



Hysitron TI 980 TribolIndenter

- 最先端のナノインデンテーションシステム

Hysitron TI 980 TriboIndenter

ナノメカニカルリサーチの次なる段階に向けて

ハイジトロントライポインデーター TI 980 は、柔軟性・信頼性・使いやすさ・スピードのすべてを兼ね備えたナノインデンテーションシステムです。数十年に及ぶハイジロン技術を基盤とし、ナノメカニカル特性分析の分野に、かつてないレベルの性能をもたらします。TI 980 は、優れたナノインデンテーションシステムにあるべきすべての要素を備えており、目覚ましい進歩を遂げています。



先進コントロールモジュール Performech® II

- 業界トップの高速かつ低ノイズのフィードバックコントロールとデータ収集速度を実現
- 補助信号 I/O と一体化したマルチテクニック制御
- 従来の 500 倍高速なメカニカル試験

ナノ～マクロ領域までのインデンテーション

- 異なる荷重領域のトランスデューサーを並列搭載しソフトウェア上で切り替えることによりナノ～マクロ領域までのシームレスなインデンテーション試験が可能
- 荷重領域により 5 種類の高荷重トランスデューサーを用意。インデンテーション以外にも、スクラッチ試験、ナノウェア試験などにも対応しており、高荷重でインデント後、低荷重トランスデューサーで高分解能 SPM イメージングの取得も可能

多彩なシステム制御とデータ分析用ソフトウェア

- 画期的な新機能を有する TriboScan™ 10 ソフトウェア：XPM 高速ナノインデンテーション、SPM+ 走査プローブ顕微鏡像の取得、動的表面検出、高度なサンプルナビゲーション、システム自動校正、試験ルーチンの自動化など
- プログラム可能なデータ分析モジュールと、カスタマイズ可能な自動レポート機能を含んだ、データ処理・分析・グラフ化が可能な Tribo iQ™ ソフトウェア

最高の柔軟性と将来性を備えた潜在能力

- 独自のユニバーサルサンプルチャックにより機械式、磁気式、及び真空式によるサンプルマウントが可能
- 多重構造の筐体により、外部からの温度変化や振動要因に影響されない測定環境を実現。また、両サイドのアクセスポートは将来的なハイブリッド技術の統合を考慮
- 高密度且つ、軽量の音響減衰材を複数層使用することにより、<1 kHz の低周波と高周波数の両方の音響ノイズ源を効果的にブロック

トランスデューサー	測定項目	変位レンジ	荷重レンジ	変位レンジ (スクラッチ試験)	ラテラルフォースレンジ (スクラッチ試験)
1D	ナノインデンテーション	0.1 nm - 5 µm	20 nN - 10 mN	-	-
2D	ナノインデンテーション & ナノスクラッチ	0.1 nm - 5 µm	20 nN - 10 mN	2 nm - 15 µm	3.5 µN - 2 mN
nanoDMA III	ダイナミックインデンテーション	0.2 nm - 5 µm	40 nN - 10 mN	-	-
xProbe	ナノインデンテーション	0.02 nm - 500 nm	2 nN - 1 mN	-	-
MultiRange	マイクロインデンテーション	0.5 nm - 80 µm	µN's - 10 N*	-	-
3D OmniProbe	マイクロインデンテーション & マイクロスクラッチ	0.5 nm - 80 µm	µN's - 10 N*	100 nm - 150 mm	40 µN - 5 N

* 0.5 N, 1 N, 2 N, 5 N, 10 N から選択可能です。

● Stay at the Forefront of Materials Discovery and Development

1992 年以来、ハイジロンブランドは、ナノメカニカル・ナノトライボロジー特性分析の分野において確固たる地位を築いてきました。システムを日々ご利用頂いている研究者の皆様との共同研究により、ユニークな特性分析への要件を把握しながら、先端材料の研究における課題の解決につながる、革新的な技術開発に全力で取り組んでいます。ハイジロントライボインデントーター TI 980 は、こうした努力の集大成であり、卓越した性能を提供することで、進化を続ける先端材料の力学的特性評価のニーズにお応えします。

