

紫气东来别有源

——中国诞生世界最亮极紫外自由电子激光

本报记者 余惠敏 李克达

热点追踪

日前,由中国科学院大连化学物理研究所(以下简称“大连化物所”)和上海应用物理研究所(以下简称“上海应物所”)联合研制的极紫外自由电子激光装置——“大连光源”经过3个多月卓有成效的调试之后,终于发出了世界上最强的极紫外自由电子激光脉冲——单个皮秒激光脉冲可产生140万亿个光子,成为世界上最亮且波长完全可调的极紫外自由电子激光光源。

究竟何为极紫外自由电子激光?该装置又有哪些应用?《经济日报》记者就带您一起,去领略“大连光源”的耀眼风采。

为分子拍电影的摄像机

光的本质是电磁波,同时也是粒子,光子本身带有能量,波长越短,光子的能量就越高。可见光的波长大致处于400到700纳米之间(1纳米等于10亿分之一米),其光子能量可以刺激人的视觉细胞产生信号,而波长小于可见光的紫外光因为光子能量高,会对人体产生危害,比如UVA(320至400纳米)和UVB(270至320纳米)紫外光。“当波长短到100纳米附近时,一个光子所具备的能量就足以电离一个原子或分子,而又不会把分子打碎,这个波段的光称为极紫外光。”大连化物所科研人员戴东旭说。

自19世纪以来,电和电磁波不仅成为人类社会最重要的输送和使用能源的形式,也成为人类认识和感知物质世界最重要的媒介和手段。例如,人们都是把声音和图像通过麦克风和摄像头等转换成电信号,然后进行处理和传输。

同样,要想探测物质世界中的原子和分子,最关键的就是要将所要探测的物质世界中的原子或分子中的相关信息变成易于识别和处理的电信号。“最直接的方法就是:把原子或分子中的电子打出来,使得原子、分子变成带有正电荷的离子。这种带正电的离子击打在探测器上,就会形成电信号,这样以来,我们便能更加灵敏地探测原子、分子及自由基。”戴东旭介绍说,通过探测打出来的电子,还可以得到物质的结构和动态信息,进而对原子、分子层次上探索物质世界的奥秘。

在科学实验中,需要探测的原子或分子数量可能非常少,存在时间也非常短,普通的极紫外光源无法满足这个需求,必须要有高亮度的极紫外光源,即极紫外激光。已经建成的大连光源是当今世界上首套运行在极紫外波段的自由电子激光用户装置,也是最亮的极紫外光源。光源的每一个激光脉冲可产生超过100万亿个光子,波长可在极紫外区域完全连续可调,具有良好的相干性;该激光还可以在飞秒或皮秒脉冲模式工作。

如此一来,具有高亮度、超快特性的极紫外自由电子激光,便可轻松“看到”在原子层次上发生的物理、化学、生物反应过程,将物质科学的实验研究由宏观体系深入到单个原子尺度体系、从静态过程上升到超快的动态过程、从理想实验环境下的研究逐步转向真实反应条件下的研究。

“它是一个能够给分子拍电影的工具。”上海应物所所长赵振堂介绍说,极紫外自由电子激光脉冲持续时间足够短,能够捕捉到化学键断裂和形成的过程,大大提高了人类研究物质内部结构的能力。



为研究注活力的自由光

自由电子激光是国际上最先进的新一代光源,近几年,其快速发展带动了许多前沿科学的研究进步。大连光源综合实验装置正是以极紫外自由电子激光为依托,试图在能源利用、光刻技术、雾霾治理等领域有所突破。

“我们希望大连光源的成功能够真正推动基础研究的发展,尤其是利用极紫外光源来攻克分子科学、化学、能源等领域的技术难题。”大连化物所副所长杨学明说。

它为能源利用做好理论指导。

世界上90%以上的能源来自燃烧,在未来许多年,燃烧仍将是主要的能源来源。因此,高效利用能源以及减少污染排放量是重要的世界性问题。在燃烧过程中,分子不是经过单一反应而生成二氧化碳和水,而是经过许多中间步骤以及多个反应中间体。高亮度极紫外自由电子激光

