

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7702181号
(P7702181)

(45)発行日 令和7年7月3日(2025.7.3)

(24)登録日 令和7年6月25日(2025.6.25)

(51)国際特許分類		F I			
A 6 1 B	5/01 (2006.01)	A 6 1 B	5/01	1 0 0	
G 0 1 K	7/42 (2006.01)	G 0 1 K	7/42		A
G 0 1 K	13/20 (2021.01)	G 0 1 K	13/20	3 4 1 Z	

請求項の数 14 (全19頁)

(21)出願番号	特願2024-530334(P2024-530334)	(73)特許権者	518212241 公立大学法人公立諏訪東京理科大学 長野県茅野市豊平5 0 0 0番地 1
(86)(22)出願日	令和5年5月1日(2023.5.1)	(74)代理人	100127661 弁理士 宮坂 一彦
(86)国際出願番号	PCT/JP2023/017069	(72)発明者	橋元 伸晃 長野県茅野市豊平5 0 0 0番地 1 公立 大学法人公立諏訪東京理科大学内
(87)国際公開番号	WO2024/004375	審査官	増淵 俊仁
(87)国際公開日	令和6年1月4日(2024.1.4)		
審査請求日	令和7年1月24日(2025.1.24)		
(31)優先権主張番号	特願2022-105509(P2022-105509)		
(32)優先日	令和4年6月30日(2022.6.30)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 深部温度計測用プローブ及び深部温度計

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検体の深部の温度を計測する際に用いられる深部温度計測用プローブであって、
基板と、
前記基板の第1領域において、該基板を挟んで対向するようにして実装された一対の温度センサーである「一対の第1領域温度センサー」と、
前記基板の第2領域において、該基板を挟んで対向するようにして実装された一対の温度センサーである「一対の第2領域温度センサー」と、
を備え、
前記基板には、前記第1領域温度センサーの直下において該基板の表面と裏面との間を貫通する貫通孔が形成されており、前記一対の第1領域温度センサーの間が該貫通孔で接続されている、
ことを特徴とする深部温度計測用プローブ。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の深部温度計測用プローブにおいて、
前記貫通孔の内部には空気層が配されている、
ことを特徴とする深部温度計測用プローブ。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の深部温度計測用プローブにおいて、
前記貫通孔の内部には更に断熱紙が配されている、

ことを特徴とする深部温度計測用プローブ。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の深部温度計測用プローブにおいて、
前記基板はガラス基板で構成されており、
前記貫通孔の内部は真空又は真空に近い状態になっている、
ことを特徴とする深部温度計測用プローブ。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の深部温度計測用プローブにおいて、
前記基板には、前記第 2 領域温度センサーの直下において該基板の表面と裏面との間を
貫通する別の貫通孔が形成され、且つ、該別の貫通孔には金属が埋め込まれており、前記
1 対の第 2 領域温度センサーの間が該金属を介して接続されている、
ことを特徴とする深部温度計測用プローブ。

10

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の深部温度計測用プローブにおいて、
前記基板において、前記第 1 領域と前記第 2 領域との間に空気層が配置されている、
ことを特徴とする深部温度計測用プローブ。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の深部温度計測用プローブにおいて、
前記基板において、前記第 1 領域及び / 又は前記第 2 領域の周囲に空気層が配置されて
いる、
ことを特徴とする深部温度計測用プローブ。

20

【請求項 8】

請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の深部温度計測用プローブにおいて、
前記基板において、前記第 1 領域及び前記第 2 領域を構成する領域に隣り合うようにし
て外気温度を計測する温度センサーが配置されている、
ことを特徴とする深部温度計測用プローブ。

【請求項 9】

被検体の深部の温度を計測する際に用いられる深部温度計測用プローブであって、
板状の基板と、
前記基板の第 1 領域において該基板を挟んで対向するようにして実装された一対の温度
センサーである「一対の第 1 領域温度センサー」、及び、前記第 1 領域の基板内に構成さ
れた第 1 熱流路を有し、前記被検体から流出する第 1 熱流を測定する第 1 熱流測定系と、
前記基板の第 2 領域において該基板を挟んで対向するようにして実装された一対の温度
センサーである「一対の第 2 領域温度センサー」、及び、前記第 2 領域の基板内に構成さ
れた第 2 熱流路を有し、前記被検体から流出する第 2 熱流を測定する第 2 熱流測定系と、
を備え、
前記基板には前記第 1 領域温度センサーの直下において該基板の表面と裏面との間を貫
通する貫通孔が形成されており、前記第 1 熱流路が前記貫通孔の内部に配された空気層で
構成されている、
ことを特徴とする深部温度計測用プローブ。

30

40

【請求項 10】

請求項 9 に記載の深部温度計測用プローブにおいて、
前記貫通孔の内部には更に断熱紙が配されている、
ことを特徴とする深部温度計測用プローブ。

【請求項 11】

請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の深部温度計測用プローブと、
前記深部温度計測用プローブの前記一対の第 1 領域温度センサー及び前記一対の第 2 領
域温度センサーによって測定された各温度を用いて深部温度を推定する深部温度推定部と
、を備えることを特徴とする深部温度計。

【請求項 12】

50

請求項 1 1 に記載の深部温度計において、

前記深部温度を T_B とし、前記一对の第 1 領域温度センサーのうち前記被検体の側に配置されたセンサー、前記一对の第 2 領域温度センサーのうち前記被検体の側に配置されたセンサー、前記一对の第 1 領域温度センサーのうち前記被検体とは反対側に配置されたセンサー及び前記一对の第 2 領域温度センサーのうち前記被検体とは反対側に配置されたセンサーによって測定された各温度をそれぞれ T_1 、 T_2 、 T_3 及び T_4 としたとき、

前記深部温度推定部は、

前記一对の第 1 領域温度センサー間の第 1 熱流路と前記一对の第 2 領域センサー間の第 2 熱流路の熱抵抗比 K について、 $K = [(T_B - T_2)(T_1 - T_3)] / [(T_B - T_1)(T_2 - T_4)]$ の関係を用いて予め決定した前記熱抵抗比 K 、

10

並びに、前記被検体にプロービングすることによって測定された前記温度 T_1 、 T_2 、 T_3 及び T_4 を、

$T_B = T_1 + (T_1 - T_2)(T_1 - T_3) / [K(T_2 - T_4) - (T_1 - T_3)]$

の関係に当てはめることによって前記深部温度 T_B を推定するように構成されていることを特徴とする深部温度計。

【請求項 1 3】

請求項 9 又は 1 0 に記載の深部温度計測用プローブと、

前記深部温度計測用プローブの前記一对の第 1 領域温度センサー及び前記一对の第 2 領域温度センサーによって測定された各温度を用いて深部温度を推定する深部温度推定部と、を備えることを特徴とする深部温度計。

20

【請求項 1 4】

請求項 1 3 に記載の深部温度計において、

前記深部温度を T_B とし、前記一对の第 1 領域温度センサーのうち前記被検体の側に配置されたセンサー、前記一对の第 2 領域温度センサーのうち前記被検体の側に配置されたセンサー、前記一对の第 1 領域温度センサーのうち前記被検体とは反対側に配置されたセンサー及び前記一对の第 2 領域温度センサーのうち前記被検体とは反対側に配置されたセンサーによって測定された各温度をそれぞれ T_1 、 T_2 、 T_3 及び T_4 としたとき、

