



熱伝導率測定装置

New Castle, DE USA

Lindon, UT USA

Saugus, MA USA

Hüllhorst, Germany

Shanghai, China

Beijing, China

Tokyo, Japan

Seoul, South Korea

Taipei, Taiwan

Bangalore, India

Sydney, Australia

Guangzhou, China

Eschborn, Germany

Wetzlar, Germany

Brussels, Belgium

Ettten-Leur, Netherlands

Paris, France

Elstree, United Kingdom

Barcelona, Spain

Milano, Italy

Warsaw, Poland

Prague, Czech Republic

Sollentuna, Sweden

Copenhagen, Denmark

Chicago, IL USA

São Paulo, Brazil

Mexico City, Mexico

Montreal, Canada





LaserComp 熱伝導率測定装置

熱伝導率は材料の伝熱の能力の単位となります。この材料特性の正確な測定は、建築、エレクトロニクス、航空宇宙、自動車、などのさまざまな産業における材料のエネルギー効率を理解し、最適化して、熱性能を予測するために不可欠です。

TAインストルメントから、低～中程度の伝導率材料の熱流を直接測定するための最先端装置:LaserComp FOXシリーズ熱流計および保護熱板法装置をご紹介します。FOXシリーズはさまざまな測定要件を満たすように、独自の機能や広い範囲の構成の可能性をエンドユーザーに提供します。

50年以上にわたり、科学者、エンジニアがTAインストルメントの装置を、熱物性測定における最先端で信頼性のある高感度装置として信頼している理由をお教えしましょう。

熱流計

LASER COMP 熱流計

FOXの装置は、熱伝導率を決定するために定常法を用います。特に断熱材料のために設計された熱流計方法は、国際標準 ASTM C518、ISO 8301と DIN EN 12667によって規定されています。この費用対効果のある実用的な方法はその速度、簡便性と正確さから世界中のこの業界のプロによって広く認められ、好まれています。

熱流計では、サンプルが2つの温度制御プレート間に置かれます。これらのプレートは、サンプルを挟んでユーザー定義の温度差(ΔT)を確立します。サンプルの厚さ(L)は、圧縮しやすいサンプルの場合の目標厚さ、あるいは実際のサンプルの寸法に合うよう設定されます。正確なサンプルの厚さは重要です。最大限の正確性を保証するために、FOXシリーズだけが、それぞれの角にひとつずつ、4つの光学式エンコーダを搭載しました。サンプルを通った定常状態の伝熱から生じた熱流束(Q/A)は上下のサンプル面の広範囲を覆っている2台の独自の優れた薄膜熱流束トランスデューサにより測定されます。競合装置とは異なる優れた技術は、最も高感度で正確な熱流測定を保証します。

平均熱流束はフーリエの法則に従って、熱伝導率(λ)と、熱抵抗(R)の算出に用いられます。

$$\lambda = \frac{Q}{A} \frac{L}{\Delta T}$$

UNITS	(W/mK) (Btu in/h ft²F)
-------	---------------------------

$$R = \frac{1}{\lambda} L$$

UNITS	m²K/W (h-ft²-F/Btu)
-------	------------------------

特徴

- 精密な温度制御が可能な固体加熱/冷却
- サンプルの厚さを正確にデジタル計測する光学式エンコーダ
- 代表的なサンプルの熱流測定用の独自の薄膜熱流束トランスデューサ
- テストの機能性を向上させる高性能のWinThermソフトウェア
- ハイスループット分析用の自動サンプルフィーダー
- スタンドアロンまたはPCに基づく操作
- 標準試験法に準拠

