

Deepen Your Knowledge.



ZEISS Crossbeam ファミリー

3D 分析と試料作製を高いスループットで実現する FIB-SEM

www.zeiss.com/crossbeam



Seeing beyond

3D 分析と試料作製を高いスループットで実現する FIB-SEM

概要

特長

アプリケーション

システム構成

技術仕様

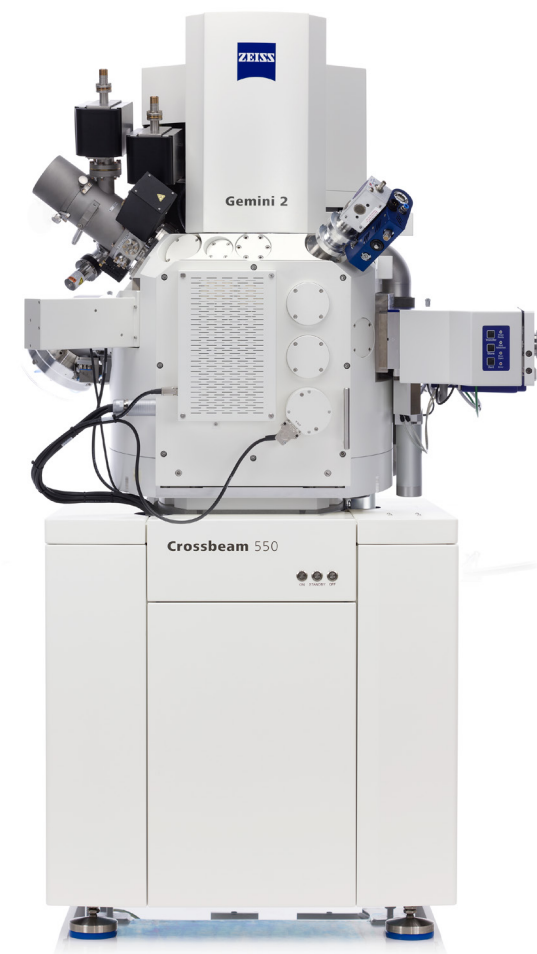
サービス

ZEISS Crossbeam は、高精細なイメージングと分析性能を兼ね備えた電界放出型走査電子顕微鏡（FE-SEM）と、優れた処理能力を有する次世代集束イオンビーム（FIB）の複合装置です。

Crossbeam は、ミリング、イメージングおよび 3D 分析を実施する上で、3D 作業を動的に処理します。GEMINI 電子光学系搭載で、SEM 画像から正確な試料情報を抽出できるほか、イオンスカルプター FIB カラムが新たな FIB 処理の方法を実現します。試料へのダメージを最低限に抑え、試料の質を最大限に高めると同時に実験を高速化できます。

さらに、装置をカスタマイズすることで、TEM ラメラの作製において高い品質と生産性を両立できます。Crossbeam 350 では圧力可変機能が利用可能です。最も要件の厳しい試料の特性評価には、試料に最適なチャンバーサイズを選択できる Crossbeam 550 をご利用ください。

Crossbeam は、学術研究所、企業研究所を問わず、複数のユーザーが利用する施設に適しています。モジュラープラットフォームコンセプトにより、さらに優れた結果を得たいとお考えの場合は、既存のシステムを必要に応じてアップグレード可能です。



よりシンプル、インテリジェントかつインテグレートされたシステム

- 概要
- 特長**
- アプリケーション
- システム構成
- 技術仕様
- サービス

2D と 3D の両方で試料に関する最大限の洞察を入手

ZEISS Crossbeam の GEMINI 電子光学テクノロジーにより、あらゆる試料から高画質画像を得ることができます。高い S/N 比と低加速電圧観察能力のメリットのおかげで、さらなる高分解能と高コントラストを実現します。また、FIB の低電圧加工・観察性能を用いて高品質な TEM ラメラを作製することや、3D で包括的に特性評価することが可能です。純粋な材料コントラストが得られる独自の Inlens EsB（エネルギー選択反射電子）検出器など、様々な検出器をご用意しています。チャンバーを高真空に保つだけではなく圧力可変の Crossbeam 350 では、導電性のない試料の測定もチャージコンペンセーターを活用して問題なく使用できます。

試料のスループットを向上

ZEISS Crossbeam は、GEMINI 光学系と新しい FIB 処理法を組み合わせたソリューションです。イオンスカルプター FIB カラムの優れた低電圧性能により、試料へのダメージを最小限に抑えつつ、正確で迅速な結果を提供します。これらのメリットを特に活用できるのが、TEM ラメラや難しい試料の作製です。FIB の高電流性能は時間を節約し、分解能を損なうことなく、最大 100 nA で優れた FIB プロファイルを実現します。自動複数断面作製、またはユーザー設定のパターン加工を用いると、さらなる時間短縮が可能です。ルーチン作業の最適化により FIB ソースの寿命と安定性が強化されるため、長時間の実験においてもそのメリットが得られます。

最高レベルの 3D 分解能を実現

最高レベルの 3D 分解能ならびに等方性ボクセルサイズを持つ FIB-SEM トモグラフィーが実現する、正確かつ信頼のおける結果をご体験ください。Inlens EsB 検出器により、深さ方向の分解能が 3 nm 未満のプローブと画像が得られます。高速・精密なトモグラフィーで業界の最先端を行く Atlas 5 を併用することで、Crossbeam の性能がアップします。また、ミリングしながら連続セクション画像を収集することで時間を節約できるほか、トラッキング可能なボクセルサイズと画質制御のための自動ルーチンも強みの 1 つです。さらに、Atlas 5 の新しい統合 3D 分析モジュールでは、トモグラフィーの最中に EDS および EBSD 分析を実行できます。



GEMINI 電子光学テクノロジーにより高品質な画像を取得できます。



特に TEM ラメラ作製では、イオンスカルプター FIB カラムの優れた低電圧性能を活用できます。



耐熱複合材料 Nickel Samaria-doped ceria の固体酸化物形燃料電池アノードの 3D トモグラム。

バックグラウンドテクノロジー

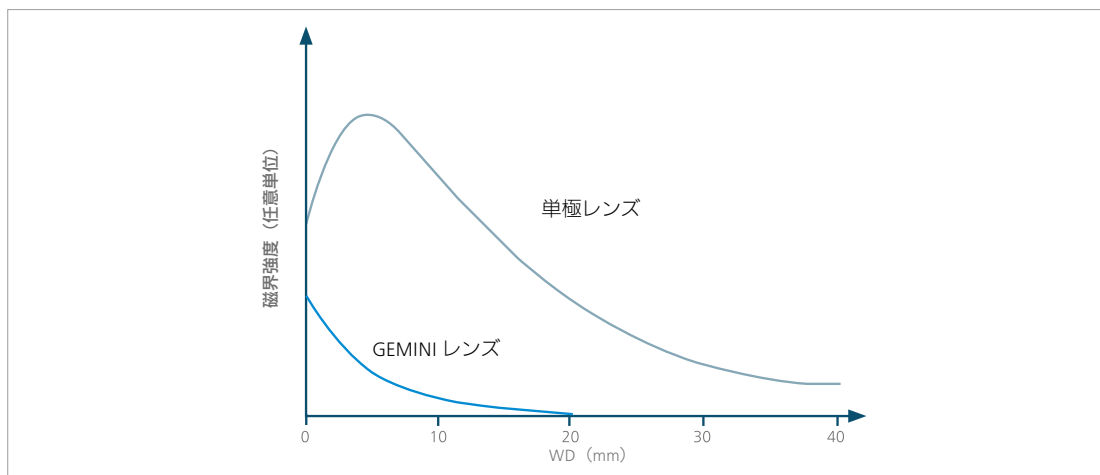
- 概要
- 特長**
- アプリケーション
- システム構成
- 技術仕様
- サービス

GEMINI 光学テクノロジーの活用

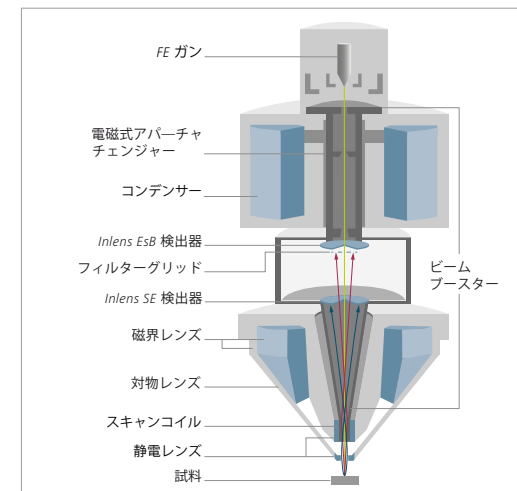
Crossbeam の電界放出型走査電子顕微鏡 (FE-SEM) カラムは、GEMINI 電子光学テクノロジーに基づいています。長時間安定する SEM のアライメントや、プローブ電流や加速電圧等あらゆるシステムパラメータを簡単に調整できるメリットをご実感いただけるでしょう。他の FE-SEM と異なり、GEMINI 光学系では試料が磁場に曝されることはありません。そのため広視野でも歪みのない高分解能イメージングが可能となり、試料を傾けても光学パフォーマンスに影響することなく、磁性体試料も容易にイメージングできます。

2 基のカラムから選択

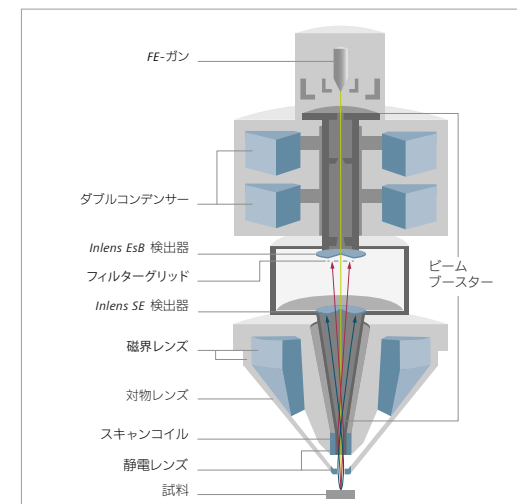
- Crossbeam 350 の GEMINI VP カラムは、多様な試料や環境に柔軟に対応します。オプションの圧力可変 (VP) 機能を使用すれば、ガスを放出する試料や帯電しやすい試料でも、優れた分析環境で in situ 実験を行えます。
- ダブルコンデンサーシステムを備えた Crossbeam 550 の GEMINI II カラムは、低加速電圧や大電流でも高解像を実現します。高ビーム電流での高分解能イメージングや高速分析に最適です。
- Inlens SE と EsB イメージングを同時に用いて独自のトポグラフィと材料コントラストが得られ、短時間でより多くの情報が取得できるようになります。