前記深部温度推定部は、

前記一对の第 1 領域温度センサー間の第 1 熱流路と前記一对の第 2 領域センサー間の第 2 熱流路の熱抵抗比 K について、 $K = [(T_B - T_2)(T_1 - T_3)] / [(T_B - T_1)(T_2 - T_4)]$ の関係を用いて予め決定した前記熱抵抗比 K 、

30

並びに、前記被検体にプロービングすることによって測定された前記温度 T_1 、 T_2 、 T_3 及び T_4 を、

$T_B = T_1 + (T_1 - T_2)(T_1 - T_3) / [K(T_2 - T_4) - (T_1 - T_3)]$

の関係に当てはめることによって前記深部温度 T_B を推定するように構成されていることを特徴とする深部温度計。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、深部温度計測用プローブ及び深部温度計に関し、主に人体の深部温度（核心温度）を計測する深部温度計測用プローブ及び深部温度計に関する。

40

【背景技術】

【0002】

従来より、非侵襲な方法で人体の深部の温度を測る双熱流法が研究されている。双熱流法は 2 つの異なる断熱材を抜ける熱流を計測して熱流に関する連立方程式を解くことで未知数である生体皮膚の熱抵抗値を用いることなく深部温度 T_B を求めるものである（例えば非特許文献 1 参照）。

【0003】

非特許文献 1 及び特許文献 1 には、双熱流法を用いて深部温度 T_B を計測する深部温度計測用プローブ（以下、単に「プローブ」ということがある）が開示されている。総熱流

50

法向けのプローブを構成するためには、2つの熱流路の熱抵抗値の間（第1熱流路の熱抵抗値と第2熱流路の熱抵抗値との間）に差を設けることが肝要であり、これらの文献でもそのための工夫が施されたプローブが開示されている。

【0004】

特許文献1に記載された深部温度計測用プローブは、基板の第1領域における導電パターンの占有率及び/又は分散と、第2領域における導電パターンの占有率及び/又は分散と、を異ならせることにより、互いの熱抵抗率に差が生じるよう構成されている。例えば図1の例では、第1熱流路において基板の層間に導電パターンを配置して全体的な熱抵抗値Rが低くなるようにし、その一方で、第2熱流路ではそのような層間の導電パターンを配置せず基板材料そのもので第2熱流路を構成するようにし、全体として双方の間の熱流路の熱抵抗値に差がつくようになっている。

10

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0005】

【文献】柳井一成、「非侵襲的な深部体温計の開発及び基礎実験での検証」、奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科修士論文、NAIST Digital Library、2014年

【特許文献】

【0006】

【文献】国際公開第2019/167707号

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで昨今では夏季に酷暑となることも多く、熱中症予防等の観点でも深部温度計測用プローブを生体に装着して生体の深部温度TB（特に人体の深部体温）を監視するような取組も今後増えてくるものと推察される。ウェアラブルなプローブに期待される属性としては、装着に際しての抵抗感を下げ装着率を高めるためにも「薄型」であることが重要である。

【0008】

しかしながら、深部温度計測用プローブを構成する基板の厚みを薄くすると、厚み方向の寸法が小さくなるため厚み方向の熱抵抗値が下がる方向に進む。このとき、特許文献1に記載された深部温度計測用プローブの技術に基づくならば、第1領域の熱抵抗値を下げようと層間に導電パターンを入れたとしても、基板の薄型化により第2領域の熱抵抗値も小さくなっているため、2つの領域の間で熱抵抗値の差をつけづらい。したがって、特許文献1に記載された技術で薄型のウェアラブルな深部温度計測用プローブを構成したとしても、深部温度の計測・推定（以下、単に「計測」という）の精度を高く保ちづらい。

30

【0009】

さらにまた、特許文献1に記載された深部温度計測用プローブにおいては、基板の寸法を小さく設定すればするほど内部に多くの導電パターンを造り込むことが困難になり、実現性・実用性に欠けるものになる。

【0010】

そこで、本発明は上記した事情に鑑みてなされたものであり、プローブを構成する基板が薄型化したとしても、高い精度で被検体深部の温度の計測が可能な深部温度計測用プローブを提供することを目的とする。また、そのような深部温度計測用プローブを備えた深部温度計を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の一態様によれば、被検体の深部の温度を計測する際に用いられる深部温度計測用プローブが提供される。かかる深部温度計測用プローブは、板状の基板と、基板の第1領域において、該基板を挟んで対向するようにして実装された一对の温度センサーである「一对の第1領域温度センサー」と、基板の第2領域において、該基板を挟んで対向する

50

ようにして実装された一对の温度センサーである「一对の第2領域温度センサー」とを備える。そして、基板には、第1領域温度センサーの直下において該基板の表面と裏面との間を貫通する貫通孔が形成されており、一对の第1領域温度センサーの間が該貫通孔で接続されている構成となっている。

【0012】

本発明の別の態様によれば、同様に被検体の深部の温度を計測する際に用いられる深部温度計測用プローブが提供される。

かかる深部温度計測用プローブは、板状の基板と、基板の第1領域において該基板を挟んで対向するようにして実装された一对の温度センサーである「一对の第1領域温度センサー」、及び、第1領域の基板内に構成された第1熱流路を有し、被検体から流出する第1熱流を測定する第1熱流測定系を備える。また、基板の第2領域において該基板を挟んで対向するようにして実装された一对の温度センサーである「一对の第2領域温度センサー」、及び、第2領域の基板内に構成された第2熱流路を有し、被検体から流出する第2熱流を測定する第2熱流測定系を備える。そして、基板には第1領域温度センサーの直下において該基板の表面と裏面との間を貫通する貫通孔が形成されており、第1熱流路が貫通孔の内部に配された空気層で構成されている構成となっている。

10

【0013】

本発明の更に別の態様によれば、上記記載の深部温度計測用プローブと、深部温度計測用プローブの一对の第1領域温度センサー及び一对の第2領域温度センサーによって測定された各温度を用いて深部温度を推定する深部温度推定部と、を備える深部温度計が提供される。

20

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、プローブを構成する基板が薄型化したとしても、高い精度で被検体深部の温度の計測が可能な深部温度計測用プローブを提供することができる。また、そのような深部温度計測用プローブを備えた深部温度計を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】実施形態1に係る深部温度計測用プローブ1を説明するために示す図である。

【図2】実施形態1に係る深部温度計測用プローブ1の構成要素を示す図である。

30

【図3】実施形態1に係る深部温度計500のハードウェア構成の一例を示すブロック図である。

【図4】実施形態1に係る深部温度計測用プローブ1の熱等価回路図である。

【図5】実施形態1に係る深部温度計測用プローブ1の実験系を模式的に示す断面図である。

【図6】実施形態2に係る深部温度計測用プローブ2を示す断面図である。

【図7】実施形態3に係る深部温度計測用プローブ3を示す断面図である。

【図8】実施形態4に係る深部温度計測用プローブ4を説明するために示す図である。

【図9】変形例1に係る深部温度計測用プローブ5を示す断面図である。

【図10】変形例2及び変形例3に係る深部温度計測用プローブ6, 7を示す要部断面図である。

40

【図11】変形例4に係る深部温度計測用プローブ4', 4''を説明するために示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明に係る深部温度計測用プローブ及び深部温度計について図を参照しながら説明する。なお、各図に共通する符号については、当該符号について既に説明した内容を他の図の説明においても援用できることから、他の図における説明を省略する。

【0017】

[実施形態1]

