

材料月报

2019 年第四期（总 13 期）

太原理工大学材料学院 主办

2019 年 04 月 20 日

要 目

P2 金属所新发现，为高效制冷提供新思路

中国科学院金属研究所功能材料与器件研究部研究团队在一系列称为塑晶的有机材料里发现了基于分子取向序的压卡效应，等温熵变较传统固态相变制冷材料高出了一个数量级，且材料十分廉价，具有诱人的应用前景。该项研究工作发表于《Nature》。

P5 用 DNA 分子组装类生命“软机器人”

美国和中国科研人员近期合作设计出一种以 DNA(脱氧核糖核酸)为材料构成的类生命“软机器人”，可通过自身新陈代谢为驱动实现自主运动，未来有望用于开发生物芯片等。该研究发表在《Science》上。

P6 Nature 重磅封面：复活死亡大脑

耶鲁大学最新研究：猪大脑在死亡 4 小时后成功复活，并维持了至少 6 小时。该系统名为 BrainEx，是一套类似透析机一样的体外人工循环程序，将实验溶液泵入大脑。研究发表在《Nature》封面。

P8 铁电材料重大突破

近日，西安交大李飞教授和徐卓教授及其合作者在弛豫铁电单晶材料高性能化研究方面取得了重大突破，其研究成果发表在《Science》上。

目 录

科研进展

- P1 仿生群体机器人问世
- P2 金属所新发现，为高效制冷提供新思路
- P4 可见光催化脱羧偶联反应领域重要突破
- P5 用 DNA 分子组装类生命“软机器人”
- P6 Nature 重磅封面：复活死亡大脑
- P8 铁电材料重大突破
- P9 综述：先进电池化学里的高分子设计
- P10 新型混合电容器获系列进展
- P12 科学家首次实现时间“倒流”
- P13 结合相变材料与超表面实现可调波前调控
- P14 纳米金属方面又一颠覆性发现
- P15 富勒烯纳米陶瓷-按需合成中空纳米结构
- P16 氢气可视化探测获重要进展
- P17 首次实现单一材料结构多彩“夜明珠”
- P18 南京大学钙钛矿方面获进展
- P19 水凝胶 3D 打印新进展
- P20 二氧化钒相变智能窗研究获进展
- P21 金属纳米晶芯片高速打印
- P22 让-263° C 的水不结冰，科学家做到了

材料动态

- P23 我国科学家制备出单层石墨烯纳米带
- P24 宝钢研发 0.18mm 铁损最低取向硅钢
- P25 3D 打印出全球首颗“完整”心脏

高等教育

- P26 未来工程教育的几个重要视点

材料课堂

- P28 直观图解 intel 芯片生产全过程

主办：太原理工大学
材料科学与工程学院

主编：王晓敏

副主编：乔璐威 程伟丽

责任编辑：贾 兰

出版日期：2019 年 04 月 20 日

（第 013 期）

仅供内部参阅，正式引用时请
自行核实

仿生群体机器人问世

(Robotic collectives inspired by biological cells)

Nature 封面发布重大工程学突破—仿生物细胞群体机器人问世。这个“粒子机器人”，为开发大规模机器人系统提供全新途径。该论文一作为中国学者李曙光，目前在哈佛大学任博士后研究员。



图 1 Nature 封面

在生物系统中，大规模的行为可以通过随机移动的小规模组件的群体耦合和协调来实现。例如，在伤口愈合和癌症扩散的过程中，活细胞聚集并群体迁移。

受到这些生物机制的启发，李曙光等发表在《Nature》杂志上关于群体机器人系统的论文结果表明，随机性为开发具有鲁棒的确定性行为大规模群体机器人系统提供了一种有希望的方法。

在该系统中，圆形的部件不能彼此独立运动，也不能单独操作。此外，每个部件只能通过沿其半径振荡、伸展和收缩来移动。作者将这种极简主义的方法称为“粒子机器人”。在没有外部刺激的情况下，系统只能随机移动。然而，当组件被编程来调整它们的直径以响应不同的环境信号时，就会集体向信号源移动。

在不久的将来，展示这种群体机器人系统的潜在高影响工程和医学应用将是至关重要的，而使用其他技术是不可能实现的。成群的随机细菌驱动的微机器人可以使用粒子机器人技术将药物运送到目标区域，到达人体内部难以到达的区域。

这些菌群可能受化学梯度、氧梯度或癌组织环境 pH 值变化的影响。事实上，许多研究已经表明，群体细菌驱动的微虫群在靶向药物递送、医学诊断和环境传感方面具有潜在的应用。

—摘编自 高分子科学前沿公众号 2019-03-22

金属所新发现，为高效制冷提供新思路

(Colossal barocaloric effects in plastic crystals)

中国科学院金属研究所功能材料与器件研究部李曷研究员、张志东研究员、任卫军研究员等组成的研究团队在一系列称为塑晶的有机材料里发现了基于分子取向序的压卡效应，等温熵变较传统固态相变制冷材料高出了一个数量级，且材料十分廉价，具有诱人的应用前景。该项研究工作发表于《Nature》。

制冷技术在当今社会工农业生产、日常生活等多个领域均起到了至关重要的作用，联合国统计数据表明全球每年 25-30% 的电力被用于各种各样的制冷应用。而这些应用绝大部分依赖传统的气体压缩制冷技术，普遍使用对环境和人体有害的制冷剂。因此，寻求绿色、环保、低能耗的替代制冷方案已经成为学术界和工业界共同努力的方向。特别是当前我国高端制冷压缩机技术仍然欠缺，探索新的制冷技术方案则有望从根源上解决该技术领域的“卡脖子”问题。

近年来，基于固态相变热效应的固态制冷技术被认为是最有希望取代传统气体压缩制冷的技术方案。固态相变制冷材料的性能主要由等温熵变所描述。固体压卡效应的制冷循环，如图 1 所示。遵循以上的物理认识，经过数十年的发展，主流固态相变制冷材料的等温熵变提高到了 $50 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 左右，且需要较大的外场，这成为该技术走向应用的障碍。因此，如何提高固态相变制冷材料的性能成为一个兼具物理意义和应用价值的研究课题。

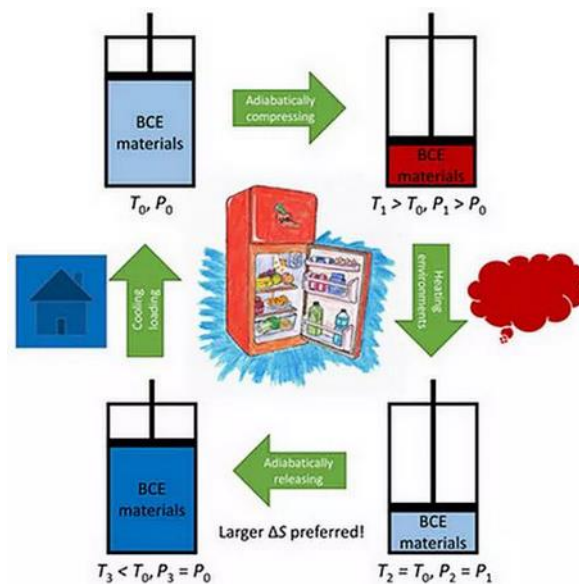


图 1 压卡效应材料的制冷循环示意图

金属所研究人员和日本大阪大学 Takeshi Sugahara 副教授合作，利用高压微量热仪测量了 NPG 在高压条件下的等温熵变，发现在 45.0 MPa 压力下熵变已经达到最大值 $-389 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ，且在 15.2 MPa 下已经达到了最大值的一半（图 2b）。这一驱动压力较传统压卡效应材料低很多，具有明显的应用优势。接下来，进行了高分辨同步辐射 X 射线衍射和高压同步辐射 X 射线衍射测量，发现压力可以驱动材料发生从无序到有序的相变（图 2c）。最为关键地是在日本散裂中子源（J-PARC）中子科学部科研人员的全力支持和多方协调下，突破重重技术难关，在极短时间内成功实现了高压超高精度准弹性中子散射测量。利用世界上能量分辨率最高的冷中子时间飞行谱仪 AMATERAS 和特殊设计加工的高压样品腔，获得了高压环境下 NPG 样品的准弹性中子散射谱，直接从原子层次揭示了压力对分子取向无序的抑制是产生庞压卡效应的本质原因（图 2d - g）。

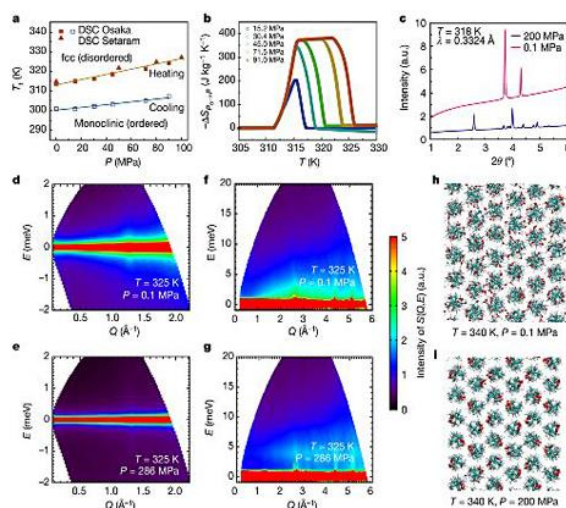


图 2 代表性塑晶材料 NPG 的高压物性。(a)利用高压微量热仪确定的温度-压力相图；(b)压力诱导的熵变随温度的变化；(c)高压同步辐射 X 射线衍射；(d-g)常压和 286MPa 压力下不同入射中子能量的非弹性中子散射数据；(h,i)常压和 200MPa 下的分子动力学模拟结果。

借助大科学装置的强大实验能力，该研究团队成功地确立了庞压卡效应的物理机制，从本质来源角度确认了庞压卡效应的发现。塑晶这一特殊物态，兼有晶体和液体的特征。巨大的分子取向无序导致了固态相变处的熵变比熔化熵还大，无序自由度在系统总自由度的占比接近维持固体刚性的极限；分子间的弱相互作用导致极大的压缩性，微小压力即可驱动相变；强烈的晶格非谐性使得晶格的压力效应得以转化为熵变。该研究中所报道的这些有机材料所需驱动压力小、成本低廉，具有明显的应用价值。同时，将塑晶引入固态相变制冷材料研究领域，将极大地丰富固态相变制冷研究的材料体系，为发现和设计性能更加优异的材料提供了可能。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-03-26

