

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2010年9月16日(16.09.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/103784 A1

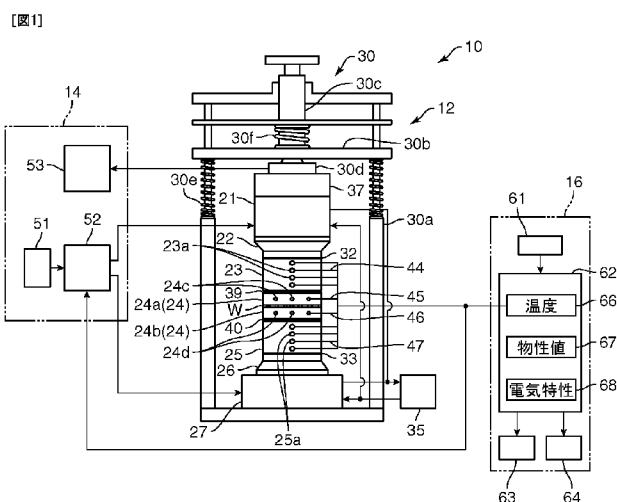
- (51) 国際特許分類:
G01N 25/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/001610
- (22) 国際出願日: 2010年3月8日(08.03.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-058570 2009年3月11日(11.03.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 学校法人常翔学園(JOSHO GAKUEN EDUCATIONAL FOUNDATION) [JP/JP]; 〒5358585 大阪府大阪市旭区大宮五丁目1番1号 Osaka (JP). エスペック株式会社(ESPEC CORP.) [JP/JP]; 〒5308550 大阪府大阪市北区天神橋3丁目5番6号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 大串哲朗(OGUSHI, Tetsuro) [JP/JP]; 〒7370112 広島県呉市広古新開5丁目1番1号広島国際大学 Hiroshima (JP). 中川泰利(NAKAGAWA, Yasutoshi) [JP/JP]; 〒5308550 大阪府大阪市北区天神橋3丁目

- 5番6号エスペック株式会社内 Osaka (JP). 平田拓哉(HIRATA, Takuya) [JP/JP]; 〒5308550 大阪府大阪市北区天神橋3丁目5番6号エスペック株式会社内 Osaka (JP). 田中浩和(TANAKA, Hirokazu) [JP/JP]; 〒5308550 大阪府大阪市北区天神橋3丁目5番6号エスペック株式会社内 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 小谷悦司, 外(KOTANI, Etsuji et al.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島2丁目2番2号大阪中之島ビル2階 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ,

[続葉有]

(54) Title: HEAT CONDUCTION MEASURING DEVICE AND HEAT CONDUCTION MEASURING METHOD

(54) 発明の名称: 熱伝導測定装置及び熱伝導測定方法



66 TEMPERATURE
67 PHYSICAL PROPERTY VALUE
68 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(57) Abstract: A heat conduction measuring device (10) having an upper rod (23) connected thermally with a heating source, a lower rod (25) connected thermally with a cooling source, a sample block (24a) coupled thermally with the upper rod (23), and a sample block (24b) coupled thermally with the lower rod (25), is further provided with a cartridge (24) which sandwiches a sample (W) between the sample blocks (24a, 24b), temperature sensors (45, 46) which measure the temperature of the sample blocks (24a, 24b), a temperature operating unit (66) which derives the temperature gradient of the upper rod (23) and the temperature gradient of the lower rod (25) and derives the temperature difference between the sample blocks (24a, 24b) from the temperature measured in the temperature sensors (45, 46), and a physical property value deriving unit (67) which derives the physical property value related to heat conduction of the sample (W) based on the results of the operation by the temperature operating unit (66).

(57) 要約: 熱伝導測定装置10は、加熱源に熱的に接続される上部ロッド23と、冷却源に熱的に接続される下部ロッド25と、上部ロッド23と熱的に結合される試料ブロック24aと、下部ロッド25と熱的に結合される試料ブロック24bとを有し、これら試料ブロック24a, 24b間に試料Wを挟み込

むカートリッジ24と、試料ブロック24a, 24bの温度を測定する温度センサ45, 46と、上部ロッド23の温度勾配、下部ロッド25の温度勾配を導出するとともに、温度センサ45, 46において測定した温度から試料ブロック24a, 24b間の温度差を導出する温度演算部66と、温度演算部66による演算結果に基づいて、試料Wの熱伝導に関する物性値を導出する物性値導出部67と、備えている。

WO 2010/103784 A1

NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL,
NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ,

CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,
TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：熱伝導測定装置及び熱伝導測定方法

技術分野

[0001] 本発明は、熱伝導測定装置及び熱伝導測定方法に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、定常法により樹脂材等の測定対象物の熱伝導に関する物性値を測定する装置として、下記特許文献 1 に開示されているように、熱抵抗測定装置が知られている。この特許文献に開示された測定装置では、測定対象物を一対の部材（挟持部材）で挟んで層状の構造体とし、この層状構造体を上部ロッドと下部ロッドとの間に挟み込む構成となっている。上部ロッドは、熱源に接続されるとともに、長手方向の複数個所で温度を測定することができるように構成されている。また下部ロッドは、冷却装置に接続されるとともに、長手方向の複数個所で温度を測定することができるように構成されている。

[0003] この測定装置では、上部ロッド及び下部ロッドによって層状構造体に荷重を加えた状態で熱を流し、上部ロッド及び下部ロッドの複数個所で温度を測定することにより、層状構造体の熱抵抗を測定する。そして、予備試験として、挟持部材のそれぞれについての熱抵抗を予め測定するとともに、この挟持部材と上部ロッド又は下部ロッドとの界面での熱抵抗を測定する。この予備試験によって得られた熱抵抗を層状構造体の熱抵抗から差し引くことにより、挟持部材と測定対象物との界面の熱抵抗を含む樹脂材の熱抵抗を測定することができる。

[0004] また、特許文献 1 には、上部ロッド、層状構造体及び下部ロッドの全体を断熱材で覆ったり、恒温炉内に設置することにより、周囲への熱の放出を防止することが開示されている。

[0005] 前述したように、前記特許文献 1 に開示された熱抵抗測定装置によって測定対象物の熱抵抗を求めるには、挟持部材自体の熱抵抗、挟持部材と上部ロ

ッド又は下部ロッドとの界面での熱抵抗を予め測定する予備試験が必要である。このため、測定作業が煩雑なものとなるばかりでなく、測定時間も長時間化してしまう。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特許第3858660号公報

発明の概要

[0007] 本発明の目的は、測定対象物の熱伝導に関する物性値の測定の簡便化を図ることである。

[0008] 本発明の一局面に従う熱伝導測定装置は、一方向熱流定常比較法による測定に用いられる熱伝導測定装置であって、加熱源に熱的に接続される加熱側部材と、冷却源に熱的に接続される冷却側部材と、前記加熱側部材と熱的に結合される加熱側挟持部と、前記冷却側部材と熱的に結合される冷却側挟持部とを有し、前記加熱側挟持部と前記冷却側挟持部との間に測定対象物を挟み込む挟持部と、前記加熱側挟持部の温度と前記冷却側挟持部の温度とを測定する挟持部温度測定部と、前記加熱側部材の温度勾配及び前記冷却側部材の温度勾配を導出するとともに、前記挟持部温度測定部において測定した温度から前記加熱側挟持部と前記冷却側挟持部との温度差を導出する温度演算部と、前記温度演算部による演算結果に基づいて、前記測定対象物の熱伝導に関する物性値を導出する物性値導出部と、を備えている。

[0009] 本発明の他の一局面に従う熱伝導測定方法は、測定対象物の熱伝導に関する物性値を測定する方法であって、測定対象物を、加熱側挟持部と冷却側挟持部とを有する挟持部によって挟持し、加熱源に熱的に接続された加熱側部材によって前記加熱側挟持部を加熱するとともに、冷却源に熱的に接続された冷却側部材によって前記冷却側挟持部を冷却し、前記加熱側部材の温度、前記冷却側部材の温度、前記加熱側挟持部の温度及び前記冷却側挟持部の温度を測定し、前記測定した値から、前記加熱側部材の温度勾配及び前記冷却側部材の温度勾配を導出するとともに、前記加熱側挟持部と前記冷却側挟持

部との温度差を導出し、前記導出の結果に基づいて、測定対象物の熱伝導に関する物性値を導出する熱伝導測定方法である。

[0010] 本発明の他の一局面に従う熱伝導測定方法は、測定対象物の熱伝導に関する物性値を測定する方法であって、測定対象物を、加熱側挟持部と冷却側挟持部とを有する挟持部によって挟持し、加熱源に熱的に接続された加熱側部材によって前記加熱側挟持部を加熱するとともに、冷却源に熱的に接続された冷却側部材によって前記冷却側挟持部を冷却し、前記加熱側部材の温度勾配から前記加熱側部材を通る第1熱流を導出し、前記冷却側部材の温度勾配から前記冷却側部材を通る第2熱流を導出し、前記第1熱流と前記第2熱流との平均値から前記挟持部を通過する平均熱流 q を導出し、前記加熱側挟持部と前記冷却側挟持部との間の温度差 ΔT_B を導出し、かつ、前記平均熱流 q と、前記加熱側挟持部及び前記冷却側挟持部の熱伝導率 k_B と、前記加熱側挟持部及び前記冷却側挟持部の温度測定位置と前記測定対象物との間の距離 t_{sB} とから、温度差 ΔT_{sB} を導出し、前記温度差 ΔT_B と前記温度差 ΔT_{sB} とから、測定対象物の上下面間の温度差 ΔT_s を導出し、前記温度差 ΔT_s と測定対象物の厚み t_s とに基づいて、測定対象物の温度勾配を導出し、前記導出された測定対象物での前記温度勾配と前記平均熱流 q とに基づいて、測定対象物の熱伝導に関する物性値を導出する熱伝導測定方法である。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本発明の実施形態に係る熱伝導測定装置の全体構成を概略的に示す図である。