50

1. 実施形態 1 に係る深部温度計測用プローブ 1 の構成

図 1 は、実施形態 1 に係る深部温度計測用プローブ 1 を説明するために示す図である。図 1 (a) は、図 1 (b) の B - B 断面を示す深部温度計測用プローブ 1 の断面図である。図 1 (b) は、図 1 (a) の矢印 A に沿って深部温度計測用プローブ 1 を見たときの平面図である。図 2 は、実施形態 1 に係る深部温度計測用プローブ 1 の構成要素を示す図である。

【 0 0 1 8 】

(1) 深部温度計測用プローブ 1 の概要

図 1 に示すように、深部温度計測用プローブ 1 は、被検体 9 の深部である被検体深部 9 c の温度を計測する際に用いられるもので裏面側を被検体表面 9 a に直接的又は間接的に当接することにより被検体深部 9 c の温度 (深部温度 T B) を計測するものである。図において符号 R S は、直接測定することができない被検体中間部 9 b の熱抵抗値を表している。

10

典型的な被検体 9 としてはヒト、獣などの生体が挙げられるが、本実施形態ではヒトを想定して説明を続ける。

深部温度計測用プローブ 1 は、基板 1 0 と、温度センサー 2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4 とを備えている。なお、本明細書において温度センサーのことを単に「センサー」というときがある。

【 0 0 1 9 】

(2) 基板 1 0

図 2 (a) は基板 1 0 を示す平面図であり、温度センサー 2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4 , 2 5 が実装されていないベア基板の表面を視たときの様子を示す。

20

図 2 (a) に示すように、基板 1 0 は配線パターン 1 3 が形成されたプリント基板である。基板 1 0 としては例えばガラスエポキシ基板を採用することができる。本実施形態の基板 1 0 は、表面 1 0 a 及び裏面 1 0 b の両面に配線パターン 1 3 を有するいわゆる両面基板としている。配線パターン 1 3 (広義の配線パターン) には、端子 1 3 c 、端子 1 3 c 間を結ぶ狭義の配線パターン 1 3 a 、パッド状に形成された狭義のランド 1 3 b などが含まれている。なお、図において狭義の配線パターン 1 3 a は中途の接続の記載を省略している。

【 0 0 2 0 】

基板 1 0 は、表面 1 0 a 及び裏面 1 0 b を有し、例えば板状の形状をなしている。なお、ここでの表面 1 0 a 及び裏面 1 0 b の定義は便宜上のものであり、外界 (大気 8 側) に臨む面を表面 1 0 a とし被検体 9 に当接する側の面を裏面 1 0 b とする。

30

基板 1 0 は、温度センサー 2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4 が実装される基部の機能を有し、且つまた、その一部 (又は全部) については裏面 1 0 b の側から表面 1 0 a の側に流れる熱の流路 (熱流路) を構成している (図 1 も参照) 。

【 0 0 2 1 】

(3) 温度センサー 2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4

温度センサー 2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4 は接触した部位 (ノード) における温度を測定し、測定した温度に応じた出力信号を出力するもので、例えば、熱電対、白金測温抵抗体、サーミスター等のディスクリットなデバイスや、I C (Integrated Circuit) 化されてデジタルで出力信号を出力するデバイスなどで構成することができる。

40

本実施形態の温度センサー 2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4 は I C 化されたものを用いるものとし、例えば図のようにいわゆる S O N パッケージ (Small Outline Non-leaded package) で実現してもよい。

【 0 0 2 2 】

図 2 (b) は、温度センサー 2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4 , 2 5 を S O N パッケージで実現した場合の該パッケージの底面を示す底面図である。温度センサー 2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4 , 2 5 は、温度をセンシングし電氣的な信号に変換する機能を有する半導体チップを内部に有し (図示を省略) 、当該半導体チップに電氣的に接続された外部接続端子 2 8 が底

50

面に露出している。また、温度センサー 21, 22, 23, 24, 25 は、測定すべき接触部位（具体的には熱流路のノード）と内部の半導体チップとの間の熱的結合を良好にするためのサーマルパッド 29 も底面に有している。

【0023】

図 1 に戻って温度センサーの基板実装について説明を続ける。

温度センサー 21, 22 は、基板 10 の第 1 領域 11 において、一対になって該基板 10 を挟んで対向するようにして実装されている。温度センサー 21 は基板 10 の裏面 10 b に実装され、温度センサー 22 は基板 10 の表面 10 a に実装されている。同様に温度センサー 23, 24 は、基板 10 の第 2 領域 12 において、一対になって該基板 10 を挟んで対向するようにして実装されている。温度センサー 23 は基板 10 の裏面 10 b に実装され、温度センサー 24 は基板 10 の表面 10 a に実装されている。

10

図において符号 60 で示したものは外部との接続を行う外部コネクタである。また符号 25 は外気温度を測定する温度センサーである。後述するように熱抵抗比 K を実験的に決定する際に、温度センサー 25 で測定した外気温 T_5 を使って熱抵抗比 K を補正をしていくものである。なお、温度センサーが 25 は第 1 領域 11 及び第 2 領域 12 を構成する領域に隣り合うようにして配置されている。一つのモジュールで外気温度の計測も可能となり、全体としてみると深部温度計 500 を小型・軽量・安価で実現することができる。

【0024】

本明細書では、一対の温度センサー 21, 22 を「一対の第 1 領域温度センサー 21, 22」と、一対の温度センサー 23, 24 を「一対の第 2 領域温度センサー 23, 24」とそれぞれ言い換えることがある。

20

「第 1 領域 11」、「第 2 領域 12」とは、双熱流法による深部温度計測を行うに当たり、互いの熱抵抗値 R_1, R_2 の間に差を有するよう企図した「第 1 熱流路 115」、「第 2 熱流路 125」をそれぞれ設けている領域である《図 1 (b)、図 2 等参照》。

【0025】

各温度センサー 21, 22, 23, 24 は、その外部接続端子 28 が基板 10 の端子 13 c に対し「はんだ 51」を介して接続されており、これにより双方の電氣的な接続が行われると共に、各センサーが基板 10 上に固定される。

【0026】

温度センサー 23, 24 のサーマルパッド 29 は、基板 10 のランド 13 b に対し、それらのオーバーラップ領域全面に渡って「はんだ 51」を介して接続されており、これにより基板 10 のランド 13 b（第 2 熱流路 125 の接続点としてのノード）との間の熱的結合を良好にするとともに、サーマルパッド 29 ~ ランド 13 b 間の距離を「はんだ 51」で固定して動的な距離変動（仮にはんだ 51 が無く隙間だけだった場合の想定）を抑えることができる。

30

はんだ付けにおいて「はんだ 51」の厚さを所定範囲のパラッキに収まるように管理し、サーマルパッド 29 ~ ランド 13 b 間の距離をほぼ一定にするようにしている。これにより、一対の第 2 領域温度センサー 23, 24 間の距離をほぼ一定に保つことができ、量産時においても第 2 熱流路 125 の熱抵抗値 R_2 を再現性よくほぼ一定に管理することができる。

40

【0027】

次いで基板 10 の第 2 領域 12 に着目すると、第 2 熱流路 125 は、基板 10 自体とサーマルパッド 29 及びランド 13 b 間に介挿された「はんだ 51」とによって構成されている。基板 10 自体を活かしながら第 2 熱流路 125 を構成するので、特段の細工を施すことなく部材数も特段に増やすことなくシンプルな構成でプローブを構成することができ、経済的に有利なプローブとなる。