GEMINI レンズと従来型単極レンズ設計との磁場漏れの比較。試料に対する磁場の影響が最小限に抑えられるため、磁性材料の高分解能イメージングが可能になるだけでなく、傾斜した試料に対してもイオン電子ビームの最高レベルのパフォーマンスが発揮されます。



ZEISS Crossbeam 350 : シングルコンデンサーと 2 つの Inlens 検出器、VP 機能を搭載した GEMINI カラム。



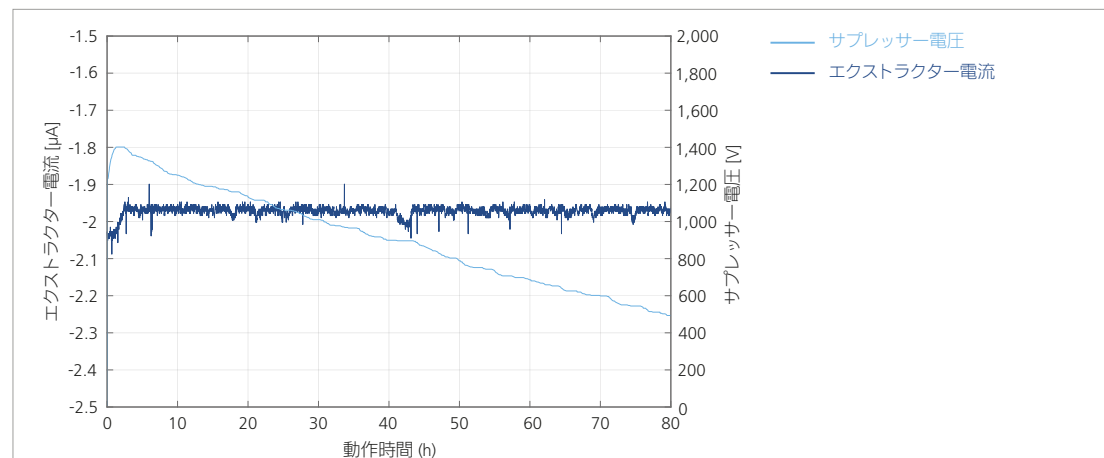
ZEISS Crossbeam 550 : ダブルコンデンサーと 2 つの Inlens 検出器を装備した GEMINI II カラム。

バックグラウンドテクノロジー

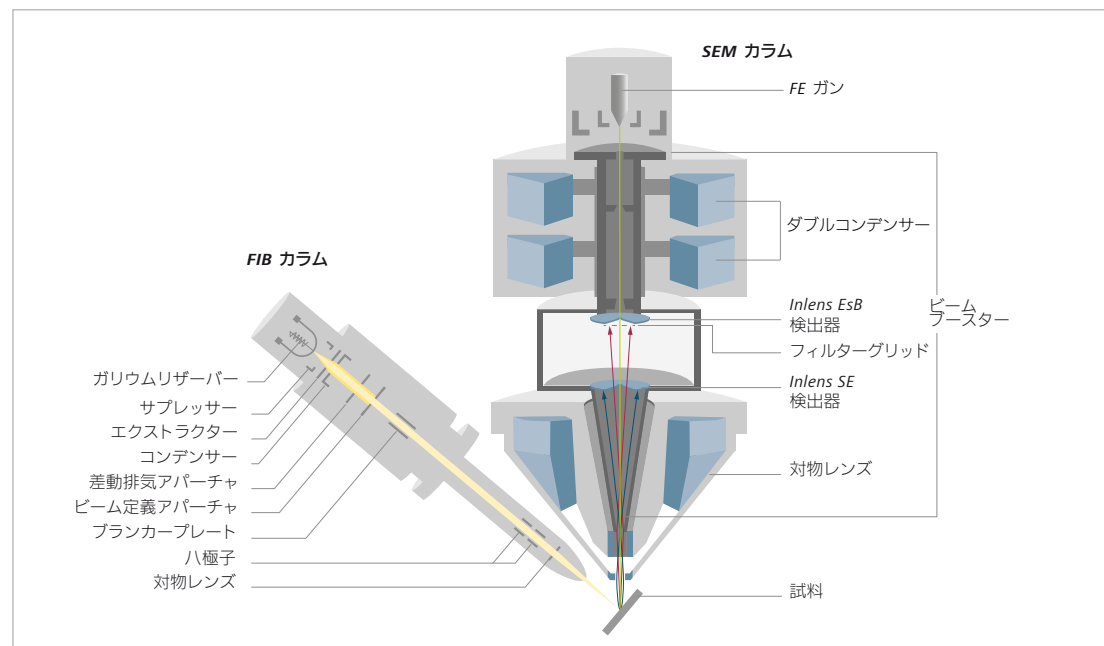
- › 概要
- › **特長**
- › アプリケーション
- › システム構成
- › 技術仕様
- › サービス

新しい FIB 加工法 - 大規模なアブレーションからナノメートルの精度まで

イオンスカルプター FIB カラムの低電圧機能を使用して、試料の品質を最大限に高められます。繊細な試料のアモルファス化を最小限に抑えることで、高速プローブ電流交換の利点を活かして FIB アプリケーションを加速し、薄片化やポリッシング後に最良の結果が得られます。または高電流性能を活用して、高いガリウムイオンビーム電流で作業することにより、3D FIB-SEM アプリケーションのスピードを 2 倍にすることもでき、画像取得中に安定性に優れた精密で再現可能な結果が得られます。カラムの設計により、1 pA から 100 nA までの 5 桁にわたるビーム電流を利用できるほか、最大 100 nA の大きなビーム電流が素早くかつ正確な除去・ミリングプロセスを可能にします。一方低電流では、3 nm 未満の非常に高い FIB 解像度を実現できます。LMIS ガリウム源（液体金属イオン源）と呼ばれるガリウム集束イオンビームソースは、ターゲットエミッション電流である 2 μ A で使用する場合、3000 μ Ah より寿命が長くなるように設計されています。長時間に及ぶ実験には、Crossbeam ファミリーの自動 FIB エミッション回復機能もご利用いただけます。



Ga (ガリウム) ソースエミッション電流の調整特性。エミッションは 72 時間以上安定。



ZEISS Crossbeam 550 : 傾斜角 54° に調整された FIB ならびに FE-SEM カラム。

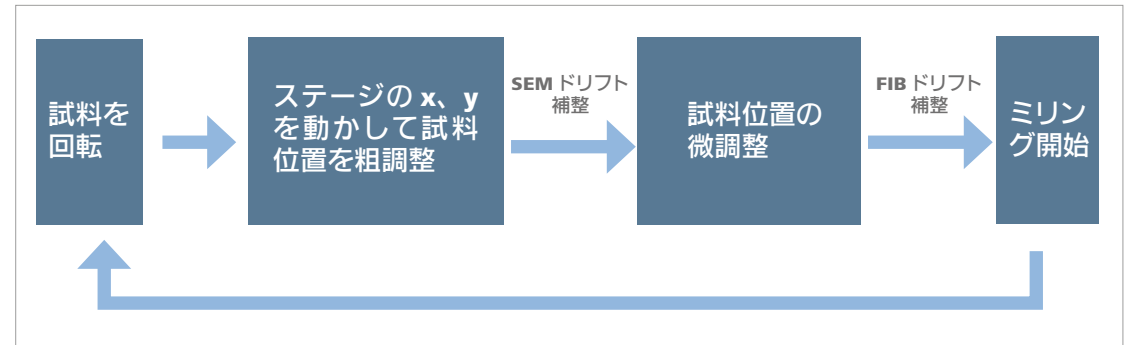
可能性を拓く

- 概要
- 特長
- アプリケーション
- システム構成
- 技術仕様
- サービス

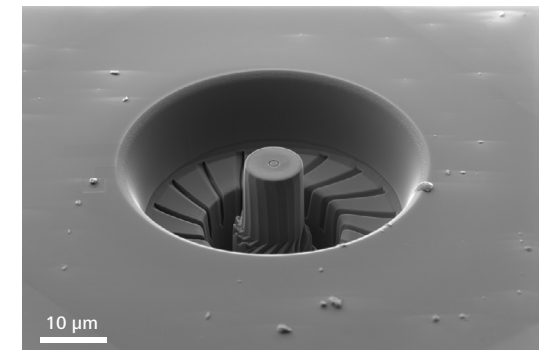
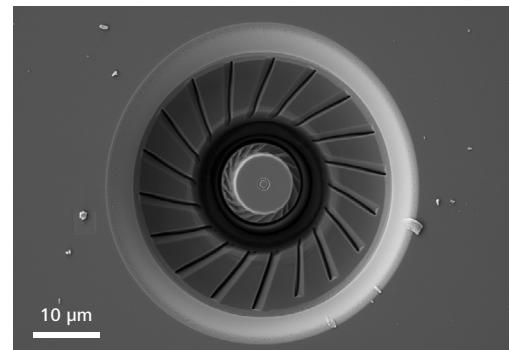
リモートアプリケーションプログラミングインターフェイスで **Crossbeam** をカスタマイズ

革新的な実験を行う場合、ご使用の電子顕微鏡のオペレーティングソフトウェアが提供する機能以上のものが必要となる場合があります。そのような場合に備え、Crossbeam のオープンプログラミングインターフェイスは、ほぼすべての顕微鏡パラメータにアクセスできるように設計されています。システム PC あるいは特定の遠隔ワークステーションのどちらから実行しても、リモート API を使って、カスタムプログラムから電子/イオン光学系、ステージ、真空システム、検出器、走査、イメージングを制御できます。

