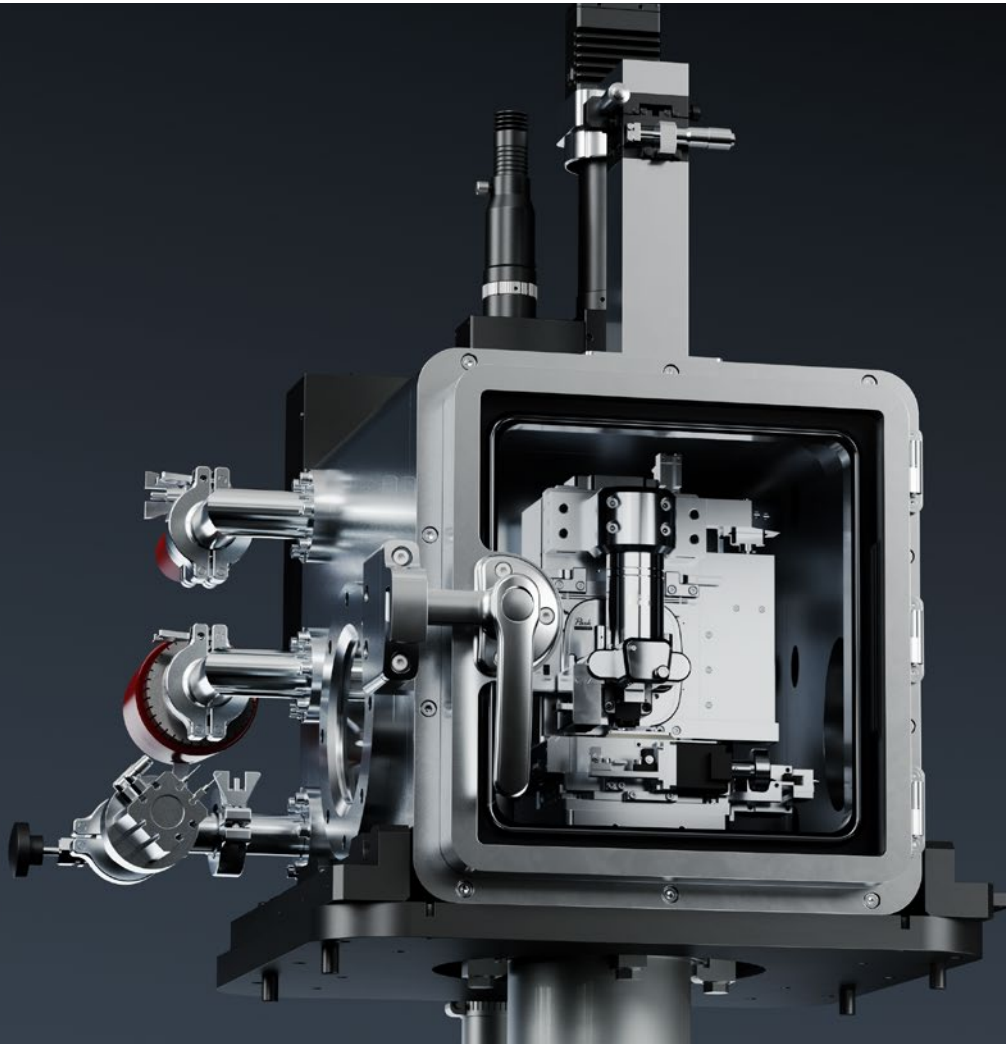


Park NX-Hivac

故障解析と空気感受性の高い材料を扱う研究のための理想的な選択



Park
SYSTEMS

NX-Hivac高真空原子間力顕微鏡 (AFM) は、最先端の半導体および材料研究向けに設計されており、空気感受性の高いサンプルの精密なナノスケール分析を可能にします。クリーンかつ安定した測定条件を提供することで、NX-Hivacは学術・産業両方の研究室で信頼のおけるプラットフォームとしての地位を確立しています。

NX-Hivacの中核をなすのは、高真空AFM機能で強化されたパーク独自の直交スキャンシステムとTrue Non-Contact™ (完全非接触) モードです。これらの技術を組み合わせることで、デリケートなサンプルを保護し、周囲環境や乾燥窒素 (N₂) 条件下では困難な、表面形状、機械的特性、電気的特性の正確な特性評価が可能になります。

半導体デバイスから空気感受性の高い材料まで、NX-Hivacは一貫した性能と信頼性の高い結果を提供します。本装置は、高度なモードや自動真空制御などの機能に対応しており、研究者に高真空AFM研究に向けた包括的なソリューションを提供します。

NX-Hivac - 主な特長

高真空AFM機能

- 安定した高真空環境
- 空気感受性の高い材料の特性分析
- モーター駆動式光検出器 (A-B) アライメント
- 自動真空制御
- 真空状態を保持したままの複数サンプルローディング

AFMの卓越したパフォーマンス

- True Non-Contact™ (完全非接触) モード
- 直交性に優れたスキャンシステム
- 高速Zサーボ・スピード
- 簡単なプローブ交換
- AFMモードの豊富な選択肢

Park NX-Hivac

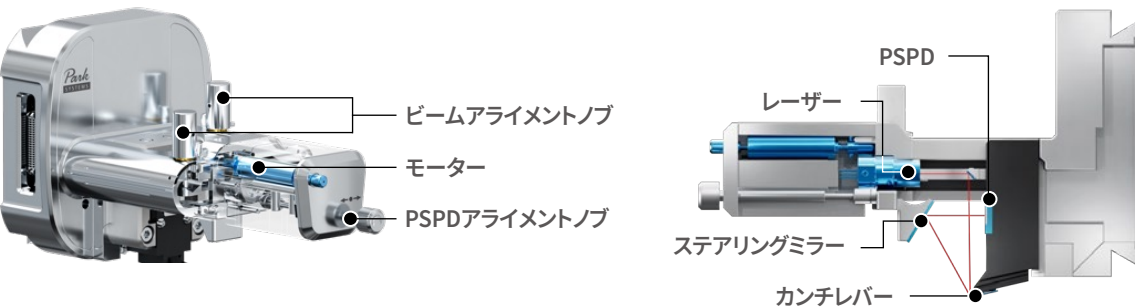
空気感受性の高い材料に特化

NX-Hivac高真空制御

NX-Hivacは信頼性の高いナノスケール測定のための高真空環境を提供します。環境による干渉を排除することで、大気や乾燥窒素 (N₂) 環境を超えた高度な研究が可能になります。このチャンバー (内寸250mm×320mm×270mm) は、5分未満で10⁻⁵ Torrの真空度に到達します。

