

(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
2016年2月4日(04.02.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/017490 A1

- (51) 国際特許分類:
G01R 33/09 (2006.01) H01L 43/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/070783
- (22) 国際出願日: 2015年7月22日(22.07.2015)
- (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 2014-156278 2014年7月31日(31.07.2014) JP
- (71) 出願人: アルプス電気株式会社(ALPS ELECTRIC 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・グリーンデバイス株式会社内 Tokyo (JP). 斎藤 正路(SAITO, Masamichi); 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス・グリーンデバイス株式会社内 Tokyo (JP). 坂詰 直樹(SAKAZUME, Naoki); 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス・グリーンデバイス株式会社内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 野▲崎▼ 照夫(NOZAKI, Teruo); 〒1700013 東京都豊島区東池袋1-21-11 オーク池袋ビルディング3F 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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), ユーロピア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (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).

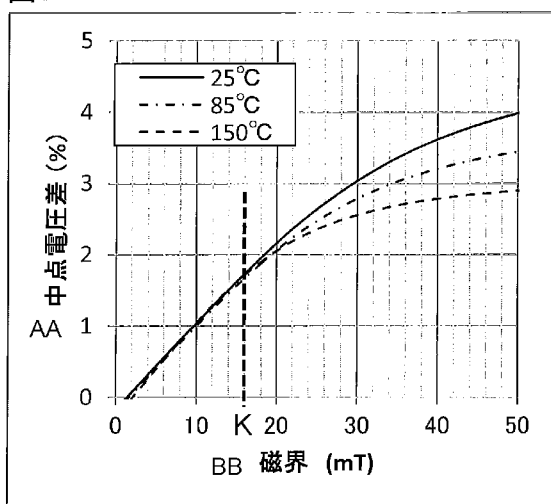
添付公開書類:

— 国際調査報告(条約第21条(3))

(54) Title: MAGNETIC SWITCH

(54) 発明の名称: 磁気スイッチ

図7



AA Midpoint voltage difference (%)

BB Magnetic field (mT)

(57) Abstract: [Problem] To provide a magnetic switch for which it is difficult for switch output switching timing to vary even when there is temperature variation. [Solution] A magnetic switch has a magneto-resistance effect element, an anti-ferromagnetic layer is disposed on a free magnetic layer of the magneto-resistance effect element, and an exchange coupling magnetic field is applied as a bias magnetic field from the anti-ferromagnetic layer to the free magnetic layer. The characteristics of the variation of the exchange coupling magnetic field caused by temperature variation are made to match the characteristics of the variation of a spin valve magnetoresistance layered device caused by temperature variation. This makes it possible to suppress variation in detection output caused by temperature variation if a magnetic field to be measured is below a reference value. As a result, if a threshold value is set at or below a standard value, it is possible to obtain unvaried switch output even if there is temperature variation.

(57) 要約: 【課題】 温度変化があっても、スイッチ出力の切換えタイミングのばらつきが生じにくい磁気スイッチを提供する。【解決手段】 磁気スイッチは、磁気抵抗効果素子を有しており、磁気抵抗効果素子のフリー磁性層に反強磁性層が積層され、反強磁性層からフリー磁性層へ、バイアス磁界として交換結合磁界が与えられてい

る。交換結合磁界の温度変化による変動特性と、スピンバルブ型の磁気抵抗層化装置における温度変化による変動特性とを合わせ込むことにより、被測定磁界が基準値以下であれば、温度変化による検知出力の変動を抑制できるようになる。そのため、しきい値を基準値以下に設定しておけば、温度変化があってもばらつきの無いスイッチ出力を得られるようになる。

WO 2016/017490 A1

明 細 書

発明の名称：磁気スイッチ

技術分野

[0001] 本発明は、被測定磁界を検知する磁気抵抗効果素子を使用して、被測定磁界がしきい値に至ったか否かによって出力が切り換わる磁気スイッチに関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、磁気抵抗効果素子を使用した電流センサが記載されている。この電流センサに使用されている磁気抵抗効果素子は、固定磁性層と非磁性層とフリー磁性層とが積層されたスピバルブ構造のGMR素子（巨大磁気抵抗効果素子）であり、ハードバイアス層から与えられるバイアス磁界によって、フリー磁性層の磁化の向きが、固定磁性層のP i n方向と直交する向きに揃えられている。

[0003] 特許文献1に記載の電流センサは、磁気抵抗効果素子でブリッジ回路が構成されているが、直列に接続されて同一チップ上に設置された一対の磁気抵抗効果素子は、バイアス磁界が互いに逆向きとなっている。これにより、一対の磁気抵抗効果素子の出力の変動を相殺し、センサ出力の直線性を向上させることができる、と説明されている。

[0004] 特許文献2に記載された電流センサは、前記特許文献1の記載のものと同様に、直列に接続されて同一チップ上に位置する一対の磁気抵抗効果素子は、バイアス磁界が互いに逆向きとなっている。そして、磁気抵抗効果素子では、ハードバイアスに代えたエクステンジバイアスを使用することが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：WO2012／172946A1

特許文献2：特開2014－063893号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] 特許文献1と特許文献2に記載されているGMR効果を利用した磁気抵抗効果素子は、スピバルブ構造であり、被測定磁界が与えられたときに、Cu層などの非磁性層と、強磁性層であるフリー磁性層または固定磁性層との界面でのスピン散乱に依存した抵抗値変化(ΔR)が生じる。
- [0007] しかし、この磁気抵抗効果素子は、使用されている環境温度が上昇すると抵抗変化率($\Delta R/R$)が低下する問題がある。すなわち、温度が上昇すると、GMR膜を構成する原子の格子振動が大きくなるため、電子のスピンに依らない電子散乱が増加する。そのため、固定抵抗成分(R)が上昇し、その結果として、温度上昇と共に抵抗変化率($\Delta R/R$)が低下する。
- [0008] そのため、磁気抵抗効果素子を用いた電流センサなどが高温の環境下で使用されると、抵抗変化率の低下により検知出力が変動することになり、これを補正するために温度センサを使用した温度補償回路を設けることが必要になって、回路構成が複雑になる。また、温度センサの感度にばらつきがあると、正確な温度補償ができなくなる。
- [0009] ところが、特許文献1と特許文献2では、温度が変化したときの磁気抵抗効果素子の抵抗変化率の変動については全く考慮されていない。
- [0010] 本発明は上記従来の課題を解決するものであり、温度変化に起因する磁気抵抗効果素子の検知出力の変動を抑制できるようにして、安定したスイッチ出力が得られる磁気スイッチ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

- [0011] 本発明は、被測定磁界の強度に応じて抵抗値が変化する磁気抵抗効果素子と、前記抵抗値の変化に基づく検知出力としきい値とを比較してスイッチ出力を生成する比較部と、が設けられた磁気スイッチにおいて、

