

(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
2024年10月3日(03.10.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/203137 A1

(51) 国際特許分類:

H10N 15/00 (2023.01) G01K 7/36 (2006.01)
G01K 7/02 (2021.01) G01K 17/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2024/008893

(22) 国際出願日: 2024年3月7日(07.03.2024)

(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 2023-057429 2023年3月31日(31.03.2023) JP

(71) 出願人: 日東電工株式会社 (NITTO DENKO CORPORATION) [JP/JP]; 〒5678680 大阪府茨木市下穂積1丁目1番2号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 井ノ原 拓実 (INOHARA Takumi); 〒5678680 大阪府茨木市下穂積1丁目1

番2号日東電工株式会社内 Osaka (JP). 中西 陽介 (NAKANISHI Yosuke); 〒5678680 大阪府茨木市下穂積1丁目1番2号日東電工株式会社内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人青藍国際特許事務所 (SEIRAN IP FIRM); 〒5300047 大阪府大阪市北区西天満四丁目3番25号 梅田プラザビル別館8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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,

(54) Title: MODULE AND HEAT FLOW SENSOR

(54) 発明の名称: モジュール及び熱流センサ

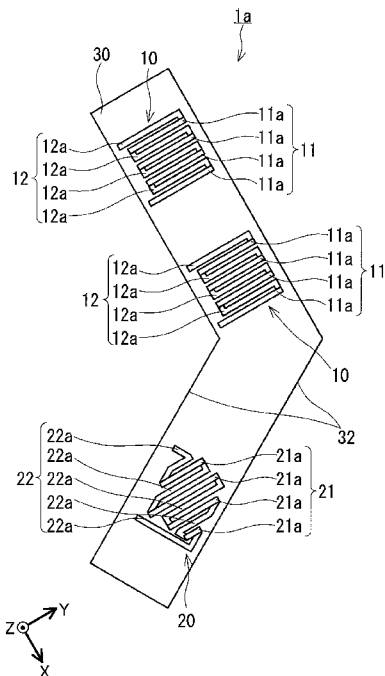


FIG. 1

(57) Abstract: A module 1a comprises a first heat flow detection unit 10 and a second heat flow detection unit 20. The first heat flow detection unit 10 and the second heat flow detection unit 20 are disposed on a base material 30. The first heat flow detection unit 10 includes a first thermoelectric conversion part 11 and a first connection part 12. The first thermoelectric conversion part 11 forms a plurality of first fine wires 11a. The first connection part 12 electrically connects the first fine wires 11a to each other. The second heat flow detection unit 20 includes a second thermoelectric conversion part 21 and a second connection part 22. The second thermoelectric conversion part 21 forms a plurality of second fine wires 21a. The second connection part 22 electrically connects the second fine wires 21a to each other. The plurality of first fine wires 11a and the plurality of second fine wires 21a extend parallel to each other.

(57) 要約: モジュール1aは、第一熱流検知部10と、第二熱流検知部20とを備える。第一熱流検知部10及び第二熱流検知部20は基材30上に配置されている。第一熱流検知部10は、第一熱電変換部11と、第一接続部12を含む。第一熱電変換部11は、複数の第一細線11aをなしている。第一接続部12は、第一細線11a同士を電氣的に接続している。第二熱流検知部20は、第二熱電変換部21と、第二接続部22を含む。第二熱電変換部21は、複数の第二細線21aをなしている。第二接続部22は、第二細線21a同士を電氣的に接続している。複数の第一細線11a及び複数の第二細線21aは、互いに平行に延びている。

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, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

明 細 書

発明の名称： モジュール及び熱流センサ

技術分野

[0001] 本発明は、モジュール及び熱流センサに関する。

背景技術

[0002] 従来、内部の熱流束の分布を検出できる熱電変換モジュールが知られている。

[0003] 例えば、特許文献1には、 n 型熱電変換素子と p 型熱電変換素子とを電極板を介して接続した熱電変換素子対を一面に複数配列し、直列に接続してなる熱電変換モジュールが記載されている。この熱電変換モジュールは、 π 型の熱電変換モジュールであり、第1出力端子と、第2出力端子と、中間出力端子とを有する。第1出力端子及び第2出力端子は、直列に接続された複数の熱電変換素子対のうち、それぞれ、一端側の熱電変換素子対及び他端側の熱電変換素子対に形成されている。中間出力端子は、一端側の熱電変換素子対と他端側の熱電変換素子対との間の任意の位置に形成されている。

[0004] 上記の熱電変換モジュールにおいて、それぞれの熱電変換素子対で生じる電位差は、それぞれの熱電変換素子対に加わる熱流束によって変化する。このため、中間出力端子によって、複数の熱電変換素子対のうち任意の熱電変換素子対で生じる電圧を測定することで、熱電変換モジュールに加わる熱流束の分布を検出できる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2021-132113号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] Internet of Things(IoT)社会における体調のモニタリング、又は、電気自動車(EV)のバッテリー及び高速データ処理用チップ等の技術分野におけ

る熱マネジメントにおいて、熱に関するモニタリングのニーズが高まりつつある。このようなニーズに応えるべく、熱センシングのために熱電変換部を備えたモジュールを用いることが考えられる。このようなモジュールが熱センシングの対象の複数の箇所において熱流を検知できれば、モジュールの価値が高まりうる。

[0007] 特許文献 1 に記載の熱電変換モジュールによれば、内部の熱流束の分布を検出できるものの、 n 型熱電変換素子と p 型熱電変換素子とを電極板を介して接続した複数の熱電変換素子対を配列する必要がある。この熱電変換モジュールは複雑な構成を有し、この熱電変換モジュールの製造には複雑なプロセスを要し製造コストが嵩みやすいと考えられる。このため、特許文献 1 に記載の熱電変換モジュールは生産性の観点から再検討の余地を有する。

[0008] このような事情に鑑み、本発明は、複数の箇所において熱流を検知でき、かつ、生産性の観点から有利なモジュールを提供する。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明は、
基材上に配置され、複数の第一細線をなす第一熱電変換部と、前記第一細線同士を電氣的に接続する第一接続部とを含む第一熱流検知部と、
前記基材上に配置され、複数の第二細線をなす第二熱電変換部と、前記第二細線同士を電氣的に接続する第二接続部とを含む第二熱流検知部と、を備え、
前記複数の第一細線及び前記複数の第二細線は、互いに平行に延びている、
モジュールを提供する。

[0010] また、本発明は、
上記モジュールを備えた、
熱流センサを提供する。

発明の効果

[0011] 上記のモジュールは、複数の箇所において熱流を検知でき、かつ、生産性

の観点から有利である。

図面の簡単な説明

- [0012] [図1]図 1 は、本発明に係るモジュールの一例を示す平面図である。
- [図2]図 2 は、参考例に係るモジュールの一例を示す平面図である。
- [図3]図 3 は、熱電変換部の細線の磁化と外部磁場との関係を示すグラフである。
- [図4]図 4 は、図 1 に示すモジュールを製造方法の一例を示す平面図である。
- [図5]図 5 は、本発明に係るセンサの一例を示す図である。
- [図6]図 6 は、本発明に係るモジュールの別の一例を示す平面図である。
- [図7]図 7 は、結晶の内部応力の測定方法を模式的に示す図である。

発明を実施するための形態

- [0013] 以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら説明する。なお、下記の説明は、本発明を例示的に説明するものであり、本発明は以下の実施形態に限定されるわけではない。
- [0014] 図 1 に示す通り、モジュール 1 a は、第一熱流検知部 1 0 と、第二熱流検知部 2 0 とを備えている。第一熱流検知部 1 0 及び第二熱流検知部 2 0 は、基材 3 0 上に配置されている。第一熱流検知部 1 0 及び第二熱流検知部 2 0 は、例えば、基材 3 0 の同一平面をなす表面上に配置されている。第一熱流検知部 1 0 は、第一熱電変換部 1 1 と、第一接続部 1 2 とを含んでいる。第一熱電変換部 1 1 は、複数の第一細線 1 1 a をなしている。第一接続部 1 2 は、第一細線 1 1 a 同士を電氣的に接続している。第一接続部 1 2 は、複数の細線 1 2 a をなしている。第二熱流検知部 2 0 は、第二熱電変換部 2 1 と、第二接続部 2 2 とを含んでいる。第二熱電変換部 2 1 は、複数の第二細線 2 1 a をなしている。第二接続部 2 2 は、第二細線 2 1 a 同士を電氣的に接続している。第二接続部 2 2 は、複数の細線 2 2 a をなしている。複数の第一細線 1 1 a 及び複数の第二細線 2 1 a は、互いに平行に延びている。
- [0015] モジュール 1 a によれば、同一の基材 3 0 上に配置された第一熱流検知部 1 0 及び第二熱流検知部 2 0 によって、複数の箇所において熱流を検知でき

る。第一熱電変換部 1 1 及び第二熱電変換部 2 1 は、それぞれ、複数の第一細線 1 1 a 及び複数の第二細線 2 1 a をなすように構成されている。このため、モジュール 1 a は、n 型熱電変換素子と p 型熱電変換素子とを電極板を介して接続した複数の熱電変換素子対を配列する場合に比べて簡素な構造を有し、モジュール 1 a の製造に複雑なプロセスを要しにくい。加えて、モジュール 1 a の製造に必要な材料の量が少なくなりやすい。このため、モジュール 1 a は生産性の観点から有利である。

