KEM

Thermophysical Properties Analyzer

ホットディスク法熱物性測定装置
TPS-1500 / 2500

京都電子工業株式会社

TPS-1500/2500
Thermophysical Properties Analyzer

熱伝導率 熱拡散率 熱容量 を迅速測定！

TPS-1500 および TPS-2500 ホットディスク法熱物性測定装置は、固体または液体の熱伝導率および熱拡散率を直接測定し、これらの測定値から体積当たりの熱容量を測定できます。熱伝導率および熱拡散率の測定は、新素材の研究や開発、各種材料の応用や用途開発、製品の性能評価や品質管理などに広く用いられています。
この装置は、オプションのソフトウェアを用いることにより、フィルム状の薄膜材料、異方性のある材料、高熱伝導率の薄板材料および比熱容量の測定ができます。

特 徴

1) 高熱伝導率の測定
今まで高価なレーザーフラッシュ法でしか測定できなかった金属、合金、セラミックス等の高熱伝導率材料の熱伝導率を簡便に測定できます。

2) 熱拡散率の測定
熱伝導率と同時に熱物性値の1つである熱拡散率を測定し、さらに単位体積当りの熱容量を算出することができます。

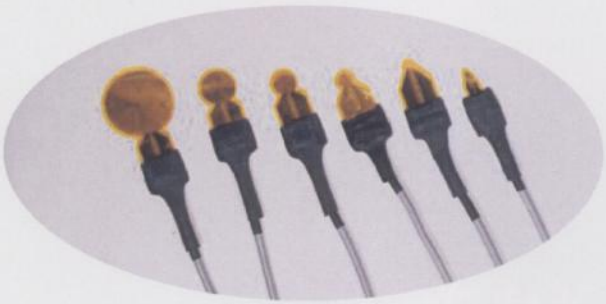
3) 絶対値測定
厳密な非定常面熱源法の理論に基づき、熱伝導率と熱拡散率の絶対値を測定します。

4) 高精度
測定の再現性は熱伝導率±2%
熱拡散率±5%

5) ワイドな測定レンジ
各種サイズのセンサを用いることにより熱伝導率は断熱材(0.01W/mk)から金属(400W/mk)まで測定できます。

6) ワイドな測定温度域
豊富なセンサ群により種々の温度域での測定ができます。

7) 豊富なオプションのソフトウエア
TPA-THIN うす膜測定、 TPA-ANIO 異方性熱物性試料測定、TPA-SLAB 高熱伝導率薄板状試料測定およびTPA-CP 比熱容量測定などのソフトウエアがあります。



▲豊富なセンサ群

用途例

●均質な固体（試料は2個必要）、液体、粉体
●金属、合金、ファインセラミックス、耐火物、プラスッチック等
●工業用、建材等の幅広い材料

上記した材料の熱伝導率（W/mK）、熱拡散率（m^2/s）、単位体積あたりの熱容量（J/m^3K）などを測定または算出します。

ステンレス・スチール試料の測定結果

回　数	熱伝導率λ (W/mK)	熱拡散率α (mm^2/s)
1	13.94	3.67
2	13.89	3.64
3	13.93	3.61
4	13.88	3.75
5	13.96	3.63
平　均	13.92	3.66
標準偏差	0.03	0.06
変動係数	0.2%	1.5%

アルミニウムのテスト試料の測定結果

回　数	熱伝導率λ (W/mK)	熱拡散率α (mm^2/s)
1	159.1	63.8
2	154.6	67.2
3	154.8	70.5
4	158.0	66.1
5	160.2	60.6
平　均	157.3	65.6
標準偏差	2.5	3.7
変動係数	1.6%	5.7%

TPS-1500/2500熱物性測定装置は、スウェーデンのチャルマース 工科大学のDr.Gustafssonによる15年間の研究成果を取り入れ、同国の熱物性値測定分野を専門にするHot Disk社で商品化された製品です。

ホットディスク法の理論的な解析、基本特性については、開発者のグスタフソン博士（S.E Gustafsson）らが、次の報文にまとめています。

1) Gustafsson S.E.,(1991) "Transient plane source techniques for thermal conductivity and thermal diffusivity measurements of solid materials" Rev.Sci.Instrum.**62**(3),797-804

