

(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
2024年8月22日(22.08.2024)



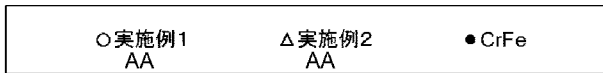
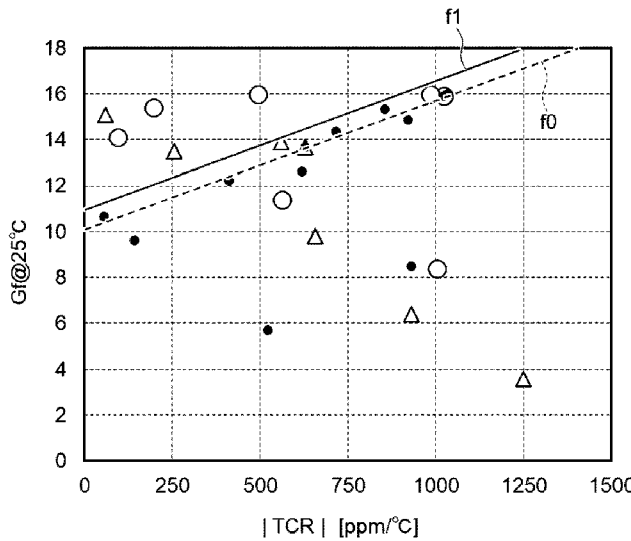
(10) 国際公開番号

WO 2024/171663 A1

- (51) 国際特許分類:
G01B 7/16 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/000414
- (22) 国際出願日: 2024年1月11日(11.01.2024)
- (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 2023-022826 2023年2月16日(16.02.2023) JP
- (71) 出願人: アルプスアルパイン株式会社 (ALPS ALPINE CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 井出 洋介 (IDE, Yosuke); 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプスアルパイン株式会社内 Tokyo (JP). 世良 正一 (SERA, Masakazu); 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプスアルパイン株式会社内 Tokyo (JP). 矢野 晃慈 (YANO, Mitsuji); 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプスアルパイン株式会社内 Tokyo (JP). 篠崎 浩子 (SHINOZAKI, Hiroko); 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプスアルパイン株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 大窪 克之 (OKUBO, Katsuyuki); 〒1010051 東京都千代田区神田神保町一丁目12神保町一丁目ビル9階 Tokyo (JP).

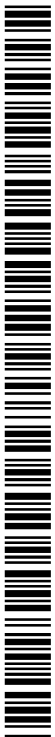
(54) Title: STRAIN RESISTOR ALLOY, STRAIN GAUGE, AND SENSOR

(54) 発明の名称: 歪抵抗体用合金、歪ゲージ、およびセンサ



AA ... Example

(57) Abstract: A strain gauge according to one aspect of the present invention has a high gauge factor Gf and is hardly affected by temperature changes, and said strain gauge comprises a film-shaped strain resistor and has an alloy composition including a composition constituted by $Cr_{100-x-y}Fe_xM_y$. Element M is one or more elements selected from the group consisting of Nb, Mo, Ta, and W. x, which is the Fe addition rate, may preferably be 0.8 atomic% to 11.2 atomic%, inclusive. y, which is the M addition rate, may preferably be 0 atomic% to 7.7 atomic%,



WO 2024/171663 A1

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

inclusive.

(57) 要約: ゲージ率 G_f が高く温度変化の影響を受けにくい本発明の一態様に係る歪ゲージは、 $C_{r_{100-x-y}}Fe_xM_y$ からなる組成を有する合金組成を有し膜状の歪抵抗体を備える歪ゲージであって、元素 M は、 Nb 、 Mo 、 Ta 、および W からなる群から選ばれる1種また2種以上であり、 Fe 添加率である x は 0.8 原子%以上 11.2 原子%以下であることが好ましい場合があり、 M 添加率である y は 0 原子%超 7.7 原子%以下であることが好ましい場合がある。

明 細 書

発明の名称：歪抵抗体用合金、歪ゲージ、およびセンサ

技術分野

[0001] 本発明は、歪抵抗体用合金、歪ゲージ、およびセンサに関する。

背景技術

[0002] 測定対象物（起歪体）に貼付して、測定対象物の歪みを検出する歪ゲージが知られている。歪ゲージの構成材料として、外力を受けて形状変化することによって抵抗が変化する歪抵抗体が例示され、具体的には、Ni、Cr、Cuなどを含有する金属系材料が用いられる。歪抵抗体は、例えば基材に膜状に形成され、フォトリソグラフィ技術およびエッチング技術などによって、ミアンダパターンなど所望のパターンに形成される。

[0003] 歪抵抗体は抵抗温度係数の絶対値が大きい場合が多いため、例えば特許文献1には、歪ゲージ用抵抗体の一例として、ゲージ率が10以上であり、その抵抗温度係数は、 ± 100 [ppm/°C]以下である歪ゲージ用薄膜抵抗体として、クロム（Cr）と酸素（O）と窒素（N）を含んでおり、一般式 $Cr_{100-x-y}O_xN_y$ で表され、組成比 x 、 y は、原子%において、 $3.0 \leq x \leq 15.0$ の関係と、 $1.0 \leq y \leq 10.0$ の関係を満たしており、前記クロムが（110）配向のbcc構造を有している薄膜抵抗体が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2019-204874号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献1に記載される薄膜抵抗体は、その製造工程に含まれる熱処理を最適化することによりクロムの配向性を整え、これにより抵抗温度係数TCRを低下させている。これはすなわち、特許文献1に記載される薄膜抵抗体は、抵抗温度係数TCRが製造工程のばらつきの影響を受けやすいことを意

味している。このため、特許文献1に開示される方法では、ゲージ率G fが高く温度変化の影響を受けにくい歪抵抗体を安定的に作ることは容易ではなかった。

[0006] 本発明は、かかる事情を背景として、特許文献1とは異なるアプローチで、ゲージ率G fが高く温度変化の影響を受けにくい歪ゲージを提供すること、また、酸素や窒素などの反応性ガス成分を製造過程で必要とせず、それゆえ汎用スパッタリング装置等を用いて、歪ゲージが備える歪抵抗体を容易に形成できるようにすることを目的とする。また、かかる歪ゲージが備える歪抵抗体を与える歪抵抗体用合金、およびかかる歪ゲージを備えるセンサを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 上記の課題を解決するための本発明の一態様に係る歪抵抗体用合金は、 $Cr_{100-x-y}Fe_xM_y$ からなる組成を有する歪抵抗体用合金であって、Mは、Nb、Mo、Ta、およびWからなる群から選ばれる1種または2種以上の元素（以下、「元素M」ともいう。）である。

[0008] Cr-Fe合金は、ゲージ率G fが10以上かつ抵抗温度係数TCRが負となる歪抵抗体を与えることが可能である。一方、Cr-M合金は、ゲージ率G fが10以上かつ抵抗温度係数TCRが正となる歪抵抗体を与えることが可能である。そこで、これらの合金である $Cr_{100-x-y}Fe_xM_y$ からなる組成を有する歪抵抗体用合金からなる歪抵抗体は、ゲージ率G fが10以上であること、かつ抵抗温度係数TCRが $\pm 1000 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ の範囲となることを容易に達成することができる。

[0009] しかも、合金組成によりゲージ率G fおよび抵抗温度係数TCRを制御することができるため、特許文献1に開示されるようなCrに酸素(O)および窒素(N)を含有させる場合に比べて、結晶構造の精密な制御が必要とされない。したがって、上記の歪抵抗体用合金を用いることにより、ゲージ率G fが高く温度の影響を受けにくい歪抵抗体を、製造負荷を高めることなく、それゆえ、高品質で、得ることが可能である。

[0010] 上記の歪抵抗体用合金において、Feの添加量であるxは0.8原子%以上11.2原子%以下であることが好ましい場合がある。また、元素Mの添加量であるyは0原子%超7.7原子%以下であることが好ましい場合がある。これらの条件を満たすことにより、高品質で、ゲージ率Gfが高く温度の影響を受けにくい歪抵抗体を得ることがより安定的に実現されうる。

[0011] 本発明の他の一態様は、上記の歪抵抗体用合金の合金組成を有し膜状の歪抵抗体を備える歪ゲージである。膜状の歪抵抗体は、スパッタリングなどの成膜プロセスで形成される薄膜からなるものであってもよいし、圧延などの機械加工によって形成される箔からなるものであってもよい。すなわち、「膜状」の概念は、薄膜形状および箔形状を含む。この歪ゲージは、高いゲージ率Gfを安定的に実現する観点から、前記歪抵抗体はbcc構造を有していることが好ましい。

[0012] 上記の歪ゲージは、ゲージ率Gfと、抵抗温度係数TCR（単位：ppm/°C）の絶対値|TCR|とが、下記式（1）または下記式（2）を満たすことが可能であることが好ましい。

$$Gf > 0.0056 \times |TCR| + 10.21 \quad (1)$$

$$Gf \geq 0.0056 \times |TCR| + 11 \quad (2)$$

[0013] 本発明は、別の一態様として、基材と、前記基材に設けられる上記の歪ゲージと、を備え、前記歪ゲージを検知手段とする、センサを提供する。

発明の効果

[0014] 本発明によれば、ゲージ率Gfが高く温度変化の影響を受けにくい歪ゲージが提供される。また、かかる歪ゲージが備える歪抵抗体を与える歪抵抗体用合金、かかる歪ゲージを備えるセンサが、本発明により提供される。かかる歪ゲージが備える歪抵抗体は、汎用スパッタリング装置などを用いることにより容易に製造することが可能である。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]本発明の一実施形態に係る歪みセンサの一例を示す図である。

