

(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
2021年10月7日(07.10.2021)



(10) 国際公開番号

WO 2021/199378 A1

(51) 国際特許分類:

G01K 7/00 (2006.01)

東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 N T
T 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2020/015026

(22) 国際出願日:

2020年4月1日(01.04.2020)

(25) 国際出願の言語:

日本語

(26) 国際公開の言語:

日本語

(71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 田中 雄次郎 (TANAKA, Yujiro); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP).
松永 大地 (MATSUNAGA, Daichi); 〒1808585

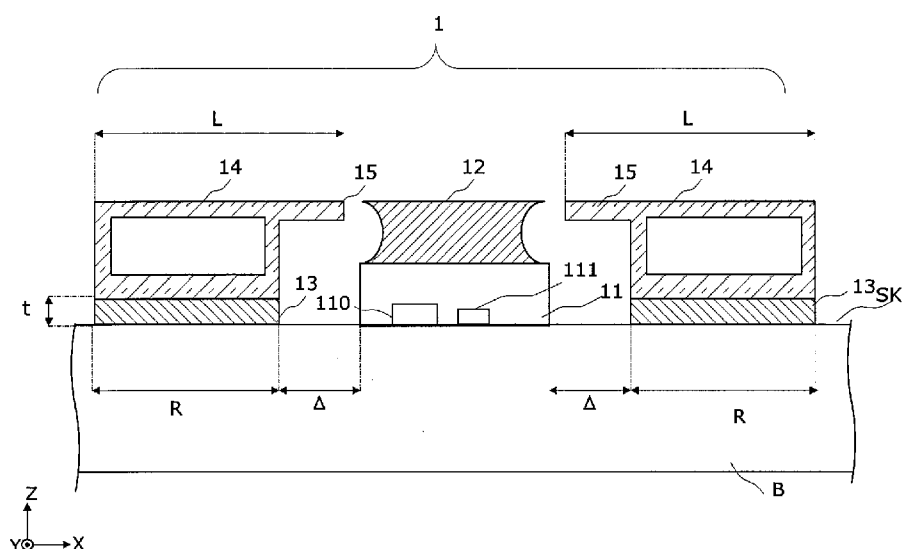
(74) 代理人: 山川 茂樹, 外(YAMAKAWA, Shigeki et al.); 〒1006104 東京都千代田区永田町2丁目11番1号 山王パークタワー4階 山川国際特許事務所内 Tokyo (JP).

(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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) Title: MEASUREMENT DEVICE

(54) 発明の名称: 測定装置

[図1]



(57) Abstract: This measurement device (1) comprises: a sensor (11) that has a temperature sensor (110) and a heat flux sensor (111); a first heat rectification member (12) that is composed of a material that has a higher thermal conductivity than air and is installed on the opposite side of the sensor (11) from a side in contact with the surface of the skin SK of a subject B, which is a measurement surface subject to measurement; and a structural body that is installed so as to be in contact with the measurement surface and is separated from the sensor (11) while surrounding the sensor (11).

[続葉有]

ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 測定装置(1)は、温度センサ(110)と熱流束センサ(111)とを有するセンサ(11)と、センサ(11)の、測定対象の測定面である生体Bの皮膚SKの表面と接する側とは反対側に配設され、空気よりも熱伝導性の高い材料からなる第1熱整流部材(12)と、測定面に接して配置され、センサ(11)から離間してセンサ(11)を囲む構造体とを備える。

明 細 書

発明の名称：測定装置

技術分野

[0001] 本発明は、生体の深部体温を測定するための測定装置に関する。

背景技術

[0002] 従来から、生体の深部体温を非侵襲に測定する技術が知られている。例えば、特許文献1は、生体と、温度センサおよび熱流束センサを備えるセンサと、外気とにおける疑似的な一次元モデルを仮定して、生体の深部体温を推定する技術を開示している。

[0003] 特許文献1に開示されている技術では、生体伝熱の一次元モデルに基づいて、次の関係式(1)より生体の深部体温を推定する。

$$\text{深部体温 } T_c = \text{温度センサと皮膚の接点の温度 } (T_s) + \text{比例係数 } (\alpha) \times \text{温度センサに流入する熱 } (H_s) \cdots (1)$$

比例係数 α は、一般に別の温度センサなどのセンサを用いて測定された直腸温度や鼓膜温度を深部体温 T_c として与えて求められる。

[0004] しかし、例えば、特許文献1に記載されている従来技術のように、生体の伝熱モデルとして一次元モデルを仮定した場合、センサへの熱の流入および流出の空間的な分布があると、このような一次元モデルはもはや成立しないことになる。上式(1)の比例係数 α は、測定中に変動し、深部体温 T_c の推定値に大きな誤差が生ずる。そのため、従来の深部体温の測定技術では、測定精度が十分得られない場合があった。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2020-003291号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 本発明は、上述した課題を解決するためになされたものであり、センサへ

の熱の流入および流出の空間的な分布を抑制する測定装置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

[0007] 上述した課題を解決するために、本発明に係る測定装置は、温度センサと熱流束センサとを有する測定器と、前記測定器の、測定対象の測定面と接する側とは反対側に配設され、空気よりも熱伝導性の高い材料からなる第1部材と、前記測定面に接して配置され、前記測定器から離間して前記測定器を囲む構造体とを備える。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、測定器の、測定対象の測定面と接する側とは反対側に配設され、空気よりも熱伝導性の高い材料からなる第1部材と、測定面に接して配置され、測定器から離間して測定器を囲む構造体とを備える。そのため、外気によるセンサへの熱の流入および流出の空間的な分布を抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]図1は、本発明の第1の実施の形態に係る測定装置の断面の模式図である。

[図2]図2は、本発明の概要を説明するための図である。

[図3]図3は、第1の実施の形態に係る測定装置の構成の一例を示すブロック図である。

[図4]図4は、第1の実施の形態の具体例1に係る測定装置の断面の模式図である。

[図5A]図5Aは、具体例1に係る測定装置の外観斜視図である。

[図5B]図5Bは、具体例1に係る測定装置の断面図である。

[図6]図6は、第1の実施の形態に係る測定装置の効果を説明するための図である。

[図7]図7は、第1の実施の形態の具体例2に係る測定装置の断面の模式図である。

[図8A]図8 Aは、第1の実施の形態の具体例3に係る測定装置の外観斜視図である。

[図8B]図8 Bは、具体例3に係る測定装置の断面図である。

[図9A]図9 Aは、第1の実施の形態の具体例4に係る測定装置の外観斜視図である。

[図9B]図9 Bは、具体例4に係る測定装置の断面図である。

[図10]図10は、第2の実施の形態に係る測定装置の断面の模式図である。

[図11]図11は、第2の実施の形態に係る測定装置の効果を説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本発明の好適な実施の形態について、図1から図11を参照して詳細に説明する。なお、以下において、測定装置が配置される「測定面」は、測定対象である生体の皮膚の表面である場合について説明する。

[0011] [発明の概要]

はじめに、本発明に係る測定装置の概要について図2を参照して説明する。生体と、生体の皮膚に接して配置されて熱流束および温度を測定するセンサと、外気とを含む生体の伝熱モデルにおける熱の流入出に空間的な分布が生ずる例として、外気による対流を受ける場合が挙げられる。また、外気による対流に加えて、生体内の血管の走行によるわずかな空間的な分布も生ずる。

[0012] まず、対流の影響について説明する。対流は、その空気の流れにより物体から熱を奪う対流熱伝達という現象である。対流熱伝達が物体、すなわち、上述のセンサから熱を奪う量は、物体表面の境界層と呼ばれる空気の流れがほぼ止まっているとみなせる領域の厚さによって決まる。

