

阿秒角条纹中的库仑聚焦

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/30973.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！

光诱导超快电子动力学影响着众多自然过程，其观测与操控对理解微观世界至关重要。阿秒光计量技术，如阿秒条纹技术、阿秒光电子干涉技术和阿秒角条纹技术等，使人类可以在原子时空尺度上探测电子动力学特性，这些技术为实现阿秒化学的量子控制和拍赫兹超快光电信号处理等提供了可能的途径。阿秒角条纹方法主要利用椭圆偏振激光强场电离，将电子隧穿可能存在的延迟时间映射到光电子最大产率对应的偏转角，实现阿秒精度测量。然而，其关键假设——电子偏转角与隧穿电离时刻的一一对应关系，仍需进一步验证。

近日，吉林大学丁大军、王春成研究团队与海南大学杨玮枫、宋晓红团队合作，利用能量分辨角条纹测量，结合包含势垒下库仑相互作用的改进库仑修正强场近似（Improved Coulomb-corrected strong-field approximation, ICCSFA）方法，发现量子隧穿中的库仑相互作用和经典连续态库仑聚焦效应共同决定阿秒角条纹的测量结果，从而导致了电子偏转角与隧穿电离时刻的一一对应关系的失效。

该工作以Coulomb Focusing in Attosecond Angular Streaking为题发表在Light: Science Applications。

