

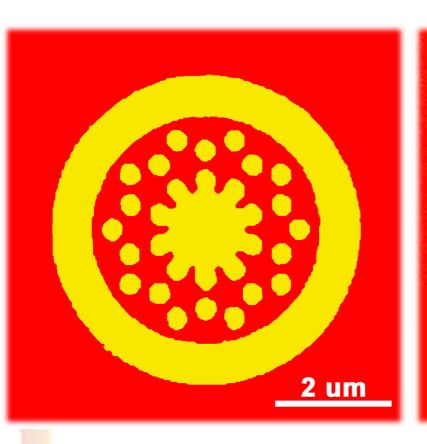
大湾区显微科学与技术研究中心

Bay Area Center for Electron Microscopy

質讯

第5期

松山湖材料实验室 广东省东莞市大朗镇屏东路333号 Email: bacem@sslab.org.cn



2023 2um

禮心新型单相多铁材料中的铁电略图案 喜迎2023年元旦1

出版日期: 2023年1月1日



2022 年度专家、领导及其他来客来访速览

12月16日,吉安市委书记王少玄,市委常委、常务副市长王大胜等一行在东莞市吕成蹊市长、张玉成副秘书长、发改局叶慧明局长以及实验室副主任冯稷研究员的陪同下到电镜中心调研,并认为显微科学对关键材料的研发起着不可替代的基础性作用。

12月1日,东莞市委书记肖亚非在东莞市委副书记、松山湖高新技术产业开发区党工委书记刘炜以及实验室副主任冯稷研究员的陪同下到电镜中心调研,并对电镜中心在地方科技发展过程中所起的作用给予高度评价。

11 月 29—30 日,来莞参加第三期"显微科学与技术—松山湖论坛"的 30 余位电子显微学领域的专家学者以及厂商代表实地参观了大湾区电镜中心的高分辨成像实验室以及基于铁电极化的量子材料构筑实验室。

11 月 8 日,南京大学邹志刚院士、中科院物理所白海洋研究员、浙江大学韩高荣教授到电镜中心调研,并对电镜中心建设与发展给予高度评价。

11 月 7 日,浙江宁波甬江实验室党委书记、 主任崔平,党委委员、副主任乌学东,宁波甬江实 验室建设开发有限公司付华凯总经理等 18 人在实 验室主任汪卫华院士等陪同下参观考察了电镜中 心。

10月29日,松山湖材料实验室、东莞市科学技术博物馆共同主办了"对话材料科学"科普活动,30位中小学生参观了大湾区电镜中心。在工作人员的导览讲解下,同学们了解了电子显微镜的工作原理与应用,在亲身体验、互动实践中感知材料科学的奥秘。

10月26日,澳门经济及科技发展局联同澳门中联办、澳门科学技术发展基金、横琴粤澳深度合作区经济发展局、澳门大学、澳门科技大学等专家及澳门企业代表,在东莞市台港澳事务局、东莞市科技局相关领导陪同下,莅临松山湖材料实验室调研座谈,对实验室"前沿基础研究→应用基础研究→产业技术研究→产业转化"的全链条创新模式有了更深入、更直观的理解。调研期间,调研组实地参观了大湾区电镜中心。

10月14日,中央电视台第四套《远方的家》 节目组和东莞电视台到电镜中心拍摄纪录片。

10月13日,省发展和改革委调研组莅临松山湖材料实验室调研座谈,陪同出席的还有东莞市市长吕成蹊,常委、副市长刘光滨及市政府副秘书长曾鸣等人一行。调研期间,调研组成员参观了大湾区电镜中心,实地了解了中心的建设情况。

9月29日,宁波市科技局副局长陈善福一行 到松山湖材料实验室调研交流。调研期间,陈善福 副局长一行参观了大湾区电镜中心,了解了电镜 中心的建设发展情况,与中心工作人员针对相关 设备的采购、安装及运行等进行了深入交流。

