

纳米科技与产业发展 信息动态

第9期(总第297期)

2019年9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

※※※※

第五届“纳米之星”创新创业大赛

上海赛区成为最大赢家

8月19日，第五届“纳米之星”创新创业大赛在北京国际会议中心举行。本届大赛由纳米科技产业技术创新战略联盟主办，国家纳米科学中心、上海市纳米科技与产业发展促进中心、上海纳米技术协会等承办，本届大赛作为国际学术会议ChinaNANO2018产业重点活动，旨在带动、发掘一批纳米领域具有突出发展潜力的创业企业和团队，将科技优

本期导读

- ◆ 上海硅酸盐所在氟/硫基正极异质界面催化转换反应研究中取得系列进展(见第3版)
- ◆ 科学家用CRISPR成功治疗三阴性乳腺癌(见第10版)
- ◆ MIT团队制造出最大的碳纳米管芯片,有望在5年内上市(见第15版)

势直接转化为创业资源、发展动力。

本次大赛吸引了来自北京、上海、重庆、河南、湖北、安徽 6 个分赛区的 160 余个项目报名，最终 10 个初创企业项目、19 个团队项目入围总决赛，项目涵盖纳米技术在“新材料”、“生物医药”、“新能源与节能环保”等战略性新兴产业的应用。

经过激烈地角逐，在参赛企业中，上海速芯生物科技有限公司勇夺一等奖，复朗施（北京）纳米科技有限公司与上海瑞邦生物材料有限公司获得二等奖，湖北盛齐安生物科技股份有限公司、宁国东方研磨材料股份有限公司、北京海川锦成科技有限公司获得三等奖。

团队组中，上海微系统所相变存储器研发团队夺得一等奖，上海交大超纳米科技团队和碳纳米管电子墨水团队获得二等奖，DNA 纳米机器人、超浸润农药助剂、净碧康三个团队获得三等奖。此外，大赛还评选出三个单项奖，分别是：技术领先奖——上海微系统所相变存储器研发团队，投资价值奖——超浸润农药助剂团队，商业模式奖——上海速芯生物科技有限公司。



官。

队，投资价值奖——超浸润农药助剂团队，商业模式奖——上海速芯生物科技有限公司。

本次大赛上海赛区项目成为最大赢家，企业组和团队组共六个项目参加，最终四个项目共获得六个奖项，并以“双冠军”的好成绩收

上海硅酸盐所在氟/硫基正极异质界面催化转换反应 研究中取得系列进展

传统的嵌入型锂电池正极材料，如橄榄石 (LiMPO_4)、层状 (LiMO_2) 及尖晶石 (LiM_2O_4) 等，虽然具有优良的电化学可逆性，但是其少量电子转移 (0.5-1 个) 的短板极大限制了它们的电荷储存容量和能量密度，已不能满足可移动电子设备、电动汽车及智能电网等应用领域的快速发展。而基于多电子转换反应的氟或硫基正极因其极高的理论比容量和能量密度 (例如: Li-FeF_3 , $713 \text{ mAh} \cdot \text{g}^{-1}$, $1950 \text{ Wh} \cdot \text{kg}^{-1}$; Li-S , $1672 \text{ mAh} \cdot \text{g}^{-1}$, $2567 \text{ Wh} \cdot \text{kg}^{-1}$) 正在成为下一代能源存储系统正极材料的有力竞争者。然而，氟基正极面临着缺乏内在锂源、较差的容量保持能力和倍率性能等关键挑战。而预锂化的氟化物又容易相分离，导致绝缘氟化锂的粗化存在及其在充电过程中分解困难等问题。硫基正极由于单质硫和放电产物 ($\text{Li}_2\text{S}/\text{Li}_2\text{S}_2$) 的绝缘性、放电中间相多硫化物 (LiPSs) 的易溶解性及其转换动力学有限，导致锂硫电池的实际应用受限。在氟/硫基正极异质界面引入具有催化效应的活性位点或纳米晶域，可实现 LiF 或锂硫化物的高效裂解或转化，以提高转换反应的倍率性能和降低其过电势，推动氟/硫基正极接近其能量密度极限。近期，中国科学院上海硅酸盐研究所李驰麟研究员，分别与中国工程物理研究院崔艳华研究员和中国科学院宁波材料技术与工程研究所杨明辉研究员合作，在氟/硫基正极异质界面催化的合成设计方面取得了系列研究进展，相关成果先后发表在国际纳米/材料领域著名杂志 *ACS Nano* 上。

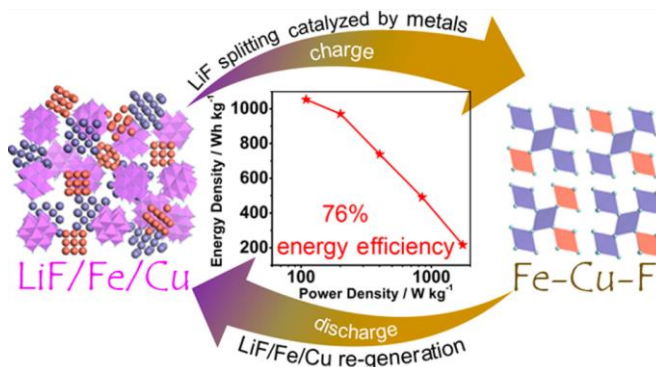
对于追求含锂的氟化物正极，大量研究致力于用球磨方法将还原性过渡金属或低价态金属氧化物或氟化物与 LiF 纳米晶混合，但是这类纳米复合材料仍然存在较大的过电势和低的电流密度等劣势。该工作首次提出了氟基催化的概念，在脉冲激光沉积技术制备的 LiF/Fe/Cu (LFC) 薄膜电极中实现了三相的晶域均匀分布、紧致接触和晶粒生长抑制，导

