

Model 682

精密エッチング  
コーティングシステム(PECS™)

Met-Etch



Ion  
Beam  
Coater



サンプル洗浄またはエッチング後の精密スパッタコーティングを必要とするすべての用途にとって理想的な装置。PECSは、走査電子顕微鏡(SEM)、透過型電子顕微鏡(TEM)、光学顕微鏡(LM)用の、非常に広範囲且つクリーンな観察領域をもつ試料を作製することが可能な、イオンビームを用いたエッチング及びスパッタコーティングを行う独自のシステムです。

この完璧な試料作製モジュールは、電子顕微鏡での試料観察の新しい次元を開きます。通常の方法では決して、このPECSが可能にする広範囲における精密な構造観察や正確なエッチングを行うことは出来ません。早く、そして効率的に。PECSは試料移動、試料汚染を最小にし、処理能力を向上させることを目的として、単一の真空チャンバーを有するようデザインされています。操作性を向上させ、経験の浅い方でも簡単に操作できるように工夫しています。

### イオンソース

3つの独立したイオンソースを用いて、高い試料処理能力と正確性を実現しています。一つ目のイオンガンはエッチング用に、他の二つのイオンガンは試料上に導電性を有するアモルファス超薄膜をスパッタするのに用いられています。コンパクトなイオンソースは、最小のガス供給で非常に高いスパッタレートを実現しています。イオンガンの設計は非常にシンプルであり、絞り等の消耗品を事実上無くしました。PECSは不活性、活性両方のイオンを用いることが可能です。ある場合には、アルゴン、クリプトン、キセノン等の不活性ガスを用いることで、最高の結果が得られます。

他方、特に半導体試料においては、ヨウ素イオンビームを用いたPECS Reactive Ion Beam Etching(RIBE)システムを用いると、さらにハイクオリティな試料を作製することが可能です。

### Whisperlok™ ステージ

特許 Whisperlok™ 機構により、試料交換を格段に速く行うことが出来ます(1分以内)。また、独自の固定/回転機能により、均一なエッチングと均一な厚さの均質なコーティングを行うことが可能です。試料ホルダーには、ほとんどの標準的なSEM試料台、また1インチの標準金属マウントを載せることができます。オプションのTEMアダプターを用いれば、ほとんどのサイドエントリー方式のTEMまたはSEM試料ホルダーを直接チャンバー内に挿入することが可能となります。

### ターゲット

二つのターゲット交換機構により、ユーザーの皆様は真空を破ることなく、数秒以内に4種類のターゲット材料の中から1つを選択することが出来ます。標準ターゲットは、C-Cr、W-Au/Pdですが、どれも様々な種類のターゲット材料と交換可能です。コーティング時間はターゲット材料、イオンビームエネルギー、コーティング

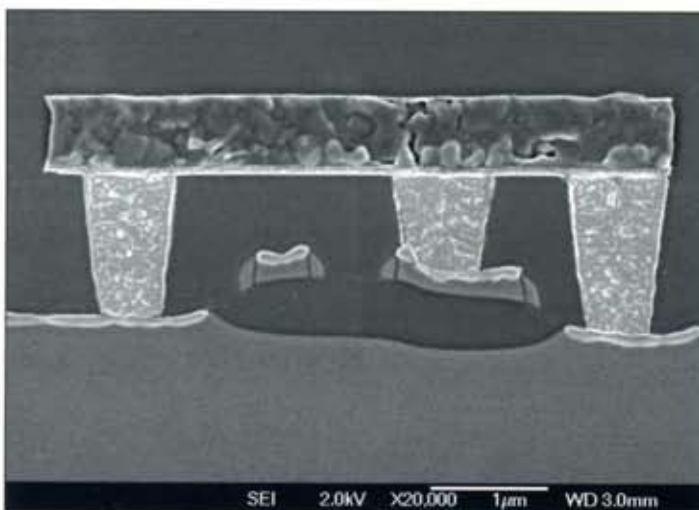
膜厚によって、約10秒から2分となっております。チャンバー内でそれぞれのターゲット同士が汚染しあわないよう、各ターゲットが未使用時には完全にシールドされるように設計されています。

### 回転式シャッター

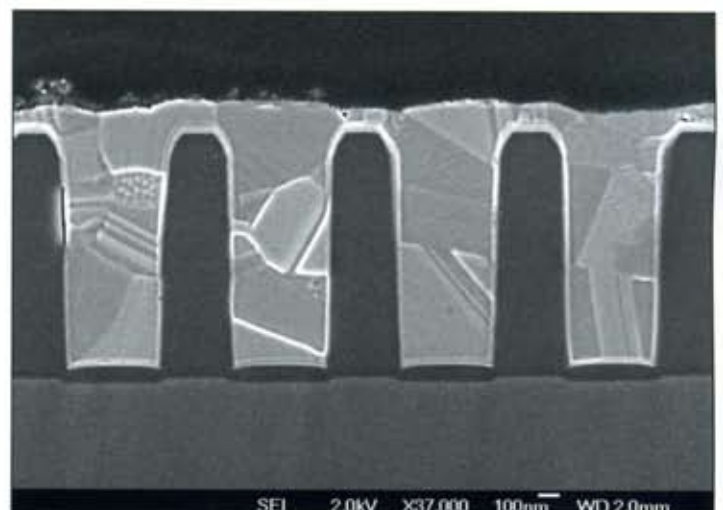
回転式シャッターにより、エッチングイオンビームやスパッタされたターゲット材から試料をシールドします。通常、イオンガンのセッティング時やターゲットのクリーニング時には、試料を完全にシールド出来ます。エッチングやコーティング終了時には、シャッターを閉じ、速やかに行程を終了することが可能です。

