

NETZSCH

Proven Excellence.



ライトフラッシュアナライザー

LFA 467 HyperFlash[®] シリーズ

Method, Technique, Applications of Thermal Diffusivity and Thermal Conductivity

Analyzing & Testing

THE FLASH METHOD



熱伝導率/熱拡散率

熱容量と伝熱速度を知るには

研究や開発の現場では、高熱伝導率材料の低温域/中温域における熱特性や、セラミックスや耐火材料などの高温域における熱特性を知る最適な方法が常に求められています。さまざまな課題を克服するためには熱拡散率と熱伝導率という、ふたつの基本的な熱特性を正確に把握する必要があります。精度と信頼性にすぐれた高度なソリューションのひとつがフラッシュ法を応用した測定技術であり、伝熱プロセスで発生する特徴的な挙動について、次例のような詳しい調査を実施することができます。

- アルミニウムインゴットの凝固速度の決定
- 触媒コンバーター セラミック部品の加熱速度の評価
- セラミックブレーキの使用時における温度勾配の把握
- プロセッサの熱制御を目的とした熱交換材料の選択

NETZSCH はこれまで 20 年以上にわたってフラッシュ法の技術を先導し、-125°C ~ 2800°C まで温度範囲の対応を拡大してきました。これからもイノベーションを生み出し、お客様のニーズにお応えし続けます。伝統を受け継いだ LFA 467 *HyperFlash*® と LFA 467 *HT HyperFlash*® が業界の新たな基準を打ち立てます。



レーザー/ライトフラッシュ法

きわめて効率のよい熱物性測定手法

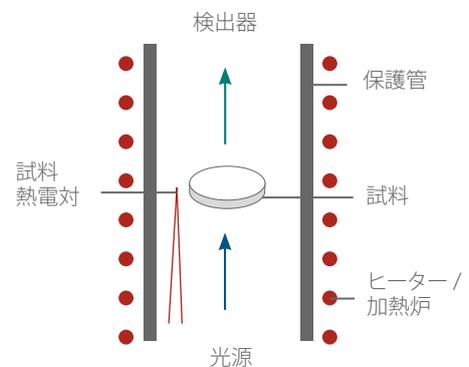
平行平滑な平板状試料の表面(下側)に、高エネルギーの短パルス光を照射して加熱します。赤外線(IR)検出器で測定した裏面(上側)の温度変化から熱拡散率を求めます。基準物質による参照測定をおこなった場合は比熱も求められます。これらの熱的特性値と密度から次のように熱伝導率が求められます。:

$$\lambda(T) = a(T) \cdot c_p(T) \cdot \rho(T)$$

λ = 熱伝導率 [W/(m·K)]
 a = 熱拡散率 [mm²/s]
 c_p = 比熱 [J/(g·K)]
 ρ = バルク密度 [g/cm³].

レーザー/ライトフラッシュ(LFA)法は比熱を含む熱物性を、非破壊/非接触で高速に測定できる信頼性の高い絶対測定技法です。データは次のような目的に利用できます。

- 熱拡散率(a)、比熱(C_p)、熱伝導率(λ)などの熱特性データを入力用のデータセットとする数値シミュレーション
- 目標とする熱性能に応じた材料最適化の検討



フラッシュ法の原理

LFA 467 HyperFlash®

雰囲気ガス制御

本装置にはプロテクティブガス1種とパージガス2種を接続することができ、それぞれのフリットかオプションのマスフローコントローラーを介して測定雰囲気を制御することができます。どちらも酸化性雰囲気、不活性ガス雰囲気に対応しています。また、ポンプを接続して減圧下で測定することも可能です。



装置と光源 の設定を スマートに実行

LFA 467 HyperFlash® は、下部にフラッシュ光源、中央に試料位置、上部に検出器を配置し、光源には垂直型のランプを使用しています。光源には垂直型のランプを使用しています。パルスのエネルギー設定はソフトウェアで変更することができ、オプションのフラッシュ光フィルターを使用すればさらに細かい調整も可能です。パルス幅も10 μ s~1500 μ sで指定できます。

高速試料処理 – 16 試料

LFA 467 HyperFlash® には最大で 16 試料を処理できるオートサンプルチェンジャー (ASC) が内蔵されています。トレイには試料ホルダーが 4 か所配置されており、それぞれのホルダーに丸形または角形の試料を 4 つまでセットできます。また、大容量の液体窒素デュワーを接続できるので、オペレーターによる人力の作業を大幅に削減することができます。

加熱炉 1 台で広範な 温度範囲に対応

本装置は -100°C (ゴム材料のガラス転移温度以下) から 500°C までの測定に標準仕様で対応しています。この温度範囲内であれば加熱炉や検出器を交換する必要がな

く、さまざまな冷却装置とカップリングできるため、測定時間の大幅な短縮を実現し、最大 50 K/min の高速昇温でもすぐれた熱安定性を維持します。

自由度の高い冷 却装置構成

液体窒素を使用するタイプの冷却装置を用いると -100°C までの低温環境を実現できます (パージするガスの種類や試料

物質によります。真空ポンプを組み合わせると大気圧より下げた状態で稼働させ、熱損失をより小さくすることもできます。また、0°C ~ 500°C の測定では圧縮空気冷却装置を使用できます。またどの冷却装置も、パージガスを使いながら定義雰囲気下で測定を実行している最中に作動させることができます。酸素に敏感な試料を試験する場合に役立つ機能です。

Unique Concept

革新的な機能特長

LFA 467 HT HyperFlash®



キセノンライト 高温 LFA

LFA 467 HT HyperFlash® はすでに市場での評価が確立されている LFA 467 HyperFlash® のすぐれた技術をベースにした装置です。光源にキセノンライトを取り入れることによって、レーザーの安全性クラスを考慮する必要をなくしました。キセノンランプは 1250°C の測定に対応でき、製品寿命も長いいため、消耗品のコストを抑えます。

設置面積を小さく 温度範囲を広く

LFA 467 HT HyperFlash®はキセノンランプを搭載したLFAシステムとしてはじめて最高温度1250°Cを達成した装置です。オートサン

プルチェンジャーが標準装備されており、単一の加熱炉で全温度範囲をカバーします。コンパクトな設計はLFA467 HyperFlash®シリーズの特長でもあります。高温測定時でも内蔵水冷回路システムにより周囲部品温度が効率よく安全範囲内に保たれるので、IR検出器の冷却に多量の液体窒素を消費する必要がありません。

UP TO 1250°C

真空密閉加熱炉 – 雰囲気制御で酸化を防止

測定開始前に内蔵ポンプによる自動予備排気を実施して測定雰囲気を調整できます。外付けポンプを追加で接続することも可能です。真空密閉構造の白金炉が最大 50 K/min の高速昇温を実現します。

小型管状炉 – 測定試験時間の 大幅な短縮化

高速炉が全温度範囲で試料を効率的に処理します。4つの試料位置には

それぞれ熱電対が配置され、安定化待機時間を短縮しています。約1時間で最高1250°Cに到達し、測定温度ステップは10段階に設定できます。ASCは試料寸法12.7mm(丸形)および10mm(丸形/角形)に対応しています。

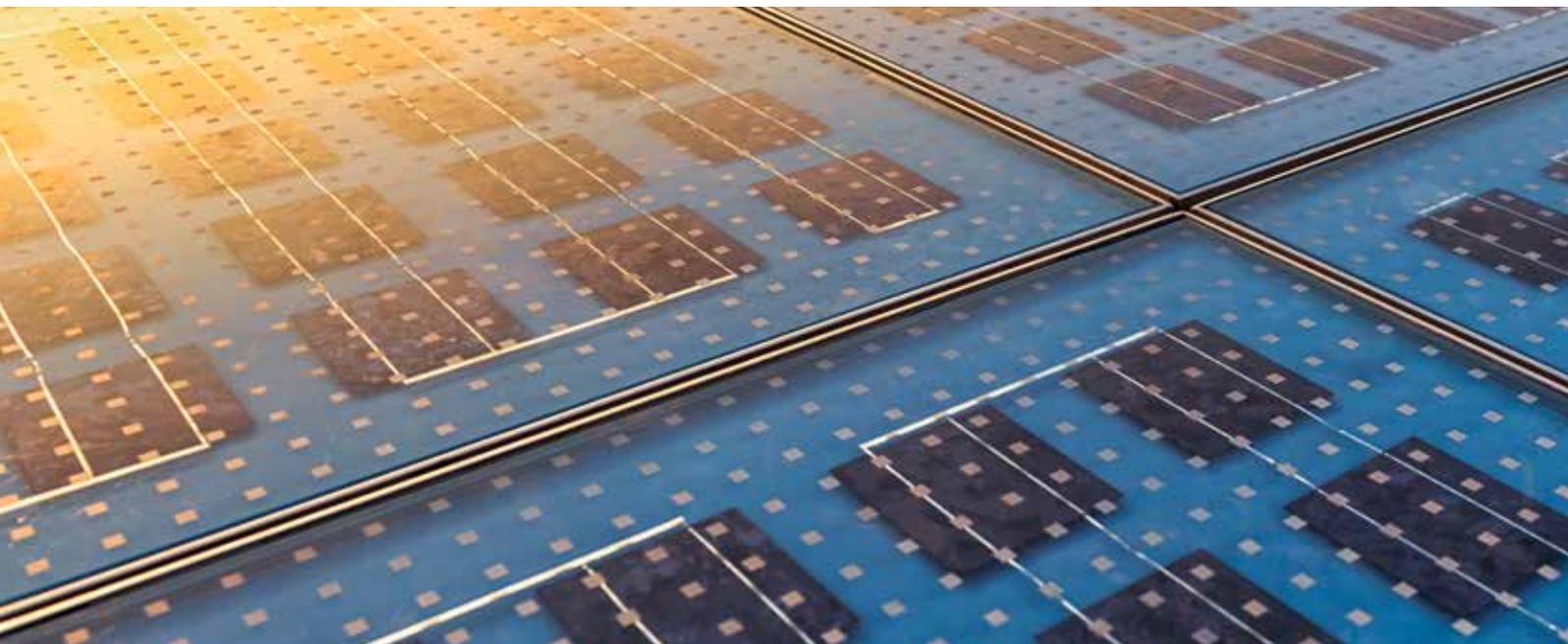
薄膜、高熱伝導試料測定
-超高速サンプリングレート

LFA 467 *HyperFlash*®シリーズではデータ取得レートを 2 MHz に向上させました。赤外線検出器とパルスマッピングチャンネルの両方に適用しており、試験時間を非常に短くする必要のある高熱伝導性の試料や薄膜の試料を確実に処理することができます。

