

# 材料月报

第 1 期

太原理工大学材料学院 主办

2018 年 5 月 20 日

## 要 目

### **P6 纳米晶尺寸越小越稳定**

打破常规，中科院金属研究所卢柯院士研究组发现，当金属表面纳米晶晶粒尺寸小于临界尺寸时，晶粒越小，纳米晶热稳定性越高，该工作发表在《Science》上。

### **P8 超级单晶纳米金刚石，强度 89-98 GPa，弹性形变 9%**

香港城市大学 Yang Lu、Wenjun Zhang 与美国麻省理工学院的 Ming Dao、新加坡南洋理工大学的 Subra Suresh 团队合作，报道了一种具有超大弹性变形能力的单晶纳米金刚石，强度达到接近其理论极限的 89-98 GPa，弹性形变达到 9%！该工作发表在《Science》上。

### **P10 浙大成功研发具有图灵结构的新型分离膜**

最近，长期从事膜科学研究的浙江大学化学工程与生物工程学院张林教授团队把图灵结构与膜研究结合起来，第一次在薄膜上制造出了纳米尺度的图灵结构。这项首次面向应用领域构建图灵结构的研究成果，于北京时间 5 月 4 日发表在国际顶级期刊《Science》上。

### **P12 综述：纳米纤维素 - 最具有潜力的先进电化学储能材料**

近日，哈尔滨工程大学范壮军教授等在英国皇家化学会综述类旗舰刊 Chemical Society Reviews 发表综述文章，全面地总结和比较了针对各种储能系统所开发的不同类型纳米纤维素材料。

# 目 录

## 前沿要闻

---

- P1 弛豫铁电薄膜中具有大能量密度和功率密度的热电能量转换
- P2 用于含水电池的高度可逆的锌金属阳极
- P3 基于钙-锡合金化反应的室温下稳定运行的高电压钙离子电池
- P4 水蒸汽促进合金氧化的原子起因
- P5 利用图案化介电超晶格的 2D 材料的能带结构工程

## 科研进展

---

- P6 纳米晶尺寸越小越稳定
- P8 超级单晶纳米金刚石, 强度 89-98 GPa, 弹性形变 9%
- P10 浙大成功研发具有图灵结构的新型分离膜
- P12 综述: 纳米纤维素 - 最具有潜力的先进电化学储能材料
- P14 高安全复合锂金属负极重要进展
- P16 金属晶界结构的尺寸效应研究取得新进展

## 材料动态

---

- P17 太钢专列载千吨高级不锈钢赴俄
- P18 11 家单位近 2 亿元!“材料基因工程关键技术与支撑平台”重点专项

## 高等教育

---

- P19 587 个本科专业好不好用什么来评判

## 材料美学

---

- P21 不懂材料, 还谈什么“玫瑰花与爱情”!

## 图书推介

---

- P23 Robert W. Cahn: 《The Coming Of Materials Science》

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

编辑: 陈 超 黄晓波 聂凯波

出版日期: 2018 年 5 月 20 日

(第 001 期)

仅供内部参阅, 正式引用时请  
自行核实

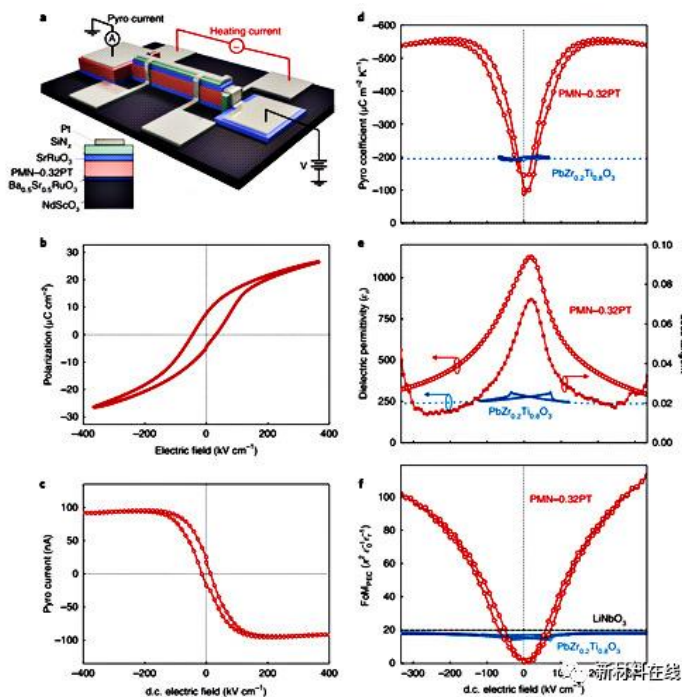
# 弛豫铁电薄膜中具有大能量密度和功率密度的热电能量转换

(Pyroelectric energy conversion with large energy and power density in relaxor ferroelectric thin films)

材料名称：铁电薄膜

研究团队：加州大学伯克利分校 Martin 研究组

对高效能源利用的需求，推动着对如何收集无处不在的废热的研究。Pandya 等人探索了低级热源的热电能量转换，其中这些热源利用了弛豫铁电体  $0.68\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3-0.32\text{PbTiO}_3$  中的强场和强温激励的极化磁化率。热电响应（高达  $-550 \mu\text{C cm}^{-2} \text{K}^{-1}$ ）的电场驱动增强以及介电响应（72%）的抑制产生了热电能量转换的大量优点。场以及温度相关的热电测量突出了偏振旋转和场诱导极化在调节这些效应中的作用。通过热电埃里克森循环演示了将低温热转换为电能的固态薄膜器件，并进行了优化，得到的最大的能量密度、功率密度、卡诺效率分别为  $1.06 \text{ J cm}^{-3}$ 、 $526 \text{ W cm}^{-3}$  和 19%；为迄今报道的最高值，相当于温度变化为 10 K 时热电性能有效  $ZT \approx 1.16$ 。这一研究结果表明，这种热电器件可能与获取低温热的热电装置相竞争。（Nature Materials DOI: 10.1038/s41563-018-0059-8）



—摘编自新材料在线公众号 2018-04-23

# 用于含水电池的高度可逆的锌金属阳极

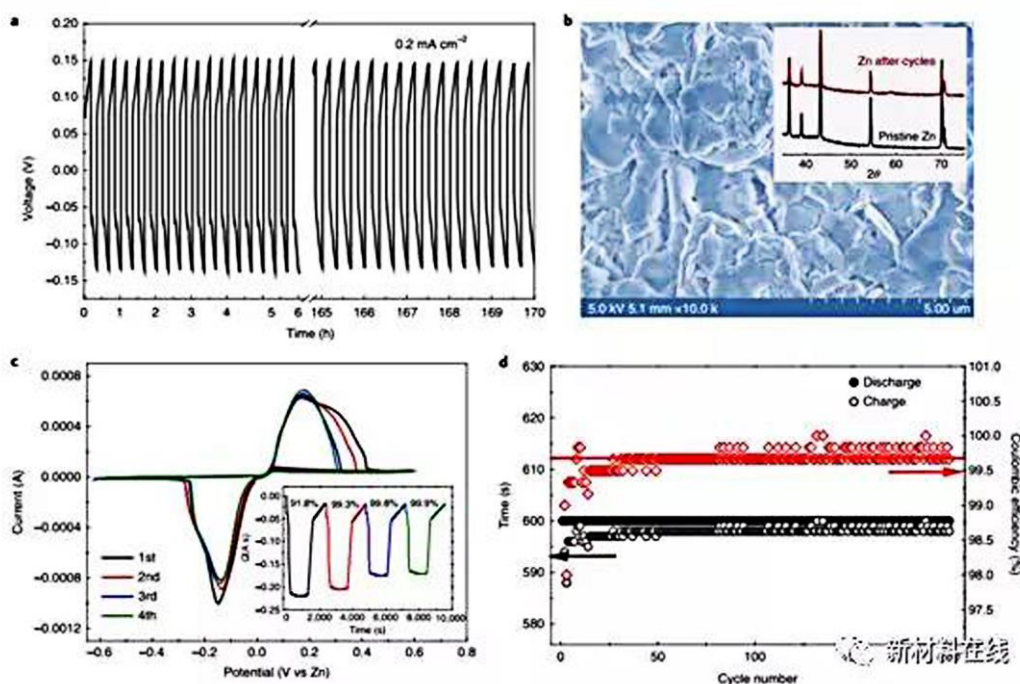
(Highly reversible zinc metal anode for aqueous batteries)