自動化による手軽さとスピード

高い信頼性を保証する自動化されたシステムキャリブレーション

- チップエリアファンクションキャリブレーション
- トランスデューサキャリブレーション
- チップと光学系のオフセットキャリブレーション

試験ルーチンの自動化

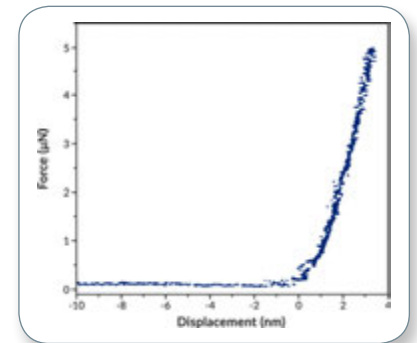
- 高スループットを実現する、複数サンプルの自動測定
- スマートな自動化ルーチンにより、ユーザー定義間隔でのチップ形状の確認が可能
- 高分解能のマルチスケールイメージング



業界トップの低ノイズフロア

数ナノメートルの定量的な測定

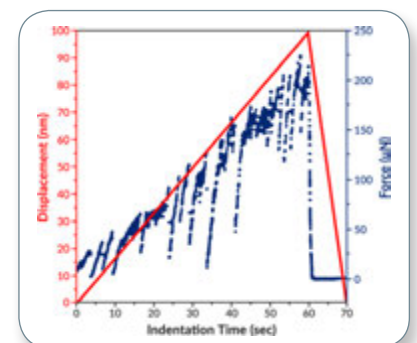
- 20 nN 以下の荷重ノイズと、0.1 nm (原子径 90% 以下) 以下の変位ノイズにより、ほぼすべての材料の定量的特性分析を実現
- 業界で唯一インストール時の荷重と変位のノイズフロアを保証
- 様々なトラスデューサーオプションにより、荷重 6 桁以上、変位 10 桁以上の広範な試験に対応



高速フィードバックコントロール

卓越した制御能力

- 真のナノメカニカル・ナノトライボロジー特性分析を可能とする高精度、信頼性、再現性
- 特許済みトランスデューサの物理特性に合わせて特別に開発された荷重/変位のフィードバック制御アルゴリズムを搭載
- 78 kHz で検知-解析-制御のループを実行することにより、高速な過渡現象への応答が可能



● Powerful Base Configuration

Maximizing Your Characterization Potential

In-Situ SPM イメージング

ピエゾスキャナーによる走査プローブ顕微鏡モードで、押し込み測定する圧子で使いそのまま表面形状像を取得します。また、微小領域においてナノメートル精度で測定箇所の決定をすることができます。

オプティカルイメージング

高分解能カラー光学系が、容易なサンプルナビゲーションと試験の位置決めを可能にします。

2D 静電容量トランスデューサー

ハイジトロンの特許技術である静電容量トランスデューサーは、3枚の静電プレートが平行に並べられており、静電気力で圧子が取り付けられた中央プレートがドライブします。この駆動方式はほとんど電流印加の必要がなく、ナノスケールのインデンテーション試験で重要となるドリフトを極限まで低減することができます。また、2D トランスデューサーは準静的ナノインデンテーション以外にもナノスクラッチ、およびナノウェア試験が可能です。

システム安定性

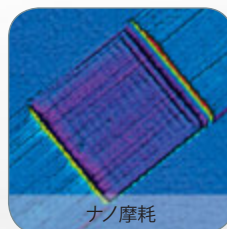
温度変化による歪が小さい御影石フレームにより、優れた装置剛性と試験の安定性を保証します。

アクティブ防振システム

最先端の防振システムは 200 Hz までのアクティブな 3 軸防振と 200 Hz 以上のパッシブな防振を兼ね備えています。特に機械的共振 (~1 Hz) を減衰することにより、優れたナノメカニカル特性評価に必要な最速セトリング時間と低ノイズフロアを実現しています。

Performech II コントロールモジュール

高速かつ低ノイズのフィードバックとデータ収集速度が業界トップの制御能力を実現します。



Developed From the Bottom Up to Deliver



● **Environmental Isolation**

多重構造の筐体により、外部からの温度変化や振動や音などの要因に影響されない測定環境を提供します。

● **モジュラスマッピング**

XPM 高速ナノインデンテーションにより、高分解能で定量的な機械的特性マッピングの取得が可能です。

● **nanoDMA III ダイナミックナノインデンテーション**

ダイナミックインデンテーションを行い高分子材料の粘弾性特性の評価を行います。可変周波数 0.1 ~ 300 Hz です。深さプロファイルを測定する CMX モードと、周波数依存性測定モードを搭載。xSol 環境ステージと併せることで、環境制御下での測定も可能です。

