”将被纳入《环保汽车法》中的“电动汽车”范畴。从2024年开始，将为获得采矿权的海外资源开发投资提供税收抵免，并将根据《税收特殊情况限制法》审查镍、锂和其他关键矿物精炼所需技术。

在未来五年（2024-2028年），韩国政府将把38万亿韩元政策性融资注入二次电池行业，包括矿产、材料和成品等。从2024年开始，将提供研发资助736亿韩元，相较于2023年增长31%，推动11月29日通过预可行性研究的“下一代二次电池技术开发项目”实施。

（黄健）

² Korea to boost critical minerals supply chain and used battery industry.
https://english.motie.go.kr/en/pc/pressreleases/bbs/bbsView.do?bbs_seq_n=1601&bbs_cd_n=2¤tPage=17&search_key_n=&search_val_v=&cate_n=

韩先进机器人产业愿景和战略提出三大举措

12月14日，韩国产业通商资源部（MOTIE）召开先进机器人产业战略会议，提出了“先进机器人产业愿景和战略”，从投资、应用及支撑等方面提出新举措，以提高行业生产力，应对人口变化，并将机器人产业培育成国家新的增长引擎³。

投资方面，2030年机器人行业将得到超过3万亿韩元的公私联合投资，强化软硬件（如减速器、自主运行软件）等八项核心技术、人力资源和企业竞争力。MOTIE将在2024年上半年制定技术发展路线图。先进机器人产业将与无人机和未来汽车产业相结合，培养15000名人才。

应用方面，到2030年将有100多万台机器人应用于包括制造业、物流、福利和安全在内的所有行业部门，以提高生产力和降低事故率。韩国还将加强政府间合作和海外许可支持，使韩国机器人公司能够顺利进入全球市场。

支撑措施方面，韩国将更新法律框架，全面修订智能机器人法律，更好地支持机器人行业。此外，还将投资2000亿韩元建立国家机器人试验平台，确保机器人的安全性和可靠性。

（黄健）

韩发布工业供应链战略

12月13日，韩国产业通商资源部（MOTIE）召开产业供应链战略会议，提出了减少关键供应进口依赖的工业供应链战略，指定185个“供应链稳定品目”，提出至2030年将对特定国家进口依存度由70%降至50%以下的目标⁴。

这185个品目可大致涵盖尖端战略产业（半导体、二次电池、显示

³ MOTIE announces vision and strategy for advanced robotics industry as new growth engine.
https://english.motie.go.kr/en/pc/pressreleases/bbs/bbsView.do?bbs_seq_n=1612&bbs_cd_n=2¤tPage=9&search_key_n=&search_val_v=&cate_n=

⁴ MOTIE announces supply chain strategy to halve critical items' import dependence by 2030.
https://english.motie.go.kr/en/pc/pressreleases/bbs/bbsView.do?bbs_seq_n=1605&bbs_cd_n=2¤tPage=17&search_key_n=&search_val_v=&cate_n=

器、生物、电子电气)、支柱·新产业(汽车、造船、机械、机器人、航空)、基础原材料产业(金属、纺织、陶瓷、化学)三大领域。具体包括半导体材料氟气、二次电池正极材料氢氧化锂,以及尿素、矿物等各类品目。

为了实现这一目标, MOTIE 将推进以下主要任务:制定具体品目的危机应对情景,并进行跨部门的危机应对模拟; MOTIE 将为韩国国内经济效益低的关键供应链项目提供支持;到 2030 年大幅增加关键项目研发;支持先进产业和供应链领域的战略性对外投资和企业回流。在多元化方面, MOTIE 将制定各种方案,加快引入替代品,发展替代供应商,全面支持性能测试和进口保险优惠,支持并购和将生产工厂迁移至第三国等。

战略还提出,将大幅增加锂等关键矿物的储备量,增加对海外关键矿产项目的特别贷款和税收抵免,积极支持废弃稀土磁体回收利用技术和硅阳极等替代技术的发展。

(黄 健)

