

透過型電子顕微鏡用イオンミリング装置

TEM ミル

MODEL 1051



TEM Mill

Tabletop precision preparation for producing high-quality TEM specimens from a wide variety of materials

FISCHIONE
INSTRUMENTS



モデル 1051

TEM ミル

最新技術を結集して開発されたイオンミリング／イオンポリッシングシステムです。コンパクトかつ精度の高い装置構成で、多様な素材に対して、透過型電子顕微鏡（TEM）観察に適した広い電子透過性領域を持つ高品質の試料を作製出来ます。

- 独立に制御可能な TrueFocus イオン源を2つ搭載
- 高エネルギーによる高速ミリング／低エネルギーによるポリッシングのいずれにも対応
- 広範な加速電圧（100 eV～10 keV）に対して細いビーム径を維持
- アジャスタブル 10 インチタッチスクリーンを搭載し、直感的で簡単な操作性
- 2つのイオン源のガス流量を独立して制御
- 調節可能なミリング角度（-15°～+10°）
- x-y 方向の調節が可能な試料ホルダーおよびローディングステーション（オプション）
- ミリング加工中のその場観測／その場撮像
- イオンビーム照射に連動した試料の揺動／回転が可能
- 時間設定／温度設定による自動停止（標準）
レーザー光検出による自動停止（オプション）
- 試料ステージの液体窒素冷却（オプション）
- 真空／不活性ガス封入移動カプセル（オプション）

イオンミリング

イオンミリングは、電子透過性が得られる厚さまで試料を薄く削る技術です。不活性ガスのアルゴンをイオン化し、試料表面に向けて加速照射します。この際の衝突イオンの運動量移行を利用し、試料表面の物質を自在にスパッタ除去します。



先進的な試料作製

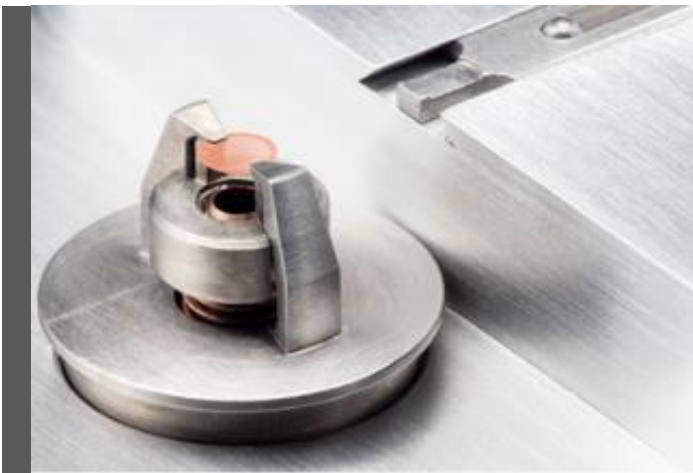
現代の多くの先端材料の構造および特性を解析する上で、TEM 分析は最良の方法です。Fischione 社の TEM ミル (モデル 1051) は、TEM による撮像/分析に必要な不可欠な電子透過性のある薄片試料を作製する為の最新式の装置です。低エネルギー、低入射角度でイオンミリングを行うことで、照射による試料へのダメージと発熱を最小限に抑えることが可能です。低入射角度によるミリングは、組成の異なる素材の様な薄片化が容易なことから、断面 TEM (XTEM) 観察用の試料だけでなく、層状の材料や複合材料の試料作製にも非常に有効です。

コンタミフリーな試料の装着

TEM ミルの試料ホルダーは、試料の装着がしやすいデザインになっています。試料の隅を両側からクランプする方式の為、試料が接着剤等で汚染される心配がなく、試料に影を作ることなく 0°までの両面ミリングが可能です。専用のローディングステーションが付属しており、試料の取り付け/取り外しが非常に簡単です。

x-y 方向に調節可能な試料ホルダーとローディングステーション(オプション)

x-y 方向の位置調節が必要な場合には、オプションの試料ホルダー及びローディングステーションをご利用頂けます。ミリング対象領域が回転軸上からずれた場合でも、試料の位置を x-y 方向に調節して最適なミリングが行えます。