可见光催化脱羧偶联反应领域重要突破

(Photocatalytic decarboxylative alkylations mediated by triphenylphosphine and sodium iodide)

中国科学技术大学傅尧和尚睿研究团队长期致力于发展生物质来源的有机羧酸脱羧转化领域的研究。基于绿色催化的理念，该团队首次提出了基于可见光激发的分子间电荷转移用于光氧化还原催化的新概念，发现了一种简单易得、高效环保的非金属阴离子复合物光催化体系，成功实现了温和条件的脱羧偶联反应，突破了传统反应需要贵金属光催化剂或有机染料限制。研究成果发表在《Science》上。

基于理论计算研究，该研究团队成功实现了催化脂肪羧酸衍生物脱羧反应，生成的烷基自由基中间体可以和多种底物结合，实现温和条件下的 **Minisci** 反应和 **Heck** 反应。通过该催化体系，多种天然、非天然氨基酸可以与烯醇硅醚发生反应，并且放大到克级规模时仍可保持较高的催化效率，为 β -氨基酮类化合物的制备提供一种有效途径。更有价值的是，该催化体系与商业化的手性磷酸协同催化时，氨基酸可以与氮杂环反应，实现氮杂环 **C2** 位不对称 α -氨基烷基化反应，为含氮杂环类药物分子的不对称修饰提供了一种有效手段。此外，天然产物和合成化学品中广泛存在的烷基胺类衍生物还可以发生脱氨 **Heck** 反应。

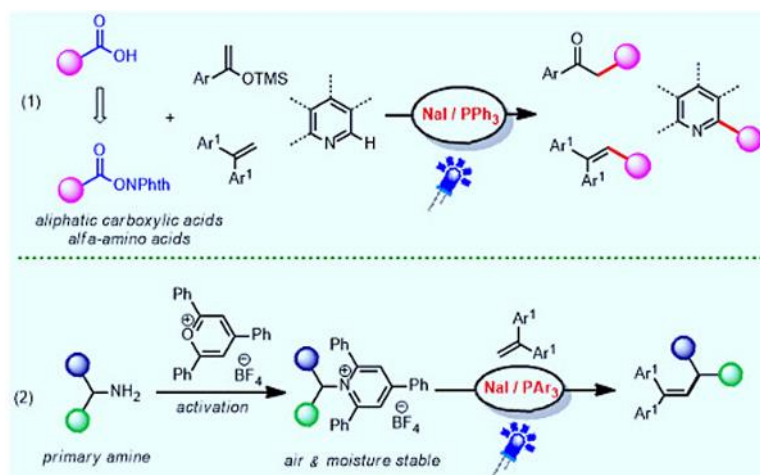


图 2 光诱导非金属阴离子复合物催化的脱羧脱胺偶联反应

这种新型非金属阴离子复合物光催化体系大大降低了催化剂成本，可应用于多种重要的功能分子的合成，解决了过渡金属在功能化合物和药物合成中残留等问题，为生物质羧酸分子转化、手性药物合成和多肽修饰提供了新的手段，具有重要的合成化学价值和良好的工业应用前景。

—摘编自高分子科学前沿公众号 2019-03-29

用 DNA 分子组装类生命“软机器人”

(Dynamic DNA material with emergent locomotion behavior powered by artificial metabolism)

美国和中国科研人员近期合作设计出一种以 DNA(脱氧核糖核酸)为材料构成的类生命“软机器人”，可通过自身新陈代谢为驱动实现自主运动，未来有望用于开发生物芯片等。该研究发表在《Science》杂志上。

发表在新一期美国《科学·机器人学》杂志上的研究显示，在这一系统中，DNA 分子被合成组装为一种层级结构，在可提供能量的液体中按指令、自动地进行生长与降解。研究显示，这种“软机器人”从只有 55 个核苷酸碱基的 DNA 分子增殖数千万倍，形成几毫米长的 DNA 水凝胶。在反应液中，胶体首端生长、尾端降解，从而获得动力，可以像黏液菌一样逆流运动。

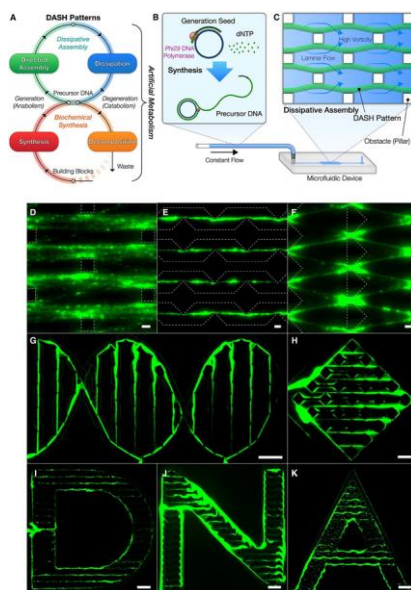


图 1 DASH 概念 (DNA 自组装合成多级结构材料) 和材料

论文通讯作者、美国康奈尔大学生物和环境工程学罗丹教授对新华社记者说，正如人需要在有氧的空气环境中进行新陈代谢，这种“类生命材料”需要从微流系统中获得“营养”，实现人工“新陈代谢”从而进行自主运动。

研究人员还让不同“软机器人”展开“赛跑”，由于环境的随机性，其中一个会最终胜出。他们还在开发能对外界特定刺激(比如光或食物等)做出特定反应的类生命材料。未来这种“类生命系统”有望用来开发生物芯片进行基因检测，还可用于无细胞体系来生产活性蛋白质。

—摘编自高分子科学前沿公众号 2019-04-16

Nature 重磅封面：复活死亡大脑

(Turning back time)

Nature 封面重磅发布耶鲁大学最新研究：猪大脑在死亡 4 小时后成功复活，并维持了至少 6 小时。该系统名为 BrainEx，是一套类似透析机一样的体外人工循环程序，将实验溶液泵入大脑。但是该研究同样掀起了一波道德伦理的舆论浪潮。

来自耶鲁大学的科学家们构建了一个名为 **BrainEx** 的系统，向脑细胞输送营养和氧气来模拟血液流动——该系统让死亡数小时的猪大脑恢复了脑循环和部分脑细胞功能，并至少维持了 6 小时！

虽然实验中没有恢复意识，但是研究人员提出的这一发现可能产生的伦理问题，甚至是关于死亡的本质等更根本的问题。同时，可能会对复苏人和移植器官的死亡指南协议的法律和医学定义产生根本性影响。

“在人类历史的大部分时间里，死亡是非常简单的事。”华盛顿州西雅图艾伦脑科学研究所总裁兼首席科学家 Christof Koch 说。“现在，我们必须质疑什么才是不可逆转的真正死亡。”

在世界大多数国家中，当大脑活动停止或心肺停止工作时，可以认为人已经“合法死亡”。大脑的运转需要大量的血液、氧气和能量，如果没有这些重要的支持系统，即使只是缺血、缺氧几分钟，就会给大脑造成不可逆的伤害。

自 20 世纪初以来，科学家们就在进行一些实验，试图让大脑在心脏停止跳动之后继续保持活动，。但是之后大脑的功能如何目前还不清楚。还有研究表明，在人死后很久，从大脑中取出的细胞仍然可以进行正常活动，如制造蛋白质。基于这些发现，耶鲁大学的神经科学家 Nenad Sestan 想要弄清的问题是：在死亡数小时之后，我们还能够让整个大脑“复活”吗？

Sestan 决定要找到这个问题的答案。在他实验室附近的一家屠宰场使用已经被杀死的 32 头猪的断头。他的团队将每个大脑从头骨上移开，然后将其放入一个特殊的腔室，然后用导管安装器官。在猪死后四小时后，研究人员开始向猪的大脑静脉和动脉中注入温热的防腐剂溶液。

研究人员将这一系统命名为 **BrainEx**，系统向脑细胞输送营养和氧气来模拟血液流动。注入猪大脑的防腐剂溶液还含有阻止神经元放电的化学物质，以保护神经元免受损害，并防止大脑活动重新开始。尽管如此，科学家还是在整个实验过程中监测了大脑神经元的放电活动，如果他们看到脑器官有可能恢复意识的迹象，

就随时准备使用麻醉剂。

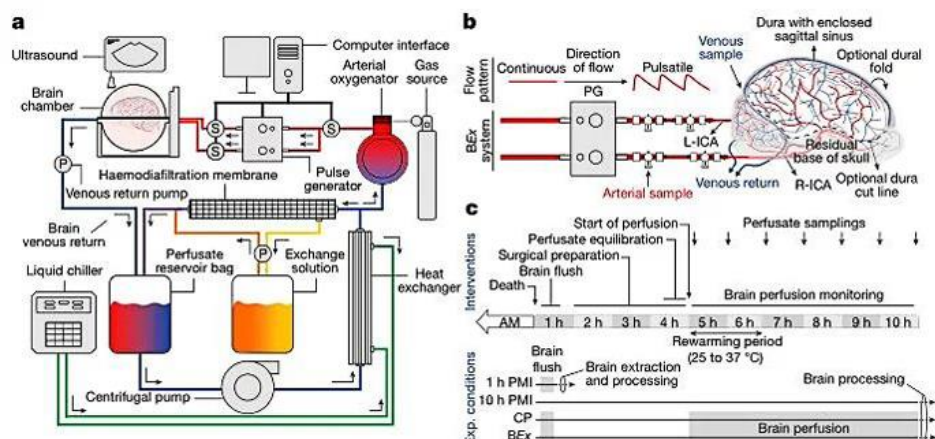


图 1 BrainEx 原理图

Brain Ex 系统的重点是恢复猪大脑中的微循环，让氧气和养分进入大脑中的微小血管中。该技术并非旨在实现脑移植或大脑功能的长期维持，而是用于提高我们对大脑组成和功能理解，并为昏迷患者、癌症患者和患有痴呆症的人以及其他神经系统疾病开发潜在的疗法。

研究人员测试了猪大脑在六小时内的功能。结果发现，神经元和其他脑细胞重新开启了正常的代谢功能，不断消耗糖、产生二氧化碳。而且，大脑的免疫系统似乎也在发挥作用。单个细胞和大脑切片的结构得以保留——而对照组大脑中未被注入营养和富氧溶液的脑细胞则丧失了功能。当科学家们对处理过的大脑的组织样本加电时，发现个别神经元仍然可以携带信号。

但研究团队没有发现猪大脑中存在协调的放电模式，这是大脑复杂活动甚至是意识存在的证明。研究人员表示，重启大脑活动可能需要电击，或者将注入的富氧溶液长时间保留在大脑中，以使脑细胞能够从任何由缺氧导致的损伤中恢复过来。