金属箔 (0.3mm) やポリマー箔(30 μm) を測定する場合は最適なサンプリングレートとパルス幅を選択できます。有限パルス幅の影響と熱損失を考慮したパルスマッピングシステムを搭載しています。(特許取得済:US7038209 B2; US20040079886; DE10242741)

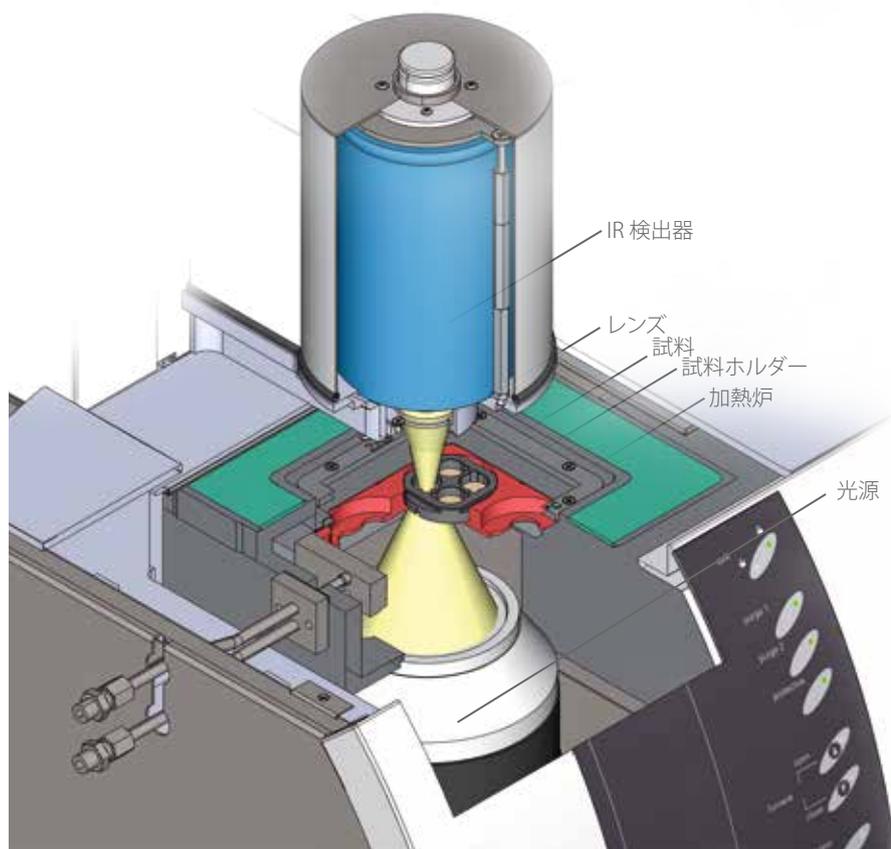
LFA 467 *HyperFlash*® Series

さらに上の限界へ



ZoomOptics

正確な測定結果



視野の最適化

検出器と試料の間にはステッピングモーター駆動のレンズが配置されており、ソフトウェアからの操作で視野を最適化することができます。この機能によって IR 信号の遅延として検出されるようなオリフィスによる影響を低減します。こうしてマスクキャップやオリフィスといった、試料近接部からの赤外線に起因する曲線のゆがみを防止することで試験結果の精度が大幅に向上します。

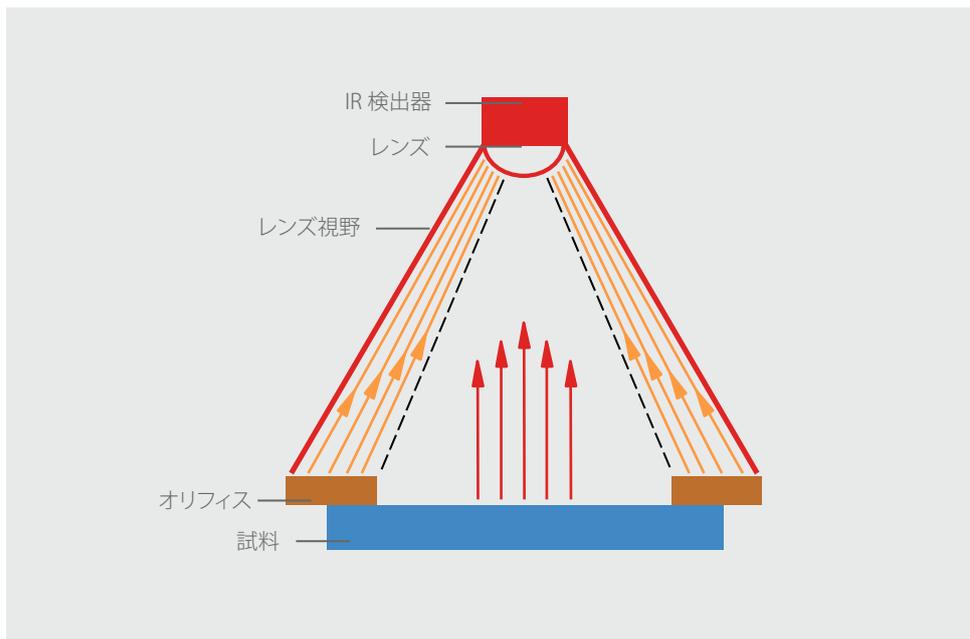
これは特に径の小さい試料の場合に高い効果を発揮します。また、検出器の出力は常に線形応答範囲内に保たれます。

視野の最適化を実現

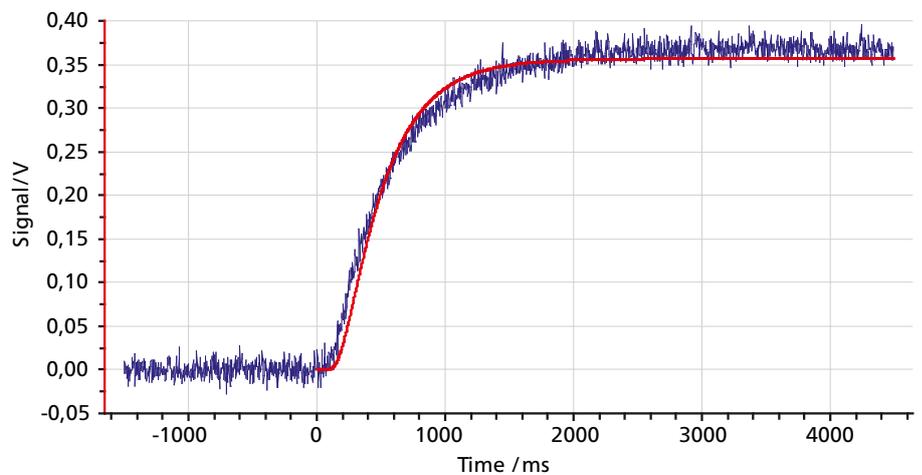
ZoomOptics なし

- オリフィスの影響による 曲線のゆがみが出現

従来の LFA システムは大径試料でも十分に対応できるようにレンズ視野が広角に固定されています。一方で小さい試料を測定する場合は周囲環境からの影響を最小限に抑えるために一般的にはオリフィスを使用しますが、検出器は試料の温度変化だけでなくオリフィスの温度変化も感知してしまうため、その分、温度上昇曲線を大きくゆがませてしまうという事象が頻繁に起こります。この影響で曲線の後半が継続的な上昇傾向を示したり、右のグラフのような横ばい傾向を示したりします。

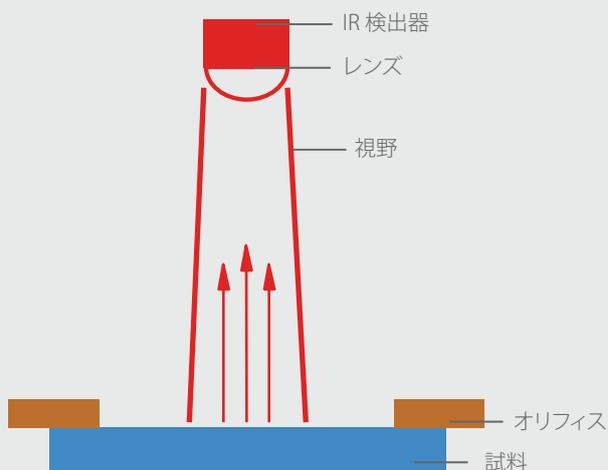


標準的な LFA システムにおけるレンズ視野の例

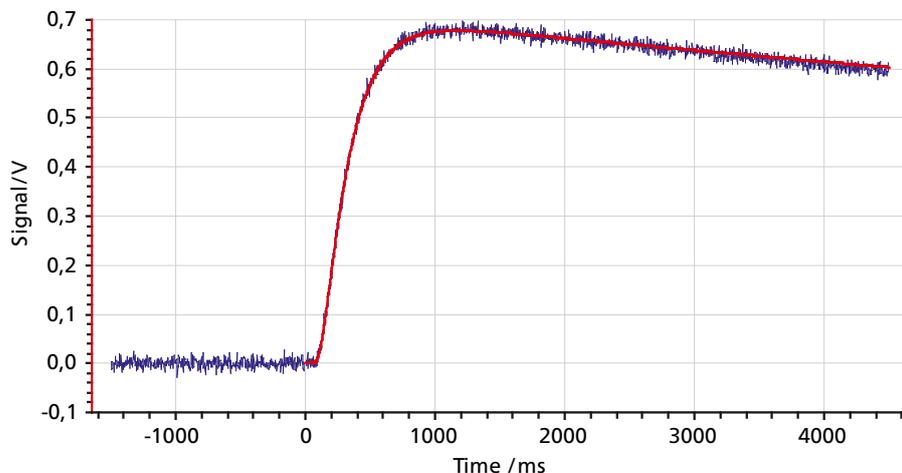


ZoomOptics が搭載されていない標準的な LFA による測定結果の例。オリフィスの影響を受け曲線にゆがみが生じる

ZoomOptics



ZoomOptics によるレンズ視野調整の例。オリフィスの影響を受けない



ZoomOptics を搭載した LFA による測定結果の例。オリフィスの影響を受けないため曲線にゆがみが生じない

ZoomOptics あり

- オリフィスの影響による 曲線のゆがみを防止

新機能の ZoomOptics が搭載された LFA 467 HyperFlash[®]では、周囲環境からの放射を含めずに試料から放射された赤外線だけをシグナルとして出力することができます。ZoomOptics は試料の大小にかかわらず試験実施時の赤外線検出領域を最適化します。

