

“通上电”后,稀土材料发光了

■本报记者 陈彬

提到发光材料,很多人首先会想到以发光二极管(LED)、有机发光二极管及量子点发光二极管为代表的半导体发光材料。而在上世纪中后期,某些稀土材料曾广泛应用于节能灯、阴极射线显像管等发光器件中,并凭借高亮度、长寿命和出色的色彩表现,“点亮”了一个时代。然而,最终它们大多被半导体发光材料所取代。

“LED是目前主要使用的直流电致发光器件,它可以将电能直接转化为光能,即所谓的‘电致发光’。这是传统稀土发光材料难以做到的。如果能够突破这一限制,稀土发光材料的发光性能有望更加卓越。”接受《中国科学报》采访时,清华大学深圳国际研究生院副教授韩三阳说。

日前,他领导的团队与黑龙江大学和新加坡国立大学团队合作,攻克了稀土纳米晶不能实现电致发光的难题,为解决电致发光器件的研究和应用问题带来新的突破口。近日,相关成果发表于《自然》。

两个难题

所谓稀土纳米晶,可以简单理解为掺杂了稀土离子的纳米级氟化物或氧化物颗粒。由于具有发光颜色可调,发光谱线窄、发光稳定性好等先天优势,这种颗粒一直被认为是电致发光材料的“潜力股”。

但直到今天,这一“潜力股”都未能充分释放潜力。

“我们使用过的节能灯等器具中的确含有稀土发光材料,但这些材料均属于光致发光材料。”黑龙江大学化学化工与材料学院教授许辉介绍说,这种材料并不能直接将电能转化为光能,只能将某些照射其上的光线(如UV射线或阴极射线)转化为可见光,大大限制了发光效率和应用范围。

稀土纳米晶是有可能将电能直接转化为光能的,但要实现这一目标,需要破解两大难题。

“电能是在材料中住在以电子和空穴为载体进行传递。”韩三阳说,所谓空穴,可以理解某种正电荷,其和带有负电荷的电子结合,会形成被称为“激子”的物质。如果激子不能快速转移至稀土纳米晶内部,会造成大量激子聚集,导致激子间出现湮灭现象,损耗大量能量,发光器件的效率和亮度无法提高。

更棘手的是,稀土纳米晶本身具有绝缘性,导致激子根本无法进入其内部,自然也就无法与稀土材料产生作用,遑论发光了。

韩三阳告诉《中国科学报》,尽管科研人员



韩三阳(左)指导学生进行光谱测试。
清华大学供图

在提升稀土纳米晶光致发光效率方面取得了长足进步,但“电驱动”的根本瓶颈始终难以突破,严重阻碍了稀土纳米晶材料在现代光电技术中的研究和应用。

给稀土穿一件“能量转换外衣”

对于如何给稀土材料“通电”的问题,韩三阳团队从十几年前就开始研究了。彼时,他还在新加坡国立大学从事化学材料研究。其间,他所在的研究团队察觉到,有机-无机杂化体系可能是打破僵局的关键。

他解释说,如果将稀土纳米晶与某些有机材料相结合,便可将激子能量快速注入稀土纳米颗粒内部。“这如同在‘发光岛’与‘电路大陆’之间架起一座分子桥梁。”

这一发现证实了稀土材料在电致发光中的重要潜力。但究竟如何操作,才能实现从“从0到1”的原理性发现到“从1到N”的技术性、产业化突破?这是此后多年韩三阳团队努力的目标。

最终,他们找到了办法——给稀土纳米晶穿上一件“能量转换外衣”。

这件“外衣”实际上是一种有机半导体材料,将其包裹于稀土纳米晶外部时,两者会在接触面高效配位杂化。这种高度杂化的结果是,借助有机分子的帮助,“外衣”表面的能量不但可以快速进入稀土纳米晶内部,而且传输效率几乎达到100%。

“那些能量的存在形式其实就是‘激子’。”许辉说,这在无形中解决了此前提到的第一个问题。因为纳米晶内部的稀土离子不但数量众多,而且对激子的容纳能力也很强。这就使得进

入晶体内部的激子不但不会因“拥挤”而湮灭,反而能最大限度地释放自身能量,激发稀土离子,使其发光。

“这项成果的意义在于,我们不仅让稀土材料‘通上了电’,更打开了其在现代光电技术中应用的大门。”韩三阳说。

是起点,而非终点

相较于目前广泛应用的半导体发光材料,稀土纳米晶的优势有两个。

“稀土材料的发光光谱要比半导体材料窄得多,这意味着前者所发光の色纯度更高,其色彩的鲜艳度和信息的保真度也更高。”韩三阳说,同时,由于稀土离子的种类多样,不同离子所发光的色彩与种类也不同。因此,稀土纳米晶很容易发出各种颜色的光。

