



2020

先进制造与新材料动态监测快报

第 9 期

总第 343 期

重点推荐

美 DOE 通过创新提升制造业竞争力

英大力推动循环经济转型

半导体中首次发现“光挠曲电”效应

目 录

项目资助

美 DOE 通过创新提升制造业竞争力	1
美 DOE 资助燃气轮机叶片用超高温材料	2
英大力推动循环经济转型	3
欧“EIT 制造业”启动 2021 年项目征集	4

研究进展

半导体中首次发现“光挠曲电”效应	5
美学者合成出 20 nm 二维超分子结构	5
微波处理技术快速回收 PET	6
受珊瑚启发的生物材料带来高效生物燃料生产	6
美学者对比闪锌矿和纤锌矿 III 族氮化物异质结能带特征	7

美 DOE 通过创新提升制造业竞争力

4月24日，美国能源部（DOE）能效与可再生能源办公室宣布，将发布新的资助计划，以刺激美国制造业的技术创新，提升能源效率，并推动尖端产品的本土化制造。此次资助也是 DOE 助力实现特朗普政府通过技术创新提高制造业竞争力的目标的具体举措之一，具体而言，将通过资助新的工业技术、材料与工艺，以建立并维系美国在先进制造业中的领导地位。此次资助主要关注以下三个领域。

(1) 下一代制造工艺，提高高能耗、高能源依赖度行业（如钢铁制造）的能源效率。

- 开发创新型炼钢炼铁工艺。**提高钢铁冶炼工艺的能效，特别是通过电弧炉技术的优化进步，以及通过创新使炼钢的各种副产品（包括废料和工艺气）得到更多利用或回收。

- 改进干燥工艺的能效。**通过开发低碳能源技术提高干燥过程的能效。这些新技术还将带来其他利好，如产品性能提升、固有安全性提高和可操作性改善等。

- 利用机器学习优化大规模高效率航空结构制造。**利用国家实验室在机器学习和人工智能方面的知识储备，提高大型航空结构的制造效率。

- 集成增材制造工艺，用于先进的风叶片生产。**开发风力叶片的增材制造技术，并扩展到大尺寸叶片，以实现新型叶片设计和灵活的工艺与工具配置。

- 通过低成本聚合物浸渍法生产碳化硅陶瓷基复合材料。**通过改进制造工艺来降低陶瓷基复合材料（如碳化硅和氮化硅陶瓷基复合材料）的成本，从而减少制造耗时、孔隙率、纤维成本、制造步骤、后处理和检验等。

(2) 模块化、混合和/或催化过程，提高化工生产中的能源效率。

- 先进化工生产研发。**通过改进催化过程提高化学工业中能耗最高产品的能效，或者通过动态操作实现更佳效益，并优化转化率、选择性和稳定性。

- 可进行数据分析的动态催化剂科学。**通过采用创新的动态催化剂科学，以及用于复杂工业催化剂先进表征的数据分析工具，来提高效率并加速催化工艺的开发。这包括改进现场原位光谱反应器的时间分辨率与建模，从时间分辨瞬态数据中得出新的动力学表征标准，以及无需大量的运行时间研究即可预测催化剂的稳定性等。

(3) 互联、柔性且高效的制造设施、产品和能源系统，包括在工业设施中集成“直接空气捕获”技术。

- 将碳捕集与利用整合到工业过程中。**把碳捕集系统与工业过程（包括“直接空气捕获”等能够捕集稀薄来源的过程）集成在一起，降低碳捕集系统的设置门槛，从而减少制造过程的碳强度。

●**区域能源系统弹性热电联产技术。**在带有可再生燃料市政发电厂的区域能源系统中，开发和示范弹性热电联产技术。重点在于能够自动无缝响应来自可再生资源的发电波动。

●**高效微电子的先进制造。**在微电子制造中推动能效提高。这可以通过开发新方法使原子级精度的材料更易于制造，以及提出新技术推动子系统的“批量定制”来实现。

万 勇 编译自[2020-04-24]

Energy Department Announces Notice of Intent to Issue Funding to Enhance Manufacturing Competitiveness through Innovation

<https://www.energy.gov/eere/articles/energy-department-announces-notice-intent-issue-funding-enhance-manufacturing>

