

材料月报

2019 年第一期（总 10 期）

太原理工大学材料学院 主办

2019 年 01 月 20 日

要 目

P2 钙钛矿太阳能电池稳定性取得重要进展

北京大学周欢萍与严纯华院士课题组合作提出在钙钛矿活性层中引入具有氧化还原活性的 $\text{Eu}^{3+}\text{-Eu}^{2+}$ 的离子对，实现了全寿命周期内本征缺陷的消除，大大提升了电池的长期稳定性，研究成果发表在《Science》上。

P3 超冷原子分子量子模拟重大突破

中国科学技术大学潘建伟、赵博等利用超冷原子分子量子模拟在化学物理研究中取得重大突破：他们通过对磁场的精确调控首次在实验上观测到超低温下基态分子与原子之间的散射共振，向基于超冷原子分子的超冷量子化学研究迈进了重要一步。这一重要研究成果发表在《Science》上。

P4 两种高分子简单混一混，也能发《Science》

近日，美国普杜大学 Jianguo Mei 教授和 Brett M. Savoie 教授等研究者采用简单的“共混策略”，将半结晶共轭聚合物和高玻璃化转变温度绝缘聚合物以合适比例混合，制得热稳定的、具有互穿网络的聚合物共混物，为高温电子器件的开发指出了新的方向。相关成果发表在《Science》上。

P6 原位超分子聚合诱导的液晶相变

日本东京大学工程学院化学与生物技术系的 Takuzo Aida 教授课题组专注于液晶介质中的超分子聚合行为。成功利用超分子聚合诱导了向列型液晶的相转变，相关研究成果发表于《Science》上。

目 录

科研进展

- P1 让光急转弯，让物体隐身
- P2 钙钛矿太阳能电池稳定性取得重要进展
- P3 超冷原子分子量子模拟重大突破
- P4 两种高分子简单混一混，也能发《Science》
- P6 原位超分子聚合诱导的液晶相变
- P8 综述：相变存储材料及其应用
- P9 基于石墨高效剥离制备石墨烯
- P10 2.5GPa！燕山大学纳米钢重要进展
- P11 寿命至少 3000 年！上硅所研制出新型宣纸
- P12 实验报道的最大面积晶态氢化石墨烯
- P13 实现材料电损伤自修复
- P14 从廉价小配体到超大介孔 MOFs
- P15 太阳能风能海水淡化装置
- P16 分子多铁材料铁性有序耦合机制获进展
- P17 通过晶格扭曲设计超强中熵单相合金
- P18 离子交联型水凝胶可控三维形变机制
- P19 首次采用微流体技术制造宏观石墨烯纤维

材料动态

- P20 我国成功研制高端超分辨光学显微镜
- P21 SpaceX 最新不锈钢飞船曝光

高等教育

- P22 清华推出工科发展计划

材料美学

- P24 带你走进美不胜收的材料微观世界

图书推介

- P27 刘世勇等：《大分子自组装新编》

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 01 月 20 日

（第 010 期）

仅供内部参阅，正式引用时请
自行核实

让光急转弯，让物体隐身

(Realization of a three-dimensional photonic topological insulator)

2019年1月9日，浙江大学和新加坡南洋理工大学的科学家合作构建出世界上首个三维光学拓扑绝缘体。研究成果发表在《Nature》杂志上。

拓扑绝缘体是一种表面导电，内部绝缘体的材料，它能让电子绕着材料表面传输，而在材料内部却“禁止通行”。著名科学家张首晟在向公众介绍拓扑绝缘体时，曾以“高速公路”作比喻：电子在芯片里的运动，就像一辆辆跑车在集市里行驶，不断地碰撞，产生热量。笔记本电脑放在腿上，时间一长就感觉很烫。正是电子碰撞产生的热量，导致摩尔定律将失效。而拓扑绝缘体好似为电子建立了高速公路，让电子在一条条“单向车道”上运行。

当前，关于光学拓扑绝缘体的实验研究仍局限在二维材料。浙江大学和新加坡南洋理工大学联合课题组开始尝试搭建新型的实验体系，这是科学界第一次尝试用实验实现光学三维拓扑绝缘体。有望解决电子芯片的发热、光子芯片的信号耗散等一系列问题。最终，联合课题组首次实现了三维光学拓扑绝缘体，它具有宽频带拓扑能隙，可以用印刷电路板技术制作完成。三维世界光子的“高速公路”，是“Z”字形的。表面波在界面传播时，能够无障碍的绕过Z型拐角。

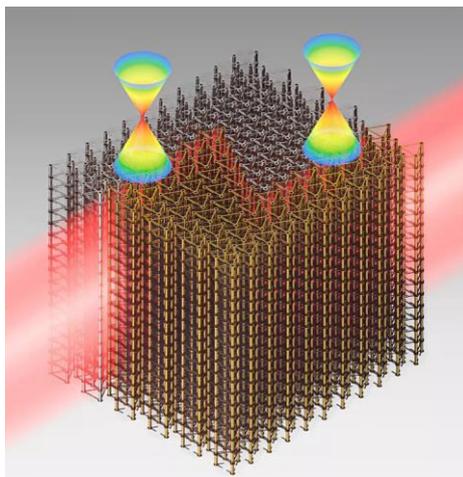


图1：表面波无障碍绕过Z型拐角

这或许是人类向光子芯片、光子计算机迈出的一步。未来，在微小的光子芯片里，光携带着信息在纵横交错的高速公路上奔跑，为我们创造着更快更好的世界。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-01-10

钙钛矿太阳能电池稳定性取得重要进展

(A Eu^{3+} - Eu^{2+} ion redox shuttle imparts operational durability to Pb-I perovskite solar cells)

北京大学工学院周欢萍研究员课题组与化学与分子工程学院严纯华院士课题组合作提出一种新的机制,即在钙钛矿活性层中引入具有氧化还原活性的 Eu^{3+} - Eu^{2+} 的离子对,实现了全寿命周期内的本征缺陷的消除,从而大大提升了电池的长期稳定性。研究成果发表在《Science》杂志上。

长期稳定性是钙钛矿太阳能电池商业化进程中面临的最重要的问题,其中钙钛矿材料的本征性蜕变产生零价铅、碘缺陷的问题严重制约着器件寿命。

针对上述的本征性蜕化问题,周欢萍和严纯华课题组合作,提出了一种全新的机制,即通过在钙钛矿活性层中引入 $\text{Eu}^{3+}/\text{Eu}^{2+}$ 的氧化还原离子对。该离子对可同时消除 Pb^0 和 I^0 缺陷,并在器件的使用寿命期间内循环发挥作用。基于此氧化还原离子对的引入,电池的初始效率得到提升,特别是其长期稳定性得到显著提升。在该循环氧化还原转变过程中, Pb^0 缺陷可被 Eu^{3+} 氧化成 Pb^{2+} ($2\text{Eu}^{3+} + \text{Pb}^0 \rightarrow 2\text{Eu}^{2+} + \text{Pb}^{2+}$), 而 I^0 缺陷可被生成的 Eu^{2+} 还原成 I^- ($\text{Eu}^{2+} + \text{I}^0 \rightarrow \text{Eu}^{3+} + \text{I}^-$)。有趣的是,由于 $\text{Eu}^{3+}/\text{Eu}^{2+}$ 自身是非挥发性的,且难以变成其他价态,该离子对在器件使用过程中没有明显消耗。对应器件的最高效率达到了 21.52%(认证值为 20.52%),且没有明显的迟滞现象。同时,引入 $\text{Eu}^{3+}/\text{Eu}^{2+}$ 离子对的器件表现出优异的热稳定性和光稳定性,在一个太阳的连续光照射或 85°C 加热 1000 小时后,器件仍可分别保持原有效率的 91% 和 89%,在最大功率点处连续工作 500 小时后可以保持原有效率的 91%。该方法解决了铅卤钙钛矿太阳能电池中限制其稳定性的一个重要的本质性因素,可推广至其他的钙钛矿光电器件,且该方法对于其他面临类似问题的无机半导体器件也具有重要参考意义。

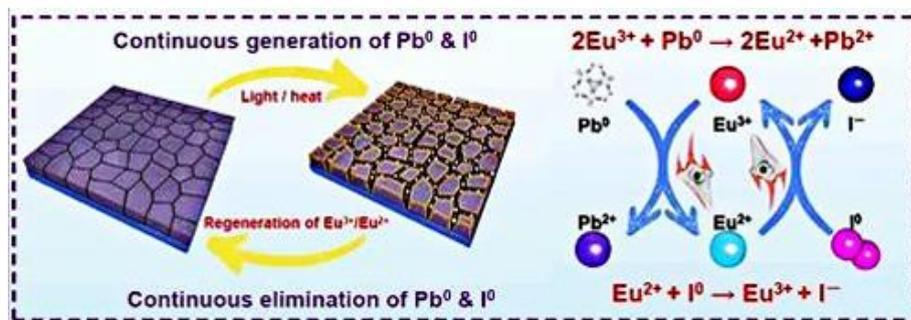


图 1: 氧还离子对 $\text{Eu}^{3+}/\text{Eu}^{2+}$ 循环消除 Pb^0 和 I^0 缺陷和 $\text{Pb}^{2+}/\text{I}^-$ 离子对再生的机理图。

—摘编自高分子科学前沿公众号 2019-01-18

超冷原子分子量子模拟重大突破

(Observation of magnetically tunable Feshbach resonance in ultracold $^{23}\text{Na}^{40}\text{K}+^{40}\text{K}$ collisions)

中国科学技术大学潘建伟、赵博等利用超冷原子分子量子模拟在化学物理研究中取得重大突破：他们通过对磁场的精确调控首次在实验上观测到超低温下基态分子与原子之间的散射共振，向基于超冷原子分子的超冷量子化学研究迈进了重要一步。这一重要研究成果发表在《Science》上。

