

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年6月27日(27.06.2019)



(10) 国際公開番号

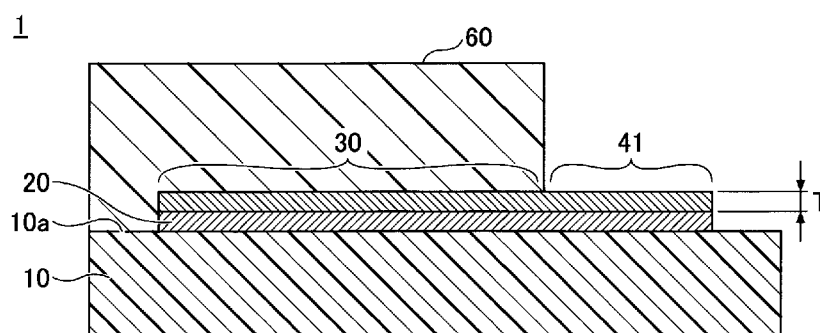
WO 2019/124458 A1

- (51) 国際特許分類:
G01B 7/16 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/046854
- (22) 国際出願日: 2018年12月19日(19.12.2018)
- (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 2017-246871 2017年12月22日(22.12.2017) JP
- (71) 出願人: ミネベアミツミ株式会社(MINEBEA MITSUMI INC.) [JP/JP]; 〒3890293 長野県北佐久郡御代田町大字御代田4 1 0 6 - 7 3 Nagano (JP).
- (72) 発明者: 美齊津 英司(MISAIZU, Eiji); 〒3890293 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 Nagano (JP). 小
- 笠 洋介(OGASA, Yosuke); 〒3890293 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 Nagano (JP).
- (74) 代理人: 伊東 忠重, 外(ITO, Tadashige et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号 丸の内 M Y P L A Z A (明治安田生命ビル) 16階 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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: STRAIN GAUGE, AND SENSOR MODULE

(54) 発明の名称: ひずみゲージ、センサモジュール

[図2]



(57) Abstract: This strain gauge includes: a flexible base material; a functional layer formed from a metal, an alloy, or a metal compound, on one surface of the base material; a resistor formed from a Cr mixed-phase film on one surface of the functional layer; and an insulating resin layer covering the resistor.

(57) 要約: 本ひずみゲージは、可撓性を有する基材と、前記基材の一方の面に、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、Cr混相膜から形成された抵抗体と、前記抵抗体を被覆する絶縁樹脂層と、を有する。

[続葉有]



WO 2019/124458 A1

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

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称： ひずみゲージ、センサモジュール

技術分野

[0001] 本発明は、ひずみゲージ、センサモジュールに関する。

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、C r（クロム）やN i（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] 近年、ひずみゲージを高抵抗化することが求められており、抵抗体の材料等の検討が行われている。

[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、抵抗体を高抵抗化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、可撓性を有する基材と、前記基材の一方の面に、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、C r 混相膜から形成された抵抗体と、前記抵抗体を被覆する絶縁樹脂層と、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、抵抗体を高抵抗化することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [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3A]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（その1）である。

[図3B]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（その2）である。

[図3C]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（その3）である。

[図4]第1の実施の形態の変形例1に係るひずみゲージを例示する断面図である。

[図5]第2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6]第2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7A]第2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（その1）である。

[図7B]第2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（その2）である。

[図7C]第2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（その3）である。

[図7D]第2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（その4）である。

[図8A]第2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（その5）である。

[図8B]第2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（その6）である。

[図8C]第2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（その

7) である。

[図8D]第2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（その8）である。

[図9]第2の実施の形態の変形例1に係るひずみゲージを例示する断面図である。

[図10]第2の実施の形態の変形例2に係るひずみゲージを例示する断面図である。

[図11]第3の実施の形態に係るセンサモジュールを例示する断面図である。

[図12]機能層の蛍光X線分析の結果を示す図である。

[図13]抗体のX線回折の結果を示す図である。

[図14]基材の膨張係数と抗体の内部応力との関係を示す図である。

[図15]基材の表面凹凸と抗体のピンホール数との関係を示す図である。

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、抗体30と、端子部41と、カバー層60とを有している。なお、図1では、抗体30を図示するために、便宜上、カバー層60は外縁のみを破線で示している。

[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の抗体30が設けられている側を上側又は一方の側、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、各部位の抗体30が設けられている側の面を一方の面又は上面、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は天地逆の状態を用いるこ

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の法線方向から視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。
- [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、Ta₃N₄、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。
- [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、Cu-Ni（銅ニッケル）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。言い換えれば、抵抗体30としてCr混相膜を用

いてもよいし、Cu-NiやNi-Cr等のCr混相膜以外の材料を用いてもよい。

[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。

[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。

[0024] 抵抗体30の線幅は、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 μm～40 μm程度とすることができる。

[0025] 特に、抵抗体30を高抵抗化する観点からは、抵抗体30の厚さは0.05 μm～0.25 μm程度とすることが好ましく、抵抗体30の線幅は5 μm～20 μm程度とすることが好ましい。

[0026] 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TC_S、及び抵抗温度係数TC_R）の安定性を向上することができる。

[0027] 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。

[0028] 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 α -Crを80重量%以上含むことが好ましい。なお、 α -Crは、bcc構造（体心立方格子構造）のCrである。

[0029] 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。

[0030] 抵抗体30は、例えば、 $L_1 \times L_2$ が $3\text{ mm} \times 3\text{ mm}$ の範囲に形成することができる。この場合、抵抗体30としてCr混相膜を用いたときの膜厚T及び線幅Wと抵抗体30の抵抗値との関係は、例えば、表1のようになる。なお、ここでは、一例として、隣接する線間隔を線幅と同一としている。

[0031] [表1]

膜厚 0.5 μm	線幅 [μm]	40	20	10	5
	抵抗値 [Ω]	2,900	11,800	49,100	198,900
膜厚 0.1 μm	線幅 [μm]	40	20	10	5
	抵抗値 [Ω]	14,500	59,000	245,500	994,500
膜厚 0.05 μm	線幅 [μm]	40	20	10	5
	抵抗値 [Ω]	29,000	118,000	491,000	1,989,000

表1に示すように、 $L_1 \times L_2$ が $3\text{ mm} \times 3\text{ mm}$ で膜厚Tが0.5 μm の場合、線幅Wが40 μm で抵抗値が2.9 k Ω 、線幅Wが20 μm で抵抗値が

11. $8\text{ k}\Omega$ 、線幅 W が $10\text{ }\mu\text{m}$ で抵抗値が $49.1\text{ k}\Omega$ 、線幅 W が $5\text{ }\mu\text{m}$ で抵抗値が $198.9\text{ k}\Omega$ となる。

[0032] 又、 $L_1 \times L_2$ が $3\text{ mm} \times 3\text{ mm}$ で膜厚 T が $0.1\text{ }\mu\text{m}$ の場合、線幅 W が $40\text{ }\mu\text{m}$ で抵抗値が $14.5\text{ k}\Omega$ 、線幅 W が $20\text{ }\mu\text{m}$ で抵抗値が $59.0\text{ k}\Omega$ 、線幅 W が $10\text{ }\mu\text{m}$ で抵抗値が $245.5\text{ k}\Omega$ 、線幅 W が $5\text{ }\mu\text{m}$ で抵抗値が $994.5\text{ k}\Omega$ となる。

[0033] 又、 $L_1 \times L_2$ が $3\text{ mm} \times 3\text{ mm}$ で膜厚 T が $0.05\text{ }\mu\text{m}$ の場合、線幅 W が $40\text{ }\mu\text{m}$ で抵抗値が $29.0\text{ k}\Omega$ 、線幅 W が $20\text{ }\mu\text{m}$ で抵抗値が $118.0\text{ k}\Omega$ 、線幅 W が $10\text{ }\mu\text{m}$ で抵抗値が $491.0\text{ k}\Omega$ 、線幅 W が $5\text{ }\mu\text{m}$ で抵抗値が $1989.0\text{ k}\Omega$ となる。

[0034] 又、抵抗体30は、例えば、 $L_1 \times L_2$ が $0.3\text{ mm} \times 0.3\text{ mm}$ の範囲に形成することができる。この場合、抵抗体30としてCr混相膜を用いたときの膜厚 T 及び線幅 W と抵抗体30の抵抗値との関係は、例えば、表2のようになる。なお、ここでは、一例として、隣接する線間隔を線幅と同一としている。

[0035] [表2]

膜厚 $0.5\text{ }\mu\text{m}$	線幅 [μm]	40	20	10	5
	抵抗値 [Ω]	20	100	410	1,880
膜厚 $0.1\text{ }\mu\text{m}$	線幅 [μm]	40	20	10	5
	抵抗値 [Ω]	100	500	2,100	9,400
膜厚 $0.05\text{ }\mu\text{m}$	線幅 [μm]	40	20	10	5
	抵抗値 [Ω]	200	1,000	4,200	18,800

表2に示すように、 $L_1 \times L_2$ が $0.3\text{ mm} \times 0.3\text{ mm}$ で膜厚 T が $0.5\text{ }\mu\text{m}$ の場合、線幅 W が $40\text{ }\mu\text{m}$ で抵抗値が $20\text{ }\Omega$ 、線幅 W が $20\text{ }\mu\text{m}$ で抵抗値が $100\text{ }\Omega$ 、線幅 W が $10\text{ }\mu\text{m}$ で抵抗値が $410\text{ }\Omega$ 、線幅 W が $5\text{ }\mu\text{m}$ で抵抗値が $1.88\text{ k}\Omega$ となる。

[0036] 又、 $L_1 \times L_2$ が $0.3\text{ mm} \times 0.3\text{ mm}$ で膜厚 T が $0.1\text{ }\mu\text{m}$ の場合、線幅 W が $40\text{ }\mu\text{m}$ で抵抗値が $100\text{ }\Omega$ 、線幅 W が $20\text{ }\mu\text{m}$ で抵抗値が $500\text{ }\Omega$ 、線幅 W が $10\text{ }\mu\text{m}$ で抵抗値が $2.1\text{ k}\Omega$ 、線幅 W が $5\text{ }\mu\text{m}$ で抵抗値が $9.4\text{ k}\Omega$ となる。

[0037] 又、 $L_1 \times L_2$ が $0.3\text{ mm} \times 0.3\text{ mm}$ で膜厚 T が $0.05\text{ }\mu\text{m}$ の場合、線幅 W が $40\text{ }\mu\text{m}$ で抵抗値が $200\text{ }\Omega$ 、線幅 W が $20\text{ }\mu\text{m}$ で抵抗値が $1.0\text{ k}\Omega$ 、線幅 W が $10\text{ }\mu\text{m}$ で抵抗値が $4.2\text{ k}\Omega$ 、線幅 W が $5\text{ }\mu\text{m}$ で抵抗値が $18.8\text{ k}\Omega$ となる。

[0038] 又、表1及び表2の抵抗体をホイートストンブリッジ回路で構成した場合、 1 V の印加電圧時の消費電力は表3及び表4に示すようになる。表3及び表4に示すように、抵抗体30の膜厚 T を薄くすると共に線幅 W を細くして高抵抗化することにより、抵抗体30の消費電力を低減することができる。

[0039]

[表3]

抵抗値 [Ω]	2,900	11,800	14,500	29,000	49,100	59,000
消費電力 [μW]	344.8	84.7	69.0	34.5	20.4	16.9
抵抗値 [Ω]	118,000	198,900	245,500	491,000	994,500	1,989,000
消費電力 [μW]	8.5	5.0	4.1	2.0	1.0	0.5

[0040] [表4]

抵抗値 [Ω]	20	100	200	410	500	1,000
消費電力 [μW]	50,000.0	10,000.0	5,000.0	2,439.0	2,000.0	1,000.0
抵抗値 [Ω]	1,880	2,100	4,200	9,400	18,800	
消費電力 [μW]	531.9	476.2	238.1	106.4	53.2	

