

(43) 国際公開日
2008 年 11 月 27 日 (27.11.2008)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2008/142980 A1

(51) 国際特許分類:

F03G 7/06 (2006.01) C23C 14/14 (2006.01)
B81B 3/00 (2006.01) C23C 14/34 (2006.01)
C22C 14/00 (2006.01)

2 番地 1 独立行政法人物質・材料研究機構内 Ibaraki (JP). 佐藤 守夫 (SATO, Morio) [JP/JP]; 〒3050047 茨城県つくば市千現一丁目 2 番地 1 独立行政法人物質・材料研究機構内 Ibaraki (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2008/058392

(22) 国際出願日: 2008 年 5 月 1 日 (01.05.2008)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:

特願 2007-126330 2007 年 5 月 11 日 (11.05.2007) JP
特願 2007-169236 2007 年 6 月 27 日 (27.06.2007) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 独立行政法人物質・材料研究機構 (NATIONAL INSTITUTE FOR MATERIALS SCIENCE) [JP/JP]; 〒3050047 茨城県つくば市千現一丁目 2 番地 1 Ibaraki (JP).

(72) 発明者: および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 石田 章 (ISHIDA, Akira) [JP/JP]; 〒3050047 茨城県つくば市千現一丁目

(74) 代理人: 西澤 利夫 (NISHIZAWA, Toshio); 〒1020073 東京都千代田区九段北 4 丁目 3 番 1 4 号 九段堀江ビル 6 F Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

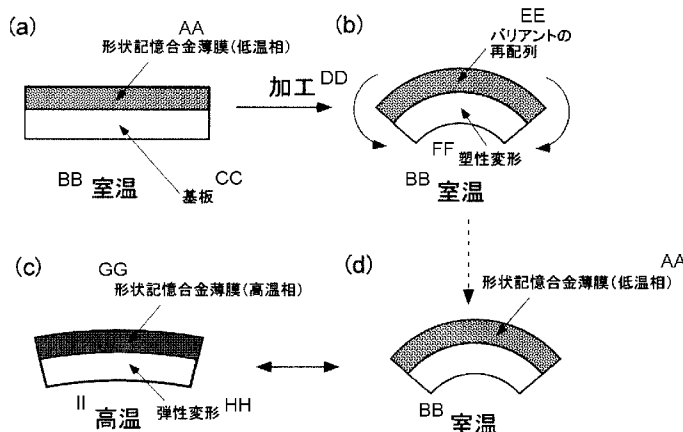
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD,

[続葉有]

(54) Title: TWO-DIRECTION SHAPE-MEMORY ALLOY THIN FILM ACTUATOR AND METHOD FOR MANUFACTURING SHAPE-MEMORY ALLOY THIN FILM USED IN THE ACTUATOR

(54) 発明の名称: 2 方向性形状記憶合金薄膜アクチュエータとそれに使用される形状記憶合金薄膜の製造方法

[図 5]



(57) Abstract: A two-direction shape-memory alloy thin film actuator is formed by a monocrystal shape-memory alloy thin film which is formed substantially into a single layer while having a residual stress upon film formation and operates at a room temperature or above without requiring application of a particular bias force.

(57) 要約: 2 方向性形状記憶合金薄膜アクチュエータは、結晶性の形状記憶合金薄膜からなり、成膜時の残留応力を有したまま実質的に単層化されて形成され、室温以上の温度で作動し、特段のバイアス力付与が不要である。

AA SHAPE-MEMORY ALLOY THIN FILM (LOW-TEMPERATURE PHASE)
BB ROOM TEMPERATURE
CC SUBSTRATE
DD PROCESSING
EE VARIANT REARRANGEMENT
FF PLASTIC DEFORMATION
GG SHAPE-MEMORY ALLOY THIN FILM (HIGH-TEMPERATURE PHASE)
HH ELASTIC DEFORMATION
II HIGH TEMPERATURE



SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

明 細 書

2方向性形状記憶合金薄膜アクチュエータとそれに使用される形状記憶合金薄膜の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、2方向性形状記憶合金薄膜アクチュエータとそれに使用される形状記憶合金薄膜の製造方法に関するものである。

背景技術

[0002] 通常の形状記憶合金薄膜では、形状を記憶しているのは高温相のみであることから、アクチュエータのように可逆的な形状変化(2方向性の形状変化)を必要とする場合には、低温相を変形させるための外部応力(バイアス力)が必要であった。バイアス力の与え方としては、500℃以上の高温熱処理後の冷却による基板からの熱応力を負荷する方法または外部からスプリング力や静水圧を負荷する方法などがあるが、いずれも高温での熱処理や複雑な構造が必要となるなどの問題があった。

[0003] 低温プロセスで2方向性の形状記憶合金薄膜アクチュエータを得る方法に関し、250℃～385℃に加熱したSi基板上に結晶性のTi過剰側Ti-Ni-Cu合金薄膜($\text{Ti}_{51.7}\text{Ni}_{34.6}\text{Cu}_{14.2}$)を作製し、Si基板からの拘束力によって2方向性形状記憶合金薄膜アクチュエータが得られることが報告されている(非特許文献1)。Ti-Ni二元系合金の結晶性の薄膜を得る方法については、1000℃以上の融点をもつ金属または合金基板を250～550℃に加熱する方法が知られているが(特許文献1)、特許文献1の図6に記載されているように、室温以上の変態温度を有する薄膜は得られず、2方向性も示さない。

[0004] また、Ni過剰側Ti-Ni合金は、Ti過剰側Ti-Ni合金に比べて変態温度が低く(非特許文献2)、基板を320℃に加熱することによって結晶性のTi-Ni薄膜($\text{Ti}_{49.2}\text{Ni}_{50.8}$)が得られても、変態温度が室温よりも低いために液体窒素で冷却して使う必要があり、一方向性の形状記憶効果しか示さないために、バイアス力が必要であった(非特許文献3)。

[0005] さらに、室温以上の変態温度を有する(Ni, Cu)過剰側組成のTi-Ni-Cu合金

薄膜を作製する方法として、Ti含有量が44～49原子%、Cu含有量が20～30原子%、残部が不可避的元素とNiからなる非晶質Ti-Ni-Cu合金を500～700℃において100時間を超えない範囲で加熱して結晶化するTi-Ni-Cu三元系形状記憶合金の製造方法が知られているが(特許文献2)、このように高温で熱処理を必要とする欠点があった。

特許文献1:特開2000-54122号公報

特許文献2:特開2005-172939号公報

非特許文献1:Constrained martensitic transformations in TiNiCu films, Corneliu M. Craciunescu, Jian Li, Manfred Wuttig, Thin Solid Films 434(2003)271-275

非特許文献2:形状記憶合金薄膜の研究と今後の展望, 石田章, まてりあ 40(2001)44-51

非特許文献3:Structure and thermal stability in titanium-nickel thin films sputtered at elevated-temperature on inorganic and polymeric substrate, Li Hou, T. J. Pence and David S. Grummon, Mat. Res. Soc. Symp. Proc. 360(1995)369-374

