

イオンミリング装置

IM4000Ⅱ
ArBlade® 5000

HITACHI
Inspire the Next

Ion Milling System

IM4000Ⅱ



Ion Milling System

ArBlade® 5000



日立イオンミリング装置のスタンダードモデル



* 本体外観にはオプションが含まれています。
* 液晶画面ははめ込み画像です。

日立イオンミリング装置の特長

1 ハイブリットミリング

- ・断面ミリング／平面ミリングに対応したハイブリッドタイプ
- ・冷却温度調整機能*¹でビームダメージ低減
- ・雰囲気遮断機構*¹により大気非暴露加工

2 高ミリングレート

- ・PLUSイオンガン*²およびPLUSIIイオンガン*³による高ミリングレートを実現

3 広域断面ミリング*⁴

- ・ビーム照射範囲10 mmを実現
(広域加工設定範囲±5 mm)

4 イージーオペレーション

- ・液晶タッチパネルによる操作の簡略化
- ・2ndミリング機能、待機機能により一連操作の自動化
- ・外部PC制御*¹*⁴によるレシピ作成・加工終了メール通知

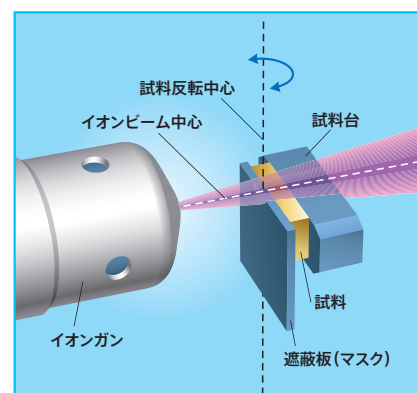
日立イオンミリング装置のハイエンドモデル



* 本体外観にはオプションが含まれています。
* 液晶画面ははめ込み画像です。

* 1 オプション * 2 IM4000 II に装備 * 3 ArBlade® 5000 に装備 * 4 ArBlade® 5000 のみ対応
* ArBlade® は、日本国内における株式会社日立ハイテクの登録商標です。

断面ミリング



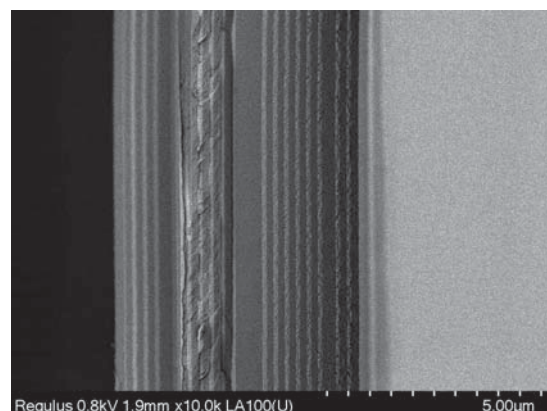
断面ミリング模式図

試料上部に配置された遮蔽版によりイオンビームの一部を遮蔽し、遮蔽版端面に沿って試料断面をスパッタリングすることで、平坦な断面を得ることができます。
試料の加工面に対して平行にイオンビームを照射するため、ミリングレートが異なる組成で構成される複合材料でも平滑にミリング可能です。

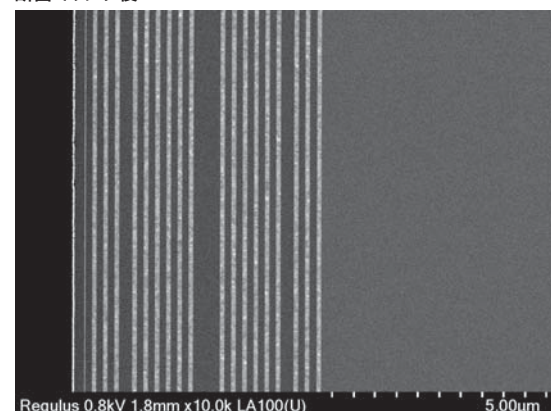
主な用途

- 目的箇所の断面ミリング
- 複合材、積層界面、紙/フィルム等の内部構造露出
- EBSD用前処理

切断後

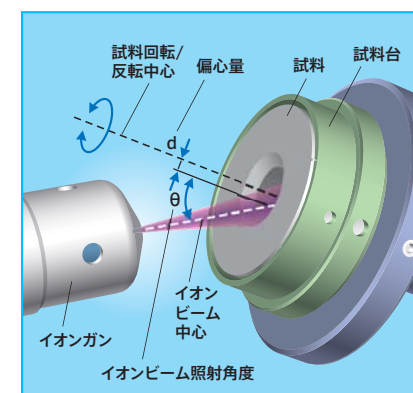


断面ミリング後



試料: IRカットフィルタ

平面ミリング (フラットミリング^{*1})



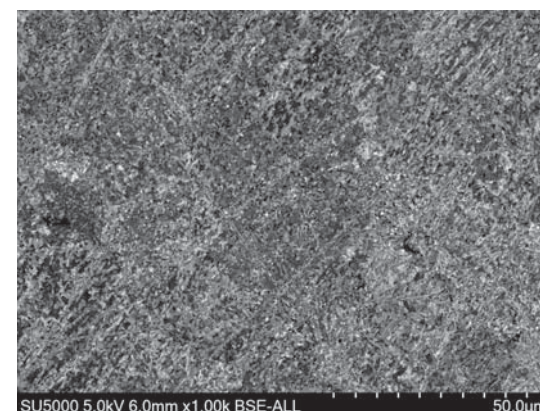
平面ミリング模式図

イオンビーム中心と試料回転中心をずらす(偏心させる)ことにより、広い範囲の面をミリングできます。イオンビームの照射角度を変更させると、結晶方位や組成のエッチングレート差を利用した凹凸強調加工や凹凸低減加工が可能です。

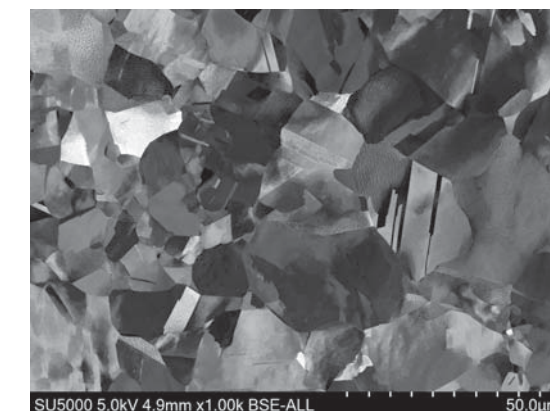
主な用途

- 機械研磨試料 (最大直径50 mm×厚さ25 mm) の研磨傷やダレ除去
- 多層膜表面の除去
- 多層膜断面の層判別 (凹凸強調)
- EBSD用前処理 (凹凸低減)

