

视觉中国供图

花苞状玫瑰碳材料的内壁像一颗洋葱头,只有一个很小的开口,照进来的光被限制在这个小口袋里,光热从小口逃逸出去的几率小很多,从而提高了光热转换效率。

万艳芬  
云南大学材料与能源学院副教授

## 灵感来自玫瑰、玉米秸秆 新型材料光热转换效率创新高

本报记者 赵汉斌

近几十年来,淡水资源缺乏和能源危机已成为全球范围两个急需解决的问题。预计到2025年,将有近三分之二的国家陷入淡水短缺的困境。与此同时,化石能源枯竭和使用化石燃料造成的环境污染也困扰着人类。

为了缓解淡水资源的短缺以及能源危机,人们对利用太阳能等绿色能源来生产淡水和

发电充满期待。但支撑这个美好愿景的是高效光热转换材料,它必须同时具备高太阳能吸收性、高光热转换性、低成本以及良好的稳定性。

科技日报记者1月28日从云南大学获悉,该校材料与能源学院副教授万艳芬、杨鹏团队结合学科优势和区域产业优势,在制备具有优异光吸收性和更高光热转换效率的复合材料方面取得进展,最新一期《纳米能源》期刊发表了他们的研究成果。

较高的结构领域,并从经过亿万年自然选择和进化的温带、寒带常见植物身上获得灵感,试图低成本、高效率制造出新型材料。

我们研究组的同学们都会在外出旅行的时候找寻一些组织结构特别的植物,回来后进行碳化处理,试图找到不同的结构,支持新复合材料结构的研究。云南大学材料与能源学院研究生耿学敏说。

他们把常见的玫瑰、玉米秸秆以及咖啡3种生物质碳化前后的三维扫描图像进行对比后发现,与咖啡碳材料的三维杂乱和不规则形状相比,花苞状玫瑰碳材料的内壁可以有效地对光进行全吸收,并在这些受限空间内实现多级反射。

因为这种结构像一颗洋葱头,只有一个很小的开口,光进来之后,就被限制在这个小口袋里,光热从小口逃逸出去的几率就要小很多,从而提高了光热转换效率。万艳芬说,此外在玫瑰粉末3D折叠花瓣状结构中还可观察到光的多重反

射,这一结构与中国折纸相似,光进行多重反射的特殊结构面积,随着折叠花瓣结构的增多而增大,可以获得高达99%的光吸收率。

同样的原理也适用于玉米秸秆圆柱形通道微结构。这两种结构都能够有效减少能量损失。杨鹏介绍。

玉米秸秆、玫瑰材料的光热转换效率分别可以达到93.4%和92.8%。由此可以看出,具有花苞状结构的玫瑰碳粉和圆柱状的玉米秸秆碳粉由于其微结构的存在可吸收更多的光。但研究团队并没有直接利用生物质材料的结构,而是将其加以提炼、简化,使材料的结构更利于光热转换效能的提升和制备的便利化。

获得植物组织的原始结构之后,我们还想加入纳米材料,把纳米材料的微观序和生物质材料的宏观序结合起来,能够让新材料与光相互作用的波长范围更宽,也就是说,形成两个不同尺度的有序结构的组合。万艳芬说。

### 新型复合材料应用前景广阔

与传统的单组分光热材料如金、银、二硫化钨、碳纳米管、石墨烯等相比较,我们所制备材料的特点主要表现在两方面:多元材料的复合以及将生物质废料变废为宝。万艳芬向记者介绍,他们已成功制备的金-钼酸铋-碳点等,是杂化多种材料组元以获得的复合材料,通过多元材料之间的协同作用,获得具有窄带隙的光热材料,表现出优于单组分甚至单组分所不具备的性能,进而提升光热转换效率;另一方面对成本低廉、易获得且环境友好型生物质废料进行碳化处理,仍保持其独特的原生微结构,可以进行高效光吸收和水运输。

此前,传统的光热转换材料就只考虑光热这一项,比如说通过光照,就有集热的性能,但现在,他们正试图往多功能集成方面去发展,不仅让材料具有基本的光热转换功能,还需同时兼容

其他功能。

由于拥有卓越的集热性能,这种新材料还可以应用在海水淡化、温差发电、光伏发电、湿度发电等方面,为解决能源危机、缓解淡水资源短缺等问题提供了新的思路和方法。新材料可为海上浮标提供能源,而不必再耗时耗力去更换电池。这些成果正在逐步推广和应用。万艳芬介绍说。

