

**DISCOVER the WORLD'S FINEST  
DYNAMIC MECHANICAL**



**Discovery DMA**  
動的粘弾性測定装置





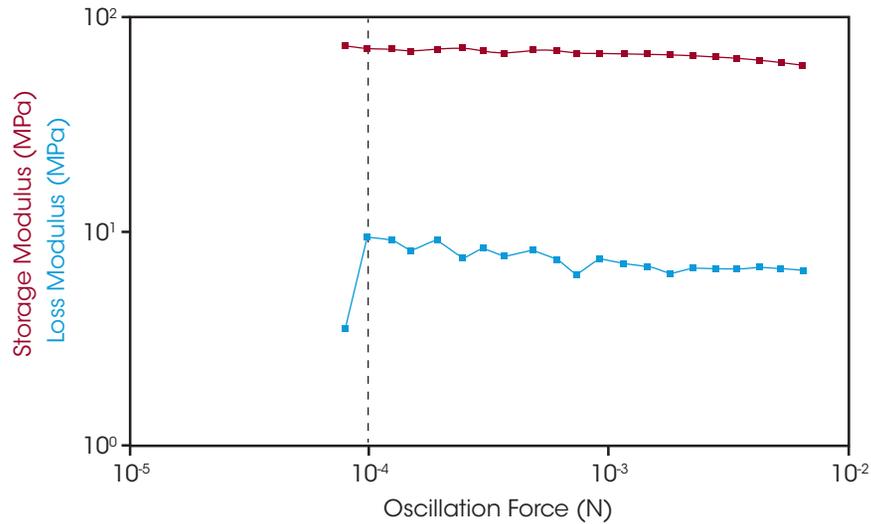
Discover  
a new  
DMA  
that  
provides

Unmatched  
Sensitivity

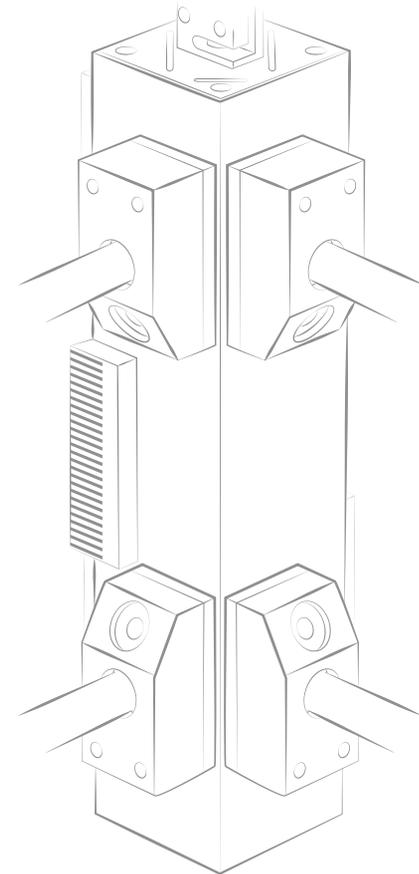
Superior  
Performance

Maximum  
Versatility

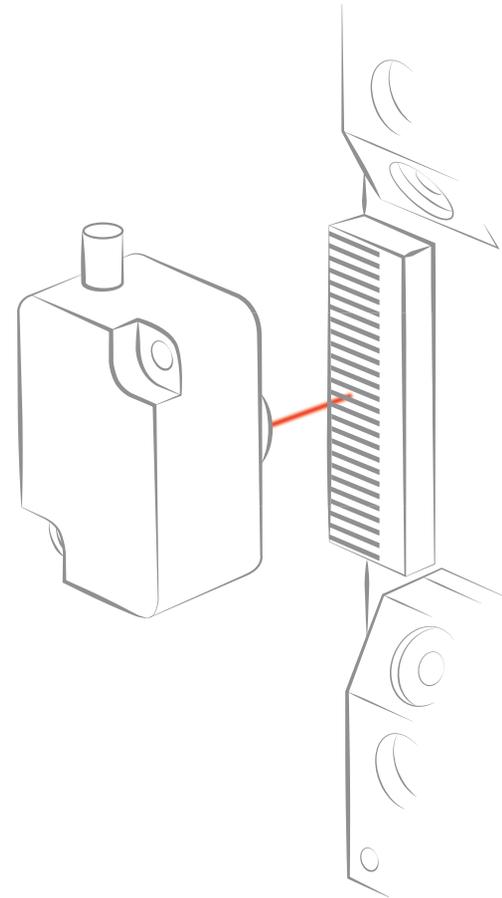
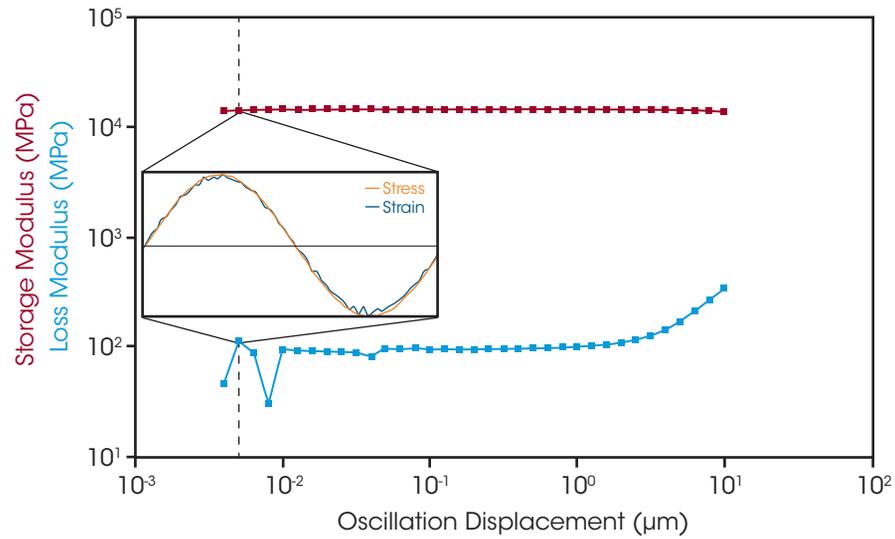
# The World's Most SENSITIVE DMA to Measure the Lowest Forces...



0.1 mN Forces

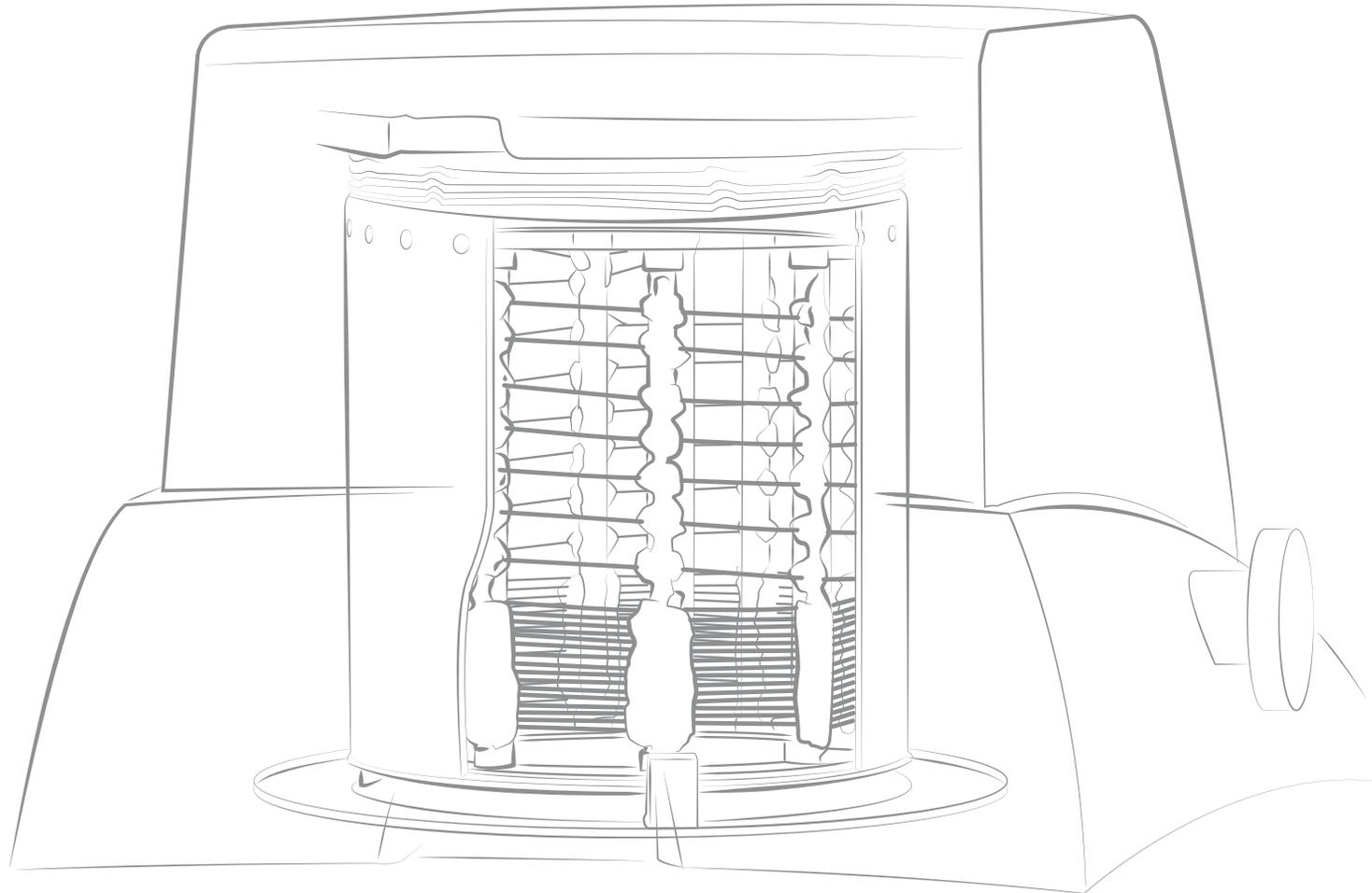


# 5 nm Oscillation Displacements

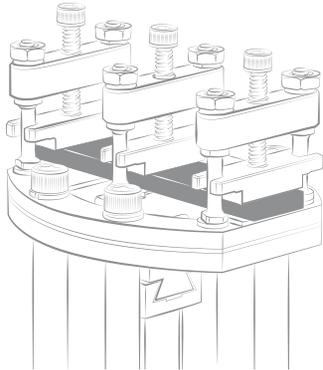


...and SMALLEST DISPLACEMENTS

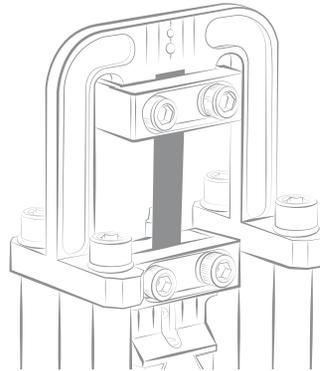
with Reliable, Efficient Environmental Systems