材料名称：锌金属阳极

研究团队：美国马里兰大学 Chunsheng Wang 研究组

由于金属锌 (Zn) 所具有的高理论容量 ( $820 \text{ mA h g}^{-1}$ )、低电位 (相对于标准氢电极为  $-0.762 \text{ V}$ )、高丰度、低毒性和固有安全性, 使其被认为是理想的水溶液电池阳极材料。但锌水化学反应一直存在些不可逆的问题, 如库仑效率 (CE) 低和电镀/剥离过程中的枝晶生长以及持续的水消耗。Wang 等人证明了基于锌和高浓度锂盐的含水电解质是解决这些问题的一种非常有效的方法。这种独特的电解液不仅可以在几乎 100% 的 CE 下实现无枝晶锌电镀/剥离, 而且还可以在开放的大气中保持水分, 这使得密封电池配置成为了可选项。这些优点为使用  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  或  $\text{O}_2$  阴极的锌电池带来了前所未有的灵活性和可逆性, 前者提供了超过 4000 次循环下原本仍能保持 80% 的容量 ( $180 \text{ W h kg}^{-1}$ ), 而后者提供了超过 200 次循环的  $300 \text{ W h kg}^{-1}$  (基于阴极时是  $1000 \text{ W h kg}^{-1}$ ) 容量。

(Nature Materials DOI: 10.1038/s41563-018-0063-z)



—摘编自新材料在线公众号 2018-04-23

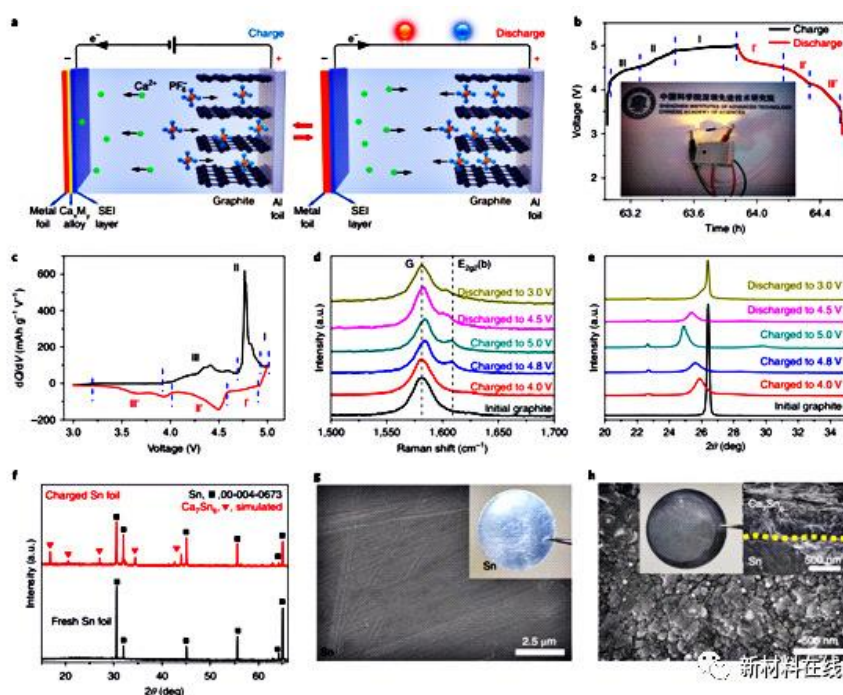
# 基于钙-锡合金化反应的室温下稳定运行的高电压钙离子电池

(Reversible calcium alloying enables a practical room-temperature rechargeable calcium-ion battery with a high discharge voltage)

材料名称：钙离子电池

研究团队：中国科学院金属研究所和深圳先进技术研究院研究团队

$\text{Ca}^{2+}$  具有接近于  $\text{Li}^+$  的极化和还原电位 ( $\text{Ca}^{2+}$  相对于标准氢电极(SHE) 为  $-2.87\text{ V}$ , 而  $\text{Li}^+$  相对于 SHE 为  $-3.04\text{ V}$ ), 且保证了用于全电池的宽电压窗口, 因此钙离子电池 (CIB) 具有成为高效率低成本储能电池的潜力。但其发展受到诸多困难的阻碍, 例如缺乏用于  $\text{Ca}^{2+}$  可逆嵌入/脱嵌的合适的阴极/阳极材料, 工作电压较低 ( $<2\text{ V}$ ), 循环稳定性较低, 而且特别是室温下性能较差。Wang 等人报道了一种能够在室温下稳定工作的钙离子电池, 这种新型电池结构利用了石墨作为正极, 锡箔作为负极并同时作为集流体。这种钙离子电池工作于高度可逆的电化学反应, 反应在正极处是六氟磷酸盐的插入/脱嵌, 在负极处为涉及钙的合金化/去合金化反应。该钙离子电池具有优异的电化学性能, 平均放电中压高达  $4.45\text{ V}$ , 在室温下循环 350 次后的容量保持率达到 95%。(Nature Chemistry DOI: 10.1038/s41557-018-0045-4)



—摘编自新材料在线公众号 2018-04-30

# 水蒸汽促进合金氧化的原子起因

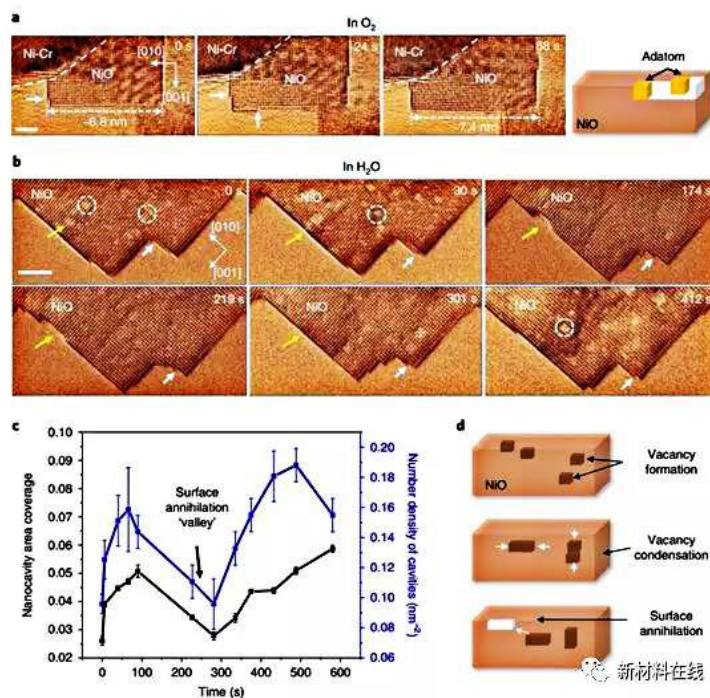
(Atomic origins of water-vapour-promoted alloy oxidation)

材料名称：镍铬合金

研究团队：美国太平洋西北国家实验室 Chongmin Wang 研究组

对于蒸汽发生器、涡轮发动机、燃料电池、催化剂和腐蚀等许多材料应用来说，或有意或无法避免的水蒸气的存在，都是非常重要的。现象学上，人们已经注意到水蒸气会加速金属和合金的氧化。但这种氧化背后的原子机制却仍未可知。Luo 等人通过直接原位原子尺度透射电子显微镜观察和密度泛函理论计算，揭示了镍铬合金的水蒸汽增强氧化与质子溶解促进的阳离子和阴离子空位的形成、迁移和聚集有关。水解离产生的质子可以占据氧化物晶格中的间隙位置，从而降低空位形成能并降低阳离子和阴离子的扩散势垒，这便会导致温度升高的潮湿环境中的氧化增强。这项工作为水蒸汽增强合金氧化提供了新的见解，并且对涉及水蒸气的其他材料和化学过程（例如腐蚀、非均相催化和离子传导）具有重大影响。

(Nature Materials DOI: 10.1038/s41563-018-0078-5)



—摘编自新材料在线公众号 2018-05-14

# 利用图案化介电超晶格的 2D 材料的能带结构工程

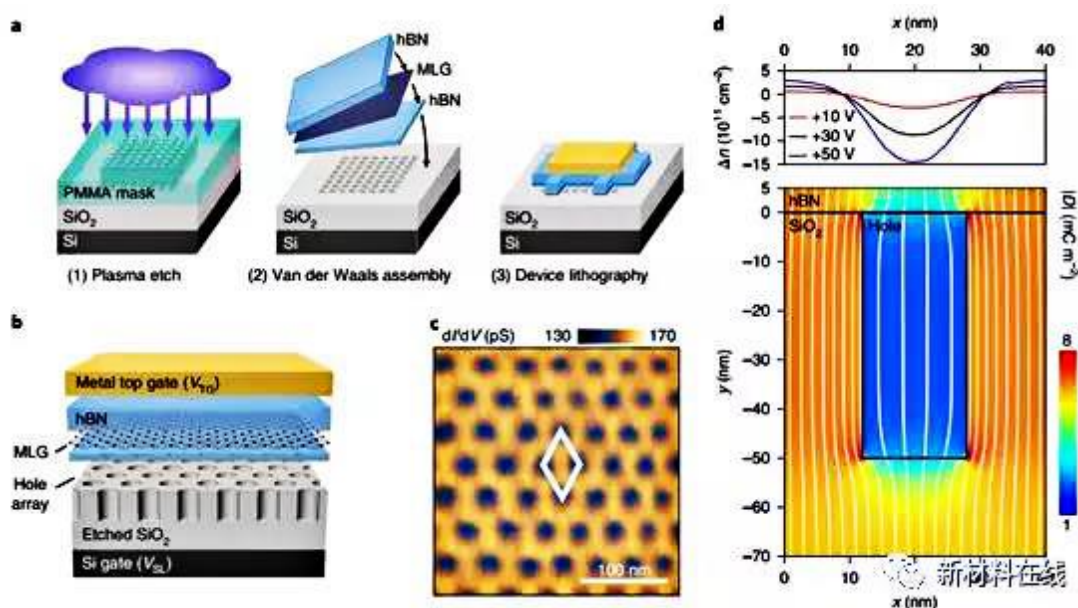
(Band structure engineering of 2D materials using patterned dielectric superlattices)

