

# 纳米科技与产业发展 信息动态

第 4 期(总第 264 期)

2017 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

※※※※

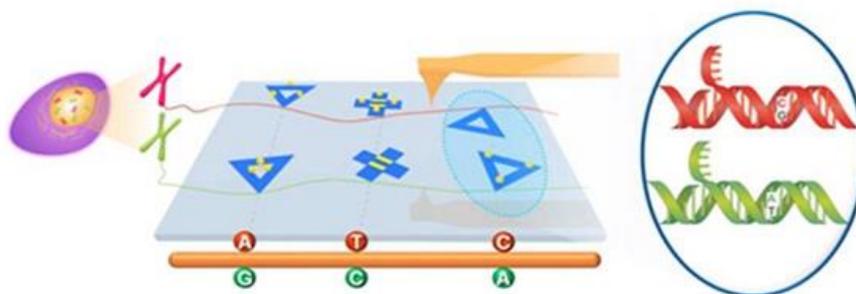
## 上海应物所在 DNA 折纸纳米力学成像探针设计方面 取得重要进展

近日，中国科学院上海应用物理研究所物理生物学研究室与上海交通大学、南京邮电大学合作，基于 DNA 纳米技术发展了一系列 DNA 折纸结构并作为纳米力学成像探针，实现了原子力显微镜下对基因组 DNA 的直读检测和高分辨成像。相关结果发表在 Nature Communications 2017, 8, 14738。

### 本期导读

- ◆ 铈单原子催化剂研究取得重要进展（见第 2 版）
- ◆ 实验室通过光子晶体和纳米线组合实现光子集成新突破（见第 6 版）
- ◆ 透明状纳米纤维空气过滤材料（见第 11 版）

DNA 折纸结构是利用 DNA 碱基互补配对原则，通过程序性设计将 M13 DNA 在上百条 DNA 短链的辅助下折叠成指定几何形状。上海应物所张宏陆博士等在樊春海研究员指导下，并与晁洁、师咏勇教授等合作，通过设计 DNA 折纸结构作为原子力显微镜的纳米力学成像探针，在单分子水平下实现了对 DNA 分子的特异性标记和单核苷酸变异性 (SNP) 的直读检测。相较于基于荧光成像的直读方法，这种新技术将分辨率提升一个数量级，可达到远超光学衍射极限的 10 纳米分辨。基于 DNA 纳米折纸结构设计的探针为原子力显微镜的图像获取提供了精确的标尺和丰富的选择，为遗传分析等生物学应用提供了新的工具。进一步的，他们还将该方法与之前发展的纳米 PCR 和单倍型分析技术 (Nature Nanotechnology 2011, 6, 639) 结合，实现了单分子水平的遗传样本单倍型分析。这种单分子水平的单倍型分析通量高，可靠性好，有望用于易感基因的发现、疾病相关基因的鉴定和药物设计等方面。

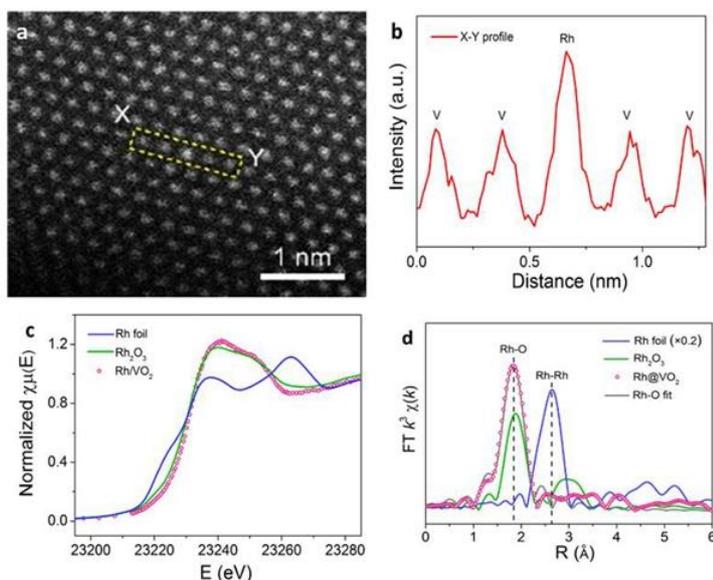


## 铈单原子催化剂研究取得重要进展

近日，上海光源材料与能源部的司锐研究员与中国科学技术大学曾杰教授、南开大学胡振芄副教授合作，利用同步辐射 X 射线吸收精细结构谱学技术，在铈单原子催化剂“构效关系”研究方面取得重要进展，

