

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6793103号
(P6793103)

(45) 発行日 令和2年12月2日(2020.12.2)

(24) 登録日 令和2年11月11日(2020.11.11)

(51) Int.Cl. F I
G O 1 B 7/16 (2006.01) G O 1 B 7/16 R

請求項の数 7 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2017-191820 (P2017-191820)	(73) 特許権者	000114215
(22) 出願日	平成29年9月29日 (2017. 9. 29)		ミネベアミツミ株式会社
(65) 公開番号	特開2019-66311 (P2019-66311A)		長野県北佐久郡御代田町大字御代田 4 1 〇
(43) 公開日	平成31年4月25日 (2019. 4. 25)		6 - 7 3
審査請求日	令和2年2月13日 (2020. 2. 13)	(74) 代理人	100107766
審判番号	不服2020-7798 (P2020-7798/J1)		弁理士 伊東 忠重
審判請求日	令和2年6月5日 (2020. 6. 5)	(74) 代理人	100070150
早期審理対象出願			弁理士 伊東 忠彦
		(72) 発明者	浅川 寿昭
			長野県北佐久郡御代田町大字御代田 4 1 〇
			6 - 7 3 ミネベアミツミ株式会社内
		(72) 発明者	相澤 祐汰
			長野県北佐久郡御代田町大字御代田 4 1 〇
			6 - 7 3 ミネベアミツミ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ひずみゲージ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

可撓性を有する樹脂製の基材と、

前記基材の一方の面に直接、金属、合金、又は、金属の化合物から形成された機能層と

、

前記機能層の一方の面に直接、Cr、CrN、及びCr₂Nを含む膜から形成された抵抗体と、を有し、前記抵抗体は、- Cr を主成分とし、

前記機能層は、前記 - Cr の結晶成長を促進させ、前記 - Cr を主成分とする膜を成膜する機能を有するひずみゲージ。

【請求項 2】

前記機能層は、Cr、Ti、V、Nb、Ta、Ni、Y、Zr、Hf、Si、C、Zn、Cu、Bi、Fe、Mo、W、Ru、Rh、Re、Os、Ir、Pt、Pd、Ag、Au、Co、Mn、Al からなる群から選択される 1 種若しくは複数種の金属、前記群の何れかの金属の合金、又は、前記群の何れかの金属の化合物を含む請求項 1 に記載のひずみゲージ。

【請求項 3】

前記機能層は、TiN、Ta₂N、Si₃N₄、TiO₂、Ta₂O₅、SiO₂ からなる群から選択される 1 種の金属化合物を含む請求項 2 に記載のひずみゲージ。

【請求項 4】

10

20

前記機能層は、FeCr、TiAl、FeNi、NiCr、CrCuからなる群から選択される1種の合金を含む請求項2に記載のひずみゲージ。

【請求項5】

前記機能層は、Ti、Ta、Si、Al、Feからなる群から選択される1種の金属を含み、

前記機能層は、前記抵抗体の結晶成長を促進する機能、前記基材に含まれる酸素や水分による前記抵抗体の酸化を防止する機能、及び前記基材と前記抵抗体との密着性を向上する機能を有する請求項2に記載のひずみゲージ。

【請求項6】

前記機能層は、前記抵抗体と同一の平面形状にパターンニングされている請求項1乃至5の何れか一項に記載のひずみゲージ。

【請求項7】

前記機能層の厚さは、1nm～100nmである請求項1乃至6の何れか一項に記載のひずみゲージ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ひずみゲージに関する。

【背景技術】

【0002】

測定対象物に貼り付けて、測定対象物のひずみを検出するひずみゲージが知られている。ひずみゲージは、ひずみを検出する抵抗体を備えており、抵抗体の材料としては、例えば、Cr（クロム）やNi（ニッケル）を含む材料が用いられている。又、抵抗体は、例えば、絶縁樹脂からなる基材上に形成されている（例えば、特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2016-74934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、可撓性を有する基材を用いた場合、基材上に安定な抵抗体を形成することは困難であり、ゲージ特性（ゲージ率、ゲージ率温度係数TCS、及び抵抗温度係数TCR）の安定性に欠けるという問題があった。

