

## 高エネルギーイオンビームによる薄膜の分析 No.98029

キーワード：高エネルギーイオンビーム、RBS分析、積層薄膜、化合物薄膜

### 概要

当研究所に設置されている高エネルギーマイクロビーム複合分析装置(株神戸製鋼所製)は、高エネルギーのHeまたはHのイオンビームを試料に照射して種々の分析を行う装置で、入射イオン種と出力信号との組み合わせで、RBS(ラザフォード後方散乱分光：元素・組成分析、深さ方向分析)

PIXE(粒子線励起X線放出：高感度元素分析) Channeling(結晶性評価)

ERDA(弾性反跳粒子検出法：表面水素含有量)の四つの分析機能を持っております。また、ビームを $\mu\text{m}$ まで絞ることができ、二次電子像を見ながら局所分析も可能です。

ここでは、高エネルギーイオンビームを用いたRBS法が、薄膜・表面の分析に適していることを示すとともに、実際に本装置で行った2、3の分析例について述べます。

### RBS分析

百万電子ボルト(MeV)程度のエネルギーを持つ軽元素(H,He)のイオンビームと固体との相互作用は、固体内原子核との弾性散乱および固体中の電子雲との非弾性散乱による入射イオンのエネルギー損失だけで説明され、取り扱いが非常に簡単になります。

具体的には、弾性散乱で、固体の原子核に跳ね返されたHe原子のエネルギーは、相手の原子核の質量及び散乱角に依存するので、散乱角を固定して、散乱原子(He)のエネルギースペクトルを測定することにより相手元素の質量がわかり、元素を同定することができます。さらに試料表面から、ある深さのところまで散乱されるHe原子は、入射/出射時の非弾性衝突によりエネルギー損失を受け、その大きさが相手原子の深さに依存するため、深さ方向の情報が得られます。

主な分析条件を下表に示します。

イオン種	He <sup>+</sup>
加速エネルギー	950 keV
照射電荷量	500~1000 nC
ビーム径	1 mm

### 膜厚によるスペクトルの変化

図1にスパッタ法で作製した膜厚の異なるAu薄膜の測定結果を示します。以降各図の横軸は後方散乱されたHe原子のエネルギー、縦軸はそのエネルギーにおけるHe原子の収量を表しています。先に述べたように膜厚の変化がスペクトルの幅に現れていることがわかります。実際には、スペクトルの幅と高さは、膜密度と膜厚の積に関係します。逆に考えれば、膜厚が既知であれば、薄膜の密度を推定することができるということです。

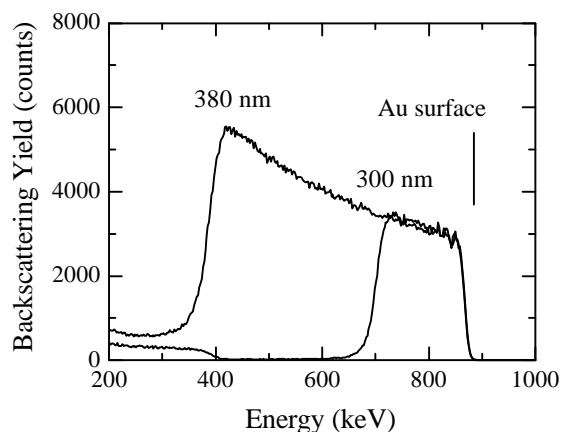


図1 Au薄膜の膜厚の違いによるRBSスペクトルの変化

### 積層薄膜の分析

図2にAgとCuの積層薄膜の分析結果を示します。(a)は、上層からCu/Ag/基板という構成、(b)は、上層からAg/Cu/基板という構成のもので、図中、Ag、Cuで示したラインは、薄膜表面にその元素が存在するときの