9月23日,全国人大民族委员会主任委员、 中国科学院院士白春礼到东莞调研,实地考察松 山湖材料实验室建设情况。东莞市委书记肖亚非, 广东省科技厅副厅长杨军,市委副书记、松山湖党 工委书记刘炜等陪同调研。调研期间,白春礼院士 一行实地参观了大湾区电镜中心,随后在报告厅 作"世界科技前沿发展态势"主题报告。

8月26日,东莞市科技局党组成员谢华到大 湾区电镜中心调研,详细了解了电镜中心的建设 情况以及下一阶段的需求。

1



8月20—22日,由国家自然科学基金委主办, 松山湖材料实验室和南京大学承办的"第一届基 元与序构信息功能材料研讨会"在松山湖材料实 验室召开。会议期间,清华大学南策文院士、基金 委工程与材料学部材料一处陈克新处长等到大湾 区电镜中心调研。

7月27—28日,来自中国科学技术大学、中南大学、西北工业大学、米尼奥大学(葡萄牙)等12 所学校的12 名学生参加了松山湖材料实验室2022年夏令营。夏令营期间,学员们先后参观了新园区展厅、材料博物馆、锂离子电池团队和大湾区电镜中心。

7月27日,30多位"走读松山湖 行思大湾区" 全国高校校媒精英特训营的大学生来到松山湖材 料实验室,实地感受并记录实验室的科技创新力 量与科研文化氛围,在活动期间参观了大湾区电 镜中心。

7月21日,东莞市水乡管委会总经济师李子 标一行赴东莞散裂中子源和松山湖材料实验室调 研对接项目。调研期间,调研组成员参观了大湾区 电镜中心,并表示中心的建设对水乡片区的科技 发展有新的启发。

7月19日,省科技厅党组成员、副厅长吴世文,实验室与平台基地处副处长罗霄鹏,省科技基础条件平台中心高级工程师罗俊博一行莅临松山湖材料实验室调研座谈,探讨材料基因工程全国重点实验室(拟建)的建设事宜。随后吴世文副厅长一行参观了大湾区电镜中心。

6月29日,省科学技术协会刘建军副主席一行赴松山湖材料实验室调研并参观了大湾区电镜中心,并向中心科研了解科技创新活动及能力提升所遇到的困难及建议。

6月24日,省直机关工委宣传部部长刘丽丽

一行莅临松山湖材料实验室调研并参观了大湾区 电镜中心。

6月18日,南方科技大学校长薛其坤院士到 大湾区电镜中心调研,并对中心在极短的时间内 取得的成绩给予充分肯定。

6月14日,宁国市市长柱德林,副市长梅骏 国一行赴松山湖材料实验室调研并参观了大湾区 电镜中心。

6月8日,东莞市委副书记、松山湖高新技术 产业开发区党工委书记刘炜等一行,在实验室副 主任冯稷研究员的陪同下参观电镜中心。

6月8日,省科协科普教育基地评审专家组来 在实验室领导陪同下参观了电镜中心,并对电镜 中心作为实验室申报省科普教育基地的重要组成 部分给予充分肯定。

5月25日,东莞市财政局四级调研员赖凤葵, 经济建设科科长袁庆球一行到松山湖材料实验室 调研并参观了大湾区电镜中心。

5月23日,东莞市委常委、副市长刘光滨一 行莅临松山湖材料实验室调研并参观了大湾区电 镜中心。

5月17日,松山湖科教局任耀新局长一行到 电镜中心调研,对电镜中心在材料基础科学研究 中的支撑作用给予积极评价,并表示希望电镜中 心能够在松山湖科教事业中发挥更大作用,成为 中小学科普教育实践基地。

5月16日,福建省泉州市惠安县县长庄稼祥 一行到松山湖材料实验室调研交流,旨在探讨惠 安县与实验室产业技术合作途径,推动双方加强 交流,形成合作共赢局面。调研期间,庄稼祥县长 一行参观大湾区电镜中心,充分了解了中心的建 设发展情况。 5月11日,省政府办公厅督查专员、一级调研员吴玉明莅临松山湖材料实验室调研座谈,了解了松山湖材料实验室的建设情况、存在的困难和问题。调研期间,吴玉明调研员一行参观大湾区电镜中心。