材料名称：石墨烯

研究团队：美国哥伦比亚大学 Dean 研究组

利用外部电场处理二维材料中电子为综合能带工程提供了一条途径。通过施加人工设计的空间周期性超晶格电位，电子性质可以进一步被改变，能够超出自然发生的原子晶体的限制。Forsythe 等人报导了一种新方法，即通过将表面电介质图案化并与原子级薄的范德华材料集成来制造高迁移率超晶格器件。他们通过分离器件组装和超晶格制造工艺，解决了在传统系统中限制超晶格工程的器件处理和迁移率降低之间棘手的折衷问题。原子级超薄材料的改进静电学，使相较先前示例的波长还要小的超晶格图案成为了可能。此外，Forsythe 等人观察到了具有低于 40 nm 波长超晶格的弹道石墨烯器件中复制狄拉克锥的形成，并报导了来自具有人工设计晶格对称性的超晶格在大磁场下的分形霍夫斯塔特谱，其中所述晶格对称性不同于主晶体。这一研究结果为石墨烯和相关范德华力材料的能带结构工程建立了一个具有动态可调性的稳定且多样的技术。

(Nature Nanotechnology DOI: 10.1038/s41565-018-0138-7)



—摘编自新材料在线公众号 2018-05-14

## 纳米晶尺寸越小越稳定

(Enhanced thermal stability of nanograined metals below a critical grain size)

打破常规，中科院金属研究所卢柯院士研究组发现，当金属表面纳米晶晶粒尺寸小于临界尺寸时，晶粒越小，纳米晶热稳定性越高。

金属表面纳米化，是由中国著名纳米科学家卢柯首创。表面晶粒纳米化极大地提高了金属的力学强度和硬度，却同时也增加了表面晶界密度。由于纳米晶表面能较高，高密度的纳米晶界导致纳米晶热力学不稳定，容易在高温甚至室温下发生粗化，从而失去纳米效应，导致力学性能降低。随着微电子器件的小型化、高集成度，金属连接线的厚度和线宽已进入纳米尺度，而电子器件的使用中不可避免地会带来温度的升高，纳米级金属颗粒或薄膜的熔化温度普遍低于相应块状材料的平衡熔点，并随颗粒直径或薄膜厚度的减小而显著下降。

经典理论认为，纳米晶尺寸越小，热力学越不稳定，熔点越低。为了在保证纳米金属的力学的前提下，增强其热稳定性，通常的做法是采用合金化，降低纳米晶的晶界能。合金化虽然在一定程度上有所增益，但是仍然难以避免金属力学性能的降低。因此，如何提高纯金属表面纳米晶的热稳定性，成为了纳米金属材料走向实际应用亟待解决的关键问题。

有鉴于此，中科院沈阳金属研究所卢柯研究员和李秀艳研究员团队发现了一个突破常规思维的现象：当金属表面纳米晶晶粒尺寸小于临界尺寸时，晶粒越小，纳米晶热稳定性越高。

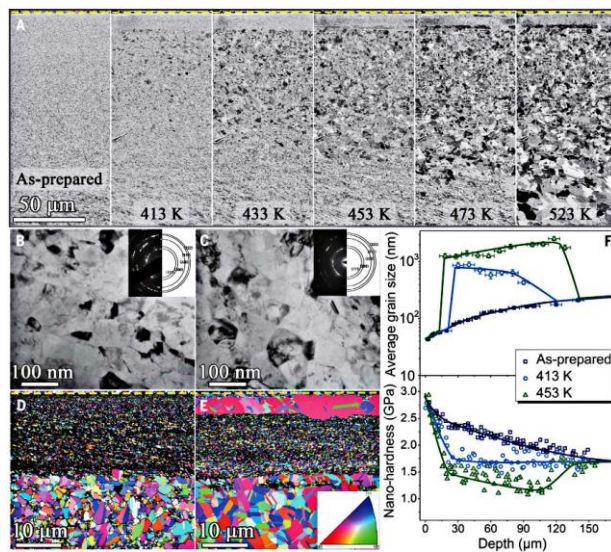


图 1 退火导致纯 Cu 表面梯度纳米结构的变化



研究人员以纯度为 99.97% 的、表面为粗晶的、不含氧的纯 Cu 棒作为原始样本材料，在液氮温度下对其进行表面机械研磨处理，经过塑性变形得到梯度纳米结构表面。处理之后的 Cu 棒表面最表层横截面随机取向的纳米晶平均尺寸为 40 nm 左右，长径比约 1.7。从最表层往下，晶粒尺寸越来越大。20 μm 处，横截面晶粒平均尺寸为 70 nm 左右；150 μm 处，横截面晶粒平均尺寸为 200 nm 左右。

研究发现，在 373 K 温度下，20-50 μm 处晶粒尺寸约 70-110 nm 的亚表层首先开始粗化，温度越高，粗化越明显，并且粗化行为由上而下迁移，材料力学性能也由上而下降低。奇怪的是，在 453 K 温度以内，晶粒尺寸约 40 nm 的最表层却始终没有发生粗化和形貌变化，力学性能也没发生改变。

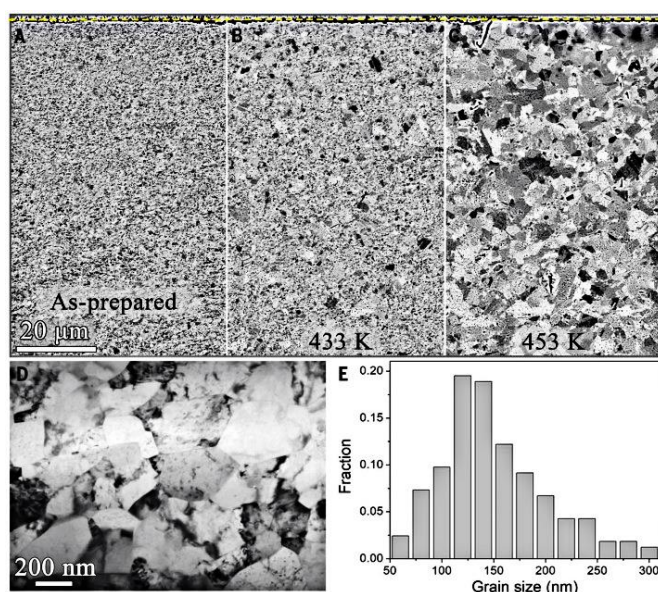


图 2 退火导致纯 Cu 表面亚微米晶的粗化

随着温度进一步升高，最表层的纳米晶也开始粗化并重结晶，重结晶的粗晶和表层以内的粗晶形貌完全不同，并位于纳米晶和内表层粗晶之间，形成三明治结构。这种重结晶的粗晶热力学不稳定温度比内表层相同尺寸的粗晶要高。

也就是说，当纳米晶晶粒尺寸小到一定临界值后，纳米晶的不稳定温度随着纳米晶晶粒尺寸变小而升高。

进一步机理研究表明，纳米晶的这种反常的热力学稳定性是因为：塑性变形中部分位错的活化使纳米晶粒之间形成低角度晶界，导致纳米晶晶界自动从高能态演变到低能态，从而增强热稳定性。

总之，该发现揭示了金属表面纳米晶晶界的热稳定性机理，为增强纳米金属的热稳定性，并使之适用于实际高温应用起到了重大推动作用！

—摘编自纳米人公众号 2018-05-04

# 超级单晶纳米金刚石，强度 89-98 GPa， 弹性形变 9%

(Ultralarge elastic deformation of nanoscale diamond)