前記磁気抵抗効果素子は、固定磁性層と非磁性材料層とフリー磁性層とを有し、前記フリー磁性層に反強磁性層が重ねられて、前記反強磁性層からフリー磁性層へ作用する交換結合磁界によって、フリー磁性層の磁化の向きが

前記固定磁性層の固定磁化の向きと交差するように設定されており、

前記磁気抵抗効果素子は、前記被測定磁界が所定の基準値まで上昇する範囲内で、温度変化による前記検知出力の変動が所定の比率以下となるように、温度変化に対する抵抗変化率の変動特性と、温度変化に対する交換結合磁界の変動特性とが設定されており、前記しきい値が、前記基準値以下に設定されていることを特徴とするものである。

[0012] 本発明の磁気スイッチは、被測定磁界の強度に対する検知出力の変化を示す変化線を、異なる環境温度毎に複数得たときに、複数の前記変化線が交差しその後に検知出力の差が拡大するように、前記2つの変動特性が設定されており、前記変化線の交差点が前記基準値に設定されるものとして構成できる。

[0013] 本発明では、前記しきい値を前記基準値に一致させることが好ましい。

本発明の磁気スイッチは、被測定磁界の発生源と前記磁気抵抗効果素子との距離を、前記しきい値に合わせて設定するものである。

[0014] 本発明の磁気スイッチは、被測定磁界の発生源が、前記磁気抵抗効果素子に対向して移動する磁石である。あるいは、被測定磁界の発生源が前記磁気抵抗効果素子に対向する電流路であり、前記電流路に流れる電流量に応じて前記被測定磁界が変化する。

発明の効果

[0015] 本発明の磁気スイッチは、被測定磁界を検知する磁気抵抗効果素子からの検知出力をしきい値と比較し、検知出力がしきい値を超えたときにスイッチ出力が変化するように構成されている。磁気抵抗効果素子は、反強磁性層からフリー磁性層へ交換結合磁界がバイアス磁界として与えられる。反強磁性層を使用した交換結合磁界は、温度上昇と共に低下するため、その分だけ検出感度が上昇することになる。そこで、磁気抵抗効果素子の温度上昇による抵抗変化率の変化特性と、温度上昇による検出感度の変化特性とを合わせ込むことで、被測定磁界が所定の基準値まで大きくなる範囲内で、温度変化による検知出力の変動を低減させることができるようになる。そして、スイッ

チ出力を得るためのしきい値を、前記基準値以下の磁界強度に相当する値とし、または基準値に一致する磁界強度に相当する値とすることで、温度変化による影響の少ないスイッチ出力が得られるようになる。

図面の簡単な説明

- [0016] [図1]本発明の実施の形態の磁気スイッチを示すブロック図、
[図2]磁気スイッチを構成する磁気抵抗効果素子の構造を示す平面図、
[図3]図2のⅠⅠⅠーⅠⅠⅠ線での断面を示す磁気抵抗効果素子の拡大断面図、
[図4]（A）は抵抗変化率の温度特性を模式的に示す線図、（B）は交換結合磁界の温度特性を模式的に示す線図、
[図5]磁気スイッチを含む磁石移動式のスイッチング装置の構造を示す構成図、
[図6]磁気スイッチを含む電流検知装置の構成図、
[図7]実施例1において、磁気スイッチに作用する被測定磁界の強度変化と、中点電圧差との関係を示す線図、
[図8]実施例2において、磁気スイッチに作用する被測定磁界の強度変化と、中点電圧差との関係を示す線図、
[図9]実施例3において、磁気スイッチに作用する被測定磁界の強度変化と、中点電圧差との関係を示す線図、

発明を実施するための形態

- [0017] 図1は本発明の実施の形態の磁気スイッチ1を示している。

磁気スイッチ1は、ブリッジ回路2を有している。ブリッジ回路2は、2つの第1の磁気抵抗効果素子10aと、2つの第2の磁気抵抗効果素子10bとを有している。第1の磁気抵抗効果素子10aと第2の磁気抵抗効果素子10bとが直列に接続されて直列回路が形成され、2つの直列回路が並列に接続されてフルブリッジ回路が構成されている。2つの直列回路に共通の電源端子3に、例えば5Vの電源電圧が与えられ、2つの直列回路に共通の接地端子4が設置電位に設定されている。2つの直列回路では、第1の磁気

抵抗効果素子 10a と第 2 の磁気抵抗効果素子 10b の直列接続の順番が、互いに逆に構成されている。

[0018] 第 1 の磁気抵抗効果素子 10a と第 2 の磁気抵抗効果素子 10b は、S 方向が感度軸方向であり、S 方向の磁界の強度に応じて抵抗値が変化する。S 方向のいずれか一方への磁界強度が変化すると、第 1 の磁気抵抗効果素子 10a と第 2 の磁気抵抗効果素子 10b では、抵抗値が逆特性で変化する。

[0019] フルブリッジ回路 2 を構成する左側の直列回路の midpoint 5a の電位と、右側の直列回路の midpoint 5b の電位は差動増幅器 6 が得られ、midpoint 5a の電位と midpoint 5b の電位との差動出力が検知出力（検知出力電圧） V_s として得られる。

[0020] 比較部 7 では、差動増幅器 6 から得られた検知出力 V_s が、しきい値設定部 8 で設定されたしきい値電圧 V_r と比較される。比較部 7 では、検知出力 V_s がしきい値電圧 V_r を超えたとき、またはしきい値電圧 V_r に一致したときにスイッチ出力が変化し、このスイッチ出力が処理回路 9 に与えられる。処理回路 9 はスイッチ出力が与えられたときに、所定の処理動作を行う。

[0021] 図 2 は、第 1 の磁気抵抗効果素子 10a の平面図である。

第 1 の磁気抵抗効果素子 10a は、ストライプ形状の素子部 12 を有している。素子部 12 は複数本が平行に形成されており、隣り合う素子部 12 の図示右端部が導電部 13 を介して接続され、隣り合う素子部 12 の図示右端部が導電部 13 を介して接続されている。素子部 12 の図示右端部と図示左端部では、導電部 13 が互い違いに接続されており、素子部 12 はいわゆるミアンド形状に連結されている。第 1 の磁気抵抗効果素子 10a の、図示左上部の導電部 13 は接続端子 14a に導通され、図示右下部の導電部 13 は接続端子 14b に導通されている。