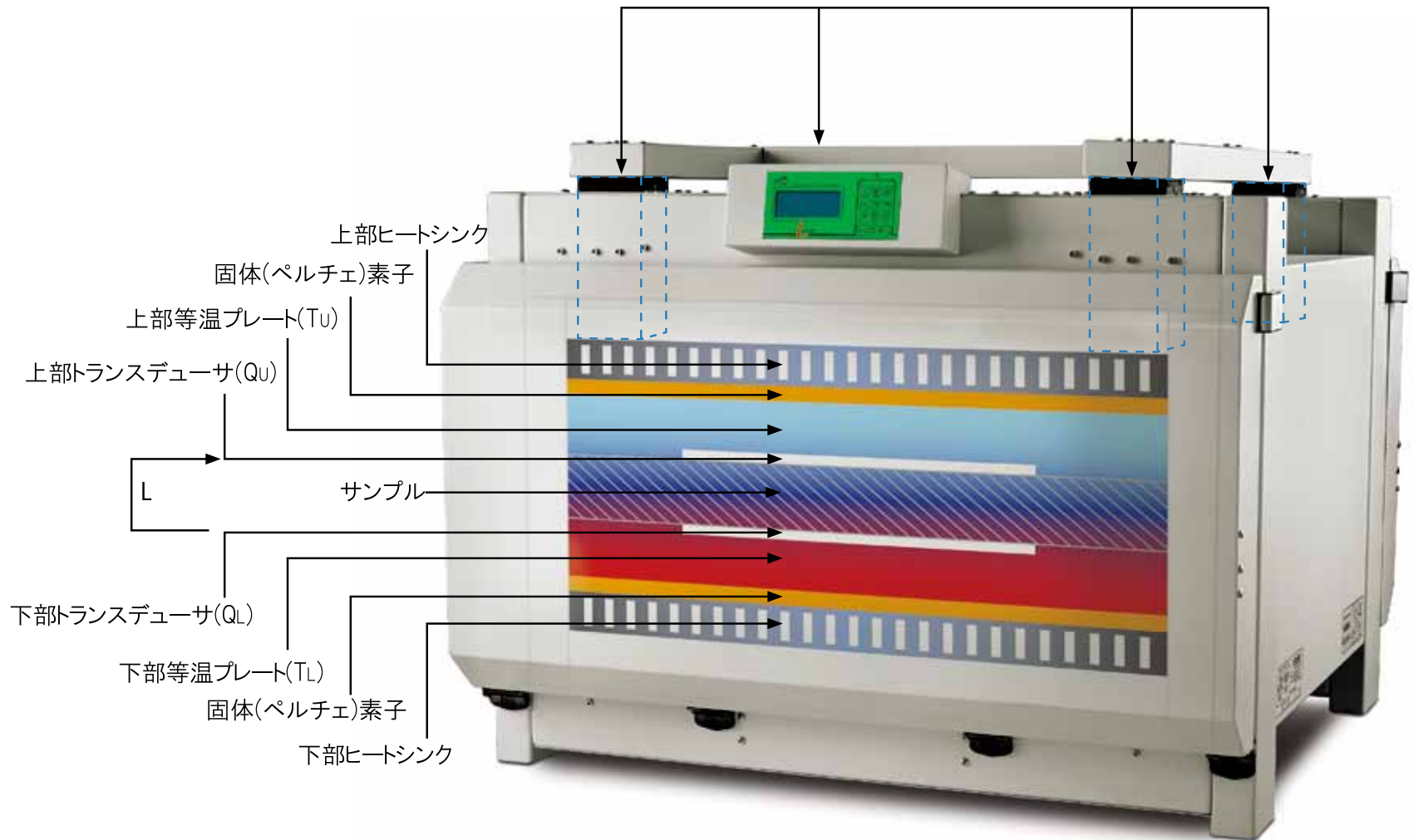
熱伝導率

ASTM C518 ISO 8301 DIN EN 12667

比熱容量

ASTM C1784

光学式エンコーダ付ステップモーター



上部ヒートシンク

固体(ペルチェ)素子

上部等温プレート(Tu)

上部トランスデューサ(Qu)

L

サンプル

下部トランスデューサ(Ql)

下部等温プレート(Tl)

固体(ペルチェ)素子

下部ヒートシンク

FOX シリーズ

熱流計

すべてのアプリケーションのための装置

もっとも重要な熱伝導率測定は、実際条件の代表となる寸法のサンプルに対して行われます。サンプルの幅に対する厚さの比率などの寸法は、国際標準によって定められる必要条件です。FOXシリーズ熱流計の4つのモデルは、最も広い範囲のサンプル寸法に適応します。それぞれの装置は、小さな寸法でサンプルをテストできる柔軟性を備えており、特大のサンプルは測定精度と正確さを保ちながらオープンドア構造でテストされます。



FOX 200

FOX 314

最大サンプル厚さ	51 mm (2 inch)	100 mm (4 inch)
角サンプル幅 ^[1]	200 mm (8 inch)	300 mm (12 inch)
温度範囲	-20 ~ 75 °C	-20 ~ 75 °C
温度分解能	±0.01 °C	±0.01 °C
正確度	±1%	±1%
再現性	±0.5%	±0.5%
熱伝導率範囲 ^[2]	0.005 ~ 0.35 W/m·K (0.035~2.4 (BTU in)/(hr ft ² ° F))	0.005 ~ 0.35 W/m·K (0.035~2.4 (BTU in)/(hr ft ² ° F))
可能な構成	自動サンプルフィーลダ 外部熱電対キット 真空	自動サンプルフィールダ 外部熱電対キット リニアグラジエントガード
独自の薄膜熱流束トランスデューサ	75 mm × 75 mm (3 in) 上下部	100 mm × 100 mm (4 in) 上下部

^[1] 公称幅以下のテストサンプルにはガード材料を使用

^[2] 外部熱電対キットは熱伝導率範囲を2.5 W/m·Kまで拡張



FOX 600

FOX 801

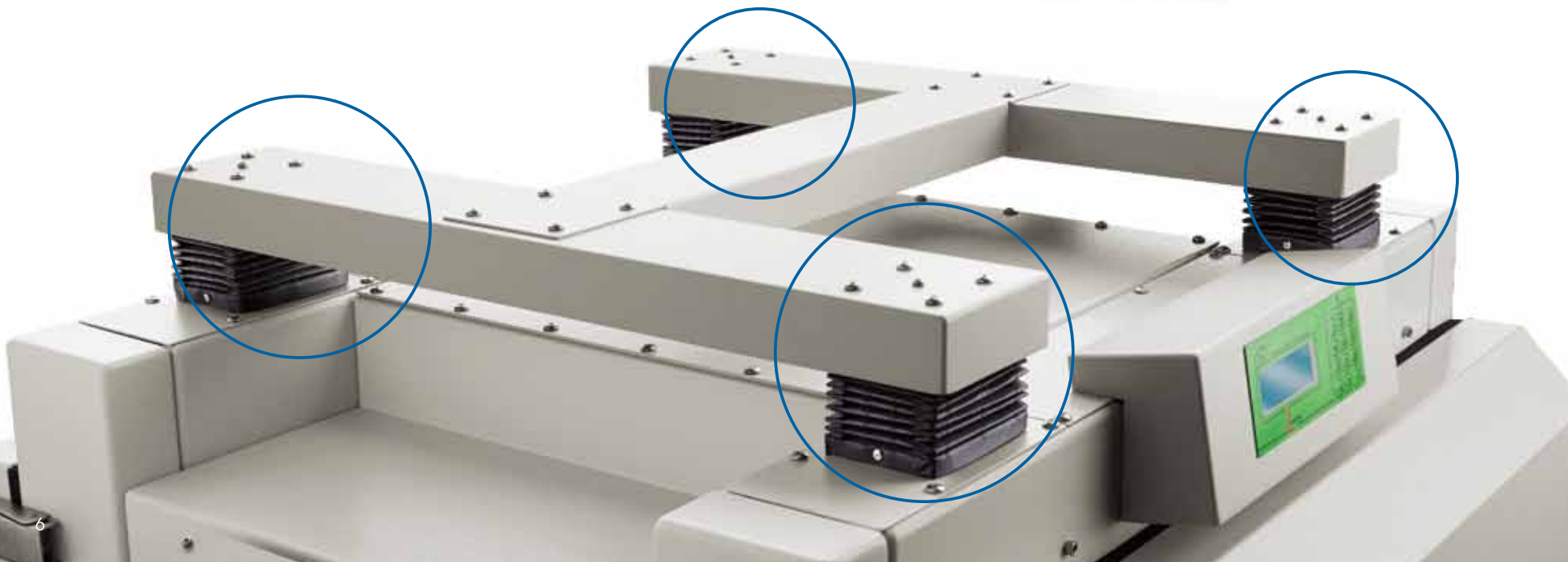
最大サンプル厚さ	200 mm (8 inch)	300 mm (12 inch)
角サンプル幅 ^[1]	610 mm (24 inch)	762 mm (30 inch)
温度範囲	-15 ~ 65 °C	-10 ~ 65 °C
温度分解能	±0.01 °C	±0.01 °C
正確度	±1%	±1%
再現性	±0.5%	±0.5%
熱伝導率範囲 ^[2]	0.001 ~ 0.35 W/m•K (0.007~2.4(BTU in)/(hr ft ² F))	0.001 ~ 0.35 W/m•K (0.007~2.4(BTU in)/(hr ft ² F))
可能な構成	自動サンプルフィーダー 外部熱電対キット 回転システム	自動サンプルフィーダー 外部熱電対キット 回転システム
独自の薄膜熱流束トランスデューサ	254 mm × 254 mm (10 in) (ASTM) 300 mm × 300 mm (12 in) (ISO) 上下部	254 mm × 254 mm (10 in) (ASTM) 300 mm × 300 mm (12 in) (ISO) 上下部

