



インデンテーションテスト
スクラッチ試験機
ナノトライボメータ
膜厚測定機

高精度の新時代

アントンパール社の第3世代の機械的表面試験機は、非常に硬いダイヤモンドドライカーボン(DLC)コーティングから非常に柔らかいハイドロゲルまで、幅広い材料の機械特性を評価が可能です。

アントンパール社は、機械的表面特性評価に最も重要な試験方法である4つをカバーします。インデンテーションテストは、薄膜やコーティング、基板の硬さ及び弾性率、クリープ、疲労、応力-歪み、弾性エネルギー及び塑性エネルギー等の特性を評価が可能です。スクラッチ試験機は、研究や品質管理を目的として、膜/基板の特性を評価するために、また、コーティングの密着性、耐引っかき性及び引張強度を測定するための密着強度や摩擦力などのパラメータの定量化に使用されています。トライボメータは、摩擦、耐摩耗性、潤滑、摩耗を評価できます。カロテスト(クレータ研磨機)は、コーティングの膜厚を迅速かつ簡単に低コストで測定することができます。

アントンパール社は、リアルフォースセンサを搭載した高分解能ナノインデンテーションテスト及びナノスクラッチテストを提供しています。これは、アクチュエータからの導関数に基づいた推定値を利用するのではなく、荷重が実際にダイレクトセンサで連続的に測定する事を意味します。

製品ポートフォリオ

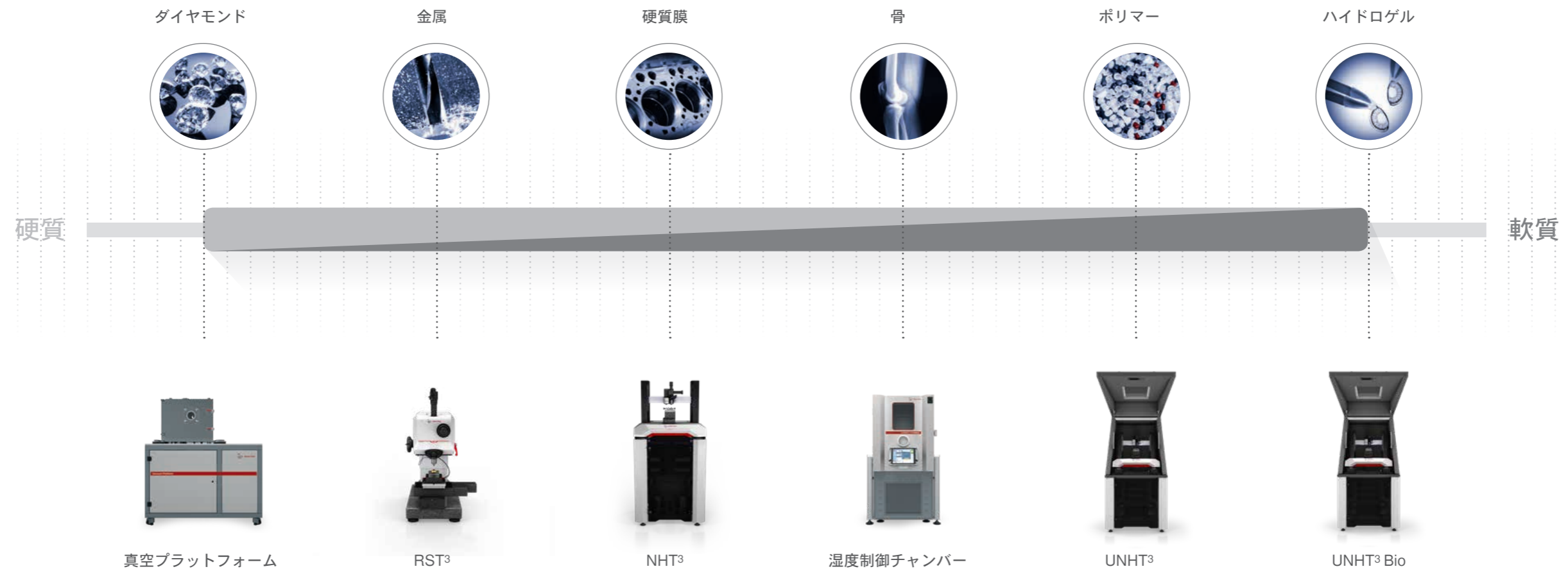
最先端の設計を取り入れたアントンパール社の機械的表面試験機は、コンパクトなモジュール型の構成で、高精度かつ効率的な測定ソリューションを実現します。異なるモジュール(スクラッチ、インデンテーション、マイクロトライボロジー)を1つの試験プラットフォームに容易に組み合わせることが可能です。要望に応じて、1つのプラットフォームに異なる試験モジュールを組み合わせることも、スタンドアロンの装置で単一の試験法を用いることが出来ます。

用途と業界

学術研究及び産業分野のアプリケーションの両方で高い生産性と高いスループットを実現

切削工具、自動車、エレクトロニクス、バイオメディカル、半導体、ポリマー、光学系、民生用原子力、MEMSなどの幅広い分野の産業アプリケーションで使用されるあらゆる材料の測定に対応します。

