

●四重極型 2 次イオン質量分析装置の紹介

TN183

Introduction of Quadrupole SIMS

[概要]

1.はじめに

2 次イオン質量分析(SIMS : Secondary Ion Mass Spectrometry)は、“高感度で迅速な深さ方向分析ができる”という特徴から、様々な材料についての不純物評価等に用いられています。特に半導体材料においては不純物制御が非常に重要であることから、SIMS は不可欠な分析手法です。半導体の高性能化や多機能化のため年々各種膜の薄膜化が進み、さらに新しい材料の検討も盛んになってきました。それに伴って SIMS による超薄膜や多層膜の評価ニーズも増えています。

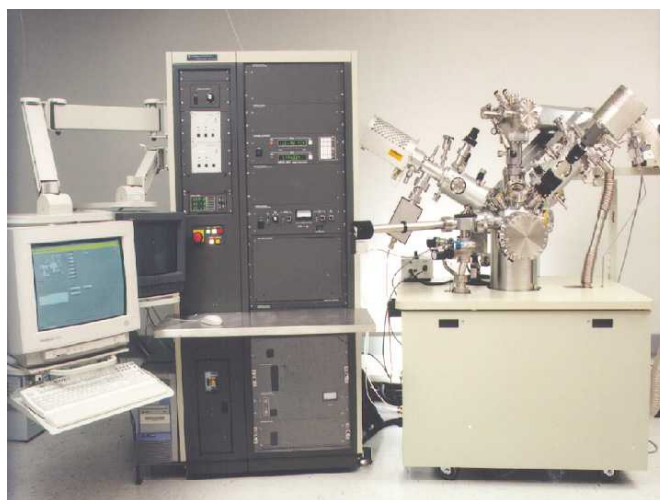


Fig.1 四重極型 2 次イオン質量分析装置の外観

当社ではこれらの評価ニーズにお応えするため、四重極型 2 次イオン質量分析装置 : ADEPT 1010(米国 : Physical Electronics 社製)を保有しております。次項以降に装置の特徴および各種測定事例を紹介致します。

2.特徴

“高感度で迅速な深さ方向分析ができる” SIMS は通常、Dynamic-SIMS と呼ばれますが、Dynamic-SIMS には 2 次イオンの検出方法からセクター型 SIMS と四重極型 SIMS の二つに分類されます。Fig.2 および Fig.3 に各 SIMS 装置の概略図を示します。

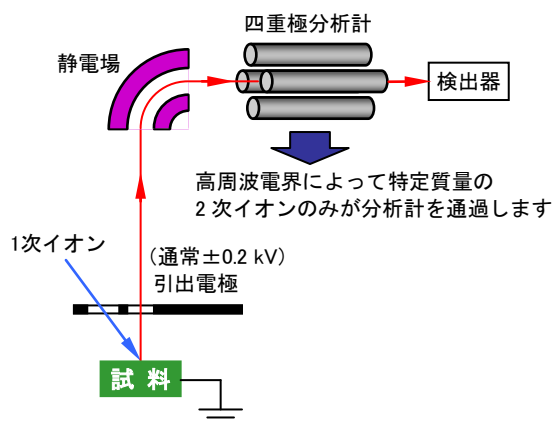


Fig.2 四重極型 SIMS の概略図

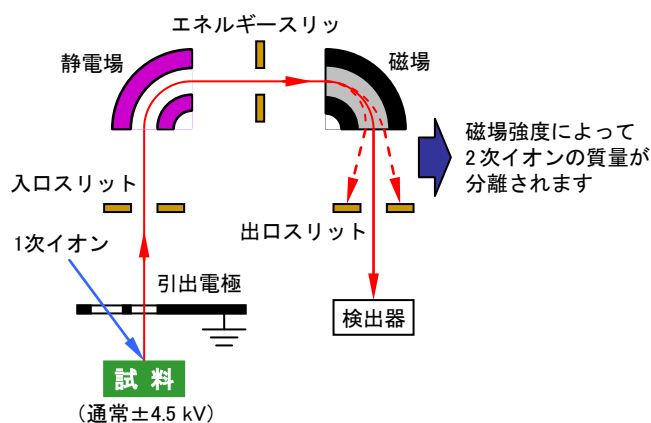


Fig.3 セクター型 SIMS の概略図

四重極型 SIMS とセクター型 SIMS とでは、装置の構成上それぞれ異なる特徴を有しています。四重極型 SIMS は従来のセクター型 SIMS と比較して主に Table 1 に示すような特徴を有しています。

