



大湾区显微科学与技术研究中心

Bay Area Center for Electron Microscopy

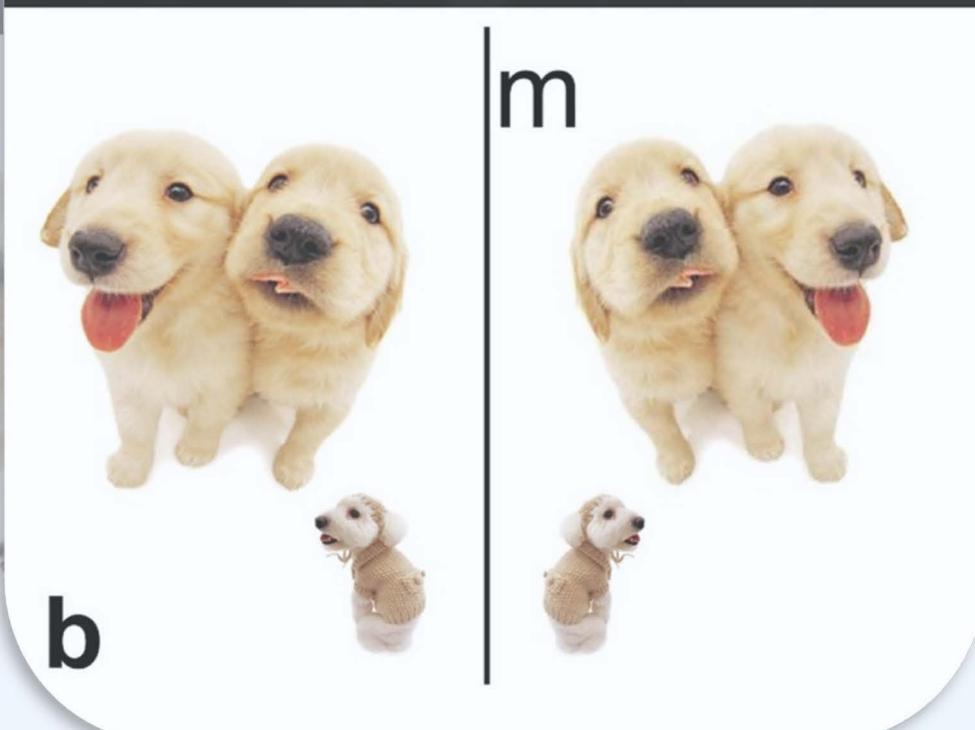
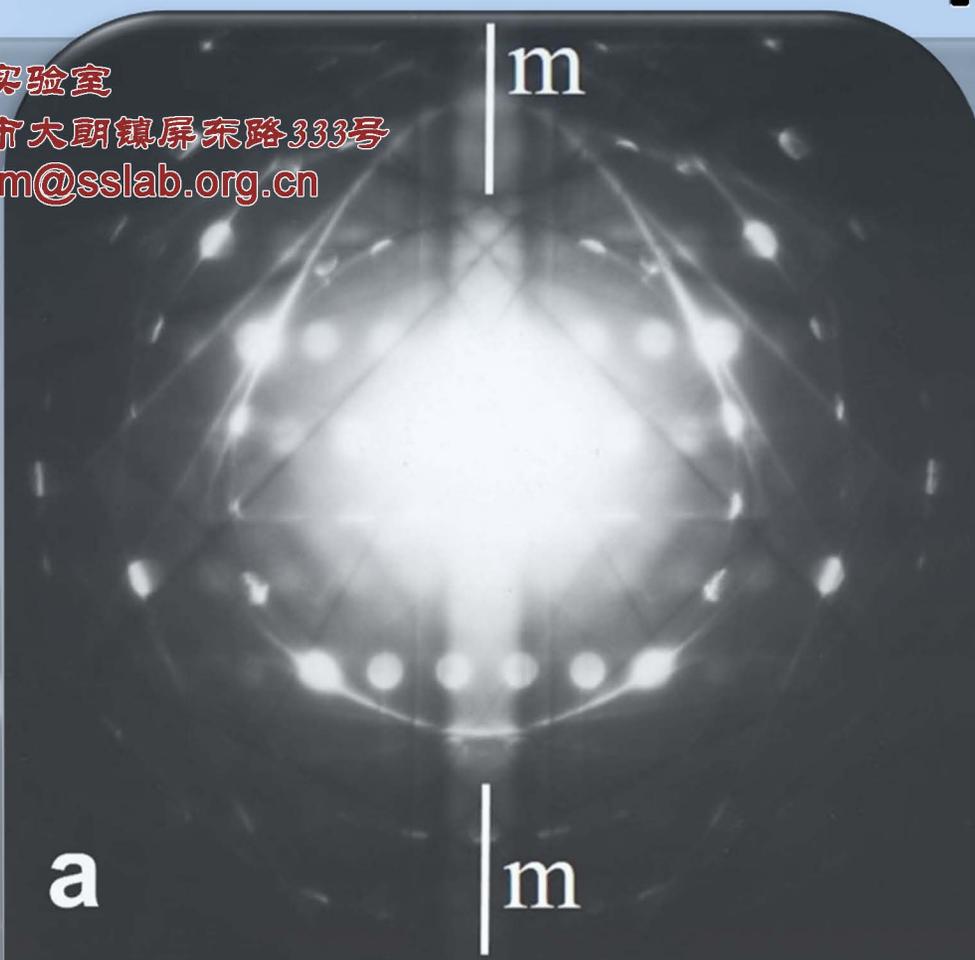
简讯

第11期

松山湖材料实验室

广东省东莞市大朗镇屏东路333号

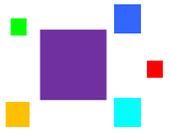
Email: bacem@sslabs.org.cn



晶体中镜面及点群的汇聚束电子衍射确定

2024年第2期（总第11期）

出版日期：2024年12月31日



## 辽宁材料实验室郭可信材料表征中心、郭可信纪念馆揭牌仪式暨学术研讨会成功举行

2024年6月13日，辽宁材料实验室郭可信材料表征中心、郭可信纪念馆揭牌仪式暨学术研讨会在辽宁材料实验室成功举行。辽宁材料实验室理事会理事长王健，辽宁材料实验室主任卢柯院士，浙江大学张泽院士，北京大学彭练矛院士，北京科技大学毛新平院士，郭可信先生亲属郭桦女士、肖汉中先生，郭可信先生的学生，以及国内外电子显微、材料领域50余名知名专家学者参加揭牌仪式。本次会议由卢柯院士和马秀良研究员共同召集。

卢柯院士在揭牌仪式致辞中表示，辽宁材料实验室的建设者们身体里流淌着材料界前辈的基因，思想上受到先贤智慧的驱动。郭可信先生是一座灯塔，他的思想和精神曾经为我们许多人指明了航向。辽宁材料实验室用郭先生的名字冠名材料表征中心、建设郭可信纪念馆，就是为了传承先生优秀的科学精神和高尚品格，启发我们更好去创新。郭先生学生代表、郭可信教育基金会秘书长马秀良研究员回顾了郭可



辽宁材料实验室理事会理事长王健、辽宁材料实验室主任卢柯院士、北京大学彭练矛院士、北京科技大学毛新平院士为郭可信材料表征中心揭牌



辽宁材料实验室主任卢柯院士、浙江大学张泽院士、郭桦女士、张飙先生为郭可信纪念馆揭牌



辽宁材料实验室郭可信材料表征中心、郭可信纪念馆揭牌仪式会场

信材料表征中心命名的由来，他代表郭先生弟子以及郭可信教育基金会对辽宁材料实验室在建设郭可信纪念馆过程中所付出的努力和所做出的贡献表示诚挚的谢意，向来自国内外的专家学者表示热烈欢迎和衷心感谢。郭桦女士回忆了郭可信先生

