

(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2011-21614
(P2011-21614A)

(43) 公開日 平成23年2月3日(2011.2.3)

(51) Int.Cl.
F03G 7/06 (2006.01)

F I
F03G 7/06

テーマコード (参考)

E

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2010-247183 (P2010-247183)
(22) 出願日 平成22年11月4日 (2010.11.4)
(62) 分割の表示 特願2007-154037 (P2007-154037)
の分割
原出願日 平成19年6月11日 (2007.6.11)

(71) 出願人 000231073
日本航空電子工業株式会社
東京都渋谷区道玄坂1丁目21番2号
(74) 代理人 100121706
弁理士 中尾 直樹
(74) 代理人 100128705
弁理士 中村 幸雄
(74) 代理人 100066153
弁理士 草野 卓
(72) 発明者 香川 加奈
東京都渋谷区道玄坂1丁目21番2号 日
本航空電子工業株式会社内

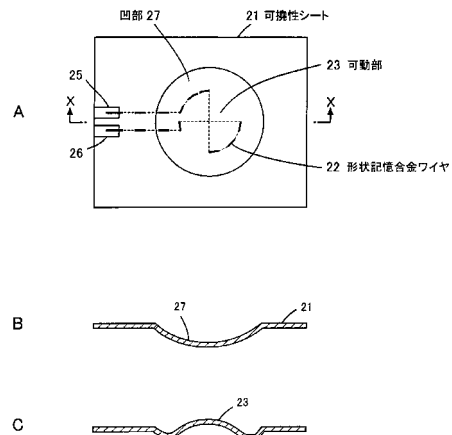
(54) 【発明の名称】 形状記憶合金アクチュエータ

(57) 【要約】

【課題】単なる直線的な変位ではなく、複雑な変位を実現し、かつ極めて薄型に構成することができる形状記憶合金アクチュエータを提供する。

【解決手段】可撓性シート21に形状記憶合金ワイヤ22を縫い付けて可動部23を形成する。可動部23のまわりには可撓性シート21よりなる固定部が存在する。可動部23は形状記憶合金ワイヤ22の抵抗加熱による収縮によってドーム状に変形し、形状記憶合金ワイヤ22への通電量を調整することにより、可撓性シート21の弾性復元力によって元の状態に復帰する構成とされる。

【選択図】 図7



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

可撓性シートに形状記憶合金ワイヤが縫い付けられて可動部が形成され、

前記可動部のまわりには前記可撓性シートよりなる固定部が存在し、

前記可動部は前記形状記憶合金ワイヤの抵抗加熱による収縮によってドーム状に変形し、かつ前記形状記憶合金ワイヤへの通電量を調整することにより前記可撓性シートの弾性復元力によって元の状態に復帰する構成とされていることを特徴とする形状記憶合金アクチュエータ。

【請求項 2】

請求項 1 記載の形状記憶合金アクチュエータにおいて、

前記可動部は前記可撓性シートにエンボス加工によって形成された凹部に位置して、その凹部を押し上げるように変形することを特徴とする形状記憶合金アクチュエータ。

【請求項 3】

請求項 1 記載の形状記憶合金アクチュエータにおいて、

前記可撓性シートは前記可動部をなす部分と、その可動部をなす部分を囲んで前記固定部をなす枠部とよりなり、

前記可動部をなす部分はその周囲が高延性シートを介して前記枠部に連結一体化されていることを特徴とする形状記憶合金アクチュエータ。

【請求項 4】

請求項 1 記載の形状記憶合金アクチュエータにおいて、

前記可撓性シートの両面にそれぞれ固定シートが配されて、それら固定シートによって前記可撓性シートが挟み込まれ、

前記可動部は前記固定シートの一方に設けられた開口を介して外部に臨むと共に、その開口から突出する方向に変形する構成とされ、

前記可撓性シートの前記固定部には前記可動部を挟んで両側に少なくとも一対のガイド穴が形成されて、それらガイド穴に前記固定シートに固定された軸が位置することにより、それら軸によって案内されて前記可撓性シートがその面方向に変位可能とされていることを特徴とする形状記憶合金アクチュエータ。

