

# Quattro SEM

## 独自の環境特性を備えた超万能型高分解能 SEM

イメージングおよび解析におけるオールラウンド性能に、自然な状態での試料観察を可能にする独自の環境モード (ESEM) を組み合わせた Thermo Scientific Quattro SEM。

今日の研究現場で期待される優れた画質と試料作製量の少量化を、幅広い試料で実現する最新 SEM。Thermo Scientific™ Quattro SEM 内蔵の電界放出電子銃 (FEG) は優れた分解能を提供するとともに、指向性後方散乱情報、STEM、陰極線ルミネセンスを含む検出器を選択することでコントラストの調整が可能となります。複数の検出器やセグメントから画像を同時に取得・表示できるため、異なる試料情報を含む画像が 1 回のスキャンで利用可能に。ビームに弱い試料に対して暴露が抑えられ、ダイナミックな実験が実現します。3 つの真空モード (高真空、低真空、ESEM™) により柔軟性が高まり、ガスを放出する試料や高真空に対応しない試料など、SEM 用のさまざまな試料に対応します。さらに、ESEM™ により湿潤や高温、反応環境など、現実的な状況下での in situ 観察が可能となります。

元素や結晶の試料データに対するニーズの高まりに対応する Quattro SEM の解析チャンバ。同時に、2 つの対向するエネルギー分散型 X 線分光法 (EDS) 検出器、同一面 EDS/ 電子線後方散乱回折 (EBSD)、平行ビーム波長分散型 X 線分析 (WDS) にも対応します。高真空時または、Quattro SEM がサポートする独自の実験条件と組み合わせた場合、導電性や絶縁性試料、水分を含む試料、高温状態にある試料など、試料の種類に関係なく信頼性の高い分析結果が得られます。

ユーザーが複数いる施設では、多数のユーザーがあらゆるデータを取得する必要がありますが、トレーニング時間を最小限に抑えることも求められます。そのため、使いやすさが非常に重要です。Quattro SEM の独自ハードウェアは、単に指示を与えるだけでなく顕微鏡と直接連動したヘルプ機能 (ユーザーガイド) に対応しています。初心者の方には実地訓練をおすすめしますが、操作に熟練してくると、「元に戻す」機能を使用することで短時間で簡単に結果を得ることができます。Quattro SEM は、スキャンプリセット、カラムプリセット、カメラベースの簡単ナビゲーション、SmartSCAN™、ドリフト補正フレーム積算 (DCFI) に対応しているため、生産性やデータ品質、操作性がさらに高まります。

### 主要なメリット

#### 自然な状態での In situ 観察:

環境モード (ESEM) を用いた独自の高分解能 FEG-SEM。

**試料作製を大幅に短縮:** 低真空および ESEM 能力により、非導電性または水和した試料の無電荷イメージングおよび分析が可能。

**あらゆる試料からの全情報を観察:** すべての操作モードで SE と BSE イメージングを同時取得。

**In situ 分析:**  $-165^{\circ}\text{C}$  ~  $1400^{\circ}\text{C}$  の温度範囲、クライオ範囲、ペルチェステージ、加熱ステージ対応。

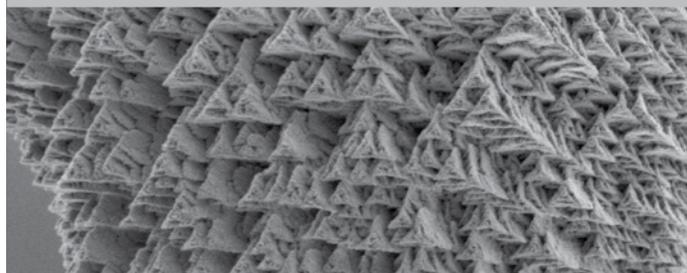
**優れた分析機能:** 同時に最大 3 つの EDS 検出器を使用できるチャンバー、 $180^{\circ}$  度に開く EDS ポート、WDS、同一面 EDS/EBSD を装備。

