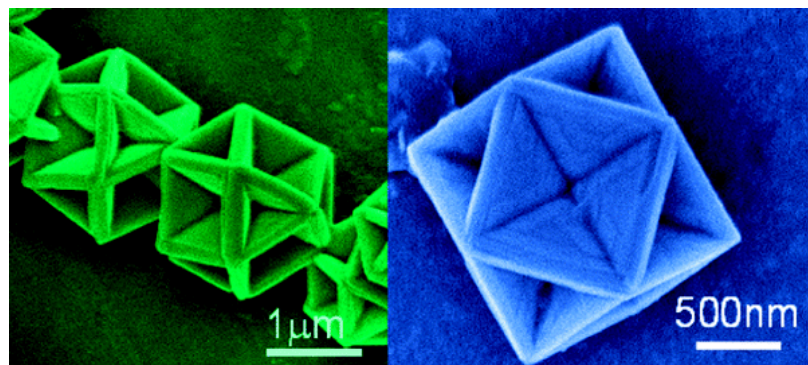
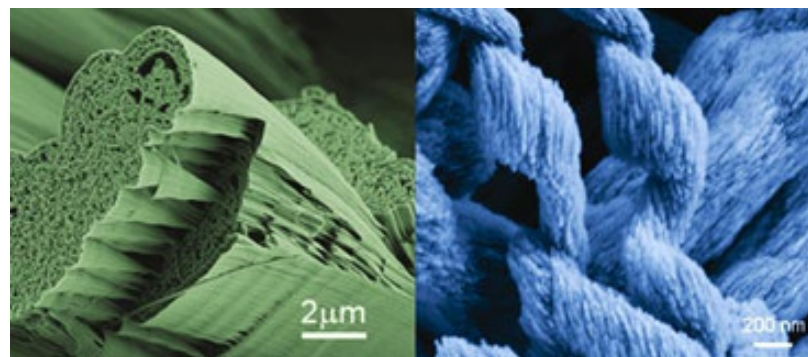
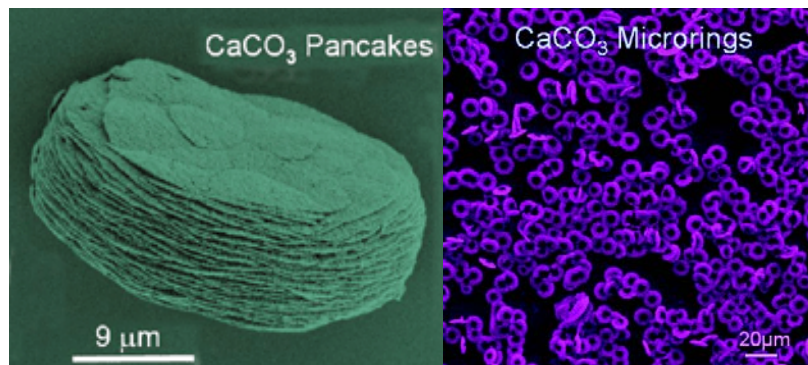




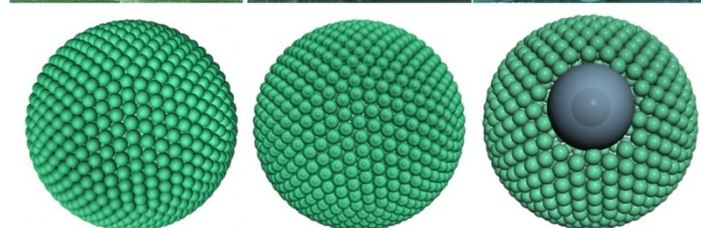
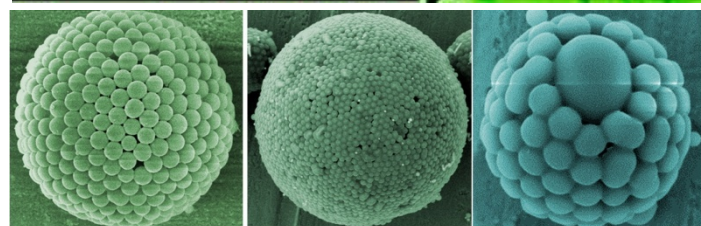
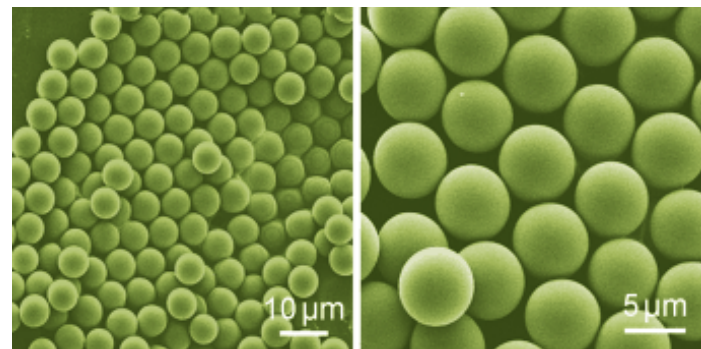
合成化学的未来与展望



合成化学处于基础和核心地位



合成化学是一门艺术





合成化学处于基础和核心地位

- ★ 2001年诺贝尔化学奖获得者名古屋大学的野依良治（R. Noyori）教授指出：“**化学是现代科学的中心,而合成化学则是化学的中心。**”
- ★ 合成化学区别于其他学科的最显著特点就在于它具有强大的创造力；
- ★ 合成化学不仅可以制造出自然界业已存在的物质，还可以创造出具有理想性质和功能的、自然界中不存在的新物质；
- ★ 合成化学通过与其他学科的交叉与融合，产生出了越来越多的跨学科前沿交叉新领域，为合成化学的发展提供了新的机遇；
- ★ 合成化学需要极高水平的科学创造力，以探索其无限的可能性。



化学的发展

1. 远古的化学——实用技术

如：冶金、火药、造纸等。

2. 近代化学——基本理论的建立

如：质量守恒定律、燃烧学说、阿佛加德罗定律、原子论、分子论、电离学说、酸碱理论等。

3. 现代化学——物质结构理论和合成化学

如：杂化轨道理论（VB法）、分子轨道理论（MO法）、配位场理论、逆合成、手性合成、绿色化学、组合化学、分子设计等。

4. 未来的化学——综合学科发展的科学

如：将深入研究原子组合分子的方法和技巧、研究分子以上层次的现象、与其他学科渗透、交叉联合、科学—技术—生产、必须创新、理论与实验并驾齐驱、学科界限越来越模糊等。



合成化学的发展

- ❖ **1912年（法）格林尼亚发明了格林尼亚试剂，荣获1912年诺贝尔化学奖**
- ❖ **1928年（德）狄尔斯和阿尔德发现了双烯合成反应，荣获1950年诺贝尔化学奖**
- ❖ **1953年（德）齐格勒和纳塔尔发现了有机金属催化烯烃定向聚合，获1963年诺贝尔化学奖**
- ❖ **合成生物高分子：抗坏血酸（W.N.Haworth 1937年诺贝尔化学奖）、生物碱（R.Robinson 1947年诺贝尔化学奖）、多肽（V.du Vigneand 1955年诺贝尔化学奖）、合成了奎宁、胆固醇、可的松、叶绿素、利血平等一系列复杂有机分子（R.B.Woodward 荣获1965年诺贝尔化学奖）**



合成化学的发展

- ❖ (英) 威尔金森, 德费歇尔合成了过渡金属二茂夹心化合物, 荣获1973年诺贝尔化学奖
- ❖ (美) 布朗、维蒂希发展了硼有机化合物和发明Wittig反应, 荣获1979年诺贝尔化学奖
- ❖ (美) 梅里菲尔德发明了固相多肽合成法, 荣获1984年诺贝尔化学奖
- ❖ (美) 柯里提出了“逆合成分析法”, 荣获1990年诺贝尔化学奖



合成化学的发展

我国与Nobel奖

吴有训、赵忠尧、王金昌等都与Nobel奖失之交臂；候氏制碱法、结晶牛胰岛素等都没能评上！

我国离Nobel奖
还有多远？

我国中学生在历年的各学科国际奥赛（如：IChO、IBO、IMO等）上取得惊人的成绩，为什么迄今却没有国人得Nobel奖呢？



可能原因：我国科学基础较差， 缺乏深厚的科学传统，一流的科学家太少；我国的基础教育是优秀的，但是高等教育却不尽如人意！

可以这么说我们已经具备了冲击Nobel奖的实力，但是也要知道我们与别国的差距！在不久的将来，我们一定会实现的，在座的各位有可能是其中的一员！



合成化学与人类社会的进步

❖ （一）科技发展的基本考虑

- ❖ 20世纪人类认识和利用物质经历了为人类生存、人类生存质量、人类生存安全三个历史阶段。
- ❖ 人类生存：20世纪初、化学提供肥料（合成氨）合成纤维和其它高分子材料，石油化工产品。
- ❖ 人类生存质量：化学创造了许多饲料和肥料添加剂，食品添加剂，生产更多、更可口食物；创造了许多功能材料；创造了许多药物和诊断方法，战胜和消灭了某些疾病。
- ❖ 人类生存安全： 20世纪末资源问题？环境问题？



❖ （二）20世纪的化学在推动人类进步和科技发展中起了核心的作用

❖ （1）在20世纪中成为解决人类进步的物质基础的核心科学：

A、制造或创造出自然界已有或不存在的物质；

B、提供分析手段，结构—性质—功能的关系，预测、裁剪、设计分子；

C、掌握了一些理论，用于解决生产、生活问题。达到大自然不能达到的目标。



❖ **（2）在相关学科的发展中起了牵头作用：**

A、牵动其它学科向分子层次发展（生命科学、天文学）；

B、化学研究带动了其它学科的过程研究(工业、农业、环保、能源）；

C、化学带动了材料科学的发展；

D、化学实验方法学推动其它学科在分子层次上观察和测定物质的变化过程。



合成化学与现代农业

- 1、Fritz Haber 合成氨催化剂宣告了现代农业的到来，缓解了人口增长，所造成的粮食危机。目前化学仍然是解决食品问题的主要学科之一。
- 2、化学将支撑生物学在提供优良品种，提供转基因生物等方面作贡献。
- 3、化学将在设计、合成功能分子和结构材料以及分子层次阐明和控制生物过程的机理方面，为研究开发高效安全肥料、饲料、农药、农用材料、生物肥料、生物农药打下基础。
- 4、利用化学和生物方法增加动植物食品的防病有效成分，提供安全的有防病作用的食物和食品添加剂，改正食品储存加工方法，减少不安全因素，是化学研究的重要内容。



合成化学与材料科学





新材料的分类

新材料

金属材料

金属结构材料

超耐热合金、轻质合金、非晶合金
高性能结晶栓制材料

金属功能材料

导电材料、形状记忆合金
超微粒子合金、超导材料

非金属材料

新陶瓷材料

电气陶瓷、工程陶瓷、超硬陶瓷
敏感元件、纳米陶瓷

特种陶瓷

耐辐射陶瓷、光学性能好的玻璃
优异机械性能的特种玻璃
导电性能玻璃

高分子材料

塑料、橡胶、纤维、黏合剂、工程材料、医用材料
光功能材料、导电磁性塑料

复合材料

金属基复合材料、无机复合材料
多性能复合材料

生物医用材料 --- 医药、医用高分子材料等



高性能新材料



卫星涂层



记忆合金



生物陶瓷



无机化学的发展

★ 配位化学

具有光、电、热、磁等性质的新型配合物、簇合物

★ 固体无机化学

光学材料、多孔晶体材料、纳米功能材料、无机膜敏感材料、电磁功能材料

★ 生物无机化学

药物中金属及抗癌活性配合物、稀土金属无机化学、生物矿化、环境化学

★ 绿色化学



无机化学与其他学科的交叉

交叉和热点

生命科学

生命的基础物质研究
遗传物质的作用
人类基因组计划
酶结构和催化功能的关系研究
模拟生命过程和生命体系的合成

能源化学

氢能源； 燃料电池
生物质能源； 太阳能电池
海水盐差发电

环境化学

环境分析化学； 大气环境化学
水环境化学； 土壤环境化学
元素化学循环； 控制污染的化学
环境计算化学



合成化学的发展

燃料电池

太阳能电池

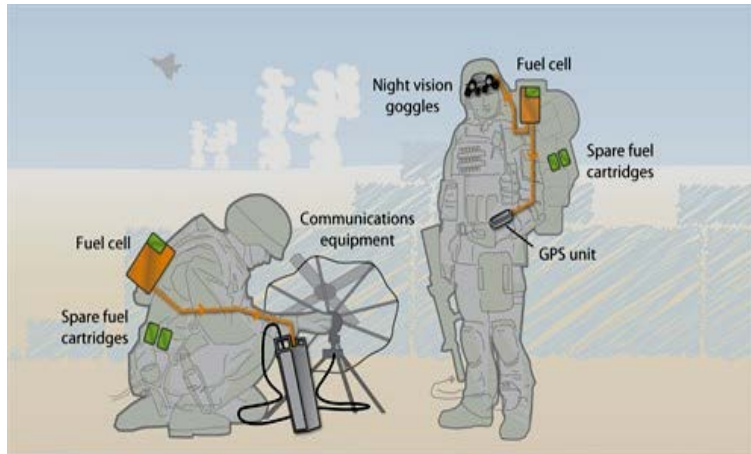
合成化学

锂离子电池

超级电容器



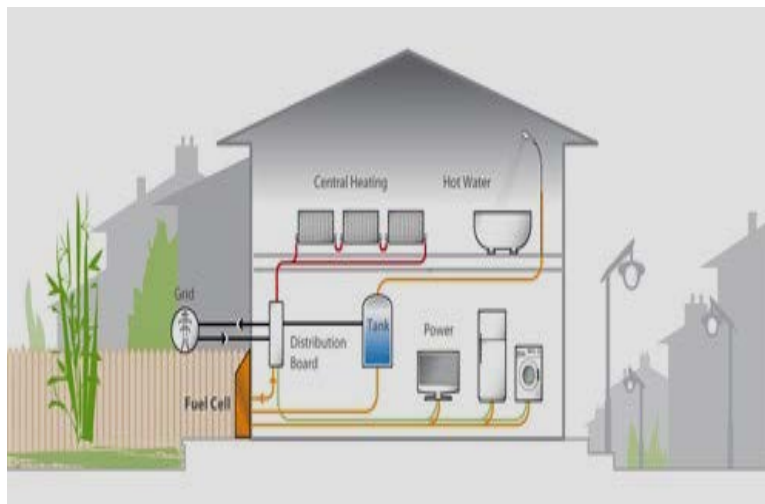
燃料电池——清洁、高效、可靠



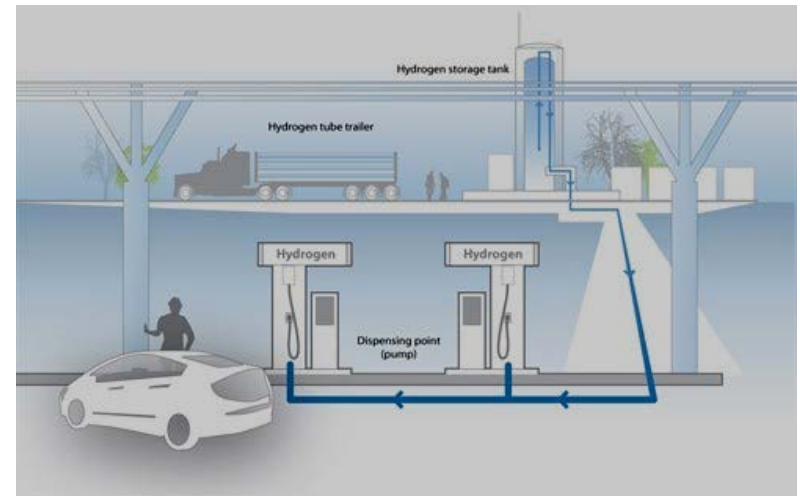
便携式发电装置



燃料电池大巴



家庭小型发电机



燃料储存设备



燃料电池发展

1801

Humphry Davy demonstrates the principle of what became fuel cells.

1889

Charles Langer and Ludwig Mond develop Grove's invention and name the fuel cell.

1959

Francis Bacon demonstrates a 5 kW alkaline fuel cell.

1970s

The oil crisis prompts the development of alternative energy technologies including PAFC.

1990s

Large stationary fuel cells are developed for commercial and industrial locations.

2008

Honda begins leasing the FCX Clarity fuel cell electric vehicle.

1839

William Grove invents the 'gas battery', the first fuel cell.



1950s

General Electric invents the proton exchange membrane fuel cell.



1960s

NASA first uses fuel cells in space missions.



1980s

US Navy uses fuel cells in submarines.

2007

Fuel cells begin to be sold commercially as APU and for stationary backup power.



2009

Residential fuel cell micro-CHP units become commercially available in Japan. Also thousands of portable fuel cell battery chargers are sold.



燃料电池概念早在19世纪初就已经被 Humphry Davy 所证实。

1839年，William Grove 发明了燃料电池装置。证明了电流可以通过氢气和氧气之间的电化学反应产生（使用铂作为催化剂）。

1889年，Charles Langer 和 Ludwig Mond 首次使用燃料电池，他们共同研究使用煤气作为燃料的燃料电池。

由于环境恶化和能源紧缺，各国政府、商业机构以及个人的环境意识不断提升，作为清洁能源之一，燃料电池的发展和商业化也受到越来越多的重视和关注，得到迅猛发展。

2007年，燃料电池在多个领域开始商业化应用。目前已经有成千上万台商用燃料电池辅助动力装置（APU）安装于休闲应用领域。



燃料电池发展



装备150kW的燃料电池系统



使用废弃物作为原料生产
合成气进行发电
(可满足周边24000个家庭
日常用电需求)



美国推出可用于冷链运
输的燃料电池



第二代i-H2GO玩具车
(最新的氢燃料电池为动力，
只要在车身内注满水就能运行)

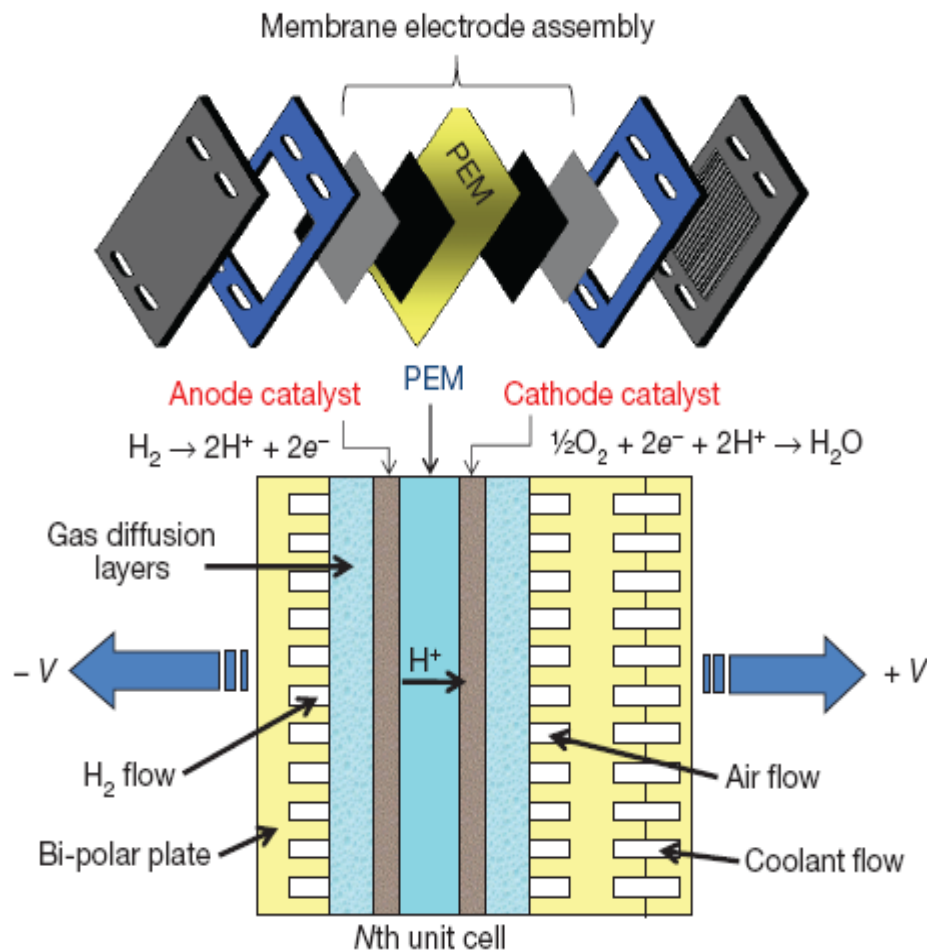


便携式FC充电器 (普通水做燃料)





燃料电池的构造



Nature, 2012, 486, 43.

