

先进制造与新材料动态

ADVANCED MANUFACTURING AND MATERIALS NEWSLETTER

监测快报

2024 第16期
(总第446期)

本期要目

- 美 CHIPS 法案两年成果回顾
- 美 NSF 推动先进材料向循环经济转型
- 美 DOC 投资 4.5 亿美元增强先进 AI 供应链安全
- 英国 950 万英镑支持下一代制造技术研发
- 阿贡和普渡探索合作推进下一代微电子技术发展
- 美学者造出最高性能高温超导线

中国科学院武汉文献情报中心

目 录

专 题

美 CHIPS 法案两年成果回顾 1

项目资助

美 NSF 推动先进材料向循环经济转型 4

美 DOC 投资 4.5 亿美元增强先进 AI 供应链安全..... 6

英国 1000 万英镑资助半导体初创公司..... 7

英国 950 万英镑支持下一代制造技术研发 7

阿贡和普渡探索合作推进下一代微电子技术发展 8

研究进展

美学者造出最高性能高温超导线 9

更清洁高效的稀土回收方法 10

利用目标材料特性的聚类分析新方法 11

纳米结构及其光学特性的可视化 11

柔性金电极实现神经与电子设备的连接 12

新型柔性电子基材有望缓解电子废弃物问题 13

分子量子泵或可用于分子开关和放大器 14

金刚石原子振动图像推进量子传感器发展 15

美 CHIPS 法案两年成果回顾

编者按：8月9日，美国白宫发布《芯片与科学法案》（CHIPS）两周年成果回顾¹。两年来，美国联邦政府各机构制定并执行了一系列基于CHIPS法案的项目，旨在重塑美国本土半导体制造业，加大研发投入，加强供应链韧性和国家安全，促进经济和劳动力发展。两年来取得了一系列成果，已吸引数十家相关公司承诺在美国范围内进行近4000亿美元的半导体投资，并将支持创造超过11.5万个工作岗位。本期专题摘编了美国政府在实施CHIPS法案方面的主要里程碑成果。

一. 促进美国半导体制造业回流

美国商务部已与15家公司达成初步协议，在CHIPS法案针对半导体制造业的390亿美元的直接激励计划中，已经承诺提供超过300亿美元的补贴（具体内容详见往期监测快报），并计划在2024年底之前将剩余资金分配给其他符合要求的企业。

目前，美国已与全球五大顶尖的逻辑芯片、内存芯片及先进封装技术的供应商达成初步协议，而其他经济体尚未拥有超过两家能够在其本土生产先进芯片的企业。根据波士顿咨询集团的预测报告²，预计到2032年，美国的半导体制造能力将在2022年基础上增加两倍多；美国在先进芯片制造领域的份额将达到全球产能的28%。

二. 创造就业机会、拓宽人才渠道

CHIPS法案已投资超过2.5亿美元的专用资金，并与包括学术机构、

¹ FACT SHEET: Two Years after the CHIPS and Science Act, Biden-Harris Administration Celebrates Historic Achievements in Bringing Semiconductor Supply Chains Home, Creating Jobs, Supporting Innovation, and Protecting National Security.

<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2024/08/09/fact-sheet-two-years-after-the-chips-and-science-act-biden-%e2%81%a0harris-administration-celebrates-historic-achievements-in-bringing-semiconductor-supply-chains-home-creating-jobs-supporting-inn/>

² Two Years After CHIPS Enactment, Here's How to Sustain America's Budding Semiconductor Resurgence. <https://www.semiconductors.org/two-years-after-chips-enactment-heres-how-to-sustain-americas-budding-semiconductor-resurgence/>