这项发现可能对器官捐赠产生实际和伦理上的影响。在一些欧洲国家，心脏病发作后无法复苏的急救人员有时会使用一种系统，通过向身体泵入含氧血液来保存器官以供移植——但不是向大脑。

在 1955 年的今天，20 世纪最伟大的科学家，阿尔伯特·爱因斯坦逝世。他在 1915 年发表的广义相对论，直到 100 多年后的人们才通过事件视界望远镜“拍摄”到了黑洞，首次证明了广义相对论是正确的。

人们经常也会感慨：人间何时才能再出现一个爱因斯坦。

若是大脑复活的技术能够成真，能够让诸如爱因斯坦这样的伟人的大脑得到“永恒的生命”，也未尝不会加速推进人类文明的进步。

—摘编自高分子科学前沿公众号 2019-04-18

铁电材料重大突破

(Giant piezoelectricity of Sm-doped $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$ single crystals)

近日，西安交大李飞教授和徐卓教授及其合作者在弛豫铁电单晶材料高性能化研究方面取得了重大突破，其研究成果发表在《Science》上。

弛豫铁电单晶 1997 年发现以来，被认为是压电陶瓷问世半个多世纪以来压电材料取得的革命性突破，大幅度提升了压电材料的性能和医疗超声的成像分辨率。然而，随着人们对医疗超声系统精度需求的不断提升，如何进一步提高弛豫铁电单晶的压电和介电性能，成为这 20 多年来，国内外科学家广泛关注的重要科学问题。

西安交大研究团队与美国宾夕法尼亚州立大学、澳大利亚伍伦贡大学、美国北卡州立大学等单位合作，设计并生长了钐掺杂的铌镁酸铅-钛酸铅压电单晶，成功将“增强的局域结构无序性”、“准同型相界”和“工程畴结构”三种高压电效应的起因有机结合，大幅度提高了弛豫铁电单晶的压电和介电性能，压电系数最高达 4000 pC/N（皮库伦每牛顿）以上，介电常数达 12000 以上，较之非掺钐的同组分的铌镁酸铅-钛酸铅压电单晶的性能提高约一倍。

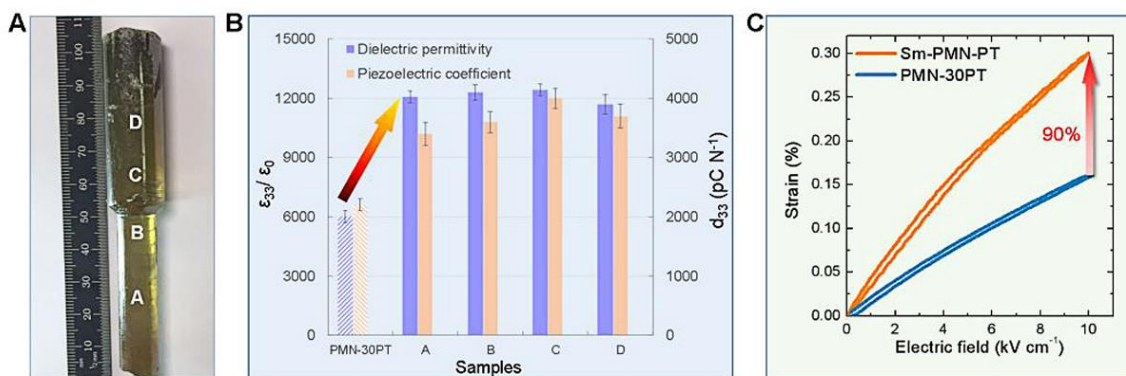


图 1：图 A 钐掺杂的铌镁酸铅-钛酸铅晶体照片；图 B 晶体压电系数和介电常数；图 C 晶体电致应变测试曲线。

同时，利用钐元素在晶体生长过程中的分凝特点，优化了单晶棒性能的均匀性（如图所示），为高频医疗超声探头和高精度与大位移压电驱动器奠定了新的压电单晶材料基础。基于第一性原理计算，研究团队还发现，钐掺杂的铌镁酸铅-钛酸铅晶体相变温度下降很可能是由于钐掺入而随之产生的铅空位所致。这一发现将为今后进一步优化弛豫铁电单晶的综合性能提供理论参考。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-04-18

综述：先进电池化学里的高分子设计

(Designing polymers for advanced battery chemistries)

斯坦福大学鲍哲南教授团队和崔屹教授在《Nature reviews Materials》上，系统地总结和探讨了在电池材料的发展中的高分子设计原则。同时，鲍哲楠团队也探讨了构建更安全电池界面的高分子设计原则。综述的重点主要是先进的硅基电池、锂-金属电池和锂-硫电池。

文章系统讨论了电池应用高分子的设计概念和技术，描述如何能够获得具有特异的机械、电荷输运和化学性质的高分子的方法。以及这些设计原则如何应用于粘合剂、电解质，并且适用于硅、锂-金属和锂-硫电池中。但在现实中，高性能的器件需要对所需高分子的性质进行精细控制。设计拥有高离子导电性的电解质需要考虑结晶度，玻璃化转变温度，高分子配位体以及溶剂化位点的连通性等因素。

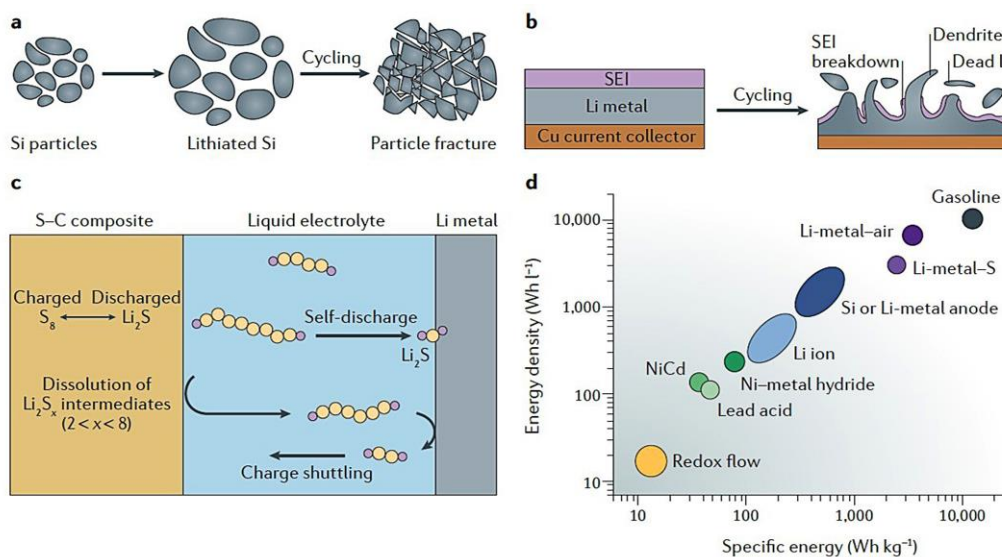


图 1 先进的电池化学和相应的挑战

该文章展望未来，储能技术会随着可再生能源的开发和利用变得更加重要。电动汽车会占据更大的市场份额，更小和更强大的便携式电子产品也是未来的发展趋势。通过不断开拓创新解决当前和未来的能源储存问题，高分子科学与界面电化学的研究都是至关重要的！这篇综述也证明，新一代高性能电池的发展是通过这两个领域都有经验的科学家合作产生的。虽然新高分子材料不能独立地解决挑战下一代能源技术，但是高分子科学一定会继续发挥关键作用，向前迈进。

—摘编自高分子科学前沿公众号 2019-04-18

新型混合电容器获系列进展

中国科学院兰州化学物理研究所清洁能源化学与材料实验室研究员阎兴斌团队一直致力于新型碳材料与储能器件研究，发展了一系列双碳高性能新型金属离子混合电容器。

混合电容器技术将二次电池和超级电容器进行“内部交叉”，兼具高能量密度、高功率密度及长寿命等特性。目前，锂离子混合电容器已实现商业化应用。但锂资源不足和分布不均会限制锂基储能器件大规模应用及可持续发展。钠钾资源丰富、分布广泛、价格低廉，与锂的物理化学特性相似，使得钠钾离子储能器件有望成为锂基储能体系的潜在替代品，近年来其关键材料及相关技术发展迅速。

研究人员利用热固相烧结一步制备了三维网络碳材料，获得了网络碳材料关键制备技术；并进一步采用化学活化技术制备了具有优异电容特性的多孔三维网络碳材料（正极材料）。利用双碳体系电极材料电化学特性稳定、导电性优异且与电解液匹配性好等特点，通过优化正负极活性材料质量和动力学匹配特性，最终构筑了兼具高能量密度和功率密度且循环稳定性优异的双碳钠离子混合电容器（如图 1 示），相关结果发表在 *Adv. Energy Mater.*。

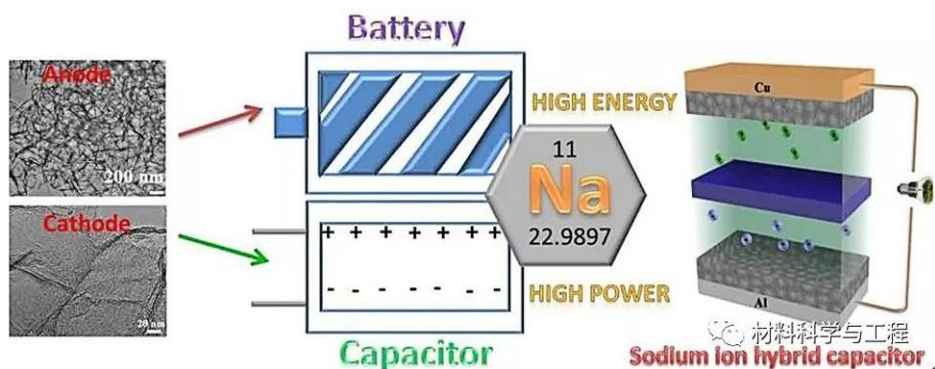


图 1 双碳钠离子混合电容器

近期，研究人员利用碳酸钠为模板，通过化学气相沉积（CVD）技术合成了碳纳米片负极材料，此碳纳米片具有导电性好、缺陷丰富、层间距大、富氧等特点，有利于离子的存储与传输。该碳纳米片作为负极材料，表现出了优异的钾离子存储特性，为构筑高性能钾离子混合电容器奠定了基础。因此，研究人员利用碳纳米片负极材料与高容量氮掺杂三维碳正极材料构建了钾离子混合电容器（如图 2 示）。通过材料设计及器件优化，该混合电容器性能优异，具有高能量密度