燃料电池包含一个堆栈，由一堆相同的重复单元膜电极组件组成。

堆栈内的每一个单元内都有两个电极（阴极和阳极），发电反应于电极之上完成。

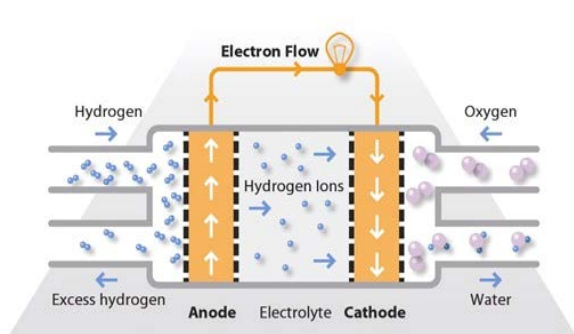
含有固体或液体的电解质，其内部携带的离子可以从一个电极传导到另一个电极，同时还要有催化剂加速电极上的反应。

如果氢气是阳极燃料，氧气是阴极燃料，氢气在阳极上氧化和氧气在阴极还原，整个反应过程纯净水热是唯一的副产品，为零排放能源装置。

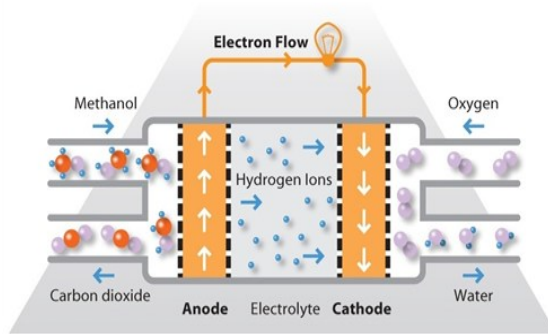


燃料电池分类

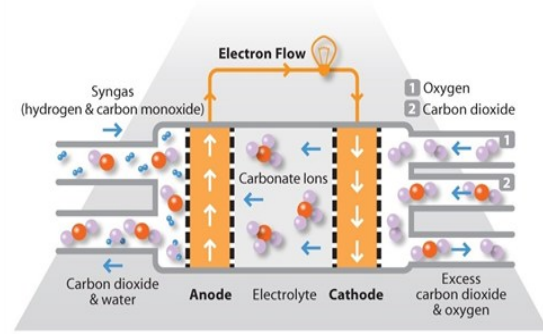
燃料电池的分类通常是按照电解质的性质划分（除直接甲醇燃料电池之外，其以燃料（甲醇）种类得名），每种类型的装置都需要一些有别于其它装置的特别材料和燃料。



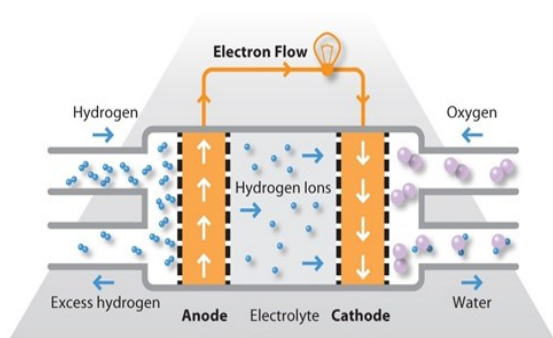
质子交换膜燃料电池
(PEMFC)



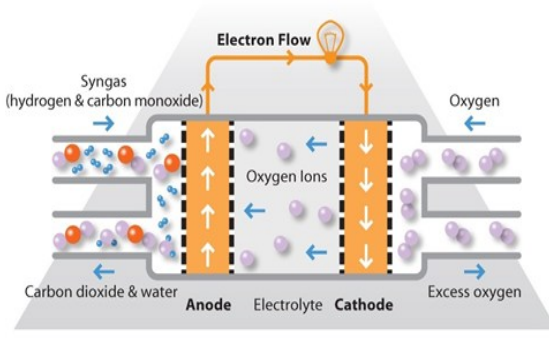
直接甲醇燃料电池
(DMFC)



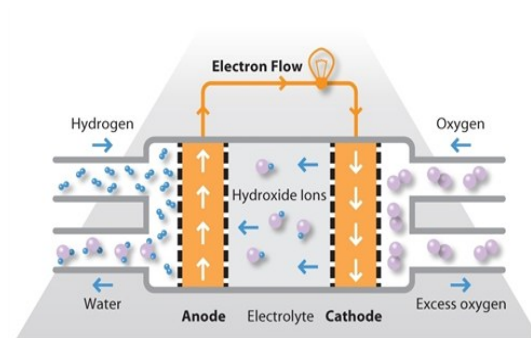
熔融碳酸盐燃料电池
(MCFC)



磷酸燃料电池
(PAFC)



固体氧化物燃料电池
(SOFC)



碱性燃料电池
(AFC)



燃料电池核心---催化剂

铂是最好的燃料电池催化剂，

但是， 高成本使其成为燃料电池实现真正商业化的核心障碍。

因此为了更有效的利用有限资源，

可以通过**提高铂的利用率**和**寻找非铂催化剂**降低燃料电池的成本，
满足燃料电池商品化的必备条件和基本要求。

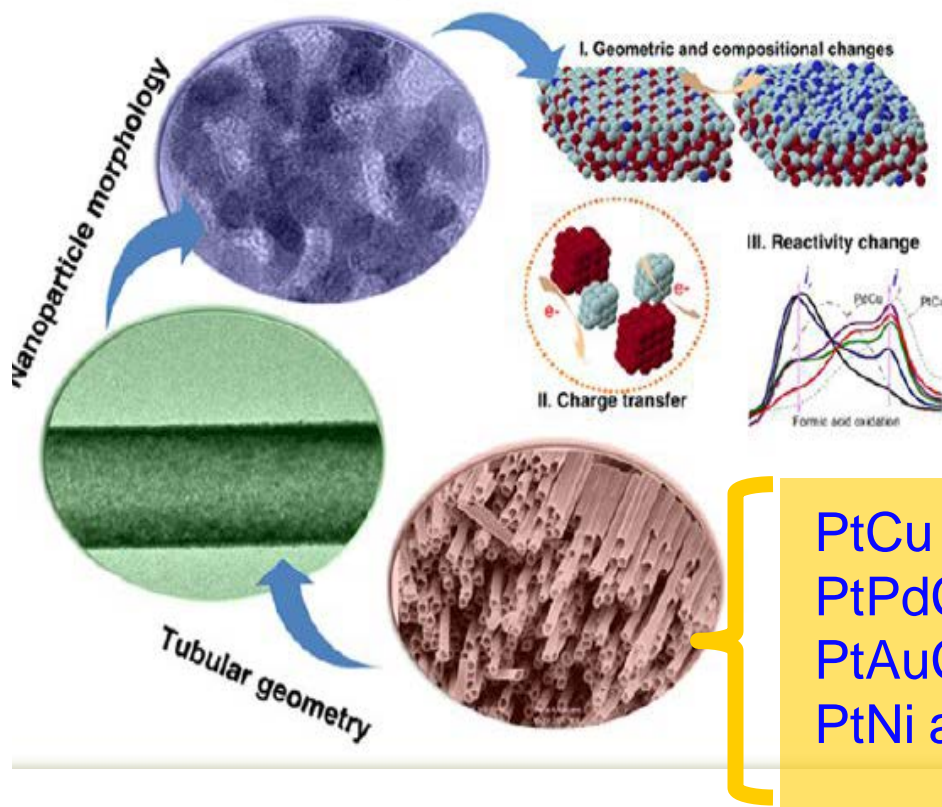


燃料电池催化剂的结构设计

1. 铂基合金催化剂 (Pt与Co, Ni, Fe, Cu 等非贵金属形成合金)

添加非贵金属元素与铂形成二元、三元甚至多元合金催化剂，减少Pt催化剂使用，有效的降低铂的载量和提高铂利用率。

Engineering Interface and Surface



策略：引入第二种或者第三种廉价非铂金属与Pt形成合金。

优点：降低成本，利用不同金属的应力效应、协同效应、表面效应和界面效应提高催化剂的催化活性。

PtCu alloy
PtPdCu alloy
PtAuCu alloy
PtNi alloy

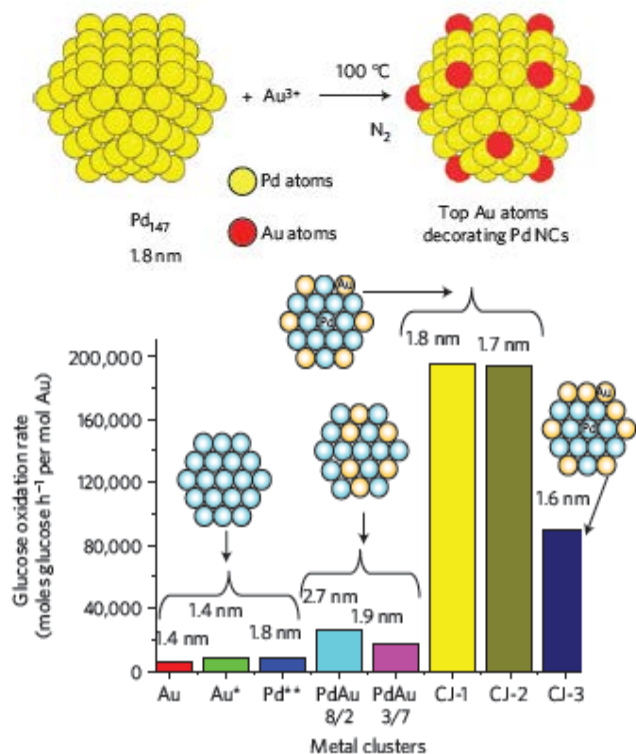
Acc. Chem. Res., 2013, 46, 1427.



燃料电池催化剂的结构设计

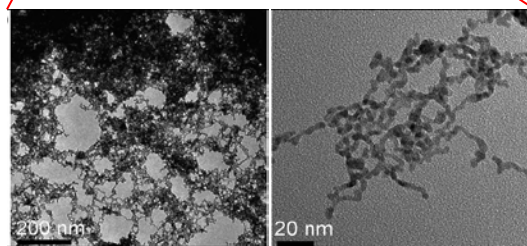
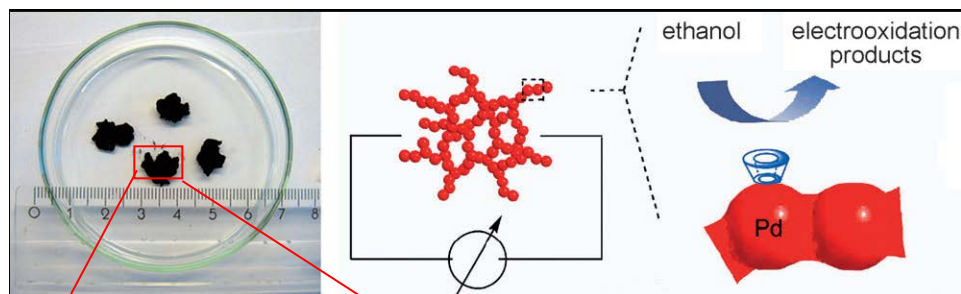
2. 非铂金属催化剂 (Pd, PdAu, PdCu, PdNi 等合金催化剂)

通过催化剂的改善结构和组分提高催化活性，避免使用Pt催化剂，降低成本。

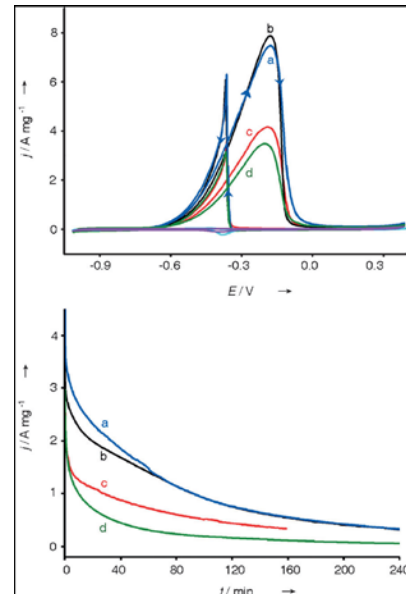


通过控制HAuCl₄的量制备不同取代程度的PdAu合金催化剂。当Au原子仅仅取代Pd团簇的表面顶端原子时，该催化剂对葡萄糖氧化的速率最快。

Nature Mater. 2012, 11, 49.



通过改善Pd催化剂的结构提高传质和电子传输性能从而达到催化活性提高和改善的目的。

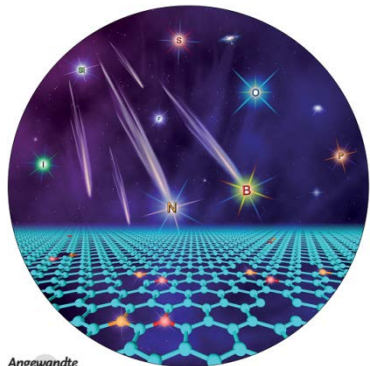


Angew. Chem. Int. Ed. 2012, 51, 5743.

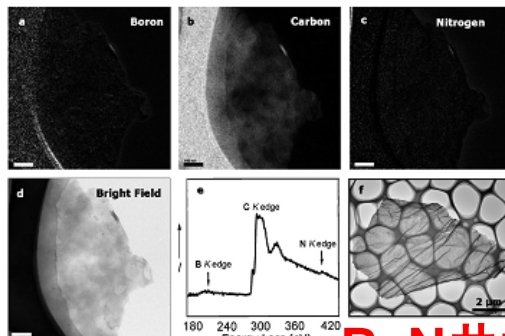


燃料电池催化剂的结构设计

3. 非金属催化剂 (B, N, P, S掺杂碳材料催化剂)



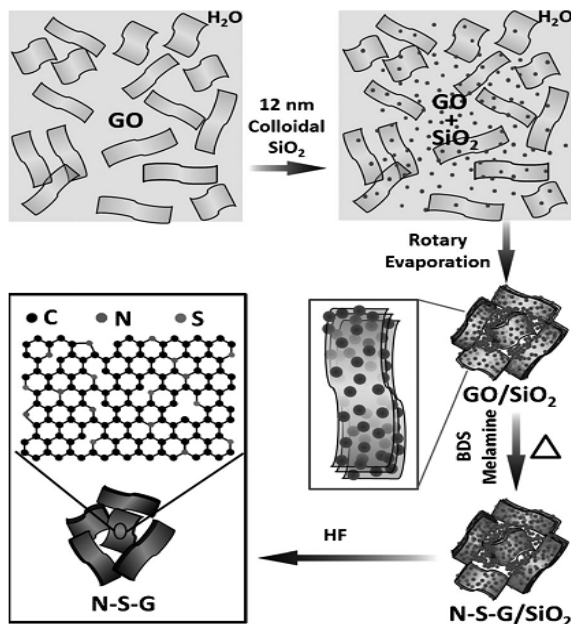
Angewandte



碳材料通过B, N, P, S掺杂增加了催化活性位点, 增强了电化学活性。碱性条件下具有与商业化Pt/C类似的催化活性。

B, N共掺杂

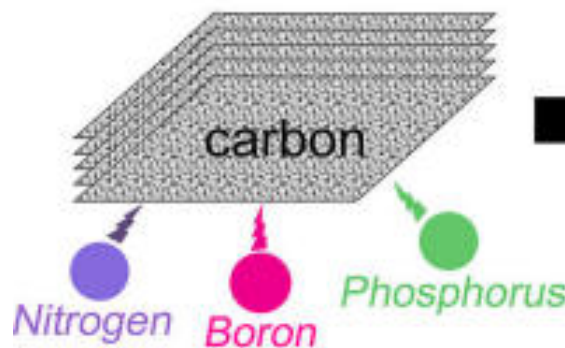
Angew. Chem. Int. Ed. **2013**, 52, 3110.



S, N共掺杂

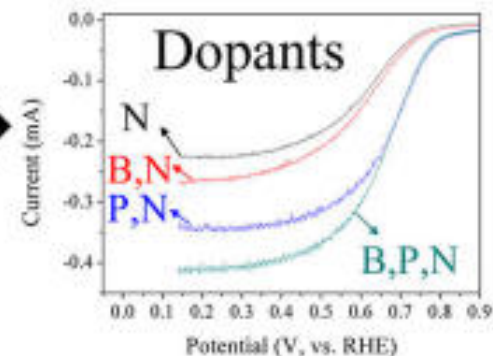
Angew. Chem. Int. Ed. **2012**, 51, 11496.

Binary or Ternary Doping



B, N, P共掺杂

Oxygen reduction reactions

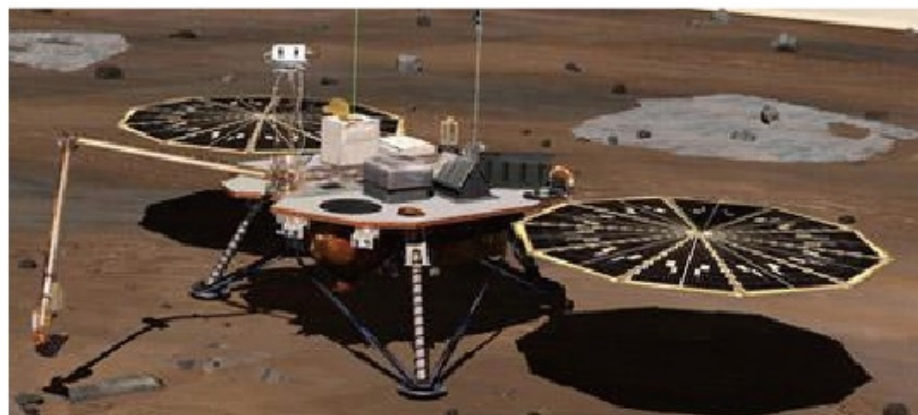


ACS Nano **2012**, 6, 7084.



锂离子电池——高能量密度的绿色二次电池

- 工作电压高
- 能量密度高
- 循环寿命长
- 高倍率充放电性
- 无任何记忆效应
- 不含重金属及有毒物质
- 安全可靠





锂离子电池与电动汽车

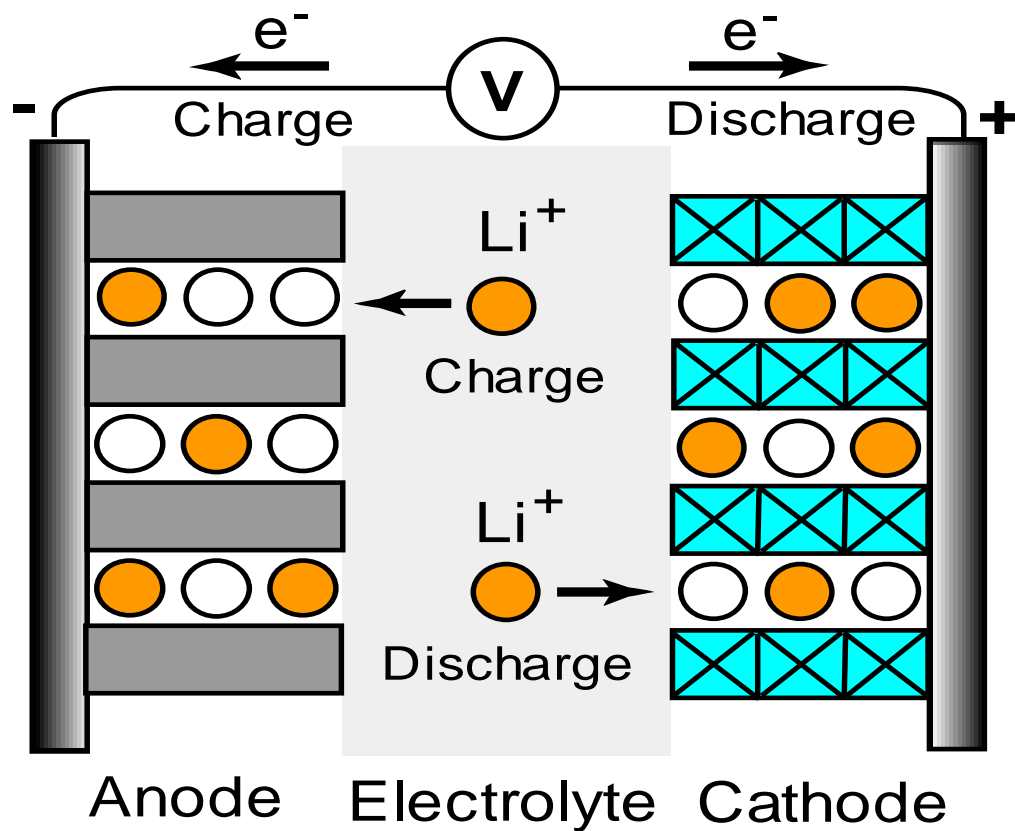
电动汽车发展的核心技术包括动力电池、发动机系统和电控系统，其中动力电池被比喻为其“心脏”，成本占比50%。随着锂电池性价比的提高，将逐步替代镍氢电池成为新能源汽车用动力电池的主流。





锂离子电池工作原理

工作原理



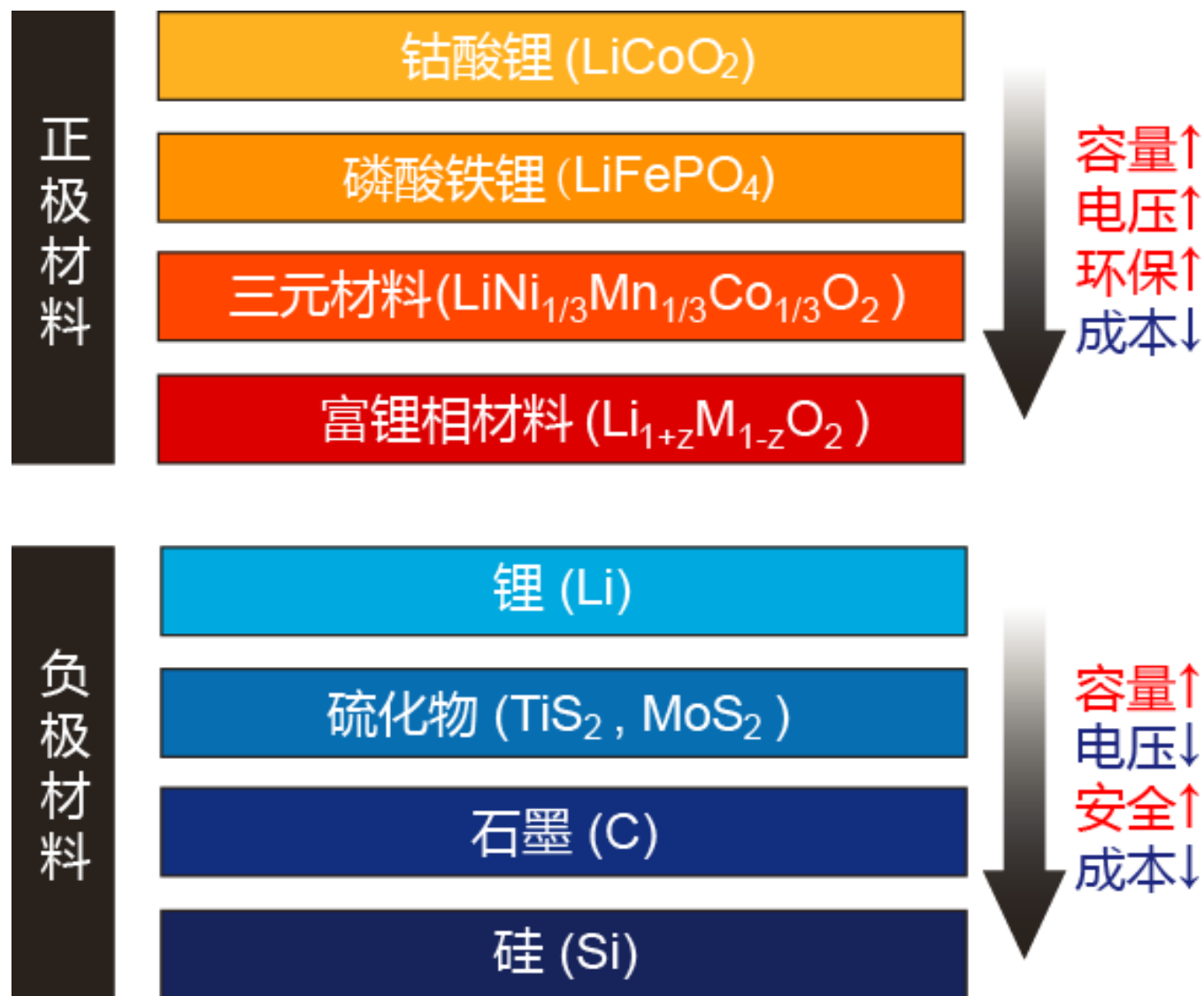
“摇椅式电池 (Rocking-Chair Battery)”

正负极材料采用可以储存和交换锂离子的层状化合物。充放电过程中，锂离子在正负极之间来回穿梭，从一边摇到另一边，往复循环；充放电结束后，一极呈现贫锂态，一极呈现富锂态。