- 粘弾性特性
- 応力-ひずみ曲線
- 変形による硬化(伸長固化)
- 破壊靱性
- 表面マッピング
- 深さ方向分析



測定パラメーター及び標準規格

スクラッチ試験

測定パラメーター

密着強度、摩擦力、コーティングの密着性、スクラッチ、マー強度

対応する標準規格

ISO 20502

ファインセラミックス - スクラッチ試験によるセラミックコーティングの密着性測定

ISO 1518

塗膜及びワニス - スクラッチ試験

DIN EN 1071-3

高度な工業用セラミックス

スクラッチ試験による密着性及び

その他の機械的破壊モードの測定

ASTM C1624

定量的な単一ポイントスクラッチ試験により

セラミックコーティングの密着力及び

機械的破壊モードを測定する標準試験方法

ASTM D7027

スクラッチ試験機を使用したポリマーコーティング及び

プラスチックのスクラッチ評価

ASTM D7187

ナノスクラッチにより塗膜の機械的特性(スクラッチ/表面

摩擦挙動)を測定する標準試験方法

ASTM G171

ダイヤモンドスタイラスを使用して材料の

スクラッチ硬さを測定する標準測定方法

インデンテーション試験

測定パラメーター

硬さ及び弾性率、クリープコンプライアンス、緩和、ヘルツ分析、動的粘弾性測定(E' 、 E'' 、 $\tan \delta$)、応力-ひずみ曲線、疲労試験

対応する標準規格

ISO 14577

金属材料 - 硬さや材料パラメーターを測定するインデンテーション試験

ISO 6508

金属材料 - ロックウェル硬さ試験

ISO 6507

金属材料 - ビッカース硬さ試験

ISO 4516

金属及び関連するコーティング - 微小ビッカース及び微小ヌーブ硬さ試験

ASTM E2546

インデンテーション試験の新標準法

ASTM B933

粉末冶金材料のマイクロインデンテーション硬さの標準試験方法

ASTM D785

プラスチック及び電気絶縁材料のロックウェル硬さの標準試験方法

ASTM E140

金属の標準硬さ換算表

ASTM E384

材料のマイクロインデンテーション硬さの標準試験方法

ASTM B578

電気めっきの微小硬さの標準試験方法

膜厚

測定パラメーター

膜厚

対応する標準規格

ISO 26423:2009

ファインセラミックス(先進セラミックス、先進技術セラミックス) - クレータ研磨法による膜厚の測定

ISO 1071-2

セラミックコーティングの試験方法 - クレータ研磨法による膜厚の測定

VDI 3198

冷間圧造工具のコーティング(CVD、PVD)

トライボロジー

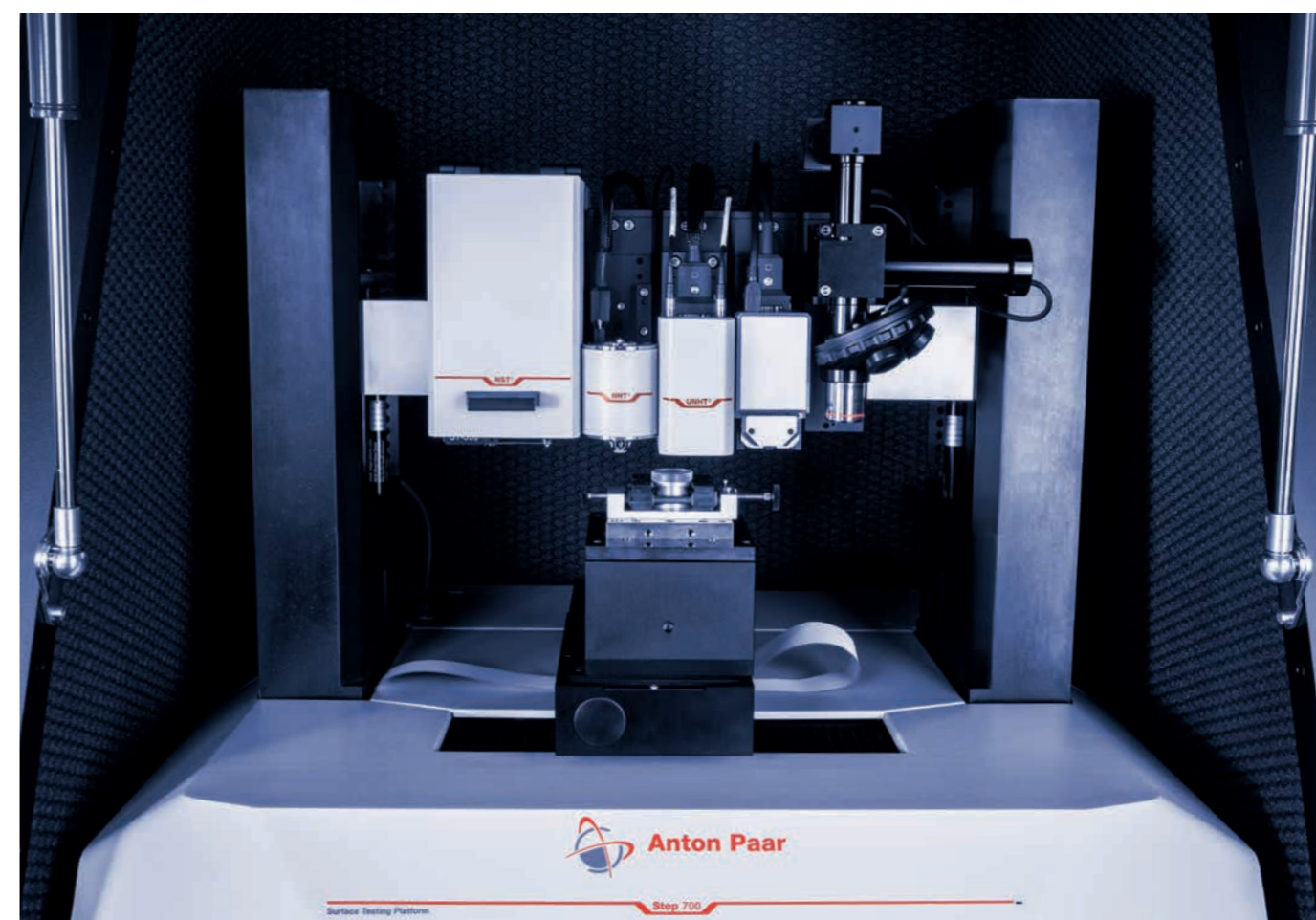
測定パラメーター

摩擦係数、摩耗率

対応する標準規格

ISO/TR 11811

ナノテクノロジー - ナノ及びマイクロトライボロジー測定の方法の手引



スクラッチ試験: 機能

特許取得済みのユニークな同期パノラマ簡単に視覚的な分析が可能

アントンパール社は、US（米国特許）8261600及びEP(ヨーロッパ特許)2065695を取得している唯一の企業です。スクラッチ試験機のパノラマモードは、このソフトウェアの最も重要な機能です。スクラッチ試験後に全体をパノラマ撮影するオプションを使用すると、後からいつでも結果を再分析することができます。

高度な弾性回復率試験を可能にする正確な押し込み深さ測定(US 6520004及びEP 1092142)

変位センサD_zが、スクラッチ前/スクラッチ中/スクラッチ後のサンプルの表面形状をモニタリングします。これにより、スクラッチ中とスクラッチ後の押し込み深さを測定できるため、スクラッチ抵抗と表面摩擦抵抗に関してより信頼性の高い詳細情報が得られます。時間によるマルチポストスキャンというユニークな機能により、粘弾性特性の高度な評価が可能です。

アクティブフォースフィードバックによる完全な再現性

システムのアクティブフォースフィードバック機能により、再現性のあるスクラッチ試験が可能になり、平行でない表面が粗い/曲がったサンプルなどの、より複雑な表面形状を測定する場合にも対応できます。アントンパール社の試験機はアクティブフォースフィードバック機能を備えた唯一の市販システムです。

臨界荷重の自動検出により結果を最適化

このスクラッチ試験機は、臨界荷重を自動検出します。摩擦力、押し込み深さ、アコースティックエミッションの信号を用いて、当社の経験に基づくアルゴリズムにより、自動で信号の違いを分析できるようになりました。人的要因を排除して臨界荷重を決定できます。