### 膜厚モニター

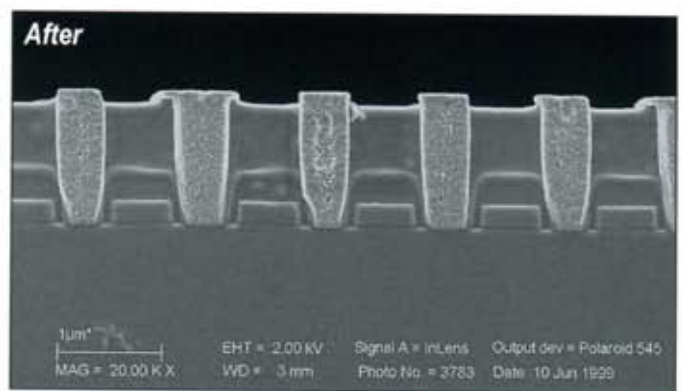
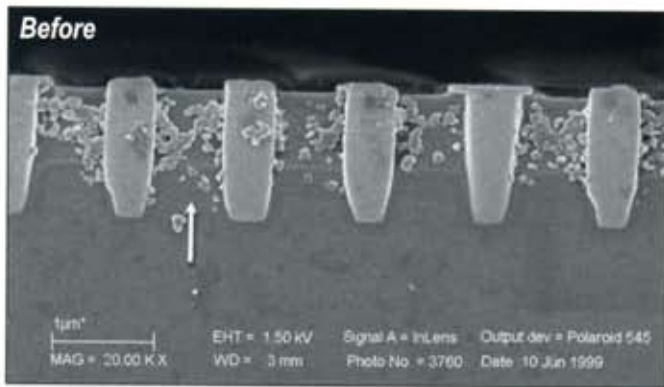
膜厚モニター(FTM)はPECSパッケージに標準装備されています。FTMはコーティング中の成膜率と全膜厚を直接ディスプレイすることにより、成膜プロセスを高度に制御することが可能となりました。膜厚を計測するプローブは試料から少しはなれたところに配置され、計器によるオフセットを補正するようプログラムされています。FTMとプローブにより、コーティング中の連続膜厚計測が可能になりました。



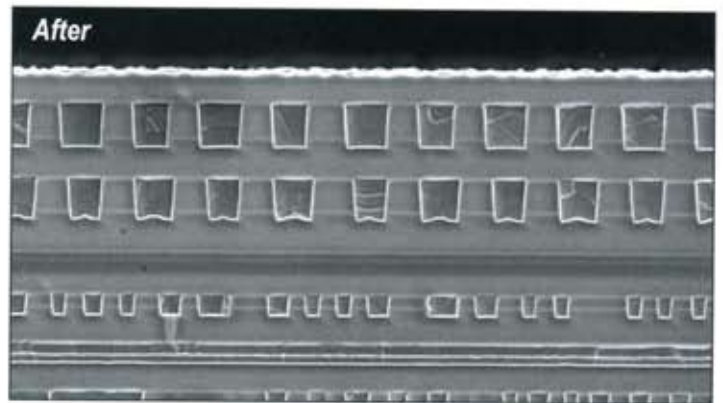
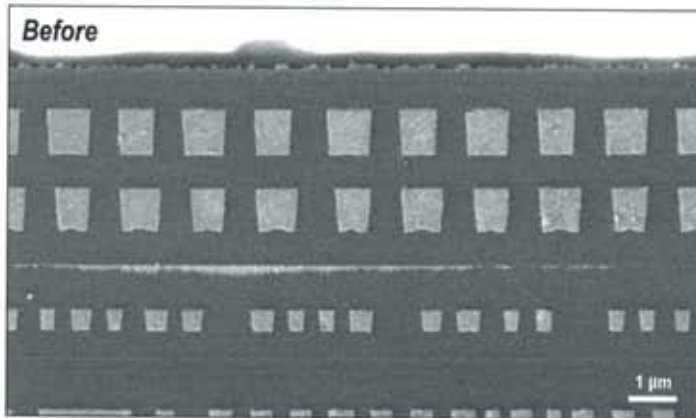
1. ヨウ素RIBEを用いてPECS内でエッチング処理した、機械研磨後のマイクロプロセッサ試料のFESEM像。