项目资助

欧启动纳米电子生物传感器平台项目

蛋白酶是一类很有前途的新生物标志物，对不同人类疾病（包括神经与精神疾病、多种癌症和免疫系统疾病）具有广泛的诊断、预后和治疗潜力。然而，目前缺乏对疾病相关蛋白酶生物标志物进行实时活性分析的工具。

“地平线欧洲”新项目——用于治疗反应测试的多参数纳米电子生物传感器（Multiparametric nanoelectronic biosensors for therapy response testing, MUNASET）启动，由德国凯泽斯劳滕应用技术大学领衔，来自4个欧洲国家（德国、芬兰、比利时和西班牙）的6个合作伙伴组成的联盟负责实施。该项目获得了“地平线欧洲”超过400万欧元的资助，为期四年，是石墨烯旗舰计划的一部分，旨在推动基于石墨烯和其他二维材料的技术发展⁵。

MUNASET项目将开发一种便捷高灵敏度的基于石墨烯的生物传感器平台，用于平行检测血清中的多种蛋白酶，实现更快、更精确的治疗识别，改善治疗效果，缩短住院时间。基于石墨烯的生物传感器阵列将集成在硅晶圆上，并具有多路复用读出矩阵，以实现具有多分析物检测能力、高动态范围、高精度、低检测限和低材料消耗的小型化传感器系统。作为具体的商业案例，生物传感器平台将用于在治疗重度抑郁症的过程中解决治疗反应预测问题，在临床血清样本中进行验证，实现各种即时诊断和治疗预测。该项目的启动将有助于确保欧盟在新型石墨烯生物分析工具整个价值链中的行业领导地位。

（冯瑞华）

⁵ MUNASET: A new Horizon Europe project kicked off.
<https://graphene-flagship.eu/materials/news/munaset-a-new-horizon-europe-project-kicked-off/>

美投资新建高数值孔径极紫外研发中心

12月，美国纽约州宣布与IBM、美光等公司建立合作伙伴关系，共同投资100亿美元扩建奥尔巴尼纳米技术综合园区（Albany NanoTech Complex），并将新建高数值孔径极紫外（High NA EUV）研发中心，以推动未来十年的半导体技术创新⁶。

High NA EUV中心是北美第一个也是目前唯一拥有高数值孔径极紫外光刻系统的公有研发中心。它包括即将在奥尔巴尼纳米技术综合园区新建的NanoFab Reflection研发设施，其拥有超过50000平方英尺的洁净室空间；并计划购买ASML的5200型High NA EUV光刻设备。该中心将有助于确保其研发的工艺和设计嵌入未来几代电子设备，并进一步助力美国本土厂商提升在尖端半导体制程领域的设计和制造能力。

（董金鑫）

英研究所建立先进材料创新中心

12月，塔塔钢铁公司（Tata Steel）与英国亨利·罗伊斯研究所签署了一份谅解备忘录，将联合实施合作研发计划，旨在结合塔塔钢铁在技术转化和商业化等方面的专长，以及研究所在先进材料领域的科学和创新优势，以加强合作关系⁷。

塔塔钢铁承诺在四年内投资1000万英镑，用于在曼彻斯特大学亨利·罗伊斯研究所总部创建先进材料创新中心。该中心将专注于复合材料、石墨烯和医疗材料等领域，并探索二维材料和再生材料（second-life materials）。重点研发方向将是建立材料回收技术。通过研究所的合作伙伴网络，该中心将吸引更多顶尖学者和技术人员参与，将先进材料与英国创新生态系统紧密联系起来。这一合作不仅将促进双方的技术发展，还将为多个英国国家供应链提供支持。

⁶ A new machine to power the future of semiconductor innovation.

<https://research.ibm.com/blog/high-na-euv-lithography-albany>

⁷ Royce and Tata Steel Sign MoU to Set Up a Centre for Innovation in Advanced Materials.