[0016] 上記の通り、複数の第一細線 1 1 a 及び複数の第二細線 2 1 a は互いに平行に延びている。このため、例えば、これらの細線に所定の熱電変換特性を付与する処理を一度に実施することが可能であり、モジュール 1 a の生産性が高くなりやすい。加えて、第一熱流検知部 1 0 及び第二熱流検知部 2 0 における熱流検知の特性にばらつきが生じにくい。このため、モジュール 1 a によれば、複数の箇所において熱流を精度良く検知しやすい。例えば、第一熱流検知部 1 0 及び第二熱流検知部 2 0 が同一平面上に沿って配置されているときに複数の第一細線 1 1 a 及び複数の第二細線 2 1 a は互いに平行に延びている。

[0017] 図 1 に示す通り、複数の第一細線 1 1 a 及び複数の第二細線 2 1 a は、例えば、Y 軸方向に沿って延びている。添付の図面において、X 軸、Y 軸、及び Z 軸は互いに直交している。Z 軸は、基材 3 0 の表面に垂直である。第一熱電変換部 1 1 及び第二熱電変換部 2 1 は、例えば、X Y 平面に平行な面に沿って配置されている。

[0018] 基材 3 0 は、例えば、平坦な主面を有する。この主面は、例えば、X Y 平面に平行な面である。

[0019] 図 2 は、参考例に係るモジュール 1 x を示す平面図である。モジュール 1 x は、特に説明する部分を除き、モジュール 1 a と同様に構成されている。モジュール 1 x において、複数の第二細線 2 1 a は、複数の第一細線 1 1 a に対して非平行に延びている。換言すると、複数の第二細線 2 1 a を延長した直線は、複数の第一細線 1 1 a を延長した直線と交差する。モジュール 1

xにおいて、第一熱電変換部11及び第二熱電変換部21は、例えば、XY平面上の特定の点P1を通り、かつ、Z軸に平行な回転軸に対して回転対称である。モジュール1xにおいて第一熱流検知部10及び第二熱流検知部20における熱流検知の特性のばらつきを少なくするためには、第一熱電変換部11及び第二熱電変換部21に含まれる細線に所定の熱電変換特性を付与する処理を別々に実施する必要がある。このことは、モジュールの生産性の観点から有利であるとは言い難い。また、仮に、第一熱電変換部11及び第二熱電変換部21に含まれる細線に所定の熱電変換特性を付与する処理を一度に実施する場合、第一熱流検知部10及び第二熱流検知部20における熱流検知の特性のばらつきが大きくなりやすく、複数の箇所において熱流を精度良く検知しにくい。

[0020] 図1に示す通り、第一熱電変換部11における複数の第一細線11aの長さは概ね同じである。第一熱電変換部11における第一細線11aの長さの変動係数は特定の値に限定されない。

[0021] 第二熱電変換部21は、例えば、異なる長さを有する第二細線21aを含んでいる。このような構成によれば、第一熱電変換部11及び第二熱電変換部21の形状の自由度が高くなりやすく、基材30の形状に合わせて第一熱電変換部11及び第二熱電変換部21の形状を調整しやすい。例えば、基材30の特定方向における寸法を小さくしやすい。第一熱電変換部11及び第二熱電変換部21の熱流検知の感度は、例えば、それぞれ、複数の第一細線11aの長さの総和L1及び複数の第二細線21aの長さの総和L2に比例しうる。このため、第二熱電変換部21が異なる長さを有する第二細線21aを含んでいることにより、第一熱電変換部11の面積と第二熱電変換部21の面積とを揃え、かつ、第一細線11aの幅と第二細線21aの幅とを揃えつつ、第一熱流検知部10及び第二熱流検知部20の熱流検知の感度を揃えやすい。

[0022] 第二熱電変換部21における第二細線21aの長さの変動係数は特定の値に限定されない。その変動係数は、例えば、第一熱電変換部11における第

一細線 11a の長さの変動係数より大きい。その変動係数は、例えば 0.01～0.1 であり、0.02～0.09 であってもよく、0.03～0.08 であってもよい。本明細書において、変動係数は、下記式 (1)～(3) に従って決定される、重み付き変動係数である。 x_i は、各細線の長さである。 x_{wav} は、細線の長さの重み付き平均であり、 σ は重み付き平均の標準偏差である。 w_i は、各細線の長さの重みであり、細線の長さの総和に対する各細線の長さの比である。 δ_i は、各細線の長さから重み付き平均 x_{wav} を差し引いた差である残差であり、 n は、細線の数である。

$$\text{重み付き変動係数} = \sigma / x_{wav} \quad \text{式 (1)}$$

[0023] [数1]

$$x_{wav} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad \text{式 (2)}$$

[0024] [数2]

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n w_i \delta_i^2}{(n-1) \sum_{i=1}^n w_i}} \quad \text{式 (3)}$$

[0025] 第一熱流検知部 10 及び第二熱流検知部 20 における熱流検知の感度は、例えば、それぞれ、複数の第一細線 11a の長さの総和 L_1 及び複数の第二細線 21a の長さの総和 L_2 に比例しうる。このため、第一熱流検知部 10 及び第二熱流検知部 20 における熱流検知の特性のばらつきを少なくするためには、総和 L_1 と総和 L_2 との差が小さいことが望ましい。総和 L_1 に対する総和 L_2 の比 L_2 / L_1 は、例えば 0.90～1.10 であり、望ましくは 0.95～1.05 であり、より望ましくは 0.99～1.01 である。

[0026] 第一熱電変換部 11 は、例えば、基材 30 の表面に垂直な方向（Z 軸方向）の熱流により第一細線 11a の長さ方向に起電力を生じさせる。加えて、第二熱電変換部 21 は、例えば、基材 30 の表面に垂直な方向の熱流により第二細線 21a の長さ方向に起電力を生じさせる。このような構成によれば、第一熱流検知部 10 及び第二熱流検知部 20 における熱流検知の感度が高

くなりやすい。

[0027] 第一熱電変換部 1 1 及び第二熱電変換部 2 1 のそれぞれは、例えば、磁気熱電効果により起電力を生じさせる。第一熱電変換部 1 1 及び第二熱電変換部 2 1 のそれぞれにおいて起電力を生じさせる磁気熱電効果は、異常ネルンスト効果であってもよいし、スピンゼーベック効果であってもよい。これらの磁気熱電効果によれば、磁化に垂直かつ熱流に垂直な方向に起電力が生じる。

[0028] 第一熱電変換部 1 1 及び第二熱電変換部 2 1 は、例えば、それぞれ、第一細線 1 1 a 及び第二細線 2 1 a の長さ方向（Y 軸方向）に垂直であり、かつ、基材 3 0 の表面に沿って延びる幅方向（X 軸方向）に磁化されている。このような構成によれば、基材 3 0 の表面に垂直な方向（Z 軸方向）に熱流が生じると、磁気熱電効果によって第一細線 1 1 a 及び第二細線 2 1 a の長さ方向に起電力が生じやすい。

[0029] 第一細線 1 1 a 及び第二細線 2 1 a のそれぞれは、例えば、所定の磁性体を含んでいる。第一細線 1 1 a に含まれる磁性体は、例えば、第一細線 1 1 a の長さ方向に垂直であり、かつ、基材 3 0 の表面に沿って延びる幅方向（X 軸方向）に磁化容易軸を有する。加えて、第二細線 2 1 a に含まれる磁性体は、例えば、第二細線 2 1 a の長さ方向に垂直であり、かつ、基材 3 0 の表面に沿って延びる幅方向（X 軸方向）に磁化容易軸を有する。このような構成によれば、第一熱電変換部 1 1 及び第二熱電変換部 2 1 のそれぞれが所望の熱電性能を発揮しやすく、第一熱流検知部 1 0 及び第二熱流検知部 2 0 における熱流検知の感度が高くなりやすい。

[0030] 第一細線 1 1 a の第二内部応力 σ_2 から第一細線 1 1 a の第一内部応力 σ_1 を差し引いた差 $\sigma_2 - \sigma_1$ は、特定の値に限定されない。第一細線 1 1 a において、差 $\sigma_2 - \sigma_1$ は、例えば、50 MPa 以上である。第二細線 2 1 a の第二内部応力 σ_2 から第二細線 2 1 a の第一内部応力 σ_1 を差し引いた差 $\sigma_2 - \sigma_1$ は、特定の値に限定されない。第二細線 2 1 a において、差 $\sigma_2 - \sigma_1$ は、例えば、50 MPa 以上である。第一内部応力 σ_1 は、基材 3 0 の表面に平行な第一方向

における第一細線 1 1 a 又は第二細線 2 1 a の内部応力である。一方、第二内部応力 σ_2 は、基材 3 0 の表面に平行であり、かつ、第一方向に垂直な第二方向における第一細線 1 1 a 又は第二細線 2 1 a の内部応力である。このような構成によれば、第一細線 1 1 a 又は第二細線 2 1 a は、それぞれ、第一細線 1 1 a の幅方向及び第二細線 2 1 a の幅方向に磁化容易軸を有しやすい。このため、第一熱電変換部 1 1 及び第二熱電変換部 2 1 のそれぞれが所望の熱電性能を発揮しやすく、第一熱流検知部 1 0 及び第二熱流検知部 2 0 における熱流検知の感度が高くなりやすい。本明細書において、正值の内部応力は引張応力を示し、負値の内部応力は圧縮応力を示す。