金刚石具有相当高的硬度和耐用性，但若试图使金刚石变形则通常会导致脆性断裂。香港城市大学 Yang Lu、Wenjun Zhang 与美国麻省理工学院的 Ming Dao、新加坡南洋理工大学的 Subra Suresh 团队合作，报道了一种具有超大弹性变形能力的单晶纳米金刚石，强度达到接近其理论极限的 89-98 GPa，弹性形变达到 9%！研究者将同时存在高强度和大弹性的应变归因于小体积金刚石纳米针中存在的少量缺陷以及相对于微尺度和更大尺寸样品相对更加光滑的表面。

俗语有云：好鞍配好马，好刀用好钢。一种材料的强度高低，则是衡量其关键用途的重要指标。一般情况下，材料的最大强度受控制于原子之间键的断裂行为，实际情况下往往仅能达到理论上 10% 的弹性模量或剪切模量。由于材料中缺陷的存在，使得原子键在达到最大强度之前，就发生非弹性弛豫或脆性断裂。

固体材料的最大弹性拉伸应变一般只有 0.2-0.4%。1958 年，Brenner 在微米尺度晶须中实现了 4% 的拉伸应变。由于纳米材料中几乎不含缺陷，对于提高材料强度意义重大。因此，近年来，不断追求更强材料的科研工作者将目标转向纳米材料。同时，基于 DFT 计算的原子模拟和分子动力学模拟能够精确预测完美晶体的断裂强度，并测算缺陷和光滑表面的影响。

由于 C-C 键是自然界中最强的键，因此，大量基于碳的一维纳米材料和二维纳米材料成为了研究的焦点，譬如多壁碳纳米管、石墨烯等。

有鉴于此，香港城市大学 Yang Lu、Wenjun Zhang 与美国麻省理工学院的 Ming Dao、新加坡南洋理工大学的 Subra Suresh 团队合作，报道了一种具有超大弹性变形能力的单晶纳米金刚石，强度达到接近其理论极限的 89-98 GPa，弹性形变达到 9%！

研究人员首先通过 CVD 制备<111>取向的金刚石薄膜，然后通过反应性离子刻蚀策略，制备得到特征尺寸约 300 nm 的单晶纳米针尖金刚石。计算预测其理论拉伸应变为 13%，理论拉伸强度可达到 130 GPa。实际测试表明，这种单晶纳米金刚石最大拉伸应变(9%)接近其理论弹性极限，相对应的，其最大拉伸应力可达到 89-98 GPa，而体相金刚石拉伸强度不足 10 GPa。

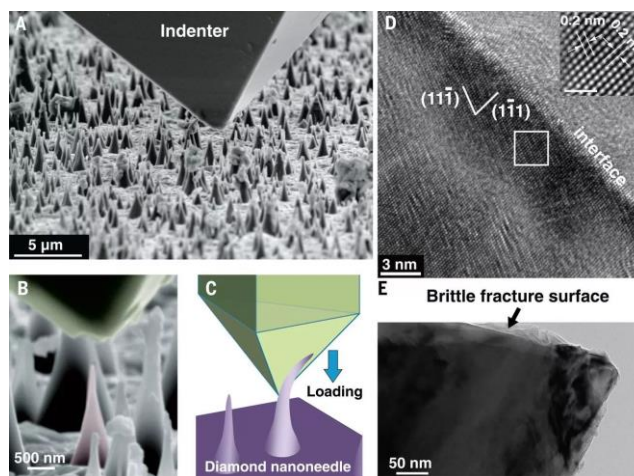


图 1 纳米针尖状金刚石的制备

众所周知，金刚石具有极高的强度，但是不具有弹性变形能力，如果你想要让金刚石变形，唯一的办法就是打碎它。而这种纳米化的针尖状金刚石则不仅具有超高的强度，还可以超大幅度的弹性变形。

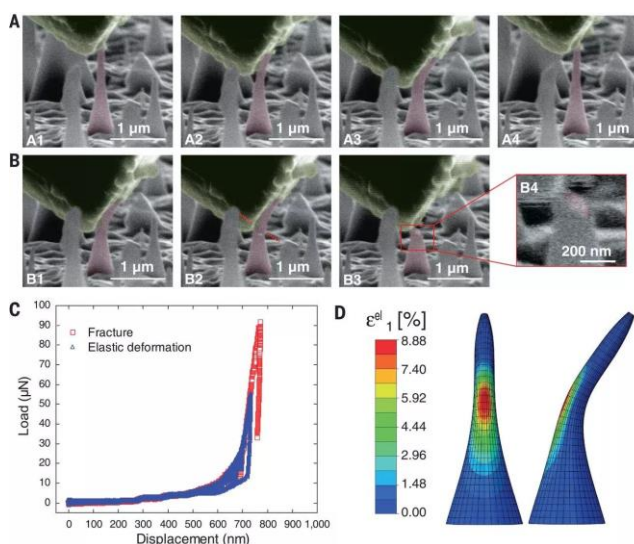


图 2 单晶纳米针尖状金刚石的超大弹性变形

结合系统的计算模拟以及表征测试，研究人员认为，这种纳米金刚石的超高强度和超大弹性变形的同时存在，一方面归根于小体积纳米金刚石中的缺陷很少，另一方面是因为纳米金刚石比体相金刚石具有更加光滑的表面。

总之，这项研究发展了一种具有超大变形能力的高强度材料，开辟了纳米金刚石在微电子器件和药物输送等领域的新应用，并为金刚石的纳米结构、形貌、弹性应变以及物理性能的设计与优化，带来了新的启发！

—摘编自材料科学与工程公众号 2018-04-25

## 浙大成功研发具有图灵结构的新型分离膜

最近，长期从事膜科学研究的浙江大学化学工程与生物工程学院张林教授团队把图灵结构与膜研究结合起来，第一次在薄膜上制造出了纳米尺度的图灵结构。这项首次面向应用领域构建图灵结构的研究成果，于北京时间5月4日发表在国际顶级期刊《Science》上。

界面聚合制备超薄分离膜技术从上个世纪80年代问世沿用至今，已经相当成熟，但同是界面聚合制备的纳滤膜和反渗透膜虽然制备工艺和反应机理完全一致，但两者的表面结构却差异很大：纳滤膜表面光滑，而反渗透膜表面呈峰谷结构，较为粗糙。为什么会有如此明显的差别？至今没有明确的定论，也未有深究这个问题。

张林团队决定对这个被“忽视”的问题进行深入研究。在深究差异原因时，他们发现界面聚合过程属于典型的“反应-扩散”体系。这个令人兴奋的发现，让他们很快联想到了图灵结构的形成条件。

图灵结构是指，在开放的远离平衡的反应扩散系统中，因扩散作用引发系统失稳形成的一种化学物质浓度按照空间周期性变化的静态浓度图案，也被称为“图灵斑图”。图灵结构产生的必要条件，就是两个反应物的扩散系数之差要达到一个数量级以上。研究团队想要寻找到一种方法改变反应物的扩散系数差异，使其能满足这个条件。

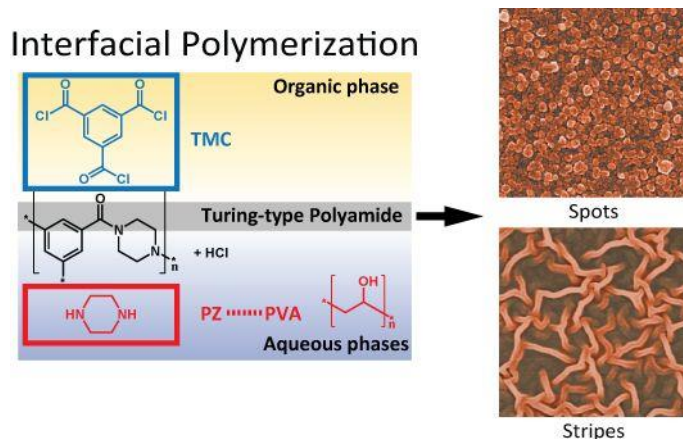


图1图左是在水相反应物体系中加入聚乙烯醇，降低反应物扩散系数的界面聚合反应过程；图右是不同聚乙烯醇添加量生成的具有点状和条状图灵结构的聚酰胺膜扫描电镜图。

经过仔细分析和讨论，研究团队提出在扩散系数小的反应物水溶液中加入阻碍反应物扩散的亲水大分子，这项工作就好比是拉住其中扩散慢的反应物的“大

腿”，让它跑得更慢一点。在大量的实验中，科研人员尝试添加各种亲水大分子，使溶于水的反应物向油中扩散的速率降下来，并在水与油的接触面上，与油中的反应物发生反应形成具有周期性变化的图灵结构的新型纳滤膜。

