

(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
2020年6月4日(04.06.2020)



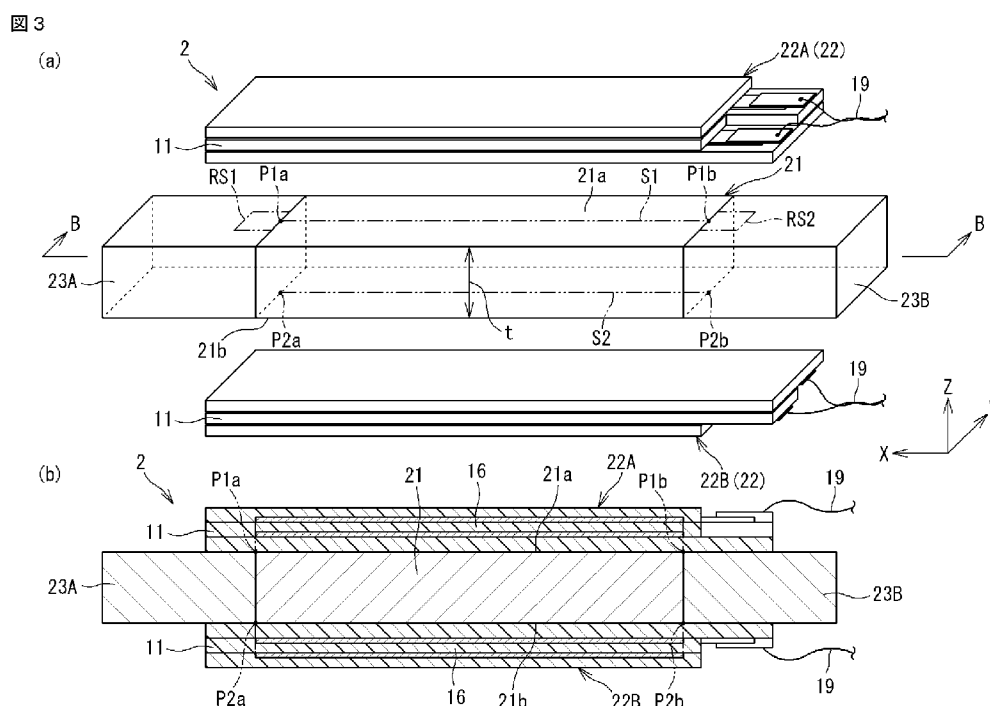
(10) 国際公開番号

WO 2020/111073 A1

- (51) 国際特許分類:
G01B 7/16 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/046213
- (22) 国際出願日: 2019年11月26日(26.11.2019)
- (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 2018-222504 2018年11月28日(28.11.2018) JP
- (71) 出願人: バンドー化学株式会社
(**BANDO CHEMICAL INDUSTRIES, LTD.**) [JP/
JP]; 〒6500047 兵庫県神戸市中央区港島南
町4丁目6番6号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 大高 秀夫(**OTAKA, Hideo**); 〒6500047
兵庫県神戸市中央区港島南町4丁目6番6
号 バンドー化学株式会社内 Hyogo (JP). 堤
幹夫(**TSUTSUMI, Mikio**); 〒6500047 兵庫県神
戸市中央区港島南町4丁目6番6号 バン
ドー化学株式会社内 Hyogo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人サンクレスト国際特許事
務所(**SUNCREST PATENT AND TRADEMARK
ATTORNEYS**); 〒6500023 兵庫県神戸市中央区
栄町通四丁目1番11号 Hyogo (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,

(54) Title: SENSOR BODY AND SENSOR DEVIE

(54) 発明の名称: センサ本体、及び、センサ装置



(57) Abstract: This sensor body is provided with a plate-like flexible intermediate layer which is extendible and contractible in a surface direction, a first sensor element which is stacked on one surface of the intermediate layer, and a second sensor element which is stacked on the other surface of the intermediate layer, which is located on the reverse side of the one surface, wherein the sensor body is characterized in that: the first sensor element is configured to be capable of detecting a length corresponding to the length of a first reference line segment on the one surface of the intermediate

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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

layer; and the second sensor element is configured to be capable of detecting a length corresponding to the length of a second reference line segment which is located on the other surface of the intermediate layer and is parallel to the first reference line segment.

(57) 要約: 面方向に伸縮可能な柔軟性を有する板状の中間層と、前記中間層の一の面に積層された第1センサ素子と、前記一の面と対向する前記中間層の他の面に積層された第2センサ素子とを備え、前記第1センサ素子は、前記中間層の一の面における第1基準線分の長さに相当する長さを検出可能に構成され、前記第2センサ素子は、前記第1基準線分と平行な、前記中間層の他の面における第2基準線分の長さに相当する長さを検出可能に構成されていることを特徴とするセンサ本体。

明 細 書

発明の名称： センサ本体、及び、センサ装置

技術分野

[0001] 本発明は、センサ本体、及び、このセンサ本体を備えたセンサ装置に関する。

背景技術

[0002] 人体等の関節の曲げ角度を計測する手法としては、種々の手法が提案されている。

例えば、特許文献１には、人体の関節部分に装用され、関節の曲げ角度を検出する関節角度センサが提案されている。この関節角度センサは、エラストマー製の誘電膜の両面に導電性エラストマーからなる電極膜が設けられた弾性変形可能な静電容量型センサと、該静電容量型センサにおける一方の該電極膜側に重ね合わされて該静電容量型センサの曲げ変形の形状を規定する変形規定部材と、を含む。

[0003] 特許文献１に記載された関節角度センサは、ポリイミドやポリエチレン、バネ鋼などからなる変形規定部材を有している。この関節角度センサは、上記変形規制部材によって上記静電容量型センサの変形を特定の変形態様に制限しつつ、当該静電容量型センサを変形させて、人体の関節角度を測定する。

特許文献１によれば、上記関節角度センサを用いることにより、人体の関節の動きを制限しないで装用者の不快感を回避しつつ、人体の関節の曲げ角度を精度良くかつ優れた応答性をもって検出することができるとされている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：特開２０１５－２１７１２７号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献 1 に記載された関節角度センサは変形規制部材を備えている。この変形規制部材は上記静電容量型センサの変形態様を制限するために必要な剛性を有している。そのため、この関節角度センサによって関節の曲げ角度を測定する場合、上記変形規制部材によって関節の動きが制限されるおそれがある。また、上記関節角度センサによって、関節の動きを制限することなく関節の曲げ角度を測定するためには、上記関節角度センサの取り付け箇所や取り付け方法が著しく制限される。

[0006] また、特許文献 1 に記載された関節角度センサは、静電容量型センサを所定の演算モデルに合致するように変形させて関節角度を測定する。この演算モデルは膝関節のような自由度を 1 軸とみなすことできる関節を想定したものである。そのため、上記関節角度センサは、手首の関節のような 2 軸以上の自由度を有する関節の曲げ角度の測定には適していなかった。

この理由は、特許文献 1 に記載された関節角度センサを用いて 2 軸以上の自由度を有する関節の曲げ角度の測定を試みた場合、一方の軸の関節の曲げに合わせて静電容量型センサの変形が規制されるため、他方の軸の関節の自由な曲げが阻害されるからである。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明者らは、このような状況のもと、2 軸以上の自由度を有する関節であっても、その曲げ角度を正確に測定することができるセンサ装置を提供すべく鋭意検討を行い、新たなセンサ本体及びセンサ装置を完成した。

[0008] (1) 本発明のセンサ本体は、面方向に伸縮可能な柔軟性を有する板状の中間層と、

上記中間層の一の面に積層された第 1 センサ素子と、

上記一の面と対向する上記中間層の他の面に積層された第 2 センサ素子とを備え、

上記第 1 センサ素子は、上記中間層の一の面における第 1 基準線分の長さに相当する長さを検出可能に構成され、

上記第2センサ素子は、上記第1基準線分と平行な、上記中間層の他の面における第2基準線分の長さに相当する長さを検出可能に構成されていることを特徴とする。

[0009] 上記センサ本体によれば、板状の中間層の両面のそれぞれにセンサ素子（第1センサ素子及び第2センサ素子）を備えている。そのため、これらのセンサ素子によって、上記中間層の両面のそれぞれに設定された第1基準線分の長さに相当する長さ及び第2基準線分の長さに相当する長さの変化を計測することができる。

上記センサ本体は、第1基準線分の長さに相当する長さの変化及び第2基準線分の長さに相当する長さの変化の計測結果を利用し、両者の長さの変化量の差に基づいてセンサ本体の曲げ角度を算出することができ、両者の平均長さの変化量に基づいてセンサ本体の伸び量を算出することができる。

そのため、上記センサ本体を測定対象物に装着して使用すれば、測定対象物の曲げ角度及び伸び量を測定することができる。これらの具体的な算出手法については後述する。

以下、本明細書において、単に「第1基準線分の長さ」と表記した場合、この「第1基準線分の長さ」は「第1基準線分の長さに相当する長さ」含む概念とし、単に「第2基準線分の長さ」と表記した場合、この「第2基準線分の長さ」は「第2基準線分の長さに相当する長さ」を含む概念とする。

[0010] (2) 上記センサ本体において、上記第1センサ素子及び上記第2センサ素子は、いずれも静電容量型センサ素子であることが好ましい。

上記静電容量型センサ素子としては、エラストマー製の誘電層と、上記誘電層の上面に形成された第1電極層と、上記誘電層の下面に形成された第2電極層とを含み、上記第1電極層及び上記第2電極層の対向する部分を検出部とし、上記誘電層の変形に応じて、上記検出部の静電容量が変化する、センサ素子が好ましい。

このような静電容量型センサ素子は、上記センサ本体の変形を阻害することなく、上記センサ本体が変形した際に生じる上記第1基準線分の長さに相

当する長さの変化及び第2基準線分の長さに相当する長さの変化を計測するのに適している。そのため、上記静電容量型センサ素子を備えた上記センサ本体は、測定対象物が変形した際における曲げ角度や伸び量を測定するのに特に適している。

[0011] (3) 上記センサ本体は、上記中間層と同一厚さで、上記中間層より剛性の高い板状の取付け部材を更に備え、上記取付け部材は、上記中間層の第1基準線分の両端外方のそれぞれに設けられていることが好ましい。

このような構成を備えたセンサ本体は、測定対象物の変形時の曲げ角度や伸び量をより正確に測定することができる。

また、上記センサ本体は、上記取付け部材を測定対象物に固定することで測定対象物に装着し、測定対象物の曲げ角度を測定するのに特に適している。

[0012] (4) 上記センサ本体は、人体の関節角度の計測に用いられることが好ましい。

人体には、2軸自由度（又は2軸以上の自由度）の関節が多数存在するため、上記センサ本体の測定対象物として特に適している。

[0013] (5) 本発明のセンサ装置は、上記センサ本体と、解析装置と、を備え、

上記解析装置は、上記センサ本体が変形した際における上記第1基準線分の長さに相当する長さの変化及び上記第2基準線分の長さに相当する長さの変化を計測し、得られた計測結果に基づいて測定対象物の曲げ角度及び伸び量を算出することを特徴とする。

上記センサ装置は、上記センサ本体を備えているため、測定対象物が変形した際の曲げ角度及び伸び量の一方または両方を測定することができ、曲げ角度と伸び量とを同時に測定することができる。

発明の効果

[0014] 本発明によれば、測定対象物の伸び量及び／又は曲げ角度を容易に、かつ正確に計測することができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]本発明の実施形態に係るセンサ装置を示す概略図である。

[図2]図2 (a) は、本発明の実施形態に係るセンサ本体が備えるセンサ素子の一例を示す斜視図であり、図2 (b) は図2 (a) のA-A線断面図である。

[図3]図3 (a) は、本発明の実施形態に係るセンサ本体を示す分解斜視図であり、図3 (b) は図3 (a) に示したセンサ本体のB-B線断面図である。

[図4]図4 (a) ～図4 (c) は、本実施形態に係るセンサ本体2の変形状態を把握するための手法を説明するための模式図である。

[図5]図5 (a) ～図5 (c) は、本発明の実施形態に係るセンサ本体の使用方法の一例を説明するための図である。

[図6]本発明の実施形態に係るセンサ本体の使用方法の別の一例を説明するための図である。

[図7]本発明の実施形態に係るセンサ本体の使用方法の別の一例を説明するための図である。

[図8]図8 (a) は本発明の実施形態に係るセンサ本体の使用方法の別の一例を説明するための図であり、図8 (b) は本発明の実施形態に係るセンサ本体の特性を説明するための図である。

[図9]本発明の実施形態に係るセンサ装置の解析装置が備える検出回路の一例を説明するための図である。

[図10]図10 (a) は、本発明の実施形態に係るセンサ本体の別の一例を示す斜視図であり、図10 (b) は図10 (a) のC-C線断面図である。

[図11]図11 (a) は、本発明の実施形態に係るセンサ本体が備えるセンサ素子の別の一例を示す斜視図であり、図11 (b) は図11 (a) のD-D線断面図である。

[図12]本発明の実施形態に係るセンサ本体の別の一例を示す断面図である。

[図13]図13 (a) は、本実施例で作製したセンサ本体を模式的に示す平面図であり、図13 (b) は図13 (a) のE-E線断面図である。

[図14]センサ本体を取り付けた測定治具を示す写真である。

[図15]図15(a)及び図15(b)は、曲げ評価1を説明するための図である。

[図16]実施例で行った曲げ評価1の結果を示すグラフである。

[図17]実施例で行った曲げ評価2の結果を示すグラフである。

[図18]実施例で行った伸び評価の結果を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0016] 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。

(第1実施形態)

図1は、本発明の実施形態に係るセンサ装置を示す概略図である。

図2(a)は、本発明の実施形態に係るセンサ本体が備えるセンサ素子の一例を示す斜視図であり、図2(b)は図2(a)のA-A線断面図である。

図3(a)は、本発明の実施形態に係るセンサ本体を示す分解斜視図であり、図3(b)は図3(a)に示したセンサ本体のB-B線断面図である。

[0017] 本実施形態に係るセンサ装置1は、図1に示すように、静電容量型センサ素子22(図2(a)、(b)参照)を備えたセンサ本体2と、センサ本体2と電氣的に接続された解析装置3と、解析装置3での計測結果を表示するための表示器4とを備える。

センサ本体2は、図3(a)及び図3(b)に示すように、板状の中間層21と、中間層21の両面(上面及び下面)のそれぞれに積層された2つのセンサ素子22(第1センサ素子22A及び第2センサ素子22B)と、中間層21と同一厚さの板状体からなり、中間層21を長手方向に挟むように設けられた取付け部材23A、23Bとを備える。

本発明の実施形態の説明では、図3(a)に示すように、中間層21の長手方向(図3(a)における左右方向)をX方向、中間層21の厚さの方向(図3(a)における上下方向)をZ方向、X方向及びZ方向に垂直な方向をY方向という。

[0018] 中間層21は、エラストマー組成物等からなる板状体である。中間層21

は、自然状態では形状を保持しつつ、外力が負荷されると、その外力に応じて伸縮、湾曲、屈曲等の自由な変形が可能な部材である。

中間層 2 1 の両面には、接着剤層（図示せず）を介して第 1 センサ素子 2 2 A 及び第 2 センサ素子 2 2 B が積層されている。

第 1 センサ素子 2 2 A 及び第 2 センサ素子 2 2 B は、同一のセンサ素子である。

第 1 センサ素子 2 2 A 及び第 2 センサ素子 2 2 B を中間層に固定するための接着剤層は、中間層 2 1 やセンサ素子 2 2 A、2 2 B の変形を阻害しない柔軟な接着剤層である。

[0019] 取付け部材 2 3 A、2 3 B は、中間層 2 1 の長手方向（X 方向）の両端外方に接着剤層（図示せず）を介して固定されている。

取付け部材 2 3 A、2 3 B は、いずれも中間層 2 1 と同一厚さを有する部材である。

また、取付け部材 2 3 A、2 3 B は、ポリエチレンテレフタレート（PET）等からなり、中間層 2 1 よりも十分に剛性の高い部材である。取付け部材 2 3 A、2 3 B は、使用条件下では実質的に変形しない部材であることが好ましい。取付け部材 2 3 A、2 3 B の材質は PET に限定されるわけではなく、取付け部材 2 3 A、2 3 B は、例えば、十分な剛性を有する他の樹脂からなるものであっても良いし、金属や木材等からなるものであっても良い。

