

---

# 上海光机所在激光直接度量阿秒电子动力学研究中获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/11986.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！*

近日，中国科学院上海光学精密机械研究所强场激光物理国家重点实验室在阿秒电子动力学领域取得进展，采用高对比度飞秒激光脉冲技术与等离子体镜锁相机机制，解决了飞秒激光脉冲与阿秒电子脉冲的时空同步难题，实验中观测到电子在光场调制下的空间条纹图，实验验证了“全光阿秒电子示波器”的可行性。该研究揭示了强光场下固体表面阿秒时间尺度超快而复杂的电子动力学过程，为从飞秒电子度量学跨越到阿秒电子度量学提供了新参考。相关研究成果以Direct mapping of attosecond electron dynamics为题，发表在《自然-光子学》(Nature Photonics)上。光子与电子相互作用是自由电子激光、阿秒科学和物质科学的前沿问题之一。超快电子学研究目前已达到飞秒 (fs,

$10^{-15}$

秒)量级时间分辨率，并在超快电子显微镜、超快条纹相机和自由电子激光方面取得丰硕进展，但是原子、分子和凝聚态物质内部的动力学研究需要亚飞秒甚至阿秒 (as,

$10^{-18}$

秒)时间分辨率。通过飞秒光场直接度量电子的亚周期动力学特性，可以提供前所未有的阿秒级时间分辨率，但飞秒激光脉冲与阿秒电子脉冲难以实现高精度时空同步。

强场激光物理国家重点实验室创新发展了XPWG+OPA [Optics Express 26, 2625-2633 (2018)]等技术，有效提升现有百太瓦和拍瓦级超强超短激光系统时间对比度，相应技术已进一步应用于国家重大基础设施上海超强超短激光实验装置 (SULF) [High Power Laser Science and Engineering 8, e4 (2020)]。实验中，研究人员利用高对比度的800nm飞秒激光脉冲聚焦到反射镜面上，如图1所示，电子在激光锁定相位下以阿秒电子脉冲链形式出射，解决了激光光场-

阿秒电子脉冲之间的精确时空同步的难题。研究工作得到中科院战略性先导科技专项 (B类)、中科院超强激光科学卓越创新中心、国家自然科学基金优秀青年项目、中科院基础前沿科学研究计划、中科院青年创新促进会等的支持。 [论文链接](#)

图1.激光直接度量阿秒电子动力学实验示意图 图1展示了观测到的典型电子空间分布特征，除了观测到由激光有质动力排空而导致的电子低密度区，以及由经历激光真空加速过程的电子而形成的电子束斑外，在有质动力排空区观察到在激光偏振方向上呈近周期性分布的电子束条纹。

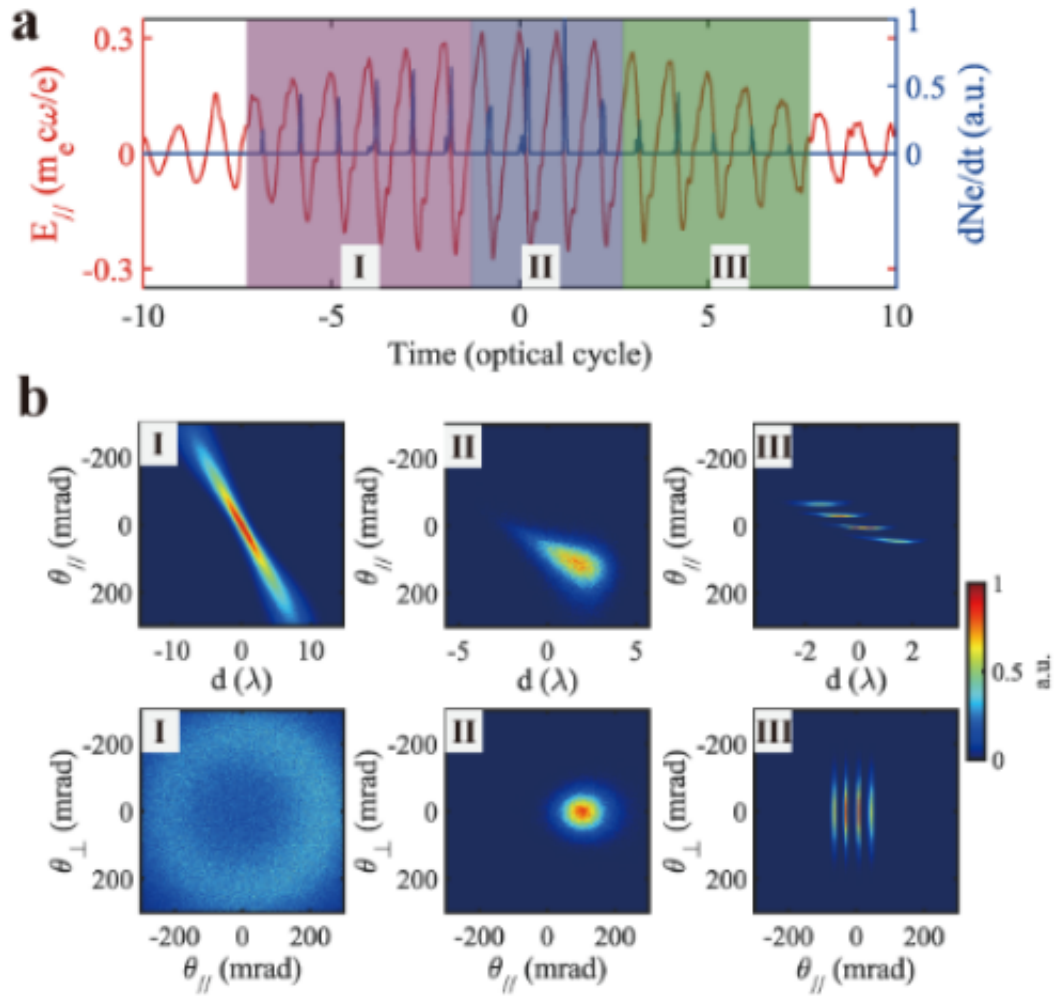


图2.电子在光场下相位分布图 (a) 与电子空间分布图 (b)

