

一线调研

光电转换效率最高达26.1%的均匀化钙钛矿电池近日在中国科学院合肥物质科学研究院诞生——

第三代光伏电池有望实现突破

■ 本报记者 鹿嘉惠

前不久,中国科学院合肥物质科学研究院固体物理研究所、中国科学院光伏与节能材料重点实验室潘旭研究员和田兴友研究员团队与韩国成均馆大学 Nam-Gyu Park 教授、华北电力大学戴松元教授合作,首次发现阳离子分布不均匀是影响钙钛矿太阳能电池稳定性的主要原因,并制备出均匀化钙钛矿太阳能电池,相关成果在线发表在《自然》杂志上。

钙钛矿太阳能电池是什么?有什么样的作用?如何制备出均匀化钙钛矿太阳能电池?带着这些问题,记者走进科学岛,采访了发表该成果的研究人员。

“钙钛矿不是矿产,而是一种晶体结构”

在太阳能电池领域,晶硅太阳能电池王已是公认的事实,其市场份额超95%,但是,晶硅太阳能电池的效率已接近极限。钙钛矿太阳能电池(以下简称钙钛矿电池)作为一种新型的光伏电池,已成为继晶硅太阳能电池、薄膜电池之后的第三代光伏电池之中的突围者。

“钙钛矿不是矿产,而是一种晶体结构。它是几种化学物质的组合,将几种化学物质按照比例溶于溶液中,经挥发后就形成了钙钛矿材料。”中国科学院合肥物质科学研究院固体物理研究所能源材料与器件制造研究部副主任、论文第一通讯作者潘旭告诉记者。

潘旭介绍,钙钛矿电池典型结构有5层,两个电极分别位于最外层,还有空穴传输层和电子传输层,而钙钛矿层居于最中间,是刷上去的一层化学材料,像一层薄膜,厚度为纳米级。

“钙钛矿材料具有良好的吸光性以及优异的光电转化性能。”潘旭告诉记者,晶硅太阳能电池效率由最初的3%提升到目前的26%,花费了将近80年;而钙钛矿太阳能电池效率由3.8%提升到目前的26%,只用了10多年。

钙钛矿电池的优势远不止如此,它的制造成本较低、原材料丰富,采用低成本的工艺就可以研发出高品质的材料。

“这种电池柔韧性也很好,可以任意弯折。”潘旭解释说,这一特质让它有更广泛的应用场景,比如可以做消费类的电子穿戴产品,甚至可以应用到航空航天方面。

由于钙钛矿优越的性能,2013年,美国《科学》杂志将钙钛矿列入“年度十大科学突破”。

“这种优越性能得益于钙钛矿材料本身的构型。”潘旭说,钙



研究人员对钙钛矿太阳能电池质量进行分析。

本报通讯员 姚洁 摄

钛矿材料是一类 ABX₃ 构型的材料,A、B和X分别代表一价有阳离子或无机阳离子、二价金属阳离子和卤素离子。这种光电材料具有极为优秀的吸光性能和载流子传输特性,这些优势使钙钛矿成为目前最有前景的新一代光电转换材料之一。

2021年,《“十四五”能源领域科技创新规划》提出“发展钙钛矿等先进光伏技术”。2022年,科技部等九部门联合印发《科技支撑碳达峰碳中和实施方案(2022—2030年)》,提出重点研发高效晶硅光伏电池、高效稳定钙钛矿电池等技术,使钙钛矿这一新材料再次成为基础科学和产业技术的研发焦点。

破解稳定性难题,制备出均匀化钙钛矿太阳能电池

“钙钛矿领域太热门了,大家都想搭上这班‘车’。从材料体系上说,发展程度很‘卷’。”该所能源材料与器件制造研究部博士、论文共同通讯作者叶加久告诉记者,国内高校只要涉及材料化学领域的,几乎都在做这一块,但是钙钛矿从实验室走向应用仍面临一些挑战。

钙钛矿有着众多优点,但它并不完美,稳定性是桎梏钙钛矿电池发展的重要因素。钙钛矿体相的不同阳离子组分分布,以及影响电池稳定性和效率损失的原因并不明确。

研究团队通过元素定量分析,研究了甲脒(FA)与铯(Cs)阳离子的纵向分布,发现无机铯阳离子倾向于沉积在薄膜底部,有机甲脒阳离子在薄膜上界面处富集。

在此基础上,团队利用上海同步辐射光源大科学装置,监测到钙

钛矿薄膜内部晶体生长情况,对钙钛矿薄膜晶相分布进行了深度剖析,通过掠入射X射线衍射与薄膜截面的透射电镜分析,证明了在薄膜底部存在面间距较小的晶相,并且在薄膜底部显示出与富铯钙钛矿相关的特征信号。

