

纳米科技与产业发展 信息动态

第 6 期(总第 253 期)

2016 年 6 月 20 日

主办单位：上海市纳米科技与产业发展促进中心

协 办：上海科学技术情报研究所

上海华明高技术（集团）有限公司

上海大学纳米科学与技术研究中心

新闻快讯

※※※※

2016 中国（上海）石墨烯研讨会顺利举行

为了提升上海纳米科技的创新能力，提高上海纳米科技对战略性新兴产业的支撑作用，促进转型发展，上海市纳米技术协会于 2016 年 6 月 1 日在上海世博展览馆举办“2016 中国（上海）石墨烯研讨会”，同期还举办了“2016 中国（上海）国际纳米技术展览会”。研讨会由上海大学施利毅教授和上海市纳米科技与产业发展促进中心闵国全主任共同担

本期导读

- ◆ 上海应用物理研究所在新型太阳能电池领域取得系列进展（见第 3 版）
- ◆ 激光泡沫笔光刻技术仿造胶体纳米颗粒（见第 7 版）
- ◆ 世界首条高容量锂离子电池硅纳米线负极生产线（见第 12 版）

任主席。研讨会得到了中国材料研究学会、中国微米纳米技术学会、中国科学院上海硅酸盐研究所、上海市纳米科技与产业发展促进中心、北京纳米科技产业创新联盟、纳米技术及应用国家工程研究中心和上海大学等单位的支持，上海时空展览服务有限公司承办本次会议。共有来自国内高校、科研院所、企业和韩国、伊朗等国家的 71 家单位代表参会。

瑞典查尔姆斯理工大学刘建影教授、韩国世宗大学 Seung-Taek Myung 教授、东南大学孙立涛教授、上海大学施利毅教授、复旦大学彭慧胜教授和东华大学王宏志教授等专家从基础研究、产业化应用、工艺及装备制造和资本运作等多角度对石墨烯科技的发展现状、存在问题和未来的发展趋势做了 9 个专题报告，与会代表在专题报告结束后对石墨烯科技与产业的发展趋势和存在的问题进行了热烈的研讨和交流。

本次会议交流了石墨烯科技与产业的最新进展与成果，凝练发展目标与方向，为布局下一阶段上海纳米科技与产业发展提供了依据。

在会前还举行了“2016 纳米技术创新产品颁奖仪式”，共有来自 11 家单位的产品获奖，其中“2016 年度优秀产品金奖”5 项、“2016 年度技术创新产品奖”6 项。



上海应用物理研究所在新型太阳能电池领域取得系列进展

近期，中国科学院上海应用物理研究所生命科学部高兴宇课题组先后分别与苏州大学孙宝全教授、廖良生教授课题组合作，在有机和钙钛矿太阳能电池研究领域取得一系列进展，以全文形式分别发表在 *Advanced Materials* 和 *ACS Applied Materials & Interfaces* 等上。

能源在民生经济与国土安全中具有特别重要的战略地位。近些年各国政府与研究机构都把目光聚焦于太阳能的开发和利用。尽管有机和钙钛矿太阳电池近几年发展迅速，器件效率已达很高，但是由于研究时间尚短，仍存在诸多问题亟待解决。

