

3P004 電子分光による極紫外 FEL 照射下でのクラスターのイオン化抑制の観測

(1) 京大院理, (2) 理研 XFEL, (3) 東北大多元研, (4) 産総研計測標準,
(5) ミラノ大, (6) CNR-IMIP, (7) JASRI

永谷清信^{1,2}, 岩山洋士^{1,2}, 杉島明典^{1,2}, 溝口悠里^{1,2}, 八尾誠^{1,2}, 福澤宏宣^{2,3},
Liu Xiao-Jing^{2,3}, 本村幸治^{2,3}, 山田綾子^{2,3}, 上田潔^{2,3}, 齋藤則生^{2,4},
Paolo Piseri^{2,5}, Tommaso Mazza^{2,5}, Michele Devetta^{2,5}, Marcello Coreno^{2,6},
永園充², 富樫格^{2,7}, 登野健介², 矢橋牧名², 石川哲也², 大橋治彦^{2,7},
木村洋昭^{2,7}, 仙波泰徳⁷

【序】 近年の自由電子レーザー (FEL) の発展により、短波長でのレーザー光と物質の相互作用についての研究が活発となっている。我々は理研播磨研究所の SCSS 試験加速器から得られる波長 51~61nm の EUV-FEL をクラスターに照射し、生成するイオンの運動量計測を行うことでクラスターと EUV-FEL の相互作用について検討してきた[1-6]。イオン運動量の光強度やクラスターサイズ依存性からは、クラスターの逐次多光子吸収や多価イオンクラスターの形成するクーロン場によって引き起こされる光イオン化の抑制[1,2]、多価イオンクラスター中での電荷分布の自発的不均一化[3]などの興味深い現象が示唆されている。本研究では、FEL とクラスターの相互作用について詳細に検討するために、巨大なキセノン・クラスターから放出される光電子の電子分光を行った。FEL 光の電気ベクトルに対する電子スペクトルの依存性も合わせて、光吸収過程について検討する。

【実験】 実験は理研播磨研究所の SCSS 試験加速器 (EUV-FEL) [7]を用いて行った。クラスター生成にはパルス・クラスター源を用い、クラスター源の温度、圧力を調整することで平均クラスターサイズを制御した。本実験では、常温で高圧のキセノン・ガスを直径 250 μm のパルス・ノズルから噴出させ、平均 1 万個の原子からなるキセノンのクラスタービームを生成した。二枚の斜入射鏡により集光した波長 51nm の FEL 光を照射し、生成するイオンや電子を検出した。電子の検出には、光の偏光ベクトルに対して 0 度と 54.7 度に設置した四台の飛行時間型の電子分光器を用いて、それぞれから光電子の運動エネルギースペクトルを得た。イオンの検出にはディレイライン型検出器を用いた運動量計測計[8]を用いた。

【結果と考察】 実験では電子スペクトル計測に先立ち、クラスターから生成するイオンの計測を行った。平均サイズ 1 万のキセノン・クラスターに 51nm の FEL を照射すると、キセノン・クラスターから生成する解離イオンとして、 Xe^+ 、 Xe_2^+ などの一価イオンに加えて、 Xe^{2+} や Xe^{3+} などの多価イオンが観測された。また、一価イオンと多価イオンの運動エネルギー分布は明瞭な違いが見られ、一価イオンは低運動エネルギーのイオンが含まれるのに対して、多価イオンは高い運動エネルギーのイオンの

みが観測されており、これまでのイオン分光の結果[3]と一致した。同一のクラスター生成条件と集光条件を用いて図のような電子スペクトルを観測した。電子スペクトルには、原子 Xe の電子スペクトルには存在しない低エネルギー電子のすそが観測されており、多光子吸収によって生成した多価イオンクラスターの形成するクーロン場によってイオン化の抑制が起きていると考えられる。さらに、検出角度 0 度と 54.7 度のスペクトルは異なっており、クラスターからの光電子放出が等方的でないことが示唆された。

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。

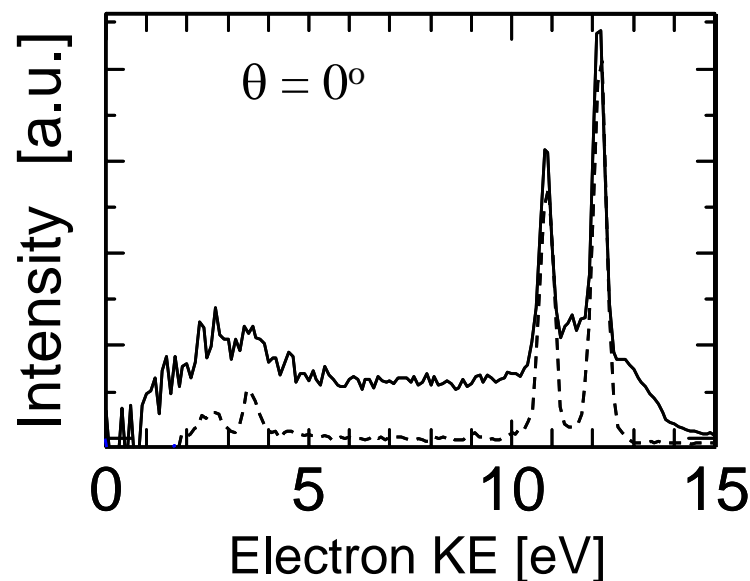


図 平均サイズ1万のキセノン・クラスターに、波長 51nm の EUV-FEL を照射して得られた電子スペクトル。検出器は FEL の電気ベクトル方向に対して 0 度方向に設置されている。点線はキセノン原子で得られた電子スペクトル。

【参考文献】

- [1] H. Fukuzawa *et al.*, *Phys. Rev. A*, **79**, 031201(R) (2009).
- [2] H. Iwayama *et al.*, *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.*, **42**, 134019 (2009).
- [3] H. Iwayama *et al.*, *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.*, in press.
- [4] K. Nagaya *et al.*, *J. Phys.: Conf. Ser.* **235** 012019 (2010).
- [5] H. Fukuzawa *et al.*, *J. Phys.: Conf. Ser.* **194** 012052 (2009).
- [6] H. Iwayama *et al.*, *J. Phys.: Conf. Ser.* **212** 012014 (2010).
- [7] T. Shintake *et al.*, *Nature Photonics*, **2**, 555 (2008).
- [8] K. Motomura *et al.*, *Nucl. Inst. Methods Phys. Research, A*, **606**, 770-773 (2009).