

(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2017-70150

(P2017-70150A)

(43) 公開日 平成29年4月6日(2017.4.6)

(51) Int.Cl.
H02N 11/00 (2006.01)F1
H02N 11/00

テーマコード (参考)

Z

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2015-196198 (P2015-196198)
(22) 出願日 平成27年10月1日 (2015.10.1)(71) 出願人 000004112
株式会社ニコン
東京都港区港南二丁目15番3号
(74) 代理人 110000877
龍華国際特許業務法人
(72) 発明者 草場 敏治
東京都港区港南二丁目15番3号 株式会
社ニコン内
(72) 発明者 藤本 康治
京都市下京区中堂寺南町134番地 株式
会社K R I 内
(72) 発明者 山口 日出樹
京都市下京区中堂寺南町134番地 株式
会社K R I 内

最終頁に続く

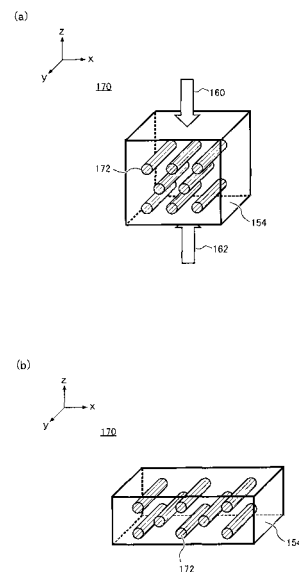
(54) 【発明の名称】 異方性エラストマー、誘電エラストマーアクチュエータ、補助用具、および異方性エラストマーの製造方法

(57) 【要約】

【課題】誘電アクチュエータは、誘電材料の表面に設けた可撓性比の大きい電極材料により異方性を発現させているので、電極材料近傍の誘電材料は、電極材料に変形が拘束されて異方性が発現するが、誘電材料内部の誘電材料においては、電極材料に変形が拘束されず、変形の異方性が発現しないという課題があった。

【解決手段】異方性エラストマーであって、電圧を印加することによって変形されるエラストマーと、エラストマーよりも弾性率が高い異形状の物質とを含み、異形状の物質は、一方向に沿って伸び、かつ、前記一方向に交差する他方向に並んでエラストマーの内部に配置されている。

【選択図】図5



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

弾性を有し、電圧を印加することにより変形させられる第 1 の物質と、
前記第 1 の物質よりも弾性率が高い第 2 の物質と、
を含み、

前記第 2 の物質は、一方向に沿って延び、かつ、前記一方向に交差する他方向に並んで
前記第 1 の物質の内部に配置されており、

外力を受けて前記第 1 の物質が変形する場合に、前記第 2 の物質に前記変形が抑制され
ることによって、変形の異方性が発現する異方性エラストマー。

【請求項 2】

前記第 1 の物質の比誘電率は 2 ~ 8 である、
請求項 1 に記載の異方性エラストマー。

【請求項 3】

前記第 2 の物質は、前記第 1 の物質と相分離し、少なくとも一部分において、前記第 1
の物質とブロック共重合体を構成する樹脂である請求項 1 または 2 に記載の異方性エラス
トマー。

【請求項 4】

前記第 1 の物質の比誘電率が、前記第 2 の物質の比誘電率以下である請求項 3 に記載の
異方性エラストマー。

【請求項 5】

前記第 1 の物質および前記第 2 の物質は、前記一方向に延伸された後に、アニール処理
される請求項 4 に記載の異方性エラストマー。

【請求項 6】

前記アニール処理の温度は、前記樹脂のガラス転移温度より高い温度であって、前記第
1 の物質の融点よりも低い温度である請求項 5 に記載の異方性エラストマー。

【請求項 7】

前記樹脂は、結晶性を有する請求項 3 から 6 の何れか 1 項に記載の異方性エラストマー
。

【請求項 8】

前記第 1 の物質は、エラストマーであり、前記第 2 の物質は、前記一方向に沿って配向
された異方性フィラーである請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の異方性エラストマー
。

【請求項 9】

前記異方性フィラーは、金属繊維、ガラス繊維および樹脂繊維の少なくとも 1 つを含む
請求項 8 に記載の異方性エラストマー。

【請求項 10】

前記異方性フィラーは、アラミド繊維である請求項 9 に記載の異方性エラストマー。

【請求項 11】

請求項 1 から 10 の何れか 1 項に記載の異方性エラストマーと、
前記異方性エラストマーに電圧を印加する電極と、
を含み、

前記電極による電圧の印加方向は、前記一方向と、前記他方向に交差する方向である誘
電エラストマーアクチュエータ。

【請求項 12】

身体の動作を補助する補助用具であって、
身体に取り付ける装着部と、
請求項 11 に記載の誘電エラストマーアクチュエータと、
前記誘電エラストマーアクチュエータを前記装着部に取り付ける取付け部と、
を備える補助用具。

【請求項 13】

弾性を有し、電圧を印加することにより変形させられる第 1 の物質と、
前記第 1 の物質よりも弾性率の高い第 2 の物質と、
を含み、
前記第 1 の物質および前記第 2 の物質とを一方向に延伸する段階と、
前記第 1 の物質および前記第 2 の物質とをアニール処理する段階と、
を含む、異方性エラストマーの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、異方性エラストマー、誘電エラストマーアクチュエータ、補助用具、および 10
異方性エラストマーの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

誘電材料と、誘電材料よりも高い弾性率を有し、誘電材料の表面に設けられた電極材料
を波形状に形成した誘電アクチュエータが知られている。当該誘電アクチュエータは、
表面の電極材料を波形状に形成することによって、電極材料を含む誘電材料が撓む方向
と、ほとんど撓まない方向との可撓性比を大きくして、変形の異方性を発現させている。

特許文献 1 特開 2008—118852

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0003】

しかしながら、上記誘電アクチュエータは、誘電材料の表面に設けた可撓性比の大きい
電極材料により異方性を発現させているので、電極材料近傍の誘電材料は、電極材料に変
形が拘束されて異方性が発現するが、誘電材料内部においては、電極材料に変形が拘束さ
れず、変形の異方性が発現しないという課題があった。

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明の第 1 の態様においては、弾性を有し、電圧を印加することにより変形させられ
る第 1 の物質と第 1 の物質よりも弾性率が高い第 2 の物質とを含み、第 2 の物質は、一方
向に沿って延び、かつ、当該一方向に交差する他方向に並んで第 1 の物質の内部に配置さ
れており、外力を受けて第 1 の物質が変形する場合に、第 2 の物質に前記変形が抑制され
ることによって、変形の異方性が発現する異方性エラストマーを提供する。 30

【0005】

本発明の第 2 の態様においては、第 1 の態様に係る異方性エラストマーと異方性エラス
トマーに電圧を印加する電極とを含み、電極による電圧の印加方向は、一方向と、他方向
に交差する方向である誘電エラストマーアクチュエータを提供する。

【0006】

本発明の第 3 の態様においては、身体の動作を補助する補助用具であって、身体に取り
付ける装着部と、第 2 の態様に係る誘電エラストマーアクチュエータと、誘電エラストマ
ーアクチュエータを前記装着部に取り付ける取付け部とを備える補助用具を提供する。 40

【0007】

本発明の第 4 の態様においては、弾性を有し、電圧を印加することにより変形させられ
る第 1 の物質と第 1 の物質よりも弾性率の高い第 2 の物質とを含み、第 1 の物質および第
2 の物質とを一方向に延伸する段階と、第 1 の物質および第 2 の物質とをアニール処理す
る段階とを含む、異方性エラストマーの製造方法を提供する。

【0008】

本発明の第 5 の態様における異方性エラストマーは、電圧を印加することによって変形
されるエラストマーと、エラストマーよりも弾性率が高い異形状の物質とを含み、電圧
を印加することによって変形されるエラストマーの比誘電率が、エラストマーよりも弾性
率が高い異形状の物質の比誘電率以下であることを特徴とする。 50

【 0 0 0 9 】

なお、上記の発明の概要は、本発明の特徴の全てを列挙したものではない。また、これらの特徴群のサブコンビネーションもまた、発明となりうる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 0 】

【 図 1 】 誘電エラストマーアクチュエータ 1 1 0 の概略断面図である。

【 図 2 】 誘電エラストマーアクチュエータ 1 1 0 の概略断面図である。

【 図 3 】 (a) 等方性エラストマー 1 5 0 の変形前の状態を示す斜視図である。(b) 等方性エラストマー 1 5 0 の変形後の状態を示す斜視図である。

【 図 4 】 (a) 異方性エラストマー 1 5 2 の変形前の状態を示す斜視図である。(b) 異方性エラストマー 1 5 2 の変形後の状態を示す斜視図である。

【 図 5 】 (a) 異方性エラストマー 1 7 0 の変形前の状態を示す斜視図である。(b) 異方性エラストマー 1 7 0 の変形後の状態を示す斜視図である。

【 図 6 】 (a) 他の異方性エラストマー 1 8 0 の変形前の状態を示す断面図である。(b) 他の異方性エラストマー 1 8 0 の変形後の状態を示す断面図である。

【 図 7 】 (a) 他の異方性エラストマー 1 8 4 の変形前の状態を示す断面図である。(b) 他の異方性エラストマー 1 8 4 の変形後の状態を示す断面図である。

【 図 8 】 一方向に延伸した後にアニール処理した第 1 ブロック共重合体の断面 T E M 写真である。

【 図 9 】 第 1 ブロック共重合体の変位と引張力との関係を示すグラフである。

【 図 1 0 】 補助用具 1 0 を装着したユーザの正面図である。

【 図 1 1 】 補助用具 1 0 を装着したユーザの背面図である。

【 図 1 2 】 補助用具 1 0 の制御系を説明するブロック図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 1 】

