

新材料监测快报

MATERIALS NEWSLETTER

2024.08

本期要目

- 韩研究制定军工领域 60 项核心技术研发路线图
- 力拓无碳铝冶炼电解槽项目助力加拿大减排
- 日本发布智能制造发展指南
- 美 NSF 新建量子纳米工厂
- 原子厚度材料热膨胀测试新方法
- “玻璃凝胶”既坚硬又可拉伸
- 德莱布尼茨超算中心推出其首个混合量子计算机

目 录

战略规划

韩研究制定军工领域 60 项核心技术研发路线图	1
-------------------------------	---

项目资助

日本发布智能制造发展指南	2
力拓无碳铝冶炼电解槽项目助力加拿大减排	3
美增材制造研究所启动新一批项目征集	4
美 DOC 投资 7500 万美元建立半导体工厂	4
美 NSF 新建量子纳米工厂	5
美 DOE 推动产品延长使用助力循环经济	5

研究进展

水解制氢新型催化剂实现高电流密度和高稳定性	6
原子厚度材料热膨胀测试新方法	7
“玻璃凝胶”既坚硬又可拉伸	8
德莱布尼茨超算中心推出其首个混合量子计算机	9
含吡啶氮的多孔石墨烯具有高效碳捕获性能	10

战略规划

韩研究制定军工领域 60 项核心技术研发路线图

6 月 20 日，韩国产业通商资源部（MOTIE）和防卫事业厅在京畿道仪旺市现代罗特姆公司研究所召开“军工材料及零件协商机制第一次会议”，商定将集中支持航天、人工智能、有人/无人协同作战体系、机器人、半导体等五大军工领域材料和零件技术研发，形成“五大尖端军工领域材料及零件研发路线图”，以加强军工产业竞争力¹。

韩国国防科学研究所、国防技术振兴研究所、韩国电子技术研究院等 30 多名专家根据对进口的依赖、供应链安全和产业影响等因素，筛选 60 项核心技术，计划优先开发军民融合性强和出口贡献度高的尖端航空发动机材料、新一代装甲车用混合动力总成、无人机搭载多频段收发模块等具有挑战性的研发课题。出于安全考虑，韩国政府未披露五个行业 60 项关键技术的详细清单和具体发展计划。

¹ Gov't to develop 60 key materials and technologies across advanced defense sectors.
<https://koreajoongangdaily.joins.com/news/2024-06-20/business/industry/Govt-to-develop-60-key-materials-and-technologies-across-advanced-defense-sectors/2073040>

日本发布智能制造发展指南

6月28日，日本经济产业省（METI）与新能源产业技术综合开发机构（NEDO）联合发布了日本智能制造发展指南。该指南帮助制造企业制定计划和概念设计以引入和应用数字化解决方案，识别和应对管理和运营改革中面临的挑战²。

近年来，制造企业受到社会环境快速变化和不确定性增加的影响，面临着包括供应链中断、劳动力短缺导致的生产率下降、管理成本增加等挑战。尽管制造企业一直在利用不断发展的数字解决方案来实现业务改革，但对于识别和应对管理和运营改革中的挑战仍然力不从心。

为此，指南提出全面了解整个制造过程，还包括采购、开发、设计和销售等外围功能，以实现业务的全面优化。指南首先明确了外部环境挑战，企业内部按生产系统类别应对的管理挑战和运营改革挑战，研究制定了挑战图谱。然后根据企业绩效水平量身定制的工作方案、项目设计流程、注意事项和案例集，帮助制造企业顺利识别其面临的具体挑战并针对性地设计数字解决方案项目。

利用数字解决方案进行业务改革的目标可能因具体公司所处的环境而异，包括公司的规模及其业务、行业、在供应链中的地位及其管理策略等。这些指导方针的目的不是提供统一的标准答案，而是为支持制造业公司积极考虑描绘和推进适合其业务改革提供参考。

METI 和 NEDO 将继续完善该指南，并要求制造企业应用这些指南以检查指南的有效性，并从数字解决方案供应商收集反馈信息。

² Compilation of the Smart Manufacturing Development Guideline (SMD Guideline).
https://www.meti.go.jp/english/press/2024/0628_002.html