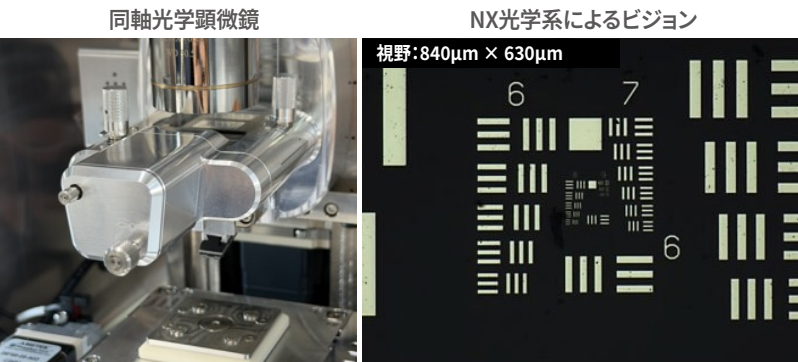
モーター駆動式光検出器 (A-B) アライメント

このシステムは、低コヒーレンス照明にスーパーリミネッセントダイオード (SLD) を採用しており、光学干渉を最小限に抑え、画像の鮮明度を向上しています。ビームおよび位置検出型光検出器 (PSPD) のアライメントノブを用いたX-Y方向の直接制御により、正確なビーム光軸合わせが実現します。また、PSPDのA-B軸アライメントは、チャンバーを開けることなく真空中で行うことができるため、利便性がさらに向上しています。



同軸光学顕微鏡

高出力の軸上光学顕微鏡により、試料表面を鮮明に観察できます。ソフトウェア制御のLED光源が試料表面を照らし、観察性を向上させます。

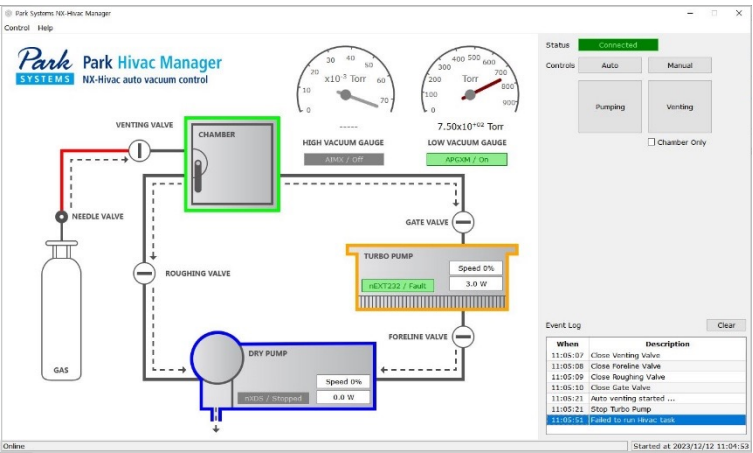


低放出ガスチャンバー素材

NX-Hivacのチャンバーは、高真空条件下での放出ガスを最小限に抑えるよう最適化された材料で構成されています。この設計により、排気時間が短縮されて安定した真空環境を維持できるため、一貫性と信頼性の高い測定性能を確保できます。

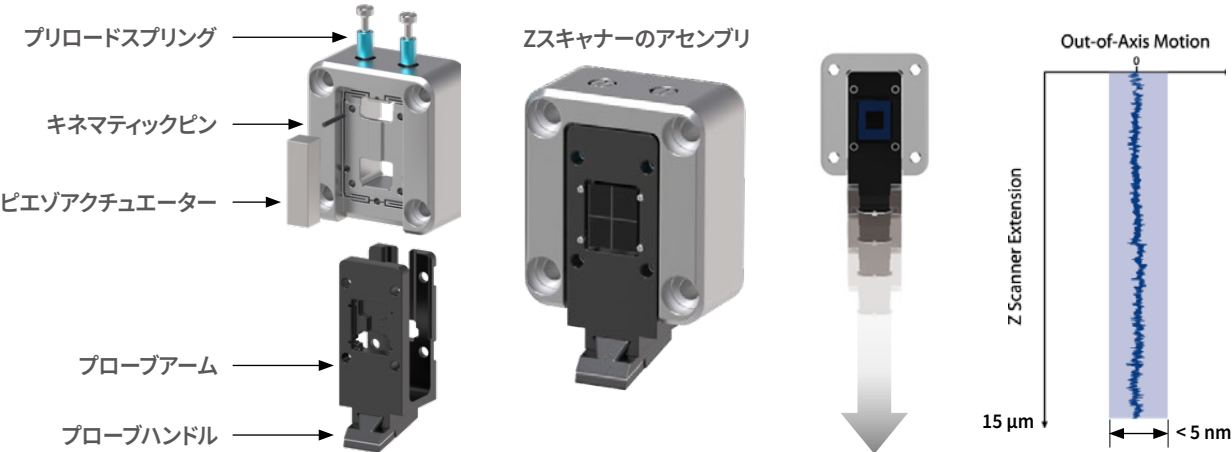
Hivac Manager

Park Hivac Managerは、ワンクリックで排気と大気開放を行うことができるため、真空操作が迅速かつ容易なプロセスに合理化できます。このソフトウェアは、シーケンスの各ステップの明確な視覚化と、ワークフローの自動化によってオペレータの作業負担を軽減し、全体的な効率を向上します。