【0005】

本発明は、上記の点に鑑みてなされたもので、可撓性を有する基材上に形成された抵抗体を有するひずみゲージにおいて、ゲージ特性の安定性を向上することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本ひずみゲージは、可撓性を有する樹脂製の基材と、前記基材の一方の面に直接、金属、合金、又は、金属の化合物から形成された機能層と、前記機能層の一方の面に直接、Cr、CrN、及びCr₂Nを含む膜から形成された抵抗体と、を有し、前記抵抗体は、-Crを主成分とし、前記機能層は、前記 -Crの結晶成長を促進させ、前記 -Crを主成分とする膜を成膜する機能を有する。

【発明の効果】

【0007】

開示の技術によれば、可撓性を有する基材上に形成された抵抗体を有するひずみゲージにおいて、ゲージ特性の安定性を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

10

20

30

40

50

【図 1】第 1 の実施の形態に係るひずみゲージを例示する平面図である。

【図 2】第 1 の実施の形態に係るひずみゲージを例示する断面図である。

【図 3】第 1 の実施の形態に係るひずみゲージの製造工程を例示する図である。

【図 4】機能層の蛍光 X 線分析の結果を示す図である。

【図 5】抵抗体の X 線回折の結果を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、図面を参照して発明を実施するための形態について説明する。各図面において、同一構成部分には同一符号を付し、重複した説明を省略する場合がある。

【0010】

第 1 の実施の形態

図 1 は、第 1 の実施の形態に係るひずみゲージを例示する平面図である。図 2 は、第 1 の実施の形態に係るひずみゲージを例示する断面図であり、図 1 の A - A 線に沿う断面を示している。図 1 及び図 2 を参照するに、ひずみゲージ 1 は、基材 10 と、機能層 20 と、抵抗体 30 と、端子部 41 とを有している。

【0011】

なお、本実施の形態では、便宜上、ひずみゲージ 1 において、基材 10 の抵抗体 30 が設けられている側を上側又は一方の側、抵抗体 30 が設けられていない側を下側又は他方の側とする。又、各部位の抵抗体 30 が設けられている側の面を一方の面又は上面、抵抗体 30 が設けられていない側の面を他方の面又は下面とする。但し、ひずみゲージ 1 は天地逆の状態でも用いることができ、又は任意の角度で配置することができる。又、平面視とは対象物を基材 10 の上面 10a の法線方向から視ることを指し、平面形状とは対象物を基材 10 の上面 10a の法線方向から見た形状を指すものとする。

【0012】

基材 10 は、抵抗体 30 等を形成するためのベース層となる部材であり、可撓性を有する。基材 10 の厚さは、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択できるが、例えば、 $5\mu\text{m} \sim 500\mu\text{m}$ 程度とすることができる。特に、基材 10 の厚さが $5\mu\text{m} \sim 200\mu\text{m}$ であると、接着層等を介して基材 10 の下面に接合される起歪体表面からの歪の伝達性、環境に対する寸法安定性の点で好ましく、 $10\mu\text{m}$ 以上であると絶縁性の点で更に好ましい。

【0013】

基材 10 は、例えば、PI（ポリイミド）樹脂、エポキシ樹脂、PEEK（ポリエーテルエーテルケトン）樹脂、PEN（ポリエチレンナフタレート）樹脂、PET（ポリエチレンテレフタレート）樹脂、PPS（ポリフェニレンサルファイド）樹脂、ポリオレフィン樹脂等の絶縁樹脂フィルムから形成することができる。なお、フィルムとは、厚さが $500\mu\text{m}$ 以下程度であり、可撓性を有する部材を指す。

【0014】

ここで、『絶縁樹脂フィルムから形成する』とは、基材 10 が絶縁樹脂フィルム中にフィラーや不純物等を含有することを妨げるものではない。基材 10 は、例えば、シリカやアルミナ等のフィラーを含有する絶縁樹脂フィルムから形成しても構わない。

【0015】

機能層 20 は、基材 10 の上面 10a に抵抗体 30 の下層として形成されている。すなわち、機能層 20 の平面形状は、図 1 に示す抵抗体 30 の平面形状と略同一である。機能層 20 の厚さは、例えば、 $1\text{nm} \sim 100\text{nm}$ 程度とすることができる。

【0016】

本願において、機能層とは、少なくとも上層である抵抗体 30 の結晶成長を促進する機能を有する層を指す。機能層 20 は、更に、基材 10 に含まれる酸素や水分による抵抗体 30 の酸化を防止する機能や、基材 10 と抵抗体 30 との密着性を向上する機能を備えていることが好ましい。機能層 20 は、更に、他の機能を備えていてもよい。