● **モジュール設計**

カスタマイズ可能な筐体パネルが、システムのアップグレードや将来的な新技術の組み込みを容易にします。

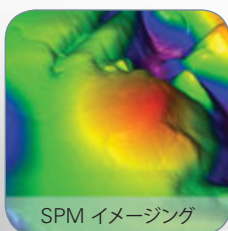
● **多彩なサンプルチャック**

独自のユニバーサルサンプルチャックではメカニカルクランプ、マグネット、及びバキュームチャックといった様々な方法でサンプルマウントが可能です。また、半導体向けのアプリケーションでは 300 mm ウェハ用のチャックステージオプションがあります。

● **電動試料ステージ**

移動量 X: 250 mm、Y: 150 mm、Z: 50 mm の高精度電動式ステージシステムより、広範な試験空間と複数サンプルの自動試験を可能にします。

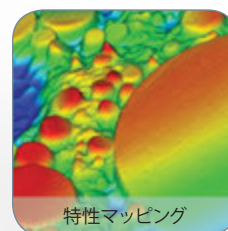
(高さの違うサンプルを簡単測定することができます。)



SPM イメージング



動的
ナノインデンテーション



特性マッピング

the World's Best Nanomechanical Testing

● Maximize Characterization Potential

先進の Performech II 制御モジュール

ナノメカニクス測定における精密制御

- 業界トップの荷重および変位ノイズフロアが、高い測定精度と再現性を実現
- 78 kHz 高速フィードバック制御アルゴリズムが、試験プロセスに対する卓越した制御能力を発揮
- フィードバック制御は専用の DSP と FPGA ベースのエンベデッドコントローラによって実行
- FPGA とパラレルデータ収集アーキテクチャにより、24 bit 分解能で 24 チャンネル同時に 78 kHz サンプリングレートが可能



デュアルヘッドによる同時測定

アプリケーションに応じた最適なトランスデューサーラインナップ

- 2 つのトランスデューサーの任意組合せによるシームレスな測定を実現
- 標準システム構成では、2D 静電容量トランスデューサー（準静的インデンテーション、ナノスクラッチ、ナノウェア）と nanoDMA III トランスデューサー（ダイナミックインデンテーション）を搭載

基本システム構成 – 測定パラメーター

- **ナノインデンテーション** — 硬さ、弾性率、弾性変形仕事率、接触剛性、クリープ、応力緩和、破壊靱性、高速モジュラスマッピング
- **ナノトライボロジー** — 薄膜密着力、摩擦係数、ナノスクラッチ/マー強度、往復摩耗
- **SPM イメージ** — 表面形状像、ナノレベルでのインデント位置決め、摩擦カイメージング
- **動的インデンテーション** — 連続接触剛性・硬さ・弾性率、粘弾性測定（貯蔵弾性率、損失弾性率 m 、損失正接 $\tan \delta$ ）

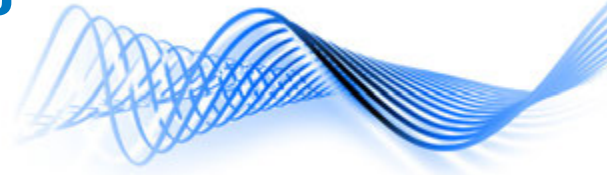


● Take a Leap Forward in Nanomechanical Testing

nanoDMA III — 動的ナノインデンテーション

nanoDMA III は、優れたダイナミックナノインデンテーションテクニックであり、押し込み深さ、周波数、および時間の関数で、弾塑性特性と粘弾性特性の連続測定が可能です。