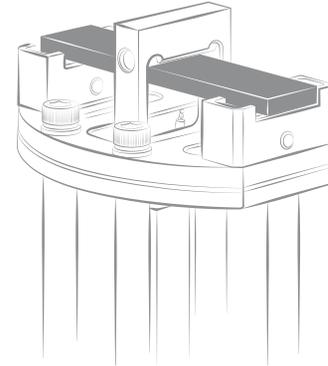
# ...and clamps optimized for ACCURACY and EASE-OF-USE



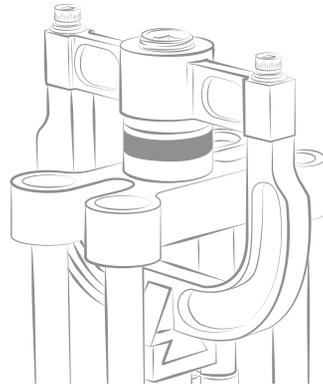
Cantilever



Tension



3-Point Bend



Compression



Shear

TAインスツルメントから、最も優れた動的粘弾性装置、DiscoveryDMA850を発表いたします。世界でもっとも売れているDMAの卓越した技術と、DMAのあらゆる性能を向上させることにより、幅広い温度範囲で非常に正確かつ再現可能な機械的特性の測定を実現します。これまでになく容易に優れたDMAデータを取得できます。

#### 特徴と利点:

- ・ 非接触式の低質量モーターが0.1 mN ~ 18 Nの継続荷重を実現し、軟性材料から剛性材料まであらゆる材料の測定に対応
- ・ 摩擦のない低コンプライアンスエアベアリング設計により、荷重の感度と正確性を保証
- ・ 独自のオプティカルエンコーダ技術により、25 mmの継続的な移動範囲で0.1 nm分解能を提供し、汎用性の高いテストを実現
- ・ 新しいDirect Strain™と優れたオートレンジ調節機能により、幅広いサンプルの剛性と周波数レンジでいつでも優れたデータを提供
- ・ 2つの専用環境システムにより、最も関連性の高いテスト環境で正確かつ反応の速い制御を実現
- ・ 独自のエアチラーシステム(ACS)が、液体窒素を利用せずに最大-100 °Cの制御冷却が可能
- ・ 専用の、高剛性かつ低質量クランプは使いやすくデータの再現性を保証
- ・ 新しく革新的なアプリ形式タッチスクリーンは簡単なOne-Touch-Away™機能を搭載し、これにより使い勝手が向上し、今までよりも容易に優れたデータを取得可能
- ・ 優れたTRIOSソフトウェアは、初級者あるいは上級者用に設計された別々のテストインターフェースを使用して簡単な設定と実行を実現



### 高応答性のダイレクトドライブモーター

DMA 850の非接触式モーターは、最長25 mmの移動範囲における動的・静的変形に対応し、すべてのモードやクランプ位置において優れた制御能力を発揮します。

このモーターは高性能かつ軽量の複合材料を使用しており、軸方向およびねじり方向の剛性を最大化しながらシステムの慣性を最小限に抑えます。高度な制御電子機器により、0.1 mN ~ 18 Nの連続荷重範囲における最高速のモーター制御を実現。これにより、システムは、最高レベルの感度と精度で広範囲の材料特性を把握できます。このような正確な制御により、50 msのステップ変位反応や応力制御精度の100倍の改善を含む過渡応答の大幅な向上を提供します。

高荷重または高分解能のどちらか一方だけを提供、あるいは直線移動用の独立した下部モーターを必要とする競合のモーター設計とは異なり、DMA 850は連続的な直線移動と高分解能荷重測定を実現します。

### 摩擦のない高剛性のエアベアリングサポート

非接触式ドライブモーターは、矩形のエアベアリングスライドに直接荷重を伝達します。このスライドは、8個の多孔性カーボンエアベアリングにより支持されます。加圧ガスが摩擦のない表面を形成し、スライドを「浮遊」させます。スライドはドライブシャフトとサンプルクランプに直接接続され、25 mmの低摩擦の変位を実現します。矩形のドライブシャフトにより、軸外の動きは完全に排除されます。高度なエアベアリング技術をDMA測定に採用しているのは、TAインストルメントだけです。このような設計が採用されていないシステムでは、変形に対する制御が十分に行われなかったり、スプリングによる支持により感度が低下します。

### 幅広い範囲に対応する高分解能オプティカルエンコーダ

オプティカルエンコーダは、回折格子による光の回折パターンに基づいて、競合の装置に使用されるLVDTに比べてはるかに幅広い範囲で優れた分解能を提供します。0.1ナノメートルという優れた分解能により、非常に小さな振幅でも正確に測定できます。高度なモーター制御とオプティカルエンコーダの感度により、5 nmの変位の制御など、従来のドライブ技術よりも最大100倍小さい変位を測定できます。

非接触式モーター、低摩擦のエアベアリングサポート、広レンジのオプティカルエンコーダは、実験中にクリープ、膨張または収縮する大小のサンプルと材料および静的または過渡的な変形のアプリケーションに対して、比類のない柔軟性を提供します。



正確な機械的測定は、システムの共振、熱ドリフトまたはフレーム変形などの外部要因による影響を排除すると共に、全てのモーターの変形を完全にサンプルに伝達するという基盤上に構築されます。

#### 最適化された構造

FEAにより最適化された装置フレームに取り付けられている高剛性のアルミニウムキャストには、DMA 850の重要なドライブコンポーネントが搭載されています。可動、つり下げ式、または簡易的に取り付けられたフレームに基づいて構築された競合システムは、サンプルの剛性とシステムとシステムの共振の組み合わせにより、有効周波数範囲が抑制されます。頑丈に設計されたDMA 850は、この制約を克服し、幅広い測定周波数とサンプルの剛性範囲にわたり正確な弾性率と $\tan \delta$  値を提供します。

#### 迅速なキャリブレーション

新しいシステムのメカニズムにより、ルーチンなキャリブレーションがこれまで以上に迅速かつ容易に実行できます。従来のDMA技術の80%短い時間の迅速かつロバストなキャリブレーションルーチンにより、より正確な測定を可能にします。装置のメンテナンス時間を短縮することで、材料の測定時間を確保し、有益なデータを得ることができます。

#### 温度制御トランスデューサ

温度制御トランスデューサは、サンプルや研究環境の温度変化に伴うドリフトを排除します。これにより、過酷な条件下でも材料の機械的特性評価に最も安定したプラットフォームが実現しました。DMA 850は、温度制御された荷重・変位トランスデューサによって、優れた測定安定性と正確性を実現する唯一の商業用DMA装置です。

OPTIMIZED CASTING and  
FRAME MECHANICS provide  
UNPARALLELED MEASUREMENT ACCURACY



温度制御  
トランスデューサ

高剛性キャストイング

FEAで最適化された装置基盤

**DMA 850は、湿度・温度制御のために、標準ファーナスとDMA-RHアクセサリの2種類の専用環境システムを備えています。設置が容易で、必要に応じてシステムを切り替えることができます。すべての環境システムとアクセサリは高性能DMA測定とシームレスな統合のために、TAインストゥルメントにより設計、製造されています。**

#### 標準ファーナス

DMA 850の標準ファーナスは幅広い測定範囲に対応するバイファイラ巻ファーナスであり、-160 ~600 °Cの均一な温度制御を実現します。現場での実績がある設計により、加熱、冷却および等温操作での温度範囲全体に対して、効率的かつ正確な温度制御を可能にします。低温制御については、テスト要件に合わせて4つの冷却アクセサリのうちの1つを組み合わせたことができます。

高感度の熱電対はサンプルに近接しており、変形モードにかかわらず、サンプル温度の代表的な測定値を提供します。

# Industry-leading ENVIRONMENTAL CONTROL SYSTEMS



### DMA-RH アクセサリ

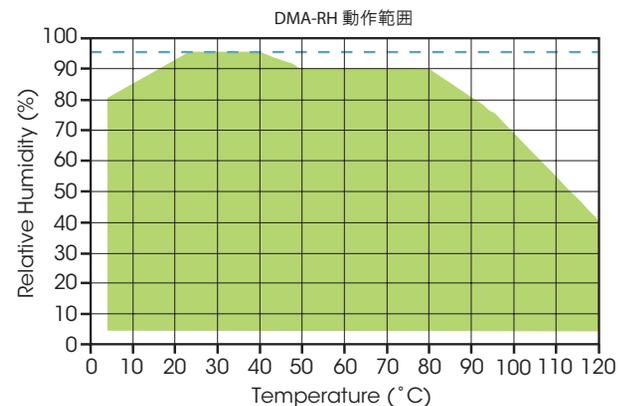
正確な環境システムは、DMA測定においてサンプル温度と相対湿度を正確に制御します。機械測定向けに最適化されたカスタム設計の湿度・温度チャンバーは、幅広い動作条件で、安定した信頼性の高い温度・湿度制御を行います。このシステムは結露を防止します。これは、正確な相対湿度制御を不可能にする温度制御された環境で一般的に発生します。安定した応答性の高いペルチェ素子はサンプル温度を正確に制御し、キャリブレーションされたデジタルマスフローコントローラは、目標湿度を達成するために事前に加熱したガスを所定の比率で送ります。

