

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6395176号
(P6395176)

(45) 発行日 平成30年9月26日(2018.9.26)

(24) 登録日 平成30年9月7日(2018.9.7)

(51) Int.Cl.		F I			
G 0 1 K	7/00	(2006.01)	G 0 1 K	7/00	3 4 1 P
A 6 1 B	5/01	(2006.01)	A 6 1 B	5/01	2 5 0

請求項の数 5 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2014-44834 (P2014-44834)	(73) 特許権者	504143441
(22) 出願日	平成26年3月7日(2014.3.7)		国立大学法人 奈良先端科学技術大学院大学
(65) 公開番号	特開2015-169551 (P2015-169551A)		奈良県生駒市高山町8916-5
(43) 公開日	平成27年9月28日(2015.9.28)	(73) 特許権者	506301140
審査請求日	平成29年3月6日(2017.3.6)		公立大学法人会津大学
			福島県会津若松市一箕町大字鶴賀字上居合90番地
		(74) 代理人	110001069
			特許業務法人京都国際特許事務所
		(72) 発明者	黄 銘
			奈良県生駒市高山町8916-5 国立大学法人奈良先端科学技術大学院大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 深部温度計

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

- a) 厚さ方向の熱抵抗が異なる第1熱抵抗板及び第2熱抵抗板と、
 b) 前記第1熱抵抗板の両面にそれぞれ設けられた第1温度センサ及び第3温度センサと、
 c) 前記第2熱抵抗板の両面にそれぞれ設けられた第2温度センサ及び第4温度センサと、
 d) 前記第1熱抵抗板と前記第2熱抵抗板の周囲側面を覆う低放射率材と

を備えることを特徴とする深部温度計。

【請求項 2】

さらに、

- e) 前記第1熱抵抗板と前記第2熱抵抗板の各一方の面を一平面上に置いたときの前記第1熱抵抗板と前記第2熱抵抗板の他方の面を覆う低放射率材を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の深部温度計。

【請求項 3】

前記第1熱抵抗板と第2熱抵抗板が、同一材料の厚さの異なるものであることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の深部温度計。

【請求項 4】

前記低放射率材が金属であることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の深部温度計。

【請求項 5】

前記金属がアルミニウムであることを特徴とする請求項 4 に記載の深部温度計。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、主に人間等の動物の深部体温を測定するための温度計に関する。なお、原理的には本発明に係る深部温度計は、動物以外の物体の深部温度を測定することができる。

【背景技術】

【0002】

深部体温とは、いわゆる体温であり、胸部、腹部、脳などの内臓の温度である。体表の温度は外気温に左右されやすいが、恒温動物では深部体温は比較的安定しており、生命維持活動に大きく関わる、重要な指標である。

10

【0003】

一般的には、深部体温は肛門、腋下や口腔内の舌下、耳孔内等に体温計を挿入することにより測定される。それらの体温計は或る時点での体温を測定するための方法としては簡便で好適であるものの、長時間に亘って測定するために用いることは実際上難しい。例えば、熱中症は環境の温度や湿度等から算出される暑さ指数(WBGT)だけでは発症を予測することが難しく、被検者の体温を継続的に測定しておく必要がある。また、低体温症は免疫力の低下や自律神経の失調につながりやすいとされているが、その症状を的確に把握するためには、24時間以上に亘る体温の測定に基づく概日リズムを作成しなければならない。

【0004】

20

長時間に亘る深部体温を測定するための非侵襲体温計の一つとして、加熱型深部体温計が知られている。これは1971年にR. H. FoxとA. J. Solmanにより開発されたもので、断熱板(樹脂板)を挟んで両側に良熱伝導体(例えば銅板)を配置し、両良熱伝導体に温度センサを設けると共に、一方の良熱伝導体にヒーターを設けた構造を有する。使用時には、他方の良熱伝導体を体表に接触させ、前記一方の良熱伝導体をヒーターで加熱することにより、両者の温度差がゼロとなるようにする。この状態では、体深部から体表面への熱流がなく、体表面と体深部が熱平衡状態となっていることから、この状態で測定される体表面の温度が深部温度となる。

