

(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2014-204651

(P2014-204651A)

(43) 公開日 平成26年10月27日(2014.10.27)

(51) Int.Cl.  
H02N 1/00 (2006.01)F1  
H02N 1/00

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2013-81896 (P2013-81896)  
(22) 出願日 平成25年4月10日 (2013.4.10)(71) 出願人 391022083  
株式会社ポリテック・デザイン  
埼玉県さいたま市南区別所7丁目18番6号  
(74) 代理人 100076266  
弁理士 大森 泉  
(72) 発明者 倉持 浩  
埼玉県川口市東川口5丁目19番18号

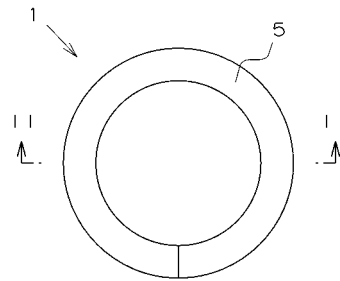
(54) 【発明の名称】 静電アクチュエータ

## (57) 【要約】

【課題】動作特性が優れ、製造が容易で、製造コストを低減でき、小型化ないしは細径化が容易な静電アクチュエータを提供する

【解決手段】この静電アクチュエータ1は、それぞれ螺旋状をなす第一および第二の電極2, 3を、互いに同軸で、かつ螺旋軸方向に関し両電極2, 3の螺旋の巻き間に間隙が設けられるように配置し、両電極2, 3の螺旋の巻き間に電気絶縁性およびゴム弾性を有する電気絶縁性エラストマー4, 5からなるゴム弾性電気絶縁層を介在させてなる。両電極2, 3間に電位差が印加され、螺旋軸方向に関し両電極2, 3の螺旋の巻き間の間隔を小さくしようとする静電引力が作用すると、前記ゴム弾性電気絶縁層がそのゴム弾性に抗して圧縮される。このため、前記電位差の大きさに応じてアクチュエータ1が伸縮する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

螺旋状をなす第一の電極と、この第一の電極と同軸な螺旋状をなし、螺旋軸方向に関し自己の螺旋の巻きと前記第一の電極の螺旋の巻きとの間に間隔を設けられている第二の電極と、

前記第一の電極の螺旋の巻きと前記第二の電極の螺旋の巻きとの間に介在された、電気絶縁性およびゴム弾性を有する電気絶縁性エラストマーからなるゴム弾性電気絶縁層とを有し、

螺旋軸方向に関し前記第一の電極の螺旋の巻きと前記第二の電極の螺旋の巻きとの間の間隔は可変とされており、

前記第一の電極と前記第二の電極との間に電位差が印加され、螺旋軸方向に関し前記第一の電極の螺旋の巻きと前記第二の電極の螺旋の巻きとの間の間隔を小さくしようとする静電引力が作用したとき、前記ゴム弾性電気絶縁層が該絶縁層のゴム弾性に抗して圧縮されるようにした静電アクチュエータ。

## 【請求項 2】

前記ゴム弾性電気絶縁層は、前記第一および第二の電極のうちの少なくとも一方の外周に被覆された電気絶縁性およびゴム弾性を有する電気絶縁性エラストマーからなる請求項 1 記載の静電アクチュエータ。

## 【請求項 3】

前記第一および第二の電極の両方が導電性およびゴム弾性を有する導電性エラストマーからなる請求項 1 または 2 記載の静電アクチュエータ。

## 【請求項 4】

前記第一および第二の電極の両方が導電性を有する非エラストマー材料からなる請求項 1 または 2 記載の静電アクチュエータ。

## 【請求項 5】

前記第一および第二の電極のうちの一方が導電性およびゴム弾性を有する導電性エラストマーからなり、他方が導電性を有する非エラストマー材料からなる請求項 1 または 2 記載の静電アクチュエータ。

## 【請求項 6】

前記第一および第二の電極を、これらの電極の螺旋の巻き間の間隔は可変な状態で、全体として非直線状に延びるように維持する非直線状態維持手段をさらに有する請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の静電アクチュエータ。

## 【請求項 7】

前記非直線状態維持手段は、可撓性を有して湾曲可能な可撓性管体であり、この可撓性管体内に前記第一および第二の電極が該管体に沿って延びるように收容されている請求項 6 記載の静電アクチュエータ。

## 【請求項 8】

前記非直線状態維持手段は、非可撓性かつ非直線状をなす非可撓性管体であり、この非可撓性管体内に前記第一および第二の電極が該管体に沿って延びるように收容されている請求項 6 記載の静電アクチュエータ。

## 【請求項 9】

前記管体の内壁と前記第一および第二の電極の外周との間に潤滑剤が介在されている請求項 7 または 8 記載の静電アクチュエータ。

## 【請求項 10】

前記非直線状態維持手段は、可撓性を有して湾曲可能な可撓性軸体であり、この可撓性軸体が前記第一および第二の電極が構成する螺旋内を螺旋軸に沿って延びている請求項 6 記載の静電アクチュエータ。

## 【請求項 11】

前記非直線状態維持手段は、非可撓性かつ非直線状をなす非可撓性軸体であり、この非可撓性軸体が前記第一および第二の電極が構成する螺旋内を螺旋軸に沿って延びている請

10

20

30

40

50

求項 6 記載の静電アクチュエータ。

【請求項 1 2】

前記非直線状態維持手段は、プーリーであり、このプーリーに前記第一および第二の電極が巻き掛けられている請求項 6 記載の静電アクチュエータ。

【請求項 1 3】

前記第一および第二の電極が前記ゴム弾性電気絶縁層を介して互いに分離できないように結合されており、これにより螺旋軸方向に関し前記第一の電極の螺旋の巻きと前記第二の電極の螺旋の巻きとの間の間隔の大きさは所定の大きさの範囲内においてのみ可変とされている請求項 2 記載の静電アクチュエータ。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は静電アクチュエータに係り、特に第一の電極と第二の電極との間に電位差を与えて両電極間に静電引力を発生させ、この静電引力によって両電極間の間隔を変化させることにより伸縮する静電アクチュエータに関する。

【背景技術】

【0002】

従来この種の静電アクチュエータとしては、特許文献 1 に開示されているものがある。この従来静電アクチュエータは、それぞれ銅等の金属層からなる導電部の上下に PET 等のフィルム状の電気絶縁部を重ねたサンドイッチ構造を有する 2 本の帯状の電極フィルムを、それぞれジグザク状となるようにして、互いに対し直交するように交互に折り込んでなるものである。

20

【0003】

また、本出願人は、特許文献 2 に開示されている静電アクチュエータを先に提案している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2001 - 268948 号公報

30

【特許文献 2】特開 2013 - 017287 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 に開示されている静電アクチュエータにおいては、第一の電極と第二の電極（各電極フィルムの導電部の一部が構成している）とが各電極フィルムの折曲部（折り返し部）を回動中心として相対的に回動することにより、すなわち和鋏と同様の運動することにより、電極間の距離を変化ようになっていた。また、これに伴い、各電極フィルムは和鋏と同様のばね特性を有することが必要であった。

