

私たちは、熱物性測定の高品質向上を通して、  
企業の地球環境保護への取り組みを応援しています。



**安全に関するご注意**

■ 安全にお使いいただくため、ご使用前に取扱説明書をよくお読みの上、正しくお使いください。

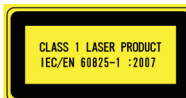
**行き届いたアフターフォローサービス  
安心と充実の無料点検**

■ 装置をお買い上げいただいた全てのお客さまを対象に、ご購入後より3ヶ月後/12か月後の点検を、無料でおこないます。  
■ 当社の技術サポート員が、お客さまのところへ直接お伺いします。

■ Specifications

		TA35 Ultimate	TA33 Professional	TA32 Horizon	TA31 Vertical
基本機能	測定対象	熱拡散率			
	測定範囲	0.1~1000 [ $\times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ ]			
	出力データ	周波数、距離、振幅、位相、厚さ [TXT形式]			
測定モード	垂直方向 (周波数変化法)	○	○	—	○
	水平方向 (距離変化法)	○	○	○	—
	分布測定	○	—	—	—
付属その他	温度変調ヒーター	オプション	オプション	—	—
	ピント調整	AUTO	AUTO	手動	手動
	制御・解析ソフトウェア	○	○	○	○
	PC	○	○	○	○
測定環境	測定温度	室温	室温	室温	室温
	測定温度 (ヒーター搭載時)	室温~300 [°C]	室温~300 [°C]	—	—
	測定周波数	0.01 [Hz]~100 [kHz]	0.01 [Hz]~100 [kHz]	0.01 [Hz]~100 [kHz]	0.01 [Hz]~100 [kHz]
半導体レーザー	波長	808 [nm]			
	最大出力	1.5 [W]			
放射温度計	素子	InSb			
	冷却方法	液体窒素			
ステージ可動領域	検出ステージ	XY方向: ±5 [mm]	XY方向: ±5 [mm]	XY方向: ±5 [mm]	—
	試料ステージ	XY方向: ±10 [mm]	—	—	—
電源		AC100/240[V]、10/5 [A]、50/60 [Hz]			
使用環境	温度および湿度	20~35 [°C]、20~80 [%]			
繰り返し精度		±5%以内			
ご利用条件	測定対象	固体材料 (樹脂・ガラス・セラミックス・金属・ダイヤモンド ほか)			
	試料外形	不定形でも可			
	表面形状	極端な凹凸がないこと (厚みの規定ができれば良い)			
	表面処理	黒化処理が必要 (炭素系材料では不要なケースもある)			
	試料サイズ (最大)	100 × 100 × 2 [mm]			
	試料サイズ (最小)	10 × 10 × 0.015 [mm]			
	参照試料	不要			
装置本体	外形寸法	W555×D785×H693 [mm]	W555×D785×H693 [mm]	W510×D720×H500 [mm]	W510×D720×H500 [mm]

■ 本パンフレット中に記載されている性能上の数値は、当社研究所におけるテスト結果であり、他の環境下で同様の結果となることを保証するものではありません。  
■ 性能および外観は、改善のため予告なく変更することがあります。



製品に関するお問い合わせ

**029-825-2620** 平日9~17時

<取扱店>

メールでのお問い合わせ

**info@btl-hrd.jp** 24時間受付

**株式会社ベテル ハドソン研究所**

〒300-0037 茨城県土浦市桜町4-3-18 土浦ブリックビル1階  
☎029-825-2620 FAX 029-307-8451  
<HRD大阪ラボ>  
〒564-0051 大阪府吹田市豊津町1-18 エクラート江坂ビル403号  
☎06-6155-5254 FAX 029-307-8451

わたしたちは、熱物性測定技術を通して、  
技術革新・未来創造に貢献したいと考えています。

周期加熱放射測温法 熱物性測定装置

**サーモウェーブアナライザ**

Thermowave Analyzer

熱物性測定のベテル **検索**

非接触で  
高精度・高密度な熱拡散率測定を実現！



# サーモウェーブアナライザ

Thermowave Analyzer  
TA35/33/32/31

## LINEUP ラインナップ

ユーザーニーズに合わせた、きめ細かな4つのラインナップ

### CONCEPT コンセプト

高性能・高精度な熱物性測定装置

コンセプトは「熱と光と安全・安心」。  
オリジナル商品を、独自のモノづくり視点から深化・融合させ、ベテルの熱物性測定ノウハウと技術を結集しています。  
高性能・高精度な熱物性測定装置の開発を通して、技術革新と未来創造に貢献したいと考えています。



### FEATURES 装置の特長

装置の特長

- ◆ **非接触で熱拡散率を測定**  
周期加熱放射測温法を採用。レーザーを用いた非接触の熱拡散率測定ができます。
- ◆ **幅広い測定レンジ** ~有機フィルムからダイヤモンドまで~  
有機フィルムからダイヤモンドまでの幅広いレンジの試料を、1台の装置で測定することが可能です。
- ◆ **垂直・水平方向の連続測定** ~異方性の確認~  
同一試料・同一ワークで、垂直(Z)方向と水平(XY)方向を連続測定することが可能です。
- ◆ **マッピング測定が可能** ~試料の欠陥やムラを評価~  
複数点の垂直(Z)方向の熱物性値を連続測定することで分布の評価がおこなえます。
- ◆ **条件設定が容易な絶対値測定方式** ~かんたん測定~  
熱拡散率の絶対値を求めることができます。また、測定条件の設定が『かんたん測定』機能により容易におこなえます。
- ◆ **測定箇所を指定できる高いサンプルの自由度**  
測定したい箇所を細かく選択し、希望箇所を各々測定することが可能です。また試料の形状を問わず測定ができるので、試料の調整がとても簡単。○でも△でも不定形な形状の試料を測定することができます。
- ◆ **試料を置いたらPCで解析までおこなえる簡単オペレーション。**  
測定試料を試料台に設置したら、後は解析まですべてPCで操作します。

### SCENE ご利用シーン

熱物性測定で新たなステージへ

年々小型化する電子機器の開発において、『熱問題の解決』は非常に重要な課題の一つです。  
部品や材料の“熱物性”を正確に把握することは、いまや必要不可欠です。  
本装置『サーモウェーブアナライザTA35/33/32/31』は、  
◎新素材開発の性能確認に ◎製品開発段階の熱設計に ◎製造現場の品質管理に ◎欠陥・ムラの検査装置に  
“熱物性”の把握が必要となる、さまざまなシーンで広く活用されています。

#### PREMIUM 「困難な熱物性の評価も自社でおこないたい」というプロフェッショナルな測定を希望する方に。 複合材料に威力を発揮。機能満載、驚異のプレミアムモデル

TA35 Ultimate オープン価格

水平方向測定 垂直方向測定 マッピング測定 ピント自動調整 ヒーター搭載 ※オプション

#### STANDARD 異方性材料の評価に最適。必要な機能をすべて備えた高性能モデルをご用意。 3方向連続測定で異方性を解析。高性能のスタンダードモデル

TA33 Professional オープン価格

水平方向測定 垂直方向測定 マッピング測定 ピント自動調整 ヒーター搭載 ※オプション

#### BASIC 「使う機能は決まっている」「簡単にお手軽に使いたい!」というライトユーザーの方に。 必要な機能をピンポイントで絞り込んだベーシックな廉価版モデル

TA32 Horizon オープン価格

水平方向測定 垂直方向測定 マッピング測定 ピント自動調整 ヒーター搭載

TA31 Vertical オープン価格

水平方向測定 垂直方向測定 マッピング測定 ピント自動調整 ヒーター搭載

#### おもな機能一覧

- 垂直方向測定  
Z方向の熱物性測定がおこなえます。
- 水平方向測定  
XY方向の熱物性測定がおこなえます。
- マッピング測定  
複数点を連続測定することにより、分布評価がおこなえます。
- ピント自動調整  
厚みの違う試料を測定する場合に、Zステージを移動させることによりピント調整が自動でおこなえます。
- ヒーター搭載  
ヒーター搭載により、室温~300℃で温度変化させた状態での熱物性測定がおこなえます。温度による熱物性の違いを評価するのに最適です。