機械研磨後



機械研磨+平面ミリング後



試料: 銅板

日立SEMとのリンケージ

イオンミリングの試料台は日立SEMとのリンケージに対応しており、試料を試料台から取り外すことなくSEM観察できます。
ドロアアウト式の日立SEMには試料ホルダのまま導入できるので、SEM観察とミリングの繰り返し作業が容易です。



日立FE-SEM



試料台

IM4000 II



* 液晶画面ははめ込み画像です。

ArBlade[®] 5000



* 液晶画面ははめ込み画像です。



平面ミリングホルダ
断面ミリングホルダ



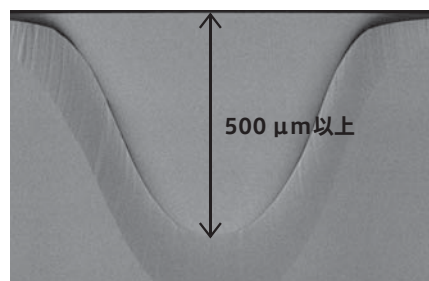
ドロアアウト式日立SEM^{*2}

*1 フラットミリング[®]は、日本国内における株式会社日立ハイテクの登録商標です。*2 対象装置SU3500、SU3800、SU3900、SU7000

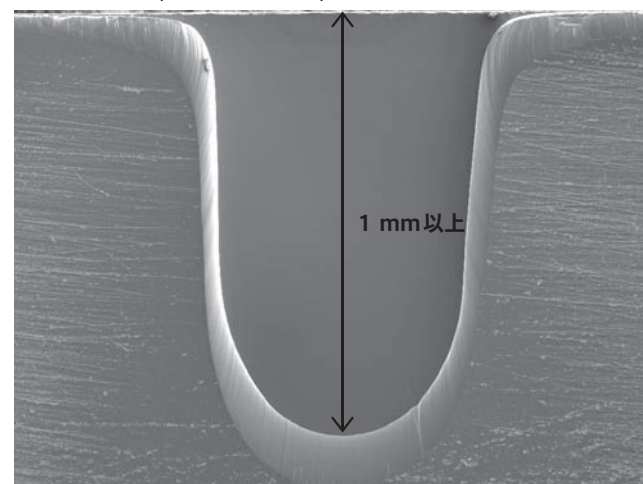
IM4000 IIは500 $\mu\text{m}/\text{h}$ 以上の断面ミリングレート*1を実現したPLUSイオンガンを装備しています。
ArBlade® 5000は1 mm/h以上の断面ミリングレートを実現したPLUS IIイオンガンを装備しています。
硬質材料の断面試料作製に有効です。

*1:マスクエッジからSiを100 μm 突出させて1時間加工した際の値。

IM4000 II (PLUSイオンガン)



ArBlade® 5000 (PLUS IIイオンガン)

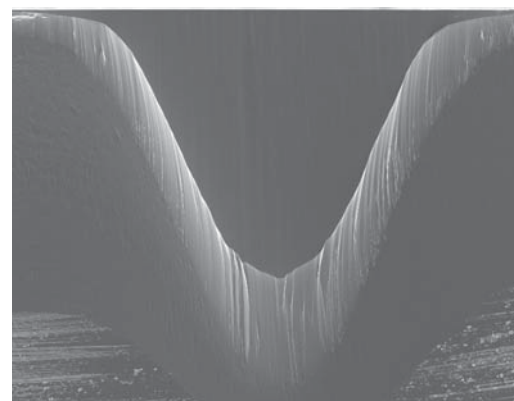
500 μm

試料: Siウェハ (2 mm厚)
加速電圧: 6.0 kV (IM4000 II), 8.0 kV (ArBlade 5000)
スイング角度: $\pm 30^\circ$
ミリング時間: 1 時間

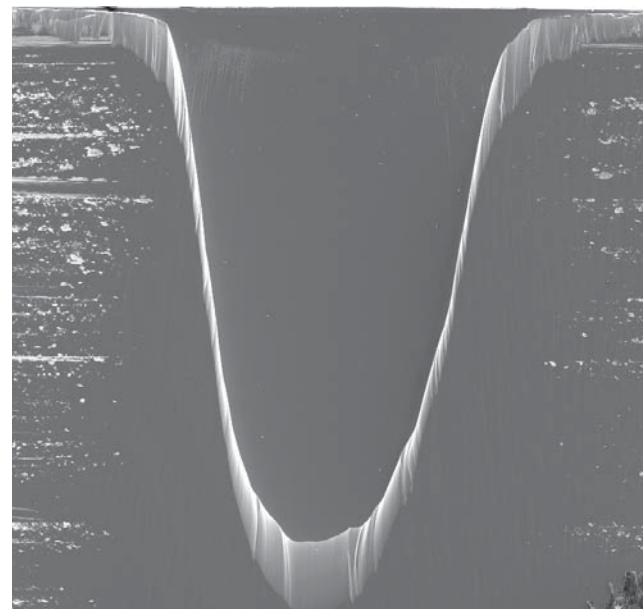
断面ミリング時のスイング角度が変わると、加工幅や加工深さが変化します。下図はSiウェハをスイング角度 $\pm 15^\circ$ で断面ミリングしたときの結果です。スイング角度以外は上記加工条件と同一です。

IM4000 II、ArBlade® 5000ともに上記結果と比べて加工深さが深いことがわかります。
深部に対象構造がある試料の迅速な断面作製には有効です。

IM4000 II

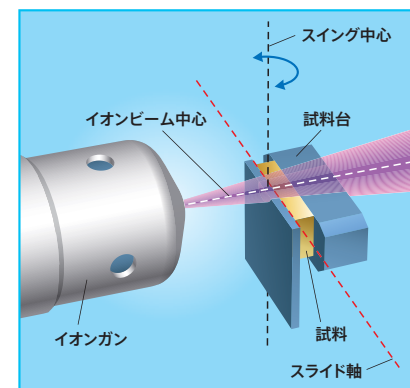


ArBlade® 5000



1 mm

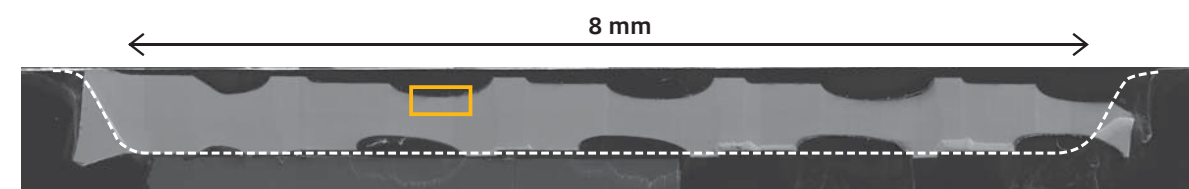
試料: Siウェハ (2 mm厚)
加速電圧: 6.0 kV (IM4000 II), 8.0 kV (ArBlade 5000)
スイング角度: $\pm 15^\circ$
ミリング時間: 1 時間



