

硬 X 線領域での光イオン化質量スペクトルおよび 光電子スペクトルの測定

理学研究科 物質科学専攻 准教授 げじょうたつお 下條 竜夫 ©M1 さかのたくや 坂野 卓也

キーワード

硬 X 線、内殻電子、内殻励起、オージェ過程、オージェ電子、飛行時間型質量分析装置、質量スペクトル、イオン化収量スペクトル、光電子スペクトル

研究概要

【背景】光は電磁波という波である。波の長さの短い方からガンマ線、X 線、紫外線、可視光線、赤外線、電波と分類できる。さらに X 線の中でも短波長のものを硬 X 線、長波長のものを軟 X 線という。

原子は原子核（陽子と中性子から成るもの）とその周りをまわっている電子から出来ている。原子核のごく近くにいる電子を内殻電子という。内殻電子は高エネルギーの光と当たると放出または励起し、原子はイオン化する。これを内殻励起という。内殻励起による状態は内部エネルギーがとても高く、不安定であるためエネルギー緩和過程を経て安定化する。緩和過程には電子が放出されるオージェ過程と、光が放出される蛍光 X 線放出過程の 2 種類がある。

本研究では硬 X 線によるイオン化過程を詳しく調べるために、飛行時間型質量分析装置を自作し質量スペクトルとイオン化収量スペクトルの測定を行った。質量スペクトルからはイオン化後の原子の状態が、イオン化収量スペクトルからはどのエネルギーの光でイオン化するのが分かる。また、得られたイオン化収量スペクトルの違いがイオン化の際に発生するオージェ電子のエネルギーにどう影響するのかも調べた。

【実験】実験は Spring-8 BL19SU で行った。オージェ電子のエネルギーを測定する半球型高分解能光電子分光装置とイオン化収量スペクトルを測定する飛行時間 (TOF) 型質量分析装置を設置した。試料は Kr、Ar、 CH_3I 、 CH_2BrI を用いた。試料から光イオン化によりイオンと電子を生成し、イオン化領域に加えた電場によってイオンと電子をそれぞれの検出器まで飛ばした。ここで電子はイオンと比べ圧倒的に軽く、電子の飛行時間はイオンの飛行時間よりも非常に短いため電子が検出されてからイオンが検出されるまでにかかる時間をイオンの飛行時間と見なすことができる。

【結果・考察】初めに TOF 型質量分析装置が正常に機能するか確かめるために Kr を軟 X 線 800 eV で励起した。Kr の TOF 型質量分析から Kr^{5+} 、 Kr^{4+} 、 Kr^{3+} 、 Kr^{2+} の 4 種のイオンが見られた。次に 7.3 keV の硬 X 線を用い、同様の実験を Ar を用いて行った。Ar の TOF 型質量分析から Ar^{7+} 、 Ar^{6+} 、 Ar^{5+} 、 Ar^{4+} の 4 種のイオンが見られた。Ar のオージェスペクトルから励起後の Ar の最初のオージェ遷移は KL_1L_2 であったので Ar^{7+} まで逐次的にオージェ遷移が起こったと考えられる。35.5 keV の硬 X 線により CH_3I をイオン化した場合は、TOF 型質量分析から I^{6+} 、 I^{5+} 、 I^{4+} 、 I^{3+} 、 I^{2+} の 5 種のイオンが見られた。さらに CH_2BrI のイオン化収量スペクトルから、異なる励起光でのオージェ電子スペクトルの測定を行った。およそ 10 eV の励起エネルギーの違いによりオージェスペクトルが大きく変化することが分かった。

アピール ポイント

原子分子のイオン化過程の研究は今まで軟 X 線を使った研究がほとんどでしたが、本研究では硬 X 線を用いた。