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0006] 本発明は、以上のような状況に鑑み、室温以上の温度で作動し、特段のバイアス力付与が不要な二方向性形状記憶合金薄膜アクチュエータを実現し、また、これを簡便に製造することを課題としている。

課題を解決するための手段

- [0007] 発明1の2方向性形状記憶合金薄膜アクチュエータは、結晶性の形状記憶合金薄膜からなる2方向性形状記憶合金薄膜アクチュエータであって、成膜時の残留応力を有したまま実質的に単層化されていることを特徴としている。
- [0008] 発明2は、発明1の2方向性形状記憶合金薄膜アクチュエータの製造方法であって、基板をその耐熱温度未満に加熱しながら、基板上に結晶性の形状記憶合金薄膜を成膜し、次に当該薄膜から基板を除去して単層化することを特徴としている。
- [0009] 発明3の2方向性形状記憶合金薄膜アクチュエータは、基板とこれに一体の形状記憶合金薄膜とからなる2方向性形状記憶合金薄膜アクチュエータであって、基板は、

当該薄膜のバリエーション再配列変形域内において塑性変形可能なものであり、基板が塑性変形されて初期形状が設定されていることを特徴としている。

[0010] 発明4の2方向性形状記憶合金薄膜アクチュエータは、基板とこれに一体の室温以上の変態温度を示す形状記憶合金薄膜とからなる2方向性形状記憶合金薄膜アクチュエータであって、基板は、曲げ加工可能な金属箔または樹脂膜であることを特徴としている。

[0011] 発明5は、発明1、3または4の2方向性形状記憶合金薄膜アクチュエータにおいて、当該薄膜はTi-Ni-Cu形状記憶合金薄膜であることを特徴としている。

[0012] 発明6は、発明5の2方向性形状記憶合金薄膜アクチュエータに用いる形状記憶合金薄膜の製造方法であって、基板を270℃以上でその耐熱温度未満に加熱しながら、基板上にTi, NiおよびCuを蒸着してTi-Ni-Cu合金薄膜を成膜することを特徴としている。

[0013] 発明7は、発明6の形状記憶合金薄膜の製造方法において、成膜されたTi-Ni-Cu合金薄膜の各原子の原子単位での含有量が、Ti:全体の $1/2$ 超 $2/3$ 未満、Cu:全体の14~19%、残部がNiからなるように、Ti, NiおよびCuを蒸着することを特徴としている。

[0014] 発明8は、発明6の形状記憶合金薄膜の製造方法において、成膜されたTi-Ni-Cu合金薄膜の各原子の原子単位での含有量が、Ti:全体の $1/3$ 超 $1/2$ 未満、Cu:全体の6~26%、残部がNiからなるように、Ti, NiおよびCuを蒸着することを特徴としている。

発明の効果

[0015] 発明1により、外部からのバイアス力を必要とせず、形状記憶合金薄膜のみで動作するアクチュエータが実現され、発明2により、容易に2方向性形状記憶合金薄膜アクチュエータを製造することができる。

[0016] 発明3の形状記憶合金薄膜アクチュエータでは、形状記憶合金薄膜と基板が一体化された状態においてその初期形状を設定することができるので、基板および薄膜の両方の機械特性を加味した初期形状が一度の加工で得られる。このため、精度のよい初期形状を容易に実現することができる。

- [0017] 発明4の形状記憶合金薄膜アクチュエータでは、基板に変形を与えて立体的に自由に配置した2方向性形状記憶合金薄膜アクチュエータを製造することができる。
- [0018] 発明6により、上記発明1、3または4の2方向形状記憶合金薄膜アクチュエータにおける形状記憶合金薄膜を効率よく製造することができる。
- [0019] 発明7によれば、上記1、3または4の2方向形状記憶合金薄膜アクチュエータのうち、加熱によって室温で作動するアクチュエータを製造することができる。
- [0020] 発明8により、室温以上の変態温度を有する(Ni, Cu)過剰側Ti-Ni-Cu形状記憶合金薄膜を製造することができる。

図面の簡単な説明

- [0021] [図1]実施例1のアクチュエータの動作を示す写真で、(A)は室温時の状態、(B)は加熱による変形状態を示している。
- [図2]実施例2のアクチュエータの加工と動作を示す写真で、(A)は無加工状態、(B)は加工中、(C)は常温状態、(D)は加熱時のそれぞれの形状を示している。
- [図3]実施例3のアクチュエータの動作を示す写真で、(A)は室温時の状態、(B)は加熱による変形状態を示している。
- [図4]ガラス基板を270°Cに加熱して成膜した $\text{Ti}_{49}\text{Ni}_{28}\text{Cu}_{23}$ 合金薄膜のX線解析パターン(室温)である。
- [図5]実施例2のアクチュエータの原理を示す模式図である。
- [図6]実施例3のアクチュエータの加工例を示す斜視図である。
- [図7]実施例3のアクチュエータの別の加工例を示す斜視図である。
- [図8]270°Cに加熱したガラス基板に作製したTi-Ni-Cu結晶薄膜のマルテンサイト変態ピーク温度とCu含有量の関係を示すグラフである。

発明を実施するための最良の形態

- [0022] [実施例1]
- [0023] 本実施例は、成膜時に発生する残留応力を利用したアクチュエータの例である。
- [0024] 薄膜内に蓄積された残留応力を有効に利用するためには、基板の拘束から開放することが必要であり、そのためにエッチング等で基板を完全に除去する。このようにして得られた2方向性形状記憶合金薄膜は、バイアス力を必要としないのでアクチュエ

ータを簡便に作製することができる。

[0025] ここでいう基板とは成膜時に土台として使用した厚い基板(通常 $100\text{ }\mu\text{ m}$ 以上の厚さを有する)のことである。なお、成膜時に必要に応じて薄膜と基板の間に絶縁層または拡散バリア層として挟んだ薄い層を形成しておく場合があるが、この膜が形状記憶合金薄膜の機械的特性に影響しないものは取り除く必要がない。

[0026] 本実施例のアクチュエータは、以下の通りに作製されたものである。

[0027] 多元マグネトロンスパッタリング装置中にて、ガラス基板(厚さ 1.3 mm)を 270°C に加熱して、厚さ $5\text{ }\mu\text{ m}$ の52原子%Ti-33原子%Ni-15原子%Cu薄膜を作製し、成膜後、ガラス基板から剥離させた。

[0028] 結晶性の薄膜では成膜時に残留応力が残っており、基板からの拘束を取り除くことによって、残留応力をバイアス力とした2方向形状記憶合金薄膜アクチュエータを作製できることを確認した。図1の写真は、薄膜単体の室温における形状と 100°C に加熱した時の形状を示している。これらの形状は、冷却・加熱により可逆的に変化し、単体でアクチュエータとして使えることを確認した。

[実施例2]