【0005】

しかし、加熱型深部体温計は、皮膚を加熱することになるため、長時間使用すると低温やけどを与えるおそれがある。また、ヒーターのための電源が必要となる。

30

そこで、ヒーターを用いない(非加熱型の)、非侵襲式深部体温計が各種開発された。ドイツやノルウェーの研究チームは、皮膚上に配置した2つのセンサにより深部体温を測定する2センサ法を開発した(非特許文献1)。2センサ法においては、計算式に皮膚表面における熱流の補正項を含め、水平熱流による熱の放散を補正している。また、金沢大学の根本鉄らは、双熱流法に基づく深部体温計を開発した(特許文献1)。双熱流法による深部体温計は、異なる熱抵抗値を有する2種の断熱材を挟んでそれぞれ1対の温度センサを配置し、各対の温度センサのうち一方を体表上に、他方の温度センサを外気側に配置して、それら4つの温度センサにより検出される温度を基に深部体温を算出するものである。双熱流法は、皮膚の熱伝導率が不要という点で、2センサ法よりも良い。

40

【0006】

双熱流法による深部体温の測定原理を、図1及び図2を用いて詳しく述べる。図1(a)は、双熱流法による深部体温計10を皮膚(人体表層)11上に置いた状態の模式図であり、図1(b)はその状態の深部体温計10と皮膚(人体表層)11の断面図である。深部体温計10は、中央が厚く、周囲が薄い2段円盤状の断熱材12と、その厚い部分12a、薄い部分12bの両面にそれぞれ配置された温度センサS1、S3、S2、S4から成る。この深部体温計10を使用する際は、これら4つの温度センサのうち断熱材12の平坦な面の方に配置された2つの温度センサS1、S2を体表上に置く。体表側の温度センサS1、S2にそれぞれ対応する外気側の温度センサS3、S4上には、外気温変動の影響を低減するためのカバー13(金属、シリコン等の伝熱材)が設けられる。

50

【 0 0 0 7 】

この深部体温計 10 を体表上に置いた状態での熱流の状態を電気回路で置き換えた等価回路図を図 2 に示す。人体 11 の内部（深部）における温度（深部体温）を TB とすると、深部体温 TB と体表上に置かれた温度センサ S1、S2 の間には、体組織による熱抵抗 R が存在する。深部体温計 10 の内部では、断熱材 12 の厚い部分 12 a の 1 対の温度センサ S1、S3 は大きい熱抵抗 R1 を挟んでおり、薄い部分 12 b の 1 対の温度センサ S2、S4 は小さい熱抵抗 R2 を挟んでいる。体深部からの外気側への熱流（図 2 では下から上への熱流）が安定した状態では、深部体温 TB は、4 つの温度センサにより測定される温度値 T1、T2、T3、T4 から次のように算出される。

$$TB = T1 + \{(T1 - T2)(T1 - T3)\} / \{(R1/R2)(T2 - T4) - (T1 - T2)\} \quad \dots (1)$$

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 8 】

【特許文献 1】特開 2007-212407 号公報

【特許文献 2】特開 2013-044625 号公報

【非特許文献】

【 0 0 0 9 】

【非特許文献 1】Hanns-Christian Gunga ら、"A non-invasive device to continuously determine heat strain in humans"、Journal of Thermal Biology、Elsevier Ltd.、2008 年 7 月、第 33 巻、第 5 号、pp. 297-307

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 0 】

本発明者らは、前記双熱流法による深部体温の測定の際の熱流を調べるコンピュータシミュレーションを行った。計算は、図 1 (a)、(b) とほぼ同様の構造を有する図 3 (a) に示すようなモデルを用い、断熱材 12 をゴム、カバー 13 を金属とし、断熱材 12 について、外側半径 r1 を 44.0mm、内側半径 r2 を 24.0mm、深部体温計 10 について、厚部の高さ a を 15.0mm、薄部の高さ b を 9.0mm とした。外部条件としては、外気温を 25℃、深部温度 TB を 37℃ とした。