リニア光学式エンコーダは正確性を向上させます

熱伝導率測定 of 精度正確性はサンプル厚さ測定 of 精度に直接影響されます。正確性に限界のある厚さをシングルアナログ測定に頼る競合装置とは異なり、FOX熱流計は**4つのプレート角における独立した位置制御と測定**が可能な光学式エンコーダ、ステップモーターを備えています。これにより、システムは非平行な表面のサンプルに合わせるようプレートを平らにすることが可能です。熱接触を改善し、25 μ m以内でサンプルの真の代表的な厚さ測定を提供します。プレートは軟らかく圧縮しやすいサンプルの場合はユーザー定義の厚さ、あるいは硬いサンプルの場合は自動厚さ機能を用いて位置が決められ、サンプルに完全に接触するよう、自動的に動きます。



光学式エンコーダ付
ステップモーター



最先端の熱流束測定

FOXの熱流束トランスデューサは、長い寿命期間にわたる耐久性を備え、総熱流束の真のゆがみのない測定が可能です。トランスデューサの独自の薄膜デザイン(厚さ<1mm)は、センサー領域全体に均一に組み込まれた感知接点の連続面からなります。E型熱電対がサンプル表面の0.1mm以内の各々のトランスデューサの中央部に接合され、湿気の侵入を防ぎます。このデザインにより、もっとも代表的なサンプルの温度および熱流測定、シンプルで安定的なキャリブレーション、端からの熱損失または増加に対する影響の除去、不均一な材料のよりよいテストが可能です。

LaserComp 熱流束トランスデューサ

< 1 mm

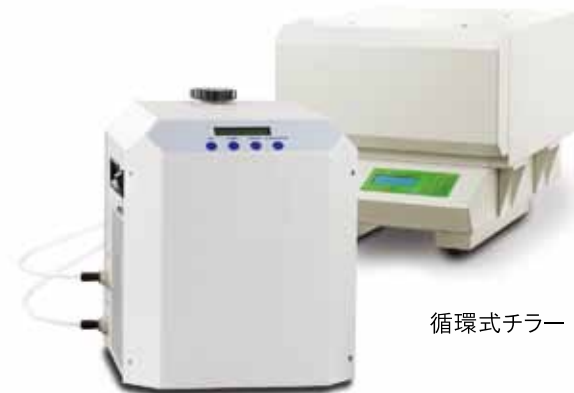


精密な温度制御

固体ペルチェ素子を2つ配列することで、それぞれのプレートを通じた速い応答で加熱、冷却が可能です。低質量、高出力ペルチェ素子により速く設定値へ到達でき、生産性が向上します。プレートの温度制御は、サンプルに密接した、高感度の熱電対により行なわれます。最先端の温度制御アルゴリズムは、プレート温度を継続的に維持し、迅速にシステムを完全な熱平衡状態にします。

FOXシステム独自の特徴は、上下のプレートを加熱または冷却が可能なことで、上下どちらの方向の熱流でもテストできます。

FOX熱流計は、熱交換器として循環式チラーシステムを使用し、必要なパワー出力でペルチェ素子を動作させます。



循環式チラー

システム構成

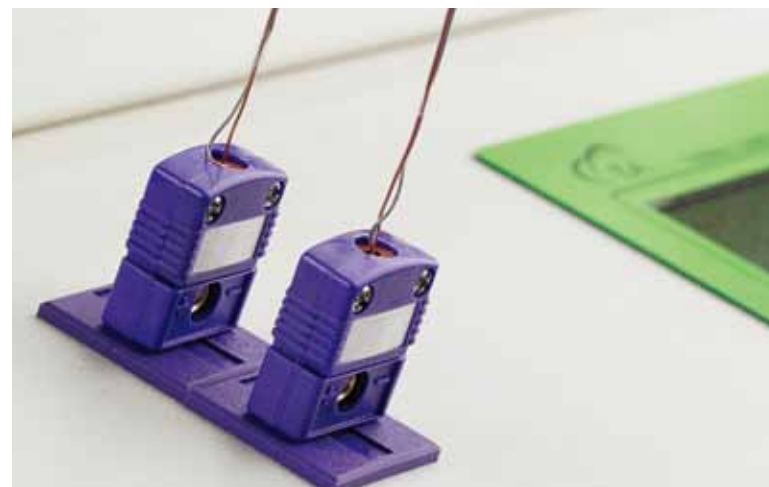
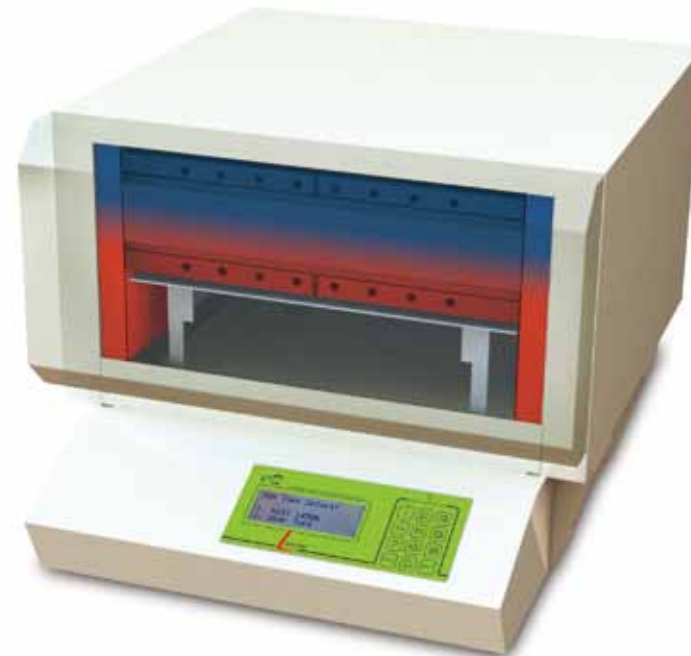
FOX 熱流計