美 DOE 资助燃气轮机叶片用超高温材料

4月21日，美国能源部（DOE）宣布为先进能源研究计划署（ARPA-E）的新项目——提高涡轮效率的超高温防渗材料（ULtrahigh Temperature Impervious Materials Advancing Turbine Efficiency, ULTIMATE）提供2800万美元资助，将开发和示范可在燃气轮机叶片的高温高压环境下运行的超高温材料。项目将专门针对用于发电和航空工业的燃气轮机。

过去几十年以来，通过不断的微观结构和化学改进，当前先进的叶片材料一般是由单晶镍（Ni）或钴（Co）基高温合金制成，可承受的温度已稳步提升到了1100℃。然而，仍需进一步开发新的材料，可在显著高于工业标准高温合金的温度下进行工作，以进一步提高效率和经济收益。该项目将通过开发集成了先进制造工艺的新型超高温金属合金和涂层来满足这一需求，使燃气轮机叶片可在1300℃的测试环境中（或者带有涂层的新材料，使入口温度可达1800℃甚至更高）连续运行。

项目拟分为两个阶段推进，建议最长分别为18个月和24个月。在第一阶段，团队将通过对基本特性的建模和实验室拉伸试样测试，对合金成分、涂层和制造工艺进行概念验证。在第二阶段，团队将研究选定的合金成分和涂层，全面评估物理、化学和机械性能，并生产出通用的小型涡轮机叶片，以验证可制造性。

万 勇 编译自[2020-04-21]

Department of Energy Announces \$28 Million to Develop Ultrahigh Temperature Materials for Gas Turbine Applications

<https://www.energy.gov/articles/department-energy-announces-28-million-develop-ultrahigh-temperature-materials-gas-turbine>

英大力推动循环经济转型

英国政府希望推动经济向循环经济转型，实现可持续增长和繁荣。在循环经济中，资源的处理应考虑到可持续性、废物最小化和利用效率、产品生命周期优化等，在循环和/或再利用之前产生更多的经济和社会价值。然而，这种转变需要明确的、以证据为基础的实施途径，以及广泛的基础研究证据。它不仅必须需要科学技术的进步，还需要社会、行为、文化、伦理、环境、经济、法律和监管方面的理解。为此，英国近期推出了打造跨学科循环经济中心以及交通运输系统领域的循环经济网络+计划等一系列举措。

跨学科循环经济中心（Interdisciplinary Circular Economy Hub）方面，英国研究与创新署（Research & Innovation）于3月31日开始征集提案，该中心将获得45个月327万英镑的资助以提供国家层面的领导和协调，推动循环经济领域的知识交流和学习，以应对推动循环经济所需关键学科（如艺术、人文、生物、工程、环境、自然科学和社会科学等领域）之间的交叉挑战。

交通运输系统领域的循环经济网络+计划方面，英国工程与自然科学研究理事会（EPSRC）于3月31日启动了可行性研究项目征集，其目标是：①建立专注于交通循环技术和流程的研发社区；②结合学术创造力和行业洞察力，在全生命周期内为交通系统减轻环境负担提供新颖有效的解决方案。

每项可行性研究将产生具体的成果，如跨学科的技术分析报告、早期概念开发或技术演示等。提案应侧重于交通运输系统，并至少包含一个以下研究方向：①物质（如金属、塑料和玻璃等）的仓储和流通；②全寿命设计，包括报废回收、再利用和复原；③循环经济决策，以改善循环经济决策的社会、经济、政治、金融和后勤障碍；④循环经济转型，利用独立经济实体和民间实体的协调行动，在部门层面实施循环经济；⑤数字化循环经济，包括数据在循环经济中的潜在作用（如大数据、连接运输供应链的区块链技术、建立信任并促进数据交换等）。

黄健 编译自①[2020-03-31]②[2020-03-31]

① *Circular Economy Network+ in Transportation Systems – Call for Feasibility Studies*
<https://epsrc.ukri.org/funding/calls/circular-economy-network-in-transportation-systems-call-for-feasibility-studies/>

② *UKRI Interdisciplinary Circular Economy Hub*
<https://epsrc.ukri.org/funding/calls/ukri-interdisciplinary-circular-economy-hub/>