#### オプション

- ◇各種試料台
  - 連続測定用 複数試料台
  - 圧力測定用 試料台
  - 連続測定用 複数(16ヶ)試料台
- ◇その他カスタマイズ可能

コンセプト  
特長  
ラインナップ  
利用シーン  
測定原理  
測定範囲  
試料形状  
オペレーション  
測定精度  
測定事例  
垂直・水平方向  
異方性評価  
マッピング測定



# THEORY

測定原理

サーモウェーブアナライザTAシリーズは、  
周期加熱放射測温法を用いて、熱拡散率を測定します。

## 測定原理

周期加熱源  $P_0 e^{i\omega t}$  によって熱拡散率  $\alpha$  の試料表面をスポット加熱する。加熱点における温度の交流成分は  $T_{ac} = T_0 e^{i\omega t}$  と表される。周期加熱源  $P_0 e^{i\omega t}$  が周辺に誘起する温度伝播は次式で表せる。

$$T_{ac} = \frac{P_0}{4\pi r c} \cdot e^{-kr+i(\omega t-kr)}$$

$C$  は単位体積あたりの比熱容量、 $r$  は点熱源からの距離、 $k$  は次式で表される温度波の波数である。

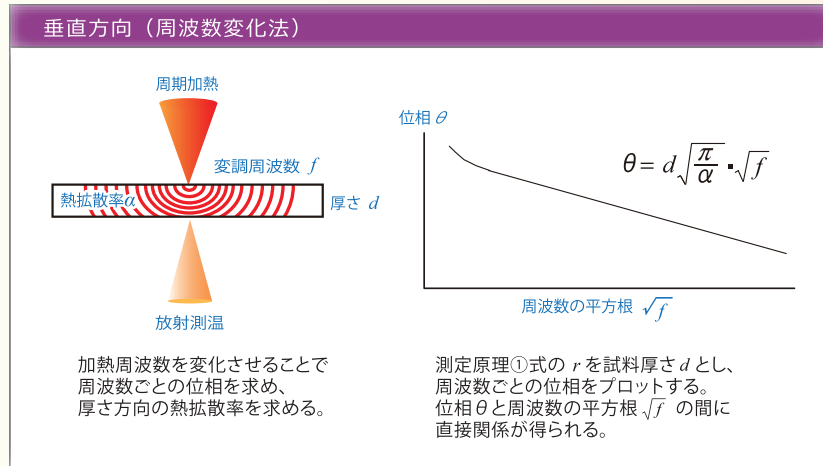
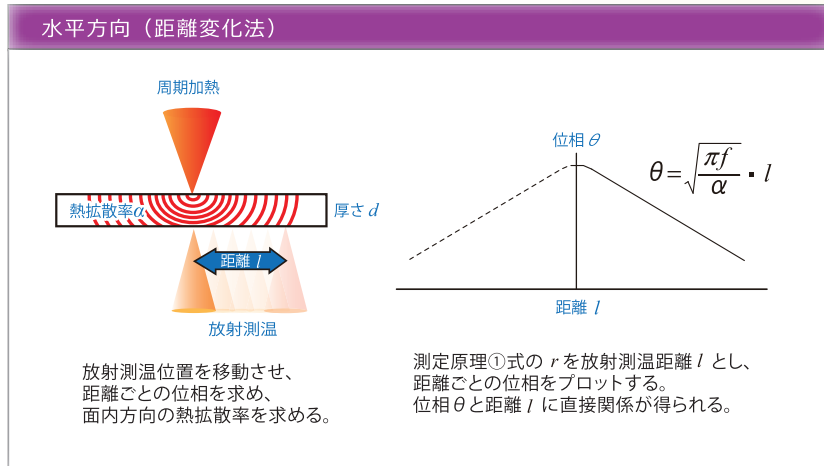
$$k = \sqrt{\frac{\omega}{2\alpha}} = \sqrt{\frac{\pi f}{\alpha}} = \frac{1}{\mu}$$

