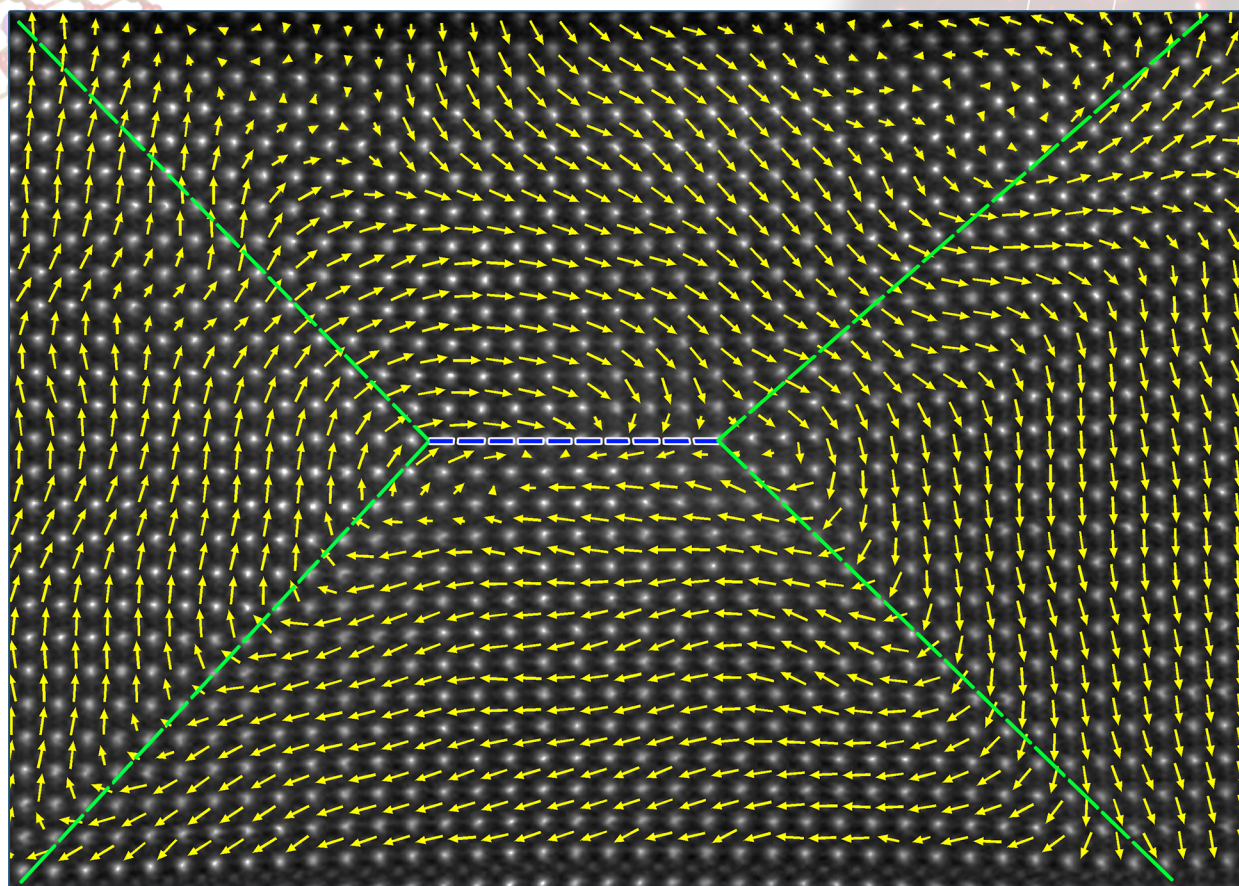
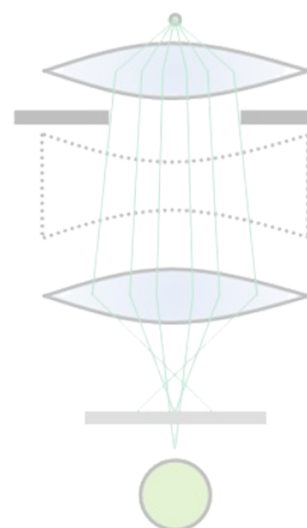
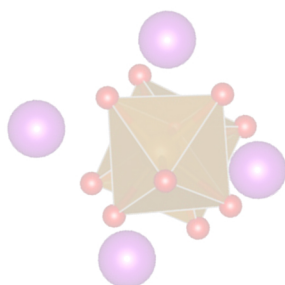


松山湖材料实验室  
广东省东莞市松山湖创新创业社区  
Email: bacem@sslabs.org.cn



铁电材料中极化通量全闭合畴的原子结构图谱



## 大湾区显微科学与技术研究中心项目启动

2020年11月13日，大湾区显微科学与技术研究中心（简称：大湾区电镜中心）项目启动会在松山湖材料实验室召开。会议由实验室副主任张广宇研究员主持。浙江大学张泽院士、中国科学院金属研究所成会明院士、南方科技大学俞大鹏院士等十多位专家出席了项目启动会。专家组在听取了电镜中心负责人马秀良研究员就大湾区电镜中心项目的建设背景、建设内容、建设目标、目前的筹备情况以及中心未来规划所做的详细汇报后一致认为，大湾区电镜中心的建立对发展和完善松山湖材料实验室的学科体系具有重要意义；对于实验室作为粤港澳交叉开放的新窗口具有重要战略意义；对支撑广东产业、服务经济发展具有基础性作用。同时，专家们也希望省、市及实验室对电镜中心予以长期稳定的发展支持。

大湾区电镜中心是松山湖材料实验室重大科学装置平台之一。该中心的组建旨在建设成为物质微结构研究南方基地以及超高空间分辨和超高能量分辨的材料成像中心。该中心紧密结合松山湖材料实验室总体布局以及粤港澳大湾区未来物质结构研究发展规划，以期逐步成为能够代表国家水平的物质微结构研究基地、显微技术人才培养及教育基地、未来国家物质结构研究的重要组成部分、粤港澳交叉开放的新窗口。

大湾区电镜中心旨在充分利用超高空间分辨和超高能量分辨像差校正电子显微镜为主的显微分析设备、离子束微纳加工设备以及原子级晶体生长设备，针对先进功能材料以及高性能金属结构材料中的基本科学问题，开展基础性、前瞻性研究。