锂的浓差电池

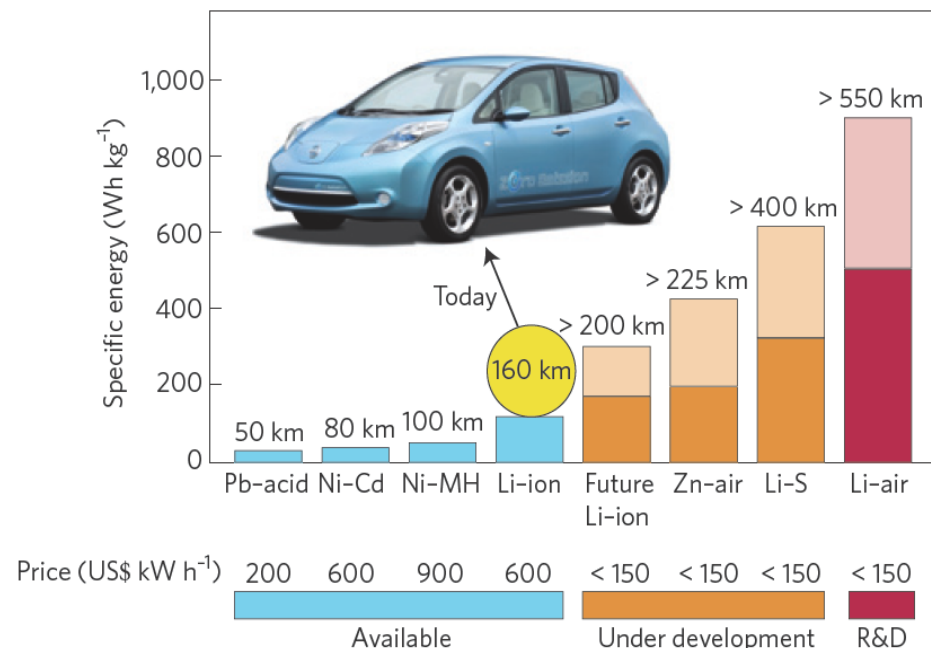
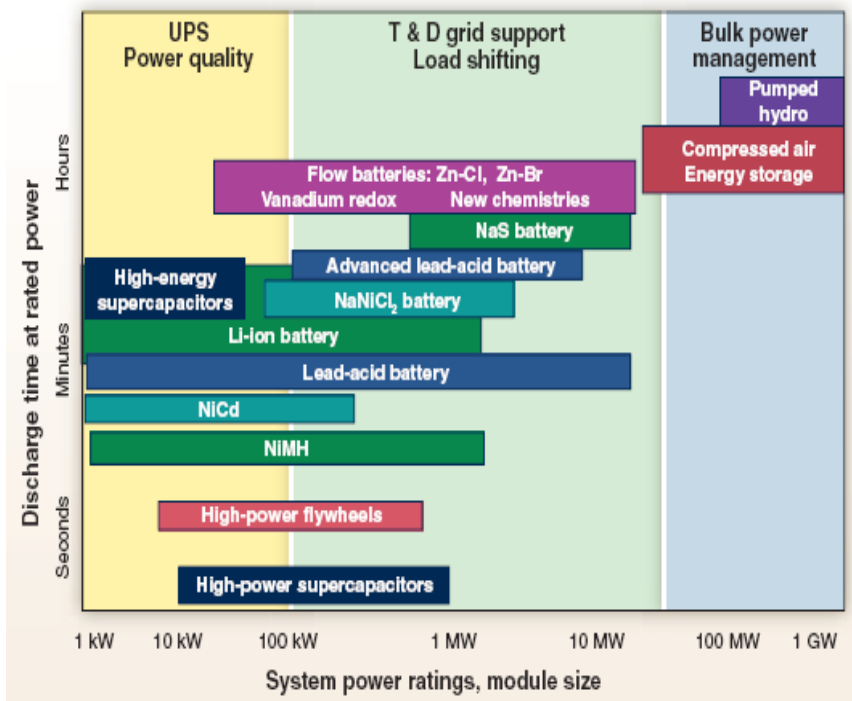


锂离子电池中的关键材料





新型高比能锂二次电池



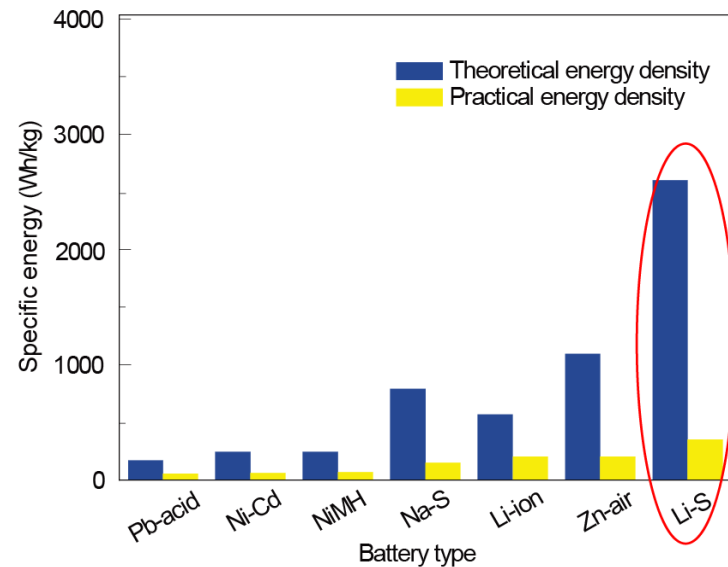
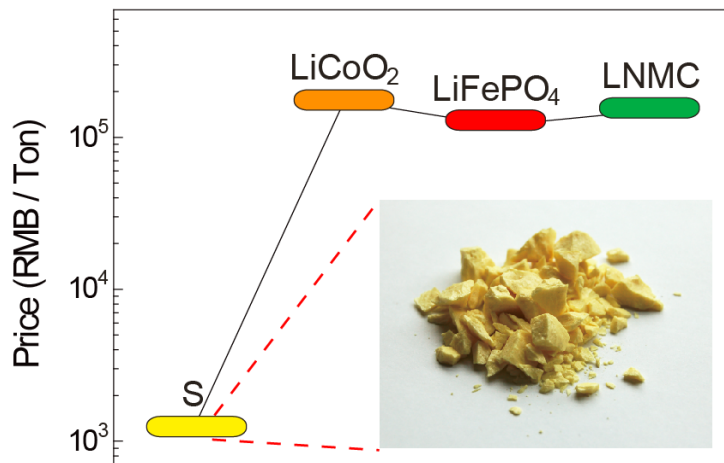
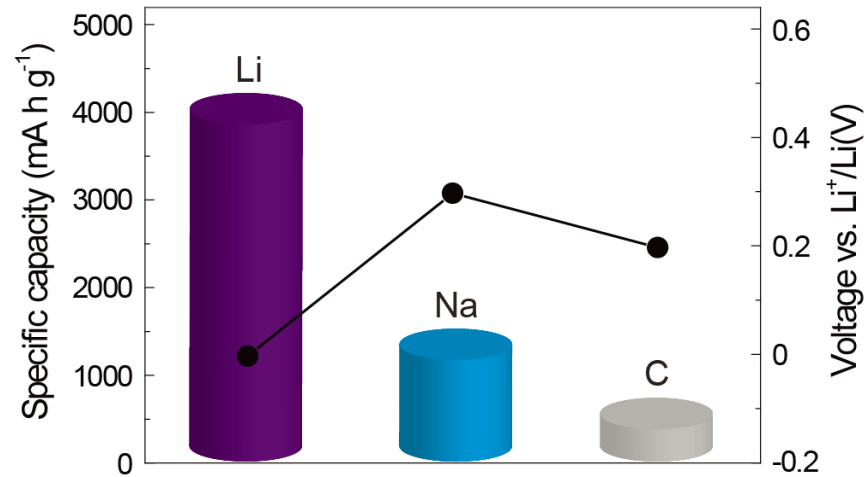
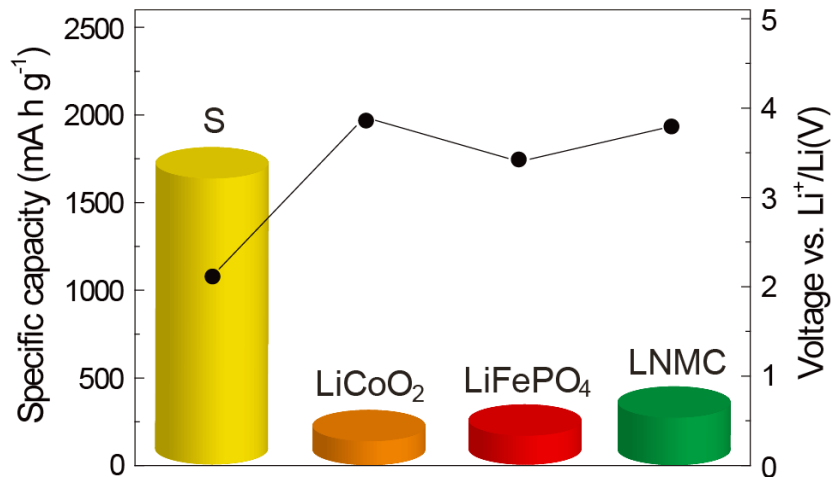
Tarascon, J.-M. et al, *Science*, 2011, 334, 928.

Bruce, P. G. et al, *Nat. Mater.*, 2012, 11, 19.

随着锂离子电池的应用逐渐扩展到电网储能和电动汽车领域，其能量密度难以满足要求，因此人们转向了能量密度更高的金属锂二次电池。

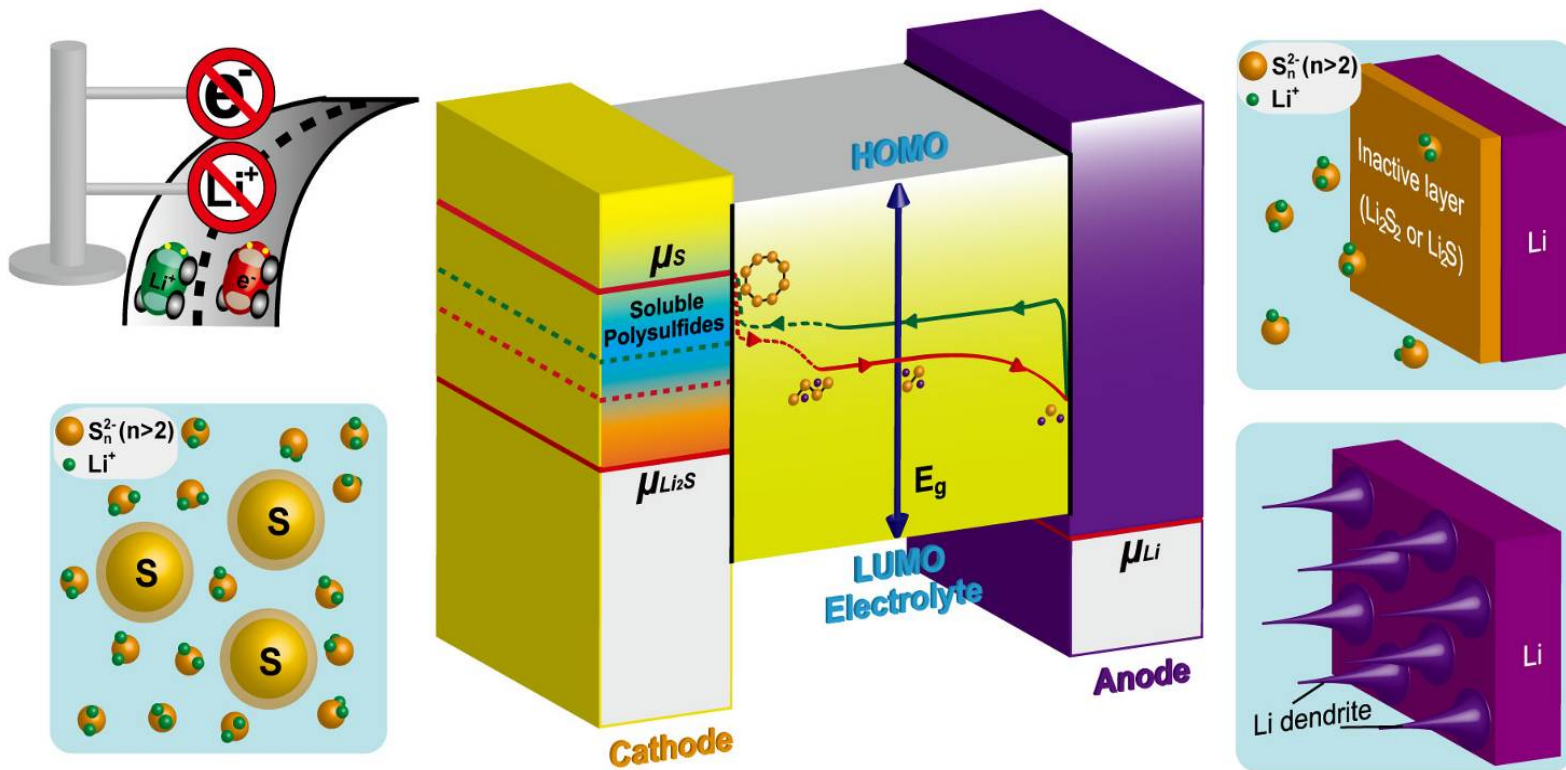


锂-硫电池





锂-硫电池的电化学

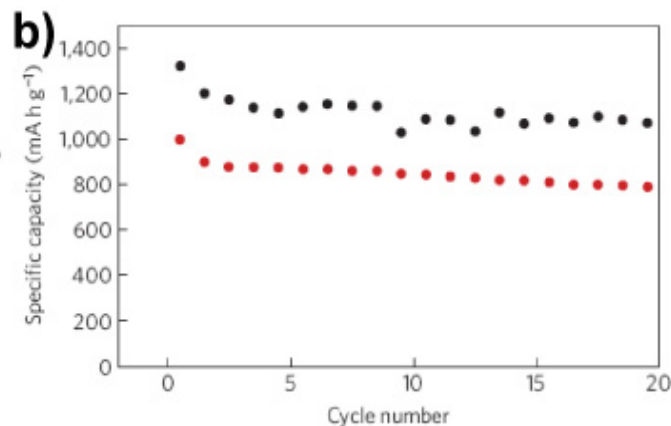
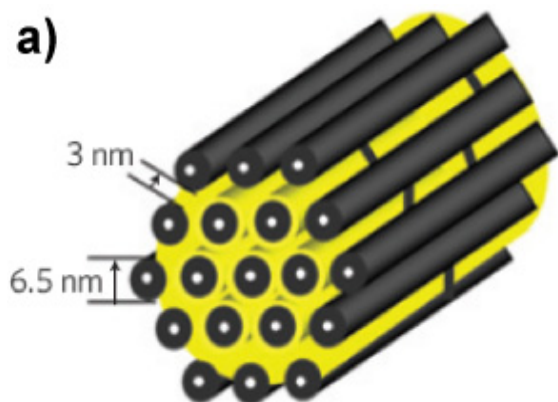


- 😊 正负极理论比容量高；
- 😊 耐过充过放；
- 😊 安全性良好。

- 😞 单质硫电导率低 ($5 \times 10^{-28} \text{ S m}^{-1}$)；
- 😞 多硫化锂的溶解和穿梭问题（正极循环性差）；
- 😞 锂枝晶的形成。

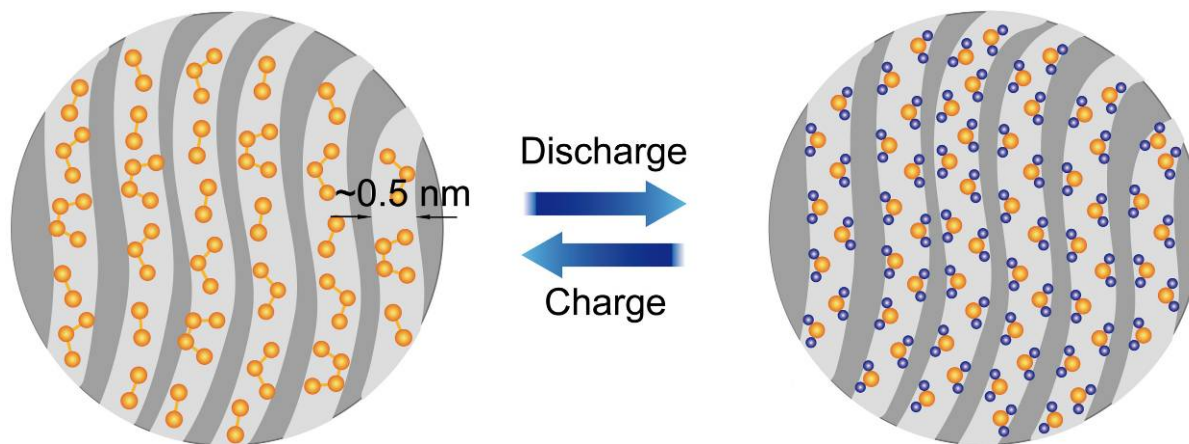


锂-硫电池性能改善策略



正极：用导电介孔碳基底吸附充放电过程中原味形成的多硫离子，提高硫正极的循环性。

Nazar L. F. et al, *Nat. Mater.*, 2009, 8, 500.

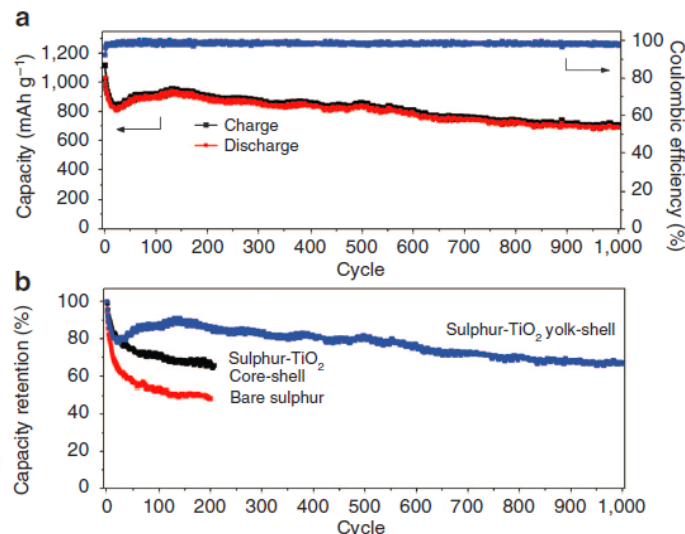
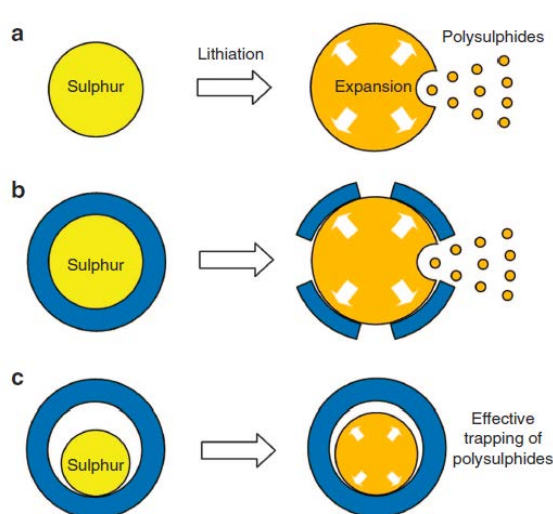


正极：利用微孔碳的限域效应，使硫的存在形式（小硫分子）和电化学反应过程发生变化，从而彻底解决硫正极的溶出问题。

Guo Y. G. et al, *J. Am. Chem. Soc.*, 2012, 134, 18510.

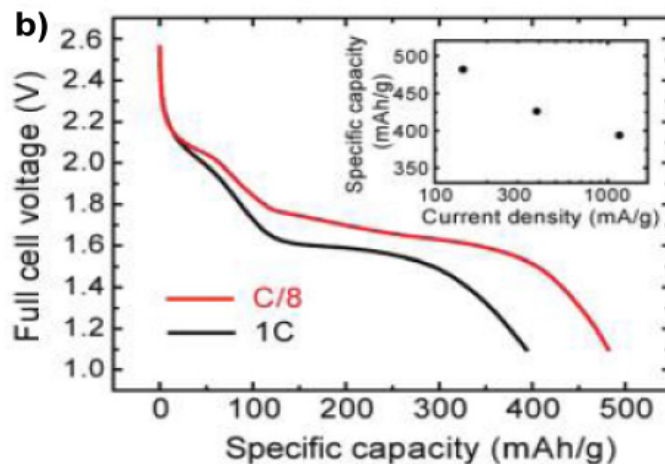
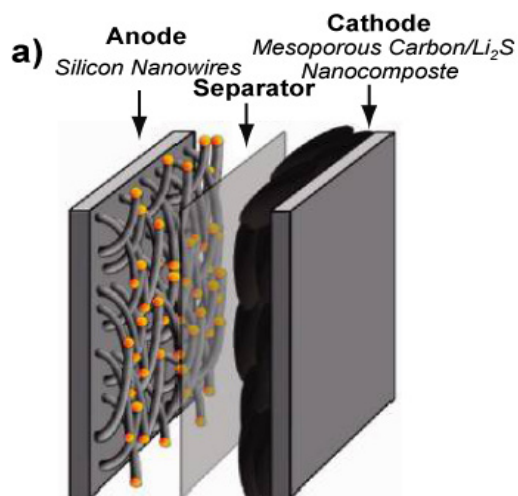


锂-硫电池性能改善策略



正极：用 TiO_2 包裹硫形成核壳结构，防止硫颗粒在循环过程中的体积形变，并限制硫的溶出。

Cui Y. et al, *Nat. Commun.*, 2013, 1331.

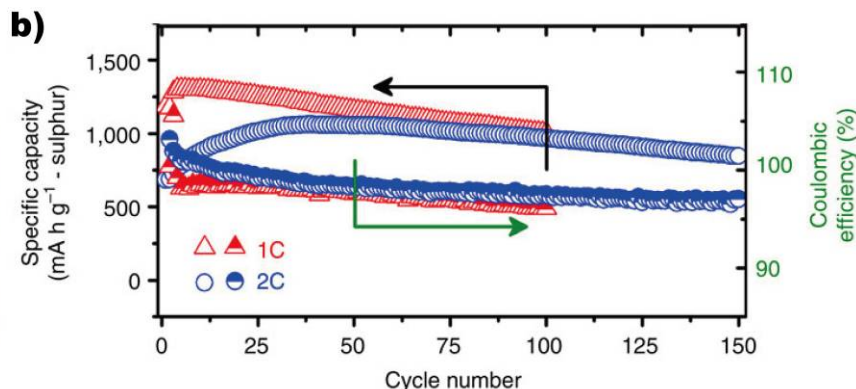
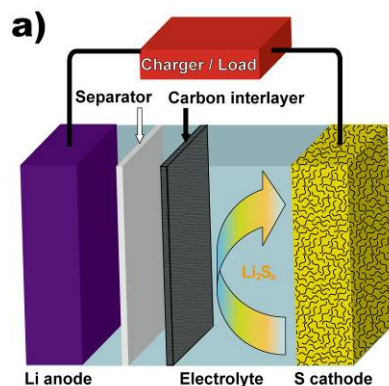


负极：用“无锂负极”防止锂枝晶形成，进一步提高电池的安全性。

1) Cui Y. et al, *Nano Lett.*, 2010, 10, 1486;
2) Zhang Y. et al, *Nano Lett.*, 2012, 12, 6474.