迅速な試料移動

TEM ミルでは、迅速に試料を交換するために、真空ロードロック機構を採用しています。真空ロードロックは人間工学に基づいて設計されており、ロードロックのカバーを持ち上げるだけで、簡単に試料ホルダーをステージ上に装着出来ます。

再びカバーを付けてロードロック内の排気を開始すれば、数秒以内に真空引きが完了します。イオンミリング加工中、ロードロックカバーは真空力により所定の場所に固定されます。その後、電子制御昇降機構により試料をチャンバー内のミリング位置へと移動させます。

ミリング工程が終了すると、試料ホルダーはロードロックに戻されます。この時、作業者がベント (大気開放) 操作をするまでは、真空状態が維持されます。ベントに要する時間はわずか数秒です。

ベント後、試料を速やかに TEM ホルダーに移動できるため、周囲環境に起因する汚染の可能性を低減出来ます。

真空/不活性ガス封入移動カプセル(オプション)

オプションの真空カプセルを使用することで、試料を真空状態または不活性ガスに封入した状態で TEM に移動出来ます。

簡単な試料の装着

独創的なデザインのクランプ式試料ホルダーを採用し、試料の簡単な装着と、影を作らずに 0°までの両面ミリングが可能です。左の写真は、標準試料ホルダーの 2 つのクランプが 3 mm のグリッドを保持している様子です。試料をローディングステーションのアーム上に置き、クランプを開いてからアームを前方にスライドさせるだけで、簡単に試料をホルダーに装着出来ます。



ロードロック (予備排気室)

(写真左)

ロードロックを閉じた状態

(写真右)

ロードロックを開いた状態

真空チャンバー

TEM ミルの真空チャンバーは、操作中常に真空状態が維持されます。ロードロックが真空チャンバーを大気環境から隔離する為、試料の交換時にもチャンバー内は最適な真空度に保たれます。

精確な角度調節

左右のイオン源を傾斜させることでミリング角度を -15° から $+10^{\circ}$ まで連続して調節出来ます。

TrueFocus イオン源は、一方のみ、または両方同時に使用することが可能です。2つのイオン源を同時に使用する場合、ビーム角度はそれぞれ独立して設定でき、更には、試料の片面のみをミリングするか、両面をミリングするかの選択も可能です。

2つのイオンビームを同一の試料面に照射すればミリング速度は2倍になり、試料の平面ポリッシングなどに有効です。一方のイオンビームを試料の上面、他方のイオンビームを試料の裏面に照射すれば、スパッタ除去された物質の再付着を防止することが出来ます。

自動ミリング角度調節(オプション)

モーター駆動による自動オプションを付ければ、タッチスクリーン上に角度を入力するだけで自動的にミリング角度が変更出来ます。この機能を追加することで、工程毎にミリング角度を自動的に調節するマルチステップミリングシーケンスの作成が可能となります。



ミリング角度の調節

モデル 1051 TEM ミルには、手動でミリング角度を調節する機構が標準装備されています。両イオン源の角度は独立して調節することが可能です。TEM ミルのタッチスクリーン上から制御する自動ミリング角度調節はオプションとしてご利用頂けます。

プログラミング可能な試料の動作

試料は平面上で 360°回転します。

TEM ミルは、異種材料または層状の材料から XTEM 用の試料を作製するのに最適です。イオンビームの照射と試料の回転を連動させることで、XTEM 試料中に接着層が存在する場合や、原子番号 (Z) が小さい材料が層状試料の混成物質として含まれている場合に起こり得る、優先的ミリングを最小限に抑えることが可能です。

試料の底部をミリングする場合、イオンビームが回転中の試料ホルダーの柱に差し掛かる一定の角度の間、イオンビームの照射が電氣的に中断されます。この中断により試料ホルダーのスパッタリングが回避出来ます。またイオンビームと連動して試料を揺動させることで、界面または接着ラインにイオンビームが平行に照射することを防げます。通常、 $\pm 40^\circ \sim \pm 60^\circ$ の揺動角が使用されます。

一体型ステージ冷却(オプション)

低エネルギー、低入射角度によるイオンミリングを行えば、試料の温度上昇を抑えられます。しかし、温度感受性の高い試料ではさらなる冷却が必要です。液体窒素による試料ステージの冷却は、熱によるアーチファクトの生成を防ぐ上で非常に有効です。TEM ミルではマイナス 170°C を超える冷却が可能です。

