

(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4月4日(04.04.2019)



(10) 国際公開番号

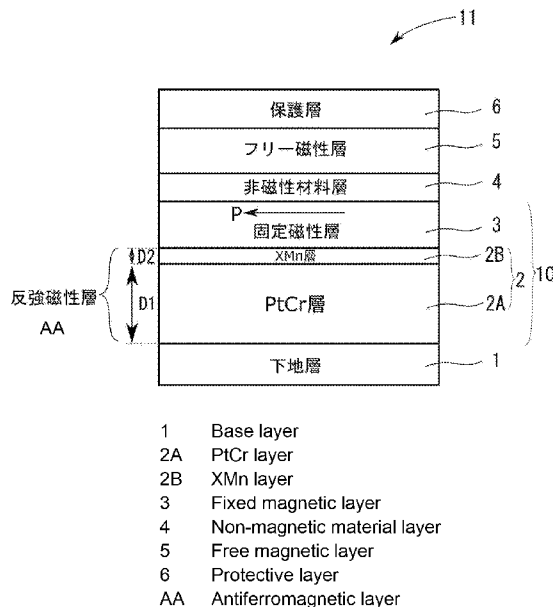
WO 2019/065690 A1

- (51) 国際特許分類:  
*H01L 43/10* (2006.01) *H01F 41/18* (2006.01)  
*G01R 33/09* (2006.01) *H01F 41/22* (2006.01)  
*H01F 10/32* (2006.01) *H01L 43/08* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/035590
- (22) 国際出願日: 2018年9月26日(26.09.2018)
- (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 2017-186543 2017年9月27日(27.09.2017) 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: 齋藤 正路 (SAITO, Masamichi); 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会社内 Tokyo (JP). 小池 文人 (KOIKE, Fumihito); 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会社内 Tokyo (JP). 遠藤 広明 (ENDO, Hiroaki); 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 大窪 克之 (OKUBO, Katsuyuki); 〒1020073 東京都千代田区九段北 4 丁目 3 - 2 6 政文堂ビル 7 F Tokyo (JP).

(54) Title: EXCHANGE COUPLED FILM, AND MAGNETORESISTANCE EFFECT ELEMENT AND MAGNETISM DETECTION DEVICE USING SAME

(54) 発明の名称: 交換結合膜ならびにこれを用いた磁気抵抗効果素子および磁気検出装置

〔図1〕



(57) Abstract: According to the present invention, an exchange coupled film 10 that has a fixed magnetic layer for which a magnetic field (Hex) in which the magnetization direction thereof inverts is large, that is highly stable at high temperatures, and that has excellent high-field magnetoresistance is formed by laminating an antiferromagnetic layer 2, a fixed magnetic layer 3, and a free magnetic layer 5. The antiferromagnetic layer 2 comprises a PtCr layer 2A and an XMn layer 2B (X being Pt or Ir). The XMn layer B contacts the fixed magnetic layer 3. The fixed magnetic layer 3 is iron, cobalt, an

(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, JP, 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.

(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))

---

iron-cobalt alloy, or an iron nickel alloy.

(57) 要約: 固定磁性層の磁化の向きが反転する磁界 ( $H_{ex}$ ) が大きく高温条件下における安定性が高く、しかも強磁場耐性に優れる交換結合膜10は、反強磁性層2と固定磁性層3とフリー磁性層5とが積層され、反強磁性層2はPtCr層2AとXMn層2B(ただし、XはPtまたはIr)とからなり、XMn層Bが固定磁性層3に接しており、固定磁性層3が鉄、コバルト、鉄コバルト合金または鉄ニッケル合金である。

## 明 細 書

発明の名称：

交換結合膜ならびにこれを用いた磁気抵抗効果素子および磁気検出装置

技術分野

[0001] 本発明は交換結合膜ならびにこれを用いた磁気抵抗効果素子および磁気検出装置に関する。

背景技術

[0002] 反強磁性層と固定磁性層とを備えた交換結合膜は、磁気抵抗効果素子や磁気検出装置として用いられる。特許文献1には、磁気記録用媒体において、強磁性層としてのCo合金と、反強磁性層としての種々の合金とを組み合わせることにより交換結合膜を構成できることが記載されている。反強磁性層としては、CoMn、NiMn、PtMn、PtCrなどの合金が例示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2000-215431号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 磁気検出装置は、磁気効果素子を基板に実装する際、はんだをリフロー処理（溶融処理）する必要があるが、また、エンジンの周辺のような高温環境下において、用いられることがある。このため、磁気検出装置に用いられる交換結合膜には、広いダイナミックレンジで磁界を検出可能とするために、固定磁性層の磁化の方向が反転する磁界（ $H_{ex}$ ）が大きく、高温条件下における安定性が高いことが好ましい。

特許文献1は、磁気記録媒体として用いられる交換結合膜に関するものであることから、交換結合膜を用いた磁気検出装置の高温条件下における安定性については記載されていない。

また、近時、大出力モータなど強磁場発生源の近傍に配置されて強磁場が印加される環境であっても、固定磁性層の磁化の向きが影響を受けにくいこと、すなわち、強磁場耐性が求められている。

[0005] 本発明は、固定磁性層の磁化の向きが反転する磁界 ( $H_{ex}$ ) が大きく、ゆえに高温条件下における安定性が高く、しかも強磁場耐性に優れる交換結合膜、ならびにこれを用いた磁気抵抗効果素子および磁気検出装置を提供することを目的としている。

### 課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するために提供される本発明は、一態様として、反強磁性層と固定磁性層とが積層され、前記反強磁性層は  $PtCr$  層と  $XMn$  層（ただし、 $X$  は  $Pt$  または  $Ir$ ）とからなり、前記  $XMn$  層が前記固定磁性層に接しており、前記固定磁性層が鉄、コバルト、コバルト・鉄合金またはニッケル・鉄合金である交換結合膜を提供する。

[0007] 本発明は、他の一態様において、反強磁性層と固定磁性層とが積層され、前記反強磁性層は  $PtCr$  層と  $XMn$  層（ただし、 $X$  は  $Pt$  または  $Ir$ ）とからなり、前記  $XMn$  層が前記固定磁性層に接しており、前記固定磁性層は、第1磁性層と中間層と第2磁性層とが積層されたセルフピン止め構造であり、前記第1磁性層および前記第2磁性層が鉄、コバルト、コバルト・鉄合金またはニッケル・鉄合金である交換結合膜を提供する。

[0008] 図5は本発明に係る交換結合膜の磁化曲線のヒステリシスループを説明する図である。通常、軟磁性体の  $M-H$  曲線（磁化曲線）が作るヒステリシスループは、図5の点線で示されるように、 $H$  軸と  $M$  軸との交点（外部磁場（磁界） $H=0\text{ A/m}$ 、磁化  $M=0\text{ A/m}$ ）を中心として対称な形状となるが、本発明に係る交換結合膜のヒステリシスループは、固定磁性層に対して交換結合磁界  $H_{ex}$  が作用するため、図5の実線に示されるように  $H_{ex}$  の大きさに応じて  $H$  軸に沿ってシフトした形状となる。交換結合膜の固定磁性層は、この  $H_{ex}$  が大きいほど外部磁場が印加されても磁化の向きが反転しにくいため、強磁場耐性が良好になる。

[0009] また、本発明に係る交換結合膜は、反強磁性層がPtCr層とXMn層（ただし、XはPtまたはIr）とからなる構成とすることにより、特に、高温環境下におけるHexが大きくなる。このため、本発明に係る交換結合膜は高温環境下において優れた強磁場耐性を有する。

[0010] さらに、種々の組成の金属材料との間で大きなHexが得られる。交換結合磁界Hexは、反強磁性層と固定磁性層との相互作用により生じるところ、本発明に係る反強磁性層は、交換結合磁界Hexが適切に発生しうる固定磁性層の組成の種類が多様であり、かつ組成範囲が広い。具体的には、コバルト・鉄合金（CoFe合金）またはニッケル・鉄合金（NiFe合金）のみならず、鉄（Fe）やコバルト（Co）に至るまで、固定磁性層を構成する材料として用いることができる。したがって、固定磁性層の設計上の自由度を高めることが実現される。特に、鉄（Fe）およびコバルト（Co）ならびにこれらの金属に近い組成を有する合金（例えば90CoFe合金や10CoFe合金などが挙げられる。）は他の組成の合金（例えば40CoFeが挙げられる。）に比べて磁歪定数が低い。それゆえ、固定磁性層がこうした材料から構成されることにより、磁歪に基づく応力に起因して交換結合磁界Hexの磁化方向が変化する不具合が生じにくくなる。

[0011] 上記の交換結合膜において、前記PtCr層の膜厚は、前記XMn層の膜厚よりも大きくてもよい。この場合において、前記PtCr層の膜厚と、前記PtMn層の膜厚と前記IrMn層の膜厚との総和との比は、5：1～100：1であることが好ましい場合がある。

[0012] 本発明は、他の一態様として、上記の交換結合膜とフリー磁性層とが積層されていることを特徴とする磁気抵抗効果素子を提供する。

[0013] 本発明は、他の一態様として、上記の磁気抵抗効果素子を備えていることを特徴とする磁気検出装置を提供する。

上記の磁気検出装置は、同一基板上に上記の磁気抵抗効果素子を複数備えており、複数の前記磁気抵抗効果素子には、前記固定磁化方向が異なるものが含まれていてもよい。

## 発明の効果

[0014] 本発明によれば、高温条件下における安定性が向上し、しかも強磁場耐性に優れる交換結合膜が提供される。したがって、本発明の交換結合膜とフリー磁性層とが積層された磁気抵抗効果素子を用いれば、高温環境下や強磁場環境下に置かれても安定な磁気検出装置とすることが可能である。