第 2 熱流路 125 を通じて、第 2 熱流 120 a が当該深部温度計測用プローブ 1 の裏側から表側に流れるようになっている《図 1 (a) において太矢印で模式的に示した符号 120 a を参照》。

【0028】

50

(4) 第1熱流路115の構成

一方、基板10の第1領域11に着目すると、基板10には、温度センサー21, 22(第1領域温度センサー21, 22)の直下において該基板10の表面10aと裏面10bとの間を貫通する貫通孔15が形成されている。一对の第1領域温度センサー21, 22の間は貫通孔15で接続されている。ここでの「接続」というのは、空間的に接続されているという意味もあれば、熱回路の観点で接続されている意味も含まれる。

【0029】

また、実施形態1に係る深部温度計測用プローブ1では、貫通孔15の内部に空気層30が配されている。符号15aは貫通孔の内壁を示す。

【0030】

第1熱流路115は、上記した貫通孔15の隙間(実施形態1では空気層30)によって構成されている。別の言い方をすると、基板10に形成された貫通孔15の内部に配された空気層30で、第1熱流路115を構成する熱抵抗体を実現している。

このような第1熱流路115を通じて、第1熱流110aが当該深部温度計測用プローブ1の裏側から表側に流れるようになっている《図1(a)において太矢印で模式的に示した符号110aを参照》。

【0031】

なお、第1領域温度センサー21, 22は半導体によるICとして構成されており、平面視したときに、貫通孔15は、ICのサーマルパッド29(又は、後述する変形例3ではベアチップの裏面)の50%以上の面積でオーバーラップしていることが好ましい《図1(b)参照》。さらには、貫通孔15は、サーマルパッド29の領域全てでオーバーラップしていることがより好ましい。

【0032】

(5) 第1熱流測定系110及び第2熱流測定系120

上記した、第1領域11の基板内に構成された第1熱流路115、及び、一对の第1領域温度センサー21, 22が「第1熱流測定系110」を構成している。同様に、第2領域12の基板内に構成された第2熱流路125、及び、一对の第2領域温度センサー23, 24が「第2熱流測定系120」を構成している。

【0033】

実施形態1に係る深部温度計測用プローブ1は次の構成を備えているとも言える。

すなわち、基板10の第1領域11において該基板10を挟んで対向するようにして実装された一对の第1領域温度センサー21, 22、及び、第1領域11の基板内に構成された第1熱流路115を有し、被検体9から流出する第1熱流110aを測定する「第1熱流測定系」を備えている。そして、基板10の第2領域12において該基板10を挟んで対向するようにして実装された一对の第2領域温度センサー23, 24、及び、第2領域12の基板内に構成された第2熱流路125を有し、被検体9から流出する第2熱流120aを測定する「第2熱流測定系120」を備えている。そして、基板10には第1領域温度センサー21, 22の直下において該基板10の表面と裏面との間を貫通する貫通孔15が形成されており、第1熱流路115が貫通孔15の内部に配された空気層30で構成されている。

【0034】

2. 実施形態1に係る深部温度計500の構成

図3は、実施形態1に係る深部温度計500のハードウェア構成の一例を示すブロック図である。符号200は温度測定部を示す。

【0035】

実施形態1に係る深部温度計500は、上記した実施形態1に係る深部温度計測用プローブ1と、深部温度計測用プローブ1の一对の第1領域温度センサー21, 22及び一对の第2領域温度センサー23, 24によって測定された各温度を用いて深部温度TBを推定する深部温度推定部210と、を備えた構成とすることができる。

深部温度推定部210は、双熱流法によって《例えば後述する式(10)の演算によっ

10

20

30

40

50

て》深部温度 T_B を算出して推定値とするものである。

【0036】

深部温度推定部 210 は、専用回路、汎用回路のどちらでも構成できる。汎用回路としては、例えば図 3 に示すような情報処理装置（符号なし）によって実現される。

深部温度推定部 210 を構成する情報処理装置は、プロセッサ 211、メモリ 212、入出力インターフェース 214、通信インターフェース 215 を有する。これらはバス BS に接続されている。

【0037】

プロセッサ 211 は、記憶部（メモリ 212 及び図示しないストレージ）に格納されたプログラムに基づいて動作し各部の制御を行う。記憶部（符号なし）の中には不揮発性の記憶デバイス（ROM 等）も含まれており、情報処理装置の起動時にプロセッサ 211 によって実行されるブートプログラムや、情報処理装置のハードウェアに依存するプログラム等が格納される。図示しないストレージは、SSD（Solid State Drive）、HDD（Hard Disk Drive）等の補助記憶装置で構成される。メモリ 212 は、プロセッサ 211 が各種の制御・処理を実行する際に必要なデータ等を適宜記憶する。

プロセッサ 211 は、後述する式（10）に温度 $T_1 \sim T_4$ 等を当てはめ深部温度 T_B を算出して推定値とする。この場合、深部温度推定部 210 は、深部温度 T_B を演算して推定するプロセッサの機能ともいえる。

【0038】

入出力インターフェース 214 は、入出力デバイス（特にここでは温度センサー 21, 22, 23, 24, 25）からの入出力を行う。通信インターフェース 215 は、ネットワーク等を介して他の電子機器からデータを受信してプロセッサ 211 へ送り、また、ネットワーク等を介してプロセッサ 211 が生成したデータを他の電子機器へ送信する。

【0039】

3. 実験系について

深部温度 T_B を推定する際に用いる後述式（10）においては、第 1 熱流測定系 110 と第 2 熱流測定系 120 の熱抵抗比 K の値を同定して準備しておく必要がある。もし、第 1 熱流路 115 及び第 2 熱流路 125 を構成する材料やその物性が既知であれば、熱抵抗比 K を理論的に求めておくことも可能である。しかし、今般、発明者は別途の実験系で予め実態に即した熱抵抗比 K を実験的に求めた上で、かかる熱抵抗比 K を式（10）に適用するという方式も開発したので、以下詳細に述べる。

【0040】

(1) 深部温度計測用プローブ 1 の熱等価回路

図 4 は、実施形態 1 に係る深部温度計測用プローブ 1 の熱等価回路図である。

図 4 に記載された I_a は第 1 熱流路 115 を流れる熱流（値）であり、 I_b は第 2 熱流路 125 を流れる熱流（値）である。 I_c は第 1 熱流測定系 110 の被検体深部 9c・被検体表面 9a（皮膚）間の熱抵抗 R_s （熱抵抗値）を流れる熱流（値）であり、 I_d は第 2 熱流測定系 120 の被検体深部 9c～被検体表面 9a（皮膚）間の熱抵抗 R_s （熱抵抗値）を流れる熱流（値）である。

【0041】

図 4 に示す熱等価回路から、第 1 熱流測定系 110 について次式が成立する。

$$I_a = (T_1 - T_3) / R_1 \cdots (1)$$

$$I_c = (T_B - T_1) / R_s \cdots (2)$$

$$I_a = I_c = (T_1 - T_3) / R_1 = (T_B - T_1) / R_s \cdots (3)$$

式（3）から

$$T_B = T_1 + (T_1 - T_3) \times (R_s / R_1) \cdots (4)$$

同様に、第 2 熱流測定系 120 について次式が成立する。

$$I_b = (T_2 - T_4) / R_2 \cdots (5)$$

$$I_d = (T_B - T_2) / R_s \cdots (6)$$

$$I_b = I_d = (T_2 - T_4) / R_2 = (T_B - T_2) / R_s \cdots (7)$$

10

20

30

40

50

式(7)から

$$T_B = T_2 + (T_2 - T_4) \times (R_s / R_2) \cdots (8)$$

【0042】

ここで、式(4)と式(8)を用いて R_s を除去する等して深部温度 T_B を求める方法がある。しかし、発明者が実験してみると正確な深部体温を求めることが難しかった。