相关研究成果发表在化学类国际权威期刊《应用化学》(Angew. Chem. Int. Ed., 2017, 56, 4712-4718)上, 并作为当期的扉页插图(Frontispiece)素材。

负载型单原子催化剂的特点是活性组分含量极低( $<1$  wt.%)、且无完整晶体结构, 常规表征手段往往不适用。X 射线吸收精细结构谱学(XAFS)技术因其元素敏感特性, 可有效地探测低含量组分的非有序配位结构。在化学制备过程中, 溶液相控制合成方法可有效的将氧化钒( $\text{VO}_x$ )载体上的部分钒(V)原子替换为铑(Rh)原子, 所得  $\text{Rh}/\text{VO}_x$  催化剂对于水相  $\text{NH}_3\text{BH}_3$  分解产  $\text{H}_2$  反应具有高活性。通过球差校正的 STEM 照片(图 a)及其轮廓分析(图 b)可以从微区上确定  $\text{VO}_x$  晶体表面存在替换 V 位点的 Rh 单原子。司锐研究员利用 XAFS 技术, 首先从 X 射线吸收近边谱图(XANES)上分析证实了 Rh 元素为+3 价(类似  $\text{Rh}_2\text{O}_3$ )、并无  $\text{Rh}^0$  成分存在(图 c); 再通过扩展 X 射线吸收精细结构谱图(EXAFS)拟合确认了样品中只存在 Rh-O 键、无 Rh-Rh 键(图 d)。所以, Rh 是以单原子形式存在的, 无原子簇或纳米颗粒贡献。上述结论对于合理计算产氢反应的转化频率(TOF)至关重要, 也为单原子 Rh 是催化活性物种提供了可靠的实验证据。



Rh 单原子的 STEM 照片(a)及其轮廓分析(b)、XANES 谱图(c)和 EXAFS 谱图(d)

与 XAFS 相关的研究得到了国家自然科学基金(21373259)、中科院百人计划、中科院战略性先导纳米专项(XDA09030102)的共同支持,测试实验在上海光源 BL14W1 线站上完成。

## 上海硅酸盐所研制出新型羟基磷灰石超长纳米线基 快速检测试纸

近年来,快速分析检测技术在化学检测、医学诊断、司法鉴定、环境监测和食品检测等领域具有广泛的应用。仪器分析方法具有高测定精度和低检出限,但由于所用仪器一般是大型精密仪器,且采用交流电做电源,操作较为复杂,使用不方便,一般不适合用于现场快速检测。随着科学技术的进步,各种现场性、临时性、快速高效的分析检测手段相继出现,这些分析检测手段大多是通过颜色变化以及变化程度来实现的。试纸法作为一种快速的现场检测方法,其特点是操作简单、携带方便、价格便宜,并具有一定的选择性、准确性和灵敏度,在医疗卫生、食品、水质、空气及其它检测方面具有广泛的应用。因此,具备诸多优点的检测试纸应运而生。例如,现今市场上销售的早孕试纸为女性判断是否怀孕提供了快速高效的检测手段。

血糖检测对分析人体健康状态非常重要,定期尿检已经成为大众生活中不可缺少的一部分。现今,血糖检测试纸已经商品化。在血糖的检测中,通常需要用到葡萄糖氧化酶、过氧化氢酶以及显色剂。商业化的血糖试纸将上述三种物质负载在纸条上,通过显色反应和比色卡来检测血糖含量。然而,葡萄糖氧化酶、过氧化氢酶这类天然酶价格高,其制备、提纯和储存均耗时耗力,而且检测活性易受外界环境如 pH 值、温度等影响。