40

【0006】

このため、謂わば互いに直交する和鋏が複数積層され、その動きの集積がアクチュエータ全体の収縮するような構造となっているので、各部の運動方向とアクチュエータ全体としての運動方向との間に比較的大きな相違があり、各部の動きがスムーズにアクチュエータ全体としての収縮につながって行かないため、動作特性において問題があった。また、外力により、各電極フィルムの折曲部を中心とする電極間の角度が一定以上増大されると、折曲部と反対側の第一および第二の電極間の間隔が大きく広がり、電極間に電位差を印加しても、収縮できなくなる等の問題もあった。

【0007】

また、電極フィルムの導電部（電極部および配線部）並びに電気絶縁部を複雑な形状に加工しなければならないので、製造コストが高くなるという問題もあった。

50

## 【 0 0 0 8 】

特許文献 2 に開示されている静電アクチュエータは、このような問題を解決することができる。

## 【 0 0 0 9 】

しかしながら、特許文献 2 に開示されている静電アクチュエータの実施例においては、特許文献 1 に記載のものよりは大幅に製造を容易にすることができるものの、それでもなお、特許文献 1 の場合と同様に、第一の電極および第二の電極をそれぞれジグザク状になるとともに互いに直交するように交互に折り込む必要があり（図 1 ~ 1 1 の実施例の場合）、製造が必ずしも容易ではない点がなお残っていた。また、小型化ないしは細径化が難しいという問題もあった。

10

## 【 0 0 1 0 】

本発明は、このような従来事情に鑑みてなされたもので、本発明の目的の一つは、動作特性が優れた静電アクチュエータを提供することにある。

## 【 0 0 1 1 】

本発明の他の目的は、製造が一層容易な静電アクチュエータを提供することにある。

## 【 0 0 1 2 】

本発明の他の目的は、製造コストを一層低減することができる静電アクチュエータを提供することにある。

## 【 0 0 1 3 】

本発明の他の目的は、小型化ないしは細径化が容易な静電アクチュエータを提供することにある。

20

## 【 0 0 1 4 】

本発明のさらに他の目的は、以下の説明から明らかになる。

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 1 5 】

本発明による静電アクチュエータは、螺旋状をなす第一の電極と、この第一の電極と同軸な螺旋状をなし、螺旋軸方向に関し自己の螺旋の巻きと前記第一の電極の螺旋の巻きとの間に間隔を設けられている第二の電極と、

前記第一の電極の螺旋の巻きと前記第二の電極の螺旋の巻きとの間に介在された、電気絶縁性およびゴム弾性を有する電気絶縁性エラストマーからなるゴム弾性電気絶縁層とを有し、

30

螺旋軸方向に関し前記第一の電極の螺旋の巻きと前記第二の電極の螺旋の巻きとの間の間隔は可変とされており、

前記第一の電極と前記第二の電極との間に電位差が印加され、螺旋軸方向に関し前記第一の電極の螺旋の巻きと前記第二の電極の螺旋の巻きとの間の間隔を小さくしようとする静電引力が作用したとき、前記ゴム弾性電気絶縁層が該絶縁層のゴム弾性に抗して圧縮されるようにしたものである。

## 【 0 0 1 6 】

なお、一般的には、「螺旋」の語は、平面的な渦巻き形状の意味でも使用されることがあるが、本願の明細書および特許請求の範囲において、「螺旋」の語は、平面的な渦巻き形状は含まず、立体的な形状のみを意味する。

40

## 【 0 0 1 7 】

本発明においては、第一の電極と第二の電極との間に電位差が印加されると、螺旋軸方向に関し第一の電極の螺旋の巻きと第二の電極の螺旋の巻きとの間の間隔を小さくしようとする静電引力が両電極間に作用し、ゴム弾性電気絶縁層をそのゴム弾性に抗して圧縮するので、前記電位差の大きさに応じて両電極の螺旋の巻き間隔が小さくなり、アクチュエータ全体が収縮する。他方、電極間に対する電位差の印加が停止されれば、ゴム弾性によりゴム弾性電気絶縁層が元の状態に復帰する。このため、電極間に印加される電位差の大きさに応じて、電極の螺旋の巻き間隔が変化し、アクチュエータ全体が伸縮する

50

。

## 【0018】

ここにおいて、本発明では、第一および第二の電極は螺旋状をなしているので、特許文献1に開示されている静電アクチュエータの場合のように、第一の電極と第二の電極とが折曲部（折り返し部）を回動中心として相対的に回動運動をするようなことはなく、第一の電極の螺旋の巻きと第二の電極の螺旋の巻きとが螺旋軸方向に相対運動し、この相対運動の集積がアクチュエータ全体としての収縮となるので、両電極の螺旋の各部の相対運動がアクチュエータ全体としての収縮に極めてスムーズにつながって行くため、動作特性が非常に優れている。

## 【0019】

また、第一および第二の電極を螺旋状に巻くこと、並びに第一および第二の電極の螺旋の巻き間にゴム弾性電気絶縁層を介在させることは容易であるので、製造が非常に容易であり、ひいては製造コストを一層低減できる。

## 【0020】

また、特許文献2の実施例のようにシート状の電極および電気絶縁層を積層するのでなく、第一および第二の電極を螺旋状とするので、アクチュエータを容易に小型化ないしは細径化できる。

## 【0021】

本発明の一つの態様においては、第一および第二の電極のうちの少なくとも一方が導電性およびゴム弾性を有する導電性エラストマーから構成される。この場合は、前記電位差の印加に応じて前記ゴム弾性電気絶縁層のみならずエラストマーからなる電極の横断面もそのゴム弾性に抗して圧縮され、アクチュエータの伸縮に寄与する。

## 【0022】

本発明のさらにもう一つの態様においては、静電アクチュエータは、第一および第二の電極を、これらの電極の螺旋の巻き間の間隔は可変な状態で、全体として非直線状に延びるように維持する非直線状態維持手段をさらに有する。

## 【0023】

本発明のアクチュエータのストロークは、第一および第二の電極の全長に対応する。したがって、アクチュエータが収容される空間の長さが同じであっても、前記非直線状態維持手段により第一および第二の電極を全体として非直線状に延びるように維持すれば、第一および第二の電極の全長を長くし、第一および第二の電極が全体として直線状に延びる場合より、アクチュエータのストロークを大きくすることができる。

## 【発明の効果】

## 【0024】

本発明の静電アクチュエータは、  
 (イ) 動作特性が優れている、  
 (ロ) 製造が一層容易である、  
 (ハ) 製造コストを一層低減できる、  
 (ニ) 小型化ないしは細径化が容易である、  
 (ホ) 第一および第二の電極を全体として非直線状に延びるように維持することにより、ストロークを大きくすることができる、  
 等の優れた効果を得られるものである。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0025】

