

複合ビーム加工観察装置JIB-4500の紹介

著者	高橋 勲, 百瀬 与志美
雑誌名	技術報告
巻	19
ページ	53-56
発行年	2014-03-10
出版者	静岡大学技術部
URL	http://doi.org/10.14945/00008043

複合ビーム加工観察装置 JIB-4500 の紹介

○高橋勲、百瀬与志美
静岡大学技術部 共同研究支援部門

静岡大学電子工学研究所附属施設「ナノデバイス作製・評価センター」は様々な測定・分析機器を備え、研究・教育活動の基盤施設としての機能を果たしている。本稿では筆者らが担当する「複合ビーム加工観察装置 JIB-4500」の概略と装置を使用した微細なイラストパターン描画について紹介する。本稿により装置に関心を寄せていただき、利用の拡大につなげたい。

1. はじめに

材料表面を高倍率で観察する手段として SEM (Scanning Electron Microscope) が多用されるが、観察部位表層から深さ方向の情報を得ようとするとき、反射電子や数 μm 程の領域から発生する特性 X 線に頼ることとなり、十分な情報が得られない。このような深さ方向の情報、つまり表層断面方向の正確な情報を得たい場合、極微細加工技術やマイクロトーム等による観察試料の作成行程が不可避である。この試料作成には高い技術と経験が必要とされ、益々微細化する現象解明の要求に対応が困難になっている。アルゴン(Ar)イオンビームを用いてスパッタエッチングを行う CP 法(Cross-section Polishing)も実用化されているが、試料作成には多くのノウハウが必要であり、作成後の試料ハンドリングにも注意が必要である。

集束されたガリウム(Ga)イオンビーム(FIB :Focused Ion Beam)を用いて簡便に微細加工を行う方法が実用化されている。イオンビームを試料表面に照射すると電子ビームと同様に二次電子が発生し、ガリウムイオンの重さにより構成原子をはじき飛ばすスパッタリング現象がおこる。イオンビームの量を増やすことで試料をエッチングする事ができ、マスクを使わず断面を露出させる加工や薄片を切り出すことも可能となる。現在、SEM や EDS (Energy Dispersive X-ray Spectrometer) と組み合わせ、同一真空内で一連の作業を行うことで酸化等の表面劣化を生じさせずに微細加工と解析が可能な装置が各社から商品化されている。

2. 装置概要

紹介する「複合ビーム加工観察装置 JIB-4500」写真 1. は熱電子銃形 SEM と高性能イオンカラムおよび BRUKER 製 XFlash シリコンドリフト検出器 QuanTax システムを搭載し、FIB により局所的に断面加工した後に SEM 観察、走査イオン顕微鏡観察およびエネルギー分散型 X 線分光器による分析による内部の観察・元素分析を行うことができる。また、FIB による微細加工や TEM(Transmission Electron Microscope)薄膜試料を作製することができる。



写真 1. 複合ビーム観察加工装置 JIB-4500

2.1 SEM 機能について

高真空モードでの分解能は、加速電圧 30KV WD 6mm 時の 2 次電子像で 2.5nm、加速電圧 3KV WD 6mm 時の 2 次電子像で 8.0nm、加速電圧 1KV WD 6mm 時の 2 次電子像で 12.0nm が保証される。倍率は 5~300000 倍を 149 段階で切り替えられ、プリセットされた倍率には瞬時に変更できる。2 次電子像と反射電子像（組成像、凹凸像、立体像）の観察が可能で、照射電流は約 1pA から 1 μ A である。

低真空モードでは試料室内の圧力を 1Pa、10~100Pa の範囲で調整可能。分解能は加速電圧 30KV WD 5mm 時の反射電子像で 4.0nm が保証され、反射電子像（組成像、凹凸像、立体像）が観察できる。

電子銃は 0.3KV~3KV までは 100V 刻み、3KV~30KV は 1KV 刻みの設定ができる。

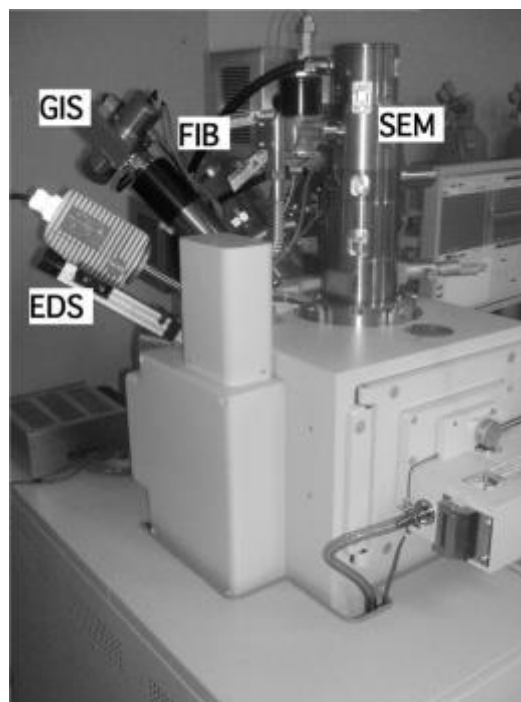


写真 2. 検出部等の配置

2.2 SIM (走査イオン顕微鏡) 像観察

SIM (走査イオン顕微鏡) 像は、ニッケルと銅のように、SEM (二次電子顕微鏡) 像観察では区別が難しい、原子番号が近い金属で構成された多層膜の構造が鮮明に観測できる。

