

中国科大实现高密度高可靠性金刚石光学信息存储

本报讯 中国科学院大学中国科学院微纳中心重点实验室杜江峰、王亚、夏康蔚等人在光学信息存储领域取得重要进展，提出并发展基于金刚石光点缺陷的四维信息存储技术。该技术具备面向实际应用所需高密度、超长使用寿命、快速读写等关键特性，有望为“数据大爆炸”信息时代所亟需的新一代绿色高容量信息存储提供解决方案。这项研究成果于11月27日发表在《自然·光子学》上。

信息时代已进入“大数据”阶段，海量数据的采集、存储和分析技术不断进步，正成为推动科技发展的关键力量。通过精确制备纳米材料光源并调控光信号的强度、波长、偏振等多维特性，光学存储技术近年来成为实现高密度存储的重要发展路径之一。然而，纳米材料的稳定性差、信息读写速度较慢、误差大以及高能耗等问题，使得光学存储技术在向实际应用转化的过程中面临巨大挑战。

本文研究团队创新性地利用金刚石中一种可精确人工制备的发光点缺陷，成功解决了上述系列挑战。研究发现，金刚石中的原子尺度弗兰克尔缺陷具备稳定的发光特性，并能精确制备可控调节其发光亮度来编码数据，是理想的信息存储单元。得益于金刚石材料的超高硬度以及其卓越的化学稳定性，存储在金刚石光盘中数据的数据极为稳定。通过高温测试并结合阿伦尼乌斯定律预测信息单元的稳定性，金刚石中数据的存储寿命即使在200°C高温环境下，也可远超百年。同时，该存储无需任何维护如温湿度控制等，不产生数据存储的能耗。

为了实现高密度高可靠性存储，研究人员开发了基于飞秒脉冲加工的快速高精度三维纳米制备技术，单个飞秒脉冲（约200飞秒）即可完成对存储单元的制备，信息写入精度高于99.9%，已达到蓝光光盘国家标准。研究人员还进一步发展了二维、三维的并行读出技术，可

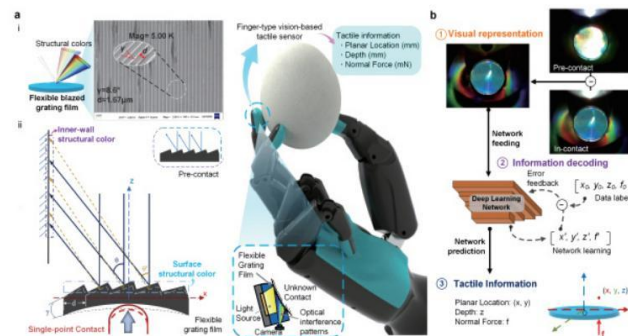
同时实现对上万比特高效读出。当前，存储单元的尺寸可达到69nm（约为波长的十二分之一），单元间隔在1微米左右，存储密度达到Terabit/cm³量级，比蓝光光盘存储密度提高三个量级。

本项研究还进一步拓展了固态发光点缺陷在新型信息存储领域的应用。研究团队同时开发了基于稀土离子发光点缺陷的可擦写信息存储器件，通过发展新技术充分挖掘固态点缺陷的应用潜力，为新一代绿色高密度信息存储提供新的解决方案。

中国科学院微纳中心重点实验室博士研究生周昌昌与特任副研究员苏佳为论文共同第一作者，杜江峰院士、王亚教授、夏康蔚教授为论文通讯作者。

（中国科学院微纳中心重点实验室 物理学院 中国科学院量子信息与量子科技创新研究院 科研部）

研究人员提出机器人触觉感知新方法



基于柔性光栅结构的触觉感知新方法示意图。中国科大供图

法展现了卓越的可拓展适用性。研究团队基于核心组件的模块化设计，进一步开发了面向三种典型场景应用的传感器原型：一款高灵敏度振动传感器，能够精准检测低频振动信号；一款仿生触须传感器，能够灵敏感知低频振动和气流扰动；以及一套具备环向三维接触感知能力