[0020] センサ素子 2 2 は、図 2（a）及び図 2（b）に示すように、エラストマー組成物からなるシート状の誘電層 1 1 と、誘電層 1 1 のおもて面に形成された表側電極層（第 1 電極層）1 2 A と、誘電層 1 1 の裏面に形成された裏側電極層（第 2 電極層）1 2 B と、表側電極層 1 2 A に連結された表側配線 1 3 A と、裏側電極層 1 2 B に連結された裏側配線 1 3 B と、表側配線 1 3 A の表側電極層 1 2 A と反対側の端部に取り付けられた表側接続部 1 4 A と、裏側配線 1 3 B の裏側電極層 1 2 B と反対側の端部に取り付けられた裏側接続部 1 4 B と、誘電層 1 1 の表側及び裏側のそれぞれに積層された表側保

護層 15 A 及び裏側保護層 15 B と、を備える。

センサ素子 22 は、表側接続部 14 A 及び裏側接続部 14 B のそれぞれにリード線 19 が接続され、このリード線 19 を介して解析装置 3（図 1 参照）に接続される。

[0021] 表側電極層 12 A と裏側電極層 12 B とは、同一の平面視形状を有しており、誘電層 11 を挟んで表側電極層 12 A と裏側電極層 12 B とは全体が対向している。センサ素子 22 は、表側電極層 12 A と裏側電極層 12 B との対向した部分を検出部 16 とする。

本発明の実施形態において、静電容量型センサ素子が備える表側電極層 12 A と裏側電極層 12 B とは、必ずしも誘電層を挟んでその全体が対向している必要はなく、少なくともその一部が対向していれば良い。

[0022] センサ素子 22 は、誘電層 11 がエラストマー組成物からなる。そのため、センサ素子 22 は、面方向や厚さ方向の伸縮、屈曲、湾曲等の変形が可能である。

誘電層 11 が変形した際には、センサ素子 22 の検出部 16 の静電容量が誘電層 11 の変形量（電極層の面積変化）と相関をもって変化する。

よって、上記検出部の静電容量の変化を検出することで、センサ素子 22 の変形量を検出することができる。

[0023] センサ素子 22 は、センサ本体 2 において、中間層 21 の両面（上面及び下面）のそれぞれに設けられている。

センサ素子 22 では、当該センサ素子 22 の検出部 16 の X 方向両端縁が、中間層 21 の X 方向両端縁とセンサ本体の厚さ方向（Z 方向）で重なるように、中間層 21 に積層されている。

[0024] センサ本体 2 は、中間層 21 の上面 21 a における X 方向両端縁のそれぞれの中点 P1 a、P1 b を結ぶ線分を第 1 基準線分 S1 とし、中間層 21 の下面 21 b における X 方向両端縁のそれぞれの中点 P2 a、P2 b を結ぶ線分を第 2 基準線分 S2 とする。

従って、センサ本体 2 では、中間層 21 の上下面に設定した第 1 基準線分

S 1 及び第 2 基準線分 S 2 のそれぞれとセンサ素子 2 2 の検出部 1 6 とが厚さ方向で重なるように、センサ素子 2 2 が中間層 2 1 の両面に設けられているともいえる。

[0025] センサ本体 2 は、センサ本体 2 の中間層 2 1 が変形した際に、センサ素子 2 2 によって第 1 基準線分 S 1 及び第 2 基準線分 S 2 のそれぞれの長さの変化量を測定する。

センサ素子 2 2 の検出部 1 6 は、中間層 2 1 が変形して第 1 基準線分 S 1 及び第 2 基準線分 S 2 の長さが変化した際に、この変形に追従して変形し、その結果、検出部 1 6 の静電容量が変化する。従って、上記検出部の静電容量の変化量に基づいて、第 1 基準線分 S 1 及び第 2 基準線分 S 2 の長さの変化量を算出することができる。

本実施形態に係るセンサ本体 2 において、第 1 基準線分 S 1 の長さに相当する長さとは、センサ素子 2 2 A が備える検出部 1 6 の長手方向（図 3 中、X 方向）の長さであり、第 2 基準線分 S 2 の長さに相当する長さとは、センサ素子 2 2 B が備える検出部 1 6 の長手方向（図 3 中、X 方向）の長さである。

[0026] センサ本体 2 は、第 1 基準線分 S 1 及び第 2 基準線分 S 2 の長さの変化量に基づいて、センサ本体 2 の変形状態（曲げ角度や伸び量）を取得することができる。

具体的には、センサ本体 2 は、中間層 2 1 が変形した際に生じる、中間層 2 1 の中心部分の長さの変化を伸び量として把握し、第 1 基準面 R S 1 と第 2 基準面 R S 2 とのなす角の大きさを曲げ角度として把握することができる。

そのため、センサ本体 2 は、伸縮変形及び曲げ変形する測定対象物に所定の態様で装着し、上述した中間層 2 1 が変形した際に生じる上記長さの変化や上記角の大きさの変化を計測することで、測定対象物の伸び量や曲げ角度を計測することができる。

センサ本体 2 は、下面側にセンサ本体 2 を測定対象物に貼り付けるための

粘着剤層（図示せず）を備えており、上記粘着剤層によってセンサ本体 2 を測定対象物に装着することができる。

なお、本発明の実施形態において、上記センサ本体は必ずしも粘着剤層を備えていなくても良い。

[0027] センサ本体 2 においては、中間層 2 1 の厚さ方向（図 3 中、Z 方向）において、第 1 基準線分 S 1 と第 2 基準線分 S 2 とから等距離にある線分の長さを、中間層 2 1 の中心部分の長さとする。

また、センサ本体 2 では、中間層 2 1 の上面 2 1 a と同一平面内であって、第 1 基準線分 S 1 の端点 P 1 a を含み、端点 P 1 a より外方（第 1 基準線分 S 1 側と反対側）の任意の領域を第 1 基準面（図 3（a）中、RS 1）し、中間層 2 1 の上面 2 1 a と同一平面内であって、第 1 基準線分 S 1 の端点 P 1 b を含み、端点 P 1 b より外方の任意の領域を第 2 基準面（図 3（a）中、RS 2）とする。従って、センサ本体 2 では、取付け部材 2 3 A の上面は第 1 基準面 RS 1 に相当し、取付け部材 2 3 B の上面は第 2 基準面 RS 2 に相当する。

センサ本体 2 は、センサ本体 2 の曲げ角度を第 1 基準面 RS 1 と第 2 基準面 RS 2 とのなす角度として算出する。

[0028] センサ本体 2 による測定対象物の伸び量や曲げ角度の測定手法について、図面を参照しながら説明する。

図 4（a）～図 4（c）は、本実施形態に係るセンサ本体 2 の変形状態を把握するための手法を説明するための模式図である。なお、図 4（a）～図 4（c）では、図面を簡略化するために第 1 センサ素子 2 2 A 及び第 2 センサ素子 2 2 B を省略している。

センサ本体 2 が、図 4（a）に示すような初期状態から、図 4（b）に示すような状態に変形した場合、センサ本体 2 は、中間層 2 1 が面方向に伸びたことになる。

この場合、第 1 基準線分 S 1 の長さは $L_{0(S1)}$ から $L_{1(S1)}$ に変化し、第 2 基準線分 S 2 の長さは $L_{0(S2)}$ から $L_{1(S2)}$ に変化する。このとき、第 1 基準

線分 S 1 の長さの変化量は第 1 センサ素子 2 2 A の変形量によって検出することができ、第 2 基準線分 S 2 の長さの変化量は第 2 センサ素子 2 2 B の変形量によって検出することができる。これは、中間層 2 1 の上面 2 1 a の変形に追従して第 1 センサ素子 2 2 A が変形すると、第 1 センサ素子 2 2 A の検出部 1 6 の静電容量が変化し、中間層 2 1 の下面 2 1 b の変形に追従して第 2 センサ素子 2 2 B が変形すると、第 2 センサ素子 2 2 B の検出部 1 6 の静電容量が変化するためである。

[0029] そして、第 1 基準線分 S 1 の長さの変化量 ($L_{1(S1)} - L_{0(S1)}$) と第 2 基準線分 S 2 の長さの変化量 ($L_{1(S2)} - L_{0(S2)}$) とを比較する。この場合、両者の変化量の差はゼロとなる。このことからセンサ本体 2 には伸縮変形のみが生じ、曲げ変形は生じていないことを把握することができる。

また、第 1 基準線分 S 1 の長さの変化量と第 2 基準線分 S 2 の長さの変化量との平均値 (第 1 基準線分 S 1 の長さの変化量及び第 2 基準線分 S 2 の長さの変化量のそれぞれと同値) をセンサ本体 2 の伸び量とする。

[0030] 一方、センサ本体 2 が、図 4 (a) に示すような初期状態から、図 4 (c) に示すような状態に変形した場合、センサ本体 2 は、中間層 2 1 が曲げ変形したことになる。

この場合、第 1 基準線分 S 1 の長さは $L_{0(S1)}$ から $L_{2(S1)}$ に変化し、第 2 基準線分 S 2 の長さは $L_{0(S2)}$ から $L_{2(S2)}$ に変化する。このときも、第 1 基準線分 S 1 の長さの変化量は第 1 センサ素子 2 2 A の変形量によって検出することができ、第 2 基準線分 S 2 の長さの変化量は第 2 センサ素子 2 2 B の変形量によって検出することができる。

センサ本体 2 では、中間層 2 1 に曲げ変形のみが発生し、伸縮変形が発生しなかった場合、第 1 基準線分 S 1 及び第 2 基準線分 S 2 は、一方が伸長し、他方が収縮する。また、曲げ変形のみが発生した場合は、第 1 基準線分 S 1 の長さと第 2 基準線分 S 2 の長さの合計値は、曲げ変形の前後で変化せず一定値となる。

[0031] 図 4 (c) に示した例において、変形後のセンサ本体 2 は、

(1) $L_{2(S1)} < L_{0(S1)}$ 、かつ $L_{2(S2)} > L_{0(S2)}$ となっている。このことから、センサ本体2が曲げ変形していること、及び、曲げ変形の向きを把握することができる。

また、センサ本体2は、

(2) $L_{0(S1)} + L_{0(S2)} = L_{2(S1)} + L_{2(S2)}$ である。このことから、センサ本体2が伸縮変形しておらず、センサ本体2に発生した変形が曲げ変形のみであることを把握することができる。

なお、変形前後のセンサ本体2において、 $L_{0(S1)} + L_{0(S2)} \neq L_{2(S1)} + L_{2(S2)}$ となっている場合は、センサ本体2が少なくとも伸長又は伸縮していることを意味する。

[0032] そして、第1基準線分S1の長さの変化量 ($L_{2(S1)} - L_{0(S1)}$) 及び第2基準線分S2の長さの変化量 ($L_{2(S2)} - L_{0(S2)}$) のそれぞれを算出することによって、センサ本体2の曲げ角度を把握することができる。

具体的には、下記式(1)～(3)を用いて、上記曲げ角度としての第1基準面RS1と第2基準面RS2とのなす角を取得することができる。

第1基準面RS1と第2基準面RS2とのなす角度を θ (rad)、センサ本体2の中間層21の厚さを t とすると、第1基準線分S1の長さ $L_{2(S1)}$ と第2基準線分S2の長さ $L_{2(S2)}$ との関係は、

$$L_{2(S2)} = L_{2(S1)} + \theta t \cdots (1)$$

となり、第1基準線分S1の長さと第2基準線分S2の長さの差は、

$$L_{2(S2)} - L_{2(S1)} = \theta t \cdots (2)$$

で表される。よって、上記 θ は、

$$\theta \text{ (rad)} = (L_{2(S2)} - L_{2(S1)}) / t \cdots (3)$$

となる。

従って、第1基準線分S1の長さ $L_{2(S1)}$ と第2基準線分S2の長さ $L_{2(S2)}$ とに基づいて、センサ本体2の曲げ角度を算出することができる。

また、本発明の実施形態に係るセンサ本体は、2つの基準線分の長さに基づいて曲げ角度を算出しているため、キャリブレーションを行わなくても、

上記曲げ角度を精度良く測定することができる。

[0033] 更に、センサ本体 2 は、中間層 2 1 が伸びつつ、同時に曲げ変形した場合、伸び量と曲げ角度とを個別に算出することができる。

センサ本体 2 は、既に説明した通り、曲げ変形した場合、第 1 基準線分 S 1 及び第 2 基準線分 S 2 の一方が伸長し他方が収縮するように変形しつつ、第 1 基準線分 S 1 及び第 2 基準線分 S 2 のそれぞれの長さの和は一定に保たれる。

また、センサ本体 2 が伸びた場合には、第 1 基準線分 S 1 及び第 2 基準線分 S 2 のそれぞれの伸び量は同一である。

そのため、センサ本体 2（中間層 2 1）が変形した際には、まずは、第 1 基準線分 S 1 及び第 2 基準線分 S 2 のそれぞれの変形量に基づいて、センサ本体 2 の変形状態が、（a）曲げ変形のみ、（b）伸縮変形のみ、及び（c）曲げ変形及び伸縮変形の複合変形、のいずれであるかを判断する。そして、センサ本体 2 の変形状態が（a）曲げ変形のみ、又は（b）伸縮変形のみの場合には、曲げ角度又は伸び量を上述した方法で取得すれば良い。

[0034] 一方、センサ本体 2（中間層 2 1）の変形状態を上記（c）の複合変形と判断した場合は、曲げ角度及び伸び量のそれぞれを取得する。

まず、上述した伸び量の取得方法と同様にして、第 1 基準線分 S 1 の長さの変化量と第 2 基準線分 S 2 の長さの変化量との平均値を算出する。この値を上述した通り、センサ本体 2 の伸び量とする。

次に、変形後の第 1 基準線分 S 1 及び第 2 基準線分 S 2 のそれぞれの長さ、と、変形後の第 1 基準線分 S 1 及び第 2 基準線分 S 2 の長さの平均値との差を算出し、上記平均値より長い分を伸長量、上記平均値より短い分を収縮量とする。そして、これらの値を用いて、上述した計算手法により曲げ角度を算出する。

このようにセンサ本体 2 は、中間層 2 1 が伸縮変形しつつ、同時に曲げ変形した場合、伸び量と曲げ角度とを個別に算出することができる。そのため、センサ本体 2 を用いることで測定対象物の変形状態を把握することができる。

る。

[0035] センサ本体 2 の中間層 2 1 は、複合変形することができる。そして、中間層 2 1 は、伸長及び収縮に伴い、厚さが変化する。

一方、センサ本体 2 が伸縮変形しつつ、曲げ変形した場合の上述した曲げ角度 θ の算出手法（上記式（1）～（3）を用いた算出手法）は、中間層 2 1 の厚さの変化を無視している（中間層 2 1 は、変形時に初期厚さが維持されるとみなしている）。この手法でも上記曲げ角度の凡そ値は算出することができる。

これに対して、より高精度で上記曲げ角度 θ を算出することができる観点から、上記曲げ角度 θ の算出は、中間層 2 1 の伸縮に伴う厚さの変化を考慮して行うことが好ましい。

[0036] 以下、中間層 2 1 の厚さの変化を考慮した曲げ角度 θ の算出手法を説明する。

中間層 2 1 は、例えばエラストマー組成物等からなる部材である。そこで、下記の算出手法では、中間層 2 1 は伸縮しても体積が一定であり、かつ伸縮の方向性が無い（換言すると、中間層 2 1 が長手方向に伸びた際に、幅方向及び厚さ方向のそれぞれで生じる収縮の比率が同じ比率である）として、曲げ角度の算出を行う。

中間層 2 1 の初期長さ（未伸長状態における第 1 基準線分 S 1 及び第 2 基準線分 S 2 のそれぞれの長さに同じ）を L_0 、複合変形した後の中間層 2 1 の長さ（変形後の第 1 基準線分 S 1 の長さ $L_{3(S1)}$ 及び変形後の第 2 基準線分 S 2 の長さ $L_{3(S2)}$ の平均値）を L_1 、中間層 2 1 の初期厚さを t_0 、中間層 2 1 の変形後の厚さを t_1 とすると、変形後の中間層 2 1 の厚さは、下記式（4）で表される。

