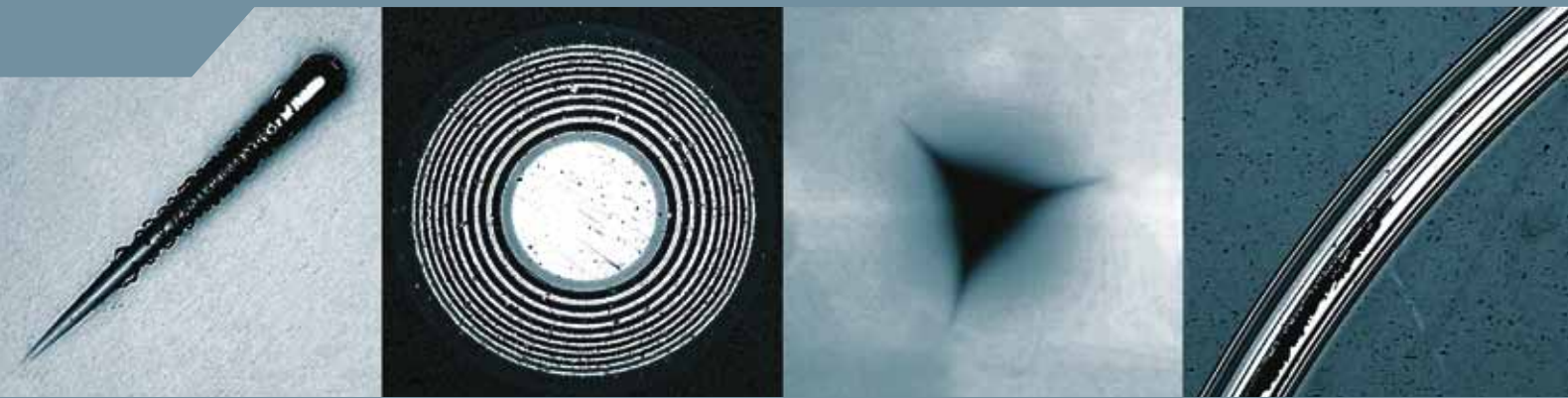


CSM Instruments



//// The expert for Indentation, Scratch and Tribology testing

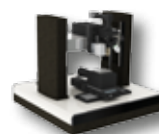
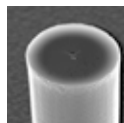
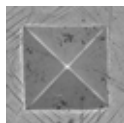
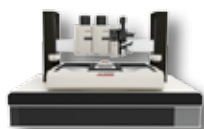




インデンテーション・テスト

硬度・弾性率測定のための最高水準の計測機器

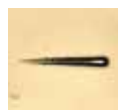
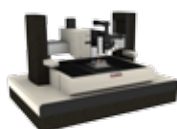
	ウルトラナノインデンテーション・テスト	ナノインデンテーション・テスト	インデンテーション・テスト
最大荷重	100 mN	500 mN	30 N
荷重分解能	0.001 μ N	0.04 μ N	0.3 mN
最大深さ	100 μ m	200 μ m	200 μ m
深さ分解能	0.0003 nm	0.004 nm	0.3 nm



スクラッチテスト

密着力・耐スクラッチ性評価のためのスクラッチ試験における世界的リーダー

	ナノスクラッチテスト	マイクロスクラッチテスト	レベテストスクラッチテスト
荷重レンジ	0 - 1000 mN	0 - 30 N	0 - 200 N
スクラッチ速度	0 ~ 600 mm/min	0 ~ 600 mm/min	0 ~ 600 mm/min
最大摩擦力	1000 mN	30 N	200 N
最大深さ	2 mm	1 mm	1 mm



ピン・オン・ディスク式トライボメータ

摩擦係数・摩耗評価・トライボロジー研究のための試験機

	ナノトライボメータ	トライボメータ	高温トライボメータ
回転速度	0.3 ~ 200 rpm	0.3 - 1500 rpm	0.3-1500 rpm
荷重レンジ	~ 1000 mN	~ 60 N	~ 60 N
摩擦力	~ 1000 mN	~ 20 N	~ 20 N
温度	-40°C ~ 200°C	-40°C ~ 450°C	雰囲気温度 ~ 1000°C



カロテスト&カロウェア

コーティング膜厚計測で最も操作が簡便な計測機

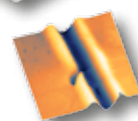


3D画像 (AFMおよびコンスキャンレンズ)

先進の表面形状・粗さ測定機

	カロテスト	カロウェア
コーティング膜厚	0.1 ~ 50 μ m	0.1 ~ 50 μ m
軸速度	10 ~ 3000 rpm	60 ~ 1200 rpm
標準ボール直径	10, 15, 20, 25, 30 mm	20, 25, 30 mm
摩擦時間レンジ	2 秒 ~ 15 分	2 秒 ~ 15 分

	AFM	コンスキャン
スキャンレンジ	110 x 110 x 20 μ m	Z 軸 130 μ m Z 軸 400 μ m
オプション	非接触モード	ご要望により、さらに広い スキャンレンジに対応





ABOUT US

CSM Instruments社は、スイス・エレクトロニクス&マイクロテクノロジー・センター (CSEM) からスピンオフして設立されました。そのため当社の装置は、最初はCSEM Instruments社製として上市されましたが、完全に独立し民営化されると、CSM Instruments社の製品として流通するようになります。

本社はスイス・プゾー市にあるため、当社のあらゆる試験装置はスイス製で、その地で厳しい試験を経て極めて高い品質を実現しています。材料特性評価装置の製造における当社の経験と知識によって、当社のエキスパート・チームがグローバル市場に向けた高品質な計測装置の設計が可能になっています。

当社では、表面およびバルク材料の広いレンジの機械的特性評価を可能にする装置を提供しております。

- > 塗装や光学薄膜、あるいは硬質膜の密着性を、当社のスクラッチテストを用いることで計測できます。
- > 動的な計装化押し込み試験では、材料の硬さだけでなく、塑性弾性変形、弾性率(ヤング率)クリープその他多くの特性を評価できます。
- > CSM Instruments社は、マイクロ／ナノスケールで運用できるボール・オン・ディスク／ピン・オン・ディスク型トライボメータを製作しています。これらのシステムは摩擦係数を計測し、耐摩耗性の定量化を行います。
- > カロテスト／カロウェアシリーズの装置は、コーティング膜厚を計測するとともに、摩耗率を定量化できます。
- > 最後に、CSM Instrument社は、オプションで3次元イメージング・システムを提供します。原子間力顕微鏡 (AFM) はナノスケールのイメージを提供し、コンスキャン波長コンフォーカル方式の光学ペンは表面形状イメージと、ミリ単位の領域における定量的な高さデータを定量化できます。

//// 当社のロゴの変遷



1984



1999



2001



current

//// CSM Instruments のソリューション

CSM Instruments社はマルチモード・プラットフォームや専用のスタンダード試験機に合わせて提案された多様な計測オプションを提供いたします。これにより、妥協を許さない極めて完全な表面機械特性の試験ソリューションをお客様に保証いたします。

測定対象となる特性	ソリューション
-----------	---------

硬さ 弾性率 貯蔵弾性率／損失弾性率 クリープ 破壊靱性 容積弾性係数	インデンテーション
--	-----------

コーティング膜の密着性 耐スクラッチ性 耐擦傷性	スクラッチ
--------------------------------	-------

摩擦係数 摩耗率 寿命研究 トライボロジー特性	トライボメータ
----------------------------------	---------

コーティング膜厚	カロテスト
----------	-------

ナノ領域の顕微鏡観察 3D表面粗さ測定 表面形状測定	AFM コンスキャン共焦点顕微鏡 プロフィロメータ
----------------------------------	---------------------------------

//// アプリケーション

//// Hard Coatings

- > TiN、TiC、DLC
- > 切削工具
- > 成形工具
- > 溶射被膜
- > PVD膜およびCVD膜

//// Semiconductor Technology

- > パッシベーション膜
- > 金属配線技術
- > MEMSおよびNEMS
- > ハードディスク
- > Low-k膜

//// Biomaterials

- > 動脈インプラント(ステント)
- > 骨組織
- > 人工関節
- > 錠剤や丸薬

//// Optical Components

- > メガネレンズ
- > 光学コーティング
- > コンタクトレンズ

//// Decorative

- > 蒸着メタル・コーティング
- > 宝石および腕時計

//// Automotive

- > 塗料やポリマー
- > ワニスや上塗り
- > エンジンバルブやエジェクターピン
- > ブレーキパッド

//// Ceramics

- > タイル
- > コンクリート
- > バルク材の破壊靱性(K1c)

//// General Engineering

- > ゴム
- > タッチパネル
- > 潤滑剤および添加剤
- > ベアリング



//// CSM のプラットフォーム

CSM Instruments社は、顧客のあらゆるニーズに合わせて、機器構成をフレキシブルに拡張して提供いたします。多様な試験モジュールやイメージング・モジュールを、“コンパクト・プラットフォーム”あるいは“オープン・プラットフォーム”という一つのプラットフォームに組み込んでいます。すべての計測装置やイメージング・モジュールは互いにシンクロされており、いずれのプラットフォームにも標準モジュールとして光学顕微鏡が含まれています。

皆様のニーズに合わせて、皆様の装置を以下のようなシステム構成に組むことができます。

1) 標準の計測モジュールを選んでください。

1. ウルトラナノインデンテーション・モジュール (UNHT)
2. ナノインデンテーション・モジュール (NHT)
3. マイクロインデンテーション・モジュール (MHT)
4. ナノスクラッチ・モジュール (NST)
5. マイクロスクラッチ・モジュール (MST)
6. マイクロコンビ・モジュール (MCT)
(Micro Scratch and Micro Indentation)



オープン・プラットフォーム(OPX)

2) オプションの3D画像モジュールを選んでください。

- A. 広域スキャンAFM (原子間力顕微鏡)
- B. コンスキャン・コンフォーカル顕微鏡



コンパクト・プラットフォーム (CPX)

3) プラットフォームを選んでください。

- A. オープン・プラットフォーム (OPX)
最大4モジュール対応
- B. コンパクト・プラットフォーム (CPX)
最大3モジュール対応
- C. 卓上プラットフォーム (TTX)
最大2モジュール対応