培训机构和工会等利益相关方合作，用于促进当地社区劳动力发展；美国政府已在纽约州北部、亚利桑那州凤凰城和俄亥俄州哥伦布市启动了“投资美国劳动力中心”（Investing in America Workforce Hubs），未来还将建立六个劳动力中心，为美国人创造就业渠道；美国商务部预计将向国家半导体技术中心（NSTC）的劳动力工作投入数亿美元，以满足从获得到采用的劳动力全链条培训需求；美国国家科学基金会（NSF）启动了一项 4560 万美元的“半导体的未来”（FuSe）计划，用于前沿研究和培养未来微电子人才，并宣布成立其首个区域创新引擎，帮助 10 个项目获得了 1.5 亿美元的投资。

三. 加快区域经济发展和创新

美国商务部宣布为 12 个科技中心提供 5.04 亿美元，涉及半导体、清洁能源、生物技术、人工智能、量子计算等领域；向 6 个“再竞争试点计划”（Recompetition Pilot Program）决赛入围者提供 1.84 亿美元奖励；通过提供高薪、高质量工作，为经济困难的社区创造新机会；针对就业率远低于全国平均水平的地区，通过“再竞争试点计划”提供灵活且由当地情况驱动的投资。

美国 NSF 宣布为 10 个项目提供 1.5 亿美元，州和地方政府、私营部门和慈善机构也已承诺提供超过 3.5 亿美元。这 10 个 NSF 项目有可能在未来十年内获得超过 20 亿美元的投资。“小企业创新研究计划”将投资近 5400 万美元，帮助小企业探索创新理念和商业微电子市场。

四. 加强国家安全、推进国际合作

2023 年 9 月，美国商务部最终确定了实施 CHIPS 法案中规定的“国家安全护栏”规则，以保护美国的工业生态系统，并防止受资助的技术和创新外流；CHIPS 法案还通过补贴资金，增加关键技术的供应，包括关键防御计划所需的芯片以及日常应用的芯片。

美国国防部的“微电子共享计划”宣布初始投资 2.8 亿美元，用于在六个关键领域创建有韧性的本土生态系统：安全边缘/物联网、电磁战、

5G/6G、量子技术、人工智能硬件和商业超越技术。这些项目将在今年年底前启动，同时还将获得额外的人力、数字和物理基础设施支持。

美国国务院最近启动了“ITSI 西半球半导体倡议”，以加强墨西哥、巴拿马和哥斯达黎加等伙伴国家的半导体组装、测试和封装能力；美国还宣布与越南、印度尼西亚、菲律宾和肯尼亚建立新的合作伙伴关系，以探索半导体供应链的协调能力。

美国商务部宣布，《印度-太平洋繁荣经济框架》（IPEF）的“供应链韧性协定”于 2024 年 2 月 24 日生效，确保半导体和其他行业的供应链更具韧性、更高效和更有可持续性；美国商务部还通过“公共无线供应链创新基金”向 17 个项目提供了 1.4 亿美元，以推动美国的无线创新、竞争和供应链弹性。

五. 投资创新

CHIPS 法案已向“美国国家先进封装制造计划”（NAPMP）投资约 30 亿美元，秋季还将宣布第二轮 16 亿美元的资助机会公告，旨在建立和加速半导体先进封装的美国国内产能；成立非营利性组织 Natcast，以运营 NSTC，以便能够快速采用创新技术；美国商务部与 Natcast 一起宣布了其前三个 CHIPS 研发研究设施及其研究重点：NSTC 原型设计和国家先进封装制造计划设施、NSTC 行政和设计设施以及 NSTC 极紫外 EUV 中心；通过商务部为“制造业美国”网络下的研究所提供资金机会，专注于数字孪生的开发、验证和使用。

（董金鑫）

项目资助

美 NSF 推动先进材料向循环经济转型

8月6日，美国国家科学基金会（NSF）宣布与澳大利亚联邦科学与工业研究组织（CSIRO）合作，推动“融合加速器计划”（Convergence Accelerator）第二阶段研究，向第一阶段16个研究团队中的6个团队投资3000万美元，加速材料开发、制造和使用向循环经济转型，推动半导体和塑料等领域的发展³。

