

(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
2015年7月30日(30.07.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/111163 A1

- (51) 国際特許分類:
G01R 33/09 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/051322
- (22) 国際出願日: 2014年1月23日(23.01.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 館沼 義範(TATENUMA Yoshinori); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 市川 淳一(ICHIKAWA Junichi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 大岩 増雄, 外(OIWA Masuo et al.); 〒6610033 兵庫県尼崎市南武庫之荘3丁目3番5号 Hyogo (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, LT, 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, 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).

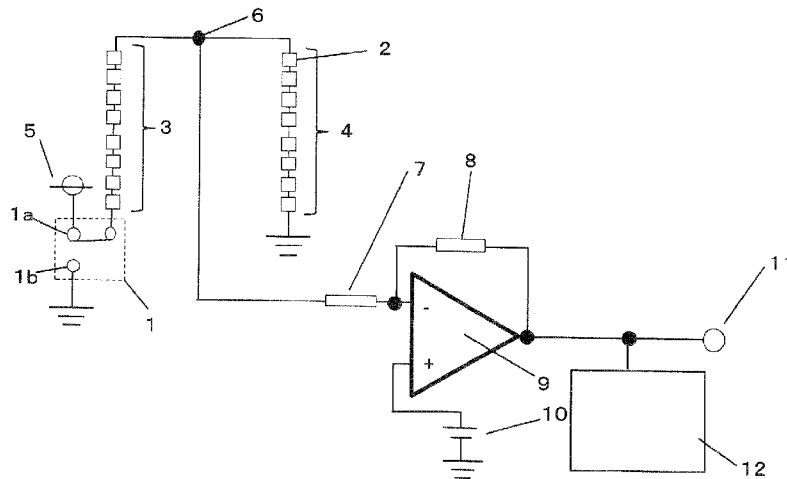
添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: MAGNETIC DETECTION DEVICE

(54) 発明の名称: 磁気検出装置

図1



(57) **Abstract:** A magnetic detection device in which a first element (3) and a second element (4), each of which is a magnetoresistive element that changes in resistance in response to external magnetic fields, are connected in series so as to form a bridge circuit, one end of said bridge circuit is connected to a power supply (5), the other end of the bridge circuit is grounded, the point (6) where the first element (3) and the second element (4) are connected to each other is connected to an amplifying means (9), at least one switching means (1) is connected in series with the bridge circuit, and the output terminal (11) of the amplifying means (9) is connected to a fault-detecting means (12).

(57) **要約:** 外部磁界に対して抵抗値が変化する磁気抵抗素子である第1の素子(3)と第2の素子(4)を直列に接続してブリッジ回路を構成し、ブリッジ回路の一端は電源(5)に接続され、他端は接地され、第1の素子(3)と第2の素子(4)の接続点(6)は増幅手段(9)に接続され、ブリッジ回路に直列に1つ以上の切替手段(1)が接続され、増幅手段(9)の出力端子(11)は故障検出手段(12)に接続された磁気検出装置。

WO 2015/111163 A1

明 細 書

発明の名称：磁気検出装置

技術分野

[0001] この発明は、磁気抵抗素子を用いて磁界変化により被検出対象の回転を検出する磁気検出装置に関する。

背景技術

[0002] 磁電変換素子である磁気抵抗素子の両端に電極を形成してホイートストンブリッジ回路を構成し、このホイートストンブリッジ回路の対向する2つの電極間に定電圧の電源を接続し、磁気抵抗素子の抵抗値変化を電圧変化に変換して、この磁気抵抗素子に作用している磁界の変化を検出する方式がある（例えば、特許文献1参照。）

[0003] ここで磁気抵抗素子は、図7に示すように、外部磁界に応じて磁化方向が変化する磁化自由層113と、外部磁界に対して磁化方向が固定された磁化固定層111と、磁化固定層111と磁化自由層113との間に挟まれた非磁性中間層112とを備えた積層体を有する。磁化自由層113の磁化は、外部磁界に応じて、積層体の膜面内で自由に回転する。ここでは非磁性中間層112が絶縁体であるトンネル磁気抵抗（Tunnel Magnetoresistance：以下TMRと呼ぶ）素子を例にして以下を言及する。

[0004] TMR素子の電氣的性質は、コンダクタンスGの形で表されることが知られている。

（非特許文献1の式（2）およびV. CONCLUSION欄参照。）

即ち、磁化固定層111の磁化方向に対して、磁化自由層113の磁化方向との相対角度を θ とすると、コンダクタンスGは、次のように表される。ここで、磁化自由層113の磁化方向は、外部磁界の方向すなわち磁界の回転角 θ と一致する。

$$G = G_0 + G_1 \cos \theta \quad \dots \dots \dots \text{(数式1)}$$

これを抵抗値で表現すると、数式1の逆数となる。

$$R = 1 / (G_0 + G_1 \cos \theta) \quad \dots \dots \dots \text{(数式2)}$$

[0005] 図8は、TMR素子に対して外部から印加された磁界の方向に対してコンダクタンスGがどのように変化するかを図示している。図8において、横軸は磁界の回転角を示し、縦軸はコンダクタンスGを示す。

[0006] ここで、TMR素子を用いて図9に示すように、TMR素子を8連結したTMR連結体116及びTMR連結体117にてハーフブリッジ（以下ブリッジと呼ぶ）を構成し、このブリッジをN極、S極に交互に着磁された磁性体114の前に配置し、ブリッジの midpoint 電位を増幅器119に接続した従来技術について説明する。

図9において、磁性体114が紙面に向かって左方向に移動すれば、すべてのTMR素子の固定層の磁化方向は矢印118の方向にあり、図8に示したように外部磁界の方向115が図のように位置により方向が変わるため、TMR連結体116及びTMR連結体117のコンダクタンスGは余弦波形状に変動する。