以下、発明の実施の形態を通じて本発明を説明するが、以下の実施形態は特許請求の範囲にかかる発明を限定するものではない。また、実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。

【 0 0 1 2 】

電氣的にコントロール可能な誘電エラストマーアクチュエータは、エラストマーの弾性を利用したソフトアクチュエータとして、人工筋肉への応用が期待されている。図 1 は、誘電エラストマーアクチュエータ 1 1 0 の概略断面図である。図 1 は、誘電エラストマーアクチュエータ 1 1 0 に電圧が印加されていない状態を示す。ここで、エラストマーとは、常温付近でゴム弾性を有する高分子材料をいい、誘電エラストマーとは、誘電性を有する高分子材料から構成されるエラストマーをいう。

【 0 0 1 3 】

誘電エラストマーアクチュエータ 1 1 0 は、電源 1 2 0 と、スイッチ 1 3 0 と、電源 1 2 0 の正極および負極にそれぞれ接続された一対の電極 1 2 2、1 2 4 と、当該一対の電極 1 2 2、1 2 4 に挟まれた誘電性を有するエラストマー 1 2 6 と、を有する。スイッチ 1 3 0 は制御部 1 3 2 からの制御信号により開閉する。電源 1 2 0 の電圧も制御部 1 3 2 からの制御信号により可変である。

【 0 0 1 4 】

図 2 は、誘電エラストマーアクチュエータ 1 1 0 の概略断面図である。図 2 は、当該誘電エラストマーアクチュエータ 1 1 0 に電圧が印加された状態を示す。

【 0 0 1 5 】

図 2 に示すように、制御部 1 3 2 からの制御信号に基づいて、スイッチ 1 3 0 が閉じられることにより一対の電極 1 2 2、1 2 4 間に電圧が印加されると、エラストマー 1 2 6 は電極間が近づく方向に短縮するとともに、その体積分が、電圧印加方向に直交する方向、すなわち図中の水平方向に伸長する。電源 1 2 0 の印加電圧が大きいほど水平方向の伸長量は大きくなる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 6 】

また、エラストマー 1 2 6 に同じ大きさの電圧を印加したとすると、エラストマー 1 2 6 の比誘電率が高いほど水平方向の伸長量は大きくなる。したがって、誘電エラストマーアクチュエータ 1 1 0 に用いられるエラストマー 1 2 6 は、高い比誘電率を有することが好ましい。

【 0 0 1 7 】

また、エラストマー 1 2 6 に同じ大きさの電圧を印加したとすると、エラストマー 1 2 6 の弾性率が低いほど水平方向に対する伸長量は大きい。したがって、誘電エラストマーアクチュエータ 1 1 0 に用いられるエラストマー 1 2 6 は、低い弾性率を有することが好ましい。

10

【 0 0 1 8 】

次に、エラストマーの異方性について説明する。図 3 (a) は、等方性エラストマー 1 5 0 の変形前の状態を示す斜視図である。図 3 (a)、図 3 (b) において、左上に矢印で示す X 方向、Y 方向および Z 方向を等方性エラストマー 1 5 0 の X 軸方向、Y 軸方向および Z 軸方向とする。図 3 (a) に示したように、Z 軸方向から等方性エラストマー 1 5 0 を圧縮するように応力 1 6 0 と、応力 1 6 2 とが加えられる。すると、等方性エラストマー 1 5 0 が圧縮され、Z 軸方向の体積が減少する。一方、Z 軸方向の体積が減少した分、等方性エラストマー 1 5 0 は、X 軸方向および Y 軸方向に実質的に同じ長さだけ伸長する。

【 0 0 1 9 】

20

図 3 (b) は、等方性エラストマー 1 5 0 の変形後の状態を示す斜視図である。X 軸方向のひずみ量を ε_x 、Y 軸方向のひずみ量を ε_y とすると、等方性エラストマー 1 5 0 は、図 3 (b) に示したように ε_x と ε_y が実質的に等しくなるように、X 軸方向および Y 軸方向に伸長する。すなわち、等方性エラストマーとは、Z 軸方向の体積の減少に対して、 ε_x および ε_y が同じ値となるエラストマーをいう。なお、ひずみ量 ε とは、応力が与えられていない自然長の寸法を L_0 、応力が与えられて伸長した後の寸法を L_1 とすると以下の関係式 (1) で算出される値である。

【 0 0 2 0 】

$$\varepsilon = (L_1 - L_0) / L_0 \times 100 \cdots (1)$$

【 0 0 2 1 】

30

図 4 (a) は、異方性エラストマー 1 5 2 の変形前の状態を示す斜視図である。図 4 (a)、図 4 (b) において、左上に矢印で示す X 方向、Y 方向および Z 方向を異方性エラストマー 1 5 2 の X 軸方向、Y 軸方向および Z 軸方向とする。図 4 (a) に示したように、Z 軸方向から異方性エラストマー 1 5 2 を圧縮するように応力 1 6 0 と、Z 応力 1 6 2 とが加えられる。すると、異方性エラストマー 1 5 2 が圧縮され、Z 軸方向の体積が減少する。一方、Z 軸方向の減少した体積に応じて、異方性エラストマー 1 5 2 は、X 軸方向および Y 軸方向に伸長する。

【 0 0 2 2 】

図 4 (b) は、異方性エラストマー 1 5 2 の変形後の状態を示す斜視図である。異方性エラストマー 1 5 2 は、図 4 (b) に示したように、 ε_x と ε_y が異なるように、X 軸方向および Y 軸方向に伸長する。なお、図 4 (b) においては、 ε_x が大きい例を示している。異方性エラストマーとは、このように、Z 軸方向の体積の減少に対して、ひずみ量 ε_x および ε_y が異なる値となるエラストマーをいう。

40

【 0 0 2 3 】

誘電エラストマーアクチュエータ 1 1 0 において、X 軸方向に沿った出力を利用して、Y 軸方向に沿った出力を利用しない場合、Y 軸方向に沿った出力を減らして、X 軸方向に沿った出力を大きくすることで、誘電エラストマーアクチュエータ 1 1 0 の出力を高められる。X 軸方向の出力のみを使用して、Y 軸方向の出力を使用しない場合には、誘電エラストマーアクチュエータ 1 1 0 に使用するエラストマー 1 2 6 としては、図 4 (a)、図 4 (b) に示したような、一方向である X 軸方向に大きく伸長して、一方向に交差する他

50

方向である Y 軸方向には小さく伸長する異方性エラストマーを用いることが好ましい。

【0024】

図5(a)は、異方性エラストマー170の変形前の状態を示す斜視図である。図5(a)、図5(b)において、左上に矢印で示すX方向、Y方向およびZ方向を異方性エラストマー170のX軸方向、Y軸方向およびZ軸方向とする。図5(a)に示した異方性エラストマー170は、エラストマー154と、エラストマー154と少なくとも一部分において、エラストマー154とブロック共重合体を構成する樹脂172を含む。

【0025】

エラストマー154は、誘電性を有する。したがって、エラストマー154は、電圧を印加することによって変形される。エラストマー154としては、誘電性を有し、一般的に使用される合成ゴム系エラストマーが使用できる。合成ゴム系エラストマーとしては、イソブレンゴム(比誘電率:2.6~2.7)、スチレンブタジエンゴム(比誘電率:2.9~3.0)、クロロブレンゴム(比誘電率:7.5)、ブチルゴム(比誘電率2.1)、エチレンプロピレンゴム(比誘電率:3.1~3.4)、シリコンゴム(比誘電率:3.2~3.5)、フッ素ゴム(比誘電率:2.0~2.5)等を挙げることができる。また、これらのエラストマーは、1種類または2種類以上で混合して用いることもできる。さらに、エラストマー154は、なるべく高い比誘電率を有することが好ましい。例えば、エラストマー154の比誘電率は、2~8であってよい。

【0026】

樹脂172は、エラストマー154よりも高い弾性率を有する。樹脂172は、少なくとも一部分において、エラストマー154とブロック共重合体を構成する樹脂である。したがって、ブロック共重合を構成していない他の部分においては、ランダム共重合部分を含んでもよく、またグラフト共重合部分を含んでもよい。樹脂172としては、エラストマー154の弾性率に応じて、例えば、ビニル系(比誘電率:2.8~8.0)、スチレン系(比誘電率:2.3~3.4)、ポリアミド系(比誘電率:2.5~2.6)、ポリイミド系(比誘電率:4.7~4.8)、アクリル系(比誘電率:2.7~4.5)、エポキシ系(比誘電率:2.5~6.0)の樹脂を用いることができる。エラストマー154の比誘電率は、樹脂172の比誘電率以下であってよい。

【0027】

なお、樹脂172は、結晶性を有するポリアミド系、ポリイミド系ポリマーがより好ましい。樹脂172が結晶性を有する場合、一方向に延伸することで、結晶化が促進され、樹脂172の剛性が高まる。これにより、樹脂172によるエラストマー154の変形を拘束する効果を向上でき、異方性エラストマー170の異方性を向上できる。

【0028】

また、樹脂172は、エラストマー154と相分離する。したがって、異方性エラストマー170において、樹脂172は、エラストマー154という海の中に島状に分散されて点在する。その状態において、異方性エラストマー170がY軸方向に延伸されると、島状に分散されて点在した樹脂172は、Y軸方向に沿った円筒形状のシリンダー構造を形成する。また、シリンダー構造を形成した複数の樹脂172は、Y軸方向に交差するX軸方向に並んで、エラストマー154の内部に配置される。なお、Y軸方向は、一方向の一例であり、X軸方向は、一方向に交差する他方向の一例である。