ZEISS は各種のプログラミング言語での付随資料やコード例など、お客様が望む結果を迅速に得られるようにするための技術的サポートを提供いたします。



旋盤状ミリングのワークフロー：特殊アプリケーション SmartLathe と API インターフェイスを使用して実行。



レースミリングによる加工後の圧縮試験用ピラー：SEM で上から見た画像（左）、SEM で横から見た画像（右）。

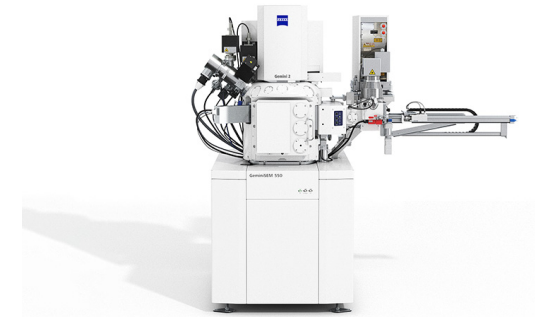
可能性を拓く

- 概要
- 特長**
- アプリケーション
- システム構成
- 技術仕様
- サービス

レーザー FIB ワークフローで深部にある内部組織にアクセス

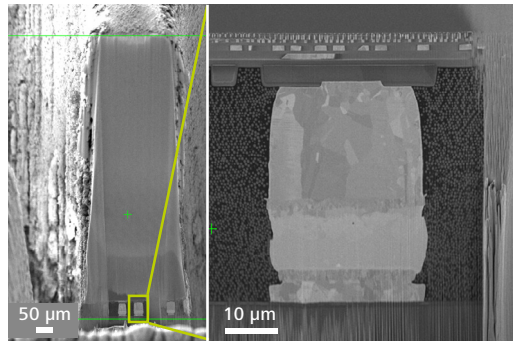
深部にある内部組織にアクセスするには、3D の ROI（関心領域）を突き止め、対象作製から材料のアブレーションを行い、3D イメージングと分析を行う必要があります。フェムト秒レーザーを ZEISS Crossbeam に追加し、超高速の試料作製を実現します。

- 深部にある内部組織に素早くアクセス
- 幅・深さが最大ミリメートル単位の極めて大きな断面を作製
- 超短レーザーパルスでダメージと熱の影響範囲を最小化
- レーザー作業は屑処理専用チャンバーで行い、本体装置への不純物混入を回避
- X線顕微鏡のデータセットとの相関関係から、深部にある ROI を見つける
- レーザー処理、研磨、洗浄、FIB チャンバーへの試料の移動を自動化

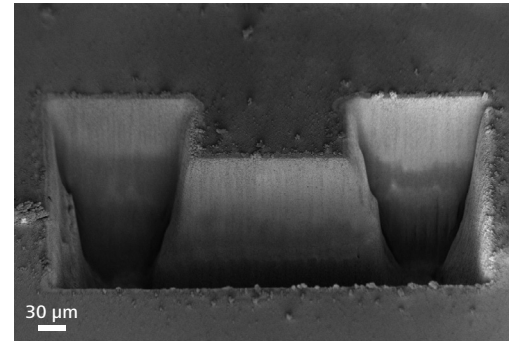


▶ クリックしてビデオを見る

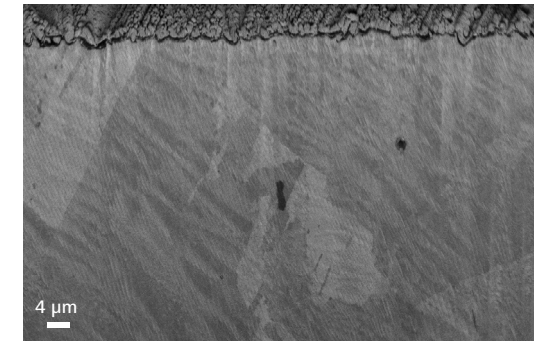
LaserFIB はレーザー処理を最適化かつ自動化します。



深さ 860 µm にある深部 ROI にアクセスするため、深くレーザー切断を行った電子機器試料（左）。レーザー前処理の後、既に対象の組織が見えています。最短時間で ROI エリア（右）のみを FIB ポリッシングし、マイクロバンプの精密な詳細を可視化することができました。



フェムト秒レーザーを用いて 30 秒未満で切断した、セラミック試料の幅 200 µm の断面。片面のクリアランスは 200 µm。このパターンは、試料材料断面のマイクロ組織を調べる場合や、後に FIB トモグラフィーを行う場合の前作製に使うことができます。



レーザーのみでポリッシングした後の切断面（左図と同様）の品質を示す、金属合金試料断面の表面詳細。FIB ポリッシングは未実施。広い面で粒子構造と介在物が直接見える。

可能性を拓く

- 概要
- 特長**
- アプリケーション
- システム構成
- 技術仕様
- サービス

TEM ラメラ作製を簡単に

自動試料作製機能（ASP）を使用するだけでTEM 試料を作製できます。ASP には、ピックアップまでに必要なステップがすべて含まれています。

簡単 3 ステップ

- TEM 試料アイコンをクリックします。
- 試料上に線を引き、ラメラ作製位置を決定します。
- 実行します。

複数の TEM ラメラを自動作製

■ オペレータが操作することなく、あらかじめ設定した場所で複数の TEM 試料作製を実行できます。

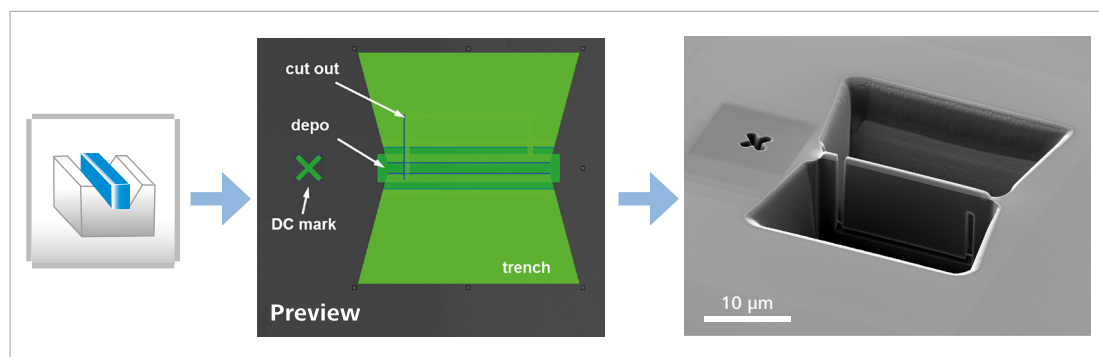
簡単 3 ステップ

- TEM ラメラの作製位置を決定し、処理リストへ転送します。
- 必要な TEM 試料の数だけステップ 1 を繰り返すか、処理モードで「コピー&ペースト」を実行します。
- 処理リストを実行します。

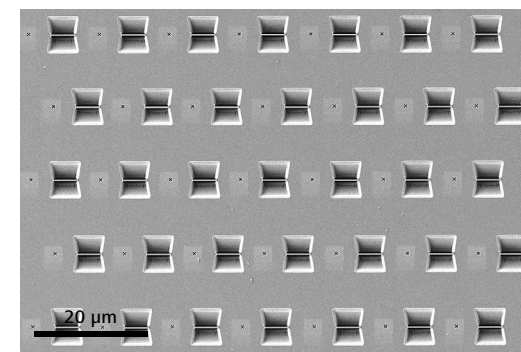


▶ クリックしてビデオを見る

X² 試料ホルダー。特許取得済の X² 作製技法により、均一な厚みで安定した超薄試料（10 nm 未満）をダメージなく作製できます。



シンプルな 3 ステップの TEM 試料作製ワークフロー（depo = デポジション、DC = ドリフト補整）。



自動作製された TEM ラメラの配列。

可能性を拓く

- 概要
- 特長
- アプリケーション
- システム構成
- 技術仕様
- サービス

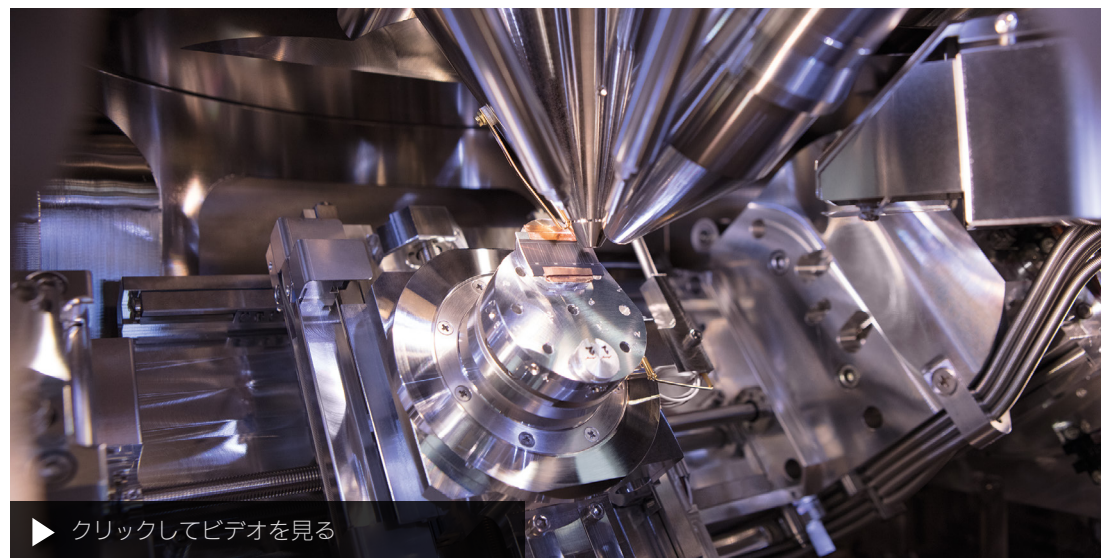
TEM ラメラピックアップ用のマイクロマニピュレーターを選択

TEM ラメラの作製ワークフローを開始する際は、高いユーセントリック機能を備えた6軸ステージによって関心領域を素早く見つけることができます。試料を傾ける際も、作動距離に関係なく常にユーセントリック位置を維持します。試料を作製したら、次の手順ではマイクロマニピュレーターを使用します。

作製したTEM ラメラは、バルクから素早く簡単にピックアップできます。柔軟性や操作の自由度、制御のしやすさや使いやすさなど、ニーズに応じてマイクロマニピュレーターを選択します。最終的な薄片化と低電圧ポリッシングに向け、グリッドにラメラを取り付けます。