[図2]図1のA-A線での断面を示す概念図である。

[図3] Cr-X合金からなる歪抵抗体を備える歪ゲージのゲージ率GfとX元素の添加量との関係を示すグラフである。

[図4] Cr-X合金からなる歪ゲージの抵抗温度係数TCRとX元素の添加量との関係を示すグラフである。

[図5] Cr-X合金からなる歪抵抗体を備える歪ゲージのゲージ率Gfと抵抗温度係数TCRとの関係を示すグラフである。

[図6] 図5について、横軸を抵抗温度係数TCRの絶対値に変更したグラフである。

[図7] 実施例1および実施例2の結果(Cr-Fe-Ta合金の組成変更の影響)を示す、ゲージ率GfのTa添加量依存性グラフである。

[図8] 実施例1および実施例2の結果(Cr-Fe-Ta合金の組成変更の影響)を示す、抵抗温度係数TCRのTa添加量依存性グラフである。

[図9] 実施例3の結果(膜厚変化)を示す、ゲージ率Gfの抵抗温度係数TCR依存性グラフである。

[図10] 実施例4から実施例6の結果(Mの種類)を示す、ゲージ率GfのTa添加量依存性グラフである。

[図11] 実施例4から実施例6の結果(Mの種類)を示す、抵抗温度係数TCRのTa添加量依存性グラフである。

[図12] 実施例1および実施例2の結果(Cr-Fe-Ta合金の組成変更の影響)を示す、ゲージ率Gfの抵抗温度係数TCRの絶対値依存性グラフである。

[図13] 実施例4から実施例6の結果(Mの種類)を示す、ゲージ率Gfの抵抗温度係数TCRの絶対値依存性グラフである。

発明を実施するための最良の形態

[0016] 以下、図面を参照しつつ本発明の実施形態について説明する。なお、以下の説明では、同一の部材には同一の符号を付し、一度説明した部材については適宜その説明を省略する。

[0017] 図1は、本発明の一実施形態に係る歪みセンサの一例を示す図である。図

1に示されるように、本実施形態に係るセンサ100は、ミアンダ形状のパターンを有する歪ゲージ10と、歪ゲージ10に通電するための電極20とを有する。歪ゲージ10および電極20は、いずれも基材30に形成されている。歪ゲージ10は検知手段として機能する。センサ100は、歪ゲージ10からの信号に基づき、歪ゲージ10の歪そのものを計測する歪センサであってもよいし、センサ100が取り付けられた部材（起歪体）の変形の程度を測定する変形・変位センサであってもよいし、起歪体の変形の程度に基づき他の物理量（圧力、速度、加速度など）を測定するセンサであってもよい。電極20の構成材料の限定されない例として、Cu、Au、およびこれらを含む合金が挙げられる。電極20は、歪ゲージ10の一方の端部に接続される第1電極201と、他方の端部に接続される第2電極202とを備え、第1電極201および第2電極202のそれぞれには、はんだ接着強度を高める目的でめっき層21が設けられている。

[0018] 図2は、図1のA-A線での断面を示す概念図である。図2に示されるように、歪ゲージ10は、膜状の歪抵抗体12と、歪抵抗体12に接する部分を有して設けられた保護層13と、を含む積層体11を備え、積層体11がミアンダパターンを形成している。保護層13は必要に応じ設けられるものであって必須とされず、例えばTaによって構成されてもよい。

[0019] 歪抵抗体12は、外力を受けて電流の流れる方向に長さが変化すると、抵抗値が変化する性質を有する。この性質は、下記式(A)に示されるゲージ率Gfにより定量評価することができる。

$$Gf = (\Delta R / R) / (\Delta L / L) \quad (A)$$

[0020] ここで、Lは、歪ゲージ10における外力が付与されていない状態（無負荷時）の電流の流れる方向の長さ（電流方向長さ）であり、 ΔL は、歪ゲージ10に外力が付与された状態（負荷時）における無負荷時に対する歪ゲージ10の電流方向長さの変化量であり、Rは、歪ゲージ10における無負荷時の抵抗値であり、 ΔR は、負荷時の無負荷時に対する歪ゲージ10の抵抗値の変化量である。

[0021] 本実施形態において、歪抵抗体12は、 $Cr_{100-x-y}Fe_xM_y$ からなる組成を有する、歪抵抗体用合金としての $Cr-Fe-M$ 合金からなる。このMは、Nb、Mo、Ta、およびWからなる元素から群から選ばれる1種または2種以上の元素（元素M）である。歪抵抗体12の結晶構造は、歪抵抗体12のゲージ率Gfを高める観点から、bcc構造であることが好ましい。歪抵抗体12の比抵抗の限定されない例示をすれば、 $100\mu\Omega\text{cm}$ 以下である。

[0022] 表1は、 $Cr-X$ 合金（元素Xは、Fe、Ta、Nb、Mo、Wのいずれか、以下同じ。）からなる歪抵抗体12を備える歪ゲージ10について、元素Xの添加量を変化させながら、ゲージ率Gf（測定温度は 25°C 、以下同じ。）および抵抗温度係数TCRを測定した結果を示す表である。図3は、表1の結果から作成した、 $Cr-X$ 合金からなる歪抵抗体12を備える歪ゲージ10のゲージ率Gfと元素Xの添加量との関係を示すグラフである。図4は、表1の結果から作成した、 $Cr-X$ 合金からなる歪抵抗体12を備える歪ゲージ10の抵抗温度係数TCRと元素Xの添加量との関係を示すグラフである。

[0023]

[表1]

CrFe			CrTa			CrNb			CrMo			CrW		
Fe添加量 [at.%]	Gf	TCR [ppm/°C]	Ta添加量 [at.%]	Gf	TCR [ppm/°C]	Nb添加量 [at.%]	Gf	TCR [ppm/°C]	Mo添加量 [at.%]	Gf	TCR [ppm/°C]	W添加量 [at.%]	Gf	TCR [ppm/°C]
0.0	8.5	930	0.0	8.5	930	0.0	8.5	930	0.0	8.5	930	0.0	8.5	930
1.2	10.7	-54	0.5	10.4	957	1.1	11.3	1032	1.2	9.4	983	1.2	9.8	976
2.2	12.2	-412	1.0	12.2	994	2.0	12.1	1115	3.3	11.3	1087	4.1	12.3	1020
3.1	13.7	-629	1.6	13.5	1021	3.1	11.1	1329	4.8	12.7	1331	6.2	13.4	1132
3.5	14.3	-714	1.8	13.6	1034	4.1	8.7	1515	6.5	13.8	1463	7.7	13.8	1489
4.1	15.3	-854	2.1	13.5	1085	5.1	7.2	1568	8.2	13.2	1519	9.1	13.1	1743
5.3	15.9	-1021	2.6	12.6	1208	10.4	4.3	1592	11.4	11.4	1543	12.5	9.7	1956
5.9	16.0	-1034	3.1	11.3	1305	15.5	3.3	1613	13.5	10.4	1561	14.7	6.3	2045
7.6	14.9	-921	3.9	8.9	1432				15.3	9.4	1572			
9.3	12.6	-618	4.4	8.2	1487									
11.6	9.6	-143	8.6	5.8	1651									
14.4	5.7	521	11.2	4.5	1697									
			12.3	4.0	1710									

[0024] 図3および図4に示されるように、Cr-Fe合金は、ゲージ率Gfが1

0以上かつ抵抗温度係数TCRが負となる歪ゲージ10を与えることが可能である。一方、Cr-Fe合金以外のCr-X合金は、ゲージ率Gfが10以上かつ抵抗温度係数TCRが正となる歪ゲージ10を与えることが可能である。そこで、これらの合金である $Cr_{100-x-y}Fe_xM_y$ からなる組成を有する歪抵抗体用合金からなる歪抵抗体12を備える歪ゲージ10は、ゲージ率Gfが10以上であること、かつ抵抗温度係数TCRが $\pm 1000\text{ ppm}/^\circ\text{C}$ の範囲となることを容易に達成することができる。

[0025] しかも、歪抵抗体12の合金組成により歪ゲージ10のゲージ率Gfおよび抵抗温度係数TCRを制御することができるため、特許文献1に開示されるようなCrに酸素(O)および窒素(N)を含有させる場合に比べて、結晶構造の精密な制御が必要とされない。それゆえ、上記の歪抵抗体用合金を用いることにより、製造負荷を高めることなく、それゆえ、高品質で、ゲージ率Gfが高く、温度の影響を受けにくい歪ゲージ10を得ることが可能である。

[0026] 上記の歪抵抗体用合金において、Feの添加量であるxは0.8原子%以上11.2原子%以下であることが好ましい場合がある。図3に示されるように、Cr-Fe合金においてFe添加量xが0.8原子%以上11.2原子%以下である場合には、歪ゲージ10のゲージ率Gfが10以上となるから、Fe添加量xをこの範囲に設定することで、Cr-Fe-M合金からなる歪抵抗体12を備える歪ゲージ10においても、ゲージ率Gfが高く温度変化の影響を受けにくくすることが容易となる。ゲージ率Gfが高く温度変化の影響を受けにくい歪ゲージ10を得ることをより安定的に実現する観点から、Fe添加量xは1.2原子%以上9.3原子%以下であることが好ましい場合があり、Fe添加量xは3.1原子%以上7.6原子%以下であることがより好ましい場合がある。

[0027] また、元素Mの添加量(M添加量)であるyは0原子%超7.7原子%以下であることが好ましい場合がある。図3に示されるように、M添加量yが上記の範囲の場合には、元素Mを構成する元素のいずれかについてはゲージ

率 G_f が上昇傾向にあり、かつ抵抗温度係数 TCR は正の値を取るため、ゲージ率 G_f が高く温度変化の影響を受けにくい歪抵抗体 12 を得ることが容易となる。ゲージ率 G_f が高く温度変化の影響を受けにくい歪抵抗体 12 を得ることをより安定的に実現する観点から、元素 M が Ta からなる場合には、 M 添加量 y は 0.5 原子%以上 3.5 原子%以下であることが好ましいことがあり、1.1 原子%以上 3.1 原子%以下がより好ましいことがあり、1.1 原子%以上 2.1 原子%以下が特に好ましいことがある。

[0028] 同様の観点から、元素 M が Nb からなる場合には、 M 添加量 y は 0.5 原子%以上 3.5 原子%以下であることが好ましいことがあり、0.5 原子%以上 3.1 原子%以下がより好ましいことがあり、1.1 原子%以上 2.0 原子%以下が特に好ましいことがある。