【0029】

図5(b)は、異方性エラストマー170の変形後の状態を示す斜視図である。図5(a)に示したように、Z軸方向から異方性エラストマー170を圧縮するように応力160と、応力162とが加えられて、Z軸方向の体積が減少する。この場合に、図5(b)に示したように、異方性エラストマー170は、X軸方向に大きく伸長し、Y軸方向にはほとんど伸長しない。

【0030】

樹脂172は、エラストマー154よりも高い弾性率を有する。したがって、同じ応力を加えられた場合における樹脂172の伸長量は、エラストマー154より小さい。また

10

20

30

40

50

、樹脂 172 とエラストマー 154 とは共重合しているので、樹脂 172 とエラストマー 154 とは分子同士で結合している。樹脂 172 は、Y 軸方向に沿ったシリンダー構造であるので、樹脂 172 の Y 軸方向に沿った寸法は長く、当該寸法全体でエラストマー 154 を拘束できる。このため、樹脂 172 は、エラストマー 154 の Y 軸方向の変形を強く拘束できる。

【0031】

同様に、樹脂 172 は、X 軸方向に沿った幅でエラストマー 154 の X 軸方向に伸長を抑制しようとする。しかし、樹脂 172 は、X 軸方向に分離して並んでいるので、エラストマー 154 の X 軸方向の伸長に従って、樹脂 172 は、X 軸方向に移動する。このため、樹脂 172 は、エラストマー 154 を拘束できず、樹脂 172 は、エラストマー 154 の X 軸方向の変形を拘束できない。

10

【0032】

このように、異方性エラストマー 170 において、Y 軸方向に沿ったシリンダー構造の樹脂 172 は、エラストマー 154 の Y 軸方向の変形を拘束するが、X 軸方向の変形を拘束しない。これにより、異方性エラストマー 170 の変形の異方性が発現される。

【0033】

さらに、Y 軸方向に延伸した異方性エラストマー 170 を、樹脂 172 のガラス転移温度より高い温度であって、エラストマー 154 の融点よりも低い温度でアニール処理する。アニール処理により、エラストマー 154 および樹脂 172 を構成する高分子主鎖が流動して、エラストマー 154 とシリンダー構造を形成した樹脂 172 とがより明確に相分離する。これにより、樹脂 172 の明確な相分離構造が形成され、樹脂 172 から形成されるシリンダー構造が完成する。

20

【0034】

また、異方性エラストマー 170 において、エラストマー 154 は、異方性エラストマー 170 の全重量に対して、90 から 50 重量%で含まれることが好ましく、樹脂 172 は、異方性エラストマー 170 の全重量に対して、10 から 50 重量%で含まれることが好ましい。樹脂 172 の含有量が 10 重量%より少なくなると、異方性エラストマー 170 の異方性が低くなる。また、樹脂 172 の含有量が 50 重量%より多くなると、エラストマー 154 の弾性率が高くなり、柔軟性を低下させる。そして、エラストマー 154 の柔軟性が低下した結果、予め定められた一定電圧を印加した場合の、異方性エラストマー 170 の伸長量が減少し、誘電エラストマーアクチュエータの出力は低下する。

30

【0035】

また、樹脂 172 は、なるべく高い誘電率を有する樹脂であることが好ましい。樹脂 172 が高い誘電率を有することで、異方性エラストマー 170 全体の誘電率を高めることができる。これにより、異方性エラストマー 170 を誘電アクチュエータに用いた場合であって、異方性エラストマー 170 に予め定められた一定の電圧を印加した場合に、誘電率が低い異方性エラストマーを用いた場合よりも、大きく伸長させることができ、高い出力が得られる。例えば、樹脂 172 の比誘電率は、2 ~ 8 であってよい。

【0036】

図 6 (a) は、他の異方性エラストマー 180 の変形前の状態を示す断面図である。図 6 (a)、図 6 (b) において、左上の矢印で示す X 方向、Y 方向を異方性エラストマー 180 の X 軸方向、Y 軸方向とし、紙面奥側方向を Z 軸方向とする。図 6 (a) に示した異方性エラストマー 180 は、矩形状であってシート状である。異方性エラストマー 180 は、エラストマー 156 と、複数の異方性物質 182 とを含む。また、異方性物質 182 は、矩形状である。異方性物質 182 は、異方性物質 182 の長手方向が Y 軸方向に沿うように Y 軸方向に交差する他方向である X 方向に並べてエラストマー 156 の内部に配置されている。なお、図 6 (a) に示した場合において、Y 軸方向は、一方向の一例であり、X 軸方向は、一方向に交差する他方向の一例である。

40

【0037】

エラストマー 156 は、誘電性を有する。したがって、エラストマー 156 は、電圧を

50

印加することによって変形される。エラストマー 156 は、誘電性を有していれば、合成ゴム系エラストマーであってもよく、天然ゴム系エラストマーであってもよい。合成ゴム系エラストマーとしては、イソプレングム、スチレンブタジエンゴム、ブタジエンゴム、クロロプレングム、ブチルゴム、エチレンプロピレンゴム、シリコンゴム、フッ素ゴム等を挙げることができる。また、これらのエラストマーは、1 種類または 2 種類以上で混合して用いることもできる。また、天然ゴム系エラストマーとしては、天然ゴムなどを挙げることができる。

【0038】

異方性物質 182 としては、エラストマー 156 よりも弾性率が高い、金属繊維、ガラス繊維および樹脂繊維が挙げられる。金属繊維としては、塑性加工、溶融紡糸法および CV D 法で製造されたステンレス繊維、アルミニウム繊維、鉄繊維、ニッケル繊維、銅繊維等を挙げることができる。また、ガラス繊維としては、ガラスを融解した後、牽引して繊維状にしたガラス繊維を用いることができる。また、樹脂繊維としては、種々の熱可塑性および熱硬化性樹脂から製造される樹脂繊維が挙げられるが、耐熱性、柔軟性、高強度であることからアラミド繊維を用いることが好ましい。ここで、金属繊維、ガラス繊維および樹脂繊維は、フィラーの一例であり、異方性物質 182 は、これらの繊維を少なくとも 1 つ含む。

【0039】

図 6 (b) は、他の異方性エラストマー 180 の変形後の状態を示す断面図である。Z 軸プラス方向から異方性エラストマー 180 を圧縮するように応力 160 と、応力 162 とが加えられ、Z 軸方向の体積が減少した場合に、図 6 (b) に示したように、異方性エラストマー 180 は、X 軸方向に大きく伸長し、Y 軸方向にはほとんど伸長しない。

【0040】

異方性物質 182 は、エラストマー 156 よりも高い弾性率を有する。したがって、同じ応力を加えられた場合における異方性物質 182 の伸長量は、エラストマー 156 より小さい。また、異方性物質 182 とエラストマー 156 とは接合されている。なお、接合の一例は、接着剤による接着である。異方性物質 182 は、長手方向が Y 軸方向に沿うように配置されているので、異方性物質 182 は、Y 軸方向沿った長さでエラストマー 156 の Y 軸方向の変形を拘束する。異方性物質 182 の Y 軸方向に沿った長さは長いので、異方性物質 182 は、エラストマー 156 の Y 軸方向の変形を強く拘束する。

【0041】

同様に、異方性物質 182 は、X 軸方向に沿った長さでエラストマー 156 の X 軸方向の変形を拘束しようとする。しかし、異方性物質 182 は、X 軸方向に分離して並んでいるので、エラストマー 156 の X 軸方向の伸長に従って、異方性物質 182 は、X 軸方向に移動する。このため、異方性物質 182 は、エラストマー 156 を拘束できず、異方性物質 182 は、エラストマー 156 の X 軸方向の変形を拘束できない。

【0042】

このように、異方性エラストマー 180 において、異方性物質 182 は、エラストマー 156 の Y 軸方向の変形を拘束し、X 軸方向の変形を拘束しない。これにより、異方性エラストマー 180 の変形の異方性が発現する。

【0043】

また、異方性物質 182 は、エラストマー 156 に内包されている。異方性物質 182 を、エラストマー 156 に内包させることによって、Y 軸方向に沿った方向における異方性物質 182 とエラストマー 156 との接着界面の面積は増加する。接着界面によりエラストマー 156 の変形が拘束される。したがって、エラストマー 156 に異方性物質 182 を内包させることで、異方性エラストマー 180 の変形を強く拘束できる。

【0044】

異方性物質 182 をエラストマー 126 に内包させると、X 軸方向に沿った方向における異方性物質 182 との接着界面の面積も増える。しかしながら、X 軸方向に沿った方向における接着界面の面積の増加量は、Y 軸方向に沿った方向における接着界面の面積の増

10

20

30

40

50

加量より少ない。そのため、異方性物質 182 をエラストマー 156 に内包することで、Y 軸方向に沿った方向における異方性物質 182 とエラストマー 156 との接着界面の面積と、X 軸方向に沿った方向における異方性物質 182 とエラストマー 156 との接着界面の面積との差を大きくできる。これにより、異方性物質 182 は、Y 軸方向に沿った方向に、エラストマー 156 の変形を強く拘束できる。このように、異方性物質 182 をエラストマー 156 に内包することによって、異方性エラストマー 180 の変形の異方性を高めることができる。

【0045】

図 7 (a) は、他の異方性エラストマー 184 の変形前の状態を示す断面図である。図 7 (a) において、図 6 (a) (b) と同じ要素には、同じ参照番号を付して、重複する説明を省略する。また、図 7 (a)、図 7 (b) において、左上の矢印で示す X 方向、Y 方向を異方性エラストマー 184 の X 軸方向、Y 軸方向とし、紙面奥側方向を Z 軸方向とする。図 7 (a) に示した異方性エラストマー 184 は、異方性物質 182 よりも Y 軸方向の長さがおよそ半分となった短い異方性物質 186 を含む。なお、異方性物質 186 と異方性物質 182 とは、Y 軸方向に沿った長さは異なるが、他の構成は同じであるので、他の説明は省略する。