[0013] この境界層を直接測定するのは難しいが、対流が生じたときの熱伝達の大きさの程度を表す熱伝達率 h と流体（空気）の熱伝導率 λ との比率を示す無次元数のヌセルト数 Nu を用いれば、境界層の厚さに関する情報を得ることができる。より具体的には、対流が生じたときの対流熱伝達の大きさの程度

を表す熱伝達率 h は、ヌセルト数 Nu 、レイノルズ数 Re 、プラントル数 Pr により表される。平面上では次のようにして求められることが知られている。

$$[0014] \quad Nu = h \cdot L / \lambda \quad \dots (2)$$

$$Nu = 0.664 Re^{1/2} Pr^{1/3} \quad (\text{層流}) \quad \dots (3)$$

$$= 0.037 Re^{4/5} Pr^{1/3} \quad (\text{乱流}) \quad \dots (3)'$$

$$Re = \rho V L / \mu \quad \dots (4)$$

$$Pr = VC / \lambda \quad \dots (5)$$

[0015] 上式 (2) から (5) において、 L : 平板の端面からの距離、 λ : 空気の熱伝導率、 μ : 空気の粘度、 C : 空気の熱容量、 ρ : 空気の密度、 V : 流速をそれぞれ示す。

[0016] これらの式 (2) から (5) より、熱伝達率 h を求めると、図 2 に示すような距離 L と流速 V に対応した熱伝達率 h が得られる。図 2 のグラデーションの濃さが熱伝達率 h [W/m^2K]、図 2 中の曲線は、レイノルズ数が 2000、3000、4000、5000 に対応する点を示しており、レイノルズ数が 3000 程度までは層流とみなすことができる。

[0017] 図 2 の横軸に示されるセンサの端面からの距離 L に応じて熱伝達率 h が変化することがわかる。また、図 2 の縦軸の流速 V に示される、風上では熱がより多く奪われ、風下に向かうにしたがって熱の奪われ方が急峻に減少している。そのため、センサの左右で熱の流入出に大きな分布が生ずる。また、前述したように、生体内での温度分布についても、センサに流入出する熱の分布を生ずる。

[0018] このような空間的な熱の分布を最も簡便に抑制する方法としては、センサ全体を金属などの熱伝導の良い材料で覆い、熱の分布が生じて直ちに熱を拡散させてしまう方法が考えられる。しかし、この方法では、センサと皮膚との接点の温度 T_s とセンサの上部の温度の差が小さくなってしまいうので、センサに流入する熱が小さくなってしまいう。つまり、深部体温の推定に用いるセンサに流入する熱 (熱流束) H_s が小さくなり、センサの感度を大きく

低下させることになる。そのため、深部体温の測定誤差が大きくなってしまいう場合がある。また、センサを構成する温度センサや熱流束センサに対して求められる感度はより厳しくなる。

[0019] 本発明の実施の形態に係る測定装置は、センサ外部の風の境界層の厚さに着目した、風の影響を抑制する構造、つまり、センサの外部の構造が生体内の温度分布を線形とする構造、および、外気からの対流を受けてもセンサ外部の熱抵抗の変化の影響を抑制する構造を有する。

[0020] [第1の実施の形態]

次に、本発明の第1の実施の形態に係る測定装置1について、図1から図9Bを参照して説明する。なお、以下の説明では、各図において紙面左右あるいは横方向をX方向、紙面の上下方向あるいは縦方向をZ方向、紙面に垂直な方向をY方向とする。

[0021] まず、測定装置1の要部について説明する。図1は、生体Bの皮膚SKに接して配置された測定装置1の一部の断面を模式的に示した図である。測定装置1は、センサ（測定器）11、第1熱整流部材（第1部材）12、第2熱整流部材（第2部材）13、囲い部材（第3部材）14、および庇（ひさし）15を備える。

[0022] センサ11は、熱流束センサ110と、温度センサ111とを備える。熱流束センサ110と温度センサ111とは、例えば、筐体の内部に収容されている。

[0023] 熱流束センサ110は、単位時間、単位面積当たりの熱の移動を検知するセンサであり、センサ11に流入する熱流束 H_s [W/m^2] を測定する。熱流束センサ110としては、例えば、積層構造や平面展開型の作動型サーモパイルなどを用いることができる。

[0024] 温度センサ111は、生体Bとの接点の温度である表皮温度 T_s を測定する。温度センサ111としては、例えば、サーミスタ、熱電対、白金抵抗体、IC温度センサなどを用いることができる。

[0025] また、センサ11が熱流束センサ110および温度センサ111を内部に

収容する筐体は、例えば、平面視で円形であり、円板状の外形を有する部材で形成される。また、センサ１１が有する筐体は、皮膚ＳＫの測定面に接して配置される下面（以下、「センサ１１の下面」という。）と皮膚ＳＫの測定面から遠ざかる方向の上面（以下、「センサ１１の上面」という。）とを備える。例えば、センサ１１の下面には開口が形成され、この開口から熱流束センサ１１０および温度センサ１１１が露出する。

[0026] 第１熱整流部材１２は、測定対象の測定面である生体Ｂの皮膚ＳＫの表面と接する側とは反対側に配設され、空気よりも熱伝導率が高い材料からなる。より詳細には、第１熱整流部材１２は、センサ１１の上面に配設され、センサ１１の上面での温度分布および熱流入分布を緩和するとともに、センサ１１からの熱の放出を行う。第１熱整流部材１２は、例えば、センサ１１の上面の全体を覆い、Ｚ方向に沿った厚みを有する。第１熱整流部材１２の材料としては、熱伝導率が比較的大きい金属などで構成することができる。

[0027] 第１熱整流部材１２は、効率的な熱の整流および放出の観点から、部材の表面積を増やしつつ、熱抵抗値が小さくなるように断面積も増やすことが望ましい。第１熱整流部材１２がより大きいサイズで形成された場合に、上記効果は大きくなる。しかし、その反面、センサ１１のサイズおよび重量は増加する。測定装置１は、例えば、生体Ｂに装着されるウェアラブルデバイスとして適した軽量設計および小型化が実現され、かつ、センサ１１における熱の整流および放出を十分に得られる表面積および重量に設計される。例えば、図１に示すように、第１熱整流部材１２は、Ｚ方向に沿って一様な断面を有し、側面のみに曲率を設ける構造とすることができる。

[0028] 本実施の形態では、センサ１１と第１熱整流部材１２とによって、測定装置１の内心構造が形成される。この内心構造によって、縦方向（Ｚ方向）の熱移動を促進することができる。

[0029] 第２熱整流部材１３と囲い部材１４とは、測定面に接して配置され、センサ１１から離間してセンサ１１を囲む構造体を構成する。

[0030] 第２熱整流部材１３は、測定面（ＸＹ平面上）に接して配置され、空気よ

りも熱伝導性の高い材料で構成される。より詳細には、図1に示すように、第2熱整流部材13は、生体Bの皮膚SKの測定面（XY平面上）において、センサ11と離間して配置される。第2熱整流部材13は、例えば、センサ11と接触しない程度の間隔 Δ をもって、センサ11および第1熱整流部材12で構成される内心構造の周囲を囲うように測定面に配置される。第2熱整流部材13とセンサ11との間の測定面の間隔 Δ により、これらの間に熱的なギャップが形成される。

[0031] また、第2熱整流部材13は、熱伝導率が比較的高い金属などの材料で構成され、生体B内からの熱の流入出の分布を緩和する。例えば、第2熱整流部材13の測定面に沿った幅Rを3[m m]程度、Z方向に沿った厚さtを1[m m]程度とすることができる。

[0032] なお、センサ11が円板状の外形を有する筐体を備える場合に、少なくとも下面の半径が10[m m]以上程度と比較的大きいサイズである場合には、第2熱整流部材13は、ポリマーなどの熱伝導率が比較的低い材料を用いることもできる。