[0022] 図 3 の断面図に示すように、各素子部 12 は複数の金属層が積層された構造である。

素子部 12 はスピバルブ構造の GMR 素子であり、基板 29 の表面に形成され、基板 29 の表面から、シード層 20、固定磁性層 21、非磁性材料

層（非磁性導電層）22、フリー磁性層23、反強磁性層24、および保護層25の順に積層されて成膜されている。これらの層は例えばスパッタ工程で成膜される。

[0023] シード層20は、NiFeCr合金（ニッケル・鉄・クロム合金）あるいはCrなどで形成されている。固定磁性層21は、第1磁性層21aならびに第2磁性層21cと、第1磁性層21aと第2磁性層21cと間に位置する非磁性中間層21b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21aの固定磁化方向と、第2磁性層21cの固定磁化方向とは、RKKY的相互作用により反平行となっている。第2磁性層21cの固定磁化方向が、固定磁性層21の固定磁化方向Pである。この固定磁化方向Pが延びる方向が感度軸方向Sである。

[0024] 第1磁性層21aと第2磁性層21cは、共にFeCo合金（鉄・コバルト合金）で形成されるが、第1磁性層21aの方が第2磁性層21cよりもFeの含有量が多く保磁力が高く設定されている。非磁性材料層22に接する第2磁性層21cはスピバルブ型のGMR効果に寄与する層であり、第2磁性層21cは、アップスピンを持つ伝導電子とダウンスピンを持つ伝導電子の平均自由行程差が、第1磁性層21aよりも大きくなるように、その組成が決められている。また、第1磁性層21aと第2磁性層21cとでは、磁化量（飽和磁化 M_s ・膜厚 t ）の差が実質的にゼロである。非磁性中間層21bはRu（ルテニウム）などで形成されている。

非磁性材料層22は、Cu（銅）などである。

[0025] フリー磁性層23は第1強磁性層23aと第2強磁性層23bとが積層されて構成されている。第1強磁性層23aと第2強磁性層23bはNiFe合金（ニッケル・鉄合金）やCoFe合金（コバルト・鉄合金）などで形成されている。フリー磁性層23の第2強磁性層23bには、反強磁性層24が直接に接触して積層されている。反強磁性層24と第2強磁性層23bとの界面での反強磁性結合によって、フリー磁性層23に交換結合磁界 H_{ex} がバイアス磁界として作用する。その結果、フリー磁性層23の磁化方向F

はバイアス磁界の作用方向へ揃えられる。第2強磁性層23bは反強磁性層24との反強磁性結合のために、第1強磁性層23bよりも鉄の含有量が多くなっている。

[0026] 反強磁性層24は、フリー磁性層23との間で磁場中でのアニール処理を行なわなくても交換結合が可能なIrMn合金（イリジウム・マンガン合金）で形成されることが好ましい。なお、反強磁性層24としてPtMn（白金・マンガン合金）などを使用することが可能であるが、この場合には、膜の規則化のためにアニール処理が必要になる。

[0027] 図2に示す第1の磁気抵抗効果素子10aでは、固定磁性層21の固定磁化方向Pが、フリー磁性層23の交換結合磁界による磁化方向Fに対して反時計回りに90度の角度を有して設定されている。第2の磁気抵抗効果素子10bの素子構造は、第1の磁気抵抗効果素子10aと同じであるが、図1に示すように、固定磁化方向Pと磁化方向Fとが、第1の磁気抵抗効果素子10aと180度逆向きである。

[0028] スピンバルブ構造の素子部12を有する第1の磁気抵抗効果素子10aと第2の磁気抵抗効果素子10bは、S方向が感度軸方向である。S1方向に向く被測定磁界が与えられると、フリー磁性層23の磁化方向Fが図1において図示左方向へ向くように回転させられる。第1の磁気抵抗効果素子10aでは、固定磁化方向Pと磁化方向Fとの角度が小さくなるために抵抗値が低下し、第2の磁気抵抗効果素子10bでは、固定磁化方向Pと磁化方向Fとの角度が大きくなるために抵抗値が増加する。逆に、S2方向に向く被測定磁界が与えられると、第1の磁気抵抗効果素子10aの抵抗値が増加し、第2の磁気抵抗効果素子10bの抵抗値が低下する。

[0029] S1方向の磁界強度が高くなると、中点5aの電位が低くなり、中点5bの電位が高くなる。よって差動増幅器6からの検知出力Vsが大きくなる。比較部7では、検知出力Vsとしきい値電圧Vrとが比較され、検知出力Vsがしきい値電圧Vrを超えると、または検知出力Vsがしきい値電圧Vrに一致するとスイッチ出力が切り換わる。

[0030] なお、比較部 7 では、プラス側のしきい値電圧 $+V_r$ とマイナス側のしきい値電圧 $-V_r$ が設定され、S 1 方向に向く被測定磁界の強度が強くなり、検知出力 V_s が第 1 のしきい値電圧 $+V_r$ を超え、またはしきい値電圧 $+V_r$ と一致すると第 1 のスイッチ出力が得られ、S 2 方向に向く被測定磁界の強度が強くなり、検知出力 V_s が第 1 のしきい値電圧 $-V_r$ よりも小さくなり、またはしきい値電圧 $-V_r$ と一致すると第 2 のスイッチ出力が得られるようにしてもよい。

[0031] 被測定磁界が変化したときの磁気抵抗効果素子 10 a, 10 b を構成する素子部 12 の抵抗値の変化の度合いは、抵抗変化率 $(\Delta R / R)$ で評価される。 (R) は素子部 12 の固定抵抗成分であり、 (ΔR) は、被測定磁界の変動によって生じる素子部 12 の抵抗値の変化成分である。

[0032] スピンバルブ構造の素子部 12 は、温度特性を有している。すなわち、環境温度が上昇すると、抵抗変化率 $(\Delta R / R)$ が低下する。図 4 (A) は温度 (T) が上昇するのに伴う抵抗変化率 $(\Delta R / R)$ の低下状態が線図で示されている。図 4 (A) は、抵抗変化率 $(\Delta R / R)$ の変化を模式的に示したものであるが、抵抗変化率 $(\Delta R / R)$ は、温度上昇に伴って、比較的一次関数に近い関係で低下していく。

[0033] スピンバルブ型の GMR 素子は、Cu 層などの非磁性材料層 22 と、フリー磁性層 23 ならびに固定磁性層 21 の強磁性層との界面でのスピン散乱に依存して抵抗値変化 (ΔR) が生じる。しかし、温度が上昇すると、GMR 膜を構成する原子の格子振動が大きくなるため、スピンに依存せずに抵抗が増加し、固定抵抗成分 (R) が大きくなって、温度上昇と共に抵抗変化率 $(\Delta R / R)$ が低下する。

[0034] 一方で、反強磁性層 24 からフリー磁性層 23 に作用する交換結合磁界 (H_{ex}) は、温度の上昇と共に低下することが知られている。その理由は、温度が上昇すると、反強磁性材料の温度がネール温度（反強磁性を消失する温度）に近づくにつれて H_{ex} が小さくなるからである。図 4 (B) は、温度の上昇に伴う交換結合磁界 (H_{ex}) の変化を模式的に示しているが、交