OPXとCPXはいずれも、光学ビデオマイクロスコープ、XYZ軸の全自動テーブル、振動防止テーブル、二つの液晶スクリーンを持つPCと試料ホルダを組み込んでいます。



卓上プラットフォーム (TTX)



インデンテーション・テスト

硬さや弾性率の評価に

//// インデンテーション・テストの特長

- > 独自のトップ表面リファレンス技術
- > 数nm深さまでの硬さおよび弾性率（ヤング率）を計測
- > 自動マルチサンプル管理可
- > ベルコビッチ、ビッカース、球状キューブコーナ、ヌープ、その他ご要望に合わせた各種圧子を提供
- > Sinusモード分析（DMA）により粘弾性特性を評価
- > クリープや疲労、破壊への耐性を試験
- > システムをフレキシブルにアップグレード可能
- > 計測スループットが非常に高く、測定の再現性も良好
- > マルチフォーカス機能を持ったビデオマイクロスコプ（マルチフォーカス機能は、焦点位置が違う複数の画像を合成することで、サンプル手前から奥まで焦点の合った画像を取得できる）
- > オプションでAFM観察やコンスキャン顕微鏡観察が可能
- > ISO 14577、ASTM E2546に準拠
- > 300mmまでの大型試料に対応したハンドリングシステム
- > 使い勝手の良好なソフトウェア



NHT²のモデル図

//// CSMのインデンテーション・テストのご紹介

CSMのインデンテーション・テストは、薄膜、コーティングおよび基材の機械的特性評価のための高精度な試験装置です。軟質、硬質、脆性材料、延性材料といったほぼすべての種類の材料について、その硬さや弾性率を確定できます。測定原理は次のとおりです。通常、試料表面に向かって配置された押し込み圧子を、あらかじめ設定した数値まで荷重を増やしながら押し込んでいきます。そうして、材料の部分的な、あるいは全体的な応力緩和が起こるまで、徐々に印加荷重が除荷されていきます。

//// 独自の表面リファレンス

CSMのインデンテーション・テストは、トップ表面リファレンス技術を用いた唯一の市販試験装置です。試料表面と押し込み深さの間の様々な計測を行うことで、以下の独自のメリットが得られます。

- > 高精度な深さ分析
- > 迅速な測定サイクル時間
- > 極めて小さい熱ドリフト

この表面リファレンス設計はまた、計測エラーにつながると考えられる要因を取り除き、以下を実現しています。

- > システムフレームへの依存性が極めて小さい
- > 試料セッティングの高い安定性

//// Sinus モード(DMA分析)

動的機械的分析（DMA）は正弦波荷重曲線を用いて、粘弾性材料の機械的特性の完全な分析を行います。この手法は押し込み深さに相関性のある硬さや弾性係数、貯蔵弾性率および損失弾性率などのデータの連続的な取得を可能にしています。

SinusモードはCSMのナノインデンテーション・テストおよびウルトラナノインデンテーション・テストのみで利用できます。

//// CMCTM（連続マルチ・サイクル）

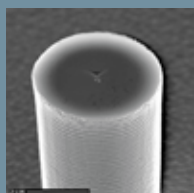
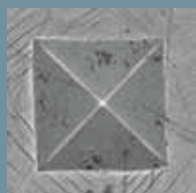
CSM InstrumentsはCMCTM（連続マルチ・サイクル）メソッドを開発しました。これにより、深さに相関のあるインデンテーション硬さや弾性係数、剛性などのデータが得られます。

//// AFMおよびナノインデンテーション

ビデオマイクロスコプ、インデンテーション・テスト圧子およびAFMがそれぞれ位相的に校正されているため、インデンテーション・テストによる圧痕の一確認がビデオマイクロスコプあるいはAFMにより自動でなされ、瞬時に映し出されます。

//// マルチフォーカス・イメージ

マルチフォーカス・イメージは、非常に深い視写界深度で画像を作成します。動画を取り込みながらZ軸のテーブルが自動で上下して画像を取得、様々なレベルの焦点画像を結合することで、すべての焦点深度でシャープなイメージングを可能にしています。



ウルトラナノインデンテーション・テスト (100 mNまで) 極めて高分解能で熱安定性の高いナノインデンタ

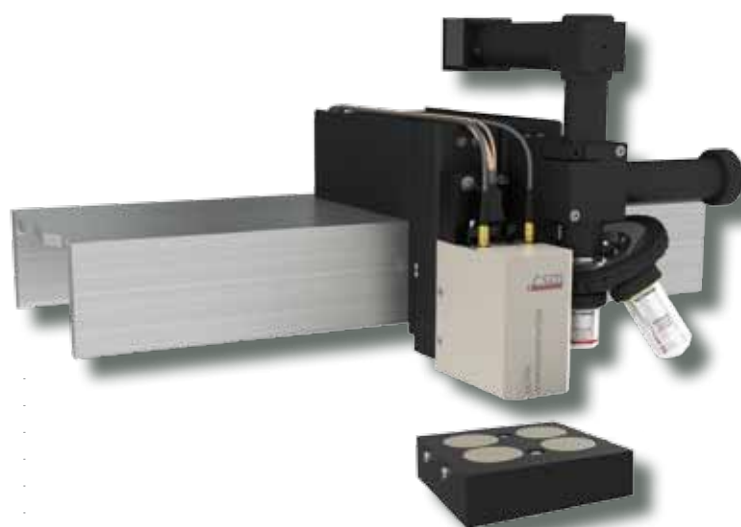
ウルトラナノインデンテーション・テストは、二つのインデンタ・コラムを平行に組み込んだ独自構造になっています。コラムの一つはインデンタ圧子を稼働させ、もう一つのコラムは大きな曲率半径を持つリファレンス探針を有しています。各々が固有の荷重セルを備えています。二つのインデンタ・コラムは、試料表面の近傍で連動、二つの圧子の位相差を静電容量センサで検出することにより、インデンタ圧子は常に、試料表面の位置にリファレンスされます。

特長

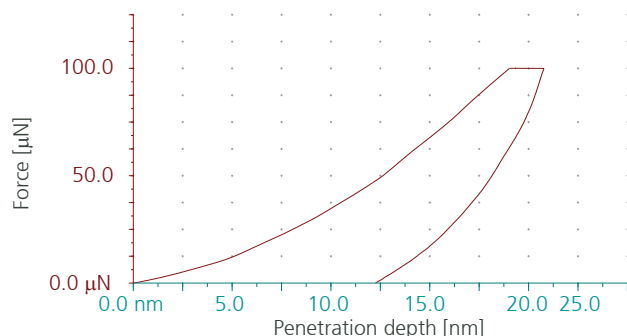
- > アクティブ・トップ・リファレンス（意匠登録済み EP 1828744およびUS 7,685,868,B2）
リファレンスは着脱可能で、ボールやピンなど様々な形態にできます。リファレンスは固有のピエゾアクチュエータと荷重センサを備えています。これにより、試料に対する荷重のフィードバック・ループ制御を非常にきめ細やかに実現できます。
- > 熱膨張のない独自の材料設計
ヘッドはZeroDUR®ガラス製で、電子回路システムの熱ドリフト率は1ppm/°C以下
- > 究極のフレーム剛性：フレーム剛性無限大 (>108N/m)
合成御影石のフレームとZeroDUR®ガラス独自技術のアクティブ・トップ・リファレンス・システムを用いることで、フレームのコンプライアンス（変形しやすさ）を最小限に抑えます。
- > 二つの独立した深さセンサと荷重センサ
真実深さ・荷重制御モードのための超高分解能静電容量センサ
- > 超高分解能および超低ノイズフロア
深さ分解能：0.0015nm、ノイズフロア<0.03nm
荷重分解能：0.005 μ N、ノイズフロア<0.1 μ N
- > 最大100 μ mまでのインデンテーション深さの広いレンジ

オプション

- > 加熱・冷却ステージ
- > 原子間力顕微鏡（AFM）
- > 高分解能テーブル
- > 高分解能力メラ
- > 音響防護エンクロージャ
- > 液体セル
- > 真空あるいは雰囲気制御エンクロージャ
- > 電気接触抵抗の測定



ビデオ・マイクロスコープとマルチ試料ホルダーを備えたUNHTモジュール



NHT²

ナノインデンテーション・テスト (500 mNまで) 最も多目的なナノインデント

ナノインデンテーション・テストは低荷重を付与することでナノメータ領域における深さ計測を行えるようデザインされています。このシステムは、有機、無機、硬質および軟質材料の特性評価に利用できます。

特長

- > 試料表面のトップ・リファレンス
- > 試験前後の表面観察のための自動ビデオマイクロスコープ
- > 垂直荷重のフィードバック制御
- > ナノインデント・フレームの極めて低い弾性ひずみ定数（コンプライアンス）
- > 低い熱膨張係数材料MACORで設計
- > 液中での試験に完全適合

オプション

- > 真空など雰囲気制御
- > 原子間力顕微鏡（AFM）
- > 高分解能カメラ
- > 高分解能テーブルによる位置決め精度の高い再現性



ビデオ・マイクロスコープを備えたナノインデンテーション・モジュール

MHT²

マイクロインデンテーション・テスト (30 Nまで) 最も広いレンジの軽装化押し込み試験を実現

マイクロインデンテーション・テストは硬質薄膜から軟質薄膜、バルク材料までの特性評価に最適な装置です。各種材料の硬度や粘弾性係数の正確で再現性の高い計測値を実現します。

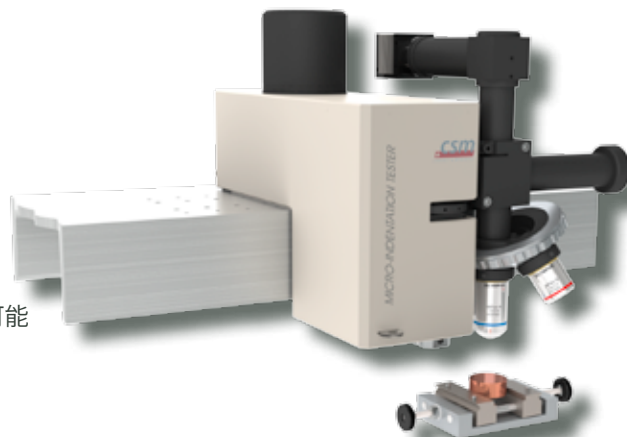
当社のマイクロインデンテーション・テストは各種バルク材料から、PVDやCVDによる硬質膜、セラミック表面層といったコーティングの評価に最適です。