2) Log T., and Gustafsson S.E.,(1995) "Transient plane source (TPS) technique for measuring thermal transport properties of building materials" Fire and Materials,**19**,43-49

3) Gustavsson M., Karawacki E., and Gustafsson S.E.,(1994) "Thermal conductivity, thermal diffusivity, and specifuc heat of thin samples from transient measurements with hot disk sensors" Rev. Sci.Insrum.**65**(12),3856-3859

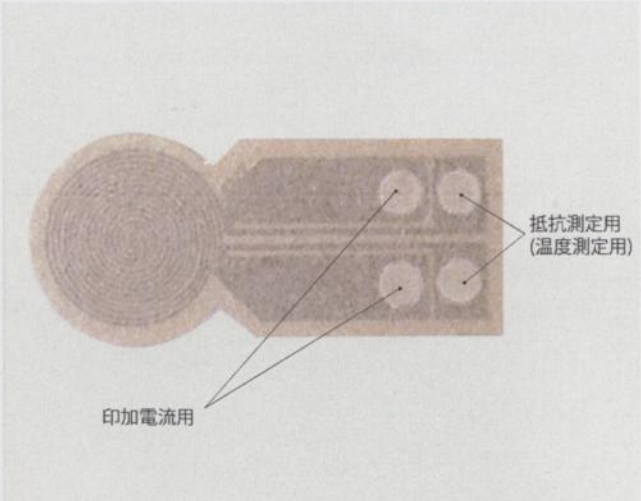
4) Gustavsson J.S., Gustavsson M., Gustafsson S.E.,(1997) "On the use of the Hot Disk Thermal Constants Analyser for measuring the thermal conductivity of thin samples of electrically insulating materials." (Presented at 24th International Thermal Conductivity conference in Pittsburgh)

測定例

No	試料			使用センサ	条件			結果		
	名前	サイズ (mm²)	厚さ (mm)		締付け kgfcm	Power (W)	Time (sec)	λ (W/mK)	α (mm²)	ρCp (Mj/m³K)
1	シリコンゴム	70×60	20	φ13	2.0	0.150	320	0.240	0.160	1.50
2	石英ガラス	150×60	20	φ13	4.0	0.6870	80	1.320	0.914	1.44
3	ジルコニア	150×60	20	φ13	5.0	1.1296	40	2.989	1.195	2.50
4	SUS304	150×120	70	φ13	5.0	2.2429	10	14.72	4.46	3.30
5	6-4黄銅	150×120	60	φ30	5.0	8.2172	10	124.3	46.04	2.70

センサ構造

センサはニッケルの2重スパイラル構造になっています。ここで、ニッケルを使用しているのは温度変化に対する抵抗変化(TCR)が大きいからです。 すなわち感度が一番いいからです。センサに4つの電極があり、そのうち2つは印加電流を通電するためのものであり、他の2つの電極はスパイラル両端の抵抗を測定するものです。



ホットディスク法の測定原理

ホットディスク法（非定常面熱源法）により試料の熱物性値（熱伝導率λ、熱拡散率α、体積当りの熱容量ρCp）を測定する方法は、Fig.1の様にセンサを2個の試料で挟み込みセンサに定電流を流し、一定発熱させて、センサの温度上昇から熱特性を解析します。

センサは、ニッケルが2重スパイラル構造になっていて、温度変化をセンサの電気抵抗変化として捉えることができます。センサに定電流を印加した時に得られるセンサからの信号は、Fig.2の様になります。

