
高重频全相干自由电子激光研究取得新进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/34508.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！

高重频全相干自由电子激光研究取得新进展

。近期，中国科学院上海高等研究院自由电子激光团队在高重复频率全相干自由电子激光（FEL）新机制研究方面取得进展，首次实验验证了自主提出的“直接放大驱动型谐波产生”（DEHG-FEL）新机制，并成功实现其出光放大和稳定运行。这标志着在实现兆赫兹（MHz）量级重复频率的全相干极紫外（EUV）和X射线FEL光源的道路上，迈出了关键一步。

高重复频率的全相干EUV与软X射线FEL在先进的时间分辨光谱学、相干衍射成像以及纳米结构和纳米器件的超快动力学研究等前沿领域具有重要应用前景。然而，传统的外种子型FEL方案通常需要峰值功率高达百兆瓦量级的紫外种子激光来驱动，这使得其重复频率通常受限于千赫兹量级。

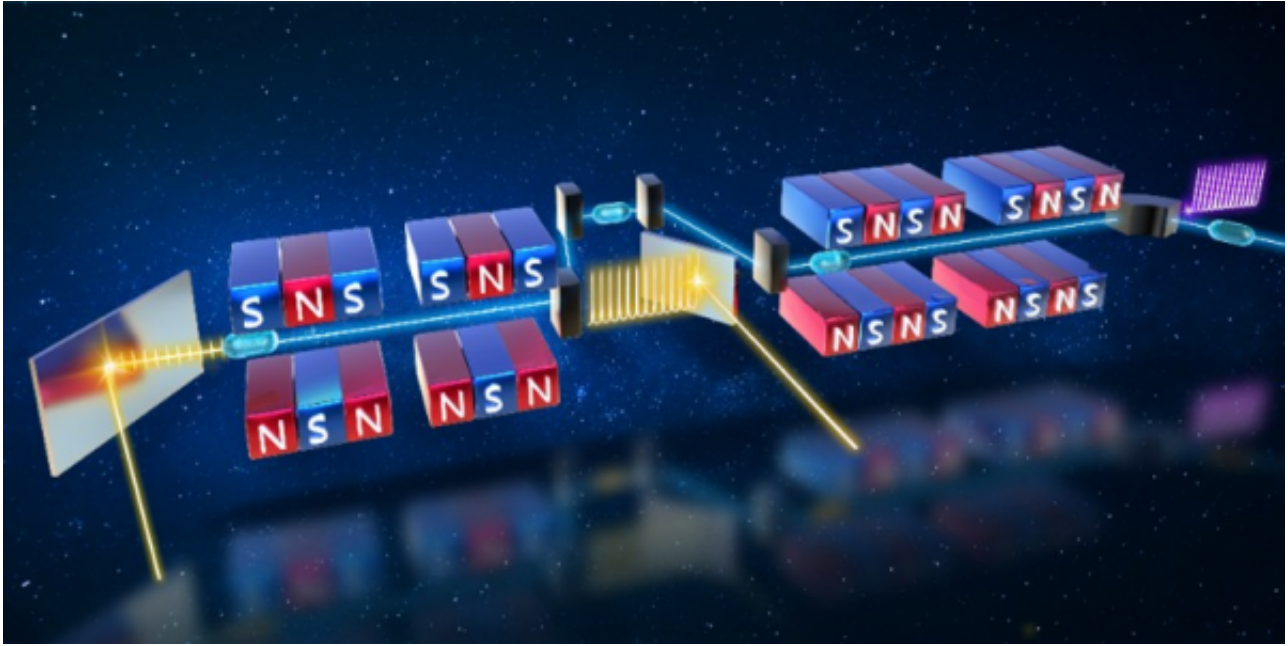
上海高研院自由电子激光团队此前已在上海软X射线自由电子激光装置（SXFEL）上验证了相干能量调制的自放大机制。在本项工作中，研究团队采用长调制段，通过高增益FEL过程对弱种子激光信号进行直接放大，从而获得了高功率、稳定的调制激光。在此过程中，电子束获得了足够的能量调制，经过色散段形成光波长尺度的相干微聚束，进而产生了最高达12次谐波的全相干辐射输出。团队进一步将7次谐波放大至饱和，获得了约160微焦的饱和脉冲能量，能量稳定性达到5.5%。通过谐波级联过程，团队还成功实现16次谐波输出，输出光谱带宽接近傅里叶转换极限，这表明DEHG-FEL在纵向相干性方面得到了良好保持。