[0037] [数1]

$$t_1 = t_0 \sqrt{\frac{L_0}{L_1}} \quad \dots(4)$$

従って、中間層 2 1 の厚さの変化を考慮した場合、曲げ角度 θ (rad)

は下記式（５）で算出することができる。

[0038] [数2]

$$\theta(rad) = \frac{L_3(S1) - L_3(S2)}{t_0} \sqrt{\frac{L_1}{L_0}} \dots (5)$$

[0039] このように、中間層 2 1 の厚さの変化を考慮して曲げ角度を算出することより、センサ本体 2（中間層 2 1）の変形時の曲げ角度をより正確に算出することができる。従って、この手法を採用することで、測定対象物の曲げ角度をより精度良く測定することができる。

なお、ここで採用した算出手法は、中間層 2 1 について、伸縮しても体積が一定であり、かつ伸縮の方向性が無いことを前提条件として、変形時の中間層の厚さの変化を算出する。一方、上記中間層の厚さの変化を算出する際の前提条件は、上記の条件に限定されず、中間層 2 1 の特性に応じて設定すれば良い。

[0040] 本実施形態のセンサ本体 2 は、上述した通り、中間層 2 1 の両面に静電容量型のセンサ素子 2 2（第 1 センサ素子 2 2 A 及び第 2 センサ素子 2 2 B）が積層されており、センサ素子 2 2 が有する検出部 1 6 の静電容量に基づいて、中間層 2 1 の第 1 基準線分 S 1 の長さ及び第 2 基準線分 S 2 の長さのそれぞれを算出している。

そのため、ここまで説明した本実施形態における曲げ角度の算出手法は、センサ素子 2 2 の検出部 1 6 と中間層 2 1 の両面に設定された第 1、第 2 基準線分 S 1、S 2 との厚さ方向の距離を考慮せず、検出部 1 6 の静電容量の測定値から算出される長さを第 1、第 2 基準線分 S 1、S 2 の長さに相当する長さとして認定している。この手法を採用した場合も、上記曲げ角度は測定することができる。

一方、中間層 2 1 の両面にセンサ素子 2 2 を積層した場合、センサ素子 2 2 の検出部 1 6 は、中間層 2 1 の両面から離れているため、センサ本体 2（中間層 2 1）が曲げ変形した際の検出部の変形量は、第 1 基準線分 S 1 及び第 2 基準線分 S 2 の変形量に比べて大きくなる。これは、検出部 1 6 が、裏

側保護層 15B の厚さとセンサ素子 22 を中間層 21 に固定するための接着剤層（接着剤層を有する場合に限る）の厚さとの合計厚さ分、中間層 21 の表面から離間しているからである。

従って、本実施形態のように第 1 基準線分 S1 及び第 2 基準線分 S2 の変形量を上記検出部の静電容量に基づいて算出する際には、上記合計厚さを考慮した補正を行うことが好ましい。これにより高精度で上記曲げ角度 θ を算出することができる。具体的には、中間層のみの厚さではなく、上記合計厚さに基づいて、曲げ角度 θ の算出に用いる初期厚さ及び変形後厚さを設定すれば良い。

[0041] 本実施形態に係るセンサ本体 2 は、例えば、人体の肘の曲げ角度の測定に用いることができる。図 5 (a) ~ 図 5 (c) は、本実施形態に係るセンサ本体の使用方法の一例を説明するための図である。

[0042] 図 5 (a) に示すように、センサ本体 2 を肘の外側部分に装着する。センサ本体 2 は、取付け部材 23A、23B の下面側に粘着剤層を設け、この粘着剤層によって肘関節部分に固定する。

このとき、センサ本体 2 は、第 1 基準面 RS1（取付け部材 23A の上面）が上腕骨軸とほぼ平行になり、第 2 基準面 RS2（取付け部材 23B の上面）が尺骨軸とほぼ平行になるように装着する。

この状態で、図 5 (a) に示す状態から、図 5 (b) 及び図 5 (c) に示す状態になるように、肘を曲げる動作を行う。そうすると、肘の曲げ状態に応じてセンサ本体 2（中間層 21）が変形する。その結果、センサ本体 2 の曲げ角度を計測することができ、上述した通り、第 1 基準面 RS1 と上腕骨軸、及び第 2 基準面 RS2 と尺骨軸がほぼ平行な状態にあるため、上記センサ本体 2 の曲げ角度に基づいて、肘関節の曲げ角度を取得することができる。

[0043] 上述した肘関節は 1 軸自由度の関節である。

一方、センサ本体 2 は、1 軸自由度の関節だけでなく、2 軸以上の自由度を有する関節の曲げ角度の測定にも好適に使用することができる。

具体的には、本実施形態に係るセンサ本体 2 は、人体の手首の曲げ角度の測定にも用いることができる。図 6、図 7 は、それぞれ本実施形態に係るセンサ本体の使用方法的別の一例を説明するための図である。

[0044] 図 6 に示すように、センサ本体 2 を手の甲に装着する。センサ本体 2 は、取付け部材 2 3 A、2 3 B の下面側に粘着剤層を設け、この粘着剤層によって手の甲に固定する。

このとき、センサ本体 2 は、例えば、第 1 基準面 R S 1（取付け部材 2 3 A の上面）が尺骨軸とほぼ平行になり、第 2 基準面 R S 2（取付け部材 2 3 B の上面）が第 3 中手骨の軸とほぼ平行になるように装着する。

この状態で、図 6 に示す状態になるように、手首を曲げる動作（掌屈及び背屈）を行う。そうすると、手首の曲げ状態に応じてセンサ本体 2（中間層）が変形する。その結果、センサ本体 2 の曲げ角度を計測することができ、上述した通り、第 1 基準面 R S 1 と尺骨軸、及び第 2 基準面 R S 2 と第 3 中手骨の軸がほぼ平行な状態にあるため、上記センサ本体 2 の曲げ角度に基づいて、手首を掌屈させた際や手首を背屈させた際の曲げ角度を取得することができる。

[0045] ここで、手首は 2 軸以上の自由度を有する関節であるため、図 7 に示すように手首を曲げる動作（撓屈及び尺屈）を行うこともできる。そのため、図 6 に示したようにセンサ本体 2 を手の甲に貼り付けた状態で、手首の撓屈及び尺屈を行った場合、図 7 に示すようにセンサ本体 2 の中間層 2 1 が座屈するように変形してしまうことがある。

センサ本体 2 は、図 7 に示すように中間層 2 1 が座屈したとしても、手首の掌屈時や背屈時における測定値には影響を及ぼさない。センサ本体 2 は、中間層 2 1 の両面にある第 1 基準線分 S 1 及び第 2 基準線分 S 2 の長さの差に基づいて曲げ角度を算出しているからである。

よって、本実施形態に係るセンサ本体 2 は、手首の関節等の 2 軸以上の自由度を有する関節の曲げ角度の取得にも適している。

[0046] 本実施形態に係るセンサ本体 2 は、図 5（a）～図 5（c）に示したように

、センサ本体 2 を肘の外側部分に装着して、肘関節の曲げ角度を測定する場合、使用時にセンサ本体 2 の装着位置にズレが生じて、図 8 (a) に示したように中間層 2 1 に弛みが生じることがある。

このようなセンサ本体 2 の装着位置のズレの原因としては、以下の場合がある。

例えば、粘着剤層の粘着力が不十分な場合がある。

また、センサ本体 2 の装着は、サポータや衣類を介して行うことも可能であるが、このようにして装着した場合、サポータ等の締め付けがゆるみ、その結果、中間層 2 1 に弛みが生じる場合がある。

しかしながら、センサ本体 2 を用いた測定では、中間層 2 1 に弛みが生じたとしても肘関節の曲げ角度を正確に測定することができる。以下、図 8 (b) を参照しながら、その理由を説明する。

[0047] 図 8 (b) は本発明の実施形態に係るセンサ本体の特性を説明するための図である。

図 8 (b) に示す例において、センサ本体 2 は、中間層 2 1 の変形状態によらず第 1 基準面 RS 1 (取付け部材 2 3 A の上面) と第 2 基準面 RS 2 (取付け部材 2 3 B の上面) とのなす角度 θ が一定であり、図 8 (b) では、第 1 基準面 RS 1 と第 2 基準面 RS 2 とが同一平面内にあり、 $\theta = 0$ である。

図 8 (b) に示すように変形したセンサ本体 2 において、中間層 2 1 の第 1 基準線分 S 1 の長さ $L_{4(S1)}$ と第 2 基準線分 S 2 の長さ $L_{4(S2)}$ との関係は、中間層 2 1 の厚さを t (ここでは、中間層 2 1 の厚さは一定とみなす) とすると、下記式 (6) ~ (8) で表すことができる。

[0048] [数 3]

$$L_{4(S1)} = \int_0^{L_{4(S2)}} \frac{\rho_{LS2} + t}{\rho_{LS1}} dL \quad \cdots (6)$$

$$= \frac{\rho_{LS2} + t}{\rho_{LS2}} L_{4(S2)} + \text{const} \quad \cdots (7)$$

$$= L_{4(S2)} + \theta t \quad \cdots (8)$$

[0049] (式(6)、(7)において、 $\rho_{L_{S2}}$ は、第2基準線分S2の変形時の曲率半径である。)

図8(b)に示す例では、 $\theta = 0$ のため、中間層21の第1基準線分S1の長さ $L_{4(S1)}$ と第2基準線分S2の長さ $L_{4(S2)}$ とは、

$$L_{4(S1)} = L_{4(S2)}$$

となる。

このように、中間層21の変形状態を問わず、第1基準面RS1と第2基準面RS2とのなす角度 θ が0(rad)の場合、式(8)における θt が0になり、第1基準線分S1の長さ $L_{4(S1)}$ と第2基準線分S2の長さ $L_{4(S2)}$ とが同一となる。そのため、中間層21に弛みが生じた場合などであっても、 $L_{4(S1)}$ と $L_{4(S2)}$ の差と中間層21の厚さ t とから第1基準面RS1と第2基準面RS2とのなす角度 θ をセンサ本体2の曲げ角度として測定することができる。

また、図8(b)は、第1基準面RS1と第2基準面RS2とのなす角度 θ が0(rad)の場合を示しているが、第1基準面RS1と第2基準面RS2とのなす任意の曲げ角度 θ (rad)は、式(8)を変形させた次の式(9)に基づいて求めることができる。

[0050] [数4]

$$\theta(rad) = \frac{L_{4(S1)} - L_{4(S2)}}{t} \quad \dots(9)$$

[0051] センサ本体2を用いた上述の測定を行うために、センサ装置1は解析装置3を備える。

解析装置3は、センサ本体2が備える第1センサ素子22A及び第2センサ素子22Bのそれぞれの検出部16の静電容量を計測する検出回路3a、取得した静電容量に基づいて第1基準線分S1及び第2基準線分S2のそれぞれの長さを算出し、センサ本体2の伸び量や曲げ角度を算出するための演算部3bを備えている。

図9は、本発明の実施形態に係るセンサ装置の解析装置が備える検出回路

の一例を説明するための図である。

[0052] 検出回路 3 a は、キャリアを発生させるための発振回路 5 1 と、センサ素子 2 2 A、2 2 B のそれぞれに接続された C/V 変換回路 5 2 A、5 2 B と、差動増幅調整機能を有する回路 5 3 とを有する。

検出回路 3 a は、第 1 センサ素子 2 2 A 及び第 2 センサ素子 2 2 B のそれぞれの検出部で検出された静電容量 C を電圧信号 V に変換し、第 1 センサ素子 2 2 A 及び第 2 センサ素子 2 2 B のそれぞれから取得した電気信号の差分を増幅して出力する。

検出回路 3 a から出力された信号は、演算回路 5 4（演算部 3 b）に入力され、センサ本体 2 の伸び量や曲げ角度の算出に用いられる。

解析装置 3 において静電容量を計測するための検出回路の構成はこのような構成に限定されるわけではない。

[0053] 表示器 4 は、モニター 4 a、記憶部 4 b を備えている。

表示器 4 において、モニター 4 a は測定対象物の伸び量や、曲げ角度等の測定結果を表示する。また、記憶部 4 c は、上記測定結果、伸び量や曲げ角度の算出に使用したデータを記憶する。

なお、演算部 3 b 及び表示器 4 としてパソコンやスマートフォン、タブレット等の端末機器を使用しても良い。

[0054]（第 2 実施形態）

本発明の本実施形態に係るセンサ本体は、第 1 実施形態に係るセンサ本体 2 に限定されない。

図 10（a）は、本発明の実施形態に係るセンサ本体の別の一例を示す斜視図であり、図 10（b）は図 10（a）の C-C 線断面図である。

本実施形態に係るセンサ本体 102 は、中間層の両端に取付け部材を備えていない点で、第 1 実施形態のセンサ装置が備えるセンサ本体とは異なる。

センサ本体 102 は、図 10（a）及び図 10（b）に示すように、板状の中間層 121 と、中間層 121 の両面（上面及び下面）のそれぞれに積層された 2 つのセンサ素子 122（第 1 センサ素子 122 A 及び第 2 センサ素

子 1 2 2 B) とを備える。

ここで、センサ本体 1 0 2 が備える 2 つのセンサ素子 1 2 2 (第 1 センサ素子 1 2 2 A 及び第 2 センサ素子 1 2 2 B) は、第 1 実施形態のセンサ本体 2 が備える第 1 センサ素子 2 2 A 及び第 2 センサ素子 2 2 B と同一である。

本実施形態の説明においても、図 1 0 (a) に示すように、中間層 1 2 1 の長手方向を X 方向 (図 1 0 (a) 中、左右方向)、中間層 1 2 1 の厚さの方向を Z 方向、X 方向及び Z 方向に垂直な方向を Y 方向という。

[0055] 中間層 1 2 1 は、中間層 2 1 と同様の部材である。

中間層 1 2 1 の両面には、柔軟な接着剤層 (図示せず) を介して第 1 センサ素子 1 2 2 A 及び第 2 センサ素子 1 2 2 B が積層されている。なお、本実施形態においても接着剤層は必須ではない。

[0056] センサ本体 1 0 2 において、中間層 1 2 1 の上面の中央領域には第 1 基準線分 S 1 1 が設定されている。第 1 基準線分 S 1 1 は、中間層 1 2 1 の上面を Y 方向に 2 分する位置を通るように設定されている。中間層 1 2 1 の下面には、この下面を Y 方向に 2 分する位置を通る第 2 基準線分 S 1 2 が設定されている。第 2 基準線分 S 1 2 は、第 1 基準線分 S 1 1 と厚さ方向 (Z 方向) で重なる位置に設定されており、第 2 基準線分 S 1 2 は第 1 基準線分 S 1 1 と平行である。

中間層 1 2 1 の上面に積層された第 1 センサ素子 1 2 2 A は、当該第 1 センサ素子 1 2 2 A の検出部 1 6 の X 方向両端縁が、第 1 基準線分 S 1 1 の端点 P 1 1 a、P 1 1 b を通り Y 方向に延びる 2 本の仮想線と、センサ本体 1 0 2 の厚さ方向 (Z 方向) で重なるように、中間層 1 2 1 に積層されている。

また、中間層 1 2 1 の下面に積層された第 2 センサ素子 1 2 2 B は、当該第 2 センサ素子 1 2 2 B の検出部 1 6 の X 方向両端縁が、第 2 基準線分 S 1 2 の端点 P 1 2 a、P 1 2 b を通り Y 方向に延びる 2 本の仮想線 V 2 a、V 2 b と、センサ本体 1 0 2 の厚さ方向 (Z 方向) で重なるように、中間層 1 2 1 に積層されている。

[0057] 従って、センサ本体 102 では、中間層 121 の上面に設定した第 1 基準線分 S11 と厚さ方向で検出部 16 が重なるように第 1 センサ素子 122A が設けられ、中間層 121 の下面に設定した第 2 基準線分 S12 と厚さ方向で検出部 16 が重なるように第 2 センサ素子 122B が設けられている。

センサ本体 102 は、センサ本体 2 と同様、センサ本体 102（中間層 121）の伸縮変形による伸び量を、第 1 基準線分 S11 の長さの変化量と第 2 基準線分 S12 の長さの変化量との平均値として算出することができる。