[図2]試料ブロックをスペーサ及び試料が載せられた状態で示す斜視図である。

[図3] (a) (b) 試料ブロックを互いに対向する側面を正面として見たときの正面図である。

[図4]熱伝導率を求める手順を説明するための図である。

[図5]熱伝導率を求める手順を説明するための図である。

[図6]試料厚さと相対不確かさとの関係を示す特性図である。

[図7]各温度及び熱伝導率の時間推移を示す特性図である。

[図8]前記熱伝導測定装置による測定結果の一例を示す図である。

[図9]変形例による上部ロッド及び下部ロッドの構成を説明するための図である。

発明を実施するための形態

- [0012] 以下、本発明の一実施形態について、図面を参照しつつ説明する。
- [0013] 図1に示すように、本実施形態に係る熱伝導測定装置10は、主として、測定装置本体12と測定制御装置14と記録装置16とを備えている。
- [0014] 測定装置本体12は、加熱源である加熱ブロック21と、上部継ぎ手ブロック22と、加熱側部材である上部ロッド23と、カートリッジ24と、冷却側部材である下部ロッド25と、下部継ぎ手ブロック26と、冷却源である冷却ブロック27と、加圧力調整部30とを主として備えている。測定装置本体12の測定部は、冷却ブロック27、下部継ぎ手ブロック26、下部ロッド25、カートリッジ24、上部ロッド23、上部継ぎ手ブロック22及び加熱ブロック21が、下から順に配設された構成となっている。
- [0015] 上部ロッド23及び下部ロッド25は、同様の構成のものである。上部ロッド23及び下部ロッド25は、円柱状又は四角柱状に形成されている。円柱状に形成される場合、上部ロッド23及び下部ロッド25は、直径10～100mm、長さ30～60mmに形成される。四角柱状の場合には、上部ロッド23及び下部ロッド25は、一辺10～100mmの矩形断面に形成される。なお、上部ロッド23及び下部ロッド25の形状はこれに限られるものではない。
- [0016] ロッド23、25の材質としては、銅（JIS C1100）、アルミニウム（JIS A1100）、ニッケル（JIS NW2200）、ステンレス鋼（SUS304、306）等が好ましい。
- [0017] 上部ロッド23は、その上端部において上部継ぎ手ブロック22によって加熱ブロック21と接続されている。上部継ぎ手ブロック22は、上部ロッド23を加熱ブロック21に対して位置決めした状態で加熱ブロック21と

上部ロッド 23 とを互いに接続する。下部ロッド 25 は、その下端部において下部継ぎ手ブロック 26 によって冷却ブロック 27 と接続されている。下部継ぎ手ブロック 26 は、下部ロッド 25 を冷却ブロック 27 に対して位置決めした状態で冷却ブロック 27 と下部ロッド 25 とを互いに接続する。これら継ぎ手ブロック 22, 26 は、例えば銅等の熱伝導性の高い材質の継ぎ手である。すなわち、上部ロッド 23 は加熱ブロック 21 と熱的に結合され、また下部ロッド 25 は冷却ブロック 27 と熱的に結合されている。

[0018] 上部継ぎ手ブロック 22 と上部ロッド 23 との間には、熱抵抗抑制材である介在層としてのシリコングリース（例えば、信越シリコン社製、G-747 等）32 が塗布されている。また下部継ぎ手ブロック 26 と下部ロッド 25 との間にも、熱抵抗抑制材である介在層としてのシリコングリース 33 が塗布されている。シリコングリース 32, 33 は電気絶縁性を有する。グリース 32 (33) を介して上部継ぎ手ブロック 22 (下部継ぎ手ブロック 26) と上部ロッド 23 (下部ロッド 25) とを接続することにより、継ぎ手ブロック 22 (26) とロッド 23 (25) との密着を確保でき、これにより界面での熱伝達の低下を防止することができる。

[0019] 加熱ブロック 21 及び冷却ブロック 27 は、加熱ブロック 21 から冷却ブロック 27 に向かって一方向に伝わる熱を発生させるためのものであり、それぞれペルチエ素子（図示省略）を備えている。加熱ブロック 21 は、ペルチエ素子の発熱部の発熱によって発熱し、冷却ブロック 27 は、ペルチエ素子の吸熱部の吸熱により冷却される。

[0020] 測定装置本体 12 には、加熱ブロック 21 及び冷却ブロック 27 内のペルチエ素子からの熱を吸収するための放熱器 35 が設けられている。放熱器 35 は、加熱ブロック 21 及び冷却ブロック 27 に流体（水、空気）を流して、ブロック 21, 27 内のペルチエ素子から出る熱を吸熱する。放熱器 35 は、例えば冷却水を供給するチラーや、空気中に放熱させるヒートシンク等によって構成することができる。加熱ブロック 21 のペルチエ素子の発熱部の反対側の吸熱と、冷却ブロック 27 のペルチエ素子の吸熱部の反対側の発

熱とを放熱器 35 によって相殺できるので、前記冷却水やチラーの供給量がある程度減らすことができる。放熱器 35 は、測定終了後に加熱ブロック 21 を冷却することによって上部ロッド 23 を冷却する冷却手段として機能する。また、後述の断熱材 37 と併用することにより、放熱器 35 は、加熱側ブロック 21 のペルチエ素子の吸熱側による後述のロードセル 30 d への熱的影響を防止している。

[0021] 測定装置本体 12 には、カートリッジ 24 と上下ロッド 23, 25 との間の押圧力、および試料 W に加えられる押圧力を調整するための加圧力調整部 30 が設けられている。加圧力調整部 30 は、支持台 30 a と、この支持台 30 a に対して上下方向に移動可能な押圧部材 30 b と、押圧部材 30 b を押圧するための圧力調整用ねじ 30 c と、加圧力検出部としてのロードセル 30 d と、コイルばねからなる膨張許容ばね 30 f とを有する。押圧部材 30 b は、ロードセル 30 d を押圧可能に配設されていて、圧力調整用ねじ 30 c のねじ込み量に応じて下方に変位してロードセル 30 d を押圧する。これにより、カートリッジ 24 と上下ロッド 23, 25 との間の押圧力、及び試料 W に加えられる押圧力が調整される。膨張許容ばね 30 f は、圧力調整用ねじ 30 c と押圧部材 30 b との間に配設されており、収縮することによって測定時の試料 W の膨張を許容する。なお、押圧部材 30 b と支持台 30 a との間には、コイルばね 30 e が配設されている。

[0022] ロードセル 30 d は、断熱材 37 を介して加熱ブロック 21 の上に配設されている。ロードセル 30 d には、圧力調整用ねじ 30 c のねじ込み量に応じた荷重が負荷される。ロードセル 30 d は、この荷重に応じた信号を出力する。ロードセル 30 d から出力された信号は、測定制御装置 14 に入力される。測定制御装置 14 の荷重表示部 53 は、ロードセル 30 d の検出値を表示する。

[0023] カートリッジ 24 は、測定対象物である試料 W を保持する挟持部であり、上部ロッド 23 及び下部ロッド 25 とは別個に形成されている。そして、カートリッジ 24 は、測定時に上部ロッド 23 及び下部ロッド 25 間に挟み込

まれる一方、測定後にはそこから取り外すことができる。すなわち、カートリッジ24は、上部ロッド23及び下部ロッド25に対して着脱可能となっている。

[0024] カートリッジ24は、上下一対の試料ブロック24a, 24bを備えており、加熱側挟持部である上側試料ブロック24aと、冷却側挟持部である下側試料ブロック24bとによって試料Wを挟み込んだ構成である。カートリッジ24全体の厚み（上下方向の厚み）は、50mm以下、より具体的には、2~20mm程度であるのが好ましく、試料Wの厚みは、0.1mm~10mmであるのが好ましい。試料Wの厚みがこの範囲内であれば試料ブロック24a, 24bの熱のほぼ全てを伝えることができるので、測定装置本体12の周囲を断熱する等の手段を用いることなく、熱伝導に関する物性値を測定することができる。

[0025] 各試料ブロック24a, 24bは、円柱状又は四角柱状に形成されており、円柱状の場合には直径10~100mm程度に設定され、長さ（上下方向の厚み）は1~5mm程度に設定されている。四角柱状の場合には、一辺が10~100mm程度、長さ1~5mm程度に設定される。試料Wとの接触面は、0.01mm以下の平面度、表面粗さ、平行度に調整されている。

[0026] 上側試料ブロック24aと下側試料ブロック24bとは、試料W自体の粘着力又は接着力によって固定されていてもよく、あるいは粘着テープ等の補助的手段によって固定されていてもよい。また、上側試料ブロック24a及び下側試料ブロック24bのそれぞれに、フランジ部が突出形成されていて、このフランジ部（図示省略）を利用しつつ、ねじ止め等の補助的手段によって両ブロック24a, 24bを固定するようにしてもよい。フランジ部の構成については特に限定されるものではないが、例えば、各ブロック24a, 24bにおいて対角線方向に対向する一対の角部の近傍に設けられていてもよい。この場合には、表面積の増加を抑制しつつ、ブロック24a, 24b同士を固定する機能を確保することができる。カートリッジ24の両ブロック24a, 24bにフランジ部が設けられる場合には、試料Wの厚みを算

出する際にこのフランジ部の厚みを利用することも可能である。

- [0027] 試料ブロック24a, 24bの材質は、銅（JIS C1100）、アルミニウム（JIS A1100）、ニッケル（JIS NW2200）等であるのが好ましい。さらに、試料ブロック24a, 24bの表面には、電解めっき又は無電解めっきにより、実使用に近い表面処理を施してもよい。なお、熱伝導測定装置10が、電気特性を測定する構成の場合には、試料ブロック24a, 24bの材質は銅であるのが好ましい。
- [0028] カートリッジ24は、介在層39, 40を介して上部ロッド23及び下部ロッド25と接続されている。すなわち、上部ロッド23と上側試料ブロック24aとの間に介在層39が存在し、下側試料ブロック24bと下部ロッド25との間に介在層40が存在している。この介在層39, 40は、接触熱抵抗低減材料であり、電氣的絶縁性を有するシリコングリースからなる。
- [0029] 試料Wは、ディスペンサ又はスクリーン印刷により、規定の厚みに調整されて試料ブロック24a, 24bに塗布される。すなわち、一方の試料ブロック24a（24b）において、試料Wとの接触面となる内側面に試料Wが塗布される。そして、この一方の試料ブロック24a（24b）にもう一方の試料ブロック24b（24a）を重ね合わせることにより、カートリッジ24が作成される。
- [0030] 試料Wが例えば硬化性樹脂材料の場合には、規定の厚みに調整された状態で加熱処理を行うことにより固められる。この場合、スクリーン印刷等によって試料W厚みを調整してもよいが、図2に示すように、スペーサ42を用いて試料ブロック24a, 24b間の間隙幅を調整することも可能である。具体的には、一方の試料ブロック24a（24b）の内側面に試料Wを塗布するとともに、試料Wが塗布されたところに、ビーズ等の径が既知である略球状のスペーサ42を配設する。そして、この状態で試料Wを挟み込むようにもう一方の試料ブロック24b（24a）を重合することにより、試料Wが所定の厚みに調整されたカートリッジ24を得ることができる。なお、スペーサ42は、厚みが既知であり試料ブロック24a, 24bとの接触面が

