

3P040

極紫外 FEL 光照射による Xe クラスターの多重イオン化における 光強度依存性

(東北大多元研¹, 京大院理², 産総研計測標準³, MPI Heidelberg⁴,
Frankfurt Univ.⁵, 理研⁶, JASRI⁷)

○福澤 宏宣^{1,6}, Liu XiaoJing^{1,6}, Prümper Georg^{1,6}, 奥西 みさき¹, 嶋田 浩三¹,
上田 潔^{1,6}, 原田 哲男¹, 豊田 光紀¹, 柳原 美広¹, 山本 正樹¹, 岩山 洋士²,
永谷 清信², 八尾 誠², 本村 幸治³, 齋藤 則生³, Rudenko Artem^{4,6},
Ullrich Joachim⁴, Foucar Lutz⁵, Czasch Achim⁵, Dörner Reinhard⁵,
永園 充⁶, 東谷 篤志⁶, 矢橋 牧名⁶, 石川 哲也⁶, 大橋 治彦^{6,7}, 木村 洋昭^{6,7}

クラスターのイオン化の際には、原子のイオン化では見られない現象が引き起こされ得る。Wabnitz らは Xe クラスターに波長 98 nm の真空紫外領域の自由電子レーザーを照射し、Xe 原子のイオン化では見られない多価イオン生成を見出した[1]。この研究に触発され、理論研究が活発に行われているが[2]、決着には至っておらず、多くの実験データが望まれている。しかしこれまでは、このような実験はドイツのハンブルグでしか行うことが出来ず、利用可能な波長も限られていた。つい最近、日本でも極紫外自由電子レーザー (EUV-FEL) 利用実験が開始され、新たな波長領域での実験が可能となった。本研究では理研播磨研究所に建設された X 線自由電子レーザー試験加速器[3]から発生する、波長 60 nm の EUV-FEL 光を Xe クラスターに照射し、クラスターの多重イオン化により生成する複数のイオンの運動量多重計測を行った。

実験装置はディレーライン型 2 次元検出器を備え付けた飛行時間型運動量分光計とクラスター源から構成される。直径 30 μm のピンホールを持つノズルに、室温で約 8 気圧をかけ、平均サイズ約 150 の Xe クラスターを生成した。衝突領域に導入したクラスタージェットに、ミラーにより集光した FEL 光を照射した。本実験では光強度は最大で $\sim 10^{12}$ W/cm² と見積もられる。用いた集光ミラーは高精度なミラー基板と W/V の 2 層膜を、一貫して東北大多元研にて作成したものである。生成したイオンは、静電場によって検出器方向へ導かれる。イオン検出信号は、高速デジタル化によりパルス波形のまま保存され、ソフトウェアによって検出時間と位置を求め、3 次元運動量を決定した。

本研究では Xe⁺だけでなく、Xe_n⁺や Xe²⁺が観測され、Wabnitz らが観測したような高い価数のイオンは検出されなかった。このことは FEL 光の波長によって、クラスターのイオン化メカニズムが異なることを示唆している。図 1 に Xe⁺の運動エネルギー分布を示す。入射 FEL 光の強度を強くすると、放出される Xe⁺の運動エネルギーは高くなっていくことが分かる。シミュレーションとの比較から、入射 FEL 光強度が最大の場合には、20 個以上の親クラスターイオンが生成していることが分かった。すなわち 1 個のクラスターが 20 個以上の光子を吸収していると考えられる。

本研究は理研 SCSS 試験加速器運転グループのご協力を受けました。ここに感謝いたします。本研究の一部は X 線自由電子レーザー利用推進研究課題として文部科学省から援助を受け行われました。

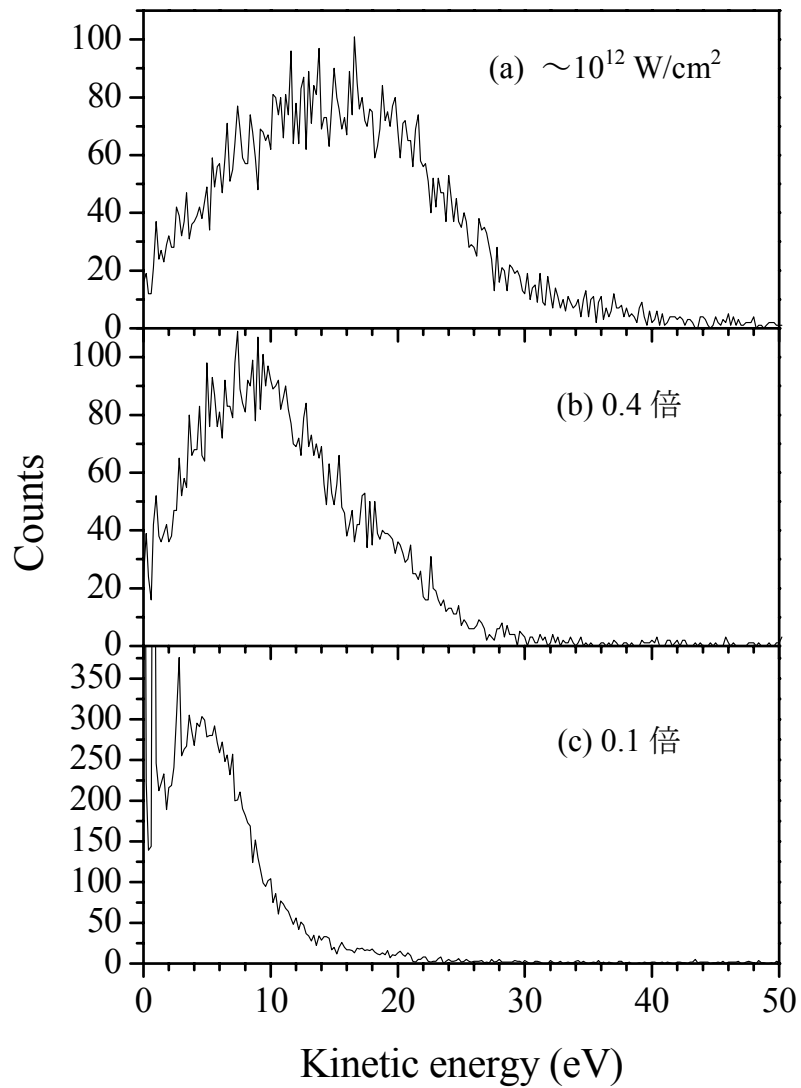


図1. 平均クラスターサイズ ~ 150 のXeクラスターに、波長60 nmのEUV-FELを照射した際に放出されるXe⁺の運動エネルギー分布. 入射FEL光の強度は、(a) 最大 ($\sim 10^{12}$ W/cm²), (b) 最大の0.4倍, (c) 0.1倍.

参考文献

- [1] H. Wabnitz *et al.*, Nature **420**, 482 (2002).
- [2] 例えば, I. Georgescu *et al.*, Phys. Rev. A **76**, 043203 (2007).
- [3] T. Shintake *et al.*, Nature Photonics (2008) in press.