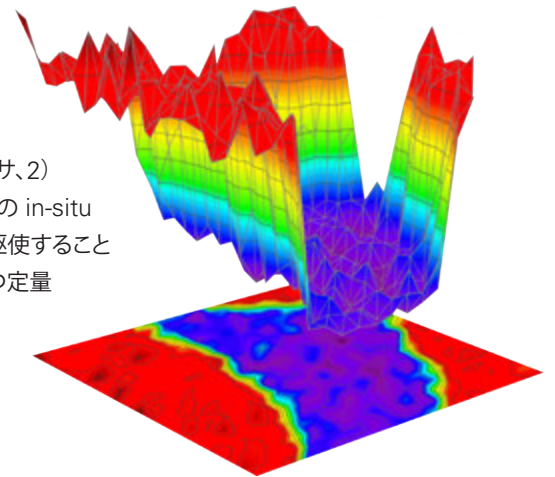
- 高分子薄膜～硬質コーティングまで、広範な力学的特性評価に適用可能
- 連結した AC と DC のフォースモジュレーションにより、表面検出～定量的なナノスケールの動的力学的特性評価が可能
- Reference Frequency (接触面積の補正) 機能により、長時間の試験サイクルにおいても最高の精度を実現



XPM — モジュラスマッピングの測定時間を短縮

XPM は、測定分解能と精度を維持しながらも、ナノメカニカル試験のスループットを大幅に向上させた最新機能です。XPM では、従来のナノインデンテーションシステムで長時間を要していたデータ取得を、わずかな時間で行うことが可能になりました。こうした他に類を見ない処理能力は、業界をリードする 3 つの技術: 1) 高帯域幅を有する静電駆動トランスデューサ、2) 高速な制御およびデータ収集が可能なエレクトロニクス、3) トップダウン型の in-situ SPM イメージング機能の組み合わせにより実現しました。これらの技術を駆使することで、1 秒当たり 6 回のナノインデンテーション測定が可能となり、包括的かつ定量的なナノメカニカルマッピングと特性分布統計値を、記録的な速さで取得可能になったのです。

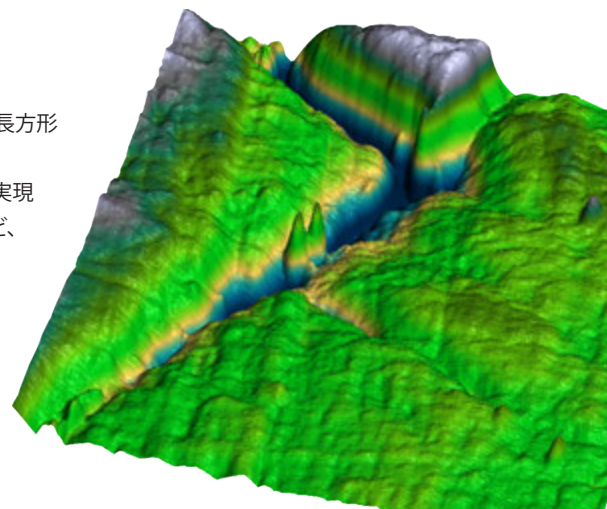
- 定量的なメカニカル特性の高速測定を実現
- 分布統計値を含む、硬さと弾性率の高分解能空間マッピングを実現
- わずか 1 分以内でチップエリアファンクションのキャリブレーションが可能
- 従来のナノインデンテーションシステムに比べ 500 倍高速なデータ収集が可能
- 適合性に優れた xSol® 環境制御ステージにより、様々な環境条件下での高速試験も可能



卓越したナノメカニカル試験結果を保証する SPM+ イメージング

先駆的なスキヤニングナノインデントは、表面形状像を取得するため、サンプル表面を走査する場合も、ナノメカニカル試験を実施する場合も、同じプローブを使用します。同じプローブを使用することで、インデント位置精度が高まるだけでなく、材料変形挙動の試験後観察を迅速に行うことができるため、分析時間を短縮することが可能です。

- ナノレベル精度でのインデント位置決め (± 10 nm) を実現
- カスタマイズ可能な SPM 分解能オプション ($64 \times 64 \sim 4096 \times 4096$)
- 高アスペクト比のイメージング機能 (XY 分解能の任意の組み合わせが可能な長方形イメージング) を搭載
- 高度なカラーパレットによる業界トップのナノメカニカル SPM 画像解像度を実現
- 水平力 (LFM) のイメージング、nanoDMA III、nanoECR®、xSol 環境制御など、様々なオプションとの互換性を実現



