

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開2023-51302
(P2023-51302A)

(43)公開日 令和5年4月11日(2023.4.11)

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード(参考)
H 1 O N	10/17	(2023.01)	H O 1 L	35/32	A	
H 1 O N	10/01	(2023.01)	H O 1 L	35/34		
H O 2 N	11/00	(2006.01)	H O 2 N	11/00	A	

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 23 頁)

(21)出願番号	特願2021-161881(P2021-161881)	(71)出願人	899000068
(22)出願日	令和3年9月30日(2021.9.30)		学校法人早稲田大学
			東京都新宿区戸塚町1丁目104番地
(出願人による申告)2020年度、国立研究開発法人		(74)代理人	110002675
科学技術振興機構、戦略的創造研究推進事業 チーム型			弁理士法人ドライト国際特許事務所
研究(CREST) 微小エネルギーを利用した革新的		(72)発明者	岩瀬 英治
な環境発電技術の創出 「メカノサーマル工学による熱			東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学
電技術の低コスト化と高付加価値化」委託研究、産業技			校法人早稲田大学内
術力強化法第17条の適用を受ける特許出願		(72)発明者	寺嶋 真伍
			東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学
			校法人早稲田大学内

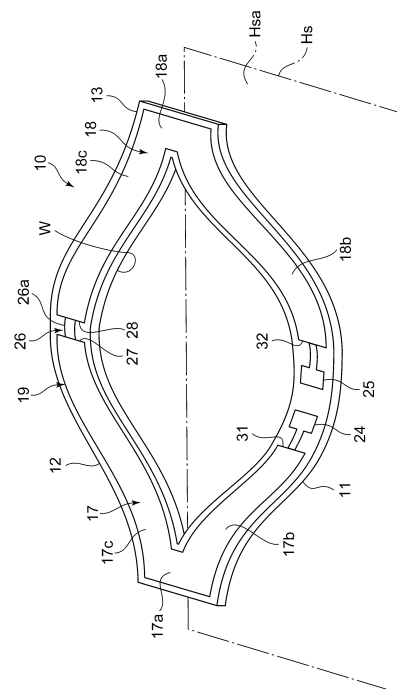
(54)【発明の名称】薄膜熱電発電デバイス、薄膜熱電発電デバイス部品及びその製造方法

(57)【要約】 (修正有)

【課題】発電効率を向上する薄膜熱電発電デバイス及び薄膜熱電発電デバイス部品並びにそれらの製造方法を提供する。

【解決手段】薄膜熱電発電デバイス10は、帯状の第1帯状部11と、連結された帯状の第2帯状部12とを有し、第1帯状部と第2帯状部とのいずれか一方の一面が熱源Hsに接触するように、かつ、他方が延びた方向の中央部が熱源Hsから離す方向に変形された可撓性の基板13と、連結された一端側の熱源Hsと反対側の表面上における一端領域17aから分岐して第1帯状部及び第2帯状部の夫々の中央に向けて延びた薄膜状のp型の第1熱電素子17及び連結された他端側の熱源Hsと反対側の表面上における他端領域18aから分岐して第1帯状部及び第2帯状部の夫々の中央に向けて延びた薄膜状のn型の第2熱電素子18を有し、第2帯状部の表面上にある第1熱電素子の一端と第2熱電素子の一端とが接続されている熱電素子部19と、を備える。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

带状の第 1 带状部と、両端が前記第 1 带状部の両端と幅方向に連結された带状の第 2 带状部とを有し、前記第 1 带状部と前記第 2 带状部とのいずれか一方の一面が熱源に接触するように、かつ、他方が延びた方向の中央部が熱源から離す方向に変形された可撓性の基板と、

前記基板の熱源と接触する面と反対側の表面上に設けられ、前記第 1 带状部及び前記第 2 带状部の連結された一端側の一端領域から分岐して前記第 1 带状部及び前記第 2 带状部のそれぞれの中央に向けて延びた薄膜状の p 型の第 1 熱電素子と、前記第 1 带状部及び前記第 2 带状部の連結された他端側の他端領域から分岐して前記第 1 带状部及び前記第 2 带状部のそれぞれの中央に向けて延びた薄膜状の n 型の第 2 熱電素子とを有し、前記第 2 带状部の表面上にある前記第 1 熱電素子の一端と前記第 2 熱電素子の一端とが接続されている熱電素子部と

10

を備えることを特徴とする薄膜熱電発電デバイス。

【請求項 2】

前記基板は、複数の前記第 1 带状部及び複数の前記第 2 带状部を有し、前記第 1 带状部と前記第 2 带状部とが幅方向に交互に設けられ、

前記熱電素子部は、前記第 1 带状部及び前記第 2 带状部に対応して複数の前記第 1 熱電素子及び複数の前記第 2 熱電素子が設けられ、同一の前記第 1 带状部の表面上にある前記第 1 熱電素子の一端と前記第 2 熱電素子の一端とが接続されている

20

ことを特徴とする請求項 1 に記載の薄膜熱電発電デバイス。

【請求項 3】

カット線により、带状の第 1 带状部と、両端が前記第 1 带状部の両端と幅方向に連結された带状の第 2 带状部とが形成された可撓性の基板と、

前記基板の一方の面に設けられ、前記第 1 带状部及び前記第 2 带状部の連結された一端側の一端領域から分岐して前記第 1 带状部及び前記第 2 带状部のそれぞれの中央に向けて延びた薄膜状の p 型の第 1 熱電素子と、前記第 1 带状部及び前記第 2 带状部の連結された他端側の他端領域から分岐して前記第 1 带状部及び前記第 2 带状部のそれぞれの中央に向けて延びた薄膜状の n 型の第 2 熱電素子とを有し、前記第 2 带状部の表面上にある前記第 1 熱電素子の一端と前記第 2 熱電素子の一端とが接続されている熱電素子部と、

30

を備えることを特徴とする薄膜熱電発電デバイス部品。

【請求項 4】

前記基板は、複数の前記第 1 带状部及び複数の前記第 2 带状部を有し、前記第 1 带状部と前記第 2 带状部とが幅方向に交互に設けられ、

前記熱電素子部は、複数の前記第 1 熱電素子及び複数の前記第 2 熱電素子を有し、同一の前記第 1 带状部の表面上にある前記第 1 熱電素子の一端と前記第 2 熱電素子の一端とが接続されている

ことを特徴とする請求項 3 に記載の薄膜熱電発電デバイス部品。

【請求項 5】

可撓性の基板にカット線を形成し、带状の第 1 带状部と、両端が前記第 1 带状部の両端と幅方向に連結された带状の第 2 带状部とを形成するカット線形成工程と、

40

前記基板の一方の面に熱電素子部を形成する熱電素子部形成工程とを有し、

前記熱電素子部形成工程は、

前記第 1 带状部及び前記第 2 带状部の連結された一端側の一端領域から分岐して前記第 1 带状部及び前記第 2 带状部のそれぞれの中央に向けて延びた薄膜状の p 型の第 1 熱電素子を形成し、前記第 1 带状部及び前記第 2 带状部の連結された他端側の他端領域から分岐して前記第 1 带状部及び前記第 2 带状部のそれぞれの中央に向けて延びた薄膜状の n 型の第 2 熱電素子を形成し、前記第 2 带状部の表面上にある前記第 1 熱電素子の一端と前記第 2 熱電素子の一端とを接続する

ことを特徴とする薄膜熱電発電デバイス部品の製造方法。

50

【請求項 6】

前記カット線形成工程は、前記基板に複数の前記カット線を形成し、前記第 1 帯状部と前記第 2 帯状部とが幅方向に交互に設けられた複数の前記第 1 帯状部及び複数の前記第 2 帯状部を形成し、

前記熱電素子部形成工程は、複数の前記第 1 熱電素子及び複数の前記第 2 熱電素子を形成し、同一の前記第 1 帯状部の表面上にある前記第 1 熱電素子の一端と前記第 2 熱電素子の一端とを接続する

ことを特徴とする請求項 5 に記載の薄膜熱電発電デバイス部品の製造方法。

【請求項 7】

帯状の第 1 帯状部と、両端が前記第 1 帯状部の両端と幅方向に連結された帯状の第 2 帯状部とを有し、前記第 1 帯状部と前記第 2 帯状部とのいずれか一方の一面が熱源に接触するように、かつ、他方が延びた方向の中央部が熱源から離す方向に変形された可撓性の基板と、

前記基板の熱源と接触する面と反対側の表面上に設けられ、前記第 1 帯状部及び前記第 2 帯状部の連結された一端側の一端領域から分岐して前記第 1 帯状部及び前記第 2 帯状部のそれぞれの中央に向けて延びた薄膜状の熱電素子を有する熱電素子部と、

を備えることを特徴とする薄膜熱電発電デバイス。

【請求項 8】

前記基板は、複数の前記第 1 帯状部及び複数の前記第 2 帯状部を有し、前記第 1 帯状部と前記第 2 帯状部とが幅方向に交互に設けられ、

前記熱電素子部は、同じ極性の複数の前記熱電素子を有し、前記第 2 帯状部における前記熱電素子の一端と、前記第 2 帯状部と隣接する第 1 帯状部における他の前記熱電素子の一端とを接続する中間配線を有する配線部を備える

ことを特徴とする請求項 7 に記載の薄膜熱電発電デバイス。

【請求項 9】

前記熱電素子部の一方の終端に接続された第 1 電極部及び他方の終端に接続された第 2 電極部と、

を備えることを特徴とする請求項 1、2、7 または 8 に記載の薄膜熱電発電デバイス。

【請求項 10】

カット線により、帯状の第 1 帯状部と、両端が前記第 1 帯状部の両端と幅方向に連結された帯状の第 2 帯状部とが形成された可撓性の基板と、

前記基板の一方の面に設けられ、前記第 1 帯状部及び前記第 2 帯状部の連結された一端側の一端領域から分岐して前記第 1 帯状部及び前記第 2 帯状部のそれぞれの中央に向けて延びた同じ極性の薄膜状の熱電素子を有する熱電素子部と、

を備えることを特徴とする薄膜熱電発電デバイス部品。

【請求項 11】

前記基板は、複数の前記第 1 帯状部及び複数の前記第 2 帯状部を有し、前記第 1 帯状部と前記第 2 帯状部とが幅方向に交互に設けられ、

前記熱電素子部は、同じ極性の複数の前記熱電素子を有し、前記第 2 帯状部における前記熱電素子の一端と、前記第 2 帯状部と隣接する第 1 帯状部における他の前記熱電素子の一端とを接続する中間配線を有する配線部を備える