[0031] 図 3 は、第一細線 1 1 a 及び第二細線 2 1 a の磁化と外部磁場との関係の一例を示すグラフである。図 3 において、実線のグラフは、第一細線 1 1 a 及び第二細線 2 1 a の第二方向における磁化と外部磁場との関係を示す。破線のグラフは、第一細線 1 1 a 及び第二細線 2 1 a の第一方向における磁化と外部磁場との関係を示す。磁性体の磁気異方性エネルギー E_u は、 $E_u = (3/2) \lambda \sigma$ の関係を有する。この関係において、 λ は磁性体の磁歪定数であり、 σ は磁性体の内部応力を示す。このため、差 $\sigma_2 - \sigma_1$ が大きいほど、第二方向及び第一方向における第一細線 1 1 a 及び第二細線 2 1 a の磁気特性の異方性が大きくなることが理解される。図 3 に示す通り、第一細線 1 1 a 及び第二細線 2 1 a では、差 $\sigma_2 - \sigma_1$ が 5 0 M P a 以上であることにより、第一細線 1 1 a 及び第二細線 2 1 a の磁気特性が第二方向及び第一方向において大きな異方性を有する。このような磁気特性の大きな異方性により、第一細線 1 1 a 及び第二細線 2 1 a において、第二方向に磁化容易軸が生じ、かつ、第一方向に磁化困難軸が生じやすい。これにより、第一細線 1 1 a 及び第二細線 2 1 a のそれぞれが外部磁場に対して安定な挙動を示しやすく、第一熱電変換部 1 1 及び第二熱電変換部 2 1 のそれぞれが所望の熱電性能を発揮しやすい。

[0032] 第一細線 1 1 a 及び第二細線 2 1 a のそれぞれにおいて、差 $\sigma_2 - \sigma_1$ は、1 0 0 M P a 以上であってもよく、1 5 0 M P a 以上であってもよく、2 0 0

MP a 以上であってもよい。差 $\sigma_2 - \sigma_1$ の上限は、特定の値に限定されない。差 $\sigma_2 - \sigma_1$ は、例えば 900 MP a 以下である。この場合、第一細線 11 a 及び第二細線 21 a の両端に第二方向における曲げ荷重が加わっても第一細線 11 a 及び第二細線 21 a にクラックが生じにくい。

[0033] 第一内部応力 σ_1 は、引張応力であってもよいし、圧縮応力であってもよい。第一内部応力 σ_1 は、例えば 900 MP a 以下である。これにより、第一細線 11 a 及び第二細線 21 a において差 $\sigma_2 - \sigma_1$ が 50 MP a 以上に調整されやすい。加えて、第一細線 11 a 及び第二細線 21 a の両端に第一方向における曲げ荷重が加わっても第一細線 11 a 及び第二細線 21 a にクラックが生じにくい。第一内部応力 σ_1 は、例えば -900 MP a 以上である。第一内部応力 σ_1 は、-900 MP a、-700 MP a、-500 MP a、及び -300 MP a のいずれか 1 つである下限値と、900 MP a、700 MP a、500 MP a、及び 300 MP a のいずれか 1 つである上限値との全ての組み合わせによって定まる範囲のいずれかに含まれていてもよい。

[0034] 第二内部応力 σ_2 は、引張応力であってもよいし、圧縮応力であってもよい。第二内部応力 σ_2 は、例えば -900 MP a 以上である。これにより、差 $\sigma_2 - \sigma_1$ が 50 MP a 以上に調整されやすい。第二内部応力 σ_2 は、例えば 900 MP a 以下である。この場合、第一細線 11 a 及び第二細線 21 a の両端に第二方向における曲げ荷重が加わっても第一細線 11 a 及び第二細線 21 a にクラックが生じにくい。第二内部応力 σ_2 は、-900 MP a、-700 MP a、-500 MP a、及び -300 MP a のいずれか 1 つである下限値と、900 MP a、700 MP a、500 MP a、及び 300 MP a のいずれか 1 つである上限値との全ての組み合わせによって定まる範囲のいずれかに含まれていてもよい。

[0035] 第一細線 11 a 及び第二細線 21 a に含まれる磁性体の磁歪定数は、正值であってもよいし、負値であってもよい。例えば、この磁性体の磁歪定数が正值である場合、Y 軸方向が第一方向に対応し、X 軸方向が第二方向に対応する。一方、第一細線 11 a 及び第二細線 21 a に含まれる磁性体の磁歪定

数が負値である場合、X軸方向が第一方向に対応し、Y軸方向が第二方向に対応する。図1に示す通り、第一細線11a及び第二細線21aは、Y軸方向に延びているので、形状磁気異方性を考慮すると、第一細線11a及び第二細線21aにおいて、Y軸方向に磁化容易軸が生じ、X軸方向に磁化困難軸が生じるようにも思われる。しかし、第一細線11a及び第二細線21aにおいて差 $\sigma_2 - \sigma_1$ が50 MPa以上であると、第一細線11a及び第二細線21aの磁気特性は、上記の通り、第二方向及び第一方向において大きな異方性を有する。このため、第一細線11a及び第二細線21aにおいて、X軸方向に磁化容易軸が生じやすく、第一細線11a及び第二細線21aのそれぞれが外部磁場に対して安定な挙動を示しやすい。その結果、第一熱電変換部11及び第二熱電変換部21のそれぞれが所望の熱電性能を発揮しやすい。

[0036] 第一細線11a及び第二細線21aは、例えば、異常ネルンスト効果を示す物質を含んでいる。異常ネルンスト効果を示す物質は、特定の物質に限定されない。異常ネルンスト効果を示す物質は、例えば、 $5 \times 10^{-3} \text{ T}$ 以上の飽和磁化率を有する磁性体又はフェルミエネルギーの近傍にワイル点を有するバンド構造の物質である。磁性体はフェリ磁性体であってもよい。第一細線11a及び第二細線21aは、異常ネルンスト効果を示す物質として、例えば、下記(i)、(ii)、(iii)、(iv)、及び(v)からなる群より選択される少なくとも1つの物質を含有する。

(i) Fe_3X で表される組成を有するストイキオメトリックな物質

(ii) 上記(i)の物質からFeとXとの組成比がずれたオフ・ストイキオメトリックな物質

(iii) 上記(i)の物質のFeサイトの一部又は上記(ii)の物質のFeサイトの一部がX以外の典型金属元素又は遷移元素で置換された物質

(iv) $\text{Fe}_3\text{M}_{1-x}\text{M}_2_x$ ($0 < x < 1$) で表される組成を有し、M1及びM2が互いに異なる典型元素である物質

(v) 上記(i)の物質のFeサイトの一部がX以外の遷移元素で置換され

、上記（i）の物質のXサイトの一部がX以外の典型金属元素で置換された物質

[0037] 上記（i）～（v）の物質において、Xは、典型元素又は遷移元素である。Xは、例えば、Al、Ga、Ge、Sn、Si、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、Mo、W、Sc、Ni、Mn、又はCoである。上記（iv）において、M1及びM2の組み合わせは、M1及びM2が互いに異なる典型元素である限り、特定の組み合わせに限定されない。上記（iv）において、M1及びM2の組み合わせは、例えば、Ga及びAl、Si及びAl、又はGa及びBである。

[0038] 磁性薄膜11は、異常ネルンスト効果を示す物質として、 Co_2MnGa 又は Mn_3Sn を含んでいてもよい。

[0039] 第一細線11a及び第二細線21aに含まれる磁性体の磁歪定数 λ は特定の値に限定されない。磁歪定数 λ の絶対値は、例えば 5×10^{-6} 以上である。上記の通り、磁性体の磁気異方性エネルギー E_u は、 $E_u = (3/2) \lambda \sigma$ の関係を有する。このため、磁歪定数 λ の絶対値が 5×10^{-6} 以上であると、第一細線11a及び第二細線21aの磁気特性の第二方向及び第一方向における異方性が大きくなりやすい。

[0040] 磁歪定数 λ の絶対値は、 10×10^{-6} 以上であってもよいし、 20×10^{-6} 以上であってもよい。

[0041] 図1に示す通り、第一熱流検知部10において、複数の第一細線11aは、第一接続部12によって電氣的に直列に接続されている。加えて、第二熱流検知部20において、複数の第二細線21aは、第二接続部22によって電氣的に直列に接続されている。

[0042] 図1に示す通り、第一熱流検知部10は、例えば、メアンダパターンをなしている。加えて、第二熱流検知部20は、メアンダパターンをなしている。このような構成によれば、第一熱流検知部10及び第二熱流検知部20が配置される部分の面積が小さくても、第一細線11aの長さの総和 L_1 及び第二細線21aの長さの総和 L_2 が大きくなりやすい。このため、第一熱流

検知部 10 及び第二熱流検知部 20 は、小さい面積でも高い感度で熱流を検知しやすい。

[0043] 第一細線 11a 及び第二細線 21a の Z 軸方向の寸法である厚さは特定の値に限定されない。その厚さは、例えば 1000 nm 以下である。これにより、第一細線 11a 及び第二細線 21a の材料の使用量を低減でき、モジュール 1a の製造コストを低減しやすい。加えて、第一熱流検知部 10 及び第二熱流検知部 20 において断線が発生しにくい。第一細線 11a 及び第二細線 21a の厚さは、例えば、5 nm 以上である。これにより、モジュール 1a が高い耐久性を発揮しやすい。

[0044] 第一細線 11a 及び第二細線 21a の厚さは、5 nm、10 nm、20 nm、30 nm、及び 50 nm のいずれか 1 つの下限值と、1000 nm、750 nm、500 nm、400 nm、300 nm、及び 200 nm のいずれか 1 つの上限値との全ての組み合わせによって定まる範囲のいずれかに含まれていてもよい。