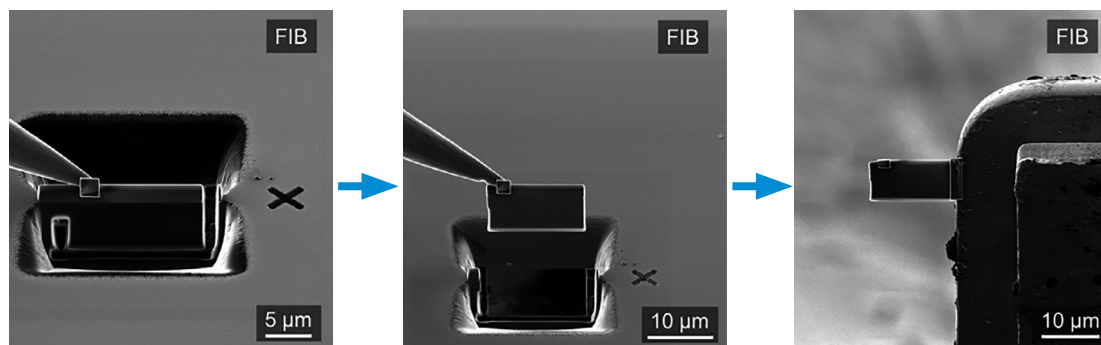


選択したマイクロマニピュレーターは、ワークフローが最適化されるよう設定されます。



▶ クリックしてビデオを見る

高度なユーセントリック機能を備えた6軸ステージによって、関心領域を素早く見つけることができます。試料を傾けても作動距離に関係なく常にユーセントリック位置を維持します。試料を作製した後、TEM ラメラをピックアップします。



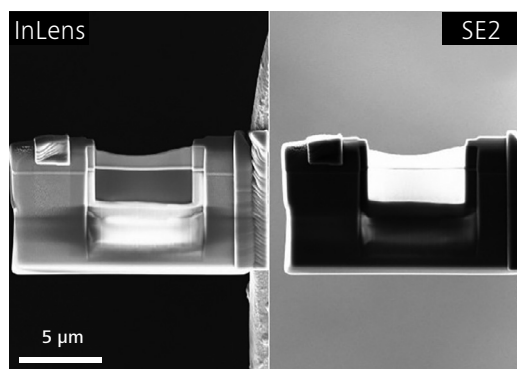
マイクロマニピュレーターの針をラメラに取り付けバルクからピックアップし、TEM グリッドに取り付け、透過モードでさらに観察を行います（左から右）。

可能性を拓く

- 概要
- 特長**
- アプリケーション
- システム構成
- 技術仕様
- サービス

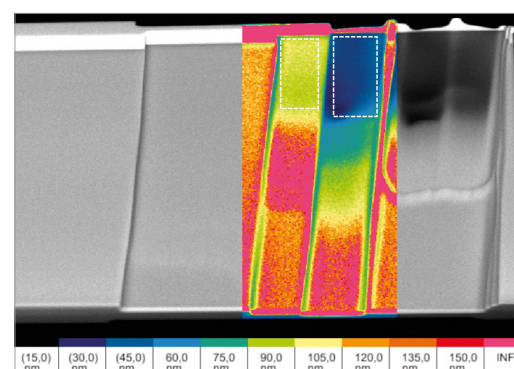
TEM ラメラの薄片化中もコントロールを維持

最後のポリッシングは、TEM ラメラの品質を決定する非常に重要なステップです。SEM で薄片をライブモニタリングすることで、希望の厚さを実現できます。イメージング中、「分割モード」では複数の検出器の信号を同時に利用できます。SE 信号からラメラの厚さを判断し、再現性のある最終的な厚さを取得します。また、Inlens SE 信号は表面の品質制御をサポートします。



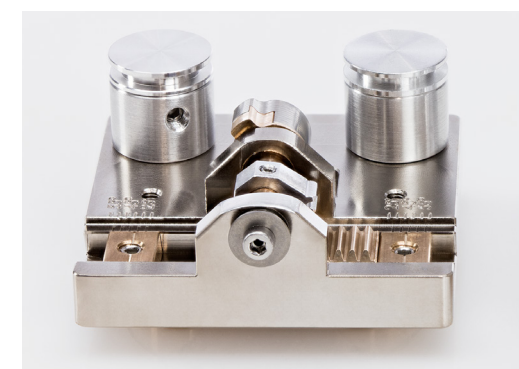
TEM ラメラの薄片化中も確実にコントロールを維持できます。

SmartEPD はオプションのソフトウェアモジュールです。TEM ラメラの厚さを定量的に判断し、Inlens EsB 検出器を用いて事前定義されたエンドポイントで薄片化プロセスを止められるようにします。



SmartEPD を使用して、ラメラの厚さとポリッシングのエンドポイントを定量的に判断します。

超薄型ラメラの作製用に作られた X²ホルダーは、さらに多くのメリットをもたらします。湾曲する可能性のある異種材料やポリマーなど、困難な試料を扱う際に非常に役立ちます。



特許取得済の X² 作製技法により、均一な厚みで安定した超薄試料（10 nm 未満）をダメージなく作製できます。

可能性を拓く

- 概要
- 特長**
- アプリケーション
- システム構成
- 技術仕様
- サービス

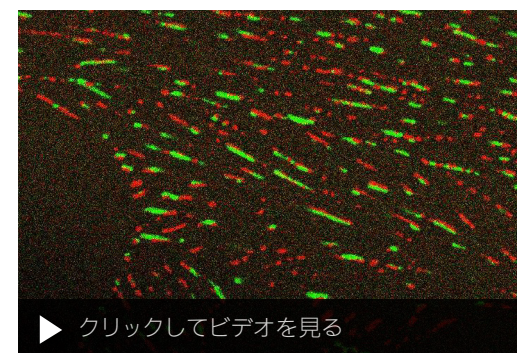
ZEISS Atlas 5 – マルチスケールにおける課題を克服

Atlas 5 の試料を中心に置いた相関環境を用いて、包括的なマルチスケール、マルチモーダルの画像を作成できます。パワフルで直感的なハードウェアとソフトウェアのパッケージにより Crossbeam の性能がアップし、効率なナビゲーションであらゆるソースからの画像を相関可能です。例えば、ZEISS X 線顕微鏡からの X 線ボリュームデータを使用して、試料内部領域を対象に Crossbeam で分析を行えます。Atlas 5 のハイスループットと大面積自動イメージング機能のメリットを最大限ご活用ください。独自のワークフローで試料への理解がより深まる上に、材料研究からライフサイエンス分野まで、モジュール構成の Atlas 5 は日々のニーズに応じたマルチな使用が可能です。



Crossbeam の推奨モジュール

- NPVE (Nanopatterning & Visualization Engine) : パターニング形状やパラメータを完全制御したナノパターニングの実行。
- 3D トモグラフィー : 自動試料作製機能付きの高精度 3D FIB-SEM トモグラフィー取得エンジンに Crossbeam をグレードアップ。10 nm 以下の等方性ボクセルサイズの解像度を持つ、数千枚の画像からなる 3D 画像データを自動で取得します。独自の試料トラッキング技術により、長時間でも均一のスライス厚みのデータ取得が可能です。オートフォーカスならびにオート非点補正アルゴリズムにより、安定した画質の画像が得られます。
- アナリティクス : 3D EDS / 3D EBSD 分析を高分解能 FIB-SEM トモグラフィー収集に追加。イメージングとマッピング条件を個別に設定します。高度な取得エンジンを使って、画像取得中に分析条件とイメージング条件を自動的に切り替えます。柔軟なビジュアライゼーションにより、SEM 画像を見ながら、同時に元素マップを処理することができます。



Sn マトリックス中の、Cu と Ag 粒子を含む無鉛はんだのトモグラフィーデータ。SEM 画像 (上) および EDS マップ (下)。ZEISS FIB-SEM と Atlas 5 解析を用いて、それぞれ 1.8 kV および 6 kV で同じ試料位置から取得しました。試料ご提供 : M. Cantoni, EPFL Lausanne, Switzerland

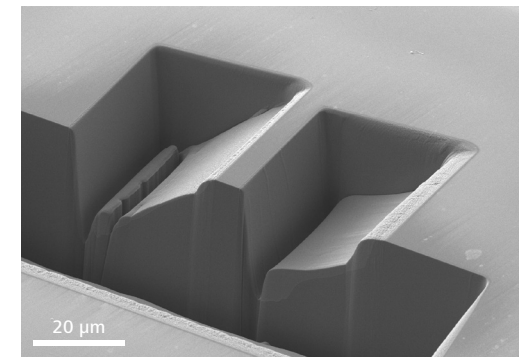
可能性を拓く

- › 概要
- › **特長**
- › アプリケーション
- › システム構成
- › 技術仕様
- › サービス

ファストミリングで材料除去をスピードアップ

ミリング速度は、ターゲット材料、結晶格子配向、イオン電流、ミリング形状などの複数の要因によって変化します。スキャン方法は材料除去速度に大きく影響し、ミリング中、試料はミリング方法に応じて形状が変わります。この変化も同様にミリング速度に影響します。一般的に、ミリング様式にはラインとフレームの2つがあります。前者はイオンドーズ量が1回のパスでライン毎に与えられ、後者はトータルドーズ量に達するまで、複数回、フレーム全体がミリングされます。ラインミリングでの試料表面の局所的変化は、ミリング条件を急激に変え、この効果は材料除去のスピードアップに活用できます。

ラインミリングは、スピード面ではフレームミリングよりも優れているものの、溝の大部分がリデポで覆われるため、断面の視野が制限されます。特定の断面深度が要求される場合、あらかじめ実験しておく必要があり手間がかかります。新たに導入されたスキャン方法であるファストミルでは、角度に依存するスパッタリング効果を利用することでミリング速度がアップしました。ファストミルにより、通常のラインミリングよりもミリングが最大40%速くなります。通常の断面作製か、TEM試料作製ワークフローウィザードで該当チェックボックスを有効にするだけの簡単操作です。



シリコンでのミリング方法の比較。従来のミリング方法での材料除去（左）には10分54秒を要していたものの、ファストミルでは同じ量の材料除去が7分21秒で完了（右）。

可能性を拓く

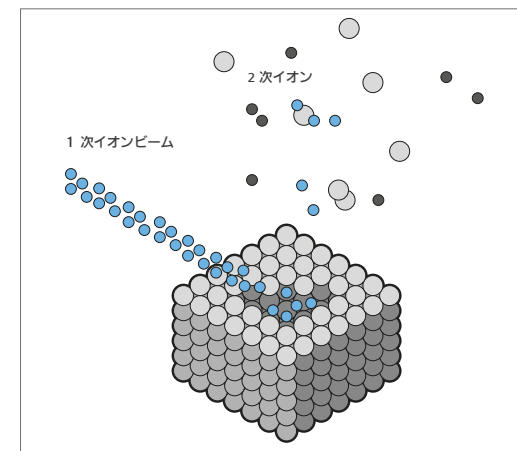
- › 概要
- › **特長**
- › アプリケーション
- › システム構成
- › 技術仕様
- › サービス