这就带来了另一个优势。据韩三阳介绍,不同颜色的光的能级不同。很多半导体发光设备为配合这种光线能级的差别,需要在设备器件的结构上做出调整。“也就是说,设备发蓝光时需要某个器件,发绿光则需要另一个器件。”而使用稀土纳米晶发光时,只需要调整其中掺杂的稀土离子种类和浓度,就可以轻松实现调光。

正是这样的优势,为稀土纳米晶发光材料提供了广阔的应用空间。

比如,在大棚种植时,可以根据不同蔬菜和农作物的喜好,调整不同颜色的光照;在远洋捕鱼中,用稀土纳米晶制成的诱捕灯可以根据不同鱼群对光的喜好,随时调整光照颜色。

“这只是两个很窄的应用场景。”韩三阳告诉《中国科学报》,入职清华大学深圳国际研究生院后,他之所以选择生物医药与健康工程研究院,就是希望将研究视野拓展至医药健康领域。

“在生命健康领域,稀土发光材料大有用武之地。”他说,比如某些用于人体的柔性电子材料可能涉及光电转换,而稀土纳米晶具有长时间稳定发光的特点,可用于对蛋白细胞或癌细胞间相互作用、神经信号传导等现象的长期实时动态追踪。

虽然团队的研究成果已经发表,但对于他们而言,这是一个“起点”,而非“终点”。因为目前学界对于纳米颗粒与有机物复合的研究很少,尚未对背后的机理性内容做深入研究,相关的应用实践也有待进一步拓展。

“我想做具有特色的研究。”韩三阳说,他期待稀土领域的研究成果能为人类医药健康服务。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s41586-025-09717-1>

神舟二十二号飞船成功发射

与空间站组合体交会对接



发射现场。 中国载人航天工程办公室供图 张馨方/摄

本报讯(记者甘晓)据中国载人航天工程办公室消息,北京时间2025年11月25日12时11分,搭载神舟二十二号飞船的长征二号F遥二十二运载火箭,在酒泉卫星发射中心点火发射,约10分钟后,飞船与火箭成功分离并进入预定轨道,发射任务取得圆满成功。这次任务是中国载人航天工程第1次应急发射任务。

此后,神舟二十二号飞船入轨后顺利完成状态设置,于北京时间2025年11月25日15时50分,成功对接于空间站天和核心舱前向端口。交会对接完成后,神舟二十二号飞船将转入组合体停靠段,后续将作为神舟二十一号航天员乘组的返回飞船。

神舟二十二号飞船为无人状态,装载了航

天食品、航天药品、新鲜果蔬,针对神舟二十号飞船舷窗裂纹的处置装置,以及空间站所需的备品备件等。

目前,神舟二十一号航天员乘组在轨状态良好,正在按计划完成各项既定工作。神舟二十号飞船将继续留轨开展相关试验。

据介绍,11月5日神舟二十号飞船因疑似遭空间微小碎片撞击推迟返回后,任务总指挥部迅速启动预案,工程全线从容应对、科学处置,广大参研参试单位大力协同、攻坚克难,在20天时间里,稳步高效完成风险分析评估、方案论证决策、人员物资调动、乘组换船返回、飞船应急发射等工作,为国际航天领域高效应对突发事件提供了成功范例。

第六届雁栖湖会议在京召开

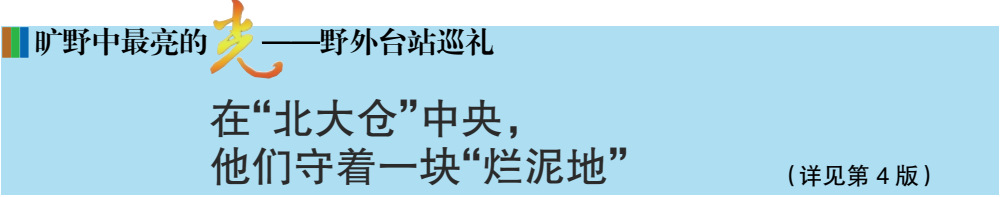
本报讯(记者冯丽妃 见习记者赵婉婷)11月23至25日,以“空间科学前沿”为主题的第六届雁栖湖会议在北京召开。会议聚焦“一黑两暗三起源五表征”世界空间科学前沿,邀请国内外专家学者,探讨该领域的研究现状和发展趋势,凝练重大科学问题,前瞻性地提出未来重点研究方向,共同推动构建国际合作新范式,携手促进空间科学创新发展。