既存のシステムとは異なり、視野を適切に調整することができ、これによってオリフィスの影響をなくしています。

左のグラフでは試料の熱拡散率の値が正しく算出され、文献値によく合致した曲線が得られています。S/N比が改善されていることもわかります。

サンプルホルダー

測定効率を上げる、 16試料を一度にセットできる オートサンプルチェンジャー

本装置は、内蔵オートサンプルチェンジャーにより、最大16試料まで一度にセットすることができます。オートサンプルチェンジャーは、4個のトレイから構成され、各トレイには4つ割の試料ホルダー（角型や丸型など）をのせることができます。

特殊なアプリケーション用の 特殊試料ホルダー

ルダーに加えて、NETZSCH社は特殊なアプリケーション用の特殊試料ホルダーをご提供いたします。特殊試料ホルダーには次のようなものがあります。

- 溶融ポリマーおよび低粘度液体用
- 熱硬化性樹脂の硬化過程評価用
- ペーストおよび粉体試料用
- ファイバー用
- ラメラ用

円形または角形の固体試料用の標準試料ホ





限界のさらなる高みへ

2種類の検出器

– 常時リモートセンシング

IR検出器は2種類あり、ユーザー側で交換できます。標準のInSb(アンチモン化インジウム)検出器はLFA 467 HyperFlash®では室温~500°C、LFA 467 HT Hype Flash®では室温~1250°にそれぞれ対応しています。オプション品のMCT(テルル化カドミウム水銀)検出器は-100°C~500°Cに対応します。どちらの検出器にも液体窒素の自動補充システムを装備して手作業を削減することができます。複数の温度ステップを適用させながら複数の試料を効率的に処理し、極低温下であっても常に試料表面からの赤外線放射に基づいて測定をおこなう設計になっています。

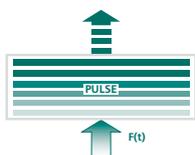
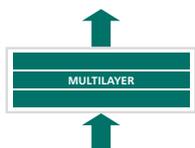
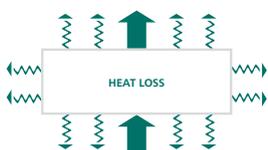
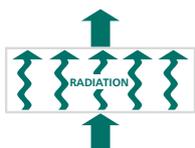
試料寸法

LFA 467 HyperFlash®のベースプレートは4箇所の試料ホルダーポジションに分かれています。それぞれのポジションには丸形または角形の試料ホルダー(最大12.7 mm 径)を4つまでセットできますが、これより大きい寸法の試料を測定する場合は最大25.4 mm 径に対応するインサートを装着できます。厚みは試料の特性に応じて0.01 mm~6 mmの範囲になります。

LFA 467 HT HyperFlash®に対応する試料寸法は最大12.7 mm(丸形)、10 mm(丸形/角形)です。

Proteus[®]ソフトウェア

クリックするだけのインテリジェント操作



Proteus[®] は自動化ルーチンにユーザーフレンドリーな操作メニューを組み合わせたソフトウェアです。簡単な操作でハイレベルな分析をおこなうことができます。

ライセンスは装置に付属していますが、別の PC にインストールすることも可能です。

主な機能

データやグラフをマルチ画面でクリアに表示

ドラッグ・アンド・ドロップに対応

照射データを保存して最大 32 件の連続照射を比較・分析

連続照射データの読み込み (パラメーターと温度プログラムの設定をプレビュー表示)

最適な評価モデルを自動的に選択するモデルウィザード機能

任意数の温度セットポイントを設定し、セットポイントごとに照射数を指定可能

比較法による比熱容量測定

データベース機能

多層試料測定における接触熱抵抗の評価

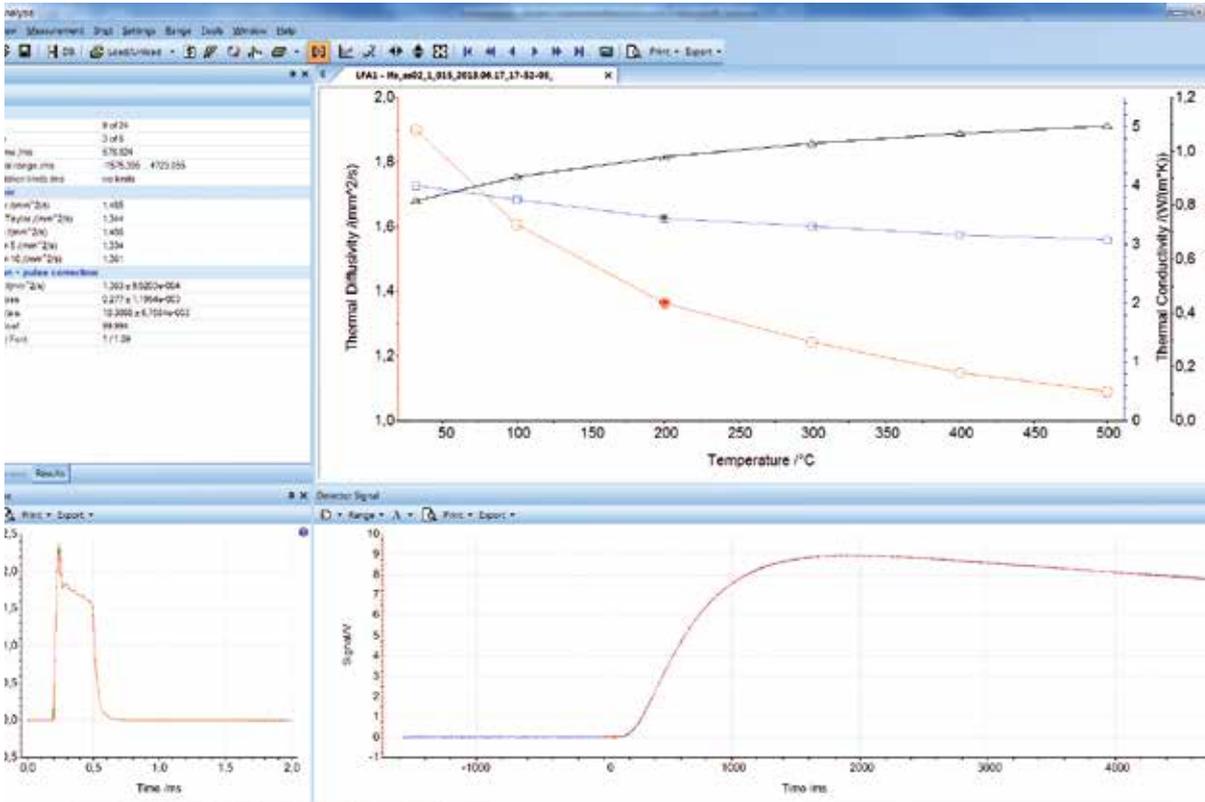
測定曲線のグラフ表示 (個別に設定可能な Y 軸 3 種類)

X 軸 / Y 軸 セグメントの高速ズーム表示

曲線のポイント上にカーソルを合わせ測定値をツールチップで表示

温度または時間の関数としての熱拡散率をグラフ化

温度上昇曲線の生データと理論曲線のデータの複合表示



各種機能

標準モデル

- 改良型Cape-Lehman (3次元熱損失および非線形回帰を考慮)
- 輻射補正 (透明 / 半透明試料)
- いずれの標準モデルも熱損失、パルス補正、各種ベースラインを組み合わせてすべての要素を自由に選択することができます。またR²適合度と残差からフィッティングの良さを検証します。

Adiabatic (断熱) モデル

Cowan モデル

2層 / 3層モデル: 非線形回帰モデル、熱損失を考慮

有限パルス幅補正: パルスマッピング (特許番号: US7038209B2; US20040079886; DE10242741)

熱損失補正

ベースライン補正

面内方向測定 (In-plane)

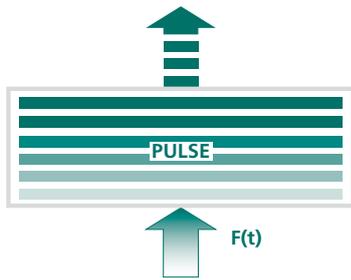
マルチショット平均化

各種関数 (多項式、スプラインなど) による照射近似

基本計算モデル: Parker、Cowan 5、Cowan 10、Azumi、Clark-Taylor

理論モデル 補正 数学的計算

高熱伝導性薄板材料に対する 画期的パルス幅補正

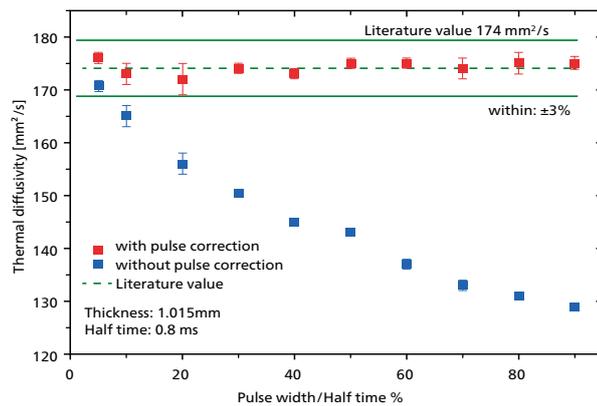


右の図は、1.015 mm 厚の銀板を 25°C で測定してパルス幅補正の効果を検証した結果のグラフです。この例が示すように、パルスマッピング機能による高度な補正をおこなうことで文献値の ±3% 以内に収まる正確な値が求められることがわかります。

