

(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1月2日(02.01.2020)



(10) 国際公開番号

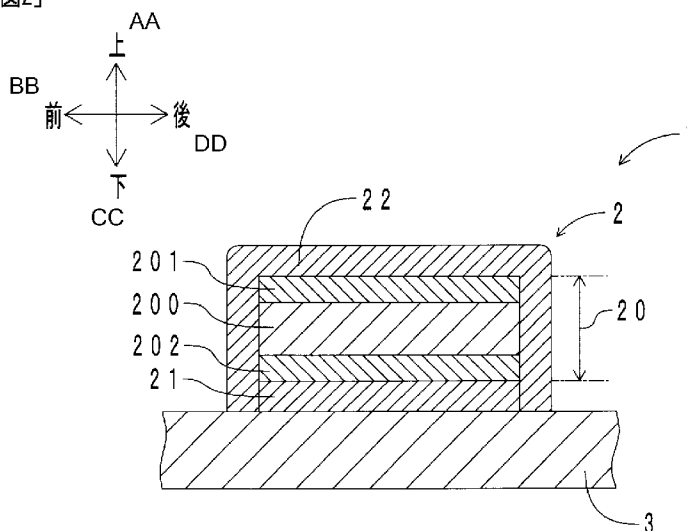
WO 2020/003685 A1

- (51) 国際特許分類:
G01B 7/16 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/015078
- (22) 国際出願日: 2019年4月5日(05.04.2019)
- (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 2018-122813 2018年6月28日(28.06.2018) JP
- (71) 出願人: 住友理工株式会社(SUMITOMO RIKO COMPANY LIMITED) [JP/JP]; 〒4858550 愛知県小牧市東三丁目1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 高橋 渉 (TAKAHASHI Wataru); 〒4858550 愛知県小牧市東三丁目1番地 住友理工株式会社内 Aichi (JP). 日比野 真吾(HIBINO Shingo); 〒4858550 愛知県小牧市東三丁目1番地 住友理工株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 東口 倫昭, 外 (HIGASHIGUCHI Michiaki et al.); 〒4510051 愛知県名古屋市西区則武新町4-4-19 S G 名古屋駅ビル402号室 東口特許事務所 Aichi (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

(54) Title: CAPACITANCE-TYPE ELONGATION SENSOR SYSTEM

(54) 発明の名称: 静電容量型伸びセンサシステム

[図2]



AA Top
BB Front
CC Bottom
DD Rear

(57) Abstract: A capacitance-type elongation sensor system (1) is provided with a base material (3) having extensibility and an elongation sensor (2) disposed on the base material (3). The elongation sensor (2) is provided with a sensor element (20) having: a dielectric layer (200) having an elastomer; and a plurality of electrode layers (201, 202) arranged with the dielectric layer (200) interposed therebetween. Within a measurement frequency range of 0.1 Hz to 10 kHz inclusive, the maximum relative dielectric constant of the dielectric layer (200) is equal to or smaller than ten times the minimum

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, 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：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

relative dielectric constant thereof.

(57) 要約：静電容量型伸びセンサシステム（1）は、伸縮性を有する基材（3）と、基材（3）に配置される伸びセンサ（2）と、を備える。伸びセンサ（2）は、エラストマーを有する誘電層（200）と、誘電層（200）を挟んで配置される複数の電極層（201、202）と、を有するセンサ素子（20）を備え、測定周波数が0.1 Hz以上10 kHz以下の範囲において、誘電層（200）の最大比誘電率は最小比誘電率の10倍以下である。

明 細 書

発明の名称： 静電容量型伸びセンサシステム

技術分野

[0001] 本発明は、伸縮性を有する基材と柔軟なセンサ素子とを備える静電容量型伸びセンサシステムに関する。

背景技術

[0002] 例えば特許文献 1 に記載されているように、静電容量型センサを生体または衣服などに貼り付けて、呼吸数や関節の曲げ伸ばしなどの生体の動きを測定している。次式 (a) で表されるように、静電容量型センサにおいては、伸張されて誘電層の厚さが小さくなり電極層間距離が小さくなると、静電容量が大きくなる。同時に、電極層の面積が大きくなると、静電容量が大きくなる。静電容量型センサによると、センサの伸縮による静電容量の変化に基づいて、生体の動きを測定することができる。

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r S / d \quad \cdots (a)$$

[C：静電容量、 ε_0 ：真空の誘電率、 ε_r ：誘電層の比誘電率、S：電極層の面積、d：電極層間距離]

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開 2 0 1 7 - 2 0 1 3 2 4 号公報

特許文献2：特開 2 0 1 8 - 4 9 0 3 6 号公報

特許文献3：特開 2 0 1 6 - 1 5 3 7 2 9 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 静電容量型センサの静電容量は、電極間に交流電圧を印加して測定される。生体の素早い動きを測定するためには、測定周波数を高くする方がよい。しかし、測定周波数を高くすると、漏れ電流が大きくなるため、消費電力が大きくなり経済的ではない。消費電力が大きいと、バッテリーで駆動させる

場合にバッテリーの消耗が速くなり使い勝手が悪い。反対に、測定周波数を低くすると、消費電力は小さくなるが、生体の素早い動きを測定しにくくなる。したがって、測定したい動きに応じて、測定周波数を変更することが望ましい。

[0005] 特許文献1～3に記載されているように、静電容量型センサを柔軟にするという観点から、誘電層にはエラストマーが使用される。この場合、測定周波数が変わると、誘電層の誘電率が変わってしまうことが問題になる。誘電層の誘電率は、電子分極、配向分極、イオン分極などの分極構造に影響を受ける。通常エラストマーには、架橋剤、架橋促進剤、分散剤などの多くの添加剤が配合される。これらの残渣が電界によりイオン化すると、当該イオンが反転して分極が発生する（イオン分極）。すなわち、誘電層にイオン成分が存在すると、イオン分極により多くの電荷が発生し誘電率が大きくなる。しかし、イオン分極には、イオン自体の反転が必要であるため、周波数が高くなると、イオンの反転する速度が周波数に追いつかなくなる。よって、低周波数領域ではイオン分極による誘電率の上昇が大きくなるのに対して、高周波数領域では誘電率の上昇はほとんど見られない。したがって、誘電層にイオン成分が含まれると、特に100Hz以下の低周波数領域でイオン分極による影響が大きくなることから、測定周波数の高低による誘電率の変化が顕著になる。先の式（a）に示されるように、誘電層の誘電率が変化すると、静電容量が変化するため、センサの感度が大きく変わってしまう。したがって、誘電層にエラストマーを用いる場合、測定したい動きに応じて測定周波数を変えることは難しい。また、EMC（電磁環境両立性）の観点から、電磁波ノイズを減らすために測定周波数を変更する必要がある場合には、静電容量の測定回路の部品を変更するなどの対策が必要になる。

[0006] 本発明は、このような実情に鑑みてなされたものであり、エラストマーを含んでいても、測定周波数による比誘電率の変化が小さい誘電層を有するセンサ素子を備え、生体の動きなどを測定可能な静電容量型伸びセンサシステムを提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の静電容量型伸びセンサシステムは、伸縮性を有する基材と、該基材に配置される伸びセンサと、を備える静電容量型伸びセンサシステムであって、該伸びセンサは、エラストマーを有する誘電層と、該誘電層を挟んで配置される複数の電極層と、を有するセンサ素子を備え、測定周波数が0.1 Hz以上10 kHz以下の範囲において、該誘電層の最大比誘電率は最小比誘電率の10倍以下であることを特徴とする。

発明の効果

[0008] 本発明の静電容量型伸びセンサシステムを構成するセンサ素子は、エラストマーを有し、かつ、測定周波数が0.1 Hz以上10 kHz以下の範囲における比誘電率の変化が小さい誘電層を備える。例えば、生体の動きを測定するために使用される測定周波数は、1 Hz～100 Hz程度が適当である。本発明におけるセンサ素子によると、誘電層の比誘電率が当該周波数を含む範囲において変化しにくいいため、生体の動きに応じて測定周波数を変更しても、静電容量が変化しにくい。したがって、測定回路の部品を変更することなく測定したい動きに最適な測定周波数を設定することができ、生体の様々な動きを精度良く測定することができる。また、ノイズを減らしたい周波数を避けて測定周波数を設定することにより、EMC規制にも対応しやすい。すなわち、測定周波数を変更しやすいことは、ノイズ対策にも有効である。

[0009] 本発明の静電容量型伸びセンサシステムによると、伸びセンサは伸縮性を有する基材に配置される。例えば、基材がサポーターなどの場合にはそれを装着するだけで、あるいは基材が衣服の場合は着るだけで、容易に体の動きを測定することができる。

[0010] なお、比誘電率は測定周波数が低くなるにつれて大きくなる傾向にある。したがって、測定周波数が0.1 Hzの時の比誘電率が、10 kHz（10000 Hz）の時の比誘電率に対して10倍以下であれば、「測定周波数が0.1 Hz以上10 kHz以下の範囲において、誘電層の最大比誘電率は最