【 0 0 1 1 】

30

その結果は図 3 (b) に示すとおりである。図 3 (b) において、下方から上方に向けて描かれた多数の線が熱流を示すが、体深部からの熱流が深部体温計 10 に入ると徐々に広がり、その一部が断熱材 12 の側面から放散していることがわかる。この断熱材 12 側面からの熱の放散が深部体温測定の実誤差要因となっていると考えられる。

【 0 0 1 2 】

このような断熱材 12 の側面からの熱の放散は、断熱材 12 の外側半径 r1 を大きくし、深部体温計 10 の高さ a を小さくすることにより低減させることができると考えられ、そのような報告もある（特許文献 2）。実際、前記モデルを用いて、図 4 (a) に示すように断熱材 12 の外側半径 r1 と深部体温計 10 の高さ a、b を種々に変化させた場合のシミュレーション結果は、図 4 (b) に示すように、半径 r1 が大きいほど、そして深部体温計 10 の高さが小さいほど、深部温度（37℃）に近い測定結果が得られている。

40

【 0 0 1 3 】

ところが、外径のあまりに大きい体温計は、長時間の体温測定を行うには適していない。

【 0 0 1 4 】

本発明は、外径を大きくすることなく、正確な深部体温を測定することのできる深部温度計を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 5 】

上記目的を達成するために成された本発明に係る深部温度計は、

50

- a) 厚さ方向の熱抵抗が異なる第1熱抵抗板及び第2熱抵抗板と、
- b) 前記第1熱抵抗板の両面にそれぞれ設けられた第1温度センサ及び第3温度センサと、
- c) 前記第2熱抵抗板の両面にそれぞれ設けられた第2温度センサ及び第4温度センサと、
- d) 前記第1熱抵抗板と前記第2熱抵抗板の周囲側面を覆う低放射率材とを備えることを特徴とする。

【0016】

なお、さらに、

- e) 前記第1熱抵抗板と前記第2熱抵抗板の各一方の面を一平面上に置いたときの前記第1熱抵抗板と前記第2熱抵抗板の他方の面を覆う低放射率材を備えるようにしてもよい。

10

【発明の効果】

【0017】

本発明に係る深部温度計は、前述の通り、主に人間等の動物の体温を測定するのに適しているが、原理的に、一般の物体の内部温度を測定することができる。

【0018】

本発明に係る深部温度計は、基本的には前記の双熱流法により深部温度を測定する。すなわち、第1熱抵抗板と第2熱抵抗板の前記各一方の面を測定対象の表面上に置き、該表面上に置かれた第1温度センサ及び第2温度センサ、並びに、外気側に置かれた第3温度センサ及び第4温度センサにより、平衡状態の温度を測定する。ここで、第1熱抵抗板の厚さ方向の熱抵抗を R_1 、第2熱抵抗板の厚さ方向の熱抵抗を R_2 ($R_1 > R_2$ とする)、第1～第4の各温度センサにより測定される温度を $T_1 \sim T_4$ とすると、物体の深部温度 T_B は前記式(1)で算出される。

20

【0019】

本発明に係る深部温度計は、従来の双熱流法式深部温度計とは異なり、第1熱抵抗板と第2熱抵抗板の周囲側面が低放射率材で覆われているため、その周囲側面からの外部への熱の放射(放散)が抑えられ、より精度の高い測定が可能となる。低放射率材としては、ゴムやセラミック、プラスチック等ではなく、一般的にはアルミニウム、鉄等の金属がそれに該当する。