**非導電性試料に対する優れた分析性能:** Quattro SEM のレンズを介した排気システムにより、低真空での正確な EDS および EBSD が実現。

**柔軟で精密なユーセントリック試料ステージ:**  $105^{\circ}$  度の傾斜角により、あらゆる角度から試料の観察が可能。

**直感的で使いやすいソフトウェア:** ユーザーガイダンスと元に戻す機能を搭載。マウスのクリック数を抑え作業を迅速化。

**新しい革新的オプション:** リトラクト型 RGB 陰極線ルミネセンス (CL) 検出器、 $1100^{\circ}\text{C}$  の高真空加熱ステージ、AutoScript、Python ベースのスクリプトツール (API) など。



Quattro SEM にソフトウェアの拡張機能を追加すると、広領域のマッピングが可能となるとともに、MAPS™ソフトウェアパッケージを使用して他の手法との相関も実現します。また、Python ベースのアプリケーションプログラミングインターフェイス (API) の AutoScript を使用すると、新しいレベルの実験と自動化が可能となります。

高性能 SEM に高度な自動化と環境特性を独自に組み合わせた Quattro SEM。今日の研究現場で中心的な役割を果たします。

### 主な用途:

#### ナノ特性評価

- 金属・合金、破面、溶接、研磨片、磁性物質、超電導体
- セラミック、複合材料、プラスチック
- 薄膜 / コーティング
- 地質断面、鉱物
- 軟質材料: ポリマー、医薬品、フィルタ、ゲル、組織、植物性物質
- 粒子、多孔質材料、繊維

#### in situ 特性評価

- 結晶化 / 相変態
- 酸化、触媒作用
- 材料成長
- 水和 / 脱水 / 湿潤 / 接触角分析
- 引張 (加熱または冷却)

#### 電子光学系

- 高い分解能と分析用大電流を安定して両立する優れたショットキー電界放出電子銃を備えた高分解能電界放出 SEM カラム
- 加熱型対物絞りを備えた 45 度型対物レンズ配置
- ビーム散乱を低減させ、最も高精細な分析と観察を可能にするレンズ内差動排気システム
- 最低保障ソース寿命: 12 か月

#### 電子ビームの分解能

- 高真空観察
  - 0.8nm @ 30kV (STEM)
  - 1.0nm @ 30kV (SE)
  - 2.5nm @ 30kV (BSE)
  - 3.0nm @ 1kV (SE)
- 高真空観察 (ビーム減速)
  - 3.0nm @ 1kV (BD モード\* + BSED\*)
  - 2.1nm @ 1kV (BD モード\* + ICD\*)
  - 3.1nm @ 200V (BD モード\* + ICD\*)
- 低真空観察
  - 1.3nm @ 30kV (SE)
  - 2.5nm @ 30kV (BSE)
  - 3.0nm @ 3kV (SE)

- ESEM
  - 1.3nm @ 30kV (SE)

#### 電子ビームパラメータスペース

- ビーム電流範囲: 1pA ~ 200nA
- 加速電圧範囲: 200V ~ 30kV
- 入射エネルギー範囲: 20eV ~ 30keV (ビーム減速 (オプション)、Quattro S SEM のみ)
- 倍率: 6 ~ 2500000 倍

#### チャンバ

- チャンバ内幅: 340mm
- 分析時の WD: 10mm
- ポート数: 12
- EDS テイクオフ角度: 35°
- EDS 検出器 3 台を (うち 2 台を 180° で) 同時に使用可能
- ステージの傾斜軸に対して直角に EDS/EBSD 配置
- 汎用 9 ピン電気フィードスルー