[0058] 更に、センサ本体 102 では、中間層 121 の上面 121a と同一平面内であって、第 1 基準線分 S11 の端点 P11a を含み、端点 P11a より外方（第 1 基準線分 S11 側と反対側）の任意の領域を第 1 基準面（図示せず）とする。また、中間層 121 の上面 121a と同一平面内であって、第 1 基準線分 S11 の端点 P11b を含み、端点 P11b より外方の任意の領域を第 2 基準面（図示せず）とする。この場合、中間層 121 の上面における所定の一部の領域は第 1 基準面に相当し、中間層 121 の上面における所定の他の一部の領域は第 2 基準面に相当する。

センサ本体 102 は、センサ本体 102 の曲げ角度を第 1 基準面と第 2 基準面とのなす角度として算出する。

[0059] センサ本体 102 では、中間層 121 が変形した際に生じる、中間層 121 の中心部の長さの変化を伸び量として、第 1 基準面と第 2 基準面とのなす角度の変化を曲げ角度として把握することができる。

従って、センサ本体 102 は、センサ本体 2 と同様、測定対象物の所定の位置に装着し、センサ本体 102（中間層 121）が変形した際に生じる上記伸び量や上記曲げ角度を計測することで、測定対象物の伸び量や曲げ角度を計測することができる。

ここで、本実施形態のセンサ本体 102 を用いた測定対象物の伸び量や曲げ角度の測定手法は、第 1 実施形態と同様である。

[0060] センサ本体 102 は、下面側にセンサ本体 102 を測定対象物に貼り付けるための粘着剤層（図示せず）を備えている。上記粘着剤層は、例えば、第

1 基準面、第2基準面とZ方向で重なる位置にのみ備えていても良い。

[0061] (第3実施形態)

本発明の実施形態に係るセンサ本体において、当該センサ本体が備えるセンサ素子は、センサ素子22に限定されず、誘電層(第1誘電層)及びその両面に形成された第1電極層及び第2電極層に加えて、第2誘電層及び第3電極層を備えるセンサ素子であっても良い。

図11(a)は、本発明の実施形態に係るセンサ本体が備えるセンサ素子の別の一例を示す斜視図であり、図11(b)は、図11(a)のD-D線断面図である。

[0062] 図11(a)及び図11(b)に示す静電容量型センサ素子40は、エラストマー組成物からなるシート状の第1誘電層41Aと、第1誘電層41Aのおもて面に形成された第1電極層42Aと、第1誘電層41Aの裏面に形成された第2電極層42Bと、第1誘電層41Aの表側に第1電極層42Aを覆うように積層された第2誘電層41Bと、第2誘電層41Bのおもて面に形成された第3電極層42Cとを備える。

更に、センサ素子40は、第1電極層42Aに連結された第1配線43Aと、第2電極層42Bに連結された第2配線43Bと、第3電極層42Cに連結された第3配線43Cと、第1配線43Aの第1電極層42Aと反対側の端部に取り付けられた第1接続部44Aと、第2配線43Bの第2電極層42Bと反対側の端部に取り付けられた第2接続部44Bと、第3配線43Cの第3電極層42Cと反対側の端部に取り付けられた第3接続部44Cとを備える。

また、センサ素子40は、第1誘電層41Aの裏側及び第2誘電層41Bの表側のそれぞれに裏側保護層45B及び表側保護層45Aが設けられている。

[0063] 第1電極層42A～第3電極層42Cは、同一の平面視形状を有している。第1電極層42Aと第2電極層42Bとは第1誘電層41Aを挟んで全体が対向しており、第1電極層42Aと第3電極層42Cとは第2誘電層41

Bを挟んで全体が対向している。

センサ素子40では、第1電極層42Aと第2電極層42Bとの対向した部分、及び、第1電極層42Aと第3電極層42Cとの対向した部分が検出部となり、第1電極層42Aと第2電極層42Bとの対向した部分の静電容量と第1電極層42Aと第3電極層42Cとの対向した部分の静電容量との和が検出部の静電容量となる。

このようなセンサ素子40を備えたセンサ本体は、生体の皮膚表面に貼り付けた際に発生しうる、導体である生体と近接していること等をノイズ源とする計測精度の低下を排除し、より正確に静電容量の変化を計測するのに適している。

[0064] (第4実施形態)

本発明の本実施形態に係るセンサ本体は、第2実施形態に係るセンサ本体102において、更に補強部材を備えていても良い。

図12は、本発明の実施形態に係るセンサ本体の別の一例を示す断面図である。

本実施形態に係るセンサ本体202は、図12に示したように、第2実施形態に係るセンサ本体102と同様の構成を備え、更に補強部材124、125を備えている。なお、図12中、第2実施形態に係るセンサ本体102と同様の部材については同様の符号を付している。

センサ本体202は、板状の中間層121と、中間層121の両面（上面及び下面）のそれぞれに積層された2つのセンサ素子（第1センサ素子122A及び第2センサ素子122B）とを備える。センサ本体202は、更に、中間層121の長手方向（X方向）における両端部に補強部材124、125を備えている。

補強部材124、125は、ポリエチレンテレフタレート（PET）等からなる中間層121よりも剛性の高い部材である。補強部材124、125は、使用条件下では実質的に変形しない部材であることが好ましい。補強部材124、125の材質としては、センサ本体2が備える取付け部材23A

、23Bの材質と同様のものが挙げられる。

[0065] 補強部材124、125は、中間層121の両面に積層された各センサ素子（第1センサ素子122A及び第2センサ素子122B）のそれぞれの所定の位置に積層されている。補強部材124、125は接着剤層を介して固定されている。なお、図12中、126は補強部材125を固定する接着剤層である。

補強部材124、125は、中間層121の上面に設定された第1基準線分S11及び中間層121の下面に設定された第2基準線分S12と厚さ方向（Z方向）において重ならず、かつ第1基準線分S11の端点P11a、P11bを通りY方向に延びる2本の仮想線（又は第2基準線分S12の端点P12a、P12bを通りY方向に延びる2本の仮想線V2a、V2b（図10（a）参照））と補強部材124、125における基準線分側の縁部とが厚さ方向で重なるような位置に積層されている。

[0066] 補強部材124、125を備えたセンサ本体202は、センサ本体202が変形した際に、中間層121の一部の領域に設定された第1基準面及び／又は第2基準面に湾曲、伸長、収縮等の変形が発生することを抑制することができる。

そのため、本実施形態に係るセンサ本体202によれば、より高精度でセンサ本体202の伸び量や曲げ角度等の変形状態を把握することができる。

従って、センサ本体202は、測定対象物の所定の位置に装着し、センサ本体102（中間層121）が変形した際に生じる上記伸び量や上記曲げ角度を計測することで、測定対象物の伸び量や曲げ角度を計測することができる。

[0067] 本実施形態に係るセンサ本体202は、中間層121の上面側及び下面側のそれぞれに補強部材124、125を備えているが、本発明の実施形態に係るセンサ本体202が上記補強部材を備える場合、当該補強部材は、中間層121の片面側にのみ設けられていても良い。

[0068] 次に、上述した本発明の実施形態に係るセンサ装置の構成部材について説

明する。

[センサ本体]

<中間層>

上記中間層は、自然状態では形状を保持しつつ、外力が負荷されると、その外力に応じて変形が可能な部材である。上記中間層の材質は特に限定されず、エラストマー製、布製などの部材である。

[0069] 上記中間層がエラストマー製の場合、上記中間層は、エラストマー組成物を用いて形成されたシート状物である。

上記エラストマー組成物としては、例えば、エラストマーと、必要に応じて他の任意成分とを含有するものが挙げられる。

上記エラストマーとしては、例えば、天然ゴム、イソpreneゴム、ニトリルゴム（NBR）、エチレンプロピレンゴム（EPDM）、スチレン・ブタジエンゴム（SBR）、ブタジエンゴム（BR）、クロロpreneゴム（CR）、シリコーンゴム、フッ素ゴム、アクリルゴム、水素添加ニトリルゴム、ウレタンゴム等が挙げられる。これらは単独で用いても良いし、2種以上併用しても良い。

上記エラストマー組成物は、エラストマー以外に、可塑剤、酸化防止剤、老化防止剤、着色剤等の添加剤等を必要に応じて含有しても良い。

上記中間層の材質は、中間層及びセンサ素子の厚さを考慮した補正を行いやすい観点から、上記センサ素子を構成する保護層の材質と同一であることが好ましい。

[0070] 上記中間層が布製の場合、上記中間層は、十分な伸縮性を有する布生地からなる。このとき、布生地は、伸縮等方性を有する布生地であっても良いし、伸縮異方性を有する布生地であっても良い。

[0071] 上記中間層は、第1センサ素子及び第2センサ素子のそれぞれを積層する平行な対向する2面を有する板状体であれば良い。

上記中間層の平面視形状は特に限定されないが、矩形が好ましい。この場合、両端に取付け部材を固定し易い。また、上記中間層の平面視形状の寸法

は特に限定されず、当該中間層に積層されたセンサ素子の寸法と同程度であっても良いし、センサ素子の寸法よりも大きくても良い。

上記中間層の寸法は特に限定されず、測定対象物の種類や測定箇所に応じて適宜選択すれば良い。

上記中間層の厚さは、1～10mmが好ましい。上記中間層の厚さが1mm未満では、曲げ変形時における第1基準線分S1の変形量と第2基準線分S2の変形量との差が小さく、測定精度に劣る場合がある。一方、上記中間層の厚さが10mmを超えると、上記中間層の変形自体が阻害される場合がある。

[0072] 上記中間層には、接着剤を介して上記センサ素子が積層（一体化）されていても良いし、直接積層されていても良い。後者の場合は、例えば、金型内でセンサ素子の間に中間層の材料を注型し、中間層の成型と同時に中間層とセンサ素子とを一体化すれば良い。また、中間層及びセンサ素子のそれぞれの素材のタック性を利用して両者を貼り合わせても良い。

[0073] <センサ素子>

以下、静電容量型センサ素子について説明する。

<<誘電層>>

上記静電容量型センサ素子は、エラストマー製の誘電層を備える。

上記誘電層は、エラストマー組成物を用いて形成されたシート状物であり、その表裏面の面積が変化するように可逆的に変形することができる。従って、上記誘電層は面方向に変形することができる。本発明の実施形態において、誘電層の表裏面とは、誘電層のおもて面及び裏面を意味する。

[0074] 上記エラストマー組成物としては、例えば、エラストマーと、必要に応じて他の任意成分とを含有するものが挙げられる。

上記エラストマーとしては、例えば、天然ゴム、イソプレングム、ニトリルゴム（NBR）、エチレンプロピレングム（EPDM）、スチレン・ブタジエングム（SBR）、ブタジエングム（BR）、クロロプレングム（CR）、シリコーンゴム、フッ素ゴム、アクリルゴム、水素添加ニトリルゴム、

ウレタンゴム等が挙げられる。これらは単独で用いても良いし、2種以上併用しても良い。

これらのなかでは、永久歪み（または永久伸び）が小さい点で、ウレタンゴム、シリコンゴムが好ましい。また、カーボンナノチューブとの密着性に優れる点では、ウレタンゴムが好ましい。

また、上記エラストマー組成物は、エラストマー以外に、可塑剤、酸化防止剤、老化防止剤、着色剤等の添加剤、誘電性フィラー等を必要に応じて含有しても良い。

[0075] 上記誘電層の平均厚さは、静電容量を大きくして検出感度の向上を図る観点から、 $10 \sim 1000 \mu\text{m}$ が好ましい。より好ましくは、 $30 \sim 200 \mu\text{m}$ である。

上記誘電層は、変形時に表裏面の面積が無伸長状態から30%以上増大するように変形可能であることが好ましい。この場合、上記誘電層は、例えば、生体表面の変形に追従して変形するのに適している。

面積が30%以上増大するように変形可能であるとは、荷重を掛けて面積を30%増大させても破断することがなく、かつ、荷重を解放すると元の状態に復元する（即ち、弾性変形範囲にある）ことを意味する。

上記誘電層は、変形時に表裏面の面積が、50%以上増大するように変形可能であることがより好ましく、100%以上増大するように変形可能であることが更に好ましく、200%以上増大するように変形可能であることが特に好ましい。

上記誘電層の面積の変形可能な範囲は、誘電層の設計（材質や形状等）により制御することができる。

[0076] <<電極層>>

上記静電容量型センサ素子は、導電材料を含有する導電性組成物からなる上記電極層を備える。

ここで、各電極層のそれぞれは、同一組成の導電性組成物から構成されていても良いし、異なる組成の導電性組成物から構成されていても良い。

[0077] 上記導電材料としては、例えば、カーボンナノチューブ、グラフェン、カーボンナノホーン、カーボンファイバー、導電性カーボンブラック、グラファイト、金属ナノワイヤー、金属ナノ粒子、導電性高分子等が挙げられる。これらは単独で用いても良いし、2種以上併用しても良い。

上記導電材料としては、カーボンナノチューブが好ましい。誘電層の変形に追従して変形する電極層の形成に適しているからである。

[0078] 上記カーボンナノチューブとしては公知のカーボンナノチューブを使用することができる。上記カーボンナノチューブは、単層カーボンナノチューブ（SWNT）であっても良いし、また、2層カーボンナノチューブ（DWNNT）又は3層以上の多層カーボンナノチューブ（MWNT）であっても良い（本明細書では、両者を合わせて単に多層カーボンナノチューブと称する）。更には、層数の異なるカーボンナノチューブを2種以上併用しても良い。

また、各カーボンナノチューブの形状（平均長さや繊維径、アスペクト比）も特には限定されない。上記カーボンナノチューブの形状は、静電容量型センサ素子に要求される導電性や耐久性、更には電極層を形成するための処理や費用を総合的に判断して適宜選択すれば良い。

[0079] 上記導電性組成物は、上記導電材料以外に、例えば、導電材料のつなぎ材料として機能するバインダー成分や各種添加剤等を含むしても良い。

上記添加剤としては、例えば、導電材料のための分散剤、バインダー成分のための架橋剤、加硫促進剤、加硫助剤、老化防止剤、可塑剤、軟化剤、更には着色剤等が挙げられる。

[0080] <<保護層>>

上記静電容量型センサ素子は、上記保護層（表側保護層及び裏側保護層）が積層されていることが好ましい。上記保護層を設けることにより、電極層等を外部から電氣的に絶縁することができる。また、上記保護層を設けることにより、静電容量型センサ素子の強度や耐久性を高めることができる。

上記保護層の材質としては、例えば、上記誘電層の材質と同様のエラストマー組成物等が挙げられる。

[0081] <<その他>>

上記静電容量型センサ素子は、図2等にしたように、通常、各電極層と接続された各配線が形成されている。

各配線は、誘電層の変形を阻害せず、かつ、誘電層が変形しても導電性が維持されるものであれば良く、例えば、上記電極層と同様の導電性組成物からなるものが挙げられる。

[0082] 更に、上述した各配線それぞれの電極層と反対側の端部には、図2等にしたように、通常、外部配線と接続するための接続部が形成されている。これらの各接続部としては、例えば、銅箔等を用いて形成されたものが挙げられる。

このような静電容量型センサ素子の製造は、例えば、特開2016-90487号公報に記載されたセンサシートの作製方法と同様の方法等、公知の手法によって行うことができる。

[0083] <粘着剤層>

上記センサ本体は、下面側の最外層に当該センサ本体を生体表面等の測定対象物に貼り付けるための粘着剤層を備えていても良い。

上記粘着剤層としては特に限定されず、例えば、アクリル系粘着剤、ウレタン系粘着剤、ゴム系粘着剤、シリコン系粘着剤等からなる層が挙げられる。

ここで、各粘着剤は、溶剤型であっても良いし、エマルジョン型であっても良いし、ホットメルト型でも良い。

[0084] 上記粘着剤層は、上記センサ本体の下面側の全体に設けられていても良いし、上記センサ本体の下面側の一部にのみ設けられていても良い。

ここで、センサ素子が上述した静電容量型センサ素子である場合は、下記(1)又は(2)のように粘着剤層が設けられていることが好ましい。即ち、

(1) センサ本体の厚さ方向において、静電容量型センサ素子の検出部と重ならない位置にのみ粘着剤層が設けられている。

(2) センサ本体の厚さ方向において、静電容量型センサ素子の検出部と重なる位置に設けられている粘着剤層が柔軟な粘着剤層である。

[0085] 〔解析装置〕

上記解析装置は、上記センサ本体と接続されている。上記解析装置は、各センサ素子の上記検出部の静電容量に基づき、第1基準線分の長さに相当する長さの変化及び第2基準線分の長さに相当する長さの変化を計測する。

