

C

高分解能・ラザフォード後方散乱分析法による極表面領域の解析技術

現在の情報化社会を支えているものの一つに、超薄膜作製技術の進歩があげられる。LSIの心臓部には10nmあるいはそれより薄いゲート絶縁体膜やキャパシター誘電体膜が使われ、CDやDVDの読み取りに使われる半導体レーザーの活性層には化合物半導体の超格子が用いられ、また、ハードディスクの磁気ヘッドには厚さ2~3nmの膜の積層膜が使われるようになってきている。

このような10nm以下の薄膜の膜厚、組成、密度の評価、さらには、それぞれの膜の界面や薄膜と基板との界面の評価を可能にする装置として、高分解能RBSを紹介する。

C-1

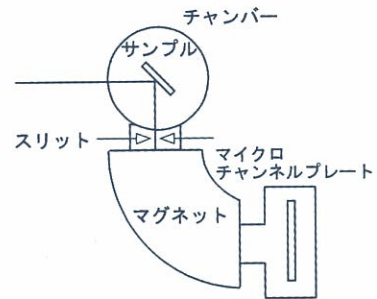
原理

RBSはラザフォード後方散乱分析法 (Rutherford Backscattering Spectrometry) の略で、MeVオーダーのヘリウムイオンを固体表面に照射し、試料中の原子核との弾性散乱によって、後方に跳ね返ってきたヘリウムイオンのエネルギーと強度を測定することによって、非破壊で、表面近傍の組成とその深さ方向の変化を知ることができる分析手法である。

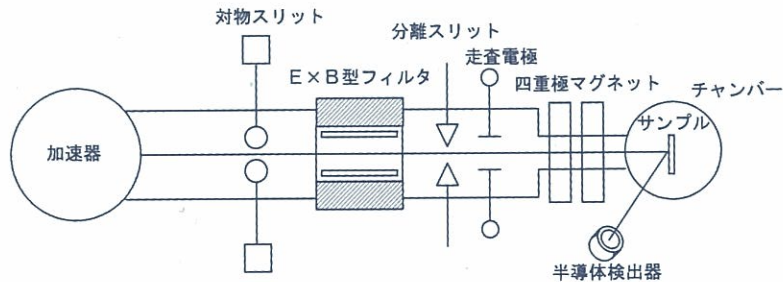
これまでのRBS装置の概略を第1図に示す。散乱されたヘリウムイオンの検出に、表面障壁型の半導体検出器が使われている。これに対して、高分解能RBSでは、第2図に示すように、散乱されたヘリウムイオンのエネルギー測定に、磁場型のエネルギー分析器が使われている。そのため、エネルギー分解能は半導体検出器の15keV程度から、1.5keV程度まで1桁ほど向上させることができ、これにより、深さ方向分解能も1桁程度向上することが期待される。

Auの薄膜を例にとると、ヘリウムイオンに対

するエネルギー分析器の分解能の1.5keVという値は、2.3nm程度の厚さのAuの膜中でのエネルギー損失に相当する。ヘリウムイオンの入射角を薄膜の膜面に対して75度、取り出し角を膜面に対して5度(散乱角は80度)に設定すると、膜中でのヘリウムイオンの経路の長さは膜厚の12.5倍になる。このような配置で測定すれば、深さ方向分解能は2.3nmの1/12.5すなわち約0.2nmとなることが期待される。



第2図 高分解能RBS装置検出部構成図



第1図 RBS装置構成図

C-2

特徴

高分解能RBSの特徴として、通常のRBSよりも、深さ方向分解能が1桁以上高いということがあげられる。前述の0.2nmという深さ方向分解能は、オージェ電子分光法(以下AESと略記)やX線光電子分光法(以下XPSと略記)で検出されるオージェ電子や光電子の脱出深さ、0.5~2nmの低いほうに相当し、1原子層程度の厚さに相当する。

もう一つの重要な特徴として、非破壊で深さ方

向の情報がえられることがあげられる。AESやXPSでは、深さ方向分布をえるためにはArイオンによるスパッタリングが必要で、その際に、選択スパッタやイオンミキシングなどにより試料が変質したり、深さ方向分解能が低下したりする。これに対して、スパッタリングしないで深さ方向分布がえられる高分解能RBSでは、スパッタの影響を受けない深さ方向分布がえられる。