(149 Wh kg^{-1}) 和高功率密度 (21 kW kg^{-1})，以及良好的循环稳定性 (5000 圈循环 80% 的保持率)。相关结果在线发表在 *Adv. Energy Mater.* 2019, 1803894。

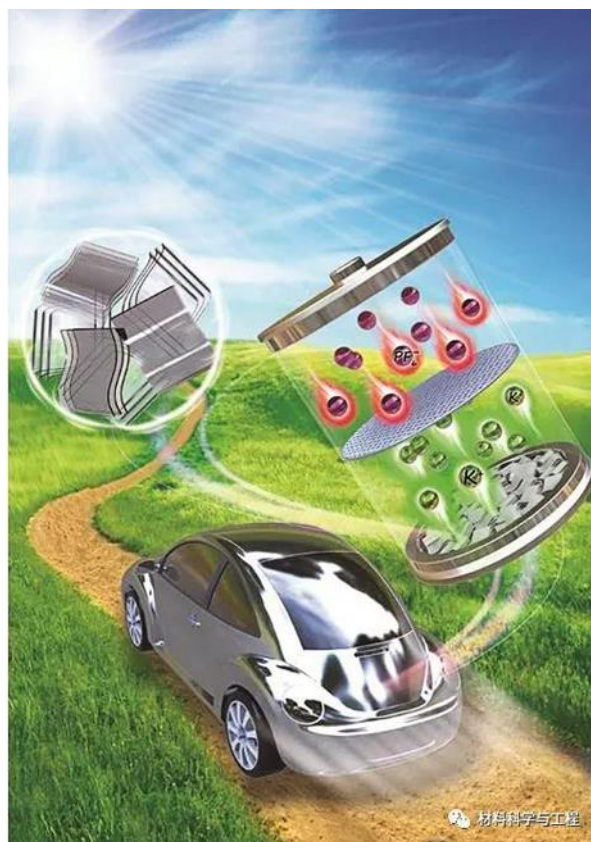


图 2 双碳钾离子混合电容器

与此同时，研究人员还采用最为常用的蜡烛作为原料，采用简单的燃烧法制备了洋葱碳负极材料，并组装了高性能双碳钾离子混合电容器（如图 3 示），相关结果在线发表在 *J. Mater. Chem. A*。

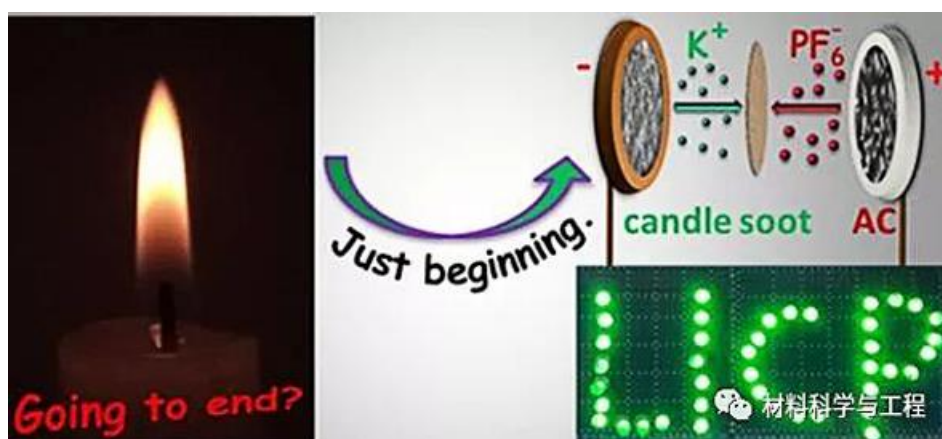


图 3 蜡烛灰负极双碳钾离子混合电容器

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-03-21

科学家首次实现时间“倒流”

(Arrow of time and its reversal on the IBM quantum computer)

科学家首次通过量子计算机实现时间“倒流”！据英国《独立报》近日报道，由美国、瑞士和俄罗斯科学家组成的一个国际科研团队，在《Scientific Reports》杂志撰文称，他们首次借助一台量子计算机，逆转了“时间之箭”的方向。这一违背常识的突破性研究，可能会改变我们对统辖宇宙的机制和过程的理解，也有望促进量子计算机的发展。

科学家们是如何让根本不可能的事情发生的？来自悉尼大学的物理学教授斯蒂芬·巴特利特称，其实就是两个字，专注。要想让变成碎片的茶杯复原，你需要很强大的控制力。你必须对系统有很大的控制，才能让它做到这一点，而量子计算机可以让我们对模拟的量子系统有很大的控制权。

他们使用的是一台由电子“量子比特”（qubits）构成的量子计算机。量子比特是量子计算机的基本信息单位，由“1”“0”或这两者的混合“叠加”来描述。



图 1 量子计算机实现时间倒流

在实验中，他们启动了一个“进化程序”，该程序使量子比特进入一种逐渐复杂的 1 和 0 不断变化的状态。在此过程中，量子比特失去了秩序，就像摆好的台球被撞击，散落各处一样。但随后，另一个程序修改了量子计算机的状态，使其“向后”演进，从混乱变为有序，这意味着量子比特重回初始状态。

研究人员发现，当使用两个量子比特时，“时间逆转”的成功率为 85%；而当使用 3 个量子比特时，成功率下跌到 50%。他们认为，随着所用设备的复杂程度不断提高，错误率有望下降。

他们同时表示，这项实验也有望促进量子计算机的开发。勒斯维吉说：“我们的算法可以更新，并用来测试为量子计算机编写的程序，消除噪音和错误。”

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-03-21

结合相变材料与超表面实现可调波前调控

(In Situ Back-Contact Passivation Improve Photovoltage and Fill Factor in Perovskite Solar Cells)

中国科学院光电技术研究所微细加工光学技术国家重点实验室近期在《Advanced Science》上发表封面学术论文，该研究结合相变材料与超表面实现了可调的光子自旋轨道相互作用，解决了目前基于超表面的平面光子器件功能固定不具备可调谐特性的难题，为未来动态可重构光子器件的实现提供了可行的方案。

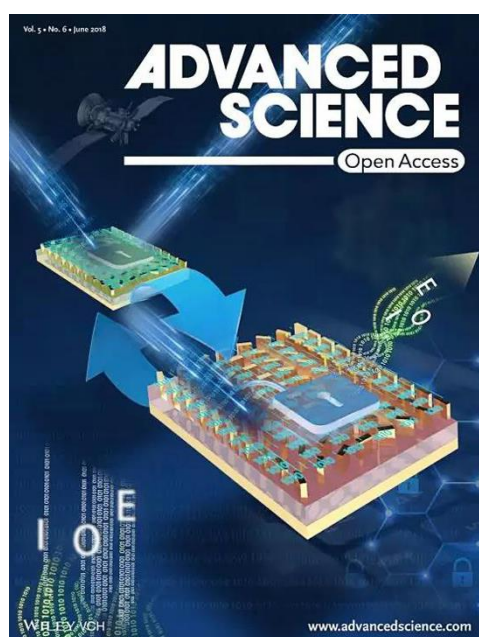


图 1 《Advanced Science》封面论文

超表面可以实现对光束波前的灵活调控，在光通信、超分辨成像、全息显示等领域具有重要的应用。然而，目前超表面光学器件缺乏可调谐性，一旦制备出来其功能也随之固定，无法适用于动态光子器件领域。

光电所研究团队提出了一种结合相变材料与超表面实现可调光子自旋轨道相互作用的新型超表面器件，其在不同状态下具有极高的偏振转化对比度。通过热、光、电等多种激励源可以调控相变材料的状态，从而实现可调的波前调控，在光束扫描、加密光通信与存储、动态显示等领域展现了巨大的应用潜力，为实现动态光学器件提供了一种新的思路。并且该器件结构简单，工艺制备难度低，为可调超表面光学器件的实际应用提供了可行方案。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-03-27

纳米金属方面又一颠覆性发现

(Size Dependence of Grain Boundary Migration in Metals under Mechanical loading)

金属所沈阳材料科学国家研究中心、“万人计划”科学家工作室卢柯院士、李秀艳研究员取得新进展。他们发现对于塑性变形制备的纳米晶 Cu、Ag、Ni 样品，准静态拉伸变形时，随着晶粒尺寸从亚微米减小至纳米量级，晶界迁移先逐渐增强，而当晶粒尺寸小于临界值时，晶界迁移逐渐受到抑制，这一结果颠覆了传统的认识，与其在纳米晶热稳定性晶粒尺寸反常效应的相关发现一致。研究成果发表在近期的《Physical Review Letters》上。

纳米金属的晶界在机械变形作用下容易发生晶界迁移并伴随晶粒长大，使得纳米材料发生软化，这种现象在拉伸、压缩、压痕等变形条件下均有大量实验和相关计算模拟结果的报道。机械驱动晶界迁移不仅破坏材料的性能，也给利用塑性变形法制备纳米晶带来巨大困难。

尽管目前对于机械驱动晶界迁移的根本机制还存在争议，但相关模型和计算模拟均表明机械驱动晶界迁移伴随着明显的晶界区原子重组和位错运动，这说明该过程与晶界状态有密切关系。一般认为，力作用下的晶界迁移速率与晶界能、晶界的曲率、晶界上的有效台阶等相关。晶粒尺寸越小，晶界曲率越大，迁移速率加快。

金属所这项研究表明，临界尺寸以下纳米晶在塑性变形过程中其晶界容易发生应变诱导晶界弛豫，而这种晶界弛豫抑制了晶界迁移行为，使得纳米晶变形机制由晶界迁移逐渐转变为不全位错运动形成变形孪晶或层错为主导，纳米晶机械稳定性增强。该研究还发现，采用合适退火工艺对 Cu 中临界尺寸附近未发生机械弛豫的纳米晶进行热处理，使其晶界发生热弛豫，同时保持晶粒尺寸基本稳定，在后续进一步拉伸变形过程中其晶界迁移明显受到抑制，晶粒表现出更高的机械稳定性。

该发现说明与晶界偏聚效应类似，晶粒尺寸相关的晶界弛豫效应能明显对机械驱动晶界迁移起到抑制作用，这为提高纳米晶机械稳定性提供了新的方法，同时也为发展纳米晶制备工艺提供了重要参考。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-04-01