FOX 304 リニアグラジエントガード

FOX304はFOX314の特別な構成で、リニアグラジエントガードを搭載しています。プレートの4つの側面にアクティブサーマルガードシステムを備え、厚いサンプルを測定する時、端からの熱損失または増加による歪みを排除します。これにより、キャリブレーション係数の厚さ依存を最小にして、熱平衡までの時間を減少させ、非常に厚いサンプルの測定の正確性を向上させます。

外部熱電対オプション

熱電対はサンプルの表面に直接取り付けられ、界面抵抗の影響を排除し、高い熱伝導率サンプル(2.5W/m・Kまで)の測定正確性を向上させます。外部熱電対はサンプルに接触して、あるいは堅いサンプルの場合は削られた溝に置かれます。このオプション用に構成された装置は、外部熱電対用の予備の差し込み口を備えています。



真空での測定



真空断熱パネルのデザインや発泡剤の評価のような特定のアプリケーションは、真空または制御雰囲気下での操作を必要とします。FOX200Vacuumは、真空チャンバー内における動作の密閉された電子部品、循環水ライン、モーターシャフトを備えています。テストチャンバーは、パージガスで満たすこともできます。FOX200Vacuumはプレートが開いたままの状態、テスト環境を真空にできます。その後プレートはユーザー定義のギャップまたは自動厚さプロトコルに従って閉じられます。ターボ分子ポンプと組み合わせると、 10^{-10} 気圧ほどの高い真空が可能です。

回転システムオプション



FOX600/801熱流計は革新的な回転システムと構成することができます。この独自のアクセサリにより、設置位置に合った条件下での熱伝導率測定が可能です。堅牢なシステムモーターは 0° と 90° の間の角度で回転できます。



低温測定 — FOX 200LT

FOX200LTは室温以下での測定用に液体窒素冷却を使用します。気体窒素がプレートを循環し、 $-175\sim 50^{\circ}\text{C}$ における正確な温度制御が可能です。プレート位置制御により、熱膨張または収縮による変化を考慮してサンプルとの接触を保証します。

システム構成

FOX 熱流計

自動化

自動サンプルフィーダー(ASF)による生産性の向上はすべてのモデルにおいて可能です。ASFは装置の背面に取り付けられ、WinTherm装置制御ソフトウェアにより直接制御されます。ASFは最大20の標準サイズサンプルを自動的にロード、アンロードします(堆積高さ500 mm)。テスト進行中にサンプルを加えることも可能です。

キャリブレーション材料

FOXシリーズ熱流計の検証テストおよび再キャリブレーション用の標準物質は購入可能です。LaserCompラボによりテスト、検証された発泡スチロールサンプルは日常的な検証テストに利用可能です。アメリカ国立標準技術研究所(NIST)あるいは、標準物質計測研究所(IRMM)により認定されたグラスファイバー標準物質も利用できます。

FOXシステムの長年にわたる安定性により、多くの場合キャリブレーションおよび補正が数年間不要です。





特大サンプル

FOX600、FOX800、およびFOX1000は装置の前面、背面の両方にテストチャンバードアを備えています。窓の部品や真空断熱パネルなどの長いサンプルは、製造された通りに測定できるよう、過剰な部分は装置の前後に伸ばした状態で測定できます。FOX1000は非常に大きなサンプル、特に大型の真空断熱パネルに適しています。プレートサイズは1041mm×762mm(41"×30")です。テストチャンバーは、サンプル幅1050mmまでで、長さの制限なく使用可能です。サンプルの厚さは0～100mm(厚さ0～4")です。両方の装置プレートはいずれかの方向における熱流で0°Cと45°Cの間で操作できます。



- テストゾーン
- コントロールエッジ

デュアルゾーン温度制御

大きなエッジ面エリアを持つ非常に大きなサンプルは横方向の温度勾配および熱損失に関連した誤差が生じやすくなります。FOX600、FOX801、およびFOX1000は、プレート表面の内部と周囲において別々に温度制御する革新的なデュアルゾーンプレートデザインを備えています。これは両プレート表面におけるサンプルの幅全体での温度均一性と完全に線形な熱流を確実にし、その結果、サンプルの厚さあるいは周囲温度に関係なく、最も正確な熱伝導率測定が可能になります。

FOX 50

FOX 熱流計



FOX50熱流計は、**ASTM C518** および **ISO 8301**に基づく、正確で使い易い熱伝導率測定用装置です。FOX50は**コンパクトスペースで迅速な結果**を提供します。この装置は、薄膜熱流束トランスデューサ、デジタル式の厚さ測定、応答の速い温度制御、そして接触抵抗を考慮した補正機能を備えた、より大きなFOXシステムと同一の高性能機能と特許技術で構成されます。広範囲にわたる温度をカバーして、FOX50はプラスチック、セラミックス、ガラス、複合材料、コンクリートなど中程度の熱伝導率材料の測定に最適な選択肢です。

特徴

- 熱伝導率測定のためのコンパクトサイズで費用対効果の高いシステム
- 固体加熱/冷却による精密な温度制御
- サンプルの厚さをもっとも正確にデジタル測定する光学式エンコーダ
- もっとも代表的なサンプル熱流測定用の独自の薄膜熱流束トランスデューサ
- 流体テスト用のオプション液体セル
- 熱容量を含む拡張したテスト機能用の高性能WinTherm-50ソフトウェア
- 固体および液体の比熱測定用のオプションソフトウェア
- 界面抵抗補正(2枚厚さ法)
- キャリブレーションおよび検証用のパイレックス標準リファレンス
キャリブレーション間の正確な結果は長期にわたり得られます
- ハイスループット分析用の自動サンプルフィーダー
- ASTM C518 および ISO 8301に準拠

