

# 纳米科技与产业发展 信息动态

第 8 期(总第 241 期)

2015 年 8 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

※※※※

## “40-28 纳米集成电路制造用 300 毫米硅片”项目在沪 启动

7 月 28 日，极大规模集成电路制造装备与成套工艺国家科技重大专项（以下简称“02 专项”）“40-28 纳米集成电路制造用 300 毫米硅片”项目启动会在临港产业区举行。国家科技部副部长、02 专项领导小组组长曹健林，02 专项第一行政责任人、上海市副市长周波出席并共同启动电钮。项目承担单位、上海新

### 本期导读

- ◆ 上海交大团队在二维晶体新材料锡烯研究上获重大突破（见第二版）
- ◆ 上海光源 XAFS 线站用户在原子层沉积设计新型纳米催化剂方面取得新进展（见第 6 版）
- ◆ 石墨烯的三维版亮相（见第 9 版）

昇半导体科技有限公司负责人张汝京介绍了“40—28 纳米集成电路制造用 300 毫米硅片”项目情况。揭牌仪式由市科委干频副主任主持，参加仪式的还有国家科技部重大专项办、高新司、02 专项实施管理办公室、02 专项咨询委员会马俊如主任、总体专家组王曦院士、临港管委会陈鸣波常务副主任以及市科委、市发改委、市经信委、市重大办、浦东新区政府等部门的相关领导。

集成电路产业是信息技术产业的核心，重大专项实施以来，我国集成电路产业技术水平和能级迅速提升，但作为集成电路制造业最大宗的关键材料，300 毫米硅片一直依赖进口，严重制约我国集成电路产业竞争力和供应链安全。攻克 300 毫米硅片量产技术，实现自主供应，是 02 专项核心任务之一。

项目承担单位上海新昇半导体科技有限公司由上海微系统所孵化的上海新傲公司、上海新阳、兴森科技等上市公司以及管理团队公司共同发起，总投资 68 亿元人民币，其中一期投资 23 亿元，预计 2017 年底完成 40-28 纳米 300 毫米硅片量产技术攻关，实现 15 万片/月产能建设，打破我国大尺寸硅材料基本依赖进口的局面，实现我国集成电路产业高端硅片批量自主供应，为我国集成电路产业发展奠定坚实的基础。

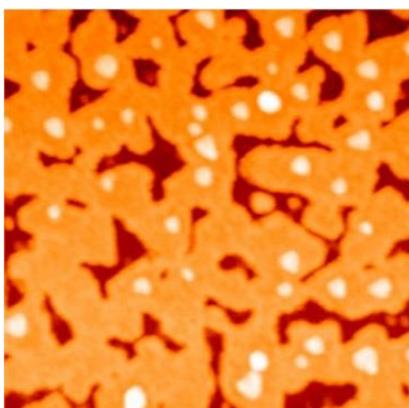
## **上海交大团队在二维晶体新材料锡烯研究上获重大突破**

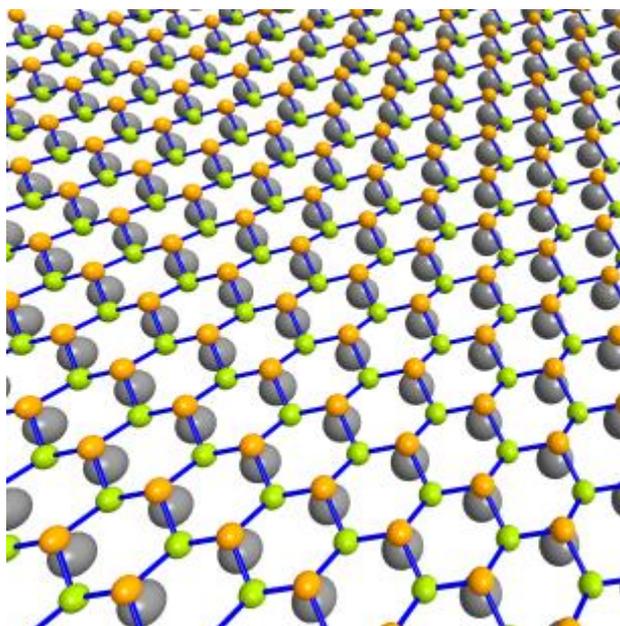
2015 年 8 月 3 日，国际学术期刊 Nature Materials 在线发表了上海交通大学物理与天文系钱冬和贾金锋教授的实验团队及其理论合作者完成的关于制备新型锡烯 (Stanene) 材料的学术论文 (<http://dx.doi.org/10.1038/nmat4384>)。这一团队经过长期的深入实验探索，发现了合适的基底材料和生长条件，并成功地利用分子束外延技术在国际上首次制备出锡烯二维晶体薄膜材料。同日，国际学术期刊《自