致双金属 (Cu/Fe) 纳米晶域对 LiF 的低电位催化裂解, 这一过程极大激活了含锂氟基正极的转换反应活性 ($\sim 400 \text{ mAh} \cdot \text{g}^{-1}$) 和能量效率 ($\sim 80\%$)。即使在不添加导电添加剂和粘合剂的情况下, 这种锂化异质结构 (LiF/Fe/Cu) 能够实现显著的首次充电过程, 其充电容量释放可达 $300 \text{ mAh} \cdot \text{g}^{-1}$, 且具有较低的充电过电势 ($2.7 \sim 4 \text{ V}$)。LFC 电极的可逆循环可达 200 圈以上, 且赝电容储能贡献大于 50%。与 Fe-F 电化学过程相比, Cu 纳米晶域掺入对 Fe-Cu-F 形成和分解的动力学有极强的催化作用, 使得 LFC 正极的能量和功率密度分别可超过 $1000 \text{ Wh} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $1500 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。该工作表明, 只要内建导电 (催化) 网络设计合理, LiF 基正极材料是非常有潜力的。该工作发表于 ACS Nano 2019, 13, 2490。

同时具有高导电性、高吸附性和催化活性的硫宿主骨架是锂硫电池长期追求的目标, 但是被广泛研究的多为结构疏松的多孔碳骨架材料。该工作提出一种新的具有多孔纳米带形貌的异质结材料 ($\text{MoO}_2\text{-Mo}_3\text{N}_2$), 其比表面积只有 $95 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$, 但是可作为紧致的正极骨架促进 S/ Li_2S 的均质空间分布和保形沉积。 MoO_2 和 Mo_3N_2 纳米晶域间的丰富异质界面可作为对多硫化物的工作协同的捕获-转换位点, 其结合了 Mo_3N_2 导电性和 MoO_2 吸附性的各自优点。部分氨化操作不仅促进了纳米带因氮氧化物晶格不匹配而劈裂, 并在其粗糙颗粒表面造出了丰富的孔隙, 促进了晶格缺陷的富集, 使异质结区域成为多硫化锂的吸附点和转换加速位。即使在低表面积条件下, 这种非碳异质结基质也可以实现高达 75wt% 的硫载量。 $\text{MoO}_2\text{-Mo}_3\text{N}_2\text{@S}$ 复合正极在 1 C 的充放电倍率下展示了 1000 圈的超长循环稳定性, 并且维持了 $511 \text{ mAh} \cdot \text{g}^{-1}$ 的可逆容量。在 $3.2 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ 的高面载量下, $\text{MoO}_2\text{-Mo}_3\text{N}_2\text{@S}$ 在 1000 圈后的可逆容量仍然可维持在 $451 \text{ mAh} \cdot \text{g}^{-1}$ 。受益于多硫化物在异质结处的催化转换, $\text{MoO}_2\text{-Mo}_3\text{N}_2\text{@S}$ 中的锂离子扩散系数高达 $2.7 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{s}$ 。多硫化物和异质结的亲合性可实现负极锂金属在长期循环后的无枝晶电镀。即使在没有高比表面碳网络结构的辅助下, 具有工作协同或功能分享的异质结构也可作为高性能锂硫电池实现的可

行解决方案。该工作发表于 *ACS Nano* 2019, DOI: 10.1021/acsnano.9b02231。

相关研究工作得到了国家重点研发计划、国家自然科学基金等项目的资助和支持。



双金属（Fe-Cu）纳米晶域催化 LiF 高效裂解以助力氟基转换反应正极

上海硅酸盐所在高负载大倍率锂硫电池的正极异质掺杂骨架研究中取得系列进展

移动电子设备、低排放电动车和智能电网等应用对储能体系的能量密度提出了更高的要求，促使人们不断探索能够超越现有锂离子电池的新型电池体系。基于多电子转换反应的锂硫电池由于其高能量密度（2567 Wh/kg）和资源丰富性而展现出不凡的潜力。然而，单质硫及其放电产物（ $\text{Li}_2\text{S}_2/\text{Li}_2\text{S}$ ）的绝缘性、充放电过程中由可溶多硫化锂引起的“穿梭效应”、电极体积膨胀等缺点极大阻碍了锂硫电池体系的商业化发展。将杂原子或者金属纳米粒子作为活性位点掺杂入异形多孔碳框架可以有效地解决上述问题，在确保均匀负载高含量硫和良好导电性的同时，还可以化学地吸附多硫化物，有效地限制“穿梭效应”，并且加速催化多硫化物转换反应，提高倍率性能（*Journal of Energy Chemistry* 2019, 38, 94-113）。近期，中国科学院上海硅酸盐研究所李驰麟研究员带领的团