特長

- > 独自のトップ・リファレンス手法
- > 位置シンクロ
- > 垂直荷重のフィードバック制御
- > マッピング・モードを用いた簡易試験
- > 広い荷重レンジ

オプション

- > マイクロ・コンビ・テスト（MCT）にアップグレードが可能
マイクロインデンテーションとマイクロスクラッチテストの複合
- > 温度制御ステージ
- > コンスキャン対物レンズ
- > 高分解能カメラ
- > 真空など雰囲気制御



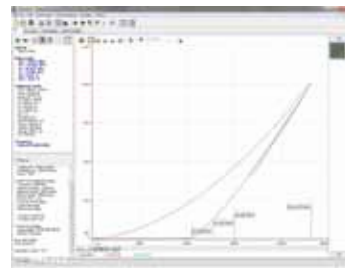
ビデオ・マイクロスコープを備えたマイクロインデンテーション・モジュール

//// インデンテーション試験ソフトウェア

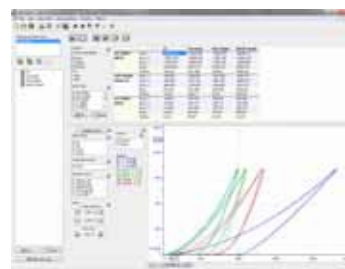
以下のような、データ取得と分析のための充実したソフトウェア・パッケージ：

//// 計測モード

- > インデンテーション・パラメータの完全制御：荷重および深さ制御
- > 荷重および深さデータ取得中のリアルタイム表示
- > Sinusモード（UNHTおよびNHTのみ）
- > ユーザーアクセス権の完全管理
- > インデンタ圧子の自動校正
- > 自動ポジショニングによるインデンテーション試験前後の画像分析が可能
- > AFMとビデオイメージングのと制御ソフトウェアへの完全統合
- > マルチ・フォーカス・イメージング
- > 深さ計測において、ひずみ率を一定に制御
- > 各種言語に対応したサポート



代表的なインデンテーション曲線



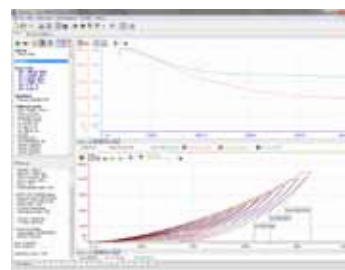
近似曲線の重ね合わせ

//// データ分析

- > 完全に統合された強力な統合モジュール（データおよびグラフィックツール）
- > 自動で計測レポートを出力
- > マルチ言語サポート
- > ASCIIフォーマットによるデータ出力
- > 近似曲線や計算パラメータの画像重ね合わせ

//// 機械的特性計測結果

- > 硬度（HIT）や粘弾性係数（EIT）の自動計測や、ビッカース硬度（Hv）、クリープ（CIT）、応力緩和（RIT）、剛性（S）の計測
- > すべてのナノインデンテーション試験データを表示（hm、hcなど）
- > 硬度や粘弾性係数、あるいはマルテンス硬さvs.押し込み深さを表示
- > 多重モデルによる硬度や粘弾性の評価
- > ISO 14477およびASTM E2546に準拠した標準評価



一定マルチサイクル曲線（CMC）

//// 追加可能な独自材料特性分析

- > 疲労耐性、クリープおよび圧力ひずみの挙動の分析
- > 弾塑性ひずみエネルギー量の分析
- > 粘弾性材料の貯蔵弾性率および損失弾性率の計算（Sinusモードオプション使用時のみ）
- > 材料変形解析ソフトウェア附属（標準）



インデンテーション条件設定画面

//// 付属品・消耗品

- > 多様な圧子形状
- > 真空、湿度、温度の制御オプション
- > アプリケーション・キット（バイオ材料、ポリマー、骨など）
- > 計装化押し込み試験の検証のためのリファレンス材料

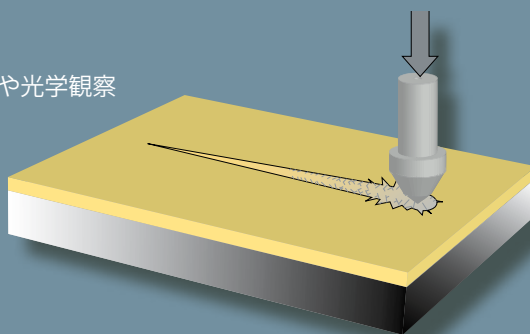


スクラッチテスト

密着力やスクラッチ強度の評価に

//// スクラッチテストの特長

- > コーティングの密着力の定量化で実績豊富な手法
- > アコースティック・エミッション（AE）、摩擦、押込み深さの計測や光学観察
- > 垂直荷重のフィードバック制御
- > パノラマ・イメージ（特許）
- > マルチフォーカス・イメージとパノラマ
- > 300mmの大型試料の特性を評価
- > マルチパス・モードでの摩耗試験
- > ビデオマイクロスコープによる自動観察
- > 複数の資料をオペレータ不要で自動で試験できる
- > ISOおよびASTM規格に適合



スクラッチテスト原理図



//// スクラッチテストの紹介

CSM Instrumentsのスクラッチテストは、薄膜やコーティングの表面の機械的特性評価（密着性や破壊、変形など）に最適な装置です。

この装置は、半導体や光学技術分野で使われるプラズマプロセス膜から、一般消費材や自動車部品で使われる装飾膜や保護膜まで、あらゆる種類の工業用コーティングの評価に利用できます。

多様で補完的な手法を用いることで、膜・基板システムの特性を評価し、摩擦係数や密着強さといった各種パラメータを定量化するスクラッチテストの性能が、研究、開発、さらには品質管理といった用途で、抜群の有用性を発揮します。

スクラッチテストの技術としては、試験中はダイヤモンド圧子による試料へのコントロールされたスクラッチ力の付与があります。圧子は一定の荷重、または増分荷重、あるいは累積で、コーティング表面の上をスクラッチします。

ある一定の荷重下で、コーティングは剥離し始めます。その臨界荷重は、摩擦係数や圧子の押込み深さ、さらにはアコースティック・エミッション（AE）のセンサと装置に組み込まれた光学マイクロスコープによる観察によって、極めて正確に検出できます。

得られた臨界荷重のデータは、様々なセンサ（AE、押込み深さ、摩擦係数）とビデオマイクロスコープによる観察によって、様々な膜・基板の組み合わせについて、それぞれの密着特性を定量化するのに使われます。

//// アクティブな荷重フィードバック制御

荷重のフィードバック制御は今や多くの装置で用いられてい

ますが、独自設計のCSM Instrumentsの制御ユニットは、（ソフトウェアでの訂正によるのではなく）電子制御によるアクティブな荷重のフィードバックを実現します。独自デザインのナノスクラッチ計測ヘッドには、荷重センサ、深さセンサのほか、最新型の圧電センサが搭載されています。これらの技術の特長により、迅速なレスポンス時間（5ms以下）を実現しているほか、あらゆるタイプのスクラッチ試験機よりも正確でフレキシビリティに富んだ装置に仕上がっています。

//// ビデオマイクロスコープとデュアルスクリーンPC

スクラッチテストにはビデオマイクロスコープが組み込まれています。標準の対物レンズは×5、×20、×50、×100の設置で、統合倍率は×200～×4000になります。

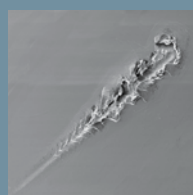
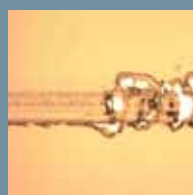
1280×1024の解像度を持つカメラがすべてのスクラッチテストに搭載され、極めて高い感度を実現します。加えて、液晶デュアルスクリーンPCによって、スクラッチ試験のデータとイメージを同時に、またシンクロさせ重ね合わせた状態で表示できます。

//// 同期パノラマ（特許）

(US 12/324,237, EP 2065695)

パノラマモードはデジタル処理で複数のイメージ画像をつなぎ合わせ、スクラッチ試験の長さ方向に沿って完全なスクラッチ痕のパノラマ表示を実現します。

このパノラマ表示は、スクラッチ試験後のデータと完全に同期されています。パノラマ表示を横へ横へとスクロールしていくにつれて、カーソルでスクラッチ痕の位置や摩耗、荷重、侵入深さをなぞることができます。



ナノスクラッチテスト (0 - 1000 mN)

市場で最も高精度なナノスクラッチテスト

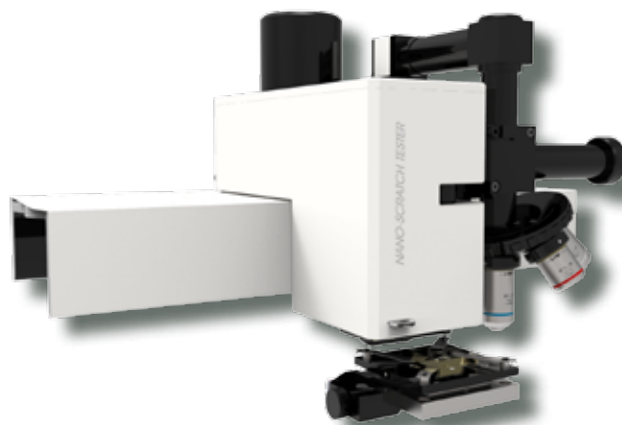
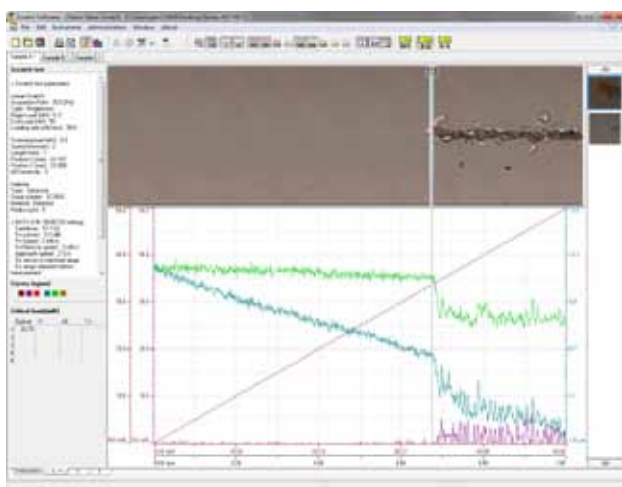
ナノスクラッチテストは、特に標準膜厚1000nm以下の薄膜およびコーティングの密着性評価に最適です。
ナノスクラッチテストは、有機系および無機系のコーティングや、軟質および硬質のコーティングの分析に使用できます。