<https://www.royce.ac.uk/news/tata-steel-the-henry-royce-institute-sign-mou-to-set-up-a-centre-for-innovation-in-advanced-materials/>

全球灯塔网络再迎 21 位新成员

12 月 14 日，世界经济论坛公布了最新一批灯塔工厂名单，有 21 家灯塔工厂入选。其中，16 家是以生产为主的灯塔工厂，5 家是端到端价值链打通的灯塔工厂。此外，还有 4 家灯塔生产基地，由于在减少环境足迹方面表现突出，荣膺“可持续灯塔”称号⁸。

这 21 家新晋“灯塔工厂”和 4 家“可持续灯塔”分别来自以下八个国家：中国、德国、印度、沙特阿拉伯、韩国、泰国、土耳其和美国。21 家新灯塔工厂中，有 11 家位于中国，涉及钢铁、建材、新能源汽车、家电、光纤、光伏、食品、制药、电商等企业。

（万 勇）

【快报延伸】

自 2018 年开始，世界经济论坛与麦肯锡咨询公司在全球发起评选“灯塔工厂”项目，寻找制造业数字化转型的典范。目前，全球 153 家灯塔工厂中，中国有 62 家，是全球灯塔工厂最多的国家。

“灯塔工厂”最大特点是数字化、网络化、智能化等技术的集成与综合运用，其评价标准主要围绕是否大量采用自动化、工业互联网、云计算、大数据、5G 等第四次工业革命新技术，并综合运用这些新技术实现商业模式、产品研发模式、生产模式、质量管理模式和消费者服务模式等全方位变革，促进效率提升、节能减排和经营优化。“灯塔工厂”不仅自身具备优秀的生产能力，而且能通过示范和引领，带动产业链中的上下游企业走向智能化，推动新型工业化整体水平。

⁸ Factories of the Future Show How to Apply AI to Benefit People, Planet and Performance.
<https://www.weforum.org/press/2023/12/factories-of-the-future-show-how-to-apply-ai-to-benefit-people-planet-and-performance/>

英弹射中心报告分析化合物半导体在绿氢生态系统中的作用

12月，英国化合物半导体应用弹射中心（CAS Catapult）发布报告，详细分析了化合物半导体在绿氢生态系统中的作用。该报告指出，化合物半导体有可能在提高英国氢生态系统的效率和可靠性方面发挥关键作用⁹。

报告概述了碳化硅（SiC）、氮化镓（GaN）、氮化砷（GaAs）、铟镓砷化物（InGaAs）、氧化镓（Ga₂O₃）等化合物半导体材料的性能和适用领域。报告指出：①SiC的带隙是Si的三倍，其击穿电压是Si的10倍，非常适合600 V至10 kV以上的高电压应用。报告预计未来五年，SiC器件的复合年增长率将超过10%；②GaN器件具有高速开关能力、3.5倍击穿电压和3.4倍带隙（与Si相比）等优点，是设计具有较小无源元件（即滤波器和散热器）系统的理想选择；③砷化镓（GaAs）具有高电子迁移率、1.4eV的直接带隙和比Si更高的击穿电压，适用于高频晶体管，是高速电子、移动电话、卫星通信和雷达系统的潜在候选者；④InGaAs可应用于光电子、太阳能电池、热光电系统和高速电子设备。此外，它们正在被探索用于单光子雪崩二极管，该二极管可以在短波红外范围内工作，并可用于气体监测的氢气检测；⑤Ga₂O₃的带隙明显高于Si、SiC和GaN，约为4.9 eV，这意味着它可以在更高的电压和温度下工作。报告指出由于Ga₂O₃能够批量生长，它将比GaN更具成本效益。其潜在的应用领域包括电力转换，如电动汽车、牵引机车、工业驱动器等，以及传感器等光电子领域应用。然而，Ga₂O₃仍需解决许多技术挑战，比如低导热率和缺乏有效可靠的制造技术。

该报告还总结了化合物半导体在氢生态系统中的主要潜在应用方向：

（1）可再生能源发电

⁹ New report: The role of compound semiconductors within the green hydrogen ecosystem.
<https://csa.catapult.org.uk/blog/2023/12/15/new-report-the-role-of-compound-semiconductors-within-the-green-hydrogen-ecosystem/>