【0017】

基材 10 を構成する絶縁樹脂フィルムは酸素や水分を含むため、特に抵抗体 30 が Cr (クロム) を含む場合、Cr は自己酸化膜を形成するため、機能層 20 が抵抗体 30 の酸化を防止する機能を備えることは有効である。

【0018】

機能層 20 の材料は、少なくとも上層である抵抗体 30 の結晶成長を促進する機能を有する材料であれば、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択できるが、例えば、Cr (クロム)、Ti (チタン)、V (バナジウム)、Nb (ニオブ)、Ta (タンタル)、Ni (ニッケル)、Y (イットリウム)、Zr (ジルコニウム)、Hf (ハフニウム)、Si (シリコン)、C (炭素)、Zn (亜鉛)、Cu (銅)、Bi (ビスマス)、Fe (鉄)、Mo (モリブデン)、W (タングステン)、Ru (ルテニウム)、Rh (ロジウム)、Re (レニウム)、Os (オスミウム)、Ir (イリジウム)、Pt (白金)、Pd (パラジウム)、Ag (銀)、Au (金)、Co (コバルト)、Mn (マンガン)、Al (アルミニウム) からなる群から選択される 1 種又は複数種の金属、この群の何れかの金属の合金、又は、この群の何れかの金属の化合物が挙げられる。

10

【0019】

上記の合金としては、例えば、FeCr、TiAl、FeNi、NiCr、CrCu 等が挙げられる。又、上記の化合物としては、例えば、TiN、Ta₂N、Si₃N₄、TiO₂、Ta₂O₅、SiO₂ 等が挙げられる。

【0020】

抵抗体 30 は、機能層 20 の上面に所定のパターンで形成された薄膜であり、ひずみを受けて抵抗変化を生じる受感部である。なお、図 1 では、便宜上、抵抗体 30 を梨地模様で示している。

20

【0021】

抵抗体 30 は、例えば、Cr (クロム) を含む材料、Ni (ニッケル) を含む材料、又は Cr と Ni の両方を含む材料から形成することができる。すなわち、抵抗体 30 は、Cr と Ni の少なくとも一方を含む材料から形成することができる。Cr を含む材料としては、例えば、Cr 混相膜が挙げられる。Ni を含む材料としては、例えば、Ni-Cu (ニッケル銅) が挙げられる。Cr と Ni の両方を含む材料としては、例えば、Ni-Cr (ニッケルクロム) が挙げられる。

【0022】

ここで、Cr 混相膜とは、Cr、CrN、Cr₂N 等が混相した膜である。Cr 混相膜は、酸化クロム等の不可避不純物を含んでもよい。又、Cr 混相膜に、機能層 20 を構成する材料の一部が拡散されてもよい。この場合、機能層 20 を構成する材料と窒素とが化合物を形成する場合もある。例えば、機能層 20 が Ti から形成されている場合、Cr 混相膜に Ti や TiN (窒化チタン) が含まれる場合がある。

30

【0023】

抵抗体 30 の厚さは、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択できるが、例えば、0.05 μm ~ 2 μm 程度とすることができる。特に、抵抗体 30 の厚さが 0.1 μm 以上であると抵抗体 30 を構成する結晶の結晶性 (例えば、α-Cr の結晶性) が向上する点で好ましく、1 μm 以下であると抵抗体 30 を構成する膜の内部応力に起因する膜のクラックや基材 10 からの反りを低減できる点で更に好ましい。

40

【0024】

機能層 20 上に抵抗体 30 を形成することで、安定な結晶相により抵抗体 30 を形成できるため、ゲージ特性 (ゲージ率、ゲージ率温度係数 TCS、及び抵抗温度係数 TCR) の安定性を向上することができる。

【0025】

例えば、抵抗体 30 が Cr 混相膜である場合、機能層 20 を設けることで、α-Cr (アルファクロム) を主成分とする抵抗体 30 を形成することができる。α-Cr は安定な結晶相であるため、ゲージ特性の安定性を向上することができる。

【0026】

50

ここで、主成分とは、対象物質が抵抗体を構成する全物質の50質量%以上を占めることを意味する。抵抗体30がCr混相膜である場合、ゲージ特性を向上する観点から、抵抗体30は - Crを80重量%以上含むことが好ましい。なお、 - Crは、bcc構造（体心立方格子構造）のCrである。