### 松山湖材料实验室大湾区显微科学与技术研究中心项目启动会 2020.11.13



大湾区电镜中心的建设将分一期和二期两个阶段完成。一期即将安装运行的主要仪器设备有：

- 1、ThermoFisher Spectra 300 型像差校正透射电子显微镜（带单色器高亮度场发射电子源、束/像双像差校正器、SuperX EDS 系统、直接电子探测的 1069 GIF 系统、3D 成像等系统）；
- 2、JEOL JEM-ARM300F2 型像差校正透射电子显微镜（冷场发射枪、束校正器、高效率 EDS 系统、高分辨 GIF）；
- 3、JEOL JEM-F200 场发射透射电子显微镜；
- 4、ThermoFisher Talos F200X 型场发射透射电镜；
- 5、ThermoFisher Helios 5UX 型聚焦离子束系统；
- 6、ThermoFisher Verios 5UC 型场发射扫描电镜；
- 7、Malvern 公司 X'Pert3 MRD 型 X 射线衍射仪；
- 8、Oxford 公司 Cypher ES 型原子力显微镜；
- 9、AJA 公司 ATC 2200 型超高真空磁控溅射镀膜系统；
- 10、Neocera 公司 Pioneer 180 型高背底真空挥发性材料脉冲激光沉积系统和 Pioneer 180 型超高真空脉冲激光沉积系统；
- 11、Gatan PIPs 695 等系列精密制样设备。



中心着眼于成为物质微结构研究南方基地，以及超高空间分辨和超高能量分辨的材料成像中心，目前已开展的研究方向主要有：

- 1、基于铁电极化的量子材料构筑及其原子尺度结构调控；
- 2、新型铁电拓扑结构的实验和理论探索；
- 3、扫描/探针微纳分析和加工、多尺度结构与新功能效应关系；

4、海洋/深海/微生物腐蚀等材料基础科学问题的再认识与新理解；

5、亚埃尺度全元素成像以及定量电子显微学新方法；

6、晶体材料结构与缺陷的倒易空间解析及实空间的原子结构图谱；

7、材料结构与缺陷的理论解析。

## 国际知名学者祝贺大湾区电镜中心成立

获悉大湾区电镜中心成立，电子显微学领域一些国际知名学者相继以多种方式表示祝贺。

日本显微学会会长、东京大学纳米中心主任 Yuichi Ikuhara 教授向电镜中心发来贺信，并表示相信大湾区电镜中心一定能够发展成为具有重要国际影响力的研究中心之一，同时也期待未来中日两国在显微学领域有更多的交流与合作。

德国 Ruska 电镜中心主任、Jülich 研究中心物质微结构研究所所长 Rafal E. Dunin-Borkowski 博士携实验室全体成员以视频和图像形式对大湾区电镜中心的成立表示祝贺并对中心未来发展致以良好祝愿。

通过电子邮件对电镜中心表示祝贺的还有：球差校正器的主要发明人、德国科学家 Harald H. Rose；球差电镜的主要研发者之一、德国科学家 Knut Urban；高分辨率 Z 衬度成像技术的开拓者、英国科学家 Stephen J. Pennycook；美国工程院院士、伯克利国家实验室副主任 Ramamoorthy Ramesh 教授；美国加州大学尔湾分校尔湾材料研究所所长 Xiaoqing Pan 教授；美国西北大学原子及纳米尺度结构分析中

心主任 Vinayak P. Dravid 教授等。



The University of Tokyo

Crystal Interface Laboratory / Institute of Engineering Innovation / The University of Tokyo

August 5th, 2021

Dear Professor Xiuliang Ma,

Congratulations on the opening of the Bay Area Center for Electron Microscopy that you set up in Songshan Lake Materials Laboratory.

I believe the BACEM will be as successful as that you have been working for in Shenyang. I am also sure that BACEM will be one of the high-impact centers in the field of electron microscopy in the world.

The opening of the center will provide new opportunity to expand the academic exchanges between your group and our research team, and will further strengthen the links between Chinese and Japanese societies for electron microscopy.

I wish all the best to you and the center.

Sincerely yours,

Yuichi Ikuhara, Dr. Eng.

President, The Japanese Society of Microscopy

Professor, Institute of Engineering Innovation

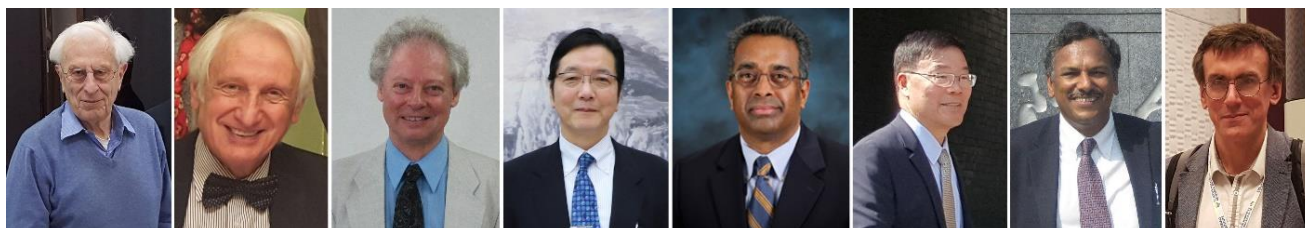
Director, Nanotechnology Center

The University of Tokyo

Tel: (+81)-3-5841-7688

Email: [ikuhara@sigma.tu-tokyo.ac.jp](mailto:ikuhara@sigma.tu-tokyo.ac.jp)

Yuichi IKUHARA (Professor, Dr. Eng.)  
Institute of Engineering Innovation, The University of Tokyo  
2-11-16 Yayoi Bunkyo-ku, Tokyo 113-8656, Japan  
TEL +81-3-5841-7688 FAX +81-3-5841-7694 E-mail: [ikuhara@sigma.tu-tokyo.ac.jp](mailto:ikuhara@sigma.tu-tokyo.ac.jp)



左起：Harald H. Rose, Knut Urban, Stephen J. Pennycook, Yuichi Ikuhara, Ramamoorthy Ramesh, Xiaoqing Pan, Vinayak P. Dravid, Rafal E. Dunin-Borkowski



