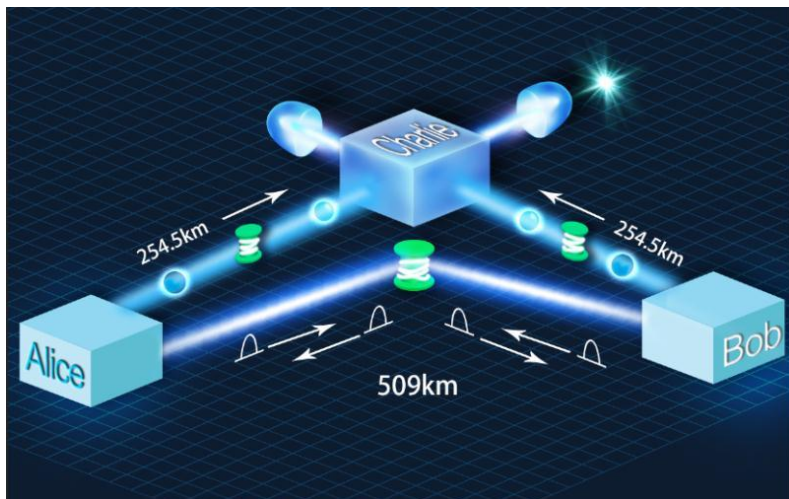


中国科大成功实现500公里地基量子密钥分发 ——创光纤量子保密通信最远距离新世界纪录

近日，中国科学技术大学潘建伟、张强、陈腾云等与清华大学王向斌、马雄峰合作，突破远距离独立激光相位干涉技术，分别实现了500公里量级真实环境光纤的双场量子密钥分发（TF-QKD）和相位匹配量子密钥分发（PM-QKD）。相关研究成果分别于近期发表在国际权威学术期刊《物理评论快报》（并被选为“编辑推荐”文章）和《自然·光子学》上。



在量子密钥分发（QKD）的长距离实际应用中，信道损耗是最严重的限制因素。现有的测量设备无关量子密钥分发（MDI-QKD）采用双光子复合事件作为有效探测事件，使其安全成码率随信道衰减线性下降，在无量子中继的情形下，安全成码率受线性界限的约束，而TF-QKD利用单光子干涉作为有效探测事件，使安全成码率随信道衰减的平方根线性下降，甚至可以在无中继的情形下轻松突破QKD成码率线性界限。

然而，TF-QKD实施的技术要求相当苛刻，因为它要求两个远程独立激光器的单光子级干涉，同时需要通过单光子探测结果实现长距离光纤链路相对相位快速漂移的精准估计。此外TF-QKD需要同时满足高计数率、高效率及超低暗计数的单光子探测器。在相关的这两项研究中，潘建伟实验小组分别基于王向斌提出的“发送-不发送”的TF-QKD协议和马雄峰提出的PM-QKD协议，发展时频传输技术和激光注入锁定技术，将两个独立的远程激光器的波长锁定为相同，并利用附加相位参考光来估计光纤的相对相位快速漂移。结合中科院上海微系统所研制的高计数率低噪声单光子探测器，最终在实验室内将QKD的安全成码距离推至500公里以上。

上述研究成果成功创造了地基量子密钥分发最远距离新的世界纪录，在超过500公里的光纤成码率打破了传统无中继QKD所限定的成码率极限，即超过了理想的探测装置（探测器效率为100%）下的无中继QKD成码极限。如果将系统重复频率升级至京沪干线等远距离量子通信网络中采用的1GHz，在300公里处，成码率可达5kbps，这将大量减少骨干光纤量子通信网络中的可信中继数量，大幅提升光纤量子保密通信网络的安全性。




研究进展

中国科大主导制定半导体线宽检测的首个ISO国际标准

近日，国际标准化组织（ISO）正式发布了微束分析领域中的一项国际标准：“基于测长扫描电镜的关键尺寸评测方法”（Microbeam analysis — Scanning electron microscopy — Method for evaluating critical dimensions by CD-SEM (ISO 21466)），该标准由中国科学技术大学物理学院和合肥微尺度物质科学国家研究中心的丁泽军团队主导制定，是半导体线宽测量方面的首个国际标准，也是半导体检测领域由中国主导制定的首个国际标准，该标准的发布有助于促进半导体评测技术的发展，并提升我国在半导体行业的国际影响力和竞争力。

Standards
About us
News
Taking part
Store
Q
EN



ICS > 37 > 37.020

ISO 21466:2019

Microbeam analysis — Scanning electron microscopy — Method for evaluating critical dimensions by CD-SEM