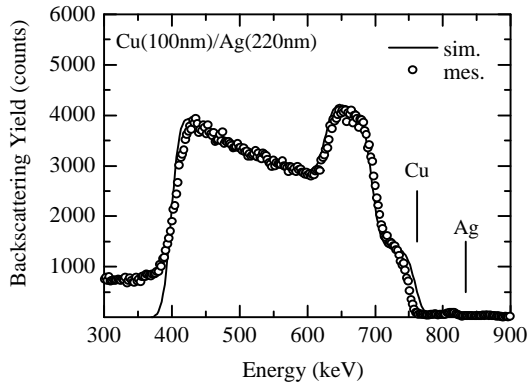


図 2 (a) Cu/Ag 積層薄膜の RBS スペクトル

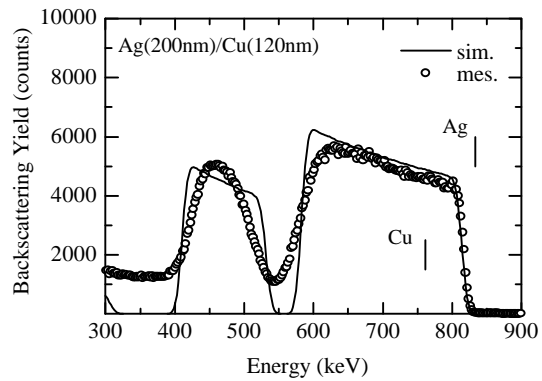


図 2 (b) Ag/Cu 積層薄膜の RBS スペクトル

エネルギー位置を表しています。(a)では上層のCuのプロファイルの上に、下層のAgのプロファイルが重なって検出されています。これは、Cu薄膜中を通過したHe原子がエネルギー損失を受けた後、Agによって散乱されているので、Agの検出位置が表面にあるCuよりも低エネルギー側に現れるからです。(b)では、質量数の大きいAgが上層にあるためスペクトルに(a)のような重なりが起こらず独立に検出されています。それぞれの図中の膜厚は、シミュレーションにより決定した値で、積層薄膜の下層についても非破壊で膜厚の推定ができます。また、(b)については、シミュレーションプロファイルとの違いから、Ag/Cu界面での相互拡散が予想されます。

### 化合物薄膜の組成分析

化合物薄膜の場合には、構成元素のそれぞれについて、独立な事象として考えられるので、膜密度と膜厚が判明していれば、組成比を決定できます。図3は、RBS測定により、Si基板上の $\text{Si}_x\text{N}_y$ 薄膜の組成を決定した例です。実測膜厚120nm、密度 $3.1\text{gr}/\text{cm}^3$ を既知として組成比のみを変えてシミュレーションを行い、図のように測定結果と一致させることにより組成比を決定できます。

### 用途

以上のように、高エネルギーイオンビームを用いた分析手法を薄膜材料に応用した場合、薄膜の厚さが、帯状に広がったエネルギースペクトルの幅に対応し、元素の違いはスペクトルの

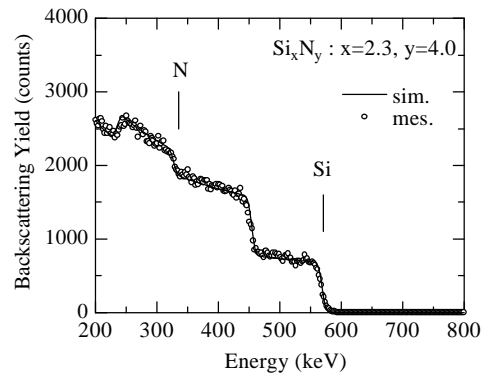


図 3  $\text{Si}_x\text{N}_y$ 薄膜の分析結果

エネルギー位置の違いとして現れるので、多層薄膜や積層構造の場合でも、1回の照射で測定できる利点があります。また、通常の深さ方向分析のように、スパッタする必要もなく、非破壊で比較的短時間に分析することが可能です。

本装置の場合は、950keVの入射エネルギーを用いておりますので、表面から約 $1\mu\text{m}$ の深さまでの分析が可能です。対象元素はLi以上で、基本的には基板材料(母材)は問いません。高エネルギーイオン照射のためチャージアップの問題もほとんどありませんので、導電体から絶縁体材料にいたるまで、幅広く利用できます。また、対象とする薄膜の構成が予測される場合は、シミュレーションにより必要とする情報が実際の分析で得られるかどうかの判断もできます。従って、このような高エネルギーイオンビームを用いる分析手法は、種々の分野での表面層分析に応用可能だと思われれます。