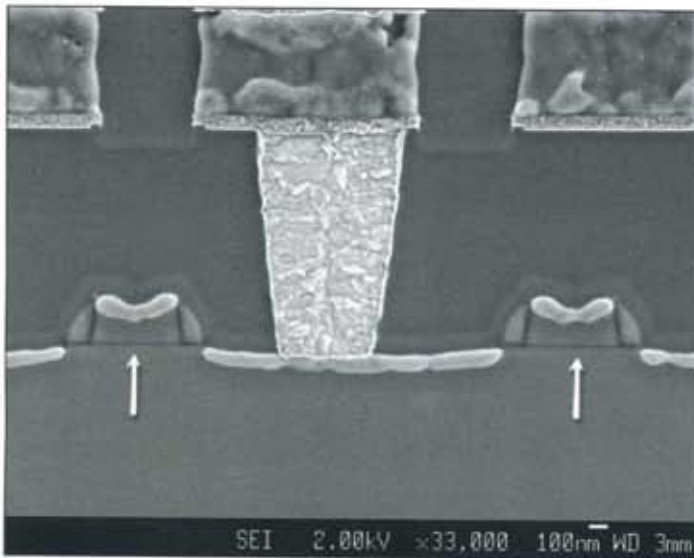
2. 1分間のArイオンエッチングを行ったCuコンタクトのFESEM像。試料はエッチング前にイオン研磨されている。TaN/バリア層とCuコンタクトの鮮明な微構造にご注目下さい。



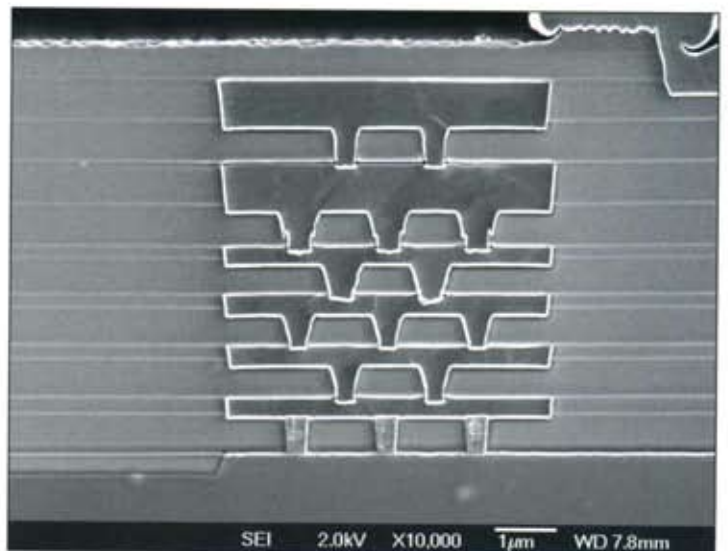
3. 機械研磨されたICウェハーのエッチング“前”と“後”のSEM像。左の像には、機械研磨の残がいやコンタミネーションが存在するが、エッチング後(右の像)には、清浄かつ鮮明な微細構造があらわれている。



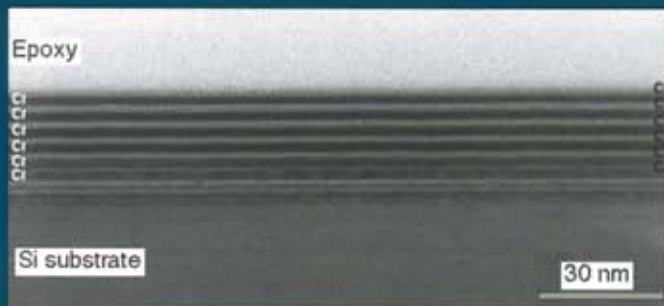
4. 機械研磨後の、Cuの金属層を有するICウェハー断面試料の、エッチング前と“後”のSEM像。エッチングにより、CuレイヤーとTaNバリア材の微細構造がより鮮明にあらわれている。



5. ヨウ素RIBEを用いて、PECS内でエッチング処理を行ったマイクロプロセッサのFESEM像。タングステンプラグとトランジスタ(矢印参照)の詳細な構造にご注目下さい。試料はエッチングの前に機械的に研磨しています。



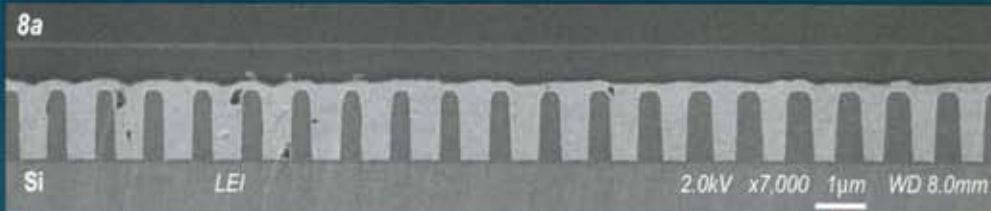
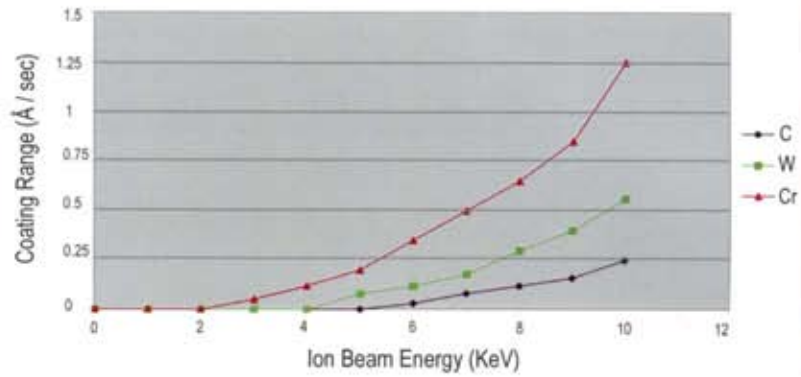
6. PECSでイオンビームエッチングした後のCu金属レイヤーFESEM像。CuレイヤーとTaNバリアーメタルの微細構造が明瞭に観察できます。試料はエッチング前に機械研磨を施しています。



