

侯仰龙教授团队重要研究进展在 Nature 发表

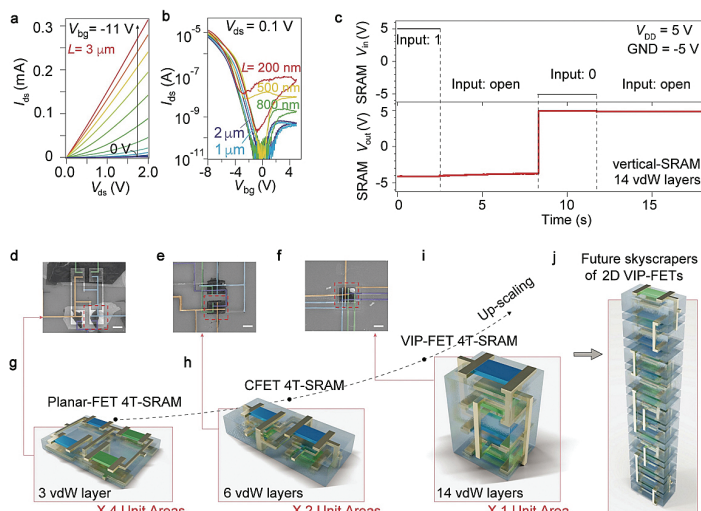
本报讯(通讯员/姚颂华)近日,中山大学/北京大学侯仰龙教授团队与中国科学院金属研究所、辽宁材料实验室、山西大学、中国科学院大学等单位合作,利用化学制备的系列二维材料,提出一种全新的基于界面耦合的p-掺杂二维半导体方法。该研究成果以“Van der Waals polarity-engineered 3D integration of 2D complementary logic”为题,于5月29日在国际顶级学术期刊 Nature 在线发表。这是侯仰龙教授团队在二维材料可控合成与性能调控方面,继外尔铁磁材料磁性调控(Nature Electronics, 6, 119, 2023)、非层状材料可控生长模型(Nature Communications, 14, 958, 2023)等系列工作以来,又一创新研究成果。

经过数十年发展,半导体工艺制程不断逼近亚纳米物理极限,传统硅基集成电路难以依靠进一步缩小晶体管尺寸来延续摩尔定律。发展垂直架构的多层互连 CMOS 逻辑电路,从而获得三维(3D)集成技术的突破,是国际半导体领域积极探索的新路径之一。

由于硅基晶体管的现代工艺采用单晶硅表面离子注入的方式,很难实现在一层离子注入的单晶硅上方再次生长或转移单晶硅。虽然可以通过三维空间连接电极、芯粒等方式提高集成度,但是关键的晶体管始终分布在最底层,无法获得“z”方向的自由度。新材料、或颠覆性原理因此成为备受关注的重要突破点。

该研究提出的耦合方法,采用界面效应的颠覆性路线,工艺

简单、效果稳定,并且可以有效保持二维半导体本征的优异性能。进一步,利用垂直堆叠的方式,制备了由14层范德华材料组成,包含4个晶体管的互补型逻辑门 NAND 以及 SRAM 等器件(见图)。该方法打破了硅基逻辑电路的底层“封印”,基于量子效应获得了3D垂直集成多层互补型晶体管电路,为后摩尔时代未来二维半导体器件的发展提供了思路。



二维半导体垂直3D集成互补型逻辑电路SRAM原型器件的实现

薛磊副教授论文获 ACM SigSoft 杰出论文奖

本报讯(通讯员/林绿)近日,软件工程大会 ICSE 2024 在葡萄牙里斯本召开。中山大学网络空间安全学院副教授薛磊与香港城市大学、香港理工大学等单位学者合作发表的关于安卓应

用安全的论文“Attention! Your Copied Data is Under Monitoring: A Systematic Study of Clipboard Usage in Android Apps”荣获 ACM SigSoft 杰出论文奖。