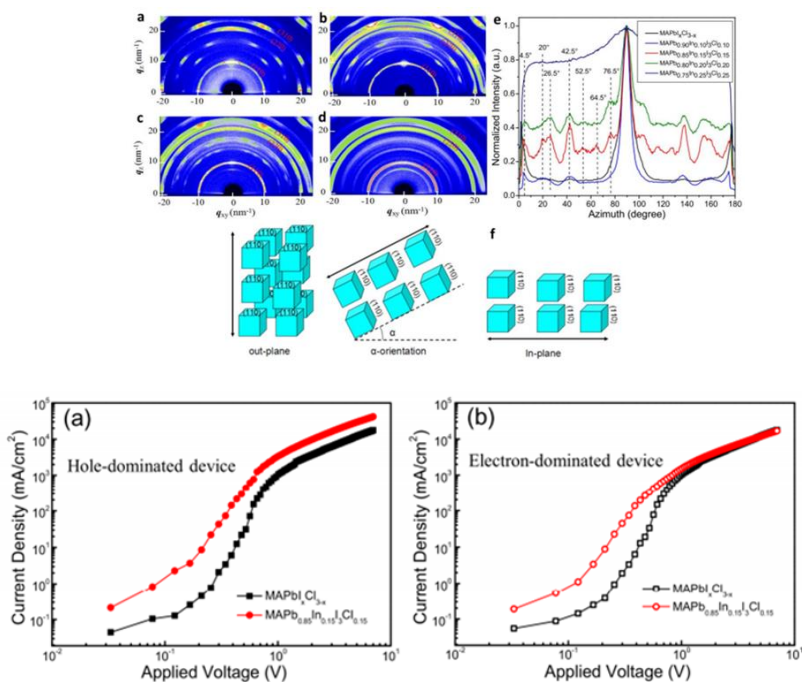


图 1. 钙钛矿太阳能电池多重有序电荷传输(上图)及空穴和电子迁移率提升结果(下图)

针对钙钛矿太阳能电池毒性的问题，苏州大学廖良生课题组王照奎教授尝试采用引入铟（In）部分替代铅（Pb）的来制备钙钛矿太阳能电池，上海应用物理研究所高兴宇、杨迎国等研究人员结合上海光源衍射线站 GIXRD 实验，提出了掺铟钙钛矿太阳能电池薄膜的多重有序结晶取向和多重有序电荷传输通道理论（图 1 上图），并进一步通过电荷传输速率和器件性能实验得到证实（图 1 下图），从而很好的解释了掺铟钙钛矿型太阳能电池具备效率高（17.55%）和稳定性好的主要因素，也为开辟替代铅的钙钛矿太阳能电池研究奠定了一定的实验基础。该工作上海应物所与苏州大学为共同通信单位，相关结果已于近期发表在 *Advanced Materials* (Zhaokui Wang, Meng Li, et al. DOI:10.1002/adma.201600626) 上。

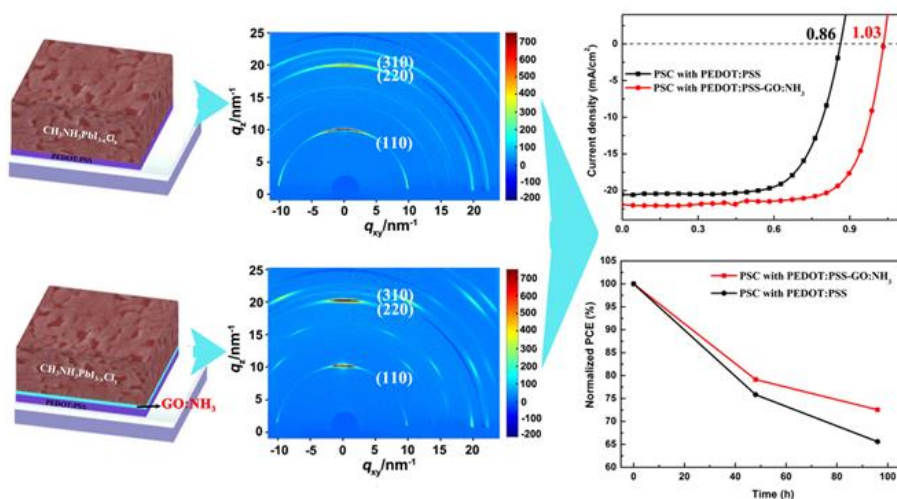


图 2. 钙钛矿太阳能电池界面工程及器件性能和结构稳定性提升

通过传输层来进行界面工程以提高器件效率是钙钛矿太阳能电池的重要研究方向，上海应用物理研究所高兴宇、杨迎国、冯尚蕾等研究人员在与孙宝全教授课题组前期合作工作的基础上（*Nanoscale*, Zhongwei Wu et al. DOI:10.1039/C4NR03181D），以氧化石墨烯（GO）作为电荷传输层，通过引入氨基调控氧化石墨烯，优化钙钛矿薄膜生长界面的电子

结构，同时改善薄膜的结晶性和晶面择优生长取向，大幅提升钙钛矿薄膜的结构稳定性和器件性能（转换效率由 12% 提升至 16.13%）。该工作同时得到了苏州大学廖良生课题组和上海应用物理研究所李景辉课题组的帮助，相关结果发表在 ACS Applied Materials & Interfaces (Shanglei Feng, Yingguo Yang, Meng Li, et al. DOI:10.1021/acsami.6b02064) 上。

