

電子同時計測による共鳴 2 重オージェ過程の研究

○彦坂泰正^A、金安達夫^A、繁政英治^A、P. Lablanquie^B、F. Penent^B、伊藤健二^C
 (^A分子研 UVSOR、^BCNRS、^C物構研 PF)

【序】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、これまでの同時計測手法では高い同時計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電子同時計測を実現した。磁気ボトル型電子エネルギー分析は、1983年に Kruit と Read[1]により開発され、2003年に Eland ら[2]によってその同時計測測定における有用性が証明された。図 1 に我々の製作した分析器の概念図を示す。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する。実際、0-200eV の範囲の電子に対する検出効率は、検出器マイクロチャンネルプレート(MCP)の検出感度(50-60%程度)によって決定されており、磁場による捕集の取りこぼしは見られない。これは、通常の静電半球型分析器と比べて、実に数十倍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 3 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によって、原子や分子の多重電離過程についての一連の研究を行なっている[3-4]。本討論会では、ごく最近行なった Ar の共鳴 2 重オージェ過程の研究を中心に発表する。

【実験】実験は、物質構造科学研究所放射光施設 Photon Factory の挿入光源ビームライン BL16A に、磁気ボトル型分析器を設置し、行なった。イオン化光のエネルギーを Ar の 2p 内殻共鳴エネルギーに設定し、共鳴オージェ崩壊により放出された全ての電子の運動エネルギー相関を多電子同時計測により得た。

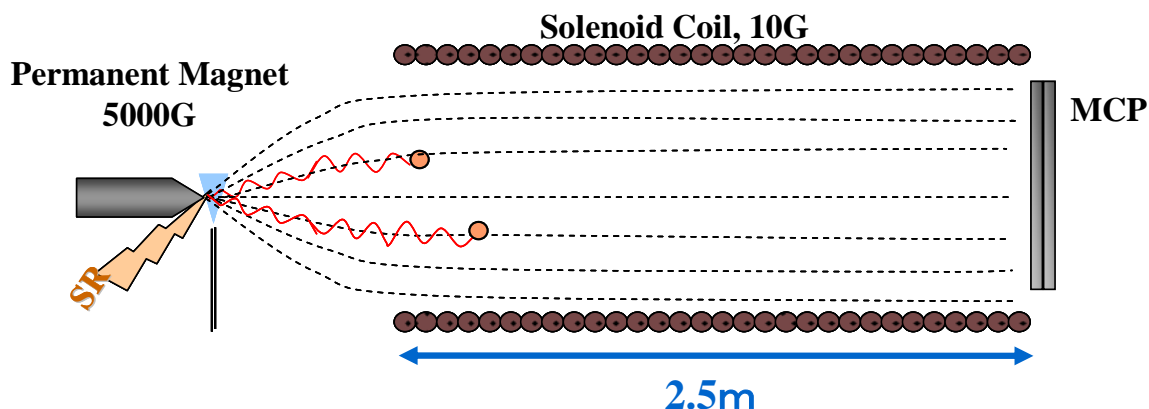


図 1 磁気ボトル型電子エネルギー分析器の概念図

【結果と考察】原子や分子の内殻励起状態において、オージェ電子放出は最も主要な崩壊過程である。このオージェ崩壊において、オージェ電子が2つ放出される2重オージェ過程が比較的高い割合で起こることは、質量分析等により古くから知られている。一般的には、1つの電子の放出に伴う有効核電荷の急激な変動に伴って Rydberg 電子も追従して放出されるという、オージェシェイクオフ機構によって、この2重オージェ過程のメカニズムは説明される。しかしながら、このメカニズムを直接的に明示する実験研究はこれまでにない。

図2は、Arの $2p \rightarrow 4s$ 励起状態の共鳴エネルギー（244.4eV）において多電子同時計測により得られた、2つのオージェ電子の運動エネルギー相関を2次元プロットしたものである。図中に見られる個々の斜めの構造は、2重オージェによる特定の2価イオン状態の生成に対応する。生成した状態の帰属や2つのオージェ電子の運動エネルギーの配分を議論することにより、2重オージェにおいてRydberg電子が傍観者として振る舞う機構が重要であることが分かった。一方、オージェシェイクオフ機構によって説明される2重オージェ過程は、見出すことはできない。これは、このArの内殻電子励起状態に特異なことではなく、KrやCOの内殻電子励起状態においても、同様の様相が観測された。すなわち、従来考えられていたオージェシェイクオフ機構は、一般的に2重オージェの主要なメカニズムではなく、Rydberg電子が傍観者として振る舞う2重オージェ機構が重要であることが明らかとなった。

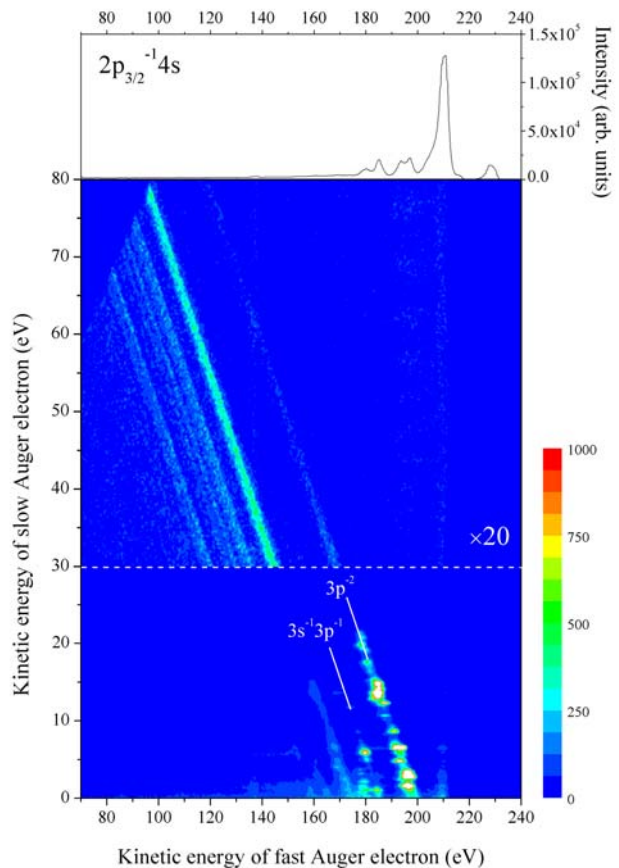


図2 Arの $2p \rightarrow 4s$ 励起状態における、2つのオージェ電子の運動エネルギー相関

[1] P. Kruit and F.H. Read, J. Phys. E 16, 313-324 (1983).
 [2] J.H.D. Eland et al., Phys. Rev. Letters 90, 053003 (2003).
 [3] Y. Hikosaka et al., Phys. Rev. Letters 98, 183002 (2007); Phys. Rev. A 76, 032708 (2007); J. Chem. Phys. 127, 044305 (2007); J. Phys. B 39, 3457 (2006); Phys. Rev. Letters 97, 053003 (2006).
 [4] T. Kaneyasu et al. J. Phys. B 41, 135101 (2008); J. Phys. B 40, 4047 (2007); Phys. Rev. A 76, 012717 (2007)