这6个研究团队的情况如下。

（1）FUTUR-IC

麻省理工学院牵头，将建立一个全球微芯片可持续发展联盟，为未来的“绿色”企业建立共同基础。通过培养跨学科专业知识来定义障碍和潜在的解决方案，实现创新、互联、可持续的技术和劳动力解决方案。

（2）PFACTS

IBM 阿尔马登研究中心牵头，将加快更换、重新设计和修复全氟和多氟烷基物质（PFAS）或“永久化学品”的行动，使利益相关者能够评估 PFAS 危害，确定替代品的优先级，并确定补救材料，从而更快地找到永久化学品的解决方案。

（3）ReCreateIt

re:3D 公司牵头，将与奥斯汀 Habitat for Humanity ReStores 合作，使低收入人群能够通过3D打印使用回收塑料废物设计可持续的家居用品。该团队由 NSF 和 CSIRO 共同资助，澳大利亚伍伦贡大学和西悉尼大学的研究人员将参与相关研究。

（4）SOLAR

巴特尔纪念研究所牵头，开发可持续太阳能电池回收所需的技术，降低回收成本并确保有价值的关键材料的再利用，同时确保美国国内先

³ NSF promotes the transition to a circular economy in advanced materials.
<https://new.nsf.gov/news/nsf-promotes-transition-circular-economy-advanced>

进材料供应链的安全。

(5) SpheriCity

佐治亚大学研究基金会牵头，作为一个跨行业的工具，将研究塑料、有机物以及建筑和拆除材料如何在当地社区流动，社区成员可接受收集基线数据的培训，为循环解决方案提供信息，同时可访问全球数据库，以与世界各地的其他社区进行比较和联系。

(6) Topological Electric

麻省理工学院牵头，将开发基于拓扑材料的电子和能量收集设备原型，旨在加速拓扑材料向低成本的下一代能源和信息设备迈进。

【快报延伸】

融合加速器计划于 2019 年启动，以应用为导向，融合多学科的创新思想、方法和技术，旨在将基础研究和发现转化为实践，以解决与特定研究主题相一致的高影响力社会挑战。该计划分两个阶段实施，制定的研究主题可能在全国范围产生重大影响。2022 年 12 月 19 日，NSF 投资 1150 万美元启动该计划的第一阶段，16 个团队获得资助，主要专注于推进基础材料科学，包括：材料设计和制造工艺；循环设计，创造环境和经济上可持续的材料和产品；为当前和未来材料科学领域提供人才储备的培训方法等。

(袁 洁)

美 DOC 投资 4.5 亿美元增强先进 AI 供应链安全

8 月 6 日，美国商务部（DOC）和 SK 海力士公司签署了一份初步条款备忘录（PMT），将向其提供高达 4.5 亿美元的拟议资金⁴。此外，CHIPS 项目办公室还将根据 PMT 向 SK 海力士提供高达 5 亿美元的拟议贷款。在 SK 海力士之前投资的 38.7 亿美元基础之上，该项投资将建造一座人工智能（AI）产品的内存封装厂和一座先进的封装研发设施，从而填补美国半导体供应链中的关键空白。

SK 海力士与普渡大学合作制定了未来的研发项目计划，其中包括与普渡的 Birck 纳米技术中心及其他研究机构合作进行先进封装和异构集成研究；SK 海力士计划合作开发以内存为中心的生成式人工智能解决方案和架构项目；SK 海力士计划与普渡大学和常春藤科技社区学院合作，开发培训计划和跨学科学位课程，培养高科技劳动力，建立可靠的新人才渠道。

美国政府将在印第安纳州建立一个研究中心。由于与 SK 海力士的合作，普渡大学将拥有美国大学中最大的研发设施，并将参与到下一代 HBM 的创新研发生态系统中，从而推动美国的技术领先地位。