また、固定磁性層として種々の金属を使用できるから、磁気検出装置に求められる性質に応じて設計する際の自由度が高い。

## 図面の簡単な説明

- [0015] [図1]本発明の第1の実施形態の交換結合膜10の膜構成を示す説明図  
[図2]本発明の第2の実施形態の交換結合膜20の膜構成を示す説明図  
[図3]本発明の実施形態の磁気センサ30の回路ブロック図  
[図4]磁気センサ30に使用される磁気検出素子11を示す平面図  
[図5]本発明に係る交換結合膜の磁化曲線のヒステリシスループの説明図  
[図6]実施例1～4および比較例1～3の交換結合膜40の膜構成を説明する説明図  
[図7]実施例1～4および比較例1～3の交換結合膜の温度と $H_{ex}$ との関係を示すグラフ  
[図8]図7の交換結合膜の各温度における $H_{ex}$ を室温の $H_{ex}$ で除して得られた規格化 $H_{ex}$ を示すグラフ  
[図9]実施例1～6の交換結合膜の各温度における $H_{ex}$ を室温の $H_{ex}$ で除して得られた規格化 $H_{ex}$ を示すグラフ  
[図10]実施例7～8および比較例4の交換結合膜の $H_{ex}$ を示すグラフ  
[図11]実施例7～8および比較例4の交換結合エネルギーを示すグラフ  
[図12]CoFe合金中のFe量(at%)と飽和磁歪定数との関係を示すグラフ

## 発明を実施するための形態

[0016] <第1の実施形態>

図1に本発明の第1の実施形態に係る交換結合膜10を使用した磁気検出

素子 11 の膜構成が示されている。

磁気検出素子 11 は、基板の表面から、下地層 1、反強磁性層 2、固定磁性層 3、非磁性材料層 4、フリー磁性層 5 および保護層 6 の順に積層されて成膜されている。反強磁性層 2 は、PtCr 層 2A と XMn 層（ただし、X は Pt または Ir）2B 層とからなり、XMn 層 2B が固定磁性層 3 に接している。これら各層は、例えばスパッタ工程や CVD 工程で成膜される。反強磁性層 2 と固定磁性層 3 とが本発明の第 1 の実施の形態の交換結合膜 10 である。

[0017] 磁気検出素子 11 は、いわゆるシングルスピバルブ型の巨大磁気抵抗効果（GMR 効果）を利用した積層素子であり、固定磁性層 3 の固定磁化のベクトルと、フリー磁性層 5 の外部磁場によって変化する磁化のベクトルとの相対関係で電気抵抗が変化する。

[0018] 下地層 1 は、NiFeCr 合金（ニッケル・鉄・クロム合金）、Cr あるいは Ta など形成される。本実施形態の交換結合膜 10 において固定磁性層 3 の磁化の向きが反転する磁界（以下、適宜「Hex」ともいう）を高くするために、NiFeCr 合金が好ましい。

[0019] 反強磁性層 2 は、PtCr 層 2A と XMn 層 2B（ただし、X は Pt または Ir）からなる積層構造である。Hex を高くするためには、反強磁性層 2 の PtCr 層 2A の膜厚 D1 は XMn 層 2B の膜厚 D2 よりも大きいことが好ましい。膜厚 D1 と膜厚 D2 の比（D1 : D2）は、5 : 1 ~ 100 : 1 がより好ましく、10 : 1 ~ 50 : 1 がさらに好ましい。

[0020] Hex を高くする観点から、PtCr 層 2A は、Pt<sub>x</sub>Cr<sub>100-x</sub>（X は 45 at % 以上 62 at % 以下）であることが好ましく、Pt<sub>x</sub>Cr<sub>100-x</sub>（X は 50 at % 以上 57 at % 以下）であることがより好ましい。同様の観点から、XMn 層 2B は、PtMn 層が好ましい。

[0021] 本実施形態では、反強磁性層 2 をアニール処理して規則化し、固定磁性層 3 との間（界面）で交換結合を生じさせる。交換結合に基づく磁界（交換結合磁界）によって交換結合膜 10 の Hex を高くするとともに強磁場耐性を

向上させる。

[0022] 固定磁性層 3 は、Fe（鉄）、Co（コバルト）、CoFe 合金（コバルト・鉄合金）またはNiFe 合金（ニッケル・鉄合金）で形成される。CoFe 合金およびNiFe 合金は、Fe の含有割合を高くすることにより、保磁力が高くなる。固定磁性層 3 はスピバルブ型の巨大磁気抵抗効果に寄与する層であり、固定磁性層 3 の固定磁化方向 P が延びる方向が磁気検出素子 11 の感度軸方向である。

[0023] 交換結合膜 10 は、固定磁性層 3 における Fe 含有割合によらず、高い  $H_{ex}$  が得られる。これは、上述した積層構造を備えた反強磁性層 2 が多種類の強磁性材料と交換結合するためである。

[0024] 図 12 は、CoFe 合金中の Fe 量（at %）と飽和磁歪定数との関係を示すグラフである（O.V.Auwers and H.Neumann, Wiss.Veröffentlich, Siemens 14 (1935) 93. から引

用）。このグラフに示すように、CoFe 合金は、組成の相違による磁歪が異なる。飽和磁歪定数が正の場合、磁歪定数がプラスの磁性膜に引っ張り応力が加わると、磁性膜の磁化は（磁歪定数×応力）だけ引っ張り応力の方向を向きやすくなる。なぜならば、その方が（磁歪定数×応力）だけエネルギーが下がるからである。磁歪ゼロの磁性膜はどのような応力が加わっても応力によるエネルギー差が生じないため、応力耐性が強い。磁気センサの素子には様々な応力が加わるため、応力により磁化方向が変化しないように低磁歪が好まれることが多い。

[0025] 上述したように、磁歪の観点から交換結合膜 10 に設計上の制約が生じることがある。しかし、交換結合膜 10 は、例えば固定磁性層 3 として CoFe 合金を用いた場合、その組成に依存せず Fe 含有割合 0～100 at % の広範囲において高い  $H_{ex}$  が得られる。このように、交換結合膜 10 は、固定磁性層 3 として多種類の金属（具体的には、純鉄（Fe）、純コバルト（Co）が例示される。）、合金を用いることが可能であるため、使用できる材料の選択幅が広く、従来よりも設計上の自由度が高いという点において優

れている。

[0026] 非磁性材料層 4 は、C u（銅）、R u（ルテニウム）などを用いて形成することができる。

フリー磁性層 5 は、その材料および構造が限定されるものではないが、例えば、材料としてC o F e合金（コバルト・鉄合金）、N i F e合金（ニッケル・鉄合金）などを用いることができ、単層構造、積層構造、積層フェリ構造などとして形成することができる。

保護層 6 は、T a（タンタル）などを用いて形成することができる。

[0027] なお、交換結合膜 10 のP t C r層 2 Aなど合金層を成膜する際には、合金を形成する複数種類の金属（P t C r層 2 Aの場合にはP tおよびC r）を同時に供給してもよいし、合金を形成する複数種類の金属を交互に供給してもよい。前者の具体例として合金を形成する複数種類の金属の同時スパッタが挙げられ、後者の具体例として異なる種類の金属層の交互積層が挙げられる。合金を形成する複数種類の金属の同時供給が交互供給よりもH e xを高めることによって好ましい場合がある。

[0028] <第 2 の実施形態>

図 2 に本発明の第 2 の実施形態の交換結合膜 20 を使用した磁気検出素子（磁気抵抗効果素子） 21 の膜構成を示す説明図が示されている。本実施形態では、図 1 に示す磁気検出素子 11 と機能が同じ層に同じ符号を付して、説明を省略する。

図 2 に示す第 2 の実施形態の磁気検出素子 21 が図 1 の磁気検出素子 11 と相違している点は、交換結合膜 20 がセルフピン止め構造の固定磁性層 3 と反強磁性層 2 とが接合されて構成されている点、および、非磁性材料層 4 とフリー磁性層 5 が固定磁性層 3 よりも下地層 1 側に形成されている点である。

[0029] 磁気検出素子 21 も、いわゆるシングルスピンバルブ型の巨大磁気抵抗効果を利用した積層素子である。固定磁性層 3 の第 1 磁性層 3 A の固定磁化のベクトルと、フリー磁性層 5 の外部磁場によって変化する磁化のベクトルと

の相対関係で電気抵抗が変化する。

[0030] 固定磁性層 3 は、第 1 磁性層 3 A および第 2 磁性層 3 C と、これらの二層の間に位置する非磁性中間層 3 B と、で構成されたセルフピン止め構造となっている。第 1 磁性層 3 A の固定磁化方向 P 1 と、第 2 磁性層 3 C の固定磁化方向 P 2 とは、相互作用により反平行となっている。非磁性材料層 4 に隣接する第 1 磁性層 3 A の固定磁化方向 P 1 が固定磁性層 3 の固定磁化方向である。この固定磁化方向 P 1 が延びる方向が磁気検出素子 1 1 の感度軸方向である。

[0031] 第 1 磁性層 3 A および第 2 磁性層 3 C は、Fe（鉄）、Co（コバルト）、CoFe 合金（鉄・コバルト合金）またはNiFe 合金（ニッケル・鉄合金）で形成される。CoFe 合金およびNiFe 合金は、Fe の含有割合を高くすることにより、保磁力が高くなる。非磁性材料層 4 に隣接する第 1 磁性層 3 A はスピバルブ型の巨大磁気抵抗効果に寄与する層である。

非磁性中間層 3 B はRu（ルテニウム）などで形成されている。Ru となる非磁性中間層 3 B の膜厚は、3～5 Å または 8～10 Å であることが好ましい。

本実施形態のセルフピン止め構造の固定磁性層 3 における第 1 磁性層 3 A および第 2 磁性層 3 C として使用できる材料の選択幅が広く、第 1 の実施形態同様、従来よりも設計上の自由度が高い。

[0032] <磁気センサの構成>

図 3 に、図 1 に示す磁気検出素子 1 1 を組み合わせた磁気センサ（磁気検出装置）3 0 が示されている。図 3 では、固定磁化方向 P（図 1 参照）が異なる磁気検出素子 1 1 を、それぞれ 1 1 X a, 1 1 X b, 1 1 Y a, 1 1 Y b の異なる符号を付して区別している。磁気センサ 3 0 では、磁気検出素子 1 1 X a, 1 1 X b, 1 1 Y a, 1 1 Y b が同一基板上に設けられている。