[0045] 第一細線 11a 及び第二細線 21a の X 軸方向の寸法である幅は、特定の値に限定されない。この幅は、例えば、500 μ m 以下である。これにより、熱電変換素子 100 における磁気熱電変換体をなす材料の使用量を低減でき、熱電変換素子 100 の製造コストを低減しやすい。加えて、X 軸方向に多数の第一細線 11a 及び第二細線 21a を配置しやすく、第一熱流検知部 10 及び第二熱流検知部 20 における熱流検知の感度が高くなりやすい。第一細線 11a 及び第二細線 21a の幅は、例えば 0.1 μ m 以上である。第一熱流検知部 10 及び第二熱流検知部 20 において断線が発生しにくく、モジュール 1a が高い耐久性を発揮しやすい。

[0046] 第一細線 11a 及び第二細線 21a の幅は、0.1 μ m、0.5 μ m、1 μ m、2 μ m、5 μ m、10 μ m、20 μ m、及び 30 μ m のいずれか 1 つの下限值と、500 μ m、400 μ m、300 μ m、200 μ m、100 μ m、及び 50 μ m のいずれか 1 つの上限値との全ての組み合わせによって定まる範囲のいずれかに含まれていてもよい。

- [0047] 細線 1 2 a 及び細線 2 2 a の Z 軸方向の寸法である厚さは特定の値に限定されない。その厚さは、例えば 1 0 0 0 nm 以下である。これにより、第一接続部 1 2 及び第二接続部 2 2 をなす材料の使用量を低減でき、モジュール 1 a の製造コストを低減しやすい。加えて、第一熱流検知部 1 0 及び第二熱流検知部 2 0 において断線が発生しにくい。細線 1 2 a 及び細線 2 2 a の厚さは、例えば 5 nm 以上である。これにより、モジュール 1 a が高い耐久性を発揮しやすい。
- [0048] 細線 1 2 a 及び細線 2 2 a の厚さは、5 nm、1 0 nm、2 0 nm、3 0 nm、及び 5 0 nm のいずれか 1 つの下限值と、1 0 0 0 nm、7 5 0 nm、5 0 0 nm、4 0 0 nm、3 0 0 nm、2 0 0 nm、及び 1 0 0 nm のいずれかの 1 つの上限値との全ての組み合わせによって定まる範囲のいずれかに含まれていてもよい。
- [0049] 細線 1 2 a 及び細線 2 2 a の幅は特定の値に限定されない。この幅は、例えば、5 0 0 μ m 以下である。これにより、第一接続部 1 2 及び第二接続部 2 2 をなす材料の使用量を低減でき、モジュール 1 a の製造コストを低減しやすい。加えて、多数の細線 1 2 a 及び細線 2 2 a を配置しやすく、第一熱流検知部 1 0 及び第二熱流検知部 2 0 における熱流検知の感度が高くなりやすい。細線 1 2 a 及び細線 2 2 a の幅は、例えば 0. 1 μ m 以上である。これにより、第一熱流検知部 1 0 及び第二熱流検知部 2 0 において断線が発生しにくく、モジュール 1 a が高い耐久性を発揮しやすい。
- [0050] 細線 1 2 a 及び細線 2 2 a の幅は、0. 1 μ m、0. 5 μ m、1 μ m、2 μ m、5 μ m、1 0 μ m、2 0 μ m、及び 3 0 μ m のいずれか 1 つの下限值と、5 0 0 μ m、4 0 0 μ m、3 0 0 μ m、2 0 0 μ m、1 0 0 μ m、及び 5 0 μ m のいずれか 1 つの上限値との全ての組み合わせによって定まる範囲のいずれかに含まれてもよい。
- [0051] 基材 3 0 は、第一熱流検知部 1 0 及び第二熱流検知部 2 0 が配置される面を提供可能である限り特定の基材に限定されない。基材 3 0 の第一熱流検知部 1 0 及び第二熱流検知部 2 0 が配置される面は、例えば、誘電体によって

形成されている。基材30をなす材料は、有機ポリマーであってもよいし、ガラス及びセラミックス等の無機材料であってもよい。有機ポリマーの例は、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリエチレンナフタレート（PEN）、アクリル樹脂（PMMA）、ポリカーボネート（PC）、ポリイミド（PI）、又はシクロオレフィンポリマー（COP）である。

[0052] 基材30は、例えば、可撓性を有する。基材30は、例えば、基材20から作製されたストリップ状の試験片の長さ方向の両端が同じ方向を向くように直径10cmの円柱状のマンドレルにその試験片を巻きつけたときにその試験片が弾性変形可能な弾性を有する。基材はリジッドであってもよい。

[0053] 基材30は、例えば、シート状であってもよいし、フィルム状であってもよいし、板状であってもよい。基材30の厚さは、特定の厚さに限定されない。基材30の厚さは、例えば4～250 μ mである。

[0054] 基材30の平面視における形状は特定の形状に限定されない。図1に示す通り、基材30は、例えば、平面視において平行移動により重なり合う一對の端線32を有する。このような構成によれば、大判又は長尺の基材から複数のモジュール1aを効率的に製造することができ、生産性の観点から有利である。各端線32は、1つの線分によって構成されていてもよいし、交差する複数の線分によって構成されていてもよいし、円弧等の湾曲している部分を含んでいてもよい。

[0055] モジュール1aの製造方法の一例を説明する。例えば、大判又は長尺の基材30aの一方の主面にスパッタリング、化学気相成長法（CVD）、Pulsed Laser Deposition（PLD）、イオンプレーティング、及びメッキ法等の方法によって、第一熱電変換部11及び第二熱電変換部21の前駆体の膜が形成される。次に、必要に応じて、基材30a及び第一熱電変換部11及び第二熱電変換部21の前駆体の膜が所定の温度で加熱される。加熱処理の温度は、特定の温度に限定されない。加熱処理における基材30a及び第一熱電変換部11及び第二熱電変換部21の前駆体の周囲温度は、例えば50℃以上である。これにより、差 $\sigma_2 - \sigma_1$ が所望の範囲に調整されやすい。加熱処

理における基材 30 a 及び第一熱電変換部 11 及び第二熱電変換部 21 の前駆体の周囲温度は、100℃以上、150℃以上、又は200℃以上であってもよく、例えば300℃以下である。

[0056] 加熱処理において基材 30 a の周囲温度が50℃以上に保たれる時間は、特定の値に限定されない。その時間は、例えば、10分間以上3時間以下である。

[0057] 例えば、第一熱電変換部 11 及び第二熱電変換部 21 の前駆体の膜の上にフォトレジストを塗布し、フォトマスクを膜の上に配置して露光を行い、その後ウェットエッチングが行われる。これにより、所定の間隔で配置された複数の細線が形成される。次に、基材 30 a の一方の主面にスパッタリング、CVD、PLD、イオンプレーティング、及びメッキ法等の方法によって、第一接続部 12 及び第二接続部 22 の前駆体の膜が形成される。次に、この膜上にフォトレジストを塗布し、膜の上にフォトマスクを配置して露光を行い、その後ウェットエッチングを行う。これにより、第一接続部 12 及び第二接続部 22 が形成され、第一熱電変換部 11 及び第二熱電変換部 21 の前駆体の細線同士が電氣的に接続される。このようにして、例えば、図4に示す通り、1枚の基材 30 a に複数のモジュール 1 a の半加工品 2 a が作製される。

[0058] 次に、基材 30 a から各半加工品 2 a が切り取られ、各半加工品 2 a において第一熱電変換部 11 及び第二熱電変換部 21 の前駆体の細線が磁化され、第一熱電変換部 11 及び第二熱電変換部 21 が得られる。このようにして、モジュール 1 a が得られる。

[0059] モジュール 1 a は、例えば、粘着層とともに提供されてもよい。この場合、基材 30 の厚さ方向において、第一熱電変換部 11 及び第二熱電変換部 21 と、粘着層との間に基材 30 が配置される。これにより、粘着層を物品に押し当てて、モジュール 1 a を物品に取り付けることができる。

[0060] 粘着層は、例えば、ゴム系粘着剤、アクリル系粘着剤、シリコーン系粘着剤、又はウレタン系粘着剤を含んでいる。モジュール 1 a は、粘着層及びは

く離ライナーとともに提供されてもよい。この場合、はく離ライナーは、粘着層を覆っている。はく離ライナーは、典型的には、粘着層を覆っているときに粘着層の粘着力を保つことができ、かつ、粘着層から容易に剥離できるフィルムである。はく離ライナーは、例えば、PET等のポリエステル樹脂製のフィルムである。はく離ライナーを剥離することによって粘着層が露出し、モジュール1aを物品に貼り付けることができる。

[0061] 図5に示す通り、例えば、モジュール1aを備えたセンサ5を提供できる。このセンサ5において、例えば、基材30の厚さ方向に温度勾配が生じると、第一熱電変換部11及び第二熱電変換部21において、それぞれ、第一細線11a及び第二細線12aの長さ方向（Y軸方向）に起電力が生じる。センサ5は、モジュール1aの外部に出力されたこの起電力に基づく電気信号を処理することによって、例えば、第一熱電変換部11及び第二熱電変換部21に対応する箇所における熱流束 $[W/m^2]$ を検知できる。