获奖论文针对 Android 系统中剪贴板系统实现的安全与隐私开展了系统化研究。

该论文提出了一种自动化工具 ClipboardScope, 利用基于原则的静态程序分析,在规模上揭示移动应用程序中剪贴板数据的使用,将使用定义为两个方面的组合,即剪贴板数据如何验证及数据去向。该工具根据应用程序中的剪贴板使用定义了四种主要的剪贴板数据操作类别,即准确的、全垒打、有选择性的和精选。2022年6月 Google Play 上共有 220 万款移动应用程序,ClipboardScope 对其中 26201 款应用程序进行了评估,运用这些应用程序访问并处理剪贴板文本。该研究还发现目前存在一种普遍的编程习惯,即使用 SharedPreferences 对象存储历史数据,这可能成为一种不易察觉的隐私泄露渠道。



姚道新教授团队与合作者在量子相变研究方面取得重要进展

本报讯(通讯员/雷世菁)近日,中山大学物理学院姚道新教授团队在量子相变的无序算符标度行为研究中取得重要进展,在国际上首先提出无序算符可以用来探测边界态和边界的临界行为,并分析了其标度行为。2024年5月17日,该成果以“Measuring the Boundary Gapless State and Criticality via Disorder Operator”为题,以中山大学为第一单位发表在国际著名物理刊物《物理评论快报》(Physical Review Letters 132, 206502 (2024)),并获得编辑推荐(Editor's suggestion)。

量子相变一直是凝聚态物理中重要且有趣的主题之一。晶格系统的边界由于其配位数的不同展现出比体内更加丰富的相变行为,即表面临界行为。由于边缘模与体的临界涨落耦合在一起,边界会诱导出新奇的相变行为,吸引了众多研究人员的关注。

另外一方面,近年来非局域算符的研究逐渐兴起,它们可以从广义的对称性和畴壁的角度去理解物相和相变。无序算符作为一种非局域的测量算符,能够揭示相和相变点的高价对称性和共形场论信息,从全局的角度理解相变普适类的信息。

姚道新教授团队率先利用无序算符对二维具有对称性保护拓扑相(SPT)的 AKLT 模型的边界性质进行了研究。在 AKLT 相,边界的自旋形成有效的海森堡链。无序算符能够反映边缘态的物理性质,提取海森堡链的 Luttinger 参数,揭示(1+1)维边界 SU(2)₁ 的物理。当体系

靠近相变点时,无能隙的边缘模与体的临界涨落逐渐耦合在一起,无序算符不但能够反映边缘态的(1+1)维的 SU(2)₁ 物理,提取 Luttinger 参数,还能够提取体的临界行为 O(3) 临界模的共形场论信息。

在此基础上,姚道新教授团队对无序算符的标度行为提出一个猜想。在临界点处,无能隙边缘模和体的临界模会以叠加的形式进入到无序算符的标度行为中,体现在其对数项中,它们遵从以下公式。

$$s(\theta) = \left(-\frac{K}{2\pi^2} + \frac{C_J}{2(4\pi)^2}\right)\theta^2$$

其中的 K 项由无能隙的边缘态提供,而 C_J 项由体的 O(3) 临界模贡献。数值结果很好地验证了猜想的可靠性,从数值角度直观揭示了边缘模与体的临界涨落耦合的物理图像。

进一步,姚道新教授团队利用量子蒙特卡洛方法研究了二维 AKLT 模型的纠缠谱和能谱的对应关系。著名的 Li-Haldane 猜想指出在拓扑态里面纠缠谱的低能部分和开边界的能谱具有一一对应的关系。研究团队发现,在 AKLT 模型边界施加微扰,其纠缠谱和能谱并不总是具有对应关系;在某些情况下,即使边界变成有能隙的,其纠缠谱和能谱也具有对应关系。研究团队利用新的虫洞图像很好地解释了这些数值结果,并揭示了虫洞图像可以成为理解复杂系统纠缠谱变化的强有力的工具。相关工作已经发表在 Physical Review B 刊物上(Phys. Rev. B 109, 094416(2024))。