極小のものであれば、どのようなものでもよい。

- [0031] 試料Wの厚みは、カートリッジ24の全体の厚みから、各試料ブロック24a, 24bの厚みを差し引くことにより求められる。厚みの測定には、最小読み精度0.001mmのマイクロメータやこれと同等以上の測定精度を有する計測器が用いられる。なお、試料Wは、不定形のものに限られず、定形のものでもよい。一定の形状を保持する定形の試料Wの場合には、予め厚みを測定した上で試料ブロック24a, 24b上に載置してもよい。
- [0032] 上部ロッド23、下部ロッド25及び各試料ブロック24a, 24bには、それぞれ温度測定用の穴23a, 25a, 24c, 24dが設けられている。上部ロッド23及び下部ロッド25では、複数（図例では、4つ）の穴23a, 25aが長手方向に等間隔に並ぶように設けられている。ここでいう長手方向とは、上部ロッド23及び下部ロッド25において熱の伝わる方向であり、加熱ブロック21と冷却ブロック27とが並ぶ方向（上下方向）である。
- [0033] 各穴23a, 25aには、例えば熱電対等の温度センサ44, 47を挿入可能となっている。つまり、上部ロッド23の穴23aは、加熱側部材温度測定部である温度センサ44の温度測定端としての検知部を取り付け可能であり、また下部ロッド25の穴25aは、冷却側部材温度測定部である温度センサ47の温度測定端としての検知部を取り付け可能となっている。このように長手方向の複数個所で温度を検出できるので、この複数個所の温度差に基づいて、上部ロッド23及び下部ロッド25での温度勾配をそれぞれ導出することができる。なお、穴23a, 25aには、穴23a, 25aの内周面と温度センサ44, 47の密着を確保すべく、図略のグリースが充填されている。
- [0034] 図3(a)にも示すように、各試料ブロック24a, 24bの穴24c, 24dも複数（図例では3つ）設けられている。穴24c, 24dは、試料ブロック24a, 24bの1つの側面に、ブロック24a, 24bの幅方向に等間隔に並ぶように配設されている。すなわち、複数の穴24c, 24d

は、試料ブロック 24 a, 24 b における試料 W との接触面に平行な方向に並ぶように等間隔に配設されている。これら穴 24 c, 24 d には、例えば熱電対等の温度センサ 45, 46 を挿入可能となっている。つまり、試料ブロック 24 a, 24 b の穴 24 c, 24 d は、挟持部温度測定部である温度センサ 45, 46 の温度測定端としての検知部をそれぞれ取り付け可能となっている。言い換えると、穴 24 c (穴 24 d) は 3 つ設けられており、この穴 24 c (24 d) のそれぞれに温度センサ 45 (46) の検知部が配設されている。したがって、温度センサ 45, 46 の検知部は、試料ブロック 24 a, 24 b の幅方向の複数個所に配置されている。なお、穴 24 c, 24 d には、穴 24 c, 24 d の内周面と温度センサ 45, 46 の密着を確保すべく、図略のグリースが充填されている。また、穴 24 c, 24 d は、各試料ブロック 24 a, 24 b にそれぞれ 1 つずつ設けられる構成としてもよい。複数の穴 24 c, 24 d を設けて、複数個所で温度の測定を行うことにより、測定精度を向上することができる。

[0035] 温度センサ 44 ~ 47 は、例えば熱電対によって構成される。なお、これと同等の性能を有する温度センサによって構成することも可能である。温度センサ 44 ~ 47 の検出信号は、記録装置 16 の演算部に入力される。

[0036] 図 3 (b) に示すように、各試料ブロック 24 a, 24 b には、電気抵抗測定用の穴 24 e, 24 f が設けられている。この電気抵抗測定用の穴 24 e, 24 f は、温度測定用の穴 24 c, 24 d とは反対側の側面に配設されている。電気抵抗測定用の穴 24 e, 24 f は、2 つ設けられており、何れもねじ穴からなる。一方の穴 24 e, 24 f は、定電流印加用であり、もう一方の穴 24 e, 24 f は、電圧測定用である。試料ブロック 24 a (24 b) と上部ロッド 23 (下部ロッド 25) との間のシリコングリース 39 (40) が電氣的絶縁性のある材料であり、しかも試料ブロック 24 a (24 b) が導電材料からなるので、上下の試料ブロック 24 a, 24 b に電気抵抗測定用の端子 (図示省略) を接続することにより試料 W の電気抵抗を測定することができる。

- [0037] 図1に示すように、測定制御装置14は、測定条件や各種警報の設定を行うための条件設定部51と、加熱ブロック21の加熱量及び冷却ブロック27の冷却量を制御する温度制御部52と、荷重表示部53とを有する。
- [0038] 条件設定部51は、タッチパネル等の図略の入力部を有しており、この入力部により、測定のための条件を入力できる。条件設定部51において設定される測定条件としては、例えば試料温度、試料温度幅、試料温度上限値等を挙げることができる。試料温度上限値は、警報判定を行うための基準として用いられる。
- [0039] 温度制御部52は、条件設定部51において設定された条件に応じて加熱ブロック21の加熱量及び冷却ブロック27の吸熱量を制御する。すなわち、温度制御部52には、温度センサ44～47から出力された信号が入力される。温度制御部52は、この受信した信号に基づいて、試料Wの温度が条件設定部51によって設定された試料温度になるように、加熱ブロック21のペルチエ素子及び冷却ブロック27のペルチエ素子を制御する。
- [0040] また温度制御部52は、加熱ブロック21、試料ブロック24a、24b、冷却ブロック27の温度が設定温度で安定するように、加熱ブロック21及び冷却ブロック27のペルチエ素子を制御する。温度変動幅は、例えば±0.5K以下に制御される。
- [0041] 荷重表示部53は、ロードセル30dから出力された信号が入力され、ロードセル30dの検出圧力を表示する。
- [0042] 記録装置16には、入力部61と演算部62と記録部63と表示部64とが含まれている。入力部61は、カートリッジ24の全体厚み、温度測定位置（穴24c、24dの位置）等、温度勾配を演算するための諸元に関するデータを入力するためのものである。ここで入力されるデータは、実測されたデータである。
- [0043] 演算部62は、CPU、ROM、RAM等を備え、ROMに格納されたプログラムを実行させることにより、所定の機能を発揮するものである。この機能には、温度演算部66と物性値導出部67と電気特性測定部68とが含

まれている。

[0044] 温度演算部66には、上部ロッド23の温度測定用穴23aに取り付けられた温度センサ44からの信号と、上側試料ブロック24aの温度測定用穴24cに取り付けられた温度センサ45からの信号と、下側試料ブロック24bの温度測定用穴24dに取り付けられた温度センサ46からの信号と、下部ロッド25の温度測定用穴25aに取り付けられた温度センサ47からの信号とが入力される。

[0045] 温度演算部66は、試料ブロック24a, 24b間の温度差を導出する。すなわち、温度演算部66は、上側試料ブロック24aと下側試料ブロック24bとの平均温度差をブロック24a, 24b間の温度差として導出する。具体的には、温度演算部66は、試料ブロック24a, 24b毎に複数個所の温度データを平均して、その平均値同士の差を試料ブロック24a, 24b間の温度差として導出する。この場合、温度データの平均化の前に不良データと判断されるデータを削除するようにしてもよい。なお、温度演算部66は、上側試料ブロック24aと下側試料ブロック24bとで上下一対となっている各検出端(穴24c, 24d)を1セットとして、そのセット毎の温度差を出し、この温度差の平均値を試料ブロック24a, 24b間の温度差として導出してよい。この場合、温度差を計算する前に不良データと判断されるデータを削除してもよく、あるいは温度差を計算してから不良データと判断されるデータ(温度差のデータ)を削除するようにしてもよい。

[0046] 温度演算部66は、上部ロッド23における温度測定位置に関するデータと温度センサ44の検出値とに基づいて、上部ロッド23での温度勾配を導出する。また、温度演算部66は、下部ロッド25における温度測定位置に関するデータと温度センサ47の検出値とに基づいて、下部ロッド25での温度勾配を導出する。

[0047] 物性値導出部67は、温度演算部66の測定結果に基づいて、試料Wの熱伝導に関する物性値を導出する。ここでは、熱伝導率を導出するものとする。物性値導出部67は、入力されたカートリッジ24の全体厚みに関するデ

一タを用いて、予め記憶されている試料ブロック 24 a, 24 b の温度測定位置と試料 W との間の距離を導出するとともに試料 W の厚みを導出し、温度センサ 45 及び温度センサ 46 の検出値に基づいて、試料 W の上下面の温度を算出し、この算出された温度データと試料 W の厚みとに基づいて、試料 W での温度勾配を導出する。そして、この温度勾配から試料 W の熱伝導率を導出する。

[0048] 電気特性測定部 68 は、両試料ブロック 24 a, 24 b に装着された端子の端子間電圧及び電流値に基づいて、試料 W の電気抵抗を導出する。両試料ブロック 24 a, 24 b 間の抵抗測定は、微小の抵抗値の測定となるため、4 端子法（定電流を印加して電圧測定）によって測定するのが望ましい。

[0049] 記録部 63 は、各温度センサ 44 ~ 47 によって測定された温度、導出された熱伝導率、測定された試料 W の導通抵抗値等を記録する。表示部 64 は、各温度センサ 44 ~ 47 によって測定された温度、導出された熱伝導率、導通抵抗値等を表示する。

[0050] 次に、熱伝導測定装置 10 を用いて熱伝導率を測定する手順について説明する。

[0051] まずカートリッジ 24 を作成する。このカートリッジ 24 の作成工程では、一方の試料ブロック 24 a (24 b) に、規定の厚みに調整されるように試料 W を塗布する。そして、必要に応じてスペーサ 42 を設置し、試料 W の塗布面が挟み込まれるように他方の試料ブロック 24 b (24 a) を重ね合わせる。これにより、カートリッジ 24 が出来上がる。そして、カートリッジ 24 全体の厚みをマイクロメータで測定する。この測定値は、入力部 61 によって記録装置 16 に入力する。なお、試料 W の厚みを規制するためには、スペーサ 42 を用いるのが望ましい。

[0052] 次に、カートリッジ 24 を上部ロッド 23 及び下部ロッド 25 間にセットし、各試料ブロック 24 a, 24 b に温度センサ 45, 46 を取り付けるとともに電気特性測定用の端子を取り付ける。このとき上部ロッド 23 及び下部ロッド 25 には温度センサ 44, 47 が既に取り付けられている。このと