なお、上記の説明中で $L_1 \times L_2$ を $3\text{ mm} \times 3\text{ mm}$ 、又は $L_1 \times L_2$ を 0.3

mm×0.3mmとしたのは一例であり、この大きさには限定されない。又、 L_1 と L_2 を異なる値にしても構わない。

[0041] このように、可撓性を有する基材10上に抵抗体30としてCr混相膜を形成することにより、抵抗体30の膜厚Tを薄くすると共に線幅Wを細くして高抵抗化することができる。又、抵抗体30の高抵抗化に伴って、抵抗体30の消費電力を低減することができる。又、抵抗体30の線幅Wを細くすることにより、ひずみゲージ1を小型化できる。

[0042] なお、抵抗体30の内部応力をゼロ近傍として基材10の反りを低減する観点から、基材10の膨張係数は $7\text{ ppm/K} \sim 20\text{ ppm/K}$ とすることが好ましい。基材10の膨張係数は、例えば、基材10の材料の選定、基材10に含有されるフィラーの材料の選定及び含有量の調整等を行うことにより、調整することができる。

[0043] ところで、基材10上に抵抗体30を形成すると、抵抗体30にピンホールが発生する場合があります、抵抗体30に発生するピンホール数が所定値を超えると、ゲージ特性が悪化したり、ひずみゲージとして機能しなくなったりするおそれがある。発明者らは、抵抗体30にピンホールが発生する原因の1つが、基材10の上面10aから突出するフィラーであることを突き止めた。

[0044] すなわち、基材10がフィラーを含有すると、フィラーの一部が基材10の上面10aから突出し、基材10の上面10aの表面凹凸を増大させる。その結果、基材10の上面10aに形成される抵抗体30に生じるピンホール数が増加し、ゲージ特性の悪化等の要因となる。

[0045] 発明者らは、抵抗体30の厚さが $0.05\text{ }\mu\text{m}$ 以上である場合に、基材10の上面10aの表面凹凸が 15 nm 以下であれば、抵抗体30に生じるピンホール数を抑制してゲージ特性を維持できることを見出した。

[0046] すなわち、抵抗体30の厚さが $0.05\text{ }\mu\text{m}$ 以上である場合に、基材10の上面10aに形成される抵抗体30に生じるピンホール数を低減してゲージ特性を維持する観点から、基材10の上面10aの表面凹凸は 15 nm 以

下であることが好ましく、表面凹凸が15 nm以下であれば基材10がフィラーを含有してもゲージ特性の悪化にはつながらない。なお、基材10の上面10aの表面凹凸は0 nmであってもよい。

[0047] 基材10の上面10aの表面凹凸は、例えば、基材10を加熱することにより低減することができる。或いは、基材10の加熱に代えて、基材10の上面10aに略垂直にレーザ光を照射して凸部を削る方法、基材10の上面10aと平行にウォーターカッター等を可動させて凸部を削り取る方法、基材10の上面10aを砥石を用いて研磨する方法、又は基材10を加熱しながら加圧する方法（ヒートプレス）等を用いてもよい。

[0048] なお、表面凹凸とは、算術平均粗さのことであり、一般的にR_aと表記する。表面凹凸は、例えば、三次元光学干渉法により測定することができる。

[0049] 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対の電極であり、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ら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よりもは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。

[0050] カバー層60は、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に設けられた絶縁樹脂層である。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。

[0051] 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、 $2\mu\text{m}\sim 30\mu\text{m}$ 程度とすることができる。

[0052] 図3A～図3C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3A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。

[0053] 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。

[0054] 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。

[0055] 次に、図3B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、アーキ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。

[0056] 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 α -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。

[0057] 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。

[0058] 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 α -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TC_S及び抵抗温度係数TC_R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。

[0059] 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。

[0060] 次に、図3Cに示す工程では、基材10の上面10aに、抵抗体30を被覆し端子部41を露出するカバー層60を形成する。カバー層60の材料や厚さは、前述の通りである。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 4 1 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。以上の工程により、ひずみゲージ 1 が完成する。

[0061] このように、抵抗体 3 0 の下層に機能層 2 0 を設けることにより、抵抗体 3 0 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 3 0 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 2 0 を構成する材料が抵抗体 3 0 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。

[0062] 〈第 1 の実施の形態の変形例 1〉

第 1 の実施の形態の変形例 1 では、カバー層の下層に絶縁層を設けたひずみゲージの例を示す。なお、第 1 の実施の形態の変形例 1 において、既に説明した実施の形態と同一構成部についての説明は省略する場合がある。

[0063] 図 4 は、第 1 の実施の形態の変形例 1 に係るひずみゲージを例示する断面図であり、図 2 に対応する断面を示している。図 4 を参照するに、ひずみゲージ 1 A は、カバー層 6 0 の下層に絶縁層 5 0 を設けた点が、ひずみゲージ 1 (図 1、図 2 等参照) と相違する。なお、カバー層 6 0 は、端子部 4 1 を除く部分の全体を覆うように設けてもよい。

[0064] 絶縁層 5 0 は、抵抗体 3 0 を被覆し端子部 4 1 を露出するように基材 1 0 の上面 1 0 a に設けられている。カバー層 6 0 は、例えば、絶縁層 5 0 の側面の一部及び上面を被覆するように設けることができる。

[0065] 絶縁層 5 0 の材料は、抵抗体 3 0 及びカバー層 6 0 よりも高抵抗であれば、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択できるが、例えば、Si、W、Ti、Ta 等の酸化物や窒化物を用いることができる。絶縁層 5 0 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 ~ 1 μm 程度とすることができる。

[0066] 絶縁層 5 0 の形成方法は、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択できるが、例えば、スパッタ法や化学気相蒸着 (CVD) 法等の真空プロセスや、

スピンコート法やゾルゲル法等の溶液プロセスを用いることができる。

[0067] このように、カバー層 60 の下層に絶縁層 50 を設けることで、カバー層 60 単独の場合と比べて、絶縁性及び環境封止性を向上することができる。従って、絶縁層 50 は、絶縁性及び環境封止性の要求仕様に応じて、適宜設けることができる。

[0068] 〈第 2 の実施の形態〉

第 2 の実施の形態では、電極を積層構造としたひずみゲージの例を示す。なお、第 2 の実施の形態において、既に説明した実施の形態と同一構成部についての説明は省略する場合がある。

[0069] 図 5 は、第 2 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 6 は、第 2 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 5 の B-B 線に沿う断面を示している。図 5 及び図 6 を参照するに、ひずみゲージ 2 は、複数の層が積層された電極 40A を備えている。なお、カバー層 60 は、電極 40A を除く部分の全体を覆うように設けてもよい。

[0070] 電極 40A は、複数の金属層が積層された積層構造とされている。具体的には、電極 40A は、抵抗体 30 の両端部から延在する端子部 41 と、端子部 41 の上面に形成された金属層 42 と、金属層 42 の上面に形成された金属層 43 と、金属層 43 の上面に形成された金属層 44 とを有している。金属層 43 は本発明に係る第 1 金属層の代表的な一例であり、金属層 44 は本発明に係る第 2 金属層の代表的な一例である。

[0071] 金属層 42 の材料は、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択できるが、例えば、Cu（銅）を用いることができる。金属層 42 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、 $0.01\mu\text{m} \sim 1\mu\text{m}$ 程度とすることができる。

[0072] 金属層 43 の材料は、Cu、Cu 合金、Ni、又は Ni 合金を用いることが好ましい。金属層 43 の厚さは、電極 40A へのはんだ付け性を考慮して決定されるが、好ましくは $1\mu\text{m}$ 以上、より好ましくは $3\mu\text{m}$ 以上である。金属層 43 の材料として Cu、Cu 合金、Ni、又は Ni 合金を用い、金属

層43の厚さを1 μm 以上とすることで、はんだ食われが改善される。又、金属層43の材料としてCu、Cu合金、Ni、又はNi合金を用い、金属層43の厚さを3 μm 以上とすることで、はんだ食われが更に改善される。なお、電解めっきの容易性から、金属層43の厚さは30 μm 以下であることが好ましい。

[0073] ここで、はんだ食われとは、電極40Aを構成する材料が、電極40Aに接合されるはんだの中に溶解し、電極40Aの厚みが薄くなったり、なくなったりすることである。はんだ食われが発生すると、電極40Aに接合されるリード線等との接着強度や引張り強度が低下するおそれがあるため、はんだ食われが発生しないことが好ましい。

[0074] 金属層44の材料は、金属層43よりもはんだ濡れ性の良好な材料を選択することができる。例えば、金属層43の材料がCu、Cu合金、Ni、又はNi合金であれば、金属層44の材料としてAu（金）を用いることができる。Cu、Cu合金、Ni、又はNi合金の表面をAuで被覆することにより、Cu、Cu合金、Ni、又はNi合金の酸化及び腐食を防止できると共に、良好なはんだ濡れ性を得ることができる。金属層44の材料としてAuに代えてPt（白金）を用いても同様の効果を奏する。金属層44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、0.01 μm ～1 μm 程度とすることができる。

[0075] なお、平面視において、金属層42、43、及び44の積層部の周囲に端子部41が露出しているが、端子部41は金属層42、43、及び44の積層部と同一の平面形状であっても構わない。

[0076] 図7A～図8Dは、第2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6に対応する断面を示している。ひずみゲージ2を製造するためには、まず、第1の実施の形態の図3Aと同様の工程を実行後、図7Aに示す工程では、機能層20の上面に金属層300を形成する。金属層300は、最終的にパターンニングされて抵抗体30及び端子部41となる層である。従って、金属層300の材料や厚さは、前述の抵抗体30及び端子

部４１の材料や厚さと同様である。

[0077] 金属層３００は、例えば、金属層３００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。金属層３００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。

[0078] 次に、図７Ｂに示す工程では、金属層３００の上面を覆うように、例えば、スパッタ法や無電解めっき法等により、金属層４２となるシード層４２０を形成する。

[0079] 次に、図７Ｃに示す工程では、シード層４２０の上面の全面に感光性のレジスト８００を形成し、露光及び現像して電極４０Ａを形成する領域を露出する開口部８００×を形成する。レジスト８００としては、例えば、ドライフィルムレジスト等を用いることができる。

[0080] 次に、図７Ｄに示す工程では、例えば、シード層４２０を給電経路とする電解めっき法により、開口部８００×内に露出するシード層４２０上に金属層４３を形成し、更に、金属層４３上に金属層４４を形成する。電解めっき法は、タクトが高く、かつ、金属層４３として低応力の電解めっき層を形成できる点で好適である。膜厚の厚い電解めっき層を低応力とすることで、ひずみゲージ２に反りが生じることを防止できる。

[0081] なお、金属層４４を形成する際に金属層４３の側面はレジスト８００に被覆されているため、金属層４４は金属層４３の上面のみに形成され、側面には形成されない。

[0082] 次に、図８Ａに示す工程では、図７Ｄに示すレジスト８００を除去する。レジスト８００は、例えば、レジスト８００の材料を溶解可能な溶液に浸漬することで除去できる。

[0083] 次に、図８Ｂに示す工程では、シード層４２０の上面の全面に感光性のレジスト８１０を形成し、露光及び現像して、図５の抵抗体３０及び端子部４１と同様の平面形状にパターンニングする。レジスト８１０としては、例えば、ドライフィルムレジスト等を用いることができる。

[0084] 次に、図 8 C に示す工程では、レジスト 8 1 0 をエッチングマスクとし、レジスト 8 1 0 から露出する機能層 2 0、金属層 3 0 0、及びシード層 4 2 0 を除去し、図 5 の平面形状の機能層 2 0、抵抗体 3 0、及び端子部 4 1 を形成する。例えば、ウェットエッチングにより、機能層 2 0、金属層 3 0 0、及びシード層 4 2 0 の不要な部分を除去できる。なお、この時点では、抵抗体 3 0 上にシード層 4 2 0 が形成されている。

[0085] 次に、図 8 D に示す工程では、金属層 4 3 及び金属層 4 4 をエッチングマスクとし、金属層 4 3 及び金属層 4 4 から露出する不要なシード層 4 2 0 を除去し、金属層 4 2 を形成する。例えば、シード層 4 2 0 がエッチングされ、機能層 2 0 及び抵抗体 3 0 がエッチングされないエッチング液を用いたウェットエッチングにより、不要なシード層 4 2 0 を除去できる。

[0086] 図 8 D に示す工程の後、図 3 C に示す工程と同様にして、基材 1 0 の上面 1 0 a に、抵抗体 3 0 を被覆し電極 4 0 A を露出するカバー層 6 0 を形成することで、ひずみゲージ 2 が完成する。