【快报延伸】

位于普渡大学研究园区的西拉斐特工厂是基于 SK 集团 38.7 亿美元投资的承诺。该工厂将拥有一条先进的半导体封装线，并将大规模生产下一代 HBM。这些高性能存储芯片是训练 AI 系统的图形处理单元（GPU）的关键组件，其每秒处理高达 1.18 TB 的数据，相当于 230 部全高清电影。该工厂预计将于 2028 年下半年开始大规模生产。目前，美国已与全球五大顶尖的逻辑芯片、内存芯片及先进封装技术的供应商达成初步协议。其他经济体尚未拥有超过两家能够在其本土生产先进芯片的企业。

（董金鑫）

⁴ U.S. Department of Commerce Announces Preliminary Terms with SK hynix to Advance U.S. AI Supply Chain Security.
<https://www.commerce.gov/news/press-releases/2024/08/us-department-commerce-announces-preliminary-terms-sk-hynix-advance-us>

英国 1000 万英镑资助半导体初创公司

8 月，英国政府宣布将向 11 家半导体初创公司提供超过 1000 万英镑，支持开发芯片及医疗保健技术以挽救生命，并推动研究成果商业化。私营部门将匹配 1000 万英镑投资，总资助将超过 2000 万英镑⁵。

这些公司将是第二批通过 ChipStart 孵化器计划的初创公司，其创新产品将支撑从人工智能到消费设备和健康科技等各个领域技术进步，如 POM Health 公司开发了可用于连续激素监测的可穿戴贴片，为女性提供对荷尔蒙健康状况的精确、实时监测数据；HeronIC 公司开发了新的软件设计工具，可以快速为 AI 应用创建定制芯片，从而提高其能源效率并提升应对复杂任务的性能等。

除了融资支持外，ChipStart 孵化器计划还将帮助初创公司开发创新产品，开拓融资渠道，如：帮助企业获得商业设计能力，包括完整的硅谷孵化器 Silicon Catalyst 生态系统、设计工具、知识产权和原型设计能力；为企业提供专业知识和指导，并与硅谷孵化器 Silicon Catalyst 的全球网络建立联系；帮助企业与硅谷孵化器 Silicon Catalyst 投资顾问、战略合作伙伴和投资者网络建立联系，获取私营部门投资。

（黄 健）

英国 950 万英镑支持下一代制造技术研发

8 月 7 日，英国工程与自然科学研究理事会（EPSRC）宣布将向下一代创新和颠覆性的制造技术、工艺、产品和系统的研究开发投入 950 万英镑资助，推动英国迈向高产、韧性、繁荣和可持续的未来⁶。

本轮资助的目标是在现有制造系统的基础上，开发能够实现阶跃式变化的技术、工艺、产品和系统，如：重构现有的制造技术解决方案，

⁵ Government scheme helps UK chip start-ups raise £10 million: from new fertility treatments to improving the efficiency of AI, British semiconductor innovators are reshaping global technology.

<https://www.gov.uk/government/news/government-scheme-helps-uk-chip-start-ups-raise-10-million-from-new-fertility-treatments-to-improving-the-efficiency-of-ai>

⁶ Research to drive the next generation of manufacturing technologies.

<https://www.ukri.org/opportunity/research-to-drive-the-next-generation-of-manufacturing-technologies/>

解决新的或不同的制造问题；现有产品或系统因为要适应未来的挑战而需要改变，其所需的新型制造技术，如可延长使用寿命和回收利用的未来风力涡轮机叶片制造技术等；回收再利用原料的工艺和技术；未来产品或尚未大规模商业化产品的制造技术等。

项目提案应实现以下目标：研究开发世界领先且有影响力的制造技术，支撑英国国家优先事项；开发具有商业化潜力的制造技术，强化英国制造业竞争力；与利益相关方合作，最大限度地提高项目的质量和影响；优先考虑环境可持续性，包括资源效率、减少废物和降低排放，贯穿制造技术和制造产品的整个生命周期，支持更可持续的制造业和更绿色的英国经济。