然》杂志在以“Physicists announce graphene’s latest cousin: stanene”为题报道了该成果并重点介绍了这种全新的二维晶体材料奇特的物理特性。国内外相关领域的多位学者肯定了此项成果是二维晶体材料研究领域的重要突破，评价说这是未来实现其奇特性能应用的关键性第一步（doi:10.1038/nature.2015.18113）英国皇家化学学会学术网站 Chemistryworld 于 8 月 5 日以“New two-dimensional tin material created”为题对该项研究进行了详细报道。8 月 7 日 Science alert 杂志也以“Physicists produce world’s first sample of potential wonder-material: stanene”为题报道了该工作。

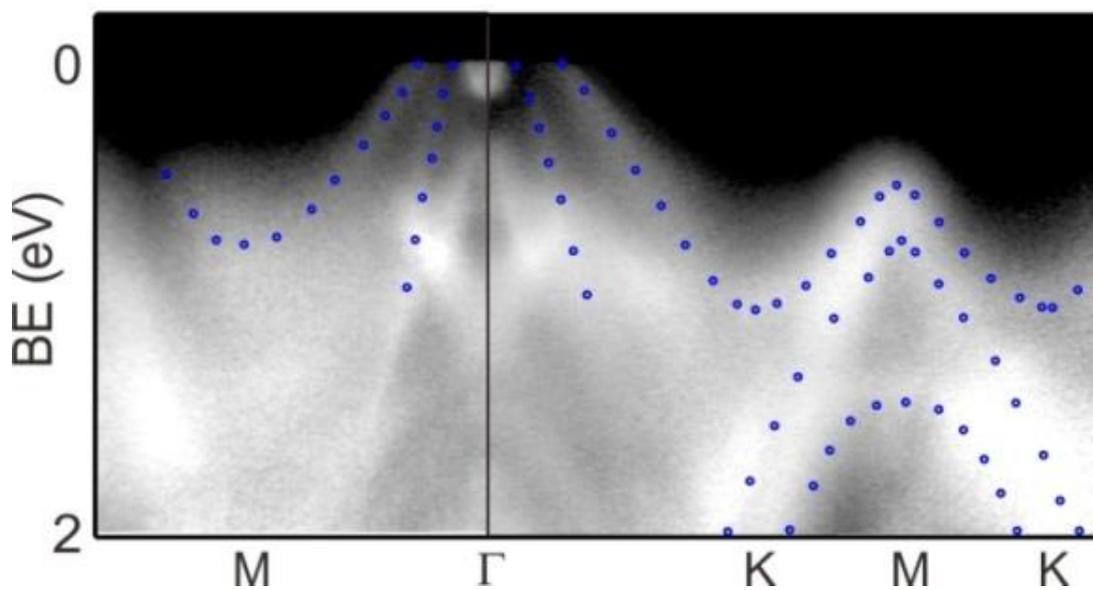
随着石墨烯研究的巨大成功，类石墨烯结构的 IV 族元素二维晶体材料成为凝聚态物理和材料科学领域关注的焦点。2013 年，斯坦福大学张首晟教授理论预言，二维类石墨烯晶体锡烯具有极其优越的物理特性，是一类大能隙二维拓扑绝缘体，有可能在室温下实现无损耗的电子输运，因此在未来更高集成度的电子学器件应用方面具有极其重要的潜在价值。同时，通过对锡烯的调控，还能够实现拓扑超导态、优越的热电效应、室温下的反常量子霍尔效应等新奇特性。不过，虽然锡烯在理论上是一种非常理想的新型量子材料，但是由于巨大的材料制备和物理认知上的困难，如何在实验上制备出锡烯材料，成为当前国际凝聚态物理和材料学领域科研人员努力的重要前沿焦点。

