

氏 名	城 戸 義 明 き ど よし あき
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	工 博 第 609 号
学位授与の日付	昭 和 54 年 5 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	CHARGE STATE DISTRIBUTIONS OF ENERGETIC PARTICLES EMARGING FROM SOLIDS (固体から放出された高エネルギー粒子の電荷状態分布)

論文調査委員 (主 査) 教 授 向 坂 正 勝 教 授 兵 藤 知 典 教 授 清 水 栄

論 文 内 容 の 要 旨

高速イオンが固体媒質を通過するときの電荷状態分布は、ビーム・固体相互作用を解明する手掛かりとして重要であるのみならず、放射線物理や加速器設計の実用的な基礎データとしても不可欠のものである。本論文は従来の薄膜通過法と違って、厚い固体ターゲットからの後方散乱により固体通過イオンの電荷状態分布を測定する方法を新しく開発し、新しい測定データを加えるとともにこの方法の利点を活かして固体表面吸着原子の効果および単結晶チャネリングの効果を研究したもので、8章からなっている。

第1章は序論で、電荷変換過程の重要性と新しく開発した後方散乱法の利点および問題点並びに本論文で探究する課題を要約している。

第2章では固体内電荷変換過程に関するこれまでの実験、理論両研究を概説し、問題点を明確にしている。

第3章では後方散乱法の原理と実際の測定結果について述べている。厚い固体ターゲットで後方散乱された高速イオンは、入射エネルギー以下の連続エネルギー分布と電荷状態分布をもつが、電場または磁場と位置・エネルギー検出器とを併用することによりこれらが分離できて、広いエネルギー範囲にわたって一挙に電荷状態分布が得られることを示し、金、銀、タンタル、モリブデンに対する0.5~1.7MeV 窒素イオンおよび1.4~4.4MeV ネオン・イオンの電荷状態を測定して新しいデータを与えている。

第4章では後方散乱法での問題点として大角散乱による内殻電離の影響を検討し、薄膜通過法との比較および散乱角度による変化等を実験的に調べることににより影響がないことを明らかにしている。

第5章では厚いターゲットが使えるという後方散乱法の利点を活用して、ターゲット温度を上昇することにより表面吸着原子が電荷状態分布に及ぼす影響を調べ、吸着層の形成機構について新しい知見を加えている。すなわち、炭素、アルミニウム、ケイ素、チタン、ニッケル、銅、ジルコニウム、モリブデン、タンタル、白金、金の各ターゲットについて1500℃までのいろいろな温度に対し0.8~1.3MeV のヘリウム・イオンの電荷状態分布を測定し、約400℃から変化が現われ、800℃以上で平衡になること、平衡の電

荷状態分布は固体の種類によって顕著に変わることを見出している。また、錫、ビスマスについて初めて液体通過の実験を行ない、相変化の効果より表面吸着原子の影響の方が大きいことを明らかにしている。

第6章では固体表面からの放出角度が変わってもイオンの電荷状態分布が変わらぬことを、炭素と金の薄膜を用いてヘリウムおよび窒素イオンについて確認し、後方散乱法の散乱角度はどのようにえらんでも良いことを示して次章のチャネリング実験の基礎固めをしている。

第7章ではケイ素および金の厚い単結晶を用い、ブロッキング方向へ散乱放出されたイオンの電荷状態分布を測定することにより、電荷変換過程に対するチャネリング効果を調べた実験を述べている。ヘリウム・イオンでは効果が認められなかったが窒素イオンでは明らかに効果が観測されたことを報告し、これらの結果は内殻空孔への電子捕獲の抑制に基づくとして説明している。

第8章は結論で、以上の成果を要約するとともに今後の問題点を指摘している。

なお付録において、チャネリングおよびブロッキングの理論を本論文に関連した範囲で要約して述べている。

論文審査の結果の要旨

高速イオンと固体との相互作用で最も基礎的なものは電荷交換過程であり、古くから多くの研究があるが、固体特有の性質と結びついた種々の現象と複雑にからみ合っているため、定量的取扱いはかなり困難である。さらにイオンの電荷状態分布の測定はこれまで薄膜ターゲットを通過させる方法で行なわれていたため測定対象がかなり狭く、系統的なデータの蓄積が少なく、総合的に検討することができなかった。

本論文は薄膜でなく厚いターゲットを用いて固体通過イオンの電荷状態分布を測定する方法を開発し、これまで測定困難であった固体媒質およびターゲット条件での測定を可能にし、電荷状態分布測定を通してビーム・固体相互作用の解明に新しい方向を見出した研究で、主要な成果は次のとおりである。

1. 厚いターゲットから後方散乱された高速イオンは散乱の深さに応じて連続エネルギー分布をもち、偏向電場または磁場のみでは電荷状態分布を分離検出することができないが、位置・エネルギー検出器と偏向場を組合わせることによって広いエネルギーにわたって一挙に電荷状態分布の測定が可能になることを示し、従来の薄膜通過法では測定困難であった低エネルギー重イオンについて多くの実験データを得ることができた。

2. この後方散乱法についての最大の問題点である内殻空孔効果の有無を薄膜通過法も併用して実験的に検討し、非晶質および多結晶ターゲットでは影響がないことを確認して方法の有用性を確立した。

3. 厚いターゲットを使用する利点を生かしてターゲット温度を1500℃まで上げ、各温度でのヘリウム・イオンの電荷状態分布を測定し、表面吸着原子層の形成状況を初めて明らかにするとともに、準清浄表面をもった固体での電荷状態分布をいろいろな固体について測定することができた。その結果、電荷変換の媒質依存性の輪郭が明らかにされた。

4. 高温液体状にした錫およびビスマス・ターゲットを用い、後方散乱法によって初めて液体通過イオンの電荷状態分布測定を行ない、相変化の効果があまり大きくないことを明らかにした。

5. 単結晶の規則的原子配列が電荷変換過程に及ぼす影響を調べるには、従来は薄膜単結晶の作成とい

う壁に阻まれて実験が非常に難かしかったが、後方散乱法を厚い単結晶ターゲットに適用することにより、低エネルギーイオンの電荷変換の結晶効果を初めて測定することができた。その結果は内殻空孔の電子捕獲に対して速度合致則を適用して説明することができた。

以上要するに本論文は固体通過イオンの電荷状態分布を測定する方法として後方散乱法を開発し、これまで得られなかった低エネルギーでのデータを出し、固体媒質依存を明らかにするとともに表面吸着の構造について新しい知見を与え、電荷変換の単結晶チャネリング効果の観測等の道を拓いたもので、ビーム・固体相互作用の理解を大きく進めることができ、学術上、工学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。