Table 1 四重極型 SIMS の主な特徴

主 な 特 徴
特徴その 1：優れた深さ方向分解能
特徴その 2：絶縁物の測定が容易
特徴その 3：試料の傾斜および回転が可能

特徴その 1：優れた深さ方向分解能

高輝度低エネルギーフローティングイオン銃が搭載されているため、ノックオン(押し込み)・アトミックミキシング(イオン照射による原子混合)の非常に少ない深さ方向分解能の優れたデータを得ることが出来ます。1 次イオンの照射エネルギーは、酸素イオン(O_2^+)が 0.25~8 keV で、セシウムイオン(Cs^+)が 0.25~11 keV です。セクター型 SIMS と比較して、低エネルギー 1 次イオンビームにおいても 2 次イオン光学系で高い透過率が得られるように改良され、ダイナミックレンジおよび検出下限の改善がなされています。これらの特徴によって、従来のセクター型 SIMS では評価出来なかった非常に急峻な濃度変化を持つ試料にも対応できます。

[測定事例] 極低エネルギーによるイオン注入試料の評価

Fig.4 は Si 基板に As を 3 keV のエネルギーでイオン注入した試料を四重極型 SIMS とセクター型 SIMS とで測定した結果です。四重極型 SIMS では急峻な分布形状を示しておりますが、セクター型 SIMS では深さ方向に広がりを持っています。これはセクター型 SIMS の 1 次イオン照射エネルギーが、通常値で 14.5 keV と高エネルギーであるためにノックオン・ミキシング現象が起きている事によります。一方、四重極型 SIMS では 1.0 keV と非常に低い照射エネルギーが設定でき、信頼性の高い結果が得られています。

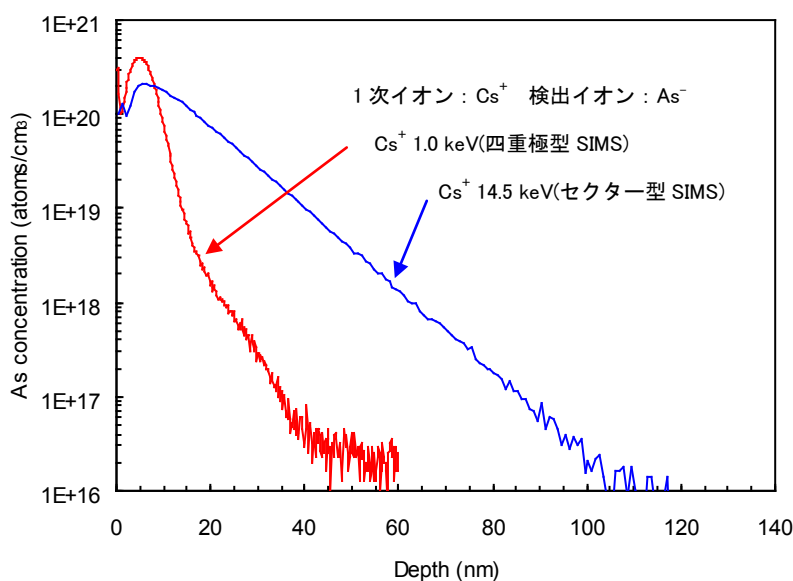


Fig.4 極低エネルギーイオン注入試料における 1 次イオン照射エネルギーの影響

特徴その2：絶縁物の測定が比較的容易

SIMSは1次イオンとして O_2^+ や Cs^+ などの価電粒子を用いるために、絶縁物の測定の際には試料表面でチャージアップ現象が起こります。実際の測定ではチャージアップを補正するためにAuやPtなど導電性膜の蒸着や電子線の照射を行います。一般的にSIMSによる絶縁物の測定は容易ではありません。

しかし四重極型SIMSでは、チャージアップ補正時に使用する電子銃の電流調整範囲が広いこと、四重極型SIMSの基本構造である試料電位がアース電位となっていることとの複合により、セクター型SIMSに比べ、正・負のいずれの2次イオン検出時においてもチャージアップ補正が比較的容易に出来ます。

[測定事例] SiO_2 膜中のNa分析

通常セクター型SIMSによる SiO_2 膜中のNa測定は、チャージアップ補正の問題から測定が非常に困難とされています。これはアルカリ金属であるNaが、チャージアップによって発生した電界によって SiO_2 膜中を移動し、Si基板との界面にイオンが蓄積されるパイルアップを起こしてしまうためです。四重極型SIMSではFig.5に示すようにチャージアップ補正の条件をより細かく最適化できることによって信頼性の高い測定結果が得られます。