広域断面ミリング概略図

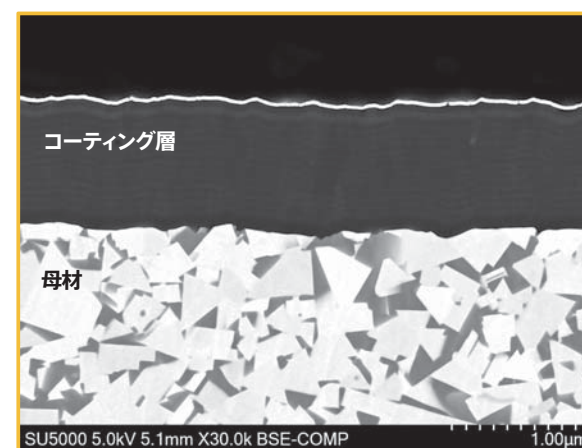
断面ミリングホルダを反転(スイング)させながら、
スイング中心と直交する方向にホルダをスライドさせることで
幅の広い加工面が得られます。
スライド幅は最大で $\pm 5\text{ mm}$ まで設定できるので、
目的に応じた加工幅を調整できます。
特に広域加工が必要とされる電子・金属部品には有効です。

広域断面ミリング機能を用いて超硬ドリルを加工した結果です。白点線内が加工された領域で、
幅 約8 mm、深さ 約1 mmの範囲が加工されています。断面ミリングに要した時間は5時間です。
硬質材料においても短時間で広範囲の断面作製が可能です。
超硬ドリルのコーティング層は多層構造であることが確認できます。

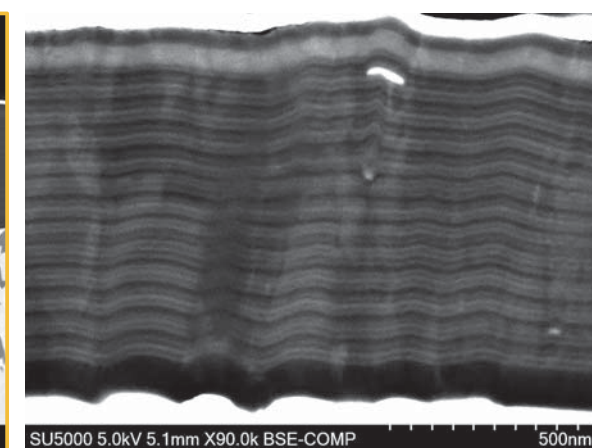


広域断面ミリング全体像

1 mm



上記枠内の拡大像

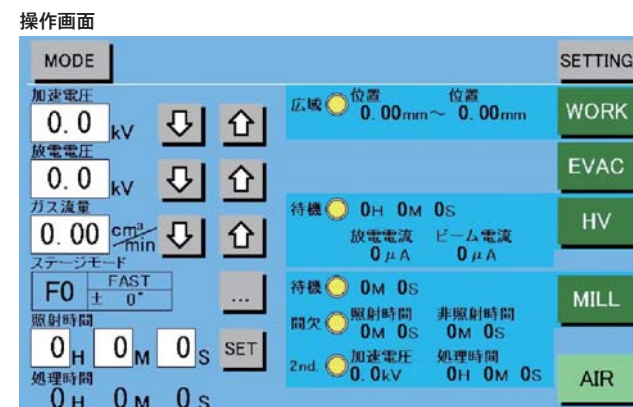


コーティング層の拡大像

試料: 超硬ドリル
ミリング時間: 5 時間

タッチパネル

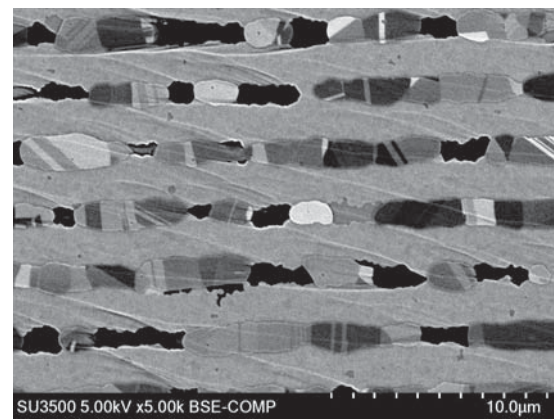
ミリング条件は液晶タッチパネルで設定します。
加速電圧や放電電圧は、数値入力で
設定できるので、ダメージ低減加工などに
多用する低加速電圧の詳細設定には有効です。



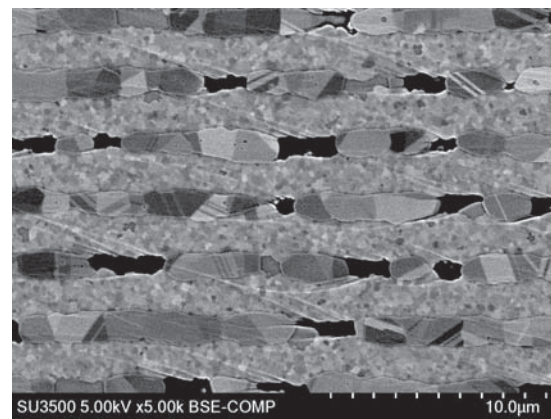
2nd.ミリング機能

同一箇所を異なる2種のミリング条件で連続加工する機能で、2条件目のミリングが終了するまで自動で実行されます。
下図のセラミックコンデンサのように高加速電圧でミリングした後にダメージ除去目的で低加速電圧でミリングすることによりBaTiO₃の明瞭なグレインコントラストを得ることができます。

