

FIB の概要

1.はじめに

FIB とは Focused Ion Beam System(集束イオンビーム装置)の略語である。本装置は Fig.1 に示す通り、まず Ga 液体金属イオン源 (LMIS) から引き出し電極の電界により Ga⁺イオンビームを発生(電界蒸発)させ、カソードの電界で加速させる(加速電圧)。さらにこのイオンビームを2組の静電レンズ(コンデンサーレンズ、対物レンズ)によって縮小し試料上に集束する。また、SEM と同様に Ga⁺イオンビームは偏向板により試料上を X,Y 方向に走査させる。Ga⁺イオンが試料に照射されると SEM と同様に 2 次電子やスパッタリング粒子など種々の粒子が発生する(Fig.2)。また、Ga⁺イオンビームは対物絞りの径を調整することによりそのビーム電流を数 pA 以下~数十 nA の範囲で可変することができる。また、SIM 像の最高分解能は 5nm 以下を得る事ができる。

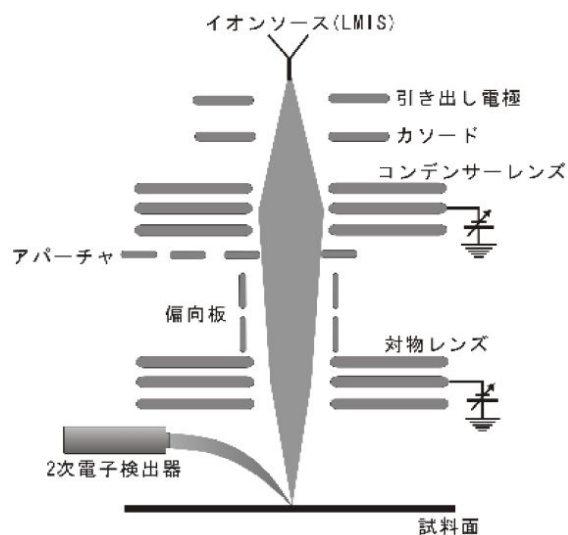


Fig.1 FIB のイオン光学系

質量の大きいイオンでは磁界型レンズでは集束が難しいため、静電型レンズを用いるのが一般的である。

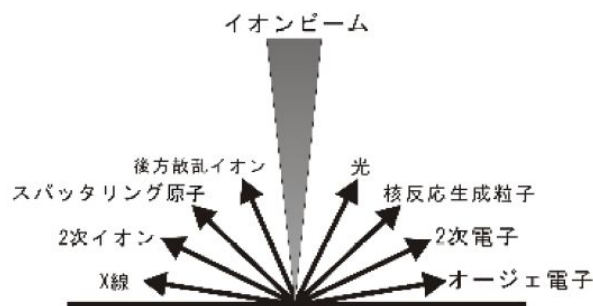


Fig.2 イオン照射時に発生する粒子

イオンビームを固体に照射すると、種々の粒子が発生する。SIM 像は主に 2 次電子を用い画像化する。

2.FIB の基本機能

FIB は前述の通り Ga⁺イオンビームを試料に X,Y 方向に矩形に走査しながら照射することができる。イオンビームにはスパッタリング効果があり試料をおよそ 0.1 μm 程度の精度で矩形の加工を行う事ができる。

また、Ga⁺イオンビームの照射に伴い試料表面より 2 次電子が発生し、SEM と同じような表面形状の観察をすることができる。これを SIM(Scanning Ion Microscope)像と呼ぶ。また、W(CO)6 などの有機金属ガスを導入しながら Ga⁺イオンビームを走査することにより試料表面に W などの膜を成長させることも可能である。以上をまとめると FIB には 1.像観察機能、2.加工機能、3.成膜機能(Fig.3)の 3 つがある。これらの機能を利用して FIB は断面加工および SIM 像あるいは SEM 像観察、TEM(透過電子顕微鏡)用の薄膜試料作製、特に位置精度が要求される欠陥部位などの薄膜化には必要不可欠である。また、半導体の回路修正などにも幅広く活用されている。