在辽宁的生活与工作经历，向郭可信纪念馆的建设者们表示感谢。

揭牌仪式后，围绕材料显微结构与性能关系，材料表征新技术、新方法等议题，实验室举行了为期两天的学术研讨会。会上，郭可信教育基金会会长、昆士兰大学邹进教授为卢柯院士颁发“郭可信杰出学者奖”。张泽院士、孙

军院士等 24 位材料和显微学领域的专家学者作学术报告。本次研讨会共吸引国内外 46 家高校及科研院所近 300 余位相关领域学者参加，30 多家材料表征设备和平台建设厂商参展产品和技術推介。

会议评选了优秀学生展报奖，大湾区电镜中心博士生姜如建同学荣获最佳展报奖。

## 2024 先进电子显微学国际研讨会在北京召开

为纪念中国电子显微学领域的先驱者之一李方华院士、推动并促进先进电子显微学学科发展、加强国际学术交流，2024 先进电子显微学国际研讨会“2024 International Symposium on Advanced Electron Microscopy (2024 ISAEM)”于 2024 年 8 月 4-7 日在北京辽宁大厦举行。

国际研讨会邀请了叶恒强院士、朱静院士、隋森芳院士、及邹晓冬院士作大会主旨报告，40 多位来自于美洲、欧洲、大洋洲、及亚洲，

并在国际上有威望的电子显微学专家作特邀报告。此外，国际研讨会还安排了厂商报告，介绍电子显微学相关仪器的最新进展。这次会议为国内电子显微学相关学者提供了同国际电子显微学专家深入交流的珍贵平台。

大湾区电镜中心马秀良研究员和朱银莲研究员应邀参会，会上他们分别回顾了与李方华院士交往的历史片段，并应邀作了学术报告。

## 大湾区电镜中心与南方科技大学共同承办 2024 全国电镜年会

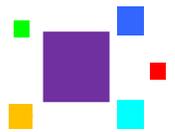
2024 年 10 月 18-20 日，2024 年全国电子显微学学术年会在东莞市会展国际大酒店召开。大会由电镜学会电子显微学报编辑部主办，南方科技大学和松山湖材料实验室大湾区显微科学与技术研究中心共同承办，仪器信息网作为

独家合作媒体参会报道。大会为期三天，来自高校院所、企事业单位、仪器技术企业等电子显微学领域专家学者 2000 余人出席参会。

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。本届年会按



2024 年全国电子显微学学术年会参会人员合影



材料科学与生命科学设立十五个专题分会场，包含：01) 显微学理论、仪器方法与技术；02) 原位电子显微学表征；03) 功能材料的微结构表征；04) 结构材料及缺陷、界面、表面，相变与扩散；05) 先进显微分析技术在工业材料中的应用；06) 扫描探针显微学表征；07) 电子衍射及电子显微全息（含 SEM、EBSD 和 TEM)材料微结构表征；08) 聚焦离子束(FIB)

在材料科学中的应用；09) 低温电子显微学表征；10) 生物医学电镜技术发展与应用；11) 显微学在农林及生物科学领域中的应用（超分辨显微镜，激光共聚焦显微镜等）；12) 农林电子显微学研究与应用；13) 先进材料；14) 显微科学仪器与先进材料组织结构表征；15) 大型科研仪器平台建设发展与开放共享。

## 大湾区显微科学与技术联盟 2024 夏季论坛成功举办

2024 年 6 月 19-21 日，大湾区显微科学与技术联盟 2024 夏季论坛在东莞召开。

松山湖科创局局长任耀新出席了论坛开幕式。来自中山大学、华南理工大学、南方科技大学、香港理工大学、中国科学院物理研究所、中国科学院金属研究所等高校、科研院所和企业的代表共 160 余人参加了本次论坛。论坛开

幕式由松山湖材料实验室大湾区电镜中心负责人暨大湾区电镜联盟理事长马秀良研究员主持。

松山湖科创局局长任耀新表示，电镜是微观世界研究中非常常用的一个工具，近年来，电镜技术发展也是十分迅速，且广泛应用于材料科学、物理学、化学以及生命科学等众多领域的前沿基础研究和先进应用研究。大湾区电



大湾区显微科学与技术联盟2024夏季论坛参会人员合影

镜联盟成立以来，影响力日盛，联盟各理事单位联系非常紧密，使粤港澳大湾区一带关于电镜技术的交流愈加频繁和密切，有利于大湾区电镜设备共享与交流合作，也有利于基础研究、技术创新的深入发展。松山湖科学城作为综合性国家科学中心先行启动区的重要组成部分，是创新驱动的源头，在未来联盟的发展过程中，松山湖管委会一定会给予最大的支持。

马秀良研究员介绍了大湾区电镜联盟的成立背景和意义。在他看来，联盟不仅仅是粤港澳交叉开放的一个新窗口，更是深入探索一国两制条件下科教融合及创新发展的新范式，有利于加强粤港澳大湾区显微科学与技术领域资源的共享，推进大湾区包括人力资源在内的相关领域的融合发展，建设具有一定影响力的显微技术创新与服务平台和显微技术人才培养基地。为了进一步加强联盟内外专家学者间的学术和技术分享，联盟计划每年度举办两次论坛，

以此推动电子显微技术的普及和应用，具体时间安排分别在每年度的夏季（通常6月中下旬）和冬季（通常12月中下旬），届时将邀请联盟内外诸多优秀的专家学者们进行学术和技术讲座，欢迎领域内的专家学者和研究生积极参加。

本次论坛上，共有来自高校、研究所及电镜厂商的26位专家学者做了学术报告。10余家电子显微学的相关厂商参加了本次会议并做了产品和技术推介。

会议期间，参会人员还参观了大湾区电镜中心，并对电镜中心短期内的建设和发展成果给予了高度评价。

本次论坛旨在开展学术与技术交流与合作，促进自主创新与技术推广，加强技术人才培养，服务粤港澳大湾区显微科学与技术发展战略研究。与会学者普遍认为，本次论坛报告精彩、讨论热烈、学术氛围浓厚，在与专家及知名学者的直接交流中受益匪浅。

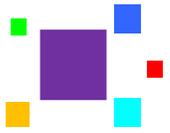
## 大湾区显微科学与技术联盟 2024 冬季论坛暨近使役条件下材料结构基础学术研讨会成功举办

2024年12月19-22日，大湾区显微科学与技术联盟2024冬季论坛暨近使役条件下材料结构基础学术研讨会在东莞松山湖召开。

浙江大学张泽院士、松山湖材料实验室汪卫华院士、南方科技大学贾金锋院士、上海交通大学张荻院士、中国科学院上海硅酸盐研究所陈立东院士出席了本次论坛。来自中国大陆和香港的高等院校、科研院所和企业代表共200余人参加了为期两天的学术交流。论坛开

幕式由论坛召集人、松山湖材料实验室大湾区显微科学与技术研究中心负责人暨大湾区显微科学与技术联盟理事长马秀良研究员主持。张泽院士和汪卫华院士先后在论坛开幕式上致辞。

浙江大学张泽院士表示，广东一直是我国改革开放的前沿，特别是大湾区一带发展十分迅速。松山湖材料实验室新园区的建设期处于疫情最严重时期，各方面条件非常恶劣，但短短几年时间，实验室能有如此优秀的建设成果



体现了我国改革开放的速度和质量以及国家对于科技的重视。电子显微镜是研究微观世界过程中不可替代的科学工具，近年来，电子显微学越来越体现出在科技创新中的重要作用。但一直以来，材料的显微结构对材料性能的支撑难以建立起动态可视化的模式，我们要怎样做到既要在学术上有高水平的成果，又要对整个行业发挥积极的作用，还要对地方经济有所支撑，这是每个做基础研究的学者需要不断思考的难题。最后张院士强调大家更要不忘初心，牢记科技强国的使命感。