**Many congratulations to Professor Xiuliang Ma and his colleagues on the opening of the Bay Area Center for Electron Microscopy, Songshan Lake Materials Laboratory, Guangdong, China.**

**Kind regards from everyone in the Ernst-Ruska Centre for Microscopy and Spectroscopy with Electrons in Forschungszentrum Jülich. We wish you all the very best and hope for strong scientific links between China and Germany in the future.**

← Urban, Knut ☆

Dear Professor Ma,

This is extraordinary news. I am very happy to hear your news about the establishment of the new center. My roots in electron microscopy go back to HongKong. In 1969, Professor K.P. Chick, who was a colleague of Prof. Alfred Seeger, my teacher during Ph.D., was a professor at HongKong University. His field of work was atomic defects in semiconductors. I learned electron microscopy from him, who also spent much of the year in Stuttgart. I later visited him a few times in HongKong. However, I have not been to HongKong for a long time, perhaps for the last time in the late seventies.

I sincerely hope that we can travel again next year. Then I will be happy to come to HongKong. Where is the Centrum located?

I really hope you are doing well. My wife and I are doing well here. We are vaccinated, which gives us back some freedom. But we are worried that the vaccination campaign has stopped in many places. In Germany, about 55% of the people are vaccinated. That is still far too few. And there are always new outbreaks in Europe.

Congratulations and continued success and all the best to you.

Best regards,  
Knut Urban

← harald.rose@uni-ulm.de ☆

Dear Xiuliang,

my sincere congratulations for your new center for Electron Microscopy. Your new equipment is really outstanding. I really would enjoy visiting the "Bay Area Center of Electron Microscopy. Hopefully traveling to china will be possible again in the near future at least for those who have been vaccinated.

I am doing fine and looking forward to the reopening of the university for the students attending lectures.

Best wishes

Harald

← Vinayak P Dravid ☆

RE: New center in the Bay area of China

昨天23:20

What a pleasant surprise, Professor Ma! Hearty congratulations on remarkable developments and your leadership in pulling this project! I am sure BACEM will continue to grow and prosper, esp after pandemic subsides little bit. I am looking forward to connecting back to friends and colleagues in PRC later this year or next.

Please accept my hearty compliments and it will be a delight to be part of your kick-off, in due course.

Warm regards,  
--Vinayak Dravid

← Ramamoorthy Ramesh ☆

Re: New Center in the Greater Bay Area of China

2021年8月3日周二 22:14

Hi Xiuliang: this is great news.. congratulations on the leadership of this new center. I have been reading all the wonderful papers from your group..

ref the Lee lecture: yes, as soon as travel is permitted we should do this. Would it make sense to do this thru video ?

best wishes  
Ramesh

← Xiaoqing Pan ☆

Hi Xiuliang,

Congratulations! This sounds great!

I have not traveled since 2020.

But, I am looking forward to seeing you in near future.

Xiaoqing

← Steve Pennycook ☆

Dear Xiuliang,

Yes this email I will keep for academic contact.

And congratulations on the new centre! I look forward to visiting some time!!

That's very exciting news. Congratulations!! It sounds outstanding. And yes hopefully traveling will become better soon.

Cheers,  
Steve



## 马秀良研究员就铁电拓扑结构研究接受 Nature Index 专访

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。

2015 年，马秀良研究团队利用具有亚埃尺度分辨能力的像差校正电子显微术，在超薄  $\text{PbTiO}_3$  铁电薄膜中不仅发现通量全闭合畴结构及其新奇的原子构型图谱，而且观察到由顺时针和逆时针闭合结构交替排列所构成的大尺度周期性阵列(Science, 2015)。在此基础上，美国伯克利国家实验室 Ramesh 院士领导的课题组发现了具有涡旋特征的通量全闭合结构(Nature, 2016)以及与唐云龙博士合作发现了斯格明

子晶格(Nature, 2019)。最近，马秀良研究团队又相继在铁电材料中发现半子及半子晶格(Nature Materials, 2020)以及周期性电极化波(Science Advances, 2021)。

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 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。

2014 年 11 月开始发布的自然指数(Nature Index)是依托于具有重要影响力的国际学术期刊，统计各高校、科研院所(国家)在国际上最具影响力的研究型学术期刊上发表论文信息的数据库。自然指数现已发展成为国际公认的、能够衡量机构、国家和地区在科学领域的高质量研究产出与合作情况的重要指标，在全球范围内具有一定的影响力。

## 冯燕朋博士获 2021 年度“博新计划”支持

“博新计划”是人力资源和社会保障部、全国博士后管委会新设立的一项青年拔尖人才支持计划，旨在加速培养造就一批进入世界科技前沿的优秀青年科技创新人才，是我国培养高层次创新型青年拔尖人才的又一重要举措。据悉，2021 年“博新计划”共有 3000 多名拟进站或新近进站的博士后参与申请，最终 400 人通过专家评审获得资助。

2021 年 5 月 18 日，全国博士后管委会办公室和中国博士后科学基金会公布了 2021 年度博士后创新人才支持计划(以下简称“博新计划”)公示名

单，松山湖材料实验室大湾区显微科学与技术研究中心博士后冯燕朋名列其中。



**朱银莲**，女，研究员，1968年12月出生于甘肃省白银市。

1991年毕业于大连理工大学材料工程系，相继获大连理工大学硕士学位（1994）及中国科学院研究生院材料物理与化学专业博士学位（2005）。先后任中国科学院金属研究所助理研究员、副研究员、研究员（四级、三级、二级）、沈阳材料科学国家研究中心 PI，中国科学技术大学博士生导师。2006-2007年德国马普学会微结构物理研究所访问学者。2021年3月起任职于松山湖材料实验室。朱银莲研究员长期致力于面向信息科技的新型量子材料的构筑及其亚埃尺度的结构调控，在构筑新结构、发现新现象、诱导新性能等方面取得了具有重要国际影响力的原创性研究成果。现已在 *Science*、*Nature Materials* 等具有重要影响力的国际学术刊物发表论文 160 余篇，相关研究成果获 2020 年度辽宁省自然科学一等奖。主持完成国家自然科学基金面上项目 4 项，作为核心成员参与完成国家自然科学基金重点项目、中科院前沿局重点项目、科技部 973 课题等科研项目 10 余项。已培养和正在培养博士、硕士研究生近 40 人，5 人获得国家奖学金，团队中 2 人获国家自然科学基金委优秀青年基金资助。入选沈阳市杰出人才。是 *Nature Communications*、*Advanced Materials*、*Advanced Functional Materials* 以及 *Acta Materialia* 等多种期刊的特邀审稿人。承担国家自然科学基金委及科技部相关项目评审工作。