ここで  $\mu$  は熱拡散長である。よって位相は、

$$\theta = -\sqrt{\frac{\pi f}{\alpha}} \cdot r \dots \dots \textcircled{1}$$

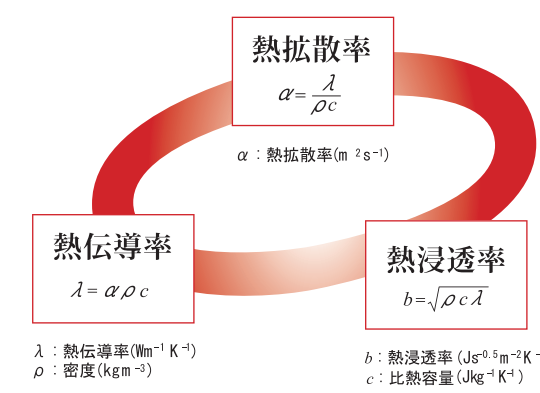
で与えられる。

## 測定概念と解析図



## 他の熱物性値への変換が可能

熱拡散率は、比熱と密度の値を用いることにより熱伝導率と熱浸透率に換算できます。



## ベテルが周期加熱放射測温法にこだわる理由

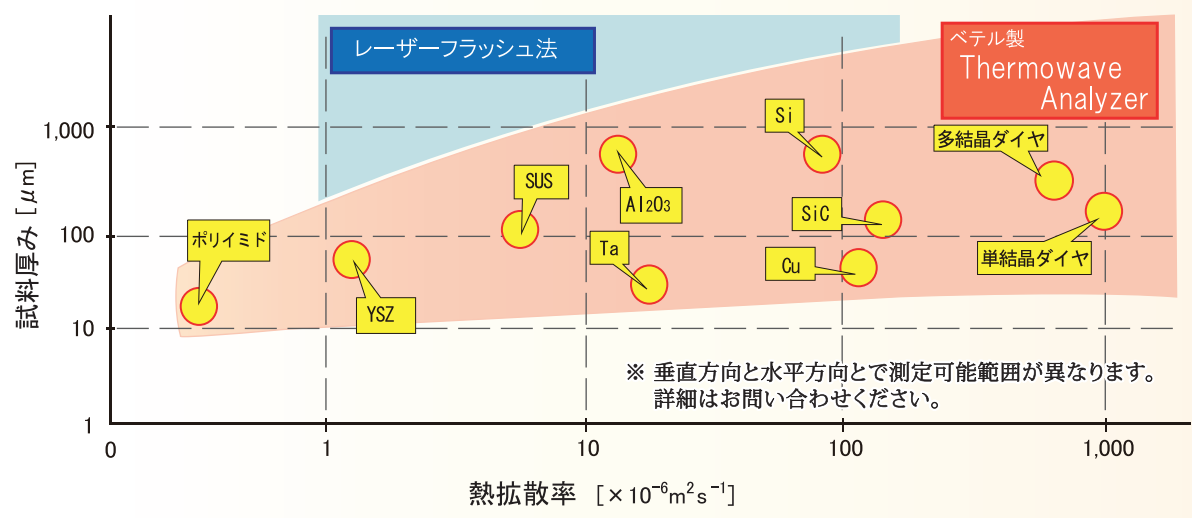
～レーザーフラッシュ法との比較～

周期加熱放射測温法	レーザーフラッシュ法
<p>光による周期加熱 小さい(φ 100~150 μm)</p> <p>ピンポイントで周期加熱</p> <p>Z方向:周波数に対する位相の変化 XY方向:距離に対する位相の変化</p> <p>ピンポイントで狙った個所を測定 (1点の測定領域: φ 500 μm)</p> <p>Z方向の連続測定により 分布ムラの評価が可能</p>	<p>光によるパルス加熱 大きい(試料全体)</p> <p>試料全体をパルス加熱</p> <p>Z方向:時間に対する温度上昇のカーブ</p> <p>試料全体の物性値を平均して算出</p> <p>不可</p>
<p>測定方向と得られる信号</p> <p>測定範囲</p> <p>分布評価</p>	<p>測定方向と得られる信号</p> <p>測定範囲</p> <p>分布評価</p>
<p>φ 20mm以上の大きさがあれば 外形は自由</p> <p>Cuの場合:300 μm以上 薄い試料の測定が可能</p> <p>不要</p>	<p>装置に依存</p> <p>Cuの場合:1000 μm以上</p> <p>できるだけ断熱になるような工夫が必要</p>
<p>だから...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 試料形状の制約がない</li> <li>◎ 薄い試料でも測定できる</li> <li>◎ 同一ワーク・同一試料でXYZ 3方向の連続測定ができる</li> <li>◎ 測定範囲が広い。</li> <li>◎ ピンポイントで測定できるので分布ムラの評価が可能</li> </ul>	<p>◎ 歴史が古く、一般的に最も普及している</p> <p>◎ 均一材料の測定が得意</p>

## RANGE

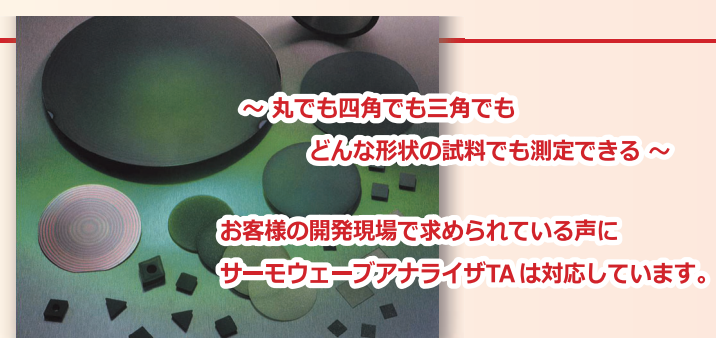
測定範囲

幅広い測定レンジをカバー  
～有機フィルムからダイヤモンドまで～



## FLEXIBLE SHAPES

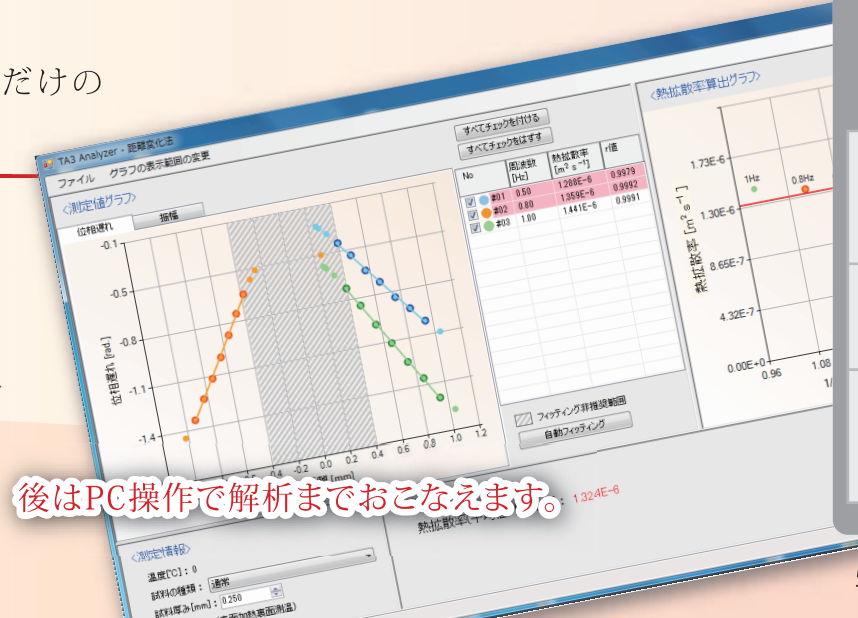
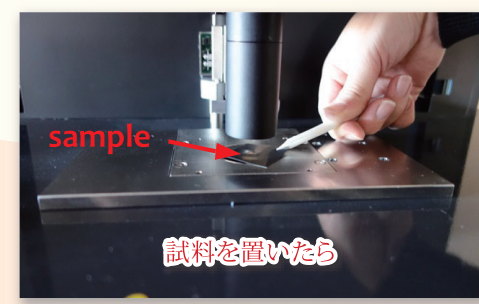
試料形状にとらわれない測定が可能!



測定試料の形状を装置に合わせる必要がないので、試料調整の手間やコストを大幅にカットすることができます。

## SAFE & EASY OPERATION

試料を置いてPCで操作するだけの簡単オペレーション



後はPC操作で解析までおこなえます。

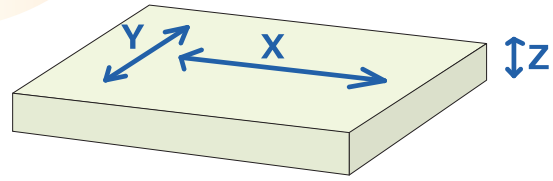
コンセプト  
特長  
ラインナップ  
利用シーン  
測定原理  
測定範囲  
試料形状  
オペレーション  
測定精度  
測定事例  
垂直・水平方向  
異方性評価  
マッピング測定

# APPLICATION

測定事例

## 異方性評価

XYZ方向の連続測定が可能  
～異方性がある材料の評価に～



垂直方向測定

水平方向測定

- <用途>
- 電子部品の放熱材料の評価
  - 半導体レーザーの電極部の評価
  - 熱電発電材料の評価
  - 超硬工具のコーティングの評価 ほか

異方性の把握はしていますか？ 樹脂と各種フィラー（AlN、SiO<sub>2</sub>、SiC、CNT）の複合材料は、配合比率により“熱伝導性”が大きく変化しますので、熱拡散率の測定が必須です。本装置は、同一ワークかつ同一試料で、XYZ3方向の連続測定が一度に行なえますので、

異方性を把握したい試料の測定に最適です。放熱シート、炭素繊維強化樹脂、高熱伝導性樹脂、電子回路に使用されるポリイミドシートなど、さまざまな試料の測定にお役立ていただけます。

## マッピング測定

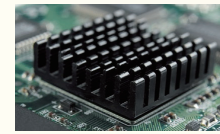
積層材の接着の均質性を、熱伝導分布の相対的比較で可視化。

垂直方向測定

部品の欠陥検査

均質性の確認

熱伝導相対比較



■CPU断面図

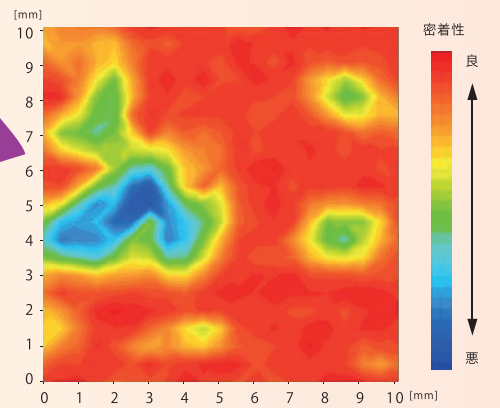


TIM材

TIM材の性能や密着性により、熱の伝わりが大きく変化します。

TIM材の密着性を分布測定で可視化すると...

