

纳米科技与产业发展

信息动态

第4期(总第236期)

2015年4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

※※※※

上海硅酸盐所在柔性电子器件用超高弹性导线方面 取得重要进展

柔性及可拉伸电子学是当前电子学领域的研究热点，并且在柔性显示器、电子皮肤、柔性传感器以及可植入医疗器件等应用方面取得了进展。各种柔性及可拉伸电子器件的构筑过程中，必须依赖于不同形变条件下仍保持良好导电能力的弹性导电体的连接，因此超高弹性导线的制备成为发展柔性电子器件的关键。近年来，研究者制备弹性导电体的主要方法是将导电材料构筑

本期导读

- ◆ 上海应用物理研究所在单颗粒纳米催化方面研究取得进展（见第3版）
- ◆ 美研制出可监测湿度的微型生物机器人（见第7版）
- ◆ 室温下制石墨烯新技术商业化进程更进一步（见第11版）

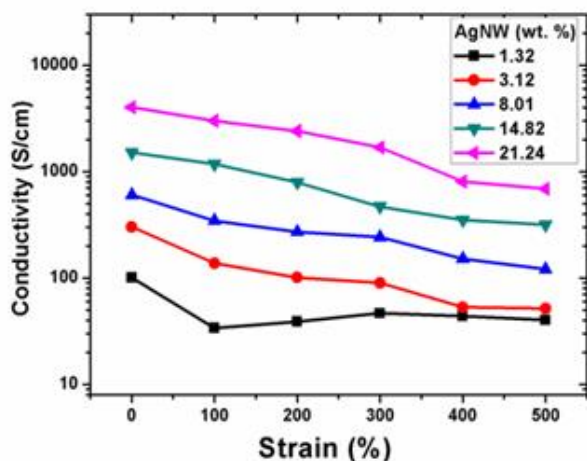
成可释放预应变的形状结构，一方面可借助柔性衬底将各种导电材料构筑成波纹状；二是直接通过微加工如光刻、电子束沉积的方法进行构型。虽然取得了一定的成效，但是上面所述方法仍存在耗时及难以量产的缺点，而且所制备的弹性导电体大多只能在中等的应变范围内（<200%）保持良好的导电能力。

近期，中国科学院上海硅酸盐研究所孙静研究员带领的科研团队成功地制备了具有超高弹性（>500%）的高电导率弹性导电纤维，该弹性导电纤维在各种苛刻的外力变形条件下仍能够保持优异的导电能力，在柔性电子领域具有广阔的应用前景。该项工作发表于期刊 ACS NANO (<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nn5070937>)，已申请中国发明专利一项。

该研究团队采用了双层螺旋包覆纱为弹性支架材料，通过浸渍涂布的方法将银纳米线均匀包覆于棉纤维的表面作为导电材料，所得的弹性导电纤维电导率可以高达 4000 S/cm，并且在拉伸至 500%的应变条件下，电导率仍然可以保持在 688 S/cm。在循环变形测试下，1000 次 200%应变拉伸变形后，电导率稳定在 188 S/cm。1000 次弯曲变形后，电导率则一直保持稳定不变。在应用展示中，该研究团队利用弹性导电纤维作为导线系统，将 LED 阵列直接集成组装在柔性聚合物基底上，得到的 LED 阵列在拉伸、弯曲等各种变形下都能够保持稳定工作，充分显示了该弹性导电纤维在大面积柔性电子学领域的应用潜力。该研究团队还通过小鼠背部皮下的植入实验，证明了该弹性导电纤维的生物兼容性，为其在可植入柔性器件领域的应用奠定了基础。

该工作一经发表便引起国际关注，Science 在近期科技新闻页面中做了专题报导：<http://news.sciencemag.org/technology/2015/04/yarn-conducts-electricity>。

该项工作得到了国家重点基础研究发展计划、国家自然科学基金委、上海市自然科学基金委和中国科学院上海硅酸盐研究所创新项目的资助。



左图：不同银纳米线含量的弹性导电纤维在拉伸测试中电导率变化；右图：利用弹性导电纤维作为导电连接组装的柔性可拉伸 LED 阵列

上海应用物理研究所在单颗粒纳米催化方面研究取得进展

纳米颗粒的催化反应过程中伴随了催化剂界面上的底物吸附、电荷转移、底物产物相互转换、产物脱附等。在单颗粒水平研究其催化反应过程，有助于深入理解催化机制并设计出新型的高效催化剂。近期，上海应用物理研究所的研究人员利用纳米光子学成像技术，发展了一种可实时监控单个金纳米颗粒催化过程的方法。相关结果发表于《美国化学会志》(J. Am. Chem. Soc., 2015, 137, 4292)。