【0027】

又、機能層20を構成する金属（例えば、Ti）がCr混相膜中に拡散することにより、ゲージ特性を向上することができる。具体的には、ひずみゲージ1のゲージ率を10以上、かつゲージ率温度係数TCS及び抵抗温度係数TCRを $-1000\text{ ppm}/^{\circ}\text{C} \sim +1000\text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ の範囲内とすることができる。

【0028】

端子部41は、抵抗体30の両端部から延在しており、平面視において、抵抗体30よりも拡幅して略矩形状に形成されている。端子部41は、ひずみにより生じる抵抗体30の抵抗値の変化を外部に出力するための一对の電極であり、例えば、外部接続用のリード線等が接合される。抵抗体30は、例えば、端子部41の一方からジグザグに折り返しなが

10

り延在して他方の端子部41に接続されている。端子部41の上面を、端子部41よりもんだ付け性が良好な金属で被覆してもよい。なお、抵抗体30と端子部41とは便宜上別符号としているが、両者は同一工程において同一材料により一体に形成することができる。

【0029】

抵抗体30を被覆し端子部41を露出するように基材10の上面10aにカバー層60（絶縁樹脂層）を設けても構わない。カバー層60を設けることで、抵抗体30に機械的な損傷等が生じることを防止できる。又、カバー層60を設けることで、抵抗体30を湿気等から保護することができる。なお、カバー層60は、端子部41を除く部分の全体を覆うように設けてもよい。

20

【0030】

カバー層60は、例えば、PI樹脂、エポキシ樹脂、PEEK樹脂、PEN樹脂、PET樹脂、PPS樹脂、複合樹脂（例えば、シリコン樹脂、ポリオレフィン樹脂）等の絶縁樹脂から形成することができる。カバー層60は、フィラーや顔料を含有しても構わない。カバー層60の厚さは、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択できるが、例えば、 $2\text{ }\mu\text{m} \sim 30\text{ }\mu\text{m}$ 程度とすることができる。

30

【0031】

図3は、第1の実施の形態に係るひずみゲージの製造工程を例示する図であり、図2に対応する断面を示している。ひずみゲージ1を製造するためには、まず、図3(a)に示す工程では、基材10を準備し、基材10の上面10aに機能層20を形成する。基材10及び機能層20の材料や厚さは、前述の通りである。

【0032】

機能層20は、例えば、機能層20を形成可能な原料をターゲットとし、チャンバ内にAr（アルゴン）ガスを導入したコンベンショナルスパッタ法により真空成膜することができる。コンベンショナルスパッタ法を用いることにより、基材10の上面10aをArでエッチングしながら機能層20が成膜されるため、機能層20の成膜量を最小限にして密着性改善効果を得ることができる。

40

【0033】

但し、これは、機能層20の成膜方法の一例であり、他の方法により機能層20を成膜してもよい。例えば、機能層20の成膜の前にAr等を用いたプラズマ処理等により基材10の上面10aを活性化することで密着性改善効果を獲得し、その後マグネトロンスパッタ法により機能層20を真空成膜する方法を用いてもよい。

【0034】

次に、図3(b)に示す工程では、機能層20の上面全体に抵抗体30及び端子部41を形成後、フォトリソグラフィによって機能層20並びに抵抗体30及び端子部41を図1に示す平面形状にパターニングする。抵抗体30及び端子部41の材料や厚さは、前述

50

の通りである。抵抗体 30 と端子部 41 とは、同一材料により一体に形成することができる。抵抗体 30 及び端子部 41 は、例えば、抵抗体 30 及び端子部 41 を形成可能な原料をターゲットとしたマグネトロンスパッタ法により成膜することができる。抵抗体 30 及び端子部 41 は、マグネトロンスパッタ法に代えて、反応性スパッタ法や蒸着法、アークイオンプレーティング法、パルスレーザー堆積法等を用いて成膜してもよい。

【0035】

機能層 20 の材料と抵抗体 30 及び端子部 41 の材料との組み合わせは、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択できるが、例えば、機能層 20 として Ti を用い、抵抗体 30 及び端子部 41 として Cr (アルファクロム) を主成分とする Cr 混相膜を成膜することが可能である。

10

【0036】

この場合、例えば、Cr 混相膜を形成可能な原料をターゲットとし、チャンバ内に Ar ガスを導入したマグネトロンスパッタ法により、抵抗体 30 及び端子部 41 を成膜することができる。或いは、純 Cr をターゲットとし、チャンバ内に Ar ガスと共に適量の窒素ガスを導入し、反応性スパッタ法により、抵抗体 30 及び端子部 41 を成膜してもよい。

