第十八次中国热电材料及应用学术会议

会议手册

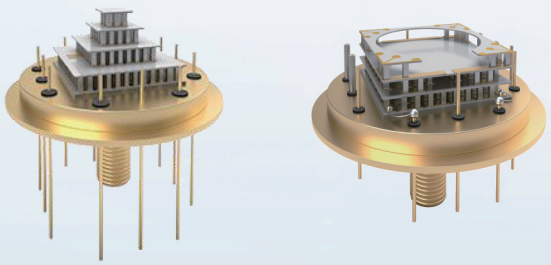
2026 9月20-23日
中国·哈尔滨



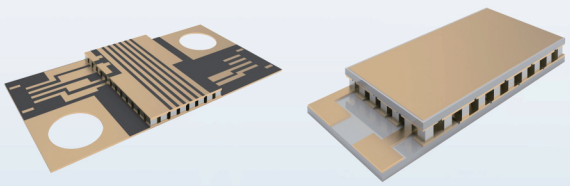
江铜集团

江西纳米克热电电子股份有限公司

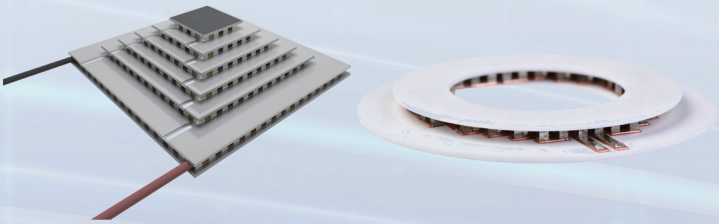
江西纳米克热电电子股份有限公司系世界500强企业江铜集团全资子公司，自2008年成立以来，始终深耕热电半导体行业。作为国家高新技术企业与江西省专精特新中小企业，公司获得多项国家发明专利。依托江铜集团的有色金属产业资源优势，公司集稀缺原料与自主创新技术于一体，秉承“创新、卓越、和谐”的经营理念，致力于打造国际一流的热电半导体创新型企业。



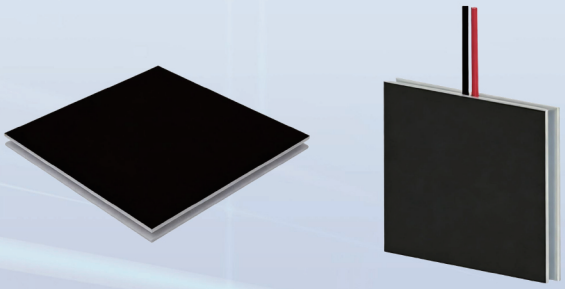
Micro TEC



长寿命、高可靠TEC



定制TEC



高性能温差发电器件

地址：江西省南昌市高新技术产业开发区江铜工业园内纳米克公司

电话：0791-88198288　　邮箱：sales@thermonamic.com.cn；sales@thermonamic.com

网址：https://www.thermonamic.com.cn/

黑龙江凌芯科技有限公司

热电致新 智造未来

哈工大科研团队孵化的高新技术企业
专注热电材料自研

面向工业、航天、医疗、寒地应急场景
提供半导体制冷 / 发电模块及成套热控系统整体解决方案

关于我们 About Us

黑龙江凌芯科技有限公司是由哈尔滨工业大学材料学院能量转换与存储科研团队孵化的高新技术企业，依托哈工大科技园与先进技术研究院，深度践行产学研协同创新模式，打通高校基础研究向产业应用转化通道。

公司依托哈尔滨工业大学优势学科与国家重点实验室平台，聚焦热电材料与固态热控领域，面向算力散热、寒地装备、应急能源、空天军工等国家重点应用场景，开展关键技术攻关、产品研发与技术服务，实现高性能热电模块性能与寿命显著提升，打造国产自主可控的热管理解决方案。



凌芯热科—于中国国家博物馆参展

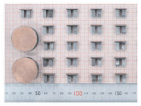
产品与应用 P&A

① 核心基材

高性能碲化铋基、镁铋基、方钴矿基热电材料，热电性能达到领先水平。



n型碲化铋棒材



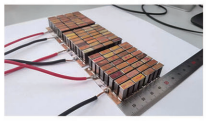
方钴矿材料批量制备



P型碲化铋热压块体

② 热电器件

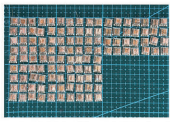
半导体TEC制冷模块、温差发电模块，广泛应用于5G光模块、高功率芯片的精准散热与热管理。



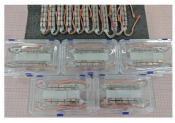
分段热电器件



双面覆铜器件



微型热电器件



方钴矿基高温热电器件

③ 成套装备

寒地便携式无源供暖装备、特种军工热防护系统、工业余热回收装置，已在火电管网、便携式冷链等场景验证落地。



热电战术保障装备



恒温箱



野外轻量化空调

联系我们

地址: 黑龙江省哈尔滨市南岗区邮政街副434号哈工大科技园大厦
电话: 130-0984-7501　　邮箱：Luke@lingx-te.com
官网: http://www.lingx-te.com/

目录 Contents

- 哈尔滨工业大学简介……1
- 哈尔滨工业大学材料科学与工程学院简介……3
- 会议简介……4
- 会务信息……7
- 大会报告安排（宴会厅）……9
  - A 会场日程（多功能厅 1）……10
  - B 会场日程（多功能厅 2）……15
  - C 会场日程（多功能厅 3）……20
  - D 会场日程（贵宾厅）……25
- 会议报告摘要……30
  - 大会报告摘要……30
  - A 分会场报告摘要（A01-A54）……34
  - B 分会场报告摘要（B01-B54）……64
  - C 分会场报告摘要（C01-C54）……93
  - D 分会场报告摘要（D01-D55）……123
- 墙报展示……154

哈尔滨工业大学简介

2020 年 6 月 7 日，习近平总书记致信祝贺哈尔滨工业大学建校 100 周年。贺信指出，哈尔滨工业大学历史悠久。新中国成立以来，在党的领导下，学校扎根东北、爱国奉献、艰苦创业，打造了一大批国之重器，培养了一大批杰出人才，为党和人民作出了重要贡献。希望哈尔滨工业大学在新的起点上，坚持社会主义办学方向，紧扣立德树人根本任务，在教书育人、科研攻关等工作中，不断改革创新、奋发作为、追求卓越，努力为实现“两个一百年”奋斗目标和中华民族伟大复兴的中国梦作出新的更大贡献。在习近平总书记贺信精神的引领下，全体哈工大人正奋力开创中国特色、哈工大规格的世界一流大学前列跃升之路。

工程师的摇篮

哈工大隶属于工业和信息化部，学校住所地为黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街 92 号，同时在山东省威海市和广东省深圳市分别设有校区。学校始建于 1920 年，1951 年被确定为全国学习国外高等教育办学模式的两所样板大学之一，1954 年进入国家首批重点建设的 6 所高校行列，被誉为“工程师的摇篮”。学校于 1996 年进入国家“211 工程”首批重点建设高校，1999 年被确定为国家首批“985 工程”重点建设的 9 所大学之一，2000 年与同根同源的哈尔滨建筑大学合并组建新的哈工大，2017 年入选“双一流”建设 A 类高校名单，2022 年 8 个学科入选新一轮“双一流”建设名单。

学校始终坚持党的全面领导，坚持社会主义办学方向，模范执行党委领导下的校长负责制，坚持立德树人根本任务，坚持师德师风第一标准，形成了“政治引领、典型引路、品牌带动、校训育人”的党建和思想政治工作传统，于 1996 年、2001 年、2011 年、2021 年四次获评全国先进基层党组织，于 1984 年、2011 年、2016 年、2021 年、2026 年五次获评全国五四红旗团委，曾被授予全国五一劳动奖状、工业和信息化部“一提三优”工程特别优秀学校等荣誉称号，入选全国首批十所党建工作示范高校，相关工作经验先后在 2016 年全国高校思想政治工作会、2018 年全国组织工作会、2019 年全国部属高校党的建设和思想政治工作座谈会、2024 年全国组织部长会议上作交流发言。学校持续发挥党建双创示范高校、标杆院系、样板支部引领优势，不断完善“学校党委主导、学院党委主体、党支部主心骨、党员主人翁”的基层党建工作体系，建立完善“+支部”组织设置和“支部+”作用发挥创新模式、在全国形成示范引领，体系化、强纵深推进基层党建四项重点举措，高质量建设一批理论宣讲团和先进事迹报告团。2021 年刘永坦院士被授予“全国优秀共产党员”“时代楷模”荣誉称号。

规格严格，功夫到家

学校秉承“规格严格，功夫到家”的校训传统，形成了“厚基础、强实践、严过程、求创新”的人才培养特色，培养出了 131 位两院院士、178 位大学书记和校长、152 位省部级以上领导干部、55 位共和国将军、千余位航天国防总师，培养出了共和国勋章获得者、全国最美奋斗者、全国模范教师、全国五一劳动奖章获得者、全国先进工作者、全国最美教师、全国辅导员年度人物、全国大学生自强之星标兵、全国大学生年度人物等一大批先进典型，培养出了 40 余万优秀人才。近年来，学校确立学术大师、工程巨匠、业界领袖和治国栋梁新时代四类杰出人才培养目标，深化“五育并举”顶层设计，加速推进个性化拔尖创新人才培养方案落地。打造“顶尖创新人才班”“院士特色班”“优学班”等金字招牌，创新推出“战略班”“总师班”等一流载体。牵头成立的中国－上合组织博士生培养创新中心被纳入上海合作组织成员国元首理事会第二十五次会议成果清单，探索推行“创中学、学中创”科研全贯通培养、本科综合设计（论文）结课答辩申请制等引领性人才培养模式，获批全国首批未来技术学院、国家卓越工程师学院、创新创业学院、特色化示范性软件学院、课程思政教学研究示范中心。学生竞赛成绩在全国普通高校大学生竞赛榜

单（本科）中实现“六连冠”。高质量通过教育部本科教育教学审核评估，赢得“哈工大为新时代中国高等工程教育创新发展作出了示范引领”“提供了极具借鉴意义的完整方案与实施路径”等高度评价。

学校大力赓续弘扬“铭记责任、竭诚奉献的爱国精神；求真务实、崇尚科学的求是精神；海纳百川、协作攻关的团结精神；自强不息、开拓创新的奋进精神”的哈工大精神传统，坚持“稳、引、培、评”并举，坚持平台吸引人、事业发展人、待遇留住人、情感感化人，建成了一支享有哈工大“八百壮士”美誉的师资队伍。学校现有全职两院院士 25 人、外籍院士 1 人，入选国家级领军人才 472 人次、国家级青年人才 563 人次、国家级教学名师 18 人次。

学校秉持“强精优特”学科建设理念，超常布局急需学科和方向，完善质量、特色、贡献导向的监测评价体系，构建“优势工科引领带动、厚重理科基础夯实、生命医学纵深突破、人文社科特色发展、交叉学科创新驱动、一校三区协同建设”的学科分类分层布局，建强一流大学良好学科生态。学校拥有 9 个国家重点学科一级学科、6 个国家重点学科二级学科。在教育部第三轮学科评估中，学校有 10 个一级学科排名位居全国前五位，其中力学学科排名全国第一。在全国第四轮学科评估中，学校共有 17 个学科位列 A 类，学科优秀率（A 类学科占授权学科的比例）位列全国第六位，A 类学科数量位列全国第八位，工科 A 类数量位列全国第二位。

学校坚持与国家重大战略同频共振，形成了“立足航天、服务国防、长于工程”的优势特色，创立了中国高校第一个航天学院，发射了中国第一颗由高校牵头自主研制的小卫星，在中国首次实现了星地激光链路通信，诞生了中国第一台会下棋能说话的计算机、第一部新体制雷达、第一台弧焊机器人和点焊机器人、第一颗由高校学子自主设计研制管控的纳卫星，突破了世界最大口径射电望远镜的支撑结构系统关键技术、支持中国“天眼”成功“开眼”，研制成功的空间机械手在天宫二号上实现了国际首次人机协同在轨维修科学试验，研制成功的新一代磁聚焦型霍尔电推力器在国际上首次实现空间应用，在国际上首次实现了形状记忆聚合物太阳能电池结构的在轨可控展开。学校累计参与了探月工程等 14 个国家重大科技专项，系列关键技术支撑嫦娥五号完成我国首次地外天体采样返回任务、参研参试团队受到习近平总书记亲切接见，多学科助力嫦娥六号实现世界首次月球背面采样任务，一批硬核技术助力天问二号开启追星之旅，在国际上首次成功研制变构态悬架火星车、地形通过能力国际领先，系列关键技术助力“祝融号”实现火星表面巡视探测，高轨机械臂分系统完成 3 项“国际首次”，空间站实验舱机械臂圆满完成宇航员出舱等 70 余次在轨任务，累计成功发射卫星 38 颗、实践二十六号卫星核心指标实现跨越式提升，成功完成严重事故下“华龙一号”安全壳结构性能试验填补了国际试验空白。首次解析 T 细胞受体-共受体复合物结构、成为国际细胞适应性免疫研究领域的里程碑。牵头建设的东北地区首个、航天领域首个国家大科学工程“空间环境地面模拟装置”建成投用，关键指标全球领先，成为支撑我国开展重大前沿探索、重大空间活动的重器利器。学校荣获 2018 年度国家最高科学技术奖，2021 年以来新增牵头 11 项国家科学技术奖、数量位居全国高校前列，新增 3 个项目入选“中国高等学校十大科技进展”，党的十八大以来累计入选 11 项、独立完成数量居全国高校第一，数百项成果助力中国航天 70 载，曾获“中国载人航天工程突出贡献集体奖”等多个奖项。

面向新征程，哈工大将始终坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，以习近平总书记贺信精神为引领，深刻领悟“两个确立”的决定性意义，不断增强“四个意识”、坚定“四个自信”、做到“两个维护”，立足“两个大局”、牢记“国之大者”，大力弘扬以使命驱动、坚持真理、崇尚科学、追求卓越为主要内涵的新时代哈工大“尖兵”文化，锚定 2035 年进入世界一流大学前列战略目标，以遵循规律、解放思想，激情进取、追求卓越的“尖兵”行动，矢志打造新一批国之重器、培养新一批杰出人才，开创中国特色、哈工大规格的世界一流大学前列跃升之路，为服务支撑强国强军事业尽锐出战、再立新功，为基本实现社会主义现代化、为党和人民作出新的更大贡献。

哈尔滨工业大学材料科学与工程学院简介

哈尔滨工业大学材料科学与工程学院始建于 1952 年，是我国培养金属材料及热加工工艺领域高级专业人才的重要发源地，是全国首批博士学位授权点、全国首批博士后流动站、全国首批“双一流”建设重点学科。首轮双一流建设获评“成效显著”。

学院现有材料结构精密焊接与连接全国重点实验室、空间环境与物质作用全国重点实验室、精密热成形重点实验室、材料科学与工程国家级教学实验示范中心等 9 个国家级平台，以及先进结构功能一体化材料与绿色制造技术工业和信息化部重点实验室等一批省部级重点实验室，固定资产约 5.2 亿元，为学生创新实践能力培养提供了国际一流的平台。

学院现有教授（研究员）133 人、副教授（副研究员）65 人，其中中国工程院院士 6 人、国家级各类高端人才 85 人、博士生导师 169 人，建有国家创新研究群体 1 个、教育部和创新团队 4 个。材料科学与工程一级学科 2022 年评估排名名列前茅。2024 年哈工大材料学院获评全国教育系统先进集体，材料学学科 ESI 国际排名进入万分之一行列。2025 年，材料学科 ESI 排名稳居全球前万分之一，跃升至第 11 位；苑世剑教授当选中国工程院院士，校友陈小龙研究员当选中国科学院院士，学院培养的人才获评两院院士数量跃升至 23 位；获批国家级人才 20 人，学院科研经费再次实现突破达到 5.49 亿元，同期增长 38.29%。学院材料科学与工程、材料成型及控制工程、焊接技术与工程及材料物理四个本科专业均已入选国家一流本科专业，并均通过工程教育认证。另有增材制造工程、电子封装技术、光电信息材料与器件三个新工科专业。

学院不断强化“厚基础、强实践、严过程、求创新”的人才培养特色，在国内率先实现“本-硕-博”贯通式培养，每年招收本科生 300 余名、硕士生 300 余名、博士生 200 余名。在校学生每年在各类国家级科技竞赛获奖近百项，包括“挑战杯”特等奖、“国创赛”大赛金奖等一批标志性奖励。本科毕业生攻读研究生和出国留学比例约 70%以上，为新一代运载火箭、航天发动机、探月工程、探火工程、航天飞行器等国之重器研制，及航空、高铁、汽车、人工智能、新能源等国民经济支柱产业的发展输送了大批优秀人才。培养了一大批创新拔尖人才，如以 23 位两院院士为代表的学术大师、11 位省部级干部为代表的治国栋梁、以及多位上市公司董事长和航天总师为代表的业界精英与工程巨匠。

今天的材料学院，正以“真材实料、工艺精湛”的理念，向着世界前列的高水平材料学科迈进。未来，我们将持续助力学校四类杰出人才培养和国之重器打造，为国民经济建设和航天事业发展作出更大贡献。



学院设有 7 个本科专业

材料科学与工程
材料成型及控制工程
焊接技术与工程
增材制造工程
电子封装技术
光电信息材料与器件
材料物理

5 个博士/硕士点二级学科

材料学
材料加工工程
材料物理与化学
材料与器件空间环境效应科学与技术
光电信息科学与工程

设有材料科学与工程博士后流动站

会议简介

第十八次中国热电材料及应用学术会议将于 2026 年 9 月 20~23 日在哈尔滨万达文华酒店召开。本次会议主旨拟召集全国从事热电转换材料及器件应用的科研工作者，交流最新科研成果，讨论本领域国际研究前沿与热点。会议期间将召开中国材料研究学会热电材料及应用分会第四届第四次理事会会议。本次会议将评选终身成就奖、优秀青年科学家、优秀研究生、优秀报告和优秀墙报。

会议主题

会议主题包括但不限于：

1. 热电输运理论与新机制
2. AI+热电材料设计
3. 高性能热电材料及其制备与表征
4. 热电器件及系统的设计与开发
5. 柔性热电材料与器件设计
6. 热电效应与前沿交叉

组织机构

主办单位：中国材料研究学会热电材料及应用分会

承办单位：哈尔滨工业大学

协办单位：哈尔滨理工大学　大连理工大学　吉林大学　内蒙古大学

会议主席：

隋解和　张　倩　马红安　谭昌龙　康慧君　王　俊

会议学术委员会：

张清杰　陈立东　林元华　赵新兵　张文清　蔡克峰　赵文俞　唐新峰　李敬锋
史　迅　朱铁军　杨荣贵　何佳清　赵立东　裴艳中　周小元　肖　翀　刘玮书
王连军　邓　元　骆　军　赵怀周　杨君友　蒋　俊　陈光明　苗　蕾　张勤勇
梁子骐　葛炳辉　张波萍　陈　玲　陈少平　王淑芳　万春磊

会议组织委员会：

邰凯平　姜　鹏　王　超　苏贤礼　谭刚健　武海军　张骐昊　江彬彬　仇鹏飞
李　文　徐　骉　潘　瑜　毛　俊　刘紫航　刘睿恒　朱航天　帅　晶　魏天然
赵琨鹏　付晨光　常　诚　谢鸿耀　卢　旭　周重见　秦炳超　尹　力　张　潇
昂　然　韩　广　胡利鹏　罗裕波　吕冬翔　葛振华　杜　永　唐国栋　刘惠军
任广坤　王洪超　刘　勇　罗中箴　余　愿　周　敏　杨　炯　兰金叻　阚宗祥
高俊岭　张文涛　王愿兵　阮　炜　樊希安　刘锋铭　郭逢凯

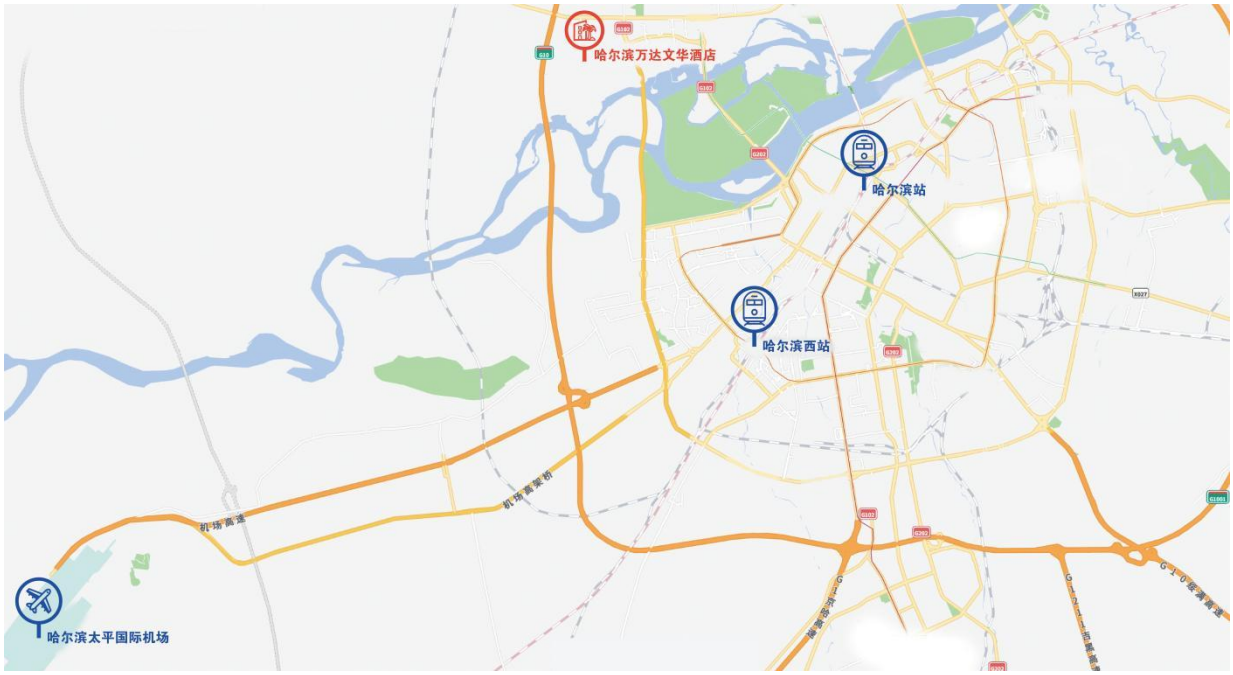
会议秘书：

郭逢凯　朱钰可　刘　明　郑　珊

鸣谢单位

企业名称
黑龙江凌芯科技有限公司
四川蓝丰科技有限公司
清砥量子科学仪器（北京）有限公司
北京柯锐欧科技有限公司
深圳市工视通智控技术有限公司
米开罗那（上海）工业智能科技股份有限公司
安徽凌光红外科技有限公司
南京博蕴通仪器科技有限公司
武汉众薪科技有限公司
湖北赛格瑞新能源科技有限公司
耐驰科学仪器（上海）有限公司
苏州浪声科学仪器有限公司
上海晨华科技股份有限公司
江西纳米克热电电子股份有限公司

交通方式



☛哈尔滨站→万达文华酒店

公交车：乘坐 43 路到万达文华酒店站下车，步行约 99 米到达。

【时长：约 1 小时，票价：2 元，运营时间：06:00-18:30】

出租车：路程约 19.8 公里，车程约 36 分钟，费用约 36 元 。

【运营时间：24 小时昼夜】

☛哈尔滨西站→万达文华酒店

公交车：乘坐地铁 3 号线内环到工农大街站（2 口），步行约 187 米工农大街(丽江路口)站乘坐新区 6 号线，万达文华酒店站下车，步行约 100 米。

【时长：约 51 分，票价：4 元，运营时间：06:00-18:30】

出租车：路程约 18 公里，车程约 25 分钟，费用约 38 元。

【运营时间：24 小时昼夜】

☛哈尔滨太平国际机场→万达文华酒店

机场巴士：乘坐机场巴士融创线至江北万达融创城站下车，转乘坐出租车约 10 元即到。

【路程约：40 公里，票价：22 元+10 元，机场巴士咨询热线：0451-88001886】

出租车：路程约 40 公里，车程约 45 分钟，费用约 110 元。

【运营时间：24 小时昼夜】

会务信息

会议时间

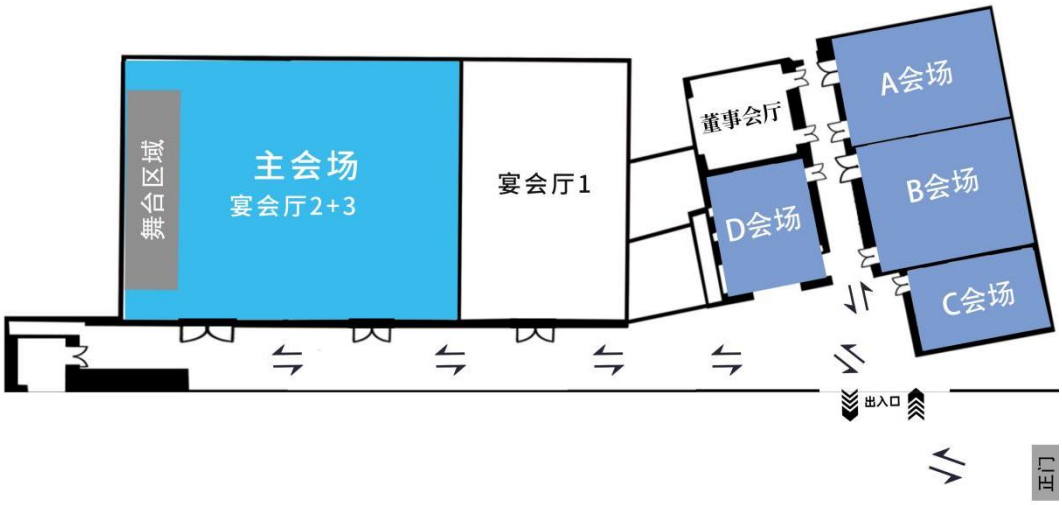
2026 年 9 月 20-23 日

会议注册

哈尔滨万达文华酒店一楼

会议地点

哈尔滨市松北区世茂大道 85 号哈尔滨万达文华酒店



一层会场平面图

会议用餐

用餐日期	用餐时间	用餐地点
9 月 20 日	17:30-21:00 自助晚餐	一层美食汇西餐厅
9 月 21 日	11:50-13:30 自助午餐	一层宴会厅 1 厅、美食汇西餐厅（详见餐券）
	17:30-19:30 自助晚餐	
9 月 22 日	11:50-13:30 自助午餐	
	19:00-22:00 晚　　宴	一层宴会厅

天气信息

9 月 20 日（星期日）	9 月 21 日（星期一）	9 月 22 日（星期二）	9 月 23 日（星期三）
			
阵雨 9~19℃ 西南风 3 级	晴 8~18℃ 西北风 3-4 级	多云 12~19℃ 东风 2 级	小雨 7~17℃ 西北风 3 级

联系方式

大会秘书：

郭逢凯　哈尔滨工业大学　邮箱：fkguo@hit.edu.cn　手机：18846120981

朱钰可　哈尔滨工业大学　邮箱：yuke@hit.edu.cn　手机：18628622415

刘　明　哈尔滨工业大学　邮箱：mingliu@hit.edu.cn　手机：15238681165

郑　珊　中国材料研究学会热电材料及应用分会　邮箱: zhengshan@mail.sic.ac.cn

会务工作人员：

负责项目	姓名	单位	邮箱	电话
会议企业参展赞助	朱钰可	哈尔滨工业大学	yuke@hit.edu.cn	18628622415
会议交通	刘　明	哈尔滨工业大学	mingliu@hit.edu.cn	15238681165
会议注册、缴费和住宿	朱建博	哈尔滨工业大学	jbzhu@hit.edu.cn	18845896901
	兰明迪	哈尔滨工业大学	lanmingdi0923@hit.edu.cn	17645058923

大会报告安排（宴会厅）

21 日，星期一，08:30-11:50（宴会厅）			
时间	编号	报告人	报告题目
主持人：隋解和（哈尔滨工业大学）			
21 日 08:30-09:00	开幕式		
主持人：张清杰（武汉理工大学）			
21 日 09:00-09:35	1	赵文俞 武汉理工大学	热电与磁介观尺度耦合效应与 新材料创制
21 日 09:35-10:10	2	史迅 中国科学院 上海硅酸盐研究所	塑性无机半导体及其热电性能
茶歇（10:10-10:20）			
21 日 10:20-10:40	颁奖，公布第五届理事会成员名单		
主持人：陈立东（中国科学院上海硅酸盐研究所）			
21 日 10:40-11:15	3	朱铁军 浙江大学	科学问题导向的新型热电材料研究
21 日 11:15-11:50	4	赵立东 北京航空航天大学	新型高效热电制冷材料
22 日，星期二，19:00-20:30（宴会厅）			
主持人：张倩（哈尔滨工业大学）			
22 日 19:00-20:30	颁奖&闭幕式&晚宴		

A 会场日程（多功能厅 1）

21 日，星期一，13:30-17:45（多功能厅 1）			
时间	**编号**	**报告人**	**报告题目**
主持人：赵文俞 罗中箴			
21 日 13:30-13:50	**A01**	**武海军 西安交通大学**	**点缺陷及序构调控电子功能材料**
21 日 13:50-14:10	**A02**	**葛振华 昆明理工大学**	**硫化物热电材料研究进展**
21 日 14:10-14:30	**A03**	**张宇 浙江大学温州研究院**	**基于液相法制备热电纳米晶体**
21 日 14:30-14:42	A04	王东洋 郑州大学	有效质量提升和双极化热导率抑制 协同优化 p 型 $SnBi_2Te_4$ 热电性能
21 日 14:42-14:54	A05	钱鑫 河北大学	原子尺度缺陷精细调控优化 PbSe 的近室温热电性能及制冷器件研究
21 日 14:54-15:06	A06	杨二阔 中国石油大学（北京）	$CuInTe_2$ 基热电材料多元素掺杂 与热电性能研究
21 日 15:06-15:18	A07	李永恒 北京中关村 人工智能研究院	化学无序引发的局部应力重分布抑制 $SrTiO_3$ 基高熵钙钛矿的热传输
21 日 15:18-15:30	A08	叶振强 深圳大学	二维异质结改性碳纳米管热电薄膜: 协同能量过滤与声子散射效应
茶歇（15:30-15:45）			
主持人：周小元 武海军			
21 日 15:45-16:05	**A09**	**罗中箴 福州大学**	**基于草方格构型设计新型高性能 快离子导体热电材料**

21 日 16:05-16:25	**A10**	**卢旭 重庆大学**	**热电材料中的载流子 输运行为调控与表征**
21 日 16:25-16:45	**A11**	**王洪超 山东大学**	**SnTe 热电材料中的 非谐性与声子输运调控**
21 日 16:45-16:57	A12	刘志愿 安徽工业大学	分级多维缺陷网络赋予$(Bi,Sb)_2Te_3$ 超低热导率和高热电优值
21 日 16:57-17:09	A13	孙兵 潍坊学院	SnTe/GeTe 共掺杂调控及 Bi-Sb-Te 基 柔性薄膜热电性能研究
21 日 17:09-17:21	A14	王乙涵 四川大学原子核 科学技术研究所	离子束注入调控 p 型与 n 型聚合物 热电性能研究
21 日 17:21-17:33	A15	傅赟天 日本东北大学	分段热电器件的高效设计与开发
21 日 17:33-17:45	A16	雷景丹 安阳师范学院	$Mg_3(Sb,Bi)_2$ 基热电材料的 结构调控与性能优化
21 日 17:45 自助晚餐			
22 日，星期二，08:30-11:48（多功能厅 1）			
时间	**编号**	**报告人**	**报告题目**
主持人：王连军 王洪超			
22 日 08:30-08:50	**A17**	**李国栋 中国科学院物理 研究所**	**低温热电制冷材料的关键物性测量 与器件研制**
22 日 08:50-09:10	**A18**	**秦炳超 北京航空航天大学**	**SnS 晶体的宽温域热电性能开发**
22 日 09:10-09:30	**A19**	**吴笛 陕西师范大学**	**$GeMnTe_2$ 体系中晶内限域 vdWs 面间隙 功能基元的构建**
22 日 09:30-09:42	A20	Abubakar Yakubu Haruna 清华大学	放电等离子烧结 Cu_2Se 的热电与力学 性能:预热保温时间的影响

22 日 09:42-09:54	A21	宋丽蓉 上海大学	链状 InTe 热电材料的各向异性输运机制及性能提升策略
22 日 09:54-10:06	A22	范鑫 牡丹江师范学院	高压调控提升正负电元素双填充 $CoSb_3$ 方钴矿的热电性能
茶歇（10:06-10:20）			
主持人：李国栋（中国科学院物理研究所） 葛振华			
22 日 10:20-10:40	**A23**	**苏贤礼 武汉理工大学**	**多场耦合下 MoS_2 中相变与取向极化及其热开关性能研究**
22 日 10:40-11:00	**A24**	**张家伟 中国科学院 上海硅酸盐研究所**	**先进微纳结构表征方法及其在无机热电/塑性材料中的应用**
22 日 11:00-11:12	A25	金阳 北京航空航天大学	$CuSbSe_2$ 在超高热电性能 GeTe 材料中的多重修饰作用
22 日 11:12-11:24	A26	聂晓蕾 武汉理工大学	铁磁性提升 BiTeSe 柔性热电磁纳米复合薄膜的热电性能
22 日 11:24-11:36	A27	蔡博文 西安石油大学	基于热挤压工艺的 N 型碲化铋基热电材料的废料回收及微器件验证
22 日 11:36-11:48	A28	刘诗莹 沈阳工业大学	旋涂共还原法制备 Bi_2Te_3 薄膜及其可调热电性能
22 日 11:48 自助午餐			
22 日，星期二，13:30-18:09（多功能厅 1）			
时间	**编号**	**报告人**	**报告题目**
主持人：苏贤礼 林嘉河			
22 日 13:30-13:50	**A29**	**林嘉河 浙江大学**	**纳米纤维素界面调控与热电解耦机制**

22 日 13:50-14:10	**A30**	**（临时取消）**	
22 日 14:10-14:30	**A31**	**石鑫 东南大学**	**Zintl 热电材料的新研究进展**
22 日 14:30-14:42	A32	陈紫煊 福州大学	Mo 在 PbS 基体中的多重作用实现 优异热电性能
22 日 14:42-14:54	A33	邓骞 昆明理工大学	n 型 PbSe 热电性能优化及器件研制
22 日 14:54-15:06	A34	董向阳 曲阜师范大学	高温高压对 Si 基热电材料微结构及 热电输运性能的协同调控
22 日 15:06-15:18	A35	程谨轩 哈尔滨工业大学（深圳）	协同界面设计助力实现 GeTe 多段模块高热 电转换效率
22 日 15:18-15:30	A36	罗官正 中核武汉核电运行 技术股份有限公司	具有 Pb 空位的高熵 $AgMnGePbSbTe_5$ 材料的 高热电性能
茶歇（15:30-15:45）			
学生快闪报告 主持人：吴笛 秦炳超 石鑫			
22 日 15:45-15:53	A37	杨启智 哈尔滨工业大学	La、Ce 掺杂协同优化 GeTe 热电性能
22 日 15:53-16:01	A38	程悦悦 同济大学	基于全散射 PDF 的热电材料力学与 声学性质预测
22 日 16:01-16:09	A39	李龙舟 武汉理工大学	脉冲电场与磁场作用下热电/磁热材料的服役 稳定性评估
22 日 16:09-16:17	A40	张惠 山东大学	Cu-Ti-Se 中动态压力诱导的相变与 浅势阱下的低晶格热导率
22 日 16:17-16:25	A41	文博 东北大学	复合碳纳米管改善 $Cu_{2-x}S$ 基热电材料的 热电性能
22 日 16:25-16:33	A42	陈天天 武汉理工大学	Fe 位 Co 掺杂 Fe_2VAl 全哈斯勒合金的 热电磁性能

22 日 16:33-16:41	A43	张健彬 中国科学院物理研究所	Bi-Sb 基磁热电制冷材料的掺杂调控与 无源永磁集成器件
22 日 16:41-16:49	A44	王琪琛 中国科学院金属研究所	碲化铋基热电材料变形机制与微观缺陷研究
22 日 16:49-16:57	A45	李海琦 香港大学	化学键工程实现高性能的离子键 半导体材料
22 日 16:57-17:05	A46	王凯 河南理工大学	钯基二硫属化物中基于 Jahn-Teller 效应 抑制的电子调控声子输运
22 日 17:05-17:13	A47	冯孝坤 太原科技大学	通过抑制电离杂质散射实现 n 型 立方 SnSe 多晶的高热电性能
22 日 17:13-17:21	A48	王宇轩 吉林大学	载流子浓度和孔隙率协同优化提高 $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ 合金热电性能
22 日 17:21-17:29	A49	庞春莹 上海大学	化学压力驱动的 LnNiSb(Ln=La-Lu)结构相变 与热输运性质:基于定制化机器学习原子间势 函数的研究
22 日 17:29-17:37	A50	余伟 长春理工大学	高压诱导 Ag-In-Se 基材料的结构相变及其 潜在热电性能研究
22 日 17:37-17:45	A51	杨迪 华中科技大学	温度敏感性相变体系热化电池反应熵的 分子动力学模拟预测
22 日 17:45-17:53	A52	陈振东 哈尔滨工业大学（深圳）	三维 Ag_2Se 热电网络促进多模态 智能感知
22 日 17:53-18:01	A53	刘畅 清华大学	自组装溶出纳米复合金属网络提升 钛酸锶基热电薄膜功率因子
22 日 18:01-18:09	A54	杨泽源 昆明理工大学	非常规掺杂实现 Bi_2S_2Se 化合物的 超高功率因子与优异热电性能
22 日 19:00 晚宴			

B 会场日程（多功能厅 2）

21 日，星期一，13:30-18:05（多功能厅 2）			
时间	**编号**	**报告人**	**报告题目**
主持人：史迅 毛俊			
21 日 13:30-13:50	**B01**	**唐国栋 南京理工大学**	**高效锡锗硫族热电材料与器件研究**
21 日 13:50-14:10	**B02**	**赵云山 南京师范大学**	**五边形构型二维材料声子热输运 与热电特性**
21 日 14:10-14:30	**B03**	**高杰 桂林电子科技大学**	**纳米尺寸银前驱体诱导 Ag_2Se 基块体材料中 纳米晶与微孔的形成以实现高热电性能**
21 日 14:30-14:42	B04	文熠 北京航空航天大学	IV-VI 族热电材料中的缺陷工程 与前沿表征
21 日 14:42-14:54	B05	石浩男 太原科技大学	N 型 SnSe 晶体面内热电输运性能调控
21 日 14:54-15:06	B06	谢红飞 江西铜业技术研究院 有限公司	稀散金属碲及碲化物功能材料研发: 面向热电及多场景应用
21 日 15:06-15:18	B07	王德壮 南京工业大学	缺陷工程调控碲化锗热电材料: p-n 转变与声电解耦
21 日 15:18-15:30	B08	周宇桢 重庆大学	强声子相干性驱动准低维材料中的 反常热输运行为
茶歇（15:30-15:45）			
主持人：裴艳中 唐国栋			
21 日 15:45-16:05	**B09**	**毛俊 哈尔滨工业大学（深圳）**	**Mg-Ag-Sb 材料非同素异构物相转变 机制解析及热电输运性质研究**

21 日 16:05-16:25	**B10**	**陈荣春 大连理工大学**	**高性能热电合金的局域结构解析及其电声输运机制研究**
21 日 16:25-16:45	**B11**	**桑夏晗 武汉理工大学**	**各向异性的 Bi_2Te_3 基纳米片晶粒生长竞争机制**
21 日 16:45-17:05	**B12**	**（临时取消）**	
21 日 17:05-17:17	B13	周志方 中南大学	基于自蔓延高温合成的原位复合策略：热电性能的协同优化
21 日 17:17-17:29	B14	李斗 西北工业大学	康铜合金深过冷快速凝固组织调控及热电性能优化
21 日 17:29-17:41	B15	朱思靖 广西大学	通过刚性支撑柔性互连的异质结构实现高可靠、高效制冷的柔性热电制冷器
21 日 17:41-17:53	B16	陆忠涛 武汉理工大学	硫族热电材料的微观塑性增强机制: 以 Ag_2Te 和 Cu_2Se 为例
21 日 17:53-18:05	B17	朱晨 徐州工程学院	基于 Peierls-Nabarro 应力调控的高性能 n 型 PbTe 热电材料
21 日 18:05 自助晚餐			
22 日，星期二，08:30-11:56（多功能厅 2）			
时间	**编号**	**报告人**	**报告题目**
主持人：肖翀 罗裕波			
22 日 08:30-08:50	**B18**	**谢鸿耀 北京航空航天大学**	**类金刚石结构热电材料**
22 日 08:50-09:10	**B19**	**刘伟迪 南京理工大学**	**结构缺陷设计开发高性能热电材料与器件**
22 日 09:10-09:30	**B20**	**瞿三寅 中国科学院 上海硅酸盐研究所**	**酞菁配合物的气相掺杂研究**

22 日 09:30-09:42	B21	张敏 深圳大学	$AgBiTe_2$ 合金化实现 n 型立方相 GeSe 基材料高热电性能
22 日 09:42-09:54	B22	刘伟 昆明理工大学	低热导三元 Pb-Bi-S 基热电材料的 可控制备和性能优化研究
22 日 09:54-10:06	B23	安德成 太原理工大学	多尺度核壳界面设计强化 SnTe 基材料的 热电性能
茶歇（10:06-10:20）			
主持人：蒋俊 谢鸿耀			
22 日 10:20-10:40	**B24**	**罗裕波 华中科技大学**	**功率器件热电制冷的连接界面设计**
22 日 10:40-11:00	**B25**	**和建刚 北京科技大学**	**基于化学键的热电材料设计与发现策略**
22 日 11:00-11:20	**B26**	**刘惠军 武汉大学**	**机器学习在材料科学中的应用： 方法论、电子带隙、晶格热导率**
22 日 11:20-11:32	B27	林思琪 上海电机学院	石墨烯调控层状 InSe 热电输运与 力学性能研究
22 日 11:32-11:44	B28	李静玉 东莞理工学院/散裂 中子源科学中心	中子全散射技术探究高熵硫属热电材料 结构性能构效关系
22 日 11:44-11:56	B29	奚晋扬 上海大学	TransOpt 3.0 重整化电输运方法发展及 在半哈斯勒化合物中的应用
22 日 11:56 自助午餐			
22 日，星期二，13:30-18:01（多功能厅 2）			
时间	**编号**	**报告人**	**报告题目**
主持人：仇鹏飞 李周			

22 日 13:30-13:50	**B30**	**李周 安徽大学**	**p 型 Mg_3Sb_2 基热电材料的缺陷调控与性能优化**
22 日 13:50-14:10	**B31**	**耿慧远 哈尔滨工业大学**	**镧系元素 f 态调控 Bi 改性 GeTe 掺杂路径与热电输运行为**
22 日 14:10-14:30	**B32**	**杨磊 四川大学**	**全光调制的热电突触及其感算应用**
22 日 14:30-14:42	B33	张鼎 南开大学	热电水凝胶结构定制设计与研究
22 日 14:42-14:54	B34	朱江龙 成都理工大学	GeTe 基热电材料多谷能带工程与多尺度晶格应变调控
22 日 14:54-15:06	B35	张子佩 厦门理工学院	$MgCl_2$ 诱导的多尺度缺陷与能带工程协同增强 $CuGaTe_2$ 热电性能
22 日 15:06-15:18	B36	张敏 曼彻斯特大学	SnS、SnSe 的π立方体的超低热导率与高热电优值
22 日 15:18-15:30	B37	杨鑫磊 浙江大学	用于可穿戴人体热能收集的高性能倒 U 形热电发电器
茶歇（15:30-15:45）			
学生快闪报告 主持人：赵云山 陈荣春 刘伟迪			
22 日 15:45-15:53	B38	殷煜 四川大学	Bi_2Te_3 基近室温热电材料缺陷工程与输运协同调控及器件应用
22 日 15:53-16:01	B39	徐海航 河北大学	多孔高锰硅材料的制备及热电性能优化研究
22 日 16:01-16:09	B40	杨孟祥 吉林大学	高温高压与高熵协同调控 SnTe 基材料电热输运
22 日 16:09-16:17	B41	李闻天 浙江大学	面向规模化生产的半赫斯勒热电材料粉体制备
22 日 16:17-16:25	B42	郭涛 北京科技大学	点缺陷（V_{Te} 与 Sb_{Te}）对 ALD 制备 Sb_2Te_3 薄膜热电性能的增强效应
22 日 16:25-16:33	B43	展榆翔 上海交通大学	纳米相干的化学涨落:实现塑性 AgCu(S,Se,Te) 的卓越热电性能

22 日 16:33-16:41	B44	王正沁 清华大学	二硫化钼复合提升 n 型 $Bi_2(Te,Se)_3$ 的 热电性能
22 日 16:41-16:49	B45	莫宇涛 武汉大学	n 型 $Mg_3(Sb,Bi)_2$ 基热电材料的空位缺陷调控及 热电性能优化研究
22 日 16:49-16:57	B46	李若琰 西北工业大学	超顺应性晶格提升 n 型 $AgSbTe_2$ 的 热电性能
22 日 16:57-17:05	B47	胡艺轩 北京航空航天大学	宽带隙高性能 SnS 多晶的热电性能开发
22 日 17:05-17:13	B48	藏武警 武汉理工大学	通过熔体旋甩-热挤压协同调控 n 型 Bi_2Te_3 基化合物热电性能与力学性能
22 日 17:13-17:21	B49	李泽 中国科学院 上海硅酸盐研究所	Bi_2Te_3 基无机热电材料的力学性能和 热电性能研究
22 日 17:21-17:29	B50	陈兴 电子科技大学（深圳） 高等研究院	面向体热收集的静电纺丝 SEBS 基 柔性薄膜热电器件构筑与热管理
22 日 17:29-17:37	B51	范佳馨 哈尔滨工程大学	分段式热电器件优化设计与性能分析
22 日 17:37-17:45	B52	贾倍权 南方科技大学	阳离子掺杂调控柔性硒化物基热电薄膜及 器件研究
22 日 17:45-17:53	B53	王晓雷 中国科学院电工研究所	热力学驱动原位晶界缺陷实现高性能 n 型 Bi_2Te_3 热电材料和器件
22 日 17:53-18:01	B54	葛浩然 武汉理工大学	孪晶结构最小化实现 n 型 Bi_2Te_3 薄膜的 超高热电功率因子
22 日 19:00 晚宴			

C 会场日程（多功能厅 3）

21 日，星期一，13:30-17:57（多功能厅 3）			
时间	**编号**	**报告人**	**报告题目**
主持人：李敬锋 昂然			
21 日 13:30-13:50	**C01**	**李国栋 武汉理工大学**	**热电材料力学行为研究方法及强韧化机制**
21 日 13:50-14:10	**C02**	**林悦 中国科学院福建物质结构研究所**	**面向高通量筛选的低维热电输运现象逻辑模型**
21 日 14:10-14:30	**C03**	**刘鹏飞 中国科学院高能物理研究所东莞研究部**	**中子散射技术及其在固态材料导热机理研究中的应用**
21 日 14:30-14:42	C04	郑云鹏 福州大学	分位熵解耦策略在 p 型镁基热电材料中实现性能突破(ZT>1.8)
21 日 14:42-14:54	C05	明洪蔚 闽都创新实验室	阴离子类孤对电子诱导极低晶格热导率
21 日 14:54-15:06	C06	高治强 中国科学院 上海硅酸盐研究所	无机半导体材料的温加工
21 日 15:06-15:18	C07	熊启红 重庆理工大学	CuIn(Ga)Te_2 基热电材料载流子输运行为调控与机制研究
21 日 15:18-15:30	C08	赵晨曦 中国科学技术大学	同步辐射光源角分辨光电子能谱探索 p 型 Bi_2Te_3 基固溶体的电子结构
茶歇（15:30-15:45）			
主持人：赵立东 李国栋（武汉理工大学）			
21 日 15:45-16:05	**C09**	**昂然 四川大学**	**热电输运调控与前沿交叉：材料、界面与器件**

21 日 16:05-16:25	**C10**	**王俊 内蒙古大学**	**热电效应赋能氧化物多功能材料的探索**
21 日 16:25-16:45	**C11**	**任清勇 散裂中子源科学中心**	**超离子热电材料中的压卡制冷效应**
21 日 16:45-16:57	C12	赵鹏 燕山大学	利用 spinodal 分解实现 $Mg_2(Si,Sn)$合金的高性能热电性能
21 日 16:57-17:09	C13	吴怡萱 同济大学	晶格调控与共合金化提升硫属化合物热电材料性能
21 日 17:09-17:21	C14	宋坤 南京工业大学	基于功率智能分配的环境自适应热电制冷系统
21 日 17:21-17:33	C15	王思宁 中国地质大学（北京）	$BiSbSe_3$ 热电材料的载流子输运调控与性能优化
21 日 17:33-17:45	C16	岳冬辉 牡丹江师范学院	高压调控:一种实现热电性能突破的新维度
21 日 17:45-17:57	C17	史晓伟 太原科技大学	热变形调控局域-全局结构实现高性能 $BiSbSe_3$ 热电材料
21 日 17:57 自助晚餐			
22 日，星期二，08:30-11:56（多功能厅 3）			
时间	**编号**	**报告人**	**报告题目**
主持人：刘玮书 王俊			
22 日 08:30-08:50	**C18**	**杨炯 上海大学**	**AI 赋能下的热电材料研究**
22 日 08:50-09:10	**C19**	**韩屾 浙江大学**	**可解释性机器学习揭示高性能半赫斯勒热电材料的成分设计原则**
22 日 09:10-09:30	**C20**	**叶财超 南方科技大学**	**基于物性场的机器学习势函数构建及其在能量转换材料的应用模拟**
22 日 09:30-09:42	C21	宿力中 太原科技大学	N 型 SnSe 晶体热电材料研究进展

22 日 09:42-09:54	C22	张益欣 昆明理工大学	一步构筑多尺度缺陷协同调控硫化亚铜热电性能
22 日 09:54-10:06	C23	戴胜男 上海大学	电声耦合在晶格热输运中的多层次调控机制
茶歇（10:06-10:20）			
主持人：任清勇 潘瑜			
22 日 10:20-10:40	**C24**	**刘玮书 南方科技大学**	**边界决定的热电材料品质因子**
22 日 10:40-11:00	**C25**	**潘瑜 重庆大学**	**费米面几何相关的声子曳引效应解耦纵向和横向热电性能**
22 日 11:00-11:20	**C26**	**徐子富 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所**	**空间热耦合机制下的无磁横向热电转换**
22 日 11:20-11:32	C27	刘卓鑫 深圳大学	热电池的电解质调控策略探索
22 日 11:32-11:44	C28	郭文斌 江西铜业技术研究院有限公司	面向热电材料与器件应用的稀散金属新材料研发进展
22 日 11:44-11:56	C29	计嘉琳 嘉兴大学	基于团簇振动的超低晶格热导率研究
22 日 11:56 自助午餐			
22 日，星期二，13:30-18:08（多功能厅 3）			
时间	**编号**	**报告人**	**报告题目**
主持人：杨炯 陈志炜			
22 日 13:30-13:50	**C30**	**陈光明 深圳大学**	**基于有机/无机复合热电材料的应用场景研究**

22 日 13:50-14:10	**C31**	**陈志炜 同济大学**	**电子熵梯度实现非互易性热电制冷以 增强制冷性能**
22 日 14:10-14:30	**C32**	**冯涛 南方科技大学**	**局域轨道与多体涨落驱动的非常规 热电输运研究**
22 日 14:30-14:42	C33	王戊 深圳技术大学	热电材料元素占位与局域化学波动的 原子级测定与调控
22 日 14:42-14:54	C34	胡金锁 香港大学	High-entropy-driven High-performance Thermoelectric Zintl Compounds
22 日 14:54-15:06	C35	马妮 中国科学技术大学	低热导热电材料创制与声子输运研究
22 日 15:06-15:18	C36	王向东 嘉兴大学	功能材料的逆向设计:以热电材料为例
22 日 15:18-15:30	C37	吴春露 深圳大学	Cu/Cl 共掺杂诱导相变和低热导率提升 n 型 $SnSe_2$ 的热电性能
22 日 15:30-15:42	C38	王潇漾 广西大学	热电协同光热催化效应
茶歇（15:42-16:00）			
学生快闪报告 主持人：潘瑜 徐子富 韩岫			
22 日 16:00-16:08	C39	王伊 中国科学院物理研究所	基于“反应-扩散”动力学的 n 型 $Mg_3(Sb,Bi)_2$ 镁空位精准修复 及高效发电/制冷器件研究
22 日 16:08-16:16	C40	陈洧瀚 南方科技大学	磁性功能基元序构调控 $TiFe_{0.7}Ni_{0.3+x}Sb$ 非常规热电输运研究
22 日 16:16-16:24	C41	廖承运 武汉理工大学	多面体单元诱导的分级键合与四能谷 能带结构优化 $Ag_{0.5}CdBi_{4.5}Se_8$ 热电性能
22 日 16:24-16:32	C42	钱娜 北京科技大学	Bi-Sb-Te 基二维高斯缓变结热电晶体管的 发电建模与性能优化
22 日 16:32-16:40	C43	臧子政 浙江大学	稀土基半赫斯勒化合物的可控合成与 热电性质
22 日 16:40-16:48	C44	曹海琼 广西大学	基于镁掺杂的 ZnSb 和 Zn_4Sb_3 两相调控与 热电性能优化

22 日 16:48-16:56	C45	强宇 中国科学院电工研究所	协同淬火-球磨策略制备高性能 室温稳定立方相 $Ge_{0.89}Sb_{0.11}Te$
22 日 16:56-17:04	C46	杜雅倩 内蒙古大学	钛酸锶基功能陶瓷的载流子输运与 跨频电磁能量调控
22 日 17:04-17:12	C47	冷秋雪 哈尔滨理工大学	仿生石榴结构相变材料: 兼具高导热与防泄漏性能
22 日 17:12-17:20	C48	李松 南京理工大学	协同优化 GeTe 基材料的热电性能及 机械性能
22 日 17:20-17:28	C49	于海东 吉林大学	高能球磨与高温高压协同调控 $SrTiO_3$ 基氧化物 热电输运
22 日 17:28-17:36	C50	黄嘉伟 深圳大学	功函数适配的纳米异质界面增强 n 型 立方 $AgBiSe_2$ 热电性能
22 日 17:36-17:44	C51	谢承昊 武汉理工大学	具有广泛阳离子偏心效应的 $Ag_{1.75}InSb_{5.75}Se_{11}$ 基 热电材料
22 日 17:44-17:52	C52	何开越 浙江大学	缺陷计算指导的稀土基半赫斯勒化合物 LuNiSb 性能优化
22 日 17:52-18:00	C53	陈尚豪 哈尔滨工业大学（深圳）	面向高可靠高性能 Bi_2Te_3 基热电发电器件的 近平衡界面工程
22 日 18:00-18:08	C54	王哲 东北大学	一种基于面内热电薄膜器件的光伏余热协同 利用增效发电系统
22 日 19:00 晚宴			

D 会场日程（贵宾厅）

21 日，星期一，13:30-18:00（贵宾厅）			
时间	**编号**	**报告人**	**报告题目**
主持人：朱铁军 魏天然			
21 日 13:30-13:50	**D01**	**魏天然 上海交通大学**	**热电晶体的“一维塑性”**
21 日 13:50-14:10	**D02**	**任广坤 中国工程物理研究院**	**面向狭窄空间应用的柔性热电器件研究进展**
21 日 14:10-14:30	**D03**	**逯瑶 南方科技大学**	**硫属化合物基晶态/非晶态复合薄膜 构筑与可穿戴器件集成**
21 日 14:30-14:42	D04	杨淑幻 南方科技大学	β-Ag_2Se 热电晶体的室温塑性研究
21 日 14:42-14:54	D05	汪越楚 浙江大学	Ag_3CuS_2 基无机半导体的宏观大拉伸变形
21 日 14:54-15:06	D06	丁文俊 江西科技师范大学	塑性无机热电材料柔性化的普适性策略
21 日 15:06-15:18	D07	商红静 中国科学院电工研究所	硒化银柔性热电膜材料及发电器件
21 日 15:18-15:30	D08	侯帅航 河北大学	Ag_2Se 基柔性热电薄膜与光热电耦合 器件研究
21 日 15:30-15:42	D09	熊金华 江西科技师范大学	柔性光热电薄膜的宽光谱响应设计与 性能调控
茶歇（15:42-16:00）			
主持人：张倩 张骐昊			
21 日 16:00-16:20	**D10**	**姜庆辉 武汉纺织大学**	**三维碳基 Bi_2Te_3/Sb_2Te_3 热电网络: 电磁波吸收与电磁–热–电耦合转换**