DEHG技术以其简洁的装置配置实现了对极弱种子激光信号的有效放大，原理上可以将种子激光功率降低两至三个数量级，并具备稳定、可控、高次谐波输出的能力，特别适合于高重复频率外种子型自由电子激光。此外，它还有潜力为更复杂的双级种子方案（如回声驱动谐波产生，EEHG）提供实现高重复频率的解决方案。未来，该方案有望与高次谐波产生技术（HHG）相结合，为软X射线波段的超快光谱学、成像和材料科学研究提供全新手段。

相关研究成果以*First Lasing and Stable Operation of a Direct-Amplification Enabled Harmonic Generation Free-Electron Laser*为题，发表于《物理评论快报》（*Physical Review Letters*）上，并被选为“编辑推荐”文章。

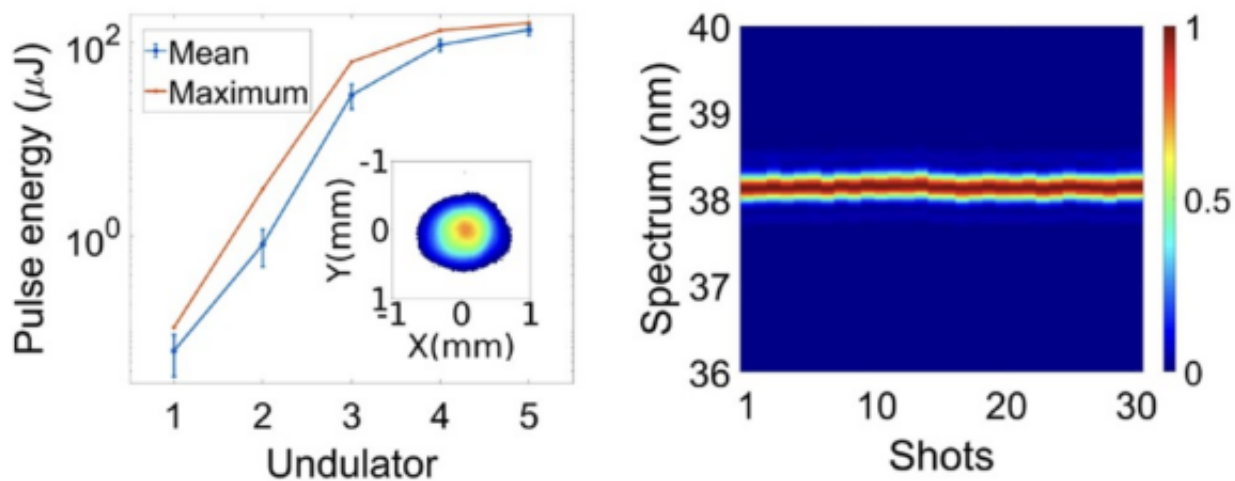
该研究得到上海软X射线自由电子激光装置、国家重点研发计划、国家自然科学基金、中国科学院稳定支持基础研究领域青年团队计划和上海市科技重大专项的支持。

[论文链接](#)



高重频全相干自由电子激光研究取得进展

通过FEL高增益过程直接将种子激光放大至高功率，同时保持种子激光的相干性



通过谐波转换过程获得稳定、全相干的短波长自由电子激光输出

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](https://www.iikx.com)转发