(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2019-196909
(P2019-196909A)
(43)公開日　令和1年11月14日(2019.11.14)

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード（参考）
G01L	1/20	(2006.01)	G01L	1/20	G	2F051
G01L	5/00	(2006.01)	G01L	5/00	Z	

審査請求 未請求　請求項の数 11　ＯＬ　（全 18 頁）

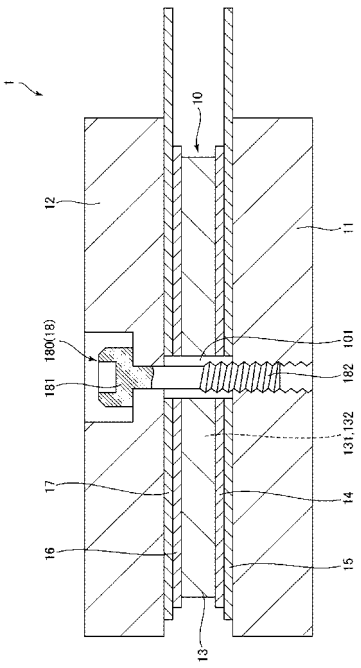
(21)出願番号　特願2018-89079(P2018-89079)
(22)出願日　平成30年5月7日(2018.5.7)

(71)出願人　000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区新宿四丁目１番６号
(74)代理人　100116665
弁理士　渡辺　和昭
(74)代理人　100194102
弁理士　磯部　光宏
(74)代理人　100179475
弁理士　仲井　智至
(74)代理人　100216253
弁理士　松岡　宏紀
(72)発明者　▲高▼城　富美男
長野県諏訪市大和３丁目３番５号　セイコーエプソン株式会社内

Ｆターム(参考)　2F051 AA10　AB07　BA05　BA07

(54)【発明の名称】感圧装置、ハンドおよびロボット

(57)【要約】
【課題】ヒステリシスを低減することができると共に、受けた荷重の検出値のバラつきを低減することができる感圧装置、ハンドおよびロボットを提供すること。
【解決手段】感圧装置は、カーボンナノチューブが混合されている樹脂混合物と、前記樹脂混合物に積層されている電極と、前記積層方向に前記樹脂混合物を与圧する与圧部と、を有し、前記与圧部は、前記与圧量を調整する調整機構を備える。また、前記与圧部は、第１基板、前記第１基板と積層する方向に沿って配置されている第２基板、および前記調整機構であるねじ、を有し、前記ねじの回転により、前記第１基板と前記第２基板との間の距離が変化することで、前記与圧量が調整される。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
カーボンナノチューブが混合されている樹脂混合物と、
前記樹脂混合物に積層されている電極と、
前記積層方向に前記樹脂混合物を与圧する与圧部と、を有し、
前記与圧部は、前記与圧量を調整する調整機構を備えることを特徴とする感圧装置。
【請求項２】
前記与圧部は、第１基板、前記第１基板と積層する方向に沿って配置されている第２基板、および前記調整機構であるねじ、を有し、
前記ねじの回転により、前記第１基板と前記第２基板との間の距離が変化することで、前記与圧量が調整される請求項１に記載の感圧装置。
【請求項３】
前記カーボンナノチューブは、直径が１００ｎｍ以上２００ｎｍ以下の範囲内にあり、長さが２μｍ以上１０μｍ以下の範囲内にある請求項１または２に記載の感圧装置。
【請求項４】
前記樹脂混合物中の前記カーボンナノチューブの含有率は、２ｗｔ％以上３０ｗｔ％以下の範囲内にある請求項１ないし３のいずれか１項に記載の感圧装置。
【請求項５】
前記樹脂は、ポリカーボネートを含む請求項１ないし４のいずれか１項に記載の感圧装置。
【請求項６】
前記樹脂は、ポリプロピレン、ポリエチレンテレフタレートおよびポリフェニレンサルファイドのいずれかを含む請求項１ないし４のいずれか１項に記載の感圧装置。
【請求項７】
前記樹脂混合物は、シート状をなし、
前記樹脂混合物の厚さが５０μｍ以上２００μｍ以下の範囲内にある請求項１ないし６のいずれか１項に記載の感圧装置。
【請求項８】
前記与圧は、１ＭＰａ以上１５ＭＰａ以下の範囲内にある請求項１ないし７のいずれか１項に記載の感圧装置。
【請求項９】
前記樹脂混合物のヤング率は、前記樹脂のヤング率の１．５倍以上２倍以下の範囲内にある請求項１ないし８のいずれか１項に記載の感圧装置。
【請求項１０】
請求項１ないし９のいずれか１項に記載の感圧装置を有することを特徴とするハンド。
【請求項１１】
請求項１ないし９のいずれか１項に記載の感圧装置を有することを特徴とするロボット。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、感圧装置、ハンドおよびロボットに関するものである。
【背景技術】
【０００２】
例えば、特許文献１には、感圧導電ゴムを一対の電極で挟み込み、受けた荷重によって感圧導電ゴムの抵抗値が変化することを利用して荷重を測定する荷重センサーが開示されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】

【特許文献１】特開平１－１５０８２５号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
しかしながら、特許文献１の荷重センサーでは、感圧導電ゴムとして、カーボン等の導電性粒子をシリコーンゴム等に分散含有させたものを用いている。このような構成の感圧導電ゴムを用いると、比較的荷重の小さい領域では、荷重の変化に対して感圧導電ゴムの抵抗値変化が大きくなり過ぎてしまい、受けた荷重の測定値がばらついてしまい、荷重を精度よく測定することができない（図３参照）。
【課題を解決するための手段】
【０００５】
本発明の感圧装置は、カーボンナノチューブが混合されている樹脂混合物と、
前記樹脂混合物に積層されている電極と、
前記積層方向に前記樹脂混合物を与圧する与圧部と、を有し、
前記与圧部は、前記与圧量を調整する調整機構を備えることを特徴とする。
【図面の簡単な説明】
【０００６】
【図１】本発明の第１実施形態に係る感圧装置の断面図である。
【図２】感圧装置の荷重－抵抗特性を示すグラフである。
【図３】与圧しなかった場合の荷重－抵抗特性を示すグラフである。
【図４】与圧した場合の荷重－抵抗特性を示すグラフである。
【図５】与圧した場合としなかった場合との測定値ばらつきを示すグラフである。
【図６】樹脂としてＰＣを用いた場合の荷重－抵抗特性を示すグラフである。
【図７】樹脂としてＰＣを用いた場合の荷重－抵抗特性を示すグラフである。
【図８】樹脂としてＰＣを用いた場合の荷重－抵抗特性を示すグラフである。
【図９】樹脂としてＰＣを用いた場合の荷重－抵抗特性を示すグラフである。
【図１０】樹脂としてＰＣを用いた場合の測定値ばらつきを示すグラフである。
【図１１】樹脂としてＰＰを用いた場合の荷重－抵抗特性を示すグラフである。
【図１２】樹脂としてＰＰを用いた場合の荷重－抵抗特性を示すグラフである。
【図１３】樹脂としてＰＰを用いた場合の荷重－抵抗特性を示すグラフである。
【図１４】樹脂としてＰＰを用いた場合の荷重－抵抗特性を示すグラフである。
【図１５】樹脂としてＰＰを用いた場合の測定値ばらつきを示すグラフである。
【図１６】樹脂としてＰＥＴを用いた場合の荷重－抵抗特性を示すグラフである。
【図１７】樹脂としてＰＥＴを用いた場合の荷重－抵抗特性を示すグラフである。
【図１８】樹脂としてＰＥＴを用いた場合の荷重－抵抗特性を示すグラフである。
【図１９】樹脂としてＰＥＴを用いた場合の荷重－抵抗特性を示すグラフである。
【図２０】樹脂としてＰＥＴを用いた場合の測定値ばらつきを示すグラフである。
【図２１】本発明の第２実施形態に係るハンドを示す平面図である。
【図２２】図２１に示すハンドが有する指部の断面図である。
【図２３】図２２に示す指部に配置された感圧装置の断面図である。
【図２４】感圧装置が荷重を検知する仕組みを説明するための断面図である。
【図２５】感圧装置が荷重を検知する仕組みを説明するための断面図である。
【図２６】本発明の第３実施形態に係るロボットを示す斜視図である。
【発明を実施するための形態】
【０００７】
以下、本発明の感圧装置、ハンドおよびロボットを添付図面に示す好適な実施形態に基づいて詳細に説明する。
【０００８】
＜第１実施形態＞
図１は、本発明の第１実施形態に係る感圧装置の断面図である。図２は、感圧装置の荷