ことを特徴とする請求項 10 に記載の薄膜熱電発電デバイス部品。

【請求項 12】

前記熱電素子部の一方の終端に接続された第 1 電極部及び他方の終端に接続された第 2 電極部と、

を備えることを特徴とする請求項 3、4、10 または 11 に記載の薄膜熱電発電デバイス部品。

【請求項 13】

可撓性の基板にカット線を形成し、帯状の第 1 帯状部と両端が前記第 1 帯状部の両端と幅方向に連結された帯状の第 2 帯状部とを形成するカット線形成工程と、

10

20

30

40

50

前記基板の一方の面に熱電素子部を形成する熱電素子部形成工程とを有し、
前記熱電素子部形成工程は、
前記第 1 帯状部及び前記第 2 帯状部の連結された一端側の一端領域から分岐して前記第 1 帯状部及び前記第 2 帯状部のそれぞれの中央に向けて延びた同じ極性の薄膜状の熱電素子を形成することを特徴とする薄膜熱電発電デバイス部品の製造方法。

【請求項 1 4】

前記カット線形成工程は、前記基板に複数の前記カット線を形成し、前記第 1 帯状部と前記第 2 帯状部とが幅方向に交互に設けられた複数の前記第 1 帯状部及び複数の前記第 2 帯状部を形成し、
前記熱電素子部形成工程は、同じ極性の複数の前記熱電素子を形成し、
前記熱電素子部形成工程は、
前記第 2 帯状部における前記熱電素子の一端と、前記第 2 帯状部と隣接する第 1 帯状部における他の前記熱電素子の一端とを接続する中間配線を有する配線部を形成する配線部形成工程を含む、
ことを特徴とする請求項 1 3 に記載の薄膜熱電発電デバイス部品の製造方法。

【請求項 1 5】

前記熱電素子部の一方の終端に接続された第 1 電極部及び他方の終端に接続された第 2 電極部を形成する電極部形成工程を有することを特徴とする請求項 5、6、1 3 または 1 4 に記載の薄膜熱電発電デバイス部品の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、薄膜熱電発電デバイス、薄膜熱電発電デバイス部品及びその製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0 0 0 2】

固体の熱電素子を用い、ゼーベック効果によって熱エネルギーを電気エネルギーに変換する熱電発電デバイスが知られている。このような熱電発電デバイスとしては、2 枚の基板の間に一組の熱電素子を配した π 型の構造と、熱電素子を基板面上に薄膜状に形成したフラット型の構造（例えば特許文献 1、非特許文献 1～3 を参照）とが知られている。また、このような熱電発電デバイスを腕時計の内部に配置した製品が提案されている（例えば特許文献 3、4 を参照）。

【0 0 0 3】

熱電発電デバイスは、例えば p 型と n 型の熱電素子（半導体）を有し、p 型と n 型の一組の熱電素子では出力が小さいため、一般的には多数組の熱電素子が用いられる。特許文献 1 に記載の熱電発電デバイスでは、薄膜状の多数組の熱電素子を基板に形成するとともに、基板を山折りと谷折りの繰り返し構造を持つ蛇腹状にして、山と谷の各部分について熱源からの距離に差を持たせ、山と谷の間に形成した熱電素子の両端（山側と谷側）の温度差を持たせている。また、 π 型の構造の多数組の熱電素子をフレキシブル基板上に設けるとともに、熱電素子のフレキシブル基板とは反対側の端部を接続する多数の電極を特定の配置とすることで、特定の一方方向に湾曲できるようにした熱電発電デバイスも知られている（非特許文献 4 を参照）。

【0 0 0 4】

一方、長方形のプリント基板に切れ込みを入れて略 N 字形状とすることで、プリント基板の基材への負担が少なく、また屈曲による基材上の配線の切断等を防止しながら、1 8 0 度折り曲げることができるプリント基板が提案されている（特許文献 2 を参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2017-92437号公報

【特許文献2】特開2020-47818号公報

【特許文献3】特開平10-239461号公報

【特許文献4】特開2001-174576号公報

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献1】L. Francioso, C. De Pascali, I. Farella, C. Martucci, P. Creti, P. Siciliano, A. Perrone, “Flexible thermoelectric generator for ambient assisted living wearable biometric sensors”, J. Power Sources, 196 (2011). 10

【非特許文献2】Z. Lu, H. Zhang, C. Mao, C. M. Li, “Silk fabric-based wearable thermoelectric generator for energy harvesting from the human body”, Appl. Energy, 164, pp. 57-63 (2016).

【非特許文献3】C. A. Hewitt, A. B. Kaiser, S. Roth, M. Craps, R. Czerw, D. L. Carroll, “Multilayered carbon nanotube /polymer composite based thermoelectric fabrics”, Nano Lett., 12, pp. 1307-1310 (2012).

【非特許文献4】T. Sugahara, Y. Ekubaru, N. V. Nong, N. Kagami, K. Ohata, L. T. Hung, M. Okajima, S. Nambu, and K. Suganuma, “Fabrication with Semiconductor Packaging Technologies and Characterization of a Large-Scale Flexible Thermoelectric Module”, Advanced Materials Technologies (2019). 20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、特許文献1のように基板が蛇腹状にされた熱電発電デバイスや非特許文献4のように一方向にのみ曲げられる熱電発電デバイスでは、接触面積が小さくまた熱源の表面の形状によっては部分的に浮きが発生し、熱源からの熱を熱電発電デバイスに効果的に伝えることができず、発電効率が悪かった。一方で、フラット型の構造の熱電発電デバイスを、そのフレキシブル基板が熱源に密着するようにすると、薄膜状の熱電素子の両端に十分な温度差を生じさせることが困難であり、発電効率が悪いといった問題があった。 30

【0008】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、発電効率を向上することができる薄膜熱電発電デバイス、薄膜熱電発電デバイス部品及びその製造方法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】

【0009】

本発明の薄膜熱電発電デバイスは、帯状の第1帯状部と、両端が前記第1帯状部の両端と幅方向に連結された帯状の第2帯状部とを有し、前記第1帯状部と前記第2帯状部とのいずれか一方の一面が熱源に接触するように、かつ、他方が延びた方向の中央部が熱源から離す方向に変形された可撓性の基板と、前記基板の熱源と接触する面と反対側の表面上に設けられ、前記第1帯状部及び前記第2帯状部の連結された一端側の一端領域から分岐して前記第1帯状部及び前記第2帯状部のそれぞれの中央に向けて延びた薄膜状のp型の第1熱電素子と、前記第1帯状部及び前記第2帯状部の連結された他端側の他端領域から分岐して前記第1帯状部及び前記第2帯状部のそれぞれの中央に向けて延びた薄膜状のn型の第2熱電素子とを有し、前記第2帯状部の表面上にある前記第1熱電素子の一端と前記第2熱電素子の一端とが接続されている熱電素子部とを備えることを特徴とする。 40

【0010】

本実施形態の薄膜熱電発電デバイス部品は、カット線により、帯状の第1帯状部と、両端が前記第1帯状部の両端と幅方向に連結された帯状の第2帯状部とが形成された可撓性の基板と、前記基板の一方の面に設けられ、前記第1帯状部及び前記第2帯状部の連結され 50

た一端側の一端領域から分岐して前記第1帯状部及び前記第2帯状部のそれぞれの中央に向けて延びた薄膜状のp型の第1熱電素子と、前記第1帯状部及び前記第2帯状部の連結された他端側の他端領域から分岐して前記第1帯状部及び前記第2帯状部のそれぞれの中央に向けて延びた薄膜状のn型の第2熱電素子とを有し、前記第2帯状部の表面上にある前記第1熱電素子の一端と前記第2熱電素子の一端とが接続されている熱電素子部と、を備えることを特徴とする。

【0011】

本実施形態の薄膜熱電発電デバイス部品の製造方法は、可撓性の基板にカット線を形成し、帯状の第1帯状部と、両端が前記第1帯状部の両端と幅方向に連結された帯状の第2帯状部とを形成するカット線形成工程と、前記基板の一方の面に熱電素子部を形成する熱電素子部形成工程とを有し、前記熱電素子部形成工程は、前記第1帯状部及び前記第2帯状部の連結された一端側の一端領域から分岐して前記第1帯状部及び前記第2帯状部のそれぞれの中央に向けて延びた薄膜状のp型の第1熱電素子を形成し、前記第1帯状部及び前記第2帯状部の連結された他端側の他端領域から分岐して前記第1帯状部及び前記第2帯状部のそれぞれの中央に向けて延びた薄膜状のn型の第2熱電素子を形成し、前記第2帯状部の表面上にある前記第1熱電素子の一端と前記第2熱電素子の一端とを接続することを特徴とする。

【0012】

本実施形態の薄膜熱電発電デバイスは、帯状の第1帯状部と、両端が前記第1帯状部の両端と幅方向に連結された帯状の第2帯状部とを有し、前記第1帯状部と前記第2帯状部のいずれか一方の一面が熱源に接触するように、かつ、他方が延びた方向の中央部が熱源から離す方向に変形された可撓性の基板と、前記基板の熱源と接触する面と反対側の表面上に設けられ、前記第1帯状部及び前記第2帯状部の連結された一端側の一端領域から分岐して前記第1帯状部及び前記第2帯状部のそれぞれの中央に向けて延びた薄膜状の熱電素子を有する熱電素子部と、を備えることを特徴とする。

【0013】

本実施形態の薄膜熱電発電デバイス部品は、カット線により、帯状の第1帯状部と、両端が前記第1帯状部の両端と幅方向に連結された帯状の第2帯状部とが形成された可撓性の基板と、前記基板の一方の面に設けられ、前記第1帯状部及び前記第2帯状部の連結された一端側の一端領域から分岐して前記第1帯状部及び前記第2帯状部のそれぞれの中央に向けて延びた同じ極性の薄膜状の熱電素子を有する熱電素子部と、を備えることを特徴とする。