DMA-RHアクセサリは、幅広い温度と相対湿度範囲に対応します。

温度範囲	5 ~ 120 °C
温度正確度	±0.5 °C
加熱 / 冷却速度	最大 ±1 °C/ min
湿度範囲	5 ~ 95 % 動作範囲表を参照.
湿度正確度	5 - 90 % RH: ± 3 % RH > 90 % RH: ± 5 % RH
湿度変化速度 (増減ともに)	2 % RH / min (固定)

DMA-RHアクセサリは完全一体型ユニットであり、次のハードウェアコンポーネントが含まれます。

- ① サンプルチャンバーはDMAに直接取り付けられます。チャンバーのペルチェ素子は±0.1 °Cの精度で温度を制御します。サンプルチャンバーは標準DMAクランプ(引張り、カンチレバー、3点曲げ)を格納しています。
- ② 加熱蒸気移送ラインは、結露を防止して正確な結果を得るために、加湿ガスの露点より高い温度で維持されます。
- ③ DMA-RHアクセサリには、サンプルチャンバーの温度と湿度を連続的に監視、制御する加湿器と電子装置が含まれます。



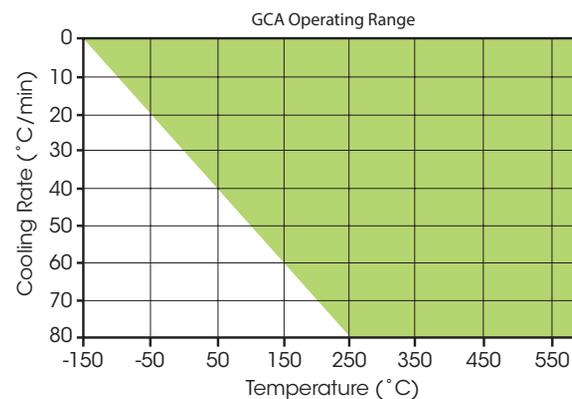




### ガスクーリングアクセサリ (GCA)

GCAは DMA 850 の測定範囲を  $-150^{\circ}\text{C}$  まで拡張し、制御された液体窒素の蒸発から発生した冷却窒素ガスを使用します。タンクの自動充填が発生するタイミングをスキャン完了後に設定できます。

GCA はDMA 850の測定範囲全体 ( $-150\sim 600^{\circ}\text{C}$ ) において、急速または速度制御冷却を実現します。一般的に、最大冷却速度は設置されたクランプとサンプルの熱特性の関数です。下の図は、温度の関数としての速度制御冷却の一般的な範囲\*を示しています。



\*実際の性能は、ラボの条件と設置したクランプシステムに応じて若干異なる場合があります。

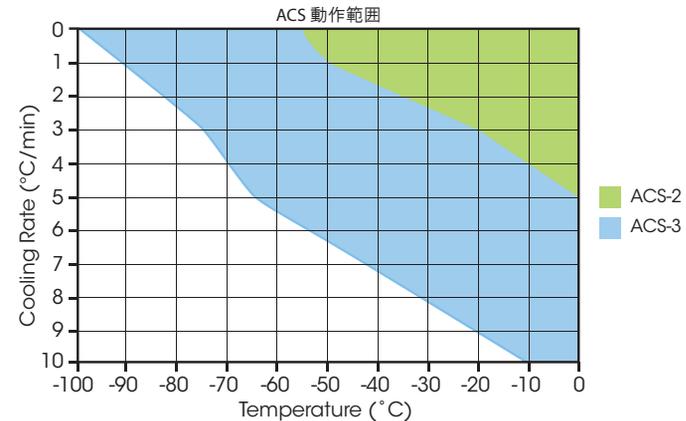
## 窒素パージクーラー (NPC)

NPCは低価格な冷却装置であり、-160 °C低温におけるクラッシュ冷却と制御加熱が可能です。この革新的な設計は、液体窒素で満たされた2.5 Lのデュワーに浸漬された熱交換器を通して窒素ガス(30 L/min 2~8 bar)をファーンラスにパージします。コンパクトなサイズで必要なスペースを最小限に抑えたクラッシュ冷却機能は、低温度実験のスループットを向上させる理想的な選択肢になります。



## エアチラーシステム (ACS)

新しいACSモデルは、独自のガスフロー冷却システムで、液体窒素を利用しない低温テストが可能です。ACS-2およびACS-3の2つのモデルはマルチステージのカスケード式コンプレッサデザインを採用し、冷媒として圧縮空気(7 bar 200 L/min)を利用します。ACS-2およびACS-3は、それぞれ-50 °C~-100 °Cの低温で標準ファーンラスを備えたDMA 850の測定が可能です\*。チラーシステムによって、液体窒素の使用とラボに関連する危険性を排除し、高い投資リターンを提供します。





DMA 850はあらゆる変形タイプに対応するクランプを備えており、実際のプロセスや用途条件に近い状態で、様々なサンプルを正確に分析できます。各クランプは、正確性と使いやすさを考慮して個別に最適化されています。

#### クランプの特徴と利点:

- ・高剛性の低質量設計が、最高水準の正確な弾性率を実現
- ・低熱質量により温度平衡時間が短縮し、転移温度の正確性と精度を最適化
- ・各クランプの剛性のキャリブレーションにより、測定間の弾性率の正確性と再現性を保証
- ・シンプルなアダプター接続は簡単に設置でき、自己整合可能で、精度を向上させ設置時間を短縮
- ・少ないコンポーネントで構成されており、複雑性や調整不良、測定エラーを低減
- ・粉末や液体に浸した材料などの難しい測定にも対応する革新的な設計
- ・引張り、圧縮およびシークランプの設計が改善され、アライメントをさらに簡易化し、サンプルの再現性を向上させることにより使いやすさが大幅に改善されました。

競合の装置設計に見られる複雑な組み立て手順がなく、箱から取り出すだけですぐに使用できるクランプを提供しているのは、TAインストルメントだけです。



### デュアル/シングルカンチレバー

カンチレバー（クランプ）は、熱可塑性樹脂やその他高ダンピング材料（エラストマーなど）の評価に適した汎用モードです。サンプル長8、20、35 mmに対応するカンチレバークランプは、デュアル/シングルで利用可能です。デュアルカンチレバーは、支持された熱硬化性樹脂の硬化測定に特に理想的です。



### 引張り

引張りクランプは、フィルムやファイバーの一軸変形向けに設計されています。オシレーション測定では、座屈や不要なクリープを防止するために一定または可変法によって静的荷重を適用します。新しく設計されたフィルムテンションクランプがクランプ機構を簡略化することで、使いやすさとクランプの均一性を向上させ、サンプルのすべりを効果的に防止します。ビジュアルガイドがフィルムサンプル位置調整の助けとなり、統合サポートがファーバーテストを簡略化します。DMA 850の可動クランプの連続的な移動により、引張りのサンプル装着が特に容易となります。



### 3点曲げ

3点曲げまたは自由曲げは、クランピングの影響を排除できるため、'純粋な'変形モードと見なされることが多いです。5 mm、10 mm、15 mm、20 mmおよび50 mmのサンプルスパンに対応しており、様々なサンプルの剛性と検体サイズを測定できます。20 mmと50 mmのクランプで利用可能な独自の低摩擦ローラーベアリング設計が、テスト試料のねじれや曲がりに対応することで、弾性率の正確性と再現性を改善します。



### シアーサンドイッチ

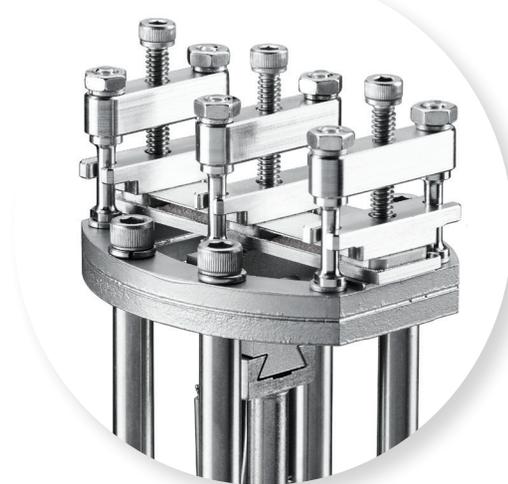
せん断弾性率Gを測定するために、サイズが等しい2つの同じ材料が固定プレートと可動プレートの間でせん断されます。このモードは、ゲル、粘着剤(PSA)、高粘度樹脂などの軟質材料に最適です。



## 圧縮

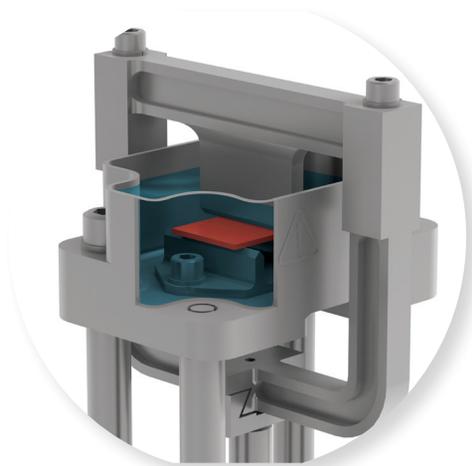
平行プレート圧縮の測定は、発泡剤やエラストマーなど、低弾性率と中弾性率材料に最適です。また、膨張または収縮の測定、粘着剤のタックテスト、ゴムOリングの圧縮などに利用できます。新しい自己調整機構が上部プレートと下部プレートの平行性を確保し、歪と荷重の均一性を強化しながら、ユーザーの関与を簡略化し、弾性率の正確性と精度を向上させます。