[0007] ここでTMR連結体116とTMR連結体117のコンダクタンスGは180°位相に相違がある。その際TMR連結体116とTMR連結体117の接続点であるブリッジの midpoint 電位は、上記数式2を用いて計算され、次の数式3となる。

$$(G_0 + G_1 \cos \theta) / 2G_0 \quad \dots \dots \dots \text{(数式3)}$$

midpoint 電位の電圧変動は余弦波形状となり、増幅器119で反転増幅した出力端子120の出力波形は121のような余弦波形状になる。このようにして磁界の変化を電圧に変換して被検出体である磁性体の移動を検出できる。

[0008] 一般的にセンシング装置においては様々な故障検出手段が提案されている。たとえば、ブリッジの midpoint 電位に定電流を印加することにより電位変化を検出する装置がある。

(例えば、特許文献2参照。)

[0009] また、ブリッジの各点にスイッチを設けて、スイッチの切替にてブリッジ

の抵抗を監視する装置がある。（例えば、特許文献3参照。）

先行技術文献

特許文献

[0010] 特許文献1：特許第3017061号

特許文献2：特開2007-114132号公報

特許文献3：特開2005-156193号公報

非特許文献

[0011] 非特許文献1：「Angular Dependence of the tunnel magnetoresistance in transition-metal-based junctions」：Physical Review B Vol. 64, 064427（2001年）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0012] 前述したように、TMR素子は非磁性中間層112は酸化膜で構成される。酸化膜はトンネル効果が生じる程度の厚み（数nm）しかないため、電氣的要因または異物による物理的要因で酸化膜破壊をすることが懸念される。酸化膜破壊とはTMR素子が低抵抗（乃至ショート）になることである。図10に16連結したTMR素子の1連結122が故障した場合を図示している。この場合故障とは低抵抗（乃至ショート）を意味する。TMR素子が連結された116と117は同一方向の磁界が印加されているとする。この場合、出力波形123は正常な出力波形124と比して、高電位側にオフセットしている。このため、所望の電位からのずれから故障を検出することができる。

[0013] しかし、図11に示すように、16連結したTMR素子の2連結125が故障した場合は、出力波形126と所望の電位127は重なり、出力波形を観測することで故障を検出することはできない。同じようにブリッジの中点に対して高電位側と低電位側の連結が同数故障した場合にはTMR素子の故障を検出することはできないという問題があった。

[0014] また、特許文献2の方法ではTMR素子の故障連結数によっては故障を検出できない場合がある。参考として検出できない場合の構成を図12に示した。図12において、例えば、TMR素子1連結の抵抗を2K Ω とし、正常時の電圧測定値を1.8Vとすると、中点電位を挟んで高電位側の6連結が故障（ショート）し、低電位側が2連結故障（ショート）した場合の電圧測定値も1.8Vとなり、故障を検出できない場合がある。

[0015] 特許文献3の場合は、ブリッジのすべての抵抗値故障を検出することができるが、ブリッジの各辺に対応した切替器を必要とし、たとえばホイートストンブリッジが複数個ある場合、回路が複雑になり製造および制御が困難になる。

[0016] この発明は、前述した問題点を解決するためになされたもので、より簡単な構成で、確実に磁気抵抗素子の低抵抗（至るショート）もしくは高抵抗（至る断線）の故障を検出することのできる磁気検出装置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

[0017] この発明に係わる磁気検出装置は、外部磁界に対して抵抗値が変化する磁気抵抗素子である第1の素子と第2の素子を直列に接続してブリッジ回路を構成し、前記ブリッジ回路の一方の端は電源に接続され、前記ブリッジ回路の他方の端は接地され、前記第1の素子と前記第2の素子の接続点は増幅手段に接続され、前記ブリッジ回路に直列に1つ以上の切替手段が接続され、前記増幅手段の出力の一端は故障検出手段に接続されるよう構成されたものである。

発明の効果

[0018] この発明の磁気検出装置によれば、少数の切替器もしくは切替器を無くして、より簡単な構成で、確実に磁気抵抗素子の故障を判定できる磁気検出装置を得ることができる。

[0019] 上述した、またその他の、この発明の目的、特徴、効果は、以下の実施の形態における詳細な説明および図面の記載からより明らかとなるであろう。

図面の簡単な説明

- [0020] [図1]この発明の実施の形態1に係る磁気検出装置の回路構成図である。
- [図2]この発明の実施の形態2に係る磁気検出装置の回路構成図である。
- [図3]この発明の実施の形態3に係る磁気検出装置の回路構成図である。
- [図4]この発明の実施の形態4に係る磁気検出装置の回路構成図である。
- [図5]この発明の実施の形態5に係る磁気検出装置の回路構成図である。
- [図6]この発明の実施の形態5に係る磁気検出装置の動作を説明する波形図である。
- [図7]従来の磁気抵抗素子の構造を示す斜視図である。
- [図8]従来の磁気抵抗素子における動作特性を説明する波形図である。
- [図9]従来の磁気検出装置の構成及び動作を示す概要図である。
- [図10]従来の磁気検出装置が故障した場合の動作を示す概要図である。
- [図11]従来の磁気検出装置が故障した場合の動作を示す概要図である。
- [図12]従来の磁気検出装置が故障した場合の動作を示す概要図である。

発明を実施するための形態

- [0021] 以下、この発明の磁気検出装置の実施の形態につき、図面を参照して説明する。

なお、各図中、同一符号は、同一または相当部分を示すものとする。

- [0022] 実施の形態1.

