

強レーザー場中での再散乱電子を用いた 原子・分子イメージング

(東北大・多元研¹、電通大・量子物質²、JST-PREST³、カンザス州立大⁴)
○板谷亮輔¹、奥西みさき¹、森下亨^{2,3}、Prümper Georg¹、嶋田浩三¹、Lin Chii Dong⁴、
渡邊信一²、上田潔¹

【序】 気相中の原子・分子は、強いレーザー電場中において、容易にトンネルイオン化を起し、電子を放出する。放出された光電子の一部は、レーザー電場の振動によりその方向を変え、親イオンと再衝突を起こす。この時の電子とイオンの遭遇により、様々な種類の電子-イオン衝突現象が起こることが知られている。電子の親イオンとの再衝突過程によって生成した再散乱電子の空間運動量分布には、ターゲットとなる原子・分子の内部構造に関する情報が含まれている^{1,2}。森下らは最近、レーザー誘起再衝突過程の中で最も高いエネルギーを持つ再衝突電子の後方弾性散乱により放出される再散乱電子の空間運動量分布が、自由電子によるイオンの微分弾性散乱断面積と等価なものであることを数値計算を用いて理論的に証明した^{3,4}。自由電子によるイオンの微分弾性散乱断面積の測定は、原子や分子の構造を知る上で有効な方法の一つであり、この方法によりレーザーを使った新しい構造解析の可能性を見出すことができる。

本研究では、強光子場中で3種類の希ガス原子(Ne、Ar、およびXe)について高エネルギー再散乱電子の放出角度分布を測定し、それを自由電子によるNe⁺、Ar⁺、およびXe⁺イオンの微分弾性散乱断面積の計算結果と比較した。また、同様にしてH₂、N₂、O₂、CO₂分子についても、レーザーによるイオン化後に後方散乱によって放出された再散乱電子の角度分布の測定を行い、分子による分布の違いを観測した。

【実験】 光電子測定には、光源として再生増幅型フェムト秒チタンサファイアレーザーから出力したパルス幅 100 fs、波長 800 nm のレーザー光を用い、このレーザー光を、焦点距離 60 mm のレンズで真空中チャンバー内の試料ガスに集光させイオン化させた。イオン化によって生成した光電子を、長さ 264 mm の飛行時間型電子エネルギー分析装置を用いて測定した。レーザーの偏光方向をλ/2 板を用いて回転させながら測定することで、光電子の散乱角度分布の測定を行った。

【結果と考察】 Ne、Ar、およびXe原子それぞれについて再散乱電子の2次元運動量分布を測定した。図1で、レーザー強度がそれぞれ 3.5×10^{14} W/cm²、 2.3×10^{14} W/cm²、 1.5×10^{14} W/cm²のNe、Ar、およびXe原子の2次元運動量分布を示した。レーザーの偏光方向を横軸とし、それに対し90°をなす任意の軸を縦軸とした。また、点線で示した部分は、最も高いエネルギーで衝突した再散乱電子の散乱角度分布を示しており、その領域をBRR

(back-rescattered ridges)と呼ぶ。更に、BRRに沿った光電子の強度を縦軸とし、後方散乱角 θ_r (図 1 参照) の関数としてプロットしたものを図 2 に示した。青い実線が計算によるもので、赤い点の実験結果である。

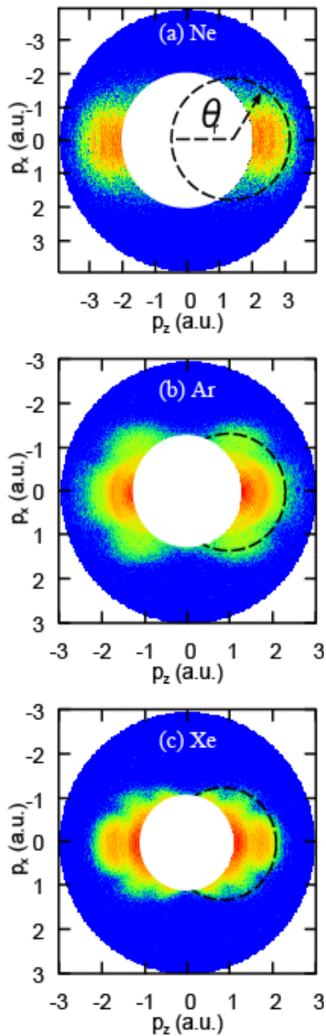


図 1 放出電子の 2 次元運動量分布

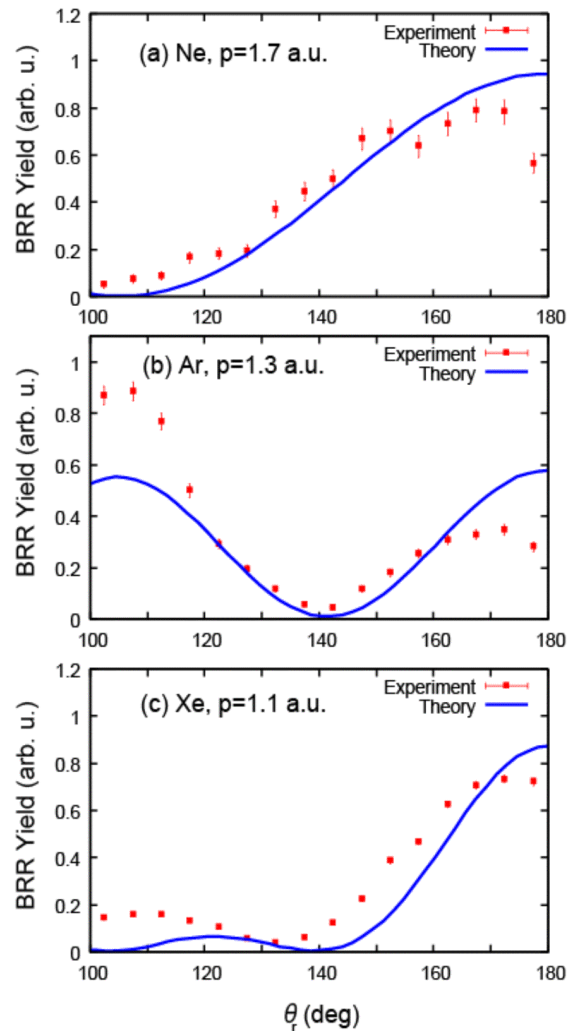


図 2 BRR に沿った光電子角度分布

以上の結果より、希ガス原子 (Ne、Ar、および Xe 原子) が BRR に沿って放出した電子の角度異方性は、自由電子による微分弾性散乱断面積を直接的に反映しているということがわかった。さらに、ポスター発表では、 H_2 、 N_2 、 O_2 、 CO_2 分子の光電子角度分布の結果も含め、様々な見地から考察し、発表する。

- [1] S. X. Hu and L. A. Collins, Phys. Rev. Lett. 94, 073004 (2005).
- [2] S. N. Yurchenko, S. Patchkovskii, I. V. Litvinyuk, P. B. Corkum, and G. L. Yudin, Phys. Rev. Lett. 93, 223003 (2004).
- [3] T. Morishita, A.-T. Le, Z. Chen, and C.D. Lin, Phys. Rev. Lett., 100, 013903 (2008).
- [4] T. Morishita, A.-T. Le, Z. Chen, and C.D. Lin, New. J. Phys. 10, 025011 (2008).