き、上部ロッド23とカートリッジ24との接触面及びカートリッジ24と下部ロッド25との接触面にシリコングリース39, 40を塗布する。これにより接触熱抵抗を低減することができる。

[0053] 次に、加圧力調整部30の圧力調整用ねじ30cをねじ込み、カートリッジ24と上下ロッド23, 25との間の押圧力、及び試料Wに加えられる押圧力を調整する。測定制御装置14の荷重表示部53にはロードセル30dの検出荷重が表示されるため、この表示を参照しながら押圧力を調整すればよい。

[0054] 押圧力が調整されたら測定を開始する。すなわち、加熱ブロック21を加熱するとともに冷却ブロック27を冷却する。これに伴い、加熱ブロック21から上部ロッド23、カートリッジ24、下部ロッド25へと熱が伝わり、各温度センサ44~47の測定データが所定時間ごとに出力される。各温度は、記録装置16の表示部64に表示されるとともに記録部63に記録される。このとき、試料温度の変化量が1分間あたり0.2K以下になるまで制御を行い、温度変化量が0.2K以下になった後に定常状態とみなし、この定常状態における温度の記録を行う。

[0055] 記録装置16の演算部62では、各温度センサ44~47による測定値と、温度測定位置に関するデータとに基づいて、上部ロッド23での温度勾配、下部ロッド25での温度勾配およびカートリッジ24での温度勾配を導出する。上部ロッド23及び下部ロッド25については、温度の測定位置が予め記憶されている。このため、この記憶された測定位置と、測定された温度とに基づいて、上部ロッド23及び下部ロッド25での温度勾配が導出される。一方、カートリッジ24については、カートリッジ24ごとに厚みが異なるため、入力部61によって入力されたカートリッジ24の厚みに関するデータを用いて、予め記憶されている試料ブロック24a, 24bの温度測定位置と試料Wとの間の距離を導出するとともに試料Wの厚みを導出する。そして、演算部62では、温度センサ45及び温度センサ46の検出値に基づいて、試料Wの上下面の温度を算出し、この算出された温度のデータと試

料Wの厚みとに基づいて、温度勾配を導出する。

[0056] 続いて、演算部62は、試料Wの熱伝導率を導出する。熱伝導率の算出は以下の通り行う。すなわち、図4及び図5に示すように、試料Wの熱伝導率を k_s [W/(m·K)]、上部ロッド23及び下部ロッド25の熱伝導率 k_r [W/(m·K)]、試料ブロック24a, 24bの熱伝導率 k_B [W/(m·K)]、試料Wの厚み t_s [m]、試料ブロック24a, 24bのセンサ位置と試料Wとの間の距離 t_{sB} [m]、上下試料ブロック24a, 24bのセンサ間の温度差 ΔT_B [K]、試料Wの上下面間の温度差 ΔT_s [K]、試料ブロック24a, 24bのセンサと試料W表面との温度差 ΔT_{sB} [K]、上部ロッド23を通過する熱流速 q_1 [W/m²]、下部ロッド25を通過する熱流速 q_2 [W/m²]、試料Wを通過する熱流速 q [W/m²]、上部ロッド23での温度勾配 $(dT/dx)_1$ [K/m]、下部ロッド25での温度勾配 $(dT/dx)_2$ [K/m]、試料Wの温度勾配 $(dT/dx)_s$ [K/m]とすると、以下の関係式(1)～(6)が成立する。

[0057] $q_1 = -kr\left(\frac{dT}{dx}\right)_1, q_2 = -kr\left(\frac{dT}{dx}\right)_2 \dots\dots\dots(1)$

$q = q_1 + q_2 \dots\dots\dots(2)$

$k_s = \frac{q}{\left(\frac{dT}{dx}\right)_s} \dots\dots\dots(3)$

$\Delta T_s = \Delta T_B - 2 \times \Delta T_{sB} \dots\dots\dots(4)$

$\Delta T_{sB} = \frac{q \times t_{sB}}{k_B} \dots\dots\dots(5)$

$\left(\frac{dT}{dx}\right)_s = \frac{\Delta T_s}{t_s} \dots\dots\dots(6)$

[0058] 前記の関係式(3)において、試料Wの熱伝導率 k_s を導出するには、関係式(4)から試料Wの上下表面間の温度差 ΔT_s を求める一方、試料W厚み t_s は、入力部61によって入力されたカートリッジ24の全体厚みから予め記憶されている上側試料ブロック24a及び下側試料ブロック24bの厚みを差し引いて求める。そして、関係式(6)により、試料Wの温度勾配 $(dT/dx)_s$ を求める。この温度勾配と関係式(1)(2)から得られる熱流速 q とにより、試料Wの熱伝導率 k_s を求めることができる。

[0059] 熱伝導測定装置10により試料Wの熱伝導率 k_s を測定するときの誤差を解析した結果の一例を図6に示す。図6は、各種熱伝導率 k_s の試料Wについて、試料厚み t_s に対する熱伝導率のばらつきの程度を評価するものである。この結果から、不確かさ10%以下となる試料W厚みは以下の通りである。

[0060] 不確かさ10%以下となる熱伝導率 k_s と厚み t_s の関係

$$k_s=0.5 \quad W/m \cdot K : 0.2 \leq t_s \leq 0.6 \text{ mm}$$

$$0.5 < k_s \leq 1 \quad W/m \cdot K : 0.2 \leq t_s \leq 1 \text{ mm}$$

$$1 < k_s \leq 5 \quad W/m \cdot K : 0.2 \leq t_s \leq 6 \text{ mm}$$

$$5 < k_s \leq 10 \quad W/m \cdot K : 0.2 \leq t_s \leq 10 \text{ mm}$$

$$10 < k_s < 50 \quad W/m \cdot K : 0.3 \leq t_s \leq 10 \text{ mm}$$

$$k_s=50 \quad W/m \cdot K : 0.5 \leq t_s \leq 10 \text{ mm}$$

[0061] この評価結果から、熱伝導率 k_s の大きな試料Wほど試料厚みが厚いものでも測定精度を確保できることが分かる。これは、熱伝導率 k_s の大きな試料Wでは、上側試料ブロック24aの熱を下側試料ブロック24bに伝え易いことから、外部に放出される熱が少ないことを意味している。そして、熱伝導率 k_s の高い試料W(5W/mK程度以上)の場合には、試料W厚みが10mm以下であれば、測定精度が得られることが分かる。一方、試料W厚みの上限値については、熱伝導率 k_s の低い試料Wほど、測定精度を確保できる制約を受けることになる。これに対し、試料W厚みの下限値については、熱伝導率 k_s の低い材質(0.5W/mK)の試料Wの場合でも0.2mm以上であ

れば、測定精度を確保でき、最も熱伝導率 k_s の高い材質（ 50 W/mK ）の試料 W でも 0.5 mm 以上の厚みがあれば、測定精度を確保することができる。

[0062] 図7は、上部ロッド23、下部ロッド25、上下試料ブロック24a、24bの温度の時間推移及び測定された熱伝導率 k_s の時間推移を示す一例である。この図から分かるように、測定開始後、各温度が定常状態に落ち着くまでに各温度が変動するが、その場合でも導出された熱伝導率 k_s は安定している。

[0063] 図8は、各種試料 W について測定した結果の一例を示している。試料 W としては、シリコングリース、導電性接着剤、ステンレス鋼材（SUS304）を用いた。なお、この測定においては、シリコングリース、導電性接着剤の場合には、スペーサ42を用いることによって厚みを規制し、ステンレス鋼材の場合には予め厚みを調整したものをを用いるようにした。図8に示すように、熱伝導測定装置10では、各種試料 W について熱伝導率を精度よく測定できることが分かる。

[0064] 以上説明したように、本実施形態によれば、測定試料 W 毎にカートリッジ24を用意し、カートリッジ24の交換を行えば、各試料 W について測定を行うことができる。このため、試料ごとに高価な上下ロッド23、25を交換する必要がなくなる。したがって、複数の試料 W の伝熱特性の測定を安価に行うことができる。しかも、カートリッジ式であって測定装置本体12から取り外すことができるため、例えば、試料 W の環境試験を行う前後でそれぞれ伝熱特性を測定することが可能である。このため、環境試験前後での伝熱特性の変化を知ることができる。

[0065] また、本実施形態では、試料 W を挟持する上側試料ブロック24aと下側試料ブロック24bとのそれぞれの温度を測定する温度センサ45、46を備え、温度演算部66が、これらの上下両試料ブロック24a、24b間の温度差を導出するとともに、上部ロッド23及び下部ロッド25の温度勾配を導出する。そして、物性値導出部67は、この演算結果に基づいて試料 W

の熱伝導率を導出する。このように、本実施形態では、上側試料ブロック 24 a と下側試料ブロック 24 b のそれぞれの温度を測定して、その温度差を導出することができるため、従来の装置のように予備試験を行う必要がない。このため、試料 W の熱伝導率の測定の簡便化を図ることができる。

[0066] また、本実施形態では、試料 W が試料ブロック 24 a, 24 b によって挟み込まれた構成のカートリッジ 24 を上下ロッド 23, 25 間に挟み込む構成としている。したがって、樹脂材等のように熱で溶けてしまうような試料 W の場合であっても、溶融した試料 W がロッド 23, 25 に付着することがない。このため、ロッド 23, 25 の交換を余儀なくされることを回避することができる。しかも、上下の試料ブロック 24 a, 24 b の温度を測定して、伝熱特性を算出しているため、外乱の影響を受け難い。

[0067] また本実施形態では、試料ブロック 24 a, 24 b には、幅方向の複数個所で温度を測定することができるので、測定精度を向上することができる。

[0068] また本実施形態において、スペーサ 42 を用いる場合には、試料 W が例えばペースト状の不定形材料からなる場合や変形する可能性がある場合であっても、試料ブロック 24 a, 24 b 間の距離が安定する。このため、不定形材料からなる試料 W あるいは変形する可能性のある試料 W の場合でも、測定精度を確保することができる。

[0069] さらにスペーサ 42 が略球状に形成されている場合には、スペーサ 42 と上側試料ブロック 24 a (下側試料ブロック 24 b) との接触面積が大きくなるようにすることができるので、試料 W の熱伝導率の測定に影響を与え難くすることができる。

[0070] また本実施形態では、上部ロッド 23 と上側試料ブロック 24 a との間が電氣的に絶縁されるとともに、下部ロッド 25 と下側試料ブロック 24 b との間が電氣的に絶縁されるが、熱的には絶縁されない。このため、上部ロッド 23 及び下部ロッド 25 の影響を受けることなく、カートリッジ 24 あるいは試料 W の電氣的特性を測定することができる。したがって、この態様によれば、伝熱特性の測定に加え、電氣的特性の測定も行うことができる。また