半导体行业的发展日新月异，对集成电路器件加工尺寸的控制也要求日趋精细。芯片上的物理尺寸特征被称为特征尺寸，其中最小的特征尺寸称为关键尺寸（CD），其大小代表了半导体制造工艺的复杂性水平。对CD测量也可称为纳米尺度线宽测量，目前半导体的刻蚀线宽已经降到10 nm以下，其测量的精准性直接决定着器件的性能。纳米器件尺度的准确和精确（精度<1 nm）测量技术对半导体行业的发展起着至关重要的作用，也是极具挑战性的工作。人们已经发展了多种测量技术手段，如散射测量、原子力显微镜、透射电子显微镜和扫描电子显微镜，而测长扫描电镜（CD-SEM）是半导体工业生产中实时监控与线宽测量的最为简便和高效的方法。然而，由于扫描电镜的二次电子信号发射在线宽边沿处的加强效应，纳米级线宽的CD-SEM图像的解析需要建立高精度算法。

丁泽军团队长期从事电子束与材料相互作用领域里的基础研究，发展了目前国际上最为先进的用于扫描电子显微术和表面电子能谱学的Monte Carlo模拟计算方法，他们结合了NIST研究团队提出的“基于模型数据库”（MBL）方法，提出了该“基于测长扫描电镜的关键尺寸评测方法”的ISO国际标准（IS）。标准文档指定了利用CD-SEM成像表征刻蚀线宽的结构模型及其相关参数、Monte Carlo模拟模型和成像扫描线计算方法、MBL数据库构造方法和文件格式、图像匹配拟合程序和CD参数定值法。与传统的经验阈值方法相比，该测量方法能够给出准确的CD值，并且把线宽测量从单一参数扩展到包含结构形貌特征的信息，适用于如晶圆上的栅极、光掩模、尺寸小至10 nm的单个孤立的或密集的线条特征图案，这不仅为半导体刻蚀线宽的CD-SEM准确评测确定了行业标准，也为一般性纳米级尺寸的其他测量法提供了参考。

研究团队自2011年始，在973项目“纳米测量技术标准的基础研究”课题“基于SEM的纳米测长模型”的研究成果基础上，于2014年在ISO/TC202/SC4做了新标准项目提案报告，2015年递交投票新标准项目提案，2016年5月投票通过予以国际标准（IS）正式立项。该标准草案先后经历了四轮成员国投票，于2019年9月27日终轮投票通过，标准现已正式出版（<https://www.iso.org/standard/70944.html>）。



研究进展

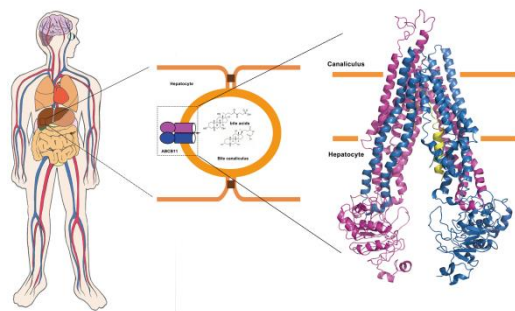
中国科大在制备单原子催化剂的普适性方法研究中取得新进展

近日，中国科学技术大学合肥微尺度物质科学国家研究中心和化学物理系曾杰教授、周仕明副教授研究团队发展出了一套利用电化学沉积制备单原子催化剂的普适性方法，利用该方法研究人员成功制备出了34种单原子催化剂，覆盖了多种过渡金属和多种衬底。相关成果以“Electrochemical deposition as a universal route for fabricating single-atom catalysts”为题发表在《自然 通讯》上。

研究人员在电化学三电极体系下进行电化学沉积，并通过阴极沉积和阳极沉积获得了两种 $\text{Ir}_1/\text{Co}(\text{OH})_2$ 单原子催化剂。通过X射线吸收精细结构谱发现，阴极和阳极沉积获得的两种Ir单原子具有不同的价态和配位环境。进一步的研究表明，这一差异是由于阴极、阳极沉积过程中不同的沉积物种以及阴、阳极上发生的不同氧化还原反应造成的。此外，研究人员又探究了沉积条件（前驱体浓度、沉积圈数和沉积速率）对单原子形成的影响，发现当金属的负载量低于某一限度时，可以获得单原子；高于这一限度时则有金属团簇或颗粒形成，这一变化类似于液相中晶体生长中的成核过程。为了证明该方法的普适性，研究人员又在氢氧化钴、硫化钼、氧化锰、氮掺杂的碳等衬底上成功获得覆盖3d、4d、5d金属的单原子催化剂，并且对所制备的单原子催化剂的结构表征后发现，阴极和阳极沉积获得的同一单原子催化剂具有不同的电子结构，这为其在不同催化反应中的应用提供了可能。