[0029] また、同様の観点から、元素 M が Mo からなる場合には、 M 添加量 y は 2 原子%以上 14 原子%以下であることが好ましいことがあり、3.3 原子%以上 13.5 原子%以下がより好ましいことがあり、3.3 原子%以上 6.5 原子%以下が特に好ましいことがある。

[0030] さらに、同様の観点から、元素 M が W からなる場合には、 M 添加量 y は 1 原子%以上 12 原子%以下であることが好ましいことがあり、1.2 原子%以上 9.1 原子%以下がより好ましいことがあり、4.1 原子%以上 7.7 原子%以下が特に好ましいことがある。

[0031] なお、 Fe 添加量 x および M 添加量 y のいずれについても、過度に多い場合には、ゲージ率 G_f が低下する傾向が見られる。ゲージ率 G_f は Cr 基材料の T_n (ネール温度) に密接に関係していることが知られており、 Fe 、または M 添加量が過度に多い場合には T_n が適正な温度範囲から逸脱することがゲージ率 G_f の低下に起因していると考えられる。したがって、 Fe 添加量と M 添加量との総和 $x + y$ は、元素 M の構成元素の種類にも依存するが、1.1 原子%以下であることが好ましい場合があり、1.0 原子%以下であることがより好ましい場合があり、6 原子%以下であることが特に好ましい場合がある。

[0032] また、Fe添加量 x とM添加量 y との総和 $(x+y)$ に対するM添加量 y の割合 $(y/(x+y))$ 、単位：%)は、元素Mを構成する元素の種類にも依存するが、55%以下であることが好ましい場合があり、50%以下であることがより好ましい場合があり、40%以下であることが特に好ましい場合がある。

[0033] 図5は、Cr-X合金のゲージ率 G_f と抵抗温度係数TCRとの関係を示すグラフである。図6は、図5について、横軸を抵抗温度係数TCR（単位：ppm/°C）の絶対値に変更したグラフである。図5に示されるように、Cr合金の添加元素として、Feは元素Mとは挙動が大きく異なる元素であって、特に抵抗温度係数TCRの変化が元素Mとは顕著に相違している。Cr-Fe合金の特性についてより正確に確認するために、図6に示されるように横軸を抵抗温度係数TCRの絶対値に変更すると、Cr-Fe合金におけるゲージ率 G_f と抵抗温度係数TCRの絶対値とは、概ね下記式(a)を満たす。

$$G_f \leq 0.0056 \times |TCR| + 10.21 \quad (a)$$

[0034] 図6において破線で示した式f0は、上記式(a)が等号の場合を示しており、表1におけるFe添加量 x が1.2原子%~5.9原子%の結果を用いて線形近似して得られた数式である。Cr-Fe合金は、式f0よりもグラフ中左上の領域、すなわち、ゲージ率 G_f が高くて抵抗温度係数TCRの絶対値が低い領域に達することができていない。

[0035] これに対し、本実施形態に係るCr-Fe-M合金は、Cr-Fe合金では達成できない領域に達成すること、すなわち、下記式(1)を満たすことが可能である。

$$G_f > 0.0056 \times |TCR| + 10.21 \quad (1)$$

[0036] 後述する実施例に示すように、本実施形態に係るCr-Fe-M合金は、好ましい一例において、図6において実線で示された式f1を境界線とする左上の領域に至ることも可能である。すなわち、本実施形態に係るCr-Fe-M合金は、好ましい一例において、下記式(2)を満たすことが可能で

ある。

$$Gf \geq 0.0056 \times |TCR| + 11 \quad (2)$$

[0037] 本実施形態に係る歪ゲージ10の歪抵抗体12の厚さは限定されない。後述する実施例において示すように、歪抵抗体12の厚さは、ゲージ率Gfおよび抵抗温度係数TCRに対して正の相関を有する場合がある。その場合には、求めるゲージ率Gfや抵抗温度係数TCRに合わせて、歪抵抗体12の厚さを変更すればよい。すなわち、歪抵抗体12の厚さを歪抵抗体12の特性の調整因子として位置づけることができる。歪抵抗体12の厚さは、製造方法を適切に設定することにより、数十nmの薄膜から数十μmの箔の範囲で調整することが可能である。

[0038] 本実施形態に係る歪抵抗体12の製造方法は限定されない。前述のとおり、歪抵抗体12は本実施形態に係る歪抵抗体用合金からなることから、スパッタリングなどの公知の成膜方法や、圧延などの機械加工により製造することが可能である。

[0039] スパッタリングにより製造する場合には、ターゲットとして、製造する歪抵抗体12の組成に対応した組成を有する合金を用いてもよいし、CrおよびFeならびにMの純金属をタイル状に敷き詰めてなるターゲットを用いて歪抵抗体12の組成を調整してもよい。あるいは、2つ以上のターゲットを用いて同時スパッタリングを行い、各々に印加する電力量を調整して歪抵抗体12の組成を調整してもよい。なお、スパッタリングなどのドライプロセス成膜により歪抵抗体12を製造する場合には、歪抵抗体12の厚さを過大にすると、製造方法にも依存するが、内部応力が高くなりすぎて薄膜としての形状を維持できなくなることがある。歪抵抗体12の形状安定性を確保する観点から、その厚さは、300nm以下であることが好ましいことがある。一方、歪抵抗体12の厚さが過小の場合には、歪に基づく抵抗変化が過小となって歪抵抗体12としての機能を適切に発揮できないことがある。歪抵抗体12としての必須機能を果たす観点から、その厚さは、30nm以上であることが好ましい場合がある。

[0040] スパッタリングにより成膜する場合には、汎用スパッタリング装置を用いて、雰囲気としてアルゴンなどの不活性元素を用いればよい。ここで、特許文献1に開示される歪ゲージ用薄膜抵抗体は、酸素分子 (O_2) や窒素分子 (N_2) を反応性ガス成分として雰囲気に混在させ、形成した膜に含有される酸素 (O) や窒素 (N) の量を調整する反応性スパッタリングを行うことにより、所期の効果 (ゲージ率が10以上、抵抗温度係数は、 ± 100 [ppm/ $^{\circ}C$] 以下) を得るものである。ところが、反応性スパッタリングを行うためには専用の設備 (マスフローコントローラなどの反応性ガス成分の供給量の制御機構) が必要であり、そのような設備を用いても、これらの元素の混在量を厳密に調整し、かつ形成した膜組成の基材上での均一性を確保することは容易ではない。これに対し、本実施形態に係る歪抵抗体12は、反応性ガス成分の供給量の調整を必要としないため、汎用スパッタリング装置を用いて合金を成膜することにより製造することが可能である。それゆえ、本実施形態に係る歪抵抗体12は、品質安定性に優れ、生産性にも優れる。

[0041] 圧延などの機械加工は、量産が容易であるなど生産性の観点で有利性を有する場合がある。機械加工により歪抵抗体12を製造する場合には、製造容易性、取扱性および厚さの加工精度を確保する観点から、 $1\mu m \sim 10\mu m$ の範囲とすることが好ましいことがあり、 $2\mu m \sim 5\mu m$ の範囲とすることがより好ましいことがある。

[0042] 以上説明した実施形態は、本発明の理解を容易にするために記載されたものであって、本発明を限定するために記載されたものではない。したがって、上記実施形態に開示された各要素は、本発明の技術的範囲に属する全ての設計変更や均等物をも含む趣旨である。例えば、元素Mが1種類の元素からなる場合とは、発明の効果に実質的に影響を与えない程度に他元素が存在する場合を含み、その場合の具体例として、工業的製造の観点から不可避免的に他の元素が混在する場合が挙げられる。

[0043] 以下、実施例を用いて本発明について具体的に説明する。

実施例

[0044] (実施例1および実施例2)

ポリイミドフィルムからなる基材30上に、スパッタリングにより、Cr-Fe-Ta合金からなる歪抵抗体12を備える歪ゲージ10を製造した。Cr-Fe-Ta合金の組成は表2(実施例1)および表3(実施例2)に示すとおりであり、実施例1におけるFe添加量xのねらい値は5原子%であり、実施例2におけるFe添加量xのねらい値は3原子%であった。歪抵抗体12の厚さは100nmであった。

[0045] [表2]

Fe添加量	Ta添加量	総添加量	Ta/総添加量	Gf	TCR	TCR
[at.%]					[ppm/°C]	[ppm/°C]
5.3	0.0	5.3	0%	15.9	-1021	1021
5.3	0.1	5.4	2%	16.0	-983	983
5.2	1.3	6.5	20%	16.0	-494	494
5.2	2.0	7.2	27%	15.4	-196	196
5.1	2.8	8.0	36%	14.1	96	96
5.1	4.1	9.2	45%	11.4	562	562
5.0	5.2	10.2	51%	8.4	1003	1003

[0046] [表3]

Fe添加量	Ta添加量	総添加量	Ta/総添加量	Gf	TCR	TCR
[at.%]					[ppm/°C]	[ppm/°C]
3.1	0.0	3.1	0%	13.7	-629	629
3.1	0.1	3.2	3%	13.9	-559	559
3.1	0.9	4.0	23%	15.1	-61	61
3.0	1.8	4.9	38%	13.5	256	256
3.0	2.8	5.9	49%	9.8	656	656
3.0	3.8	6.8	56%	6.4	931	931
3.0	4.8	7.8	62%	3.6	1249	1249

[0047] 得られた歪ゲージ10を備えるセンサ100を用いて、歪ゲージ10の特性を評価した。評価結果を表2および表3に示した。また、これらの表の結果に基づき、ゲージ率GfのTa添加量依存性を図7に、抵抗温度係数TCRのTa添加量依存性を図8に示した。

[0048] 実施例1および実施例2において作成したセンサ100が備える歪ゲージ10に関し、次の事項が確認された。

(1) Fe添加量xが5.1原子%以上5.3原子%以下の場合(実施例1)には、図7に示される傾向に基づくとTa添加量yが4.6原子%に至るまで、表2に示される測定値に基づくと4.1原子%以下で、ゲージ率Gfが10超となり、図8に示される傾向に基づくとTa添加量yが0.1原子%から5.1原子%まで、表2に示される測定値に基づくと0.1原子%以上4.1原子%以下で、歪ゲージ10の抵抗温度係数TCRが±1000ppm/°Cの範囲となる。

