

観察式微小材料評価システム

DII

ダイレクト・イメージング・インデント

マイクロ領域における
力学特性の新しい定量評価装置



DIRECT IMAGING INDENTER

マイクロ領域における 力学特性の新しい定量評価装置

観察式微小材料評価システム
ダイレクト・イメージング・インデントー誕生

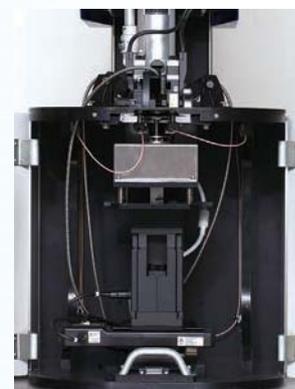
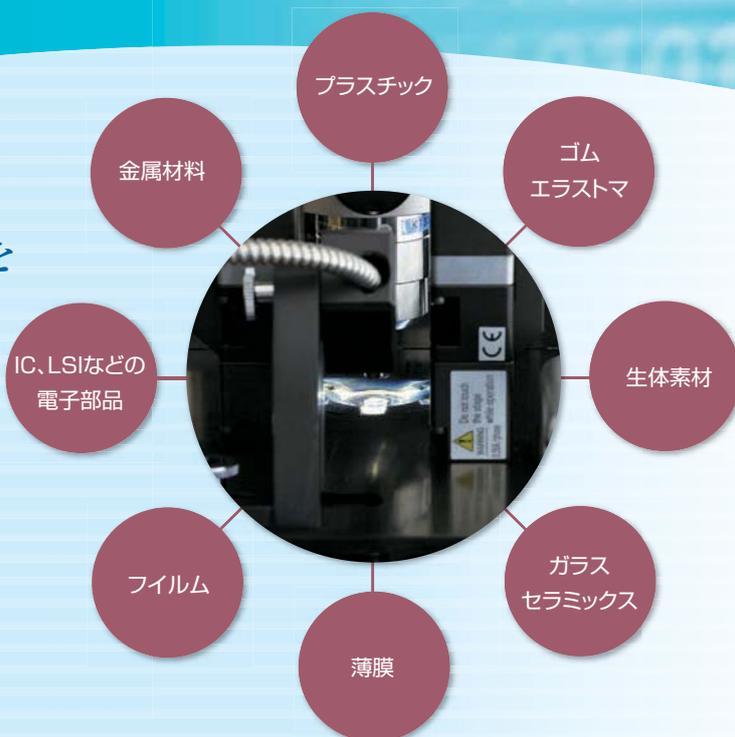
DII

DIRECT IMAGING INDENTER



その場観察を 行いながら 材料の力学特性を 定量的に評価!

硬いセラミックスから時間依存性を示す粘弾性材料にわたる様々な材料に対し、圧子と試料表面との接触面積を“その場観察”の手法で正確に実測することにより、マイクロ領域での力学特性を厳密に定量評価する計測装置です。



圧子と試料の接触面積の変化をリアルタイムに計測

今まで実測不可能であった接触面積測定にダイヤモンドが持つ光透過性を活用し、圧子を透過した画像を光学顕微鏡にてその場観察する手法で接触面積を定量することに初めて成功しました。

厳密かつ簡便に定量評価

力学特性評価に必要な圧子と試料との接触面積を押し込み深さから近似により推算する従来の解析法とは異なる原理であるため、各種力学特性を厳格な理論に基づいて評価することが可能となりました。

弾性・弾塑性・塑性・粘弾性などの全ての力学特性に対応

荷重と接触面積を同時に定量計測することにより、それらの関係から力学特性を厳密に定量評価することができ、圧子の先端形状や接触速度などを選択する事により、弾性・弾塑性・塑性・粘弾性などの各種力学特性を1台で定量評価できます。

接触面積の定量解析に基づく塑性パラメータ評価

接触面積の定量計測が初めて可能となったことから、弾塑性体における弾性・塑性の分離評価が簡便にできるようになりました。これにより、三角錐圧子による1回の試験で得られる荷重-接触面積の関係から厳密かつ簡便にマイヤー硬度、ヤング率、降伏値の算出ができます。