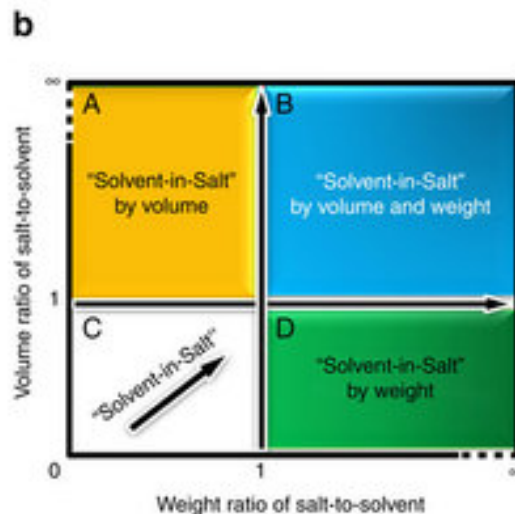
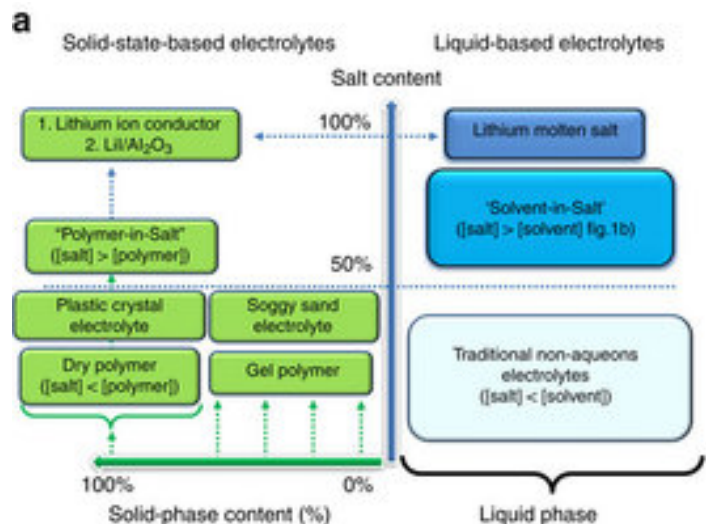


锂-硫电池性能改善策略



隔膜：用微孔碳隔膜将多硫化物阻挡在正极侧，提高电池的循环性。

Manthiram, A., *Nat. Commun.*, 2012, 1166.



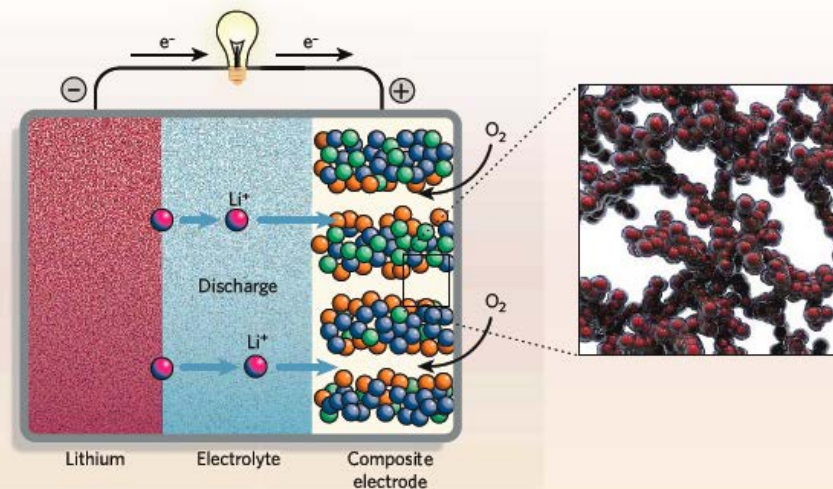
电解液：用含有高浓度锂盐的电解液阻碍多硫化物的扩散，从而有效将多硫离子留在正极侧，提高电池循环性。

Hu, Y.-S. et al, *Nat. Commun.*, 2013, 1481



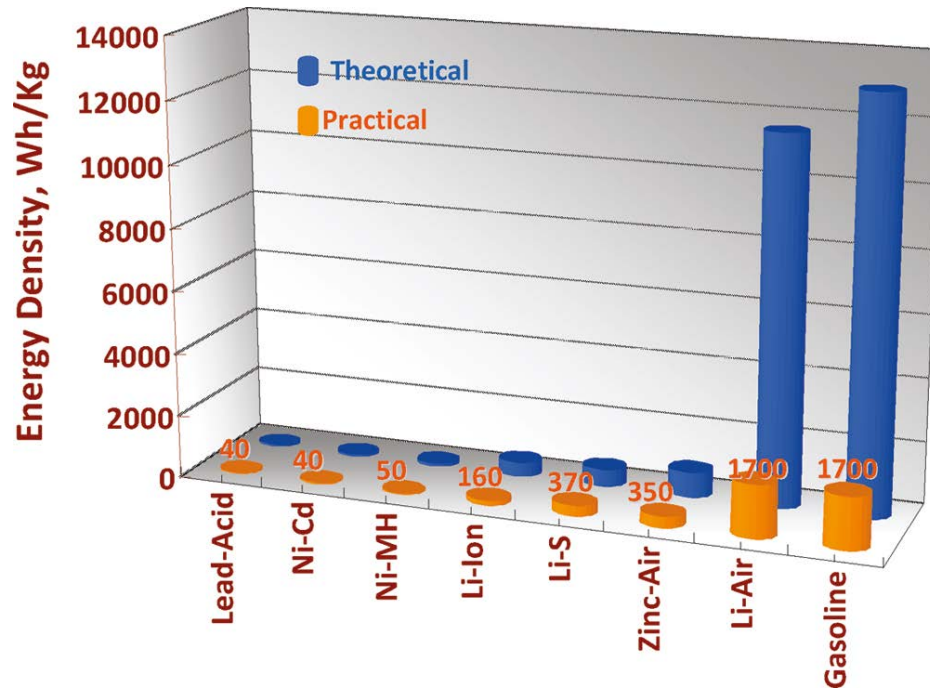
锂-空气电池

- ❖ 锂空气电池是一种用锂作阳极，以空气中的氧气作为阴极反应物的电池。
- ❖ 放电过程：负极的锂释放电子后成为锂离子(Li^+)， Li^+ 穿过电解质材料，在正极与氧气、以及从外电路流过来的电子结合生成不溶于有机电解液的氧化锂(Li_2O)或者过氧化锂(Li_2O_2)，并留在阴极。当放电产物完全堵塞正极碳孔道时，放电终止。
- ❖ 电极反应方程式：





锂-空气电池的优点



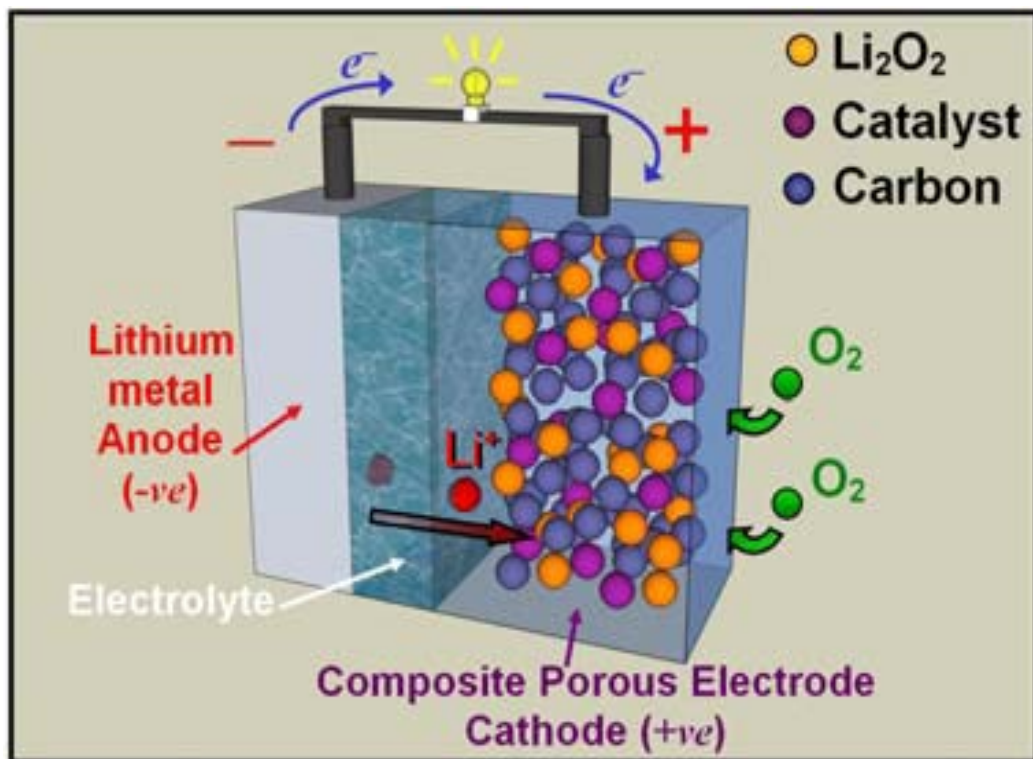
金属/空气电池	开路电压 (V)	理论比能量 (含氧) (Wh/kg)	理论比能量 (无氧) (Wh/kg)
Li/O ₂	2.91	5210	11140
Na/O ₂	1.94	1677	2260
Ca/O ₂	3.12	2990	4180
Mg/O ₂	2.93	2789	6462
Zn/O ₂	1.65	1090	1350

The key criteria for practical EV propulsion batteries are energy density, cost, lifetime (measured in years and miles), and safety.

锂-空气电池是目前能量密度最高的锂电池体系，其能量密度远高于目前正广泛使用的锂离子电池，与汽油相当，因而极有希望用于未来的电动汽车中。



锂-空气电池的缺点



尚需解决的问题:

功率密度低 ($< 1 \text{ mA cm}^{-2}$);

充电电压过高, 导致能量利用率低下 (60%-70%);

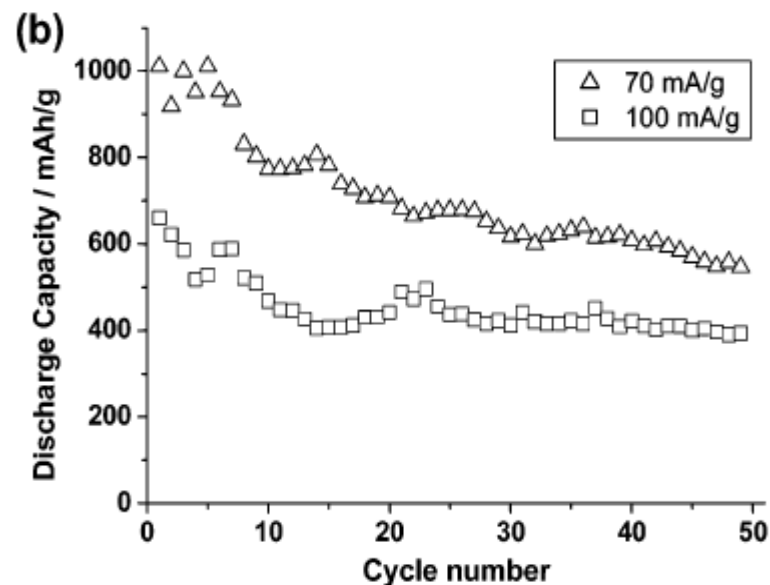
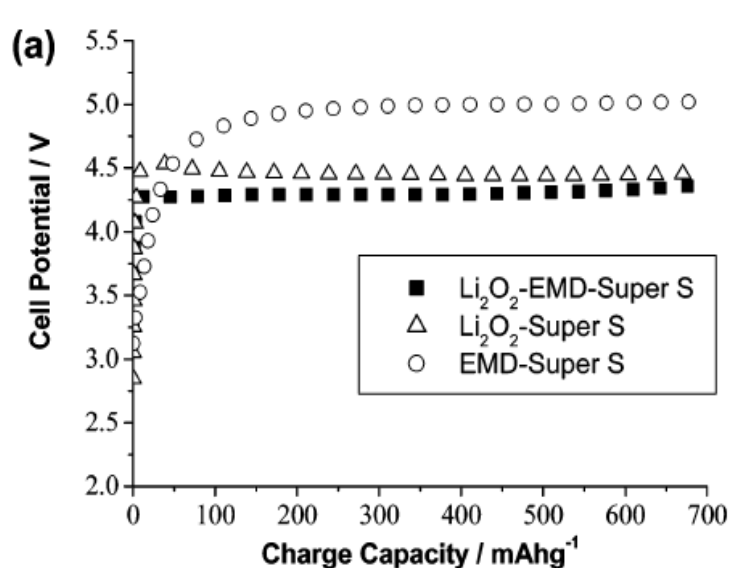
循环性能不佳 (循环次数 < 50 圈);

安全性 (锂枝晶的生成, 主要放电产物为过氧化锂)。

选择合适的多孔空气电极 (催化剂)、隔膜材料、电解液和封装材料是解决问题的关键!



催化剂的作用



- ❖ 氧化锰的加入可以降低 Li₂O₂ 的分解电压;
- ❖ 70 mA g⁻¹ 电流密度下循环 50 圈后的循环容量: 600 mA h g⁻¹ (以空气电极上多孔碳的质量计算)。

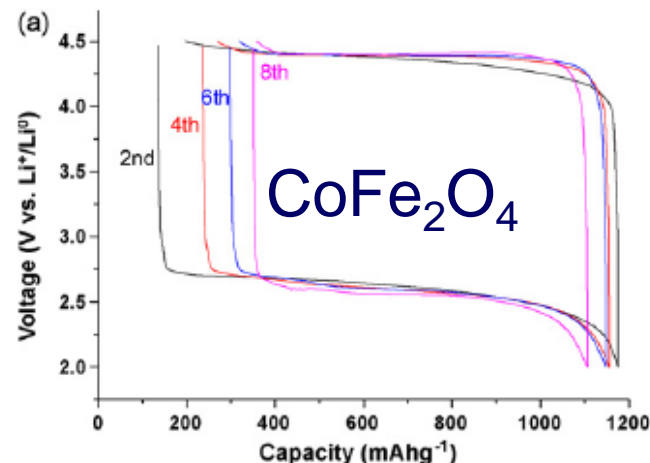
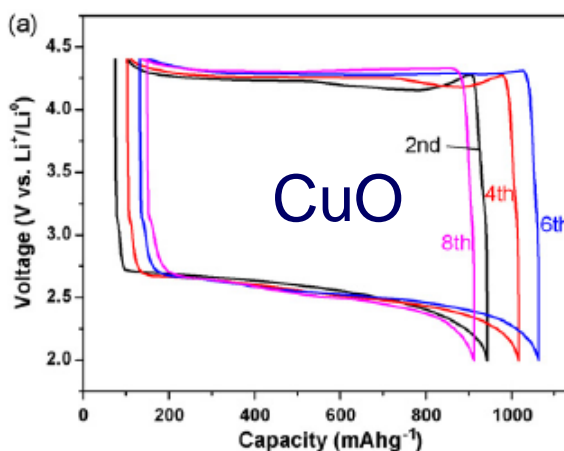
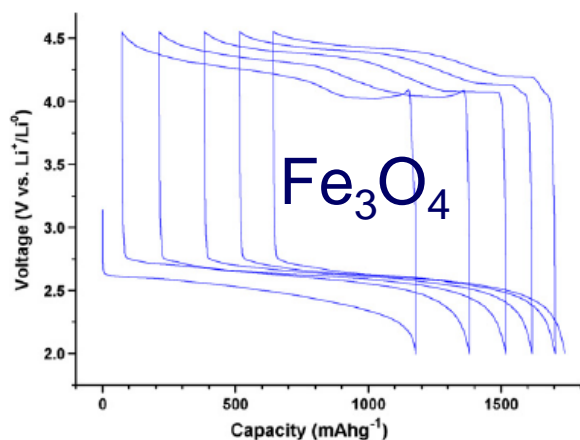


过渡金属氧化物催化性能对比

Table 1

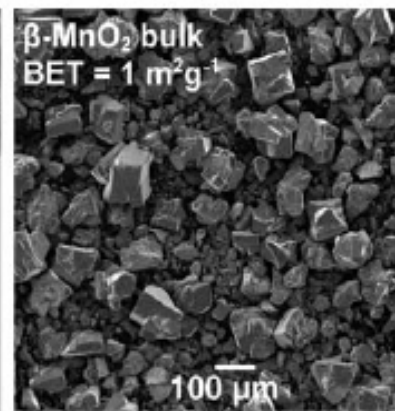
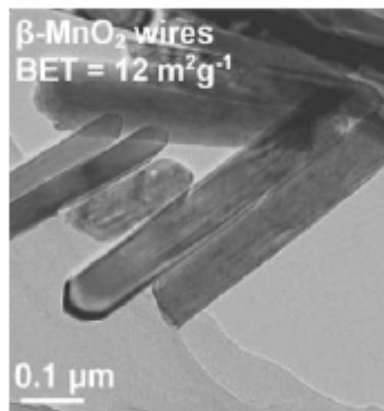
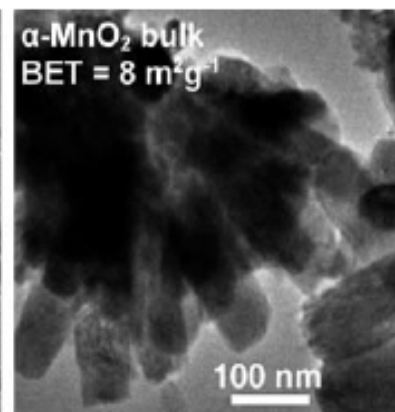
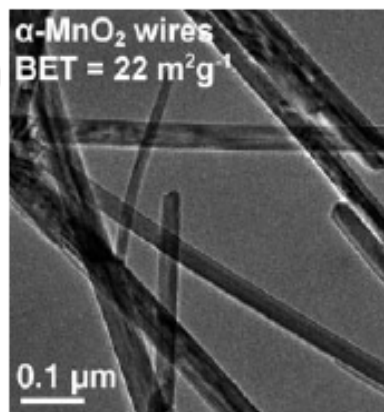
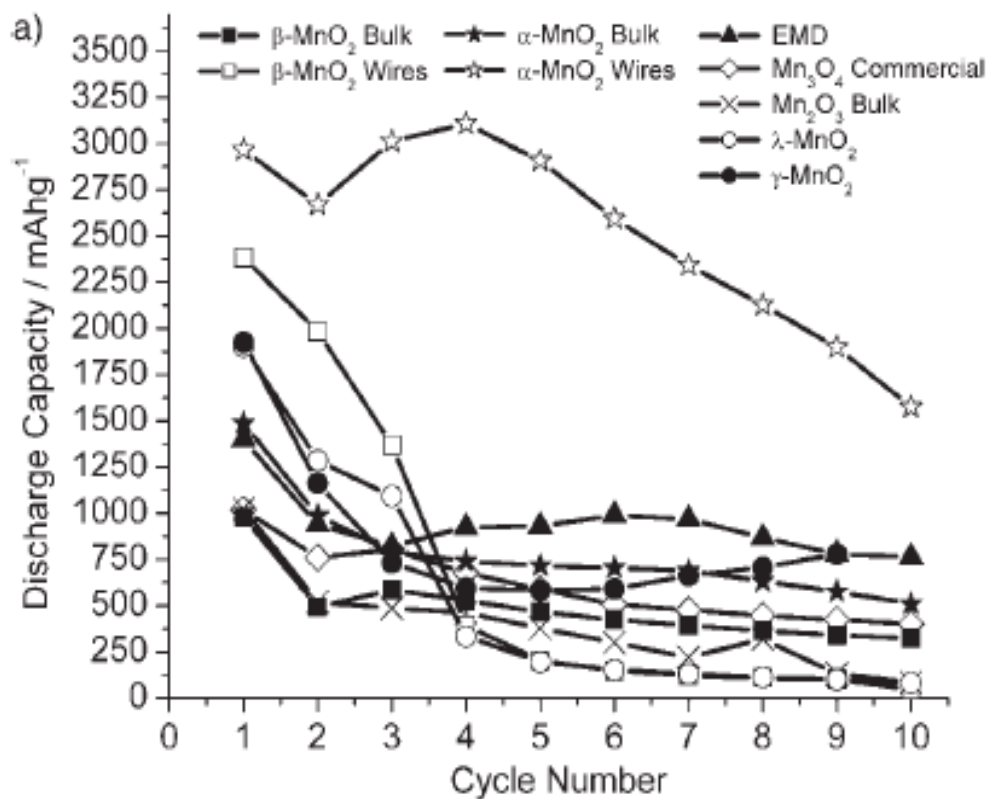
Discharge voltage and discharge capacities of cycles 1, 5, and 10

Catalyst	Discharge voltage (V)	Capacity of cycle 1 (mA h g^{-1})	Capacity of cycle 5 (mA h g^{-1})	Capacity of cycle 10 (mA h g^{-1})	Capacity retention per cycle (%)
Pt	2.55	470	60	60	1.28
$\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$	2.6	750	75	40	0.53
Fe_2O_3	2.6	2700	500	75	0.28
Fe_2O_3 -carbon loaded	2.6	2500	280	75	0.3
NiO	2.6	1600	900	600	3.75
Fe_3O_4	2.6	1200	1200	800	6.67
Co_3O_4	2.6	2000	1900	1300	6.5
CuO	2.6	900	900	600	6.67
CoFe_2O_4	2.6	1200	900	800	6.67