卓越したシステム制御と分析

TriboScan10 ソフトウェア — ナノメカニカル特性分析の無限の可能性を感じさせる柔軟性の高いソフトウェア

- 様々なオプションを直感的なソフトウェアパッケージに完全統合
- タブベースのソフトウェアが操作をシンプルにし、簡単に運転シーケンスの実行が可能
- セグメント単位の柔軟な試験シーケンスにより、全運転モードで試験パラメータの制御が可能



Tribo iQ — 順応性の高い、データ分析ソフトウェア

- 使いやすいインターフェース、基本～応用的なデータ解析が可能なカスタマイズ性
- 直感的なデータ構成、簡素なワークフローと3クリックレポート機能
- 効率的なデータ分析を実現するプログラム可能なデータ処理・分析モジュール
- オープンアーキテクチャ仕様の分析モジュール

Hysitron TI 980 Upgrade Options

xSol 環境ステージ	400°C/600°C/800°C の環境ステージオプション。上下部ヒーター及び、冷却水配線の取り付けによりドリフトを抑制しており、試料の酸化防止のためガスフローシステムを搭載しています。ナノインデンテーション、ナノスクラッチ、ナノウェア、nanoDMA 試験、及び SPM イメージ取得と併せてご活用頂けます。*その他、-10°C～200°C の加熱冷却ステージ、-10°C 以下の冷却や、湿度制御についてもご相談下さい。
nanoECR	導電性プローブを用いたプローブ/試料バイアス電圧または電流を指定して電気接触抵抗を測定します。また、I-V 掃引測定も可能です。特許技術である静電容量トランスデューサーと 20 pA 以下の電流ノイズフロアとの組み合わせにより、電気接触抵抗のわずかな変化を正確に測定することができます。
xProbe	リジッドプローブの MEMS トランスデューサーにより、2 nN 以下のフォースノイズフロア、0.015 nm 以下の変位ノイズフロアを実現。AFM のようなナノインデンテーション試験が可能です。
iTF	薄膜や積層構造体の機械特性評価において、基板の影響を以下に取り除くかはナノインデンテーションの大きな課題です。特許技術である iTF を用いることにより基板の影響を除去し膜固有の弾性特性を定量化することができます。
3D OmniProbe™ and MultiRange NanoProbe™	標準のトランスデューサーよりも高い荷重又は、深い変位を必要とするインデンテーション試験用に設計されており、0.5 N、1 N、2 N、5 N、または 10 N から選択可能です。MultiRange NanoProbe (MRNP) は押し込み試験のみですが、3D OmniProbe は 360° のスクラッチ軸に荷重変位制御測定器が搭載されています。
ラマン分光法	材料の組成や化学的な性質と、機械的特性やトライボロジー特性の空間的な相関性を検討するために用いられます。
Modulus Mapping™	走査動的インデンテーションモードによって、サンプル表面全体にわたる弾性率分布の定量的かつ高分解能のマッピング生成が可能です。また、粘弾性表面マッピングにより高分子の分散状態を可視化できます。
蛍光顕微鏡検査	蛍光顕微鏡とナノインデンテーションを組み合わせることで、複雑なマテリアルシステム上で蛍光色素誘導による試験箇所の決定が可能になります。
電気化学セル	電気化学セル内でインデンテーション試験を行うことにより、酸化・還元環境下での定量的な機械的材料挙動やトライボロジー特性などの検討が可能となります。
自動プローブチェンジャー	ワンクリックでプローブを交換することにより、稼働率を上げることができるだけでなく、プローブをカスタマイズ可能なルーチンの自動化が可能です。
Sample Chucks	磁気式、機械式、真空式といった様々な方式でサンプルチャックが可能。また、半導体のアプリケーションでは、最大 300 m のウエハーを測定することができます。
TriboAE™	押し込み中の材料の破壊および変形から生じたアコースティック信号をインデンターチップ経由で測定することが可能です。また、転位位置の移動を示すポップイン現象に関連する貯蔵弾性エネルギーとの相関を観察することが可能です。
Tribolmage™	時間分解されたナノスケールでの繰り返しスクラッチ/摩耗特性分析が可能になります。

● ブルカーナノ表面計測事業部

ブルカー・エイエックスエス株式会社
 〒104-0033 東京都中央区新川1-4-1
 Tel. 03-3523-6361 Fax. 03-3523-6364
 Info-nano.BAXS.JP@bruker.com

<http://www.bruker-nano.jp/>