重－抵抗特性を示すグラフである。図３は、与圧しなかった場合の荷重－抵抗特性を示すグラフである。図４は、与圧した場合の荷重－抵抗特性を示すグラフである。図５は、与圧した場合としなかった場合との測定値ばらつきを示すグラフである。図６ないし図９は、それぞれ、樹脂としてＰＣを用いた場合の荷重－抵抗特性を示すグラフである。図１０は、樹脂としてＰＣを用いた場合の測定値ばらつきを示すグラフである。図１１ないし図１４は、それぞれ、樹脂としてＰＰを用いた場合の荷重－抵抗特性を示すグラフである。図１５は、樹脂としてＰＰを用いた場合の測定値ばらつきを示すグラフである。図１６ないし図１９は、それぞれ、樹脂としてＰＥＴを用いた場合の荷重－抵抗特性を示すグラフである。図２０は、樹脂としてＰＥＴを用いた場合の測定値ばらつきを示すグラフである。なお、以下では、説明の便宜上、図１中の上側を「上」とも言い、下側を「下」とも言う。

【０００９】

図１に示す感圧装置１は、第１基板１１と、第１基板１１と対向して配置された第２基板１２と、第１基板１１と第２基板１２との間に配置されたシート状の樹脂混合物１３と、第１基板１１と樹脂混合物１３との間に配置された第１電極１４と、第１基板１１と第１電極１４との間に位置し第１電極１４を支持する第１支持基板１５と、第２基板１２と樹脂混合物１３との間に配置された第２電極１６と、第２基板１２と第２電極１６との間に位置し第２電極１６を支持する第２支持基板１７と、を有する。すなわち、第１電極１４と第２電極１６は、それぞれ、樹脂混合物１３の表面に配置されている。

【００１０】

また、第１電極１４、樹脂混合物１３および第２電極１６の積層体を「積層体１０」とすると、感圧装置１は、積層体１０をその厚さ方向に沿って与圧する与圧部１８を有する。ここで、積層体１０の厚さ方向とは、言い換えれば、第１電極１４または第２電極１６が配置されている樹脂混合物１３の表面が拡がる方向に交差する方向（表面と交差する方向）である。与圧部１８は、第１基板１１と第２基板１２とを接続する１本のねじ１８０で構成されている。ねじ１８０は、頭部１８１が第２基板１２と係合し、ねじ部１８２が第１基板１１と螺合している。そのため、ねじ１８０を締め込む（回転する）ことにより第１、第２基板１１、１２間のギャップが縮まり（距離が小さくなり）、これらの間に位置する積層体１０を与圧することができる。また、ねじ１８０の締め込み量を調整することにより与圧の大きさを調整することができる。このようなことから、ねじ１８０は、積層体１０の与圧を調整する調整部（調整機構）として機能する。

【００１１】

このような構成の感圧装置１では、物体との接触によって、感圧装置１にその厚さ方向に沿った荷重が加わると、第１、第２電極１４、１６と樹脂混合物１３との間の接触面積が変化することに伴って接触抵抗が変化し、第１電極１４と第２電極１６との間の抵抗値が変化する。そのため、感圧装置１は、第１電極１４と第２電極１６との間の抵抗値変化に基づいて、受けた荷重を検出することができる。以下、感圧装置１の各部について順に説明する。

【００１２】

樹脂混合物１３は、ベースとなる絶縁性の樹脂１３１と導電性材料であるカーボンナノチューブ１３２とを含む材料（感圧導電性樹脂）で構成されている。すなわち、樹脂１３１にカーボンナノチューブ１３２が混練されていて、樹脂混合物１３は、樹脂１３１とカーボンナノチューブ１３２との混合物である。このような構成によれば、容易に樹脂混合物１３をシート状に成形することができ、感圧装置１の薄型化および軽量化を図ることができる。なお、樹脂混合物１３は、例えば、射出成型や押出成形で製造することができる。

【００１３】

また、樹脂混合物１３の厚さとしては、特に限定されないが、例えば、５０μｍ以上２００μｍ以下であることが好ましく、８０μｍ以上１２０μｍ以下であることがより好ましい。これにより、その機能を十分に発揮することができ、かつ、十分に薄い樹脂混合物

１３となる。そのため、感圧装置１の検出特性を維持しつつ、感圧装置１の小型化を図ることができる。なお、前記「厚さ」とは、樹脂混合物１３の平均厚さを言う。

【００１４】

また、導電性材料としてカーボンナノチューブ１３２を用いることにより、樹脂混合物１３の体積抵抗率が温度の影響を受け難くなり、温度変化による測定値の変動を低減することができる。そのため、例えば、過度な温度補正の必要がなく、受けた荷重を精度よく検出することができる。この点について詳しく説明する。図２に示すグラフは、導電性材料としてカーボンナノチューブを用いた場合の、感圧装置１に加わる荷重と第１、第２電極１４、１６間の抵抗値との関係を示すグラフである。図２から分かるように、２０℃の場合と８５℃の場合とで、荷重－抵抗値特性がほとんど一致している。そのため、導電性材料としてカーボンナノチューブを用いることにより、樹脂混合物１３の温度依存性が小さくなり、温度変化による検出信号の変動を低減することができる。

【００１５】

また、導電性材料としてカーボンナノチューブ１３２を用いることにより、例えば、従来のように導電性材料としてカーボンを用いた場合と比べて、比較的少ない含有量で、樹脂混合物１３の抵抗値（第１、第２電極１４、１６間の電気抵抗）を十分に下げることができる。そのため、樹脂１３１との混練が容易となる。

【００１６】

なお、樹脂混合物１３のヤング率としては、特に限定されないが、例えば、樹脂１３１のヤング率の１．５倍以上２倍以下であることが好ましい。具体的には、樹脂混合物１３のヤング率としては、例えば、４ＧＰａ以上６ＧＰａ以下程度であることが好ましい。これにより、樹脂混合物１３が十分に硬くなり、検出可能範囲が広くなるため、より高荷重まで検出することができる。また、過度に硬くなってしまうことを抑制することができ、低荷重のときに検出特性が低下することを効果的に抑制することができる。

【００１７】

カーボンナノチューブ１３２の直径としては、特に限定されないが、例えば、１００ｎｍ以上２００ｎｍ以下であることが好ましく、１３０ｎｍ以上１６０ｎｍ以下であることがより好ましい。また、カーボンナノチューブ１３２の長さとしては、特に限定されないが、例えば、２μｍ以上１０μｍ以下であることが好ましく、３μｍ以上８μｍ以下であることがより好ましい。このような大きさの直径および長さとすることにより、カーボンナノチューブどうしの凝集を防ぎ、安定した抵抗値を得ることができる。そのため、感圧装置１に加わる荷重をより精度よく検出することができる。なお、前記「直径」は、樹脂混合物１３中に含まれる複数のカーボンナノチューブ１３２の平均直径であり、前記「長さ」は、樹脂混合物１３中に含まれる複数のカーボンナノチューブ１３２の平均長さである。

【００１８】

また、樹脂混合物１３中のカーボンナノチューブ１３２の含有量としては、特に限定されないが、例えば、２ｗｔ％以上３０ｗｔ％以下であることが好ましく、１０ｗｔ％以上３０ｗｔ％以下であることがより好ましく、２０ｗｔ％以上２５ｗｔ％以下であることがさらに好ましい。これにより、樹脂混合物１３に適度な導電性を付与することができると共に、カーボンナノチューブ１３２を過剰に混合してしまうことによる樹脂混合物１３の機械的強度の低下を抑制することができる。

【００１９】

また、樹脂１３１としては、特に限定されないが、例えば、荷重たわみ温度が１００℃以上であることが好ましい。なお、荷重たわみ温度とは、所定の荷重を与えた状態で、試料の温度を上げていき、たわみの大きさが一定の値になる温度を言い、この温度が高い程、高い耐熱性を有することを意味している。また、荷重たわみ温度は、ＪＩＳ　７１９１に準じた試験方法で測定することができる。これにより、高温環境下での樹脂混合物１３の弾性の低下を抑制することができ、感圧装置１は、高温環境下においても常温環境下や低温環境下と同様の検出精度を発揮することができる。