锰氧化物催化性能对比

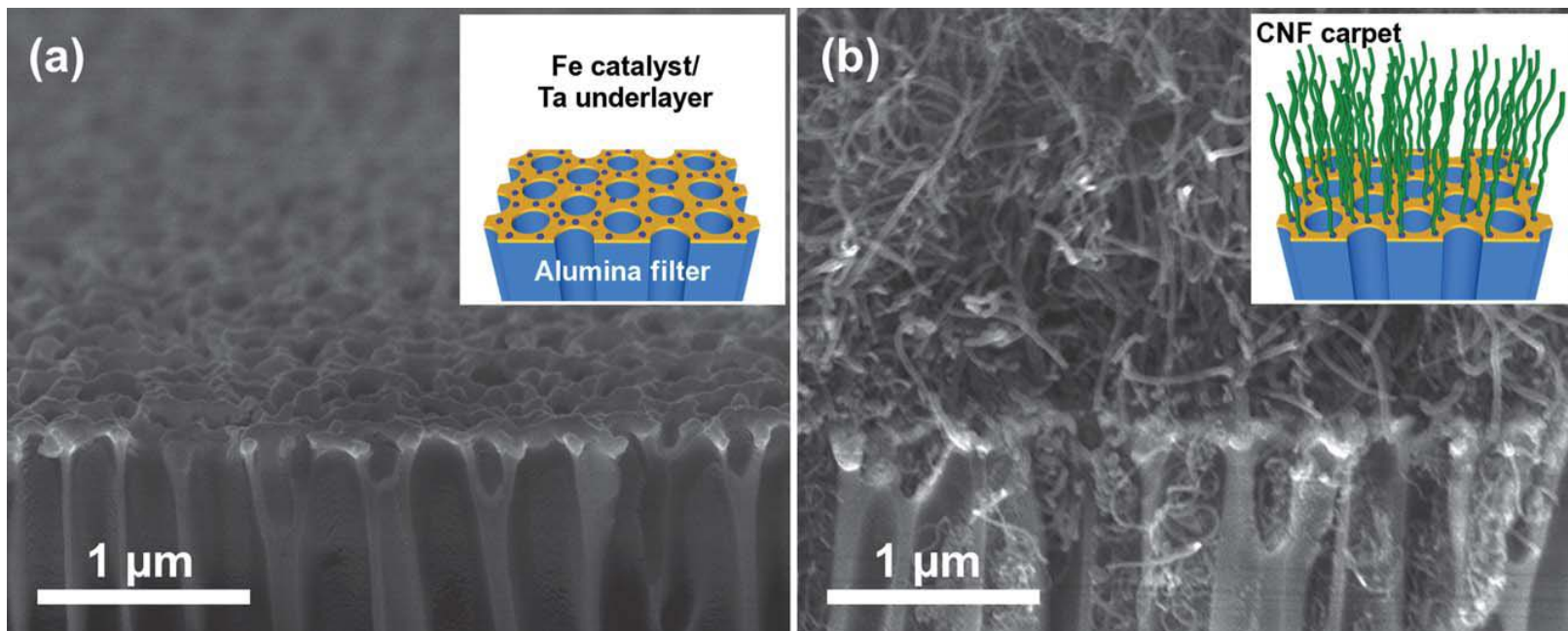


α-MnO₂ 作催化剂时，能得到最高的循环容量（晶体结构）；

α-MnO₂ 纳米线的催化性能要强于 α-MnO₂ 粉体（比表面积）。



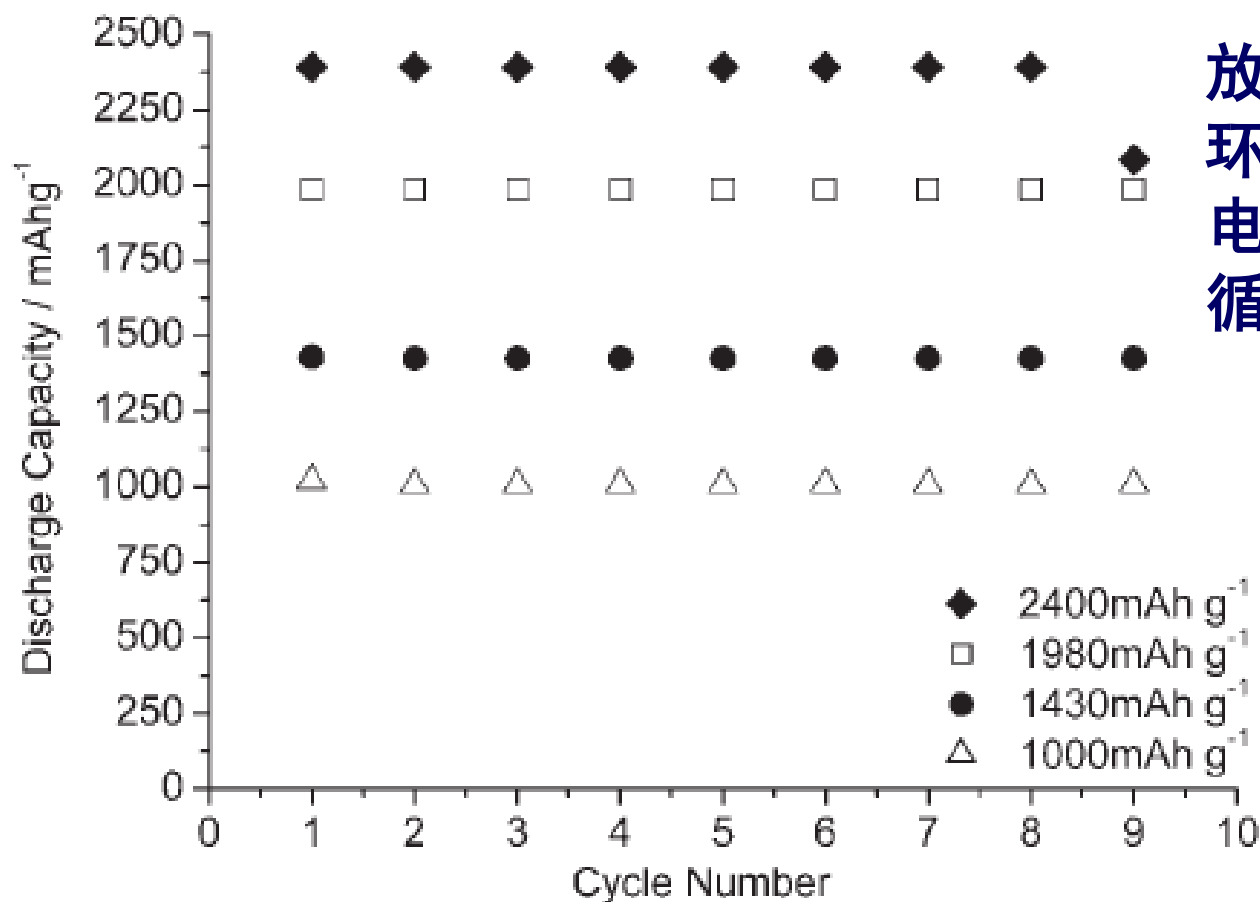
碳纳米纤维空气电极



多孔氧化铝模板表面用电子束蒸发的方法形成Ta/Fe双层薄膜，之后通过CVD催化生长的方法在氧化铝模板孔道内生长碳纳米纤维，由此制备出多孔空气电极。



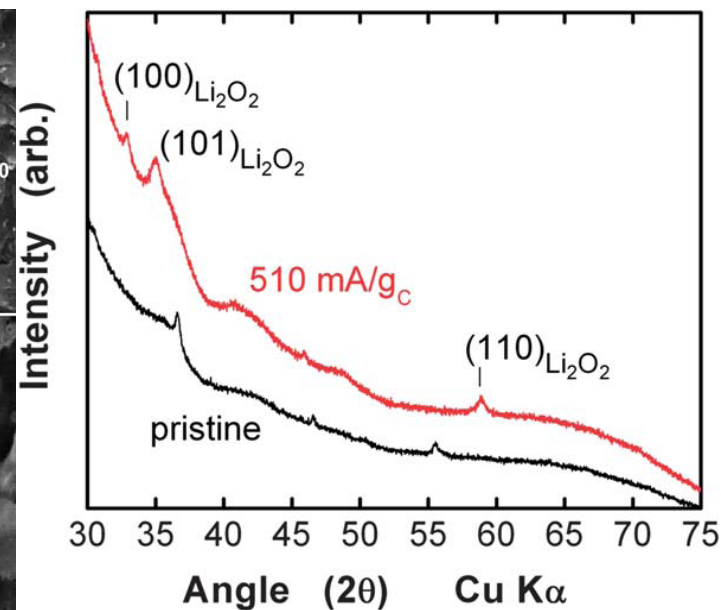
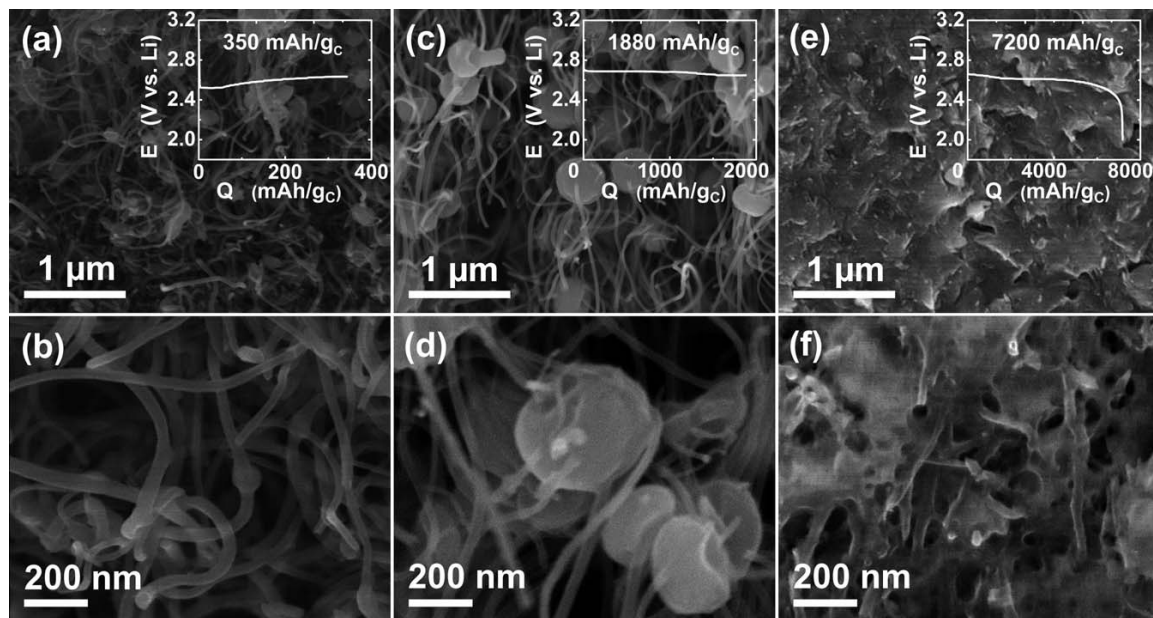
放电深度对循环性能的影响



放电深度对电池的循环性有显著影响：放电深度越小，电池的循环性能越好。



碳纳米纤维空气电极



Li_2O_2 在碳纳米纤维表面的独特生长机制：随着放电的进行，首先在纳米纤维表面形成小的突起，随后长成球状。



超级电容器



超级电容器

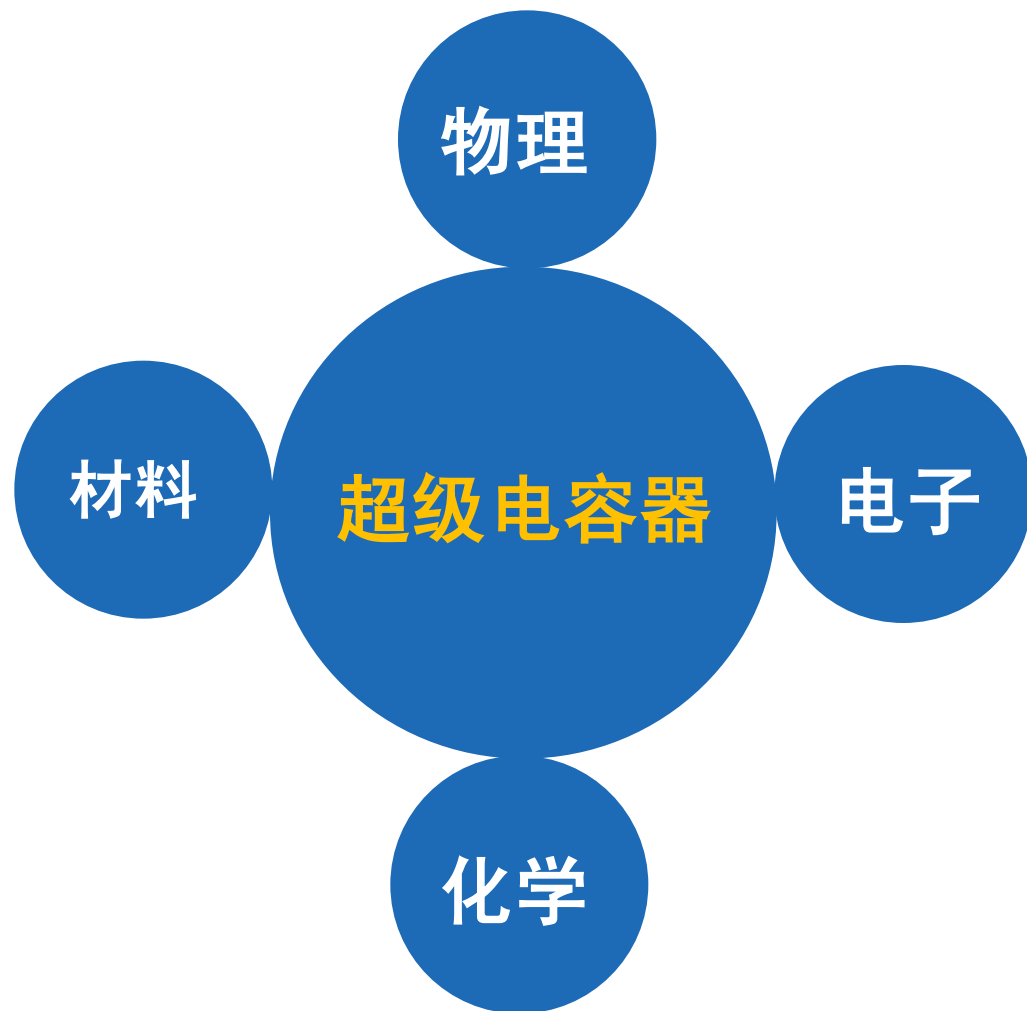




超级电容器分类

按照储能机理，超级电容器分为**双层电容器**和**赝电容器**。

- 新型储能装置
- 充电时间短
- 使用寿命长
- 温度特性好
- 节约能源
- 绿色环保





电极材料

传统材料:

碳黑

碳粉

碳纤维

活性炭

碳气凝胶

新型碳材料:

碳纳米管

石墨烯

碳纳米角

碳纳米洋葱

碳纳米笼

介孔碳

Adv. Mater. **2011**, 23, 4828–4850.

Adv. Mater. **2010**, 22, 5202–5206.

Electrochim. Acta **2007**, 53, 1083–1091.

Carbon **2007**, 45, 2511–2518.

Nat. Nanotechnol. **2010**, 5, 651–654.

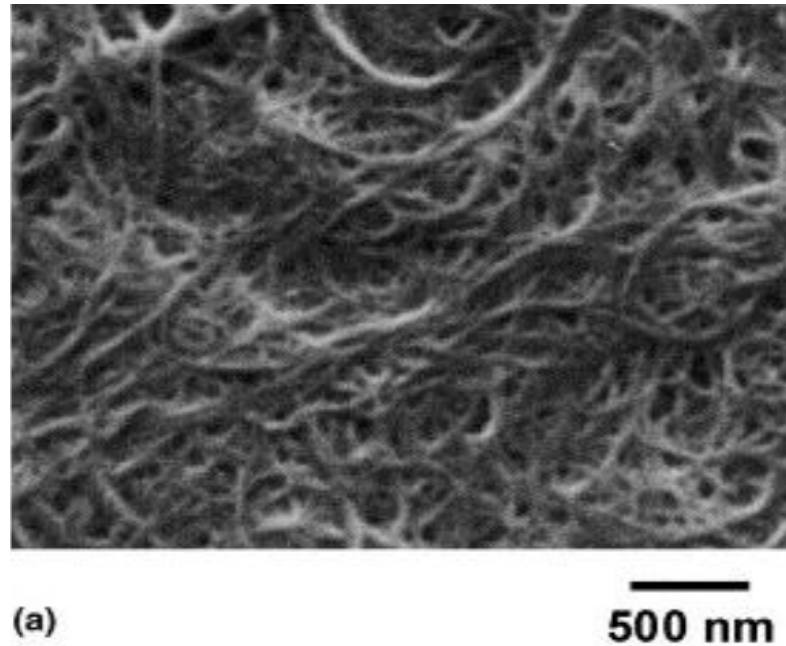
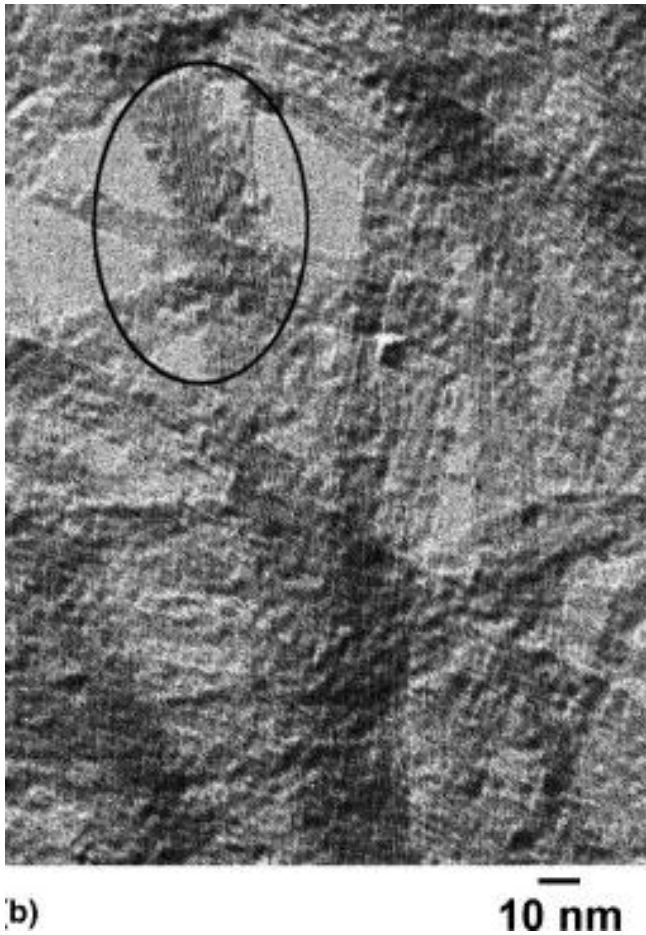
Small **2012**, 8, 1130–1166.

Chem. Mater. **2011**, 23, 4810–4816.

⋮

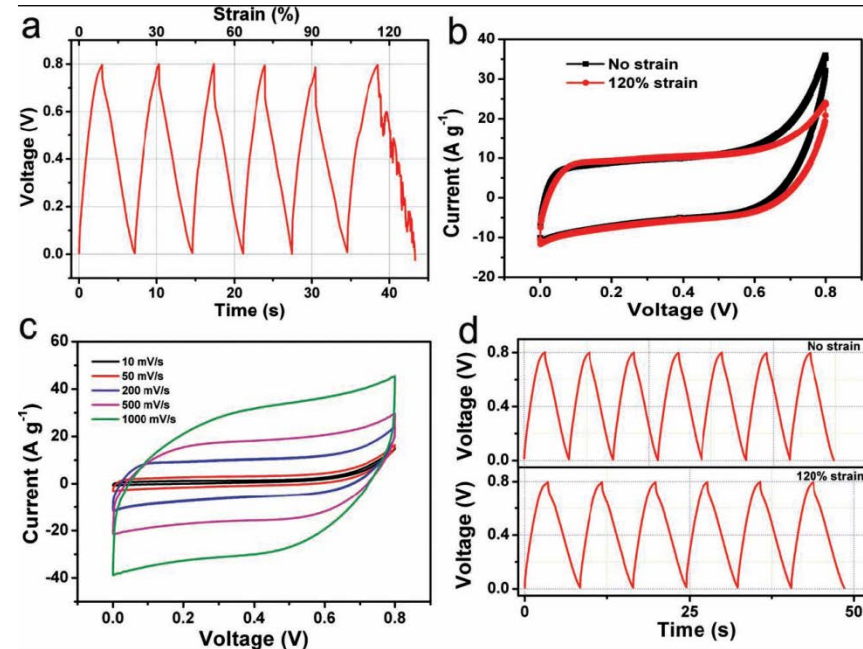
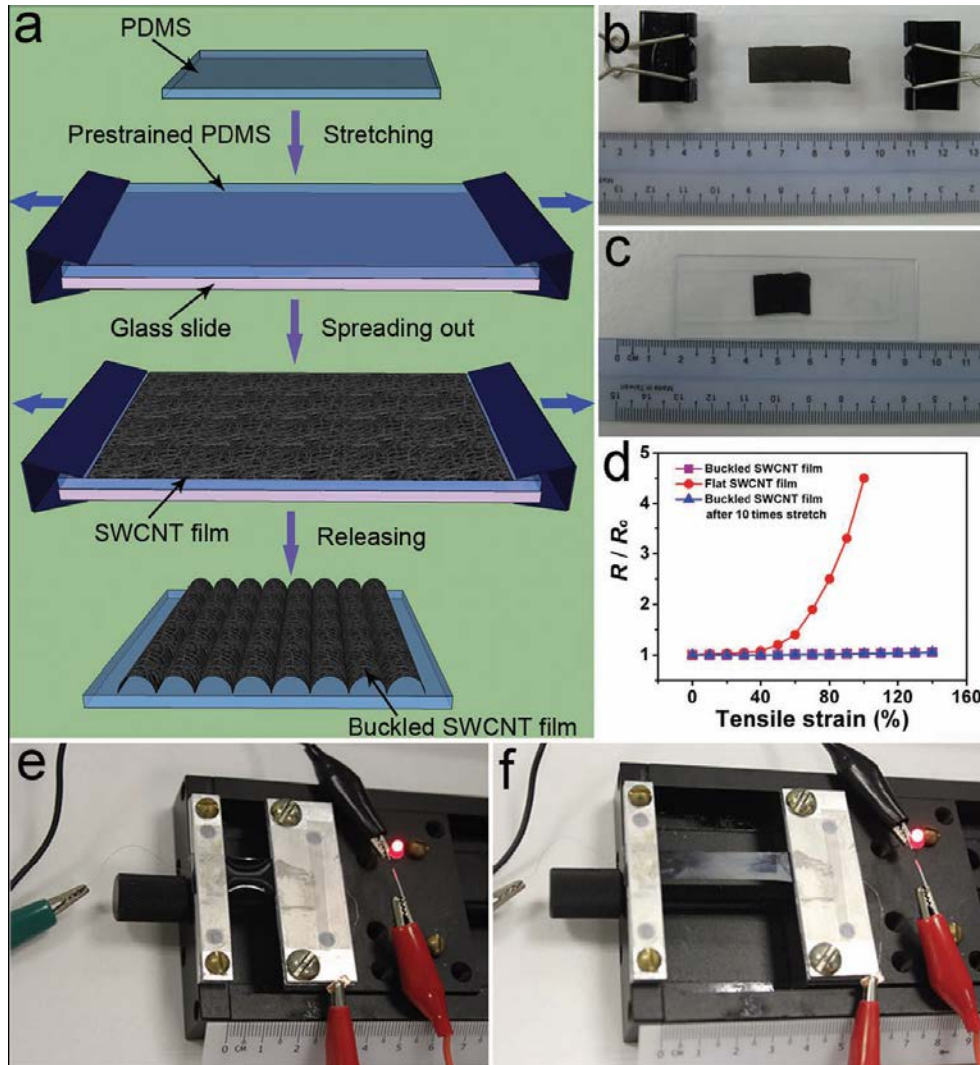


碳纳米管



SWCNT is prepared by the HiPco™ process (thermal decomposition of CO under high pressure with Fe catalyst) in 1M LiClO₄/PC solution. The bundles structure of SWCNTs with around 1.0 nm shows ~45F/g (10uF/cm²)

碳纳米管网络薄膜

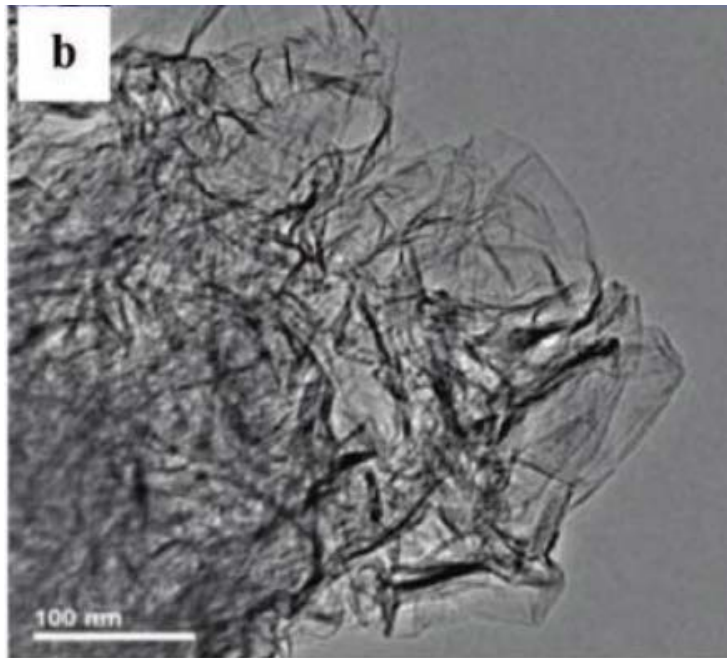


The performance of the stretchable supercapacitors remained nearly unchanged under 120% strain even in the stretching process.