中国科学院副院长、党组副书记吴朝晖,北京市委常委、组织部部长李成林和国家自然科学基金委员会主任窦贤康在开幕式上分别致辞。会议由中国科学院院士王赤和窦贤康共同担任主席。

据介绍,“一黑”是以黑洞为代表的致密天

体及其在极端条件下的物理规律;“两暗”是暗物质、暗能量;“三起源”是宇宙起源、太阳系天体起源、生命起源;“五表征”是由近及远,探寻地球系统、地月空间、太阳系和系外世界的特征和运行规律,以及太空环境中的物质运动和生命活动规律。

雁栖湖会议是中国科学院学部学术与出版工作委员会研究发起、中国科学院学部与北京市共同举办的高端国际学术交流活动。会议始终秉持“科学前沿、国际视野、学术引领、深度交流”的理念,致力于围绕世界科技前沿开展深度对话、促进国际合作、携手推动学科发展和科技进步。本次会议由中国科学院国家空间科学中心承办。



研究揭秘月背月壤“为什么这么黏”

本报讯(记者冯丽妃)中国科学院地质与地球物理研究所(以下简称地质地球所)研究员祁生文团队基于嫦娥六号月壤样品,系统揭示了月球背面月壤表现出强黏性特征的物理机制,从颗粒力学层面完整解开了嫦娥六号月壤“为什么这么黏”的科学谜题。相关研究成果11月24日在线发表于《自然-天文》。

嫦娥六号任务总设计师胡浩曾提到,月球背面采样过程中,发现嫦娥六号着陆区月壤“似乎稍微黏稠一点,还有点结块”,这与月球正面的嫦娥五号月壤存在不同的物理特性。“嫦娥五号与六号样品的力学性质差别很大。打开储存瓶,前者会飞走;而后者黏性较大,不会飞走。这说明它们在物理性质上存在不同。”此前,中国科学院院士、地质地球所研究员吴福元在接受《中国科学报》采访时说。

其背后原因究竟是什么?经过一年多的深入研究,祁生文团队终于找到了答案。他们通过固定漏斗实验和滚筒实验,精确测量了嫦娥六号月壤的休止角——反映颗粒材料流动性的关键指标。实验结果显示,其休止角显著大于月球正面样品,流动特性更接近于地球上的黏性土体。

那么,这种“黏性”从何而来?精细成分分析表明,月壤中含有极少量磁性矿物且不含任何黏土矿物,因此排除了磁力和胶结作用的影响。研究团队进一步发现,其休止角增大主要在于3种微观粒间力的协同作用:摩擦力、范德华力和静电力。其中,摩擦力的作用与颗粒表面粗糙度正相关,范德华力与静电力的作用则随颗粒尺寸减小而显著增强。

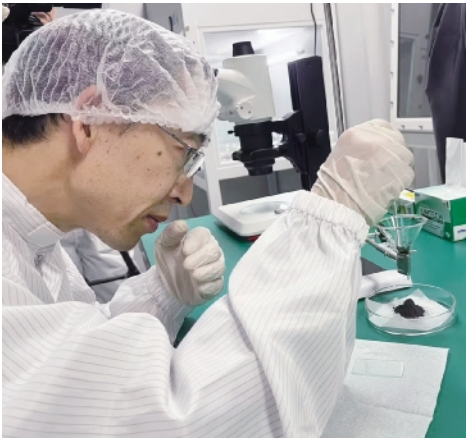
研究团队还发现了一个关键的“粒径阈值”——当颗粒的D60值,即小于某一粒径的颗粒重量占总重量60%时的颗粒粒径值,低于约100微米时,范德华力与静电力对休止角的作用开始凸显,使得石英、辉石、钙铁辉石、拉长石等非黏性矿物颗粒表现出明显的黏性特征。

基于这些理论,研究团队对嫦娥六号返回样品进行了1微米的高空间分辨CT扫描,通过对超过29万个月壤颗粒的尺寸与形态进行精确厘定,并同月球正面的嫦娥五号和阿波罗月壤对比,发现嫦娥六号月壤D60值最小,仅为48.4微米,颗粒更细,形态更复杂,整体球度显著偏低。“通常颗粒越细,形状越接近球形;而嫦娥六号月壤虽细,形态却更复杂。”祁生文说。