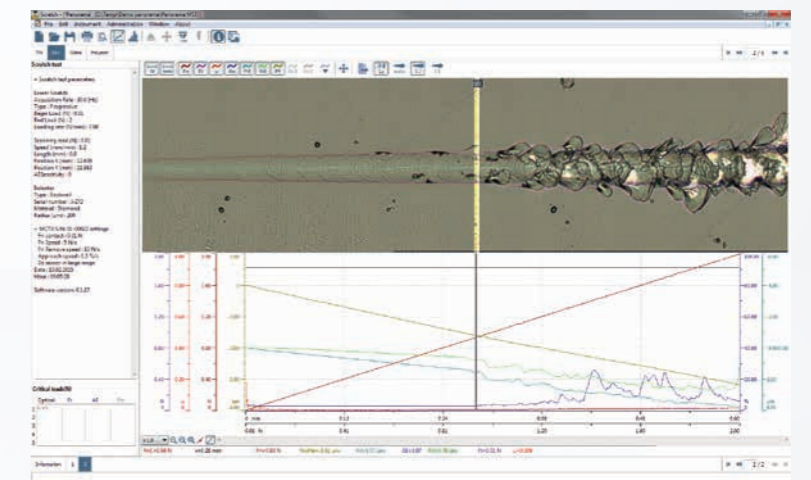
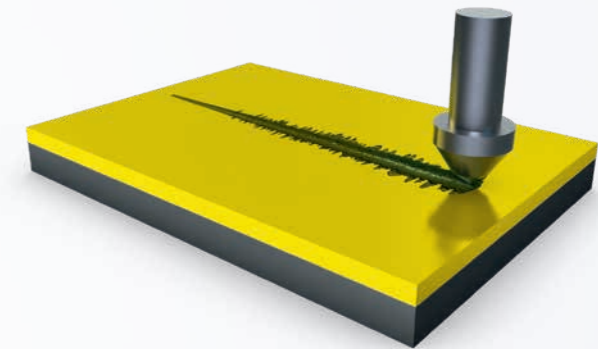
測定原理

スクラッチ試験の測定原理

スクラッチ試験機（以前はCSM Instrumentsのブランド名で提供）は、薄膜やコーティング表面の密着性、破壊特性、変形特性などの機械的特性の評価に適した装置です。

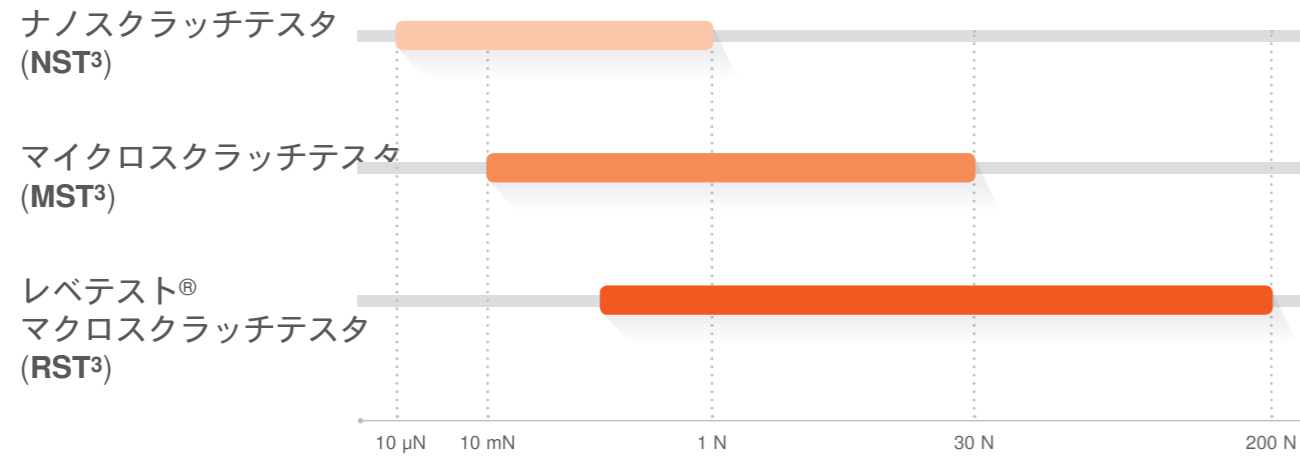
様々な補完的な手法で膜/基板系の特性を評価し、摩擦力や密着力などのパラメーターを定量化することが可能なため、研究・開発や品質管理に特に役立つツールです。ダイヤモンド圧子で試料に制御されたスクラッチ痕を作成します。

所定の荷重を保ったまま、あるいは連続的に荷重を増やしながら圧子でコーティング表面をスクラッチします。ある荷重に達するとコーティングは剥離し始めます。この臨界荷重を極めて正確に検出するために摩擦力、押し込み深さ、アコースティックエミッションを測定する各センサと内蔵の光学顕微鏡による観察結果を組み合わせます。アコースティックエミッション、押し込み深さ、摩擦力などのセンサとビデオ顕微鏡の観察結果から得られる臨界荷重データを使用することで膜と基板の様々な組み合わせにおける密着性を定量化することが可能です。



スクラッチ試験: 装置

アントンパール社のスクラッチ試験機の測定範囲



MST³マイクロスクラッチテスタ

ユーザーの様々な要求を満たすワイドレンジ試験機

マイクロスクラッチテスタは標準膜厚5 μm以下の薄膜やコーティングの実用的な密着性を評価するために幅広く使われています。また、有機材料及び無機材料のコーティング、軟質及び硬質のコーティングの分析評価に利用されています。

薄膜・多層膜のCVD・PVD・PECVD膜、フォトレジスト、ラッカー、塗装などの膜の評価に応用できます。研究分野及び業界において、この試験機は、マイクロエレクトロニクス、光学コーティング剤、表面の保護・装飾用コーティングに利用されています。ガラス、半導体、反射材や有機材料を含む軟質あるいは硬質の基材も評価できます。



NST³ナノスクラッチテスタ

市販装置として最も高精度なスクラッチ試験機

ナノスクラッチテスタは標準膜厚1000 nm以下の薄膜やコーティングの実用的な密着性の評価に適しています。有機材料及び無機材料のコーティング、軟質及び硬質のコーティングの分析評価に利用できます。ナノスクラッチ測定ヘッドの独自設計には、荷重及び深さを測定する2つのセンサと、最先端のピエゾアクチュエータが含まれます。これらのユニークな特徴により、高速な応答(数ミリ秒)で精度が高く、あらゆる種類のスクラッチ測定に対応する高い柔軟性を備えています。