【0014】

本実施形態の薄膜熱電発電デバイス部品の製造方法は、可撓性の基板にカット線を形成し、帯状の第1帯状部と両端が前記第1帯状部の両端と幅方向に連結された帯状の第2帯状部とを形成するカット線形成工程と、前記基板の一方の面に熱電素子部を形成する熱電素子部形成工程とを有し、前記熱電素子部形成工程は、前記第1帯状部及び前記第2帯状部の連結された一端側の一端領域から分岐して前記第1帯状部及び前記第2帯状部のそれぞれの中央に向けて延びた同じ極性の薄膜状の熱電素子を形成することを特徴とする。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、放熱部と熱源との距離を増大させることによって、熱電発電デバイス内の温度差を十分に得ることができるため、発電効率が向上する。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】第1実施形態に係る熱電発電デバイスの使用状態の一例を示す斜視図である。

【図2】第1実施形態に係る熱電発電デバイスを示す斜視図である。

【図3】第1実施形態に係る熱電発電デバイスの熱電発電デバイス部品を示す平面図である。

【図4】第2実施形態に係る熱電発電デバイスを示す斜視図である。

【図5】第2実施形態に係る熱電発電デバイスの熱電発電デバイス部品を示す平面図である。

【図6】第3実施形態に係る熱電発電デバイスの熱電発電デバイス部品を示す平面図である。

【図7】熱電発電デバイスの使用状態の一例を示す画像である。

【図8】熱電発電デバイスにおける折り上げ角度を示す模式図である。

【図9】熱電発電デバイスの折り上げ角度と発電量との関係を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0017】

＜第1実施形態＞

図1に、第1実施形態に係る薄膜熱電発電デバイス（以下、単に熱電発電デバイスと称する）10の使用状態の一例を示すように、熱電発電デバイス10は、エンジン、配管、電子機器、又はヒトの腕などの熱源Hsに取り付けて使用される。熱電発電デバイス10は、それぞれ帯状に延びた第1帯状部11及び第2帯状部12を有する基板13に、第1熱電素子17及び第2熱電素子18を有する熱電素子部19が形成されており、第1熱電素子17及び第2熱電素子18のそれぞれの両端に熱源Hsによって温度差を生じさせて発電する。

【0018】

熱電発電デバイス10は、可撓性を有しており、第1帯状部11の一方の面（以下、接触面という）を熱源Hsの表面Hsaに密着するように接触させ、第2帯状部12のそれが延びた方向の中央部を第1帯状部11からその厚み方向に離れるように変形させた状態で熱源Hsに取り付けられる。すなわち、熱電発電デバイス10は、第2帯状部12がその中央部が熱源Hsから離れるように変形されている。これにより、熱源Hsに接触させた第1帯状部11の温度を熱源Hsによって高くし、第1帯状部11よりも相対的に離れた位置にある第2帯状部12の温度を低くして温度差を生じさせる。なお、第2帯状部12の一方の面を熱源Hsに接触させ、第1帯状部11の延びた方向の中央部が熱源Hsから離れるように熱電発電デバイス10を変形させてもよい。

【0019】

図1に示される例では、熱電発電デバイス10は、第1帯状部11と第2帯状部12との間に形成される挿通孔Wに通したバンド20によって熱源Hsに固定される。バンド20は、例えば、伸縮性を有しており、挿通孔Wに通された状態で熱源Hsに巻き付けられる。バンド20の両端には、それぞれ留め具が設けられ、留め具同士を連結することにより、熱電発電デバイス10が熱源Hsに固定される。バンド20は、熱電発電デバイス10を熱源Hsに固定できるものであれば限定されないが、断熱性の高い材料で作製されたものが好ましい。また、この例のように、第1熱電素子17及び第2熱電素子18や後述する電極部が基板13の表面に直接に露呈している場合には、絶縁性を有するものが用いられる。このようなバンド20としては、例えば天然ゴムやシリコンゴムを材料とした伸縮性を有するものが挙げられる。なお、バンド20以外のものを用いて熱源Hsに熱電発電デバイス10を固定してもよい。

【0020】

図2において、熱電発電デバイス10の基板13は、上述のように第1帯状部11と、第2帯状部12とを有する。第1帯状部11と第2帯状部12とは、それぞれ延びた方向の両端が幅方向（延びた方向と直交する方向）の縁部のみで繋がり、その両端の繋がった部分の間は分離している。すなわち、第1帯状部11と第2帯状部12は、その一方の両端が他方の両端と幅方向に連結されている。したがって、第2帯状部12は、その両端が第1帯状部11の両端と幅方向に連結されている。

【0021】

第1帯状部11の接触面と反対側となる基板13の面に、上述の熱電素子部19と、第1電極部24及び第2電極部25とがそれぞれ形成されている。熱電素子部19は、第1熱電素子17及び第2熱電素子18の他に、配線部26を有する。この熱電素子部19、第

10

20

30

40

50

1 電極部 24 及び第 2 電極部 25 は、薄膜状に形成される。基板 13 とともに熱電素子部 19、第 1 電極部 24 及び第 2 電極部 25 が可撓性を持つように形成され、熱電発電デバイス 10 が全体として可撓性を有し、上記のように変形自在になっている。

【0022】

熱電素子部 19 の第 1 熱電素子 17 は、p 型の熱電素子であって、一端領域 17a と一端分岐領域 17b、17c とからなる。第 2 熱電素子 18 は、n 型の熱電素子であって、他端領域 18a と他端分岐領域 18b、18c とからなる。

【0023】

第 1 熱電素子 17 の一端領域 17a は、基板 13 の一端部分すなわち第 1 帯状部 11 と第 2 帯状部 12 とが互いに連結した一端部分に第 1 帯状部 11 と第 2 帯状部 12 とにまたがって形成されている。この一端領域 17a から一端分岐領域 17b と一端分岐領域 17c とが分岐している。一端分岐領域 17b は、第 1 帯状部 11 に帯状に形成され、一端領域 17a から第 1 帯状部 11 の延びた方向の中央に向けて延びている。一方の一端分岐領域 17c は、第 2 帯状部 12 に帯状に形成され、一端領域 17a から第 2 帯状部 12 の延びた方向の中央に向けて延びている。

【0024】

第 2 熱電素子 18 の他端領域 18a は、基板 13 の他端部分すなわち第 1 帯状部 11 と第 2 帯状部 12 とが互いに連結した他端部分に第 1 帯状部 11 と第 2 帯状部 12 とにまたがって形成されている。この他端領域 18a から他端分岐領域 18b と他端分岐領域 18c とが分岐している。他端分岐領域 18b は、第 1 帯状部 11 に帯状に形成され、他端領域 18a から第 1 帯状部 11 の延びた方向の中央に向けて延び、他端分岐領域 18c は、第 2 帯状部 12 に帯状に形成され、他端領域 18a から第 2 帯状部 12 の延びた方向の中央に向けて延びている。

【0025】

一端分岐領域 17b と他端分岐領域 18b とは、第 1 帯状部 11 の中央の手前まで延びており、中央側のそれらの端部同士は離れている。同様に、一端分岐領域 17c と他端分岐領域 18c とは、第 2 帯状部 12 の中央の手前まで延びており、中央側のそれらの端部同士は離れている。

【0026】

この例では、第 1 熱電素子 17、第 2 熱電素子 18 は、基板 13 の外郭に沿って、その外郭よりもわずかに内側に形成されている。したがって、一端分岐領域 17b、17c 及び他端分岐領域 18b、18c の幅は、第 1 帯状部 11 及び第 2 帯状部 12 の幅よりもわずかに小さい。なお、発電量を向上させる観点から、基板 13 の表面の第 1 熱電素子 17、第 2 熱電素子 18 の領域はできる限り広く形成することが好ましい。

【0027】

配線部 26 は、この例では第 1 中間配線 26a から構成される。第 1 中間配線 26a は、第 2 帯状部 12 の中央部側にある一端分岐領域 17c の端部 27 と他端分岐領域 18c の端部 28 とを電氣的に接続している。このように、熱電素子部 19 は、第 1 中間配線 26a によって第 1 熱電素子 17 と第 2 熱電素子 18 とが直列に接続されている。この例では、第 1 中間配線 26a は、プラチナ (Pt) の薄膜として形成されている。なお、この例では配線部 26 によって、第 1 熱電素子 17 と第 2 熱電素子 18 とを電氣的に接続しているが、配線部 26 を省略しても良い。この場合には、端部 27 と端部 28 とを直接連結することにより、第 1 熱電素子 17 と第 2 熱電素子 18 とを電氣的に接続する。

【0028】

第 1 電極部 24 及び第 2 電極部 25 は、熱電素子部 19 の終端 (末端) にそれぞれ電氣的に接続されている。すなわち、第 1 中間配線 26a によって接続された第 1 熱電素子 17 と第 2 熱電素子 18 との直列回路の終端に第 1 電極部 24、第 2 電極部 25 がそれぞれ接続されている。この例では、第 1 電極部 24 は、熱電素子部 19 の一方の終端である一端分岐領域 17b の第 1 帯状部 11 の中央部側にある端部 31 に接続され、第 2 電極部 25 は、熱電素子部 19 の他方の終端である他端分岐領域 18b の第 1 帯状部 11 の中央部側

にある端部 3 2 に接続されている。これらの第 1 電極部 2 4 及び第 2 電極部 2 5 から第 1 帯状部 1 1 の中央部と第 2 帯状部 1 2 の中央部との温度差によって熱電素子部 1 9 に生じる電圧を取り出す。第 1 電極部 2 4 及び第 2 電極部 2 5 は、第 1 中間配線 2 6 a と同様に、プラチナ (Pt) の薄膜として形成されている。

【0029】

なお、この例では、第 1 電極部 2 4 及び第 2 電極部 2 5 を形成しているが、第 1 電極部 2 4 及び第 2 電極部 2 5 を形成しなくてもよい。この場合には、例えば、第 1 熱電素子 1 7 の端部 3 1 と第 2 熱電素子 1 8 の端部 3 2 とを、それぞれ電極クリップで挟むことによって電力を取り出す。