富勒烯纳米陶艺-按需合成中空纳米结构

(On Demand Synthesis of Hollow Fullerene Nanostructures)

南京工业大学陈虹宇教授课题组研究出了纳米陶艺这一合成策略，将陶艺的概念引入纳米合成中，提供了按需合成及连接空心纳米结构的能力，相关工作以发表在《Nature Communication》上。

空心纳米结构在化学、材料、生物学和医药学等领域具有非常广泛的应用，但目前常见的空心纳米结构以简单的中空球为主，复杂空心结构的合成是一个巨大的挑战，更难以将空心结构组装成更复杂的联通体系。

此合成手段利用富勒烯（C₆₀ 或其衍生物）作为壳材料，二甲苯液滴作为空心结构的软模版，一步合成多种精致的空心纳米结构，例如，碗、瓶及具有多个空腔的葫芦的可控合成。更重要的是，通过将单个空心结构作为节点，此方法可实现空心结构之间的灵活对接，实现从合成独立的空心单元至组装复杂的联通系统的跨越。

陈教授团队详细研究了此方法的反应机理：此方法的核心控制力来源于对液滴模版的准确操控。通过利用液滴可以任意进行形变的特点实现对空心结构形貌的精确控制；通过控制液滴之间的融合过程实现空心结构之间的组装及联通。同时，作为概念验证，陈教授课题组利用此类结构创造了具有多个隔间的纳米容器，实现了多种纳米颗粒在此容器内的分段装载。此方法极大的提高了空心纳米结构合成的自由度，为纳米尺度上空心系统的建立打下了必要的基础。

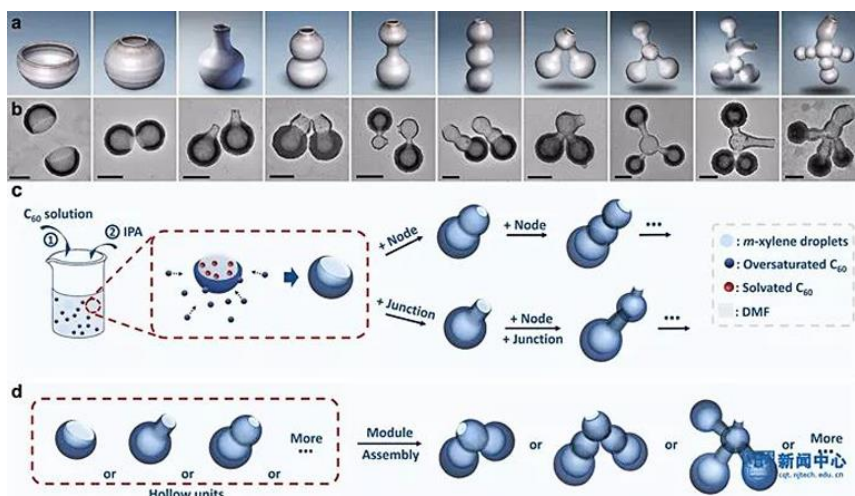


图1 富勒烯作为壳材料，二甲苯液滴作为空心结构的软模版，一步合成多种空心纳米结构

—摘编自高分子科学前沿公众号 2019-04-14

氢气可视化探测获重要进展

(Stimuli-responsive and on-chip nanomembrane micro-rolls for enhanced macroscopic visual hydrogen detection)

近日，复旦大学材料科学系梅永丰课题组利用自卷曲纳米薄膜在氢气可视化探测方面取得新进展，4月6日，研究成果在线发表于《Science Advances》。

受折纸的启发，梅永丰课题组利用金属钯在氢气环境中的体积膨胀，通过卷曲纳米技术，成功制备出具有刺激-响应功能的大面积高密度卷曲纳米薄膜触发器阵列芯片。该刺激-响应卷曲纳米薄膜阵列由钛、铬、钯三层纳米薄膜构成，其中钛、铬层作为应变层，钯层作为刺激-响应层，通过电子束蒸发的方法依次沉积到玻璃基片上。其制备的关键是纳米薄膜的质量控制及沉积条件，通过对厚度、密度和整合度等参数的控制保证纳米薄膜的均匀性。

研究人员发现，在氢气环境下，钯层吸附氢气发生体积膨胀，卷曲纳米薄膜展开至平面状态，当氢气的浓度降低至一定程度或为零时，纳米薄膜恢复至卷曲状态。在氢气的吸附和解吸过程中，钯层的应变变化使得卷曲纳米薄膜的直径发生显著变化，在氢气刺激后由于钯层的外部压缩应变，卷曲纳米薄膜的直径减小。在不同浓度的氢气刺激下，卷曲纳米薄膜的直径减小的程度不同，随着氢气浓度的增加，卷曲纳米薄膜的直径减小。

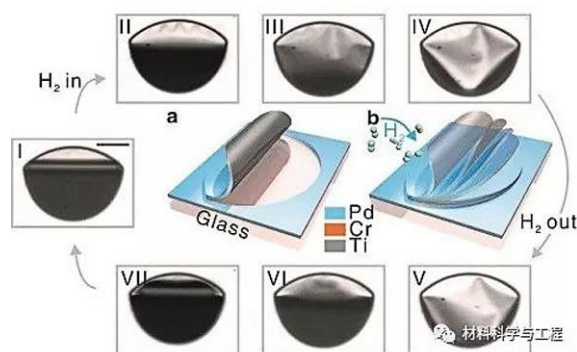


图 1 氢气的吸附和解吸过程中，钯层的应变变化使得卷曲纳米薄膜的直径发生明显变化

研究发现，大面积高密度卷曲纳米薄膜阵列的这种均匀的刺激-响应行为具有非常好的宏观视觉检测效果，响应时间最快为 3.4s，恢复时间最快为 7.6s。在图案设计的优化下，透过率的变化超过了 50%；在钯层厚度的优化下，氢气浓度的检测极限低至 1%，可用于石油化工行业的无电安全检测。这项研究工作也为开发新型高集成度高密度的三维宏观功能器件与系统提供了新思路。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-04-14

首次实现单一材料结构多彩“夜明珠”

(Colour-tunable ultra-long organic phosphorescence of a single-component molecular crystal)

近日，南京工业大学海外人才缓冲基地（先进材料研究院）黄维院士、安众福教授带领的团队在有机长余辉发光领域再次取得重大突破。首次实现了单一有机晶体材料下的多彩长余辉发光，展现了该类材料在多彩显示、防伪以及可视化紫外光精准探测等领域的应用潜力，相关成果于4月8日在线发表在国际顶尖学术刊物《Nature Photonics》上。

长余辉发光是指发光材料撤去激发光源后，仍能持续发光数秒至数小时的一种发光现象。随着柔性电子的发展，短短几年时间，具有长余辉发光性质的有机“夜明珠”受到了广泛关注。科学家通过调控分子结构、晶体分子堆积等策略，基于不同发光材料结构，实现了长余辉发光颜色调控。该策略不仅操作复杂，而且不可控，具有一定偶然性。如何在单一材料结构中实现多彩长余辉发光是该领域面临的重大研究挑战之一。

研究人员在单一有机分子晶体中，通过巧妙的分子结构和晶体堆积设计，同时构筑分子态和聚集态的长余辉发光，获得了一系列激发波长依赖的动态多彩长余辉发光新材料。在晶体状态下，随着激发波长从250到400 nm的逐渐红移，有机长余辉发光颜色逐渐由紫色变为绿色，呈现出激发波长依赖的长余辉发光特性。该类材料的长余辉寿命为2.45秒，最大长余辉发光效率为31.2%。鉴于这种动态长余辉发光特性，该类材料被首次成功应用于多彩显示和可视化紫外光精准检测。

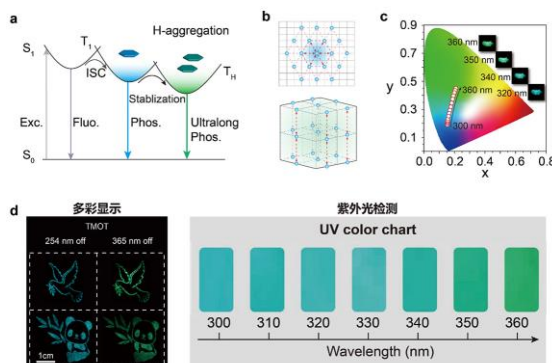


图1 多彩有机长余辉发光材料的设计思路、性能与应用

该成果不仅加深了科学界对长余辉发光性质调控的认知，还为开发更加智能化新材料并实现在有机光电子、柔性电子等领域应用提供了新思路。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-04-12

南京大学钙钛矿方面获进展

(Aqueous acid-based synthesis of lead-free thin halide perovskite with nearunity photoluminescence quantum efficiency)

南京大学邓正涛教授团队制备发光效率接近 100% 非铅卤化物钙钛矿材料并应用于高效环保的白光 LED 光源，该工作于发表在《Chemical Science》上。

科学界一直在寻找低毒性的金属卤化物钙钛矿材料作为后备策略。锡与铅为同一主族元素，理论计算得知锡基卤化物钙钛矿材料同样具有合适的能带隙和优异的性能。锡是低毒性金属元素，正二价锡基卤化物钙钛矿材料在暴露于空气环境中，降解为正四价锡，最终变成二氧化锡，是一种环保型材料。

近年来，邓正涛教授课题组在锡基钙钛矿材料的合成上获得了进展，如：2016 年报道了尺寸形貌可控合成 Cs_2SnI_6 纳米晶。2017 年进一步可控制备了 CsSnBr_3 纳米笼。但是，锡卤钙钛矿材料的发光缺陷较多，因为其荧光发光效率远不及同主族的铅卤钙钛矿纳米晶材料。此外，二价锡卤钙钛矿材料的稳定性很差，往往需要在惰性气体保护的手套箱中才能稳定，在空气中很快会分解。因此，获得高发光效率且性质稳定的锡卤钙钛矿材料是领域内的难题。

最近，该课题组在新型锡卤钙钛矿材料研究取得了新的进展，提出了在酸性水溶液中合成高量子产率(绝对荧光量子产率接近 100%)、高稳定(在室温一定湿度条件的空气下储存 240 天荧光无衰减)的锡基钙钛矿材料 ($(\text{OCTAm})_2\text{SnX}_4$ (OCTAm 为辛铵阳离子, $\text{X} = \text{Br}, \text{I}$))，并将其作为高效的黄光荧光粉应用于白光 LED 中，如图 1 所示。该工作同时入选为“2019 Chemical Science HOT Article Collection”和“2019 ChemSci Pick of the Week Collection”。在论文在线发表当日，英国皇家化学会网站以“A light bulb moment”为题，图文发表了相关评论文章。