全く新しい試験装置

ダイヤモンド圧子の負荷・除荷過程を光学顕微鏡にてその場観察できるため、今まで無視されて来た圧子直下に生じる複雑な表面変形も材料特性に含めて正確に評価します。

時間依存型変形特性の解明

負荷荷重または接触面積を一定値に制御する事により高分子材料などが示す時間依存型変形特性であるクリープ特性や応力緩和特性を評価出来ます。

POINT

計測・制御・解析アプリケーション

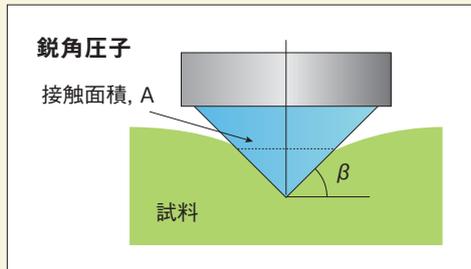
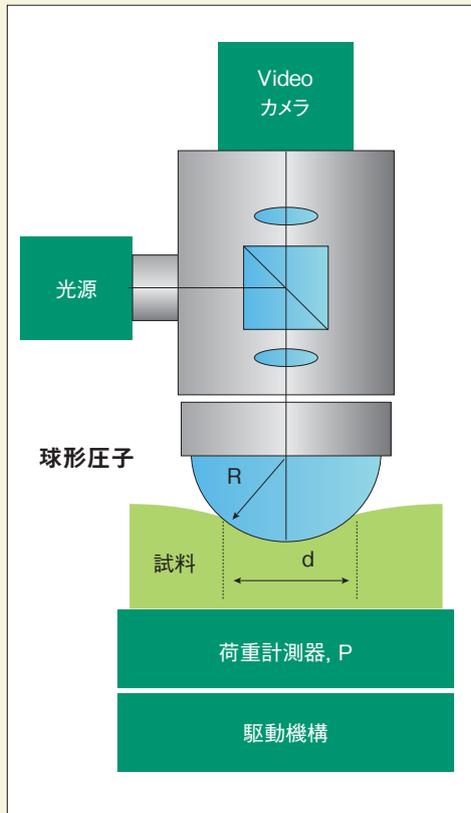
データ計測と装置制御をリアルタイムで行うアプリケーションを標準装備しています。さらに、各種のご要望に沿ったカスタマイズが可能であり、保存した計測中の画像を様々な後解析に用いる事が可能です。

自動ステージ

再現性の高い自動ステージの導入により、圧子圧入の位置決め精度が向上しました。これを応用することにより各種力学特性の分布測定も可能です。

ダイレクト・イメージング・インデンターの原理

■ダイレクト・イメージング・インデンターは計装化インデンターに高倍率の光学顕微鏡を組み合わせた装置です。

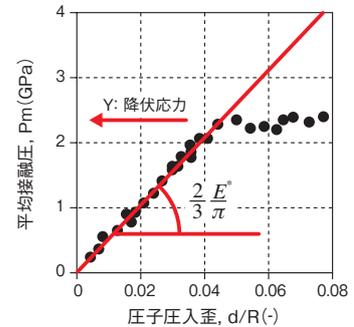


① 球形圧子による弾性・弾塑性・塑性解析

ヘルツ解 (応力-歪みの関係)

$$P_m \left(\equiv \frac{P}{A} \right) = \frac{2}{3} \frac{E^*}{\pi} \cdot \frac{d}{R}$$

E^* : ヤング率



② 鋭角圧子による弾性・弾塑性・塑性解析

ヤング率

$$P = \frac{E'}{2} \tan \beta \cdot A$$

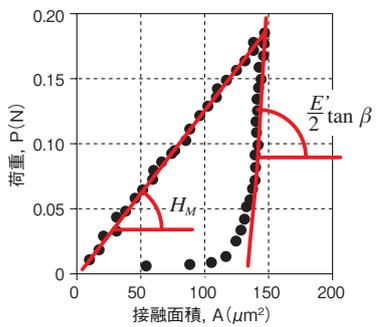
β : 圧子の面傾斜角

マイヤー硬度

$$H_M = \frac{P}{A}$$

降伏応力

$$Y = \frac{P}{C \left(\frac{A}{f} - \frac{2P}{E' \tan \beta} \right)}$$



③ 鋭角圧子による粘弾性解析

弾性緩和率 (定面積試験)

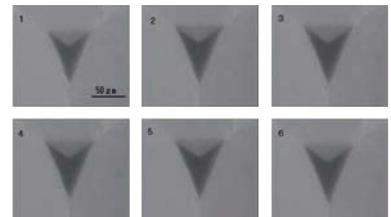
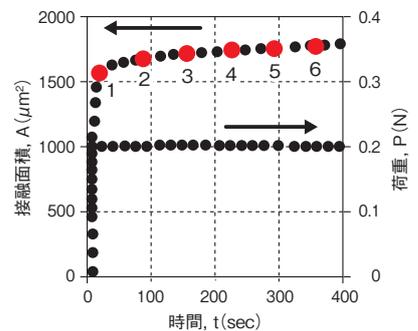
$$E'(t) = \frac{2}{\tan \beta} \frac{P(t)}{A_{ve}(0)}$$