//// 特 長

- > 圧電アクチュエータが結合されたダブル・カンチレバー・ビーム（特許）
- > アクティブ荷重フィードバック・ループ制御
- > 高精度プロファイリング
- > 同期マルチフォーカス・パノラマ（特許）を持つビデオ・マイクロスコープによる自動観察
- > 弾性回復研究のための真実押し込み深さ計測（特許）
- > 高画質の光学イメージング（4ポジションの光学ビデオマイクロスコープ・タレット）
- > 正確な摩耗試験
- > ISO規格およびASTM規格に準拠

//// オプション

- > ナノインデンテーション、マイクロインデンテーション、マイクロスクラッチの各試験モジュール
- > 真空、湿度、温度制御
- > AFMおよびコンスキャン3Dイメージング
- > 繰り返し位置決め精度の高い高分解能テーブル
- > 荷重、摩擦力、押し込み深さの検証キット



ビデオ・マイクロスコープを備えたナノスクラッチテスト

MST

マイクロスクラッチテスト (30 Nまで) 要求の厳しいユーザー用の広いレンジの試験機

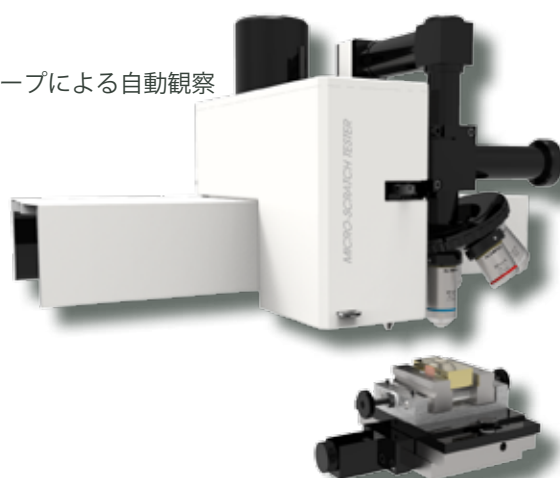
マイクロスクラッチテストは、標準膜厚 $5\mu\text{m}$ 以下の薄膜およびコーティングの実際の密着特性を評価するのに広く使われています。マイクロスクラッチテストはまた、有機系および無機系の軟質および硬質のコーティングの分析にも使われています。

//// 特 長

- > ダイヤモンド・スタイラス（触針）によるスクラッチ手法
- > 同期マルチフォーカス・パノラマを持つビデオ・マイクロスコープによる自動観察
- > アクティブ荷重フィードバック制御
- > スクラッチ試験前後のスキャン補正によるスクラッチ深さ計測
- > 多機能のスクラッチ試験
- > アコースティック・エミッション（AE）センサ

//// オプション

- > スクラッチ試験中の水平揺動のための揺動モジュール
- > 高精細ビデオ
- > AFMまたはコンスキャン3Dイメージング
- > 広いレンジのインデンタ圧子
- > 荷重、摩擦力、押込み深さの検証キット



ビデオ・マイクロスコープを備えたマイクロスクラッチテスト

RST

レベテスト® マクロスクラッチテスト (200 Nまで) 産業界向けリファレンス・モデル

レベテスト®スクラッチテストは、標準膜厚 $1\mu\text{m}$ 以上の硬質被膜をコートした材料の特性評価に広く使われています。

//// 特 長

- > ダイヤモンド・スタイラス（触針）によるスクラッチ手法
- > 垂直荷重のフィードバック制御
- > アコースティック・エミッション（AE）による検知
- > 同期パノラマモード（特許）を持つビデオ・マイクロスコープ
- > キャリブレーションの長期安定性
- > コンベンショナルな硬さモードも搭載
- > ASTM C 1624、ISO 20502、ISO EN 10711に適合

//// オプション

- > 荷重、摩擦力、押込み深さの検証キット
- > 高精細ビデオカメラ
- > 広いレンジのインデンタ圧子



ビデオ・マイクロスコープを備えたレベテスト

//// スクラッチ・ソフトウェア

データ取得・分析を含む完全なソフトウェア・パッケージ：

//// 計測モード

- > 独自の同期パノラマモード（特許）
- > マルチ・フォーカス・イメージ
- > 荷重および深さデータ入手中のリアルタイム表示
- > ユーザーで完全に定義できるスクラッチ試験モード：
 - 単一および複数のスクラッチ試験；一定荷重あるいは増分荷重、累積荷重；ユーザー定義の荷重プロファイル
- > 広範な試験モード：スクラッチ、摩耗、インデンテーション
- > マルチ・スクラッチ試験における単一スクラッチ試験ごとの環境設定がプログラム可能
- > 完全にカスタマイズされたユーザーアクセス権
- > 圧子とイメージング・モジュール間の自動ポジショニング
- > AFMとビデオイメージングの同一ソフトウェアへの完全統合（NSTおよびMST）
- > マルチ言語サポート

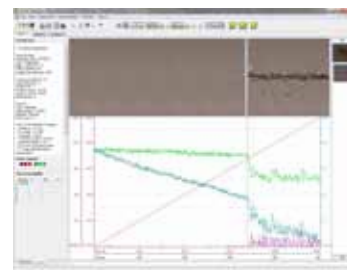
//// データ分析

- > 垂直荷重の機能としての臨界荷重（Lc）を検出
- > 強力に完全に統合された統計モジュール（データおよびグラフィック）
- > 自動で計測レポートを出力（豊富なテンプレート）
- > 装置上で実施された全オペレーションを記録
- > ASCII形式にエクスポート、エクセルおよびテキスト・エディタ・プログラムでデータへ
- > 材料変形モデリング・ソフトウェア

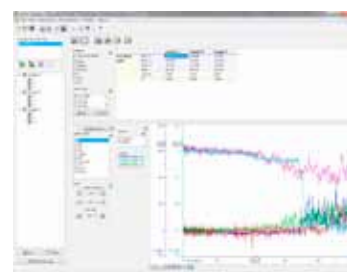
//// 附属品・消耗品

- > ナイフエッジ、球状、ブレードなど多様なインデンタ圧子形状
- > 真空、湿度、温度などの制御オプション
- > 荷重、摩擦および押し込み深さセンサの検証キット
- > ISO 20502規格に適合した部品（ISOの要求項目ごとに認証部品あり）

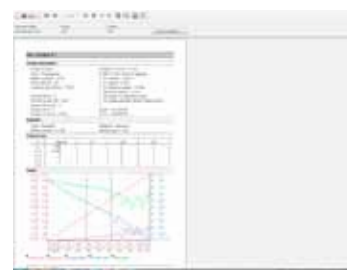
どうぞご連絡の上、皆様のご要望をお伝えください。



パノラマモードによるスクラッチ試験結果例



スクラッチ試験データの重ね合わせ



計測レポートの自動出力



スクラッチ試験の設定画面

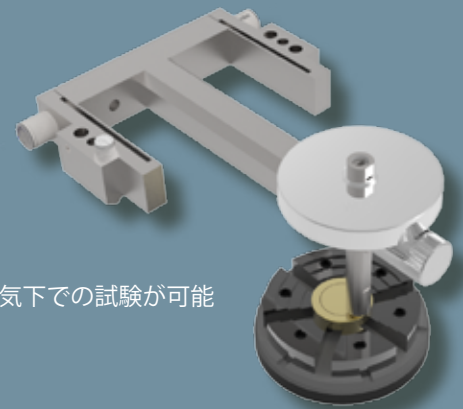


ピン・オン・ディスク式トライボメータ

摩擦・摩耗研究のために

//// CSM Instrumentsトライボメータの特長

- > 摩擦のない独自の荷重センサ設計により得られる高分解能
- > 簡易な自動校正プロシージャ
- > 高精度フィードバック制御モータ
- > 往復動および回転運動試料の交換が容易
- > 雰囲気制御の装置構成（加熱および真空）
- > 摩擦係数のしきい値、または合計試験サイクル数による自動停止
- > ASTM G99およびG133、DIN 50324に準拠した試験
- > 液中や温度制御、プレキシガラス製エンクロージャ内の不活性ガス雰囲気下での試験が可能



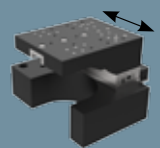
トライボメータの一般原理

//// CSM トライボメータのご紹介

トライボメータによる試験では、ボールやピンあるいは平板のプロブにより、試験片に設定荷重が正確に付加されます。そのプロブは、摩擦のない荷重トランスデューサーとしてデザインされた剛性の高いカンチレバー上に搭載されています。試験中の弾性アームのたわみ量を計測することで、摩擦係数が決定されます。ピンおよびディスク材料の摩耗は、試験中の材料の損失量から計算されます。このシンプルな手法は、ほぼすべての固体材料の組み合わせについて、潤滑下または無潤滑下での摩擦・摩耗挙動の研究を容易にします。加えて、速度や周波数、接触圧、時間、多数の雰囲気パラメータ（温度、湿度や潤滑剤の種類）といった試験パラメータを制御することで、現実の環境で摩耗が起こる実際のシチュエーションをシミュレートできます。

トライボメータは、高精度な摩擦力の計測のために設計された独自の装置です。往復動および回転運動の両モードで運転できます。トライボメータはエンクロージャ構造を採用しているため、湿度を変えたりその他構成要素を変えたりと、制御した雰囲気下で使用できます。トライボメータには、高温や低温での運転、高真空環境での試験のために専用設計されたバージョンもあります。

構成による往復動の技術はまた、静摩擦係数および動摩擦係数の経時的な変化を研究するのに、実に有用です。回転式トライボメータはすべて、揺動に相当するオプションの「マルチサイクル角度運動 - 回転運動モード」が利用でき、これにより両方向の摩擦を計測できます。



//// 真空トライボメータ

CSM Instrumentsのトライボメータはすべて、高真空環境設定で使用できます。これらの完全自動機は、高真空環境でのトライボロジー試験を実現します。搭載されたターボ分子ポンプは、 5×10^{-7} mbar以下の真空環境を創出します。