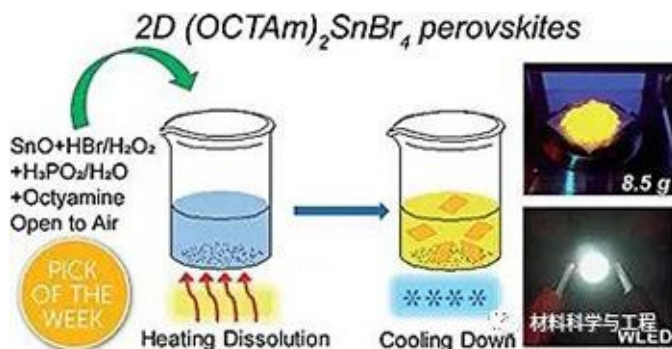


图 1 酸性溶液中合成 2D $(\text{OCTAm})_2\text{SnX}_4$ 钙钛矿发光材料和白光 LED 中应用。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-04-10

水凝胶 3D 打印新进展

(Hydrogel 3D printing with the capacitor edge effect)

西安交通大学机械结构强度与振动国家重点实验室研究人员提出了利用电容器边缘效应来大规模制备液体图案的新方法，通过将电场控制液体图形化与逐层叠加过程相结合，建立了水凝胶三维打印系统。实现了水凝胶支架、温度敏感的水凝胶复合材料和高完整性离子水凝胶显示装置等的 3D 打印。研究论文发表于《Science Advances》。

近年来，水凝胶尤其是超韧水凝胶在细胞培养、组织工程、软机器人以及离子器件等领域的应用得到极大发展。水凝胶材料在应用方面的迅速发展驱动人们去寻求制作复杂水凝胶结构的先进制造方法。现有的水凝胶三维打印技术对水凝胶预溶液的物理和化学性质以及打印的水凝胶结构存在诸多限制。

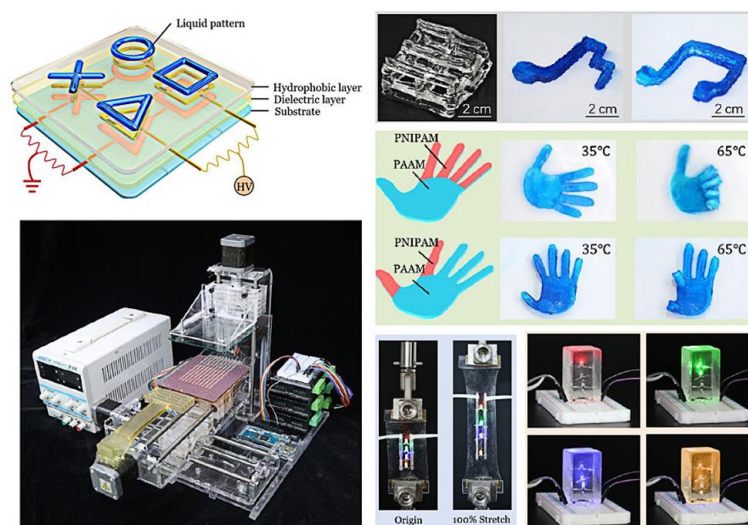


图 1 水凝胶三维打印技术

西安交通大学机械结构强度与振动国家重点实验室建立了软机器实验室。近日，实验室研究人员提出了利用电容器边缘效应来大规模制备液体图案的新方法，通过将电场控制液体图形化与逐层叠加过程相结合，建立了水凝胶三维打印系统。该技术适用于各种物化性质水凝胶，无需额外混入添加组分，克服了现有技术的局限性。实现了水凝胶支架、温度敏感的水凝胶复合材料和高完整性离子水凝胶显示装置等的 3D 打印。该技术为使用多种材料成分和复杂几何结构的水凝胶快速成型提供了新手段。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-04-10

二氧化钒相变智能窗研究获进展

(Intracellular manipulation and measurement with multipole magnetic tweezers)

中国科学技术大学国家同步辐射实验室邹崇文研究组与合肥微尺度物质科学国家研究中心江俊研究组在基于二氧化钒薄膜的智能窗应用上取得新进展，相关研究成果近日在线发表在国际期刊《Science Advances》上。

基于 VO_2 相变薄膜的温控智能窗概念提出已有几十年的历史，但是实用化的智能窗产品还难以推出，主要原因在于：首先是对太阳光谱中红外光的调制力还不够强(一般 $<15\%$)，使得智能窗的调控效果达不到实际要求；其次是可见光波段的透射率不够高(一般 $<60\%$)，满足不了正常的室内采光需求，而且 VO_2 相变薄膜的可见光透射率与红外光的调制能力互相制约，此消彼长，难以兼顾；最后就是其相对过高的相变温度($\sim 68^\circ\text{C}$)，极大地限制了其实用化。针对上述问题，传统的解决思路一般是通过掺杂和晶粒纳米化来降低 VO_2 相变温度，通过表面织构或者多层膜等手段来改变 VO_2 的光学特性等，但这些都难以从根本上解决上述问题。

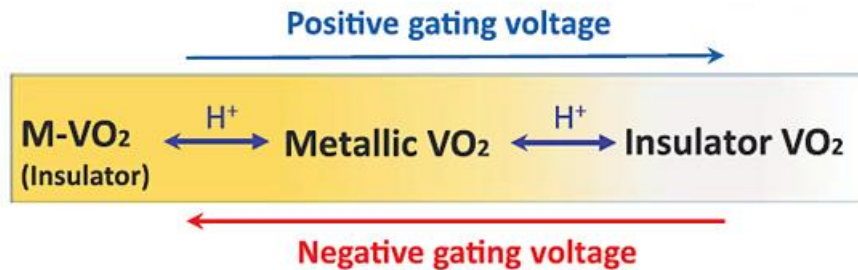


图 1 VO_2 薄膜在电场作用下的可逆三态调控示意图

最近他们又在 VO_2 薄膜中实现了基于固态电解质的电场诱导三态相变过程。该工作结果表明，在室温下通过施加很小的正反向偏压就能够可逆地调控 VO_2 中的电子掺杂浓度(氢掺杂浓度)，从而实现电子掺杂的金属态和电子掺杂绝缘态之间的相转变。利用合肥同步辐射软 X 射线吸收谱技术，直接探测了不同电子掺杂浓度下 3d 轨道电子的占据情况与相应的相变演化过程。

更为重要的是，这种电子掺杂诱导的相变前后 VO_2 薄膜对太阳光谱中红外光的调制力达到 26.5% ，同时薄膜具有高达 70% 以上的可见光透过率。这一结果超越了以往二氧化钒热致变色和电致变色智能窗的实验结果，甚至突破了传统二氧化钒温控智能窗红外调控能力的理论极限，大大提高了基于二氧化钒的“智能窗”应用可能性。相关技术已经申请一项发明专利。

—摘编自高分子科学前沿公众号 2019-04-10

金属纳米晶芯片高速打印

(Nanoscale Laser Metallurgy and Patterning in Air Using MOFs)

近日，国际权威顶级期刊《JACS》发表武汉大学邓鹤翔教授和程佳瑞教授合作研究成果，采用金属有机框架材料（MOF）作为原料，利用激光成功制备了颗粒大小均一的金属纳米晶粒。通过程序控制激光的开闭和光斑的移动实现了图案的制备，仅数十秒即可打印出由金属纳米晶粒构成的晶圆级别大小的芯片，整个过程完全在空气中进行，所需激光功率不到 5W，非常适合规模化生产，被选为当期杂志封面。

MOF 由金属与含碳有机配体构筑。目前大部分研究集中在 MOF 中有机成分上，而结构中丰富的金属离子尚未充分利用。此项工作提出了激光纳米金属冶炼及图案化方法（nano-LaMP）：以 MOF 为原料实现了空气环境下的金属纳米颗粒制备和同步图案打印。在反应过程中，MOF 晶体内有序排列的金属离子和有机配体分别作为金属源和还原剂。纳秒脉冲激光器则负责将能量精准地投送到指定位置，为金属还原提供能量。MOF 晶体高效吸收激光后产生局域高温，金属离子被迅速还原并从 MOF 丰富的孔道中喷射出来，在基底上沉积并迅速冷却形成金属纳米晶粒。

nano-LaMP 方法展现出较好的普适性，能够基于含有不同金属离子的 MOF 晶体制备出铁、钴、镍、铜、锌、镉、铟、铅和铋九种金属纳米晶粒及其图案。其中，基于铜纳米晶粒的表面增强拉曼效应芯片在对多种生物分子的检测中提供极低的检测限（ 10^{-12} M）。nano-LaMP 结合了激光和 MOF 材料的优点，为芯片制造提供了节能环保、快速灵活的新方法。

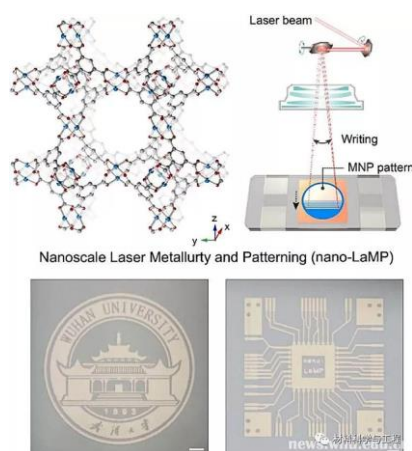


图 1. 激光照射金属有机框架材料（MOF）产生金属纳米晶粒及芯片打印

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-04-11

让-263° C 的水不结冰，科学家做到了

(Soft biomimetic nanoconfinement promotes amorphous water over ice)

瑞士的研究人员找到了一种方法，可以将水的温度降低到非常低的零下 263° C (零下 441.4° F)，但不会使水结冰。这为研究极端温度下的分子结构提供了一些有趣的可能性。该工作发表于《Nature Nanotechnology》上。

当水冷却到 0°C 时水会凝固成冰，表面上的分子开始结晶并变成冰，冰扩散到附近的分子并持续直到整个水体冻结成固体。在这种形式中，水分子以 3D 晶格结构组织，这与常规水分子的无组织状态非常不同。

那么，如果水可以冷却到冰点以下，而不会形成冰冷的晶体，这如何使其具有这种坚固性呢？苏黎世联邦理工学院和苏黎世大学的物理学家和化学家们已经找到了一种新的方法，它以一种新的生物物质为中心，他们称之为脂质中间相。其中的分子与天然脂肪分子或脂质的行为方式大致相同，并且会将其自身聚集并自组装成膜。