【0043】

そこで、発明者は別の方法で深部温度 T_B を求めることとした。

まず、図4の熱等価回路から、第1熱流測定系110と第2熱流測定系120の熱抵抗比 K を次のように定義する。

$$K = [(T_B - T_2)(T_1 - T_3)] / [(T_B - T_1)(T_2 - T_4)] \cdots (9)$$

10

すると、式(9)は、深部温度 T_B を求める次式に変形できる。

$$T_B = T_1 + (T_1 - T_2)(T_1 - T_3) / [K(T_2 - T_4) - (T_1 - T_3)] \cdots (10)$$

発明者は、この発想に基づき予備実験し、式(9)の係数を用いて熱抵抗比 K を決定するものとした。そして、式(10)の係数を用いて、予備実験で決定した熱抵抗比 K と、温度センサー(15、16、17、18)によって計測された温度(T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4)をもとに深部温度 T_B を算出(推定)することとした。

実験を行って検証したところ、正確な深部体温を求められることを確認できている。

【0044】

つまり、実施形態1の深部温度推定部210は、一对の第1領域温度センサー21、22間の第1熱流路115と一对の第2領域温度センサー23、24間の第2熱流路125の熱抵抗比 K について、

20

$$K = [(T_B - T_2)(T_1 - T_3)] / [(T_B - T_1)(T_2 - T_4)]$$

の係数を用いて予め決定した熱抵抗比 K 、並びに、被検体9にプローピングすることによって測定された温度 T_1 、 T_2 、 T_3 及び T_4 を、

$$T_B = T_1 + (T_1 - T_2)(T_1 - T_3) / [K(T_2 - T_4) - (T_1 - T_3)]$$

の係数に当てはめることによって深部温度 T_B を推定するように構成すればよいことが確認された。

【0045】

但し、深部温度を T_B とし、一对の第1領域温度センサーのうち被検体9の側に配置されたセンサー21、一对の第2領域温度センサーのうち被検体9の側に配置されたセンサー22、一对の第1領域温度センサーのうち被検体9とは反対側に配置されたセンサー23及び一对の第2領域温度センサーのうち被検体9とは反対側に配置されたセンサー24によって測定された各温度をそれぞれ T_1 、 T_2 、 T_3 及び T_4 とする。

30

【0046】

なお、非特許文献1の式(2.6)は本明細書の式(10)に対応するものと思われるが、非特許文献1の式(2.6)を発明者らによって検算したところ、非特許文献1の式(2.6)には誤記が含まれている可能性があることを付記しておく。

【0047】

(2) 実験系の構成

40

図5は、深部温度計測用プローブ1の熱抵抗比 K を実験的に求め決定するための「実験系」を模式的に示す断面図である。

図5に示すように、被検体深部9cの代わりに、熱容量の大きいウォーターバス130を用い、これを恒温恒湿槽(図示せず)内に配置する。恒温恒湿槽内の温度(環境温度)を10 ~ 30 間で所定の温度とする。水温(深部温度 T_B)は、ほぼ一定(約37)となるようにする。なお、符号109は代用被検体を示し、代用被検体の表面109aは天然ゴムシートよりなる生体皮膚を模した代用皮膚で構成する。符号109bは代用被検体の中間部に相当する部位であり、符号109cは代用被検体の深部に相当する部位である。符号131aは、温度センサー131(サーミスター等)を支える支持棒である。

アルミニウム桶133の上に深部温度計測用プローブ1を配置し、かかるアルミニウム

50

桶 133 をウォーターバス 130 の中の水に浮かべる。

【0048】

このような実験系を用いることにより、温度センサー 131 で温度を測定することにより、(i) ウォーターバス 130 内の実際の深部水温（深部温度 T_{Br} ）を得ることができる。さらに、深部温度計測用プローブ 1 の温度センサー 21 ~ 24 でセンシングされた温度が温度測定部 200 で測定されて深部温度推定部 210 に出力され、かかる温度に基づいて深部温度推定部 210 で演算することで、(ii) 推定上の深部水温（深部温度 T_{Bp} ）も得ることができる。

【0049】

(3) 熱抵抗比 K の決定

式 (9) を用いながら、次のように実験（事前実験）を行って熱抵抗比 K を決定することができる。

(ア) 事前実験をし、実際の深部水温（深部温度 T_{Br} ）を測定すると共に、温度センサー 21 ~ 24 で温度 $T_1 \sim T_4$ を測定して、深部温度計測用プローブ 1（図 5 に示す実験系で熱平衡となった状態）の熱抵抗比 K を式 (9) の関係に当てはめて算出することを複数回繰り返す。

(イ) 複数回行った実験によって得られた複数回分の熱抵抗比 K の平均値を求める。

(ウ) 水温（深部温度 T_{Br} ）の測定値と、式 (10) の関係に、熱抵抗比 K の平均値及び温度 $T_1 \sim T_4$ を当てはめて算出した推定上の深部温度 T_{Bp} （水温）とを比較し、両者の差（誤差）が小さくなったか否かをチェックする。誤差が大きい場合には、再度上記作業（ア）～（ウ）を繰り返し、誤差が小さくなる熱抵抗比 K を決定する。

【0050】

(4) 深部温度 T_B の推定

上記のように決定した熱抵抗比 K の数値をメモリ 212（図 3 参照）に格納する。温度センサー 21 ~ 24 と温度測定部 200 を用いて温度を測定し、深部温度推定部 210 で式 (10) の演算をすることで深部温度 T_B を算出（推定）することができる。

【0051】

(5) 先願の援用

なお、本願の発明者他が発明した内容が記載された先願（特願 2022 - 53593）の内容を（例えば図 4、[0038] 段落～[0046] 段落等を）、そのまま本明細書に取り込んで本発明の熱抵抗比 K を予め実験的に決定する手法として援用することができる。実験的な熱抵抗比 K の決定についての本明細書での詳細な説明は以降省略する。

【0052】

4. 実施形態 1 に係る深部温度計測用プローブ 1 及び深部温度計 500 の効果

(1) 実施形態 1 に係る深部温度計測用プローブ 1 の基板には、第 1 領域温度センサー 21, 22 の直下において該基板 10 の表面と裏面との間を貫通する貫通孔 15 が形成されており、一对の第 1 領域温度センサー 21, 22 の間が該貫通孔 15 で接続されている。

つまり、深部温度計測用プローブ 1 においては、一对の第 1 領域温度センサー 21, 22 の間がセンサーの直下に形成された貫通孔 15 で接続されているため、例えば孔のみの構造として特段の処置を施さないとしたら貫通孔 15 内は空気層 30 のみとなり、一对の第 1 領域温度センサー 21, 22 間の熱抵抗値 R_1 を格段に大きくすることができる。

これにより、プローブを構成する基板 10 が薄型化して全体的に基板 10 の厚み方向の熱抵抗値が小さくなったとしても、第 1 熱流路 115（一对の第 1 領域温度センサー 21, 22 間）の熱抵抗値 R_1 と第 2 熱流路 125（一对の第 2 領域温度センサー 23, 24 間）の熱抵抗値 R_2 との間の差を設けやすくなる。