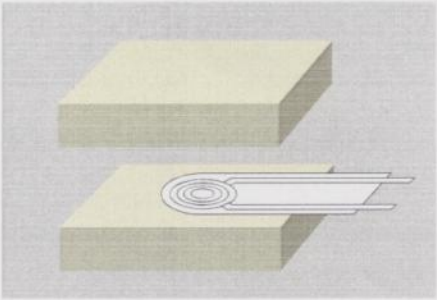


Fig.1　ホットディスク法による試料のセットアップ

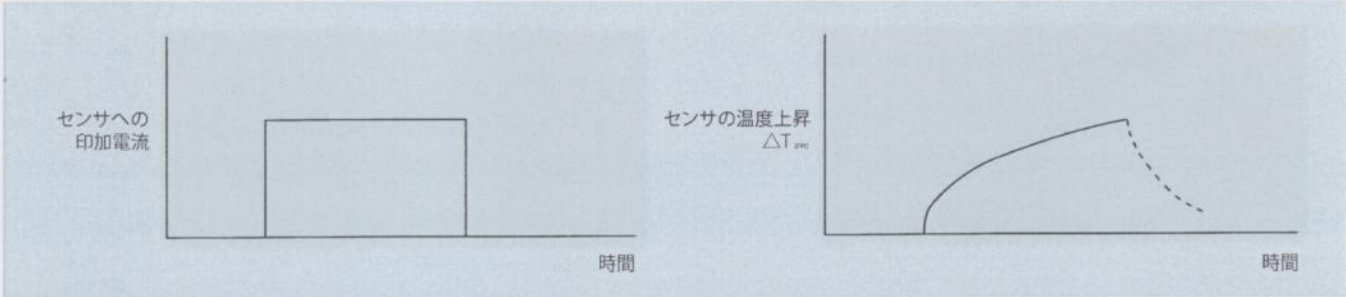


Fig.2　印加電流とセンサ信号の時間変化

センサの温度上昇$\triangle T_{ave}$は、理論的に次式のように表わされます。

$$\triangle T_{ave}(\tau) = \frac{P_o}{\pi^{\frac{3}{2}}\, r\lambda} \cdot D(\tau) \quad \cdots \quad (1)$$

ここで、Po：センサに加えられる一定電力〔W〕
r　：センサの半径　〔m〕
λ　：試料の熱伝導率〔W/mK〕
τ　：$\sqrt{\alpha \cdot t / r^2}$で定義される無次元パラメータ
α　：試料の熱拡散率〔m^2/s〕
t　：測定時間　〔sec〕
D(τ)：無次元化されたτの関数

Fig.2の昇温グラフの横軸（時間と試料の熱拡散率αの関数）のスケールをD(τ)にすると、Fig.3の様になります。

この直線の勾配が試料の熱伝導率λに反比例することが式(1)より分かります。このようにして、試料のαとλを求めることができます。

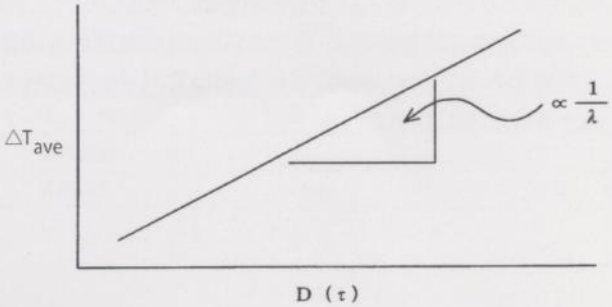
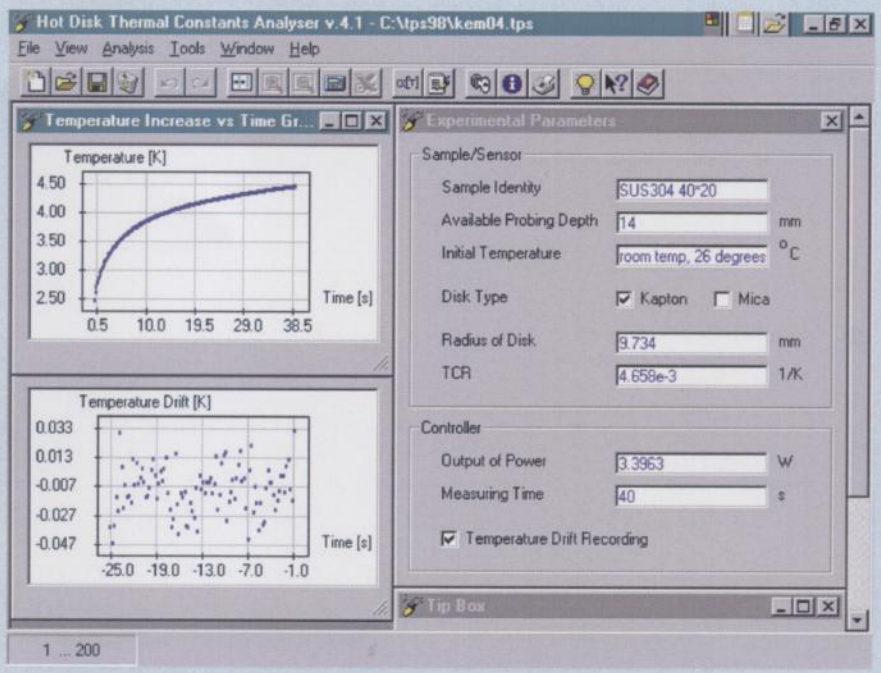