小比誘電率の10倍以下である」という要件を満足するといつてよい。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本発明の静電容量型伸びセンサシステムの一実施形態の上面図である。

[図2]図1の11-11断面図である。

[図3]基材に配置された伸びセンサの上面図である。

[図4]同伸びセンサの前後方向の断面模式図である。

[図5]A方向の伸び量に対する静電容量の変化を示すグラフである。

[図6]B方向の伸び量に対する静電容量の変化を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本発明の静電容量型伸びセンサシステムの実施の形態について説明する。まず、図面を参照しながら本発明の静電容量型伸びセンサシステムの一形態を説明する。図1に、本実施形態の静電容量型伸びセンサシステムの上面図を示す。図2に、図1の11-11断面図を示す。図2においては、上下方向が伸びセンサの厚さ方向に対応している。図1、図2に示すように、静電容量型伸びセンサシステム1は、伸びセンサ2と、基材3と、制御装置4と、を備えている。本実施形態においては、基材3の左右方向を測定方向、前後方向を測定方向に垂直な垂直方向と定義する。

[0013] 基材3は、コンプレッションウエア（弾性繊維を使用した布）であり、伸縮性を有している。伸びセンサ2は、基材3の上面に左右方向に帯状に延在して配置されている。伸びセンサ2のヤング率は、20MPa以下である。伸びセンサ2の「ヤング率×厚さ」の値は、基材3の「ヤング率×厚さ」の値の10倍以上である。伸びセンサ2は、センサ素子20と、接着層21と、保護層22と、を備えている。

[0014] センサ素子20は、長方形薄膜状を呈している。センサ素子20の長辺の長さ（左右方向長さ）は短辺の長さ（前後方向長さ）の5倍以上である。センサ素子20は、誘電層200と、一对の電極層201、202と、を備えている。

[0015] 誘電層200は、カルボキシル基変性水素化ニトリルゴムのポリマーが金

属アルコキシド化合物のテトラキス（２－エチルヘキシルオキシ）チタンで架橋された架橋物からなる。当該架橋物は、本発明におけるエラストマーの概念に含まれる。誘電層２００の比誘電率は１３（測定周波数１００Ｈｚ）であり、測定周波数が０．１Ｈｚ以上１０ｋＨｚ以下の範囲における最大比誘電率は最小比誘電率の１０倍以下である。

[0016] 電極層２０１、２０２は、いずれもアクリルゴムのポリマーが金属アルコキシド化合物のテトラキス（２－エチルヘキシルオキシ）チタンで架橋された架橋物と薄層黒鉛とを有している。当該架橋物は、本発明におけるエラストマーの概念に含まれる。電極層２０１は、誘電層２００の上面に配置されている。電極層２０１の左端には、配線４０が接続されている。電極層２０２は、誘電層２００の下面に配置されている。電極層２０２の左端には、配線４１が接続されている。

[0017] 接着層２１は、基材３とセンサ素子２０との間に配置されている。接着層２１は、軟化点が１００℃程度のウレタン系熱可塑性エラストマーからなる。接着層２１により、基材３とセンサ素子２０とが接着されている。接着層２１のヤング率は５０ＭＰａ以下、破断伸びは１０％以上である。

[0018] 保護層２２は、センサ素子２０を被覆するように配置され、伸びセンサ２の最外層を形成している。保護層２２は、接着層２１と同じウレタン系熱可塑性エラストマーからなる。

[0019] 制御装置４は、バッテリーと、静電容量検出部と、を備えている。バッテリーは、配線４０、４１を介して、電極層２０１、２０２間に交流電圧を印加する。静電容量検出部は、流れる電流の振幅と電圧に対する位相差に基づいて、静電容量を検出する。

[0020] 例えば、基材３が人の体の動きに伴い伸張すると、伸びセンサ２も基材３と共に伸張する。すると、誘電層２００が伸張されて電極層２０１、２０２間の距離が小さくなると共に、電極層２０１、２０２の面積が大きくなる。これにより、センサ素子２０の静電容量は大きくなる。制御装置４には、静電容量の変化とセンサ素子２０の伸び量との関係を示すマップが予め格納さ

れている。したがって、伸張前後の静電容量の変化量から、センサ素子 20 の伸び量、すなわち測定部位の伸び量が算出される。

[0021] 本実施形態のセンサ素子 20 は、測定周波数が 0.1 Hz 以上 10 kHz 以下の範囲における比誘電率の変化が小さい誘電層 200 を備えている。よって、測定周波数を変更しても、静電容量が変化しにくい。したがって、制御装置 4 の部品を変更することなく、測定したい動きに最適な測定周波数を設定することができ、生体の様々な動きを精度良く測定することができる。また、測定周波数を変更しやすいため、ノイズ対策にも有効である。

[0022] 本実施形態の基材 3 は、コンプレッションウエアである。よって、コンプレッションウエアを着るだけで、容易に体の動きを測定することができる。ここで、センサ素子 20 は、長辺と短辺との比（アスペクト比）が 5 倍以上の長方形状を呈している。詳細は後述するが、センサ素子 20 の長辺を伸びの測定方向に一致させ、基材 3 に対する伸びセンサ 2 の柔軟性を所定の範囲にすることで、測定方向においては伸びセンサ 2 と基材 3 とが一緒に伸張し、垂直方向においては主に基材 3 のみが伸張する。こうすることにより、測定方向における伸び量を選択的に、かつ体の動きを阻害することなく測定することができる。

[0023] 本実施形態の伸びセンサ 2 は、接着層 21 により基材 3 に接着されている。接着層 21 は必須の構成要素ではないが、柔軟かつ加熱圧着可能な熱可塑性エラストマーを用いることにより、伸びセンサ 2 の柔軟性を維持しつつ、基材 3 への伸びセンサ 2 の固定が容易になる。また、伸びセンサ 2 の最外層は、保護層 22 からなる。保護層 22 は必須の構成要素ではないが、保護層 22 を配置することにより、伸びセンサ 2 に絶縁性、耐湿性、耐久性など様々な機能を付与することができる。

[0024] 本発明の静電容量型伸びセンサシステムは上記形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、当業者が行い得る変更、改良などを施した種々の形態にて実施することができる。次に、本発明の静電容量型伸びセンサシステムを構成する個々の部材について説明する。

[0025] <基材>

基材は、伸縮性を有すればその種類は特に限定されない。例えば、布、ポリマーシート、布とポリマーとを組み合わせた生地などが挙げられる。布は、弾性繊維などの合成繊維や天然繊維を用いた織物、編物、不織布のいずれでもよい。ポリマーとしては、エラストマーやその発泡体が好適である。布とポリマーとの組合せは、布とポリマーシートとを積層した積層体、布にポリマー溶液を塗布したり、布をポリマー溶液に浸漬するなどしてコーティング処理したものが挙げられる。生体の動きに追従できるという観点から、基材は、10%以上伸張できるものが望ましい。例えば、基材としてサポーター、コンプレッションウエアなどを選択すれば、それらを身につけるだけで簡単に生体の動きを測定することができる。

[0026] <伸びセンサ>

伸びセンサは、エラストマーを有する誘電層と、該誘電層を挟んで配置される複数の電極層と、を有するセンサ素子を備える。

[0027] [センサ素子]

(1) 誘電層

誘電層はエラストマーを有する。エラストマーには、架橋ゴムおよび熱可塑性エラストマーが含まれ、これらの一種を単独で、または二種以上を組み合わせ用いることができる。エラストマーとしては、静電容量を大きくして測定感度を向上させるという観点から、比誘電率が大きいものが望ましい。具体的には、比誘電率が10以上（測定周波数100Hz）のものが好適である。比誘電率が大きいエラストマーとしては、例えば、ニトリルゴム（NBR）、水素化ニトリルゴム（H-NBR）、アクリルゴム、天然ゴム、イソプレンゴム、エチレン-酢酸ビニル共重合体、エチレン-酢酸ビニル-アクリル酸エステル共重合体、ブチルゴム、スチレン-ブタジエンゴム（SBR）、フッ素ゴム、エピクロルヒドリンゴム、クロロプレンゴム、塩素化ポリエチレン、クロロスルホン化ポリエチレンなどが挙げられる。また、官能基を導入するなどして変性されたエラストマーを用いてもよい。変性エラ

ストマーとしては、例えば、カルボキシル基変性ニトリルゴム（X-NBR）、カルボキシル基変性水素化ニトリルゴム（XH-NBR）などが挙げられる。熱可塑性エラストマーは、架橋剤を使用しないため、不純物が入りにくい。熱可塑性エラストマーとしては、スチレン系（SBS、SEBS、SEPS）、オレフィン系（TPO）、塩ビ系（TPVC）、ウレタン系（TPU）、エステル系（TPEE）、アミド系（TPAE）、およびこれらの共重合体やブレンド体が挙げられる。なかでも、耐久性に優れる、比誘電率が大きいという理由から、ニトリルゴム、水素化ニトリルゴムが好適であり、後述する金属アルコキシド化合物と反応して架橋できるという理由から、カルボキシル基変性ニトリルゴム、カルボキシル基変性水素化ニトリルゴムが好適である。