5月11日,贵州省铜仁市市政协副主席兼科 技局长赵震洋博士等一行在实验室副主任黄学杰 研究员等的陪同下参观电镜中心。

4月13日,松山湖材料实验室召开第一届理事会第七次会议,实验室理事长王恩哥,东莞市委副书记、松山湖党工委书记、副理事长刘炜,副理事长冯稷,中科院物理所所长、实验室法人代表方忠,实验室主任汪卫华等9位理事会成员参加了会议,广东省科技厅副厅长吴世文,东莞市科技局、

财政局相关领导和实验室领导班子成员列席会议。 会前,参会人员集体参观了大湾区电镜中心,了解 了相关建设进展。

2月11日,羊城晚报报业集团党委副书记、 副社长向欣一行来访松山湖材料实验室考察调研, 东莞市委副书记、松山湖党工委书记刘炜,松山湖 管维护总经济师陈潮晖陪同参加。调研期间,向欣 副书记一行参观大湾区电镜中心,实地了解了中 心的建设情况。

2月11日,东莞市市长吕成蹊,东莞市委副书记、松山湖党工委书记刘炜,省政协经济委员会主任梁维东一行莅临松山湖材料实验室考察调研。调研期间,调研组一行参观了大湾区电镜中心,实地了解了实验室新园区及电镜中心的建设情况。

党的二十大开幕之际朱银莲研究员接受南方都市报采访

10月16日,党的二十大开幕当天,针对青年人才培养,松山湖材料实验室大湾区电镜中心朱

银莲研究员接受《南方都市报》采访。

打开App



广东松山湖材料实验室研究员朱银莲:注 重培养青年人的使命感

记者: 李竹 编辑: 李竹

更多

聚焦二十大报告,一起学习这些金句

水稻如何上山、外资底气在哪? 首场党代 表通道背后的中国故事







广东松山湖材料实验室

研究员朱银莲:注重培养

南部 南方都市报 品质内容,智媒先锋

10月16日,党的二十大开幕,习近平总书记代表第十九届中央委员

会向大会作报告。作为"科技强国"

的万千代表之一, 广东松山湖材料

实验室研究员、博士生导师朱银莲 关注报告中提到的"青年强,则国 家强"。这让朱银莲在培养青年人 才的理念上有了新的感悟。

"科学技术是第一生产力,科学家是一个国家的战略高地,科技的竞争。"朱银争归根结底是人才的竞争。"朱银莲结合实际工作表示,在对年轻人的培养过程中,除了要培养他们扎实的学科基础与独立从事科研的能力,还要注重学术理念的塑造,"让他们不仅掌握材料学领域的要拥有新时代的使命感和责任感,努力成为具有多重视野和战略眼光的科学家,为中华民族的伟大复兴贡献智慧和力量。"



马秀良研究员应邀参加国家重点研发计划专项项目年度总结会

2022 年 12 月 16 日,国家重点研发计划"先进结构与复合材料"专项"先进结构材料多时空大尺度跨尺度高通量表征技术及应用"项目年度总结

会在项目依托单位重庆大学召开。马秀良研究员 等应邀参会并与其他与会专家对项目的运行状况 进行了评议。

中国科学院电镜技术联盟 2022 年度技术交流会在沈阳召开

11月22日,由中科院电镜技术联盟主办、中科院金属研究所承办、松山湖材料实验室大湾区电镜中心协办的中科院电镜技术联盟2022年度技术交流会在沈阳召开。电镜联盟副理事长马秀良研究员及大湾区电镜中心全体成员参加了本届交流会。

中科院电镜技术联盟是在院条件保障和财务局的大力支持和批准下,由中科院物理所牵头,联合金属所、生物物理所、上海硅酸盐所、北京理化所等五家常务理事单位在2018年7月18日共同

