

論文審査の結果の要旨

氏名 岩井 良夫

本論文は5章からなる。第1章では、本論文の主題である低速多価イオンと金属表面の相互作用の背景を過去の研究を引用し、中空原子を真空中に取り出し時間分解測定を行う為に、マイクロキャピラリー標的を用いる必要性を論じている。目的と方法について「多重高励起状態の形成と脱励起過程を統一的に理解」することを目指し、「最適化した高分解能軟X線回折分光器を用いた分光測定」と「イオンの荷電変化数とX線の同時計測」を行うとしている。特に解析の基礎としている古典的モデルCOBM (Classical Over Barrier Model) の基本的解説とその中でも多段モデルの妥当性を論じている。

第2章では用いた実験装置について紹介しているが、本論文で最も重要な位置を占める高分解能軟X線回折分光器については回折格子と受光素子CCD等の要素と全体の構成、解析法、分光器としての性能評価が詳述されている。特にCCDの2次元データから、単光子計数処理を用いて、ノイズ除去を行う方法は優れている。定量性のある議論をするためにCCD受光素子、Si(Li)半導体検出器の検出効率の評価も行われている。第3章では、 $N^{6,7+}$ イオン及び Ar^{13+} イオンで行われた高分解能軟X線分光の実験結果と $N^{6,7+}$ イオン及び $Ar^{9,11,13+}$ イオンで行われた荷電変化数とX線の同時計測の実験結果が示されている。 N^{6+} では8本の遷移が分離され、 N^{7+} では10本の遷移が分離、同定され各々の遷移の強度の時間変化が得られた。これらの結果を第4章でCOBMおよび1電子イオン(水素様イオン)を基にしたカスケード計算により解析し、さらには同時計測実験の結果をふまえ、オージェ過程と2電子以上捕獲した状態である多重励起状態を考慮することによって初めて各遷移強度の時間変化の説明がつくことをシミュレーションで明らかにした。第5章ではこの実験で得られた結果をまとめ、さらに研究を進展させるためにはマイクロキャピラリーを用いたオージェ電子測定の必要性を説いている。

この論文で以下の事が明らかになった。

- 1) 共鳴電子捕獲した準位の主量子数分布は角運動量分布の広い範囲でCOBM予想と一致する。
- 2) 複数電子を捕獲して形成した多重励起状態からのオージェ脱励起状態を経由した1電子捕獲を考える必要がある。(標的から直接1電子捕獲したイオンの割合はX線遷移を示すイオンの半分でありX線収量が ~ 0.4 なので、最終的に1電子捕獲したイオンの中で標的から1電子捕獲したイオンの割

合は ~ 0.2 にすぎない。

- 3) イオンのK殻空孔を埋める脱励起過程はオージェ過程が支配的で、Ar イオンのL殻空孔を埋める脱励起過程は光子過程が支配的である。
- 4) 複数の空孔を持つ入射イオンが最終的に1個の電子を捕獲した場合、複数の電子を捕獲した場合に比べX線強度の減衰が速い。

これらの現象は高分解能軟X線回折分光器を用いた遷移強度の時間変化の測定によって、またイオンの荷電変化数とX線の同時計測によって明らかにされた知見であり、特に多重高励起状態の存在を初めて間接的に実証したものである。本論文は中空原子の研究にとって欠くことのできない重要な貢献をもたらす。

なお、本論文第3章は安藤剛三、星野正光、Roger Hutton、池田時浩、金井保之、小牧研一郎、益田秀樹、村越大、中井陽一、中尾正史、西尾和之、大山等、玉村敏昭、Sebastien Thuriiez、鳥居寛之、山崎泰規との共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験装置の設計製作を行い、実験結果の解析、得られたデータの分析および考察をおこなったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士(理学)の学位を授与できると認める。