

重庆首个大科学装置近日在科学城开工,了解一下—— 超瞬态实验装置有多牛

重庆日报记者 李星婷

天下武功,唯快不破。

武侠小说里,以快为主的武功往往令对手措手不及,一闪即逝,一招制胜。

近日,重庆首个大科学装置——超瞬态实验装置项目在西部(重庆)科学城开工。

什么是超瞬态?它可以快到什么程度?要研究什么?大科学装置有怎样的意义?6月1日,带着这些疑问,重庆日报记者走进该项目实验室一探究竟。

什么是超瞬态?

“超,即超越;瞬,即瞬间即逝、瞬息万变。”在重庆大学电子显微镜中心大厅,该中心科研主任、超瞬态实验装置技术总负责人唐文新教授开门见山地介绍,超瞬态科学是十分前瞻的物质科学领域,也是未来科学发展的重要引领性方向之一。

那么,什么是超瞬态实验装置?

“超瞬态实验装置是提供时间(光子)与空间(电子)多维研究与调控的重大科技基础设施。”重庆大学电镜中心副主任、超瞬态电子显微镜研发核心成员黄天林教授说,钢铁、铝合金、镁合金和铝合金等为主的金属结构材料,在重大工程领域和国民经济建设中具有十分重要的作用,而多维多尺度表征是材料研究的基础。

此前,大家用二维(平面)的方式去分析物质,后来有了三维,可以立体地分析物质。现在,科学家们设想加上光子(时间维度)来分析物质的运动变化状态,光子是实现高时间分辨率(超快)分析的有效手段。

也就是说,超瞬态不仅能了解物质静态的结构,也能够揭秘物质动态的变化过程。其涉及的时间尺度从飞秒到秒,空间尺度可从埃到米。

飞秒、埃听起来超炫。是什么意思?

重庆大学电子显微镜中心透射电镜技术负责人陈厚文副教授解释,飞秒是时间单位,1飞秒为1秒的1000万亿分之一。

光是宇宙里跑得最快的,每秒约跑30万公里(绕地球7圈半)。但在1飞秒内,光也只能跑300纳米。

埃是长度单位,1埃为1纳米的1/10。“1纳米是一根头发丝的6万分之一,1埃就是一根头发丝的60万分之一。”陈厚文说道。

超瞬态实验装置要在精确到“飞秒+埃”的尺度下,来研究物质“瞬息变化”,令人惊叹!

“比如一头豹子在高速运动的时候,外界看到它形体的变化在秒量级。但它里面的肌肉纤维,细微到每一个分子如何运动和变化?我们可以通过超快手手段来分析这个层面物质相互作用的规律。”唐文新说,同理,超瞬态可以运用在材料、制造、能源等领域,分析物质变化和时间相关的科学规律,从而推动先进制造、材料科学、信息科学、新能源等诸多领域发展。



超瞬态实验装置总体规划效果图。

(重庆大学供图)

实验装置由什么组成?

“大科学装置堪称科学研究的‘航空母舰’,是建立具有强大国际竞争力的国家大型科研基地的重要条件。”唐文新解释道,国家对大科学装置有明确定义,是国家为解决重大科技前沿、国家战略需求中的战略性、基础性和前瞻性科技问题,谋求重大突破而投资建设的大型研究设施。其通过较大规模投入和工程建设,建成后通过长期的稳定运行和持续的科学技术活动,实现重要科学技术目标。

其基本特点是:科研力量集中、科研任务集中、投资力度大、多学科交叉、需要昂贵且复杂的实验设备,研究目标瞄准基础性,发展新型、边缘科学和突破重大新技术。

超瞬态大科学装置由“高通量同步辐射光源”和“超瞬态电子显微镜集群”两部分组成:“高通量同步辐射光源”提供低发射度、高流强和高通量光源为特色的同步辐射装置,主要服务于解决国民经济主战场中对高通量光源迫切需求的项目研发;“超瞬态电子显微镜集群”包括已自主研制成功的世界首套超瞬态自旋极化低能电子显微镜、世界独特的四维透射电镜等核心仪器设备,可实现对物质在力、热、磁、电和辐照等多维多尺度耦合表征。

目前,超瞬态实验装置是国际上首次明确在时间尺度上提出两种探针相互耦合的大科学装置。

建成后有啥用?