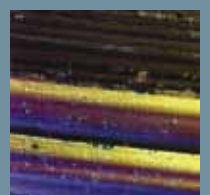
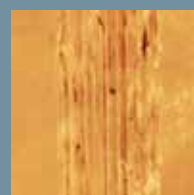
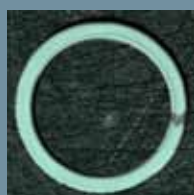
//// オプション：コンパクト形状測定機

コンパクト形状測定機は、トライボロジー試験後の試料表面の迅速で簡単な表面形状測定を実現する、非常にユーザーフレンドリーな装置です。



//// 往復動トライボメータ（直進あるいは角度運動）

直進型のトライボメータは、現実に見られる多くのメカニズムを再現できる往復動型摩擦・摩耗試験機です。この装置では、前後方にストロークした際の摩擦係数を計測し、その後、ソフトウェアによりヘルツ応力や試料と相手材の静的摩耗率が導き出されます。このピン・オン・ディスク式の機器



ナノトライボメータ (～1000 mN)

ナノ／マイクロトライボロジー向けの独自の装置

CSM Instrumentsのナノトライボメータは、特に軟らかい膜や潤滑材が対象となる、低い圧力下での表面の相互作用で計測できるよう、特殊設計されています。この装置は、限定された接触域でのトライボロジー試験を実現するとともに、極めて低い荷重・変位の高精度な計測を経時的に実現します。

ナノトライボメータは、剛性の高いカンチレバーで構成され、このカンチレバーが、摩擦のない荷重トランスデューサとして垂直・水平の両方向の荷重を高精度に検出します。静的プローブ（平板／ピン／ボール）は、あらかじめ設定された荷重を、圧電駆動により正確に試料表面に付加します。試験中に、この弾性アームの水平および垂直摩擦でのたわみ量を二つの高精度変位センサで検出することで、摩擦係数が計測されます。このとき、フィードバック・ループ制御により、試料表面の凹凸の状態に影響されずに圧電駆動で垂直荷重を維持します。

ナノトライボメータは原子間力顕微鏡（AFM）の分解能と合わせて、ピン・オン・ディスク式トライボメータの安定性、ロバスト性、使いやすさを向上しています。

CSM Instrumentsは、高分解能計測と以下の新しい特徴を実現する、トライボメータ新バージョンのリリースを、自信をもってお伝えします。

//// 特 長

- > 1000mN（分解能5nN）までの垂直荷重を付加できる独自のデュアルビーム・カンチレバー
- > 垂直荷重や摩擦力を検知する二つの独立した静電容量センサ
- > 回転／直進往復動
- > 高分解能静電容量センサと piezo アクチュエータのための組み合わせ
- > マイクロトライボロジー試験のための低ノイズフロア
- > 角度センサを備えた回転モジュール
- > 変位センサを備えた先進の直動モジュール
- > 幅広いレンジのカンチレバーが利用できます

//// オプション

- > 密着力の計測
- > 光学ビデオ・マイクロスコープまたはAFM
- > モータ駆動のX-Yステージ
- > 温度・相対湿度センサ
- > 連続摩耗深さ計測
- > 専用の試料ホルダ



卓上式ナノトライボメータ：
マイクロスコープ付き

TRB

ピン・オン・ディスク式トライボメータ (60 Nまで) トライボロジー試験におけるリファレンスモデル

機器の可動部品の摩擦・摩耗の制御は、産業界において製造現場が直面する重要な課題です。湿度や温度、潤滑剤の有無や雰囲気を変えて行ったトライボロジー試験で経時的に得られた各種データを比較分析することは重要です。CSM Instrumentsのトライボメータは、世界中の1000以上の研究所で、研究開発や品質管理を目的とした材料開発用として信頼性を証明しています。

//// 特 長

- > 20Nの摩擦力
- > 1500rpmまでのモータ速度
- > 直動および回転運動モジュールの交換が容易
- > 設定した摺動距離や摩擦係数のしきい値での自動停止機能
- > DIN 50324、ASTM G99およびASTM G133に準拠した試験

//// オプション

- > 接触電気抵抗 (ECR)
- > 直動あるいは角度回転 (揺動) モード
- > トライボ - 腐食キット
- > 動作中の摩耗深さ計測
- > 形状測定機
- > 光学イメージング
- > 真空設定
- > 加熱・冷却ステージ



標準ピン・オン・ディスク式トライボメータ

THT

高温トライボメータ (1000°Cまで) 昇温作動での極めて高い安定性

高温での材料の摩擦・摩耗特性の分析は、特に燃焼エンジンや発電プラントの開発や品質管理のために、ますます重要になってきています。そうした計測に求められる要求に合致するよう、CSM Instrumentsは実運転の雰囲気を正確にシミュレートできる強力な高温バージョンにより、ピン・オン・ディスク式トライボメータのレンジを広げました。

//// 特 長

- > あらゆる温度下で完璧な安定性を図る、多様な摩擦センサ
- > 要求される温度を正確に保持するための効率的な加熱／冷却システム
- > 往復動マルチサイクルのための角度センサ
- > 設定した摺動距離や摩擦係数のしきい値での自動停止機能
- > 室温計測も可能
- > DIN 50324、ASTM G99およびASTM G133に準拠した試験

//// オプション

- > 接触電気抵抗 (ECR)
- > 摩耗深さの連続測定
- > 真空設定



1000°C対応高温トライボメータ

//// トライボX ソフトウェア

データ取得・分析を含む完全ソフトウェア・パッケージ：

//// 計測モード

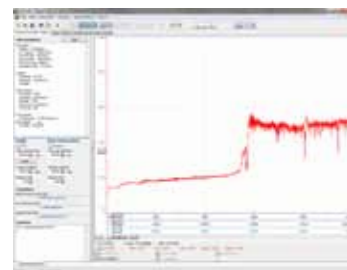
- > 試験中の摩擦 (Fc) 信号の連続的でリアルタイムのデータを取得
- > 接線力 (Ft) のサンプリング周波数：可変周波数 (Hz)
- > 測定1セットごとのレポートを自動出力
- > ソフトウェアによって制御された温度のリアルタイム表示
- > 自動校正プロシージャ
 - 荷重測定 of 校正
 - 速度 of 校正
 - 接触半径 of 校正
- > 最初の動作 (往復動、回転運動、揺動) に同期
 - 各試験が同じ角度位置から開始できます
- > 先進の計測設定
 - トライボメータ試験設備のセットアップと環境設定

//// データ分析

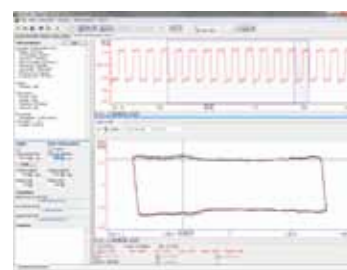
- > 摩擦力・摺動寿命挙動
- > 試料の摩耗率とボールの摩耗率の自動計算
- > 強みに完全に統合された統計モジュール (データおよびグラフィック)
- > 計測レポートを自動で出力
- > ASCIIフォーマットによるデータ出力。Excelまたはテキストエディタなどのオープンファイル
- > 材料変形モデリング・ソフトウェア (Model X)

//// 附属品・消耗品

- > 真空設定
- > 多様なボール材質 (アルミナ、窒化ケイ素、硬質金属、100Cr6合金鋼、ルビー、サファイヤ、ほか)
- > 液中試験のための容器 (温度制御あり／なし)
- > 荷重 (おもり) : 0.25、0.5、1、2、5、10、20、30、60N
- > 温度センサ
- > 相対湿度センサ



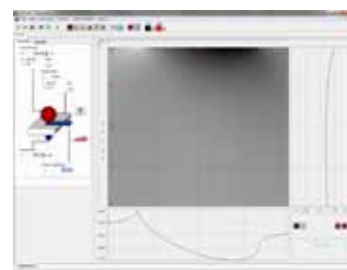
トライボロジー試験例



回転運動画面



トライボメータ設定画面



モデリング・ソフトウェア



カロテスト

コーティング膜厚計測のために

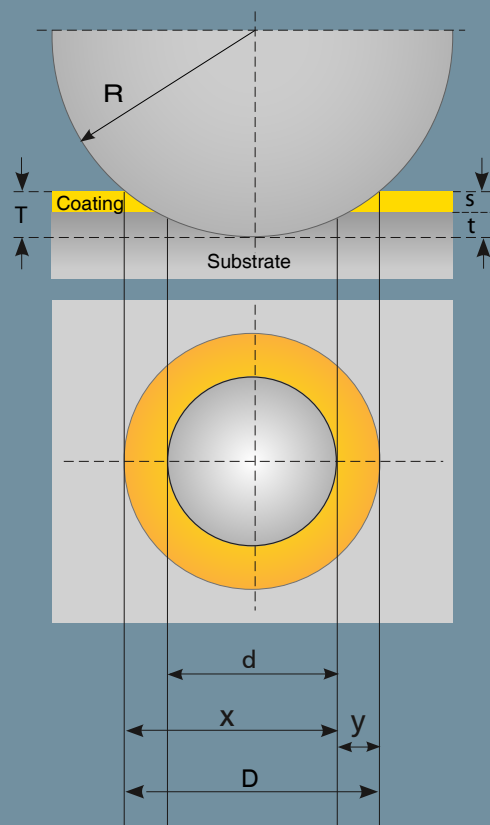
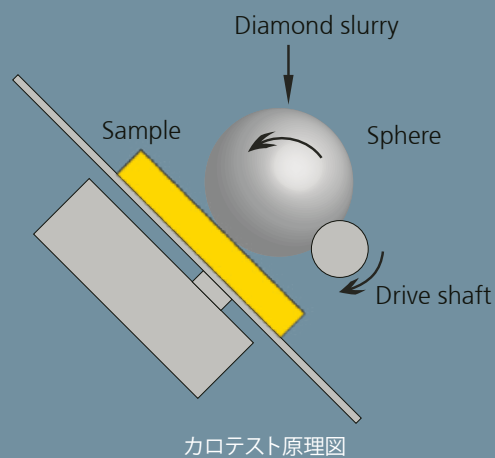
//// カロテストの原理