図1は、この発明の実施の形態1に係る磁気検出装置を示す回路構成図である。

図1において、2はTMR素子の1連結で、8連結で一組としたTMR連結体3と4にてブリッジを構成している。TMR連結体3側の一端が電源5と切替器1を介して接続されている。またTMR連結体4の一端は接地されている。TMR連結体3とTMR連結体4で構成されるブリッジの midpoint 6は抵抗器7に接続されている。抵抗器7と抵抗器8は、オペアンプ（以下増幅器ともいう。）9の倍率を決める抵抗器である。オペアンプ9のプラス側は基準電源10に接続されている。オペアンプ9の出力の一端は故障検出器12

に接続されている。

[0023] 切替器 1 が電源側接点 1 a に接続されているとき、本磁気検出装置は上述した図 9 と同じ回路構成であり、従来技術で説明したように、磁性体 1 4 の動きに対して出力端子 1 1 の波形は図 9 の出力波形と同様の余弦波形状となり、被検出体である磁性体 1 4 の移動を検出できる。

[0024] ここで TMR 素子の故障を検出するために、切替器 1 をアース側接点 1 b に接続する。このとき TMR 連結体 3 と 4 には同一方向の磁界が印加されているとする。これは TMR 連結体 3 と 4 をそれぞれ同程度の抵抗値とするためである。オペアンプ 9 のプラス電極とマイナス電極はイマジナリーショートされているため、プラス電極の基準電源 1 0 の電位が、抵抗器 7 と、TMR 連結体 3 及び 4 の合成抵抗の直列回路に印加された状態となる。抵抗器 7 と、TMR 連結体 3 及び 4 の合成抵抗で構成される直列回路に流れる電流は、抵抗器 8 により電圧に変換され、出力端子 1 1 に出力される。これは一般的な電流電圧変換回路である。ここで抵抗器 7 及び抵抗器 8 の各々の抵抗値が任意の値に決められているものとする、TMR 連結体 3 もしくは TMR 連結体 4 の抵抗値により出力端子 1 1 の電圧が変わるため、この電圧を故障検出器 1 2 で測定することにより故障検出が可能となる。

[0025] 具体的な数値を用いて、出力端子 1 1 の電圧値を計算する。

TMR 素子の 1 連結 2 を $2\text{ k}\Omega$ 、TMR 連結体 3 と 4 各々の素子連結数を 8 個、抵抗器 7 の抵抗値を $1\text{ k}\Omega$ 、抵抗器 8 の抵抗値を $10\text{ k}\Omega$ 、基準電源 1 0 の電圧を 1 V とすると、出力端子 1 1 の電圧値は 2.11 V となる。

ここで、TMR 連結体 3 及び 4 の連結が故障によりそれぞれ 1 連結ずつ故障した場合、出力端子 1 1 の電圧値は 2.25 V となる。このように故障した場合に出力端子 1 1 の電圧が変化するため、出力端子 1 1 の電圧変化を検出することによって TMR 素子の故障を検出することができる。

[0026] 以上のように、この発明の実施の形態 1 の磁気検出装置によれば、1 つの切替器を設け、増幅器を用いて磁気抵抗素子に流れる電流値を電圧値に変換するようにしたため、TMR 連結体 3 及び 4 に同数の連結故障があっても、

故障を検出することが可能となる。

[0027] 実施の形態 2.

図 2 は、この発明の実施の形態 2 に係る磁気検出装置を示す回路構成図である。

図において 13 a、13 b は切替器である。図 1 における実施の形態 1 の切替器 1 を省けば、その他の構成は図 1 と同一である。

[0028] 切替器 13 a 及び 13 b が ON 状態であれば、本磁気検出装置は図 9 と同じ回路構成であり、従来技術で説明したように、磁性体の動きに対して出力端子 11 の波形は図 9 の出力波形と同様の余弦波形状となり、被検出体である磁性体の移動を検出できる。

[0029] ここで、TMR 素子の故障を検出するために、切替器 13 a を OFF にする。このとき TMR 連結体 3 と 4 には同一方向の磁界が印加されているとする。オペアンプ 9 のプラス電極とマイナス電極はイマジナリーショートされているため、プラス電極の基準電源 10 の電位が、抵抗器 7 と、TMR 連結体 4 の直列回路に印加された状態となる。

抵抗器 7 と、TMR 連結体 4 で構成される直列回路に流れる電流は抵抗器 8 により電圧に変換され、出力端子 11 に出力される。

次に、切替器 13 a を ON にし、13 b を OFF にする。オペアンプ 9 のプラス電極とマイナス電極はイマジナリーショートされているため、電源 5 の電圧と基準電源 10 の電圧との差が TMR 連結体 3 と抵抗器 7 の直列回路に印加された状態となる。抵抗器 7 と、TMR 連結体 3 で構成される直列回路に流れる電流は抵抗器 8 により電圧に変換され、出力端子 11 に出力される。ここで、抵抗器 7 及び抵抗器 8 の各々の抵抗値が任意の値に決められているものとする、TMR 連結体 3 もしくは TMR 連結体 4 の抵抗値により、出力端子 11 の電圧が変わるため、故障検出が可能となる。

[0030] 具体的な数値を用いて、出力端子 11 の電圧値を計算する。TMR 素子の 1 連結 2 を $2\text{ k}\Omega$ 、TMR 連結体 3 と 4 の連結数を 8 個、抵抗器 7 の抵抗値を $1\text{ k}\Omega$ 、抵抗器 8 の抵抗値を $10\text{ k}\Omega$ 、基準電源 10 の電圧を 1 V 、電源

5の電圧を2Vとする。切替器13aをOFFにした場合（切替器13bはONにする）、出力端子11の電圧値は1.59Vとなる。

切替器13bをOFFにした場合（切替器13aはONにする）、出力端子11の電圧値は0.41Vとなる。ここでTMR連結体3及び4の連結が故障によりそれぞれ1連結ずつ故障した場合、切替器13aがOFFのとき、出力端子11の電圧値は1.67Vとなり、切替器13bがOFFのとき、出力端子11の電圧値は0.33Vとなる。

このように、故障した場合に出力端子11の電圧が変化するため、この電圧の変化を故障検出器12により測定することによって、故障を検出することができる。

[0031] 以上のように、この発明の実施の形態2の磁気検出装置によれば、2つの切替器を設け、増幅器を用いて磁気抵抗素子に流れる電流値を電圧値に変換するようにしたため、TMR連結体3及び4が同数の連結故障があっても、故障を検出することが可能となる。

[0032] 実施の形態3.