FOX 50 仕様

最大サンプル厚さ	25 mm (1 inch)
温度範囲, 標準	-10 ~ 110 °C
温度範囲, 可変ヒートシンク(VHS) モデル	0 ~ 190 °C
温度分解能	± 0.01 °C
熱伝導率範囲	0.1 ~ 10 W/(mK) (0.7 ~ 70 (BTU in)/(hr ft ² ° F))
熱抵抗範囲	0.003 ~ 0.05 m ² K/W
精度, 標準 ^[1]	± 3%
精度, (VHS) ^[1]	± 4%
再現性	± 2%
サンプル直径	50 ~ 62 mm (25 mm オプション) ^[2]
可能な構成	オートサンプラーフィーダー 真空
独自の薄膜熱流束トランスデューサ	25 x 25 mm (直径10 mm オプション) ^[2]
装置寸法	幅 250 mm, 深さ170 mm, 高さ360 mm
装置重量	11Kg
所要出力	100V, 50/60 Hz

^[1] 2枚厚さ仕様

^[2] 小型トランスデューサが必要な場合は特注



FOX 600 GHP

保護熱板法装置(ガーデッドホットプレート)

FOXGHP600は国際標準試験法ASTM C177, ISO 8302, および DIN EN 12667 に従い、広い温度範囲にわたって断熱材料の絶対熱伝導率を測定できる保護熱板(GHP)システムです。

GHPシステムにおいて、温度差(ΔT)は既知の厚さ(L)のサンプルをはさんで全体で確立されます。熱伝導率(λ)は、これらの値と、温度差を維持するために必要な面積(A)あたりの定常状態の電力(W)から計算されます。GHPシステムではホットプレートに供給される電力の直接測定を用います。LaserCompFOXGHP600は高温での熱伝導率測定に非常に適しており、特に90~250°Cの測定においてたいへん優れた温度および寸法安定性を示します。

$$\lambda = \frac{W}{A} \frac{L}{\Delta T}$$

UNITS	(W/mK) (Btu in/h ft ² F)
-------	--

$$R = \frac{1}{\lambda} L$$

UNITS	m ² K/W (h-ft ² -F/Btu)
-------	--

特徴

- シングルサンプルデザイン
- 優れた温度安定性
- 40の熱電対により検証される優れた温度均一性
- もっとも正確なデジタル式サンプル厚さ測定用の光学式エンコーダ
- 国際標準試験法

ASTM C177 ISO 8302 DIN EN 12667

FOX 600 GHP 仕様

測定温度範囲	室温 ~ 250 °C
熱伝導率範囲	0.0015 ~ 0.35 W/m·K
コンダクタンス	最大 12 W / m ² · °C
テスト構成	シングルサンプル
厚さ分解能	0.025 mm
サンプル幅	610 mm 角
サンプル厚さ	0 ~ 75 mm
温度安定性	±0.02 °C
正確度	1% 以上
再現性	±0.5%



シングルサンプルアドバンテージ

LaserComp FOXGHP600はアドバンスシングルサンプル構成を採用しており、非常に高い正確性で使いやすく、2つの同一のテストサンプル作成が不要です。

垂直方向の熱流 ー保証付ー

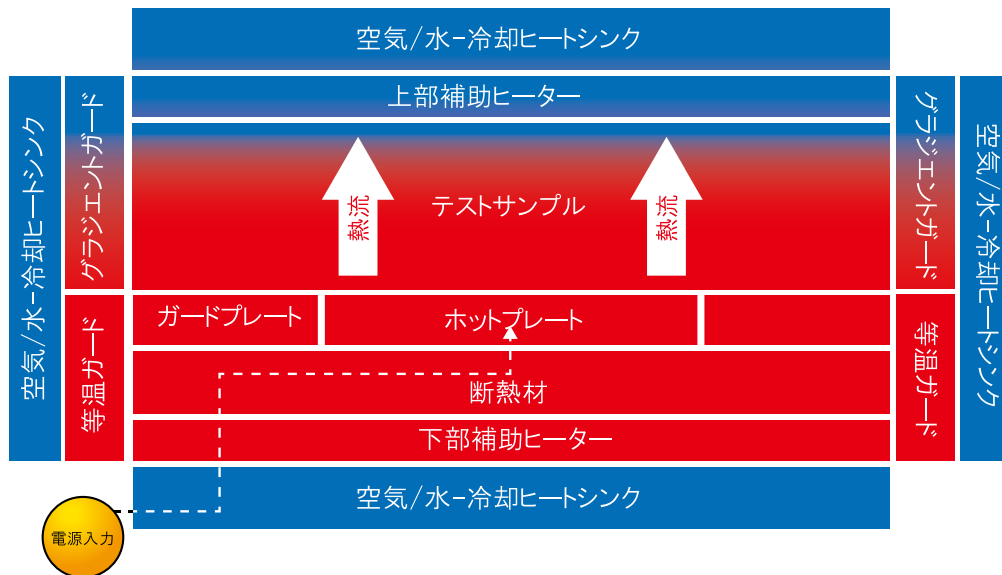
弊社独自のシングルサンプルデザインは、均一で一方方向の熱流を保証します。下部に温度制御されたヒーターを備えた断熱ブロックがホットプレートの下に置かれます。補助ヒーターは、下部プレート温度をホットプレート温度に正確に合わせるための高出力のサーモパイルを備え、下方方向の熱流をなくすよう温度差をゼロにします。ホットプレートからのすべての熱は、サンプルを通して上方へ向かいます。

優れた温度安定性および横方向の熱流の排除

横方向の熱流は、完全な熱均一性と真に一次元の熱流を生成させるために、テストサンプルと3つのプレートから排除されます。ホットプレートは革新的な低熱伝導性固定システムにより周囲環境から分離されます。アクティブに加熱されるガードプレート、グラジエントガードおよびアクティブに冷却されるヒートシンクによりラボの条件の変化にかかわらず、広い温度範囲にわたり横方向の温度均一性と内部の温度安定性を提供します。