[0028] 測定周波数が0.1 Hz以上10 kHz以下の範囲において、誘電層の最大比誘電率は最小比誘電率の10倍以下である。8倍以下、さらには5倍以下であるとより好適である。測定周波数により比誘電率が変化しにくい誘電層を実現するには、できるだけ誘電層に含まれる不純物やイオン成分を少なくすることが望ましい。例えば、架橋剤として硫黄を用いると、架橋後のエラストマー中に、未反応の硫黄、加硫促進剤などに加えて、硫黄や加硫促進剤などの分解物が残存することが多い。これらの反応残渣は、イオン化してイオン分極を発生させる成分になる。したがって、誘電層に含まれるイオン成分を少なくするためには、架橋剤に金属アルコキシド化合物を用いることが望ましい。金属アルコキシド化合物としては、テトラ-n-ブトキシチタン、テトラ-n-ブトキシジルコニウム、テトラ-n-ブトキシシラン、アセトアルコキシアルミニウムジイソプロピレート、テトラ-i-プロポキシチタン、テトラエトキシシラン、テトラキス（2-エチルヘキシルオキシ）チタン、チタンブトキシドダイマーなどが挙げられる。

[0029] また、誘電層の比誘電率を大きくするという観点から、エラストマーに誘電性物質を加えるとよい。誘電性物質としては、誘電性粒子、半導体などが好適である。

[0030] エラストマーに誘電性粒子を加える場合、予め洗浄するなどして誘電性粒子から不純物やイオン成分を除去しておくことが望ましい。すなわち、エラストマーのポリマー溶液に、洗浄済みの誘電性粒子の粉末を配合した分散液を用いて、誘電層を形成すればよい。誘電性粒子を洗浄する場合、洗浄液としては、アセチルアセトンなどの金属錯体を形成する液などを用いればよい。金属錯体を形成する液を用いると、金属酸化物中の不純物を容易に除去することができる。誘電性粒子としては、チタン酸バリウム、ニオブ酸カリウム、ニオブ酸カリウムナトリウム、ニオブ酸カリウムナトリウムリチウム、チタン酸ジルコン酸鉛、ランタンドープチタン酸ジルコン酸鉛、チタン酸ストロンチウム、チタン酸ビスマス、チタン酸ビスマスバリウムなどの無機粒子が好適である。

[0031] エラストマーに半導体を加えると、高い電気抵抗を維持したまま比誘電率を大きくすることができる。半導体には、後述する無機半導体と、ポリアニリン、ポリチオフェンなどの有機半導体とがあるが、キャリア濃度を高くする、不純物が入りにくいという観点から、無機半導体の粒子が好適である。

[0032] 無機半導体の粒子としては、無機物からなるp型またはn型半導体の粒子を用いればよい。p型またはn型半導体は、真性半導体に所定の元素を微量ドーピングした材料、酸化物およびカルコゲナイドなどのp型またはn型を示す材料、のいずれでもよい。カルコゲナイドは、硫化物、セレン化物、およびテルル化物を含む。これらのうち、安定性および安全性の観点から、酸化物または硫化物、なかでも金属酸化物または金属硫化物が好適である。

[0033] p型を示す金属酸化物、金属硫化物としては、ニッケルを含む化合物、1価の銅を含む化合物、コバルトを含む化合物が挙げられる。具体的には、酸化ニッケル、酸化銅、コバルトとナトリウムとの複合酸化物（例えば Na_xCoO_4 ）などが挙げられる。

[0034] n型を示す金属酸化物としては、酸化亜鉛、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化インジウム、酸化ビスマス、酸化バナジウム、酸化タンタル、酸化ニオブ、酸化タングステン、酸化スズ、酸化鉄、タンタル酸カリウム、チタ

ン酸バリウム、チタン酸カルシウムおよびチタン酸ストロンチウムなどが挙げられる。金属硫化物としては、硫化カドミウム、硫化亜鉛、および硫化インジウムなどが挙げられる。

[0035] 粒子内のキャリア濃度を増加して、比誘電率向上効果を高めるという観点から、金属酸化物および金属硫化物としては、元素が一部置換されたものや、所定の元素が微量ドーピングされたものが望ましい。なかでも、チタン酸バリウムにL a、N b、T a、Y、C a、M g、M nがドーピングされたもの、酸化チタンにN b、T a、S b、P、Nがドーピングされたもの、酸化スズにP、S b、A lがドーピングされたもの、酸化亜鉛にA l、G aがドーピングされたもの、酸化インジウムにS nがドーピングされたものが、好適である。また、複数の元素がドーピングされたものを用いてもよい。また、還元アニーリングなどにより、酸素欠損を生成して、キャリア濃度を増加させてもよい。元素のドーピング量は、ドーピングする母粒子により最適値が異なるため、適宜決定すればよい。例えば、ドーピング量は、0.01 mol %以上20 mol %以下であることが望ましい。ドーピング量が0.01 mol %未満の場合には、比誘電率向上効果が少なく、20 mol %を超えると、かえって比誘電率が小さくなる。より好適には、0.5 mol %以上10 mol %以下である。

[0036] 誘電性物質の含有量は、誘電層が所望の比誘電率、体積抵抗率、柔軟性を有するように、適宜決定すればよい。例えば、誘電性物質の含有量を、エラストマー100質量部に対して、5質量部以上100質量部以下にする。消費電力を小さくするという観点から、誘電層の体積抵抗率は、 $10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上であることが望ましい。 $10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上が好適である。生体の動きを阻害しにくいという観点から、誘電層の厚さは、 $1 \mu\text{m}$ 以上 $200 \mu\text{m}$ 以下、さらには $100 \mu\text{m}$ 以下であることが望ましい。

[0037] (2) 電極層

電極層の材質は特に限定されないが、電極層は誘電層の変形に追従できるよう柔軟であることが望ましい。例えば、オイル、エラストマーなどのバイ

ンダーに導電材を混合した導電性塗料から電極層を形成すればよい。あるいは、炭素繊維や金属繊維をメッシュ状に編んで電極層を形成してもよい。前者の導電性塗料を採用する場合、伸張しても電気抵抗が増加しにくい電極層を形成するという観点から、バインダーとしてエラストマーを用いることが望ましい。エラストマーとしては、シリコンゴム、NBR、エチレンプロピレンジエンゴム（EPDM）、天然ゴム、SBR、アクリルゴム、ウレタンゴム、エピクロロヒドリンゴム、クロロスルホン化ポリエチレン、塩素化ポリエチレンなどの架橋ゴム、およびスチレン系、オレフィン系、塩ビ系、ウレタン系、エステル系、アミド系などの熱可塑性エラストマーが挙げられる。また、エポキシ基変性アクリルゴム、カルボキシル基変性水素化ニトリルゴムなどのように、官能基を導入するなどして変性したエラストマーを用いてもよい。導電材としては、カーボンブラック、ケッチェンブラック、カーボンナノチューブ、薄層黒鉛などの炭素材料や、銀、金、銅、ニッケル、ロジウム、パラジウム、クロム、チタン、白金、鉄、およびこれらの合金などの金属粉末を使用すればよい。

[0038] なかでも、導電材に薄層黒鉛を用いると、電極層の電気抵抗を小さくすることができるため、測定周波数が高周波数であっても静電容量が低下しにくい。また、電極層の長さを長くしても電気抵抗が増加しにくいため、センサ素子を帯状に長くすることもできる。さらに、電極層を薄くすることができるため、より柔軟にすることができる。薄層黒鉛は、予め層間剥離され薄層化された黒鉛である。グラフェンは、黒鉛（グラファイト）の1層分であり、炭素原子の六員環が平面状に連なった構造を有する。薄層黒鉛は、複数のグラフェンの積層体であり、薄層黒鉛におけるグラフェンの積層数は、黒鉛よりも少なく、数層～数百層であることが望ましい。

[0039] 電極層は、バインダーおよび導電材に加えて、必要に応じて架橋剤、分散剤、補強剤、可塑剤、老化防止剤、着色剤などの添加剤を含んでいてもよい。イオン成分が誘電層に移動しないように、電極層においても不純物やイオン成分が少ないことが望ましい。このため、バインダーにエラストマーを用

いる場合、電極層に含まれるイオン成分を少なくするという観点から、架橋剤には金属アルコキシド化合物を用いることが望ましい。金属アルコキシド化合物については、先の（１）において述べたとおりである。

[0040] <基材と伸びセンサとの関係>

前出の式（a） $C = \epsilon_0 \epsilon_r S / d$ で表されるように、伸びセンサの静電容量は、電極層の面積に比例して変化する。例えば、生体の動作におけるある一方向の伸び量を測定したい場合、基材および伸びセンサの柔軟性が高く、生体の動作により電極層が面方向に伸張すると、測定したい一方向の面積変化ではなく、面全体の面積変化に基づいて静電容量が算出されるため、当該一方向の伸び量を正確に測定することができない。すなわち、測定したい一方向だけでなく他の方向の伸びも検出してしまうため、測定精度が低下する。これは、伸びセンサが柔軟であるが故に生じることであるから、例えば伸びセンサを硬くして変形しにくくすれば、電極層の面方向の伸張を抑制することはできる。しかし、伸びセンサの柔軟性を低下させると、生体の動きに追従しないばかりか、むしろ動きを阻害するおそれがある。これでは、伸び量を正確に測定することにはならない。