RST³ Revetest®スクラッチテスタ

業界標準

Revetest®スクラッチ試験機は、膜厚が数ミクロンの硬質薄膜を評価するために設計されたシステムです。コーティングは有機物でも無機物でもよく、CVD、PECVD、PVD、メタライゼーション層及びパッシベーション層、または摩擦・摩耗保護コーティングを含む磁気・装飾用途に使用されます。使用される基材には、反射材や有機材料、鉱物、ガラス、半導体、合金、及び金属があります。

Revetest®スクラッチ試験機には外部データ収集ユニットが付属し、アコースティックエミッションによる検出が行われます。また、ASTM C1624及びEN 1071の規格要件を満たしています。アントンパール社には、世界中で1500台以上のRevetest®スクラッチ試験機を販売した実績があります。

インデンテーション試験機能

：硬さ、弾性率、粘弾性特性、クリープコンプライアンス、及び応力-ひずみ曲線

荷重と押し込み深さの範囲が広く、多種多様な材料の機械特性の測定が可能です。軟質・硬質の材料、薄いコーティングや厚いコーティングも試験できます。硬さ、弾性率、及び粘弾性、クリープコンプライアンス、応力-ひずみ曲線などの他の特性が1回の測定で評価できます。

独自のトップリファレンス方式による最高レベルの安定性

トップリファレンスは、圧子を衝突から守り、高い熱安定性とフレーム剛性を備えています。リファレンスプローブは表面の位置を、インデントは材料を評価します。その結果、温度ドリフト補正が不要です。

「クイックマトリックス(Quick Matrix)」インデンテーションモードにより、精度の高い結果を数分で

アントンパール社のインデンテーションテストはサンプルスループットが高く、1時間あたり最大600件の測定を行い、完全なインデンテーション曲線が得られます。

正確な自動ステージで高精度な位置合わせ

自動ステージがサンプルをあらゆる方向に1 μm の精度で移動します。1度クリックするだけで、サンプルは顕微鏡からインデンテーションテストに移動します。自動マトリックス及びマルチサンプル試験も可能です。

複数の対物レンズがついたビデオ顕微鏡で測定部をより明るく

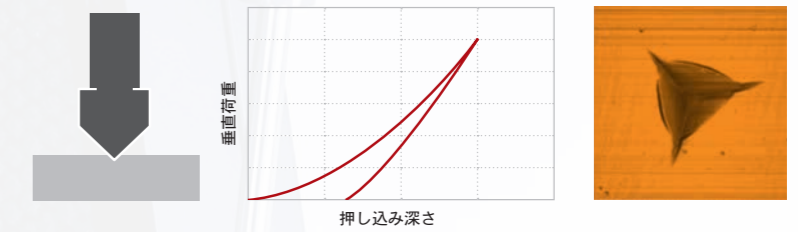
複数の対物レンズがついた高品質な顕微鏡がインデンテーション測定前後の表面を表示します。タレットには最大4つの対物レンズを搭載。さらに顕微鏡でビジュアルマトリックスを定義して、観察領域のインデンテーション測定を実施できます。



測定原理

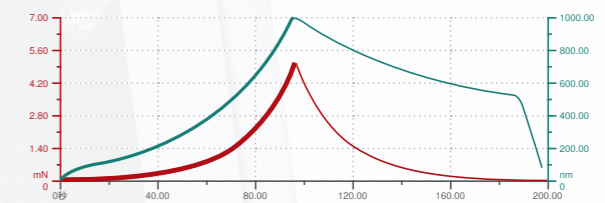
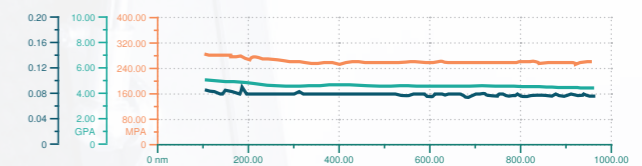
測定原理

計装化押し込み技術(IIT)では、寸法が既知の圧子を表面に押し込みながら、押し込み深さと垂直荷重を記録します。インデンテーション硬さ(H_{IT})、弾性率(E_{IT})、及び他の機械特性が荷重-変位曲線から得られます。この曲線が、ISO 14577規格に従って自動的に解析を行います。それぞれの圧痕を光学顕微鏡で個別に正確に測定しなければならない従来からの硬さ測定と比べて、大きなメリットがあります。



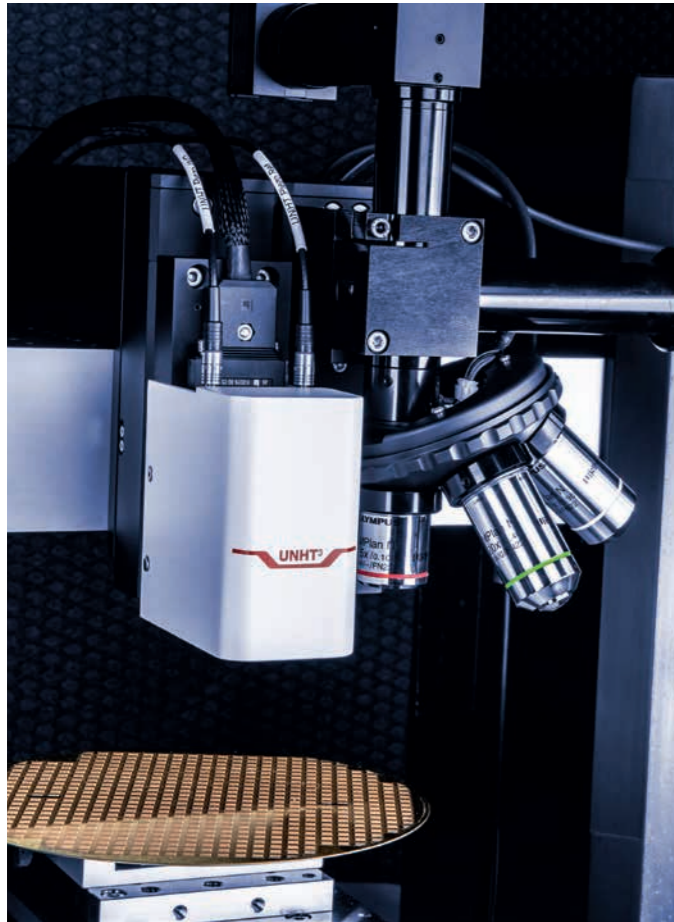
動的粘弾性測定(Sinusモード)

動的粘弾性測定(DMA)では、正弦波荷重曲線を用いて、粘弾性材料や薄膜の機械特性をより正確に分析します。この測定法は、硬さ、弾性率、貯蔵弾性率、及び損失弾性率のデータをインデンテーション深さの関数として連続的に収集できて、その結果は、薄膜やポリマーの特性評価に有効利用できます。