【００２０】
また、樹脂１３１としては、特に限定されないが、例えば、ヤング率が１ＧＰａ以上であることが好ましく、１．５ＧＰａ以上であることがより好ましく、２ＧＰａ以上であることがさらに好ましい。これにより、より硬い樹脂混合物１３となるため、感圧装置１の機械的強度を高めることができる。また、樹脂混合物１３の経時的な変形やへたりが抑えられ、経時的な検出特性の低下や変動を抑制することができる。
【００２１】
また、樹脂１３１としては、特に限定されないが、熱可塑性樹脂であることが好ましい。これにより、樹脂１３１とカーボンナノチューブ１３２との混練が容易となり、分散性もよく、樹脂混合物１３の製造が容易となる。熱可塑性樹脂としては、特に限定されず、例えば、ＡＢＳ樹脂、ＰＰ（ポリプロピレン）、ＰＥ（ポリエチレン）、ＰＳ（ポリスチレン）、ＰＭＭＡ（ポリメタクリル酸メチル）、ＰＥＴ（ポリエチレンテレフタレート）、ＰＰＥ（ポリフェニレンエーテル）、ＰＡ（ポリアミド）、ＰＣ（ポリカーボネート）、ＰＯＭ（ポリアセタール）、ＰＢＴ（ポリブチレンテレフタレート）、ＰＰＳ（ポリフェニレンサルファイド）、ＰＥＥＫ（ポリエーテルエーテルケトン）等が挙げられ、これらのうちの１種または２種以上を混合して用いることができる。
【００２２】
これらの中でも、樹脂１３１は、ＰＣ（ポリカーボネート）を含んでいることが好ましい。樹脂１３１がＰＣを含むことにより、安価で、取り扱い易く、樹脂１３１とカーボンナノチューブ１３２との混練も容易となる。また、樹脂混合物１３を硬くし易すい。そのため、単位面積当たりの許容荷重が大きくなり、感圧装置１の機械的強度を高めることができると共に、測定可能範囲を広く確保することもできる。また、樹脂混合物１３の経時的な変形やへたりが抑えられ、経時的な検出特性の低下や変動を抑制することができる。なお、樹脂１３１中のＰＣの含有量としては、特に限定されないが、例えば、５０ｗｔ％以上であることが好ましく、７５ｗｔ％以上であることがより好ましく、９５ｗｔ％以上であることがさらに好ましい。これにより、上述した効果をより顕著に発揮することができる。
【００２３】
また、これらの中でも、樹脂１３１は、ＰＰ（ポリプロピレン）、ＰＥＴ（ポリエチレンテレフタレート）およびＰＰＳ（ポリフェニレンサルファイド）の少なくとも１つを含んでいることが好ましい。樹脂１３１がＰＰ、ＰＥＴ、ＰＰＳの少なくとも１つを含むことにより、ＰＣと同様に、安価で、取り扱い易く、樹脂１３１とカーボンナノチューブ１３２との混練も容易となる。なお、樹脂１３１中のＰＰ、ＰＥＴ、ＰＰＳの含有量としては、特に限定されないが、それぞれ、例えば、５０ｗｔ％以上であることが好ましく、７５ｗｔ％以上であることがより好ましく、９５ｗｔ％以上であることがさらに好ましい。これにより、上述した効果をより顕著に発揮することができる。
【００２４】
図１に示すように、第１基板１１および第２基板１２は、樹脂混合物１３を間に挟み込むようにして配置されている。具体的には、第１基板１１は、樹脂混合物１３の下面側に位置し、第２基板１２は、樹脂混合物１３の上面側に位置している。第１基板１１および第２基板１２は、それぞれ、樹脂混合物１３と比較して十分に硬質である。第１基板１１および第２基板１２の構成材料としては、特に限定されないが、例えば、各種金属材料、各種セラミック材料を用いることができる。
【００２５】
また、第１電極１４および第２電極１６は、第１基板１１および第２基板１２の間に位置し、かつ、樹脂混合物１３を間に挟み込むようにして配置されている。具体的には、第１電極１４は、第１基板１１と樹脂混合物１３との間に位置し、第２電極１６は、第２基板１２と樹脂混合物１３との間に位置している。また、第１電極１４は、樹脂混合物１３の下面と接合されることなく接触しており、第２電極１６は、樹脂混合物１３の上面と接合されることなく接触している。このように、第１、第２電極１４、１６を樹脂混合物１

３の主面と接合しないことにより、荷重に応じて、第１、第２電極１４、１６と樹脂混合物１３との接触抵抗が変化し易くなる。

【００２６】

第１電極１４および第２電極１６の構成材料としては、導電性を有していれば、特に限定されず、例えば、ニッケル（Ｎｉ）、コバルト（Ｃｏ）、金（Ａｕ）、白金（Ｐｔ）、銀（Ａｇ）、銅（Ｃｕ）、マンガン（Ｍｎ）、アルミニウム（Ａｌ）、マグネシウム（Ｍｇ）、チタン（Ｔｉ）、タングステン（Ｗ）等の各種金属、またはこれらのうちの少なくとも１種を含む合金等が挙げられ、これらのうちの１種または２種以上を組み合わせて（例えば積層構造として）用いてもよい。

【００２７】

なお、第１電極１４および第２電極１６の配置としては、特に限定されず、例えば、樹脂混合物１３の上面側に第１電極１４および第２電極１６が絶縁された状態で並んで配置されていてもよいし、下面側に第１電極１４および第２電極１６が絶縁された状態で並んで配置されていてもよい。

【００２８】

また、図１に示すように、第１支持基板１５は、第１基板１１と第１電極１４との間に位置している。そして、第１支持基板１５の上面に第１電極１４が設けられ、第１支持基板１５が有する図示しない配線と第１電極１４とが電気的に接続されている。これにより、第１電極１４を第１、第２基板１１、１２の間から簡単に引き出すことができる。ただし、第１支持基板１５は、省略してもよい。

【００２９】

同様に、第２支持基板１７は、第２基板１２と第２電極１６との間に位置している。そして、第２支持基板１７の下面に第２電極１６が設けられ、第２支持基板１７が有する図示しない配線と第２電極１６とが電気的に接続されている。これにより、第２電極１６を第１、第２基板１１、１２の間から簡単に引き出すことができる。ただし、第２支持基板１７は、省略してもよい。

【００３０】

第１支持基板１５および第２支持基板１７としては、それぞれ、特に限定されず、例えば、フレキシブルプリント配線基板、リジッドプリント配線基板等の各種プリント基板を用いることができる。

【００３１】

また、図１に示すように、与圧部１８は、第１基板１１と第２基板１２とを接続する１本のねじ１８０を有する。そして、ねじ１８０の締め込み量を調整することにより、積層体１０への与圧の大きさを簡単に調整することができる。特に、本実施形態では、積層体１０は、その中央部に貫通孔１０１が形成された環状をなし、貫通孔１０１内にねじ１８０が挿入されている。このように、積層体１０の中央部を貫通してねじ１８０を配置することにより、１本のねじ１８０で積層体１０の全域をバランスよく与圧することができる。ただし、ねじ１８０の配置や数としては、特に限定されない。例えば、複数のねじ１８０が積層体１０の外側にその周方向に沿って配置されていてもよい。

【００３２】

このように、与圧部１８によって積層体１０を与圧することにより、与圧しない場合と比べて、ヒステリシスを低減することができると共に、受けた荷重の検出値のバラつきを低減することができる。

【００３３】

図３に示すグラフは、積層体１０を与圧しなかった場合の第１、第２電極１４、１６間の抵抗値変化を示すグラフであり、図４に示すグラフは、積層体１０を与圧した場合の第１、第２電極１４、１６間の抵抗値変化を示すグラフである。これらのグラフから分かるように、積層体１０を与圧しなかった場合では荷重を受けた前後で第１、第２電極１４、１６間の抵抗値にずれが生じているのに対して、積層体１０を与圧した場合では荷重を受けた前後で第１、第２電極１４、１６間の抵抗値にずれがほとんど生じていない。すなわ

ち、ヒステリシスがほとんど生じていない。また、図５に示すグラフは、積層体１０を与圧した場合と与圧しなかった場合とでの実際に受けた荷重に対する検出値のバラつきを示すグラフである。このグラフから分かるように、積層体１０を与圧した場合の方が、与圧しなかった場合と比べて、受けた荷重の測定値のばらつきを抑えることができる。特に、荷重が比較的小さい場合（図５では１０Ｎ）におけるばらつき低減効果が顕著である。このような結果から、与圧部１８によって積層体１０を与圧することにより、与圧しない場合と比べて、ヒステリシスを低減することができると共に、受けた荷重（特に、比較的小さい荷重）の検出値のバラつきを低減することができることが分かる。