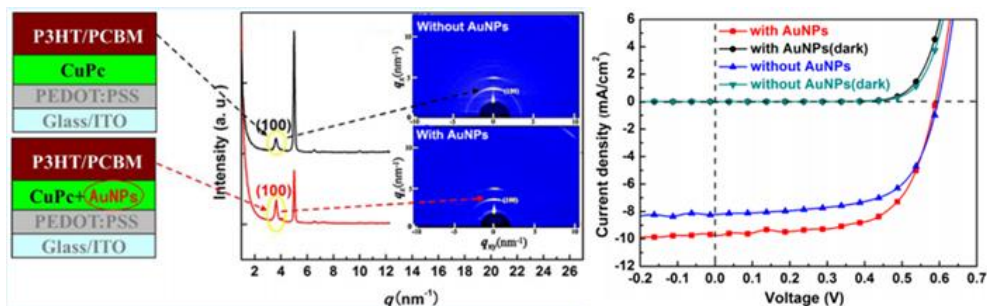


图 3. 有机太阳能电池主动层有机分子晶体结构改善（左）和器件性能提升（右）

利用金属纳米粒子掺入主动层来增强光吸收是提高有机太阳能器件的有效途径，上海应用物理研究所高兴宇、杨迎国、冯尚蕾、王菲等研究人员利用合成的金纳米颗粒掺入有机太阳能器件的电荷传输层，结果发现它不仅会提高器件的光学吸收，而且会很好地改善主动层有机分子的结晶和取向，进一步的器件测试表明器件效率得到了大幅提升，为新型太阳电池性能的提升提出了一种新思路。该工作得到了苏州大学孙宝全和廖良生教授课题组的帮助，相关结果发表在 ACS Applied Materials & Interfaces (Yingguo Yang, Shanglei Feng, et al. DOI:10.1021/acsami.5b07983) 上。

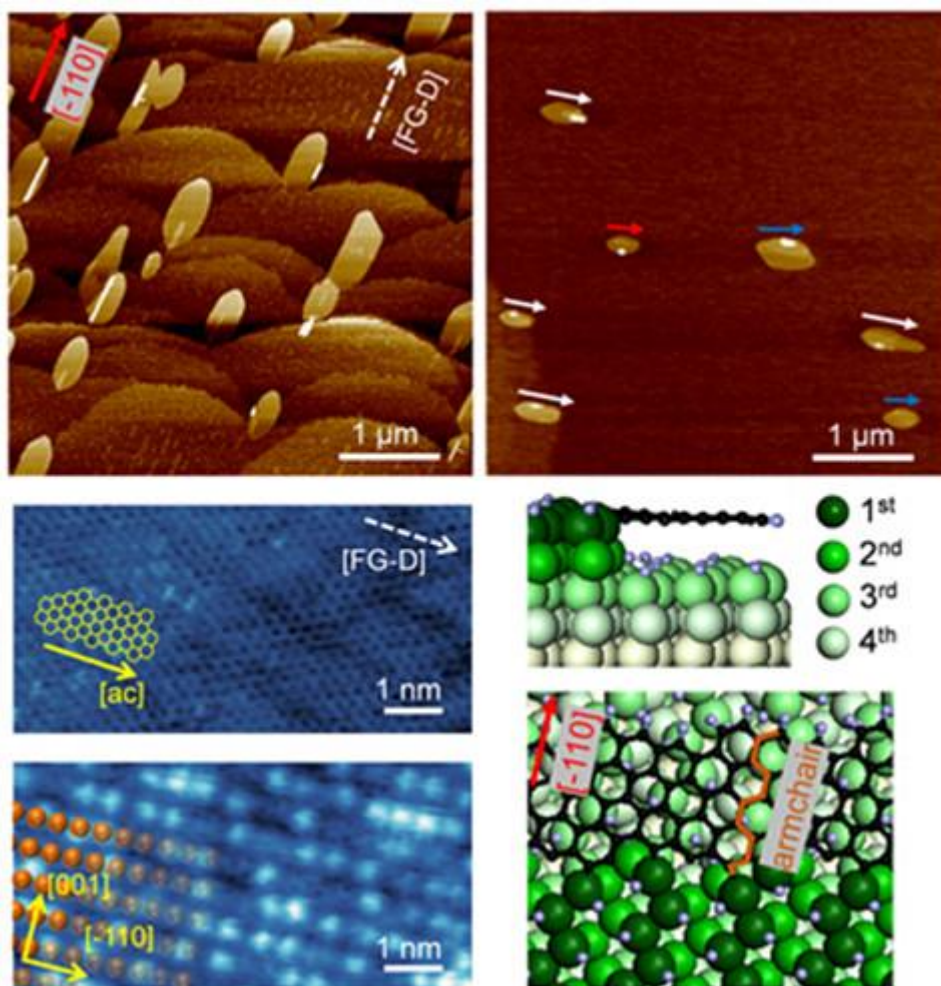
这些工作中 X 射线衍射表征均在上海光源 BL14B1 线站上完成，同时得到国家自然科学基金、中科院百人计划、上海材料基因组等项目的共同支持。