松山湖材料实验室汪卫华院士感谢各位专家学者对于松山湖材料实验室的支持，他说到真正的原创性科学问题一定来源于生活，来源于生产实际。松山湖材料实验室成立的初衷也正是希望能够在前沿研究和生产实际之间搭建一个平台，能够把科研成果转化成生产力。实验室在未来的发展中也希望成为企业的“三甲医院”，不仅能够解决企业遇到的问题，也能够在与企业的合作中发现新的科学问题，改变原来从期刊中找问题的方式，一切从实际出发，既能保持初心，又能为地方企业服务，支持国民经济。大湾区电镜中心就是松山湖材料实验室建设成功的缩影，是地方头部企业的“名医”。最后希望大家以后能够多来实验室共同交流，促进相关学科和方向的发展。

马秀良研究员介绍了大湾区电镜联盟的成立背景和意义。他认为联盟不仅仅是粤港澳交叉开放的一个新窗口，更是深入探索一国两制条件下科教融合及创新发展的新范式，有利于加强粤港澳大湾区显微科学与技术领域资源的

共享，推进大湾区包括人力资源在内的相关领域的融合发展，建设具有一定影响力的显微技术创新与服务平台和显微技术人才培养基地。他最后表示，任何一项技术，尤其是颠覆性技术，一定源于长期的基础研究过程当中所产生的新的原理新的概念、新的原理和新的方法，大湾区电镜中心定然会不辱使命，不仅做好基础研究，也会在产业应用方面做出应有的贡献。

会议开幕式上，马秀良研究员还宣布大湾区电镜中心与浙江祺跃科技有限公司共同成立SEM材料微结构动态可视化研究联合实验室，并与张泽院士共同为联合实验室揭牌。



张泽院士与马秀良研究员共同为联合实验室揭牌



张泽院士、陈立东院士、浙江省科创新材料研究院朱敏洁副院长参观电镜中心原位扫描电镜可视化系统

张泽院士、张荻院士、陈立东院士、张跃飞教授先后做了邀请报告。马秀良研究员与会专家学者汇报了电镜中心建设的新进展。

本次论坛上，共有来自高校、研究所及电镜厂商的 34 位专家学者做了学术报告。10 余家电子显微学的相关厂商参加了本次会议并做

了产品和技术推介。

会议期间，张泽院士、陈立东院士、浙江省科创新材料研究院朱敏洁副院长还饶有兴趣地参观了大湾区电镜中心，并对电镜中心的工作给予了详细指导。



大湾区显微科学与技术联盟 2024 冬季论坛参会人员合影

## 大湾区显微科学与技术联盟设立开放基金

近年来，随着先进电子显微学方法及相关部件，特别是像差校正技术及直接电子探测技术及相关附件的不断发展，电子显微镜的功能日渐强大、性能不断提高，其应用领域也更加宽广、应用深度也更加深入。为加强大湾区地区显微科学与技术领域的资源共享，尤其是提升电子显微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，进一步创造良好的科研条件和学术氛围，集聚优秀学者，加强交流与合作，促进高水平成果产出，松山湖管委会联合松山湖材料实验室设立松山湖科学城显微科学与技术开放基金（以下简称“开放基金”），

资助与电子显微学研究方向有关的具有重要科学意义的研究项目。2024 年度开放基金资助青年项目课题，资助期限为 2 年，课题资助力度为 12 万元/项，资助数量拟定 5 项。

从 2024 年 10 月 11 日 2024 年度课题申报指南发布之日起至 2024 年 11 月 15 日截止，共收到来自 17 个单位的 24 项申报书。经过“形式审查+专家函评”两阶段的评审后，最终确定了 5 项资助名单，资助申请人分别来自 5 个单位：南方科技大学、中山大学、香港理工大学、深圳技术大学和松山湖材料实验室。



## 新入职员工简介

**唐浩**，男，助理工程师，1998年3月出生于四川省绵阳市。2021年毕业于长春理工大学化学与环境工程学院，获得学士学位，2021-2024年就读于福州大学化学学院，获得理学硕士学位。于2024年6月入职松山湖材料实验室大湾区显微科学与技术研究中心，任聚焦离子束扫描电子显微镜助理工程师。唐浩主要从事晶体的微观缺陷结构与宏观催化性能的构效关系以及电子显微学研究，目前于 *Advanced Materials* 和 *ACS Catalysis* 发表论文各1篇。曾获得长春理工大学“优秀毕业论文”、“优秀学生干部”、“大学生创新创业国家级一等奖”、“校级奖学金”、“校级最佳辩手”以及福州大学“校级奖学金”、“优秀学生干部”等荣誉。



**党浩**，男，助理工程师，1998年8月出生于甘肃天水。2021年毕业于兰州理工大学高分子材料科学与工程专业，获学士学位。2024年毕业于兰州理工大学先进高分子材料专业，获硕士学位。2024年6月入职松山湖材料实验室大湾区显微科学与技术研究中心，任原位扫描电镜助理工程师。党浩主要从事过渡金属氮化物在超级电容器中的应用，包括但不限于锂离子电池和锌离子电



池电极材料的合成及应用。目前以第一作者身份在 *Journal of Power Sources*, *Journal of Energy Storage* 和 *New Journal of Chemistry* 等期刊上发表学术论文4篇，在硕士期间获得一等奖学金两次，二等奖学金一次。曾获甘肃省“创星之星”称号（资助金额1万元）、兰州理工大学“科研探索”项目（资助金额1万元）、第一届甘肃省大学生“节能减排”社会实践与科技竞赛省赛二等奖、第十三届全国大学生电子商务“创新、创意及创业”大赛三等奖、兰州理工大学第九届中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛一等奖，“三好学生”、“优秀学生干部”等荣誉。

**王帅**，男，博士后，1995年8月出生于安徽省阜阳市。2018年毕业于内蒙古科技大学材料与冶金学院，获得工学学士学位；2019年-2024年就读于安徽大学物质科学与信息技术研究院，获得工学博士学位。2024年8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。王帅博士主要从事金属材料塑性变形与相变的电子显微学研究，目前以第一作者与共同第一作者身份在 *Microstructures*、*International Journal of Plasticity* 和 *Journal of Materials Research and Technology* 等期刊发表论文4篇。曾获安徽大学“优秀研究生”等荣誉。





## 原位扫描电镜可视化系统

**设备名称：**原位扫描电镜可视化系统  
**设备型号：**国仪量子 SEM5000X 高分辨场发射扫描电镜、祺跃科技 SS-HV800 真空蠕变仓  
**安装时间：**2024 年 11 月  
**设备配置：**

SE/BSE 探测器；  
 五轴马达驱动样品台；  
 真空蠕变仓；  
 原位拉伸台（最大载荷：4000N、最大行程：20mm、控制精度：满量程±0.2%）；  
 原位 SE 加热台（温度：室温~1200°C、加热区域：φ8mm、控温精度：±5°C）；  
 原位 EBSD 加热台（温度：室温~950°C、加热区域：φ8mm、控温精度：±5°C）；  
 原位蠕变台（最大载荷：4000N、最大行程：20mm、控制精度：满量程±0.2%）；  
 牛津仪器 UltimMax 170 能谱仪（EDS）、牛津仪器 Symmetry S3 电子背散射衍射仪（EBSD）。

### 主要技术指标：

电子束加速电压：0.2-30kV；  
 电子束流：1pA-20nA；

放大倍数：1X~2500000X；  
 电子束分辨率：≤0.6nm @15kV，≤1nm @1kV；  
 样品台：五轴马达驱动样品台 承重≤3Kg。  
**主要功能：**