近年来,具有天然酶活性的人工模拟酶受到人们的广泛关注。通过化学方法合成的人工模拟酶成本低,催化活性较为稳定,有望取代部分

天然酶应用于分析检测领域。最近，中国科学院上海硅酸盐研究所朱英杰研究员带领的科研团队发明了一种有望用于尿糖检测的快速检测试纸，该检测试纸本身具有类似过氧化物酶的活性，可用于葡萄糖、过氧化氢等物质的快速分析检测。更重要的是该检测试纸制备简单、成本较低、稳定性好，可实现多次重复回收利用。相关研究工作发表在国际重要期刊《欧洲化学》上（Fei-Fei Chen, Ying-Jie Zhu, Zhi-Chong Xiong, Tuan-Wei Sun, *Chemistry-A European Journal*, 23, 3328–3337（2017）），入选热点论文和封面论文，并且申请了一项发明专利。论文发表后不久，*Chemistry Views* 以“Chemical Test Paper from Core/Shell Nanofibers”为题对该研究工作做了报道。

研究团队发明的方法很简单，在羟基磷灰石超长纳米线上原位生长具有类过氧化物酶活性的 Fe 基金属有机框架复合物，利用羟基磷灰石超长纳米线上的钙离子与金属有机框架复合物上的羧基之间的耦合作用，制备具有核壳结构的羟基磷灰石超长纳米线@金属有机框架复合物纳米纤维，并将其用于制备快速检测试纸。重要的是，该方法制备的快速检测试纸可实现多次回收再利用，只需将使用后变色的检测试纸浸泡在酒精中仅仅 30 分钟后，检测试纸就重新变回原来的颜色。

高柔韧性羟基磷灰石超长纳米线是新型无机耐火纸的重要制造原料，在此之前，该团队开展了羟基磷灰石超长纳米线的制备方法探索研究，成功地制备出高柔韧性羟基磷灰石超长纳米线(*Ceramics International*, 41, 6098–6102 (2015); *Materials Letters*, 144, 135–137 (2015))。该研究工作是新型无机耐火纸的系列研究工作之一，是该团队在成功研发出新型高柔韧性羟基磷灰石超长纳米线耐火纸 (*Chemistry-A European Journal*, 20, 1242–1246 (2014))、新型高效抗菌羟基磷灰石超长纳米线耐火纸 (*Chemistry-A European Journal*, 22, 11224–11231 (2016))，入选封面论文和热点论文)、以及新型羟基磷灰石超长纳米线防水耐火纸(*ACS Applied Materials & Interfaces*, 8, 34715–34724 (2016))、羟基磷灰石超长纳米线有