2.3 FIB 機能について

分解能は加速電圧 30KV 時の 2 次電子像で 5.0nm が保証される。100~300000 倍での加工が可能で、30~300000 倍での 2 次電子像の観察も可能。照射電流は約 0.3pA~30nA。加速電圧は 1,3,5,10,15,20,25,30KV が選択できる。

ステージは X,Y,Z,R,T,fineZ の 6 軸をモーター駆動し、可動範囲は X 方向 -30~+5-mm、Y 方向は \pm 50mm、Z 方向は 5~48mm、R 方向は 360 $^{\circ}$ 、T 方向は -10~+90 $^{\circ}$ (試料ホルダーによって異なる)、FineZ 方向 \pm 2mm。試料ホルダーは直径 12.5mm、高さ 10mm の試料台を固定するものと、直径 51mm、高さ 10mm の試料台を固定するホルダーが用意され、直径 12,5mm の試料を 7 個入れられるアダプタを使用すれば複数試料の加工、観察ができる。

2.4 EDS 機能について

ソフトウェア自動元素選択によるスペクトラムの自動定性分析、手動で元素選択を行うスペクトラムのマニュアル定性分析、自動定量分析、元素を指定して行うマニュアル定量分析。SEM 像を取り込み、点を指定して行う点分析、いくつかの点またはエリアを指定して自動で順番に分析を行う自動多点分析、ラインスキャン分析、元素マッピング分析、すべての画素に対してすべてのスペクトルデータを取得、処理して行うハイパーマッピング分析、定量マッピングが行える。

3. FIB による加工例

装置本来の加工例については別稿に譲り、興味を引く課題として装置の基本機能を使用してシリコン(Si)基板上に静岡大学公式キャラクター「しずっぴー」図1の微細画像を描画した。

以下に手順の概略を示す。また、写真3はGUIコントロールソフトの画面で、基本操作はここから実行可能となっている。

- 1) 原図を画像処理ソフトに読み込み、二値化および輪郭線の抽出と強調処理を行う。図2。
- 2) 細部を消しゴムツールで修正後 BMP 形式に変換して保存する。
- 3) 装置のGUIコントロールソフト画面から保存したBMPファイルを読み込み、描画域、描画サイズ、加工深度を指定する。
- 4) 描画を開始する