力拓无碳铝冶炼电解槽项目助力加拿大减排

力拓公司计划在加拿大魁北克省 Arvida 冶炼厂实施开创性的 ELYSIS 冶炼技术项目，安装无碳铝冶炼电解槽，扩大低碳铝产能。ELYSIS 技术将大幅消除铝业冶炼碳足迹，重塑铝生产的化学过程，并有望使魁北克成为世界上第一个生产无温室气体铝的地区，助力加拿大铝行业处于世界领先地位³。

力拓将设计并建造一个示范工厂，该工厂将配备十个运行电流为 100 千安的电解槽。力拓和魁北克地方政府将分别投资 1.79 亿美元（约合 2.35 亿加元）和 1.06 亿美元（约合 1.40 亿加元）。该工厂每年可生产 2500 吨商业铝，且不直接排放温室气体，计划于 2027 年投产。该厂将毗邻现有的 Arvida 冶炼厂，可以使用现有的氧化铝供应和铸造设施。ELYSIS 合资企业正在继续实施研发计划，以扩大 ELYSIS 技术的规模，并已在力拓 Alma 冶炼厂完成了 450 kA 大型原型电解槽的建设。ELYSIS 公司已开始对这些工业原型电池进行调试⁴。

【快报延伸】

加拿大是世界第四大原铝生产国，力拓铝业（Rio Tinto Alcan, RTA）是澳大利亚跨国矿业公司力拓集团在加拿大的子公司，也是除中国之外世界第二大铝生产商。该公司是现今加拿大最重要的金属和矿产生产商之一，在加拿大拥有 35 个生产基地和 10000 多名员工，产品出口到约 16 个国家。魁北克 Saguenay-Lac-Saint-Jean 地区是 RTA 铝业务的中心，约占其全球铝产量的一半。为加强《巴黎协定》的一致性，RTA 宣布了自我设定的温室气体减排目标：2025 年减排 15%，2030 年减排 50%，2050 年实现净零排放。

³ Government of Canada welcomes Rio Tinto project that will reduce GHG emissions and expand manufacturing of low-carbon aluminum.

<https://www.canada.ca/en/innovation-science-economic-development/news/2024/06/government-of-canada-welcomes-rio-tinto-project-that-will-reduce-ghg-emissions-and-expand-manufacturing-of-low-carbon-aluminum.html>

⁴ Rio Tinto to install carbon free aluminium smelting cells using first ELYSIS technology licence.

<https://www.riotinto.com/en/news/releases/2024/rio-tinto-to-install-carbon-free-aluminium-smelting-cells-using-first-elysistm-technology-licence>

美增材制造研究所启动新一批项目征集

6月，“制造业美国”框架下的增材制造研究所（America Makes）启动了新一批项目征集。本次项目征集总投资210万美元，共设有六个主题，主题1-5将获得四个项目资助，主题6将获得两个项目资助⁵。

主题1-5主要聚焦于增材制造技术工艺，包括复杂增材制造零件的原位尺寸验证、制造过程中传感器校准、表征方法和操作限制、试样表征并与零件材料特性相关联、新型低成本高效率铝材增材制造、激光粉末床熔化残余应力分布高精度预测等。

主题6将推动增材制造可持续性和环境效益分析，寻求可持续增材制造实践和产品设计、材料选择和开发、材料处理和/或回收方法。

美DOC投资7500万美元建立半导体工厂

6月26日，美国商务部（DOC）和Entegris公司签署了一份不具约束力的初步条款备忘录，这是DOC根据《芯片与科学法案》签署的第11份备忘录⁶。

DOC将提供高达7500万美元的直接资助，支持Entegris在科罗拉多州兴建新的工厂，将为尖端芯片生产提供关键的半导体制造材料。该工厂的建设将分为两个阶段：第一阶段支持前开式晶圆传送盒FOUP（目前完全在美国境外生产）和液体滤膜的生产；第二阶段支持生产液体过滤器和净化器以及流体处理解决方案。除了制造中心，Entegris还致力于在2030年前进一步提升其在美国的研发能力。

⁵ America Makes Announces \$2.1M Project Call.

https://www.americamakes.us/project_calls/open-project-call-2024/

⁶ Biden-Harris Administration Announces Preliminary Terms with Entegris to Onshore Supply Chain Materials for Leading-Edge Chip Production.