【請求項 5】

請求項 2 乃至 4 記載のいずれかの形状記憶合金アクチュエータにおいて、

前記可動部が円形形状とされ、その円形の中心を中心とする円環状をなすように前記形状記憶合金ワイヤが縫い付けられていることを特徴とする形状記憶合金アクチュエータ。

【請求項 6】

請求項 2 乃至 4 記載のいずれかの形状記憶合金アクチュエータにおいて、

前記可動部が円形形状とされ、その円形の中心を中心とする渦巻状をなすように前記形状記憶合金ワイヤが縫い付けられていることを特徴とする形状記憶合金アクチュエータ。

【請求項 7】

請求項 2 乃至 4 記載のいずれかの形状記憶合金アクチュエータにおいて、

前記可動部が円形形状とされ、その円形の中心を中心とする放射状をなすように前記形状記憶合金ワイヤが縫い付けられていることを特徴とする形状記憶合金アクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は形状記憶合金ワイヤの抵抗加熱による収縮を利用したアクチュエータに関する。

【背景技術】

【0002】

図 10 はこの種の形状記憶合金アクチュエータの従来例として特許文献 1 に記載されている構成を示したものであり、可動子 11 には図 10 A に示したように複数の突出部 11 a が設けられており、対する支持基材 12 には複数の支持箇所 12 a が設けられ、隣り合

10

20

30

40

50

う支持箇所 1 2 a 同士によって形成される凹部 1 2 b が可動子 1 1 の各突出部 1 1 a と対応するように構成されている。支持基材 1 2 には形状記憶合金線 1 3 がこの例では 3 本、その両端が固定部 1 4 で固定されて張られている。なお、図 1 0 A は可動子 1 1 と支持基材 1 2 とを離して示しており、また形状記憶合金線 1 3 が通電による抵抗加熱により収縮緊張して直線状に張った状態を示している。

【 0 0 0 3 】

図 1 0 B は形状記憶合金線 1 3 を支持基材 1 2 に固定する前の状態を示したものであり、図 1 0 C は非通電状態（常温）でマルテンサイト相にあり、柔らかくしなやかな状態の形状記憶合金線 1 3 を各支持箇所 1 2 a 間で弛みを持たせて懸け渡し、その弛みの谷底部に可動子 1 1 の突出部 1 1 a の先端が接している状態を示したものである。図 1 0 C では形状記憶合金線 1 3 に荷重がかからないように、可動子 1 1 は固定部 1 4 によって支持されるようになっている。なお、非通電状態では図 1 0 C の状態が維持されるように、形状記憶合金線 1 3 の収縮によって発生する可動子 1 1 を持ち上げようとする力よりは小さい力（バイアス力）が形状記憶合金線 1 3 に加わるように構成され、例えば可動子 1 1 の自重自体がこのバイアス力とされる。

10

【 0 0 0 4 】

この図 1 0 C に示した状態から形状記憶合金線 1 3 に通電すると、抵抗加熱により形状記憶合金線 1 3 が記憶している母相に戻り、つまり収縮緊張して図 1 0 D に示すように直線状になり、その力によりバイアス力に抗して可動子 1 1 を押し上げる。可動子 1 1 はこのようにして移動（変位）され、この可動子 1 1 の動きを利用することにより、例えば他

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 5 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 5 - 2 2 6 4 5 6 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

上述した従来 of 形状記憶合金アクチュエータは形状記憶合金線の収縮・弛緩を利用し、形状記憶合金線上に載置した可動子を移動させるものであって、このような構造では単調な駆動しか実現することができず、また全体構成を平面状に形成することができるものの、部品として形状記憶合金線が張られた支持基材と可動子とを用い、それらが積層された構造となっているため、薄型化には限界があった。

30

この発明の目的はこのような状況に鑑み、極めて薄型に構成することができ、かつ単なる直線的な変位ではなく、例えば平面から曲面への変形のような複雑な変位を実現することができる形状記憶合金アクチュエータを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

請求項 1 の発明によれば、可撓性シートに形状記憶合金ワイヤが縫い付けられて可動部が形成され、可動部のまわりには可撓性シートよりなる固定部が存在し、可動部は形状記憶合金ワイヤの抵抗加熱による収縮によってドーム状に変形し、かつ形状記憶合金ワイヤへの通電量を調整することにより可撓性シートの弾性復元力によって元の状態に復帰する構成とされる。