[0033] 図 3 に示す磁気センサ 3 0 は、フルブリッジ回路 3 2 X およびフルブリッジ回路 3 2 Y を有しており、同一基板上に磁気検出素子 1 1（図 1 参照）を複数備えている。フルブリッジ回路 3 2 X は、2 つの磁気検出素子 1 1 X a

と2つの磁気検出素子11Xbとを備えており、フルブリッジ回路32Yは、2つの磁気検出素子11Yaと2つの磁気検出素子11Ybとを備えている。磁気検出素子11Xa, 11Xb, 11Ya, 11Ybはいずれも、図1に示した磁気検出素子11の交換結合膜10の膜構造を備えている。これらを特に区別しない場合、以下適宜、磁気検出素子11と記す。

[0034] フルブリッジ回路32Xとフルブリッジ回路32Yとは、検出磁場方向を異ならせるために、図3中に矢印で示した固定磁化方向が異なる磁気検出素子11を用いたものであって、磁場を検出する機構は同じである。そこで、以下では、フルブリッジ回路32Xを用いて磁場を検出する機構を説明する。

[0035] フルブリッジ回路32Xは、第1の直列部32Xaと第2の直列部32Xbが並列に接続されて構成されている。第1の直列部32Xaは、磁気検出素子11Xaと磁気検出素子11Xbとが直列に接続されて構成され、第2の直列部32Xbは、磁気検出素子11Xbと磁気検出素子11Xaとが直列に接続されて構成されている。

[0036] 第1の直列部32Xaを構成する磁気検出素子11Xaと、第2の直列部32Xbを構成する磁気検出素子11Xbに共通の電源端子33に、電源電圧Vddが与えられる。第1の直列部32Xaを構成する磁気検出素子11Xbと、第2の直列部32Xbを構成する磁気検出素子11Xaに共通の接地端子34が接地電位GNDに設定されている。

[0037] フルブリッジ回路32Xを構成する第1の直列部32Xaの midpoint 35Xa の出力電位 (OutX1) と、第2の直列部32Xbの midpoint 35Xb の出力電位 (OutX2) との差動出力 (OutX1) - (OutX2) がX方向の検知出力 (検知出力電圧) Vxsとして得られる。

[0038] フルブリッジ回路32Yも、フルブリッジ回路32Xと同様に作用することで、第1の直列部32Yaの midpoint 35Ya の出力電位 (OutY1) と、第2の直列部32Ybの midpoint 35Yb の出力電位 (OutY2) との差動出力 (OutY1) - (OutY2) がY方向の検知出力 (検知出力電圧) Vy

Y sとして得られる。

[0039] 図3に矢印で示すように、フルブリッジ回路32Xを構成する磁気検出素子11Xaおよび磁気検出素子11Xbの感度軸方向と、フルブリッジ回路32Yを構成する磁気検出素子11Yaおよび各磁気検出素子11Ybの感度軸方向とは互いに直交している。

[0040] 図3に示す磁気センサ30では、それぞれの磁気検出素子11のフリー磁性層5の向きが外部磁場Hの方向に倣うように変化する。このとき、固定磁性層3の固定磁化方向Pと、フリー磁性層5の磁化方向との、ベクトルの関係で抵抗値が変化する。

[0041] 例えば、外部磁場Hが図3に示す方向に作用したとすると、フルブリッジ回路32Xを構成する磁気検出素子11Xaでは感度軸方向と外部磁場Hの方向が一致するため電気抵抗値は小さくなり、一方、磁気検出素子11Xbでは感度軸方向と外部磁場Hの方向が反対であるため電気抵抗値は大きくなる。この電気抵抗値の変化により、検知出力電圧 $V_{Xs} = (Out_{X1}) - (Out_{X2})$ が極大となる。外部磁場Hが紙面に対して右向きに変化するにしたがって、検知出力電圧 $V_{Xs}$ が低くなっていく。そして、外部磁場Hが図3の紙面に対して上向きまたは下向きになると、検知出力電圧 $V_{Xs}$ がゼロになる。

[0042] 一方、フルブリッジ回路32Yでは、外部磁場Hが図3に示すように紙面に対して左向きのときは、全ての磁気検出素子11で、フリー磁性層5の磁化の向きが、感度軸方向（固定磁化方向P）に対して直交するため、磁気検出素子11Yaおよび磁気検出素子11Xbの電気抵抗値は同じである。したがって、検知出力電圧 $V_{Ys}$ はゼロである。図3において外部磁場Hが紙面に対して下向きに作用すると、フルブリッジ回路32Yの検知出力電圧 $V_{Ys} = (Out_{Y1}) - (Out_{Y2})$ が極大となり、外部磁場Hが紙面に対して上向きに変化するにしたがって、検知出力電圧 $V_{Ys}$ が低くなっていく。

[0043] このように、外部磁場Hの方向が変化すると、それに伴いフルブリッジ回

路 3 2 X およびフルブリッジ回路 3 2 Y の検知出力電圧  $V_{Xs}$  および  $V_{Ys}$  も変動する。したがって、フルブリッジ回路 3 2 X およびフルブリッジ回路 3 2 Y から得られる検知出力電圧  $V_{Xs}$  および  $V_{Ys}$  に基づいて、検知対象の移動方向や移動量（相対位置）を検知することができる。

[0044] 図 3 には、X 方向と、X 方向に直交する Y 方向の磁場を検出可能に構成された磁気センサ 30 を示した。しかし、X 方向または Y 方向の磁場のみを検出するフルブリッジ回路 3 2 X またはフルブリッジ回路 3 2 Y のみを備えた構成としてもよい。

[0045] 図 4 に、磁気検出素子 1 1 X a と磁気検出素子 1 1 X b の平面構造が示されている。図 3 と図 4 は、 $B_{Xa} - B_{Xb}$  方向が X 方向である。図 4 (A) (B) に、磁気検出素子 1 1 X a, 1 1 X b の固定磁化方向 P が矢印で示されている。磁気検出素子 1 1 X a と磁気検出素子 1 1 X b では、固定磁化方向 P が X 方向であり、互いに逆向きである。

[0046] 図 4 に示すように、磁気検出素子 1 1 X a と磁気検出素子 1 1 X b は、ストライプ形状の素子部 1 2 を有している。素子部 1 2 の長手方向が  $B_{Ya} - B_{Yb}$  方向に向けられている。素子部 1 2 は複数本が平行に配置されており、隣り合う素子部 1 2 の図示右端部が導電部 1 3 a を介して接続され、隣り合う素子部 1 2 の図示右端部が導電部 1 3 b を介して接続されている。素子部 1 2 の図示右端部と図示左端部では、導電部 1 3 a, 1 3 b が互い違いに接続されており、素子部 1 2 はいわゆるミアンダ形状に連結されている。磁気検出素子 1 1 X a, 1 1 X b の、図示右下部の導電部 1 3 a は接続端子 1 4 a と一体化され、図示左上部の導電部 1 3 b は接続端子 1 4 b と一体化されている。

[0047] 各素子部 1 2 は複数の金属層（合金層）が積層されて構成されている。図 1 に素子部 1 2 の積層構造が示されている。なお、各素子部 1 2 は図 2 に示す積層構造であってもよい。

[0048] なお、図 3 と図 4 に示す磁気センサ 30 では、磁気検出素子 1 1 を図 2 に示す第 2 の実施形態の磁気検出素子 2 1 に置き換えることが可能である。

## 実施例

[0049] 図6は実施例1～4および比較例1～3の交換結合膜40の膜構成を説明する説明図である。同図に示す構成を備えた交換結合膜を形成し、温度とH<sub>e x</sub>との関係を測定した。

(実施例1)

以下の構成を備えた交換結合膜40を形成し、温度350℃、磁場強度1kOeの条件で5時間アニール処理し、固定磁性層3と反強磁性層2の磁化を固定した。以下の実施例および比較例では( )内の数値は膜厚(Å)を示す。

基板／下地層1: NiFeCr(42)／反強磁性層2: Pt<sub>51at%</sub>Cr<sub>49at%</sub>(280)／Pt<sub>50at%</sub>Mn<sub>50at%</sub>(20)／固定磁性層3: Co<sub>90at%</sub>Fe<sub>10at%</sub>(100)／保護層6: Ta(90)

[0050] (実施例2)

実施例1と同じ構成を備えた交換結合膜40を、温度を実施例1の350℃から400℃に変更して磁場強度1kOeの条件で5時間アニール処理し、固定磁性層3と反強磁性層2の磁化を固定した。

[0051] (実施例3)

実施例1における反強磁性層2のPt<sub>51at%</sub>Cr<sub>49at%</sub>(280)／Pt<sub>50at%</sub>Mn<sub>50at%</sub>(20)をPt<sub>54at%</sub>Cr<sub>46at%</sub>(280)／Pt<sub>50at%</sub>Mn<sub>50at%</sub>(10)に変えた交換結合膜40を形成し、温度を実施例1の350℃から400℃に変更して磁場強度1kOeの条件で5時間アニール処理し、固定磁性層3と反強磁性層2の磁化を固定した。

[0052] (実施例4)

実施例1における反強磁性層2のPt<sub>51at%</sub>Cr<sub>49at%</sub>(280)／Pt<sub>50at%</sub>Mn<sub>50at%</sub>(20)をPt<sub>54at%</sub>Cr<sub>46at%</sub>(280)／Pt<sub>50at%</sub>Mn<sub>50at%</sub>(20)に変えた交換結合膜40を形成し、温度を実施例1の350℃から400℃に変更して、固定磁性層3と反強磁性層2の磁化を固定した。

