

クライオ機能付き集束イオンビーム走査電子顕微鏡 一式

仕様書

地方独立行政法人
神奈川県立産業技術総合研究所

仕 様 書

1. 品名：クライオ機能付き集束イオンビーム走査電子顕微鏡

2. 数量：一式

3. 概要

クライオ機能付き集束イオンビーム走査電子顕微鏡（以下、本装置）は、様々な試料の形状および状態を精密に分析するための加工を行う集束イオンビーム（FIB）加工装置である。本装置の主な目的は、試料内部の微細構造を明らかにすることであり、材料の微細加工、観察、分析に至る一連の工程で高精度なプロセスが要求される。

本装置は様々な材料の解析に対応するため、走査電子顕微鏡(SEM)と特性 X 線分析装置(EDS)が搭載されている。さらに精密な冷却機能を有したステージ(冷却ステージ)を備えており、試料加工を常に適切な低温環境下で実施することが可能である。これにより、熱による損傷や化学変化を抑制し、試料の内部構造を本来の状態に近いまま加工、観察、分析を行うことができる。

4. 仕様

本装置の構成は以下の通りである。

4.1 集束イオンビーム（FIB）加工装置部

4.2 走査電子顕微鏡(SEM)部

4.3 特性 X 線分析装置(EDS)部

4.4 その他の装置部

5. 仕様の詳細

5.1 集束イオンビーム（FIB）加工装置部

- ① 加速電圧：0.5kV 以下から 30kV 以上まで可変であること。
- ② プローブ電流：1pA 以下から 100nA 以上で 15 段階以上に変更可能であること。
- ③ 分解能：加速電圧 30kV の FIB 観察時で 4.0nm またはそれより良いこと。分解能の確認にはグラフェンを用いること。
- ④ イオンソースは 1000 時間以上使用できることを保証すること。

5.2 走査電子顕微鏡(SEM)部

- ① 電子銃：ショットキーサーマル電界放射電子銃であること。
- ② 加速電圧：200V 以下から 30kV 以上まで可変であること。

- ③ プローブ電流：1pA 以下から 400nA 以上で可変であること。
- ④ 分解能：加速電圧 1kV の SEM 観察時で 1.5nm より良いこと。分解能の確認には Gold on Carbon を用いること。
- ⑤ 対物レンズはアウトレンズタイプであること。
- ⑥ カラムには接触検知機構を有すること。

5.3 特性 X 線分析装置(EDS)部

- ① 検出器：100mm² 以上の大口径シリコンドリフト型検出器（SDD）であること。
- ② 素子冷却：液体窒素を使用しない電子冷却方式であること。
- ③ エネルギー分解能：Mn-K α で 127eV 以下であること。
- ④ ソフトウェア：スペクトル表示、線分析、点分析、マッピング、定性分析を含む測定・解析が可能となるソフトウェアを有すること。マッピング取得時には、ドリフト補正機能が使用可能なこと。マッピングデータは定量マップとしての処理も可能なこと。
- ⑤ 装置本体とは別の環境に設置したパーソナルコンピュータ(PC)で解析が可能となるオフラインライセンスを 3 ライセンス以上含むこと。

5.4 その他の装置部

5.4.1 検出器・カメラ

以下について含むものとする。

- ① 加工・分析チャンバー内に設置された Everhart-Thornley 検出器または同等以上。
- ② SEM カラム内に設置された反射電子検出器。
- ③ SEM カラム内に設置された 2 種類以上の二次電子検出器。
- ④ 加工・分析チャンバー内に設置された二次イオンおよび二次電子検出器。
- ⑤ 試料室内部やカラムを表示する赤外線(IR)カメラ。
- ⑥ 試料の位置をナビゲートするナビゲーションカメラ。

5.4.2 試料ステージ

- ① 試料ステージは X 軸、Y 軸、Z 軸方向の移動および、回転軸、傾斜軸の 5 軸またはそれ以上の自由度での移動が可能であること。
- ② X 軸、Y 軸の移動量は 110mm 以上あること。また、X 軸、Y 軸の位置の再現性は 3 μ m 以下であること。
- ③ Z 軸の移動量は 65mm 以上であること。
- ④ 試料ステージは 360° の回転を行えること。
- ⑤ 試料ステージは -15° 以下から、+90° 以上まで傾斜させられること。
- ⑥ FIB および SEM での操作において 5mm 以上の位置において最適化がなされていること。