改善されたZスキャンの直進性

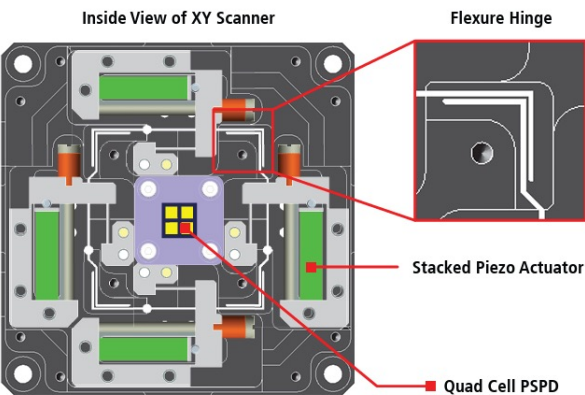
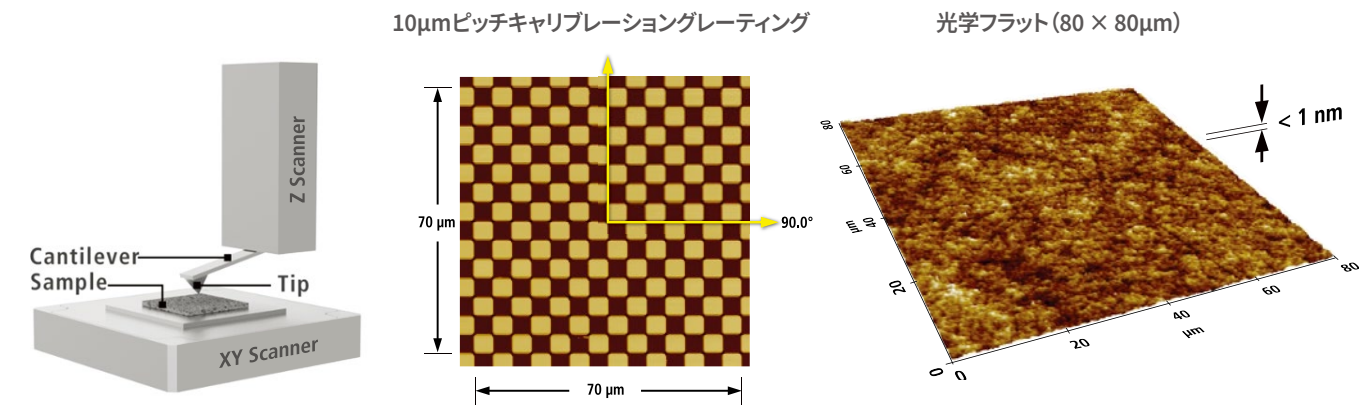
Park NXシリーズZスキャナーは、使用可能範囲全体で0.1%以内の真直度を維持し、15μmの最大伸長時でも軸外方向の動きは5nm未満です。予圧スプリング、キネマティックピン、ピエゾアクチュエーターを組み合わせたコンパクトな構造は、ドリフトを最小限に抑え、信頼性が高く歪みが生じないナノスケール測定のための正確な垂直運動を保証します。



Park AFMテクノロジー

直交スキャン

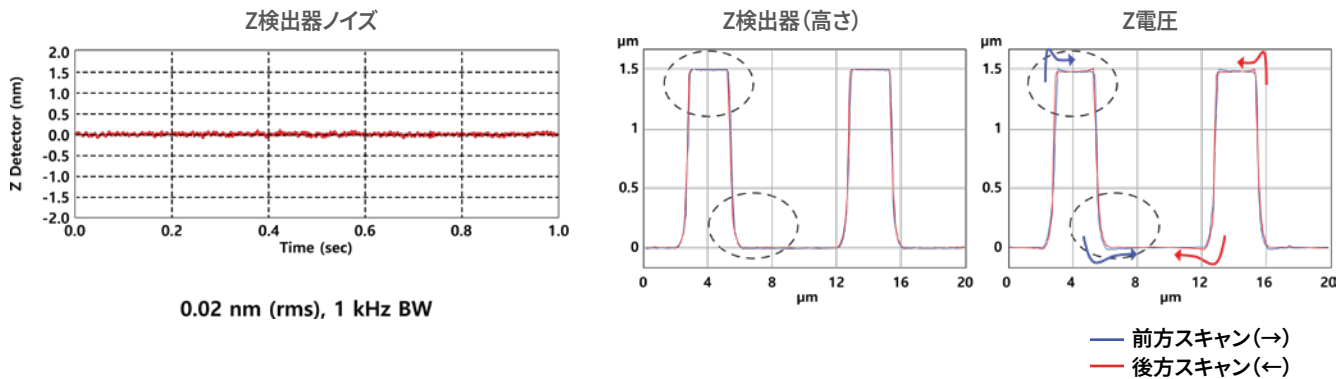
チューブスキャナーを備えた従来のAFMは、面外方向の運動と軸のクロストークの影響を受け、特に広いスキャンエリアでは画像の歪みが生じます。NX-Hivacは、すべてのPark AFMと同様に、フレクシャガイド式アーキテクチャを採用した高度な直交スキャンシステムを搭載しています。2Dフレクシャスキャナーが試料をXY平面内で移動させ、別個の1DフレクシャスキャナーがプローブのZ軸の運動を制御します。XYフィードバック用の低ノイズ光学センサーとZ制御用の超低ノイズひずみゲージセンサーを備えた分離型スキャナーシステムにより、面外方向の動きを最小限に抑え、高い直交性と直線性を持つスキャンと高速な動的性能を実現します。



XYスキャナは、積層ピエゾアクチュエーターとフレクシャーヒンジ構造を採用することで、垂直干渉のないフラットで純粋な水平運動を実現するように設計されています。ポジションセンサーはスキャナーの中央に配置され、サーボ制御に対する直接的なフィードバックを提供し、スキャンエリア全体の位置決め誤差を最小限に抑えます。この設計により、大きな試料をスキャンする場合でも、一貫した精度と安定性が確保されます。

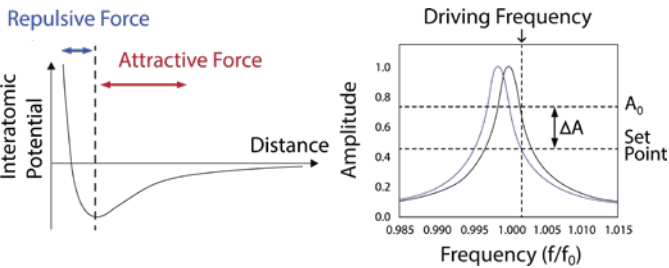
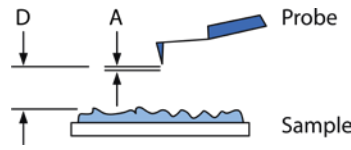
低Z検出器ノイズ

Z検出器のノイズレベルは0.02nm未満であり、0.1nmのサブナノメートル精度による高さ測定を可能にします。従来のZ電圧マッピングでは、剛性の高いエッジ部分でオーバーシュートが発生しやすいのに対し、Z検出器は表面形状に忠実な高精度トレースを実現します。



