

阿秒超快实验站简介

阿秒超快实验站是利用极紫外 (XUV) 波段的阿秒激光和高次谐波光源, 结合光电子能谱仪如角分辨光电子能谱仪 (ARPES)、冷靶反冲离子动量谱仪 (COLTRIMS)、光电子显微镜 (PEEM)、电子时间飞行谱仪 (TOF) 等终端设备, 并配合极低温极端条件, 实现即有阿秒时间分辨, 又有动量分辨、能量分辨、和空间分辨的测量技术, 对原子、分子、表面以及固体材料中电子超快动力学行为进行探索, 实现对相关的宏观现象的理解和应用, 其研究领域包括物理、化学、生物、医学等多个学科。该实验站包括阿秒激光装置、时间分辨 ARPES 装置、时间分辨 PEEM 装置、时间分辨 COLTRIMS 装置、以及 4 台不同参数的飞秒激光器。

阿秒激光装置
(Attosecond laser facility)



飞秒钛宝石激光
(Femtosecond Ti:sapphire laser)



光谱展宽与压缩
(Spectrum broadening and compressor)

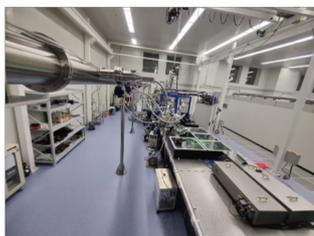


阿秒激光束线
(Attosecond laser beamline broadening and compressor)

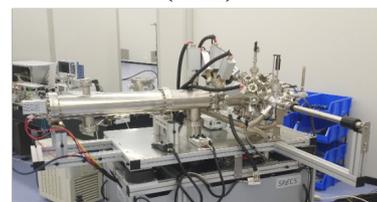
COLTRIMS装置
(COLTRIMS)



基于XUV光源的时间分辨ARPES装置
(Time-resolved ARPES beamline based on XUV light source)



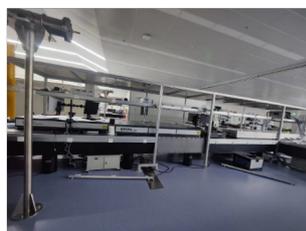
PEEM装置
(PEEM)



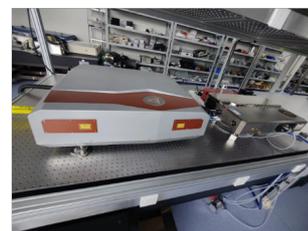
高重复周期量级飞秒激光
(High repetition rate few-cycle fs laser)



高能量周期量级飞秒激光
(High energy few-cycle fs laser)



高功率飞秒激光
(High power fs laser)



实验站照片

阿秒激光装置将提供阿秒激光产生、测量、及其应用的研究。阿秒激光装置包括驱动激光、高次谐波产生腔体、阿秒条纹相机腔体, 阿秒激光应用腔体以及 XUV 光谱仪等。采用一台重复频率为 10 kHz, 脉冲宽度为 23 fs, 平均功率大

于 10 W 的飞秒激光作为驱动光源，通过空芯光纤光谱展宽与压缩系统，将脉冲宽度压缩到小于 6 fs，CEP 锁定精度小于 400 mrad。该装置上可实现 86 as 激光脉冲，并可利用阿秒条纹相机开展 XUV 阿秒和红外（IR）飞秒泵浦探测的阿秒时间分辨测量研究。

该光源可以切换到 COLTRIMS 开展时间分辨 COLTRIMS 研究，将用于时间分辨的原子、分子电离/解离的超快动力学实验。超音速冷靶技术不仅可以提供局域密度高、单色性好、动量分散小的气体靶，还能极大提高反冲离子的动量分辨。完成超音速气体冷靶的制备之后，强 IR 激光或 XUV 激光通过束线系统进入反应腔室与超音速冷靶区的原子/分子作用，并将原子/分子电离。电离产生的电子与离子由 COLTRIMS 进行测量。装置可实现电子动量分辨率为 0.03 原子单位，离子动量分辨率为 0.04 原子单位。

时间分辨 ARPES 装置利用高重频高次谐波 XUV 光源作为探测光，IR 飞秒激光作为泵浦光，并结合 ARPES 装置实现时间分辨和角分辨光电子能谱测量功能。高重频高次谐波 XUV 光源是采用平均功率为 280 W，脉冲宽度小于 70 fs，重复频率为 500 kHz 到 1 MHz 的飞秒激光驱动惰性气体靶产生光子能量为 16~30 eV 的高次谐波。通过一个单色仪选取窄带高次谐波光源，并与飞秒激光组合成泵浦探测系统，共同聚焦到 ARPES 样品上，产生的光电子由能量分析器进行探测，通过扫描泵浦光与探测光之间的精确延时，获得时间分辨小于 150 fs，能量分辨小于 50 meV 的 ARPES 测量功能。样品的最低温度在 3.8 K。在该装置上，可以开展高温超导、重费米子、激子绝缘体相变、电荷密度波相变等新型量子材料布里渊区边界电子结构动态行为的研究。

时间分辨 PEEM 装置利用 100 kHz、平均功率 10 W、CEP 稳定性 300 mrad、脉冲宽度 10 fs 的飞秒激光作为驱动激光产生高次谐波，采用基于 TOF 型的光电子能谱仪（TOF-PEEM）作为终端，实现 20 nm 的空间分辨率。利用极紫外阿秒脉冲和红外飞秒脉冲的双光子吸收实现光电子的电离，结合泵浦探测技术可以为 PEEM 提供前所未有的时间分辨率，成为研究表面物理超快过程的利器。

由于飞秒激光光源具备载波包络（CEP）锁定和少周期（few-cycle）的优势，可以通过调谐 CEP 实现近红外和中红外波段的阿秒时间分辨测量的功能，可为原子分子、二维半导体材料电子结构动态行为等研究提供强大工具。

阿秒超快实验站主要性能指标

参数	指标	
阿秒激光	脉冲宽度	86 as
	光子能量	70~100 eV
时间分辨 ARPES	时间分辨	<150 fs
	能量分辨	<50 meV
	最低温度	3.8 K
	光子能量范围	16~30 eV
	重复频率	400~500 kHz
PEEM	空间分辨	20 nm
COLTRIMS	电子动量分辨	0.03 a.u.
	离子动量分辨	0.04 a.u.
周期量级飞秒钛 宝石激光	脉冲能量	>0.5 mJ
	脉冲宽度	<6 fs
	重复频率	10 kHz
	中心波长	800 nm
	CEP 锁定精度	<400 mrad
高重频飞秒激光	脉冲能量	~0.1 mJ
	脉冲宽度	<10 fs
	重复频率	100 kHz
	中心波长	800 nm
	CEP 锁定精度	<300 mrad
高能量周期量级 飞秒激光	脉冲能量	7 mJ@800 nm, 10 mJ@2 μ m
	脉冲宽度	<7 fs@800 nm, <20 fs@2 μ m
	重复频率	1 kHz
	中心波长	800 nm, 2 μ m (可独立输出或同时输出)
	CEP 锁定精度	<300 mrad
高功率飞秒激光	功率	280 W
	脉冲宽度	<70 fs
	中心波长	1030 nm
	重复频率	500 kHz~1 MHz

实验站联系人:

钟老师, 邮箱: zhongshiyang@iphy.ac.cn; 运老师, 邮箱: cxyun@iphy.ac.cn。