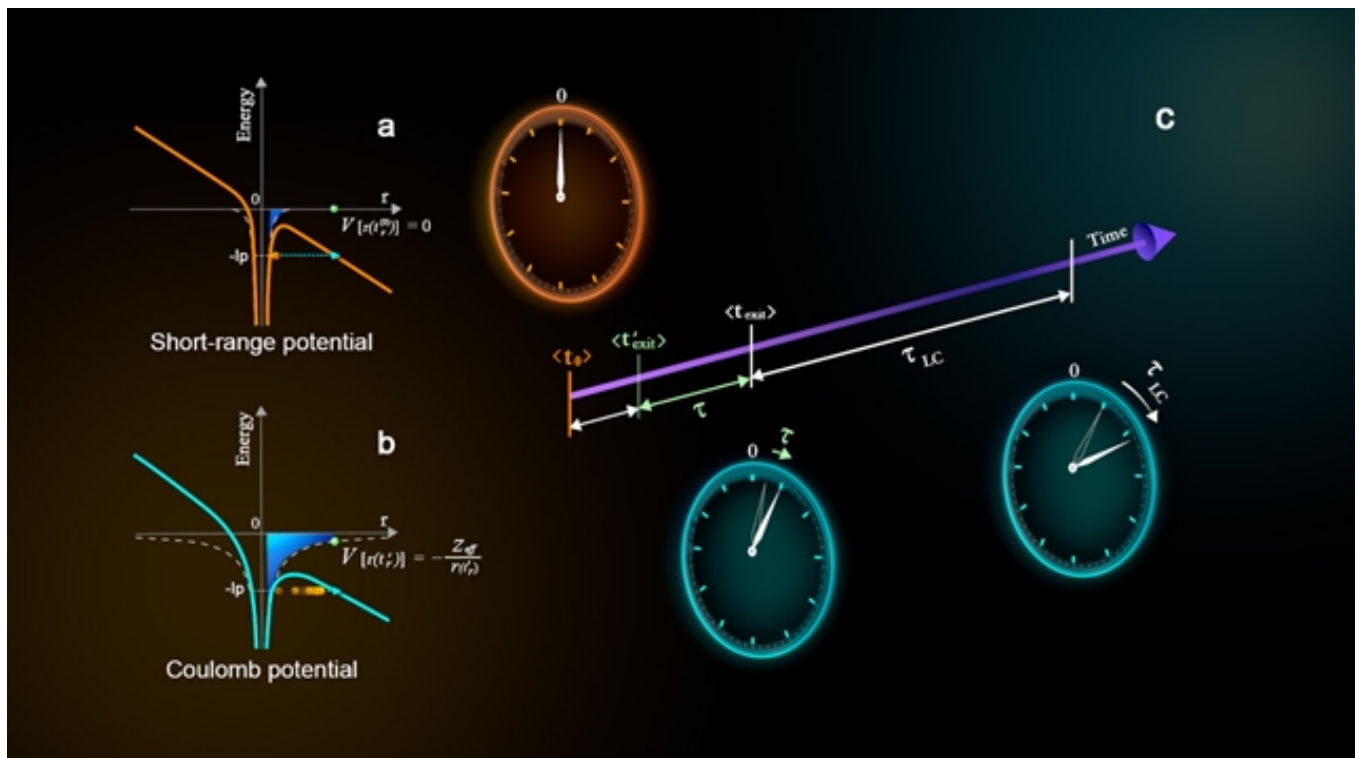


图1：阿秒角条纹时间测量

图源：自绘

该工作报告，由于电子波包在隧穿及之后传播过程中受库仑场影响，阿秒角条纹测量的最高产率电子的偏转角是由不同初始电离时间的电子相干叠加决定，而非来自一般所认为的激光电场最大振幅处对应的单一时刻电离电子。研究团队发展能量分辨的阿秒角条纹实验方案，结合基于费曼路径积分和电子轨迹半经典统计模拟的方法，追溯惰性气体原子在强激光场作用下隧穿电子的初始时空分布。计算结果表明，不含库仑相互作用的强场近似模型与单经典轨迹近似模拟结果一致，最高产率电子与电场峰值对应的零时刻的一一对应关系成立，但是模拟结果显著偏离实验结果。只有同时考虑电子在量子隧穿和连续态传播中所受的库仑作用（ICCSFA方法），计算获得的能量依赖电子偏转角才能与实验结果符合，并且最高产率电子来源于数十阿秒时间范围内的隧穿电离，不同初始电离时刻电子的相干叠加决定了最终的电子偏转角。此外，电子轨迹统计分析表明库仑聚焦作用改变了不同能量电子的轨迹数量随偏转角的分布，非绝热隧穿中势垒下的库仑吸引进一步增强了这一库仑聚焦效应，从而揭示了角条纹实验测量中反直觉的能量依赖趋势的物理机制。

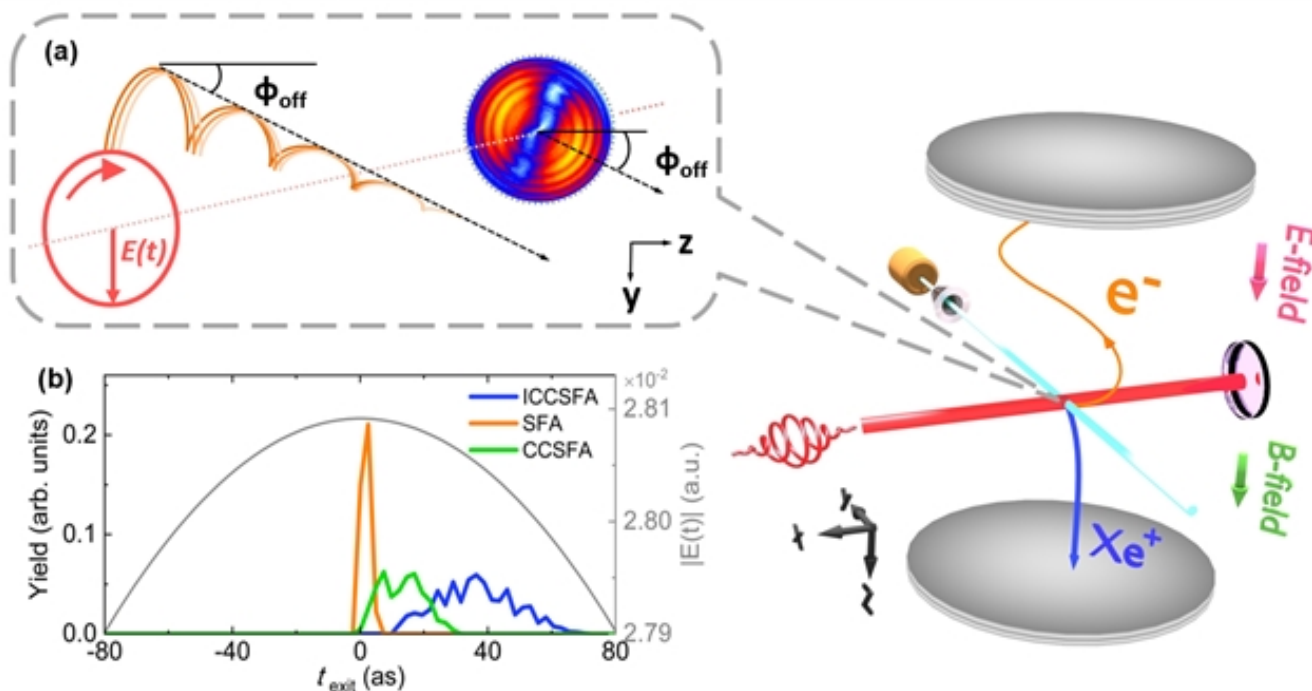


图2：能量分辨阿秒角条纹中的库仑聚焦

图源：自绘

这项工作表明阿秒角条纹测量与量子隧穿产生的电子波包动量/能量统计分布密切相关，库仑聚焦作用使最高产率电子偏转角与隧穿电离时刻的一一对应关系失效，该研究方案提供了阿秒角条纹实验测量直观解释的重要途径，为解码在势垒下经典禁戒区的隧穿动力学提供了新的工具。（来源：中国光学微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-024-01600-4>

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费事宜，请与我们联系。

作者：丁大军等 来源：《光：科学与应用》

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