10

【0046】

図 7 (b) は、他の異方性エラストマー 184 の変形後の状態を示す断面図である。異方性物質 182 を異方性物質 186 に代えると、上述したように、Y 軸方向に沿った方向における異方性物質 186 の長さは、およそ半分となる。このため、Y 軸方向に沿った方向における異方性物質 186 とエラストマー 156 との接着界面の面積と X 軸方向に沿った方向における異方性物質 186 とエラストマー 156 との接着界面の面積との差は、異方性物質 182 を用いた場合に比べて小さくなるので、Y 軸方向に沿った方向に、エラストマー 156 の変形を強く拘束できなくなる。このように、異方性物質 186 の Y 軸方向に沿った長さを短くすると、異方性エラストマー 184 の変形の異方性は低下する。

20

【0047】

なお、1 つの異方性物質 186 の Y 軸方向に沿った方向の長さ、X 軸方向に沿った方向の長さが異なる場合には、Y 軸方向に沿った方向における異方性物質 186 とエラストマー 156 との接着界面の面積と、X 軸方向に沿った方向における異方性物質 186 とエラストマー 156 との接着界面の面積は異なる。接着界面の面積が広い方が、異方性物質 186 は、エラストマーの変形をより強く拘束するので、1 つの異方性物質 186 の Y 軸方向に沿った方向の長さ、X 軸方向に沿った方向の長さと同じでない場合には、異方性エラストマー 184 の変形の異方性が発現する。

30

【実施例】

【0048】

実施例 1 および実施例 2 について。

異方性エラストマー 170 の一例として、クラレ社製のセプトン (登録商標) SEPS 2002 を用いた。セプトン (登録商標) SEPS 2002 は、ポリスチレンブロックと、柔軟なポリオレフィン構造のエラストマーブロックで構成された熱可塑性エラストマーであり、ポリスチレン - ポリエチレンプロピレンブロック - ポリスチレンから構成されるブロック共重合体である。

40

【0049】

この場合、異方性エラストマー 170 の樹脂 172 は、ポリスチレンである。また、異方性エラストマー 170 のエラストマー 154 は、ポリエチレンプロピレンである。この異方性エラストマーを第 1 ブロック共重合体と称する。ポリスチレンの引張強さは、36 ~ 52 MPa であり、ポリエチレンプロピレンの引張強さは、5 ~ 20 MPa である。弾性率の値は、明記されていないものの、切断時の伸びは、ポリスチレンが 1.2 ~ 2.5 % であるのに対し、ポリエチレンプロピレンの伸びは、100 ~ 800 % であり、ポリスチレンと比較して、ポリエチレンプロピレンは変形しやすいことがわかる。弾性率は、変形のしにくさを示す物性値であることから、ポリスチレンの弾性率は、ポリエチレンプロ

50

ピレンより高いことが分かる。また、ポリスチレンとポリエチレンプロピレンとは、互いに相溶せずに相分離する。さらに、ポリエチレンプロピレンは、比誘電率 3.1 ~ 3.4 の誘電体であり、ポリスチレンは、比誘電率 2.4 ~ 3.1 の誘電体である。

【0050】

図 8 は、一方向に延伸した後にアニール処理した第 1 ブロック共重合体の断面 TEM (透過型電子顕微鏡) 写真である。まず、断面 TEM 写真を撮影したサンプルの作成方法について説明する。

【0051】

第 1 ブロック共重合体のペレット 15 g をトルエン 35 g に添加して、室温の温度条件下で一晩攪拌して第 1 ブロック共重合体をトルエンに溶解させて、第 1 ブロック共重合体の 30 wt % トルエン溶液を作成した。この溶液をテフロン (登録商標) シート上でキャスト成膜した。その後、室温の温度条件下で 1 日以上乾燥させ、膜厚約 200 μm の柔軟なフィルムを得た。次に、フィルム状の第 1 ブロック共重合体を 100 の温度条件下で Y 軸方向に 3.5 倍の延伸倍率で延伸した。延伸後、140 の温度条件下で 5 時間アニール処理を行い、TEM 写真を撮影したサンプルを作成した。

【0052】

次に、第 1 ブロック共重合体フィルムの断面の作成について説明する。アニール処理後の第 1 ブロック共重合体を、ミクロトームを用いて、Y 軸方向に交差する面で切削した。切削は、-150 の環境下で凍結切削した。そして、切削して作成した断面を、TEM を用いて観察した。

【0053】

図 8 に示した TEM 写真において、白い領域は、ポリエチレンプロピレンブロックであり、黒い領域は、スチレンブロックである。図 8 に示したように、延伸してアニール処理した第 1 ブロック共重合体の内部には、ポリスチレンブロックにより形成された直径 10 nm の円筒形状のシリンダー構造が形成されていることが分かる。

【0054】

表 1 は、第 1 ブロック共重合体の延伸条件、アニール条件および引張り方向を示す表である。実施例 1 は、キャスト成膜により作成したフィルム状の第 1 ブロック共重合体を、100 の条件下で Y 軸方向に 3.5 倍の延伸倍率で延伸した後、140 の温度条件下で 1 時間アニール処理を行った第 1 ブロック共重合体である。また、実施例 2 は、TEM 写真を撮影したサンプルと同じ処理をした第 1 ブロック共重合体である。比較例 1 は、延伸もアニール処理も行っていないフィルム状の第 1 ブロック共重合体である。

【表 1】

	延伸温度	アニール条件	引張り方向	No
比較例 1	延伸なし	アニールなし	X 軸/Y 軸	1-1
実施例 1	100°C 延伸	140°C アニール 1h	X 軸	1-2
			Y 軸	1-3
実施例 2	100°C 延伸	140°C アニール 5h	X 軸	1-4
			Y 軸	1-5

【0055】

表 1 に示している引張り方向およびサンプル No は、図 9 に対応している。例えば、比較例 1 における X 軸方向または Y 軸方向の変位と引張力との関係を示したプロファイルは、

図 9 におけるプロファイル 1 - 1 であることを示している。

【 0 0 5 6 】

同様に、実施例 1 における X 軸方向に引っ張った場合の変位と引張力との関係を示したプロファイルが、図 9 におけるプロファイル 1 - 2 であり、Y 軸方向に引っ張った場合の変位と引張力との関係を示すプロファイルが図 9 におけるプロファイル 1 - 3 であることを示している。また、実施例 2 における X 軸方向に引っ張った場合の変位と引張力との関係を示すプロファイルが、図 9 におけるプロファイル 1 - 4 であり、Y 軸方向に引っ張った場合の変位と引張力との関係を示すプロファイルが図 9 におけるプロファイル 1 - 5 であることを示している。

【 0 0 5 7 】

図 9 は、第 1 ブロック共重合体の変位と引張力との関係を示すグラフである。図 9 において、縦軸は、引張力を示しており、単位は [N] である。また、横軸は、関係式 (1) で算出されるひずみ量を示しており、単位は [%] である。また、測定サンプルは、フィルム状の第 1 ブロック共重合体から幅 1 0 m m 、長さ 2 5 m m の試験片を切り出し、長さ方向の上下 7 . 5 m m の部分をチャッキングしてチャック間距離を 1 5 m m とし、引っ張り速度 5 0 m m / m i n の条件で、ひずみ量に対する引張力を測定した。なお、引張力の測定は、ミネベア社製の荷重測定器 L T S 1 k N B - S 5 0 を用いて行った。

【 0 0 5 8 】

実施例 1 の第 1 ブロック共重合体は、Y 軸方向に延伸されているので、Y 軸方向に沿ってポリスチレンで構成される円筒状のシリンダー構造が形成されている。したがって、Y 軸方向にひずみ量を生じさせるための引張力を示すプロファイル 1 - 3 は、X 軸方向にひずみ量を生じさせるための引張力を示すプロファイル 1 - 2 を常に上回っており、Y 軸方向に X 軸方向と同じひずみ量を生じさせるためには、X 軸方向よりも高い引張力が必要であることを示している。すなわち、実施例 1 の第 1 ブロック共重合体は、X 軸方向にはひずみやすいが、Y 軸方向にはひずみづらいことを示しており、これは、変形の異方性が発現することを示すものである。

【 0 0 5 9 】

実施例 2 の第 1 ブロック共重合体は、実施例 1 の第 1 ブロック共重合体に対してアニール時間が異なる。具体的には、実施例 1 の第 1 ブロック共重合体は、アニール処理として 1 4 0 の温度条件下で 1 時間行っているのに対し、実施例 2 においては、アニール処理を 1 4 0 の温度条件下にて 5 時間行っている。

【 0 0 6 0 】

図 9 に示すように、Y 軸方向における、実施例 2 のひずみ量に対する引張力を示すプロファイル 1 - 5 は、実施例 1 におけるプロファイル 1 - 3 を上回っている。これにより、第 1 ブロック共重合体のアニール処理時間を長くすることによって、実施例 2 の第 1 ブロック共重合体は、実施例 1 の第 1 ブロック共重合体よりも、Y 軸方向の変形を強く拘束していることが分かる。

【 0 0 6 1 】

ポリスチレンおよびポリエチレンプロピレンはいずれも非結晶性であり、非晶状態となっている。また、ポリスチレンのガラス転移点は約 1 0 0 であり、ポリエチレンプロピレンのガラス転移点は約 - 5 0 である。また、エチレンプロピレンの融点は、約 1 5 0 であり、ポリスチレンの融点は約 2 3 0 である。つまり、1 4 0 というアニール処理温度は、ポリスチレンおよびポリエチレンプロピレンの T g より高い温度であって、ポリスチレンおよびポリエチレンプロピレンの融点より低い温度である。アニール温度は、融点よりも低い温度なので、フィルム状の第 1 ブロック共重合体の形状は、大きく変化しない。しかしながら、1 4 0 というアニール処理温度は、ポリスチレンおよびポリエチレンプロピレンの T g より高い温度なので、ポリスチレンおよびポリエチレンプロピレンの主鎖は、アニール処理により加えられる熱により流動する。このため、成膜時においては、部分的に混ざり合っていたポリスチレンとポリエチレンプロピレンは、当該流動によって相分離が促進される。これにより、ポリスチレンの明確な相分離構造が形成され、ポ