【0030】

基板 1 3 の材料には、絶縁性を備えた材料、例えばポリイミド、PET (Polyethylene Terephthalate)、PEN (Polyethylene Naphthalate)、ポリウレタン、又はパリレンなどの高分子材料が用いられる。また、第 1 帯状部 1 1 のうち熱源 H s に接触している領域からの熱を効果的に伝えてその温度を高くするためには、基板 1 3 の熱源 H s に接触している領域の熱伝導性、すなわち、基板 1 3 の厚み方向についての熱伝導性が高いことが望ましい。一方、高い熱電発電効率を得るためには、熱源 H s に接触していない第 2 帯状部 1 2 では、基板 1 3 よりも熱電素子部 1 9 に多くの熱流束が生じるようにすることが重要であるため、基板 1 3 の熱伝導性、この場合には基板 1 3 の面内方向における熱伝導性が熱電素子部 1 9 に比して低いことが望ましい。このため、基板 1 3 の厚さ方向における熱伝導性が高く、基板 1 3 の面内方向における熱伝導性が低くなる形態の基板 1 3 が好ましく、例えば基板 1 3 を比較的熱伝導性が低い材料で構成し、かつ薄いフィルム形状とすることは好ましい。

【0031】

基板 1 3 は、上述のように可撓性を有するものとして構成されるが、熱源 H s に接触する帯状部 (この例では第 1 帯状部 1 1) に効率的に熱源 H s からの熱を伝えて温度を上昇させるために、熱源 H s の種々の形状の表面 H s a に対して接触面積が増大するように変形自在であることが好ましい。このため、基板 1 3 を薄いフィルム形状に形成することは好ましい。

【0032】

図 3 に熱電発電デバイス 1 0 となる薄膜熱電発電デバイス部品 (以下、単に熱電発電デバイスと称する) 4 0 を示す。熱電発電デバイス部品 4 0 は、カット線 S を形成した平板状の基板 (以下、デバイス部品基板と称する) 4 1 に、熱電素子部 1 9、第 1 電極部 2 4 及び第 2 電極部 2 5 を形成したものである。この熱電発電デバイス部品 4 0 は、それを立体的に変形させることで、上述の熱電発電デバイス 1 0 となる。デバイス部品基板 4 1 は、基板 1 3 となるものである。

【0033】

本実施形態のデバイス部品基板 4 1 は、長方形形状である。カット線 S は、デバイス部品基板 4 1 の長手方向と直交する幅方向の中間の位置において、長手方向の一端の縁部 4 1 a より所定の長さ内側の位置から他端の縁部 4 1 b より所定の長さ内側の位置まで直線状に形成されている。すなわち、カット線 S は、デバイス部品基板 4 1 の長手方向においては、デバイス部品基板 4 1 の長さよりも短く略中央に形成され、デバイス部品基板 4 1 の幅方向においては、デバイス部品基板 4 1 を略二等分するような位置に形成されている。このカット線 S により、デバイス部品基板 4 1 に第 1 帯状部 1 1 及び第 2 帯状部 1 2 が幅方向に並ぶように形成されている。また、カット線 S により、カット線 S を境に第 1 帯状部 1 1 及び第 2 帯状部 1 2 のそれぞれが別個に変形可能 (この例では湾曲、折り曲げ等が可能) である。

【0034】

なお、熱電発電デバイス部品 4 0 におけるカット線 S は、第 1 帯状部 1 1 及び第 2 帯状部 1 2 のカット線 S の部分を完全に切り離した状態にしなくてもよい。カット線 S を、例えば熱源 H s に装着する際に、その部分で容易に切り離せる程度の溝状切り込みとしてもよ

10

20

30

40

50

い。また、デバイス部品基板41は、長方形に限定されず、正方形又は楕円形など、第1帯状部11及び第2帯状部12を形成可能な限り、いかなる形状であってもよい。

【0035】

カット線Sは、例えばUVレーザ加工機によって、デバイス部品基板41に対して切り込みを入れることにより形成される。なお、カット線Sの形成手法は、上記の手法に限定されず、例えば、刃を用いた切断機等を用いてもよい。また、カット線Sは、直線に限定されず、例えばS字状、円弧状などの曲線状であってもよい。さらに、カット線Sは、所定の幅を有するスリット状に形成されてもよい。

【0036】

デバイス部品基板41の表面には、第1熱電素子17、第2熱電素子18及び配線部26（第1中間配線26a）を有する熱電素子部19と、第1電極部24と、第2電極部25とが形成されている。デバイス部品基板41における第1熱電素子17、第2熱電素子18、第1中間配線26a、第1電極部24及び第2電極部25は、立体的に変形されておらず平面的である点で熱電発電デバイス10と異なるが、それらの形状等は、上述の通りである。このため、これらの部材についての詳細の説明は省略する。

【0037】

第1熱電素子17及び第2熱電素子18は、例えば、ビスマス（Bi）とテルル（Te）を用いた金属間化合物（Bi-Te）を用いたスパッタリングにより、デバイス部品基板41の表面に形成される。第1熱電素子17と第2熱電素子18とは、スパッタリングの条件を変えることにより、p型、n型の熱電素子とされる。第1中間配線26a、第1電極部24及び第2電極部25は、いずれも、例えばスパッタリングによって、デバイス部品基板41の表面に形成される。なお、第1熱電素子17、第2熱電素子18、第1電極部24及び第2電極部25の形成手法は、それらを薄膜状に形成できるものであれば、限定されず、例えば印刷などの手法で形成してもよい。

【0038】

本実施形態では、デバイス部品基板41にカット線Sを形成するカット線形成工程と、熱電素子部19を形成する熱電素子部形成工程、及び第1電極部24と第2電極部25とを形成する電極部形成工程によって熱電発電デバイス部品40が製造される。熱電素子部形成工程は、第1熱電素子17を形成する第1熱電素子形成工程、第2熱電素子18を形成する第2熱電素子形成工程、配線部26（第1中間配線26a）を形成する配線部形成工程に分けられる。

【0039】

熱電発電デバイス部品40の製造の際には、例えば、第1熱電素子形成工程、第2熱電素子形成工程を順番に実施した後に、配線部形成工程と電極部形成工程とを同時に実施し、最後にカット線形成工程を実施する。なお、上記製造工程の順序は適宜変更されてもよく、ここに記載した順序に限られない。例えば、デバイス部品基板41に第1熱電素子17、第2熱電素子18及び配線部26を形成する前にカット線Sを形成してもよい。また、第1中間配線26aを省略し、第1熱電素子17の端部27と第2熱電素子18の端部28とを直接連結する場合には、熱電素子部形成工程において、例えば端部27と端部28の一方を他方に重ねて、第1熱電素子17と第2熱電素子18とを互いに電氣的に接続した状態に形成すればよい。

【0040】

次に、上記構成の作用について説明する。熱電発電デバイス10で発電を行う場合には、まず板状の熱電発電デバイス部品40を、例えばその第1帯状部11と第2帯状部12とを厚み方向で互いに離れる向きに引っ張って、図2に示されるように、立体的に変形した熱電発電デバイス10とする。上記のように、熱電発電デバイス10は、可撓性のある基板13に熱電素子部19、第1電極部24及び第2電極部25を薄膜状に形成して、熱電発電デバイス10全体として可撓性をもたせている。このため、第1帯状部11と第2帯状部12とを変形させて、それらの中央部の距離を調節することができる。

【0041】

10

20

30

40

50

そして、図1に示されるように、第1帯状部11と第2帯状部12との間に形成される挿通孔Wにバンド20を通して、熱電発電デバイス10を熱源Hsに装着する。すなわち、第1帯状部11の熱電素子部19が形成された面と反対側の接触面を熱源Hsの表面Hsaに密着させ、第2帯状部12の中央部を表面Hsaから離れた状態で熱電発電デバイス10が熱源Hsに取り付けられる。

【0042】

上記のように熱電発電デバイス10を変形させる際には、熱電発電デバイス10の両端が熱源Hsから離れるように第1帯状部11を変形させるのがよい。これにより、熱源Hsから第2帯状部12をより遠くに配することができ、第2帯状部12上にある一端分岐領域17c、他端分岐領域18cへの熱源Hsからの熱の影響をより小さくすることができる。また、この際に、一端分岐領域17b、他端分岐領域18bの端部直下の接触面が熱源Hsに密着した状態を維持することが好ましい、このように変形することで、熱源Hsからの熱で一端分岐領域17b、他端分岐領域18bの端部の温度を効果的に高めることができる。

【0043】

なお、上述のように、第2帯状部12の熱電素子部19が形成された面と反対側の面を接触面として熱源Hsの表面Hsaに密着させ、第1帯状部11の中央部を表面Hsaから離れた状態で熱電発電デバイス10を熱源Hsに取り付けて使用することもできる。

【0044】

上記のように第1帯状部11が熱源Hsに接触することにより、第1帯状部11の中央部の温度が上昇し、その温度は熱源Hsから離れている第2帯状部12の中央部の温度より高くなる。第1帯状部11の中央部と第2帯状部12の中央部とに温度差が生じることによって、各々の熱電素子の端部の間に温度差が生じ、第1熱電素子17、第2熱電素子18に電圧が生じる。すなわち、p型の第1熱電素子17では、第1帯状部11に形成されている端部31の電位が、第2帯状部12に形成されている端部27の電位よりも高くなる。一方、n型の第2熱電素子18では、第1帯状部11に形成されている端部32の電位は、第2帯状部12に形成されている端部28の電位よりも低くなる。第1熱電素子17と第2熱電素子18とは、第2帯状部12上の端部同士が第1中間配線26aで接続されているので、結果として、第1電極部24と第2電極部25との間に、第1熱電素子17と第2熱電素子18とに生じる各電圧の和である電圧が生じ、第1電極部24及び第2電極部25から熱電発電デバイス10において発電された電力を取り出すことができる。

【0045】

従来の π 型又はフラット型の熱電発電デバイスでは、熱電素子の一端と他端との距離を広げることができず、熱電素子の両端で大きな温度差が生じにくい。これに対して、本実施形態の熱電発電デバイス10では、第1帯状部11のそれが伸びた方向の中央部が熱源Hsに接触し、第2帯状部12のそれが伸びた方向の中央部が熱源Hsから離れる方向に曲げられている。このような熱電発電デバイス10の変形により、第1帯状部11と第2帯状部12との各中央部の離間距離を大きくして、熱源Hsから第2帯状部12の中央部を大きく離すことができ、しかも第1帯状部11の接触面を熱源Hsに密着させた状態にできるので、効率的に発電することができる。

