

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 岡 林 則 夫

本論文は、第 1 章序論、第 2 章実験装置、第 3 章実験結果、第 4 章考察、第 5 章まとめ、の全 5 章からなっている。第 1 章ではイオンと表面の散乱における 2 次粒子放出現象を手短にまとめると共に、本研究の目的、問題意識を提示している。第 2 章では、実験装置の概略、試料作成法の詳細、データ解析法等、得られた実験結果を議論するのに必要な事項が記載されている。第 3 章が本論文の主要部で、放出された F<sup>+</sup>イオンの 3 次元運動量分布、それから得られる放出エネルギー分布や放出角度分布の特徴、特に、入射イオン価数依存性、入射角依存性、入射エネルギー依存性がまとめられている。第 4 章は、低速多価イオンによって引き起こされた F<sup>+</sup>イオンの放出過程に関する考察が述べられている。

低速多価イオンは、運動エネルギーに比べてポテンシャルエネルギーが大きい特異なブローブで、これが表面に近づくと、fs 程度の間 0.1nm 程度の領域から多数の電子を奪い去るため、通常では実現できないような局所的な強い帯電と、それに伴う粒子放出を引き起こすと考えられている。しかしながら、これまでのほとんどの研究例は、表面状態が特定されていない、あるいは、ブローブとなるイオンにより表面が荒れている等のために、粒子放出機構について信頼性の高い議論をすることは困難であった。

本研究では、100eV/u 付近の非常に低速のアルゴン多価イオンを用い、これをよく定義された (well-defined) フッ素終端 Si(001)面に照射した際、放出される F<sup>+</sup>イオンのイールドと 3 次元運動量を測定している。これから、F<sup>+</sup>イオンが Si-F ボンドの向きに沿って放出されることを初めて明らかにした。特に、本研究では実験中の表面状態の変化を極力避けるため、ほぼ 100%の検出効率を持った時間敏感型大口径 2 次イオン位置検出器を用いることにより、再現性のよい観測を可能にしている。

価数 q が 4 から 8、運動エネルギーが 1.5keV から 5.0keV までの Ar<sup>q+</sup>イオンを用い、これを入射角 22° から 65° まで変化させて入射し、放出される F<sup>+</sup>イオンを系統的に測定している。これにより、F<sup>+</sup>収量がほぼ価数の 3 乗に比例して増加すること、すなわち、F<sup>+</sup>脱離現象が、入射イオンの価数、あるいは、ポテンシャルエネルギーに支配された現象であることを明らかにした。このような強い価数依存性は、これまでには水素終端された表面で確認された例があるのみで、多価イオンによって引き起こされるイオン放出現象を理解する上で重要な情報を提供すると期待される。

さらに、放出 F<sup>+</sup>イオンの 3 次元運動量分布は、多価イオンの入射価数、入射角度、入射エネルギーによらず、その中心値は一定の方向に向いていることを明らかにしてい

る。これは、F<sup>+</sup>収量が入射価数に非常に強く依存していることと好対照で、F<sup>+</sup>の収量に大変な影響を与えた入射イオンは、一転して、F<sup>+</sup>イオンの放出エネルギーや方向には何の影響も与えないという大変興味深い結果になっている。

申請者はさらに、F<sup>+</sup>イオンが、やはり、価数、入射角によらず、方位角方向には4回対称で、極角方向には $18 \pm 5^\circ$ （表面垂直方向を $0^\circ$ とする）にピークを持つことを示し、これがSi<sub>9</sub>H<sub>12</sub>F<sub>2</sub>クラスターに対して行われた第一原理計算によるSiFボンドの角度 $23^\circ$ と誤差の範囲内で一致する事を明らかにした。同様にして、F<sup>+</sup>の放出エネルギーも評価され、 $2 \pm 1\text{eV}$ となることを示した。この値はやはり、多価イオンの価数、運動エネルギー、入射角に依存せず、従って衝突のダイナミクスではなく、標的の性質によって決まるものであることが明らかとなった。申請者は、さらに電子衝撃によるF<sup>+</sup>イオン生成過程も観測し、多価イオンによって引き起こされるF<sup>+</sup>イオン放出過程との共通点相違点を明らかにした。

以上、本申請者は、低速多価イオンとフッ素終端されたSi(100)面というよく定義された表面とを組み合わせ、F<sup>+</sup>イオン放出が入射イオンの価数の3乗に比例して増加すること、F<sup>+</sup>は、イオンの価数、運動エネルギー、入射角に依存せず、元々のSi-Fボンドの方向に放出されるという大変興味深い現象を見だし、これが新しい表面の元素分析技術にも応用できる可能性を指摘した。本研究は数名の共同研究者と共に進められたものであるが、実験テーマの設定、それに伴って必要となるサンプル作成法の開発、実験の遂行、その後のデータ解析、すべて本申請者が主体的に進めたものである。

したがって、本審査委員会は博士（学術）の学位を授与するにふさわしいものと認定する。