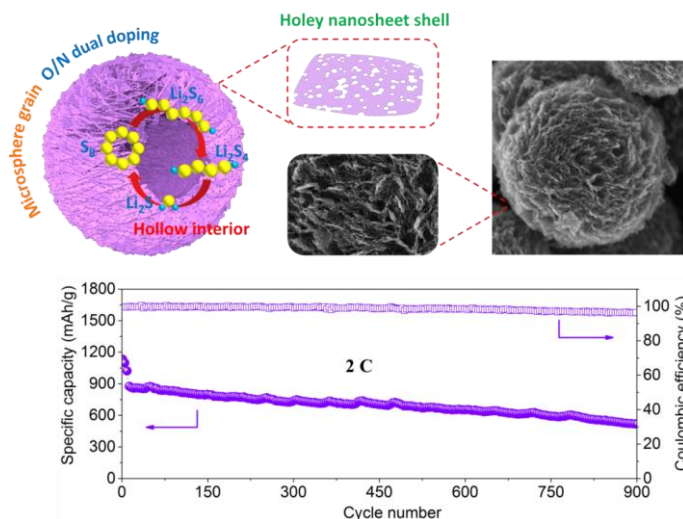
队在高负载大倍率锂硫电池正极的异质掺杂骨架的合成设计方面取得了系列研究进展，相关成果先后发表在 *Energy Storage Materials*、*ACS Nano* 等期刊上。

中空碳球由于良好的导电性、高的比表面积、可调的孔结构和低的密度，是高载量硫宿主材料的理想之选。目前，中空碳球主要由模板法制得，过程复杂且试剂有害。该团队提供了一种基于自牺牲模板法合成 N/O 杂原子双掺杂的中空碳微球的合成方案。采用微米级的球形碳氮聚合物 ($g-C_3N_4$) 作为自牺牲模板和富氮的前驱体，在外层包覆 PDA，通过简单的高温碳化方法去除内层的碳氮聚合物模板，同时外部 PDA 碳化多孔纳米片，从而得到 N/O 杂原子双掺杂的中空碳微球 (HCMs)。HCMs 有着大量多孔纳米片组成的壳，具有高的比表面积 ($873\text{ m}^2/\text{g}$) 和孔容 ($4.84\text{ cm}^3/\text{g}$)，其 N 和 O 含量可达 5.36 和 6.99 atom%。得到的 HCMs-S 电极由于其物理限制效应、亲锂吸附和催化转化等优点，在 2C 大倍率下的可逆容量约为 900 mAh/g，900 次循环后的保留容量约为 530 mAh/g。即使在高硫含量 (90 %) 和载量 ($4.84\text{ mg}/\text{cm}^2$) 的条件下，也得到了 700 mAh/g 的优异可逆容量。长期高倍率的循环不影响正极端纳米结构 Li_2S 的均匀沉积，负极端的锂沉积也没有枝晶生成。该工作开发了一种可实现微米级 C-S 颗粒和高载量锂硫电池的简便方法，其碳宿主微结构以二维结构单元自组装成的三维骨架为特征，具有丰富的内部连通的质量/电荷传输通道。相关成果发表于 *Energy Storage Materials* (2019, DOI: 10.1016/j.ensm.2019.06.009) 上。

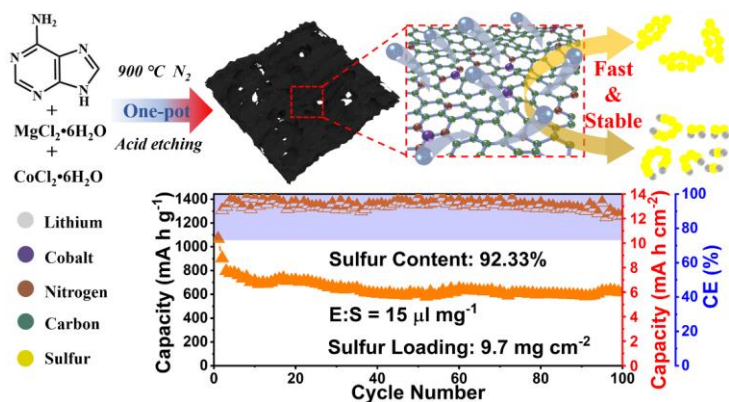
二维层状多孔碳具有比表面积大、导电性好以及催化活性位点易铺展调控等优点，可以有效地负载硫分子，减缓硫电极的体积膨胀效应，加快电子和离子传输，而且二维层状结构也可以增加多硫化物与催化活性位点的接触。该团队使用 $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 同时作为高温溶剂和造孔剂，其在 $900\text{ }^\circ\text{C}$ 高温碳化富氮的生物质腺嘌呤 (Adenine) 时起到交联模板作用，且辅以少量的 $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ 掺杂，最后得到共掺杂 Co/N 作为双亲