クリープコンプライアンス (定負荷荷重試験)

$$D(t) = \frac{\tan \beta}{2P_0} A_{ve}(t)$$

クリープコンプライアンス (定負荷速度試験)

$$D(t) = \frac{\tan \beta}{2k_p} \left[\frac{dA_{ve}(t)}{dt} \right]$$



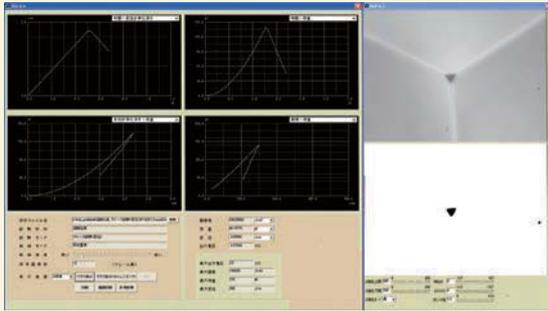
計測化ナノインデンテーション方式との比較

一度の負荷除荷試験をするのみで、硬度、ヤング率、降伏値、塑性変形パラメータなど殆ど全ての力学パラメータの計測が可能です。

■弾塑性体に対する負荷-除荷試験(鋭角圧子)の評価項目

力学特性		ダイレクト・イメージング・インデンター	汎用の計装化インデンター
弾性	ヤング率: E'	○	△ (弾性近似が必須)
弾塑性	マイヤー硬度: H_M		
	降伏応力: Y		
塑性	硬度: $H (=C \cdot Y)$	○	×
	塑性変形の尺度: $A_p/A_c, E' \tan \beta / Y$		

専用ソフトウェアによるリアルタイム自動制御とデータ集録・解析



■ファジィ制御理論による高精度な自動制御を実現しました。

- オートチューニング機構が組み込まれているため、面倒なパラメータの設定は不要です。
- 高速サンプリング方式を採用しており、安定したクローズドループ制御が可能です。

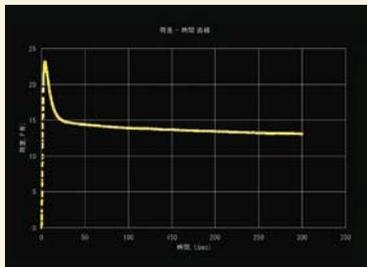
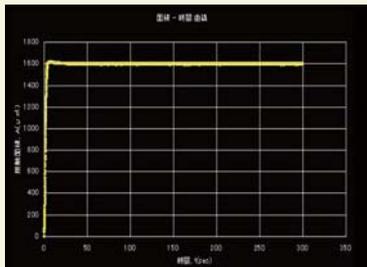
■動画画像解析データと各種集録データとの完全同期により定量的な力学特性評価を実現しました。

- 圧子接触面積の定量法は、二値化法や画像相関法などの動画画像解析法から選択できます。
- 記録データの同期再生モードを搭載しており、試験終了後に再解析や各種のグラフ作成ができます。

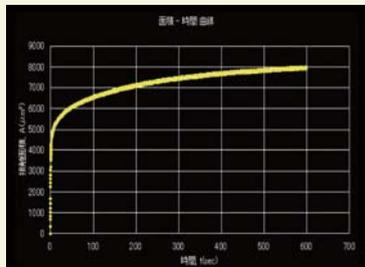
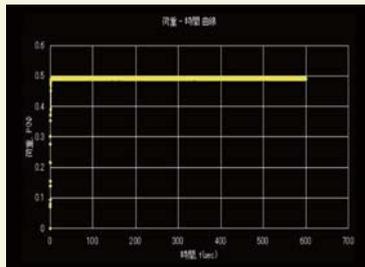
■制御モードをユーザーの希望通りにプログラムするなど、各種のカスタマイズが可能です。

ダイレクト・イメージング・インデンターの制御モードとその力学応答

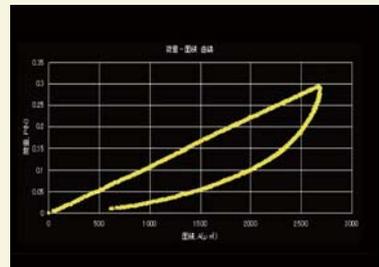
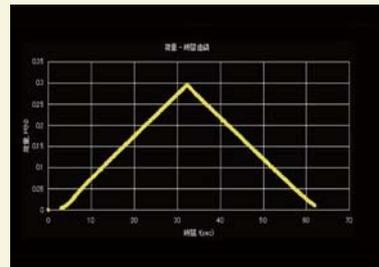
■定面積試験(応力緩和試験)