ToF-SIMS がハイスループットな 3D 分析を実現

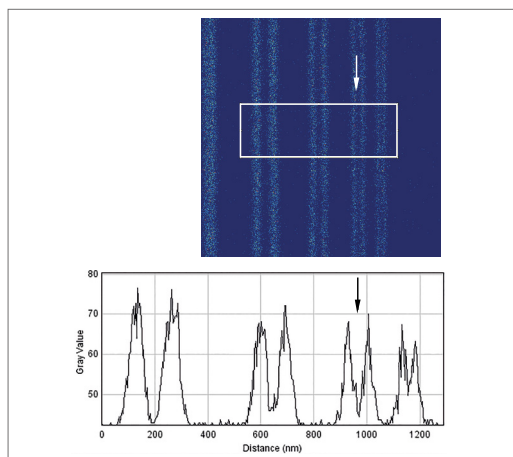
2 次イオン質量分析法 (SIMS) は、同位体元素を判別する能力に加え、優れた感度と質量分解能を備えた表面分析手段として確立された技法です。ToF-SIMS (飛行時間型 2 次イオン質量分析) を Crossbeam に追加することで、FIB-SEM で独自の分析機能を利用できるようになります。

メリット：

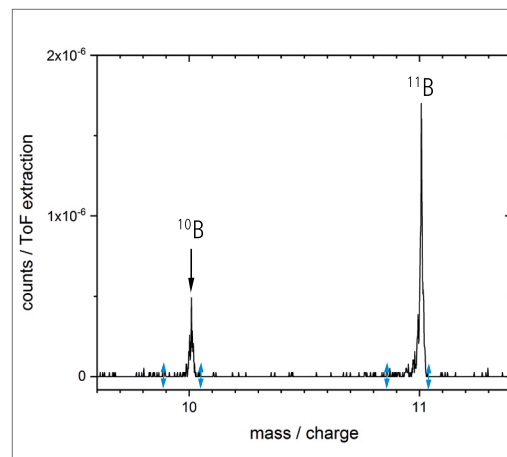
- ppm レベルの原子および分子イオンの同時検出
- 軽元素の解析 (リチウムなど)
- 同位体元素の分析
- 分析マッピングと深さプロファイリング
- 横方向で 35 nm、深さ方向で 20 nm を上回る優れた分解能
- ROI (関心領域) からの信号の復元



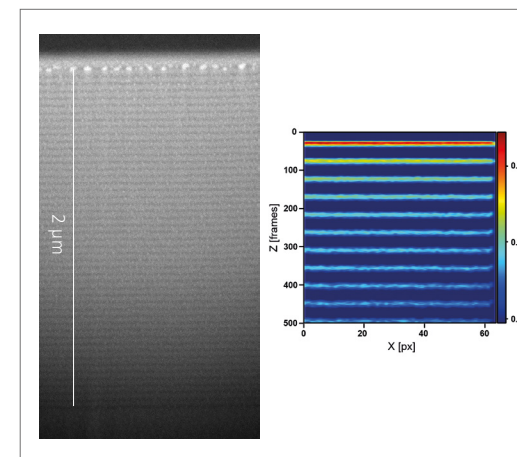
SIMS の動作原理：Ga 集束イオンビーム (青) は、試料表面の上数 nm から材料を除去します。異なるスパッタイオン種 (ライトグレーとダークグレー) が収集され、ToF-SIMS 検出器に転送されます。



上：較正された BAM L200 試料の Al (27 u) マップ。FOV は 2 μm。下：緑の枠内領域のラインプロファイル。幅と間隔が 33.75 nm あるラインが、明瞭に分解できます (矢印)。



ボロン添加シリコンの SIMS スペクトル。10 および 11 u のピークは、ホウ素の 2 つの同位体元素に対応します。¹⁰B の濃度は 4.2 ppm 未満です。



左：AlAs GaAs マルチレイヤーシステム断面の SEM 画像。AlAs レイヤーは厚さ 10 nm。右：対応する SIM 深さプロファイル。上 11 層の 27 u でアルミニウム信号を示しています。

可能性を拓く

- 概要
- 特長
- アプリケーション
- システム構成
- 技術仕様
- サービス

GEMINI の新たな光学テクノロジー：高感度な表面イメージングの活用

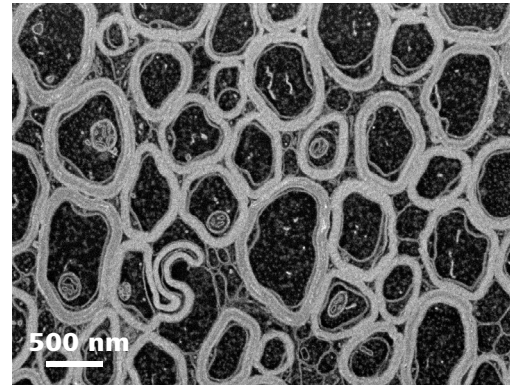
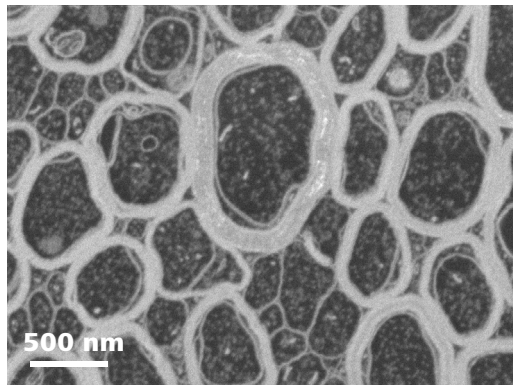
低加速電圧での高分解能イメージングは、SEM アプリケーションの標準となりました。これは、ビームダメージを受けやすい試料や絶縁材料だけでなく、試料深層からの不要なバックグラウンド信号を避け、純粋な表面情報を得る際にも必要です。

最新光学設計の導入により、GEMINI 光学系の SEM イメージングパフォーマンスは低加速および超低加速電圧下において劇的に改善されました。新たに導入した技術の1つである高解像度ガンモードにより、1次ビームエネルギー幅は30%まで減少し、分解能向上の決め手となっています。

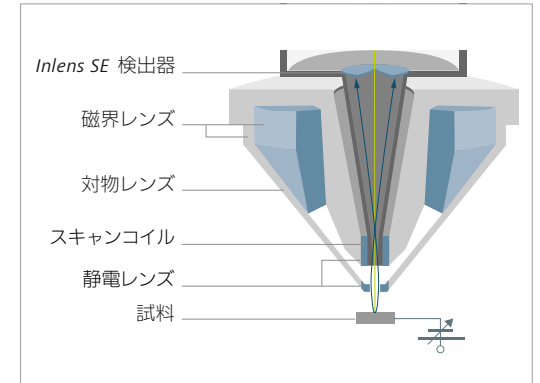
さらに2ステップ減速モード、いわゆる Tandem Decel が GEMINI カラムの斬新な光学デザインと共に導入されました。ZEISS FE-SEM の電子光学カラムは、ビームブースターテクノロジー設計による一体型ビーム減速機能を搭載しています。さらに、今回新たに追加された外部試料バイアスによって、低加速電圧での解像度とコントラストが格段に向上しました。1次電子ビームを減速する高い負のバイアス電圧が試料へ印加され、これにより加速電圧が効果的に低下します。

$$E_{\text{landing}} = E_{\text{primary}} - E_{\text{bias}}$$

Tandem Decel モードは2種類のアプリケーションモードで使用できます。1つは50V～100Vの可変負バイアス電圧の印加によるコントラストの増幅用、そしてもう1つは1kV、2kV、3kVあるいは5kVの4種固定負バイアス電圧の印加により、低加速電圧での分解能を向上させます。



脳組織試料。分離用の特殊分子層に囲まれた無数の神経、髄鞘が見られる。Tandem Decel 未使用時（左）と使用時（右）に1kVでイメージング。バイアス印加により、髄鞘が明確に観察できます。試料ご提供：M. Cantoni, EPFL Lausanne, CH



試料バイアスはオプションの Tandem Decel 機能を使って最大5kVの電圧を印加し、それによって低加速電圧での GEMINI レンズによるイメージングをさらに向上させます。



9つの試料を搭載可能な Tandem Decel 試料ホルダー。

可能性を拓く

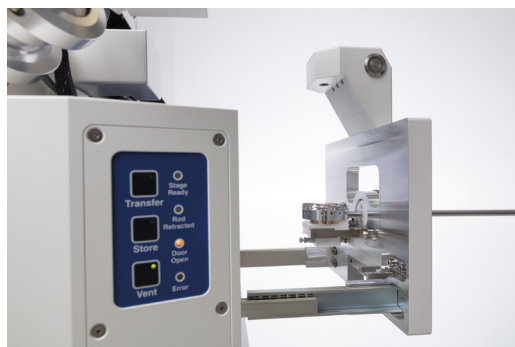
- › 概要
- › **特長**
- › アプリケーション
- › システム構成
- › 技術仕様
- › サービス

Crossbeam を最大限に活用

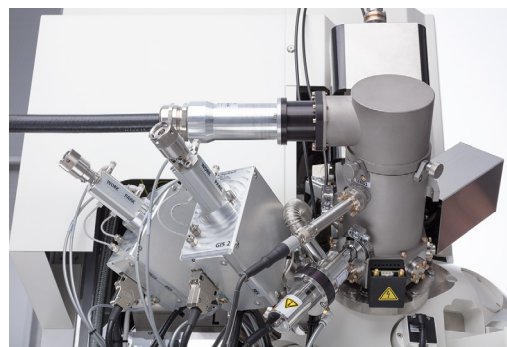
エアロックに搭載されたオプションのナビゲーションカメラを使用することで、試料中の関心領域を見つける時間を大幅に削減できるほか、試料や特定の場所を色でも特定できます。統合ユーザーインターフェースにより ROI を容易に発見できると同時に、大型エアロックを選択すると、最大で直径 8 インチまでのウエハーが扱え、試料交換が迅速に行えます。

Crossbeam 550 は 2 種類のチャンバーサイズ構成から選択可能で、高い柔軟性を保証します。大型のチャンバーは、Crossbeam の広範囲にわたるイメージング、分析ならびに試料調整機能のカスタマイズを実現します。最大 5 つの異なるガスを選択できるマルチチャンネルインジェクションシステム (GIS) や、最大 2 つのシングル GIS で Crossbeam を構成できます。