[0029] 本実施例は、形状記憶合金薄膜の2方向性の形状変化をより正確に制御するために、塑性変形可能な基板を用いた例である。

[0030] ここで塑性変形可能な基板としては、形状記憶合金薄膜が低温相になっている温度でバリエーションの再配列域内の変形(例えばTi-Ni-Cu薄膜では5%程度までの変形)で永久ひずみを与えることができる材料であれば何でも良く、Al, Cu, Wなどの金属もしくは合金またはポリミドなどの樹脂が該当する。

[0031] 本実施例のアクチュエータは、以下の通りに作製されたものである。

[0032] 多元マグネトロンスパッタリング装置中にて、 310°C に加熱した厚さ $16\text{ }\mu\text{ m}$ の家庭用Al箔の上に厚さ $8\text{ }\mu\text{ m}$ の49原子%Ti-28原子%Ni-23原子%Cuの薄膜を成膜した。完成直後は、図2(A)に示すような外観を有している。成膜後の無加工状態では、基材の基本形状に沿う平坦な状態である。

[0033] 次に、円筒形に成形するため、図2(B)に示すように薄膜を内側にして、筒状軸(1)に巻き付け塑性変形を与える。ここで塑性変形によって与える形状としては、バリエーション

トの再配列が可能な変形量であれば、円筒状に限定されることはなく、より複雑な3次元形状も可能である。このようにして塑性変形を与えた状態で筒状軸(1)を抜き出した状態を図2(C)に示す。

[0034] 図2(C)より、筒状軸(1)に巻き付けた形に近い形状(変形のうち弾性変形分は戻る)であることから、基材が所望の形状に塑性変形したことが分かる。

[0035] 100℃に加熱すると、図2(D)に示すように、成膜後の無加工状態の形状に戻り、常温になるにつれ、加工した初期の形状(図2(C))に戻ることを確認した。

[0036] このような2方向性アクチュエータが得られる原理を以下に説明する(図5参照)。

[0037] 図5(a)には成膜後の無加工状態を示し、薄膜は低温相の状態にあるが、この状態で、図5(b)に示すように基板に塑性変形を与えることが重要である。薄膜は低温相のバリエーションの再配列によって形状を変えるだけなので、加熱すると元の形状を覚えており、基板は弾性変形を受けて元の形状に近い形状(図5(c))まで変化する。次に、冷却すると、薄膜は低温相になって柔らかくなるために、加工によって変形させた基板の形状(図5(d))に戻る。

[0038] 室温で塑性変形が与えられる基板が好適であるが、上記原理から明らかなように、薄膜が低温相になる温度域であれば、加熱または冷却してもよい。また、基板の一部に塑性変形可能な材料を用いていれば、バイアス力の負荷が可能であり、基板が2層以上の複合材料になっていても構わない。

[実施例3]

[0039] 本実施例は、変形加工が可能な樹脂や金属薄膜に低温成膜を行って得られた2方向性形状記憶合金薄膜アクチュエータの例である。

[0040] 2方向性の形状変化を与える方法としては、Si基板からの拘束力を利用するものが知られているが、基板を変形して使うことができないために、形状記憶合金薄膜アクチュエータを平面上(2次元)に配置したデバイスしか作製できなかった。本実施例では、Si基板に替えて変形加工が可能な樹脂や金属薄膜に低温成膜を行うことにより、図6に示したような立体的な配置も可能な2方向性形状記憶合金薄膜アクチュエータを作製することが可能になる。

[0041] 変形可能な基板としては、厚さ1mm以下のポリミド膜等の合成樹脂膜やAl, Cu,

Wなどの箔が好適である。

[0042] 本実施例のアクチュエータは、多元マグネトロンスパッタリング装置中にて、厚さ25 μm のポリミド膜を310°Cに加熱して厚さ8 μm の49原子%Ti-28原子%Ni-23原子%Cuの薄膜を成膜して作製されたものである。このようにして作製されたポリミド基板と薄膜から構成される複合体は、加熱・冷却によって、図3に示すような可逆的な形状変化を示す。この複合体を加工成形すると、図6に示すような部分アクチュエータを作製することができる。このアクチュエータは、形状記憶合金薄膜全体をアクチュエータに使用するのではなく、その大部分を保持部(円環状の部分)とし、一部をアクチュエータとして使用したものである。この場合、アクチュエータとして使用しない薄膜はパターニング等によって除去してしまっても構わない。

[0043] このように合成樹脂膜やAl, Cu, Wなどの箔を基材としたものでは、基材の成形性を利用してアクチュエータとこれに付随する部分とを一体的に得ることが可能である。

[0044] 所定間隔で複数のアクチュエータを配置する場合には、予め作製した蒸着膜を成形加工することにより図7に示すようなものが得られる。

[0045] 図7に示した部分アクチュエータは、角筒状保持部の角を基点の4方にアクチュエータが突出している。

[実施例4]

[0046] 本実施例は、実施例1～3のいずれにも適用可能な合金組成と、その蒸着方法について説明するものである。

[0047] スパッタリング法により、基板を270°C以上基板の耐熱温度未満に加熱して結晶性の形状記憶合金薄膜を作製する。

[0048] 基板温度が270°C以下では、作製した薄膜はアモルファス相となり、形状記憶効果を示さない。一方、基板の耐熱温度以上となると基板の変形が生じることになる。基板の耐熱温度が450°Cを超えるものである場合は、450°Cを超えて加熱しても結晶性の膜は得られるが、基板と薄膜の間の反応が問題になり、良好な特性を有する形状記憶合金薄膜を得にくい。

[0049] 形状記憶合金薄膜のうち、(Ni, Cu)側Ti-Ni-Cu合金薄膜は、270°C以上基板の耐熱温度未満に加熱した基板上に、原子単位での含有量がTi:全体の1/3超

1/2未満、Cu:全体の6～26%、残部がNiからなる(Ni, Cu)過剰側組成のTi-Ni-Cu合金薄膜を成膜することによって得られる。

[0050] Ti含有量はTiNiCu相とB2相の2相共存領域として限定される。すなわち、TiNiCu相が存在しないと十分な発生力が得られず、また、形状記憶効果を担っているB2相がないとアクチュエータとしての機能が得られない。

[0051] Cu量が6%未満であると、変態温度が室温以下になって実用的なアクチュエータが得られない。また、Cu量が26%を超えると脆くなり、変態温度も室温以下に下がるので、Cu量は全体の6～26%である必要がある。

[0052] 一方、形状記憶合金薄膜のうち、Ti過剰側Ti-Ni-Cu合金薄膜は、270℃以上基板の耐熱温度未満に加熱した基板上に、原子単位での含有量がTi:全体の1/2超2/3未満、Cu:全体の14～19%、残部がNiからなるTi過剰側組成のTi-Ni-Cu合金薄膜を成膜することによって得られる。

[0053] Ti含有量は Ti_2 (Ni, Cu)相とB2相の2相共存領域として限定される。

[0054] すなわち、 Ti_2 (Ni, Cu)相が存在しないと十分な発生力が得られず、また、形状記憶効果を担っているB2相がないとアクチュエータとしての機能が得られない。