当前，量子计算的短期目标是通过发展专用型量子计算机，即专用量子模拟机，能够在某些特定的问题上解决现有经典计算机无法解决的问题。近年来，随着超冷原子分子技术的发展，完全可控的超冷基态分子可以从接近绝对零度的原子气中被制备出来。自 2008 年美国科学院院士黛博拉·金（Deborah Jin）和叶军（Jun Ye）的联合实验小组制备了铷钾超冷分子以来，多种碱金属原子的双原子分子先后在其他实验室中被制备出来。但由于这种大质量多电子分子体系的散射共振无法在理论上进行预测，十多年来观测超冷分子的散射共振一直是该研究领域在实验上的重大挑战。

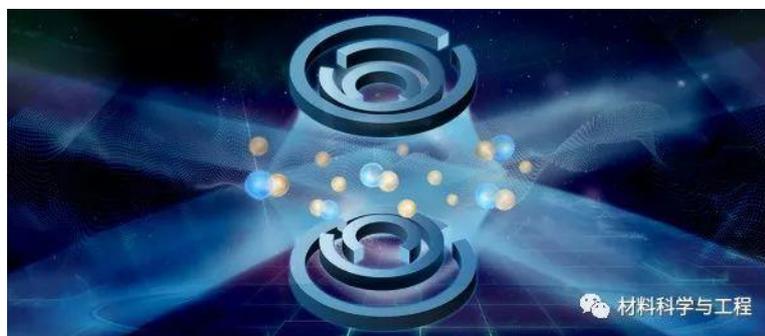


图 1：超冷分子的散射共振示意图

在该项研究中，中国科学技术大学的研究团队首次成功观测到了超低温下钠钾基态分子和钾原子间的散射共振。在实验中，他们从温度为几百纳开的超冷钠和钾原子混合气出发，制备出处于不同超精细态的钠钾振转基态分子，并将之与处于不同内态的钾原子相混合。在此基础上，通过精密的调节磁场来精确地调控原子分子散射态和三体束缚态的能量差，成功地在分子损失谱上观测到了超低温下钠钾基态分子和钾原子间的一系列散射共振峰。这些散射共振提供了对含有高达 49 个电子的钾-钠-钾三原子分子复杂体系势能面的超高精度测量，成功获取了势能面在短程部分的重要信息。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-01-18

两种高分子简单混一混，也能发《Science》

(Multicomponent intermetallic nanoparticles and superb mechanical behaviors of complex alloys)

近日，美国普杜大学 Jianguo Mei 教授和 Brett M. Savoie 教授等研究者采用简单的“共混策略”，将半结晶共轭聚合物和高玻璃化转变温度绝缘聚合物以合适比例混合，制得热稳定的、具有互穿网络的聚合物共混物，为高温电子器件的开发指出了新的方向。相关成果发表在《Science》上。

几乎所有电子元件都有高温下“罢工”的问题，主要原因还是它们的材料——以硅为代表的传统无机半导体，它们在环境温度范围内才具有最佳性能。为在高温条件下改善电子器件的性能和寿命，人们想到了使用宽带隙材料，或者使用主动或被动冷却、热工程封装、元件电隔离等方法。不过，这种改善效果有限，工作温度范围可拓宽到-40 ~ 85 °C左右，对于一些温度超过 150 °C的特殊环境，比如航空航天、核反应堆等，常规半导体电子器件往往难以正常工作。

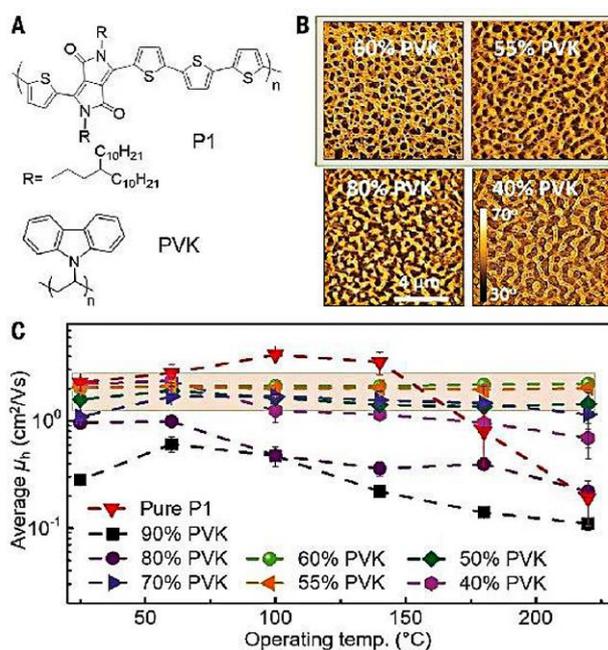


图 1 P1-PVK 共混膜结构及电荷传输性能测试。

将半导体聚合物共混入耐热聚合物主体中是提高其电性能、可加工性、机械性能和环境稳定性的常用策略。基于此理念，研究人员选用吡咯并吡咯二酮-噻吩类高性能共轭聚合物 DPP-T (P1 上图 A) 和高 T_g (~220 °C) 绝缘聚合物聚(N-乙烯咔唑) (PVK, 上图 A)，将二者在不同比例下共混，并制成薄膜。原子力显

显微镜 (AFM) 测试表明 PVK 比例为 55~65 wt% 时, 共轭聚合物 P1 和刚性 PVK 间可形成互穿通道 (上图 B)。该类 P1-PVK 共混膜的电荷传输能力在场效应晶体管中展现出优异的高温稳定性, 在室温至 220 °C 条件下空穴迁移率都超过 2.0 cm²/V•s, 最高可达 2.5 cm²/V•s (上图 C)。

研究人员进一步采用变温 UV-Vis 光谱、AFM、掠入射 X-射线衍射等测试手段, 对不同温度条件下共混膜聚合物内部结构变化进行了详细表征, 以解释共混膜这种不同寻常的热稳定性。研究表明, 引入 PVK 组分形成的双连续相结构, 有效限制了高温条件下 P1 链的运动能力, 保证了其紧密的分子间相互作用和有序堆叠结构, 从而这种具有互穿网络的聚合物共混物才能呈现优异的耐高温电性能。基于 P1-PVK (60% PVK) 共混物薄膜的场效应晶体管在 150 °C 工作 6 h 后, 仍保留初始 95 % 以上的电荷传输能力, 也验证了 P1-PVK 共混导电聚合物器件优异的耐高温性能。

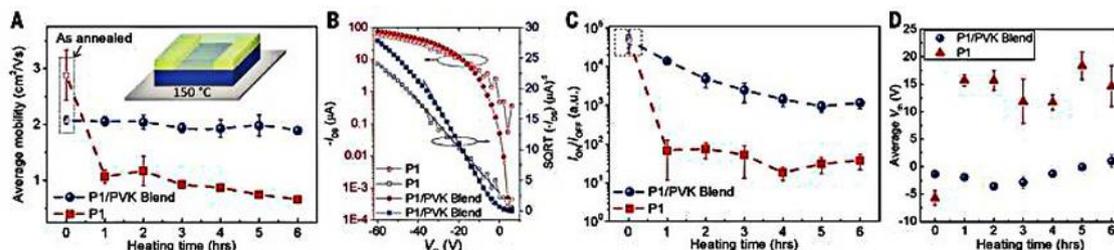


图 2 P1-PVK 场效应晶体管 150 °C 下性能测试。

同时, 该共混策略中所采用的耐高温聚合物能够进一步拓展至其他结构类似的高 T_g 聚合物体系, 例如: 聚碳酸酯 (PC)、聚醚酰亚胺 (PEI)、聚萘 (PAC) 及 Matrimid 5218 (MI) 等。

Jianguo Mei 教授和 Brett M. Savoie 教授等研究者采用简单的共混策略, 有效的提高了有机聚合物半导体器件的高温稳定性。通过优化聚合物共混比例, 所得具有互穿网络结构的新型聚合物共混物最高工作温度可达 220 °C。这一策略同时还适用于多种聚合物体系, 具有普适性。该成果不仅极大的推动了耐热聚合物半导体材料研究领域的发展, 也为其他高分子共混/复合材料的设计提供了启发。经过进一步的验证和改进, 或许不用太久, 电子器件在高温下不能正常工作的“魔咒”就会被这种简单策略打破。到那时, 手机就算不小心掉到火锅里煮了一会, 捞起来擦干净, 说不定还能接着用。

—摘编自高分子科学前沿公众号 2019-01-07

原位超分子聚合诱导的液晶相变

(Nematic-to-columnar mesophase transition by in situ supramolecular polymerization)

日本东京大学工程学院化学与生物技术系的 Takuzo Aida 教授课题组专注于液晶介质中的超分子聚合行为。成功利用超分子聚合诱导了向列型液晶的相转变，相关研究成果发表于《Science》上。

在分子组装过程中，盘状分子和棒状分子是不相容的，前者倾向于二维堆叠，而后者倾向于平行排列。尽管相分离是熵不利过程，但是在凝聚相中不同形状分子彼此排斥的现象仍十分明显。

研究者从研究手性掺杂剂入手，设想超分子聚合成的螺旋链是否可以带动向列型液晶，将其扭曲成胆甾型。

而在实际研究中，他们发现：如果所得超分子聚合物与液晶介质之间的亲和力很大，则二者可以互溶，聚合物将均匀分散于液晶中。相反，如果它们的亲和力较小，则聚合物与液晶介质发生相分离。

他们通过调整超分子手性单体 $\text{Disk}_{\text{NH}}^*$ 的结构，适当调节超分子与液晶的亲和力，成功利用超分子聚合诱导了向列型液晶的相转变，提升其有序性，形成核-壳柱状共组装体，并确认该柱状液晶材料为面心 $c2mm$ 对称，其晶格参数为 $a=75.2\text{\AA}$; $b=35.0\text{\AA}$ 。