组织成立,现任联盟理事长为物理所白雪冬研究员。2020年,联盟增加了五家理事单位,包括北京电工所、大连化物所、北京自动化所、兰州化物所、福建物构所。联盟的成立是为合作开展电镜技术交流、培养电镜技术队伍而组成的科研院所合作组织,旨在联合院内电镜领域优势单位,以扫描电镜和透射电镜相关技术为切入点,定位于加强电镜使用管理与应用技术交流,提高运行维护和自主创新能力,培养电镜领域人才队伍,构建"电镜技术智库",逐步促进电镜技术发展及相关领域科技创新。

耿皖荣博士获中科院电镜技术联盟 2022 年度电镜技术优秀工作者称号

为进一步加强科学院内各研究所电镜技术的 交流与发展,培养电镜技术人才,充分调动院内电 镜技术相关人员的积极性和创造性,逐步推动电 镜技术自主创新,中国科学院电镜技术联盟每年 评选出在电镜关键技术自主创新工作中做出突出 成效的院内电镜技术优秀工作者,给予表彰和奖 励。近日,经电镜联盟理事推荐、理事会讨论通过,电镜中心耿皖荣博士与来自院内其他研究所的共11 人获中科院电镜技术联盟 2022 年度电镜技术优秀工作者称号。12 月 15 日,入选者以口头报告的形式与院内专家学者及其技术人员分享了他们在电镜技术方面的经验。

大湾区电镜中心多个成员持续在中国电子显微学会任职

12月9日,中国电子显微学会理事长办公会 议讨论通过了第十一届常务理事会各专业委员会 委员名单。大湾区电镜中心多个成员持续在中国 电子显微学会任职。马秀良研究员继续出任物理 与材料科学专业委员会主任,朱银莲研究员、唐云 龙研究员等 22 人任该专业委员会委员;正高级工程师吴波等 26 人任大型仪器开放共享平台专业委员会委员;高级工程师杨立新等 15 人任聚焦离子束 (FIB)专业委员会委员。中国电子显微学会第十一届常务理事会共设 12 个专业委员会。



2022 年全国电子显微学学术年会在东莞召开

2022年11月25—28日,2022年全国电子显微学学术年会在东莞市会展国际大酒店召开。受新冠疫情的影响,大会主会场和分会场采用线下交流和线上直播方式进行,吸引了来自高等院校、科研院所、企事业单位、参展厂商等电子显微学领域专家学者三千余人次线上线下参加了本届年会。

显微学是一个集材料、物理、化学、生命科学等学科深度交叉融合的学科。本届年会设置12个专题分会场:(1)显微学理论、技术与仪器发展;(2)原位电子显微学;(3)功能材料的微结构;

4)结构材料及缺陷、界

面、表面、相变与扩散;

- (5) 先进显微分析技术在工业材料中的应用;
- (6) 扫描探针显微学(STM/AFM等); (7) 扫描电子显微学(含 EBSD); (8)聚焦离子束(FIB)



2022年全国电子显微学学术年会线下参会人员合影



大湾区电镜中心成员及相关成员在 2022 全国电子显微学学术年会期间合影

在材料科学中的应用; (9) 低温电子显微学; (10) 生物显微学; (11) 生物医学和生物电镜技术; (12) 中国电子显微镜运行管理开放共享实验平台经验交流。

电镜中心成功举办第三期"显微科学与技术—松山湖论坛"

2022 年 11 月 29—30 日,由大湾区电镜中心主办的第三期"显微科学与技术—松山湖论坛" 在松山湖材料实验室新园区会议中心召开。 受新冠疫情的影响,论坛采用线下交流和 线上直播方式进行,来自中国大陆、香港特别 行政区、美国、法国、西班牙等国家和地区的