锡烯薄膜表面形貌图





锡烯薄膜原子模型图



锡烯薄膜电子能带结构

上海交通大学物理与天文系贾金锋教授的实验团队长期致力于新型量子材料的制备与研究，曾经在国际上率先制备出拓扑绝缘体/超导体异质结，在薄膜外延生长方面有丰富的经验。外延生长中，衬底的选择是非常重要的。通常要选择与待生长材料晶格相差很小的材料做衬底，但单层锡烯在晶格失配度非常小的半导体 InSb 衬底上的生长却失败了。该团队尝试了其它几种衬底，但都没有成功。能不能找到合适的衬底，令团队的每个人都非常担心。受他们以前在碲化铋衬底上成功制备二维拓扑绝缘体铋单层薄膜的启发，最终他们决定在碲化铋衬底上进行再一次尝试。经过不断的摸索，在精确控制好生长条件后，他们终于发现在这个衬底上，Sn 原子的生长方式发生了变化，逐渐形成了层状的薄膜，就这样人们梦寐以求的锡烯被制备出来了。

为了证明所制备的薄膜是锡烯，研究过程中团队还克服了两大难题。第一个难题是如何确定单个锡烯薄膜中双原子层的相对高度。通常情况下，扫描隧道显微镜只能看到最表面的一层原子，无法看到下面的第二层原子。通过大量的实验比对，研究团队最终成功观察到双原子层内部结构，并精确测定了双原子层的相对高度。第二个难题是如何确定外延薄膜的电子能带结构。由于薄膜厚度不到 0.4 纳米，而用来确定电子能带结构的角分辨光电子能谱信号中包含了众多的基底信号，这造成了极大的混淆。研究团队创新性地将锡烯的生长设备搬到同步辐射光源，利用同步辐射光源光子能量和光子偏置可变的特性，成功实现了锡烯的电子能带结构和基底信号的完全分离，并进一步利用原位表面电子掺杂的方法，精确确定了空态的部分能带结构。研究团队发现，实验确定的原子结构及电子能带结构和第一性原理计算的结果具有优异的一致性，从而真正地证实外延生长的确是二维锡烯薄膜。这篇论文在国际上受到了极大关注。

这项工作主要是在中国科技部、国家自然科学基金委的资助下，由上海交大贾金锋教授领衔的实验团队与清华大学、斯坦福大学张首晟教授的理论团队携手，历时两年完成。

## 上海光源 XAFS 线站用户在原子层沉积设计新型纳米催化剂方面取得新进展

中国科学院山西煤炭化学研究所覃勇研究员带领的研究团队，利用 ALD 技术设计制备出一种多重限域的 Ni 基加氢催化剂。与无限域的催化剂相比，多重限域的 Ni 基催化剂对于肉桂醛以及硝基苯的加氢催化反应的活性、稳定性有显著的提高。相关工作于近期发表在《德国应用化学》杂志上 (Angew. Chem. Int. Ed., 2015, 54, 9006-9010)。

原子层沉积 (atomic layer deposition, ALD) 是一种先进的薄膜沉积技术。利用 ALD 的技术特点和优势，可设计合成新型高效纳米催化剂，并可精确地调控催化剂的表界面结构。金属-氧化物载体的界面结构强烈影响多相催化剂的性能，因此精确地设计、调控界面结构，对于新型高效催化剂的制备非常重要。该研究团队利用 ALD 技术，以碳纳米螺旋或者碳纳米管为模板，在模板表面首先沉积 NiO 纳米粒子，然后再沉积 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 纳米薄膜，经过煅烧、还原处理后，得到氧化铝纳米管 (ANT) 包覆的 Ni 催化剂 (Ni-in-ANTs)。这样的途径使得 Ni 粒子不仅被限域在氧化铝纳米管中，还被嵌在氧化铝纳米管内壁的凹坑中，称之为多重限域。改变 NiO 纳米粒子和 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 纳米薄膜的沉积顺序，经过煅烧、还原处理，制备出 Ni 粒子负载在纳米管外壁的无限域催化剂 (Ni-out-ANTs) (图 1)。大量的表征结果证明，二者具有相同的 Ni 含量、Ni 纳米粒子尺寸、氧化铝纳米管管壁厚度、孔道结构以及 Ni 还原度。然而，对于肉桂醛以及硝基苯催化加氢反应，Ni 基多重限域催化剂的活性远远高于无限域的催化剂。这是由于限域催化剂中的 Ni 粒子被限域在氧化铝纳米管

内壁的凹坑中，具有了更多的 Ni-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 界面位点，其金属—载体之间的相互作用更强，促进了氢溢流现象，从而提高了催化剂的加氢反应活性。另外，氧化铝纳米管可以保护限域在其中的 Ni 粒子，阻止其在反应中脱落、溶释，使得多重限域催化剂比未限域的催化剂具有更好的循环使用稳定性（图 2）。该方法具有普适性，可以用来合成其他体系的限域催化剂，用于催化不同的反应，为未来高效纳米催化剂的设计提供了重要的科学参考。