【0020】

また、第1熱抵抗板と第2熱抵抗板の外気側の面も低放射率材で覆うことにより、測定される深部温度が外気温度(環境温度)の変化の影響を受けにくくなり、より精度の高い測定が可能となる。

30

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】双熱流法による深部体温計を体表上に置いた状態の斜視図(a)及び断面図(b)。

【図2】深部体温計を体表上に置いた状態での熱流の状態を電気回路で置き換えた等価回路図。

【図3】熱流シミュレーション計算のモデルの斜視図(a)及び熱流シミュレーション計算結果のグラフ(b)。

【図4】従来の深部体温計の中心縦断面図(a)及びその熱流シミュレーション計算より求めた断熱材の外側半径、深部体温計の高さと測定深部温度の関係を示すグラフ(b)。

40

【図5】本発明の一実施形態である2段円盤状深部体温計の中心縦断面図。

【図6】実施形態の深部体温計による熱流シミュレーション計算より求めた断熱材の外側半径、深部体温計の高さと測定深部温度の関係を示すグラフ(a)、及び従来の深部体温計の場合のグラフ(b)。

【図7】深部体温計の周囲側面を本実施形態のように金属とした場合と断熱材とした場合の測定温度のシミュレーション結果であり、(a)は半径 r_1 を22.0mm、高さ a を15.0mm、(b)は半径 r_1 を33.0mm、高さ a を15.0mmとした場合のもの。

【図8】カバーを断熱材製とした場合と金属製とした場合の、異なる外気温における測定温度の計算結果の表。

50

【図9】本発明に係る深部温度計の測定精度が高い理由を説明するための等価回路図。

【図10】測定対象物を、人体表面を模した3層構造から成るとした場合のモデルの図。

【図11】3層構造モデルを用いた場合の深部体温計の高さaと測定深さの関係を示すグラフ。

【図12】本発明に係る深部温度計で深部温度を測定する場合の回路構成図。

【発明を実施するための形態】

【0022】

本発明の一つの実施形態である、2段円盤状深部体温計について説明する。図5はこの深部体温計20の中心縦断面図であるが、図4(a)に示した従来の深部体温計10と比較すると分かるとおり、基本的構造は従来の深部体温計10と同じである。ただし、本実施形態に係る深部体温計20ではゴムである断熱材(熱抵抗板)22の周囲側面及び外気側の面が低放射率材であるアルミニウム板によるカバー23で覆われている点で従来のものと異なる。

10

【0023】

本実施形態の深部体温計20において、半径r1を11.0mm, 22.0mm, 33.0mm, 44.0mm, 55.0mm, 66.0mmに、高さ(a, b)を(4.5, 3.0)mm, (8.0, 5.0)mm, (15.0, 9.0)mm, (29.0, 17.0)mmに設定し、深部温度を37.0、外気温を25.0として熱流シミュレーションを行い、温度センサS1~S4により計算される深部温度を算出した結果を図6(a)に示す。なお、断熱材22であるゴムの放射率は0.95、カバー23であるアルミニウムの放射率は0.05、厚さは1.0mmとした。

20

【0024】

一方、同条件で、周囲側面にカバーを設けないモデル(図4(a))について同様の計算を行った結果を図6(b)に示す。

【0025】

図6(a)及び(b)を比較すると分かるように、従来の形態では半径r1が40.0mm程度以上ないと深部温度に近い温度が測定されないのに対し、本実施形態のように周囲側面に低放射率材のカバー23を設けることにより、半径r1が約20.0mmでも深部温度を精度良く測定することができる。また、特に半径r1の小さいモデルにおいて、従来の深部体温計(図6(b))では高さにより測定温度の精度が大きくばらついている(高さが大きい方が精度が悪く、高さが薄いほど精度が良い)。これは、側面からの熱放射の影響と考えられるが、本実施形態に係る深部体温計では(図6(a))、側面からの熱放射が抑えられているため、特に半径r1の小さい方において深部体温計の高さの影響が非常に小さくなっている。