本実施形態では、電気的特性が既知である試料ブロック 24 a, 24 b を用いているので、試料 W の電気特性を導出することができる。

[0071] また本実施形態では、加熱ブロック 21 及び冷却ブロック 27 がそれぞれペルチエ素子を備える構成となっている。このため、ペルチエ素子による加熱・冷却制御を行うことができるので、制御性を向上できるとともに、測定安定時間を短縮することができる。しかも、印加電圧の向きを変えることにより、測定終了後に加熱ブロック 21 のペルチエ素子によって加熱ブロック 21 を冷却するとともに、冷却ブロック 27 のペルチエ素子によって冷却ブロック 27 を加熱することができるので、作業者が加熱ブロック 21 及び冷却ブロック 27 を取り扱える温度になるまでの時間が短くなり、カートリッジ 24 の交換作業の作業時間を短縮することができる。

[0072] また本実施形態では、測定終了後に上部ロッド 23 を冷却する放熱器 35 が設けられているので、カートリッジ 24 の交換作業に要する時間を短縮することができる。

[0073] また本実施形態では、上部ロッド 23（下部ロッド 25）と試料ブロック 24 a, 24 b との間に使用するグリース 39, 40 等の接触熱抵抗低減材料の熱抵抗を試料 W の熱伝導率測定と並行して測定することができる。

[0074] なお、本発明は、前記実施形態に限られるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲で種々変更、改良等が可能である。例えば、図 9 に示すように、上側の試料ブロック 24 a は、インロー嵌合等によって上部ロッド 23 に嵌め合わせてもよく、また下側の試料ブロック 24 b は、インロー嵌合等によって下部ロッド 25 に嵌め合わせてもよい。具体的に、上部ロッド 23 の下端部には、嵌合部としての嵌合用突起（以下、単に突起という）23 b が設けられている。この突起 23 b は、上部ロッド 23 の下端面の周縁部、より具体的には隅角部において、下方に向かって突出している。図例では、四隅において平面視で鉤状に形成されたものを示している。上側の試料ブロック 24 a は、前記実施形態と異なり、上部ロッド 23 の横断面よりも少し小さな横断面を有し、試料ブロック 24 a は、上部ロッド 23 の突起 23 b の内

側面に接する状態で上部ロッド 23 に結合されている。一方、下部ロッド 25 の上端部には、嵌合部としての嵌合用突起 25 b が設けられている。この突起 25 b の形状は、上部ロッド 23 の突起 23 b の形状と同じである。そして、下側の試料ブロック 24 b は、下部ロッド 25 の横断面よりも少し小さな横断面を有し、試料ブロック 24 b は、下部ロッド 25 の突起 25 b の内側面に接する状態で下部ロッド 25 に結合されている。なお、突起 23 b, 25 b は前記の構成に限られるものではない。例えば、四隅ではなく、下端面（又は上端面）の各辺に平板状に形成されていてもよい。

[0075] この上部ロッド 23（下部ロッド 25）は、横断面積が一定の本体部と、この本体部から長手方向に突出した突起 23 b（25 b）と、を備える構成となっているが、温度測定用の穴 23 a（25 a）は、何れも横断面積が一定の本体部に設けられているので、本体部から延出される突起 23 b（25 b）が設けられているとしても、上部ロッド 23（下部ロッド 25）の温度には影響を与えない。

[0076] この変形例では、上部ロッド 23 の突起 23 b によって上側試料ブロック 24 a を所定位置に保持することができるとともに、下部ロッド 25 の突起 25 b によって下側試料ブロック 24 b を所定位置に保持することができる。このため、上部ロッド 23、両試料ブロック 24 a, 24 b 及び下部ロッド 25 の芯出しを容易に行うことができる。すなわち、上側試料ブロック 24 a 及び下側試料ブロック 24 b の測定端間の温度差を導出するので、上部ロッド 23 及び下部ロッド 25 においてそれぞれ温度勾配を導出するだけで、上部ロッド 23（下部ロッド 25）と上側試料ブロック 24 a（下側試料ブロック 24 b）との界面での熱伝達率を導出する必要がない。このため、上部ロッド 23 及び下部ロッド 25 は、その長手方向の全体に亘って横断面が一定である必要はなく、これにより、上部ロッド 23 及び下部ロッド 25 の先端部に断面積の異なる突起 23 b, 25 b を設けることができる。したがって、上部ロッド 23 及び下部ロッド 25 において断面積一定のところには温度勾配測定用の穴 23 a, 25 a が設けられる一方、ロッド 23, 25 の

先端側の部位を、試料ブロック 24 a, 24 b を嵌合するための部位として形成することにより、温度勾配への影響を与え難くしつつ、芯出しし易い構成とすることができる。

[0077] 前記実施形態では、上部ロッド 23 及び下部ロッド 25 に温度測定用の複数の穴 23 a, 25 a を設け、これらの穴 23 a, 25 a の位置での測定温度に基づいて温度勾配を導出するようにしたが、これに限られるものではない。非接触式の温度センサを用いて、上部ロッド 23 及び下部ロッド 25 の長手方向の複数個所の温度を求めて、温度勾配を算出するようにしてもよい。

[0078] また、前記実施形態では、上側試料ブロック 24 a 及び下側試料ブロック 24 b に温度測定用穴 24 c, 24 d を設け、これらの穴 24 c, 24 d の位置での測定を熱電対で行うようにしたが、これに限られるものではない。例えば、非接触式の温度センサ（挟持部温度測定部）を用いて、穴 24 c, 24 d の位置での温度を求めて温度差を算出するようにしてもよい。この場合、穴 24 c, 24 d での放射率は 1 であることから、ペイントなどで表面を塗布して放射率を 1 にするという操作が不要となるという利点がある。

[0079] また、前記実施形態では、加熱ブロック 21 及び冷却ブロック 27 の何れもがペルチエ素子を有する構成としたが、これに限られるものではない。加熱ブロック 21 が電熱線等からなるヒータによって加熱される構成でもよく、冷却ブロック 27 が冷却水通路を有し、冷却水によって冷却される構成としてもよい。

[0080] また、前記実施形態では、継ぎ手ブロック 22 (26) によって加熱ブロック 21 (冷却ブロック 27) とロッド 23 (25) とを結合する構成としたが、これに限られるものではなく、加熱ブロック 21 及び冷却ブロック 27 の形状を調整することにより継ぎ手ブロック 22, 26 を省略する構成としてもよい。

[0081] また、前記実施形態では、伝熱特性に加えて電気的特性についても測定可能な装置としたが、これに限られるものではない。試料 W の伝熱特性のみを

測定できる装置としてもよい。

- [0082] また、前記実施形態では、上部ロッド23、カートリッジ24、下部ロッド25を断熱しない構成としたが、これらを断熱材で覆ったり、恒温槽内に設置したりして、放熱を抑える構成にしてもよい。
- [0083] 前記実施形態をまとめると、以下の通りである。
- [0084] (1) 本実施形態の熱伝導測定装置では、測定対象物を挟持する加熱側挟持部と冷却側挟持部のそれぞれの温度を測定する挟持部温度測定部を備え、温度演算部が、加熱側挟持部と冷却側挟持部の温度差を導出するとともに、加熱側部材及び冷却側部材の温度勾配を導出する。そして、物性値導出部は、この演算結果に基づいて測定対象物の熱伝導に関する物性値を導出する。このように、本実施形態の熱伝導測定装置では、加熱側挟持部と冷却側挟持部のそれぞれの温度を測定して、その温度差を導出することができるため、熱伝導に関する物性値の測定に際し、従来の装置のように予備試験を行う必要がない。このため、測定対象物の熱伝導に関する物性値の測定の簡便化を図ることができる。
- [0085] (2) 前記挟持部温度測定部は、温度測定端を有し、前記温度測定端が前記挟持部の幅方向の複数個所に配置されているのが好ましい。この態様では、測定精度を向上することができる。
- [0086] (3) 前記熱伝導測定装置は、前記加熱側挟持部と前記冷却側挟持部との間の隙間を規制するスペーサを備えていてもよい。この態様では、加熱側挟持部と冷却側挟持部との間にスペーサが設けられているので、測定対象物が例えばペースト状の不定形材料からなる場合や変形する可能性がある場合であっても、加熱側挟持部と冷却側挟持部との間の距離が安定する。このため、不定形材料からなる測定対象物あるいは変形する可能性のある測定対象物の場合でも、測定精度を確保することができる。
- [0087] (4) 前記スペーサは、略球状に形成されているのが好ましい。この態様では、スペーサと加熱側挟持部（冷却側挟持部）との接触面積が大きくなるようにすることができるので、測定対象物の熱伝導に関する物性値の測定

に影響を与え難くすることができる。

[0088] (5) 前記熱伝導測定装置は、前記加熱側部材と前記加熱側挟持部との間に、電気絶縁材料からなる介在層が設けられ、前記冷却側部材と前記冷却側挟持部との間に、電気絶縁材料からなる介在層が設けられ、前記加熱側挟持部及び前記冷却側挟持部は、導電材料からなり、前記加熱側挟持部と前記冷却側挟持部との間の電気特性を測定可能な電気特性測定部を備えているのが好ましい。

[0089] この態様では、加熱側部材と加熱側挟持部との間が電氣的に絶縁されるとともに、冷却側部材と冷却側挟持部との間が電氣的に絶縁されるが、熱的には絶縁されない。このため、加熱側部材及び冷却側部材の影響を受けることなく、挟持部或いは測定対象物の電氣的特性を測定することができる。したがって、この態様によれば、1つの測定対象物に対し、熱伝導に関する物性値の測定に加え、電氣的特性の測定をも行うことができる。

[0090] (6) 前記加熱側部材は、前記加熱側挟持部に外嵌される嵌合部を有していてもよく、また、前記冷却側部材は、前記冷却側挟持部に外嵌される嵌合部を有していてもよい。

[0091] この態様では、加熱側部材の嵌合部によって加熱側挟持部を所定位置に保持することができるとともに、冷却側部材の嵌合部によって冷却側挟持部を所定位置に保持することができる。このため、加熱側部材、両挟持部及び冷却側部材の芯出しを容易に行うことができる。