10

20

30

40

50

リスチレンから形成される円筒形状のシリンダー構造が完成する。そして、完成されたポリスチレンのシリンダー構造によって、第1ブロック共重合体のY軸方向の変形が強く拘束されたものと考えられる。

【0062】

比較例1の第1ブロック共重合体は、一方向に延伸しておらず、また、アニール処理もしていない。したがって、比較例1の第1ブロック共重合体には、ポリスチレンから構成される円筒形状のシリンダー構造が形成されていない。そのため、ポリエチレンプロピレンの変形を拘束できないので、X軸方向におけるひずみ量に対する引張力と、Y軸方向におけるひずみ量に対する引張力を示すプロファイル1-1は同じとなり、比較例1の第1ブロック共重合体には、変形の異方性が発現しない。

10

【0063】

このように、ポリエチレンプロピレンと、ポリエチレンプロピレンと相分離し、ポリエチレンプロピレンとブロック共重合体を構成し、ポリエチレンプロピレンよりも弾性率が高いポリスチレンとを有する第1ブロック共重合体は、一方向であるY軸方向に延伸されることで、Y軸方向に沿って伸び、かつY軸方向に交差する他方向であるX軸方向に並んで、第1ブロック共重合体の内部に配置され、ポリスチレンで構成された円筒形状のシリンダー構造が形成される。このシリンダー構造は、Y軸方向におけるポリエチレンプロピレンの変形を拘束するが、X軸方向におけるポリエチレンプロピレンの変形を拘束しないので、第1ブロック共重合体に変形の異方性を発現させる。

【0064】

20

そして、ポリスチレンから構成されたシリンダー構造は、図8に示したように第1ブロック共重合体内部全体に渡って形成される。第1ブロック共重合体の内部全体に渡って形成された円筒形状のシリンダー構造によって、ポリエチレンプロピレンの変形を拘束できるので、第1ブロック共重合体に変形の異方性を確実に発現させることができる。

【0065】

さらに、第1ブロック共重合体をポリスチレンのガラス転移温度よりも高い温度であって、ポリエチレンプロピレンの融点よりも低い温度でアニール処理を行う。これにより、ポリスチレンで構成された円筒形状のシリンダー構造を完全にできる。これにより、当該シリンダー構造によって、シリンダー構造が伸びる方であるY軸方向の変形を強く拘束でき、変形の異方性を高めることができる。

30

【0066】

なお、エラストマーのガラス転移温度は、エラストマーより弾性率の高い樹脂のガラス転移温度より低いので、アニール温度を樹脂のガラス転移温度よりも高いことを規定すれば、エラストマーのガラス転移温度よりも高い温度であることも規定できる。また、同様にエラストマーの融点は、エラストマーより弾性率の高い樹脂の融点より低いので、アニール温度を、エラストマーの融点よりも低いことを規定すれば、樹脂の融点よりも低い温度であることも規定できる。

【0067】

実施例3から実施例10について。

表2は、エラストマー複合体の変形特性を示す表である。図6に示した異方性エラストマー180の一例として、合成ゴム系エラストマーに矩形状のアラミド繊維として東レデュポン社製のケブラー燃糸を内包するエラストマー複合体を用いた。実施例3から実施例9において、異方性エラストマー180の異方性物質182は、異形状である矩形のアラミド繊維であり、エラストマー156は、スチレンブタジエンゴムである旭化成社製のタフテック(登録商標)M1943である。アラミド繊維の引張強さは、約2920MPaであり、タフテック(登録商標)M1943の引張強さは、15.6MPaである。弾性率の値は、明記されていないものの、アラミド繊維と比較して、タフテック(登録商標)M1943は変形しやすいことがわかる。弾性率は、変形のしにくさを示す物性値であることから、アラミド繊維の弾性率は、タフテック(登録商標)M1943より高いことが分かる。なお、以後、上記エラストマー156を、第1合成ゴム系エラストマーと称す

40

50

る。

【表 2】

	Sample構成	フィルム構成(μm)	圧縮特性			弾性率
			ひずみ量(%)		ひずみ比 (ϵ_x/ϵ_y)	
			ϵ_x	ϵ_y		
実施例3	アラミド繊維内包	エラストマー/アラミド/エラストマー＝ 200/200/200	94	13	7.5	6.9
実施例4	アラミド繊維内包/エラストマー厚膜化	エラストマー/アラミド/エラストマー＝ 410/200/200	186	90	2.1	6.9
実施例5	アラミド繊維内包/印加圧力小	エラストマー/アラミド/エラストマー＝ 410/200/200	110	22	5.1	6.9
実施例6	アラミド繊維内包/エラストマー厚膜化 /エラストマー低弾性	エラストマー/アラミド/エラストマー＝ 400/200/400	213	112	1.9	4.9
実施例7	アラミド繊維内包/印加圧力小	エラストマー/アラミド/エラストマー＝ 400/200/400	156	35	4.5	6.9
実施例8	アラミド繊維内包/エラストマー薄膜化 /エラストマー低弾性	エラストマー/アラミド/エラストマー＝ 250/200/250	153	16	9.8	4.9
実施例9	アラミド繊維内包/エラストマー薄膜化 /エラストマー超低弾性	エラストマー/アラミド/エラストマー＝ 10/80/10	1.9	0.2	9.5	0.26
実施例10	アラミド繊維内包/エラストマー薄膜化 /エラストマー超低弾性	エラストマー/アラミド/エラストマー＝ 10/60/10	3.9	0.2	19.5	0.22
参考例1	アラミド繊維片面露出	エラストマー/アラミド＝500/20	58	14	4.1	6.9
比較例2	標準エラストマー	エラストマー＝500	88	87	1	6.9
比較例3	低弾性エラストマー	エラストマー＝420	108	102	1.1	4.9

10

20

【0068】

実施例3に示す異方性エラストマー複合体は、エラストマー内部に矩形のアラミド繊維を内包するエラストマー複合体である。エラストマー複合体の構成は、厚さ200μmの第1合成ゴム系エラストマーの上面全体に、長手方向をY軸方向に沿うように、アラミド繊維をX軸方向に並べて配置した。そして、その上から厚さ200μmの第1合成ゴム系エラストマーを重ねてエラストマー複合体を作成した。

30

【0069】

実施例3に示す異方性エラストマー複合体を、圧縮治具を用いて10分間クランプし、その状態を確認した(印加圧縮力: 8kN)。その結果を表2の圧縮特性のひずみ量欄に示している。なお、ひずみ量は、関係式(1)を用いて算出し、X軸方向に沿った方向のひずみ量を ϵ_x 欄に、Y軸方向に沿った方向のひずみ量を ϵ_y 欄に示している。また、ひずみ比欄には、以下の関係式(2)で算出される値を記録した。

【0070】

$$\text{ひずみ比} = \epsilon_x / \epsilon_y \cdots (2)$$

【0071】

実施例3において、X軸方向のひずみ量 ϵ_x は94%であり、Y軸方向のひずみ量 ϵ_y は13%であった。また、ひずみ比は、関係式(2)に ϵ_x および ϵ_y を代入し算出したところ7.5であった。

40

【0072】

実施例4は、エラストマーの厚みを410μmとした以外は、実施例3と同じ条件で、ひずみ量の測定およびひずみ比を算出した。実施例4において、X軸方向のひずみ量 ϵ_x は186%であり、Y軸方向のひずみ量 ϵ_y は90%であった。また、ひずみ比は、2.1であった。

【0073】

実施例5は、印加圧縮力を下げたこと(印加圧縮力: 1kN未満)以外は、実施例4と同じ条件で、ひずみ量の測定およびひずみ比を算出した。実施例5において、X軸方向の

50

ひずみ量 ε_x は 110 % であり、Y 軸方向のひずみ量 ε_y は 22 % であった。また、ひずみ比は、5 . 1 であった。

【0074】

実施例 6 は、エラストマーとして、柔軟なスチレンブタジエンゴムである旭化成社製タフテック（登録商標）L521 を用いた。なお、測定規格 ISO 7619 に則して、デュロメータタイプ A で測定したタフテック（登録商標）L521 の硬さは 39 であり、同じ測定規格で測定した第 1 合成ゴム系エラストマーの硬さは 67 である。またエラストマーの厚みを 400 μm としたこと以外は、実施例 4 と同じ条件で、ひずみ量の測定およびひずみ比を算出した。実施例 6 において、X 軸方向のひずみ量 ε_x は 213 % であり、Y 軸方向のひずみ量 ε_y は 112 % であった。また、ひずみ比は、1 . 9 であった。なお、以後、上記エラストマーを第 2 合成ゴム系エラストマーと称する。

10

【0075】

実施例 7 は、印加圧縮力を下げたこと以外は、実施例 6 と同じ条件で、ひずみ量の測定およびひずみ比を算出した。実施例 7 において、X 軸方向のひずみ量 ε_x は 156 % であり、Y 軸方向のひずみ量 ε_y は 35 % であった。また、ひずみ比は、4 . 5 であった。

【0076】

実施例 8 は、エラストマーを第 2 合成ゴム系エラストマーとし、エラストマーの厚みを 250 μm とした以外は、実施例 3 と同じ条件で、ひずみ量の測定およびひずみ比を算出した。実施例 8 において、X 軸方向のひずみ量 ε_x は 153 % であり、Y 軸方向のひずみ量 ε_y は 16 % であった。また、ひずみ比は、9 . 8 であった。