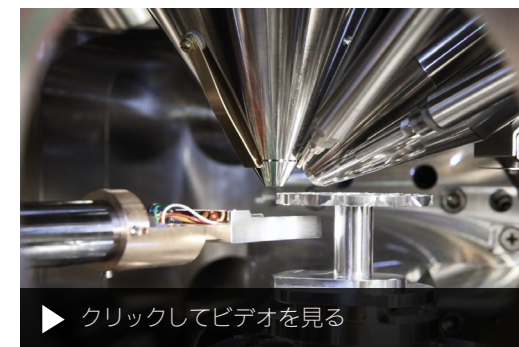
大型チャンバーでは、例えば aSTEM (環状型走査型透過電子顕微鏡) 検出器、環状型反射電子検出器ならびにローカルチャージコンペーンセーション等、3 種類の空気圧駆動式アクセサリーの同時装着が可能です。



エアロックのナビゲーションカメラで、関心領域を素早く簡単に見つけることができます。



2 つの Uni-GIS ユニートを搭載した Crossbeam は、最適なアクセス角度で最適なデポジションを実現できます。



▶ クリックしてビデオを見る

STEM 検出器を使って透過モードで高分解能の画像を撮影。明視野から高角環状暗視野まで、あらゆるコントラスト法を使用できます。

多様なアプリケーションに的確に対応

› 概要

› 特長

› **アプリケーション**

› システム構成

› 技術仕様

› サービス

典型的なアプリケーション/試料	タスク	ZEISS Crossbeam の機能
クロスセクションング	断面の高分解能画像を取得し、表面近傍の情報を集める。	Crossbeam では、試料の特性評価用に様々な検出器を取り付け可能です。一度でより多くの情報を得るために、最大 4 つの検出器の信号を同時に取得できます。GEMINI レンズは試料を磁場に曝さないよう設計されており、広範囲に渡って歪みのない画像が得られます。最大 50 k x 40 k ピクセルのフレーム解像度を備えた Crossbeam は、広領域マッピングアプリケーションに理想的なツールです。
FIB-SEM トモグラフィー	連続断面加工を行い、試料をイメージングおよび 3D 構築する。	Inlens EsB 検出器ではわずか数ナノメートルまでの深さ方向の情報を減らすことができるため、最高の組成コントラストを持つ高感度な表面画像が得られます。集束イオンビームでのミリング中に使用すると、長時間を要する実験をスピードアップできます。長時間の無人トモグラフィーを可能にする高度なソフトウェア ソリューションによって、信頼性が高く正確な結果が短時間で得られます。
ライフサイエンス分野での FIB-SEM トモグラフィー	試料断面の高分解能画像を取得し、形態分析のための大容量トモグラフィーを実行する。	生体試料から 3D 情報を得るために、関心対象容量を正確に特定、イメージングおよび再構築します。
3D 分析	試料の化学的ならびに結晶学的なマイクロ構造を観察する。	Crossbeam は、試料の 3D EDS ならびに 3D EBSD 分析に最適なツールです。3D データセットの完全な自動取得用に各種パッケージを提供しています。
TEM 用試料作製	TEM/STEM 用薄片試料を作製する。	Crossbeam は、バッチにも対応する TEM 試料作製の包括的なソリューションを提供します。イオンスカルプター FIB カラムの低電圧性能により、高品質なラメラを作製し、繊細な試料のアモルファス化を回避できます。簡単な 3 ステップワークフローに沿って進むと、自動的に作製が始まります。高品質なラメラを作製するには、最後の薄片化時に特許取得済の X ² 試料ホルダーをご利用ください。エンドポイント検出ソフトウェアを使うと正確なラメラの厚さ情報が得られます。
ナノパターニング	FIB（または SEM）ならびに各種ガスによって新規構造を作製する、または既存構造を調整する。	SEM を完全に制御しながらリアルタイムで FIB 加工作業を実行できます。ミリング形状を選択して FIB 画像上に描き、パラメータを設定して加工を開始するだけです。使いやすくデザインされたソフトウェアにより、経験の浅いユーザーでも最高の結果が得られます。難しい加工タスクの場合、ソフトウェアから SEM、FIB、GIS のすべての関連パラメータへアクセスでき、1 つ 1 つのオブジェクトに対し FIB 加工方法を割り当てられます。FIB 露光作業はオフラインで計画・作成可能です。
電池またはポリマーの高感度表面分析	固体表面の最初の原子数層の組成を特性評価する。	ToF-SIMS 分光計を追加すると、リチウムなどの微量元素を分析、同位体元素を検出し、最小 35 nm の横方向分析分解能で元素マッピングと深さプロファイリングを実行できます。
スピーディで高品質の in situ 検査	深部にある内部組織の場所を素早く突き止めてアクセスする。	Crossbeam にフェムト秒レーザーを追加し、ZEISS Atlas 5 の関連ワークスペースの GUI を用いて、深部の ROI を見つけることができます。例えば、X 線マイクロアナライザー (XRM) のデータセットを使用すれば、フェムト秒レーザーで素早く安全に材料のアブレーションが可能です。

ZEISS Crossbeam のアプリケーション例

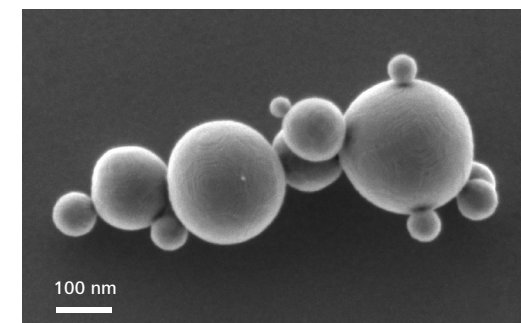
- 概要
- 特長
- アプリケーション
- システム構成
- 技術仕様
- サービス

ナノパターニング



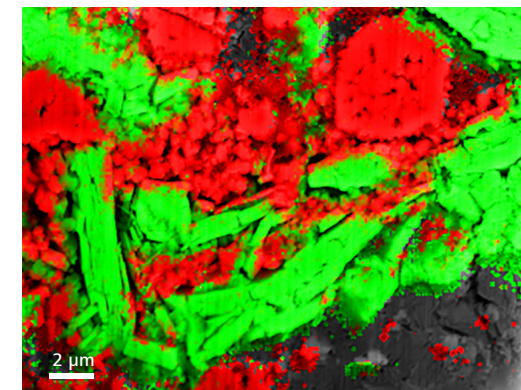
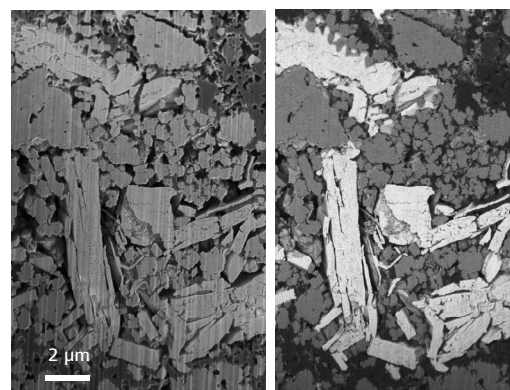
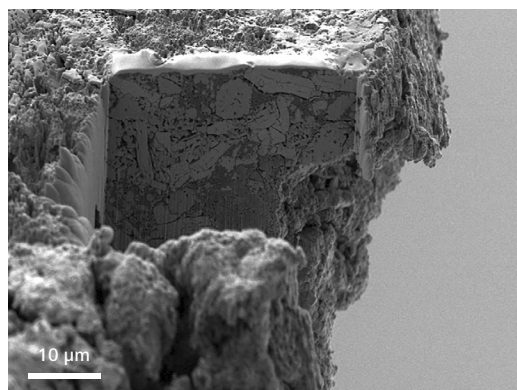
螺旋加工のライブイメージング：SE 像（左）、Inlens SE 像（右）。

SEM イメージング



アルミナナ粒子。Tandem Decel を使用し、FIB-SEM のコインシデンス・ポイントにおいて 1 kV でイメージング。難しい試料での高分解能かつ高感度表面イメージングの例。

クロスセクションングと 3D 分析

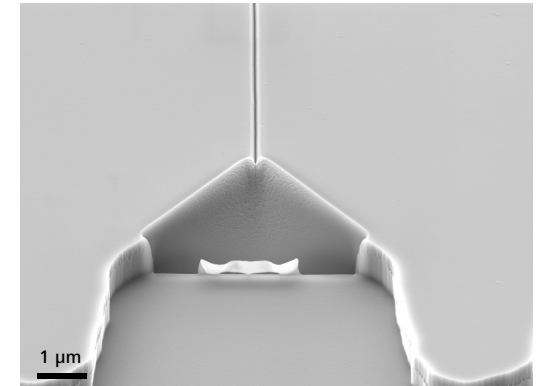
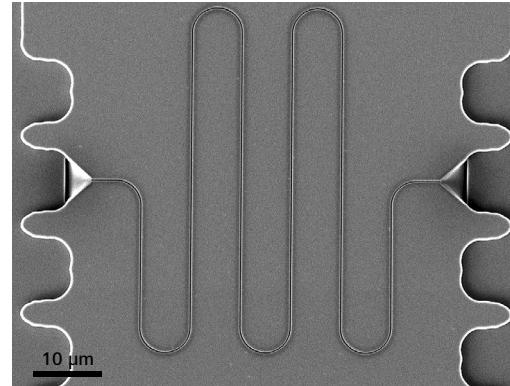
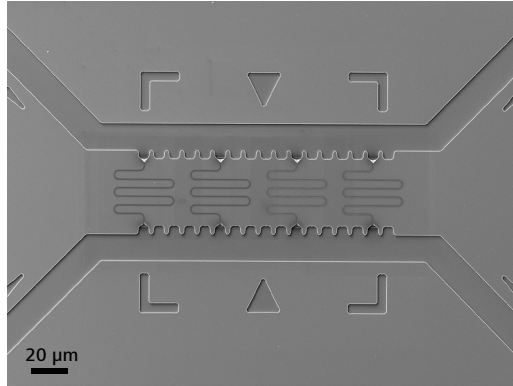


リチウムイオンバッテリーの LiMn_2O_4 正極材。断面をクローズアップすると、Inlens SE 画像で表面情報が、Inlens EsB 画像では独自の純粋な組成コントラストが確認できます。EDS マップからランタン（赤色）とマンガン（緑色）の分散がわかります（左から右へ）。