为了确认该相变是由原位超分子聚合引起的，研究者设计了不含氢键的单体 $^{\text{OCB}}\text{Disk}_{\text{NMe}}^*$ ，将其于同等条件下掺入 $^{\text{OCB}}\text{Rod}$ 液晶中，他们发现该过程仅产生胆甾相，并且没有柱状体的出现。

研究者还发现：该柱状液晶材料对外加的电场可以快速响应，并改变柱状体的取向。当使用直流电时，柱状体相对于电场方向平行取向，使其偏光显微镜中的纹理在 1s 内消失，但在电场关闭后，即使在 100°C 下保持数天，其取向并不发生改变。而将直流电场换为交流电场时，柱状方向由相对于电场平行变为垂直。

此外，通过向液晶结构中引入光响应的偶氮苯结构 (AZORod)，可以将该柱状组装体模块化地定制为光响应材料。在 140°C 下，利用 365nm 紫外光照射夹层型玻璃池时，池中的液晶材料则转变为各向同性的熔体。伴随着 AZORod 的顺反光异构化，柱状组装体发生解聚或者重组，使得这种可逆变化在关闭和打开紫外光后几秒内发生。

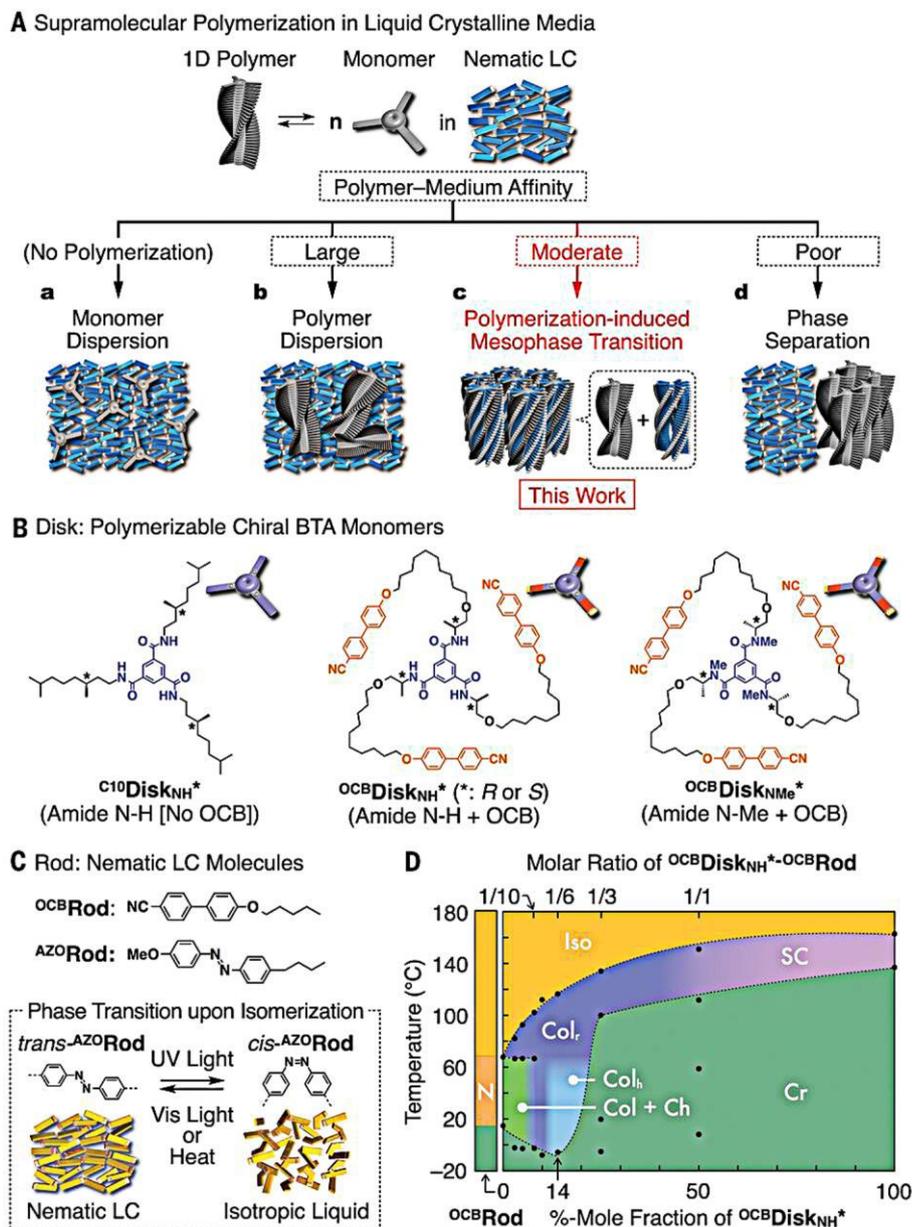


图 1 A.液晶介质中可能的超分子聚合模式的示意图； B.衍生自 BTA 的盘状手性单体的分子结构：C10DiskNH^{*}，OCBDiskNH^{*}和 OCBDiskNMe^{*}； C.提供向列型液晶的棒状分子：OCBRod 和 AZORod； D.OCBDiskNH^{*}-OCBRod 的相图。Iso、SC、Col_r、Col_h、Col、Ch、N 和 Cr 分别表示各向同性、软结晶、矩形柱状、六角柱状、柱状（未鉴定）、胆甾相、向列相和结晶相。

此外，研究者还利用双重响应的 OCBDiskNH^{*}-AZORod 材料开发了一种光电可重写器件。由于液晶材料中长程有序分子排序可以获得光学放大的输出，因此液晶材料逻辑门的开发是一个有趣的挑战。

综述：相变存储材料及其应用

(Designing crystallization in phase-change material for universal memory and neuro-inspired computing)

1月7日，西安交大材料学院金属材料强度国家重点实验室微纳中心张伟教授与美国约翰霍普金斯大学马恩教授以及两位德国亚琛工业大学教授合作，在《Nature Reviews Materials》（影响因子 IF=51）在线发表了关于相变存储材料的长篇综述。

移动电子设备、人工智能、大数据、云计算正在迅速改变着我们的社会和生活，但伴随的是海量数据的产生与传输。这对数据存储和处理提出了巨大挑战。现有的电子设备以及计算构架已经达到其极限，无法更进一步地提升计算速率并同时减小器件尺寸（摩尔定律失效）。近十年来，世界各大半导体公司、高校、研究所投入了大量精力来开发新式的计算设备，包括通用存储器与神经元计算设备。前者将打破数据存储与内存之间的界限，而后者将从根本上对现行计算体系进行革新，突破现有的冯诺伊曼体系以实现数据存储与处理的统一。基于硫族化合物的相变材料是实现上述新式电子器件最具竞争力的新材料之一。

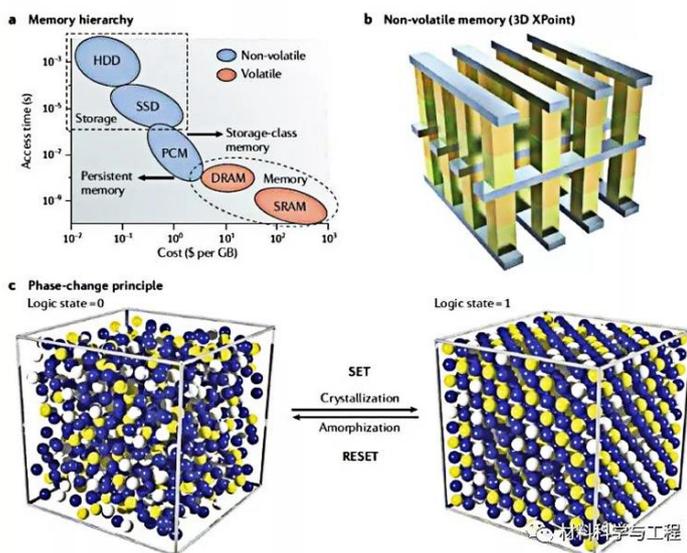


图 1 基于硫族化合物相变材料的相变机制

该综述从相变存储材料的材料学基础出发，详细讨论了相变材料的结晶化与非晶化机理，阐明了其在数据存储、通用存储器、神经元计算以及人工智能硬件发展方面的核心作用，并从材料设计的角度指出了相变存储芯片工业化过程中尚需解决的材料科学问题。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-01-12

基于石墨高效剥离制备石墨烯

近日，上海交通大学赵亚平教授课题组运用所建立的基于超临界二氧化碳剥离技术高效制备石墨烯及其自组装构建一维石墨烯卷取得多项研究新成果，发表于《Industrial & Engineering Chemistry Research》以及《Scientific Reports》。

该团队建立的超临界 CO₂ 中超声耦合剪切高效剥离制备石墨烯工作在化工三大主流期刊之一《Industrial & Engineering Chemistry Research》作为期刊封面文章发表。超声在石墨颗粒上产生活性边缘，同时从活性边缘剪切剥离石墨，该过程极大提高了石墨烯的剥离效率。



图 1：超临界二氧化碳中，超声波与剪切搅拌协同剥离石墨制备石墨烯的原理示意图

以所剥离的石墨烯为原料，首次建立了石墨烯通过自组装大量制备一维石墨烯纳米卷的新方法。石墨烯卷不仅继承了石墨烯和碳管优良的化学、物理和电学性质，而且还具有与二者不一样的特殊性能，成为近来研究的热点。该团队建立的方法简单、自组装效率高，为批量生产石墨烯纳米卷及其应用提供了基础。该工作发表在《Scientific Reports》上。

该团队进一步研究发现，在一定条件下，所形成的石墨烯一维纳米卷可以重新可逆展开成为石墨烯，实现了二维石墨烯与一维石墨烯纳米卷之间的相互可逆转化。从二维材料构建一维材料提供了新思路以及石墨烯的稳定储存和定向应用以及一维石墨烯卷的理论研究和实际应用打下了基础。

—摘编自材料科学与工程公众号 2018-12-20

2.5GPa! 燕山大学纳米钢重要进展

(Ultrastrong nanocrystalline steel with exceptional thermal stability and radiation tolerance)