上記静電容量を計測する方法としては特に限定されず、上述した検出回路3aを用いる方法のほか、従来公知の種々の方法を用いて計測することができる。

[0086] (他の実施形態)

本発明の実施形態は、上記実施形態に限定されることなく、特許請求の範囲に記載された範囲内において、適宜変更することができる。

本発明の実施形態に係るセンサ本体が備えるセンサ素子は、上述したような静電容量型センサ素子に限定されない。

上記センサ素子は、中間層に設定された第1基準線分及び第2基準線分のそれぞれの長さの変化を計測することができ、かつセンサ本体自身の変形や、測定対象物の変形を実質的に阻害しないものであれば良い。

上記中間層の両面に積層された第1センサ素子と第2センサ素子とは、第1実施形態のように同一であることが好ましい。この場合、例えば、測定時に温度変化が生じても精度良く測定することができる。

[0087] 上述した実施形態では、主にセンサ本体2を人体の皮膚表面に直接貼り付けて測定する方法を説明したが、本発明の実施形態に係るセンサ本体2を用いて人体の関節の曲げ角度等を測定する場合、センサ本体2は、衣類やサポータ等を介して人体に装着しても良い。

実施例

[0088] 以下、実施例によって本発明をさらに具体的に説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

[0089] (実施例1)

本実施例では、図13(a)及び図13(b)に示したセンサ本体を作製し、その特性を評価した。図13(a)は、本実施例で作製したセンサ本体を模式的に示す平面図であり、図13(b)は図13(a)のE-E線断面図である。

[0090] <<センサ素子の作製>>

ここでは、下記の手法によって図11(a)及び図11(b)に示したセンサ素子40を2つ作製した。

(1) 誘電層(第1誘電層41A及び第2誘電層41B)の作製

ポリオール(パンデックスGCB-41、DIC社製)100質量部に対して、可塑剤(ジオクチルスルホネート)40重量部と、イソシアネート(パンデックスGCA-11、DIC社製)17.62重量部とを添加し、アジテータで90秒間攪拌混合し、誘電層用の原料組成物を調製した。

次に、原料組成物を2枚の保護フィルムの間に挟み込んだ状態で搬送しつつ、加熱装置(架橋炉)内で加熱した。ここでは、炉内温度70℃、炉内時間30分間の条件で架橋させ、保護フィルム付きの所定厚みのロール巻シートを得た。その後、70℃に調節した炉で12時間後架橋させ、ポリエーテル系ウレタンエラストマーからなる厚さ100μmのシートを作製した。得られたシートを裁断し、75mm×8mm×厚さ100μmのシートを2枚作製した。裁断されたシートの1枚について、角部の1箇所を8mm×2.6mm×厚さ100μmのサイズで切り落として第1誘電層を作製した。また、裁断されたシートのもう1枚について、角部の1箇所を8mm×5.3mm×厚さ100μmのサイズで切り落として第2誘電層を作製した。

[0091] 作製した誘電層について、切断時伸び(%)及び比誘電率を測定した。切断時伸び(%)は505%、比誘電率は5.8であった。

上記切断時伸びは、JIS K 6251に準拠して測定した。このとき、引張速度は500mm/minとした。

上記比誘電率は、直径20mmの電極で誘電層を挟み、LCRハイテスタ(日置電機社製、3522-50)を用いて計測周波数1kHzで静電容量

を測定し、電極面積と測定試料の厚さから算出した。

[0092] (2) 電極層材料の調製

大陽日酸社製の高配向カーボンナノチューブ（層数4～12層、繊維径10～20nm、繊維長さ150～300 μ m、炭素純度99.5%）30mgをイソプロピルアルコール（IPA）30gに添加し、ジェットミル（ナノジェットパル JN10-SP003、常光社製）を用いて湿式分散処理を施し、2倍に希釈して濃度0.05重量%のカーボンナノチューブ分散液を得た。

[0093] (3) 保護層（表側保護層45A及び裏側保護層45B）の作製

上述した(1)誘電層の作製と同様の手法を用いて、ポリエーテル系ウレタンエラストマー製で、75mm×8mm×厚さ100 μ mの裏側保護層と、67mm×8mm×厚さ100 μ mの表側保護層とを作製した。

[0094] (4) 静電容量型センサ素子40の作製

下記の作製工程(a)～(e)を経て、図11(a)及び図11(b)に示した静電容量型センサ素子40を作製した。

(a) 上記(3)の工程で作製した裏側保護層45Bの片面（表面）に、離型処理されたPETフィルムに所定の形状の開口部が形成されたマスク（図示せず）を貼り付けた。

上記マスクには、第2電極層及び第2配線に相当する開口部が形成されており、開口部のサイズは、第2電極層に相当する部分が、幅5mm×長さ50mm、第2配線に相当する部分が幅1.5mm×長さ6mmである。

[0095] 次に、上記(2)の工程で調製したカーボンナノチューブ分散液を単位面積（ cm^2 ）あたりの塗布量が0.223gとなるようにエアブラシを用いて塗布した。続いて、100℃で10分間乾燥させ、第2電極層42B及び第2配線43Bを形成した。その後、マスクを剥離した。

[0096] (b) 第2電極層42Bの全体と第2配線43Bの一部とを被覆するように、上記(1)の工程で作製した第1誘電層41Aを裏側保護層45B上に積層した。

更に、第1誘電層41Aの表側に、上記工程(a)で採用した手法と同様の手法を用いてカーボンナノチューブ分散液を塗布し、乾燥させることによって所定の位置(第2電極層42B及び第1電極層42Aを平面視した際に、両者が重なる位置)に第1電極層42A及び第1配線43Aを形成した。

[0097] (c) 第1電極層42Aの全体と第1配線43Aの一部とを被覆するように、上記(1)の工程で作製した第2誘電層41Bを第1誘電層41A上に積層した。

更に、第2誘電層41Bの表側に、上記工程(a)で採用した手法と同様の手法を用いてカーボンナノチューブ分散液を塗布し、乾燥させることによって所定の位置(第3電極層42C及び第1電極層42Aを平面視した際に、両者が重なる位置)に第3電極層42C及び第3配線43Cを形成した。

[0098] (d) 第3電極層42C及び第3配線43Cを形成した第2誘電層41Bの表側に、第3電極層42Cの全体と第3配線43Cの一部とを被覆するように、上記(3)の工程で作製した表側保護層45Aを積層した。

[0099] (e) その後、第1配線43A、第2配線43B及び第3配線43Cのそれぞれの端部に銅箔を取り付けて、第1接続部44A、第2接続部44B及び第3接続部44Cとした。

次に、第1接続部44A、第2接続部44B及び第3接続部44Cのそれぞれに外部配線となるリード線を半田で固定し、センサ素子40を完成した。

[0100] <<センサ本体の作製>>

(1) 中間層の準備

J I S K 6251で採用されるダンベル状3号形と同形状で、ウレタンゴム製の中間層を準備した。

(2) 補強部材の準備

厚さ50 μ mのPET製の樹脂板を、上記中間層の端部の形状に対応する形状となるように切り出し、補強部材を準備した。

(3) 接着剤の準備

接着剤として、両面テープ（日東電工社製、N o . 5 0 0）を準備した。

[0101] （４）センサ本体の作製

図 1 3 （ a ） 及び図 1 3 （ b ） に示したセンサ本体を作製した。

まず、上記工程（１）で準備した中間層 3 2 1 の両面（上下面）のそれぞれにセンサ素子 4 0 を貼り付けた。両者の貼り合わせは、中間層及び保護層のそれぞれのタック性を利用して行った。

次に、中間層 3 2 1 の両面に貼り付けられた各センサ素子 4 0、4 0 の長手方向（X 方向）両端部に上記（３）で準備した両面テープ（図示せず）を用いて、上記工程（２）で準備した補強部材 3 2 4、3 2 5 を固定した。これによりセンサ本体 3 0 2 を作製した。

センサ本体 3 0 2 において、3 1 6 はセンサ素子 4 0 の検出部、3 1 9 はセンサ素子 4 0 に取り付けられたリード線である。

[0102] ＜センサ装置の組立＞

センサ本体 3 0 2 が備える 2 つのセンサ素子 4 0、4 0 のそれぞれのリード線 3 1 9 を C/V 変換基板（自作品）に接続し、この C/V 変換基板を出力電圧を測定するためのデジタルマルチメータ（日置社製、D T 4 2 8 2）に接続してセンサ装置とした。

[0103] [評価]

上記センサ装置を下記の手法で評価した。

< 1. 曲げ評価 1 >

図 1 4 は、センサ本体を取り付けた測定治具を示す写真である。図 1 5 （ a ） 及び図 1 5 （ b ） は、曲げ評価 1 を説明するための図である。

本評価は、測定治具 4 0 1 を用いて行った。

測定治具 4 0 1 は、図 1 4 に示すように、2 つのレバー（第 1 レバー 4 0 2 と、第 2 レバー 4 0 3）を備えた回転台 4 0 4 と、回転台 4 0 4 の外縁に沿って設けられた角度目盛り 4 0 6 を有する。第 2 レバー 4 0 3 は、第 1 レバー 4 0 2 に対して回転可能に構成されている。また、回転台 4 0 4 の中央部分には円柱部材 4 0 5 が設けられており、この円柱部材 4 0 5 の寸法によ

って、測定時の曲げ半径を調整することができる。本評価では、円柱部材405の半径は11mmとした。

[0104] 本評価では、センサ本体302を測定治具401に固定して評価を行った。ここでは、補強部材324、325の一方が第1レバー402の上面402a（図15（a）参照）上の位置し、他方が第2レバー403の上面403a（図15（a）参照）上の位置するようにセンサ本体302を配置し、センサ本体302の両端部をクランプ部材407で第1レバー402及び第2レバー403のそれぞれに固定した。また、本評価では、センサ素子40の伸びが円柱部材405によって阻害されることなく、センサ素子の長さ方向全体にわたってほぼ均一に伸長するように低摩擦性の伸縮布を介してセンサ本体302を測定治具401に取り付けた。

本評価では、図14、図15（a）に示した状態を曲げ角度0°の初期状態とする。

なお、図14の写真と、図15（a）、図15（b）の模式図とは、上下が逆である。

[0105] 次に、第1レバー402を固定したまま、円柱部材405を中心として第2レバー403を回転移動させ、そのときの第2レバー403の上面403aが初期状態から回転した角度を曲げ角度とした。

この場合、図15（b）に示したように、センサ本体302には、伸びを伴いながら、曲げられることとなる。

本評価では、第2レバー403は、15°毎に75°まで回転させ、センサ本体が備えるセンサ素子40の検出部316から取得された静電容量の変化に基づいて、中間層321に設けた第1基準線分S1の長さと第2基準線分S2の長さとの差を算出し、この長さの差を用いてセンサ本体の曲げ角度を算出した。結果を図16に示した。ここでは、第1基準線分S1の長さに相当する長さ及び第2基準線分S2の長さに相当する長さとして、2つのセンサ素子のそれぞれの検出部316の長手方向の長さを算出した。

[0106] 図16には、（1）測定演算角度（補正なし）と（2）測定演算角度（補

正あり)とをプロットし、それぞれを点線又は実線でつないだ。更に、各測定演算角度について、(3) 実際の曲げ角度(実角度)とのずれ(測定エラー)を算出し、併せて図16に示した。更に、図16には、理論値を理想角度として示した。

ここで、

(1) 測定演算角度(補正なし)とは、センサ素子40のそれぞれで実測された電圧(センサ素子40の検出部の静電容量に応じた電圧)に基づいて、第1基準線分S1の長さ、及び、第2基準線分S2の長さのそれぞれの変化量(伸長量)を算出した後、両者の長さの差と中間層321の初期厚さとに基づいて算出した値である。

即ち、上記測定演算角度(補正なし)は、角度の単位を「ラジアン」から「°」に変換した以外は、上記式(3)を用いて算出した。

[0107] (2) 測定演算角度(補正あり)とは、上記(1)の手法にて、第1基準線分S1の長さ及び第2基準線分S2の長さのそれぞれの変化量(伸長量)の差を算出した後、この長さの差と中間層321の厚さとに基づいて算出した値であって、上記厚さについて補正を施して算出した値である。

ここで、厚さの補正として、まずは初期厚さを[(中間層の初期厚さ: 2 mm) + (センサ素子の厚さ: 0.4 mm) ÷ 2 × 2]に補正した。

更に、曲げ変形の際に生じる厚さの変化分を補正するために、上記式(5)を用いて、曲げ角度を算出した。このとき、実際には、角度の単位を「°」するために下記式(10)を用いて曲げ角度を算出した。

[0108] [数5]

$$\theta(deg) = \frac{L_3(S1) - L_3(S2)}{t_0} \times \sqrt{\frac{\frac{L_3(S1) + L_3(S2)}{2}}{L_0}} \times \frac{360}{2\pi} \quad \dots(10)$$

[0109] (3) 測定エラーとは、上記(1) 測定演算角度(補正なし)及び上記(2) 測定演算角度(補正あり)のそれぞれについて、「実際の曲げ角度(実角度)との差」を「実際の曲げ角度」に対する百分率で算出したものである。

[0110] 図16に示したように、(1)測定演算角度(補正なし)及び(2)測定演算角度(補正あり)はともに、実際の曲げ角度(実角度)とはほぼ比例関係にあるため、本発明の実施形態に係るセンサ本体302によれば、曲げ角度が測定できることが明らかとなった。

また、伸縮を伴う曲げの測定においては、実際の間層の寸法を計算式に入れるだけで、キャリブレーション等で比例係数を求めることなく曲げ角度を検出することができるとの理由から(2)測定演算角度(補正あり)の方が(1)測定演算角度(補正なし)よりも測定精度に優れることが明らかとなった。

[0111] <2. 曲げ評価2>

上記曲げ評価1では、センサ本体302を曲げ角度0°の状態にて測定治具401に固定し、その後、第1レバー402を固定したまま、第2レバー403を回転移動させて評価を行った。そのため、曲げ評価1の評価では、伸びを伴いながら、曲げ変形を生じている。

これに対して、曲げ評価2では、伸びを伴わずに曲げ変形のみが生じた際の曲げ角度の測定を評価した。曲げ評価2は、曲げ評価1と同様、測定治具401を用いて評価した。

[0112] 具体的には、測定治具401が備える第1レバー402の上面402aと第2レバー403の上面403aとのなす実際の曲げ角度(実角度)を予め0°、15°、30°、45°、60°、75°、90°のいずれかに調節しておき、この状態の測定治具401にセンサ本体302を曲げ評価1と同様の手法で取り付け、センサ本体302が備える2つのセンサ素子40の検出部316の静電容量(静電容量に応じたCV変換後の電圧)を測定した。なお、センサ本体302は、引張応力が掛からないように測定治具401に取り付けた。

検出部の静電容量に応じた電圧からそれぞれの検出部の長手方向の長さを算出し、各センサ素子の検出部の長さの差と中間層の厚さとから計算した測定演算角度を、図17に示した。

なお、本評価でも、上記曲げ評価１と同様、第１基準線分Ｓ１の長さに相当する長さ及び第２基準線分Ｓ２の長さに相当する長さとして、２つのセンサ素子のそれぞれの検出部３１６の長手方向の長さを算出した。

ここでは、各曲げ角度における測定演算角度の算出は２回ずつ行い、図１７には２回の平均値をプロットし、各プロットを実線でつないだ。

[0113] 図１７に示したように、センサ本体３０２が備える２つのセンサ素子４０のそれぞれの検出部の静電容量に基づいて算出した測定演算角度と、曲げ角度（実角度）とはほぼ比例関係にあり、本発明のセンサ本体３０２によれば、曲げ角度が測定できることが明らかとなった。

