连续波太瓦阿秒X射线自由电子激光研究取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/38730.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！

连续波太瓦阿秒X射线自由电子激光研究取得进展。

阿秒X射线脉冲是研究凝聚态体系、分子体系及强关联材料中超快电子动力学的重要工具，可同时提供原子尺度的空间选择性与阿秒级时间分辨率。近年来，自由电子激光技术持续发展，将X射线脉冲长度从飞秒量级推进至阿秒量级，拓展了超快X射线科学研究能力。

近日，中国科学院上海高等研究院联合德国电子同步加速器研究所，在阿秒X射线研究方面取得重要进展。研究团队提出，依托上海硬X射线自由电子激光装置（SHINE），通过优化直线加速器、束流分配及波荡器的工作参数，可在软X射线和硬X射线波段稳定产生兆赫兹重复频率、太瓦级峰值功率的阿秒X射线脉冲。

研究团队系统论证了我国首台连续波X射线自由电子激光装置SHINE具备在兆赫兹重复频率下，稳定输出高强度阿秒X射线脉冲的潜力，并提出了“自啁啾”方案，即在依托SHINE基准硬件配置的基础上，仅通过优化调整束流动力学，可实现高峰值功率阿秒X射线脉冲的产生。该方案的核心机制为：利用纵向空间电荷力与相干同步辐射效应等电子束自身的集体效应，在束团内部形成强能量啁啾，进而通过束流分配线对电子束进行极端纵向压缩，形成超短的10kA峰值流强尖峰，从而辐射出强度大幅提升的阿秒X射线脉冲。研究表明，在自由电子激光进入饱和状态后，超辐射效应可进一步压缩X射线脉冲长度，并显著提升其峰值功率。

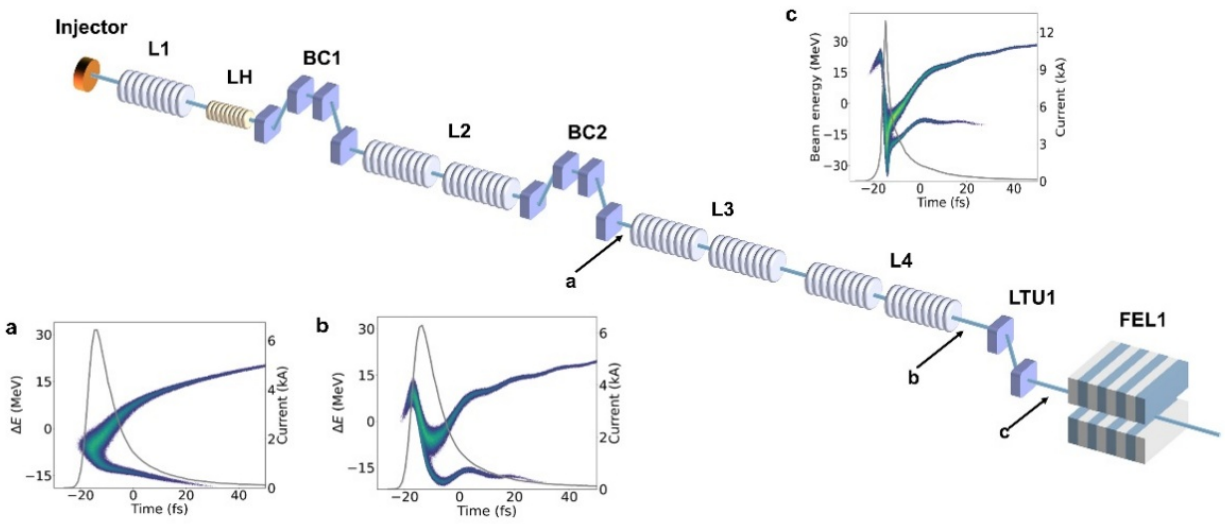
数值模拟结果表明，在考虑超导模组射频相位抖动等实际运行条件的情况下，SHINE在硬X射线波段（6keV）可产生平均脉宽约300阿秒、峰值功率约0.8太瓦的X射线脉冲；在1keV软X射线波段，可实现平均脉宽约470阿秒、峰值功率达太瓦量级的输出。

该研究为高重频、高峰值功率阿秒X射线光源发展提供了新的技术路径，且上海硬X射线自由电子激光装置有望同时实现阿秒级时间分辨率与兆赫兹重复频率，进而提升平均谱亮度。未来，该