<https://www.commerce.gov/news/press-releases/2024/06/biden-harris-administration-announces-preliminary-terms-entegris>

美 NSF 新建量子纳米工厂

6月20日，美国国家科学基金会（NSF）宣布，将拨款近2000万美元支持在科罗拉多大学博尔德分校建立一个纳米级的制造设施，旨在加快原子光子量子设备的共同设计与开发，从而提升美国在全球量子科学与工程领域的领导地位⁷。

新的国家量子纳米工厂（National Quantum Nanofab, NQN）将通过提供量子设备制造、表征和封装能力，推进从量子计算机和量子网络到原子钟再到高级量子传感器等量子技术的应用。NQN设施将配备最先进的仪器，以推进由中性原子和离子构成的量子设备的设计、制造、工艺开发和异质集成挑战。这些中性原子和离子在可能包括高真空和低温的环境中，使用光子进行互连和寻址。目前，量子系统依赖于需要复杂控制的大体积光学系统，而NQN设施的新技术将为研究人员提供集成量子系统，并加快其广泛应用。

作为NSF中型研究基础设施计划（Mid-scaleRI-1）的一部分，NQN国家设施将面向学术界、政府机构和工业用户开放，同时还将作为一个教育中心，为不同的学生群体提供服务，并开展劳动力发展计划。

美 DOE 推动产品延长使用助力循环经济

6月17日，美国能源部（DOE）先进材料和制造技术办公室发布了“Re-X Before Recycling”奖项第一阶段的获奖者名单。该奖项旨在表彰通过再利用、修复、翻新、再制造或重新调整用途（统称为“Re-X”）等延长产品或部件寿命的创新方法⁸。

这些创新成果将显著减少生命周期内的能源使用和排放，增强新兴

⁷ NSF announces \$20 million investment in quantum nanofabrication infrastructure.

<https://new.nsf.gov/news/nsf-announces-20-million-investment-quantum>

⁸ DOE Announces Phase 1 Winners of Re-X Before Recycling Prize To Extend Product and Part Lifetimes and Promote Circularity.

<https://www.energy.gov/eere/ammto/articles/doe-announces-phase-1-winners-re-x-recycling-prize-extend-product-and-part>

清洁能源技术的循环供应链，降低对原材料的需求。该举措也将助力实现 2050 年净零碳排放的政府清洁能源目标。

来自美国 13 个州的 20 个团队将获得 100 万美元的联邦资助。这些项目涉及电动汽车电池、建筑材料、风力涡轮机部件、太阳能电池板、家居产品、食品饮料容器、车辆前照灯、纺织品等。