【００３４】

なお、図４および図５に示す実験では、それぞれ、樹脂１３１としてＰＣ（ポリカーボネート）を用い、樹脂混合物１３中のカーボンナノチューブ１３２の含有率が２０ｗｔ％であり、厚さが１００μｍの樹脂混合物１３を有する感圧装置１を用いている。また、図４に示す実験では、積層体１０を１．８ＭＰａで与圧している。また、図４に示す実験では、６０Ｎまでの荷重の印加／開放を３回連続で繰り返している。また、図５では、１０Ｎ、３０Ｎ、５０Ｎの荷重ごとに１０回測定した平均値を示している。また、図５中の「ばらつき」は、実際に受けた荷重（グラフでは１０Ｎ、３０Ｎ、５０Ｎ）をＦ０とし、Ｆ０と計測値との差をΔＦとしたときに、ΔＦ／Ｆ０で表すことができる。

【００３５】

積層体１０に加える与圧としては、特に限定されず、樹脂混合物１３の材料によっても異なるが、例えば、１ＭＰａ以上１５ＭＰａ以下であることが好ましい。これにより、上述したような検出値のバラつきを効果的に低減することができると共に、過度な与圧によって樹脂混合物１３がダメージを受けることを効果的に抑制することができる。以下、樹脂混合物１３の樹脂１３１の材料ごとに上記範囲の中でも最適な与圧の大きさについて説明する。

【００３６】

まず、樹脂１３１としてＰＣ（ポリカーボネート）を用いた場合について説明する。図６ないし図９に示すグラフは、与圧の大きさが１．４ＭＰａ、２．８ＭＰａ、７．１ＭＰａ、１４．１ＭＰａの場合の第１、第２電極１４、１６間の抵抗値変化を示すグラフである。なお、図６ないし図９に示す実験では、５０Ｎまでの荷重の印加／開放を３回連続で繰り返している。図６ないし図９から、いずれの与圧の場合にもヒステリシスがほとんど生じていないことが分かる。

【００３７】

また、図１０に示すグラフは、１．４ＭＰａ、２．８ＭＰａ、７．１ＭＰａ、１４．１ＭＰａで与圧した場合の検出値のばらつき（ΔＦ／Ｆ０）を示すグラフである。図１０から、与圧が１．４ＭＰａ～１４．１ＭＰａのときに、計測値のバラつきが十分に低減されていることが分かる。この中でも、特に、与圧が２．８ＭＰａ以上１４．１ＭＰａ以下であることが好ましく、２．８ＭＰａ以上７．１ＭＰａ以下であることがより好ましい。これにより、検出値のばらつきをより効果的に低減することができる。

【００３８】

次に、樹脂１３１としてＰＰ（ポリプロピレン）を用いた場合について説明する。図１１ないし図１４に示すグラフは、与圧の大きさが２．８ＭＰａ、４．２ＭＰａ、７．１ＭＰａ、９．９ＭＰａの場合の第１、第２電極１４、１６間の抵抗値変化を示すグラフである。なお、図１１ないし図１４に示す実験では、５０Ｎまでの荷重の印加／開放を３回連続で繰り返している。図１１ないし図１４から、いずれの与圧の場合にもヒステリシスがほとんど生じていないことが分かる。

【００３９】

図１５に示すグラフは、２．８ＭＰａ、４．２ＭＰａ、７．１ＭＰａ、９．９ＭＰａで与圧した場合の検出値のばらつきを示すグラフである。図１５から、与圧が２．８ＭＰａ～９．９ＭＰａのときに、計測値のバラつきが十分に低減されていることが分かる。この中でも、特に、与圧が２．８ＭＰａ以上４．２ＭＰａ以下であることが好ましい。これに

より、検出値のばらつきをより効果的に低減することができる。

【００４０】

次に、樹脂１３１としてＰＥＴ（ポリエチレンテレフタレート）を用いた場合について説明する。図１６ないし図１９に示すグラフは、与圧の大きさが１．４ＭＰａ、２．８ＭＰａ、４．２ＭＰａ、７．１ＭＰａの場合の第１、第２電極１４、１６間の抵抗値変化を示すグラフである。なお、図１６ないし図１９に示す実験では、５０Ｎまでの荷重の印加／開放を３回連続で繰り返している。図１６ないし図１９から、いずれの与圧の場合にもヒステリシスがほとんど生じていないことが分かる。

【００４１】

図２０に示すグラフは、１．４ＭＰａ、２．８ＭＰａ、４．２ＭＰａ、７．１ＭＰａで与圧した場合の検出値のばらつきを示すグラフである。図２０から、与圧が１．４ＭＰａ～７．１ＭＰａのときに、計測値のバラつきが十分に低減されていることが分かる。この中でも、特に、与圧が２．８ＭＰａ以上７．１ＭＰａ以下であることが好ましく、４．２ＭＰａ以上７．１ＭＰａ以下であることがより好ましい。これにより、検出値のばらつきをより効果的に低減することができる。

【００４２】

以上、感圧装置１について説明した。このような感圧装置１は、前述したように、カーボンナノチューブが混合されている樹脂混合物１３と、樹脂混合物１３に積層されている電極としての第１、第２電極１４、１６と、積層方向に樹脂混合物１３を与圧する与圧部１８と、を有する。また、与圧部１８は、与圧量の調整する調整機構を備えている。このように、与圧部１８によって積層体１０を与圧することにより、与圧しない場合と比べて、ヒステリシスを低減することができると共に、受けた荷重の検出値のバラつきを低減することができる。

【００４３】

また、前述したように、与圧部１８は、第１基板１１、第１基板１１と積層する方向に沿って配置されている第２基板１２および調整機構であるねじ１８０を有する。そして、ねじ１８０の回転により、第１基板１１と第２基板１２との間の距離が変化することで、与圧量が調整される。これにより、樹脂混合物１３を適度に与圧することができる。なお、与圧としては、特に限定されないが、例えば、１ＭＰａ以上１５ＭＰａ以下の範囲内にあることが好ましい。これにより、検出値のバラつきを効果的に低減することができると共に、過度な与圧によって樹脂混合物１３がダメージを受けることを効果的に抑制することができる。

【００４４】

また、前述したように、カーボンナノチューブ１３２は、直径が１００ｎｍ以上２００ｎｍ以下の範囲内にあり、長さが２μｍ以上１０μｍ以下の範囲内にあることが好ましい。このような直径および長さとすることにより、感圧装置１に加わる荷重の変化に対する第１、第２電極１４、１６間の抵抗値の変化がよりスムーズとなり、感圧装置１に加わる荷重に対する第１、第２電極１４、１６間の抵抗値変化量がより大きくなる。そのため、感圧装置１に加わる荷重をより精度よく検出することができる。

【００４５】

また、前述したように、樹脂混合物１３中のカーボンナノチューブ１３２の含有率は、２ｗｔ％以上３０ｗｔ％以下の範囲内にあることが好ましい。これにより、樹脂混合物１３に適度な導電性を付与することができると共に、カーボンナノチューブ１３２を過剰に混合してしまうことによる樹脂混合物１３の機械的強度の低下や混練の困難化を抑制することができる。

【００４６】

また、前述したように、樹脂１３１は、ＰＣ（ポリカーボネート）を含むことが好ましい。樹脂１３１がＰＣを含むことにより、安価で、取り扱い易く、樹脂１３１とカーボンナノチューブ１３２との混練も容易となる。また、樹脂混合物１３を硬くし易すい。そのため、単位面積当たりの許容荷重が大きくなり、感圧装置１の機械的強度を高めることが

できると共に、測定可能範囲を広く確保することもできる。また、樹脂混合物１３の経時的な変形やへたりが抑えられ、経時的な検出特性の低下や変動を抑制することができる。

【００４７】

また、前述したように、樹脂１３１は、ＰＰ（ポリプロピレン）、ＰＥＴ（ポリエチレンテレフタレート）およびＰＰＳ（ポリフェニレンサルファイド）のいずれかを含むことが好ましい。樹脂１３１がＰＰ、ＰＥＴ、ＰＰＳの少なくとも１つを含むことにより、安価で、取り扱い易く、樹脂１３１とカーボンナノチューブ１３２との混練も容易となる。また、樹脂混合物１３を硬くし易い。そのため、単位面積当たりの許容荷重が大きくなり、感圧装置１の機械的強度を高めることができると共に、測定可能範囲を広く確保することもできる。また、樹脂混合物１３の経時的な変形やへたりが抑えられ、経時的な検出特性の低下や変動を抑制することができる。

【００４８】

また、前述したように、樹脂混合物１３は、シート状をなし、樹脂混合物１３の厚さが５０μｍ以上２００μｍ以下の範囲内にあることが好ましい。これにより、その機能を十分に発揮しつつ、十分に薄い樹脂混合物１３となる。そのため、感圧装置１の検出特性を維持しつつ、感圧装置１の小型化を図ることができる。