ナノインデンテーションテストで実施したSinusモード(動的粘弾性測定、DMA)の例。

インデンテーション試験装置



UNHT³ ウルトラナノインデンテーションテスタ

安定性に優れた、高分解能ナノインデンテーションテスタ

リアルフォースセンサを搭載したウルトラナノインデンテーションテスタは、材料の機械的特性をナノスケールで計測することができます。UNHT³は、特許取得済みの独自のアクティブトプリファレンス方式により、温度ドリフト及びコンプライアンスの影響が実質的に排除が可能です。(EP 1828744及びUS 7685868)。したがって、ポリマーから硬質膜まで、あらゆる種類の材料を温度ドリフトを気にせず長時間測定するのに最適です。

UNHT³には、Sinusモード、荷重/深さ制御、一定のひずみ速度、優れたマトリックス配置など、高度なインデンテーションモードがあります。「クイックマトリックス(Quick Matrix)」インデンテーションモードは、1時間あたり最大600点の測定が可能で、ナノインデンテーション曲線が得られます。そのユニークで有益なトプリファレンス方式は特許取得済み(EP 1828744及びUS 7685868)で、業界最高レベルの熱安定性(未加工データのドリフト率は最小10 fm/s)を実現します。



NHT³ ナノインデンテーションテスタ

市場で最も汎用性に優れ、ユーザーフレンドリーなナノインデンテーションテスタ

ナノインデンテーションテスタは、低荷重(0.1 mN)から高荷重(500 mN)、浅い押し込み深さ(20 nm未満)から深い押し込み深さ(最大200 μm)まで測定可能です。堅牢なこの装置は、次のような複数の高度な押し込みモードでの高速性と使いやすさを備えています: 連続マルチサイクル(CMC)、ユーザー定義の測定手順、Sinusモード(オプション)、高度なマトリックス配置、マルチサンプルプロトコル。

NHT³ は液中試験に対応しています。「クイックマトリックス(Quick Matrix)」インデンテーションモードは、1時間あたり最大600点の測定が可能で、完全なナノインデンテーション曲線が得られます。その高荷重に耐えるフレーム剛性(10⁷ N/m)と高い熱安定性(未加工データのドリフト率< 0.05 nm/s)により、高い精度が得られます。



MHT³ マイクロインデンテーションテスタ

高荷重範囲の計装化押し込み試験(IIT)

マイクロインデンテーションテスタは、計装化押し込み試験(IIT)に基づく、硬度や弾性率などの機械特性の測定に最適です。測定の押し込み深さが深い(最大1 mm)軟質/硬質の素材(金属、セラミック、ポリマー)のバルクサンプルや薄膜に利用できます。

圧痕測長によるピッカース硬さ(HV)は最大30 Nまで、計装化インデンテーション試験(IIT)は最大10 Nまで可能。インデンテーションのビジュアルマトリックスや連続マルチサイクル(CMC)は、表面の位置及びサンプルの深さに応じた機械特性の測定が可能です。



MCT³ マイクロコンビテスタ

マイクロインデンテーションとマイクロクラッチを組み合わせた唯一の高品質テスタ

マイクロコンビテスタは、高荷重(計装化押し込み硬さ試験の場合10 N、ピッカース硬さの場合30 N)での硬さ及び弾性率を直接測定できます。したがって、硬さのみ測定する従来のマイクロ硬さ試験機よりも有用です。表面の粗いバルクサンプルから薄膜コーティングまで様々な材料に使用できます。また、試験力と押し込み深さを個別に検知する2つのセンサを搭載しています。

MCT³のクラッチモードでは、低荷重(10 mN)から高荷重(30 N)に対応する特許取得済みの同期パノラマモード(US 8261600及びEP 2065695)や摩耗試験機能など、独自のクラッチ試験機能を利用することができます。

インデンテーション試験装置



UNHT³ Bioバイオインデンタ

バイオインデンタは、軟らかいサンプルや生物試料の局所機械特性を測定するためのユニークな装置です。この装置は、軟らかいサンプル、液体に浸漬したサンプル、及び生物試料の試験要件を兼ね備えています。UNHT³ Bioは、実績あるウルトラナノインデンテーション技術をベースに、深さレンジの拡張、荷重分解能の向上、液中での浸漬試験への完全対応などを実現することをコンセプトとしています。クリープ、流動特性、多孔質弾性などの時間依存性の特性を簡単に評価することができます。

内蔵のリアルフォースセンサにより、軟質材料に合わせて最大20 mNの荷重を印加することができます。100 μm の大きな変位幅を取ることができる変位センサを備えています。