[0033] 囲い部材14は、第2熱整流部材13の上に配設され、センサ11を囲う。囲い部材14は、下面と上面とを有し、下面の測定面に沿った幅は、第2熱整流部材13の幅Rと一致する。

[0034] 庇15は、囲い部材14の第1熱整流部材12の方向に延設されている。庇15は、囲い部材14と同じ材料を用いて、囲い部材14と一体に形成される。

[0035] 図1に示すように、囲い部材14および庇15の上面の長さLは、測定面に沿って予め設定された長さを有する。囲い部材14および庇15は、測定面上において、第2熱整流部材13とともに、センサ11を囲うように配置され、センサ11と第1熱整流部材12とで構成される内心構造を囲う外周リング構造を形成する。

[0036] 本実施の形態では、第2熱整流部材13と、囲い部材14と、庇15とで構成される外周リング構造（構造体）、およびセンサ11と第2熱整流部材

1 3 との間隔 Δ により形成される熱的なギャップによって、横方向（測定面方向）の熱移動、つまり、温度勾配が抑制される。

[0037] 図 1 に示すように、囲い部材 1 4 および庇 1 5 の上面の Z 方向の高さと、第 1 熱整流部材 1 2 の上面の Z 方向の高さとは、同程度とされ、かつ、互いに接触しない程度離間して配置されている。囲い部材 1 4 および庇 1 5 と、第 1 熱整流部材 1 2 との間で、空気の流れが剥離せず境界層が移行されるようにすることが望ましい。

[0038] 図 2 で説明したように、物体端面、つまり、囲い部材 1 4 および庇 1 5 の端面において、熱伝達率 h が最も大きくなるが、次式 (6) に示すように、囲い部材 1 4 の端面から $L^{-2/3}$ に比例して熱伝達率 h は急峻に減少する。

[0039] (層流の場合)

$$h = \lambda / L \cdot Nu = \lambda / L \cdot 0.664 Re^{1/2} Pr^{1/3} \propto L^{-2/3} \dots (6)$$

[0040] このことから、囲い部材 1 4 および庇 1 5 の X 方向（測定面）に沿った長さ L は、例えば日常生活内での対流を考える場合には、 $L = 2$ [mm] 以上とすればよい。また、囲い部材 1 4 および庇 1 5 の表面に凹凸を形成し、空気の流れ場を乱してセンサ 1 1 と外気による対流とで生ずる境界層の成長をより拡大させることができる。

[0041] また、囲い部材 1 4 は、中空構造として軽量化することができる。囲い部材 1 4 の材料として、ポリマーなどを用いてもよい。例えば、囲い部材 1 4 および庇 1 5 は、3D プリンターなどで作製することができる。

[0042] なお、センサ 1 1 と第 1 熱整流部材 1 2 とで形成される内心構造、ならびに、第 2 熱整流部材 1 3 と囲い部材 1 4 と庇 1 5 とで形成される外周リング構造（構造体）が、図 1 の例に示すように互いに完全に離間して形成されている場合には、図示されない接続構造により互いの位置が保たれるようにすればよい。例えば、皮膚 SK の表面に配置されるシート状の基材 S（図 3）や、他の接続構造によりセンサ 1 1 と第 2 熱整流部材 1 3 との間隔 Δ が維持されるようにする。

[0043] [測定装置の構成]

次に、図3を参照して、本実施の形態に係る測定装置1の全体の構成について説明する。

[0044] 図3に示すように、測定装置1は、図1で説明した測定装置1の要部と、演算回路100と、メモリ101と、通信回路102と、電池103とを備える。なお、図3においては、第1熱整流部材12、第2熱整流部材13、囲い部材14、および底15は省略している。

[0045] 測定装置1は、シート状の基材Sの上に、センサ11、演算回路100、メモリ101、外部とのI/F回路として機能する通信回路102、および演算回路100や通信回路102などに電力を供給する電池103を備える。

[0046] 演算回路100は、センサ11で測定された熱流束 H_s と、皮膚SKの表皮温度 T_s とから、上述した式(1)を用いて深部体温 T_c の推定値を算出する。また、演算回路100は、推定された生体Bの深部体温 T_c の時系列データを生成して出力してもよい。時系列データは、測定時刻と推定された深部体温 T_c とを互いに関連付けたデータである。

[0047] メモリ101は、上述した式(1)に基づく一次元の生体伝熱モデルに関する情報を記憶している。また、メモリ101は、熱流束センサ110の熱抵抗値を記憶している。メモリ101は、測定システム内に設けられた書き換え可能な不揮発性の記憶装置（例えば、フラッシュメモリなど）における所定の記憶領域によって実現することができる。

[0048] 通信回路102は、演算回路100によって生成された生体Bの深部体温 T_c の時系列データを外部に出力する。このような通信回路102としては、有線でデータなどを出力する場合は、USBその他のケーブルが接続できる出力回路となるが、例えば、Bluetooth（登録商標）、Bluetooth Low Energy等に準拠した無線通信回路を用いてもよい。

[0049] シート状の基材Sは、センサ11、演算回路100、メモリ101、通信

回路 102、および電池 103 を含む測定装置 1 を載置するための土台として機能する他、これらの要素を電氣的に接続する図示しない配線を備えている。測定装置 1 を生体の表皮上に接続することを考えると、シート状の基材 S には、変形可能なフレキシブル基板を用いることが望ましい。

[0050] また、シート状の基材 S の一部には開口が設けられてセンサ 11 が備える熱流束センサ 110 および温度センサ 111 は開口から生体 B の皮膚 SK の測定面に接するように基材 S に載置される。

[0051] ここで、測定装置 1 は、コンピュータによって実現される。具体的には、演算回路 100 は、例えば CPU や DSP などのプロセッサが測定装置 1 内に設けられたメモリ 101 を含む ROM、RAM、およびフラッシュメモリなどの記憶装置に格納されたプログラムに従って各種データ処理を実行することによって実現される。コンピュータを測定装置 1 として機能させるための上記プログラムは、記録媒体に記録することも、ネットワークを通して提供することも可能である。

[0052] なお、図 3 において、測定装置 1 は、図 1 で説明したセンサ 11 を含む要部と、演算回路 100 を含む他の構成と一体的に構成されているが、測定装置 1 の要部は、演算回路 100、メモリ 101、通信回路 102、および電池 103 とは分離された構成であってもよい。

[0053] [具体例 1]

次に、上述した機能および構成を有する測定装置 1 の具体例 1 について、図 4 から図 5 B を参照して説明する。

[0054] 図 4 は、具体例 1 に係る測定装置 1 の一部の断面を模式的に示した図である。測定装置 1 は、センサ 11、第 1 熱整流部材 12、第 2 熱整流部材 13、囲い部材 14a、および庇 15 を備える。

[0055] 具体例 1 に係る測定装置 1 が備える囲い部材 14a および庇 15 の形状は、上述した囲い部材 14 および庇 15 の形状と同様であるが、第 2 熱整流部材 13 と同じ材料で一体に形成されている。囲い部材 14a と庇 15 と第 2 熱整流部材 13 とは、熱伝導率が比較的高い金属などの材料で形成されてい

る。

[0056] 図5Aは、具体例1に係る測定装置1の外観斜視図および断面を示した図である。また、図5Bは、図5Aの測定装置1の断面図を示している。

[0057] 図5Aに示すように、測定装置1は円板状のセンサ11および第1熱整流部材12と、それを一定の間隔 Δ をもって囲む円環状の第2熱整流部材13と、囲い部材14aと庇15とで構成されている。例えば、第2熱整流部材13と囲い部材14aと庇15とは、アルミを切削加工して、トラス状の構造に作製することができる。また、第1熱整流部材12は、アルミを切削加工して、円柱状に作製し、温度と熱流束を測定するセンサ11の直上に張り付けた構造とする。