ZEISS Crossbeam のアプリケーション例

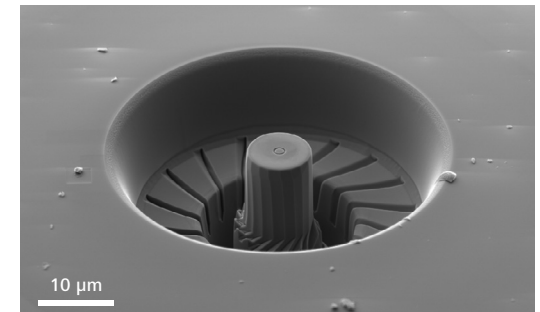
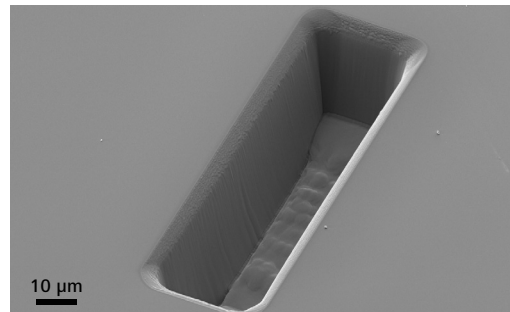
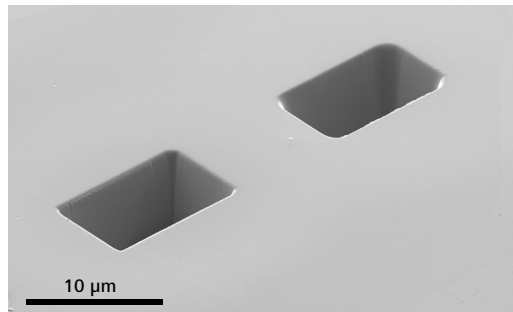
- 概要
- 特長
- アプリケーション
- システム構成
- 技術仕様
- サービス

ナノパターニング



FIB によってシリコンマスタースタンプ上に作製されたナノ流体流路（左）。詳細：蛇行形状流路（中央）。入口と出口は漏斗形状（右）。試料ご提供：I. Fernández-Cuesta, INF Hamburg, Germany

ミリング



ハイレントロビー合金への溝加工。サイズは 25 μm x 15 μm、65 nA ボックス加工でミリング時間 3 分（右）、30 nA ボックス加工で 11 分（左）。

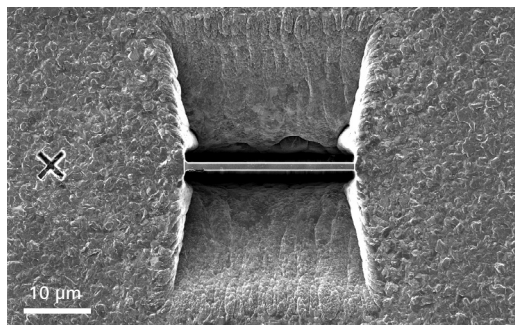
シリコンへの溝加工。サイズは 100 x 30 x 25 μm³、FIB 電流 100 nA 使用でミリング時間 10 分。

レースミリング加工後の圧縮試験用ピラー。

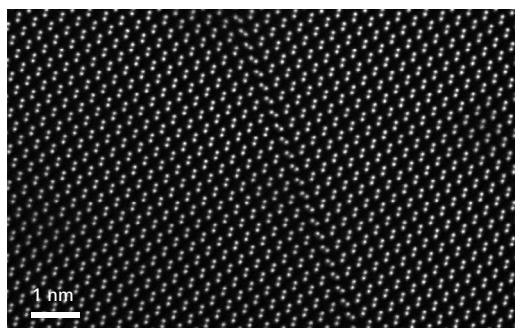
ZEISS Crossbeam のアプリケーション例

- › 概要
- › 特長
- › **アプリケーション**
- › システム構成
- › 技術仕様
- › サービス

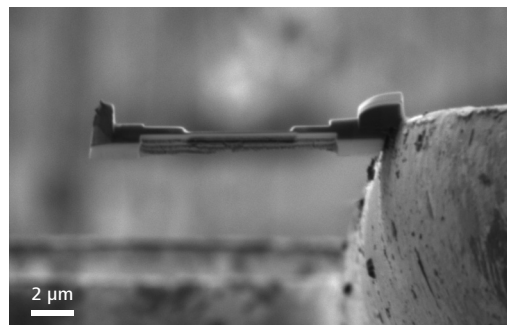
TEM 用試料作製



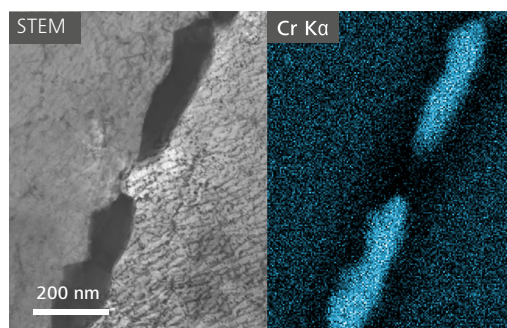
ピックアップ直前の銅試料のラメラ。自動試料作製機能で加工。FIB による加工およびイメージング。



<110> 配向のシリコン、TEM 内の FIB ラメラの STEM 画像。<110> シリコンダングナルと双晶境界がはっきりと確認できる。TEM ラメラは、ZEISS Crossbeam 550 のイオンスカルプター FIB と低電圧薄片化で作製。画像ご提供：C. Downing, CRANN Institute, Trinity College, Dublin, Ireland. Nion UltraSTEM 200 で観察。

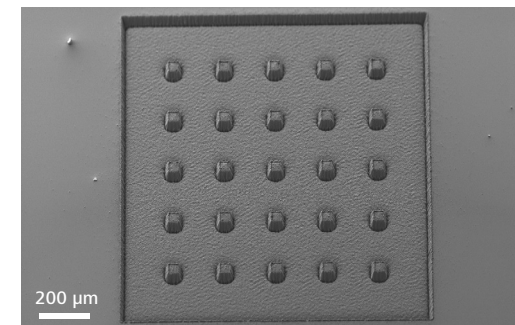


多結晶シリコンのラメラのイオンスカルプター 5kV 画像。低電圧での高イメージング品質により、ラメラ中央部の正確な薄片化が可能となります。

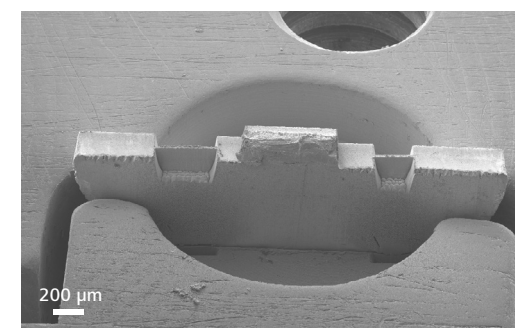


熱影響を受けた X2CrNi18-10 鋼の粒子境界での炭化クロム：FIB-SEM における STEM BF (左)、EDS Cr マップ (右)。

レーザー FIB 加工



シリコン製ピラーアレイ。ガリウム FIB 精密研磨、約 30 秒でレーザー加工。ピラー間の優れた表面仕上げと、レーザー加工のみによる高度な輪郭精度と表面品質にご注目ください。これにより、機械的試験や APT (アトム・プローブ・トモグラフィ) 試料の作製といった処理や検査が容易になります。



フェムト秒レーザーによる半円形の銅グリッド上の H パー法ラメラ作製。左のラメラは幅 400 μm、奥行 215 μm で、上端の厚さは約 20 μm。レーザーを使用して、34 秒でカット。最終的な薄片化のため FIB による除去を要した材料の量は、極めて少なくなっています。

ZEISS Crossbeam のアプリケーション例

- 概要
- 特長
- アプリケーション
- システム構成
- 技術仕様
- サービス

FIB – ライフサイエンス分野でのトモグラフィー 細胞生物学 – HeLa 細胞



単細胞内の異なる細胞コンパートメントの観察。個々の HeLa 細胞を培養皿で増殖させ、化学的に固定し、EPON に樹脂を埋め込みました。ボクセルサイズ 5 x 5 x 8 nm、Inlens EsB 検出、1400 スライス。ORS Dragonfly Pro による 3D ビジュアライゼーション。試料ご提供：A. Steyer and Y. Schwab, EMBL, Heidelberg, DE

発生生物学 – C.elegans



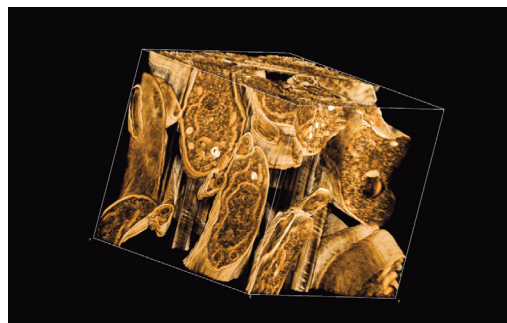
最高の解像度と信頼性を有する 3D で生物全体の形態を理解できます。データセットは、ピクセルサイズ 5 x 5 x 8 nm の 10.080 z セクションから成る C.elegans の大容量 3D を示しています。線虫を高圧凍結し、EPON で凍結置換しました。虫内の最小構造も、非常に簡単に特定できます。試料ご提供：A. Steyer and Y. Schwab, EMBL Heidelberg, DE; and S. Markert and C. Stigloher, University of Wuerzburg, DE

細胞生物学 – 藻類



クライオ FIB-SEM 画像シリーズで取得した、ガラス化エミリアニア・ハクスレイ円石藻の 3D 再構築画像。未成熟な円石(黄)、発生時の状態(青)と脂肪体(赤)の円石を示しています。試料ご提供：L. Bertinetti, Max-Planck Institute of Colloids and Interfaces, Potsdam, DE and A. Scheffel, Max-Planck Institute Plant Physiology, Potsdam, DE

微生物学 – トリパノソーマ



寄生虫ブルーストリパノソーマの超微細構造の観察。細胞を高圧凍結し、EPON で凍結置換しました。z で ~ 8 μm の厚さに相当する 800 z セクションの取得。xy のピクセルサイズは 5 nm。試料ご提供：S. Vaughan, Oxford Brookes University, Research Group 'Cell biology of Trypanosomes', UK