上海微系统所锗基石墨烯取向生长物理机制研究取得进展

近期，中国科学院上海微系统所信息功能材料国家重点实验室 SOI 材料与器件课题组在锗基石墨烯的取向生长机制方面取得进展。课题组研究人员发现衬底表面原子台阶对于石墨烯取向生长的重要性，并且与华东师范大学合作借助于第一性原理 DFT 理论计算分析得到石墨烯单晶畴在(110)晶面的锗衬底上取向生长的物理机理，为获得晶圆级的单晶石墨烯材料奠定了实验与理论基础，有助于推动石墨烯材料真正应用于大规模集成电路技术。相关研究成果以“*How graphene islands are unidirectionally aligned on Ge(110) surface*”为题于近期发表在 Nano Lett., 2016, 16 (5), pp 3160 - 3165 上。文章链接：<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.nanolett.6b00486>

石墨烯凭借其优异的电学性能被人们认为是后硅 CMOS 时代最有竞争力的电子材料之一，SOI 材料与器件课题组于 2013 年国际上首次实现了锗基衬底 CVD 法生长大尺寸连续单层石墨烯(Sci. Rep. 3(2013), 2465)，实现了石墨烯与半导体的集成。韩国三星公司在此基础上将锗基石墨烯的研究工作推广至单晶晶圆级别 (Science 344, 286 - 289 (2014)，在(110)晶面的锗衬底上通过生长一系列取向相同的石墨烯单晶畴进而无缝拼接为晶圆级的高质量单晶石墨烯材料，然而相关取向生长的物理机制一直不明确。SOI 课题组戴家赞、狄增峰等研究人员发现在原子台阶密度高的锗衬底表面上生长的石墨烯晶畴通常位于台阶边缘，并且具有高度取向性；而在经过高温退火处理平坦的表面上生长的石墨烯取向性差。通过第一性原理 DFT 理论计算发现锗原子与碳原子在台阶边缘处形成的强烈的 Ge-C 化学键以及两者的晶格匹配关系决定了石墨烯晶畴的取向性。对于石墨烯取向一致机理的研究，有助于加深对 CVD 生长石墨烯的过程中微观机制的了解，推动石墨烯真正应用于微电子领域。

该工作得到国家自然科学基金委创新研究群体、优秀青年基金、中国科学院高迁移率材料创新研究团队等相关研究计划的支持。



Ge (110) 衬底上石墨烯单晶畴取向生长的 AFM、STM 实验观察与 DFT 理论模拟

海外传真

☆☆☆☆

激光泡沫笔光刻技术仿造胶体纳米颗粒

得克萨斯大学奥斯汀分校的研究人员研发出一种独特的方法，采用功率非常低的激光器在电浆基板和含有胶体纳米颗粒的液体溶液之间的

界面位置生成微泡。这种“泡沫笔”利用对流、表面张力和气压将颗粒拖向气泡。通过这种泡沫笔光刻（BPL）技术，可以将具有不同分辨率和结构的任意图案以光学方式写在基板上。