[0062] 図5に示す通り、センサ5は、例えば信号処理装置2をさらに備えている。信号処理装置2において、モジュール1aの外部に出力された電気信号が処理される。

[0063] モジュール1aは様々な観点から変更可能である。例えば、モジュール1aは、図6に示すモジュール1bのように変更されてもよい。モジュール1bは、特に説明する部分を除き、モジュール1aと同様に構成されている。モジュール1aに関する説明は、技術的に矛盾しない限りモジュール1bにも当てはまる。

[0064] 図6に示す通り、モジュール1bにおいて、第二熱電変換部21における複数の第二細線21aの長さは概ね同じである。第二熱電変換部21における第二細線21aの長さの変動係数は特定の値に限定されない。その変動係数は、例えば第一熱電変換部11における第一細線11aの長さの変動係数と概ね同じである。

実施例

[0065] 以下、実施例により本発明をより詳細に説明する。ただし、本発明は、以

下の実施例に限定されない。まず、実施例の評価方法について説明する。

[0066] <実施例 1>

平面視で図 1 に示すような V 字状の形状を有し、かつ、 $50\text{ }\mu\text{m}$ の厚さを有するポリエチレンテレフタレート（PET）フィルム上に、メアンダパターンをなす 3 つの導電路 a、b、及び c を形成した。PET フィルムは、 150° の角度をなす 2 つの線分に沿って帯状に延びていた。PET フィルムの平面視において、導電路 a 及び導電路 c は PET フィルムの端部に配置されており、導電路 b は、PET フィルムの中央部に配置されていた。導電路 a 及び b は、 150° の角度をなす 2 つの線分の一方に沿って配置されていた。PET フィルムの幅は 10 mm であった。

[0067] 導電路 a、b、及び c のそれぞれは以下のように形成された。Fe 及び Ga を含むターゲット材を用いて DC マグネトロンスパッタリングによって 96 nm の厚さを有する磁性薄膜を形成した。このターゲット材において、原子数比で、Fe の含有量 : Ga の含有量 = 3 : 1 の関係にあった。また、PET フィルムの温度を 100°C に調整した。磁性薄膜が形成された PET フィルムを 150°C の環境において 30 分間加熱処理を行った。次に、フォトレジストを磁性薄膜上に塗布し、フォトマスクを磁性薄膜の上に配置して露光を行い、その後ウェットエッチングを行った。これにより、所定の間隔で配置された 62 本の Fe Ga 含有細線が形成された。各 Fe Ga 含有線状パターンの幅は $100\text{ }\mu\text{m}$ であった。その後、Cu を含むターゲット材を用いて DC マグネトロンスパッタリングによって 100 nm の厚さを有する Cu 薄膜を形成した。フォトレジストを Cu 薄膜上に塗布し、フォトマスクを Cu 薄膜の上に配置して露光を行い、その後ウェットエッチングを行った。これにより、 $40\text{ }\mu\text{m}$ の幅を有する Cu 含有細線が形成された。Cu 含有細線によって、隣り合う一对の Fe Ga 含有細線同士が電氣的に接続されており、メアンダパターンをなす導電路 a、b、及び c が形成された。

[0068] 導電路 a 及び b において、62 本の各 Fe Ga 含有細線の長さは、概ね等しく 7 mm であった。導電路 c において、図 1 に示すように、62 本の Fe

G a 含有細線は異なる長さの F e G a 含有細線を含んでいた。式 (1) ~ (3) に従って求めた、導電路 c における F e G a 含有細線の長さの変動係数は 0.03 であった。導電路 a、b、及び c において、186 本の F e G a 含有細線は互いに平行であり、上記の 150° の角度をなす 2 つの線分の一方に垂直な方向に延びていた。導電路 a、b、及び c のそれぞれにおいて、62 本の F e G a 含有細線の長さの総和は同じであった。導電路 a、b、及び c は平面視において長方形状であり、各導電路の外形の短辺が P E T フィルムの幅方向に延びていた。

[0069] 0.5 T の中心磁束密度を有する電磁石を用いて、P E T フィルムの主面に平行であり、かつ、F e G a 含有細線の長さ方向に垂直な幅方向に F e G a 含有細線を磁化させた。このようにして、実施例 1 に係るモジュールを得た。

[0070] <実施例 2>

下記の点以外は、実施例 1 と同様にして、実施例 2 に係るモジュールを得た。導電路 c において、62 本の各 F e G a 含有細線の長さは、図 6 に示すように概ね等しく、7 mm になるように調整した。導電路 a、b、及び c は、P E T フィルムの主面に沿って平行移動することにより互いに重なり合うように形成されていた。P E T フィルムの幅は 20.5 mm であった。

[0071] <比較例 1>

下記の点以外は、実施例 1 と同様にして、比較例 1 に係るモジュールを得た。導電路 a、b、及び c に代えて、導電路 α 及び β を形成した。導電路 α 及び導電路 β は P E T フィルムの端部に配置されていた。導電路 α は、導電路 a と同様に形成した。導電路 β は、特に説明する部分を除き、導電路 c と同様に形成した。導電路 β における F e G a 含有細線は、導電路 α における F e G a 含有細線と非平行であった。導電路 α における F e G a 含有細線は、図 2 に示すように、上記の 150° の角度をなす 2 つの線分の一方と垂直な方向に延びており、導電路 β における F e G a 含有細線は、その 2 つの線分の方と垂直な方向に延びていた。導電路 α 及び β は平面視において長方

形状であり、各導回路の外形の短辺がPETフィルムの幅方向に延びていた。導回路 α 及び導回路 β は回転対称に構成されていた。PETフィルムの幅は10mmであった。

[0072] 0.5Tの中心磁束密度を有する電磁石を用いて、PETフィルムの主面に平行であり、かつ、導回路 α におけるFeGa含有細線の長さ方向と垂直な方向に導回路 α 及び β におけるFeGa含有細線を磁化させた。

[0073] [磁気特性]

Quantum Design社の小型無冷媒型物理特性測定システムPPMS-versalabを用いて、各実施例及び各比較例に係るモジュールのFeGa含有細線の磁気物性を測定した。この測定には、各実施例及び各比較例に係るモジュールの各導回路が配置された部分を2mm平方に切り取って作製した測定サンプルを用いた。加えて、測定では、Vibration Sample Magnetrometer (VSM) を使用し、磁化されたFeGa含有細線の磁化方向に平行方向に ± 800 [kA/m]の磁場を掃引し、温度300Kの条件で、FeGa含有細線の厚さ及び測定サンプルにおけるFeGa含有細線の面積を考慮して、M-H曲線を得た。 ± 800 [kA/m]の磁化 M_s の値と磁場掃引時の0 [kA/m]の磁化 M_r の値の比 M_r/M_s を角型比と決定した。結果を表1に示す。

[0074] [内部応力の測定]

リガク社製のX線回折装置Smartlabを用いて、40kV及び50mAの光源からCu-K α 線を、平行ビーム光学系を通過させて試料に照射し、 $\sin^2\Psi$ 法の測傾法の原理で各実施例及び各比較例におけるFeGa含有細線の第一内部応力 σ_1 及び第二内部応力 σ_2 を測定した。第一内部応力 σ_1 は、FeGa含有細線の長さ方向における内部応力であり、第二内部応力 σ_2 は、PETフィルムの主面に平行であり、かつ、FeGa含有細線の長さ方向に垂直な幅方向における内部応力であった。Cu-K α 線の波長 λ は、0.1541nmであった。 $\sin^2\Psi$ 法は、多結晶薄膜の結晶格子歪みの角度(Ψ)に対する依存性から、薄膜の内部応力を求める手法である。上記のX線回折装置を用い、 $\theta/2\theta$ スキャン測定によって、 $2\theta = 75^\circ \sim 85^\circ$ の範囲に

において、 0.01° おきに回折強度を測定した。各測定点における積算時間は 100 秒に設定した。得られた X 線回折のピーク角 2θ と、光源から照射された X 線の波長 λ とから、各測定角度 (Ψ) における磁性体の結晶格子面間隔 d を算出し、結晶格子面間隔 d から下記の式 (4) 及び式 (5) の関係から結晶格子歪み ε を算出した。 λ は、光源から照射された X 線 ($\text{Cu-K}\alpha$ 線) の波長であり、 $\lambda = 0.1541 \text{ nm}$ である。 d_0 は、無応力状態の結晶の格子面間隔であり、 $d_0 = 0.0206 \text{ nm}$ である。

$$2d \sin \theta = \lambda \quad \text{式 (4)}$$

$$\varepsilon = (d - d_0) / d_0 \quad \text{式 (5)}$$

[0075] 図 7 に示す通り、試料 S a の主面に対する法線と結晶 M b の結晶面の法線とのなす角度 (Ψ) が 0° 、 17° 、 24° 、 30° 、 35° 、 40° 、及び 45° であるそれぞれの場合において、上記の X 線回折測定を行い、それぞれの角度 (Ψ) における結晶格子歪み ε を算出した。その後、第一内部応力 σ_1 及び第二内部応力 σ_2 を $\sin^2 \Psi$ と結晶格子歪み ε との関係をプロットした直線の傾きから下記式 (6) により求めた。結果を表 1 に示す。なお、表 1 の内部応力において正の値は引張応力を示し、負の値は圧縮応力を示す。側傾法において、ビーム方向に対して 90° の方向の応力が計測されるので、第一内部応力 σ_1 及び第二内部応力 σ_2 を求める際は測定される方向がビーム方向に垂直になるように試料を設置し、測定した。

$$\varepsilon = \{ (1 + \nu) / E \} \sigma \sin^2 \Psi - (2 \nu / E) \sigma \quad \text{式 (6)}$$