石墨烯

The first attempt was done by Rod Ruoff's group in 2008.

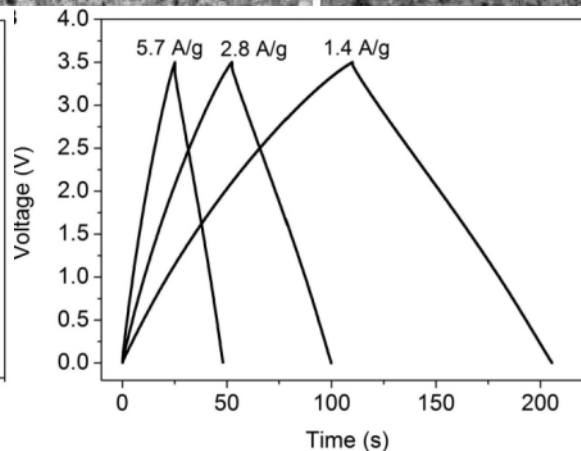
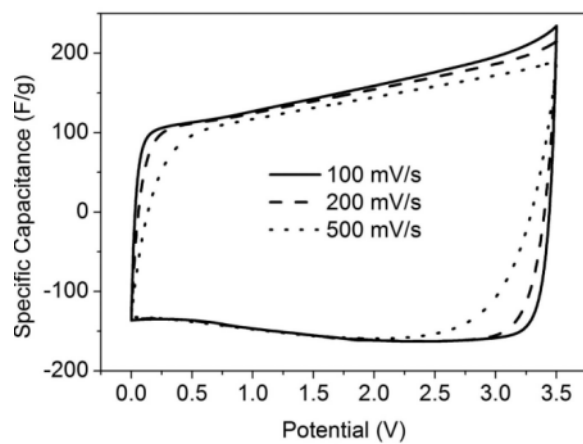
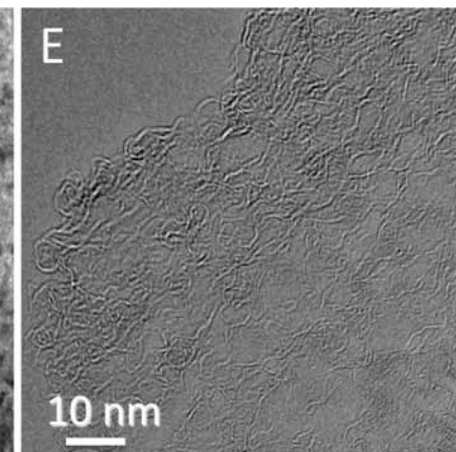
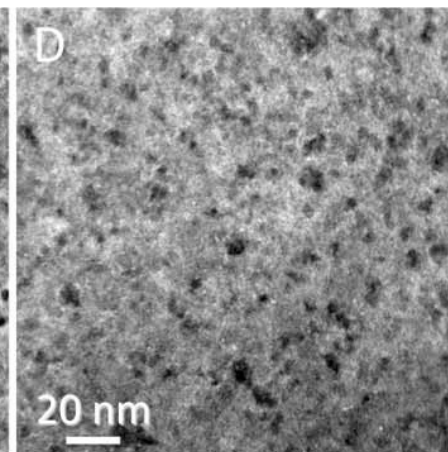
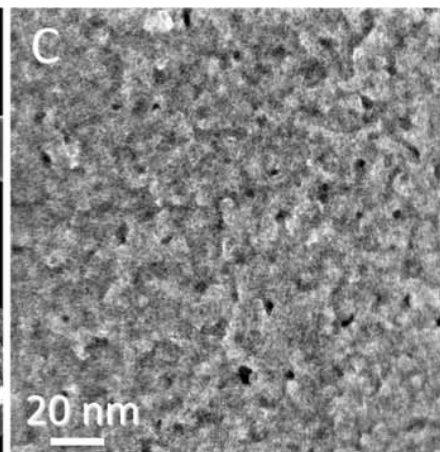
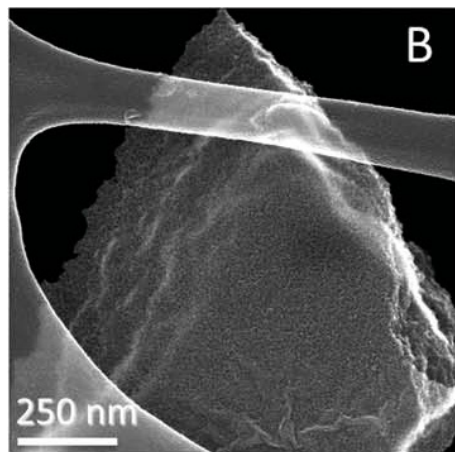
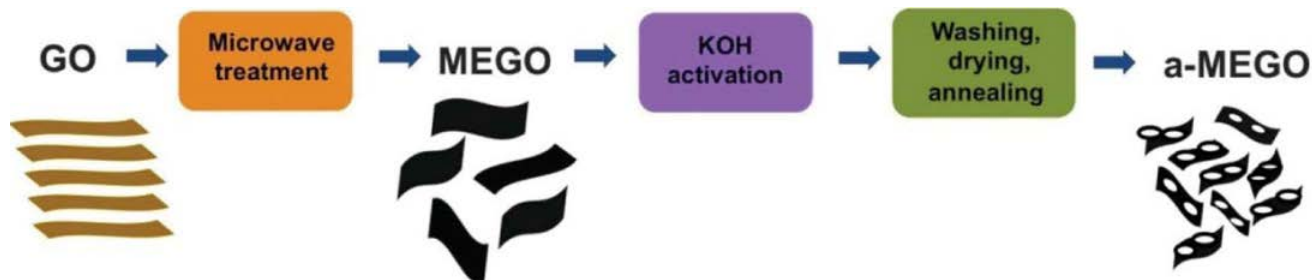


Chemically modified graphene as electrode materials.

electrolyte	galvanostatic discharge (mA)		cyclic voltammogram average (mV/sec)	
	10	20	20	40
KOH	135	128	100	107
TEABF ₄ /PC	94	91	82	80
TEABF ₄ /AN	99	95	99	85



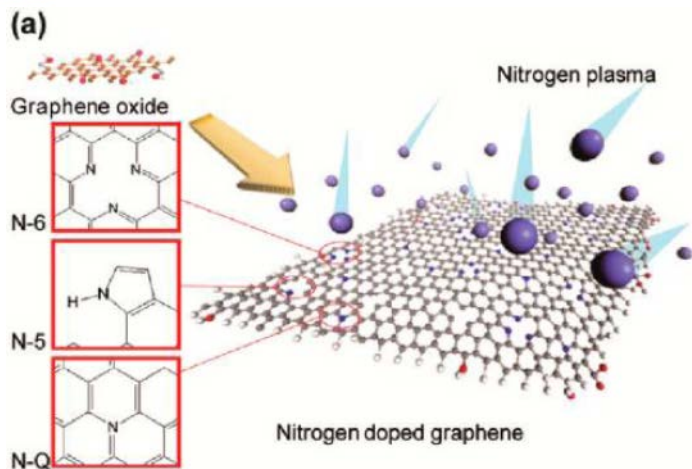
活化石墨烯



KOH activated graphene: negative curvature carbon. SSA ~3100 m²/g; porous 0.6~5nm Capacitance of 166F/g in the BMIM BF₄/AN(3.5V) Energy density ~70Wh/kg Power density ~250kW/kg

Science, **2011**, 333, 1537-1541.

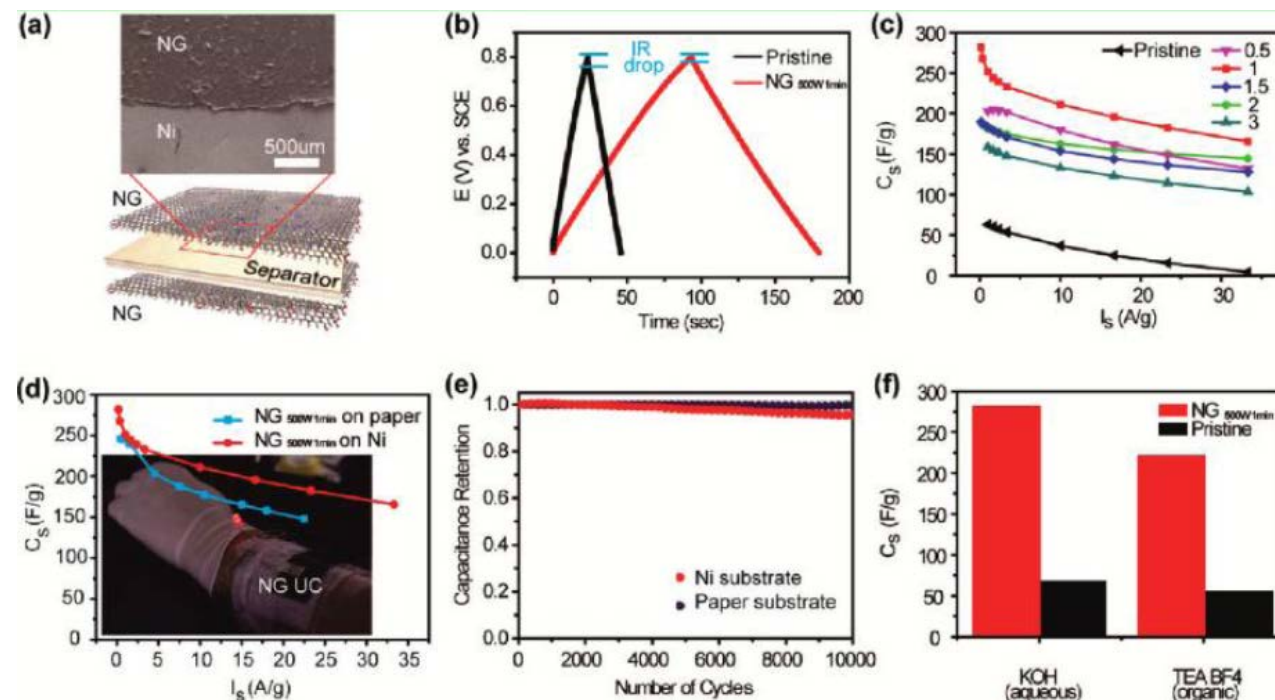
掺氮石墨烯



Capacitance $\sim 280\text{F/g}$

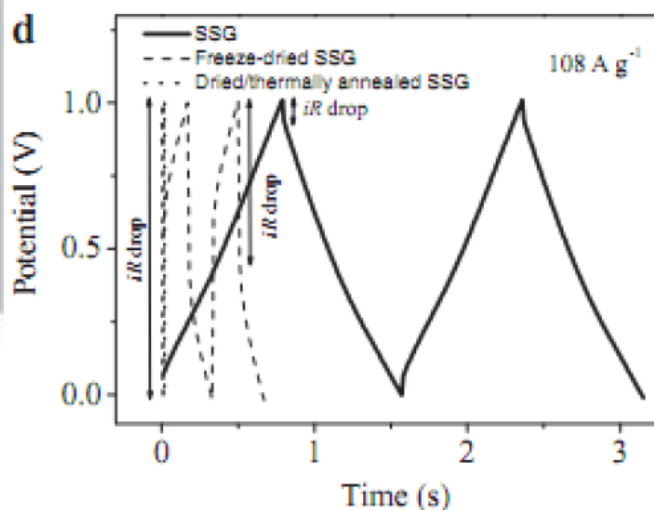
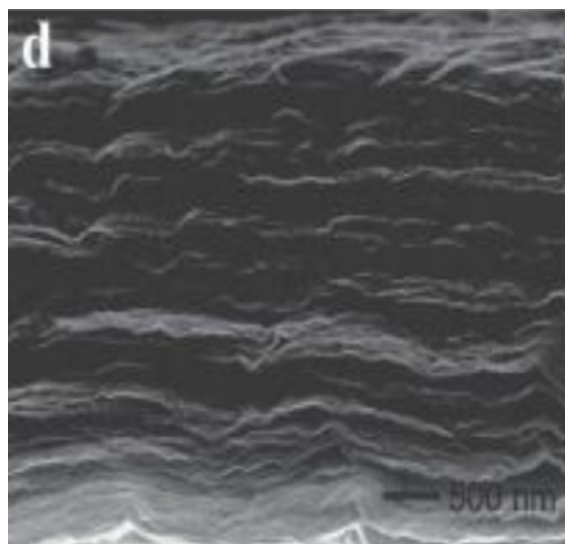
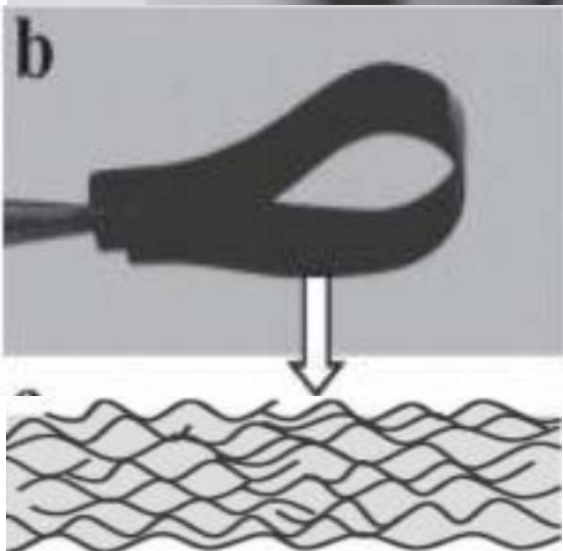
Nitrogen-doping can

- (1) alter electronic structures;
- (2) introduce disorder structures and defects;
- (3) increase electrical conductivity.



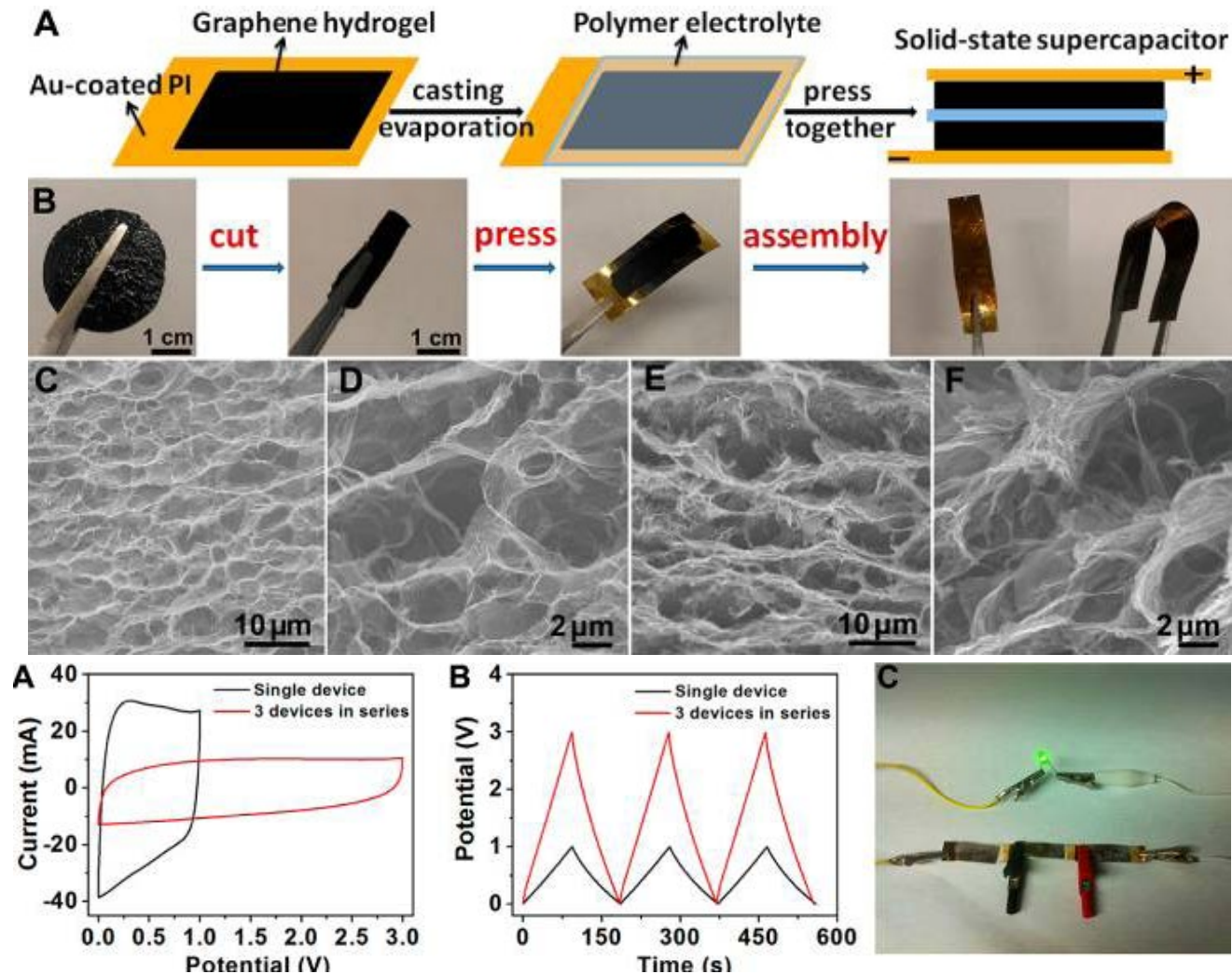


石墨烯薄膜



At a discharge rate of 108 A/g , a maximum power density of 414 kW/kg can be reached. Even at 1080 A/g , a capacitance of 156.5 F/g can be maintained.

石墨烯水凝胶薄膜



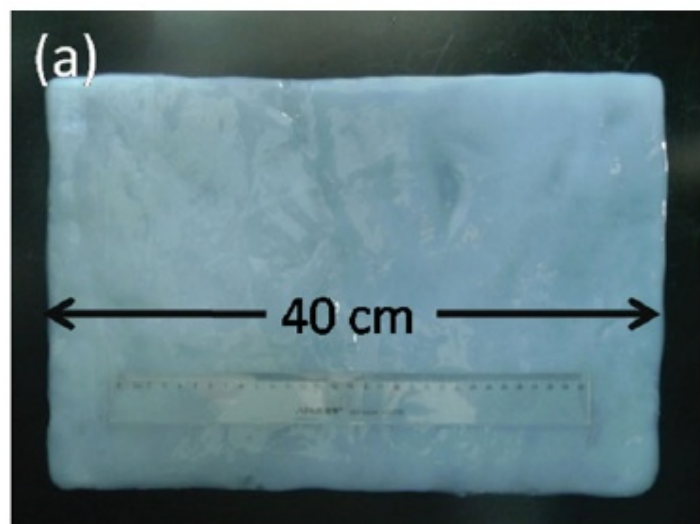
A novel flexible solid-state supercapacitor with 120 μm thick graphene hydrogel films achieves a high gravimetric specific capacitance (186 F/g at 1 A/g).

ACS Nano, **2011**, 5, 8140.