高分解能RBSの特徴が発揮できる適用分野としてLSIのゲート酸化膜やキャパシター誘電体膜、化合物半導体の超格子デバイス、薄膜磁気ヘッド、有機EL素子など、広範囲にわたると考えられるが、ここでは、モデル試料を用い通常のRBSスペクトルと比較することにより、高分解能RBSの特徴を明確にできる。

Si基板上的Ta(2nm)/Ti(2nm) 4層膜

表記の試料から得られた高分解能RBSのスペクトルを第3図に示す。入射イオンは300keVのヘリウムイオンで、散乱角120度で測定されたものである。厚さ2nmのTi膜をはさんで存在する2層のTa膜が明瞭に識別できる。さらに、表層のTa膜はシミュレーションによる解析の結果、一部酸化されていることがわかった。

比較のため、同一試料を通常のRBSで測定した結果を第4図に示す。入射イオンは950keVのヘリウムイオンで、散乱角140度で測定されている。第1層のTa膜と第3層のTa膜は全く識別できず単に一つの

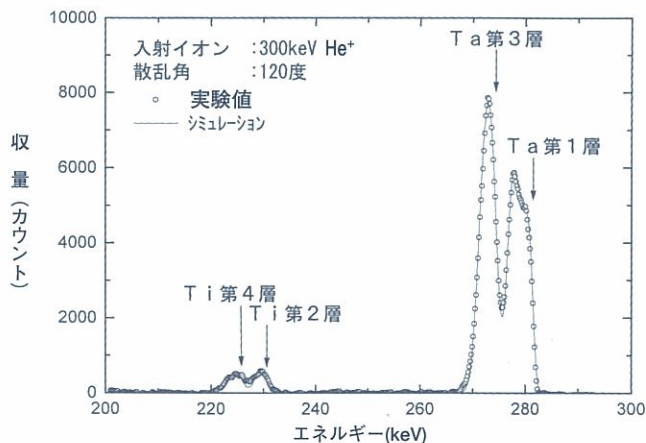
ピークを形成しているだけであり、表層のTa膜が酸化されているかどうかはわからない。通常のRBSはこのような10nm以下の薄膜の評価には適さないことがわかる。

第3図に示したスペクトルの高エネルギー側の立ち上がりからエネルギー分解能を求めると約1.5keVとなる。この場合はヘリウムイオンを膜面に垂直に照射し、膜面に対して30度の方向に行くイオンを検出しており、1.5keVを深さ方向分解能に換算すると約0.8nmとなる。

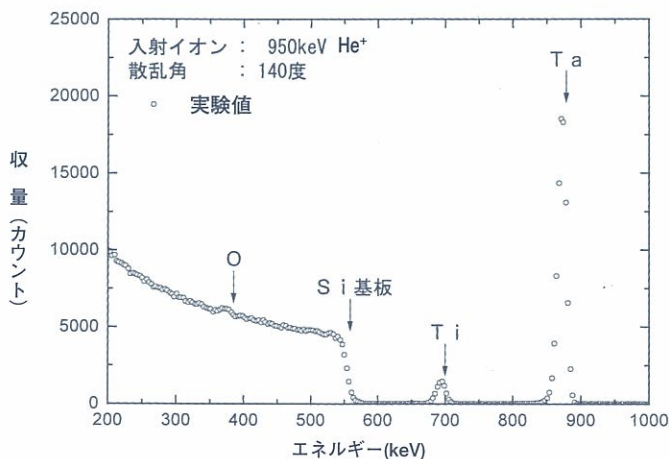
高分解能RBSによる、極表面領域における解析技術の一端を紹介した。今回は組成の深さ方向分布を簡単に紹介しただけであるが、チャネリング測定による極表面のダメージ評価、反跳散乱法(ERDA)による極表面の水素の深さ方向分析も可能である。

ここに紹介した高分解能RBS装置を、これまでの分析手法では困難であった極表面および極薄膜の評価・解析に活用していきたい。

[西神事業所 技術室 笹川薫]



第3図 Ta/Ti多層膜の高分解能RBSスペクトル



第4図 Ta/Ti多層膜の通常RBSスペクトル