有限パルス幅補正

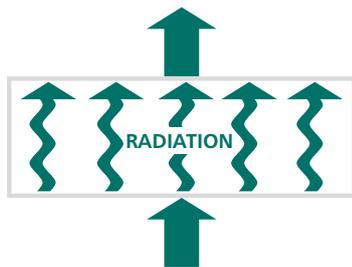
当社独自のパルスマッピング機能(特許番号:US7038209、US20040079886、DE10242741)が有限パルス幅補正を実現し、より正確な熱拡散率と比熱を求めます。この機能はLFA HyperFlash® シリーズの標準ソフトウェアに実装されています。

特に高熱伝導性薄膜試料の測定で多大な効力を発揮します。



LFA 467 HyperFlash®:銀板の熱拡散率測定結果に対するパルス幅補正の影響を比較

透光性材料を完璧に処理

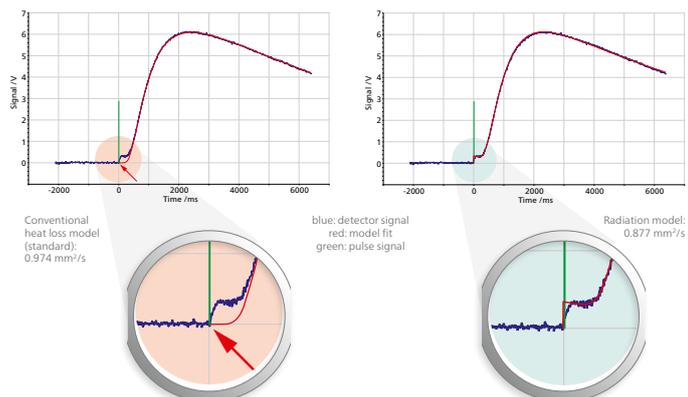


右の図はガラスセラミックを用いてモデルの有効性を検証した測定試験のグラフです。熱輻射による熱伝達の影響を考慮したこのモデルを適用したことで、測定データ(青)と理論曲線(赤)がおおむね一致しています。従来の理論モデルを用いた場合と比較して、フィッティングが改善されたグラフでは熱拡散率がより低くなっていることがわかります(0.974 mm²/s → 0.877 mm²/s)。

Transparent(Radiation)モデル

Transparentモデル(特許番号DE102015118856、JP6382912、ZL2016109515017、US10180358)は、非導電性熱伝達を考慮した高度な数学理論をベースとするモデルです。

透明性のある試料に光パルスを照射すると試料裏面の温度が直ちに上昇します。従来の理論モデルでは温度上昇の立ち上がりを正しく表現できませんでした。

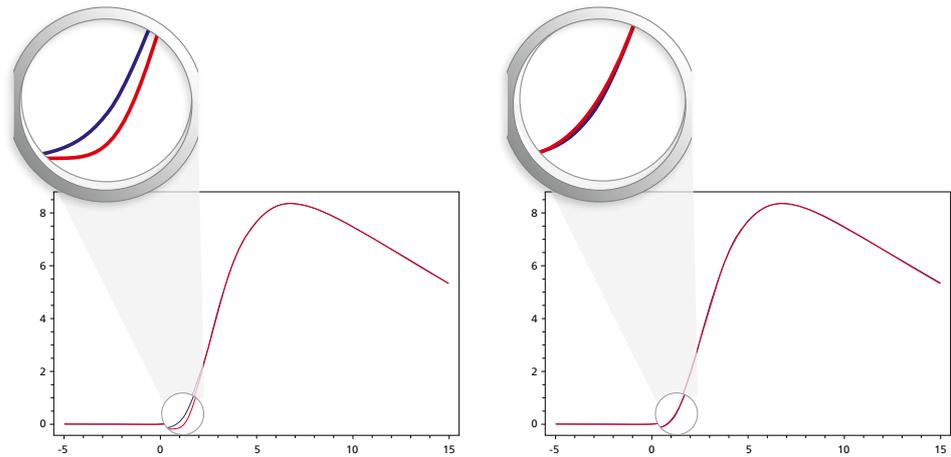


多孔試料に特化した新モデル

Penetrationモデル



Parkerらによる標準的なフラッシュ法では、パルスエネルギーが試料の表面で完全に吸収されたあと、試料の厚みを通して熱として移動し、最終的に裏面に到達すると仮定しています。しかし、わずかでも孔がある材料や表面が粗い材料の場合、パルスエネルギーは表面だけで吸収されず、試料の薄層内に伝播します。パルスの吸収は試料層内における光子の平均自由行程と考えることができ、温度上昇の初期部分で試料内部に指数関数的に減衰する温度分布が生じるため、Penetrationモデルではこの影響を考慮しています。



Penetration モデル適用なし: 0.753 mm²/s

Penetration モデル適用あり: 0.626 mm²/s

モデルウィザードーフィッティングをサポート

最良の結果を最適なモデルで



測定・解析用のソフトウェア *Proteus*® には各種の補正モデルや計算モデルが実装されています。これらのモデルは高機能のモデルウィザードを使って簡単に適用することができます。ウィザードでは最適なモデルが自動的に検出されます。選択したモデルによるデータを表示させて、測定値と理論値のずれを明確に把握することも可能です。



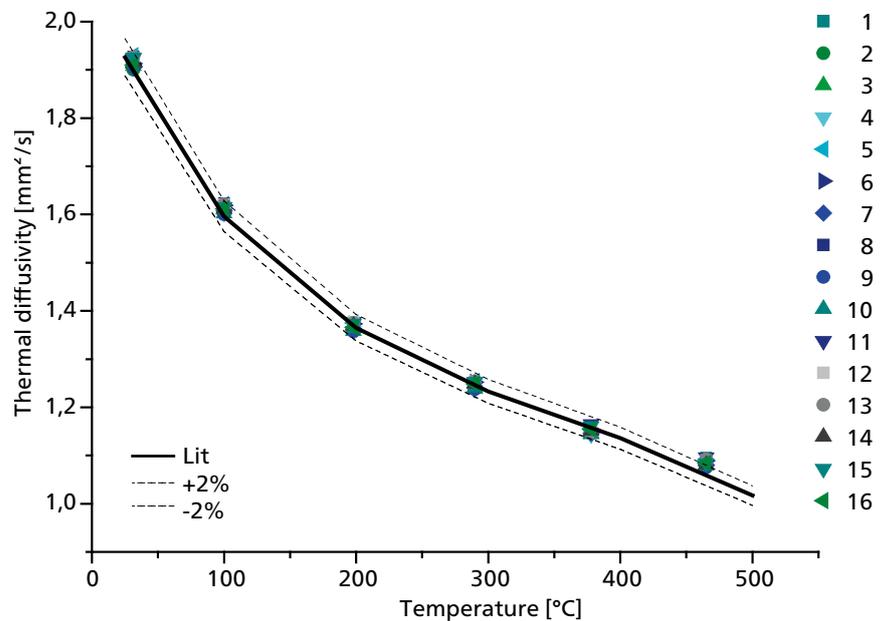
Made for World Class

高速処理による

最大限の効率化

LFA 467 HyperFlash®内蔵のオートサンプルチェンジャーは全温度範囲で最大 16 個の試料が最適な位置にセットされるように設計されています。また、加熱と冷却をすべての試料で同時におこなうことができるため、測定時間の大幅な短縮を実現しています。

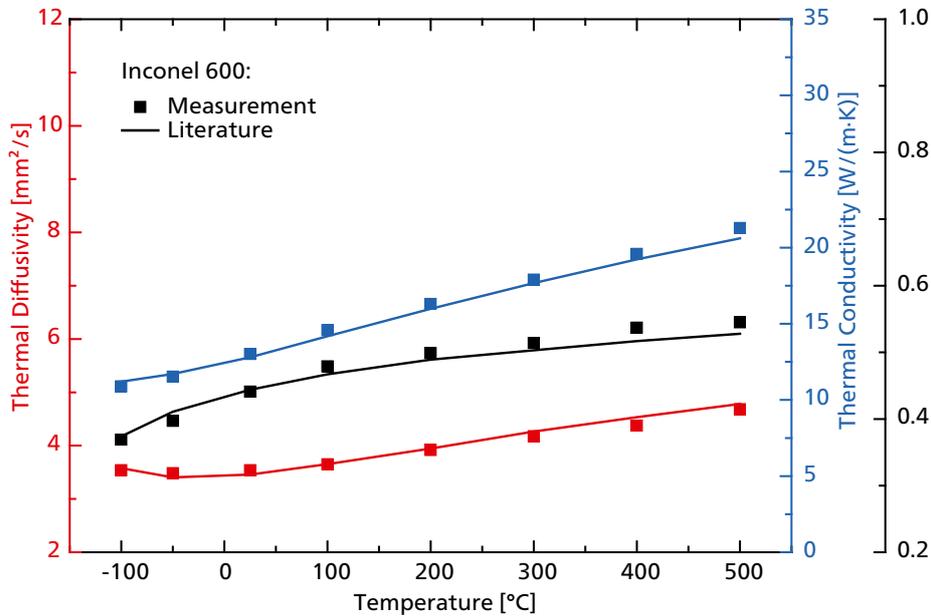
試料処理能力が高く、効率的に操作でき、研究開発や品質保証の現場で使われる時間と労力を最小限に抑えるすぐれた装置です。



LFA 467 HyperFlash®:パイロセラム (ガラスセラミックス) 試料 16 個 (厚み2.5 mm、直径 12.7 mm) を室温~500°C で 1 回ずつ測定。熱拡散率の評価で文献値との偏差が±2% 内にとどまった