標準的な圧縮キットには、直径15 mmと40 mmの平行プレートが付属しており、低剛性、中剛性のサンプルのバルク測定に対応するように設計されています。針入キットは、高剛性の材料と、半球状、1 mmの押込、6 mmプレートなどの小さいプローブによる局所測定に対応するように設計されています。

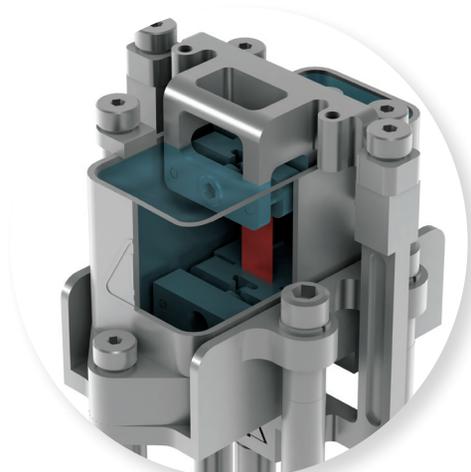


## パウダークランプ

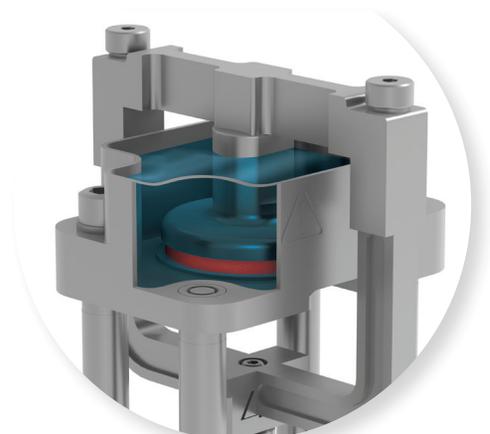
ルースパウダーの転移温度は機械的手法では測定が難しい場合があります。DMA 850向けの粉体アクセサリは、デュアルカンチレバークランプと併用することで、機械分析の強化された感度と粉体特性評価のシンプルなサンプル準備を組み合わせ、ルースパウダーの転移温度を観察することができます。



3点曲げ



フィルム



圧縮

### 浸漬クランプ

DMA 850用の浸漬クランプは、最大150 °Cの液体環境における機械的特性の測定に最適なテスト環境を提供するように設計されています。

- フルードリザーバー内のサンプルに近い位置に配置されている熱電対により、正確なサンプル温度を測定
- 不活性なステンレススチール製で、シールがないデザインにより、幅広い液体に対応
- 標準ファーンラスによる温度制御により、追加の循環装置や環境システムは不要

## 変形モードと サンプルサイズ

デュアル/シングルカンチレバー	8/4* mm (長さ), 最大15 mm (幅), 最大5 mm (厚さ) 20/10* mm (長さ), 最大15 mm (幅), 最大5 mm (厚さ) 35/17.5* mm (長さ), 最大15 mm (幅), 最大5 mm (厚さ)
3点曲げ	5,10, または 15 mm (長さ), 最大15 mm (幅), 最大7 mm (厚さ) 20 mm (長さ), 最大15 mm (幅), 最大7 mm (厚さ) 50 mm (長さ), 最大15 mm (幅), 最大7 mm (厚さ)
引張り フィルム/ファイバー ファイバー	5 ~ 30 mm (長さ), 最大8 mm (幅), 最大2 mm (厚さ) 5 ~ 30 mm (長さ), 5デニール (0.57 テックス) ~ 直径 0.8 mm
せん断	10 mm角, 最大4 mm (厚さ)
圧縮	15 および 40 mm (直径), 最大10 mm (厚さ)
浸漬 引張り 圧縮 3点曲げ	15 mm 固定(長さ), 最大8 mm (幅), 最大2 mm (厚さ) 25 mm (直径), 最大10 mm (厚さ) 5, 10, または 15 mm (長さ), 最大15 mm (幅), 最大7 mm (厚さ)

\*長さはデュアルカンチレバー/シングルカンチレバーの順

# Technology

"APP" Style Touch Screen





One  
Touch  
Away™

## ワンタッチで実現できる革新的なDMAパフォーマンス

DMA 850は、新しいOne-Touch-Away™アプリ形式のタッチスクリーンを搭載しており、ワンタッチで装置の主な機能を実行でき、利便性がはるかに改善されています。

- ・見やすく、使いやすい人間工学に基づいた設計
- ・操作を簡素化し、ユーザーエクスペリエンスを向上する機能を搭載

### アプリ形式のタッチスクリーン:

- ・実験の開始/停止
- ・温度の設定
- ・クランプ位置の設定
- ・モーターモード切替
- ・マニュアルサンプル測定
- ・リアルタイムシグナル
- ・ひと目でわかるテスト・装置ステータス

アプリ形式のタッチスクリーン、強力な新しいTRIOSソフトウェア、迅速かつロバストな較正手順がシームレスに連動し、ラボのワークフローや生産性が劇的に向上します。

TAインストルメントの最先端ソフトウェアパッケージは、熱分析とレオロジーのための装置制御、データ収集、データ解析に対して最新の技術を採用しています。直感的なユーザーインターフェースにより、実験を簡単かつ効率的にプログラムできるだけでなく、実験の画面と、データの表示・解析画面を容易に移動できます。



### TRIOS 特徴:

- ・単一のPCとソフトウェアパッケージにより、複数の装置を制御
- ・DSC、TGA、DMA、SDT、TMA、レオメータなどの技術をまたがった、データ結果のオーバーレイや比較を行う
- ・無制限ライセンスと無料のソフトウェアアップグレード
- ・生産性を高めるワンクリックの繰り返し解析

### 迅速かつ容易なキャリブレーション

TRIOSソフトウェアにより、DMA経験がないユーザーでも、クランプとDMA 850を容易にキャリブレーションできます。

写実的な画像と明確な説明は、シンプルな手順で指示することにより、オペレーターの研修時間を短縮します。

サマリーレポートではひと目でキャリブレーションステータスを確認でき、データの完全性を保証します。

- 1) Install the fixed clamp. Tighten the screws with the torque wrench set to 10 in-lb.
- 2) Enter the dimensions of the precision steel compliance sample.
- 3) Mount the steel sample using 8 to 10 in-lb torque.
- 4) Press 'Calibrate' to begin the calibration.

Width  [mm]  
Thickness  [mm]

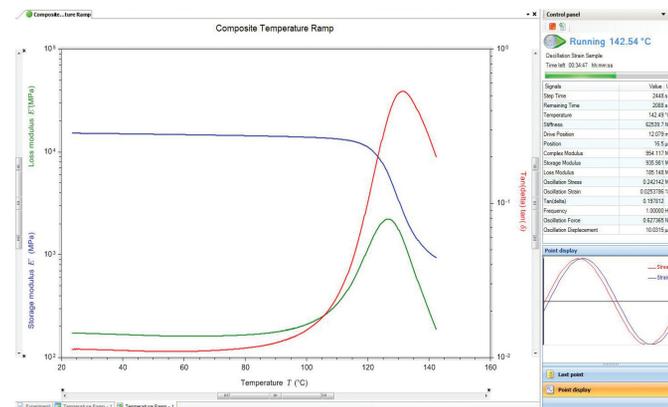
This calibration takes about 1 minute



- ・実験の詳細、データプロットと表、解析結果が記載されたカスタムレポートの自動生成
- ・プレーンテキスト、CSV、XML、Excel®、Word®、PowerPoint®、画像形式にデータをエクスポート
- ・監査証跡、データ保全性のための電子署名が付いたオプションのTRIOS Guardian

### 完全なデータ記録

高度なデータ収集システムが関連するすべての信号、アクティブなキャリブレーション、システム設定を自動で保存します。各データポイントの波形はリザージュプロットとして表示することも可能で、応力-歪の関係を視覚的に提示します。この包括的な情報は、メソッド開発、手順開発、データ確認に欠かせない要素です。