加速電圧8 kVで断面ミリング



加速電圧2 kVで断面ミリング



試料: セラミックコンデンサ

待機機能

真空引き完了後、設定した時間経過後に加工を開始する機能です。
待機時間を任意に設定することで、加工完了の時間を調整することができます。

冷却温度調整機能*1

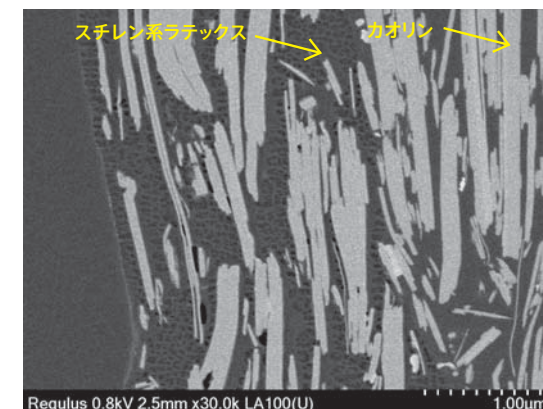


冷却温度調整機能付き IM4000 II

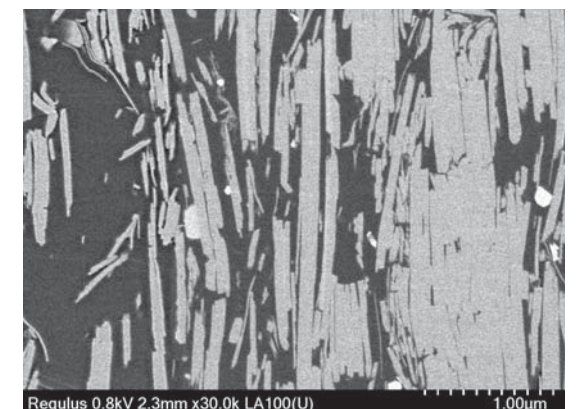
冷却温度調整機能付き ArBlade® 5000

デュワーに充填した液体窒素を冷却源として試料を間接冷却します。樹脂およびゴム系の試料の過冷却を防止する目的として0℃から-100℃の間で温度制御する機能を搭載しています。
ArBlade®5000は、冷却時の広域加工も可能です。

*1 本体同時出荷オプションです。
* 液晶画面ははめ込み画像です。



常温ミリング



冷却ミリング(-100℃)

試料: プラスチックの使用量を抑える機能性材料(紙製)

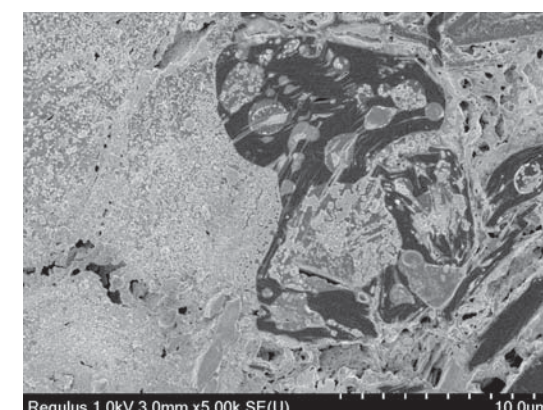
雰囲気遮断試料ホルダユニット



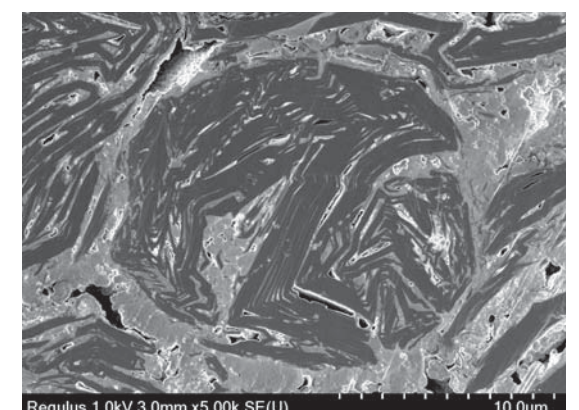
イオンミリング処理後の試料を大気暴露することなくSEM、AFM*2で観察するためのホルダです。本ホルダは冷却機能との併用も可能です(平面ホルダは除く)。ArBlade®5000では雰囲気遮断試料ホルダユニットを用いた広域加工にも対応しています。

*2 AFM: Atomic Force Microscope

* 液晶画面ははめ込み画像です。



大気暴露



雰囲気遮断

試料: リチウムイオン電池負極(充電済)

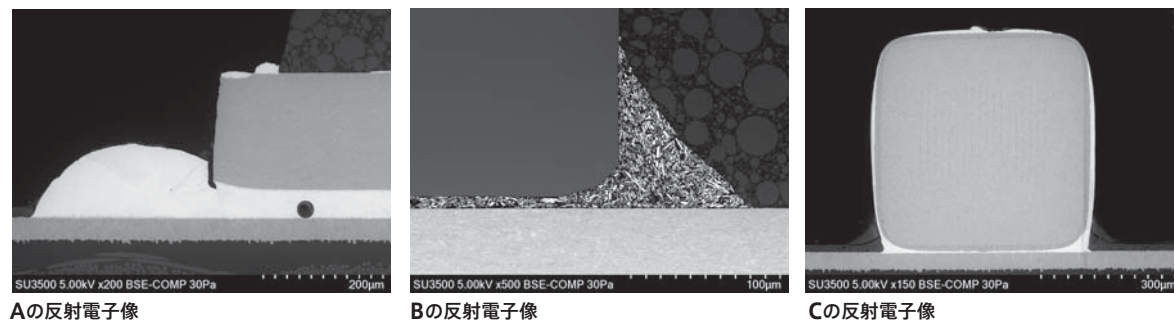
Advance Control Software (ACS)^{*1}

ACSは、ArBlade® 5000本体と接続したPCからArBlade® 5000本体を操作するソフトウェアです。
加工条件の送受信や一連のミリングプロセスをマウストラックで任意に組み立てて実行(レシピ作成・実行)するなど、利便性を向上することができます。



ACS操作画面

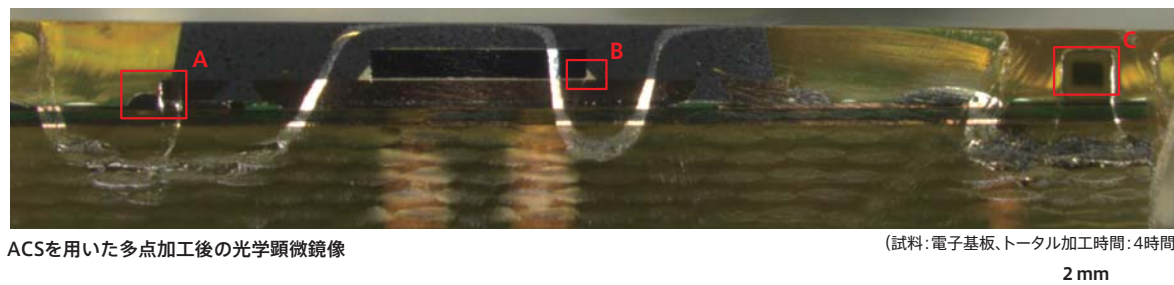
ACSを利用することで複数の加工位置設定ならびに複数のミリング条件設定と実行が可能です。
下図は3ヶ所を設定・加工した例です。
加工位置毎に加工幅、加工条件を設定した後は、全加工終了まで装置の前に戻る必要はありません。