21 日 16:20-16:40	**D11**	**张骐昊 东华大学**	**近室温热电材料与器件**
21 日 16:40-17:00	**D12**	**周毅 东南大学**	**基于传输线模型的金属-半导体界面 接触电阻率量测**
21 日 17:00-17:12	D13	冯骁斌 武汉理工大学	碲化物热电半导体微纳结构调控与 强韧机理研究
21 日 17:12-17:24	D14	杨啸 中科南京未来能源 系统研究院	低维材料热电性能表征及其热电耦合 效应研究
21 日 17:24-17:36	D15	（临时取消）	
21 日 17:36-17:48	D16	张忠玮 广西大学	GeTe 基热电材料中浅杂质能级与 多尺度缺陷工程的协同优化
21 日 17:48-18:00	D17	徐桂英 北京科技大学	热电晶体管器件的研究进展
21 日 18:00 自助晚餐			
22 日，星期二，8:30-11:56（贵宾厅）			
时间	**编号**	**报告人**	**报告题目**
主持人：康慧君 王瑶			
22 日 08:30-08:50	**D18**	**杜永 上海应用技术大学**	**溶液 3D 打印技术制备柔性聚合物基 复合热电材料及器件**
22 日 08:50-09:10	**D19**	**王瑶 北京航空航天大学**	**面向可穿戴热能利用的可拉伸热电器件设计 及在 VR 触觉反馈中应用**
22 日 09:10-09:30	**D20**	**许声多 香港理工大学**	**基于界面结合强化的高性能 3D 打印 热电材料与器件**
22 日 09:30-09:42	D21	左武升 绍兴大学	界面工程与结构设计协同构筑高效稳定 镁基热电器件
22 日 09:42-09:54	D22	王亚龙 郑州大学	热敏结晶增强型热电水凝胶的制备及 传感性能研究

22 日 09:54-10:06	D23	梁丽荣 深圳大学	复合热电材料及其柔性器件
茶歇（10:06-10:20）			
主持人：杜永 张坤			
22 日 10:20-10:40	**D24**	**韩广 重庆大学**	**金属硫族化合物自支撑薄带的无塑性变形制备及柔性热电器件**
22 日 10:40-11:00	**D25**	**张坤 东华大学**	**面向温差发电和人体热管理应用的热电织物热学重构设计**
22 日 11:00-11:20	**D26**	**宗鹏安 南京工业大学**	**柔性热电传感器件的多功能集成与应用研究**
22 日 11:20-11:32	D27	王玉鹏 南方科技大学	非稳态热电循环热调节模式的材料优化、器件验证与系统应用
22 日 11:32-11:44	D28	孟秋风 上海应用技术大学	柔性硒化银/海藻酸钠复合热电薄膜的制备
22 日 11:44-11:56	D29	侯悦 武汉大学	柔性热电器件的双螺旋-剪纸矩阵结构设计及其在多模态交互中的应用
22 日 11:56 自助午餐			
22 日，星期二，13:30-18:16（贵宾厅）			
时间	**编号**	**报告人**	**报告题目**
主持人：韩广 魏平			
22 日 13:30-13:50	**D30**	**魏平 武汉理工大学**	**面向大功率制冷的热电器件与系统设计**
22 日 13:50-14:10	**D31**	**罗丁 长安大学**	**热电应用系统的多场耦合建模理论与强化传热设计**
22 日 14:10-14:30	**D32**	**杨东旺 武汉理工大学**	**热电装置冷端协同散热强化及多场景应用**

22 日 14:30-14:42	D33	朱康 中山大学	考虑材料性质温度依赖的热电制冷 器件性能计算模型
22 日 14:42-14:54	D34	曹丽莉 北京信息科技大学	用于高功率芯片散热的 MC-TEC 组合器件 制冷特性研究
22 日 14:54-15:06	D35	祝薇 北京航空航天大学	机器学习驱动的微型热电制冷器 逆向设计研究
22 日 15:06-15:18	D36	孙传耀 中国科学院 上海硅酸盐研究所	基于无机塑性热电材料的可穿戴刀片式 热电器件
22 日 15:18-15:30	D37	杜春雨 深圳大学	复合热电材料与智能器件
22 日 15:30-15:42	D38	齐思云 山东师范大学	各向异性材料中的晶向极性与 横向热电调控
茶歇（15:42-16:00）			
学生快闪报告 主持人：任广坤 逯瑶 许声多			
22 日 16:00-16:08	D39	谢天 重庆大学	Kagome 金属 $SmTi_3Bi_4$ 的反常输运研究
22 日 16:08-16:16	D40	袁祎凡 上海交通大学	利用相变滞后效应提升无机塑性半导体 $Ag_2(S,Se,Te)$的热电性能
22 日 16:16-16:24	D41	李梦玮 内蒙古科技大学	不同串联规模热电发电系统输出特性与 负载匹配实验研究
22 日 16:24-16:32	D42	费晓宇 曲阜师范大学	温度对 SnTe 基器件中热电界面材料筛选的影响
22 日 16:32-16:40	D43	朱家欢 深圳大学	局部范德华间隙工程实现高性能 n 型碲化铋基热电材料
22 日 16:40-16:48	D44	张一鸣 昆明理工大学	硫化铜基热电材料铜离子长程迁移 抑制方法研究
22 日 16:48-16:56	D45	张贵斌 内蒙古大学	功能氧化物中光生激发态及其能量转换的 调控机制
22 日 16:56-17:04	D46	闵二标 中国科学院 深圳先进技术研究院	光模块/CPO 控温用微型热电器件发展与 关键工艺开发

22 日 17:04-17:12	D47	张天宇 哈尔滨工业大学（深圳）	Mg_3Bi_2 单晶中显著的面内塑性各向异性
22 日 17:12-17:20	D48	刘镇汉 中国科学院 上海硅酸盐研究所	准一维 $M_2X_3Se_8$ 热电纳米线各向异性 生长及热-电-力性能研究
22 日 17:20-17:28	D49	赵新皓 四川大学	后硒化法制备柔性硒化银基力-热 双模态传感器
22 日 17:28-17:36	D50	姚明富 东北大学	SiC 纳米线复合引入的能量过滤与择优取向 实现 p 型 SnSe 的热电与力学性能协同优化
22 日 17:36-17:44	D51	王震 河南大学	基于填充多面体规则的新型高性能三元热电 材料的理性设计
22 日 17:44-17:52	D52	吴梦悦 西北工业大学	氧惰性晶界实现钠掺杂 PbTe 高热电 性能与湿度稳定性协同优化
22 日 17:52-18:00	D53	李昌源 同济大学	I-V-VI2 族热电材料的局域原子结构及其 II-低晶格热导率
22 日 18:00-18:08	D54	马宝鹏 哈尔滨工业大学（深圳）	构建局域 Zn 空位提升 Zintl 相 $EuZn_2Sb_2$ 的 热电效率
22 日 18:08-18:16	D55	任童威 中国科学院 上海硅酸盐研究所	兼具优异热电性能与机械强度的 三元柔性热电复合薄膜
22 日 19:00 晚宴			

会议报告摘要

大会报告摘要

热电与磁介观尺度耦合效应与新材料创制

赵文俞

武汉理工大学材料复合新技术全国重点实验室

热电材料的电子输运和声子输运协同调控和热电性能大幅提升是热电材料科学领域的国际前沿科技难题。武汉理工大学热电磁材料与器件研究团队聚焦国际热电材料领域的前沿科技难题，创造性提出在热电材料中掺入磁性纳米粒子，实现热电与磁介观尺度耦合，建立纳米尺度微磁场，产生载流子磁性散射和声子界面散射，在纳米尺度上协同调控电子/声子输运性能。通过近 20 年的长期探索，取得了重要进展：发现了纳米磁性相超顺磁性诱发载流子多重散射效应、铁磁-顺磁转变诱发电子库效应和载流子自旋极化诱发双电阻输运效应等 3 种热电与磁介观尺度耦合效应；显著提升了热电性能，建立了磁增强热电性能新方法，创制了低温和中温两类 8 种磁增强热电新材料，开创了磁增强热电新材料与应用研究新方向。



简介：赵文俞，武汉理工大学首席教授，材料复合新技术全国重点实验室二级教授，中国材料学会热电材料及应用分会副理事长，国务院政府特殊津贴专家，中组部万人计划科技创新领军人才，科技部创新人才推进计划重点领域创新团队负责人，国家基金委重大项目负责人。长期从热电材料、热电磁材料与器件、红外辐射材料，以及基于这些能源转换材料的超静音热管理、全固态制冷、双向控温、辐射散热等应用的基础研究，开发出国际首台热电/磁卡复合制冷原型系统和最大功率磁增强热电制冷示范系统。第一完成人先后获2023年度国家自然科学二等奖和2022年度湖北省自然科学一等奖。相关成果在 Nature 等期刊发表论文 200 余篇，申请发明专利 20 余件。

塑性无机半导体及其热电性能

史迅

中国科学院上海硅酸盐研究所

金属材料具有塑性以及金属导电特性；无机非金属材料一般呈现本征脆性以及宽范围内可调的电学性能，在电子信息等领域具有广泛的应用。近年来，柔性电子等新兴领域的兴起迫切需要材料同时具有金属的优良力学特性以及无机非金属的可控电学特性，即将金属与非金属的优点集于一体的塑性无机非金属材料，满足多种场合和领域的应用。本报告将介绍无机塑性材料的探索与开发，重点探讨无机塑性材料的力学特性、热电性能以及柔性热电器件的研究。



简介：史迅，研究员，现任中国科学院上海硅酸盐研究所副所长、关键陶瓷材料全国重点实验室主任。2000 年清华大学材料学院获得学士学位；2005 年中国科学院上海硅酸盐研究所获得工学博士学位； 2005 年 11 月加入美国密歇根大学物理系从事博士后研究；2007 年 10 月加入美国通用汽车公司研发中心；2010 年 4 月回到中国科学院上海硅酸盐研究所。主要从事热电材料和塑性无机非金属材料的研究。发表 Science、Nat. Mater.、Nat. Commun.、Adv. Mater.、Joule 等期刊论文 370 余篇。获国家自然科学基金委杰出青年科学基金、优秀青年基金资助；入选国家万人计划领军人才。获国家自然科学二等奖（排名第 3）、上海市自然科学一等奖 2 次（排名第 1 和第 3）、中国科学院杰出科技成就奖、中国科学院青年科学家奖、中国科学院青年科学家国际合作奖、国际热电学会 Young Investigator Award 等奖励，以及国务院特殊津贴。担任中国材料研究学会理事、热电材料及应用分会副主任、上海市硅酸盐学会常务理事、《无机材料学报》主编等。

科学问题导向的新型热电材料研究

朱铁军

浙江大学

本报告以半赫斯勒（HH）热电材料的设计优化为例，探讨科学问题导向的新型热电材料研究，围绕快速制备、本征缺陷、性能优化及新材料开发等关键问题展开系统研究。采用悬浮熔炼技术解决传统工艺成分不均、退火时间长的问题，实现公斤级单相 HH 材料的快速宏量制备。针对长期存在的本征缺陷争议，通过结合同步辐射 X 射线、电子叠层成像与蒙特卡洛模拟等手段，揭示 ZrNiSn 中缺陷为“填充层错+空位交换占据”的面缺陷，并发现 Fe/Co/Ni 基 HH 中原子占位演变及其对电声输运的调控机制。针对 P 型材料匮乏，开发 NbFeSb 重带体系，峰值 zT 达 1.5；同时发现名义 19 电子的 NbCoSb 实为阳离子缺位化合物，其空位序可在长程与短程序间可逆转变，显著改变有效质量、载流子浓度和磁性，提供新调控自由度。针对传统 HH 高晶格热导率，开发稀土基 HH 体系，阐明其低热导率源于亚晶格软化、弱成键和强非谐性，多个体系 $zT > 1.0$。本工作为 HH 缺陷物理、输运机制与性能优化提供新见解，未来结合可解释机器学习、缺陷工程和声子调控，有望发现更多新型热电材料。



简介：朱铁军，浙江大学求是特聘教授，国家杰出青年科学基金获得者，国家“万人计划”科技创新领军人才。主要从事热电半导体材料与器件、塑性无机半导体等方面的研究。曾主持国家重点研究计划项目、国家自然科学基金重点项目等；近年来在 Science, Nature Materials, Nature Physics, Adv. Mater.等国际刊物上发表学术论文 200 余篇，他引 24000 余次。获中国授权发明专利 20 项，国际发明专利 4 项。在国内外学术会议上做特邀报告 50 余次。获浙江省自然科学一等奖、教育部高等学校自然科学二等奖。目前是国际热电学会 Board Member，中国材料研究学会热电材料与应用分会副主任委员，The Innovation Materials, Mater. Today Electr.，无机材料学报等期刊副主编。

新型高效热电制冷材料

赵立东

北京航空航天大学

热电制冷技术是一种利用半导体材料的帕尔帖效应直接将电能转换为热能的制冷技术，热电制冷技术由于其控温精准、尺寸灵活、结构多样和局部冷却等众多优势，在微电子、传感器、5G 光模块和激光武器等关键领域具有很强的竞争优势和应用潜力。目前，碲化铋（Bi_2Te_3）基材料仍为唯一的可广泛应用的热电制冷材料，然而 Te 元素的地壳稀缺程度等同于白金（光伏材料 CdTe 将抢走一半市场份额），且 Bi_2Te_3 及热电制冷器件存在可加工性能差、制冷性能不足和运行功耗过高等问题。因此，材料研究是当前热电制冷技术的核心问题，探索和开发新型热电制冷材料及器件至关重要。研究发现基于宽带隙原则开发的 SnSe 热电材料体现出高非谐振效应、复杂能带结构、三维电荷/二维声子等热电特性，具有比 Bi_2Te_3 更优异的近室温热电性能。通过提出“栅格化”策略，调控 SnSe 晶体中的本征缺陷，改善载流子迁移率，进一步优化了 SnSe 室温热电性能，实现高效率电子制冷。



简介：赵立东，北航材料学院院长、教授、博士生导师，国家级领军人才，材料智能设计国家级重点实验室副主任，国务院学位委员会学科评议组成员。分别提出了筛选新型高效温差发电/热电制冷材料的新思路，研究成果有力保障了多个关键核心领域的系统温控。编著的《新型热电材料研究丛书》获国家出版基金，并入选“十四五”国家重点出版物出版规划。发表了包括 2 篇 Nature 和 14 篇 Science 在内的学术论文 400 余篇，被引用近 6 万次。主持国家重点研发计划、中国载人航天工程空间应用系统项目、国家杰出青年基金项目及延续等。曾获教育部 CJ 学者奖励计划特聘教授及续聘、全国归侨侨眷先进个人、何梁何利科技创新奖、科学探索奖等。作为第一完成人获国家自然科学奖二等奖 1 项、教育部自然科学奖一等奖 1 项、中国材料学会科学技术奖一等奖 1 项。

A 分会场报告摘要（A01-A54）

A01　武海军

交流类型：邀请报告

点缺陷及序构调控电子功能材料

武海军

西安交通大学

高效电子功能材料在国家重大战略领域具有广泛的应用潜力，以航空/航天/航海领域为例，深空探测器中放射性同位素温差发电、发动机燃气轮机高温区温度、应变、热流等参数准确测试，以及深海探测中的声波检测等。汇报人围绕这些国家战略需求，长期从事可实现力↔电↔热环境感知和能量转换的铁电/压电和热电材料的结构设计、机理分析及性能调控。这些材料的序参量往往具有长程属性，这导致材料对外场的静态响应（例如极化强度）优异但是动态响应（例如压电系数 d_{33}）往往不佳。汇报人基于点缺陷及序构设计，调控序参量短程有序化，实现电子功能材料高性能化/新型化；通过点缺陷调控材料的相结构，实现短程有序，研发出一系列兼具高性能和宽温域的铁电压电材料；通过点缺陷调控电声输运特性，实现长程电传输+短程热传输，研发出一系列兼具高性能和耐温性的热电材料。

A02　葛振华

交流类型：邀请报告

硫化物热电材料研究进展

葛振华

昆明理工大学

热电材料能够实现电能和热能的相互转化，在热电发电和制冷方面有广泛的应用前景。特别是在 5G 芯片制冷和外太阳系深空探测电力供应方面具有不可替代性。目前商业化的高性能热电材料多为 Te 基的热电材料，Te 的稀缺性和毒性限制了热电材料在民用领域的发展。硫化物热电材料具有原料来源广泛，低价，低毒的优点。但是硫化物热电材料的 ZT 值不高仍是亟待解决的问题。本课题组多年来，聚焦硫化铜和硫化铋两类热电材料开展性能增强研究。针对硫化铜基热电材料，提出了准多形态相调控策略，一锅法策略和基于天然矿石的仿生优化策略，针对硫化铋基热电材料提出了基于纳米结构的微观结构设计，卤族酸掺杂策略和基于固相置换反应的多孔结构设计等策略，提升了热电性能和稳定性并协同增强了力学性能，使得硫化物热电材料成为碲化物热电材料的潜在替代材料。

A03　张宇

交流类型：邀请报告

基于液相法制备热电纳米晶体

张宇[1]、朱铁军[2]

1. 浙江大学温州研究院　2. 浙江大学

Solid-state thermoelectric devices enable bidirectional conversion between heat and electricity, yet their large-scale application is limited by high manufacturing costs and low energy conversion efficiency of existing thermoelectric materials and modules. High-performance thermoelectric materials are therefore urgently required to address these bottlenecks. Nanostructuring optimizes thermoelectric performance via multiple mechanisms: embedded nanoregions boost electrical conductivity by regulating carrier concentration without severely degrading mobility; abundant grain boundaries suppress lattice thermal conductivity through phonon scattering; nanocrystalline domains also elevate the Seebeck coefficient by tuning electronic density of states and carrier scattering, which rely on precisely controlled nanocomposites. This work will summarize state-of-the-art solution-based nanoparticle technologies for thermoelectrics.

A04　王东洋

交流类型：口头报告

有效质量提升和双极化热导率抑制协同优化 p 型 $SnBi_2Te_4$ 热电性能

王东洋

郑州大学

七原子层结构的 AB_2X_4 化合物具有复杂的层状晶体结构和较低的本征晶格热导率，是一类具有发展潜力的新型热电材料。然而，载流子输运参数不匹配以及高温双极扩散效应显著，制约了其热电性能的进一步提升。本报告围绕 p 型 $SnBi_2Te_4$，介绍通过载流子调控、能带优化与点缺陷声子散射协同改善热电性能的研究进展。采用 Sb、Se 分步固溶策略，协同调节载流子输运、增大载流子有效质量和带隙，从而抑制双极扩散热导率；同时，固溶引起的质量涨落和应变场涨落进一步增强点缺陷声子散射，降低晶格热导率。最终，$SnBi_{1.2}Sb_{0.8}Te_{3.2}Se_{0.8}$ 在 473 K 获得约 0.56 的峰值 ZT，并在 300–673 K 温区实现约 0.47 的平均 ZT，分别达到本征 $SnBi_2Te_4$ 的约 12 倍和 14 倍。协同调控电子结构、载流子浓度、双极扩散和宽频声子散射，是优化七原子层 AB_2X_4 化合物热电性能的有效途径。

A05　钱鑫

交流类型：口头报告

原子尺度缺陷精细调控优化 PbSe 的近室温热电性能及制冷器件研究

钱鑫、李宗健、王淑芳

河北大学

PbSe 是一种传统的热电材料，长期以来，研究人员一直采用元素重掺杂策略，通过优化载流子浓度提高其中高温区热电性能。然而，过高的载流子浓度不仅会降低载流子迁移率和塞贝克系数，还会提升电子热导率，严重恶化其近室温热电性能。由于熔融法制备的 PbSe 会产生大量的本征 Pb 空位，这些空位会对 n 型载流子进行强烈的散射，降低载流子迁移率。想要优化其近室温热电性能，需要采用元素微量掺杂精细调控原子尺度缺陷，在保持较低载流子浓度的条件下，通过晶格素化、能带结构修饰等策略协同调控其热电参数。本研究首先在 Se 位固溶 S 元素，成功制备了具有较低热导率的 n 型 $PbSe_{0.7}S_{0.3}$ 化合物。在此基础上，通过在 Pb 位掺杂微量的 In 元素，协同优化了 $PbSe_{0.7}S_{0.3}$ 的载流子浓度和载流子迁移率。进一步引入额外的 Zn 原子，不仅调控了能带结构，显著提高了塞贝克系数和功率因子，同时产生的间隙原子等点缺陷增强了声子散射，降低了晶格热导率。最终，$Pb_{0.9996}In_{0.0004}Se_{0.7}S_{0.3}$ + 0.2% Zn 样品的室温功率因子提升至 25 μW cm^{-1} K^{-2}，室温 zT 值达到了 0.55。以该样品为 n 型材料，搭配商用 p 型 Bi_2Te_3 制备的热电制冷器件，当热端温度为 303 K 与 343 K 时最大制冷温差分别为 36 K 与 48 K。

A06　杨二阔

交流类型：口头报告

$CuInTe_2$ 基热电材料多元素掺杂与热电性能研究

杨二阔

中国石油大学（北京）克拉玛依校区

$CuInTe_2$ 化合物因其较高的 Seebeck 系数、环保的组成成分以及优异的热稳定性，成为一种极具潜力的中温高性能 P 型热电材料，受到了越来越多研究者的关注。然而，其相对较低的电导率和较高的热导率导致热电性能欠佳，难以与其他中温 N 型热电材料构建高效的热电器件。本文采用 In 位掺杂的方法，有效避免了 Cu 位缺陷导致的迁移率下降，进而防止电性能出现明显降低。通过采用异价和同价元素掺杂等策略，对 $CuInTe_2$ 热电材料的微观组织进行优化，在降低晶格热导率的同时优化电输运性能，最终实现了 $CuInTe_2$ 热电优值的显著提升。

A07　李永恒

交流类型：口头报告

化学无序引发的局部应力重分布抑制 $SrTiO_3$ 基高熵钙钛矿的热传输

李永恒

北京中关村人工智能研究院

高熵无序结构为抑制氧化物热电材料中的晶格热传输提供了一条有效途径，然而，在高熵钛酸锶（$SrTiO_3$）中，热输运调控的原子尺度起源没有理清。在本报告中，我们以微调的 MACE 模型作为教师模型，将其“蒸馏”为一种高精度且计算高效的 NEP 势，从而用于大规模分子动力学模拟。利用该 NEP 势函数我们发现：A 位元素的化学无序会使晶格热导率迅速下降到~ 3 $W\,m^{-1}\,K^{-1}$，但在到四元和五元组分中，热导率的进一步降低幅度较为有限。基于声子谱揭示了两种截然不同的效应：铅（Pb）引入了类似低频软模的响应，而钙（Ca）则由原子尺寸失配导致了更强烈的声子展宽。仅凭质量涨落和离子尺寸失配并不能很好地描述热导率的变化趋势。相反，局部应力描述符与热导率具有更直接的关联，能捕捉到声子谱在化学无序下的变化，并将局部应力与声子展宽联系起来。这些结果确立了局部应力无序可作为表征低热导率的输运描述符，同时也表明，基于 MACE 蒸馏的 NEP 流程，为高熵氧化物的大规模原子尺度研究提供了一条切实可行的途径。

A08　叶振强

交流类型：口头报告

二维异质结改性碳纳米管热电薄膜：协同能量过滤与声子散射效应

叶振强

深圳大学

柔性有机热电材料能够将环境中的低品位废热直接转化为电能，凭借轻质、可弯曲、溶液可加工等突出优势，在可穿戴自供电电子、人体热管理、健康监测等应用场景拥有广阔前景。碳纳米管作为一类典型的碳基热电材料，具备高电导率与良好的力学柔韧性，然而本征塞贝克系数偏低、热导率过高，电-热输运参数之间存在强耦合制衡关系，极大限制了其热电优值 ZT 与实际输出性能。为打破碳纳米管体系电导率、塞贝克系数、热导率三者之间的固有权衡效应，本研究通过自组装工艺制备黑磷(BP)@MXene（BP@MXene）二维异质结，并将其作为改性掺杂相引入碳纳米管基体，借助真空过滤工艺制备得到 “二维异质结-三维碳纳米管网络”结构的 p 型柔性复合热电薄膜。利用 TEM、XRD、Raman、XPS 等多种表征手段证实 BP 与 MXene 之间形成 Ti-O-P 化学键，成功构建紧密的二维异质界面。异质结所构筑的界面势垒产生能量过滤效应，在保留高迁移率载

流子的同时过滤低能量载流子，协同提升电导率与塞贝克系数；与此同时，BP@MXene 异质界面带来大量多尺度声子散射中心，有效缩短声子平均自由程，在不严重破坏导电通路的前提下抑制晶格热输运，最终实现电学、热学输运性能的解耦协同优化。测试结果表明，优化后的 CNT/BP@MXene 复合薄膜室温功率因子达到 521.4 μW m^{-1} K^{-2}，相较于原始纯碳纳米管薄膜提升三倍以上，薄膜热导率得到明显抑制，室温 ZT 值可达 0.0211。循环弯折测试与温湿度加速老化测试证明该复合薄膜拥有优异的力学稳定性与环境稳定性。进一步以该复合薄膜作为 p 型热电臂，改性碳纳米管作为 n 型热电臂，分别制备面内与面外构型的柔性热电发电器件。在 60 K 温差条件下，面外构型器件获得最高 584 μW cm^{-2} 的功率密度，并且经过多次弯折、压缩循环后输出性能保持稳定。本工作系统揭示了 BP@MXene 二维异质结对碳纳米管体系热电输运的调控机制，为设计开发面向织物热电器件、可穿戴热管理应用的高性能柔性碳基热电材料提供了可行的改性思路与实验参考。

A09　罗中箴

交流类型：邀请报告

基于草方格构型设计新型高性能快离子导体热电材料

罗中箴[1]、邹志刚[2]

1. 福州大学　2. 南京大学

Cu 基硫属快离子导体因其低晶格热导率和优异热电潜力受到广泛关注，但快离子 Cu 亚晶格引起的离子迁移和材料结构不稳定问题限制了其长期应用。针对这一挑战，本研究围绕 Cu 亚晶格调控开展晶体结构设计，探索从已有结构优化到新型结构构筑的稳定化策略。首先，针对类液态 Cu 基硫银锗矿中 Cu 离子易迁移的问题，提出“草方格”结构模型，以 Cu_8GeS_6 为结构模板，通过化学裁剪策略移除 Cu_2S 基元，成功构筑新型 p 型 Cu_6GeTeS_4。研究发现，化学裁剪降低了 Cu 晶体学位点多重度，有效减少 Cu 离子的长程迁移路径，使材料保持稳定立方结构，并获得较低晶格热导率。进一步通过 S 缺陷调控载流子输运，$Cu_6GeTeS_{3.82}$ 在 925 K 下实现最高 ZT 为 1.23。另一方面，进一步突破传统硫银锗矿结构限制，基于草方格设计思想构筑全新的稀土铜基碲化物。该结构利用稳定的 Pr–Te 主体框架对 Cu 亚晶格进行空间限域，在保留局域 Cu 无序特征的同时，抑制 Cu 离子的长程迁移，实现优异的热、电输运稳定性。通过 Ag 掺杂进一步优化载流子浓度并增强声子散射，材料获得最高 ZT 为 1.32。同时，表现出良好的高温循环和电流加载稳定性。本研究基于草方格结构设计理念，实现了从已有结构化学裁剪到新型框架结构构筑的 Cu 亚晶格调控，为开发兼具低热导、高热电性能和长期稳定性的铜基热电材料提供了新的设计路径

A10　卢旭

交流类型：邀请报告

热电材料中的载流子输运行为调控与表征

卢旭

重庆大学

载流子输运行为是决定热电材料电输运性能的关键因素。本报告将重点介绍载流子输运行为的调控机制及其表征方法，为高性能热电材料的设计提供参考。通过双合金化和掺杂调控 $AgSbTe_2$ 和 $AgSbSe_2$ 材料的载流子输运行为，利用多种表征技术深入分析材料的热电输运性质。在双合金化过程中，Al 和 Se 的掺杂有效降低了 $AgSbTe_2$ 阳离子空位的形成能，提升了空穴浓度，并抑制了 n 型 Ag_2Te 第二相的形成，导致载流子输运类型由双载流子转变为单载流子，功率因子提升了 70%。通过飞秒泵浦-探测光谱技术对 Cd 掺杂的 $AgSbSe_2$ 晶体中的载流子散射势进行测量，发现适量掺 Cd 能有效减少散射势，显著提高电热输运性能。在类金刚石结构化合物 $CuIn(Ga)Te_2$ 中，通过 Mg 掺杂抑制 $CuInTe_2$ 中本征 Cu 空位的形成，增强局域化学键作用，在提高载流子迁移率的同时显著改善材料的高温热稳定性。在 $CuGaTe_2$ 中提出“非成键掺杂”策略，结合霍超快瞬态反射光谱和第一性原理计算，揭示 Mg 掺杂可降低载流子散射势并削弱电子-声子相互作用，从而实现高迁移率和优异热电性能。

A11　王洪超

交流类型：邀请报告

SnTe 热电材料中的非谐性与声子输运调控

王洪超

山东大学

强非谐性是 SnTe 晶格热输运的重要特征，也是调控其晶格热导率的关键。通过热膨胀、拉曼和布里渊光谱，揭示了高阶晶格非谐性、软光学声子与声学声子寿命降低之间的物理关联。在此基础上，引入化学压力调控晶格势，证实其可增强三声子和四声子散射。进一步结合多频段光谱表征与理论计算表明，化学压力对声子模式具有选择性响应，低能光学声子的软化和谱展宽增强了与载热声学声子的散射，从而缩短了声学声子寿命。研究表明，晶格非谐性的增强以及低能光学声子的软化与展宽，可以增强声学—光学声子耦合与高阶声子散射，从而有效抑制 SnTe 的热输运。

A12　刘志愿

交流类型：口头报告

分级多维缺陷网络赋予$(Bi, Sb)_2Te_3$超低热导率和高热电优值

刘志愿

安徽工业大学

当前，Bi_2Te_3基材料热电优值（ZT）的进一步提升仍受限于相对较高的热导率。多孔结构结合多尺度微观组织调控，有望通过增强声子散射和引入载流子能量过滤效应来有效降低热导率，然而孔壁附近缺陷的协同散射机制迄今尚不明确。本研究通过退火过程中 ZnSb 组分的升华，成功制备了具有层级多维缺陷网络的多孔$Bi_{0.34}Sb_{1.66}Te_3$材料。结果表明，尽管该缺陷网络导致电导率有所下降，但孔壁附近分布的位错与纳米颗粒诱导了载流子能量过滤效应，显著提升了塞贝克系数，从而维持了较高的功率因数。与此同时，多级缺陷在全频谱范围内增强了声子散射，使得晶格热导率大幅降低，为实现高性能热电材料提供了有效策略。因此，多孔 0.2wt%Zn/$Bi_{0.34}Sb_{1.66}Te_3$样品在 350 K 下实现了 1.44 的 ZT 值，约比原始样品高出 35%。研究结果表明，在多孔Bi_2Te_3基材料中构建分级多维缺陷网络可协同调控载流子与声子散射，为提升材料的热电性能提供了有效策略。

A13　孙兵

交流类型：口头报告

SnTe/GeTe 共掺杂调控及 Bi-Sb-Te 基柔性薄膜热电性能研究

孙兵、孙礼、陈婷婷、敖冬威

潍坊学院

热电材料可实现热能与电能相互转换，在余热回收与固态制冷等领域应用前景广阔。SnTe 与 GeTe 是两类极具潜力的热电材料，但分别存在塞贝克系数偏低（SnTe）以及热稳定性差、载流子浓度高、易发生相变（GeTe）等问题。围绕上述两种化合物，我们采用掺杂调控、缺陷构建与能带工程等策略优化其热电性能。针对 SnTe 塞贝克系数偏低的问题，本研究设计并合成了 p 型$Sn_{0.8-x}Mn_{0.1}Pb_{0.1}Sb_xTe$材料。在 Mn、Pb 共掺杂基础上，Sb 掺杂进一步优化了载流子浓度，提升了塞贝克系数与电输运性能。同时，Sb 引入的多尺度缺陷增强了声子散射，显著降低晶格热导率。最终，$Sn_{0.71}Mn_{0.1}Pb_{0.1}Sb_{0.09}Te$合金在 773 K 时 zT 值达 1.27，较本征 SnTe 提升 272%。针对 GeTe 材料，本研究通过真空熔炼与热压烧结制备了 Mn/Pb/Sb 三元掺杂的 GeTe 基合金。Sb 掺杂显著降低了过高的载流子浓度，提升了塞贝克系数，并诱导菱方到立方的相变，形成利于电子迁移的高对称性能带结构。此外，掺杂引发的多尺度缺陷构建了强声子散射网络。优化后的$Ge_{0.74}Mn_{0.1}Pb_{0.1}Sb_{0.06}Te$合金在 773 K 时 zT 值达 1.53，较未掺杂样品提升约 35%，实现了电子-声子输运的有效解耦。无机 Bi-Sb-Te 基柔性薄膜因其环境友好和高热电性能，同样引起了广泛的研究兴趣并展现出商业化应用潜力。通过原位反应法调控合成温度，制备了柔性Sb_2Te_3薄膜。薄膜结晶性良好，电导率达 1,440 S

cm^{-1}，功率因子为 16.0 μW cm^{-1} K^{-2}（300 K），且柔韧性优异。表明原位反应法是制备高性能 Sb_2Te_3 柔性薄膜的有效途径。此外，采用真空辅助过滤制备了 PEDOT:PSS/$Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ 自支撑复合薄膜，其室温 zT 约 0.19，16.5 mm 弯曲半径下可耐受 1200 次循环。

A14　王乙涵

交流类型：口头报告

离子束注入调控 p 型与 n 型聚合物热电性能研究

王乙涵[1]、李赞[1]、但敏[2]、金凡亚[2]、张坤[1]

1. 四川大学原子核科学技术研究所　2. 核工业西南物理研究院

离子束注入技术是聚合物结构调控和性能改性的有效手段。本研究采用低能氮离子束注入技术，分别对 p 型导电聚合物聚(3,4-乙烯二氧噻吩):聚苯乙烯磺酸盐（PEDOT:PSS）和 n 型聚多巴胺:聚乙烯醇（PDA:PVA）复合薄膜进行物理改性，系统研究了离子注入参数对两类材料热电性能的影响及其微观机制。针对 p 型 PEDOT:PSS 薄膜，在 30 keV、1×10^{15} cm^{-2} 注入条件下，电导率由原始样品的 173 S cm^{-1} 提升至 776 S cm^{-1}，增幅达 4.5 倍，而塞贝克系数基本保持不变。结构分析表明，氮离子注入在 PEDOT:PSS 内部形成了含氮极化子结构，有效增加了载流子浓度，从而实现了电导率的显著提升。针对 n 型 PDA:PVA 复合薄膜，20 keV 氮离子注入后，原始处于相分离状态的 PDA 与 PVA 两相之间通过新生成的酰胺基团（-NHCOR）建立了载流子传输通道，同时光学带隙的缩小进一步提升了载流子传输效率。塞贝克系数由原始的数值 0 跃迁至-398 μV K^{-1}，展现出优异的 n 型热电响应。此外，注入诱导的结晶度降低提升了分子链自由度，增强了薄膜的柔性。低能氮离子束注入技术通过在聚合物中引入特定化学结构（极化子或酰胺基团），可分别优化 p 型与 n 型导电聚合物的热电性能。该策略无需化学掺杂剂、无残留物且与现有半导体工艺兼容，为高性能有机热电材料的绿色、可规模化制备提供了新路径。

A15　傅赟天

交流类型：口头报告

分段热电器件的高效设计与开发

傅赟天[1,2]、徐凯[1]、王攀[3]、王连军[1]、张骐昊[1]、李敬锋[2]、江莞[1]

1. 东华大学　2. 日本东北大学　3. 中南大学

分段热电器件能够充分利用不同材料在不同温区内的性能优势，是实现宽温差、高效率热电转换的重要途径。然而，材料组合、分段比例和器件结构等多参数的协同优化，以及器件制备所面临的界面连接复杂等问题，制约了分段器件的进一步发展。针对上述问题，本研究构建了一套涵盖快速性能预测、智能优化和器件集成的设计开发框架。所建立的解析模型兼具有限元方法的计算精度和极高的计算效率，可用于快速评估器件性能、设计器件结构。进一步结合遗传算法可

实现材料组合、分段比例及几何结构的协同优化。通过一步接合工艺制备了 3 段 p 型和 2 段 n 型热电臂的分段模块，其转换效率超过 15%，并表现出良好的热循环稳定性。此外，基于文献报道数据开展了 23 种 p 型和 23 种 n 型材料组合筛选与器件优化，分别设计了效率最大和功率密度最大的 3 段器件，其中最高转换效率可达 22.4%。本研究打通了从材料筛选、器件设计到实验制备的完整流程，为高性能分段器件的快速开发提供了新的方法和技术路径。

A16　雷景丹

交流类型：口头报告

$Mg_3(Sb, Bi)_2$ 基热电材料的结构调控与性能优化

雷景丹

安阳师范学院　河南大学

热电转换技术可实现热能与电能直接互转，具备全固态、低噪声等优势，助力低碳能源转型。Mg_3Sb_2 基热电材料原料无毒储量充足，可制备 p、n 型导体，应用前景广阔，但本征材料载流子浓度偏低，且 p 型价带简并度低、近室温区间 n 型体系研究较为欠缺。围绕该体系开展掺杂改性与烧结工艺优化研究：采用 Zn、Yb 共掺杂实现能带整形，同步提升电输运并降低热导率；依托元素电负性与质量差异筛选镧系掺杂剂，协同优化 n 型材料电热性能；引入含 Mg_2Cu 助剂的液相烧结工艺或者/过渡金属 Ta 来粗化晶粒，缓解低温下电子的晶界散射。改性后材料综合热电性能显著提升，对应热电模块展现出优异的热电发电效率。

A17　李国栋

交流类型：邀请报告

低温热电制冷材料的关键物性测量与器件研制

李国栋、葛一璇、王琳涵、张劼、秦霄汉、梁文杰

中国科学院物理研究所

热电材料是一类能够实现热与电直接相互转换的窄带隙半导体。基于珀尔帖效应的固态制冷技术具有结构简单、无噪声、响应快、成本低和寿命长等优点。然而，目前商用多级热电制冷器件的最低制冷温度仍停留在 180 K 左右，无法满足高性能红外探测所需的低温要求。随着新型低温热电材料的发展和优化技术的进步，固态制冷的极限制冷温差有望显著提升，逼近中波红外探测（150 K）和高温超导（130 K）等关键应用温区。然而，高性能热电制冷的发展仍面临低温热电材料稀缺、物性测量精度不足、关键材料参数缺失以及器件内多界面协同耦合困难等挑战。本报告聚焦中国科学院物理研究所应用物理中心在新型低温热电制冷材料与器件研制方面的研究进展，主要成果包括：对现有 Bi_2Te_3 基热电材料低温输运性能的系统精确测量；利用张量反演方法精确表征 BiSb 材料体系各向异性输运性质；以及首次提出的本征材料发射率测量方法。报告还深入讨论

了大温差热电制冷器件在制备、模块构建和性能评估中的机遇与挑战。

A18 秦炳超

交流类型：邀请报告

SnS 晶体的宽温域热电性能开发

秦炳超

北京航空航天大学

面向宽温域高效热电制冷与发电需求，本研究以元素储量丰富、成本较低的 SnS 晶体为对象，通过能带、晶体结构与微观缺陷协同调控解耦热-电输运矛盾。针对 P 型 SnS，在空穴掺杂的基础上，利用动量和能量空间多价带协同提升近室温电输运性能，在器件中实现了约 48 K 的最大制冷温差；针对 N 型 SnS 因带隙较宽、载流子浓度难以有效提升的问题，通过大比例 Pb/Se 固溶缩小带隙、提高卤素掺杂效率，并结合多导带激活、晶体对称性及缺陷调控，实现了 723-923 K 平均 ZT 约 2.2 及最高发电效率约 13%。研究表明，多维度结构协同调控可显著拓展 SnS 晶体的宽温域热电性能，为低成本、高效率全 SnS 基热电制冷与发电器件奠定了基础。

A19 吴笛

交流类型：邀请报告

$GeMnTe_2$ 体系中晶内限域 vdWs 面间隙功能基元的构建

吴笛、张洺睿

陕西师范大学

区别于贯穿单晶体或多晶晶粒的典型 vdWs 面间隙层，通过在（类）面心立方岩盐结构的晶格中合金化 Sb_2Te_3/Bi_2Te_3 可以在高对称性的主相晶内构建低对称性的空间限域(尺度约为 5~50 nm) vdW 间隙这一特殊微观结构。该微观结构不仅能极大程度维持主相的晶体对称性和晶格连续性，且由于对载热声子额外的散射作用使得晶体具备更低的晶格热导率，从而展现出独立功能基元的特征。我们在之前的工作中已经在 GeTe 和 SnTe 中成功构筑了晶内限域 vdWs 面间隙，实现功率因子和晶格热导率的协同提升。本工作中，我们在 Ge/Mn 无序占位的面心立方 $GeMnTe_2$ 材料体系中，分别通过引入 Sb_2Te_3/Bi_2Te_3 均成功构建了数密度可控的限域 vdWs 面间隙这一功能基元，研究了其对 $GeMnTe_2$ 材料性能提升的机制，并结合之前在其他体系构建限域 vdWs 间隙的结果探讨了该功能/结构基元的普适性特征以及形成机制，为理解材料的构效关系、发现新功能提供新的思路和策略。

A20 Abubakar Yakubu Haruna

交流类型：口头报告

放电等离子烧结 Cu_2Se 的热电与力学性能：预热保温时间的影响

Abubakar Yakubu Haruna、Hezhang Li、Zhengqin Wang、Lu Chen、Jing-Feng Li

清华大学

Cu_2Se 中存在的多孔微观结构和不可控的硒挥发问题限制了其电传输性能、力学完整性及器件应用。本文提出了一种确定性的预热保温策略（773 K，2-6 min），在不进行化学改性的条件下实现可控的微观结构演化。该策略系统性地调控了烧结初期的颈部形成、显微应变松弛以及晶粒连通性，将多孔、弱连接的微观结构转变为力学协调且电学连续的微观结构，同时降低了载流子浓度并提高了载流子迁移率。优化后的 Cu_2Se 样品（t_5）在 750 K 时获得约 1.8 的峰值 ZT 值，在 300-750 K 温度范围内平均 ZT 值约为 1.0；而 t_6 样品在 350 K 时达到约 0.7 的 ZT 值，优于许多已有报道。基于 t_5 样品制备的单腿器件在 ΔT = 305-553 K 范围内表现出稳定、可重复的电输出性能，验证了工程化微观结构的力学鲁棒性和电学连续性；而未优化的 t_2 器件在相同热循环条件下失效。本研究提供了一条不依赖组分调控的微观结构工程路径，将块体热电性能与实用器件应用相连接。

A21 宋丽蓉

交流类型：口头报告

链状 InTe 热电材料的各向异性输运机制及性能提升策略

宋丽蓉、周斌杰、杨炯

上海大学

碲化铟（InTe）因本征极低的晶格热导率而受到热电领域的广泛关注，但其电输运性能严重受限于 In^+ 空位引起的电离杂质散射。本研究基于对该类材料结构-性能关系的理解，从单晶取向调控和多晶缺陷工程两个维度开展电-热输运协同优化研究。单晶方面，第一性原理计算表明，InTe 价带顶由 Te 的 $p_{x,y}$ 轨道主导，沿[110]方向的轨道重叠显著强于[001]方向，使得导电有效质量大幅降低，载流子迁移率因而提升。基于此，生长了 Al 掺杂单晶（$In_{0.99}Al_{0.01}Te$），其[110]方向功率因子显著增强，结合该方向本征低晶格热导率，在 750 K 时峰值 zT 达 0.82，较[001]方向提升 3.2 倍。多晶方面，采用过量 La 掺杂策略以抑制 In^+ 空位。缺陷形成能计算与结构精修表明，La 优先占据 In^+ 位，有效降低了电离杂质散射，室温迁移率显著提升。同时，过量 La 促进富 In_4Te_3 相的析出，该相在 SPS 过程中原位转化为非晶态，增强了声子散射，使室温晶格热导率从 0.75 降至 0.57 $W\ m^{-1}\ K^{-1}$。优化后 $InLa_{0.02}Te$ 在 750 K 获得 zT~0.75，$InLa_{0.06}Te$ 在 300-600 K 温区的平均 zT~0.30，较未掺杂样品提升 114%。本研究阐明了 InTe 各向异性电输运的轨道物理机制，并提出了空位抑制与非晶相调控协同优化的策略，为链状热电材料的设计提供了新思路。

A22　范鑫

交流类型：口头报告

高压调控提升正负电元素双填充 $CoSb_3$ 方钴矿的热电性能

范鑫[1]、马红安[2]

1. 牡丹江师范学院　2. 吉林大学

现有研究通过常规工艺实现了 S 填充-Te 置换方钴矿的制备，但传统方法难以实现 Ba-S 正负元素同步共填充。本章采用高温高压（HPHT）体系，系统研究单 S 填充、S-Te 复合改性、Ba-S 双填充-Te 置换三类 $CoSb_3$ 体系，在 2.0-3.5 GPa、900K 下制备出单相 $Ba_{0.27}S_{0.05}Co_4Sb_{11.6}Te_{0.4}$ 块体材料。XRD、EDS、HRTEM 表征证实 Ba、S 填充于晶格笼孔、Te 均匀取代 Sb 且无杂相，高压诱导材料生成微米孔洞、晶格畸变、位错与纳米非晶区。所有样品为 n 型半导体，Te 置换调控载流子浓度，并与 Ba-S 共填充协同产生能量过滤效应，提升功率因子。Callaway 模型拟合表明体系兼具共振散射、点缺陷散射、孔道界面散射三重声子抑制作用。3.5 GPa 样品 773 K 总热导率低至 1.07 $Wm^{-1}K^{-1}$，孔隙降低 12.20% 晶格热导率。3.0 GPa 样品同温度下最大功率因子 20.78×10^{-4} $Wm^{-1}K^{-2}$，zT 峰值达 1.44。区别于常压合成，本工作借助 HPHT 系统揭示 S 填充与 Te 置换协同调控机理，为高性能方钴矿提供高压缺陷改性新思路。

A23　苏贤礼

交流类型：邀请报告

多场耦合下 MoS_2 中相变与取向极化及其热开关性能研究

苏贤礼、唐新峰、张清杰

武汉理工大学材料复合新技术全国重点实验室

热流的主动控制对可持续技术中的热能管理具有重要意义。然而，当前技术受限于热开关材料较低的开关比和较窄的工作温度范围。本研究通过电场、压力场和温度场的共同作用，成功诱导块体 MoS_2 由六方（2H）相到菱方（3R）相的可逆相变和取向极化，从而在 300-1573 K 的超宽温度范围内实现了卓越的热开关性能。研究表明，该相变受动力学限制，外加电场能够降低相变势垒，从而显著降低驱动相变所需的温度与压力。此外，电场的施加使材料从 2H 相中面外方向沿压力方向排列的“关”态，转变为 3R 相中面内方向沿电场方向极化排列的“开”态。这一相变和取向极化，结合两相显著各向异性的热输运特性，导致 MoS_2 沿电场方向的热导率发生剧烈变化，在 300 K 时实现了创纪录的 15.2 倍的热开关比，并在 1573 K 时仍保持 6.6 倍。上述发现为在高各向异性材料中探索由相变和取向变化驱动的高性能热开关材料提供了新的思路和途径。

A24　张家伟

交流类型：邀请报告

先进微纳结构表征方法及其在无机热电/塑性材料中的应用

张家伟

中国科学院上海硅酸盐研究所

准确认识偏离周期性的原子尺度结构无序对无机非金属材料的精准设计非常重要。最大熵方法（MEM）和原子对分布函数（1D PDF/3D-ΔPDF）等先进晶体学手段能够突破传统布拉格衍射对平均结构的限制，直接可视化无机热电材料与超离子导体中的间隙原子占位、离子迁移通道及缺陷空间关联等无序特征。然而，这些方法长期依赖同步辐射或中子源等大科学装置，且对晶体尺寸要求严格，制约了其广泛应用。本报告第一部分将介绍我们基于三维电子衍射（3D ED）发展的3D ED-MEM 新方法，该方法首次实现微纳米级晶体的实验电子密度重构与结构无序解析，突破了晶体尺寸限制，为热电材料微观结构设计提供了新的方法学支撑。

微纳尺度层间扭转、位错、裂纹等微结构的形成规律及其在外力作用下的动态演化机制，是实现层状材料力学性能定向调控的关键基础。本报告第二部分聚焦无机塑性层状半导体，提出离轴预压缩策略，在块体层状范德华晶体层间可控构建莫尔扭转超晶格。通过原位与非原位透射电子显微学方法，系统表征了变形过程中莫尔扭转角的演化行为，揭示了莫尔扭转显著降低层间滑移能垒并与层间滑移协同耗散机械能的新机制。基于该策略，GaGeTe 的室温最大拉伸应变由 8.3% 大幅提升至 30%，且其普适性在 InSe、$CrSiTe_3$ 等多种层状材料体系中得到验证。这一工作将“莫尔工程”拓展至宏观塑性调控领域，为开发兼具优异电学性能与机械柔性的无机半导体材料提供了新思路。

A25　金阳

交流类型：口头报告

$CuSbSe_2$ 在超高热电性能 GeTe 材料中的多重修饰作用

金阳、赵立东

北京航空航天大学

本研究通过在 GeTe 热电材料中引入 $CuSbSe_2$ 合金化，成功实现了 2.6 的超高 *ZT* 值。$CuSbSe_2$ 在调控 GeTe 的载流子密度和降低热导率方面起到了关键的修饰作用。$CuSbSe_2$ 在 GeTe 基体中的溶解度极限约为 10%，当其含量低于此极限时，作为 n 型掺杂剂，有效优化了 GeTe 的载流子浓度。同时，Cu、Sb 和 Se 原子的固溶引入了大量点缺陷。在高温下，过量的 $CuSbSe_2$ 分解形成第二相，并在晶界处形成半共格界面。结合由 Ge 空位演化而来的平面缺陷，点缺陷、位错、半共格界面以及晶界处的第二相，构成了从零维到三维的多维缺陷体系，这些缺陷共同作用，使得 GeTe 在 673 K 时的热导率降至接近非晶态的极低水平，仅为 0.3 $Wm^{-1}K^{-1}$。最终，我们在ΔT 为 419 K 的分段装

置中实现了 7.4%的峰值转换效率。$CuSbSe_2$ 在 GeTe 中的多重修饰作用不仅提升了材料性能，更为开发具有低热导率的高性能热电材料提供了一条高效途径。

A26　聂晓蕾

交流类型：口头报告

铁磁性提升 BiTeSe 柔性热电磁纳米复合薄膜的热电性能

聂晓蕾、魏明旭、刘心平、赵文俞

武汉理工大学

柔性热电制冷是高功率密度柔性电子器件热管理领域极具发展前景的技术方案。然而，现有器件的制冷效率受到严重制约，其根源在于 n 型柔性薄膜的电输运性能远低于 p 型薄膜。针对这一难题，本文提出一种磁性纳米复合改性策略，用于调控 n 型碲化铋基柔性薄膜。通过丝网印刷结合热压固化工艺，设计并制备了一系列 n 型 xFe/$Bi_2Te_{2.7}Se_{0.3}$/环氧树脂柔性热电磁纳米复合薄膜。体系中引入的铁基纳米颗粒（Fe/Fe_3O_4 复合纳米颗粒）作为磁性第二相，构建出纳米尺度微磁场。该微磁场引发自旋相关散射与弱局域化效应，产生显著的负磁阻效应，提高载流子散射参数，进而保障较高的塞贝克系数。与此同时，协同作用机制大幅提升电导率：一方面界面电荷转移，加之铁纳米颗粒原位氧化释放被俘获电子，实现载流子浓度提升；另一方面铁基纳米颗粒诱导 BTS 晶粒形成强 (0 0 0 1) 择优取向，维持高载流子迁移率。最优组分薄膜（x = 0.3%）在 300 K 下电导率可达 5.5×10^4 S·m^{-1}，功率因子为 1.54 mW·K^{-2}·m^{-1}，相较于 BTS 基体提升 42%。N03 样品在 390 K 下最大热电优值 zT 达到 0.93，为 BTS 基体的 2.4 倍，单臂器件最大制冷温差可达 2.82 K。本研究阐明了热电磁纳米耦合作用在 n 型基体中的关键作用，为制备面向高效固态制冷的高性能柔性热电材料提供了可行思路。

A27　蔡博文

交流类型：口头报告

基于热挤压工艺的 N 型碲化铋基热电材料的废料回收及微器件验证

蔡博文

西安石油大学

热电技术可实现热能与电能的直接相互转换，在芯片、光模块等小微型电子元器件热管理领域具有重要应用价值。目前商用的 n 型碲化铋基热电材料主要采用区熔法制备，该法虽可获得优异热电性能，但所制材料层间以弱范德华力结合，加工性能差，在微型热电臂加工过程中极易发生断裂，不仅制约器件成品率，也造成大量昂贵原材料浪费；N 型加工废料若采用传统的球磨-烧结方式回收，会破坏区熔形成的特有晶体取向，导致热电性能显著退化。本研究提出以真空熔炼结

合热挤压（HE）的工艺，对商用 n 型碲化铋基加工废料进行回收再利用，系统研究了挤压温度（673 K、723 K 和 773 K）对回收材料微观组织、晶体取向织构及热电输运性能的影响规律。结果表明，热挤压可实现材料的致密化、晶粒细化和晶体取向调控；随挤压温度升高，动态再结晶加剧，晶粒由拉长状逐渐转变为等轴状，晶体织构减弱，同时载流子浓度因类施主效应和 Te 挥发而升高。其中，723 K 挤压样品在 300–470 K 温区内峰值 ZT 达 0.87，平均 ZT 达 0.83，可与区熔材料媲美，同时力学加工性能显著改善，可稳定切割为 300 μm 薄片并进一步加工为 150 μm 微型热电臂。基于该样品与商用 p 型碲化铋基材料，制备了含 6×6 对热电臂（单臂尺寸 350×350×400 μm³）的微型热电制冷器件。热端温度为 348 K 时，器件最大制冷温差达 72 K；经热循环测试后，器件的交流电阻变化率小于 3%，展现出优异的运行稳定性和可靠性。本研究证明了热挤压回收路线可实现 n 型碲化铋基加工废料向高性能微型热电制冷器件的直接转化，为热电材料的绿色低成本回收及微型器件的规模化制备提供了切实可行的技术路径。