金纳米颗粒具有显著的纳米光子学特性及优越的催化性质。其表面等离子体共振 (LSPR) 的光学性质与其表面状态密切相关，因而适合监控其表面发生的催化反应。上海应用物理研究所物理生物学研究室的研

究人员搭建了一台可采集单个纳米颗粒的 LSPR 散射光谱的暗场显微镜。在前期工作中，发现金纳米颗粒的表面状态对其催化性质有重要影响 (Angew. Chem. Int. Ed. 2011, 50, 11994-11998)。然而，暗场显微镜受其成像 CCD 分辨率的限制，仅能观测到尺寸大于 50 nm 的金纳米颗粒，而无法观测具有催化性能的小粒径金纳米颗粒。为解决这一两难问题，博士研究生李昆在李迪、樊春海研究员的指导下，利用 DNA 分子将 50 纳米和 13 纳米的金纳米颗粒有序组装成一种纳米光晕 (nanohalo) 结构，兼具了两种不同尺寸颗粒的纳米光子学和催化性质。研究表明，这种 nanohalo 的催化活性，完全来自小的金纳米颗粒。两种颗粒的间隙间具有很强的局域电磁场增强，因而发生在小金纳米颗粒表面的催化反应，会显著影响纳米晕环的 LSPR 性质。利用单颗粒暗场显微镜，即可以实时、间接地监控小纳米金颗粒表面发生的催化过程，并获得了催化过程中底物在催化剂表面的吸附量、催化过程中的电荷转移数以及催化剂中毒过程的定量信息。这一纳米光子学技术为研究纳米催化过程提供了新工具。