[0055] Cu量が14%未満であると、結晶性の膜が得られないか変態温度が室温以下になって実用的なアクチュエータが得られない。また、Cu量が19%を超えることになると脆くなり、変態温度も室温以下に下がるので、Cu量は全体の14～19%である必要がある。

[0056] 基板を270℃以上基板の耐熱温度未満に加熱しておけば、種々の成膜法を利用することができるが、組成制御が容易なスパッタリング法が好適である。特に、(Ni, Cu)過剰側のTi-Ni-Cu合金薄膜は、Ti, Ni, Cuの3種類の純金属ターゲットを用いた多元スパッタリングによっても作製することができるが、NiおよびCuのスパッタ率がTiに比べて大きいことを利用して、鑄造可能な $Ti_{50}Ni_{(50-X)}Cu_X$ 合金ターゲットを用いて作製することができる。

[0057] 実際に、多元マグネトロンスパッタリング装置を用いて、55原子%Ti-45原子%Ni、52原子%Ti-25原子%Ni-23原子%Cu、52原子%Ti-33原子%Ni-15原子%Cuおよび49原子%Ti-28原子%Ni-23原子%Cuの薄膜を、210℃～340

℃に加熱したガラス板上に成膜した。表1は、作製した薄膜の結晶性を調べた結果を示している。

[0058] 55原子%Ti-45原子%Ni薄膜では340℃以上、その他の薄膜では270℃以上で結晶性の膜が得られることが分かる。表1に示した基板温度は、非接触温度計を用いて測定した基板表面(成膜面)の温度である。

[0059] [表1]

基板温度	薄膜組成			
	(A)	(B)	(C)	(D)
340℃	結晶膜	結晶膜	—	—
270℃	アモルファス	結晶膜	結晶膜	結晶膜
210℃	アモルファス	アモルファス	アモルファス	アモルファス
(A) Ti ₅₅ Ni ₄₅				
(B) Ti ₅₂ Ni ₃₃ Cu ₁₅				
(C) Ti ₅₂ Ni ₂₅ Cu ₂₃				
(D) Ti ₄₉ Ni ₂₈ Cu ₂₃				

[0060] 図4に、ガラス基板を270℃に加熱して作製した49原子%Ti-28原子%Ni-23原子%Cu薄膜の室温におけるX線回折パターンを示す。図4図中のピークは、TiNiCu相のピークを除けば、いずれもB19相の回折ピークであることが分かる。B19相はTi-Ni-Cu系合金薄膜の低温相(マルテンサイト相)であることから、この薄膜は、結晶性の薄膜であり、かつマルテンサイト変態温度が室温以上になっていることが確認される。

[0061] さらに、52原子%Ti-25原子%Ni-23原子%Cu、52原子%Ti-28原子%Ni-20原子%Cu、52原子%Ti-33原子%Ni-15原子%Cuおよび49原子%Ti-28原子%Ni-23原子%Cuの薄膜(厚さはいずれも5~8μm)を310℃に加熱した家庭用Al箔(厚さ16μm)、ポリミド(厚さ25μm)およびガラス基板上に成膜した。ただし、薄膜および基板の厚さは、これらの厚さに限定されるものではなく、通常のスパッタリング法で得られる厚さ30μm以下の薄膜に適用することができ、また、基板の厚さも変形可能な厚さ、たとえば、1mm以下であればよい。

[0062] 多元マグネトロンスパッタリング装置を用いて、52原子%Ti-38原子%Ni-10原

子%Cu、52原子%Ti-35原子%Ni-13原子%Cu、52原子%-33原子%Ni-15原子%Cu、52原子%Ti-28原子%Ni-20原子%Cu、51原子%Ti-26原子%Ni-23原子%Cu、49原子%Ti-46原子%Ni-5原子%Cu、49原子%Ti-43原子%Ni-8原子%Cu、49原子%Ti-41原子%Ni-10原子%Cu、49原子%Ti-38原子%Ni-13原子%Cu、49原子%Ti-36原子%Ni-15原子%Cu、49原子%Ni-28原子%Ni-23原子%Cu、49原子%Ti-25原子%Ni-26原子%Cuの薄膜を、270℃に加熱したガラス板上に成膜した。

[0063] 表2は、示差熱分析装置を用いて測定した薄膜のマルテンサイト変態ピーク温度を示している。図8は、マルテンサイト変態ピーク温度をCu含有量で整理したグラフである。室温以上の変態温度を得るためにはCu含有量を制御する必要がある、Cu含有量が低くても高くても室温以上の変態温度は得られない。Cu含有量の最適組成範囲は、Ti過剰側Ti-Ni-Cu合金薄膜と(Ni, Cu)過剰側合金薄膜では異なり、Ti過剰側薄膜では14～19%であるが、(Ni, Cu)過剰側合金薄膜では6～26%と広くなり、この組成範囲において変態温度がほぼ一定になる傾向がある。また、Ti過剰側合金薄膜ではCu含有量が20%を超えると脆くなるのに対して、(Ni, Cu)過剰側薄膜では20%を超えても割れにくい傾向があり、Ti過剰側合金に比べてより実用的であると評価される。

[0064] [表2]

薄膜の組成	マルテンサイト変態ピーク温度 (℃)
Ti ₅₂ Ni ₃₈ Cu ₁₀	-10
Ti ₅₂ Ni ₃₅ Cu ₁₃	4
Ti ₅₂ Ni ₃₃ Cu ₁₅	28
Ti ₅₂ Ni ₂₈ Cu ₂₀	17
Ti ₅₁ Ni ₂₆ Cu ₂₃	脆くて測定不能
Ti ₄₉ Ni ₄₆ Cu ₅	11
Ti ₄₉ Ni ₄₃ Cu ₈	35
Ti ₄₉ Ni ₄₁ Cu ₁₀	35
Ti ₄₉ Ni ₃₈ Cu ₁₃	39
Ti ₄₉ Ni ₃₆ Cu ₁₅	40
Ti ₄₉ Ni ₂₈ Cu ₂₃	34
Ti ₄₉ Ni ₂₅ Cu ₂₆	21