序结构纳米绳和柔性耐火织物(ACS Nano, 10, 11483–11495 (2016))之后取得的又一个新的重要研究进展。

相关研究工作得到国家自然科学基金、上海市科委、中科院上海硅酸盐研究所创新重点项目等资助。

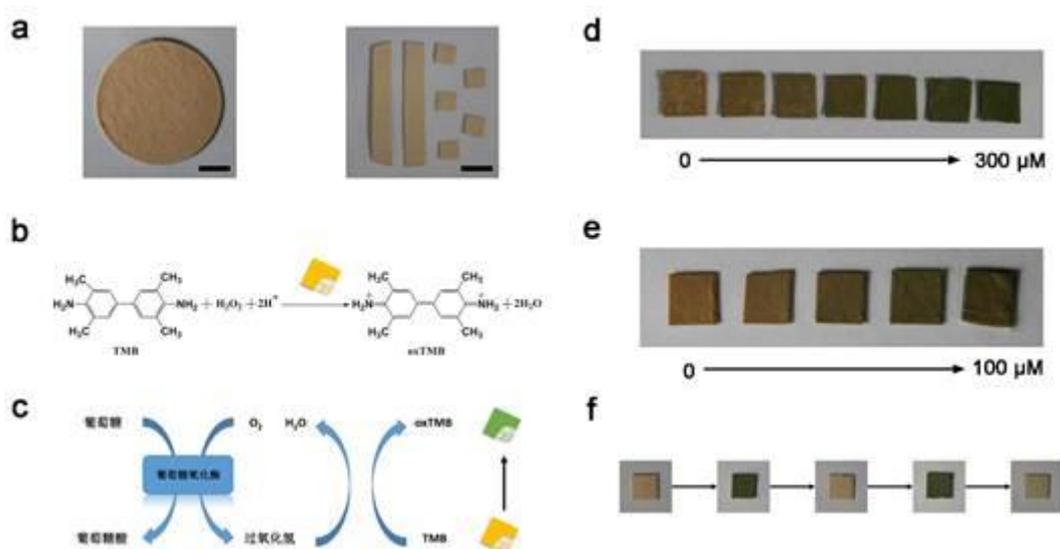


图 1.(a)不同尺寸和形状的快速检测试纸，标尺为 1 cm；(b) 检测过氧化氢的基本原理；(c) 检测葡萄糖的基本原理；(d) 对不同浓度的过氧化氢进行分析检测；(e) 对不同浓度的葡萄糖进行分析检测；(f) 检测试纸可实现多次回收再利用。

## 海外传真

☆☆☆☆

## 实验室通过光子晶体和纳米线组合实现光子集成新突破

与电子一体化的巨大成功故事相反，光子集成技术还处于起步阶段。它面临的最严重的障碍之一是需要使用不同的材料来实现不同的功能，

不像电子集成。更复杂的是，许多光子集成所需的材料与硅集成技术不兼容。

到目前为止，在光子电路中放置各种功能纳米线，以达到所需的功能已经表明，虽然完全有可能，纳米线往往太小，很难可有效地限制光。虽然较大的纳米线可以提高光的限制和性能，但它增加了能源消耗和设备的体积，两者对于设计集成器件时都被认为是“致命的”。

针对这一问题，日本 NTT 公司的一组研究人员提出了一种方法，该方法包括将亚波长纳米线与光子晶体平台相结合。

折射率具有周期性调制的光子晶体人工结构是其工作的核心。早在 2014 年，这同一研究小组的研究就曾表明，利用放置在硅光子晶体中的直径为 100 纳米的纳米线，可以很强烈地限制一个亚波长的光。

“在我们的工作中，我们精心准备了 III-V 族半导体纳米线具有足够大的光学增益并将它们放在一个具有槽结构的硅光子晶体，应用纳米探针技术实现了一个光学的纳米谐振器，” Masato Takiguchi 说，他是该论文的主要作者，并和其它研究者工作在 NTT 基础研究实验室共同进行这项研究。“通过一系列仔细的刻画，我们已经证明，这种亚波长纳米线可以实现连续波激射振荡和在 10 Gbps 的高速信号的调制。我们的研究结果是连续波激射振荡的亚波长纳米线的首次实现，以及是纳米线激光器实现高速信号调制的首次实现”。

该研究小组能够实现 10 Gbps 的调制，这是与传统的，直接调制的高速激光用于光通信相媲美。

该研究小组目前的工作最有前途的应用是纳米线为基础的光子集成电路，他们将使用不同的纳米线，以实现不同的功能，如激光，光电探测器和在硅光子集成电路中开关。

在激光方面，该研究小组的下一个目标是集成纳米线到激光器输入/输出波导中。

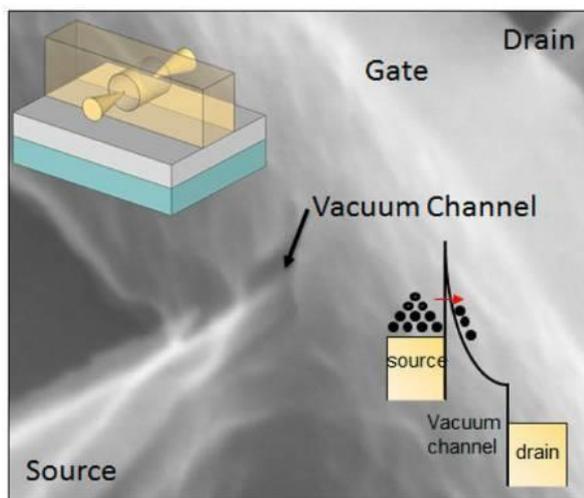
# NASA 研发真空沟道晶体管 可在军事和太空探索中 派上用场

近年来美国航空航天局(NASA)艾姆斯研究中心的研究人员一直在开发可将真空管和现代半导体晶体管的优势融为一体的“纳米真空沟道晶体管”(NVCTs, nanoscale vacuum channel transistors)。