20

【0077】

実施例 9 は、エラストマーを長鎖長の変性シリコーンの側鎖に、金属化合物を導入したエラストマー（表 2 中「エラストマー超低弾性」と示す）とし、エラストマーの厚みを 100 μm （10 μm / 80 μm / 10 μm 構成）とした以外は、実施例 3 と同じ条件で、ひずみ量の測定およびひずみ比を算出した。実施例 9 において、X 軸方向のひずみ量 ε_x は 1 . 9 % であり、Y 軸方向のひずみ量 ε_y は 0 . 2 % であった。また、ひずみ比は、9 . 5 であった。

【0078】

実施例 10 は、エラストマーを長鎖長の変性シリコーンの側鎖に、金属化合物を導入したエラストマーとし、エラストマーの厚みを 80 μm （10 μm / 60 μm / 10 μm 構成）とした以外は、実施例 3 と同じ条件で、ひずみ量の測定およびひずみ比を算出した。実施例 10 において、X 軸方向のひずみ量 ε_x は 3 . 9 % であり、Y 軸方向のひずみ量 ε_y は 0 . 2 % であった。また、ひずみ比は、19 . 5 と最も大きな値を示した。

30

【0079】

参考例 1 は、エラストマーを第 1 合成ゴム系エラストマーとし、エラストマーの厚みを 500 μm 、アラミド繊維を 200 μm とし、アラミド繊維をエラストマーの片側に設けたこと以外は、実施例 3 と同じ条件で、ひずみ量の測定およびひずみ比を算出した。参考例 1 において、X 軸方向のひずみ量 ε_x は 58 % であり、Y 軸方向のひずみ量 ε_y は 14 % であった。また、ひずみ比は、4 . 1 であった。

【0080】

比較例 2 として、500 μm の第 1 合成ゴム系エラストマーを用いて、実施例 3 と同じ圧縮力で圧縮させて、ひずみ量の測定およびひずみ比を算出した。比較例 1 において、X 軸方向のひずみ量 ε_x は 88 % であり、Y 軸方向のひずみ量 ε_y は、87 % であった。また、ひずみ比は、1 であった。

40

【0081】

比較例 3 として、420 μm の第 2 合成ゴム系エラストマーを用いて、実施例 3 と同じ圧縮力で圧縮させて、ひずみ量の測定およびひずみ比を算出した。比較例 2 において、X 軸方向のひずみ量 ε_x は 108 % であり、Y 軸方向のひずみ量 ε_y は、102 % であった。また、ひずみ比は、1 . 1 であった。

【0082】

50

ひずみ比は、変形しやすいX軸方向のひずみ量 ε_x を、変形しにくいY軸方向のひずみ量 ε_y で除していることから、エラストマー複合体の変形異方性能の高さを直接的に示す値である。実施例3から10に示したエラストマー複合体のひずみ比は、何れも1より大きな値となっており、変形の異方性が発現している。その中で、最も高いひずみ比が算出されたのは、実施例10であった。このことから、エラストマーの弾性率は低いことが好ましいことがわかる。

【0083】

このように、実施例3から実施例10に示したエラストマー複合体は、スチレンブタジエンゴムである第1合成ゴム系エラストマーまたは第2合成ゴム系エラストマーと、スチレンブタジエンゴムよりも弾性率が高い異形状のアラミド繊維とを含み、長手方向をY軸方向に沿うように、アラミド繊維をX軸方向に並べて、スチレンブタジエンゴムの内部に配置される。このようなエラストマー複合体において、アラミド繊維は、スチレンブタジエンゴムの内部において、X軸方向よりもY軸方向の変形を強く拘束する。これにより、アラミド繊維は、スチレンブタジエンゴムの内部においてスチレンブタジエンゴムの変形を拘束できるので、変形の異方性を確実に発現させることができる。

【0084】

また、実施例1および実施例2に示した第1ブロック共重合体と、実施例3から実施例10に示したエラストマー複合体は、誘電性を有する。したがって、第1ブロック共重合体およびエラストマー複合体を正極および負極にそれぞれ接続された二枚の電極で挟み込むことで、誘電エラストマーアクチュエータを構成できる。

【0085】

例えば、第1ブロック共重合体を用いた場合において、第1ブロック共重合体をY軸方向に延伸することによって、Y軸方向に延びたシリンダー構造を、X軸方向に並べて形成させた場合に、二枚の電極による電圧の印加方向は、Y軸方向およびX軸方向に交差するZ軸方向とする。Z軸方向の体積減少によるY軸方向の変形は、シリンダー構造により拘束されるので、X軸方向の変形量を増やすことができる。これにより、誘電エラストマーアクチュエータのX軸方向の出力を増大させることができる。

【0086】

なお、エラストマー複合体を用いた場合においても、同様の効果が得られる。すなわち、アラミド繊維の長手方向をY軸方向に沿ってX軸方向に並べて配置した場合において、Z軸方向から電圧を印加することで、X軸方向の変形量を増やすことができる。これにより、誘電エラストマーアクチュエータのX軸方向の出力を増大させることができる。

【0087】

さらに、実施例1から実施例10に示した異方性エラストマーは、平面加工が容易にできるので、二枚の電極で挟み込んだ誘電エラストマーアクチュエータにおいても、平面性を維持できる。このため、誘電エラストマーアクチュエータの出力を増大させる目的で、複数の誘電エラストマーアクチュエータを積層した場合においても、各アクチュエータ間に隙間を生じさせることなく積層できる。これにより、生じた隙間により絶縁破壊が発生してしまうことを防止できる。

【0088】

本実施形態において説明した誘電エラストマーアクチュエータは、身体の動作を補助する補助用具に用いることができる。補助用具は、例えば、アクチュエータが衣服等に取り付けられたアシストスーツであってよい。そのような補助用具についてここで説明する。

【0089】

図10は、補助用具10を装着したユーザの正面図である。図11は、補助用具10を装着したユーザの背面図である。図10に矢印で示す上下左右を補助用具10の上下左右方向とする。また、ユーザから見て前後を、補助用具10の前後方向とする。

【0090】

ユーザは、上半身にシャツ80を着るとともに、下半身にズボン82を履いているとする。また、ズボン82の胴体の腰部分には、ベルト84が巻かれている。ベルト84は、

10

20

30

40

50

胴体の前面に配されるバックル 86 を有する。シャツ 80 の上部は、肩からずれないように形成されている。ズボン 82 の裾は、足首からずれないように絞られている。尚、シャツ 80 及びズボン 82 の内面が、ユーザの体と密着するダイビングスーツのような構成であってもよい。シャツ 80、ズボン 82、及び、ベルト 84 は、身体に取り付ける装着部の一例である。更に、ベルト 84 は、身体に固定されている装着部の部分の一例である。

【0091】

補助用具 10 は、ユーザの身体の動作を補助する。図 10 及び図 11 に示すように、補助用具 10 は、前右人工筋肉部 12 と、前左人工筋肉部 14 と、後右人工筋肉部 16 と、後左人工筋肉部 18 と、電源部 20 と、検出部の一例である右検出部 22 及び左検出部 24 と、装着検出部 26 と、制御部 28 とを備える。

10

【0092】

前右人工筋肉部 12 は、前右アクチュエータ 30 と、一对の前右取付部 32 と、電力配線 34 とを備える。

【0093】

前右アクチュエータ 30 は、上下方向に延びるように形成されている。前右アクチュエータ 30 の上下方向、即ち、長手方向の一端は、右足の上方であって、ベルト 84 及びユーザの腰の上方のシャツ 80 の前面に配置されている。前右アクチュエータ 30 の長手方向の他端は、右足の膝の下方のズボン 82 の前面に配置されている。前右アクチュエータ 30 は、ユーザの胴体の腰及び膝の関節を跨ぐように設けられている。

【0094】

前右アクチュエータ 30 は、電圧が印加されると伸縮する、図 1 及び図 2 で説明したアクチュエータ 110 により実現されてよい。前右アクチュエータ 30 は、電圧が印加されると、上下方向、即ち、長手方向に伸縮する。これにより、前右アクチュエータ 30 は、収縮することにより、歩くとき等のユーザの右足の上昇を補助する。

20

【0095】

一对の前右取付部 32 は、前右アクチュエータ 30 の伸縮方向の両端を服に取り付ける。一方の前右取付部 32 は、前右アクチュエータ 30 の上端部に設けられ、シャツ 80 の前面に取り付けられている。尚、前右アクチュエータ 30 の上端部は、一方の前右取付部 32 を介して、伸縮力により動きにくいベルト 84 に取り付けられていてもよい。このように、身体に固定されたベルト 84 に取り付けることにより、前右取付部 32 は、伸縮時の支点となる前右アクチュエータ 30 の上端部を確実に支持できる。他方の前右取付部 32 は、前右アクチュエータ 30 の下端部に設けられ、ズボン 82 の前面に取り付けられている。前右取付部 32 は、ボタン、ファスナー、面ファスナー等によってシャツ 80 またはズボン 82 に、前右アクチュエータ 30 とともに取り外し可能に取り付けられている。一对の前右取付部 32 の一部は、ゴム等の弾性部材で構成することが好ましい。

30

【0096】

電力配線 34 の一端は、上側の前右取付部 32 を介して、前右アクチュエータ 30 と電氣的に接続されている。電力配線 34 の他端は、電源部 20 に接続されている。これにより、電力配線 34 は、前右アクチュエータ 30 と電源部 20 とを電氣的に接続する。