【0046】

さらに、挿通孔Wに通すバンド20として高い断熱性を有するものを用いる場合には、第2帯状部12が熱源Hsからの熱を受けにくくなり、第2帯状部12の中央部の温度上昇が抑えられる。これにより、第1帯状部11の中央部と第2帯状部12の中央部との温度差が大きい状態で維持されるため、熱電発電デバイス10は効率的に発電することができる。

【0047】

<第2実施形態>

第1帯状部と第2帯状部をそれぞれ複数設けた第2実施形態に係る熱電発電デバイスについて説明する。以下に説明する他は、第1実施形態と同様であり、第1実施形態と同様の

10

20

30

40

50

部材には、同一の符号を付してその詳細な説明を省略する。

【0048】

図4に示すように、本実施形態の熱電発電デバイス42は、その基板13に複数の第1帯状部11と複数の第2帯状部12とが設けられている。第1帯状部11と第2帯状部12とは、その幅方向に交互に配されており、それぞれ延びた方向の両端が幅方向の縁部のみで繋がり、その両端の繋がった部分の間は分離している。したがって、交互に配されたそれぞれ複数の第1帯状部11及び第2帯状部12は、両端が幅方向に繋がっている。基板13には、熱電素子部19と、第1電極部24と、第2電極部25とが形成されている。熱電素子部19は、複数の第1熱電素子17と、複数の第2熱電素子18と、複数の第1中間配線26a及び複数の第2中間配線26bからなる配線部26とが設けられている。

10

【0049】

熱電発電デバイス42は、可撓性を有しており、第1実施形態と同様に、第1帯状部11の長手方向の中央部から各第2帯状部12の長手方向の中央部を離すように変形させた状態で、各第1帯状部11の接触面を熱源Hsに密着させて、熱源Hsに固定される。例えば、バンド20を複数の第1帯状部11と複数の第2帯状部12との間に形成される各挿通孔Wに通して、熱電発電デバイス42は、熱源Hsに固定される。

【0050】

第2熱電素子18は、第1熱電素子17に対して幅方向に帯状部1つ分ずらして設けられている。第1実施形態と同様に、第1熱電素子17は、一端領域17aから一端分岐領域17bが第1帯状部11に帯状に延び、一端分岐領域17cが第2帯状部12に帯状に延びている。第2熱電素子18は、他端領域18aから他端分岐領域18bが第1帯状部11に帯状に延び、他端分岐領域18cが第2帯状部12に帯状に延びている。

20

【0051】

第1中間配線26aは、第2帯状部12に設けられ、同じ第2帯状部12上にある一端分岐領域17cと他端分岐領域18cとの端部27、28を互いに電氣的に接続している。一方の第2中間配線26bは、第1帯状部11に設けられ、同じ第1帯状部11上にある一端分岐領域17bと他端分岐領域18bとの端部31、32を互いに電氣的に接続している。このように、熱電素子部19では、第1中間配線26a及び第2中間配線26bによって、複数の第1熱電素子17と複数の第2熱電素子18とが直列に接続された直列回路が形成されている。第2中間配線26bは、第1中間配線26aと同様に、プラチナ(Pt)の薄膜として形成されている。なお、この例では1中間配線26a及び複数の第2中間配線26bによって、第1熱電素子17と第2熱電素子18とを電氣的に接続しているが、配線部26を省略して、第1熱電素子17と第2熱電素子18とを直接に接続してもよい。この場合には、端部27と端部28とを、また端部31と端部32とを直接連結すればよい。

30

【0052】

第1電極部24及び第2電極部25は、熱電素子部19、すなわち上記のように直列に接続された第1熱電素子17と第2熱電素子18との直列回路の終端の一方に第1電極部24が、他方に第2電極部25がそれぞれ電氣的に接続されている。本実施形態では、第1電極部24は、熱電素子部19の一方の終端である一端分岐領域17bの第1帯状部11の中央部側にある端部31に接続され、第2電極部25は、熱電素子部19の他方の終端である他端分岐領域18bの第1帯状部11の中央部側にある端部32に接続されている。

40

【0053】

図5に、上記熱電発電デバイス42となる熱電発電デバイス部品44を示す。熱電発電デバイス部品44は、複数のカット線Sを形成した基板13となる平板状のデバイス部品基板45に、熱電素子部19、第1電極部24及び第2電極部25を形成したものである。この熱電発電デバイス部品44は、それを立体的に変形させることで、上述の熱電発電デバイス42となる。

【0054】

50

本実施形態のデバイス部品基板45は、長方形形状である。カット線Sは、デバイス部品基板45の長手方向と直交する幅方向において略等間隔に、長手方向の一端の縁部45aより所定の長さ内側の位置から他端の縁部45bより所定の長さ内側の位置まで直線状に形成されている。すなわち、カット線Sは、デバイス部品基板45の長手方向においては、デバイス部品基板45の長さよりも短く略中央に形成され、デバイス部品基板45の幅方向においては、デバイス部品基板45を略等間隔に分けるような位置に複数形成されている。これらの複数のカット線Sにより、デバイス部品基板45に複数の第1帯状部11及び複数の第2帯状部12が幅方向に交互に並ぶように形成されている。

【0055】

デバイス部品基板45の表面には、第1熱電素子17と、第2熱電素子18と、配線部26すなわち第1中間配線26a及び第2中間配線26bとを有する熱電素子部19と、第1電極部24と、第2電極部25とが形成されている。この第2実施形態における熱電発電デバイス部品44においても、第1熱電素子17、第2熱電素子18、第1中間配線26a、第2中間配線26b、第1電極部24及び第2電極部25は、立体的に変形されておらず平面的である点で熱電発電デバイス42と異なるが、それらの詳細な形状等は、上記のとおりである。

【0056】

熱電発電デバイス部品44は、複数のカット線Sを形成するカット線形成工程、熱電素子部19を形成する熱電素子部形成工程及び電極部形成工程によって熱電発電デバイス部品44を製造することができる。また、熱電素子部形成工程は、第1熱電素子17を形成する第1熱電素子形成工程、第2熱電素子18を形成する第2熱電素子形成工程、配線部26を形成する配線部形成工程に分けられる。配線部形成工程では、複数の第1中間配線26aとともに複数の第2中間配線26bを形成する。熱電発電デバイス部品44においても、配線部形成工程と電極部形成工程とを同時に実施してもよい。また、これらの工程の実施の順番は、限定されない。なお、第1中間配線26a及び第2中間配線26bを省略する場合には、熱電素子部形成工程において、例えば端部27と端部28の一方を他方に重ねて、また端部31と端部32の一方を他方に重ねて、第1熱電素子17と第2熱電素子18とを互いに電氣的に接続した状態に形成すればよい。

【0057】

上記構成の熱電発電デバイス42で発電を行う場合には、熱電発電デバイス部品44の複数の第1帯状部11と複数の第2帯状部12とを、その厚み方向で互いに離れる向きにそれぞれ引っ張って、熱電発電デバイス部品44を、図4に示されるように立体的に変形して、熱電発電デバイス42とする。例えば、上述のようにバンド20等を用いて熱電発電デバイス42を熱源Hsに取り付ける。なお、この熱電発電デバイス42についても、各第2帯状部12の熱電素子部19が形成された面と反対側の面を熱源Hsの表面Hsaに密着させ、第1帯状部11の中央部を表面Hsaから離れた状態に変形させて、熱源Hsに取り付けて使用することもできる。

【0058】

熱電発電デバイス42は、上記のように熱源Hsに取り付けられると、表面Hsaに接触する各々の第1帯状部11の中央部の温度が上昇し、その温度は熱源Hsから離れている各々の第2帯状部12の中央部の温度より高くなる。これにより、第1帯状部11側の各々の第1熱電素子17及び第2熱電素子18の端部の温度が第2帯状部12側の各々の第1熱電素子17と第2熱電素子18の端部よりも上昇する。この温度差によって、各第1熱電素子17と各第2熱電素子18で電位差（電圧）が生じ、第1電極部24と第2電極部25とから熱電発電デバイス42において発電された電力を取り出すことができる。この例における熱電素子部19は、第1中間配線26aと第2中間配線26bとで第1熱電素子17と第2熱電素子18とが交互に接続されているので、各第1熱電素子17と各第2熱電素子18に生じる電圧の和が、熱電発電デバイス42の出力で電圧として第1電極部24と第2電極部25から取り出される。このようにして、熱電発電デバイス42で発電された電力を取り出すことができる。熱電発電デバイス42は、1組の第1熱電素子1

10

20

30

40

50

7と第2熱電素子18だけを設けている場合よりも発電量が増大する。

【0059】

上記では第1熱電素子17及び第2熱電素子18をそれぞれ3つ設けた熱電発電デバイスの例について説明しているが、第1熱電素子17及び第2熱電素子18の個数は、これに限定されず、2つでも、また4つ以上であってもよい。また、第1熱電素子17と第2熱電素子18との個数が異なってもよい。

【0060】

＜第3実施形態＞

熱電発電デバイスに一つの極性（n型またはp型）の熱電素子を設けた第3実施形態について説明する。以下に説明する他は、第2実施形態と同様であり、第2実施形態と同様の部材には、同一の符号を付してその詳細な説明を省略する。

【0061】

図6において、熱電発電デバイス部品51は、一つの極性、この例ではn型の熱電素子54を設けた熱電発電デバイスとなるものである。熱電発電デバイス部品51は、3本のカット線Sによって、それぞれ2本の第1帯状部11と第2帯状部12とが幅方向に交互に並ぶようにデバイス部品基板52に形成されている。デバイス部品基板52の表面には、熱電素子部19、第1電極部24及び第2電極部25が形成されている。熱電素子部19は、複数（この例では2つ）のn型の熱電素子54と、中間配線26cからなる配線部26とを有する。

【0062】

複数の熱電素子54は、いずれもその一端領域54aが第1帯状部11と第2帯状部12とが互い連結した一端部分に第1帯状部11と第2帯状部12とにまたがって形成され、一端領域54aから第1帯状部11の延びた方向の中央に向けて一端分岐領域54bが延び、また一端領域54aから第2帯状部12の延びた方向の中央に向けて一端分岐領域54cが延びている。なお、これらの熱電素子54の形状は、第1熱電素子17と同様である。