锂-亲硫位的二维层状结构交织的石墨化多孔碳（Co-CNCs），其具有褶皱的整体形貌特征。受益于其丰富的层间体积、稳定的石墨化结构、均布的化学吸附位和电催化活性位点，S@Co-CNCs 在 0.2 C 的初始容量为 1290.4 mAh/g，在大倍率为 2 C 时可稳定循环至少 600 圈，且具有极小的每圈循环衰减率（0.029 %），其倍率性能测试可容忍 20 C 的超高倍率。另外，即使在 92.33 wt% 的超高硫含量时，H-S@Co-CNCs 电极能在 5 μ l/mg 的极低 E/S（电解液体积/硫质量）比下稳定倍率循环；H-S@Co-CNCs 在 9.7 mg/cm² 的高面积载量下，以 6 mAh/cm² 的面容量可稳定循环至少 100 圈。该复合正极可在大倍率长时间循环下仍然维持完整的初始形貌，实现均匀的 S/Li₂S 电沉积，而且该锂硫电池的负极无明显枝晶形成。相关成果发表于 *ACS Nano*（2019, 13, 9520-9532）上。

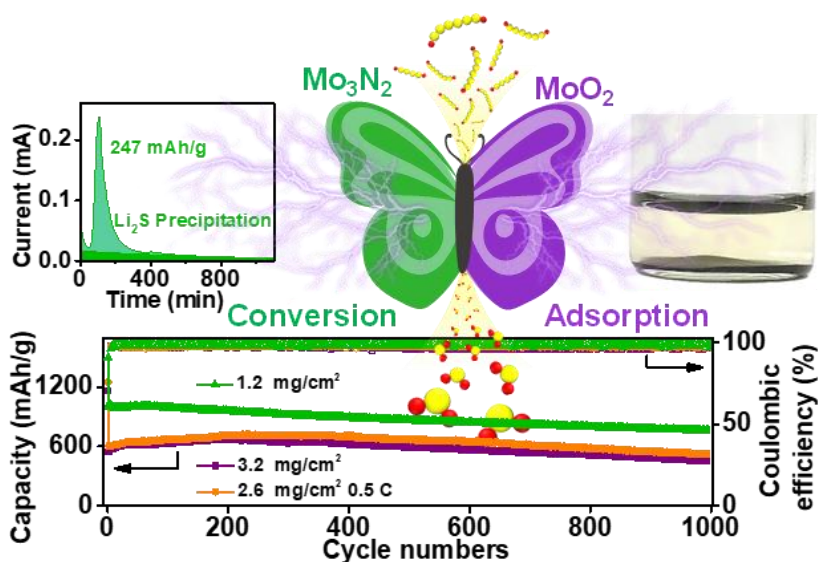
相关研究工作得到了国家重点研发计划、国家自然科学基金等项目的资助和支持。



由多孔纳米片壳层构成的 N/O 杂原子双掺杂中空碳微球作为高载量锂硫电池的大颗粒正极宿主材料



腺嘌呤衍生、具有双亲锂-亲硫位、二维层状结构交织的多孔碳作为高载量锂硫电池的正极宿主材料



导电多孔 MoO₂-Mo₃N₂ 协同工作异质结作为高载量锂硫电池的低表面积正极宿主

纳米科学与技术 2019 白皮书发布

8月17日，第八届中国国际纳米科学技术会议在北京召开。会上发布了《纳米科学与技术：现状与展望 2019》白皮书，全面详细地揭示了近年来世界纳米科技的发展现状。

白皮书认为，纳米科学和技术在基础研究中扮演着越来越重要的角

色，纳米科学的交叉学科性质越来越明显，促进了多重基础科学领域的发展。

从 2012 年到 2018 年，自然指数中的纳米论文总数从约 6900 篇增加到 10500 篇左右，年复合增长率为 7.3%，增长速度明显高于自然指数中所有原始研究论文的整体增长水平。其中生命科学领域的纳米论文从 2012 年的约 610 篇增加到了 2018 年的 1560 篇左右，翻了一倍有余，在物理、化学、材料、生命四大研究领域增速最快。白皮书认为，这得益于纳米医学和纳米诊断研究的蓬勃发展，如纳米材料在药物递送中的广泛应用。材料科学领域的纳米论文增速位居第二。

白皮书还比较了中国、美国、日本、德国、韩国、英国、法国、澳大利亚等八个纳米科学

研究大国在 1990 年到 2018 年间的纳米科学出版物的增长情况，结果显示八个国家的纳米科学论文发表数量均出现了增长，其中以中国的增长最为明显。

整体而言，全球比较的结果表明，美国和中国在纳米科学和技术研究领域，包括高质量的研究产出，处于领先地位，而中国的增长尤其明显。2011 年，中国的纳米科学研究产出跃居世界第一位，从 2012 年开始大幅超越其他国家。

按研究机构划分，在全球排名前十的机构中，中国囊括了其中 6 席，主导地位显而易见。其中，中国科学院包括其所有的下属研究所和国家重点实验室在内，纳米相关研究的分数式计量排名第一，远远领先于前十大机构中的其他机构。白皮书分析，虽然这在一定程度上可能是因为中科院规模庞大，但是它在高质量研究产出方面的排名也确实彰显了自身的实力。紧随其后的是美国斯坦福大学和德国马普学会。