## [0053] (比較例 1)

実施例 1 における反強磁性層 2 の  $\text{Pt}_{51\text{at}\%}\text{Cr}_{49\text{at}\%}$  (280) /  $\text{Pt}_{50\text{at}\%}\text{Mn}_{50\text{at}\%}$  (20) を  $\text{Pt}_{50\text{at}\%}\text{Mn}_{50\text{at}\%}$  (300) に変えた交換結合膜 40 を形成し、アニール処理の温度を実施例 1 の  $350^{\circ}\text{C}$  から  $400^{\circ}\text{C}$  に変更して磁場強度  $1\text{ kOe}$  の条件で 5 時間アニール処理し、固定磁性層 3 と反強磁性層 2 の磁化を固定した。

## [0054] (比較例 2)

実施例 1 における反強磁性層 2 の  $\text{Pt}_{51\text{at}\%}\text{Cr}_{49\text{at}\%}$  (280) /  $\text{Pt}_{50\text{at}\%}\text{Mn}_{50\text{at}\%}$  (20) を  $\text{Ir}_{20\text{at}\%}\text{Mn}_{80\text{at}\%}$  (80) に変えた交換結合膜 40 を形成し、温度を実施例 1 の  $350^{\circ}\text{C}$  から  $400^{\circ}\text{C}$  に変更して磁場強度  $1\text{ kOe}$  の条件で 5 時間アニール処理し、固定磁性層 3 と反強磁性層 2 の磁化を固定した。

## [0055] (比較例 3)

実施例 1 における反強磁性層 2 の  $\text{Pt}_{51\text{at}\%}\text{Cr}_{49\text{at}\%}$  (280) /  $\text{Pt}_{50\text{at}\%}\text{Mn}_{50\text{at}\%}$  (20) を  $\text{Pt}_{51\text{at}\%}\text{Cr}_{49\text{at}\%}$  (300) に変えた交換結合膜 40 を形成し、温度を実施例 1 の  $350^{\circ}\text{C}$  から  $400^{\circ}\text{C}$  に変更して磁場強度  $1\text{ kOe}$  の条件で 5 時間アニール処理し、固定磁性層 3 と反強磁性層 2 の磁化を固定した。

[0056] 実施例 1 ～ 4 および比較例 1 ～ 3 の交換結合膜 40 について、温度の変化に伴う  $H_{\text{ex}}$  の変化を測定した結果を表 1 ～ 3 に示す。表 1 ～ 表 3 には、VSM (振動試料型磁力計) を用いて、各実施例・比較例に係る交換結合膜の各温度における磁化曲線を測定し、得られたヒステリシスループから求めた交換結合磁界  $H_{\text{ex}}$  (単位:  $\text{Oe}$ )、および各温度における  $H_{\text{ex}}$  を室温の  $H_{\text{ex}}$  で除して得られた規格化  $H_{\text{ex}}$  を示している。

## [0057]

[表1]

| 実施例 1      |             |            | 実施例 2      |             |            |
|------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|
| 温度<br>(°C) | Hex<br>(0e) | 規格化<br>Hex | 温度<br>(°C) | Hex<br>(0e) | 規格化<br>Hex |
| 24         | 335         | 1.00       | 22         | 400         | 1.00       |
| 40         | 330         | 0.99       | 44         | 400         | 1.00       |
| 64         | 330         | 0.99       | 63         | 385         | 0.96       |
| 84         | 320         | 0.96       | 84         | 385         | 0.96       |
| 104        | 325         | 0.97       | 104        | 375         | 0.94       |
| 125        | 310         | 0.93       | 124        | 380         | 0.95       |
| 143        | 305         | 0.91       | 146        | 360         | 0.90       |
| 163        | 305         | 0.91       | 164        | 350         | 0.88       |
| 183        | 295         | 0.88       | 185        | 355         | 0.89       |
| 203        | 295         | 0.88       | 204        | 345         | 0.86       |
| 223        | 295         | 0.88       | 224        | 340         | 0.85       |
| 266        | 285         | 0.85       | 266        | 340         | 0.85       |
| 305        | 250         | 0.75       | 307        | 305         | 0.76       |
| 344        | 245         | 0.73       | 345        | 265         | 0.66       |
| 384        | 205         | 0.61       | 385        | 220         | 0.55       |
| 423        | 180         | 0.54       | 424        | 165         | 0.41       |
| 462        | 130         | 0.39       | 463        | 110         | 0.28       |
| 500        | 50          | 0.15       | 500        | 25          | 0.06       |

[0058]

[表2]

| 実施例 3      |             |            | 実施例 4      |             |            |
|------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|
| 温度<br>(°C) | Hex<br>(0e) | 規格化<br>Hex | 温度<br>(°C) | Hex<br>(0e) | 規格化<br>Hex |
| 25         | 485         | 1.00       | 22         | 530         | 1.00       |
| 42         | 485         | 1.00       | 42         | 540         | 1.02       |
| 66         | 485         | 1.00       | 63         | 525         | 0.99       |
| 85         | 483         | 0.99       | 84         | 540         | 1.02       |
| 104        | 480         | 0.99       | 104        | 525         | 0.99       |
| 124        | 480         | 0.99       | 125        | 510         | 0.96       |
| 145        | 478         | 0.98       | 144        | 510         | 0.96       |
| 165        | 478         | 0.98       | 165        | 500         | 0.94       |
| 185        | 470         | 0.97       | 184        | 480         | 0.91       |
| 205        | 475         | 0.98       | 204        | 480         | 0.91       |
| 224        | 470         | 0.97       | 224        | 475         | 0.90       |
| 268        | 453         | 0.93       | 268        | 465         | 0.88       |
| 283        | 435         | 0.90       | —          | —           | —          |
| 302        | 415         | 0.86       | 305        | 425         | 0.80       |
| 345        | 350         | 0.72       | 345        | 395         | 0.75       |
| 385        | 280         | 0.58       | 385        | 365         | 0.69       |
| 423        | 198         | 0.41       | 424        | 275         | 0.52       |
| 462        | 110         | 0.23       | 463        | 165         | 0.31       |
| 500        | 20          | 0.04       | 500        | 50          | 0.09       |

[0059]

[表3]

| 比較例 1      |             |            | 比較例 2      |             |            | 比較例 3      |             |            |
|------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|
| 温度<br>(°C) | Hex<br>(Oe) | 規格化<br>Hex | 温度<br>(°C) | Hex<br>(Oe) | 規格化<br>Hex | 温度<br>(°C) | Hex<br>(Oe) | 規格化<br>Hex |
| 22         | 278         | 1.00       | 22         | 83          | 1.00       | 24         | 118         | 1.00       |
| 42         | 278         | 1.00       | 42         | 79          | 0.95       | 48         | 116         | 0.99       |
| 64         | 270         | 0.97       | 64         | 76          | 0.92       | 64         | 116         | 0.99       |
| 84         | 273         | 0.98       | 84         | 73          | 0.88       | 83         | 119         | 1.01       |
| 104        | 265         | 0.95       | 104        | 65          | 0.79       | 104        | 120         | 1.02       |
| 124        | 258         | 0.93       | 124        | 63          | 0.76       | 125        | 119         | 1.01       |
| 145        | 250         | 0.90       | 144        | 55          | 0.67       | 145        | 118         | 1.00       |
| 163        | 240         | 0.86       | 165        | 50          | 0.61       | 164        | 118         | 1.00       |
| 185        | 233         | 0.84       | 181        | 46          | 0.56       | 184        | 115         | 0.98       |
| 204        | 228         | 0.82       | 201        | 38          | 0.45       | 204        | 113         | 0.96       |
| 224        | 213         | 0.77       | 220        | 34          | 0.41       | 240        | 108         | 0.91       |
| 255        | 165         | 0.59       | 259        | 14          | 0.17       | 286        | 96          | 0.82       |
| 304        | 98          | 0.35       | 304        | 0           | 0.00       | 326        | 60          | 0.51       |
| 344        | 45          | 0.16       | —          | —           | —          | —          | —           | —          |
| 362        | 40          | 0.14       | —          | —           | —          | 363        | 34          | 0.29       |
| 403        | 5           | 0.02       | —          | —           | —          | 403        | 18          | 0.15       |
| 422        | 0           | 0.00       | —          | —           | —          | 422        | 10          | 0.09       |
| —          | —           | —          | —          | —           | —          | 460        | 3.5         | 0.03       |
| —          | —           | —          | —          | —           | —          | 500        | 2.5         | 0.02       |

[0060] 図7は、実施例1～4および比較例1～3の交換結合膜40の温度とHexとの関係を示すグラフである。表1～3をまとめた図7のグラフに示されるように、実施例1～4の交換結合膜40は、高温条件下におけるHexの値が高かった。

[0061] 図8は図7の交換結合膜の各温度におけるHexを室温のHexで除して得られた規格化Hexを示すグラフである。同図に示すように、実施例1～4の交換結合膜40は、300℃の高温環境下におけるHexが室温におけるHexの約75～85%であり、室温からの減少割合が小さかった。

[0062] 図7および図8のグラフに示すように、反強磁性層2としてPtCr層とPtMn層とを備える実施例1～4の交換結合膜40は、PtMn、IrMnまたはPtCr層のみからなる反強磁性層2を備える比較例1～3の交換結合膜40と比較して、室温および高温条件下におけるHexの値が高く、かつ、温度の上昇に伴うHexの減少割合が小さかった。

[0063] (実施例5)

以下の構成を備えた以下の交換結合膜を形成し、磁場強度1kOe、温度

350℃の条件で20時間アニール処理し、固定磁性層3と反強磁性層2の磁化を固定した。

基板／下地層1：NiFeCr(42)／非磁性材料層4：[Cu(40)／Ru(10)]／固定磁性層3：Co<sub>60at%</sub>Fe<sub>40at%</sub>(100)／反強磁性層2：Pt<sub>50at%</sub>Mn<sub>50at%</sub>(12)／Pt<sub>51at%</sub>Cr<sub>49at%</sub>(280)／保護層6：Ta(90)

[0064] (実施例6)