与传统晶体管相比，纳米真空沟道晶体管的速度更快且对高温和辐射等极端环境的抵抗能力更强。这些优势使纳米真空沟道晶体管成为了抗辐照深空通信、高频器件和太赫兹电子器件的理想选择。此外，纳米真空沟道器件还有望继续延续即将走向尽头的摩尔定律。

新型真空沟道晶体管的最大的优势是其对高温和电离辐射具有很强的抵抗能力，这使其有望在军事和空间应用领域常见的极端环境中获得应用。最新的实验研究结果显示，纳米真空沟道晶体管在高达 200 摄氏度的高温下运行时的性能依然稳定。相比之下，传统半导体晶体管在该温度下将会中止运行。验证测试还显示新型纳米真空沟道晶体管具有相当强的抵抗伽马射线和质子辐射的能力。

未来，研究人员计划进一步改善纳米真空沟道晶体管的性能。研究计划包括器件结构及器件材料属性的纳米尺度建模和对器件老化机制的研究，以改善器件的可靠性、延长器件寿命。



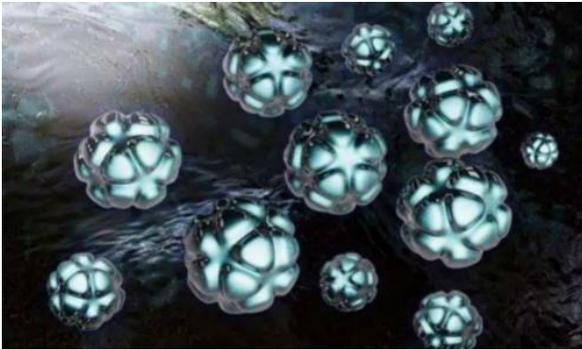
## 科学家提取纳米粒子杀死癌细胞

俄罗斯医学家和生物学家从脂肪和蛋白质中提取出了一种纳米粒子，这种粒子可以渗透到癌细胞内并将其杀死。

这一研究来自莫斯科国立大学的科学家尤里·弗拉基米尔和他的同事们。他们研制出了一种全新的抗癌方式：在纳米粒子的作用下向癌细胞输送一组特殊的分子，这些分子可以直接杀死细胞。其中的细胞色素 C 是这种分子的关键元素，它可以依附在其他癌细胞分子上，使其分离成蛋白质和其他细胞成分，最终达到杀死细胞的目的。

弗拉基米尔解释道：“这项工作的目的是在 CIT-KL 复合物的基础上研制一种新型抗癌物质。这种复合物也存在于正常的细胞中，机体可用其控制细胞的死亡。同时，还计划研究将药剂定向送至癌细胞的方法。”

近年来，科学家已经找到了基于有机或无机纳米粒子的多种治疗癌症的突破性方法。在某些情况下，可以用这些方法切除肿瘤。一些纳米粒



子可以把病变细胞聚集在肿瘤处，限制细胞活动，并降低完全破坏癌细胞所需的药物剂量。这样的纳米粒子可以以对免疫系统“不可见的”各种有机组织、模拟细胞，甚至是无机化合物的方式存在。

## 搭配纳米技术，石墨烯完美实现海水淡化

来自英国曼彻斯特大学的科研团队研发了一种能滤除海水中盐分的石墨烯筛网，该技术将让数以百万计的人喝到干净淡水。这个团队由拉

胡尔·奈尔博士 (Dr. Rahul Nair) 领导，他们将研究成果发布在《自然·纳米技术》期刊上。

奈尔博士介绍说，氧化石墨烯可以透过简单的氧化反应来制造。他提出，在规模化生产和成本控制方面，氧化石墨烯比单层石墨烯原子有潜在优势。关于单层石墨烯，奈尔博士说：“为了让膜具渗透性，我们要在上面钻出小孔。但如果孔的直径大于 1 纳米，盐分子就能穿过。所以，我们要制作出一张均匀分散小于 1 纳米孔洞的薄膜，才能达到过滤海水盐分的效果，这个工作非常具挑战性。”

“这是首次展示我们能控制膜上的小孔、能淡化海水，这在以前不可能。”奈尔博士说。“透过物理手段将水从离子溶液中分离出来，可说是开启了一扇降低海水净化成本的大门。总之，我们最终的目的是以海水或废水为原料，用最少的能量投入产出饮用水。”