[0058] 図6は、図5Aおよび図5Bに示す具体例1に係る測定装置1を用いて測定された深部体温の測定結果を示している。図6の横軸は深部体温[°C]を示し、縦軸は、測定値[°C]を示す。また、図6の3つの異なるマーカは、それぞれ測定環境における風速、つまり対流を示している。図6から、測定装置1は、対流の変化の影響を受けずに深部体温を測定できることがわかる。

[0059] [具体例2]

次に、図7を参照して本実施の形態に係る測定装置1の別の具体例2について説明する。図7は、具体例2に係る測定装置1Aの一部の断面を模式的に示した図である。具体例2に係る測定装置1Aは、格子16をさらに備える点で第1の実施の形態に係る測定装置1とは構成が異なる。

[0060] 格子16は、多孔構造を有し、第1熱整流部材12の上面を覆って、囲い部材14および庇15の上面の端部間に形成されている。格子16は、例えば、囲い部材14および庇15と同じポリマーなどの材料で形成されていてもよい。また、多孔構造としては、シート状のメッシュなどを用いることもできる。格子16が第1熱整流部材12の上面を覆って配置されることで、第1熱整流部材12の上部での熱伝達が阻害されることを抑制できる。

[0061] [具体例3]

次に、本実施の形態に係る測定装置 1 の別の具体例 3 について、図 8 A および図 8 B を参照して説明する。図 8 A は、具体例 3 に係る測定装置 1 B の外観斜視図およびその一部の断面を示す図である。図 8 B は、図 8 A に示す測定装置 1 B の断面図である。

[0062] 図 8 A および図 8 B に示すように、第 1 熱整流部材 1 2 の上面の測定面に沿った径をセンサ 1 1 の上面の測定面に沿った径に比較して大きくすることで、第 1 熱整流部材 1 2 の表面積をより大きくすることができる。この場合、庇 1 5 の第 1 熱整流部材 1 2 の方向へ延出する長さは、第 1 の実施の形態で説明した長さよりも短くすることができる。図 8 A および図 8 B に示す構造を有する第 1 熱整流部材 1 2 は、センサ 1 1 の上面での温度分布および熱流入分布を緩和すると同時に、センサ 1 1 からの熱放出をより効率的に行うことができる。

[0063] [具体例 4]

次に、本実施の形態に係る測定装置 1 の別の具体例 4 について図 9 A および図 9 B を参照して説明する。図 9 A は、具体例 4 に係る測定装置 1 C の外観斜視図およびその一部の断面を示した図である。なお、図 9 A において、センサ 1 1 は省略されている。

[0064] 図 9 A および図 9 B に示すように、測定装置 1 C の第 2 熱整流部材 1 3 と囲い部材 1 4 a と庇 1 5 とは一体に形成され、庇 1 5 は第 1 熱整流部材 1 2 a とつながっている。例えば、アルミなどの熱伝導率が高い材料で、第 2 熱整流部材 1 3 と囲い部材 1 4 a と庇 1 5 と、第 1 熱整流部材 1 2 a とを形成することができる。

[0065] 図 9 B に示すように、庇 1 5 の Z 方向に沿った厚さ t_2 が第 1 熱整流部材 1 2 a の厚さより小さくなるように形成される。このように、第 2 熱整流部材 1 3 と、囲い部材 1 4 a と、庇 1 5 と、第 1 熱整流部材 1 2 a とを一体的な構成とすることで、同一の材料を用いて形成することができる。

[0066] [第 1 の実施の形態の効果]

以上説明したように、第 1 の実施の形態に係る測定装置 1 によれば、セン

サ 1 1 の上面に配設された第 1 熱整流部材 1 2 と、測定面に沿ってセンサ 1 1 と離間して設けられた第 2 熱整流部材 1 3 と、第 2 熱整流部材 1 3 の上面に配設された囲い部材 1 4 と、囲い部材 1 4 の第 1 熱整流部材 1 2 の方向に延設された庇 1 5 とを備える。そのため、センサ 1 1 への熱の流入および流出の空間的な分布を抑制することができる。また、その結果として生体の深部体温を非侵襲に、より精度よく測定することができる。

[0067] [第 2 の実施の形態]

次に、本発明の第 2 の実施の形態について図 1 0 および図 1 1 を参照して説明する。なお、以下の説明では、上述した第 1 の実施の形態と同じ構成については同一の符号を付し、その説明を省略する。

[0068] 第 1 の実施の形態に係る測定装置 1 は、第 1 熱整流部材 1 2 の上面、および囲い部材 1 4 と庇 1 5 との上面は、外気に直接触れる構造を有している。これに対して、第 2 の実施の形態に係る測定装置 1 D は、さらに、複数のカバー 1 7、1 8 を備える。

[0069] 図 1 0 は、本実施の形態に係る測定装置 1 D の断面を模式的に示した図である。なお、測定装置 1 D が備えるカバー 1 7、1 8 以外の構成は、第 1 の実施の形態の具体例 1（図 4、図 5 A、図 5 B）で説明した構成と同様である。

[0070] ここで、固体表面からの熱伝達と固体内部の熱伝導の比を表した無次元数としてビオ数 B_i が知られている。ビオ数 B_i は、次式（7）で表され、熱の伝わり方の安定性の指標として用いられる。

$$B_i = h L / \lambda \quad \cdots (7)$$

なお、 λ は熱伝導率、 h は熱伝達率、 L は生体の厚さを示す。

[0071] また、よく知られているように、ビオ数 B_i が 1 よりも十分に小さい場合には、熱伝達に比べて固体内部の熱伝導が早いため、物体内部の温度分布はほぼ一様であるとみなせる。例えば、ビオ数 B_i が 0.1 程度であれば、上述した式（1）で説明した一次元の生体の伝熱モデルとして近似できる。ビオ数 B_i を 0.1 程度とする場合、生体 B を構成する水の熱伝達率 h は $h <$

6 [W/m²K]、筋肉の熱伝達率 h は、 $h < 4$ [W/m²K]、脂肪の熱伝達率 h は $h < 1.8$ [W/m²K] 程度となる。したがって、上式 (7) のビオ数 $Bi \ll 0.1$ とする場合、上述した式 (6) より、境界層の厚さを制御して、測定装置 1 D は周囲の空気が移動しない状態でほぼ風がない状態とすることが必要である。

[0072] そこで、本実施の形態に係る測定装置 1 D は、例えば、図 10 に示すように、2つの中空構造を有するカバー 17、18 によりセンサ 11 の周囲に配置されている第 1 熱整流部材 12、第 2 熱整流部材 13、囲い部材 14 a、および底 15 を覆う。例えば、カバー 17、18 は、PET フィルムなどの薄膜で形成され、膜の厚さは、例えば、100 [μm] とすることができる。

[0073] カバー 17 の内部に設けられたセンサ 11、第 1 熱整流部材 12、第 2 熱整流部材 13、囲い部材 14 a、および底 15 とカバー 17 との間には、空気層が形成される。また、測定装置 1 D は、カバー 17 の外側に、さらに別のカバー 18 を備え、内側のカバー 17 と、外側のカバー 18 との間にも空気層が形成される。

[0074] カバー 17 により形成される空気層の小部屋、およびカバー 17 とその外側のカバー 18 との間の空気層を形成し、カバー 17、18 各々の内部の空気が移動しないように区切られた空気の小部屋が設けられる。また、図 10 に示すように、カバー 18 で形成された境界層である空気層の Z 方向の厚さ δ は、例えば、6 [mm] 以上程度とすることができる。