【００４９】

また、前述したように、樹脂混合物１３のヤング率は、樹脂１３１のヤング率の１．５倍以上２倍以下の範囲内にあることが好ましい。これにより、樹脂混合物１３が十分に硬くなり、検出可能範囲が広くなるため、より高荷重まで検出することができる。また、過度に硬くなってしまうことを抑制することができ、検出特性の低下を効果的に抑制することができる。

【００５０】

＜第２実施形態＞

図２１は、本発明の第２実施形態に係るハンドを示す平面図である。図２２は、図２１に示すハンドが有する指部の断面図である。図２３は、図２２に示す指部に配置された感圧装置の断面図である。図２４および図２５は、それぞれ、感圧装置が荷重を検知する仕組みを説明するための断面図である。

【００５１】

図２１に示すハンド２は、例えば、ロボット等に装着された状態で使用され、対象物を両側から挟み込んで把持することのできるハンドである。ハンド２は、ベース３０と、ベース３０に対してスライド可能に支持された一対のスライダー３１、３２と、スライダー３１、３２に固定された指部４、５と、スライダー３１、３２をスライドさせるモーター６、７と、を有する。

【００５２】

スライダー３１、３２は、それぞれ、スライドガイドＳＧを介してベース３０に支持され、ベース３０に対して図中の矢印方向にスライド可能となっている。また、スライダー３１にはモーター６が接続されており、モーター６の駆動によってスライダー３１がスライドする。同様に、スライダー３２にはモーター７が接続されており、モーター７の駆動によってスライダー３２がスライドする。モーター６、７としては、特に限定されず、例えば、圧電モーターを用いることができる。このように、モーター６、７によってスライダー３１、３２を移動させることにより、指部４、５で対象物を把持したり、把持した対象物をリリースしたりすることができる。

【００５３】

以下、指部４、５について説明するが指部４、５は、互いに同様の構成であるため、以下では、指部４について代表して説明し、指部５については、その説明を省略する。図２２に示すように、指部４は、スライダー３１に固定された固定部４１と、固定部４１に固定された爪部４２と、を有する。また、固定部４１は、スライダー３１にねじ止めされた基部４１１と、基部４１１に接続された応力伝達部４１２と、を有する。また、応力伝達部４１２は、基部４１１と空隙を隔てて対向配置された変位部４１３と、変位部４１３の

一端部と基部４１１とを接続する接続部４１４と、を有する。変位部４１３に応力が加わると、変位部４１３が接続部４１４を支点にして基部４１１に対して変位するようになっている。なお、固定部４１とスライダー３１との固定方法は、ねじ止めに限定されない。

【００５４】

爪部４２は、変位部４１３にねじ止めされ、指部５側に向けて斜めに延びている。また、爪部４２は、基部４１１と空隙Ｇを隔てて対向する基部４２１を有する。そして、基部４１１と基部４２１との間に感圧装置１が配置されている。なお、爪部４２と変位部４１３との固定方法は、ねじ止めに限定されない。

【００５５】

図２３に示すように、感圧装置１は、基部４１１が兼ねる第１基板１１と、第１基板１１と対向して配置された第２基板１２と、第１基板１１と第２基板１２との間に配置されたシート状の樹脂混合物１３と、第１基板１１と樹脂混合物１３との間に配置された第１電極１４と、第１基板１１と第１電極１４との間に位置し第１電極１４を支持する第１支持基板１５と、第２基板１２と樹脂混合物１３との間に配置された第２電極１６と、第２基板１２と第２電極１６との間に位置し第２電極１６を支持する第２支持基板１７と、第１電極１４、樹脂混合物１３および第２電極１６の積層体である積層体１０を与圧する与圧部１８と、を有する。

【００５６】

与圧部１８は、１本のねじ１８０を有し、ねじ１８０は、爪部４２の基部４２１に螺号しており、ねじ１８０を締め込むことにより、ねじ１８０の先端部において第２基板１２が押圧され、これにより、積層体１０が与圧される。このような構成によれば、ねじ１８０の締め込み量を調整することにより、積層体１０への与圧の大きさを簡単に調整することができる。

【００５７】

このような構成によれば、例えば、爪部４２、５２の先端で対象物を押圧するような動作を行った場合等、図２４に示すように、爪部４２に矢印Ａ１の応力が加わった際には、接続部４１４を支点にして変位部４１３が矢印Ａ２に示すように変位する。そのため、基部４１１と基部４２１との間の空隙Ｇのギャップが広がり、それに伴って、樹脂混合物１３に加わる力が減少する。一方、例えば、爪部４２、５２で対象物を把持する動作を行った場合等、図２５に示すように、爪部４２に矢印Ｂ１の応力が加わった際には、接続部４１４を支点にして変位部４１３が矢印Ｂ２に示すように変位する。そのため、基部４１１と基部４２１との間の空隙Ｇのギャップが縮まり、それに伴って、樹脂混合物１３に加わる力が増大する。したがって、このような構成によれば、例えば、爪部４２、５２の先端で対象物を押圧する動作により加わる力と、爪部４２、５２で対象物を把持する動作により加わる力と、を判別することができると共に、それらの力を精度よく検出することができる。

【００５８】

以上のように、ハンド２は、感圧装置１を有する。そのため、ハンド２は、感圧装置１の効果を享受でき、優れた信頼性を発揮することができる。

【００５９】

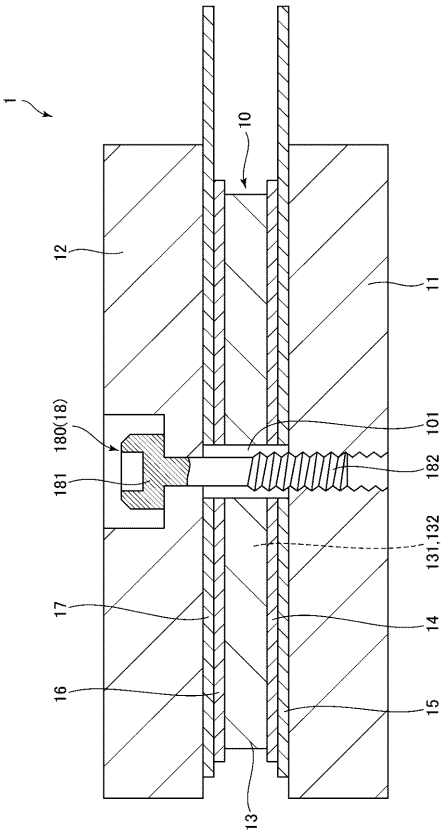
なお、ハンド２の構成としては、特に限定されない。例えば、本実施形態のハンド２では、２つの指部４、５を有しているが、指部の数としては、これに限定されず、１本であってもよいし、３本以上であってもよい。また、本実施形態のハンド２では、指部４、５がそれぞれ感圧装置１を有しているが、これに限定されず、いずれか一方を省略してもよい。すなわち、複数の指部を有する場合、少なくとも１つの指部に感圧装置１が配置されていればよい。また、本実施形態のハンド２では、指部４、５に感圧装置１が配置されているが、感圧装置１の配置としては、これに限定されず、例えば、ベース３０に配置されていてもよい。