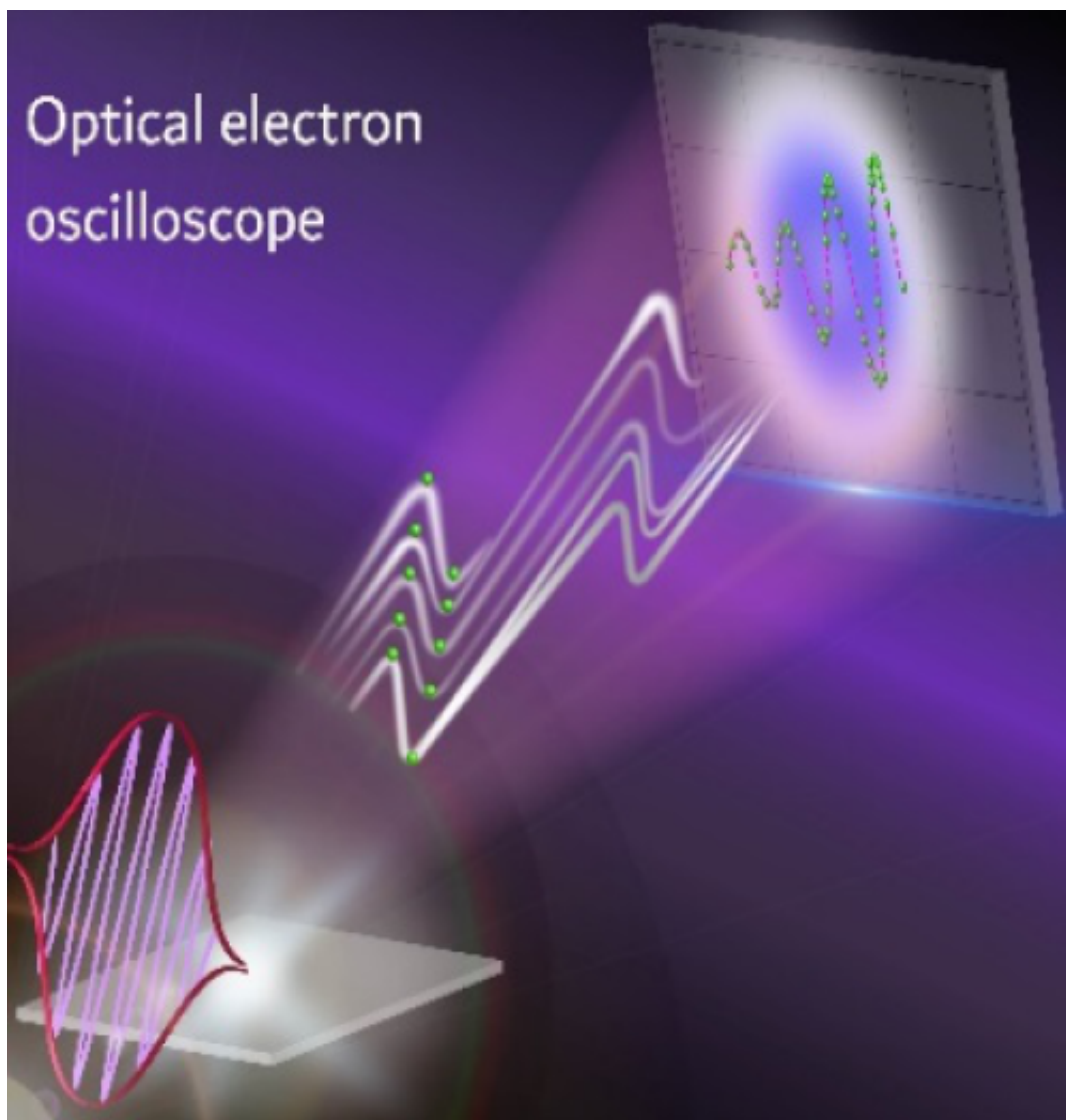


图3. “全光阿秒电子示波器”概念图 图2展示了不同空间分布电子在光场相位下分布及空间分布。周期性发射的阿秒电子脉冲在激光场调制下形成了条纹结构分布，这一作用过程把电子按时间的先后顺序转换成了空间投影，根据电子空间分布可直接反演其阿秒时间动力学过程。“全光阿秒电子示波器”概念（图3）中“偏压”电场场强 $10^{12}$

V/m，瞬时扫描速度可达 $60 \mu \text{ rad/as}$ ，而其时间分辨率高达阿秒量级。该研究验证了“全光阿秒电子示波器”的可行性，实现对自由电子脉冲序列阿秒动力学的直接探测，为未来实现全光阿秒电子度量提供了重要参考。

研究团队单位：上海光学精密机械研究所

---

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](http://www.iikx.com)转发