电子显微学领域专家学者应邀参加了本次论坛。15家与电子显微技术相关的厂商参加了本次论坛并做了技术讲座,部分厂商还在线下进行了产品展示和技术演示。

论坛期间,线下参会人员实地参观了大湾

区电镜中心和实验室新园区以及新园区内的 展览馆、山上咖啡厅、专家公寓、招待所、健 身房、荔枝园等别具特色的场所。论坛不仅增 进了学者之间的学术交流也为实验室进一步 扩大其社会影响发挥了积极作用。



显微科学与技术—松山湖论坛(第三期)线下参会人员合影

马秀良研究员应邀参加"先进材料与高端制造"桐乡论坛

2022年9月12— 13日,由浙江省科创 新材料研究院、桐乡 市委市政府主办,乌 镇实验室承办的"先 进材料与高端制造" 桐乡论坛在乌镇举 行。本次论坛以"产学 研融合与科技成果转 化探索"为主题,旨在



"先进材料与高端制造"桐乡论坛参会人员合影

以科学前沿和国家战略需求为导向,切实推动先 进材料与高端制造领域的创新研发,深入探讨产 学研深度融合与科技成果转化的关系,加快推进拥有知识产权的高水平产业的发展。



中国科学院和中国工程院的 12 位院士以及 众多专家学者参加了本次论坛。桐乡市有关领导 出席了开幕式。本届论坛学术委员会主席、浙江大 学张泽院士在致辞中强调了材料的重要性,认为 材料是"先进材料与高端制造"论坛永恒的主题。马秀良研究员应邀在论坛会上了介绍了电子显微技术在材料科学研究中所能发挥的重要作用。朱银莲研究员和唐云龙研究员也参加了本次论坛。

马秀良研究员应邀在"翘材论坛"上做学术讲座

为深入贯彻落实党的二十大报告关于着力造就创新拔尖人才的重要精神,加强博士生学术交流,拓宽学术视野,激发学术热情,营造浓郁的学术氛围。大连理工大学材料科学与工程学院于 12

月 10 日举办了第四届博士生"翘材论坛"。马秀良研究员应邀参加论坛并作了题为"新型铁电拓扑结构的实验发现"的学术讲座。

朱银莲研究员应邀参加中国物理学会 2022 秋季学术会议并做邀请报告

11月18—20日,由中国物理学会主办、南方科技大学承办的中国物理学会 2022 秋季学术会议暨中国物理学会成立 90周年纪念大会在深圳召开。中国物理学会于1932年8月23日在清华大学科学馆正式创立。

始于 1999 年的秋季会议是物理学会的年 度学术会议,已成为中国物理学界规模最大、 综合性最强的品牌学术盛会。举办秋季会议的目的是增进国内物理学界的学术交流,提高学术水平,促进物理学科的全面发展和提升人才培养质量,本年度共设21个分会场。来自全国各地的高等院校、科研院所、合作企业的专家学者等近6万人在线上线下参加了本次会议。电镜中心朱银莲研究员应邀在磁学分会作了有关新型铁电拓扑结构方面的学术报告。



朱银莲研究员在磁学分会介绍新型铁电拓扑结构方面的工作



电镜中心团队应邀在国际学术期刊 Acta Materialia 上发表长篇综述文章

钙钛矿型铁电 氧化物具有外场可 控的极化,可作为信 息存储和逻辑器件。 拓扑极化结构自身 的拓扑保护性, 使其 在信息处理、传输、 存储等方面具有重 要的应用价值。然 而,铁电材料中的极 化拓扑结构一般都 包含本体对称性不 允许的连续极化旋 转。如何突破铁电极 化与晶格应变的相 互制约, 实现极化反 转与晶格应变的有



Contents lists available at ScienceDirect

Acta Materialia

journal homepage: www.elsevier.com/locate/actamat



Overview article

Entangled polarizations in ferroelectrics: A focused review of polar topologies

Y.J. Wang^a, Y.L. Tang^a, Y.L. Zhu^{a,b}, X.L. Ma^{a,b,c,*}

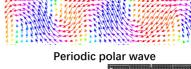
^a Shenyang National Laboratory for Materials Science, Institute of Metal Research, Chinese Academy of Sciences, Wenhua Road 72, 110016 Shenyang, China ^b Bay Area Center for Electron Microscopy, Songshan Lake Materials Laboratory, Dongguan 523808, Guangdong, China ^c Institute of Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