換結合磁界（ H_{ex} ）の温度特性は二次関数的な変化を示す。

[0035] 図4（A）に示すように、温度が上昇するとスピバルブ型のGMR効果が劣化して、抵抗変化率（ $\Delta R/R$ ）が低下していく。一方で、温度が上昇すると、フリー磁性層23に対する交換結合磁界（ H_{ex} ）によるバイアス磁界が低下するため、被測定磁界が与えられたときにフリー磁性層23の磁化方向Fが動きやすくなる。すなわち、温度が上昇するのに伴って、フリー磁性層23の外部磁界に対する感度が上がっていることになる。そこで、本発明の実施の形態では、抵抗変化率（ $\Delta R/R$ ）の温度特性と、交換結合磁界（ H_{ex} ）の温度特性とを合わせ込むことにより、外部磁界が所定の基準値となるまでの間に、検知出力 V_s が温度変化の影響をほとんど受けないように構成した。

[0036] 検知出力 V_s が温度変化の影響をほとんど受けない状態を実現できると、大きな温度変化が有っても、しきい値電圧 V_r を変更させることなく、常に同じ被測定磁界の強度に伴ってスイッチ出力を切換えることができる。したがって、温度センサなどを備えた温度補償回路を設けてしきい値電圧 V_r を変化させることが不要になる。

[0037] 図5には、前記磁気スイッチ1を備えたスイッチング装置30が示されている。このスイッチング装置30は、磁気スイッチ1に磁石31が対向しており、外部操作により磁石31がF1－F2方向へ移動させられる。磁石31が磁気スイッチ1に接近すると、磁気スイッチ1に対してS1方向への被測定磁界Bの磁界強度が強くなる。図1に示す検知出力 V_s がしきい値電圧 V_r を超え、またはしきい値電圧 V_r に一致すると、比較部7においてスイッチ出力が切換えられる。処理回路9では、スイッチ出力の変化に応じて所定の制御処理が行われる。

[0038] 図6には、前記磁気スイッチ1を備えた電流検知装置35が示されている。この電流検知装置35は、磁気スイッチ1に電流路（バスバー）36が対向している。電流路36に流れる電流Iが増加すると、磁気スイッチ1に対してS1方向への被測定磁界Bの磁界強度が強くなる。図1に示す検知出力

V_s がしきい値電圧 V_r を超え、またはしきい値電圧 V_r に一致すると、比較部 7 においてスイッチ出力が切換えられる。

[0039] 図 5 に示すスイッチング装置 30 と図 6 に示す電流検知装置 35 では、磁気抵抗効果素子 10a, 10b の素子部 12 において、抵抗変化率 ($\Delta R/R$) の温度特性と、交換結合磁界 (H_{ex}) の温度特性とを合わせ込むことにより、外部磁界が所定の基準値となるまでの間に、検知出力 V_s が温度変化による影響をほとんど受けず、常に安定した検知出力 V_s を得ることができる。そのため、使用環境温度が高くなっても、固定されたしきい値電圧 V_r を使用して、スイッチ出力を正確に得ることができるようになる。

実施例

[0040] 実施例として、図 1 に示すブリッジ回路 2 を備えたスイッチ素子 1 を作成した。磁気抵抗効果素子 10a, 10b の素子部 12 はミアンダ形状であり、素子部 12 の幅寸法を $1\mu m$ とし、素子部 12 の各ストライプ部の長さ寸法を $120\mu m$ とした。

[0041] 素子部 12 の積層構造は、シード層を $Ni_{48}Fe_{12}Cr_{40}$ で成膜し、膜厚を $4.2nm$ とした。

[0042] 固定磁性層 21 は、第 1 磁性層 21a を $Fe_{60}Co_{40}$ で形成し、第 2 磁性層 21c を $Co_{90}Fe_{10}$ で成膜し、非磁性中間層 21b を Ru で成膜した。第 1 磁性層 21a は厚さを $1.9nm$ とし、第 2 磁性層 21c は厚さを $2.4nm$ とし、非磁性中間層 21b を厚さ $0.36nm$ とした。

非磁性材料層 22 は、 Cu 層であり、厚さを $2.0nm$ とした。

[0043] フリー層 23 は、第 1 強磁性層 23a を $Co_{90}Fe_{10}$ で成膜し、第 2 強磁性層 23b を $Co_{70}Fe_{30}$ で成膜した。第 1 強磁性層 23a の厚さを変数の Xnm とし、第 2 強磁性層 23b の厚さは固定値の $1.0nm$ とした。

[0044] 反強磁性層 24 は $Ir_{22}Mn_{78}$ で形成し、厚さを $5.0nm$ とした保護層 25 は Ta 層で厚さを $10.0nm$ とした。

[0045] (実施例 1)

実施例 1 の素子部 12 では、フリー層 23 を構成する第 1 強磁性層 23a

の厚さを5.0 nmとした。

[0046] (実施例2)

実施例2の素子部12は、第1強磁性層23aの厚さを4.0 nmとした。

[0047] (実施例3)

実施例3の素子部12は、第1強磁性層23aの厚さを3.0 nmとした。

[0048] 図7は、実施例1において、磁気スイッチ1に作用する被測定磁界(mT)の強度変化と、中点5aの電位と中点5bの電位との電圧差との関係を示している。この電位差は、電源電圧V_{dd}に対する比率(%)で表している。図8は、実施例2において、磁気スイッチ1に作用する被測定磁界(mT)の強度変化に対する、中点電圧差(図1における検知出力V_s)の変化を%で表している。図9は、実施例3において、磁気スイッチ1に作用する被測定磁界(mT)の強度変化に対する中点電圧差(図1における検知出力V_s)の変化を%で表している。

[0049] 図7、図8、図9では、いずれの実施例においても、磁気スイッチ1の使用環境が室温(25℃)のときのデータ(変化線)と、85℃のときのデータと、150℃のときのデータが示されている。

[0050] 図7と図8ならびに図9は、実験して実測した結果である。反強磁性層24からフリー磁性層23にバイアス磁界として与えられる交換結合磁界(H_{ex})は、フリー磁性層23の磁化量(飽和磁化M_s・膜厚t)が増加すると、これとは逆に低下する。

[0051] この実験では、実施例1で、第1強磁性層23aの厚さを5.0 nmとしたことで、フリー磁性層23に与えられる交換結合磁界(H_{ex})を15.0 mTとした。実施例2では、第1強磁性層23aの厚さを4.0 nmとしたことで、フリー磁性層23に与えられる交換結合磁界(H_{ex})を18.0 mTとした。実施例3では、第1強磁性層23aの厚さを3.0 nmとしたことで、フリー磁性層23に与えられる交換結合磁界(H_{ex})を22.