【図1】本発明の静電アクチュエータの実施例1を示す平面図である。

【図2】図2のII-II線における断面図である。

【図3】前記実施例1における第一および第二の電極並びに電気絶縁性エラストマー（ゴム弾性電気絶縁層）の圧縮変形状態を模式的に示す拡大断面図である。

【図4】前記実施例1の静電アクチュエータを製造する際、電気絶縁性エラストマーをそれぞれ被覆された第一および第二の電極を構成する2本の線材を螺旋状に巻く方法の一例

10

20

30

40

50

を示す斜視図である。

【図 5】本発明の静電アクチュエータの実施例 4 を示す縦断面図である。

【図 6】前記実施例 4 における電気絶縁性エラストマー（ゴム弾性電気絶縁層）の圧縮変形状態を模式的に示す拡大断面図である。

【図 7】本発明の静電アクチュエータの実施例 5 を示す縦断面図である。

【図 8】本発明の静電アクチュエータの実施例 6 を示す縦断面図である。

【図 9】本発明の静電アクチュエータの実施例 7 を直線状に延びている状態で示す縦断面図である。

【図 10】前記実施例 7 を湾曲させた状態で示す部分断面図である。

【図 11】本発明の静電アクチュエータの実施例 8 を一部断面して示す平面図である。

10

【図 12】前記実施例 8 を示す正面図である。

【図 13】本発明の静電アクチュエータの実施例 9 を示す部分断面図である。

【図 14】本発明の静電アクチュエータの実施例 10 を示す正面図である。

【図 15】本発明の静電アクチュエータの実施例 11 を示す縦断面図である。

【図 16】本発明の静電アクチュエータの実施例 12 を示す縦断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

本発明においては、第一および第二の電極の両方を導電性およびゴム弾性を有する導電性エラストマーで構成することも、第一および第二の電極の両方を金属、炭素、導電性プラスチック等の導電性は有するがゴム弾性は有さない変形可能な非エラストマー材料で構成することも、第一および第二の電極のうち的一方を導電性エラストマー、他方を導電性を有する変形可能な非エラストマー材料で構成することもできる。

20

【0027】

第一および（または）第二の電極を導電性エラストマーで構成する場合、その導電性エラストマーとしては、次のようなものが使用可能である。

【0028】

(A) 導電性ゴム

イ) 電子伝導性ゴム

ゴムに導電性フィラーを分散させたもの。ゴムとしては、あらゆる種類のゴムを使用可能である。導電性フィラーとしては、例えば、カーボンブラック、カーボンファイバー、グラファイト、金属粉、金属繊維、金属被覆された粒子等を使用できる。

30

【0029】

上記のように本発明においては、広範囲の電子伝導性ゴムが使用可能であるが、特に好ましい電子導電性ゴムは、EPDM（エチレンプロピレンゴム）またはシリコンゴムにカーボンブラックを分散させたものである。

【0030】

ロ) イオン伝導性ゴム

ゴムにイオン伝導剤を分散したもの。ゴムとしては、ウレタンゴム、アクリルゴム等を使用できる。イオン伝導剤としては、例えば電解質溶液（ゲル）、過塩素リチウムの炭酸プロピレン溶液等を使用できる。

40

【0031】

(B) 導電性 TPE（熱可塑性エラストマー）

イ) 電子伝導性 TPE

TPE に導電性フィラーを分散させたもの。TPE としては、あらゆる種類の TPE を使用可能である。導電性フィラーとしては、前記電子導電性ゴムの場合と同じものを使用できる。

【0032】

特に好ましい電子導電性 TPE は、スチレン系またはオレフィン系 TPE にカーボンブラックを分散させたものである。

【0033】

50

## ロ) イオン伝導性 T P E

T P E にイオン伝導剤を分散したもの。T P E としては、ウレタン系、アクリル系、エステル系 T P E 等を使用できる。イオン伝導剤としては、前記イオン伝導性ゴムの場合と同じものを使用できる。

## 【 0 0 3 4 】

本発明において、ゴム弾性電気絶縁層を構成するエラストマーとしては、導電性フィラーおよびイオン伝導剤を含まないあらゆる種類のゴムまたは T P E が使用可能である。なお、電極を導電性エラストマーで構成する場合は、電極とゴム弾性電気絶縁層との親和性の観点からは、一般には、電極に使用する導電性エラストマーとゴム弾性電気絶縁層に使用するエラストマーとは、その成分中のゴムまたは T P E が同一になるようにすることが好ましいが、場合によっては、電極に使用する導電性エラストマーと電気絶縁層に使用するエラストマーとの成分中のゴムまたは T P E が異なるようにしてもよい。

10

## 【 0 0 3 5 】

以下、本発明を図面に示す実施例に基づいて説明する。

## 【 実施例 1 】

## 【 0 0 3 6 】

図 1 ~ 3 は本発明による静電アクチュエータの実施例 1 を示している。このうち、図 1 および 2 は、電位差を印加されていない状態における本実施例の静電アクチュエータ 1 を示している。第一および第二の電極 2 , 3 は、それぞれ導電性およびゴム弾性を有する導電性エラストマーからなる。具体的には、E P D M にカーボンブラックを分散させた電子伝導性ゴムからなる。前記第一および第二の電極 2 , 3 は、それぞれ螺旋状とされている。外力を作用されていない状態において、前記第一および第二の電極 2 , 3 を構成する線材の横断面はそれぞれ円形とされている。また、外力を作用されていない状態における前記第一および第二の電極 2 , 3 の線材径および螺旋径は、それらの全長に渡って均一で互いに同一とされている。

20

## 【 0 0 3 7 】

前記第一の電極 2 は、その外周の全周に電気絶縁性およびゴム弾性を有する第一の電気絶縁性エラストマー 4 を被覆されている。前記第二の電極 3 も、その外周の全周に電気絶縁性およびゴム弾性を有する第二の電気絶縁性エラストマー 5 を被覆されている。前記第一および第二の電気絶縁性エラストマー 4 , 5 は、それぞれ具体的には、導電性フィラーおよびイオン伝導剤を含まないスチレン系 T P E からなる。外力を作用されていない状態における前記第一および第二の電気絶縁性エラストマー 4 , 5 の被覆層の厚さは、互いに同一とされている。

30

## 【 0 0 3 8 】

前記第一および第二の電極 2 , 3 が構成する螺旋は互いに同軸に配置されており、かつ第一および第二の電気絶縁性エラストマー 4 , 5 の被覆層は互いに接触された状態とされている。これにより、螺旋軸方向に関し、第一の電極 2 の螺旋の巻きと第二の電極 3 の螺旋の巻きとの間に間隔が設けられ、両電極 2 , 3 の螺旋の巻き間に第一および第二の電気絶縁性エラストマー 4 , 5 の一部が介在された状態となっている。したがって、本実施例では、本発明における第一および第二の電極 2 , 3 間のゴム弾性電気絶縁層は、第一および第二の電極 2 , 3 の外周を被覆している第一および第二の電気絶縁性エラストマー 4 , 5 により構成されている。

40

## 【 0 0 3 9 】

このような第一および第二の電極 2 , 3 並びに第一および第二の電気絶縁性エラストマー 4 , 5 からなる静電アクチュエータ 1 の基本構成は、例えば、次のようにして容易に得ることができる。