したがって、仮にプローブを構成する基板 10 が薄型化したとしても、高い精度で被検体深部 9c の温度（深部温度 T_B ）を計測することが可能となる。

【0053】

(2) 空気の熱伝導率は $0.0241 [W/(mK)]$ （但し $0 []$ のとき）とされる一方で、基板 10 を構成する部材、例えばポリイミド (PI) の熱伝導率は $0.28 \sim 0.34 [W/(mK)]$

10

20

30

40

50

とされている。

実施形態 1 に係る深部温度計測用プローブ 1 において、貫通孔 1 5 の内部には空気層 3 0 が配されている。このため、熱抵抗の観点で深部温度計測用プローブ 1 をみると、空気層 3 0 は基板 1 0 等を構成する部材に比べて桁違いに大きな熱抵抗値を持たせることができる。よって、空気層 3 0 が構成している第 1 熱流路 1 1 5 の熱抵抗値 R_1 を格段に大きくすることができるので、第 1 熱流路 1 1 5 の熱抵抗値 R_1 と第 2 熱流路 1 2 5 の熱抵抗値 R_2 との間の差を設けるための構造としては大変シンプルな構造でこれを実現できる。

【 0 0 5 4 】

(3) 実施形態 1 に係る深部温度計 5 0 0 は、実施形態 1 に係る深部温度計測用プローブ 1 と、深部温度計測用プローブ 1 の一對の第 1 領域温度センサー 2 1 , 2 2 及び一對の第 2 領域温度センサー 2 3 , 2 4 によって測定された各温度を用いて深部温度を推定する深部温度推定部 2 1 0 と、を備える。

10

深部温度計 5 0 0 は、薄型の基板 1 0 でも高い精度で被検体深部 9 c の温度 (深部温度 T_B) を計測することができる深部温度計測用プローブ 1 を備えるため、小型でかつ高精度な深部温度計となる。

【 0 0 5 5 】

(4) 実施形態 1 に係る深部温度計 5 0 0 は、熱抵抗比 K を求める上記式 (9) で表される関係を用いて予め決定した熱抵抗比 K 、並びに、被検体 9 にプロービングすることによって測定された温度 T_1 、 T_2 、 T_3 及び T_4 を、上記式 (1 0) で表される関係に当てはめることによって深部温度 T_B を推定するように構成されている。

20

【 0 0 5 6 】

実際には直線的な熱流束以外の拡散モード的な熱流束の影響も受けると考えられるため、各熱流路を構成する材料の既知の熱伝導率を基に理論的に求めた熱抵抗比 K では、実際の正確な熱抵抗比 K とは異なる場合もある。そこで、別途の実験系で上記式 (9) で表される関係を用いて熱抵抗比 K を予め決定しておくことで、現実のプローブに近い正確性の高い熱抵抗比 K を基に深部温度 T_B を推定することができる。このため、より高い精度による深部温度計測が可能となる。

【 0 0 5 7 】

[実施形態 2]

図 6 は、実施形態 2 に係る深部温度計測用プローブ 2 を示す断面図である。実施形態 2 に係る深部温度計測用プローブ 2 は、基本的には実施形態 1 に係る深部温度計測用プローブ 1 と同様の構成を有するが、第 1 熱流路 1 1 5 の構成の仕方において実施形態 1 に係る深部温度計測用プローブ 1 と異なる。

30

【 0 0 5 8 】

図 6 に示すように、実施形態 2 に係る深部温度計測用プローブ 2 においては、貫通孔 1 5 の内部に更に断熱紙 3 1 が配されている。

断熱紙 3 1 は、空気の熱伝導率とほぼ同じ程度の熱伝導率を有する紙である。例えば、発泡した空気が含まれたシリカゲルでなる多孔質な粒 (いわゆるシリカエアロゲル) が練り込まれたシートなどが挙げられる。貫通孔 1 5 に配された空気層 3 0 の中にこの断熱紙 3 1 を詰めると、貫通孔 1 5 の内部空間の全体的な熱抵抗値 R_1 は空気の熱抵抗値とほぼ同じとなる。断熱紙 3 1 を交互に折り返して波状にする、山谷の繰り返し状に折る、ランダムに丸める等、断熱紙 3 1 を適宜立体的に形成して貫通孔 1 5 の内部空間に詰めてもよい。

40

【 0 0 5 9 】

第 1 熱流路 1 1 5 を構成している貫通孔 1 5 の内部に断熱紙 3 1 を配することで、断熱紙 3 1 が貫通孔 1 5 内部の空気の移動を妨げることが可能となり、貫通孔 1 5 内部における対流を抑制することができる。これにより、第 1 熱流路 1 1 5 内の「対流」による熱の授受が抑制され、空気層 3 0 及び断熱紙 3 1 を介した「伝導」による直接的な熱の授受が主に行われることとなる。したがって、熱回路の上でも一層理想的な状態となり、更に高い精度で深部温度を計測することが可能となる。

50

【 0 0 6 0 】

実施形態 2 に係る深部温度計測用プローブ 2 は、第 1 熱流路 1 1 5 の構成の仕方以外の構成においては、実施形態 1 に係る深部温度計測用プローブ 1 と基本的に同様の構成を有する。そのため、深部温度計測用プローブ 2 は深部温度計測用プローブ 1 が有する効果のうち該当する効果を同様に有する。

【 0 0 6 1 】

[実施形態 3]

図 7 は、実施形態 3 に係る深部温度計測用プローブ 3 を示す断面図である。実施形態 3 に係る深部温度計測用プローブ 3 は、基本的には実施形態 1 に係る深部温度計測用プローブ 1 と同様の構成を有するが、基板 1 0 の構成及び第 1 熱流路 1 1 5 の構成の仕方において実施形態 1 に係る深部温度計測用プローブ 1 と異なる。

10

【 0 0 6 2 】

図 7 に示すように、実施形態 3 に係る深部温度計測用プローブ 3 においては、基板 1 0 はガラス基板で構成されており、貫通孔 1 5 の内部は真空又は真空に近い状態 3 2 になるよう構成されている。

【 0 0 6 3 】

第 1 熱流路 1 1 5 を構成している貫通孔 1 5 の内部を、真空又は真空に近い状態 3 2 とすることで、空気層 3 0 の場合に比べて更に熱伝導率を低くすることができ、つまり、一対の第 1 領域温度センサー 2 1 , 2 2 間の熱抵抗値 R 1 を更に大きくすることができる。

【 0 0 6 4 】

実施形態 3 に係る深部温度計測用プローブ 3 は、基板 1 0 の構成及び第 1 熱流路 1 1 5 の構成の仕方以外の構成においては、実施形態 1 に係る深部温度計測用プローブ 1 と基本的に同様の構成を有する。そのため、深部温度計測用プローブ 2 は深部温度計測用プローブ 1 が有する効果のうち該当する効果を同様に有する。

20

【 0 0 6 5 】

[実施形態 4]

図 8 は、実施形態 4 に係る深部温度計測用プローブ 4 を説明するために示す図である。図 8 (a) は、図 8 (b) の D - D 断面を示す深部温度計測用プローブ 4 の断面図である。図 8 (b) は、図 8 (a) の矢印 C に沿って深部温度計測用プローブ 4 を見たときの平面図である。