図3は、この発明の実施の形態3に係る磁気検出装置を示す回路構成図である。

この発明の実施の形態3は、磁気抵抗素子がいわゆるホイートストンブリッジの構成となっており、実施の形態1に対して切替器14が追加されている以外はほぼ同じ構成となっている。図3において、切替器1が電源側接点1a側に、切替器14が14a側に接続されているときは、従来技術で説明したように、磁性体の動きに対して出力端子11の波形は図9の出力波形と同様の余弦波形状となり、被検出体である磁性体113の移動を検出できる。なお、実施の形態3では磁気抵抗素子がホイートストンブリッジの構成となっているため、3aと4aの接続点の電位変化とTMR連結3bと4bの接続点の電位変化は位相が180°異なるため、実施の形態1.と比して出力11は2倍の出力を得られる。

[0033] ここで、TMR素子の故障を検出するために、切替器1をアース側接点1

bに、切替器14を14bに接続する。このときTMR連結体3a、3b、4a、4bには同一方向の磁界が印加されているとする。これはTMR連結体3a、3b、4a、4bをそれぞれ同程度の抵抗値とするためである。オペアンプ9のプラス電極とマイナス電極はイマジナリーショートされているため、プラス電極の基準電源10の電位が、抵抗器7aと、TMR連結体3a、3b、4a、4bの合成抵抗の直列回路に印加された状態となる。

抵抗器7aと、TMR連結体3a、3b、4a、4bの合成抵抗で構成される直列回路に流れる電流は、抵抗器8aにより電圧に変換され、出力端子11に出力される。

ここで、抵抗器7a及び抵抗器8aの各々の抵抗値が任意の値に決められているものとする、TMR連結体3a、3b、4a、4bの抵抗値により、出力端子11の電圧が変わるため、故障検出が可能となる。

[0034] 具体的な数値を用いて、出力端子11の電圧値を計算する。切替器1をアース側接点1bに、切替器14を14bに接続する。TMR素子2の1連結を2k Ω 、TMR連結体3a、3b、4a、4bの連結数をそれぞれ8個、抵抗器7aを1k Ω 、抵抗器8aを10k Ω 、基準電源10を1Vとすると、出力端子11の電圧値は3Vとなる。ここで、TMR連結体3a及び4aの連結が故障によりそれぞれ1連結ずつ故障した場合、出力端子11の電圧値は3.11Vとなる。

このように、故障した場合に出力端子11の電圧が変化するため、この電圧の変化を故障検出器12により測定することによって、故障を検出することができる。

[0035] 以上のように、この発明の実施の形態3の磁気検出装置によれば、2つの切替器を設け、増幅器を用いて磁気抵抗素子に流れる電流値を電圧値に変換するようにしたため、TMR連結体3a及び4aが同数の連結故障であっても故障を検出することが可能となる。

[0036] 実施の形態4.

図4は、この発明の実施の形態4に係る磁気検出装置を示す回路構成図で

ある。

図4において、2はTMR素子の1連結で、8連結で一組としたTMR連結体3と4にてブリッジを構成している。19はバッファであり、抵抗器7及び8はオペアンプ9の倍率を決める抵抗器である。電源10はオペアンプ9の出力端子11の基準電位である。また抵抗器15、オペアンプ16、電源17にて電流電圧変換回路を構成している。12は故障検出器である。

[0037] 抵抗器15、オペアンプ16、電源17で構成される電流電圧変換回路では、オペアンプ16のプラス側とマイナス側はイマジナリーショートとなるため、電源17の電位がTMR連結体3の一端に印加される。そのため従来技術にて説明したように、磁性体の動きに対して出力端子11の波形は図9の出力波形と同様の余弦波形状となり、被検出体である磁性体の移動を検出できる。

[0038] ここで、TMR素子の故障を検出するために、TMR連結体3と4には同一方向の磁界が印加されているとする。これはTMR連結体3とTMR連結体4が同程度の抵抗値とするためである。バッファ19があるため、TMR連結体3及び4に流れる電流はバッファ19側にはリークしない。そのため、電源17が印加されたTMR連結体3と4の直列抵抗回路に流れる電流は抵抗器15により電圧に変換され、出力端子18に出力される。

ここで、抵抗器15の抵抗値が任意の値に決められているものとする、TMR連結体3もしくはTMR連結体4の抵抗値により、出力端子18の電圧が変わるため、この電圧の変化を故障検出器12により測定することによって、故障検出が可能となる。

[0039] 実施の形態1乃至3においては切替器を用いたが、例えばバイポーラIC上に回路を構成した場合には、切替回路の構成が困難な場合がある。実施の形態4の構成はそのような切替器の構成が困難な場合に有効である。

[0040] 以上のように、この発明の実施の形態4によれば、増幅器を用いて磁気抵抗素子に流れる電流値を電圧値に変換するようにしたため、TMR連結体3及び4が同数の連結故障であっても故障を検出することが可能となる。

[0041] 実施の形態 5.

図 5 は、この発明の実施の形態 5 に係る磁気検出装置を示す回路構成図である。

図 5 において、2 は TMR 素子の 1 連結で、8 連結で一組とした TMR 連結体 3 と TMR 連結体 4 を構成している。抵抗器 20、オペアンプ 21、基準電源 22 は電流電圧変換回路を構成し、同様に抵抗器 23、オペアンプ 24、基準電源 25 は電流電圧変換回路を構成している。抵抗器 7a、7b、8a、8b、オペアンプ 9、基準電源 10 は差動増幅器を構成している。12 は故障検出器であり、オペアンプ 21 とオペアンプ 24 の出力である出力 26 及び 27 とに接続される。

[0042] 図 6 は、実施の形態 5 の動作を説明する図である。TMR 連結体 3 の一端は電流電圧変換回路を構成するオペアンプ 21 のマイナス側に接続される。オペアンプ 21 のプラス側とマイナス側はイマジナリーショートしているため、基準電源 22 の電位が TMR 連結体 3 に印加される。TMR 連結体 4 も同様の構成であり、基準電源 25 の電位が TMR 連結体 4 に印加される。TMR 連結体 3 と 4 の前に置かれた磁性体 114 が紙面の左方向へ移動した場合、外部磁界の方向 31 が図のように位置により方向が変わるため、TMR 連結体 3 と 4 は従来技術で説明したようにコンダクタンス G が変動する。