カロテストは、迅速で簡単で低コストのコーティング膜厚計測を可能にします。回転する一定の直径のボールが、あらかじめ設定された荷重でコーティング表面に押し付けられます。試料中央に押し付けられたボールの位置と接触荷重は、いずれも一定です。ボールの接触域に研磨スラリーを供給することで、コーティング膜や基板の上にボール形状のくぼみが形成されていきます。

そのくぼみの光学観察によって、コーティングおよび基板上に、ボールによって研磨され投影された形状が映し出されます。そのくぼみ、パラメータXとYを計測することで、シンプルな幾何学により、コーティング膜厚Sが計算されます。

カロテストは、三体摩耗システムを創成します。スチール・ボールが試料表面上で回転するときに、水と微細な研磨粒子からなるスラリーが、ボールが接触する領域に滴下されます。一定の割合で基板を摩耗させるようスラリーが制御されるため、計測結果では高い再現性が保証されています。

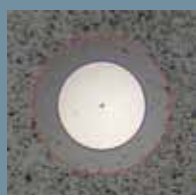
カロテストはまた、コーティングやバルク材の耐アブレシブ摩耗特性を計測することにも利用できます。



$$S = \frac{1}{2}(\sqrt{4R^2 - d^2} - \sqrt{4R^2 - D^2})$$



コンパクト・カロテスト



カロテストは、0.1~50 μ mのコーティング膜厚を分析するのに広く使われています。シンプルなボール・クレータ・メソッドは、単層膜、多層膜にかかわらず、あらゆる種類のコーティングの膜厚を迅速に正確に確認できる手法です。主な用途は、CVD、PVD、プラズマ溶射コーティング、陽極酸化被膜、イオンスパッタリングやイオンプレーティングによる表面改質膜、化学・電気めっき、ポリマー、塗料やラッカーの膜厚評価などがあります。

//// 特 長

- > ボール・アブレーション試験メソッド
- > コーティング膜厚の測定
- > 広範な種類の材料に適用できます
- > 微細、極微細の研磨スラリー
- > コンパクトタイプあるいはインダストリアルな機器構成が選択できます

//// オプション

- > 自動膜厚計算機能を持つ光学計測システム



コンパクト・カロテスト：ビデオマイクロスコープ付き



インダストリアル・カロテスト



原子間力顕微鏡 (AFM)

//// AFMの特長

- > XY軸 $110 \times 110 \mu\text{m}$ 、Z軸 $22 \mu\text{m}$ の広いスキャンレンジ
- > 使い勝手の良いカンチレバーおよび試料の、光学的な上面・側面図表示
- > CSM Instrumentsの全プラットフォームに対して、コンパクトながら完全な統合が可能です
AFM、デュアル・ビュー・マイクロスコープ、ナノ・ヘッド・モジュールによるポジショニング同期
- > 超高解像度カメラが利用できます
解像度 2048×1536 ピクセルの光学システム
- > 圧子の交換が容易
- > カンチレバーの交換時のレーザアライメントが必要ありません
- > 高い品質で魅力的な価格
- > オプション：動的モード測定



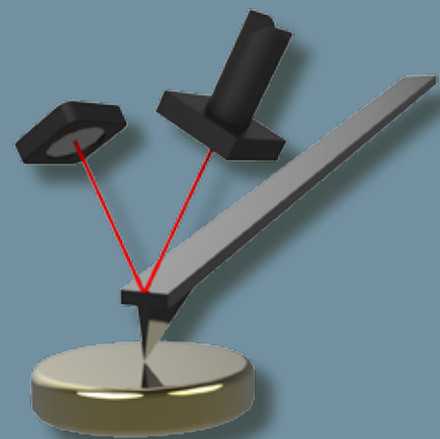
プラットフォーム上のワイド・スキャンAFM

//// AFMの原理

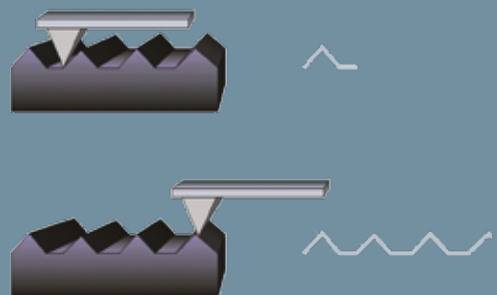
原子間力顕微鏡あるいは走査型プローブ顕微鏡（AFMあるいはSPM）は、表面構造や表面形状、表面力を計測する、極めて正確で多目的な技術です。小さな片持ちバネ、いわゆるカンチレバーの先端に取り付けられた極微細なセンサチップ（探針）が試料表面に微小な力で接触することで、計測が開始します。

カンチレバーのたわみ量は、入射したレーザビームで計測されます。二つの反射ビームの光路長の差は、ナノメートルスケールのイメージングのためのAFMによる計測によって、正確な距離として示されます。

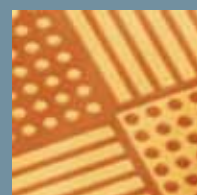
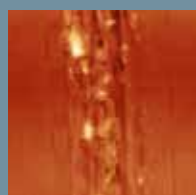
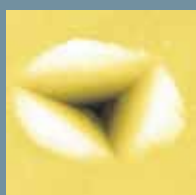
探針はそれから、試料表面を縦横に移動し、無数のラインスキャンを行います。表面粗さ（表面形状）測定のため、圧子とカンチレバーがZ軸方向で上下動します。この動きが高分解能に計測され、その結果データが作成され、3次元の表面イメージングとして示されます。



AFMの一般原理



表面スキャンの一般原理



原子間力顕微鏡 (AFM)

原子間力顕微鏡あるいは走査型プローブ顕微鏡（AFMあるいはSPM）は、ナノスケールの表面構造や表面形状、表面力を計測する、極めて正確で多目的な技術です。

この技術は、特にスクラッチ試験やインデンテーション試験後の圧痕やその他ナノスケールの、表面特性のイメージングや3次元での正確な計測に有用です。

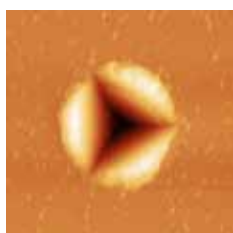
//// 特 長

- > 光学および走査型プローブ顕微鏡（SPM）の組み合わせで、表面特性評価の定量的なビジュアル化に新たな可能性を拓きます。
- > 広い試料範囲の光学観察とともに、見たい箇所を拡大しての観察が可能です。
- > マイクロ構造あるいはナノ構造を分析
- > クリティカル・ディメンション（CD）測定
- > 構造および表面粗さを計測
- > コーティングおよび薄膜をプロファイル分析
- > 低い光学コントラストで表面を計測
- > 壊れやすい生体組織の物性評価やその他多くの材料・表面の研究に

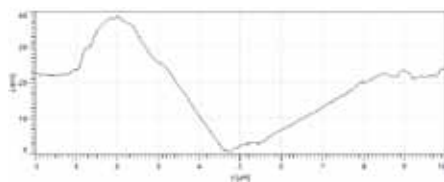
//// オプション

- > ダイナミック・モード測定により、以下の特長を実現
 - 非接触
 - 位相差
 - フォース・モデュレーション
 - 磁気力

//// ナノインデンテーション分析例



取得画像／表面形状



プロファイル計測



x: 16 μm y: 16 μm
3Dイメージング

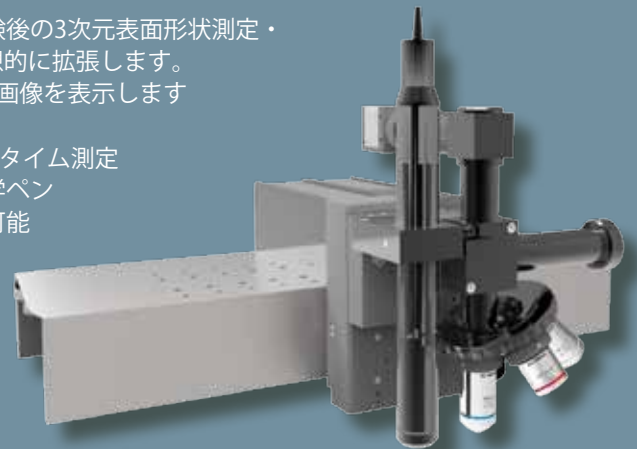


コンスキャン・コンフォーカル (共焦点顕微鏡)

表面形状測定と3Dイメージングに

//// コンスキャン・コンフォーカル (共焦点) 顕微鏡の特長

- > マイクロクラッチ試験やマイクロインデンテーション試験後の3次元表面形状測定・分析向けに、CSM Instrumentsのマイクロ領域の製品を理想的に拡張します。
- > コンスキャンのカラーイメージは、非接触で3次元表面形状画像を表示します
- > 試料の前処理の必要がありません
- > あらゆる種類の材料や表面について、in situで迅速なリアルタイム測定
- > 完全パッシブ型光学ペン：可動部に機械的な部分のない光学ペン
- > 様々な計測レンジや距離分解能に対応して光学ペンを交換可能
- > 広いレンジのXYスキャンング
(装置のXYテーブルを利用)
- > プロファイル計測 (ダイレクトに、あるいは抽出して)
- > 2Dおよび3Dイメージを作成
- > 表面の欠陥および試験後の変形を画像化



コンスキャン・コンフォーカル・モジュール

//// コンスキャンの原理

> 白色光コンスキャン・イメージング

コンスキャンのイメージングは、多色光である白色光を採用し、通常はその白色光を色収差レンズを通して試料に入射させることで、成立しています。このレンズには、多様な光波長に対応する幅広い反射光のバリエーションを持つよう、特殊な設計がなされます。この効果により、焦点を結ぶ距離は、波長に合わせてZ方向で変化します。ピンホール型空間フィルタは、特定のZ高さで焦点を結ぶ光だけを確実に検出器に届けます。検出器は分光計の役割を果たし、入射信号である波長を記録します。

この波長は、色収差により分光され結んだ焦点距離に、つまり入射光を反射した試料の表面高さに正確な相関があります。

このため、得られたスペクトルは、材料表面の分光スペクトル情報としてとらえることができ、スペクトルのピークは、焦点を結んだ試料の“高さ”を表すことになります。このシステムは試料の全表面をスキャンし、サブミクロン間隔でこのスペクトルによる高さ情報をアウトプットして、ナノメータ領域において正確な軸方向距離でデータを統合していき、試料全面のイメージを作成します。