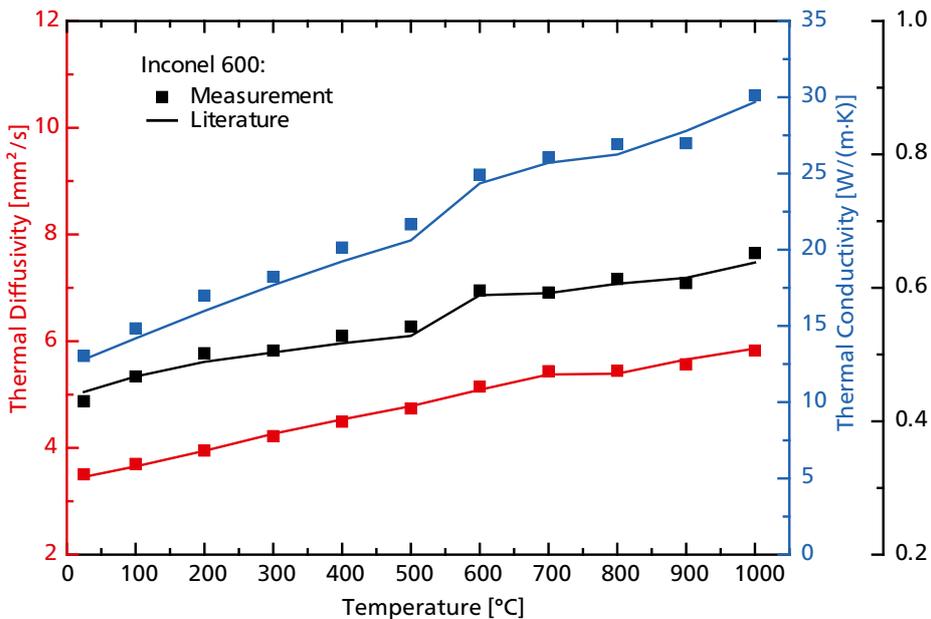
Applications



LFA 467 HyperFlash®: 温度範囲 -100°C ~ 500°Cで熱拡散率(赤)、熱伝導率(青)、比熱(黒)を測定。実線は文献値

全温度範囲で 高精度を達成

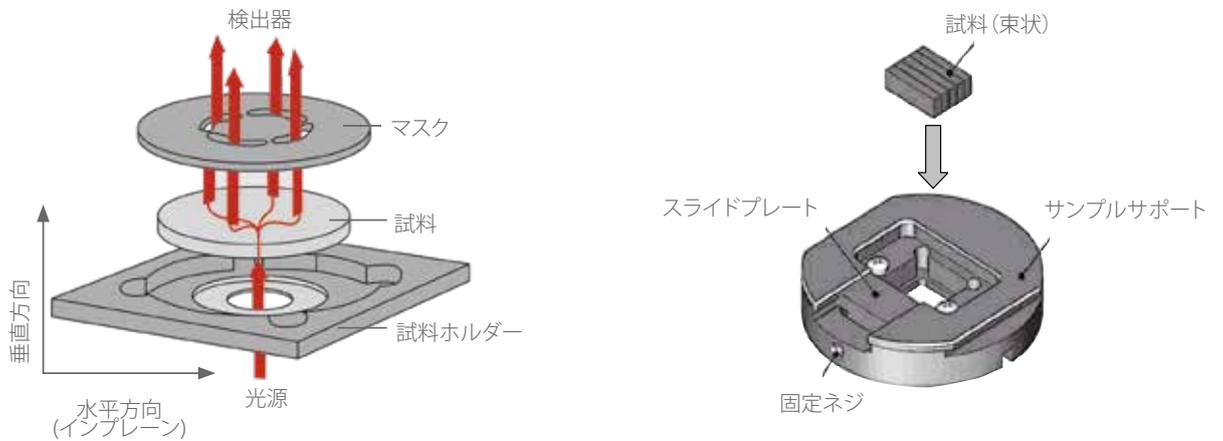
左の図は、インコネル 600 (基準物質) の測定結果を示したものです。上のグラフが LFA 467 HyperFlash®、下のグラフが LFA 467 HT HyperFlash® の測定結果で、温度範囲全体の熱拡散率(赤)、熱伝導率(青)、比熱(黒)の変化をあらわしています。



LFA 467 HT HyperFlash®: 温度範囲 室温~1000°C で熱拡散率(赤)、熱伝導率(青)、比熱(黒)を測定。実線は文献値

これらすべての物性値について、文献値との偏差がおおむね ±3% 内におさまり、多くの部分で ±3% をかなり上回る精度を達成しています。

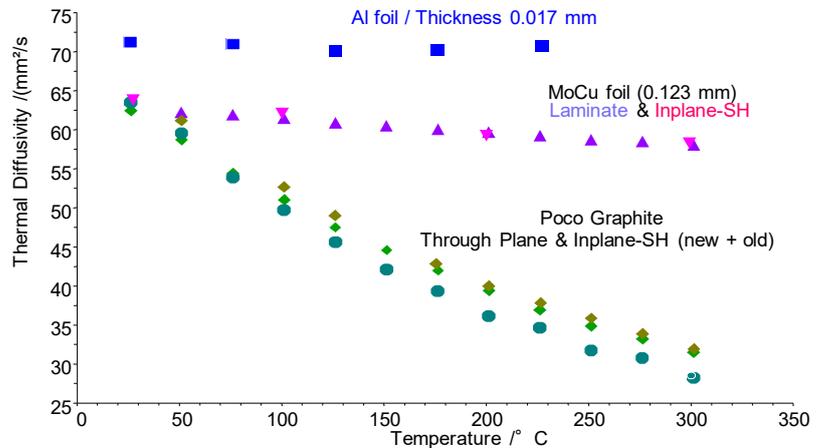
異方性試料と多層試料測定



異方試料測定 アプリケーション例

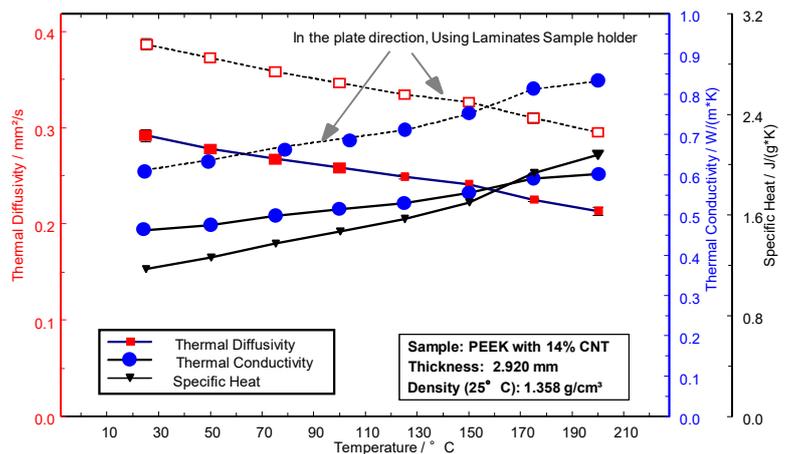
Al、MoCuフویل、
Poco Graphite

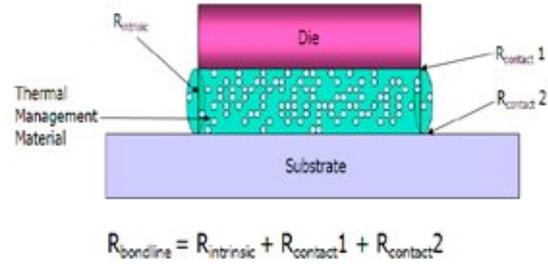
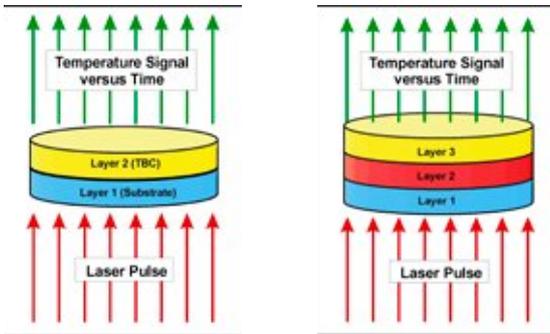
右図は、各種金属箔及び Poco Graphite の測定結果です。通常測定出来ない金属箔なども In-planeホルダーを用いる事により測定する事が可能となりました。



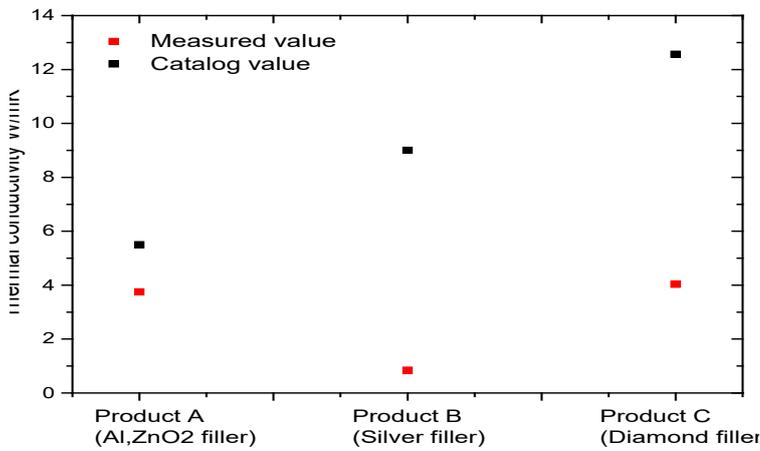
CNT強化PEEK樹脂

右図は、異方性のあるCNT14%入りPEEK樹脂の測定結果です。結果より材料の異方性が認められております。





多層試料測定 アプリケーション例



3層解析例

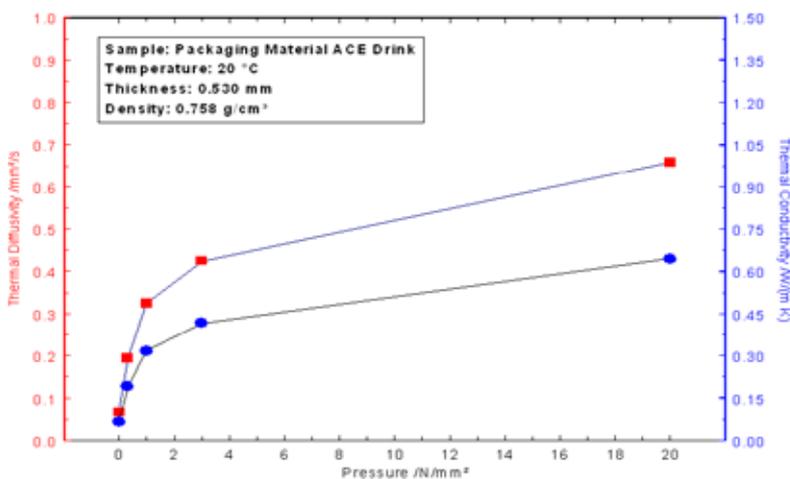
ボンドライン熱抵抗の測定 ～フィラー入り放熱グリス～

本装置では、多層試料モデルを使用して、ICのボンドラインなどの熱抵抗をほぼ実装に近い状態で評価することが可能です。左図は、さまざまな放熱グリスの熱伝導率を、Si板とCu板に挟んだ状態で測定した結果です。放熱グリス単体を評価したカタログ値と比較すると、挟んだ状態で測定した結果は、接触熱抵抗の影響により低くなります。