**吴波**，男，研究员级高级工程师，1975年7月出生于宁夏回族自治区平罗县。中国电子显微学会理事，中国电子显微镜学会电子光学与仪器专业委员会副主任，辽宁省电镜学会常务理事，副秘书长。2020年8月起任职于松山湖材料实验室。吴波高级工程师长期从事透射电子显微镜的



运行维护、技术开发、应用培训、功能升级与改造等工作。曾多次赴荷兰、加拿大、法国等地参加透射电镜高端技术培训和学术交流。在电子光学、电子显微学理论方面有深厚的积累，并熟练掌握透射电镜各种成像、衍射、谱学等实验技术和分析方法。在国内率先实现了多种电镜技术的开发及拓展应用，如 HRSTEM、FEM、PED 等。在设备维护方面，连续十余年所负责设备单台年有效服务机时 4500 小时以上，是科技部要求的大型仪器标准机时的 2 倍以上。编纂了多个电镜实验技术讲义，培训电镜学员 300 多人。多年来负责包括国内首台双球差校正电镜在内的十余台透射电镜的安装、调试、验收工作，并参与多个电镜技术支撑平台建设。主持并参与了多项有关科研仪器设备功能升级及技术改造项目，参与多项国家自然科学基金委、科学院科研项目申请和研究等科研辅助工作。作为国家四部委国重仪器采购申请评议专家和广东省科技厅、东莞科技局等科技咨询专家库成员，多次被邀请参加设备和技术评议工作。

**韩梦娇**，女，副研究员，1990

年 9 月出生于河北省石家庄市。2013 年毕业于重庆大学材料科学与工程学院，获学士学位。同年，考入中国科学院金属研究所，并于 2019 年获得工学博士学位。博士期间主要从事钙钛矿铁电薄膜的界面、缺陷等微观结构及其相关物理特性的电子显微学研究。2019-2021 年在南方科技大学物理系做博士后研究，期间主要从事二维铁电、铁磁及水氧敏感材料的低电压像差校正透射电子显微学研究。2021 年 9 月加入松山湖材料实验室，主要开展低维铁电、铁磁材料的结构及性能研究。韩梦娇博士现已在 *ACS Nano*、*Acta Materialia*、*Physical Review B* 等具有重要影响力的国际学术刊物发表论文 26 篇，曾获金属研究所师昌绪奖学金，中国科学院大学生奖学金，中国科学院大学及北京市“优秀毕业生”称号等。





**冯燕朋**，男，博士后，1991年5月出生于山东省菏泽市。第6批博士后创新人才支持计划入选者。2014年毕业于重庆大学材料科学与工程学院，获学士学位；2014-2020年就读于中国科学院金属研究所，获工学博士学位。2020年9月起，任职于松山湖材料实验室大湾区电镜中心，从事博士后研究。冯燕朋博士主要从事钙钛矿氧化物铁电薄膜的微观结构与宏观性能之间的关系研究，现已发表论文20余篇，其中以第一或共同第一作者在 *Nature Materials*、*ACS Applied Materials & Interfaces* 等杂志上发表论文7篇，曾获研究生国家奖学金、金属研究所师昌绪奖学金、宝钢优秀学生奖学金、北京市“优秀毕业生”称号、全国电子显微学学术年会“优秀报告奖”和“优秀 Poster 奖”等。



院，获工学博士学位。2021年4月起，任职于松山湖材料实验室大湾区电镜中心，从事博士后研究。耿皖荣博士的主要研究方向为低维铁电、多铁、光电薄膜的基础研究与应用研发，涉及到脉冲激光沉积技术的高精密生长、压电力显微镜及透射电子显微镜的多尺度表征分析及应用相关性能的设计调控。现已在 *ACS Nano*, *Acta Materialia*, *Journal of Applied Physics* 等刊物上以第一作者身份发表 SCI 论文4篇，曾获研究生获国家奖学金(2次)，金属研究所师昌绪奖学金、牛津仪器明日之星奖学金、“优秀共产党员”、安徽省及中国科学技术大学“优秀毕业生”，全国电子显微学学术年会“优秀会议论文奖”(2018年)、“优秀 Poster 奖”(2019年)和“优秀报告奖”(2020年)。

**邹敏杰**，男，博士后，1991年5月出生于安徽省庐江县。2014年6月于合肥工业大学材料成型及控制工程专业获学士学位。同年9月考入中国科学院金属研究所进行硕博连读，2020年6月获博士学位。2020年9月起，任职于松山湖材料实验室大湾区电镜中心，从事博士后研究。邹敏杰博士主要从事钙钛矿铁电薄膜多尺度结构与性能的关系研究，目前以第一作者身份在 *Acta Materialia*, *Journal of Applied Physics* 上发表 SCI 论文4篇，以合作者身份在 *Nature Materials*, *Nano Letters*, *ACS Nano* 等杂志上共发表论文17篇。在学期间曾荣获金属研究所师昌绪奖学金、中国科学技术大学“优秀毕业生”、全国电子显微学学术年会“优秀报告奖”和“优秀 Poster 奖”等荣誉。



**范晓坤**，男，工程师，1990年2月出生于山东省泰安市。2012年毕业于山东科技大学无机非金属材料工程专业，获学士学位。2015年毕业于中国矿业大学(北京)材料学专业，获硕士学位。2021年获北京大学博士学位。2021年8月入职松山湖材料实验室大湾区电镜中心。范晓坤博士主要从事燃料电池新型低维度 Pt 基催化剂的制备及性能研究，目前已发表论文18篇，其中以第一或者共同第一作者在 *Journal of Materials Chemistry A*、*Nano Research* 等期刊发表论文4篇。曾获山东科技大学“三好学生”、“优秀毕业生”及“院士奖学金”，中国矿业大学(北京)“优秀研究生”，北京大学“三好学生”及“铁汉奖学金”等。