欧“EIT 制造业”启动 2021 年项目征集

4 月 21 日，欧洲创新与技术研究院（EIT）“EIT 制造业”项目启动了 2021 年项目征集，拟资助的活动类型包括创新、教育、商业开发和区域创新体系等，资助总额约为 3500 万至 4000 万欧元。“EIT 制造业”项目选定了四大旗舰领域，包括适用于可持续工作的人与机器、具有充分灵活性的增材制造、循环经济的零废物制造、数字化价值网络平台等，拟申请的项目应至少涉及一个领域。

(1) 适用于可持续工作的人与机器。工业机器人是一种智能使能技术，能够与人类合作和互动以支持人类工作，并帮助实现人类福祉和超级制造能力。协作机器人技术需要大量的使能技术来确保安全性、可靠性、模块化和高生产率，在灵活性和生产率方面需要进一步提升。另外类人机器人系统具有积极的社会影响，可吸引年轻人从事制造业活动。

(2) 具有充分灵活性的增材制造。多种材料增材制造可实现高价值个性化产品和高级服务，推动新的制造模式发展，对经济、社会和环境产生重大影响。旗舰计划将促进增材制造技术的开发，从根本上提高精度和灵活性，同时大幅减少生产最终产品所需时间，最终将为工业部门提供“按需供应和生产”的动态价值网络。

(3) 循环经济的零废物制造。旗舰计划将部署新技术、工艺和数字工具，在整个产品生命周期中最大限度地减少浪费和资源使用。数字化、传感器和机器学习可以从根本上提高工业过程的效率，以减少浪费。数字孪生将促进生态设计，并进一步减少过程浪费。

(4) 数字化价值网络平台。数字化制造的价值网络需要强大的数字平台基础，以实现高效的数字市场、灵活性和对市场变化的反应能力。平台提供商和集成商是维持这一生态系统的关键推动者。旗舰计划将支持制造商、集成商及其数字平台价值链的使用，为欧洲创造高价值的制造价值网络。

“EIT 制造业”项目于 2019 年启动，其目标是通过将人与技能、技术与市场、创新者与投资者联系起来，促进欧洲制造业创新。

黄 健 编译自[2020-04-21]

EIT Manufacturing invites organisations to participate in its Call for Proposals 2021

<https://eit.europa.eu/our-activities/opportunities/eit-manufacturing-call-proposals-2021>

半导体中首次发现“光挠曲电”效应

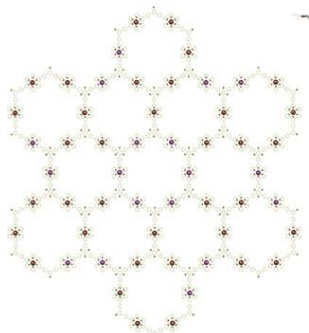
环境能源收集常见的能量转换方式有光伏效应和机电耦合效应，这两种效应分别取决于半导体和压电绝缘体两种材料，如何集成到一种材料上成为一大挑战。南昌大学（第一作者单位、通讯作者单位之一）舒龙龙副教授率领的研究团队与国内外团队合作，首次在半导体材料中发现了这两类效应，并且性能打破了记录。

研究人员对卤化铅钙钛矿这一类光伏半导体材料进行弯曲处理，首次实现了“挠曲电”效应（由梯度应变产生的电极化效应，是近年逐渐得到发展、具有重要传感与驱动应用前景的新型机电耦合效应）与光伏效应的完美结合，可进行光机电多物理场耦合，同时收集环境中的机械能和光能。该研究是物理理论原创，首次发现卤化钙钛矿半导体材料具有十分特殊的“光挠曲电”效应。在光照作用下其挠曲电系数得到极大增强，最高可达 2000 $\mu\text{C}/\text{m}$ ，这是当前所有材料中挠曲电系数值之最，为光传感、光探测器件应用提供了新思路。

相关研究工作发表在 *Nature Materials*（文章标题：Photoflexoelectric effect in halide perovskites）。