（黄 健）

阿贡和普渡探索合作推进下一代微电子技术发展

从人工智能的爆炸式增长到人们对智能手机和平板电脑等数据密集型设备的日益依赖，对微电子的需求正在飙升。为满足这一需求，下一代微电子必须更小、更快、更强大、更节能。美国阿贡国家实验室和普渡大学通过研讨会联合确定了微电子技术研究方面的合作，先进材料、材料表征和封装成为具有强大合作潜力的领域⁷。

普渡大学在微电子和半导体领域实力雄厚，在教育项目方面处于全美领先地位，最近在半导体和微电子领域推出了创新的跨学科教育体系。阿贡实验室微电子研究所在高能效微电子和环境友好制造方面处于研究前沿地位，阿贡先进光子源是世界上最强大的 X-射线光源之一。阿贡实验室和普渡大学具有互补效能，利用最先进的 X-射线断层扫描和电子显微镜技术来了解材料在微观层面上的行为。

微电子学的下一阶段研究需要一种创新的、共同设计的研究方法。阿贡实验室的变革性 Threadwork 项目就是一个例子，采用模拟框架使研

⁷ Argonne, Purdue University explore collaborations to advance next-generation microelectronics.
<https://www.anl.gov/article/argonne-purdue-university-explore-collaborations-to-advance-nextgeneration-microelectronics>

究人员能够探索材料、物理、架构和软件之间的相互依存关系。研究人员可以在一个集成系统上试验不同的参数、设计、材料和应用。为了推进项目，阿贡实验室和普渡大学将通过 2022 年《芯片与科学法案》和其他来源争取资金，大力培养一支训练有素、多元化的微电子人才队伍，以配合联邦政府资助的研究和新设施的发展。该项目得到了能源部科学办公室的基础能源科学计划和阿贡实验室指导研发计划资助。

（冯瑞华）

研究进展

美学者造出最高性能高温超导线

美国纽约州立大学布法罗分校 Amit Goyal 团队制造出迄今世界上性能最高的高温超导线⁸。

研究团队通过离子束辅助沉积（IBAD）MgO 技术和纳米柱状缺陷技术，利用先进的脉冲激光沉积系统，在稀土钡氧化铜（REBCO）上制备出超导材料。在各种磁场强度和 5 K 至 77 K（约 -268.15 °C 至 -196.15 °C）温度范围内，1 cm² 的截面最高可实现 1.9 亿安培的电流；1 m³ 可产生 6.4 太牛顿，即 6.4 亿吨的钉扎力。该突破不仅刷新了世界纪录，也为人类驾驭磁力开辟了全新的可能。尽管这个温度范围仍非常低，但高于传统超导材料工作的绝对零度。值得关注的是，该高温超导薄膜厚度仅为 0.2 μm，但可以承载与具有近 10 倍厚度薄膜的商业超导线材相当的电流。如此强大的性能意味着它有可能彻底改变电网，甚至实现商业核聚变。

上述研究工作发表在 *Nature Communications*（文章标题：Significantly enhanced critical current density and pinning force in nanostructured, (RE)BCO-based, coated conductor）。

（万 勇）

⁸ World's highest-performance superconducting wire segment fabricated at UB.
<https://www.buffalo.edu/news/releases/2024/07/worlds-highest-performance-superconducting-wire-segment-fabricated-at-UB.html>

更清洁高效的稀土回收方法

钕、镝等稀土元素广泛用于现代电子产品领域，每种稀土元素均具有其独特的磁学和光学特性。然而，各稀土元素的化学性质相似，这使得分离纯化这些元素十分困难。当前，分离稀土元素的工业标准是液-液萃取法，但这种分离方法效率低下，且会产生大量有机化学废料。

美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校 Justin J. Wilson 团队开发了一种新型稀土元素螯合剂和不依赖有机溶剂的分离纯化工艺，分离效率较液-液萃取法大幅提升，且消除了易燃、致癌和有毒物质的危害。该方法将有望实现工业稀土元素的清洁高效分离和再利用，有望对美国稀土金属供应链带来巨大革新⁹。