【0037】

これらの方法では、Ti からなる機能層 20 がきっかけで Cr 混相膜の成長面が規定され、安定な結晶構造である Cr を主成分とする Cr 混相膜を成膜できる。又、機能層 20 を構成する Ti が Cr 混相膜中に拡散することにより、ゲージ特性が向上する。例えば、ひずみゲージ 1 のゲージ率を 10 以上、かつゲージ率温度係数 TCS 及び抵抗温度係数 TCR を $-1000 \text{ ppm}/^\circ\text{C} \sim +1000 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ の範囲内とすることができる。

20

【0038】

なお、抵抗体 30 が Cr 混相膜である場合、Ti からなる機能層 20 は、抵抗体 30 の結晶成長を促進する機能、基材 10 に含まれる酸素や水分による抵抗体 30 の酸化を防止する機能、及び基材 10 と抵抗体 30 との密着性を向上する機能の全てを備えている。機能層 20 として、Ti に代えて Ta、Si、Al、Fe を用いた場合も同様である。

【0039】

図 3 (b) に示す工程の後、必要に応じ、基材 10 の上面 10a に、抵抗体 30 を被覆し端子部 41 を露出するカバー層 60 を設けることで、ひずみゲージ 1 が完成する。カバー層 60 は、例えば、基材 10 の上面 10a に、抵抗体 30 を被覆し端子部 41 を露出するように半硬化状態の熱硬化性の絶縁樹脂フィルムをラミネートし、加熱して硬化させて作製することができる。カバー層 60 は、基材 10 の上面 10a に、抵抗体 30 を被覆し端子部 41 を露出するように液状又はペースト状の熱硬化性の絶縁樹脂を塗布し、加熱して硬化させて作製してもよい。

30

【0040】

このように、抵抗体 30 の下層に機能層 20 を設けることにより、抵抗体 30 の結晶成長を促進することが可能となり、安定な結晶相からなる抵抗体 30 を作製できる。その結果、ひずみゲージ 1 において、ゲージ特性の安定性を向上することができる。又、機能層 20 を構成する材料が抵抗体 30 に拡散することにより、ひずみゲージ 1 において、ゲージ特性を向上することができる。

40

【0041】

[実施例 1]

まず、事前実験として、厚さ 25 μm のポリイミド樹脂からなる基材 10 の上面 10a に、コンベンショナルスパッタ法により機能層 20 として Ti を真空成膜した。この際、複数の膜厚を狙って Ti を成膜した 5 個のサンプルを作製した。

【0042】

次に、作製した 5 個のサンプルについて蛍光 X 線 (XRF: X-ray Fluorescence) 分析を行い、図 4 に示す結果を得た。図 4 の X 線ピークより Ti の存在が確認され、X 線ピークにおける各々のサンプルの X 線強度より、1 nm ~ 100 nm の範囲で Ti 膜の膜厚が制御できることが確認された。

50

【0043】

次に、実施例1として、厚さ25 μm のポリイミド樹脂からなる基材10の上面10aに、コンベンショナルスパッタ法により機能層20として膜厚が3 nmのTiを真空成膜した。

【0044】

続いて、機能層20の上面全体にマグネトロンスパッタ法により抵抗体30及び端子部41としてCr混相膜を成膜後、機能層20並びに抵抗体30及び端子部41をフォトリソグラフィによって図1のようにパターンニングした。

【0045】

又、比較例1として、厚さ25 μm のポリイミド樹脂からなる基材10の上面10aに、機能層20を形成せずに、マグネトロンスパッタ法により抵抗体30及び端子部41としてCr混相膜を成膜し、フォトリソグラフィによって図1のようにパターンニングした。なお、実施例1のサンプルと比較例1のサンプルにおいて、抵抗体30及び端子部41の成膜条件は全て同一である。

【0046】

次に、実施例1のサンプルと比較例1のサンプルについて、X線回折(XRD: X-ray diffraction)評価を行い、図5に示す結果を得た。図5は、2 θ の回折角度が36~48度の範囲におけるX線回折パターンであり、実施例1の回折ピークは比較例1の回折ピークよりも右側にシフトしている。又、実施例1の回折ピークは比較例1の回折ピークよりも高くなっている。