## 【 0 0 4 0 】

まず、第一および第二の電極 2 , 3 を構成する線材は、例えば押出成形により容易に製造できる。第一および第二の電極 2 , 3 に対する第一および第二の電気絶縁性エラストマー 4 , 5 の被覆は、二重押出成形により、第一および第二の電極 2 , 3 を構成する線材の

50

成形と同時に行うこともできるし、第一および第二の電極 2, 3 を構成する線材に対しデッピング処理や、スプレーイング処理等によって行うこともできる。

【0041】

次に、上述の方法等によって得られた、第一および第二の電気絶縁性エラストマー 4, 5 を外周に被覆された第一および第二の電極 2, 3 の線材を、例えば図 4 に示されるように、横断面円形の芯材 14 に一緒に巻き付けて行くことにより、前述のような螺旋構造を容易に得ることができる。

【0042】

本実施例では、第一の電気絶縁性エラストマー 4 と第二の電気絶縁性エラストマー 5 とは、焼結成形法により焼結されることにより、互いの接触部において互いに固着されている。これにより、第一および第二の電極 2, 3 は、第一および第二の電気絶縁性エラストマー 4, 5 を介して互いに分離できないように結合されており、螺旋軸方向に関し第一の電極 2 の螺旋の巻きと第二の電極 3 の螺旋の巻きとの間の間隔は所定範囲内においてのみ可変とされている。

10

【0043】

この静電アクチュエータ 1 においては、第一の電極 2 と第二の電極 3 との間に電位差が印加されると、これらの電極 2, 3 を互いに近づけようとする静電引力が電極 2, 3 間に作用し、図 3 に模式的に示されているように、電極 2, 3 の螺旋の巻き間の第一および第二の電気絶縁性エラストマー 4, 5 (ゴム弾性電気絶縁層) がそのゴム弾性に抗して圧縮され、前記電位差の大きさに応じて電極 2, 3 の螺旋の巻き間の間隔が小さくなる。また、本実施例では、第一および第二の電極 2, 3 もエラストマーからなるので、前記電位差の印加により、第一および第二の電極 2, 3 の横断面もそのゴム弾性に抗して圧縮される。

20

【0044】

これにより、前記電位差の大きさに応じて、アクチュエータ 1 全体が収縮する。他方、電極 2, 3 間に対する電位差の印加が停止されれば、ゴム弾性により電極 2, 3 の螺旋の巻き間の第一および第二の電気絶縁性エラストマー 4, 5 の被覆層 (ゴム弾性電気絶縁層) が元の状態に復帰するとともに、第一および第二の電極 2, 3 の横断面も元の状態に復帰する。このため、電極 2, 3 間に印加される電位差の大きさに応じて電極 2, 3 の螺旋の巻き間の間隔が変化し、アクチュエータ 1 が伸縮する。

30

【0045】

ここにおいて、この静電アクチュエータ 1 では、第一および第二の電極 2, 3 は螺旋状をなしているので、特許文献 1 に開示されている静電アクチュエータの場合のように、第一の電極 2 と第二の電極 3 とが折曲部 (折り返し部) を回動中心として相対的に回動運動をするようなことはなく、第一の電極 2 の螺旋の巻きと第二の電極 3 の螺旋の巻きとが螺旋軸方向に相対運動し、この相対運動の集積がアクチュエータ 1 全体としての収縮となるので、両電極 2, 3 の螺旋の各部の相対運動がアクチュエータ 1 全体としての収縮に極めてスムーズにつながって行くため、動作特性が非常に優れている。

【0046】

また、既に述べように、第一および第二の電極 2, 3 を螺旋状とすること、並びに第一および第二の電極 2, 3 の螺旋の巻き間に第一および第二の電気絶縁性エラストマー 4, 5 (ゴム弾性電気絶縁層) を介在させることは容易であるので、製造が非常に容易であり、ひいては製造コストを一層低減できる。

40

【0047】

また、特許文献 2 の実施例のようにシート状の電極および電気絶縁層を積層するのではなく、第一および第二の電極 2, 3 を螺旋状とすることで、アクチュエータ 1 を容易に小型化ないしは細径化できる。

【0048】

なお、本発明においては、第一および第二の電極 2, 3 を構成する線材は、必ずしも横断面円形でなくてもよく、横断面矩形等の他の横断面形状としてもよい。しかし、多くの

50

場合、本実施例のように横断面円形とすることが好ましい。これは次の理由による。

【0049】

本実施例のように、第一および第二の電極2, 3を構成する線材を横断面円形とすると、図2, 3に示されるように、第一の電気絶縁性エラストマー4と第二の電気絶縁性エラストマー5との接触部に隣接して両エラストマー4, 5間に空隙6が形成され、静電引力が作用して圧縮されたときにエラストマー4, 5が横方向に逃げ易くなる（前記空隙6に逃げる）ので、第一および第二の電気絶縁性エラストマー4, 5（ゴム弾性電気絶縁層）並びに第一および第二の電極2, 3が電極2, 3間の間隔が縮小する方向に変形し易くなる。

【0050】

ところが、前記線材が例えば横断面矩形状となっていると、静電引力が作用して圧縮力を受けても、第一および第二の電気絶縁性エラストマー4, 5が横方向に逃げにくいので、第一および第二の電気絶縁性エラストマー4, 5並びに第一および第二の電極2, 3が電極2, 3間の間隔が縮小する方向に変形しにくいのである。

【0051】

また、本実施例では、第一および第二の電極2, 3は第一および第二の電気絶縁性エラストマー4, 5の被覆層を介して互いに分離できないように結合されており、螺旋軸方向に関し第一の電極2の螺旋の巻きと第二の電極3の螺旋の巻きとの間の間隔は所定範囲内においてのみ可変とされているので、アクチュエータ1を伸ばそうとする大きな外力が作用しても、電極2, 3間の間隔が過大に広がり、電位差を印加しても電極2, 3間の間隔を縮小できなくなるような不都合が防止される。

【0052】

なお、第一の電気絶縁性エラストマー4と第二の電気絶縁性エラストマー5とを、焼結ではなく、接着等の他の方法により互いに分離できないように結合してもよい。

【実施例2】

【0053】

第一および第二の電極2, 3並びに第一および第二の電気絶縁性エラストマー4, 5を構成する材料のみを実施例1から変更した。第一および第二の電極2, 3は、それぞれスチレン系TPEにカーボンブラックを分散させた電子伝導性TPEからなり、第一および第二の電気絶縁性エラストマー4, 5は、それぞれ導電性フィラーおよびイオン伝導剤を含まないスチレン系TPEからなる。他の構成は実施例1と同様である。

【0054】

本実施例においても、実施例1と同様であるの作用効果を得ることができる。

【実施例3】

【0055】

第一および第二の電極2, 3並びに第一および第二の電気絶縁性エラストマー4, 5を構成する材料と、隣り合う第一の電気絶縁層4と第二の電気絶縁層5との結合方法のみを実施例1および2から変更した。