[0041] この点、上記特許文献１に記載されているセンサ装置によると、センサ本体を異方性を有する布（一方向に伸びやすく、当該一方向に直交する方向には伸びにくい布）に一体化することにより、センサ本体の伸縮方向を布の易伸縮方向である一方向に規制して、センサ本体の伸び量と電極層の面積変化とを比例させている。しかし、一方向にしか伸びない布を用いると、布が伸びにくい方向（難伸縮方向）への生体の動きを阻害してしまうため、生体の動きを規制することなく一方向の伸び量を正確に測定するという課題を解消するには至らない。

[0042] そこで、本発明の好適な態様は、測定したい方向に合わせてセンサ素子のアスペクト比を規定すると共に、伸びセンサのヤング率を規定し、基材のヤング率との関係を規定した。すなわち、本発明の静電容量型伸びセンサシステムにおいて、基材が伸縮する方向のうちの一方方向を測定方向、該測定方向

に垂直な方向を垂直方向と定義した場合に、センサ素子における該測定方向の長さは該垂直方向の長さに対して5倍以上であり、伸びセンサのヤング率は20MPa以下であり、伸びセンサのヤング率を E_1 (MPa)、厚さを T_1 (mm)、基材のヤング率を E_2 (MPa)、厚さを T_2 (mm)とした場合に、次式(i)を満足することが望ましい。より好適には、次式(ii)を満足することが望ましい。

$$1.0 \leq (E_1 \times T_1) / (E_2 \times T_2) \quad \dots (i)$$

$$1.5 \leq (E_1 \times T_1) / (E_2 \times T_2) \quad \dots (ii)$$

本態様においては、センサ素子の長手方向を測定方向に一致させ、基材に対する伸びセンサの柔軟性を所定の範囲にすることで、測定方向においては伸びセンサと基材とが一緒に伸張するが、垂直方向においては主に基材のみが伸張する。すなわち、伸びセンサが伸張しないため、垂直方向の伸びを検出しないで済む。こうすることにより、測定方向における伸び量のみを、生体の動きを阻害することなく正確に測定することができる。

[0043] 本明細書においては、JIS K 6251:2017に準拠した引張試験により得られた応力-歪み曲線において、5%伸びの応力をその時の歪みで除した値をヤング率とする。試験片は短冊状2号形を用い、引張速度は500mm/分とする。

[0044] 基材に対する伸びセンサの配置形態は特に限定されない。例えば、センサ素子の電極層と基材とが接するように、センサ素子を基材に直接的に固定してもよい。あるいは、上記実施形態に示したように、センサ素子を接着剤、熱可塑性エラストマーシートなどにより基材に間接的に固定してもよい。すなわち、伸びセンサは、基材とセンサ素子との間に接着層などの別部材を有していてもよい。一方、上記実施形態に示したように、センサ素子を絶縁し、保護するという観点から、センサ素子の外側（基材とは反対側）にセンサ素子を覆うように保護層を配置してもよい。すなわち、伸びセンサは、最外層に保護層などの別部材を有していてもよい。

[0045] 伸びセンサがセンサ素子以外の部材を有する場合、先の式(i)、(ii)

）における伸びセンサのヤング率は、後述する実施例に示すように、部材ごとのヤング率に当該部材が伸びセンサに占める厚さの割合を乗じたものを足し合わせて算出される。以下、接着層および保護層について説明する。

[0046] 〔接着層〕

接着層の材質は、センサ素子の電極層と基材とを接着できれば特に限定されない。伸びセンサの柔軟性を低下させないという観点から、接着層としては熱可塑性エラストマーを用いることが望ましい。熱可塑性エラストマーの軟化点が低すぎると、環境耐久性に劣る。よって、例えば軟化点が60℃以上150℃以下の熱可塑性エラストマーを用いると、環境耐久性を満足しつつ、アイロンなどで加熱して圧着することにより容易にセンサ素子を基材に固定することができる。好適な熱可塑性エラストマーは、柔軟であるという観点から、エーテル系ウレタン、エステル系ウレタンなどが挙げられる。

[0047] センサ素子の伸縮に追従し、伸びセンサの柔軟性を確保するという観点から、接着層のヤング率は50MPa以下、破断伸びは10%以上であることが望ましい。本明細書においては、JIS K 6251：2017に準拠した引張試験により測定された切断時伸びを破断伸びとする。試験片はダンベル状2号形を用い、引張速度は500mm/分とする。

[0048] 〔保護層〕

保護層の材質は、絶縁性、耐湿性、耐久性などを考慮して適宜決定すればよい。伸びセンサの柔軟性を低下させないという観点から、保護層にも熱可塑性エラストマーを用いることが望ましい。保護層の材質は接着層のそれと同じでも異なってもよい。接着層と同様に、センサ素子の伸縮に追従し、伸びセンサの柔軟性を確保するという観点から、保護層のヤング率は50MPa以下、破断伸びは10%以上であることが望ましい。

[0049] ＜制御装置＞

本発明の静電容量型伸びセンサシステムは、基材に配置された伸びセンサの他に、伸びセンサからの出力信号を処理するための制御装置や、測定結果を表示するための表示装置などを備えて構成すればよい。例えば、上記形態

に示したように、バッテリー駆動にすると、有線で接続する煩わしさを解消することができるため、ウェアラブルな用途に好適である。なお、測定周波数を低くすると、バッテリーの消費電力を抑えて動作時間を増やすことができる。本発明におけるセンサ素子によると、低周波数領域でも誘電層の比誘電率が変化しにくいため、バッテリー駆動の場合に好適である。

実施例

[0050] 次に、実施例を挙げて本発明をより具体的に説明する。

[0051] (1) 比誘電率の測定

材料が異なる七種類の誘電層を製造し、測定周波数0.1～10000Hzの範囲における比誘電率を測定した。

[0052] <誘電層の製造>

[誘電層1]

まず、カルボキシル基変性水素化ニトリルゴム(XH-NBR)のポリマー(ランクセス社製「テルバン(登録商標)XT8889」)を、アセチルアセトンに溶解して、固形分濃度が12質量%のポリマー溶液を調製した。次に、調製したポリマー溶液100質量部に、架橋剤のテトラキス(2-エチルヘキシルオキシ)チタン(TOT)のアセチルアセトン溶液(濃度20質量%)を5質量部添加した。そして、当該ポリマー溶液をポリエチレンテレフタレート(PET)製の基板(以下同じ)上に塗布し、乾燥させた後、150℃で60分間加熱して、誘電層1を製造した。

[0053] [誘電層2]

まず、リン(P)をドーピングした酸化スズ(SnO₂)粉末(三菱マテリアル(株)製「EPSP2」)をアセチルアセトンへ分散して、濃度12質量%の分散液を調製した。使用した粉末は、n型無機半導体粒子の粉末である。次に、誘電層1と同じポリマー溶液100質量部に、調製した分散液13質量部を混合して、混合液を調製した。続いて、調製した混合液に、架橋剤のテトラキス(2-エチルヘキシルオキシ)チタンのアセチルアセトン溶液(濃度20質量%)を5質量部添加した。そして、当該混合液を基板上に

塗布し、乾燥させた後、 150°C で60分間加熱して、誘電層2を製造した。

[0054] [誘電層3]

まず、チタン酸バリウム粉末をアセチルアセトンに投入し、攪拌した後に24時間静置した。その後、粉末をろ別し、真空乾燥して、洗浄済みチタン酸バリウム粉末を製造した。洗浄済みチタン酸バリウム粉末は、誘電性粒子の概念に含まれる。次に、誘電層1と同じ架橋剤溶液が添加されたポリマー溶液に、洗浄済みチタン酸バリウム粉末を加えて、分散液を調製した。洗浄済みチタン酸バリウム粉末は、ポリマー溶液のポリマー分100質量部に対して80質量部になるように加えた。そして、当該分散液を基板上に塗布し、乾燥させた後、 150°C で60分間加熱して、誘電層3を製造した。

[0055] [誘電層4]

まず、アンチモン(Sb)をドーピングした酸化スズ(SnO_2)と酸化チタン(TiO_2)とからなる粉末(石原産業(株)製「FT-1000」)をアセチルアセトンへ分散して、濃度12質量%の分散液を調製した。使用した粉末は、n型無機半導体粒子の粉末である。次に、誘電層1と同じポリマー溶液100質量部に、調製した分散液13質量部を混合して、混合液を調製した。続いて、調製した混合液に、架橋剤のテトラキス(2-エチルヘキシルオキシ)チタンのアセチルアセトン溶液(濃度20質量%)を5質量部添加した。そして、当該混合液を基板上に塗布し、乾燥させた後、 150°C で60分間加熱して、誘電層4を製造した。