用于材料表面的微观形貌观察，配合 EDS 对材料的元素进行定性、半定量分析，配合 EBSD 对材料的晶体结构和晶体取向进行分析。结合原位系统可实现对材料进行原位室温拉伸测试、原位高温拉伸测试、原位室温压缩测试、原位室温弯曲测试、原位加热测试、原位高温蠕变测试，来研究材料性能与其微观结构的内禀关系。



原位扫描电镜可视化系统

## 等离子体聚焦离子束系统

**设备名称：**等离子体聚焦离子束系统  
**设备型号：**AMBER X2  
**制造厂商：**TESCAN 公司  
**安装时间：**预计 2025 年 3 月份到货安装  
**设备配置：**

离子源种类：氦等离子源；  
 肖特基场发射电子枪；  
 五轴马达驱动样品台，倾角范围包含 -60 至 90° ；  
 探测器：二次电子探测器、镜筒内探测器、



背散射电子探测器;

- 全自动 TEM 样品纳米机械手;
- 布鲁克公司 EDS 和 EBSD 系统;
- 金属沉积系统: 可沉积 Pt、C。

**技术指标:**

- 离子束加速电压: 0.5kV-30kV;
- 离子束束流强度: 1pA-3.3uA;
- 离子束分辨率: 10nm@30kV;
- 电子束加速电压: 0.05kV-30kV;
- 电子束束流强度: 2pA-400nA;
- 电子束分辨率: 0.8nm @ 30kV, 1.5nm @ 1kV。

**主要功能:**

用于材料在微纳尺度高精度加工和材料表面微观形貌高分辨成像。可实现高质量定点

TEM 样品制备, 具有加工速度快、表明损伤小等特点; 利用离子束、电子束可沉积 Pt/C; 结合电子束高分辨显微表征和能谱等辅助分析, 进行材料高分辨微观形貌, 三维缺陷结构、晶体取向及元素含量分布测试。



TESCAN AMBER X2 等离子体聚焦离子束系统

## 聚焦离子束系统

**设备名称:** 聚焦离子束系统

**设备型号:** Helios 5CX

**制造厂商:** 美国 ThermoFisher 公司

**安装时间:** 2024 年 11 月

**设备配置:**

- 离子源种类: 镓离子源;
- 肖特基场发射电子枪;
- 五轴马达驱动样品台;
- 倾角范围包含 -15° 至 90° ;
- 探测器: 二次电子探测器、镜筒内探测器;
- 全自动 TEM 样品纳米机械手;
- 真空转移样品杆;
- 布鲁克公司 EDS 和 EBSD 系统;
- 沉积系统: 可沉积 W、C、绝缘体(TEOS)。

**技术指标:**

- 离子束加速电压: 0.5kV-30kV;

- 离子束束流强度: 1pA-100nA;
- 离子束分辨率: 2.5nm @ 30kV;
- 电子束加速电压: 0.02kV-30kV;
- 电子束束流强度: 0.8pA-100nA;
- 电子束分辨率: 0.6nm @ 15kV, 0.9nm@1kV。



ThermoFisher Helios 5CX 聚焦离子束系统



### 主要功能:

可对金属、半导体、电介质、多层膜结构等固体材料进行微纳加工,高质量定点 TEM 样品制备。可进行离子束刻蚀、离子束沉积、电

子束沉积; 高分辨扫描电镜功能可对离子束微纳加工样品进行实时观测; 在样品转移过程中, 真空转移样品杆能够有效隔离样品和外界气体的接触, 避免气氛中的污染物对样品的影响。

## 高分辨场发射扫描电子显微镜

**设备名称:** 高分辨场发射扫描电子显微镜

**设备型号:** Aper0 2S

**制造厂商:** 美国 ThermoFisher 公司

**安装时间:** 2024 年 12 月

### 设备配置:

肖特基场发射电子枪;

五轴马达驱动样品台: 倾角范围: -15 至 90° ;

XYZ 移动范围: 110mm×110mm×65mm;

探测器: T1, T2, T3, ETD, DBS 探测器;

布鲁克公司 EDS 和 EBSD 系统。

### 技术指标:

电子束加速电压: 200V~30kV;

电子束着陆电压: 20eV~30keV;

电子束束流强度: 1pA~50nA;

电子束分辨率: 0.5nm @15kV (BD);

0.8nm @ 1kV (BD);

1.9nm @ 15kV (WD 10mm);

1.0nm @ 1kV (BD, WD 10nm)。

### 主要功能:

利用出色的高分辨率配合多通道探测器, 可对包括纳米级的材料、绝缘体、电子束敏感材料或磁性材料等进行微观形貌表征。配合 EDS 对材料的元素进行定性、半定量分析, 配合 EBSD 可获取晶体材料的晶体学信息, 并通过相应的电子显微学方法完成晶粒取向、相识别与分布以及织构等方面的分析。



ThermoFisher Aper0 2S 高分辨场发射扫描电镜

## 氩离子研磨仪

**设备名称:** 氩离子研磨仪

**设备型号:** IM 5000 CTC

**制造厂商:** 日本 HITACHI 公司

**安装时间:** 预计 2025 年 3 月到货安装

### 技术指标:

加速电压: 0~8kV;

液氮冷却功能: 最低可到-100℃;

双功能: 截面研磨功能和平面研磨功能;

加工速度: 截面加工≥1000μm/h, (8kV 的条件下, Si 片);



样品加工位置调整：样品托千分尺调整，精度 10 $\mu$ m；

截面样品移动范围：X:  $\pm 7$ mm, Y: 0~3mm；

挡板可移动范围：X:  $\pm 8$ mm, Y: -3~0mm；

样品摆动角度：平面研磨 $\pm 60^\circ$ 、 $\pm 90^\circ$ 、 $360^\circ$ ；

截面研磨 $\pm 15^\circ$ 、 $\pm 30^\circ$ 、 $\pm 40^\circ$ ；

最大样品尺寸：截面加工样品  $\geq 20(W) \times 12(D) \times 7(H)$ mm；平面加工样品  $\geq 50\text{mm}(\Phi) \times 25\text{mm}(H)$ ；

样品加工区域：截面加工样品 $\geq 8$ mm；平面加工样品 $\geq \Phi 32$ mm；

平面研磨系统偏心量：0~5mm。

#### 主要功能：

氩离子研磨仪利用氩离子束在材料表面进行精细加工，能够实现高精度的表面研磨和抛

光。同时，能够无应力地去除样品表面层，避免传统机械抛光可能引入的应力破坏层。适用于硬/软复合材料、多孔材料、脆性材料及材质不均一性材料的加工，可获得真实的平整表面，使样品适于背散射电子观察、X 射线能谱分析、背散射电子衍射分析等。



HITACHI IM 5000 CTC 氩离子研磨仪

## DECTRIS Arina 直接电子探测器



DECTRIS Arina 直接电子探测器

2024 年 10 月 29 日，松山湖材料实验室大湾区显微科学与技术研究中心在 JEOL ARM300 单球差校正电镜上安装了 DECTRIS 公司的具有直接电子探测能力的 ARINA 探测器，用于实现 4D-STEM 的数据采集功能，并同时配备了具有超强计算能力的服务器集群，目前中心人员已利用该探测器和服务器集群全