■TIM材の密着性の評価事例



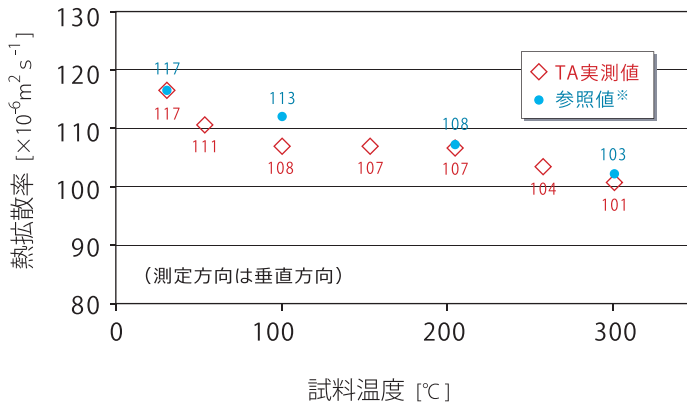
積層材料は、熱伝導の異なる材料を重ねて作るため、接着の均質性によって、熱の伝わりが大きく変化することが予想されます。しかし、積層材料の正確な熱伝導率を測定することは、従来非常に困難であり、開発する上での懸案事項のひとつとな

っています。本装置は、垂直方向の位相遅れを連続取得し、マッピングすることで積層材料の熱伝導を相対的に評価することが可能です。材料の熱物性の相対的評価だけでなく、部品の欠陥検査、均質性の確認などにも最適です。

## 温度変調評価

ヒーター搭載により、温度による熱物性の変化が評価できます！ (ヒーターはオプション)

■温度変化させた銅(Cu)のTA実測値および参照値\*との比較



測定時の試料温度	熱拡散率 [ $\times 10^{-6} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$ ]		参照値*との差
	TA実測値	参照値*	
27°C (室温)	117	117	0.0%
100°C	108	113	-4.4%
200°C	107	108	-0.9%
300°C	101	103	-1.9%

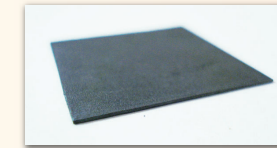
高温測定 (R.T~300°C) ができるので、実際の使用状況と同じ温度での熱物性評価が可能です。温度変化させても、測定精度は下がりません。

測定実績は多種多様

- ◇炭素繊維強化樹脂 (CFRP)
- ◇ナノセルロース
- ◇セルロース
- ◇グラファイトシート
- ◇カーボンナノチューブ
- ◇シリコンゴム放熱シート
- ◇多結晶ダイヤモンド
- ◇セラミックス
- ◇高熱伝導性樹脂
- ◇一般樹脂
- ◇ガラス
- ◇各種金属
- ◇半導体材料
- ◇炭素系材料
- ◇その他

通常では測定困難な形状でも測定可能！

■薄いシート状材料



(画像は熱伝導性導電シート)

同じ材質で、厚みが異なる2試料を用意し、本装置で実測した。熱伝導率は、比熱と密度を用いて熱拡散率から換算した。

測定試料	厚み [mm]	比熱 [ $\text{J g}^{-1} \text{K}^{-1}$ ]	密度 [ $\text{g cm}^{-3}$ ]	測定方向	実測した熱拡散率 [ $\times 10^{-6} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$ ]	換算した熱伝導率 [ $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$ ]
熱伝導性導電シート	0.426	0.83	2.5	水平	0.71	1.4
				垂直	4.50	9.2
	0.213			水平	1.21	2.5
				垂直	5.22	10.6

熱伝導シートは、高い熱伝導性を持ちつつ、発熱体の形状に沿うことのできる柔軟性や密着性を持ち、界面の接触熱抵抗を低減させる効果があります。熱物性の測定は当然必須ですが、厚みが薄い試料の異方性評価は、従来困難でした。本装置

では、試料調整の手間を省き、そのままの厚みでXYZ3方向の連続測定をすることが可能です。また、異方性だけでなく、厚みによる熱物性値の違いも評価可能です。熱物性の測定は当然必須ですが、厚みが薄い方が熱伝導(拡散)率が高いことが分かります。

## ACCURACY

高精度な測定

繰り返し精度 (変動係数) は、2% 以下 ~純物質の場合~

■主要な金属の測定精度

材料名	試料厚み [ $\mu\text{m}$ ]	測定方向	熱拡散率 $\alpha$ [ $\times 10^{-6} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$ ]		実測値と参照値*との差 [%]
			TA実測値	参照値*	
SUS304	100	水平	3.91	4.05	3.58
		垂直	3.92		3.32
ニッケル (Ni)	300	水平	23.1	22.9	-0.87
		垂直	22.5		1.78
モリブデン (Mo)	300	水平	54.1	54.3	0.37
		垂直	54.3		0.00
銅 (Cu)	500	水平	120	117	-2.50
		垂直	117		0.00
銀 (Ag)	500	水平	180	174	-3.33
		垂直	177		-1.69

■同じ個所をくり返し10回測定した場合の測定精度および参照値\*との差

回数	熱拡散率 $\alpha$ [ $\times 10^{-6} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$ ]	
	銅 (Cu)	タンタル (Ta)
1	115	25.2
2	118	24.9
3	114	25.1
4	115	24.9
5	116	25.0
6	115	24.9
7	115	25.1
8	117	24.9
9	116	25.1
10	114	25.2
平均値	115.5	25.0
標準偏差	1.27	0.13
繰り返し精度 (変動係数)	1.1%	0.5%

	熱拡散率 $\alpha$ [ $\times 10^{-6} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$ ]	
	銅 (Cu)	タンタル (Ta)
TA実測値 (平均値)	115.5	25.0
参照値	117.0	25.0
参照値*との差	-1.3%	0.1%

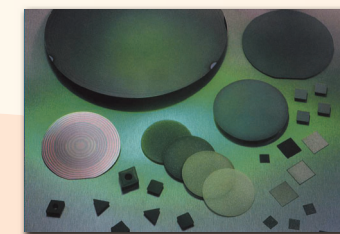
- ◇測定方向は、垂直方向とした。
- ◇同条件で10回の連続測定をおこなった。

JIS R 7240 『グラファイトシート熱拡散率測定法の標準化』

2018年 JIS化!

- ◆日本工業規格 (Japanese Industrial Standards) 2018年 規格制定。製品納入者がJISに準拠して測定することで品質が安定する。
- ◆規格の範囲 対象とする材料: 単層グラファイトシート 規格の適用範囲: 試料厚み 10~100 [ $\mu\text{m}$ ] 熱拡散率  $100 \times 10^{-6} \sim 1000 \times 10^{-6} [\text{m}^2/\text{s}]$

■その他特殊形状



CVDダイヤモンドなど、基板上に作成した後に自立させた状態でも

片状になったものでも測定可能です。

「高速で温度変化を測定する機能」を有しているサーモウェーブアナライザTAだから出来ることです。

\* 参照値とは、文献値・カタログ値・その他の測定方法による測定結果を示します。

コンセプト  
特長  
ラインナップ  
利用シーン  
測定原理  
測定範囲  
試料形状  
オペレーション  
測定精度  
測定事例  
垂直・水平方向  
異方性評価  
マッピング測定



私たちは、熱物性測定のパフォーマンス向上を通して、  
企業の地球環境保護への取り組みを応援しています。



CFRP構造部品の内部の繊維配向を評価できますので、“電気自動車の開発現場や品質管理”  
“繊維樹脂メーカーの開発現場”などで、特にご活用いただけます。

## ■ Specifications

名称/商品名	繊維配向評価システム/Thermal Evaluation of Fiber Orientation Distribution	
基本性能	測定対象	熱拡散率、繊維状態(おもな配向角、配向のパラツキ)、分布測定
	1点測定標準時間	約 60 [sec]
付属その他	制御・解析ソフトウェア	○
	PC	○
測定環境	測定温度	室温
	測定周波数	0.01 [Hz] ~
半導体レーザー	波長	638 [nm]
	最大出力	0.4 [W]
赤外線カメラ	素子	InSb
	冷却方法	電子冷却
ステージ可動領域	試料ステージ	100 × 200 [mm]
電源	AC 100 [V]、 50/60 [Hz]、 5 [A]	
使用環境	温度	10 ~ 40 [°C]
ご利用条件	測定対象	CFR(T)P、GFRP、ナノセルローズ含有複合材料、カーボンナノチューブ含有複合材料、その他
	試料外形	不定形でも可
	表面形状	極端な凹凸がないこと(厚みの規定ができれば良い)
	表面処理	基本的に不要(試料により、黒化処理が必要な場合があります)
	試料サイズ(最大)	200 × 100 × 4 [mm]
	試料サイズ(最小)	30 × 10 × 0.1 [mm]
装置本体	外形寸法	W710 × D710 × H576 [mm]