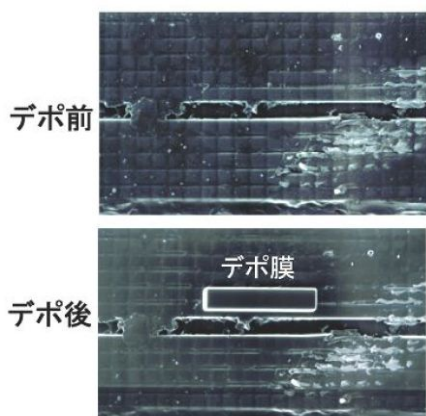


Fig.3 FIB の成膜

有機金属ガス雰囲気中でイオンビームを走査し、成膜されたカーボンの保護膜。

3.複合イオンビーム装置(マルチビーム)

また、FIB 単体のカラムを備えたシングルビーム装置に対し、最近では FIB カラムと SEM カラムを同一のチャンバ内で一定の角度を持たせて配置した複合イオンビーム装置(Fig.4)が普及している。本装置は FIB 加工面を即 SEM 観察や元素分析が可能な装置(Fig.5)であり、試料作製の他に一定間隔で FIB 加工/SEM 観察を自動的に行い試料の 3 次元情報を得る事ができる 3D-view 機能(Fig.6)を備えており、その応用範囲はさらに多様になっている。

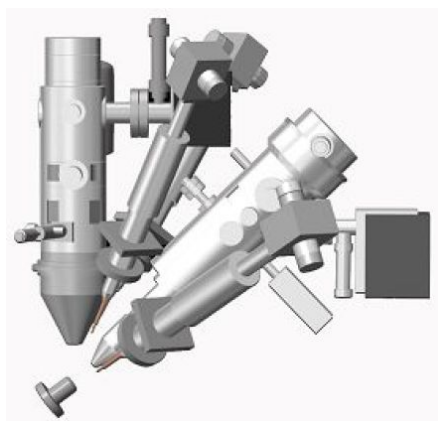


Fig.4 複合イオンビーム装置(マルチビーム)

マルチビームは SEM と FIB を同一チャンバに備えている。また、EDS や EBSD など装着可能であり様々な用途に活用できる。

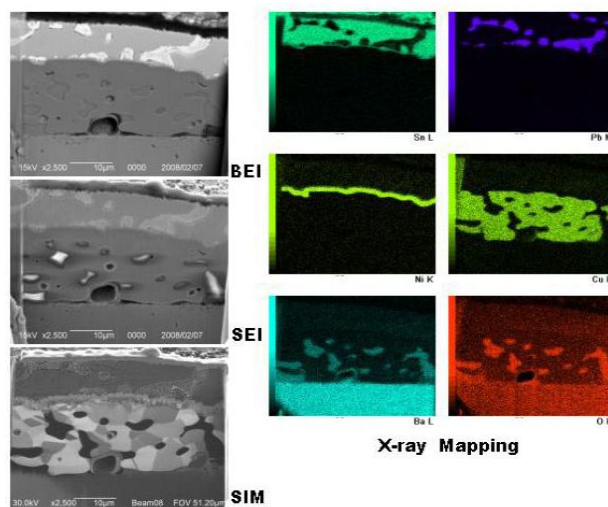


Fig.5 複合イオンビーム装置の特徴 1

複合イオンビーム装置(マルチビーム)は試料を FIB により断面加工後、この試料を大気にさらすことなく SEM 観察,元素分析などを行うことができる(試料:チップコンデンサ)。

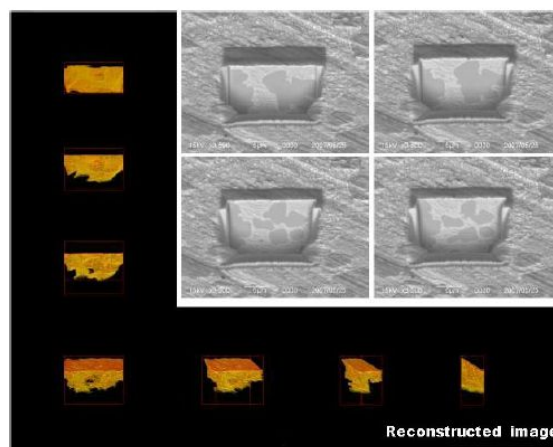


Fig.6 複合イオンビーム装置の特徴 2

マルチビームでは試料を一定のステップで複数回加工しステップ毎に SEM 像を自動的に取得する機能がある。本機能を用いることにより試料の 3 次元構造を正確かつ直感的に把握することができる。また、3 次元再構成ソフトを利用することにより 3 次元再構成像を作成することも可能となる。本機能(3D-view)はマルチビーム最大の特徴である。