的内窥镜触觉感知系统。

实验进一步验证了该触觉感知方法在机器人感知、环境监测和医疗器械等领域的广泛应用潜力，为智能感知技术的发展提供了全新的研究思路和技术途径。

（转自人民日报客户端2024年11月29日）

中国科大联合研究团队利用等离子体技术在骨植入材料领域取得新进展

近日，中国科学院大学先进材料研究院与核科学技术学院联合中南大学湘雅三医院利用等离子体浸没离子注入（PIII）技术成功制备了含有钛元素的钛基骨植入物。这类植入物在无需植入外源性重组蛋白或抗生素的条件下，依然具有降低感染并加速骨修复的功能，为骨病疾病提供了潜在的治疗方案。

研究团队通过等离子体浸没离子注入技术

实现了一步式制备含钛元素的钛基骨植入物。这类植入物具有出色的生物物理适应性，能够调节免疫功能，促进感染性骨髓炎愈合与组织再生。

研究表明，此类植入物有效地抑制了细菌生物膜的形成，以耐甲氧西林金黄色葡萄球菌（MRSA）为例，其粘附率降低了80%以上，展现出显著的抗菌活性。研究发现，这种新材料促使巨噬细胞转变为有助于组织愈合的M2型

表型，形成了有益于骨骼重建的免疫微环境，并表现出降低TRAP酶活性的倾向。研究分析了钛元素如何通过影响骨免疫反应，引导骨髓间充质干细胞（BMSCs）向成骨方向分化，为发展骨修复材料提供了强有力的实验证据。

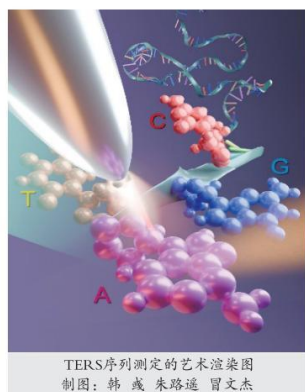
本研究获得的基因组学数据验证了含钛钛合金材料在骨修复与免疫调节方面的治疗潜力。（转自新华社客户端2024年12月3日）

中国科大实现单根短链DNA分子序列结构化学识别的原理性展示

本报讯 近日，中国科学院大学单分子科学团队的董振超研究小组，通过发展与扫描隧道显微镜相结合的亚纳米分辨尖端增强拉曼光谱（TERS）技术，首次实现单根短链DNA分子序列结构的实时空间化学识别。该成果于11月27日发表在《美国化学会志》上。

生物分子（如DNA、蛋白质等）的序列测定和结构解析对于理解它们的生物学机制和功能至关重要。尽管传统的结构生物学方法已广泛应用于生物分子结构的分析，但对于分子量较小的生物分子，尤其是那些难以标记或结晶的分子，想要在亚分子水平上确定这些生物分子的化学结构仍然存在很大挑战，因此急需开发一种无需标记且具备高化学灵敏度和高分辨率的生物分子结构表征方法。

在本工作中，研究团队以人工设计的单根短链DNA分子作为模型体系，探索TERS技术识别柔性生物分子序列结构的可行性。研究团队采取了三种策略：（1）通过精确调控STM针尖端的原子尺度银团簇结构以构筑等离激元纳腔，使得分子所在的局域电磁场得到



TERS序列测定的艺术渲染图
制图：韩成 朱路遥 冒文杰

高度聚焦和增强，从而实现对DNA分子拉曼信号的增强；（2）通过低温冷却样品（液氮甚至液氦温度）并降低激光拉曼散射的激光功率以提高吸附在表面的DNA分子的稳定性，抑制分子热运动对测量的干扰；（3）通过开发基于电磁脉冲的样品制备方法，将溶液中的DNA分子转移到真空下原子级洁净的金属表面，避免DNA分子在基底表面的聚集和污染，使得清晰的单分子研究成为可能。

在此基础上，团队首先对由同种核苷酸组成的短链DNA分子分别进行TERS测量，获得不同核苷酸的拉曼指纹谱作为参考数据库，然后设计了由四个不同核苷酸组成的单链DNA分子（序列为ATGC）作为原理性展示模型体系，通过STM形貌表征定位单个DNA分子，进一步研究其位置相关的TERS光谱特性，依靠不同核苷酸的光谱指纹特征将各个不同的碱基一一识别出来，从而首次实现空间和光谱上同时对DNA分子序列结构的清晰识别。