[0087] このように、電極 4 0 A として、端子部 4 1 上に Cu、Cu 合金、Ni、又は Ni 合金の厚膜（1 μ m 以上）からなる金属層 4 3 を形成し、更に最表層に金属層 4 3 よりもはんだ濡れ性の良好な材料（Au や Pt）からなる金属層 4 4 を形成することで、はんだ食われを防止できると共に、はんだ濡れ性を向上できる。

[0088] 〈第 2 の実施の形態の変形例 1〉

第 2 の実施の形態の変形例 1 では、第 2 の実施の形態とは層構造の異なる電極の例を示す。なお、第 2 の実施の形態の変形例 1 において、既に説明した実施の形態と同一構成部についての説明は省略する場合がある。

[0089] 図 9 は、第 2 の実施の形態の変形例 1 に係るひずみゲージを例示する断面図であり、図 6 に対応する断面を示している。図 9 を参照するに、ひずみゲージ 2 A は、電極 4 0 A が電極 4 0 B に置換された点がひずみゲージ 2（図 6 等参照）と相違する。又、カバー層 6 0 が、電極 4 0 B を除く部分の略全体を覆うように設けられた点がひずみゲージ 2（図 6 等参照）と相違する。

[0090] 電極 40B は、複数の金属層が積層された積層構造とされている。具体的には、電極 40B は、抵抗体 30 の両端部から延在する端子部 41 と、端子部 41 の上面に形成された金属層 42 と、金属層 42 の上面に形成された金属層 43 と、金属層 43 の上面に形成された金属層 45 と、金属層 45 の上面に形成された金属層 44 とを有している。言い換えれば、電極 40B は、電極 40A の金属層 43 と金属層 44 との間に金属層 45 が設けられた構造である。

[0091] 金属層 45 の材料は、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択できるが、例えば、Ni を用いることができる。Ni に代えて NiP（ニッケルリン）や Pd を用いても構わない。又、金属層 45 を、Ni/Pd（Ni 層と Pd 層とをこの順番で積層した金属層）としても構わない。金属層 45 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、 $1\mu\text{m} \sim 2\mu\text{m}$ 程度とすることができる。

[0092] 金属層 45 は、図 7D に示す工程で、例えば、シード層 420 を給電経路とする電解めっき法により、金属層 43 上に形成することができる。

[0093] このように、電極の積層数は特に限定されず、必要に応じ積層数を増やしても構わない。この場合にも、端子部 41 上に Cu、Cu 合金、Ni、又は Ni 合金の厚膜（ $1\mu\text{m}$ 以上）からなる金属層 43 を形成し、更に最表層に金属層 43 よりもはんだ濡れ性の良好な材料（Au や Pt）からなる金属層 44 を形成しているため、第 2 の実施の形態と同様に、はんだ食われを防止できると共に、はんだ濡れ性を向上できる。

[0094] 〈第 2 の実施の形態の変形例 2〉

第 2 の実施の形態の変形例 2 では、第 2 の実施の形態とは層構造の異なる電極の他の例を示す。なお、第 2 の実施の形態の変形例 2 において、既に説明した実施の形態と同一構成部についての説明は省略する場合がある。

[0095] 図 10 は、第 2 の実施の形態の変形例 2 に係るひずみゲージを例示する断面図であり、図 6 に対応する断面を示している。図 10 を参照するに、ひずみゲージ 2B は、電極 40B が電極 40C に置換された点がひずみゲージ 2

A（図9参照）と相違する。又、カバー層60が、電極40Cを除く部分の略全体を覆うように設けられた点がひずみゲージ2（図6等参照）と相違する。

[0096] 電極40Cは、複数の金属層が積層された積層構造とされている。具体的には、電極40Cは、抵抗体30の両端部から延在する端子部41と、端子部41の上面に形成された金属層42と、金属層42の上面に形成された金属層43と、金属層43の上面及び側面並びに金属層42の側面に形成された金属層45Aと、金属層45Aの上面及び側面に形成された金属層44Aとを有している。金属層44A及び45Aの材料や厚さは、例えば、金属層44及び45と同様とすることができる。なお、金属層44Aは、本発明に係る第2金属層の代表的な一例である。

[0097] 電極40Cを形成するには、まず、図7Dに示す工程で、例えば、シード層420を給電経路とする電解めっき法により金属層43を形成後、金属層44を形成せずに、図8Aに示す工程と同様にしてレジスト800を除去し、その後、図8B～図8Dと同様の工程を行う。その後、例えば、無電解めっき法により、金属層43の上面及び側面並びに金属層42の側面に金属層45Aを形成することができる。更に、例えば、無電解めっき法により、金属層45Aの上面及び側面に金属層44Aを形成することができる。

[0098] このように、電極は電解めっき及び無電解めっきを適宜併用して作製することができる。電極40Cの構造では、端子部41上にCu、Cu合金、Ni、又はNi合金の厚膜（1μm以上）からなる金属層43を形成し、更に最表層に金属層43よりもはんだ濡れ性の良好な材料（AuやPt）からなる金属層44Aを形成している。但し、最表層の金属層44Aは、金属層43の上面に加え金属層42及び43の側面にも金属層45Aを介して形成されているため、電極40Aや電極40Bと比べて、金属層43を構成するCu、Cu合金、Ni、又はNi合金の酸化及び腐食を防止する効果を更に向上できると共に、はんだ濡れ性を更に向上できる。

[0099] なお、金属層45Aを形成せずに、金属層43の上面及び側面並びに金属

層 4 2 の側面に直接金属層 4 4 A を形成しても同様の効果が得られる。すなわち、金属層 4 4 A は、金属層 4 3 の上面及び側面並びに金属層 4 2 の側面を直接又は間接に被覆していればよい。

[0100] 〈第 3 の実施の形態〉

第 3 の実施の形態では、ひずみゲージを用いたセンサモジュールの例を示す。なお、第 3 の実施の形態において、既に説明した実施の形態と同一構成部についての説明は省略する場合がある。

[0101] 図 1 1 は、第 3 の実施の形態に係るセンサモジュールを例示する断面図であり、図 2 に対応する断面を示している。図 1 1 を参照するに、センサモジュール 5 は、ひずみゲージ 1 と、起歪体 1 1 0 と、接着層 1 2 0 とを有している。なお、カバー層 6 0 は、端子部 4 1 を除く部分の全体を覆うように設けてもよい。

[0102] センサモジュール 5 において、起歪体 1 1 0 の上面 1 1 0 a は、接着層 1 2 0 を介して、基材 1 0 の下面 1 0 b と固着されている。起歪体 1 1 0 は、例えば、F e、S U S（ステンレス鋼）、A l 等の金属や P E E K 等の樹脂から形成され、印加される力に応じて変形する（ひずみを生じる）物体である。ひずみゲージ 1 は、起歪体 1 1 0 に生じるひずみを抵抗体 3 0 の抵抗値変化として検出することができる。

[0103] 接着層 1 2 0 は、ひずみゲージ 1 と起歪体 1 1 0 とを固着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、エポキシ樹脂、変性エポキシ樹脂、シリコーン樹脂、変性シリコーン樹脂、ウレタン樹脂、変性ウレタン樹脂等を用いることができる。又、ボンディングシート等の材料を用いても良い。接着層 1 2 0 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、 $0.1\ \mu\text{m}$ ~ $50\ \mu\text{m}$ 程度とすることができる。

[0104] センサモジュール 5 を製造するには、ひずみゲージ 1 を作製後、基材 1 0 の下面 1 0 b 及び／又は起歪体 1 1 0 の上面 1 1 0 a に、例えば、接着層 1 2 0 となる上記の何れかの材料を塗布する。そして、基材 1 0 の下面 1 0 b

を起歪体 110 の上面 110a と対向させ、塗布した材料を挟んで起歪体 110 上にひずみゲージ 1 を配置する。又は、ボンディングシートを起歪体 110 と基材 10 との間に挟み込むようにしても良い。

[0105] 次に、ひずみゲージ 1 を起歪体 110 側に押圧しながら所定温度に加熱し、塗布した材料を硬化させて接着層 120 を形成する。これにより、接着層 120 を介して起歪体 110 の上面 110a と基材 10 の下面 10b とが固着され、センサモジュール 5 が完成する。センサモジュール 5 は、例えば、荷重、圧力、トルク、加速度等の測定に適用することができる。

[0106] なお、センサモジュール 5 において、ひずみゲージ 1 に代えて、ひずみゲージ 1A、2、2A、又は 2B を用いてもよい。

[0107] [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。

[0108] 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 12 に示す結果を得た。図 12 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。

[0109] 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。

[0110] 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 のようにパターニングした。

[0111] 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。

[0112] 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 13 に示す結果を得た。図 13 は、 2θ の回折角度が $36 \sim 48$ 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。

[0113] 実施例 1 の回折ピークは、 α -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、 α -Cr の結晶成長が促進されて α -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。

[0114] 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 $14 \sim 16$ 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。

[0115] 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 $-1000 \text{ ppm}/^\circ\text{C} \sim +1000 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 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 $-1000 \text{ ppm}/^\circ\text{C} \sim +1000 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ の範囲内には入らなかった。

[0116] このように、Ti からなる機能層 20 を設けたことにより、 α -Cr の結晶成長が促進されて α -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 $-1000 \text{ ppm}/^\circ\text{C} \sim +1000 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 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。

[0117] [実施例 2]

実施例 2 では、膨張係数の異なる厚さ $25\ \mu\text{m}$ のポリイミド樹脂からなる複数の基材 10 を準備し、抵抗体 30 として Cr 混相膜を成膜した場合の、基材 10 の膨張係数と抵抗体 30 の内部応力との関係について調べ、図 14 に示す結果を得た。

[0118] 抵抗体 30 の内部応力は、評価サンプルの反りを測定し式 (1) に示すストーニーの式により見積もった。なお、式 (1) からわかるように、図 14 に示す抵抗体 30 の内部応力は、単位厚さ当たりの値であり、抵抗体 30 の厚さには依存しない。

[0119] [数1]

$$\text{内部応力} = ED^2/6(1 - \nu)tR \quad \dots(1)$$

なお、式 (1) において、E : ヤング率、 ν : ポアソン比、D : 基材 10 の厚さ、t : 抵抗体 30 の厚さ、R : 基材 10 の曲率半径の変化、である。

[0120] 図 14 より、基材 10 の膨張係数を $7\ \text{ppm}/\text{K} \sim 20\ \text{ppm}/\text{K}$ の範囲内とすることで、抵抗体 30 の内部応力を $\pm 0.4\ \text{GPa}$ の範囲内に収めることができる。ここで、 $\pm 0.4\ \text{GPa}$ は、ひずみゲージ 1 が機能する限界の反りを生じる値であり、発明者らが実験的に求めたものである。

[0121] 言い換えれば、基材 10 の膨張係数を $7\ \text{ppm}/\text{K} \sim 20\ \text{ppm}/\text{K}$ の範囲外とすると、抵抗体 30 の内部応力が $\pm 0.4\ \text{GPa}$ の範囲を超えてひずみゲージ 1 の反りが大きくなり、ひずみゲージとして機能しなくなる。従って、基材 10 の膨張係数を $7\ \text{ppm}/\text{K} \sim 20\ \text{ppm}/\text{K}$ の範囲内とする必要がある。なお、基材 10 の材料は、必ずしもポリイミド樹脂である必要はない。

[0122] 基材 10 の材料の選定、基材 10 に含有されるフィラーの材料の選定及び含有量の調整等を行うことにより、基材 10 の膨張係数を $7\ \text{ppm}/\text{K} \sim 2$

0 p p m / K の範囲内とすることができる。

[0123] このように、基材 10 の膨張係数を 7 p p m / K ~ 20 p p m / K の範囲内とすることにより、基材 10 と抵抗体 30 との膨張率の違いや、その他の要因を吸収し、抵抗体 30 の内部応力を ± 0.4 G P a の範囲に収めることができる。その結果、ひずみゲージ 1 の反りが低減され、良好なゲージ特性を維持した状態で、ひずみゲージ 1 を安定的に機能させることができる。

[0124] [実施例 3]