【0056】

第一および第二の電極2, 3は、それぞれEPDMにカーボンブラックを分散させた電子伝導性ゴムからなり、第一および第二の電気絶縁性エラストマー4, 5はそれぞれ導電性フィラーおよびイオン伝導剤を含まないEPDMからなる。第一の電気絶縁層4と第二の電気絶縁層5とは、焼結ではなく、接着により互いに固着されている。他の構成は実施例1と同様である。

【0057】

本実施例においても、実施例1の場合と同様の作用効果を得ることができる。

【実施例4】

【0058】

図5および6は、本発明による静電アクチュエータ1の実施例4を示している。本実施例においては、第一および第二の電極2, 3は、それぞれ銅合金等の金属、炭素、導電性

10

20

30

40

50

プラスチック等の、導電性は有するがゴム弾性は有さない変形可能な非エラストマー材料からなる。前記第一の電極 2 は、その外周の全周に電気絶縁性およびゴム弾性を有する第一の電気絶縁性エラストマー 4 を被覆されている。前記第二の電極も、その外周の全周に電気絶縁性およびゴム弾性を有する第二の電気絶縁性エラストマー 5 を被覆されている。他の構成は実施例 1 と同様である。

【0059】

本実施例においても、第一の電極 2 と第二の電極 3 との間に電位差が印加されると、これらの電極 2, 3 を互いに近づけようとする静電引力が電極 2, 3 間に作用し、これらの電極 2, 3 間の第一および第二の電気絶縁性エラストマー 4, 5 (ゴム弾性電気絶縁層) をそのゴム弾性に抗して圧縮するので、図 6 に模式的に示されているように、前記電位差の大きさに応じて電極 2, 3 の螺旋の巻き間の間隔が小さくなり、アクチュエータ 1 全体が収縮する。他方、電極 2, 3 間に対する電位差の印加が停止されれば、ゴム弾性により電極 2, 3 間の第一および第二の電気絶縁性エラストマー 4, 5 (ゴム弾性電気絶縁層) が元の状態に復帰する。このため、電極 2, 3 間に印加される電位差の大きさに応じて電極 2, 3 の螺旋の巻き間の間隔が変化し、アクチュエータ 1 が伸縮する。

10

【0060】

本実施例では、第一および第二の電極 2, 3 はゴム弾性を有さない非エラストマー材料からなるので、前記電位差の印加により圧縮されるのは、電極 2, 3 間の第一および第二の電気絶縁性エラストマー 4, 5 (ゴム弾性電気絶縁層) のみで、第一および第二の電極 2, 3 の横断面が圧縮されることはないが、その他は、実施例 1 と同様の作用効果を得ることができる。

20

【実施例 5】

【0061】

図 7 は本発明による静電アクチュエータ 1 の実施例 5 を示している。本実施例においては、第一の電極 2 は導電性およびゴム弾性を有する導電性エラストマーからなる。他方、第二の電極 3 は金属、炭素、導電性プラスチック等の導電性は有するがゴム弾性は有さない変形可能な非エラストマー材料からなる。前記第一の電極 2 は、その外周の全周に電気絶縁性およびゴム弾性を有する第一の電気絶縁性エラストマー 4 を被覆されている。前記第二の電極 3 も、その外周の全周に電気絶縁性およびゴム弾性を有する第二の電気絶縁性エラストマー 5 を被覆されている。他の構成は実施例 1 と同様である。

30

【0062】

本実施例においては、第一の電極 2 と第二の電極 3 との間に電位差が印加されると、電極 2, 3 間の第一および第二の電気絶縁性エラストマー 4, 5 (ゴム弾性電気絶縁層) および第一の電極 2 の横断面がそのゴム弾性に抗して圧縮される。

【0063】

したがって、ゴム弾性を有さない非エラストマー材料からなる第二の電極 3 の横断面は圧縮されないことを除いて、実施例 1 と同様の作用効果を得ることができる。

【実施例 6】

【0064】

図 8 は本発明による静電アクチュエータ 1 の実施例 6 を示している。本実施例においては、第一の電極 2 は、導電性およびゴム弾性を有する導電性エラストマーまたは金属、炭素、導電性プラスチック等の導電性は有するがゴム弾性は有さない変形可能な非エラストマー材料からなり、その外周の全周に電気絶縁性およびゴム弾性を有する電気絶縁性エラストマー 4 を被覆されている。他方、第二の電極 3 は、導電性およびゴム弾性を有する導電性エラストマーまたは金属、炭素、導電性プラスチック等の導電性は有するがゴム弾性は有さない変形可能な非エラストマー材料からなり、その外周には何も被覆されていない。他の構成は実施例 1 と同様である。

40

【0065】

本実施例においては、第一の電極 2 と第二の電極 3 との間に電位差が印加されると、電極 2, 3 間の電気絶縁性エラストマー 4 (ゴム弾性電気絶縁層) がそのゴム弾性に抗して

50

圧縮される。第一および（または）第二の電極 2, 3 が導電性エラストマーからなる場合は、その導電性エラストマーからなる電極の横断面も圧縮される。

【0066】

したがって、第二の電気絶縁性エラストマー 5 が存在しないことを除いて、実施例 1, 4 または 5 と同様の作用効果を得ることができる。

【実施例 7】

【0067】

図 9 および 10 は、本発明による静電アクチュエータ 1 の実施例 7 を示している。本実施例において、静電アクチュエータ 1 は、可撓性を有して湾曲可能な、金属またはプラスチック等からなる可撓性管体 7 を有している。この可撓性管体 7 内には、実施例 1 の静電アクチュエータ 1（第一および第二の電極 2, 3 並びに第一および第二の電気絶縁性エラストマー 4, 5）がアクチュエータ本体 8 として、該可撓性管体 7 に沿って延びるように收容されている。アクチュエータ本体 8 の一端部（図 9 における下端部）は可撓性管体 7 の一端部に固定されている。アクチュエータ本体 8 の他端部（図 9 における上端部）には出力端部材 9 が固定されている。

10

【0068】

本実施例においては、図 10 に示されるように、可撓性管体 7 を、その内部に收容されているアクチュエータ本体 8（第一および第二の電極 2, 3 並びに第一および第二の電気絶縁性エラストマー 4, 5）とともに所望の形状に湾曲することができる。すなわち、本実施例において、可撓性管体 7 は、第一および第二の電極 2, 3 を、それらの螺旋の巻き間の間隔は可変な状態で、全体として非直線状に延びるように維持する非直線状態維持手段を構成している。アクチュエータ本体 8 は、勿論、図に示される形状以外の形状にも湾曲できる。そして、可撓性管体 7 を所望の形状に湾曲させた状態でも、第一の電極 2 と第二の電極 3 との間に電位差を印加することにより、アクチュエータ本体 8 を収縮させることができる。