[0092] (7) 前記冷却源及び前記加熱源の一方又は双方には、ペルチエ素子が含まれていてもよい。

[0093] この態様では、ペルチエ素子による加熱制御及び冷却制御の少なくとも一方を行うことができるので、制御性を向上できるとともに、測定安定時間を短縮することができる。また、冷却源及び加熱源の双方にペルチエ素子が含まれる場合には、印加電圧の向きを変えることにより、加熱源のペルチエ素子によって加熱源を冷却するとともに、冷却源のペルチエ素子によって冷却源を加熱することができる。このため、作業者が加熱源及び冷却源を取り扱え

る温度になるまでの時間が短くなり、これにより、挟持部の交換作業の作業時間を短縮することができる。

[0094] (8) 前記熱伝導測定装置は、前記加熱側部材を冷却可能な冷却手段を備えていてもよい。この態様では、測定終了後に挟持部の交換作業に要する時間を短縮することができる。

[0095] (9) 前記熱伝導測定装置が、熱伝導率が $0.1 \sim 100 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ の範囲の測定対象物の熱伝導率を測定する装置である場合には、前記測定対象物の厚みは、 0.1 mm 以上で、 10 mm 以下であるのが好ましい。測定対象物の厚みがこの範囲であれば、加熱側挟持部の熱のほぼ全てが測定対象物に伝わるため、測定装置の周囲を断熱する等の手段を用いることなく、熱伝導に関する物性値を測定することができる。

[0096] (10) 前記挟持部は、取替え可能なカートリッジ構造となっているのが好ましい。この態様では、複数の測定対象物を測定する場合でも、カートリッジ構造の挟持部を取り替えれば済むので、交換作業を容易化することができる。

[0097] (11) 本実施形態の熱伝導測定方法は、測定対象物の熱伝導に関する物性値を測定する方法であって、測定対象物を、加熱側挟持部と冷却側挟持部とを有する挟持部によって挟持し、加熱源に熱的に接続された加熱側部材によって前記加熱側挟持部を加熱するとともに、冷却源に熱的に接続された冷却側部材によって前記冷却側挟持部を冷却し、前記加熱側部材の温度、前記冷却側部材の温度、前記加熱側挟持部の温度及び前記冷却側挟持部の温度を測定し、前記測定した値から、前記加熱側部材の温度勾配及び前記冷却側部材の温度勾配を導出するとともに、前記加熱側挟持部と前記冷却側挟持部との間の温度差を導出し、前記導出の結果に基づいて、測定対象物の熱伝導に関する物性値を導出する熱伝導測定方法である。

[0098] (12) 前記熱伝導測定方法において、加熱側挟持部及び冷却側挟持部の温度をその幅方向の複数個所で測定するのが好ましい。

[0099] (13) 前記熱伝導測定方法において、測定終了後に冷却手段によって前記加

熱側部材を冷却するようにしてもよい。

[0100] (14)前記熱伝導測定方法において、前記挟持部として、取替え可能なカートリッジ構造の挟持部を作成し、この挟持部を前記加熱側部材と前記冷却側部材との間に装着して、この状態で測定対象物の熱伝導に関する物性値の測定を行うようにしてもよい。

[0101] (15)前記熱伝導測定方法において、前記加熱側挟持部の温度と前記冷却側挟持部の温度を測定する温度測定端を設け、前記温度測定端により前記加熱側挟持部の温度と前記冷却側挟持部の温度とを測定するようにしてもよい。

[0102] 以上説明したように、本実施形態によれば、測定対象物の熱伝導に関する値の測定を簡便化することができる。

符号の説明

- [0103]
- 2 1 加熱ブロック（加熱源の一例）
 - 2 3 上部ロッド（加熱側部材の一例）
 - 2 3 a 穴
 - 2 3 b 突起
 - 2 4 カートリッジ（挟持部の一例）
 - 2 4 a 上側試料ブロック（加熱側挟持部の一例）
 - 2 4 b 下側試料ブロック（冷却側挟持部の一例）
 - 2 5 下部ロッド（冷却側部材の一例）
 - 2 5 b 突起
 - 2 7 冷却ブロック（冷却源の一例）
 - 3 5 放熱器
 - 3 9 介在層
 - 4 0 介在層
 - 4 2 スペーサ
 - 4 4 温度センサ
 - 4 5 温度センサ（挟持部温度測定部の一例）
 - 4 6 温度センサ（挟持部温度測定部の一例）

- 4 7 温度センサ
- 5 2 温度制御部
- 6 2 演算部
- 6 6 温度演算部
- 6 7 物性値導出部
- 6 8 電気特性測定部

請求の範囲

- [請求項1] 一方向熱流定常比較法による測定に用いられる熱伝導測定装置であつて、
- 加熱源に熱的に接続される加熱側部材と、
 - 冷却源に熱的に接続される冷却側部材と、
 - 前記加熱側部材と熱的に結合される加熱側挟持部と、前記冷却側部材と熱的に結合される冷却側挟持部とを有し、前記加熱側挟持部と前記冷却側挟持部との間に測定対象物を挟み込む挟持部と、
 - 前記加熱側挟持部の温度と前記冷却側挟持部の温度とを測定する挟持部温度測定部と、
 - 前記加熱側部材の温度勾配及び前記冷却側部材の温度勾配を導出するとともに、前記挟持部温度測定部において測定した温度から前記加熱側挟持部と前記冷却側挟持部との温度差を導出する温度演算部と、
 - 前記温度演算部による演算結果に基づいて、前記測定対象物の熱伝導に関する物性値を導出する物性値導出部と、を備えている熱伝導測定装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の熱伝導測定装置において、
- 前記挟持部温度測定部は、温度測定端を有し、前記温度測定端が前記挟持部の幅方向の複数個所に配置されている熱伝導測定装置。
- [請求項3] 請求項1又は2に記載の熱伝導測定装置において、
- 前記加熱側挟持部と前記冷却側挟持部との間の隙間を規制するスペーサを備えている熱伝導測定装置。
- [請求項4] 請求項3に記載の熱伝導測定装置において、
- 前記スペーサは、略球状に形成されている熱伝導測定装置。
- [請求項5] 請求項1から4の何れか1項に記載の熱伝導測定装置において、
- 前記加熱側部材と前記加熱側挟持部との間に、電気絶縁材料からなる介在層が設けられ、
 - 前記冷却側部材と前記冷却側挟持部との間に、電気絶縁材料からなる

る介在層が設けられ、

前記加熱側挟持部及び前記冷却側挟持部は、導電材料からなり、
前記加熱側挟持部と前記冷却側挟持部との間の電気特性を測定可能な電気特性測定部を備えている熱伝導測定装置。

[請求項6] 請求項 1 から 5 の何れか 1 項に記載の熱伝導測定装置において、
前記加熱側部材は、前記加熱側挟持部に外嵌される嵌合部を有し、
前記冷却側部材は、前記冷却側挟持部に外嵌される嵌合部を有する熱伝導測定装置。

[請求項7] 請求項 1 から 6 の何れか 1 項に記載の熱伝導測定装置において、
前記冷却源及び前記加熱源の一方又は双方には、ペルチエ素子が含まれている熱伝導測定装置。

[請求項8] 請求項 1 から 7 の何れか 1 項に記載の熱伝導測定装置において、
前記加熱側部材を冷却可能な冷却手段を備えている熱伝導測定装置。

[請求項9] 請求項 1 から 8 の何れか 1 項に記載の熱伝導測定装置において、
熱伝導率が $0.1 \sim 100 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ の範囲の測定対象物の熱伝導率を測定する装置であり、
前記測定対象物の厚みは、 0.1 mm 以上で、 10 mm 以下である熱伝導測定装置。

[請求項10] 請求項 1 から 9 の何れか 1 項に記載の熱伝導測定装置において、
前記挟持部が、取替え可能なカートリッジ構造となっている熱伝導測定装置。

[請求項11] 測定対象物の熱伝導に関する物性値を測定する方法であって、
測定対象物を、加熱側挟持部と冷却側挟持部とを有する挟持部によって挟持し、
加熱源に熱的に接続された加熱側部材によって前記加熱側挟持部を加熱するとともに、冷却源に熱的に接続された冷却側部材によって前記冷却側挟持部を冷却し、

前記加熱側部材の温度、前記冷却側部材の温度、前記加熱側挟持部の温度及び前記冷却側挟持部の温度を測定し、

前記測定した値から、前記加熱側部材の温度勾配及び前記冷却側部材の温度勾配を導出するとともに、前記加熱側挟持部と前記冷却側挟持部との温度差を導出し、

前記導出の結果に基づいて、測定対象物の熱伝導に関する物性値を導出する熱伝導測定方法。

[請求項12]

請求項 1 1 に記載の熱伝導測定方法において、

前記加熱側挟持部及び前記冷却側挟持部の温度をその幅方向の複数個所で測定する熱伝導測定方法。

[請求項13]

請求項 1 1 又は 1 2 に記載の熱伝導測定方法において、

測定終了後に冷却手段によって前記加熱側部材を冷却する熱伝導測定方法。

[請求項14]

請求項 1 1 から 1 3 の何れか 1 項に記載の熱伝導測定方法において、

前記挟持部として、取替え可能なカートリッジ構造の挟持部を作成し、この挟持部を前記加熱側部材と前記冷却側部材との間に装着して、この状態で測定対象物の熱伝導に関する物性値の測定を行う熱伝導測定方法。

[請求項15]

請求項 1 1 から 1 4 の何れか 1 項に記載の熱伝導測定方法において、

前記加熱側挟持部の温度と前記冷却側挟持部の温度を測定する温度測定端を設け、

前記温度測定端により前記加熱側挟持部の温度と前記冷却側挟持部の温度とを測定する熱伝導測定方法。

[請求項16]