此外,随着研究的发展和深入,研究团队还发现了这种新材料在人体可穿戴健康监测传感器等方面的应用空间和潜力。

如复合了新材料的聚丙烯酰胺-聚丙烯酸水凝胶,就表现出了出色的可塑性、弹性以及稳定的应变-电压响应,我们把它佩戴到多名参与测试人员的指关节上进行了试验,显示其传感能力高度灵敏,能实时监测人体肌肉力量和关节健康状况。耿学敏说。

### 在稀贵金属王国淬炼高效光热材料

数十年来,科研工作者对不同的光热材料进行了研究,并在一些区域形成了产业集群。

传统的太阳能集热器装置,是以纳米流体为集热介质,它对太阳光辐射的吸收有限,并且对外热损失较大,导致光热转换效率很低,实际应用非常受限。万艳芬告诉记者,近年来,界面太阳能光热蒸汽系统引起了广泛关注,该系统可以通过吸收器和蒸发器的优化构筑,实现高效水净化处理、能源捕获与热管理、卫生灭菌以及发电。光热材料作为该转换系统的核心,其创新型构筑尤为关键,如何设计和制备优异的光热材料以实现高效的光热蒸汽转化至关重要。

影响系统光热转换效率的因素有很多,光热材料的作用尤为关键。万艳芬研究组通过云南省稀贵金属材料基因工程研发的大数据和高通

量制备平台,利用云南稀贵金属原料富集、产业链完善的优势,对等离子体贵金属、半导体和碳基材料进行复合研究。

由于三者的协同效应,使得金-钼酸铋-碳点复合材料具有97.1%的光热转换效率。特别是金纳米锥和碳点的加入,能让电子由钼酸铋转移到金锥和碳点的表面,有效地抑制了钼酸铋中电子-空穴对的复合,从而极大地增强了材料的光热性能。杨鹏向记者介绍。

此外,将复合材料沉积在商用温差发电片上,可制成太阳能温差发电器件。结果显示,该器件具有增强的热电性能,其输出功率高达每平方米97.4微瓦。这为高效光热转换材料的研究提供了重要实验依据,同时也为海水淡化和新能源器件及系统研发带来了新思路。

### 从大自然中获取材料结构灵感

除了材料的组分,微小的结构也影响着光热转换的效率。

作为21世纪新材料领域的重要发展方向之一,仿生材料的研究融入信息通信、人工智能、创

新制造等高新技术,逐渐使传统意义上的结构材料与功能材料的分界消失,实现材料的智能化、信息化、结构功能一体化。此前,国内外研究新材料的科学家,第将视线投射到光热反射效率

## 重塑半导体产业格局

## 碳化硅晶片从书架走向货架

本报记者 陆成宽

科研和经济联系不紧密问题,是多年来的一大痼疾。如何更好地促进科技成果从书架走向货架,近年来,各方作出了一系列尝试。

1月20日,科技日报记者在2020年度科技让生活更美好中国科学院科技成果路演活动上了解到,中国科学院物理研究所科技成果产业化企业北京天科合达半导体股份有限公司(以下简称天科合达)致力于碳化硅晶片生产,解决关键技术难题,打破国际垄断,成为全球主要碳化硅晶片生产企业之一。

历时十余年攻克关键技术

以碳化硅为代表的第三代半导体材料,是继硅材料之后最有前景的半导体材料之一。

与硅材料相比,以碳化硅晶片为衬底制造的半导体器件具备高功率、耐高压、耐高温、高频、低能耗、抗辐射能力强等优点。其中,以导电型碳化硅晶片为衬底制成的碳化硅功率器件可广泛应用于新能源汽车、光伏发电、轨道交通、智能电网、航空航天等现代工业领域。

射频器件可应用于5G通讯、雷达、卫星等领域,随着5G通讯应用的成熟,半绝缘型碳化硅晶片市场规模呈持续增长趋势。第三代半导体行业是我国新基建的重要组成部分,并有望引发科技变革并重塑国际半导体产业格局。

但是,第三代半导体行业技术准入门槛极高,碳化硅晶体生长极其困难,只有少数发达国家掌握碳化硅晶体生长和加工技术。碳化硅晶体国产化,对打破第三代半导体的国外垄断至关重要。天科合达公司董事会秘书冯四江在演讲中说。