在产业化应用方面，白皮书指出，总体来说，纳米材料和纳米技术的应用规模正在不断壮大。在美国专利商标局和欧洲专利局注册的所有商标中，2017 年的纳米技术专利数占全部专利数的 2.5% 左右，全球纳米

技术市场规模在 2016 年达到 392 亿美元，2016~2021 年的年复合增长率为 18%，这些数字预示了纳米技术广阔的产业应用前景，纳米科学在许多产业领域掀起的技术革命也将继续推进。

白皮书预计，到 2024 年，纳米技术对世界经济的贡献将超过 1250 亿美元。有了人工智能的助力，纳米技术将释放更多潜力，或将在可持续农业、智慧城市、数字化生活等方面起到越来越重要的作用。坚持审慎的发展道路，纳米技术必将打造出更加美好的生活和环境。

该白皮书由国家纳米科学中心提供专业支持，施普林格·自然集团独立编制，中科院院长白春礼为白皮书作序。在文献计量和引文分析的基础上，白皮书还充分融合了纳米科技前沿研究领域同行们的专业判断。

（来源：科学网）

海外传真

☆☆☆☆

科学家用 CRISPR 成功治疗三阴性乳腺癌

波士顿儿童医院(Boston Children's Hospital)的研究人员称，一种肿瘤靶向 CRISPR 基因编辑系统可以有效且安全地阻止三阴性乳腺癌的生长，该系统被封装在纳米凝胶中，并注射到体内。他们在人类肿瘤细胞和小鼠身上进行的原理验证研究，提出了一种潜在的基因治疗三阴性乳腺癌的方法。在所有乳腺癌中，三阴性乳腺癌的死亡率最高。美国国家科学院院刊(PNAS)近日在网上报道了这项新的专利保护策略。

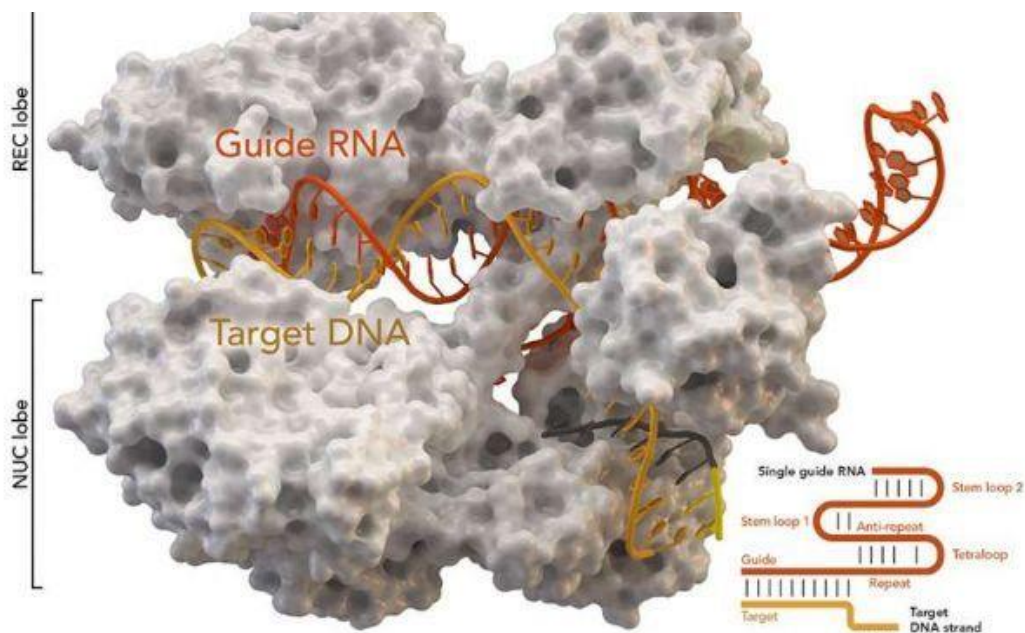
三阴性乳腺癌(TNBC)缺乏雌激素、孕酮和 HER2 受体，占有乳腺癌的 12%。这种情况在 50 岁以下的妇女、非洲裔美国妇女和携带 BRCA1 基因突变的妇女中更为常见。手术、化疗和放疗是治疗这种高度侵袭性、频繁转移的癌症的少数选择，而这种癌症迫切需要更有效的靶向治疗。

这项由波士顿儿童血管生物学项目的 Peng Guo 博士和 Marsha Moses 博士领导的新研究首次成功地使用了靶向 CRISPR 基因编辑技术来阻止 TNBC 肿瘤在体内的生长(通过注射到活的荷瘤小鼠体内)。这种新系统无毒，可以利用抗体选择性地识别癌细胞，同时不损伤正常组织。

实验表明，CRISPR 系统能够锁定乳腺肿瘤，并敲除一种著名的促进乳腺癌的基因--脂质运载蛋白 2，对肿瘤组织的编辑效率达到 81%。该方法使小鼠模型的肿瘤生长速度降低了 77%，对正常组织没有毒性。