A28　刘诗莹

交流类型：口头报告

旋涂共还原法制备 Bi_2Te_3 薄膜及其可调热电性能

刘诗莹、卢方旭、谭宜宁、柳琳琳、王占杰

沈阳工业大学

碲化铋（Bi_2Te_3）是目前综合性能最优异的室温热电材料之一，在可穿戴电子器件、微型能量收集与余热发电等领域具有重要应用前景。传统碲化铋薄膜制备工艺多依赖真空设备，制备成本高昂、工艺条件苛刻，难以实现低成本、规模化制备与产业化应用。针对上述问题，本文采用工艺简便、成本低廉的旋涂共还原法在常压条件下制备高性能 Bi_2Te_3 热电薄膜。该制备工艺主要包括前驱体溶液配制、旋涂镀膜、湿膜干燥与高温还原四个阶段，通过精准调控前驱体溶液浓度，有效调控 Bi_2Te_3 晶体的形核与生长行为，实现薄膜微观形貌、晶体取向及热电性能的可控调控。研究结果表明，适宜的前驱体浓度能够诱导 Bi_2Te_3 薄膜沿 (0 0 1) 晶面择优生长，降低薄膜表面粗糙度、优化晶体结构，显著改善电荷输运特性与热电转换性能。当前驱体溶液浓度为 0.21 mol/L 时，所制备的 Bi_2Te_3 薄膜兼具低电阻率与高塞贝克系数，在 473 K 温度下获得 2440 $\mu W \cdot m^{-1}K^{-2}$的最优功率因子。本研究开发了一种常压、低成本、高效的碲化铋薄膜制备新方法，为溶液基高性能热电薄膜的可控制备与性能优化提供了重要的参考思路与技术支撑。

A29　林嘉河

交流类型：邀请报告

纳米纤维素界面调控与热电解耦机制

林嘉河

浙江大学

纳米纤维素因其来源丰富和出色的机械强度而广受关注，但绝缘特性限制了其在可穿戴电子设备中的应用。本研究提出了一种通过静电势增强的原位聚合，制备出高导电且极端条件稳定的导电纳米纤维素纤维。在分子动力学模拟的指导下，我们通过调控 PEDOT 的链长来控制静电相互作用，实现了均匀聚合。与传统的原位聚合法和共混法相比，该方法避免了 PEDOT 微晶的自聚集，使载流子输运大幅度提升，这一结果通过扫描开尔文探针显微镜得到了证实。进一步通过调控 PEDOT 链构象，从而将电导率提升至 105。最终，所制得的导电纳米纤维素纸具有优异的导电性、耐久性和环境稳定性：在 2000 次弯曲循环、5000 次耐磨测试以及长期高温高湿（85°C，85%相对湿度）耐久性测试后，仍能保持超过 90%的电学性能（91 S/cm）；同时展现出稳定的热电性能，功率因子超过 3.8 μW/mK^2，器件输出功率达 46.6 nW。这些发现推进了传统认知，即电荷传输型纳米纤维素只能通过碳化、石墨化和物理共混获得，并进一步展示了其在可穿戴应用中的潜力

A30　桑夏晗（改成 B11）

交流类型：邀请报告

各向异性的 Bi_2Te_3 基纳米片晶粒生长竞争机制

桑夏晗

武汉理工大学

各向异性范德华层状热电材料（如 Bi_2Te_3）的纳米片宏观性能强烈依赖于纳米片的晶界微观结构。在高度各向异性的层状体系中，晶粒生长的原子尺度机制长期不明，尤其是单个颗粒由于表面稳定性导致的晶粒重塑以及多个颗粒在晶界处融合之间的竞争关系仍然缺乏系统的研究。本工作通过旋涂法制备了取向一致的纯 BT 和 BST（$Bi_{1.8}Sb_{0.2}Te_3$）纳米片薄膜。STEM 显示出纳米片具有六方片状形貌，具有远超平衡态的高纵横比。原位加热 STEM 观察发现，纯 BT 纳米片在加热条件驱动下发生原子迁移，原子从高能量侧表面沿表面扩散至低能的(0 0 0 1)界面，促使界面处 QL 岛或 DL 岛横向生长，同时伴随纳米片边缘两端刻蚀和厚度增加的现象。这一过程本质为表面能最小化驱动的奥斯特瓦尔德熟化机制，MD 模拟和 DFT 扩散势垒计算进一步验证了该路径的动力学优势。通过对比发现，Sb 掺杂显著改变了界面化学环境和能量势垒。EDS 分析显示，BST 纳米片边缘富集 Sb 和 Te，形成外延的纯 Te 相和近化学计量比 Sb_2Te_3 相，填充了相邻纳米片之间的间隙。这种富 Sb-Te 的界面相有效抑制了高能侧表面的原子迁移，同时促进了晶界处桥形连接结构的形成。原位加热过程中，Sb 与 Te 在界面处反应生成 BST 的 QL 结构，逐渐填充并调整相邻纳米片中失配

的范德华间隙，从而驱动晶粒发生取向一致的生长。

综上，本研究直接在原子尺度上揭示了纯 BT 和 Sb 掺杂 BST 纳米片中晶粒生长的竞争机制。纯 BT 以单个颗粒重塑为主导，Sb 掺杂纳米片则发生晶粒融合现象。该工作阐明了化学掺杂通过改变晶界化学环境与能量势垒来选择性调控晶粒生长路径的原理，为各向异性层状材料的微观结构设计及其在热电、柔性电子和拓扑器件中的性能优化提供了原子尺度的理论指导与实验依据。

A31　石鑫

交流类型：邀请报告

Zintl 热电材料的新研究进展

石鑫

东南大学

热电材料可以实现热能和电能的直接相互转换以用于温差发电或精准制冷，在多个战略性产业中具有广泛应用前景。Zintl 相由于具有“声子玻璃，电子晶体”的本征特性成为了最受关注的热电材料体系之一，然而多数对其的研究还仅局限于应用“试错法”提升材料性能。在这个报告中，我将分别介绍我们对 Zintl 热电材料在(1)物性探索、(2)材料设计和(3)器件研发三个层次的新研究进展。

A32　陈紫煊

交流类型：口头报告

Mo 在 PbS 基体中的多重作用实现优异热电性能

陈紫煊[1]、郑云鹏[1]、明洪蔚[2]、罗中箴[1,2]、邹志刚[1,2,3]

1. 福州大学　2. 闽都创新实验室　3. 南京大学

PbS 因其能带结构和晶体结构与 PbTe 相似，同时具有成本低、熔点高等实际优势，被认为是一种极具应用潜力的热电材料。然而，较低的功率因子和较高的晶格热导率限制了其热电性能的进一步提升。在本研究中，我们发现，低固溶度的 Mo 由于在 PbS 基体中形成多种析出相（MoS_2、Sb 和 Pb），从而发生了多种化学反应。此外，Mo 掺杂能够减少阳离子空位，促进晶格平整化，并提高载流子迁移率。因此，$Pb_{0.985}Sb_{0.015}S$ 的平均功率因子由 11.7 μW cm^{-1} K^{-2} 提高至 $Pb_{0.965}Sb_{0.015}Mo_{0.02}S_{0.8}Se_{0.2}$ 的 15.6 μW cm^{-1} K^{-2}。进一步通过 Se 合金化引入点缺陷，增强了声子散射作用。最终，$Pb_{0.965}Sb_{0.015}Mo_{0.02}S_{0.8}Se_{0.2}$ 在 923 K 时实现了 1.2 的峰值 *ZT*。此外，该材料在 400–923 K 范围内的平均 *ZT* 达到 0.76，为目前 PbS 基材料中较高的水平之一。并且所制备的单腿热电器件在 551 K 的温差下实现了 5.8%的能量转换效率。上述结果表明，在基体材料中引入低固溶度但具有高反应活性的元素，是提升热电性能的一种有效策略。

A33　邓骞

交流类型：口头报告

n 型 PbSe 热电性能优化及器件研制

邓骞

昆明理工大学

热电材料可实现热能与电能的直接转换，在温差发电及固态制冷领域展现出广阔应用前景。硒化铅（PbSe）作为一类极具应用潜力的无碲热电材料，凭借元素储量丰富、成本低廉的优势，已获得学术界广泛关注。然而，PbSe 存在电输运与热输运的强耦合特性，导致本征热电性能偏低；同时，PbSe 基材料在实际应用中，还面临热电界面材料兼容性差、热电器件高效集成难等关键挑战。为解决上述问题，我们通过 Cu 元素掺杂，在 n 型 PbSe 中成功构建具有功能分级的多尺度晶体缺陷，实现了电、热输运的有效解耦，使 n 型多晶 PbSe 的热电优值与功率因子均达到国际领先水平。进一步地，设计制备了性能优异的钴(Co)/PbSe 界面，其接触电阻率低至~10.9 μΩ·cm²，且展现出良好的耐久性与稳定性。基于上述优化，所制备的分段式热电器件在 460 K 温差下，热电转换效率达到 13.1%。该工作为推动 PbSe 基热电材料的发展奠定了重要基础。

A34　董向阳

交流类型：口头报告

高温高压对 Si 基热电材料微结构及热电输运性能的协同调控

董向阳

曲阜师范大学

摘要：Si 基热电材料则具有储量丰富、制备成本低廉、环境相容性良好等诸多优点，但其本征较高的晶格热导率严重限制了热电性能的进一步提升。基于此，本研究采用高温高压制备技术，利用其在材料快速合成与微观结构调控方面的独特优势，实现了 Si 基热电材料多尺度微观结构与电热输运特性的协同调控。针对 n 型硅基材料，高温高压处理可在材料内部构建密度达 1.98×10^{15} m^{-2} 的位错结构。位错缺陷与点缺陷、晶界结构形成多尺度协同散射体系，显著抑制晶格声子的输运行为，使材料在 323 K 下的晶格热导率降至 13 W m^{-1} K^{-1}。结合放电等离子烧结技术，保留高密度位错的同时，晶粒尺寸显著增大，使得载流子迁移率提升至 33.19 cm^2 V^{-1} s^{-1}，最终实现 0.68 的最高 zT 值。针对 $Mg_2(Si,Sn)$固溶体系，利用高温高压技术有效提高 Pb 元素在 Si/Sn 晶格位点的固溶度，使体系 X 亚晶格的构型熵由 0.64R 提升至 0.88R，获得最低晶格热导率为 1.0 W m^{-1} K^{-1}。同时，Pb 合金化有效提升能带态密度有效质量，结合 Sb 掺杂对载流子浓度的精准调控，使体系功率因子提升至 48 μW cm^{-1} K^{-2}，最终获得最高 zT 值 1.5 及平均 zT 值 1.17。以上研究结果表明，高温高压技术能够实现对 Si 基热电材料微观结构及熵工程的高效调控，有望实现该类材料多尺度微观结构与电热输运性能的协同优化。

A35　程谨轩

交流类型：口头报告

协同界面设计助力实现 GeTe 多段模块高热电转换效率

程谨轩

哈尔滨工业大学（深圳）

针对 GeTe 基热电模块中接触层筛选依赖试错实验、传统钎焊温度过高（>773 K）导致材料挥发降解等问题，本研究提出将第一性原理相图计算与扩散偶实验相结合，高效筛选与 GeTe 热力学稳定且反应惰性的接触层。该策略锁定 $TiTe_2$ 为最优候选材料，其与 GeTe 热膨胀系数匹配良好，呈现欧姆接触特性并具备长期服役稳定性。在模块封装环节，采用瞬态液相连接（TLPB）技术，在低至 523 K 的工艺温度下形成高熔点 Ag-Sn 金属间化合物接头，满足 773 K 下的可靠服役需求。实验表明，经 773 K 老化 720 h 后，$TiTe_2$/GeTe 界面接触电阻率低于 5 μΩ·cm²，剪切强度保持 18 MPa。基于此，利用 TLPB 技术制备了由 p 型 GeTe/Bi_2Te_3 分段臂和 n 型 Mg_3Sb_2 基分段臂组成的热电模块，在 473 K 温差下实现约 16% 的高转换效率，并在长期运行中保持稳定的输出性能。本工作证实了 $TiTe_2$/GeTe 界面的可靠性，并验证了低温 TLPB 工艺在中温 GeTe 基热电模块中的可行性。

A36　罗官正

交流类型：口头报告

具有 Pb 空位的高熵 $AgMnGePbSbTe_5$ 材料的高热电性能

罗官正[1]、罗裕波[1]、杨君友[1]、马征[2]、罗垚[2]、刘妍[2]

1. 华中科技大学材料科学与工程学院　2. 中核武汉核电运行技术股份有限公司

热电材料能够将热能转化为电能且不产生废热。具有纳米孪晶结构的 $AgMnGePbSbTe_5$ 是一种新型 P 型窄带隙高熵半导体，其在引入 Pb 空位后表现出了更高的热电性能。随着 Pb 空位含量的增加，空穴浓度单调上升，显著提高了电导率，从而增强了功率因子（PF）。密度泛函理论（DFT）计算表明，电子能带收敛提高了态密度有效质量，从而使塞贝克系数稳定。另一方面，由于空位的增多促进了点缺陷散射，晶格热导率也得到了有效抑制。最终，电热输运的协同效应使 $AgMnGePb_{0.97}SbTe_5$ 在 723 K 下达到了 2.23 的峰值 ZT，并在 303–813 K 的温度范围内实现了 1.31 的平均 ZT，这分别比初始样品提高了 31% 和 34%。该材料利用了一种空位工程的优化策略，在 Te 基热电材料中展现出的热电性能极具前景。

A37　杨启智

交流类型：快闪报告

La、Ce 掺杂协同优化 GeTe 热电性能

杨启智、耿慧远

哈尔滨工业大学

GeTe 具有优异的本征电输运性能，是极具潜力的中温无铅热电材料，但其高浓度本征 Ge 空位、过量空穴载流子及复杂相稳定性使电子输运与晶格热输运高度耦合，限制了热电性能的进一步提升。本研究以 Bi 改性 Ge 缺位 GeTe 为对象，从非平衡缺陷工程和镧系元素掺入化学两个层次开展热电输运调控。首先，通过 Ge 缺位设计、超快速熔体旋淬和放电等离子烧结构筑 $Bi_{0.07}Ge_{0.9}Te$，并结合 XRD、SEM/TEM、EDS、DSC、Hall 测试、热电输运测试、Debye-Callaway 模型及电子结构计算研究其结构–性能关系。结果表明，快速凝固可有效抑制 Ge 的长程扩散与粗化，并促使 Ge 空位由随机点缺陷重构为有序平面空位结构，与纳米 Ge 析出相及铁电畴壁共同形成层级缺陷网络。析出相–空位耦合提供了多尺度声子散射中心，同时有序空位结构减弱了随机缺陷对载流子输运的不利影响，从而实现电子与声子输运的协同调控。优化 $Bi_{0.07}Ge_{0.9}Te$ 样品在 623 K 获得 3.45 $mW·m^{-1}·K^{-2}$ 的功率因子，并在 673 K 达到峰值 zT=1.91，较快速凝固纯 GeTe 提高 79%。

在此基础上，进一步选取相邻镧系元素 La 和 Ce 对 $Bi_{0.07}Ge_{0.9}Te$ 进行掺杂，比较不同稀土元素的掺入行为及其对缺陷演化和热电输运的影响。结果显示，La 和 Ce 表现出显著不同的掺入路径：La 在 GeTe 中的固溶度受限，可诱导 La 富集相和 Ge 富集相形成层级析出结构，并伴随局域应变、晶界和畴壁等多尺度缺陷；Ce 则更均匀地掺入基体，主要调控铁电畴和空位相关结构。电子结构计算表明，两者均未显著重构 GeTe 近费米能级主体能带，其性能差异主要来源于镧系 f 电子态的能量位置及实际掺入化学，而不能仅由名义价态、离子尺寸或原子质量解释。 La 诱导的层级缺陷结构使晶格热导率最低降至 0.31 $W·m^{-1}·K^{-2}$，773 K 时功率因子达到 3.75 $mW·m^{-1}·K^{-2}$，峰值 zT 进一步提升至 2.07，而 Ce 掺杂样品峰值 zT 仅为 1.62。

研究表明，GeTe 热电性能优化的关键不仅在于调节缺陷浓度，更在于控制缺陷的组织形式、尺度和空间分布，并匹配掺杂元素的电子结构与实际掺入路径。由此建立了从快速凝固诱导的析出–空位耦合到镧系元素选择性掺入化学的多尺度调控策略，为 GeTe 中电子–声子输运协同优化提供了新的设计思路。

A38 程悦悦

交流类型：快闪报告

基于全散射 PDF 的热电材料力学与声学性质预测

程悦悦、杨龙、陈志炜、李文、骆军、裴艳中

同济大学

晶格热输运是影响热电材料性能的关键因素，其微观机制与原子间相互作用和晶格非谐性密切相关。弹性模量、声速和 Grüneisen 参数分别表征材料的长波弹性、声学响应和晶格非谐性，与声子输运密切相关。非弹性中子散射和非弹性 X 射线散射是研究声子性质的重要实验手段，但对样品质量和实验条件要求较高。本研究基于粉末 X 射线和中子全散射数据，根据原子对分布函数（pair distribution function，PDF）峰的位置及非对称展宽构建局域相互作用模型，从中提取有效局域力常数和非谐性信息，并利用前两个 PDF 峰对应的有效力常数计算多种一元、二元和三元多晶材料的弹性和声学性质，其中 Si 的计算结果与文献值的平均相对误差低于 10%。研究结果表明，PDF 峰中蕴含的局域原子相互作用信息能够与长波极限下的弹性和声学响应建立联系，为不依赖高质量单晶的长波晶格动力学研究提供了粉末全散射实验途径，也为研究热电材料中局域原子相互作用与晶格热输运之间的联系提供了新视角。

A39 李龙舟

交流类型：快闪报告

脉冲电场与磁场作用下热电/磁热材料的服役稳定性评估

李龙舟、魏平、赵文俞

武汉理工大学

绿色固态制冷技术是下一代制冷技术发展的重要方向。热电/磁卡复合材料耦合了热电与磁热两种固态制冷机制，是一种极具发展潜力的制冷新材料。然而，该类复合材料在实际服役时需长期承受脉冲电场与交变磁场共同作用，对其异质界面结构与热电磁性能的稳定性提出了更苛刻的要求。本工作将制备的 p 型 Gd/$Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$(Gd/BST)和 n 型 Gd/$Bi_2Te_{2.7}Se_{0.3}$(Gd/BTS) 热电/磁卡复合材料在自建测试平台上开展外加脉冲电荷和交变磁场的加速老化实验，研究了循环前后材料异质界面结构、热电输运性能、磁热效应以及阻挡层界面结合强度与接触电阻的演变特征。结果表明，经过 6000 次脉冲循环后，Gd/BST 与 Gd/BTS 的异质界面组分和微结构未发生明显劣化，其形成的 Gd-Te 界面扩散层厚度分别约 10 μm 和 6 μm；Gd/BST 与 Gd/BTS 的室温 zT 值分别稳定在 0.72、0.25，磁熵变值波动不超过 6.7%。电极阻挡层的结合强度、接触电阻波动均在 7%以内。这些研究结果证实 Gd/Bi_2Te_3 基热电/磁卡复合材料在脉冲电场和交变磁场下具备优异的服役稳定性，可为热电/磁卡复合制冷的工程应用提供材料支撑。

A40　张惠

交流类型：快闪报告

Cu-Ti-Se 中动态压力诱导的相变与浅势阱下的低晶格热导率

张惠、李志昊、王洪超、王春雷

山东大学物理学院

本研究系统探讨了三元硫族化合物 Cu-Ti-Se 的相变行为、低热导率特性及其微观物理机制。采用固相反应结合球磨与快速真空热压烧结工艺，合成了菱方相与立方相 Cu-Ti-Se。原位高压 XRD 表明静水压下该相变在约 4.4 GPa 发生且压力释放后可逆。相比之下，球磨过程中动态压力诱发的菱方相向立方相转变则因动力学捕获效应而不可逆。变温 XRD 与 DSC 表明两相在 300-723 K 内均未发生结构相变，证实了材料在高温区域具有良好的结构热稳定性。晶格热导率测试表明，室温下立方相比菱方相低约 33%，且随温度升高进一步降低。第一性原理计算结合晶格动力学分析表明，立方相中 Cu 原子位于浅势阱环境，增强了声子散射、降低了声子寿命与声子群速度，从而抑制了晶格热导率。本研究阐明了浅势阱诱导低晶格热导率的物理机制，为热管理材料设计提供了理论依据。

A41　文博

交流类型：快闪报告

复合碳纳米管改善 $Cu_{2-x}S$ 基热电材料的热电性能

文博、杨睿明、石家玮、王雅宁、姚明富、苑轶

东北大学

研究背景：Cu_2S 以地壳丰度高、无毒、环境友好的铜硫元素为基础，并兼具"声子液体-电子晶体"（PLEC）本征特性，是极具前景的绿色热电候选材料。然而，其电输运与热输运之间存在强耦合，载流子浓度与迁移率难以解耦，严重制约了热电优值 ZT 的进一步提升。

研究策略：本报告介绍一种"铜空位缺陷调控—多孔碳纳米管（CNT）界面工程"的协同策略。首先通过 Cu 缺陷（铜空位）工程，将空穴浓度精准调控至热电最优窗口（约 2×10^{20} cm^{-3}）；在此基础上，采用高能球磨（机械合金化）结合放电等离子烧结（SPS），将多孔多壁 CNT 引入 $Cu_{1.96}S$ 基体，构建多尺度界面结构。

机制与结构：在该复合体系中，CNT 优异的导电性在不显著改变载流子浓度的前提下强化了电传输；与此同时，CNT 引入的异质界面弥散与多级孔隙结构形成多尺度声子散射网络，显著抑制晶格热导率κ_L，其中高温段以界面热阻散射为主导。高能球磨有效实现 CNT 解团聚，使 CNT 在 Cu–S 基体中均匀弥散，其长度由初始微米级细化至纳米尺度。

核心结果：经电、热输运协同优化，$Cu_{1.96}S$-0.50wt%CNT 复合材料在 773K 下取得峰值 ZT=1.62，较未复合基体提升 231%，性能位居 PLEC 类热电材料前列。

结论与意义：本工作提出的"缺陷调控-界面工程"协同策略，实现了PLEC热电材料中电子与声子输运的有效解耦，制备工艺高效且可规模化，为高性能、可持续热电器件的开发提供了新范式。

A42 陈天天

交流类型：快闪报告

Fe 位 Co 掺杂 Fe_2VAl 全哈斯勒合金的热电磁性能

陈天天、赵文俞

武汉理工大学

热电磁材料是新型热电/磁卡复合制冷技术的关键材料，但目前常用的磁卡/热电复合材料存在异质界面扩散反应恶化综合性能的问题，因此研制具有本征热电磁性能的单相材料具有重要意义。本研究采用电弧熔炼技术制备了系列名义组成为 $Fe_{2-x}Co_xVAl$ (x=0~2.0, Δx=0.5)的全 Heusler 合金，并系统研究了 Co 掺杂对其物相组成、磁热性能和热电性能的影响。结果表明，由于 Fe 和 Co 原子间的强交互作用，Co 掺杂后材料居里温度显著提升，x=1.5 和 2.0 材料居里温度分别提高到 210 K 和 287 K，在 2.5 T 磁场下的最大磁熵变分别可达 1.04 $J·kg^{-1}·K^{-1}$ 和 0.81 $J·kg^{-1}·K^{-1}$，而相对制冷效率分别可达 71.5 $J·kg^{-1}$ 和 110.7 $J·kg^{-1}$。发现 Co 掺杂可同时显著提升电导率和 Seebeck 系数，x=2.0 材料具有最大电导率，300 K 时可达 $4.2×10^5$ $S·m^{-1}$；x=0.5 材料表现出最大 Seebeck 系数和功率因子，500 K 时分别为-68 $μV·K^{-1}$ 和 1.14 $mW·K^{-2}·m^{-1}$。同时，由于 Fe 和 Co 原子间的质量波动和半径差异引起的强烈点缺陷声子散射，材料的晶格热导率大幅降低，x=2.0 材料具有最低的晶格热导率，750 K 时仅为 2.2 $W·m^{-1}·K^{-1}$。最终，x=0.5 材料的最大 zT 在 600K 时达到 0.073，比 Fe_2VAl 基体提高了 260 倍。本研究表明，Fe 位 Co 掺杂可以协同调控 Fe_2VAl 基全哈斯勒合金的磁热性能和热电性能。

A43 张健彬

交流类型：快闪报告

Bi-Sb 基磁热电制冷材料的掺杂调控与无源永磁集成器件

张健彬、吴晓炜、赵怀周

中国科学院物理研究所

低温固态热电制冷在深空探测、高灵敏度光电子器件与量子计算等领域具有不可替代的应用价值，Bi-Sb 合金是当前综合性能最优的低温 n 型热电材料体系，磁热电效应可进一步提升其性能，但传统方案依赖体积庞大、能耗较高的电磁铁，难以实现无源集成应用；同时 Bi-Sb 体系缺乏匹配的 p 型材料，异质配对器件存在热膨胀失配、长期可靠性不足的问题。

本研究以 $Bi_{0.88}Sb_{0.12}$ 合金为核心研究对象，采用超快淬火结合长时退火工艺制备，通过微量 Te 掺杂实现 n 型载流子浓度的精准优化，通过 Sn 受主掺杂诱导实现导电类型 n-p 转变，获得 p 型

Bi-Sb；采用 $Nd_2Fe_{14}B$ 永磁体构建无源横向磁场，系统表征不同磁场强度下材料的热电输运行为；在此基础上分别制备 n-BiSb/p-Bi_2Te_3 异质结与 Bi-Sb 同基结两类单对热电制冷模块，对比器件的制冷温差特性。

材料性能层面，1ppmTe 掺杂的 n 型 $Bi_{0.88}Sb_{0.12}$ 零场下峰值无量纲热电优值达 0.53；集成平均强度 0.16T 的磁场后，在 175K 无量纲热电优值提升至 0.64。2at.%Sn 掺杂可使 $Bi_{0.88}Sb_{0.12}$ 在全温区维持稳定的 p 型导电特性，峰值无量纲热电优值达 0.10，对应温度 220K，为构建同基结器件提供了材料基础。器件性能层面，由 Te 掺杂 n 型 $Bi_{0.88}Sb_{0.12}$ 与商用 p 型 $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ 组成的异质结模块，在 100~300K 全温区内，0.16T 无源磁场可使最大制冷温差较零场提升 5%~7%；在 175K 热端温度下，最大制冷温差达 26.4K，性能优于同温区传统 Bi_2Te_3 基制冷模块。由 Sn 掺杂 p 型与 Te 掺杂 n 型 $Bi_{0.88}Sb_{0.12}$ 组成的同基结模块，从根源上缓解了异质材料热膨胀失配带来的界面应力问题；其零场下峰值最大制冷温差为 16.5K，对应热端温度 250K；施加 0.55T 磁场后峰值温差提升至 19.3K，在 175K 热端温度下，0.40T 最优磁场可实现约 23%的制冷性能相对提升。

本研究提出的无源永磁集成方案，可在无额外能耗的前提下有效提升 Bi-Sb 基材料与器件的低温热电制冷性能，突破了传统磁热电方案对电磁铁的依赖；Sn 掺杂诱导的 n-p 导电转变实现了 Bi-Sb 体系的 p 型化，为构建低界面应力、高可靠性的同基结热电器件提供了可行路径。该研究为低温磁热电制冷器件的小型化、能量自主化与工程化应用提供了重要的实验支撑与技术思路。

A44　王琪琛

交流类型：快闪报告

碲化铋基热电材料变形机制与微观缺陷研究

王琪琛

中国科学院金属研究所　中国科学技术大学

碲化铋(Bi_2Te_3)是一类优异的室温热电材料，拥有三维块体和二维薄膜两种应用尺寸。对于块体的 Bi_2Te_3 基材料被广泛应用于电子冷却、精密控温、废热回收等领域。块体 Bi_2Te_3 基材料在热轧、冲压等制造工艺过程中通常会经历广泛的塑性变形，从而引入孪晶、堆垛层错以及调制结构等晶体缺陷，进而影响 Bi_2Te_3 合金的力学与热电性能。因此我们对 Bi_2Te_3 基热电材料的变形机制与微观缺陷形成机制展开研究。

我们选用 SPS 方法制备的掺杂 Sb 元素的 P 型$(Bi,Sb)_2Te_3$ 为研究对象，对其进行了室温三点弯曲和 500℃高温热压缩实验，之后利用 EBSD、TEM 等方法对变形后的$(Bi,Sb)_2Te_3$ 进行研究。

室温三点弯曲后，$(Bi,Sb)_2Te_3$ 完全断裂，利用 EBSD 确定了晶粒弯曲现象是由纳米晶粒对粗大晶粒施加的集中载荷所致，并创新性地通过弯矩图对晶粒弯曲过程进行了推断。利用迹线法，确定晶粒断裂面为基面{0001}。因此$(Bi,Sb)_2Te_3$ 合金在三点弯曲过程中的断裂机制为在正应力作用下纳米晶粒挤压粗大晶粒，导致原本与正应力方向平行的 C 轴发生偏转，从而增加了粗大晶粒中正应

力与 c 轴之间的夹角，使得正应力可以分解为平行于{0001}晶面方向的切应力，在切应力作用下开启基面<a>滑移并导致晶粒断裂，进而降低了材料的强度。

在热压缩后的$(Bi,Sb)_2Te_3$中，利用 TEM 发现了变形后的样品中产生大量的调制结构以及少量的堆垛层错和孪晶。进一步研究发现，调制结构主要为非公度调制结构(IMS)为主。利用近自由电子模型，分析了 IMS 在电子衍射中产生卫星斑点的机制为更大的调制周期叠加在晶格周期上，使得倒空间中的布里渊区中产生了更小的 mini-Brillouin zone，并在布里渊区边界打开新的能隙，对入射电子束发生全反射，结合埃瓦尔德球解法确定了电子衍射中卫星斑点产生位置。之后还发现了 IMS 与堆垛层错发生交互现象，完善了调制结构衍射振幅表达式中偏移矢量的影响，并推导了复合结构的衍射振幅表达式，利用埃瓦尔德球解法分析了复合结构中卫星斑点同样产生衍射拉线的原因，在傅里叶变换的角度解释了卫星斑点的产生原因以及卫星斑点产生衍射拉线的原因。

A45　李海琦

交流类型：快闪报告

化学键工程实现高性能的离子键半导体材料

李海琦[1]、吕双[1]、李孝芳[1]、夏远航[1]、刘可佳[1]、孙雨鑫[1]、王铭龙[1]、程谨轩[3]、王文轩[1]、沈东奕[1]、吴华健[2]、陈辰[2]、张倩[3]、陈粤[1]

1. 香港大学　2. 大湾区大学　3. 哈尔滨工业大学（深圳）

提高离子键半导体材料的热电性能是具有挑战性的，由于离子键本征的键合特性导致了明显的电子局域化。本工作在离子键化合物碲化锰中引入了多种原子组分，提出了一种有效的化学键调控策略，通过促进电子去局域化并调节物质相的组成，实现了热电性能的综合优化。最终，我们在 773 K 下获得了约 1.6 的峰值 zT，并在 300-773 K 温区实现了约 0.9 的平均 zT。此外，这种化学键工程还诱导了键软化并形成多尺度分级结构，从而显著降低了晶格热导率。因此，基于该 p 型碲化锰材料构建的分段热电模块在温差ΔT = 473 K 条件下实现了 11%的热电转换效率。本研究表明，化学键工程为提升离子型化合物的热电性能提供了一种有效策略。

A46　王凯

交流类型：快闪报告

钯基二硫属化物中基于 Jahn-Teller 效应抑制的电子调控声子输运

王凯、魏宾

河南理工大学

长期以来，晶格热导率（κ）的调控主要依赖原子尺度的结构工程，通过引入局域扰动增强声子散射并抑制晶格热导率。然而，由于原子重排不可避免地会重塑电子结构，随之产生的电子-晶

格相互作用能否作为一个独立自由度用于热调控，仍是一个有待探索的问题。Jahn-Teller（JT）效应是电子-晶格相互作用的重要体现，我们发现 JT 效应的抑制能够为调控热输运提供一种新的途径。在褶皱型钯基二硫属化物（PdX_2，X = S、Se、Te）中，不同层中的硫属元素替代逐渐抑制了 PdX_6 八面体的 JT 畸变，进一步诱导电子调控的正交相-立方相转变，并引起晶格动力学的重构。伴随着上述演化过程，晶格热导率随硫属元素质量呈现显著的“W”形变化，明显偏离传统的质量依赖关系，与此同时，κ 与 JT 畸变描述符 φ 之间呈现 $\kappa \propto \varphi$ 的定量关联。这些结果表明，电子-晶格相互作用可以作为调控声子输运的独立自由度，并为突破传统结构工程策略、实现热输运的电子调控提供了新的设计思路。

A47　冯孝坤

交流类型：快闪报告

通过抑制电离杂质散射实现 n 型立方 SnSe 多晶的高热电性能

冯孝坤[1]、文熠[2]、白树林[2]、梁超[1]、刘荣[1]、高天[2]、李泽忠[1]、王晓倩[1]、王思宁[2]、白政国[1]、冯慧男[1]、李泽浩[1]、贾怡清[1]、陈永金[3]、石浩男[1,4]、宿力中[1,4,5]、白培康[1,5]、赵立东[2]

1. 太原科技大学　2. 北京航空航天大学　3. 北京高压科学研究中心

4. 先进不锈钢材料国家重点实验室　5. 山西省可控金属凝固与增材制造重点实验室

宽温域应用中，n 型硒化锡（SnSe）多晶材料受到低对称性 Pnma 晶体结构中晶界所导致的载流子迁移率降低的限制。实现 n 型立方 SnSe 多晶材料有望解决这一问题。然而，传统通过 I-V-VI_2 族化合物合金化实现立方 SnSe 的方法会引入大量电离杂质，导致载流子迁移率降低，并难以实现重 n 型掺杂。在本研究中，我们通过二价化合物合金化和卤素掺杂，成功制备了具有高载流子迁移率和优异热电性能的 n 型立方 SnSe 多晶材料。PbTe 合金化使 SnSe 多晶材料形成稳定的立方相，并具有较高的空穴载流子迁移率；进一步的卤素掺杂则实现了重 n 型导电。此外，我们发现，氯掺杂能够增强键极性，并由于其较大的电负性而提高静态介电常数。这抑制了电离杂质散射，使材料在 300 K 下获得了约 $200.68 \pm 6.8\ cm^2\ V^{-1}\ s^{-1}$ 的更高载流子迁移率，优于溴或碘掺杂。最终，我们在 n 型立方 $(SnSe)_{0.55}(PbTe)_{0.45}$–0.02Cl 中获得了 673 K 下约 0.8 的峰值无量纲热电优值，并在约 523 K 的温差下实现了约 5.9%的单腿器件发电效率。这些结果凸显了键极性调控在抑制电离杂质散射方面对于重掺杂热电材料的重要作用。

A48　王宇轩

交流类型：快闪报告

载流子浓度和孔隙率协同优化提高 $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ 合金热电性能

单蕾佳、曲超、王宇轩、丁战辉

吉林大学

碲化铋基合金是室温附近性能最优的热电材料，但受限于较高的晶格热导率和载流子浓度调控不足，其热电优值仍存在提升空间。本研究通过高压合成技术，结合 Sb 掺杂和 NaCl 造孔法，实现对 p 型 $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ 载流子与声子输运行为的协同优化。首先，采用高压合成法制备了不同 Sb 掺杂量的 $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ 致密块体。Sb 掺杂通过增强反位缺陷 Sb_{Te}，有效提高了空穴浓度和晶粒尺寸，电导率从 507 S cm^{-1} 提升至 709 S cm^{-1}，同时缺陷密度的增加增强了声子散射，使晶格热导率显著降低，样品 $Bi_{0.5}Sb_{1.55}Te_3$ 最大 zT 值在 413 K 下达到 0.88。在此基础上，进一步引入 NaCl 作为造孔剂，在高压合成后超声水洗去除，在材料内部原位形成纳米孔结构。当孔径接近声子平均自由程（约 100 nm）时，孔隙有效散射声子而不显著损害载流子输运有效降低样品晶格热导率，样品 SN1.0 在 413 K 时晶格热导率降至 0.31 W $m^{-1}K^{-1}$。然而孔径过大或孔隙率过高，反而劣化电输运性能。二者协同使样品 SN1.0（孔隙率 18.6%）在 373 K 下获得 0.98 的最大 zT 值。该研究揭示了载流子浓度调控与孔隙结构优化协同策略在提升热电性能中的关键作用，为开发高性能多孔热电材料提供了一种新的双重策略。

A49　庞春莹

交流类型：快闪报告

化学压力驱动的 LnNiSb(Ln=La-Lu)结构相变与热输运性质：基于定制化机器学习原子间势函数的研究

庞春莹、杨炯、席丽丽

上海大学材料基因组工程研究院

镧系收缩效应作为一种引入化学压力的本征物理机制，使我们能够在无需借助外部高压设备的条件下，实现对材料多晶型稳定性与物理性质的有效调控。然而，贯穿整个稀土系列，化学压力如何协同调控相结构与声子热输运行为，其微观机制仍缺乏系统性研究。针对此挑战，本研究结合双重自适应采样策略与高阶等变消息传递神经网络，为立方相和六方相 LnNiSb（Ln = La-Lu）体系成功开发了高精度的定制化机器学习原子间势函数。该势函数的训练集涵盖了从 La 到 Lu 的 15 种不同稀土合金组分，包含宽广热力学条件下的 8,087 个密度泛函理论计算构型；其对能量和力的测试集平均绝对误差分别低至 0.29 meV/atom 和 11.6 meV/Å。研究表明，若以无化学压力的 LaNiSb 作为基准参考态，基于等体积变化原则，可将稀土元素替换所带来的镧系收缩定量映射为等效静

水压。在此等效化学压力标度下，六方相与立方相之间的绝对焓差随压力呈现剧烈攀升（从-86.8 meV 到 419.0 meV），并在 PrNiSb 与 NdNiSb 之间发生由负转正的变号，标志着基态相由六方相向立方相的结构逆转。有限温度下的自由能演化不仅进一步证实了这种由化学压力主导的相竞争机制，还表明相变临界组分会随温度升高而发生偏移。深入的微观电子结构分析表明，六方相中局部力常数的显著软化主要归因于 Ni-Sb 键对化学压力的反常响应以及费米能级附近反键态占据的增强。在声子热输运行为方面，从 La-Lu 不断增加的化学压力协同抑制了低频非谐声子散射率，并减小了温度加权的三声子散射相空间，从而在 LnNiSb 从左到右质量升高的前提下，反常地提升了两种相的晶格热导率。本工作构建了一套具有高度可移植性的计算框架，系统阐明了镧系收缩、结构相转变机制与声子热输运间的物理联系，为利用化学压力调控功能材料的结构相变及热输运性能提供了微观见解。

A50　余伟

交流类型：快闪报告

高压诱导 Ag-In-Se 基材料的结构相变及其潜在热电性能研究

余伟、胡家馨、李志建、张景惠、安亚尉、郭鑫

长春理工大学

高性能热电材料一定是追求“声子玻璃-电子晶体”（PGEC）的理想状态，但受限于物理层面的电声强耦合机制，要实现两者最佳平衡状态仍然是一项巨大的挑战。本工作以 Ag 离子强烈低频振动导致极低晶格热导率的 Ag-In-Se 基材料为研究对象，通过超高压(≥1 GPa)烧结技术诱导 Ag-In-Se 体系中本征四方相的 $AgInSe_2$ 发生结构相变，由四方相（I-42d）转变为菱方相（R-3m）、立方相（Fm-3m）以及新物相 $AgIn_2Se_4$ (Fd-3m)，并且这些高压相能够被成功截获至常压。得益于高压下相结构的转变，导致 Ag-In-Se 基材料的电学性能得到极大提升。相比于本征四方相（I-42d），在室温下空间群为 R-3m、Fd-3m 与 Fm-3m 结构的样品电导率均提升了 6 个数量级，且 R-3m 与 Fd-3m 结构样品的功率因子(PF)提升了 1000 倍。而对于 Fm-3m 结构的样品 PF 更是提升 3000 倍（~900 $\mu W\ m^{-1}\ K^{-2}$@300 K），使 Ag-In-Se 基材料有望成为一种全新的潜在近室温热电材料，扩展了其热电性能的工作温区。本工作表明，高压烧结技术不仅能有效拓展 Ag-In-Se 体系的物相空间，更可通过截获高压相显著提升其近室温区与中温区热电性能，为热电材料的结构设计和性能优化提供全新思路。

A51　杨迪

交流类型：快闪报告

温度敏感性相变体系热化电池反应熵的分子动力学模拟预测

杨迪

华中科技大学

面向低品位热能回收用热化电池，针对 TBAF-$[Fe(CN)^6]^{3-/4-}$ 半笼型水合物（SCH）体系反应熵及电极电势温度系数难以从分子尺度准确预测的问题，本研究建立周期性分子动力学模型，采用 OPLS-AA 力场和径向分布函数表征铁氰根离子的溶剂化结构及 TBA^+ /K^+ 反离子重排。采用多窗口热力学积分（TI）计算不同温度下的氧化还原自由能差，并由自由能–温度关系获得反应熵及温度系数。本研究将“自由能—反应熵—温度系数”计算框架拓展至具有一级相变特征的 SCH 热化电池体系。结果表明，TI 计算能够较好复现相变两侧稳定组成区间的本征温度系数：低温 TBAF-lean 区间约为-1.34 $mV·K^{-1}$，高温 TBAF-rich 液相区间约为-1.26 $mV·K^{-1}$，表明该方法对单一稳定组成下的热力学响应具有较好的预测能力。在 292～297 K 相变区间，受相变动力学及模拟采样尺度影响，计算结果与实验表观温度系数-13.8 $mV·K^{-1}$的定量吻合度相对较低，模型在该区间仍有进一步优化空间。本研究明确了 TI 方法在相变体系中计算自由能的适用边界，为进一步结合增强采样与多尺度自由能校正提高相变区预测精度提供了理论依据。

A52　陈振东

交流类型：快闪报告

三维 Ag_2Se 热电网络促进多模态智能感知

陈振东、曹峰

哈尔滨工业大学（深圳）

热电材料在能量转换领域之外，正展现出面向新兴智能感知的巨大潜力。然而，传统热电传感器受限于单一热流响应模式，难以实现对复杂物理场（如温度与压力）的同时感知与区分。本研究报道了一种基于三维多孔 Ag_2Se 热电网络的双模态传感器。该三维网络在承受压力时产生显著的形变诱导阻变效应，在承受温度梯度时则维持高效的面内塞贝克效应，从而在单一器件内实现了温度与压力刺激的电信号正交解耦。该传感器在 300 K 附近展现出优异的热电性能，温度灵敏度达到-122.7 $\mu V\ K^{-1}$，响应时间约 0.14 s；同时其压阻灵敏度为-2.94% kPa^{-1}，响应时间仅 0.08 s，且双通道串扰低于可忽略水平。尤为重要的是，该工作首次将 Ag_2Se 热电网络从“热-电”转换拓展至“热-力-电”多场耦合传感范畴。进一步结合深度学习算法，该系统可对九种不同热物性及力学特性的材料实现高达 96%的实时识别准确率，展示了热电型传感器在具身智能触觉感知系统中的独特优势。本工作不仅为 Ag_2Se 热电材料开辟了超越传统能量收集的新应用维度，也为解决多模态传感中的信号干扰难题提供了一种“材料-结构-功能”一体化的热电学新思路。

A53　刘畅

交流类型：快闪报告

自组装溶出纳米复合金属网络提升钛酸锶基热电薄膜功率因子

刘畅、林元华

清华大学材料学院

钙钛矿氧化物钛酸锶因其高本征塞贝克系数和稳定性而在热电材料领域展现出巨大潜力，但其整体功率因子仍需进一步提升。与金属相复合可增强导电性，但精确的纳米级调控仍面临挑战。本研究基于溶出这一电化学过程在 LSAT（001）基底上的镧掺杂钛酸锶外延薄膜中自组装形成金属纳米网络，通过调控溶出条件以调节纳米颗粒尺寸和密度，成功构建出具有强界面结合力、分布均匀且致密的纳米网络结构，显著提升了电导率。由此获得优异的功率因子，在 528 K 时峰值 PF_{max} 达约 1352 μW $m^{-1}·K^{-2}$；从室温至 886 K 范围内平均 PF_{ave} 高达约 1106 μW·$m^{-1}·K^{-2}$，在当前 n 型氧化物热电材料中具有较大的竞争力。本研究证明溶出可以作为一种钙钛矿氧化物纳米复合材料设计的有效途径，并为高性能热电单晶薄膜的设计和发电应用提供了新的思路。

A54　杨泽源

交流类型：快闪报告

非常规掺杂实现 Bi_2S_2Se 化合物的超高功率因子与优异热电性能

杨泽源、葛振华

昆明理工大学

作为一种具有发展前景的无碲热电材料，n 型 Bi_2S_2Se 通常存在本征载流子浓度较低的问题，这严重限制了其热电性能的优化。在本研究中，我们发现，采用非金属卤化物 $SeBr_4$ 引入额外的反位缺陷集团，可以有效提高 Bi_2S_2Se 的电导率，从而实现非常规掺杂。X 射线吸收精细结构（XAFS）分析表明，基体中存在 Se^{4+}和 Se-S 键，这有助于降低反位缺陷集团的形成能，并引入额外电子。因此，Bi_2S_2Se + 1.0 mol% $SeBr_4$ 样品表现出最高约 867 μW·m^{-1} K^{-2} 的功率因子，同时具有超低的晶格热导率，约为 0.25 W·m^{-1} K^{-1}。该样品在 773 K 时获得了 1.3 的峰值 ZT，并在 323-773 K 范围内实现了 0.63 的平均 ZT。与未掺杂样品相比，其峰值 ZT 提高了约 300%。本研究展示了 Bi_2S_2Se 化合物中创纪录的高 ZT 值，并表明非金属卤化物可作为有效的 n 型掺杂剂，用于调控其他热电体系中的载流子浓度。

B 分会场报告摘要（B01-B54）

B01　唐国栋

交流类型：邀请报告

高效锡锗硫族热电材料与器件研究

唐国栋

南京理工大学

锡锗硫族热电材料具有元素无毒、来源丰富、低成本等优势，是极具发展前景的一类环境友好型热电材料，近年来受到广泛关注。针对锡锗硫族性能低，器件转换效率不高的问题，我们通过一系列调控方法，连续提升了 N 型多晶 SnSe 热电性能，获得了高性能 N 型多晶 SnSe 热电材料，将其热电转换效率提升至 7.3%。提出了掺杂轨道与超价键相互作用调控热电性能方法，提出通过操控掺杂元素 s 轨道和 Te-p 轨道能量与尺寸的重叠程度，导致费米面附近态密度峰来提高态密度有效质量，使得最优载流子浓度靠近掺杂载流子浓度，实现热电性能最大化。在 SnTe 材料中获得了优异室温和宽温域热电性能，其平均 ZT 从 0.12 提升至 1.15，增幅 830%，大幅提升了 SnTe 热电器件近室温转换效率。通过减弱阳离子-s 轨道和阴离子-p 轨道相互作用促进 GeTe 价带收敛，同时引入模块化纳米结构降低晶格热导率，实现宽温域热电性能的优化。通过构筑纳米孪晶协同诱导超高能谷简并度的策略，实现了 GeTe 超高热电性能的同时，大幅提升了材料的机械性能，显著提升了 GeTe 热电器件能量转换效率至 12%。通过基体晶格平整化材料热电性能方法，设计得到了高 ZT 值的 Cu_2Se 热电材料。为获得高效热电材料与器件提供了新思路。

B02　赵云山

交流类型：邀请报告

五边形构型二维材料声子热输运与热电特性

赵云山

南京师范大学

理解二维少层材料中的声子热输运机制，对于纳米电子器件热管理和高性能热电器件的设计具有重要意义。同时，热电输运作为一种对电子能带结构高度敏感的输运表征手段，也为研究低维材料中的能带物理提供了新的视角。本报告将介绍二维少层五边形晶格材料声子热输运与热电输运性质方面的研究进展。首先，我将介绍二维 $PdSe_2$ 中反常的厚度依赖热导率现象，揭示低对称性二维材料中独特的声子输运机制。随后，通过能带调控和石墨烯边接触电极显著提升 $PdSe_2$ 热电性能的研究工作。最后，结合热电输运测量、扫描隧道显微镜（STM）和第一性原理计算，揭示了 PdPS 中电子结构随缺陷的演化规律。这些研究加深了对二维五角晶格材料中声子与载流子输运

机制的理解，为高性能热电器件的优化提供了新的思路。

B03　高杰

交流类型：邀请报告

纳米尺寸银前驱体诱导 Ag_2Se 基块体材料中纳米晶与微孔的形成以实现高热电性能

高杰[1]、司洛鸿[1]、苗蕾[2]

1. 桂林电子科技大学　2. 广西大学

Ag_2Se 基热电材料在近室温领域具有应用潜力，但仅通过调节 Ag/Se 比例难以显著提升其热电优值，而在该体系中利用多尺度缺陷协同调控声子和电子输运的研究报道较少。本研究基于对 Ag_2Se 基材料中晶界和孔洞对载流子散射行为的分析，提出同时引入纳米级晶粒和微米级孔洞来实现声子与载流子的协同散射。采用纳米银粉作为原料，通过机械合金化合成了晶格高度畸变的 Ag_2Se 基粉末，这种畸变有效抑制了烧结过程中的塑性流动，最终制得平均晶粒尺寸约 24.8 nm、平均孔径约 1.12 μm 的块体材料。该结构可在宽频域内高效散射声子，同时晶界和微孔对载流子迁移率的损伤较小。由此在 303 K 下获得了 0.221 $W·m^{-1}·K^{-1}$的超低晶格热导率，平均 ZT 值超过 1。此外，将该块体与商用 Bi_2Te_3 基块体配对组装成热电器件，在 90.3 K 温差下实现了 2.25%的能量转换效率。

B04　文熠

交流类型：口头报告

IV-VI 族热电材料中的缺陷工程与前沿表征

文熠

北京航空航天大学

该报告围绕 IV-VI 族热电材料（SnSe、SnS 等）展开，聚焦缺陷工程与先进表征技术，旨在建立显微结构、缺陷演化与材料性能之间的关联。利用球差校正透射电镜和原位电镜等先进手段，结合晶体缺陷调控策略，系统探究了材料微观结构对热电性能的调控机制，包括在 n 型 SnSe 中通过 Pb 合金化提高晶体对称性、拓宽 Cmcm 相稳定窗口，实现宽温域（250 K）的高平均 ZT 值 3.0 及最大能量转换效率~19.1%；Te-Mo 协同合金化通过 Mo 占据 Sn 位引发 c 方向晶格收缩，提高晶体对称性，大幅提升载流子迁移率；在 p 型 SnS 中，通过调控化学计量比引入 SnS_2 纳米第二相，利用空位浓度提升激活第四能带、半共格相界面增强声子散射，实现了多能带能量与动量协同；此外，Sn 空位调控的 SnSe 纳米片在近室温条件下表现出优异的过氧化氢催化合成活性，原位电镜揭示了 Sn 空位迁移驱动的表面重构催化机制。结论表明，通过缺陷工程（对称性调节、化学计量比调控）可有效解耦热电耦合参数、优化载流子迁移率与声子输运性能，而原位电镜表征为理解

缺陷动态演化与性能关联提供了关键证据，为设计高性能热电材料提供了重要参考。

B05　石浩男

交流类型：口头报告

N 型 SnSe 晶体面内热电输运性能调控

石浩男[1]、赵立东[2]

1. 太原科技大学　2. 北京航空航天大学

SnSe 晶体是一种近年来广受关注的热电材料。目前，P 型 SnSe 晶体通过能带工程、晶格素化等优化策略，其室温 ZT 值可达 1.5，300-773 K 的平均 ZT 值可达 2.2，已展现出优秀的制冷与发电性能。相比之下，N 型 SnSe 晶体的发展则较为滞后，且其研究多集中于面外方向。尽管面外方向在高温下可达到超过 3.0 的 ZT 值，但其存在近室温性能较低、容易解理的情况，增大了其应用难度。相比之下，N 型 SnSe 沿面内方向具备较高的机械强度和载流子迁移率，适于热电器件的制备。因此，本工作从 SnSe 晶体应用的实际需求出发，对 N 型 SnSe 晶体的面内方向进行了相关研究，以促进高性能 SnSe 基热电器件的发展。首先，通过固溶 Pb 元素，降低了面内方向的形变势，使室温的载流子迁移率提升至~ 445 $cm^2 V^{-1} s^{-1}$。同时，通过准声子散射模型证实 Pb 并未影响有效质量。形变势的调整则有效实现了电-声解耦，室温 ZT 值达到了~ 0.4，300-773 K 下的平均 ZT 值则达到~ 0.74。随后，从调控 SnSe 的晶体结构出发，通过引入 Te 和 Mo 元素，结合同步辐射与第一性原理计算，发现 Se-Sn-Se 键角发生变化，从而增强了 N 型 SnSe 的晶格对称性，使其面内方向的载流子迁移率大幅提升，从没有优化时的~ 250 $cm^2 V^{-1} s^{-1}$ 提升至 422 $cm^2 V^{-1} s^{-1}$；同时，观察到在对称性提高的过程中，双导带发生了简并，使 N 型 SnSe 的有效质量从 0.42m_e 提升至 0.51m_e，由此实现了材料晶体结构和能带结构的同步调控，实现了载流子迁移率和有效质量的协同优化，进一步促进了电输运性能的提升。最终，在成分为 SnSe-0.75%Te-0.7%Mo 的样品中获得了室温~0.6 的 ZT 值和 300-723K 下~0.89 的平均 ZT 值，并在 300K 温差下实现了 5.3%的发电效率。该工作表明 N 型 SnSe 晶体沿面内方向的热电性能有巨大的研究价值，在制冷与发电方面均具备极大的应用潜力。

B06　谢红飞

交流类型：口头报告

稀散金属碲及碲化物功能材料研发：面向热电及多场景应用

谢红飞

江西铜业技术研究院有限公司

碲作为关键稀散战略金属，是碲化铋基热电材料、声光晶体、射线探测晶体等功能材料的核心原料，在热电转换、光电、核探测等领域具备不可替代的作用。碲化铋是目前近室温区间唯一实现商业化的热电材料体系，广泛用于光模块温控、激光器温控、红外探测、医疗仪器、车载制

冷以及工业余热回收发电等场景。当前全球高端半导体制冷器件（TEC）原料供给紧张，碲基热电材料国产替代需求迫切。

本报告围绕热电产业链需求，系统梳理碲及碲化物研究背景，重点介绍高纯碲、碲化铋、氧化碲等的研发进展与产品性能。针对高纯碲制备，采用耦合提纯工艺，解决杂质分离难题，实现5N-8N超高纯碲稳定制备，为高性能碲化物功能材料提供高品质原料保障。面向热电应用，开展碲化铋基材料与器件全链条研发，通过热变形工艺、缺陷工程、织构调控与界面优化，获得高ZT值、高力学性能的碲化铋晶棒，实现P/N热电粒子批量化制备，开发的热电器件可实现70 ℃以上工作温降。同时拓展碲化物多方向应用：大尺寸氧化碲单晶实现高光学质量制备，用于声光调制、激光扫描器件；碲锌镉晶体面向高能射线探测场景开展工艺攻关等。

立足于现有中试平台，团队致力于提供高纯度、高一致性的碲基热电材料整体解决方案。报告同时分析现阶段碲基材料产业化存在的技术瓶颈，对后续高纯原料扩产、高性能热电器件模组开发、碲化物晶体质量提升等研发方向进行展望，助力我国热电材料与器件产业链自主可控。

B07　王德壮

交流类型：口头报告

缺陷工程调控碲化锗热电材料：p-n转变与声电解耦

王德壮、刘庆丰

南京工业大学

在全球能源约束与“双碳”战略目标驱动下，热电转换技术因其能够直接将热能转化为电能，在余热回收领域具有重要战略意义。GeTe基热电材料因组成相对环境友好、晶体结构和能带特性可调，成为中温热电领域最具潜力的候选体系之一。然而，GeTe中本征Ge空位形成能较低，使其呈现强p型半导体特征（空穴载流子浓度约10^{21} cm^{-3}），n型GeTe的制备与性能调控困难，难以与p型GeTe相匹配，严重制约了其规模化应用。

本工作围绕n型GeTe的p-n转变与载流子散射等关键科学问题开展研究。首先，通过$AgBiTe_2$合金化调控阴阳离子空位浓度，将GeTe基材料的主载流子由空穴转变为电子，同时引入多层级缺陷结构增强声子散射，在423 K下*ZT*值达到0.5；其次，通过优化退火时间诱导晶界迁移、促进晶粒生长，并驱动Ge空位聚集形成空位团簇，实现载流子和声子散射解耦，在473 K下获得约0.4的*ZT*峰值。上述策略为高性能n型GeTe基热电材料的设计与性能优化提供了可行思路。