上海光源为该研究提供了重要的技术支持。课题组在 BL14W1-XAFS 光束线站获取了 Ni 元素 K 边的 X 射线吸收谱精细结构（XAFS）。高质量的实验数据表明，对于未还原的催化剂，限域催化剂中 NiO 与 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 载体的相互作用更强。还原后，XANES 数据证明两种催化剂中 Ni 的还原度相同（图 3）。在该工作中，BL14W1 线站科技人员积极参与，在实验和数据处理两个方面提供了专业技术支持，为成果的发表做出了积极贡献。

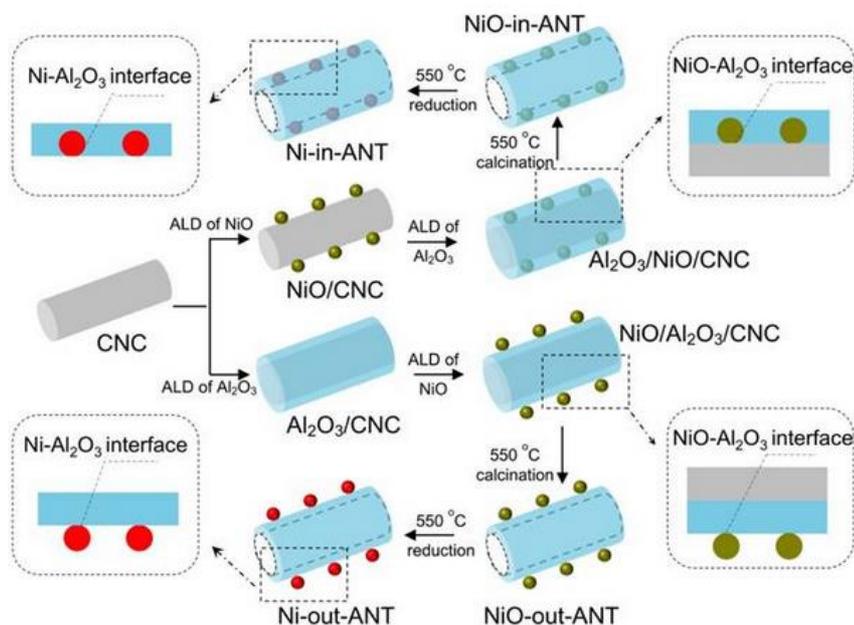


图 1 催化剂制备过程示意图

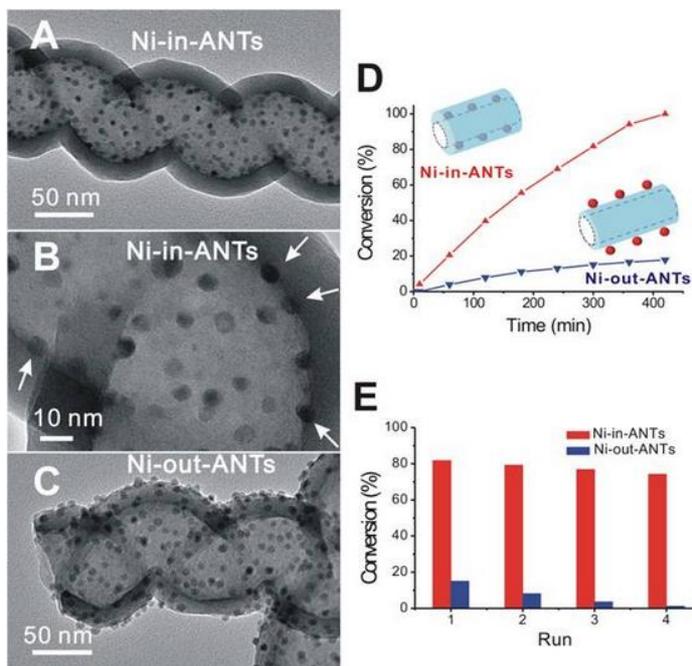


图 2 多重限域 (A、B) 和未限域 (C) 催化剂的 TEM 照片，及其催化肉桂醛加氢反应的活性 (D)、稳定性 (E)。

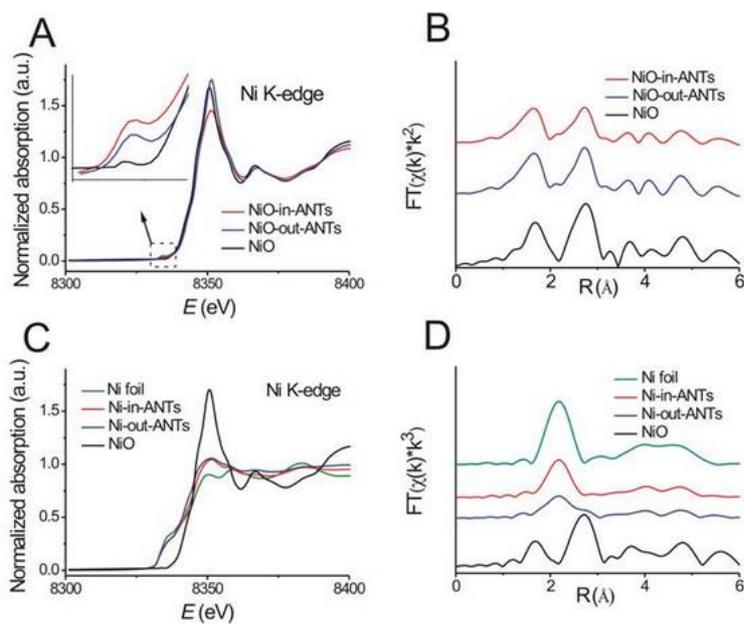


图 3 还原前、后 Ni 基催化剂的 XANES 和 EXAFS 表征。

海外传真

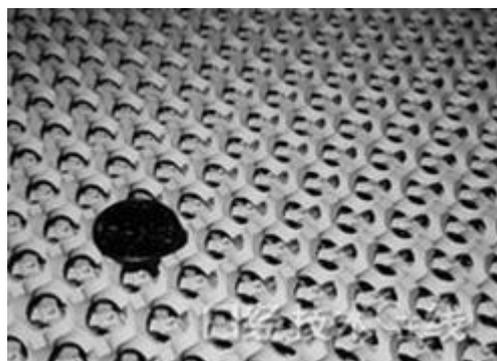
☆☆☆☆

## 石墨烯的三维版亮相

美国普林斯顿大学（Princeton University）主导的研究小组宣布，在称为半金属的晶体中发现了 1929 年预测存在的“粒子”，并于 2015 年 7 月 16 日在学术杂志《Science》上发表了论文。这一发现有可能会给未来的电子学带来巨大影响，比如有望实现功耗大幅降低的元件等等。