【００６０】

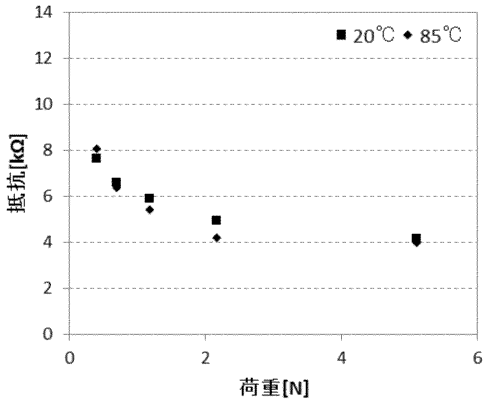
＜第３実施形態＞

次に、本発明の第３実施形態に係るロボットについて説明する。
図２６は、本発明の第３実施形態に係るロボットを示す斜視図である。
【００６１】
図２６に示すロボット１０００は、精密機器やこれを構成する部品の給材、除材、搬送および組立等の作業を行うことができる。ロボット１０００は、ロボット本体１１００と、ロボット本体１１００に装着されているハンド２と、を有する。ハンド２は、前述した第２実施形態でも述べたように感圧装置１を有する。
【００６２】
ロボット本体１１００は、６軸ロボットであり、床や天井に固定されるベース１１１０と、ベース１１１０に回動自在に連結されたアーム１１２０と、アーム１１２０に回動自在に連結されたアーム１１３０と、アーム１１３０に回動自在に連結されたアーム１１４０と、アーム１１４０に回動自在に連結されたアーム１１５０と、アーム１１５０に回動自在に連結されたアーム１１６０と、アーム１１６０に回動自在に連結されたアーム１１７０と、これらアーム１１２０、１１３０、１１４０、１１５０、１１６０、１１７０の駆動を制御する制御装置１１８０と、を有する。また、アーム１１７０にはハンド接続部が設けられており、ハンド接続部にはロボット本体１１００に実行させる作業に応じたエンドエフェクターとして、ハンド２が装着される。
【００６３】
以上のように、ロボット１０００は、感圧装置１を有する。そのため、ロボット１０００は、感圧装置１の効果を享受でき、優れた信頼性を発揮することができる。
【００６４】
なお、ロボット１０００の構成としては、特に限定されず、例えば、アームの数が１本～５本であってもよいし、７本以上であってもよい。また、ロボット１０００は、水平関節ロボット（スカラロボット）であってもよいし、双腕ロボットであってもよい。
【００６５】
以上、本発明の感圧装置、ハンドおよびロボットについて、図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、各部の構成は、同様の機能を有する任意の構成のものに置換することができる。また、本発明に、他の任意の構成物が付加されていてもよい。また、各実施形態を適宜組み合わせてもよい。
【符号の説明】
【００６６】
１…感圧装置、１０…積層体、１０１…貫通孔、１１…第１基板、１２…第２基板、１３…樹脂混合物、１３１樹脂、１３２…カーボンナノチューブ、１４…第１電極、１５…第１支持基板、１６…第２電極、１７…第２支持基板、１８…与圧部、１８０…ねじ、１８１…頭部、１８２…ねじ部、２…ハンド、３０…ベース、３１、３２…スライダー、４…指部、４１…固定部、４１１…基部、４１２…応力伝達部、４１３…変位部、４１４…接続部、４２…爪部、４２１…基部、５…指部、５２…爪部、６、７…モーター、１０００…ロボット、１１００…ロボット本体、１１１０…ベース、１１２０～１１７０…アーム、１１８０…制御装置、Ａ１、Ａ２、Ｂ１、Ｂ２…矢印、Ｇ…空隙、ＳＧ…スライドガイド

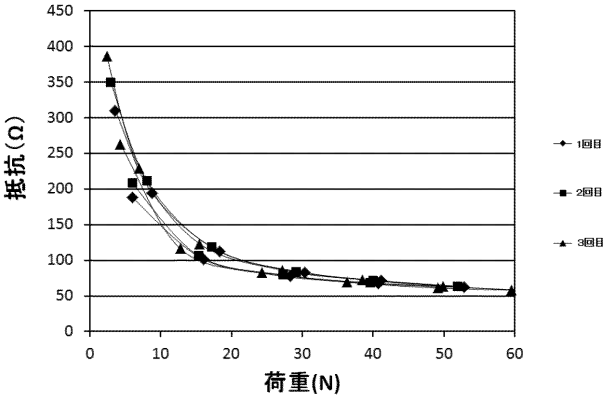
【図１】


1
10
12
11
180(18)
101
181
182
131,132
17
14
16
15
13

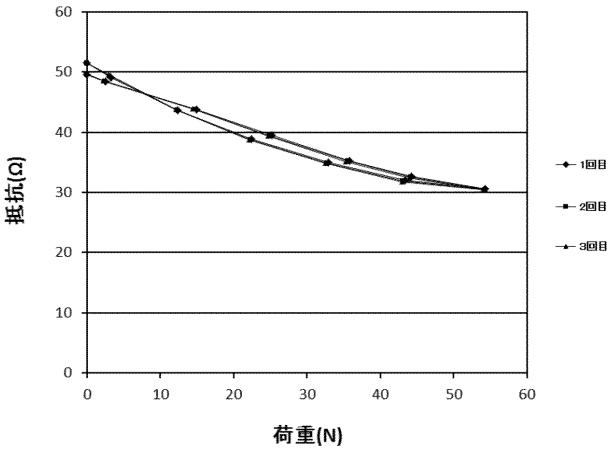
【図２】


■ 20℃ ◆ 85℃
抵抗[kΩ]
荷重[N]