20

【0069】

ここで、アクチュエータ 1 のストロークは第一および第二の電極 2, 3 の全長に対応する。したがって、可撓性管体 7 を湾曲させて第一および第二の電極 2, 3 を全体として非直線状に延びるようにすれば、第一および第二の電極 2, 3 が全体として直線状に延びている状態では收容できない長さの空間にもアクチュエータ 1 を收容し、直線状に延びる短いアクチュエータを使用する場合より第一および第二の電極 2, 3 の全長を長くし、ひいてはアクチュエータ 1 のストロークを大きくすることができる。ストロークを大きく取れるか否かは、アクチュエータの性能評価上極めて重要なファクターであるので、これは特筆すべきことである。

30

【0070】

また、本実施例においては、出力の方向（出力端部材 9 の移動方向）の選択の自由度も大きくなる。

【0071】

さらに、本実施例においては、直線状とすると障害物にぶつかって設置できないような場合でも、可撓性管体 7 を適当に湾曲することにより、障害物をよけてアクチュエータ 1 を設置することも可能になる。

40

【0072】

なお、第一および第二の電極 2, 3 の動きを円滑にするため、可撓性管体 7 の内壁と第一および第二の電極 2, 3 の外周との間に潤滑剤を介在させてもよい。

【0073】

また、電位差を印加したとき、可撓性管体 7 のみでは、電極 2, 3 から受ける力により可撓性管体 7 が所望の非直線形状を維持できなくなるような場合には、可撓性管体 7 を所望の非直線形状に湾曲させた後、適当な固定手段により可撓性管体 7 の適当な箇所を固定し、可撓性管体 7 が確実に所望の非直線形状を維持するようにしてもよい。

【0074】

50

また、本実施例においては、アクチュエータ本体 8 の一端部を可撓性管体 7 に固定しているが、本発明においては、必ずしもアクチュエータ本体 8 の一部を可撓性管体 7 に固定しなくてもよい。

【0075】

また、本実施例においては、アクチュエータ本体 8 の一端部に出力端部材 9 を固定しているが、本発明においては、アクチュエータ本体 8 の一端部に出力端部材 9 を固定しなくてもよいし、アクチュエータ本体 8 の一端部に他の形状の出力端部材を固定してもよい。

【実施例 8】

【0076】

図 1 1 および 1 2 は、本発明による静電アクチュエータ 1 の実施例 8 を示している。本実施例において、金属またはプラスチック等からなる非可撓性管体 1 0 は非可撓性であり、大部分を螺旋状に湾曲されている。この非可撓性管体 1 0 内には、実施例 1 の静電アクチュエータ 1 (第一および第二の電極 2, 3 並びに第一および第二の電気絶縁性エラストマー 4, 5) がアクチュエータ本体 8 として、該非可撓性管体 1 0 に沿って延びるように収容されている。本実施例においては、非可撓性管体 1 0 が、第一および第二の電極 2, 3 を、両電極 2, 3 の螺旋の巻き間の間隔は可変な状態で、全体として非直線状に延びるように維持する非直線状態維持手段を構成している。

【0077】

本実施例においても、アクチュエータ本体 8 の一端部 (図 1 1 における下端部) は非可撓性管体 1 0 の一端部に固定されている。アクチュエータ本体 8 の他端部 (図 1 1 における上端部) には出力端部材 9 が固定されている。

【0078】

本実施例においては、非可撓性管体 1 0 の湾曲形状が決まっており、変化させることはできないが、実施例 7 の場合と同様に、アクチュエータ 1 が収容される空間の長さと同じであっても、第一および第二の電極 2, 3 が全体として直線状に延びる場合より、アクチュエータ 1 のストロークを大きくすることができる。

【0079】

なお、本実施例においても、第一および第二の電極 2, 3 の動きを円滑にするため、非可撓性管体 1 0 の内壁と第一および第二の電極 2, 3 の外周との間に潤滑剤を介在させてもよい。

【0080】

また、アクチュエータ本体 8 の一部を非可撓性管体 1 0 に固定しなくてもよいし、アクチュエータ本体 8 の一端部に出力端部材 9 を固定しなくてもよいし、アクチュエータ本体 8 の一端部に他の形状の出力端部材を固定してもよい。

【実施例 9】

【0081】

図 1 3 は、本発明による静電アクチュエータ 1 の実施例 9 を示している。本実施例において、静電アクチュエータ 1 は、可撓性を有して湾曲可能な、金属またはプラスチック等からなる可撓性軸体 1 1 を有している。この可撓性軸体 1 1 は、アクチュエータ本体 8 (実施例 1 の静電アクチュエータ 1) の第一および第二の電極 2, 3 が構成する螺旋内を螺旋軸に沿って延びている。アクチュエータ本体 8 の一端部 (図 1 3 における左端部) は可撓性軸体 1 1 の一端部に固定されている。

【0082】

本実施例においては、可撓性軸体 1 1 を、アクチュエータ本体 8 (第一および第二の電極 2, 3 並びに第一および第二の電気絶縁性エラストマー 4, 5) とともに所望の形状に湾曲することができる。これにより、本実施例において、可撓性軸体 1 1 は、第一および第二の電極 2, 3 を、それらの螺旋の巻き間の間隔は可変な状態で、全体として非直線状に延びるように維持する非直線状態維持手段を構成している。そして、可撓性軸体 1 1 を所望の形状に湾曲させた状態でも、第一の電極 2 と第二の電極 3 との間に電位差を印加することにより、アクチュエータ本体 8 を収縮させることができる。

10

20

30

40

50

## 【0083】

このため、本実施例においても、可撓性軸体11を湾曲させて第一および第二の電極2, 3を全体として非直線状に延びるようにすれば、第一および第二の電極2, 3が全体として直線状に延びている状態では収容できない長さの空間にもアクチュエータ1を収容し、直線状に延びる短いアクチュエータを使用する場合より第一および第二の電極2, 3の全長を長くし、ひいてはアクチュエータ1のストロークを大きくすることができる。

## 【0084】

また、本実施例においても、出力の方向の選択の自由度が大きくなる。

## 【0085】

さらに、本実施例においても、直線状とすると障害物にぶつかって設置できないような場合でも、管体を適当に湾曲することにより、障害物をよけてアクチュエータ1を設置することも可能になる。

10

## 【0086】

なお、本実施例においては、アクチュエータ本体8の一端部を可撓性軸体11の一端部に固定しているが、本発明においては、必ずしもアクチュエータ本体8の一部を可撓性軸体11に固定しなくてもよい。

## 【0087】

また、可撓性軸体11の代わりに非可撓性かつ非直線状の非可撓性軸体を用いてもよい。その場合は軸体の形状が決まっており、変化させることはできないが、本実施例と同様に、アクチュエータ1のストロークを大きくすることができる。

20

## 【実施例10】

## 【0088】

図14は本発明による静電アクチュエータ1の実施例10を示している。本実施例において、静電アクチュエータ1は、プーリー12, 13を有しており、これらのプーリー12, 13は設置位置を固定されている軸12a, 13aを中心として回転可能とされている。