実施例 3 では、フィラーを含有する厚さ 25 μ m のポリイミド樹脂からなる基材 10 を複数枚用意した。そして、加熱処理を施さないサンプル、100℃の加熱処理を施したサンプル、200℃の加熱処理を施したサンプル、300℃の加熱処理を施したサンプルを 3 個ずつ作製し、常温に戻った後、各々の基材 10 の上面 10 a の表面凹凸を三次元光学干渉法により測定した。

[0125] 次に、各々の基材 10 の上面 10 a に、マグネトロンスパッタ法により、膜厚が 0.05 μ m の抵抗体 30 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後、抵抗体 30 に生じるピンホール数をサンプル裏面より光を透過した光学透過法により測定した。

[0126] 次に、測定結果に基づいて、基材 10 の上面 10 a の表面凹凸と抵抗体 30 に生じるピンホール数との関係について、図 15 にまとめた。なお、図 15 に示す棒グラフが表面凹凸を示し、折れ線グラフがピンホール数を示す。又、横軸の 100℃、200℃、及び 300℃は基材 10 を加熱処理した際の温度を示し、未処理は加熱処理されていないことを示す。

[0127] 図 15 は、基材 10 を 100℃以上 300℃以下で加熱処理することで、基材 10 の上面 10 a の表面凹凸が未処理時の半分程度である 15 n m 以下となり、その結果、抵抗体 30 に生じるピンホール数が 1 / 7 程度に激減することを示している。但し、ポリイミド樹脂の耐熱温度を考慮すると、250℃を超える温度で加熱処理を施すと変質や劣化が起こるおそれがある。従って、加熱処理は、100℃以上 250℃以下の温度で行うことが好ましい

。なお、加熱処理により表面凹凸が低減するのは、加熱処理による熱収縮の際に、基材 10 を構成するポリイミド樹脂が内部にフィラーを巻き込むためと考えられる。

[0128] 発明者らの検討によれば、図 15 に示す未処理のピンホール数（約 140）はゲージ特性を悪化させるレベルであるが、加熱処理後のピンホール数（約 20）はゲージ特性に悪影響を与えないレベルである。すなわち、膜厚が 0.05 μm の抵抗体 30 を用いる場合、基材 10 の上面 10a の表面凹凸を 15 nm 以下とすることで、抵抗体 30 に生じるピンホール数をゲージ特性に悪影響を与えないレベルまで低減できることが確認された。

[0129] なお、膜厚が 0.05 μm よりも厚い抵抗体 30 を用いた場合にも、基材 10 の上面 10a の表面凹凸を 15 nm 以下とすることで、抵抗体 30 に生じるピンホール数をゲージ特性に悪影響を与えないレベルまで低減できることは言うまでもない。すなわち、基材 10 の上面 10a の表面凹凸を 15 nm 以下とすることで、膜厚が 0.05 μm 以上の抵抗体 30 を用いた場合に、抵抗体 30 に生じるピンホール数をゲージ特性に悪影響を与えないレベルまで低減することができる。

[0130] このように、基材 10 に加熱処理を施すことにより、基材 10 の上面 10a の表面凹凸を 15 nm 以下にすることが可能であり、結果として膜厚が 0.05 μm 以上の抵抗体 30 に生じるピンホール数を大幅に低減することができる。その結果、良好なゲージ特性を維持した状態で、ひずみゲージ 1 を安定的に機能させることができる。

[0131] なお、抵抗体 30 に生じるピンホール数を低減するためには基材 10 の上面 10a の表面凹凸を低減することが重要であり、表面凹凸を低減する方法は重要ではない。上記では加熱処理を施すことで表面凹凸を低減する方法を示したが、これには限定されず、基材 10 の上面 10a の表面凹凸を低減できれば、如何なる方法を用いてもよい。

[0132] 基材 10 の上面 10a の表面凹凸は、例えば、基材 10 の上面 10a に略垂直にレーザ光を照射して凸部を削る方法、基材 10 の上面 10a と平行に

ウォーターカッター等を可動させて凸部を削り取る方法、基材10の上面10aを砥石を用いて研磨する方法、又は基材10を加熱しながら加圧する方法（ヒートプレス）等を用いて低減することができる。

[0133] 又、抵抗体30に生じるピンホール数を低減するためには基材10の上面10aの表面凹凸を低減することが重要であり、必ずしもフィラーの存在に起因する表面凹凸には限定されず、フィラーの存在に起因しない表面凹凸についても、上記の様々な方法により低減することは有効である。例えば、フィラーを含有しない基材10の表面凹凸が15nmよりも大きい場合、上記の様々な方法により、基材10の上面10aの表面凹凸を15nm以下にすることで、膜厚が0.05 μ m以上の抵抗体30に生じるピンホール数をゲージ特性に悪影響を与えないレベルまで低減できる。

[0134] [実施例4]

実施例4では、図7A～図8Dに示す工程を第2の実施の形態の変形例1のように変形して、電極40Bを備えたひずみゲージ2Aを作製し、はんだ食われの有無を確認した。具体的には、金属層42及び43としてCuを用い、金属層45としてNiPを用い、金属層44としてAuを用い、各金属層の厚さを変えたサンプルを10種類作製し（サンプルNo. 1～No. 10）、はんだ食われの有無を確認した。

[0135] 結果を表5に示す。なお、表5において、膜厚『0』は、その金属層を形成しなかったことを示している。又、『×』は、1回目のはんだ付けで、はんだ食われが発生したことを示している。又、『○』は、1回目のはんだ付けでははんだ食われが発生しなかったが、2回目のはんだ付け（はんだの手直し等を想定）により若干のはんだ食われが発生したことを示している。又、『◎』は、1回目のはんだ付けでも2回目のはんだ付けでもはんだ食われが発生しなかったことを示している。

[0136]

[表5]

サンプル No.	各膜厚 [μ m]			はんだ性
	Cu	NiP	Au	
1	0.5	0	0	× はんだ食われ有
2	0.5	0	0.1	× はんだ食われ有
3	0.5	0	0.8	× はんだ食われ有
4	1	1	0.1	○ はんだ食われ無
5	3	0	0	◎ はんだ食われ無
6	3	0	0.1	◎ はんだ食われ無
7	3	0	0.8	◎ はんだ食われ無
8	3	1	0.1	◎ はんだ食われ無
9	5	1	0.1	◎ はんだ食われ無
10	8	1	0.1	◎ はんだ食われ無

表5に示したように、Cuの厚さを1 μm 以上とすることで、はんだ食われが改善され、3 μm 以上とすることで、はんだ食われが更に改善されることが確認された。又、サンプル1とサンプル5の結果より、はんだ食われの有無はCuの厚さのみに依存し、NiPやAuの有無には依存しないことが確認された。但し、前述のように、はんだ食われを防止すると共に、はんだ濡れ性を向上するためには、Au又はそれに相当する材料（Pt等）からなる金属層が必要である。

[0137] 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。

[0138] 本国際出願は2017年12月22日に出願した日本国特許出願2017-246871号に基づく優先権を主張するものであり、日本国特許出願2017-246871号の全内容を本国際出願に援用する。

符号の説明

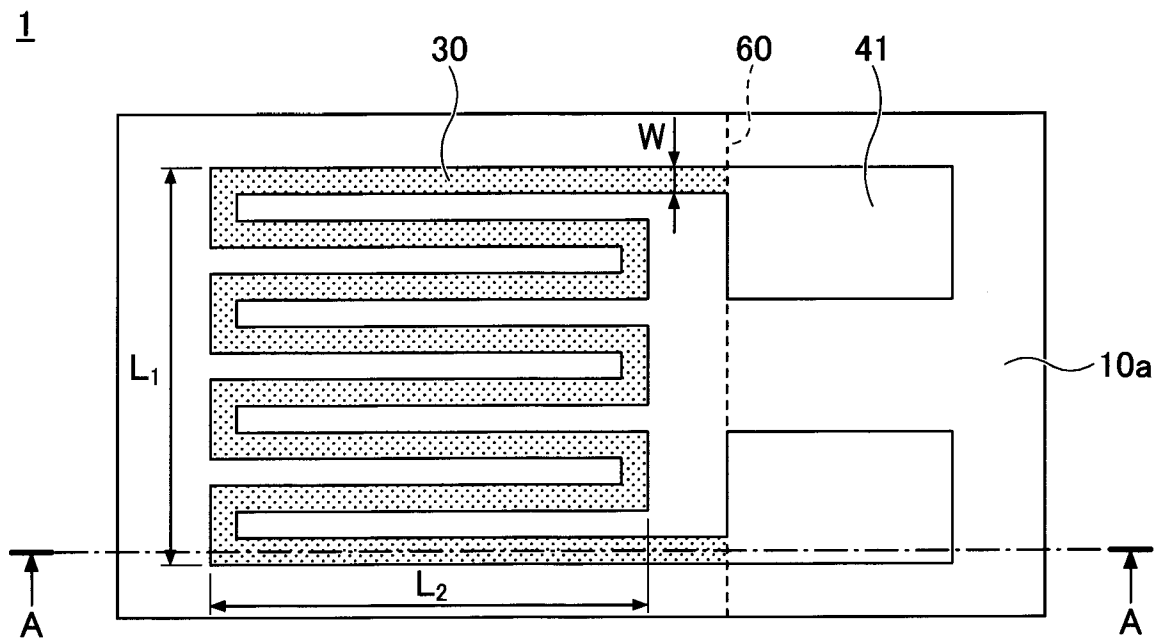
[0139] 1、1A、2、2A、2B ひずみゲージ、5 センサモジュール、10 基材、10a 上面、20 機能層、30 抵抗体、41 端子部、40A、40B、40C 電極、42、43、44、44A、45、45A 金属層、50 絶縁層、60 カバー層、110 起歪体、120 接着層

請求の範囲

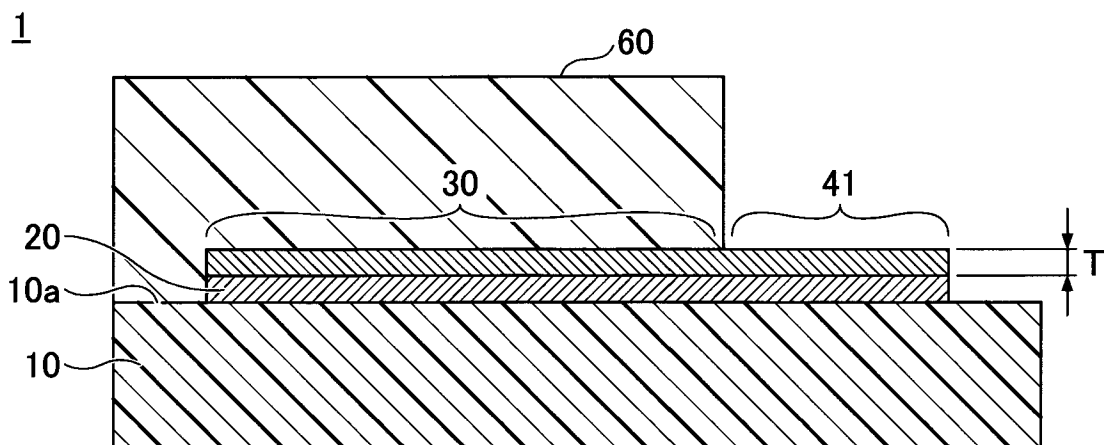
- [請求項1] 可撓性を有する基材と、
前記基材の一方の面に、金属、合金、又は、金属の化合物から形成された機能層と、
前記機能層の一方の面に、Cr混相膜から形成された抵抗体と、
前記抵抗体を被覆する絶縁樹脂層と、を有するひずみゲージ。
- [請求項2] 前記抵抗体の膜厚が $0.05\mu\text{m}$ 以上 $0.5\mu\text{m}$ 以下である請求項1に記載のひずみゲージ。
- [請求項3] 前記抵抗体の線幅が $5\mu\text{m}$ 以上 $40\mu\text{m}$ 以下である請求項1又は2に記載のひずみゲージ。
- [請求項4] 前記機能層は、前記抵抗体の結晶成長を促進する機能を有する請求項1乃至3の何れか一項に記載のひずみゲージ。
- [請求項5] 前記基材の膨張係数が 7ppm/K ～ 20ppm/K の範囲内である請求項1乃至4の何れか一項に記載のひずみゲージ。
- [請求項6] 前記基材の一方の面の表面凹凸が 15nm 以下であり、
前記抵抗体の膜厚が $0.05\mu\text{m}$ 以上である請求項1乃至5の何れか一項に記載のひずみゲージ。
- [請求項7] 前記抵抗体と電氣的に接続された電極を有し、
前記電極は、
前記抵抗体の端部から延在する端子部と、
前記端子部上に、銅、銅合金、ニッケル、又はニッケル合金から形成された第1金属層と、
前記第1金属層上に、前記第1金属層よりはんだ濡れ性の良い材料から形成された第2金属層と、を含む請求項1乃至6の何れか一項に記載のひずみゲージ。
- [請求項8] 前記絶縁樹脂層の下層に、前記抵抗体及び前記絶縁樹脂層よりも高抵抗の材料から形成され、前記抵抗体を被覆する絶縁層を有する請求項1乃至7の何れか一項に記載のひずみゲージ。