“实验充分证明了阳离子面外方向呈现梯度不均匀分布情况,而这正是影响电池性能的主要原因。”叶加久打了个比方,梯度不均匀分布就像是一条马路到处弯弯曲绕,还有各种路障,就会导致运输不顺畅,我们需要把这条路打通,让路顺畅起来。

之后,团队通过进一步研究找到了组分不均匀的原因,设计了PSP分子用来弥补不同阳离子间的结晶与相速率差,制备出均匀化的钙钛矿薄膜,并获得了最高达26.1%的光电转换效率,第三方认证稳态效率为25.8%,并通过超过2500小时的模拟稳定性测试。

“2500小时意味着,在某些地区,放在户外可以维持5到8年的工作时长。”潘旭介绍,研究成果表明,通过均匀化钙钛矿组分面外分布可获得优异电池性能,开辟了提升电池器件稳定性的新途径,有望打破钙钛矿太阳能电池的效率瓶颈,为进一步提升高效、稳定的钙钛矿太阳能电池提供了明确的方向。

“未来,有望把钙钛矿电池稳定性进一步提升到10年至20年以上”

11月2日,这一成果在线发表在《自然》杂志上。

“快速发表的原因在于成果本身对行业领域有重要意义、有直接的参考价值。”潘旭解释说,学术期刊论文发表一般有四种形式,一是

中观中矩排队,二是以快速通道的形式在线发表。此次研究成果,专家认为更适合第二种。

从接收到见刊仅用了一周时间,这让潘旭和团队成员很惊喜,这也意味着,他们要在两周内准备好所有发表要用的材料。

看似顺利的发表过程,实际也是一路坎坷。

今年1月1日,论文正式投稿。“其实论文可以提前投,但是想图个吉利,也方便计时。”潘旭笑着说。

1月20日,团队人员收到评审专家邮件,并对邮件中专家提出的意见进行修改。3月,将修改后的文章返回给编辑。

4月份,评审专家再次发来邮件,里面提出大概40多个修改意见,这对潘旭和团队成员来说是个不小的挑战。为此,他们再次到上海同步辐射光源做测试,进行分析论证,加班加点两个月,对评审专家提出的意见逐一回复,写了超过100页的学术分析报告。

6月19日,他们第三次投稿。8月,评审专家给出反馈意见并高度评价了该论文的学术价值。

功夫不负有心人。10月25日,论文被正式接收,一周后加速在线发表。

“从2011年开始研究钙钛矿,起初并没有信心,制作完成的钙钛矿电池,肉眼可见的它由黑慢慢变黄,吸光变差了,效率也就降低了。”潘旭回忆,那个时候钙钛矿电池的衰减是以秒为单位计算。经过十余年的发展,如今,已是按年为单位计算。“未来,有望把钙钛矿电池稳定性进一步提升到10年至20年以上。”



更多内容
扫码阅读

效率比人工采摘提高约500倍

机采棉技术难题被破解

■ 本报记者 汪永安

棉花是我国重要的农产品,国家划定安徽的棉花保护区面积为100万亩,但现有种植面积不足50%,主要原因是传统的棉花育苗移栽技术,存在生产工序多、用工多、施肥施药多、生长周期长等问题,导致棉花种植面积严重下滑。

为提高机械采棉技术示范应用效果,推动全省棉花产业高质量发展,稳定恢复棉花种植面积,近日,省棉花产业高质量发展论坛暨机采棉示范观摩培训会在望江县召开。

省农科院棉花研究所团队围绕品种、农艺及农艺农机融合技术开展攻关,破解安徽区域种植棉花机收难、用工多、种植成本高的难题。经过多年的研究与探索,研发出适宜我省的“机采棉绿色高效生产技术”,为稳定安徽棉花种植面积提供了技术支撑。

在宿松县复兴镇中棚村的机收示范现场,大片的棉花已成铃吐絮,雪白的棉花把大地装扮得分外美丽。采棉机穿梭在棉田里采摘作业,一亩地只需不到10分钟就采摘完毕。

“采棉机在本地一天可采收80

亩,人工采收7个人一天才能完成一亩地,算下来比人工采摘效率提高约500倍。”省农科院棉花研究所副所长徐道青说。

“这套技术实现了棉花种植的机播、机管、机收,基本实现了全程机械化。”省农科院棉花研究所所长朱加保介绍,机播方面,选用早熟、脱叶敏感性优质的棉花品种,在前茬收获后,机械化单粒精量播种同播,播种同时一次性侧施施用棉花专用缓释肥(释放时间为60天),喷施封闭除草剂,根据棉花长势叶面喷施水溶肥;机管方面,播种出苗后不间苗不整枝不打岔,采用化学调节剂塑造理想机采棉株型,病虫害绿色综合防控,全生育期无人机田间管理;机收方面,棉花集中成铃吐絮,化学脱叶催熟,一次性机械采收。