Aの反射電子像

Bの反射電子像

Cの反射電子像



ACSを用いた多点加工後の光学顕微鏡像

(試料: 電子基板、トータル加工時間: 4時間)

2 mm

^{*1} ACSはArBlade® 5000のみのオプションです。
PCは付属されていません。PCは日立ハイテックフィールドイングまでお求めください。

Ion gun Alignment System (IAS)^{*1}

イオンガンアライメントユニットによりイオンガンの位置をXYZ方向に微動することが可能です。
専用ホルダを用いることでイオンビーム中心位置調整およびイオンビームプロファイル取得調整ができます。
これにより加工形状の再現性改善が期待できます。

^{*1} IASはArBlade® 5000のみの本体同時出荷オプションです。



ArBlade® 5000 IAS

イオンガン
アライメント
ユニット高ビーム耐性マスク(Co-Zero®)^{*2}

当社標準マスク比で約2倍のイオンビーム耐性を有した断面ミリング用マスク(Co-Zero)をラインアップしています。
高スループットミリングや硬質試料の長時間ミリングに適したマスクです。
Co-Zeroはコバルト不含有のタングステンカーバイドです。

^{*2} Co-Zero®は、日本国内における株式会社日立ハイテクの登録商標です。

加工時観察用実体顕微鏡

ミリング中の試料を観察できる実体顕微鏡です。CCDカメラ^{*3}が搭載できる三眼タイプではモニター観察が可能です。
下図の三眼タイプの他に双眼タイプも準備しています。

加工時観察用実体顕微鏡
(三眼タイプ)

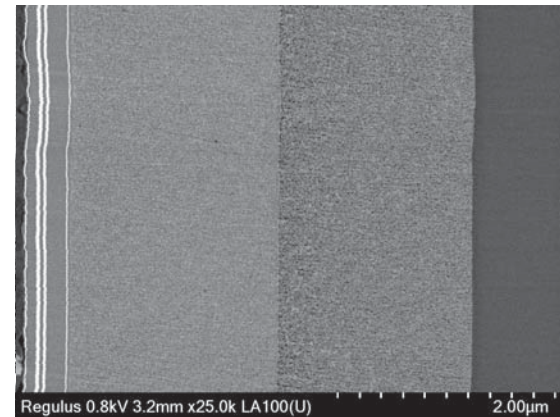
IM4000 II



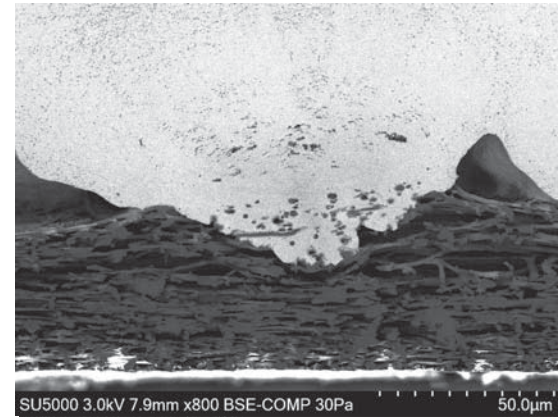
ArBlade® 5000

^{*3} CCDカメラおよびモニターはお客様準備品です。

機械研磨やカミソリ切断が難しい試料でも断面ミリングによって構造を保持したまま断面を露出できます。
アルゴンイオンビームのダメージが懸念される試料の場合は、ビームダメージを低減できる低加速電圧ミリングが可能です。

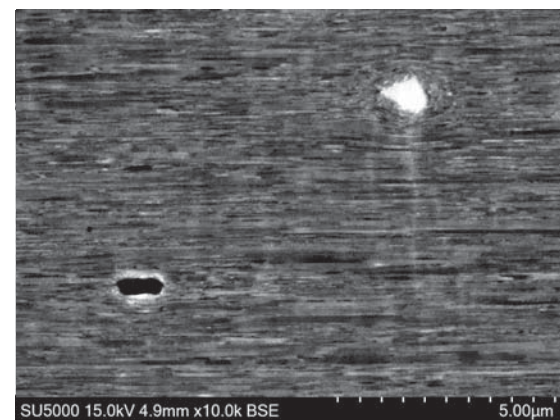


試料: 光学多層膜

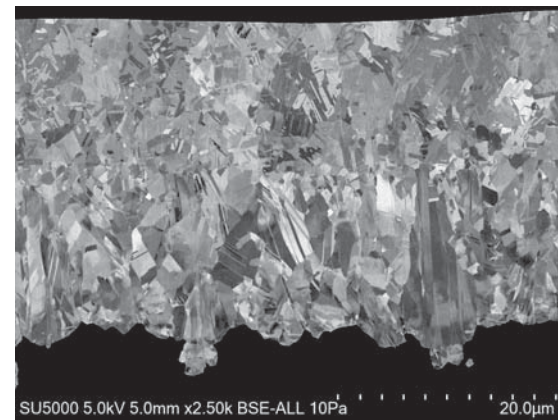


試料: 卵の殻

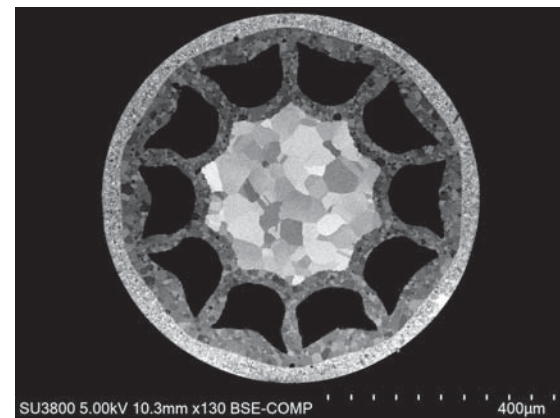
硬質材料の断面ミリング事例です。
イオンミリングは外部応力をかけずに加工できるので、試料本来の組織や構造の確認が可能です。