- [請求項9] 前記抗体は、アルファクロムを主成分とする請求項1乃至8の何れか一項に記載のひずみゲージ。
- [請求項10] 前記抗体は、アルファクロムを80重量%以上含む請求項9に記載のひずみゲージ。
- [請求項11] 前記抗体は、窒化クロムを含む請求項9又は10に記載のひずみゲージ。
- [請求項12] 前記機能層は、チタンを含む請求項11に記載のひずみゲージ。
- [請求項13] 前記抗体は、チタンを含む請求項12に記載のひずみゲージ。
- [請求項14] 前記抗体は、窒化チタンを含む請求項12又は13に記載のひずみゲージ。
- [請求項15] 請求項1乃至14の何れか一項に記載のひずみゲージと、
前記基材の他方の面側に設けられた起歪体と、を有するセンサモジュール。

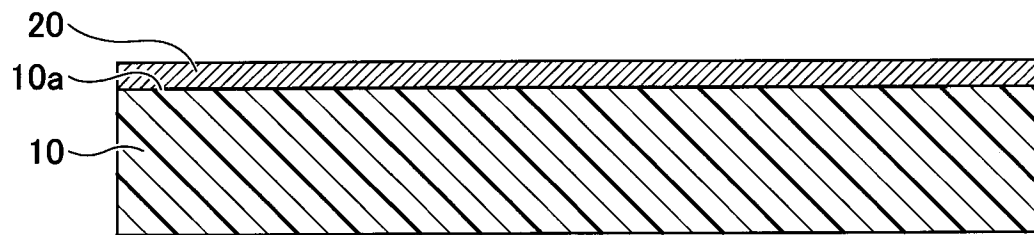
[図1]



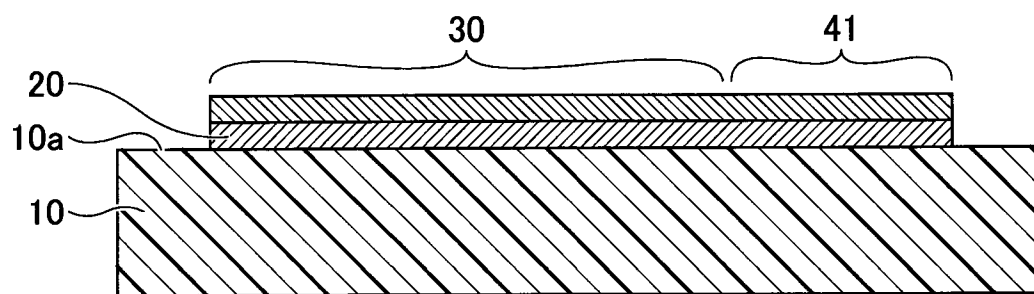
[図2]



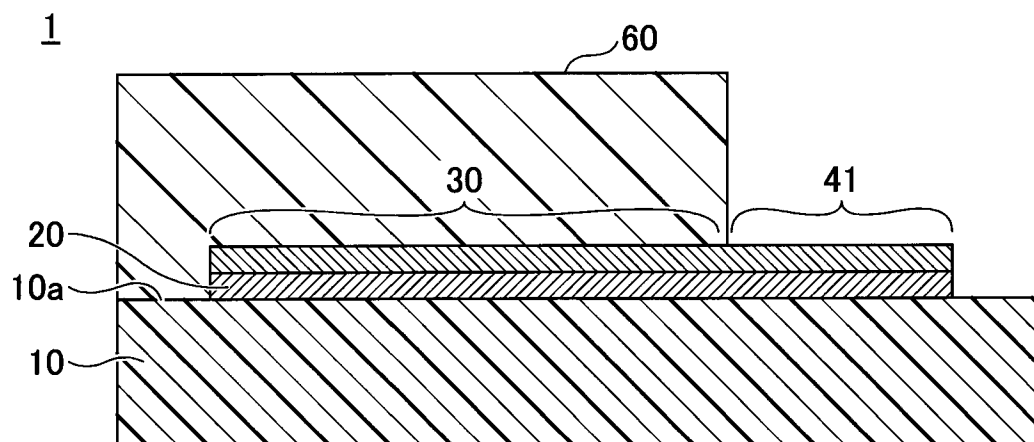
[図3A]



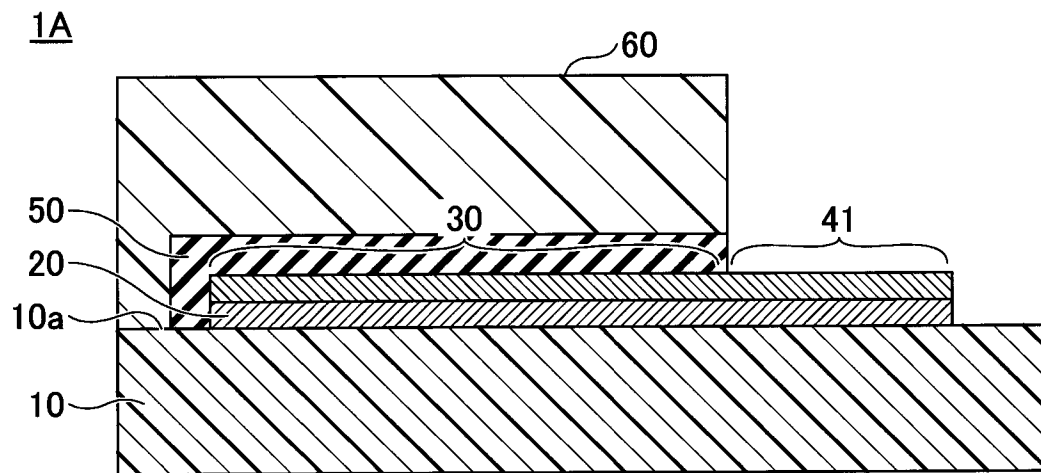
[図3B]



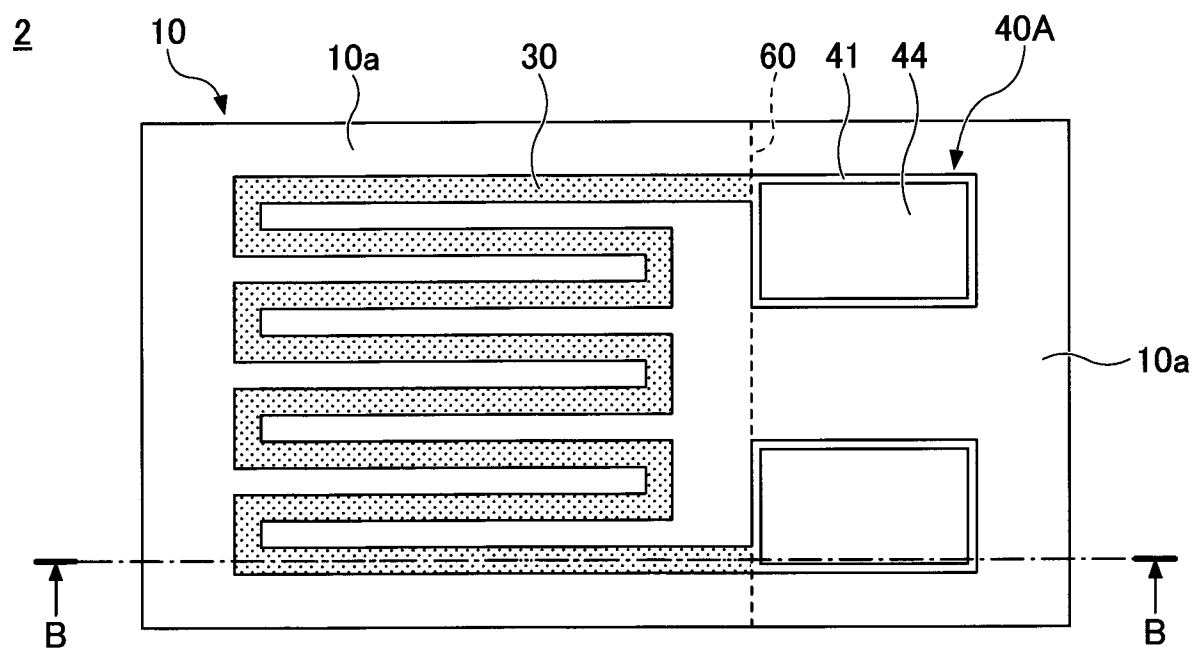
[図3C]



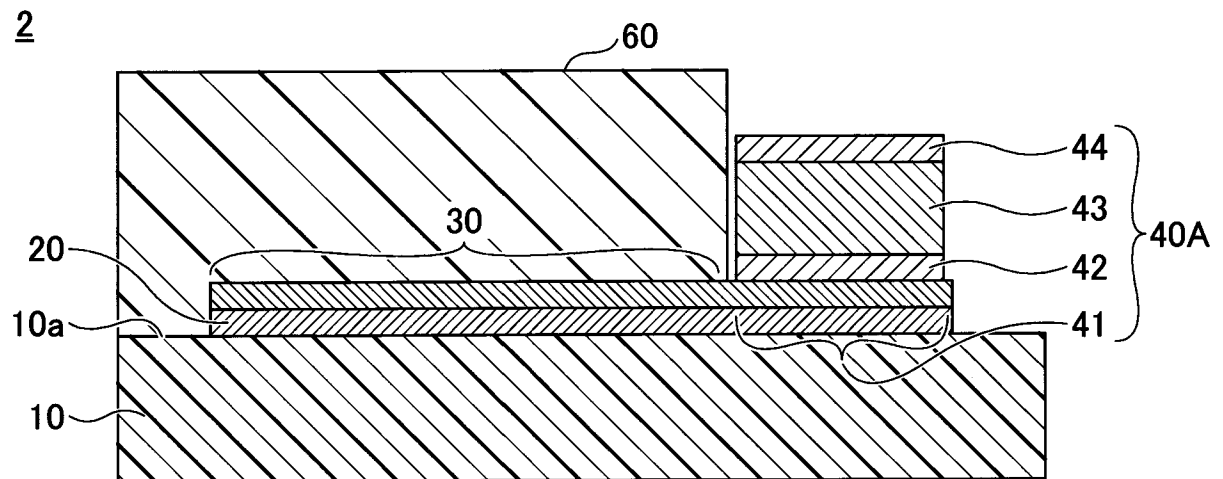
[図4]



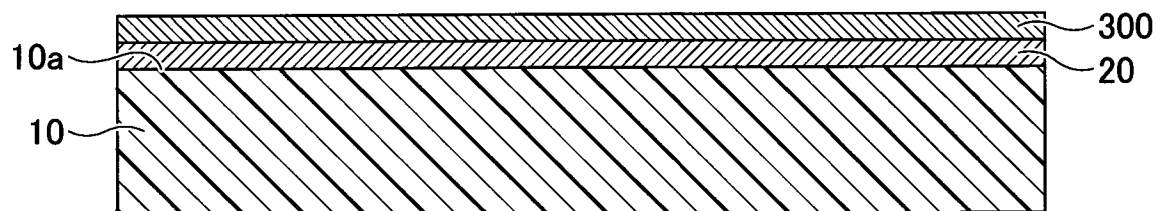
[図5]