- 本パンフレット中に記載されている性能上の数値は、当社研究所におけるテスト結果であり、他の環境下で同様の結果となることを保証するものではありません。
- 性能および外観は、改善のため予告なく変更することがあります。
- 納期および価格については、お問合せください。随時お見積りを提出させていただきます。
- ご購入検討の方にお試し測定を実施しております。お気軽にお申し付けください。(試料点数が多い場合は別途費用をいただく場合がございます。)

### ⚠ 安全に関するご注意

- 安全にお使いいただくため、ご使用前に取扱説明書をよくお読みの上、正しくお使いください。

### 行き届いたアフターフォローサービス 安心と充実の無料点検

- 装置をお買い上げいただいた全てのお客さまを対象に、ご購入後より3ヶ月後/12か月後の点検を、無料でおこないます。
- 当社の技術サポート員が、お客さまのところへ直接お伺いします。

製品に関するお問い合わせ

**029-825-2620** 平日9~17時

<取扱店>

メールでのお問い合わせ

**info@btl-hrd.jp** 24時間受付

## 株式会社ベテル ハドソン研究所

〒300-0037 茨城県土浦市桜町4-3-18 土浦ブリックビル1階  
☎ 029-825-2620 FAX 029-307-8451

<HRD大阪ラボ>  
〒564-0051 大阪府吹田市豊津町1-18 エクラート江坂ビル403号  
☎ 06-6155-5254 FAX 029-307-8451

わたしたちは、熱物性測定技術を通して、  
技術革新・未来創造に貢献したいと考えています。



繊維配向同定法

## 繊維配向評価システムTEFOD

熱物性測定のベテル

Thermal Evaluation of FOD (Fiber Orientation Distribution)

CFRPやGFRPなどの内部構造を熱で評価  
高速・非接触で繊維配向と熱拡散率を定量化!

**TEFOD**  
オープン価格

# 繊維配向評価システムTEFOD

Thermal Evaluation of FOD



## FEATURES

特長

- 非破壊で複雑な形状の製品にも適用できる
- 1点1分のスピーディーな測定
- 繊維配向や熱拡散率を定量化
- 大きなサイズでも測定可能

非破壊・迅速・定量性(配向、熱拡散率)

炭素繊維プラスチックやガラス繊維強化プラスチック、ナノセルロースなどの内部の繊維状態(繊維の向き・繊維量の相対比較・繊維のパラッキ)を把握することができます。  
また、熱拡散率の定量化・数値化が可能になりますので、樹脂の開発時の評価や品質管理にご使用いただけます。

## THEORY

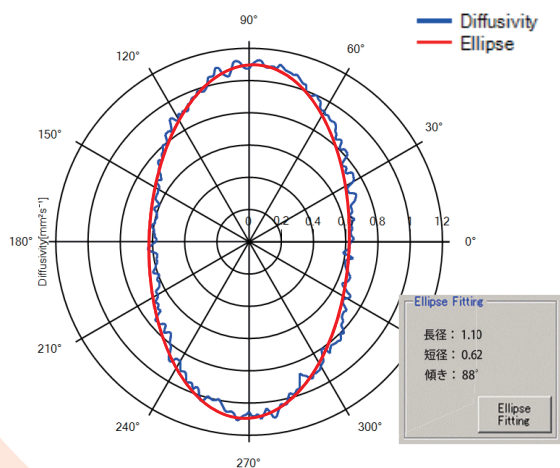
測定原理

レーザーで試料をスポット加熱し、熱の伝わりを測定!

### ■ 繊維配向同定法

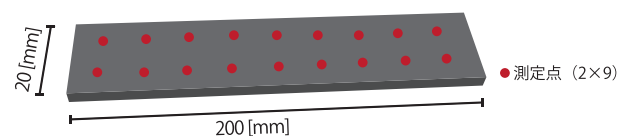
赤外カメラを用いて放射測温をすることにより、試料加熱部を中心に全周囲方向に対して、水平方向の熱拡散率を測定することができる。測定結果を極座標グラフを用いて、下図のようにグラフ化する。

さらにそのグラフに対し、楕円でフィッティングすることにより、配向が強い方向を数値化する。傾きは長軸の角度を表す。

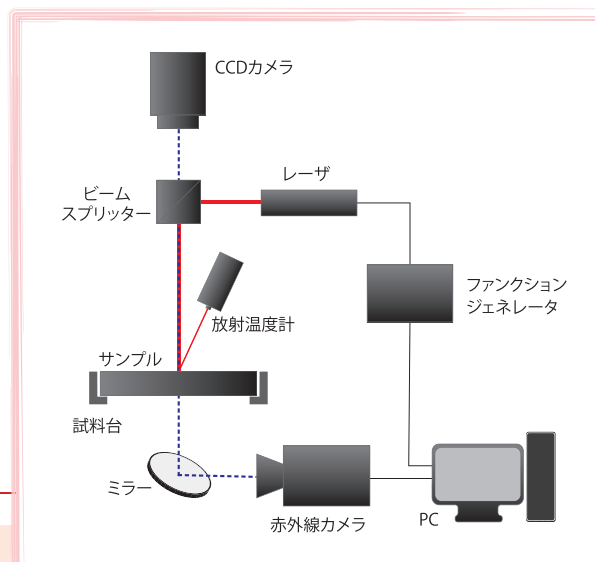


### <測定試料(標準)>

- ・ 試料サイズ: 200 × 20 [mm] の短冊試料
- ・ 測定点数: 18点 (2 × 9)



<共同研究先>  
名古屋大学大学院工学研究科 機械システム工学専攻  
熱制御工学研究グループ 長野方星 教授



## CONFIGURATION

装置構成

## APPLICATION

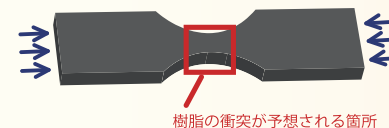
測定事例

“繊維配向同定法”により、  
試料内部の繊維状態(おもな配向角・バラッキ)を  
可視化するシステム

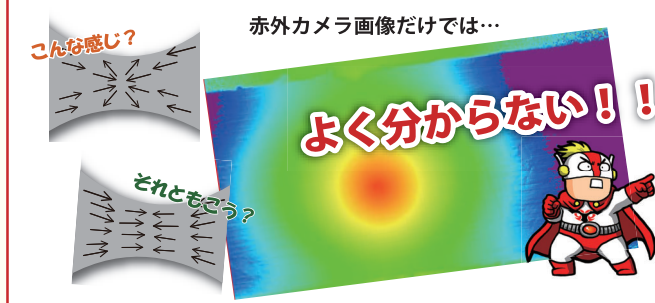
### < CFRP の活用事例① >

#### ダンベル型CFRP試料の繊維配向

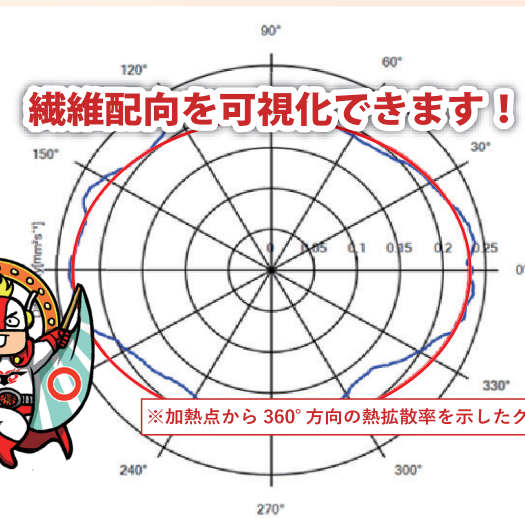
試料の両側から樹脂を流し込んだ試料。  
中央部分で樹脂同士が衝突している箇所を観察したい。



樹脂の衝突箇所では、繊維はどんな向きになっているの??