【0063】

配線部26を構成する中間配線26cは、複数の熱電素子54を直列に接続する。具体的には、熱電素子54の第2帯状部12の中央部側にある一端分岐領域54cの一端56と、当該第2帯状部12と隣接する第1帯状部11の中央部側にある他の熱電素子54の一端分岐領域54bの一端57とを電氣的に接続している。このように、熱電素子部19では、中間配線26cによって、2つの熱電素子54が直列に接続されている。中間配線26cは、第1電極部24及び第2電極部25と同様に、プラチナ（Pt）の薄膜として形成されている。

【0064】

第1電極部24及び第2電極部25は、熱電素子部19の終端にそれぞれ電氣的に接続されている。すなわち、第1電極部24は、一方の終端である一方の熱電素子54における一端分岐領域54bの一端58に接続され、他方の終端である第2電極部25は、他方の熱電素子54における一端分岐領域54cの一端59に接続されている。これらの第1電極部24及び第2電極部25から第1帯状部11の中央部と第2帯状部12の中央部との温度差によって熱電素子部19に生じる電圧を第1電極部24と第2電極部25との間から取り出す。熱電発電デバイスは、熱電素子部19の熱電素子54が一種類であるため、より簡素な工程で製造することができる。

【0065】

なお、上記の例では、複数の熱電素子を設けているが、熱電素子を1つとしてもよい。この場合には、中間配線は不要であり、1つの熱電素子の両端に第1電極部と第2電極部とを接続する。また、上記の例では、n型の熱電素子を設けた例について説明しているが、熱電素子はp型であってもよい。

【0066】

図7は、上記と同様な構成のデバイス部品基板52を、第1帯状部11の長手方向の中央

10

20

30

40

50

部から各第2帯状部12の長手方向の中央部を離れるように変形させて熱電発電デバイス60とし、その熱電発電デバイス60を熱源Hsとなる腕61に装着した状態を示している。この熱電発電デバイス60は、各第1帯状部11の接触面を熱源Hsに密着させ、第1帯状部11と第2帯状部12との間に形成される挿通孔Wに通したバンド20で腕61に固定されている。なお、図7に示す熱電発電デバイス60は、図6に示されるデバイス部品基板52よりも、第1帯状部11及び第2帯状部12を多くし、より多くの熱電素子54を設けている。

【0067】

なお、上記の各実施形態の熱電発電デバイスを、人の腕に装着される携帯型のセンサの電源として搭載し、人の腕を熱源Hsとして発電するようにしてもよい。携帯型のセンサの例としては、体温、脈拍、血中酸素飽和度、又は血糖値などを計測または推定する健康モニタリングデバイスが挙げられる。

【0068】

上記と同様に一つの極性の熱電素子を設けた熱電発電デバイスによる発電をシミュレーションした。シミュレーションでは、図8に示すように、シミュレーションのモデルとなる熱電発電デバイス70の第1帯状部11の中央部分を熱源Hsの平坦な表面Hsaに貼付し、貼付した部分の両端を所定の角度で立ち上げた。また、熱電発電デバイス70では、その第2帯状部12を第1帯状部11と上下方向に対称な形状に変形させ、挿通孔Wが六角形となるようにした。第1帯状部11の熱源Hsの表面Hsaに対する立ち上がり角度を折り上げ角度 θ とした。

【0069】

熱電発電デバイス70は、第1帯状部11と第2帯状部12とがそれぞれ1つ設けられ、n型の熱電素子を1つ設けた構成とした。第1熱電素子17の材料をビスマステルルとし、基板13は、ポリイミドとした。熱源Hsは、その温度を36℃に設定し、熱源Hs及び熱電発電デバイス70が20℃の空気中に置かれているものとした。上記折り上げ角度 θ を3°、10°、20°、30°、40°、50°に変化させて、各折り上げ角度 θ での熱電発電デバイス70の出力電圧（開放電圧）を求めた。

【0070】

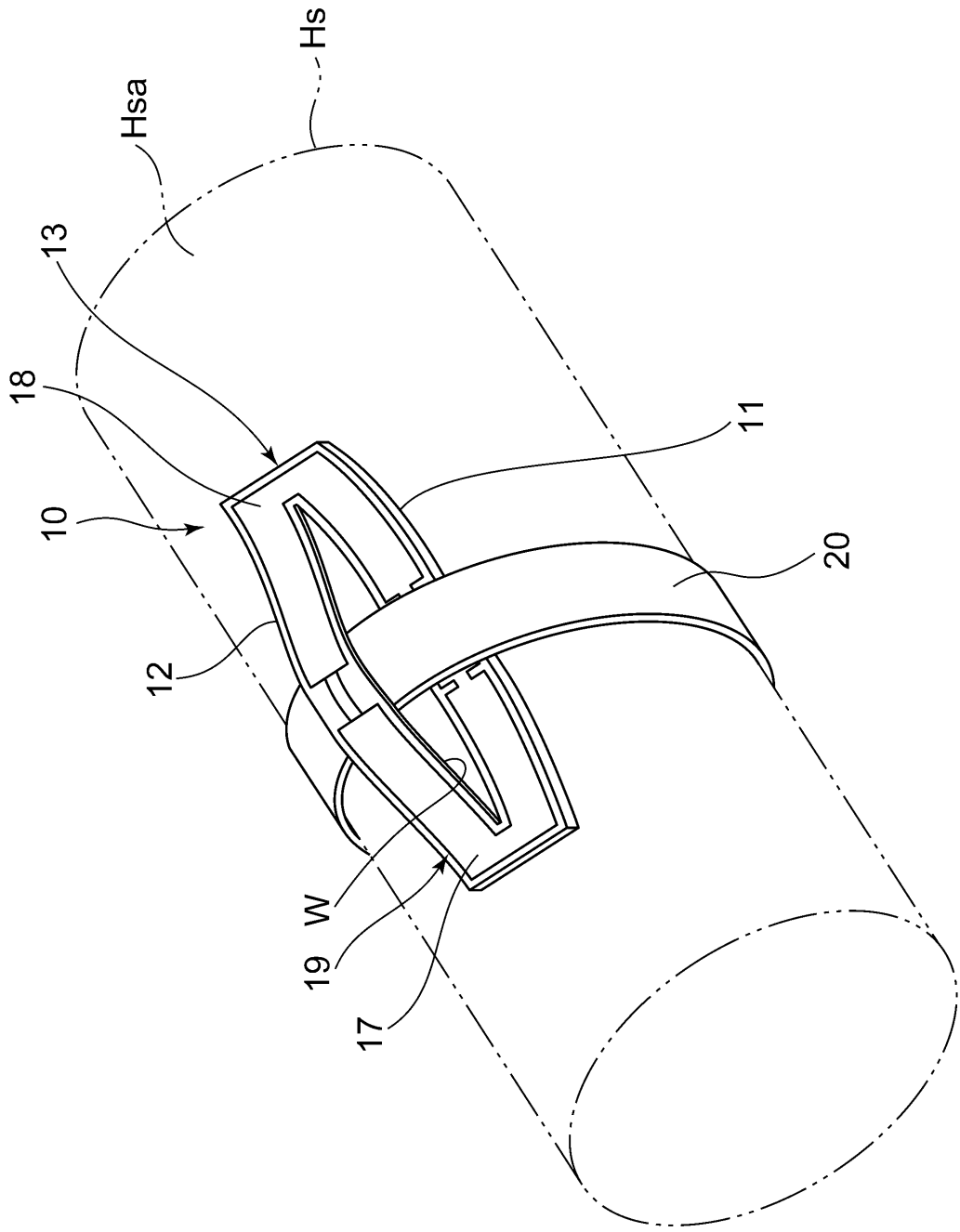
シミュレーションにより得られた折り上げ角度 θ と出力電圧との関係を図9に示す。図9のグラフの横軸は折り上げ角度 θ 、縦軸は出力電圧（開放電圧）である。出力電圧は、折り上げ角度 θ が大きくなるにつれて大きくなることがわかる。また、小さく折り曲げ角度を付けるだけで温度差を大きく変化させて出力電圧を大きくできることもわかる。このように、熱電発電デバイス70を変形させることによって、熱電発電デバイス70に生じる電圧が大きくなるので、フラット型（ θ が略ゼロの場合）と比較して発電効率が上がることがわかる。

【符号の説明】

【0071】

10、42、60、70 熱電発電デバイス（薄膜熱電発電デバイス）
 11 第1帯状部
 12 第2帯状部
 13 基板
 17 第1熱電素子
 17a 一端領域
 18 第2熱電素子
 18a 他端領域
 19 熱電素子部
 40、44、51 熱電発電デバイス部品（薄膜熱電発電デバイス部品）
 41、45、52 デバイス部品基板
 Hs 熱源
 S カット線