0 mTとした。

- [0052] 図7ないし図9の実測結果から、温度変化による抵抗変化率 ($\Delta R/R$) の変動特性と、温度変化による交換結合磁界 (H_{ex}) の変動特性とを合わせ込むことにより、磁気スイッチ1に及ぶ被測定磁界が、0 (mT) から所定の基準値Kまで上昇する範囲内において、25℃、85℃、150℃のそれぞれの温度で得た中点電圧差 (検知出力 V_s) の変化の差をきわめて小さくできることが解る。
- [0053] 図7ないし図9では、被測定磁界の基準値Kが縦向きの破線の位置として示されている。図7の実施例1では、基準値Kが16 mT付近であり、図8に示す実施例2は基準値Kが24 mT付近であり、図9に示す実施例3は、基準値Kが27 mT付近である。
- [0054] 図7ないし図9に示すように、被測定磁界がある大きさに至ると、25℃の検知出力の変化線と、85℃の検知出力の変化線と、150℃の検知出力の変化線とが一致する交差点が現れる。各図では、この交差点が得られる被測定磁界を基準値Kとしている。この基準値Kとなる被測定磁界が作用したときには、環境温度がほぼ150℃以下であれば、検知出力 V_s がほぼ一致する。ただし、被測定磁界が基準値Kを超えると、温度変化による検知出力のばらつきが拡大していく。
- [0055] また、被測定磁界が基準値K以下の範囲内では、温度変化による検知出力のばらつきがきわめて小さい。図7の実施例1では、被測定磁界が基準値K以下の範囲内で、温度変化による検知出力のばらつきがほとんどなく、図9の実施例3でも、被測定磁界が基準値K以下となる範囲内で、温度変化による検知出力のばらつきがきわめて少なく10%未満あるいは5%未満である。ただし、ここでの10%または5%未満とは、被測定磁界が0～30 mT程度のときの素子間のばらつきを計算の対象としない値である。
- [0056] 図7と図8ならびに図9を比較から、交換結合磁界 (H_{ex}) が大きくなると、0 (mT) から基準値Kまでの磁界強度の範囲が広がることが解る。ただし、図9から解るように交換結合磁界 (H_{ex}) が大きくなると、被測

定磁界が基準値K以下の領域で、温度変化による検知出力のばらつきがやや大きくなり、前述のように、10%未満あるいは5%未満のばらつきが残る。これは、交換結合磁界（ H_{ex} ）を大きくすると、図4（B）に示す交換結合磁界（ H_{ex} ）の二次関数的な変化特性がやや支配的になるからであると予測できる。

[0057] そこで、図1に示すしきい値設定部8で設定されるしきい値電圧 V_r を、図7ないし図9に示す基準値K以下の被測定磁界に対応する検知電圧のいずれかの値に設定することで、温度変化によるばらつきがきわめて少ないスイッチ出力を得ることができる。好ましくは、しきい値電圧 V_r を、図7ないし図9に示す基準値Kに一致させておくと、温度変化によるばらつきがほとんどないスイッチ出力を得ることができる。すなわち、温度が変化しても、磁気スイッチ1に作用する被測定磁界が同じ大きさになったときに、スイッチ出力が切り換わるようになる。

[0058] また、図5に示すスイッチング装置30では、磁石31が所定の操作位置に至ったときに、磁気スイッチ1にしきい値電圧 V_r に相当する被測定磁界が作用するように、磁石31と磁気スイッチ1との距離が設定される。

[0059] 図6に示す電流検知装置35では、電流路36に、それ以上流れるべきではない電流Iが流れたときに、磁気スイッチ1にしきい値電圧 V_r に相当する被測定磁界が作用するように、電流路36と磁気スイッチ1との距離が設定される。このように設定すると、使用環境の温度変化があつたとしても、電流路36に常に一定の限界電流が流れたときに、スイッチ出力が得られ、図1に示す処理回路9によって、電流路36への通電を遮断するなどの処理ができるようになる。

符号の説明

- [0060] 1 磁気スイッチ
2 ブリッジ回路
6 差動増幅器
7 比較部

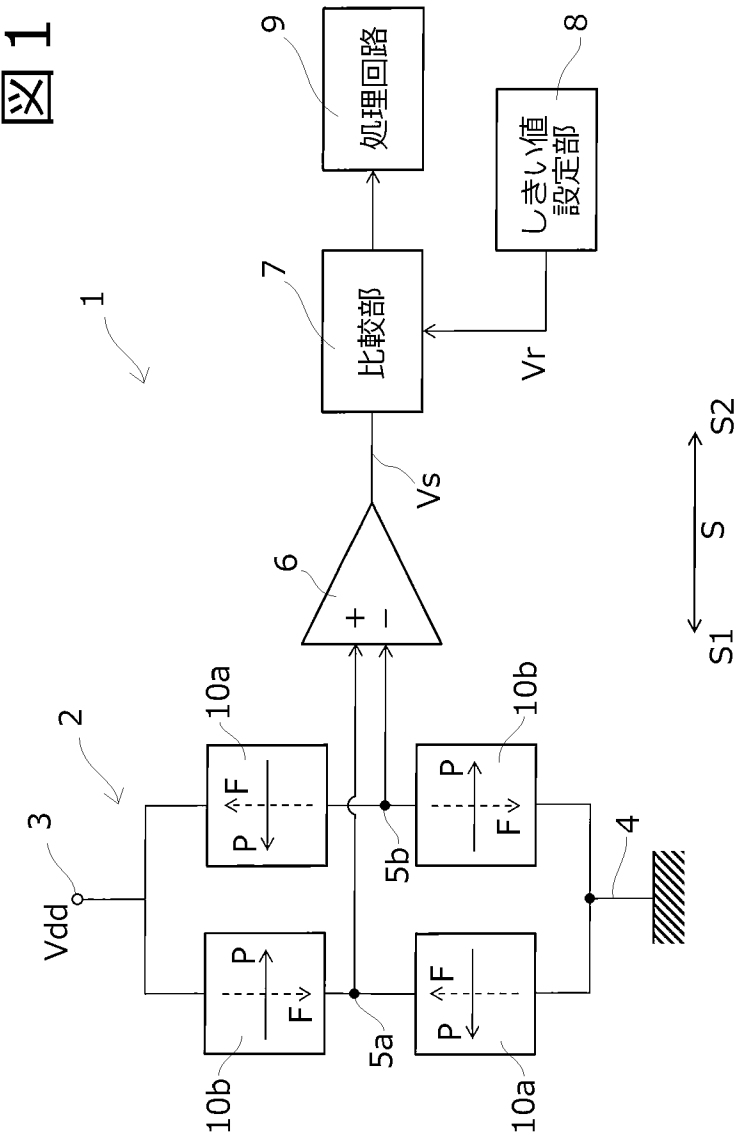
- 8 しきい値設定部
- 9 処理回路
- 10 a 第1の磁気抵抗効果素子
- 10 b 第2の磁気抵抗効果素子
- 12 素子部
- 21 固定磁性層
- 22 非磁性材料層
- 23 フリー磁性層
- 24 反強磁性層
- 30 スイッチング装置
- 31 磁石
- 35 電流検知装置
- 36 電流路
- F 磁化方向
- P 固定磁化方向