【0097】

前左人工筋肉部 14、後右人工筋肉部 16 及び後左人工筋肉部 18 は、前右人工筋肉部 12 と同様の構成を有するので、異なる点以外は説明を省略する。

40

【0098】

前左人工筋肉部 14 は、前左アクチュエータ 36 と、一对の前左取付部 38 と、電力配線 40 とを備える。前左アクチュエータ 36 は、一对の前左取付部 38 によって、腰の上方のシャツ 80 の前面から左足の膝の下方にわたってズボン 82 の前面に取り付けられている。尚、前左アクチュエータ 36 の一端は、伸縮力により動きにくいベルト 84 に取り付けてもよい。前左アクチュエータ 36 は、収縮することにより、歩くとき等のユーザの左足の上昇を補助する。電力配線 40 は、前左アクチュエータ 36 と電源部 20 とを電氣的に接続する。

50

【 0 0 9 9 】

後右人工筋肉部 1 6 は、後右アクチュエータ 4 2 と、一对の後右取付部 4 4 と、電力配線 4 6 とを備える。後右アクチュエータ 4 2 は、一对の後右取付部 4 4 によって、右足の付け根のズボン 8 2 の後面から右足の膝の下方の足首近傍にわたってズボン 8 2 の後面に取り付けられている。後右アクチュエータ 4 2 は、ベルト 8 4 及びシャツ 8 0 等に取り付けてもよい。また、後右アクチュエータ 4 2 は、膝下までの長さであってもよい。後右アクチュエータ 4 2 は、ズボン 8 2 のポケット 8 8 の内部に配置されている。ポケット 8 8 は、後右アクチュエータ 4 2 の伸縮とともに、伸縮できる材料が好ましい。これにより、ポケット 8 8 が後右アクチュエータ 4 2 の伸縮の妨げとなることを防ぐことができる。また、ポケット 8 8 が伸縮方向と交差する方向の後右アクチュエータ 4 2 の変形を防ぐことができる。後右アクチュエータ 4 2 は、収縮することにより、ボールを蹴るとき等のユーザの右足の上昇を補助する。電力配線 4 6 は、ベルト 8 4 の裏に配置された配線を介して、後右アクチュエータ 4 2 と電源部 2 0 とを電氣的に接続する。

10

【 0 1 0 0 】

後左人工筋肉部 1 8 は、後左アクチュエータ 4 8 と、一对の後左取付部 5 0 と、電力配線 5 2 とを備える。後左アクチュエータ 4 8 は、一对の後左取付部 5 0 によって、左足の付け根のズボン 8 2 の後面から左足の膝の下方の足首近傍にわたってズボン 8 2 の後面に取り付けられている。後左アクチュエータ 4 8 は、ベルト 8 4 及びシャツ 8 0 等に取り付けてもよい。また、後左アクチュエータ 4 8 は、膝下までの長さであってもよい。ポケット 8 8 は、後左アクチュエータ 4 8 の伸縮とともに、伸縮できる材料が好ましい。後左アクチュエータ 4 8 は、ズボン 8 2 のポケット 8 8 の内部に配置されている。後左アクチュエータ 4 8 は、収縮することにより、ボールを蹴るとき等のユーザの左足の上昇を補助する。電力配線 5 2 は、ベルト 8 4 の裏に配置された配線を介して、後左アクチュエータ 4 8 と電源部 2 0 とを電氣的に接続する。

20

【 0 1 0 1 】

電源部 2 0 は、ベルト 8 4 のバックル 8 6 に設けられている。電源部 2 0 は、前右アクチュエータ 3 0、前左アクチュエータ 3 6、後右アクチュエータ 4 2 及び後左アクチュエータ 4 8 と電力を供給可能に電氣的に接続されている。電源部 2 0 は、図 1 及び図 2 の電源 1 2 0 に対応するものであってよい。

【 0 1 0 2 】

右検出部 2 2 は、ユーザの右足の膝の近傍に設けられている。右検出部 2 2 は、ユーザの右足の動きに対応する加速度を検出する。右検出部 2 2 の一例は、3 軸加速度センサである。右検出部 2 2 は、配線 5 4 を介して、制御部 2 8 と電氣的に接続されている。右検出部 2 2 は、ユーザの右足の動き及び加速度に対応する右加速度信号を制御部 2 8 へと出力する。右加速度信号は、検出信号の一例である。

30

【 0 1 0 3 】

左検出部 2 4 は、ユーザの左足の膝の近傍に設けられている。左検出部 2 4 は、3 軸加速度センサであって、ユーザの左足の動きに対応する加速度を検出する。左検出部 2 4 は、ユーザの左足の動き及び加速度に対応する左加速度信号を、配線 5 6 を介して制御部 2 8 へと出力する。左加速度信号は、検出信号の一例である。

40

【 0 1 0 4 】

装着検出部 2 6 は、ベルト 8 4 のバックル 8 6 に設けられている。装着検出部 2 6 の一例は、圧力センサである。装着検出部 2 6 は、ベルト 8 4 の装着を判定する圧力を検出する。装着検出部 2 6 は、制御部 2 8 と電氣的に接続されている。装着検出部 2 6 は、ベルト 8 4 がユーザに装着されて、ベルト 8 4 に圧力が作用すると、当該圧力に対応する圧力信号を制御部 2 8 に出力する。

【 0 1 0 5 】

制御部 2 8 は、補助用具 1 0 の制御全般を司る。制御部 2 8 の一例は、コンピュータである。制御部 2 8 は、図 1 および図 2 におけるスイッチ 1 3 0 および制御部 1 3 2 に対応するものであってよい。

50

【 0 1 0 6 】

図 1 2 は、補助用具 1 0 の制御系を説明するブロック図である。図 1 2 に示すように、制御部 2 8 は、処理部 6 0 と、格納部 6 2 とを備える。処理部 6 0 は、格納部 6 2 に格納された補助用具制御プログラムを読み込むことにより、取得部 6 4、判定部 6 6、及び、電源制御部 6 8 として機能する。

【 0 1 0 7 】

取得部 6 4 は、右検出部 2 2 及び左検出部 2 4 から右加速度信号及び左加速度信号を取得する。取得部 6 4 は、装着検出部 2 6 から圧力信号を取得する。取得部 6 4 は、取得した加速度信号及び圧力信号を判定部 6 6 へと出力する。

【 0 1 0 8 】

判定部 6 6 は、取得部 6 4 から右加速度信号及び左加速度信号を取得する。判定部 6 6 は、右加速度信号に基づいて右足の速度である右速度を算出する。判定部 6 6 は、算出した右速度の正負から右足の移動方向、速さ及び停止を判定する。判定部 6 6 は、算出した右速度を積算することにより、右足が最も上昇した位置である右最上位置を検出する。判定部 6 6 は、左加速度信号から左足の速度である左速度を算出する。判定部 6 6 は、左速度から左足の移動方向、速さ、及び、停止を判定する。判定部 6 6 は、算出した左速度を積算することによって、左足が最も上昇した位置である左最上位置を検出する。判定部 6 6 は、検出した右最上位置及び左最上位置を格納部 6 2 に格納する。

【 0 1 0 9 】

判定部 6 6 は、取得部 6 4 から圧力信号を取得する。判定部 6 6 は、圧力信号からベルト 8 4 に作用している圧力を検出して、ベルト 8 4 がユーザに装着されているか、または、装着されていないかを判定する。判定部 6 6 は、ベルト 8 4 が装着されていると判定すると、右加速度信号及び左加速度信号に基づいて検出した右足及び左足の上昇、下降、停止を示す右移動信号及び左移動信号を電源制御部 6 8 へと出力する。右移動信号及び左移動信号に上昇、下降の速さを含めてもよい。

【 0 1 1 0 】

電源制御部 6 8 は、ベルト 8 4 が装着された場合、判定部 6 6 が右加速度信号及び左加速度信号に基づいて検出した右移動信号及び左移動信号によって、電源部 2 0 を制御する。これにより、電源部 2 0 は、ベルト 8 4 が装着された場合に、前右アクチュエータ 3 0、前左アクチュエータ 3 6、後右アクチュエータ 4 2 及び後左アクチュエータ 4 8 のいずれかに電力を供給、または、電力の供給を停止する。

【 0 1 1 1 】

以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更または改良を加えることが可能であることが当業者に明らかである。その様な変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲の記載から明らかである。

【 0 1 1 2 】

特許請求の範囲、明細書、および図面中において示した装置、システム、プログラム、および方法における動作、手順、ステップ、および段階等の各処理の実行順序は、特段「より前に」、「先立って」等と明示しておらず、また、前の処理の出力を後の処理で用いるのでない限り、任意の順序で実現しうることに留意すべきである。特許請求の範囲、明細書、および図面中の動作フローに関して、便宜上「まず」、「次に」、「等」を用いて説明したとしても、この順で実施することが必須であることを意味するものではない。

【 符号の説明 】

【 0 1 1 3 】

1 0 補助用具、1 2 前右人工筋肉部、1 4 前左人工筋肉部、1 6 後右人工筋肉部、1 8 後左人工筋肉部、2 0 電源部、2 2 右検出部、2 4 左検出部、2 6 装着検出部、2 8 制御部、3 0 前右アクチュエータ、3 2 前右取付部、3 4 電力配線、3 6 前左アクチュエータ、3 8 前左取付部、4 0 電力配線、4 2 後右アクチュエータ、4 4 後右取付部、4 6 電力配線、4 8 後左アクチュエータ、5 0 後左