> イメージ取得

単一点白色光源は、フィルタを通して試料表面に多色光を照射します。

この光はそれから色収差レンズを通ると、レンズは白色光を連続スペクトルに分光します。

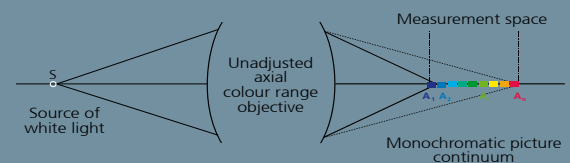
各波長は光軸上のレンズからの特定の位置に、焦点を結びます。

波長符号化された光は試料表面にあたって反射し、ピンホー

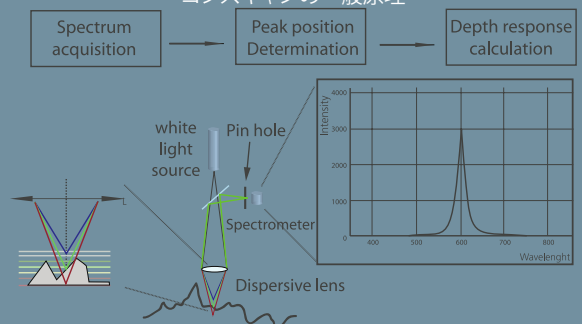
ルを通して分光計に達します。

反射して戻ってきた光は、その時の試料表面の高さに相当します。

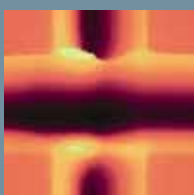
装置のXYテーブルを利用することで、試料はコンスキャン走査顕微鏡の下に運ばれ、試料表面の全体のイメージを作成します。



コンスキャンの一般原理



表面スキャンの一般原理



コンスキャン・コンフォーカル顕微鏡

コンスキャン顕微鏡は、数ミクロン～数百ミクロンの試料表面の凹凸の定量的な三次元表面形状イメージングにおいて、新しい可能性を拓きます。この装置は、CSM Instrumentsの試験装置プラットフォーム、特にCSMのマイクロ領域のインデンテーション圧痕やスクラッチ痕の表面形状分析を完全に補完します。試料表面をXY方向に走査することで、コンスキャンは材料の種別や表面の状態（粗面も鏡面も）によらず、微細な表面形状構造を映し出します。一般的なイメージングシステムではイメージングが極めて難しい光沢のある材料やつや消しの材料、透明の材料や不透明の材料のイメージングもカバーします。

//// 特 長

- > 非接触測定
- > 広いXYスキャン領域（CSMプラットフォームのXYテーブルを使用）
- > Z軸の高い可動レンジ（400 μm まで）
- > 2Dプロファイル、3D表面形状・表面粗さの正確な計測
- > 様々な高さ領域に対応する幅広いレンジの顕微鏡

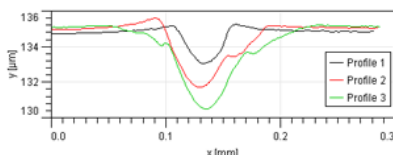
//// オプション

- > 6種類の色収差レンズ（100 μm ～24mmの視写界深度レンジに対応）

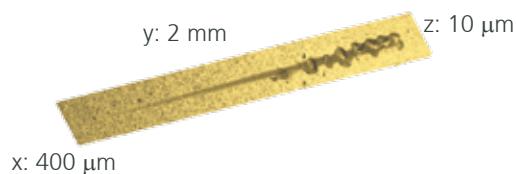
//// スクラッチ分析例



取得画像／表面形状

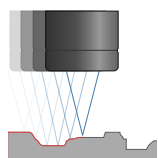


プロファイル計測

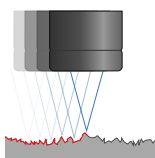


3Dイメージング

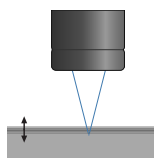
//// 追加可能な分析



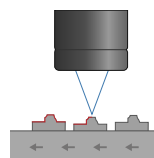
3次元微細表面形状測定



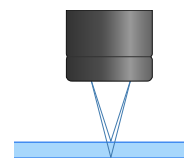
表面粗さ測定



オートフォーカス振動計測



品質管理のための
インライン計測



透明材料の厚さ計測



環境制御装置

//// CSM Instruments環境制御プラットフォームの特長

- > CSM Instrumentsのフレームと附属品のすべてに適合
専用ソフトウェアによるコンピュータ制御とモニタリング
- > プライマリーまたはセカンダリー真空システム（ 5×10^{-7} mbar以下）
H2環境下での完全に機械的なソリューションが利用できる
- > 湿度および温度チャンバ
エアハンドリング・ユニットを備えたコンディショナ：温度10～40℃、相対湿度10～95%RH
- > ステンレス鋼製チャンバ
- > 装置に適応した除振テーブル
- > 450℃までの多様な加熱ステージ

//// 様々な雰囲気下での機械的特性評価

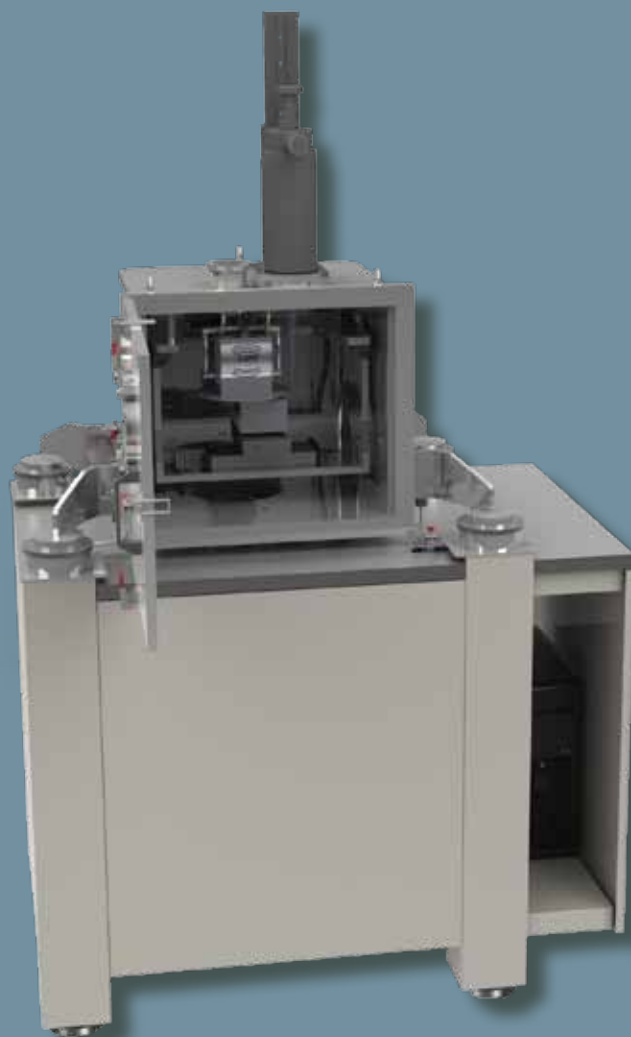
機械的特性は、圧力や温度、湿度、ガス類の有無など雰囲気・環境に大きく依存します。

CSM Instrumentsは、フルレンジの環境制御オプションを開発しています。極めて限定された用途では、各種材料や実際の最終製品における各種の雰囲気パラメータの影響に関する研究が要求されます。

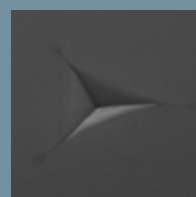
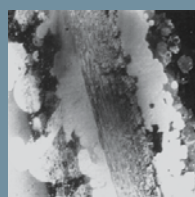
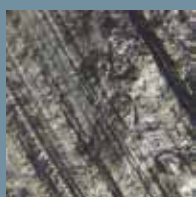
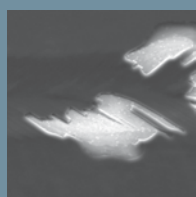
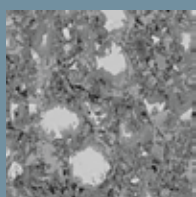
CSM Instrumentsは、高・中真空や高湿、高温環境などでの使用を考慮した、専用装置を開発しています。

航空宇宙や軍事防衛、マイクロエレクトロニクス、MEMS、自動車といったアプリケーションでは度々、実用に即した計測のために高真空環境が求められます。

中真空環境もまた、酸化反応を抑制するための温度制御下での分析との組み合わせで利用されています。



真空ナノインデンテーション試験プラットフォーム



真空プラットフォーム

ナノあるいはマイクロ領域のインデンテーション・テストあるいはスクラッチテスト・モジュールが装備されるCSMの自動化されたプラットフォームは、高真空領域（10⁻⁷mbarまで）と中真空領域の両方の真空度を制御するエンクロージャを組み込むことができます。

CSM Instrumentsの真空モジュールは、CSMのコンパクト・プラットフォーム・シリーズのモジュラ設計に適合するように設計されています。このことが、プライマリーまたはセカンダリー真空環境下での計測に対する、幅広いCSM Instrumentsのセンサ・ヘッドの適合を可能にしています。

中真空の装置構成はまた、試料の450℃までの温度制御が可能な加熱ステージと一緒に使用できます。

真空トライボメータ

真空トライボメータは、真空環境下において接触圧力や摺動速度、温度などを変化させることで、自己潤滑コーティングの摺動寿命や、バルク材料あるいは保護膜の摩擦・摩耗挙動を測定するのに利用されています。このシステムでは10⁻⁷mbarの真空度に到達可能です。

このシステムではまた、チャンバ内におけるガス濃度を遠隔制御できるため、たとえば水素燃料電池材料の研究を目的とした、水素量のコントロールを可能にしています。



真空トライボメータ

SPX

温度・湿度制御チャンバ

機械的特性は、材料やコーティングが使われる温度や湿度といった雰囲気によって左右されます。そこで、対象となる材料に加わるこれらのパラメータの影響を研究するために、また正確に再現した雰囲気下での材料の挙動を調べるために、CSM Instrumentsは幅広いレンジの高性能機械的特性試験装置のための、総合ソリューションを創り出しています。