[0043] 基準電源 22、25 がそれぞれ VA とすると、TMR 連結体 3 と TMR 連結体 4 に流れる電流はそれぞれ、前述の数式 1 より、

$$(G_0 + G_1 \cos \theta) V_A \quad \dots \dots \dots \text{(数式 3)}$$

$$(G_0 + G_1 \cos (\theta + \pi)) V_A \quad \dots \dots \dots \text{(数式 4)}$$

となる。ここで電流電圧変換回路を構成しているオペアンプ 21、24 の各々の出力 26 と 27 の波形は図 6 の波形 33 と 34 に示したように余弦波形状となる。

[0044] オペアンプ 21、24 の各々の出力 26 と 27 は差動増幅を構成するオペアンプ 9 に入力される。入力波形は差動増幅器 9 にて増幅され、出力端子 11 の波形は、図 6 の 35 の余弦波形状となり、このように被検出体である磁

性体の移動を検出できる。

[0045] ここでTMR素子の故障を検出するために、TMR連結体3とTMR連結体4のすべてのTMR素子の固定層には同一方向の磁界32が印加されているとする。これはTMR連結体3と4を所望の抵抗値とするためである。TMR連結体3及び4の一端はそれぞれ電流電圧変換回路を構成するオペアンプ21とオペアンプ24に接続されるため、抵抗器20と抵抗器23の抵抗値が任意の値に決められているものとする、TMR連結体3もしくはTMR連結体4の抵抗値により出力26もしくは出力27の電圧が変わるため、この電圧の変化を故障検出器12により測定することによって、故障検出が可能となる。

[0046] 実施の形態4で述べたように、例えばバイポーラIC上に回路を構成した場合には、切替回路の構成が困難な場合があるが、実施の形態5の構成はそのような切替器の構成が困難な場合に有効である。

[0047] 以上のように、この発明の実施の形態5によれば、増幅器を用いて磁気抵抗素子に流れる電流値を電圧値に変換するようにしたため、TMR連結体3及び4が同数の連結故障であっても故障を検出することが可能となる。

[0048] なお、上述した実施の形態では、磁気抵抗素子としてトンネル磁気抵抗素子(Tunnel Magneto Resistance素子)について説明したが、この発明は、巨大磁気抵抗素子(Giant Magneto Resistance素子)を用いても同様に実施することができる。

また、この発明は、その発明の範囲内において、実施の形態を適宜、変形、省略することが可能である。

産業上の利用可能性

[0049] この発明は、磁気抵抗素子を用いて磁界変化により被検出対象の回転を検出する磁気検出装置であり、自動車用エンジンのクランク軸もしくはカム軸の回転検出を行う回転センサとして好適なものである。

符号の説明

[0050] 1 切替器、2 TMR素子の1連結、3、4 TMR連結体、

5 電源、6 ブリッジの midpoint、7、8 抵抗器、
9 オペアンプ（増幅器）、10 基準電源、11 出力端子、
12 故障検出器、13 a、13 b、14 切替器、15 抵抗器、
16 オペアンプ、17 電源、18 出力端子、19 バッファ、
20 抵抗器、21 オペアンプ、22 基準電源、23 抵抗器、
24 オペアンプ、25 基準電源。

請求の範囲

[請求項1] 外部磁界に対して抵抗値が変化する磁気抵抗素子である第1の素子と第2の素子を直列に接続してブリッジ回路を構成し、
前記ブリッジ回路の一方の端は電源に接続され、
前記ブリッジ回路の他方の端は接地され、
前記第1の素子と前記第2の素子の接続点は増幅手段に接続され、
前記ブリッジ回路に直列に1つ以上の切替手段が接続され、
前記増幅手段の出力の一端は故障検出手段に接続されていることを特徴とする磁気検出装置。

[請求項2] 外部磁界に対して抵抗値が変化する磁気抵抗素子である第1の素子と第2の素子が直列に接続され、前記磁気抵抗素子である第3の素子と第4の素子が直列に接続され、
前記第1と第2と第3と第4の素子はブリッジ回路を構成しており、
前記ブリッジ回路の一方の端は電源に接続され、
前記ブリッジ回路の他方の端は接地され、
前記第1の素子と前記第2の素子の接続点及び前記第3の素子と前記第4の素子の接続点は増幅手段に接続され、
前記ブリッジ回路に直列に1つ以上の切替手段が接続され、
前記ブリッジ回路と前記増幅手段との間に1つ以上の切替手段が接続され、
前記増幅手段の出力の一端は故障検出手段に接続されていることを特徴とする磁気検出装置。

[請求項3] 外部磁界に対して抵抗値が変化する磁気抵抗素子である第1の素子と第2の素子が直列に接続されたブリッジ回路を構成しており、
前記ブリッジ回路の一方の端は電源に接続され、
前記ブリッジ回路の他方の端は接地され、
前記第1の素子と前記第2の素子の接続点は増幅手段に接続され、
前記電源と前記ブリッジ回路の間には電流検出手段が接続され、

前記電流検出手段の出力の一端は故障検出手段に接続されていることを特徴とする磁気検出装置。

[請求項4] 前記磁気抵抗素子は、外部磁界に対して磁化方向が固定された磁化固定層と、外部磁界に応じて磁化方向が回転する磁化自由層と、前記磁化固定層と前記磁化自由層との間に挟まれた非磁性中間層からなることを特徴とする請求項1から請求項3の何れか1項に記載の磁気検出装置。