30

【0026】

次に、周囲側面を低放射率材ではなく、放射率の高い材料で覆った場合のシミュレーション結果について説明する。図7は、図5のモデルにおいてカバー23を厚さ1.0~20.0mmのゴムとした場合の測定温度のシミュレーション結果であり、(a)は半径r1を22.0mm、高さaを15.0mm、(b)は半径r1を33.0mm、高さaを15.0mmとした場合のものである。それぞれの図において、上部に描かれている水平の点線は、高さaを15.0mm、前記のカバー23を厚さ1.0mmのアルミニウム板とした場合の計算による測定温度値である。いずれの大きさ(断熱材22の外側半径)においても、カバー23を高放射率材(ゴム)とした場合には、それを低放射率材(アルミニウム)にした場合よりも測定精度が悪いことが明らかとなっている。低放射率材の場合には厚さが1.0mmでも十分高い精度で深部体温を測定することができることから、本発明に係る深部温度計は、体温計の外形寸法を抑えるのに大きな効果を有することが分かる。

40

【0027】

次に、外気温の影響について調べた結果を図8の表に示す。これは、外気温を20.0、25.0、30.0として、前記同様、半径r1が22.0mmの場合と33.0mmの場合に、カバー23を高放射率材(厚さ20.0mmのゴム=断熱材と表記)及び低放射率材(厚さ1.0mmのアルミニウム=金属と表記)としたときのシミュレーションで算出される測定温度の値を示したものである。なお、高さaは15.0mmとした。半径r1が22.0mmのとき、カバー23を金属(

50

アルミニウム)とした場合には、外気温が20.0 の場合と30.0 の場合で0.2 の差しかないのに対し、カバー23を高放射率材(ゴム)とした場合には、両方で0.7 の差が現れている。すなわち、本発明に係る深部温度計では、外気温に影響される度合いも少ないことが明らかとなった。

【0028】

本発明に係る深部温度計の測定精度が高い理由は、図9により説明することができる。すなわち、従来の双熱流方式温度計では、測定対象物からの熱流は温度計の内部を専ら垂直に昇ると考えられていたが、実際には図3(a)、(b)のシミュレーション結果で明らかになったように、温度計の周囲側面から放散する熱が存在する。その周囲側面から放散する熱の量は、温度計の径が小さくなるほど大きくなる。すなわち、温度計を小型化しようとすればするほど精度が悪くなる。この周囲側面への熱の流れを考慮すると、断熱材12、22の熱抵抗は、垂直方向の熱抵抗 R_v ばかりではなく、横方向の熱抵抗 R_t も考慮しなければならない。従来の深部温度計は、径を大きくすることによりこの横方向の熱抵抗 R_t を比較的大きくしていたが、それでも横方向の熱流を十分に阻止することができなかった。本発明に係る深部温度計では、周囲側面を低放射率材で覆ったことにより、そこでの熱抵抗 R_{at} が非常に大きくなり、その面での熱の放射(放散)及び断熱材内部での横方向の熱流を抑えることができるようになったことから、理論式(式(1))に近い測定が可能となったものと考えられる。

【0029】

なお、上記実施形態の深部体温計ではいずれも、2対の温度センサの間にそれぞれ介挿される熱抵抗の値は、同一の断熱材で厚さの異なるものを使用することで異なるものとしていたが、熱抵抗の異なる異種の材料で同一厚さのものを使用してもよい。