研究人员以含有钕离子和镝离子的溶液作为研究样本，对分离方法进行了可行性探究。当向溶液中加入一种特殊的螯合剂 **G-macropa** 时，**G-macropa** 会与尺寸较大的钕离子相结合。随后，向溶液中加入碳酸氢钠，将尺寸较小的镝离子以碳酸盐的形式沉淀出来，通过简单的过滤和后处理即可获得纯的镝金属。进一步，通过降低剩余溶液的酸度，即可将钕金属从螯合剂中分离出来，并且螯合剂还可在后续实验中重复使用。这种新工艺的单次循环可以将镝浓缩 800 倍以上，而液-液萃取法则不到 10 倍。此外，研究人员从分子层面研究了 **G-macropa** 与其他螯合剂的作用机理和功效差异。未来，该团队还将致力于发展结构简单、低成本的新型螯合剂，并将该方法用于更多种稀土元素的分离纯化。

上述研究工作发表在 *Angew. Chem. Int. Ed.*（文章标题：Chelator-Assisted Precipitation-Based Separation of the Rare Earth Elements Neodymium and Dysprosium from Aqueous Solutions）。

（吴文涛）

⁹ A cleaner, more efficient way to process and recycle rare earth elements.
<https://news.ucsb.edu/2024/021572/cleaner-more-efficient-way-process-and-recycle-rare-earth-elements>

利用目标材料特性的聚类分析新方法

传统的聚类技术通常只关注晶体结构和元素组成等基本特征，忽略了带隙和介电常数等目标特性。日本东京工业大学 Nobuya Sato 团队引入了一种由机器学习驱动的聚类模型，该模型将基本特征和目标特性结合在一起，成功地对 1000 多种无机材料进行了分类¹⁰。

为了确保同时包含基本特征和目标特性，研究人员通过随机森林 (RF) 回归法将目标特性信息输入聚类模型，对 RF 回归模型进行训练，以预测给定的目标特性。随后，基本特征被转化为 Z 向量——基于 RF 模型所走路径的信息。最后，对转换后的 Z 向量进行聚类分析。这种新型聚类分析方法综合考虑了相似材料的基本特征和目标特性，大大减少了分类过程的繁琐程度。同时，通过考虑目标属性与基本特征之间的关系，实现了与传统聚类和特征重要性分析不同视点的分析，为基于化学成分和晶体结构基本特征进行材料预测开辟了有效途径。

上述研究工作发表在 *Advanced Intelligent Systems* (文章标题: Target Material Property-Dependent Cluster Analysis of Inorganic Compounds)。

(冯瑞华)

纳米结构及其光学特性的可视化

在纳米尺度上设计的超材料具有天然材料所没有的独特性能，这些特性源于它们的纳米级结构单元。当前，由于纳米结构尺寸小于光的波长，超材料的纳米级结构单元很难直接观察。德国马普学会弗里茨-哈伯研究所 Alexander Paarmann 团队克服了这一限制，采用一种新的显微镜技术，可以同时揭示这些材料的纳米和宏观结构¹¹。

这项研究的关键发现是方法上的突破，使以前用传统显微镜无法看到的结构变得可视化。通过创新光的利用方式，研究人员发现了如何将

¹⁰ Novel Machine Learning-based Cluster Analysis Method that Leverages Target Material Property.
<https://www.titech.ac.jp/english/news/2024/069780>

¹¹ Breakthrough in Nanotechnology: Viewing the Invisible with Advanced Microscopy.
https://www.fhi.mpg.de/1590181/2024-07-26_Breakthrough_in_Nanotechnology