SiC 具有卓越的功率转换效率，可将能量转换损耗降低 90%。对于风能，集成 SiC 技术可以提高运行效率和可靠性。在太阳能领域，SiC 的散热特性有助于延长太阳能光伏系统的生命周期。

(2) 用于电解的电力电子设备

电解槽对生产绿色氢气至关重要，而电力电子设备转换和调节所需的电力。未来的化合物半导体可以取代现有的硅器件，以提高效率并提高电解槽的性能。

(3) 在运输中的应用

未来的化合物半导体的重要应用场景为燃料电池电动汽车，并将在提高效率、性能和可靠性方面发挥关键作用。

(4) 增强型微电网

微电网是一种小型电力资源，可以独立运行或与主电网联合运行，提高可靠性并利用可再生资源。氢燃料电池微电网是数据中心等耗电应用的理想选择。化合物半导体的加入可以进一步提高这些系统的效率和性能。

(5) 先进的氢气传感器

InGaAs 制作的单光子雪崩二极管对近红外光具有高灵敏度和检测单光子的能力，适用于准确检测、量化气体排放以及气泄漏检测等方面。

(董金鑫)

研究进展

首个可编程逻辑量子处理器出现 或为量子计算早期拐点

美国哈佛大学 Mikhail D. Lukin 教授领导的研究团队，创造了首个可编程逻辑量子处理器，能够编码多达 48 个逻辑量子比特，并执行数百次逻辑门操作，在解决错误问题的同时增强了计算稳定性和可靠性¹⁰。该系统是纠错量子计算机上大规模算法执行的首次演示，预示着早期容错或可靠不间断量子计算的到来。

成功的量子计算依赖于真正有价值的逻辑量子比特，而不仅仅是足够数量的量子比特。由一摞摞冗余的、纠错的物理量子比特构成的逻辑量子比特才可以存储信息，用于量子算法。将逻辑量子比特打造成为像经典比特一样的可控单元一直是量子计算的根本障碍。科学界普遍认为，除非量子计算机能可靠地在逻辑量子比特上运行，否则这项技术无法真正起飞。

在此之前，研究人员已经基于超冷中性铷原子量子计算系统，证明了纠缠操作的低错误率和中性原子阵列系统的可靠性。现在，研究人员又利用逻辑量子处理器，展示了利用激光对整片逻辑量子比特的并行多路复用控制。与控制单个物理量子比特相比，这一操作更高效、更可扩展，由此标志着人们开始使用纠错量子比特而不是物理量子比特来测试算法，并为开发更大型的设备铺平道路。这一工作可能是一个与人工智能领域早期拐点类似的、量子计算领域的拐点。

上述研究工作发表在 *Nature*（文章标题：Logical quantum processor based on reconfigurable atom arrays）。

（蒿巧利）

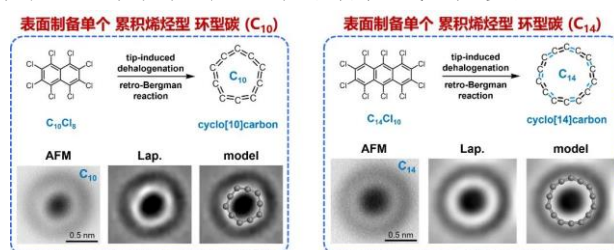
¹⁰ Key step toward reliable, game-changing quantum computing.
<https://news.harvard.edu/gazette/story/2023/12/researchers-create-first-logical-quantum-processor/>

碳材料家族再添 C₁₀ 和 C₁₄ 两位新成员

碳材料在自然界中有多种形式，其具体外在表现形式取决于每个碳原子周围与之成键的原子数目。当每个碳原子和周围四个原子成键时，就形成了天然存在的坚硬透明物质——钻石；当它和周围三个原子成键时，则形成了质软黑色的石墨；只和周围两个原子成键时，会形成环形纯碳分子（即环型碳 C_n）。由于环形碳具有很高的反应活性，极不稳定，在自然界中并非天然存在，而人工合成又极具挑战性。