測定対象物の熱伝導に関する物性値を測定する方法であって、

測定対象物を、加熱側挟持部と冷却側挟持部とを有する挟持部によって挟持し、

加熱源に熱的に接続された加熱側部材によって前記加熱側挟持部を加熱するとともに、冷却源に熱的に接続された冷却側部材によって前記冷却側挟持部を冷却し、

前記加熱側部材の温度勾配から前記加熱側部材を通る第 1 熱流を導出し、

前記冷却側部材の温度勾配から前記冷却側部材を通る第 2 熱流を導出し、

前記第 1 熱流と前記第 2 熱流との平均値から前記挟持部を通過する平均熱流 q を導出し、

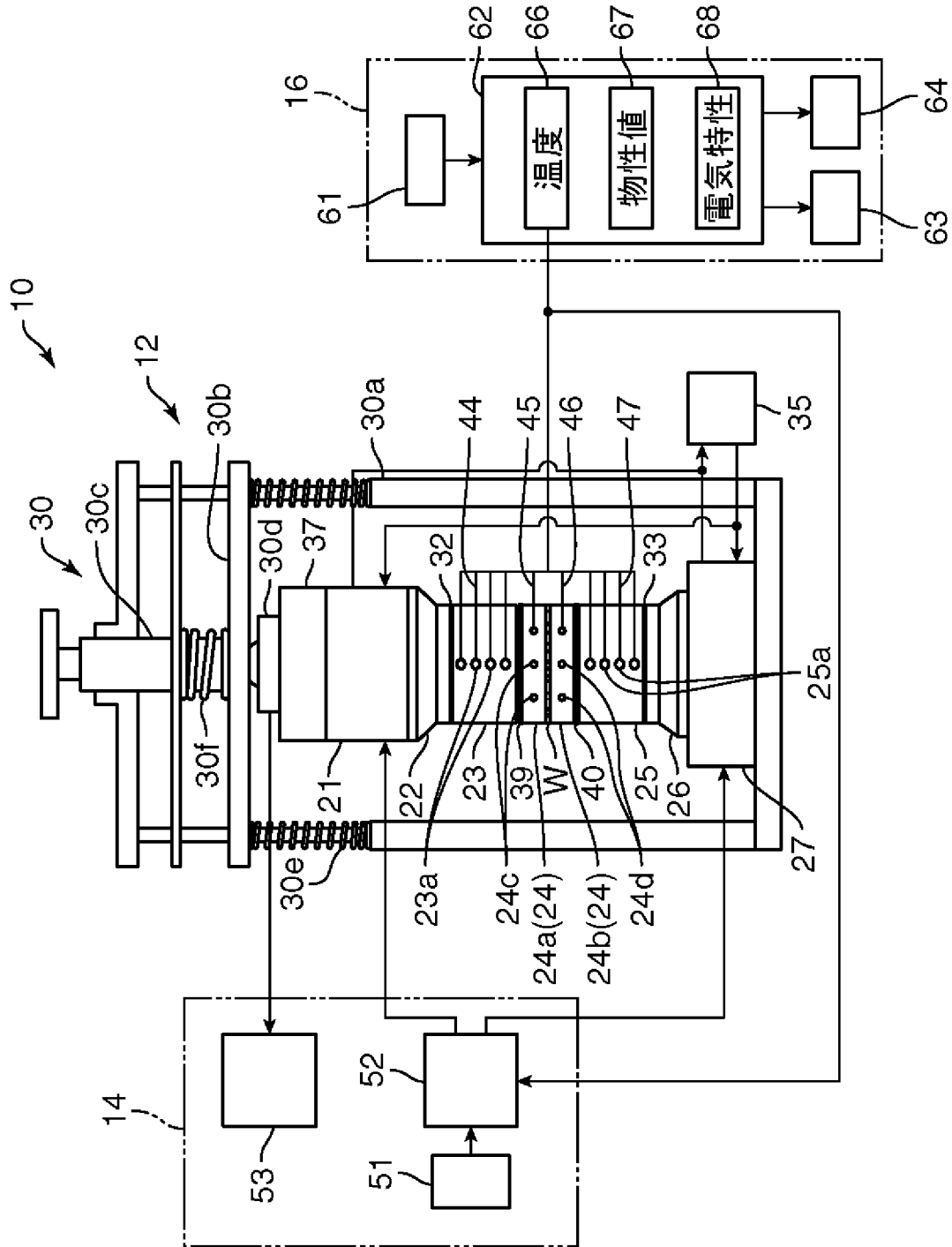
前記加熱側挟持部と前記冷却側挟持部との間の温度差 ΔT_B を導出し、かつ、前記平均熱流 q と、前記加熱側挟持部及び前記冷却側挟持部の熱伝導率 k_B と、前記加熱側挟持部及び前記冷却側挟持部の温度測定位置と前記測定対象物との間の距離 t_{sB} とから、温度差 ΔT_{sB} を導出し、

前記温度差 ΔT_B と前記温度差 ΔT_{sB} とから、前記測定対象物の上下面間の温度差 ΔT_s を導出し、

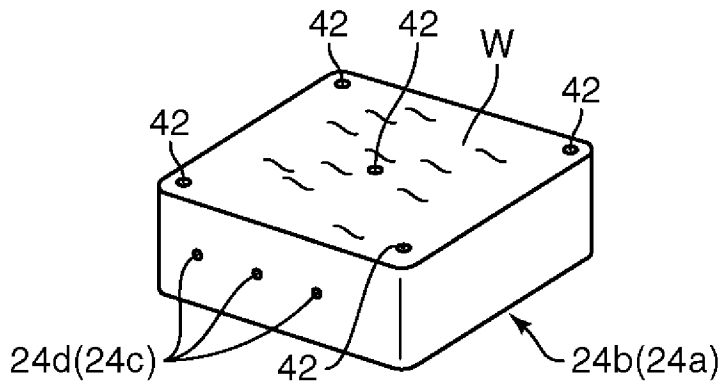
前記温度差 ΔT_s と測定対象物の厚み t_s とに基づいて、測定対象物の温度勾配を導出し、

前記導出された測定対象物での前記温度勾配と前記平均熱流 q とに基づいて、測定対象物の熱伝導に関する物性値を導出する熱伝導測定方法。

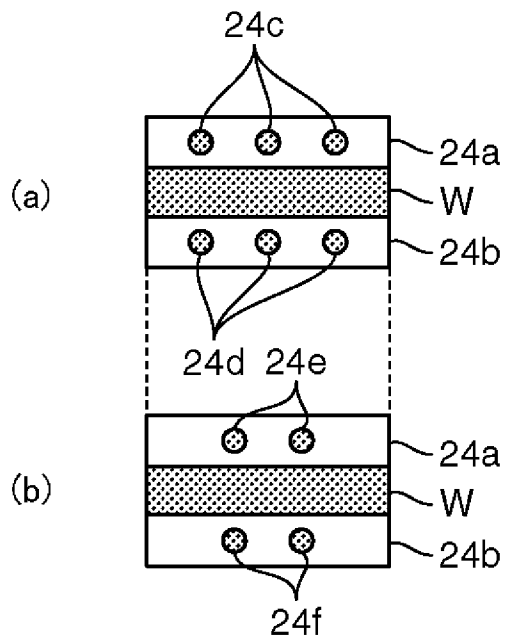
[図1]



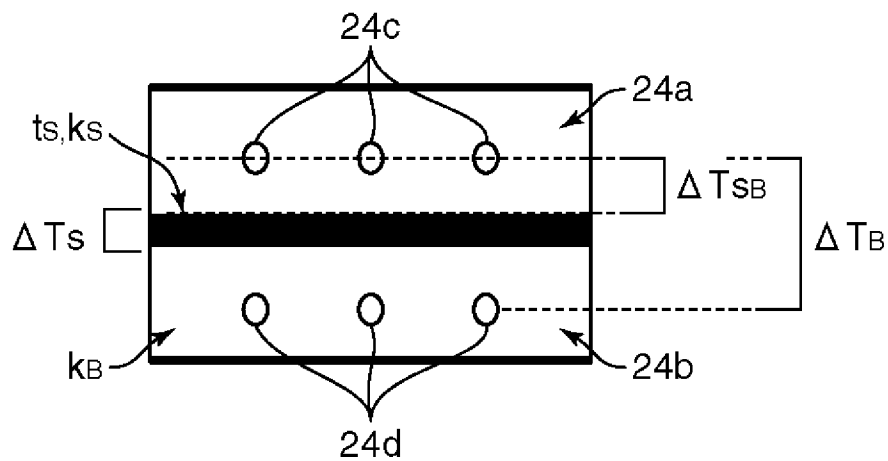
[図2]



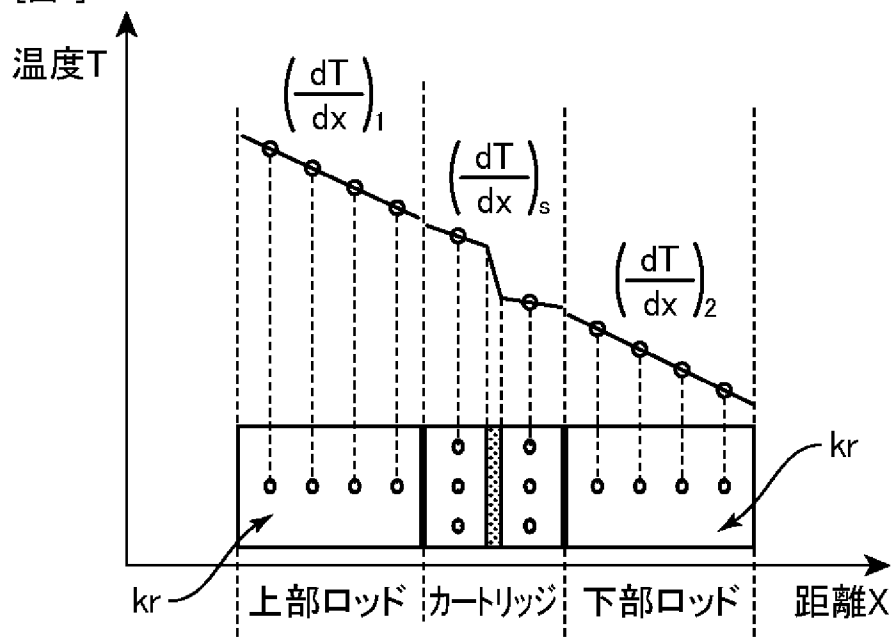
[図3]