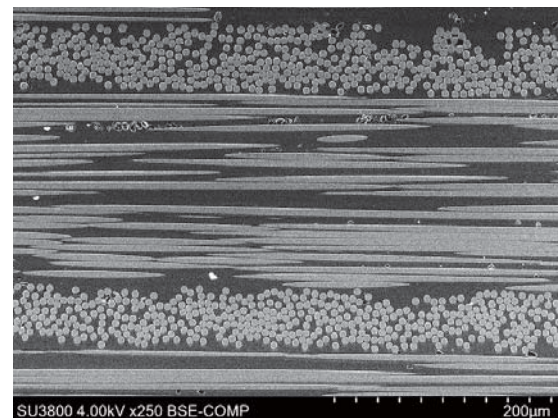
試料: マルエージング鋼



試料: フレキシブルフィルム中の銅箔

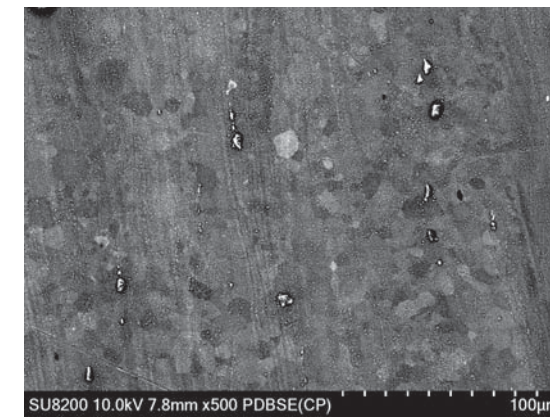


試料: 超電導材

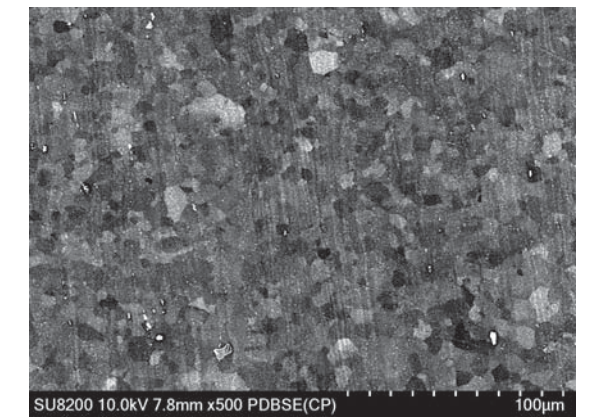


試料: CFRP

機械研磨後の最終仕上げとして平面ミリングを使用した事例です。
機械研磨時の残渣(研磨剤等)や研磨ひずみを除去し、金属材料の明瞭なグレインコントラストを得ることができます。

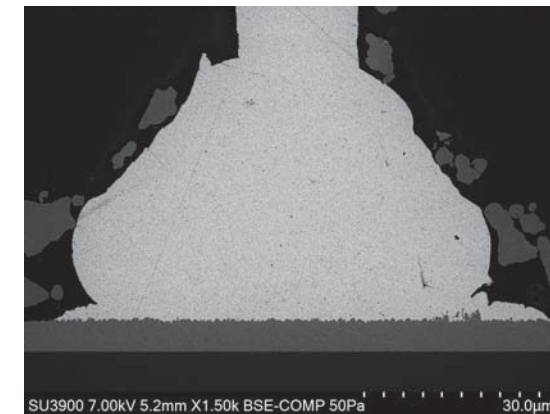


イオンミリング前(機械研磨面)

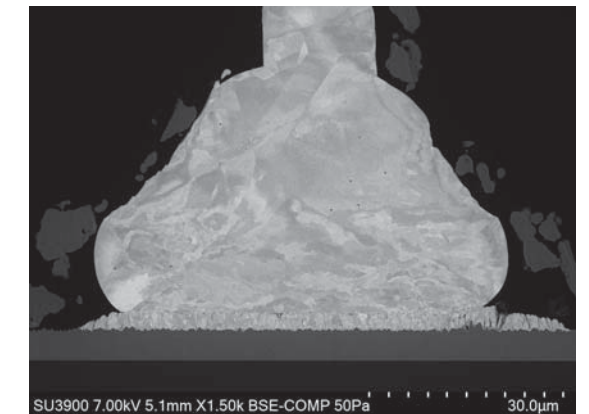


イオンミリング後

試料: Mg合金(AZ31)



イオンミリング前(機械研磨面)



イオンミリング後

試料: Auワイヤボンディング

FIBや機械研磨の後処理として平面ミリングを活用した事例です。
微細化が進んでいる半導体デバイスにおいても高分解能・高コントラスト観察に適したミリングが可能です。

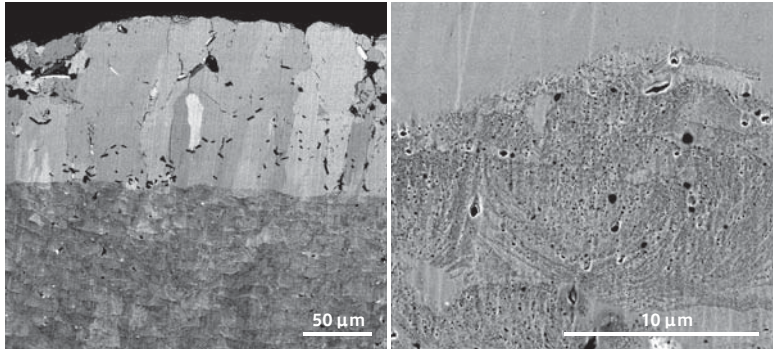
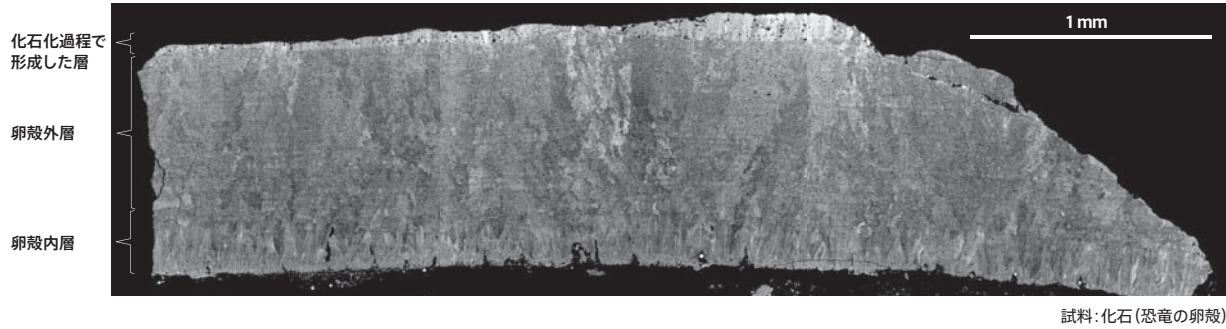


イオンミリング前(FIB加工面)



イオンミリング後(FIB加工面をイオンミリング)