【図 1】



10

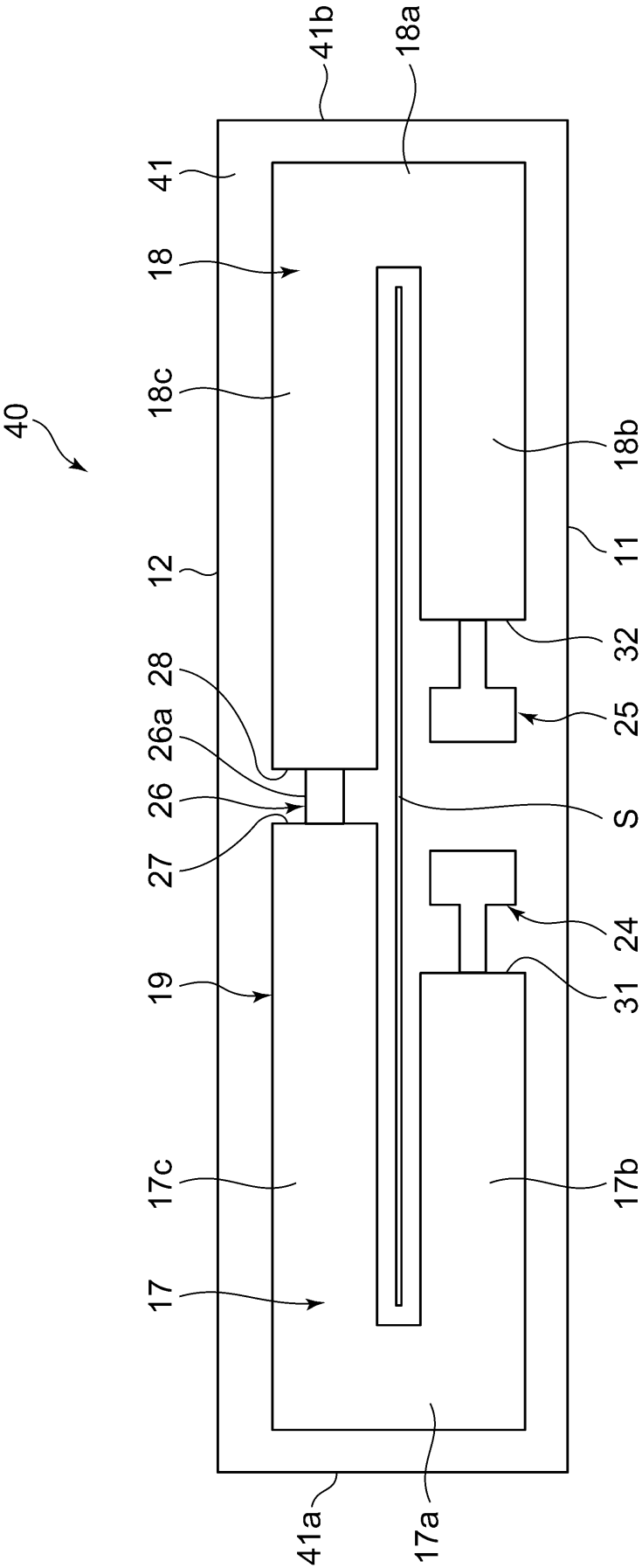
20

30

40

50

【図 3】



10

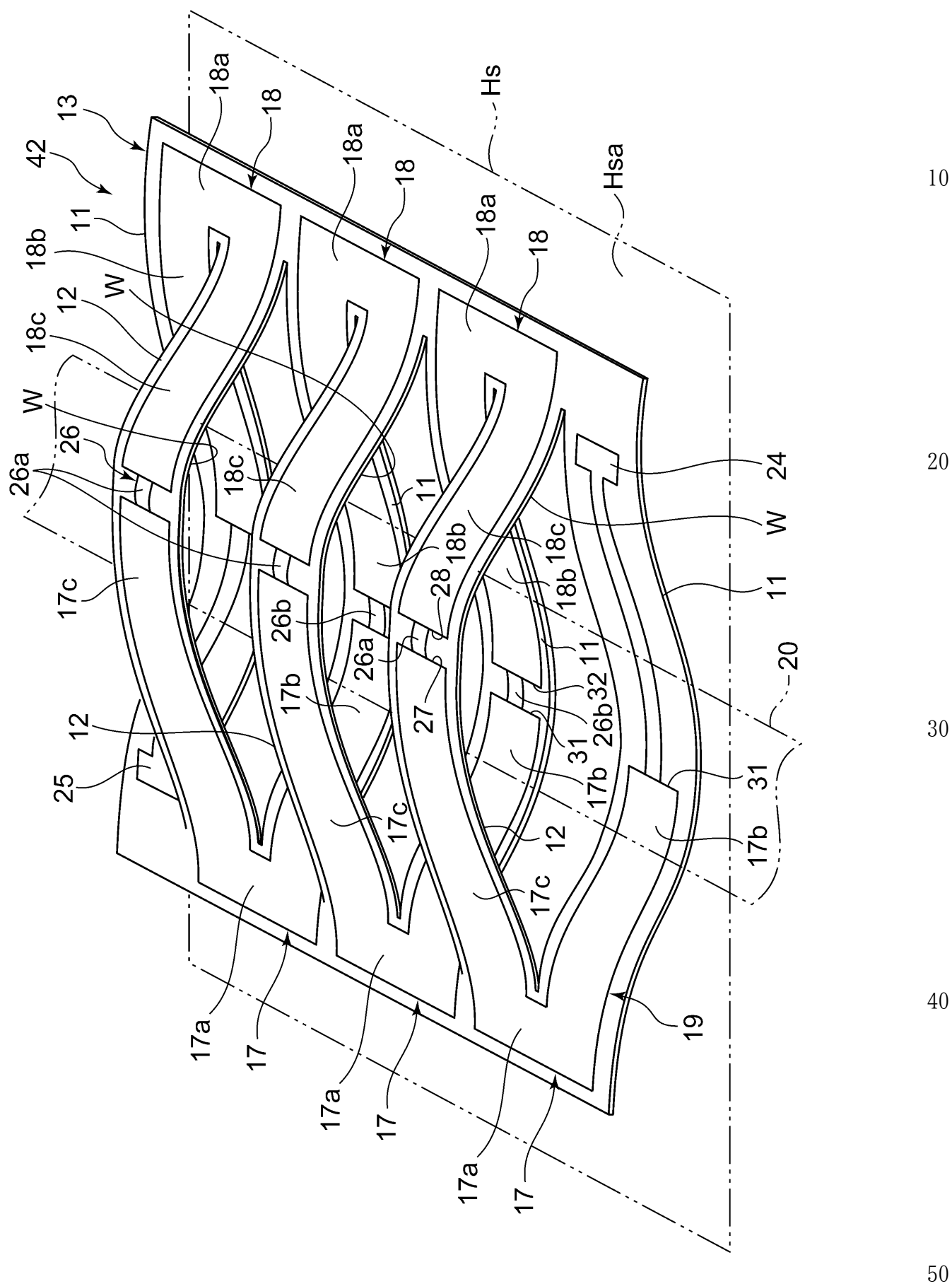
20

30

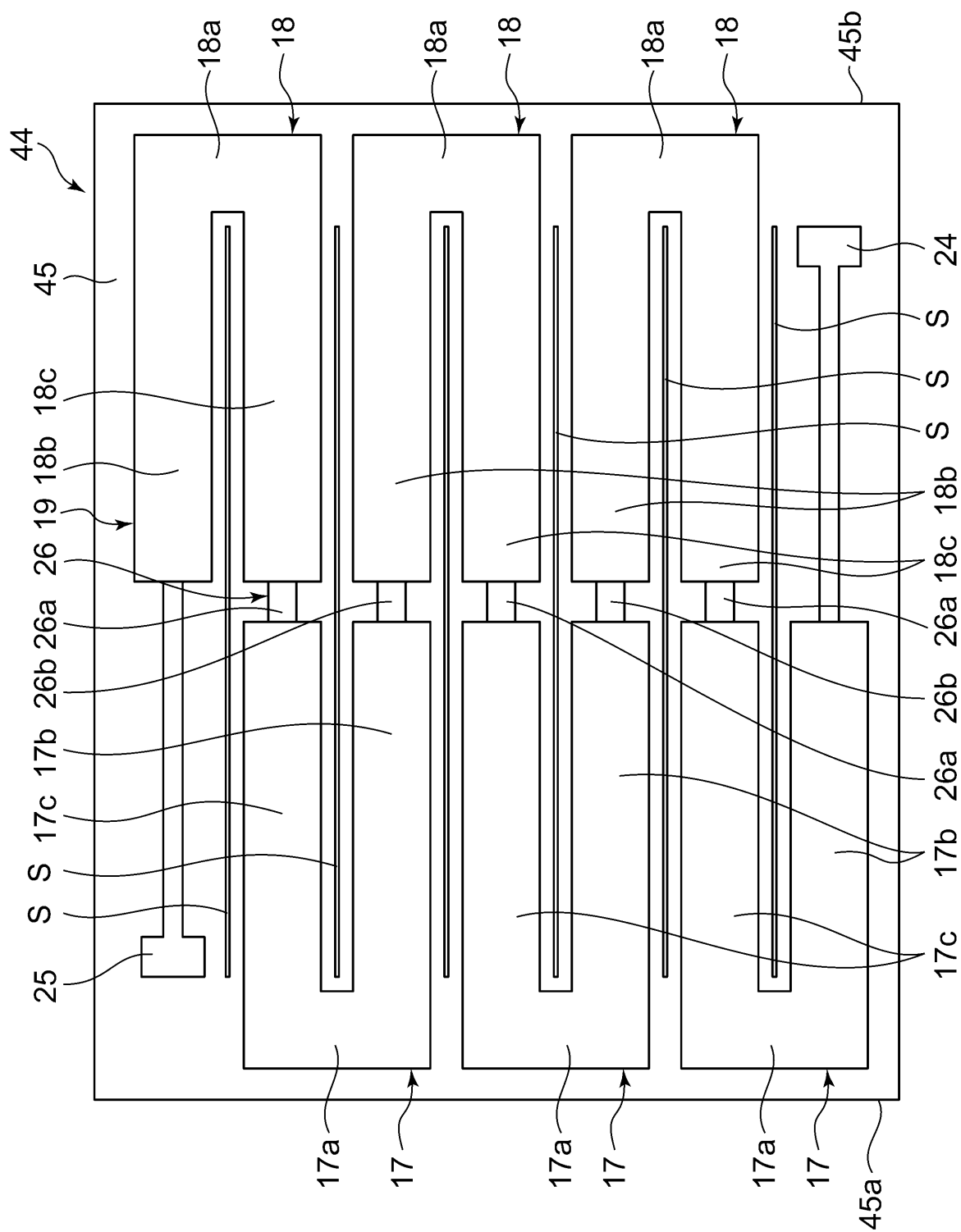
40

50

【図 4】



【図5】



10

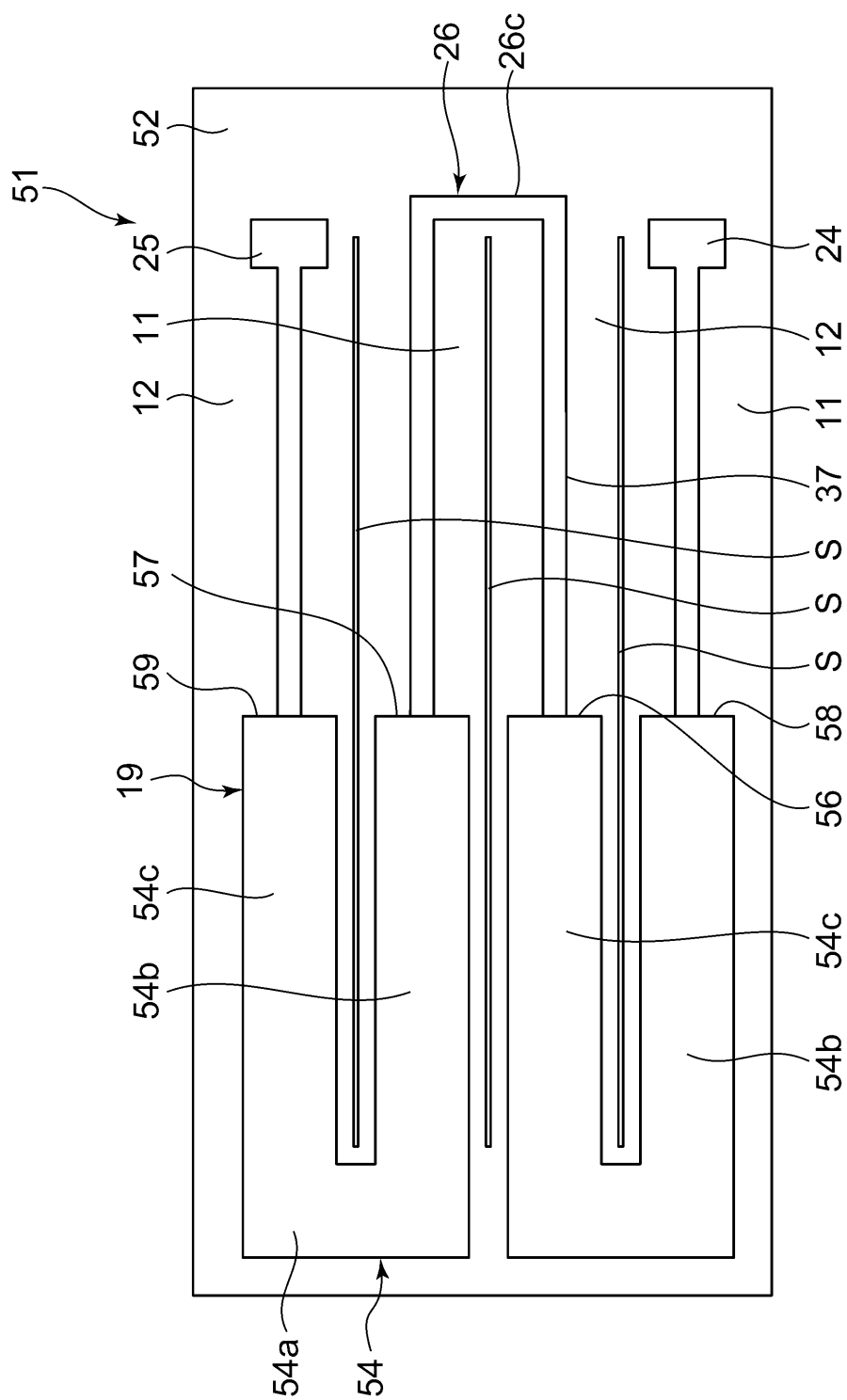