通过对单个DNA分子碱基的进一步实空间TERS成像，可以更好地展示这种单碱基水平

的分辨能力，从成像图案中不仅可以分辨单个DNA分子中相邻的核苷酸，还可以获得DNA分子吸附构型的重要结构信息，甚至区分碱基和磷酸骨架的空间分布，以及单个碱基T中的甲基基团和单个碱基G/T/C中的羧基基团的空间位置。这些原理性展示结果不仅验证了TERS技术分辨单个碱基、单个官能团的能力，也为跟踪生物分子中的修饰或活性位点提供了可能。

展望未来，TERS这种无标记方法如果与阵列纳米加工和人工智能相结合，有望发展成一种新的系列结构测量技术，为单个生物大分子（如长链DNA/RNA、蛋白质等）序列结构的实时空间化学识别提供一种新的新途径。

中国科学院大学博士研究生韩成、副研究员董立、博士研究生朱路遥为论文共同第一作者。张超副研究员、张尧教授、董振超教授为论文共同通讯作者。

（合肥微尺度物质科学国家研究中心 中国科学院量子信息与量子科技创新研究院 科研部）

中国科大揭示不同维度储能纳米材料的电化学渗流规律

本报讯 近日，中国科学院大学苏有德研究员课题组与俞书宏院士团队合作，在国际期刊《先进材料》上发表论文。该研究构建了三种不同维度储能纳米材料的电化学渗流模型，系统探究了活性纳米材料的维度和密度对电化学储能性能和力学性能的影响。研究发现，当体系中活性纳米材料质量百分数处于某一临界值（定义该临界值为电化学渗流阈值）时，比电容发生了至少一个数量级的激增。储能纳米材料的维度和电化学渗流阈值和电化学性能密切相关，本项研究成果对于发展绝缘基底支撑的电化学储能电极具有指导意义。

储能纳米材料具有独特的物理和化学特性，在电化学储能领域被广泛讨论。由于极易发生聚集或堆叠，纳米活性材料通常需要通过支撑基底构成宏观电极。纤维纳米材料是一种天然可再生材料，具有优异的力学性能和促进离子传输的能力。诸多研究将纤维纳米材料与不同维度的储能纳米材料复合，构筑可用于电池和超级电容器的自支撑储能电极。对于电极材料，内部电子通路的构建是必要前提，但是本征纤维纳米材料是电子绝缘体。已有研究证明，复合材料的导电渗流阈值与导电添加剂的维度密切相关。然而在电化学储能领域，不同

维度储能纳米材料在绝缘基底中的电化学渗流行为及其对于电极性能的影响尚未明确。

基于此，本项研究选择本征电导率相近的0D碳纳米颗粒、1D碳纳米管和2D还原氧化石墨烯为例，通过精确调控其在纤维纳米材料基底上的负载，构建了三种电化学渗流模型。将所制备的纤维纳米材料自支撑电极组装成超级电容器研究电极的电化学储能性能，研究人员发现，电化学渗流行为与纳米活性材料的维度密切相关。当0D碳纳米颗粒、1D碳纳米管和2D还原氧化石墨烯的质量百分数分别为60.0%、14.3%和66.7%时，比电容出现至少1个数量级的增长。由此可见，相对于零维和二维材料，一维材料更容易发生电化学渗流。进一步提高活性物质的占比虽然能够提高比电容活性，但同时伴随着电极力学性能的牺牲，这些行为均与纳米活性材料的维度密切相关。研究结果揭示，储能纳米材料维度的选择和密度的精确调控，对于构筑基于纤维纳米材料自支撑电极材料至关重要。

中国科学院大学博士研究生杭臣臣为论文第一作者，中国科学院大学俞书宏院士和苏有德研究员为论文通讯作者。

（化学与材料科学学院 纳米科学技术学院 苏州高等研究院）