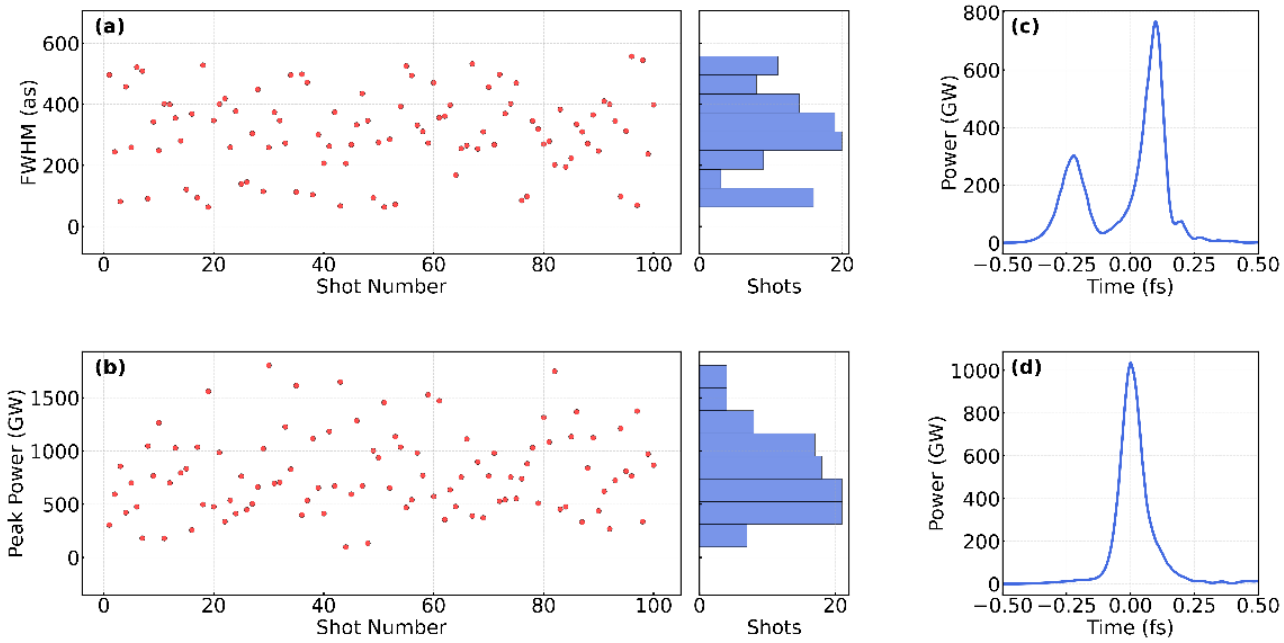
技术有望促进强关联材料中电子动力学研究的发展，并为量子相干X射线谱学及生物、化学体系的原子尺度超快成像提供新的实验手段。

相关研究成果发表在《超快科学》（*Ultrafast Science*）上。研究工作得到国家自然科学基金委员会和中国科学院的支持。

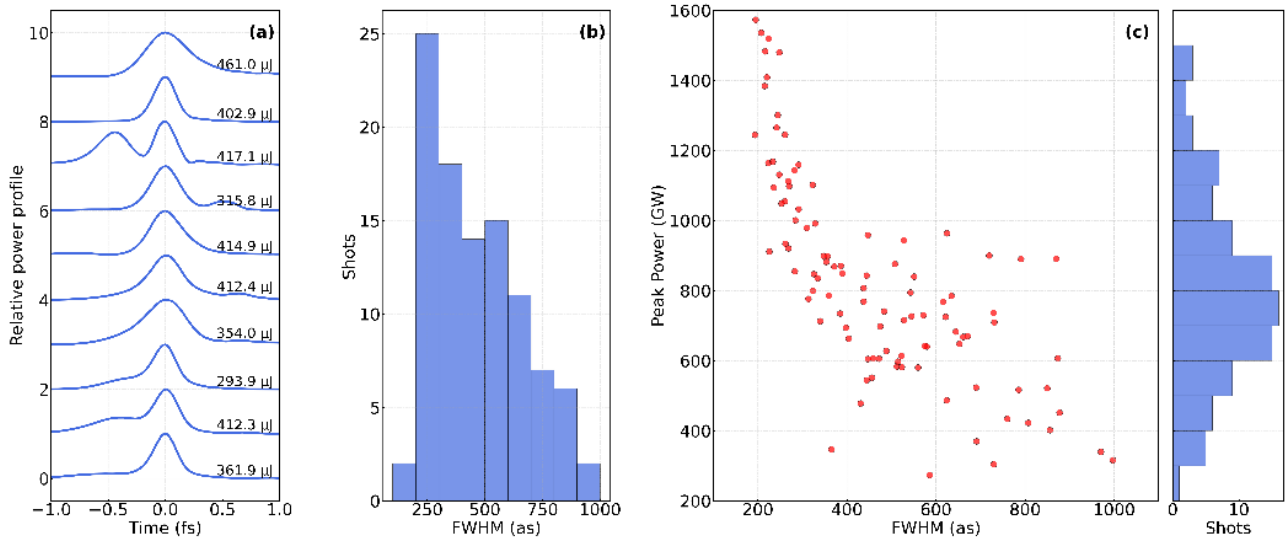
论文链接



AttoSHINE自调啾过程示意结构图及其对应的电子束纵向相空间演化过程



考虑射频相位抖动影响时，硬X射线波段（6keV）自由电子激光模拟结果



考虑射频相位抖动影响时，软X射线波段（1keV）自由电子激光模拟结果

研究团队单位：上海高等研究院

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转发