近日，燕山大学亚稳材料制备技术与科学国家重点实验室清洁纳米能源中心沈同德教授团队与国内外科学家合作，针对奥氏体钢强度偏低、辐照后易肿胀以及纳米晶金属高温下晶粒易长大等问题，创新性的通过界面元素偏聚及纳米析出钉扎，制备出超强且具有优异的热与辐照稳定性的块体 304L 纳米晶奥氏体钢，相关研究成果于 2018 年 12 月 19 日在线发表于《Nature Communications》。

与普通的粗晶粒金属相比，纳米晶金属更强、更抗辐照。但是，纳米晶金属的热稳定性通常较差，致使其高温加工成型及应用受到很大的限制。沈同德教授课题组及其国内外合作团队综合利用稀土镧元素的掺杂以及高温高压合成技术，开发出块体纳米晶/纳米析出 304L 奥氏体钢，纳米晶粒尺寸约 40 nm，纳米析出尺寸约 5 nm。

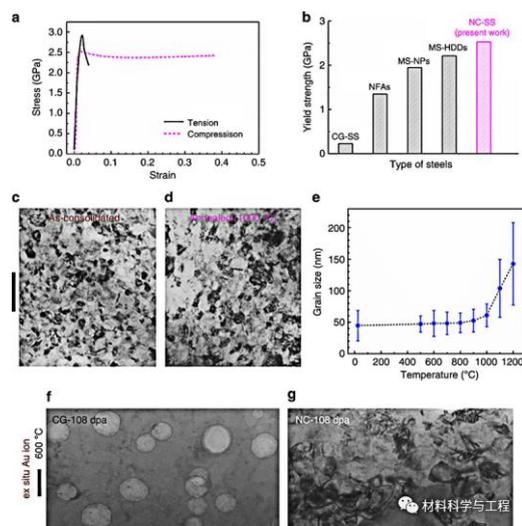


图 1. a, b: 纳米钢的压缩、拉伸力学行为；b: 纳米钢(NC-SS)与其它钢种的屈服强度对比；c, d, e: 纳米钢退火前后的晶粒尺寸；f, g: 粗晶钢、纳米钢辐照后的微结构对比

该纳米晶奥氏体钢屈服强度高达 **2500 MPa**，远超粗晶 304L 奥氏体钢数百 MPa 的屈服强度。该纳米钢具有极高的热及辐照稳定性：800 度/180 小时保温，无显著晶粒长大；600 度/108 dpa 强辐照既无显著晶粒长大，亦无任何辐照肿胀。实验观察表明，该纳米钢的超高热稳定性可归因于晶界上镧元素偏聚在热力学方面、大量细小的纳米析出钉扎在动力学方面分别稳定化纳米晶粒两种因素。团簇动力学模拟表明，该纳米钢的超高抗辐照肿胀阻力来源于纳米钢中大量的晶粒边界，可作为缺陷捕获陷阱大幅度降低稳态空位浓度，进而抑制空位的团聚及肿胀的发生。

—摘编自材料科学与工程公众号 2018-12-27

寿命至少 3000 年！上硅所研制出新型宣纸

(Fire-Resistant Inorganic Analogous Xuan Paper with Thousands of Years' Super-Durability)

最近，中国科学院上海硅酸盐研究所研究员朱英杰带领的科研团队，针对传统宣纸存在的问题，以无机纳米材料—羟基磷灰石超长纳米线为主要构建材料，成功研制出新型耐火“宣纸”，该“宣纸”具有易于书写性，优异的润墨性、抗霉性、耐久性、耐高温性和耐火性等性能。相关研究结果发表在《ACS Sustainable Chemistry & Engineering》上。

宣纸是中华文化的瑰宝，迄今已有一千多年的历史，具有颜色洁白、纹理细密、质地坚韧、润墨性好、耐老化等优点。但是，传统宣纸也存在一些问题：例如宣纸原料紧缺，采用手工制作，生产周期长达 1~2 年，使其生产效率低、产量小、成本高；此外，**宣纸易燃**，历史上有不少艺术作品都因火灾而付之一炬。

新型耐火“宣纸”的使用寿命可达至少 3000 年，其性能明显优于传统宣纸。加速模拟老化 2000 年后，新型耐火“宣纸”的白度仍然为 91.6%，而传统宣纸其白度只有 47% 左右。此外多种霉菌在新型耐火“宣纸”上均不能生长。

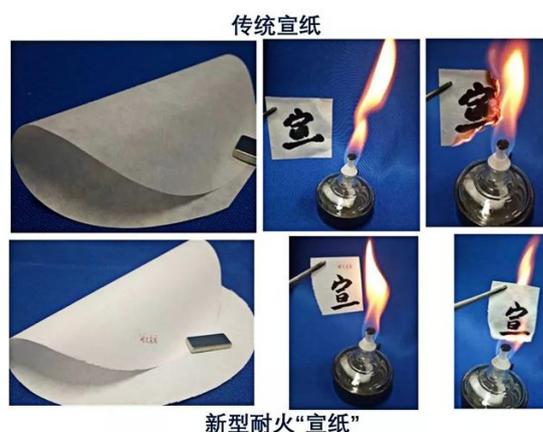


图 1 传统宣纸在火中几秒钟即快速燃烧化为灰烬；而新型耐火“宣纸”白度高，具有优异的耐高温、耐火性能，长时间在火中灼烧也不会燃烧

耐火性能测试表明，传统宣纸在火中仅仅几秒钟就迅速燃烧化为灰烬；而新型耐火“宣纸”具有优异的耐高温和耐火性能，**长时间在火中灼烧也不会燃烧并保持完好**。新型耐火“宣纸”的制备只需 3 至 4 天，制备周期短，制备效率高。新型耐火“宣纸”有望作为耐高温、耐火书法绘画纸，应用于保护珍贵的艺术作品和重要文件免于火灾的损毁。

—摘编自材料科学与工程公众号 2018-12-28

实验报道的最大面积晶态氢化石墨烯

(Fabrication of Millimeter - Scale, Single - Crystal One - Third - Hydrogenated Graphene with Anisotropic Electronic Properties)

最近，中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心高鸿钧院士研究团队的陈辉、包德亮和杜世萱研究员等通过实验与 DFT 理论计算发现，在 Ru(0001) 上石墨烯摩尔超晶格模板可以制备晶态三分之一氢化石墨烯，且尺寸很大质量很高。相关研究结果发表在《Advanced Materials》上。

石墨烯的发现以及其具有的独特性质和巨大的应用价值激发了人们对其他二维材料的研究热情。通过外来原子与本征石墨烯中的碳原子化学成键获得石墨烯功能化材料以及构筑新型类石墨烯二维原子晶体是扩充二维材料库重要途径之一。例如，所有碳原子与氢原子双面成键形成全氢化石墨烯结构，又称为“石墨烷”(graphane)；氢原子和碳原子为 1:2 的单面氢化石墨烯，文献报道中称为“graphone”。然而，目前在实验上制备大面积高质量的氢化石墨烯的工作仍很稀少，实现材料结构和物性的调控仍很困难。

研究者通过实验与 DFT 理论计算发现，在 Ru(0001) 上石墨烯摩尔超晶格模板可以制备晶态三分之一氢化石墨烯，且尺寸很大质量很高。相对于氢化前的石墨烯样品，在石墨烯对应的低能电子衍射 (LEED) 点阵的 $\sqrt{3} \times \sqrt{3}/R30^\circ$ 位置出现了新的一套格点(图 1)。氢化后石墨烯的拉曼 (Raman) 光谱中石墨烯晶格的 G 和 2D 特征峰恢复，预示着 Ru 基底与石墨烯之间的界面有氢原子存在并有效地减弱了石墨烯与金属基底的强相互作用 (图 1)。

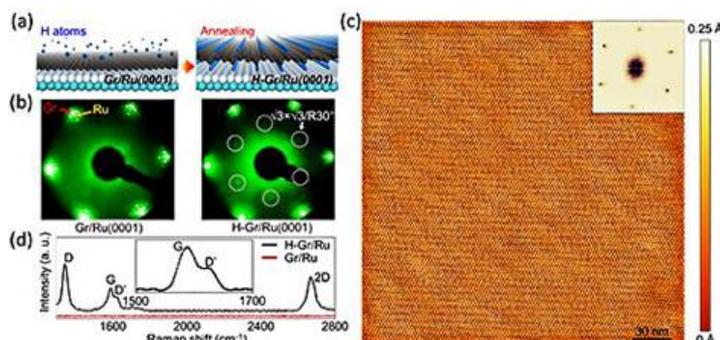


图 1. 厘米尺寸晶态 1/3 氢化石墨烯的制备示意图、LEED、Raman 光谱和大量 STM 图像。

该工作为制备大面积石墨烯功能化衍生材料以及相关性质应用的研究提供了新的思路。

—摘编自材料科学与给工程公众号 2018-12-30

实现材料电损伤自修复

(Self-healing of electrical damage in polymers using superparamagnetic nanoparticles)

近日，清华大学电机系何金良教授、李琦副教授及合作者提出了在固态绝缘材料中实现电损伤自修复的方法，首次实现了绝缘材料在遭受电树破坏后电树通道的自愈合与绝缘性能的自然恢复，同时保持材料的基础电气性能不受影响。该自修复策略广泛适用于聚烯烃等热塑性聚合物绝缘材料，为大幅提升电力电缆等电力装备及电子设备的使用寿命和可靠性提供了全新的方法。这项研究发表在知名期刊《Nature Nanotechnology》上。