[0075] 図 11 は、本実施の形態に係る測定装置 1 D を用いて測定された深部体温の測定値を示した図である。図 11 の縦軸は測定値 (°C)、横軸は深部体温 (°C) の真値である。また、各マーカーは、外気の風速、つまり対流を示している。図 11 に示すように、カバー 17、18 によって、空気が移動しない小部屋が形成された測定装置 1 D では、外気の風が当たっても、生体の深部体温をより精度よく測定することができることがわかる。

[0076] 以上説明したように、第 2 の実施の形態に係る測定装置 1 D によれば、複

数のカバー 17、18 で区切られた空気の小部屋が形成されるので、測定装置 1D に風が当たっても、センサ 11 外部の熱抵抗変化の影響を抑制することができる。その結果として、生体の深部体温を非侵襲に、より精度よく測定することができる。

[0077] 以上、本発明の測定装置における実施の形態について説明したが、本発明は説明した実施の形態に限定されるものではなく、請求項に記載した発明の範囲において当業者が想定し得る各種の変形を行うことが可能である。

符号の説明

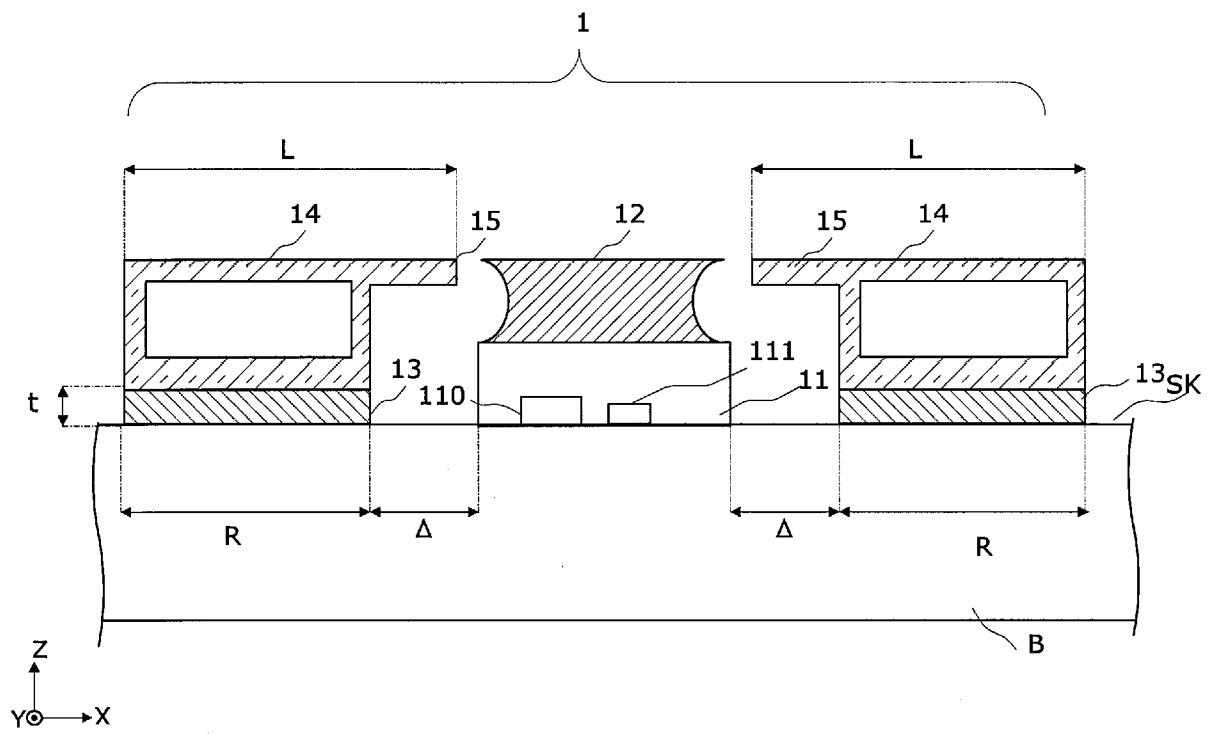
[0078] 1…測定装置、11…センサ、12…第1熱整流部材、13…第2熱整流部材、14…囲い部材、15…底、S…基材、110…熱流束センサ、111…温度センサ、100…演算回路、101…メモリ、102…通信回路、103…電池。

請求の範囲

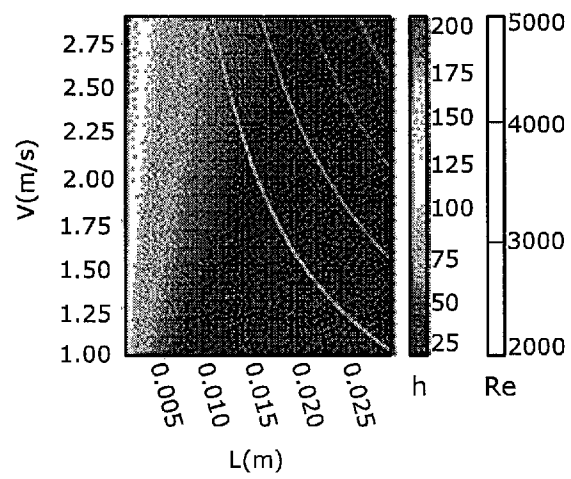
- [請求項1] 温度センサと熱流束センサとを有する測定器と、
前記測定器の、測定対象の測定面と接する側とは反対側に配設され、
空気よりも熱伝導性の高い材料からなる第1部材と、
前記測定面に接して配置され、前記測定器から離間して前記測定器を囲む構造体と
を備える測定装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の測定装置において、
前記測定器と前記第1部材とは、平面視で円形に形成され、前記構造体は、平面視で円環状に形成されている
ことを特徴とする測定装置。
- [請求項3] 請求項1または請求項2に記載の測定装置において、
前記構造体は、
前記測定面に接して配置され、空気よりも熱伝導性の高い材料からなる第2部材と、
前記第2部材の上に配設された第3部材をさらに備え、
前記第3部材は、前記第1部材の方向に延設された庇を有する
ことを特徴とする測定装置。
- [請求項4] 請求項3に記載の測定装置において、
前記第2部材と前記第3部材とは同じ材料で一体に構成されている
ことを特徴とする測定装置。
- [請求項5] 請求項3または4に記載の測定装置において、
前記庇は、前記第1部材とつながっている
ことを特徴とする測定装置。
- [請求項6] 請求項1から5のいずれか1項に記載の測定装置において、
前記構造体の前記測定面からの高さは、前記第1部材の前記測定面からの高さとも一致する
ことを特徴とする測定装置。

- [請求項7] 請求項1 から6 のいずれか1 項に記載の測定装置において、
中空構造を有し、前記測定器、前記第1 部材、および前記構造体を
覆う第1 カバーと、
中空構造を有し、前記第1 カバーを覆って前記第1 カバーとの間に
空気層を形成する第2 カバーと
をさらに備える
ことを特徴とする測定装置。
- [請求項8] 請求項1 から7 のいずれか1 項に記載の測定装置において、
生体の伝熱に関する一次元モデルを記憶するように構成されたメモ
リと、
前記測定器で測定された熱流束と温度とを用いて、前記メモリに記
憶されている前記一次元モデルに基づき前記生体の深部温度を推定す
るよう構成された演算回路と
をさらに備える
ことを特徴とする測定装置。