1999年以来,中国科学院物理研究所的研究团队立足自主研发,历时十余年,从基础研究到应用研究,突破了生长设备到高质量碳化硅晶体生长和加工等关键技术,碳化硅晶体生长和加工覆盖设备研制、原料合成、晶体生长、晶体切割、晶片加工、清洗检测的全流程,形成了具有自主知识产权的完整技术路线,实现了碳化硅晶体国产化、产业化,产生了良好的经济和社会效益,推动了我国宽禁带半导体产业的发展。

科研主力军挺进经济主战场

当前,碳化硅半导体产业正处于产业爆发期,其中晶圆是发展碳化硅半导体产业的核心材



第三代半导体行业技术准入门槛极高,碳化硅晶体生长极其困难,只有少数发达国家掌握碳化硅晶体生长和加工技术。碳化硅晶体国产化,对打破第三代半导体的国外垄断至关重要。

冯四江  
北京天科合达半导体股份有限公司  
董事会秘书

料,关系国家安全和经济、社会发展。

作为中国科学院物理研究所碳化硅科技成果转化企业,天科合达是国内首家专业从事第三

代半导体碳化硅晶片研发、生产和销售的国家级高新技术企业,先后研制出2英寸、3英寸、4英寸导电型和半绝缘型碳化硅衬底,于2014年在国内首次研制出6英寸碳化硅晶片,工艺技术水平处于领先地位。

为推进我国半导体关键材料生产技术尽快实现自主可控,天科合达总经理杨建带领技术和生产团队于2015年底在北京大兴区建成了年产6万片碳化硅单晶衬底生产线,2019年底在江苏省徐州市建成了年产4万片碳化硅单晶衬底生产线,实现大尺寸碳化硅衬底产品的规模化供应,2020年8月在北京大兴区开工建设年产12万片、总投资9.57亿元的碳化硅单晶生产线,为国产碳化硅材料在功率器件和微波射频器件等领域的应用奠定了基础。

根据法国市场研究与战略咨询公司Yole Development统计,2019年天科合达的导电型碳化硅晶片的全球市场占有率为4.23%,排名全球第五、国内第一。

中国科学院副院长、党组成员张涛表示,希望更多的社会资本、企业家共同关注和推动科技成果转化,促进科技成果从书架走向货架;也呼吁更多的科研主力军挺进国民经济主战场,为经济社会发展提供有力的科技支撑。

## 增强海洋工程结构耐久性 复合涂层为钢管桩披上防护衣

洪恒飞 高晓静 张超梁 本报记者 江耘

1月24日,随着舟岱大桥最后一片重达1800多吨的箱梁完成架设,宁波舟山港主通道项目舟岱大桥实现主线贯通。记者了解到,为保障工程设施安全、持久运行,项目组专为工程所需的钢管桩定制了防护衣。

该防护衣已在舟岱大桥建设中实现工程应用,是一种具有自主知识产权的高耐久性钢管桩防护涂层设计方案,相关性能达到国际同类产品领先水平。

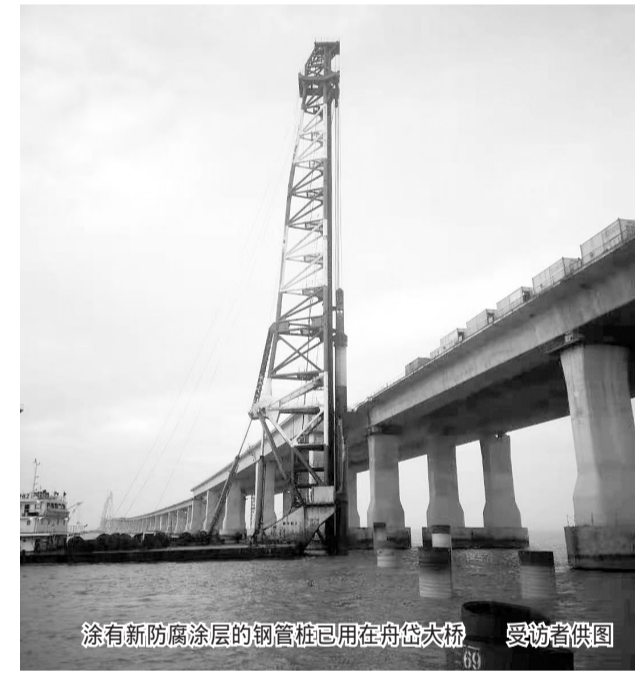
钢管桩是海洋大型工程结构所采用的主要基础形式,但其服役环境异常严苛。在船舶停靠、抛锚、夹桩施工及在拆卸承台底模板过程中,处于潮汐区的钢管桩涂层易受划伤或撞伤。在海水和泥下的分界线因泥沙、海水流体方向的改变,易形成紊流和湍流,钢管桩涂层也易被冲刷磨损、空泡腐蚀。王立平说,这为海洋大型工程结构耐久性埋下安全隐患。开发出长寿命、高可靠性、耐撞击的钢管桩防护涂层,具有重要的社会效益和经济效益。