为了获得兼具电损伤修复功能和高介电强度的绝缘材料，该研究团队以聚烯烃电缆绝缘材料为基材，利用纳米颗粒在聚合物中的熵耗散迁移行为，结合超顺磁纳米颗粒的磁热效应，实现了热塑性绝缘材料的电树损伤靶向重复修复。通过基于高斯链模型的分子动力学模拟和微观实验表征，验证了电树损伤修复过程中纳米颗粒的迁移、扩散行为。泄漏电流和局部放电测试表明，该自修复方法能够使产生电树损伤的聚烯烃绝缘材料的电气绝缘性能得到完全恢复，并在多次修复中保持和纯聚烯烃绝缘相同的水平。该缺陷修复机制使用极低的超顺磁纳米颗粒填充量(0.1 vol.%以下)便可以实现，因此能够将自修复绝缘材料的电气击穿强度维持在基材的94%以上(如490 kV/mm)，满足超特高压电缆输电等电力能源领域的应用需求。另外，针对电力电子器件、电动汽车无线充电装置等电气设备，该方法也有望在这些领域实现绝缘材料损伤的带电自修复和在线维护。

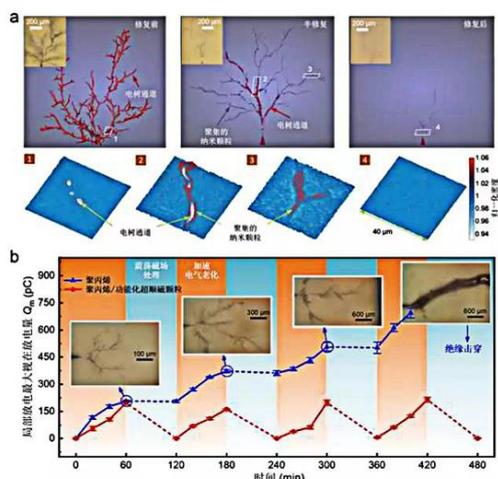


图1 电树枝损伤靶向追踪和修复行为的微观表征电气绝缘性能恢复。

—摘编自高分子科学前沿公众号 2019-01-02

从廉价小配体到超大介孔 MOFs

(A Janus Nickel Cobalt Phosphide Catalyst for High-Efficiency Neutral-pH Water Splitting)

武汉大学化学与分子科学学院邓鹤翔教授团队在具有介孔（孔径>2nm）孔道金属有机框架材料(metal-organic framework, MOF)的合成设计最新成果。该工作提出了 MOF 孔径构建及拓展的两大原则，为具有大尺寸孔道的介孔 MOF 的合成提供了重要的指导。研究成果发表在《Journal of the American Chemical Society》杂志上，并被选为副封面文章。

MOF 材料是一类基于有机分子通过配位键构筑的晶态多孔材料。孔径的大小和通道的尺寸是这些分子基多孔材料的关键指标，通道的尺寸决定了多大的客体分子可以进入到孔内，而孔径的大小决定了孔道中可以容纳客体分子的数目。与微孔 MOF 相比介孔 MOF 能够容纳更大的客体分子，因此，MOF 的研究能够由传统的气体相关应用拓展到更大分子量的客体。

如何合成具有介孔孔道的 MOF 材料是制约其应用的核心关键。大部分现行的合成制备方法往往依赖于刚性有机配体扩展，而在合成上扩展和延长的有机配体往往需要投入较大的人力和物力，极大地限制了介孔 MOF 的发展及其应用。

此项研究发现，当形成孔道多面体的顶点的连接数一定时，该孔道的最大尺寸和顶点数呈正相关的关系；介孔的尺寸增长速率由组成该介孔的顶点连接数决定，并且在组成孔道多面体的顶点数基本不变时减少顶点的连接数可以有效地增大该孔道的尺寸。[2-c, 3-c]这种连接情况是形成三维结构要求的最低连接数，也是最佳的孔道大小拓展的连接方式。

基于以上思路，团队成员们选取了两类同时含有较大节点数和[2-c, 3-c]这一最低连接可能性的节点的拓扑结构为基础，通过较小的有机配体 4-吡啶甲酸(H_2PyC ，成本仅为 18 元/克)，和多种基于廉价金属（如 Al、Fe、Cu 等）的金属节点来构建合成两类新型介孔 MOF（MOF-818 和 MOF-919）。孔道与配体大小的比例高达 15 倍，是目前已报导的最大孔径配体比。

这些新型的介孔 MOF 材料，MOF-818 和 MOF-919，能够高效的负载生物大分子如胰岛素和维生素 B12 等，且在 pH=2-12 的水溶液中展现出优异的水稳定性。结合这些 MOF 的低廉成本和较好的生物兼容性，这些介孔 MOF 在生物大分子和药物分子负载的应用中，有较高的应用价值和广阔的前景。

—摘编自高分子科学其前沿公众号 2019-01-11

太阳能风能海水淡化装置

(Low Cost, Robust, Environmentally Friendly Geopolymer - Mesoporous Carbon Composites for Efficient Solar Powered Steam Generation)

近日，上海交通大学赵斌元副教授课题组与伦敦城市大学乔治丹尼斯助理教授吴卫平博士课题组、牛津大学材料系 Robert Bradley 教授合作，在清洁能源海水淡化方面取得了重要进展，在《*Advanced Functional Materials*》上发表相关论文，发明了以地质聚合物和生物质介孔碳复合材料为基础的太阳能风能海水淡化装置。

研究者研制出了以地质聚合物和生物质介孔碳复合材料为基础的太阳能风能海水淡化装置。其核心是利用大孔结构的地质聚合物进行水传导，利用生物质介孔碳作为吸收太阳能，通过这两种环保材料的组合，形成了结构和外形可控，且具有良好的机械强度，可进行机械加工的材料形成光热蒸发装置。在一个标准太阳光照射下，转化效率为 84.97%，每平方米每小时可获得 1.58 升淡水。

生物质多孔碳由生物质秸秆制成，可制备成成型结构，具有 35 MPa 的抗压强度，抗弯强度 14 MPa，比表面积约 470 m²/g，孔尺寸 3 nm - 5 nm，在超宽太阳光谱（400 nm - 2500 nm）范围内具有较高的光吸收效率（平均 92%-95%），这保证了较高的能量传递效率。地质聚合物孔径约 10 μm - 20 μm，亲水性良好，利用毛细作用可以将底部的水快速传输到顶部热区，导热系数低（0.15-0.48 W m⁻¹ K⁻¹），有效的实现了水的传输及热量的管理。

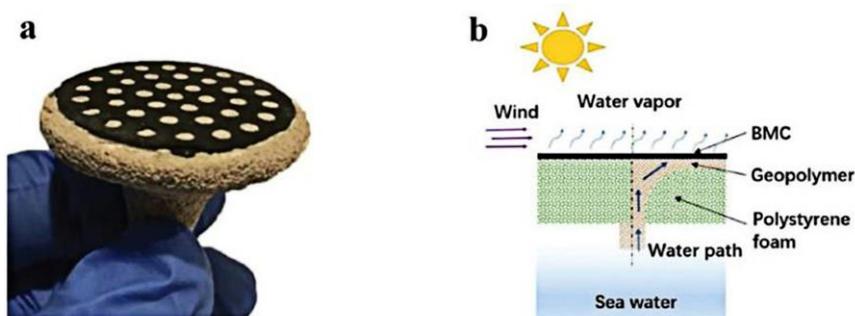


图 1 地质聚合物介孔碳复合结构用于光热海水蒸发设计示意图

此外，文章还研究了利用微弱的风能，在蒸发层上方快速形成蒸汽负压，加速水蒸气的蒸发和逃逸。在 1 个太阳能，3m/s 的风速下，蒸发效果显著增强，每平方米每小时可以实现 7.55 升淡水。所采用的材料具有成本低廉，性能稳定，环境友好等优势，可持续、经济、大规模地生产清洁水。

—摘编自高分子科学前沿公众号 2019-01-10

分子多铁材料铁性有序耦合机制获进展

(Strain coupling and dynamic relaxation in a molecular perovskite-like multiferroic metal-organic framework)

近日，西安交大前沿院娄晓杰教授课题组博士生辛利鹏成功实现了高质量、大尺寸的金属甲酸骨架单晶的制备，发现在 $[(\text{CH}_3)_2\text{NH}_2][\text{Ni}(\text{HCOO})_3]$ 杂化钙钛矿材料中，铁电、弱铁磁、铁弹等多重铁性有序存在由晶格自发应变调制的静态和动态耦合行为，并且在铁电相变附近出现了同传统氧化物钙钛矿截然不同的声学损耗现象。该研究发表在《Advanced Functional Materials》上。

多铁材料是指同时具有两种或两种以上铁性有序（包括铁电、磁性、铁弹等）的一类智能材料，已入选 2007 年度美国《科学》杂志公布的凝聚态物理领域的重要热点科学问题。然而，该类材料中多重铁性有序是否存在耦合仍有较大争议，铁性耦合的微观机制仍不明确，这阻碍了该类材料进一步的发展与应用。。

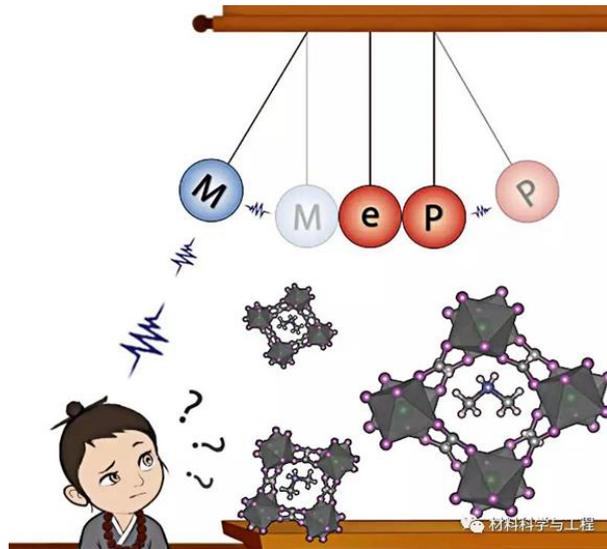


图 1. 多铁材料耦合微观机制不明确

该项工作表明有序-无序铁电相变同晶格应变存在明显耦合，同时在弱铁磁和自旋重取向转变点附近存在自旋-晶格耦合。以上实验证据说明来自磁有序和铁电有序的应变重叠可能会导致强的磁电耦合效应，并且有望通过简便的成膜制备，实现更大的应变调控。该项发现表明在分子基多铁体系中，通过灵活的离子、分子基团调控，有望实现更强的多重铁性有序耦合效应。同时，该项工作也对传统无机氧化物单相多铁材料、复合多铁材料的磁电耦合与性能调控提供了重要启示。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-01-16