[0076] 上記の式 (6) において、 E は磁性体のヤング率 (130 GPa) であり、 ν は磁性体のポアソン比 (0.3) である。図 7 における検出器 D は、X 線回折を検出する。

[0077] 表 1 に示す通り、実施例 1 及び実施例 2 における導電路 a、b、及び c のいずれにおける角型比 M_r / M_s も高く、導電路 a、b、及び c における FeGa 含有細線の磁気特性のばらつきは小さいことが示唆された。一方、比較例 1 における導電路 α の角型比 M_r / M_s は高いものの、導電路 β の角型比は低かった。このため、比較例 1 に係るモジュールにおける導電路 α 及び

導電路 β における F e G a 含有細線の磁気特性のばらつきが大きいことが示唆された。実施例 1 と実施例 2 との対比によれば、実施例 2 における導電路 c の基材の幅方向の寸法がより大きくなるので、P E T フィルムの幅も大きくする必要があることが示唆された。このため、実施例 1 のように、導電路 c における F e G a 含有細線の長さが異なっていると、モジュールの小型化等がしやすいと理解される。

[0078] [表1]

	角型比 [%]		導電路の 最小幅 W2 [mm]	基材の 幅 W1 [mm]	W2/W1 [%]	第一 内部応力 σ_1 [MPa]	第二 内部応力 σ_2 [MPa]	差 $\sigma_2 - \sigma_1$ [MPa]
実施例 1	導電路 a	90	7.0	10	70	-645	-399	246
	導電路 b	91				-658	-402	256
	導電路 c	90				-639	-392	247
実施例 2	導電路 a	90	7.0	20.5	34	-645	-399	246
	導電路 b	91				-658	-402	256
	導電路 c	90				-639	-392	247
比較例 1	導電路 a	90	7.0	10	70	-635	-393	242
	導電路 β	57				-530	-489	41

[0079] 本発明の第 1 側面は、

基材上に配置され、複数の第一細線をなす第一熱電変換部と、前記第一細線同士を電氣的に接続する第一接続部とを含む第一熱流検知部と、

前記基材上に配置され、複数の第二細線をなす第二熱電変換部と、前記第二細線同士を電氣的に接続する第二接続部とを含む第二熱流検知部と、を備え、

前記複数の第一細線及び前記複数の第二細線は、互いに平行に延びている

、

モジュールを提供する。

[0080] 本発明の第 2 側面は、

前記第二熱電変換部は、異なる長さを有する前記第二細線を含む、

第 1 側面に係るモジュールを提供する。

[0081] 本発明の第 3 側面は、

前記基材は、平面視において平行移動により重なり合う一対の端線を有する、

第1側面又は第2側面に係るモジュールを提供する。

[0082] 本発明の第4側面は、

前記第一熱電変換部は、前記基材の表面に垂直な方向の熱流により前記第一細線の長さ方向に起電力を生じさせ、

前記第二熱電変換部は、前記基材の表面に垂直な方向の熱流により前記第二細線の長さ方向に起電力を生じさせる、

第1側面～第3側面のいずれか1つに係るモジュールを提供する。

[0083] 本発明の第5側面は、

前記第一細線は、前記第一細線の長さ方向に垂直であり、かつ、前記基材の表面に沿って延びる幅方向に磁化容易軸を有する磁性体を含み、

前記第二細線は、前記第二細線の長さ方向に垂直であり、かつ、前記基材の表面に沿って延びる幅方向に磁化容易軸を有する磁性体を含む、

第1側面～第4側面のいずれか1つに係るモジュールを提供する。

[0084] 本発明の第6側面は、

前記第一細線の第二内部応力から前記第一細線の第一内部応力を差し引いた差は、 50 MPa 以上であり、

前記第二細線の第二内部応力から前記第二細線の第一内部応力を差し引いた差は、 50 MPa 以上であり、

前記第一内部応力は、前記基材の表面に平行な第一方向における前記第一細線又は前記第二細線の内部応力であり、

前記第二内部応力は、前記基材の表面に平行であり、かつ、前記第一方向に垂直な第二方向における前記第一細線又は前記第二細線の内部応力である、

、

第1側面～第5側面のいずれか1つに係るモジュールを提供する。

[0085] 本発明の第7側面は、

前記第一熱流検知部は、メアンダパターンをなしており、

前記第二熱流検知部は、メアンダパターンをなしている、
第1側面～第6側面のいずれか1つに係るモジュールを提供する。

[0086] 本発明の第8側面は、
第1側面～第7側面のいずれか1つに係るモジュールを備えた、
熱流センサを提供する。

請求の範囲

- [請求項1] 基材上に配置され、複数の第一細線をなす第一熱電変換部と、前記第一細線同士を電氣的に接続する第一接続部とを含む第一熱流検知部と、
- 前記基材上に配置され、複数の第二細線をなす第二熱電変換部と、前記第二細線同士を電氣的に接続する第二接続部とを含む第二熱流検知部と、を備え、
- 前記複数の第一細線及び前記複数の第二細線は、互いに平行に延びている、
- モジュール。
- [請求項2] 前記第二熱電変換部は、異なる長さを有する前記第二細線を含む、請求項1に記載のモジュール。
- [請求項3] 前記基材は、平面視において平行移動により重なり合う一対の端線を有する、
- 請求項1に記載のモジュール。
- [請求項4] 前記第一熱電変換部は、前記基材の表面に垂直な方向の熱流により前記第一細線の長さ方向に起電力を生じさせ、
- 前記第二熱電変換部は、前記基材の表面に垂直な方向の熱流により前記第二細線の長さ方向に起電力を生じさせる、
- 請求項1に記載のモジュール。
- [請求項5] 前記第一細線は、前記第一細線の長さ方向に垂直であり、かつ、前記基材の表面に沿って延びる幅方向に磁化容易軸を有する磁性体を含み、
- 前記第二細線は、前記第二細線の長さ方向に垂直であり、かつ、前記基材の表面に沿って延びる幅方向に磁化容易軸を有する磁性体を含む、
- 請求項1に記載のモジュール。
- [請求項6] 前記第一細線の第二内部応力から前記第一細線の第一内部応力を差

し引いた差は、50MPa以上であり、

前記第二細線の第二内部応力から前記第二細線の第一内部応力を差し引いた差は、50MPa以上であり、

前記第一内部応力は、前記基材の表面に平行な第一方向における前記第一細線又は前記第二細線の内部応力であり、

前記第二内部応力は、前記基材の表面に平行であり、かつ、前記第一方向に垂直な第二方向における前記第一細線又は前記第二細線の内部応力である、

請求項1に記載のモジュール。

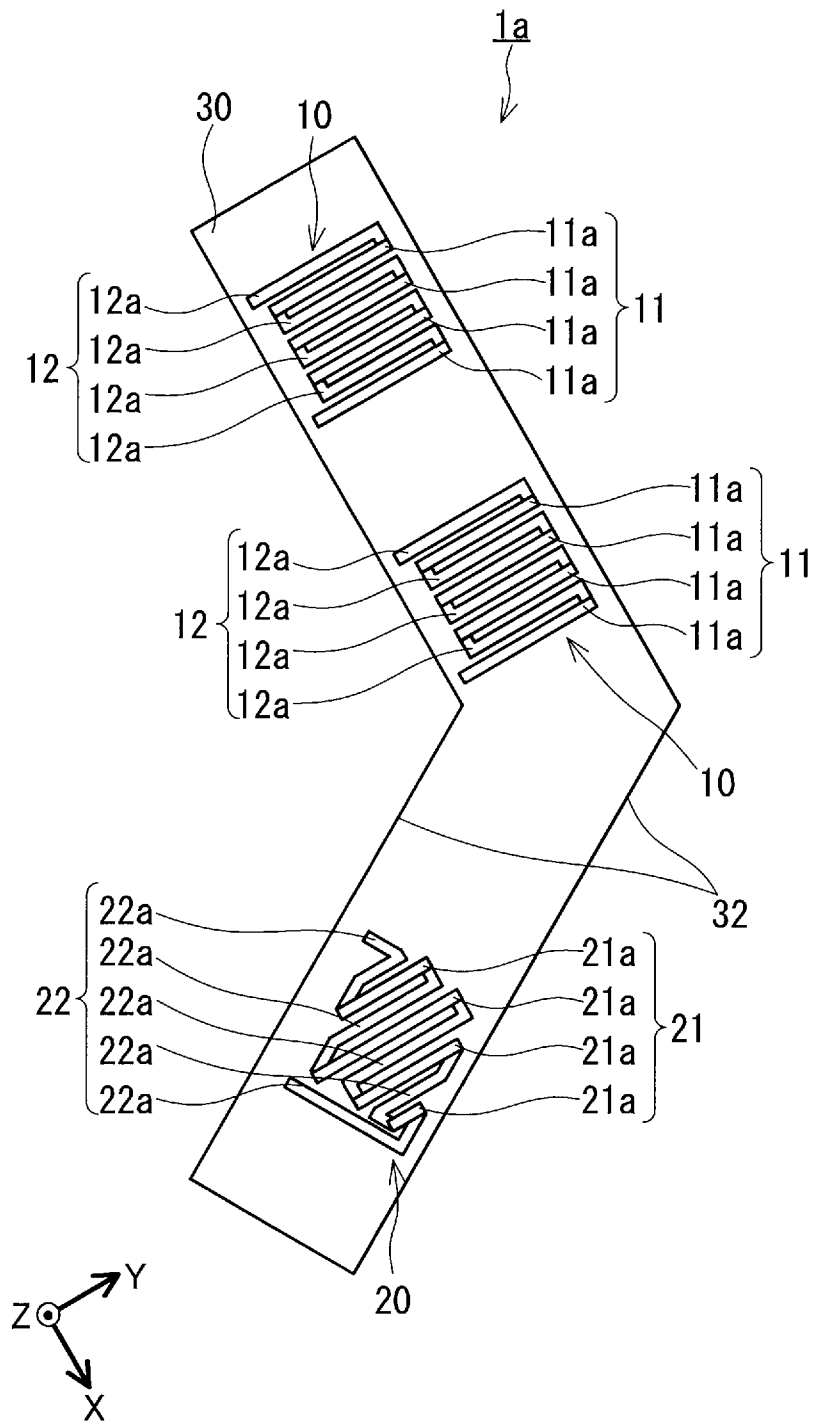
[請求項7]