請求の範囲

- [請求項1] 被測定磁界の強度に応じて抵抗値が変化する磁気抵抗効果素子と、前記抵抗値の変化に基づく検知出力としきい値とを比較してスイッチ出力を生成する比較部と、が設けられた磁気スイッチにおいて、
- 前記磁気抵抗効果素子は、固定磁性層と非磁性材料層とフリー磁性層とを有し、前記フリー磁性層に反強磁性層が重ねられて、前記反強磁性層からフリー磁性層へ作用する交換結合磁界によって、フリー磁性層の磁化の向きが前記固定磁性層の固定磁化の向きと交差するように設定されており、
- 前記磁気抵抗効果素子は、前記被測定磁界が所定の基準値まで上昇する範囲内で、温度変化による前記検知出力の変動が所定の比率以下となるように、温度変化に対する抵抗変化率の変動特性と、温度変化に対する交換結合磁界の変動特性とが設定されており、
- 前記しきい値が、前記基準値以下に設定されていることを特徴とする磁気スイッチ。
- [請求項2] 被測定磁界の強度に対する検知出力の変化を示す変化線を、異なる環境温度毎に複数得たときに、複数の前記変化線が交差しその後に検知出力の差が拡大するように、前記2つの変動特性が設定されており、前記変化線の交差点が前記基準値に設定される請求項1記載の磁気スイッチ。
- [請求項3] 前記しきい値を前記基準値に一致させる請求項1または2記載の磁気スイッチ。
- [請求項4] 被測定磁界の発生源と前記磁気抵抗効果素子との距離を、前記しきい値に合わせて設定する請求項1または2記載の磁気スイッチ。
- [請求項5] 被測定磁界の発生源が、前記磁気抵抗効果素子に対向して移動する磁石である請求項1ないし4のいずれかに記載の磁気スイッチ。
- [請求項6] 被測定磁界の発生源が前記磁気抵抗効果素子に対向する電流路であり、前記電流路に流れる電流量に応じて前記被測定磁界が変化する請

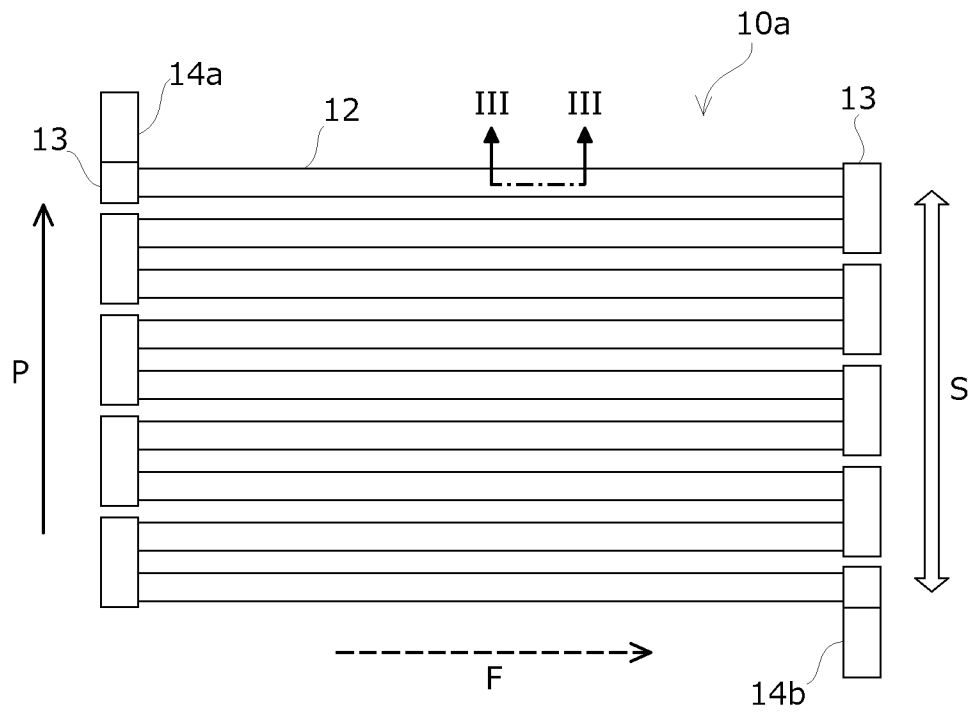
求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の磁気スイッチ。

[図1]



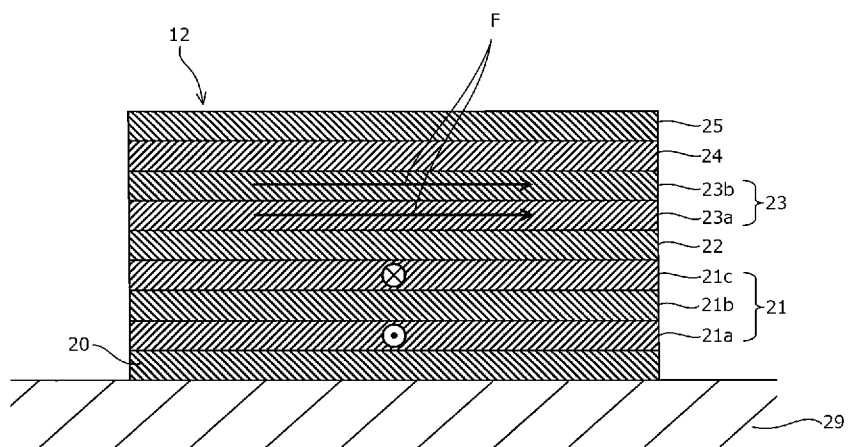
[図2]

図 2



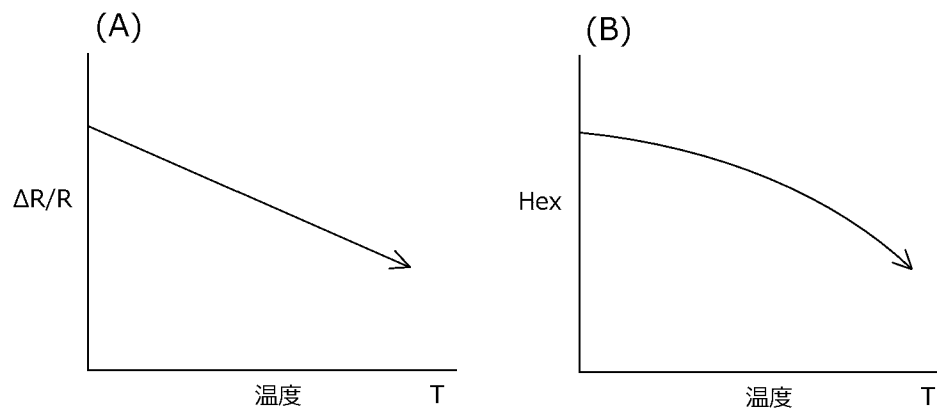
[図3]