#### 検出器

Quattro は、利用可能な検出器またはセグメントのどの組み合わせでも最大 4 つの信号を同時に検出します。

- ETD – Everhart-Thornley SE 検出器
- 低真空 SE 検出器 (LVD)
- ガス式 SED (GSED) (ESEM モードで使用)
- チャンバー内の試料観察用 IR カメラ
- Nav-Cam™: チャンバ内光学カメラ (カラー) (試料ナビゲーション用)\*
- DBS – リトラクタブル式またはレンズマウント型分割レンズ直下指向性後方散乱検出器\*
- DBS-GAD — レンズマウント型ガス式分析検出器\*
- STEM 3+ — リトラクト型分割 (BF、4 DF、6 HADF) 走査透過型検出器\* (Quattro S SEM のみ)
- WetSTEM™ — 水分を含んだ薄片試料観察用ペルチェエスレー型 STEM (Quattro S のみ)
- RGB-CLD — 実色 CL 検出器\*
- ビーム減速モード用インカラム検出器 (ICD)\* (Quattro S SEM のみ)
- 電子ビーム電流量計測機能\*

#### 真空系

- 1 × 250 リットル / 秒の TMP
- 1 × PVP
- 2 × IGP
- 搭載型 IGP 電池バックアップ (予想外の停電からのシステムの保護)
- レンズを介した差動排気システム (特許取得)
- ビームガス経路長: 10mm または 2mm

## 最適な検出器 (真空モード別)

真空範囲	SE	BSE	その他
高真空: <math>6 \times 10^{-4}</math>Pa	ETD、ICD*	DBS*、GAD*	IR カメラ、Nav-Cam*、STEM3+*、CL*、電流測定、2つの外部信号入力
低真空: 最大 200Pa	LVD	GAD*、DBS*	
ESEM: 最大 4000Pa	GSED、ESEM-GAD*	ESEM-GAD*、GAD*	

- 排気時間:  $\leq 3.5$  分 (高真空まで)、 $\leq 4.5$  分 (ESEM まで)
- CryoCleaner コールドトラップ (オプション)
- オイルフリーのスクロール / ドライ PVP へのアップグレード (オプション)

### 試料ホルダー

- ステージに直接取り付けられるユニークな複数試料 SEM ホルダー。ホルダーには最大 18 個の標準スタブ (12mm 径) を固定可能で、試料の固定にツールを必要としません (Quattro S SEM に標準装備、Quattro C SEM では使用不可)
- 18 個のスタブ、3 個のプレチルトスタブ、断面試料、STEM 試料に対応する多目的ホルダー (オプション、Quattro S SEM のみ)
- 6 個の S/TEM グリッドに対応するローバーホルダー (オプション、Quattro S SEM のみ)
- ウェーハおよびカスタムホルダー\*

### システム制御

- Windows による 64 ビット GUI、キーボード、光学マウス
- 24 インチ LCD ディスプレイ、WUXGA 1920 × 1200 (セカンドモニターはオプション)
- カスタマイズ可能なグラフィカルユーザーインターフェース (同時に最大 4 つのアクティブ画像を使用可能)

- 他のシステムから画像を簡単にインポートできるナビゲーション用画像レジストレーション
- ナビゲーションモニタージュ
- 元に戻す / やり直し機能
- 初心者や使用頻度の少ないユーザーでも優れた結果を取得可能なユーザーガイダンス
- ジョイスティック (オプション)
- マニュアルユーザーインターフェース (オプション、ノブボード)

### 画像プロセッサ

- ドウエルタイム範囲 25ns ~ 25ms/ピクセル
- 最大 6144 × 4096 ピクセル
- ファイル形式: TIFF (8、16、24 ビット)、または JPEG、BMP
- シングルフレームまたは 4 画面構成の画像ディスプレイ
- SmartSCAN™ (256 フレームの平均または積算、ライン積算および平均、インターレーススキャン)

## ステージおよび試料

モデル	Quattro C	Quattro S
種類	ユーセントリックゴニオメータステージ、5 軸モーター駆動	
XY	55 × 55mm	110 × 110mm
再現性	3.0 $\mu$ m 未満 (0° 傾斜時)	
モーター駆動 Z	65mm	
回転	n × 360°	
傾斜	-15° / +90°	
最大試料高さ	ユーセントリックまでの高さ 85mm まで可能 (10 mm)	
最大試料重量	すべてのステージ位置で 500g、0° 傾斜時で 2kg まで	
最大試料サイズ	XY、回転の全動作可能で直径 122mm (ステージ移動範囲、回転を限定した場合大きな試料挿入可)	