圧力下での熱伝導率

～パッケージング材料～

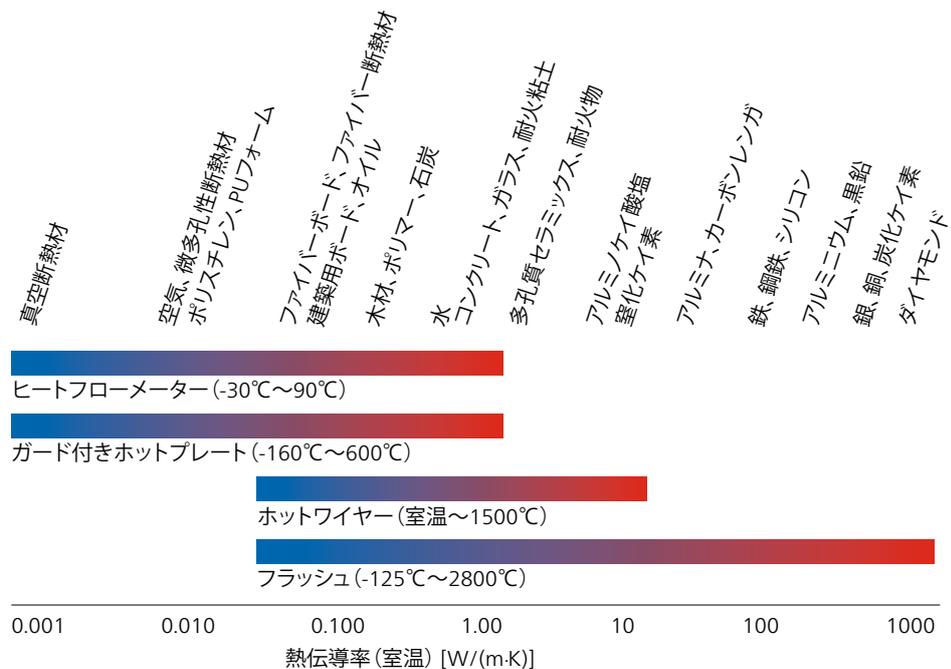
左図は、パッケージング材料の20℃、常圧から20N/mm²での測定結果です。圧力の上昇と共に熱伝導率、熱拡散率の上昇が認められます。





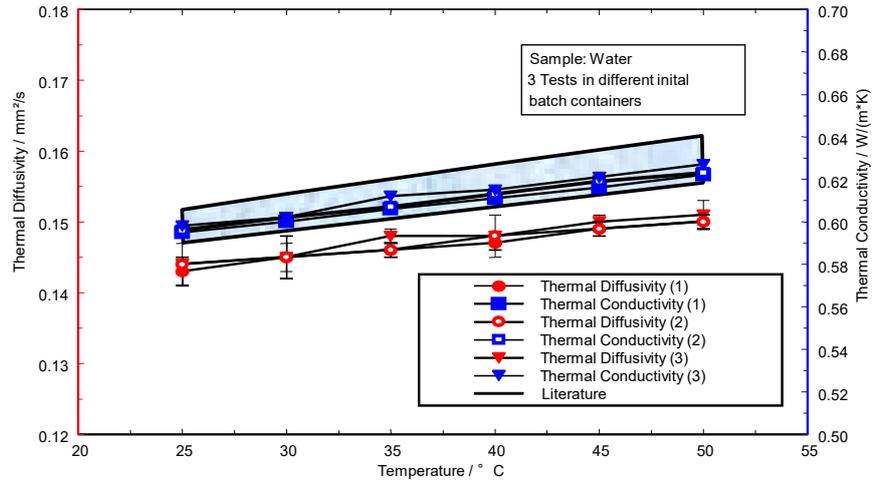
APPLICATIONS

下記は各種材料等の熱伝導率について大まかにグループ化してまとめた表です。
フラッシュ法が最も広範な温度と熱伝導率をカバーしていることがわかります。



水の熱拡散率

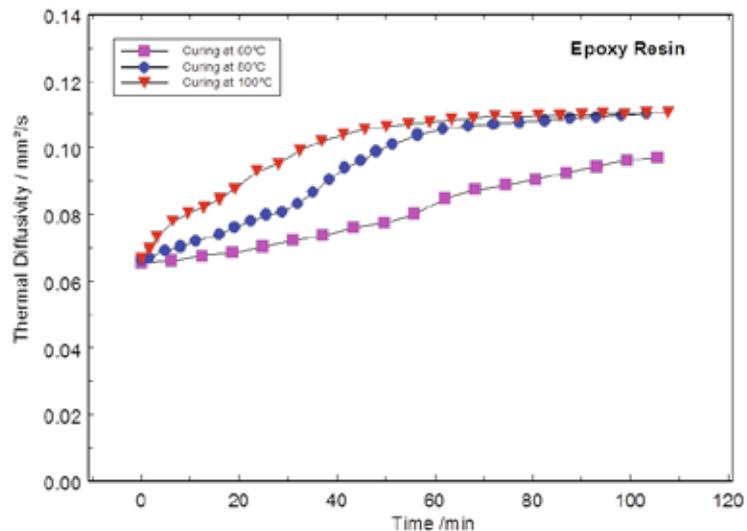
右図は、本装置により測定された水の熱拡散率(赤)と熱伝導率(青)の温度依存性です。3つの異なる容器で測定しました。室温~50℃の温度範囲で、熱伝導率は文献値から2.5%以内に入っています。



硬化中のエポキシ樹脂

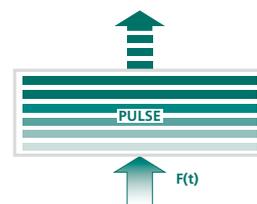
右図は、60℃、80℃、100℃の3温度について110分間 温度保持した際のエポキシ樹脂の硬化状態の変化における熱拡散率を測定した結果を示しています。この温度プログラムは製造工程における硬化条件を模倣するように設定されました。設定温度までサンプルホルダーを予熱し、サンプルをセット後すぐに測定を開始しました。

その結果、3つの条件全て熱拡散率が上昇しています。60℃における熱拡散率は時間とともに一定的に上昇し、80℃では最初の30分まで一定的に、その後曲線のステップで上昇します。100℃では、最も急速に上昇します。80分経過後ではすべての温度において熱拡散率はほぼ安定となりました。





高熱伝導性 薄板材料

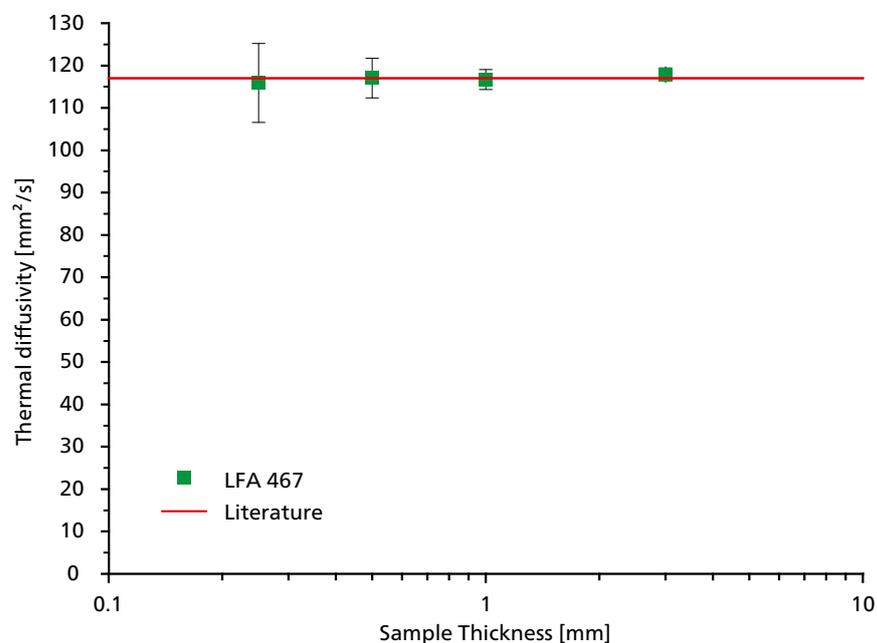


銅

右の図は厚みの異なる銅試料を測定した結果のグラフです。LFA 467 HyperFlash® が高熱伝導試料の熱拡散率を高精度で測定できることが明確に示されています。試料厚みを 3.0 mm から 0.25 mm まで段階的に薄化して試行していますが、薄板試料でもかなり正確に測定できることがわかります。

データ取得レート 2 MHz、パルス幅 20 μ s というすぐれた技術が高い精度を実現しています。

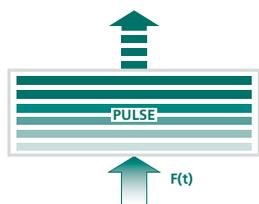
ただし薄い試料を測定する場合は、薄化につれて不確かさが増すため試料の前処理と厚みの決定について慎重に検討する必要があります。