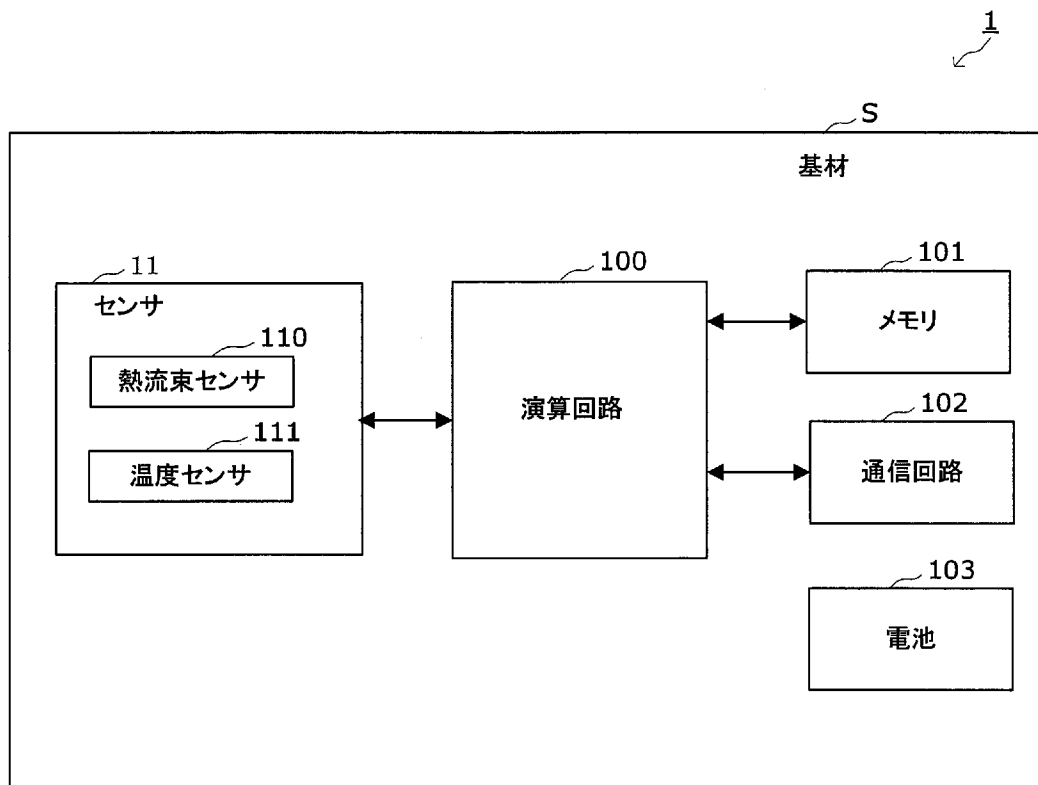
[図1]



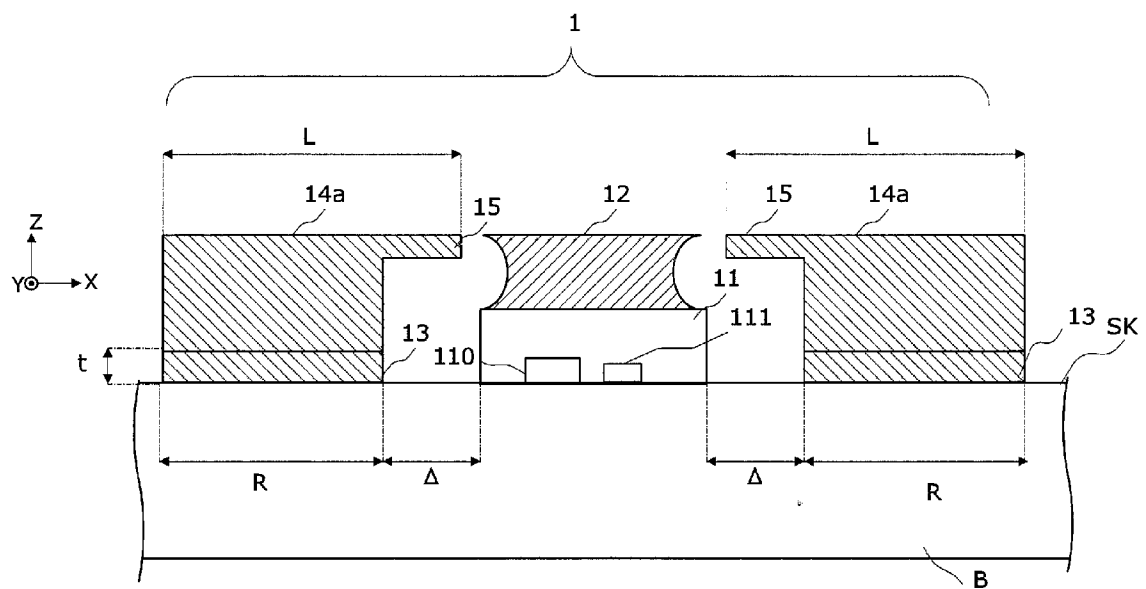
[図2]



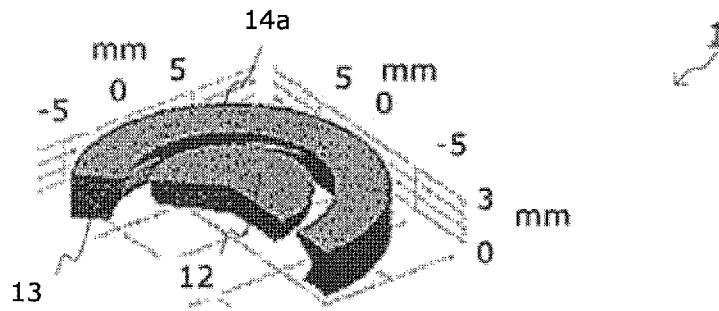
[図3]



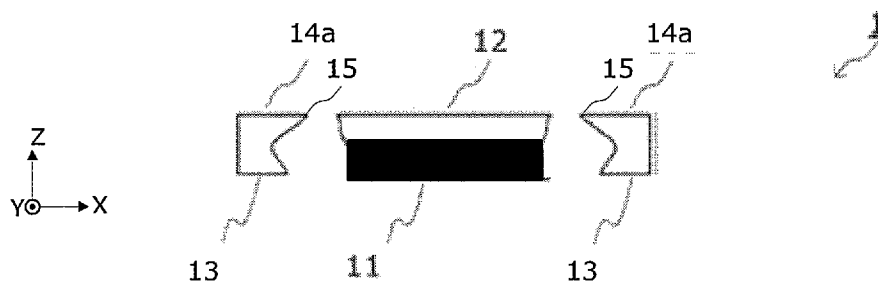
[図4]



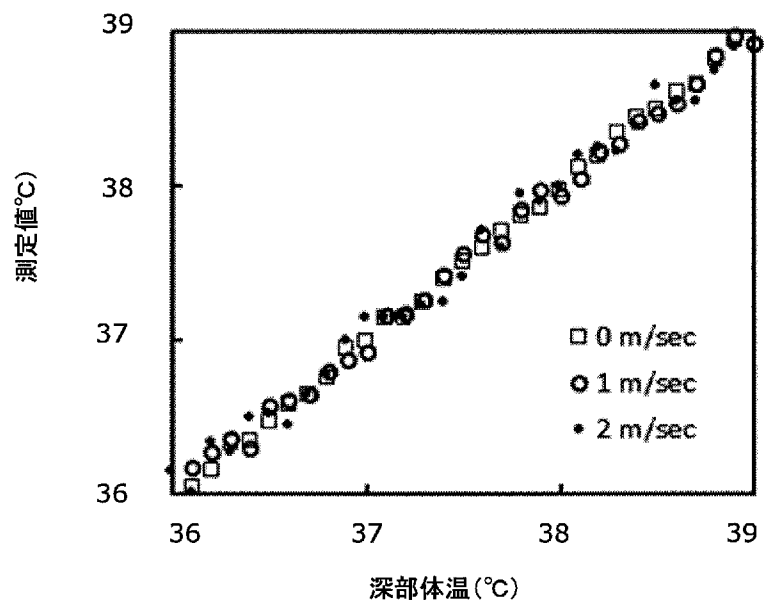
[図5A]