(2) Fe添加量xが3.0原子%以上3.1原子%以下の場合(実施例2)には、図7に示される傾向に基づくとTa添加量yが2.7原子%に至るまで、表3に示される測定値に基づくと1.8原子%以下で、ゲージ率Gfが10超となり、図8に示される傾向に基づくとTa添加量yが4.0原子%に至るまで、表3に示される測定値に基づくと3.8原子%以下で、抵抗温度係数TCRが±1000ppm/°Cの範囲となる。

[0049] (実施例3)

実施例1と同様の製造方法により、表4に示されるように、組成は等しいが膜厚が異なるCr-Fe-Ta合金からなる歪抵抗体12を備えるセンサ100を作製し、歪ゲージ10の特性を評価した。その結果を表4および図9に示す。図9は、実施例2の結果(膜厚変化)を示す、ゲージ率Gfの抵抗温度係数TCR依存性グラフである。

[0050]

[表4]

Fe添加量	Ta添加量	総添加量	膜厚	Gf	TCR
[at.%]			[nm]		[ppm/°C]
5.1	2.8	8.0	10.0	13.4	75.0
			30.0	13.8	85.0
			50.0	14.0	91.0
			100.0	14.1	96.0
			200.0	14.2	102.0
			300.0	14.3	105.0

[0051] 表4および図9に示されるように、歪抵抗体12の厚さ（膜厚）が増加すると、歪ゲージ10のゲージ率Gfおよび抵抗温度係数TCRはいずれも増加する傾向が確認された。図9中の実線は線形近似した結果であり、決定係数 R^2 は0.97（相関係数は0.985）であった。このことから、組成を固定した場合には、歪抵抗体12の厚さを変化させることにより、歪ゲージ10のゲージ率Gfおよび抵抗温度係数TCRを調整することが可能であることが示唆された。

[0052]（実施例4から実施例6）

実施例1と同様の製造方法により、合金Mの種類を変化させた歪抵抗体12を備える歪ゲージ10を製造した。合金MがNbからなる場合（実施例4）を表5に示し、合金MがMoからなる場合（実施例5）を表6に示し、合金MがWからなる場合（実施例6）を表7に示した。なお、いずれのCr-Fe-M合金もFe添加量xは5原子%ねらいであった。

[0053]

[表5]

Fe添加量	Nb添加量	総添加量	Nb/総添加量	Gf	TCR	TCR
[at.%]					[ppm/°C]	[ppm/°C]
5.3	0.0	5.3	0%	15.9	-1021	1021
5.3	0.9	6.2	15%	16.0	-713	713
5.2	1.9	7.1	27%	14.5	-302	302
5.1	3.0	8.1	37%	11.9	99	99
5.1	3.9	9.0	43%	9.6	408	408
5.0	4.8	9.8	49%	6.7	771	771

[0054] [表6]

Fe添加量	Mo添加量	総添加量	Mo/総添加量	Gf	TCR	TCR
[at.%]					[ppm/°C]	[ppm/°C]
5.3	0.0	5.3	0%	15.9	-1021	1021
5.3	0.6	5.9	10%	16.0	-889	889
5.2	1.6	6.8	24%	16.2	-656	656
5.1	3.3	8.4	39%	16.8	-263	263
5.0	4.7	9.7	48%	14.8	89	89
5.0	5.6	10.6	53%	12.2	531	531
5.0	6.5	11.5	57%	9.1	1147	1147

[0055] [表7]

Fe添加量	W添加量	総添加量	W/総添加量	Gf	TCR	TCR
[at.%]					[ppm/°C]	[ppm/°C]
5.3	0.0	5.3	0%	15.9	-1021	1021
5.3	0.8	6.1	13%	16.1	-829	829
5.2	1.6	6.8	23%	16.3	-628	628
5.2	2.8	8.0	35%	16.6	-282	282
5.1	3.7	8.8	42%	15.7	22	22
5.1	4.4	9.5	46%	14.7	316	316
5.0	5.2	10.6	53%	12.3	673	673
5.0	5.9	10.9	54%	9.7	986	986

[0056] 得られた歪ゲージ10を備えるセンサ100を用いて、歪ゲージ10の特性を評価した。評価結果を表5から表7に示した。また、これらの表の結果

に基づき、ゲージ率G fの元素M添加量依存性を図10に、抵抗温度係数TCRの元素M添加量依存性を図11に示した。

[0057] 実施例4から実施例6において作成したセンサ100が備える歪ゲージ10（歪抵抗体12を構成するCr-Fe-M合金のFe添加量xは5.0原子%以上5.3原子%以下）に関し、次の事項が確認された。

(1) 元素MがNbの場合（実施例4）には、図10に示される傾向に基づくとNb添加量yが3.8原子%に至るまで、表5に示される測定値に基づくと3.0原子%以下まで、ゲージ率G fが10超となること、および図11に示される傾向に基づくとNb添加量yが5.4原子%に至るまで、表5に示される測定値に基づくと0.9原子%以上4.8原子%以下で、抵抗温度係数TCRが±1000ppm/°Cの範囲となること

(2) 元素MがMoの場合（実施例5）には、図10に示される傾向に基づくとMo添加量yが6.2原子%に至るまで、表6に示される測定値に基づくと5.6原子%以下で、歪ゲージ10のゲージ率G fが10超となること、および図11に示される傾向に基づくとMo添加量yが6.2原子%に至るまで、表6に示される測定値に基づくと0.6原子%以上5.6原子%以下で、歪ゲージ10の抵抗温度係数TCRが±1000ppm/°Cの範囲となること

(3) 元素MがWの場合（実施例6）には、図10に示される傾向に基づくとW添加量yが5.8原子%に至るまで、表7に示される測定値に基づくと5.6原子%以下で、歪ゲージ10のゲージ率G fが10超となること、および図11に示される傾向に基づくとW添加量yが6.0原子%に至るまで、表7に示される測定値に基づくと0.8原子%以上5.9原子%以下で、歪ゲージ10の抵抗温度係数TCRが±1000ppm/°Cの範囲となること

[0058] 元素Mを添加することの効果（ゲージ率G fが高く、かつ温度変化の影響を受けにくいこと）をより明確に確認する観点から、図6に示した、ゲージ率G fと抵抗温度係数TCRの絶対値との関係を、実施例1、実施例2およ

び実施例4から実施例6についても確認した。図12は、実施例1および実施例2の結果（Cr-Fe-Ta合金の組成変更の影響）を示す、ゲージ率Gfの抵抗温度係数TCRの絶対値依存性グラフである。図13は、実施例4から実施例6の結果（元素Mの種類）を示す、ゲージ率Gfの抵抗温度係数TCRの絶対値依存性グラフである。図12および図13に示されるように、いずれの実施例の結果も、これらの図において式f0よりも左上の領域に至る結果を有し、さらには、式f1よりも左上の領域に至る結果を有することが確認された。

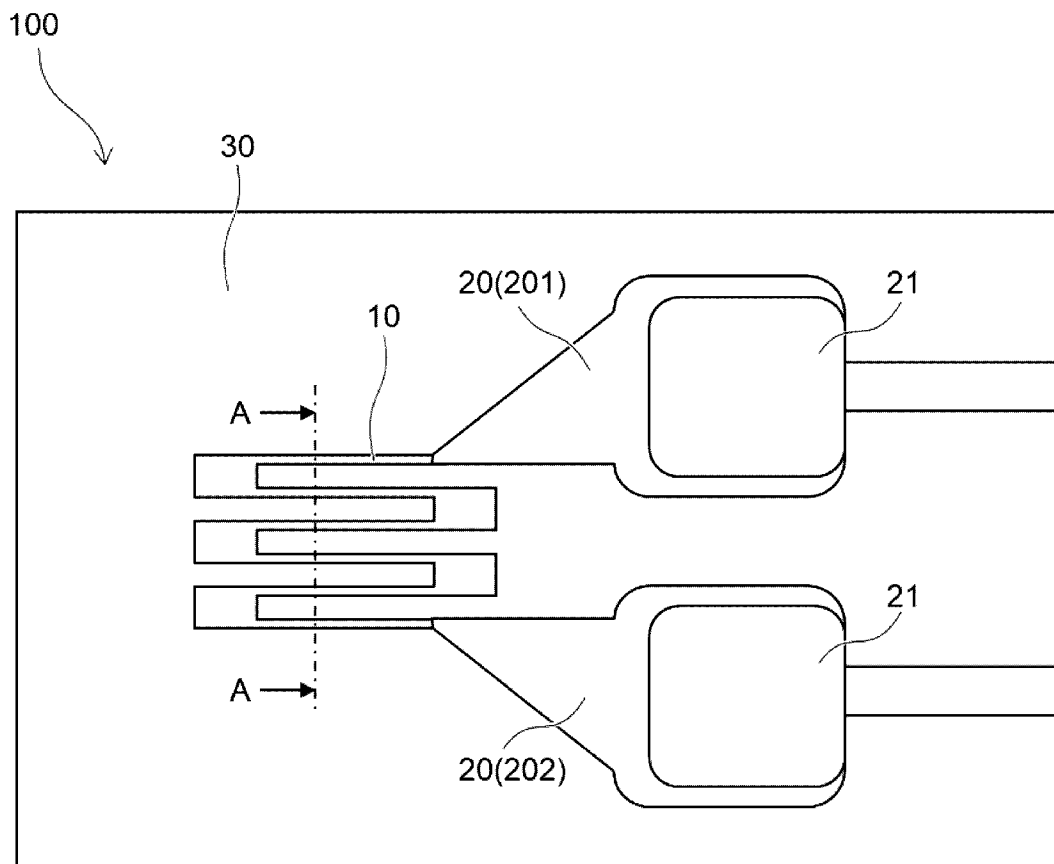
符号の説明

[0059]	100	: センサ
	10	: 歪ゲージ
	11	: 積層体
	12	: 歪抵抗体
	13	: 保護層
	20	: 電極
	201	: 第1電極
	202	: 第2電極
	21	: めっき層
	30	: 基材