面开展科研工作。

该探测器是一款具有高帧速、高动态范围及高信噪比的像素化阵列式相机，系统采用 Si 芯片耐受辐照混合像素直接电子探测技术，配备 192 x 192 个探测点数量，单像素尺寸 100 $\mu$ m x 100 $\mu$ m。同时能量范围覆盖 30-300keV 范围，具备 10e8 el/s/pixel 的动态范围，同时支持 12 万帧/秒读出速度，在满足 1K x 1K 扫描范围的情况典型 4D-STEM 采集时间分辨率 $\leq 10\mu$ s。为支持高速 STEM 扫描控制以及数据采集同步配备了专用超快 STEM 数据同步控制器，能够同步 STEM 扫描线圈扫描及探测器数据获取。同时配备专用数据采集软件及 4D-STEM 数据分析软件，同时具备常见 BF/ABF/ADF 等虚拟探头选项，可同时多种模式成像。

通过配备该设备可使现有透射电镜扩展



4D-STEM 功能。4D-STEM 的成像需要使用像素化的直接电子探测器将整幅衍射花样记录下来，后续使用“虚拟”探测器以及不同算法对衍射数据集进行分析处理，就能够重构出需要的图像信息。采用 4D-STEM 技术可以进行虚拟成像、DPC 成像、电子叠层衍射分析、电场分析、电荷密度分析，应变分析、晶体取向分析等功能，可实现材料微观结构到物性分析方面的一系列应用。4D-STEM 技术是材料科学最前沿的表征方法之一，在对各种金属、合金、半导体等关键材料以及易辐照损伤、需低剂量表征的前沿功能材料领域的电子显微结构、组成等研究方面具有无可替代的优势。

## 透射电镜原位系统

### 1. 定量力-热耦合样品杆

设备型号：Hysitron PI 95 TEM PicoIndenter

适配电镜型号：ThermoFisher Spectra 300, Talos F200

设备配置及技术指标：

样品台：单倾；

力学模块：压缩、拉伸、弯曲等；

加热模块：加热温度  $\leq 400^{\circ}\text{C}$ 。

主要功能：

Hysitron PI 95 TEM PicoIndenter 是一款能在透射电镜中直接观察纳米力学测试的原位杆，该设备可实现 TEM 内纳米力学测试的直接观测，支持压缩、拉伸、压转拉测试（PTP）等。利用该设备不仅可以观察材料在力学加载下的微观结构演化，还能同时获得力-位移曲线。此外，集成视频接口允许在载荷-位移曲线和对应的 TEM 视频之间进行同步。

该探测器系统和服务站集群的加装为加强松山湖材料实验室及粤港澳大湾区乃至全国的产学研教拓等领域的先进电子显微技术开发及应用提供有力支持。



DECTRIS Arina 直接电子探测器安装完成

### 2. 力-热耦合双倾样品杆

设备型号：Bestron INSTRMS-MT

适配电镜型号：ThermoFisher Spectra 300, Talos F200

设备配置及技术指标：

样品台：双倾， $\beta$ 角最大可到  $15^{\circ}$ ；

力学模块：拉伸、压缩、弯曲等；

最大驱动力： $>100\text{mN}$ ；

最大驱动位移： $4\text{mm}$ ；

驱动精度： $<0.5\text{nm}$ ；

加热温度： $\leq 1200^{\circ}\text{C}$ ；

空间分辨率： $\leq 0.1\text{nm}$ 。

主要功能：

通过极限局域化加热设计，INSTEMS-MT 可在极宽温度范围对样品施加力学载荷。加热所需功率极低，样品倾转稳定顺畅，保证了力热耦合下高质量的动态原子尺度观察和记录。



为该系列特别开发的多种样品制备流程可覆盖多领域、多尺寸的材料，同时满足多种力学加载需求。

### 3. TEM-STM 电学探针样品杆

**设备型号:** PicoFemto STM-TEM 电学测量系统

**适配电镜型号:** JEOL GRAND ARM300、JEM-F200

**设备配置及技术指标:**

样品台: 双倾,  $\beta$ 角最大可到  $20^\circ$ ;

空间分辨率:  $\leq 0.1$  nm;

电学测量模块: 包含一个电流电压测试单元;

电流测量范围: 1 nA-30 mA, 9 个量程;

电流分辨率: 优于 100 fA;

电压输出范围: 普通模式  $\pm 10$ V, 高压模式  $\pm 150$ V;

自动 I-V 测量、I-t 测量, 自动保存;

扫描探针操纵模块:

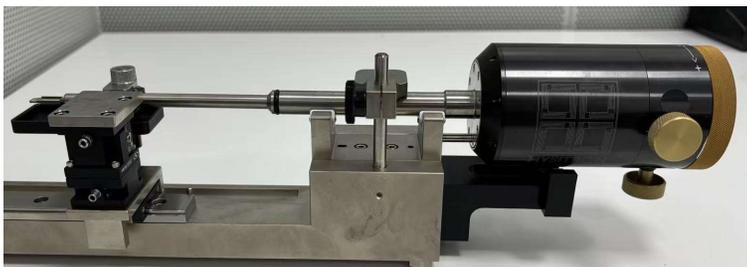
粗调: XY 方向 2.5mm, Z 方向 1.5mm;

细调: XY 方向  $18 \mu\text{m}$ , Z 方向  $1.5 \mu\text{m}$ ;

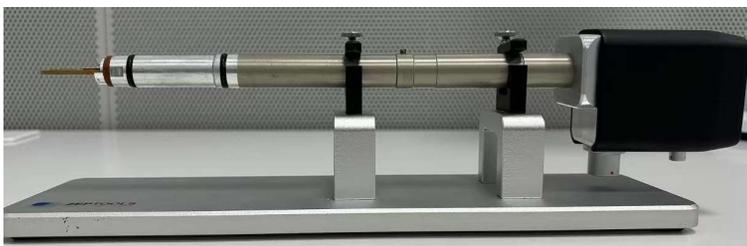
细调分辨率: XY 方向 0.4 nm, Z 方向 0.04 nm。

**主要功能:**

透射电镜原位 TEM-STM 测量系统是在标准外形的透射电镜



Hysitron PI 95 TEM PicoIndenter 定量力-热耦合样品杆



PicoFemto STM-TEM 电学探针样品杆



Bestron INSTRIMS-MT 力-热耦合双倾样品杆



PicoFemto STM-TEM 光电一体测量系统



PicoFemto MEMS 热电一体测量系统



样品杆内加装扫描探针控制单元，通过探针对单个纳米结构进行操纵和电学测量，并可在电学测量的同时，动态、高分辨地对样品的晶体结构、化学组分、元素价态进行综合表征。

#### 4. STM-TEM 光电耦合样品杆

**设备型号：**PicoFemto STM-TEM 光电一体测量系统

**适配电镜型号：**ThermoFisher Spectra 300, Talos F200

##### 设备配置及技术指标：

样品台：双倾， $\beta$ 角最大可到  $20^\circ$ ；  
空间分辨率： $\leq 0.1 \text{ nm}$ ；  
电学测量模块：包含一个电流电压测试单元；  
电流测量范围：1nA-30mA, 9 个量程；  
电流分辨率：优于 100fA；  
电压输出范围：普通模式  $\pm 10\text{V}$ , 高压模式  $\pm 150\text{V}$ ；  
自动 I-V 测量、I-t 测量，自动保存；  
扫描探针操纵模块：  
粗调：XY 方向 2.5mm, Z 方向 1.5mm；  
细调：XY 方向  $18\mu\text{m}$ , Z 方向  $1.5\mu\text{m}$ ；  
细调分辨率：XY 方向 0.4nm, Z 方向 0.04nm；  
光学模块：  
光纤外径： $250\mu\text{m}$ ，保证电镜系统真空指标；  
激光波长：375nm, 405nm, 532nm, 640nm。