30

実施形態 4 に係る深部温度計測用プローブ 4 は、基本的には実施形態 1 , 2 , 3 に係る深部温度計測用プローブ 1 , 2 , 3 と同様の構成を有するが、第 1 熱流路 1 1 5 と第 2 熱流路 1 2 5 の間の熱干渉を抑制する構成となっている点において実施形態 1 , 2 , 3 に係る深部温度計測用プローブ 1 , 2 , 3 と異なる。

【 0 0 6 6 】

図 8 に示すように、実施形態 4 に係る深部温度計測用プローブ 4 では、基板 1 0 において、第 1 領域 1 1 と第 2 領域 1 2 との間に空気層 4 0 が配置されている。空気層 4 0 は、例えば図 8 に示すように基板 1 0 の表面 1 0 a と裏面 1 0 b との間を貫通する貫通孔を形成し、かかる貫通孔に配された空気で構成してもよい。貫通孔は、図 8 に示すように温度センサーの横の領域の大半を貫通するような長穴として構成してもよい。

40

【 0 0 6 7 】

実施形態 4 に係る深部温度計測用プローブ 4 はこのような構成になっているため、断熱体ともいえる空気層 4 0 が、第 1 熱流路 1 1 5 が配されている第 1 領域 1 1 と第 2 熱流路 1 2 5 が配されている第 2 領域 1 2 との間の熱伝導をブロックすることができる。これにより、第 1 熱流路 1 1 5 と第 2 熱流路 1 2 5 との間の熱的干渉を小さくし、双方の熱流路の独立性を高めることができることから、更に高い精度での深部温度の計測が可能となる。

【 0 0 6 8 】

実施形態 4 に係る深部温度計測用プローブ 4 は、第 1 熱流路 1 1 5 と第 2 熱流路 1 2 5 の間の熱干渉を抑制する構成となっている点以外の構成においては、実施形態 1 , 2 , 3 に係る深部温度計測用プローブ 1 , 2 , 3 と基本的に同様の構成を有する。そのため、深

50

部温度計測用プローブ4は深部温度計測用プローブ1, 2, 3が有する効果のうち該当する効果を同様に有する。

【0069】

以上、本発明を上記の実施形態に基づいて説明したが、本発明は上記の実施形態に限定されるものではない。その趣旨を逸脱しない範囲において種々の態様において実施することが可能であり、例えば、次のような変形も可能である。

【0070】

(1) 各実施形態において、第2熱流路125は、基板10自体を活用して構成していた。しかしながら本発明はこれに限定されるものではない。例えば、図9に示すように、基板10には、第2領域温度センサー23, 24の直下において該基板10の表面10aと裏面10bとの間を貫通する別の貫通孔17を形成し、且つ、該別の貫通孔17には金属37が埋め込み、一対の第2領域温度センサー23, 24の間が該金属37を介して接続するように構成してもよい(変形例1)。

10

なお、図9は、変形例1に係る深部温度計測用プローブ5を示す断面図である。

【0071】

金属37としては例えば銅を採用することができる。銅の熱伝導率は403 [W/(mK)] (但し0 [] のとき)とされており、基板10等を構成する部材に比べて桁違いに大きい。熱抵抗の観点でみると、金属37は基板10等を構成する部材に比べて桁違いに小さな熱抵抗値を持たせることができる。よって、金属37が構成している第2熱流路125の熱抵抗値R2を格段に小さくすることができ、第1熱流路115の熱抵抗値R1との差を容易に確保することができる。

20

【0072】

(2) 各実施形態において、温度センサー23, 24のサーマルパッド29と配線パターン13のランド13bとの間は、はんだ51によって接続されている例を示して説明を行った。しかしながら、本発明においてはこれに限定されるものではない。例えば、サーマルパッド29と配線パターン13のランド13bとの間に「はんだ51」を介挿せずに隙間(空気層)のみとして、電気的な接続がない構造としてもよい(図示を省略)。このような構造であっても、一対の第2領域温度センサー23, 24の間での熱的な結合を行うこともできる。

【0073】

(3) 各実施形態では、温度センサー21~24としてSONパッケージのICで実現した例で説明を行った。しかしながら本発明はこれに限定されるものではない。例えば、図10(a)に示すように、温度センサー21~24をWL-CSP(Wafer level Chip Size Package)のICで構成することもできる(変形例2)。また、図10(b)に示すように、ベアチップを直に基板10に実装する形式で温度センサー21~24を構成することもできる(変形例3)。また、図示しないが温度センサーは熱電対等のIC以外の温度センサーで構成してもかまわない。

30

【0074】

(4) 実施形態4に係る深部温度計測用プローブ4では、第1領域11と第2領域12との間を熱的に分離するため、基板10の表面10aと裏面10bとの間を貫通する「長穴状(平面視)」の貫通孔を形成する例(図8参照)で説明を行った。しかしながら本発明はこれに限定されるものではない。例えば図11(a)及び図11(b)に示すように、「長穴」ではなく「真円状(平面視)」で基板10を貫通させたスポット的な貫通孔を複数並列させるような構成を採ることもできる(変形例4)。

40

また、例えば図11(c)及び図11(d)に示すように、基板10の厚み方向において内部に空洞を形成し、かかる空洞に空気を配することによって空気層40を構成することもできる(変形例5)。

【0075】

また、図11に示すように、第1領域11及び第2領域12を構成している領域と温度センサー25との間にも空気層41を配してもよい。空気層41は図のように温度センサ

50

ー 2 5 の横の領域の大半を貫通するような長穴で構成してもよい。

【 0 0 7 6 】

第 2 領域 1 2 からみると、図面平面視で、左側には空気層 4 0、右側には空気層 4 1、上側及び下側には大気 8（空気層）が配されていることになる。同様に、第 1 領域 1 1 からみると、図面平面視で、右側には空気層 4 0、左側、上側及び下側には大気 8（空気層）が配されていることになる。すなわち第 1 領域 1 1 及び / 又は第 2 領域 1 2 の周囲には空気層が配置されていることになる。

上記のような構成を採れば、基板 1 0 の表裏に配置された一対の温度センサー間の熱流束は、熱伝導率の低い空気層に覆われる / 囲まれることになるため、熱流は平面視で横方向に向かうことができず、理想的な縦方向のみの熱流束となり、計測できる深部温度の精度はより向上する。さらに、温度センサーの周囲の領域をできるだけ覆う / 切れ目なく囲むように（可能であれば 4 辺に）に長穴を形成すれば、さらに理想的な縦方向のみの熱流束となり、計測できる深部温度の精度は更に向上する。また、それぞれの空気層 4 0、4 1 には空気と熱伝導率がほぼ等しい断熱紙 3 1 を配してもかまわない。

【 0 0 7 7 】

なお、図 1 0 は変形例 2 及び変形例 3 に係る深部温度計測用プローブ 6、7 を示す要部断面図である。図 1 1 は、変形例 4、5 に係る深部温度計測用プローブ 4'、4'' を説明するために示す図である。図 1 1 (a) は深部温度計測用プローブ 4' の平面図であり、図 1 1 (b) は図 1 1 (a) の E - E 断面を示す深部温度計測用プローブ 4' の断面図である。図 1 1 (c) は深部温度計測用プローブ 4'' の平面図であり、図 1 1 (d) は図 1 1 (c) の F - F 断面を示す深部温度計測用プローブ 4'' の断面図である。