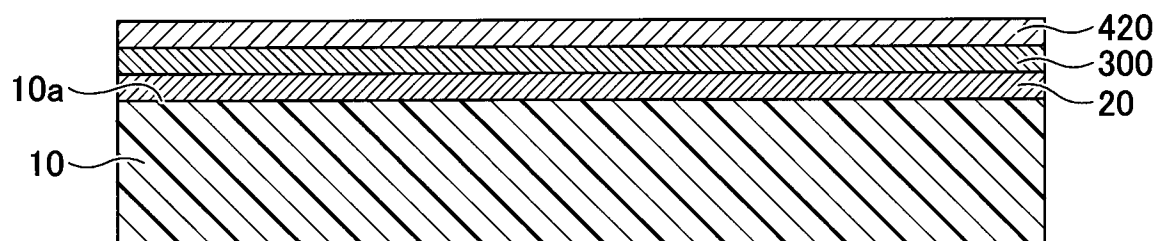
[図6]



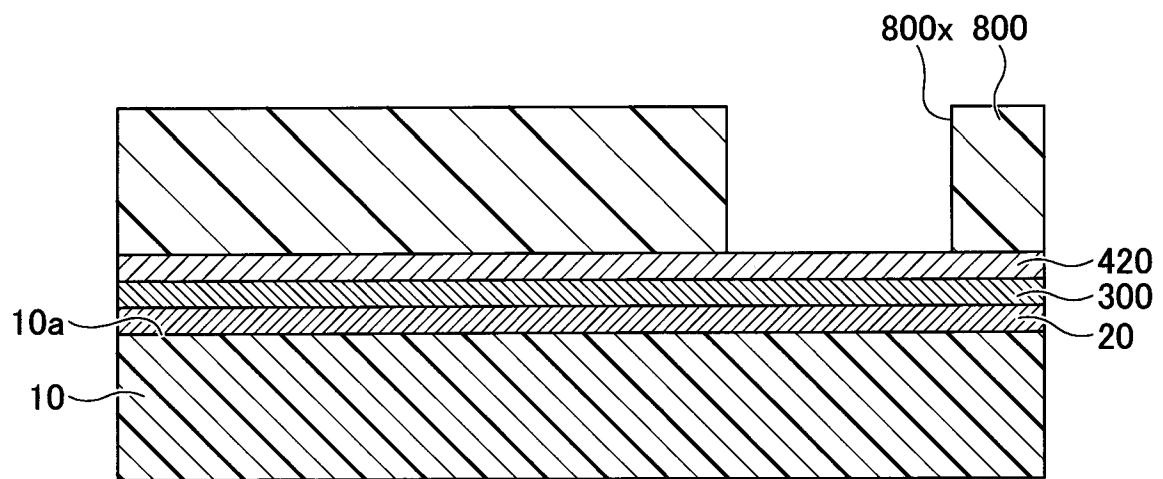
[図7A]



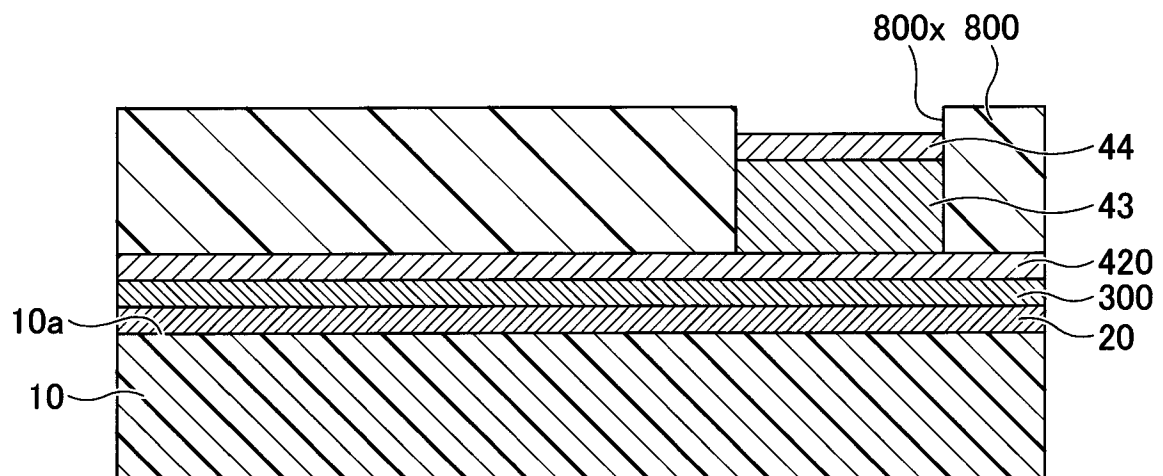
[図7B]



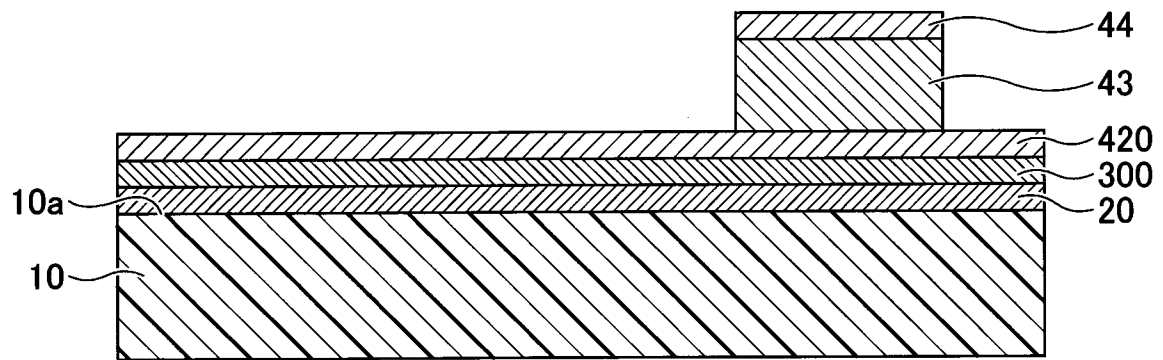
[図7C]



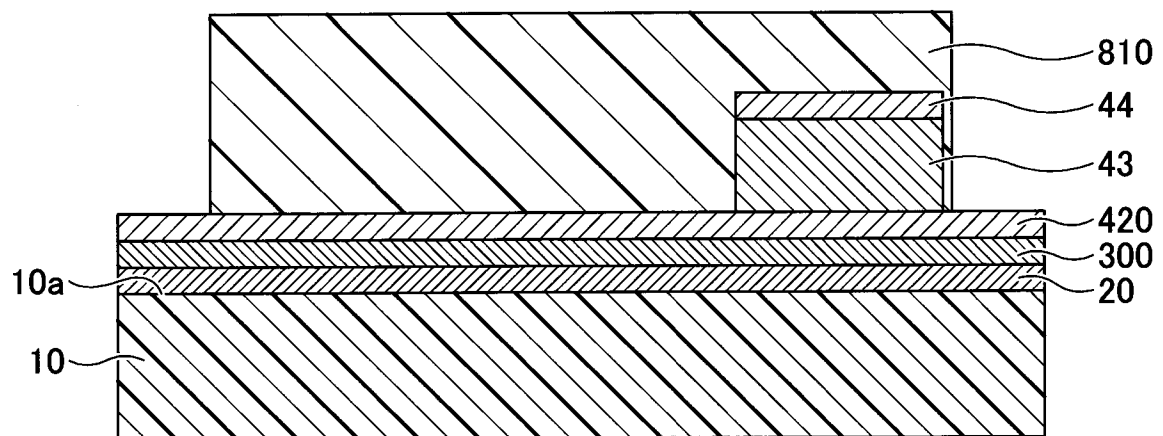
[図7D]



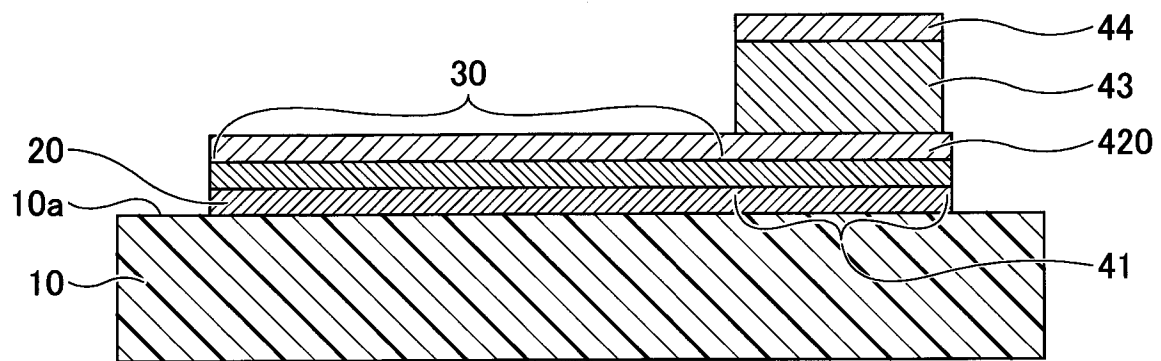
[図8A]



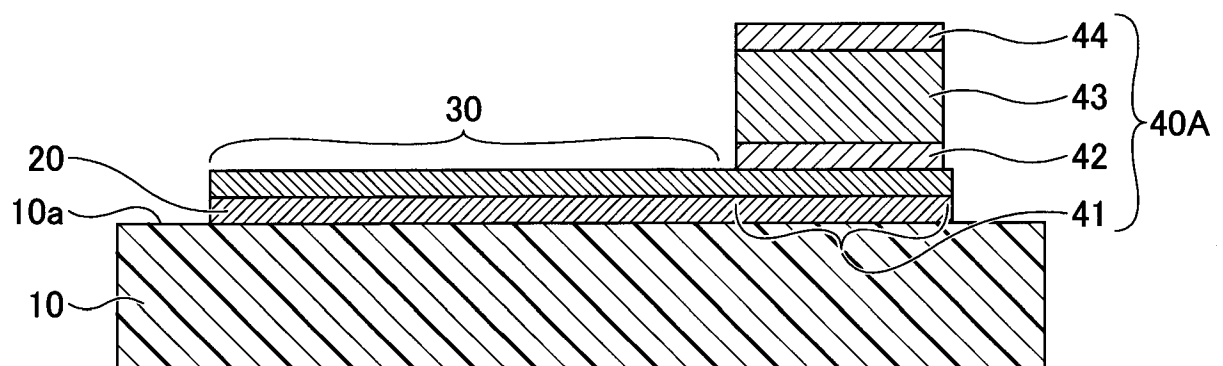
[図8B]



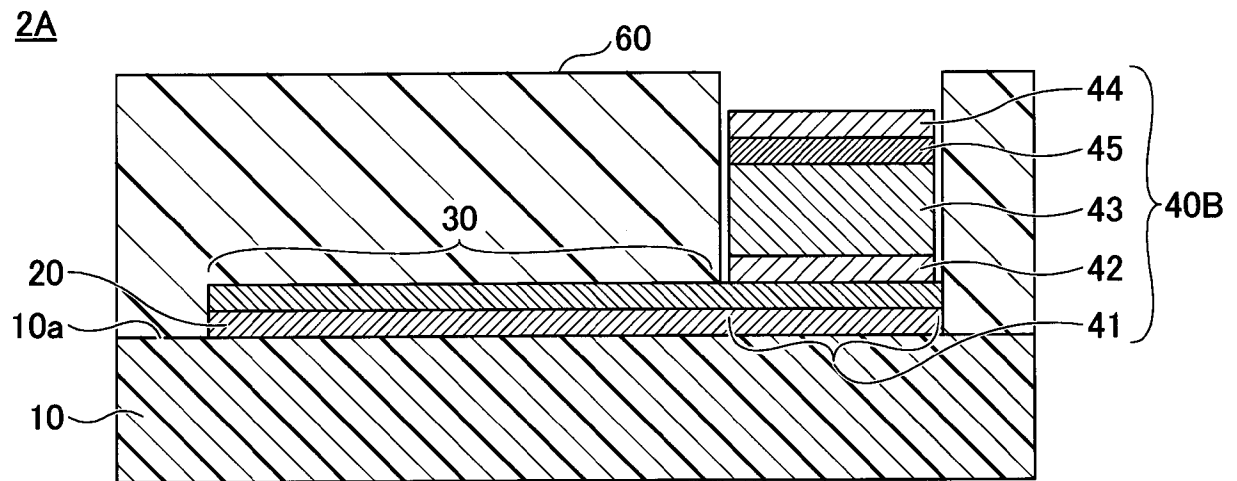
[図8C]