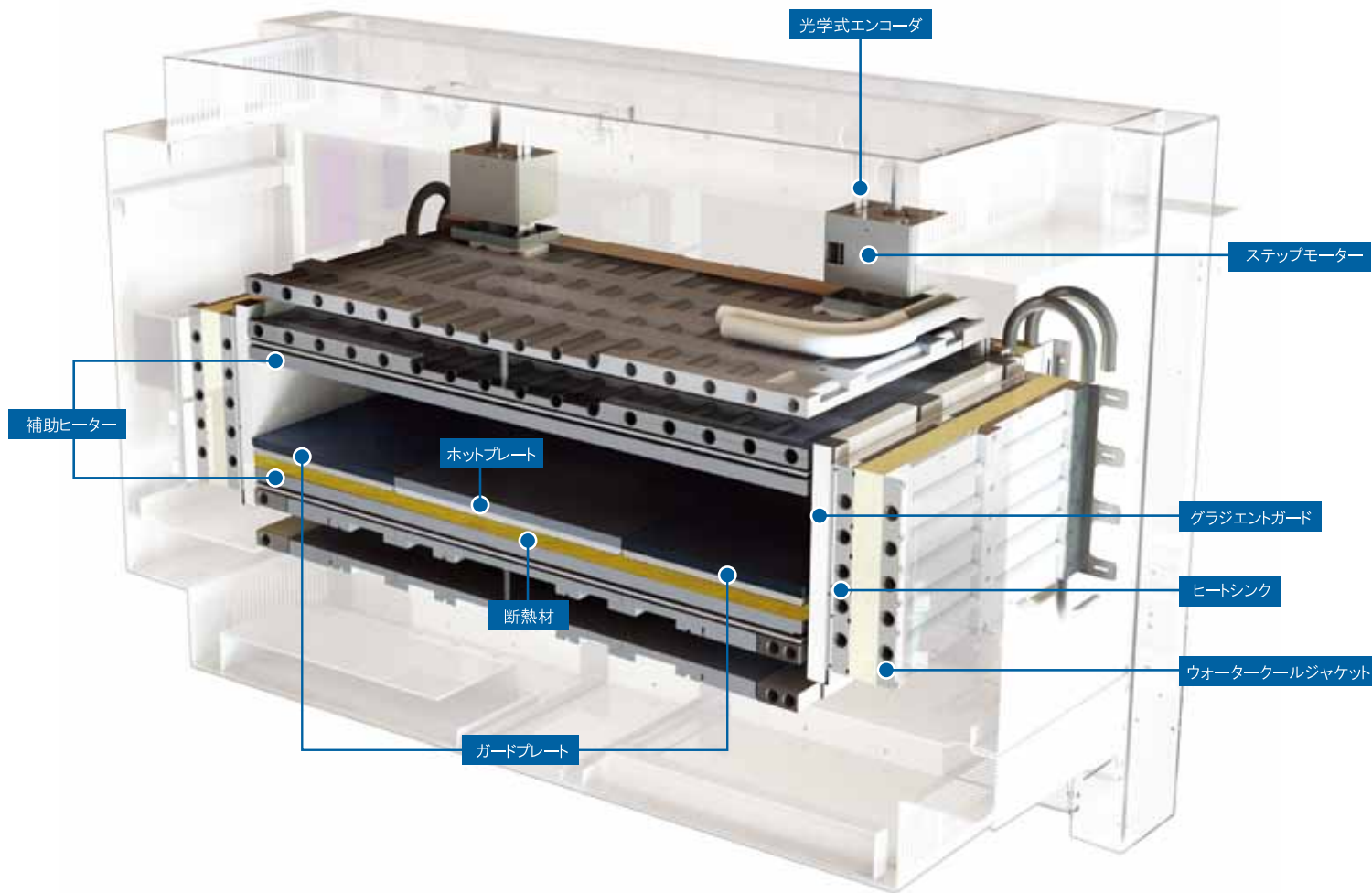
サンプル両表面における均一な温度

GHP600は19の独立した制御ヒーターおよび42の熱電対を使用することにより±0.02℃以内での安定した、均一の温度制御を可能にします。システムを選択された平衡テスト条件に迅速に到達させるために、シグナルは1秒毎に評価されます。



光学式エンコーダはもっとも正確なサンプルの厚さ測定が可能

FOX熱流計と同様に、GHPは**4つのプレート角における独立した位置制御と測定**が可能な光学式エンコーダ、ステップモーターを備えています。これにより、システムは、非平行な表面のサンプルに合わせてプレートを一平らにし熱接触を改善して、25 μm以内でサンプルの真の代表的な厚さ測定を可能にします。



ソフトウェア制御および 拡張機能

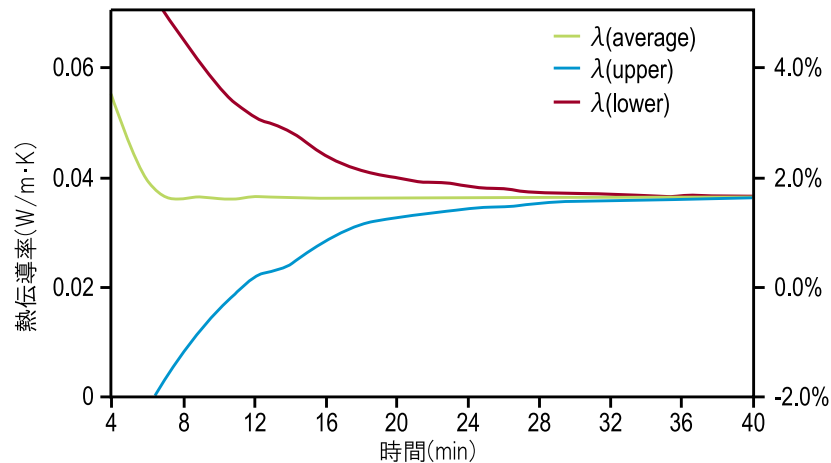
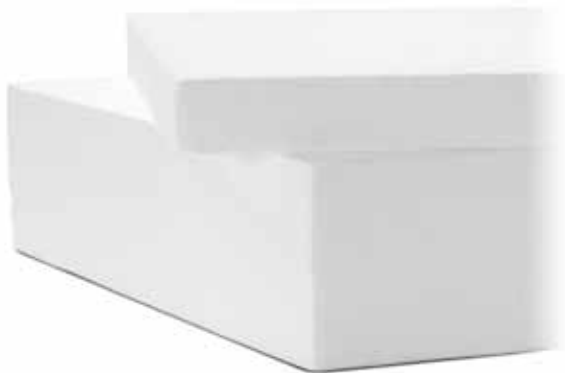
FOX200, FOX314, FOX600, FOX801はスタンドアロンモードあるいはPCに接続して操作可能です。