##### 主要功能：

透射电镜原位 STM-TEM 光电一体测量系统是在标配的 STM-TEM 样品杆上集成光学模

块，从而在透射电镜中进行原位光电测量或者光谱学表征研究。

#### 5. MEMS 热电耦合样品杆

**设备型号：**PicoFemto MEMS 热电一体测量系统

**适配电镜型号：**日本电子 GRAND ARM300、JEM-F200

##### 设备配置及技术指标：

样品台：双倾， $\beta$ 角最大可到  $20^\circ$ ；  
空间分辨率： $\leq 0.1\text{nm}$ ；  
电学测量模块：包含一个电流电压测试单元；  
电流测量范围：1nA-30mA, 9 个量程；  
电流输出范围：最大  $\pm 1.5\text{A}$ , 最小  $\pm 100\text{fA}$ ；  
电压输出范围：最大  $\pm 200\text{V}$ , 最小  $\pm 100\text{nV}$ ；  
恒压或恒流模式；  
自动 I-V 测量、I-t 测量，自动保存；  
加热模块：  
温度控制范围：室温到  $1200^\circ\text{C}$ ；  
加热功率：最大 30W；  
控温稳定：性优于  $\pm 0.1^\circ\text{C}$ ；  
最大升温速率： $1000^\circ\text{C}/\text{ms}$ 。

##### 主要功能：

透射电子显微镜原位加热/电学测量系统是在标准外形的透射电镜样品杆内安装 MEMS 工艺制成的微加热芯片和电学测量芯片。微加热芯片可对样品进行可控温度的加热，电学测量芯片可对样品进行电性质测量。并可在进行加热和电学测量的同时，动态、高分辨地对样品的晶体结构、化学组分、元素价态进行综合表征。



## 大湾区电镜中心参与首届松山湖超微摄影比赛优秀作品展示

2024年3月22日，“发现科学之美”松山湖超微摄影比赛启动。作为5·30科技工作者日系列活动之一，此次超微摄影比赛由松山湖科技创新局、松山湖党建工作办公室、松山湖宣传教育文体旅游局联合举办，大赛面向园区大科学装置、大科研平台、高校院所、企业等单位的科研工作者，旨在弘扬科学家精神，激发科研热情，培养创新意识，为建设国际一流科学城、再创高质量发展新篇章贡献科技力量。

本次大赛是一场科技+科普活动，通过显微镜发现微观世界中的“生命之美”，见微知著，共享微视觉盛宴，探索微观世界所蕴藏的奥秘。大湾区电镜中心团队凭借其卓越的技术实力与艺术创造力，共有8幅作品从近百幅参赛作品

中脱颖而出，获选优秀作品，并于5-6月在松山湖管委会、园区中小学等地进行巡回展出。

松山湖材料实验室大湾区电镜中心作为华南地区重要的显微分析研究平台，此次提交的获奖作品涵盖金属结构材料、钙钛矿功能材料以及纳米催化剂等多个研究领域。例如，作品《流彩》通过扫描电镜捕捉到奥氏体不锈钢拉伸变形后呈波纹状的晶粒分布，其绚丽的色彩宛如油画作品般；另一作品《铁电的年轮》则利用原子力显微镜观测到钙钛矿铁电薄膜中呈年轮分布的铁电畴，与树木的年轮如出一辙，展示出微观世界与宏观自然界惊人的相似性。此次摄影比赛充分展现了团队科研工作者探索微观世界的技术能力、艺术素养和精神风貌。

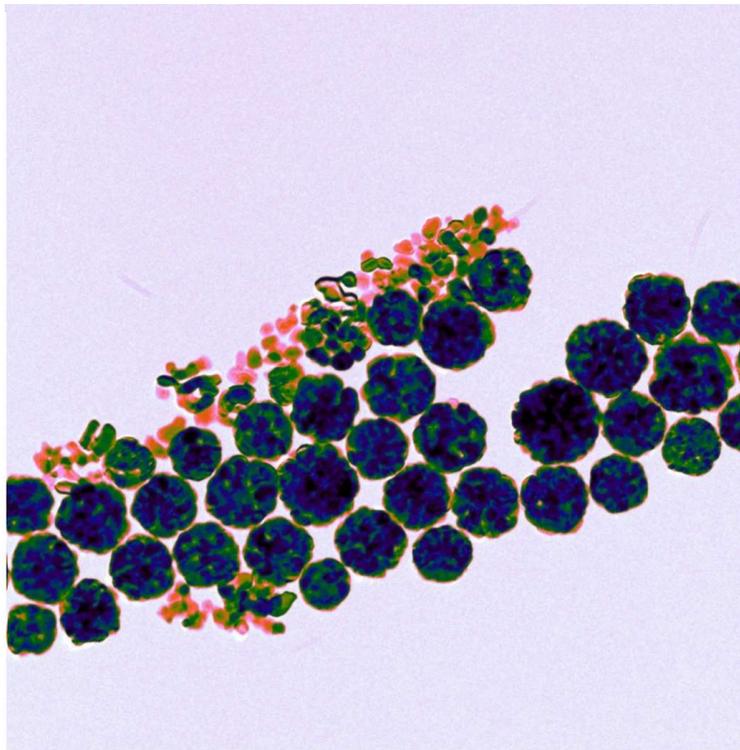
**作品名称：**花粉

**样品信息：**MnO<sub>2</sub> 颗粒

**设备信息：**JEM-F200 型透射电子显微镜

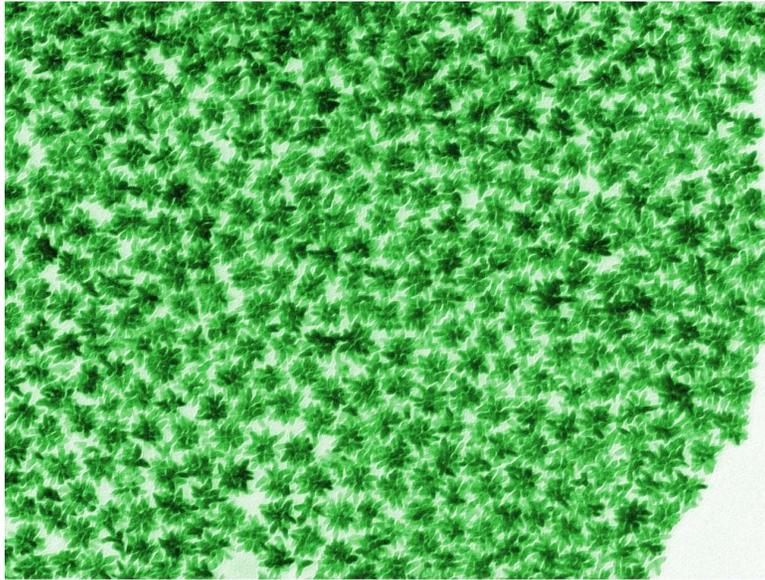
**实验参数：**加速电压 200 KV，放大倍数 40000 倍

**作品说明：**MnO<sub>2</sub> 纳米颗粒可以用作载药基体，在生物医学方面有重要作用，颗粒直径具有重要的意义，但是纳米颗粒直径较小，只能在透射电子显微镜下有较好的成像。此图颗粒分布均匀，留白令人遐想，结合拍摄时传统的时节故取名为“花粉”。