[0056] [誘電層5]

まず、反応容器にポリカーボネートジオール(旭化成(株)製「デュラノール(登録商標)T5650J」、分子量800)を30.0質量部入れ、攪拌しながら減圧脱水を2時間実施した。次に、反応容器内を窒素置換した。それから、反応容器内にヘキサメチレンジイソシアネート(旭化成(株)製「デュラネート(登録商標)D201)46.6質量部、および1,4-フェニレンジイソシアネート(東京化成工業(株)製)6.05質量部を滴

下し、窒素気流下100℃にて4時間攪拌して、イソシアネート末端プレポリマーAを合成した。続いて、ポリカーボネートジオール（同上）20.0質量部と、合成したイソシアネート末端プレポリマーA18.6質量部と、トリエチレンジアミン0.01質量部と、を配合し、攪拌後に減圧脱泡してウレタン反応液を調製した。調製したウレタン反応液を基板上に塗布し、乾燥させた後、150℃で3時間加熱して、ウレタンゴムからなる誘電層5を製造した。

[0057] [誘電層6]

チタン酸バリウム粉末を洗浄せずに用いた点以外は、誘電層3と同様にし、誘電層6を製造した。

[0058] [誘電層7]

カルボキシル基変性水素化ニトリルゴムのポリマー（同上）に、硫黄、シリカ（日本アエロジル（株）製「アエロジル（登録商標）380」）、可塑剤（トリクレジルフォスフェート）、および老化防止剤など（三新化学工業（株）「サンセラー（登録商標）CZ-G」および「サンセラー22C」、鶴見化学工業（株）製「サルファックス（登録商標）T10」、大内新興化学工業（株）製「ノクタイザー（登録商標）SS」）を加えて、ロールにて混練し、未加硫ゴムを製造した。この未加硫ゴムをプレス機にてシート状に成形して、誘電層7を製造した。

[0059] <比誘電率の測定結果>

製造した誘電層1～7をサンプルホルダー（ソーラトロン社製、12962A型）に設置して、誘電率測定インターフェイス（同社製、1296型）、および周波数応答アナライザー（同社製、1255B型）を併用して、比誘電率を測定した。表1に、比誘電率の測定結果を示す。

[表1]

		実施例				比較例		
		誘電層1	誘電層2	誘電層3	誘電層4	誘電層5	誘電層6	誘電層7
誘電層	エラストマー	XH-NBR	XH-NBR	XH-NBR	XH-NBR	ウレタンゴム	XH-NBR	XH-NBR
	誘電性粒子	—	—	洗浄済み チタン酸バリウム	—	—	未洗浄 チタン酸バリウム	—
	半導体粒子	—	n型無機半導体	—	n型無機半導体	—	—	—
	架橋剤	TOT	TOT	TOT	TOT	—	TOT	硫黄
	ヤング率[MPa]	1	3	12	18	7	11	11
	破断伸び[%]	600	550	480	350	720	440	780
	10000Hz	13	18	16	70.2	8.0	16	13
	1000Hz	13	19	17	71.5	8.2	17	13
	100Hz	13	19	17	72.5	8.9	17	15
	10Hz	13	20	18	120.8	11.0	18	18
比誘電率	1Hz	14	29.1	19	248	28.6	82	21
	0.1Hz	32	58.5	23	599	332.3	433	228

表1に示すように、誘電層1～4によると、測定周波数が0.1Hzの時の比誘電率が、10000Hzの時の比誘電率に対して10倍以下であった

。すなわち、誘電層 1～4 は、「測定周波数が 0.1 Hz 以上 10 kHz 以下の範囲において、誘電層の最大比誘電率は最小比誘電率の 10 倍以下である」という要件を満足するといえる。この点において、誘電層 1～4 は、本発明の実施例に相当する。これに対して、誘電層 5～7 によると、測定周波数が 1～0.1 Hz と低くなると比誘電率が急激に大きくなった。この点において、誘電層 5～7 は、本発明の比較例に相当する。

[0060] 上述したように、イオン成分は低周波数領域で分極に寄与し、誘電率を上げる効果を発揮する。よって、誘電層 1～4 において比誘電率の周波数依存性が小さい理由として、誘電層に含まれる不純物やイオン成分が少ないことが挙げられる。具体的には、誘電層 1～4 においては、架橋剤として、架橋残渣が出にくい金属アルコキシド化合物を使用した。誘電層 2、4 においては、誘電性物質として、イオン成分の少ない n 型無機半導体粉末を配合した。誘電層 3 においては、誘電性物質として、洗浄してイオン成分を除去した誘電性粒子を配合した。配合した誘電性粒子の洗浄の有無のみが異なる誘電層 3 と誘電層 6 とを比較すれば、低周波数領域におけるイオン成分の影響は明らかである。なお、ウレタンゴムを用いた誘電層 5、架橋剤として硫黄を使用した誘電層 6 においては、不純物やイオン成分が多いと考えられる。

[0061] 誘電層 2～4 は、誘電性物質を含有する。このため、例えば測定周波数が 100 Hz の場合を比較してわかるように、他の誘電層より比誘電率が大きくなった。したがって、誘電層 2～4 を用いると、静電容量が大きく、感度の高い静電容量型センサを実現することができる。

[0062] 表 1 には、各誘電層のヤング率と破断伸びの値も示している。誘電層 1～4 によると、破断伸びの値が大きいため、測定対象の動きを阻害することなく伸び量を測定することができる。

[0063] (2) 静電容量の測定

比誘電率の測定で製造した誘電層 1 を用いて伸びセンサを構成し、それを基材に接着して静電容量型伸びセンサシステムを製造した。そして、一方向に基材を伸ばした時の静電容量の変化を測定した。

[0064] <静電容量型伸びセンサシステムの製造>

[実施例 1]

(1) 電極層 1

まず、導電材 50 質量部に分散剤 18 質量部および溶剤を添加して導電材分散液を調製した。次に、調製した導電材分散液を、湿式ジェットミル（吉田機械興業（株）製「ナノヴェイタ（登録商標）」）により粉碎処理した。パス運転により、粉碎処理を合計 3 回行った（3 パス処理）。1 パス目は、ストレート型ノズル（ノズル径 $170\ \mu\text{m}$ ）、処理圧力 $90\ \text{MPa}$ で行い、2 パス目以降は、クロス型ノズル（ノズル径 $170\ \mu\text{m}$ ）、処理圧力 $130\ \text{MPa}$ で行った。それから、粉碎処理後の導電材分散液に、ポリマー 82 質量部を溶剤に溶解したポリマー溶液を添加、混合して液状組成物を調製した。得られた液状組成物をバーコート法により PET 製の基板上に厚さ狙い値 $15\ \mu\text{m}$ にて塗布し、 150°C 下で 2 時間加熱することにより塗膜を硬化させた。このようにして電極層 1 を製造した。電極層 1 の製造に使用した材料は以下のとおりである。

ポリマー：カルボキシル基変性水素化ニトリルゴム（ランクセス社製「テルバン XT 8889」）

導電材：薄層黒鉛（（株）アイテック「iGurafen- α 」）

分散剤：高分子量ポリエステル酸アミドアミン塩（楠本化成（株）「ディスパロン（登録商標）DA7301」）

溶剤：アセチルアセトン

(2) 伸びセンサ

まず、ウレタン系の熱可塑性エラストマー薄膜（日本マタイ（株）製「UH370」、厚さ $25\ \mu\text{m}$ 、破断伸び 320%）に、製造した電極層を重ねて、真空プレスで接着させた。次に、電極層の上面に誘電層 1 を重ねて、真空プレスで接着させた。さらに、誘電層 1 の上面に製造した電極層を重ねて、真空プレスで接着させた。最後に、電極層の上面に熱可塑性エラストマー薄膜（同上）を重ねて、真空プレスで接着させた。このようにして、「熱可

塑性エラストマー薄膜／電極層／誘電層 1／電極層／熱可塑性エラストマー薄膜」からなる伸びセンサを製造した。

[0065] (3) 静電容量型伸びセンサシステム

製造した伸びセンサを、基材であるコンプレッションウェア（TESLA社製、オールシーズン長袖、厚さ0.4mm）の上面に配置して、上からアイロンで加熱して熱可塑性エラストマー薄膜を溶融することにより、伸びセンサと基材とを接着させた。それから、基材の上面端部にコネクタを取り付け、伸びセンサの電極層と図示しない制御装置とを、配線で電氣的に接続した。このようにして、静電容量型伸びセンサシステムを製造した。図3に、基材に配置された伸びセンサの上面図を示す。図3においては、説明の便宜上、伸びセンサにハッチングを施して示す。図4に、同伸びセンサの前後方向の断面模式図を示す。図3、図4中、前出図1、図2と対応する部材については同じ符号で示す。