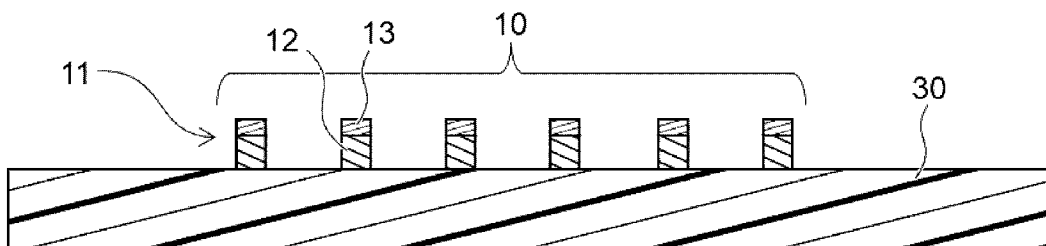
請求の範囲

- [請求項1] $C r_{100-x-y} F e_x M_y$ からなる組成を有する歪抵抗体用合金であって、
Mは、Nb、Mo、Ta、およびWからなる群から選ばれる1種または2種以上の元素であること
を特徴とする歪抵抗体用合金。
- [請求項2] xは0.8原子%以上11.2原子%以下である、請求項1に記載の歪抵抗体用合金。
- [請求項3] yは0原子%超7.7原子%以下である、請求項1に記載の歪抵抗体用合金。
- [請求項4] 請求項1から請求項3のいずれかに1項に記載される歪抵抗体用合金の合金組成を有し膜状の歪抵抗体を備える歪ゲージ。
- [請求項5] 前記歪抵抗体はbcc構造を有する、請求項4に記載の歪ゲージ。
- [請求項6] ゲージ率Gfと、抵抗温度係数TCR（単位：ppm/°C）の絶対値|TCR|とが、下記式（1）を満たすことが可能である、請求項4に記載の歪ゲージ。
$$Gf > 0.0056 \times |TCR| + 10.21 \quad (1)$$
- [請求項7] ゲージ率Gfと、抵抗温度係数TCR（単位：ppm/°C）の絶対値|TCR|とが、下記式（2）を満たすことが可能である、請求項4に記載の歪ゲージ。
$$Gf \geq 0.0056 \times |TCR| + 11 \quad (2)$$
- [請求項8] 基材と、請求項4から請求項7のいずれかに1項に記載され前記基材に設けられる歪ゲージと、を備え、前記歪ゲージを検知手段とする、センサ。

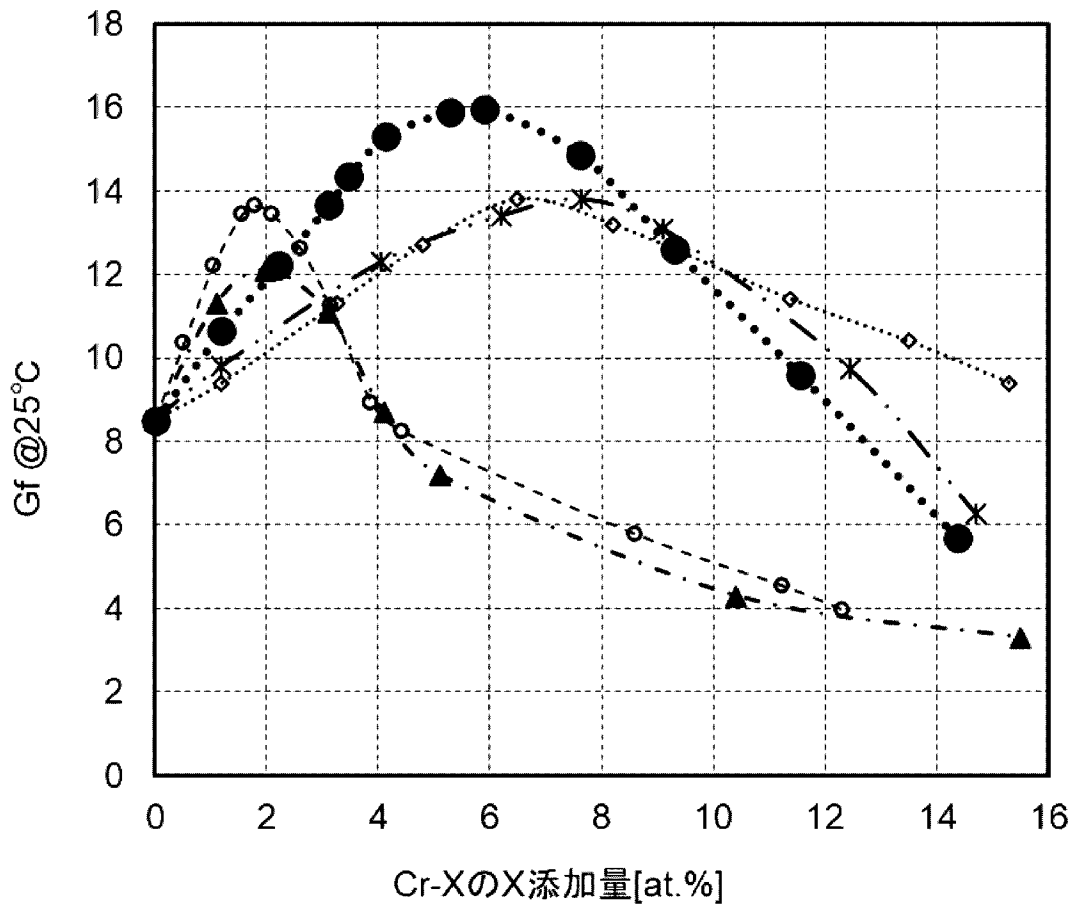
[図1]



[図2]

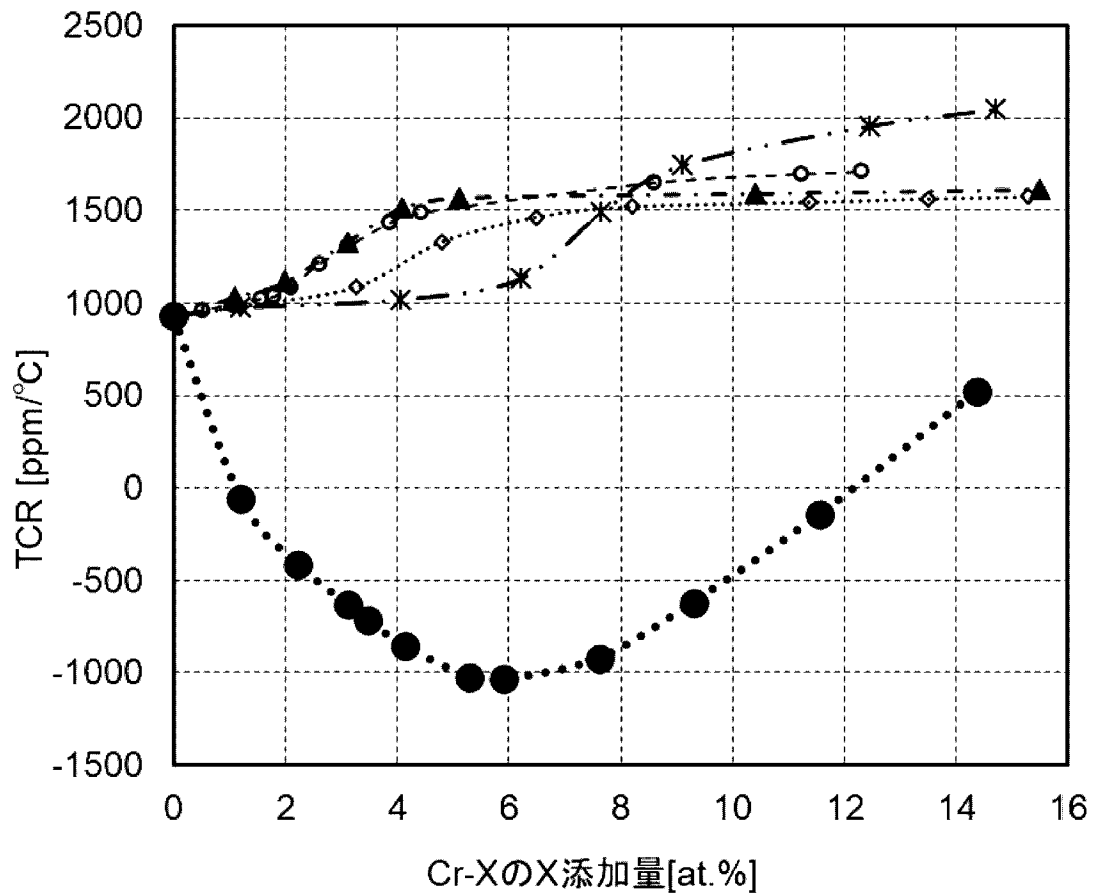


[図3]