新发现的“粒子”也可以说是特殊材料中带有特殊性质的电子。具体称为“Weyl 费米子”。其特点是：质量为零，并且在晶体中像磁单极子（Monopol）一样运动。

质量为零意味着“电阻”非常小，载流子移迁率非常高。而像磁单极子一样运动则是指，粒子具备相当于磁铁“N 极”和相当于磁铁“S 极”的任一性质。不过，与普通磁铁的性质不同，称为“贝里电荷（Berry Charge）”。这种“N 极”或“S 极”的粒子同时从一点产生（成对产生），一旦开始运动就不易被障碍物阻止，只有相互碰撞才会消失（成对消失）。



主导研究的普林斯顿大学物理学教授 M.Zahid Hasan 在冷却至几乎绝对零度的钽砷（TaAs）晶体中发现了该“粒子”。内部存在 Weyl 费米子的材料称为 Weyl 半金属。除了 TaAs 之外，HgTe、NbP、NbAs 等也是相关材料的有力候补。在 Weyl 费米子方面，中微子（Neutrino）曾被认为是其中一例。不过，1990 年代科学家查明中微子拥有质量，因此重新开始了探索。尤其是近几年，构成 Weyl 半金属、探索位于其内部的

Weyl 费米子的研究非常活跃，包括日本在内，全世界展开了力争最先发现该粒子的竞争。最终，由 Hasan 等组成的研究小组赢得了这场竞争。

普林斯顿大学的此次研究是一项共同研究，合作方包括北京大学、台湾大学、新加坡国际大学、美国橡树岭国家实验室、美国东北大学、中国量子物质科学协同创新中心。

不过，从二维材料来看，以前已经发现过与 Weyl 费米子几乎同等的“粒子”。这就是石墨烯中的电子。石墨烯中的电子，其有效质量为零，显示出称为弹道传导的特殊传导特性。根据这一点，Weyl 半金属也常常被称为“三维石墨烯”。