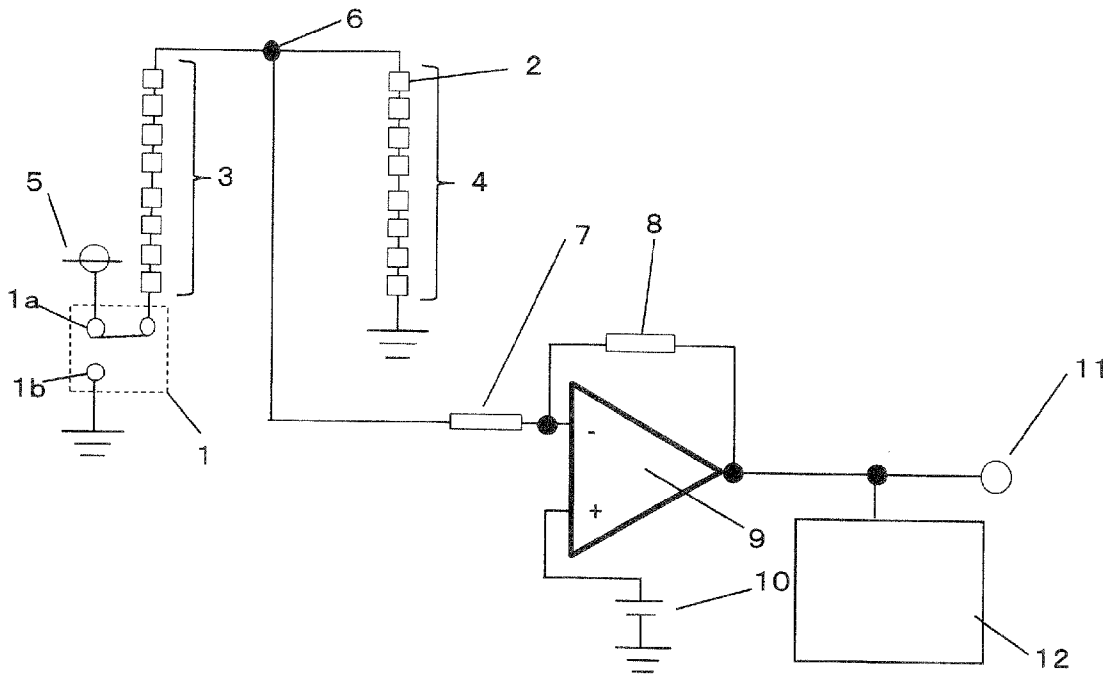
[請求項5] 外部磁界に対して磁化方向が固定された磁化固定層と、外部磁界に応じて磁化方向が回転する磁化自由層と、前記磁化固定層と前記磁化自由層との間に挟まれた非磁性中間層からなる磁気抵抗素子であって、前記磁気抵抗素子である第1の素子の一方の端は第1の電源に接続され、前記第1の素子の他方の端は接地され、前記磁気抵抗素子である第2の素子の一方の端は第2の電源に接続され、前記第2の素子の他方の端は接地され、前記各々の電源と前記第1の素子及び前記第2の素子の中間には各々電流検出手段が接続され、前記各々の電流検出手段の出力が増幅手段に接続され、前記電流検出手段の出力の一端は故障検出手段に接続されていることを特徴とする磁気検出装置。

[請求項6] 前記増幅手段は差動増幅手段であることを特徴とする請求項5に記載の磁気検出装置。

[請求項7] 前記磁気抵抗素子は、トンネル効果磁気抵抗素子(TMR)であることを特徴とする磁気検出装置請求項1から請求項3および請求項5、請求項6のいずれか1項に記載の磁気検出装置。

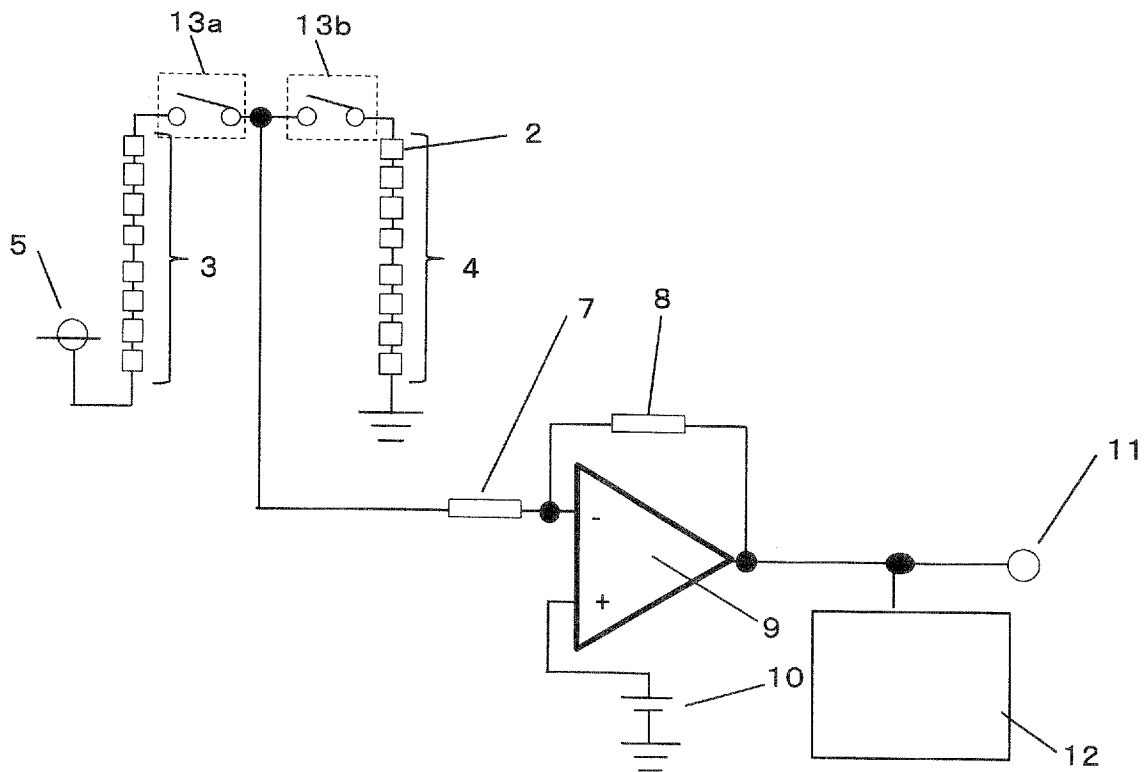
[圖1]