【0030】

以上のシミュレーションではいずれも、図1(a)、(b)に示すように、測定対象物である人体の方を一樣な物質として扱ったが、実際には、皮膚は表面から深さ0.2mm程度までの表皮とそれ以下の約1.8mmの厚さの真皮から成り、それよりも深部は脂肪や筋肉などとなっている。そこで図10に示すように、測定対象物をそのように3層構造から成るモデルとし、図5に示すような本発明の一実施形態である深部体温計20を用いて、半径 r_1 を22.0mm、高さ(a, b)を(4.5, 3.0)mm, (8.0, 5.0)mm, (15.0, 9.0)mm, (29.0, 17.0)mm(カバー23は厚さ1.0mmのアルミニウム)と設定してシミュレーションを行った。その結果、図11に示すように、深部体温計20の高さ(a, b)により(ただし、図11ではaの値を横軸とした)、異なる深さの深部体温を測定できることが明らかとなった。このことから、本発明の深部温度計は、その温度計の高さを適切な値に設定することにより、所望の深さの深部温度を測定することができることが明らかとなった。

【0031】

なお、本発明に係る深部温度計で深部温度を測定する場合の回路は、例えば図12に示すような構成とすることができる。

【符号の説明】

【0032】

- 10、20 ... 深部体温計
- 11 ... 人体
- 12、22 ... 断熱材
- 13、23 ... カバー

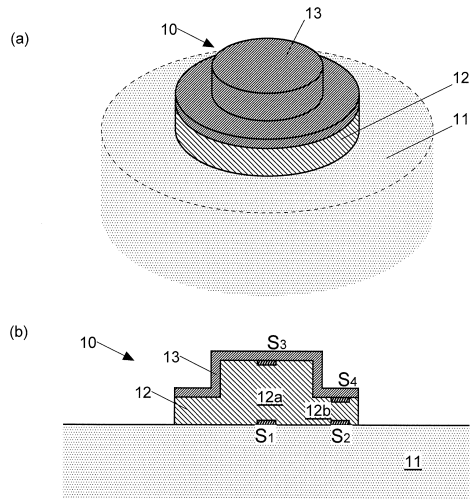
10

20

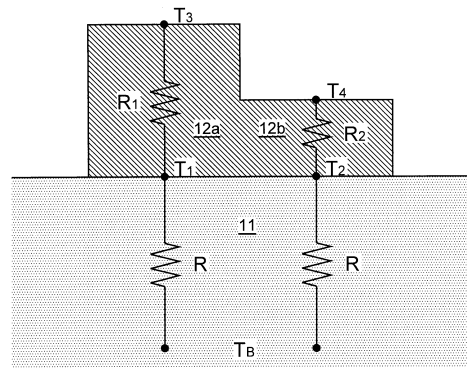
30

40

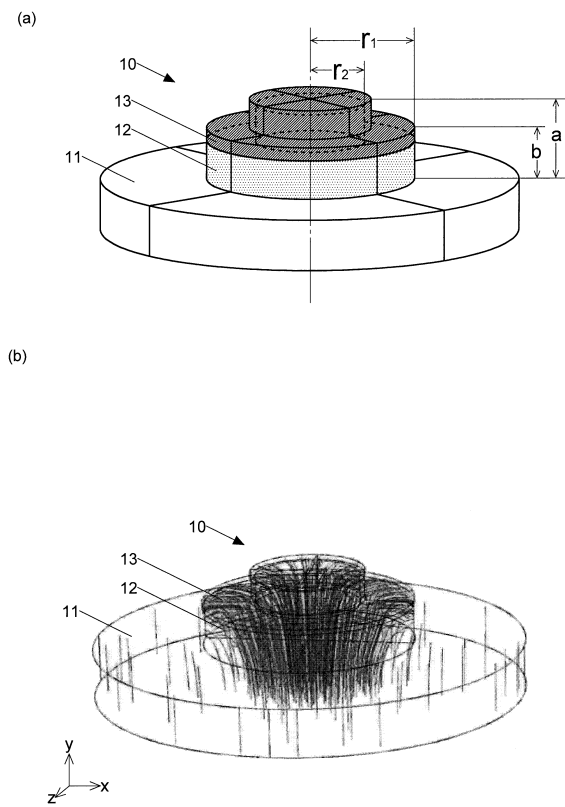
【図1】



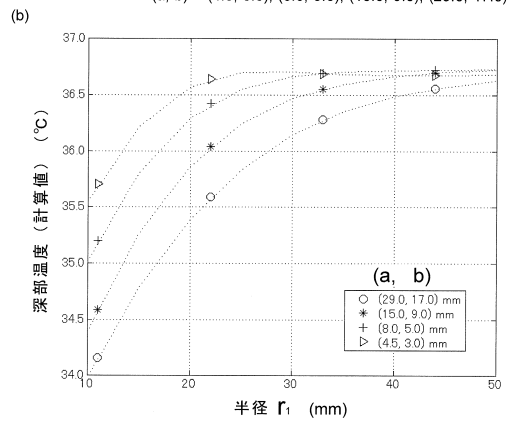
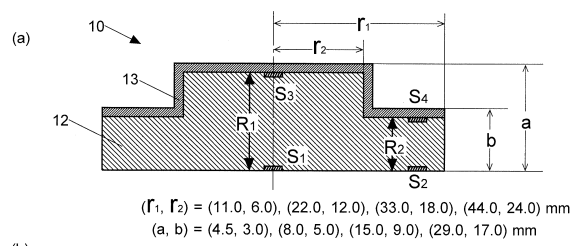
【図2】



