

南开大学袁明鉴教授团队攻坚钙钛矿太阳能电池领域难题 光电效率增1% 用电成本降7%

左手举起一片半指长的方形钙钛矿光伏组件,他抬头凝视。接着,大拇指与食指微微转动,晶莹的表面反射出耀眼的光芒——也就在那一瞬间,他举起右手指着组件边缘,对一旁操作激光精确划线的学生说:“你看,这还有一些孔。”得到学生“填充因子目前是80%”的回答后,他微微点头说“还有空间”,随后又开始询问实验室里其他工作的进度。

1月15日,记者在南开大学专访了该校化学学院副院长、博士生导师袁明鉴教授,眼前这一幕,正是他日常工作中最寻常的场景。



“要加快一流大学和一流学科建设,加强基础研究,力争在原始创新和自主创新上出更多成果,勇攀世界科技高峰。”七年前的殷殷嘱托,至今言犹在耳。袁明鉴教授对记者说:“去年,团队在钙钛矿太阳能电池领域取得重大突破——将钙钛矿太阳能电池的光电转换效率提升至超过27.17%。”这项成果不仅为光伏产业发展注入新动能,更承载着科研工作者“把论文写在祖国大地上”的初心与坚守。

15年深耕 离不开长期的坚守与沉淀

2025年,由中国科学院院士陈军领衔的南开大学新能源电池教师团队,入选第四批“全国高校黄大年式教师团队”。团队在新能源材料、光伏与动力电池、固态电池等领域开展有组织科研,致力于解决电池资源成本、续航能力及安全性等关键问题。作为团队重要组成部分,袁明鉴教授课题组主要从事杂化半导体光电转换技术领域的研究,“就我个人而言,已经在这个领域深耕了15年。”在他看来,科研路上的每一点进步,都离不开长期的坚守与沉淀。

谈及27.17%的这一“突破”,袁明鉴教授解释,其中的关键在于团队解决了国际同行长期想解决却未能解决的界面问题。

“对于半导体器件来说,界面上存在复杂的物理化学问题,尤其是非辐射复合问题,会严重影响光电转换效率。”依托南开大学优良的科研平台,团队利用高精度原位球差校正电子显微镜等先进表征手段,历经数年探索,研发出新方法将非辐射复合效率降至最低,最终实现了效率的跨越式提升。

尽管此次效率提升幅度不足1%,但袁明鉴教授强调,这小小的1%背后,是团队巨大的付出与不懈的攻关。“这就像100米短跑,成绩从15秒跑到13秒相对容易,但从9秒9跑到9

秒8,却是难上加难。”

而这1%的提升,却意义重大——经测算,单位面积光电转换效率每提升1%,最终用电成本就能降低7%。“我们追求高光电转换效率,本质上就是为了降低用电成本。”

未来有望实现 “有光的地方就有电”愿景

27.15%的全球顶尖效率,是否意味着钙钛矿太阳能电池已具备商业化条件?袁明鉴教授给出了客观答案:“效率只是基础研究的重要维度,要真正实现商业化,还需要在稳定性与成本之间找到平衡,这还有一段路要走。”

在实验室里,袁明鉴教授拿着刚才的组件介绍,通过激光划线将整块薄膜分割成多个子电池,实现串联连接,以此有效降低电阻、提升整体电学性能。“由于钙钛矿薄膜厚度仅约800纳米,极薄且对均匀性要求极高,在大面积制备时如何保持整面均匀分布,是一大技术难点,需要通过持续优化工艺来解决。”

袁明鉴教授又拿起实验室外陈列的电池展示道:“这个组件由两层玻璃构成,底层为白色玻璃,涂覆黑色光吸收层后形成活性层,再经激光划线处理形成电池阵列,最后通过封装和电极连接实现功能化,这其实就是一块可投入使用的电池了。”目前,实验室在小面积组件研发上已达到较高水平,具备世界先进水准,“实验室此前曾制作过1.2米×1.6米的大型组件样件,表明我们具备向规模化扩展的技术潜力。”但在大面积组件量产方面,实验室尚不及企业有优势,仍处于持续攻关阶段。