実施例5における反強磁性層2のPt<sub>50at%</sub>Mn<sub>50at%</sub>(12)／Pt<sub>51at%</sub>Cr<sub>49at%</sub>(280)をPt<sub>50at%</sub>Mn<sub>50at%</sub>(18)／Pt<sub>51at%</sub>Cr<sub>49at%</sub>(280)に変えた交換結合膜を形成し、実施例5同様、磁場強度1kOe、温度350℃の条件で20時間アニール処理し、固定磁性層3と反強磁性層2の磁化を固定した。

[0065] 実施例5～6の交換結合膜について、VSM(振動試料型磁力計)を用いて、交換結合磁界H<sub>ex</sub>(単位：Oe)を測定し、室温のH<sub>ex</sub>で除して得られた規格化H<sub>ex</sub>を表4に示す。

[0066] [表4]

| 実施例5      |                        | 実施例6      |                        |
|-----------|------------------------|-----------|------------------------|
| 温度<br>(℃) | 規格化<br>H <sub>ex</sub> | 温度<br>(℃) | 規格化<br>H <sub>ex</sub> |
| 22        | 1.00                   | 22        | 1.00                   |
| 63        | 1.00                   | 68        | 0.97                   |
| 106       | 0.97                   | 108       | 0.93                   |
| 123       | 0.97                   | 125       | 0.90                   |
| 145       | 0.95                   | 145       | 0.89                   |
| 165       | 0.93                   | 166       | 0.88                   |
| 183       | 0.89                   | 184       | 0.83                   |
| 202       | 0.87                   | 204       | 0.82                   |
| 220       | 0.85                   | 224       | 0.79                   |
| 262       | 0.80                   | 265       | 0.74                   |
| 306       | 0.75                   | 305       | 0.66                   |
| 341       | 0.68                   | 344       | 0.60                   |
| 382       | 0.61                   | 382       | 0.51                   |
| 421       | 0.52                   | 422       | 0.38                   |
| 462       | 0.37                   | 462       | 0.19                   |
| —         | —                      | 481       | 0.08                   |
| 500       | 0.15                   | 500       | 0.03                   |

[0067] 図9は、実施例1～6の交換結合膜の各温度における $H_{ex}$ を室温の $H_{ex}$ で除して得られた規格化 $H_{ex}$ を示すグラフである。表4の結果をまとめた同グラフに示すように、固定磁性層3として $Co_{60at\%}Fe_{40at\%}$ を用いた実施例5～6は、固定磁性層3として、 $Co_{90at\%}Fe_{10at\%}$ を用いた実施例1～4同様、高温安定性が良好なものあった。

[0068] (実施例7)

固定磁性層3中のFe量X(at%)を0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90および100に変化させて、以下の構成を備えた交換結合膜を形成し、温度350℃、磁場強度1kOeの条件で20時間アニール処理し、固定磁性層3と反強磁性層2の磁化を固定した。

基板／下地層1: NiFeCr(40)／非磁性中間層4: [Cu(40)／Ru(10)]／固定磁性層3:  $Co_{(100-Xat\%)}Fe_{Xat\%}(50)$ ／反強磁性層2:  $Pt_{48at\%}Mn_{52at\%}(20)$ ／ $Pt_{51at\%}Cr_{49at\%}(280)$ ／保護層6: Ta(50)

[0069] (実施例8)

実施例7と同じ交換結合膜を形成し、温度を実施例7の350℃から400℃に変えて磁場強度1kOeの条件で20時間アニール処理し、固定磁性層3と反強磁性層2の磁化を固定した。

[0070] (比較例4)

固定磁性層3中のFe量X(at%)を0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90および100に変化させて、以下の構成を備えた交換結合膜を形成し、温度350℃、磁場強度1kOeの条件で20時間アニール処理し、固定磁性層3と反強磁性層2の磁化を固定した。

基板／下地層1: NiFeCr(40)／非磁性中間層4: [Cu(40)／Ru(10)]／固定磁性層3:  $Co_{(100-Xat\%)}Fe_{Xat\%}(50)$ ／反強磁性層2:  $Ir_{22at\%}Mn_{78at\%}(80)$ ／保護層6: Ta(50)

[0071] 実施例7～8および比較例4の交換結合膜について、VSM(振動試料型磁力計)を用いて、交換結合磁界 $H_{ex}$ (単位: Oe)を測定した結果を表

5 に示し単位面積あたりの交換結合エネルギー ( $\text{erg}/\text{cm}^2$ ) を表 6 に示す。

[0072] [表5]

$H_{ex}$  (交換結合磁界、Oe)

|               | 実施例 7           | 実施例 8           | 比較例 4           |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 層中 Fe 量 (at%) | アニール温度<br>350°C | アニール温度<br>400°C | アニール温度<br>350°C |
| 0             | 325             | 725             | 41              |
| 10            | 413             | 825             | 63              |
| 20            | 388             | 838             | 82              |
| 30            | 538             | 875             | 182             |
| 40            | 488             | 870             | 174             |
| 50            | 513             | 850             | 155             |
| 60            | 475             | 875             | 150             |
| 70            | 425             | 863             | 135             |
| 80            | 413             | 838             | 90              |
| 90            | 425             | 813             | 75              |
| 100           | 338             | 400             | 68              |

[0073] [表6]

交換結合エネルギー ( $\text{erg}/\text{cm}^2$ )

|                  | 実施例 7           | 実施例 8           | 比較例 4           |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 層中 Fe 量<br>(at%) | アニール温度<br>350°C | アニール温度<br>400°C | アニール温度<br>350°C |
| 0                | 0.26            | 0.55            | 0.03            |
| 10               | 0.34            | 0.60            | 0.04            |
| 20               | 0.34            | 0.65            | 0.06            |
| 30               | 0.54            | 0.74            | 0.16            |
| 40               | 0.52            | 0.76            | 0.17            |
| 50               | 0.55            | 0.82            | 0.16            |
| 60               | 0.51            | 0.82            | 0.15            |
| 70               | 0.48            | 0.85            | 0.13            |
| 80               | 0.43            | 0.74            | 0.09            |
| 90               | 0.42            | 0.69            | 0.07            |
| 100              | 0.32            | 0.32            | 0.07            |

[0074] 図 10 および図 11 は、実施例 7～8 と比較例 4 の交換結合膜の交換結合磁界  $H_{ex}$  (Oe) および交換結合エネルギー ( $\text{erg}/\text{cm}^2$ ) を示すグラ

フである。表5および表6をまとめたこれらのグラフに示すように、反強磁性層2として $Pt_{48at\%}Mn_{52at\%}(20) / Pt_{51at\%}Cr_{49at\%}(280)$ を用いた交換結合膜は、固定磁性層3として $Co_{(100-Xat\%)}Fe_{Xat\%}(50)$  ( $X=0\sim100$ )を用いた場合でも、交換結合磁界 $H_{ex}$ および交換結合エネルギーが高くなることが分かった。このように、 $PtCr$ 層と $XMn$ 層（ただし、 $X$ は $Pt$ または $Ir$ ）とからなる反強磁性層2を用いることにより、固定磁性層3として種々の金属を用いて、交換結合磁界 $H_{ex}$ が高い交換結合膜10が得られる。したがって、例えば磁歪等の性質を優先して、固定磁性層3として用いる $CoFe$ 合金を決定することができるから、交換結合膜10は設計上の自由度が高い。

### 符号の説明

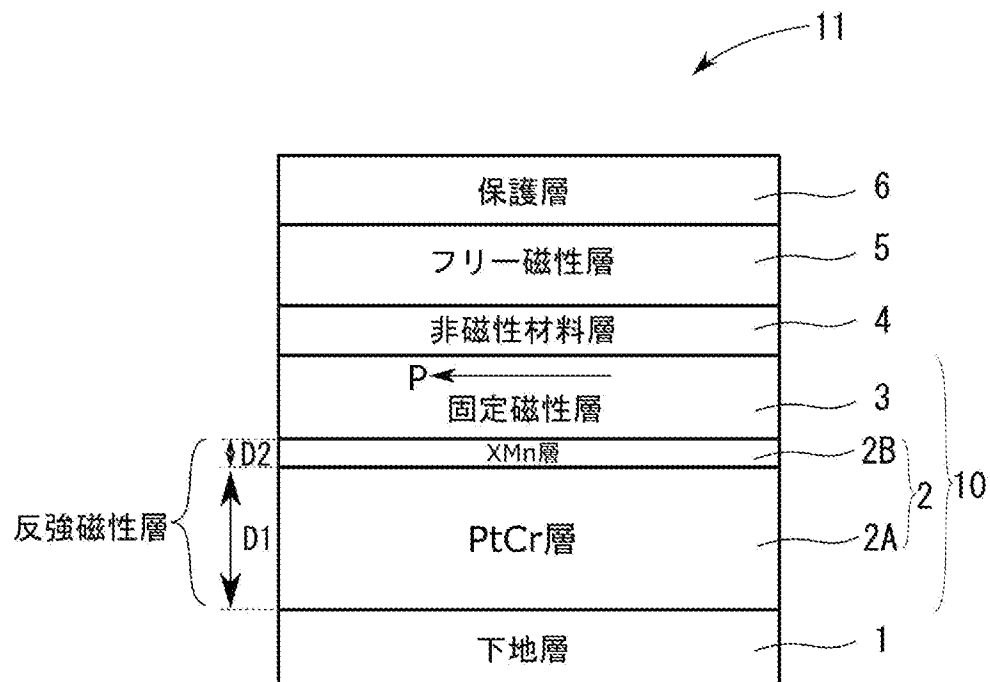
- [0075] 1 : 下地層
- 2 : 反強磁性層
- 2A :  $PtCr$ 層
- 2B :  $XMn$ 層
- 3 : 固定磁性層
- 3A : 第1磁性層
- 3B : 非磁性中間層
- 3C : 第2磁性層
- 4 : 非磁性材料層
- 5 : フリー磁性層
- 6 : 保護層
- 10, 20, 40 : 交換結合膜
- 11, 11Xa, 11Xb, 11Ya, 11Yb : 磁気検出素子
- 12 : 素子部
- 13a, 13b : 導電部
- 14a, 14b : 接続端子
- 21 : 磁気検出素子（磁気抵抗効果素子）