（王 轩）

美学者合成出 20 nm 二维超分子结构



超分子的分子模型

超分子是由单个分子组成的大分子结构。与专注于原子之间共价键的传统化学不同，超分子化学研究的是分子自身的非共价相互作用。很多时候，这些相互作用会引发分子自组装，自然而然地形成能够执行多种功能的复杂结构。当前制备的新型超分子要么尺寸很小（不到 10 nm），要么组装较为随意，限制了其潜在应用。

美国南佛罗里达大学 Xiaopeng Li 副教授研究组通过结合分子内和分子间自组装过程，构建出宽度为 20 nm 的金属-超分子六边形网格。据介绍，这是该化学领域的世界纪录。该研究将推动人们进一步了解控制这些分子形成的设计原理，进而开发出具有尚未被发现的功能和特性的新材料。

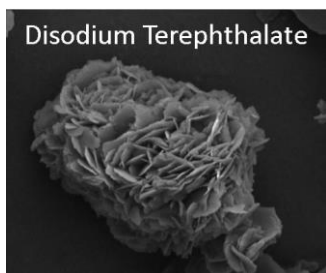
相关研究工作发表在 *Nature Chemistry*（文章标题：Intra- and intermolecular self-assembly of a 20-nm-wide supramolecular hexagonal grid）。

万 勇 编译自[2020-04-14]

Pushing the limits of 2D supramolecules

<https://www.usf.edu/news/2020/pushing-the-limits-of-2d-supramolecules.aspx>

微波处理技术快速回收 PET



微波处理后，PET 转变为对苯二甲酸二钠薄片

美国普渡大学 Vilas Pol 副教授领导的研究小组采用超快微波辐射工艺技术，将废弃的聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）转变为对苯二甲酸二钠，并用作电池阳极材料。微波技术的优点是反应过程快，在有机反应中具有普适性。采用普通的家用微波装置，就可以在 120 秒内将 PET 转变成对苯二甲酸二钠。研究小组在锂离子电池和钠离子电池上尝试了这种方法。

研究小组进行了基于密度泛函理论的计算，以深入了解锂离子电池和钠离子电池的电子特性，并理论解释了两个系统的行为差异。研究发现对苯二甲酸二钠阳极的脱锂电势比脱氢电势高约 0.65 V。在 25 mA g^{-1} 的电流密度下，在锂离子和钠离子电池中分别循环 50 次后，两种电池中的对苯二甲酸二钠-炭黑复合电极可分别提供 182 mAh g^{-1} 和 224 mAh g^{-1} 的放电容量。

虽然锂离子技术目前在便携式电子产品和电动汽车市场上占据主导地位，但是钠离子电池也因成本低、电化学性能极具吸引力，可应用于电网而备受关注。利用微波的新型电池技术成本低，具有可持续性且可回收，可能会为可再生能源转化与存储开辟新的途径。

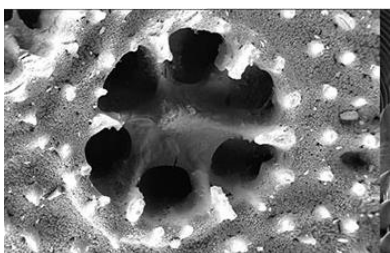
相关研究工作发表在 *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*（文章标题：Rapid Upcycling of Waste Polyethylene Terephthalate (PET) to Energy Storing Disodium Terephthalate Flowers with DFT Calculations）。

冯瑞华 编译自[2020-4-22]

Microwaves power new technology for batteries, energy

<https://www.purdue.edu/newsroom/releases/2020/Q2/microwaves-power-new-technology-for-batteries,-energy.html>

受珊瑚启发的生物材料带来高效生物燃料生产



3D 打印的珊瑚结构

在海洋中，珊瑚和藻类有着复杂的共生关系。珊瑚为藻类提供了宿主，而藻类则通过光合作用为珊瑚产生糖分，珊瑚在收集和利用光方面非常高效。剑桥大学和加利福尼亚大学圣地亚哥分校的研究人员受珊瑚结构启发，设计和打印了珊瑚结构，并将它们用作藻类生长的孵化器。研究人员测试了各种类型的微藻，发现其生长速度比标准液体生长培养基高 100 倍。