10

20

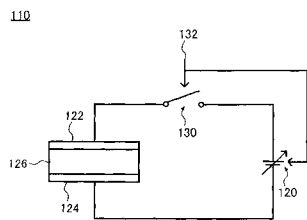
30

40

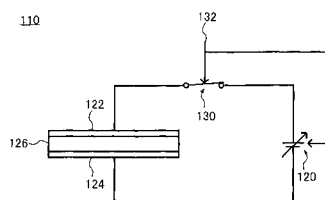
50

取付部、52 電力配線、54 配線、56 配線、60 処理部、62 格納部、64 取得部、66 判定部、68 電源制御部、80 シャツ、82 ズボン、84 ベルト、86 バックル、88 ポケット、110 アクチュエータ、120 電源、122、124 電極、126 エラストマー、130 スイッチ、132 制御部、150 等方性エラストマー、152、170、180、184 異方性エラストマー、154、156 エラストマー、160、162 応力、172 樹脂、182、186 異方性物質

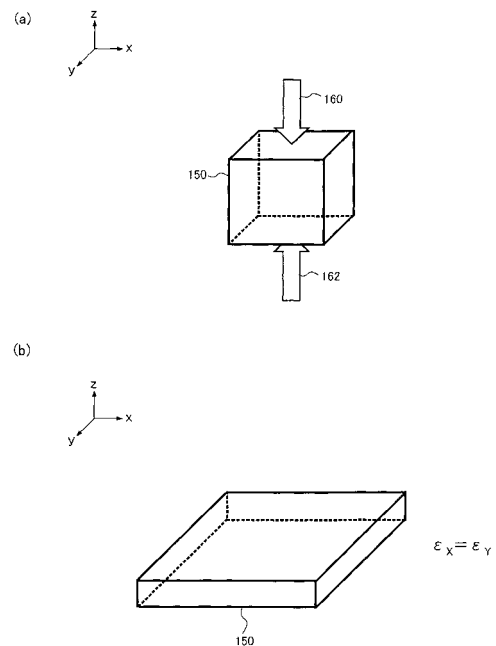
【図1】



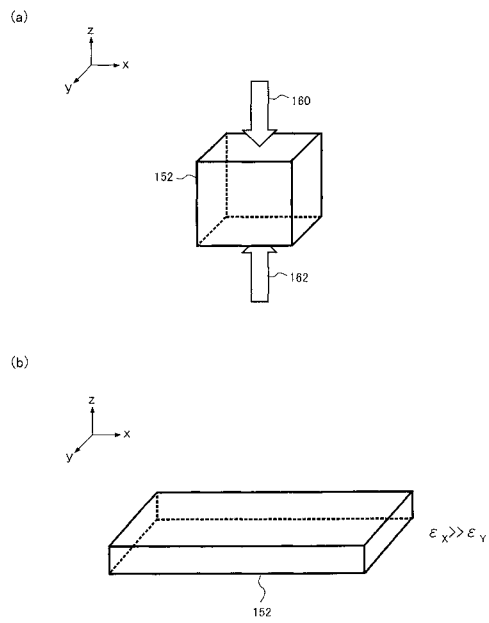
【図2】



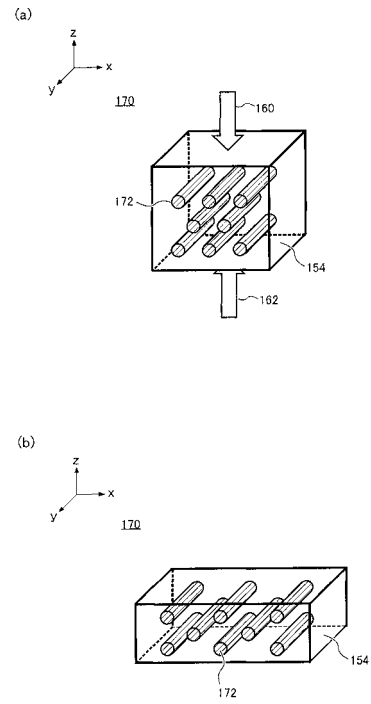
【図3】



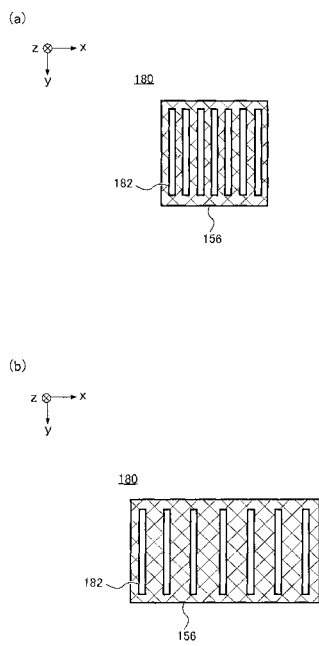
【 図 4 】



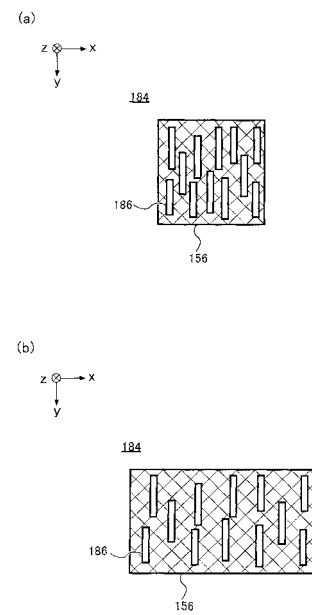
【 図 5 】



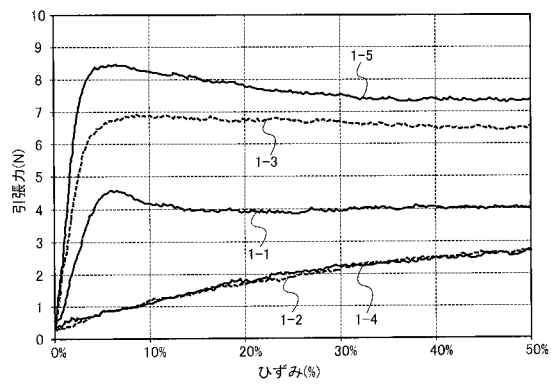
【 図 6 】



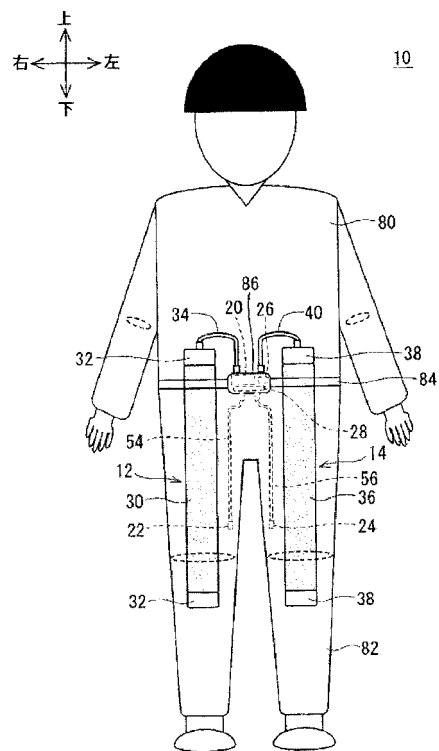
【 図 7 】



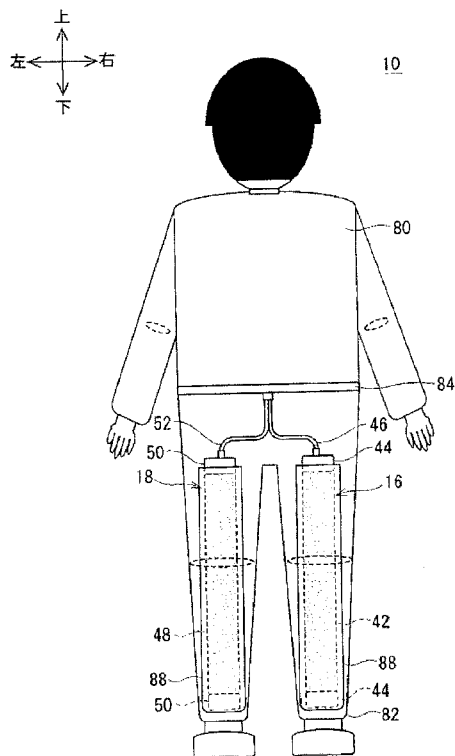
【図 9】



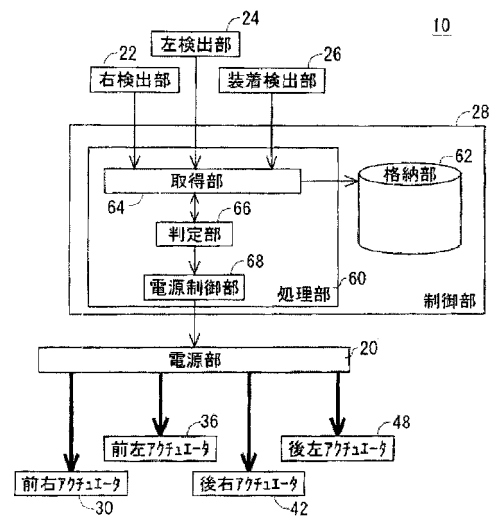
【図 10】



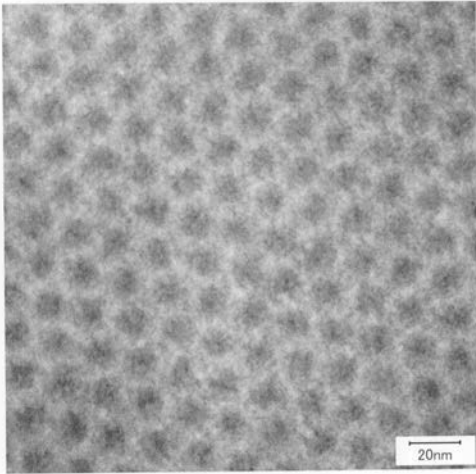
【図 11】



【図 12】



【 図 8 】



フロントページの続き

(72)発明者 野村 秀史

京都市下京区中堂寺南町 1 3 4 番地 株式会社 K R I 内