前記第一熱流検知部は、メアンダパターンをなしており、
前記第二熱流検知部は、メアンダパターンをなしている、
請求項1に記載のモジュール。

[請求項8]

請求項1から7のいずれか1項に記載のモジュールを備えた、
熱流センサ。

[図1]



[図2]

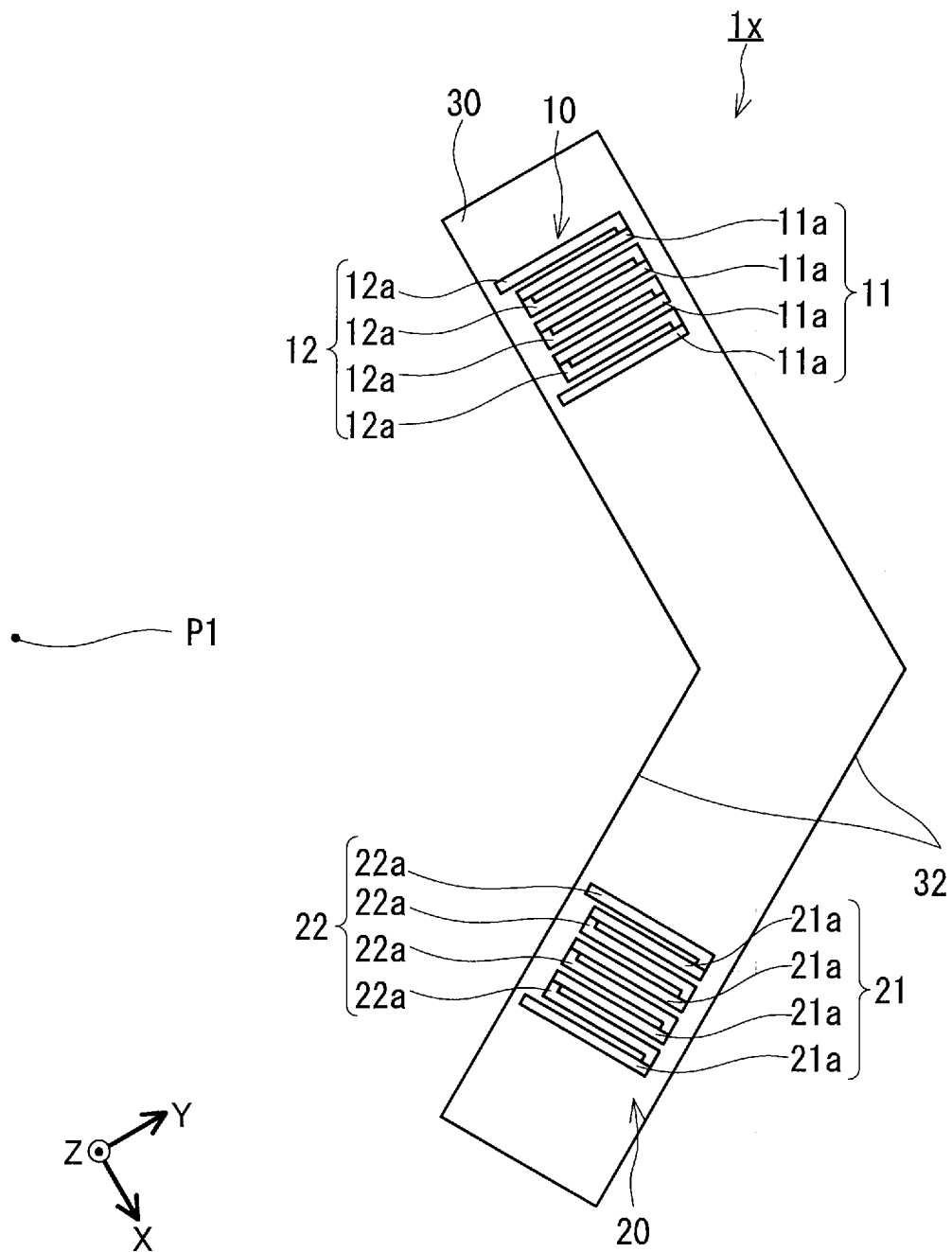


FIG. 2

[図3]

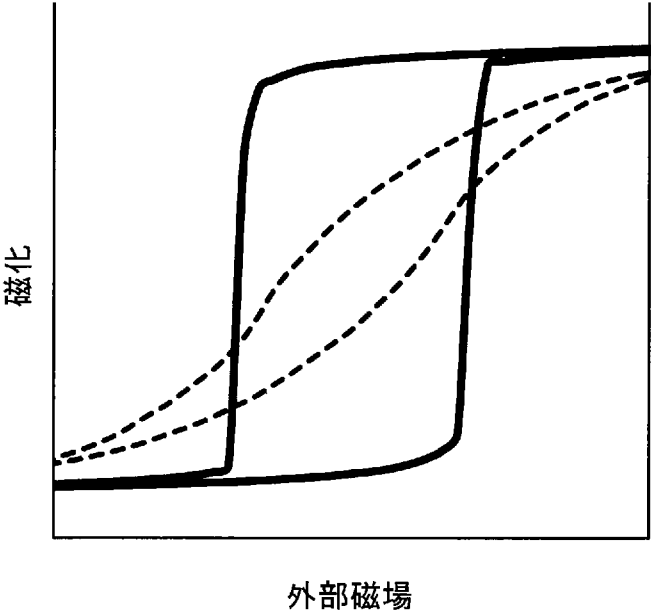


FIG. 3

[図4]

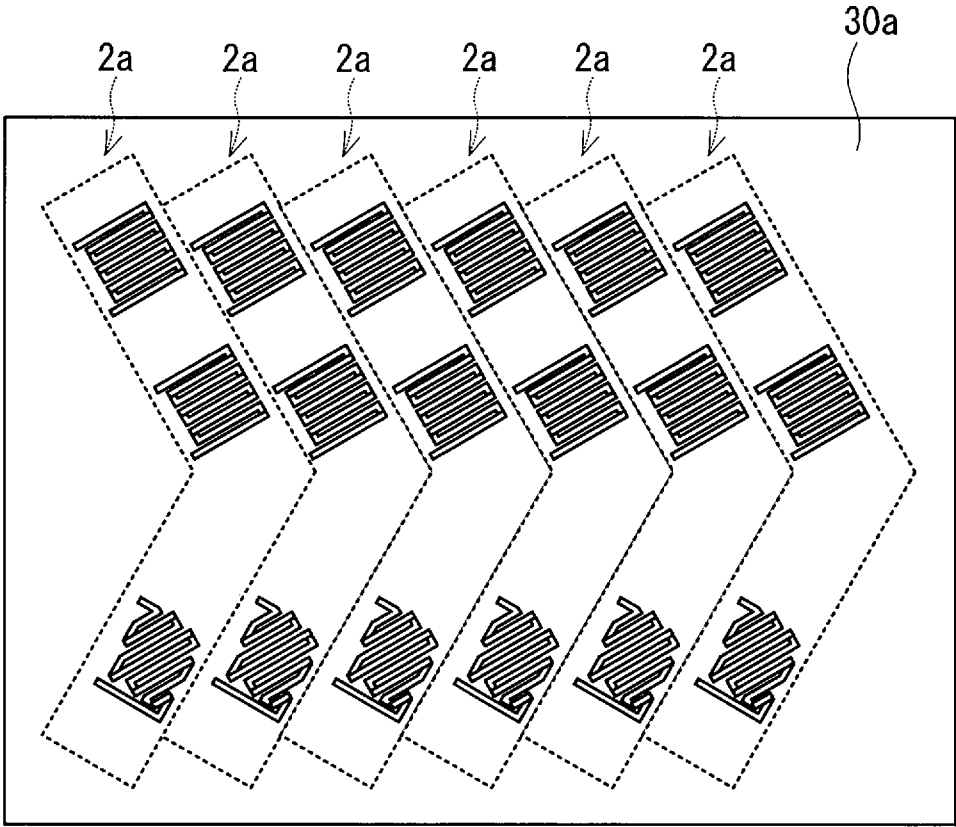


FIG. 4

[図5]