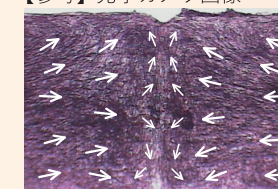


繊維配向を可視化できます!



※加热点から360°方向の熱拡散率を示したグラフ

【参考】光学カメラ画像



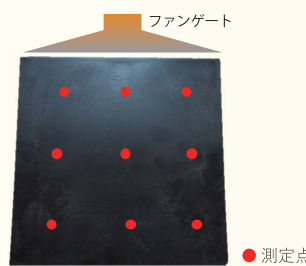
熱が伝わる速度(熱拡散率)は、  
繊維の含有量や向きにより異なる  
ので、全方位の熱拡散率の分布  
を測定することで繊維の配向分布  
を明らかにすることが可能です。

上図の矢印は、繊維イメージ

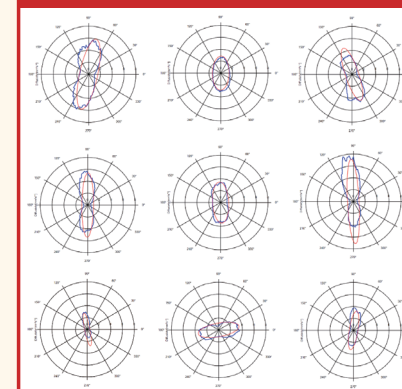
### < CFRP の活用事例② >

#### 射出成形の樹脂の流動状態によるCFRP試料の繊維配向の分布

射出成形時の樹脂の流動状態により、箇所ごとに  
繊維がどのように配向しているのかを観察したい。

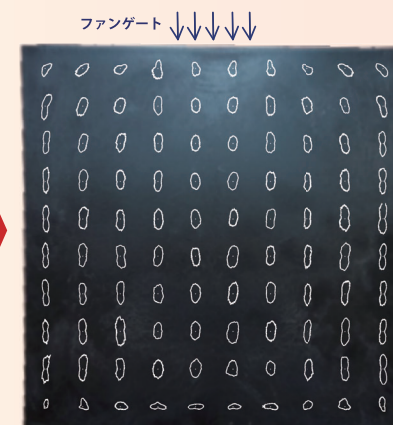


#### 試料内の繊維配向は?



詳細に測定...

#### ■ 試料内の繊維配向



- 軽量化
- 品質管理
- 熱対策

**配向同定技術の特長** 非破壊 / 迅速 / 定量性(配向、熱拡散率)

**何ができるの?** CFRTP 構造部品の配向がわかる!

**活躍が期待されるシーン** 電気自動車の開発現場や品質管理に  
樹脂繊維メーカーの開発現場に



私たちは、熱物性測定の商品向上を通して、  
企業の地球環境保護への取り組みを応援しています。



## 薄膜の熱物性測定

～ 数100nmオーダーの薄膜の熱物性測定 ～

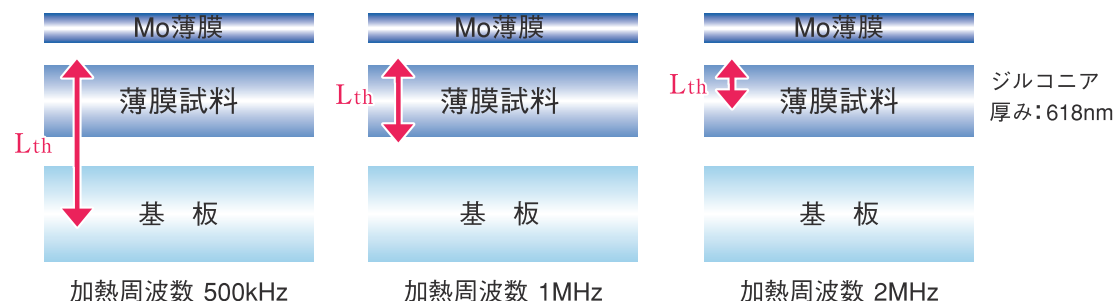
薄膜表面を周期加熱することにより生ずる温度波が、1周期の間に伝播する距離を熱拡散長 $L_{th}$ と呼び、次式で表されます。

$$L_{th} = \sqrt{\lambda / \pi f C} = 1 / \sqrt{\pi f \times b / C}$$

$\lambda$ は熱伝導率、 $b$ は熱浸透率、 $f$ は加熱周波数、 $C$ は単位体積あたりの熱容量

熱拡散長が膜厚よりも長ければ、1周期の間に熱は薄膜を通過してしまいます。

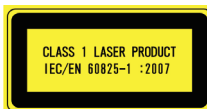
ジルコニアの場合1MHz以上の周波数において熱拡散長は618nm以下となりますので、高周波で変調加熱することで、サブマイクロメートルの薄膜熱浸透率測定が可能となります。



## Specifications

名称/商品名	熱物性顕微鏡/サーマルマイクロスコプ	
測定モード	熱物性分布測定(1次元・2次元・1点)	
測定項目	熱浸透率、(体積熱容量)、(熱伝導率)	
検出光スポット径	約3 $\mu$ m	
1点測定標準時間	10秒	
測定対象薄膜	厚さ 数百nm～数十 $\mu$ m	
繰り返し精度	バイレックス <sup>®</sup> 、シリコンの熱浸透率で $\pm 10\%$ 未満	
試料	試料ホルダサイズ 30mm×30mm 厚さ5mm以内	・試料表面の鏡面研磨が必要です。
	・板状試料 30mm×30mm以内 厚さ3mm以内	・試料表面にMo薄膜の成膜が必要です。
使用温度範囲	24 $^{\circ}$ C $\pm$ 1 $^{\circ}$ C(装置内蔵温度センサーによる)	
ステージ移動距離	X方向: 20mm Y方向: 20mm Z方向: 4mm	
加熱用レーザー	半導体レーザー 波長: 808nm	
検出用レーザー	半導体レーザー 波長: 633nm	
電源	AC100V-1.5kVA	
標準付属品	試料ホルダ、基準試料	
*オプション	光学定盤、空調器、空調用ブース、スバツタ装置	
本体	外形寸法: 730(W)×620(D)×560(H)mm	重量: 80.0kg
電源ボックス	外形寸法: 620(W)×480(D)×310(H)mm	重量: 26.4kg

■本パンフレット中に記載されている性能上の数値は、当社研究所におけるテスト結果であり、他の環境下で同様の結果となることを保証するものではありません。  
■性能および外観は、改善のため予告なく変更することがあります。