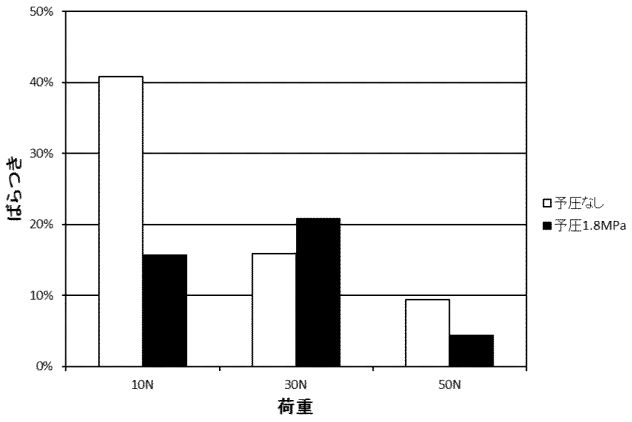
【図３】


抵抗(Ω)
荷重(N)
1回目
2回目
3回目

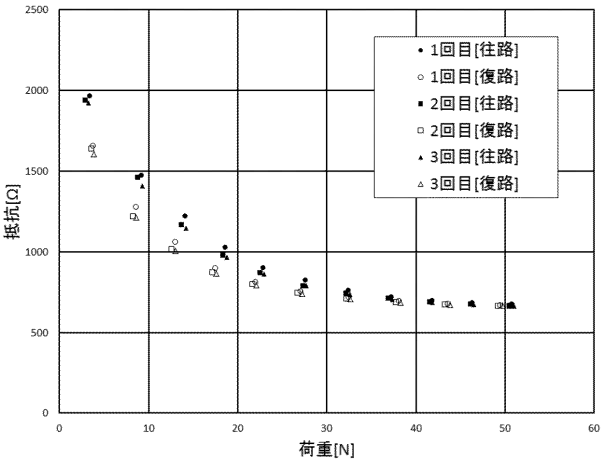
【図４】


抵抗(Ω)
荷重(N)
1回目
2回目
3回目

【図５】

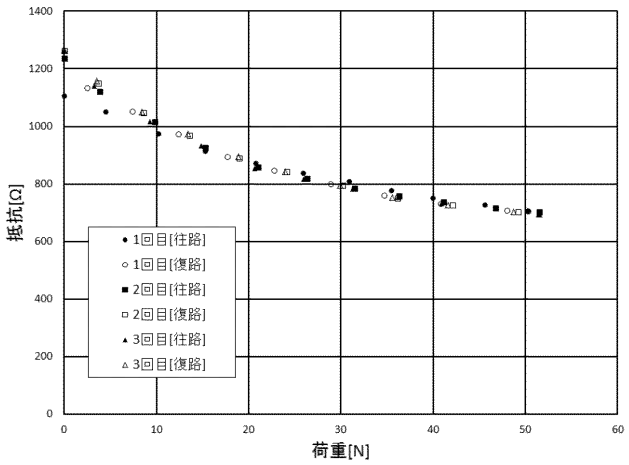


【図６】



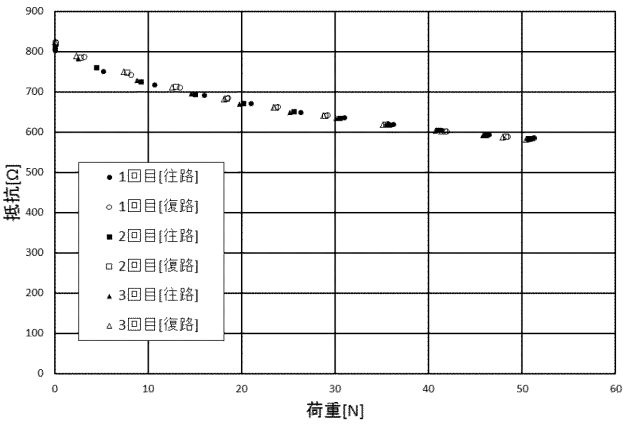
PC/CNT20wt% 与圧1.4MPa

【図７】



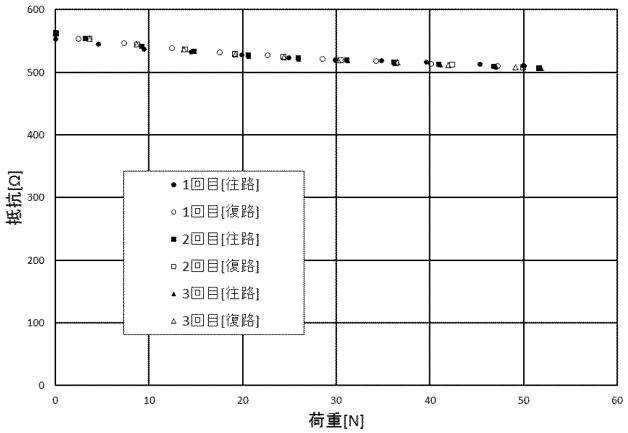
PC/CNT20wt% 与圧2.8MPa

【図８】



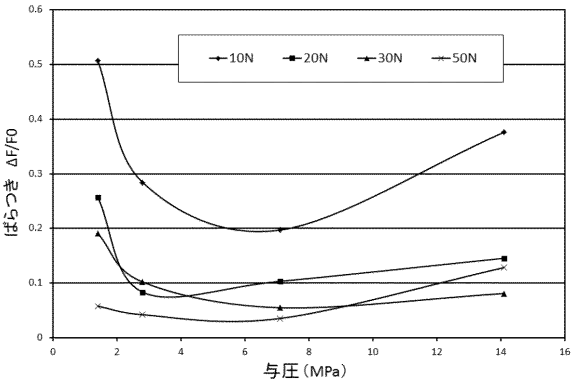
PC/CNT20wt% 与圧7.1MPa

【図９】

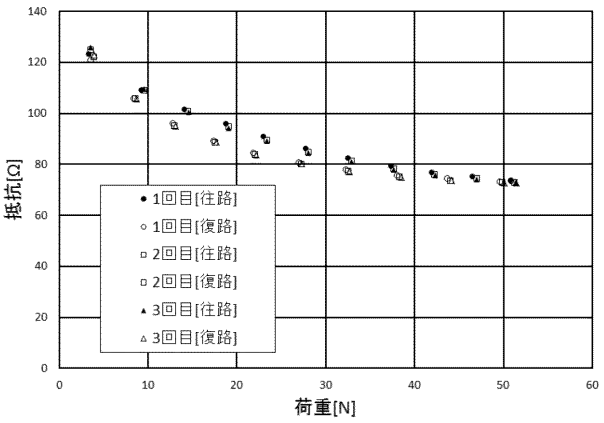


PC/CNT20wt% 与圧14.1MPa

【図１０】

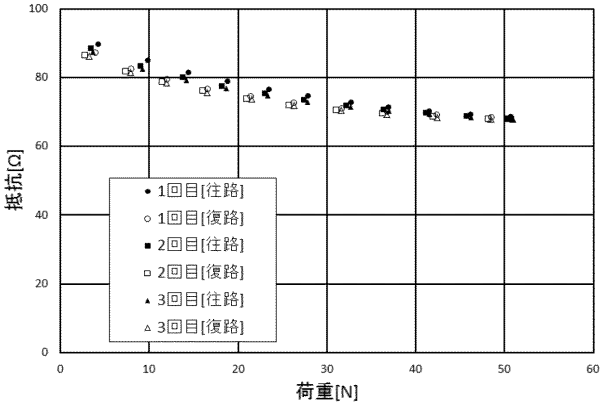


【図１１】



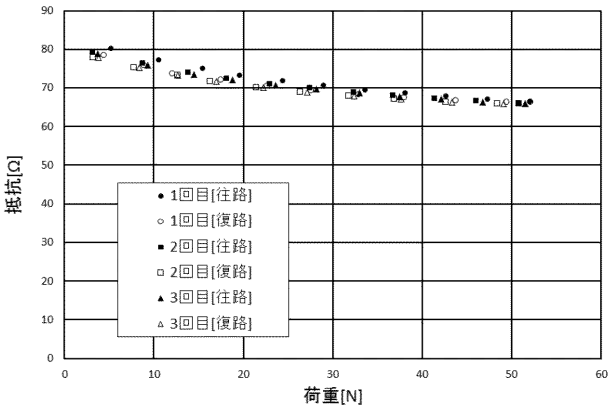
PP/CNT20wt% 与圧2.8MPa

【図１２】



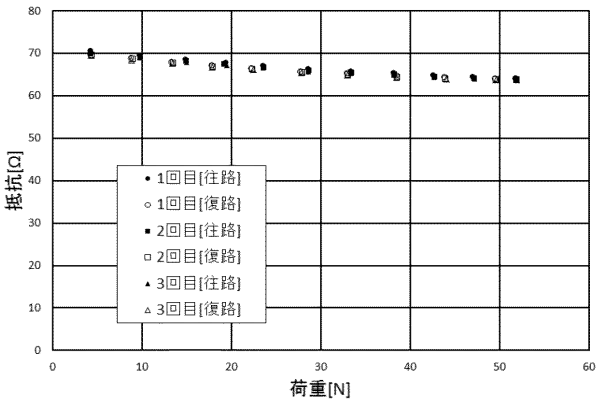
PP/CNT20wt% 与圧4.2MPa

【図１３】



