

中国科大发现自然杀伤细胞促进胚胎发育的转录调控新机制

中国科学技术大学免疫学研究所魏海明教授、傅斌清教授和田志刚教授课题组合作研究发现，蜕膜自然杀伤细胞（NK细胞）高表达转录因子 PBX1，能够增强生长因子转录，促进胚胎发育；NK细胞PBX1功能异常与不明原因复发性流产病因存在相关性。研究成果于2020年4月1日以“PBX1 Expression in Uterine Natural Killer Cells Drives Fetal Growth”为题，在线发表于《科学·转化医学》（Science Translational Medicine）杂志，本研究揭示了一种蜕膜 NK细胞促进胚胎发育的转录调控新机制，为基于蜕膜 NK细胞的生殖相关疾病免疫治疗提供新思路与新靶标。

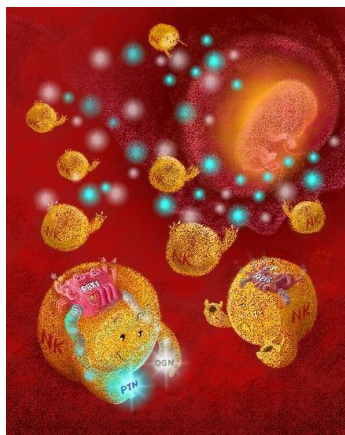


图 1: 蜕膜 NK 细胞促进胚胎发育。母胎界面 NK 细胞（黄色）仿佛“机器人保姆（Robotic Nannies）”滋养胚胎发育，而转录因子 PBX1 是驱动生长因子 PTN（蓝色）和 OGN（白色）产生的强大发动机。（王国艳和陈磊绘制）。

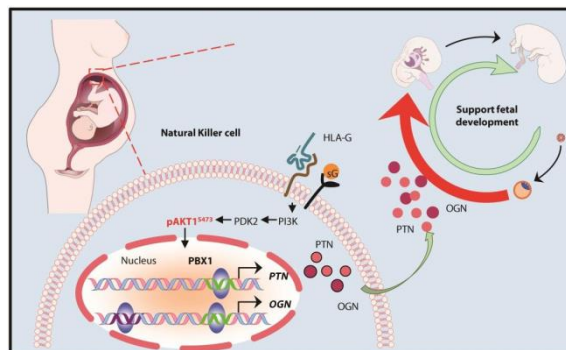


图 2: 转录因子 PBX1 驱动蜕膜 NK 细胞表达生长因子促进胚胎发育 (Working model)。

妊娠早期，母胎界面蜕膜组织中 NK 细胞迅速增加，可约占淋巴细胞总量的 70%。中国科学技术大学魏海明教授课题组先前研究发现蜕膜 NK 细胞具有产生生长因子促进胚胎发育的重要功能，相关研究成果曾作为封面文章于 2017 年 12 月发表在免疫学顶级期刊《Immunity》。然而，调控蜕膜 NK 细胞产生生长因子促进胚胎发育的关键转录因子及分子机制尚不清楚，与不明原因复发性流产病因相关性也有待进一步探讨。

转录因子的鉴定是确认新型功能细胞亚群的有力证据，课题组通过蜕膜 NK 细胞全基因筛选并结合产生生长因子蜕膜 NK 细胞亚群的分析，鉴定转录因子 PBX1 在产生生长因子的蜕膜 NK 细胞亚群中高表达。通过信号通路抗体芯片筛查发现，胚胎来源的 HLA-G 信号可以通过蜕膜 NK 细胞表面 ILT2 分子激活蜕膜 NK 细胞 PI3K-AKT 信号通路，驱动 PBX1 的表达。进一步通过染色质免疫共沉淀测序分析，发现转录因子 PBX1 可以直接结合生长因子 PTN 和 OGN 的启动子，增强其转录表达。

复发性流产是一种困扰妊娠期女性的常见妊娠相关疾病，严重影响生殖健康，而其中近 50% 患者病因不明，临床诊断为不明原因复发性流产。课题组通过对不明原因复发性流产患者蜕膜组织基因检测，发现患者 PBX1 低表达，且全外显子测序结果提示患者蜕膜 NK 细胞中，存在 PBX1^{G21S} 功能性突变。NK 细胞 Pbx1 条件型缺陷小鼠和表达 PBX1^{G21S} 的 NK 细胞转输小鼠，均出现胚胎生长受限表型，进一步证明蜕膜 NK 细胞 PBX1 功能异常与不明原因复发性流产病因存在相关性。



研究进展

中国科大和美国石溪大学等合作 在关联氧化物摩尔调控研究中 取得突破

近日，中国科大合肥微尺度物质科学国家研究中心国际功能材料量子设计中心和物理系中科院强耦合量子材料物理重点实验室曾长淦课题组与美国石溪大学刘梦昆课题组等合作，首次在钙钛矿锰氧化物这一关联电子体系中实现了电子相的摩尔调控。该研究成果以“Moiré Engineering of Electronic Phenomena in Correlated Oxides”为题于4月6日在线发表在《Nature Physics》上 (DOI:10.1038/s41567-020-0865-1)。