3 0 : 磁気センサ（磁気検出装置）  
3 2 X : フルブリッジ回路  
3 2 X a, 3 2 Y a : 第 1 の直列部  
3 2 X b, 3 2 Y b : 第 2 の直列部  
3 2 Y : フルブリッジ回路  
3 3 : 電源端子  
3 4 : 接地端子  
3 5 X a, 3 5 X b, 3 5 Y a, 3 5 Y b : 中点  
D 1, D 2 : 膜厚  
G N D : 接地電位  
H : 外部磁場  
H e x : 交換結合磁界  
M : 磁化  
P, P 1, P 2 : 固定磁化方向  
V d d : 電源電圧

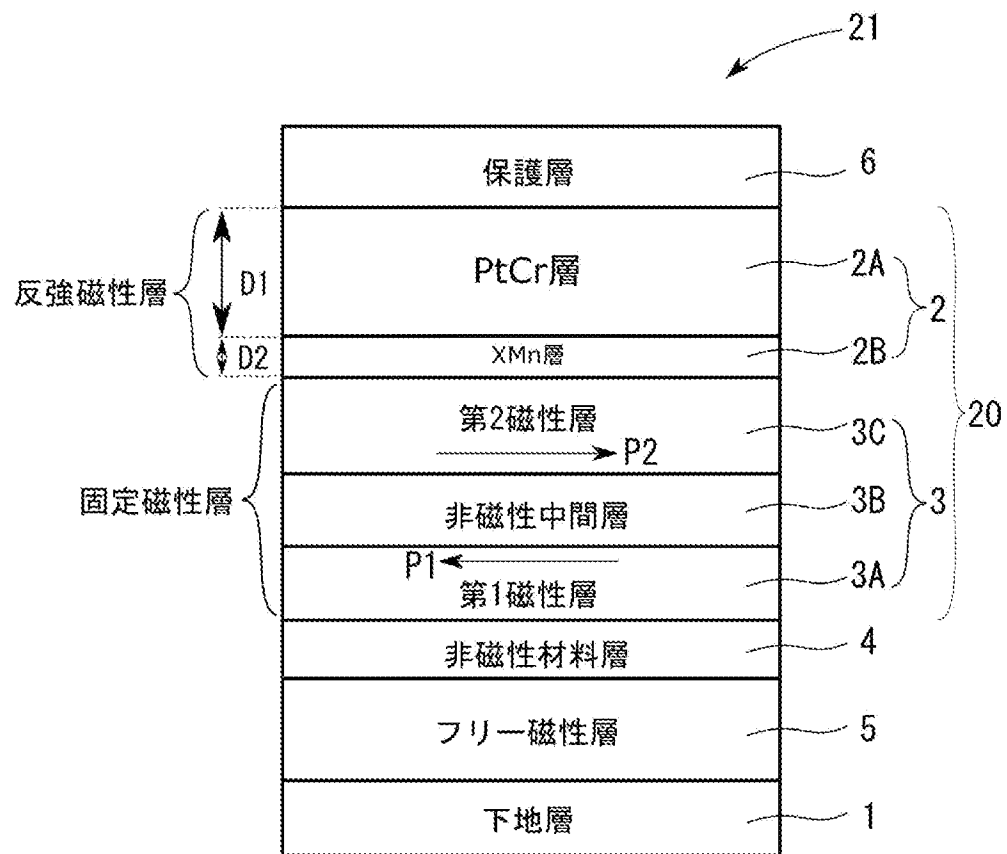
## 請求の範囲

- [請求項1] 反強磁性層と固定磁性層とが積層され、  
前記反強磁性層は PtCr 層と XMn 層（ただし、XはPtまたはIr）とからなり、  
前記 XMn 層が前記固定磁性層に接しており、  
前記固定磁性層が鉄、コバルト、コバルト・鉄合金またはニッケル・鉄合金であることを特徴とする交換結合膜。
- [請求項2] 反強磁性層と固定磁性層とが積層され、  
前記反強磁性層は PtCr 層と XMn 層（ただし、XはPtまたはIr）とからなり、  
前記 XMn 層が前記固定磁性層に接しており、  
前記固定磁性層は、第1磁性層と中間層と第2磁性層とが積層されたセルフピン止め構造であり、  
前記第1磁性層および前記第2磁性層が鉄、コバルト、コバルト・鉄合金またはニッケル・鉄合金であることを特徴とする交換結合膜。
- [請求項3] 前記 PtCr 層の膜厚は、前記 XMn 層の膜厚よりも大きい請求項1または2に記載の交換結合膜。
- [請求項4] 前記 PtCr 層の膜厚と前記 XMn 層の膜厚との比は、5 : 1 ~ 100 : 1 である請求項3に記載の交換結合膜。
- [請求項5] 請求項1 ~ 4 のいずれか1項に記載の交換結合膜とフリー磁性層とが積層されていることを特徴とする磁気抵抗効果素子。
- [請求項6] 請求項5に記載の前記磁気抵抗効果素子を複数備えていることを特徴とする磁気検出装置。
- [請求項7] 同一基板上に請求項5に記載の前記磁気抵抗効果素子を複数備えており、  
複数の前記磁気抵抗効果素子には、固定磁化方向が異なるものが含まれている請求項6に記載の磁気検出装置。

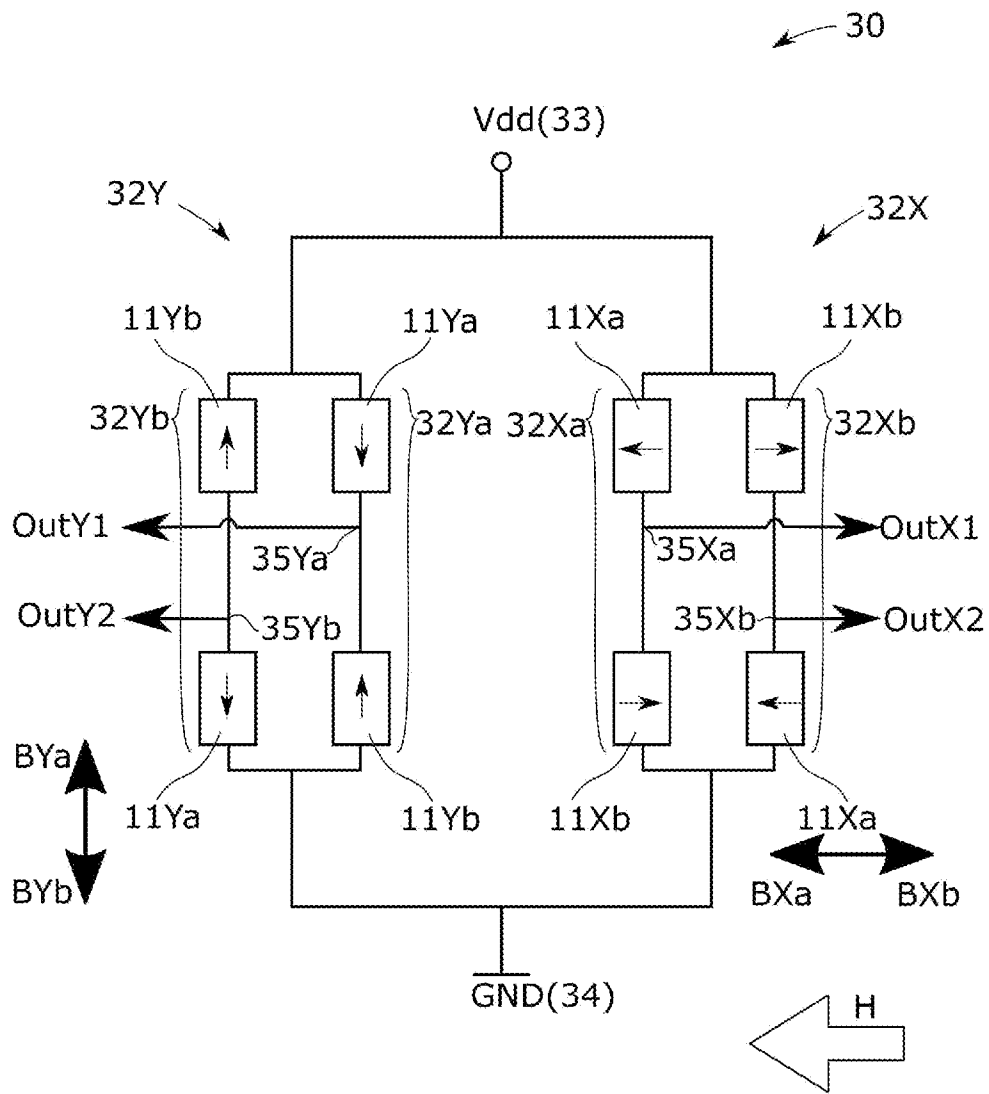
[図1]