5.4.3 冷却ステージ

- ① 液体窒素を用いて、ステージ部分を冷却する機構が付属していること。
- ② 温度センサーと温度コントローラーにより温度が制御できること。
- ③ 冷却ステージは、 -15° 以下から 55° 以上まで傾斜させられること。
- ④ 冷却ステージは 360° の回転を行えること。
- ⑤ 冷却ステージの温度は、 -170°C 以下まで下げられること。
- ⑥ 冷却ステージと関連する冷却ユニットはユーザーにより、取り付け、取り外しが可能であること。
- ⑦ クリップ型の試料台が使用可能なこと。
- ⑧ 予備排気室を有し、導電処理としてのスパッタ機構および凍結切断機構を有すること。
- ⑨ 凍結時に冷却ステージ用の試料台の角度を任意に変更できる機構を有すること。

5.4.4 ピックアップ用プローブ

- ① バルク試料から透過電子顕微鏡(TEM)用試料を切り出した後、TEM 試料台(半月型メッシュなど)に載せ替えるためのプローブとして針状のマニピレータを加工・分析チャンバー内に有すること。
- ② マニピレータは X 軸、Y 軸、Z 軸の移動並びに回転の電動機構を装置本体のソフトウェアにて操作が可能なこと。

5.4.5 ガスデポジション

- ① 試料表面への保護膜形成、ピックアップ用プローブや TEM 試料台へ試料を接着するためなどに用いるガスデポジション機能を有すること。
- ② デポジション用のガスはカーボンおよびタングステンを選択できること。

5.4.6 クリーニング機能

- ① 試料へのコンタミネーションの付着を低減させるためのプラズマクリーナーを内蔵すること。

5.4.7 制御システム

- ① 本装置および周辺機器を制御するために必要な PC システムを備え、当該 PC システムには本装置の制御・監視・データ収集・解析用ソフトウェアがインストールされていること。
- ② FIB による断面加工の自動化ができる試料自動加工ソフトウェアを有すること。
- ③ FIB と SEM による繰り返しの自動加工観察ソフトウェアを有すること。

5.4.8 真空排気システム

- ① 真空排気のためのスクロールポンプ、ターボ分子ポンプ、イオンポンプなどのオイルフリーの真空排気システムを有すること。加工・分析チャンバーの到達真空度は 6.3×10^{-4} Pa 以下であること。
- ② 装置の正常動作に必要な温度制御を行うため、十分な冷却能力を有する冷却水循環ユニットを備えていること。
- ③ SEM 部の電子銃部にはイオンポンプを備え、停電時に電子銃部の真空状態維持のために、当該イオンポンプは無停電電源装置（UPS）に接続されていること。
- ④ 本装置の空気弁・シャッターなどの動作用のコンプレッサーを有すること。
- ⑤ SEM による観察を行うため、必要に応じてチャンバー内の圧力を 6.3×10^{-4} Pa～300Pa より広い範囲で任意に変更できること。

5.4.9 制御用 PC および観察モニター

- ① 装置本体の PC は制御用ワークステーションおよびサポート PC の 2 台以上から構成され、その仕様はオペレーティングシステム（OS）が Microsoft Windows 11 64bit と同等または、それ以上の性能、メモリ容量は 16GB 以上であること。
- ② EDS 部の PC は制御用ワークステーション 1 台以上から構成され、OS が Microsoft Windows 11 64bit と同等または、それ以上の性能、メモリ容量は 16GB 以上であること。また、PC には制御ソフトウェアと連携可能な Microsoft Word、Excel、PowerPoint がインストールされていること。
- ③ 各 PC の観察モニターは 24 インチ以上であること。
- ④ 各 PC の記憶域は必要十分な容量を持つこと。

5.4.10 その他

- ① 電子媒体の取扱説明書がシステム制御用 PC 内にあること。
- ② 据付調整後、操作トレーニングを実施すること。
- ③ 装置の性能を保つため、必要に応じてアクティブ除振台や磁場キャンセラーを設置すること。
- ④ 半月型の TEM 用メッシュを 6 個以上取り付けることができるクリップ型ホルダーを 2 つ以上準備すること。
- ⑤ 半月型の TEM 用メッシュを 1～2 個取り付けることができる冷却加工用のクリップ型ホルダーを 2 つ以上準備すること。
- ⑥ FIB 加工時に SEM の対物レンズ近傍の検出器を保護するための出し入れ可能なシャッター機構を有すること。