**耿皖荣**，女，博士后，1992年5月出生于安徽省宿州市。2015年毕业于山东科技大学材料科学与工程学院，获学士学位。2015-2021就读于中国科学技术大学材料学



**余璇**，女，行政助理，1993年12月出生于江西省抚州市。2013年毕业于北京师范大学珠海分校，获管理学学士学位。获得美国注册管理会计师(CMA)、基金从业资格、秘书资格等证书，曾多次参与组织大型交流会、学术会议，并在行政管理领域拥有丰富的丰富的工作经验。





## 铁电超晶格中发现周期性电偶极子波

拓扑极化结构自身具有拓扑保护性，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。

近日，马秀良、朱银莲、唐云龙以及博士生宫风辉同学等人在铁电超晶格中发现电偶极子波(electric dipole wave, 或称极化波)。2021年7月9日, Science Advances 以“Atomic mapping of periodic dipole waves in ferroelectric oxide”为题在线发表了该项研究成果。这一结果是继通量全闭合畴结构 (Science, 2015) 和

半子晶格 (Nature Materials, 2020) 的发现之后, 该团队在有关铁电材料拓扑畴组态方面的又一项重要研究进展, 为与铁磁材料类比的结构性特性又增添了新的实质性内容, 也为探索基于铁电极化的量子材料及器件的构筑提供了新的参考和借鉴。

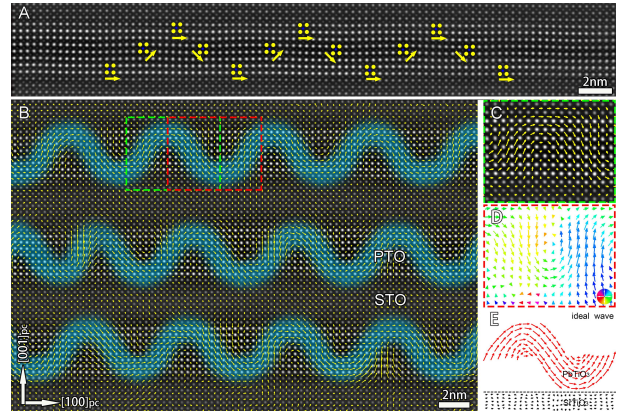


图 2: (A) 一个  $\text{PbTiO}_3/\text{SrTiO}_3$  周期的 HAADF-STEM 图像; (B, C, D) 电偶极子波的极化分布图与细节图; (E) 一个电偶极子波的示意图。

该团队在实现原子层级  $\text{PbTiO}_3/\text{SrTiO}_3$  超晶格精密沉积的基础上, 利用急冷处理, 在  $\text{PbTiO}_3$  铁电层中发现稳定存在的周期性电偶极子波; 利用以像差校正电子显微镜为主的多尺度研究手段, 揭示了电偶极子波的极化和应变等物理特性。新发现的电偶极子波是由头尾相连的电偶极子以类似正弦曲线的形式排布而成, 其极化分布特征符合方程  $y = A \sin(2\pi x/L) + y_0$ 。同时, 他们利用相场模拟理论方法构建了超晶格体系的应变与厚度关系相图, 确定了电偶极子波存在的相区, 填补了铁电超晶格体系中应变-厚度相图中关于电偶极子波这一空白。

该项工作进一步完善了铁电材料中极化拓扑结构的组态, 对设计和研发基于铁电材料的信息传输、处理、存储等功能的电子器件具有重要的意义。同时, 新型极化拓扑结构在实空间的直接展现, 再次表明具有亚埃尺度分辨能力的像差校正透射电子显微术是科学家认识物质结构和自然规律的有力工具。

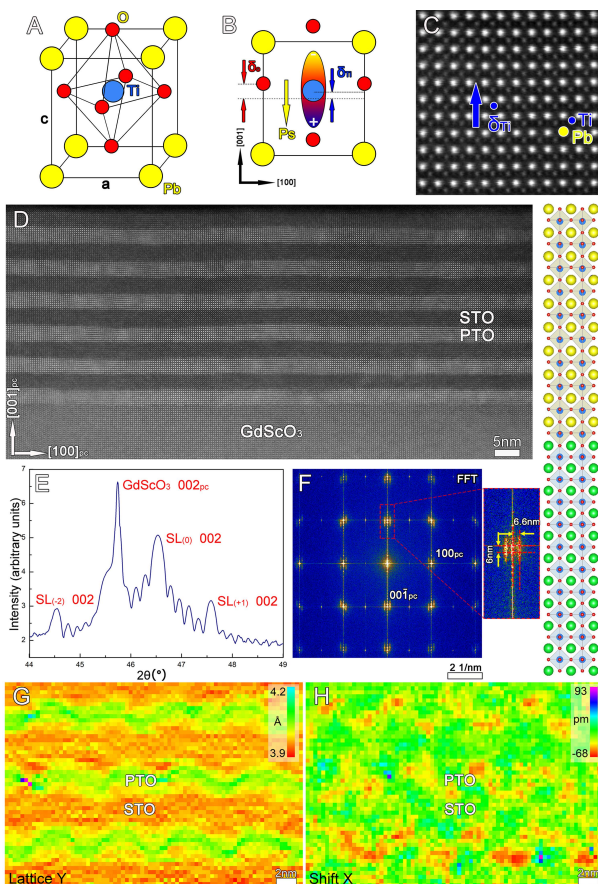


图 1: (A, B, C)  $\text{PbTiO}_3$  单胞示意图与极化方向的判定; (D, E) HAADF-STEM 图像和  $\theta$ - $2\theta$  XRD 结构和生长质量表征; (F) 傅里叶变换; (G, H) 晶格常数与离子位移信息。