## 【0089】

本実施例においては、実施例1の静電アクチュエータ1(第一および第二の電極2, 3並びに第一および第二の電気絶縁性エラストマー4, 5)がアクチュエータ本体8として巻き掛けられている。ここにおいて、本実施例においては、プーリー12, 13が第一および第二の電極2, 3を、それらの螺旋の巻き間の間隔は可変な状態で、全体として非直線状に延びるように維持する非直線状態維持手段を構成している。

30

## 【0090】

このため、本実施例においても、アクチュエータ1が収容される空間の長さが同じであっても、第一および第二の電極2, 3が全体として直線状に延びる場合より、アクチュエータ1のストロークを大きくすることができる。

## 【0091】

なお、プーリーの設置数は適宜選択できるし、プーリーに巻き掛けられてアクチュエータ本体8が延びる非直線形状も適宜選択できる。また、本実施例では、プーリー2, 3が回転可能とされているが、場合によってはプーリーを回転不可能としてもよい(ただし、勿論、回転可能とした方がアクチュエータ本体8がプーリーから受ける運動抵抗を小さくすることができる)。

40

## 【0092】

また、本発明において、非直線状態維持手段を設ける場合、その非直線状態維持手段は、前述の可撓性管体7、非可撓性管体10、可撓性軸体11、非可撓性軸体、プーリー2, 3に限られることはなく、例えば固体部材に設けられた穴や、管のように横断面が完全には閉じられていない横断面形状を有する部材等のその他の手段であってもよい。

## 【0093】

また、前記実施例7~10においては、全体として直線状に延びる状態で成形された第一および第二の電極2, 3を非直線状に延びるように使用しているが、本発明においては

50

、はじめから全体として非直線状に延びるよう成形された第一および第二の電極を非直線状に延びるように使用してもよい。

【実施例 1 1】

【0094】

図 1 5 は本発明による静電アクチュエータ 1 の実施例 1 1 を示している。本実施例においては、第一および第二の電極 2, 3 が構成する螺旋の径が螺旋軸に沿って変化している。他の構成は実施例 1 と同様である。

【0095】

本実施例においても、実施例 1 と同様の作用効果を得ることができる。

【実施例 1 2】

【0096】

図 1 6 は本発明による静電アクチュエータ 1 の実施例 1 2 を示している。本実施例においては、金属、炭素、導電性プラスチック等の導電性は有するがゴム弾性は有さない変形可能な非エラストマー材料からなる第一および第二の電極 2, 3 が、電気絶縁性およびゴム弾性を有する 1 つの筒状をなす電気絶縁性エラストマー 1 5 内に埋め込まれている。他の構成は実施例 1 と同様である。

【0097】

本実施例においては、筒状の電気絶縁性エラストマー 1 5 のうちの、第一および第二の電極 2, 3 の螺旋の巻き間に介在された部分がゴム弾性電気絶縁層を構成する。

【0098】

本実施例においても、基本的に実施例 1 と同様の作用効果を得ることができる。また、第一および第二の電極 2, 3 が電気絶縁性エラストマー 1 5 (ゴム弾性電気絶縁層) を介して互いに分離できないように結合されており、これにより螺旋軸方向に関し第一の電極 2 の螺旋の巻きと第二の電極 3 の螺旋の巻きとの間の間隔の大きさは所定の大きさの範囲内においてのみ可変とされているので、アクチュエータ 1 を伸ばそうとする大きな外力が作用しても、電極 2, 3 間の間隔が過大に広がり、電位差を印加しても電極 2, 3 間の間隔を縮小できなくなるような不都合が防止される。

【0099】

ただし、電気絶縁性エラストマー 1 5 が 1 つの筒状をなしているため、電極 2, 3 間に電位差を印加されて圧縮力を受けたとき、変形し難いという不利はある。

【産業上の利用可能性】

【0100】

以上のように本発明による静電アクチュエータは、第一の電極と第二の電極との間に与えられる電位差によって両電極間に発生する静電引力により伸縮する静電アクチュエータとして有用である。

【符号の説明】

【0101】

- 1 静電アクチュエータ
- 2 第一の電極
- 3 第二の電極
- 4 第一の電気絶縁性エラストマー (ゴム弾性電気絶縁層)
- 5 第二の電気絶縁性エラストマー (ゴム弾性電気絶縁層)
- 7 可撓性管体 (非直線状態維持手段)
- 8 アクチュエータ本体
- 10 非可撓性管体 (非直線状態維持手段)
- 11 可撓性軸体 (非直線状態維持手段)
- 12, 13 プーリー (非直線状態維持手段)
- 12 a, 13 a プーリーの回転軸
- 15 電気絶縁性エラストマー (ゴム弾性電気絶縁層)