[0066] 図3、図4に示すように、伸びセンサ2は、基材3の上面に接着されている。伸びセンサ2は、センサ素子20と、接着層21と、保護層22と、を備えている。センサ素子20は、誘電層200と、一对の電極層201、202と、を備えている。誘電層200は、縦（前後方向長さ）10mm、横（左右方向長さ）60mm、厚さ98 μ mの長方形薄膜状を呈している。電極層201、202は、各々、縦8mm、横50mm、厚さ15 μ mの長方形薄膜状を呈している。誘電層200と電極層201、202とが厚さ方向に重なる感圧部の大きさは、縦8mm、横50mmである。接着層21は、熱可塑性エラストマー薄膜からなり、縦10mm、横60mm、厚さ25 μ mの長方形薄膜状を呈している。保護層22も同様に、熱可塑性エラストマー薄膜からなり、縦10mm、横60mm、厚さ25 μ mの長方形薄膜状を呈している。伸びセンサ2の左端には、コネクタ42が取り付けられている。コネクタ42を介して、伸びセンサ2の電極層201、202と、図示しない制御装置とが、配線で電氣的に接続されている。

[0067] [実施例2]

センサ素子の両側に積層される接着層および保護層の厚さを各々2倍に変更した点以外は、実施例1と同様にして伸びセンサを製造した。具体的には、センサ素子の両側に、熱可塑性エラストマー薄膜を二枚ずつ配置した。

[0068] [実施例3]

センサ素子の両側に積層される接着層および保護層の厚さを各々4倍に変更した点以外は、実施例1と同様にして伸びセンサを製造した。具体的には、センサ素子の両側に、熱可塑性エラストマー薄膜を四枚ずつ配置した。

[0069] [実施例4]

電極層1に代えて電極層2を配置した点以外は、実施例1と同様にして伸びセンサを製造した。電極層2の製造方法は以下のとおりである。まず、カルボキシル基変性水素化ニトリルゴム（電極層1と同じ）100質量部をアセチルアセトンに溶解したポリマー溶液に、導電材としてのケッチェンブラック23質量部を加えて混練した。次に、混練物を三本ロールに五回繰り返して通して、スラリーを得た。そして、得られたスラリーに、架橋剤のテトラキス（2-エチルヘキシルオキシ）チタン5質量部を加えてエア攪拌機で混練した後、スラリーをバーコート法によりPET製の基板上に厚さ狙い値15 μ mにて塗布した。これを150℃下で1時間加熱し、塗膜を硬化させて電極層2を製造した。

[0070] [参考例1]

基材の種類を変更した点以外は、実施例3と同様にして静電容量型伸びセンサシステムを製造した。基材には、Darchen社製のトレーニングインナーの腰部ゴム部分（厚さ1.4mm）を使用した。

[0071] [参考例2]

熱可塑性エラストマー薄膜の種類を変更した点以外は、実施例3と同様にして伸びセンサを製造した。すなわち、接着層および保護層には、ポリアミド系の熱可塑性エラストマー薄膜（日本マタイ（株）製「NT140」、厚さ25 μ m、破断伸び300%）を使用した。

[0072] 表2に、各静電容量型伸びセンサシステムにおける伸びセンサ、基材の仕

様をまとめて示す。

[表2]

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	参考例1	参考例2
伸びセンサのヤング率 [MPa]	12.4	12.3	12.2	12.7	12.2	75.1
誘電層1のヤング率 [MPa]	1	1	1	1	1	1
電極層1のヤング率 [MPa]	20	20	20	–	20	20
電極層2のヤング率 [MPa]	–	–	–	21	–	–
熱可塑性エラストマー薄膜 のヤング率 [MPa]	12	12	12	12	12	90
伸びセンサの厚さ [mm]	0.098	0.148	0.248	0.098	0.248	0.248
誘電層1の厚さ [mm]	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
電極層1の合計厚さ [mm]	0.03	0.03	0.03	–	0.03	0.03
電極層2の合計厚さ [mm]	–	–	–	0.03	–	–
熱可塑性エラストマー薄膜 の合計厚さ [mm]	0.05	0.1	0.2	0.05	0.2	0.2
(A)伸びセンサのヤング率×厚さ	1.2	1.8	3.0	1.2	3.0	18.6
基材のヤング率 [MPa]	0.3	0.3	0.3	0.3	1.5	0.3
基材の厚さ [mm]	0.4	0.4	0.4	0.4	1.4	0.4
(B)基材のヤング率×厚さ	0.12	0.12	0.12	0.12	2.1	0.12
(A)/(B)	10	15	25	10	1	155

[0073] <静電容量の測定結果>

図3に示すように、基材の伸縮方向のうち後方向をA方向、右方向をB方向と設定した。A方向は伸びセンサの短手方向に一致し、B方向は伸びセンサの長手方向に一致する。まず、基材の後辺中央部を把持し、基材をA方向に伸ばした時の静電容量を測定した。図5に、A方向の伸び量に対する静電容量の変化を示す。次に、基材の右辺中央部を把持し、基材をB方向に伸ばした時の静電容量を測定した。図6に、B方向の伸び量に対する静電容量の変化を示す。なお、参考例2の伸びセンサシステムについては、伸びセンサ

が硬く（ヤング率 $75.1 \text{ MPa} > 20 \text{ MPa}$ ）、伸縮性に乏しかったため、伸び量に対する静電容量の測定は行わなかった。

[0074] 図6に示すように、伸びセンサの長手方向と同じB方向に基材を伸ばした場合には、静電容量の変化に、伸びセンサシステムの違いはほとんど現れなかった。これに対して、図5に示すように、伸びセンサの短手方向と同じA方向に基材を伸ばした場合には、静電容量の変化に、伸びセンサシステムの違いが顕著に現れた。以下の(1)～(3)の要件を満足する実施例1～4の伸びセンサシステムでは、基材に対して伸びセンサが硬いため、伸び量が小さい領域(20%以下)では、主に基材のみが変形し、伸びセンサはほとんど変形しない。このため、伸び量が小さい領域では、静電容量の値にほとんど変化が見られなかった。さらに基材を伸ばしていき、伸びセンサが若干変形するとその分だけ静電容量は大きくなった。一方、基材が硬く、以下の(3)の要件を満足しない参考例1の伸びセンサシステムでは、伸び量が小さい領域においても静電容量は増加した。また、接着層および保護層が硬く（ヤング率 90 MPa ）伸縮性を有さず、以下の(2)の要件を満足しない参考例2の伸びセンサシステムにおいては、伸びセンサが伸張されると元の状態に戻らないため、連続した動作を測定することができない。よって、参考例2の伸びセンサシステムは、生体の連続した動作を測定する用途には適していない。

(1) センサ素子における長手方向(B方向)の長さは短手方向(A方向)の長さに対して5倍以上。

(2) 伸びセンサのヤング率は 20 MPa 以下。

(3) 伸びセンサのヤング率を $E_1 \text{ (MPa)}$ 、厚さを $T_1 \text{ (mm)}$ 、基材のヤング率を $E_2 \text{ (MPa)}$ 、厚さを $T_2 \text{ (mm)}$ とした場合、 $(E_1 \times T_1) / (E_2 \times T_2)$ の値(表2中、(A)/(B)の値)が10以上。

[0075] このように、(1)～(3)の要件を満足する場合には、基材と伸びセンサとの柔軟性の違いと、伸びセンサが短手方向に伸張しにくいことを利用して、伸びセンサの長手方向の伸び量のみを選択的に検出することが可能にな

る。したがって、実施例１～４の伸びセンサシステムによると、伸び量を測定したい方向を伸びセンサの長手方向（Ｂ方向）に設定することにより、測定したい方向の伸び量を正確に測定することができる。

産業上の利用可能性

[0076] 本発明の静電容量型伸びセンサシステムは、呼吸状態や心拍数などの生体情報の測定、関節の曲げ伸ばしや手を握ったり開いたりするなどの各種動作の測定に好適である。本発明の静電容量型伸びセンサシステムは、医療、介護、健康管理、トレーニングなどの現場で有用である。

符号の説明

[0077] １：静電容量型伸びセンサシステム、２：伸びセンサ、３：基材、４：制御装置、２０：センサ素子、２１：接着層、２２：保護層、４０、４１：配線、４２：コネクタ、２００：誘電層、２０１、２０２：電極層