然后这些膜形成一个小于一纳米的微观通道网络，不幸的是，对于可能的冰晶，它们根本没有形成它们的空间。这意味着当水被添加到结构中时，即使冷却到极端温度，它仍然处于无序、流动的状态。

为了更加深入了解，研究人员采取了一些液态氮并将它们的脂质中间相结构冷却到-263° C 的低温，他们注意到没有出现冰晶迹象。这不仅仅是一个很酷的科学实验，因为它可以帮助我们在如此极端的温度下获得对物质行为的新认识。



这种工作为寻求以不同方式理解天然分子的结构和功能的其他研究人员开辟了重要的可能性。它还可以用于防止水结冰的场景中，以机场跑道为例。

—摘编自高分子科学前沿公众号 2019-04-20

我国科学家制备出单层石墨烯纳米带

27日，记者从天津大学了解到，该校封伟教授团队通过含氟自由基切割单壁碳纳米管，在世界范围内首次制备出单层石墨烯纳米带，所申请的国际专利也于近日获得授权。这是中国科学家首次通过一步法获得单层石墨烯纳米带，其作为原电池正极材料能量密度较进口产品可提升30%。



氟化碳是目前世界上理论能量密度最高的原电池固态正极材料。封伟告诉记者，西方发达国家一直将高能量氟化碳制备视为核心技术，严禁技术输出和公开交流。“目前国内广泛使用的氟化碳材料主要依赖国外进口，严重制约了我国相关领域的科学研究和产业发展。”

不过，受自身结构限制，当前国际主流的氟化碳材料也有痛点——它难以实现“能量密度高”和“功率密度高”的兼顾。2008年，封伟团队率先提出开发具有独特结构的新型氟化碳材料，以实现能量密度和功率密度的“双高”。历经十余年攻关，团队颠覆了现有的基于石墨烯六元环结构的共价型氟碳结构，在国际上率先研制出兼具高电压和高容量的结构型氟化碳材料。经实验室实测，这一新材料能量密度达到2738Wh/kg，比国外同类产品高30%，达到国际领先水平。同时，它能在超大放电电流条件下稳定工作。据测算，其成本相比进口材料能大幅度降低。“这标志着我们突破了发达国家长达数十年的技术封锁。”封伟说。

目前，团队已经实现了新型氟化碳材料的稳定小批量生产。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-03-27

宝钢研发 0.18mm 铁损最低取向硅钢

近日，宝钢股份自主开发的 **0.18 毫米规格 060 等级 (B18R060)** 极低铁损取向硅钢新品实现全球首发，比当今国际最高等级高两个牌号，为目前世界上损耗最低的取向硅钢。历时 10 年的持续攻关，宝钢股份已取得八项取向硅钢新产品世界首发，成功实现所有厚度规格取向硅钢最高等级全覆盖，其中在四个规格上具有 1 个及以上牌号的领先优势。

针对极低铁损取向硅钢新产品开发，宝钢股份从产品工艺到生产装备进行全面技术创新，先后实现了七项新产品世界首发，开发出填补国内空白的新产品。**B18R060 新产品为目前世界上损耗最低的取向硅钢，比国际最高等级低约 15%。**

针对高效环保变压器应用，宝钢股份潜心研究极低铁损新产品电磁特性与加工特性，快速突破变压器铁芯电磁仿真设计优化技术，**B18P080、B20P080** 率先用于制造出超目前国家 1 级能效标准的卷绕铁芯硅钢配电变压器，空载损耗降低 20% 以上，噪声水平在 33dB 以下；新产品率先用于制造出超目前国家 1 级能效标准的硅钢叠片铁芯配电变压器，空载损耗降低 30% 以上；**B23R075** 新产品更率先在世界电压等级最高、输送容量最大、送电距离最长、技术水平最先进的昌吉-古泉±1100kV 特高压直流输电工程实现了示范应用；**B20R070** 新产品已用于制造 110kV 宝钢轧机主变压器，空载损耗降低约 50%。

针对低磁致伸缩特性取向硅钢新产品开发，宝钢股份从提高 Goss 取向一致性、晶粒控制及表面张力优化等关键技术入手，显著降低了产品的噪声特性；世界首发了 **B27R095-LM**、新产品，先后开发了一系列填补国内空白的新产品。低磁致伸缩特性产品所制高效低噪声变压器已广泛应用于对噪声要求苛刻的重要地标性建筑物，如广州白云机场航站楼、厦门金砖会议主会场等；与常规同等级产品所制变压器相比，降噪效果在 2~4dB，深受变压器用户和终端用户的赞誉。

宝钢股份研发的 **B18R060** 新品较目前国际取向硅钢最高等级高两个牌号，如果采用该产品制造超目前国家 1 级能效的变压器，替代我国高耗能变压器，每年将节电约 900 亿度，相当于三峡电站的年发电量的 90%。这些研发成果不仅标志着我国取向硅钢制造与应用技术已跨入世界领先行列，还显著提升了相关战略性新兴产业的整体技术水平与综合竞争力，有力支撑了我国制造强国战略与节能减排。

—摘编自 材料科学与工程公众号 2019-04-10

3D 打印出全球首颗“完整”心脏

以色列特拉维夫大学研究人员 15 日宣布，他们成功以病人自身的组织为原材料，3D 打印出全球首颗拥有细胞、血管、心室和心房的“完整”心脏，这在全球尚属首例。

研究人员当天在以色列中部城市特拉维夫举行发布会，展示了这颗樱桃大小的 3D 心脏，并表示这是一项“重大医学突破”，为未来打印可用于移植的心脏提供了可能。

研究项目负责人、特拉维夫大学教授塔勒·德维尔说，过去研究人员只成功 3D 打印出没有血管的“简单”心脏，而他们此次借助病人自身的组织和血管，3D 打印出了拥有细胞、血管、心室和心房的“完整”心脏。

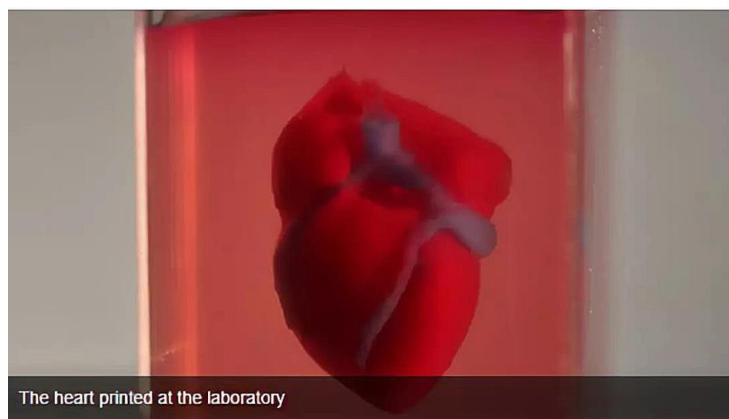


图 1 3D 打印的心脏

研究人员介绍，他们首先从一名病人体内提取脂肪组织，分离出细胞和细胞外基质，再借助基因改造技术将细胞转变成干细胞，让这些干细胞分化成心肌细胞和可生成血管的细胞，然后将这些细胞与细胞外基质加工成的水凝胶混合，制成“生物墨水”，最终装入 3D 打印机进行打印。

当天展示的 3D 心脏，打印耗时约 3 个小时，大小约是人类心脏的百分之一。德维尔说，打印与人类心脏大小相当的心脏所需技术基本相同，目前制作出的 3D 心脏可以收缩，但尚未具备泵血等功能，还需进一步培养。

德维尔告诉新华社记者，这颗 3D 心脏是模拟人的心脏结构打印出来的，由于 3D 心脏的组织和细胞来自病人自身，移植后有望显著降低受体排异反应。研究人员说，他们接下来将在实验室培养 3D 心脏，“教会”这些人造心脏如何像真正的心脏一样“工作”，然后将它们移植到动物体内进行测试。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-04-18

未来工程教育的几个重要视点

需要从新的视点去观察、思考未来工程教育。“问题视野”比“知识视野”更加重要。对未来多数工程学科都会产生重大影响的某些技术发展趋势（如互联、人机智能等）应该成为各工程学科教育改革共同的关注点。未来工程教育需要因应由于科技发展而致的某些逻辑或理念变化而进行改革。

新工业革命正在到来，新能源、新材料、大数据、人工智能、物联网、智能机器人、增材制造（3D 打印）等新技术开始进入工业应用乃至人们的生活。工科专业教师自然需要把自身专业的新技术融入到课程体系、课程内容的改革。如何使学生从单纯的技术发展上升到更高的层次，进而领悟新工业革命的影响？如何从更深的层次体会技术在工业和社会中的走向？未来技术融合而致的大趋势、人类社会存在的重大问题对技术的挑战、新技术应用场景中人的作用和地位是什么？这些都是未来卓越的工程师及技术人才需要关注和思考的，自然也是今后工程教育改革中需要特别重视的问题。

一、问题视点

不管是重大工程技术面临的挑战、人类社会中存在“大问题”，还是涉及人们日常生活中的“小问题”，于工程专业的学生而言，需要拓宽“问题视野”，至少应该养成关注“问题”的意识。欲达此目标，其实无需增加学时。只不过在教材中可增加若干“问题”案例，教师在课堂讲授中稍加点拨，实践环节中启发学生自己去关联，如此而已，何难之有？

二、趋势视点

卓越的工程师显然不能局限于掌握自己所从事专业领域的一些知识，他们还需要了解技术综合发展（即指超越于专业之外的）的大趋势及对其相关专业或行业的影响，或者自己所从事的专业或行业对大趋势可能的贡献。因此，为了拓宽工科学生这方面的视野，需要从以下几个主要视点看问题。

1. 人机智能

于工程教育而言，指望某一个现有的或新的专业去培养能够创造诸如此类新玩意儿的人才显然不现实。这恰恰需要诸多的工科专业致力于培养学生“人机智能”的意识和视野。如关于智慧城市的问题，机械、交通、城市建设、计算机、软件、排水、环境……甚至某些社会学科专业的学生都应该具备“人机智能”的意识（不一定需要很深、很细节的知识），从而为智慧城市贡献与自己专业相关的创造。

2. 生命与机器的融合。

新工业革命时期，新技术应用呈现的重要特征之一恐怕是生命与机器的融合。

面对生命与机器融合的趋势，很多工科专业都在寻找创新的机遇。前述的应用或研究，涉及到材料、电子、机械、控制、计算机、软件、生物医学工程等诸多专业。为了使学生在未来这一大趋势中能够有更好的作为，工科教育应该着手培养学生关于生命与机器融合的意识和视野，以便将来能够产生一批创造性的人才。