7. IBCにより作製したSi基板上的Cr/C積層レイヤーの断面TEM像。  
CrとCはそれぞれコントラストの暗部と明部に対応している。  
その均質性と再現性は明らかである。

### 各種ターゲット材のコーティングレート

Gatan Model 681.20000 膜厚モニターによって膜厚をモニターして得られたコーティングレート



8. PECSで様々な処理を施した後のSi基板上的CuコンタクトのSEM像。

Figure 8a は、イオン研磨後、エッチングする前の像。試料はチャージアップを防ぐため、Ptを20Åコートしている。

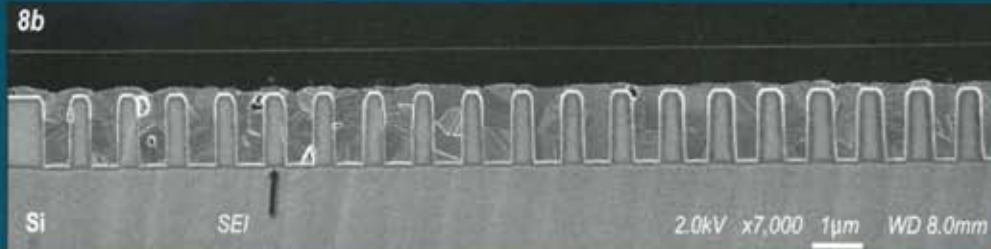


Figure 8b はFigure 8a と同じ試料であるが、イオンビームエッチングのみで、コーティングしていない像。矢印でしめすように、Cuコンタクト間のSiO<sub>2</sub>エリアが若干チャージアップしている。

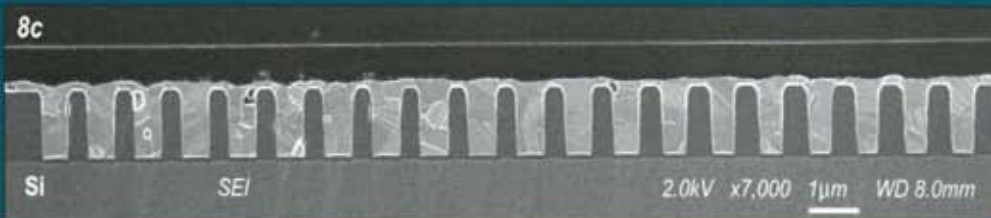
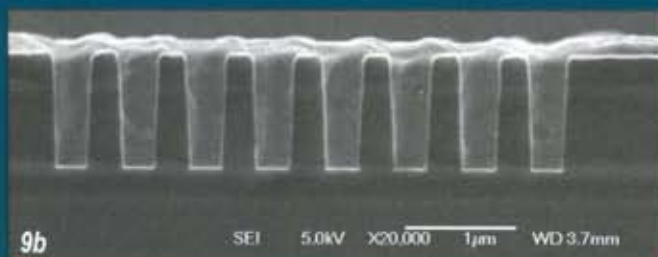
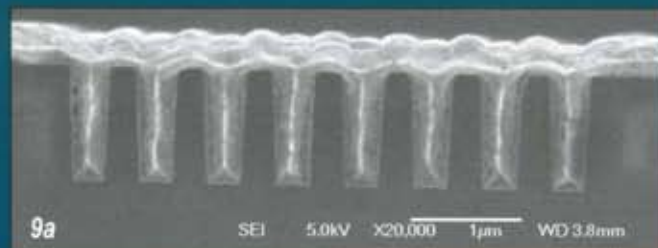
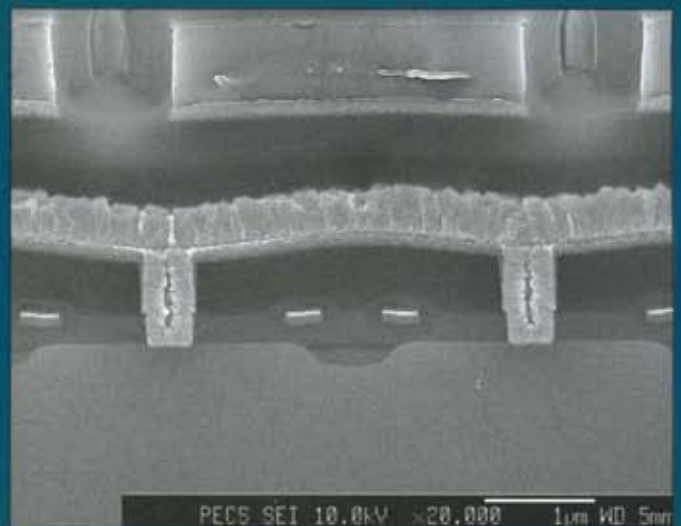