Fig.3　昇温カーブとD(τ)の関係

熱物性測定装置のモニタ画面例

測定により得られた
昇温データ

測定前の温度
ドリフトの様子

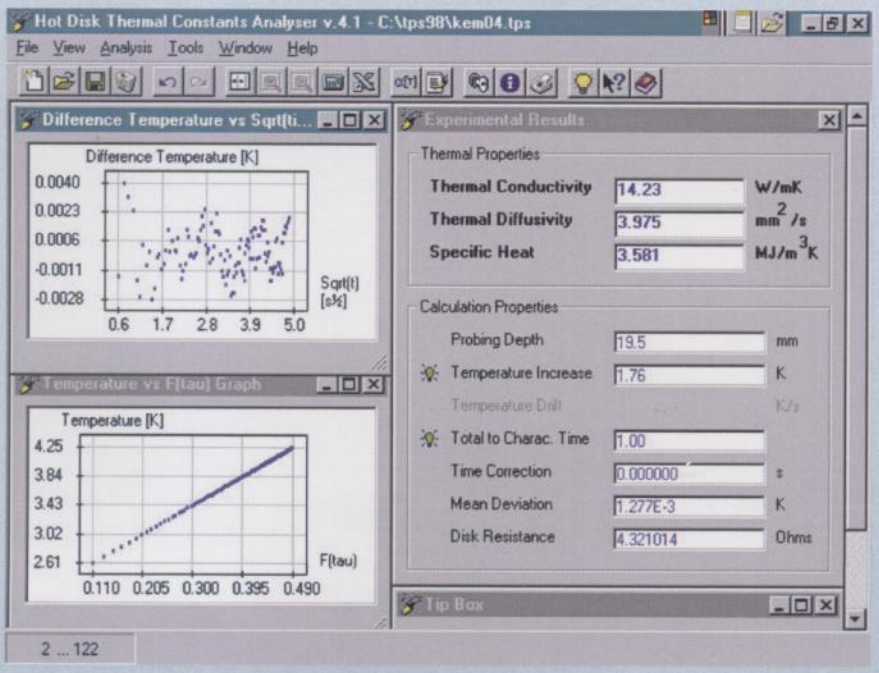


試料名、センサの
情報等を入力する

印加電流と
測定時間の設定

理論直線からの
温度偏差を示す
グラフ

データ解析により
得られる直線



熱伝導率、熱拡散率、
体積当りの熱容量の
測定結果

各解析
パラメータの値

TPS-1500/2500
Thermophysical Properties Analyzer

各部の名称

標準構成

No	品　名	数 量	備　考
1	TPS-1500/2500 本体		
2	パソコン（インストール済）	1台	
3	標準試料ホルダおよび保護カバー	1式	
4	USB ケーブル	1本	
5	基本ソフトウェア	1個	
6	標準センサ	1本	RTK タイプでφ1 以外のセンサ選択
7	SUS 標準試料	1式	
8	取扱説明書	1部	原文（英語）、日本語訳