同济大学许维教授团队首次成功合成出分别由 10 个和 14 个碳原子组成的环形纯碳分子材料，即芳香性环型碳 C₁₀ 和 C₁₄，并精细表征了它们的化学结构，这两种合成的新颖碳结构有望发展成为新型半导体材料，应用于未来的分子电子学器件中¹¹。

研究人员将全卤化萘（C₁₀Cl₈）和蒽（C₁₄Cl₁₀）两种前驱体分子置于 NaCl 薄膜上，并在液氦 4.7 K 环境中将其冷冻，再利用 STM 针尖开展原子操纵，诱导两种分子完全脱卤并发生反伯格曼（retro-Bergman）开环反应，最终合成出两种芳香性环型碳：C₁₀ 和 C₁₄。表征及理论计算显示，这两种环型碳均具有累积烯烃型结构，C₁₀ 完全没有键长交替，而 C₁₄ 作为从累积烯烃型 C₁₀ 到聚炔型 C₁₈ 的过渡态，存在一个非常小的键长交替（0.05 Å），尚未达到单键和三键的形式，从实验上也无法分辨出来。



环型碳 C₁₀ 和 C₁₄ 的表面合成策略与化学结构表征

上述研究工作发表在 *Nature*（文章标题：On-surface synthesis of aromatic cyclo[10]carbon and cyclo[14]carbon）。

（同济大学）

¹¹ 碳材料家族再添 2 位新成员，同济大学材料科学与工程学院许维教授团队研究成果在线发表于《自然》。
<https://news.tongji.edu.cn/info/1003/85903.htm>

超硬材料可与金刚石相媲美

英国爱丁堡大学 Dominique Laniel 课题组与德国拜罗伊特大学、瑞典林雪平大学的一项联合研究显示,在极端高温(约 2500 K)和高压(70-135 GPa, 大约是大气压的 100 万倍)条件下,利用碳和氮前驱体制备得到的碳氮化物比立方氮化硼更为坚韧,而立方氮化硼是仅次于金刚石的第二硬材料¹²。

为确定该氮化物的原子排列,研究人员将样品在法国欧洲同步加速器、德国电子同步加速器和美国先进光子源等三个粒子加速器上用强烈的 X-射线束照射。结果发现,3 种碳氮化物(*tI14*-C₃N₄、*hP126*-C₃N₄、*tI24*-CN₂)均具有超硬度必需的组成部分。当实验条件回到常温常压下时,这 3 种化合物的类金刚石特质得以保留。进一步的计算和实验表明,碳氮化物具有光致发光、高能量密度等特性,应用潜力巨大,有望成为与金刚石竞争的终极工程材料。

上述研究工作发表在 *Advanced Materials* (文章标题: Synthesis of Ultra-Incompressible and Recoverable Carbon Nitrides Featuring CN₄ Tetrahedra)。

(万 勇)

金刚石+铌酸锂：充满希望的量子新材料组合

美国斯坦福大学 Daniel Riedel 和 Jelena Vučković 共同领导的研究团队,将分别由金刚石和铌酸锂制成的两种纳米结构组合在同一块芯片上,获得了高达 92%的材料耦合效率,展示了该平台作为量子设备组件的潜力¹³。

金刚石由于其分子结构易操控、存储量子比特时间较长、量子计算精度高等特点,一直是量子比特的理想之所。而铌酸锂也是理想的量子

¹² Ultra-hard material to rival diamond discovered.

<https://www.ed.ac.uk/news/2023/ultra-hard-material-to-rival-diamond-discovered>

¹³ A promising pairing: Scientists demonstrate new combination of materials for quantum science.