産業上の利用可能性

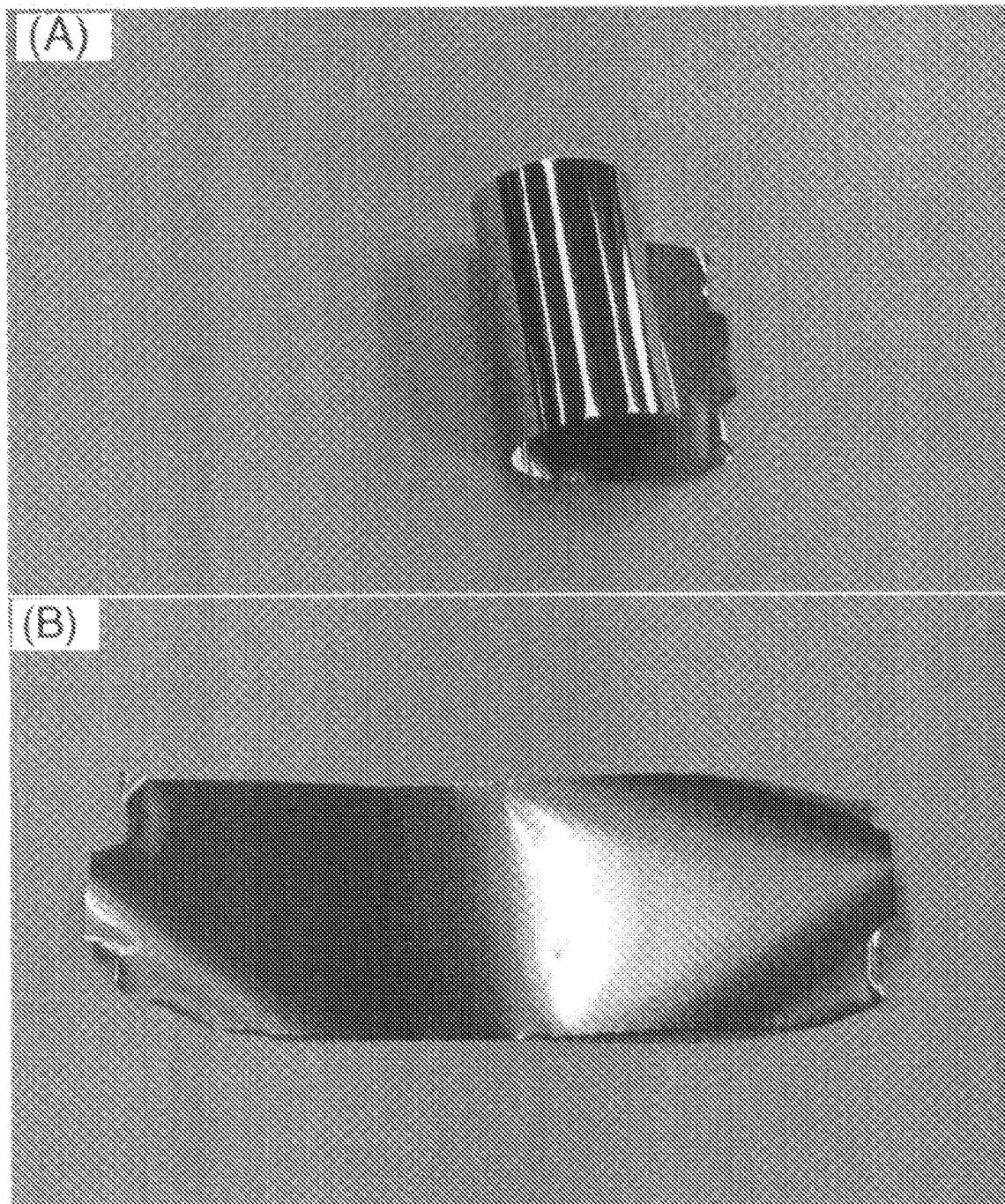
- [0065] 本発明の2方向性形状記憶合金アクチュエータは、低温で作製することができ、また、アクチュエータの配置を平面に限定する必要がないことから、種々の部品を動かすアクチュエータとして使用することができる。
- [0066] 基板を必要としないものは、熱容量が小さく、高速駆動を期待することができる。たとえば、マイクロポンプやマイクロミラー、または気体や液体の流量制御用フラップなどへの応用が考えられる。
- [0067] また、基板を塑性変形して所期形状を設定するものは、室温で所望の形状に変化させ、次いで加熱によりまっすぐにして狭窄部分を通した後、再び室温で複雑な形状に戻して使うなどの応用が考えられる。
- [0068] さらに、Al製の耐熱粘着テープなどに成膜することによって、湾曲部等に貼り付けて使用する簡易型アクチュエータとしても使うことができる。たとえば、空間を自由に移動する立体的なマイクロロボットや湾曲部分に利用することによって、人工筋肉のような使い方も可能であると考えられる。また、ポンプのダイアフラムなどに成膜すれば、簡便な駆動機構としても使うことができる。