## 安全に関するご注意

■安全にお使いいただくため、ご使用前に取扱説明書をよくお読みの上、正しくお使いください。

## 行き届いたアフターフォローサービス 安心と充実の無料点検

■装置をお買い上げいただいた全体的なお客様を対象に、ご購入後より3ヶ月後/12か月後の点検を、無料でおこないます。

■当社の技術サポート員が、お客様のところへ直接お伺いします。

製品に関するお問い合わせ

**029-825-2620** 平日9～17時

<取扱店>

メールでのお問い合わせ

**info@btl-hrd.jp** 24時間受付

## 株式会社ベテル ハドソン研究所

〒300-0037 茨城県土浦市桜町4-3-18 土浦ブリックビル1階  
☎029-825-2620 FAX 029-307-8451

<HRD大阪ラボ>

〒564-0051 大阪府吹田市豊津町1-18 エクラート江坂ビル403号  
☎06-6155-5254 FAX 029-307-8451

わたしたちは、熱物性測定技術を通して、  
技術革新・未来創造に貢献したいと考えています。



光加熱式サーモリフレクタンス法 熱物性顕微鏡

## サーマルマイクロスコープ

Thermal Microscope

熱物性測定のベテル

検索

ナノ薄膜とミクロン領域を非接触で測定！  
複数試料を自動で1点10秒の連続測定

**TM3B**

オープン価格

# サーマルマイクロスコープTM3B

Thermal Microscope



## FEATURES

特長

- 数100nmオーダー薄膜の熱物性測定
- $\phi 3 \mu\text{m}$ 熱物性の分布測定
- レーザによる加熱と検出により非接触測定

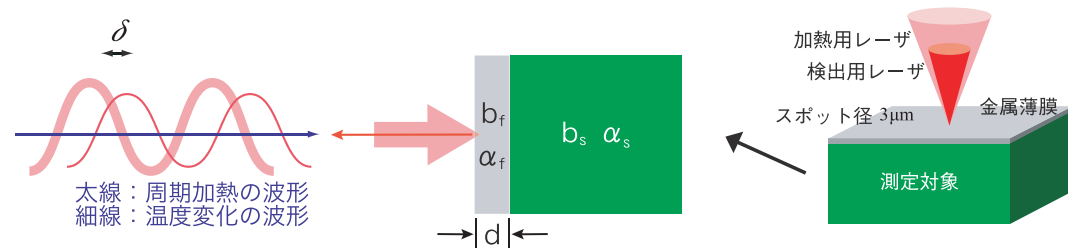
薄膜の熱物性および材料内の熱物性分布を評価することで、材料特性の大幅な向上が期待できます。  
薄膜の熱物性測定は、数100nmオーダー、熱物性分布測定は、マイクロメートルオーダーの測定が可能です。

## THEORY

測定原理

光加熱式サーモリフレクタンス法による熱浸透率測定

試料にMo薄膜を成膜し、加熱用レーザーで表面を周期的に加熱します。  
熱はMo薄膜から試料上に伝播し、試料表面の温度応答には位相遅れが生じます。  
この位相遅れは、試料の熱的特性により変化します。Moの反射率は、温度により変化する性質がありますので、加熱用レーザーと同軸に照射した検出用レーザーの強度変化をとらえることで、表面の相対的温度変化を測定します。  
この測定法により、高分解能の熱浸透率測定を可能にしました。(サーモリフレクタンス法)  
オプションのソフトにより、体積熱容量および熱伝導率算出が可能になります。



$$\delta = \arctan \left[ -\frac{1 + \sqrt{\frac{\omega \tau_s}{2}}}{\sqrt{\frac{\omega \tau_s}{2}}} \right] + \frac{3\pi}{4} \quad \tau_s = \frac{b_f^2 d^2}{b_s^2 \alpha_f} \quad b = \sqrt{C\lambda} \quad \lambda = \frac{b^2}{C} \quad b = C\sqrt{\alpha}$$

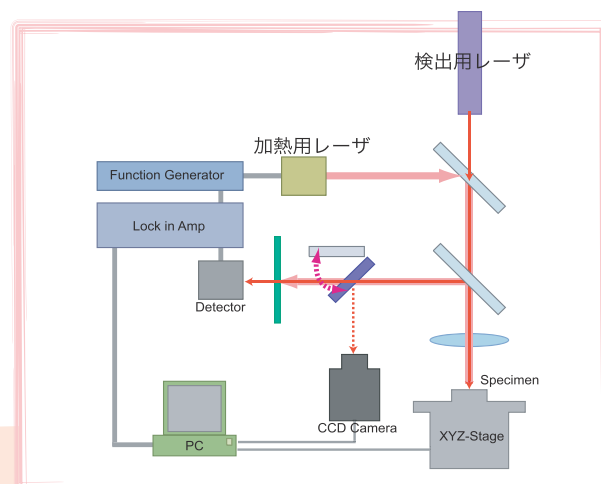
$$\omega = 2\pi f$$

$b$  = 熱浸透率  $\text{Js}^{-0.5}\text{m}^2\text{K}^{-1}$     $C$  = 単位体積あたり熱容量  $\text{Jm}^{-3}\text{K}^{-1}$     $\lambda$  = 熱伝導率  $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$     $\alpha$  = 熱拡散率  $\text{m}^2\text{s}^{-1}$

Ref: Thermoreflectance technique to measure thermal effusivity distribution with high spatial resolution  
K.Hatori, N.Taketoshi, T.Baba, H.Ohta,  
Rev. Sci. Instrum. 76, 114901 (2005)

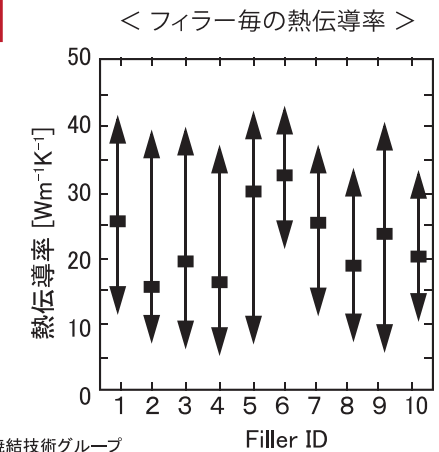
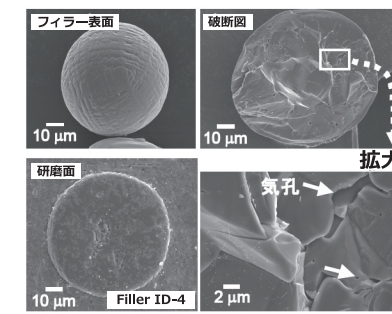
## CONFIGURATION

装置構成



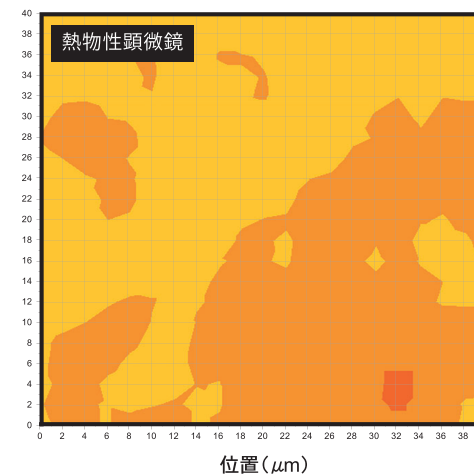
薄膜と微小領域の熱浸透率の測定に最適です。非接触かつ高分解能での測定が可能です。

### 【事例1】 アルミナファイラー



試料提供:  
産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門 先進焼結技術グループ

### 【事例3】 SiC (単結晶・多結晶)



SiC 試料	熱伝導率 ※ [Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]	熱浸透率 [Js <sup>-0.5</sup> m <sup>2</sup> K <sup>-1</sup> ]
4H-C SiC 単結晶	440	30400
6H-C SiC 単結晶	366	28100
SiC 多結晶	274	24200

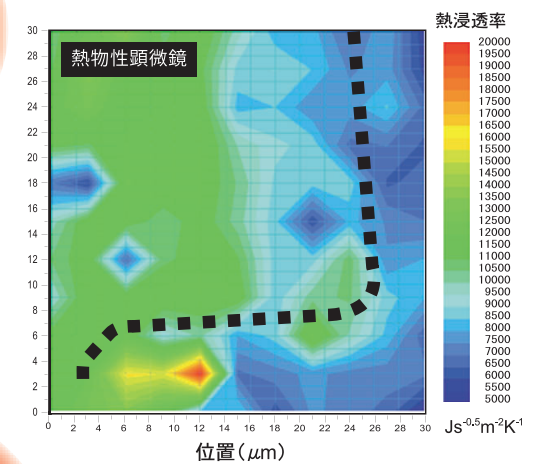
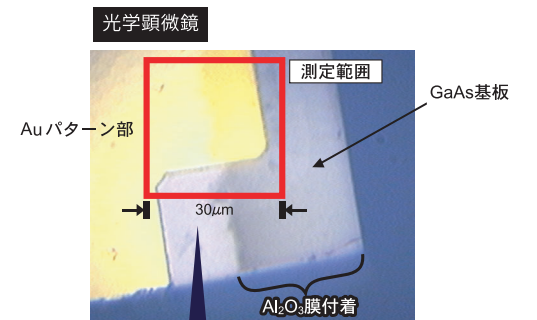
※  $C = 2.1 \times 10^6 [\text{Jm}^{-3}\text{K}^{-1}]$  として計算した値

微小領域

分布測定

薄膜測定も可能!