【0047】

実施例1の回折ピークは、-Cr(110)の回折線の近傍に位置しており、Tiからなる機能層20を設けたことにより、-Crの結晶成長が促進されて-Crを主成分とするCr混相膜が形成されたものと考えられる。

【0048】

次に、実施例1のサンプルと比較例1のサンプルを複数個作製し、ゲージ特性を測定した。その結果、実施例1の各サンプルのゲージ率は14~16であったのに対し、比較例1の各サンプルのゲージ率は10未満であった。

【0049】

又、実施例1の各サンプルのゲージ率温度係数TCS及び抵抗温度係数TCRが-1000 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ ~ +1000 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ の範囲内であったのに対し、比較例1の各サンプルのゲージ率温度係数TCS及び抵抗温度係数TCRは-1000 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ ~ +1000 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ の範囲内には入らなかった。

【0050】

このように、Tiからなる機能層20を設けたことにより、-Crの結晶成長が促進されて-Crを主成分とするCr混相膜が形成され、ゲージ率を10以上、かつゲージ率温度係数TCS及び抵抗温度係数TCRを-1000 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ ~ +1000 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ の範囲内とするひずみゲージが作製された。なお、Cr混相膜へのTiの拡散効果がゲージ特性の向上に寄与していると考えられる。

【0051】

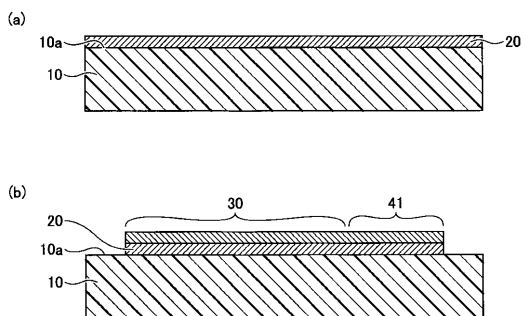
以上、好ましい実施の形態等について詳説したが、上述した実施の形態等に制限されることはなく、特許請求の範囲に記載された範囲を逸脱することなく、上述した実施の形態等に種々の変形及び置換を加えることができる。

【符号の説明】

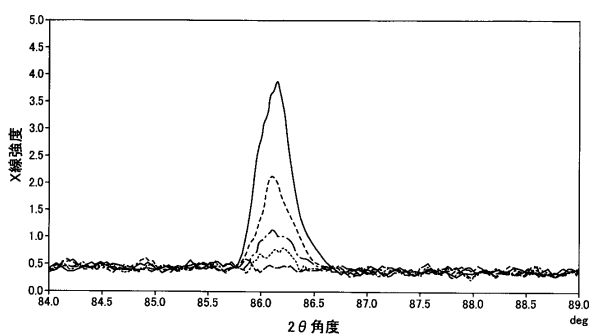
【0052】

1 ひずみゲージ、10 基材、10a 上面、20 機能層、30 抵抗体、41 端子部、60 カバー層

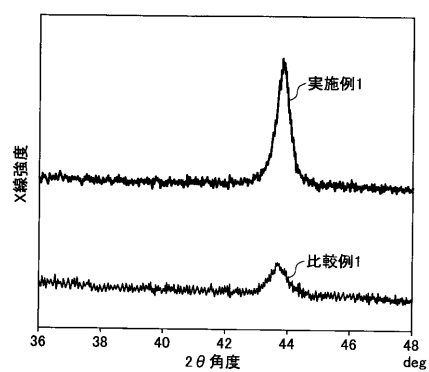
【 図 3 】



【圖 4】



【 図 5 】



フロントページの続き

- (72)発明者 戸田 慎也
長野県北佐久郡御代田町大字御代田4 1 0 6 - 7 3 ミネベアミツミ株式会社内
- (72)発明者 高 田 真太郎
長野県北佐久郡御代田町大字御代田4 1 0 6 - 7 3 ミネベアミツミ株式会社内
- (72)発明者 丹羽 真一
長野県北佐久郡御代田町大字御代田4 1 0 6 - 7 3 ミネベアミツミ株式会社内

合議体

審判長 中塚 直樹
審判官 中澤 真吾
審判官 濱野 隆

- (56)参考文献 特開2016-136605(JP,A)
特開平10-270201(JP,A)
特開2007-173544(JP,A)
特開平9-16941(JP,A)
特開平8-102163(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01B 7/00-7/34