利用单光子电离的方法,能够灵敏地探测到这些中间反应步骤和中间体,为阐明燃烧过程中的化学机理提供坚实的基础。

它为光刻技术照亮前进方向。

在过去几十年中,半导体芯片技术的快速发展主要依赖于激光光刻技术。这一技术极大驱动了半导体器件以及集成电路的发展。而高强度的短光波长光源是推动半导体器件向更小尺寸发展的关键,但是,极紫外波长区域的光源并不容易得到。大连相干光源能提供最低50nm波长的极紫外光源,可以用于EUV光刻技术的研究。而更高重复频率的极紫外自由电子激光技术的发展,也有望为今后光刻技术朝着更小尺寸方向迈进提供可靠光源。

它为雾霾治理剖析内在原因。

雾霾已经成为大气环境污染的头号“通缉犯”,给人们的健康和生产生活各方面造成了严重危害,治理和防治大气污染刻不容缓。而如何治理?首先要从根本上理解雾霾的形成和生长机理。

大气中的化学物质与水分子作用后会形成分子团簇,这些团簇在成长过程中,吸附大气中各种污染分子以及水分子,成为较大的气溶胶颗粒,并逐渐成长为雾霾。利用大连相干光源极紫外软电离技术,通过发展高灵敏度的单颗粒气溶胶质谱和成核机理研究装置,解析大气化学中的团簇的精细结构,可揭示大气中气溶胶的成核动力学机制。

“大连光源”的建成出光成为我国大科学工程的又一成功范例,必将大大促进我国在能源、化学、物理、生物、材料、大气雾霾、光刻等多个重要领域研究水平的提升,为我国的科学事业注入新的活力。”中国科学院副院长王恩哥说。

以科学驱动的攻坚队

“大连光源”项目于2012年初启动,2014年10月22日正式在大连长兴岛开工建设。开工以来,在不到两年的时间里,便完成了主要基建工程和主体光源装置的研制,并于2016年9月底安装完成首次出光,创造了我国同类大型科学装置建设的新纪录。

“大型科学装置最理想的工作模式需要具备几大要素。”上海应物所研究员王东介绍说,“首先,要有非常明确和强烈的科学驱动;其次,在工程方面要有可行性和支持的团队;此外,还有经济、社会、政治等方面考虑,前两个是最基本的要素”。

赵振堂说:“以往,我们都是先建装置,然后看化学家、物理学家能够怎么应用;现在则是科学驱动、应用引领。建装置之前,我们会做充分调研,考虑到全国科学家们的建议——我们建装置的科学目标到底是什么?为什么建?”项目建设过程中,两个团队不停往返大连、上海两地,相互讨论和学习交流。王东回忆称:“第一次到长兴岛勘察现场时,这里还是一片平地,什么都没有。”耗时近8年,经过600至800人的团队通力协作,终于建成了“大连光源”。

“大连光源”的成功建设,得益于两个研究所的密切沟通和合理分工。他们是做科学的,主要精力不是建设装置。对于找基金委申请、找人建设这方面而言,他们找我们合作更有效果,因为建设装置的队伍需要经验的积累。综合利用各个研究所的力量,从整体效益上来说也是最好的。”赵振堂说。

王东也表示,“两个团队在科学驱动和技术执行上均做到了最好。在起初的规划阶段,就要充分沟通;我们要知道他们想要什么,他们要知道我们能做什么。尽管建设时间只有两年,但我们真正的合作可以推算到8年以前。有沟通就要有分工,我们的强项是做工程,大连化物所则擅长做科学”。

对于未来的装置运转,王东告诉记者,“以后,这个装置是完全交给大连化物所运作的。他们必须培养整个队伍,要懂所有的东西,学习所有的原理,包括操作和修理等细节。他们有一批非常出色的年轻人,素质都很高,现在已经相当程度上可以独立完成操作了”。

据悉,这一项目的顺利完成,开创了我国科学研究专家与大科学装置研制专家成功合作的先例,对于未来加快推动大科学装置在科学中的应用具有重要的现实意义。大连化物所及上海应物所的项目专家们将进一步努力将大连光源建设成为高水平的实验研究用户装置,为我国乃至世界提供一个独特的科学的研究装置。