研究人员还对所得单原子催化剂在电催化水分解反应中的性能进行了探究。实验结果表明，阴极沉积所得的一些催化剂在电催化析氢反应中表现出了优异的性能，尤其是负载在硒化钴铁衬底上的铱单原子催化剂仅需8 mV的过电势即可获得 $10 \text{ mA}/\text{cm}^2$ 的电流密度。同时，阳极沉积所得的一些催化剂在电催化析氧反应中也表现出了良好的性能。研究人员进一步通过阴极和阳极沉积将铱单原子沉积在生长到泡沫镍上的硒化钴铁衬底上，并分别作为电催化全水解反应的阴极和阳极。电化学测试表明，该系统仅需1.39 V的电势即可获得 $10 \text{ mA}/\text{cm}^2$ 的全水解电流密度，突破了在碱性电解质中的最低电势记录。该制备单原子催化剂的普适性方法不仅为单原子催化领域注入了新的活力，而且为今后系统性研究催化剂结构和性能之间的关系提供了新的思路。

中国科大解析人类胆汁盐外排蛋白 ABCB11的电镜结构



中国科学技术大学合肥微尺度物质科学国家研究中心和生命科学与医学部陈宇星教授、周从照教授、孙林峰教授课题组合作，利用冷冻电镜技术解析了人类胆汁盐外排蛋白ABCB11的近原子分辨率三维结构，为深入理解该类膜蛋白的转运机制以及其突变引发的致病机理提供了基础。该研究成果以“Cryo-EM structure of human bile salt exporter ABCB11”为题于2020年3月20日在线发表在《Cell Research》上。

胆汁盐为人体胆汁的重要组成部分，由胆固醇作为前体在肝细胞中合成，经膜蛋白将其转运至胆总管中参与胆汁的形成。胆汁主要在小肠中帮助脂肪类物质的消化和吸收，胆汁盐的外排阻塞会导致一系列的胆汁淤积相关病症。比如，进行性家族性肝内胆淤积（PFIC），良性复发性肝内胆淤积（BRIC）等。其中PFIC最为严重，该病多发于儿童，伴随肝肿大，肝硬化，以至肝功能衰竭最后导致成年前死亡，大部分该病患者需要进行肝移植得以存活。

研究表明，胆小管上的ABC膜转运蛋白ABCB11是胆汁盐外排到胆总管中最重要的蛋白。该蛋白编码基因突变会导致上述提到的各种胆汁淤积病症。自发现该基因的近20多年来，对ABCB11的研究报道持续不断，但人们对该蛋白转运胆汁盐的机理仍然不清楚。作者借助冷冻电镜技术解析了该蛋白开放状态下的 3.5 \AA 高分辨率的三维结构。根据该结构提供的三维空间信息，作者对临床上该蛋白的突变体致病机理进行了分析。作者发现，临床样本的突变体会破坏蛋白质分子内部的相互作用，或者使蛋白错误折叠，导致蛋白质转运功能降低或者完全丧失，最终引发相关疾病。作者还对一系列胆汁盐以及两种抑制剂（利福平、格列本脲）的刺激ATP水解活性的进行了验证，发现利福平和格列本脲以竞争方式抑制该蛋白的活性，这也是服用这类药物导致肝损伤的主要原因之一。该项研究不仅对于该类蛋白的分子结构研究具有重要的参考意义，也为相关疾病的致病机理分析以及药物开发设计提供了理论指导。

研究进展

中国科大团队报道驱动肿瘤发生的表观遗传调控新机制

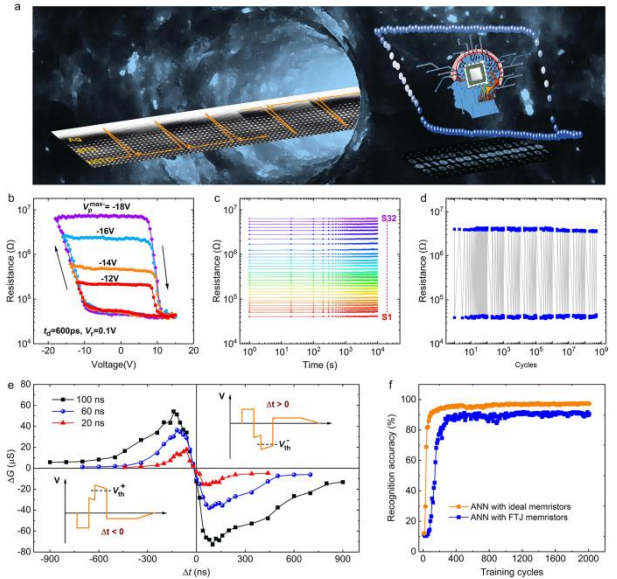
癌基因cMyc是一个重要的转录因子，调控约15%的人类基因表达，在肿瘤细胞的增殖、凋亡以及代谢重编程等方面发挥重要作用。然而，目前尚不清楚，cMyc是否通过转录以外的机制，来广泛地调控基因的表达以及肿瘤的发生发展。