穿上防尘服、套上鞋套,记者走进电镜中心实验室。

在像差校正透射电镜室,图像分辨率可以达到50-80皮米(1皮米=1万亿分之一米),可以看出原子由什么元素构成,怎么排列,但这只能作平面、静

态的分析。

在超快低能电子显微镜实验室,这里有唐文新带领团队建立的世界首套超瞬态自旋极化低能电子显微镜。这台复杂的超高真空系统组成的电子显微镜,周围密布着各类仪器仪表的信号电源线和超短脉冲激光/光学透镜等——就像人体的心脏,周围密布着血管和器官。

运用激光+电子结合成像,在一个快门的时间内完成上千万张图像成像……团队不断挑战“电子(空间)+光子(时间)”相结合所能达到的速度和结果。

未来,团队基于光子和电子同物质相互作用的不同物理散射机制,将充分发挥电子探针在空间尺度、光子探针在时间尺度的各自表征优势,重点解决先进制造、先进材料、新能源、电子信息、生物医药等领域共性关键技术需求,开展高温燃烧机理、3D打印、新材料、极紫外光刻、固态及新燃料电池、癌症早期诊断与放疗等基础研究和产业技术融通创新。

“比如,肺癌早期诊断结节,超瞬态装置超高的空间分辨率和独特的对比度成像机制,能在结节还仅为毫米大小的时候就能准确判定是否癌变。”唐文新举例道。

“微观结构决定了宏观性能。宏观性能的改变优化,需要从微观的组织、化学元素分布,原子排列方式与方向等机制中去调控。”黄天林表示,在新材料领域,如何开发出在极端条件下的高性能新材料,如耐高速冲击变形的汽车轻量化材料,超瞬态实验装置都将发挥重大作用。

“以前开发一个产品,时间很长,要是开发核心产品,生产工艺参数的调控与优化可能需要10年甚至20年时间。如果把宏观性能随工艺参数变化背后的微观机制弄清楚再去调控,就知道朝哪个方向改进,开发新产品周期就要快很多。”陈厚文将材料设计这个过程比作“炒菜”,炒菜的时候,要放各种

各样的佐料,量的多少会影响最后的口感。材料设计也是如此,要加什么样的核心元素,加多少进去,都会影响材料性能的好坏。

“因此,可以通过对不同工艺得到的材料的微观结构进行研究,发现其中机制,知道这些元素加进去以后材料的性能为什么好,加多少量又是最佳……了解了这些规律性机制以后就可以反过来指导先进材料设计,同时有理有据,有理可依。”陈厚文说。

对重庆有何意义?

“加快集聚大科学装置,积极争取建设超瞬态实验装置……”据了解,超瞬态实验装置写进了《重庆市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》。

超瞬态实验装置项目占地500亩,总投资30亿元,由重庆大学牵头建设。超瞬态实验装置项目分两期建设,一期计划建设实验中心及办公用房1.026万平方米,建设500MeV低能强流同步辐射光源和3套超瞬态电子显微平台,预计2023年建成投用。

“拥有先进的大科学装置,甚至大科学装置群,是重庆成为具有全国影响力的科技创新中心的重要支撑和基本条件。”唐文新称,开工建设超瞬态实验装置,是重庆迈向具有全国影响力科技创新中心的“第一步”,是西部(重庆)科学城创新能级最基础也是关键的标志,将有利于重庆科技创新能力提升、攻克重要领域关键技术、以点带面联动其他领域创新。

同时,将有利于迅速吸引大批尖端人才聚集到重庆,未来孕育出一批在中国具有影响力的高科技企业。开放共享共建是大科学装置的一个显著特点,装置将面向国内外开展合作共建,联合国内外优秀科技力量,共同发现重大科学问题、突破关键技术瓶颈,提升重庆科技创新中心在全国乃至国际的影响力。