

氏名	小林直人 こばやし なおと
学位の種類	工学博士
学位記番号	工博第580号
学位授与の日付	昭和53年9月25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	K-Shell Vacancy Production Induced by Ion-Atom Collisions at keV-MeV Energies (keV-MeV エネルギー領域でのイオン-原子衝突による K殻空孔生成)
論文調査委員	(主査) 教授 向坂正勝 教授 清水 栄 教授 福田國弥

論文内容の要旨

この論文は、加速器を用いて数 100 keV ないし MeV のエネルギーを持った軽イオンや重イオンを作り出し、これらをターゲット原子に衝突させたときのK殻電離の様相を、オージェ電子分光法によって詳しく調べたものであり、6章からなっている。

第1章は緒論であり、イオン-原子衝突で生ずる内殻電離の研究を歴史的に概観し、オージェ電子分光法の重要性を強調するとともに、軽イオン照射と重イオン照射とでは電離の機構が大きく異なることを述べ、本研究では原子番号が10までの各種イオンと原子間の衝突を実験的に解明する理由を説明している。

第2章は内殻電離に関する諸理論の紹介である。まず従来から衝突問題に広く用いられている平面波ボルン近似(PWBA)と、最近の二体衝突近似(BEA)の両理論を電離断面積の統一的表示の形に直して比較検討し、これらが軽イオン照射によって生ずるクーロン励起的な内殻電離に適用できることを述べている。一方重イオン-原子衝突のときには、準分子形成によって軌道電子が昇位して内殻空孔が生ずる過程が強く起こること、それを説明する電子昇位模型(EPM)と関連理論につき、再び統一的表示法を用いて論じている。

第3章は実験の各種技術と手法について述べている。K殻電離をオージェ電子分光法で測定するため、新たに減速電界型の電子エネルギー分析器を開発し、その特性を検討して有用な測定器としている。さらにイオン-原子衝突実験のために、加速器に電荷変換器の取付け、ターゲット・ガスの導入法、分析器の角度可変法などに対し、独特の工夫改良を加えたことも詳しく記している。

第4章はデータの解析法である。実測された電子エネルギー・スペクトルにオージェ電子のピークが現れるが、この収量を最終的に内殻電離あるいは内殻空孔生成の断面積の値として求めるには、いくつかの解析が必要である。すなわちイオン-原子衝突系に特有な力学的効果、オージェ電子の角度分布、多重電離に伴うオージェ収量の変化など、断面積に与える大きな因子につき詳しく検討するとともに、必要な予備実験を行っている。

第5章は実験結果とその考察である。陽子あるいはアルファ粒子の軽イオンを、原子番号 $Z \leq 10$ の6種原子 (B, C, N, O, F, Ne) に照射したときのK-オージェ電子スペクトルを示して、化学結合効果や多重電離効果がどのようにスペクトルに影響するかを論じている。ついでK殻電離断面積の様相が, PWBA および BEA の直接電離理論と相当良い一致を示すことを多数例によって明らかにしている。さらにターゲット原子の反跳効果や結合エネルギーの増加, 並びにグラウバー近似による補正を加えたときの問題点にまで言及している。これに対し重イオン (C, N, O, Ne) が上記6種原子と衝突する場合には, 分子模型に基づくEPM理論が妥当であることを, やはり多数例をあげて実証している。とくにこの理論では, 衝突の初期における分子軌道空孔の数え方が不確実であったのに対し, 著者は衝突2粒子の各L殻空孔の和とすべきことを実験的に導いている。重イオン—原子衝突では, 双方同時にK殻空孔が生成されるが, その生成断面積の比をイオン速度の関数として求めた結果, 空孔が準分子軌道間を移行するとの理論の予想を裏付けている。

第6章は結語であり, 本研究で得られた多くの新しい知見をまとめるとともに, 問題点がどこにあるかを指摘し, さらにイオン—原子衝突実験の今後についていくつかの示唆を与えている。

論文審査の結果の要旨

keV ないし MeV のエネルギーをもつ各種のイオン, すなわち荷電放射線が原子と衝突するとき起こる電離の現象は, 放射線物理, 原子炉材料, 核融合に関する基礎研究として, 最近とくに注目を浴びている。ところで原子番号 $Z \leq 10$ (B, C, N, O, F, Ne) の原子のK殻電離は, これに伴って放出される低エネルギーのオージェ電子を測るのが最も信頼できる方法であるが, 実験が困難であるために測定例は意外に少ない。著者はまず電子エネルギー分析器の開発から着手し, 加速器と測定系とに独創的な改良を加えて, 多種類のイオン—原子衝突実験を可能にした上, とくにK殻空孔生成をオージェ電子分析の方法で詳細に研究をしたものであって, 多くの新しい成果を得ているが, その主なものは次のとおりである。

1. 指数関数型の減速電界を二段に作用させる電子エネルギー分析器を新たに開発, 多くの実験を繰返して性能を向上し, ついにイオン—原子衝突実験に広く利用できる小型高分解能の器械として完成している。
2. 電荷変換現象を巧妙に利用したガス電荷変換器を加速器に取付け, 同一エネルギーでかつ電荷の異なる重イオンの発生と利用とを可能にしている。
3. 軽イオン (H, He) の入射によって起こる前記6原子のK殻電離は, 入射イオンとK殻電子とのクーロン相互作用によることを明らかにし, ボルン近似や二体衝突近似の理論と対応づけている。
4. これに反し重イオン (C, N, O, Ne) の衝突によって起こるK殻電離とは, 重イオンとターゲット原子とが一たん準分子を形成する結果, 殻電子が分子軌道に移行昇位して生ずるK殻空孔生成であることを示し, 分子軌道理論で説明している。
5. 原子番号 $Z \leq 10$ の重イオン—原子衝突では, K殻空孔生成の全断面積は, 2粒子の衝突前L殻空孔の全数に比例することを実測で示し, 分子軌道理論の問題点を解決している。
6. さらに衝突後の2粒子にそれぞれK殻空孔が生ずるが, その部分断面積は分子軌道間の電子の遷移

確率を計算して求めることを明らかにしている。

以上要するに本論文は、Ne までのイオン—原子間の衝突によって生ずるK殻の空孔生成機構を詳細に研究し、軽イオンと重イオンの入射による差違を明確にしたものである。とくに実測した衝突の過半数は著者が始めて報告しており、学術上新たな知見を多数得ている。さらにこの実験を遂行するに当たって、測定器や加速器に独創的な技術開発を施しており、實際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。