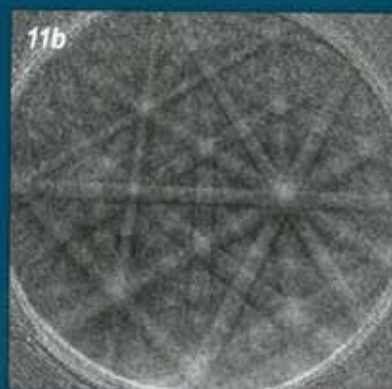
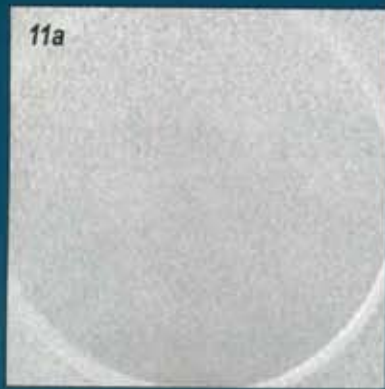
Figure 8c はFigure 8b と同じ試料であるが、20Åのコーティングを施したものの、チャージアップを防いでいる様子が見てとれる。



9. へき開したSi基板上的Cuコンタクトのエッチング前(9a)と後(9b)のSEM像。  
すべての塑性変型したCuのエリアが除去され、バリアレイヤーとCuコンタクトの詳細な構造が明瞭に観察されている。

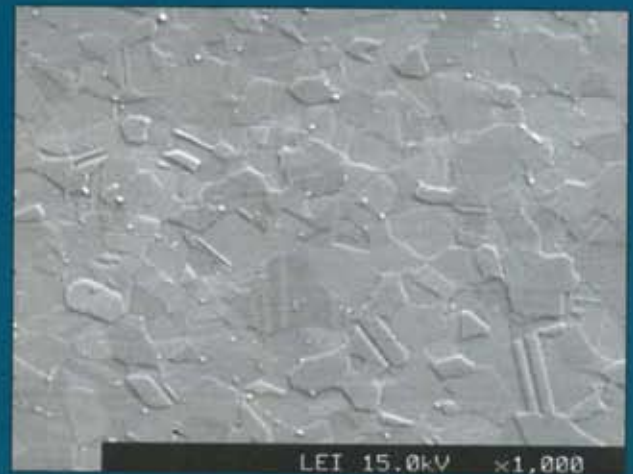
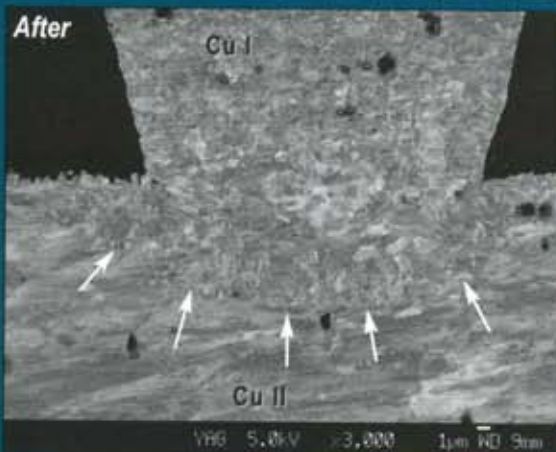


10. PECS内でエッチングとPtコーティングを施した後のタングステンプラグと他の構造を有するへき開後のICデバイス。



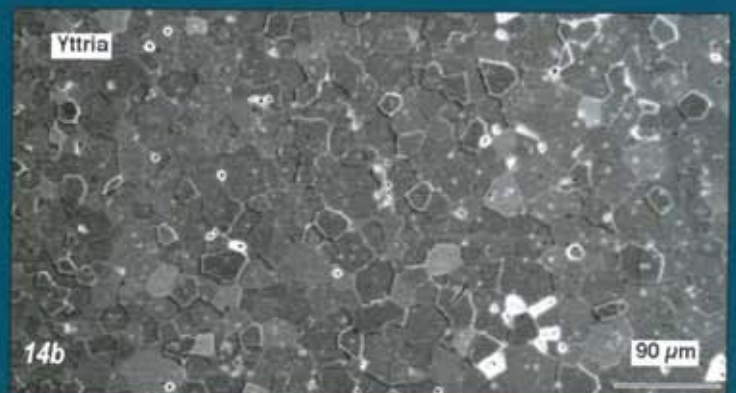
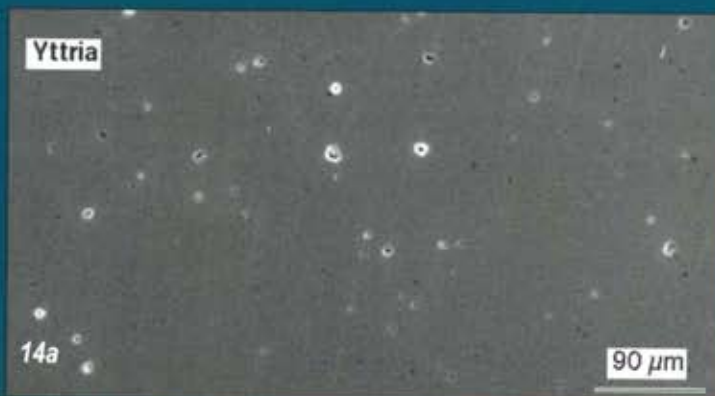
11. OIM分野でのPECSの応用例。