LFA 467 HyperFlash®: 厚みの異なる複数の銅試料で熱拡散率値が文献値とよく一致している

高速データ取得と 短パルス

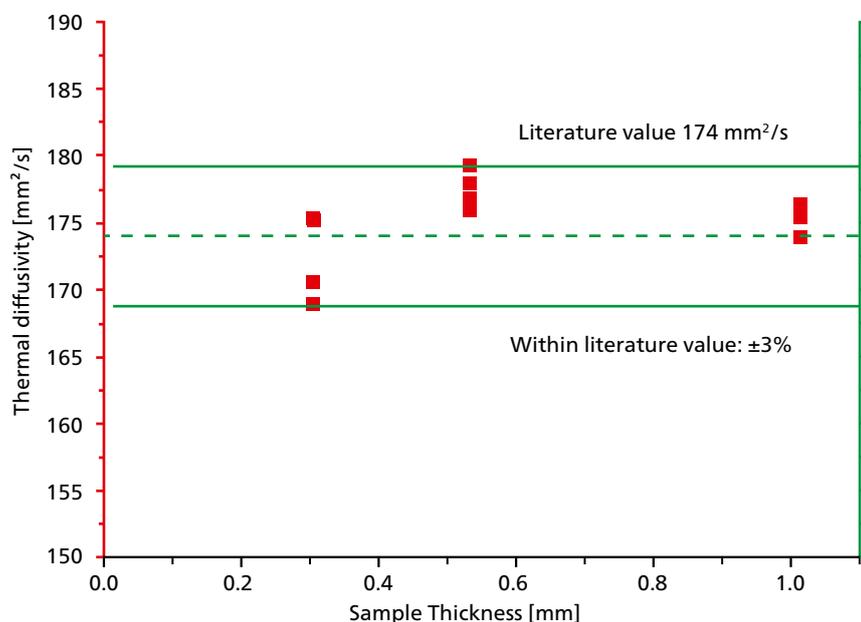
薄板測定に不可欠



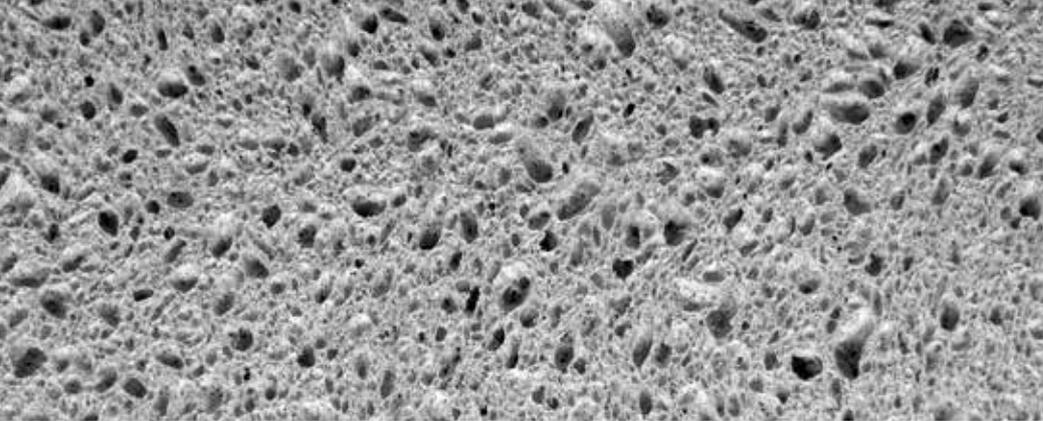
銀

銀は熱伝導性が高いため、抵抗を下げる目的で導線のめっきなどに使用されます。高周波の用途では特に有益で、表面効果によって流量を増加させます。

銀板試料の厚みを変化させながら熱拡散率との関係について測定をおこなうと、薄いものも厚いものも結果はすべて、300 Kにおける銀の文献値の $\pm 3\%$ 以内に収まっていることがわかります。



LFA 467 HyperFlash®: 厚みの異なる複数の銀板試料で熱拡散率値が文献値とよく一致している

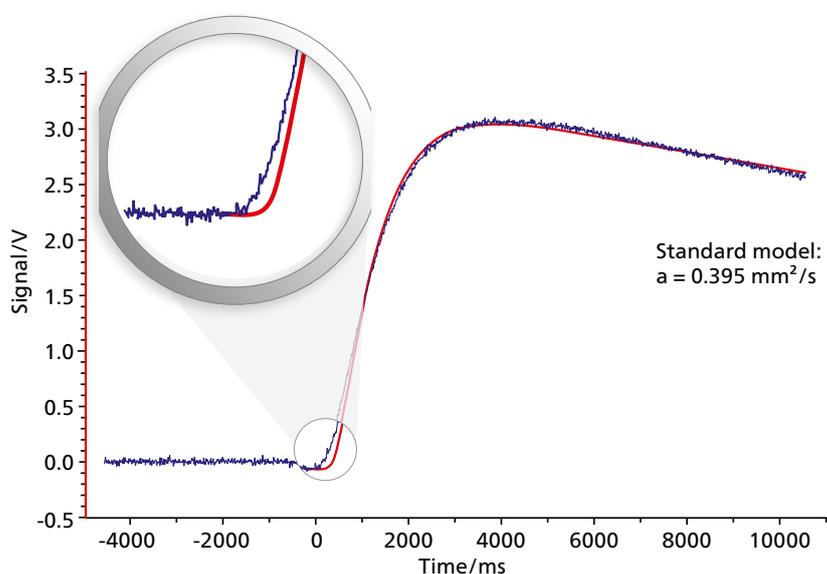


多孔質材料

浸透効果に最適な PENETRATION モデル

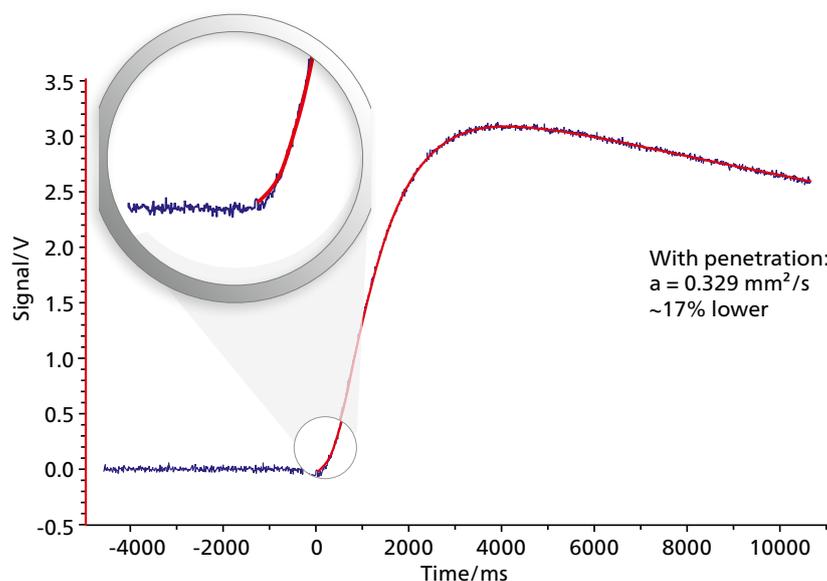


標準的なフラッシュ法の測定では、パルスエネルギーが試料の表面で完全に吸収され、生じた熱が試料の厚みを通して裏面に到達するものとしています。しかし、多孔質の材料ではパルスエネルギーの吸収が表面に限定されず、試料厚み分の薄層内にも広がります。多孔質材料用の計算モデルはこの浸透効果と温度分布の減衰を考慮します。



充填ポリマーディスク

右の図は、孔のある充填ポリマーディスクの熱拡散率を、標準モデルを用いて求めた場合(上)と Penetration モデルを用いて求めた場合(下)のグラフを対比したものです。Penetration モデルから導かれた熱拡散率値は標準モデル適用時より約 17% 低くなりました。孔のない同じ材料を測定してみるとこのモデルの正確性がよく分かります。



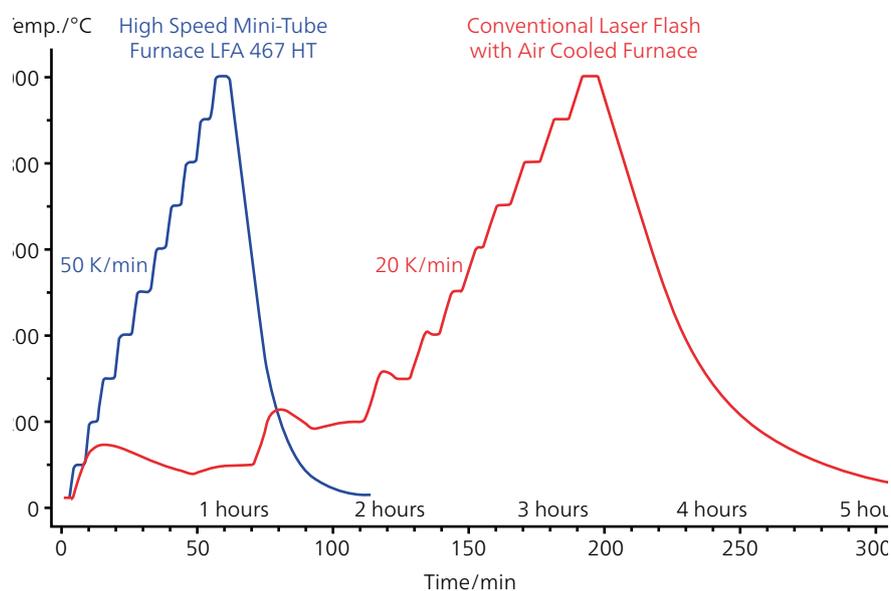
高温環境下ですばやく安定化

最短の測定時間で試料を高速処理

LFA システムの適用範囲を従来より拡大するには試料処理能力の向上が不可欠です。オートサンプルチェンジャーや高速加熱炉を搭載したり、これらを組み合わせたりすることで高速処理が可能になります。The LFA 467 HT HyperFlash® は両方の機能を装備しています。独立した 4 つの小型高速反応管状炉 (計 4 試料に対応) は低熱容量ですぐれた安定化動作が特長です。