# The Most VERSATILE CONTROL and ANALYSIS SOFTWARE!

## 完全なデータ解析機能

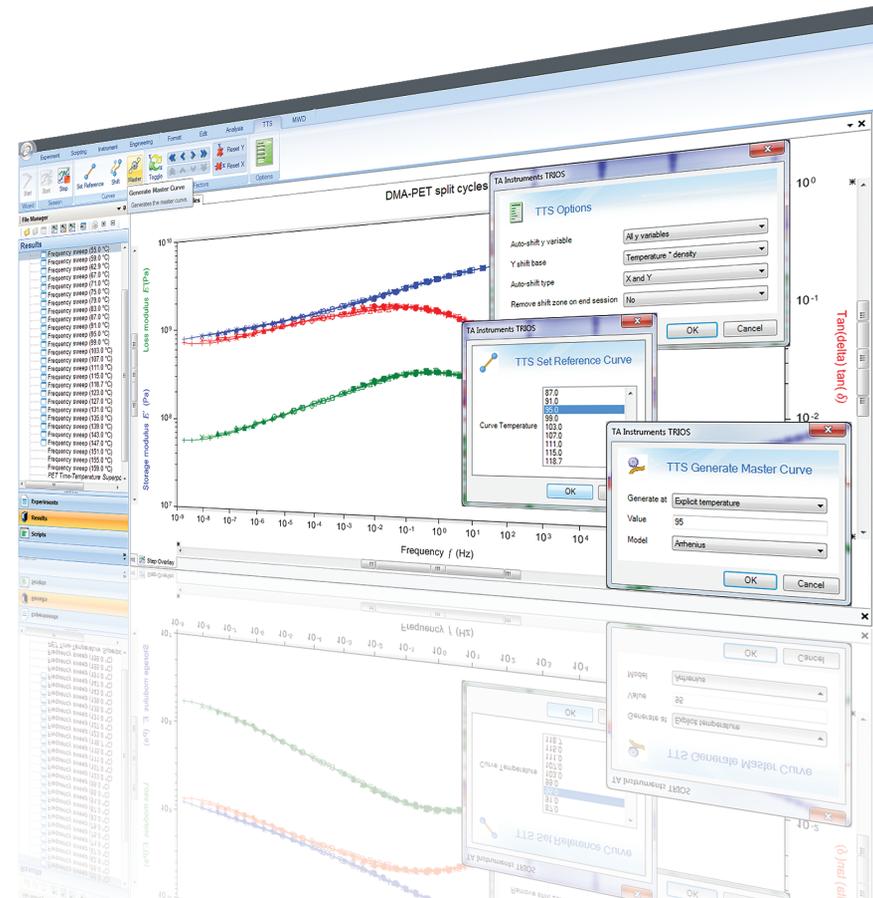
実験中でも実施できるリアルタイムのデータ解析のための、包括的な関連ツールを利用できます。TRIOSにシームレスに統合された優れた汎用性の高い機能によって、材料の挙動を実践的に把握できます。

### すべての標準的なDMA解析:

- ・ 補外開始・終了点解析
- ・ 最大と最小のシグナル
- ・ シグナル変化
- ・ 弾性率クロスオーバー
- ・ 特定のX点またはY点での曲線値
- ・ 一次導関数と二次導関数
- ・ 曲線下の面積
- ・ ピークの高さ
- ・ ピーク積分と連続積分
- ・ 数学的フィッティング: 直線、多項式または指数

### 高度な分析機能

- ・ 自動曲線シフトとシンプルなマスターカーブ生成機能が付いた時間温度スーパーポジション(TTS)解析
- ・ 活性化エネルギー計算
- ・ WLF係数の計算
- ・ Cole-ColeおよびVan Gurp-Palmenプロット
- ・ 内蔵モデル: 緩和スペクトル、弾性率の相互変換、クリープリング解析
- ・ ユーザー指定の変数とモデルによる、高度なカスタム解析



## 実験設計

DMA 850は、革新的な新しいマルチレベルのテストプログラムインターフェースを備えた、TRIOS機器制御・データ解析ソフトウェアによって制御されます。DMA Expressインターフェースは初心者ユーザーに、DMAプログラミングをシンプルで使いやすいものにする一方で、DMA Unlimitedインターフェースはテストの制限を取り除き、上級ユーザーは実験設計でこれまでにない柔軟性を得ることができます。

# DMA Express

新しいDMA Expressインターフェイスは、新規ユーザーや簡単で明確な実験要件を持つユーザー向けに特別に設計されています。テスト設定の詳細は、現実的な既定値で予め入力された選択しやすい内蔵フォームで表示されます。DMA Expressは、ルーチンな使用と一般的なテストのためのトレーニング時間を短縮し、実験設計のミスを減らし、ユーザーの信頼を高めます。

テストモード	利用可能なテスト
オシレーション	周波数掃引、歪掃引、応力掃引、温度掃引、定速昇温、時間掃引、温度掃引(多周波数)/TTS、定速昇温(多周波数)、疲労テスト
応力制御	クリープ、クリープ-回復、クリープTTS、一定応力
歪制御	応力緩和、応力緩和TTS、一定歪
速度制御	歪上昇、応力上昇

The screenshot shows the DMA Express software interface with the following settings:

- Mode: Oscillation (selected) / Temperature Ramp
- Amplitude: 20.0  $\mu\text{m}$
- Frequency: 1.0 Hz
- Use current temperature
- Ramp from: 35  $^{\circ}\text{C}$  to 150  $^{\circ}\text{C}$
- Ramp rate: 3.0  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$
- Soak times:
  - at Start temperature: 5.0 min
  - at End temperature: 0.0 min
- Estimated time to complete: 00:38:20 (hh:mm:ss)
- Buttons: Test Settings, Post Test Conditions

# DMA Unlimited∞

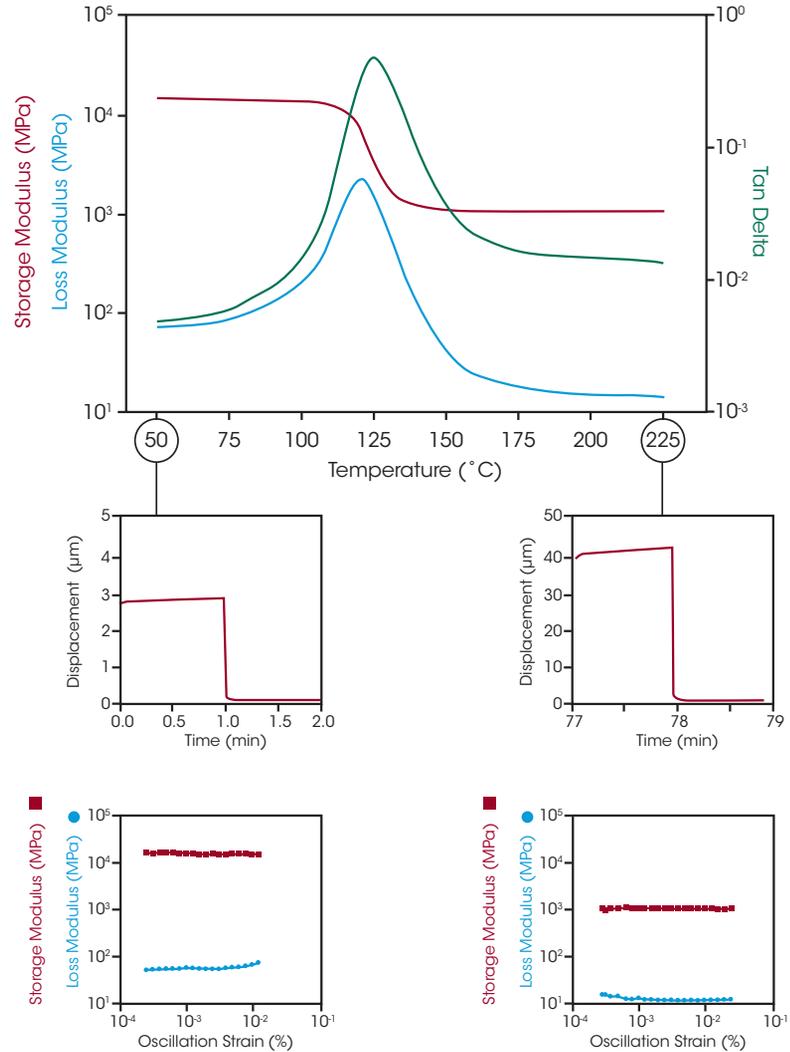
DMA UnlimitedインターフェースはDMA 850のパワフルな新しい機能を提供し、単一の試験であらゆる変形モードと温度プロファイルを連続設定できます。23の利用可能なステップを無制限に組み合わせることにより、複雑な実際の条件を再現でき、利便性がはるかに向上したDMAテストとプログラム実験を行うことができます。主なDMA Expressテストモードのほか、高度なサンプルコンディショニング、変形、条件付きのステップ中断、繰り返しセグメント機能から選択できます。あとは、あなたの想像力を解き放つだけです。

## その他の実験制御:

- ・ 設定温度への平衡化またはジャンプ、目標温度でのソーク時間を設定
- ・ 相対湿度レベルの設定または上昇、目標RHのソーク時間を設定
- ・ 荷重/応力の設定または上昇
- ・ 変位/歪の設定または上昇
- ・ 前の手順のループおよび繰り返し
- ・ データ保存のオン/オフ、データサンプリングの間隔の設定
- ・ モーターステータスの制御、外部イベントの設定、GCAの充填

## 無制限のテストシーケンス

DMA 850の高度なシステム設計により、従来のDMA装置の制約に縛られない、これまでにない機械テストの可能性が広がります。オシレーション、過渡、歪および応力制御、機械的および熱的コンディショニングなど、様々なテストタイプを組み合わせた試験手順を初めて実現しました。この新しい機能により、DMA 850は1つの実験における様々なテスト条件下で、完全な材料特性評価プロトコルを実行したり、特性評価直後に機械的コンディショニングを適用できます。この新しい機能により、テスト条件下で完全な材料特性評価を実現します。