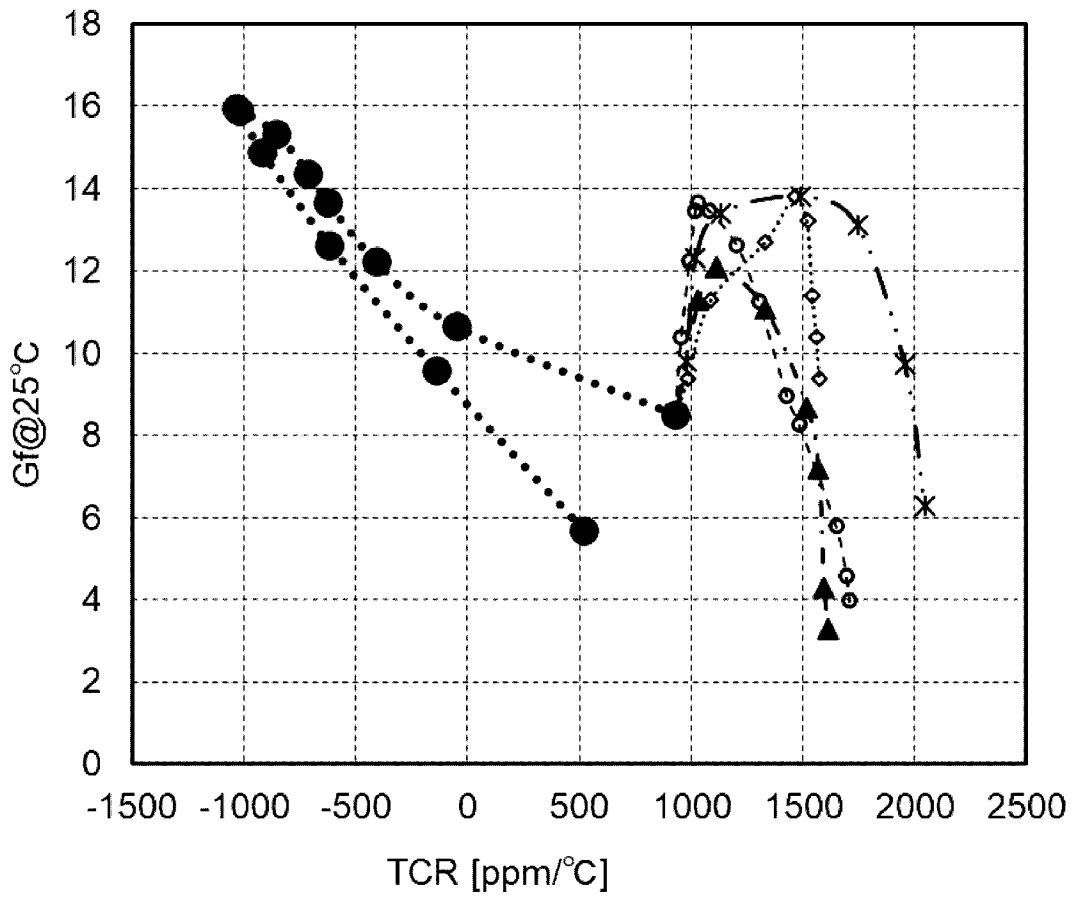
●●● CrFe --○-- CrTa -▲- CrNb ...◇... CrMo —※— CrW

[図4]



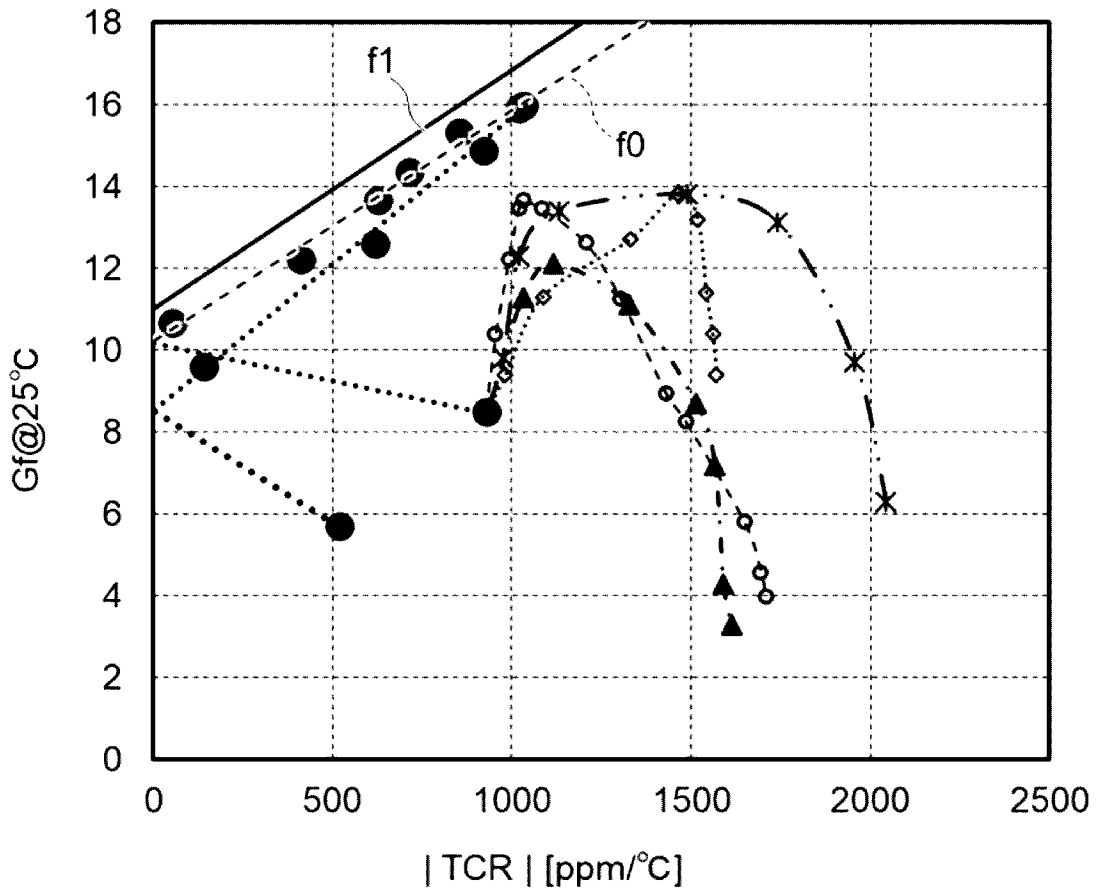
●●● CrFe -○- CrTa -▲- CrNb ◇◇◇ CrMo -※- CrW

[図5]



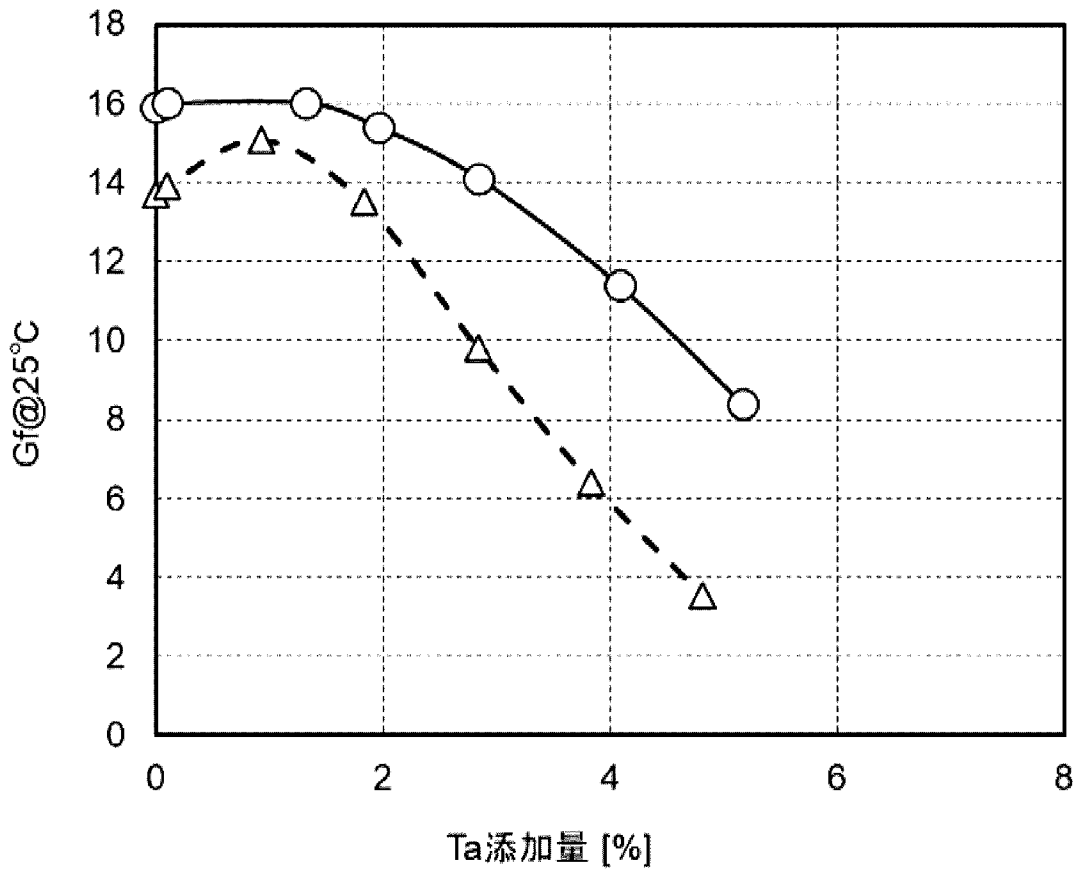
●●● CrFe -○- CrTa -▲- CrNb ●●● CrMo -※- CrW

[図6]



●●● CrFe ○○ CrTa ▲ CrNb ◇◇◇ CrMo ✱ CrW

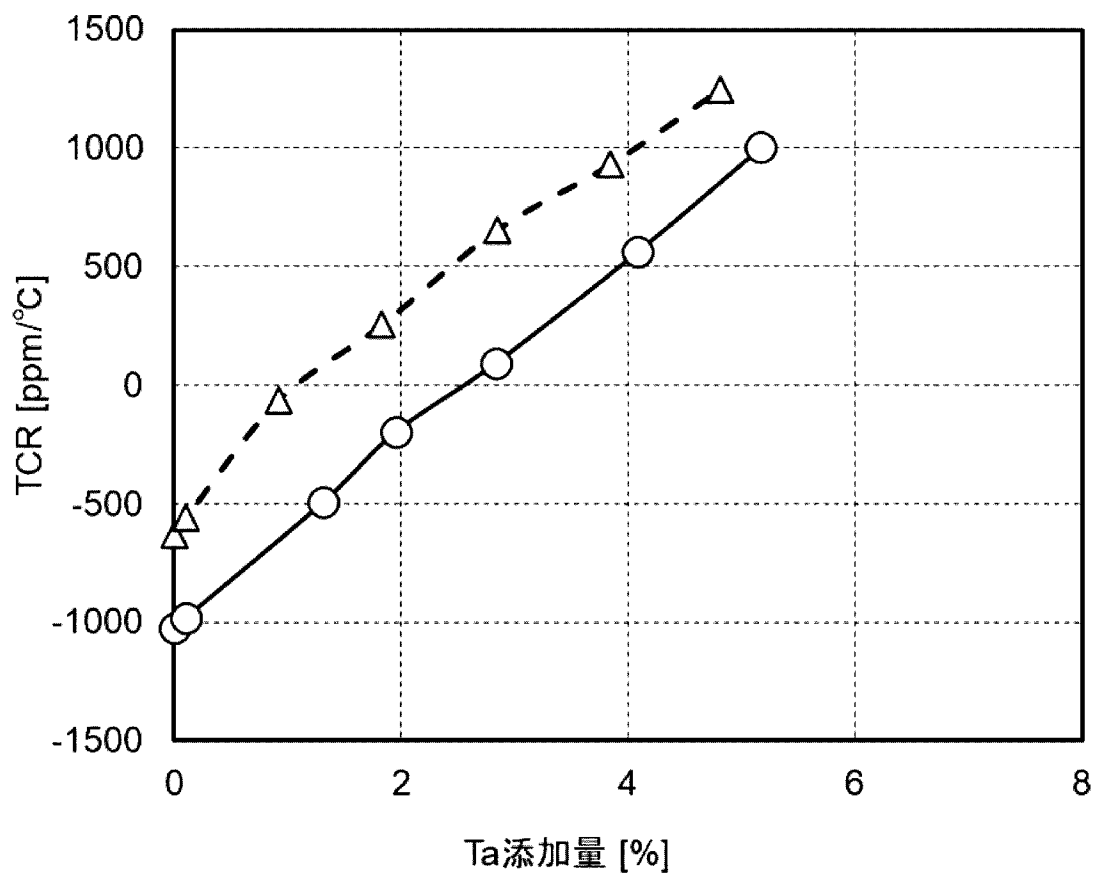
[図7]