請求の範囲

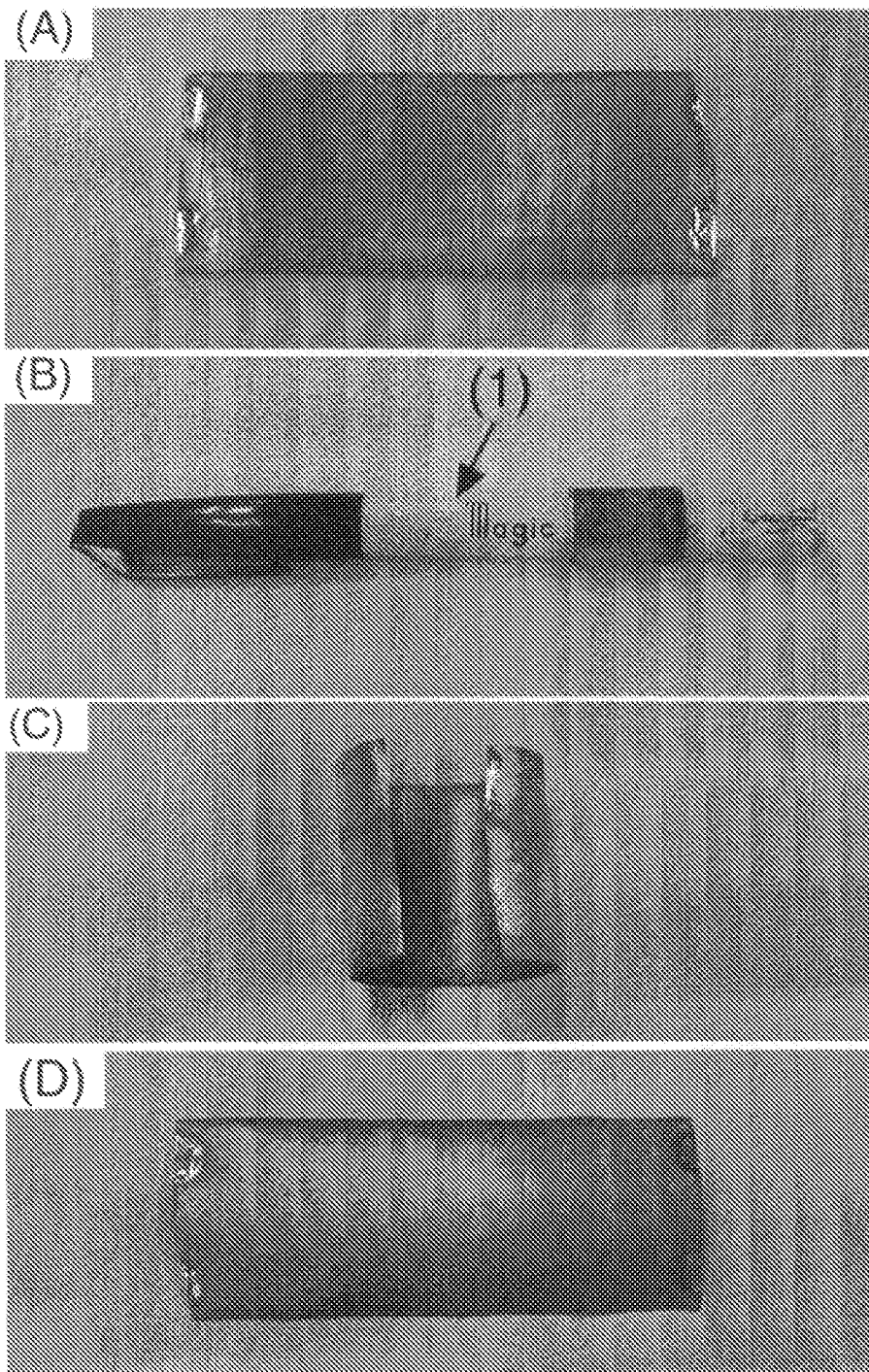
- [1] 結晶性の形状記憶合金薄膜からなる2方向性形状記憶合金薄膜アクチュエータであつて、成膜時の残留応力を有したまま実質的に単層化されていることを特徴とする2方向性形状記憶合金薄膜アクチュエータ。
- [2] 請求の範囲1に記載の2方向性形状記憶合金薄膜アクチュエータの製造方法であつて、基板をその耐熱温度未満に加熱しながら、基板上に結晶性の形状記憶合金薄膜を成膜し、次に当該薄膜から基板を除去して単層化することを特徴とする2方向性形状記憶合金薄膜アクチュエータの製造方法。
- [3] 基板とこれに一体の形状記憶合金薄膜とからなる2方向性形状記憶合金薄膜アクチュエータであつて、基板は、当該薄膜のバリエーション再配列変形域内において塑性変形可能なものであり、基板が塑性変形されて初期形状が設定されていることを特徴とする2方向性形状記憶合金薄膜アクチュエータ。
- [4] 基板とこれに一体の室温以上の変態温度を示す形状記憶合金薄膜とからなる2方向性形状記憶合金薄膜アクチュエータであつて、基板は、曲げ加工可能な金属箔または樹脂膜であることを特徴とする2方向性形状記憶合金薄膜アクチュエータ。
- [5] 請求の範囲1、3または4に記載の2方向性形状記憶合金薄膜アクチュエータにおいて、当該薄膜はTi-Ni-Cu形状記憶合金薄膜であることを特徴とする2方向性形状記憶合金薄膜アクチュエータ。
- [6] 請求の範囲5に記載の2方向性形状記憶合金薄膜アクチュエータに用いる形状記憶合金薄膜の製造方法であつて、基板を270℃以上でその耐熱温度未満に加熱しながら、基板上にTi, NiおよびCuを蒸着してTi-Ni-Cu合金薄膜を成膜することを特徴とする形状記憶合金薄膜の製造方法。
- [7] 請求の範囲6に記載の形状記憶合金薄膜の製造方法において、成膜されたTi-Ni-Cu合金薄膜の各原子の原子単位での含有量が、Ti:全体の1/2超2/3未満、Cu:全体の14~19%、残部がNiからなるように、Ti, NiおよびCuを蒸着することを特徴とする形状記憶合金薄膜の製造方法。
- [8] 請求の範囲6に記載の形状記憶合金薄膜の製造方法において、成膜されたTi-Ni-Cu合金薄膜の各原子の原子単位での含有量が、Ti:全体の1/3超1/2未満、

Cu: 全体の6～26%、残部がNiからなるように、Ti, NiおよびCuを蒸着することを特徴とする形状記憶合金薄膜の製造方法。

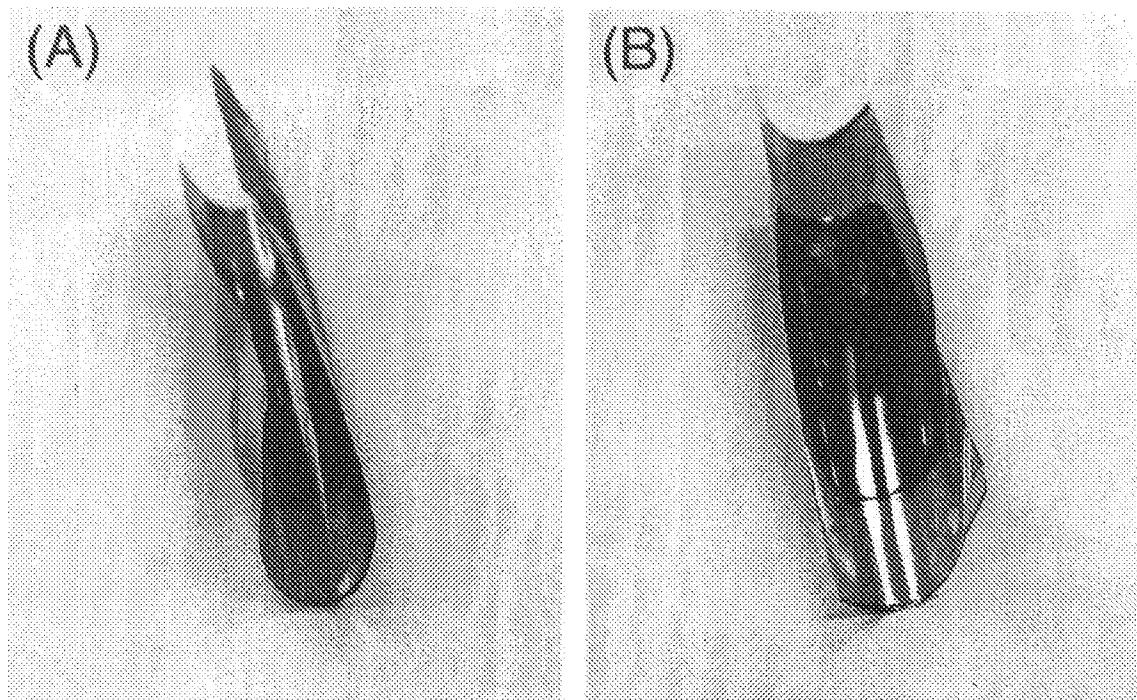
[図1]