在长时间的不断试验后，科研人员发现聚乙烯醇作为抑制反应物扩散的亲水大分子的效果最好。有了聚乙烯醇对反应物扩散的“阻碍”作用，原本平整光滑的膜表面真的就“长”出了图灵结构。这些只有 20-30 纳米致密的、具有周期性规律的图灵结构，有的呈管状，有的呈泡状，在膜表面为膜提供了可以让更多水透过的位点，进而增强了膜的透水性能。

如果通过电子显微镜观察，这些图灵结构，仿佛是一个个半圆形的帐篷密密麻麻地覆在膜的表面。这些“撑开”的鼓鼓囊囊的“帐篷型结构”中间有很多空隙，减少了水透过的阻力，使得膜的分离性能比传统制备方法制备的膜提高了 3 至 4 倍。也就是说，透过膜的水比原先要多出 3 至 4 倍，大大降低了膜过程的产水成本，提高了分离效率。

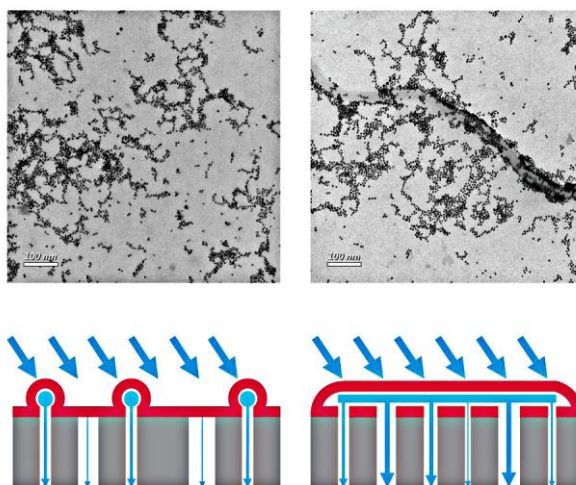


图 2 上图是用金纳米颗粒验证图灵结构聚酰胺膜上水渗透位点空间分布的透射电镜图；

下图是水传递通过图灵结构聚酰胺膜的示意图。

在实验上成功研制出具有图灵结构的新型膜后，还要从理论上加以论证。判断是否为图灵结构的标准是图案或结构呈现周期性变化，并且反应过程中两个反应物的扩散之差达到一个数量级以上。图案的周期性变化，科研团队可以通过观察和方程求解得到理论认证，但测量扩散极差一度成为整个验证的难点。

纳滤膜的界面聚合制备，往往只需要不到一分钟的时间就完成了，而加入亲水大分子后扩散速率的变化传统的测试方法几乎失灵。最终科研人员通过核磁共振进行表征，测定了加入亲水高分子后两个反应物扩散速率差，验证了实验确实成功制备了一种具有图灵结构的新型分离膜。

—摘编自材料科学与工程公众号 2018-05-06

## 综述：纳米纤维素—最具有潜力的先进电化学储能材料

(Nanocellulose: a promising nanomaterial for advanced electrochemical energy storage)

近日，哈尔滨工程大学范壮军教授等在英国皇家化学会综述类旗舰刊 *Chemical Society Reviews* (2018, DOI: 10.1039/C7CS00790F) 发表综述文章，全面地总结和比较了针对各种储能系统所开发的不同类型纳米纤维素材料。更为重要的是，对纳米纤维素及其衍生材料用于电极材料、隔膜材料和柔性储能器件的最新研究进展和内在优势提供了较为系统的理解，并对今后的研究前景进行了展望。

纤维素是构成植物细胞壁的主要成分之一，也是地球上最丰富的可再生有机聚合物。它以木材、棉花或其他植物纤维的形式用作建筑材料、家具、纸张、衣服和许多其他应用形式出现在我们的生活中。不管其来源如何，纤维素都是由 D-葡萄糖以  $\beta$ -1,4-糖苷键组成的大分子多糖，分子量约 50,000~2,500,000。

在生物合成过程中，范德华力和分子间氢键促进了纤维素链的平行堆积，从而形成纳米尺度的基本原纤维，进一步组织成更大的原纤维。这些纤维素纳米纤维 (cellulose nanofibers) 具有独特的结构，优越的机械性能和较低的热膨胀系数，使其成为了可持续性的极具应用前景的纳米材料。在众多应用中，开发具有储能功用的纳米纤维素受到了越来越多的关注，例如超级电容器、锂离子电池、锂硫电池和钠离子电池等（如下图所示）：

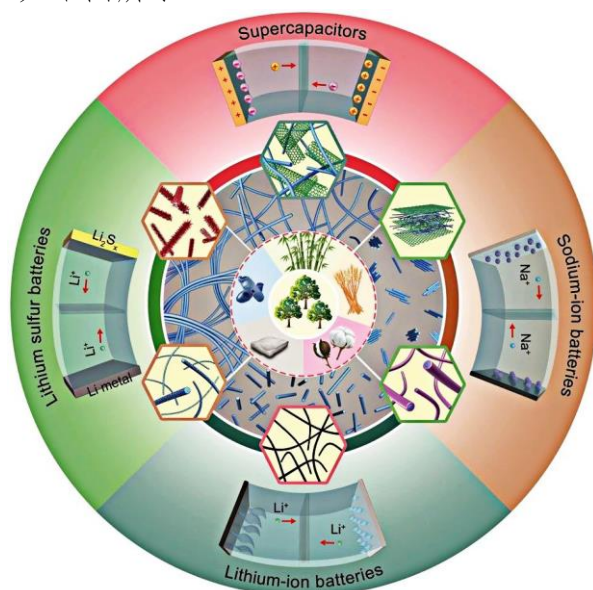
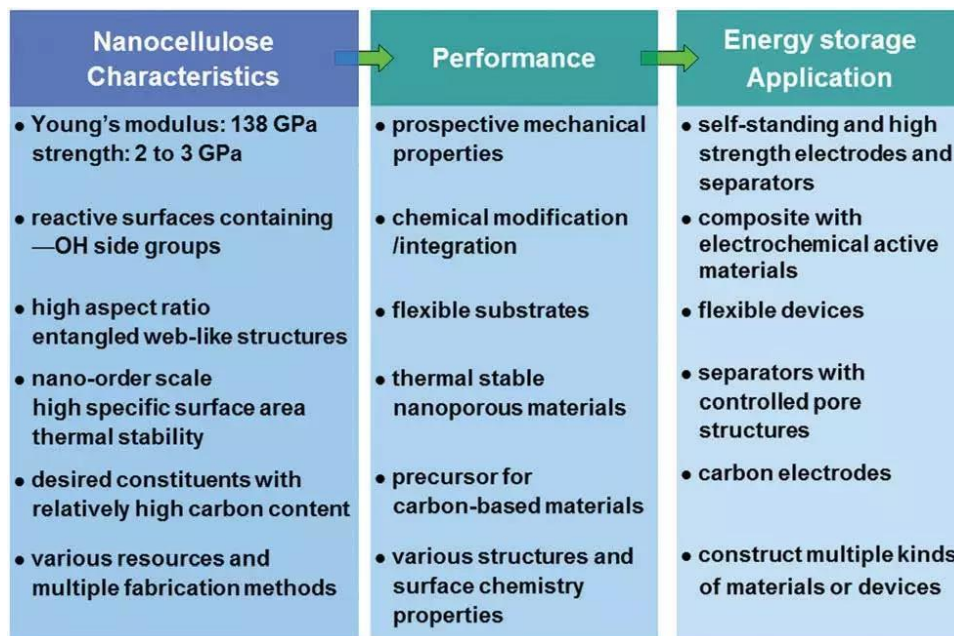


图 1 纤维素的来源，纳米纤维素的制造以及用于储能设备的结构和功能。

之所以将纳米纤维素应用于储能设备的开发，原因可归功于以下几种优越的内在结构和性能：



用于储能设备的纳米纤维素结构和性能优势

在本篇综述文章中，作者们对当前以纳米纤维素作为先进的电化学能量储存材料的核心研究进展进行了较为全面性的总结。

全文首先简要介绍了细胞壁内纤维素纳米纤维的结构特征，并详细介绍了制造具有不同结构和表面化学性质的纳米纤维素的各种工艺。其次，作者们重点介绍了一些利用纳米纤维素衍生材料应用于储能系统，包括超级电容器、锂离子电池、锂硫电池和钠离子电池。本部分主要集中于讨论纳米纤维素与其他活性材料的结合用于柔性基底的薄膜储能器件，纳米纤维素隔膜材料，纳米纤维素热解为碳材料，以及通过活化、杂原子掺杂、与其他活性材料进行杂化所形成的功能化材料。在本篇综述的最后，作者们对该研究领域在未来研究中需要进一步探索的几个问题发表了自己的观点与展望。

—摘编自 RSC 英国皇家化学会 2018-05-11

## 高安全复合锂金属负极重要进展！

(Coralloid Carbon Fiber-Based Composite Lithium Anode for Robust Lithium Metal Batteries)