而这种 Weyl 半金属的光版、也就是以光子晶体实现 Weyl 半金属性质的研究小组也浮出了水面。它就是美国麻省理工学院主导的研究小组。该研究小组在普林斯顿大学此次发表论文的同一期《Science》上刊登了论文。主导研究的是 MIT 教授 Marin Soljacic。Soljacic 因 2006 年发表共振型无线供电技术（2007 年实施实验性实证）而为人所熟知。

Soljacic 的研究小组实际构成了以 10GHz 频带的微波为对象的光子晶体。通过向该光子晶体照射微波等手段，在实验水平上确认该光子晶体具备与 Weyl 半金属具有相同的性质。“在该光子晶体版 Weyl 半金属中，发生了我们尚且未知的新光学现象，这或将有助于实现新的应用”。

## 石墨烯三维异型体能形成迪拉克环

最近，美国俄克拉荷马大学科学家提出，石墨烯可能还有一类三维的异型体，它们属于一个新家族。这些结构有可能在实验中合成，其中最简单的“超蜂窝”结构拥有许多不寻常的性质，可能比金刚石更稳定。相关论文发表在最近的《物理评论快报》上。

石墨烯是一种单层六角形的 2D 结构，每个碳原子与其他 3 个碳原子相连。这种“平面三角连接”赋予它许多独特的属性，尤其是电学性质，

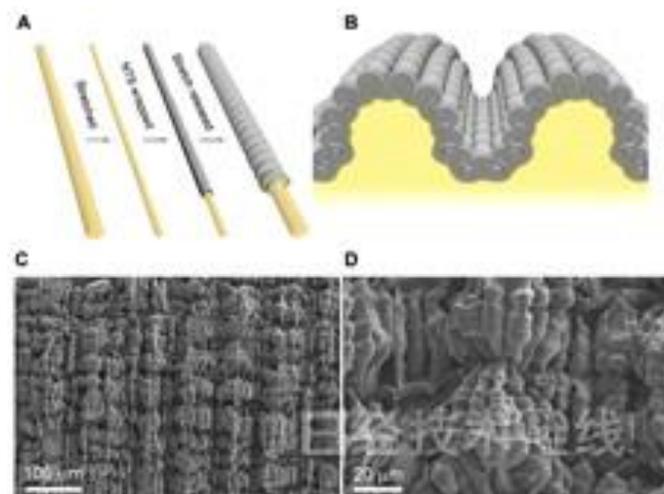
使其成为一种卓越的半导体材料。石墨烯的三角连接会产生不寻常的现象：造成电子的能量随其动量呈线性变化，使电子出现类似接近光速运动的行为。狄拉克方程描述了这种相对论电子，所以电子产生这种行为时的动量值被称为“狄拉克点”。大部分材料结构都没有狄拉克点。这种线性行为会大大影响电子分布和它们与晶格振动之间的相互作用。

研究人员想知道，把碳基平面三角结构上的狄拉克点扩展到三维空间，形成狄拉克环会怎样。实验中至今尚未观察到狄拉克环，只是预测其存在于少数精微材料中。分析认为，当三角连接碳原子链互相垂直堆叠时，理论上可以形成狄拉克环。这种排列不同于石墨，石墨虽然也是3D结构，但是一层层堆叠的。而垂直堆叠链有许多不同的维度，因为蜂窝六角形在垂直和水平结合方式上有多种可能。如最简单的超蜂窝结构，只有两个碳原子互相垂直组成，其晶格有点像微小的双面书架。

3D结构可能会让超蜂窝同素异形体极其稳定，甚至超过金刚石和石墨。穆伦说：“我们正在尝试计算其硬度（拉伸性）和强度（抗断裂性）。”他们预计，要合成这种碳同素异形体新家族是个很大挑战，但用目前的技术也是可能的。

## 橡胶和 CNT 覆膜做导线

美国德克萨斯大学达拉斯分校等的研究人员，使用橡胶和碳纳米管（CNT），开发出了伸长率达到数十倍、且伸缩性非常大的电气导线，即使反复屈伸、扭转，导电性也不会大幅劣化。设想用



作连接医用心脏起搏器和电池的导线、柔性显示器的布线、致动器以及会反复进行大幅度伸缩和扭转的人工肌肉的布线等。

此次开发的导线是在直径为 0.5mm 的橡胶芯周围贴附了 1~200 层碳纳米管 (CNT) 制成的。制作时使橡胶伸长约 15 倍, 然后沿着橡胶贴附 CNT。当橡胶恢复原来的长度时, CNT 在橡胶表面变成皱褶状。