关联氧化物中，电荷、自旋、轨道等自由度与晶格有很强的耦合，因此该研究团队设想有可能通过应力工程来在关联氧化物中实现摩尔图案。他们在有周期性台阶的LaAlO₃ (LAO)衬底上生长了La_{0.67}Sr_{0.33}MnO₃ (LSMO)薄膜，发现由于界面耦合效应，LSMO薄膜中存在两种来源不同但周期相近的应力周期势场，一种来自衬底台阶，另一种来自LSMO薄膜本身的孪晶畴。他们利用近场光学显微镜 (SNOM) 发现，当两种周期势场以较小的角度交叠在一起时，其共同作用会产生微米尺度的局域导电性的摩尔图案调制。在LSMO体系中，导电性与应力之间有着非线性的依赖关系，所以调控效果非常显著。通过对其中一种应力势场的周期或者曲率的小幅度调节，可以实现LSMO薄膜中摩尔纹形状的大幅度改变。在关联锰氧化物中，导电性和磁性直接相关。进一步的磁力显微镜研究的确发现了与导电性摩尔条纹相对应的铁磁性摩尔条纹。LSMO的顺磁-铁磁转变进一步调控了其电子摩尔条纹：在居里温度以下，导电性摩尔条纹与铁磁性摩尔条纹共存；而在居里温度之上，导电性摩尔条纹还在，但铁磁性摩尔条纹消失。这一发现首次将摩尔调控的概念拓展到了非范德瓦尔斯二维体系，也为在外延薄膜中实现可控的电子条纹以及相应的新奇物性探索提供了一种全新的手段。

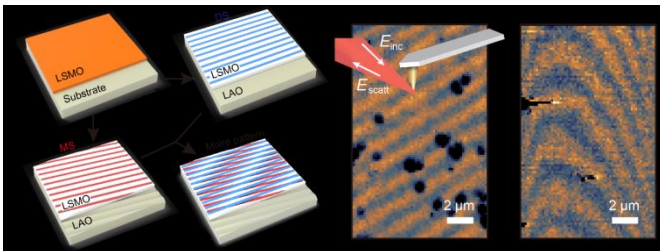


图: a. 利用两种不同应力势场的耦合在LSMO薄膜中实现摩尔调控的示意图。 b. c. SNOM测量得到的电子相摩尔纹图案，b为直线型，c为弯曲型。

中国科大研制纳米尺度“富集效应” 增强二氧化碳电还原性能 的高效催化剂

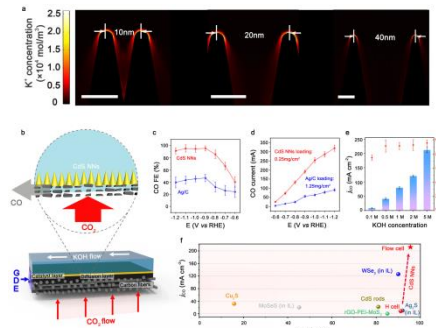


图. (a) 硫化镉尖端电场及钾离子分布模拟；(b-f) 纳米针尖硫化镉催化剂在流动电解池中的CO₂电还原性能

近日，中国科学技术大学高敏锐教授课题组和俞书宏院士团队设计了系列具有“富集”效应的纳米催化剂，结合流动电解池的合理设计，成功实现了CO₂到目标产物的高选择性转化。相关工作在线发表在近期《德国应用化学》和《美国化学会志》杂志上。

研究人员提出纳米针尖的“近邻效应”促进CO₂电还原过程，通过智能微波反应器的高通量筛选，制备了硫化镉纳米针阵列结构。流动电解池测试表明这种结构可实现95.5%的一氧化碳法拉第效率和212 mA cm⁻²的部分电流密度。该成果以“High-Curvature Transition-Metal Chalcogenide Nanostructures with a Pronounced Proximity Effect Enable Fast and Selective CO₂ Electroreduction”为题在线发表在《德国应用化学》杂志上 (Angew. Chem. Int. Ed. 2020, 59, DOI: 10.1002/ange.201912348)，并被选为“卷首插画”论文。

除了利用纳米多针尖的“近邻效应”实现对目标离子的富集外，高敏锐课题组和俞书宏院士团队进一步提出利用纳米空腔的“限域效应”来富集反应中间体，实现CO₂到多碳燃料的高效率转化。该研究成果以“Protecting Copper Oxidation State via Intermediate Confinement for Selective CO₂ Electroreduction to C₂₊ Fuels”为题在线发表在《美国化学会志》上 (J. Am. Chem. Soc. 2020, 142(13), 6400-6408)。