Flux-closure

Vortex

Polar Topologies in Ferroelectrics







Meron

Center domain

效调控,获得有望用于超高密度信息存储的结构 单元,是当今铁电材料领域面临的一个基础性科 学难题。

基于铁电极化的量子材料构筑及其亚埃尺度 的结构调控长期以来一直是大湾区电镜中心团队 的重要研究方向之一。自2010年在中科院修购专 项的支持下购置引进中国大陆最早一台300kV双 球差校正透射电子显微镜以来,研究团队相继在 铁电材料中发现通量全闭合畴结构 (Science 2015, ACS Nano 2018)、半子拓扑畴及半子晶格 (Nature Materials 2020)、周期性电偶极子波 (Science Advances 2021), 为探索基于铁电材料的高密度信 息存储和传输提供了新途径。

针对铁电拓扑结构目前的研究现状、未来发 展方向、科学研究的原动力、电子显微技术的作用、 物质结构的再认识、新材料的探索等诸多话题, 2021年5月,马秀良研究员和美国伯克利国家实验

室Ramesh院士同时接受了自然指数(Nature Index) 的视频专访。该访谈的简要内容于2021年7月1日 刊登在Nature上。

在Acta Materialia上发表长篇综述文章首先需 要经由该期刊至少一位编辑的邀请,编辑物色作 者的标准是在材料学领域某一个研究方向上持续 做出具有一定国际影响力的工作。作者在完成初 稿后再经由全体编辑集体审核,并做出是否同意 考虑在该研究方向发表综述性文章的提议。审核 通过且作者根据编辑给出的意见和建议完成修改 稿之后,方可进入同行评议阶段。这篇综述性文章 总结了近年来铁电拓扑结构方面的系列发现,包 括通量全闭合结构、涡旋畴、泡泡畴、斯格明子、 半子晶格、电偶极子波等。文中强调了具有亚埃尺 度分辨能力的像差校正电子显微镜及其在此基础 上的定量分析在探索新型铁电拓扑结构方面的重 要性,文章最后也对未来研究方向进行了展望。



通量全闭合的超高热稳定性研究取得重要进展

大湾区电镜中心耿皖荣博士等人利用原位透射电子显微技术揭示了铁电多层膜中通量全闭合畴的超高热稳定性。2022年11月4日,Nano Letters期刊以"Real-Time Transformation of Flux-Closure Domains with Superhigh Thermal Stability"为题在线发表了该项研究成果。

作为一种重要的拓扑缺陷,具有闭合极化分布的通量全闭合畴组态在高密度数据存储中应用前景广阔。利用通量全闭合畴结构来存储数据可以避免数据之间的串扰,有利于数据的寻址。

研究小组设计并利用脉冲激光沉积 技术制备了 PbTiO₃/SrTiO₃ 多层膜并在薄 膜中设计调控出周期性的 a/c 畴结构。结 合原位透射电镜的衍衬成像技术和相场 模拟方法研究了边界条件对不同 PbTiO₃ 层中 a/c 畴向通量全闭合畴转变过程的影 响。在此基础上,进一步揭示了通量全 闭合畴在原位加热过程中的超高热稳 定性。研究发现在原位加热—冷却过程 中,具有对称边界条件的 PbTiO3 层会 在 450°C 的冷却温度形成通量全闭合 畴结构(图1),相比于具有不对称边 界条件的 PbTiO3 层冷却稳定温度提高 了 200°C (图 2)。因此, PbTiO3层的 对称边界条件有利于在更高的温度稳 定通量全闭合畴。值得指出的是,对于 通量全闭合畴的原位加热--冷却研究