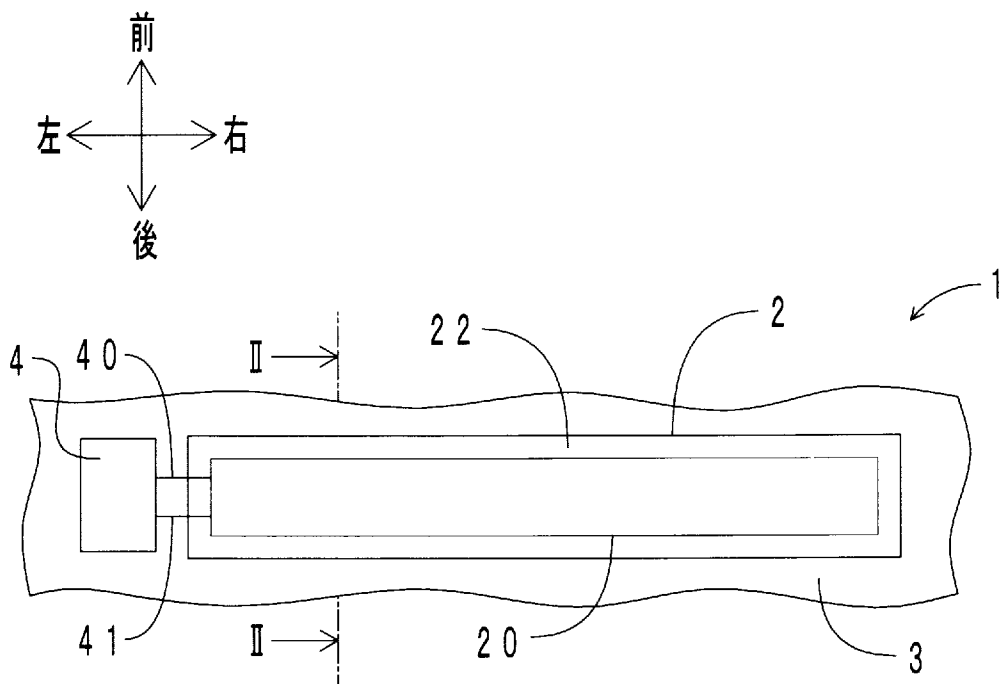
請求の範囲

- [請求項1] 伸縮性を有する基材と、該基材に配置される伸びセンサと、を備える静電容量型伸びセンサシステムであって、
- 該伸びセンサは、エラストマーを有する誘電層と、該誘電層を挟んで配置される複数の電極層と、を有するセンサ素子を備え、
- 測定周波数が0.1 Hz以上10 kHz以下の範囲において、該誘電層の最大比誘電率は最小比誘電率の10倍以下であることを特徴とする静電容量型伸びセンサシステム。
- [請求項2] 前記基材が伸縮する方向のうちの一方方向を測定方向、該測定方向に垂直な方向を垂直方向と定義して、
- 前記センサ素子における該測定方向の長さは該垂直方向の長さに対して5倍以上であり、
- 前記伸びセンサのヤング率は20 MPa以下であり、
- 該伸びセンサのヤング率を E_1 (MPa)、厚さを T_1 (mm)、該基材のヤング率を E_2 (MPa)、厚さを T_2 (mm)とした場合に、次式 (i) を満足する請求項1に記載の静電容量型伸びセンサシステム。
- $$10 \leq (E_1 \times T_1) / (E_2 \times T_2) \quad \cdots (i)$$
- [請求項3] 前記伸びセンサは、前記センサ素子と前記基材との間に配置される接着層を備える請求項1または請求項2に記載の静電容量型伸びセンサシステム。
- [請求項4] 前記接着層は、熱可塑性エラストマーを有する請求項3に記載の静電容量型伸びセンサシステム。
- [請求項5] 前記接着層のヤング率は50 MPa以下、破断伸びは10%以上である請求項3または請求項4に記載の静電容量型伸びセンサシステム。
- [請求項6] 前記誘電層の前記エラストマーは、金属アルコキシド化合物で架橋されてなる請求項1ないし請求項5のいずれかに記載の静電容量型伸

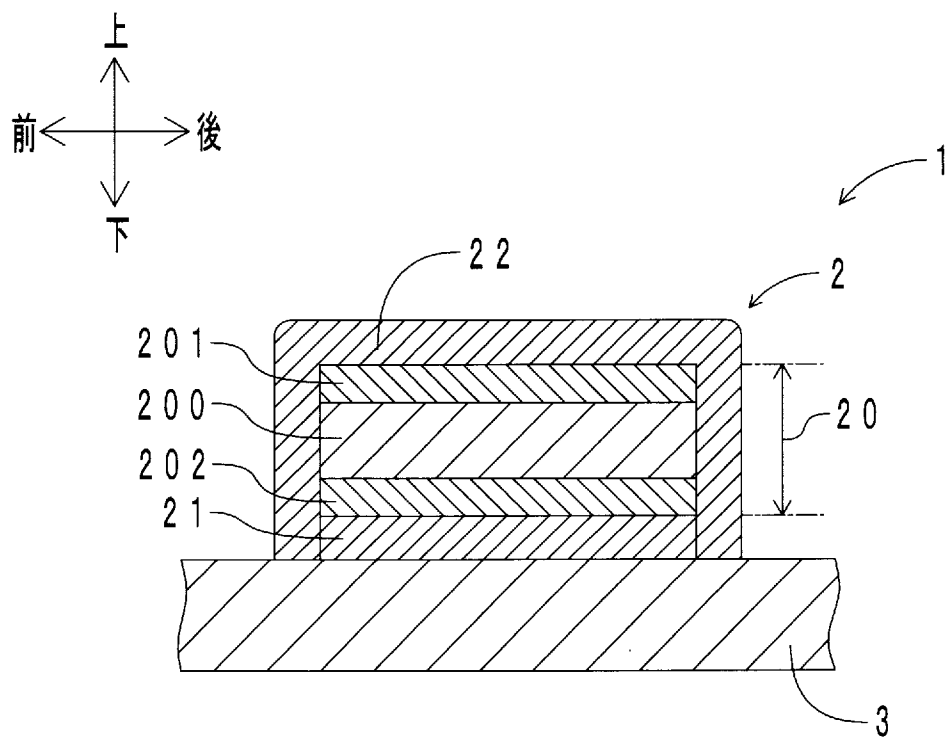
びセンサシステム。

- [請求項7] 前記誘電層の前記エラストマーは、ニトリルゴム、水素化ニトリルゴム、カルボキシル基変性ニトリルゴム、カルボキシル基変性水素化ニトリルゴムから選ばれる一種以上である請求項1ないし請求項6のいずれかに記載の静電容量型伸びセンサシステム。
- [請求項8] 前記電極層は、エラストマーおよび導電材を有する請求項1ないし請求項7のいずれかに記載の静電容量型伸びセンサシステム。
- [請求項9] 前記電極層の前記エラストマーは、金属アルコキシド化合物で架橋されてなる請求項8に記載の静電容量型伸びセンサシステム。
- [請求項10] 前記導電材は、薄層黒鉛を含む請求項8または請求項9に記載の静電容量型伸びセンサシステム。
- [請求項11] 前記基材は布である請求項1ないし請求項10のいずれかに記載の静電容量型伸びセンサシステム。

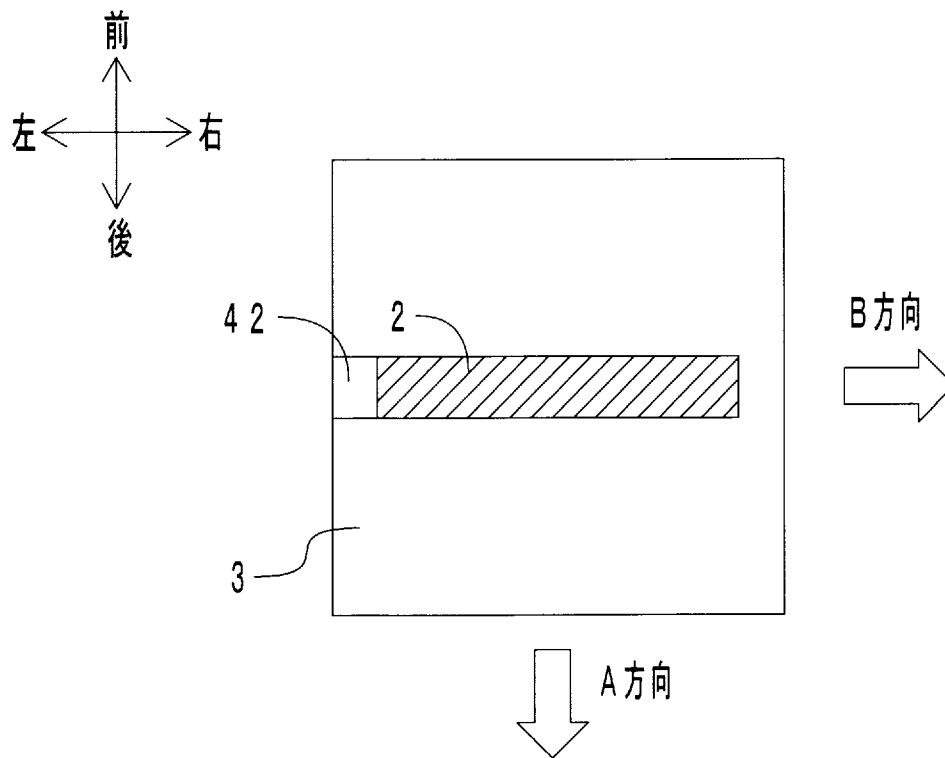
[図1]