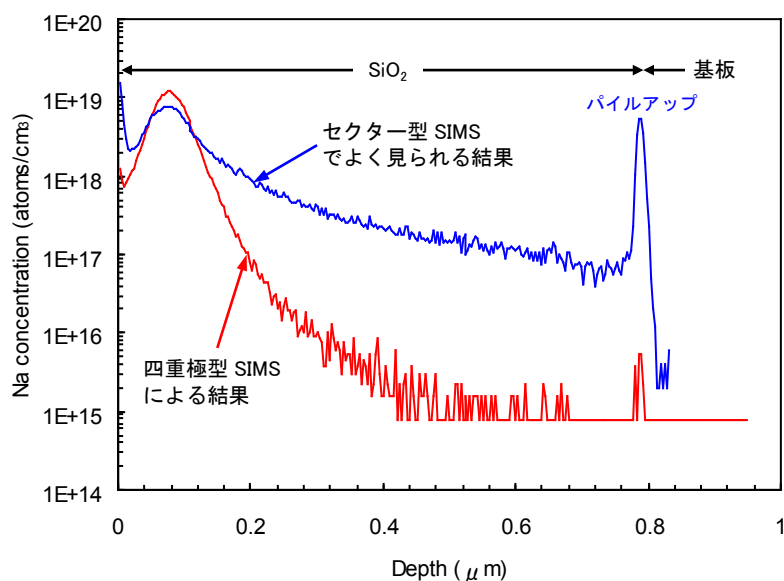


Fig.5 SiO_2 膜中にイオン注入されたNaの深さ方向分析結果

特徴その3：試料の傾斜および回転が可能

当社保有の四重極型 SIMS には自由度の高い5軸試料ステージ(X, Y, Z, 傾斜, 回転)が装備されています。これによって試料形状や構造、評価内容に合わせた測定条件の最適化が容易となり、より信頼性の高いデータを得ることが出来ます。特に回転では、従来には無かった Zalar(任意な回転中心)機能を有しており、任意の測定ポイントを選択できる事から、信頼性の他に迅速な対応も可能です。

[測定事例] Si 基板上 Al 膜(1%Si, 0.5%Cu 含有)の深さ方向分析

試料表面に Al, Cu などの金属膜が付いている場合、回転しない SIMS 測定では角度を持って照射される1次イオンによって測定面で凹凸成長が起こるため深さ方向分解能(分布の急峻性)が低下します。これに対し試料を回転させながら測定した場合、1次イオンが全方向から均一に照射されるため、測定面の凹凸成長が抑制できます。Fig.6 に試料回転の有無による測定結果の違いを示します。このように試料表面にスパッタ荒れが顕著な Al や Cu などの金属膜がある場合、試料回転機能を用いることによって深さ方向分解能(分布の急峻性)が改善されます。

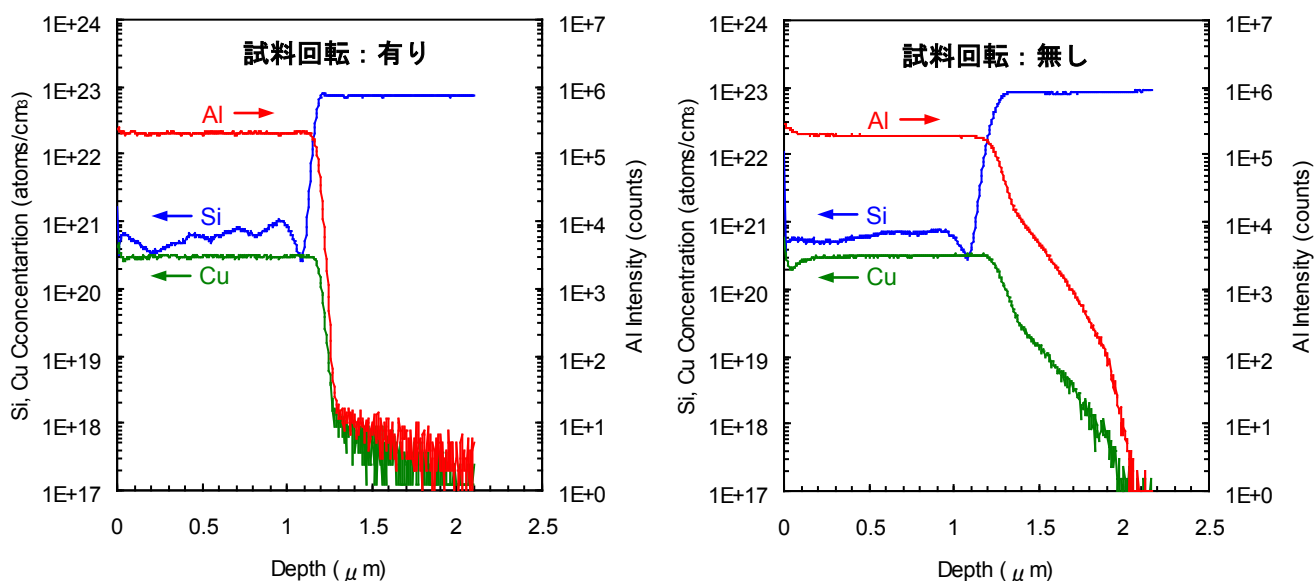


Fig.6 試料回転の有無による深さ方向分析結果の違い

[キーワード]

Q-SIMS、Shallow、極浅イオン注入