B08　周字桢

交流类型：口头报告

强声子相干性驱动准低维材料中的反常热输运行为

周字桢、周小元

重庆大学

深入理解固体中的晶格动力学行为，是推动热输运相关应用的关键科学基础。本工作结合第一性原理计算与统一声子输运理论，系统揭示了晶体对称性降低诱导的反常声子热输运行为及其微观机制。以准一维 KCu_7S_4 与准二维 $Cu_2P_2O_7$ 体系为研究对象，我们发现低对称晶格与强声子非谐性的协同效应使波动性相干输运成为热传导的主要机制，导致晶格热导率呈现非单调温度依赖关系，且面内与面外方向的热导率各向异性发生反转。实验上，KCu_7S_4 织构多晶沿一维链方向同时获得更高电导率与更低晶格热导率，最大热电优值较垂直一维链方向提升约 100%。理论分析表明，上述反常热输运行为源于强 rattling 非谐性、密集声子支与缺陷散射的共同作用，使声子平均自由程低于 Ioffe-Regel 极限，粒子性声子输运被显著抑制。本研究揭示了准低维体系中相干声子输运主导热传导的物理条件，为利用声子相干工程调控热输运、设计先进热电材料提供了理论依据。

B09　毛俊

交流类型：邀请报告

Mg-Ag-Sb 材料非同素异构物相转变机制解析及热电输运性质研究

毛俊

哈尔滨工业大学（深圳）

本工作表明 Mg-Ag-Sb 体系相变涉及四种成分不同、分属三种晶体结构的三元化合物。加热时，四方晶系 alpha-MgAgSb 先分解为四方晶系 beta-$Mg_5Ag_{4.32}Sb_{4.5}$，随后进一步分解为立方晶系 Gamma_H-$Mg_5Ag_{2.11}Sb_4$，此过程中伴随 Ag_3Sb 与 Sb 杂相的逐步析出；冷却时，立方晶系 Gamma_H-$Mg_5Ag_{2.11}Sb_4$ 转变为立方晶系 Gamma_L-$Mg_5Ag_{1.18}Sb_{3.63}$，同时重新生成 alpha 相，且全程伴随大量 Ag_3Sb 与 Sb 杂相的产生。通过电子局域函数、积分晶体轨道键级与积分晶体轨道哈密顿布居分析可知，该化合物以离子键相互作用为主，且 Ag-Sb 键在价带顶附近存在反键特征，显著弱于 Mg-Sb 键。分子动力学模拟结果表明，温度升高会显著增大 Ag 和 Mg 原子的振动幅度，而 Sb 原子的振动幅度随温度升高无明显变化。因此，Sb 亚晶格中 Mg 与 Ag 原子的显著迁移，是该体系物相演变的核心驱动力。值得注意的是，这种快速原子迁移赋予了 alpha 相通过退火实现有效恢复的特性。即便该材料在 423~673 K 温度区间内经受过 500 次热循环，经退火处理恢复至 alpha 相后，其电声输运性质相较于循环前仍无显著差异。基于 alpha 相的单臂器件经 613 K 热损伤后，能量转换效率从 8.6%降至 6.1%，退火后可恢复至 7.7%。

B10　陈荣春

交流类型：邀请报告

高性能热电合金的局域结构解析及其电声输运机制研究

陈荣春、康慧君、王同敏

大连理工大学

局域结构调控可以通过选择性散射载流子与声子，实现对电热输运性能的协同优化，并同步提升力学性能。本工作基于同步辐射原子对分布函数及理论计算系统研究了局域结构调控对 $Mg_3(Bi,Sb)_2$、GeTe 及 ZrNiSn 等典型热电材料性能的影响规律。以 $Mg_3(Bi,Sb)_2$ 合金为例，通过对局域原子构型的精准调控，为解耦电声输运提供了新的自由度。具体地，基于局域化学波动与短程结构有序，$Mg_{3.17}Cu_{0.03}(Bi_{0.7}Sb_{0.3})_{1.99}Te_{0.01}$ 和 $Mg_{3.17}Ag_{0.03}(Bi_{0.7}Sb_{0.3})_{1.99}Te_{0.01}$ 在 323 至 573 K 范围内均获得约 1.1 的平均 zT 值，同时分别具有 402 MPa 和 387 MPa 的抗压强度。本研究阐明了局域结构调控在优化热电性能中的关键机制，为设计高性能热电材料提供了理论指导。

B11　临时取消

B12 临时取消

B13 周志方

交流类型：口头报告

基于自蔓延高温合成的原位复合策略：热电性能的协同优化

周志方

中南大学

热电材料的电热输运参数之间存在强耦合关联，且传统制备工艺普遍流程较复杂、周期较长，限制了材料性能的进一步提升。针对上述问题，本工作发展了基于自蔓延高温合成的原位复合策略。该策略利用其快速、非平衡的合成特性，通过原料组分合理设计，在快速升降温过程中原位复合第二相、诱导多相共存或形成共格插层界面等结构，实现对载流子与声子输运行为的协同调控。本工作通过该方法，在 BiCuSeO、Bi_2O_2Se 等氧化物热电体系以及 PbTe、Cu_2Se、GeTe 等合金热电体系中均实现了显著的热电性能提升。本研究为突破热电材料电热输运性能的制约瓶颈提供

了一条简便高效的制备路径，并展现出良好的体系普适性，有望推动热电器件的发展。

B14　李斗

交流类型：口头报告

康铜合金深过冷快速凝固组织调控及热电性能优化

李斗、王伟丽

西北工业大学

康铜合金具有优异的塑性与加工性能且热电性能可调控、性质稳定、价格低廉，是极具应用前景的热电合金材料。然而，康铜合金的热导率通常高于 30 $W·m^{-1}·K^{-1}$，极大限制了其热电优值的提升，其本征热电优值长期处于极低水平，室温下通常低于 0.01。针对这一瓶颈，本研究采用深过冷快速凝固技术，通过非平衡凝固对液态康铜合金的微观结构与成分偏析行为进行精准调控以降低合金热导率。实验结果表明，深过冷快速凝固使得康铜合金微观组织得到细化，既保留了初生枝晶状铜-镍固溶体组织，又在晶界偏析出富铜固溶体。高密度的晶界与原子尺度的成分偏析作为强散射中心在声子输运与载流子输运之间实现了有效解耦，将 773 K 温度下的合金热导率降至 21 $W·m^{-1}·K^{-1}$；同时，微观偏析形成的成分起伏通过能量过滤效应优化了载流子输运，使得功率因子突破 100 $\mu W·cm^{-1}·K^{-2}$。最终，热电优值 zT 达到 0.38。压缩力学测试表明该合金塑性优异，当压缩应变达到80%时仍未产生宏观断裂，展现出极佳的成形加工性能。因此，这种一步快速制备策略能够有效促进康铜热电合金的实用化进程。

B15　朱思靖

交流类型：口头报告

通过刚性支撑柔性互连的异质结构实现高可靠、高效制冷的柔性热电制冷器

朱思靖、杨馨雨、邓莹莹、巫祥强、赵世原、张忠玮、苗蕾

广西大学

随着全球平均气温持续攀升，极端高温与低温天气愈发频繁，对人员生命安全与作业能力构成严峻挑战。基于珀耳帖效应的热电冷却器（TEC）因其零排放和高效率被用于个人体温管理的则引起了广泛关注。然而，目前研究采用的封装材料/结构要么柔性不足，要么隔热性能差导致热损耗，或在长期使用中因可靠性欠佳而无法有效保护热电臂或电极，难以同时实现高可靠、高柔性与高制冷性能。本研究通过热电对嵌入低热导刚性封装材料后整体再嵌入柔性封装材料，形成"刚性支撑柔性互连"复合结构，并结合自吸湿水凝胶于散热端，最终实现了高效制冷、高可靠、高柔性冷的协同优化。结果显示其具有良好的柔性和超过 5Mpa 的抗压能力，在室温条件下可为人体皮肤稳定降温超过 9℃。本研究在热管理与柔性热电器件设计领域展现出重要的理论与应用价值。

B16　陆忠涛

交流类型：口头报告

硫族热电材料的微观塑性增强机制：以 Ag_2Te 和 Cu_2Se 为例

陆忠涛、吴珞琪、肖晨阳、李国栋

武汉理工大学

硫族热电材料在柔性器件领域具有重要前景，本工作以 Ag_2Te 和 Cu_2Se 为对象，从表面效应与层间效应两个维度，研究其塑性增强机制。针对 Ag_2Te，单晶纳米线在室温下达到 75.7%的拉伸断裂应变。原位电镜与第一性原理计算表明，表面不全位错发射诱发(100)面滑移，后续(001)面形变孪晶抑制裂纹萌生，应力诱导析出的银纳米孪晶桥进一步阻碍裂纹扩展，三者协同实现超常拉伸塑性。针对α-Cu_2Se，其室温脆性源于(001)层间 Cu-Se 键合力薄弱。以 S 替代 Se 引入更强 Cu-S 键，提高了层间解理能垒；同时使(001)[100]与(001)[010]两滑移系能垒趋于接近，促进多滑移系激活。压缩实验表明，$Cu_2Se_{0.9}S_{0.1}$ 强度提升 53%、断裂应变提升 123%，层间解理开裂得到有效抑制。上述结果表明，通过纳米尺度限域或层间键合强化，可有效改善硫族热电材料的塑性，为高可靠性微器件的设计提供参考。

B17　朱晨

交流类型：口头报告

基于 Peierls-Nabarro 应力调控的高性能 n 型 PbTe 热电材料

朱晨

徐州工程学院

PbTe 被公认为最优异的中温热电材料之一，但它的 n 型热电性能长期落后于 p 型，严重限制了 PbTe 基热电器件的整体转换效率。本工作提出利用溶质诱导晶格软化效应调控 Peierls-Nabarro（P-N）应力，以此突破 n 型 PbTe 的性能瓶颈。第一性原理计算结果显示，Sb 取代 Pb 可使(111)<110>滑移系的 P-N 应力由 0.07 GPa 降至 0.05 GPa，可显著促进位错增殖；依照该思路制备的 PbTe-1.5wt.% TeO_2-xwt.% Sb 复合材料中，形成了由螺旋位错、位错环和亚晶界构成的高密度位错网络；同时，Sb 与 TeO_2 反应原位生成的 Sb_6O_{13} 纳米析出相与基体形成共格/半共格界面，上述多维缺陷与点缺陷协同实现宽频声子散射，使得晶格热导率在 773 K 时降低至 0.21 W m^{-1} K^{-1}。另一方面，Sb 掺杂将费米能级推入导带并引入 Sb 5p 态，提升了导带底的态密度，使塞贝克系数和功率因子分别提升至 303 μV K^{-1} 和 16 μW cm^{-1} K^{-2}。最终，PbTe-1.5wt.% TeO_2-1.8wt.% Sb 样品在 723 K 获得峰值 ZT≈2.2。本工作通过应力靶向缺陷工程协同优化热电材料的热、电输运性能，为先进热电材料的性能提升提供了通用策略。(*Nature Communications*)

B18　谢鸿耀

交流类型：邀请报告

类金刚石结构热电材料

谢鸿耀

北京航空航天大学

类金刚石化合物是一大族重要的半导体材料，该系列化合物种类丰富，不同化学组元间电子及声子结构差异巨大，然而相互间易形成连续固溶体，为材料电热输运性能的连续调控及新材料的开发提供了广阔空间，研究并揭示材料本征输运特性对开发新型类金刚石热电材料具有重要意义。本工作围绕 Cu 基与 Ag 基类金刚石热电材料，从化学键合，局域配位结构，晶体对称性角度揭示两类材料电热输运特性巨大差异的内在根源。并提出利用结构对称性规律来预测类金刚石材料热导率的新方法，在此基础上通过局域结构及晶体对称性调控，开发了 $AgInSe_2$，$AgCdInSe_3$，Cu_3SbSe_4 等一系列新型类金刚石热电材料，并展示其热电制冷与发电应用潜力。

B19　刘伟迪

交流类型：邀请报告

结构缺陷设计开发高性能热电材料与器件

刘伟迪

南京理工大学

热电技术，因其能实现热能和电能的直接、相互转换，而广受关注。热电技术的性能直接由材料的性能决定。热电材料的性能用材料的热电优值，即 ZT 值来衡量。材料的 ZT 值越高，相应的热电能量转换效率越高。材料热电性能提高受限于声电输运参数（电导率、Seebeck 系数、热导率等）之间的相互耦合。此处，我们从界面、结构缺陷、局域掺杂三个角度，在多个材料体系中有效实现声电解耦，促进了材料热电优值的提升。并通过器件接触界面设计，实现了高性能薄膜热电器件，既能实现高能能量密度的功率输出，也能实现大温差的热管理。此外，我们也基于热电技术设计了相关应用，证实了热电技术用于个人热管理和芯片制冷方面的可用性。

B20　瞿三寅

交流类型：邀请报告

酞菁配合物的气相掺杂研究

瞿三寅

中国科学院上海硅酸盐研究所

有机半导体的化学掺杂通常采用溶液法，通过混合或旋涂实现掺杂剂与主体材料的结合，但溶液法往往受限于溶剂相容性、掺杂剂溶解度以及薄膜结晶度等问题。气相掺杂作为一种无需溶

剂的替代策略，可通过升华将掺杂剂引入有机分子晶体中，在酞菁配合物体系中展现出独特优势。本报告系统介绍我们在酞菁配合物气相碘掺杂方面的系列研究，即无金属酞菁（H_2Pc）碘化后电导率提升 8-9 个数量级，证实气相反应是实现高效掺杂的有效途径；低温（120 °C）气相-固相掺杂受限于表面反应，难以实现体相均匀掺入，因而得到酞菁铜和碘化酞菁铜复合相，但获得了极低的热导率；高温（525 °C）气相-气相掺杂则突破上述局限，利用酞菁与碘共升华实现分子级均匀体相掺入。以酞菁铜为模型，系统揭示了最优掺杂窗口及过掺杂效应，为气相掺杂策略在酞菁基有机半导体中的应用提供了系统认识。

B21　张敏

交流类型：口头报告

$AgBiTe_2$ 合金化实现 n 型立方相 GeSe 基材料高热电性能

张敏[1]、史晓磊[2]、唐桂华[3]、陈志刚[2]、郑壮豪[1]

1. 深圳大学物理与光电工程学院

2. 昆士兰科技大学化学物理系，澳大利亚研究理事会零排放发电碳中和研究

3. 西安交通大学能源与动力工程学院，热流科学与工程教育部重点实验室

p 型 GeSe 基材料的大量研究已经证明了其在热电应用中的巨大潜力；然而，n 型 GeSe 基材料的研究进展仍然有限，这在一定程度上制约了 GeSe 基高效热电器件的发展。本工作报道了一种立方相 n 型 GeSe 基热电材料，其在 423 K 时获得了峰值热电优值(ZT)为 0.4，并在 298–423 K 温度范围内实现了较高的平均 ZT 值 0.34，同时功率因子达到 4.0 $\mu W \cdot cm^{-1} \cdot K^{-1}$。通过调控 $AgBiTe_2$ 的合金化含量，成功在 $(GeSe)_{1-x}(AgBiTe_2)_x$ 基体中稳定了立方相，并实现了导电类型由 p 型向 n 型的转变。第一性原理计算表明，$AgBiTe_2$ 合金化诱导的带隙减小是电导率增强的主要原因。微观结构分析显示，$AgBiTe_2$ 合金化引入了丰富的多尺度晶格缺陷，包括点缺陷、位错、界面以及富 Ag/Bi 第二相等，这些缺陷可作为有效的声子散射中心，从而显著降低晶格热导率。本研究证明，合金化是实现高性能 n 型 GeSe 基热电材料的有效策略，并为设计高效率全 GeSe 基热电模块提供了新的思路。

B22　刘伟

交流类型：口头报告

低热导三元 Pb-Bi-S 基热电材料的可控制备和性能优化研究

刘伟

昆明理工大学

三元 Pb-Bi-S 基化合物凭借成本优势与本征低热导特性，已成为极具潜力的热电材料体系。然而，该体系研究尚处起步阶段，尤其在可控制备与低热导机制方面缺乏系统探索，且电学性能较

差严重制约实际应用。针对上述瓶颈，我们开展了“可控制备-机制解析-多尺度性能优化”的系统研究，取得如下进展：

本征低热导机制阐明。结合实验与理论计算，揭示 Pb-S 与 Bi-S 化学键的不均匀性，以及 Pb $6s^2$ 和 Bi $6s^2$ 孤对电子诱导的强晶格非谐性，共同引发显著声子软化，有效抑制声子传输。这使得 $PbBi_2S_4$、$Pb_3Bi_2S_6$ 和 $Pb_6Bi_2S_9$ 在 300 K 下的本征晶格热导率分别低至 0.57 $W\cdot m^{-1}\cdot K^{-1}$、0.56 $W\cdot m^{-1}\cdot K^{-1}$ 和 0.80 $W\cdot m^{-1}\cdot K^{-1}$。

从本征电子结构出发，通过调控散射机制和加权迁移率改善 $PbBi_2S_4$ 电传输性能。Sn 固溶调控散射机制，在不损害载流子迁移率和有效质量的前提下显著提升 Seebeck 系数，实现最大功率因子 3.9 $\mu W\cdot cm^{-1}\cdot K^{-2}$，并在 $Pb_{0.6}Sn_{0.4}Bi_2S_4$ 中获得了 0.68 的最大 *ZT* 值。为了更好地平衡电导率和 Seebeck 系数的耦合关系，Sb 掺杂通过优化载流子浓度和诱导能带扁平化，使加权迁移率成倍提升，$Pb_{0.91}Sb_{0.09}Bi_2S_4$ 的最大功率因子提升至 4.3 $\mu W\cdot cm^{-1}\cdot K^{-2}$。进一步通过低电负性 Se 合金化抑制声子传输，$Pb_{0.91}Sb_{0.09}Bi_2S_{3.95}Se_{0.05}$ 的最大 *ZT* 值提升至 0.78。

引入高电导纳米异质结构以提升 $PbBi_2S_4$ 的电导率。在 $PbBi_2S_4$ 中嵌入 InSb 或 InBi，形成随机分布的高电导异质结构 InSb/InBi/Bi，为载流子提供快速传输通道，有效弥补高载流子浓度和大有效质量引起的迁移率恶化，获得高功率因子 4.9 $\mu W\cdot cm^{-1}\cdot K^{-2}$ 和 4.8 $\mu W\cdot cm^{-1}\cdot K^{-2}$。同时引入的多级缺陷作为声子散射体，$PbBi_2S_4$-2.5%InSb 和 $PbBi_2S_4$-1.5%InBi 峰值 *ZT* 分别提高至 0.72 和 0.71。

制备大尺寸晶体改善 $PbBi_2S_4$ 的本征低载流子迁移率。在低对称 Bi 位点掺杂 Ge 后，形成了强烈的点缺陷和 Ge-S 反键态，从而诱导了严重的非谐性和声子软化，显著抑制热导率。当晶体生长进一步消除晶界散射后，使材料获得迄今最高的功率因子 6.1 $\mu W\cdot cm^{-1}\cdot K^{-2}$，并最终实现 0.93 的最大 *ZT* 值，创下该体系性能纪录。

B23　安德成

交流类型：口头报告

多尺度核壳界面设计强化 SnTe 基材料的热电性能

安德成[1]、陈少平[1]、余愿[2]、张献明[1]

1. 太原理工大学　2. 华中科技大学

SnTe 作为极具潜力的中温域硫族化合物热电材料，仍存在能带汇聚程度低、晶格热导率高、纳米结构高温粗化等瓶颈问题。本文着眼于界面工程调控 SnTe 基热电材料的微观组织与电声结构，开展了以下研究：1）基于湿化学合成方法将 ZIF-8 亚纳米多孔金属有机框架嵌入富锡 SnTe 基体，成功构筑了热稳定的 MOF/SnTe 异质结构，其中界面能量过滤效应提升了电学功率因子，亚纳米孔隙及多维晶格缺陷强化了全频域声子散射，在无晶格掺杂条件下实现峰值 *zT*~1.3；2）基于吉布斯吸附原理在掺杂态 SnTe 中构筑核壳纳米析出相 Ag@CdTe，利用 Ag 热力学偏析形成的界面相有效降低界面自由能，成功抑制了纳米析出组织的热失稳行为，结合多掺杂诱导的价带平化与能带汇

聚，退火样品的稳定峰值 *zT* 可达 1.5；3）通过机械化学方法在 SnTe 晶界构建包覆结构引入非均匀应变场，诱发基体产生晶格软化效应，从而显著降低了全温域晶格热导率，最终实现了峰值 *zT*~1.54 与~370 mW/cm^2 的单臂器件输出性能。上述界面调控策略可为高性能、高稳定性硫族化物热电材料的开发提供设计依据。

B24　罗裕波

交流类型：邀请报告

功率器件热电制冷的连接界面设计

罗裕波

华中科技大学

热电制冷在功率器件热管理中具有重要的应用价值，其热管理性能不仅取决于热电器件本身的制冷性能，还取决于热电器件与功率器件的界面连接。受限于热电陶瓷基板与功率器件树脂封装材料的热膨胀系数不匹配、界面应力高，现有的界面往往通过使用热界面材料（如硅脂）增强界面热能传输。在此，我们提出了一种无需热界面材料的功率器件热电制冷设计方法，通过焦磷酸锌锰的负热膨胀材料与环氧树脂的复合，获得了近陶瓷状热膨胀系数和 UL-94 V^{-0} 级阻燃性，这种热膨胀系数匹配度有效解决了热电制冷器件与功率器件的界面应力，为热电制冷在功率器件中的应用提供了参考。

B25　和建刚

交流类型：邀请报告

基于化学键的热电材料设计与发现策略

和建刚

北京科技大学

热电材料能够实现热能与电能的直接相互转化，在能量收集、废热回收、热电制冷和热探测等领域具有重要应用价值。然而，现有热电材料与器件的转换效率仍有较大提升空间，其关键瓶颈在于难以同时实现低晶格热导率与高功率因子。由于晶格热导率、电导率和塞贝克系数之间存在复杂的耦合与制约关系，传统基于经验试错的材料优化策略面临较大挑战。本报告将围绕“化学键调控输运性质”介绍一系列热电材料设计与发现策略：（1）利用化学成键理论、p-d 反键轨道及 Pauling 规则，削弱晶体中的原子间相互作用，增强晶格非谐性，从而有效降低晶格热导率；（2）结合群论与轨道耦合分析，提出基于 p-d 轨道耦合禁戒原则的能谷简并度提升策略，并进一步利用双轴应变协同调控电子与声子结构，在提高功率因子的同时降低晶格热导率；（3）提出利用具有弱极性光学声子散射特征的层状材料解耦电子输运与声子输运，为突破热电性能中热-电输运的协

同优化难题提供新的理论路径。本研究为实现热电材料的低晶格热导率与高功率因子提供了新的理论方法和候选体系，并为高性能热电材料及器件的开发开辟了新的路径。

B26　刘惠军

交流类型：邀请报告

机器学习在材料科学中的应用：方法论、电子带隙、晶格热导率

王京峰、刘惠军

武汉大学

Benefited from recent advances in big-data analytics, the machine learning (ML) method was proposed to accelerate discovery of materials with desired properties. It is well known that dataset quality is vital to construct a ML model with high predictive power. In this talk, we tend to clarify several key issues in the data preprocessing that govern the prediction accuracy of the ML model, using the band gaps from the Materials Project repository as a prototypical class of examples. By leveraging the knowledge from a pre-training of band gap calculated with the PBE functional, we propose an effective transfer learning strategy to readily and accurately predict the band gap of any monolayer materials, where a small set of GW-calculated gaps is used as training data. In addition, we establish an accurate ML potential by which the phonon Boltzmann transport equation can be iteratively solved to readily predict the lattice thermal conductivity of Janus monolayers.

B27　林思琪

交流类型：口头报告

石墨烯调控层状 InSe 热电输运与力学性能研究

林思琪、金敏

上海电机学院

层状范德华半导体 InSe 具有较高的载流子迁移率、较低的晶格热导率以及优异的本征塑性，在柔性电子和热电能量转换领域具有潜在应用价值。然而，本征 InSe 载流子浓度较低、电导率不足，严重制约了其热电性能的进一步提升。针对这一问题，本研究以 InSe 为基体，引入高导电二维石墨烯，通过界面调控和多尺度缺陷工程协同优化其电、热输运及力学性能。研究发现，适量石墨烯能够有效改善 InSe 基体中的载流子输运通道，并通过石墨烯/InSe 异质界面电子耦合提高载流子迁移率，使功率因子提高。与此同时，石墨烯的引入诱导形成异质界面、层错、孪晶界以及局域晶格应变等多尺度缺陷结构，对不同频率范围的声子产生协同散射作用，使晶格热导率降低至 1.03 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$。综合优化的电、热输运性能使 $InSeG_{0.10}$ 样品在 750 K 较未掺杂 InSe 提升约 250%。

此外，石墨烯引入还显著增强了多晶 InSe 的力学性能，材料硬度逐渐提高。上述结果表明，石墨烯能够通过实现层状 InSe 热电性能与力学性能的协同调控，为二维层状热电材料的多物理性能调控提供了渠道。

B28　李静玉

交流类型：口头报告

中子全散射技术探究高熵硫属热电材料结构性能构效关系

李静玉 [1,2]、刘鹏飞 [1]、张永胜 [3]、殷雯 [1]

1. 中科院高能所-散裂中子源科学中心　2. 东莞理工学院　3. 曲阜师范大学

调控高熵材料的局域原子结构，是协调电子与声子输运行为、突破热电性能瓶颈的重要途径，在可再生能源领域具有广阔的应用前景。然而，传统分析手段在探测材料内部局域原子环境方面存在局限，导致构型无序与熵在材料稳定中的作用长期被掩盖，结构-性能间的内在关联亦难以深入揭示。利用中国散裂中子源多物理谱仪，基于中子衍射与对分布函数（PDF）分析，在约 3 Å处发现与理想结构模型的显著偏离，证实材料内部存在特定且显著的局域结构畸变，打破了基于传统 PbTe 结构的固有认知。研究进一步揭示，高熵材料中“长程阳离子无序”与“短程化学有序”并存，为解决热导率与电导率之间的相互制约问题提供了关键结构依据。此外，该研究首次系统阐释了高熵策略引发的化学键演变规律：随着组分由 PbTe 逐步增至五元及六元体系，化学键特性从纯离子键逐渐过渡至混合共价-离子键，并最终强化为更具共价-离子协同作用的新型键合形式。这一微观化学环境的转变，直接触发了宏观电导率的显著提升与热输运行为的异常变化。本研究不仅首次在实验上明确了高熵热电材料中局域结构的具体形态与演化路径，更建立了从原子尺度化学键合行为到宏观热电性能的清晰关联，为基于“熵工程”理性设计下一代高性能热电材料提供了关键科学依据。

B29　奚晋扬

交流类型：口头报告

TransOpt 3.0 重整化电输运方法发展及在半哈斯勒化合物中的应用

奚晋扬、吴雅颂、杨炯

上海大学

电输运性质是决定半导体、热电等功能材料与器件性能的核心因素。有限温度下，电子-声子耦合不仅引起载流子散射，还会通过能带重整化显著改变电子能量的色散关系，进而影响电输运行为。然而，现有多数电输运程序仍基于密度泛函理论得到的刚性能带进行电输运计算，因此难以描述有限温度下电声重整化对输运性质的影响。本研究开发的 TransOpt 3.0 是一款基于玻尔兹曼

输运理论和弛豫时间近似的开源、功能全面的电输运计算程序。其核心功能是电输运重整化计算，能够显式利用电声重整化能带和精确的电声散射率，计算有限温度下的输运性质，从而定量描述电声耦合对载流子输运行为的影响。此外，TransOpt 3.0 还集成了电声散射、电离杂质散射等多种基于物理模型的载流子散射机制，并采用基于矩阵元的载流子群速度计算方法，能够正确处理能带交叉情况下的输运计算。本研究对半哈斯勒化合物开展了高通量筛选，识别出具有高温能带简并特征的候选体系；进而利用 TransOpt 3.0 系统计算其电声重整化电输运性质，定量揭示了能带重整化对电输运性能的提升作用，为半哈斯勒热电材料的性能优化提供了理论指导。

B30　李周

交流类型：邀请报告

p 型 Mg_3Sb_2 基热电材料的缺陷调控与性能优化

李周[1]、宋吉明[1]、葛炳辉[1]、肖翀[2]

1. 安徽大学　2. 中国科学技术大学

Mg_3Sb_2 基热电材料因其低廉的价格和无毒环保的特点成为了近年的研究热点。然而 p 型 Mg_3Sb_2 因低的能谷简并度导致较差的电学性能，使得其热电性能较低，长期落后对应的 n 型 Mg_3Sb_2 基热电材料。针对 p 型 Mg_3Sb_2 材料存在的问题，本报告基于缺陷化学的调控思路，通过 NaF 掺杂、Cd 掺杂以及 $YbCd_2Sb_2$ 合金化调节其内在缺陷结构，分别在 p 型 Mg_3Sb_2 中实现了载流子浓度的提高、晶界势垒与缺陷组成的调控以及能带结构的优化，从而实现了电学输运性能的大幅提升，结合缺陷掺杂对热导率的协同调控实现了热电性能的同步优化。

报告将重点介绍 p 型 Cd 掺杂的 Mg_3Sb_2-NaF 中的晶界偏析调制削弱晶界散射以增强其热电性能。研究发现 Cd 元素进入 Mg_3Sb_2 基底中会在晶界处偏析，降低了晶界势垒和晶界散射强度从而增加了空穴迁移率。与此同时，Cd 元素在晶粒内部仍然保持均匀掺杂，这优化了晶体缺陷类型并增加了空穴浓度。这些益处结合 Cd 掺杂之后相对稳定的 Seebeck 系数，共同实现了电导率和功率因数的显著提高。另一方面，晶界 Cd 偏析和晶粒内部 Cd 掺杂同时增强了声子散射并降低了声速，大大抑制了热导率，最终热电性能显著提高。这些发现为晶界特征及其与输运参数相互作用提供了深入理解以促进高性能热电材料的研究。

B31　耿慧远

交流类型：邀请报告

镧系元素 f 态调控 Bi 改性 GeTe 掺杂路径与热电输运行为

耿慧远

哈尔滨工业大学

GeTe 是极具潜力的中温区无铅热电材料，其性能提升依赖于载流子调控、缺陷演化与声子输

运的协同优化。我们以 Bi 改性 GeTe 为基础体系，围绕 La、Ce 和 Yb 三种典型镧系元素，系统比较其 f 态特征、掺杂路径、微观组织演化及热电输运行为。结果表明，三种镧系元素表现出显著不同的作用模式：La 固溶受限，易诱导 La-rich/Ge-rich 多尺度析出和局域应变，实现强烈的多尺度声子散射，使晶格热导率降至 0.31 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$，并获得 2.07 的最高实测 zT；Ce 更趋向均匀嵌入 GeTe 基体，主要调控铁电畴及空位相关缺陷，但电子输运改善有限；Yb 则兼具混合价态 f 电子特征、一定晶格固溶能力及 Yb-rich 纳米析出，可同时影响价带电子结构和多尺度声子散射，在较宽温区实现电、热输运的协同优化。综合 La、Ce 和 Yb 可以发现，镧系元素对 GeTe 的调控不能仅由离子半径、原子质量或形式价态描述，其输运相关 f 态与掺杂相容性的耦合决定了不同的固溶、析出和缺陷演化路径，并进一步形成以声子调控、缺陷调控和电子—结构协同为特征的多种热电优化模式。该认识为镧系元素调控 GeTe 及相关热电材料提供了新的设计框架。

B32　杨磊

交流类型：邀请报告

全光调制的热电突触及其感算应用

杨磊、赵新皓

四川大学

感内计算将传统人工智能系统中分立的传感、存储和计算功能集于一体，推动了低功耗、高效率的人工智能系统的发展。我们报道了一种可用于传感器内计算的基于丝网印刷 Ag_2Se 热电薄膜的自供电、宽光谱（405~1550 nm）、空间编码的全光调制人工突触。通过单片 Ag_2Se 器件产生连续可调的正、负光热电响应，可模拟生物神经系统的兴奋和抑制行为。在连续光脉冲刺激下，器件能表现出典型的短时程增强（STP）和短时程抑制（STD）效应，展现出动态突触可塑性，并能实现 NOT 和 XOR 等逻辑运算。利用该人工突触，我们进一步构建了用于多任务计算系统的卷积神经网络（CNN）模型，实现了微笑检测、性别识别和图像识别，准确率分别达到 92.2%、98.6%和 94.3%。本研究表明，简易的热电硬件平台就能辅助实现宽带光热电传感与神经形态计算，为人工智能系统提供了一种低成本且高能效的解决方案。

B33　张鼎

交流类型：口头报告

热电水凝胶结构定制设计与研究

张鼎

南开大学

热电水凝胶由于良好的热电性能以及柔性可拉伸特性，在热能收集和柔性电子等领域展现出巨大潜力。然而，热电水凝胶通常具有相对规则的形状，在面向日常不规则热源进行热能收集与

利用时，由于凝胶与热源界面结构不匹配，导致界面热阻显著增加，严重降低热能的利用率。本工作将3D数字光处理（3D-DLP）与热电溶剂交换策略相结合，实现了热电水凝胶尺寸与结构的定制化设计，使其能够有效地贴合不规则的热源表面。光聚合墨水前驱体中的非挥发性深共熔溶剂通过紫外线引发聚合形成了坚固的共熔凝胶网络，确保了热电凝胶的打印精度（130 微米）。3D打印的热电水凝胶展现出良好的热电性能，能够适应复杂几何形状的热源表面，这种界面共形设计可将有效工作环境温度范围扩大 6.0 ℃，此外，相比规则的块体热电水凝胶，这种设计可将热电输出功率提高 2.5 倍。本工作为不规则热源热能的高效收集与利用提供了新的设计思路。

B34　朱江龙

交流类型：口头报告

GeTe 基热电材料多谷能带工程与多尺度晶格应变调控

朱江龙[1]、昂然[2]

1. 成都理工大学　2. 四川大学

GeTe 是极具潜力的高性能中温区无铅热电材料，但其本征高浓度 Ge 空位易引发载流子输运失衡；与此同时，传统能带工程往往面临“有效质量提升与载流子迁移率下降”的内在矛盾，成为制约 GeTe 热电性能进一步提升及器件应用的关键瓶颈。本报告围绕能带结构调控与晶格应变调控两类策略展开：其一，通过 Ga 掺杂实施多价带谷工程，在 $Ge_{0.92}Bi_{0.06}Ga_{0.02}Te$ 中诱导三个价带边协同收敛，并构筑带隙中间能带，从而提升电子有效质量与 Seebeck 系数；Ga-Te 键合减弱电子局域化，结合低晶格失配界面降低载流子散射，实现有效质量与迁移率的平衡优化；同时，协同晶格振动无序与多尺度缺陷抑制晶格热导率；在 653 K 下峰值 *ZT* 超 2.1，单级无铅器件在 440 K 温差下转换效率达 7.7%。其二，提出无掺杂多尺度晶格应变策略，通过高能球磨调控提升晶格对称性并保留有序畴界，降低形变势并延长载流子弛豫时间，实现迁移率与功率因子的同步提升；多尺度晶格应变与缺陷同步降低晶格热导率，有效弱化电声耦合；使体系峰值 *ZT* 达 2.21，303-803 K 平均 ZT 达 1.4；单级器件在 400 K 温差下转换效率达 7.83%。本研究为高性能无铅热电材料与器件设计提供了新思路。

B35　张子佩

交流类型：口头报告

$MgCl_2$ 诱导的多尺度缺陷与能带工程协同增强 $CuGaTe_2$ 热电性能

张子佩

厦门理工学院

黄铜矿材料 $CuGaTe_2$ 的热电性能受到其低载流子浓度和较高热导率的限制。然而，单一元素

替换策略往往难以有效协同调控电热输运性能。为解决这一问题，我们发展了一种基于金属氯化物掺杂的多机制协同优化策略。以 $MgCl_2$ 为掺杂剂，结合第一性原理计算与实验，系统揭示了“掺杂-缺陷”协同机制。一方面，Mg 进入晶格并占据 Ga 位，形成受主缺陷。这不仅提高了空穴载流子浓度、降低了电阻率，还在费米能级附近引入局域态密度，从而保持了较高的态密度有效质量和塞贝克系数。因此，电输运性能得到显著优化。另一方面，在放电等离子烧结过程中，部分氯以 Cl_2 形式逃逸，原位生成微纳尺度气孔。这些气孔与 Mg 诱导的点缺陷、位错、层错及晶格应变共同构成多尺度声子散射网络，极大抑制了晶格热导率。最终，$(CuGaTe_2)_{0.995}(MgCl_2)_{0.005}$ 样品在 823 K 时获得了 1.38 $mW \cdot m^{-1} \cdot K^{-2}$ 的高功率因子和 0.93 的 ZT 值，有限元模拟显示其热电转换效率约为 5.3%。本研究表明，金属氯化物掺杂可在调控载流子浓度的基础上构建多尺度缺陷，为热电材料电热输运参数的协同优化提供了有效途径。该策略也有望用于设计和提升其他热电体系的性能。

B36　张敏

交流类型：口头报告

SnS、SnSe 的π立方体的超低热导率与高热电优值

张敏、Ioanna Pallikara、Joseph M. Flitcroft、Jonathan M. Skelton

曼彻斯特大学

硫化锡（SnS）和硒化锡（SnSe）是一类重要的光电材料，其应用领域包括光伏、热电发电机和光探测器等技术。其中，SnS 作为一种潜在的光伏材料已受到广泛研究，而正交晶系的 Pnma 型 SnSe 则是当前高性能热电材料中的代表之一。SnS 和 SnSe 的π-立方相与 Pnma 相具有相似的结构配位，且已被证明具有动力学稳定性。然而，这些结构在不同温度和载流子浓度条件下的热电性能尚未得到充分研究。

此项研究进行了第一性原理模拟，计算 SnS 和 SnSe 的π-立方相在 p 型和 n 型掺杂下的热电性能及优值 *ZT*。模拟结果表明，由于 π-立方相 SnS 和 SnSe 具有较低的热导率 κ 和相对较高的电导率 σ，其 n 型掺杂结构在 860 K 和 740 K 时的 ZT 值分别高达 2.19 和 2.83，热电性能优于相应的 Pnma 相。尽管 p 型掺杂的π-立方相σ值不高，但其 ZT_{max} 仍能超过 1，这使其成为工业上使用的热电材料（如 Bi_2Te_3）的合理替代品。我们的研究结果表明，n 型掺杂的π-立方 SnS 和 SnSe 在热电技术中可作为其 Pnma 相的良好替代品。

B37　杨鑫磊

交流类型：口头报告

用于可穿戴人体热能收集的高性能倒 U 形热电发电器

杨鑫磊、夏凯阳、谢雅芸、付晨光、朱铁军

浙江大学

摘要：可穿戴热电发电器（TEG）可利用人体体表热量为可穿戴电子设备供电。然而，在自然对流条件下，器件所能利用的有效温差（ΔTeff）通常较小；同时，传统π形器件的填充率在功率密度与ΔTeff之间引入了一种权衡关系，限制了输出性能的提升。针对这一问题，本研究提出了一种倒 U 形可穿戴热电发电器（inverted U-type TEG, iU-TEG），其热量沿热电臂传导，并通过暴露的侧壁向环境耗散。该设计在自然对流条件下可建立比传统π形 TEG 更大的ΔTeff，同时实现ΔTeff与填充率的解耦。基于有限元模拟得到的最优热电臂尺寸，我们采用嵌入聚二甲基硅氧烷（PDMS）基体中的Bi_2Te_3基材料制备了柔性iU-TEG。当热端温度为313 K、环境温度为292 K时，器件ΔTeff高达 5.9 K，功率密度达 33.16 μW cm^{-2}。在实际佩戴条件下（前额），iU-TEG 在静坐和行走状态下的最大功率密度分别达到 28.57 μW cm^{-2} 和 69.62 μW cm^{-2}。上述结果表明，通过器件结构设计调控热流路径，是提升可穿戴热电能量收集性能的有效策略。

B38　殷煜

交流类型：快闪报告

Bi_2Te_3基近室温热电材料缺陷工程与输运协同调控及器件应用

殷煜、郑杰、昂然

四川大学

Bi_2Te_3是目前唯一商业化应用的近室温热电材料，但其本征 Sb 空位、Te 挥发及层间范德华弱键等结构特征，导致载流子浓度难以精准调控、晶格热导率偏高及力学脆性突出，进而制约温差发电和制冷器件的转换效率和服役可靠性。本报告围绕空位补偿与多尺度缺陷协同调控，发展Cu_3SbSe_3合金化和与 ZnSb-Se 复合掺杂两类策略。首先，通过Cu_3SbSe_3合金化诱导Bi_2Te_3微观结构重构，有效降低有害微孔缺陷，同时引入堆垛层错、孪晶界与位错等多尺度晶体缺陷，在保持较高载流子迁移率、优化功率因子的同时，增强声子散射并降低晶格热导率，使最优样品在 378 K 实现峰值 zT ~1.45。进一步地，提出 ZnSb-Se 复合掺杂策略，通过 ZnSb 补偿 Sb 空位并抑制 Te 挥发，Se 取代五元层中的 Te 原子，调控局域键合与声子振动特征；同时在孪晶界附近诱导交换双层结构，强化层间耦合并拓宽多尺度声子散射通道，实现热、电输运与力学性能的协同优化；所得材料在 353 K 实现峰值 zT~1.51，303-403 K 平均 zT 为 1.47，同时维氏硬度达到 97 Hv、抗压强度达到 188 MPa，显著提升材料的力学可靠性。在器件层面，结合有限元模拟开展 7 对 p-n 热电器件的结

构与几何参数优化；基于 ZnSb-Se 器件在室温下实现最大制冷温差 70 K，在 208 K 温差下实现发电转换效率 7.1%。本研究建立了从原子尺度空位补偿与键合调控、多尺度缺陷构筑，到热电输运与力学性能协同优化及器件性能提升的关联机制，为高效率、高可靠性近室温 Bi_2Te_3 基多功能热电器件的材料设计与工程化制备提供了新思路。

B39　徐海航

交流类型：快闪报告

多孔高锰硅材料的制备及热电性能优化研究

徐海航、王康鑫、翟庆来、李志亮

河北大学

高锰硅化物（Higher Manganese Silicides, HMS）因其环境友好、成本低廉及优异的热化学稳定性，被视为极具应用前景的中温区热电材料。然而，其相对较高的本征热导率限制了热电优值（zT）的进一步提升。为突破这一瓶颈，本研究围绕多孔结构与纳米化设计，系统探究了其降低热导率、优化电输运性能的协同机制。以 p 型高锰硅基材料为核心研究对象，通过引入多孔结构及元素掺杂（如 Cr、B）进行性能调控。采用球磨与 SPS 制备 Cr 和 B 共掺杂 HMS，引入点缺陷与应变场。利用 XRD、SEM、TEM 及热电性能测试系统对材料的物相、微观结构及电热输运性能进行系统表征。通过纳米化、多孔结构构建与元素掺杂的多重策略协同，可显著增强声子散射，在保持较高功率因子的同时大幅降低晶格热导率。使得 $Mn_{0.085}Cr_{0.015}(Si_{0.97}B_{0.03})_{1.79}$.样品在 723K 时的总热导率低至 1.89W/mK 。本研究为开发高性能、环境友好的中温热电材料提供了新的设计思路与实验依据。

B40　杨孟祥

交流类型：快闪报告

高温高压与高熵协同调控 SnTe 基材料电热输运

杨孟祥、马红安、于海东、刘栩含、贾晓鹏

吉林大学

SnTe 具有成本较低、环境友好及多能谷能带结构等优势，是具有潜力的中温热电材料。然而，其较高的本征载流子浓度和晶格热导率，以及传统组分调控在晶格无序和缺陷工程方面的有限调控空间，制约了电子与声子输运的协同优化。本工作采用高能球磨结合高温高压技术，在高压促进致密化和多组元固溶的作用下，实现了 Pb、Ge、Ag 和 Sb 在 Sn 位的多组元固溶，快速制备 SnTe 基高熵合金。多元素间显著的原子质量和尺寸差异引入了强烈的质量与应变场涨落，并伴随高密度晶格畸变和位错缺陷，显著增强声子散射，使 $AgSbPbSnGeTe_5$ 在 623 K 的晶格热导率降至 0.693 W m^{-1} K^{-1}。与此同时，高压诱导的能带调控增强了多能谷间的能带收敛，并在一定程度上缓解多组

元引入的载流子迁移率损失，使 $PbSnGeTe_3$ 在 623 K 获得 18.1 μW cm^{-1} K^{-2} 的功率因子。得益于高温高压与高熵策略的协同作用，SnTe 的 zT 由 0.17（@623 K）分别提升至 $PbSnGeTe_3$ 的 0.92 和 $AgSbPbSnGeTe_5$ 的 0.81（@623 K）。本研究表明，高温高压与高熵策略相结合可有效协调电输运与热输运之间的矛盾，为高性能合金类热电材料的设计与制备提供新思路。

B41　李闻天

交流类型：快闪报告

面向规模化生产的半赫斯勒热电材料粉体制备

李闻[1]、刘凯[2]、韩岫[1]、付晨光[1]、朱铁军[1]

1. 浙江大学材料科学与工程学院　2. 浙江大学先进技术研究院

半赫斯勒化合物在热电发电领域展现出重要的应用潜力，而实现其粉体的规模化制备是推动实际应用的关键环节。本研究评估了气流磨、球磨及气雾化制粉等多种工业级粉末制备方法在 MNiSn（M = Ti, Zr, Hf）和 RFeSb（R = V, Nb, Ta）两类半赫斯勒热电材料体系中的可行性。为此，首先采用悬浮熔炼技术制备了多个成分的高质量千克级铸锭，用以系统研究后续制粉工艺。结果表明，RFeSb 材料在制粉过程中易因氧化而发生严重的性能退化，而 MNiSn 材料的性能则主要受成分选择与粉末粒径的影响。采用优化后的制粉工艺所烧结得到的样品，可获得与传统实验室合成样品相当的热电性能。上述结果为半赫斯勒热电材料的工业化生产提供了有价值的工艺参考，有助于推动高温热电发电器件的集成化发展。

B42　郭涛

交流类型：快闪报告

点缺陷（V_{Te} 与 Sb_{Te}）对 ALD 制备 Sb_2Te_3 薄膜热电性能的增强效应

郭涛[1]、李硕[2]、李旭[2]、徐桂英[1]、任玲玲[2]

1. 北京科技大学　2. 中国计量科学研究院

Sb_2Te_3 薄膜是一类在室温区间展现出优异综合热电性能的 P 型材料，目前已受到广泛研究。原子层沉积（ALD）技术可实现薄膜厚度的纳米级精确调控，因此得到科研人员的青睐。但现阶段针对 ALD 制备 Sb_2Te_3 薄膜的研究多集中于光学性能，对其热电特性的探究仍较为匮乏。本文选择三种基底（Si，Si/100nm SiO_2，Si/300nm SiO_2），系统探究沉积温度（90，105，120 ℃）与 ALD 循环次数（50-600 次）对薄膜微观结构及热电输运性能的影响。实验结果表明，基底表面的 SiO_2 氧化层能够调控薄膜结晶质量，改变薄膜内部点缺陷浓度，最终实现热电性能的调制。在沉积温度 90 ℃、循环次数 600 次、Si/300 nm SiO_2 基底条件下，样品获得最优热电性能：S_{max}=275 μV/K，对应功率因子为 12.4 μW·cm^{-1}·K^{-2}。本研究为基于点缺陷工程调控本征 Sb_2Te_3 薄膜热电性能提供重

要的实验支撑。

B43　展榆翔

交流类型：快闪报告

纳米相干的化学涨落：实现塑性 AgCu(S,Se,Te) 的卓越热电性能

展榆翔

上海交通大学

$(Ag,Cu)_2(S,Se,Te)$ 作为少有的 p 型导电的无机塑性半导体，凭借其优异的塑性和良好的可加工性，已成为可穿戴电子器件领域极具前景的候选材料。然而，该体系的多组元特性带来了多样化的微观结构和错综复杂的晶体缺陷，从而加大了热电性能优化调控的难度。在此，我们揭示了该合金体系中存在成分不均匀但结构相干的纳米级化学成分波动。这些波动与大量的位错及孪晶界协同作用，充当了高效的声子散射中心，从而强烈抑制了晶格热导率，使其逼近类玻璃水平。与此同时，通过调控阳离子比例和空位，实现了对载流子浓度的精确控制，从而显著提升了功率因子。最终，该材料在 360 K 时实现了 0.98 的峰值 zT，创下了银基塑性热电材料的最高纪录。本报告突出了化学成分波动在调控声子和电荷输运中的关键作用，并为深入理解塑性材料中“微观结构-缺陷-性能”的内在关联提供了宝贵的启示。

B44　王正沁

交流类型：快闪报告

二硫化钼复合提升 n 型 $Bi_2(Te, Se)_3$ 的热电性能

王正沁、李敬锋

清华大学

碲化铋（Bi_2Te_3）基合金在室温附近具有高热电性能，被广泛应用于固态制冷领域。近年来 p 型$(Bi,Sb)_2Te_3$ 基热电材料热电优值（zT 值）得到显著提升，而 n 型 $Bi_2(Te,Se)_3$ 的性能提升研究进展缓慢，成为制约热电器件转换效率进一步提升的关键瓶颈。针对此问题，本研究提出向 n 型 $Bi_2(Te,Se)_3$ 中引入二维 MoS_2 纳米薄片作为有效调控手段，该策略能够显著优化晶粒形貌与相组成，从而大幅提升材料的电导率。最终，在 450 K 下获得了 1.3 的最高热电优值（zT），且在 300~500 K 宽温区内平均 zT 值超过 1.2。本工作为开发高性能 n 型 $Bi_2(Te,Se)_3$ 基热电材料提供了可行路径，对于高效热电器件的制备具有重要现实意义。

B45　莫宇涛

交流类型：快闪报告

n 型 $Mg_3(Sb,Bi)_2$ 基热电材料的空位缺陷调控及热电性能优化研究

莫宇涛、祁宁、宁岁婷、陈志权

武汉大学

n 型 $Mg_3(Sb,Bi)_2$ 基热电材料由于其导带具有高能谷简并度，展现出优异的中温热电性能，且其组成元素价格低廉、无毒无污染，已成为极具前景的热电材料候选者，但其热电性能仍有进一步提升的空间。在本研究中，通过增加 Mg 含量，且掺入少量 Te 元素，成功制备了 n 型 $Mg_{3.2}(Sb_{0.75},Bi_{0.25})_{1.99}Te_{0.01}$ 热电材料。正电子湮没测试结果表明，在 $Mg_{3.2}Sb_{1.5}Bi_{0.5}$ 中掺入少量 Te 元素可以有效抑制 Mg 空位，是获得 n 型 $Mg_{3.2}(Sb_{0.75},Bi_{0.25})_{1.99}Te_{0.01}$ 的关键因素。在此基础上，进一步实施了镧系元素 Tb 掺杂，发现 Tb^{3+} 进入基体取代 Mg^{2+} 可以有效提高 $Mg_{3.2}(Sb_{0.75},Bi_{0.25})_{1.99}Te_{0.01}$ 的电子载流子浓度，从而提高电导率，并获得较高的功率因子。此外 Tb 的掺入通过降低声速以及引入质量涨落协同抑制了 $Mg_{3.2}(Sb_{0.75},Bi_{0.25})_{1.99}Te_{0.01}$ 中的声子输运，使体系获得了更低的晶格热导率。得益于在 773 K 下 1.74 mW m^{-1} K^{-2} 的高功率因子和 0.55 W m^{-1} K^{-1} 的低晶格热导率，n 型 $Mg_{3.19}Tb_{0.01}(Sb_{0.75},Bi_{0.25})_{1.99}Te_{0.01}$ 样品在该温度下获得了 1.79 的 ZT_{max} 值，这一数值在目前镧系元素掺杂 $Mg_3(Sb,Bi)_2$ 基热电材料的研究中已位居前列。

B46　李若琰

交流类型：快闪报告

超顺应性晶格提升 n 型 $AgSbTe_2$ 的热电性能

李若琰、周重见

西北工业大学

$AgSbTe_2$ 基化合物是当前最具潜力的近室温热电材料之一，然而无论是在理论预测还是实验研究方面，其 n 型性能的开发一直面临着严峻的挑战。究其根源，材料中高浓度的本征 Ag 空位缺陷会严重限制 n 型载流子，使得传统的掺杂策略无法实现有效的 n 型导电。本研究通过构建超顺性晶格结构，首次成功实现了 n 型 $AgSbTe_2$ 的制备。该晶格结构表现出极高的顺应性，使其打破了 Hume-Rothery 规则。这种过量掺杂的超顺性晶格具有极低的杨氏模量，甚至低于典型的二维范德华晶体，从而引发了声子的整体软化，最终使材料声速降低至 1950 $m{\cdot}s^{-1}$，远低于以往报道的 $AgSbTe_2$ 基化合物。显著的声子软化效应使得晶格热导率大幅降低至 0.27 $W{\cdot}m^{-1}{\cdot}K^{-1}$，接近其理论极限。基于这一突破，n 型 $AgSbTe_2$ 在近室温区间的 ZT 值达到 0.45。此研究为高性能 n 型 $AgSbTe_2$ 热电材料的发展开辟了新道路。

B47　胡艺轩

交流类型：快闪报告

宽带隙高性能 SnS 多晶的热电性能开发

胡艺轩、石浩男、刘旭、谭晴、秦炳超、赵立东

北京航空航天大学

SnS 具有低成本、环境友好及本征低热导率等优势，但其宽带隙与本征缺陷导致 N 型掺杂效率低，严重制约多晶材料的电输运性能。针对这一瓶颈，本研究围绕载流子激活与晶体结构调控开展逐级优化。首先，通过 Br 掺杂实现 N 型输运，并利用 Se 合金化缩窄带隙、Sn 空位补偿调控缺陷，实现载流子浓度与迁移率协同提升，获得约 0.7 的峰值 ZT。 在此基础上，进一步通过 Pb 合金化缩窄带隙并提高晶格对称性，协同增强电输运和声子散射；结合 Cu 层间结构调控强化高温载流子输运，最终在 873 K 实现超过 1.6 的峰值 ZT。本研究表明，突破宽带隙限制并协同调控缺陷、能带与晶格结构，是实现高性能 N 型 SnS 多晶的有效路径。

B48　藏武警

交流类型：快闪报告

通过熔体旋甩-热挤压协同调控 n 型 Bi_2Te_3 基化合物热电性能与力学性能

藏武警、樊京辉、苏贤礼、唐新峰

武汉理工大学

Bi_2Te_3 基材料是室温区商业化热电器件的核心材料，然而区熔法制备的块体材料力学性能较差，传统粉末冶金工艺在细化晶粒时又易诱发显著的类施主效应，导致热电性能与力学性能难以协同提升。为此，本文提出一种熔体旋甩（MS）结合热挤压（HE）的制备策略，成功制备出高性能 n 型 Bi_2Te_3 基热电材料。研究表明，熔体旋甩制备的薄带具有强（110）面织构和纳米晶结构，且暴露于空气中未出现明显的类施主效应。通过采用薄带直接平铺、不经研磨的快速烧结方式，该微观特征在热挤压前驱体中得以完整保留。随后的热挤压过程进一步强化了织构取向，使块体材料的（110）面取向因子 F(110)达到 0.54。这种强织构与细晶结构的协同效应，在获得高载流子迁移率（348 $cm^2 \cdot V^{-1} \cdot s^{-1}$）和优异功率因子（52.20 $\mu W \cdot cm^{-1} \cdot K^{-2}$）的同时，显著增强了声子散射，将晶格热导率降低至 0.5 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$。最终，材料在 345 K 下获得 1.25 的峰值 ZT，室温 ZT 达 1.12。此外，该材料展现出卓越的力学性能，压缩强度达 338 MPa，弯曲强度达 153.8 MPa，均为目前 n 型 Bi_2Te_3 基材料的报道最高值。本研究有效解决了热电器件中力学可靠性与热电转换效率之间的固有矛盾，为制备百微米级热电单腿及微型热电器件提供了新的材料与工艺途径。