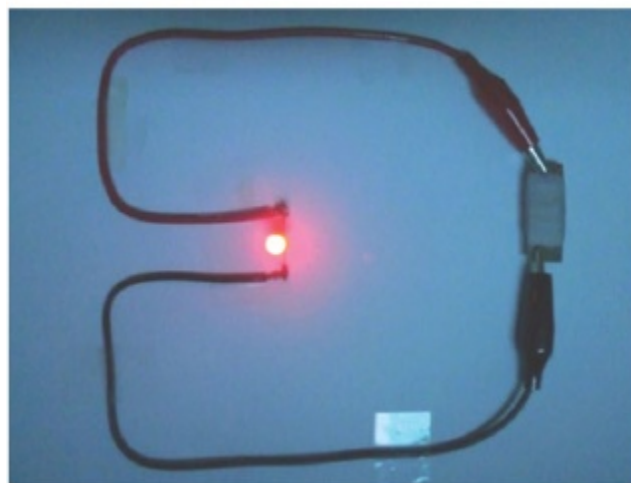
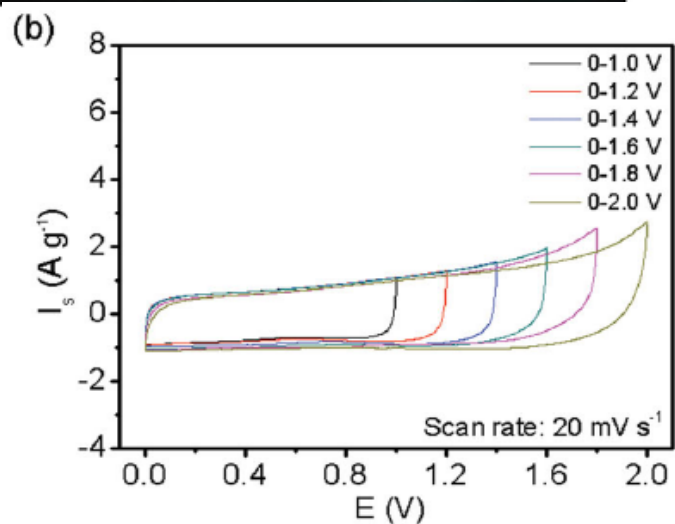
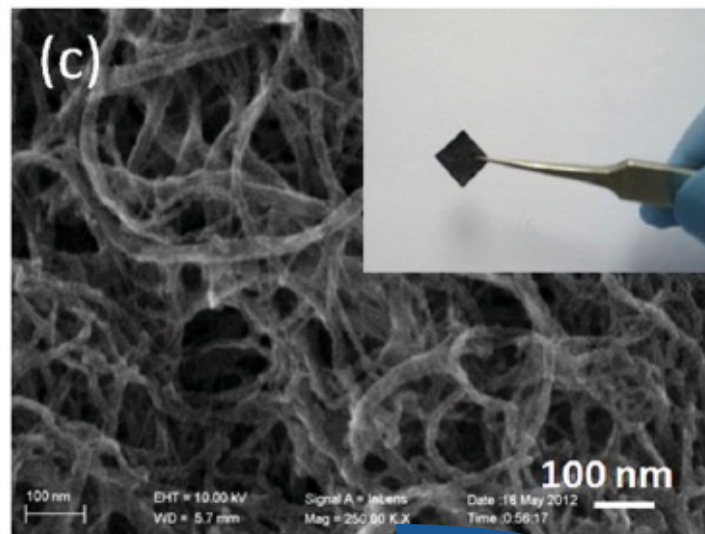
碳纤维

细菌纤维素食品



热处理
碳化

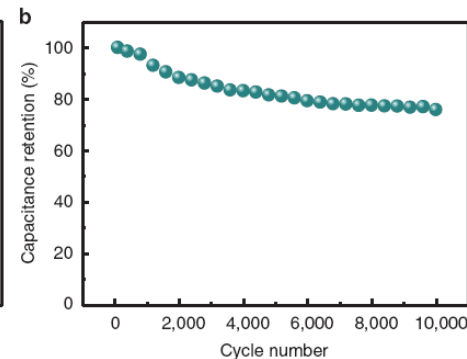
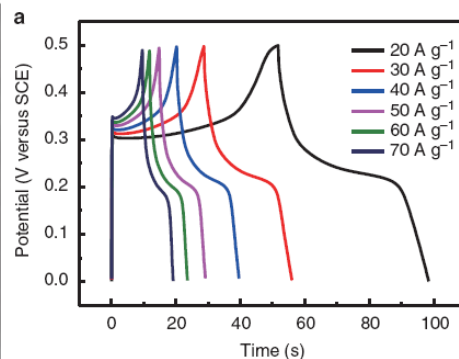
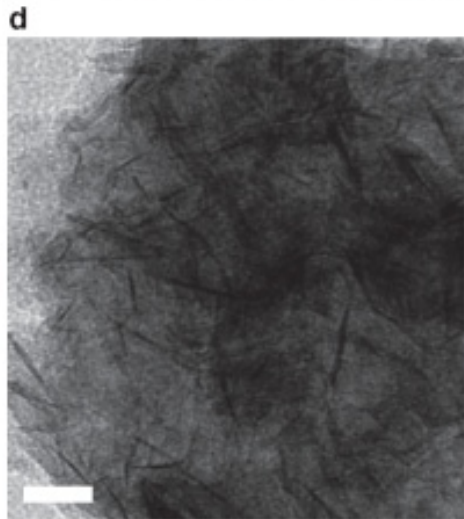
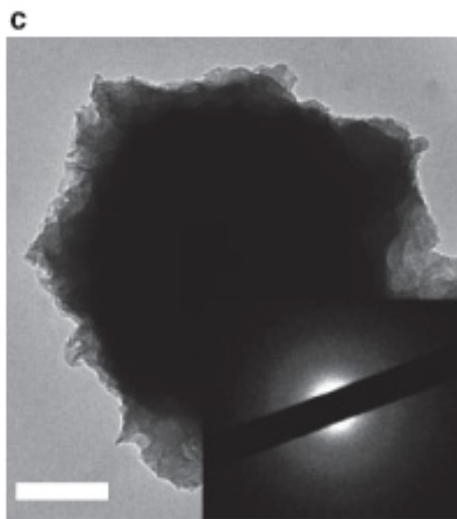
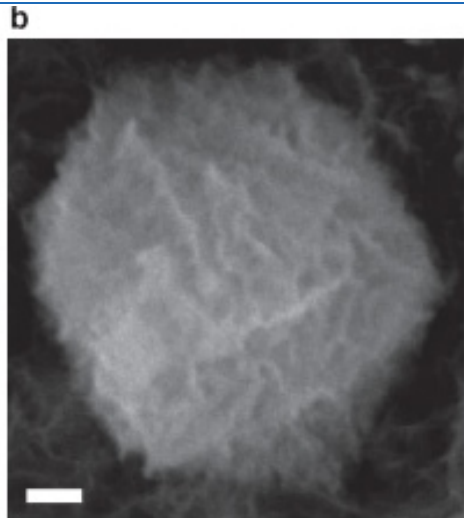
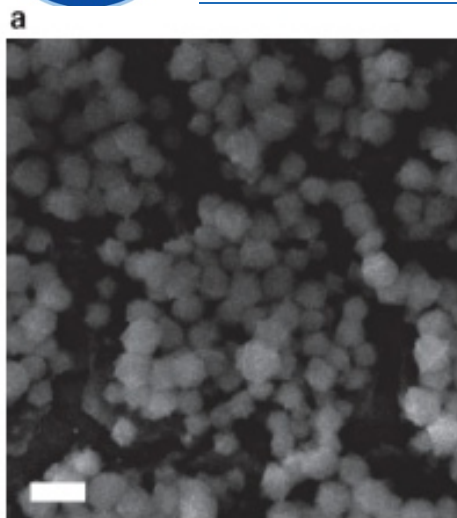
碳纤维



超级电容器



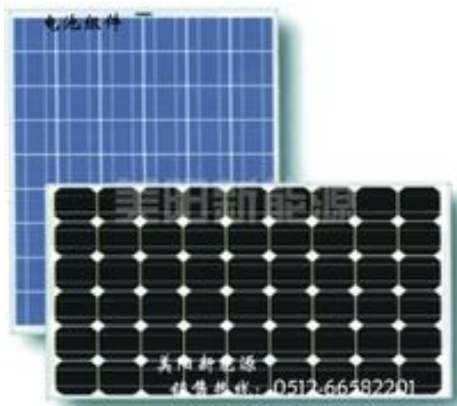
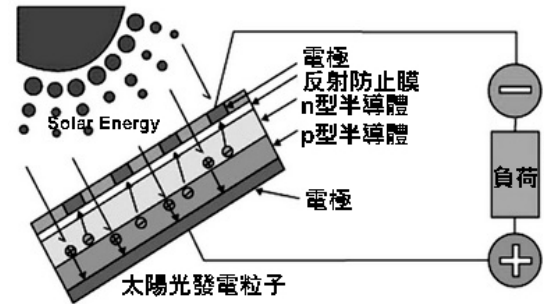
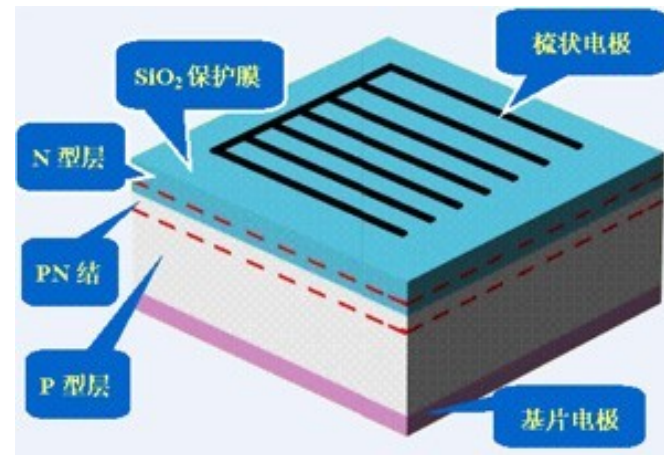
无定形氢氧化镍纳米球



Asymmetric pseudocapacitors of the amorphous nickel hydroxide exhibit high capacitance (153 Fg^{-1}), high energy density (35.7 Wh kg^{-1} at a power density of 490 Wkg^{-1}) and super-long cycle life (97% and 81% charge retentions after 5,000 and 10,000 cycles, respectively).



太阳能电池





太阳能电池发展历史

起始阶段（1615-1900）：1615年法国工程师所罗门·德·考克斯在世界上发明第一台太阳能驱动的发动机算起。

开发阶段（1900-1920）：1901年，在美国加州建成一台太阳能抽水装置，采用截面圆锥聚光器，功率：7.36kW。

冷落阶段（1920-1945）

恢复阶段（1945-1965）

停滞阶段（1965-1973）

过渡阶段（1973-1980）：

1973年10月中东战争爆发，世界发生了“能源危机”。从而使许多国家重新加强了对太阳能及其它可再生能源技术发展的支持，在世界上再次兴起开发利用太阳能热潮。

低谷阶段（1980-1992）：世界石油价格大幅度回落，太阳能产品价格居高不下，缺乏竞争力。

快速发展阶段（1992-至今）



1958年 太阳电池首次在空间应用，装备美国先锋1号卫星电源。



太阳能电池发展分类

太阳能电池的分类

硅太阳能电池

以无机盐如砷化镓III-V化合物、硫化镉、铜铟硒等多元化合物为材料的电池

功能高分子材料制备的太阳能电池

纳米晶太阳能电池

研究热点

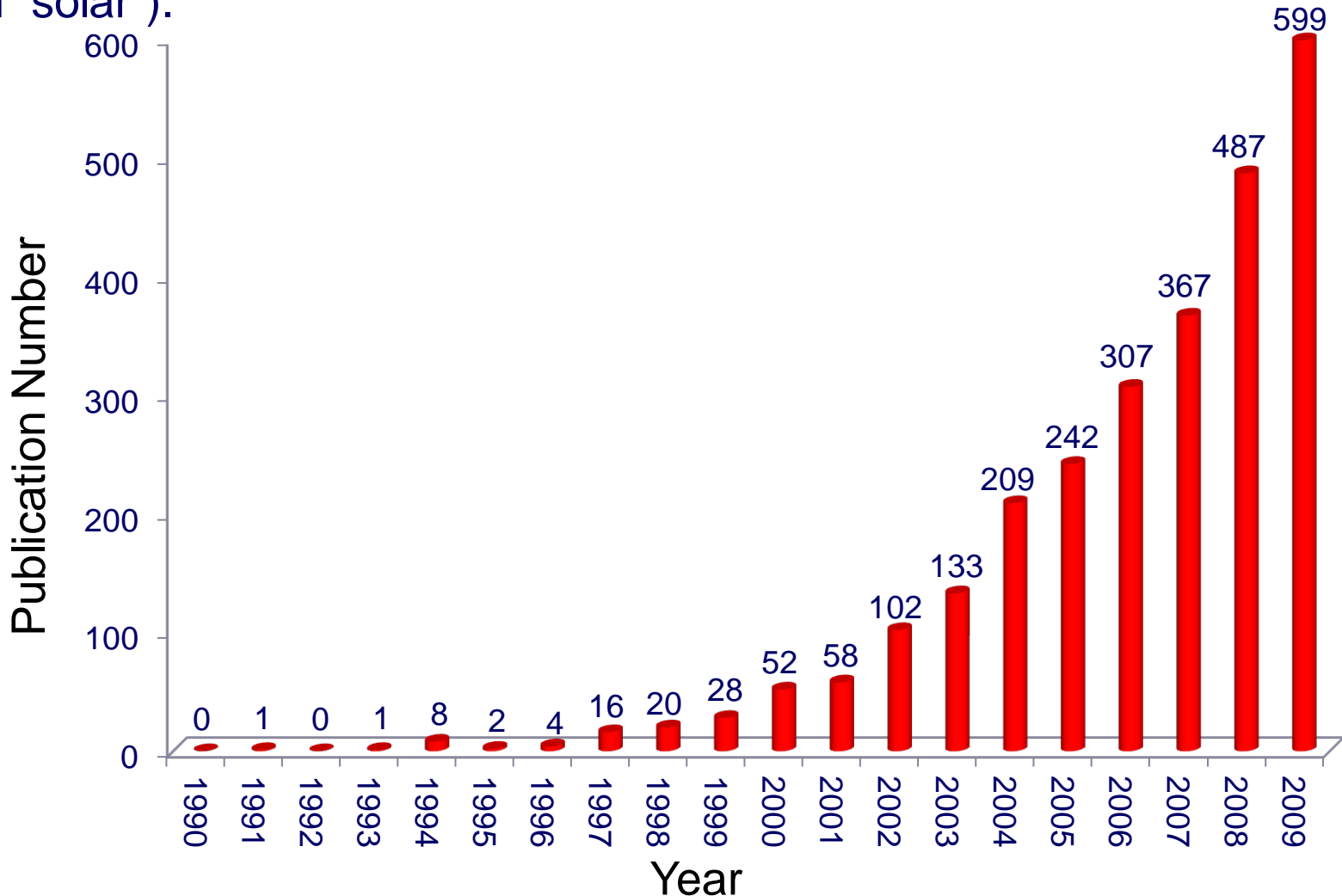
染料敏化

量子点



染料敏化太阳能电池

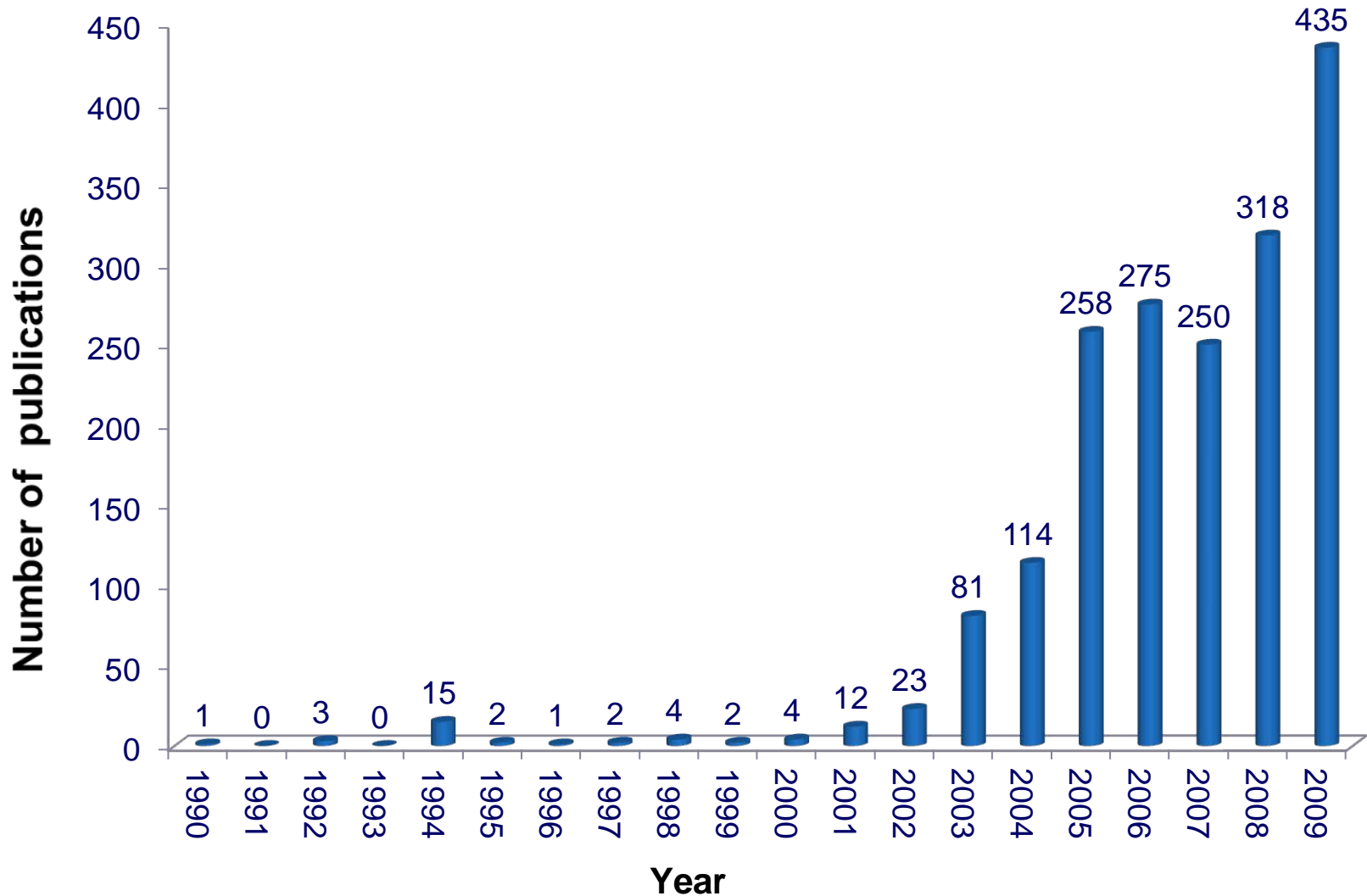
Number of publications published per year (a) number of research articles (data source, ISI Web of Knowledge, using the keywords “dye-sensitized” and “solar”).





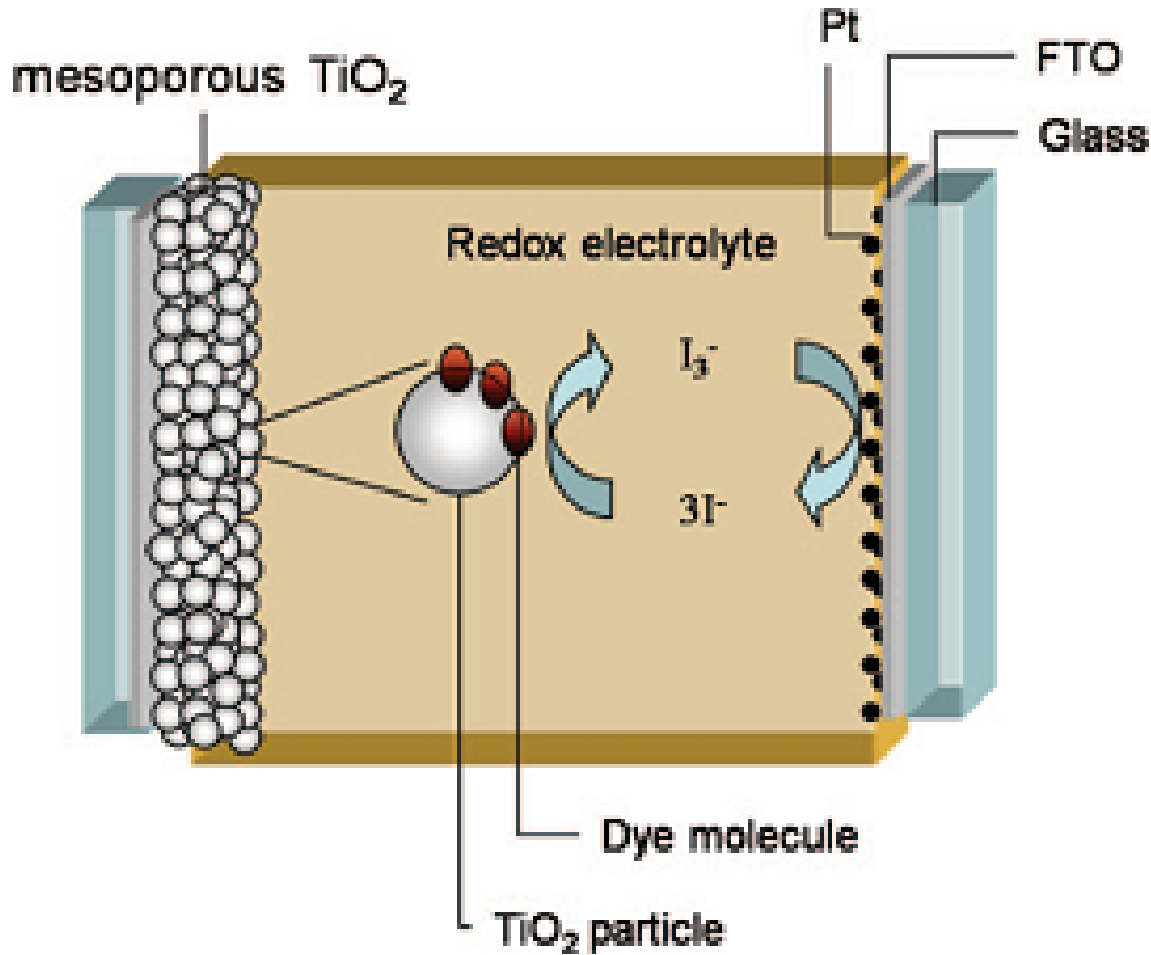
染料敏化太阳能电池

(b) number of patent families (data source, esp@cenet).