図 3



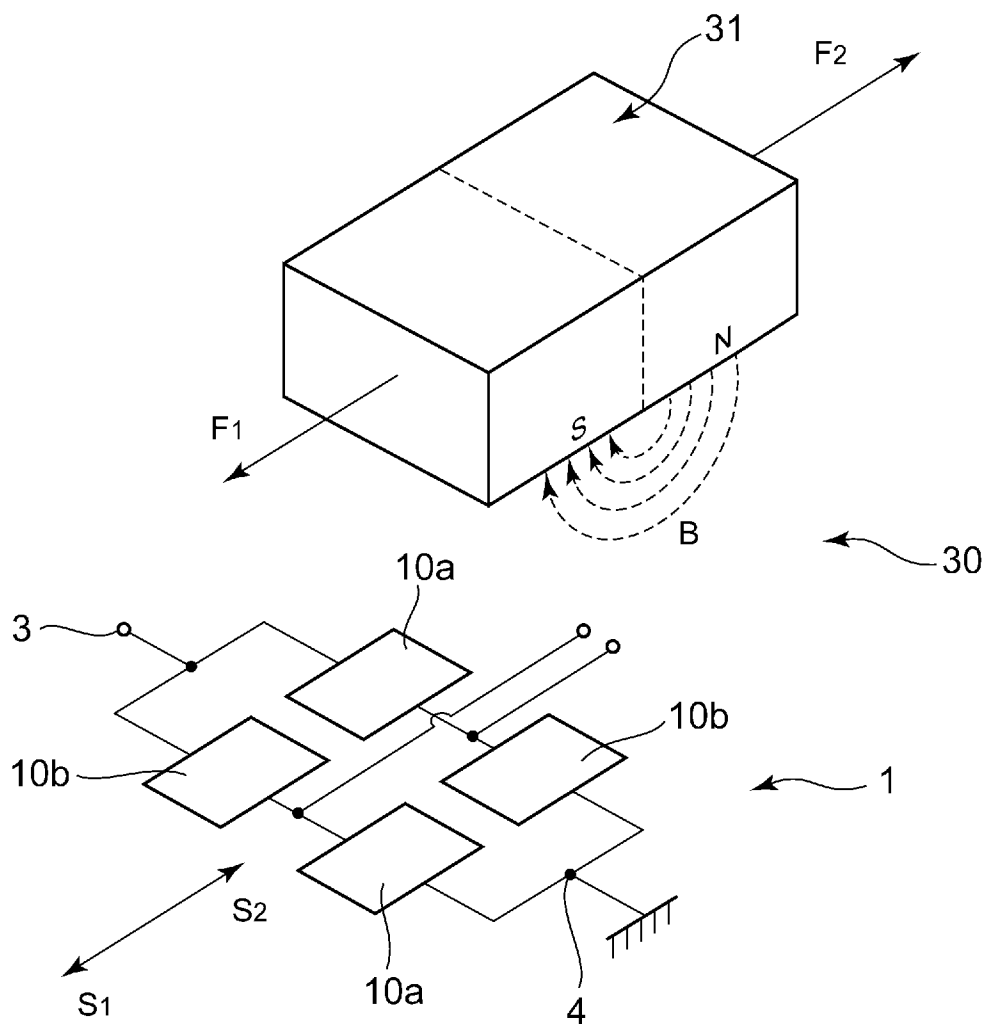
[図4]

図 4



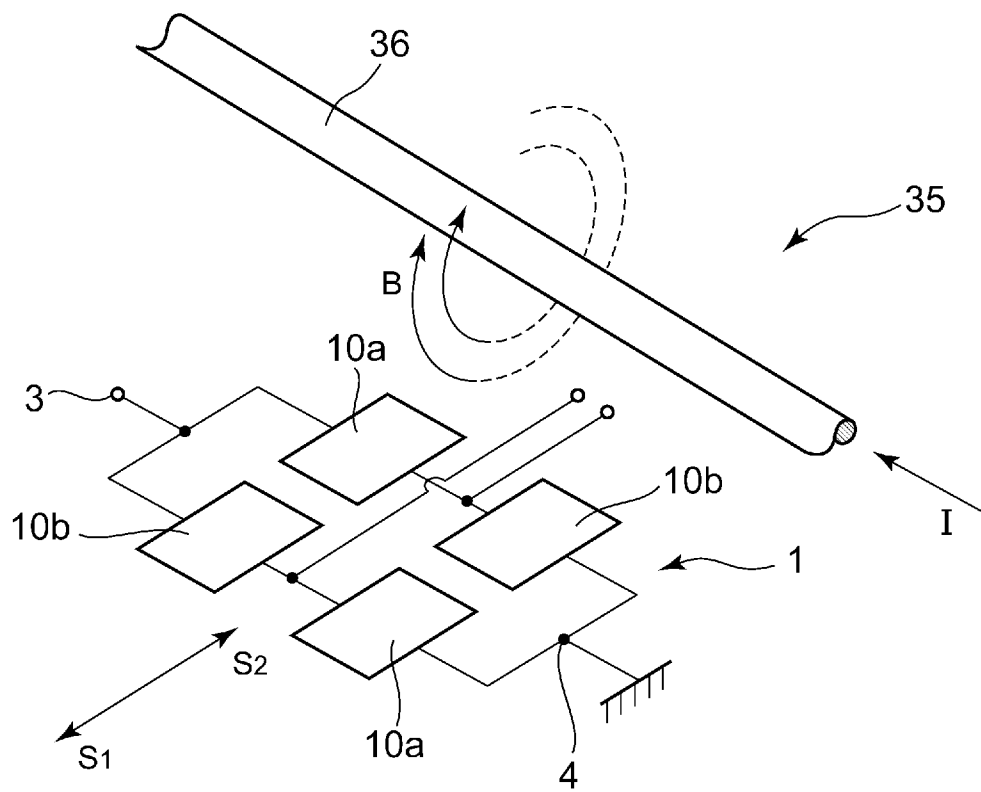
[図5]