精密的 CRISPR 递送

迄今为止，由于缺乏有效的 CRISPR 传递系统，将 CRISPR 基因编辑技术转化为疾病治疗受到了限制。一种方法是使用病毒来传递 CRISPR 系统，但这种病毒不能携带大的有效载荷，如果它"感染"了目标细胞以外的细胞，可能会产生副作用。另一种方法是将 CRISPR 系统封装在阳离子聚合物或脂质纳米颗粒中，但这些元素可能对细胞有毒，而且 CRISPR 系统往往在到达目的地之前就被身体捕获或分解。



新方法将 CRISPR 编辑系统封装在由无毒脂肪分子和水凝胶组成的软"纳米凝胶"中。抗体附着在凝胶表面，然后引导 CRISPR 纳米颗粒到达

肿瘤位置。这些抗体的目的是识别和靶向 ICAM-1，这是 Moses 实验室在 2014 年发现的一种用于治疗三阴性乳腺癌的新型药物靶点。

由于这些颗粒柔软而有弹性，它们比硬颗粒更能有效地进入细胞。虽然较硬的纳米颗粒可以被细胞的摄取机制捕获，但软颗粒能够与肿瘤细胞膜融合，并直接在细胞内传递 CRISPR 有效载荷。

该研究的第一作者 Peng Guo 说："使用软颗粒可以让我们更好地穿透肿瘤，没有副作用，而且载药更多。我们的系统可以显著增加 CRISPR 的肿瘤传递。"

一旦进入细胞，CRISPR 系统就会清除脂质运载蛋白 2，脂质运载蛋白 2 是一种促进乳腺肿瘤进展和转移的致癌基因。实验表明，癌基因的缺失抑制了肿瘤的侵袭性和迁移或转移的倾向。经过处理的小鼠没有显示出毒性的证据。

尽管这项研究的重点是三阴性乳腺癌，但 Moses 相信，该团队的 CRISPR 平台也可以用于治疗儿童癌症，而且还可以提供传统药物。这些研究正在进行中。该团队正在与一些对该技术感兴趣的公司进行讨论。

Moses 说："我们的系统可以以精确和安全的方式向肿瘤输送更多的药物"。（来源：生物谷 Bioon.com）

南大研发可测量精准至一纳米的光学尺

南洋理工大学科学团队取得突破性进展，研究出可精准测量至纳米单位的光学测量方法，未来将能应用在提升电子产品的生产与质量管控。

南大星期四（9 月 5 日）发文告指出，南大物理与数学科学学院教授尼科莱·泽卢戴夫（Nikolay Zheludev）和苑光辉博士今年 5 月在美国《科学》（Science）期刊发表上述研究成果。

1 纳米（nanometre）相当于 10 亿分之一公尺，是人体一条头发宽度的约 10 万分之一。研究团队设计出的测量方法，能首次直接利用光线测量精准至 1 纳米的距离。

一般的显微镜只能测量至 400 纳米以上，但科学家常须研究极其微小的病毒，以及大小介于 10 至 100 纳米之间的纳米颗粒等，因此这样的精确度仍有不足之处。

此外，目前研究人员只能透过扫描电子显微镜（scanning electron microscope）等仪器测量纳米单位，不仅未必可行，过程也相当耗时，且需要昂贵的仪器才能操作。日后有了新研发的光学尺，就能省下不少麻烦和成本。

范光辉博士补充解释，目前透过电子显微镜测量时，须将样本放入真空环境，但以后利用光学尺测量就能直接跳过这个步骤。

根据研究结果，新的测量方法利用超振荡（superoscillation）理论和激光衍射（diffraction）的原理，运用这套方法制作出的仪器，理论上可精准测量一个原子（atom）的大小。

泽卢戴夫教授指出，这套新的光学测量方法未来将大有用途，例如在制造需要精确测量的电子产品，以及对这类产品进行质量管控等方面。

接下来，研究团队计划利用光纤（optical fibre）缩小仪器的尺寸，并将光学尺商业化推出市场，有望应用在先进制造（advanced manufacturing）领域，如改进制造通讯业所需零件的流程等。（来源：联合早报）。

世界最小光谱仪问世——纳米技术颠覆牛顿的棱镜

该光谱仪主要由一根比人类头发千分之一还细的半导体纳米线组成。它可被集成到手机上，只要用手机一扫就可以检测出食物的新鲜度，

食品药品的成分，还可用于艺术品的鉴定。该研究工作于 9 月 6 日发表在世界顶级杂志《Science》上。

目前大部分光谱仪的工作原理仍和牛顿的实验相似，需要用到棱镜或光栅之类的分光元件。这种光谱仪体积庞大已无法满足日益发展的光谱应用技术的需求。但是减小分光和探测元件的尺寸将导致光谱仪的光谱分辨率、灵敏度及动态检测范围显著下降，因此光谱仪的微型化是目前科技界面临的重大技术挑战。