王立平补充道,在水位变动区,钢管桩处于周期性干湿交替状态,在饱和氧气、阳光、潮湿海风和浪花飞溅等因素形成的力学-电学-化学-老化-多因素耦合损伤环境持续作用下发生严重腐蚀。与在海水中相比,钢管桩在水位变动区的腐蚀速率要高出3至10倍。这严重影响其使用寿命,与工程安全建设。

为此,中国科学院宁波材料所与浙江科鑫重工有限公司、宁波科鑫腐蚀控制工程有限公司等单位合作,研发出新型高性能长寿命有机/无机纤维复合增强新一代海洋重防腐涂层材料。

王立平说,联合研制的涂层材料拥有抗腐蚀性和耐久性好、热膨胀系数与混凝土相近等优点,可有效破解海洋工程用钢管桩在水位变动区抗冲刷耐划伤效果差、维护间隔时间短、维护成本高、主体结构不稳等技术瓶颈,满足现代海工结构向大跨、高耸、重载、轻质、高强与在恶劣条件下工作的重大发展需求。

目前,该项研究成果已在宁波舟山港主通道项目、国内海上风电建设进行工程应用,申请国家发明专利21项,其中已获授权14项。王立平说,该成果的应用将为我国重大海洋工程装备和一带一路海洋基础设施建设提供强有力的技术支撑。



涂有新防腐涂层的钢管桩已用在舟岱大桥 受访者供图

## 预防内涝 打造会呼吸的城市路面

本报记者 过国忠 通讯员 王志健

目前,越来越多的道路、屋面、广场、护坡等,由于使用的铺面材料不透水,从而产生安全隐患。1月26日,科技日报记者从扬州大学获悉,该校建筑科学与工程学院康爱红教授团队联合金埔园林股份有限公司、上海久鼎绿化混凝土有限公司、江苏省扬州市公路管理处,研发出了多种渗透型铺面新材料、新技术并集成应用,为实现铺面渗水蓄水、净水活水、降洪防涝、雨洪管理与生态保护功能提供了重要技术支撑。

随着我国城镇化水平不断提高,交通、市政等基础设施建设给社会发展带来巨大经济效益的同时,也使透水的天然地表越来越多被不透水的人工铺面所覆盖。康爱红说,这些不透水铺面破坏了天然土壤对降雨的入渗、储蓄和净化功能,成为引发城市内涝、加重城市热岛效应、形成严重污染的主要原因。

康爱红介绍,国内现有的人工湿地、生物滞留池及地下蓄水池等,集中集水净水技术在一定程度上缓解了不透水铺面带来的系列问题,但运营成本高、占地面积大、治理效果不理想,且难以实现源头和过程治理。因此,扬州大学科研团队重点研发净污型生态透水路、多料层组合生态透沟、生物强化滤渗改良土壤、现浇绿化混凝土护坡等渗透型铺面创新技术体系,并结合片区功能模块、降雨条件和雨洪管理需求,提出了渗透型铺面技术系统。

据了解,该技术成果克服了传统硬质铺面不透水的缺点,大大提高雨水的渗透、储蓄比例,减少铺面的雨水径流量,降低了城市内涝发生的可能性,大幅提高了雨水径流污染处治总量和处治效率,降低接纳水体的污染,有效改善了居住环境。

目前,该研究成果已获核心技术授权发明专利10项,授权实用新型专利22项,并形成了多部江苏省工程建设省级工法、施工技术规范等。同时,在江苏、安徽、上海、浙江等10余个省份的道路、广场、公园、小区、屋顶花园、河道护坡、荒山复绿等领域的百余个项目得到推广和应用。

下一步,我们团队将创新技术引入区域的铺面设计,建立了渗透型目标铺面系统优化模型,设计了绿色公路路面雨水渗蓄净化系统,实现了城市区域下垫面创新技术的集成应用,为生态道路、海绵城市、宜居城市提供支撑。康爱红表示。