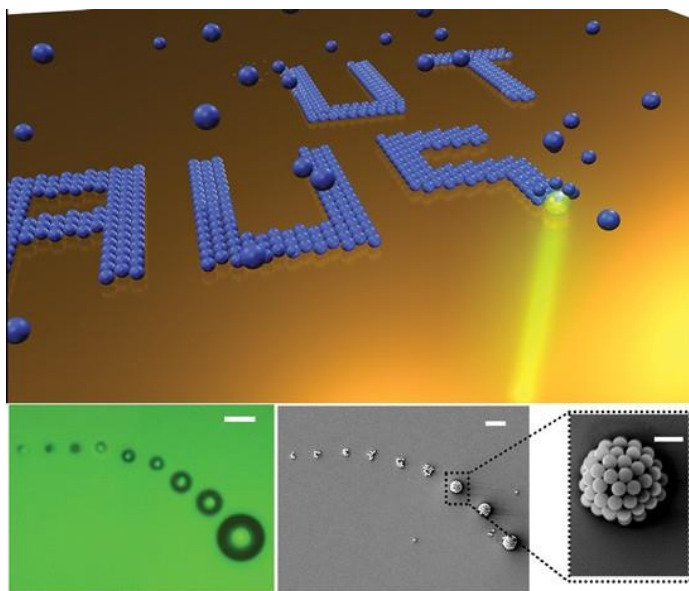
等离子体增强光热效应

尺寸约为数十纳米、在载玻片上的间距为个位数纳米的纳米颗粒被用作等离子体基板。低功率激光器，其每平方微米级的功率为个位数毫瓦，且波长可以调谐以匹配纳米颗粒的等离子体共振波长，这种激光器就足以进行图案化。

为形成气泡，要从等离子体基板下侧聚焦直径 $2\text{ }\mu\text{m}$ 的激光束，使其聚焦到胶体粒子溶液上，该溶液被夹在基板和与基板间隔 $120\text{ }\mu\text{m}$ 的盖玻片间。由于等离子体增强光热效应导致水蒸发，蒸发的水汽在等离子体基板顶部形成直径低至 $1\text{ }\mu\text{m}$ 的气泡。

然后，胶体颗粒被拖向微泡并被截留在气泡/溶液界面上，最终固定在基板上。当激光器电源关闭时，由于热效应带来的增强基板附着力因素，颗粒仍停留在它们被图案化的位置。即使在基板被漂洗并烘干之后，这些颗粒图案仍保留在基板上，这一特性使该方法适用于制造功能性设备。将激光束作为笔，随着扫描激光束而移动气泡，就可以形成纳米颗粒的图案。

微泡位置的颗粒捕获是由基板上温度梯度引起的自然对流，结合沿着微泡表面的表面张力梯度引起的 Marangoni 对流而引起的。气泡的平面内曳力引起粒子，在粒



子接触微泡表面时将其捕获，这是一种可通过力学方程量化和预测的现象。事实上，还可以通过计算流体动力学（CFD）模拟结果来预测气泡的温度分布。

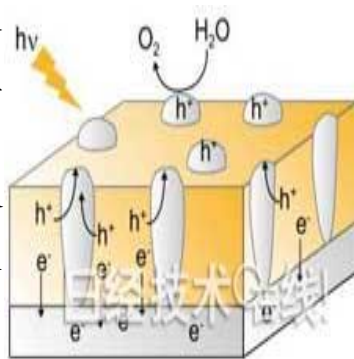
东京大学开发出制造“纳米复合晶体”的新方法

东京大学 2016 年 6 月 3 日宣布开发出了新工艺，可以通过简单的步骤制作出氧化物内嵌金属纳米柱状结构的“纳米复合晶体”。将这种晶体作为利用阳光分解水制备氢气的光催化剂使用，可以显著提高水分解的效率。

一般来说，制作金属与氧化物的复合结构要使用昂贵的光刻、实施多种微细加工的自上而下工艺，导致成本增加。此次东京大学采用了晶体自主生长的自下而上技术，即自组装工艺。具体方法如下。

在使用脉冲激光沉积法制作高品质薄膜的同时，使金属纳米柱状晶体通过自组装的方式，在其内部生长。通过优化晶体生长的温度、氧压、生长速度，打破了最新型自上而下工艺的局限性，实现了直径 5nm、长度 20nm 的微小纳米柱状结构的自组装。