4月18日,清华大学化工系张强教授课题组在能源领域知名期刊《焦耳》(Joule)上发表了论文《用于金属锂电池的珊瑚状碳纤维基复合锂金属负极》,报道了课题组在高安全高容量的复合锂金属负极领域的研究取得的重要进展。该研究被《焦耳》选为本期封面文章,并刊登了封面图片。

金属锂具有极高的理论比容量和最低的氧化还原电极电势,因而成为了下一代高能量密度储能电池(下一代固态锂电池、锂硫电池、锂空电池等)最理想的负极材料。然而,金属锂充放电过程中的枝晶问题和锂与电解质界面膜的不稳定性严重降低了锂金属电池的循环效率,缩短了电池的使用寿命,甚至带来了一定程度的安全隐患,严重阻碍了锂金属电池的发展。



图1 封面图片采用隐喻的方式表述“复合锂金属负极”设计思想,基于亲锂碳纤维的复合锂金属负极比喻成船,能够在熔融锂的“海洋”中稳定航行

最近,研究者们提出了诸多基于导电碳骨架或金属骨架的金属锂负极。然而,很多此类骨架并未预先复合金属锂,而是作为无锂集流体进行半电池测试。这样的无锂集流体难以直接应用到全电池中。因此,如何高效地将金属锂预先复合到集流体结构中、形成可直接装配为全电池的高性能复合锂金属负极成为了研究的



重点。

清华大学张强教授研究团队针对金属锂电池对于复合电极的迫切需求，提出一种珊瑚状碳纤维熔融灌锂的复合锂金属负极。采用电镀银涂层的方法将碳纤维骨架（CF）的表面改性为亲锂表面，进而可使液态熔融金属锂能够迅速吸入具有银涂层的碳纤维骨架（CF/Ag），从而制得高性能的复合锂金属负极（CF/Ag-Li）。

银镀层一方面可使任何导电骨架改性为可虹吸液态熔融锂的亲锂导电骨架，另一方面还可以降低金属锂的沉积过电势，获得高倍率下优异的循环稳定性和无枝晶无“死锂”的循环形貌。通过原位金属锂沉积实验观察，发现在该复合结构中难以形成枝晶。所提出的复合锂金属负极可以在  $10 \text{ mA cm}^{-2}$  和  $10 \text{ mAh cm}^{-2}$  的极端苛刻条件下以很低的极化稳定循环超过 160 圈。相比常规金属锂负极，该复合锂金属负极能够承受极端的面电流密度和面容量循环，表现出高安全性特征。

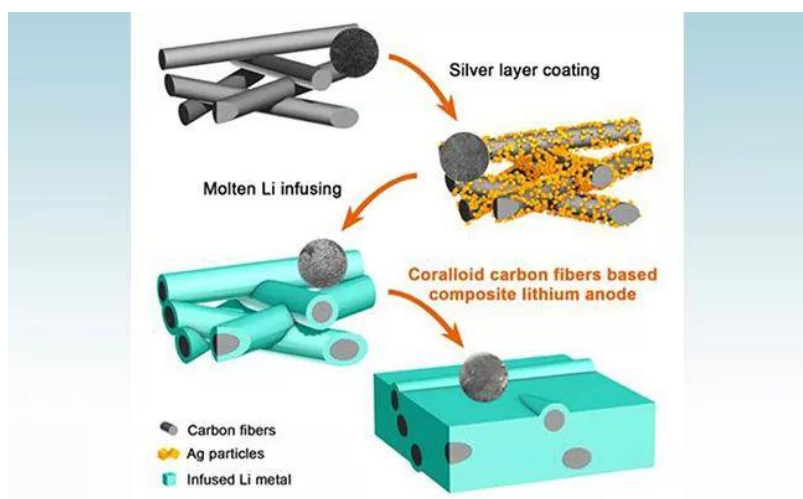


图 2 珊瑚状碳纤维熔融灌锂的复合锂金属负极

该复合金属锂负极与硫正极和磷酸铁锂正极等直接装配为性能优异的锂硫电池和磷酸铁锂电池。其磷酸铁锂电池可在  $1.0 \text{ C}$  倍率下稳定循环超过 500 圈，而锂硫电池在  $0.5 \text{ C}$  下的初始放电容量可达  $781 \text{ mAh g}^{-1}$ ，并保持高容量循环超过 400 圈。该工作的导电骨架镀银灌锂方法可普适于任何基于导电骨架的复合金属锂负极设计与制备，其镀银层可实现高效的预置金属锂复合，并实现无枝晶、无“死锂”的循环容貌，进而获得在锂硫电池等全电池体系中优异的电化学性能，提升了储能系统系统的安全性。

该项工作在北京市科委、科技部、自然科学基金委等部门的资助下完成。清华信息科学技术国家实验室提供了该研究所需的计算平台。

—摘编自材料科学与工程公众号 2018-04-21

## 金属晶界结构的尺寸效应研究取得新进展

(Size-Dependent Grain-Boundary Structure with Improved Conductive and Mechanical Stabilities in Sub-10-nm Gold Crystals)

近日，中国科学院金属研究所固体原子像研究部杜奎研究组与先进炭材料研究部李峰研究员、非平衡金属材料研究部金海军研究员等人合作，利用原位像差校正高分辨透射电镜、旋进电子衍射和定量应变分析，在尺寸小于 10 纳米的金纳米线中发现晶界结构存在显著的尺寸效应，该尺寸效应能有效地提高纳米线的力学及导电稳定性。

晶界是晶体材料中重要的缺陷之一。人们普遍认为在块体晶体材料中小角晶界（取向差小于  $15^\circ$ ）由位错墙构成，而大角晶界（取向差大于  $15^\circ$ ）则以结构单元而不是位错的形式存在。随着晶体材料的尺寸逐渐减小，大量存在的表面对材料的结构和变形行为会产生显著影响。

近日，中国科学院金属研究所固体原子像研究部杜奎研究组与先进炭材料研究部李峰研究员、非平衡金属材料研究部金海军研究员等人合作，利用原位像差校正高分辨透射电镜、旋进电子衍射和定量应变分析，在尺寸小于 10 纳米的金纳米线中发现晶界结构存在显著的尺寸效应，该尺寸效应能有效地提高纳米线的力学及导电稳定性。这一研究揭示了超纳尺度金属材料中晶界结构的尺寸效应及行为。

研究表明，当纳米线直径大于 10 纳米时，取向差小于  $15^\circ$  的晶界以位错型 (DGB) 形式存在，而取向差大于  $15^\circ$  的晶界以结构单元型 (SGB) 存在，与块体材料相似。随着纳米线直径减小到 10 纳米以下，位错型与结构单元型晶界的临界取向差将大于  $15^\circ$  并且随纳米线直径减小而增大。当纳米线直径为 2 纳米时，取向差为  $28.6^\circ$  的大角晶界仍然以位错型的形式存在。定量应变分析发现，位错型晶界的周围存在明显的弹性应变场而结构单元型晶界周围没有，这使得位错型晶界的宽度明显宽于结构单元型，这个特征可以用来区别这两种晶界。原位像差校正电子显微学研究表明，尺寸效应形成的位错型晶界可以在外加应力作用下以位错墙滑移的方式进行晶界迁移，从而避免了传统大角晶界的晶界滑移，这有效地提高了纳米线的力学稳定性。原位透射电镜形变和电学测量结果表明，纳米线中位错型晶界导致的电阻增加远低于结构单元型晶界，这也提高了纳米线的导电稳定性。这一原子尺度的原位定量电子显微学研究揭示了超纳尺度小尺寸金属材料中