優れたソフトウェアはユーザーに最高の柔軟性を提供します。

- 自動的にシステムパフォーマンスを検証し、必要に応じて再キャリブレーション
- サンプルの厚さとプレートの温度を調整
- リアルタイムのデータを表示
- データの収集、保存および解析



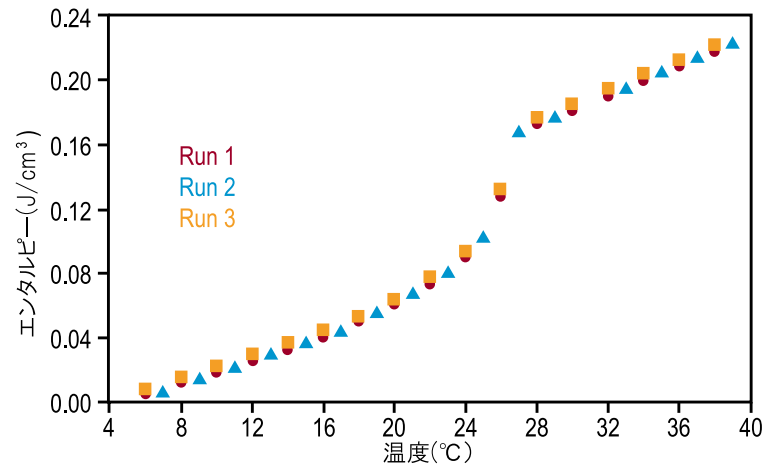
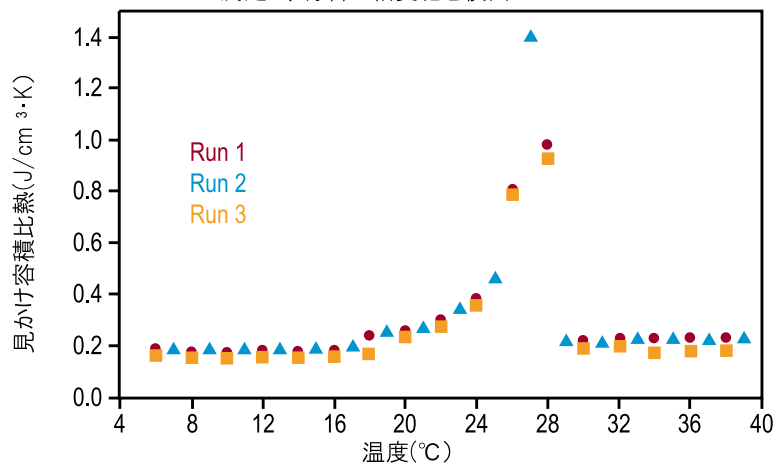
加速テスト - 上部と下部の熱流束センサーの平均熱流が計算され個々のシグナルよりはるかに速く安定します。半分以下の時間で、正確な測定値 (+/-0.4%以内) が得られ、ラボのスループットが向上します。



横方向の熱損失と界面抵抗のキャリブレーション

ユーザーは、厚いサンプルおよび高い熱伝導率の材料を測定できます。

熱容量—ASTM C1784に基づき容積比熱およびエンタルピーを測定し、材料の相変化を検出



アプリケーション

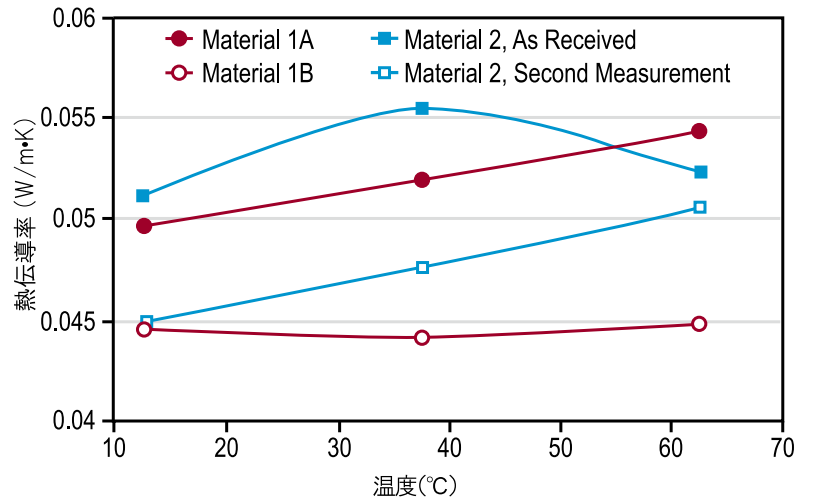
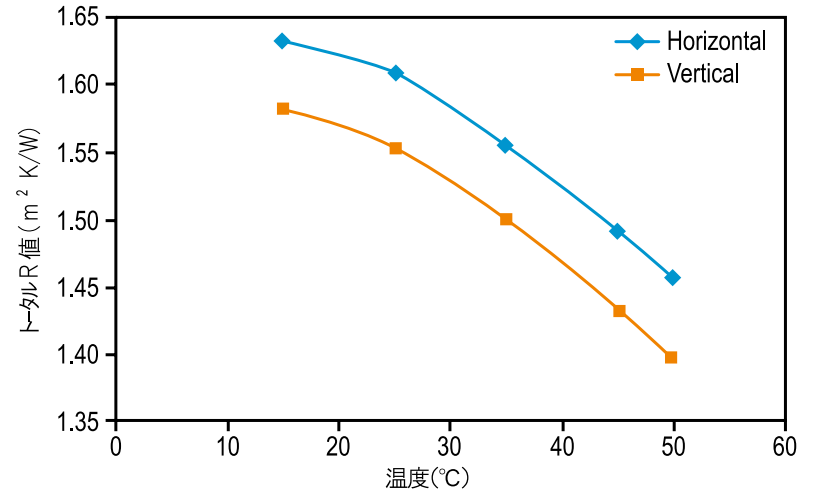
熱流計