▲標準の試料ホルダに試料とセンサをセット

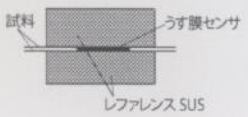
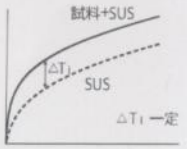
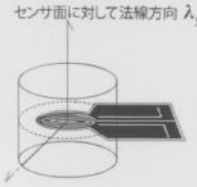
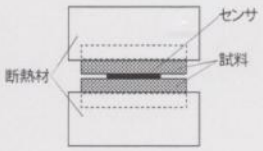
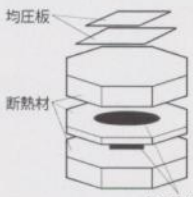
基本仕様

形式名称	ホットディスク法熱物性測定装置	
	TPS-1500 形	TPS-2500 形
測定方式	非定常面熱源法を応用したホットディスク法	
測定対象物	・均質な固体（試料は2個必要）、液体、粉体 ・金属、合金、ファインセラミックス、耐火物、プラスチックス等 ・工業用、建材等の幅広い材料	
測定範囲（注1） 熱伝導率 (TC) 熱拡散率 (TD) 熱容量 (CP)	 0.01 ～ 400 W/m K 0.1 ～ 100mm^2/s 最大 5MJ/m^{3}K	 0.005 ～ 500 W/mK 0.1 ～ 100mm^2/s 最大 5MJ/m^{3}K
測定温度範囲（注2）	ポリイミド絶縁体仕様;−260～230℃ マイカ絶縁体使用;230～730℃ 低温槽、高温炉は別途必要です。温度域によってセンサ種類が変わります。	
測定の再現性	1)熱伝導率（W/mK）；±2% 2)熱拡散率（mm^2/s）；±5% 3) 単位体積あたりの熱容量（J/m^{3}K）；±7%（算出精度） 4)試料の比熱容量（J/m^{3}K）；±3%（オプション:専用測定ソフトが必要）	
表示機能	CRTあるいはLCDによる表示 熱伝導率：xxx.xxx W/mK 熱拡散率：xxx.xxx mm^2/s 単位体積当りの熱容量：x.xxx MJ/m^{3}K 試料温度：測定機能を設けていませんので別途準備して下さい。	

	TPS-1500 形	TPS-2500 形
測定時間	試料温度安定後　20秒～640秒	試料温度安定後　2.5秒～640秒
センサ仕様	1)直径：φ14, 20, 30, 60（φ1はポリイミド被覆のみ） 2)絶縁フィルムの材質：ポリイミド、マイカ 3)厚さ ポリイミド被覆仕様：0.06mm マイカ被覆仕様：0.21mm	1)直径：φ1, 7, 13, 14, 20, 30, 60（φ1はポリイミド被覆のみ） 2)絶縁フィルムの材質：ポリイミド、マイカ 3)厚さ ポリイミド被覆仕様：0.06mm マイカ被覆仕様：0.21mm
試料サイズ	1) 試料サイズはセンサ直径Dの3倍（φ3D）以上の広さと、直径以上の厚み（D）が必要です。ただし、標準試料ホルダに試料をセットするには試料サイズは70mm×70mm、厚さ40mm以内となります。 2) 厚さが0.5mm以下の試料の場合は、うす膜測定ソフトが必要（オプション）。 3) 厚さが0.1mm～5mmの高熱伝導率試料測定は、専用の測定ソフトが必要（オプション）。	
使用環境	1) 温度；15～40℃ 2) 湿度；85%RH以下（但し結露しない事）	
電源	AC100V　50/60Hz	
消費電力	400W（ディスクトップパソコン使用の場合）	

（注1）センサの種類・仕様を参照して下さい。
（注2）数値はセンサ単体の耐熱温度です。
炉、槽内の大きさは、170×170×170mm^{3}以上のものを準備して下さい。
また、測定中の温度安定性は±0.3℃以内が必要です。