晶界结构的尺寸效应，这一效应同时提高了材料的力学及电学稳定性，因而可能为微电子互连以及纳米器件的设计提供新的思路。

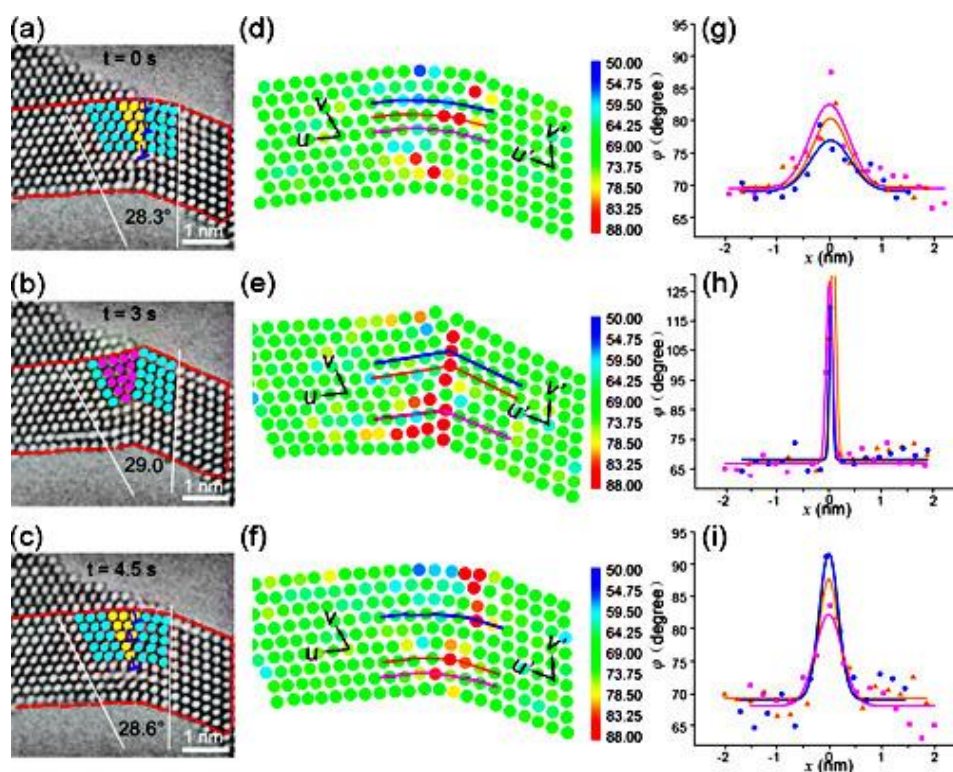


图 1 位错型到结构单元型再到位错型晶界结构的动态演化过程及其定量应变分析

该研究得到了国家自然科学基金、中国科学院前沿科学重点研究项目的资助。相关论文近日在线发表于《物理评论快报》(Physical Review Letters)上。

—摘编自中国科学院金属研究所固体原子像研究部 2018-05-07

[http://www.imr.cas.cn/xwzx/kydt/201805/t20180507\\_5007233.html](http://www.imr.cas.cn/xwzx/kydt/201805/t20180507_5007233.html)

## 太钢专列载千吨高级不锈钢赴俄

5月4日，满载着1000吨高等级不锈钢材料的中欧班列“太钢专列”从中国铁路太原局集团中鼎物流园缓缓驶出，发往俄罗斯首都莫斯科。这是太钢主动对接“一带一路”建设，首次借助中欧班列与欧洲市场连通。

“太钢专列”将经中欧班列东线从满洲里出境，最终抵达莫斯科奥列哈瓦祖列瓦站，全程8800公里。“太钢专列”的顺利开行，得到了省委省政府、海关和铁路等部门的大力支持和配合，相关方围绕企业实际和客户需求进行了多次协调，从路线确定、装车、发运到报关等各个环节进行了周密部署，为企业提供了最大限度的便利。铁路部门还专门派人上门服务，现场确认装车程序。在大家的共同努力下，仅用5天时间就完成了装车、加固、检验、封箱。

据了解，列车上装载的不锈钢产品将交付俄罗斯最大的不锈钢加工商，该用户是太钢在俄罗斯最大的贸易伙伴之一。过去双方进行这样的贸易往来，太钢需要将产品从陆路送至天津港，再经海运抵达俄罗斯圣彼得堡，客户再用汽车将货物运回莫斯科，途中需要进行多次倒搬，不仅对产品包装和质量有较大影响，而且整个周期需要60天左右。而经班列运输，不仅只需要装卸一次，而且运输时间大幅缩短，只需要15天左右。

太钢相关负责人表示，中欧班列给太钢和客户带来了实实在在的好处，在大幅降低客户的资金和时间成本的同时，有效提升了太钢的客户服务能力，增强了国际竞争力，真正实现了双赢。下一步，太钢将争取实现借助中欧班列与欧洲市场联通的常态化，不断拓展自身参与国际竞争渠道的同时，为山西省转型升级，为“一带一路”建设贡献力量。

—摘编自中国特钢企业协会不锈钢分会公众号 2018-05-04

## 11 家单位近 2 亿元！“材料基因工程关键技术与支撑平台”重点专项

日前，科技部对“材料基因工程关键技术与支撑平台”重点专项 2018 年度拟立项的项目信息进行了公示。公示时间为 2018 年 5 月 5 日至 2018 年 5 月 9 日。该重点专项共计经费 19927 万元，共 11 家单位。其中，四川大学 2326 万元领跑。

表 1 国家重点研发计划“材料基因工程关键技术与支撑平台”  
重点专项的拟立项的 2018 年度项目公示清单

序号	项目编号	项目名称	项目牵头承担单位	项目负责人	中央财政经费(万元)	项目实施周期(年)
1	2018YFB0703400	高性能复杂合金激光冶金高通量制备原理及装备	北京航空航天大学	邱春雷	1453	4
2	2018YFB0703500	高通量材料光谱表征新理论、新技术和新装备	天津大学	王世斌	1342	4
3	2018YFB0703600	基于材料基因工程的热电材料高通量研究与应用示范	中国科学院上海硅酸盐研究所	史迅	1510	4
4	2018YFB0703700	基于液晶复合材料的新型调光膜的高通量预测、制备和示范应用	北京大学	杨槐	1470	4
5	2018YFB0703800	润滑材料的基因组学与演示验证	西北工业大学	刘维民	1417	4
6	2018YFB0703900	产学研用协同的高通量材料计算融合服务平台	国家超级计算天津中心	朱小谦	2304	3.5
7	2018YFB0704000	高通量多尺度材料模拟与性能优化设计平台	湖南大学	胡望宇	1809	4
8	2018YFB0704100	高通量材料制备技术平台	中南大学	周科朝	2246	3
9	2018YFB0704200	基于先进光源的高分子材料加工-结构-性能关系高通量表征平台	四川大学	李忠明	2326	4
10	2018YFB0704300	国家材料基因工程数据汇交与管理服务技术平台	北京科技大学	张晓彤	2192	4
11	2018YFB0704400	材料基因工程专用数据库平台建设与示范应用	上海大学	钱权	1858	4

—摘编自材料科学与工程公众号 2018-05-07

## 587 个本科专业好不好 用什么来评判

1月30日，教育部发布我国首个高等教育教学质量国家标准——《普通高等学校本科专业类教学质量国家标准》。历时4年多，5000余名专家教授、包括50多名两院院士和知名专家参与，经过数百场研讨会和征求意见会，一套具有中国特色、世界水平的高教质量标准终于凝练而成。

截至目前，我国高校共有92个本科专业类、587个本科专业、56000多个专业布点，但长期以来，没有统一的评价标准，卡住了质量提升的“脖子”。

1月30日，教育部发布我国首个高等教育教学质量国家标准——《普通高等学校本科专业类教学质量国家标准》（以下简称《国标》）。历时4年多，5000余名专家教授、包括50多名两院院士和知名专家参与，经过数百场研讨会和征求意见会，一套具有中国特色、世界水平的高教质量标准终于凝练而成。

“质量为王，标准先行。专业是高等学校人才培养的基本单元，有了标准才能加强引导、加强监管、加强问责。”教育部高教司司长吴岩表示，《国标》的发布与全世界重视人才培养质量的发展潮流相一致，对建设中国特色、世界水平的高等教育质量标准的体系具有标志性意义。

### 一、《国标》突出学生中心、产出导向、持续改进

吴岩表示，《国标》在研制过程中，始终把握世界高等教育发展的最先进理念，主要突出了三大原则：一是突出学生中心，注重激发学生的学习兴趣 and 潜能，创新形式、改革教法、强化实践，推动本科教学从“教得好”向“学得好”转变。二是突出产出导向，主动对接经济社会发展需求，科学合理设定人才培养目标，完善人才培养方案，优化课程设置，更新教学内容，切实提高人才培养的目标达成度、社会适应度、条件保障度、质保有效度和结果满意度。三是突出持续改进，强调做好教学工作要建立学校质量保障体系，要把常态监测与定期评估有机结合，及时评价、及时反馈、持续改进，推动教育质量不断提升。

此外，《国标》还有三大特点：一是既有“规矩”又有“空间”，既对各专业类提出统一要求、保证基本质量，又为各校各专业人才培养特色发展留出足够的拓展空间，形象地说，就是“保底不封顶”。二是既有“底线”又有“目标”，既对各专业类提出教学基本要求，兜底线、保合格，同时又对提升质量提出前瞻性要求，也就是追求卓越。三是既有“定性”又有“定量”，既对各专业类标准提出定性要求，同时又包含必要的量化指标。