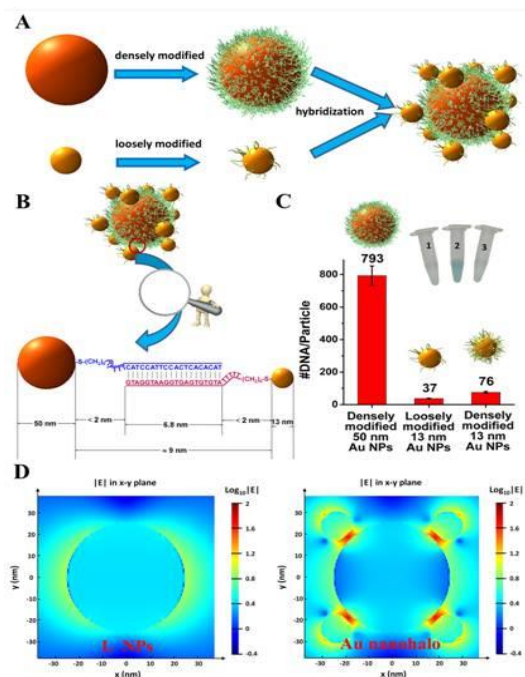


图 1 DNA 组装纳米晕环结构及局域电磁场增强

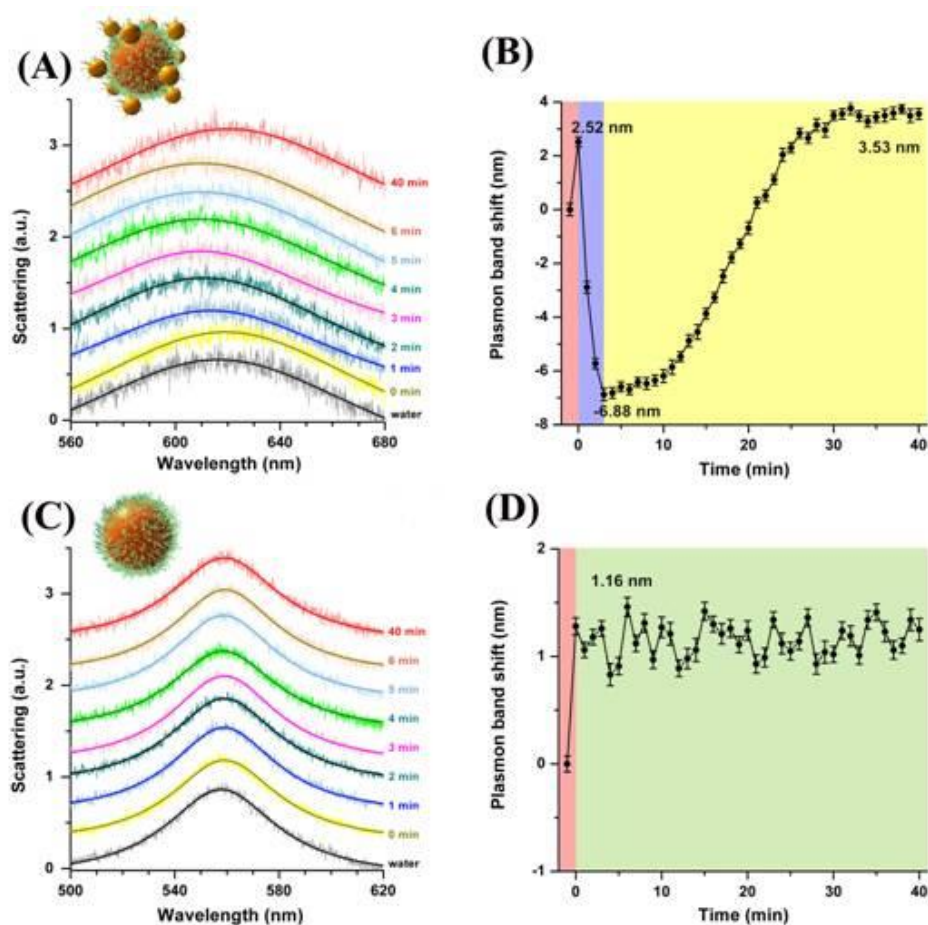


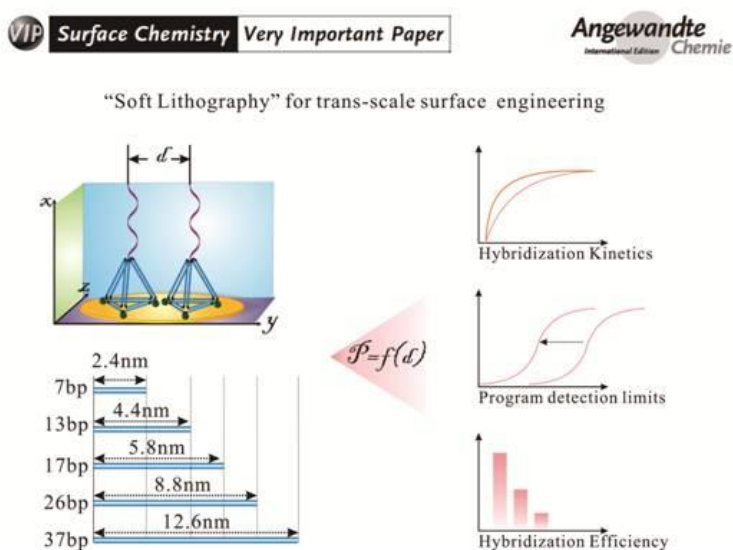
图 2 纳米晕环结构在催化过程中的 LSPR 光谱变化

上海应用物理研究所跨尺度生物传感界面调控方面 研究取得进展

近期,中国科学院上海应用物理研究所研究人员基于 DNA 纳米技术实现了对生物传感界面的跨尺度精确调控,在宏观尺度的金界面上构筑纳米尺度精确可控的框架结构,并显著提高了电化学生物传感器的生物

分子检测性能。相关结果发表于 *Angew. Chem. Int. Ed.* 2015, 54, 2151, 并入选为当期 VIP 论文 (Very Important Paper)。