一种颜色的光“困”在结构上，与第二种颜色的光混合使其离开纳米结构，从而使这种被困住的光可视化，对纳米级光学超材料进行揭示。

这项成果是弗里茨-哈伯研究所利用自由电子激光器（FEL）的独特功能，经过五年多的潜心研究和开发取得的，能让人们更深入地了解超表面，为透镜设计等技术的进步铺平道路，最终制造出更扁平、更高效的光学设备。这项研究为开发新型光源和设计相干热光源打开了大门。

上述研究工作发表在 *Advanced Materials*（文章标题：Spectroscopic and Interferometric Sum-Frequency Imaging of Strongly Coupled Phonon Polaritons in SiC Metasurfaces）。

（冯瑞华）

柔性金电极实现神经与电子设备的连接

神经接口通过将电子设备与神经系统相连接，在各种神经性疾病的治疗过程中发挥重大作用。然而，神经组织具有高度的柔软性，而电子设备常采用硬质金属作为电极，这使得设备-组织界面存在明显的机械不匹配现象，易对神经系统造成损伤并影响治疗效果。

瑞典林雪平大学 Klas Tybrandt 团队开发了一种基于高长径比金纳米线的新型柔性电极，该电极具有优良的导电性、柔软性、生物相容性和长期稳定性，在神经系统刺激和监测等方面具有显著优势¹²。

研究人员以银纳米线作为模板，在其表面生长金纳米线，除去银后，金纳米线纯度可达 99% 以上，该制备方法突破了传统高长径比金纳米线的制备瓶颈。随后，将金纳米线嵌入硅橡胶中，即得到柔性微电极。进一步，研究人员成功将该电极用于刺激大鼠神经及获取神经信号，并证明该电极能够在至少三年内保持良好稳定性。未来，该研究团队将进一步改进该材料，开发种类多样、尺寸更小的柔性电极，以实现电极与神经细胞更加紧密的接触。

¹² Soft gold enables connections between nerves and electronics.
<https://liu.se/en/news-item/soft-gold-enables-connections-between-nerves-and-electronics>

上述研究工作发表在 *Small* (文章标题: Stretchable tissue-like gold nanowire composites with long-term stability for neural interfaces)。

(吴文涛)

新型柔性电子基材有望缓解电子废弃物问题

随着机器人、可穿戴设备等各种柔性电子产品的快速发展,电子废弃物已成为迅速增长的全球性问题。Kapton (聚酰亚胺的商品名) 因具有优异的柔韧性、耐热性和绝缘性,且制备原材料容易获取,被广泛用于柔性电子设备和航空航天等领域。然而,传统制备 Kapton 的方法涉及高温热处理过程,制备过程缓慢耗时,且 Kapton 难以熔化或溶解,极大限制了柔性电子的再加工和回收利用。

麻省理工学院 Thomas J. Wallin 和犹他大学 Chen Wang 团队开发了一种新型聚酰亚胺柔性基材,不仅能在设备使用寿命结束时实现材料和组件的回收利用,还可用于扩展制造比现有基材更复杂的多层电路¹³。

研究人员开发的新型聚酰亚胺基材是一种光固化聚合物,在室温下通过紫外光照射数秒,即可实现快速固化。基于这一特性,该材料可实现多层电路的制造,且制造的复杂度和成本显著低于传统的 Kapton 制造工艺。此外,由于在新型聚酰亚胺主链中引入了酯基,该材料能够在酒精和催化剂的溶液中迅速溶解,便于回收电路中其他昂贵的电子元件(如贵金属、芯片等),并重新用于新的电子设备。当前,犹他大学团队已联合创办了一家公司,拟将这项技术商业化。

上述研究工作发表在 *RSC Applied Polymers* (文章标题: Photopatternable, degradable, and performant polyimide network substrates for e-waste mitigation)。