“我想特别强调一点，首次颁布的《国标》92个专业类中，都有对社会主义核心价值观教育、思想政治教育的内容要求，专业教育与思想政治教育有机结合，人才

培养不仅要培养合格的建设者，更要培养可靠的接班人，必须德才兼备、德学双修。”吴岩表示。

### 二、一条“硬杠杠”，师资数量、教师水平、教学条件明了清晰全覆盖

“放眼全世界，办好本科必须有一个刚性要求，这就是我们说的底线要求，或者合格标准。”吴岩表示，在高校本科建设中，坚持“硬杠杠”至关重要，“比如师资要有结构、数量、水平、背景、能力方面的要求，比如教学条件要有一定的实验、实训、实习、课堂教学的基本条件、图书资料等，没有底线合格的标准，高校本科教学人才培养质量就没有基本保障。”

据了解，尽管专业类之间各不相同，但《国标》内容形式基本一致，明确了各专业类的内涵、学科基础、人才培养方向等，对适用专业范围、培养目标、培养规格、师资队伍、教学条件、质量保障体系建设都做了明确要求。特别对该专业类师资队伍数量和结构、教师学科专业背景和水平、教师教学发展条件等提出定性和定量相结合的要求。同时，明确了该专业类的基本办学条件、基本信息资源、教学经费投入等要求。此外，《国标》还列出了该专业类知识体系和核心课程体系建议。

### 三、用起来、动起来、结合起来，“标准不能挂在墙上”

“‘质量为王，标准先行’，我想再加一句‘标准为先、使用为要’。”吴岩强调，立标准很重要，使用标准更重要，“决不能让标准束之高阁或者只挂在墙上。”

据了解，下一步，教育部将切实推动《国标》应用，让标准发挥以标促改、以标促建、以标促强的作用。

一是让教指委用起来。据悉，教育部将于今年成立 2018-2022 年教育高等学校教学指导委员会，新一届教指委共有 119 个，将由数千位高校和相关行业的顶级专家组成。“教指委最重要的一项任务就是把《国标》学好吃透，指导全国高校开展专业建设，使教指委成为提高教学质量的参谋部、咨询团、指导组、推动队。”吴岩说。

二是让高校动起来。吴岩表示，《国标》发布后，各地、各相关行业部门要根据《国标》研究制定人才评价标准；各高校要根据《国标》修订人才培养方案，培养多样化、高质量人才。

三是与“三个一流”建设紧密结合起来。教育部将把《国标》实施与“一流本科、一流专业、一流人才”建设紧密结合起来，对各高校专业办学质量和水平进行监测认证，适时公布成绩单。

—摘编自光明日报 2018-01-31

## 不懂材料，还谈什么“玫瑰花与爱情”！

有时候，一个再普通不过的事物背后也许就隐藏着大智慧。今天一起来探秘玫瑰背后深藏的材料美学。

所谓“送人玫瑰，手留余香”。玫瑰一直以来象征着热情奔放高贵典雅。不知道大家有没有发现，当晨曦的小水滴落在玫瑰花瓣表面上时，水滴的球形非但不变，而且无论怎么调节玫瑰花的方位，它都不会从花瓣表面滚落，具有很典型的吸附效应。为什么水滴会吸附在玫瑰花表面上呢？



图1 娇艳欲滴的玫瑰花



图2 玫瑰花瓣放大结构图

仔细查看玫瑰花瓣的表面，我们会发现玫瑰花瓣由一颗颗小颗粒组成，像一颗颗红色的石榴籽。

而当我们在扫描电子显微镜下观察时，我们发现红玫瑰花瓣表面具有层状的微乳突和纳米褶皱，这些微纳结构为超疏水性提供了足够的粗糙度，同时也产生了对水的高粘附力。花瓣上的水滴呈现出球形，但将花瓣颠倒后却不易滚落。北航的江雷院士把这种现象称为“花瓣”效应，可与著名的“荷叶”效应相类比。

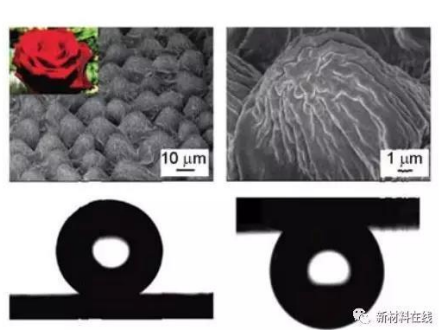


图3 玫瑰花宏观和微观形貌图以及液滴形态

随着研究的深入，人们又发现玫瑰之所以红的这么鲜艳，是因为玫瑰花瓣具有很强的增透效果，通过增强颜色的对比，可以进一步提升他们授粉的机会。于



是科学家们用聚二甲基硅氧烷完美的复制了玫瑰花瓣的表皮结构，并将其集成进有机太阳能电池中，通过玫瑰花瓣结构优异的全向增透属性，减小了光线入射的反射值，有效的增大了光强，使太阳能电池的转化效率提升了 12%。

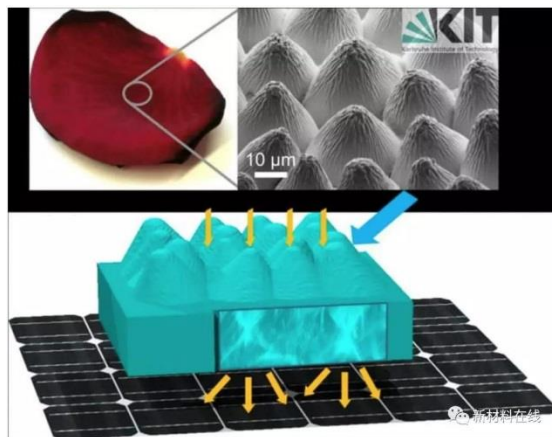


图 4 玫瑰花瓣结构在太阳能电池中的应用

随后，香港理工大学和中国科学院兰州化学物理研究所的科学家们又通过仿生模拟玫瑰花瓣表面结构制备了具有表面微纳米结构的非共面弹性基底，且基于此基底进一步设计开发了柔性可拉伸的电子器件。与传统表面平整的聚二甲基硅氧烷基底相比，这种通过仿生手段制备的弹性花瓣结构可有效地预防非弹性材料的裂纹扩展，而且该材料可适用于多种导电材料（金属和导电聚合物）和沉积方法。

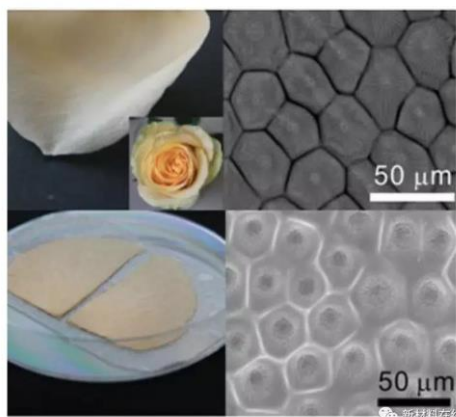
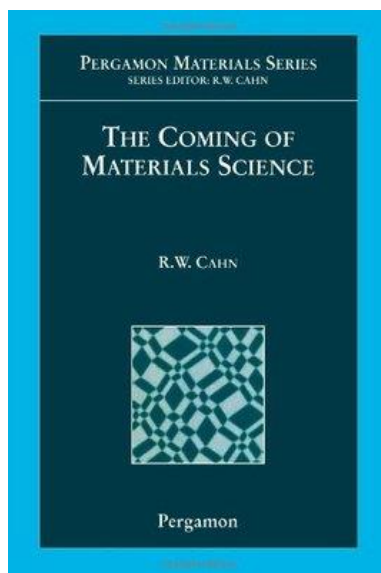


图 5 玫瑰花瓣微观结构制备柔性基底

所以，一朵美丽的玫瑰花背后却隐藏了这么多不为人知的秘密，真是太神奇了。

—摘编自新材料在线公众号 2018-04-15

## 图 书 推 介



### 内容简介

该书范围涉及所有主要材料类别和几代材料科学家所关注的主要问题，论述全面、系统。该书作者的写作风格简洁明快，清新活泼，令很多人倾慕。这种迷人的写作风格对提高该书的可读性起到很大作用，使该书不仅适合于材料科学工作者，也使其他读者产生阅读兴趣，这对材料科学和材料研究的进一步突破、创新与发展，乃至人才的培养极为重要。这本涵盖极广的材料科学史书共征引了发表于 200 多年间的 700 多篇重要科学文献。这本书应该成为材料科学工作者的必读物，也值得甚至应该被关心和欲掌握人类知识增长的人研读。不仅因为它涉及宽广的领域，而且因为它以史为据，洞见材料科学发展的规律，无论新老材料研究者均能从阅读中获益，从而得到急需的启发和创新的能力。

### 作者简介

作者是英国皇家学会会员、中国科学院外籍院士、著名的材料科学家、剑桥大学教授 Robert W. Cahn.

**图书名称：** The Coming Of Materials Science

**作 者：** Robert W. Cahn

**出 版 社：** Pergamon, 2001-3-30