オプションのソフトウェア仕様

	うす膜測定ソフト TPA-THIN (TPS-2500)	異方性熱物性試料測定ソフト TPA-ANIO (TPS-1500) (TPS-2500)	高熱伝導率薄板状試料測定ソフト TPA-SLAB (TPS-2500)	比熱容量測定ソフト TPA-CP (TPS-1500) (TPS-2500)
構成	専用ソフトウエア　1式 ステンレススチールブロック　2個 （10mm×26mm×28mm） うす膜測定専用センサ　1個 取扱説明書　1部	専用ソフトウエア　1式 取扱説明書　1部	専用ソフトウエア　1式 取扱説明書　1部	専用ソフトウエア　1式 試料カップ付き専用センサ　1個 専用CPセル　1式 取扱説明書　1部
測定項目	熱伝導率　λ	センサ面に並行方向の熱伝導率 λ1と熱拡散率α1 センサ面の法線方向の熱伝導率 λ2と熱拡散率α2	熱伝導率　λ 熱拡散率　α	比熱容量Cp
測定範囲	λ：0.01～約5W/mK	λ：0.01～400W/mK α：0.01～100mm^2/s	λ：10～100W/mK α：3～100mm^2/s	
試料サイズ	平面：30×30mm^2～70×70mm^2 厚さ：10μm～500μm	センサ面であるλの大きい方向で 30×30mm^2～70×70mm^2 厚さ：10mm～40mm	平面：30×30mm^2～70×70mm^2 厚さ：100μm～5mm	最大直径：15mm 最大厚さ：3mm
測定再現性	λ：±2%	$\sqrt{(\lambda1\times\lambda2)}$：±2% α1：±5%	λ：±2% α：±5%	Cp：±3%
測定温度域	室温～	室温	室温	室温
使用センサ種	うす膜測定専用センサ	RTK	RTK、HTK、LTK	試料カップ付き専用センサ
試料ホルダ	標準試料ホルダを使用	標準試料ホルダを使用	標準試料ホルダを使用	標準試料ホルダと専用CPセルを使用
備考	  $Q = qA = \frac{\Delta T_i}{\delta}\lambda A$ —— 加熱面積 試料厚さ　試料の熱伝導率	センサ面に対して法線方向 λ_y . α_y  センサ面に対して平行方向 λ_x . α_x ρC_p ・・・既知 $\lambda_m = \sqrt{\lambda_x \lambda_y}$　(1) $\lambda_x \gg \lambda_y$とすると、$\alpha_m = \alpha_x$と仮定できる $\rho C_p = \frac{\lambda_x}{\alpha_x} = \frac{\lambda_y}{\alpha_y}$　(2) ρC_p . λ_m . α_mからα_x . λ_x . α_y . λ_yを求める	 上下面を断熱材で絶縁している 熱は主として、平面方面に伝播する 測定条件 $0.03125 < h/a < 0.79836$ 試料厚さ　使用センサの半径	 センサ付試料ホルダ（試料を入れる） ホルダのみ $P_b = \{(mc_p)_b + Q\} \times \left(\frac{\Delta T}{\Delta t}\right)$ ホルダ+試料 $P_{(s+h)} = \{(mc_p)_b + (mc_p)_s + Q'\} \times \left(\frac{\Delta T}{\Delta t}\right)'$ ホルダの熱容量は既知で熱損失が等しいと仮定すると $Q = Q'$ $(mc_p)_s = \frac{P_{(h+s)}}{\left(\frac{\Delta T}{\Delta t}\right)'} - \frac{P_h}{\left(\frac{\Delta T}{\Delta t}\right)}$

TPS-1500/2500
Thermophysical Properties Analyzer

センサの種類・仕様

センサ種：RTK（ポリイミド −50℃〜+50℃）
ケーブル長：1m

呼び径（mm）	φ1	φ7	φ13	φ14	φ20	φ30	φ60
試料サイズ（mm²以上）	3×3	20×20	40×40	40×40	60×60	90×90	180×180
厚み（mm以上）	1.0	6.0	12	13	20	30	60
測定熱伝導率λ測定範囲（W/mK）	1〜20	0.1〜20	0.1〜100	0.1〜100	0.01〜100	0.01〜400	0.01〜
λ測定の再現性	±5%	±2%	±2%	±2%	±2%	±2%	±2%
熱拡散率α測定範囲（mm²/sec）	—	0.02〜1	0.07〜10	0.02〜1	0.2〜30	0.4〜60	2〜100
α測定の再現性	—	±5%	±5%	±5%	±5%	±5%	±5%