True Non-Contact™ (完全非接触) モード

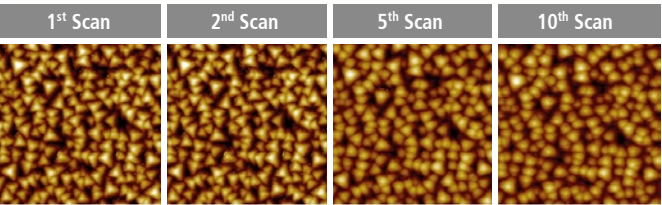
NX-Hivacは、Park Systemsが独占的に提供する独自のテクノロジーであるTrue Non-Contact™ (完全非接触) モードを備えています。True Non-contact (完全非接触) モードは、AFM先端と試料表面間の引力であるファンデルワールス力を検出することで地形を取得します。



True Non-contact (完全非接触) モードでは、チップは共振周波数よりわずかに高い周波数で振動し、振幅-周波数曲線の傾きが最も大きくなります。

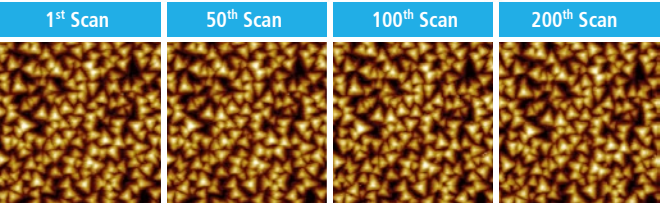
チップがサンプル表面に近づく、引力により実効共振周波数が低下し、その結果、駆動周波数における振幅が減少します。Zサーボはこの新たな振幅をセットポイントとして維持し、チップがXY方向にスキャンする間、一定のチップ-サンプル間相互作用を保ちながら表面を追従します。

タッピングモード



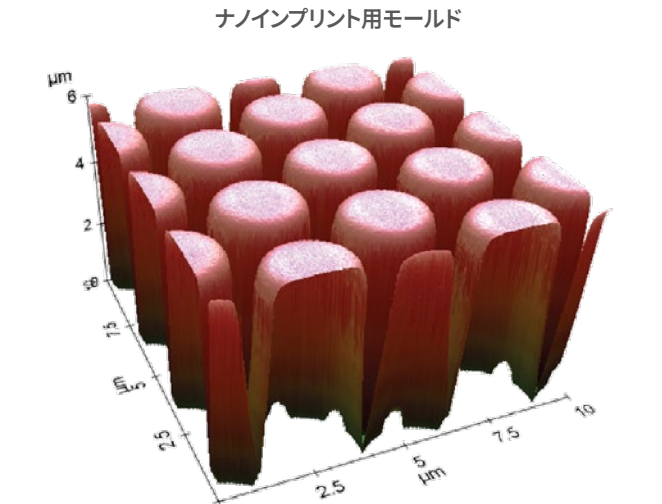
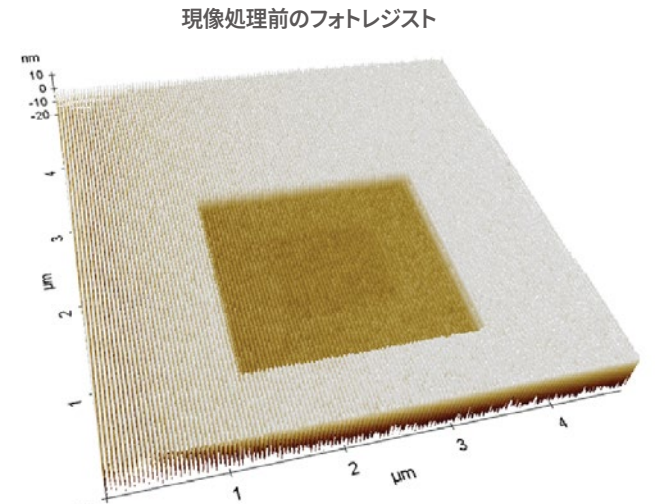
True Non-contact (完全非接触) モードの大きな利点の一つは、タッピングモードと比較してチップの摩耗やサンプルの損傷を防げる点です。窒化クロム (CrN) の先端検査試料を繰り返しスキャンした結果、タッピングモードでは数回のスキャン後にチップの摩耗により画像がぼやけ始めたのに対し、True Non-contact (完全非接触) モードでは200回以上のスキャン後でも画像の鮮明さが保たれました。

True Non-Contact (完全非接触) モード



True Non-contact (完全非接触) モードは、タッピングモードAFMでは測定が困難な、柔らかく粘着性のあるサンプルや、非常に脆く繊細なサンプルの測定も可能です。下図は、True Non-contact (完全非接触) モードで取得した現像処理前のフォトレジストのトポグラフィ画像で、SEM走査中の電子線照射によって生じた損傷が確認できます。