[0114] なお、本実施例において、検出部の静電容量に応じて取得した電圧から検出部の長手方向の長さＬｂを算出する際には、下記の計算式（１１）を採用した。

$$L_b = L_a \times (V_b / V_a) \cdots (11)$$

（式（１１）中、 V_a は未変形状態のセンサ素子で計測される出力電圧、 V_b は変形状態のセンサ素子で計測される出力電圧、 L_a は未変形状態のセンサ素子における検出部の長手方向の長さ、 L_b は変形状態のセンサ素子における検出部の長手方向の長さである。）

[0115] <３．伸び評価>

ここでは、センサ本体３０２に曲げ変形を伴わずに、長手方向（センサ素子のＸ方向）に伸び変形のみを生じさせ、その際のセンサ本体３０２が備える２つのセンサ素子４０のそれぞれの検出部の静電容量をＣＶ変換した後、出力電圧の平均値を取得した。

このとき、センサ本体３０２は、補強部材３２４、３２５を把持して２ｍｍ刻みで、２０ｍｍまで伸ばした。

図１８には、上記出力電圧の平均値とセンサ本体の伸び長さ（伸び量）との関係を示した。

図１８に示したように、センサ本体３０２が備える２つのセンサ素子４０のそれぞれの検出部の静電容量に応じた出力電圧の平均値と、センサ本体の

伸び量とはほぼ比例関係にあり、本発明の実施形態に係るセンサ本体によれば、伸び量も測定することができることが明らかとなった。

[0116] 以上の結果から、本発明のセンサ本体によれば、測定対象物の伸び量と曲げ角度とを容易に、かつ正確に計測することができることが明らかとなった。

符号の説明

- [0117]
- 1 センサ装置
 - 2、102、202、302 センサ本体
 - 3 解析装置
 - 4 表示器
 - 11 誘電層
 - 12A 表側電極層（第1電極層）
 - 12B 裏側電極層（第2電極層）
 - 13A 表側配線
 - 13B 裏側配線
 - 14A 表側接続部
 - 14B 裏側接続部
 - 15A、45A 表側保護層
 - 15B、45B 裏側保護層
 - 16、316 検出部
 - 19、319 リード線
 - 21、121、321 中間層
 - 22、40、122 センサ素子
 - 22A、122A 第1センサ素子
 - 22B、122B 第2センサ素子
 - 23A、23B 取付け部材
 - 41A 第1誘電層
 - 41B 第2誘電層

4 2 A 第1電極層

4 2 B 第2電極層

4 2 C 第3電極層

4 3 A 第1配線

4 3 B 第2配線

4 3 C 第3配線

4 4 A 第1接続部

4 4 B 第2接続部

4 4 C 第3接続部

1 2 4、1 2 5、3 2 4、3 2 5 補強部材

4 0 1 測定冶具

S 1、S 1 1 第1基準線分

S 2、S 1 2 第2基準線分

P 1 a、P 1 b、P 1 1 a、P 1 1 b 端点

R S 1 第1基準面

R S 2 第2基準面

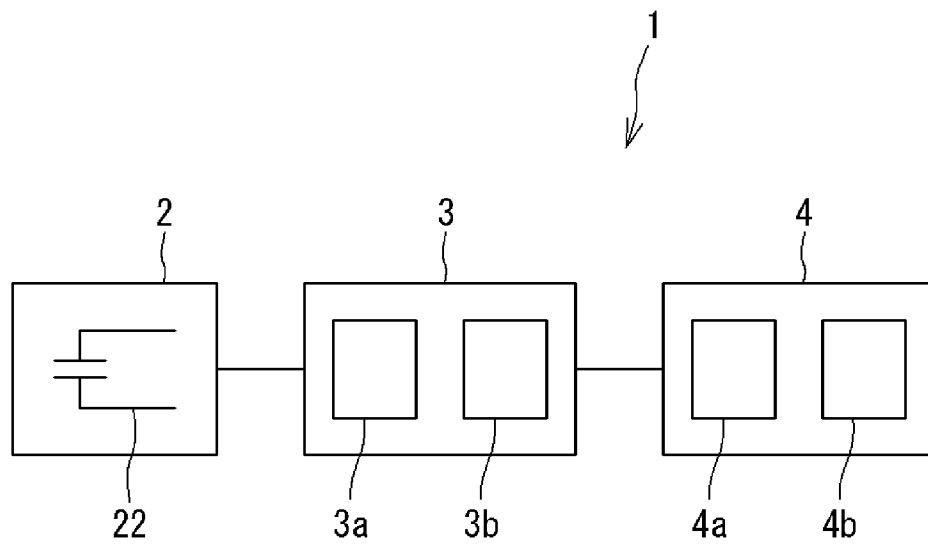
請求の範囲

- [請求項1] 面方向に伸縮可能な柔軟性を有する板状の中間層と、
前記中間層の一の面に積層された第1センサ素子と、
前記一の面と対向する前記中間層の他の面に積層された第2センサ素子と
を備え、
前記第1センサ素子は、前記中間層の一の面における第1基準線分の長さに相当する長さを検出可能に構成され、
前記第2センサ素子は、前記第1基準線分と平行な、前記中間層の他の面における第2基準線分の長さに相当する長さを検出可能に構成されている
ことを特徴とするセンサ本体。
- [請求項2] 前記第1センサ素子及び前記第2センサ素子は、いずれも静電容量型センサ素子であり、前記静電容量型センサ素子は、
エラストマー製の誘電層と、前記誘電層の上面に形成された第1電極層と、前記誘電層の下面に形成された第2電極層とを含み、前記第1電極層及び前記第2電極層の対向する部分を検出部とし、前記誘電層の変形に応じて、前記検出部の静電容量が変化する、
請求項1に記載のセンサ本体。
- [請求項3] 前記中間層と同一厚さで、前記中間層より剛性の高い板状の取付け部材を更に備え、
前記取付け部材は、前記中間層の第1基準線分の両端外方のそれぞれに設けられている請求項1又は2に記載のセンサ本体。
- [請求項4] 人体の関節角度の計測に用いられる請求項1～3のいずれかに記載のセンサ本体。
- [請求項5] 請求項1～4のいずれかに記載のセンサ本体と、
解析装置と、を備え、
前記解析装置は、前記センサ本体が変形した際における前記第1基

準線分の長さに相当する長さの変化及び前記第2基準線分の長さに相当する長さの変化を計測し、得られた計測結果に基づいて測定対象物の曲げ角度及び伸び量を算出することを特徴とするセンサ装置。

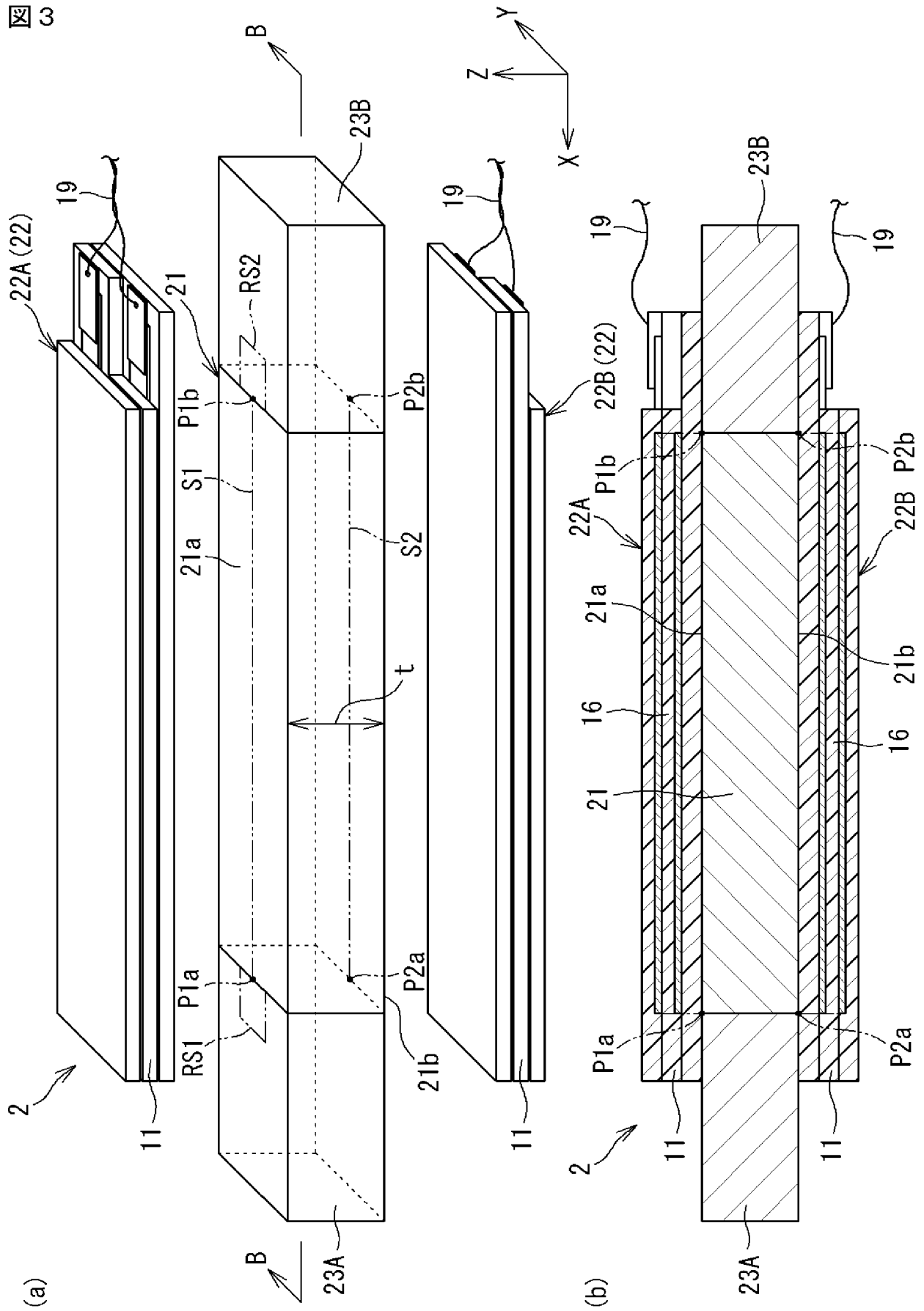
[図1]

図 1



[図3]

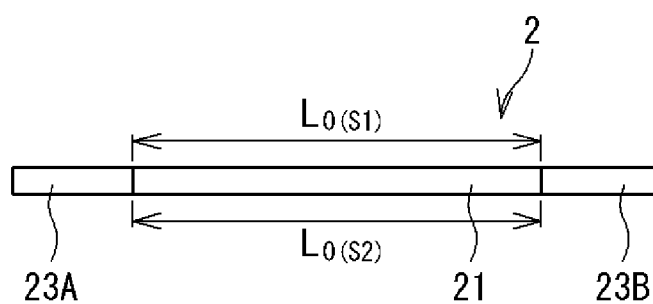
図 3



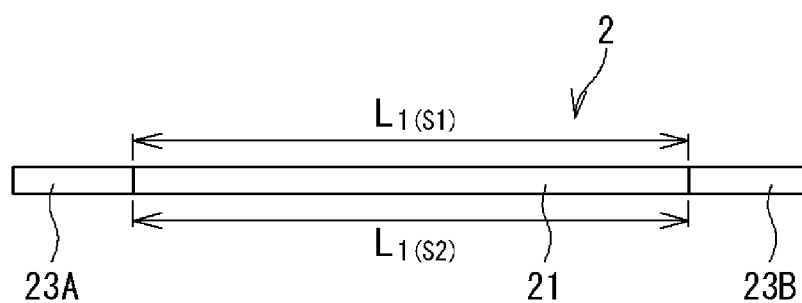
[図4]

図 4

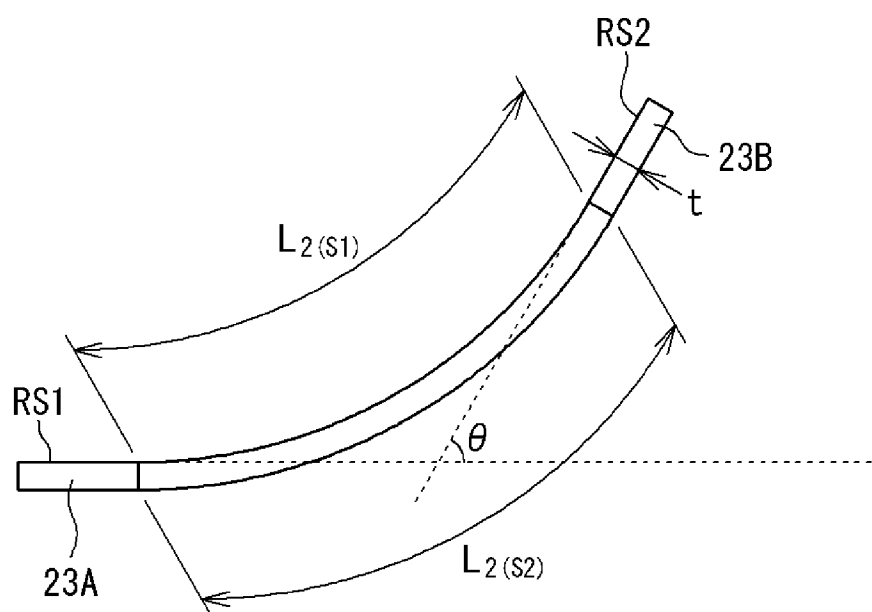
(a)



(b)



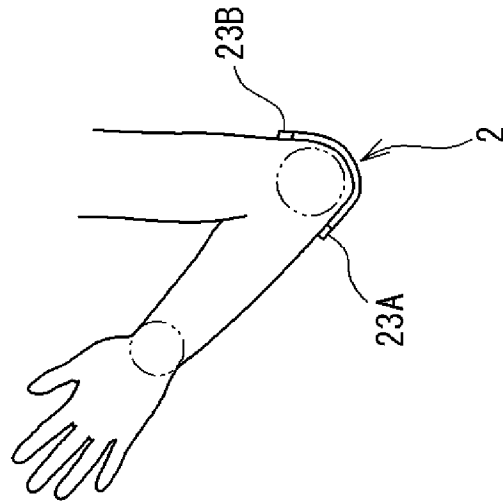
(c)



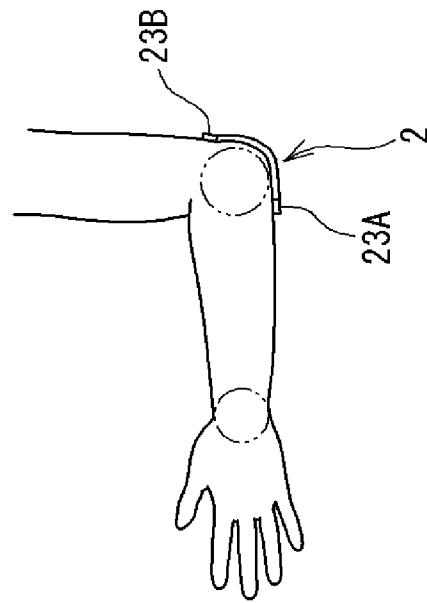
[図5]

図 5

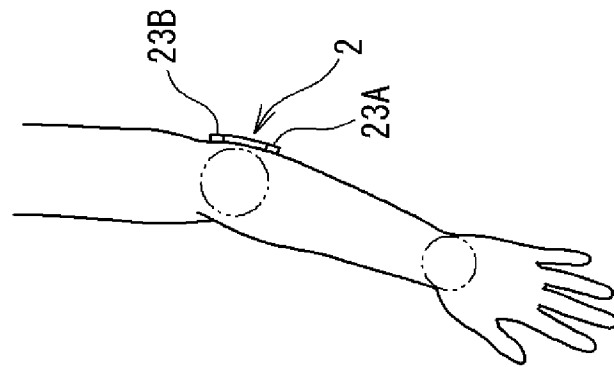
(c)



(b)