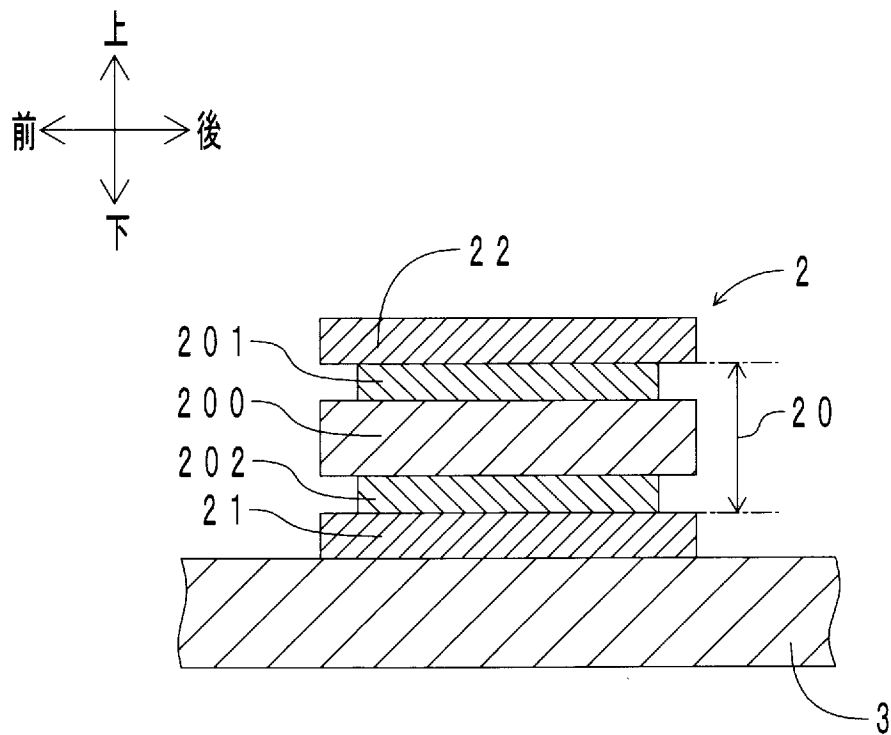
[図2]



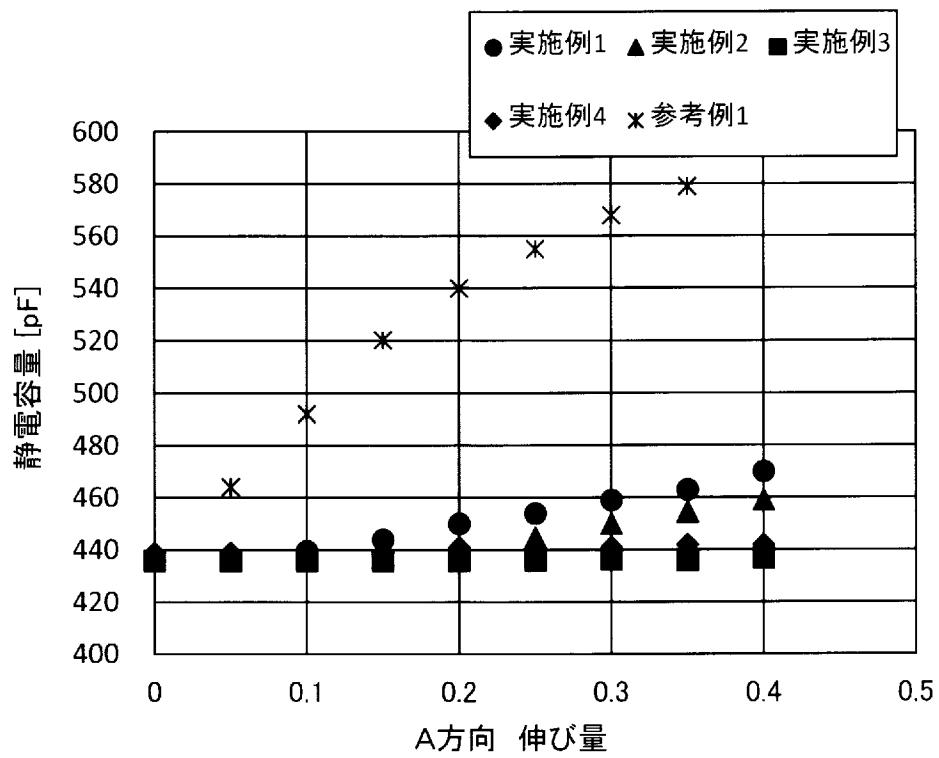
[図3]



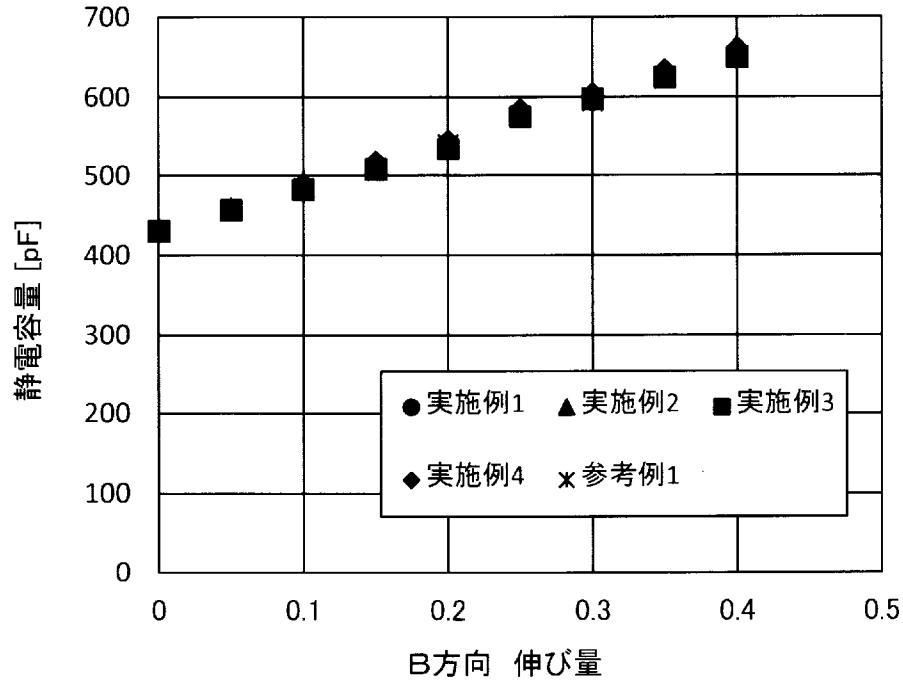
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/015078

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 2016-153729 A (SUMITOMO RIKO CO., LTD.) 25	1, 3-11
Y	August 2016, paragraphs [0005]-[0117], fig. 1-6 (Family: none)	1-11
X	JP 2015-59845 A (BANDO CHEMICAL INDUSTRIES, LTD.)	1, 3-11
Y	30 March 2015, paragraphs [0133]-[0135], fig. 9 (Family: none)	1-11
X	JP 4-12403 A (NISSAN MOTOR CO., LTD.) 17 January	1, 3-11
Y	1992, page 1, lower left column, line 14 to page 2, lower left column, line 3, page 3, upper left column, lines 2-16 (Family: none)	1-11



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

20.06.2019

Date of mailing of the international search report

02.07.2019

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/JP2019/015078

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2016-501303 A (DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET) 18 January 2016, paragraphs [0062]-[0064], fig. 1 & US 2015/0318074 A1, paragraphs [0067]-[0071], fig. 1	1, 3-11 1-11
X Y	JP 2015-187931 A (SUMITOMO RIKO CO., LTD.) 29 October 2015, paragraphs [0033], [0057]-[0059], [0077], fig. 5 (Family: none)	1, 3-11 1-11
Y	堤一之, 黒澤瑛介, 消失模型鍛造用発泡樹脂の歪測定方法, 日本鍛 造工学会 第161回全国講演大会, 01 October 2012, p. 149, non-official translation (TSUTSUMI, Kazuyuki, KUROSAWA, Eisuke. Distortion Measurement Method for Resin Foams for Sublimation Pattern Forging. 161st Meeting of the Japan Foundry Engineering Society.)	2

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 2016-153729 A（住友理工株式会社）2016.08.25, [0005] — [0117]、図1-6（ファミリーなし）	1,3-11 1-11
X Y	JP 2015-59845 A（バンドー化学株式会社）2015.03.30, [0133] — [0135]、図9（ファミリーなし）	1,3-11 1-11
X Y	JP 4-12403 A（日産自動車株式会社）1992.01.17, 第1頁左下欄第 14行—第2頁左下欄第3行、第3頁左上欄第2—16行（ファミ リーなし）	1,3-11 1-11

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

20.06.2019

国際調査報告の発送日

02.07.2019

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
X Y	JP 2016-501303 A (ダンマルクス テクニスケ ユニベルシテット) 2016.01.18, [0062] - [0064]、図1 & US 2015/0318074 A1, [0067] - [0071]、図1	1, 3-11 1-11
X Y	JP 2015-187931 A (住友理工株式会社) 2015.10.29, [0033]、[0057] - [0059]、[0077]、図5 (ファ ミリーなし)	1, 3-11 1-11
Y	堤一之, 黒澤瑛介, 消失模型鍛造用発泡樹脂の歪測定方法, 日本鍛 造工学会 第161回全国講演大会, 2012.10.01, 第149頁	2