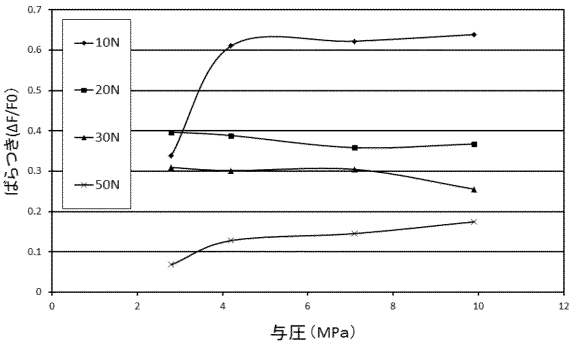
PP/CNT20wt% 与圧7.1MPa

【図１４】

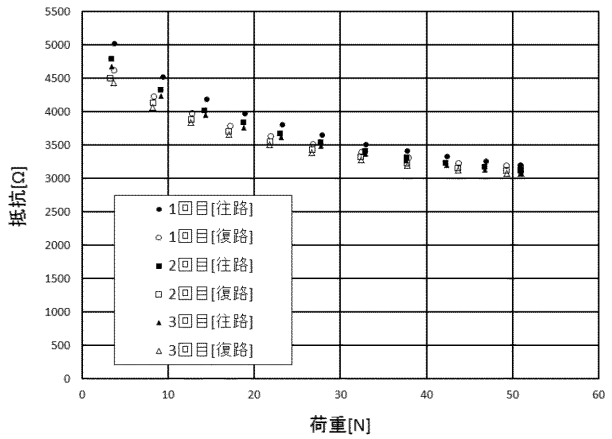


PP/CNT20wt% 与圧9.9MPa

【図１５】

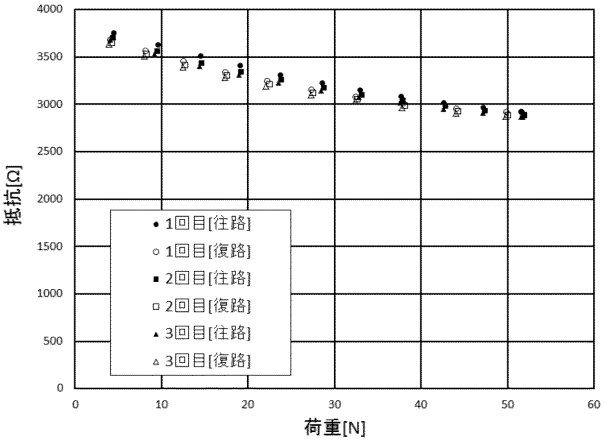


【図１６】



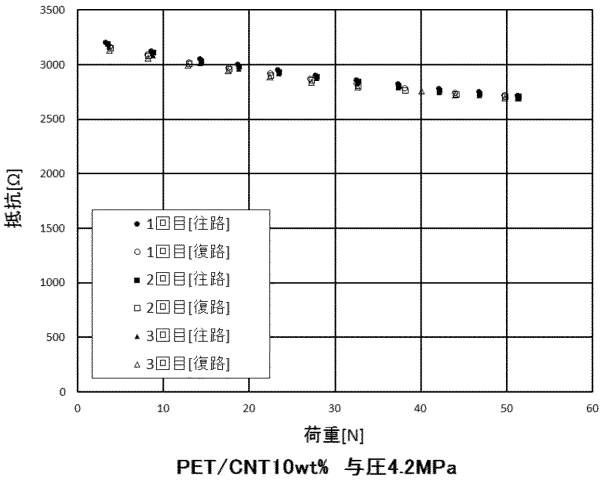
PET/CNT10wt% 与圧1.4MPa

【図１７】



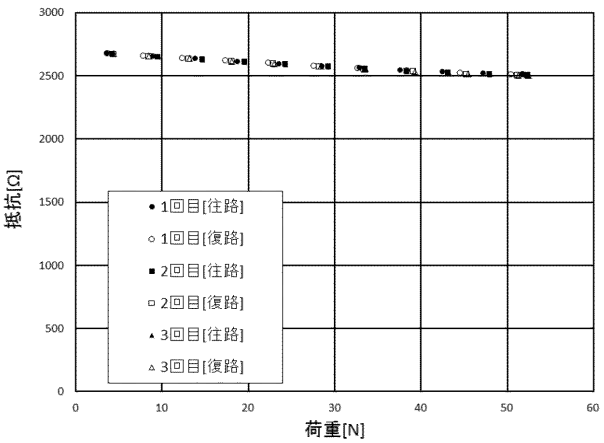
PET/CNT10wt% 与圧2.8MPa

【図１８】



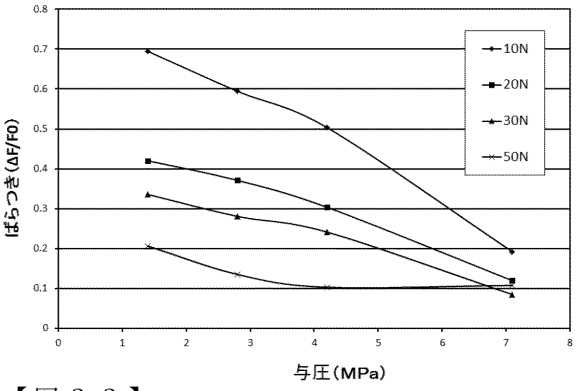
PET/CNT10wt% 与圧4.2MPa

【図１９】

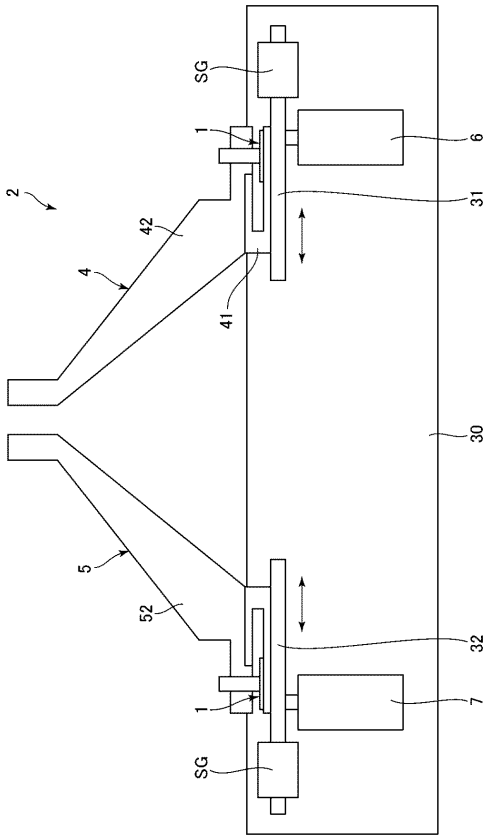


PET/CNT10wt% 与圧7.1MPa

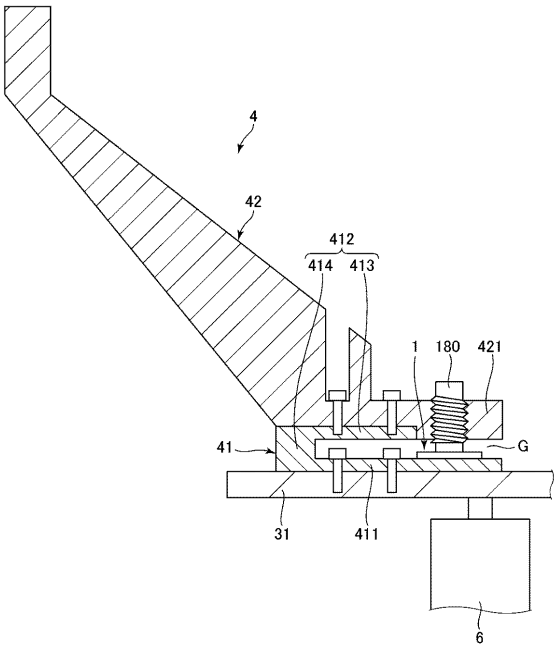
【図２０】



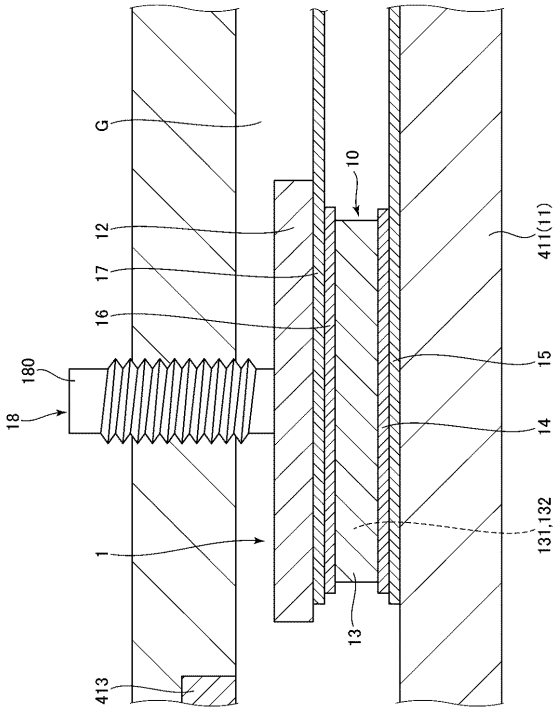
【図２１】



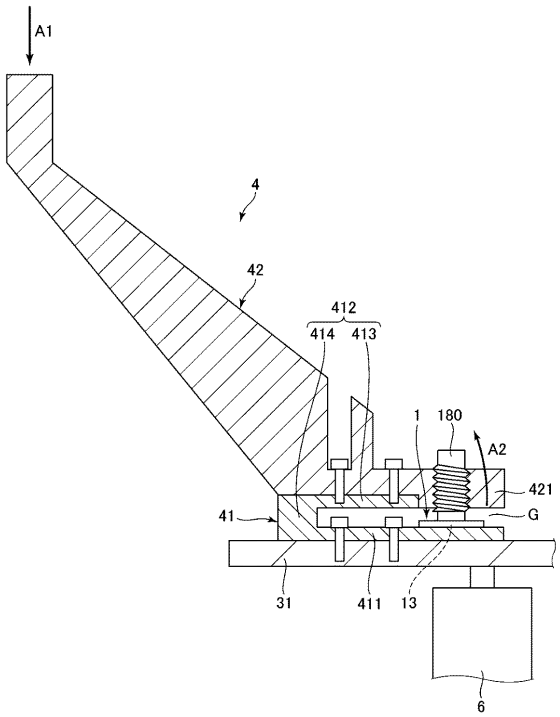
【図２２】



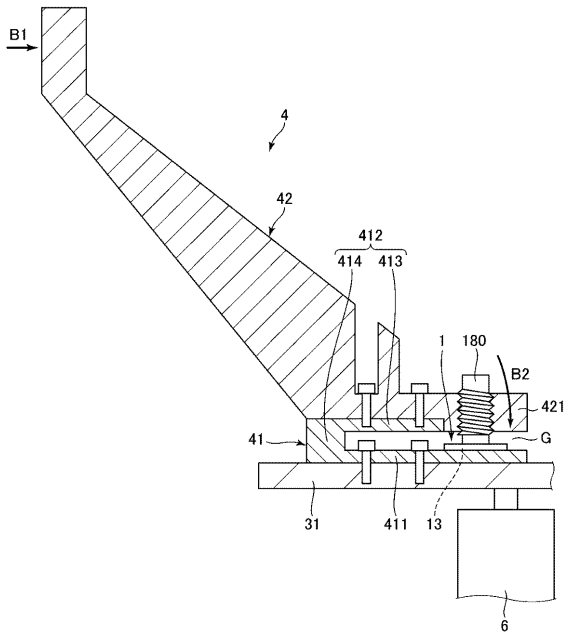
【図２３】



【図２４】



【図２５】



【図２６】