弾性率は、押し込み曲線の荷重部分からHertzのモデルを使って計算することもできます。これは、生体材料により適した方法です。

アントンパール社のバイオインデンタ™は、様々な種類の圧子が利用できます。

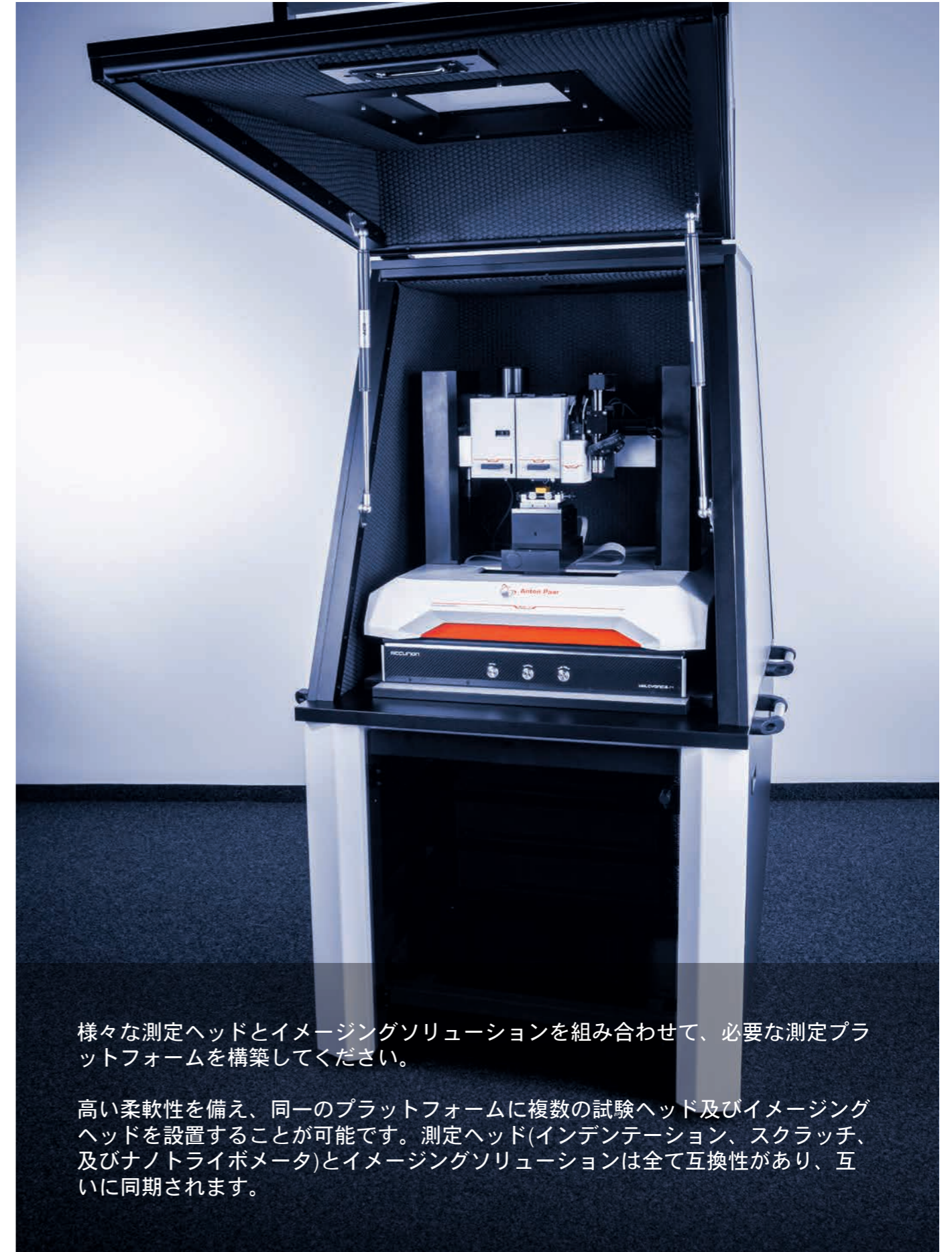


UNHT³ HTV高温ウルトラナノインデンテーション

環境制御型の高温インデンテーションテストのバイオニアでもあるアントンパール社は、-150~800 $^{\circ}\text{C}$ という広範な温度に対応する様々なソリューションを提供しています。

作動システムは、2つの独立した押し込み深さセンサ及び荷重センサと高分解能静電容量センサを組み合わせたウルトラナノインデンテーションテスト(UNHT³)の特許取得済みの技術(特許US 7685868及びEP 1828744)をベースにしています。熱バリア、水循環及び反射鏡によりヘッドの加熱を防ぎ、高い安定性を実現します。さらに、高真空チャンバーによって、酸化及び対流からの熱損失を最小限に抑えています。最小の熱ドリフト(室温で0.5 nm/min未満、全温度範囲で3 nm/min未満)で、高精度な測定を実現します。

最適な組み合わせをお選びください。








様々な測定ヘッドとイメージングソリューションを組み合わせ、必要な測定プラットフォームを構築してください。

高い柔軟性を備え、同一のプラットフォームに複数の試験ヘッド及びイメージングヘッドを設置することが可能です。測定ヘッド(インデンテーション、スクラッチ、及びナノトライボメータ)とイメージングソリューションは全て互換性があり、互いに同期されます。

構成をお選びください。

機械的urface特性評価の全ての測定要件に最適な装置

測定ヘッド								イメージングソリューション	
インデンテーション試験				スクラッチ試験			トライボロジー		
									
MHT³ マイクロインデンテーション テスト 最大荷重: 30 N	NHT³ ナノインデンテーション テスト 最大荷重: 500 mN	UNHT³ ウルトラナノインデンテーション テスト 最大荷重: 100 mN	UNHT³ Bio バイオインデンテーション テスト 最大荷重: 20 mN	MST³ マイクロスクラッチテスト 最大荷重: 30 N	MCT³ マイクロコンピテスト 最大荷重: 30 N	NST³ ナノスクラッチテスト 最大荷重: 1000 mN	NTR³ ナノトライボメータ 最大荷重: 1000 mN	AFM 原子間力顕微鏡	VID 光学ビデオマイクロスコープ
Step 100	✓			✓	✓		✓		オプション
Step 300	✓	✓		✓	✓	✓	✓		標準装備
Step 500	✓	✓		✓	✓	✓	✓		標準装備
Step 700	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	標準装備

✓ 利用可能な構成

Stepプラットフォーム(Step 100、300、500、700)

- 広い差動範囲で高い位置決め精度(1 μm未満)
- ビデオ顕微鏡からインデンタまで1クリックで位置を同期
- 高度なモジュール設計により測定ヘッドを別の種類に交換可能
- カスタム生産の合成花崗岩により振動減衰を強化
- グローブボックス及び真空チャンバーを搭載するプラットフォームへのカスタマイズが可能

100



1つのヘッドを取り付け可能、次のいずれかをお選びください。

MHT³ | MST³ | MCT³ | NTR³

- 除振台は使用できません。
- オプションの光学ビデオマイクロスコープをご注文いただけます(対物レンズ x 5付属)。
- x (75 mm)、y (75 mm)、z (30 mm)の電動テーブルを装備

300



1つのヘッドを取り付け可能、次のいずれかをお選びください。

MHT³ | MST³ | MCT³ | NTR³ | NHT³ | NST³

- 除振台を装備
- 光学ビデオマイクロスコープを装備(対物レンズ x 5付属)
- x (75 mm)、y (75 mm)、z (30 mm)の電動テーブルを装備

500



最大3つまでのヘッドを取り付け可能、次のいずれかをお選びください。

MHT³ | MST³ | MCT³ | NTR³ | NHT³ | NST³

- 除振台を装備
- 光学ビデオマイクロスコープを装備(対物レンズ x 5付属)
- x (215 mm)、y (75 mm)、z (30 mm)の電動テーブルを装備

700



柔軟な構成が可能

最大3つまでのヘッドを取り付け可能、次のいずれかをお選びください。

MHT³ | MST³ | MCT³ | NTR³ | NHT³ | NST³ | UNHT³ | UNHT³ Bio

- 音響エンクロージャを装備
- 装置をご注文の際は、除振台付き(Step 700)または能動的除振台付き(Step 700ノイズコントロール)をお選びいただけます。
- 光学ビデオマイクロスコープを装備(対物レンズ x 5付属)
- オプションの原子間力顕微鏡をご注文いただけます。
- x (215 mm)、y (75 mm)、z (30 mm)の電動テーブルを装備

膜厚: 機能

迅速で簡単なコーティング膜厚測定

アントンパール社のカロテストは、迅速、簡単、安価にコーティング膜厚を測定できる装置です。ボールにより形成された研磨痕を測定するシンプルな方法で、単層から多層まで、あらゆるコーティング膜厚を迅速かつ正確に検査できます。また、関連する国際規格に完全に準拠しています。