发现,在加热温度为 450° C 时,通量全闭合畴仍保持较完整的畴组态(图 3)。鉴于铁电 PbTiO₃的居里转变温度约为 492° C,由此判断通量全闭合畴

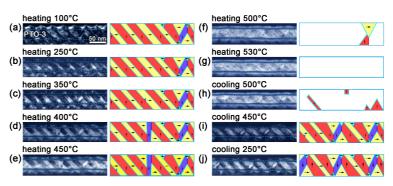


图 1: 具有对称边界条件的 PbTiO₃ 层在原位加热一冷却实验中 *a/c* 畴与通量全闭合畴的实时转变过程。

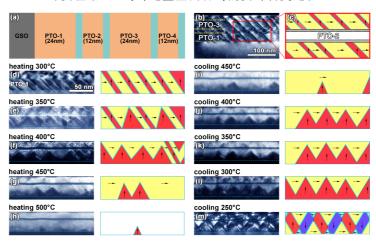


图 2: 具有不对称边界条件的 PbTiO₃ 层在原位加热一 冷却实验中 *a/c* 畴与通量全闭合畴的实时转变过程。

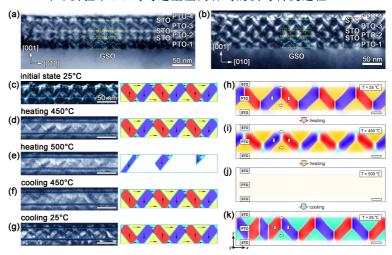


图 3: 原位加热一冷却实验中通量全闭合畴的实时转变过程。

结构具有极高的热稳定性。该项工作揭示了极性 拓扑畴在热场激励下的动力学行为,对设计高温 环境下的拓扑电子器件提供了重要的基础信息。



新型二维铁电材料中插层调控的铁电畴结构及铁电—反铁电相变

铁电材料因其具有稳定的自发极 化,并且极化方向可以在外电场作用下 发生翻转,因而在存储器、传感器、场 效应晶体管以及光学器件等方面具有 非常广阔的应用前景。近年来,以 CuInP₂S₆、In₂Se₃等为代表的一批二维本 征铁电材料的发现以及层间滑移铁电 性的报道,使得二维铁电材料成为该领 域的研究热点。相比于块体材料,二维 材料的层间作用力为范德华力,表面不 存在悬键,有效避免了表面缺陷及表面 重构等效应的产生,从而有可能实现薄

层甚至单层的铁电性,更有助于其在纳米器件方面的应用。然而,目前对二维材料铁电畴结构的调控及铁电—反铁电相变等方面仍缺乏系统性的研究。

近日, 电镜中心韩梦娇博士等人报道了一种

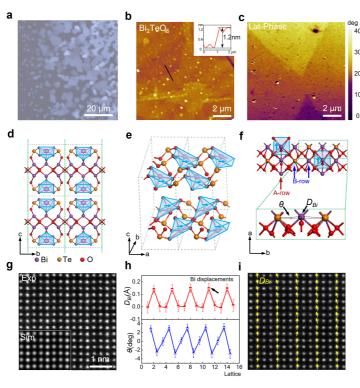


图 1: 二维层状铁电材料 Bi₂TeO₅ 的 CVD 生长及结构解析。

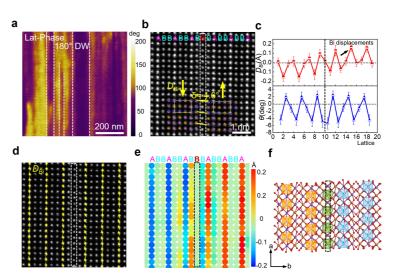


图 2: Bi/Te 插层诱导的 180° 铁电畴的形成。

具有室温本征面内铁电极化的新型二维材料Bi₂TeO₅,并发现了由插层铁电畴壁诱导的铁电畴大小、形状调控机制及由此产生的铁电相到反铁电相的转变。2022 年 10 月 6 日, Nature Communications 期刊以 "Continuously tunable ferroelectric domain width down to the single-atomic