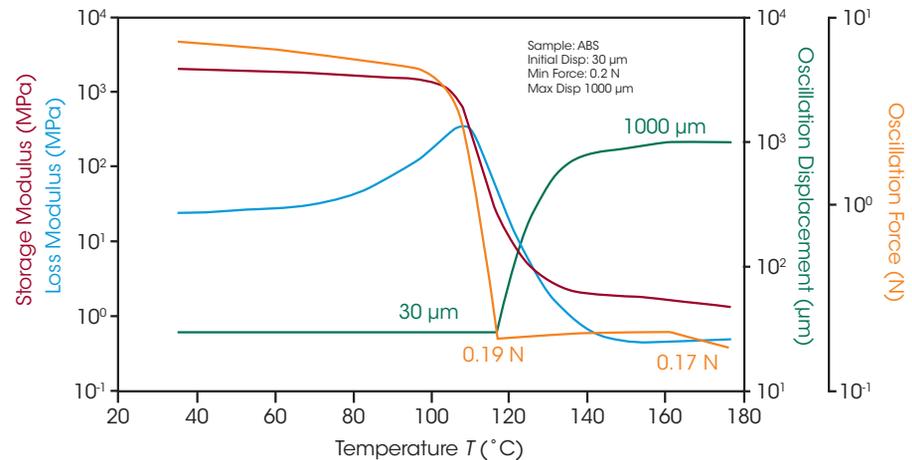


昇温後にクリープ-回復と歪掃引を実施。1つの実験からすべてのデータを収集します。

# ADVANCED CONTROLS take your...

## 新しいインテリジェント・オートレンジ

材料の弾性率は、時間または温度の狭い範囲において、数桁変化する可能性があるため、プログラミングパラメータの選択によっては実験が成立したり破綻したりします。選択された変形が大きすぎる場合、過度なサンプルのクリープが生じる可能性があります。小さすぎる場合、荷重の感度が低下します。最新のインテリジェント・オートレンジ機能は、開始条件の選択を推測し、荷重と変位が、ユーザー指定の合理的な制限値内で自動的に維持できるようにします。実験をプログラムした後は、いつでも優れたデータを取得できます。



# MATERIAL CHARACTERIZATION FARTHER

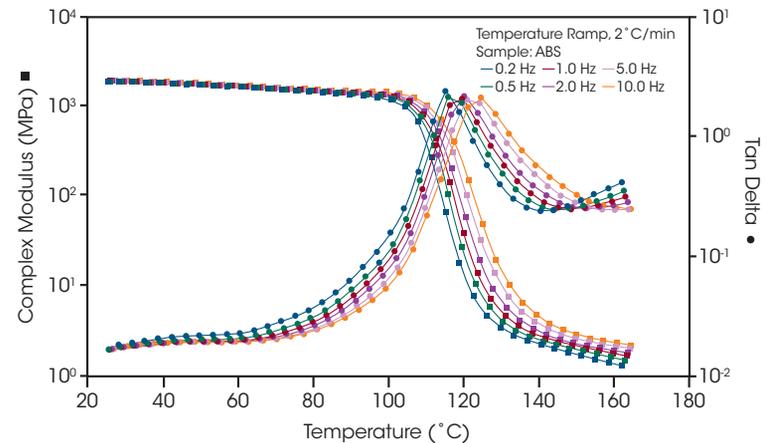
## 新しい DirectStrain

より高速なエレクトロニクス、すべての新しいデジタルシグナルプロセッサ (DSP) コントロール、改善されたドライブシステムにより、DMA 850は全く新しいタイプの歪制御が可能になります。DirectStrainは、例えば急激に変化する材料や、高周波数での軟質サンプル測定などの測定の難しいサンプルやテスト条件で、迅速で正確な測定を実現するリアルタイムの歪制御です。DirectStrainは、急速に変化するサンプルの転移中でも一貫したデータ収集を保証し、従来のDMA技術に比べて歪正確性を50倍向上させます。

この例では、DirectStrainにより、単一周波数の昇温で一般的な速度 (2°C/分) の1つの実験において、6つの周波数での弾性率と  $\tan \delta$  を測定できます。

### DirectStrainの利点:

- 迅速かつ正確な測定を実現するリアルタイムの歪制御
- 歪正確性が50倍改善
- 測定速度が35%向上
- 反復制御手法に見られるオーバーシュートやアンダーシュートを回避
- 高周波数での軟らかい試料の測定正確性を向上
- 急速な昇温速度でも均一なデータ収集を実現



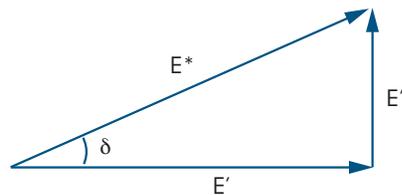
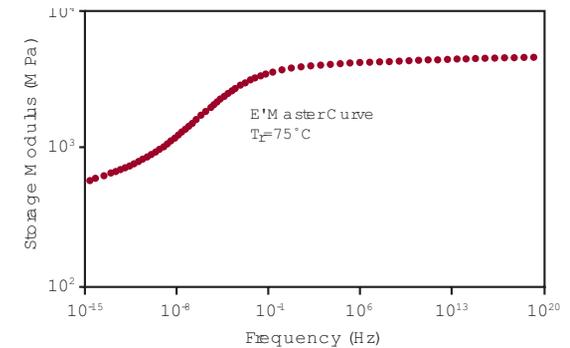
### 動的機械分析

動的機械分析(DMA)は、温度、時間、湿度などの環境要因の関数として、材料の機械的特性の評価に利用されています。単純な弾性材料の場合、測定対象となる一般的な機械的特性は剛性やヤング率(E)ですが、ポリマーや複合材料などのより複雑な材料は、このような値だけでは十分に表現できません。これらの材料は弾性だけでなく、粘性、ダンピング挙動も有しているため、粘弾性体として表現されます。

粘弾性特性を測定するために最も広く利用されているテストプロトコルは、小振幅振動です。この手法では、サンプルは固定された周波数と振幅(歪)で、正弦波変形プロファイルに従って変形し、サンプルが変形に抵抗する際にかかる荷重(応力)が測定されます\*。この実験で収集された情報は制御ソフトウェア上で使用され、重要な材料特性が生成されます。これらの特性は、変形に対する総合的な抵抗(複素弾性率)と、弾性(貯蔵弾性率)と粘性(損失弾性率)を示す各抵抗のコンポーネントを表しています。振動実験は温度プロファイルと組み合わせて使用することが多く、ガラス転移、融解、結晶化、硬化、経年劣化などの熱的イベントの特性評価を行います。

材料の粘弾性特性は観測時間またはテスト周波数(f)関数であることが多く、十分な時間がある場合に多くの材料が緩和する傾向があることを反映しています。このため、材料の挙動を十分に分析するために、テスト周波数の範囲内で正確なデータを収集することが重要です。

小振幅テストの場合、粘弾性特性は歪に依存しません。線形粘弾性領域として知られるこの変形領域は、分子構造を直接反映しており、製品の総合的な性能を推測します。一部の材料については、特に充填またはクロスリンクされたネットワークの場合、この線形粘弾性領域は非常に小さい場合があります。このため、再現可能かつ実行可能な、意義のある結果を出すためには、非常に小さい変形を制御することが重要です。



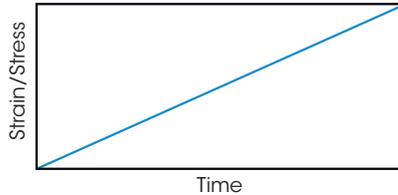
$\epsilon_0$	歪振幅
$\sigma_0$	応力振幅
$\delta$	位相角
$E^* = \frac{\sigma_0}{\epsilon_0}$	複素弾性率 総合変形抵抗
$E' = E^* \cos \delta$	貯蔵弾性率弾性、 固体的抵抗
$E'' = E^* \sin \delta$	損失弾性率 粘性抵抗、ダンピング
$\tan \delta = \frac{E''}{E'}$	ダンピング係数 ダンピング抵抗の弾性抵抗に対する相対量

\* Discovery DMA 850は歪制御でも応力制御でも同様に良好に制御でき、測定された材料特性は同一のものです。

## その他のテストモード

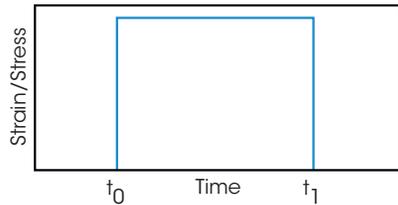
DMA 850は振動実験だけでなく、その他の幅広い変形のプログラムに使用することができ、材料特性評価に関する補足情報を提供したり、材料の機械的コンディショニングに対応します。

DMA 850の新しい機能により、任意のテストモードや制御タイプの組み合わせにより、1つの実験でこれらの変形タイプや振動プロトコルをプログラムできます。



### 応力 - 歪曲線

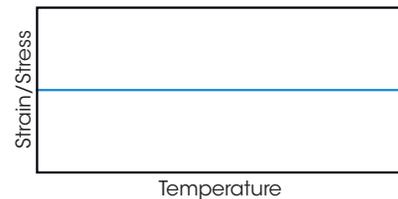
この典型的な実験は制御された荷重または歪で実施されることがあり、応力や歪の過渡曲線を生成します。これらの曲線は、主に弾性率と機械的故障の測定に使用されます。また、動的特性の評価前に既知の歪や応力履歴を加えるために使用されることがあります。



### クリープと応力緩和

過渡実験では、応力(クリープ)または歪(応力緩和)が瞬時的に適用されます。この刺激は、サンプルの変形や応力のモニタリング中維持されます。過渡実験では粘弾性の測定手段として振動プロトコルを補完し、特に長時間の緩和に適しています。これらのプロトコルは関連する用途条件のシミュレーションを行い、線形粘弾性領域外である可能性がある変形の再現に役立ちます。

このような過渡ステップの後は緩和ステップが行われることが多く、確認された変形がどの程度可逆的または不可逆的であるかを特定します。



### 等応力と等歪

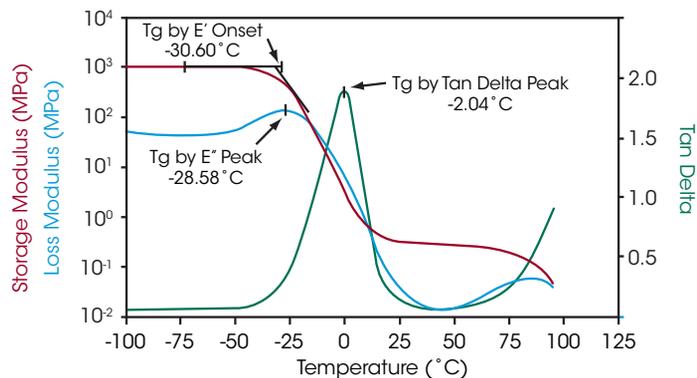
等応力および等歪実験は、サンプルの加熱または冷却中に、検体に対する変形を継続的に維持します。この実験は、熱的に誘導される変化により発生する収縮または緩和プロセスの測定に使用されます。