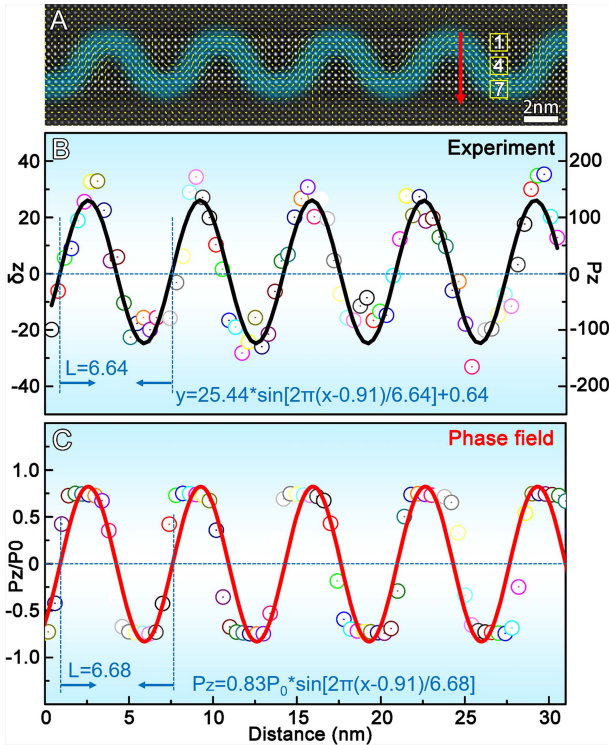


图 3:(A) 一个  $\text{PbTiO}_3/\text{SrTiO}_3$  周期的极化分布图像;  
(B, C) 电偶极子波的正弦函数关系曲线拟合。

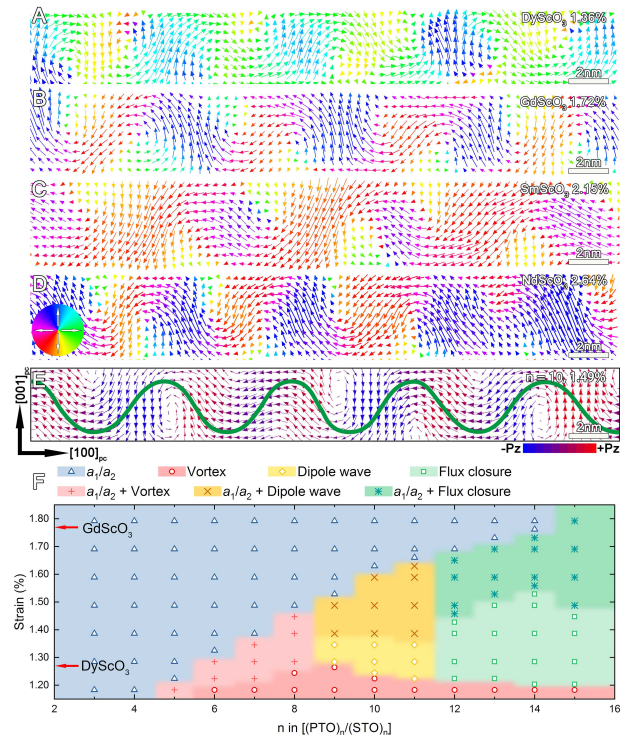


图 4: (A, B, C, D) 不同应变条件下一个  $\text{PbTiO}_3/\text{SrTiO}_3$  周期的极化波极化分布图; (E) 极化波的相场模拟图; (F)  $\text{PbTiO}_3/\text{SrTiO}_3$  超晶格的应变-厚度相图。

## 超薄 $\text{SrTiO}_3$ 中应变诱导出周期性极化波

在无外加扰动条件下, 钛酸锶( $\text{SrTiO}_3$ )从室温一直降温至接近 0K 都是表现出具有中心对称结构的顺电相。然而, 在降温过程中,  $\text{SrTiO}_3$  的某些物理参量(如介电常数等)会表现出类似顺电-铁电相变的特征, 如在特定转变温度观测到介电反常等现象, 表明  $\text{SrTiO}_3$  是潜在的铁电材料。但是, 其有序极化的铁电相被离子位置的量子涨落抑制, 导致实验上很难诱导和稳定  $\text{SrTiO}_3$  的铁电性, 故  $\text{SrTiO}_3$  也被称作量子顺电体。如何利用适当的调控因子抑制其离子的量子涨落, 诱导“隐藏”的铁电  $\text{SrTiO}_3$  相一直是凝聚态物理领域的研究热点, 对研究和理解物质的亚稳集体行为并进一步诱导相关的新性能具有重要指导作用。实验上可以通过衬底施加均匀应变和纳米极化区缺陷等手段稳

定  $\text{SrTiO}_3$  的铁电性; 特别是近来, 人们发现利用太赫兹高频电场或飞秒中红外激光激发, 可以实现

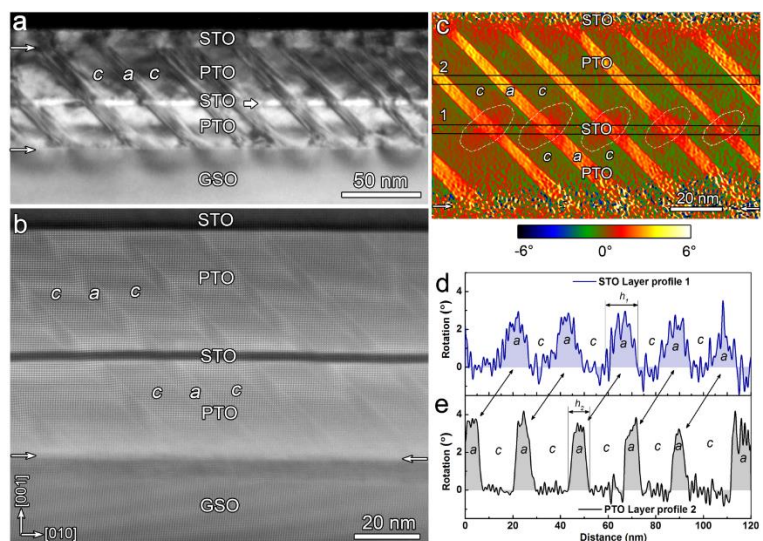


图 1:  $\text{PbTiO}_3/\text{SrTiO}_3/\text{PbTiO}_3$  三层结构传递  $\text{GdScO}_3$  衬底应变对多层结构实施周期性应变调控。