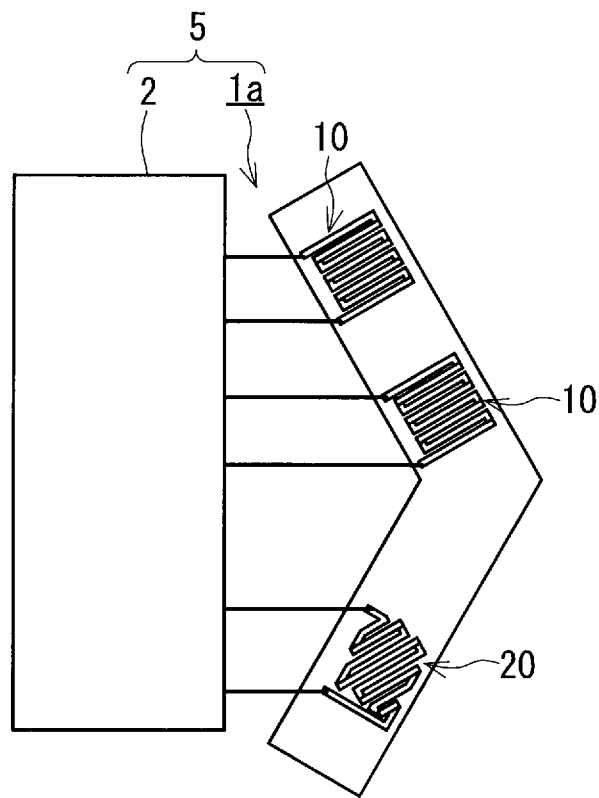


FIG. 5

[図6]

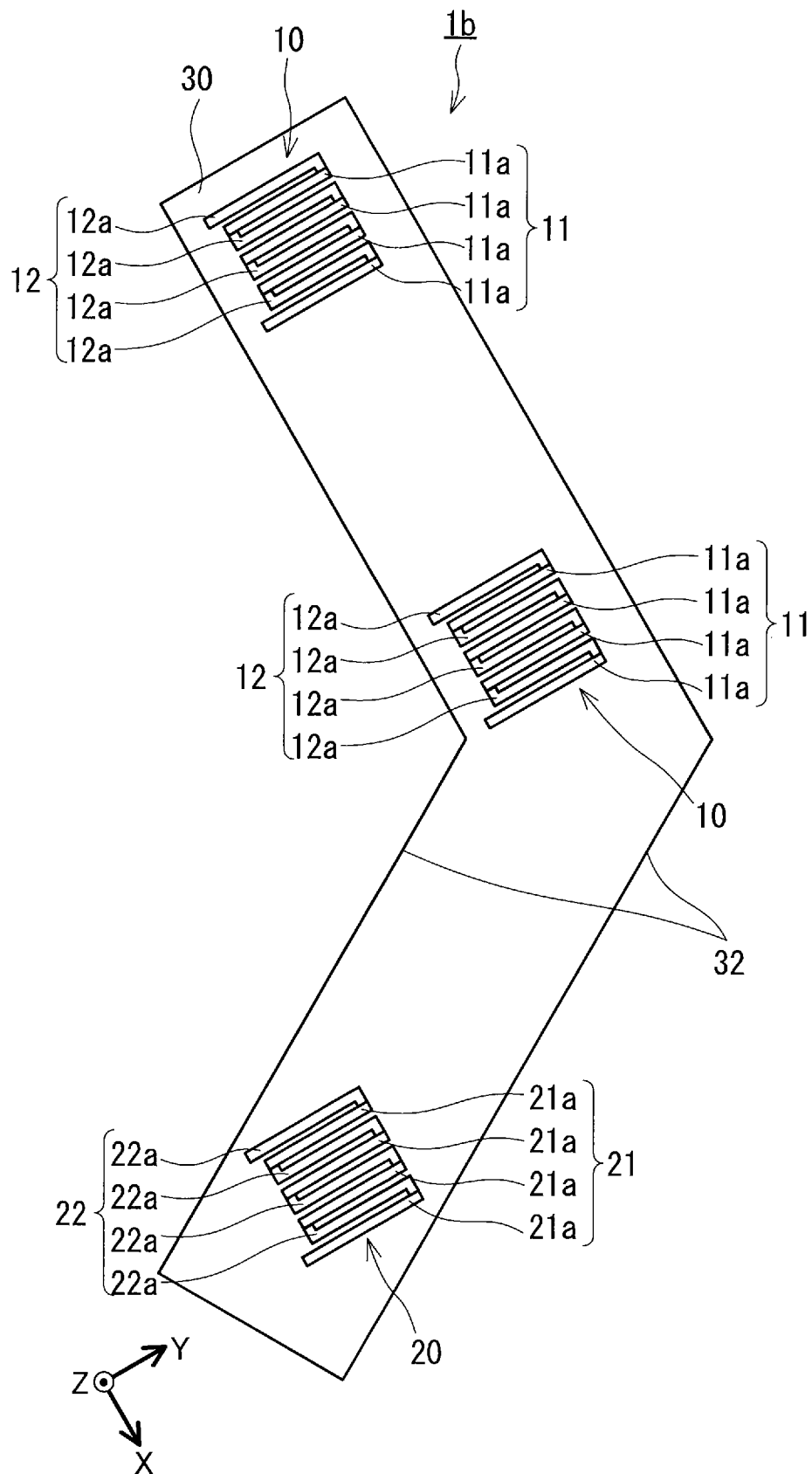


FIG. 6

[図7]

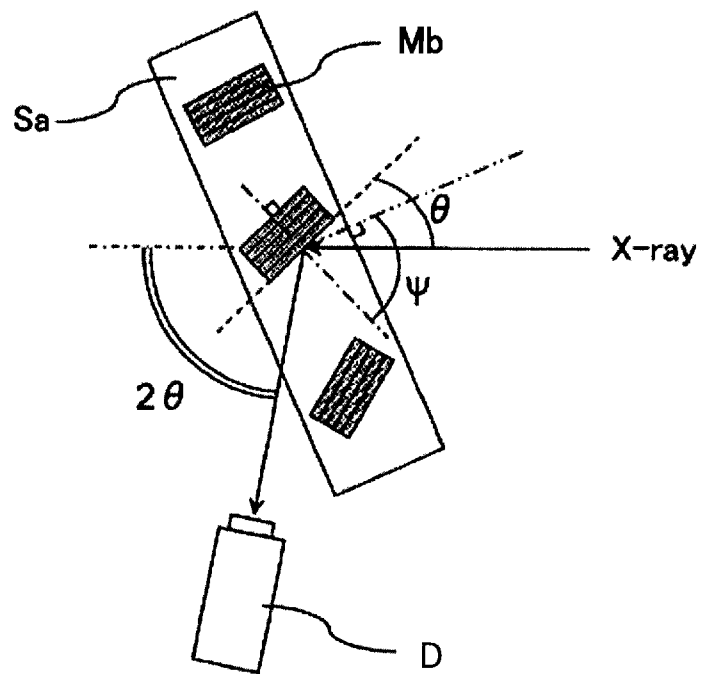


FIG. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/008893

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H10N 15/00 (2023.01)i; G01K 7/02 (2021.01)i; G01K 7/36 (2006.01)i; G01K 17/00 (2006.01)i FI: H10N15/00; G01K7/02 E; G01K7/36 Z; G01K17/00 A 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) H10N15/00; G01K7/02; G01K7/36; G01K17/00 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 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 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	WO 2022/176966 A1 (THE UNIVERSITY OF TOKYO) 25 August 2022 (2022-08-25) paragraphs [0064]-[0067], [0081]-[0084], [0092]-[0102], fig. 12, 15-16, 21-26	1, 3-5, 7-8
A		2, 6
A	JP 2018-004475 A (DENSO CORPORATION) 11 January 2018 (2018-01-11) entire text, all drawings	1-8
A	WO 2013/153949 A1 (NEC CORPORATION) 17 October 2013 (2013-10-17) 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 “D” document cited by the applicant in the international application “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 14 May 2024		Date of mailing of the international search report 28 May 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/008893

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2022/176966	A1	25 August 2022	(Family: none)	
JP	2018-004475	A	11 January 2018	US 2019/0250049 A1 entire text, all drawings WO 2018/008440 A1 EP 3480574 A1 TW 201813140 A CN 109416285 A	
WO	2013/153949	A1	17 October 2013	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

H10N 15/00(2023.01)i; G01K 7/02(2021.01)i; G01K 7/36(2006.01)i; G01K 17/00(2006.01)i

FI: H10N15/00; G01K7/02 E; G01K7/36 Z; G01K17/00 A

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））

H10N15/00; G01K7/02; G01K7/36; G01K17/00

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 - 2024年

日本国実用新案登録公報

1996 - 2024年

日本国登録実用新案公報

1994 - 2024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	WO 2022/176966 A1（国立大学法人東京大学）25.08.2022（2022 - 08 - 25） 段落 [0064] - [0067] , [0081] - [0084] , [0092] - [0102] , [図12] , [図15] - [図16] , [図21] - [図26]	1, 3-5, 7-8
A		2, 6
A	JP 2018-004475 A（株式会社デンソー）11.01.2018（2018 - 01 - 11） 全文, 全図	1-8
A	WO 2013/153949 A1（日本電気株式会社）17.10.2013（2013 - 10 - 17） 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、一般的技术水準を示すもの

“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献

“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

14. 05. 2024

国際調査報告の発送日

28. 05. 2024

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）

田邊 顕人 5F 5894

電話番号 03-3581-1101 内線 3514

様式 PCT/ISA/210（第2ページ）（2022年7月）

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/JP2024/008893

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2022/176966	A1	25.08.2022	(ファミリーなし)	
JP	2018-004475	A	11.01.2018	US 2019/0250049	A1
				全文, 全図	
				WO 2018/008440	A1
				EP 3480574	A1
				TW 201813140	A
				CN 109416285	A
WO	2013/153949	A1	17.10.2013	(ファミリーなし)	