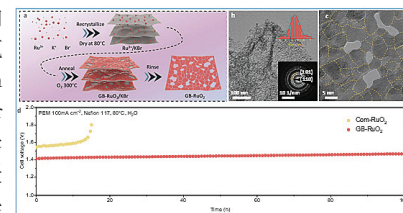
崔浩教授、王成新教授团队利用晶界工程实现二氧化钌高效、稳定的酸性析氧反应

本报讯(通讯员/袁湛楠)二氧化钌因其具有较好的活性与稳定性,是目前工业上唯一的酸性析氧反应(OER)催化剂,但价格昂贵、储量稀少和活性低等问题限制了它的使用。相比之下,二氧化钌成本更低,活性相对二氧化钌更高,是一种很有前途的替代材料。然而,如何令二氧化钌(RuO₂)在极端酸性条件下保持高活性和稳定性仍然是一个重大挑战。

近日,材料科学与工程学院崔浩教授、王成新教授以典型的红晶石型二氧化钌为研究对象,提出一种基于晶界工程策略来提升 RuO₂ 的酸性 OER 活性和稳定性的研究思路,通过简单的盐辅助重结晶方法,构建出富含晶界的二氧化钌多孔纳米片(GB-RuO₂)。相关成果以“Grain-Boundary-Rich RuO₂ Porous Nanosheet for Efficient and Stable Acidic Water Oxidation”为题发表于期刊 Angewandte Chemie

International Edition。

该研究表明,催化剂中丰富的晶界能够引发显著的拉伸应变并创造出不饱和的配位环境,不仅能够有效地稳定晶体结构,同时还增强了其对氧中间体的吸附能力。最终,GB-RuO₂ 表现出低过电势($\eta_{10}=187$ mV)和超低塔菲尔斜率(34.5 mV dec⁻¹),并且在 0.1 M HClO₄ 中稳定运行超过 550 小时。以 GB-RuO₂ 催化剂为阳极的质子交换膜水电解槽在 2 A/cm² 的电流密度下运行电压仅为 1.669 V,并在 100 mA/cm² 的电流密度下可以稳定运行 100 小时,表现出极高的活性和良好的稳定性。



附属第三医院脑病中心神经免疫团队关于自身免疫性脑炎睡眠障碍研究成果在 Neurology 发表

本报讯 近日,中山大学附属第三医院脑病中心神经免疫团队在神经病学知名期刊 Neurology (中科院一区, Top, IF=9.9)发表了题为“Cardiopulmonary coupling spectrogram as an ambulatory method for assessing sleep disorders in patients with autoimmune encephalitis”的研究论文。该研究创新性地使用 CPC 用于 AE 的睡眠评价,并发现了 AE 的睡眠评估标志物,拓展了 AE 睡眠障碍的评估思路。

自身免疫性脑炎(AE)是一类由自身免疫机制介导的脑炎,2018年被国家罕见病目录纳入,部分患者预后差,给家庭和社会带来沉重负担。睡眠障碍作为 AE 患者常见且重要的临床特征,其表现复杂、症状各异,容易

被掩盖忽视。睡眠相关症状若未能及时得到识别和充分管理,对 AE 的早期诊断和干预,乃至患者的功能康复和生活质量改善均会产生不良影响。

该研究对最终纳入的 60 名 AE 患者和 66 名健康对照受试者进行分析,并对其中 14 名急性期患者在 24 周后完成了随访。通过计算受试者心率变异性、心电衍生的呼吸信号之间的相关性以及互功率谱生成睡眠图谱。结果显示,AE 患者睡眠效率下降,代表深睡眠的高频耦合(HFC)下降,快动眼睡眠及觉醒比例偏高,呼吸紊乱指数偏高,伴显著的自主神经功能障碍。

在动态随访评估中,比较 14 名受试者急性期和缓解期前

后对照的结果发现,患者的缓解期匹兹堡睡眠质量指数(PSQI)评分下降,睡眠效率增加,代表睡眠微观结构的高频耦合(HFC)以及低频耦合(LFC)未见明显变化。

多元线性回归表明 CPC 参数中睡眠效率(SE)和 LF/HF 比值是影响 AE 患者 PSQI 评分的独立因素。

基于上述研究结果,该研究发现,睡眠障碍以及自主神经功能障碍普遍见于 AE 患者的急性期和缓解期,AE 患者睡眠微观结构恢复晚于临床睡眠质量评分和睡眠效率的改善。基于 CPC 在睡眠评估中的便携性、简易性和敏感性,该技术在 AE 患者睡眠障碍的临床实践中具有良好的应用前景。