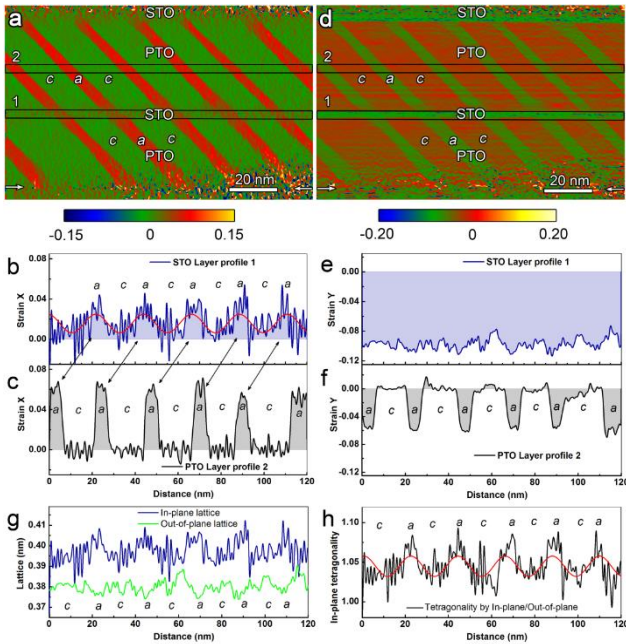


图 2: PbTiO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub>/PbTiO<sub>3</sub> 三层结构传递 GdScO<sub>3</sub> 衬底应变对多层结构实施周期性应变调控。

SrTiO<sub>3</sub> 铁电相的稳定甚至室温长时间稳定, 引起了人们对物质亚稳态及其诱导新性能研究的强烈兴趣。

然而, 对 SrTiO<sub>3</sub> 而言, 上述方法诱导稳定的铁电相一般极化较弱, 或稳定时间较短。

近日, 马秀良、朱银莲、唐云龙等人在 Nano Letters 上发表了关于超薄 SrTiO<sub>3</sub> 层中利用应变调控诱导具有强极化属性的周期性极化波的研究论文。他们通过 PbTiO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub>/PbTiO<sub>3</sub> 三层结构传递 GdScO<sub>3</sub> 衬底对 PbTiO<sub>3</sub> 层畴结构的应变调控, 成功利用 PbTiO<sub>3</sub> 层的周期性 a/c 畴结构在中间超薄 SrTiO<sub>3</sub> 层中诱导巨大的周期性非均匀应变分布(图 1, 图 2); 该特殊周期性应变分布不仅在超薄

SrTiO<sub>3</sub> 层中诱导出巨大极化离子位移, 更进一步诱导了特殊的周期性极化波极化形式(图 3)。其中超薄 SrTiO<sub>3</sub> 层中的峰值 c/a 比可达 1.07, 峰值 Ti 离子极化位移接近 0.01nm, 其极化畸变和离子位移峰值甚至可匹敌强极化铁电体 PbTiO<sub>3</sub>。

文中指出, 虽然近年来应变工程调控在钙钛矿功能氧化物结构性能关系研究中取得了长足的发展和巨大的成就, 但如何进一步集成周期性非均匀应变仍然非常具有挑战性。该论文则提供了一条在超薄氧化物异质结中集成巨大周期性弹性应变的策略, 也显示出周期性应变调控对诱导新结构和潜在新性能的潜力: 此处他们不仅成功在量子顺电 SrTiO<sub>3</sub> 中诱导出强极化相, 更进一步在该超薄 SrTiO<sub>3</sub> 层中诱导出特殊的周期性极化波结构。该应变调控策略有望激发更多关于功能氧化物潜在非平衡“隐藏”相及其伴随新结构性能关系的研究。

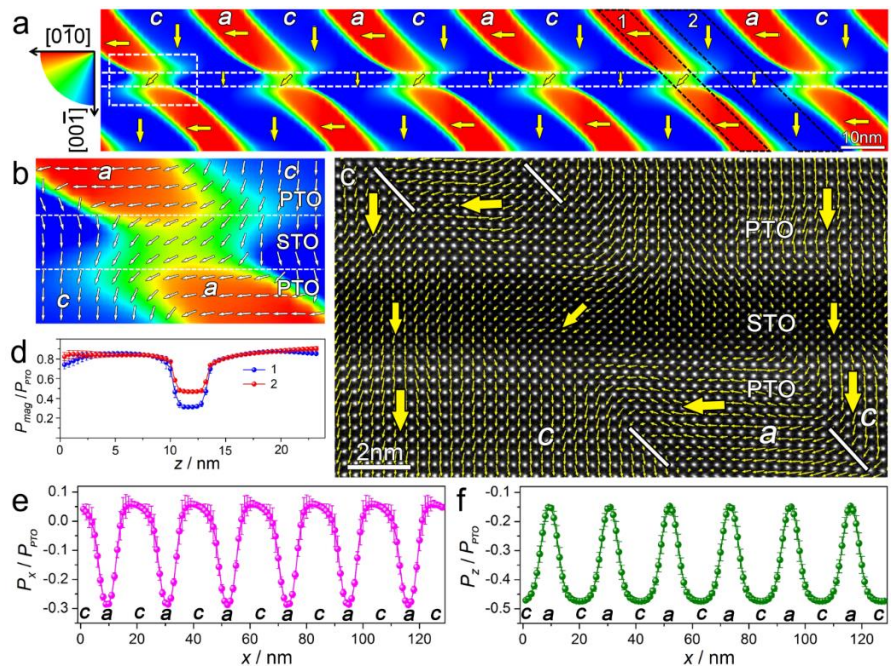


图 3: PbTiO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub>/PbTiO<sub>3</sub> 三层结构中 SrTiO<sub>3</sub> 层的周期性极化波特性。



## 大湾区电镜中心人员需求信息

大湾区电镜中心是松山湖材料实验室重大科学装置平台之一，着眼于逐渐发展成为“科学研究中心”、“技术研发中心”、“职业教育中心”、“对外服务中心”和“国际交流中心”。中心现面向海内外公开招聘科研与技术岗位人员若干名。