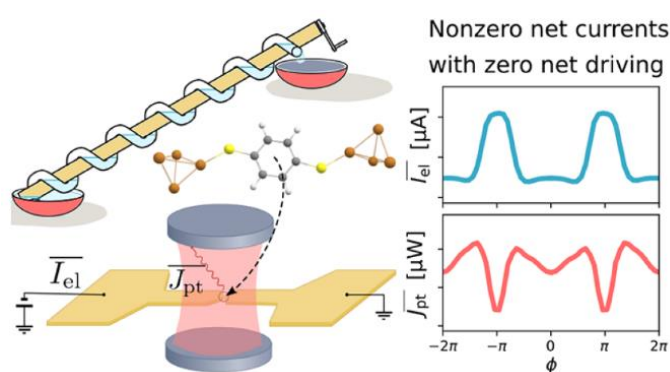
(吴文涛)

¹³ New substrate material for flexible electronics could help combat e-waste.
<https://news.mit.edu/2024/new-substrate-flexible-material-could-help-combat-electronic-waste-0806>

分子量子泵或可用于分子开关和放大器

分子电子学是一门研究电子如何在单分子结中移动以及如何将其用于电子设备的学科。这些过程中常用理论模型的时间尺度比实验观察到的时间尺度快很多，如何将二者对齐一直存在困难。芬兰捷瓦斯基拉大学和弗罗茨瓦夫理工大学合作提出一种新的理论建模技术，解决理论和实验时间尺度对齐问题的同时，还可能用于开发分子电子学中的开关或放大器¹⁴。

利用新的建模技术，研究人员探究了一种称为“分子量子泵”的装置。在这种装置中，苯二硫醇分子连接两个铜电极，并在空腔中的光子相互作用，产生量子泵效应。新的理论方法为分子结的研究提供了与实验相关的时间尺度。理论结果表明，目标分子系统可以产生大量的光发射和高次谐波。有趣的是，这些光学效应发生的方式类似于在固态材料而非原子或分子系统中观察到的情况。研究还发现，分子构型上的对称性可以抑制或增强某些频率的光，构型有可能被用作分子电子学中的开关或放大器。此外，分子量子泵的效率还取决于驱动电压的大小和相位差等。



研究的重点是连接到两个铜电极并与腔光子耦合的苯二硫醇分子的量子泵效应

上述研究工作发表在 *Nano Letters*（文章标题：Electroluminescence Rectification and High Harmonic Generation in Molecular）。

（蒿巧利）

¹⁴ Quantum pumping in molecular junctions.
<https://www.jyu.fi/en/news/quantum-pumping-in-molecular-junctions>

金刚石原子振动图像推进量子传感器发展

美国阿贡国家实验室、康奈尔大学和普渡大学等联合利用 X-射线绘制了金刚石中的原子振动图，并将它们与嵌入量子系统的行为关联起来，推进了量子传感器的发展¹⁵。

研究人员使用声波对金刚石进行脉冲冲击，拍摄金刚石振动的 X-射线图像，并测量原子根据声波频率压缩或膨胀的程度。随后，研究人员将这种原子应变与原子自旋联系起来，并定义了二者之间的数学关系。这项研究对于量子传感来说十分关键。预计在未来几十年内，量子传感器将广泛应用于医学、导航和宇宙学等领域。

作为量子信息的宿主，金刚石可实现较长的信息寿命，可以在室温下运行并提供可靠的测量。这项工作中旋转操作使用不太常见的声波而非使用最常用的电磁波，其优势包括：声波可用来操纵自旋而电磁场不行；声波可以保护自旋中编码的量子信息；千兆赫兹的声波比千兆赫兹的电磁波小很多，具有小型化优势。将这些优点与金刚石相结合，可以制造出卓越的量子传感器。

上述研究工作发表在 *Physical Review Applied*（文章标题：Stroboscopic x-ray diffraction microscopy of dynamic strain in diamond thin-film bulk acoustic resonators for quantum control of nitrogen-vacancy centers）。

（蒿巧利）

¹⁵ X-ray imagery of vibrating diamond opens avenues for quantum sensing.
<https://www.anl.gov/article/xray-imagery-of-vibrating-diamond-opens-avenues-for-quantum-sensing>

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](mailto:amto@whlib.ac.cn)