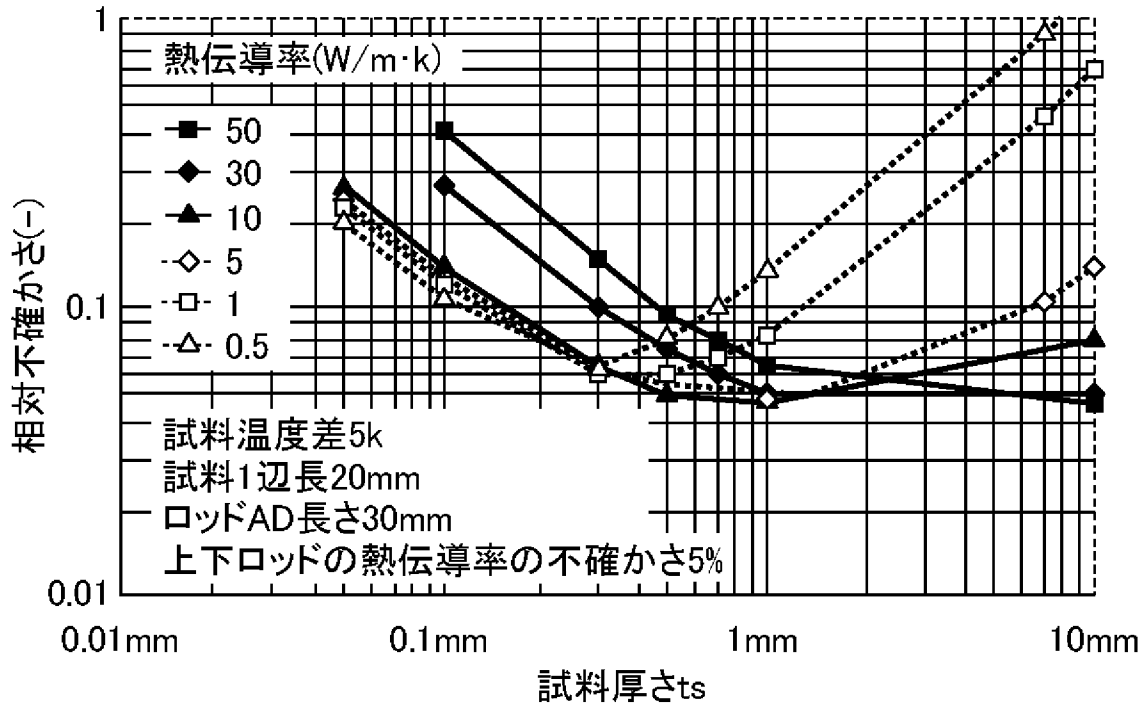
[図4]



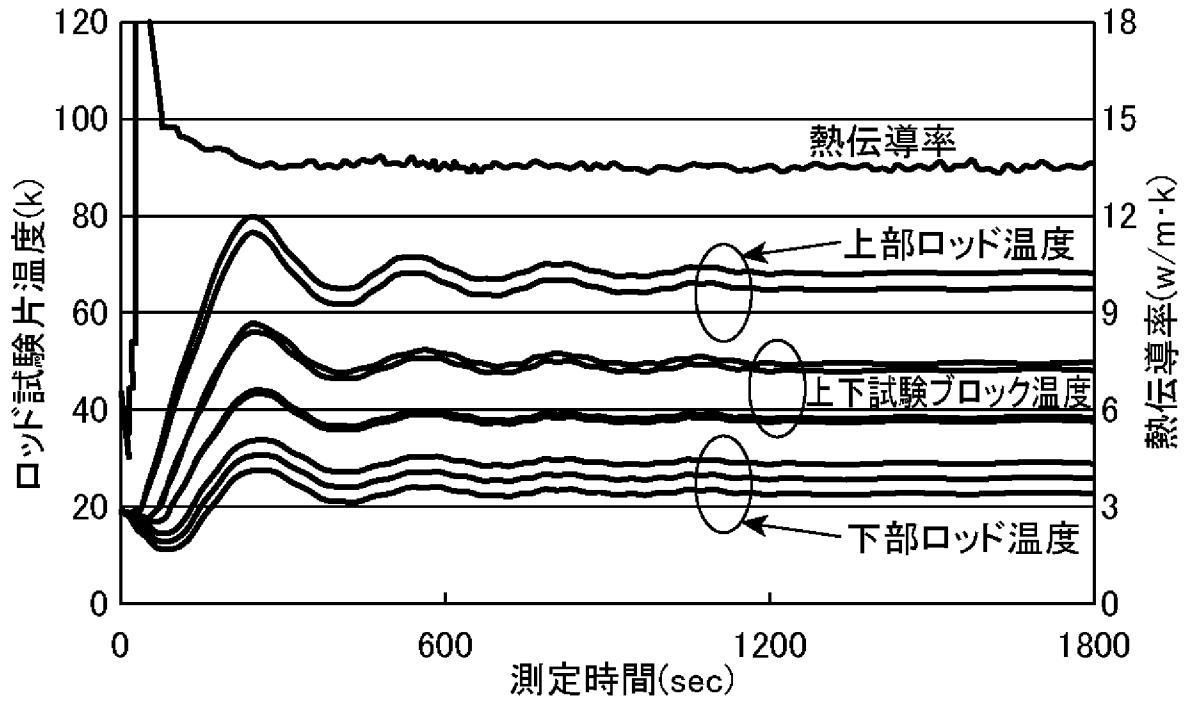
[図5]



[図6]



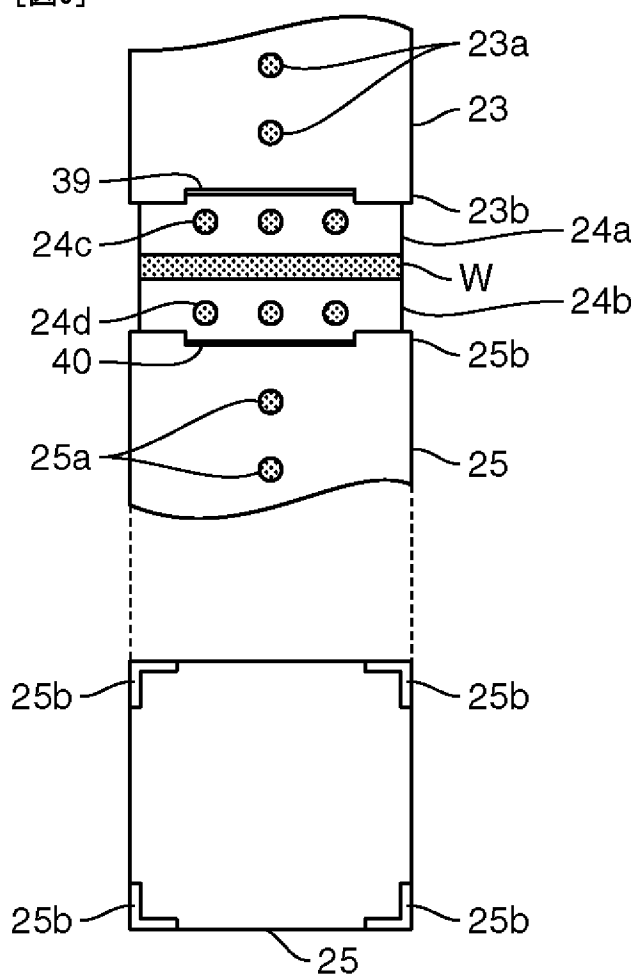
[図7]



[図8]

試料		シリコングリース		導電性接着剤		SUS304	
試料厚さ(mm)		0.24(偏差0.19)		0.36(偏差0.04)		10(偏差0.02)	
測定回数		1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目
熱伝導率 (W/m·k)	公称値	0.9		2		16	
	測定値	0.98	0.90	1.90	1.84	14.5	15.7
試料温度差(°C)		9.9	10.1	10.0	10.1	11.2	11.5
試料温度(°C)		36.0	26.1	28.6	28.6	42.5	75.4
熱抵抗(cm ² ·K/W)		2.44	2.66	1.90	1.95	0.1	0.1
投入熱流(W)		16.2	14.9	21.2	20.6	44.1	44.4

[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/001610

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N25/18 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N25/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus (JDreamII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 3858660 B2 (Hitachi, Ltd.), 20 December 2006 (20.12.2006), paragraph [0040]; fig. 1 & US 2003/0072349 A1 & CN 1410765 A	1-16
Y	CHIBA H., OGUSHI T., NAKAJIMA H., TORII K., TOMIMURA T., ONO F., Steady state comparative- longitudinal heat flow method using specimen of different thicknesses for measuring thermal conductivity of lotus-type porous metals, J Appl Phys, 2008, Vol.103, No.1, Page.013515	1-16

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
11 May, 2010 (11.05.10)

Date of mailing of the international search report
25 May, 2010 (25.05.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/001610

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Hiroshi CHIBA, Tetsuro OGUSHI, Kaoru TORII, Toshio TOMIMURA, Hideo NAKAJIMA, Fumio ONO, "Ichi Hoko Netsuryu Teijo Hikakuho (Shikenhen Atsusa Henkaho) ni yoru Netsu Dendoritsu Sokuteiho no Kento", National Heat Transfer Symposium of Japan Koen Ronbunshu (CD-ROM), 2007, vol.44th, page C211	1-16
Y	JP 2006-145446 A (Mitsubishi Electric Corp.), 08 June 2006 (08.06.2006), entire text; fig. 1 (Family: none)	1-16
A	JP 2000-55846 A (Nichias Corp.), 25 February 2000 (25.02.2000), entire text; all drawings (Family: none)	1-16
P,X	Takuya HIRATA, Hirokazu TANAKA, Satoshi YANAGIURA, Satoshi WATANABE, Tetsuro OGUSHI, "Dodensei Secchakuzai Netsudendoritsu Sokutei Sochi no Kaihatsu -Cartridge Hoshiki Ichi Hoko Netsuryu Teijo Hikakuho-", The Japan Society of Mechanical Engineers Proceedings of Thermal Engineering Conference, 06 November 2009 (06.11.2009), vol.2009, pages 169 to 170	1-16

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01N25/18(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01N25/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2010年
日本国実用新案登録公報	1996-2010年
日本国登録実用新案公報	1994-2010年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JSTPlus(JDreamII)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 3858660 B2 (株式会社日立製作所) 2006.12.20, 【0040】, 図1 & US 2003/0072349 A1 & CN 1410765 A	1-16
Y	CHIBA H., OGUSHI T., NAKAJIMA H., TORII K., TOMIMURA T., ONO F., Steady state comparative-longitudinal heat flow method using specimen of different thicknesses for measuring thermal conductivity of lotus-type porous metals, J Appl Phys, 2008, Vol.103, No.1, Page.013515	1-16

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

11.05.2010

国際調査報告の発送日

25.05.2010

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

▲高▼見 重雄

電話番号 03-3581-1101 内線 3252

2J

9116

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	千葉博, 大串哲朗, 鳥居薫, 富村寿夫, 中嶋英雄, 小野文夫, 一方向熱流定常比較法(試験片厚さ変化法)による熱伝導率測定法の検討, 日本伝熱シンポジウム講演論文集(CD-ROM), 2007, Vol.44th, Page.C211	1-16
Y	JP 2006-145446 A (三菱電機株式会社) 2006.06.08, 全文, 図1 (ファミリーなし)	1-16
A	JP 2000-55846 A (ニチアス株式会社) 2000.02.25, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-16
P, X	平田拓哉, 田中浩和, 柳浦聡, 渡邊聡, 大串哲朗, 導電性接着剤熱伝導率測定装置の開発-カートリッジ方式一方向熱流定常比較法-, 日本機械学会熱工学コンファレンス講演論文集, 2009.11.06, Vol.2009, Page.169-170	1-16