



科学研究

[研究方向 \(../kxyj/yjfx.htm\)](#)

+

[重大项目 \(../kxyj/zdxm.htm\)](#)

[科研机构 \(../kxyj/kyjg1.htm\)](#)

[科研成果 \(../kxyj/kycg.htm\)](#)

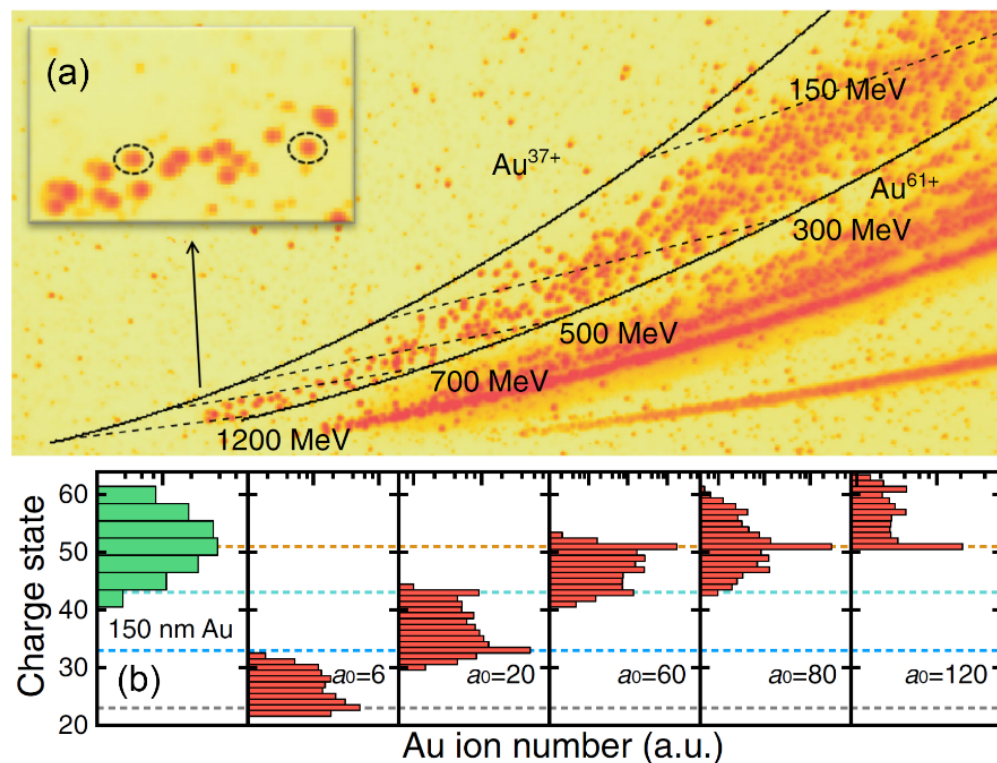
^
TOP

马文君、颜学庆在强激光驱动的超重离子加速及诊断研究中取得重要进展

发布日期: 2021-06-08 浏览次数: 552

近日, 北京大学物理学院、核物理与核技术国家重点实验室马文君研究员、颜学庆教授与韩国基础科学研究院 Il Woo Choi研究员、Chang Hee Nam教授等合作, 在强激光驱动的超重离子加速及诊断研究中取得重要进展。

激光离子加速器的加速场强比传统加速器高三个量级以上, 具有源尺寸小、脉宽短、束流密度高等优势, 在肿瘤放疗、核物理、天体物理和稠密物质的产生等方面具有重要的应用前景。目前, 实验上已获得最高能量接近100 MeV的质子束和约80 MeV/u的碳离子束; 相比之下, 超重离子(质量数~200)的最高能量只停留在MeV/u量级, 这是由于一方面, 靶表面沾污层或靶内的质子和低Z离子会对重离子加速产生屏蔽效应; 另一方面, 超重离子极难被电离至高价态, 难以被有效加速。作为激光离子加速最后的难题, 超重离子加速理论与实验研究亟待突破。



(a) 最高能量为1.2 GeV的TPS实验结果；(b) 超重离子 (Au) 的电荷态分布：绿色为实验结果，红色为PIC模拟结果

联合研究团队前期解决了碳纳米管泡沫不能在纳米高分子膜、金属膜等材料表面沉积的难题，制备出多种类型的复合纳米靶材，为开展超重离子的加速实验提供了先进靶材支持。在此基础上，使用紧聚焦的离轴抛物面镜将拍瓦级超短脉冲激光 (22 fs) 聚焦至半高全宽为1.6 μm 的焦斑上，产生 $>10^{22}\text{W}/\text{cm}^2$ 的超高峰值光强并作用于纳米靶前表面，通过激光加热靶后表面降低质子、碳和氧对超重离子加速的抑制作用，成功获得最高电荷态为61+、最高能量达1.2 GeV的金离子束，将原飞秒激光金离子加速能量纪录提高了6倍。他们提出并采用基于汤姆森离子谱仪的自校准探测方法，在无需标定实验的情况下，不仅可以获得准确的绝对能谱，还可以测量金离子的电荷态分布。粒子网格法模拟结果表明，不同横向位置的金离子所经历的电离动力学过程（起始电离时间、电离速率、最高电荷态等）存在较大差异，导致其在加速过程（相位匹配和加速效率）中的能量差异。理解超重离子的电离动力学细节，对于进一步提高离子束能量、提升束流品质有重要的意义。

强激光与等离子体相互作用中的瞬态强场（激光场、鞘层加速场等）测量长期以来一直是巨大的挑战。该研究工作表明，利用实验测得的金离子电荷态分布，通过单、双层靶实验结果对比，可以诊断靶后鞘层场的峰值强度；结合不同光强下的PIC模拟结果，可以诊断激光的峰值光强。在后续研究中，该方法有望扩展至在时间、空间两个维度诊断瞬态强场的信息。

相关研究成果以“超短超强激光驱动的超重离子加速” (Super-heavy ions acceleration driven by ultrashort laser pulses at ultrahigh intensity) 为题, 2021年6月3日在线发表于《物理评论X》 (Physical Review X, 11, 021049 (2021)) ; 物理学院2016级博士研究生王鹏杰为第一作者 (导师马文君) , Il Woo Choi、颜学庆、Chang Hee Nam和马文君为共同通讯作者。这是该期刊所发表的第一项激光离子加速领域的研究工作。

上述工作得到国家自然科学基金、国家重点研发计划、北京高等学校卓越青年科学家计划, 及北京市发展与改革委员会、北京市怀柔科学城、广东省新兴激光等离子体技术研究院等支持。

论 文 链 接 : <https://journals.aps.org/prx/abstract/10.1103/PhysRevX.11.021049>
(<https://journals.aps.org/prx/abstract/10.1103/PhysRevX.11.021049>).

Copyright © 北京大学物理学院