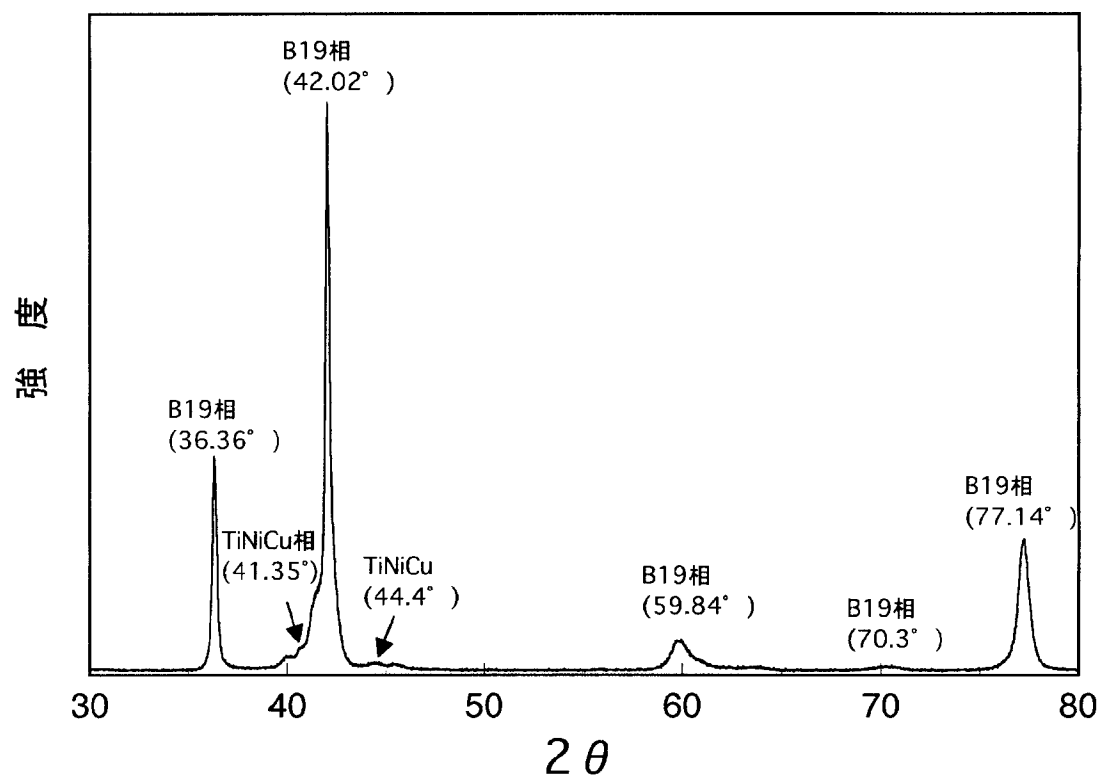
[図2]



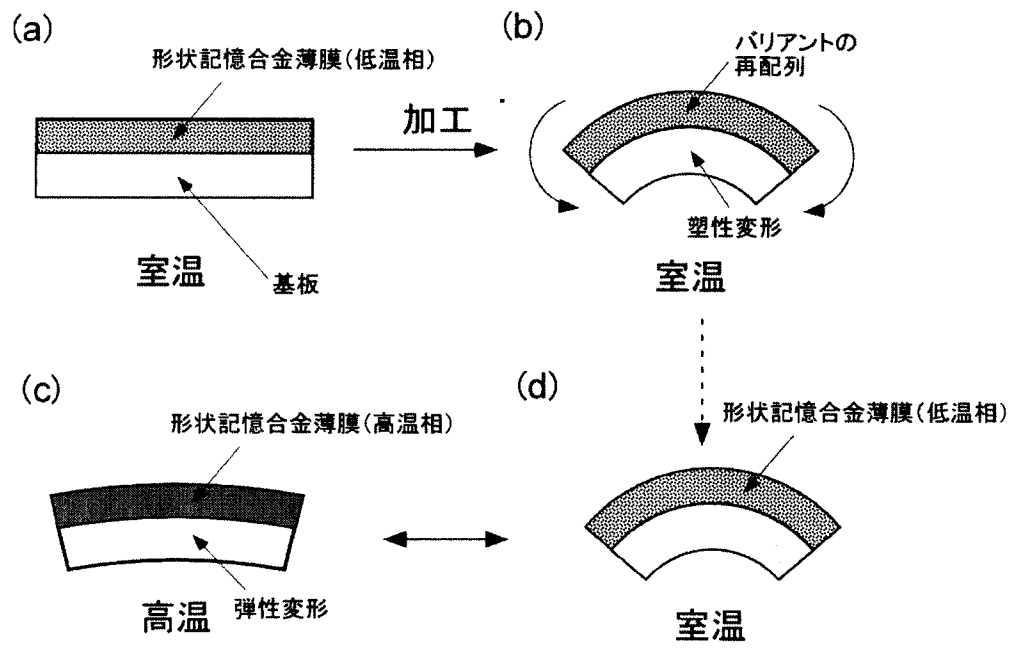
[図3]



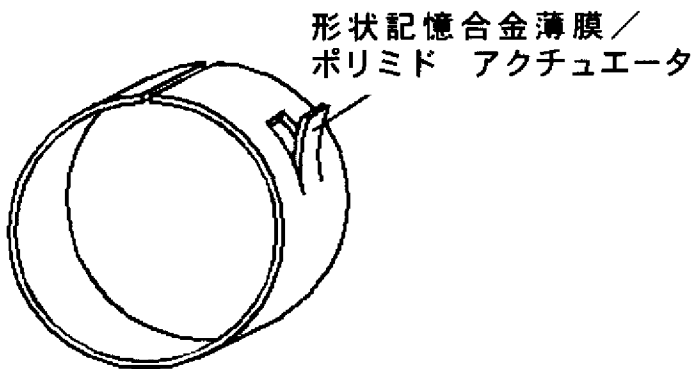
[図4]



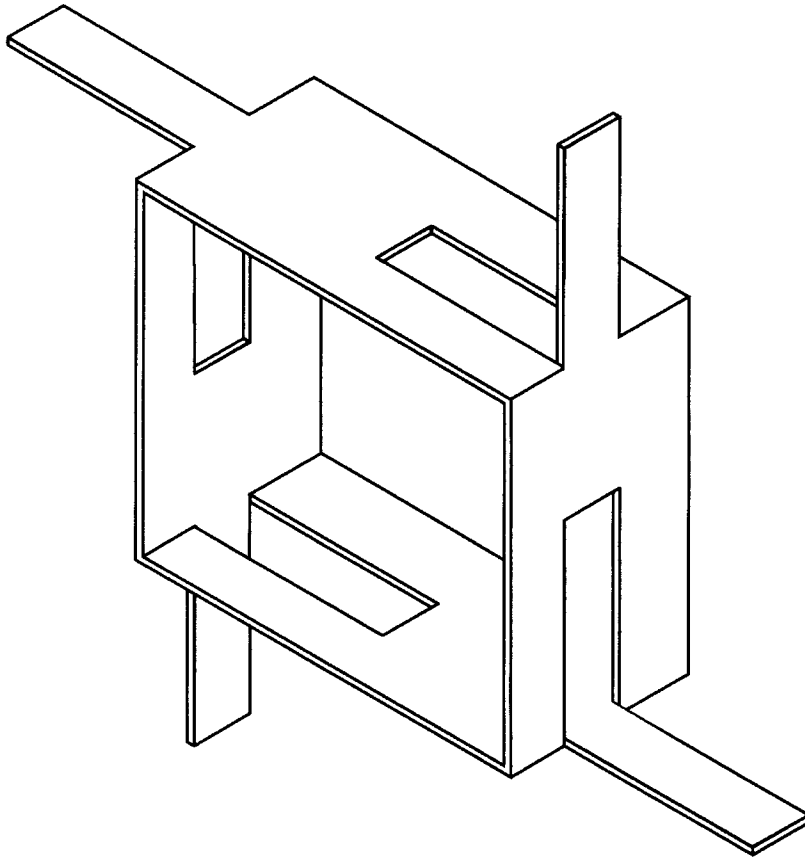
[図5]