図5



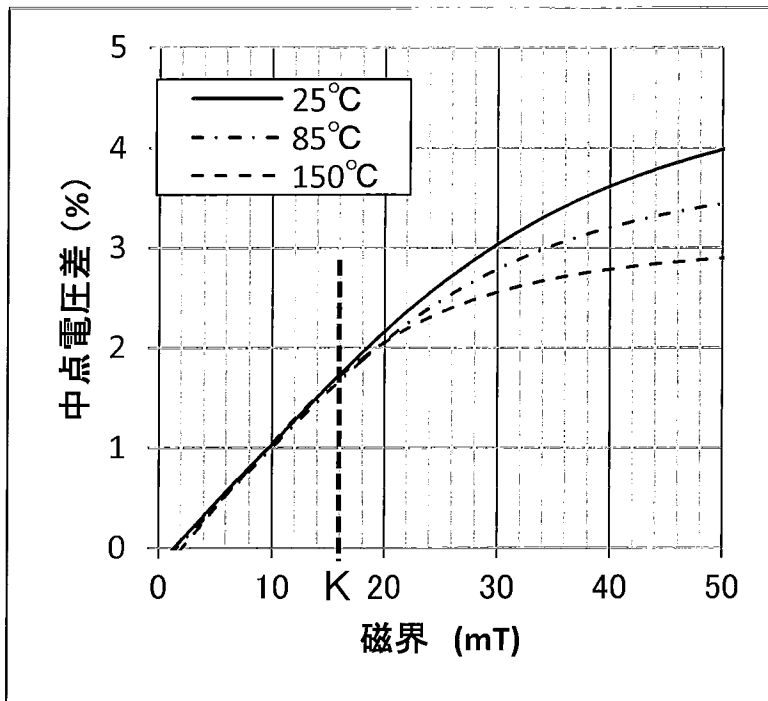
[図6]

図6



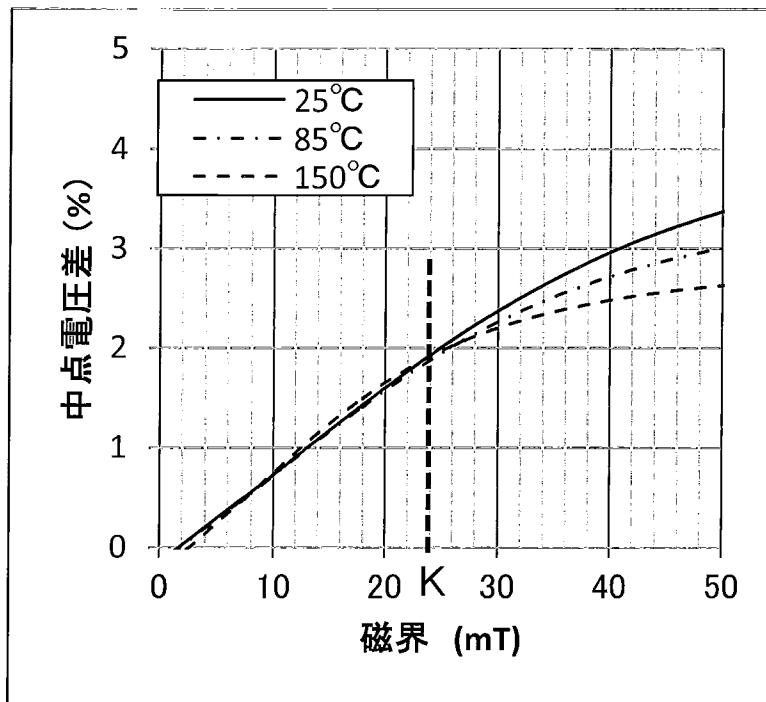
[図7]

図7



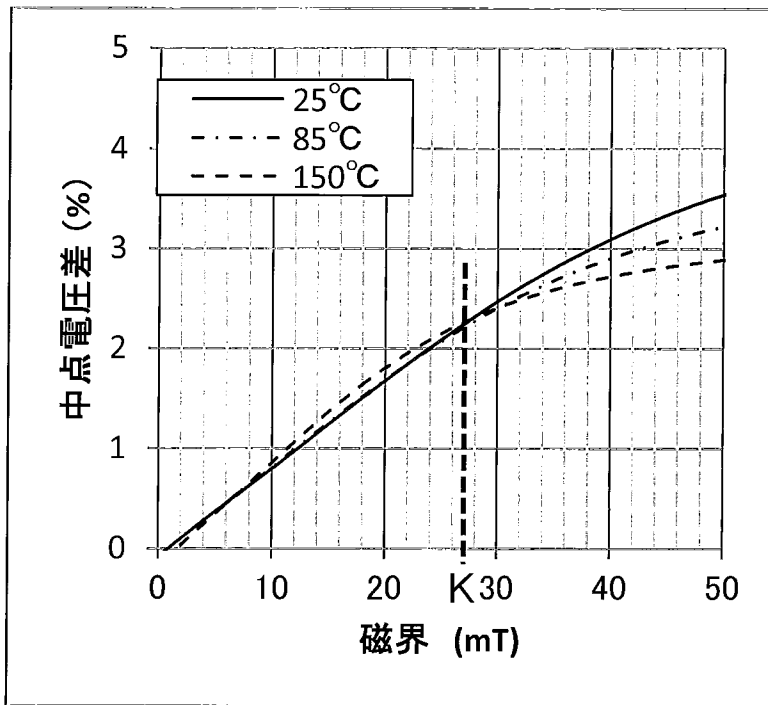
[図8]

図8



[図9]

図9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/070783

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R33/09(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)

G01R33/00-33/26, H01L43/08

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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 A	JP 2007-220367 A (Alps Electric Co., Ltd.), 30 August 2007 (30.08.2007), paragraphs [0051] to [0057]; fig. 8 (Family: none)	1, 3-6 2
Y A	JP 2003-060256 A (Alps Electric Co., Ltd.), 28 February 2003 (28.02.2003), paragraphs [0036] to [0046]; fig. 7 & US 2003/0030522 A1 & EP 1292029 A2	1, 3-6 2
Y A	JP 2012-185044 A (Alps Electric Co., Ltd.), 27 September 2012 (27.09.2012), paragraphs [0022] to [0033]; fig. 1, 3 (Family: none)	1, 3-6 2

☐ 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
20 August 2015 (20.08.15)

Date of mailing of the international search report
01 September 2015 (01.09.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01R33/09(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. G01R33/00-33/26, 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	1971-2015年
日本国実用新案登録公報	1996-2015年
日本国登録実用新案公報	1994-2015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 A	JP 2007-220367 A（アルプス電機株式会社）2007.08.30, 段落【0051】－【0057】、【図8】（ファミリーなし）	1, 3-6 2
Y A	JP 2003-060256 A（アルプス電機株式会社）2003.02.28, 段落【0036】－【0046】、【図7】 & US 2003/0030522 A1 & EP 1292029 A2	1, 3-6 2
Y A	JP 2012-185044 A（アルプス電機株式会社）2012.09.27, 段落【0022】－【0033】、【図1】、【図3】（ファミリーなし）	1, 3-6 2

☐ 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

20.08.2015

国際調査報告の発送日

01.09.2015

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）

下村 一石

2S

3810

電話番号 03-3581-1101 内線 3258