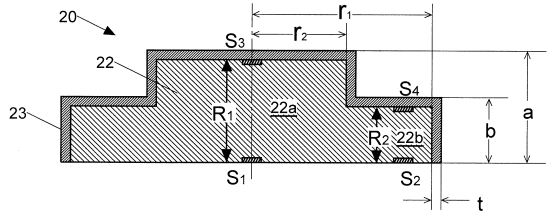
【図3】



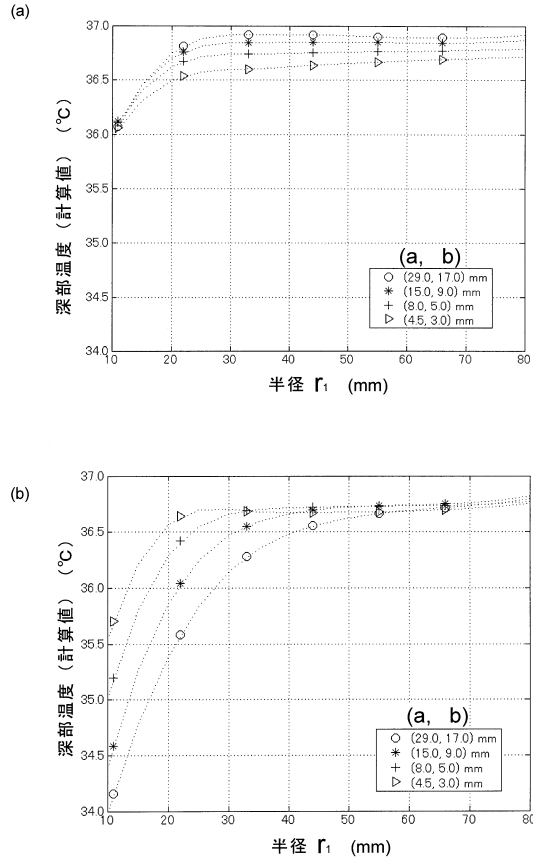
【図4】



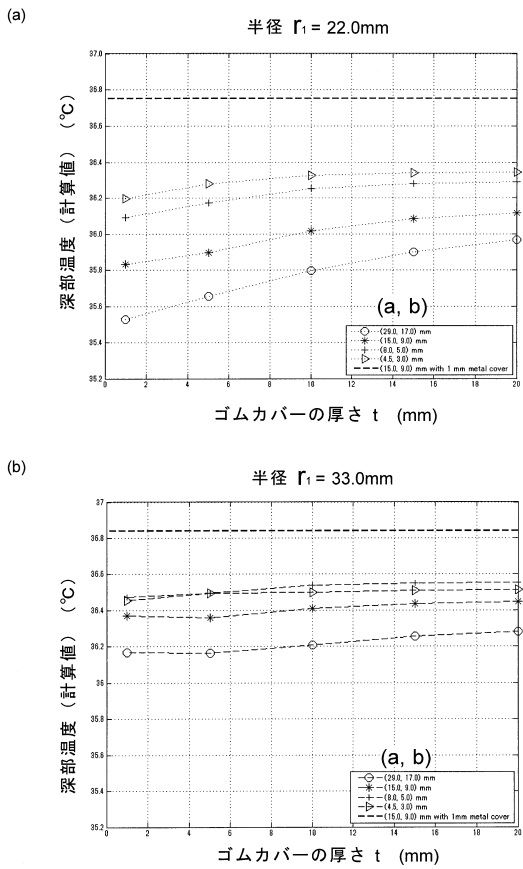
【図5】



【図 6】



【図 7】

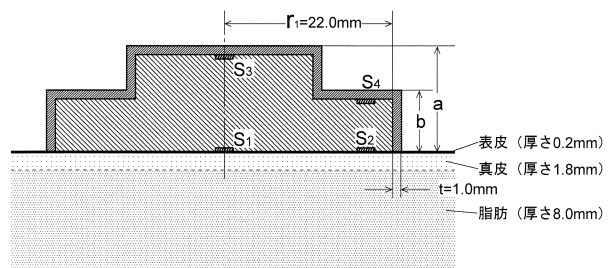


【図 8】

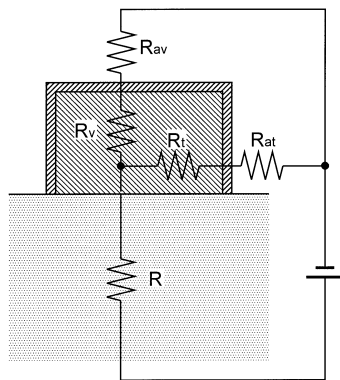
外気温 (°C)	20.0		25.0		30.0	
半径 r_1 (mm)	断熱材	金属	断熱材	金属	断熱材	金属
22.0	35.79	36.66	36.13	36.76	36.48	36.86
33.0	36.25	36.79	36.46	36.84	36.68	36.91

断熱材 : ゴム, 厚さ20.0 mm
 金属 : アルミニウム, 厚さ1.0 mm