40

請求項 2 の発明では請求項 1 の発明において、可動部は可撓性シートにエンボス加工によって形成された凹部に位置して、その凹部を押し上げるように変形する。

【 0 0 0 8 】

請求項 3 の発明では請求項 1 の発明において、可撓性シートは可動部をなす部分と、その可動部をなす部分を囲んで固定部をなす枠部とよりなり、可動部をなす部分はその周囲が高延性シートを介して枠部に連結一体化されているものとされる。

請求項 4 の発明では請求項 1 の発明において、可撓性シートの両面にそれぞれ固定シ-

50

トが配されて、それら固定シートによって可撓性シートが挟み込まれ、可動部は固定シートの一方向に設けられた開口を介して外部に臨むと共に、その開口から突出する方向に変形する構成とされ、可撓性シートの固定部には可動部を挟んで両側に少なくとも一対のガイド穴が形成されて、それらガイド穴に固定シートに固定された軸が位置することにより、それら軸によって案内されて可撓性シートがその面方向に変位可能とされる。

【0009】

請求項5の発明では請求項2乃至4のいずれかの発明において、可動部が円形形状とされ、その円形の中心を中心とする円環状をなすように形状記憶合金ワイヤが縫い付けられているものとされる。

請求項6の発明では請求項2乃至4のいずれかの発明において、可動部が円形形状とされ、その円形の中心を中心とする渦巻状をなすように形状記憶合金ワイヤが縫い付けられているものとされる。

請求項7の発明では請求項2乃至4のいずれかの発明において、可動部が円形形状とされ、その円形の中心を中心とする放射状をなすように形状記憶合金ワイヤが縫い付けられているものとされる。

【発明の効果】

【0010】

この発明によれば、平面から曲面状に突出変位するような複雑な変位をするアクチュエータを実現することができ、かつそのようなアクチュエータを極めて薄型に構成することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】Aはこの発明の第1の実施例を示す平面図、Bはその可撓性シートのX X断面図、C及びDは変形後の可撓性シートのX X及びY Y断面図。

【図2】Aはこの発明の第2の実施例を示す平面図、Bはその可撓性シートのX X断面図、C及びDは変形後の可撓性シートのX X及びY Y断面図。

【図3】Aはこの発明の第3の実施例を示す平面図、Bはその可撓性シートのX X断面図、C及びDは変形後の可撓性シートのX X及びY Y断面図。

【図4】Aはこの発明の第4の実施例を示す平面図、Bはその可撓性シートのX X断面図、C及びDは変形後の可撓性シートのX X及びY Y断面図。

【図5】Aはこの発明の第5の実施例を示す平面図、Bはその可撓性シートのX X断面図、C及びDは変形後の可撓性シートのX X及びY Y断面図。

【図6】Aはこの発明の第6の実施例を示す平面図、Bはその可撓性シートのX X断面図、C及びDは変形後の可撓性シートのX X及びY Y断面図。

【図7】Aはこの発明の第7の実施例を示す平面図、Bはその可撓性シートのX X断面図、Cは変形後の可撓性シートのX X断面図。

【図8】Aはこの発明の第8の実施例を示す平面図、Bはその可撓性シート及び高延性シートが連結一体化されてなるシートのX X断面図、Cはそのシートの変形後のX X断面図。

【図9】Aはこの発明の第9の実施例を示す平面図、Bはその形状記憶合金ワイヤの図示を省略したX X断面図、Cは形状記憶合金ワイヤの図示を省略した可動部変形後のX X断面図。

【図10】形状記憶合金アクチュエータの従来構成例を説明するための図。

【発明を実施するための形態】

【0012】

この発明の実施形態を図面を参照して実施例により説明する。

図1Aはこの発明による形状記憶合金アクチュエータの一実施例の構成を示したものであり、この例では形状記憶合金アクチュエータは可撓性シート21と形状記憶合金ワイヤ22とからなり、可撓性シート21に形状記憶合金ワイヤ22が縫い付けられて、つまり繰り返し上下に貫通され、配線されて可動部23が形成されている。可動部23はこの例

では可撓性シート 21 に設けられた C 字状をなすスリット 24 によって囲まれた領域とされ、円形形状をなすものとされている。可動部 23 はその一端側が可撓性シート 21 の周辺部（固定部）に連結支持されている。図 1 A 中、25, 26 は可撓性シート 21 の端部に形成された電極を示す。