3. 数字空间与物理空间的融合/虚拟空间与现实空间的融合

虚拟空间与现实空间的融合将弥漫于各行各业。这同样需要在工科专业教育中增加相关的知识与案例，一方面使学生具备融合虚拟与现实空间的意识和能力，以利于解决实际生产或工程中的问题；另一方面培养学生融合虚拟与现实、数字与物理空间的想象力，这种想象力往往是原始创新之源。

4. 互联（连）

一个工程或产品系统的合理或最优的运行，其各个部分（某一设备也可能是其中一部分）之间的互联是基础。基于此获得的大数据及其分析，方可能对不确定性有更深入的认识，从而使产品或系统达到更高的性能。设计开发一种新的产品，有时候需要跨界地考虑和其它不同类型产品之间的某种信息连接。如关于汽车的设计，需要考虑其与智慧城市、娱乐、生活等诸多信息的连接。

三、逻辑视点

新技术发展一方面导致技术本身细微的逻辑变化，另一方面引发教育中某些逻辑的变化。

增材制造（3D 打印）技术的发展使得设计理念产生些许变化。如过去设计一个结构，首先考虑的问题是在满足基本功能的前提下如何能够最容易被制造出来，这里的逻辑是“实现性优先”。而有了增材制造技术之后，基本不受零件结构的限制。尤其在某些重要的场合，工程师们可首先从如何最优地满足功能的视角考虑问题，此乃“功能性优先”的逻辑。

四、人的视点

工程与技术都是为人服务的，教育又是培养人的，因此从人的视点去看工程教育改革自是理所当然。人，首先是学生，人又是工程与技术所服务的对象，也可以是技术的使用者，还可以是工程与技术的创造者。

应该把人的自由发展，即学生的自由发展视为教育最重要的目标。让学生自由发展，也就是让他们成为更好的自己。工程教育要面向未来，绝不仅仅是培养学生创造和应用新技术的能力，而且要让学生能够辨别可能导致人类失控的某些技术应用。因此，工程教育改革中一定要增加关于工程与技术伦理方面的内容。

—摘编自 高等工程教育研究公众号 2019-02-19

直观图解 intel 芯片生产全过程

你手里拿的手机、办公用的电脑、看的电视，核心装置就是芯片。一颗芯片只有指甲盖大小，上面却有数公里的导线和几千万根晶体管，可谓世界上最精密的雕刻术。而如此精密的元件，主要原料竟然是我们司空见惯的沙子。

以 intel 芯片为例，详述的描述整个过程：简单地说，处理器的制造过程可以大致分为沙子原料(石英)、硅锭、晶圆、光刻(平版印刷)、蚀刻、离子注入、金属沉积、金属层、互连、晶圆测试与切割、核心封装、等级测试、包装上市等诸多步骤，而且每一步里边又包含更多细致的过程。



图 1：硅净化熔炼得到单晶硅锭



图 2：硅锭切割为硅片即晶圆

硅是地壳内第二丰富的元素，而脱氧后的沙子(尤其是石英)最多包含 25% 的硅元素，以二氧化硅(SiO_2)的形式存在，这也是半导体制造产业的基础。通过多步净化得到可用于半导体制造质量的硅，学名电子级硅(EGS)，平均每一百万个硅原子中最多只有一个杂质原子。单晶硅锭整体基本呈圆柱形，重约 100 千克，硅纯度 99.9999%。

硅锭切割，横向切割成圆形的单个硅片，也就是我们常说的晶圆。

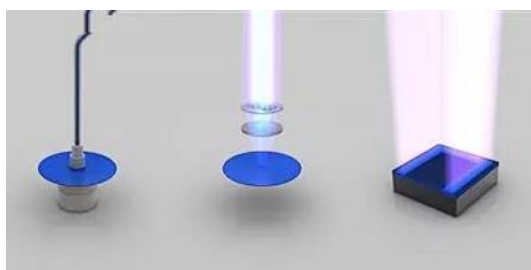


图 3：光刻过程

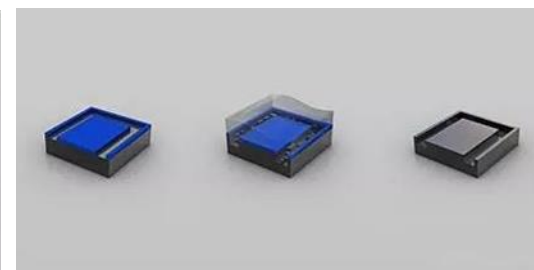


图 4：光刻胶的溶解与清除

图 3 中蓝色部分就是在晶圆旋转过程中浇上去的光刻胶液体，类似制作传统胶片的那种。晶圆旋转可以让光刻胶铺的非常薄、非常平。光刻胶层随后透过掩模(Mask)被曝光在紫外线(UV)之下，变得可溶，掩模上印着预先设计好的电路图案，紫外线透过它照在光刻胶层上，就会形成微处理器的每一层电路图案。光刻过程中曝光在

紫外线下的光刻胶被溶解掉，清除后留下的图案和掩模上的一致。由此进入 50-200 纳米尺寸的晶体管级别。一块晶圆上可以切割出数百个处理器。

使用化学物质溶解掉暴露出来的晶圆部分，而剩下的光刻胶保护着不应该蚀刻的部分。清除光刻胶后就可以看到设计好的电路图案。

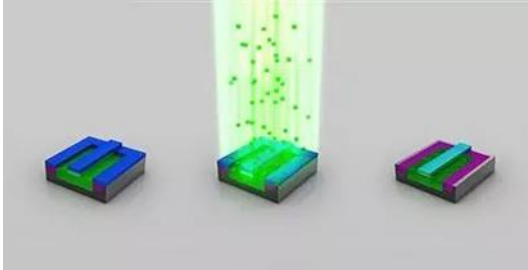


图 5 再次光刻

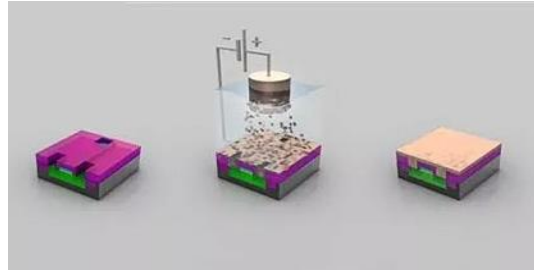


图 6 晶体管上沉积铜层

再次浇上光刻胶(蓝色部分)，然后光刻，并洗掉曝光的部分，剩下的光刻胶还是用来保护不会离子注入的那部分材料。在真空系统中，用经过加速的、要掺杂的原子的离子照射(注入)固体材料，从而在被注入的区域形成特殊的注入层，并改变这些区域的硅的导电性。再次清除光刻胶，注意这时候的绿色和之前已经有所不同。

至此，晶体管已经基本完成。在绝缘材(品红色)上蚀刻出三个孔洞，并填充铜，以便和其它晶体管互连。在晶圆上电镀一层硫酸铜，将铜离子沉淀到晶体管上。电镀完成后，铜离子沉积在晶圆表面，形成一个薄薄的铜层。

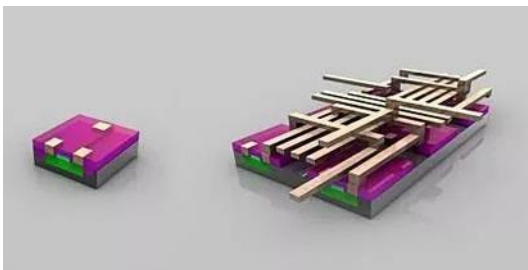


图 7 晶体管的复合互联

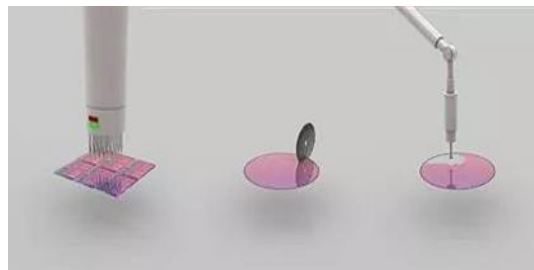


图 8 功能性测试

将多余的铜抛光掉，也就是磨光晶圆表面。在不同晶体管之间形成复合互连金属层，具体布局取决于相应处理器所需要的不同功能性。具体布局取决于相应处理器所需要的不同功能性。芯片表面看起来异常平滑，但事实上可能包含 20 多层复杂的电路，放大之后可以看到极其复杂的电路网络，形如未来派的多层高速公路系统。

图 8 中是晶圆的局部，正在接受第一次功能性测试，使用参考电路图案和每一块芯片进行对比。将晶圆切割成块，每一块就是一个处理器的内核。测试过程中发现的有瑕疵的内核被抛弃，留下完好的准备进入下一步。

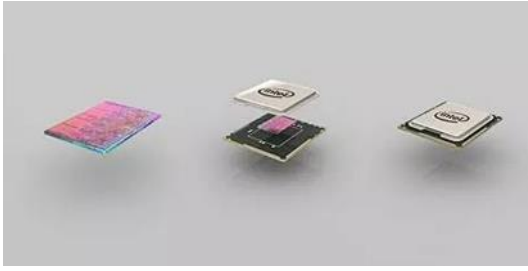


图 9 内核封装



图 10 最后一次性能测试，装箱

晶圆上切割下来的单个内核，这里展示的是 Core i7 的核心。衬底(基片)、内核、散热片堆叠在一起，就形成了我们看到的处理器的样子。衬底(绿色)相当于一个底座，并为处理器内核提供电气与机械界面，便于与 PC 系统的其它部分交互。散热片(银色)就是负责内核散热的了。至此就得到完整的处理器了(这里是一颗 Core i7)。这种在世界上最干净的房间里制造出来的最复杂的产品实际上是经过数百个步骤得来的，这里只是展示了其中的一些关键步骤。

最后一次测试，可以鉴别出每一颗处理器的关键特性，比如最高频率、功耗、发热量等，并决定处理器的等级，比如适合做成最高端的 Core i7-975 Extreme，还是低端型号 Core i7-920。根据等级测试结果将同样级别的处理器放在一起装运。制造、测试完毕的处理器要么批量交付给 OEM 厂商，要么放在包装盒里进入零售市场。

—摘编自电镜网公众号 2019-04-02