科技万象

首个药用昆虫基因组图谱绘制完成

中药国际化有了新进展

本报讯 记者吴佳佳报道:美洲大蠊是世界性卫生害虫,可传播多种病原菌。但其作为传统中药材已有悠久历史,最早收录于《神农本草经》,后在《本草纲目》等多有记载。

研究发现,美洲大蠊提取物制成的溶液剂具有良好的创面修复功能,在治疗胃溃疡、十二指肠溃疡及烧伤等疾病方面疗效显著。日前,由四川大学和好医生药业集团共同承担的课题——美洲大蠊全基因组研究取得阶段性成果,揭示出全球首个药用昆虫美洲大蠊的基因组图谱。

四川大学生命科学院教授岳碧松介绍说,美洲大蠊的基因组十分复杂,为基因组测序和组装带来极大困难。此次全基因组测序,进行了美洲大蠊的分子标记及基因组学研究,得到29.1万条转录本序列,并首次完成了美洲大蠊基因注释等。

“此次成果,将使美洲大蠊这一中药材及相关产品的科学研究发生革命性飞跃,也为推进中药国际化进程贡献力量。”中国医学科学院药用植物研究所所长孙晓波表示,对药用美洲大蠊的全基因组测序及组装工作,通过解读其遗传信息,分析物种经过漫长的进化历史,成功适应存活的原因,为下一步优化种源奠定基础。对基因组的进一步分析,还有助于揭示美洲大蠊活性成分有关的基因调控及代谢通路,为新药开发提供新思路。

好医生药业集团董事长耿福能介绍,好医生药业集团已建立了国内首家美洲大蠊GAP养殖基地,并与国内多所高校科研院所建立产学研平台,围绕美洲大蠊及康复新液开展了一系列临床及基础研究。“中药基因组学研究不仅有助于世界认识中医药,加速中药国际化进程,还可在国际化竞争中抢占主动。”耿福能说。

小分子RNA研究获突破

急性骨髓性白血病期待新疗法

本报讯 记者余惠敏报道:近日发表在《自然·通讯》上的一则研究显示,携带有非编码RNA小分子miR-22的纳米颗粒,显示出对急性骨髓性白血病的小鼠模型的治疗潜力。

急性骨髓性白血病是一种血细胞癌症,往往在进行了密集化疗后,依然会在5年内夺走病人的生命。虽然已经有了许多关于急性骨髓性白血病基因组变异的特征信息,对于驱动祖细胞转化成癌症细胞的分子机制,我们仍所知甚少。

美国辛辛那提大学陈建军和研究团队分析了62个人类患者的癌症样本发现,在急性骨髓性白血病中,miR-22的表达减少了。他们使用急性骨髓性白血病的多种小鼠模型进行研究,发现恢复miR-22的表达水平,可以抑制特定的细胞传导通路,阻碍急性骨髓性白血病的发展和癌细胞的维持。研究者在接下来的研究中发现,使用miR-22会带来癌症进展的延迟与生存时间的延长。

据悉,使用携带有miR-22的纳米粒子来治疗急性骨髓性白血病,在开始临床试验之前,需要进一步测试。研究者还提出,把这种疗法和标准的化疗药物组合,也将具有疗效。



图为非编码RNA。

(资料图片)

连续运行320天

我国自主研制航天炉再创纪录

本报讯 记者宋喜群报道:截至2016年11月30日,由航天长征化学工程股份有限公司设计制造,具有我国自主知识产权的安徽昊源一期航天炉已经连续运行320天,再创世界气流床气化技术连续运行(A级)时间世界纪录。这是继2012年航天炉不间断连续运行215天的世界纪录后,再次刷新此项纪录。

航天炉,又叫做航天粉煤加压气化炉,是航天粉煤气化技术的核心设备。该设备自2008年应用成功以来,备受行业关注。国内外同类型粉煤气化技术因为煤质、操作、催化剂等因素,气化炉连续运行时间大多为200天左右,停运重新生产后,将会造成较大经济损失。能够在这一关键设备上保持连续运行,表明我国拥有完全自主知识产权的航天粉煤气化技术已达世界领先水平。



图为安徽昊源一期航天炉。

(资料图片)