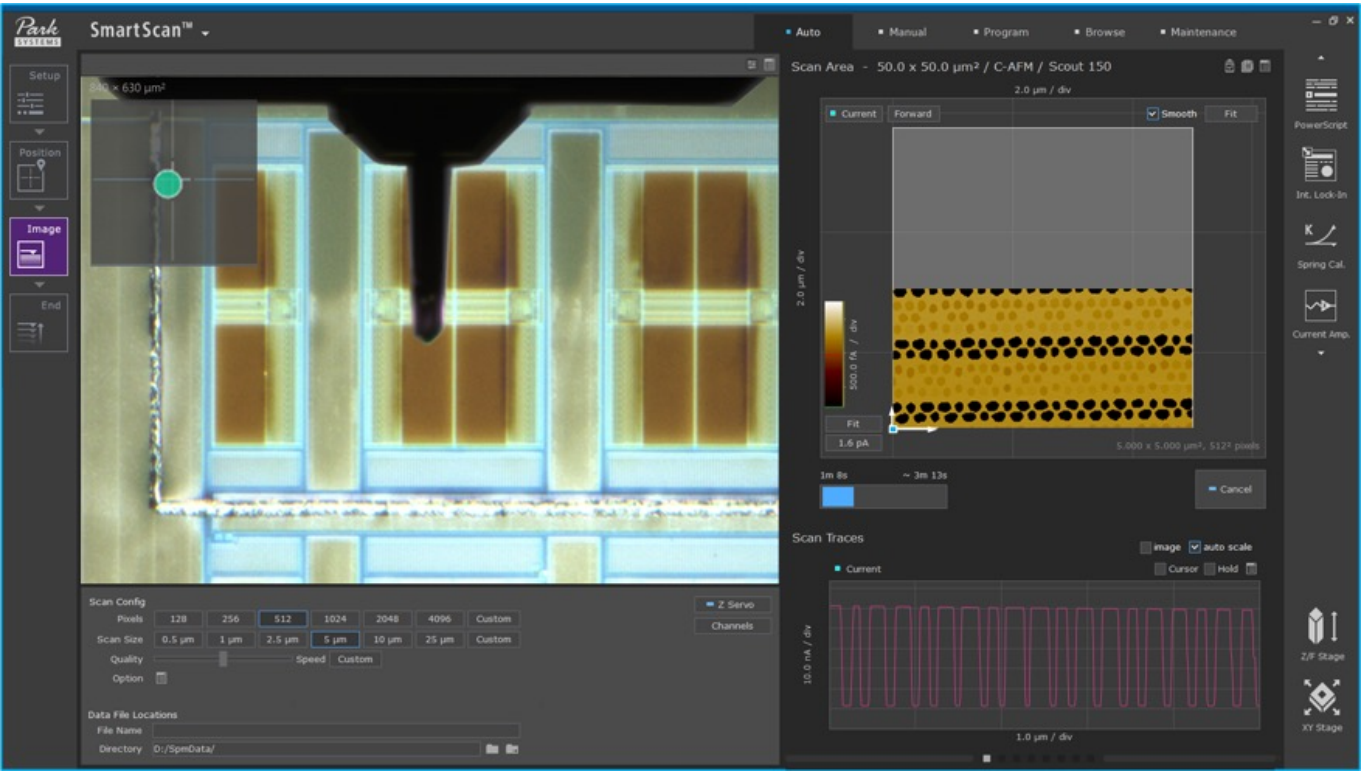
True Non-contact (完全非接触) モードでは、高さのある特徴もスキャンできます。チップ先端だけでなく側面にも働く引力を感知することで、垂直な構造物に接近した際にZサーボが素早くチップを後退させ、接触を回避します。True Non-contact (完全非接触) モードを使用すると、以下の画像のように、ナノインプリント用の型のような深い穴や高いピラー構造を測定できます。



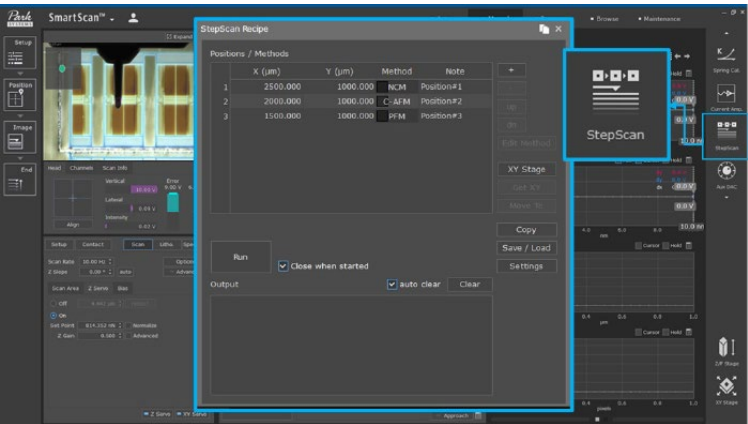
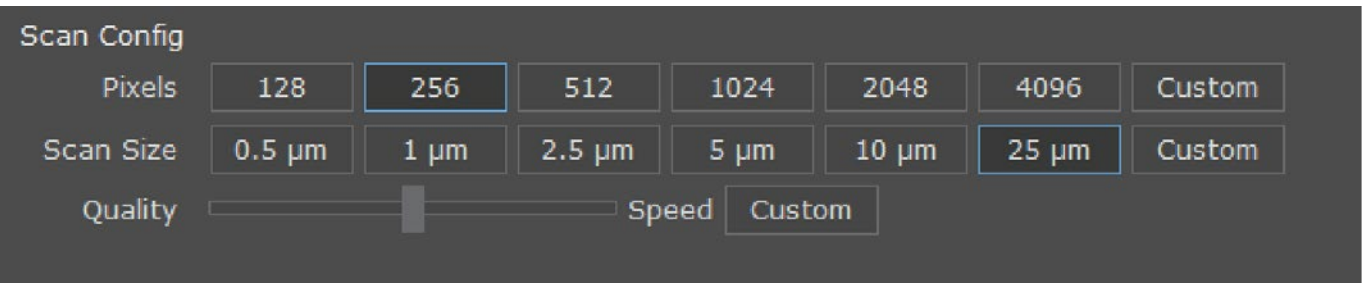
Park SmartScan™

AFMテクノロジーのパワーと汎用性をすべての方へ

NX-Hivacには、画像取得を簡素化し、操作性を向上させる先進的なAFM操作ソフトウェア「Park SmartScan™」が搭載されています。



従来のAFMシステムでは、Zサーボゲイン、フォースセットポイント、XYスキャン速度など、数多くのパラメーターを手動で調整する必要があり、多くの場合、試行錯誤。SmartScanは、ピクセル密度、スキャンサイズ、そして画質と速度のバランスという3つのパラメーターのみを選択できるようにすることで、この複雑さを解消します。その後、試料の形状を分析し、最良のAFM画像を取得することで、その他の設定はすべてリアルタイムで自動的に最適化されます。SmartScanは操作負担を軽減し、あらゆる経験レベルのユーザーが高品質な画像を取得できるようにします。