圖1



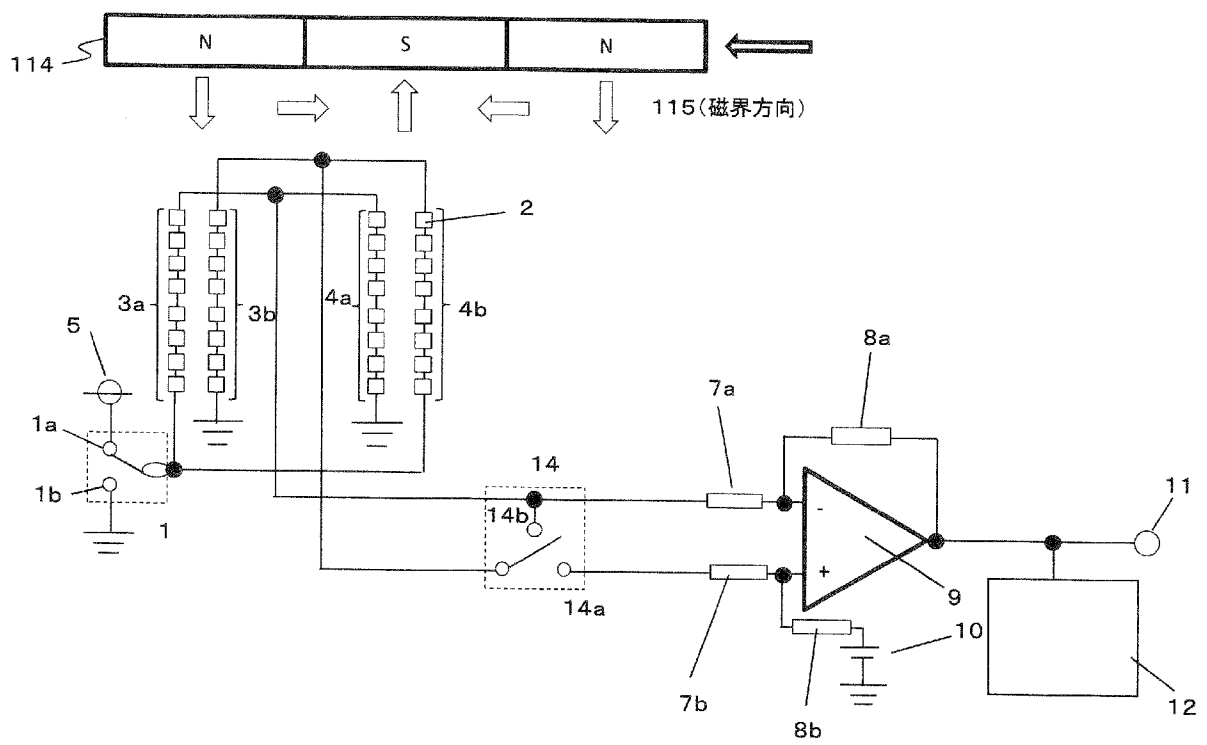
[圖2]

圖2



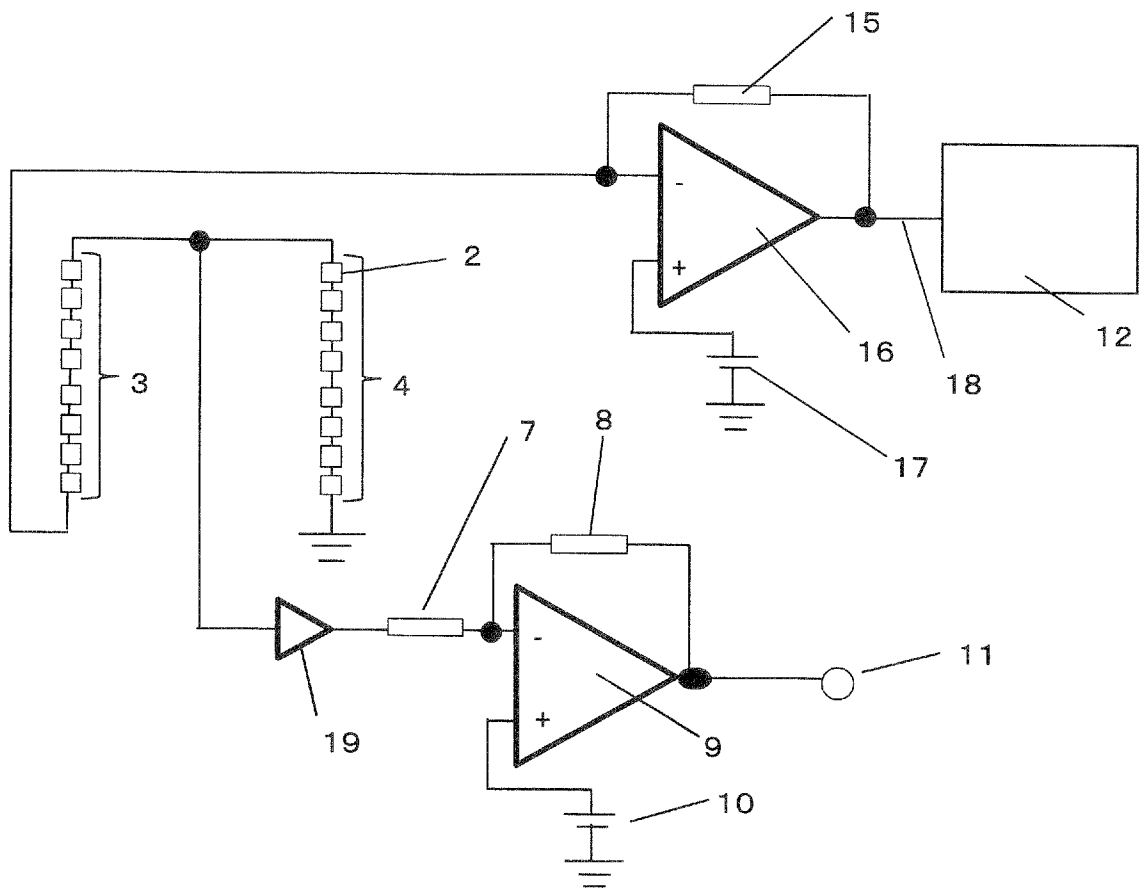
[図3]