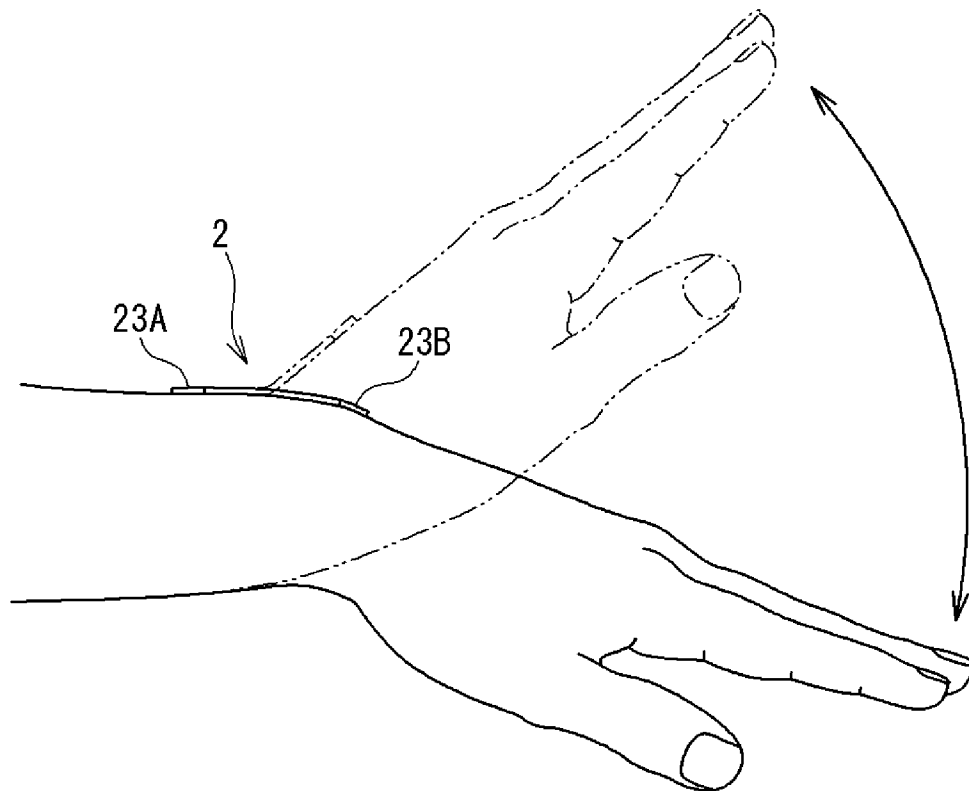


(a)



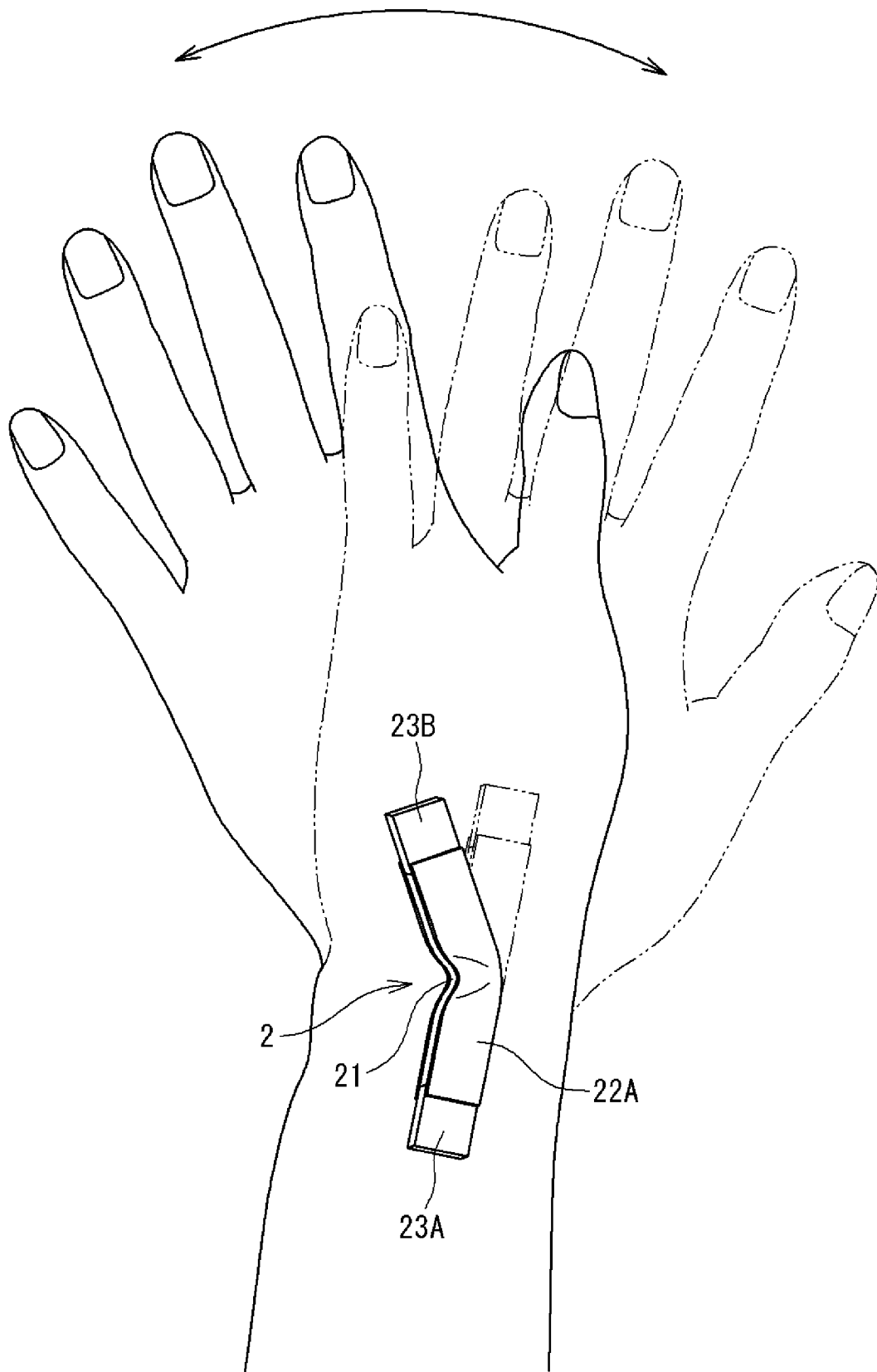
[図6]

図 6



[図7]

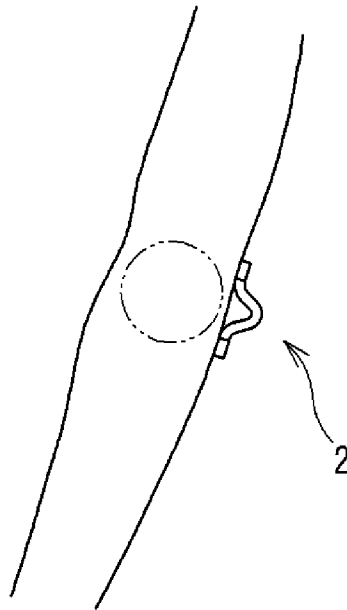
図 7



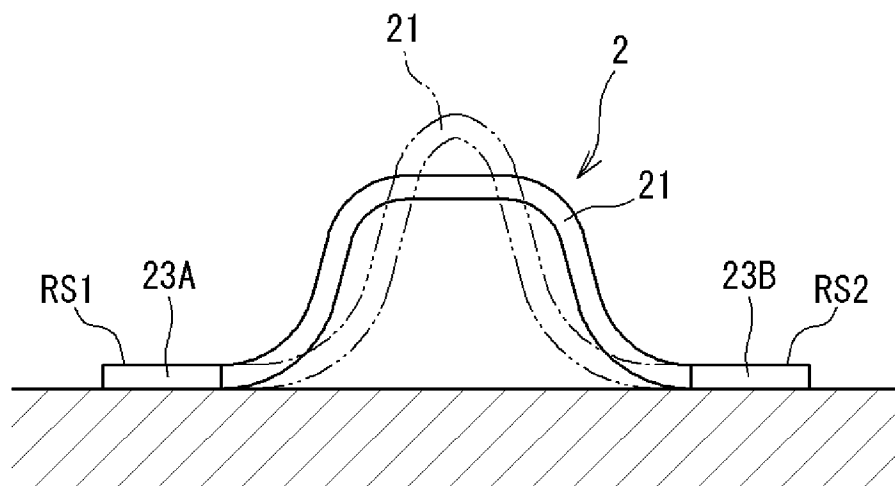
[図8]

図 8

(a)

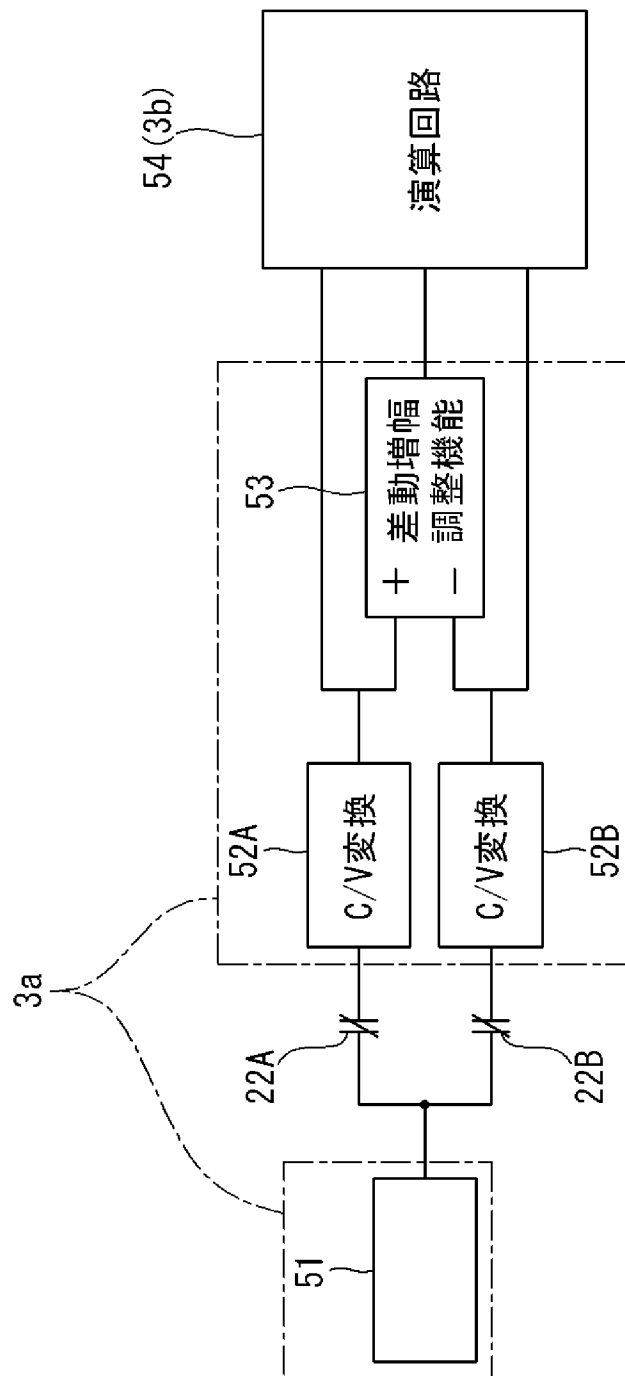


(b)



[図9]

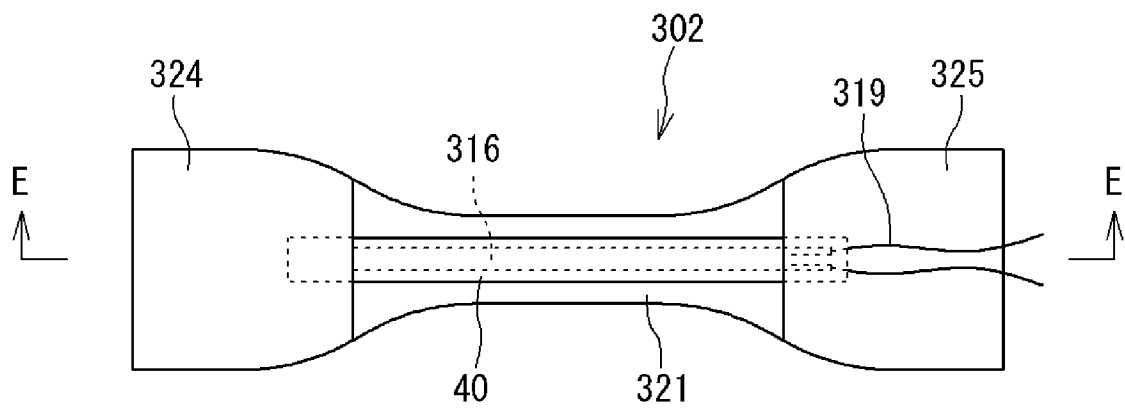
図 9



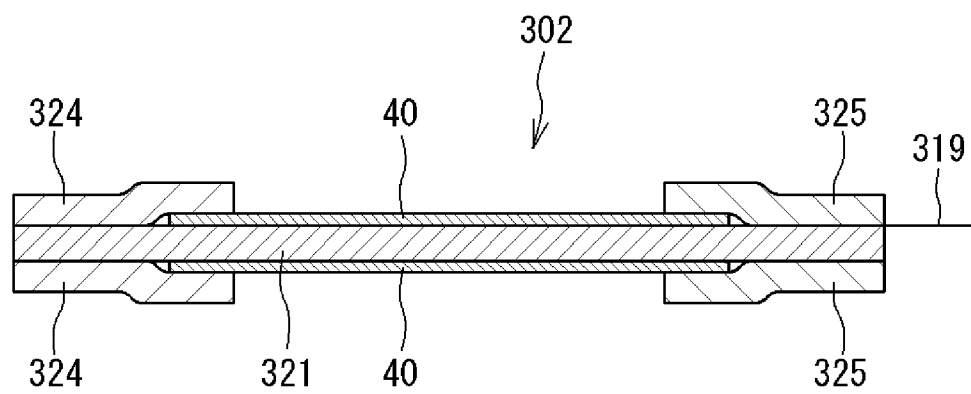
[図13]

図 13

(a)

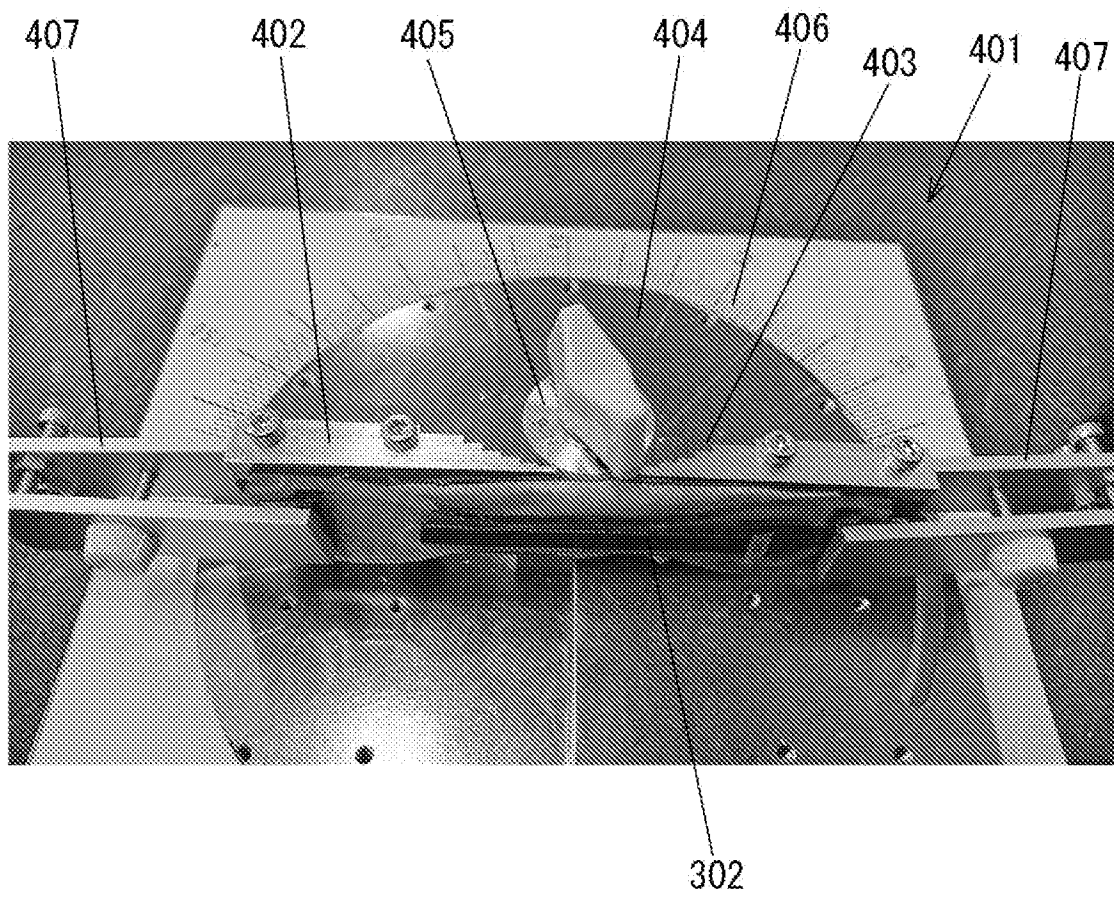


(b)