构筑有序、可控的生物传感界面是生物检测研究领域的挑战性问题之一。针对这一问题, 上海应用物理研究所物理生物化学研究室樊春海课题组对生物分子在界面上的组装过程开展了长期、系统的研究(*Acc. Chem. Res.* 2010, 43, 631; *Acc. Chem. Res.* 2014, 47, 550)。之前, 他们通过 DNA 分子自组装发展了刚性的 DNA 四面体纳米结构并实现了界面组装, 在国际上率先提出基于三维 DNA 纳米结构的电化学生物传感策略 (*Adv. Mater.* 2010, 22, 4754)。在此基础之上, 博士研究生林美华等在樊春海和左小磊研究员的指导下, 充分利用了 DNA 纳米结构精确可调的特点, 设计了一系列具有不同尺寸的 DNA 四面体纳米结构, 并利用这些结构在金界面的有序组装发展了一种“软光刻”技术。这一新型的跨尺度界面调控技术可以实现在宏观的金界面上构筑纳米尺度可控的框架结构, 从而精确调控依托于这些结构上的 DNA 探针之间的距离。基于此, 他们系统研究了 DNA 分子之间的纳米距离与生物传感性能之间的关系, 并提高了界面生物分子识别的热力学和动力学过程, 进而显著提升了电化学生物传感器的检测灵敏度和速度。



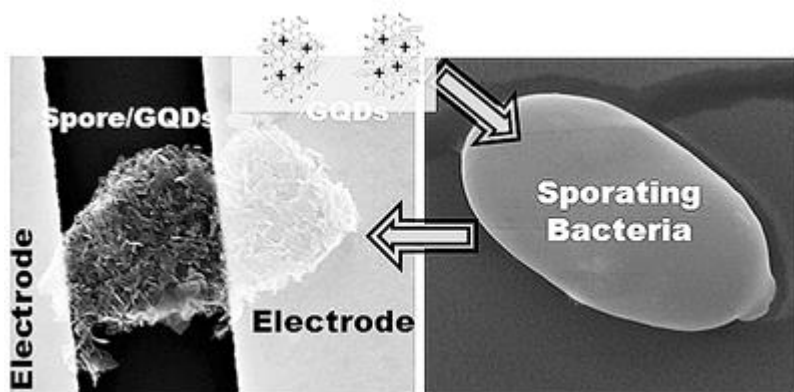
海外传真

☆☆☆☆

美研制出可监测湿度的微型生物机器人

美国伊利诺伊大学芝加哥分校的科研人员日前将真菌所产生的孢子与石墨烯量子点结合在了一起，制造出了一种极其微小的生物机器人。该装置有望用于环境监测、食品安全等领域。相关论文发表在自然出版集团旗下的《科学报告》期刊上。

随着纳米技术的发展，制造出肉眼不可见的微型机器人已经成为一



件可能的事情，将生物体与无生命的机器相结合也成为解决问题的一个备选方案。新研制出的这种装置主要由孢子和石墨烯量子点组

成，研究人员首先从细菌中提取孢子，再将石墨烯量子点放置在孢子的表面，而后在孢子两侧各贴上一个电极。这样，当孢子周围的湿度下降时，孢子就会收缩，其中的水分会被压出。由于孢子缩小后体积变小，两侧的量子点会紧靠在一起，电极的导电性也会立即发生变化，从而达到了监测湿度的目的。研究人员将这个设备称为“纳米电子机器人设备（NERD）”。

该研究论文第一作者、伊利诺伊大学芝加哥分校副教授维卡斯·贝瑞说：“在湿度发生改变的那一刻，我们就能立即得到一个清晰准确的反馈。这个反应速度比目前最先进的人造吸水聚合物制成的传感器快 10

倍以上。而且与人造传感器相比，这种生物传感器在极端低压以及极低湿度下具有更加出色的灵敏度。”

物理学家组织网近日报道称，目前常见的湿度传感器的灵敏度随着湿度的增加而逐渐增强，而 NERD 的灵敏度在低湿度情况下反而更加灵敏。这种传感器能够适应各种环境，甚至是真空，这在防腐或食品质量监测领域有重要应用前景。对于运行在太空中的设备而言，这些传感器同样非常重要，因为在这些地方湿度的变化是预示泄漏的一个重要信号。

科学家发现新晶状结构冰“方冰”

利用页状石墨烯材料挤压水滴产生，从微观层面观察看是方块格状原子状。德国乌尔姆大学和中国科技大学等组成的科研团队从 2012 年开始研制的一项其他科研项目中经过意外实验发现此晶状结构，从室温就能产生这种晶状结构的冰使之非常具有实用意义。