B49　李泽

交流类型：快闪报告

Bi_2Te_3基无机热电材料的力学性能和热电性能研究

李泽[1]、邓婷婷[2]、仇鹏飞[1]、明辰[1]、高治强[1]、陈立东[1]、史迅[1]

1. 中国科学院上海硅酸盐研究所　2. 国科大杭州高等研究院

碲化铋（Bi_2Te_3）基热电材料涵盖 Bi_2Te_3 以及其与 Bi_2Se_3 和 Sb_2Te_3 所形成的赝二元固溶体，在固态制冷、精准控温和局域热管理等方面已实现广泛商业应用。最近，通过两类本征反位缺陷（Bi_{Te} 和 Te_{Bi}）的互相转变在单晶中引入高密度/多样化微结构，创新性地实现了 Bi_2Te_3 晶体从脆性至塑性的转化。然而，Bi_2Se_3 和 Sb_2Te_3 晶体，及其与 Bi_2Te_3 形成的赝二元固溶体的力学性能及形变能力尚未报道。本研究采用温度梯度法生长了 $Bi_2(Te,Se)_3$ 和 $(Bi,Sb)_2Te_3$ 晶体，阐明了 Bi_2Te_3 基化合物的化学成分、本征缺陷、微观结构和塑性之间的关系。与 Bi_2Te_3 相比，Bi_2Se_3 和 Sb_2Te_3 晶体在室温下的塑性较差，其原因是 Bi_2Se_3 和 Sb_2Te_3 晶体中反位缺陷难以形成，这阻碍了高密度、多样化微结构的形成。同时，在 Bi_2Te_3 中固溶 Sb 或 Se 将改变其本征缺陷特征，进而影响微结构、力学性能和热电性能。最后，确定了同时具有优异塑性（最大弯曲应变大于 10%）和热电性能（功率因子 $PF\geq20\ \mu W\ cm^{-1}K^{-2}$，热电优值 $zT\geq0.6$）的 $Bi_2(Te,Se)_3$ 和 $(Bi,Sb)_2Te_3$ 晶体的组分范围（Sb 固溶量小于 70%）。该研究拓宽了 Bi_2Te_3 基塑性无机热电材料研究范畴，同时深化了对热电材料缺陷-微结构-力学性能映射关系的理解，对于指导新型高性能塑性无机热电材料的研究具有重要价值。

B50　陈兴

交流类型：快闪报告

面向体热收集的静电纺丝 SEBS 基柔性薄膜热电器件构筑与热管理

陈兴、江彬彬

电子科技大学（深圳）高等研究院

人体与环境之间持续存在的温差为可穿戴电子器件提供了稳定的热能来源，但柔性热电器件在实际佩戴过程中仍存在与皮肤贴合性不足、有效温差较低以及热端和冷端传热能力受限等问题。针对上述问题，本工作采用 SEBS 静电纺丝膜作为柔性基底，结合无机塑性热电薄膜、化学镀 Cu 电极及低热阻结构设计，制备了一种用于人体体热收集的可穿戴柔性薄膜热电器件。

为获得兼具热电性能和机械适应性的柔性热电单元，选取 n 型 Ag_2Se 和 p 型 AgCu(S,Se,Te) 塑性热电材料，经热辊压制备柔性薄膜，并进一步通过激光加工成 p 型和 n 型热电臂。采用静电纺丝技术制备 SEBS 纤维膜作为柔性基底，利用其良好的透气柔顺性和曲面适应性，使器件能够与人体皮肤保持较好的共形接触，从而减小热源与器件之间的界面热阻。针对聚合物基底绝缘且难以直接实现热电臂焊接的问题，在 SEBS 纤维膜表面通过化学镀铜的方式，在预定区域制备连续 Cu 电

极，使柔性基底同时具备支撑和电学互连功能。在此基础上，将 p 型和 n 型薄膜热电臂焊接于 Cu 电极表面，完成柔性热电器件的集成制备。

为提高器件对人体体热的利用效率，在与皮肤接触侧的 Cu 电极区域设计阵列通孔，以缩短皮肤热源与 Cu 电极之间的传热路径，降低热端热阻并提高热量采集能力。在器件平面内，将 p 型和 n 型热电臂交替排列并依次焊接形成串联结构，使各 p/n 热电单元产生的电压沿输出方向叠加，从而在保持二维薄膜构型的同时有效利用器件表面形成的面内温差。进一步在 p 型和 n 型热电臂的连接位置焊接 Cu 片作为散热电极，增大冷端与环境之间的换热面积，提高冷端散热能力。通过热端 Cu 电极通孔增强人体热量采集，并利用上表面 Cu 片强化冷端散热，减小热端和冷端附加热阻，以维持热电臂两端较大的有效温差。

本工作将静电纺丝 SEBS 基底、化学镀 Cu 电极和薄膜热电材料相结合，并通过热端热采集和冷端散热结构改善器件的传热条件，为柔性薄膜热电器件的体热收集和可穿戴应用提供了一种新的制备与结构设计方案。

B51　范佳馨

交流类型：快闪报告

分段式热电器件优化设计与性能分析

范佳馨、刘潇泽、胡建豪、尹祥瑞、房玉良

哈尔滨工程大学 核科学与技术学院

热电器件可实现热能与电能的直接转换，但转换效率低下是制约其应用的重要因素。本研究围绕材料选型与几何构型，设计并优化了一种三段式高效率热电器件，对比分析了 P 型支腿高温区分别采用 SiGe、Half-Heusler 和 Zintl 三种材料时的最优几何参数。结果表明，Half-Heusler 方案的单对综合性能最优，在 1000K 温差条件下具有 1.28W 最大输出功率与 17.46%的最大热电转换效率。50 个单对串联集成的热电器件在 1000K 温差下，热电器件内阻 1.6Ω，开路电压 21V，最大输出功率 63.96W，最高转换效率达 17.40%。热电支腿最大热应力 2.31GPa，器件最大形变量约 0.2mm。本研究可为热电器件的优化设计和效率提升提供重要支撑。

B52　贾倍权

交流类型：快闪报告

阳离子掺杂调控柔性硒化物基热电薄膜及器件研究

贾倍权、逯瑶

南方科技大学

柔性热电材料在可穿戴电子和自供能器件领域具有重要应用潜力。本研究采用低成本湿化学法制备 Ag 掺杂 Bi_2Se_3 和阳离子掺杂 Ag_2Se 柔性热电薄膜，通过阳离子掺杂及微观结构/界面调控，

实现热电性能与机械柔性的协同优化。Ag 掺杂 Bi_2Se_3 薄膜通过能量过滤及纳米片/纳米线异质结构实现性能提升，在 440 K 时功率因子达到 252.6 $\mu W \cdot m^{-1} \cdot K^{-2}$，并表现出优异的柔性稳定性；相应柔性热电发电器件在 33.5 K 温差下实现 123.4 $\mu W \cdot cm^{-2}$ 的功率密度。阳离子掺杂 Ag_2Se 薄膜在 390 K 时功率因子达到 3820 $\mu W \cdot m^{-1} \cdot K^{-2}$，并在 4 mm 弯曲半径下表现出良好的循环稳定性；基于该薄膜构筑的柔性热电发电器件在 30 K 温差下获得 34 $W \cdot m^{-2}$ 的功率密度。研究结果表明，阳离子掺杂与微结构调控是实现高性能柔性热电薄膜的重要策略，为柔性热电能源器件的发展提供了新思路。

B53　王晓雷

交流类型：快闪报告

热力学驱动原位晶界缺陷实现高性能 n 型 Bi_2Te_3 热电材料和器件

王晓雷、古宏伟、商红静、丁发柱

中国科学院电工研究所

n 型 Bi_2Te_3 基材料是近室温热电转换领域的关键材料，但晶界缺陷引起的载流子散射、电热输运耦合及本征脆性限制了其热电性能与机械性能的协同提升。本工作提出一种热力学驱动、动力学调控的原位缺陷工程策略，在 $Bi_2Te_{2.7}Se_{0.3}$ 中利用 Te 调节载流子浓度，并引入高反应活性的 Mg-B 纳米复合前驱体，通过 Mg 与 Se 之间的热力学反应驱动力诱导 MgSe 在晶界区域优先析出。结果表明，析出的 MgSe 能够调控缺陷富集的晶界环境，减弱晶界载流子俘获与散射并提高载流子迁移率；同时，MgSe 析出相、B 富集纳米结构及位错构成多尺度声子散射网络，有效抑制晶格热输运，实现电子与声子输运的协同调控。优化后的 $Bi_2Te_{2.7}Se_{0.3}$+1.5 wt% Te+0.05 wt% Mg-B 材料在 300 K 下获得 39.6 $\mu W\ cm^{-1}\ K^{-2}$ 的功率因子和约 0.41 $W\ m^{-1}\ K^{-1}$ 的晶格热导率，峰值 ZT 达到 1.21，300~500 K 平均 ZT 约为 1.08。与此同时，原位纳米析出相的晶界钉扎作用有效抑制晶粒长大，使材料维氏硬度达到 0.73 GPa、抗压强度达到 72 MPa。基于优化 n 型材料与商业 p 型 $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ 构筑的单对器件在 235 K 温差下实现 5.7%的最大转换效率。该研究表明，热力学驱动的原位晶界调控可有效协调载流子输运、声子输运与机械性能，为兼具高热电性能与机械稳健性的 Bi_2Te_3 基材料设计提供新的策略。

B54　葛浩然

交流类型：快闪报告

孪晶结构最小化实现 n 型 Bi_2Te_3 薄膜的超高热电功率因子

葛浩然、柳伟、唐新峰

武汉理工大学

提升载流子迁移率是实现 n 型 Bi_2Te_3 基薄膜优异室温热电性能的关键。长期以来，由于载流子

迁移率较低，n 型 Bi_2Te_3 基薄膜的功率因子一直逊于其单晶材料。为解决这一问题，我们提出了一种简单的衬底表面工程策略，制备出无孪晶 n 型 Bi_2Te_3（000l）薄膜。原子尺度表征与输运测试表明，消除孪晶结构能够避免孪晶诱导的能带弯曲和严重晶格应变，从而同时提高载流子迁移率并抑制双极输运。优化后的无孪晶 Bi_2Te_3 薄膜在室温下展现出约 279 $cm^2\ V^{-1}\ s^{-1}$ 的高载流子迁移率，约为含孪晶结构薄膜的两倍，并由此获得约 6.17 $mW\ m^{-1}\ K^{-2}$ 的超高室温功率因子。上述结果凸显了降低孪晶结构在提升载流子迁移率和抑制双极输运方面的关键作用，为实现高性能热电薄膜提供了一条有效途径。

C 分会场报告摘要（C01-C54）

C01　李国栋

交流类型：邀请报告

热电材料力学行为研究方法及强韧化机制

李国栋

武汉理工大学

如何实现热电材料的强韧化是热电材料在深海深空探测、集成电路芯片散热等领域应用中的基础科学问题。团队针对原子-分子和纳米尺度结构与热电材料力学性能间的构效关系不明晰的科学难题，提出了堆垛层错和纳米孪晶强韧化材料的新机制，报告将介绍团队近年来在热电材料力学行为研究及强韧化机制方面的若干研究进展，为设计制备高热电性能和高力学性能的热电材料提供了理论指导。

C02　林悦

交流类型：邀请报告

面向高通量筛选的低维热电输运现象逻辑模型

林悦

中国科学院福建物质结构研究所

低维输运现象往往伴随优异的热电性能，如何高效解析低维输运行为并实现可设计的性能调控，是当前低维热电输运研究面临的核心问题。本报告提出一种简洁的现象逻辑模型，无需依赖复杂微观参数，即可在宏观可测输运量与材料电子结构特征之间建立清晰的逻辑关联。结合材料基因组数据库，该模型能够快速甄别和预判热电材料中可能出现的奇特输运现象，并给出相应的判别准则，为新型高性能热电材料的高通量筛选与定向设计提供思路与工具。

C03　刘鹏飞

交流类型：邀请报告

中子散射技术及其在固态材料导热机理研究中的应用

刘鹏飞

中国科学院高能物理研究所东莞研究部

中子散射技术凭借电中性、强穿透、对轻元素敏感以及可直接获取宽动量-能量范围内声子谱的独特优势，已成为研究固态材料精细微结构与导热关联机理的有效手段。本报告将汇报我们近期结合中子散射技术与第一性原理计算，在两种典型热电材料中取得的突破性进展：通过非弹性

中子散射实验与精确的理论计算，首次量化了α-MgAgSb 中波动性声子相干对晶格热导的贡献，发现即使在室温（300 K）下，相干项占比仍高达约 30%。正是多元化学键诱导的“部分晶态-部分液体”局域结构，在强烈散射粒子性载热声子的同时，保留了波动性声子通道，从而实现了极低晶格热导；此外，利用中子全散射（PDF）与非弹性谱学，我们系统研究了有序晶体 $CsAg_5Te_3$ 在 8 K–700 K 宽温区内的结构与动力学行为。结果表明，尽管该材料保持长程有序且无相变或超离子转变，其中存在强烈的低能扰动模式，使得声子输运呈现明显的类液体特征。这一发现证明，无需依赖无序或离子扩散，本征的晶格动力学异常即可实现超低热导。

C04　郑云鹏

交流类型：口头报告

分位熵解耦策略在 p 型镁基热电材料中实现性能突破(zT>1.8)

郑云鹏

福州大学

镁基热电材料凭借元素储量丰富、成本低及环境友好等优势，在高温废热发电领域展现出巨大的应用潜力。目前，n 型 $Mg_3(Sb,Bi)_2$ 材料已取得了优异的热电性能，但其对应的 p 型材料性能仍处于较低水平。高熵策略虽屡次被证实可提升热电材料的优值（zT），但由晶格畸变导致的载流子和声子同时散射效应往往限制了其实际效果。鉴于此，本文基于 1-2-2 型 Zintl 相独特的结构特征，提出了一种晶格位点依赖的熵解耦策略。通过在 B 位中熵合金化优化能带结构，有效提升了材料的功率因子；此外，在弱耦合高配位的 A 位进行高熵设计引入了原子尺度的化学无序和晶格畸变，在维持优异电传输性能的同时，将晶格热导率显著降低至 0.4 $W·m^{-1}·K^{-1}$以下。该策略成功实现了载流子与声子输运行为的解耦，经优化的 $CaMg_2Sb_2$ 基材料在 873 K 下获得了 1.86 的峰值 ZT 值，这是目前报道的 p 型镁基热电材料中的最高性能，为开发下一代高性能全镁基 Zintl 热电器件提供了创新的技术路线。

C05　明洪蔚

交流类型：口头报告

阴离子类孤对电子诱导极低晶格热导率

明洪蔚

闽都创新实验室

阳离子孤对电子（ns^2）通常赋予材料独特的声子行为（例如强晶格非谐性），从而有效降低晶格热导率（κ_L）。然而，该策略高度依赖于 Sb^{3+}、Ge^{2+}等特定阳离子，极大限制了其普适性。在本工作中，我们通过阳离子缺位交叉取代，在高对称性的类金刚石化合物 $AgInSnSe_4$ 中成功引入了阴离子类孤对电子（LPEs），在 773 K 下实现了低至 0.23 $Wm^{-1}K^{-1}$ 的超低κ_L。Se 原子的 LPEs 显著

削弱了长程 Se-Se 相互作用及 Ag-Se 键合，导致光学声子模式发生局域化，进而使声子群速度大幅降低，并增强光学声子间的散射率，最终将声子类粒子传播对热传导的贡献降至最低。该研究将 LPEs 驱动的声子抑制策略从阳离子体系拓展至阴离子体系，揭示了一种与阳离子孤对体系中非谐性主导机制截然不同的物理图像。

C06　高治强

交流类型：口头报告

无机半导体材料的温加工

高治强[1]、杨世琪[1]、马玉鹏[2]、魏天然[2]、仇鹏飞[1]、陈立东[1]、史迅[1]

1. 中国科学院上海硅酸盐研究所　2. 上海交通大学

无机半导体材料因丰富可调的功能特性得到广泛应用，但室温下通常表现为脆性。近年来，人们陆续发现了一些具有室温塑性的无机半导体材料（如 Ag_2S、InSe 晶体等），为变革其加工制造方法提供了潜在路径。然而，具有室温塑性的半导体材料仍较稀少，无法满足半导体材料广泛的应用需求。因此，在数量极为庞大、种类和性能丰富多样的脆性半导体中实现塑性变形和加工，具有重要的科学价值和应用前景。

本工作发现一系列典型的窄禁带无机半导体可在略高于室温的条件下进行辊压轧制、平板压、挤压等塑性“温加工”，且加工后的材料保留了块体优良的物理性能。多种经典块体脆性半导体（如 Cu_2Se、Ag_2Se 和 $Bi_{90}Sb_{10}$）可在 400-500 K 的温度下被加工为成分均匀且结晶性良好的自支撑半导体膜，厚度可达几微米。这些通过金属温加工方法制成的薄膜能够保持块体材料优异的物理性能，如高的载流子迁移率和热电功率因子。我们在热电器件的案例研究中，成功制备出归一化输出功率高达 43-54 $\mu Wcm^{-2}K^{-2}$ 的薄膜热电器件，几乎是延展性 Ag_2S 基半导体的两倍。在前期研究的基础上，我们量化阐释了解理能和滑移能垒对温度的依赖关系，并以两者比值作为经验性的塑性因子，进而建立了描述变温塑性的物理模型。该模型可预测无机非金属材料的韧脆转变温度，与实验数据高度吻合。

C07　熊启红

交流类型：口头报告

$CuIn(Ga)Te_2$ 基热电材料载流子输运行为调控与机制研究

熊启红

重庆理工大学 材料科学与工程学院

高载流子迁移率与高载流子浓度之间的矛盾是制约热电材料性能进一步提升的重要因素，其本质与缺陷、电荷散射以及电子—声子相互作用密切相关。本报告以 $CuInTe_2$ 和 $CuGaTe_2$ 为研究对象，围绕载流子输运过程中的散射机制与调控方法展开研究。针对 $CuInTe_2$ 中本征 Cu 空位引起的

载流子散射及高温稳定性问题，通过 Mg 掺杂调控缺陷形成行为和局域化学环境，实现载流子迁移率与热稳定性的同步改善；进一步结合 Ga 合金化降低晶格热导率，获得优异的综合热电性能。在 $CuGaTe_2$ 体系中，从掺杂元素轨道特征出发提出非成键掺杂策略，并结合霍尔测试、超快瞬态反射光谱及第一性原理计算，揭示 Mg 掺杂降低载流子散射势、削弱电子—声子相互作用的内在机制。在此基础上，通过 Ag 合金化进一步优化晶格热输运，实现热电性能提升。本报告将从缺陷、化学键和电子结构等层面，探讨 Cu 基热电材料载流子输运行为的调控规律，为高迁移率热电材料的设计提供新的认识。

C08　赵晨曦

交流类型：口头报告

同步辐射光源角分辨光电子能谱探索 p 型 Bi_2Te_3 基固溶体的电子结构

赵晨曦、崔胜涛、吴云波、李彤瑞、孔孟锐喆、白巍、李凯、刘毅、刘站锋、尚政明、孙喆、肖翀、谢毅

中国科学技术大学

Bi_2Te_3 基半导体是目前应用最广泛的室温区热电材料，其 p 型最优组分在 $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ 附近，然而其复杂的电子结构存在争议，能带简并度和 kz 依赖的色散关系等电子结构特征尚不明确。报告人利用同步辐射角分辨光电子能谱技术，首次揭示了 $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ 的 18 重简并的交叠羽状费米面的能带构型，首次发现了α费米口袋的动量交叠特征和布里渊区水平中截面附近β费米口袋群的存在。结合热电输运测试，作者提出 $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ 高热电性能源于 D_3d 点群对称性保护的 18 重能带简并度、极度陡峭的 k_y 能量色散、相对较重的 k_z 方向能带、以及费米面的动量交叠特性等 4 种电子结构特性的协同互补机制，它使得 $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ 能够克服迁移率和态密度有效质量之间的反耦合规律，从而实现极高的加权迁移率。本项工作为高性能热电材料提供了新的电子结构模型。

C09　昂然

交流类型：邀请报告

热电输运调控与前沿交叉：材料、界面与器件

昂然

四川大学

热电效应是实现热能与电能直接转换的重要物理效应，其性能提升依赖于电子与声子输运的协同调控，以及材料、界面与器件的多尺度协同设计。本报告围绕热电输运调控与前沿交叉，从高性能热电材料、热电界面与器件、热电传感与生物电子三个层面介绍相关研究进展。首先，针对电子与声子输运强耦合及电-热性能难以兼顾的问题，发展晶格缺陷、能带、应变、纳米复合及填充掺杂等调控策略，通过载流子浓度、能带结构、缺陷态及多尺度声子散射协同调控，实现电

子-声子输运解耦。在 PbSe、GeTe、Bi_2Te_3基及方钴矿等体系中，构建多尺度缺陷与界面结构，最高 zT 分别达到~1.9、2.6、1.51 和 1.72。其次，面向热电器件中界面反应、元素扩散及接触电阻等关键问题，开展层级界面工程与器件集成，通过热驱动界面重构、纳米析出相、晶界及多尺度孔隙调控电子与声子输运，并设计稳定低阻的Co/PbSe界面，结合分段器件与有限元优化，实现最高13.1%的热电转换效率，促进材料性能向器件性能有效转化。进一步将热电效应拓展至柔性生物电子与智能生物医用领域，构筑 $Mg_3(Sb,Bi)_2$/CNT 复合热电水凝胶，实现热电转换、压力传感、自修复、抗菌与组织再生功能耦合，实现人体温差驱动的自供能生理传感与主动创面修复。相关研究构建了从热电输运调控、界面工程与器件集成到柔性生物电子应用的研究体系，为热电效应在能源、信息与生命健康等前沿领域的交叉应用提供新思路。

C10　王俊

交流类型：邀请报告

热电效应赋能氧化物多功能材料的探索

王俊

内蒙古大学

氧化物材料凭借其结构可调、稳定性高及资源丰富等优势，在能源转换与环境治理领域备受关注。然而，其宽带隙特性严重制约了对太阳光谱，尤其是近红外波段能量的有效利用。本报告聚焦于“光-热-电”转换这一物理机制，探讨如何借助热电效应改造传统氧化物材料，构建具备宽光谱响应与多功能集成特性的新型复合材料体系。

本研究以 $SrTiO_3$与 $CaTiO_3$等典型氧化物为模型体系，通过掺杂调控及表面负载贵金属（如 Au）或高光热转换纳米材料（如 TiN），有效引入局域表面等离子体共振与高效光热效应。在近红外光辐照下，复合材料在微观界面处产生显著的局域温度梯度，进而激活氧化物基体的本征热电效应，输出稳定的光热电信号。该机制成功突破了传统半导体光激发对光子能量的依赖，实现了对全光谱太阳能（特别是近红外光）的有效捕获与转换。基于上述“光-热-电”转换核心机制，我们进一步拓展了其在多领域的应用潜能：（1）自供能传感与光充电空气电池：利用光热电效应产生的持续电压，研制出无需外置电源的近红外光驱动自供能气体传感器原型；同时，该效应为光充电空气电池提供了新型能量输入方式，可在光照下直接产生驱动电化学反应的电位，为下一代储能器件设计开辟了新途径。（2）光动力杀菌与催化净化：光生电压不仅能促进载流子定向迁移，还可显著增强活性氧物种的生成。将该材料体系应用于水处理领域，实现了在低强度近红外光照射下的高效光动力杀菌与有机污染物降解，为发展低能耗、深穿透的抗菌及环境催化技术提供了新材料平台。

综上所述，热电效应在氧化物基多功能材料中发挥着关键的“桥梁”作用—它将广泛存在的光热效应与最终的电能输出、化学反应高效耦合。这一研究不仅为设计宽光谱响应的新型光电材料

提供了新视角，也展现了热电材料在超越传统温差发电之外的广阔应用前景，包括分布式能源、环境修复及生物医学等交叉领域。

C11　任清勇

交流类型：邀请报告

超离子热电材料中的压卡制冷效应

任清勇[1,2]、黄晓明[1,2]、郝晓文[1,2]、李昺[3]、赵鲲鹏[4]、童欣[1,2]

1. 散裂中子源科学中心　2. 中国科学院高能物理研究所　3. 中国科学院金属研究所　4. 上海交通大学

固态制冷技术是实现绿色制冷的重要途径。相比于基于载流子输运的热电制冷，基于相变潜热的固态制冷往往具有更高的能效潜力。本报告聚焦于塑晶与超离子材料中的有序-无序相变，探讨如何利用显著的亚晶格构型熵变实现高效压卡制冷。

首先，我们在 NH_4I 塑晶中发现了室温巨压卡效应，中子散射证实该效应主要源于$[NH_4]^+$四面体的构型熵变。尽管其在亚晶格耦合与声子非谐性驱动下表现出极高的压卡强度，但材料在相变过程中的可逆性及机械塑性仍面临挑战。为此，我们进一步开发了 Ag_2S 基超离子热电材料，通过中熵工程调控 Ag 离子亚点阵的可逆有序-无序转变。该材料不仅在低驱动压力下实现了巨大的构型熵变与压卡强度，更兼具优异的超塑性与循环稳定性。本研究表明，调控有序-无序相变中的构型熵是开发高性能固态制冷工质的关键策略。

C12　赵鹏

交流类型：口头报告

利用 spinodal 分解实现 $Mg_2(Si,Sn)$合金的高性能热电性能

赵鹏、赵海东、徐波

燕山大学

$Mg_2(Si,Sn)$基热电材料具有资源丰富、环境友好和中温热电转换性能优良等特点，但其电输运与热输运之间的耦合关系限制了材料性能的进一步提升。Mg_2Si-Mg_2Sn 体系固有的固溶度间隙通常被视为导致成分偏析和性能不稳定的不利因素，但受控的成分调制也可能为构筑高密度纳米界面、强化声子散射提供新的途径。本研究发现，Bi 掺杂 $Mg_2Si_{0.3}Sn_{0.7-x}Bi_x$ 材料内部形成了由 Si 富集脉状纳米网格、Sn 富集纳米畴及多尺度子结构组成的层级化调幅分解样结构，且不同成分区域之间保持晶体学相干关系。该结构在维持晶格连续性和载流子有效输运的同时，能够通过相干界面、成分起伏及局域应变场对不同尺度声子产生协同散射，从而实现热输运与电输运的有效解耦。适量 Bi 掺杂进一步提高了载流子浓度和功率因子，并通过点缺陷散射降低晶格热导率。最优样品 $Mg_2Si_{0.3}Sn_{0.69}Bi_{0.01}$ 的峰值 ZT 达到 1.63（713 K），在 300–823 K 范围内的平均 ZT 达到 1.13。上述结果表明，固溶体固有的热力学不稳定性并非只能导致性能劣化，通过调控其动力学演化过程，

可以转化为构筑相干层级纳米结构和提升热电性能的有利因素，为 $Mg_2(Si,Sn)$及其他受限固溶体热电材料的微结构设计提供了新的认识。

C13　吴怡萱

交流类型：口头报告

晶格调控与共合金化提升硫属化合物热电材料性能

吴怡萱

同济大学

硫属化合物热电材料具有优异的电输运和低晶格热导特性，但高性能往往伴随着亚稳结构或复杂缺陷所带来的稳定性与输运调控难题。本报告围绕晶格调控与共合金化策略，介绍两类硫属化合物材料中结构设计与性能优化的研究。针对亚稳态 $AgSbTe_2$，提出基于阴阳离子尺寸匹配的晶格调控策略，通过 Pb^{2+}异价取代调节晶格结构稳定性，抑制 Ag_2Te 第二相析出并提高 Ag 空位形成能，在增强热稳定性的同时实现载流子输运优化，使 $AgSb_{0.97}Pb_{0.03}Te_2$ 在 650 K 获得约 1.7 的 zT，并实现稳定、可重复的器件发电性能。在 PbTe 基体系中，通过 Eu/Mg 共合金化与 Na 掺杂协同调控能带、载流子及缺陷结构，实现价带收敛与高密度位错诱导长程应变场的协同作用，在提升功率因子的同时强化声子散射，最终实现电–热输运的有效解耦，获得超过 2.7 的 zT。上述研究表明，通过成分设计调控晶格稳定性、电子结构及缺陷结构，并建立其与载流子和声子输运之间的内在关联，是实现硫属热电材料高性能与稳定性的重要途径。

C14　宋坤

交流类型：口头报告

基于功率智能分配的环境自适应热电制冷系统

宋坤

南京工业大学

热电制冷（TEC）的广泛应用长期受到温差与 COP 之间权衡关系的限制。本研究表明，通过多层热电结构中的累积放大效应，可以突破这一固有限制。为此，本研究提出了一种多层功率分配策略，利用机器学习对各热电层之间的功率分配进行动态优化，从而在无需结构优化的情况下，实现温差与 COP 的同步提升。实验方面，通过简单堆叠 Bi_2Te_3 热电器件，在达到单层 TEC 最大温差 80%的条件下，实现了 COP 提升 67%，同时显著拓展了最大温差。该方法的核心优势在于其具有较高的自适应能力，能够针对变化的环境进行实时优化，并在不同应用环境下保持稳定、可靠的性能。这一方法为下一代高效固态制冷技术提供了一种具有良好可扩展性和广泛适应性的解决方案。

C15　王思宁

交流类型：口头报告

$BiSbSe_3$ 热电材料的载流子输运调控与性能优化

王思宁

中国地质大学（北京）

针对低成本、高性能热电材料的发展需求，以具有本征低晶格热导率和复杂能带结构的铋锑硒化合物（$BiSbSe_3$）为研究对象，系统开展载流子输运调控与热电性能优化研究。首先系统研究了系列阴/阳离子掺杂剂对载流子浓度、能带结构的影响，实现了 N 型与 P 型 $BiSbSe_3$ 的输运调控。基于对载流子浓度及有效质量的优化研究，发现载流子迁移率是进一步提升 $BiSbSe_3$ 电输运性能的关键，并进一步开展了本征输运调控、微结构调控系列载流子迁移率优化策略研究。在本征输运层面，通过调节形变势与电荷密度改善载流子本征输运特性；在微结构层面，通过粗细晶粒复合及高电导第二相原位复合构建载流子快速输运通道，实现载流子迁移率与浓度的协同优化。同时，通过 S 合金化抑制正交相 $BiSbSe_3$ 缓冷过程中的相分离，实现室温稳定的正交相，为高质量 $BiSbSe_3$ 晶体生长提供材料基础。经系统优化，目前实现 N 型 $BiSbSe_3$ 多晶峰值 ZT~1.2（800 K），单臂热电转换效率~6.3%（温差 475 K）。上述研究建立了从载流子浓度调控到迁移率调控、从本征输运到微结构优化的 $BiSbSe_3$ 热电性能系统调控，为进一步发展高性能 $BiSbSe_3$ 晶体及高效热电制冷与发电器件提供了基础。

C16　岳冬辉

交流类型：口头报告

高压调控：一种实现热电性能突破的新维度

岳冬辉

牡丹江师范学院

热电转换效率的跃升长期受制于载流子与声子输运的内在纠缠，致使塞贝克系数、电导率与热导率陷入此消彼长的“性能牢笼”，这使得传统优化路径逼近极限。针对这一困境，本研究引入“压力”这一维度以打破热电耦合桎梏。为此，我们自主研制了一套高压原位综合物性测量系统，能够在加压条件下同步采集电导率、热导率与 Seebeck 系数，为追踪压力诱导的输运解耦过程提供了实时观测窗口。在此基础上，结合高压淬火技术，我们可以将高压下的优异物性“截获”至常压环境。例如：在经典热电材料 Bi_2Te_3 中实现了 ZT 值的显著跃升，更值得关注的是，高压诱导 Bi_2Te_3 导电类型的翻转在卸压后得以保留，即仅凭温度-压力路径的设计，可实现单一材料 p 型、n 型导电行为的按需切换。这一发现不仅为热电材料的性能跨越提供了“压力”新范式，更从根本上重塑了半导体掺杂策略的认知，为半导体制备工艺开辟了全新维度。

C17　史晓伟

交流类型：口头报告

热变形调控局域–全局结构实现高性能 $BiSbSe_3$ 热电材料

史晓伟[1]、康慧君[2]、王同敏[2]、陈荣春[2]、赵立东[3]

1. 太原科技大学　2. 大连理工大学　3. 北京航空航天大学

在热电材料研究中，提升载流子浓度往往伴随迁移率的下降，因此实现两者的协同优化一直是该领域的核心难题。本研究将复合工程与热变形工艺相结合，对类链状结构 $BiSbSe_3$ 的电子和声子输运性能进行协同调控。通过对复合 2 mol% CuI 和 1.8 mol% Cu 的 $BiSbSe_3$ 进行多次热变形处理，构建了由成分调控的局域结构和由塑性变形诱导的全局微观结构。多尺度结构表征结果表明，热变形促进了晶体织构、动态再结晶和亚晶结构演化，同时推动 Cu 原子进入间隙位置并增强短程有序。此外，体系中形成了 $CuSbSe_2$ 第二相、位错、晶界和异质界面。间隙 Cu 和增强的短程有序为载流子输运提供了有利通道，而多尺度缺陷和界面则构成了有效的声子散射网络。在 723 K 时，单次热变形样品的面外功率因数由本征 $BiSbSe_3$ 的~0.3 μW cm^{-1} K^{-2} 提高至~4.2 μW cm^{-1} K^{-2}，晶格热导率则由~0.35 W m^{-1} K^{-1} 降低至~0.19 W m^{-1} K^{-1}。单次热变形样品在 723 K 时获得~1.3 的面外峰值 *ZT*，较本征 $BiSbSe_3$ 提高约 20 倍，是目前报道同温度下 n 型 $BiSbSe_3$ 热电材料的最高水平。同时，维氏硬度由本征 $BiSbSe_3$ 的~84.7 HV 提高至单次热变形样品的~110.7 HV。上述结果表明，热变形诱导的局域—全局结构调控策略可显著优化热电性能，并为具有类似链状或层状晶体结构的热电材料体系提供了可借鉴的研究思路。

C18　杨炯

交流类型：邀请报告

AI 赋能下的热电材料研究

杨炯

材料基因组工程研究院

人工智能正在成为材料研究中一种日益重要的辅助工具，但其有效应用仍高度依赖于研究者对材料相关问题的深刻理解。本报告将以计算材料学为例，展示如何将 AI 方法与领域知识有机结合，系统推进热电材料的研究。在热输运方面，我们基于 MatHub-3d 数据库构建了涵盖 130 种半哈斯勒化合物的标准化机器学习原子间势数据库 HH_{130}，并预训练了通用力场 MACE-HH-v1.0，用于研究复杂缺陷体系的热输运行为。进一步地，我们将这一方法拓展至镧系 LnNiSb 系列化合物，开发了针对这一系列体系的机器学习势函数，揭示了化学压力驱动的相变机制及其对晶格热导率的调控规律。在电输运方面，我们借助基于 Deepseek 的 AI 智能体，辅助开发了新一代电输运计算程序 TransOpt 3.0。该程序在玻尔兹曼输运方程框架下首次引入了电子-声子重正化效应，突破了传统刚性能带近似的局限，并在 GPU 架构上实现了显著的性能提升。在材料逆向设计方面，依托 MatHub-3d 数据库的结构与成分多样性，我们构建了热电材料逆向设计框架，集成晶体扩散变分自

编码器、多层级机器学习筛选与自动化高通量计算，通过对功率因子的潜在空间优化，成功预测了多种此前未见报道的新型热电化合物。上述案例表明，AI 作为一种强大的辅助工具，正在使研究者得以突破传统方法的边界——更大体系的处理、高效方法的开发、基于性能的逆向设计，这些在过去难以企及的研究范式如今已逐步成为现实。

C19　韩岫

交流类型：邀请报告

可解释性机器学习揭示高性能半赫斯勒热电材料的成分设计原则

韩岫、徐亦博、胡晓娟、韩仲康、付晨光、朱铁军

浙江大学

数据驱动的机器学习方法为材料设计与性能优化提供了有效途径。然而，大多数算法的“黑箱”特性使其难以兼顾高预测精度与可解释性，阻碍了具有物理意义的材料设计原则的总结归纳与后续材料优化。本工作选取当前最具前景的高温热电材料半赫斯勒化合物为研究对象，基于实验数据开展可解释性机器学习研究。基于 2000-2025 年间发表的 58 篇代表性文献，本工作提取了其中热电优值和晶格热导率的实验值，并结合具有物理意义的成分相关特征构建数据集，训练机器学习模型。通过特征归因、子群分析与稀疏描述符识别等多种可解释性分析方法，本工作提取了高性能半赫斯勒热电材料的关键成分设计原则，并进一步通过区分载流子类型的热电优值模型和独立的晶格热导率模型进行平行验证。本工作表明，即使在数据有限的情况下，基于具有物理意义特征的可解释性机器学习研究仍可作为识别高性能热电材料设计原则的有效方法。

C20　叶财超

交流类型：邀请报告

基于物性场的机器学习势函数构建及其在能量转换材料的应用模拟

叶财超、胡晏箫、张文清

南方科技大学

人工智能与材料科学的深度融合长期受制于深度神经网络的“黑箱”特性——这类模型虽具备强大的表达能力，却因缺乏必要的物理先验与内含的解析约束，面临过拟合与域外泛化困难，且难以保证长程关联与全局标度的基本物理图像。为此，我们构建了一个在材料物性与几何结构之间满足基本对称性要求的解析数学框架——材料物性场（MPF）。MPF 为不同材料物性的建模提供了统一了数学表达。基于 MPF，我们发展了全局标度的 SUS_2-MLIP 与前向解析的 mPFDNN 模型。SUS_2-MLIP 以较主流模型低 2~3 个数量级的参数量，达到了可比精度，并在百万原子模拟中展现出更强的泛化能力与运行稳定性。mPFDNN 则通过线性基组与 Hopfield 动力学的渐进融合，突

破了平均场近似的局限，成功捕捉了受化学环境调制的弱相互作用与动力学过程，实现了对多类能量转换材料体系的精确刻画。本研究弥合了强大 AI 模型与材料科学可解释性需求之间的鸿沟，为大规模、物理意义明确的模拟开辟了新路径，有望推动能量转换材料体系中固固/固液界面、液态电解质、离子输运等领域的模拟及机制探索。

C21　宿力中

交流类型：口头报告

N 型 SnSe 晶体热电材料研究进展

宿力中

太原科技大学

近年来，在 N 型各向异性层状硒化锡（SnSe）晶体中发现的“二维声子-三维电荷”热电传输特性在解耦“声-电”矛盾上表现出了十分优异的潜力，引起了热电领域的广泛关注。本报告围绕晶格热导率、载流子迁移率及塞贝克系数分析了“二维声子-三维电荷”热电传输特性的优势；围绕 N 型 SnSe 晶体在 *Pnma* 相与 *Cmcm* 相的晶格对称性演化总结了其最新研究进展，并对 SnSe 晶体热电材料后续研究的重点与难点进行了展望。

C22　张益欣

交流类型：口头报告

一步构筑多尺度缺陷协同调控硫化亚铜热电性能

张益欣、葛振华

昆明理工大学

硫化亚铜 $Cu_{2-x}S$ 作为一种廉价、低毒的超离子导体热电材料，具有较大的应用潜力，但铜离子的长程迁移与电-热输运的相互作用尚不明确，且热电性能与稳定性的协同提升仍是该领域面临的关键挑战。本研究提出了在硫化亚铜材料中一步引入多尺度缺陷的方法，并研究了多尺度缺陷对于基体材料电-声-离子输运的调控作用。在 $Cu_{2-x}S$ 材料中添加易与基体发生反应的添加剂，通过非化学计量比调控、元素掺杂以及第二相原位复合实现热电性能和稳定性的协同优化。例如在 Cu_2S 材料的制备过程中添加 Sn 和 Se 诱导产生了 Cu_2SnSe_4 第二相以及位错、气孔等多尺度晶格缺陷。增强的全频声子散射整体降低了基体材料的晶格热导率。过量的 Se 在基体中引入了 Cu 空位并提升其载流子浓度。最佳样品在 873 K 时的 ZT 值为 1.5。近期，团队提出一种在 $Cu_{1.96}S$ 熔炼过程中通过原位反应实现 Pb 掺杂并析出 $CsPbBr_3$ 纳米第二相的方法。Pb 离子占据基体铜空位调节载流子浓度并提升铜离子迁移势垒，小角度晶界增强声子散射以降低晶格热导率，实现电声输运性能的协同优化，性能最佳的样品在 973 K 时获得了 2.4 的峰值 ZT。此外，利用点缺陷和微纳尺度缺陷抑制铜离子长程迁移导致离子电导率的下降。以上研究结果为其它热电材料体系的成分自发调控以及电-

声-离子输运协同优化提供了借鉴。

C23　戴胜男

交流类型：口头报告

电声耦合在晶格热输运中的多层次调控机制

戴胜男、奚晋扬、杨炯

上海大学

电声耦合是影响材料热输运性质的重要机制，通过缩短声子寿命降低晶格热导率。但在高载流子浓度、强电声耦合及复杂掺杂体系中，其作用不局限于散射率修正，还会改变晶格动力学性质，并影响不同热输运通道的相对贡献。建立对电声耦合影响晶格热输运的全面理解，对于揭示低热导材料机制和指导材料设计具有重要意义。本报告首先从电声散射对声子热导的影响出发，系统分析十八种半哈斯勒热电材料中电声耦合导致的晶格热导率降低行为。结果表明，电声诱导热导率降幅主要受电声耦合强度和费米能级处电子态密度控制；温度则通过改变电声散射与声声散射的相对强弱进一步影响降幅。为提高复杂体系中电声效应的计算效率，发展了基于形变势近似的电声耦合矩阵元计算方法，在计算效率与精度之间实现了较好平衡。除作为散射通道外，电声耦合还可参与晶格动力学重构。在掺杂热电材料中，电声相互作用能够诱导高频光学声子软化，从而改变声子色散和热输运行为。这也表明以声子谱不变为前提的传统点缺陷模型在复杂掺杂体系中存在局限。近期关于β-$FeSi_2$的研究显示，相比重元素 Ir 掺杂引起 82%热导率降幅，邻位 Co 掺杂虽然点缺陷相关涨落较弱，仍可通过以较弱的Co-Si键取代原有Fe-Si键，引入局域键强不平衡，实现约75%的热导率降低。在此基础上，整体考虑掺杂导致的声子色散、群速度、声声散射和电声散射变化，即可解释掺杂引起的热导率降低。结合物理模型发现，轻、重元素掺杂对热输运调控存在差异，而传统点缺陷模型难以区分。最后，电声耦合还可以影响相干热导率。以低热导金属间化合物 Ru_2Sn_3为例，电声散射不仅显著降低声子热导率，还可通过改变声子线宽调控相干热导率；在低温区，二者降幅均可超过80%。上述研究表明，电声耦合应被理解为一种同时调控声子寿命、晶格动力学和相干热输运的多层次机制，有助于全面理解高载流子浓度低热导材料的热输运行为，并为低热导材料设计提供指导。

C24　刘玮书

交流类型：邀请报告

边界决定的热电材料品质因子

刘玮书

南方科技大学

热电转换利用电子或离子作为能量载流子，直接将热能转化为电能。从热力学视角来看，能

量转换效率与材料输运参数之间的关系定义了热电优值（即 ZT），该参数是决定热电发电与制冷性能的核心指标。因此，在温度与掺杂剂构成的空间中探寻高 ZT 值，已成为热电领域的主要研究任务。本文将以恒热流边界条件下的热电转换来说明，热电转换的效率与材料性能关系与热边界条件和电工作模式密切相关。报告将先讨论对电子热电中恒热流边界温差发电和循环热调节工作模式下的效率与热电优值的关系。然后讨论近年来新兴离子热电材料的热电转换效率与热电优值关系。由于离子无法穿过电极，其电学运行模式与电子热电截然不同，为此我们提出了适用于离子热电的新优值 ZTΔ，其中定义了广义电导率 ε/τ。本文给出了以 ZTΔ和工作条件函数表示的优化效率方程。该新优值 ZTΔ由热电势 S、广义电导率 ε/τ、热导率 κ 以及工作温区 TΔ共同构成，可用于指导材料优化与新材料的发现。实验测量效率与 ZTΔ 之间呈现良好的线性关系。总体而言，我们的研究表明，热电性能受热边界条件和电学工作模式的显著影响，进而对材料的选择具有重要指导意义。

C25　潘瑜

交流类型：邀请报告

费米面几何相关的声子曳引效应解耦纵向和横向热电性能

潘瑜

重庆大学

由晶体对称性保护的拓扑电子态引发了大量新颖的输运现象，拓扑量子材料也因此成为了探索新奇电子输运机制的材料平台，包括在热电能源转换领域。然而，电子态的几何结构如何与晶格动力学耦合，以及这种耦合如何影响热电输运，目前仍不清楚。在本工作中，我们展示了费米面几何形状如何控制声子曳引效应，并解耦纵向和横向热电输运的机制。理论模型显示费米面曲率决定了动量守恒的电子-声子散射的相空间，使凸、凹费米面分别对声子曳引产生增强和削弱贡献。这由此可以产生一个热电材料设计原则，即利用电子和空穴费米面的不同曲率来实现动量选择性的声子曳引效应，从而解决载流子补偿降低塞贝克热电势的难题。例如，在补偿型拓扑半金属 LaSb 中，电子和空穴费米面具有明显不同的曲率，凸面的电子口袋可增强声子曳引效应主导的塞贝克效应，凹面的空穴口袋抑制声子曳引相关的塞贝克效应。因此，对纵向塞贝克热电效应而言，材料整体表现出电子主导的“类单一载流子”输运特性；而对横向能斯特热电效应而言，材料仍由电子、空穴共同贡献。同时增强的纵向和横向热电性能为设计新型低温热电材料提供了研究思路。

C26　徐子富

交流类型：邀请报告

空间热耦合机制下的无磁横向热电转换

徐子富、李炜

中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

横向热电转换旨在打破传统热电技术在复杂级联、尺度扩展和接触损耗等方面的固有限制，其核心在于构建宏观非对角塞贝克张量。传统研究主要依赖外部磁场或构筑对称性破缺材料来实现这一目标，但在面对热电器件微型化和电路规模集成化需求时构成挑战。在这里，我们提出一种无磁场、材料无关的横向热电调控新机制。通过构建相互独立的热流与电流传输通道，实现热场与电场在空间维度上的解耦，从而在室温、无磁场条件下获得全角度可调的横向热电响应。基于不同空间维度，我们分别提出了层内、层间热耦合效应的横向热电传输策略，推导了耦合系数作用的等效塞贝克张量，并揭示了其尺度相关的等效热电特性。进一步，利用商业型热电材料验证了全角度横向热电转换性能（*PF* 超过 4×10^{-3} W/mK^2），同时探讨了该技术在光热电协同集能架构中的巨大应用潜力，为可扩展、多维、多能协同转换系统的发展提供了新的理论基础与技术路径。

C27　刘卓鑫

交流类型：口头报告

热电池的电解质调控策略探索

刘卓鑫

深圳大学

热电池基于热电化学效应将低品位热能直接转化为电能，有望为可穿戴电子设备提供可持续能源解决方案，但其在热电化学性能、环境适应性、凝胶力学强度等多方面的进一步优化仍存在挑战。本研究针对热电池电解质，探索了不同的性能调控策略。首先，针对低温环境应用瓶颈，开发乙二醇/MXene 复合凝胶电解质，利用乙二醇破坏水分子氢键网络、调控反应熵，并利用 MXene 纳米片促进凝胶电解质聚合及交联，协同实现 2.04 mV K^{-1} 的高热电势及全天候温差发电；其次，提出新戊二醇诱导的分层三相电解质，通过液相分离与$[Fe(CN)_6]^{4-}$热敏结晶的熵-浓度梯度协同机制，将热电势提升至 3.61 mV K^{-1}，在 30 K 温差下的功率密度达到 819.8 mW m^{-1}；引入甜菜碱两性离子构建自愈合明胶电解质，通过霍夫迈斯特效应及多重非共价键同步强化凝胶电解质的力学强度与热电化学性能；针对 N 型碘体系，利用氟离子介导的咪唑-碘配位实现可逆沉淀/解离，在增大浓度梯度的同时优化离子输运，从而实现对热电势和输出功率密度的协同增强。这些电解质调控策略为不同应用场景的高性能热电池开发提供了一定参考。

C28　郭文斌

交流类型：口头报告

面向热电材料与器件应用的稀散金属新材料研发进展

郭文斌

江西铜业技术研究院有限公司

稀散金属是热电转换领域不可或缺的关键战略原材料，高纯稀散金属制备、化合物晶体开发是高性能热电材料与热电器件实现自主可控的基础。结合我国稀散金属资源禀赋与出口管制背景，本报告介绍稀贵稀散金属材料江西省重点实验室平台建设、研发硬件与人才队伍基础；围绕热电产业对高纯原料的迫切需求，介绍碲、硒、锑等稀散金属高纯化技术路线，采用真空蒸馏-区域熔炼耦合工艺实现 5N-8N 超高纯碲制备，分析提纯过程中杂质分离难点与优化方案，搭建高纯稀散金属中试产线，为热电功能材料提供高纯原料保障。

重点围绕碲化铋基主流室温热电材料开展研究，通过热变形工艺、缺陷工程、织构调控、晶粒细化、元素掺杂等手段调控电-声输运行为，实现材料 ZT 值≥1.0、压缩强度大于 200 MPa；完成 P/N 热电粒子批量化制备，优化器件界面阻挡层结构，降低界面接触热阻与电阻，研制热电器件实现最大温差超 70 ℃，打通从高纯原料-热电晶棒-晶片-热电器件的技术链条。同时拓展稀散金属化合物前沿交叉研究，介绍氧化碲声光晶体、碲锌镉探测晶体制备技术进展。

最后阐述后续工作规划：持续升级超高纯稀散金属规模化制备能力，推进碲基热电模组工程化开发，开展大尺寸功能单晶研制，面向热电输运新机制、器件系统开发等方向开展技术攻关，推动稀散金属新材料在热电制冷、余热发电等领域产业化落地。

C29　计嘉琳

交流类型：口头报告

基于团簇振动的超低晶格热导率研究

计嘉琳

嘉兴大学

抑制晶格热导率是提升热电性能的关键问题。基于多原子协同运动的团簇振动机制，能够有效增强晶格非谐性并显著阻碍热输运。团簇振动凭借其较大的有效质量与丰富的内部自由度，可在低频区诱导平坦的光学声子模式，从而通过剧烈的声-光声子耦合显著降低声子群速度并加剧声子散射。本研究系统梳理了从线性共振键团簇、孤对电子四面体团簇、准一维锯齿链状团簇，到硫族磷酸盐中阴离子团簇与阳离子双驱动协同振动的微观物理机制与调控规律。上述研究建立了从化学键到低频团簇振动再到超低晶格热导率的统一物理图像，阐明了利用团簇的低频振动实现本征超低晶格热导率的通用设计准则。

C30　陈光明

交流类型：邀请报告

基于有机/无机复合热电材料的应用场景研究

陈光明

深圳大学

近年来，有机/无机复合热电材料研究不仅在高性能材料制备与结构-性能关系机理方面取得了一系列重要突破，而且在器件结构设计及其应用场景等也获得了一些重要进展。本文中，重点讲述近五年课题组在基于有机/无机复合热电材料的人工智能、遇火识别与预警、智慧建筑和可穿戴电子等应用场景方面的一些研究结果。

（1）在人工智能方面，重点研究了智能感知、智能识别与响应，包括热电器件在机器人热痛觉感受器及其可视化、人手动作的精确识别和机械手在热作用下的不同手势。

（2）在遇火识别与预警方面，制备同时具有光电-热电双功能性的复合材料实现了人体物联网遇火识别与预警，制备热电气凝胶帮助盲人和消防员实现遇火预警，并将热电器件嵌入墙体实现火灾前快速预警。

（3）在智慧建筑领域，制备复合热电薄膜级折纸器件，利用光热和辐射制冷产生大温差，利用热电材料的 Seebeck 效应发电，实现器件全天 24 小时发电。

（4）在可穿戴电子领域，设计了基于柔性膜的具有面外温差结构的弹簧状热电器件，具有可弯曲和课压缩特性，适用于戴在手指上收集人体热量；制备了新型两性离子水凝胶电解质，将得到的热电池贴在手套表面，作为分布式电源供应，利用人体的热量，可以感知具有不同形状的热或冷的物体。

C31　陈志炜

交流类型：邀请报告

电子熵梯度实现非互易性热电制冷以增强制冷性能

陈志炜

同济大学

热电制冷的本质是电子在输运过程中的熵变热效应，直观表现为 Seebeck 系数在空间上的梯度分布（$\nabla_x S$），根据来源的不同可分为 Peltier 效应（由热电材料与电极材料界面间的化学势梯度导致）和 Thomson 效应（由热电材料内部冷热两端的温度梯度导致）。基于局域热平衡方程，本工作综合考虑了化学势/温度空间梯度等多种来源共同作用下的热电制冷，提出了广义热电优值（$z_{extended}$）。理论研究指出，化学势梯度诱导形成的 Seebeck 系数空间变化，可以在梯度材料内部产生额外的 Peltier 吸放热效应。电流方向与电子熵梯度方向的异同将导致热电制冷效应上的非互易性。

在性能验证方面，本工作在 n 型 $Bi_2Te_{2.7}Se_{0.3}$ 单晶中实现了成分梯度及电子熵梯度的调控。梯度材料的制冷温差具有电流方向关联特性，而均质的商业 n 型 $Bi_2Te_{2.7}Se_{0.3}$ 材料的制冷性能几乎不受电流方向影响。当冷热两端的 Seebeck 系数差异越大时，制冷性能的非互易性越明显。此外，本工作揭示了额外制冷量与保持最优 zT 之间的制衡关系，为利用梯度材料增强制冷提供了一种改进的思路。非互易热电制冷策略原则上可应用于任何可掺杂的材料，为提升热电制冷性能引入了新的自由度。

C32　冯涛

交流类型：邀请报告

局域轨道与多体涨落驱动的非常规热电输运研究

冯涛

南方科技大学

传统热电材料的设计主要建立在 Landau 费米液体框架下的准粒子输运图像之上，通过能带结构、载流子浓度及散射过程调控电子和声子输运。然而，在强关联体系中，局域轨道、自旋、电荷及其涨落可产生区别于准粒子能带图像的多体输运行为，其能否形成新的热电增强机制仍缺乏系统认识。近期，我们以非化学计量比 Heusler-like 化合物为模型体系，研究了局域 d-e 轨道、磁性涨落与非常规热电输运之间的内在关联。在 $TiFe_xCu_ySb$ 中，Fe/Cu 无序占位在费米能级附近形成具有局域-巡游双重特征的 Fe(3d)-e 轨道，并诱导随机局域磁矩、团簇自旋玻璃及磁场调控的量子临界行为；类似的局域轨道关联在 $TiCo_xCu_ySn$ 中还可形成自补偿磁性团簇，表明局域轨道是该类体系磁性与电子输运的重要功能单元。进一步发现，$TiFe_xCu_ySb$ 表现出 14-650 K 范围内的近线性电阻并跨越 Mott-Ioffe-Regel 极限，呈现非准粒子坏金属输运，同时获得最高 Seebeck 系数达到 236 μV K^{-1}，热电优值 zT 最高约为 1.2。低温自旋涨落参与热电势增强，而中高温 Fe(3d)-e 轨道与巡游载流子之间的动态电荷交换产生价态涨落及多体电子熵，成为大 Seebeck 系数的主要来源。该研究表明，利用局域多轨道自由度及其自旋、价态和量子涨落，将多体电子熵耦合至电荷输运，为突破传统准粒子热电框架提供了新的物理途径。

C33　王戊

交流类型：口头报告

热电材料元素占位与局域化学波动的原子级测定与调控

王戊

深圳技术大学

热电材料性能优化的核心在于实现电子输运与声子输运的协同调控，而原子尺度的元素占位、局域化学环境及结构非均匀性对其电热输运行为具有重要影响。本报告介绍基于球差校正透射电

镜的原子分辨能谱技术，并结合先进图像降噪算法，建立高信噪比原子尺度化学分析方法，展示其在热电材料合金化结构演化解析及性能调控机制研究中的应用。首先，利用原子分辨能谱技术揭示了 $Bi_2Te_{3-x}Se_x$ 体系中的本征局域化学非均匀性。研究发现，Se 元素并非随机分布于阴离子亚晶格，而是在层状五层结构（quintuple layer）中表现出明显的择优占位行为，优先富集于中心层 Te(2) 晶格位点，并建立了不同组分下的原子尺度结构模型。结合原子尺度电荷密度分布和价态分析，进一步揭示了不同晶格位点 Bi–Te 化学键特征的差异，阐明了元素占位对化学键极性、电子结构及 Seebeck 系数的调控机制。进一步地，将原子分辨能谱技术拓展至多元素合金化的高熵热电材料，揭示了 GeTe、SnTe 和 PbTe 基高熵热电材料中多元素占位行为及局域化学波动特征。并且，通过调控合金元素组成，实现了局域化学波动、晶格畸变及应变涨落的协同调控，有效降低晶格热导率，建立了“元素特征—局域化学波动—晶格热输运”的结构–性能关联机制。上述研究表明，原子尺度元素占位与局域化学波动是调控热电材料电热输运行为的关键结构因素，并为高性能热电材料的精准合金化设计提供了新的机制认识。

C34　胡金锁

交流类型：口头报告

High-entropy-driven High-performance Thermoelectric Zintl Compounds

Jinsuo Hu &Yue Chen

Department of Mechanical Engineering, The University of Hong Kong

The performance of thermoelectric materials is fundamentally constrained by the strong coupling between electron transport and lattice dynamics. Zintl phases, with their covalent anionic framework as an “electron-crystal” pathway and cationic sublattice as “phonon-glass” scattering centers, have garnered significant interest in the thermoelectric community. To decrease the lattice thermal conductivity without significantly compromising the electronic performance, we propose a high-entropy alloying strategy occupying the cationic site of $YbCd_2Sb_2$. Leveraging the DFT calculations, we elucidate that the high-entropy disorder substantially impedes phonon propagation by constructing intense local lattice strain and dramatically decelerating the phonons through phonon softening behavior. Consequently, we achieve one of the lowest lattice thermal conductivities (0.38 $W\ m^{-1}\ K^{-1}$) among reported Zintl systems, alongside an ultra-high zT of 1.5 at 700 K. The designed high-entropy Zintls are further successfully integrated into a TE module, yielding a competitive conversion efficiency of 10% combined with excellent service stability. Notably, the high-entropy effect concurrently fortifies the mechanical robustness and thermal stability. This work sheds light on designing next-generation Zintl materials with concurrently high performance, stability, and mechanical robustness.