染料敏化太阳能电池

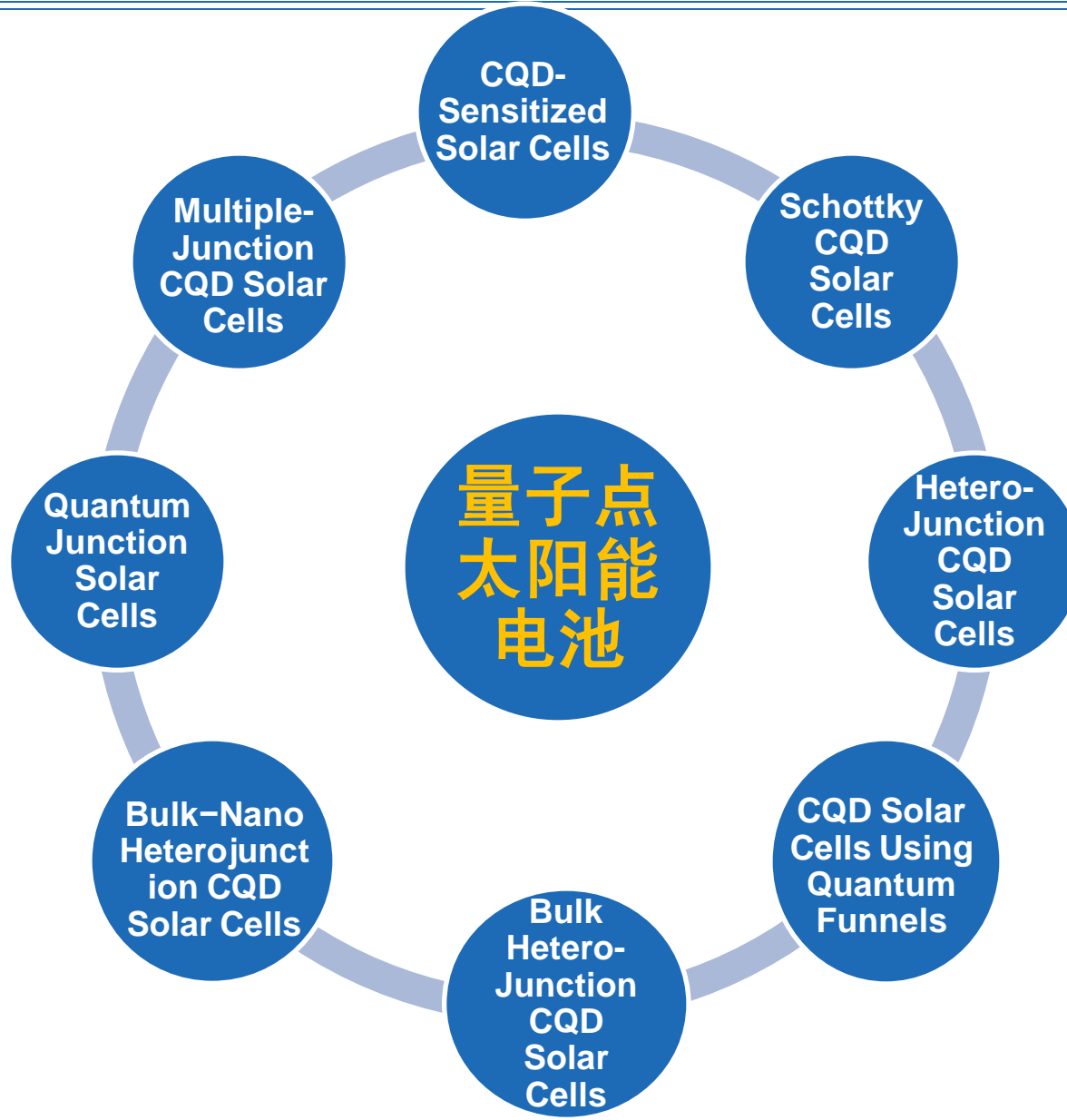


Schematic overview of a dye-sensitized solar cell.

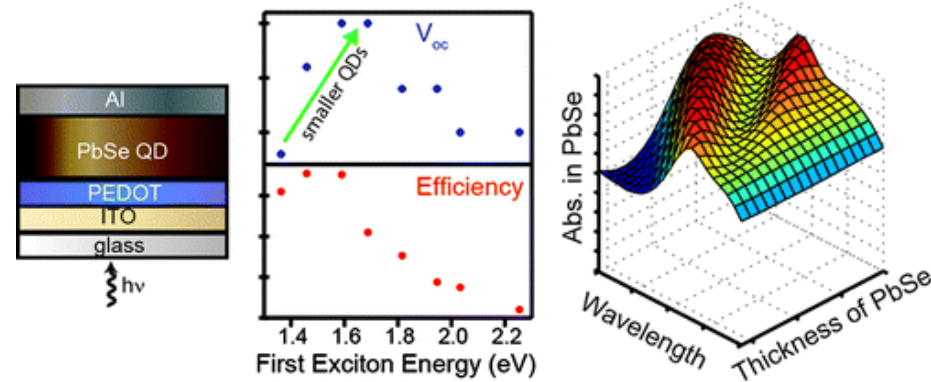
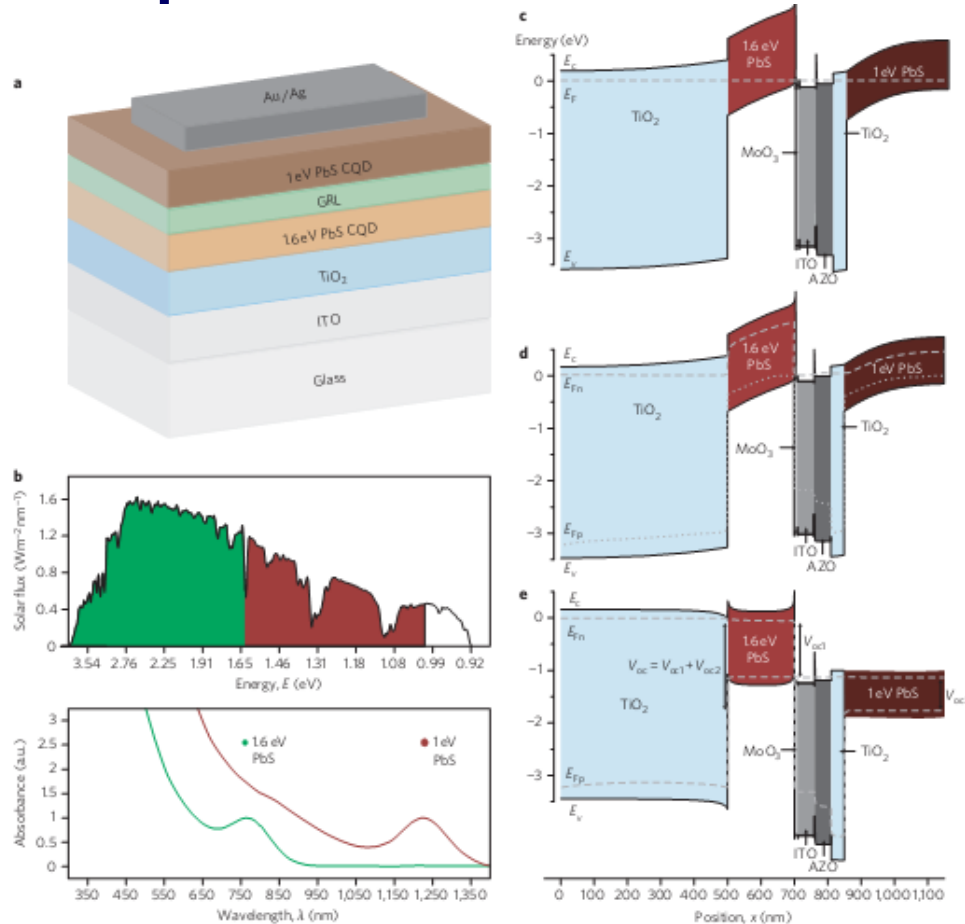
Chem. Res. **2010**, 110, 6595.



量子点太阳能电池



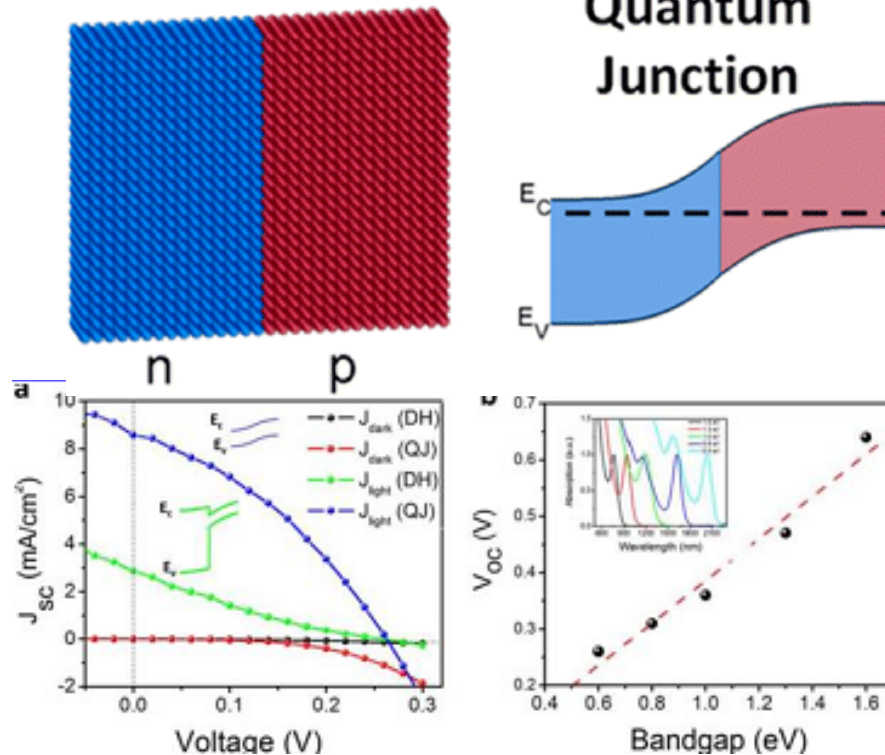
Multiple-Junction CQD Solar Cells Schottky CQD Solar Cells



CQDs of differing sizes and thus bandgaps are a promising means by which to increase the energy harvested from the Sun's broad spectrum. Wang, X. et al., *Nat. Photonics*, **2011**, 5, 480.

It was investigated that the effect of PbSe quantum dot size on the performance of Schottky solar cells made in an ITO/PEDOT/PbSe/aluminum structure, varied the PbSe nanoparticle diameter from 1 to 3 nm. It was found that peak performance for devices made with PbSe dots exhibited a first exciton energy of 1.6 eV (2.3 nm diameter), with a typical efficiency of 3.5%, and a champion device efficiency of 4.57%. Ma, W. et al., *ACS Nano*, **2011**, 5, 8140.

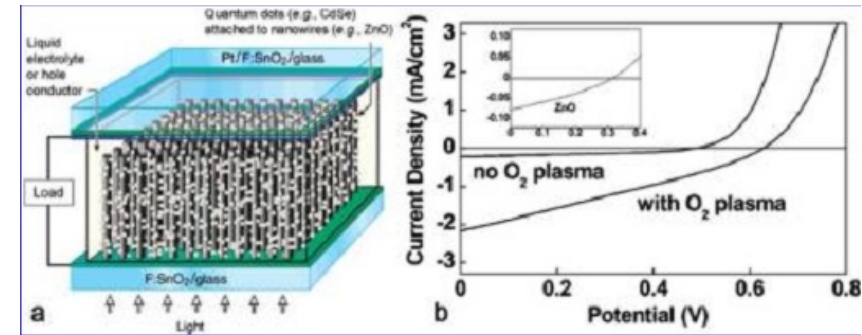
Quantum Junction Solar Cells



Colloidal quantum dot solids combine convenient solution-processing with quantum size effect tuning, offering avenues to high-efficiency multijunction cells based on a single materials synthesis and processing platform. Devices having optimal single-junction bandgaps exhibit certified AM1.5 solar power conversion efficiencies of 5.4%.

Tang, J. et al., *Nano Lett.* 2012, 12, 4889.

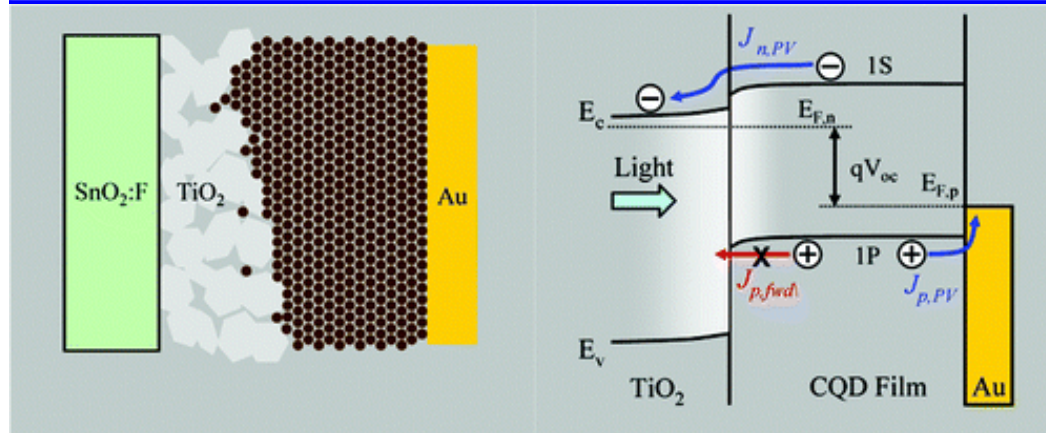
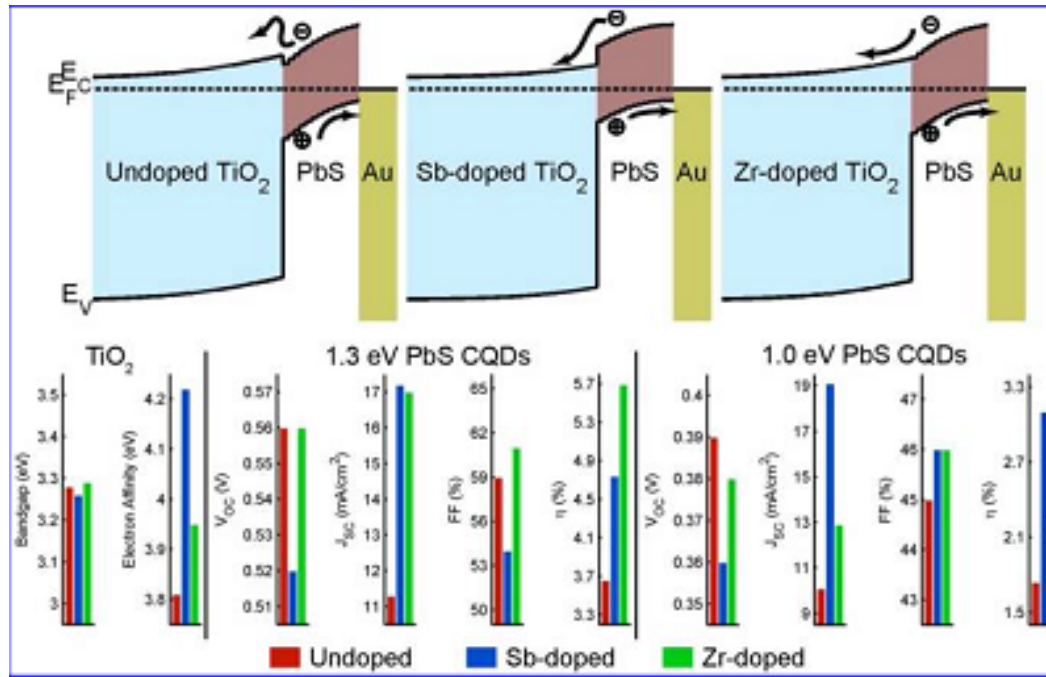
CQD-Sensitized Solar Cells



Quantum-dot-sensitized nanowire solar cells exhibited short-circuit currents ranging from 1 to 2 mA/cm^2 and open-circuit voltages of 0.5–0.6 V when illuminated with 100 mW/cm^2 simulated AM1.5 spectrum. Internal quantum efficiencies as high as 50–60% were also obtained.

Leschkes, K. S. et al., *Nano Lett.* **2007**, 7, 1793.

Hetero-Junction CQD Solar Cells

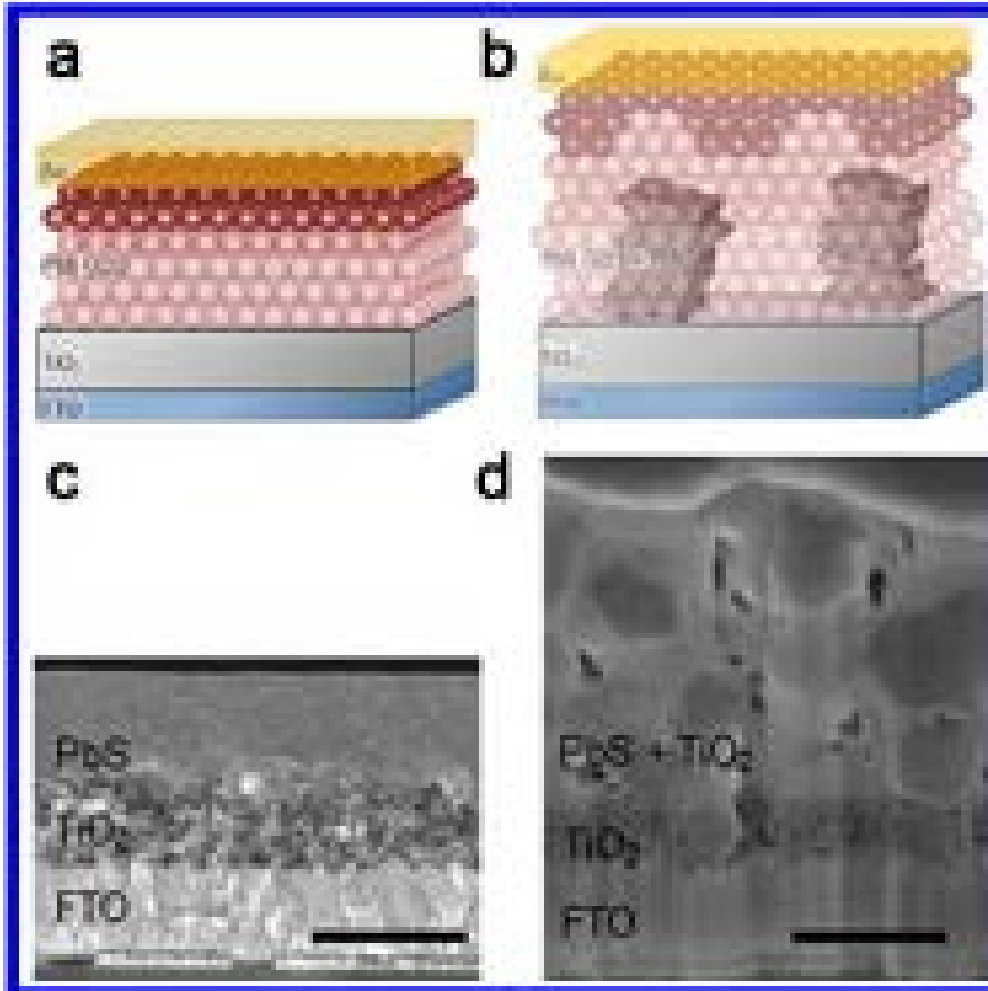


The resultant depleted-heterojunction solar cells provide a 5.1% AM1.5 power conversion efficiency. The devices employ infrared-bandgap size-effect-tuned PbS CQDs, enabling broadband harvesting of the solar spectrum.

Pattantyus-Abraham, A. et al., *ACS Nano*, **2010**, 4, 3374.

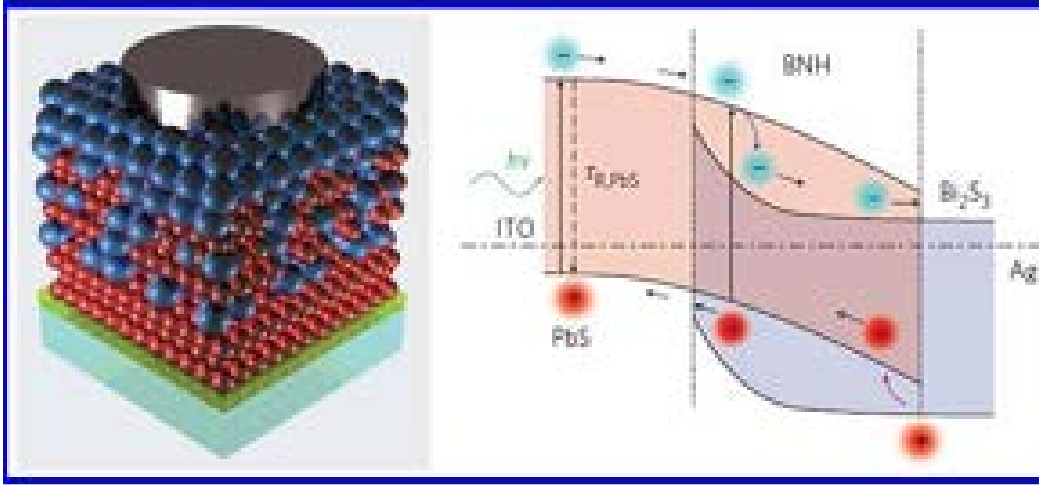


Bulk Hetero-Junction CQD Solar Cells



The first solution-processed depleted bulk hetero-junction colloidal quantum dot solar cells are presented. The architecture allows for high absorption with full depletion, thereby breaking the photon absorption/carrier extraction compromise inherent in planar devices. A record power conversion of 5.5% under simulated AM 1.5 illumination conditions is reported. Barkhouse, D. A. R. et al., *Adv. Mater.* **2011**, 23, 3134

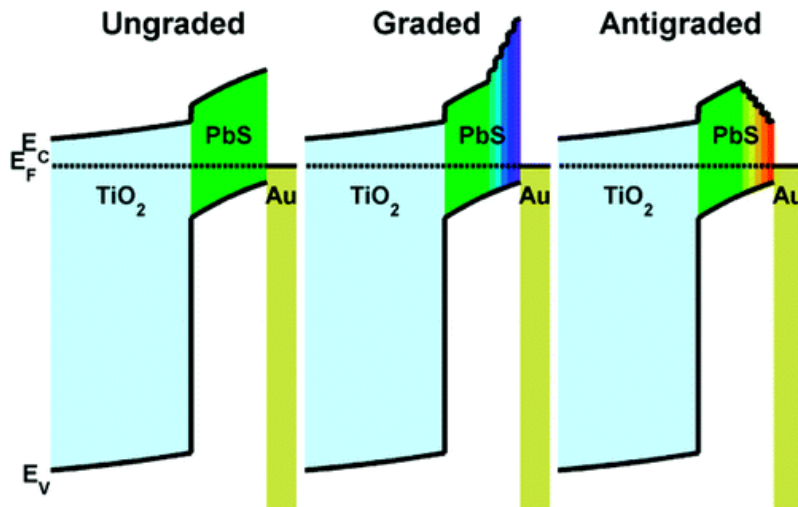
Bulk-Nano Heterojunction CQD Solar Cells



The BNH was introduced as a novel architectural platform for inorganic solution-processed optoelectronics and solar cells. It can be readily implemented by mixing different semiconductor nanocrystals in solution and allows for the development of optoelectronic nanocomposite materials with tailored electronic properties.

Rath, A. K. et al., *Nat. Photonics*, **2012**, 6, 529.

CQD Solar Cells Using Quantum Funnels



Devices involving a sequence of layers comprised of quantum dots selected to have different diameters, and therefore bandgaps, offer the possibility of funneling energy toward an acceptor.

Kramer, I. et al., *Nano Lett.* **2011**, 11, 3701.



未来材料发展的总趋势

- (1) 结构与功能相结合，要求具有多功能性。
- (2) 智能化，要求材料本身具有感知、自我调节和反馈的能力，
即具有感知和驱动双重功能。
- (3) 少污染，对环境友好。
- (4) 可再生。
- (5) 节约能源，还要求能利用或开发新能源。
- (6) 长寿命，材料要求能少维修或不维修。
- (7) 价格低廉。



**合成化学将创造更美好的
未来！**