10

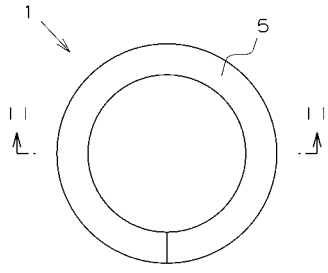
20

30

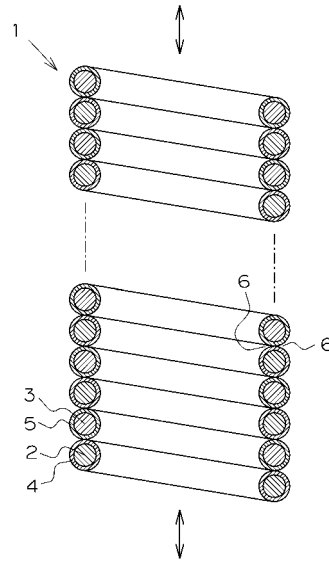
40

50

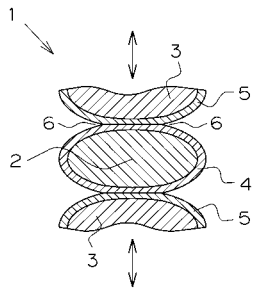
【 図 1 】



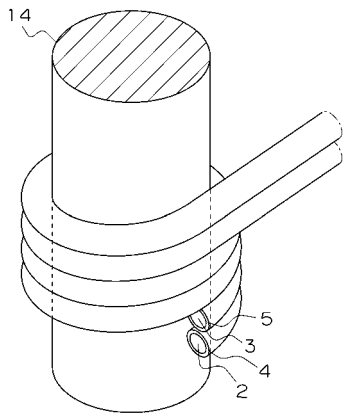
【 図 2 】



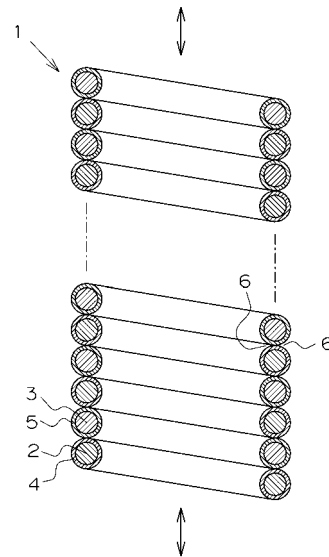
【 図 3 】



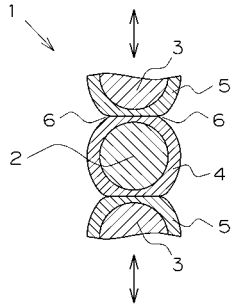
【 図 4 】



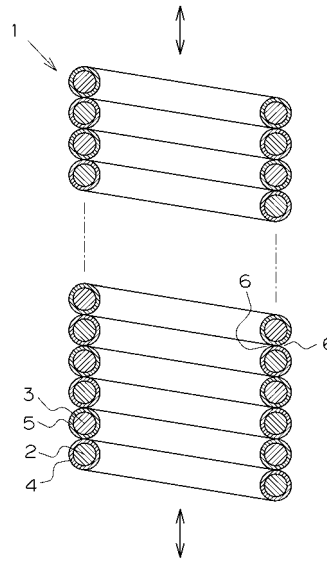
【 図 5 】



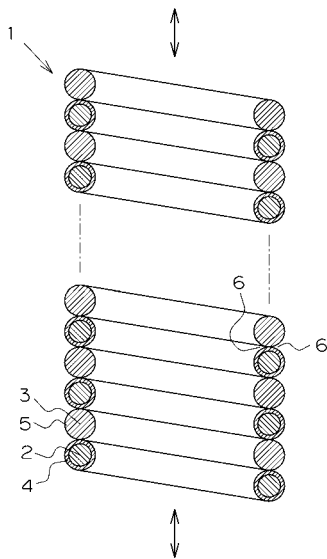
【 図 6 】



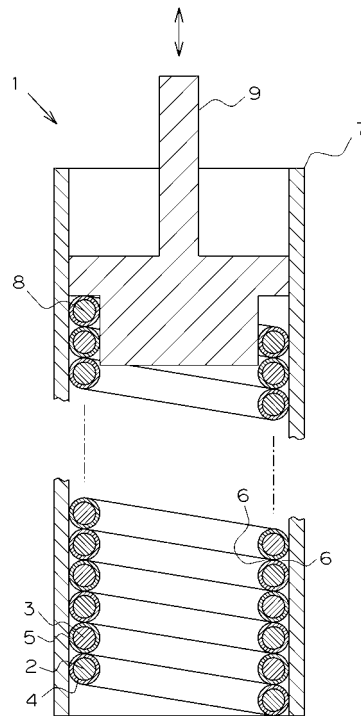
【 図 7 】



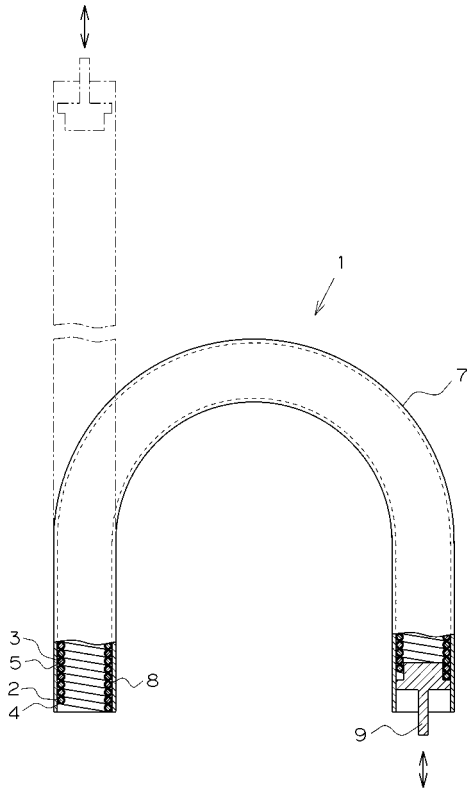
【 図 8 】



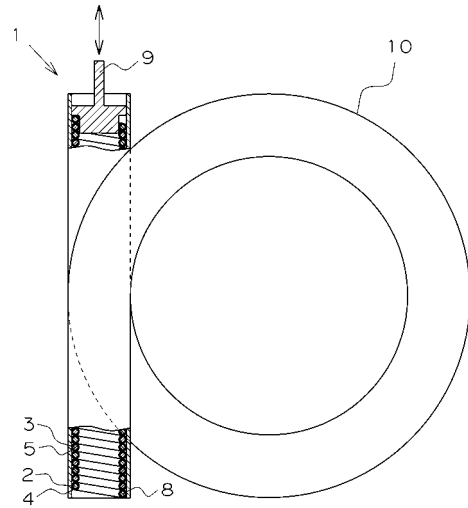
【 図 9 】



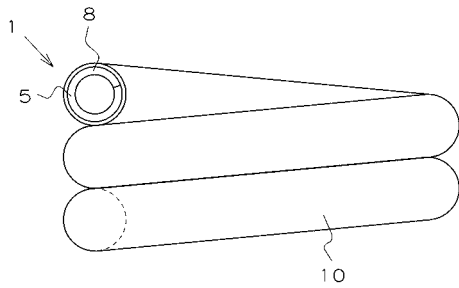
【図 10】



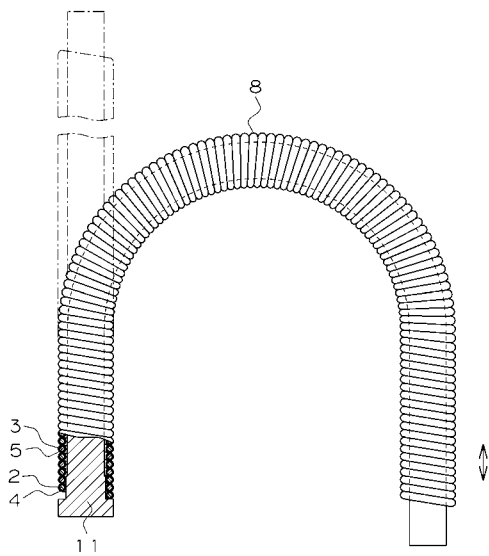
【図 11】



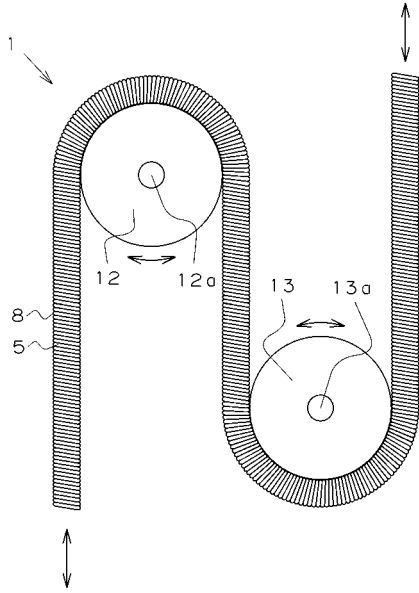
【図 12】



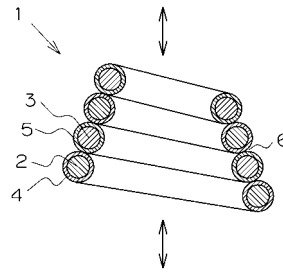
【図 13】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



【 図 1 6 】

