

氏 名	前 多 信 博 まえ だ のぶ ひろ
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	工 博 第 596 号
学位授与の日付	昭 和 54 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 原 子 核 工 学 専 攻
学位論文題目	イオン-原子衝突における多重電離

(主 査)
論文調査委員 教 授 向 坂 正 勝 教 授 兵 藤 知 典 教 授 福 田 國 彌

論 文 内 容 の 要 旨

イオンと原子とが衝突を起こすと、両者の間で電子の交換、励起、電離などいくつかの相互作用が生じ、これらの様相は衝突時のエネルギーによって大きく異なる。とくに keV ないし MeV のエネルギー領域での衝突は、核融合炉や核分裂炉で大量に発生することより、基礎過程の研究が極めて重要視されている。本論文は一度に多数の電子が電離される衝突、すなわち多重電離を研究したもので、6章よりなっている。

第1章は序論であり、多重電離に関するこれまでの研究を概説し、本論文で探究する問題点を紹介している。

第2章では多重電離の現れる諸現象について述べている。まず内殻が単一電離するとき2つの競合過程であるオージェ電子放出と特性X線放出とを取上げ、これらのスペクトルの生因やエネルギーについて論じている。ついで多重電離が起こったとき、各スペクトルの変化の様子、入射イオンの種類やエネルギーに対する依存について述べている。

第3章は多重電離の理論である。ターゲット原子から多数の電子が一度に電離されるとして取扱った理論はなく、むしろ単一電離の統計的な重畳と考えるのが現状である。単一電離の基礎となる理論は、ボルン近似や二重体衝突近似であって、そのどちらを用いても電荷スペクトルが二項分布を示す。著者はとくに二体衝突近似を詳しく検討し、これから多重電離断面積を導いている。

第4章はオージェ電子測定の方法や実験結果について述べている。著者は減速電界の集束作用を二段に用いた新型の電子エネルギー・スペクトロメーターを考案し、その有用性を実証した。ついでこの測定器を使い、陽子やアルファ粒子で衝撃された Ar と Cl の L 殻オージェ電子スペクトルを観測して、それぞれの電離断面積を求め、二体衝突近似の理論と比較している。とくにこれらのスペクトルに、多重電離の影響が顕著に現れていることを指摘し、ターゲット原子の多重電離度を直接に測るべきことを強調している。

第5章はターゲットイオンの電荷分布の測定であり、本論文の最重要部をなしている。まず気体原子のターゲットがイオン衝撃を受けて電離される場合、ターゲットの反跳は極めて小さくて数 eV 以下である

ことから、静電界で一方向に引き出しうることを示し、ついで直交した磁界と電界とを使ったウイーン・フィルターを製作し、これにエレクトロニクス技術を加えて、有用な電荷スペクトロメーターを完成している。

このスペクトロメーターの使用によって、軽イオンや重イオン衝撃を受けたガス原子の電荷スペクトルを多数示したうえ、さきの多重電離理論と詳細な比較を行なっている。この際二体衝突近似の電離確率に基づく統計的重畳では実験データを充分説明することが困難であることを、むしろ分子軌道理論で論じられているステップ型の電離確率を用いた統計的取扱いが適していることを、多くの実測例について比較証明している。

第6章は結びである。イオン-原子衝突によって生じたターゲット原子が相対的に多量の多価イオンを含んでおり、しかもそのエネルギー巾が小さいことから、全く新しい多価イオン源となりうること、およびこれを用いて核融合プラズマの基礎研究である多価イオンの電子捕獲衝突実験への展望が開かれた点を強調している。

なお付録において、イオン-原子衝突での反跳エネルギーの計算、並びにウイーン・フィルターの設計法について述べている。

論文審査の結果の要旨

エネルギーの高いイオンが原子と衝突するとき、両粒子とも多くの電子を失なって多重電離の状態になる。この現象は原子核工学の多分野にまたがる基礎過程であるが、実験的には入射イオンの電離度を直接に測定することが専ら行なわれている。ターゲット原子については、オージェ電子や特性X線のスペクトルから間接的に測定されてきたに過ぎない。とくに最近、核融合プラズマの基礎研究面から、多重電離された多価の重イオンの低エネルギー領域における振舞いが問題となっており、上記のターゲット原子の研究や利用が期待されている。

本論文はイオン-原子衝突におけるターゲット原子の多重電離を研究したもので、主要な新しい成果は次のとおりである。

1. 減速電界のレンズ作用を二段に組合わせた新型の電子エネルギー・スペクトロメーターを開発、これを用いて電離原子からのオージェ電子スペクトルの分析を行ない、電離の多重度との関係を明らかにしている。
2. 直交した磁界と電界とを組合わせるウイーン・フィルターの有用性に着目し、エレクトロニクス手法を加えることにより、多重電離されたターゲット原子の電荷スペクトロメーターとし斬新な器械を完成している。
3. 軽イオンや重イオンで衝撃された数種のターゲット原子に対し、電荷スペクトルとそのイオン・エネルギー依存性を実測して多重電離理論との対応を明らかにしている。とくに実験と理論との不一致は電離確率の選び方に問題があることを指摘し、ステップ型の電離確率が適していると認めている。
4. 従来、低エネルギーの多価イオンを生成することは極めて困難であったが、イオン-原子衝突による多重電離を利用することによって、これまでより遙かに多価の重イオンが任意のエネルギーで得られる

ことを示している。

以上要するに本論文は、イオン-原子衝突時におけるターゲット原子の多重電離を実験的に研究したもので、その過程で電子エネルギー・スペクトロメーターと電荷スペクトロメーターの独創的な測定器を完成して、多重電離現象の定量的解明を行なっている。さらに従来困難とされていた低エネルギー多価イオンの生成と選別取出しにも成功し、多価イオンを用いる基礎研究を大きく前進させるなど、学術上、工學上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工學博士の学位論文として価値あるものと認める。