C35　马妮

交流类型：口头报告

低热导热电材料创制与声子输运研究

马妮、肖翀

中国科学技术大学

固体无机化学是材料设计的基石，为功能材料的可控制备奠定理论基础。我们重点关注晶体生长与结构设计，探索功能基元的结构调控与固相反应机理，致力于发展无机固体材料体系普适可控的合成方法及高质量单晶制备方案。基于大量合成实验的积累与凝练，针对不同材料体系发展差异化的合成路径，已成功制备二十余例新化合物。

在合成方法学基础上，我们提出“不对称化学序”设计思想，建立了涵盖多重配位、基元重组及多层堆叠的结构设计策略，创制了二十余种强晶格非谐材料。研究揭示不对称化学序声子调控机制，阐明基元不对称增强声子非谐性及亚层不对称构筑超软声子模，二者协同诱发双声子输运行为，使得部分材料体系的晶格热导率趋近传统晶态材料的玻璃极限。通过建立局域结构—声子输运本征关联，从原子尺度揭示化学特性调控热性能的核心机制。这一思路推动从经验试错到化学主动设计的范式转变，将深化对热输运微观机制的理解，拓展物质与声子理论边界，希望为无机固体功能材料的物性探索研究提供新思路。

C36　王向东

交流类型：口头报告

功能材料的逆向设计：以热电材料为例

王向东[1]、计嘉琳[1]、席丽丽[2]、杨炯[2]

1. 嘉兴大学　2. 上海大学

We present a thermoelectric inverse-design (TEID) framework that integrates MatHub-3d, generative model, and hierarchical screening across low-, medium-, and high-accuracy calculations. From 6400 structures, deduplication and filtering yielded 1461 compositions. M3GNet and MEGNet retained 1053 dynamically stable and 1005 thermodynamically viable candidates, respectively. Density functional theory screening, including structural relaxation, convex hull, band gap and deformation potential transport filters, identified 64 compounds. Phonon and third-order force-constant calculations confirmed four dynamically stable, previously unreported materials, DyTlTeSe, $Li_2In_4Cu_2Te_8$, Na_3CaP_3, and $Si_2Cu_3AgS_6$, with lattice thermal conductivities of 0.67-1.72 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$. Accounting for deformation-potential and polar-optical-phonon scattering, Na_3CaP_3 and $Si_2Cu_3AgS_6$ achieved n-type ZT values of 1.59 and 2.24 at 700 K. TEID provides a route to thermoelectric materials discovery.

C37　吴春露

交流类型：口头报告

Cu/Cl 共掺杂诱导相变和低热导率提升 n 型 $SnSe_2$ 的热电性能

吴春露

深圳大学

本研究通过在 n 型 $SnSe_2$ 基热电材料中引入多类型点缺陷（包括 Cu_{Sn}、Cl_{Se}、Cui），成功诱发了局域晶格畸变及层间滑移，进而诱导出从 P3m1 到 P63mc 的局域相变，并伴随 Cu 元素富集析出 Cu_2Se 第二相。这种多尺度微结构设计通过载流子浓度调控、能量过滤效应及迁移率提升实现了电输运的优化。同时，引入的点缺陷、应变场、晶界及异质界面的协同作用导致的宽频范围声子散射的增强极大的降低了热导率。通过构建点缺陷–亚稳相–异质界面复合结构，实现了电热输运性能的协同优化，最终显著将材料的热电优值 ZT 提升至 0.75，相对于未掺杂的 $SnSe_2$ 提升了 4 倍。该工作为通过微结构工程实现高性能热电材料提供了新思路。

C38　王潇漾

交流类型：口头报告

热电协同光热催化效应

王潇漾、苗蕾

广西大学

多场协同催化被视为提升能源利用效率、克服单一场催化体系局限性的前沿策略。然而，由于场耦合效果不佳导致载流子迁移缓慢且复合严重，极大地限制了多场催化平台的实际性能。为解决载流子传输效率低下的瓶颈问题，本研究通过整合光催化与热电功能单元，合理构建了一种高性能 n 型 $TiO_2/Ag_{2.3}Se$ 光电热电（PTE）杂化催化剂。该催化剂表面形成了稳定的 40°C 温度梯度，由塞贝克效应驱动产生强内建电场，有效调控了载流子的输运行为。光-热电协同耦合使该复合材料表现出显著的 PTE 光电压（2.3 mV），远高于纯热电压（1.4 mV）与光伏电压（0.3 mV）的简单相加值。原位拉曼光谱结合有限元模拟证实，双场协同作用可诱导高度定向的载流子通量，有效抑制光生电荷复合，并加速界面催化反应动力学。得益于优化的载流子传输效率，$TiO_2/Ag_{2.3}Se$ 杂化材料实现了高达 93%的优异光催化降解效率，远优于单一光催化（41%）和热电催化（13%）性能。显著的“1+1>2”协同效应表明，废热能量可被转化为驱动电荷分离与传输的有效动力，突破了单一光催化的性能局限。本研究阐明了热诱导界面电荷转移与载流子调控的内在机制，为设计和构建高效废热驱动复合催化剂提供了可行的工程策略，推动环境修复与可持续能源利用的发展。

C39　王伊

交流类型：快闪报告

基于“反应-扩散”动力学的 n 型 $Mg_3(Sb,Bi)_2$ 镁空位精准修复及高效发电/制冷器件研究

王伊、樊震、赵怀周

中国科学院物理研究所

n 型 $Mg_3(Sb,Bi)_2$ 热电材料在近室温区具有突出的应用潜力，但高温烧结中的 Mg 挥发会导致晶界与晶粒内部产生高浓度本征 Mg 空位，成为严重恶化电输运的电荷捕获与散射中心。针对这一瓶颈，本研究揭示了 $Mg_3(Sb,Bi)_2$ 晶格中 Mg^{2+}低迁移势垒（~0.2-0.6 eV）的三维快速离子通道，并阐明了基于“反应-扩散”的空位调控新策略。首先，提出了“局域反应-全局扩散”机制，利用机器学习筛选的过渡金属（如 Ti）在放电等离子烧结（SPS）中与基体阴离子（Sb^{3-}）发生局域置换反应，原位释放活性单质 Mg，借助晶格与晶界三维通道实现全局快速扩散，填补基体空位。在此机理基础上，为克服过渡金属成本高等问题，进一步将反应-扩散动力学与“原位固相双置换”策略结合，引入地壳高丰度的廉价氧化物（Fe_2O_3、TiO_2、ZrO_2），在烧结过程中依次触发“低温镁热还原原位析出高活性过渡金属—局域置换释放活性 Mg—全局离子扩散回填空位”的三步反应，为 n 型 $Mg_3(Sb,Bi)_2$ 的低成本、高性能制备提供了新途径。中子粉末衍射（PND）、球差校正电镜（AC-STEM）证实两项工作均成功抑制晶格与晶界上的镁空位，阐明了性能的提升源于基体本征空位的修复而非传统认为的金属界面势垒效应。空位的抑制促使载流子转变为本征声学声子主导的散射机制，室温霍尔迁移率接近单晶水平（220 - 231 $cm^2V^{-1}s^{-1}$），室温功率因子近 40 μW cm^{-1} K^{-2}，全温区 zT 显著增强。在器件层面，8 对全镁基 $Mg_3(Sb,Bi)_2$/MgAgSb 发电模块在ΔT = 315 K 下实现了高达 11.7% - 12.8%的能量转换效率与 1 – 1.23 Wcm^{-2} 的输出功率密度；7 对 $Mg_3(Sb,Bi)_2/Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ Peltier 制冷模块在 303 K 下实现了 70 K 的最大制冷温差，在 200 -373 K 的宽热端温区同样展现出优异的制冷温差与良好的服役稳定性。本系列工作提出的快离子扩散与原位固相反应协同修复点缺陷的策略，为其他多元 Zintl 相材料的缺陷调控提供了新思路。

C40　陈洧瀚

交流类型：快闪报告

磁性功能基元序构调控 $TiFe_{0.7}Ni_{0.3+x}Sb$ 非常规热电输运研究

陈洧瀚、冯涛、刘玮书、张文清

南方科技大学

Half-Heusler（HH）化合物具有良好的热稳定性、机械性能和丰富的电子结构可调性，是重要的中高温热电材料体系。在 HH 热电材料研究中，研究者通常利用其多个晶格位点丰富的成分可调性，通过载流子浓度优化和能带结构调控改善电子输运，并结合缺陷工程与合金化策略增强声子

散射，推动了电热输运的协同优化与热电性能提升。然而，传统“热-电二元输运”框架下的性能优化逐渐面临瓶颈。近年来，引入磁自由度、构建“热-电-磁”三元输运体系，被认为是进一步实现电热输运解耦的重要途径。基于功能基元序构思想，本工作以 $TiFe_{0.7}Ni_{0.3+x}Sb$（x = 0-0.15）为研究对象，将其中的 Fe-Ni 亚晶格作为可调磁性功能基元，通过调节 Ni 含量重构 Fe 的局域磁构型，引入磁自由度，进而调控体系电子输运，使其逐渐偏离传统 HH 半导体输运行为并呈现明显的关联输运特征。随 Ni 含量增加，磁化率逐渐偏离简单的 Curie-Weiss 行为，并表现出明显的 inter-configuration fluctuation（ICF）特征；与此同时，电阻率在宽温区呈近似线性温度依赖并跨越 Mott-Ioffe-Regel（MIR）极限，表明体系逐渐偏离传统准粒子输运图像。第一性原理计算进一步表明，额外 Ni 的引入通过改变 Fe-Ni 亚晶格中的局域占位环境，调节了 Fe 的局域磁矩分布及磁相互作用。进一步的热电势分析表明，低温下自旋涨落为热电势提供重要的额外电子熵贡献；随着温度升高，热激活的 Fe 价态涨落逐渐主导热电势的增强，最终使塞贝克系数在 802 K 达到 226 $\mu V K^{-1}$。本工作表明，通过磁性功能基元主动调控局域磁构型、关联相互作用及其熵贡献，可以在传统 HH 的载流子、能带和声子工程之外引入新的磁性自由度，为突破电-热输运参数耦合对性能优化的限制提供新的材料设计路径。

C41　廖承运

交流类型：快闪报告

多面体单元诱导的分级键合与四能谷能带结构优化 $Ag_{0.5}CdBi_{4.5}Se_8$ 热电性能

廖承运、张清杰、唐新峰、谭刚健

武汉理工大学

热电材料性能的提升依赖于电子与声子输运的协同调控。我们报道了一种新型 Pavonite 结构热电材料 $Ag_{0.5}CdBi_{4.5}Se_8$，并揭示其多面体结构对热电输运的调控机制。该化合物由[AgSe6]、[CdSe6]、[(Bi1)Se5]、[(Bi2)Se6]和[(Bi3)Se6]五种结构单元构成，形成具有准超晶格特征的复杂晶体结构。能带计算表明，不同 Bi–Se 多面体之间的多方向轨道杂化构建了四能谷导带结构，谷间能量差仅约 0.07 eV，有效提高能带简并度和态密度有效质量，在保持较高 Seebeck 系数的同时增强电输运性能。另一方面，[AgSe6]/[CdSe6]多面体诱导显著的声学–光学声子耦合，而离子键与共价键共存的混合键合特征进一步增强晶格非谐性，共同抑制晶格热导率，使材料在 823 K 时获得 0.24 $W m^{-1} K^{-1}$ 的极低晶格热导率。结合 Sb 掺杂和 Se 过量调控载流子浓度后，优化样品在 823 K 获得最高 *ZT* 值 0.96。该工作揭示了多多面体结构单元协同调控电子与声子输运的新机制，为高性能热电材料设计提供了新的结构设计思路。

C42 钱娜

交流类型：快闪报告

Bi-Sb-Te 基二维高斯缓变结热电晶体管的发电建模与性能优化

钱娜、徐桂英、陈吉堃

北京科技大学

为揭示连续非均匀掺杂对热电晶体管载流子输运与能量转换特性的影响，本文以 P 型 $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ 和 N 型 $Bi_2Te_{2.97}Se_{0.03}$ 为热电材料，建立二维高斯缓变结 PNP 热电晶体管发电模型。采用二维高斯函数表征 P 型区域的受主掺杂分布。在给 50 K 温差条件下，通过热传导方程、Seebeck 效应关系、空穴连续性方程和载流子总量守恒条件，求解空穴载流子浓度在器件内部的空间分布。当发射极-基极 P1-N 结处于正向导通、基极-集电极 N-P2 结处于反向偏置时，确定发射极、基极和集电极各参数适宜的范围。分析基极施主掺杂浓度、发射极和集电极的空穴载流子总数以及电极位置对输出功率和热电转换效率的影响。结果表明，在 50 K 温度差下，空穴载流子由高温端向低温端迁移，形成高温端相对亏缺、低温端相对富集的空间分布 P1 和 P2 区域的空穴载流子浓度分别在 x_1=5.096 mm 和 x_2=5.188 mm 处与受主掺杂浓度达到平衡。基极施主掺杂浓度、发射极和集电极受主掺杂浓度以及空穴载流子总数与电极位置之间存在显著的协同约束，基极施主掺杂浓度适宜的范围为 0.28×10^{19} cm^{-3}-1.30×10^{19} cm^{-3}。当空穴载流子总数一定时，当 Nd=0.58×10^{19} cm^{-3}、x_1=8.20 mm 和 x_2=2.40 mm 时，输出功率达到 53.60 mW。进一步调节空穴载流子总数和电极位置后，器件的输出功率达到 55.84 mW，此时输出功率最大，对应转换效率为 4.90 %；当 Nd=0.58×10^{19} cm^{-3}，Nh_2=3.935×10^{14}， 和 x_2=2.4 mm 时，转换效率达到 8.43 %，此时转换效率最高，相应输出功率为 45.29 mW。研究结果表明，空穴载流子总量、空间分布和结区掺杂水平的协同设计是改善热电晶体管功率-效率特性的关键，可为低品位热能转换器件的结构设计与参数优化提供理论依据。

C43 臧子政

交流类型：快闪报告

稀土基半赫斯勒化合物的可控合成与热电性质

臧子政、苗圃、胡丽蓉、邓天琪、朱铁军、付晨光

浙江大学材料科学与工程学院

稀土基半赫斯勒化合物具有丰富的组分空间和潜在的热电性能，但其单相制备面临重要挑战。采用传统一步法悬浮熔炼制备典型稀土基半赫斯勒化合物 YNiSb 时，剧烈的热化学反应常引发熔体飞溅，造成组分损失和杂相生成。第一性原理计算表明，与非稀土体系相比，稀土基半赫斯勒化合物的生成焓普遍更大，这是一步法悬浮熔炼时热化学反应剧烈的根本原因。针对这一问题，我们提出两步法悬浮熔炼策略：首先熔炼部分元素形成二元前驱体，随后加入剩余元素完成目标

半赫斯勒相的形成。该方案将反应放热分步释放，从而提高了合成过程的可控性。利用该方法，我们成功制备了 YNiSb、TbNiSb、HoPtSb、ErPtSb、$Er_{0.7}Y_{0.3}PtSb$ 和 $Y_{0.8}Lu_{0.2}PtSb$ 等一系列稀土基半赫斯勒材料。其中，$Y_{0.8}Lu_{0.2}PtSb$ 表现出低热导率和良好的热电性能，在 825 K 时 zT 值达到 1.0。两步悬浮熔炼法为开发稀土基新型半赫斯勒热电材料奠定了重要基础。

C44　曹海琼

交流类型：快闪报告

基于镁掺杂的 ZnSb 和 Zn_4Sb_3 两相调控与热电性能优化

曹海琼、廖长忠

广西大学

锌锑合金化合物因为成本低，无毒且原料含量丰富，是中温热电材料 PbTe 基材料的替代品，具有重要应用前景。为进一步提升 ZnSb 和 Zn_4Sb_3 体系的热电性能，本文采用镁掺杂调控 ZnSb 和 Zn_4Sb_3 物相组成及热电输运性能。以镁、锌、锑单质粉末为原料，采用粉末烧结与热压工艺，成功制备了不同比例的 ZnSb 和 Zn_4Sb_3 热电材料。采用 X 射线衍射（XRD）和扫描电子显微镜（SEM）等表征方法对样品的物相和微观形貌进行表征，结果表明，成功合成一系列镁掺杂不同比例的 ZnSb 和 Zn_4Sb_3 两相复合。热电性能测试显示，随 ZnSb/ Zn_4Sb_3 两相比例的提高，样品的赛贝克系数上升；550 K 以下，热导率与相比例呈正相关。所制备样品的 ZT 值在 573K 和 623K 温度下可达到 0.07。本研究表明，通过镁掺杂调控 ZnSb 和 Zn_4Sb_3 材料的两相组成，可优化其热电输运性能，为同类锑基热电材料的性能改进及其应用提供了可行的工艺路径与技术参考。

C45　强宇

交流类型：快闪报告

协同淬火-球磨策略制备高性能室温稳定立方相 $Ge_{0.89}Sb_{0.11}Te$

强宇[1]、杨光瑞[2]、刘剑[2]、古宏伟[1]、商红静[1]、丁发柱[1]

1. 中国科学院电工研究所　2. 山东大学

GeTe 的高温立方相具有较高的晶体对称性和有利的多价带输运特征，而其在冷却过程中自发形成的低对称菱方结构会破坏价带简并，并伴随显著的结构相变。因此，如何在室温下稳定高对称立方结构，并将其结构优势转化为热电性能提升，是 GeTe 基热电材料中的关键问题之一。

本工作以 $Ge_{0.89}Sb_{0.11}Te$ 为模型体系，在固定成分条件下系统调控材料的加工路径，并提出一种淬火–球磨协同的非平衡相调控策略。研究发现，Sb 合金化虽然能够显著削弱 GeTe 的菱方畸变并使体系接近菱方–立方相边界，但不足以独立稳定室温立方相；经过淬火和球磨协同处理的 $Ge_{0.89}Sb_{0.11}Te$ 能够在室温下保持近立方结构。其物理机制在于，快速淬火抑制高温立方结构向长程

菱方有序结构的充分演化，而后续球磨进一步引入细化晶粒、位错、Ge 空位阵列和局域应变场，破坏 Ge 原子协同偏心位移的空间相干性，从而抑制菱方畸变的重新建立。室温立方相的稳定进一步实现了电子与声子输运的协同优化。较高的晶体对称性减小了多个价带边缘之间的能量差，促进价带会聚并提高态密度有效质量，从而显著增强 Seebeck 系数；与此同时，合金无序以及加工诱导的晶界、位错、空位阵列和局域应变构成多尺度声子散射中心，使 $Ge_{0.89}Sb_{0.11}Te$-Q+BM 在 773 K 的晶格热导率降低至约 0.54 W m^{-1} K^{-1}。最终，该材料在 773 K 获得约 2.1 的峰值 zT， 300–773 K 范围内平均 zT 可达到 1.1。单腿热电器件在温差为 399 K 时实现约 10.2%的最大转换效率。本研究揭示了加工动力学在 GeTe 相选择中的关键作用：通过将成分调控与非平衡加工相结合，可以同时调控晶体对称性、电子能带和多尺度声子散射，为高性能 GeTe 及其他具有结构相变特征的热电材料提供了一种区别于单纯增加化学复杂度的设计思路。

C46　杜雅倩

交流类型：快闪报告

钛酸锶基功能陶瓷的载流子输运与跨频电磁能量调控

杜雅倩、王俊

内蒙古大学

载流子输运不仅是热电材料中电荷—热耦合转换的核心，也显著影响材料与电磁辐射之间的相互作用。前期研究以 $SrTiO_3$ 基热电陶瓷为模型，结合实验结果与理论分析，重点考察了 Seebeck 系数与红外发射率之间的内在联系。结果表明，红外发射率随 Seebeck 系数的增大而升高，二者表现出明确的正相关关系，说明表征载流子能量输运特征的热电参数可以作为理解和调控材料红外辐射性能的重要桥梁。

在此基础上，本研究进一步由致密热电陶瓷拓展至可加工功能陶瓷粉体，提出反应诱导界面重构策略，通过一步碳辅助固相反应在 $SrTiO_3$ 颗粒表面原位构筑厚度约 2 nm 的连续 TiN 壳层。Ti-O/N 混合界面配位实现了 $SrTiO_3$ 核与 TiN 壳的化学耦合，而壳-壳接触将颗粒间的机械接触转化为电子耦合的输运结点，使有效渗流阈值由 TiN 粉体的 41.19 vol.%降低至 $SrTiO_3$@TiN 的 30.58 vol.%，从而实现低压条件下的宏观导电和无黏结剂粉笔式直接涂写。该表面导电网络同时为跨频电磁能量调控提供了统一的结构基础。TiN 的自由载流子响应、$SrTiO_3$ 的电子与晶格动力学以及异质界面极化共同支撑了材料在 0.3-25 μm 范围内的宽谱光学吸收、808、1064 和 1532 nm 近红外激发下的宽带可见发光与局部热效应，以及优异的微波衰减性能。在 1.52 mm 匹配厚度下，其最小反射损耗达到-56.08 dB；全波模拟进一步表明该材料能够抑制目标尺度的远场电磁散射。该反应诱导策略还可拓展至相关钛酸盐/氮化物和钛酸盐/碳化物体系。上述研究以载流子输运为共同物理主线，实现了从 Seebeck 系数-红外发射率关联到粉体低压导电、宽谱光学能量耗散与转换和微波衰减的研究拓

展，为钛酸锶基功能陶瓷的跨频电磁能量调控与可加工化设计提供了新的思路。

C47 冷秋雪

交流类型：快闪报告

仿生石榴结构相变材料：兼具高导热与防泄漏性能

冷秋雪、王琦、韩志东

哈尔滨理工大学

基于石蜡（PW）的相变材料（PCM）在电子设备高效热管理中具有巨大的应用潜力。为解决泄漏问题并协同优化导热系数与潜热，本研究通过设计石蜡基芯材和双重包覆壳层，开发了一种构建仿生石榴结构相变材料（PS-PCM）的封装方法。该结构设计成功构建了高效散热网络与防泄漏控制系统。测试表明，PS-PCM 兼具优异的导热系数（5.82 W/(m·K)）、高潜热（140.3 J/g）以及出色的泄漏稳定性（在 65 ℃下可保持 560 min）。在智能手机和 LED 的实际热管理应用中，该材料展现出显著的控温效果，使芯片温度降低了 6.6 ℃，温升延迟时间从 36 s 延长至 169 s。这种优异的热管理性能主要得益于相变吸热与高效导热过程的协同作用。本研究的封装方法和结构设计，为制备高导热、高潜热及高防泄漏稳定性的相变材料提供了新策略。

C48 李松

交流类型：快闪报告

协同优化 GeTe 基材料的热电性能及机械性能

李松、唐国栋

南京理工大学

GeTe 热电材料因其元素相对无毒、性能潜力巨大而备受关注，被视为替代传统含铅中温热电材料的理想材料之一。同时实现 GeTe 材料的高峰值 *ZT*、高平均 *ZT* 以及优异的机械性能，是目前研究的关键。首先，我们通过 Sr 掺杂在 GeTe 中实现了电子去局域化，这减弱了价带边缘 Ge-4s 轨道的特征，有效促进了菱方相 GeTe 三价带收敛；此外离域电子提供了额外电子以补偿空穴，从而优化了载流子浓度，使功率因子达到~44 μW $cm^{-1}K^{-2}$。同时通过 Bi-Pb-Sr 共掺杂，引入大量点缺陷、位错和纳米析出相协同散射宽频声子，将晶格热导率降至~0.54 W $m^{-1}K^{-1}$，基于电子去局域化与多尺度缺陷构筑策略，在 623 K 实现 2.2 的峰值 *ZT*，并使其维氏硬度提升至 185 H_v，抗压强度达 130MPa，机械性能有效提升。进一步，我们通过 $CuBiS_2$ 合金化实现了 GeTe 三价带的精准对齐，将能谷简并度（N_v）提升至 22 的记录值，显著提升塞贝克系数并使峰值功率因子达到~49 μW cm^{-1} K^{-2}。同时，纳米孪晶、有序空位列与点缺陷作为强散射中心，实现宽频声子散射，极大地抑制了晶格热导率至~0.38 W m^{-1} K^{-1}。纳米孪晶构筑及超高能谷简并度协同策略使

$(GeTe)_{0.93}(CuBiS_2)_{0.07}$样品在 723 K 时获得了峰值 ZT 值高达 2.5，在 400-823 K 宽温区范围内的平均 *ZT* 达到 1.9。基于此材料制备的单腿热电器件在 470 K 温差下实现了约 12%的能量转换效率。此外，材料中高密度的纳米孪晶界有效阻碍了位错运动，使其维氏硬度提升至 224 H_v（较纯 GeTe 提升约 93%），抗压强度达 349 MPa，展现出优异的机械性能。该研究为设计兼具高热电性能与优异机械稳定性的环境友好型热电材料提供了全新的可行路径。

C49　于海东

交流类型：快闪报告

高能球磨与高温高压协同调控 $SrTiO_3$ 基氧化物热电输运

于海东、马红安、杨孟祥、刘栩含、贾晓鹏

吉林大学

$SrTiO_3$ 具有环境友好、成本低、化学稳定性好和耐高温氧化等优点，是一种具有潜力的 n 型氧化物热电材料。然而，本征 $SrTiO_3$ 载流子浓度较低，同时强共价键和较高的声子群速度导致其晶格热导率较高，载流子与声子输运参数之间的耦合制约使其热电优值难以进一步提升。针对上述问题，本研究以高温高压技术为核心，结合第二相复合、原位造孔、高能球磨，实现对 $SrTiO_3$ 基氧化物载流子和声子输运行为的逐级优化。首先，采用高温高压方法制备了 $xNb:(1-x)SrTiO_3$ 复合热电陶瓷。高温高压密闭环境促进了 Nb 与体系中晶格氧之间的氧化还原反应，生成 NbO 和 NbO_2 等具有较高电导率的第二相，并诱导氧空位形成，使 $SrTiO_3$ 由绝缘态逐渐向半导体输运转变。与此同时，Nb 的引入抑制了晶粒生长，并在材料内部形成微孔、晶格畸变和位错等缺陷，增强了对声子的散射。当 Nb 添加量 x=0.40 时，样品在 973 K 下获得 0.28 的最大 zT 值。在此基础上，进一步引入 NbN 作为反应性造孔组分。NbN 在高温高压条件下发生氧化反应并释放 N_2，在陶瓷内部原位形成孔隙。孔隙、晶界、位错和氧空位共同缩短声子平均自由程，在不过度损害电输运性能的条件下降低热导率。当 NbN 添加量 x=0.03 时，样品在 973 K 下的最大 zT 值提高至 0.30；过量 NbN 则导致 NbO、NbN 及低价钛氧化物增多，使材料呈现出较强的金属化输运特征，不利于综合热电性能的提升。为进一步实现载流子与声子输运的协同调控，本研究将高能球磨产生的动态高压效应与高温高压烧结产生的静态高压效应相结合。高能球磨过程中的剧烈碰撞、剪切和塑性变形促进原料反应、晶粒细化及缺陷形成，后续高温高压处理则促进物相形成和致密化，并保留部分高密度位错、晶界和局域应变结构。动静高压还能够调节材料带隙和界面势垒，使电导率仅小幅下降的同时提高塞贝克系数和功率因子。不同尺度缺陷分别散射不同频率范围的声子，其中晶界主要限制低频声子，位错和局域应变场散射中频声子，点缺陷及质量涨落散射高频声子。500 rpm 球磨样品在 973 K 下获得 0.35 的最大 zT 值。

C50　黄嘉伟

交流类型：快闪报告

功函数适配的纳米异质界面增强 n 型立方 $AgBiSe_2$ 热电性能

黄嘉伟、陈楷东、刘福生、胡利鹏

深圳大学

金属纳米颗粒为热电输运调控提供了有效途径，但以往其选择多依赖经验试错，缺乏理性的界面设计原则。本工作以功函数匹配为准则，将金属 W 纳米颗粒引入 n 型立方相 $(AgBiSe_2)_{0.75}(PbTe)_{0.25}$ – 1 wt% $BiBr_3$ (ABSPT-BB) 基体中，构建了结构与电子协同优化的纳米异质界面。结构表征证实了 W 与基体形成稳定的半共格金属/半导体界面，并具有强的界面耦合。得益于有利的功函数匹配 ($\Delta E_F \approx 0.18$ eV)，电子自发由 W 注入基体，载流子浓度 n_H 提升两个数量级，同时界面能量过滤效应显著提高了有效质量 m*。W 纳米颗粒、Zener 钉扎诱导的晶粒细化及堆垛层错共同构建了多频段声子散射网络，将晶格热导率显著抑制。电声协同优化下，样品的 zT_{max} 在 773 K 达到 0.88，而平均 zT 达到了 2.74 倍于基体的 0.45 (~300–800 K)，是 n 型立方 $AgBiSe_2$ 材料中报道的最高水平之一。本工作建立了以功函数引导的纳米异质界面策略，为高性能热电材料的深入优化提供了可推广的有效手段。

C51　谢承昊

交流类型：快闪报告

具有广泛阳离子偏心效应的 $Ag_{1.75}InSb_{5.75}Se_{11}$ 基热电材料

谢承昊、谭刚健、唐新峰、张清杰

武汉理工大学

固体材料中的原子偏心现象会产生独特的热、电、磁、力、光等物理性质。我们报道了一种具有广泛阳离子偏心效应的硫铋银矿结构化合物 $Ag_{1.75}InSb_{5.75}Se_{11}$，并系统研究了其热电输运性质。根据密度泛函理论计算，我们发现由于偏心阳离子导致的晶体结构对称性破缺，能带结构产生了强烈的类 Rashba 劈裂，这导致了高简并度和大的 Seebeck 系数。此外，通过低温热容测试及声子计算，我们发现偏心阳离子与硒原子之间存在弱键合，导致其低频振动，从而引发声学-光学声子散射，在 723 K 下获得极低的晶格热导率为 0.24 W $m^{-1}K^{-1}$。由于本征低载流子浓度，我们通过调整银和锑的比例，在 723 K 时 $Ag_{2.5}InSb_5Se_{11}$ 中实现了 0.50 的 ZT 值，比本征样品提高了 30 倍。本工作强调了全局偏心原子在热电材料中对电热输运展现的重要的作用并为后续类似材料的研究提供了指导。

C52　何开越

交流类型：快闪报告

缺陷计算指导的稀土基半赫斯勒化合物 LuNiSb 性能优化

何开越[1]、苗圃[1]、颜子腾[1]、张家鹏[1]、叶洪范[1]、胡丽蓉[1]、邓天琪[1,2]、付晨光[1]、朱铁军[1]

1. 浙江大学材料科学与工程学院　2. 浙江大学科技创新中心

稀土基半赫斯勒化合物因独特声学结构与化学键合而具有较低的本征晶格热导率，理论预测其多个体系电输运性能优异，但受合成难度大、缺陷行为复杂的限制，研究相对非稀土半赫斯勒化合物滞后。本工作通过第一性原理缺陷计算和异价掺杂实验，系统研究了 LuNiSb 的 n 型热电性能。计算结果表明，阳离子空位主导的本征缺陷使未掺杂 LuNiSb 呈 p 型传导；掺剂原子 Ti、Zr 和 Hf 取代 Lu 位时缺陷形成能较低，可实现有效 n 型掺杂。实验结果验证了理论预测，三种掺剂均可显著提高材料的电导率。其中，$Lu_{0.95}Zr_{0.05}NiSb$ 表现出较优的热电性能，这归因于掺剂 Zr 协同优化了电学性能和晶格热导率。通过调控 $Lu_{1-x}Zr_xNiSb$（x = 0, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05）的载流子浓度，$Lu_{0.96}Zr_{0.04}NiSb$ 在 759 K 时获得最优 zT 值 0.47，与未掺杂 LuNiSb 提高约 175%，标志着与以往研究的 n 型稀土半赫斯勒化合物相比取得了重要进展。

C53　陈尚豪

交流类型：快闪报告

面向高可靠高性能 Bi_2Te_3 基热电发电器件的近平衡界面工程

陈尚豪、张倩

哈尔滨工业大学（深圳）

利用 Bi_2Te_3 基热电材料实现低品位废热的高效回收，受限于 n 型电极接触界面的不稳定性，该问题主要由硒元素的非受控迁移所导致。本文利用金属组分与 n 型 $Bi_2(Te,Se)_3$ 之间的界面反应，生成热力学稳定的二元硒化物，并将其用作接触层。由于该物相是界面演化过程中热力学倾向的平衡产物，可缓解后续元素互扩散，实现自限制界面反应，获得强原子键合与化学稳定性。制备得到的界面接触电阻率低于 1 μΩ · cm^2，剪切强度可达 12.1 MPa。基于商用 Bi_2Te_3 材料制备的 7 对热电模块，在 200 K 温差条件下实现 6.9% 的转换效率与 0.41 W · cm^{-2} 的功率密度。器件在 500 K 下经 500 h 老化实验，以及热端温度 393 K-493 K 区间完成 50 次热循环后，性能几乎无衰减，验证了器件具备优异的服役耐久性。

C54 王哲

交流类型：快闪报告

一种基于面内热电薄膜器件的光伏余热协同利用增效发电系统

王哲[1]、李国建[1]、刘诗莹[2]、王强[1]

1. 东北大学 2. 沈阳工业大学

针对高温强辐照场景下光伏组件温升致效率衰减、传统余热利用方案依赖主动动力、难以适配轻量化被动增效的技术瓶颈，本研究提出一种基于面内 Bi_2Te_3 热电薄膜的光伏-热电（PV-TE）复合增效系统。本研究首先通过差异化导热系数热界面材料与空气自然对流协同调控，将光伏背板垂直热流转化为面内横向热流，强化器件面内温差构建；接着结合 COMSOL 多物理场仿真优化热电臂结构参数，采用磁控溅射工艺制备面内热电薄膜器件，对比验证了其相较于传统面外构型的小温差发电优势；最后构建无热沉 PV-TE 复合系统，完成室内稳态与户外动态全工况测试，揭示光-热-电协同增效机理。结果表明：70℃热端条件下器件输出功率密度较面外构型提升 246%；1000 $W \cdot m^{-2}$ 标准辐照下进行室内测试组件降温 8.23℃，综合转换效率提升 26.80%；户外全天发电量较纯光伏提升 8.59%，高光强时段增益达 11.5%。该系统零附加能耗被动运行，轻量化易集成，为高温光伏场景的余热梯级利用与效率升级提供了技术支撑。

D 分会场报告摘要（D01-D55）

D01　魏天然

交流类型：邀请报告

热电晶体的“一维塑性”

魏天然

上海交通大学

近年来，人们在无机半导体中陆续发现了优异的塑性变形能力，主要包括多晶金属及 Ag_2S 基材料中近各向同性的“三维塑性”、InSe 等层状晶体的“二维塑性”。由此推测，“一维塑性”也可能存在，但尚未见相关报道。最近，我们在硒化锡（SnSe）热电半导体宏观晶体中率先发现了一种特殊的“一维塑性”：在 bc 面内，沿 b 轴方向的样品可实现约 22.7%的大弯曲应变，表现出优异塑性；而沿 c 轴方向样品的弯曲应变仅约 1.4%，表现出明显脆性。这种各向异性的塑性来源于沿 b 轴方向更为连续、更强的键合拓扑结构。该结构可容纳层片段变形、层间滑移、桥联、晶格畸变和位错等多种变形机制。我们在同结构的 SnS、GeSe 晶体中也发现了类似的“一维塑性”及其他物性各向异性。最后利用“一维塑性”，采用直接弯曲的方法，构筑了 SnSe 基环形热电器件。该工作提出了对无机半导体塑性维度的新认识，也为塑性热电材料和器件研究提供了新的思路。

D02　任广坤

交流类型：邀请报告

面向狭窄空间应用的柔性热电器件研究进展

任广坤[1]、刘若璞[1]、林元华[2]

1. 中国工程物理研究院材料研究所　2. 清华大学材料学院

狭窄空间内高效热电转换对降低颗粒高度和实现器件柔性提出迫切要求。在本研究中，我们通过晶界工程保持了低热导条件下 Bi_2Te_3 基热电材料 *ZT* 值的稳定，其中 p 型 $Bi_{1.5}Sb_{0.5}Te_3$ 材料优化后在 373 K 时实现了 1.2 的最大 *ZT*，而 n 型 $Bi_2Te_{2.7}Se_{0.3}$ 类施主效应造成性能劣化。研究证实氧诱导生成的 Bi_2TeO_5 会改变局部化学平衡，并进一步引发本征点缺陷演变。引入钇可在晶界处原位生成 Y_2O_3 颗粒，通过捕获基体中的残余氧原子消除上述类施主效应。最终在 373 K 下获得约 1 的峰值 *ZT*，298–398 K 温度区间平均 *ZT* 值可达 0.9，较原始样品大幅提升。在此基础上组装得到含 200 对电极的柔性热电器件，73 K 温差下器件实现 22.9 mW cm^{-2} 的高功率密度以及 4 V 开路电压。同时，器件高度和重量相比初始器件分别减少了 70%和 75%，并在弯曲循环测试后内阻仍保持稳定。因此，通过结合晶界工程和钇介导的缺陷消除策略，优化了高性能 3D-Bi_2Te_3 基器件的轻量性和柔性，进一步提升了其在狭窄空间应用的实用性。

D03　逯瑶

交流类型：邀请报告

硫属化合物基晶态/非晶态复合薄膜构筑与可穿戴器件集成

逯瑶

南方科技大学

柔性热电发电机因其能够直接从低品位体热或其他曲面热源产生电能而备受关注。此外，利用其输出电压与温度梯度之间的强线性关系，它还可以作为高灵敏度的温度传感器。然而，目前受材料电/热传输与柔性的固有权衡、材料与器件的应用驱动协同设计缺失两大问题制约，输出功率较低，难以实用化。硫属化合物复合体系的柔性热电薄膜是当前研究重点，多采用导电聚合物为基体，但热电性能提升有限；绝缘聚合物常被认为仅提供机械柔性，会牺牲热电性能，且现有研究未明确聚乙烯吡咯烷酮（PVP）等绝缘聚合物在微界面的作用机制，也未将高性能材料转化为实用功能器件。

基于此，本工作将 PVP 与锡基、铜基硒化物基体进行原位复合，利用其多功能界面效应实现了载流子-声子解耦。由此制备的 PVP/Ag_2Se 柔性热电薄膜在 341 K 下具有创纪录的 3328±332 μW m^{-1} K^{-2}功率因子和 1.1 的 ZT 值。这种高性能源于 PVP 作为双功能添加剂的合理引入，它既促进了相干晶界的形成，又减轻了费米能级钉扎效应。组装后的柔性热电发生器在 35 K 的温度梯度下可提供 81 W m^{-2}的归一化功率密度。此外还展示了一种集成生理传感和能量收集的概念验证型热电杯，该热电杯通过热传感信号实现了 100%的用户身份识别，并通过超低功耗管理电路利用收集到的能量（约 20 mV）为生理监测器供电。本研究明确非导电聚合物在热电纳米复合材料中的积极作用，揭示了绝缘聚合物提升热电性能的微观机制，建立了有效的结构-性能调控策略，为柔性热电材料的工程化应用奠定了材料和器件基础。

D04　杨淑幻

交流类型：口头报告

β-Ag_2Se 热电晶体的室温塑性研究

胡明远[1]、孟启予[2]、王默然[1]、何佳清[1]

1. 南方科技大学　2. 大湾区大学

塑性无机热电材料凭借卓越的室温塑性变形能力与优异的热电性能，在可穿戴电子和物联网领域展现出重要的应用前景。本研究聚焦高性能β-Ag_2Se 热电晶体的室温塑性行为，常规力学测试表明，β-Ag_2Se 晶体沿 c 轴可实现 20%的弯曲应变、35%的拉伸应变和 70%的压缩应变。通过 SEM 和 TEM 微观表征，结合密度泛函理论（DFT）计算和机器学习分子动力学（MLMD）模拟，系统揭示了其微观塑性变形机制：微观结构表征证实了应变诱导产生的大量位错与层错；DFT 计算表明其本征弱的离子-共价-金属混合键网络促使多个低能垒滑移系启动，位错滑移/攀移与层错扩展协

同主导了塑性变形过程；MLMD 模拟不仅完整再现了形变过程中位错与层错的演化行为，还揭示 Ag 离子的 rattling 效应有助于变形过程中的键合动态重构，从而维持体系的整体稳定性。与此同时，β-Ag_2Se 单晶展现出卓越的热电性能，300 K 时功率因数达 41.8 μW cm^{-1} K^{-2}，热电优值 zT 达 0.93；基于该单晶构建的柔性热电器件（FTEG）在 60 K 温差下输出功率密度高达 528.2 W/m^2，展现出巨大的可穿戴电子应用潜力。

D05　汪越楚

交流类型：口头报告

Ag_3CuS_2 基无机半导体的宏观大拉伸变形

弓佳燕、汪越楚、邓天琪、朱铁军

浙江大学

下一代柔性电子设备需要可变形功能材料，但传统无机半导体的本征脆性导致其在冷加工过程中极易发生断裂，限制了在柔性器件中的应用潜力。本征塑性无机半导体为突破该瓶颈提供了新途径，然而现有的材料体系仍相当有限。本工作报道了一类具有大宏观拉伸变形的新型塑性无机半导体。四方相 Ag_3CuS_2 在室温下展现出良好的塑性，而通过 Se/Te 合金化和快速冷却，其立方快离子导体结构可在室温下保留，且最优成分 $Ag_3Cu(S_{0.7}Se_{0.3})_2$ 表现出超过 30%的宏观断裂延伸率和 4160%的轧制延展性。其优异延展性源于协同机制：立方-单斜相变有效了耗散应变能，而立方快离子导体结构凭借低广义层错能和丰富的滑移系促进了位错滑移。本工作不仅拓展了塑性无机半导体体系，还证明了在快离子导体中寻找本征塑性无机半导体的可行性。

D06　丁文俊

交流类型：口头报告

塑性无机热电材料柔性化的普适性策略

丁文俊[2]、徐景坤[2]、李文[1]、裴艳中[1]

1. 同济大学　2. 江西科技师范大学

我国在热电能量转换技术研究方面成果丰硕，相关领域学术研究水平已跻身国际前列。然而，除在部分特定设备（如热电制冷器、热电偶及放射性同位素温差电池等）中实现成熟应用外，该技术在常规化应用方面仍进展缓慢。现阶段亟需进一步拓展应用领域，推动热电能量转换技术实现突破性发展。从应用的角度来看，相较于刚性体系，柔性热电材料可以较容易的满足非平面共形接触的轻量化需求，在医疗、传感以及智能电子等领域具有潜在应用价值。然而，以 Bi_2Te_3 为代表的高性能无机材料多为刚性晶格，而以 PEDOT:PSS 为代表的柔性有机材料其热电性能又普遍偏低。为实现高 PF 与柔性的协同提升，传统上多采用复合设计以实现性能互补；但受制于组分匹配与结构复杂性，材料性能仍难实现跨越式提升。本工作以快离子导体及金属基热电材料为例，提

出一种普适性的塑性无机热电材料柔性化策略。利用微结构调控，在保障材料电输运性能的前提下，有效拓展材料弹性区间，从而实现无机热电材料力－电性能的协同优化。特别是以此策略指导制备的 Ag_2Se 薄膜，可实现循环弯曲 1000000 次后热电性能无明显衰减。相关工作发表在 Nature Communications、ACS Energy Letters、Interdisciplinary Materials 等期刊上。

D07　商红静

交流类型：口头报告

硒化银柔性热电膜材料及发电器件

张琳[1]、史晓磊[3]、商红静[1,2]、古宏伟[1]、陈文祎[3]、李濛[3]、陈志刚[3]、丁发柱[1,2]

1. 中国科学院电工研究所　2. 齐鲁中科先进电磁驱动技术研究院　3. 昆士兰科技大学

柔性热电材料与器件可直接将热能转换成电能，并具有无机械转动部件、清洁无污染等优势，在可穿戴电子领域展现出良好的应用潜力。但由于材料性能的不足和器件组装工艺的局限性，限制了其在柔性电子中的应用。本研究通过定向调控 Ag_2Se 晶粒生长过程，成功获得大尺寸 Ag_2Se 晶粒，同时引入大量小角度晶界，使得载流子迁移率大幅提升、晶格热导率下降；在此基础上，研究团队在基体材料中加入了 rGO，网状结构的 rGO 可提供快速导电通道，与 Ag_2Se 之间的界面可以通过能量过滤效应过滤低能载流子，使得材料电导率和 Seebeck 系数显著提高；晶格热导率进一步降低，大幅度提高了材料的热电性能，室温热电优值高达 1.28。利用自制的 Ag_2Se/rGO 复合热电膜材料，研究团队基于拱桥结构设计理念，进一步开发出一种由 100 对热电腿组成的三维面外结构柔性发电器件，展现出了高达 9.8 $\mu W\ cm^{-2}\ K^{-2}$ 的超高归一化功率密度，处于国际先进水平，并成功通过环境与人体的温差发电驱动手机、手表等电子设备。

D08　侯帅航

交流类型：口头报告

Ag_2Se 基柔性热电薄膜与光热电耦合器件研究

侯帅航

河北大学

柔性热电薄膜在可穿戴电子与自供能系统中具有重要应用前景。本工作以 Ag_2Se 柔性热电薄膜为研究对象，围绕材料性能调控、光热电转换及器件应用开展了系统研究。针对 Ag_2Se 薄膜中本征缺陷导致载流子浓度偏高的问题，提出 Se 补偿调控策略，通过在靶材合成过程中引入额外 Se 单质，实现载流子浓度与迁移率的协同优化。采用磁控溅射制备的 Ag_2Se 柔性薄膜室温功率因子达到 25.7 $\mu W\ cm^{-1}\ K^{-2}$，同时保持优异的机械柔性。在此基础上，进一步构筑了一体化 Ag_2Se 光热电器件。利用 Ag_2Se 窄带隙材料的宽谱光吸收特性，并结合红外反射层与减反结构，实现光热转换与热电转换的深度耦合，使光热转换效率达到 87.6%。器件在 1 sun 光照下可建立 19.6 K 的温差，并获得

0.17 μW cm^{-2} 的输出功率密度。进一步利用金属 Ag 高电导、高热导及宽谱高反射特性，将金属陶瓷光热吸收结构与热电器件进行高效集成，使热电臂有效温差进一步提升至 23 K。基于 20 对热电臂构筑的回形光热电器件，在自然光完全暴露条件下获得了与商用光强计相近的响应曲线，展现出其在光强探测及自供能传感领域的应用潜力。本工作为高性能柔性热电薄膜的性能优化及其在光能利用和自供能器件中的应用提供了新的思路。

D09　熊金华

交流类型：口头报告

柔性光热电薄膜的宽光谱响应设计与性能调控

熊金华

江西科技师范大学 柔性电子江西省重点实验室

面向国家“碳达峰、碳中和”战略对高效低品位热能回收与太阳能全光谱利用的重大需求，针对传统热电材料响应波段窄、有机光热电转换效率受限等关键科学问题，本工作围绕基于导电聚合物、碳纳米管及 MXene 的柔性光热电薄膜体系，系统开展了宽光谱吸收增强与界面能量调控机制的研究。

在光谱响应拓展方面，围绕 PEDOT:PSS 基体开展了一系列递进式研究。首先，引入碳量子点（CQDs），利用其高电子迁移率与紫外光吸收特性，有效改善了薄膜在紫外区的光吸收与光生载流子迁移。进而，引入氧化锌纳米线（ZnO-NWs），通过近红外区的强激子相互作用显著提升光电压。在此基础上，引入窄带隙黑磷（BPs），凭借其宽吸收特性，使复合薄膜在光热电效应下的 Seebeck 系数提升至 57 μV K^{-1}，功率因子（PF）达到纯 PEDOT:PSS 的 5 倍，并有效缓解了黑磷的环境降解。进一步地，分别引入 Cs_xWO_3与富氧空位黑二氧化钛（B-TiO_2），前者利用 Mie 散射效应强化宽带吸收，后者通过氧空位缺陷拓展全光谱光捕获能力并结合界面能量过滤势垒，使复合薄膜 PF 最高达 42.28 μW m^{-1} K^{-2}（较基体提升约 2 倍），Seebeck 系数提升 68.6%，PTE 性能提升 52.5%，且均表现出优异的柔性可弯折特性。

针对碳纳米管体系 n 型掺杂不稳定的共性难题，以 SWCNTs 为研究对象，利用离子液体 [EMIM]OTF 电化学调控与聚乙烯亚胺（PEI）溶液掺杂，成功制备了高稳定性的 p/n 型 SWCNTs 薄膜。基于 p-n 型 SWCNTs 组装的柔性热电器件在 40 K 温差下输出电压达 8.8 mV，且在光照下功率因子提升了 160%，展现出优异的光热电循环稳定性。

将该策略进一步拓展至 MXene 体系，构建了 $Ti_3C_2T_x$/黑 TiO_2 异质结薄膜，利用氧空位缺陷增强宽带光吸收，并结合界面能量过滤效应，在 1064 nm 激光照射下获得了显著的光热电响应（电压约 20 μV），验证了缺陷工程与界面调控策略在不同材料体系中的普适性。

综上所述，本研究通过多尺度材料复合与界面物理化学调控，成功构筑了一系列高性能、环境适应性强、可弯折的柔性光热电薄膜，揭示了“宽光谱光捕获-界面能量过滤-载流子高效输运”的

协同增强机制，为自供能可穿戴能源器件的开发提供了理论依据与技术路径。

D10　姜庆辉

交流类型：邀请报告

三维碳基 Bi_2Te_3/Sb_2Te_3 热电网络：电磁波吸收与电磁–热–电耦合转换

姜庆辉

武汉纺织大学

拓展热电转换可利用的能量来源，是推动热电技术由传统温差发电向多物理场耦合发展的重要方向。针对电磁波在吸收与屏蔽过程中通常以热能形式耗散、而这部分能量难以进一步利用的问题，本工作以商用密胺泡棉衍生的三维多孔弹性碳网络为骨架，分别构筑了 P 型 CN@Sb_2Te_3 和 N 型 CN@Bi_2Te_3 复合热电网络，探索电磁波吸收、局域产热与泽贝克发电的一体化材料设计及器件实现。

通过碳网络缺陷调控与溶剂热原位生长，在连续多孔骨架表面形成均匀互联的 Sb_2Te_3 或 Bi_2Te_3 纳米片层。三维孔隙结构延长了电磁波在材料内部的传播与散射路径，异质界面处的电荷转移及界面极化增强了介电损耗；与此同时，连续热电网络为载流子输运提供通道，其低有效热导率有利于局域温差的建立与维持。室温下，P 型和 N 型复合网络的塞贝克系数分别达到+128.1 和−163.1 μV K^{-1}，有效热导率分别低至 0.073 和 0.069 W m^{-1} K^{-1}；在 40%压缩应变下循环 300 次后，材料仍能保持 90%以上的热电性能。在 6 wt%填充的电磁参数测试体系中，P 型和 N 型复合材料的最低反射损耗分别达到−59.12 和−58.69 dB，最大有效吸收带宽分别为 5.82 和 6.10 GHz。第一性原理计算及电磁场模拟进一步表明，异质界面电荷重排、界面极化和多重散射共同促进了电磁能量耗散。

在此基础上，通过选择性沉积 PEDOT:PSS 电磁屏蔽层构建局域差异化吸收，使器件在 2.45 GHz、150 W 强微波辐照下形成约 60 K 的稳定温差。基于 P 型和 N 型复合网络构建的四腿电磁–热–电转换器件分别获得 30.5 和 38.4 mV 的开路电压，最大输出功率分别达到 8.77 和 9.87 μW，实现了由电磁吸收产热驱动的热电输出。本研究表明，面向电磁能量利用的热电材料设计需要统筹电磁阻抗匹配、介电损耗、载流子输运及器件热边界，为强电磁场条件下的智能吸波、能量转换和自供能感知提供了新的研究思路。

D11　张骐昊

交流类型：邀请报告

近室温热电材料与器件

张骐昊、王连军、江莞

东华大学 材料科学与工程学院

热电转换技术能够实现热能与电能之间的直接相互转换，在低品位余热回收、固态制冷以及智能热管理等领域具有重要应用价值。近年来，随着能源高效利用和绿色制冷需求的不断增长，开发高性能、高可靠性的近室温热电材料与器件成为热电领域的重要研究方向。然而，热电材料性能提升与器件实际应用之间仍存在明显差距，材料本征输运性能、界面接触损耗、长期服役稳定性以及器件结构优化等问题仍是限制热电技术发展的关键挑战。

本报告将围绕近室温热电材料与器件的界面调控策略，介绍课题组近年来在高性能热电材料设计、界面工程优化以及器件集成方面取得的研究进展。首先，针对传统 Bi_2Te_3 基热电材料在规模化制备和长期服役过程中面临的性能稳定性问题，介绍通过成分调控与微结构优化实现高性能 n 型 Bi_2Te_3 基热电材料及器件的发展，并展示其在低温差余热回收中的应用潜力。其次，围绕 MgAgSb 基近室温热电材料，介绍界面反应调控与阻挡层设计策略，通过优化电极/热电材料界面结构，降低接触电阻并提升器件长期可靠性。进一步介绍 $Mg_3(Sb,Bi)_2$ 热电体系中的载流子调控、缺陷工程以及界面优化方法，实现材料性能提升及高效发电与制冷器件构筑。