## 在纳米尺度观察 DNA 的合成

美国肯特州立大学和日本京都大学的研究人员最近发表在自然杂志子刊《自然·纳米技术》上的一篇文章，可能会为我们提供一个新的线索理解“什么样的细胞会变成坏细胞”。毛涵斌（音译）博士（肯特州立大学化学与生物化学教授）的实验室与京都大学合作，共同讨论了癌细胞形成的遗传因素。

在日本京都大学的化学家和工程师的帮助下，利用“DNA 折纸术”和毛教授 2014 年研发的单分子机械化学传感技术，毛教授和他的研究生 Shrestha 和 Jonchhe 创造了一个“纳米笼”。再加上他们在过去几年所研发的“激光镊子”，使得纳米尺寸的生物材料的研究成为可能。

在这个  $6 \times 6$  纳米见方的笼子里，DNA 会自然折叠为 G-四联体，使得科学家们得以观察。

毛教授说，DNA 的折叠适应于微小环境，所以在这个纳米笼内 DNA 的折叠才会相对容易。DNA 的笼内折叠过程比笼外快了 2-3 个数量级。

科学家们可以使用配体结合分子来促进这种效应，从而减少癌细胞的形成。通过这个体外模型，我们可以更好的研究与 G-四联体稳定相关的癌症的预防和治疗。而且还可以更加直观地了解聚合酶的工作机理。

## 产业信息



### 透明状纳米纤维空气过滤材料

最近，新加坡国立大学的研究人员发明出一种新型纳米纤维溶液，可以将无纺布网格转换成透明的空气过滤膜，在清洁空气的同时可以保持更为良好的空气流动，并且可以防紫外线。

该空气过滤膜由无纺网格构成，将纳米纤维溶液涂覆于表面后自然干燥。这种溶液中含有经常用于染色的酞菁，该团队促使这种有机染料分子可以自我组合，类似于盖房子的砖块堆叠，进而形成纳米颗粒然后形成纳米纤维，这些纳米纤维以有机溶液的形式存在，所以很容易“粘附”到无纺网格上。

根据该研究团队对外的报道，这种材料属于环境友好型，生产难度和成本都不高，但其过滤性能却是目前商业化过滤器的大约两倍。不仅如此，这种新材料对严重威胁人体健康的 PM2.5 颗粒过滤效率高达 90%，并能同时保证其空气流通量是当前呼吸器的 2.5 倍，也就是具备更好的透气性。该团队还表示，该材料的过滤效率仍有进一步提高



的空间。

因为材料是透明的，所以并不影响室内采光，而且在阳光下可以阻挡有害的紫外线，从长远来看，该材料有望实现 DIY，以供消费者在家中制造空气过滤器。

## 石墨烯 OLED 柔性显示屏问世 未来可用于可穿戴设备

经过四年的努力，最近来自韩国的一个研究小组成功的研制出世界上首个集成石墨烯电极的 OLED 显示面板。在柔性的超薄石墨烯 OLED 屏幕中，未来很有可能被进一步使用在可穿戴设备和智能服装上。

研究人员用石墨烯取代了传统的氧化铟锡电极，开发出了规格为 370 × 470 毫米的 OLED 面板，并且厚度只有 5 纳米。而如果将这种超薄、超小巧的柔性 OLED 屏幕与高性能的设备结合到一起，那么未来对于柔性显示技术具有相当重要的意义。

对可穿戴设备和智能服装来说，未来在屏幕上需要能够弯曲和卷曲的特性来匹配我们的身体，而这就需要这种超级灵活的新型材质能够包裹在塑料材质下继续发挥作用。研究小组的下一个目标就是尝试为这种石墨烯柔性 OLED 使用塑料衬底而并不是现在使用的玻璃，因此能够进一步增加灵活性，并且提升屏幕的韧性。

根据研究小组的负责单位、韩国电子和电信技术研究所表示，这项技术如果成功研制，未来在商业化之后可以快速推进石墨烯 OLED 面板的制造技术。



---

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 陈晨 电子邮件：chenchen@snpic.org.cn