电磁监测试验卫星工程副总设计师申旭辉在介绍情况。本报记者 杜芳摄

为掌握地震动态,我们的祖先张衡曾发明了世界上首台地动仪。如今,研究地震科学的又一“神器”即将横空出世。1月17日,《经济日报》记者从全国地震局长会议上了解到,首颗由我国自主研发建造的电磁监测试验卫星张衡一号将于今年发射,投入使用。届时,我国将首次具备全疆域和全球三维地球物理场动态监测能力,也是唯一拥有在轨运行的多载荷、高精度地震监测试验卫星的国家。

关于地震能否预报,科学界一直存在争论。我国地球物理学家陈运泰曾经表示,对地震预报应该持有审慎乐观的态度。许多科学家相信,经过不懈努力,加快科学探

“张衡一号”:跳出地球测地震

本报记者 杜芳

索的征途,地震预报有可能在未来实现。地震预报究竟难在哪里?为什么如此先进的现代科学无法破译其中奥秘?

电磁监测试验卫星工程副总设计师申旭辉告诉记者,摆在科学家面前有3座大山:首先,地震事例太少,不足以帮助科学家形成完整的科学体系和方法体系。“比如七级地震在中国每3年才能遇到2次,这样的数据连统计分析都不够。”申旭辉说。

其次,地震科学的研究方法和手段受到很多制约。地震发生在地下,科学家们很难实地查看怎么回事。而地面上的探测站点分散,很难把全球的地球物理场搞清楚。此外,地震研究的基本理论起源于早期的牛顿物理学,如今物理学发展很快,地震研究迫切需要吸收其他相关学科的理论。

如何跨越这三座大山?“无非上天入地。”申旭辉说,“地震是地壳运动,会切割磁力线,造成磁力线的扭曲,我们可以通过卫星捕捉这些信号,跟踪地震前兆。”通过发射卫星,跳出地球看地震,将突破许多地震研究的限制。“在地面上,地震台网不能完全覆盖所有地区,面积广阔的海洋我们观测不到。但卫星上天后,就可

以不受自然环境的约束,对全疆域实时观测。而且,地球和太阳之间的作用力对于板块运动及地震研究都有帮助,跳出地球看地震,可以借鉴现代物理学和空间科学的成果促进地震科学的发展。”申旭辉说。

据悉,将要发射的电磁监测试验卫星是我国立体地震观测体系首个天基平台。它将发挥空间对地观测的大动态、宽视角、全天候特点,获取全球电磁场、电离层等离子体、高能粒子观测数据,研究地球系统各圈层相互作用及其效应。它可以对中国及其周边区域开展电离层动态实时监测和地震前兆跟踪,进一步推进我国立体地震观测体系建设,开辟探索地震监测预测新途径。

同时,卫星还能为航空航天、导航通讯等领域提供空间电磁环境监测服务。

能够观测全球,统计研究全球地震的前兆变化特征,对于地震研究者来说,是一件非常兴奋的事情。“这样一来,十年间,就可以拿到上百个七级地震的数据,可以总结很多经验教训,卫星观测可以为科学家提供宝贵的地震震例。”申旭辉说。

在电磁监测卫星家族里,张衡一号并不孤独,之前已有俄罗斯、法国、美国等国

家发射过同类卫星。“对于地震研究而言,指望一两颗星远远不够。”申旭辉说。张衡一号被寄予厚望,其设计指标和载荷配置均超过国外同类卫星,采用通用小卫星平台,搭载感应式磁力仪、高精度磁强计等8种载荷。该卫星由中国地震局、航天科技集团等所属的几十家单位参与攻关研制。工程实施3年多来,参研单位攻克了多项关键技术难题,取得突破性进展。

“为保持寿命,类似卫星的轨道高度一般在六七百公里,但考虑到这颗卫星要接收地震电磁波,而电磁波传播过程是衰减的,为更好地接收信号,我们把轨道降低到500公里。而且,我们希望时间优先,将卫星的周期设置为5天。这些都是为张衡一号量身定做的特殊处理。”申旭辉说。

地震预报非常难,但是,地震人一直在努力。为确保更好地发挥卫星效益,中国地震局会同国防科工局坚持开放共享的原则,组建了电磁监测试验卫星工程国际科学家委员会,广泛吸收国际一流专家参与,为卫星的研发建造、应用服务提供科学和工程咨询,确保电磁监测试验卫星研发和应用的国际水准。

本版编辑 郎冰 周明阳

联系邮箱 jjrbxzh@163.com