図 1. 「しずっぴー」



図 2. 画像変換の様子

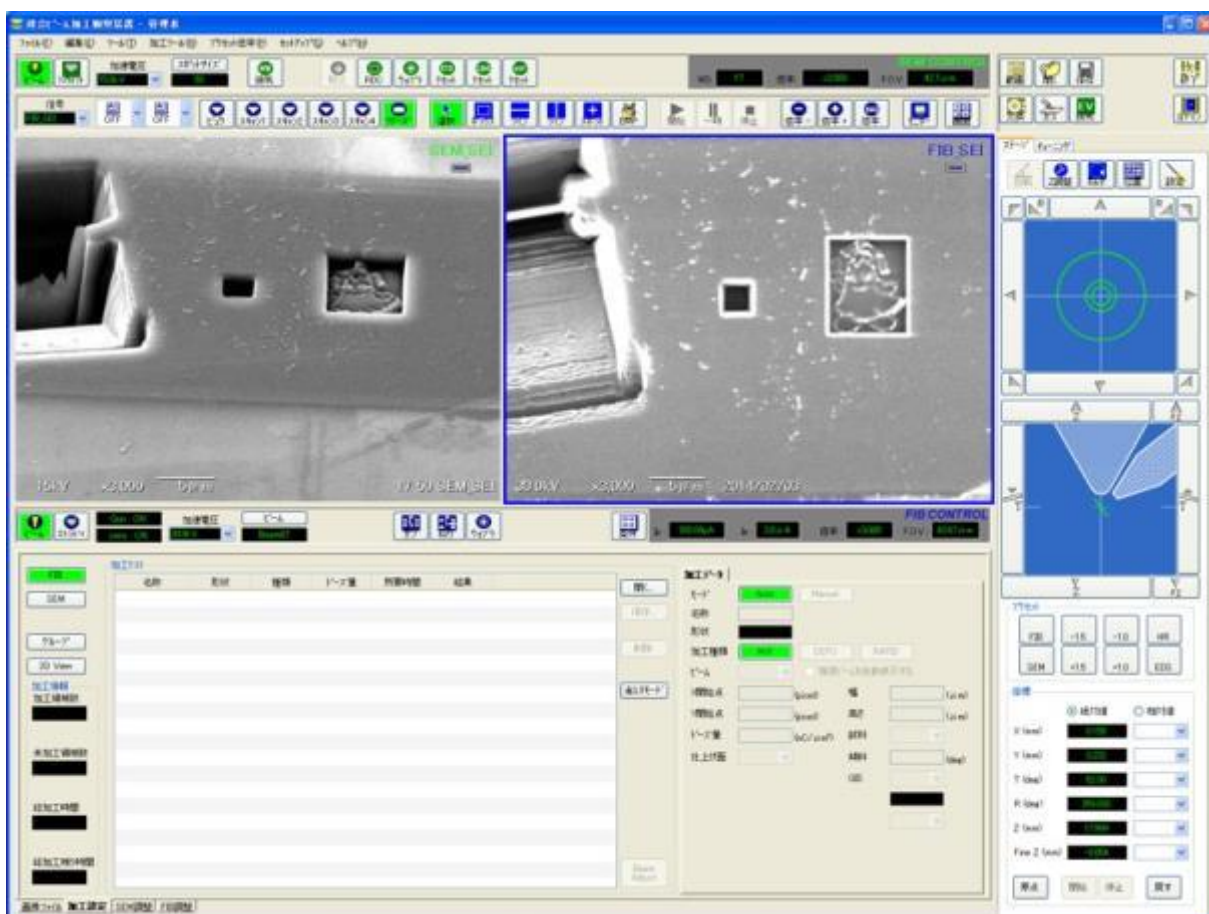


写真 3. GUI コントロールソフト画面

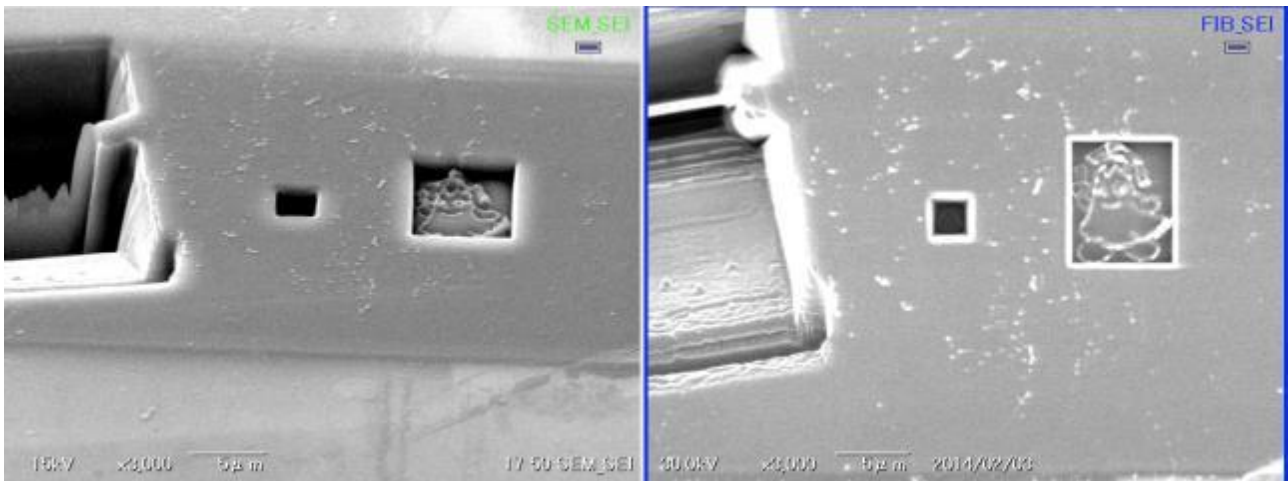


写真 4. Si 基板の観察画像 左 SEM 右 FIB

写真 3.、写真 4.に加工後の様子を示す。SEM 画像が傾いているのが確認できるが、これは写真 2.に示すように、SEM 鏡筒は垂直に、FIB 鏡筒は傾きを持って設置され、加工試料は FIB 鏡筒に向けてセットする関係上それぞれの機能で観察するとこのような観察画像となる。コントロールソフトの操作画面に試料の位置関係を表す領域が設定されている。図 3.

継続的な処理の途中など、試料を移動させることなく視角を変えた観察が行える事は非常に有益である。

今回描画に使用した Si 基板は装置トレーニングのため再利用しているので汚れや、過去の穴開け、段階加工の様子が確認できる。断面方向への加工痕から装置の加工能力が理解いただけるものと思う。

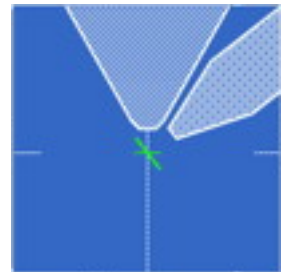


図 3 試料の配置表示

4. まとめ

非常に高機能な装置で、今回の描画は極一部の機能を使っているに過ぎない。高倍率で確認しながら特定の箇所を加工する。またそれを即座に分析・解析できる機能は実験の効率を高め、快適さを生み出す。この事が新たな発見や開発につながると思われる。

今回の例示が装置の優位性を伝えることに適していたかは判断の難しいところであるが、装置取扱のハードルが下げられたなら幸いである。