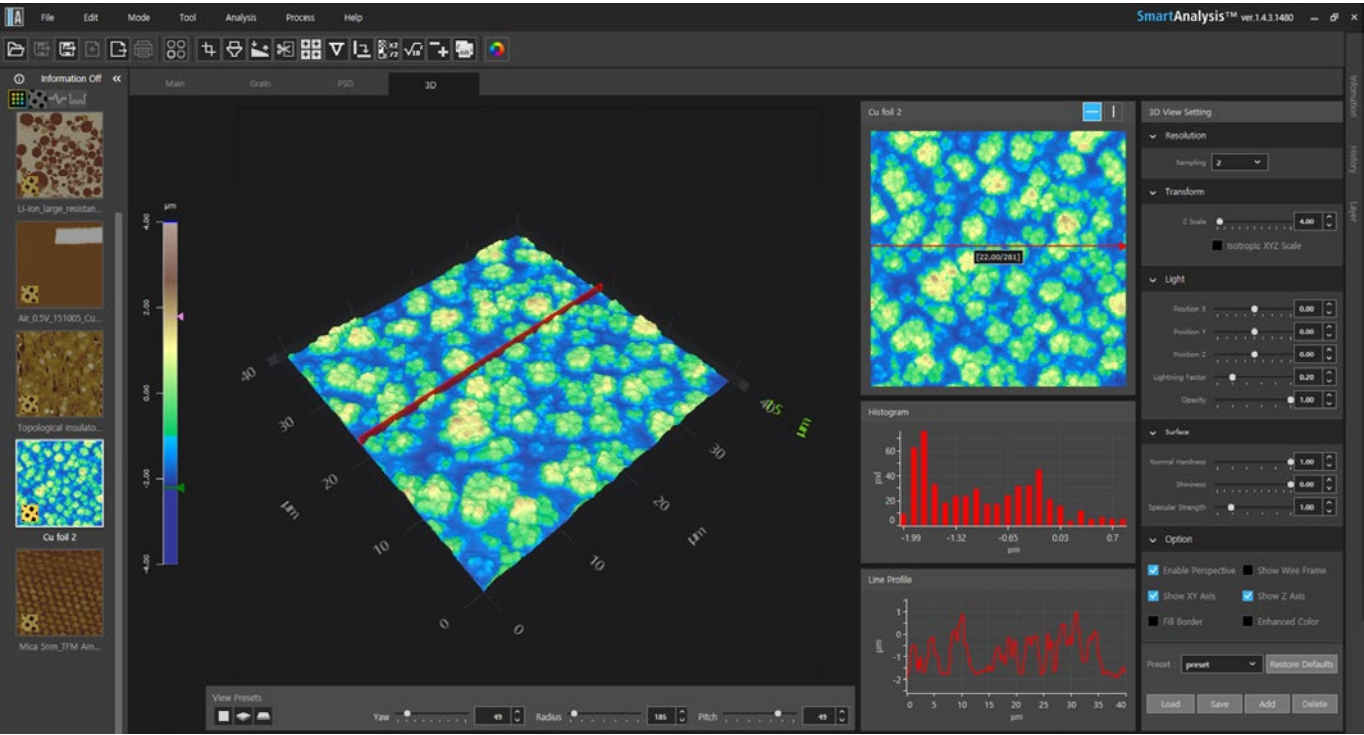
StepScan™

StepScan™は、Park SmartScan™の高度な機能で、効率的で一貫性のあるデータ収集のために、測定場所とレシピを事前に定義します。

Park SmartAnalysis™

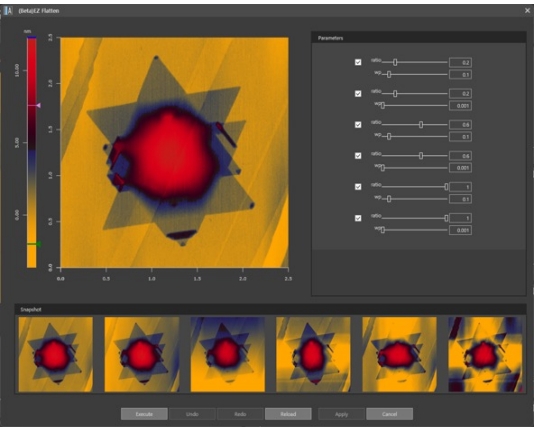
AFMデータワークフローの合理化

NX-Hivacで取得したスキャンデータは、高性能なAFM画像解析ソフトウェア「Park SmartAnalysis™」で解析可能です。高速な画像処理、包括的なデータ解析、そして効率的な結果の出力までを一括して行うことができます。



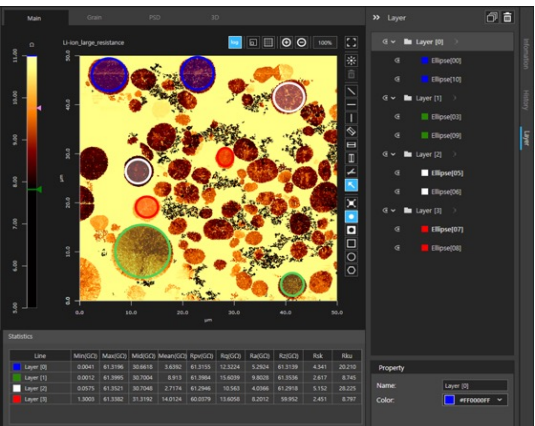
HOPGトグラフィー上のグラフェン

EZ Flattenによる後処理



リチウムイオンバッテリー電極抵抗

複数の関心領域の割り当て



EZ Flatten

AFMデータの後処理は、ノイズやサンプルの傾き、表面の不規則性などのアーティファクトを修正するための、手作業で煩雑かつ時間のかかる作業です。SmartAnalysisは、EZ Flatten機能でこのプロセスを簡素化します。異なるフラット化パラメーターセットを用いて、自動的に生成された6つのフラット化結果から、ユーザーはデータを最も正確に反映するバージョンを選択できます。

多層分析

ユーザーは、複数の関心領域を同時に分析・比較するために、多角形フリーフォーム領域描画ツールを使用することで、複数の関心領域を一度に分析・比較できます。従来のAFMデータ解析ソフトウェアでは一度に1領域のみを検査可能でしたが、SmartAnalysisでは選択した全領域に対して同時に様々な指標を提供します。