【0013】

可動部 23 における形状記憶合金ワイヤ 22 はこの例では円形形状をなす可動部 23 の円形の中心を中心とする二重の円環状をなすように縫い付けられており、形状記憶合金ワイヤ 22 はこの可動部 23 から電極 25, 26 が形成されている部分に図 1 A に示したように縫い付けられて導出されている。なお、形状記憶合金ワイヤ 22 は例えば一方の電極 25 部分を縫い始めとして他方の電極 26 部分が縫い終わりとなるように縫い付けられ、可動部 23 における二重の円環状をなす部分には外周側から内周側に移り、また内周側から外周側に移る部分が図 1 A に示したように存在している。

10

【0014】

可撓性シート 21 に対する形状記憶合金ワイヤ 22 の縫い付けは常温で、つまり形状記憶合金ワイヤ 22 がマルテンサイト相にある状態で行われ、形状記憶合金ワイヤ 22 は引っ張り力を加えられ、ひずみを与えられた状態で縫い付けられる。形状記憶合金ワイヤ 22 の縫い付けは例えばミシンを使用して行うことができ、また手縫いとしてもよい。なお、形状記憶合金ワイヤ 22 と電極 25, 26 とは例えば熱圧着等によって接続される。

図 1 B は可撓性シート 21 の X X 断面形状を示したものであり、図 1 C 及び図 1 D は電極 25, 26 間に通電し、形状記憶合金ワイヤ 22 が抵抗加熱により収縮した状態における可撓性シート 21 の X X 断面形状及び Y Y 断面形状をそれぞれ示したものである。なお、図 1 B ~ D においては形状記憶合金ワイヤ 22 の図示は省略している。

20

【0015】

この例ではこれら図 1 C, D に示したように、形状記憶合金ワイヤ 22 が抵抗加熱により収縮することにより、可動部 23 は上に凸に、ドーム状に変形し、つまり平面からドーム状の曲面に変化する可動部 23 が得られるものとなっている。なお、形状記憶合金ワイヤ 22 への通電量を調整することにより、可撓性シート 21 の弾性復元力によって可動部 23 は図 1 B に示した元の状態に復帰する。ここで、通電量を調整するとは、形状記憶合金ワイヤ 22 の温度がマルテンサイト変態温度以下となるように通電量を減少させることを意味し、通電量を 0 にすることも含むものとする（以下、同様）。

30

【0016】

上記のような構成において、可撓性シート 21 には例えばポリイミドフィルムや PEN（ポリエーテルニトリル）フィルムが用いられ、その厚さは 75 ~ 125 μm 程度とされる。また、形状記憶合金ワイヤ 22 は Ni - Ti 合金や Ni - Ti - Cu 合金製とされ、その直径は 50 ~ 150 μm 程度とされる。なお、可撓性シート 21 は薄くすると強度が低下し、また所要の弾性復元力を得にくいものとなり、一方、厚くすると応答性が悪くなり、駆動するための大きな力（消費電力）を要することになるため、上記のような範囲に厚さを選定するのが好ましい。

【0017】

図 2 A は可動部 23 における形状記憶合金ワイヤ 22 の縫い付け方（配線）を変えた例を示したものであり、この例では形状記憶合金ワイヤ 22 は可動部 23 の円形の中心を中心とする渦巻状をなすように縫い付けられている。なお、この例においても一方の電極 25 部分を縫い始めとし、他方の電極 26 部分が縫い終わりとなるように縫い付けられており、よって縫い付けは外周側から渦巻の中心に至った後、折り返されて外周側に戻るようになっている。

40

図 2 B ~ D は図 1 B ~ D と同様に、可撓性シート 21 の断面形状を示したものであり、この例においても形状記憶合金ワイヤ 22 に通電し、形状記憶合金ワイヤ 22 が抵抗加熱により収縮すると、可動部 23 はドーム状に変形する。なお、図 1 A 及び図 2 A いずれの配線パターンにおいても、可撓性シート 21 の下面側（ドーム状に突出する方向と反対側）に位置する形状記憶合金ワイヤ 22 の長さを上面側に位置する長さより長くすることに