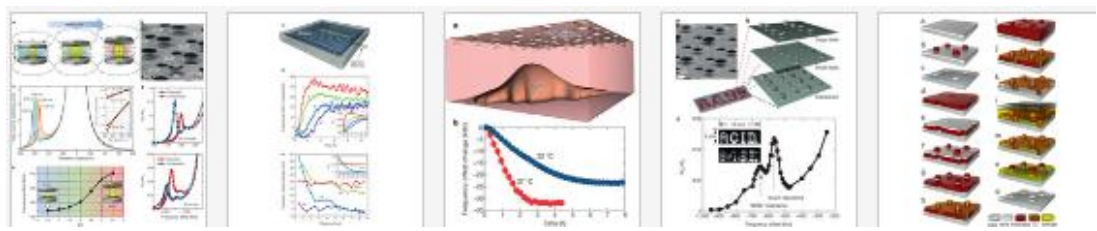


研究团队将 1 毫升的液态水滴在一层石墨烯材料上，将第二层页状石墨烯压制，由于纳米级石墨烯材料的相互作用，互相压力超过了原子压力 1 万倍，水滴内部产生了形态上的变化，形成了方块格状原子的固态冰。科学家将之称为“方冰”，而且这项成果完全来自意外的实验发现，成为冰的第 18 种晶状结构。

灵敏度极高的磁性纳米传感器

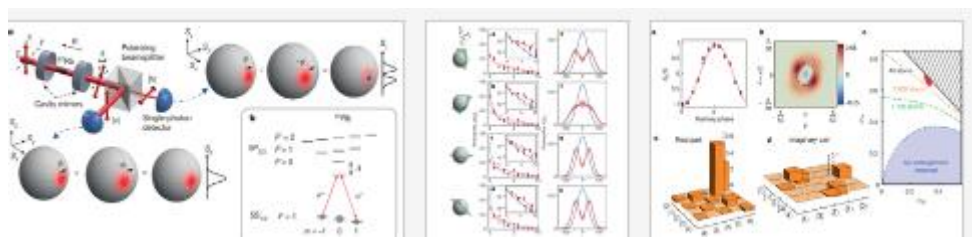
NMR 可读纳米传感器，其中每个都由夹有一种可膨胀水凝胶的磁盘组成。在生命科学领域非常成功的荧光和表面等离子激元探针在光不能

穿透的地方(如在穿过很多生物组织时)性能很差。Gary Zabow 等人研制出了另类生物可相容探针，它们可充当与基于光的荧光和表面等离子激元传感器相似的射频传感器。这些传感器是磁性纳米组件，检测限可以达到飞摩水平，并且能够响应于刺激(如它们局部环境中 pH 值的变化)迅速改变形状。形状变化会转换成 NMR 谱的移位，其潜在灵敏度要比传统磁共振谱大一百万倍。



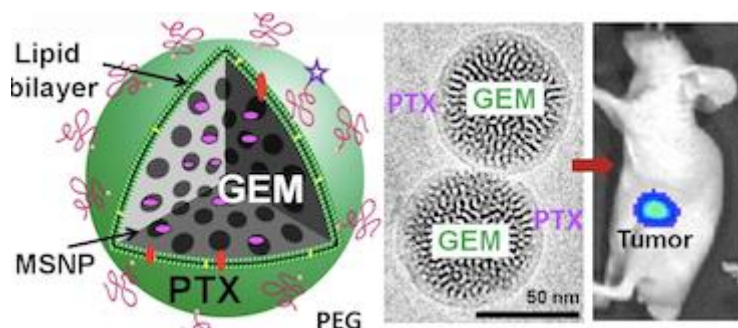
群体量子纠缠

纠缠是量子技术可以将其用于经典技术不可能实现之应用的关键资源。由纠缠粒子构成的大型系综在量子计量上会有用，但它们却难以生成。Vladan Vuletić 及同事演示了来自与一个原子系综发生相互作用的一个激光的单一光子的检测何以能够产生近 3000 个原子的纠缠。具有很多原子的原子系综的纠缠以前也曾产生过，但如同用“Wigner 函数”所量化的那样，它们只有弱的非经典性(non-classicality)特征。然而，本文所描述的纠缠原子却表现出一个负的“Wigner 函数”，因而也是高度非经典的，从而为在大规模原子系综中形成“薛定谔猫”状态提供了一条现实途径。该结果还有待进一步优化才能在计量应用中具有一个量子优势，但它是朝着这一目标所迈出的重要一步。