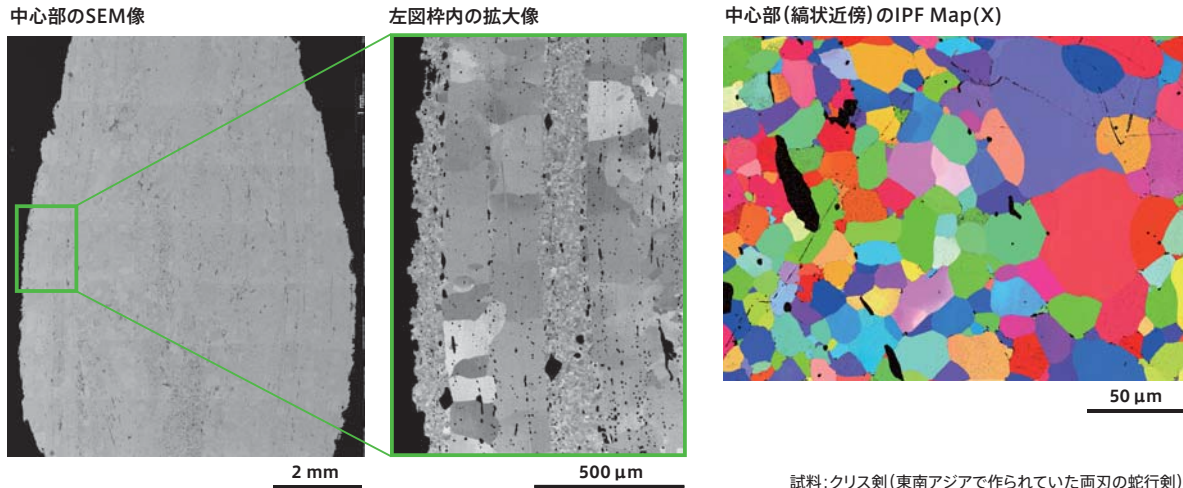
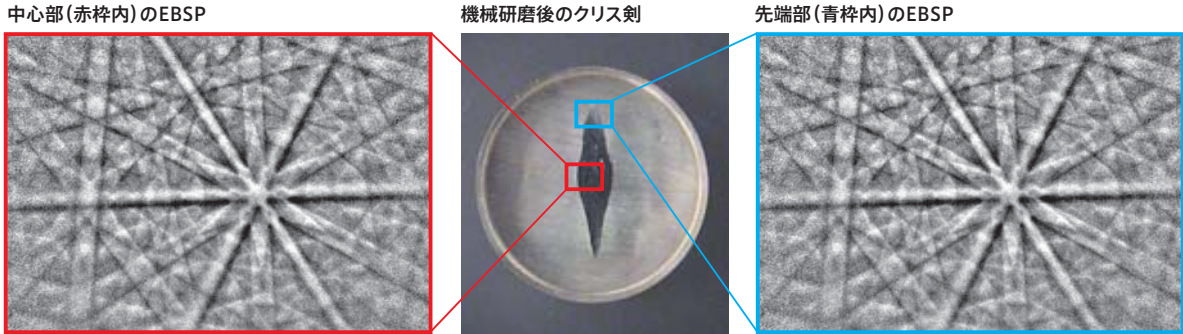
試料: SiCパワーデバイス



脆い試料においても幅5.5 mm、深さ1.5 mm程度の広域で平滑なミリング面が得られました。グレインコントラストから組織の異なる3層構造を確認できます。さらに一部を拡大していくと、無数の気孔が卵殻に存在していることがわかります。

試料ご提供: 東京大学 大気海洋研究所 中島 保寿様

機械研磨後の最終仕上げとして平面ミリングを利用しました。中心部と先端部それぞれから明瞭なEBSPが得られており、中心部では粒径の小さい相と大きな相の縞状組織がSEMおよびEBSDマップから確認できます。このように平面ミリングは断面ミリングではカバー困難な広領域のミリングが可能です。



試料:クリス剣(東南アジアで作られていた両刃の蛇行剣)
試料ご提供:東京藝術大学 北田 正弘 名誉教授

IM4000 II

■主な仕様

項目	内容
使用ガス	Ar(アルゴン)ガス
Arガス流量制御方式	マスフローコントローラー
加速電圧	0.0~6.0 kV
真空排気系	ターボ分子ポンプ(67 L/S)+ロータリーポンプ(135 L/min(50 Hz)、162 L/min(60 Hz))
大きさ	616(W)×736(D)×312(H) mm
質量	本体53 kg+ロータリーポンプ30 kg

■断面ミリング

最大ミリングレート(材料Si)	500 μm/h*1 以上
最大試料サイズ	20(W)×12(D)×7(H) mm
試料移動範囲	X:±7 mm、Y:0~+3 mm
イオンビーム間欠照射機能	イオンビーム間欠照射ON/OFF時間設定範囲 1秒~59分59秒
スイング角度	±15°、±30°、±40°
広域断面ミリング機能	—

■平面ミリング

最大照射範囲	φ32 mm
最大試料サイズ	φ50×25(H) mm
イオンビーム偏心量	X:0~+5 mm
イオンビーム間欠照射機能	イオンビーム間欠照射ON/OFF時間設定範囲 1秒~59分59秒
回転速度	1 rpm、25 rpm
スイング角度	±60°、±90°
イオンビーム照射角度	0~90°

*1:マスクエッジからSiを100 μm突出させて1時間加工した際の値。

■オプション

項目	内容
冷却温度調整機能*2	液体窒素による間接試料冷却、温度設定範囲0~100℃
高ビーム耐性マスク (Co-Zero®)*3	当社標準マスク比で約2倍のビーム耐性マスク (コバルト不含有)
加工モニタリング用顕微鏡	倍率 15×~100× 2眼タイプ、3眼タイプ (CCD対応)

*2:本体同時出荷オプション。冷却温調使用時は、一部機能に制限があります。

*3:Co-Zero®は日本国内における株式会社 日立ハイテクの登録商標です。

■設置条件

項目	内容
室温	15~30℃
湿度	~70%RH 結露しないこと
電源	単相 AC100 V(±10%)、50/60 Hz、1.5 kVA、3Pプラグコード
接地	D種接地(100 Ω以下)

■お客様準備品

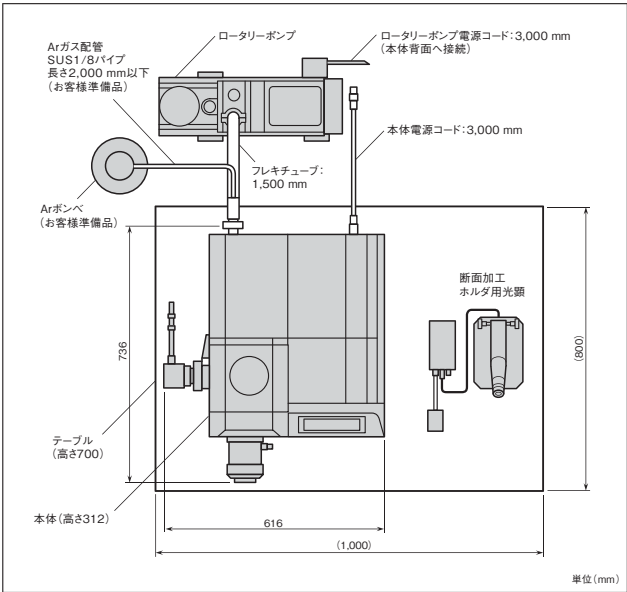
項目	内容
Arガス	純度99.99%
Arガス圧力	0.03~0.05 Mpa
Arガス導入配管*4	1/8インチSUS配管(1/8スウェーじロック対応)、調圧器
酸素濃度計*6	酸素濃度19%以上が確認できるもの
推奨テーブル	1,000(W)×800(D)×700(H) mm以上 設置テーブルの強度が機器の質量に耐えること