然后在上面再覆盖一层橡胶。此时, 在不伸长的状态下, 导线直径约有 2mm。在伸长状态下, 导线直径减小为约 0.5mm。

当 CNT 层为 19 层时, 使这种导线伸长到 11 倍后的导电率降幅为 4.5%, 伸长 31 倍后的导电率降幅只有 5.01%。

## 新型数字开关由石墨烯和氮化硼纳米管制成

科学家将石墨烯和氮化硼纳米管结合, 制成全新的混合数字开关, 可作为电子产品中控制电流的基本元件。未来有望借此制成不含硅半导体的晶体管, 让计算机、手机、医学设备和其他电子产品的速度更快、体积更小。

石墨烯可“变身”为各种独特的材料, 氮化硼纳米管也可被加工成各种生物和物理材料, 但这两种材料却没有在电子界取得一席之地: 石墨烯导体中电子释放太快, 无法控制电流; 氮化硼纳米管单独存在时甚至是不能导电的绝缘体。

美国密歇根理工大学物理学家叶玉金 (音译) 领导他的团队将上述两种材料的化学结构放大, 找到其不匹配性, 最终成功开发出全新的混合数字开关。他们在单分子层石墨烯表面蚀刻出许多小针孔, 然后往针孔内引入氮化硼纳米管, 融合后的混合材料看起来就像一层树皮上长着不规则的稀薄头发。

由于化学结构的不匹配, 两种材料的结合点处会出现能隙的不匹配: 石墨烯薄层导电快, 而纳米管内的原子结构会阻止电子流动, 混合材料

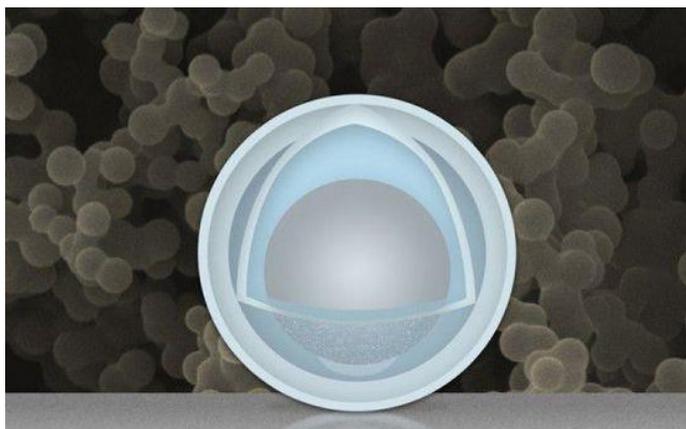
因此具有了能隙差（势垒）。这些能隙差成为调控并阻止电子流动的关键。两种材料之间的接触点被称为“异质结”，这些异质结就是数字开关。

研究证明，新型混合开关具有更高的转换系数，其开关速度比现有石墨烯转换器高几个数量级，这将加快电子产品和计算机的开发步伐。

新型混合材料还能解决目前晶体管中硅半导体的两大短板：不能更小以及大量发热。另外，由于石墨烯和氮化硼纳米管具有相同的原子排列即位点匹配，新型数字开关还能避免电子流动分散的问题。电子只有朝同一个方向流动才能制造更大的电流，但经常有电子会偏离原来的方向，大大降低电流的强度和速度。而新型混合开关能控制高速前行电流中电子的方向，让偏离的电子回归正轨。

## 新型纳米粒子锂电池：6分钟就能充满电

来自美国麻省理工和中国清华大学的科研人员研发出了一种“蛋黄与蛋壳”电池，它可以在6分钟内完成一次充电。电池的电极由纳米粒子创建，它的正极由二氧化钛“蛋壳”和铝“蛋黄”组成。当“蛋黄”从“蛋壳”中分离，空隙允许其扩张和收缩，这样外壳就不会受到影响。而现人们使用的锂电池其电极每充一次电就会在扩张和收缩发生时出现锂损失，这样则会缩短电池的寿命。



除了变得更耐用之后，这种新型电池的容量也大大增长，为现移动设备锂电池容量的3倍。换句话说，新型纳米粒子锂电池可以让智能手

机、笔记本、平板电脑用上好几天的时间。此外，由于电池充电过程的缩涨现象得到大幅减缓，于是这款电池的充电时间也大大缩短，只需要6分钟。

目前，这款电池还处在实验性阶段，但科研人员相信，这种材料廉价、制作简单的电池未来一定能够量产化。

## **纳米粒子结合又有新方式 类似沙雕原理由温度和磁场控制**

沙粒和纳米粒子在普通人眼里，或许只是一些小到连肉眼都看不清的小颗粒，但日前来自美国的一组科学家却受到海边常见的沙堡和沙雕的启发，创造出了一种全新的纳米粒子结合方式。