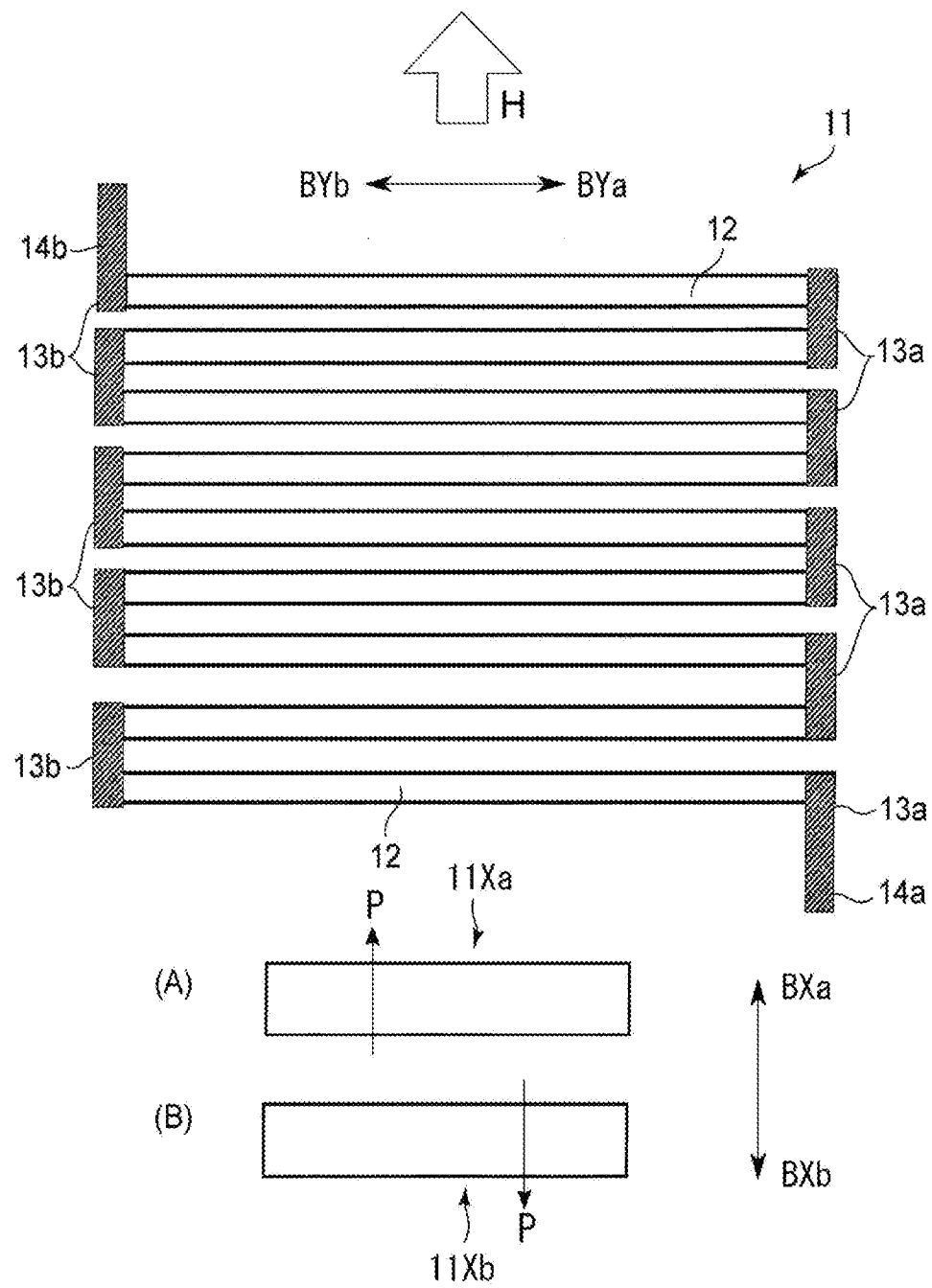
[図2]



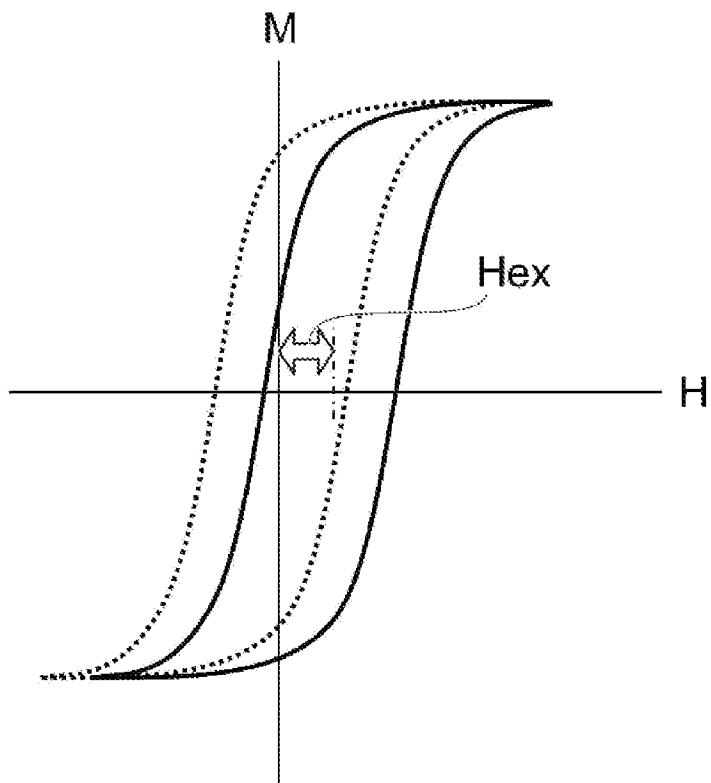
[図3]



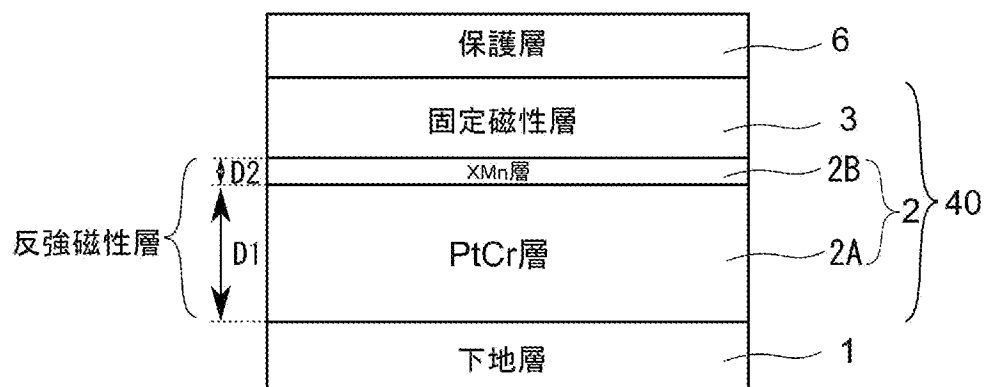
[図4]



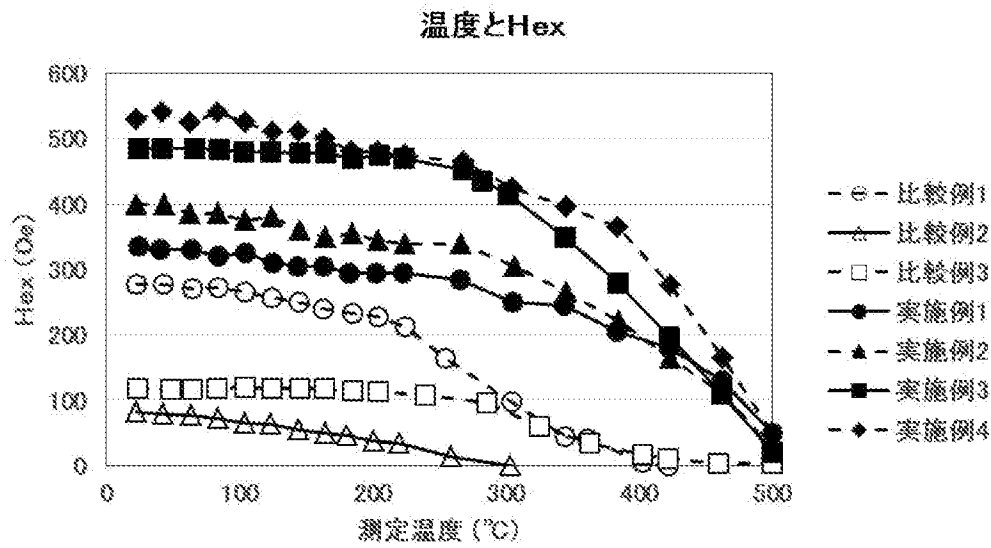
[図5]



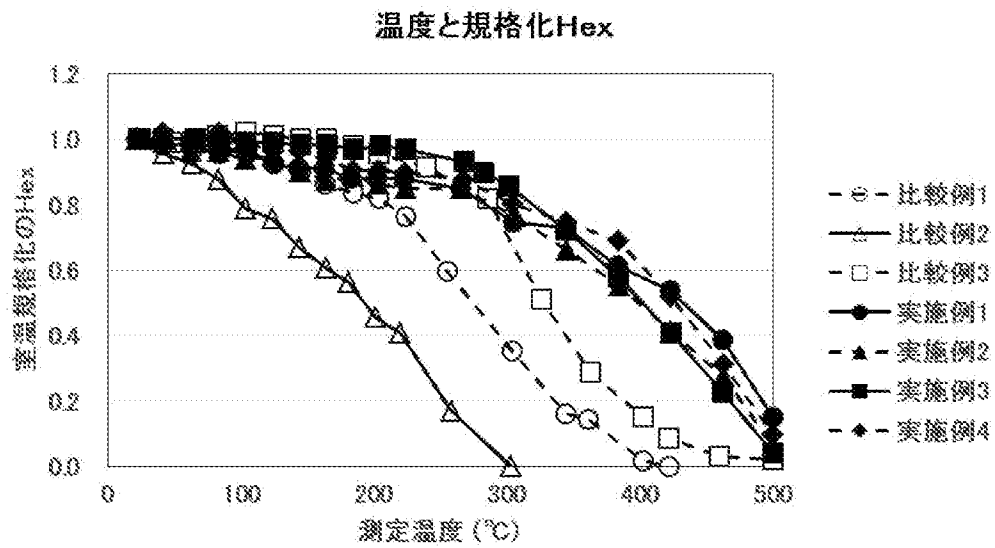
[図6]