<https://www.anl.gov/article/a-promising-pairing-scientists-demonstrate-new-combination-of-materials-for-quantum-science>

材料，因为科学家可以通过施加电场或机械应变，以及调整晶体结构方向等手段改变铌酸锂透射光的频率，进而实现多种功能。比如，两种材料结合可以把光频转换成现有通信频率。

研究人员首先操纵仅 300 nm 宽的金刚石使其与铌酸锂对齐，然后在考虑所有光传输或损失的前提下，对从钻石到铌酸锂的传输量进行反复校准测量，结果显示金刚石中高达 92% 的光线发送至铌酸锂中。后续研究人员将会以此为基础，利用两种材料各自和共同提供的量子信息优势，开发各种各样的设备。将尽可能多的设备和功能集成在同一芯片上，有助于提高平台稳定性，并推动设备小型化。

上述研究工作发表在 *ACS Photonics*（文章标题：Efficient Photonic Integration of Diamond Color Centers and Thin-Film Lithium Niobate）。

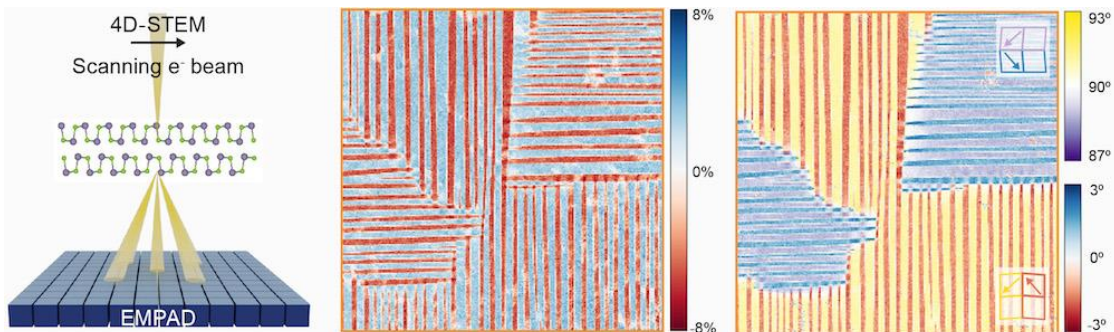
（蒿巧利）

莱斯大学揭示二维铁电材料畴结构特征

铁电材料广泛应用于存储器和传感器等领域，在构建下一代纳米电子学和内存计算方面发挥重要作用。二维铁电材料具有非凡的特性，原子厚度薄、集成能力强。美国莱斯大学 Yimo Han 及其合作者绘制出了二维铁电材料锡硒晶体的结构特征图，展示了材料中分子取向相同区域即畴结构如何影响材料的行为¹⁴。

铁电材料中分子是极化的，会根据极化而分离和排列。二维铁电材料在电刺激下会改变形状，产生挠曲电效应。二维铁电材料锡硒晶体中分子自组织成畴结构，挠曲电效应导致这些畴结构移动，引起材料的结构变化，从而影响其特性和行为。与原子被刚性晶格束缚的传统铁电材料不同，锡硒晶体中将原子束缚在一起的力较弱，使原子晶格具有更柔软、更柔韧的特质。

¹⁴ Rice engineers tackle hard-to-map class of materials.
<https://news.rice.edu/news/2023/rice-engineers-tackle-hard-map-class-materials>



二维铁电材料锡硒晶体铁电弹性应变图

研究人员使用四维扫描透射电子显微镜分析了畴结构和铁电弹性应变（上图）。二维锡硒铁电材料属于一类特殊的二维材料，层间是相对较弱的范德华力，形成了独特的结构，产生了独有的二维铁电材料效应，而这些效应在其块状对应物中是不存在的。研究人员还开发了一种新技术，可以同时观察面内应变和面外堆积顺序，这是以前对这种材料的传统研究无法做到的。

上述研究工作发表在 *Nature Communications*（文章标题：Domain-dependent strain and stacking in two-dimensional van der Waals ferroelectrics）。

（冯瑞华）

感谢您一年来对《先进制造与新材料动态监测快报》的支持，祝您：

2024 元旦快乐！