USBカラーカメラ方式のビデオモジュールには2種類の対物レンズ(5倍と10倍)が付属しており、研磨痕の画像がソフトウェアに供給されます。この画像に基づいてソフトウェアによるライン測定が行われ、接触面の形状を考慮してコーティング膜厚が計算されます。これにより、ISO 1071-4に準拠した単層及び多層の分析を行うことができます。ユーザー定義のレポートが自動的に生成されるため、完全な文書化にも対応しています。

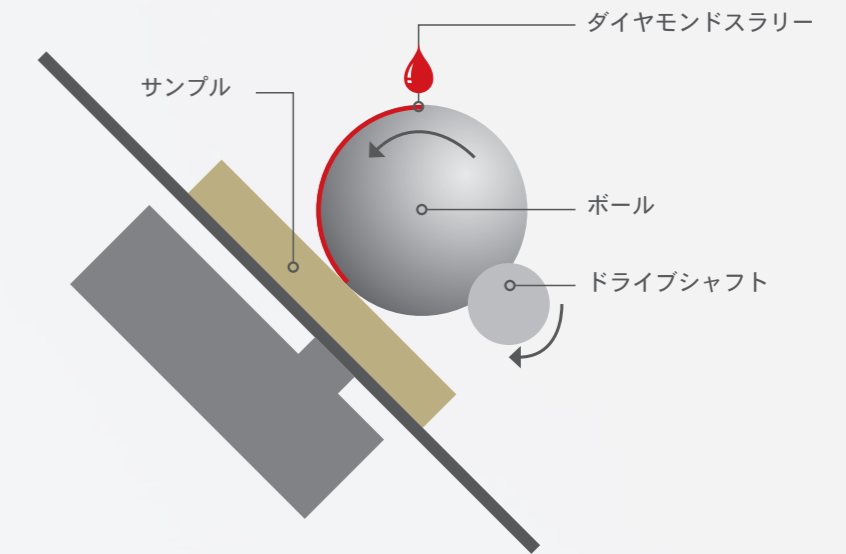
簡単かつ正確に結果を評価



測定原理

ボールによる摩耗試験法

寸法が既知のボールを転がして微小な研磨痕を形成し、その傾斜断面を光学顕微鏡で観察します。これにより、カロテストはわずか1~2分の極めて短い時間でコーティング膜厚を測定できます。



CATc

CATcは、厚さ0.1~50 μmのコーティング分析に広く使用されています。主な測定対象として、CVD膜、PVD膜、プラズマ溶射膜、陽極酸化膜、無電解めっき及び電気めっき、ポリマー、塗料、ラッカーなどが挙げられます。平坦、球形、円筒形のサンプルをサンプルホルダーに固定できます。



CATi

CATiは、通常2~5分でコーティング膜厚を測定します。工業向けに油圧アームにモーターが搭載されているため、あらゆるサイズのサンプルを測定できます。一般的な工業用コーティング部品の膜厚を迅速かつ高精度で計測する理想的な装置です。

用途と業界

	硬質膜	半導体	バイオ材料	光学用及びガラス	装飾	自動車	セラミックス	冶金	土木	エンジニアリング全般
分析のタイプ	<ul style="list-style-type: none"> - 硬さ - 弾性率 - コーティングの密着性 - 高速機械加工コーティングの耐摩耗性 - コーティングの膜厚 - コーティングの高温硬さ 	<ul style="list-style-type: none"> - 薄膜の硬さ - 弾性率 - 薄膜のコーティング密着性 - 耐摩耗性及び摩擦係数 	<ul style="list-style-type: none"> - ステンットの耐引っかかり性 - プロテーゼの耐摩耗性及び摩擦係数 - 錠剤の硬さ - 骨の硬さ - 角膜の弾性率 - コンタクトレンズの摩擦係数 	<ul style="list-style-type: none"> - 光学部品の耐引っかかり性 - 光学用ポリマーコーティングの硬さ - 光学用ポリマーコーティングの弾性率 	<ul style="list-style-type: none"> - 表面の耐引っかかり性 - 表面の硬さ - 耐摩耗コーティングの硬さ 	<ul style="list-style-type: none"> - コーティングの密着性試験 - コーティングの耐摩耗性 - グリースの摩擦係数 - タイヤの弾性率 	<ul style="list-style-type: none"> - バルク材料の耐引っかかり性 	<ul style="list-style-type: none"> - 合金のマイクロ構造の硬さ - 表面の応力-ひずみの調査研究 	<ul style="list-style-type: none"> - 湿度に応じたセメントの機械特性 	<ul style="list-style-type: none"> - 繊維及び毛髪の摩擦係数 - 潤滑油の摩擦係数 - 印刷部品の耐引っかかり性 - チーズの摩擦特性
方法	<ul style="list-style-type: none"> - ナノインデンテーション - マイクロスクラッチ及びRevetestスクラッチ - 高温トライボメータ - カロテスト - 高温ウルトラナノインデンテーション 	<ul style="list-style-type: none"> - ウルトラナノインデンテーション - ナノスクラッチ - ナノトライボメータ 	<ul style="list-style-type: none"> - ナノスクラッチ - トライボメータ - マイクロインデンテーション - ナノインデンテーション - バイオインデンタ - ナノトライボメータ 	<ul style="list-style-type: none"> - ナノスクラッチ - ウルトラナノインデンテーション - マイクロインデンテーション 	<ul style="list-style-type: none"> - ナノスクラッチ - ウルトラナノインデンテーション - マイクロインデンテーション 	<ul style="list-style-type: none"> - マイクロスクラッチまたはRevetestスクラッチ - 高温トライボメータ - トライボメータ - ウルトラナノインデンテーション 	<ul style="list-style-type: none"> - マイクロスクラッチ 	<ul style="list-style-type: none"> - ナノインデンテーション 	<ul style="list-style-type: none"> - ウルトラナノインデンテーション 	<ul style="list-style-type: none"> - トライボメータ - ナノトライボメータ
業界の例	<ul style="list-style-type: none"> - 切削工具 - 機械 - 自動車 - 航空宇宙 	<ul style="list-style-type: none"> - 半導体 - 自動車 - 印刷 	<ul style="list-style-type: none"> - バイオメディカル - 医薬品 - ポリマー 	<ul style="list-style-type: none"> - 光学、ガラス - 時計 - 半導体 	<ul style="list-style-type: none"> - 時計 - 家電 	<ul style="list-style-type: none"> - 冶金 - ポリマー - 光学、ガラス - 自動車 - 機械 	<ul style="list-style-type: none"> - セラミックス 	<ul style="list-style-type: none"> - 冶金 	<ul style="list-style-type: none"> - 土木 	<ul style="list-style-type: none"> - テキスタイル - 化粧品 - 石油 - 航空宇宙 - 木材 - 印刷 - 機械 - 食品
用途の例	<ul style="list-style-type: none"> - 新たなコーティングの研究開発評価 - DLCコーティングインジェクタの品質管理 - 高温でのコーティングの機械特性 	<ul style="list-style-type: none"> - 新しいウェハーの研究開発評価 - ハードディスクの特性評価 - ウェハー製造における品質管理 - low-k誘電体の品質管理 	<ul style="list-style-type: none"> - プロテーゼ及びインプラントの摩耗 - 動脈インプラント(ステント)の耐性 - 錠剤の硬さ - 骨粗鬆症の研究 - 角膜弾性 - コンタクトレンズの摩擦 	<ul style="list-style-type: none"> - 眼鏡レンズの耐性 - 写真用光学部品の管理 - 光学コーティング剤の特性評価 	<ul style="list-style-type: none"> - 家電部品のスクラッチ試験 - フライバンの高温インデンテーション 	<ul style="list-style-type: none"> - DLCコーティングインジェクタの品質管理 - ブレーキパッドの耐摩耗性 - ピストン、エンジンバルブ - タイヤの弾性 	<ul style="list-style-type: none"> - タイルの耐引っかかり性 	<ul style="list-style-type: none"> - 金属部品の機械特性 	<ul style="list-style-type: none"> - 建物用セメント及びコンクリートのナノインデンテーション 	<ul style="list-style-type: none"> - テキスタイル部品の摩擦 - 化粧品(化学製品)の摩擦評価 - 潤滑油の摩擦特性 - 航空宇宙部品の機械特性
サンプル	<ul style="list-style-type: none"> - TiN, TiC, CrN, AlTiCN - DLCコーティング - PVD(セラミックコーティング) - CVD(セラミックコーティング) - 溶射/プラズマ溶射(セラミックコーティング) 	<ul style="list-style-type: none"> - ウェハー及びセンサ - ハードディスク - MEMS - 電気/電子部品 	<ul style="list-style-type: none"> - 骨、組織 - 接着剤 - ゲル - 毛髪 	<ul style="list-style-type: none"> - ポリマーコーティング - 無機ガラス 	<ul style="list-style-type: none"> - スマートフォン - 蒸着金属薄膜 - 宝飾品、時計 	<ul style="list-style-type: none"> - コーティング剤・塗料 - ワニス(コーティング剤、ラッカー) - プラスチック、樹脂、ゴム - 金属、合金 - 潤滑油・グリース 	<ul style="list-style-type: none"> - セラミックス 	<ul style="list-style-type: none"> - 金属、合金 	<ul style="list-style-type: none"> - セメント、コンクリート 	<ul style="list-style-type: none"> - ポリマー - 木材 - 有機成分 - 金属、合金 - 複合材