50

より可動部 2 3 の変形をより大きくすることができる。

【 0 0 1 8 】

図 3 A は形状記憶合金ワイヤ 2 2 を可動部 2 3 において外周側に単純に 1 周、円環状に縫い付けた例を示したものである。この例では形状記憶合金ワイヤ 2 2 の抵抗加熱による収縮によって可撓性シート 2 1 が絞られることになり、よってこの例においても前述した例と同様、図 3 C , D に示したように可動部 2 3 のドーム状の変形を実現することができる。

図 4 A は可動部 2 3 において可撓性シート 2 1 の下面側に位置する形状記憶合金ワイヤ 2 2 の長さを積極的に長くした縫い付け方の一例を示したものであり、この例では形状記憶合金ワイヤ 2 2 は順次折り返され、可撓性シート 2 1 の下面側に位置する（露出する）部分が可動部 2 3 を横切る互いに平行な直線群を構成するように縫い付けられている。

10

【 0 0 1 9 】

この例では特に可撓性シート 2 1 の下面側に位置する形状記憶合金ワイヤ 2 2 の長い直線部が抵抗加熱により大きく収縮することにより、可動部 2 3 は図 4 C , D に示したように変形し、即ち X X 断面においては円弧状をなし、Y Y 断面においては台形状をなすように変形する。

形状記憶合金ワイヤ 2 2 の可動部 2 3 における縫い付け方は上述した各例に限らず、任意の多様な縫い付け方を適用することができる。図 5 A 及び図 6 A はその例を示したものであり、図 5 A では形状記憶合金ワイヤ 2 2 は歯車の外形形状をなぞるように縫い付けられ、歯先及び歯底に対応する部分が可撓性シート 2 1 の下面側に位置するようにされている。また、図 6 A では形状記憶合金ワイヤ 2 2 はアスタリスク形状の回りを囲むような形状に縫い付けられ、その可動部 2 3 の円形の中心を中心とする放射方向の直線部が可撓性シート 2 1 の下面側に位置するようにされている。

20

【 0 0 2 0 】

これら図 5 A 及び図 6 A に示した例では形状記憶合金ワイヤ 2 2 が抵抗加熱により収縮すると、可動部 2 3 はそれぞれ図 5 C , D 及び図 6 C , D に示したように上に凸に、台形状をなすように変形する。

以上、可動部 2 3 が容易に可動できるように、つまり変形して変位できるように可動部 2 3 の回りに C 字状のスリット 2 4 を設けた例について説明したが、次にこのようなスリット 2 4 を設けない構成について説明する。

30

図 7 は可撓性シート 2 1 にエンボス加工によって椀状（球面状）をなす凹部 2 7 を形成し、その凹部 2 7 に形状記憶合金ワイヤ 2 2 を縫い付けて可動部 2 3 を形成した例を示したものであり、形状記憶合金ワイヤ 2 2 はこの例では十字状をなすように縫い付けられて、その十字をなす部分が可撓性シート 2 1 の下面側（凹部 2 7 の外面側）に位置するようにされている。

【 0 0 2 1 】

この例では形状記憶合金ワイヤ 2 2 が抵抗加熱により収縮すると、可動部 2 3 は図 7 C に示したように凹部 2 7 を押し上げるように変形し、つまり凹部 2 7 の中央部が反転して上面側に押し出される。形状記憶合金ワイヤ 2 2 への通電量を調整すると、可撓性シート 2 1 の凹部 2 7 は弾性復元力によって図 7 B に示した元の状態に復帰し、従ってこの例では可動部 2 3 の変形によって凹部 2 7 を反転させることができ、その中央部を上下動させることができる。なお、可撓性シート 2 1 の下面側において十字をなす形状記憶合金ワイヤ 2 2 が交差する部分には例えば絶縁材が塗布されて形状記憶合金ワイヤ 2 2 が交差部で短絡しないようにされる。

40

【 0 0 2 2 】

図 7 A では形状記憶合金ワイヤ 2 2 は十字状をなすように縫い付けられて凹部 2 7 の中央部に可動部 2 3 が形成されているが、可撓性シート 2 1 の下面側に位置する形状記憶合金ワイヤ 2 2 を十字をなす 2 本ではなく、数を増やし、放射状をなすように配置してもよい。