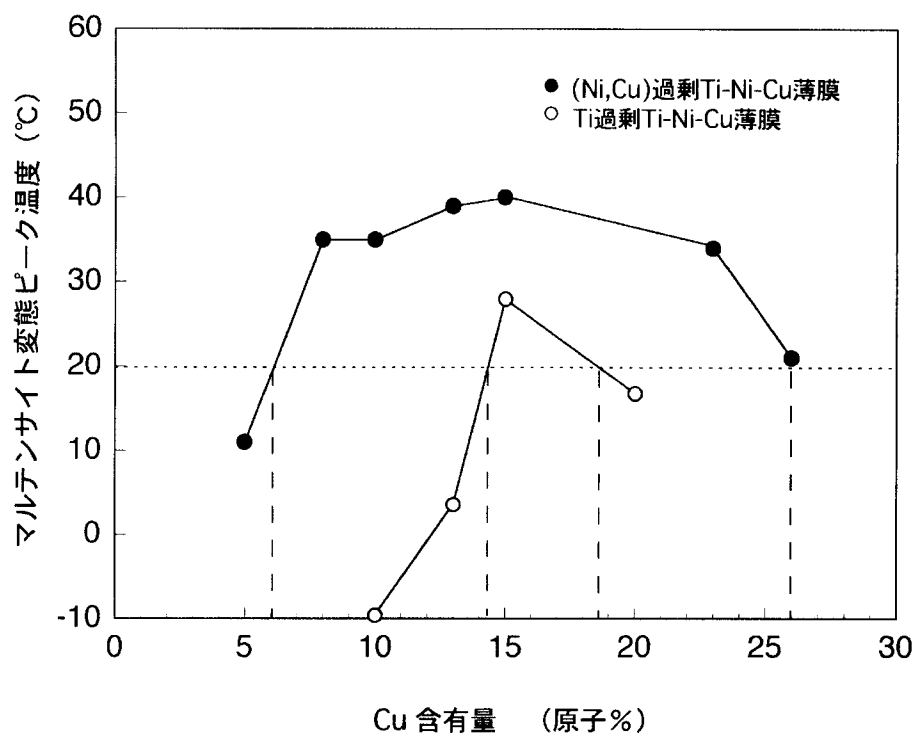
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/058392

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F03G7/06(2006.01)i, B81B3/00(2006.01)i, C22C14/00(2006.01)i, C23C14/14(2006.01)i, C23C14/34(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F03G7/06, B81B3/00, C22C14/00, C23C14/14, C23C14/34

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2008

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2008 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2008

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001-234846 A (Independent Administrative Institution National Institute for Materials Science), 31 August, 2001 (31.08.01), Par. Nos. [0015], [0024] & US 2001/0021290 A1	1, 2, 5-8
Y	JP 10-173306 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 26 June, 1998 (26.06.98), Par. Nos. [0025] to [0031], [0069] (Family: none)	2-8
Y	JP 9-126116 A (Terumo Corp.), 13 May, 1997 (13.05.97), Par. Nos. [0018] to [0029] (Family: none)	2-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
25 July, 2008 (25.07.08)

Date of mailing of the international search report
05 August, 2008 (05.08.08)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/058392

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 10-250077 A (Samsung Electro-Mechanics Co., Ltd.), 22 September, 1998 (22.09.98), Claim 20 & KR 10-0221458 B1	2, 5-8
Y	JP 2004-119142 A (Oita-Ken), 15 April, 2004 (15.04.04), Par. No. [0016] (Family: none)	2, 5-8
Y	JP 6-340963 A (Mitsubishi Cable Industries, Ltd.), 13 December, 1994 (13.12.94), Par. Nos. [0004], [0005], [0008], [0011], [0015] (Family: none)	3-8
Y	JP 2006-348319 A (Independent Administrative Institution National Institute for Materials Science), 28 December, 2006 (28.12.06), Par. No. [0017] & WO 2006/134757 A1	3-8
Y	JP 2002-294371 A (Japan Science and Technology Corp.), 09 October, 2002 (09.10.02), Claim 2 (Family: none)	3-8
A	JP 9-170071 A (Toyama-Ken), 30 June, 1997 (30.06.97), Claims (Family: none)	4, 7, 8
A	JP 9-88804 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 31 March, 1997 (31.03.97), Par. No. [0008] (Family: none)	4

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. F03G7/06(2006.01)i, B81B3/00(2006.01)i, C22C14/00(2006.01)i, C23C14/14(2006.01)i, C23C14/34(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. F03G7/06, B81B3/00, C22C14/00, C23C14/14, C23C14/34

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 8 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 8 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 8 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2001-234846 A (独立行政法人物質・材料研究機構) 2001.08.31, 段落【0015】、【0024】 & US 2001/0021290 A1	1, 2, 5 - 8
Y	JP 10-173306 A (オリンパス光学工業株式会社) 1998.06.26, 段落【0025】 - 【0031】、【0069】 (ファミリーなし)	2 - 8
Y	JP 9-126116 A (テルモ株式会社) 1997.05.13, 段落【0018】 - 【0029】 (ファミリーなし)	2 - 8

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 5 . 0 7 . 2 0 0 8

国際調査報告の発送日

0 5 . 0 8 . 2 0 0 8

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

平岩 正一

3 T

8 7 0 9

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 9 5

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 10-250077 A (三星電機株式会社) 1998. 09. 22, 【請求項 2 0】 & KR 10-0221458 B1	2, 5 - 8
Y	JP 2004-119142 A (大分県) 2004. 04. 15, 段落【0 0 1 6】 (ファミリーなし)	2, 5 - 8
Y	JP 6-340963 A (三菱電線工業株式会社) 1994. 12. 13, 段落【0 0 0 4】, 【0 0 0 5】, 【0 0 0 8】, 【0 0 1 1】, 【0 0 1 5】 (ファミリーなし)	3 - 8
Y	JP 2006-348319 A (独立行政法人物質・材料研究機構) 2006. 12. 28, 段落【0 0 1 7】 & WO 2006/134757 A1	3 - 8
Y	JP 2002-294371 A (科学技術振興事業団) 2002. 10. 09, 【請求項 2】 (ファミリーなし)	3 - 8
A	JP 9-170071 A (富山県) 1997. 06. 30, 【特許請求の範囲】 (ファミリーなし)	4, 7, 8
A	JP 9-88804 A (オリンパス光学工業株式会社) 1997. 03. 31, 段落【0 0 0 8】 (ファミリーなし)	4