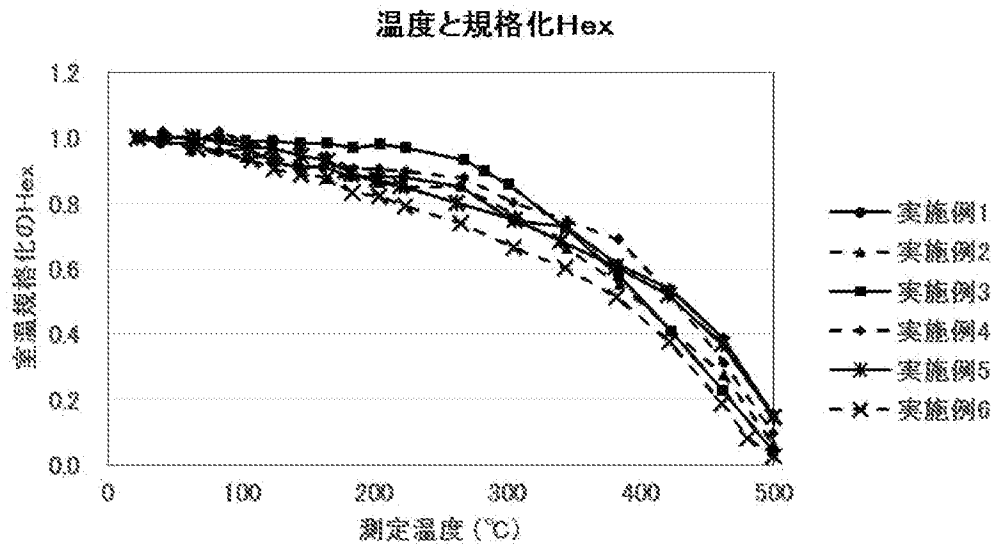
[図7]



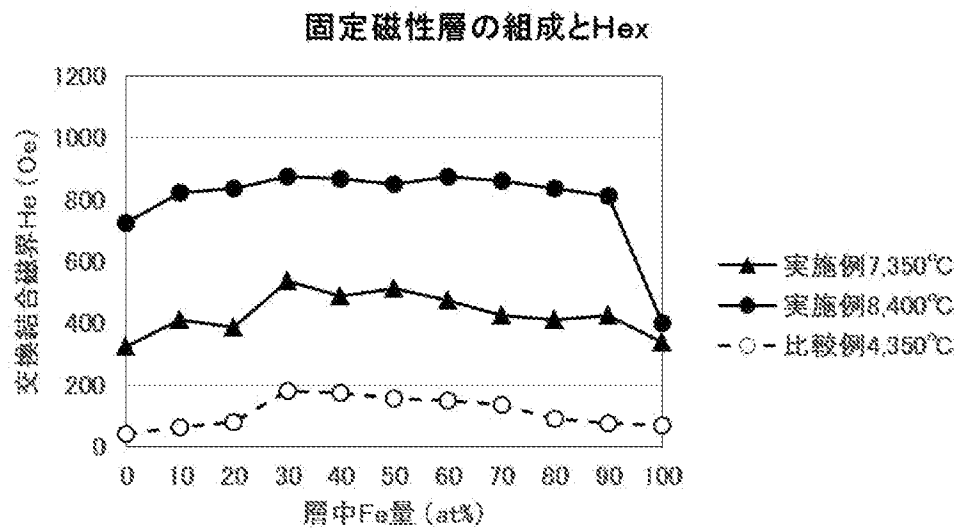
[図8]



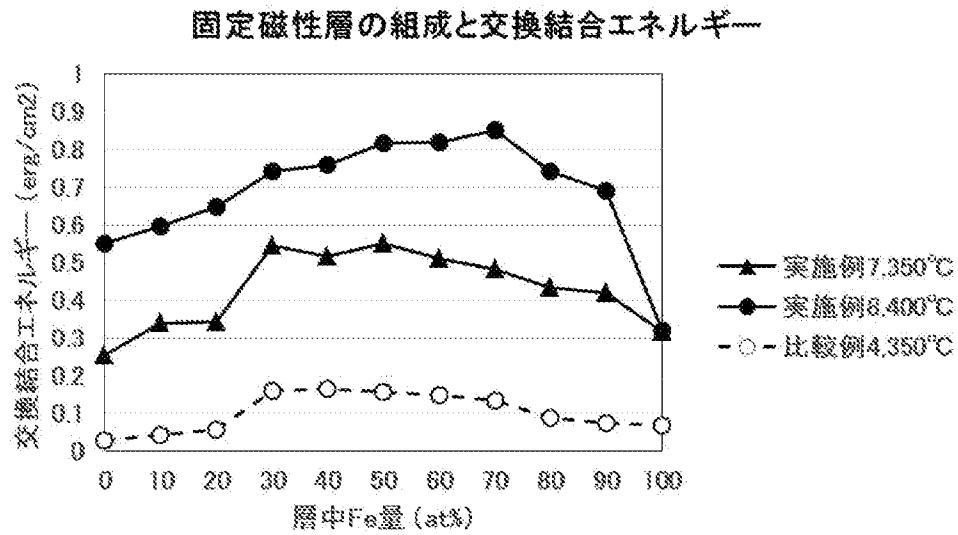
[図9]



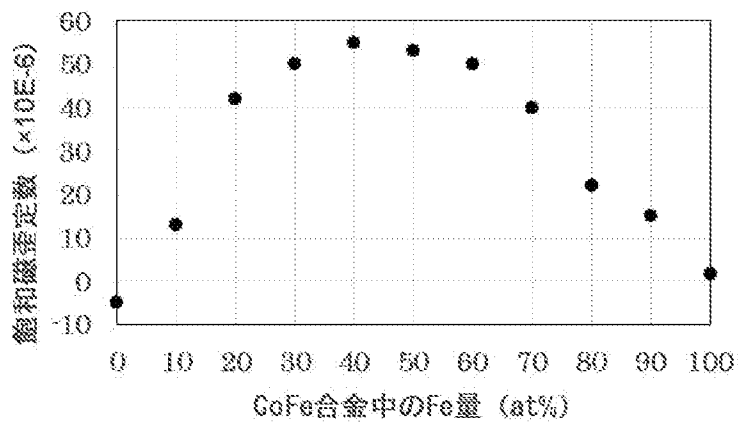
[図10]



[図11]



[図12]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/035590

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H01L43/10(2006.01)i, G01R33/09(2006.01)i, H01F10/32(2006.01)i,  
H01F41/18(2006.01)i, H01F41/22(2006.01)i, H01L43/08(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. H01L43/10, G01R33/09, H01F10/32, H01F41/18, H01F41/22, H01L43/08

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 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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. |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | JP 2012-33515 A (HITACHI, LTD.) 16 February 2012, entire text, all drawings & WO 2010/050125 A1 | 1-7                   |
| A         | JP 2007-26481 A (TDK CORPORATION) 01 February 2007, entire text, all drawings (Family: none)    | 1-7                   |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

|                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| * Special categories of cited documents:                                                                                                                                | "I" 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                                              |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance                                                                | "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                                                                     |
| "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date                                                                               | "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 |
| "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) | "&" document member of the same patent family                                                                                                                                                                                                    |
| "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                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                  |

Date of the actual completion of the international search  
26 November 2018 (26.11.2018)

Date of mailing of the international search report  
04 December 2018 (04.12.2018)

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/JP2018/035590

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                     | Relevant to claim No. |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | JP 2010-21580 A (TOSHIBA CORP.) 28 January 2010, entire text, all drawings & JP 2007-142364 A & JP 2008-283207 A & US 2007/0086121 A1 & US 2010/0118600 A1 & US 2012/0008381 A1 & KR 10-2007-0042891 A | 1-7                   |
| A         | JP 2003-338644 A (ALPS ELECTRIC CO., LTD.) 28 November 2003, entire text, all drawings & US 2003/0103299 A1                                                                                            | 1-7                   |
| A         | JP 2016-206075 A (ALPS ELECTRIC CO., LTD.) 08 December 2016, entire text, all drawings & US 2016/0313411 A1 & EP 3091364 A1 & CN 106066460 A                                                           | 1-7                   |
| P, X      | WO 2018/029883 A1 (ALPS ELECTRIC CO., LTD.) 15 February 2018, paragraphs [0001], [0017]-[0041], fig. 1-3 (Family: none)                                                                                | 1-7                   |
| P, X      | WO 2018/030224 A1 (ALPS ELECTRIC CO., LTD.) 15 February 2018, paragraphs [0001], [0017]-[0047], fig. 1-3 (Family: none)                                                                                | 1-7                   |

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L43/10(2006.01)i, G01R33/09(2006.01)i, H01F10/32(2006.01)i, H01F41/18(2006.01)i,  
H01F41/22(2006.01)i, H01L43/08(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. H01L43/10, G01R33/09, H01F10/32, H01F41/18, H01F41/22, H01L43/08

## 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 | 1971-2018年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2018年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2018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<br>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<br>請求項の番号 |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------|
| A               | JP 2012-33515 A (株式会社日立製作所) 2012.02.16,<br>全文, 全図<br>& WO 2010/050125 A1 | 1-7            |
| A               | JP 2007-26481 A (TDK株式会社) 2007.02.01,<br>全文, 全図<br>(ファミリーなし)             | 1-7            |

☑ 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

26.11.2018

## 国際調査報告の発送日

04.12.2018

## 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)

上田 智志

5 F

3664

電話番号 03-3581-1101 内線 3514

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                                                                                                                     |                |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号 |
| A                     | JP 2010-21580 A (株式会社東芝) 2010.01.28,<br>全文, 全図<br>& JP 2007-142364 A & JP 2008-283207 A<br>& US 2007/0086121 A1 & US 2010/0118600 A1 & US 2012/0008381 A1<br>& KR 10-2007-0042891 A | 1-7            |
| A                     | JP 2003-338644 A (アルプス電気株式会社) 2003.11.28,<br>全文, 全図<br>& US 2003/0103299 A1                                                                                                         | 1-7            |
| A                     | JP 2016-206075 A (アルプス電気株式会社) 2016.12.08,<br>全文, 全図<br>& US 2016/0313411 A1 & EP 3091364 A1 & CN 106066460 A                                                                        | 1-7            |
| P, X                  | WO 2018/029883 A1 (アルプス電気株式会社) 2018.02.15,<br>段落 0001, 0017-0041, 図 1-3<br>(ファミリーなし)                                                                                                | 1-7            |
| P, X                  | WO 2018/030224 A1 (アルプス電気株式会社) 2018.02.15,<br>段落 0001, 0017-0047, 図 1-3<br>(ファミリーなし)                                                                                                | 1-7            |