図 8 は可撓性シート 2 1 を可動部 2 3 を構成する部分 2 1 a と、その可動部 2 3 を構成

50

する部分 2 1 a を囲む枠部 2 1 b とに分け、可動部 2 3 を構成する部分 2 1 a の周囲を高延性シート 2 8 を介して枠部 2 1 b に連結一体化した構成を示したものであり、このような構成を採用すれば、高延性シート 2 8 が伸張することで可動部 2 3 の所要の変形が可能となる。

【 0 0 2 3 】

可動部 2 3 は円形形状をなすものとされ、この例では前述した図 1 A の構成と同様に形状記憶合金ワイヤ 2 2 が縫い付けられており、形状記憶合金ワイヤ 2 2 が抵抗加熱により収縮することにより、可動部 2 3 は図 8 C に示したように上に凸に、ドーム状に変形する。

高延性シート 2 8 は例えばゴムシートとされ、この高延性シート 2 8 と可撓性シート 2 1 (2 1 a , 2 1 b) とは接着や融着によって接合される。なお、図 8 では高延性シート 2 8 と可撓性シート 2 1 とは重なることなく、一平面を構成するように接合されているが、例えば接合部に重なりが存在してもよい。

【 0 0 2 4 】

図 9 は可動部 2 3 の所要の変形を可能とすべく、可動部 2 3 が形成された可撓性シート 2 1 の両面に固定シート 3 1 , 3 2 を配し、それら固定シート 3 1 , 3 2 によって可撓性シート 2 1 をその面方向に変位可能に挟み込んだ例を示したものである。可動部 2 3 は一方の固定シート 3 1 に設けられた開口 3 3 を介して外部に臨むものとされ、この例では前述した図 3 A の構成と同様に形状記憶合金ワイヤ 2 2 が縫い付けられている。

可撓性シート 2 1 にはこの例では可動部 2 3 を挟んで両側に一对のガイド穴 3 4 が形成されており、これらガイド穴 3 4 はその配列方向に長い長円穴とされている。

【 0 0 2 5 】

固定シート 3 1 と 3 2 には一对の軸 (ピン) 3 5 が貫通されて、固定シート 3 1 と 3 2 はそれら軸 3 5 によって互いに固定されており、可撓性シート 2 1 の一对のガイド穴 3 4 にはそれら軸 3 5 がそれぞれ図 9 B に示したように挿通されて位置されている。可撓性シート 2 1 はこれら軸 3 5 によって案内されて面方向に変位可能とされている。

可動部 2 3 は形状記憶合金ワイヤ 2 2 が抵抗加熱により収縮することにより、この例では図 9 C に示したように固定シート 3 1 の開口 3 3 から突出する方向にドーム状に変形する。固定シート 3 1 , 3 2 には可撓性シート 2 1 と同様、例えばポリイミドフィルム等が用いられる。

【 0 0 2 6 】

以上、各種実施例について説明したが、形状記憶合金ワイヤ 2 2 の縫い付け方 (配線パターン) はこれら実施例に限らず、可動部 2 3 の所望の変形形状を得るべく決定される。配線パターンは、

(1) 形状記憶合金ワイヤ 2 2 の収縮を可撓性シート 2 1 の変形に直接利用するパターン

(2) 長い直線部を可撓性シート 2 1 の例えば下面側に設け、その収縮を利用して可撓性シート 2 1 を凸形状に湾曲させるパターン

(3) 形状記憶合金ワイヤ 2 2 の収縮により可撓性シート 2 1 のなす平面を絞り、突出させるパターン

(4) 所定の輪郭形状に配線し、その輪郭を強調して変形させるパターン
等がある。

【 0 0 2 7 】

なお、形状記憶合金ワイヤ 2 2 が縫い付けられて構成された可動部 2 3 には、必要に応じてカバーフィルムが被せられる。カバーフィルムは柔軟なものが好ましく、例えばゴム材が使用される。また、カバーフィルムに替えて樹脂コーティングを施すようにしてもよい。

この発明による形状記憶合金アクチュエータによれば、可動部は平面から曲面に変化するといったような複雑な変位をするものであり、そのような変位動作 (駆動) を必要とする用途に好適なものとなる。また、このような可動部の変位を利用して例えば入力操作に

