

[別紙 2]

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 羅 廣南

種々のエネルギーを持つ粒子ビームと固体表面の相互作用は、物質科学の基礎的な関心から、また核融合炉や材料表面改質などの実用的な面からも、近年ますます注目されている分野である。しかし、ビーム-表面相互作用を「その場」的に調べることは一般的に容易でなく、新しい手法の導入が期待されてきたと言える。本研究は、ケルビン計による仕事関数評価法を適用して、ビーム-表面相互作用の新たな「その場」的分析法を確立しようとして行われた。

まず第 1 章は、表面とイオンビームの相互作用について既往の研究を概観するとともに、ケルビン計により解明しうる表面物性について論じた上で、本研究の目的と位置づけを明確に示している。

第 2 章は、実験装置の開発についてまとめている。高エネルギー照射用と低エネルギー照射用の 2 種類の実験装置を開発したが、いずれもケルビン計としては直径 2.5mm の金メッシュ製プローブチップを用いた横方向振動型の市販品を用いて測定系を組立てている。高エネルギー照射用装置は、東京大学高フルエンス照射施設 (HIT) 内バンデグラーフ加速器のビームラインへ接続された真空チャンバー内に設置され、プローブがイオンにより直接衝撃を受けないためのスタンドに固定された。他方、低エネルギー照射用装置は、直流アーク放電によるイオン源を備えた独自に設計製作された高真空装置であり、660eV 以下のエネルギーの正イオンと電子ビームを別々に生成できる。フラックスはファラデーカップで測定され、抵抗ヒータにより試料温度を制御できるように設計されている。

これら 2 つの装置での予備試験により、測定装置や試料のチャージアップが重大な問題を生じることが明らかにされた。チャージアップの原因は、HIT ではイオン照射による二次電子放出、また低エネルギー装置ではヒーターからの熱電子放出が主要なものであったが、その他装置内の高温に加熱されるパーツ等種々の電荷源も影響することが分かったとしている。このような妨害的效果を避けるために、遮断板でプローブを囲い込む改良が施された。また、参照試料を設置して、照射試料と同様にケルビン計で測定を行い、両測定値間の相殺を行う方法で、照射による効果を抽出することに成功している。このようにして、チャージアップの問題を回避することが可能となり、本測定手法が照射

効果を測定するための有効な分析手法たりうることが示されたとしている。

第 3 章は、リチウム酸化物セラミックスへのイオン照射効果を、本研究で開発したケルビン計装置で調べた結果をまとめている。高エネルギー入射でも低エネルギー入射においても、ヘリウムイオン照射により正電荷付着による直接チャージの影響が強くなることを示された。リチウム酸化物のような低温で絶縁体に近い半導体の場合は、加熱により電気伝導度を増大させることが期待でき、表面荷電の影響を緩和できるので、より本質的な物性測定が可能になるとの方向づけを提示している。

第 4 章は、金属へのイオン照射効果を、本研究で開発されたケルビン計装置により測定した結果をまとめている。ニッケルとタングステンへのヘリウムイオンと水素イオンの照射により、仕事関数がフルエンスの増加とともに減少し、やがて飽和する傾向を示すことが見出されたとしている。ニッケルよりタングステンの方が照射に対し敏感に反応することも観測され、これらの挙動を表面 2 層構造モデル、即ちバルクと強く結合する酸化物層と、その上の C、H、O 等から成る弱い結合の吸着層の 2 層からなるモデルに基づき説明づけている。

以上で述べられたことから、本研究の結論が第 5 章で導かれる。

以上を要約すれば、本研究は、固体表面のイオンビーム照射による変質を、「その場」的に分析する新しい測定手法として、ケルビン計による仕事関数評価を行える実験装置を開発するとともに、それを用いての測定手法上の問題点を明らかにし、その解決策を提示したものである。表面荷電の問題などは、材料特性に根ざした本質的な問題を含んでいる一方、測定方法上の工夫により乗り越えられる要素も多分にあることが示され、イオンビームと材料の相互作用の研究に新しい領域を開拓することのできる研究成果と評価できる。このように、本研究は、システム量子工学の中でも、核融合炉工学、並びに量子ビーム工学の分野において、またさらに広くビーム-材料相互作用一般の分野の発展に寄与するところが少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。