—○— 実施例1

-△- 実施例2

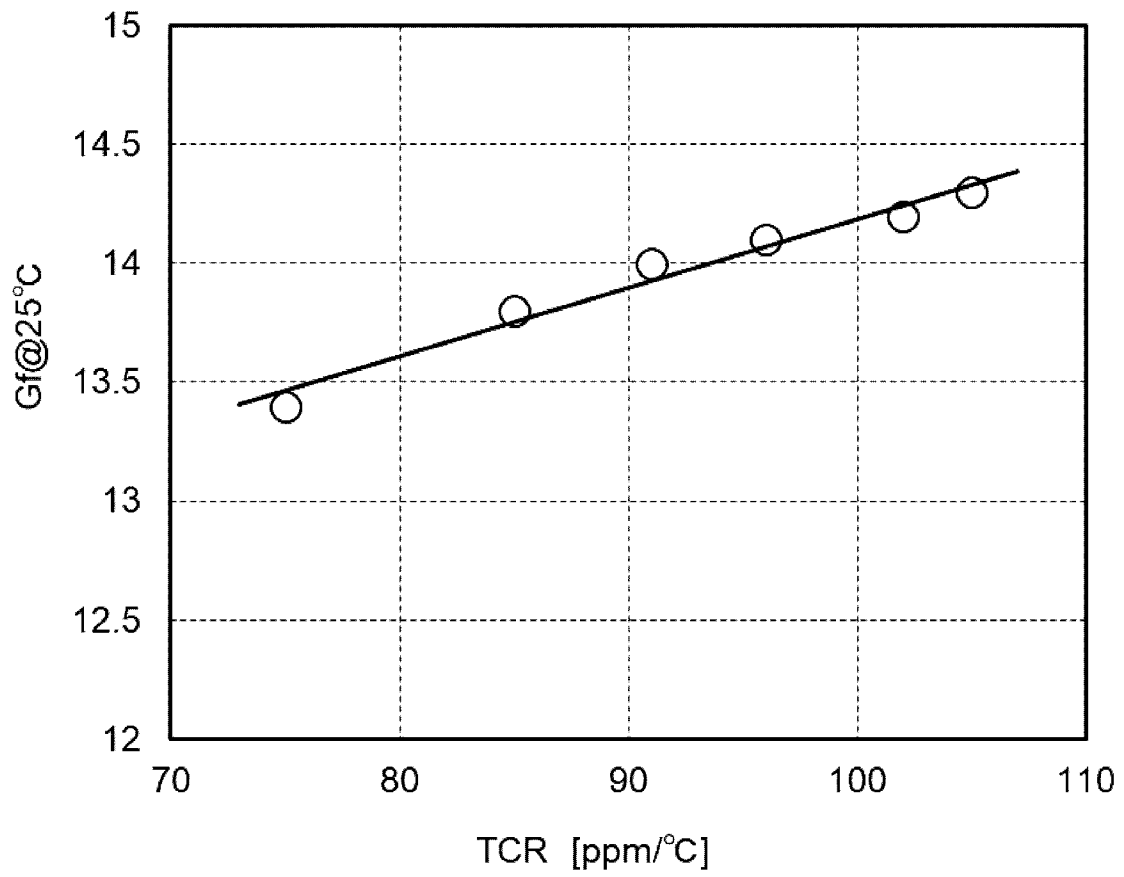
[図8]



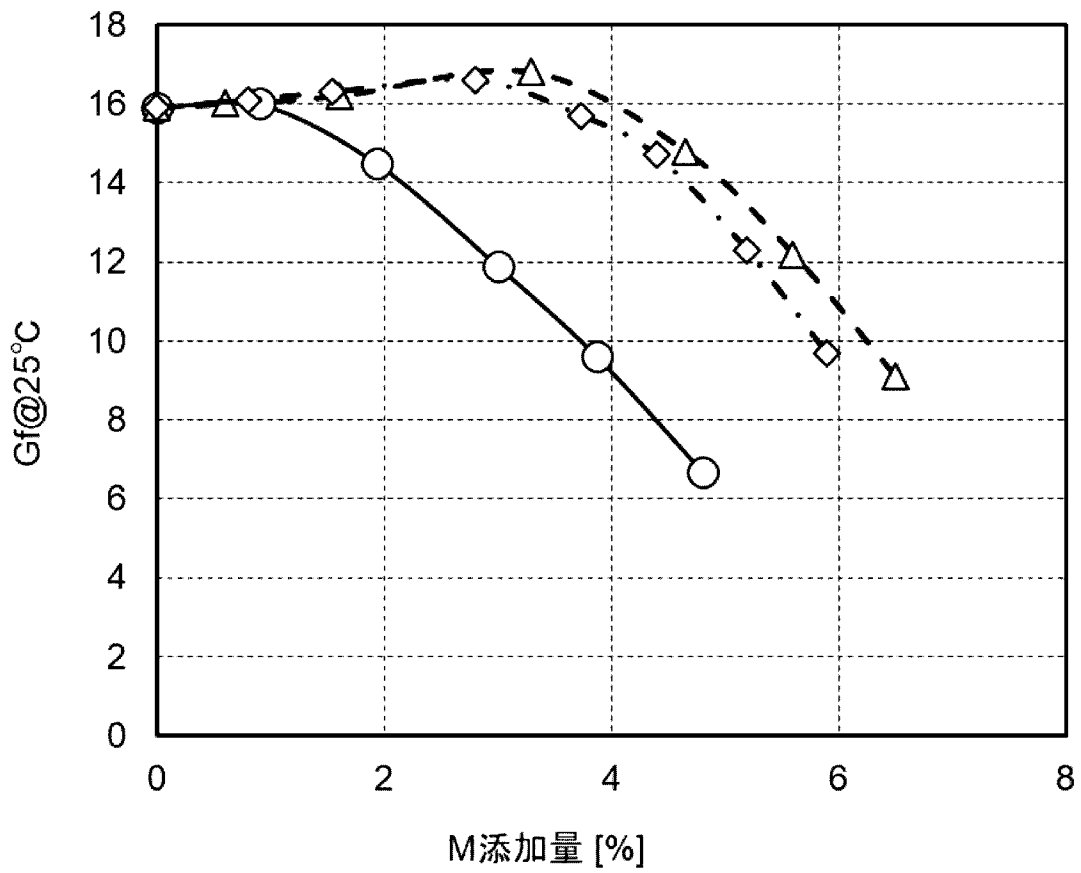
—○— 実施例1

-△- 実施例2

[図9]



[図10]

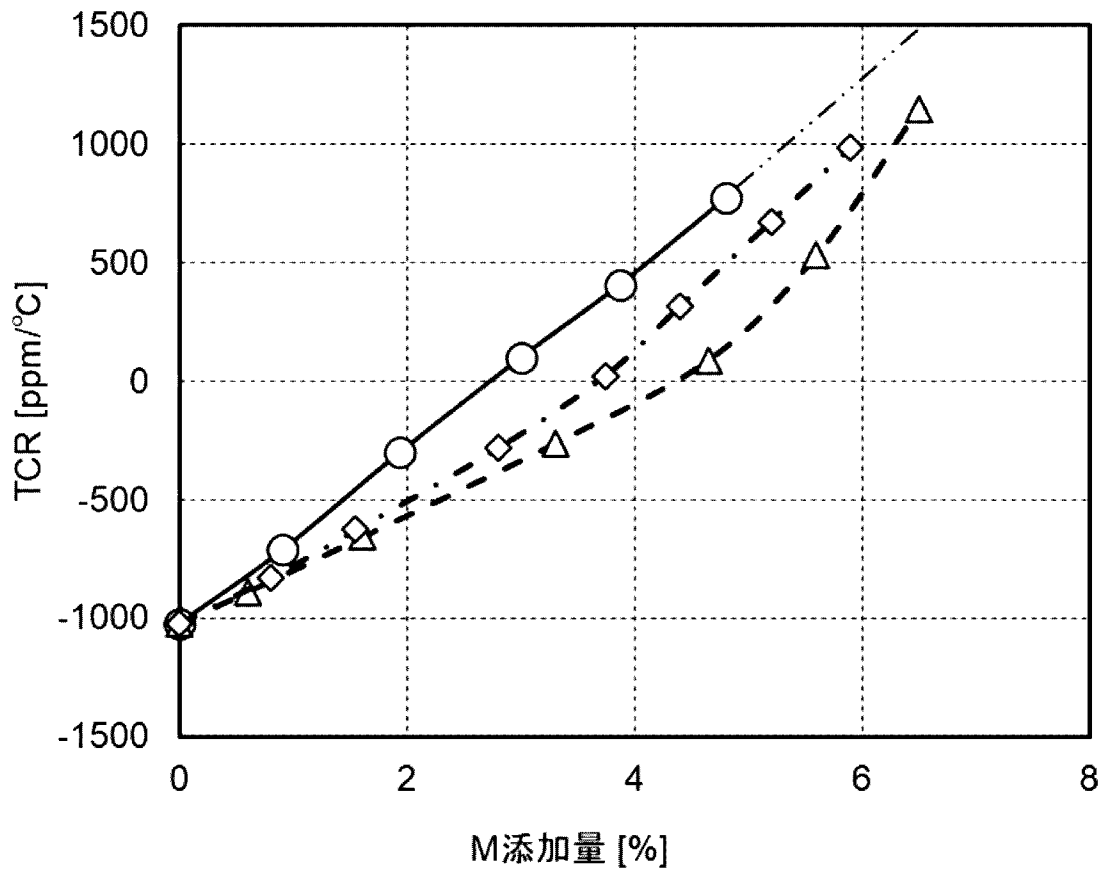


—○— 実施例4

-△- 実施例5

-◇- 実施例6

[図11]