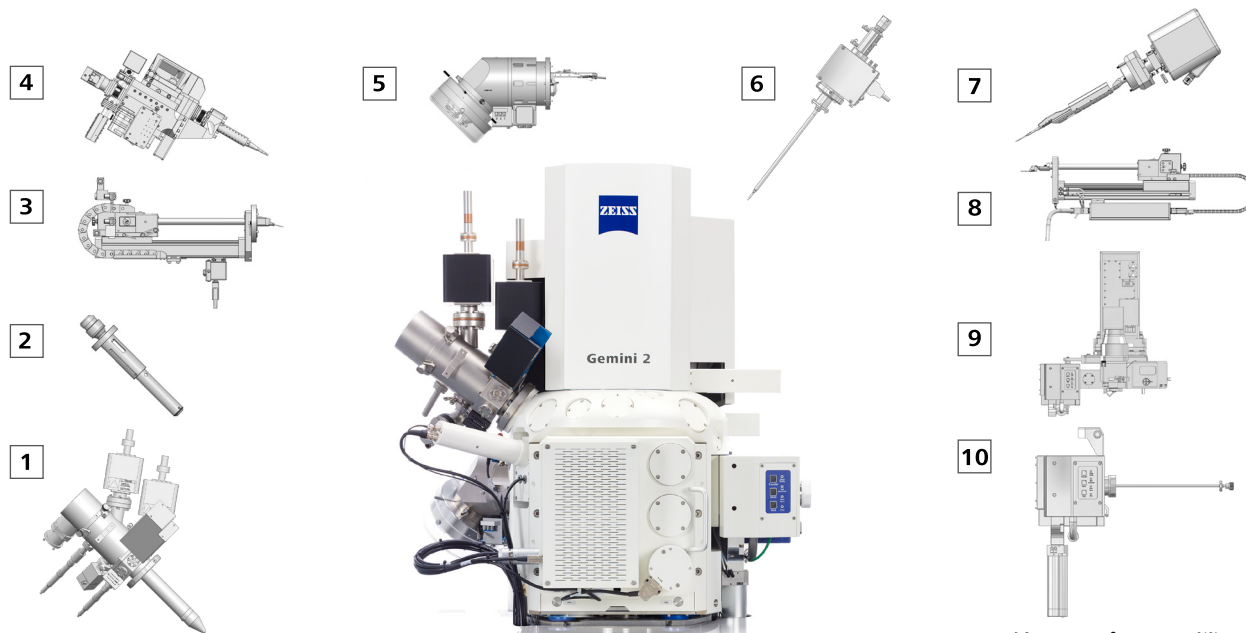
神経科学 – 脳部



ZEISS Atlas 5 の 3D モジュールを用いた、脳部の大容量ミリングとイメージング。大電流により、最大幅 150 μm に及ぶ広視野の高速ミリングおよびイメージングが可能。脳画像は視野幅 75 μm、20 nA のビーム電流でミリング。試料ご提供：C. Genoud, FMI Basel, CH

フレキシブルな構成

- › 概要
- › 特長
- › アプリケーション
- › システム構成
- › 技術仕様
- › サービス



オプション

1. 集束イオンビーム (FIB) カラム
2. 絶縁試料のイオンビーム加工を可能にする電子フラッドガン
3. 絶縁試料の SEM イメージングと解析を可能にするローカルチャージコンペンセーション
4. 優れた空間分解能を持つ質量同時検出用の引き込み式 ToF-SIMS 分光計
5. 1 フランジで最大 5 種類のガス取り付けが可能なマルチチャンネルガスインジェクションシステム (GIS)
6. 高角度の試料へのアクセスを目的とした Uni-GIS、2 つのシステムが設定可能
7. 試料の取り扱いおよびプロービング用マニピュレーター

8. 高分解能透過イメージング用環状 STEM、または角度が限られる材料を効率良く特性評価できる aBSD4 検出器
9. 大規模アブレーション用フェムト秒レーザー
10. 効率的な高速試料移送を可能にするナビゲーションカメラ内蔵の高速排気エアロックシステム (幅 80 mm または 200 mm)

その他のオプション機器

- 凹凸情報を含まず、独自の組成コントラストを持つ高分解能イメージング用 Inlens EsB 検出器
- 2 次電子イメージングと 2 次イオンイメージング用 SEI 検出器
- 高度なトモグラフィー、加工、EDS・EBSD3D 解析のための Atlas 5
- プラズマクリーナー
- SEM 用静電ビームブランカー
- 試料に適した低加速電圧で分解能とコントラストを向上させる Tandem Decel
- 分析用検出器：EDS、WDS、EBSD
- 34 インチの 21:9 型ワイドスクリーンモニター

技術仕様

- › 概要
- › 特長
- › アプリケーション
- › システム構成
- › **技術仕様**
- › サービス

	ZEISS Crossbeam 350	ZEISS Crossbeam 550	
SEM	ショットキー エミッター	ショットキー エミッター	
	1.7 nm @ 1 kV	1.4 nm @ 1 kV	
	1.5 nm @ 1 kV (Tandem Decel 使用)	1.2 nm @ 1 kV (Tandem Decel 使用)	
	1.9 nm @ 200 V (Tandem Decel 使用)	1.6 nm @ 200 V (Tandem Decel 使用)	
	0.9 nm @ 15 kV	0.7 nm @ 15 kV	
	0.7 nm @ 30 kV (STEM モード)	0.6 nm @ 30 kV (STEM モード)	
	2.3 nm @ 1 kV (WD 5 mm)	1.8 nm @ 1 kV (WD 5 mm)	
	1.7 nm @ 1 kV (Tandem Decel 使用、WD 5 mm)	1.3 nm @ 1 kV (Tandem Decel 使用、WD 5 mm)	
	1.1 nm @ 15 kV (WD 5 mm)	0.9 nm @ 15 kV (WD 5 mm)	
	2.3 nm @ 20 kV & 10 nA (WD 5 mm)	2.3 nm @ 20 kV & 10 nA (WD 5mm)	
	ビーム電流 : 5 pA ~ 100 nA	ビーム電流 : 10 pA ~ 100 nA	
FIB	液体金属イオン源 (LMIS) : 寿命 3000 µAh	液体金属イオン源 (LMIS) : 寿命 3000 µAh	
	分解能 : 3 nm @ 30 kV (統計法)	分解能 : 3 nm @ 30 kV (統計法)	
	分解能 : 120 nm @ 1 kV & 10 pA (オプション)	分解能 : 120 nm @ 1 kV & 10 pA	
検出器	Inlens SE、Inlens EsB、VPSE (圧力可変モード用 2 次電子検出器)、SESI (2 次電子 / 2 次イオン)、aSTEM (透過電子検出器)、aBSD (反射電子検出器)	Inlens SE、Inlens EsB、ETD (Everhard-Thornley2 次電子検出)、SESI (2 次電子 / 2 次イオン)、aSTEM (透過電子検出器)、aBSD (反射電子検出器)、CL (カソードルミネッセンス検出器)	
チャンバーサイズとポート	標準 (18 基のポート)	標準 (18 基のポート)	ラージサイズ (22 基のポート)
ステージ	X/Y = 100 mm	X/Y = 100 mm	X/Y = 153 mm
	Z = 50 mm, Z' = 13 mm	Z = 50 mm, Z' = 13 mm	Z = 50 mm, Z' = 20 mm
	T = -4° ~ 70° , R = 360°	T = -4° ~ 70° , R = 360°	T = -15° ~ 70° , R = 360°
帯電制御	フラッドガン	フラッドガン	
	LCC (局所帯電除去装置)	LCC (局所帯電除去装置)	
	圧力可変	-	
ガス	Uni-GIS : Pt, C, SiO _x , W, H ₂ O	Uni-GIS : Pt, C, SiO _x , W, H ₂ O	
	Multi-GIS : Pt, C, W, Au, H ₂ O, SiO _x , XeF ₂	Multi-GIS : Pt, C, W, Au, H ₂ O, SiO _x , XeF ₂	

技術仕様

- › 概要
- › 特長
- › アプリケーション
- › システム構成
- › **技術仕様**
- › サービス

	ZEISS Crossbeam 350	ZEISS Crossbeam 550
解像度	32 k x 24 k (オプションの Atlas 5 3D トモグラフィーモジュール装備で 50 k x 40 k まで)	32 k x 24 k (オプションの Atlas 5 3D トモグラフィーモジュール装備で 50 k x 40 k まで)
分析オプション	EDS、EBSD、WDS、SIMS、その他	EDS、EBSD、WDS、SIMS、その他
利点	圧力可変モードにより多様な試料に対応、広範囲の in situ 実験が可能	ハイスループットな分析とイメージング、あらゆる条件での高分解能イメージング
引き込み式 ToF-SIMS 分光器		
検出限界	シリコン内のホウ素 < 4.2 ppm	
横方向の分解能	< 35 nm	
質量電荷比	1 ~ 500 Th	
質量分解能	m/ Δ m > 500 FWTM	
深さ方向の分解能	< 20nm AlAs/GaAs マルチレイヤーシステム	
フェムト秒レーザー		
種別	DPSS	
波長 (λ)	515 nm (緑)	
光学系	テレセントリック	
パルス持続時間	<350 fs	
スポットサイズ	<15 μm	
走査範囲サイズ	40 x 40 mm ²	

ZEISS サービス - いつでも頼れるパートナー

お客様がお持ちの ZEISS 顕微鏡システムは、お客様が所有する中でも最も重要なツールのひとつです。170 年以上の歴史に裏付けられた ZEISS ブランドは、丈夫で長く使える、信頼できる装置の象徴として顕微鏡分野において多くのお客様から選ばれてきました。装置の設置前もその後も、当社の優れたサービスとサポートにお任せください。熟練した ZEISS サービスチームのサポートで、いつでも安心して顕微鏡をお使いいただけます。

- 概要
- 特長
- アプリケーション
- システム構成
- 技術仕様
- サービス**

調達

- ラボプランニング・建設現場管理
- 実地検査・環境分析
- GMP 認証 IQ/OQ
- 設置・受け渡し
- IT 統合サポート
- スタートアップトレーニング

動作環境

- Predictive Service による遠隔モニタリング
 - 点検・予防メンテナンス
 - ソフトウェア保守契約
- 操作・アプリケーショントレーニング
- 専門家による電話・リモートサポート
 - 保護サービス契約
 - 計測学的較正
 - 装置の移転
 - 消耗品
 - 修理

新規投資

- デコモミッションング
- 下取り

修理・改造

- カスタムエンジニアリング
 - アップグレード・近代化
- APEER による作業手順のカスタマイズ



サービスは製品シリーズと場所によってはご利用いただけない場合がありますのでご了承ください

>> www.zeiss.com/microservice



Carl Zeiss Microscopy GmbH
07745 Jena, Germany
microscopy@zeiss.com
www.zeiss.com/crossbeam

Carl Zeiss Co., Ltd.
2-10-9 Kojimachi, Chiyoda-ku
Tokyo, 102-0083, Japan
Phone: + 81-570-02-1310