### 一、技术岗位（3-4人）

#### 岗位职责：

1、透射电子显微镜（含像差校正电子显微镜）的日常使用管理、运行维护、技术开发、技术培训及测试服务；

2、扫描电子显微镜、聚焦离子束(FIB)系统、X射线衍射仪等精密设备的日常使用管理、运行维护、技术开发、技术培训及测试服务；

3、脉冲激光沉积系统等样品制备设备以及原子力显微镜等的日常使用管理、运行维护、技术开发；

4、准确收集用户需求信息，与团队成员协同解决研究方案，完成并提供准确数据信息；

5、能够完成实验室信息化、智能化管理所需数据的采集、整理和报送。

#### 应聘条件：

1、35周岁以下，全日制硕士及以上学历，具有材料学、电子光学、应用物理等相关专业背景；

2、具有透射电子显微镜、扫描电子显微镜、聚焦离子束、XRD等设备及相关技术方面的工作基础（视能力和学历，年龄可适当放宽）；

3、具有较强的文字表达能力，具有较熟练的英文读说写能力；

4、积极乐观、责任心强、善于协作，有较强的执行力和独立工作能力。

### 二、优秀青年学者和博士后等科研岗位（4-5人）

#### 研究方向：

#### 1、4D-STEM技术与应用

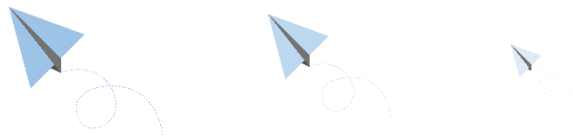
探索构建基于先进高速直接电子探测器和/或大动态范围电子探测器的4D-STEM硬件软件实验平台；研究4D-STEM实验的数据采集、存储、传输和后续大数据处理新方法；基于STEM的多束全息成像及其在材料科学中的应用；基于STEM的材料结构与功能特性虚拟暗场成像方法探索及其在材料科学中的应用；4D-STEM技术在材料极性分布特性与三维极性分布特性、新型极化拓扑结构以及新型能源材料等材料理化特性的高空间分辨率成像应用研究；4D-STEM技术在材料腐蚀和微生物腐蚀机理的界面理化特性应用研究。

#### 2、基于STEM的定量相衬分析应用研究

探索构建基于先进高速直接电子探测器和/或大动态范围电子探测器的STEM硬件软件实验平台；差分相位(DPC)成像实验技术与算法及其在提取材料理化特性中的应用研究；基于DPC成像方法的高空间分辨率、高质量轻重原子成像与相关定量研究；STEM层叠衍射重构成像的实验技术与算法研究(ptychography)；层叠衍射重构的低电子束剂量、高空间分辨率成像与算法研究；基于层叠衍射重构的电子束轨道角动量(OAM)与新型极化拓扑结构等材料理化特性的交互作用研究及其在材料电荷与电场分布特性研究中的应用；层叠衍射重构技术在材料腐蚀和微生物腐蚀机理的界面理化特性应用研究；差分相位和层叠衍射重构在新型能源材料等材料理化特性提取方面的应用研究。

#### 3、基于高能分辨EELS的局域电子结构解析

探索构建基于像差校正透射电镜平台的超高能量分辨率EELS硬件软件实验平台；超高能量分辨率



EELS 实验技术在纳米尺度材料中声子振动特性分布实验方法与应用研究；高能量分辨率 EELS 实验技术在腐蚀科学、新型能源材料及新型功能材料理化特性等领域的应用研究。

#### 4、涡旋电子束下的动态响应

发展涡旋电子束技术及其纳米操控实验方法。

#### 5、低温及冷冻透射电镜技术在材料科学中的应用

探索构建低温及/或冷冻透射电镜实验平台；矿物与新型能源材料、新型功能材料等的低温和冷冻透射电镜实验方法与应用研究；新型磁电材料及极化拓扑结构的洛伦兹透射电镜成像研究。

#### 应聘条件：

1、35 周岁以下，具有材料学、材料物理与化学、电子光学或应用物理等相关专业的博士学位；特别优秀者年龄可适当放宽。

2、在材料电子显微学领域具有一定的学术造诣，在国际学术刊物上发表过具有重要影响力的学术论文。其中，申请博士后岗位应博士毕业不超过两年；

3、乐观向上、责任心强、具有团队合作意识；  
4、具有较强的独立工作能力以及英语读说写能力

#### 三、评审过程及相关待遇

申请人根据自身的条件和意愿，提出拟申请职位的具体类别。大湾区电镜中心将组织专家对申请材料进行初评，重点考察申请人已取得的业绩以及与电镜中心未来发展的契合度。通过初评者将进入面试环节。松山湖材料实验室评聘工作小组将根据通过面试申请人的履历以及答辩情况，决定是否录用以及录用后的专业技术职称。根据录用职位，按照实验室人事部相关政策落实待遇，实行合同制管理，合同期限一般为 2-5 年。符合要求的应聘人员可享受广东省、东莞市各类人才政策。

#### 四、应聘材料提交

技术岗位和科研岗位申请人需提供详细的个人简历，包括受教育经历和工作经历、发表论文/专利/获奖目录等。申请人将个人简历通过电子邮件发送给联系人。初审通过者，将在提交申请后一个月左右接到面试通知或被要求提供其他补充材料。

#### 封面图片：

铁电材料中极化通量全闭合畴的原子结构图谱。自 1986 年起，物理学家就相继预测在铁电材料中可能出现通量全闭合结构，且理论上该结构可带来超高密度的信息存储功能。但经过几十年的探索，铁电极化全闭合结构却一直没有得到实验证实，其主要困难在于铁电材料中的拓扑畴一般都包含本体对称性所不允许的连续极化旋转。2015 年，马秀良、朱银莲、唐云龙等人通过应变调控，突破了铁电极化与晶格应变的相互制约，实现了极化反转与晶格应变的有效耦合，他们在生长在拉应变衬底上的  $\text{PbTiO}_3$  铁电纳米薄膜中不仅发现通量全闭合畴结构及其新奇的原子构型图谱，而且构筑出由顺时针和逆时针闭合结构交替排列构成的周期性阵列 (Science, 2015)。拓扑畴结构具有拓扑保护性，而且尺寸小，可使数据得以长时间保存，对探索基于铁电材料的高密度非易失性信息存储器件具有重要意义。