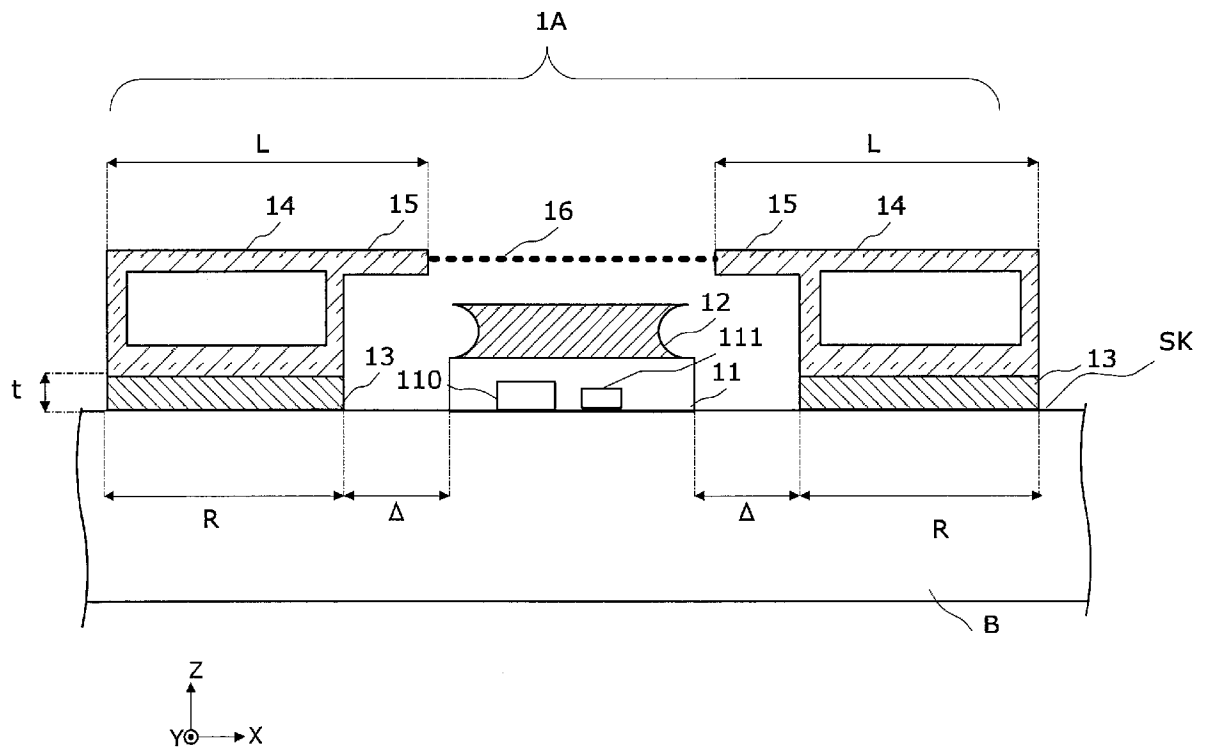
[図5B]



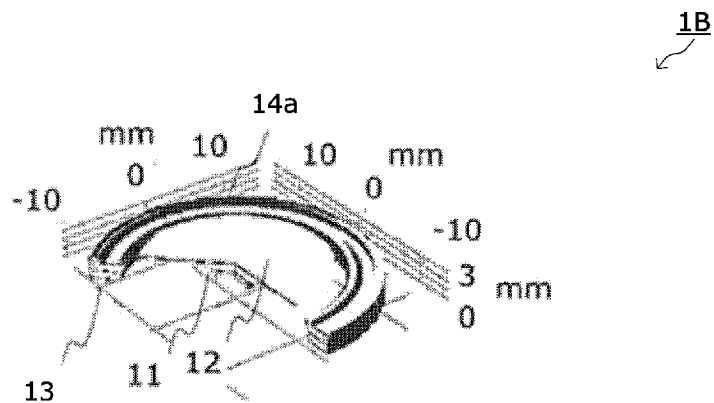
[図6]



[図7]

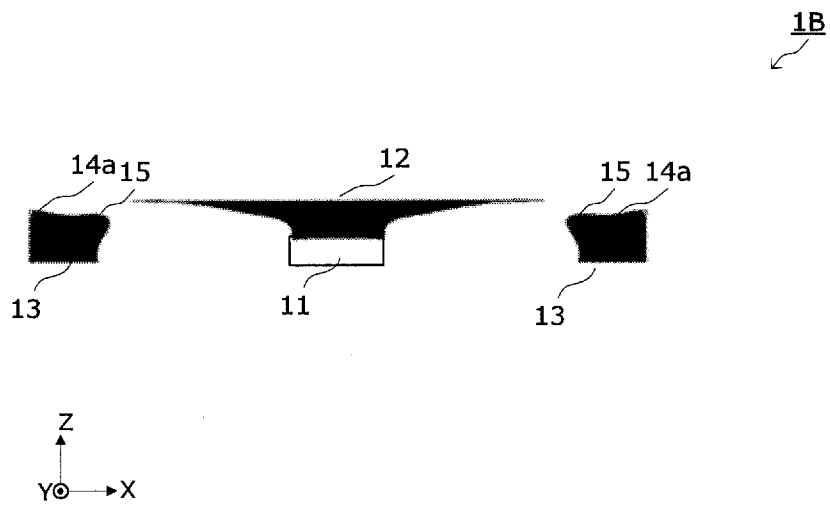


[図8A]

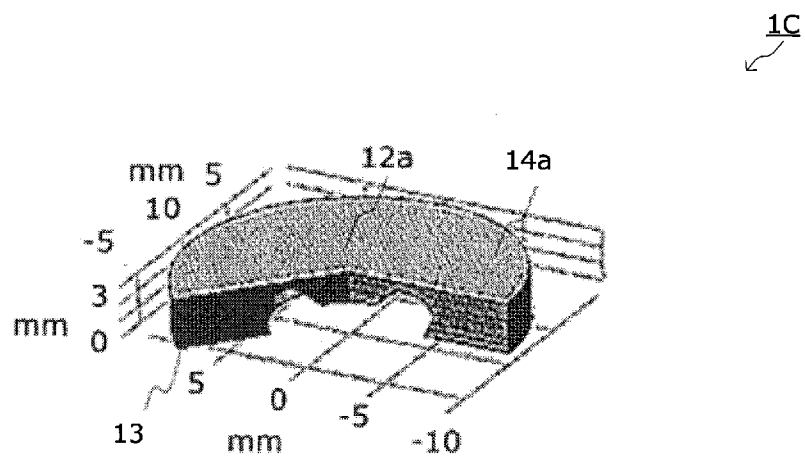


1B

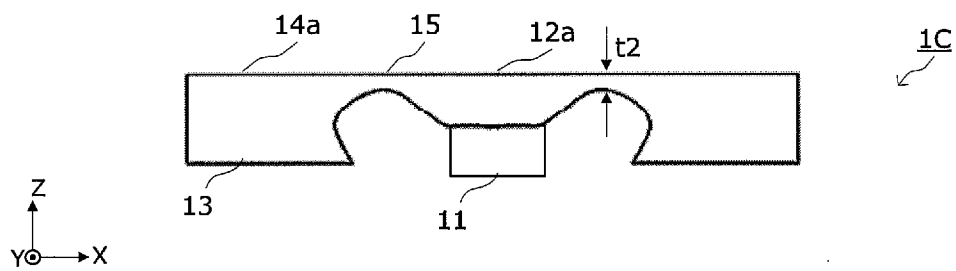
[図8B]