Figures 11a と 11b は、機械研磨した後、イオンビーム表面洗浄とエッチングを行う前(11a)と行った後(11b)の試料から得られたEBSDパターンを比較したもの。 Figure 11c にOIMイメージを示す。



12. 湿式化学エッチングではエッチングするのが困難な、718合金をイオンビームエッチングした後のSEM像。

13. エッチング前後でのCuの接合部分のSEM像(Cu I & Cu II)。PECSエッチングにより、Cuの粒径や組織が全く異なることが明らかとなった。矢印で示すように、エッチング後に接合界面が明瞭に観察されている。



14. イオンエッチング前(14a)後(14b)の機械研磨されたイットリアのSEM像。

エッチングにより粒界が明瞭に観察できる(Fig. 14b)。

左から右に粒のサイズに傾斜があることが明らかとなった。

# 高分解イオンビームコーター

イオンビームコーター(IBC)は、このパンフレットの別のページで紹介されています。多機能PECSの、特にコーティング専用版といった特徴を有しております。この高分解イオンビームを用いたスパッタコーティングシステムは、FESEM、TEMアプリケーションにとって理想的な均質なアモルファス超薄膜を成膜することが可能です。このコーティングは特に、最新の高分解能FESEMシステムにとって大きな利点を有します。他のコーティングシステム(熱蒸着、アーク、マグネトロンもしくはRFスパッター)などは、膜が粗く、構造があり、試料本来の構造をばやけさせてしまいます。イオンビームコーターは多種多様なコーティング材を用いて、雰囲気制御下で、アモルファス且つ酸素フリーな膜を何度も成膜することが可能です。

## Whisperlok™ ステージ

イオンソース、Whisperlok™試料交換機構、シャッターなどの利点は、PECSの技術を用いています。詳しくはこのパンフレットのPECSの欄を御参照ください。

## ターゲット

標準イオンビームコーターには、真空を破ることなく素早く簡単にターゲットを換えることの出来るターゲットチェンジ機構が一機搭載されています(この機構は2種類のターゲットから1つを選べます)。標準ターゲットはCとCrであります。もちろん他の多種多様なターゲット材を使用することが出来ます。オプションでさらに一機ターゲットチェンジ機構を搭載可能です。

Gatanイオンビームコーターは高精度のコーティングを素早く簡単に行うことを可能にする、効率的且つ信頼性の高いコンパクトなベンチトップタイプの装置です。この装置がご提供する、欠陥フリーな超微粒アモルファス薄膜は、今日の高分解能FESEMの分野にとって、理想的です。

## 仕様

|                      |  |
|----------------------|--|
| イオンソース               | 小型希土類磁石付ベニングガン二機   |
| イオンガン                | 1.0keV~10.0keV   |
| イオンビームエネルギー          | 約1mm (FWHM)  |
| ビーム径                 | 10mA/cm <sup>2</sup> ピーク   |
| イオン電流密度              | アルゴン1cc/分/ガン   |
| ガス効率                 |  |
| <b>エアロックアセンブリ</b>    |  |
| サンプルホルダー             | 1インチの金属台、ほとんどのSEM台の使用可   |
| 試料回転                 | 可変 10~60rpm  |
| 試料傾斜                 | 固定もしくは可変ロッキング角度(0° - 90°)  |
| 試料ロッキング              | 可変スピード 5° /秒~36° /秒  |
| オプション                | サイドエントリー方式のTEM、SEMホルダー用アダプター   |
| <b>コーティング</b>        |  |
| コーティング率              | 10keV: カーボン 約0.5Å/秒, Cr 約1.5Å/秒  |
| コーティング領域             | 直径1インチ以上、均一な成膜可  |
| ターゲットホルダー            | 二種類のターゲットを有するターゲットホルダー一機   |
|                      | 真空下での交換可   |
| ターゲット材               | 標準ターゲット: C, Cr   |
|                      | オプション: Ir, Pt, Ta, Ti, Au, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Quartz, W, Au/Pd |
| <b>真空系</b>           |  |
| ドライポンプシステム           | 2ステージのダイアフラムポンプ(背圧)と分子ドラッグポンプ  |
| 圧力                   | Base 5E-6 Torr(6.6E-4 Pa),<br>Under operation 6E-5 Torr(8E-3Pa)              |
| 真空ゲージ                | コールドカソード(メインチャンバー)<br>固相真空計(背圧)  |
| airlock              | Gatan Whisperlok™, 試料交換時間 <1min  |
| 液体窒素トラップ             | 約5時間の容量(標準)  |
| <b>寸法とユーティリティ</b>    |  |
| 全寸法                  | 560mmW×480mmD×430mmH   |
| 輸送重量                 | 45kg   |
| 電力量                  | 使用時200W、ガン未使用時100W   |
| 電源                   | 100VAC-240VAC、50-60Hz(ユーザー指定)  |
| ガス                   | アルゴン 70psi(4.82bar)  |
| <b>保証</b>            | 1年   |
| <b>オーダーインフォメーション</b> |  |
| 681                  | イオンビームコーター   |
| 681T                 | インストールとトレーニング(オプション)   |
| 681.19083            | リデュースング チューブ(TEMアダプターに必要)  |
| 681.20000            | 膜厚モニターコントローラー  |
| 681.20200            | 膜厚プローブ(フロントポートスタイル)  |
| 682.10002.FR         | ターゲットアクチュエーターアセンブリ(右)  |