技術仕様

スクラッチ試験

	NST ³	MST ³	RST ³
最大荷重[N]	1	30	200
荷重分解能[μN]	0.01	10	100
荷重ノイズフロア[rms] [μN]*	0.1	100	1000
荷重速度[N/min]	最大100	最大300	最大300
深さレンジ[μm]	600	1000	1000
深さ分解能[nm]	0.1	0.05	0.05
深さノイズフロア[rms] [nm]*	1.5	1.5	2.5
サンプリングレート[kHz]	192	192	192
スクラッチ速度[mm/min]	0.1~600	0.1~600	0.4~600

オプション

加熱ステージ(最高200 °C)	✓	✓	✓
加熱ステージ(最高450 °C)		✓	✓
液体試験	✓	✓	✓

インデンテーション試験

	UNHT ³	NHT ³	MHT ³	MCT ³	UNHT ³ Bio	UNHT ³ HTV
最大押し込み荷重[mN]	100	500	30,000	30,000	20	100
荷重分解能[μN]	0.003	0.02	6	6	0.001	0.006
荷重ノイズフロア[rms] [μN]*	<0.05	<0.5	<100	<100	0.1	0.5
最大押し込み深さ[μm]	100	200	1000	1000	100	100
深さ分解能[nm]	0.003	0.01	0.03	0.03	0.006	0.006
深さノイズフロア[rms] [nm]*	<0.03	<0.15	<1.5	<1.5	0.25	0.15

オプション

Sinusモード	✓	✓				✓
液体試験	✓	✓	✓	✓	✓	
加熱ステージ(最高200 °C)	✓		✓	✓		
加熱ステージ(最高450 °C)			✓	✓		
加熱ステージ(最高800 °C)						✓
ペトリ皿ホルダー					✓	

インデンテーションテストのサンプリングレートは192 kHzですが、表示のために400 Hzまでフィルタリングが行われます。

ご要望に応じて、追加のオプションやアクセサリ(電気接触抵抗(ECR)、低温冷却(真空中-150 °C)、ウェハーホルダー、マルチサンプルホルダーなど)を提供可能です。

* ノイズフロアの値は、理想的なラボ条件下で除振台を使用することを想定しています。

✓利用可能なオプション

膜厚測定

コンパクトタイプカロテスト(CATc) インダストリアルタイプカロテスト(CATi) コンボタイプカロテスト(CATcombo)	
シャフト速度[rpm]	10~3,000
摩耗時間範囲[秒]	1~10,000
標準ボール径[mm]	10、15、20、25.4、30

トライボロジー

	ナノトライボメータ (NTR ³)
ノーマルフォース範囲[mN]*	1000
ノーマルフォース分解能[μN]*	0.003
摩擦力範囲[mN]*	1000
摩擦力分解能[μN]*	0.006

回転運動

速度[rpm]	1~200
半径[mm]	0.1~20

直線往復運動¹⁾

ストローク長[mm]**	最大5
速度[mm/s]**	最大26.6
周波数[Hz]**	0.01~10

回転往復運動²⁾

速度[rpm]	1~200
偏向角範囲[°]	±10~±150
偏向角分解能[°]	0.1

オプション

オンライン摩耗深さ[μm]	最大250
電気接触抵抗[Ω]	最大1000

* ナノトライボメータの垂直荷重及び摩擦力の仕様は、選択するカンチレバー(高分解能、スタンダード及び高荷重カンチレバー)により異なります。

** ナノトライボメータの直線往復運動の仕様は、選択したリニアステージにより異なります。

¹⁾ 直線往復運動の仕様は、ストローク長、周波数、ステージ上の質量の組み合わせにより異なります。

²⁾ 回転往復運動の仕様は、角振幅、周波数、ステージ上の質量の組み合わせにより異なります。