“该技术省工70%,减氮肥用量50%,减用药量25%,减少环节50%,农业机械对人工的替代率达60%,节本增效显著。”朱加保告诉记者,经测算,机械采收成本约每斤0.3至0.5元,人工采收成本约每斤1.5元,仅采收一项可节约成本每斤1.0元以上。

智力帮扶特色小镇

■ 本报记者 陈婉婉

近日,教育部公布第六届省属高校精准帮扶典型项目推选结果,安徽大学推荐的“精准服务特色小镇,智力赋能乡村振兴”项目入选。近年来,安徽大学以智力帮扶特色小镇为切入点,创新高校服务地方经济社会发展新模式,为乡村振兴、新型城镇化和城乡融合带来了新活力。

2018年8月,安徽大学联合国家发改委城市和小城镇改革发展中心等机构,高规格组建了专业智库——安徽特色小镇发展研究中心,为特色小镇高质量发展提供智力支撑。以经济学院为主体,校内协同社会与政治学院、艺术学院、管理学院等,校外联合浙江大学、复旦大学、南京大学等长三角名校,汇集国家发改委、科技部等部委和安徽省相关部门所属机构的智力资源,组建60余名涵盖经济、管理、生态、文化、艺术、社会治理等领域专家学者的研究和咨询团队。

特色小镇团队不仅为特色小镇规划建设提供研判、产业定位和综合发展等咨询,还主动举办论坛、研讨会、培训和大赛等系列活动,帮助培育特色小镇,并帮助特色小镇持续升级,打造精品。

在一次特色小镇摸底调研中,团队发现了芜湖湾沚区殷港特色小镇的发展潜力,随即向主管部门推荐,并提供发展咨询、艺创品牌打造、创新创业资源导入、相关项目策划等支持。如今的殷港特色小镇不仅入围国家发改委发布的特色小镇典型经验之列,还

吸引越来越多的艺术和创意人才来创业发展。短短几年间,殷港特色小镇实现了从空心村到“万人小镇”的巨大转变。

在长丰县,安徽大学通过与当地合作,共建安徽大学长丰乡村振兴研究院,为该县杨庙镇马郢乡的乡村振兴出谋划策。如今,马郢村田园文创产业不断积聚,回乡创业的年轻人越来越多,原本名不见经传的贫困村一跃成为远近闻名的“网红村”。

在潜山市,团队为源潭副业小镇持续提供创建咨询、编制产业规划、行业分析报告并举办论坛,促进特色产业聚集形成,有效推动传统块状经济的成功转型升级。如今在源潭,制刷“小手艺”做出了百亿“大产业”。

特色小镇建设符合时代潮流,但要根据各地的产业、文化、生态等基础,制定相宜的方案,补短板、锻长板。“我们探索在推进创新链产业链资金链人才链深度融合的同时,也促进跨学科人才培养、科学研究、社会服务、文化传承与创新的联动发展。”安徽大学经济学院党委书记、安徽特色小镇发展研究中心主任田淑英教授表示。

服务特色小镇也反哺了学校人才培养,越来越多的创新创业人才从安徽大学走出。截至2022年,团队成员指导本科生立项特色小镇和乡村振兴相关主题的大学生创新创业训练计划项目达26项,其中国家级11项、省级11项。11个大学生创新创业实践基地也在11个特色小镇建立起来。

60家单位加入聚变产业联盟

■ 本报记者 鹿嘉惠

核聚变是什么样的能源?聚变在碳中和中有什么样的作用?为什么要成立聚变产业联盟……近日,聚变产业联盟启动大会暨聚变堆主机关键系统综合研究设施用户年会在合肥举办,现场聚变产业联盟正式启动。

“核聚变能源具有资源丰富、无碳排放和清洁安全等突出优点,是人类未来最主要的清洁能源之一,可为实现碳达峰碳中和作出重大贡献。”中国工程院院士、中国科学院等离子体物理研究所研究员李建刚说,针对能源安全和核聚变两大挑战,聚变能已成为大国竞争的战略焦点,聚变产业联盟能为聚变的快速发展提供强大助力,CRAFT等将是科技发展的重要平台。

“聚变能开发应用已成为全球科技和产业竞争新热点,全球超过30家商业公司开展聚变研究。我国的聚变供应链、配套产业初具雏形,相关技术产业化超百亿元,部分材料、技术、产品已实现国产化。”聚变产业联盟副理事长、合肥合锻智能制造股份有限公司董事长严建文介绍,成立聚变产业联盟,将会为聚变事业建立起