## DMA 850が測定する一般的な特性と挙動:

- ・ 弾性率(E)
  - ・ ずり弾性率(G)
  - ・ 複素弾性率( $E^*$ ,  $G^*$ )
  - ・ 貯蔵弾性率および損失弾性率( $E'$ ,  $E''$ ,  $G'$ ,  $G''$ )
  - ・ ダンピング特性( $\tan \delta$ )
  - ・ ガラス転移
  - ・ 副分散
  - ・ 融解および結晶化
  - ・ 軟化
  - ・ 緩和挙動
  - ・ 周波数の影響
  - ・ クリープと回復
  - ・ 応力緩和
  - ・ 時間/温度スーパーポジション(TTS)
  - ・ 粘性流
  - ・ 動的疲労
  - ・ 衝撃強度
  - ・ 靱性
  - ・ 弾力性
  - ・ 応力-歪曲線
  - ・ 収縮力
  - ・ 複合材料
  - ・ 混合物の組成
  - ・ 相分離
- (ポリマー混合物、共重合体など)
- ・ 材料欠陥
  - ・ 充填剤の影響
  - ・ 配向の影響
  - ・ 添加物の影響
  - ・ 経年劣化(物理的または化学的)
  - ・ ゲル化
  - ・ 架橋反応
  - ・ 架橋密度
  - ・ マリンス効果

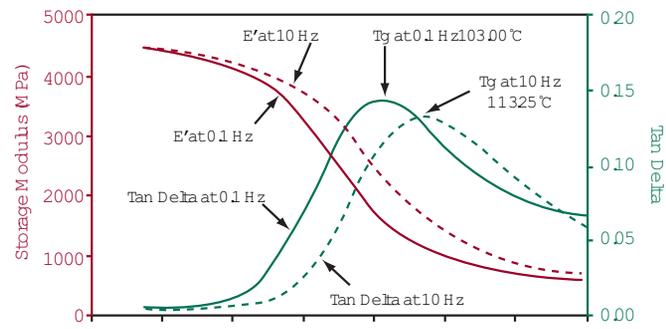
### 高分子材料のガラス転移温度( $T_g$ )の測定

高分子材料の一般的な測定は、ガラス転移温度( $T_g$ )です。 $T_g$ は様々な手法で測定可能ですが、DMAを用いて最も高感度な測定が可能です。右の図は、周波数1 Hzでの引張りクランプを用いた感圧接着剤の測定結果を示しています。 $T_g$ は、 $E'$ のオンセット、 $E''$ のピーク、または $\tan \delta$ のピークによって測定できます。 $T_g$ のほか、様々な粘弾性パラメータの絶対値も有益です。



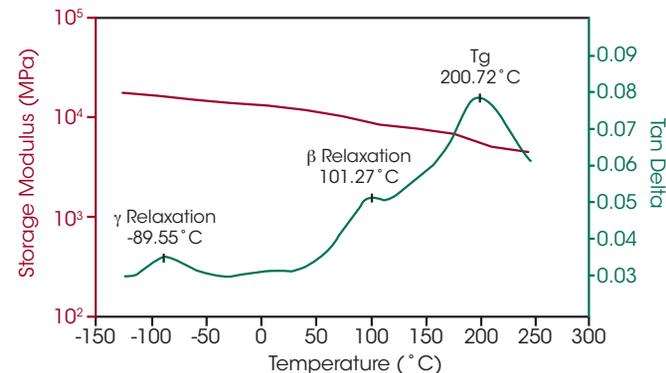
### ポリエチレンテレフタレート(PET)の粘弾性とガラス転移の周波数依存性

$T_g$ には動力学が含まれるため、変形の周波数速度に大きく影響を受けます。テスト周波数が増加すると、より高温でのみ分子緩和が発生するため、右の図のように $T_g$ が高温側にシフトします。また、転移において、 $\tan \delta$ のピーク形状と貯蔵弾性率の傾きが影響を受けます。最終用途条件下では、転移の温度と周波数の依存性を理解することが重要です。



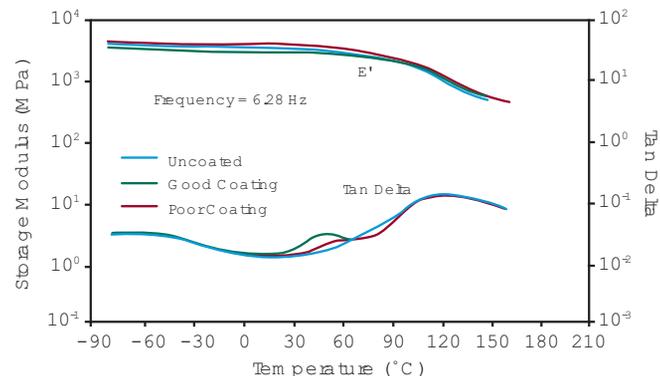
### ビニルエステルの副分散の測定

DMAは、 $\beta$ と $\gamma$ の副分散に対応する数少ない手法のひとつです。副分散は、側鎖内の回転だけでなく主鎖と共振する側鎖の動きからも起こります。副分散は $T_g$ より低温領域で、一般的には室温以下です。耐衝撃性やその他の最終用途特性に影響を与えるため、非常に重要です。このデータは3点曲げを使用して取得したものであり、剛性複合材料に対応することも示しています。



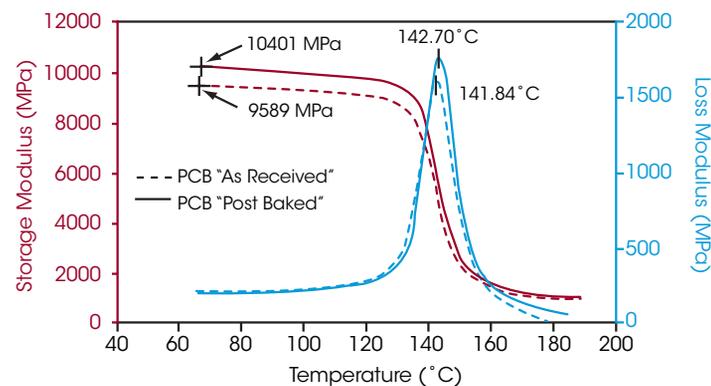
## フィルムに塗布された接着剤の影響の測定

この図は、DMAで3つのPETフィルムのサンプルの引張りを比較した結果を示しています。1つ目は性能が高い均一の接着剤層、2つ目は性能が低い不均一の接着剤層、3つ目は接着剤が塗布されていないサンプルです。粘着剤による転移のピークは、「性能が高い」サンプルはtan  $\delta$  で約40 °Cに見られる一方、「性能が低い」サンプルはそれよりもはるかに小さいピークを示しています。性能が高い・低いサンプルの特性を把握することで、塗布プロセスと最終製品の品質管理が可能になります。



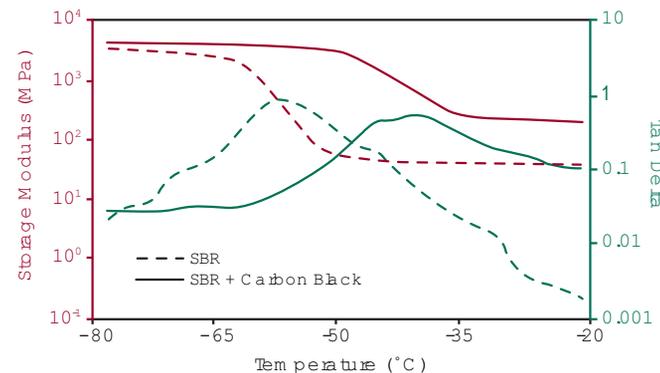
## プリント基板の特性評価

プリント基板(PCB)は、一般的に熱硬化性樹脂を染み込ませたグラスファイバー束で作られています。非常に少ない樹脂で作られているため、PCBのTg測定は難しい場合があります。この図は、シングルカンチレバーの曲げの典型的なPCBの結果を示しています。Tgは明確に検出されており、「未処理」と「加熱処理後」のサンプル間の差異は、弾性率の絶対値と Tg に対するさらなる架橋の影響を明示しています。



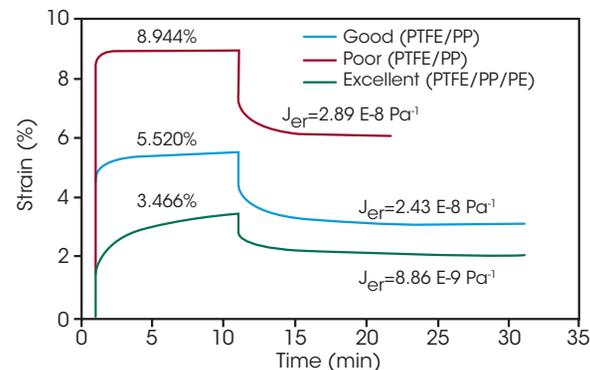
## エラストマー中のカーボンブラックの効果

もう1つの一般的な適用例は、粘弾性特性に対する充填剤と添加物の効果です。右の図は、カーボンブラックをSBRゴムに添加した場合の貯蔵弾性率(E')とtan  $\delta$ への効果を示しています。DMAのデュアルカンチレバーで実施されたこのテストの結果、カーボンブラックを添加したことにより貯蔵弾性率の絶対値が増加し、Tgが大幅に上昇しました。多くの工業用途において、材料特性に対する充填剤と添加物の効果を理解することは非常に重要です。