TEM ミルの液体窒素システムは、装置内部に完全に組み込まれたデュワーを特徴としています。素早く操作できるように、デュワーは作業者に近い位置に配置されています。冷却時間の異なる 2 種類から選ぶことができ、標準デュワーを利用すれば 3~5 時間の冷却が、長時間デュワーを利用すれば 18 時間以上の試料の冷却が可能です。温度はタッチスクリーン上に常に表示されます。

新しくなった 高性能 TrueFocus イオン源



Fischione 社の技術革新の歴史は、次世代イオン源技術の導入の歴史といえます。特許技術の TrueFocus イオン源は、さらなる最適化によって 100%に近いイオン化効率を実現。その結果、安定したビーム電流を維持できる高効率イオン源となりました。この技術はモデル 1051 TEM ミルに採用されています。

TrueFocus イオン源は、低加速電圧時でもイオンビーム径を小さく維持します。この特性により、イオンビームは試料のみに照射され、試料ホルダーもしくはチャンバーからスパッタ除去された物質が再堆積する心配がありません。

加速電圧はプログラミングが可能で、高速ミリングに適した 10 keV から、最終仕上げの試料ポリッシングに適した 100 eV まで連続的に変更出来ます。ビーム電流密度は最大 10 mA/cm²まで調節可能です。

本イオン源は、コンパクトで必要とするガス流量もわずかでありながら、広範囲のイオンビームエネルギーに対応します。

加速電圧を高くすれば、低入射角度であってもミリング速度は速くなります。加速電圧を低くすれば、アーチファクトを生成することなく、試料表面から材料を少しずつスパッタ除去出来ます。

TrueFocus イオン源はアクセスしやすい場所に配置されており、メンテナンスに便利です。

TrueFocus 基本データ

- 100%に近いイオン化効率
- 安定したビーム電流
- 独立制御可能なイオン源
- ビームエネルギー 100 eV~10 keV
- ビームスポット径 300 μm~5 mm
- ビーム電流密度 最大 10 mA/cm²
- ミリング速度 500 μm/時 以上
- 日常のメンテナンスが容易



一体型ステージ冷却（オプション）

TEM ミルの液体窒素システムは、装置内部に完全に組み込まれた Dewar を特徴としています。Dewar は作業者に近い位置に配置されており、アクセスが容易です。冷却時間の違いにより、標準 Dewar ーまたは長時間 Dewar をからお選びいただけます。温度はタッチスクリーン上に常に表示され、温度設定が可能です。

プログラミング可能な温度設定

TEM ミルは、周囲温度から極低温まで所望の温度を維持する機能を持っています。

極低温下でのイオンミリングが終了すると、ベント前にステージ温度は自動的に周囲温度まで上昇し、試料への霜付きと汚染を防ぎます。

またサーマルセーフガード機構が付いており、閾値温度を設定しておけば、Dewar 内の液体窒素が枯渇して温度が上昇した場合には、イオンミリングを自動的に停止します。

自動停止機能

イオンミリング工程は、経過時間、温度設定、またはレーザー光検出システム（オプション）により自動的に終了させることができます。

時間設定

予めタイマーに時間を設定しておけば、設定時間が経過するとイオンミリングが自動停止します。ロードロックがベントされるまで、試料は真空下に保持されます。

温度

試料冷却システムと連携したサーマルセーフガード機構は、試料ステージが予め設定した温度に達するとイオンミリングを自動的に停止させます。

レーザー検知（オプション）

レーザー光源と光検出器により、試料を透過する光を検知します。プログラム上から光検出器の感度を調整でき、試料が半透明になるとイオンミリングが自動的に停止します。

試料のその場観察

オプションの実体顕微鏡または高倍率デジタルマイクロスコープを利用すれば、ミリング位置におけるその場観測が行えます。観測窓はシャッターにより保護され、スパッタ除去された物質が窓へ付着するのを防ぎますので、快適に試料の観察が行えます。

実体顕微鏡（オプション）

実体顕微鏡（7 倍～45 倍）を利用すれば、試料をよりよく観測出来ます。作動距離の長い顕微鏡を利用している為、ミリング加工中の試料のその場観察が行えます。

高倍率顕微鏡(オプション)