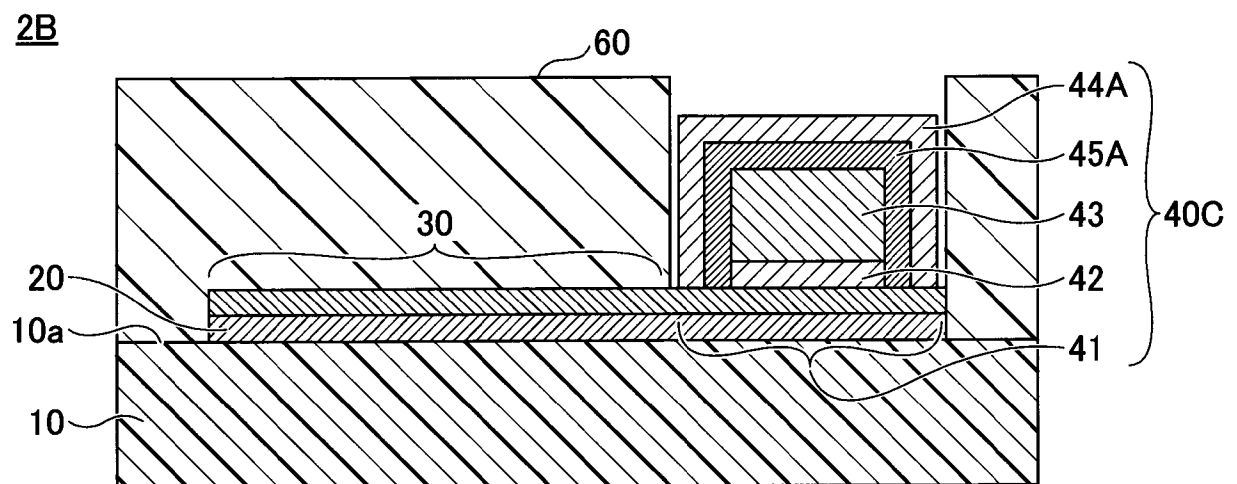
[図8D]



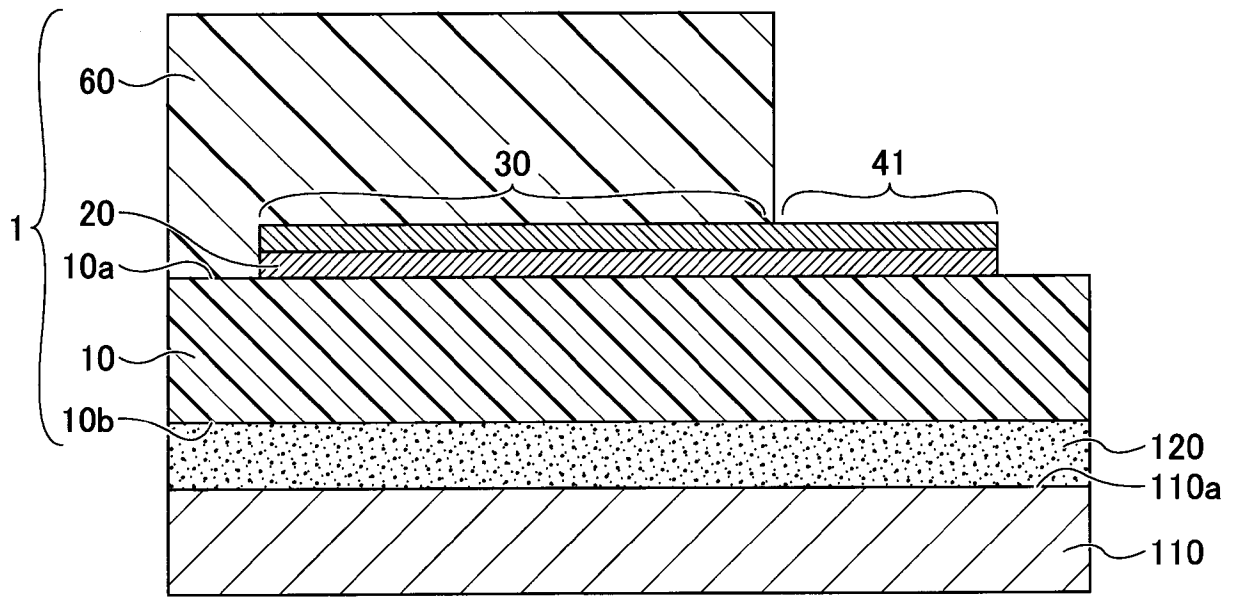
[図9]



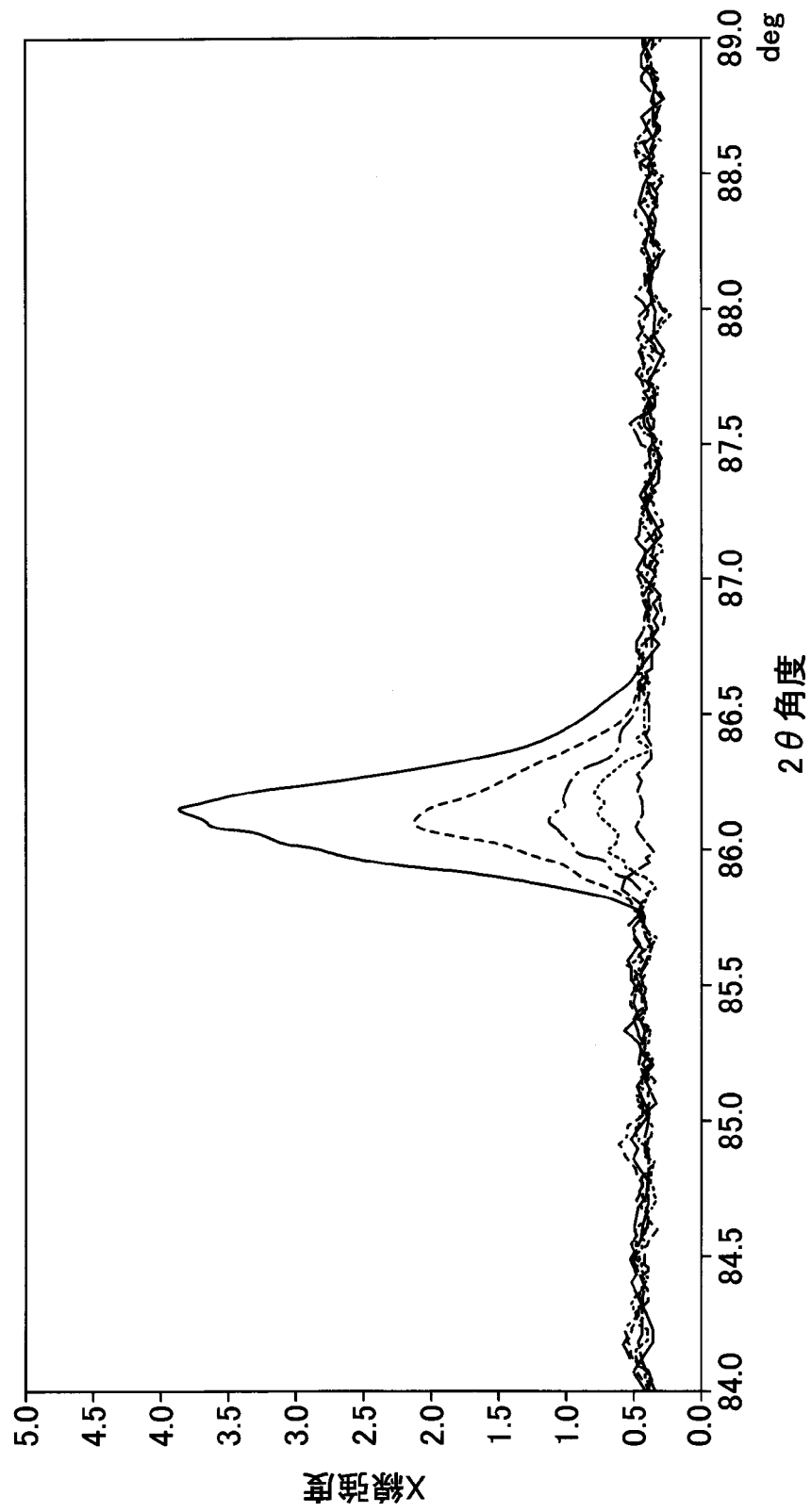
[図10]



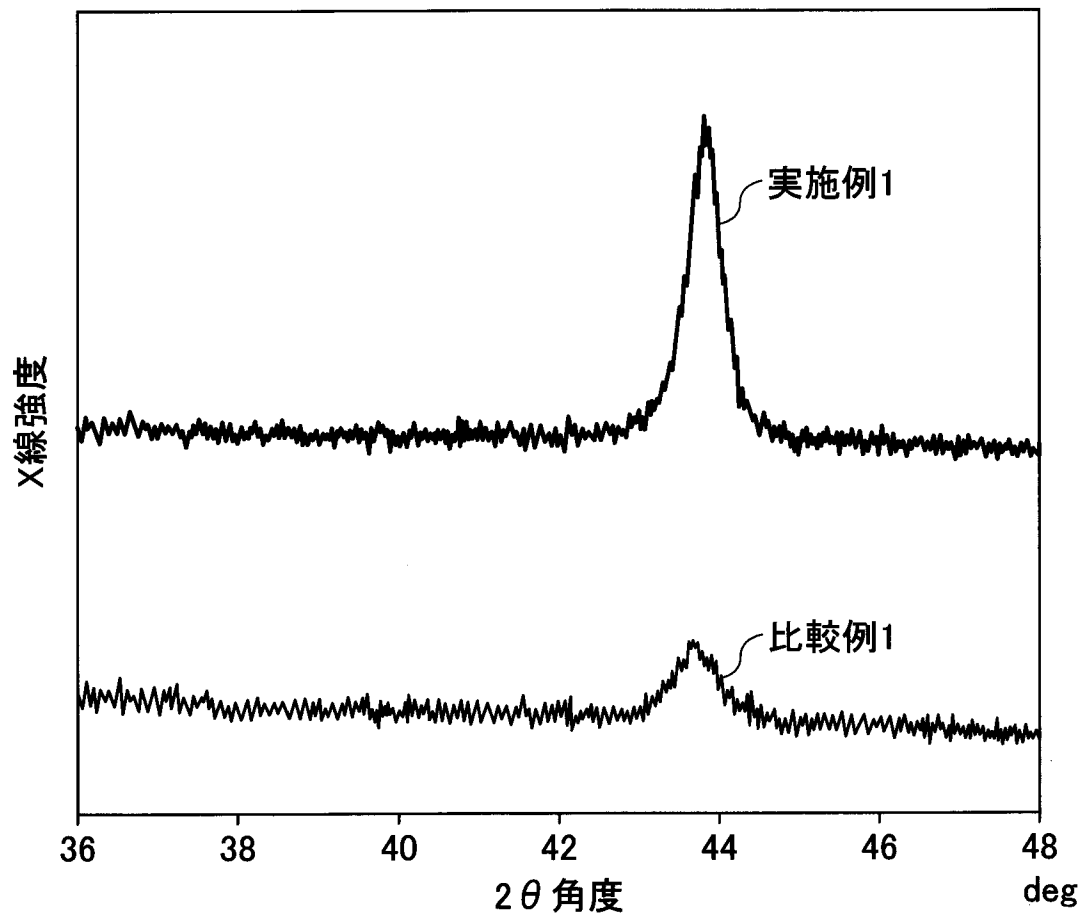
[図11]