中国科学技术大学的张华凤课题组、高平课题组联合军事医学科学院段小涛课题组的研究发现，cMyc能够促使琥珀酸脱氢复合酶（SDH complex）中的重要亚基SDHA乙酰化以及SDH复合酶失活，导致底物琥珀酸（succinate）的积累，进而上调组蛋白H3K4的三甲基化（H3K4Me3）水平以及基因的表达。机制方面，发现cMyc通过泛素连接酶SKP2促进线粒体中SIRT3的蛋白降解，从而导致SDHA的乙酰化上升。通过质谱进一步鉴定出SDHA受调控的乙酰化位点K335，小鼠实验显示SDHA的K335位点乙酰化在cMyc诱导肿瘤过程中起重要作用。进一步分析临床病人弥漫性大B细胞淋巴瘤（DLBCL）样本发现，高表达cMyc的DLBCLs中，SIRT3发挥着抑癌因子的功能，而K335位乙酰化的SDHA发挥着促进肿瘤的作用。这一发现揭示了cMyc驱动的肿瘤发生过程中SDHA乙酰化修饰发挥的重要病理学作用。SDHA被认为是抑癌蛋白，它的失活突变体与多种肿瘤，例如副神经节瘤、乳腺癌、肾癌等，有一定程度的联系。我们的这项研究表明，至少在弥漫性大B细胞淋巴瘤中，SDHA通过乙酰化失活而极大地促进了cMyc异常表达的肿瘤的进展。因此，靶向SDHA的乙酰化将可能为此类肿瘤的临床治疗提供潜在的策略和手段。

该论文以“Myc-mediated SDHA acetylation triggers epigenetic regulation of gene expression and tumorigenesis”为题，3月16号在线发表于Nature Metabolism期刊。中国科学技术大学生命学院的李世庭博士和黄的博士为该论文的共同第一作者，中国科学技术大学的张华凤教授、高平教授和军事医学科学院的段小涛教授为论文的共同通讯作者。这项工作得到了安徽医科大学蔡永萍课题组、军事医学科学院李爱玲课题组、中国科大周荣斌课题组和瞿昆课题组的大力帮助。

中国科大在铁电量子隧道结亚纳秒超快忆阻器研究中取得重要进展

近日，中国科学技术大学李晓光团队基于铁电隧道结量子隧穿效应，实现了具有亚纳秒信息写入速度的超快原型存储器，并可用于构建存算一体人工神经网络，该成果以“Sub-nanosecond memristor based on ferroelectric tunnel junction”为题在线发表《自然通讯》杂志上（Nat. Commun.）。



研究人员制备了高质量Ag/BaTiO₃/Nb:SrTiO₃铁电隧道结，其中铁电势垒层厚为6个单胞（约2.4nm）。基于隧道结能带的设计，以及其对阻变速度、开关比、操作电压的调控，该原型存储器信息写入速度快至600ps（注：机械硬盘的速度约为1ms，固态硬盘的约为1-10μs）、开关比达2个数量级，且其600ps的阻变速度在85℃时依然稳定（工业测试标准）；写入电流密度 $4 \times 10^3 \text{ A/cm}^2$ ，比目前其他新型存储器低约3个量级；一个存储单元具有32个非易失阻态；写入的信息预计可在室温稳定保持约100年；可重复擦写次数达 10^8 - 10^9 次，远超商用闪存寿命（约 10^5 次）。即使在极端高温（225℃）环境下仍能进行信息的写入，可实现高温紧急情况备用。这些结果表明，该铁电隧道结非易失存储器具有超快、超低功耗、高密度、长寿命、耐高温等优异特性，是目前综合性能最好的非易失存储器之一。特别是，该存储器还由于铁电隧穿层中畴的可连续翻转特性能实现电阻的连续调节，而且这一忆阻特性可用于构建超快的人工突触器件，从而用于开发超快人工神经网络存算一体系统。人工神经网络的模拟结果表明，利用该铁电隧道结忆阻器构建的人工神经网络可用于识别MNIST手写数字，准确率可达90%以上。