CCD カメラ、映像モニタを接続した 1,960 倍の高倍率顕微鏡を利用すれば、ミリング加工中の試料のその場観察及び撮像が行えます。このシステムは、特定の局所領域をイオンミリングする場合に最適です。

試料照明

試料ステージの下には、ユーザーが調整可能な透過照明が配置されています。

また高倍率顕微鏡及び実体顕微鏡はいずれも調整可能な落射照明を装備しており、試料の反射光観察が可能です。

タッチスクリーン制御

各ミリングパラメータは、10 インチのタッチスクリーンから入力します。タッチスクリーンの高さは、作業者の好みに合わせて簡単に調節することが可能です。イオンビームエネルギー、ミリング角度、試料の回転、試料の位置、ミリング終了条件など様々なパラメータをこのタッチスクリーンから入力します。

一連のミリングシーケンスをプログラミングし、操作を自動化、無人化することも出来ます。一般的な手順としては、まずは高い加速電圧で試料表面の材料を高レートで除去します。試料の厚さが十分薄くなったら、加速電圧を下げて試料をポリッシングします。こうしたミリングシーケンスは簡単に保存でき、いつでも読み出して利用することが可能です。

ミリング加工中、ミリングシーケンスの進行状況と装置の状態がリアルタイムでタッチスクリーン上に表示されます。

高度な機能として、試料データ、メンテナンスファイル/ログファイル、保存画像などを管理する各種ツールが利用出来ます。また、インターネットに TEM ミルを接続してリモートアクセス機能を利用すれば、離れた場所にあるコンピューターからミリング作業を制御することが可能です。

TEM ミルの環境設定、管理/診断ツール、メンテナンスファイルおよびログファイルへのアクセスは、ユーザーレベルごとに付与される権限により管理され、操作にはログイン認証が必要です。



人間工学に基づくタッチスクリーンデザイン

各ミリングパラメータは 10 インチタッチスクリーンから入力します。タッチスクリーンは好みの高さにも調節でき、画面を見やすい角度に傾けたり回転させたりすることが可能です。

シグナルタワー(オプション)

オプションのシグナルタワーを利用すれば、室内の離れた場所からもシステムの状況を確認することが出来ます。

自動ガス制御

2つのマスフローコントローラーが、各イオン源に供給されるプロセスガスの流量を自動制御します。流量調整アルゴリズムにより、あらゆる加速電圧に対して、安定したイオンビームが出力されます。プロセスガスとしては、超高純度(99.999%)のアルゴンガスを利用します。

統合型ドライ真空システム

多段ダイアフラムポンプとターボ分子ドラッグポンプ(70lps)を組み合わせた統合型真空システムを採用しており、クリーンなミリング環境が保証されています。

TrueFocus イオン源はごく少量のプロセスガスしか使用しない為、ミリング中でもがチャンバー内真空度は 5×10^{-4} mbar程度に保たれます。真空度は冷陰極型のフルレンジゲージで計測され、常時タッチスクリーン上に表示されます。

必要最小限のメンテナンス

高いイオン化効率の恩恵により、TrueFocus イオン源のメンテナンスは最小限で済み、各構成部品の寿命も非常に長くなっています。イオン源自体からスパッタされる材料は無視できるほどわずかなことから、試料の汚染および構成部品のメンテナンスを最小限に抑えられます。自動開閉式のシャッターは、スパッタ除去された物質が観測窓に堆積することを防ぎます。全ての構成部品は、日常的な清掃がし易いように配置されています。

リモート診断

Fischione 社では、お客様が装置を最大限に利用する為のサポートをご提供致します。その一環として、TEM ミルにはリモート診断機能が組み込まれています。装置本体がインターネットに接続されていれば、遠隔地であっても、Fischione グローバル・サービスが迅速なトラブルシューティング及び診断サポートを行います。

輸入代理店

株式会社ニューメタルス エンド ケミカルス コーポレーション

本社 〒104-0031 東京都中央区京橋 1-2-5 京橋 TDビル 5F

Tel:03-5202-5620 Fax:03-3271-5860

大阪 〒541-0041 大阪市中央区北浜 2-5-23 小寺プラザビル 9F

Tel:06-6202-5108 Fax:06-6223-0987

販売代理店