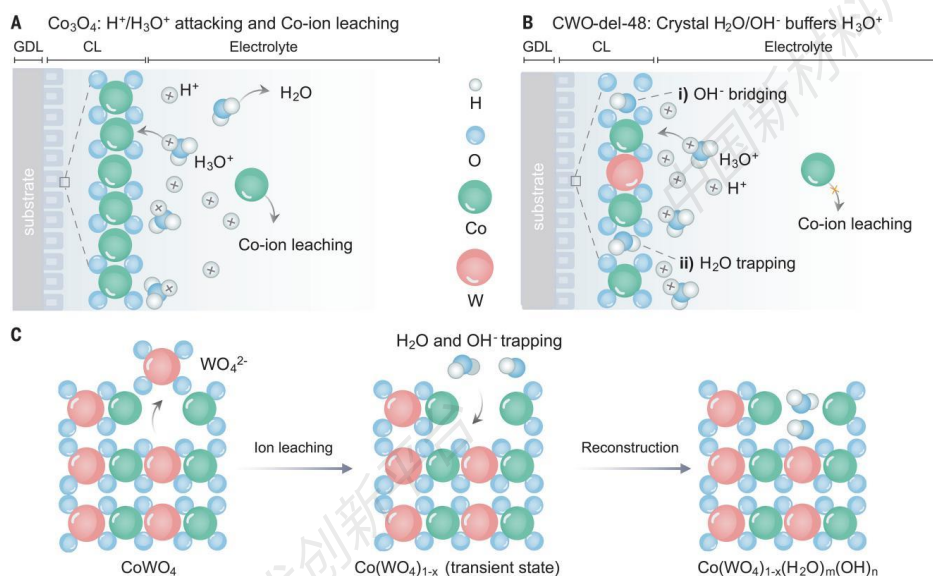
研究进展

水解制氢新型催化剂实现高电流密度和高稳定性

质子交换膜电解水（PEMWE）技术因其高生产率、能效、稳定性和低成本优势而备受关注，但其面临析氧反应（OER）缓慢和依赖稀有材料如铱（Ir）等问题。钴基氧化物因其多重氧化态和在酸性 OER 中的良好表现成为研究热点，但钴氧化物存在稳定性不足等问题。巴塞罗那科技学院光子科学研究所（ICFO）的研究团队成功开发出新型催化剂，首次在不使用铱的情况下，在工业条件下实现了 PEMWE 的稳定性⁹。

研究人员针对钴钨氧化物（CoWO₄）设计了一种使用碱性溶液的分层工艺。通过该工艺，氧化钨（WO₄²⁻）从晶格中去除，并在碱性环境中被水（H₂O）和羟基（OH⁻）交换。水和羟基被捕获，并稳定在钴氧化物缺陷网络中。这种脱层催化剂在 PEMWE 中的性能非常显著，在 2 V 电压下的电流密度为 1.8 A cm⁻²，并且在 1 A cm⁻² 的电流密度下稳定运行了 608 小时。

⁹ New Catalyst Unveils the Hidden Power of Water for Green Hydrogen Generation.
<https://www.icfo.eu/news/2365/new-catalyst-unveils-the-hidden-power-of-water-for-green-hydrogen-generation/880/>



水-羟基捕集过程

上述研究工作发表在 **Science**（文章标题：Water-hydroxide trapping in cobalt tungstate for proton exchange membrane water electrolysis）。

原子厚度材料热膨胀测试新方法

材料被加热时通常会导致结构中的原子产生膨胀，当材料只有一个到几个原子厚度时，热膨胀的测量只能通过间接手段或使用基板等支撑结构完成，这使得测量值存在很大差异。

美国洛斯阿拉莫斯国家实验室 Michael Pettes 团队开发了一种直接测量原子级厚度材料热膨胀系数的方法，将有助于解决计算机芯片等微电子材料中的热性能问题¹⁰。

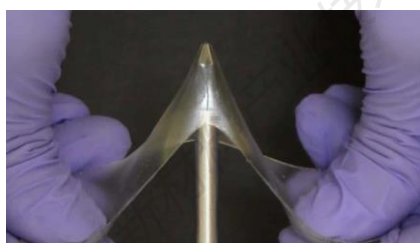
研究人员使用金属有机化学气相沉积法生长出了二硒化钨，在直径为 2 英寸的玻璃表面上沉积得到仅三个原子厚度的材料。在进行 4D 电子显微镜实验时，薄膜样品被加热到 1000 °F（约合 537.8 °C）以上，再结合非圆形电子束和复杂的计算分析，准确测定了材料中的热膨胀。金属有机化学气相沉积等合成方法对微电子的大规模制造具有普适性。由

¹⁰ New method developed for measuring thermal expansion in 'atomically thin' materials.
<https://discover.lanl.gov/news/0627-atomically-thin-materials>

于设备产生的热量可能导致降解，因此了解通过这种技术制造出二维材料的热行为，并对比它与类似材料的性能，将有助于预测材料在实际应用环境热载荷中的情况。

上述研究工作发表在 *ACS Nano*（文章标题：Direct measurement of the thermal expansion coefficient of epitaxial WSe₂ by four-dimensional scanning transmission electron microscopy）。

“玻璃凝胶” 既坚硬又可拉伸



既坚硬又可拉伸的“玻璃凝胶”

美国北卡罗来纳州立大学 Michael Dickey 团队研制出一类称为“玻璃凝胶”（glassy gels）的新型材料。该玻璃凝胶的液体含量超过 50%，但硬度极高且难以破坏。由于其易于生产，有望用于多个领域¹¹。