すべての試料で温度分布が均一化され、精度よく比熱容量 (C_p) を測定します。高度な機能の組み合わせにより、試料処理能力の向上だけでなく測定時間の大幅な短縮化も実現しています。

右の図は 2 種類の LFA システムを用いた測定における試料温度の経時変化を比較したグラフです。基準物質を室温から 1000°C まで 100 K 単位で加熱して測定を実施しました。従来の空冷式のレーザーフラッシュ装置に比べ、LFA 467 HT の測定時間はわずか三分の一になっています。



ミニ管状炉(LFA 467 HT)と標準空冷炉によるLFA測定の試料温度の経過

技術仕様

	LFA 467 HyperFlash®	LFA 467 HT HyperFlash®
温度範囲	室温～500°C / -100°C～500°C ※室温バージョンもあり	室温～1250°C (加熱炉温度 1500°C)
最大昇温速度	50 K/min	50 K/min
加熱炉 冷却装置	標準外付チラー(室温～500°C) 【オプション】 ▪ 液体窒素冷却 (-100°C～500°C) ▪ 圧縮空気冷却 (0°C～500°C)	標準外付チラー(室温～1250°C)
熱拡散率	0.01 mm ² /s～2000 mm ² /s	0.01 mm ² /s～2000 mm ² /s
熱伝導率	0.1 W/(m·K)～4000 W/(m·K)	0.1 W/(m·K)～4000 W/(m·K)
不確かさ	▪ 熱拡散率 ¹ : ±3% ▪ 比熱容量 ² : ±5%	▪ 熱拡散率 ¹ : ±3% ▪ 比熱容量 ² : ±5%
再現性	▪ 熱拡散率 ¹ : ±2% ▪ 比熱容量 ² : ±3%	▪ 熱拡散率 ¹ : ±2% ▪ 比熱容量 ² : ±3%
キセノン フラッシュランプ	▪ 最大パルスエネルギー ³ : 10 J/パルス(可変)、 ソフトウェア制御 ▪ パルス幅 ⁴ : 10～1500 μs(可変)	▪ 最大パルスエネルギー ³ : 10 J/パルス(可変)、ソ フトウェア制御 ▪ パルス幅 ⁴ : 10～1500 μs(可変)
ZoomOptics	特許取得済 (EP2693205、DE102012106955) IR検出器のレンズ視野最適化 (オプション。マスク不要)	特許取得済 (EP2693205、DE102012106955) IR検出器のレンズ視野最適化 (オプション。マスク不要)
パルスマッピング	特許取得済 (US7038209、DE10242741) 有限パルス幅補正、C _p 精度向上	特許取得済 (US7038209、DE10242741) 有限パルス幅補正、C _p 精度向上
赤外線検出器	▪ InSb: 室温～500°C ▪ MCT: -100°C～500°C ▪ 液体窒素補充装置(オプション)	▪ InSb: 室温～1250°C ▪ 液体窒素補充装置(オプション)
測定雰囲気	酸化性雰囲気、不活性ガス雰囲気	酸化性雰囲気、不活性ガス雰囲気
真空排気	< 150 mbar	10 ⁻⁴ mbar (ターボ分子ポンプ使用)
データ取得	▪ サンプルングレート: 最大2MHz ▪ 最短測定時間(ハーフタイムの10倍): 1ms→薄膜、高熱伝導率試料 ▪ 最長測定時間(ハーフタイムの10倍): 120s→厚い試料、低熱伝導率試料	
ガス調整	フリットまたは MFC (オプション) ※減圧測定可	MFC + 内蔵ポンプ
試料ホルダー	▪ 丸形 / 角形 ▪ 液体、ペースト、樹脂、粉末、繊維、多層、異方性 ▪ 加圧用	丸形 / 角形
内蔵型オートサンプル チェンジャー	ホルダーセット 4 箇所、 各ホルダーに最大 4 試料を収容: ▪ 最大Ø 25.4 mm X 4 試料まで ▪ 最大Ø 10 mm X 16 試料まで ▪ 最大□ 10 mm X 16 試料まで	ホルダーセット 4 箇所、 各ホルダーに 1 試料を収容: ▪ Ø 12.7 mm ▪ □ 10 mm ▪ Ø 10 mm

- 銅試料(高熱拡散性)およびパイレックス試料(低熱拡散性 耐熱ガラス)、直径12.7mm、厚み 2.0 mm。室温で 3 種類以上の装置を用いた測定試験を 900 回実施。不確かさ ±1.5%、再現性 ±1%
- 容量不確かさ ±4%、再現性 ±2%。基準物質 4 種類を 550 回照射(5 照射を平均化)。室温、推奨寸法、推奨照射パラメーターを適用
- パルスエネルギーを 10 J に制限、試料過熱による非線形効果や温度変化に比例しないシグナルの検出を防止
低パルスエネルギーに高感度の検出器を組み合わせることで不確かさを保証
- 1 μs 単位で調整可能



NETZSCH社は販売前後において包括的なサポートと専門的で信頼性の高いサービスをご提供致します。NETZSCHの技術サービス部門とアプリケーション部門の有資格者はいつでもご相談に応じます。また、お客様のために作られた特別なトレーニングプログラムではご使用の機器の潜在能力を最大限に引き出すための方法を学ぶことができます。

オンライン、オンサイト、NETZSCHトレーニングセンターからお好きなトレーニング方法をお選びください。お客様の投資を維持・保護するために経験豊富なサービスチームが、ご使用機器の全ライフサイクルに渡ってサポートさせていただきます。

Expertise in SERVICE

テクニカルサポート



定期メンテナンス
修理



ソフトウェア
更新



装置入替



IQ/OQ
各種文書



装置校正



スペアパーツ
提供



輸送、移設

トレーニング



基礎
セミナー



NETZSCH
オンライン
アカデミー



装置・測定メソッド、
包括的トレーニング

ラボ



アプリケーションサポート
依頼測定

超高温測定可能な レーザーフラッシュ



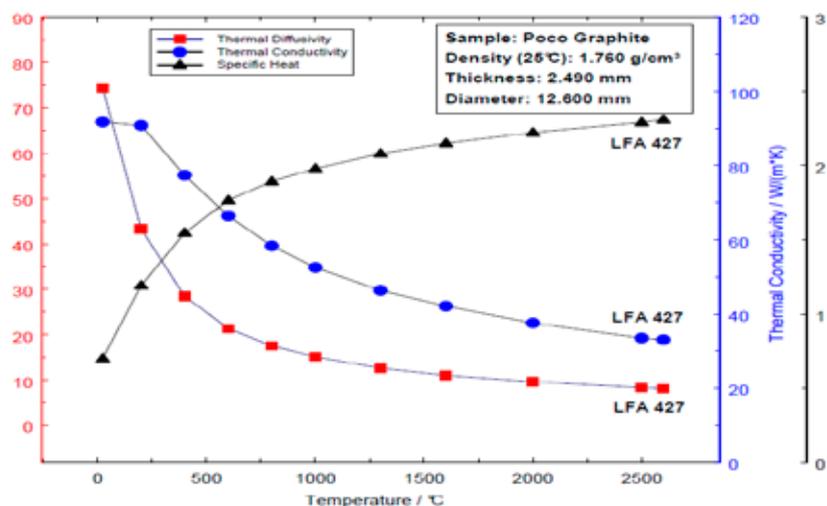
-120~2800°C の
幅広い温度範囲をカバー
レーザーフラッシュの最高峰
LFA 427

アナライザー LFA 427

超高温測定

～グラファイト～

原子炉材料にも使用されるグラファイトの熱拡散率、比熱容量、熱伝導率の測定結果を右図に示します。LFA 427では室温から最高温度 2800℃の測定を精度よく行うことが可能です。



技術仕様 - LFA427

LFA 427

測定温度範囲	-120～2800℃ (加熱炉交換による)	
試料数	1 個	
試料サイズ	φ 6.0、φ □ 10.0、φ □ 12.7mm、φ 20.0mm	
熱拡散率測定範囲	0.01～1000mm ² /s	
再現性	熱拡散率: ±3%	比熱容量: ±5%
不確かさ	熱拡散率: ±5%(標準試料測定時)	比熱容量: ±5%
光源	Nd: YAG	
赤外線検出器	InSb、MCT検出器	
パルスエネルギー	最大25J/pulse	
パルス幅	0.1～1.5msec (ソフトウェア上で選択可能)	
真空	10 ⁻⁵ mbar	
その他サンプルホルダー	液体、粉末、ファイバー、面内、加圧	

NETZSCH Groupは、ドイツに本社を置く国際的なテクノロジー企業です。事業部門は Analyzing & Testing (分析・試験)、Grinding & Dispersing (粉碎・分散)、Pumps & Systems (ポンプ・システム)に分かれており、それぞれが高度な専門業務を担い、ソリューションを提供しています。36か国の営業・サービス拠点に4000人以上のスタッフを擁し、世界中のお客様に専門的なサービスを身近にご利用いただいています。わたしたちは高いパフォーマンス基準を自らに課しています。1873年からその正しさを証明し続ける、すべてにおいて卓越したパフォーマンスを提供する「Proven Excellence」をお約束します。

熱分析、熱量測定(断熱・反応)、熱物性測定、レオロジー、耐火試験はNETZSCHにおまかせください。わたしたちは60年にわたるアプリケーションの経験、幅広いラインナップの最新装置、包括的なサービスを提供し、お客様のあらゆる要求を満たすだけでなく、あらゆる期待を上回るソリューションをお届けします。

Proven Excellence.

NETZSCH[®]

ネッチ・ジャパン株式会社

営業本部・テクニカルサポートセンター

〒221-0022 横浜市神奈川区守屋町3-9-13

Tel : 045-453-1962 (代) Fax : 045-453-2248

大阪営業所

〒532-0011 大阪府大阪市淀川区西中島3-23-15

Tel: 06-6308-5550 (代) Fax: 06-6308-5610



NETZSCH[®]

www.netzsch.com

発行日: 2023年9月1日