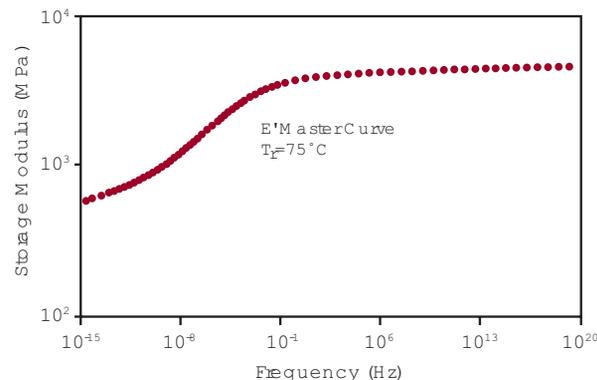
### クリープテストによるパッケージフィルムの特性評価

加熱成形過程において、フィルムは加熱された型に入れられ、希望の形に成形されます。クリープ回復実験により、安定した生成物を製造する能力を予測することができます。この図は、引張りモードを使用したパッケージフィルムに関するデータを示しています。回復段階では、平衡回復コンプライアンス( $J_{er}$ )を算出できます。 $J_{er}$ 値が高い場合、サンプルのコンプライアンスが高いことを表します。これは、希望の形に成形する時、その温度においてその形を維持するための弾性が低いことを示します。



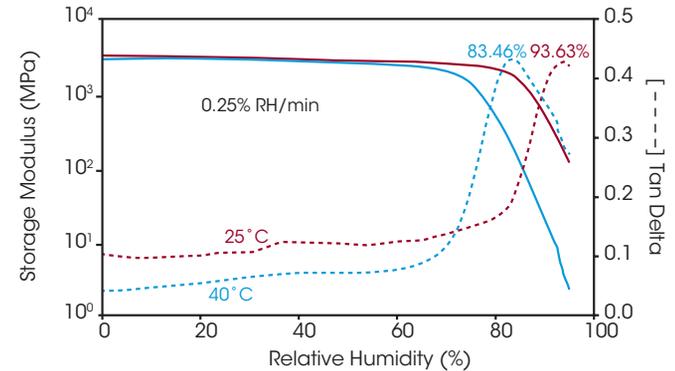
### 時間/温度スーパーポジション(TTS)を用いた材料性能の予測

理論上で実証されているTTS手法は、装置の対応範囲外の周波数または時間スケールで、材料の性能を予測するために用いられます。一般的に、温度範囲における一連の等温ステップホールド実験で、複数の周波数をスキャンすることでデータを取得します。リファレンス温度を選択し、データをシフトさせます。シフトファクタープロットが生成され、ウィリアムズ・ランドル・フェリー(WLF)かアレニウスモデルに適用されます。最後に、右の図のPETフィルムサンプルのように特定の温度でマスター曲線が生成されます。この手法により、非常に高い周波数(短い時間スケール)または非常に低い周波数(長い時間スケール)の特性を評価できます。



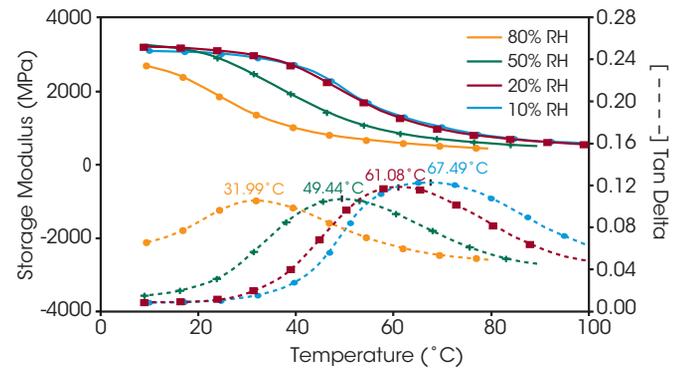
## 医薬品用ゼラチンカプセルの分析

ゼラチンカプセルは、医薬品および栄養サプリメントで広く使用されています。室温・低温度の環境で保存されている間、ゼラチンは非常に安定しています。しかし、水と組み合わせると半固体のコロイドゲルを成形するため、機械的特性に大きな影響を与える可能性があります。このデータは、カプセル側壁から切り取ったゼラチンサンプルに対する25°Cと40°Cにおける相対湿度の増加の影響を示しています。相対湿度が上昇と、材料は複数段階の転移を経て、弾性率が80% RH付近で著しく低下します。転移は、貯蔵弾性率とtan δのシグナルで解析されます。



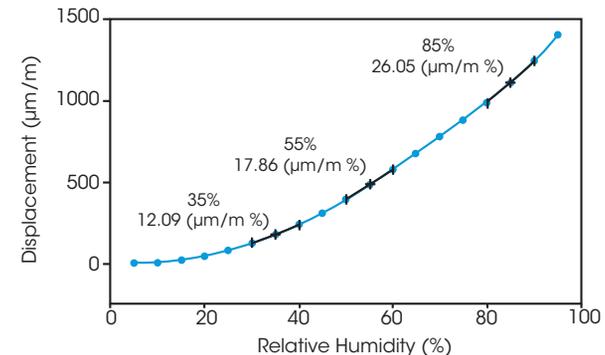
## ナイロン6のガラス転移における相対湿度の影響

ナイロン6は水によって強く可塑化されるため、機械的特性は周囲環境の相対湿度に依存します。この図のデータは、DMA-RHアクセサリを使用して測定したナイロン6のガラス転移に対する相対湿度の影響を示しています。サンプルは、様々な一定RH条件下で周波数1 Hzのシングルカンチレバーモードで分析しました。このように、機械的特性およびガラス転移は相対湿度によって著しく影響を受けることがわかります。



## 吸湿膨脹係数(CHE)の測定

吸湿性とは、吸収または吸着によって周囲の環境から水分子を引き寄せる物質の能力として定義されています。材料の機械的特性に対する水分吸着の影響は、材料の寸法変化と周囲の相対湿度の変化との関係を示す定数である吸湿膨脹係数(CHE)によって定量化できます。この図のデータは、DMA-RHアクセサリを使用して測定した、ナイロン6サンプルに対する相対湿度の影響を示しています。相対湿度が上昇すると、サンプルは膨張します。その結果として得られたグラフの傾きは材料のCHEに相当します。



Specifications	
最大荷重	18 N
最小荷重	0.0001 N
荷重分解能	0.00001 N
周波数範囲	0.001 ~ 200 Hz
動的変形範囲	± 0.005 ~ 10,000 μm
歪分解能	0.1 nm
弾性率範囲	10 <sup>3</sup> ~ 3×10 <sup>12</sup> Pa
弾性率精度	± 1 %
Tan δ 感度	0.0001
Tan δ 分解能	0.00001
温度範囲	標準ファーンナス: -160 ~ 600 °C RHアクセサリ: 5 ~ 120 °C

環境システム	温度範囲	加熱/冷却速度	パージガス
標準ファーンナス	-160 °C ~ 600 °C	20°C/min 加熱 10°C/min 冷却	空気、窒素、アルゴン、ヘリウム
DMA-RH アクセサリ	5 °C ~ 120 °C	± 1 °C/min	湿度制御 5 % ~ 95 % RH

## 特徴

標準	オプション
DMA Express と DMA Unlimited を含む TRIOS ソフトウェア	標準ファーンラス
35 mm シングル/デュアル カンチレバークランプ	DMA-RH アクセサリ
新しい DirectStrain を含む 歪制御	引張りクランプ
応力制御	3-点曲げクランプ
カラーアプリ形式タッチスクリーン	圧縮クランプ
無制限のテストシーケンス	パウダークランプ
TTS 解析	シアーサンドイッチクランプ
歪掃引、周波数掃引、昇温(単一周波数、多周波数)、温度ステップ(単一周波数、多周波数/TTS)、時間掃引、疲労	浸漬クランプ
歪制御: 応力緩和、応力緩和TTS、等歪	GCA
応力制御: クリープ、クリープ回復、クリープTTS、等応力	NPC
速度制御: 応力-歪曲線を生成する歪クランプと応力クランプ	ACS-2 または ACS-3
サンプルコンディショニング: 温度、適用荷重または変位	21 CFR 11コンプライアンス向け TRIOS Guardian



## AMERICAS

New Castle, DE USA  
Lindon, UT USA  
Wakefield, MA USA  
Eden Prairie, MN USA  
Chicago, IL USA  
Irvine, CA USA  
Montreal, Canada  
Toronto, Canada  
Mexico City, Mexico  
São Paulo, Brazil

## EUROPE

Hüllhorst, Germany  
Bochum, Germany  
Eschborn, Germany  
Wetzlar, Germany  
Elstree, United Kingdom  
Brussels, Belgium  
Etten-Leur, Netherlands  
Paris, France  
Barcelona, Spain  
Milano, Italy  
Warsaw, Poland  
Prague, Czech Republic  
Sollentuna, Sweden  
Copenhagen, Denmark

## ASIA & AUSTRALIA

Shanghai, China  
Beijing, China  
Tokyo, Japan  
Seoul, South Korea  
Taipei, Taiwan  
Guangzhou, China  
Petaling Jaya, Malaysia  
Singapore  
Bangalore, India  
Sydney, Australia





tainstruments.com

ティー・エイ・インスツルメント・ジャパン株式会社

本社 〒141-0031 東京都品川区西五反田5-2-4レキシントン・プラザ西五反田6F  
TEL(03)5759-8500 FAX(03)5759-8508

大阪営業所 〒532-0011 大阪市淀川区西中島5-14-10新大阪トヨタビル10F  
TEL(06)6303-6550 FAX(06)6303-6540

[www.tainstruments.com](http://www.tainstruments.com)

\*製品の仕様は予告なく変更される場合があります。ご了承ください。