limit in bismuth tellurite"为题在线发表了该项研究成果。

该项研究通过采用 CVD 方法成功合成出一种新型的室温二维铁电材料 Bi₂TeO₅,结合压电力显微测试(PFM)及像差校正电子显微成像证实其存在面内铁电极化及铁电畴结构(图 1)。其中 180°铁电畴壁处存在 Bi/Te 原子面插层,研究证实插层的存在能够有效降低铁电畴之间拼接的应变能,从而能够稳定 180°畴壁(图 2)。进一步研究表明,通过调控前驱体中 Bi₂O₃和 Te 的比例可以有效实现 180°铁电畴宽度的调控。而在极限条件下,当铁电畴的宽度降到半个单胞(约 1nm),相邻的 Bi³⁺的离子位移会表现出周期性的反平行排列特征,



此时样品由铁电相完全转变为反铁电相(图3)。

该研究工作发现了 Bi₂TeO₅ 室温面内铁电性,丰富了本征二维铁电材料体系,同时揭示了插层 缺陷作为新的调控单元对二维 Bi₂TeO₅ 薄膜铁电 畴大小及方向的调控,及由此产生的低维铁电— 反铁电相变,为二维铁电材料铁电畴结构及相结 构的调控提供了新思路,也为其在未来纳米器件 领域的应用提供了新方向。

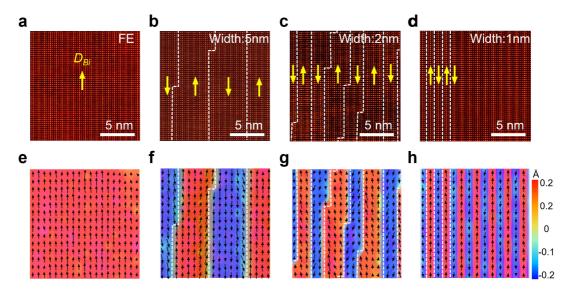


图 3: 插层对畴宽度的调控及铁电相到反铁电相的转变。

封面图片:

电镜中心徽标和"2023"的铁电畴图案: 该铁电畴图案采用 Asylum Cypher S 型原子力显微镜的 Litho-PFM 模式刻写于电镜中心团队博士生曹毅等人最近研发的单相多铁氧化物 Pb(Ti_{1-x},Fe_x)O₃ (x = 0.03) 薄膜表面。磁电多铁材料具有自发铁电极化,且极化方向能够随外电场发生翻转,翻转后的极化组态可以长时间保持而不失效。基于这一原理,探针在扫描薄膜表面过程中施加±15V 电压写入"2023" 图案,再在双频共振追踪模式下读取刻写的铁电畴组态并以极化相位的形式显示出来。在"2023"字体区域扫描时针尖电压为–15V,而在其周围区域扫描时针尖电压为+15V,扫描范围为 8μm×8μm。左侧电镜中心徽标的写入过程与"2023"相同。

多铁材料中不同序参量的共存与耦合将给磁、电相关物性的调控带来不同于传统半导体微电子器件的全新机遇,被认为是突破后摩尔时代信息技术瓶颈的重要抓手。其中磁序与铁电序不同的耦合机制有望在不同器件中发挥其重要的应用价值,如高灵敏度磁传感器、能量收集器、多铁射频/微波器件、多态存储器等。Pb(Ti_{1-x},Fe_x)O₃ 高温有序单相多铁薄膜因其优异的热稳定性和内禀的自旋—电荷—晶格—轨道关联作用,不仅从应用层面拓展了磁电耦合器件的服役温域,也为低维度电子关联体系中多自由度耦合机制的基础研究提供了良好的模型体系。

谨以新型单相多铁材料中的铁电畴图案喜迎 2023 元旦!

主 编: 马秀良

责任编辑: 耿皖荣 邹敏杰 冯燕朋