# Ion Beam Coater

# Met-Etch : 金属材料の試料調整

Met-Etchは多機能PECS™の金属試料作製のイオンビームエッチング装置です。スパッタコーティングを必要としない金属試料作製の経済的な次世代装置です。走査型電子顕微鏡(SEM、もしくは高分解能FESEM)と光学顕微鏡(LM)に応用できます。質の高い試料を、清浄な環境で的確に制御することで、再現性良く作製出来ます。湿式化学エッチングに付随する不確かさやコストの問題が無く、きれいにエッチングすることが出来ます。

主な応用例は金属組織、合金、セラミックスです。この装置は、試料の広い領域をカバーできる湿式化学エッチング法の代替、あるいはその補助として使用できます。イオンビームエッチングは、洗浄やエッチングが必要なほとんどの試料に対して理想的な装置です。

化学的な手法とは異なり、本手法は異なる材料からなる構造や複合材をエッチングするのに理想的な、選択性の無い、均一なエッチング法を提供します。他の応用分野としては、"チャンネルング" コントラストや、EBSD、OIM用のSEM試料作製です。

Met-Etchは実地的に証明されたPECSとイオンビームコーターの高い性能と信頼性に基いています。本システムに装備されているイオンソース、Whisperlok™、シャッター機構の詳しい特徴とその利点はこのパンフレットのPECSの欄を御参照ください。

## Met-Etchの利点

- 湿式の化学薬品が不必要
- 制御された再現性の高い結果
- 少ない試料操作
- コンタミネーションフリー
- 高い作製効率
- 単純且つ簡単な操作
- 低コスト
- 化学廃棄物が無い

## Met-Etchの特徴

- 特許Whisperlok™機構が試料を回転、振動させ、均一なエッチングを可能にします。
- 反応性イオンビームエッチング(RIBE system)

## 仕様

### イオンガン

|          |                                 |
|----------|---------------------------------|
| イオン源     | ベニングガン1基                        |
| イオンエネルギー | 1.0keV~10.0kV                   |
| ビーム径     | 約5mm FWHM                       |
| イオン電流密度  | 10mA/cm <sup>2</sup> ピーク        |
| ガス効率     | アルゴン 0.1cc/分/ガン                 |
| エッチング領域  | 約直径7-10mm                       |
| エッチングレート | 10.0keVで、Si: 約10μm/h, W: 約3μm/h |

### エアロック アセンブリー

|         |                                |
|---------|--------------------------------|
| ホルダー    | 1インチの金属性マウントと殆どのSEM台           |
| 試料回転    | 可変(10~60rpm)                   |
| 試料傾斜    | 固定もしくは振動(0~90°)                |
| 試料ロックング | 可変(5°/秒~36°/秒)                 |
| オプション   | サイドエントリー式のTEM、SEMホルダー用アダプター使用可 |

### 真空系

|            |   |
|------------|---|
| ドライポンプシステム | 分子ドラッグポンプ<br>背圧...ステージダイヤフラムポンプ                                 |
| 圧力         | Base 5E-6 Torr(6.6E-4 Pa),<br>Under operation 6E-5 Torr(8E-3Pa) |
| 真空ゲージ      | コールドカソード(メインチャンバー)<br>固相真空計(背圧)                                 |
| 試料交換       | Gatan特許 Whisperlok™による簡便な試料脱着<br><1分<br>ヨウ素の排出量を安全なレベルに抑える      |

### サイズ/ユーティリティー (予告無く変更する場合があります)

|      |  |
|------|--|
| 寸法   | 560mmW×480mmD×430mmH   |
| 出荷重量 | 45kg   |
| 電力   | 200W (イオンガン未使用時100W)   |
| 電源電圧 | 100~240VAC, 50/60Hz (ユーザー指定)   |
| ガス   | アルゴンガス 4.82 bar(70psi)<br>ヨウ素 (結晶状態 ユーザー個人で入手してください)<br>他のガス (不活性) 1.38 bar(20psi)<br>ヨウ素ガスを用いた反応性イオンビームエッチング<br>(ヨウ素の結晶はユーザー供給) |

### 保証

1年

### オーダー・インフォメーション

683  
683T  
681.19083

Met-Etch  
インストールとトレーニング(オプション)  
リデュース チューブ(TEMアダプターに必要)

## PECS™の利点:

- 湿式化学エッチングの代替あるいはその補助
- 高い再現性(イオンガン電圧、イオンビーム電流、エッチング時間)
- エッチングとコーティングを同じ真空チャンバーで行うことにより、試料操作が少なくよい
- エッチング後直ちにコーティングできるので、コンタミネーションが無い
- 高い作製効率
- 簡便な操作性
- 化学廃棄物が無い