通过晶格扭曲设计超强中熵单相合金

(Ultrastrong Medium-Entropy Single-Phase Alloys Designed via Severe Lattice Distortion)

近日，德国马克斯-普朗克研究所发现一种简单的 VCoNi 等原子中熵合金，拥有近 1 GPa 的屈服应力和很好的延展性，大大超过传统合金。可以通过晶格扭曲来提高材料的屈服应力，以及对结晶大小的敏感度。同时，错位调控的塑性可以通过形成纳米大小的错位微结构来实现材料强度与延展性的平衡。这些结果证明晶格扭曲是实现超强材料结构设计的重要因素。该成果发表在《Advanced Materials》上。

实现材料在强度和延展性中的平衡是先进材料科学和工程领域的巨大挑战。很多研究通过探索潜在机理和控制微观结构，来提高材料在强度和延展性之间的平衡。屈服应力是限制材料最大应力的重要因素。为了提高屈服应力，传统合金通常依赖于复杂而昂贵的热机械加工路线，希望通过加工在材料中引入高密度的晶格缺陷来有效地增加材料强度。单相金属材料在重结晶态和塑性屈服初期拥有很少的缺陷，具有不充分的晶格摩擦，因而流动应力较小。多种基础元素的固体混合物（高熵或中熵合金）为材料的设计提供了一种很有前景的基础，因为每一种单一的原子都可以创造独特的局部晶格扭曲和应力。

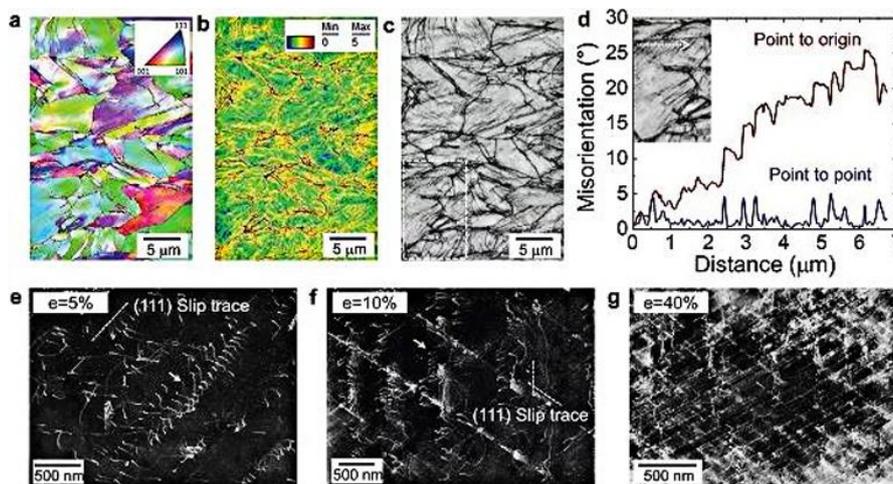


图 1 VCoNi 合金的形变机理

在这个工作中，作者发现一种简单的 VCoNi 中熵合金具有接近 1 GPa 的屈服应力和很好的延展性，这些都是传统合金所不具备的性能。研究认为晶格扭曲可以合金的屈服应力和对晶粒的敏感性。同时，位错调控的塑性可以通过产生纳米尺寸的位错微结构来增强强度和延展性。晶格扭曲是设计超强材料的关键点。

—摘编自材料人公众号 2019-01-16

离子交联型水凝胶可控三维形变机制

(Inside-Out 3D Reversible Ion-Triggered Shape-Morphing Hydrogels)

近日，中国科学院深圳先进技术研究院杜学敏副研究员团队研发出一种离子交联型水凝胶，首次报道了通过生物兼容性离子 ($\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$) 触发水凝胶可控三维形变，并揭示了其内外反转三维可逆形变机制。相关研究结果在《Science》合作期刊《Research》上在线发表。

近年来，仿生可控三维形变材料在组织工程与人工器官等医学领域应用广泛，但传统材料要么欠缺可控形变能力，要么刺激调控手段面临安全性挑战，由此极大限制了传统生物材料医学应用。如何成功实现传统生物材料的可控三维形变，及采用生物相容性手段调控形变，仍是材料生物学应用面临的一大难题。

为解决该挑战，杜学敏研究团队基于前期在材料可控形变设计经验 (*Advanced Materials*, 2017, 29, 1702231; *Advanced Materials Technologies*, 2017, 2, 1700120; *Advanced Functional Materials*, 2018, 28, 1801027)，创新性地仿生自然中触之形变植物的构造原理，通过表面定向排列微阵列结构与自上而下的梯度交联设计结合，成功实现钙离子交联的海藻酸钠水凝胶可控三维形变。将所得螺旋形水凝胶置于 0.1 M NaCl 溶液中，发现三维螺旋形会逐渐变形为二维平面结构，最终结构进一步反转形成微通道朝外的反向三维螺旋结构。

当反转形变后的三维螺旋结构重新浸泡在 0.1 M CaCl_2 溶液中时，样品会恢复到微通道朝内的初始三维螺旋结构。非常有意思的是，将三维形变水凝胶置于 NaCl 与 CaCl_2 的混合溶液中，通过调节溶液中 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 浓度比例，还可成功“冻结”海藻酸钠水凝胶三维动态形变过程中的瞬态形状。而且，通过耦合多种不同取向微阵列结构，成功实现了类似 DNA 分子的双螺旋结构，及自然界中各种复杂花的三维形状，还成功模拟了仿生花在离子溶液中动态绽放与闭合。

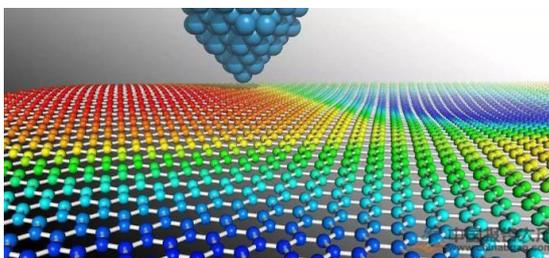
该项研究揭示了应用广泛的海藻酸钠水凝胶的三维形变设计机制，不仅为传统材料可控形变设计提供了一种普适性方法，而且将极大拓展可控形变与响应性海藻酸钠等水凝胶在再生医学与柔体机器人等领域广泛应用。

—摘编自材料科学与工程公众号 2019-01-18

首次采用微流体技术制造宏观石墨烯纤维

(Microfluidics-enabled orientation and microstructure control of macroscopic graphene fibres)

伦斯勒理工学院的一组研究人员开发了一种新微流体辅助技术，用于开发高性能的宏观石墨烯纤维。同时优化石墨烯纤维的热/电性能和力学性能是非常困难的。然而 Rensselaer 团队已经展示了他们同时做到这两点的能力。宏观石墨烯纤维可由分散在水溶液中的二维石墨烯氧化物片经流体力学组装而成，形成溶解性液晶。研究成果发表在《Nature Nanotechnology》上。



石墨烯纤维是新近发现的碳纤维家族成员，在储能、电子与光学、电磁、导热与热管理、结构应用等多个技术领域具有潜在的应用前景。强大的形状和尺寸限制可以很好地控制石墨烯薄片的排列和方向，这对于实现石墨烯纤维的高热电和机械性能至关重要。这种支持微流体的组装方法还提供了通过控制流动模式来定制石墨烯纤维微观结构的灵活性。

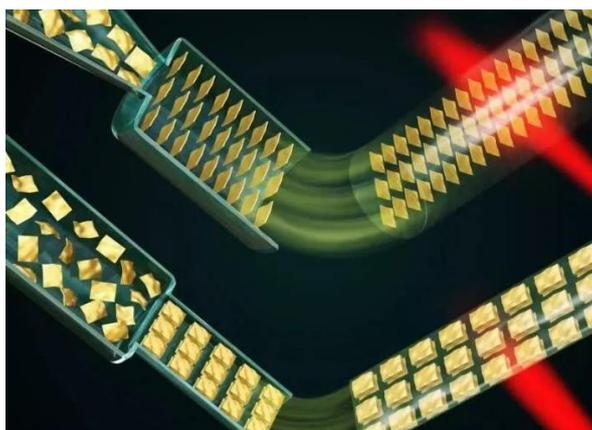


图 1. 微流体设计诱导的石墨烯结构片对中顺序和取向顺序，使宏观石墨烯纤维的热机电性能得到微观结构控制和优化。

这项研究为优化纤维装配和微观结构以开发高性能石墨烯纤维的新科学铺平了道路，这种方法可以扩展到其他材料，为不同的功能应用制造层次结构。

—摘编自高分子科学前沿公众号 2018-01-19

我国成功研制高端超分辨光学显微镜

据新华社报道,由中国科学院苏州生物医学工程技术研究所承担的国家重大科研装备研制项目“超分辨显微光学核心部件及系统研制”26日在苏州高新区通过验收,标志着我国已经成功研制出高端超分辨光学显微镜。

验收专家组组长、中科院高能物理所柴之芳院士认为,该项目的成功实施,改善了我国高端光学显微镜基本依赖进口的状况,对满足我国前沿基础研究的定制化需求、提升创新能力,以及推动我国光学显微镜行业转型升级具有重要意义。