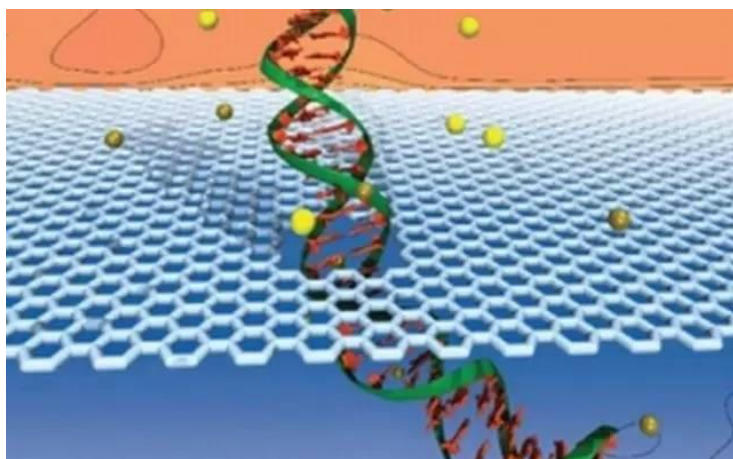
该结构的金属与氧化物的界面通过肖特基连接接合，可以高效分离正负电荷。通过使无数的金属纳米柱状晶体分散在薄膜内，促进了水的分解反应。纳米柱状晶体的组成元素采用铱(Ir)、薄膜的主要成分采用钛酸锶(SrTiO_3)，这样的组合显示出了非常高的效率。



新型纳米孔测序技术提高碱基识别效果

单分子测序平台能为人们提供很大的帮助，比如破解完整基因组序列、确定单倍型和鉴定 mRNA 可变剪接。为此，哥伦比亚大学的车靖岳和哈佛大学的 George Church 教授合作开发了基于纳米孔的 DNA 测序。

研究人员将聚合酶拴系在 α -hemolysin 纳米孔上，在芯片上排出纳米孔阵列。随后他们用多重化的纳米孔传感器搭建了高通量的测序平台。这个平台使用多聚物标记的核苷酸，可以在单分子水平上对多个 DNA 模板进行平行测序。研究人员通过这种方式获得了实时的单分子测序数据，分辨率达到了单碱基水平。它解决了已有纳米孔测序技术存在的问题，



可以同时提高速度，降低生产成本，使得 DNA 测序开更为经济和便捷。关于这一技术，IBS 与哥伦比亚大学合作，并获得了哥大对此技术的独家授权。

光驱动纳米马达问世

哈尔滨工业大学基础与交叉科学院微纳米研究中心贺强教授团队最新研究成果“光驱动纳米马达”，可在水中高速运动，并通过近红外光源开关控制实现纳米马达的人为启停运动，无需化学燃料的纳米马达有望应用于开发下一代智能药物输运平台。

半个世纪以来，科学家们提出了一系列通过化学能燃料实现自驱动运动的人造纳米机器，但这些人造纳米机器所使用的化学燃料对生命体有巨大的毒副作用并且尺寸都是在几百个纳米以上，限制了其在生物医学领域尤其是药物靶向运输的应用。针对这一难题，贺强教授团队在国际上首次合成了尺寸 100 纳米以下、近红外光驱动的纳米马达。研究结果显示，在远程近红外光照射下，纳米马达在水中可以高速运动，并可通过近红外光源开关控制实现纳米马达的人为启停运动。这种无需化学燃料的纳米马达有望应用于开发下一代智能药物输运平台，该研究成果《近红外光驱动的阴阳型介孔硅纳米马达》于近日发表在国际著名期刊《美国化学会志》上。

全固态锂电池新型负极材料——“穿孔石墨烯分子”

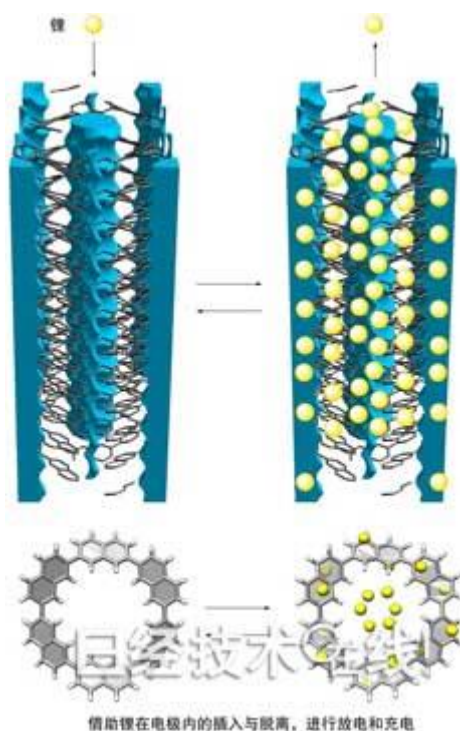
日本东北大学与东京大学组成的研究组于 2016 年 5 月 14 日宣布，开发出了全固态锂电池的新型负极材料“穿孔石墨烯分子（CNAP）”。这种材料可实现达到通用的石墨电极 2 倍以上的电容量，在充放电 65 次之后仍然能够维持原本的容量。