*4:Arガス供給設備(Arガスボンベ)と装置間をつなぐ配管です。

供給設備(Arガスボンベ)用の調圧器とあわせてご準備下さい。

*5:アルゴンガスは窒息性がありますので、設置場所には酸素濃度計および換気設備をご準備下さい。

■設置レイアウト例



ArBlade® 5000

■主な仕様

項目	内容
使用ガス	Ar(アルゴン)ガス
Arガス流量制御方式	マスフローコントローラー
加速電圧	0.0~8.0 kV
真空排気系	ターボ分子ポンプ(67 L/S)+ロータリーポンプ (135 L/min(50 Hz)、162 L/min(60 Hz))
大きさ	619(W)×736(D)×312(H) mm
質量	本体53 kg+ロータリーポンプ30 kg

■断面ミリング

最大ミリングレート(材料Si)	1 mm/h*1 以上
最大試料サイズ	20(W)×12(D)×7(H) mm
試料移動範囲	X: ±7 mm、Y: 0~+3 mm
イオンビーム間欠照射機能	イオンビーム間欠照射ON/OFF時間設定範囲 1秒~59分59秒
スイング角度	±15°、±30°、±40°
広域断面ミリング機能*2	標準装備、広域加工設定範囲±5 mm

■平面ミリング

最大照射範囲	φ32 mm
最大試料サイズ	φ50×25(H) mm
イオンビーム偏心量	X: 0~+5 mm
イオンビーム間欠照射機能	イオンビーム間欠照射ON/OFF時間設定範囲 1秒~59分59秒
回転速度	1 rpm、25 rpm
スイング角度	±60°、±90°
イオンビーム照射角度	0~90°

*1: マスクエッジからSiを100 μm突出させて1時間加工した際の値。
*2: 試料移動範囲はX±5 mm。その他の仕様は断面ミリングホルダと同一。

■オプション

項目	内容
冷却温度調整機能*3	液体窒素による間接試料冷却、温度設定範囲0~100℃
高ビーム耐性マスク (Co-Zero®)*4	当社標準マスク比で約2倍のビーム耐性マスク (コバルト不含有)
加工モニタリング用顕微鏡	倍率 15×~100× 2眼タイプ、3眼タイプ(CCD対応)

*3: 本体同時出荷オプション。冷却温度調整時は、一部機能に制限があります。
*4: Co-Zero®は日本国内における株式会社 日立ハイテクの登録商標です。

■設置条件

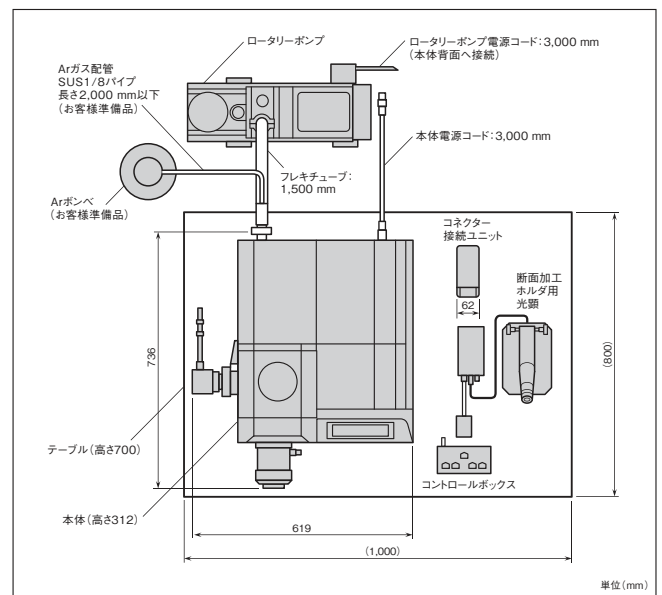
項目	内容
室温	15~30℃
湿度	~70%RH 結露しないこと
電源	単相 AC100 V(±10%)、50/60 Hz、 1.5 kVA、3Pプラグコード
接地	D種接地(100 Ω以下)

■お客様準備品

項目	内容
Arガス	純度99.99%
Arガス圧力	0.03~0.05 MPa
Arガス導入配管*5	1/8インチSUS配管(1/8スウェージロック対応)、調圧器
酸素濃度計*6	酸素濃度19%以上が確認できるもの
推奨テーブル	1,000(W)×800(D)×700(H) mm以上 設置テーブルの強度が機器の質量に耐えること

*5: Arガス供給設備(Arガスボンベ)と装置間をつなぐ配管です。
供給設備(Arガスボンベ)用の調圧器とあわせてご準備下さい。
*6: アルゴンガスは窒息性がありますので、設置場所には酸素濃度計および換気設備をご準備下さい。

■設置レイアウト例



●製造・販売

株式会社 日立ハイテク

本 社 〒105-6409 東京都港区虎ノ門一丁目17番1号
虎ノ門ヒルズ ビジネスタワー

URL www.hitachi-hightech.com/jp/science/

分析機器に関する
各種お問い合わせは... **お客様サポートセンタ (03)3504-6111**

受付時間 9:00~11:50 12:45~17:30 (土・日・祝日および弊社休日を除く)

●保守・サービス

株式会社 日立ハイテクフィールドイング

本 社 〒105-6410 東京都港区虎ノ門一丁目17番1号
虎ノ門ヒルズ ビジネスタワー

URL www.hitachi-hightech.com/hfd/

メンテナンス・消耗品・使い方
に関するお問い合わせは... **お客様サポートセンタ (0120)203-813**

受付時間 24時間受付 E-Mail customercenter.ev@hitachi-hightech.com

⚠ 安全に関するご注意

●ご使用前に「取扱説明書」をよくお読みのうえ正しくご使用ください。

お問い合わせは—

●このカタログに掲載した製品は、改善のため外観または仕様の一部を予告なく変更することがあります。
●Copyright(C) Hitachi High-Tech Corporation 2023 All rights reserved.