

イオンビームによる薄膜・表面の構造組成分析

Structure Analysis of Thin Film and Surface by Ion Beam Scattering

神奈川大理¹ ○星野 靖¹

Kanagawa Univ.¹ ○Yasushi Hoshino¹

E-mail: yoshino@kanagawa-u.ac.jp

イオンビームを用いた薄膜・表面構造分析の歴史は比較的長く、ほぼ非破壊で薄膜・表面の深さ組成分析や構造分析が原子層レベルで可能な最も定量性の高いツールの一つとなっている。本講演で話題にする keV ~ MeV のイオンは、必ずしも「粒子」と「波動」の2面性を示すいわゆる量子ビーム的描像が当てはまる領域の話ではないかもしれないが、逆に古典粒子として散乱現象を取り扱うことができる点が定量性を担保する一つの大きな根拠となっている。しかしながら、イオンビーム分析には大型イオン加速器が必要であり、特に MeV 級の加速器を設置するためには通常放射線管理区域の設定と放射線取扱主任者を置くことが必要となることから敷居が高く、日本国内においてイオンビーム分析ができる施設は限られる。そのためイオンビーム分析に関する受託分析を扱う国内外の部門では、今日の IT 技術の発展を担う半導体産業や省エネルギー社会実現に取り組む輸送業界などからの分析依頼が絶えず入り、ほぼフル稼働状態と伝え聞く。また詳細な深さ組成解析には、コンピュータを用いたシミュレーション技法の習熟が不可欠であり、これも敷居を高くしている要因の一つでもある。

上で述べたが、イオンビームと原子との衝突現象はほとんど古典力学の範疇で説明でき、それが優れた定量性を保障している訳であるが、弱点としては化学結合状態に関する情報は得ることができない点が挙げられる。また得られる組成・構造に関する情報は、イオンビーム照射エリアの平均的情報となるため (通常 mm 程度)、いわゆるプローブ顕微鏡レベルの空間分解能はなく、局所構造に関する情報も得ることはできない。したがって薄膜表面の総合的な情報を得るためには、様々な量子ビームやプローブ顕微鏡を用いた分析手段と組み合わせながら相補的に調べていく必要がある。

イオンビーム分析には、固体中で散乱された入射 1 次イオンのエネルギーと散乱収率から固体内部の情報を得る「イオン散乱分析法 (RBS: Rutherford Backscattering Spectroscopy, MEIS: Medium Energy Ion Scattering)」と入射イオンと標的原子との核反応により生成した核反応生成粒子や電磁波を分析する「核反応分析法 (NRA: Nuclear Reaction Analysis)」、入射イオンにより標的から弾き出された 2 次イオンを分析する「弾性反跳分析法 (ERDA: Elastic Recoil Detection analysis)」や「2 次イオン質量分析法 (SIMS: Secondary Ion Mass Spectroscopy)」、特性 X 線を分析する「粒子線誘起 X 発光分光 (PIXE: Particle Induced X-ray Emission)」などがあるが、本講演では、RBS, MEIS 法を中心に NRA や ERDA を用いた薄膜表面分析への応用例を紹介する。また、イオン散乱と X 線光電子分光やプローブ顕微鏡・電子顕微鏡などを組み合わせた構造分析例なども紹介したい。

最後にイオンビーム分析自体は、かなり完成された手法であるが、そのときどきの社会からのニーズにより今でも発展を続けており、これまで不得意であったナノ構造の分析や生体有機分子、燃料電池材料などの分析にも新たな進展が見られる。