长期以来，锂电池的负极材料一直使用重量轻、电容量大的石墨。最近，石墨烯、碳纳米管等纳米碳作为新型碳材料出现在市场上，使电池容量扩大到之前的 2~3 倍成为了可能。但纳米碳是结构不唯一的复杂混合物，无法阐明大容量化的原理和方针。因此，开发具有部分纳米碳结构的分子性物质成为了关注的焦点。

此次开发的穿孔石墨烯分子是分子中央有纳米级微孔的大环有机分子。以这种分子的固体物质作为电极制造电池并进行检测的结果证实，这种分子是一种优秀的电极材料。此次研究的着眼点是开发备受期待的新一代电池，即全固态电池，没有采用常规电池使用的液体电解质，而

是采用固体电解质。使用锂离子传导性高而且稳定的络合氢化物作为固体电解质，为这次的新发现创造了契机。

另外，此次研究还发现，使用粉末X射线衍射的方法，穿孔石墨烯分子的固体会形成与石墨相似的层状结构，并且可以使中央分子的微孔排成一线，形成微细、贯通的微孔结构。在石墨中，锂只在层叠起来的碳层的间隙中累积，而在穿孔石墨烯分子中，锂在纳米级的间隙和微孔两个地方累积，因此可以扩大容量。穿孔石墨烯分子可以使用非常普遍、产量很大的有机化合物“萘”制造。



产业信息



世界首条高容量锂离子电池硅纳米线负极生产线

安普瑞斯(Amprius)公司是高能量密度电极材料和电池的开拓者。安普瑞斯在2012年设计和演示了用于锂离子电池的高容量硅纳米线负极以及制造技术。现在，安普瑞斯完成了硅纳米线负极生产线的制备并投入中试生产。这是世界上第一条，也是唯一的一条双面连贯印刷式高精度3维纳米线生产线。这条生产线的建成初步实现了高容量硅纳米线负极的规模生产。

“安普瑞斯纳米线生产技术走向商业化的演示是个巨大的突破”，前美国能源部长，诺贝尔物理奖获得者，公司董事朱棣文教授评论到，“这

两年，安普瑞斯的硅纳米线负极使锂离子电池的能量密度达到了超高的水平。今年硅纳米线负极中试线的建成使其产品向大规模生产又跨进一步”。

安普瑞斯的硅纳米线负极是目前业界最理想和具有最高容量的锂离子电池负极。硅纳米线负极的生产采用了革命性的多层次，高速化学蒸镀法。安普瑞斯纳米线电极的生产技术也简化了生产工艺，除去了传统电极生产中的匀浆，涂布，烘烤，碾压工序。目前，安普瑞斯含硅纳米线负极的电池可以达到 800-1000Wh/L 和 320-400Wh/Kg (取决于电池的容量和体积)。公司的硅纳米线负极电池已经在无人机，穿戴设备，电动汽车和军用装备上试用和使用。

“连贯印刷式生产技术使安普瑞斯的硅纳米线技术走出了实验室，开始商品化。从试验线到具有规模的生产线”，安普瑞斯公司 CEO 孙纲博士指出，“安普瑞斯纳米线生产线的完成为公司向无人机，穿戴设备和电动运输产品提供超高容量的电池打开了局面”。

安普瑞斯公司将于 2016 年 6 月 29 日在荷兰的 Eindhoven 市举办“安普瑞斯讲座”，演示硅纳米线生产技术和介绍安普瑞斯一系列高容量硅负极技术和产品。

上海市纳米科技与产业发展促进中心 地址：上海市徐汇区嘉川路 245 号 邮编：200237 电话：021- 64101616
上海科学技术情报研究所 地址：上海市永福路 265 号 邮编：200031 电话： 64455555-8427 传真：64377626
责任编辑：卞志昕 电子邮件：zxbian@libnet.sh.cn 李小丽 电子邮件：SNPC@stcsn.gov.cn