在牛顿实验四百多年后的今天，英国剑桥大学的科研团队与来自中国、英国以及芬兰的研究机构合作，成功克服了这个技术难题，开发出了尺寸仅几十微米的光谱仪。其大小仅为市面上最小光谱仪的千分之一。他们另辟蹊径，用一种带隙渐变的特殊纳米线替代了传统光谱仪中的分光 and 探测元件，采用和制作电脑芯片类似的工艺在这种纳米线上加工出了光探测器阵列，巧妙地利用各个探测器对不同颜色光具有不同响应的特性，通过逆问题的求解，从响应函数方程组中重构出所需要测量的光谱信息。

论文的第一作者，剑桥大学石墨烯中心的中国留学生杨宗银博士介绍说：“我们沿长度方向对纳米线的组分进行了调控，得到的纳米线在荧光显微镜下观察就像一道彩虹，很容易让人联想到牛顿三棱镜实验中的七彩色，沿着这个思路我们开始探索用纳米线替代三棱镜，这样可以把传统光学器件的尺寸缩小到纳米尺度，使这些器件在可穿戴设备等新兴领域中找到应用”。

“我们平时用相机拍照的时候，每个像素点只包含了红、绿、蓝三种颜色信息，而这种光谱仪可以让每个像素点记录下几十或者上百种谱线强度，这样就可以获取到除了色彩之外的其他有用信息，比如通过测量火焰的光可以告诉我们里面发生了哪些化学反应”，论文的共同作者 Tom Albrow-Owen 博士补充道。

“我们的微型光谱仪与广泛使用的手机摄像系统具有良好的兼容性，可设计成紧凑式光谱仪模块使手机具备光谱探测能力，把强大的光谱分析技术从实验室搬到手掌上，方便在生活中测量食物、皮肤的光谱信息，从而判断食品安全以及身体健康程度，使得光谱检测技术有望走进大众日常生活中”，团队的负责人 Tawfique Hasan 博士说道。

由于极小的尺寸，他们还展示了用该微型光谱仪对单个细胞进行扫描光谱成像。不同与以往的细胞成像技术，该光谱成像可以让图像中的每个像素包含丰富的光谱信息，从而可以分析细胞每个部分的化学变化。通过后续的开发这种微型光谱仪将有望可以通过注射植入到人体，用于实时监测人体健康状况，为癌症等疾病检测提供一种新的方法。

剑桥的研究团队已经在申请这个微型光谱仪的专利。他们希望在这种光谱仪的基础上开发出一系列覆盖紫外到红外的微型光谱仪，用大概五年左右的时间使微光谱仪广泛应用到科研、生产以及生活中。（来源：EurekAlert 中文）

产业信息



MIT 团队制造出最大的碳纳米管芯片，有望在 5 年内上市

麻省理工学院（MIT）的研究人员经过多年的潜心专研，用碳纳米管晶体管制造出一种现代微处理器。并且，他们采用了与传统硅芯片的制造工艺相同的生产方法，这给下一代计算机的发展带来了关键性突破，也是碳纳米管微处理器迈向更实用化的重要一步。值得注意的是，研究人员预计这种完全由碳纳米管制成的芯片，可能在五年内得以上市。

这款碳纳米管微处理器的论文，发表在 8 月 29 日出版的 *Nature* 杂志上。论文中描述了 MIT 的研究人员如何利用传统的硅芯片铸造厂工艺发明了新技术，可以极大地限制碳纳米管在生产过程中产生缺陷，并实现了 CNFET 在制造过程中的全功能控制；同时展示了一款具有超过 14,000 个 CNFET 的 16 位微处理器，它可以执行与商用微处理器相同的任务。杂志还提供了 70 多页的详细制造方法。

该 16 位微处理器基于 RISC-V 开源芯片架构，并具有一组微处理器可以执行的指令。研究人员的微处理器能够准确地执行整套指令，同时还执行了经典的“Hello, World!”程序，对外说出：“你好，世界！我是由碳纳米管制成的 RV16X-NANO。”

“这是迄今为止由新兴纳米技术制成的最先进的芯片，有望实现高性能和节能计算，”论文合著者 Max M. Shulaker 说，他也是电气工程和计算机科学（EECS）学院的助理教授和微系统技术实验室的成员。

“硅是有限制的。如果我们想在计算领域继续取得进展，碳纳米管是最有希望克服这些限制的方法之一。这篇论文彻底改变了我们用碳纳米管制造芯片的方式。” Shulaker 说。

搬开 CNFET 的“绊脚石”

这款新的 16 位微处理器是 Shulaker 和其他研究人员在 6 年前设计的上一个版本基础上开发的，当时的版本只有 178 个 CNFET，并且只在一个数据 bit 上运行。从那时起，Shulaker 和麻省理工学院的同事们就开始着手解决生产碳纳米管微处理器的 3 个最大挑战：材料缺陷、制造缺陷和功能问题。Gage Hills 负责大部分的微处理器设计工作，而 Christian Lau 则负责大部分的制造工作。

多年以来，碳纳米管固有的缺陷一直是该研究领域的“绊脚石”。Shulaker 说：“理想情况下，CNFET 需要半导体特性来控制其导电性，与 0 和 1 相对应（即开关功能）。但不可避免的是，一小部分碳纳米管将是金属性的，这将减缓或阻止晶体管的开关。为了避免这些问题，一

个先进的电路可能需要纯度在 99.999999% 左右的碳纳米管，而这在今天几乎是不可能生产出来的。”