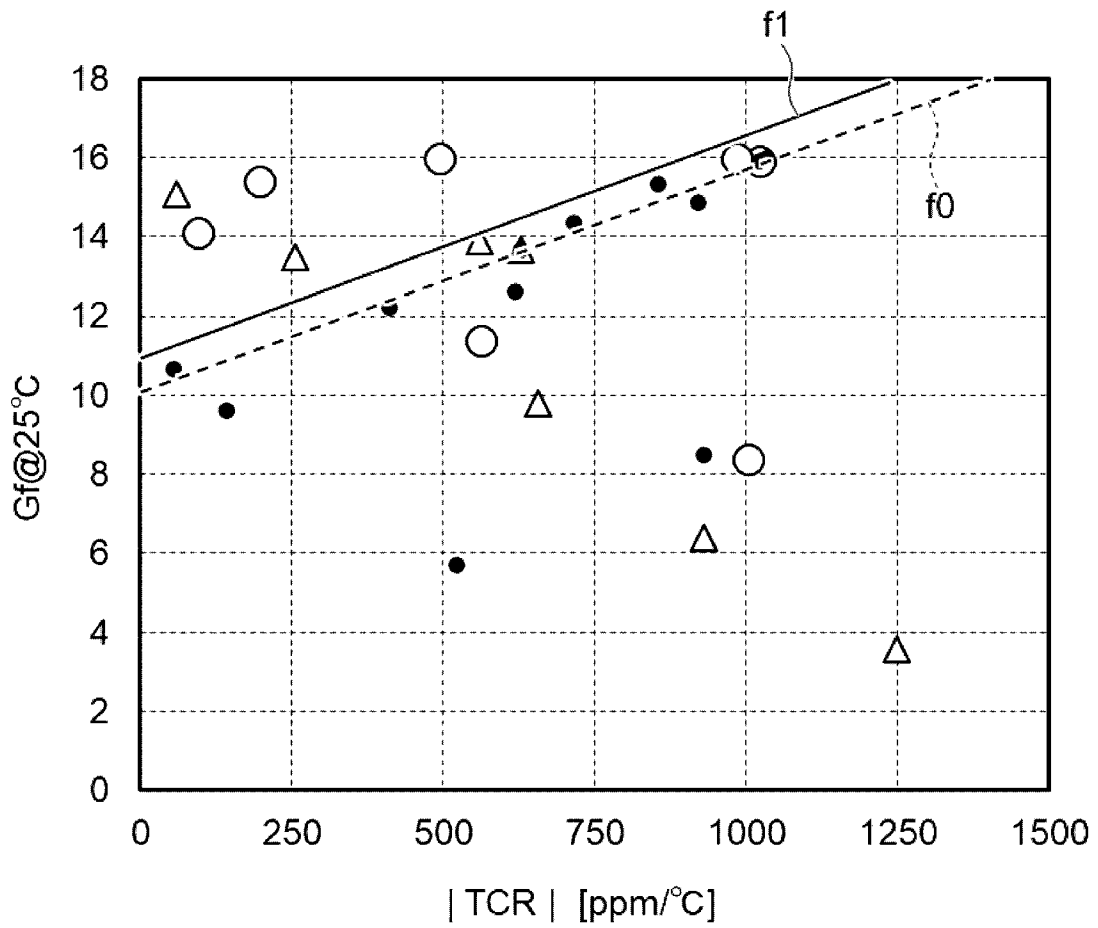


—○— 実施例4

-△- 実施例5

-◇- 実施例6

[図12]

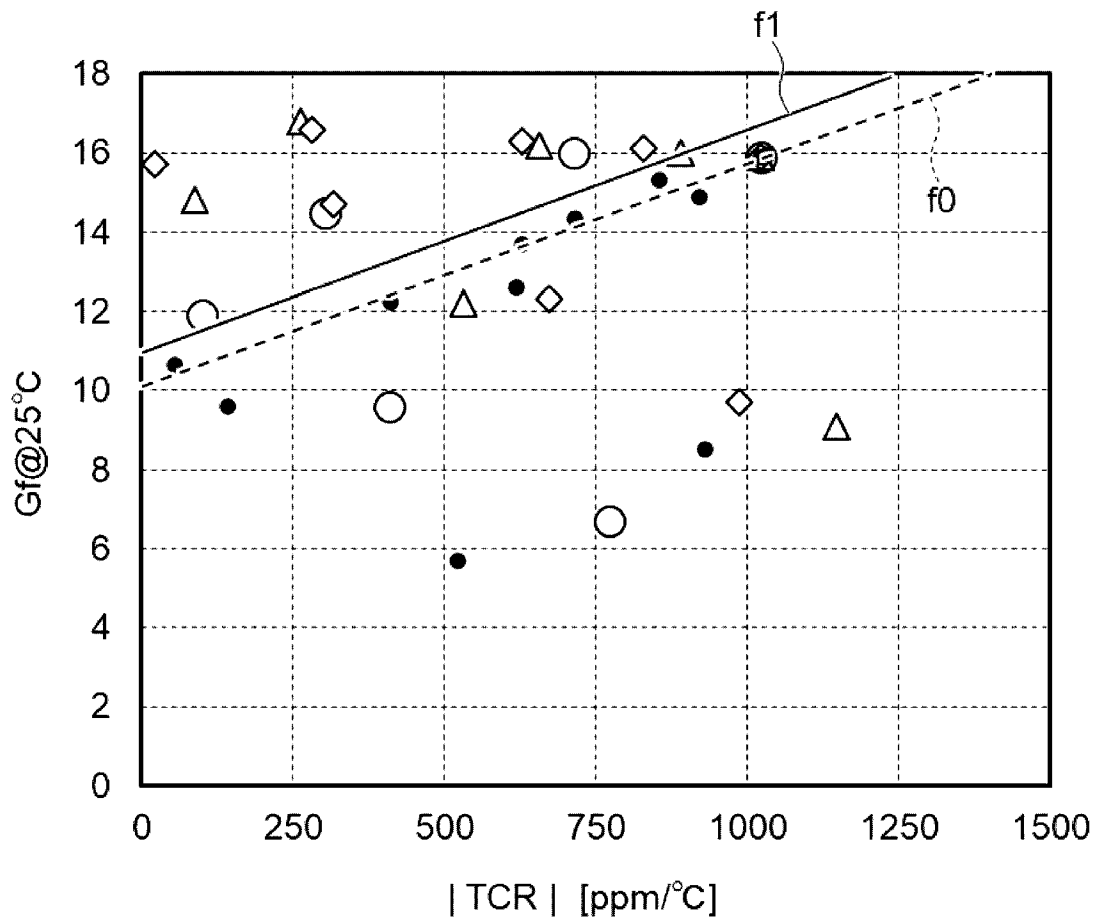


○実施例1

△実施例2

●CrFe

[図13]



○ 実施例4

△ 実施例5

◇ 実施例6

● CrFe

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/000414

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
G01B 7/16 (2006.01)i FI: G01B7/16 R		
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) 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 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024		
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 9-95751 A (RES. INST. ELECTRIC MAGNETIC ALLOYS) 08 April 1997 (1997-04-08) claim 1, paragraphs [0010], [0024]-[0038], fig. 1-8	1-8
Y	JP 2019-74454 A (RESEARCH INSTITUTE FOR ELECTROMAGNETIC MATERIALS) 16 May 2019 (2019-05-16) paragraphs [0009], [0017]-[0035], fig. 1-18	1-8
A	JP 10-270201 A (RES. INST. ELECTRIC MAGNETIC ALLOYS) 09 October 1998 (1998-10-09) paragraphs [0012]-[0038], fig. 1-14	1-8
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 "D" document cited by the applicant in the international application "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 08 February 2024		Date of mailing of the international search report 27 February 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2024/000414

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 9-95751 A	08 April 1997	(Family: none)	
JP 2019-74454 A	16 May 2019	(Family: none)	
JP 10-270201 A	09 October 1998	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01B 7/16(2006.01)i FI: G01B7/16 R		
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）） 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 1971-2024年 日本国実用新案登録公報 1996-2024年 日本国登録実用新案公報 1994-2024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 9-95751 A (財団法人電気磁気材料研究所) 08.04.1997 (1997-04-08) 請求項1、[0010]、[0024] - [0038]、図1-8	1-8
Y	JP 2019-74454 A (公益財団法人電磁材料研究所) 16.05.2019 (2019-05-16) [0009]、[0017] - [0035]、図1-18	1-8
A	JP 10-270201 A (財団法人電気磁気材料研究所) 09.10.1998 (1998-10-09) [0012] - [0038]、図1-14	1-8
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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、一般的技术水準を示すもの “D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献 “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抵触するものではなく、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 08.02.2024	国際調査報告の発送日 27.02.2024	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 眞岩 久恵 2S 4067 電話番号 03-3581-1101 内線 3216	

国際調査報告
特許ファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2024/000414

引用文献	公表日	特許ファミリー文献	公表日
JP 9-95751 A	08.04.1997	(ファミリーなし)	
JP 2019-74454 A	16.05.2019	(ファミリーなし)	
JP 10-270201 A	09.10.1998	(ファミリーなし)	