跨行业的产业性组织,解决工程问题、技术问题、产业问题以及运维管理等问题。

严建文介绍,目前,联盟有60家成员单位,未来希望它是一个跨行业、跨国界的国际性合作组织,发展到上千家甚至更多成员单位。

本届年会为首届用户年会,旨在邀请各领域潜在用户参与CRAFT开放测试平台应用,加强CRAFT设施用户与平台之间的沟通和交流,让设施用户的需求和反馈得到充分的表达和回应,让平台能更好地了解用户的评价和需求,及时改进和提升平台的服务质量。

据悉,“聚变堆主机关键系统综合研究设施”(CRAFT)是《国家重大科技基础设施“十三五”规划》(发改高技〔2016〕2736号)中优先部署的国家重大科技基础设施。该设施建成后,将成为国际约束聚变领域参数最高、功能最完备的综合性研究平台,为约束聚变堆主机关键系统研究提供粒子流、电、磁、热、力等极端实验条件。后续将向社会开放共享,除了服务于我国聚变堆科学技术研究外,也为能源、信息、健康、环境等交叉前沿领域提供研究平台。

专家传技到田头

■ 本报记者 汪永安

近日,省农科院水产研究所所长、研究员江河又一次带领项目组成员,来到青阳县蓉城镇合心村指导稻田小龙虾养殖技术。

看到江河一行,当地示范户罗月十分开心,迫不及待地带领他们来到自家田头查看苗情。他指着现场起捕上来的小龙虾兴奋地说“往年这个时候从来没有见过这么大的虾苗,今年苗的密度比往年高多了,明年的早虾有希望了,感谢项目组为我们提供全程的技术指导。”

合心村地处长江支流青通河与东河之间,水资源丰富,具备发展稻渔综合种养产业的资源禀赋。2016年,该村开始将传统水稻种植与小龙虾养殖有机结合,大力发展稻渔综合种养产业,

即每年3月至6月养一季小龙虾,7月至11月种一季水稻,水稻收割后至次年3月为小龙虾育苗阶段。通过稻虾综合种养,亩均增收1000元以上,显著提高了综合种养效益。

但近年来,小龙虾市场需求发生了较大变化。合心村稻虾综合种养模式也逐渐暴露出诸多问题,如稻虾繁养一体化造成苗种密度不可控、水稻直播栽培方式推迟虾苗繁育、种养模式单一产业风险大等,最终导致小龙虾产量低、规格小,上市晚、价格便宜,综合种养效益缩水,农民种养积极性受挫,产业急需转型升级。

根据合心村稻虾综合种养产业发展需求,省农科院水产研究所联合青阳县水产产业发展中心,在合心村项目实施省财政农业科技成果转化应用项目“稻虾综合种养模式转型升级关键技术应

用与示范”。

“我们根据合心村稻虾产业发展实际,经深入调研与充分沟通,从村里遴选具有一定种养基础、组织化程度高、示范意愿强的8个种养大户作为示范户,示范面积1130亩。每月进行现场技术指导,开座谈会,教养殖户怎么干。”项目负责人江河告诉记者,项目重点转化推广稻田小龙虾繁养分离、繁育小龙虾早苗、稻虾蟹连作共生、“一稻两虾”和“一稻三虾”高效绿色种养模式等8项新技术。

“我们的目标是通过科技成果到户,技术要领到人,良种良法到田,将合心村打造成稻虾产业高质量发展标杆,以点带面推动青阳县稻虾产业高质量发展。”江河说。

针对合心村传统水稻直播栽培方式,推迟虾苗繁育时间的弊端,今年6

月,项目组织实施了稻田改造、工厂化育苗和机插秧,示范推广稻田小龙虾早苗繁育,累计完成稻田改造429亩,机插秧面积767亩,投放种虾9993千克。

7月至8月,是稻田繁育小龙虾早苗的关键期。这个时期,小龙虾主要集中在稻田边沟内,水温高、边沟水体小、水质变化快,如何做好高温期的水质管理显得尤为重要。江河带领项目组成员深入田间地头,将2200升水质改良剂送到示范户手中,手把手传授水质调控技术,严格把控种虾繁育前的水质,确保种虾安全度夏。

11月,正是稻田繁育小龙虾苗离开母体,进入越冬前的强化培育阶段,虾苗培育的好坏直接关系到来年的苗种规格和产量,进而影响养殖收益。项目组适时转化小龙虾发酵饲料喂技术,发放小龙虾发酵配合饲料20吨,并指导示范户科学自制发酵饲料,督促示范户抓住当前晴好天气,及时投喂发酵饲料,促进苗体生长,增强虾苗体质,提高越冬成活率,为来年成虾养殖把好种苗关。