花粉

200 nm



50 nm

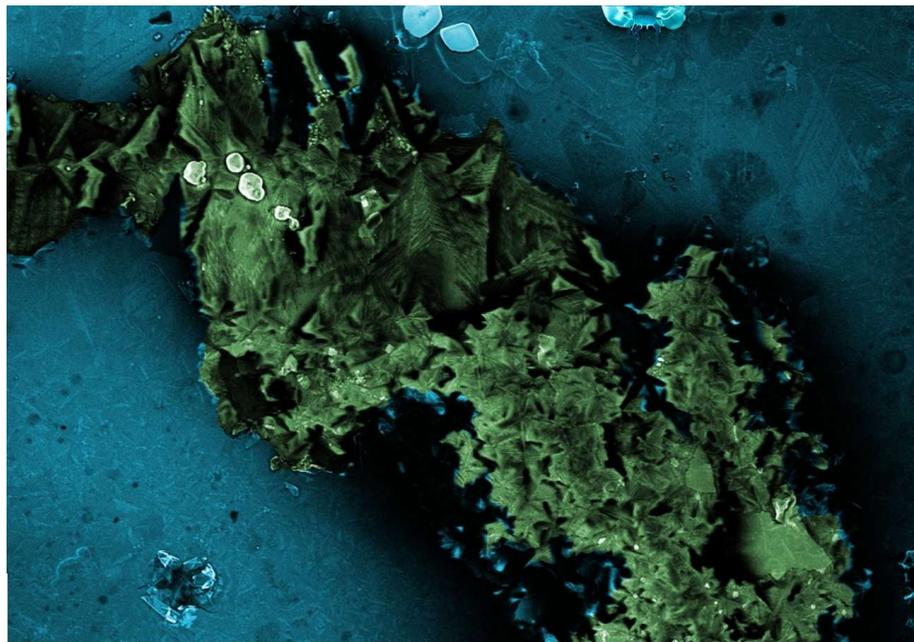
春意盎然

作品名称：春意盎然  
样品信息：PtNi 纳米花  
设备信息：Hitachi HT7700

透射电子显微镜

实验参数：加速电压  
100KV，放大倍数  
40000X

作品说明：PtNi 纳米花与自然界中刚刚生长发芽的小草极为相似，本作品在初始照片的基础上将黑色的 PtNi 纳米花渲染为绿色，预示着春天里万物复苏，一片生机盎然的场景。



10 μm

海底森林

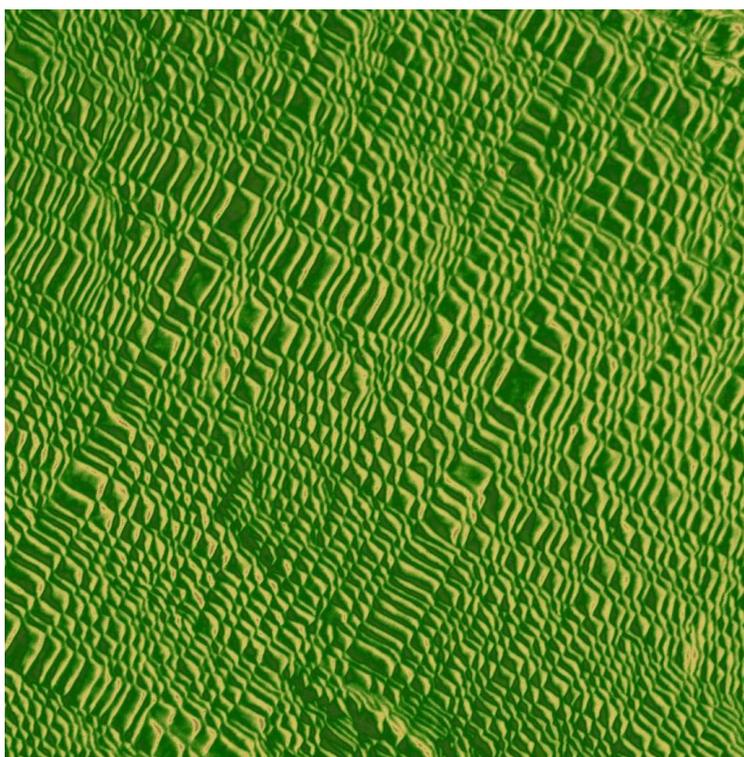
作品名称：海底森林

样品信息：宋代建盏陶瓷釉彩

设备信息：Zeiss Auriga 聚焦离子束场发射扫描双束电镜

实验参数：放大倍数 1.0 KX，拍摄电压 30 Kv，离子束流 600 pA

作品说明：经过颜色处理及元素设计，作品呈现出海底森林的样貌，还在进行着光合作用，产生了满是氧气的气泡，右上角则漂浮着一只追寻气泡的蓝色水母。



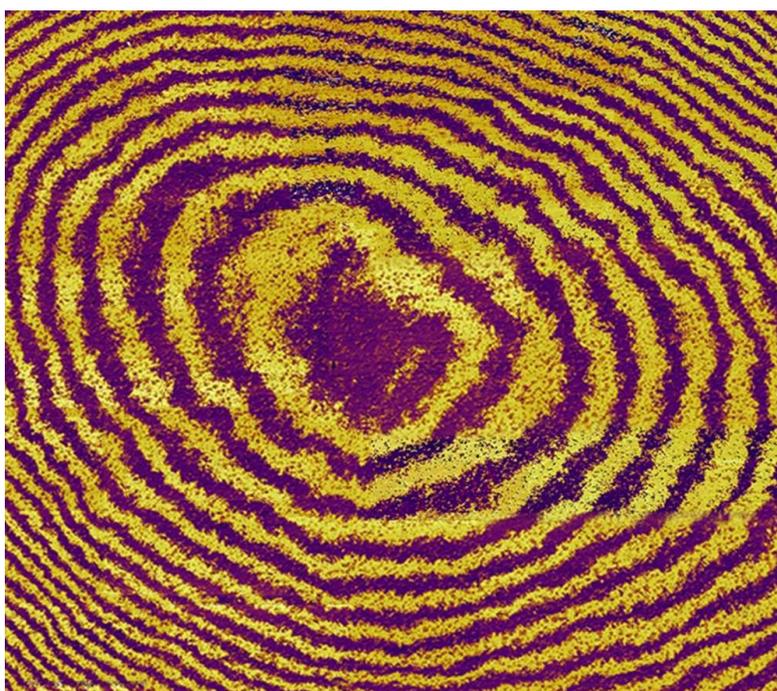
阡陌交通

200 nm

**作品名称:** 阡陌交通  
**样品信息:** BiFeO<sub>3</sub> 薄膜  
**设备信息:** FEI Tecnai G2 F30 透射电子显微镜  
**实验参数:** 电压 300 kV, 明场像  
**作品说明:** 图片是用 FEI Tecnai G2 F30 透射电子显微镜拍摄的 BiFeO<sub>3</sub> 薄膜中界面螺位错网格的双束明场像。两组位错线分别沿伪立方 [100]和[010]方向排布, 位错线互相连结, 将画面分隔成大大小小的格子, 仿佛田间小路, 将大地分隔出一块块夏日的麦田。