地質物質や天然複合材、セメントペースト、コンクリート、シェール（頁岩）、粘土、砂岩、トバモライトといった土木工学のアプリケーションは、温度や湿度に大きく影響されます。同様に、異種材料からなる複雑な構造の金属材料や、ポリマー材料、マイクロエレクトロニクス、半導体においても通常、水や温度の構造的役割を理解する目的から、温度や湿度のコントロールが必要になります。

温度・湿度制御チャンバを組み込んだナノ／マイクロインデンテーション・テストあるいはスクラッチテストでは、10～95%RHの相対湿度領域、10～40℃の温度領域を再現できます。

CSM Instrumentsが実現したこのソリューションは、様々な環境・雰囲気の完全統合制御により、生体内("in vivo")での機械的特性評価といった多様な材料の計測を可能にしています。

//// 主な特長

- > エアハンドリング・ユニットを備えたコンディショナ：
温度10～40℃、相対湿度10～95%RH
- > CSMのトライボメータとコンパクトプラットフォーム・フレームおよび附属品に適合
- > ロバスト性の高い遮熱ドア
(窓およびグローブボックス付き)
- > 二重壁遮熱構造のステンレス鋼製チャンバ
- > 装置に適応した除振テーブル



湿度チャンバ内のコンパクトプラットフォーム (CPX)

温度調整ステージ

温度調整モジュールは、CSM Instrumentsの装置で、高温での計測を可能にする付加機能を提供するよう設計されました。この温度調整モジュールは、CSM Instrumentsの種々の装置の拡張機能として使うことができます。

高温での試験は、温度依存性のある材料の特性評価を可能にしています。

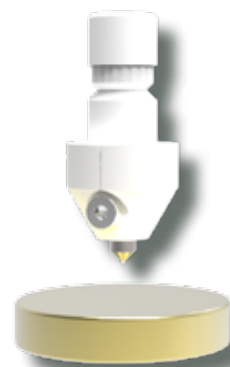
こうしたアプリケーションの典型的な例としては、温度によって高度や弾性係数の変動が認められるポリマーのインデンテーション試験があります。形状記憶効果のある材料について、初期の非変形状態に戻す温度での研究が可能になります。さらに、温度変態を示すその他多くの材料について研究でき、それゆえ、こうした相の関連した特性を計測できます。以下は、すべてを網羅しているわけではありませんが、適用可能な材料とスクラッチ試験を含むアプリケーションの代表例です：

- > ポリマー（ガラス転移点前後の特性）
- > 特殊合金（様々な温度での相組織の特性）
- > 高温用に設計されたコーティングの特性変化
- > 形状記憶合金（マルテンサイト変態温度以上での特性）
- > 高温での耐スクラッチ特性

//// 温度領域

推奨の機器構成としては、二つの温度調整ステージをベースにした機器を入手できます：

- > 加熱モジュール
 - 温度調整ブロックの温度領域：
室温～600℃まで*
 - オプションとして、-150℃までの冷却モジュールがあります
- > ペルチェ冷熱モジュール
 - 温度調整ブロックの温度領域：-10℃～120℃*



アルミナ製インデンタホルダー



温度調整ステージ

(*) 試料表面において到達可能な温度は、試料のサイズ（直径や厚さ）、材料特性（熱伝導率）、雰囲気状態（真空）に大きく依存します。



プラットフォーム・コンフィギュレーション (機器構成)

//// プラットフォームの特長

- > 水平方向の試料装着（固定が容易）
- > 完全自動システム
- > 試料の移動テーブル性能
X軸テーブル：245mmまで
Y軸テーブル：120mmまで
Z軸テーブル：30mmまで
- > 除振システム
- > 標準アクティブ・エアテーブル（コンプレッサ含む）：共振周波数1.5Hz
- > マイクロスコープおよびCMOSカメラ
計測ヘッドとマイクロスコープは並べて装着され、X軸およびY軸の二つの移動テーブルによって連結されています
- > タレットに4点まで対物レンズを装着できます
- > CSMのオープン・プラットフォーム（OPX）に最大4種のモジュールを装着できます

//// オープン、コンパクトあるいは卓上式プラットフォーム

CSM Instrumentsは、顧客のあらゆるニーズに対応して拡張できる、優れた機器構成のフレキシビリティを実現しています。

“オープン・プラットフォーム”、“コンパクト・プラットフォーム”と“卓上式プラットフォーム”の一つのプラットフォーム上に、多種の試験モジュールやイメージング・モジュールを同時に組み込みます。

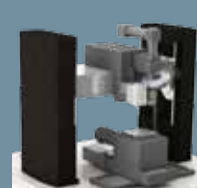
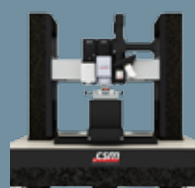
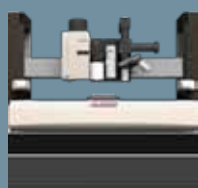
試験モジュールとイメージング・モジュールは位置的に互いにシンクロされ、光学マイクロスコープはプラットフォーム上の標準モジュールとして組み込まれています。

湿度あるいは真空チャンバの機能は、CSMのすべてのプラットフォームで利用できます。

アコースティック・エンクロージャは、超高分解能用途向けに利用できます。



音響エンクロージャ付きOPX



> 計測モジュールを選んでください

ウルトラナノ
インデンテーション・
テスタ
UNHT



ナノ
インデンテーション・
テスタ
NHT



マイクロ
インデンテーション・
テスタ
MHT



ナノスクラッチ
テスタ
NST



マイクロスクラッチ
テスタ
MST



マイクロコンビ
テスタ
MCT
(MHTとMSTの複合機)



> イメージング・モジュールを追加してください

光学ビデオ・マイクロスコープはOPXおよびCPXに常備されています。

光学ビデオ・マイクロスコープ



原子間力顕微鏡 (AFM)



コンスキャン3次元形状測定機



> プラットフォームを選んでください

オープン・プラットフォーム
OPX



コンパクト・プラットフォーム
CPX



卓上式プラットフォーム
TTX



> アコースティックエンクロージャ、湿度あるいは真空チャンバは、オプションで利用できます。



国際規格

//// インデンテーション試験

ISO 14577	金属材料 - 軽装化押込み硬さ試験および材料パラメータ
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	金属および関連コーティング - ビッカースおよびヌープ微小硬さ試験
ASTM E2546	軽装化押込み試験のための新しい標準作業方法
ASTM B933	粉末冶金材料の微小押込み試験のための標準試験方法
ASTM D785	プラスチックおよび電気絶縁材料のロックウェル硬さ試験のための標準試験方法
ASTM E140	金属の標準硬さ換算表
ASTM E384	材料の微小押込み硬さの標準試験方法
ASTM B578	電気めっき皮膜の微小硬さの標準試験方法
ASTM E92	金属材料のビッカース硬さの標準試験方法
DIN 50359	金属材料の試験 - ユニバーサル硬さ試験
DIN 55676	塗料およびワニス - 皮膜のユニバーサル硬さ試験
JIS B7734	ヌープ硬さ試験 - 試験機の検証
JIS R1607	ファインセラミックスの破壊靱性試験方法
JIS Z2255	超微小負荷硬さ試験
SAE J417	硬さ試験および硬度換算表

//// カロテストおよびカロウェア試験

ISO EN-1071-2	微小アブレシブ摩耗試験によるコーティングの耐アブレシブ性の測定
VDI 3198	冷間鍛造工具のコーティング（PVD、CVD）の膜厚

//// Scratch Testing:



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の測定
ISO 1518	塗料およびワニス - スクラッチ試験
ISO EN 1071-3	塗料およびワニス - スクラッチ試験 スクラッチ試験による密着力およびその他機械的故障モードの測定
ASTM C1624	定量的単一点スクラッチ試験によるセラミックコーティングの密着強さおよび機械的故障モードのための標準試験方法
ASTM D7027	計装化スクラッチ試験を用いたポリマー系コーティングおよびプラスチックの耐スクラッチ特性の評価
ASTM D7187	ナノスクラッチ試験による塗膜のスクラッチ／傷つき挙動の機械的特性評価のための標準試験方法
ASTM G171	スクラッチ硬さのための標準試験方法

//// スクラッチ試験

ISO 20808	ボール・オン・ディスク手法による積層セラミックの摩擦・摩耗特性の測定
ISO 7148	軸受材料のトライボロジー挙動の試験
ISO EN 1071-13	先進技術セラミックス セラミックコーティングの試験方法 - ペン・オン・ディスク手法による摩耗率の測定
DIN 51834	潤滑剤の試験 - 揺動装置におけるトライボロジー試験 Part1：一般作動原理
ASTM G 99	ペン・オン・ディスク式装置を用いた摩耗試験の標準試験方法
ASTM G 133	往復動ボール・オン・フラット揺動摩耗のための標準試験方法
ASTM F732	関節置換術で用いられるポリマー材料の摩耗試験のための標準試験方法
ASTM G115	摩耗係数の測定と報告のための標準ガイド

//// CSM Instrumentsの拠点

//// CSM Instruments SA

本 社

Rue de la Gare 4
CH-2034 Peseux
Switzerland

info@csm-instruments.com

T : +41 32 557 56 00

F : +41 32 557 56 10



//// CSM Instruments ドイツオフィス

Basler Strasse 115
79115 Freiburg
Germany

deinfo@csm-instruments.com

T : +49 7 61 47 87 150

F : +49 7 61 47 87 100

//// CSM Instruments, Inc. アメリカ子会社

197 1st Ave, Suite 120
Needham, MA 02494
USA

usinfo@csm-instruments.com

T : (781) 444-2250

F : (781) 444-2251

//// CSM Instruments 日本支店

〒230-0046 神奈川県横浜市鶴見区小野町75-1
リーディングベンチャープラザ1-511
Japan

jpinfo@csm-instruments.com

T : 045-717-9101

F : 045-717-9103

//// CSM Instruments 中国オフィス

29F, Block C, CITC
6A Jianguomenwai Ave
Chaoyang District, Beijing 100022
China

cninfo@csm-instruments.com

T : +86 10 6563 9892

F : +86 10 6563 9833

Please note that a large and global network of authorized distributors is available worldwide for complete technical and commercial support.

For more information, please consult our web page <http://www.csm-instruments.com/en/Global-representatives>