在科学研究中,高/超分辨光学显微镜发挥着至关重要的作用,10 纳米至 100 纳米尺度的超分辨显微光学成像更是取得原创性研究成果的重要手段。超分辨光学成像(Super-resolution Optical Microscopy)是本世纪光学显微成像领域最重大的突破,打破了光学显微镜的分辨率极限。

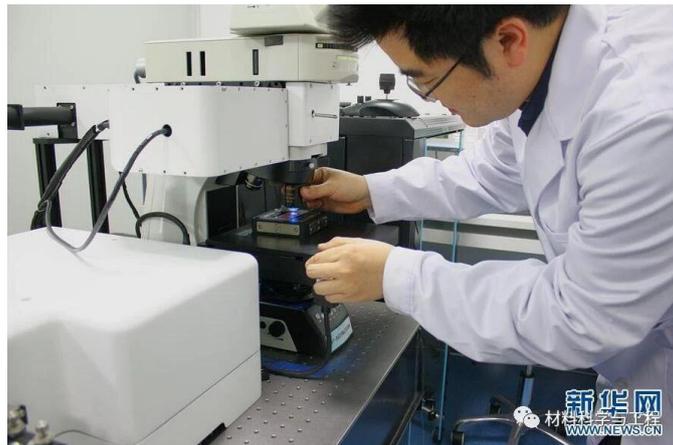


图 1 显微镜照片

历时 5 年攻关,中科院苏州医工所科研人员突破大数值孔径物镜、特种光源、新型纳米荧光增强试剂、系统集成与检测等关键技术;研制出激光扫描共聚焦显微镜、双光子显微镜、受激发射损耗(STED)超分辨显微镜、双光子-STED 显微镜等高端光学显微镜整机;建成了高端显微光学加工、装调、检测以及显微镜整机技术集成工程化平台。

据了解,项目组发表相关论文 61 篇,授权发明专利 35 项,已授权实用新型专利 56 项,培养了一支集光学、机械、电子、计算机、软件、材料等领域的超分辨显微光学技术研发与工程化开发团队,为我国高端光学显微镜的发展提供了系统解决方案。

—摘编自 材料科学与工程公众号 2018-12-27

SpaceX 最新不锈钢飞船曝光

美国著名流行科技网站《engadget》1月6日报道，太空探索技术公司（SpaceX）创始人埃隆马斯克（Elon Musk）发布了星际飞船（Starship）的概念图，展示了其外观。另一方面，位于美国德州南部博卡奇卡（Boca Chica）地区的 SpaceX 发射基地，该星际飞船的测试版本已经开始露天制造，飞船外壳由银光闪闪的不锈钢制成，酷似 20 世纪 50 年代科幻小说中的火箭。

《engadget》介绍称，星际飞船最大的改进是采用不锈钢作为主要材料。航天史上，除了早期产品几乎没有不锈钢材质的火箭，虽然坚固耐侵蚀，但相比碳纤维之类的复合材料，不锈钢材质对火箭来说实在是太重。

然而 SpaceX 的星际飞船兼顾返回性，如果采用碳纤维作为火箭材质，需要定期更换隔热涂层，不锈钢却具有耐热性，而且经过抛光的表面还能反射掉不少的辐射。据研究计算，如果算上隔热层，不锈钢材质和碳纤维材质质量相差不大，而不锈钢成本和生产性十分低廉方便，这次星际飞船的露天高速组装就证明了这一点。报道介绍，测试版星际飞船直径约 30 英尺（9.14 米），相比最终版本更短，最终版飞船将如同马斯克所说有舷窗。

SpaceX 打算在 2020 年进行星际飞船轨道任务前，先进行亚轨道飞行，来证明飞船的可靠性，《engadget》18 年 12 月介绍称，SpaceX 将在 19 年 4 月前进行首次试飞，比最初预计提前了半年。



图 1 SpaceX 星际飞船

—摘编自中国特钢企业协会不锈钢分会公众号 2019-01-17

清华推出工科发展计划

日前，清华大学发布《清华大学关于持续深化改革提升工科发展水平的实施意见》（以下简称《实施意见》），为加快一流大学和一流学科建设，推动清华工科整体水平再上新台阶，持续增强清华工科影响力和引领性，正式推出以创新学术思想和引领技术发展为核心的工科发展计划。

清华大学的发展始终与国家共命运，形成了深厚的学术积淀和独特的发展模式，从“红色工程师的摇篮”到改革开放以来“理工结合、文理渗透”的综合性研究型大学，培养和造就了一大批高素质、高层次、多样化、创造性人才，产出了一批高水平研究成果，为国家建设与改革发展作出了突出贡献。

当前正是世界新一轮科技革命和产业变革与我国转变经济发展方式的历史性交汇期。新一代信息技术带动产业变革和创新，先进制造技术加速推进制造业转型，能源新技术引发全球能源变革，空间、海洋技术拓展人类生存发展的疆域，绿色经济、低碳经济等新兴产业蓬勃兴起，学科之间、科学和技术之间呈现交叉融合发展的新趋势。面对重大历史机遇，党和国家作出加快建设创新型国家的战略部署，提出了建设社会主义现代化强国的宏伟目标。

《实施意见》指出，清华工科发展要准确把握新时代国家建设的形势要求，以服务国家重大战略需求、推动世界前沿科技创新、培育高水平工程科技人才为核心使命，贯彻新发展理念，深度参与国家创新驱动发展战略，并发挥重要的引领作用，不断增强工科的创新能力和社会服务能力。

根据《实施意见》，清华大学坚持贯彻党的教育方针，走中国特色世界一流发展道路，以培养引领工程科技发展的拔尖创新型人才为工科发展的根本任务，以服务国家创新驱动发展战略和经济社会发展为导向，以创新学术思想和引领技术发展（**Creative Thoughts and Leading Technology**）为核心，努力实现前瞻性基础研究、引领性原创成果的重大突破，加快建成世界一流大学。

发展计划分三步走完成清华工科发展的阶段目标：2020年，工科整体达到世界一流水平，若干学科进入世界前列；2030年，工科整体进入世界一流前列，部分学科达到世界顶尖水平；2050年，工科整体达到世界顶尖水平，实现全球引领，形成具有中国特色的工科发展模式。

为此，清华将落实“工科+”的整体发展思路，以提升工科发展水平为主要目标，以工程基础研究、学科交叉和工程教育为着眼点，以创新融合为手段，努力推

动工程科技人才培养和重大技术突破，强化工科服务国家经济建设的能力。具体包括：

强化工程基础研究。集中支持关系全局发展的工程基础研究和前瞻性颠覆性关键技术研究；积极开展面向全球性挑战的工程基础研究，承担重大前沿问题、科学交叉前沿等国家重大、重点任务，力争取得重大突破。

促进学科交叉。完善促进学科交叉的体制机制，推进工科不同学科、工科与其他学科、工科与产业界之间的融合发展，形成促进学科发展的合力，瞄准未来发展的新方向，产出若干推动人类社会进步的新思想和重大成果，迈向科技创新的新高度。

提升工程教育。继承和发扬学校工程教育的优秀传统，落实“三位一体”教育理念，创新适应新时代要求的工程科技人才培养模式。坚持立德树人，在传授知识的同时，强化实践创新能力培养和训练，加强工程教育中的价值塑造，突出工程伦理教育。

为实现工科发展总体目标，清华工科将紧抓综合改革和双一流建设契机，在学科发展、人才培养、队伍建设、平台建设、产学研合作、国际交流等方面持续发力，深入探索工科发展规律，持续深化体制机制改革，进一步完善工科建设体系，全面提高人才培养能力，建立科学的工科人才评价体系，激发各系列教师队伍的协同创新活力，产出重大原创性成果，全方位提升清华工科综合实力和国际竞争力，继续加强对未来工程学科发展的引领性作用，为国家发展、人民幸福和人类文明进步作出重要贡献。