20

30

40

50

【図 6】



10

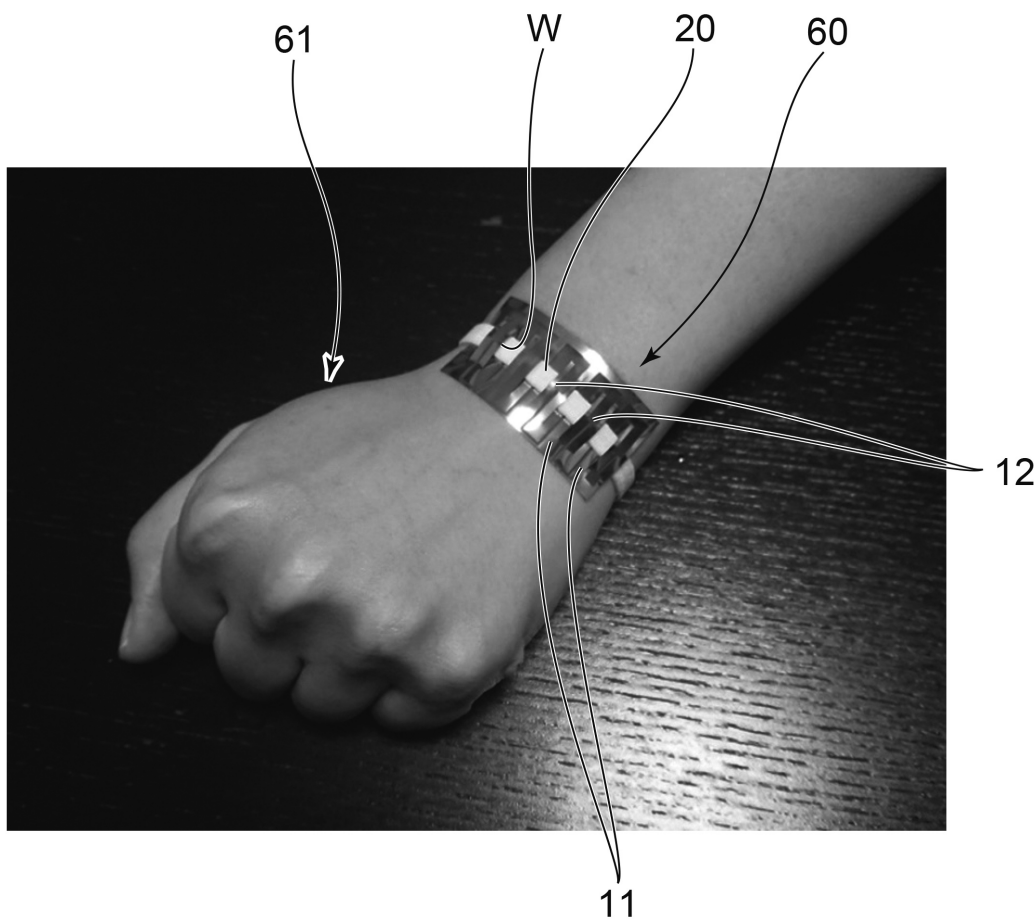
20

30

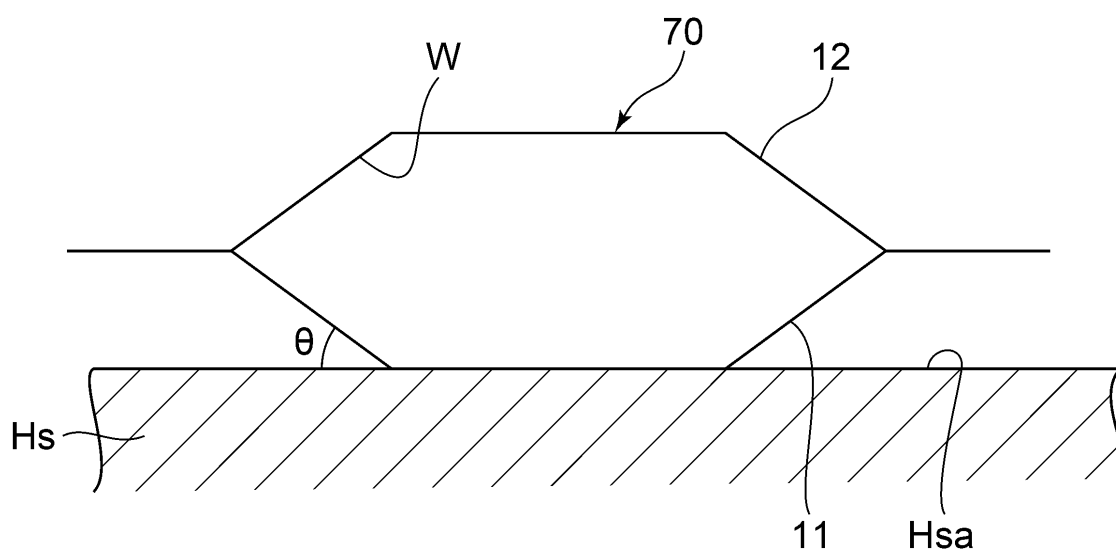
40

50

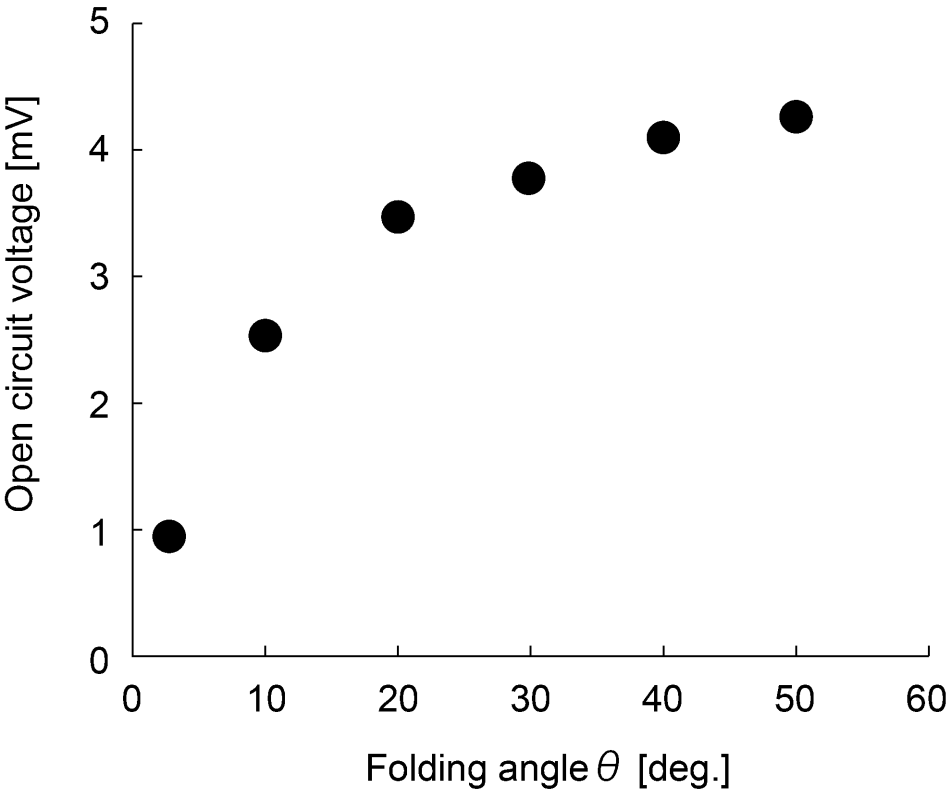
【図 7】



【図 8】



【図 9】



10

20

30

40

50