## 主な特徴:

- 特許 Whisperlok™ 機構による簡便且つ迅速な試料交換
- 特許 Whisperlok™ 機構が試料を回転、振動させ、均一なエッチングを可能にします。
- 反応性イオンビームエッチング(RIBE system)

## 仕様

### イオンソース

イオンガン  
イオンビームエネルギー  
ビーム径

小型希土類磁石付ベニングガン3機  
1.0keV~10.0keV  
エッチング: 約5mm (FWHM)  
スパッタリング: 約1mm (FWHM)  
10mA/cm<sup>2</sup> ピーク  
アルゴン1cc/分/ガン  
約直径7-10mm  
10.0keVで、Si: 約10μm/h, W: 約3μm/h

イオン電流密度  
ガス効率  
エッチング領域  
エッチングレート

### エアロックアセンブリ

サンプルホルダー  
試料回転  
試料傾斜  
試料ロッキング  
オプション

1インチの金属台、ほとんどのSEM台の使用可  
可変 10~60rpm  
固定もしくは可変ロッキング角度(0° -90° )  
可変スピード 5° /秒~36° /秒  
サイドエントリー方式のTEM、SEMホルダー用アダプター

### コーティング

コーティング率  
コーティング領域  
ターゲットホルダー

10keV: カーボン 約0.5Å/秒, Cr 約1.5Å/秒  
直径1インチ以上、均一な成膜可  
二種類のターゲットを有するターゲットホルダー—機  
真空下での交換可  
標準ターゲット: C, Cr  
オプション: Ir, Pt, Ta, Ti, Au, Al, O<sub>2</sub>, Quartz, W, Au/Pd  
標準: コーティングレートと膜厚をディスプレイ

ターゲット材

膜厚モニター

### 真空系

ドライポンプシステム  
圧力

2ステージのダイアフラムポンプ(背圧)と分子ドラッグポンプ  
Base 5E-6 Torr(6.6E-4 Pa),  
Under operation 6E-5 Torr(8E-3Pa)  
コールドカソード(メインチャンバー)  
固相真空計(背圧)  
Gatan Whisperlok™, 試料交換時間 <1min  
約5時間の容量(標準)  
ヨウ素の排出量を安全なレベルに抑える

真空ゲージ

airlock  
液体窒素トラップ  
活性炭素フィルター

### 寸法とユーティリティ

全寸法  
輸送重量  
電力量  
電源  
ガス

(予告無く変更する場合があります)  
560mmW×480mmD×430mmH  
45kg  
使用時200W, ガン未使用時100W  
100VAC-240VAC, 50-60Hz(ユーザー指定)  
アルゴン 70psi(4.82bar)  
他のガス(不活性) 1.38 bar(20psi)  
ヨウ素ガスを用いた反応性イオンビームエッチング  
(ヨウ素の結晶はユーザー供給)

保証

1年

### オーダーインフォメーション

Model No.  
682  
682.T

Description  
PECS  
インストールとトレーニング(オプション)

This publication is the copyright of Gatan Inc. and contains information which may not be used or reproduced unless agreed by the company in writing. Gatan Inc. has a policy of continued improvement. The company reserves the right to alter, without notice, the specification, design or conditions of supply of any product or service. PECS is a registered trademark of Gatan Inc.

©Gatan Inc. 2001. All rights reserved.



www.gatan.com

## Gatan Inc.

Corporate Office  
Western USA Sales  
5933 Coronado Lane  
Pleasanton, CA 94588  
Tel. (925) 463 0200  
Fax. (925) 463 0204  
Contact: info@gatan.com

## Eastern USA Sales

780 Commonwealth Drive  
Warrendale, PA 15086  
Tel. (724) 776 5260  
Fax. (724) 776 3360  
Contact: pmiller@gatan.com

## Gatan GmbH

Ingolstädterstr. 12  
D-80807 München  
Germany  
Tel. +49 89 358084-0  
Fax. +49 89 358084-77  
Contact: mfels@gatan.com

## Gatan UK

Ferrymills 3  
Osney Mead  
Oxford, OX2 0ES  
United Kingdom  
Tel. +44 (0)1865 253630  
Fax. +44 (0)1865 253639  
Contact: ukinfo@gatan.com

## Gatan France

PRINCETON Instruments SARL  
3bis, Chemin du Haut Breuil  
78113 GRANDCHAMP  
FRANCE  
Tel: +33 1 34944407  
Fax: +33 1 34871668  
Contact: dmonville@gatan.com

## 日本ガタン

〒135-0033  
東京都江東区深川 2-8-19  
サクライビル 3階  
Tel: 03-5636-2772  
Fax: 03-5639-2763  
Contact: rabara@gatan.com

## Gatan Singapore

371 Beach Road  
#02-03 Keypoint  
Singapore 199597  
Tel: +65 2933160  
Fax: +65 2933307  
Contact: frankyfl@singnet.com.sg

## Gatan On-line

http://www.gatan.com  
info@gatan.com  
help@gatan.com