通过材料设计与界面工程的协同调控，课题组建立了从热电材料优化、界面输运调控到器件性能提升的系统研究体系，发展了一系列面向近室温制冷和中低温余热回收应用的高性能热电器件。本研究为先进功能陶瓷材料在能源转换与智能热管理领域的应用提供了新的思路，也为推动热电技术由材料创新向器件应用发展提供了重要基础。

D12　周毅

交流类型：邀请报告

基于传输线模型的金属-半导体界面接触电阻率量测

周毅

东南大学

金属-半导体（金半）界面接触电阻率（Contact resistivity, 单位$\Omega\cdot cm^2$）的精确量测对于构筑高性能半导体热电发电/制冷器件，进而实现电子器件的自主供能/精密温控具有重要意义。目前，半导体热电器件金半界面接触电阻率的量测往往采用电学参数随探针表面位移自动化扫描的四探针法（Four-probe method，FPM），其不确定度大小往往依赖于金半界面表层接触状态优劣，限制了接触电阻率的进一步精准量测与优化。本报告将介绍一种基于传输线模型（Transfer line model，TLM）的金半界面接触电阻率量测方法，以解决更小尺度与复杂工况下（弯曲、变温、湿度等）

半导体热电器件界面电阻率的表征难题。相关范例包括块体 Bi_2Te_3/Ni/Cu、单晶薄膜 Bi_2Te_3/Au/In、多晶薄膜 Bi_2Te_3/Au/In、块体 Bi_2Te_3/Ni/液态金属等金半界面的构筑与接触电阻率快速量测。最后，将介绍基于半导体光刻等微电子工艺并结合 TLM，在 $Si_{0.5}Ge_{0.5}$/Ti 界面实现 10^{-10} Ω·cm^2 超低接触电阻率的可行策略与范例实践。

D13　冯骁斌

交流类型：口头报告

碲化物热电半导体微纳结构调控与强韧机理研究

冯骁斌、段波、李国栋

武汉理工大学

面向柔性热电器件应用需求，碲化物热电半导体普遍存在本征脆性，在外力作用下易发生裂纹扩展失效，因此明晰微纳结构与力学变形行为之间的关联对实现材料强韧化至关重要。本报告围绕 Ag_2Te、SnTe、Bi_2Te_3 基典型碲化物热电体系，从块体缺陷工程与低维结构调控角度，阐述微纳结构对强韧性调控规律及其微观变形机理。块体体系中，通过热变形在 Ag_2Te 中构筑纳米畴界，畴界可同时作为位错形核源与钉扎位点，实现强度-塑性协同提升；针对 SnTe，采用淬火-放电等离子烧结引入高密度可动位错改善压缩塑性，进一步借助 Mn 合金化调控 MnTe 纳米析出相演化，定量晶界、固溶、位错、析出相的强化贡献，利用裂纹偏转、桥接效应实现强韧化。在低维微纳结构方面，借助原位透射电镜单轴拉伸表征 Ag_2Te 纳米线，揭示部分位错发射、变形孪晶以及应力诱导 Ag 纳米桥析出的多级增韧机制，获得 75.7% 超高室温拉伸断裂应变；对 Bi_2Te_3 薄膜开展界面工程，引入高密度堆垛层错诱导扭折结构，同步实现拉伸塑性与热电性能优化，并简述碲化物在柔性热电器件中的应用前景。

D14　杨啸

交流类型：口头报告

低维材料热电性能表征及其热电耦合效应研究

杨啸、周士淇、赵海波、申亚南、张鹏宇、郑兴华、张挺

中科南京未来能源系统研究院

热电参数是衡量热电材料热电转换效率的重要指标，而低维材料热电性能的测量尺度小、难度大，准确快速测量热电参数是材料优化设计及应用的基础和关键。材料的低维和微纳结构化不仅可以有效改变其热导率，影响电导率及塞贝克系数，从而影响热电优值，同时也会产生明显的热整流效应，进一步影响其热电性能。因此亟需开展微纳尺度热整流效应与热电性能的耦合机制研究。本研究开发一种适用于低维材料热整流效应及热电性能一体化的原位表征技术，并利用该技术实验研究热整流效应与材料热电性能的耦合关系。实验探索材料的微观结构形貌、温度与其

热整流效应及热电性能参数的耦合机制，为微纳材料热电性能的改善提供可靠的实验支撑。

D15 临时取消

D16 张忠玮

交流类型：口头报告

GeTe 基热电材料中浅杂质能级与多尺度缺陷工程的协同优化

张忠玮、苗蕾

广西大学物理科学与工程技术学院

寻找高效的热电材料是助力碳中和战略的关键途径。GeTe 作为一种极具潜力的无铅热电材料，其性能的进一步突破往往受限于电传输与热传输之间强烈的相互耦合制约。针对这一挑战，本研究提出通过 Sb 和 Ni 共掺杂策略，在 GeTe 基材料中协同实施浅杂质能级与多尺度缺陷工程。

在电传输优化方面，Sb 掺杂有效地将材料的载流子浓度调节至理想区间。同时，基于 Ni 独特的电子构型所引发的 d-sp 轨道杂化，不仅有效促进了价带收敛，还在价带顶成功引入了浅杂质能级。这一机制显著提升了载流子的有效质量，实验证实 $Ge_{0.885}Sb_{0.1}Ni_{0.015}Te$ 样品在 773 K 时的塞贝克系数高达 232 μV K^{-1}。在热传输抑制方面，Ni 元素在基体内与 Ge 发生原位反应，生成了尺寸介于 10 至 30 nm 的 NiGe 纳米相。这些纳米颗粒与基体内部的晶界、位错以及 Ge 空位等缺陷共同构筑了多尺度缺陷网络，实现了对全频段声子的强效散射。该协同结构成功将样品在 323 K 下的晶格

热导率大幅抑制至 0.8 W m^{-1} K^{-1}。得益于上述电热传输机制的协同优化，$Ge_{0.885}Sb_{0.1}Ni_{0.015}Te$ 样品在 773K 时实现了 2.15 的峰值 *ZT*，且在 323 至 773K 的工作温区内平均 ZT_{avg} 达到约 1.45。基于该材料所组装的单臂热电器件，在ΔT = 420 K 的温差下，能量转换效率达到了约 10%，处于领先水平。本工作不仅深入揭示了共掺杂体系的微观机制，也为 GeTe 基热电材料的性能提升及未来商业化应用奠定了坚实基础。

D17　徐桂英

交流类型：口头报告

热电晶体管器件的研究进展

徐桂英、唐陈、钱娜、郭涛、陈杰、王文君

北京科技大学

自 2018 年提出以来，热电晶体管器件的研究完成了从原理论证到实验验证的系统工作。研究结果显示，热电晶体管器件即可以应用于温差发电，也可应用于温差电制冷，应用于温差发电时基于其器件热电参数解耦功能，其热电转换性能大大提高，初步的实验研究发现室温 70 K 温差可以驱动硅基热电晶体管，并获得最大值为 12.7 nW 的功率输出；应用于温差电制冷时，模拟优化结果显示由于可以分别调控发射极和集电极电压，其温差电制冷性能获得大大提升，在基极尺寸为 12.78 nm 时，器件两端的温差可以达到 174.15 K。以上结果表明热电晶体管器件在未来低功耗微电子器件发电和制冷领域具有极其广阔的应用前景。

D18　杜永

交流类型：邀请报告

溶液 3D 打印技术制备柔性聚合物基复合热电材料及器件

杜永、秦杰、王一凡

上海应用技术大学

柔性热电材料能够将人体热量及环境废热直接转化为电能，在智能可穿戴电子等领域具有潜在的应用前景。溶液 3D 打印技术具有工艺简单、设计自由度高、适于批量制备等优势，为高性能柔性热电材料及器件的制备提供了新的工艺。本团队采用溶液 3D 打印技术制备了 Ag_2Se/甲基纤维素（MC）、MoS_2/Ag_2Se/MC、聚乙烯吡咯烷酮（PVP）@Ag_2Se/MC 等多种柔性聚合物基复合热电薄膜，并对其物相组成、显微结构和热电性能进行了系统研究。其中，PVP@Ag_2Se/MC 复合薄膜中异质界面、孔隙、晶界和位错的协同作用促进了载流子输运并增强了声子散射，实现了电导率、Seebeck 系数与热导率之间的有效协同调控。复合薄膜在 400 K 时的功率因子为 2191.5 μW$m^{-1}$$K^{-2}$，同时表现出优异的柔性，在 4 mm 的弯曲半径下弯折 1000 次后电导率可保持 93%。在材料性能优化的基础上，通过溶液 3D 打印技术可以直接打印柔性热电发电器件，避免了传统器件制造过程中

繁琐的切割、焊接等步骤。所打印的器件能够利用人体与环境之间的温差持续产生电能，并可用于呼吸监测、触控位置识别及环境废热回收。进一步结合光热转换材料构筑的光-热-电器件，可收集太阳光进行发电，拓展了传统热电器件的应用场景。

D19　王瑶

交流类型：邀请报告

面向可穿戴热能利用的可拉伸热电器件设计及在 VR 触觉反馈中应用

王瑶、周景达、王党校

北京航空航天大学

近年来，随着可穿戴电子产品市场与物联网（IoT）技术的蓬勃发展，对长期、便携且免维护电源的迫切需求极大地激发了学界与工业界对热电器件（TEDs）的研究兴趣。该类器件能够利用人体与环境之间的温差作为热源，驱动低功耗可穿戴电子设备，有望实现电子系统的自供能。除发电应用外，热电器件在物联网传感器中也展现出新用途，例如：极端环境或生命体征的温度监测，人机交互中触觉感知反馈等。在本次报告中，我们将展示课题组近期在可拉伸热电器件（STEDs）设计与应用方面的研究成果，包括可穿戴人体体温利用及虚拟现实（VR）的热触觉界面设计与反馈应用。首先，我们发展了实现高性能 STEDs 策略，实现兼具优异机械可拉伸性与热电转换能力，优化了热界面结构，有效克服皮肤与器件之间传热效率低的技术瓶颈。进一步，我们提出了一种可编程、可自修复且可拉伸的热触觉阵列，该阵列在加热与冷却两种模式下均能提供可编程刺激，并具备物体辨别、精准温控、快速响应以及温度反馈像素化等综合功能。最后，基于虚拟现实环境的用户实验表明，该阵列可高精度分辨热刺激及其空间分布，显著提升用户体验的沉浸感。以上工作在表明 STED 可为低功耗电子器件供电、作为触觉电子皮肤的温度敏感元件，并为增强现实（AR）/VR 技术提供新一代可穿戴触觉交互界面。

D20　许声多

交流类型：邀请报告

基于界面结合强化的高性能 3D 打印热电材料与器件

许声多

香港理工大学

增材制造技术为定制化、微型化热电器件的开发带来了前所未有的自由度，但“3D 打印热电材料优值（zT）远低于传统铸锭”一直是阻碍该技术走向实用的国际难题。在本报告中，我们将介绍如何通过微观“界面键合（Interfacial Bonding）”调控，实现 3D 打印热电器件性能的跨越式提升。我们提出了一套创新的热电直写 3D 打印墨水设计机制，攻克了无压烧结下晶界传导受阻的难题：

对于 p 型碲化铋锑，我们构建了在烧结中能触发“原位化学焊接”的无机粘结剂体系，实现晶粒间原位匹配生长；对于 n 型硒化银，则利用材料超离子相变过程中的原子高扩散率，实现了晶界无粘结剂的自发融合成键。该机制使得高孔隙率的打印材料表现出可媲美高致密体相的电输运性能，室温下其 zT 值分别达到 1.42（p 型）和 1.3（n 型）。基于此材料组装的 32 对 3D 打印 TEC 器件，在空气中取得了 50 ℃的超高制冷温差，制冷系数（COP）达 3.8，这是迄今为止报道的 3D 打印热电器件的最高水平。本研究证明了 3D 打印半导体器件在性能上完全可与传统工业级器件相媲美，展示了增材制造技术在微热管理领域的颠覆性应用前景。

D21　左武升

交流类型：口头报告

界面工程与结构设计协同构筑高效稳定镁基热电器件

左武升[1]、张骐昊[2]、王连军[2]、江莞[2]

1. 绍兴大学，高等研究院，绍兴 312000

2. 东华大学，材料科学与工程学院，纤维材料改性国家重点实验室，上海 201620

热电器件可实现热能-电能直接相互转换，在低品位废热回收领域应用前景广阔，有利于提升能源利用效率、减少碳排放。但器件实用化面临诸多挑战，热电-电极界面稳定性是制约其长期服役的关键瓶颈。针对该问题，本团队以 MgAgSb 基热电材料为研究对象，建立高通量阻挡层筛选方法，筛选出金属钴作为阻挡层，与热电材料形成原子级结合界面，在 573 K 下具备良好化学惰性与高结合强度。构筑的全镁基热电器件在 287 K 温差下转换效率达 10.2%，经 1440 h 热循环，输出性能无明显衰减。面向低品位热能柔性采集需求，进一步开发全无机全镁基柔性热电器件，通过烧结调控实现 p-n 热电臂输运匹配，采用“岛-桥”结构搭配针状铜散热翅片，实现散热与机械形变解耦，器件归一化功率密度达 1.08 μW/(cm^2·K^2)，自然对流散热条件下净降温 11.2 K；器件耐弯折拉伸，可用于人体体温及曲面工业热源的能量采集。本工作从界面和器件设计层面推进了镁基热电器件的实用化发展。

D22　王亚龙

交流类型：口头报告

热敏结晶增强型热电水凝胶的制备及传感性能研究

王亚龙、刘虎、刘春太

郑州大学

随着智能传感技术的快速发展，健康监测、环境检测和人机交互等应用领域对多功能柔性传感器提出了更高要求。兼具高热电性能与优异机械强度的柔性自供电传感器，尤其是热电水凝胶传感器，受到了研究人员的广泛关注。在离子型热电水凝胶体系中，基于热氧化还原效应的热电

水凝胶通过可逆电化学反应在持续温度梯度下稳定输出电压，有效避免了热扩散型体系中电极极化导致的长期稳定性不足问题，在持续供电与稳定传感方面具有显著优势。其中，基于$[Fe(CN)_6]^{3-/4-}$氧化还原电对的热电水凝胶通过调控离子对之间的熵差，可实现较高的 p 型热电势，是目前研究最为广泛的热氧化还原体系之一。

然而，现有研究仍存在两方面关键局限：一方面，热氧化还原型热电水凝胶通常面临力学性能不足的问题，难以适应可穿戴应用场景中的复杂形变需求；另一方面，现有热电传感系统大多局限于单一的温度检测或应变监测功能，多功能集成与智能识别应用的系统性探索仍较为欠缺，制约了实际应用场景的进一步拓展。

针对上述问题，本研究通过溶剂交换和离子诱导结晶技术，将$[Fe(CN)_6]^{3-/4-}$氧化还原电对与盐酸胍（GdmCl）引入聚丙烯酸（PAA）水凝胶网络，制备了 PAA-$K_3Fe(CN)_6$/$K_4Fe(CN)_6$-GdmCl（PFGH）复合热电水凝胶。GdmCl通过诱导$[Fe(CN)_6]^{4-}$形成热敏晶体并构建氢键网络，在优化p型热电势的同时显著提升了材料的力学强度。基于热氧化还原效应与拉伸传感原理，该水凝胶可在温度传感与自供电应变传感两种模式下独立工作而互不干扰。系统测试表明，PFGH 水凝胶兼具优异的热电性能与力学性能，并在温度识别、呼吸监测与自供电运动检测等场景中得到有效验证。此外，结合随机森林机器学习算法，PFGH 传感器实现了对六种材料的高精度识别（准确率 98.7%），展示了热氧化还原型热电水凝胶在智能传感与人机交互领域的广阔应用前景。

D23　梁丽荣

交流类型：口头报告

复合热电材料及其柔性器件

梁丽荣

深圳大学

随着物联网、柔性电子、可穿戴设备及智慧建筑等新兴领域的快速发展，能够实现低品位热能回收与自供能感知的柔性热电材料受到广泛关注。与传统无机热电材料相比，聚合物复合热电材料具有质量轻、柔韧性好、可溶液加工、易于大面积制备及与复杂曲面适配性优异等优势，在能源收集、自供能传感及智能预警等领域展现出重要应用潜力。报告人围绕聚合物基复合热电材料的结构设计、性能调控及器件设计开展系统研究，通过引入导电聚合物、碳纳米管及 MXene 等功能组分，构建多尺度协同导电网络与界面传输结构，实现热电性能、力学性能及其稳定性优化。同时，结合溶液共混、真空抽滤、湿法纺丝及气凝胶构筑等方法，制备兼具优异热电性能、柔性、阻燃性和耐高温特性的复合热电薄膜、纤维及气凝胶材料。在此基础上，进一步设计柔性热电发电器件、自供能温度监测系统及火灾预警器件，实现热能收集、环境感知与无线报警等功能集成。

D24　韩广

交流类型：邀请报告

金属硫族化合物自支撑薄带的无塑性变形制备及柔性热电器件

韩广、周小元

重庆大学

金属硫族化合物塑性半导体是构建高性能柔性热电器件的重要候选材料。将块体塑性半导体加工成柔性带材主要依赖塑性变形，但此变形不可避免地引入晶体缺陷，进而强化了载流子散射。此外，对于塑性较低的半导体，塑性变形加工尤为困难。本研究发展了一种熔体旋甩策略，在避免塑性变形的前提下，可实现 p 型 CuAg(Te,Se,S)和 n 型 $Ag_2(Se,S)$自支撑柔性薄带的高效、宏量制备。得益于薄厚度、组分调控和微结构细化的协同作用，优化组分的硫族化合物薄带展现出优异的柔性。同时，通过调节硫族元素组成，这些柔性条带（例如，n 型 $Ag_2Se_{0.8}S_{0.2}$ 和 p 型 $CuAgTe_{0.9}Se_{0.04}S_{0.06}$）在室温附近获得了良好的功率因子。由这些 CuAg(Te,Se,S)和 $Ag_2(Se,S)$柔性薄带组装成的面内型柔性热电器件获得了良好的归一化功率密度。本研究为无塑性变形制备兼具良好柔性和热电性能的金属硫族化合物自支撑薄带提供了可行策略。

D25　张坤

交流类型：邀请报告

面向温差发电和人体热管理应用的热电织物热学重构设计

张坤、郭成城

东华大学

可穿戴热电器件展现出作为人体穿戴条件下的可持续电源与人体热管理的应用潜力。然而，现有器件在常温环境(~10 μW cm^{-2})下难以持续为可穿戴电子系统供电，在炎热户外环境（＞313 K）中也无法稳定维持人体热舒适性。除了热电材料的室温热电优值较低（zT~1）之外，更重要的是热电器件与周围环境没有达到合适的热阻匹配，这是导致其输出性能仍然较低的核心原因。

在本工作中，我们提出一种热电织物的通用设计方法，用于设计具有良好热阻匹配的热电织物。该热电织物将热阻优化的热电块体与织物基体相结合，实现了其与环境及人体间良好的热阻匹配。该热电织物在环境温度为 289 K 时，热电功率密度可达 235-322 μW cm^{-2}，在环境温度为 318 K 时可实现 15-23 K 的降温效果。基于此，我们成功演示了其在自供电手势识别手套系统、遥控灵巧手、控温服和控温头盔等方面的应用潜力。

D26　宗鹏安

交流类型：邀请报告

柔性热电传感器件的多功能集成与应用研究

宗鹏安

南京工业大学

柔性热电传感技术因其在可穿戴健康监测、智能感知与人机交互等领域的广阔应用前景而备受关注。本研究围绕柔性热电材料与器件的设计、制备及其多功能传感性能展开系统探索，重点涵盖呼吸传感、温度/压力双模传感、光热电探测及 pH/气体传感四大方向。在呼吸传感方面，通过插层-自组装复合策略构建砖-砂浆结构，实现了对呼吸频率与心率的同步监测，并建立了 PRQ 异常预警机制，可用于识别呼吸抑制、颅内压异常等临床状态。在温度/压力传感方面，采用电化学沉积技术调控电极界面形貌，构建金字塔状微结构，赋予器件优异的疏水性、柔性和耐磨性，并实现了关节运动监测及水下双模传感功能。光热电传感部分，利用光热转换与热电耦合机制，实现了太阳光功率的实时探测，并进一步开发了智能光控系统，用于植物生长指数的优化调控。此外，基于 MWCNT/PANI 复合材料构建的电化学传感平台，实现了对 pH 值及气体浓度的灵敏响应，拓展了器件在环境监测与生物医学领域的应用潜力。本研究展示了柔性热电传感器件在多功能集成、环境适应性与智能控制方面的显著优势，为下一代可穿戴智能系统的发展提供了新的材料与器件设计思路。

D27　王玉鹏

交流类型：口头报告

非稳态热电循环热调节模式的材料优化、器件验证与系统应用

王玉鹏、刘玮书

南方科技大学

热电循环热调节是利用热电器件实现两个物体温度周期性往复变化的新型工作模式，在气体分离和温度驱动软体机器人等领域具有应用潜力。不同于强调稳态性能的传统热电发电与制冷，该模式主要受器件瞬态响应特性支配，因此需要建立新的性能评价与优化方法。本文基于有限差分法建立热电循环热调节模型，定义系统性能评价指标，并系统分析结构参数与材料物性对循环性能的影响。结果表明，该模式在近室温、小温差条件下具有较高的热调节效率与能力。基于敏感性分析提出循环热调节品质因子 $Z_{\mathrm{R}}T$，其与材料功率因子成正比、与热导率的高阶幂成反比，表明降低热导率比提高功率因子更有利于循环热调节性能，这与基于稳态热电优值 ZT 的传统优化策略明显不同。在 $Z_{\mathrm{R}}T$ 指导下，通过 Ge 掺杂和提高烧结温度调控 $Mg_3(Sb,Bi)_2$ 基材料的晶粒结构，使其 $Z_{\mathrm{R}}T$ 提高 71.4%；通过降低烧结温度在 MgAgSb 基材料中引入微米级孔洞、抑制晶格热传导，使其 ZRT 提高 23.3%。基于上述材料制备的 Mg 基热电器件虽然发电效率低于商业 Bi_2Te_3 器件，但在

特定条件下表现出更优的循环热调节性能，验证了 ZRT 优化策略的有效性。同时，进一步将热电循环热调节模式应用到基于变温吸附的气体分离系统中。相对于传统热调节系统，利用热电器件实现相同的温度循环可以降低 42.2%的电耗，同时将循环速度提高 66.7%。本研究为非稳态热电性能评价、材料优化及新型热电运行模式的开发提供了理论与实验依据。

D28　孟秋风

交流类型：口头报告

柔性硒化银/海藻酸钠复合热电薄膜的制备

孟秋风、何秀叶

上海应用技术大学

柔性热电材料在可穿戴领域自供电和温度传感等方面具有重要的应用前景和需求。本研究利用一步溶液法制备了 Ag_2Se 基热电粉末，通过调控 Ag/Se 的化学计量比优化了 Ag_2Se 基热电材料的性能；然后分别将 $Ag_{2.2}Se$、聚吡咯（PPy）包覆的 $Ag_{1.6}Se$ 纳米材料与海藻酸钠复合，利用溶液 3D 打印技术制备了柔性 $Ag_{2.2}Se$/海藻酸钠和 PPy@$Ag_{1.6}Se$/海藻酸钠复合热电薄膜。通过调控无机相（$Ag_{2.2}Se$ 和 PPy@$Ag_{1.6}Se$）的含量和冷压结合退火处理对复合薄膜的组成、显微结构和热电性能进行了调控。其中，经过处理的 PPy@$Ag_{1.6}Se$ 的含量为 90 wt%的 PPy@$Ag_{1.6}Se$/海藻酸钠复合薄膜的功率因子在 360 K 时达到 1793.14 $\mu W\ m^{-1}\ K^{-2}$。

D29　侯悦

交流类型：口头报告

柔性热电器件的双螺旋-剪纸矩阵结构设计及其在多模态交互中的应用

侯悦、王自昱

武汉大学

柔性热电器件可将低品质废热转化为电能或实现精准温控，在可穿戴电子、交互界面与分布式热监测等领域具有广阔应用前景。然而，传统柔性互连结构为满足力学柔顺性而牺牲了有效接触面积，导致复杂曲面上的热收集效率显著降低；同时，阵列化器件在拉伸条件下易发生非均匀位移与几何畸变，影响热信息传输的保真度。针对上述瓶颈，本工作提出了一种双螺旋-剪纸矩阵热电器件（SKM-TED），将可展开双螺旋单元与可变形剪纸界面相结合。该结构具有本征负泊松比，在拉伸时呈现横向膨胀特性，有效抑制了图像畸变，提升了信息显示的视觉保真度。SKM-TED 实现了 32.7%的高填充因子，归一化功率密度达 7.46 $\mu W\cdot cm^{-2}\cdot K^{-2}$，归一化塞贝克电压达 5708.6 $\mu V\cdot K^{-1}\cdot cm^{-2}$，曲面热收集效率达 70%。在ΔT=30 K 条件下，器件开路电压达 2014 mV，最大输出功率为 79 mW。

在功能集成方面，SKM-TED 构建了双向热电信息交互系统，支持红外热显示与热电信号采集的同步进行，在25%拉伸应变下仍保持清晰的信息显示能力。进一步地，本工作开发了基于摩斯码的热信号编解码方案，通过将热电输出信号映射为短/长码符号，实现了隐蔽、稳定的热信息传输。此外，结合深度学习算法对用户特异性热电响应模式进行分类，系统实现了 90.97%的热指纹识别准确率，并对未注册用户具备可靠的拒识能力。上述结果表明，SKM-TED 初步展现了从单一能量收集向智能交互与身份识别拓展的潜力，为柔性热电系统在曲面能量管理、生物热信息通信及个性化认证等领域的应用奠定了基础。

D30　魏平

交流类型：邀请报告

面向大功率制冷的热电器件与系统设计

魏平、赵文俞、张清杰

武汉理工大学

热电制冷技术因其无运动部件、响应速度快且对环境友好的特性而受到广泛关注。然而，现报道的热电制冷系统大多存在制冷功率不高（<1 kW）且 COP 偏低（~1.0）的瓶颈问题，难以满足大功率的制冷应用。近年，本团队围绕热电制冷器件与制冷系统开展了系列研究，发展了 Ni 合金阻挡层的电弧喷涂和磁控溅射工艺，研制出具有超弹性的 NiTi 合金阻挡层，在提高器件制冷性能的同时显著增强了器件的热稳定性；设计了适用于热电制冷的三周期极小曲面（TPMS）结构换热器，基于有限元分析的数值仿真和 3D 打印的实物测试结果表明，D 型 TPMS 换热器的平均对流换热系数达 453 $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$，较常规翅片换热器提升了 1.5 倍；装配该换热器的热电制冷装置的 COP 达到 2.0，体积制冷功率密度为 3.96 $W \cdot cm^{-3}$，较常规翅片换热器热电制冷装置分别提升 87%和 79%；在系统控制方面，开发了基于机器学习的多通道电流控制方法，通过对热电器件阵列的独立供电控制可将系统 COP 提高 20%以上。基于上述研究成果，团队研制出了适用于深海特殊空间热管理的 5kW 级制冷系统。

D31　罗丁

交流类型：邀请报告

热电应用系统的多场耦合建模理论与强化传热设计

罗丁

长安大学

报告聚焦热电器件在余热回收和热管理应用过程中涉及的复杂流、热、电等多物理场耦合难题，介绍多场耦合建模及数值求解方法。针对应用系统性能不足、转换效率较低的难题，引入热管、相变材料等强化传热手段，并重点介绍相应结构设计方法，提升热电应用系统的转换效率。

D32　杨东旺

交流类型：邀请报告

热电装置冷端协同散热强化及多场景应用

杨东旺、鄢永高、唐新峰

武汉理工大学

热电装置在个人热管理、可穿戴自供电电子及工业物联网能量采集领域应用前景广阔，冷端散热能力不足、器件与散热器界面热阻偏高是制约其输出性能的核心瓶颈。本研究逐步优化界面工艺与散热结构，阶梯式提升热电装置散热效能：先通过金属化焊接工艺实现热电器件与泡沫铜散热器的低阻集成，替代传统导热胶粘接以降低界面热阻，4×4 cm^2 柔性热电系统制冷温差提升37.0%，千次弯曲循环后内阻变化率小于 1.5%，搭载智能调控系统的人体穿戴实测制冷温差达13.7 ℃；再向泡沫铜孔隙填充石蜡构建复合相变散热器，以粘接方式集成并结合仿真优化热电臂结构，可穿戴器件兼顾发电性能与佩戴舒适性，开路电压最高 91.4 mV，平均输出功率 121.9 μW，可持续工作 1700 s；最终采用高温 SnBi 焊接工艺完成复合相变散热器与器件的集成，协同发挥低界面热阻与相变潜热储热的双重优势，经参数优化后器件开路电压达 228.3 mV，有效工作时长超1800 s，较传统粘接式纯泡沫铜方案提升 6 倍。本研究形成了完整的性能提升技术路径，为多场景高性能热电装置的设计与落地应用提供了系统支撑。

D33　朱康

交流类型：口头报告

考虑材料性质温度依赖的热电制冷器件性能计算模型

朱康[1]，刘玮书[2]

1. 中山大学先进能源学院　2. 南方科技大学材料科学与工程系

随着热电制冷技术的发展以及高性能计算对散热需求的快速提升，准确评估热电制冷性能对器件设计和材料开发至关重要。在材料-器件层面，准确的理论模型是连接热电材料性能与器件实际制冷/散热能力的重要桥梁；而在应用层面，热电制冷性能的预测直接影响器件设计和实际效果。热电器件的制冷性能通常采用经典公式进行评估，然而，经典公式和平均材料参数方法难以充分反映材料性能随温度变化的影响，导致器件的最大制冷功率预测误差较大。针对这一问题，本研究提出了一种考虑材料性质温度依赖的热电制冷器件（TEC）理论分析模型，用于评估有限温差下TEC 器件的最高制冷能效（COP）和最大制冷功率。通过对误差源的识别和积分路径的重构，成功将器件最大制冷功率的计算误差从±30%缩减至±5%以内，为热电制冷器件的性能计算提供了一种精准快速的理论手段。

D34　曹丽莉

交流类型：口头报告

用于高功率芯片散热的 MC-TEC 组合器件制冷特性研究

曹丽莉

北京信息科技大学

摘要：针对高热流密度芯片（如 RT 组件）散热过程中单一冷却方式散热能力有限的问题，本文提出一种微流道与热电冷却器相结合的组合散热方案。基于 COMSOL 有限元仿真，建立微流道流动传热模型和热电冷却器散热模型，对芯片功率为 20 W、50 W 时的散热性能进行了数值分析。热电冷却器由 66 对热电臂组成，当热电臂横截面尺寸为 0.6 mm × 0.6 mm，长度为 0.8 mm，工作电流为 2.3 A，微流道流速为 4 m/s 时，与单独微流道散热相比，微流道-热电冷却器组合散热方案在 20 W 时可将芯片最高温度由 75.2℃降低至 64.836 ℃，温度降低 10.4 ℃，相对降幅约为 13.8%。此外，通过调整热电冷却器电流大小与方向可以实现对芯片的精准控温，调整热电臂的排列方式可以改善“热点”问题。结果表明，热电冷却器的引入能够进一步降低芯片最高温度，改善系统的散热性能。本研究可为微流道与热电冷却器组合散热系统的结构设计及运行参数优化提供参考。

D35　祝薇

交流类型：口头报告

机器学习驱动的微型热电制冷器逆向设计研究

祝薇、包书骋、邓元

北京航空航天大学

面向高功率密度电子器件局部热点散热和微尺度精准制冷需求，本工作提出了一种机器学习驱动的微型热电制冷器逆向设计框架。该方法将有限元仿真与深度神经网络相结合，构建了覆盖热电材料性能、界面接触特性、器件几何结构和工作电流等关键因素的多参数数据库，可快速预测微型热电制冷器的制冷密度、最大温差及最优工作条件等性能指标。与传统依赖经验和反复试错的正向设计不同，该框架能够根据具体应用目标反向筛选材料、结构和界面参数，并给出不同性能需求下的优化方向。基于该方法设计并制备的 18 对热电腿微型热电制冷器表现出优异性能，最高制冷密度达到 29.1 W cm^{-2}，最大温差达到 70.3 K；在维持 50 K 温差的应用条件下，仍可实现 8.4 W cm^{-2} 的制冷密度。研究结果表明，该机器学习逆向设计策略可显著提高微型热电制冷器的设计效率和应用适配性，为高性能、定制化微尺度制冷器件开发提供了有效途径。

D36　孙传耀

交流类型：口头报告

基于无机塑性热电材料的可穿戴刀片式热电器件

孙传耀[1,2]、仇鹏飞[1,2]、赵学峰[1]、杨世琪[1]、沈克林[1,2]、陈立东[1,2]、史迅[1,2]

1. 中国科学院上海硅酸盐研究所　2. 中国科学院大学

可穿戴热电器件能够利用人体与环境的温差直接发电，是实现可穿戴自供电健康监测的核心器件。输出电压与输出功率是可穿戴热电器件的核心性能参数，其中输出电压需达到电子设备启动阈值，输出功率需满足设备稳定运行的功耗需求。当前可穿戴热电器件的功率密度最高可达 102 $\mu W \cdot cm^{-2}$，已能满足绝大多数可穿戴电子器件的功率需求，但电压密度普遍低于 40 $mV \cdot cm^{-2}$，对应输出电压不足 300 mV，远低于 1 V 以上的常规器件启动电压，成为制约热电技术在可穿戴领域实际应用的关键瓶颈。造成这一瓶颈的一个重要原因在于，传统无机热电材料本征脆性，难以制备成薄膜/纤维或其他更加复杂的结构。而通过物理或化学方法将传统无机/有机热电材料制备成薄膜热电器件，也普遍存在集成难度高、界面损耗大等问题。且与此同时，可穿戴应用场景还对器件的曲面贴合性、柔性服役可靠性提出了额外要求。

近年来，无机塑性热电材料的发现为解决上述困境提供了新的途径。这类材料兼具优异的热电性能和类似金属的力学性能，可通过辊压等方式加工成兼具高热电性能和优异变形能力的热电厚膜，为制备高性能热电器件奠定了基础。基于无机塑性热电材料，我们设计并制备了具有高集成度的刚性刀片式热电器件，该器件首次同时实现 1250 cm^{-1} 的热电臂长面比与 300 cm^{-2} 的热电臂密度。人体佩戴测试表明，器件开路电压密度达 869.6 $mV \cdot cm^{-2}$，较传统可穿戴热电器件提升一个数量级以上，同时保持 114.1 $\mu W \cdot cm^{-2}$ 的高功率密度，该器件的输出性能在满足电子设备启动电压与运行功率方面展现出显著优势。

上述刚性刀片器件虽在输出性能上实现了提升，但其刚性结构难以兼顾穿戴舒适度。为此，进一步依托无机塑性热电材料优异的力学性能与加工优势，设计并制备了翅片式柔性刀片热电器件，该器件将刀片状热电臂分散固定在柔性基底之上，并使其上半部分直接暴露于空气中，这一特殊的结构设计在增大器件有效温差、提升器件输出性能的同时，也赋予了器件良好的柔性。经有限元仿真优化后，成功制备了含 600 个热电π对的柔性热电器件，其功率密度达 135.3 $\mu W \cdot cm^{-2}$，同时该器件兼具优异的柔性和机械稳定性。基于该器件进一步构建了自供电人体健康监测系统，实现了无电池条件下的人体心率与血氧饱和度的连续监测。

上述工作构成了从材料到器件再到应用的完整技术路径，为可穿戴热电技术的性能提升与实际应用提供了新的设计思路。

D37　杜春雨

交流类型：口头报告

复合热电材料与智能器件

杜春雨

深圳大学

塞贝克效应与帕尔帖效应为柔性热电发电、传感及制冷提供核心理论支撑。人体可稳定耗散热量，是柔性可穿戴热电器件的理想自供能来源，而有机热电材料柔性好但性能低、无机热电材料性能高但柔性差的固有矛盾，成为制约器件发展的关键问题。本文围绕复合热电材料设计、高性能器件研制与多场景应用验证展开综述：通过插层结构调控、还原协同作用与载流子优化，制备兼具高热电性能与柔性的有机-无机复合薄膜，实现塞贝克系数与电导率的解耦提升；研发光热电/相变材料耦合器件与一体化无结点热电器件，解决可持续供电、低内阻与精确温度感知难题；最终实现户外全天候自供能、火源精准识别预警、手势识别及仿生温度感知等应用。本研究推动柔性热电材料从基础制备向器件应用转化，为可穿戴自供能传感、智能仿生感知领域提供技术与材料支撑。

D38　齐思云

交流类型：口头报告

各向异性材料中的晶向极性与横向热电调控

齐思云

山东师范大学

晶向极性是指载流子主导极性随晶体方向发生改变的特殊输运现象，可在不依赖外磁场或内部磁化的条件下产生横向热电响应，为热电转换提供了不同于传统纵向热电和能斯特效应的新思路。本报告围绕体相各向异性晶体中的晶向极性现象，重点讨论其物理来源及可调控机制。研究表明，晶向极性与能带鞍点、双曲型费米面、有效质量各向异性和化学势位置密切相关；当电子型和空穴型输运特征在正交晶向上同时出现时，塞贝克系数可表现出明显的方向依赖并发生符号反转，从而诱导横向热电输出。进一步的模型分析和电子结构研究表明，这一现象不仅可以从费米面几何角度理解，也可追溯到局域轨道耦合和波函数相位关系的方向性差异。应变、化学势调节以及电子态重构能够改变关键能带特征相对费米能级的位置，为增强晶向极性和横向热电性能提供有效途径。这些结果有助于从微观机制层面理解晶向极性的形成条件，并为体相各向异性热电材料的设计与优化提供理论依据。

D39　谢天

交流类型：快闪报告

Kagome 金属 $SmTi_3Bi_4$ 的反常输运研究

谢天、潘瑜、李文浩、宁彦明、周路佳

重庆大学

本研究以 Kagome 金属 $SmTi_3Bi_4$ 为研究对象，通过沿晶体三个主要晶向分别施加磁场，系统研究其磁场调控下的电输运和热输运性质。通过磁输运测试和能斯特效应测试，考察材料在不同磁场取向下的反常输运行为及其可能的物理机制。

实验结果表明，在磁场沿三个主要晶向施加时，$SmTi_3Bi_4$ 在 Kagome 面内均观察到了明显的反常霍尔效应，表明其反常霍尔输运具有较强的磁场方向依赖性。同时，在能斯特效应测试中观察到了微弱的反常能斯特效应，进一步表明该材料中存在与磁性相关的横向输运响应。结合反常霍尔电导的大小及其不同磁场方向下的行为分析，发现 $SmTi_3Bi_4$ 中的磁矩构型可能并非简单地沿 b 轴方向排列，而可能存在较大的磁矩倾斜，反映出其磁结构具有一定的复杂性。

进一步分析反常霍尔输运的起源发现，实验结果难以完全由 Berry 曲率贡献解释，反常输运可能更多来源于磁畴相关机制。与此同时，在铁磁转变温度附近观察到磁阻由正磁阻向负磁阻的转变，表明磁涨落对载流子输运具有重要影响，并进一步说明 $SmTi_3Bi_4$ 中的反常输运行为可能同时受到磁畴和磁涨落等磁性因素的影响。

D40　袁祎凡

交流类型：快闪报告

利用相变滞后效应提升无机塑性半导体 $Ag_2(S, Se, Te)$ 的热电性能

袁祎凡、赵琨鹏

上海交通大学

柔性热电材料为自供电可穿戴电子设备提供了一条有前途的途径。塑性无机半导体的出现为柔性热电技术开辟了新的范例，但其热电性能仍远未达到最优。本工作聚焦于成分优化的“甜点区”材料——n 型 $Ag_2Se_{0.6}S_{0.4-x}Te_x$，结合变温 X 射线衍射与差示扫描量热法系统研究，揭示了 $Ag_2(S, Se, Te)$ 体系中显著的相变滞后行为：其冷却过程的相变温度较加热过程低 20 ~ 40 K，利用这一迟滞效应，本工作提出了一种“热历史工程”策略——无需改变化学成分，仅通过调控热处理工艺，即可在室温下同一组分材料中获得两种性能迥异的物相结构：相比于高温缓冷得到的单斜相，液氮处理获得的正交相载流子迁移率显著提高，电导率大幅增强，而塞贝克系数和晶格热导率变化较小，因此获得了更优异的热电性能。优化后的正交相样品室温功率因子达到约 16 $\mu W \cdot cm^{-1} \cdot K^{-2}$，320 K 附近最高 zT 达到 0.5，超过多数已报道 Ag 基塑性热电材料；与此同时，单斜相则表现出更优异的

塑性变形能力。本工作突破了传统依赖成分优化提升热电性能的思路，提出了基于相变迟滞调控晶体结构的新方法，为塑性无机热电材料热电性能与力学性能的协同优化提供了新的设计策略。

D41　李梦玮

交流类型：快闪报告

不同串联规模热电发电系统输出特性与负载匹配实验研究

李梦玮、马纯斌、张智羽、张亚竹、霍海龙、黄军

内蒙古科技大学能源与环境学院

摘要：由于单片热电模块输出能力有限，实际应用中通常需要通过多片模块串联提高系统输出电压和功率, 而串联规模、热边界条件及外接负载的变化会共同影响系统电输出和负载匹配特性。针对不同串联规模热电发电系统的输出特性及外接负载匹配问题，选用 TEC1-12706A 型热电模块，分别搭建 2、4、6 片串联热电发电系统，系统的热源温度和外接负载电阻均可调。研究串联片数、热边界条件以及外接负载变化对系统电输出特性和负载匹配规律的影响，明确不同串联规模下系统输出能力以及最佳匹配负载的变化特征，为相近规格热电模块串联系统的串联规模设计与负载匹配提供参考。

研究结果表明：（1）在不同串联片数和实验温差条件下，系统负载电压随回路电流增大呈下降趋势，随着串联片数增加，系统开路电压明显提高，在约 50 K 实验温差下，2、4、6 片串联系统的开路电压分别达到 4.39、8.52 和 13.58 V。（2）不同串联规模下，负载输出功率均随负载电阻增大先升高后降低，并存在相应的最佳匹配负载。随着串联规模增大，最佳匹配负载电阻增大，2、4、6 片串联系统的最佳匹配负载分别约为 5 Ω、10 Ω和 20 Ω。（3）实验温差升高则主要提高系统回路电流和负载输出功率，而对相同串联规模下最佳匹配负载电阻的影响相对较小。（4）各串联规模下均存在最佳匹配负载，在最佳匹配负载下系统获得最大负载输出功率，负载电压约为开路电压的 50%；（5）当负载电阻超过最佳匹配值后，负载电压继续升高，但回路电流和负载输出功率下降。

D42　费晓宇

交流类型：快闪报告

温度对 SnTe 基器件中热电界面材料筛选的影响

费晓宇

曲阜师范大学

SnTe 作为一种环境友好的热电材料，展现出优异的热电性能。然而，受限于可靠热电界面材料的设计限制，尽管 SnTe 的热电性能目前已经得到了显著的提升，相应热电器件的能量转换效率仍然较低。为了在热电界面材料设计中充分考虑温度效应，我们基于声子计算，系统研究了 Cu-

Sn-Te 体系的吉布斯自由能相图及热膨胀系数。筛选结果表明，Cu_7Te_4、CuSn 和 CuTe 在 300~900 K 的温区内均能与 SnTe 稳定共存，不发生界面反应。态密度计算进一步证实这三种材料均呈现金属性，导电性能良好。热膨胀系数分析则显示，CuSn 的 CTE 在整个工作温度范围内与 SnTe 最为匹配。在此基础上，我们对 CuSn/SnTe 界面开展了详细研究。结果表明，CuSn(110)/SnTe(111)Te 可形成清晰且锐利的界面，有利于载流子的高效输运；同时，该界面具有最低的界面能（45 $meV·Å^{-2}$），且 SnTe 中的 Te 原子与 CuSn 中的 Cu/Sn 原子间存在强键合作用，证实了界面具有良好的结构稳定性。综合而言，CuSn 是 SnTe 热电器件设计中一种可靠的热电过渡层候选材料，其形成的界面不仅具备优异的电子导电性能，还能在长期服役中有效防止器件的界面开裂风险。本工作提出的考虑温度效应的筛选策略，为设计高性能热电器件用可靠热电过渡层提供了重要参考。

D43　朱家欢

交流类型：快闪报告

局部范德华间隙工程实现高性能 n 型碲化铋基热电材料

朱家欢、庄华鹭

深圳大学

碲化铋基热电材料目前近室温固态制冷与热能发电领域无可取代。然而在实际碲化铋基器件中，n 型 $Bi_2(Te, Se)_3$ 热电臂性能通常不及对应的 p 型热电臂，核心原因在于其载流子输运对微观结构高度敏感，传统晶格热导率的调控策略易劣化电输运特性。本工作通过构建共格纳米团簇，改变了局部化学环境，令 Bi 双原子层嵌入该区域的范德华间隙，形成局部层间声子散射中心。这类层间界面结构可显著增强声子散射，并在最优添加量下小幅改善载流子迁移率。通过进一步优化织构度与载流子浓度，样品在 450 K 下峰值 zT 可达 1.30。本研究证实，对于缺陷敏感型 n 型碲化铋基热电材料，局部范德华间隙工程是选择性增强声子散射的有效策略，为该类材料的性能突破提供了新的技术路径。

D44　张一鸣

交流类型：快闪报告

硫化铜基热电材料铜离子长程迁移抑制方法研究

张一鸣，葛振华

昆明理工大学

硫化铜基热电材料 $Cu_{2-X}S$ 具有元素储量丰富、成本低、环境友好及本征低热导率等优势，是中高温热电转换领域的重要候选材料。然而，在温度梯度和电场作用下，材料中高度可迁移的 Cu^+ 容易发生长程迁移，导致电输运不稳定、性能衰减及器件可靠性下降，严重限制其实际应用。本工作围绕 Cu^+长程迁移抑制与电—声输运解耦调控，采用球磨复合和放电等离子体烧结方法，在

$Cu_{2-X}S$ 基体中引入 Na_2TiF_6，玻璃微球、聚酰亚胺及等组元，构筑绝缘第二相界面、迁移阻挡层和多尺度缺陷结构。通过 XRD、SEM/EPMA、TEM、XPS、TG 以及自搭建离子迁移测试系统，系统研究了复合相对物相结构、微观形貌、离子迁移行为及热电输运性能的影响。

结果表明，引入绝缘第二相后，$Cu_{2-X}S$ 主相结构基本保持稳定。玻璃微球可作为物理屏障阻碍 Cu^+长程迁移，同时增强界面和宏观第二相对声子的散射作用，其调控效果与基体中铜空位浓度密切相关。其中，Cu_2S 复合玻璃微球后电导率和功率因子明显提高，$Cu_{1.96}S$ 复合 1wt.%玻璃微球后热导率显著降低，并在 773 K 获得 ZT 值 1.51。聚酰亚胺可有效引入 Cu_2S 体系，在抑制 Cu^+迁移的同时形成多尺度缺陷，实现电输运与声子输运的协同优化，使 Cu_2S+1 wt.%聚酰亚胺样品在 773 K 时 ZT 提高至 1.30。此外，Na_2TiF_6 掺杂在 $Cu_{1.8}S$ 中表现出离子束缚和降低热导率的作用，最高 ZT 达 1.56。本研究表明，通过绝缘第二相构筑和离子束缚策略协同调控 Cu^+迁移，是提升硫化铜基热电材料性能与稳定性的有效途径。

D45　张贵斌

交流类型：快闪报告

功能氧化物中光生激发态及其能量转换的调控机制

张贵斌、王俊

内蒙古大学

光生激发态及其后续能量传递过程是决定材料光学响应与能量转换行为的关键。功能氧化物具有丰富的结构、轨道和缺陷自由度，为调控激发态及其与其他准粒子之间的相互作用提供了重要平台。本报告围绕光生激发态的形成、调控及能量利用，介绍我们在激子基态调控和光热电转换方面的研究进展。

首先，以极性 $ZnSnO_3$ 为模型体系，结合含自旋轨道耦合的第一性原理计算与激子精细结构模型，研究晶体对称性对激子基态光学性质的影响。在 C_{3v} 对称性的 $ZnSnO_3$ 中，电子-空穴交换作用形成暗的 D 基态、弱允许的 Z 态及光学允许的 X/Y 态。Pb 取代引起局域结构和带边电子态重构，并使点群对称性降低至 C_1，从而解除原有对称性约束，产生非对角交换耦合。由此诱导的激子组态混合和能级重排使最低激子态获得显著光学活性。分析表明，该机制并非 Rashba 相互作用驱动的亮暗态反转，而源于对称性降低诱导的电子–空穴交换本征态重构，为通过化学取代和对称性工程调控激子基态提供了新的物理途径。

进一步地，将研究由激发态本征性质拓展至光生能量的传递与利用。在 $SrTiO_3$ 基热电材料中，通过 Er、Nb 掺杂及氧空位协同调控光响应、电子–声子相互作用和载流子输运。Er 相关能级增强近红外光响应，氧空位相关缺陷态增强光生电子–声子耦合并促进光热转换，Nb 掺杂进一步改善电输运和热电性能。样品在 1073 K 时 ZT 为 0.32，并在 980 nm、260 mW 激光照射下产生约 15 K 温差和 3.85 μW 电输出，实现了光吸收、光热转换与热电输出的有效耦合。

上述研究从激子本征态的微观重构拓展至光生能量的传递与宏观转换，表明晶体对称性、化学组成和缺陷结构可在不同尺度上调控光生激发及其相关相互作用，为理解和设计兼具光学响应与能量转换功能的氧化物材料提供新的物理思路。

D46　闵二标

交流类型：快闪报告

光模块/CPO 控温用微型热电器件发展与关键工艺开发

闵二标、施翊璇、刘睿恒

中国科学院深圳先进技术研究院

AI 算力增长推动光模块向 CPO 架构演进，热密度失控使微型热电制冷器（Micro TEC）成为精准控温关键。TEC 加速微型化，传统块体封装面临瓶颈。本研究基于 NiP 阻挡层实现块体器件高效制冷；并针对 CPO 微米级芯间距，提出 MEMS 薄膜化路线，开发面外型热电薄膜器件，通过优化反应离子刻蚀工艺，实现微米级热电偶可控制备，为突破 TEC 微型化极限及 CPO 热管理提供支撑。

D47　张天宇

交流类型：快闪报告

Mg_3Bi_2 单晶中显著的面内塑性各向异性

张天宇[1]、阎锦[2]、柯金[1]、毛俊[1]、付钰豪[2]、张倩[1]

1. 哈尔滨工业大学（深圳）　2. 吉林大学

阐明支配塑性变形的基本微观机制，对于合理设计具有可调力学性能的功能材料至关重要。近年来，Mg_3Bi_2 基热电材料的研究进展表明，该类无机化合物在室温下表现出优异的延展性。然而，其塑性行为的本质起源仍尚不明确。本次报告报道了单晶 Mg_3Bi_2 中显著的面内塑性各向异性。微柱压缩实验表明，所观察到的塑性各向异性强烈依赖于单滑移系与双滑移系的激活行为；当双滑移系被激活时，材料能够获得更加优异的塑性变形能力。我们采用机器学习方法构建了 Mg_3Bi_2 的原子间相互作用势，并通过分子动力学模拟证实，取向依赖的竞争性滑移系激活行为是 Mg_3Bi_2 塑性各向异性的根本来源。此外，本研究还表明，锥面<a>位错在 Mg_3Bi_2 的塑性变形过程中发挥着关键作用。

D48　刘镇汉

交流类型：快闪报告

准一维 $M_2X_3Se_8$ 热电纳米线各向异性生长及热-电-力性能研究

刘镇汉、周钰洋、樊涛、沈克林、刘彬彬、仇鹏飞、陈立东、史迅

中国科学院上海硅酸盐研究所

随着可穿戴电子设备的发展，轻质、柔性且可持续供能的电源需求日益增长。热电技术可利用人体与环境间微小温差实现直接发电，为可穿戴设备自供能提供理想方案。然而，传统高性能热电材料多为脆性无机材料，难以满足柔性器件需求。低维范德华材料，尤其是准一维纳米线，兼具显著各向异性与优异柔韧性，为柔性热电材料的发展提供了新机遇。$M_2X_3Se_8$（M = Nb, Ta；X = Pd, Pt）具有独特晶体结构、良好环境稳定性和可调物性，但不同组分纳米线呈现显著的长度差异，其生长机制及热电力学特性尚不明确。

本研究结合理论计算与实验验证，系统研究了 $M_2X_3Se_8$ 纳米线的“化学键导向”各向异性生长机制，并考察其热电与力学性能。结合能计算表明，材料沿 c 轴具有强共价键，而垂直 c 轴方向以弱相互作用为主，材料沿 c 轴优先生长。进一步通过 ICOHP 定量分析发现，轴向 M-Se 键是限制纳米线伸长的关键因素，其强度依次为 Ta-Se ($Ta_2Pd_3Se_8$) > Nb-Se ($Nb_2Pd_3Se_8$) > Nb-Se ($Nb_2Pt_3Se_8$)。实验获得三种高纯度纳米线，平均长度分别为 214.80、109.51 和 8.77 μm，与理论预测一致，验证了“化学键强度决定纳米线生长长度”的机制，并通过 CVT 实现了长度超过 2 cm 的超长 $Ta_2Pd_3Se_8$ 纳米线生长。

热电性能测试表明，三种材料均为 n 型半导体，其中 $Ta_2Pd_3Se_8$ 在 700 K 时获得最高功率因子，约 1.6 μW cm^{-1} K^{-2}，并表现出良好环境稳定性。TEM 原位压缩实验进一步表明，单根 $Ta_2Pd_3Se_8$ 纳米线在 46%应变下仍未断裂，展现出优异塑性。滑移与解理能计算表明，解理能约为滑移能的两倍，揭示了其倾向于通过滑移实现塑性变形的内在机制。

D49　赵新皓

交流类型：快闪报告

后硒化法制备柔性硒化银基力-热双模态传感器

赵新皓、杨磊

四川大学

在智能交互系统中，同时获取压力与热信号是实现类生物感知的重要基础。然而，现有力-热双模态传感器通常依赖多材料或多传感单元复合，不仅增加了器件结构复杂性，而且不同传感机制之间易产生信号耦合，限制了高密度集成与精准感知的发展。本研究提出了一种基于压阻效应与热电效应的柔性温度-压力双模态传感器，采用后硒化处理策略提高丝网印刷 Ag_2Se 热电薄膜的柔性和热电性能，利用塞贝克效应实现温差信号传感。引入折面结构作为压阻感知单元，通过建

立压力-接触面积-电阻之间的关系实现压力传感。通过建立温差与电阻热漂移的自补偿方法，有效降低温度变化对压力感测的影响，实现温度与压力信号的独立解耦。所制备的传感器在 10–50 K 温差范围内表现出良好的线性响应，并实现了 1–30 kPa 压力范围内的稳定响应。构建的 3×3 传感阵列能够对压力和热信号进行空间映射，验证了其在多模态智能感知领域的应用潜力。

D50　姚明富

交流类型：快闪报告

SiC 纳米线复合引入的能量过滤与择优取向实现 p 型 SnSe 的热电与力学性能协同优化

姚明富、苑轶、王强

东北大学

SnSe 基多晶热电材料因其卓越的理论热电性能而备受关注，但其较低的电导率及较差的力学性能严重限制了实际工程应用。本文提出了一种结合 Pb 元素掺杂与一维 SiC 纳米线复合的协同策略，旨在同时优化 SnSe 材料的热电性能与力学服役稳定性。研究发现，Pb 掺杂通过优化能带结构有效提升了功率因数，引入的一维 SiC 纳米线不仅作为广谱声子散射中心显著降低了晶格热导率，还通过“滚木效应”诱导了沿(h00)方向的择优取向，优化了载流子迁移率。此外，SiC 纳米线在基体内构建的异质界面网络诱发了能量过滤效应，实现了电热输运性能的有效解耦。同时，纳米线在基体中的载荷传递与裂纹桥接机制显著增强了复合材料的结构完整性与硬度。实验结果表明，在 773 K 下，$Sn_{0.91}Pb_{0.09}Se$-1 wt.% SiC 复合材料的最大热电优值（zT）达到 1.65，较本征 SnSe 提升了约 88%。本研究通过微结构调控实现了电输运、热输运与力学性能的协同提升，为高性能层状热电材料的开发及其实际工程应用提供了实验与理论依据。