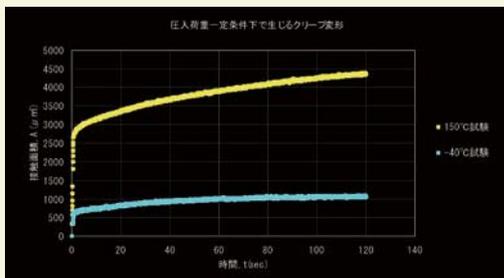
■定荷重試験(クリープ試験)



■負荷-除荷試験



オプション



■試験環境の温度コントロール用に

低温・高温環境槽微小領域の力学特性を温度環境を管理して評価を可能とする環境チャンバーです。

- 低温: 室温～マイナス60℃(液体窒素吹きつけ方式)
- 高温: 室温～プラス200℃(抵抗加熱方式)

適用分野

■素材研究や材料開発での迅速評価試験

力学特性試験を行いたいけどマクロな標準試験片を製作不可能な小さい開発中間サンプルや実装された状態にあるサンプル、基板上的の皮膜、などのように寸法制約がある場合の評価試験に最適です。硬度、ヤング率、降伏値、塑性変形特性などの力学特性が1回の計測によって評価できる迅速性と厳格な理論に基づく厳密性とを併せ持つ評価試験ができます。

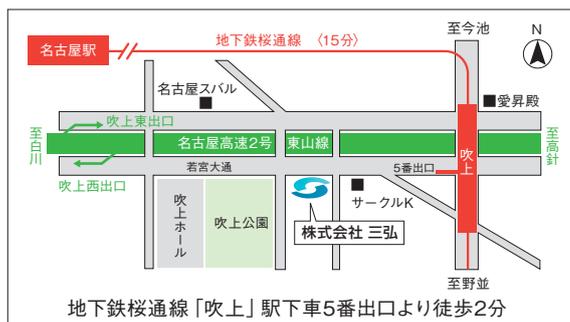
仕様

製品名称	ダイレクト・イメージング・インデンター
型式	DII
荷重計測	定格2N (分解能100nN)
変位計測	定格400 μ m (分解能10nm)
接触画像計測	測長分解能 500nm
負荷モード	負荷一除荷, 一定荷重保持, 一定接触面積保持, 一定変位保持
制御モード	荷重制御, 接触面積制御, 変位制御 (クローズドループ制御)
自動ステージ駆動範囲	X軸: 25, Y軸: 25, Z軸: 40mm
自動ステージ位置分解能	X及びY軸: 2, Z軸: 0.1 μ m
自動ステージ位置再現性	X及びY軸: 5, Z軸: 1 μ m
圧子	ダイヤモンド製標準三角錐圧子1個付属
対物レンズ	1本 (標準倍率 140X)
ズームレンズ	1X ~ 10X 可変
総合倍率	140 X ~ 1400X (標準対物レンズ使用時)
照明装置	暗視野, 明視野用
除振機構	エアースパッシブ型除振台
試料寸法	最大 ϕ 40, 厚み 20mm
使用ユーティリティ	電源: AC100V \pm 10%, 50/60Hz 除振台用エア
機体寸法及び重量	試験装置本体: W850 x D750 x H1500mm, 300kg以下 (除振台含む) 制御装置: W600 x D700 x H1000 mm, 100kg以下

オプション

センサー	高分解能荷重センサー 定格20mN (分解能1nN)
	高分解能変位センサー 定格50 μ m (分解能2nm)
	高荷重ロードセル 定格50N (分解能1mN)
圧子	球形圧子 (R0.5, 1.0, 2.0, 3.0mm 等)
	四角錐圧子 (ピッカース型 等)
	三角錐圧子 (各種の面傾き角度)
対物レンズ	70X (総合倍率 70X ~ 700X)
	350X (総合倍率 350X ~ 3500X)
その他	低温・高温環境槽 (-60 $^{\circ}$ C ~ 200 $^{\circ}$ C)
	アクティブ型除振台 等

- (財) 科学技術交流財団の「育成試験」を受けて開発しました。
- 産業技術総合研究所・豊橋技術科学大学と共同開発しました。



DII (ダイレクト・イメージング・インデンター)

計測技術で未来を創る



株式会社 三弘

本社・テストラボ / 〒466-0001 名古屋市昭和区車田町1丁目103-2

TEL 052-735-8888 FAX 052-735-3333

E-Mail info@sanko-web.co.jp

営業所 / 静岡 浜松 豊橋 豊田 岐阜 三重

<http://www.sanko-web.co.jp>



本社
豊田営業所
浜松営業所

JQA-EM3814



本社
三重営業所
豊田営業所
豊橋営業所
浜松営業所
静岡営業所
三弘計測サービス株式会社

JQA1808