**作品名称:** 铁电的年轮  
**样品信息:** 铁酸铋薄膜  
**设备信息:** Asylum Research Cypher S 原子力显微镜  
**实验参数:** 电压 4V, 频率 751.3kHz

**作品说明:** BiFeO<sub>3</sub> 中的畴结构在微米尺度下呈现出和树木一样的“年轮”特征。除了形态上的相似性, 层层叠叠的年轮也寓意着铁电材料相关的科学研究长达一百多年厚重的历史积累以及生生不息的生命力的延续。



铁电的年轮

20 μm



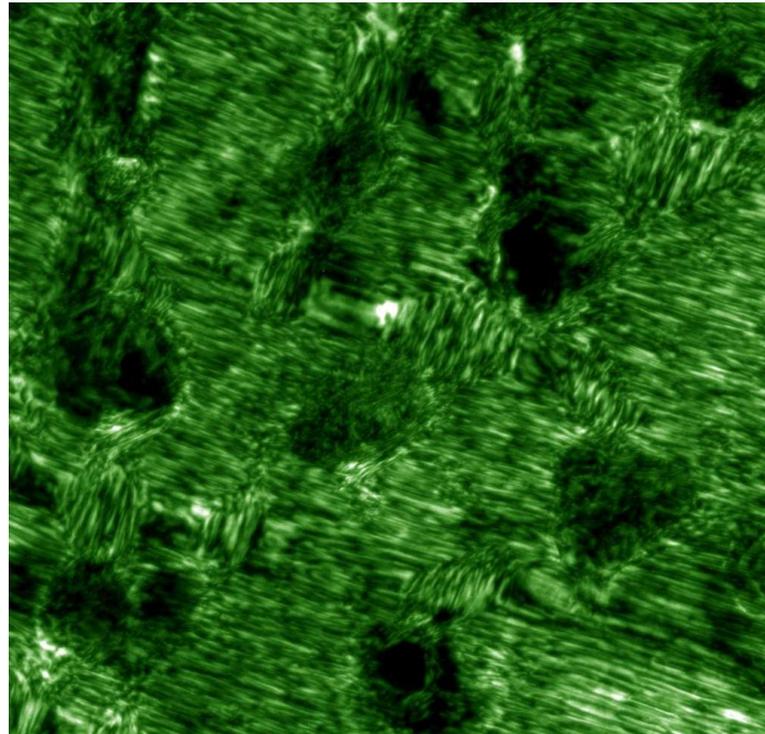
**作品名称:** 风吹麦浪

**样品信息:** 钙钛矿型  $\text{PbTiO}_3/\text{SrTiO}_3$  多层薄膜

**设备信息:** FEI F30 场发射透射电子显微镜

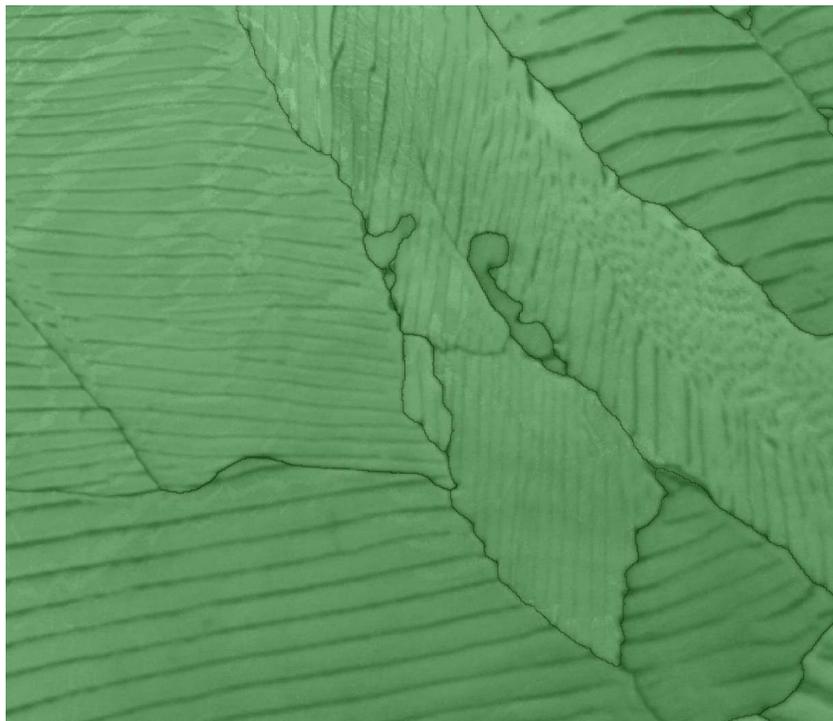
**实验参数:** 300 kV 电压下, 双束暗场像拍摄 TEM 平面样品

**作品说明:**  $\text{PbTiO}_3/\text{SrTiO}_3$  多层薄膜 TEM 平面样中存在高密度、周期性铁电畴组态, 呈现条状分布, 类似于一片片绿油油的麦田; 样品中局部区域存在一些缺陷, 形成一个暗坑, 形似春风吹起的麦浪漩涡。



200 nm

风吹麦浪



1  $\mu\text{m}$

春日梯田

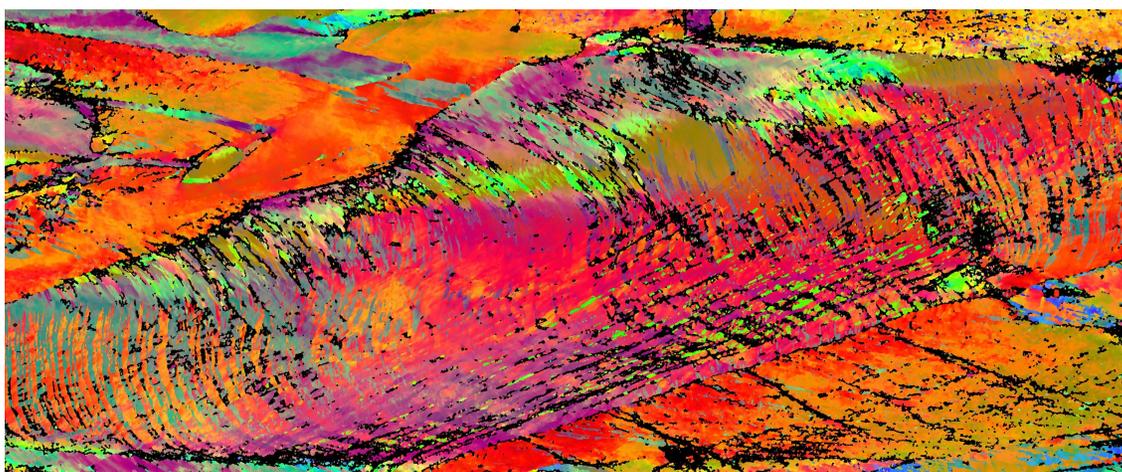
**作品名称:** 春日梯田

**样品信息:** 金属材料

**设备信息:** 聚焦双束场发射扫描电子显微镜

**实验参数:** 电压 30kV, 束流 13nA, TKD 模式

**作品说明:** 这是一个包含多个晶粒的 Fe 的 BCC 相的样品, 图中呈现的阶梯状结构是由带对比图、相图以及晶界叠加而成, 可以反应晶粒内部的一些微观结构。



### 流彩

**作品名称：**流彩

**样品信息：**奥氏体不锈钢

**设备信息：**ThermoFisher Verios 5UC 扫描电子显微镜，配备 Oxford Instrument C Swift EBSD 探测器

**实验参数：**加速电压 15kV，离子束流 13nA，采集步长 0.05μm

**作品说明：**此图是一种新型的奥氏体不锈钢经过拉伸变形后，通过 EBSD 表征其内部显微组织。断口处的等轴晶沿拉伸方向发生塑性变形，变形晶粒内部形成的变形孪晶和滑移带在载荷的作用下呈现波纹状。作品由 IPF 与 Schmid Factor 叠加而成，其宛如油画作品般，色彩丰富而细腻。

#### 封面图片：

在鉴别物相过程中，通常需要确定晶体的点群和空间群；在确定晶体点群的过程中，经常需要判断镜面（m）的存在与否。实验上判断一个晶面是否是镜面，最简单的方法就是利用汇聚束电子衍射（当然大前提是：被电子束聚焦其上的晶体要足够完整）。在汇聚束电子衍射花样中，通过对比镜面两侧对应位置的异同，从而判断镜面与是否存在。为了更清晰地展示高阶劳厄斑或环的分布特征，通常需要绕镜面法线所对应的晶轴倾转晶体，也就是说在远离高对称性晶带轴的取向拍摄汇聚束电子衍射图。详见：《晶体结构与缺陷的电子显微分析实验案例》，马秀良著，高等教育出版社，2024。

主编：马秀良

排版：韩梦娇 耿皖荣 陈雨亭