这项来自美国北卡罗来纳州立大学和北卡罗来纳大学教堂山分校的研究发现，磁性纳米粒子能将自己包裹在一层油液“外套”当中，并能在水中通过独特的毛细管“桥梁”结合起来，形成特定的纳米粒子链条。这些链条对温度极其敏感：当温度从45摄氏度降低到15摄氏度后，这些纳米粒子之间的链条就会变脆继而断裂，纳米粒子也会分散开来；而如果将温度重新升高，并施加一定的外部磁场，这些链条又会神奇地再次形成。

负责此项研究的北卡罗来纳州立大学化学和生物分子学教授奥尔林·威勒夫解释称，这个过程就像是用湿润的沙子来制作沙堡和沙雕。在沙子当中加入一定比例的水，就能将细小的沙粒结合起来，让它们具有一定的可塑性。纳米粒子也是如此，由于油和水不会融合，在水中身着油液“外衣”的纳米粒子之间能通过毛细管桥梁结合起来。外部磁场则能控制这些纳米链条，让其按照科学家们设想的方向生长。

换句话说，这种材料能根据温度的变化作出响应，具有一定的柔性和弹性。威勒夫说，该技术能让液体中的纳米颗粒之间形成灵活可控的连接，未来有望借此开发出带有柔性接头的微型机器人或是带有磁性和自我修复功能的凝胶。相关论文发表在最近出版的《自然·材料学》杂志上。

## 产业信息



### 欧盟纳米医学定性实验室项目正式启动

欧盟 2020 地平线提供全额资助，由欧盟联合研究中心（JRC）负责实施与管理的欧盟纳米医学定性实验室（EU-NCL）项目，于 2015 年 7 月 1 日正式启动。旨在加强欧盟纳米医学技术与产品的标准化规范，强化欧盟纳米医学科技界同工业界之间的技术创新与知识共享，提升欧盟工业企业竞争力。持续推进纳米医学技术与产品的标准化操作程序、基准材料和质量管理的推广应用部署，促进跨行业跨学科技术创新，特别是加强纳米技术开发同标准化机构与监管部门之间的紧密联系。

EU-NCL 是欧美跨大西洋合作协议的重点优先项目之一，是第一个有关纳米医学的跨大西洋科研基础设施，美国国家癌症研究所（NCI）的纳米医学定性实验室（US-NCL），将作为合作伙伴之一参与其中。EU-NCL 目前的第一批合作伙伴来自欧盟 8 个成员国，已具备开发和制定世界纳米医学技术产品标准规范的潜力。EU-NCL 将由六大分析测试平台组成，为公共和私人纳米医学技术产品开发商提供便利的专业化分析测试服务。并持续开发先进或改进分析测试工具及方法，始终保持 EU-NCL 处于纳米医学分析测试的世界领先水平。

欧盟联合研究中心（JRC），作为欧委会直属的“官方”专业化跨学科研究机构，长期从事纳米技术及材料的标准化规范研究。同欧盟标准

化委员会（CEN）、国际标准化组织（ISO）和经合组织（OECD）保持着长期的合作伙伴关系，有助于推动欧盟纳米医学领域相关标准规范的国际化。

## 德国纳米药物公司 Leon 融资 2000 万美元助力新型 载药系统研发

德国纳米药物研发者 Leon 公司最近宣布，公司将进行一项总额达 2000 万美元的 A 轮融资用于公司的新型纳米载药系统 MJR 的开发应用。Leon 公司不同于其他生物医药公司，它专注于利用公司独特的纳米载药技术改造现有的失去专利保护的药物活性成分，使其获得更广泛的应用。

Leon 公司宣称，公司开发的 MJR 载药系统能够提高药物的生物利用度、溶解度以及溶出度等关键指标。MJR 载药系统主要由一个喷射反应器构成，药物粉末和水能够在一毫秒内充分混合，形成直径在 100-500 纳米之间的纳米颗粒。同时，由于这种新剂型能够提高药物的生物利用度，因此临床使用时可以降低临床上所用药物浓度，这样一来药物的毒副作用也会相应减轻。

此次 A 轮融资主要由 TVM Capital Life Science 领衔，Leon 公司计划利用这些资金加强自己在临床研究等方面的实力，并寻找合作者共同开发有前景的药物。

---

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@stcsm.gov.cn