5

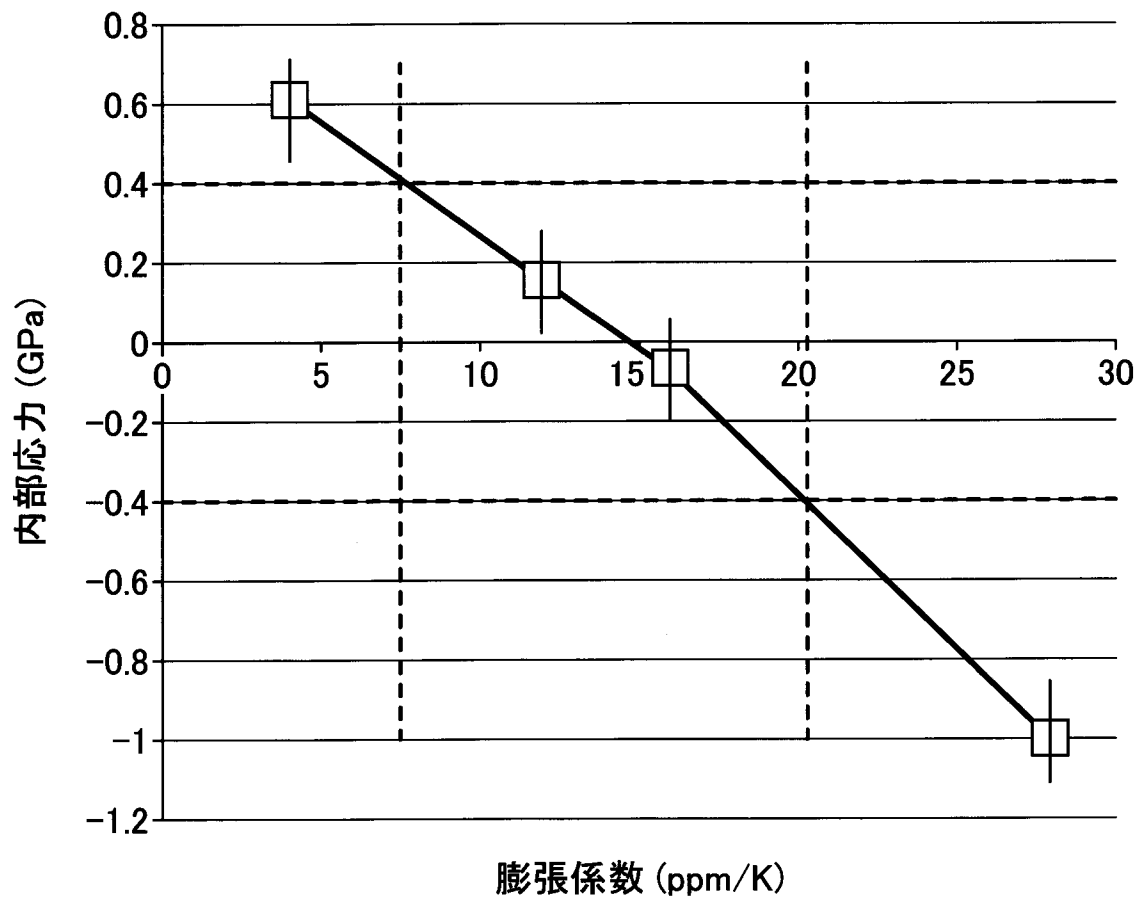
[図12]



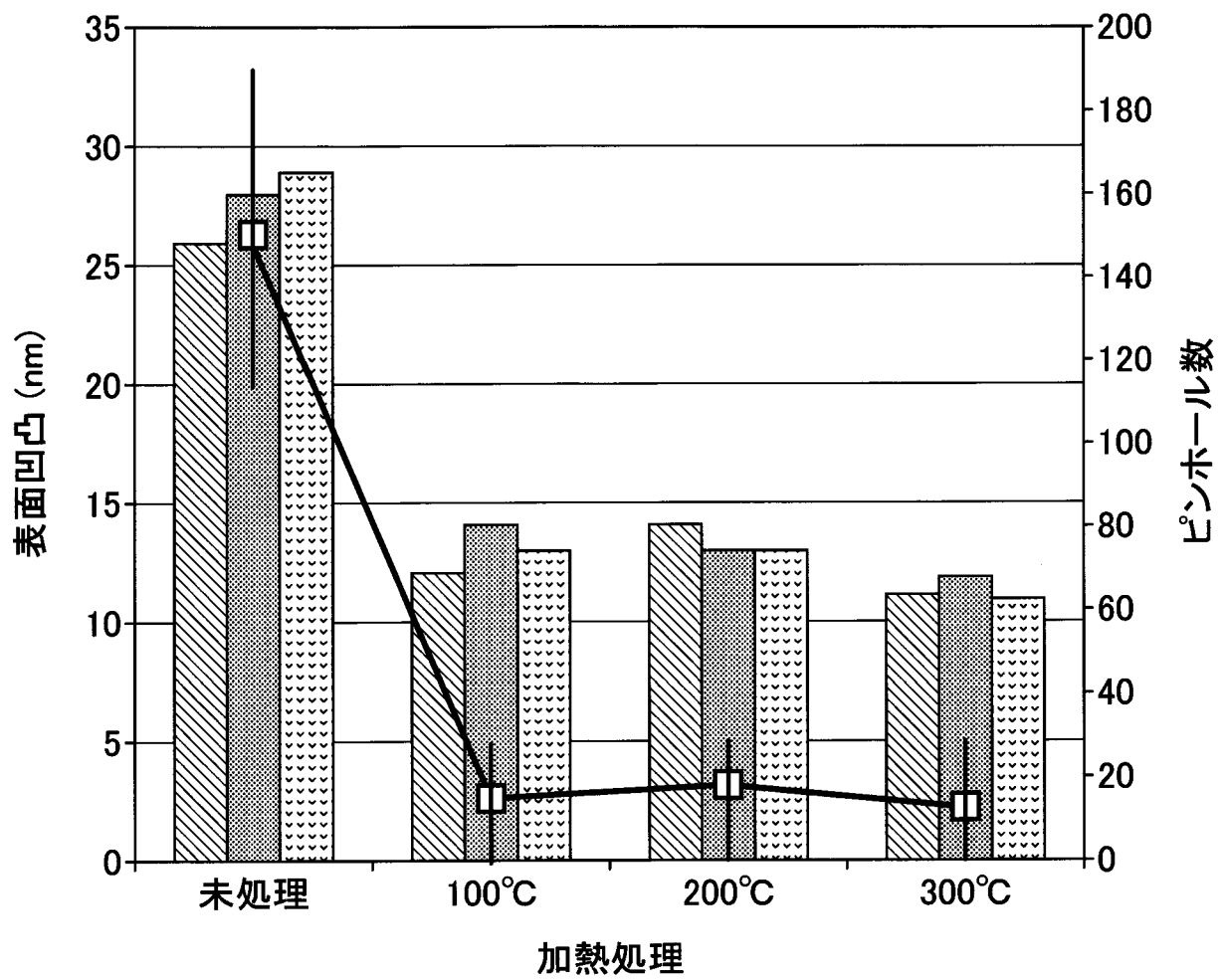
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/046854

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01B7/16 (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)

Int.Cl. G01B7/16

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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 6-300649 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 28 October 1994, paragraphs [0014]-[0064], fig. 1 (Family: none)	1-15
Y	JP 5-80070 A (AISIN SEIKI CO., LTD.) 30 March 1993, paragraphs [0007]-[0018], fig. 2 (Family: none)	1-15
Y	JP 2013-217763 A (HONDA MOTOR CO., LTD.) 24 October 2013, paragraph [0032], fig. 2-3 (Family: none)	1-15



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 January 2019 (25.01.2019)Date of mailing of the international search report
12 February 2019 (12.02.2019)Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/046854

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 2016-136605 A (TOYOTA CENTRAL R&D LABS., INC.) 28 July 2016, paragraph [0031] (Family: none)	4-15
Y	JP 2007-173544 A (TOSHIBA CORP.) 05 July 2007, paragraph [0029] (Family: none)	4-15
Y	JP 9-16941 A (HOYA CORP.) 17 January 1997, paragraph [0020] (Family: none)	4-15
Y	JP 8-102163 A (FUJITSU LTD.) 16 April 1996, paragraph [0051], fig. 21 & US 5914168 A1, column 10, lines 45-52, fig. 21	4-15
Y	JP 2015-31633 A (RESEARCH INSTITUTE FOR ELECTROMAGNETIC MATERIALS) 16 February 2015, paragraphs [0017], [0027]-[0042] (Family: none)	4-15
Y	JP 61-176803 A (HITACHI, LTD.) 08 August 1986, page 5, upper right column, line 3 to bottom line, page 8, upper left column, line 13 to page 14, upper right column, bottom line, fig. 1-6 (Family: none)	5-15
Y	JP 4-38402 A (KYOWA ELECTRONIC INSTRUMENTS CO., LTD.) 07 February 1992, page 1, lower right column, line 5 to page 5, upper right column, line 15, fig. 1-3 (Family: none)	5-15
Y	JP 2002-221453 A (JAPAN ELECTRONICS INDUSTRY CO., LTD.) 09 August 2002, paragraphs [0026]-[0034], fig. 3-4 (Family: none)	6-15
Y	JP 4-95738 A (TERAOKASEIKO CO., LTD.) 27 March 1992, page 3, upper right column, lines 4-10, page 5, upper left column, line 1 to lower left column, line 3, fig. 1-6 (Family: none)	6-15
Y	JP 63-245962 A (KANEGAFUCHI CHEM IND CO., LTD.) 13 October 1988, page 3, upper right column, line 8 to lower left column, line 14, fig. 1 (Family: none)	6-15
Y	桜内 雄二郎, 工業材料活用ハンドブック, 25 January 1989, pp. 114-149, 166-169, 174-175, 226-235, non- official translation (SAKURAUCHI, Yujiro, "Handbook for utilizing industrial materials")	8-15
A	US 2005/0188769 A1 (MOELKNER et al.) 01 September 2005, entire text, all drawings & DE 102004050983 A	1-15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01B7/16(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（IPC））

Int.Cl. G01B7/16

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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 請求項の番号
Y	JP 6-300649 A（住友電気工業株式会社）1994. 10. 28, [0014] - [0064]、図1（ファミリーなし）	1-15
Y	JP 5-80070 A（アイシン精機株式会社）1993. 03. 30, [0007] - [0018]、図2（ファミリーなし）	1-15
Y	JP 2013-217763 A（本田技研工業株式会社）2013. 10. 24, [0032]、図2-3（ファミリーなし）	3-15

☒ 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

28. 01. 2019

国際調査報告の発送日

12. 02. 2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

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）

眞岩 久恵

2 S

4 0 6 7

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

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 請求項の番号
Y	JP 2016-136605 A (株式会社豊田中央研究所) 2016. 07. 28, [0031] (ファミリーなし)	4-15
Y	JP 2007-173544 A (株式会社東芝) 2007. 07. 05, [0029] (ファミリーなし)	4-15
Y	JP 9-16941 A (ホーヤ株式会社) 1997. 01. 17, [0020] (ファミリーなし)	4-15
Y	JP 8-102163 A (富士通株式会社) 1996. 04. 16, [0051]、図21 & US 5914168 A1, 第10欄第45-52行、 図21	4-15
Y	JP 2015-31633 A (公益財団法人電磁材料研究所) 2015. 02. 16, [0017]、[0027] - [0042] (ファミリーなし)	4-15
Y	JP 61-176803 A (株式会社日立製作所) 1986. 08. 08, 第5頁右上欄第3-末行、第8頁左上欄第13行-第14頁右上欄末 行、第1-6図 (ファミリーなし)	5-15
Y	JP 4-38402 A (株式会社共和電業) 1992. 02. 07, 第1頁右下欄第5行-第5頁右上欄第15行、第1-3図 (ファミ リーなし)	5-15
Y	JP 2002-221453 A (日本電子工業株式会社) 2002. 08. 09, [0026] - [0034]、図3-4 (ファミリーなし)	6-15
Y	JP 4-95738 A (株式会社寺岡精工) 1992. 03. 27, 第3頁右上欄第4-10行、第5頁左上欄第1行-左下欄第3行、 第1-6図 (ファミリーなし)	6-15
Y	JP 63-245962 A (鐘淵化学工業株式会社) 1988. 10. 13, 第3頁右上欄第8行-左下欄第14行、第1図 (ファミリーなし)	6-15
Y	桜内 雄二郎, 工業材料活用ハンドブック, 1989. 01. 25, pp. 114-149, 166-169, 174-175, 226-235	8-15
A	US 2005/0188769 A1 (MOELKNER et al.) 2005. 09. 01, 全文、全図 & DE 102004050983 A	1-15