- DCFI(ドリフト補正フレーム積算)

## In situ アクセサリー (オプション)

- ソフトウェア制御のペルチェ冷却ステージ (-20° C ~ +55° C)
- ソフトウェア制御の低真空 /ESEM 加熱ステージ (1000° C)
- ソフトウェア制御の高真空加熱ステージ (1100° C)
- ソフトウェア制御の低真空 /ESEM 加熱ステージ (1400° C)
- 搭載型ガスインジェクション: 以下のガスを用いた電子ビーム励起によるデポジッション用に最大 2 本 (他のアクセサリにより利用可能な GIS の数に制限あり)
  - プラチナ
  - タングステン
  - カーボン
- マニピュレータ
- クライオステージ
- 電気プローブ / マルチプロービングステーション

## システムオプション

- -4000V ~ +50V まで可変可能なビーム速度コントロール (おもに減速に使用、Quattro S のみ)
  - 静電ビームブランカー
  - 試料 / チャンバーのクリーニング: CryoCleaner、搭載型プラズマクリーナー
  - Thermo Scientific QuickLoader™ 真空テクノロジー: 迅速な試料搬送用ロードロック
  - サポート PC
  - マニュアルユーザーインターフェイス
  - ジョイスティック
  - 分析: EDS、EBSD、平行ビーム WDS、CL、ラマン
  - 16 ビットの搭載型 / パターニングエンジン、電子ビームリソグラフィームジュール
  - 試料電流計
  - 試料ホルダーキット
  - 真空ポンプ用アコースティックエンクロージャ
  - オイルフリーのプレ真空オプション (スクロール型ポンプ)
- ## ソフトウェアオプション
- MAPS ソフトウェア: タイリングおよびスティッチングを使用した大型画像や相関ワークの自動取得
  - AutoScript 4: Python ベースのアプリケーションプログラミングインターフェイス
  - パターン生成ソフトウェア

- 画像の色付け、画像解析、3D 表面再構成用の TopoMaps
- ウェブ対応データアーカイブソフトウェア
- 高度な画像解析ソフトウェア
- 遠隔操作ソフトウェア

## 付属文書

- オンラインユーザーガイダンス
- 操作説明ハンドブック
- オンラインヘルプ
- RAPID™ (遠隔診断サポート) 対応

## 保証とトレーニング

- 1 年保証
- 各種サービスメンテナンス契約
- 各種操作 / アプリケーショントレーニング契約

## 設置条件

(詳細は設置仕様書を参照)

- 電源:
  - 電圧 100 ~ 240V AC (-6%、+10%)
  - 周波数 50 または 60Hz (± 1%)
  - 消費電力: 3.0kVA 未満 (基本的な顕微鏡の場合)
- アース 0.1 Ω 未満
- 環境:
  - 温度 (20 ± 3)°C
  - 相対湿度 80% 未満
  - 漂遊 AC 磁界 < 40nT 非同期、< 100nT 同期、20ms (50Hz 電源) または 17ms (60Hz 電源)
- 最小ドア幅: 幅 0.9m × 高さ 1.9m
- 重量: 980kg (カラムコンソール)
- ドライ窒素 (チャンバーパージに推奨)
- 圧縮エア: 4 ~ 6bar - クリーン、ドライ、オイルフリー
- システムチラー
- 音響: 設置環境測定必要 (音響スペクトル関連)
- 床振動: 設置環境測定必要 (床応答スペクトル関連)
- 除振台 (オプション)

## 消耗品 (一部)

- 交換用ショットキー電子源モジュール

詳細については、[thermofisher.com/EM-Sales](http://thermofisher.com/EM-Sales) をご覧ください