10

20

30

40

50

対して応答する（触感をフィードバックする）入力触感デバイスを構成することもできる。

【 図 1 】

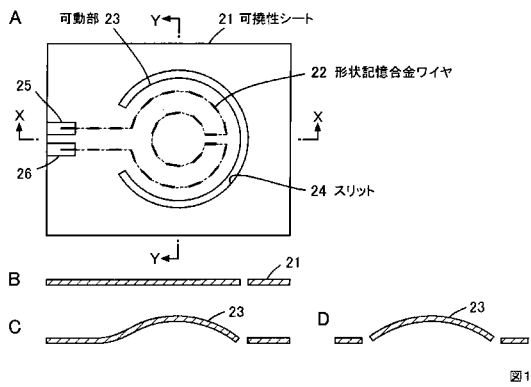


図1

【 図 3 】

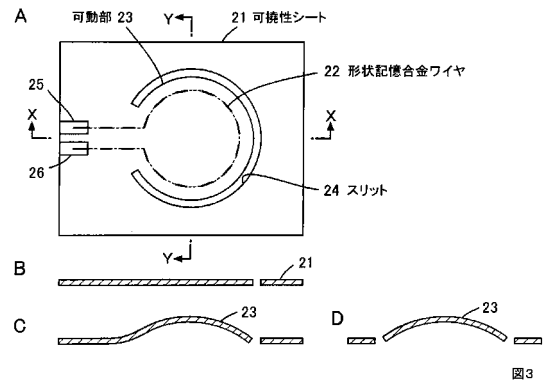


図3

【 図 2 】

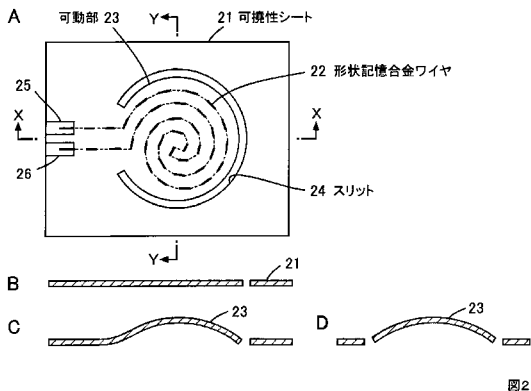


図2

【 図 4 】

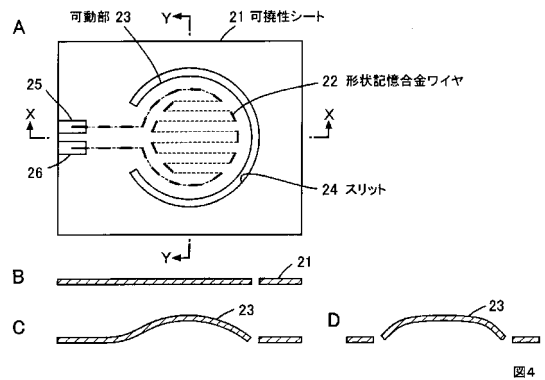


図4

【図5】