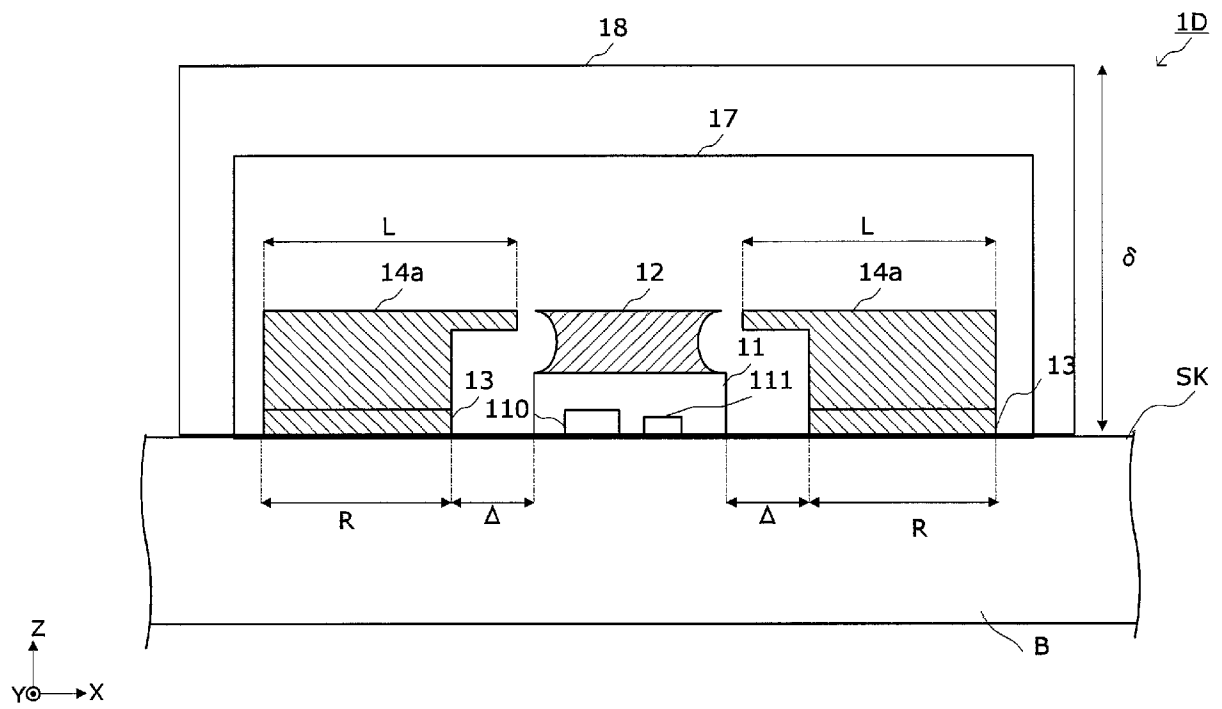
[図9A]



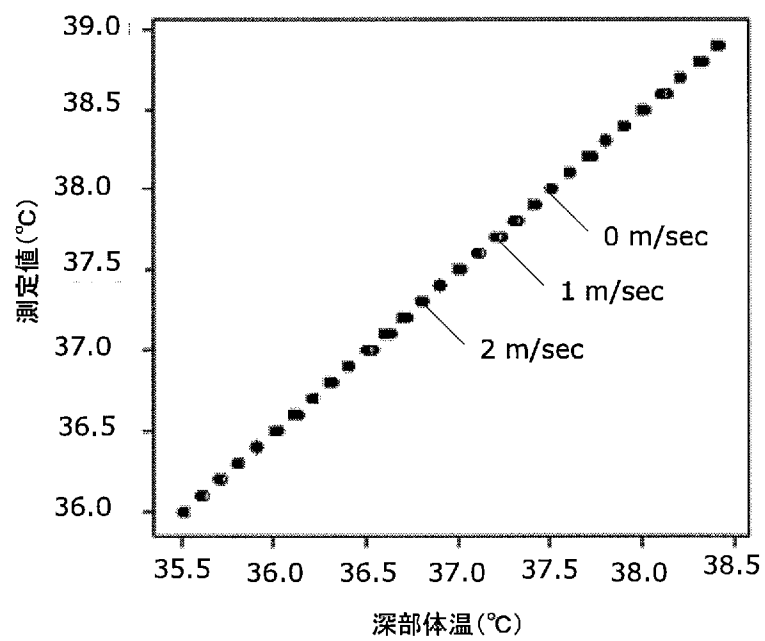
[図9B]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/015026

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G01K7/00 (2006.01) i

FI: G01K7/00 341P

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)

Int. Cl. A61B5/00-5/01, G01K1/00-19/00

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2013-44624 A (TERUMO CORP.) 04 March 2013,	1-5
Y	paragraphs [0010]-[0070], [0088], [0097], fig. 1-6	6-8
Y	JP 2012-73128 A (TERUMO CORP.) 12 April 2012,	6-8
	paragraphs [0043]-[0053], fig. 4	
Y	JP 2020-3291 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 09 January 2020, paragraphs [0030]-[0040], fig. 7	8
A	WO 2013/024568 A1 (TERUMO CORP.) 21 February 2013, entire text, all drawings	1-8
A	WO 2016/143529 A1 (OMRON CORP.) 15 September 2016, entire text, all drawings	1-8



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

10.06.2020

Date of mailing of the international search report

23.06.2020

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office

3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,

Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/015026

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2018-151322 A (OMRON CORP.) 27 September 2018, entire text, all drawings	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/015026

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2013-44624 A	04.03.2013	(Family: none)	
JP 2012-73128 A	12.04.2012	(Family: none)	
JP 2020-3291 A	09.01.2020	WO 2020/003960 A1 paragraphs [0030]- [0040], fig. 7	
WO 2013/024568 A1	21.02.2013	(Family: none)	
WO 2016/143529 A1	15.09.2016	JP 2016-170017 A US 2018/0024010 A1 DE 112016001172 T5 CN 107250748 A	
JP 2018-151322 A	27.09.2018	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01K 7/00(2006.01)i FI: G01K7/00 341P		
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）） A61B5/00-5/01 , G01K1/00-19/00		
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 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020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）		
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
X	JP 2013-44624 A（テルモ株式会社）04.03.2013（2013-03-04） [0010]-[0070], [0088] , [0097] , 図1-6	1-5
Y		6-8
Y	JP 2012-73128 A（テルモ株式会社）12.04.2012（2012-04-12） [0043]-[0053], 図4	6-8
Y	JP 2020-3291 A（日本電信電話株式会社）09.01.2020（2020-01-09） [0030]-[0040] , 図7	8
A	WO 2013/024568 A1（テルモ株式会社）21.02.2013（2013-02-21） 全文、全図	1-8
A	WO 2016/143529 A1（オムロン株式会社）15.09.2016（2016-09-15） 全文、全図	1-8
A	JP 2018-151322 A（オムロン株式会社）27.09.2018（2018-09-27） 全文、全図	1-8
☐ 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抵触するものではなく、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 10.06.2020		国際調査報告の発送日 23.06.2020
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 菅藤 政明 2F 1564 電話番号 03-3581-1101 内線 3216

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/015026

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2013-44624	A	04.03.2013	(ファミリーなし)	
JP	2012-73128	A	12.04.2012	(ファミリーなし)	
JP	2020-3291	A	09.01.2020	WO 2020/003960 A1	
				[0030]-[0040] , 図7	
WO	2013/024568	A1	21.02.2013	(ファミリーなし)	
WO	2016/143529	A1	15.09.2016	JP 2016-170017 A	
				US 2018/0024010 A1	
				DE 112016001172 T5	
				CN 107250748 A	
JP	2018-151322	A	27.09.2018	(ファミリーなし)	