【 符号の説明 】

【 0 0 7 8 】

1, 2, 3, 4, 4', 4'', 5, 6, 7 ... 深部温度計測用プローブ、8 ... 大気、9 ... 被検体、9 a ... 被検体表面、9 b ... 被検体中間部、9 c ... 被検体深部、1 0 ... 基板、1 0 a ... (基板の) 表面、1 0 b ... (基板の) 裏面、1 1 ... 第 1 領域、1 2 ... 第 2 領域、1 3 ... (広義の) 配線パターン、1 3 a ... (狭義の) 配線パターン、1 3 b ... ランド、1 3 c ... 端子、1 5 ... 貫通孔、1 7 ... 別の貫通孔、2 1, 2 2 ... 第 1 領域温度センサー、2 3, 2 4 ... 第 2 領域温度センサー、2 5 ... 温度センサー、2 8 ... 外部接続端子、2 9 ... サーマルパッド、3 0 ... 空気層、3 1 ... 断熱紙、3 2 ... 真空又は真空に近い状態、3 7 ... 金属、4 0, 4 1 ... 空気層、5 1 ... はんだ、1 0 9 a ... 代用被検体の表面、1 1 0 ... 第 1 熱流測定系、1 1 0 a ... 第 1 熱流、1 1 5 ... 第 1 熱流路、1 2 0 ... 第 2 熱流測定系、1 2 0 a ... 第 2 熱流、1 2 5 ... 第 2 熱流路、1 3 0 ... ウォーターバス、1 3 1 ... 温度センサー、1 3 3 ... アルミニウム桶、2 0 0 ... 温度測定部、2 1 0 ... 深部温度推定部、2 1 1 ... プロセッサ、2 1 2 ... メモリ、2 1 4 ... 入出力インターフェース、2 1 5 ... 通信インターフェース、5 0 0 ... 深部温度計

10

20

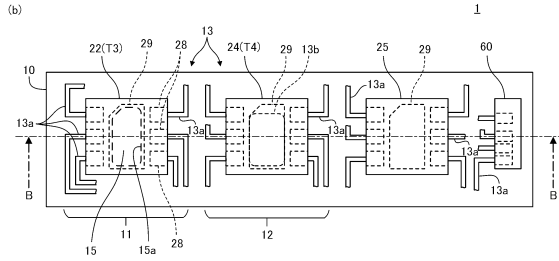
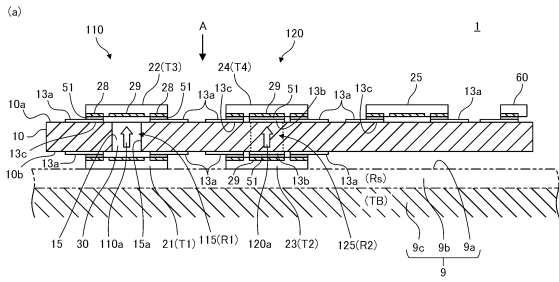
30

40

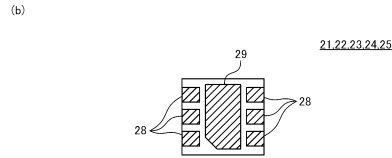
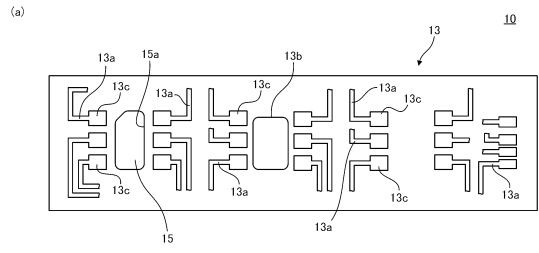
50

【図面】

【図 1】



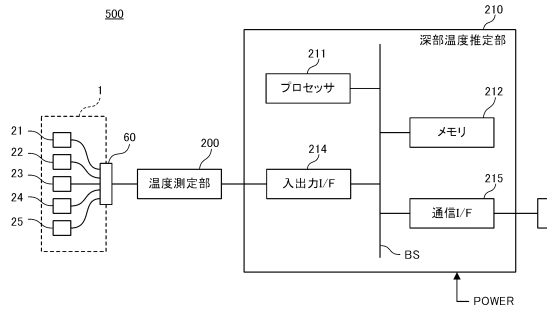
【図 2】



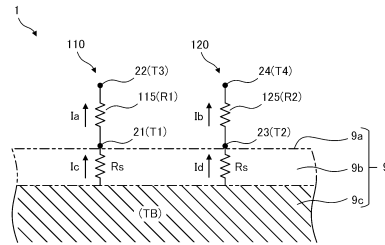
10

20

【図 3】



【図 4】

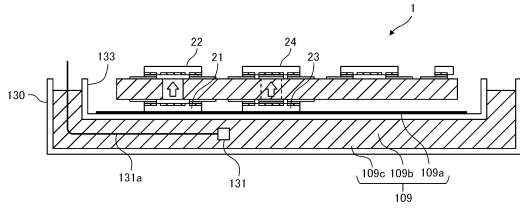


30

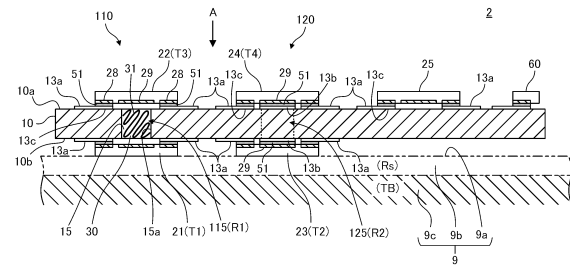
40

50

【図 5】

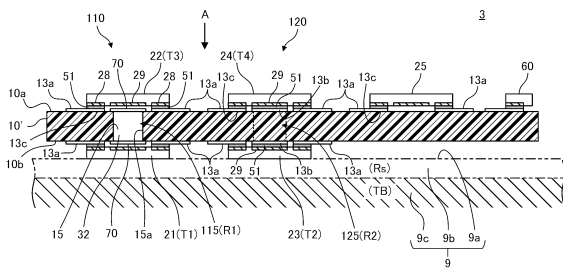


【図 6】

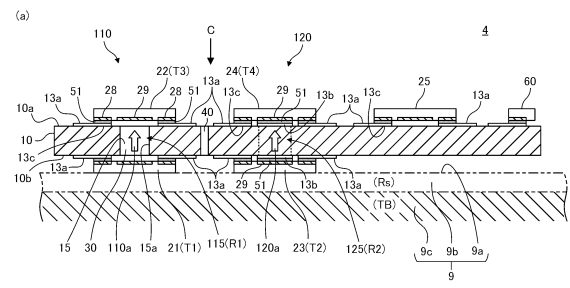


10

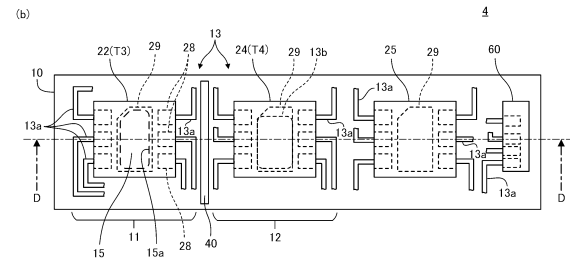
【図 7】



【図 8】



20



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2016/143518(WO,A1)
国際公開第2016/143529(WO,A1)
特表2022-521735(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
A61B 5/00 - 5/01
G01K 7/42
G01K 13/20