Park NX-Hivac

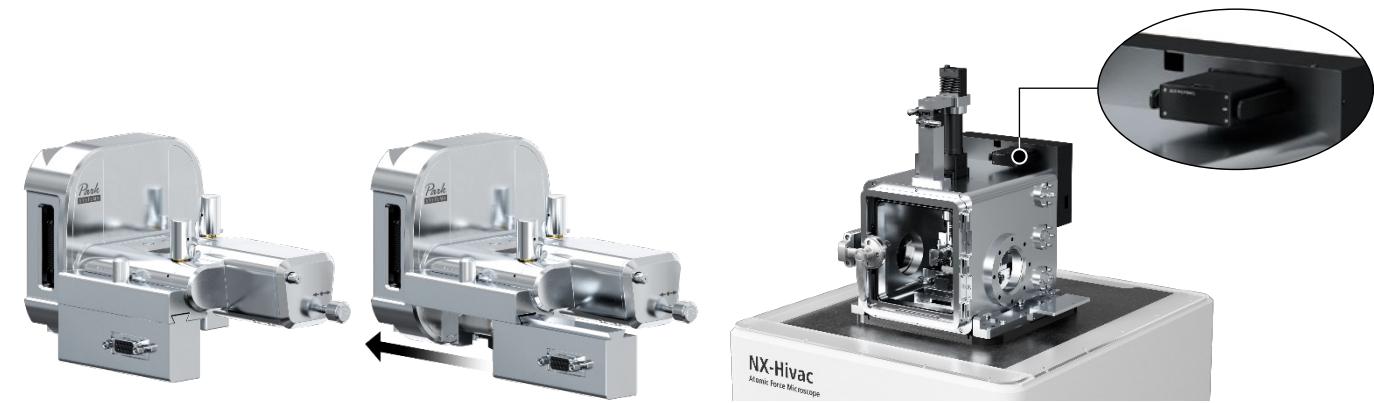
追加機能

幅広いAFMモードとオプション

NXコントローラーは4つの内蔵ロックインアンプを統合しており、従来の二重走査方式ではなく、単一の走査でKPFMやPFMなどの高度なモードを実行可能にします。これにより測定効率が大幅に向上します。ヘッド拡張モジュール (HEM) により、Heterodyne KPFMや接Contact Resonance PFMなど、さらに高度な機能が利用可能になります。

高度なモードに対する簡単なハードウェア設定

NX AFMヘッドはヘッドエクステンションモジュール (HEM) とシームレスに統合されているため、幅広い高度なイメージングモードを実現します。オプションモジュールは拡張スロットに直接差し込むことができ、追加機能がより簡単に設定できます。パークNXシリーズAFMは、モジュール設計を採用しており、製品ライン全体のオプションとの互換性を確保しています。



取り付け済みのプローブ

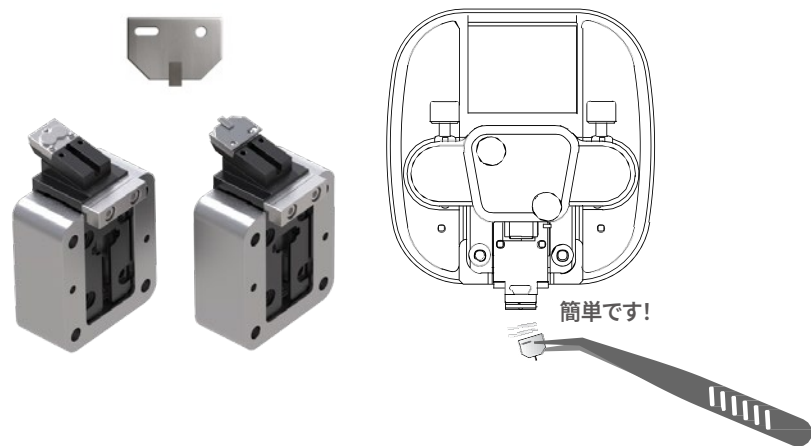
AFMのプローブ交換は、経験豊富なユーザーにとっても困難な場合があり、破損につながることも少なくありません。Park AFMは、事前に位置合わせされたプローブチップキャリアとキネマティックマウントポイントを使用することで、信頼性が高く一貫したチップの位置決めを実現します。

NXヘッドのZスキャナーには、キネマティックマウント用の3つの精密ボールが搭載されており、ベース部のマグネットにより、確実に信頼性が高く、再現性のあるマウント位置を確保します。

複数のサンプルマウント

NX-Hivacは、最大4つのクーポン大のサンプルを収納できるため、真空のまま効率的な連続測定が可能です。磁気で固定することで、金属ディスクを用いた迅速かつ容易なサンプルローディングが可能となり、サンプルが確実に固定されるため、さまざまなサンプルタイプにおいて安定かつ信頼性の高い結果が得られます。

プローブチップキャリア



簡単です!



Park NX-Hivac

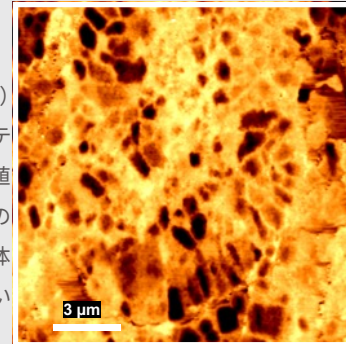
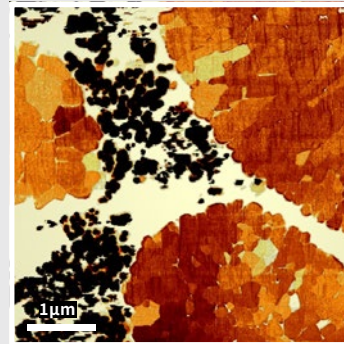
お客様のアプリケーションに合わせた設計

Park NX-Hivacは、空気感受性の高い試料に対して高精度な測定を提供する、研究用途に最適なソリューションです。

■ エネルギーと先端材料

リチウムイオンバッテリー電極

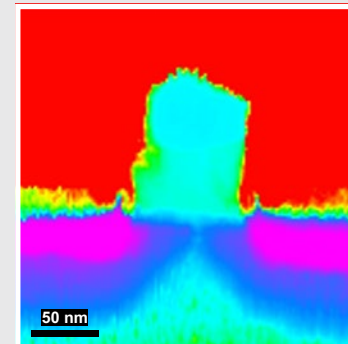
走査型拡がり抵抗顕微鏡 (SSRM) を使用して、リチウムイオンバッテリー電極を評価しました。抵抗値画像は、ピークからバレーまでの差が約61.4 GΩの電極表面全体に明確なコントラストを示しています。



ニッケル・コバルト・アルミニウム リチウムイオンバッテリー用酸化物

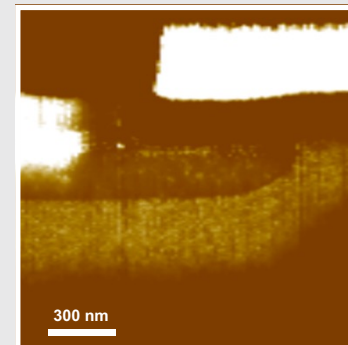
リチウムイオンバッテリーの正極材料として広く使用されているNCAの特性を、ケルビンプローブ力顕微鏡 (KPFM) を用いて評価しました。仕事関数の平均値は4.9eVであり、一般的に4.8eVから5.0eVの範囲にある参照値と一致しています。