D51　王震

交流类型：快闪报告

基于填充多面体规则的新型高性能三元热电材料的理性设计

王震、赵高峰、冯真真

河南大学

传统半导体材料常以最稳定的立方闪锌矿结构和亚稳定的六角密排纤锌矿结构存在。二者均具有优异的电输运特性但是晶格热导率过大从而限制了其在热电器件中的应用。约半个世纪前研究人员提出了“填充四面体”规则，即利用闪锌矿疏松的结构特点，通过填充闪锌矿中不同的间隙位点，发现了 half-Heusler 合金等多种四面体衍生物，对热电领域产生了深远影响。考虑到六角密排结构也具有类似于闪锌矿结构疏松堆积的特性，我们将“填充四面体”规则推广至六角密排结构中。通过改变填充六角密排结构中多面体的类型（如四面体或八面体），我们预言了三类新型三元化

合物的晶体结构（Wurtsalt（WS）、Rocksalts（RS）、Wurtsalt-Rocksalts（WR）。结合第一性原理稳定性计算，我们从 504 种化合物材料中筛选出 30 种新型半导体材料。这些材料表现出优异的力学、热学和动力学稳定性，且展现出较小的凸包距离而有望在实验中合成出来。接下来，我们选取原子较重的 $AgBiTe_2$ 作为例子，证实该类材料的热电性质可以通过晶体结构工程进行调控，最终实现室温下 0.34 W/mK 的超低晶格热导率，调控 zT 值在高温下可达 2.7。在此基础上，我们通过扭转多面体单元，得到了 WS-torsion、RS-torsion、WR-torsion 三种新构型的 $AgBiTe_2$。计算结果显示，扭转构型的晶格热导率相较于母体材料有所降低，例如三声子作用下，WS-torsion-$AgBiTe_2$ 晶格热导率相较于母体由 0.74 W/mK 降为 0.28 W/mK，考虑四声子效应后，晶格热导率更是低至 0.14 W/mK。并且在一定程度上，扭转多面体单元改善了电子结构，提升了电学性能，使得在 800 K 时，n 型 WS-torsion-$AgBiTe_2$ 和 n 型 RS-torsion-$AgBiTe_2$ 的 zT 值分别达到 2.14 和 1.84。本工作将“填充四面体”规则拓广至六角密排结构中，且通过扭转多面体单元调控声子散射和电子结构。为高性能热电器件的优化提供了新的设计思路。

D52　吴梦悦

交流类型：快闪报告

氧惰性晶界实现钠掺杂 PbTe 高热电性能与湿度稳定性协同优化

吴梦悦、周重见

西北工业大学

热电材料可直接从广泛存在的废热中收集电能，对构建可持续发展的世界具有重要意义。然而，高性能热电材料通常面临环境稳定性差的问题，例如碱金属掺杂的硫族化合物对空气极其敏感，这严重限制了它们的规模化应用或在严苛服役环境中的推广。在此，我们展示了一种通过引入氧工程化晶界来稳定对湿气敏感的热电材料的策略，使这些晶界在基体中形成贯穿网络。氧工程能够高效钝化高空气敏感性热电材料 $Pb_{0.95}Na_{0.05}Te$ 的晶界，从而赋予其卓越的耐湿性。具有氧惰性晶界的 $Pb_{0.95}Na_{0.05}Te$ 可在沸水中工作超过 100 小时而无明显性能衰减。此外，氧惰性晶界还能动态捕获空穴，并在宽温区内将空穴浓度稳定在最优值附近。因此，$Pb_{0.95}Na_{0.05}Te$ 在 773 K 下实现了约 2.5 的峰值 ZT，并在 300–773 K 范围内获得了约 1.3 的平均 ZT。这项工作表明，化学惰性晶界可同时提升热电性能与环境稳定性，为实现高效且稳健的废热回收技术提供了一条可规模化推广的路径。

D53　李昌源

交流类型：快闪报告

I-V-VI_2族热电材料的局域原子结构及其低晶格热导率

李昌源、李文、杨龙、裴艳中

同济大学

热电材料能够实现热能与电能的直接转换，并且具备无移动部件、零有害排放等优势，为环境友好型能源技术提供了新途径。然而，热电参数之间的强耦合关联严重制约了材料性能的进一步提升。晶格热导率（κ_L）作为其中唯一可独立调节的参数，成为突破性能瓶颈的关键切入点。三元 I-V-VI_2族化合物因孤对电子诱导的本征低晶格热导率，受到了热电研究领域的广泛关注。鉴于此，本工作以 $AgSbSe_2$以及 $AgBiSe_2$作为研究对象，系统性地研究了其局域原子结构特征，并通过结构调控实现对晶格热导率的优化。

在这项工作中，我们针对无相变的 $AgSbSe_2$以及具有结构相变的 $AgBiSe_2$开展研究。通过合金化策略与原位相变调整局域原子排布，并借助 X 射线原子对分布函数（Pair Distribution Function，PDF）分析材料局域结构的演变规律，以阐明亚纳米尺度下的构效关系。在 $AgSbSe_2$中，Sb^{3+}离子上立体化学活性的孤对电子引发了显著的偏心效应，导致材料局域结构中出现明显的对称性破缺现象。通过调控阳离子空位浓度以及增强原子占位无序度等方式操纵了局域结构对称性，有效优化了其热传输性能。密度泛函理论计算验证了局域结构畸变与电荷分布之间的关联，证实了局域对称性破缺在降低晶格热导率中的关键作用。此外，借助新兴发展的单晶三维同步辐射 X 射线全散射实验方法，直接探测了材料独特局域结构对应的漫散射信号，获取了具有方向性的全散射信息并重建了三维原子对分布函数，证实了材料中非温度依赖的局域原子畸变，揭示了其本征低晶格热导率的结构起源。在 $AgBiSe_2$中，利用原位变温 PDF 研究了其本征相变过程，发现了相变诱导的局域结构畸变，并构建局域结构畸变模型加以解析。进一步分析揭示了高温相变过程中阳离子的有序化排布特征，结合反向蒙特卡洛（Reverse Monte Carlo，RMC）与 PDF 数据拟合，阐明了局域结构中阳离子的短程化学有序现象及其温度依赖性。本工作不仅阐明了 I-V-VI_2化合物在合金化以及相变过程中材料的局部结构演化规律，也为进一步的热电性能优化提供了实验依据以及理论指导。

D54　马宝鹏

交流类型：快闪报告

构建局域 Zn 空位提升 Zintl 相 $EuZn_2Sb_2$的热电效率

马宝鹏、张倩

哈尔滨工业大学（深圳）

热电材料可实现热能与电能的直接转换，在可持续能源领域具备广阔的应用前景。然而，电

子输运与声子输运之间的强耦合效应制约了其性能提升。本研究在 $EuZn_2Sb_2$ 基体中引入局域 Zn 空位，在有效散射声子的同时保留了较高的载流子迁移率。与此同时，局域 Zn 空位引发的晶格软化效应进一步降低了晶格热导率：300 K 温度下，材料晶格热导率由 $EuZn_2Sb_2$ 的约 2.6 $W\ m^{-1}\ K^{-1}$ 降至 $Eu_{1.05}Zn_{1.95}Sb_2$ 的约 1.7 $W\ m^{-1}\ K^{-1}$。由于 $Eu_{1.05}Zn_{1.95}Sb_2$ 可维持～150 $cm^2\ V^{-1}\ s^{-1}$ 的高载流子迁移率，其在 773 K 下获得了高达～0.96 的峰值热电优值 zT。此外，Ca 合金化引入了大量位错、纳米析出相与点缺陷，实现了全频谱声子散射，使材料在 773 K 时取得～1.1 的优良 zT 值，性能优于已报道的其他 $EuZn_2Sb_2$ 基热电材料。值得注意的是，基于 $EuZn_2Sb_2/Mg_3Sb_2$ 构建的器件在 480 K 温差条件下实现了约 11.1 % 的高能量转换效率。本研究证明，局域空位工程是解除电子-声子输运耦合的有效策略，为高性能热电材料的设计提供了新思路。

D55　任童威

交流类型：快闪报告

兼具优异热电性能与机械强度的三元柔性热电复合薄膜

任童威[1]、刘苗[1,2]、瞿三寅[1]、宗鹏安[2]、仇鹏飞[1]、陈立东[1]、史迅[1]

1. 中国科学院上海硅酸盐研究所　2. 南京工业大学

柔性热电材料在可穿戴电子和热能收集等领域具有重要应用前景，但无机热电材料与柔性聚合物复合过程中通常存在电输运性能与机械性能难以兼顾的问题。针对这一挑战，本研究构建了 $(Ta_{0.995}Mo_{0.005})_4SiTe_4$/PVDF/PBFDO 三元柔性热电复合薄膜，通过界面调控实现热电性能与机械性能的协同优化。其中，PBFDO 在无机晶须表面形成导电界面，改善晶须间的电荷传输；同时，PBFDO 与 PVDF 之间形成氢键，增强复合薄膜的界面结合与机械稳定性。研究发现，当 PBFDO 含量为 10 wt%时，复合薄膜在 300 K 下获得最高功率因子，达到 865 $\mu W\ m^{-1}\ K^{-2}$，ZT 达到约 0.37。XPS 和 Raman 表征表明，PBFDO 与无机晶须之间存在界面电荷转移及相互作用。优化后的复合薄膜断裂强度达到 158 ± 3.1 MPa，拉伸模量达到 10.1 ± 0.5 GPa。该研究表明，通过有机–有机–无机界面调控，可实现柔性复合材料热电性能与机械性能的协同优化，为高性能柔性热电材料的设计提供了一种可行策略。

墙报展示

P1-001 热电材料电子结构中自旋轨道耦合效应的第一性原理研究—以 PbTe 为例

卢玲燕、孙宜阳

中国科学院上海硅酸盐研究所

P1-002 掺杂效率在评价掺杂剂有效性方面的局限性：来自 SnSe 晶体的启示

刘荣、石浩男、宿力中、白培康

太原科技大学

P1-003 合成路径调控的原子有序化优化了 Bi_2SbSe_3 的热电输运性能

王晓倩[1]、白树林[2]、王思宁[2]、文熠[2]、宿力中[1]

1. 太原科技大学

2. 北京航空航天大学

P1-004 Sn 掺杂 Bi_2Te_3 引入共振态还是杂质态？

葛天乐、付晨光、朱铁军、刘洋、朱伟凡、胡丽蓉

浙江大学

P1-005 碱金属插层诱导复杂晶格工程实现 PbTe 基材料超低热导率和增强热电性能

张佳音、闫玉丽、曾在平

河南大学

P1-006 多位点协同工程提升 p 型 Mg_3Sb_2 基热电性能

郎雨楠、闫玉丽

河南大学

P1-007 机器学习势探究钚氢化物的晶格热导

王地、杨鹏飞、钱是君、钱晓静、邱睿智、余慧龙

中国工程物理研究院材料研究所

P1-008 高压极端条件下 CoSbS 的结构稳定性和热电性能

王涛、朱红玉、陈实月、宿太超

桂林理工大学

P1-009 双空位的形成赋予 Cu_2-IV-Se_3 材料优异的热电性能

莫亚琳、侯晨曦、卢旭

重庆大学

P1-010 $Mg_2Sn_{1-x}Sb_x$ 异构固溶体中反常载流子输运与热电性能优化研究

胡志延、刘建华、冯涛、刘玮书

南方科技大学

P1-011 Cu 取代驱动能带与声子工程解耦 n 型 Fe_2VAl 基合金电热输运

王永贵[1]、叶先峰[1]、余健[2]、赵文俞[1]

1. 武汉理工大学

2. 九江学院

P1-012 Zintl 相 Mg_3Sb_2 中多面体连接方式的拓扑重构实现本征电子-声子解耦

李阳光[1]、曾在平[2]、冯真真[1]

1. 河南大学物理与电子学院计算材料科学研究所

2. 河南大学纳米科学与材料工程学院

P1-013 巡游电子磁涨落实现 $YbAl_3$Kondo 晶格中的电热输运解耦

魏明旭、王正、贺丹琪、聂晓蕾、赵文俞

武汉理工大学

P1-014 反钙钛矿衍生物 Ba_3SbX_3（X=Br，I）中的非谐声子与热输运研究

李舒欣、胡欣然、祁宁、陈志权

武汉大学

P1-015 对称性破缺协同调控孤对电子活性与轨道分裂的链状热电材料

白树林、胡艺轩、秦炳超、赵立东
北京航空航天大学

P1-016 空位有序型双钙钛矿 A_2TiCl_6 (A = K, Rb, Cs) 中的高阶非谐效应与反常热输运

胡欣然
武汉大学物理科学与技术学院

P1-017 晶格素化和能带工程实现可放量化的高效 N 型 Bi_2Te_3 热电材料

刘东锐、赵立东
北京航空航天大学

P1-018 湿度对聚苯胺/碳纳米管复合薄膜热电性能的影响

李龙威、罗盘、宋建辉、陈光明、梁丽荣
深圳大学材料学院

P1-019 超价键合金化稳定立方 GeSe 以增强热电性能

叶媛、黄彬荣、庄华鹭、胡利鹏
深圳大学材料学院

P1-020 晶格过阻尼诱导准一维 KCu_7S_4 声子与载流子输运的各向异性解耦

张勇峰、陈瑶、韩广、周小元
重庆大学

P1-021 单晶 Mg_3Bi_2 的低热导率及其受电子-声子相互作用增强的热电功

冯强、刘灰礼
上海科技大学

P1-022 设计带电刃位错面向高性能热电材料

韩帅
陕西省西安市碑林区西北工业大学友谊西路 127 号

P1-023 通过 Pd 掺杂解耦电输运特性在 p 型 $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ 热电材料中实现高性能

梁超[1]、**石浩男**[1]、**宿力中**[1,2,3]、**白培康**[1,2]

1. 太原科技大学
2. 山西省可控金属凝固与增材制造重点实验室
3. 先进不锈钢材料国家重点实验室

P1-024 NEPHONON：基于神经进化势的高效声子计算程序

刘鹏飞[1,2]、**张永胜**[3]

1. 中国散裂中子源
2. 中国科学院高能物理研究所东莞研究部
3. 曲阜师范大学

P1-025 通过链状扭曲调控准一维磷基材料的优异热电性能

马江将[1]、**张旦**[1,2,3]、**马荣荣**[1]、**闵昌胜**[4]、**袁志红**[1]、**张笑笑**[1]、**刘鹏飞**[2,3]、**周瑜**[5]、**李静玉**[6]、**殷雯**[2,3]

1. 山西师范大学，物理与电子工程学院
2. 中国科学院高能物理研究所
3. 散裂中子源科学中心
4. 西北工业大学 凝固技术国家重点实验室、工业和信息化部辐射探测材料与器件重点实验室
5. 南京工业大学化学工程学院，材料化学工程国家重点实验室
6. 东莞理工学院，中子散射与先进光源中心

P1-026 Fe 位 Cu 取代协同优化 Fe_2VAl 基 full-Heusler 合金热电性能

李孟扬、余健、赵文俞

武汉理工大学

P1-027 基于 Mg_3Sb_2 结构的二维层状热电材料设计及电声解耦输运机制研究

张慧云、闫玉丽、赵高峰、冯真真

河南大学物理与电子学院计算材料科学研究所

P1-028 Fe 掺杂调控笼目材料 YMn_6Sn_6 的磁性与热电输运性能

汤志鑫、魏平、赵文俞
武汉理工大学

P1-029 室温以下热电材料全谱发射率的原位测量

葛一璇
南京航空航天大学
中国科学院物理研究所

P2-001 TransOpt 3.0：AI 辅助开发的支持电声重整化和多种第一性原理程序接口的电输运算法

吴雅颂、奚晋扬、杨炯
上海大学

P2-002 基于深度学习势函数预测的 Mg-Te-Pb 三元热电材料： 兼具低热导率与高力学韧性

王新选、雷振帅、李国栋、翟鹏程
武汉理工大学

P3-001 构型熵调控氧空位协同优化 $SrTiO_3$ 基陶瓷热电性能

曹鹏、吴艳慧、彭盼盼、王洪超、王春雷
山东大学

P3-002 Se 阴离子晶格工程稳定 $AgSbTe_2$ 服役性能

杜雅婷、魏平、赵文俞
武汉理工大学

P3-003 负焓实现高稳定高性能的 GeTe 热电材料

刘旭升 [1,2,3]、**李鹏** [1]、**江彬彬** [1]、**罗成然** [4]、**王雅君** [1]、**梁林龙** [2]、**唐琪琦** [1,2,3]、**贾宝海** [3]、**陈弘毅** [4]、**黄振龙** [1,2]、**姚光** [2]、**王戊** [5]、**林媛** [2]、**何佳清** [3]
1. 电子科技大学深圳高等研究院
2. 电子科技大学材料与能源学院
3. 南方科技大学物理系
4. 中南大学化学与化工学院
5. 深圳技术大学集成电路与光电芯片学院

P3-004 高度无序 $CuIn_7Se_{11}$ 层状化合物的超低晶格热导率和非凡的热电性能

黄厚东、杨振、苏贤礼、唐新峰

武汉理工大学材料复合新技术全国重点实验室

P3-005 多元化合物掺杂协同缺陷工程与第二相散射提升 n 型 $Mg_3(Sb, Bi)_2$ 热电性能

梁静轩、郑树启

中国石油大学（北京）

P3-006 钇介导的缺陷消除实现了 Bi_2Te_3 的高平均热电性能

刘若璞[1]、宋鲁平[1]、郑哲[1]、周琳森[1]、王源[2]、杨磊[2]、魏智杰[1]、王衡阳[1]、邓舜杰[1]、雷林[1]、赵一英[1]、石岩[1]、任广坤[1]、林元华[3]

1. 中国工程物理研究院
2. 四川大学
3. 清华大学

P3-007 用于层状 n 型硒化亚锡中协同热电输运优化的铒元素诱导的能带边工程

许倬铭、秦文宁、Rafique Azam、Mazhar Hussain Danish、李甫、梁广兴、罗景庭、郑壮豪、陈跃星

深圳大学

P3-008 通过调控能带结构与晶格位错在 n 型 Ge/Pb/Br 共掺杂多晶 SnSe 中实现高热电性能

耿杨

南京理工大学

P3-009 通过 XCl_2（X = Cd、Zn）掺杂驱动的能带与缺陷工程协同优化 $CuGaTe_2$ 的电热输运性能

雒思潼、郑树启

中国石油大学（北京）

P3-010 铜间隙掺杂热激活 Rattling 效应协同优化 $La_{3-x}Te_4$ 热电性能

乔枫[1]、夏盛清[1]、刘小村[2]
1. 山东大学
2. 山东交通学院

P3-011 具有高热电优值的熵工程 n 型铅硫族化物的原子级设计

袁子凌、吴梦悦、韩帅、周重见
西北工业大学

P3-012 Pb 掺杂增强 $AgSbTe_2$ 稳定性与热电性能

唐鑫、张宇
浙江大学温州研究院

P3-013 制备高性能 n 型 $Mg_3(Sb,Bi)_2$ 基热电材料及其器件研究

潘政牛、苗蕾
广西大学

P3-014 立方结构高熵 GeSe 基化合物热电与机械性能的协同优化

李航、赵鹏、徐波
燕山大学

P3-015 碲化锑铋基热电薄膜的制备与性能研究

陈杰、徐桂英、王文君、唐陈、钱娜、陈吉堃
北京科技大学

P3-016 高集成度 GeTe 薄膜热电器件用于极端环境

刘泽昊、曹峰
哈尔滨工业大学（深圳）

P3-017 用于自供电器件与多级信息加密的高品质硒化亚锡薄膜

冯兰友、曹峰

哈尔滨工业大学（深圳）

P3-018 热拉法结合激光再结晶技术制备单晶碲芯热电纤维

张鹏宇[1,2]、孙敏[4]、申亚南[1]、杨啸[1,3]、张挺[1,2,3]

1. 中国科学院工程热物理研究所
2. 中国科学院大学
3. 南京未来能源系统研究院
4. 西安交通大学

P3-019 自旋涨落驱动 n 型 PbSe 热电势增强及电热输运解耦

钟瑞奇、何佳清

南方科技大学

P3-020 通过缺陷工程和增强共价键提高 Cu_3SbSe_4 基材料的热电和机械性能

王韬、隗思彤、于露、冀臻、雒思潼、梁静轩、宋卫余、郑树启

中国石油大学（北京）

P3-021 多尺度缺陷协同优化 n 型 PbSe 的热电性能

司鹏丽、王超

河南大学

P3-022 范德华晶界和熵工程实现 SnTe 的宽温高热电性能

杨淑幻、贾宝海、何佳清

南方科技大学

P3-023 全温区载流子浓度优化与非谐性工程协同提升 n 型 PbS 平均热电优值

魏一青[1]、卢旭[2]

1. 重庆师范大学
2. 重庆大学

P3-024 Zn 固溶与 P 缺位协同优化 Cd_3P_2 基材料的中温热电性能

徐文洋、王国玉
重庆大学

P3-025 胶体法合成 Mn 掺杂 Cu_5FeS_4 二十面体以构筑高密度孪晶界并提升热电性能

王晶、王国玉
重庆大学

P3-026 固相法制备 Full-Heusler 合金 Fe_2TiSi 块体材料及其热电磁性能

胡富国、梁栋、余健、赵文俞
武汉理工大学

P3-027 通过调整载流子浓度和阴离子框架结构，在 Zintl 相材料 $CaCd_2Sb_2$ 中实现优异热电性能

张淼、张智康、王心宇
湖北师范大学

P3-028 Ag 掺杂协同后硒化处理实现柔性 Bi_2Se_3 薄膜热电及机械性能的同步优化

高志、王淑芳
河北大学

P3-029 通过调控键极性与多尺度缺陷结构优化近室温 $Mg_3(Sb, Bi)_2$ 热电材料性能

黄妍琪、林泽豪、杨旻文、姜佳浩、林俊宇、马煜坤、曹晴、唐富强、章辉、帅晶
中山大学

P3-030 硒化银薄膜的原位制备及热电性能研究

王路昕、雷岩、魏萌、李佳慧、郑直
许昌学院

P3-031 通过优化制备工艺实现 p 型$(Mg_{3.2}Sb_2)_{0.5}(YbZn_2Sb_2)_{0.5}$基材料高效稳定的热电性能

任雪莲、朱宏攀、韩广、周小元、王国玉
重庆大学

P3-032 Bi 掺杂诱导的界面修饰对 Ag_2Se 薄膜织构及热电性能的影响

李佳慧、魏萌、雷岩、王路昕、郑直
许昌学院

P3-033 N 型碲化铋材料热电性能和机械性能的协同优化

王康鑫、翟庆来、徐海航、李志亮、王淑芳
河北大学

P3-034 国产六面顶压机高压热压快速制备细晶 SnTe 块体材料及其热电与力学性能提升

沈涛
燕山大学

P3-035 P 型碲化铋基材料的热电性能优化

翟庆来、李志亮、王康鑫、徐海航、王淑芳
河北大学

P3-036 室温 $Mg_3(Sb,Bi)_2$ 基材料中应力诱导结构调制与热电输运性能研究

刘建华、胡志延、冯涛、刘玮书
南方科技大学

P3-037 性能稳健性引领天然矿物基热电材料的发展

姜帅洲、冀霄、卢旭
重庆大学

P3-038 多级界面设计调控介孔半导体薄膜电子与声子散射及其热电性能

崔雪琼[2]、**任元**[2]、**朱蓓蓓**[1,2]

1. 浙江万里学院

2. 东南大学

P3-039 通过能带工程和缺陷引入提升 $AgSbTe_2$ 的热电性能

王雨晴[1]、**卢旭**[2]、**周云**[1]

1. 上海海事大学

2. 重庆大学

P3-040 高性能热电材料及其制备与表征

崔丕松、雒思潼、郑树启

中国石油大学（北京）

P3-041 构建原子级界面实现α-MgAgSb 热电性能与机械性能协同调控

袁振磊、杨东衡、赵怀周

中国科学院物理研究所

P3-042 原子面间距可作为掺杂 BiCuSeO 中载流子-声子解耦与能带收敛的结构指示因子

于鹏禄、兰金叻、于运花、贾晓龙、杨小平

北京化工大学

P3-043 Mn/Sb 共掺杂 GeTe 中的载流子调控、能带收敛及声子输运的协同优化研究

林慧婷、祁宁、陈志权

武汉大学

P3-044 Mn 掺杂提升晶格对称性优化菱方相 GeSe 热电材料的电输运性能

邱玉婷、王思宁、赵立东

北京航空航天大学

P3-045 热挤压优化 p 型 Mg_3Sb_2 基材料热电性能

任沛锋、朱琛宇、杨鑫宇、张强

太原理工大学 新材料界面科学与工程教育部重点实验室

P3-046 焓-熵协同驱动 $GeSnTe_2$ 相结构转变与热电输运性能研究

杨星、何佳清

南方科技大学

P3-047 高能球磨结合 SPS 制备 BiI_3 掺杂/MWCNTs 复合 n 型 $Bi_2Te_{2.4}Se_{0.6}$ 及其热电性能研究

胡佳丽

桂林电子科技大学

P3-048 晶粒细化与半相干界面的构建协同优化 P 型 $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ 的热电性能

姜政、王超

河南大学

P3-049 Cu 掺杂调控无碲 Bi_2Se_2S 的载流子输运与热电性能

张华靖、Suniya Siddique、陈瑞华、温祖豪、李甫

深圳大学

P3-050 Bi_2O_2Se/Bi_2Se_3 的原位复合及其热电性能研究

吴育军、周志方

中南大学

P3-051 低对称性 Cu_2HfTe_3 中弱 p-d 轨道杂化驱动多能谷输运与能带嵌套效应实现优异热电性能

徐师轲[1]、明洪蔚[2]、郑云鹏[1]、罗中箴[1]、邹志刚[3]

1. 福州大学
2. 闽都创新实验室
3. 南京大学

P3-052 室温立方相高性能无铅 GeTe 基材料

王伟帅、王自昱

武汉大学

P3-053 织构诱导优势电子输运增强 Mg_3Bi_2 磁热电性能

赵浩然[1]、周子涵[2]、冯涛[1]、刘玮书[1]

1. 南方科技大学

2. 辛辛那提大学

P3-054 通过分步结构调控实现柔性 Ag_2Se 薄膜的优异热电性能

李铭萱、吕文乾、兰金叻

北京化工大学

P3-055 拓宽 SnSe 中 Cmcm 相的温度区间以实现高热电性能

高天[1]、文熠[1]、白树林[1]、宿力中[2]、常诚[1]、白培康[2]、赵立东[1]

1. 北京航空航天大学

2. 太原科技大学

P3-056 通过高温熔融构建三维结晶网络以提升导电聚合物的热电性能

邓尚

深圳大学

P3-057 Point Defect Engineering and Thermoelectric Properties of p-Type Half-Heusler Alloys Revealed by Synchrotron X-ray Diffraction

Zhicheng Huang[1]、Hiroaki Konishi[1]、Hezhang Li[2,3]、Xue Nan[1]、Nagendra Singh Chauhan[1]、Yuntian Fu[1]、Kei Hayashi[1]、Jing-Feng Li[1,3]、Yuzuru Miyazaki[1]

1. Department of Applied Physics, Graduate School of Engineering, Tohoku University

2. Department of Precision Instrument, Tsinghua University

3. State Key Laboratory of New Ceramic Materials, School of Materials Science and Engineering, Tsinghua University

P3-058 通过引入含氯化合物降低晶格热导率来提高 n 型 $Mg_{3.2}Sb_{1.5}Bi_{0.5}$ 的热电性能

董龄希、梁静轩、郑树启
中国石油大学（北京）

P3-059 射频等离子体辅助气相沉积 N 型 $Bi_2Te_{2.7}Se_{0.3}$ 基热电薄膜及其成分-微结构调控

王文君、陈杰、钱娜、唐陈、徐桂英、王戈
北京科技大学

P3-060 低温溶液法制备 Ag_2Se-ZnSe 纳米复合材料及其热电性能研究

谭培芳、邵瑞棒、张宇
浙江大学温州研究院

P3-061 Co 掺杂 $AgSbTe_2$ 基热电材料性能研究

戴伟、张宇
浙江大学温州研究院

P3-062 通过原位分解策略优化 $(Bi,Sb)_2Te_3$ 的热电性能

秦健、胡利鹏、庄华鹭
深圳大学

P3-063 通过重构畴结构实现高性能 $AgBiSe_2$ 热电材料

曹莹[1]、王默然[2]、何佳清[2]、庄华鹭[1]、胡利鹏[1]
1. 深圳大学
2. 南方科技大学

P3-064 两步置换策略增强 NbFeSb 基合金的热电性能

陈畅、庄华鹭、刘福生、胡利鹏
深圳大学

P3-065 高温高压下 SnS 的高热电性能

高语崎
吉林大学

P3-066 Na_2S 辅助固相合成改性 PbTe 基热电材料的微结构-组分协同调控

卢少卿[1,2]、刘玉[2]、张宇[1]

1. 浙江大学温州研究院

2. 合肥工业大学

P3-067 高密度位错调控 n 型硅化合物热电输运性能

赵东尧[1]、杨曼曼[2]、孔德颖[1]、董向阳[1]、陈欣[1]、刘晓兵[1]、孙海瑞[1]、张永胜[1]

1. 曲阜师范大学

2. 淮南师范学院

P3-068 $CuCl_2·2H_2O$ 复合对 $Bi_{0.4}Sb_{1.6}Te_3$ 材料热电性能的影响

屈相、莫宇涛、胡欣然、祁宁、陈志权

武汉大学

P3-069 硒化银基复合材料的第二相构筑及热电与力学性能提升

蒲宇、王恒阳、韩广、周小元

重庆大学

P3-070 多尺度微结构工程提升 Cu_3SbSe_4 基类金刚石化合物的热电性能

王文莹、赵德刚

济南大学

P3-071 N 型 Mg_3Sb_2 基热电材料热稳定性能研究

陈禹同[1,3]、商红静[1,2]、王晓雷[1]、古宏伟[1,2]、张忠华[3]、李桂村[3]、丁发柱[1,2]

1. 中国科学院电工研究所

2. 齐鲁中科先进电磁驱动技术研究院

3. 青岛科技大学

P3-072 选区激光熔化 Bi_2Te_3 基合金的热电性能优化：Te/Se 挥发补偿与 Bi_2S_3 晶格调控

聂鑫、唐军

四川大学

P3-073 化学锚定过量银与非对称带隙重塑实现高性能 n 型碲化铅热电材料

姚敏[1]、张忠玮[1]、江泽鑫[2]、周琦[1]、赵世原[1]、陆湘淇[1]、张智翔[2]、朱思靖[1]、陈俊良[2]、高杰[2]、彭英[2]、苗蕾[1]

1. 广西大学
2. 桂林电子科技大学

P3-074 Se、S 共掺杂策略提升 n 型碲化铋近室温热电性能

陈俊庭

桂林电子科技大学

P3-075 靶向间隙原子实现稳定的 $Mg_3(Bi，Sb)_2$

田雨、夏盛清

山东大学晶体材料全国重点实验室

P3-076 高熵 Mg 基热电材料中的相稳定机理和性能调控

高昊天[1]、赵琨鹏[1]、史迅[1,2]

1. 上海交通大学
2. 中国科学院上海硅酸盐研究所

P3-077 基体平坦化导致塑性 $Cu_2Se/SnSe$ 具有较高的热电性能

应盼

南京理工大学

P3-078 液态热化电池热电转换效率及优值因子的表征

赵培君

华中科技大学

P3-079 p 型 Bi_2Te_3 基材料的垂直转角挤压制备与热电性能

李貌、郜顺奇、苏贤礼、唐新峰

武汉理工大学

P3-080 缺陷诱导的局域对称性破缺引发晶格软化实现 $CuInTe_2$ 化合物的优异热电性能

仲亚琼、文习礼、苏贤礼、唐新峰

武汉理工大学

P3-081 P 型 PbSe：从中温区发电到近室温制冷

刘世博、赵立东
北京航空航天大学

P3-082 化学压力诱导的 SnTe 高阶声子散射与热输运调控

李志昊、翟近泽、王洪超、王春雷
山东大学

P3-083 平带和缺陷工程调控 Fe_2VAl 基 full-Heusler 合金电热输运性能

余健[1]、梁栋[2]、叶先锋[2]、魏平[2]、赵文俞[2]
1. 九江学院，材料科学与工程学院，材料表面工程江西省重点实验室
2. 武汉理工大学材料复合新技术国家重点实验室

P3-084 原位生成的第二相促进 $Bi_{0.42}Sb_{1.58}Te_3$ 合金电子-声子解耦并提升其力学性能

刘一林、梁昊、王崇宇、俞江湖、岳康、邓骞、荣菊、冯晶、葛振华
昆明理工大学

P3-085 通过调制包晶凝固快速制备本征 $CoSb_3$ 热电方钴矿

郭启航、李斗、李楠、王伟丽
西北工业大学

P3-086 PbI_2 驱动的多尺度缺陷工程实现 $Nb_{0.8}Ti_{0.2}FeSb$ 优异热电性能

彭盼盼、王洪超、王春雷
山东大学

P3-087 NbFeSb 合金的微观缺陷重构与热电性能

胡建红、彭盼盼、李志昊、王洪超、王春雷
山东大学

P3-088 有限 Dy 填充与非刚性带输运：Dy 填充 $CoSb_3$ 方钴矿热电材料的制备与热电性能

郝海东、耿慧远、祝昊、杨启智、金少成、田修波、屈钰涵
哈尔滨工业大学

P3-089 磁场调控热输运提升β-WP_2低温 Nernst 热电性能

李文浩、杨杰、王越、武帅、谢天、宁彦明、杨小龙、王国玉、余锦程、周小元、潘瑜
重庆大学

P3-090 高压诱导 Ag 纳米孪晶协同提升 Ag_2Te 的塑性与热电性能

姜尔卓、李梓锋、段波、冯骁斌、李国栋
武汉理工大学

P3-091 基于谐波探测的纤维热电性能原位表征方法

申亚南、张鹏宇、杨啸、张挺
中国科学院工程热物理研究所

P3-092 压力形变诱导 $Bi_{88}Sb_{12}$多晶织构及热电性能增强

周路佳、潘瑜
重庆大学

P3-093 深过冷快速凝固 GeTe 基合金的组织调控及热电性能优化

刘广辉、马双雄、李斗、王伟丽
西北工业大学

P3-094 CeO_2 原位钝化增强 SiGe 基热电材料的制备及性能研究

金少成、耿慧远
哈尔滨工业大学

P3-095 基于双面热损失拟合的 PbTe 与 Bi_2Te_3 热物性参数表征

张宇、胡晓凯
桂林电子科技大学

P3-096 高致密碲薄膜的电化学沉积及物性表征

王琳涵 [1,2]、**李琮** [1,2]、**梁文杰** [1,2]、**李国栋** [1,2]
1. 中国科学院物理研究所
2. 中国科学院大学

P3-097 p 型 TaFeSb 基 half-Heusler 热电材料性能优化研究

田函肇 张倩

哈尔滨工业大学（深圳）

P4-001 一种用于极端环境的内置全周期紫外光感知的智能锌空气电池

刘昊东、福英、张辛、王俊

内蒙古大学

P4-002 高取向高稳定性 SnSe 热电薄膜及其热电器件研究

王晴、郭志贤、王淑芳

河北大学

P4-003 用于连续太阳能收集的辐射调节折纸式热电发电机

孙祺、陈光明、杜春雨

深圳大学

P4-004 功率放大电路设计与热电器件系统应用

陈荣骏、周毅

东南大学电子科学与工程学院

P4-005 面向自供能健康监测与机器人交互感知的柔性热电器件及系统设计

陈坤豪、逯瑶

南方科技大学深港微电子学院

P4-006 N 型 Bi_2Te_3 基热电器件阻挡层界面研究

邵瑞棒、张宇

浙江大学温州研究院

P4-007 结合相变热沉的 3D 打印高性能 Bi_2Te_3 热电器件

宋健 [1,2]、崔公鹏 [1,2]、冯昌平 [2]、古宏伟 [1]、商红静 [1]、丁发柱 [1]

1. 中国科学院电工研究所

2. 青岛理工大学

P4-008 Co 阻挡层实现 Ag_2Se 热电器件界面低电阻化与高结合强度

刘天乐[1]、高杰[1]、苗蕾[2]
1. 桂林电子科技大学
2. 广西大学

P4-009 薄膜热电器件低阻稳定界面的构筑及性能研究

鲁梦阳，侯帅航，王淑芳
河北大学

P4-010 基于温差发电供能的冶金炉高温壁面接触测温系统开发

马纯斌、李梦玮、霍海龙、张智羽、张立、黄军
内蒙古科技大学能源与环境学院

P4-011 Bi_2Te_3 基微型热电制冷器中 Sn-Sb 替代 Au-Sn 焊料的界面反应机制与可靠性

张鸣奇、杨东旺、鄢永高、唐新峰
武汉理工大学

P4-012 基于黏附性水凝胶键合界面降低可穿戴热电器件热阻，实现全天候自供能健康监测

张梓楠、杨东旺、鄢永高、唐新峰
武汉理工大学

P4-013 可控的温和界面反应促进半 Heusler 热电器件的高强度低电阻率阻挡层

梁健
大连理工大学

P5-001 脆性多晶 Bi 热电半金属的热辊轧取向塑化

陈孝徽、高治强、仇鹏飞、陈立东、史迅
中国科学院上海硅酸盐研究所

P5-002 Ag 过量提高 Ag_2Se 基热电材料塑性

姚祎韬[1,2]、高治强[1]、仇鹏飞[1,2]、周佳丽[1,2]、张家伟[1,2]、吴雅颂[3]、杨炯[3]、史迅[1,2]

1. 中国科学院上海硅酸盐研究所

2. 中国科学院大学

3. 上海大学

P5-003 用于低温度梯度能量收集的一体化共烧结全 SnSe 基柔性热电发电器件

田宇、秦炳超、赵立东

北京航空航天大学

P5-004 热电材料 PbQ（Q=S，Se，Te）化合物的力学性能

冯恒阳、魏天然

上海交通大学

P5-005 面向高效太阳能利用的一体化光热电耦合器件

张睦豪

河北大学

P5-006 Cu_2Se 基热电薄膜性能优化与热电堆型热流传感器研究

刘炳尚

河北省保定市莲池区五四东路河北大学

P5-007 脉冲激光沉积制备 GeTe 大面积单晶热电薄膜

邱士昊

河北大学

P5-008 Sb_2Te_3 沉积诱导界面工程实现高热电性能的 SWCNTs 薄膜及器件设计

刘元梦[1]、史晓磊[2]、王自昱[1]、陈志刚[2]

1. 武汉大学

2. School of Chemistry and Physics, ARC Research Hub in Zero-emission Power Generation for Carbon Neutrality, and Centre for Materials Science, Queensland University of Technology, Brisbane, Queensland 4000, Australia.

P5-009 磁控溅射靶基距对 $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ 薄膜取向及热电性能的调控研究

孙伟、刘伟迪

南京理工大学

P5-010 通过锶掺杂诱导晶格畸变提高 $BaFe_{12}O_{19}$ 的辐射散热性能

任仕成、朱婉婷、赵文俞

武汉理工大学

P5-011 多层结构 BST/Fe/BST 热电磁厚膜中有序磁性单元触发优异热电转换性能

房冰冰、张昊俊、聂晓蕾、赵文俞

武汉理工大学

P5-012 Nd 取代 CeO_2/PDMS 宽带红外辐射散热涂层在热电制冷中的应用

张琛卓[1]、段誉[1]、刘明瑞[2]、朱婉婷[1]、赵文俞[1]、张清杰[1]

1. 武汉理工大学

2. 广东省佛山仙湖实验室

P5-013 室温低成本可控制备塑性热电半导体

尹庭威[1]、Dejwikom Theprattanakorn[1,2]、邢通[1]、仇鹏飞[1]、Supree Pinitsoontorn[2]、史迅[1]

1. 中国科学院上海硅酸盐研究所

2. Khon Kaen University

P5-014 K 掺杂调控塑性 $Ag_2S_{0.7}Te_{0.3}$ 材料的热电性能与力学性能

郑雯文、高治强、史迅、仇鹏飞

中国科学院上海硅酸盐研究所

P5-015 柔性热电器件的拓扑物理设计与性能调控

江海杨、周毅

东南大学 电子科学与工程学院

P5-016 冷喷涂 $Ag_2Te_{0.6}S_{0.4}$ 热电材料的各向异性力学及热电性能研究

陈沈昊天 [1,2]、**钱宇龙** [1]、**程城** [1,2]、**龙腾** [1]、**郑颖** [1]、**段兴凯** [1]

1. 九江学院
2. 上海理工大学

P5-017 缺陷调控的 SnTe 薄膜热电输运及其柔性能量收集应用

郭楚佳、陈跃星

深圳大学

P5-018 热痛觉可视化的柔性热电双模态感知系统研究

邝凤霞 [1]、**郭存悦** [2]、**陈光明** [1]

1. 深圳大学
2. 中国科学院大学

P5-019 高性能 PEDOT:PSS/SnSe 热电复合纤维的制备与可穿戴器件集成

霍迪迪 [1,2]、**赵德刚** [2]、**逯瑶** [1]

1. 南方科技大学
2. 济南大学

P5-020 高性能柔性 Bi_2Te_3 热电薄膜和可穿戴发电器件设计

李国辉 [1,2,3]、**刘洪权** [2]、**古宏伟** [1,3]、**商红静** [1,3]、**丁发柱** [1,3]

1. 齐鲁中科电工先进电磁驱动技术研究院
2. 山东科技大学青岛
3. 中国科学院电工研究所

P5-021 原子尺度二硫化钼的制备与热输运调控

和嘉怡、王者风、刘灰礼

上海科技大学

P5-022 柔性热电腰带：实现可回收的自供能手势识别可穿戴设备

贾涵、杨东旺、鄢永高、唐新峰

武汉理工大学

P5-023 通过非对称准孪晶界诱导的互锁滑移机制克服共价萤石型化合物的本征脆性

雷振帅、王新选、李文娟、冯骁斌、段波、李国栋、翟鹏程
武汉理工大学

P5-024 低温热电材料 $Bi_{1-x}Sb_x$ 的力学性能

付岭、魏天然
上海交通大学

P5-025 硒空位湮灭主导的硒化银热电材料中载流子浓度调控策略

焦骝洋、刘庆丰
南京工业大学

P5-026 双相结构优化 $Ag_{1.995}Te_{0.5}S_{0.5}$ 热电性能与力学性能

朱敏、刘庆丰
南京工业大学

P5-027 飞秒激光表面熔融实现辊压 $Ag_1Cu_1S_{0.08}Se_{0.22}Te_{0.7}$ 柔性热电薄膜电热输运解耦与性能提升

高子昂、赵琨鹏
上海交通大学

P6-001 热电与电化学能源转换中的界面传输：金属–空气电池的多相调控

福英
内蒙古大学物理科学与技术学院

P6-002 等离子体驱动光热电效应激活介孔钛酸锶用于近红外抗菌治疗

孙亚宁、王俊
内蒙古大学

P6-003 NPN 异质结热电晶体管制冷器件及其制冷性能研究

唐陈[1]、南波航[1]、刘晓东[2]、徐桂英[1]

1. 北京科技大学

2. 波多黎各大学综合癌症中心

P6-004 CuNi/BiSbTe 复合电极及其热电增强氨氧化性能研究

周祖雄、梁哲铭、王潇漾、朱思靖、穆晓江、苗蕾

广西大学

P6-005 基于飞秒激光微加工的 Bi_2Te_3 热电材料表面处理及其界面性能优化研究

吴炫辉、苏贤礼

武汉理工大学

P6-006 光电热电耦合协同提升光伏电池效率

傅平

中国科学院大连化学物理研究所

P6-007 层间耦合作用调控多层 MXene 的热电输运行为

黄裕斌

哈尔滨工业大学（深圳）

P6-008 蒙医针灸针体银合金材料的制备与性能研究

乌日力嘎、王俊

内蒙古大学

P6-009 Cold spraying-an effective shapable method for preparing high performance Bi_2Te_3-based thermoelectrics

段兴凯[a]，胡沁雪[b]，钱宇龙[a]，程展旗[a]，Liang-Cao Yin[c]，Qingfeng Liu[c]，Li Sun[d]，Dong-Wei Ao[e]，刘伟迪[b]

[a] 九江学院 资源环境学院

[b] 南京理工大学 材料科学与工程学院

P6-010 The intrinsic effect of 3d transition metal doping on thermoelectric performance of $Mg_3(Bi,Sb)_2$ - based materials

Yu Tian,Yifei Guan,Fang yu,Jichao li,Shengqing Xia,Jian Liu

State Key Lab of Crystal Materials, School of Physics, Shandong University

P6-011 双空位机制结合共振能级协同优化 N 型多晶 SnSe 热电性能

贡亚茹，唐国栋

南京理工大学

P6-012 基于相图设计 n 型方钴矿热电材料及其性能研究

任运孜，张倩

哈尔滨工业大学（深圳），材料科学与工程学院

P6-013 基于相平衡的 ZrCoSb 基热电器件界面设计

张轩赫，张倩

材料科学与工程学院，哈尔滨工业大学（深圳）

会议记录

会议记录

会议记录

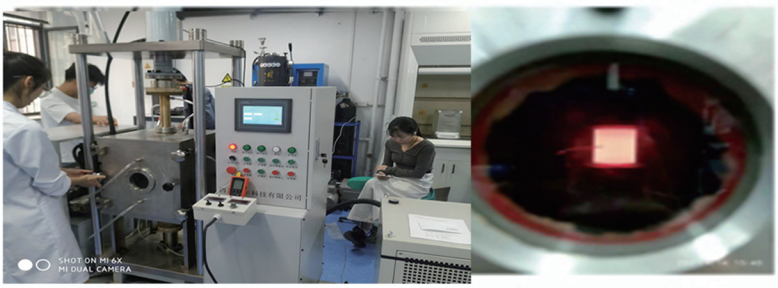
会议记录

四川蓝丰科技有限公司

蓝丰科技 Sichuan Lanfeng Technology Co., Ltd.

SPS真空烧结炉

在10多年前我们生产出第一台直流放电烧结炉后，这些年不断的进行技术升级，目前的产品完全可以替代国外的SPS。





SPS真空烧结炉(大尺寸)实现了自动升温烧结系

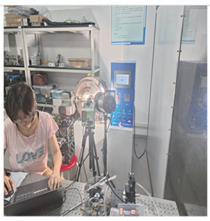


低压多温段高温炉(最高能到1800层)



高温高速旋转炉(高速旋转能达20000转)

用于航空发动机叶轮材料形变测试



三温段热电效应测试仪

高温、常温、低温最低能到零下160度



卧式热挤压机

用于谐化祕材料 烧结与挤压为一体的棒材设备



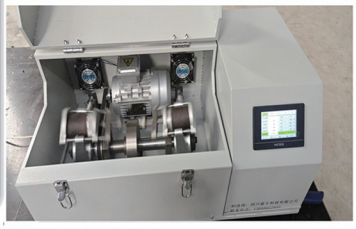
真空焊接炉

用于热电器件焊接



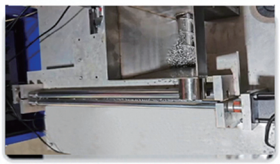
高能球磨机

用于粉料研磨:我们生产的球磨机与进口的球磨机不同点，实现了速度可调，自动正反转旋转，让材料在罐内改变运动轨迹制备出的材料粉末会更加均匀。



机械选粒机

用于对剥后的热电材料器件颗粒，进行自动筛选.



联系电话：136 8802 2852

地址：四川省成都市天府新区华阳天府大道南段2917号67栋2单元5楼504号

晨华科技
Chenhua Science Technology

上海晨华科技股份有限公司
Shanghai Chenhua Science Technology Corp., Ltd.

真空实验炉系统 / Vacuum Laboratory Furnace Series



01 迷你放电等离子烧结设备
Mini Spark Plasma Sintering Furnace

CE certified

专门设计的桌面型Mini-SPS,特别适用于样品直径较小的应用.

Mini-SPS designed for the desk type, especially for less diameter of workpiece.

主要参数/Main parameters:

型号/Model	输出电流	输入电压	最高温度	最大压力	极限真空度
	Output current	Input voltage	Max. temp.	Max. pressure	Final vacuum
SPS-3T-3-L-MIN-Plus	0-3000A	0-10V	2300℃	3T	10Pa
SPS-3T-3-H-MIN-Plus	0-3000A	0-10V	2300℃	3T	$6.67X10^{-4}$Pa



02 迷你热压烧结炉
Mini Hot Press Sintering Furnace

CE certified

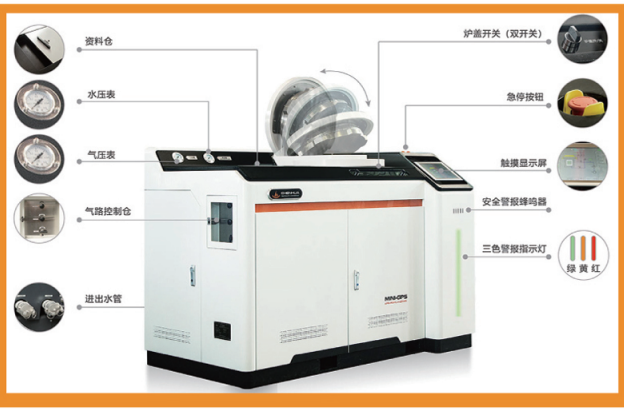
为适应高校及科研机构精、小量样品的实验需求，上海晨华积极开发小巧、结构紧凑、实用型迷你热压炉。

Just directed to the experiment of smaller sample for the college and scientific unit, Shanghai Chenhua researches and designs Mini HPS furnace.

主要参数/Main parameters:

型号/Model	最大压力	额定功率	最高温度	工作区尺寸	压头行程	极限真空度
	Max. pressure	Rated power	Max. temp.	Working size	Punch stroke	Final vacuum
HP-2T-L-G-18-MIN	2T	18KW	2000℃	Ø80X120mm	60mm	$6.67X10^{-1}$Pa
HP-2T-H-G-18-MIN	2T					$6.67X10^{-4}$Pa
HP-3T-L-G-18-MIN	3T					$6.67X10^{-1}$Pa
HP-3T-H-G-18-MIN	3T					$6.67X10^{-4}$Pa

03 小型气压烧结炉
Mini Gas Pressing Sintering Furnace



主要参数/Main parameters:

(1).最高温度：2000℃.

Max. temperature：2000℃.

(2).气压范围：0-2MPa.

Range of gas pressure: 0-2MPa.

(3).工作区：Ø100X100mm

Working zone: Ø100X100mm

(4).真空度：1Pa

Vacuum: 1Pa

(5). PLC加触摸屏控制模式，自动化操作.

Operating mode of PLC plus touching screen, automatic operation.



04 精品实验系列烧结炉
Lab Sintring Furnace

炉底装出料,炉底采用电动方式升降,方便用户装卸料.

Loading & unloading on bottom electrically goes up and down, easy to load and unload.

主要参数/Main parameters:

型号/Model	额定功率	额定温度	工作区	升压率	极限真空度
	Rated power	Rated temperature	Working size	Leaking rate	Final vacuum
ZM-13-16	13KW	1600℃	Ø90X120mm	≤3Pa/h	10^{-3}Pa
ZW-18-22	18KW	2200℃	Ø60X80mm	≤3Pa/h	10^{-3}Pa
ZT-18-22	18KW	2200℃	Ø80X100mm	≤3Pa/h	10^{-3}Pa

联系方式 / Contact information:

联系人/Contact person: 叶经理
电话/Mobile: 0086-18918641650
邮箱/Mail: ysh@chenhua.cn
网址/Website: www.chenhua.cn

H.Q.: Rm. 603 Laiying building No.488 Luyuan Rd. Anting Town Shanghai China 201805
Factory: No.66 Jiatian Rd. Balidian town Wuxing district Huzhou Zhejiang China 313028
总部地址：上海市嘉定区安亭镇绿苑路488号莱英国际603室
厂址：浙江省湖州市吴兴区八里店镇家田路66号

参会证明

_____：您好！

感谢您参加第十八次中国热电材料及应用学术会议！本次会议由中国材料研究学会热电材料及应用分会主办，旨在汇聚全国热电材料及器件领域科研工作者，交流最新科研成果，探讨热电材料领域前沿发展方向，促进学术交流与科技合作。

会议时间：2026 年 9 月 20~23 日

会议地点：哈尔滨万达文华酒店

主办单位：中国材料研究学会热电材料及应用分会

承办单位：哈尔滨工业大学

协办单位：哈尔滨理工大学、大连理工大学、吉林大学、内蒙古大学

会议主题：

1、热电输运理论与新机制

2、AI+热电材料设计

3、高性能热电材料及其制备与表征

4、热电器件及系统的设计与开发

5、柔性热电材料与器件设计

6、热电效应与前沿交叉

会议注册费：（会议期间食宿自理）

注册费标准：2026 年 9 月 5 日（含）前支付：在校学生 1200 元/人，其他代表 1800 元/人；2026 年 9 月 5 日后或现场注册缴费：在校学生 1300 元/人，其他代表 2000 元/人。

中国材料研究学会热电材料及应用分会
第十八次中国热电材料及应用学术会议组委会
2026 年 9 月 20 日

Quantum Design
CHINA

小型热电发电/制冷测量系统Mini-PEM2

- TEG测量: 发电量、热流量、转换效率
- TEC测量: 最大温差、最大制冷量、COP
- 样品尺寸: 2~10mm(W&D)×1~15mm (H)
- 测试氛围: 真空
- 可测量单腿样品



InFocus κ FDTR 薄膜热导率显微镜

- 薄膜及颗粒的热导率测量
- 各向异性材料的热导率测量
- 界面热导（薄膜间或薄膜与基底间）
- 热物理性质的微区Mapping测量



热电转换效率测量系统 PEM

- 通过高精度的红外线金面反射炉可完成快速性能评估和耐力测试
- 上下表面能提供最高 500°C的温度梯度
- 可进行热穿透测量;加热过程中，通过气缸机制可以保持接触表面的热阻稳定
- 完成测试仅需设置软件，包括温度稳定性的判断、自动调节热电发电模块的负载以及自动控制温度测量



塞贝克系数 / 电阻测量系统 ZEM

- 拥有温度精确控制的红外金面加热炉和控制温差的微型加热器
- 测量是由计算机控制的，并且能够在指定的温度下执行测量，并允许自动测量
- 消除背底电动势
- 欧姆接触自动检测功能
- 可以用独创的适配器来测量薄膜可定制高阻型



Lake Shore 霍尔效应测试系统

- 迁移率范围:1x10^{-3}-1x10^{6} cm^2/Vs
- 电阻测量范围:10mΩ-100GΩ
- 载流子浓度范围:8x10^{2}-8x10^{23} cm^{-3}
- 常规测量速度:<10s
- 最高可测电阻:100GΩ @10K-400K
  1 MΩ@773 K+1%rdg
  1 kΩ @1273 K+1%rdg



完全无液氦综合物性测量系统 DynaCool

- 完全继承 PPMS 测量选件脉管制冷机,低振动,无需液氦
- 全 CAN 设计，测量更快，内置磁屏蔽和高真空
- 利用脉管制冷机直接冷却可提供最高 14T 磁场
- 降温时间:40分钟从300K降至1.8K稳定
- 最大扫场速率:2000e/sec，7分钟到达满场
- 全新 mk级交流磁化率，埃米级分辨膨胀系数选件



Quantum Design 中国

北京办公室
电话：010-85120277/78/79/80

上海办公室
电话：021-52280980

广州办公室
电话：020-89202739

www.qd-china.com
info@qd-china.com

·主办单位·
中国材料研究学会热电材料及应用分会

·承办单位·
哈尔滨工业大学

·协办单位·
哈尔滨理工大学
大连理工大学
吉林大学
内蒙古大学