研究人员将玻璃聚合物的液体前驱体与离子液体混合，然后倒入模具中并暴露在紫外光下固化，制备得到玻璃凝胶。由于液体含量大于 50%，使其比物理性质相近的塑料能更有效地导电。表面具有很强的粘性，这对硬质材料来说是不寻常的特性。具体数据显示，玻璃凝胶具有良好的断裂强度（42 MPa）、韧性（110 MJ m⁻³）、屈服强度（73 MPa）和杨氏模量（1 GPa），在施加足够力并拉伸至原长度的五倍（670%）后，通过外界加热后就能恢复原形。研究人员指出，玻璃凝胶可用各种不同的聚合物和离子液体制成，且过程简单，可通过多种类型的模具固化或 3D 打印完成。

上述研究工作发表在 *Nature*（文章标题：Glassy gels toughened by solvent）。

¹¹ Researchers Create New Class of Materials Called ‘Glassy Gels’.
<https://news.ncsu.edu/2024/06/glassy-gels/>

德莱布尼茨超算中心推出其首个混合量子计算机

6月18日，德国莱布尼茨超级计算机中心发布消息称，第一台量子计算机已经被集成到位于莱布尼茨的超级计算机 SuperMUC-NG 中。该系统基于超导电路，由 IQM 公司量子计算机提供量子性能。这项被称为 Q-Exa 的里程碑式技术，获得了德国联邦教育研究部（BMBF）超过 4000 万欧元的资助。测试运行表明超级计算机和量子计算机可以协同工作，莱布尼茨很快将开放该系统¹²。

混合量子计算机是一款具有 20 量子比特的量子处理器单元，其量子体积达到了 32，并且能够实现 19 个量子比特之间的纠缠态，在读出误差纠正方面也取得了显著进展。此外，该处理器单元的两个量子比特门的保真度高达 99.46%，单个量子比特门的保真度高达 99.94%。这些数据表明，莱布尼茨超级计算机已经具备了进行复杂量子计算的能力，对于未来的科学研究和技术发展具有重要意义。



莱布尼茨的首个混合量子计算机

¹² Germany launches its first hybrid quantum computer at Leibniz Supercomputing Centre.
<https://www.quantum.lrz.de/bits-of-qubits/detail/germany-launches-its-first-hybrid-quantum-computer-at-leibniz-supercomputing-centre>

含吡啶氮的多孔石墨烯具有高效碳捕获性能

在全球应对气候变化的过程中，高效且具有成本效益的碳捕集技术需求迫切。瑞士洛桑联邦理工学院 Kumar Varoon Agrawal 团队开发了一种先进的原子薄石墨烯膜，显示出高效的碳捕获性能¹³。

研究人员首先利用化学气相沉积法在铜箔上合成了单层石墨烯薄膜，通过臭氧的可控氧化作用在石墨烯中引入孔隙，形成氧原子功能化的孔隙。然后，研究人员开发出一种方法，通过在室温下使氧化石墨烯与氨反应，以吡啶氮的形式在孔隙边缘掺入氮原子。研究人员利用 X-射线光电子能谱和扫描隧道显微镜等多种技术，证实了吡啶氮的成功掺入以及二氧化碳复合物在孔隙边缘的形成。吡啶氮的掺入明显改善了二氧化碳与石墨烯孔隙的结合。

所制备的薄膜具有很高的 CO₂/N₂ 分离系数，在含有 20% CO₂ 的气流中平均分离系数为 53。由于吡啶氮促进了二氧化碳在孔隙边缘的竞争性和可逆性结合，二氧化碳含量约为 1% 的气流分离系数超过了 1000。

研究人员还展示了膜制备过程的可扩展性，可以生产出厘米级的高性能膜。这对实际应用至关重要，意味着这种膜可以在大规模工业环境中使用。研究小组目前正寻求通过连续卷对卷工艺来生产这些膜。

该石墨烯膜在捕获二氧化碳（即使是稀释气流中的二氧化碳）方面的高性能可以显著降低碳捕获工艺的成本和能源需求。这一创新开辟了膜科学领域的新途径，有可能带来更可持续、更经济的 CCUS 解决方案。

上述研究工作发表在 *Nature Energy* (文章标题: Graphene membranes with pyridinic-nitrogen at pore edges for high performance CO₂ capture)。

¹³ Atom-thin graphene membranes make carbon capture more efficient.
<https://actu.epfl.ch/news/atom-thin-graphene-membranes-make-carbon-capture-m/>