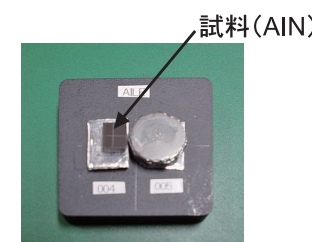
### 【事例2】 半導体レーザの電極部



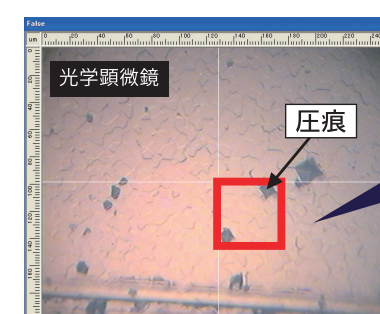
## APPLICATION

測定事例

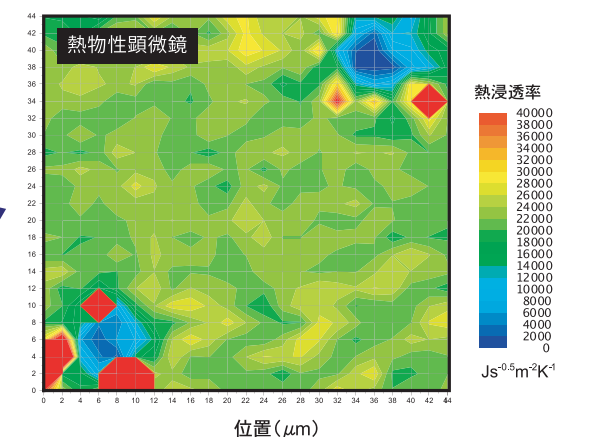
### 【事例4】 セラミックス (AlN)



試料提供:  
産業技術総合研究所  
先進製造プロセス研究部門  
先進焼結技術グループ



※ Mo成膜後





## 予告!

“定常法”を用いた熱伝導率測定装置

来年度の装置発売に先がけ、受託測定サービスが2019年11月より先行スタート!

# 定常熱伝導率測定装置 SS-H40

## Steady-state thermal conductivity measuring device

### 熱物性測定のパネルが手がけた、多機能・高性能な“定常法”熱伝導率測定装置

熱伝導率の測定方法は、大きく“定常法”と“非定常法”に分類されます。

“定常法”は、測定試料に定常的な温度勾配を与えて熱伝導率を測定します。直接“熱伝導率”を求めることが出来る、熱伝導率の低い試料でも測定できる等の特長があります。

対して“非定常法”は、測定試料に過渡的な温度変化を与え、試料の温度応答から熱伝導率を求めます。短時間での測定が

可能、小さな試料でも測定ができる等の特長があります。

当社ではこれまで“非定常法”装置のラインナップを展開してまいりましたが、お客様のご要望に幅広くお応えするため、新たに“定常法”熱伝導率測定装置をリリースする事となりました。

従来の“定常法”熱伝導率測定装置を超える、多機能で高性能な装置（測定）をご提供いたします。

#### 測定対象例

TIM (Thermal Interface Material)、  
プリント基板、封止樹脂、  
断熱材、ゴム、(接着剤)、  
(グリース)、その他

ASTME1530 準拠予定  
ASTMD5470 と同等の性能



#### 高速な測定

従来数時間かかっていた測定が、  
1測定 10～20分に!  
試料設置も置くだけ簡単。



#### 選べる測定モード

“荷重一定モード”と“厚さ一定モード”の  
2パターンの測定モードをご用意。  
TIM等の柔らかい材料に適用可能。



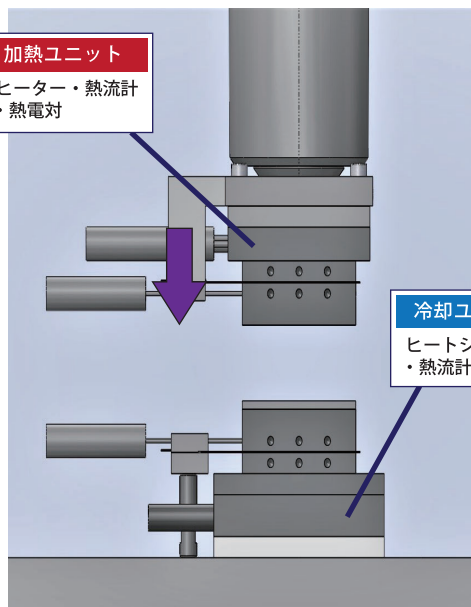
#### 温調測定

温度調節機能あり。  
加熱部の変温範囲は20～150℃。

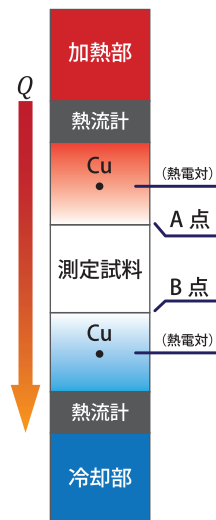
#### 定常法とは

試料に定常的な温度勾配を与え熱伝導率を測定する方法。

試料の片側を高温に、反対側を低温にし、温度測定を実施することで熱伝導率を算出。



#### <測定原理>



熱伝導率を求める式

$$\lambda = \frac{dQ}{dt} \frac{L}{S(T_A - T_B)}$$

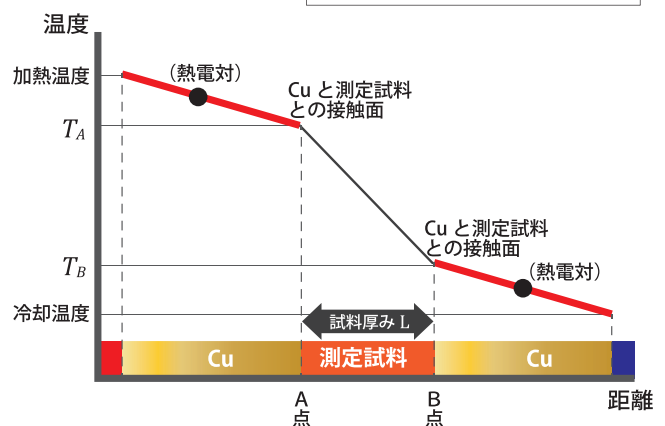
$\lambda$  : 熱伝導率 [W/mK]

$\frac{dQ}{dt}$  : 単位時間に移動する熱量 [W]  
(伝熱量ともいう)

$S$  : 測定試料と加熱部の接触面積 [m<sup>2</sup>]

$L$  : 測定試料の厚み [m]

$T_A, T_B$  : A点、B点での温度 [K]



■ 参考仕様 ※お客様のご要望により、カスタマイズが可能です。 ※下記仕様は、改善のため予告なく変更することがあります。

測定方向	厚さ方向	温度雰囲気	大気中
測定物性	熱伝導率 0.05～40 [W/mK]	荷重範囲	200～1600 [N]
測定精度	±10 [%]	荷重分解能	0.01 [N]
試料	サイズ	□ 40 [mm]	出力データ
	厚さ	0.1～20 [mm]	
ヒーターブロック温度範囲	20～150 [℃]		熱伝導率、各測温点温度、熱流束、荷重、熱抵抗 ファイル形式: CSV ファイル (カンマ区切り)