一种利用硅纳米气泡治疗胰腺癌的方法

加州纳米技术研究院（California NanoSystems Institute）和 Jonsson 综合癌症中心（Jonsson Comprehensive Cancer Center）的研究人员研究了一种治疗胰腺癌的新方法，其采用含有两个化疗药物的介孔氧化硅纳米气泡进行协同治疗。通过对小鼠的试验，以当前标准但较低剂量下效果相当。



激光冷却纳米球至绝对零度

由伦敦大学学院的彼得·巴克和塔尼亚·蒙泰罗（ULC 物理学和天文学）领导的一组科学家小组开发了一种新技术，这种技术制造物体的量子现象远远超过现有的技术。

这个团队在真空中用电场成功的把一个 400 纳米宽玻璃颗粒悬在空中。然后用激光冷却它们，几乎到绝对零度。根据量子物理的原理这些都是先决条件。这项研究已经发表在物理评论快报杂志上。

量子现象很奇怪和陌生。这包括量子叠加，无法同时确定同一个粒子的位置和能量，同一个粒子在同一时间出现在不同的地方，还有量子纠缠。诱导量子态中的对象，需要强大的散热能力，使温度接近绝对零度时原子停止震动。现在广泛使用的技术，如激光冷却，激光冷却用于原子，不用于大型的物体。还有一种常用的技术是腔冷却。在腔冷却期

间，粒子悬浮在激光包围的两个反射镜之间，并且非常仔细的校准波长。激光能保持粒子稳定，同时提取出粒子的动能。实际上，这种方法有时候激光会加热粒子。

“我们解决的方法是用激光束冷却这个玻璃微粒，用电场让玻璃微粒悬浮，” Millen 解释说。“用电场在激光束内部轻轻地转动玻璃微粒，帮助它更有效的降温。”

产业信息



室温下制石墨烯新技术商业化进程更进一步

美国加州理工学院的科研人员开发出一种在室温下制备石墨烯的全新技术，有望应用于太阳能电池、发光二极管、大型显示屏和各种电子产品。这使得石墨烯的商业化进程又迈出了坚实的一步。

新的制备方法可在室温下数分钟内产生高流动性和几乎无形变的石墨烯，其样本更是达到了几平方厘米大小。研究人员表示，利用新方法还可以产生几平方英寸大小的石墨烯，这为其今后的工业化应用铺平了道路。

通常情况下，制备石墨烯大约需要 10 小时，9 到 10 个不同的步骤。而新方法仅需一个步骤，大约 5 分钟。研究人员是在加热铜催化合成石墨烯的实验中发现新方法的。他们认为，形成石墨烯的关键是不能存在氧化铜，因而利用上世纪 60 年代开发的氢等离子体系统（即利用氢气电离产生氢等离子体）去除氧化铜。结果表明，该系统不仅如此，还可以产生石墨烯，而且产出的石墨烯质量更高，强度更大，且具有更高的电迁移率。

研究表明，新方法之所以可以生产出高质量的石墨烯，是由于氢等离子体与空气分子相互作用产生的氟基基团，可有效去除铜表面的缺陷。

此外，科研人员还发现，传统的石墨烯生产是随机沉积的，而新的石墨烯生长方法更有序，沉积后可形成无缝片材，利于保持其机械和电子性能的完整性。

由于新方法所制备的石墨烯质量较高，因此也拓展了其新的应用领域，如可用于防止材料降解，也可应用于太阳能电池和显示屏的透明电极。另外，还可以主动形成缺陷石墨烯晶格结构，从而产生新的机械和电子属性。

Sol Voltaics 砷化镓纳米线使太阳能电池效率破世界纪录

Sol Voltaics 是为太阳能产业提供先进的纳米材料技术的公司，其近日宣布，它们使用一种砷化镓（GaAs）纳米线阵列（NWA），提高了光伏（PV）转换效率，是此前公布的世界纪录的一倍，达到 15.3%。砷化镓一种重要的半导体材料，可以制成电阻率比硅、锗高 3 个数量级以上的半绝缘高阻材料，用来制作集成电路衬底、红外探测器、 γ 光子探测器等。

这是迄今报导的 III-V 族纳米线阵列太阳电池的最高效率，是以以前的砷化镓纳米线阵列技术转换效率的一倍。对于光伏应用，控制原生 GaAs 表面状态的高密度至关重要，这些结果证明，Sol Voltaic 公司已经解决了太阳电池纳米线生长中的这个挑战。

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