センサ種：HTK（ポリイミド +50℃〜230℃）
リード長：2m（別途必要です）

呼び径（mm）	φ1	φ7	φ13	φ14	φ20	φ30	φ60
試料サイズ（mm²以上）	3×3	20×20	40×40	40×40	60×60	90×90	180×180
厚み（mm以上）	1.0	6.0	12	13	20	30	60
測定熱伝導率λ測定範囲（W/mK）	1〜20	0.1〜20	0.1〜100	0.1〜100	0.01〜100	0.01〜400	0.01〜
λ測定の再現性	±2%	±2%	±2%	±2%	±2%	±2%	±2%
熱拡散率α測定範囲（mm²/sec）	—	0.02〜1	0.07〜10	0.02〜1	0.2〜30	0.4〜60	2〜100
α測定の再現性	—	±5%	±5%	±5%	±5%	±5%	±5%

センサ種：LTK（ポリイミド−260℃〜+50℃）
リード長：2m（別途必要です）

呼び径（mm）	φ7
試料サイズ（mm²以上）	14×14
厚み（mm以上）	6
測定熱伝導率λ測定範囲（W/mK）	0.1〜20
λ測定の再現性	±2%
熱拡散率α測定範囲（mm²/sec）	0.02〜1
α測定の再現性	±5%

センサ種：HTM（マイカ 230℃〜730℃）
リード長：2m（別途必要です）

呼び径（mm）	φ7	φ13	φ14	φ20	φ30	φ60
試料サイズ（mm²以上）	14×14	25×25	27×27	40×40	60×60	120×120
厚み（mm以上）	6	12	13	20	30	60
測定熱伝導率λ測定範囲（W/mK）	0.1〜20	0.1〜100	0.1〜100	0.01〜100	0.01〜400	0.01〜
λ測定の再現性	±2%	±2%	±2%	±2%	±2%	±2%
熱拡散率α測定範囲（mm²/sec）	0.02〜1	0.07〜10	0.07〜10	0.2〜30	0.4〜60	2〜100
α測定の再現性	±5%	±5%	±5%	±5%	±5%	±5%

▲石英ガラスの熱伝導率と熱拡散率を測定

KEM 京都電子工業株式会社

http://www.kyoto-kem.com

東京営業所 〒102-0074 東京都千代田区九段南4-8-21 TEL: 03-3239-7332 FAX: 03-3237-0537
大阪営業所 〒540-0031 大阪市中央区北浜東1-8 TEL: 06-6942-7373 FAX: 06-6942-9898
福岡営業所 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東1-11-5 TEL: 092-473-4001 FAX: 092-473-4003
北九州営業所 〒804-0003 北九州市戸畑区中原新町1-2 TEL: 093-861-2525 FAX: 093-861-2250
本社・工場 〒601-8317 京都市南区吉祥院新田二の段町68 TEL: 075-691-4121 FAX: 075-691-4127
第二工場 〒601-8317 京都市南区吉祥院新田二の段町56-2 TEL: 075-691-4122 FAX: 075-691-9961
九州研究所 〒804-0003 北九州市戸畑区中原新町1-2 TEL: 093-861-2131 FAX: 093-873-1790

◆修理・点検のお問い合わせは・・・

東日本カスタマーサポート（東日本CS）
東京CS TEL: 03-3239-7335 FAX: 03-3237-0537

西日本カスタマーサポート（西日本CS）
本社CS TEL: 075-691-4125 FAX: 075-691-9536
大阪CS TEL: 06-6942-7474 FAX: 06-6942-9898
福岡CS TEL: 092-473-4001 FAX: 092-473-4003
北九州CS TEL: 093-861-2990 FAX: 093-861-2250

製造元 Hot Disk AB

KYOTO ELECTRONICS MANUFACTURING CO LTD

安全にお使いいただくために
ご使用の前に取扱説明書を良くお読みにの上、正しくお使いください。表示された正しい電源・電圧でお使いください。

●製品の定格及びデザインは改善のため予告なく変更することがあります。