研究团队使用一种类似于超声的光学模拟技术（称为光学相干断层扫描）扫描

活珊瑚，基于扫描模型进行 3D 打印设计。利用定制的 3D 生物打印机可在几秒钟内打印出珊瑚的微型结构，结合聚合物凝胶和掺有纤维素纳米材料的水凝胶，来模仿活珊瑚的光学特性。3D 打印的珊瑚复制了天然的珊瑚结构和采光特性，为活微藻创造了人工宿主微环境。3D 打印珊瑚比天然珊瑚更有效地捕获和散射光，可用作更高效生物反应器生产藻类生物燃料。

3D 打印珊瑚结构还可帮助研究人员更好地了解珊瑚-藻类关系的复杂生物学，并开发出修复和恢复珊瑚礁的新技术。未来该技术将进一步扩展，以便能够对藻类生物产生真正的影响，并最终减少造成珊瑚礁死亡的温室气体排放，为新的生物启发材料及其在珊瑚保护中的应用打开大门。

相关研究工作发表在 *Nature Communications* (文章标题: Bionic 3D printed corals)。

冯瑞华 编译自[2020-04-16]

Coral-inspired biomaterials could lead to efficient biofuel production

https://www.nsf.gov/discoveries/disc_summ.jsp?cntn_id=300404&org=NSF&from=news

美学者对比闪锌矿和纤锌矿 III 族氮化物异质结能带特征

美国伊利诺伊大学 Can Bayram 教授率领的研究团队使用混合密度泛函理论研究了纤锌矿 (wz-) 和闪锌矿 (zb-) III 族氮化物的带隙、电子亲和力和能带排列。

研究发现, zb-GaN/InN 异质结的带隙比 wz 对应物要大, 而的 zb-AlN/GaN 异质结的导带/价带偏移比 wz 对应物要小。zb-AlN 势垒的小带隙和较小的导带偏移意味着, 当电子被量子阱捕获时, 电子可以分别以小的偏置和更少的能量损失注入 zb-AlN/GaN/AlN 量子阱异质结构中。研究者认为, Wz 和 Zb-III 族氮化物中的带隙弯曲主要是由导带偏移对成分的非线性依赖性引起的。研究者的这项工作揭示了 zb-异质结构比 wz-异质结构具有根本优势, 包括无极化性质、更高的辐射效率和更少热量产生。

相关研究工作发表在 *ACS Omega* (文章标题: Band Alignments of Ternary Wurtzite and Zincblende III-Nitrides Investigated by Hybrid Density Functional Theory)。

姜山 编译自[2020-04-24]

Compound Semiconductor Research in the Fast Lane

<https://ece.illinois.edu/newsroom/news/8963>

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

跟踪和研究本领域国际重大的科技战略与规划、科技计划与预算、研发热点与应用动态以及重要科研评估等；围绕材料、制造、化工等领域的前沿科技问题及热点方向进行态势调研分析；开展本领域知识资源组织体系研究，构建重要情报资源组织加工服务平台等。我们竭诚为院内外机构提供具有参考价值的情报信息服务。

研 究 内 容		代 表 产 品
战略 规划 研究	开展科技政策与科研管理、发展战略与规划研究等相关服务，为科技决策机构和管理部门提供信息支撑。	宁波新材料科技城产业发展战略规划（中国工程院咨询项目） 中国科学院稀土政策与规划战略研究 国家能源材料发展指南（国家能源局项目） 发达国家/地区重大研究计划调研
领域 态势 分析	开展材料、制造、化工等领域或专题的发展动态调研与跟踪、发展趋势研究和分析，提供情报支撑。	稀土功能材料 微机电系统 微纳制造 高性能碳纤维 高性能钢铁 计算材料与工程 仿生机器人 海洋涂料 二维半导体材料 石墨烯防腐涂料 轴承钢等国际发展态势分析 （与其他工作集结公开出版历年《国际科学技术前沿报告》）
科学 计量 研究	开展材料、制造、化工等领域专利、文献等的计量研究，分析相关行业的现状及发展趋势，为部门决策与企业发展提供参考。	服务机器人专利分析 石墨烯知识产权态势分析 临时键合材料专利分析 超导材料专利分析报告

地 址：湖北省武汉市武昌区小洪山西 25 号（430071）

联 系 人： 黄 健 万 勇

电 话： 027-8719 9180

传 真： 027-8719 9202