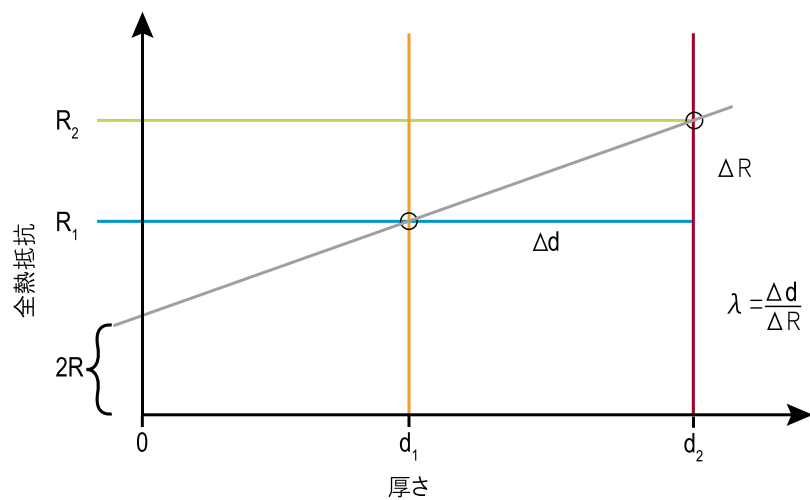
回転テスト

空間のある形状をした部材の総実効熱抵抗には、熱伝導および自然対流からの寄与が含まれます。対流は設置方向に依存します。2つの空気腔と反射ホイルにより分離された二層の配向性ストランドボードから成るサンプルを水平(0°)、垂直(90°)方向でテストしました。双方同様な温度依存を示し、温度上昇に伴い熱抵抗が減少します。水平方向は垂直方向よりも3-5%大きな熱抵抗が生じます。

バラ詰め断熱材

熱伝導率は材料の組成および特に材料の加工や前処理に依存します。この例では、2つの異なる組成の微粉末の熱伝導率をFOX200熱流計を用いて測定しました。材料1は同じ組成ですが、熱伝導率において2つの異なる方法で製造され、結果的に20%の差が生じています。材料2は、2回テストされました。2回目の実験は、最初より著しく低い熱伝導率を示し、最初にテストされた時に粉末が水を含んでいたことがわかります。材料は初めの加熱サイクル間に乾燥し、その結果後の測定において低い熱伝導率を示しました。



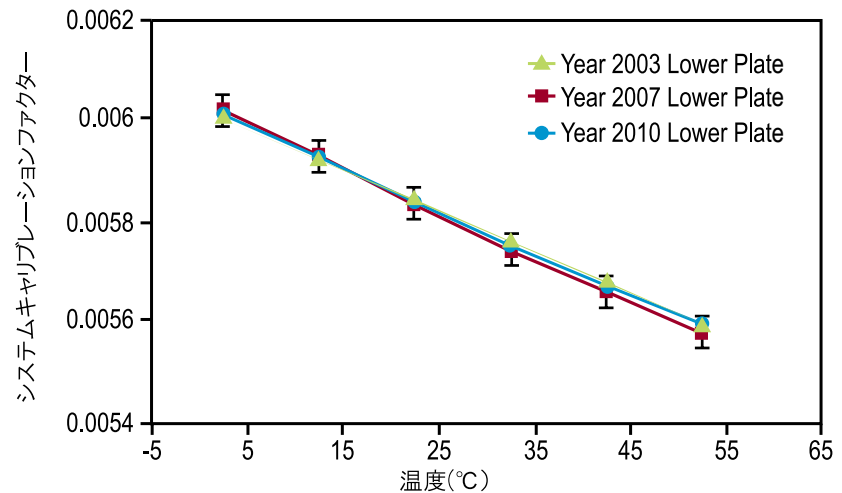


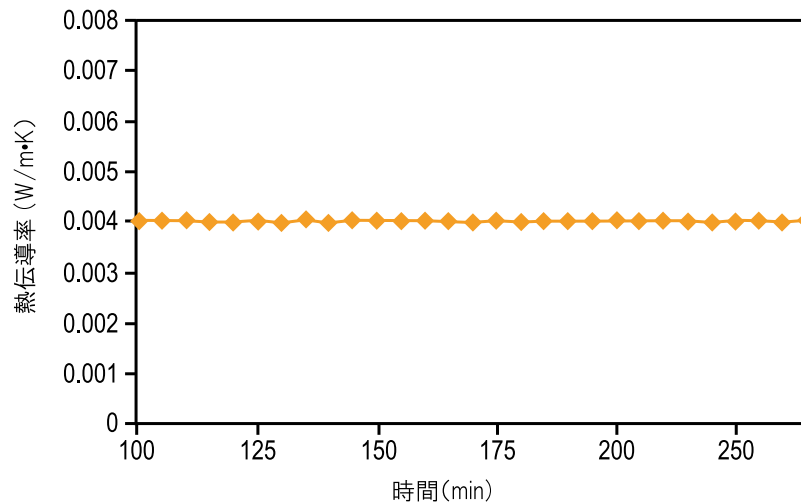
2枚厚さ法

熱伝導率測定のための2枚厚さ法は、硬く高い熱伝導率の値を持つ材料に対して有用な技術です。同じ材料でありながら異なる厚さの2つのサンプルを測定することにより、2つのプレート/サンプル界面で生じる熱抵抗 $2R$ が計算され、除外されます。

長期にわたるシステムの安定性

素晴らしい測定正確性、感度に加えて、LaserComp熱流束トランスデューサデザインは、非常に優れたシステム安定性を提供します。この例では、FOX600のキャリブレーション係数が7年以上にわたって示されています。エラー・バーは、±0.5%で表されています。キャリブレーション係数とその結果の測定値は、非常に長い期間を通し、全温度範囲にわたって生じるずれが0.5%未満です。この安定性は、競合装置と比較して、より優れたデータの信頼性とキャリブレーションに費やす時間の節約につながります。





測定安定性

FOXシリーズ熱流計は小さな熱流に対する優れた感度および測定中の確実な安定性を示し、ノイズや外部環境による乱れがありません。この例のデータは、15℃の平均温度において超低伝導率の真空断熱パネルをテストしたものです。測定値の安定性を実証するために、この測定は2時間以上続けられました。このような非常に低い伝導率材料でさえも、測定中のシグナルのずれは0.2%未満です。



tainstruments.co.jp

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.co.jp

*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。