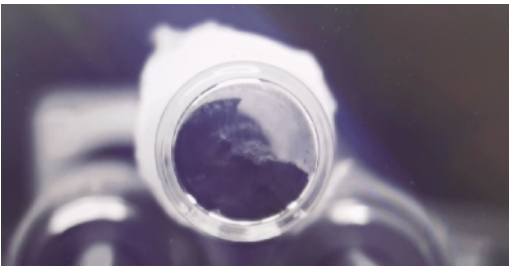
研究人员认为,这可能与样品中富含易破碎的长石矿物(约占32.6%),以及月球背面经历更强太空风化作用有关。正是这种“又细又粗糙”的独特颗粒特性,提升了摩擦力、范德华力与静电力的贡献,产生了更高的休止角,最终造就了月背月壤的高黏性。

该研究首次从颗粒力学角度,系统阐释了月壤的独特黏聚行为,揭开了嫦娥六号月壤的“黏性”之谜,为未来月球探测任务提供了重要科学依据。研究人员表示,随着我国深空探测步伐的不断加快,这些研究成果将为月球基地建设、月面资源开发利用奠定关键理论基础,助力我国在月球科学研究和资源利用领域取得新突破。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s41550-025-02715-3>



▲祁生文对嫦娥六号月壤样品开展固定漏斗实验。
▼滚筒实验正面视图。 地质地球所供图



日前,横跨鄂州、黄冈两地的湖北燕矶长江大桥顺利合龙,万里长江再添一道“飞虹”。

燕矶长江大桥是世界最大跨径四主缆悬索桥。项目全长约26千米,大桥主跨1860米,上层为六车道高速公路,下层为四车道城市快速路。

因上受花湖机场航空限高影响,下要满足长江通航需要,燕矶长江大桥主塔高度仅184米,垂跨比达到了千米级悬索桥中前所未有的1:15。为解决这一结构难题,建设团队采用世界首创不同垂度四主缆双层悬索桥结构体系,让这一超级工程得以“现世”。

图为燕矶长江大桥。

本报记者李思辉 通讯员葛利龙报道
中交二航局供图

美国脑机接口公司获批开展首个长期临床试验



本报讯 美国脑机接口公司Paradromics近日宣布,其脑机接口(BCI)已获美国食品和药物管理局(FDA)批准开展首个长期临床试验。

据《自然》报道,明年初,作为美国企业家埃隆·马斯克旗下脑机接口公司Neuralink的最大竞争对手之一,Paradromics将为两名因神经系统疾病或意外伤害而丧失语言能力的志愿者植入BCI。试验有两大目标:一是确保设备安全,二是恢复患者的实时语音交流能力。

Paradromics的BCI拥有直径约7.5毫米的有效区域,内置纤细且坚硬的铂铱合金电极。当

这些电极穿透大脑皮层表面时,可记录约1.5毫米深处单个神经元的活动。电极通过导线与植入患者胸部的电源和无线收发器连接。

Paradromics首席执行官Matt Angle表示,这是首个以合成语音生成为目标的BCI临床试验。“可以说,目前BCI能为患者生活质量带来的最大改变,就是恢复其语音交流能力。”

该试验还将探索能否精准检测志愿者想象手部运动时的神经活动,从而让他们可以通过意念控制电脑光标。根据初步结果,该试验可能扩展至10名志愿者,他们将接受两个大脑皮层植入物,以增加信号丰富度并覆盖更多脑区。

“我对此非常好奇,这是令人振奋的一步。”荷兰乌得勒支大学医学中心的Mariska Vansteensel说。

除了Paradromics,目前在BCI方面进展较

快的还有美国公司Synchron。其设备Stentrode基于血管内支架,内置12至16个电极,可从血管内部记录神经元群体的活动。而Neuralink则优先通过记录大量单个神经元的输出信号来获取高带宽数据。其BCI包含64根柔性聚合物线,每根线设有16个记录位点。

各公司均致力于让植入过程微创、设备可更换。Angle表示,在此次试验中,Paradromics“将在安全性、耐用性和数据传输速率方面同时发力”。“该设备实现的脑外信息传输速率约为其他设备的20倍,并且我们认为该设备的使用寿命应超过10年。”

随着长期临床试验的推进,临床医生和神经科学家将密切关注并对比各设备的效果。Vansteensel表示,希望各公司能保持完全透明,向学术界开放设备,以便其开展独立研究。(王方)