[図14]

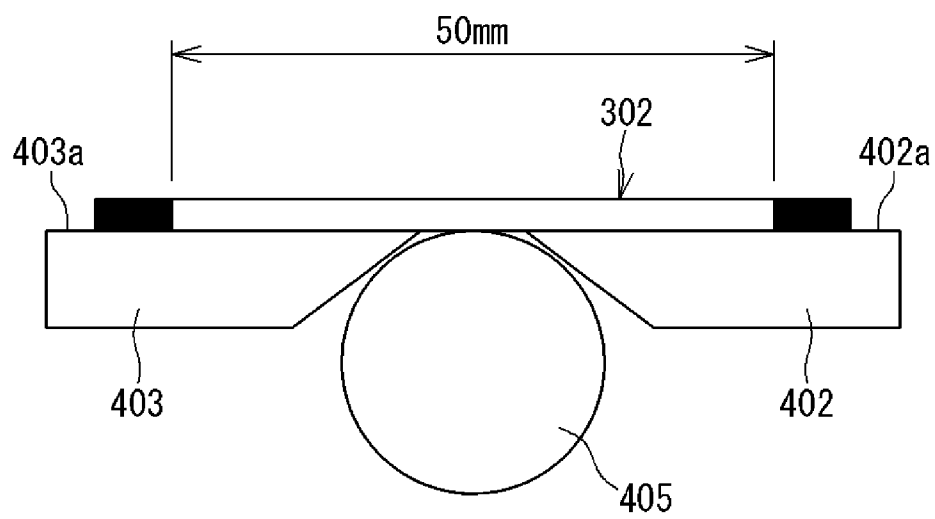
図 1 4



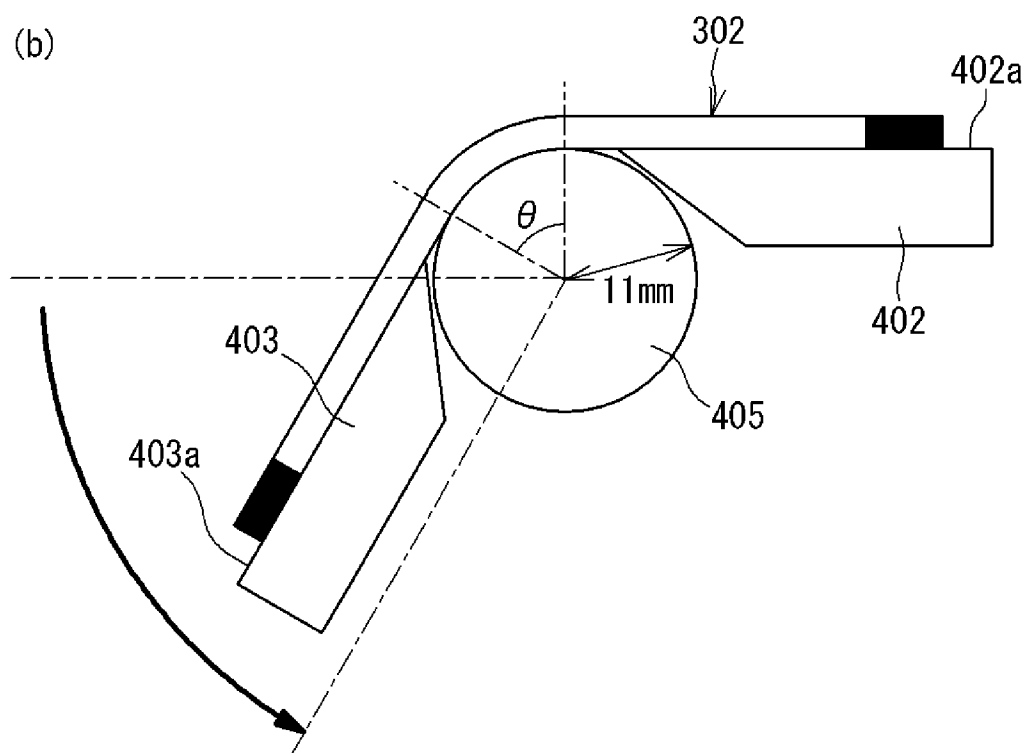
[図15]

図 15

(a)

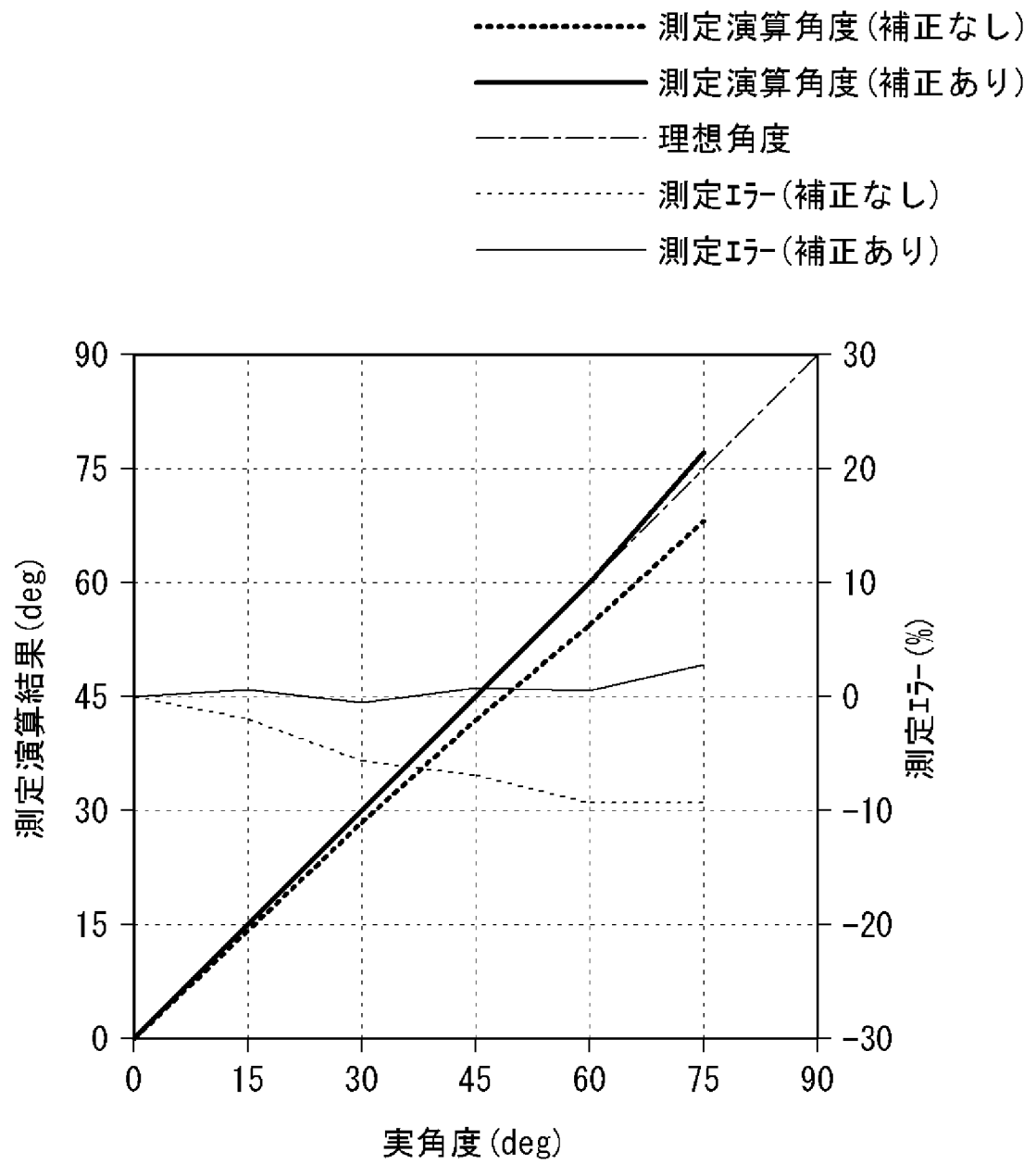


(b)



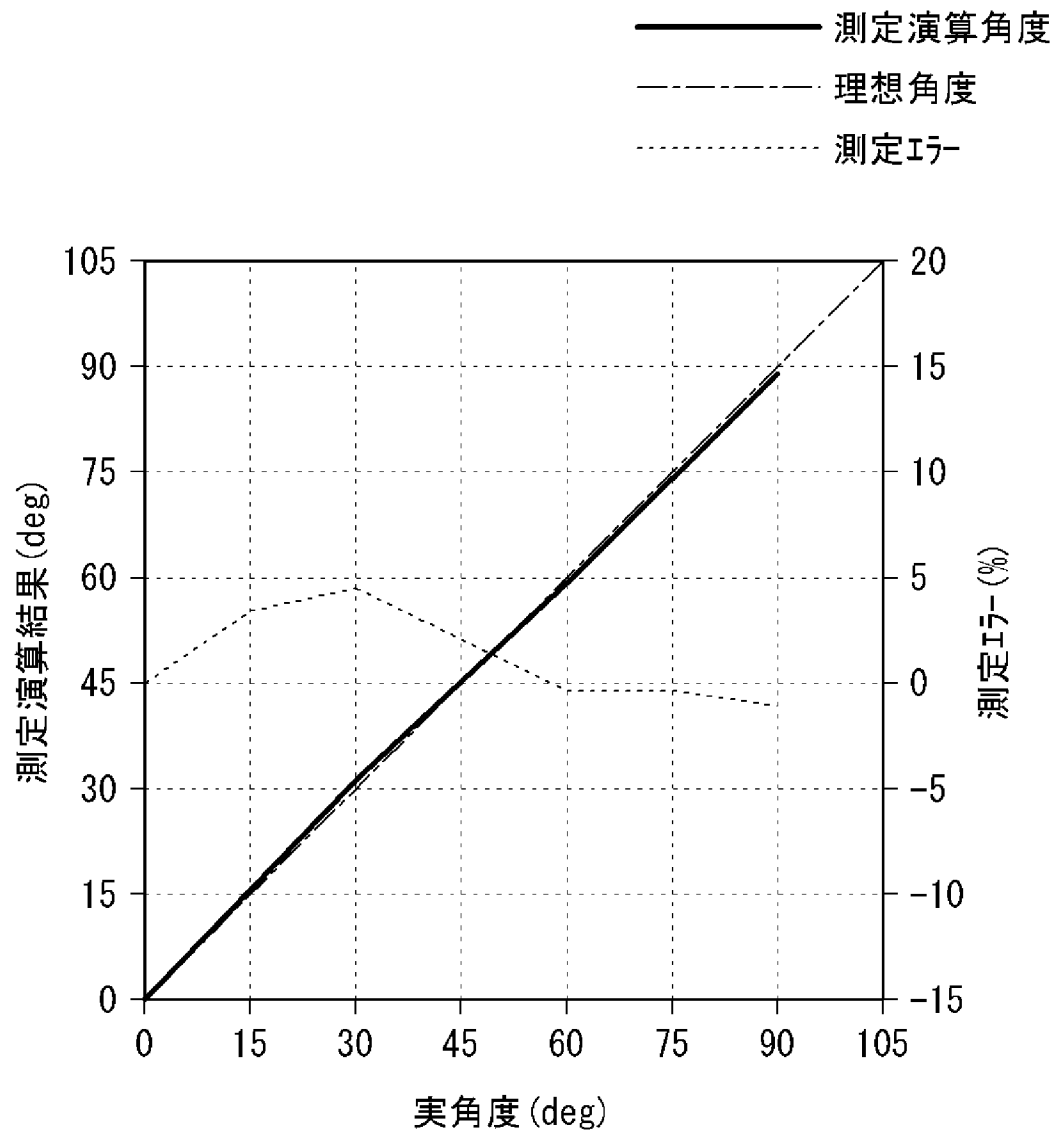
[図16]

図 1 6



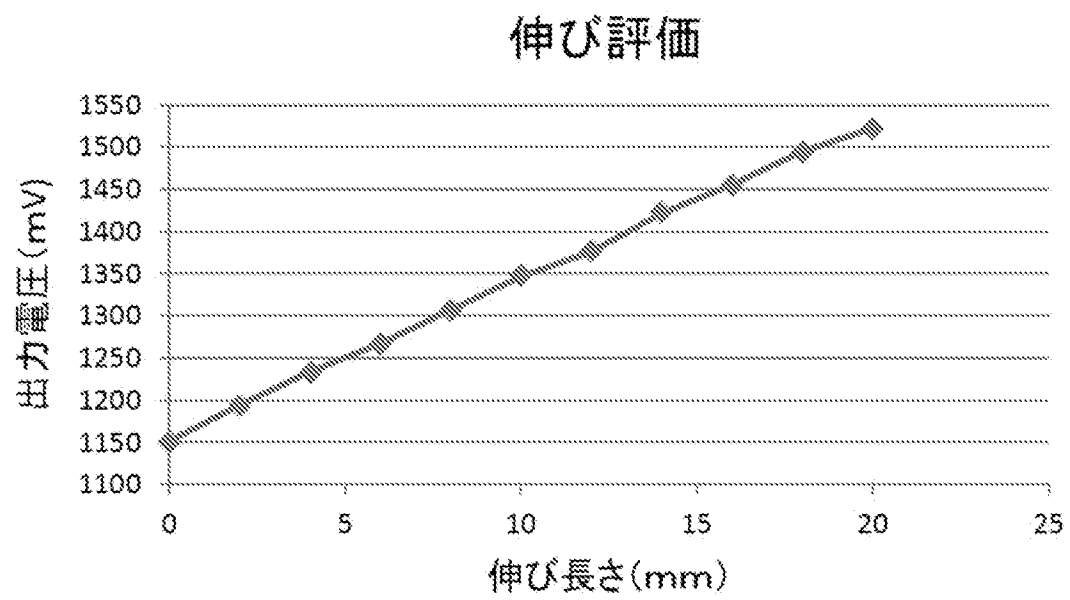
[図17]

図 1 7



[図18]

図 18



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/046213

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01B7/16 (2006.01) i

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. G01B7/16

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 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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 2009-20006 A (TOKAI RUBBER IND LTD.) 29 January 2009,	1-2
Y	paragraphs [0001], [0006]-[0073], fig. 1-18	1-5
	& US 2009/0015270 A1, paragraphs [0001], [0008]-[0101],	
	fig. 1-18	
Y	WO 2015/156069 A1 (IMAC CO., LTD.) 15 October 2015,	1-5
	paragraphs [0013]-[0039], fig. 1-14	
	& JP 2015-206783 A	



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

12.12.2019

Date of mailing of the international search report

07.01.2020

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/JP2019/046213

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2017/111058 A1 (BANDO CHEMICAL INDUSTRIES, LTD.) 29 June 2017, paragraph [0038], fig. 5 & EP 3395249 A1, paragraphs [0074]-[0077], fig. 5	3-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01B7/16(2006.01)i

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））

Int.Cl. G01B7/16

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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 Y	JP 2009-20006 A（東海ゴム工業株式会社）2009.01.29, [0001]、[0006]－[0073]、図1－18 & US 2009/0015270 A1, [0001]、[0008]－[0101]、図1－ 18	1-2 1-5
Y	W0 2015/156069 A1（株式会社イマック）2015.10.15, [0013] －[0039]、図1－14 & JP 2015-206783 A	1-5

☒ 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矛盾するものではなく、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

12.12.2019

国際調査報告の発送日

07.01.2020

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

眞岩 久恵

2S

4067

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C (続き) . 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
Y	W0 2017/111058 A1 (バンドー化学株式会社) 2017.06.29, [0038]、図5 & EP 3395249 A1, [0074] – [0077]、図5	3-5