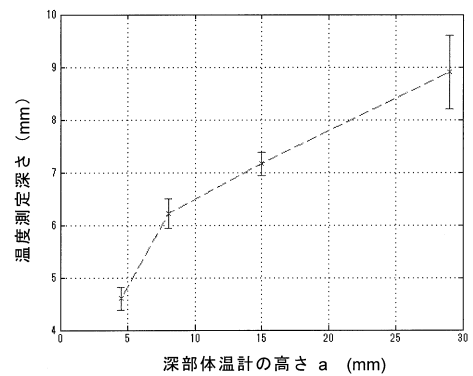
【図 10】



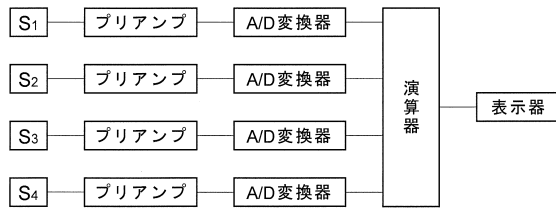
【図 9】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(72)発明者 田村 俊世

大阪府寝屋川市初町18-8 学校法人大阪電気通信大学内

(72)発明者 陳 文西

福島県会津若松市一箕町大字鶴賀字上居合90番地 公立大学法人会津大学内

審査官 岡田 卓弥

(56)参考文献 特開2013-44625(JP,A)

特開2012-168155(JP,A)

特開2012-112767(JP,A)

特表2012-500987(JP,A)

米国特許出願公開第2007/0295713(US,A1)

特開昭54-100784(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01K 1/00 - 19/00

A61B 5/01