
激光加速器首次发射自由电子激光

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/14796.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

激光加速器首次发射自由电子激光。



中科院上海光机所供图 7月22日,《自然》封面文章报道了中国科学家的重大突破,他们利用自主研制的高性能重频超强超短激光装置,驱动产生了高品质的电子束,并首次实现自由电子激光放大输出,在国际上率先完成台式化自由电子激光原理的实验验证,对于发展小型化、低成本自由电子激光器具有重大意义。研究成果由中科院上海光学精密机械研究所(以下简称上海光机所)强场激光物理国家重点实验室完成。研究成果被国际同行评价为又一里程碑成果,将为新的应用创造更多可能。殊不知,研究团队十年磨一剑。从公里级缩短到十余米自由电子激光被称为第四代光源,可提供从远红外到X射线波段的高亮度相干辐射。迄今为止,自由电子激光是实现X射线波段高亮度相干光源的最佳技术途径。论文共同第一作者、上海光机所研究员王文涛告诉《中国科学报》。其中,X射线自由电子激光可用于探测物质内部动态结构和研究光与原子、分子和凝聚态物质的相互作用过程,极大地促进物理、化学、结构生物学、医学、材料、能源、环境等多学科发展。在国际上,目前已经建好或正在运行的X射线自由电子激光装置基于射频直线电子加速器建设而成,仅有8台,规模多在公里级。因此,为了实现更进一步的应用和普及,利用台式化的电子加速器发展小型化、低成本的自由电子激光器,成为许多科学家一直梦寐以求的目标。《中国科学报》记者获悉,从2011年开始,上海光机所开始承担国家自然科学基金委项目,着手研制小型化高性能电子加速器,即新一代超强超短激光综合实验装置。超强超短激光驱动的尾波场电子加速机制,可以提供比射频电子加速器高3个数量级以上的超高加速梯度,因而成为研制小型化高能电子加速器的主要技术路线之一。所谓激光尾波场电子加速,王文涛解释道:快艇在湖水上飞驰后,会激发波浪,如果放一片树叶,树叶就会跟着浪快速往前走。同样的

，激光作用于等离子体，会形成一系列尾波，电子进入尾波，会在尾波中以接近光速的速度前进，进而产生高能量。在实验室，记者看到了新一代超强超短激光综合实验装置，研究团队将自由电子激光装置由公里级设计为目前十米级。



10余米长的新一代超强超短激光综合实验装置。秦志伟摄 始终保持国际领先 其实，早在2004年，国际上就已首次实验验证激光可以加速一定品质的电子束。该研究成果由美、法、英三国科学家联合完成，并发表于《自然》，被称为梦之束。自此之后，利用激光尾波场加速器驱动的小型化自由电子激光，特别是X射线波段的自由电子激光，便成为该领域科学家共同追求的前沿。然而，17年来，激光尾波场加速研究虽有重要进展，但迟迟未用于驱动产生自由电子激光。自由电子激光对电子束品质要求非常高，而我们在这方面始终保持国际领先。论文共同第一作者、上海光机所特别研究助理冯珂告诉《中国科学报》。多年来，研究团队一直致力于激光加速电子束品质与稳定性的提升，通过设计特殊的等离子体密度分布结构，优化控制电子束的注入过程与加速过程，使得电子束综合品质得到有效的提升。同时，通过控制与优化电子束相空间演化实现电子束从等离子体到真空的平稳过渡，并设计相应的束流传输与波荡器辐射系统，实现电子束长距离传输并有效耦合至波荡器中。2016年，研究团队利用超强超短激光，首次获得接近国际最先进的直线加速器上所能获得的电子束亮度；今年5月，又获得激光尾场加速吉电子伏特能量、世界最小的千分之二能散度电子束……这一次，研究团队首次在实验上观测到极紫外波段的辐射信号，典型的辐射波长27纳米，最短激光波长可达10纳米级，单脉冲辐射能量最高可达150纳焦级。通过轨道偏移以及自发辐射定标等方法证明最后一段波荡器中能量增益高达100倍。作者的工作是一流的所报道的技术将对同行科研人员产生重大影响，是一项重大的技术突破……这一重大突破首先得到了国际同行的高度肯定。不过，目前仅是实验验证小型化、低成本自由电子激光加速器可以发射自由电子激光，但距离工程化应用还有很长的距离。上海光机所副所长、强场激光物理国家重点实验室主任冷雨欣强调。



科研人员在讨论驱动激光的运行情况。秦志伟摄 把冷板凳坐热 2012年，上海光机所新一代超强超短激光综合实验装置项目团队成立，承担国家自然科学基金委首批重大仪器专项的科研攻坚任务，中国科学院院士李儒新是项目负责人。加班奋战三百天，不见出光誓不还，在这支队伍成立之初，实验团队就在实验室屏幕上写下了这一句话。但距离这次重大突破，他们用了3000余天。其间，在激烈的国际竞争中，这支队伍不断交出优异成绩：2015年6月，自主研发的200TW/5Hz超强超短激光装置成功运行；2016年9月，实验获得激光尾波场电子加速领域电子束世界最高亮度；2018年1月，同时承担上海超强超短激光实验装置（羲和激光装置）的建设；2019年1月，首次基于激光尾波场加速实现自发辐射放大输出；2019年8月，验证台式化自由电子激光辐射放大的非线性增益；2019年12月，完成新一代超强超短激光综合实验装置现场测试和全部指标的验收……但当时这支队伍仅有30人，35岁以下青年比例达到75%。正是这些年轻人勇于投身基础研究，甘于坐冷板凳才能取得今天的重大突破。今年5月，超强超短激光攻关青年团队获得第25届中国青年五四奖章集体。在上海光机所，这支队伍是其一体两翼的重要组成部分。上海光机所所长邵建达介绍，该研究所以强激光科学与技术为主体，激光物理与材料物理为两翼，坚持需求导向和前瞻引领，聚焦主责主业，进一步夯实研究所在本领域基础研究方面的领先优势，加快原始创新和关键核心技术攻关，努力产出更多更优秀的创新成果。据悉，未来，研究团队将进一步提升自由电子激光的输出功率和光子能量，并作为羲和激光装置中超快化学与大分子动力学研究平台的重要组成部分，提供开放共享。（来源：中国科学报秦志伟）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41586-021-03678-x>

版权声明：凡本网注明来源：中国科学报、科学网、科学新闻杂志的所有作品，网站转载，请在正文上方注明来源和作者，且不得对内容作实质性改动；微信公众号、头条号等新媒体平台，转载请联系授权。邮箱：shouquan@stimes.cn。

作者：王文涛等 来源：《自然》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发