在他看来,钙钛矿太阳能电池的商业化探索,将聚焦多个重点方向。首先是柔性轻质化光伏组件,主要面向消费电子产品;其次是光伏一体化建筑,“我们可以把电池做成玻璃幕墙,一方面能降低室内温度,尤其在夏

季效果显著,另一方面还能产生电能,一举两得”;再者是室内光伏,得益于钙钛矿在弱光环境下的优异表现,其室内光电转换效率可超过40%,远优于传统晶硅电池,未来有望实现“有光的地方就有电”的愿景。

更具前瞻性的探索,是太空光伏领域。“钙钛矿材料抗辐照稳定性好,高低温循环稳定性也较强,目前太空光伏依赖的硅基材料价格昂贵,钙钛矿未来有望服务于太空电站。”袁明鉴教授提到,虽然太空光伏离商业化还很遥远,但团队仍希望开展前瞻性研究,为该领域发展铺路搭桥。

科研成果要真正落地,离不开产业化合作。袁明鉴教授表示,团队的核心目标是打通从技术研究到应用转化的通路,与企业携手将实验室里的器件变成具有市场竞争力的产品。“建设中试线需要巨大的资金投入,后续我们会积极寻求合适的合作方,为技术转化提供有力支撑。”

40岁以下科研人员超五成 《科学》刊文 为应用提供新思路

走进袁明鉴教授的实验室,有学生正在操作刮涂手套箱(右图)——这个无水无氧的密闭空间,用于完成大面积前驱体溶液刮涂、薄膜退火处理等关键工序。学生们小心翼翼地操作,确保模组的每一个区域都能形成均匀致密的钙钛矿活性层,为后续组件封装和性能测试筑牢基础。“大面积刮涂工艺对环境水氧含量的要求极为严苛,哪怕是微量水氧,都可能直接影响模组的光电转换效率和稳定性。”有学生向记者介绍道。

无人操作时,因箱内气体充盈,操作箱外仿佛“横生”出不少“手臂”。袁明鉴教授与学生站立其间,正围绕实验操作、进度等事宜交流探讨。此时此刻,那些“手臂”既像一个个亟待解决的科研难题,又像助力前行的臂膀——托举着实验室里的专注与坚守,延伸着钙钛矿光伏技术从

实验室走向产业化的无限可能。

南开大学化学学科历史悠久,起源于1919年南开大学建校伊始的理科化学门,1921年正式成立化学系。如今,南开化学学科进入全球化学学科ESI前1%,入选国家“双一流”学科建设名单、教育部一流学科培优行动,获批首批化学基础能力提升创新工程项目,跻身世界顶尖化学学科行列。

袁明鉴教授感慨万千:“任何事情要站到世界前列都不容易,越往前,每一步都需要巨大的努力。”这种坚持,源于南开大学的优良传承。“老一辈科学家为我们树立了好榜样,在老师、前辈和同事的带领下,我们才能长期专注一件事,坚持做到极致。”

学科的蓬勃发展,得益于新鲜血液的持续注入。“我们化学院40岁以下的科研人员占比已超过50%,他们中很多人已经担任国家重点研发计划首席科学家、重大项目负责人,成为科研主力和生力军。”袁教授表示,学院坚持“用优秀的人培养更优秀的人”,依托国家、天津市和学校的政策支持,持续招揽青年人才,为科研创新注入不竭动力。

就在昨日,南开大学化学学院袁明鉴教授团队应邀在《科学》期刊发表了题为《高稳定钙钛矿纳米晶发光体》的评述文章,围绕钙钛矿纳米晶发光材料在新型显示领域的进展与关键挑战进行系统评述,重点剖析了外延核壳结构在提升钙钛矿纳米晶发光材料稳定性中的巨大潜能,为钙钛矿的显示应用提供了新思路。

对于未来,袁明鉴教授有着清晰的规划:一方面继续在实验室深耕攻关,朝着“更快、更高、更强”的目标努力,探索钙钛矿太阳能电池的效率极限;另一方面聚焦产业化工艺,提升量产效率、优化稳定性、降低生产成本。“科研要聚焦国家重大战略需求,我们会一步步落实,把成果转化好,不辜负这份坚守与嘱托。”

文/摄 记者 单炜炜