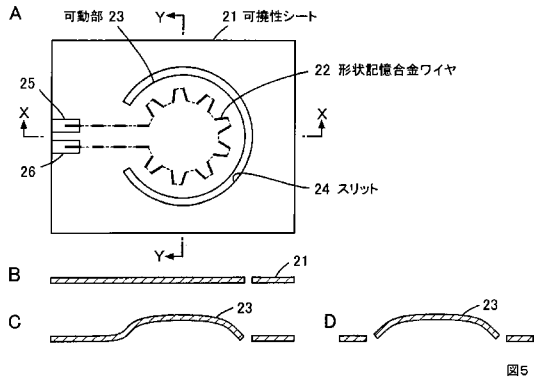


図5

【図7】

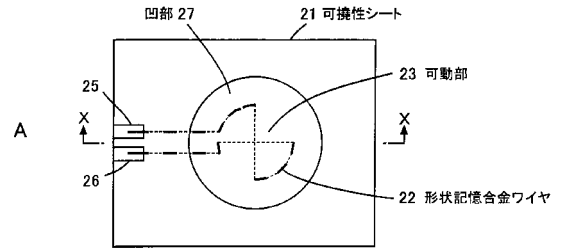


図7

【図6】

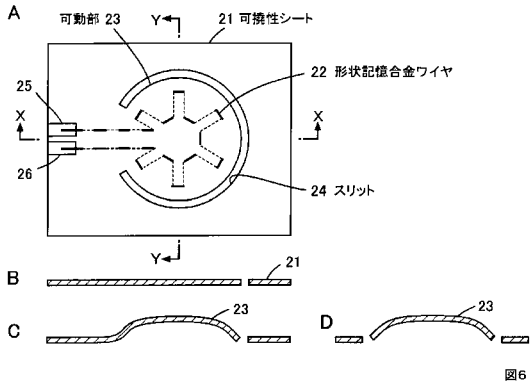


図6

【図8】

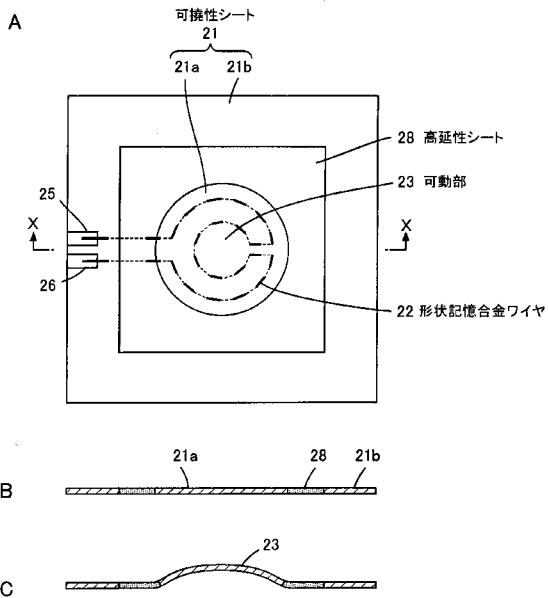


図8

【図9】

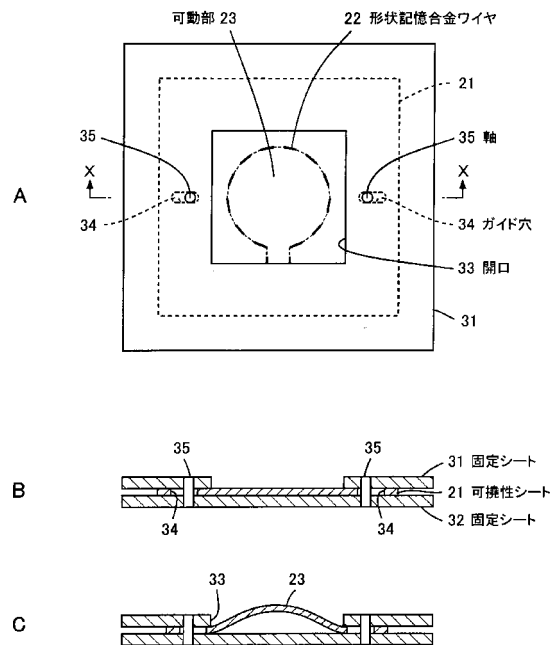


図9

【 図 1 0 】

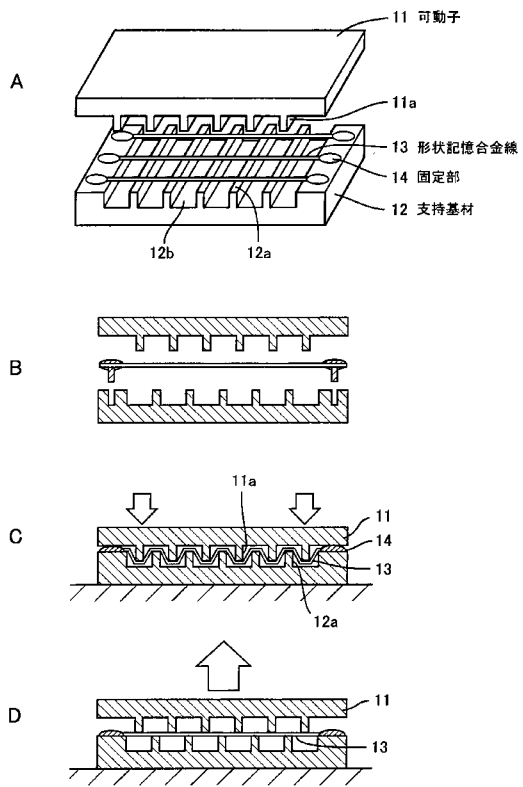


図10