

PFシングルバンチ運転を利用した原子多重光電離ダイナミクスの研究

分子研UVSOR 彦坂泰正

物質の電子構造は、その多体の相互作用を厳密に扱うことが不可能であるため、平均場近似に基づいて解釈されることが一般である。平均場近似では、着目する電子に対する他の電子からの多体的な相互作用を平均化し、一体問題に帰着させる。しかしながら、この平均場近似に基づいた簡潔な描像は、物性を詳細に理解していくときに、綻びが目立ってくる。この綻びは、物質中の電子がそれぞれ全く独立に運動している訳ではないことに起因しており、電子相関と呼ばれる。有限個の構成粒子からなる原子や分子は、この電子相関の理解を深めるための格好の量子多体系である。これは、原子や分子では、無限系での周期性から生じる簡略化が除かれた状況で、局在状態の電子群についての電子相関の本質を詳らかにすることができるためである。原子や分子が短波長の光と相互作用する際に、電子相関は頻繁に顕在化する。その最もあからさまな過程は、一つの光子の吸収によって原子や分子から複数の電子が同時に放出される光多重電離である。そのため、光多重電離の研究は、ここ数十年に亘って原子分子科学においてホットなトピックであり続けている。

原子や分子の光多重電離の詳細を理解するためには、放出される全ての電子の運動エネルギーを分析し、それらの間のエネルギー相関を観測することが有効である。しかしながら、これまでの手法では高い同時係数率でエネルギー相関を観測することはできず、光多重電離の理解を発展させるためには、高効率の同時計測手法の開発が鍵となっていた。これに対し我々は、磁気ボトル型電子エネルギー分析の技術を利用した超高効率の多重同時計測を実現した。磁気ボトル型分析器では、永久磁石とソレノイドコイルによって形成した磁場勾配によって、光電離で放出された全電子を全立体角にわたって捕集できる。これは、通常の静電半球型分析器と比べて、実に2桁以上もの検出効率の向上である。これを利用して、例えば二重同時計測を行なう場合には、その自乗、つまり4桁以上の同時計測効率の向上が得られることになる。我々は、この装置を用いた多重同時計測実験を、PFのシングルバンチ運転を利用して行なっている[1-8]。この原子分子の多重電離過程についての一連の研究について、希ガスの多重電離ダイナミクスに関する話題を中心に紹介させて頂きたい。

この研究は、伊藤健二教授(物構研)、青戸智浩博士(物構研)、繁政英治准教授(分子研)、金安達夫博士(分子研)、Dr. Pascal Lablanquie(仏国 CNRS)、Dr. Francis Penent(仏国 CNRS)、Prof. John Eland(英国 Oxford 大)との共同研究によるものです。

[1] Hikosaka et al., Phys. Rev. Letters 98, 183002 (2007).

[2] Hikosaka et al., Phys. Rev. Letters 97, 053003 (2006).

[3] Hikosaka et al., Phys. Rev. A 76, 032708 (2007).

[4] Kaneyasu et al., Phys. Rev. A 76, 012717 (2007).

[5] Hikosaka et al., J. Phys. B 39, 3457 (2006).

[6] Kaneyasu et al., J. Phys. B 40, 4047 (2007).

[7] Hikosaka et al., J. Chem. Phys. 127, 044305 (2007).

[8] Sheinerman et al., J. Phys. B, 39, 1017 (2006).