因此，研究人员提出了一种名为 DREAM (designing resiliency against metallic CNTs, 设计抗金属性的碳纳米管) 的技术，这个方法可以让碳纳米管的金属性不会干扰到计算。在此过程中，他们将严格的纯度要求降低了约 4 个数量级，即缩小了 10,000 倍，这意味着他们只需要纯度达到 99.99% 左右的碳纳米管，而这是目前可以制备出来的。

设计电路通常需要一个由连接到晶体管上的不同逻辑门组成的库，这些逻辑门可以组合在一起，就像字母组合在一起拼出单词一样来创建加法器和乘法器。研究人员发现，金属性的碳纳米管对这些门的不同组合的影响是不同的。例如，A 门中的一个金属性碳纳米管可能会破坏 A 和 B 之间的连接，但 B 门中的几个金属性碳纳米管可能不会影响 A 和 B 之间的任何连接。

在芯片设计中，有许多方法在电路上实现代码。研究人员进行了模拟，以探索怎样使所有不同门的组合都是稳定可靠的，且对于所有金属性的碳纳米管都是相反的。然后，他们定制了一个芯片设计程序，自动地寻找最不受金属性碳纳米管影响的组合。在设计新芯片时，程序只利用稳定可靠的（鲁棒）组合，同时忽略了那些不稳定的组合方式。

Shulaker 说：“‘DREAM (梦想)’ 这个双关语非常有意义，因为它确实是人们梦想的解决方案。这个方法可以让我们直接购买现成的碳纳米管，再把它们放到晶圆片上，就和平常一样去构建我们的电路，而不需要做任何特殊的事情。”

找到制造工艺上诀窍

CNFET 制造的第一步，就是将碳纳米管在溶液中沉积到具有预先设计好晶体管结构的晶圆上。然而，在这个过程中一些碳纳米管会不可避免地随机粘在一起，形成像意大利面串成小球一样的大束，这样就在芯片上形成了大颗粒污染物。

为了清除污染物，研究人员发明了 RINSE 技术（removal of incubated nanotubes through selective exfoliation，通过选择性去角质的办法去除培养中的纳米管）。他们用一种促进碳纳米管粘合的试剂对晶圆片进行预处理。然后，在晶圆表面涂上某种聚合物，并浸入一种特殊的溶剂中。这样可以将聚合物冲走，而且聚合物只能带走大的碳束，单个碳纳米管仍会粘附在晶片上。与其他类似的方法相比，该技术可使芯片上的颗粒密度降低约 250 倍。

最后，研究人员解决了 CNFET 常见的功能问题。二进制计算需要两种类型的晶体管：N 型晶体管——用 1bit 打开，用 0bit 关闭，而 P 型晶体管则相反。长久以来，用碳纳米管制造这两种类型的晶体管是一项挑战，因为通常会产生性能各不相同的晶体管。为了解决该问题，研究人员开发出一种叫 MIXED（metal interface engineering crossed with electrostatic doping，金属界面工程与静电掺杂交叉）的技术，它能精确地调整晶体管的功能和进行优化。

在这项技术中，他们把某些金属（铂或钛）附着在每个晶体管上，这样就可以将晶体管固定为 P 型或者 N 型。然后，他们通过原子层沉积将 CNFET 覆盖到一种氧化的化合物上，从而使他们能够调整晶体管的特性，以满足针对不同应用程序而产生的特定要求。例如，服务器通常需要运行速度快、耗电多的晶体管；可穿戴设备和医疗植入物可能需要运行较慢、功率较低的晶体管。

麻省理工学院的研究团队表示，他们的主要目标是将该芯片推向现实世界。为实现该目的，研究人员现在已经着手将他们的制造技术应用到一家硅芯片铸造厂里。虽然现在还没有人能断言，完全由碳纳米管制成的芯片在何时会上市。但 Shulaker 说：“这可能在五年内得以实现。因为目前的问题已经不再是假设，而是何时。”（来源：MIT 科技评论）。

会展信息



国内外微/纳米会展信息汇萃

(2019 年 10 月)

时间	地点	会议名称
10/7-10/9	Dubai, UAE	Materials Science 2019
10/9-10/10	Coventry, UK	Graphene Expo
10/14-10/16	Osaka, Japan	Nanotechnology & Material Science
10/14-10/15	Dubai, UAE	International Conference on Nanomedicine and Nanomaterials
10/14-10/16	Boston, USA	International Conference on Nanoimprint and Nanoprint Technologies (NNT2019)
10/14-10/15	Dubai, UAE	International Graphene and Carbon Nanotubes Conference
10/16-10/17	Singapore, Singapore	World Congress on Advances in Nanoscience and Nanotechnology
10/20-10/22	Suzhou, PR China	World Congress of Nano Science & Technology 2019
10/21-10/22	Rome, Italy	Advanced Materials & Nanotechnology
10/23-10/25	Lisbon, Portugal	European Graphene Forum 2019
10/27-10/30	Stockholm, Sweden	IEEE Nanotechnology Materials and Devices Conference (NMDC)

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 石海峰 电子邮件：shihai Feng@snpcc.org.cn