—摘编自清华大学微信公众号 2019-01-15

带你走进美不胜收的材料微观世界

微观世界与宏观世界具有异曲同工之妙，通过显微镜人们看到了如艺术品一般的材料组织。

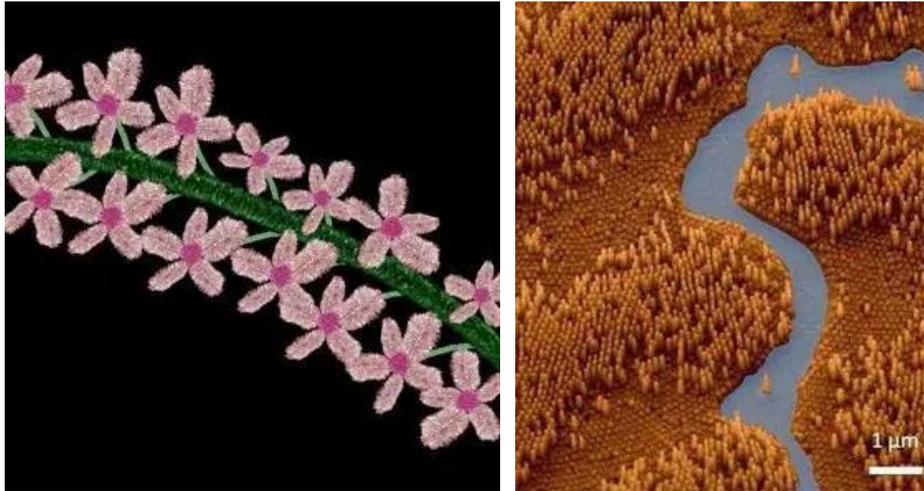


图 1 左图 ZnO 物理气相沉积所得到的“纳米之花”，右图扫描电子显微镜覆盖一个多孔硅模具的聚合物图像

右图对于美国德克萨斯州大学研究员法蒂赫-布约克塞林来说，看上去非常像哈得孙河畔的森林。

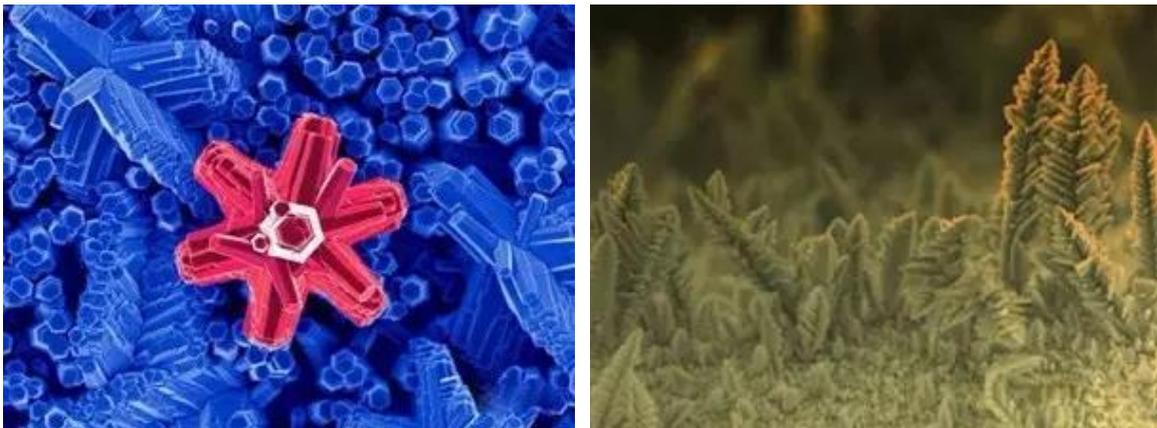


图 2 左图在水溶液中生长的 ZnO 的扫描电镜形貌，右图为锌的树枝晶的 1300 倍放大形貌

在室温下 ZnO 粉末和 NaOH 在 Cu 基体上进行电子沉积后得到图 2 右图枝晶。Cu 基体预先被处理以产生一纳米线层，不同沉积条件可以形成多种不同的纳米结构。

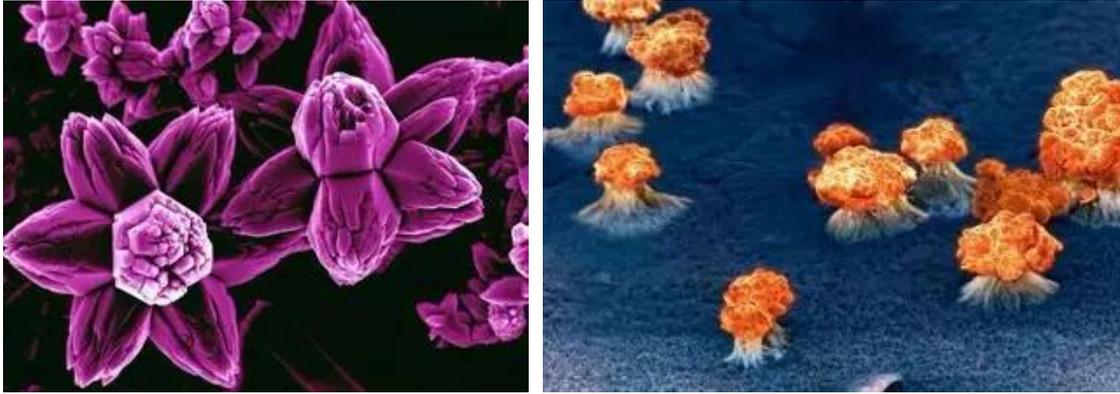


图3 左图扫描电镜下人工着色的硫化镉“花”，右图模板辅助电沉积 CoFeB 时溢出部分（模板已经溶蚀）的扫描电子显微镜照片(已增色)



图4 左图这两棵小树是硫化物纳米线形成的复杂结构，它的“树干”其实是大量的螺位错，看起来呈螺旋形态，右图通过分子束外延加工形成的晶态纤锌矿氮化镉纳米“花”。



图5 左图通过物理气相沉积技术得到的 ZnO_2 纳米“花朵”，右图“极光”氧化锌

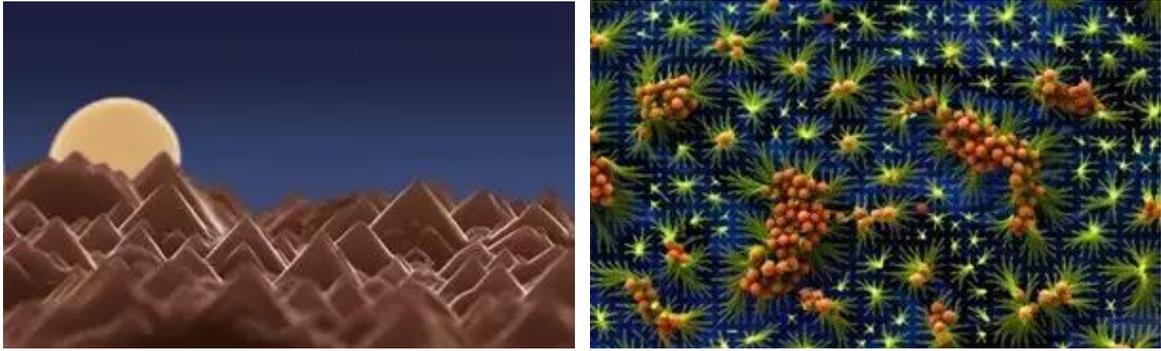


图 6 左图经过 KOH 蚀刻后的 Si 表面以及锡颗粒，右图为直径约为 250 纳米的聚合纤维的扫描电子显微镜照片

右图上面分布着众多通过蒸发聚合的 2 纳米大小的小球，容易让人们联想到海洋中海洋植物叶片间的鱼卵。这幅照片使用了 Zeiss Ultra 55 场发射电镜，其颜色通过了 PS 增强。



图 7 左图 70 度下利用电化学沉积设备在氧化铜涂层的玻璃基体上沉积的 ZnO 纳米结构的扫描电子显微镜照片，右图为氧化铜小块的扫描电子显微镜照片，直径约为 3.5 微米

该颗粒是氧化铜在铝基体上升华凝聚后得到的，像游戏中的“吃豆人”一样，它的眼睛和鼻子都是在原始照片中就有的，只不过增强了颜色。

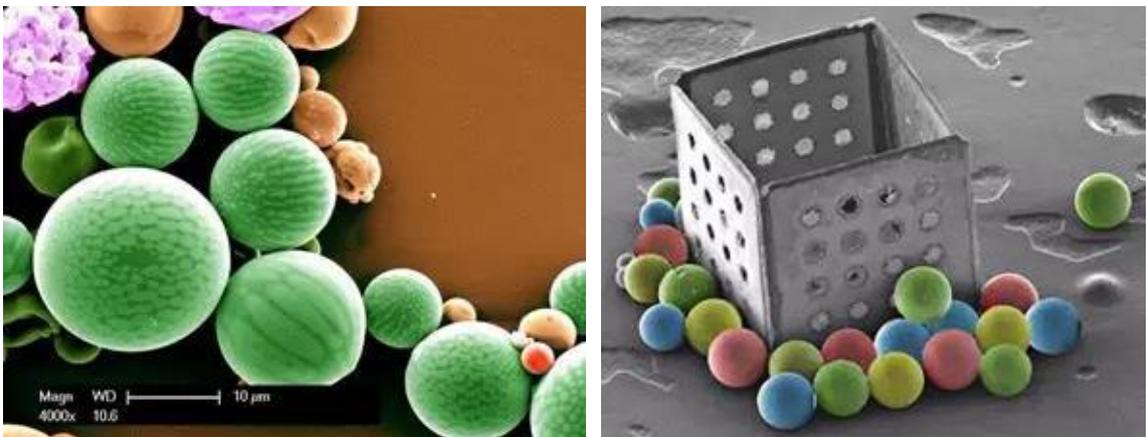
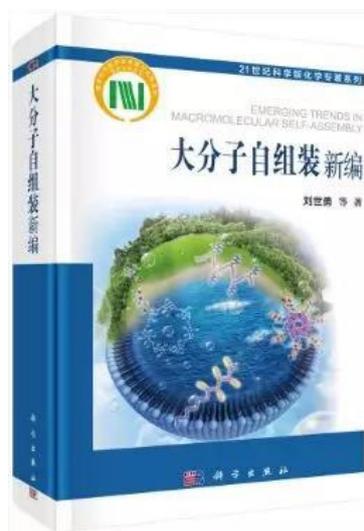


图 8 左图这些西瓜是超顺磁聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)微粒，旁边的棕色小球是 Fe_2O_3 纳米晶体，右图糟糕的投球手。一些微粒小球聚集在一个尺寸大约为 500 微米的自组装盒子旁边

—摘编自材料科学与工程公众号 2018-12-26

图 书 推 介



内容简介

最近 10 多年来，我国大分子自组装研究以超常速度蓬勃发展，取得了一系列标志性，甚至是开拓性和引领性的研究成果。为及时准确地总结和反映该领域的快速发展，给国内外学术同行特别是年轻一代呈现最新的相关研究动态与重要进展，在江明教授和张希教授等的策划和鼓励下，中国科技大学刘世勇教授欣然受命组织国内外 20 余位活跃在相关前沿领域的学者，编撰出这本《大分子自组装新编》。全书共 18 章，每章都以执笔者为代表的课题组的研究成果为主，兼收同时期国际上本领域研究成果之精华。

作者简介

刘世勇，中国科学技术大学高分子科学与工程系教授、博导，国家杰出青年科学基金获得者、新世纪百千万人才工程国家级人选、教育部“长江学者奖励计划”特聘教授、“万人计划”科技创新领军人才入选者。迄今为止，在 *J. Am. Chem. Soc.*, *Angew. Chem. Int. Ed.* 等 SCI 刊物上发表论文 199 篇。现任 *Chemistry of Materials*、*Chinese Journal of Polymer Science* 副主编及其他多家刊物编委。

图书名称：大分子自组装新编

作者：刘世勇 等著

出版社：科学出版社, 2018-11