■ 半導体・デバイス

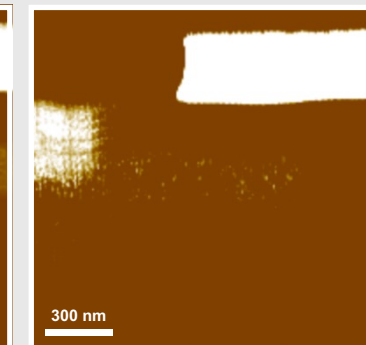


DRAM

走査型拡がり抵抗顕微鏡 (SSRM) を使用して、68 nmのチャネル長を持つDRAMテスト構造の特性を評価しました。抵抗値画像は、ピークからバレーまでの差が約27.5 GΩのチャネル領域全体にわたってナノスケールのコントラストを示しています。



真空条件下における電流

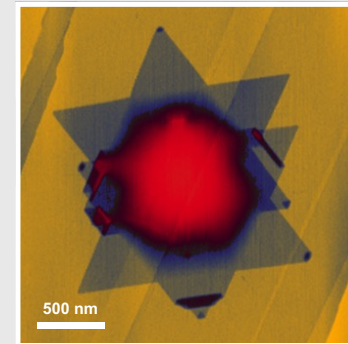


周囲条件における電流

SiC MOSFET

走査型拡がり抵抗顕微鏡 (SSRM) を使用して、SiC MOSFETの特性を評価しました。真空下で可能となる電気的特性の可視化の向上は、真空下 (左) および大気下 (右) で測定された電流イメージを見ても顕著です。

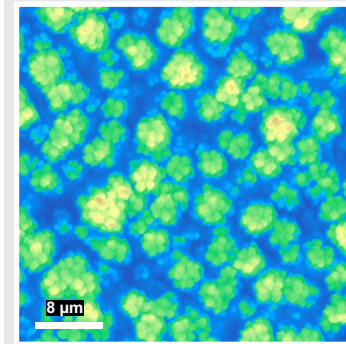
■ 2次元材料



HOPG上のグラフェン

HOPG上のグラフェンを、True Non-contact (完全非接触) モードで特性評価しました。この画像は、ピークから谷までの高さが約16 nmのグラフェン表面のステップ形態と層構造を示しています。

■ 金属



銅箔

銅箔サンプルをホットエンボス技術を用いて作製し、True Non-contact (完全非接触) モードで特性評価を行いました。スキャン画像から、ピークから谷までの高さが約4.2 μmのカリフラワー状の表面形状を示しています。

AFM Modes

- Topographic Imaging
 - Contact Mode
 - Constant Height Mode
 - Constant Force Mode
 - True Non-Contact™ Mode
 - Tapping Mode
 - PinPoint™ Mode
 - Fast PinPoint™ Mode
- Mechanical Properties
 - PinPoint™ Nanomechanical Mode
 - Fast PinPoint™ Nanomechanical Mode *
 - Force-Distance (F-D) Spectroscopy
 - Nanoindentation
 - Force Modulation Microscopy (FMM)
 - Dynamic Mechanical Analysis (DMA) *
 - Torsional Force Microscopy (TFM) *
 - Lateral Force Microscopy (LFM)
- Electrical Properties
 - Conductive AFM (C-AFM) *
 - Current-Voltage (I-V) Spectroscopy
 - Scanning Spreading Resistance Microscopy (SSRM) *
 - Scanning Tunneling Microscopy (STM) *
 - Scanning Capacitance Microscopy (SCM) *
 - Piezoresponse Force Microscopy (PFM)
 - Piezoresponse Spectroscopy
 - Off-resonance PFM
 - Contact Resonance PFM (CR-PFM) *
 - Dual Frequency Resonance Tracking PFM (DFRT-PFM) *
 - PinPoint™ Nanoelectrical Modes *
 - Electrostatic Force Microscopy (EFM)
 - Kelvin Probe Force Microscopy (KPFM)
 - Heterodyne KPFM *
 - Sideband KPFM
 - Amplitude Modulation KPFM (AM-KPFM)
 - Microwave Impedance Microscopy (MIM) **
- Magnetic Properties
 - Magnetic Force Microscopy (MFM)
 - Frequency Modulation MFM (FM-MFM)
 - Amplitude Modulation MFM (AM-MFM)
 - Thermal Properties
 - Scanning Thermal Microscopy (SThM) *
 - Temperature Mapping
 - Thermal Conductivity Mapping
- Nanolithography & Manipulation
 - Nanolithography *
 - Nanomachining *

Scanner

- XY scanner (50 μm $\times$ 50 μm or 100 μm $\times$ 100 μm)
- Flexure-guided high-force Z scanner (15 μm or 30 μm)

Sample Mount

- Up to 4 small samples with magnetic sample chuck
- 10 mm $\times$ 10 mm (w $\times$ d), up to 20 mm thickness
- Up to 100 mm $\times$ 100 mm (w $\times$ d) w/o multi-sample chuck

Stage

- XY stage: 22 mm $\times$ 22 mm
- Z stage: 24 mm
- Focus stage: 11 mm

Dimension and Weight

- AE (w/ Vacuum Chamber): 800 mm $\times$ 950 mm $\times$ 1,240 mm
- Vacuum Chamber (Inner): 250 mm $\times$ 320 mm $\times$ 270 mm
- Desk: 1,410 mm $\times$ 810 mm $\times$ 740 mm
- Total weight: 450 kg (AFM Body + AE)

On-axis Optical Microscope

- Direct on-axis vision of sample surface and cantilever
- Field of view: 840 μm $\times$ 630 μm (w/ 10 $\times$ objective lens)
- CCD: 5 M Pixel

High Vacuum Control

- Vacuum Level: Typically, down to 10⁻⁵ Torr
- Pumping Speed: < 5 min to 10⁻⁵ Torr

Required Environment

- Required acoustic noise level: Below 65 dB
- Required floor vibration level: VC-D (6.25 $\mu\text{m}/\text{sec}$)
- Power: 1 kW (Maximum)

* 追加オプションが必要です

** Park Systemsにご相談ください