6. 付帯工事および据付調整作業

- ① 指定する場所に搬入、据付、配線、装置の調整を行い、支障なく作動させること。据付調整にかかる部材等について、必要なものがある場合には、すべて本調達に含むこと。
- ② 本装置設置に関わる部屋の施工が必要な場合については、事前に担当者と打ち合わせること。

7. 据え付け、搬入、調整

- ① 据え付け場所：以下の場所とする。

神奈川県川崎市高津区坂戸三丁目 2 番 1 号

かながわサイエンスパーク（KSP）東棟 1 階 106 室

- ② サイズ：高さ 2.0m 以内で、設置予定室の 4.5m×5.0m の範囲に収まること。設置に当たっては別添の「参考配置図」を参照すること。
- ③ 重量：本装置の総重量は 1500kg 以下であること。
- ④ 設置：設置予定室の振動・磁場などの設置環境調査を事前に行い、本装置の設置要求値に入っていることを確認してから設置すること。本装置の設置要求値を超える場合は、その対策を施し外部からの影響を最小限にすること。
設置要求値は以下のものとする。
 - ・室温：20±3℃
 - ・相対湿度：80%以下
 - ・音響：60dB 以下
 - ・AC 浮遊磁場：40nT 以下（電源非同期成分）、100nT 以下（同期成分）
- ⑤ 本装置の搬入時期、納入経路に関しては、事前に担当者と打ち合わせること。
- ⑥ 本装置の搬入、据え付け工事、および本装置が正常に動作することの確認作業を実施すること。
- ⑦ 本装置の搬入に際して搬入経路および設置場所に必要な養生を行うこと。また、建物および現有物品に損傷を生じた場合には、納入業者の責任において費用を負担し、原状回復を行うこと。
- ⑧ 搬入、据え付けに際し発生した梱包材等の廃棄物は必ず持ち帰ること。

8. 検収要件

- ① 加速電圧 1kV での SEM の分解能が 1.5nm より良いこと。分解能の確認には Gold on Carbon を用いること。
- ② 加速電圧 30kV での FIB の分解能が 4.0nm またはそれより良いこと。分解能の確認には グラフェンを用いること。
- ③ EDS のエネルギー分解能が Mn-K α で 127eV 以下であること。

9. 無償保証および保守点検

- ① 本装置の無償保証期間は検収後 1 年以上とすること。
- ② 国内での販売実績があり、豊富な機械保守経験を有すること。
- ③ 無償保証期間中すべての動作不良および環境設定などの不具合のために、当所より要請がある場合は、無償で迅速に修理、交換あるいは日本語による必要な助言を行うこと。なお、無償保証期間内に発生した不具合については、当該期間を経過した後であっても、正常な状態に復旧するまでの間は無償保証の対象とする。
- ④ 不具合および故障時において、点検調査の依頼から原則として 2 週間以内に本装置を熟知した技術要員が調査することができ、装置状態や修理の見通し等について日本語で説明できること。
- ⑤ 本装置の修理において、特に交換部品の手配に問題が無い限り修理の依頼から原則として 2 週間以内に本装置を熟知した技術要員が対応できること。
- ⑥ 保守点検修理を行った場合は日本語による作業報告書を提出できること。
- ⑦ 本装置の校正において、校正証明書の他に口頭で説明を求められた場合は、日本語で対応できること。
- ⑧ 不具合または技術的内容の電話による問い合わせに対して、日本時間平日 9 時～17 時の間で日本語による対応が可能なこと。
- ⑨ 納入後の本装置の運用に関しては、据え付け作業・無償保証期間および無償保証期間終了後のいずれの場合も、本装置のメーカーがその保守・修理・メンテナンスに関わる全てを行うこと。

10. その他

- ① 検収は令和 9 年 3 月 30 日までとすること。
- ② 検収時に日本語または英語の取り扱い説明書を電子媒体で添付すること。
- ③ 日本語による本装置の取り扱い操作方法などの職員研修を実施すること。
- ④ 本装置について概要や特徴を分かりやすく示した日本語の説明パネル (A1 サイズ) を付属すること。
- ⑤ その他の必要事項については、当所職員と協議すること。