以上研究表明CO₂电还原反应中催化剂纳米结构设计对催化性能的重要影响，纳米尺度“富集效应”可有效增强关键中间体的吸附，从而推动反应高效率运行。这种新的设计理念为今后相关电催化剂的设计和高效高附加值碳基燃料的合成提供了新的思路。



研究进展

中国科大在高阶拓扑绝缘体理论研究中取得新突破

近日，中国科大合肥微尺度物质科学国家研究中心国际量子功能材料设计中心与物理系乔振华教授课题组与美国德克萨斯大学奥斯汀分校牛谦教授合作，在理论预言低维体系高阶拓扑绝缘体方面取得新突破。相关成果于2020年4月24日发表在国际权威物理学期刊《物理评论快报》[Phys. Rev. Lett. 124, 166804 (2020)]上。

拓量子体系是当今凝聚态物理一个备受关注的研究领域。在该领域的发展过程中，Kane-Mele模型与Bernevig-Hughes-Zhang模型是两个独立提出实现二维 Z_2 拓扑绝缘体的重要理论模型。近期，结合对称性和材料数据库的高通量计算报道了几十种二维拓扑绝缘体材料。其中，绝大多数已发现的材料体系可以被这两种理论模型有效地描述。随着拓扑绝缘体这一概念的持续推广，使得广泛存在于二维和三维层状材料体系中的新型拓扑相被不断发现。

近年来的理论发展将拓扑相推广到了高阶。具体体现为：N维高阶绝缘体的N-1维边界依然绝缘，但是在N-2维的棱边或棱角上具有受拓扑保护的电子态。对于一个二维高阶拓扑绝缘体，电子在边界上无法传输，但是在两个边相交的棱角处，可以出现零能电子态（即，角态）。然而，这种二维高阶拓扑绝缘体在凝聚态体系中还尚未被实现。

在该文中，乔振华教授与合作者提出一种新的方案来实现从一阶到二阶拓扑绝缘体的操控，即通过在二维一阶拓扑绝缘体上诱导出面内磁矩来实现二维二阶拓扑绝缘体。一阶拓扑绝缘体受时间反演对称性保护；然而，面内磁矩的出现破坏了该对称性，使得拓扑绝缘体变的拓扑平庸。同时，导电的边界态也由于对称性被破坏而变得绝缘不再导电，并且在两个绝缘的边界交界处，出现了零能电子态。具体体系演示如上图所示，在边界的 120° 的夹角上出现了零能电子态，验证了高阶拓扑绝缘体的出现。值得指出的是，由于体系的有限尺寸，这些角落上的电子态有微弱的耦合，形成一些成键态和反键态，在半填充时，电子在每个角上的电荷分布为元电荷的 $1/2$ 。

在实验上实现该高阶拓扑绝缘体，通常需要大能隙一阶拓扑绝缘体及合适的面内磁矩。一阶拓扑绝缘体材料目前已经被大量发现，因此实验方面有多种可供选择的体系。而面内磁矩既可以通过面内磁场实现，也可以通过具有面内磁化的磁性衬底实现。该项研究为设计实现高阶拓扑绝缘体提供了坚实的理论依据。



国家研究中心简讯

◆中国科大潘建伟教授获2020年度蔡司研究奖

近日，历史悠久的光学制造企业——德国蔡司公司正式公布，授予中国科学技术大学潘建伟教授2020年度蔡司研究奖（ZEISS Research Award），以表彰他在量子信息领域，特别是在量子通信和量子计算方面的杰出贡献。

蔡司公司发布的新闻通稿指出，潘建伟教授作为国际量子信息技术研究的引领者之一，在量子通信方面的先驱性研究使得安全实用的远距离量子密码技术成为可能；同时，他在多光子纠缠和高性能玻色取样等方面的研究，为展示量子计算优越性和实现可扩展光量子计算奠定了重要基础。

蔡司研究奖以德国光学家、蔡司公司的创始人卡尔·蔡司命名，用于表彰在国际光学领域做出杰出贡献的科学家。从1990年来，该奖项在世界范围每两年评选一位科学家，其中1992、1996、2000、2002年的获奖人Ahmed Zewail、Eric Cornell、Shuji Nakamura、Stefan Hell已先后获得诺贝尔奖。

2020年度蔡司研究奖的评委包括：亥姆霍兹协会前主席Jürgen Mlynek，夫琅和费研究所所长Andreas Tünnermann，诺贝尔奖得主Stefan Hell，以及量子物理学家、沃尔夫奖获得者Alain Aspect。

该奖项公布后，引起国际学术媒体广泛关注。比如，国际光学工程学会（SPIE）旗下的optics.org以“量子保密通信的开拓者潘建伟获得蔡司研究奖（Quantum cryptography trailblazer Pan wins Zeiss Research Award）”为题专门进行了报道。