図3



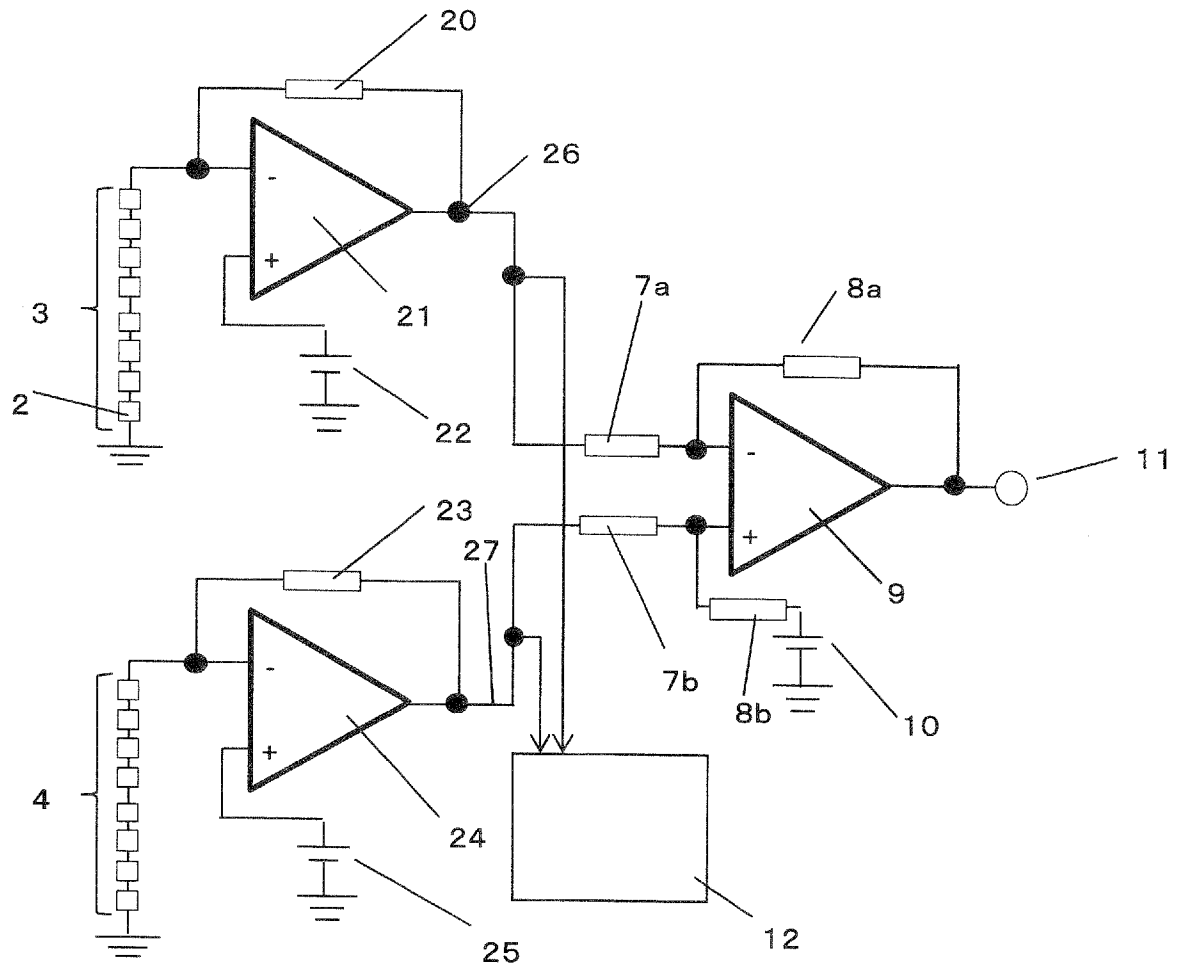
[図4]

図4



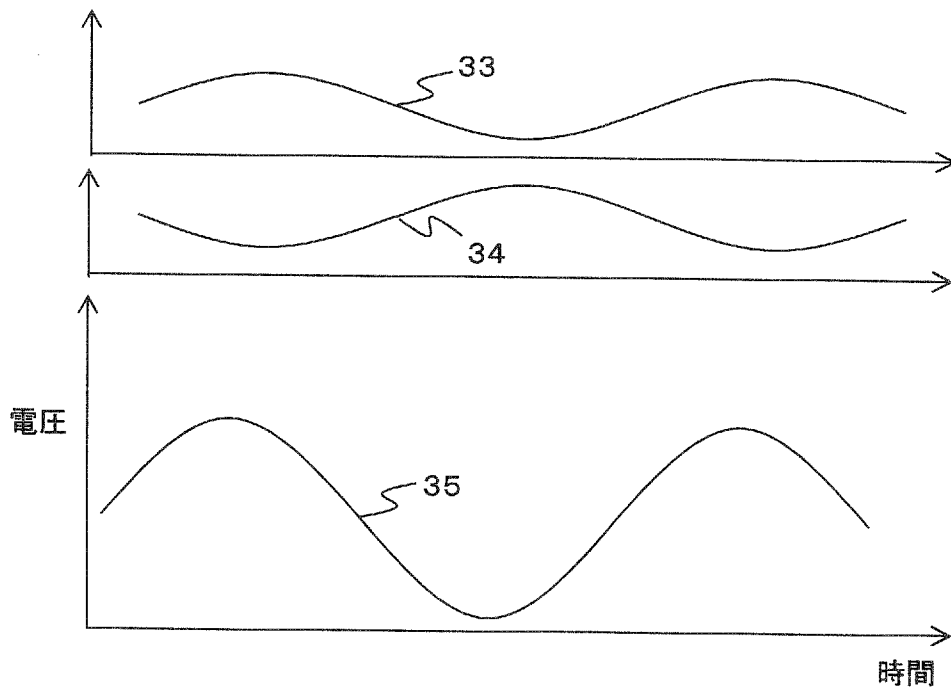
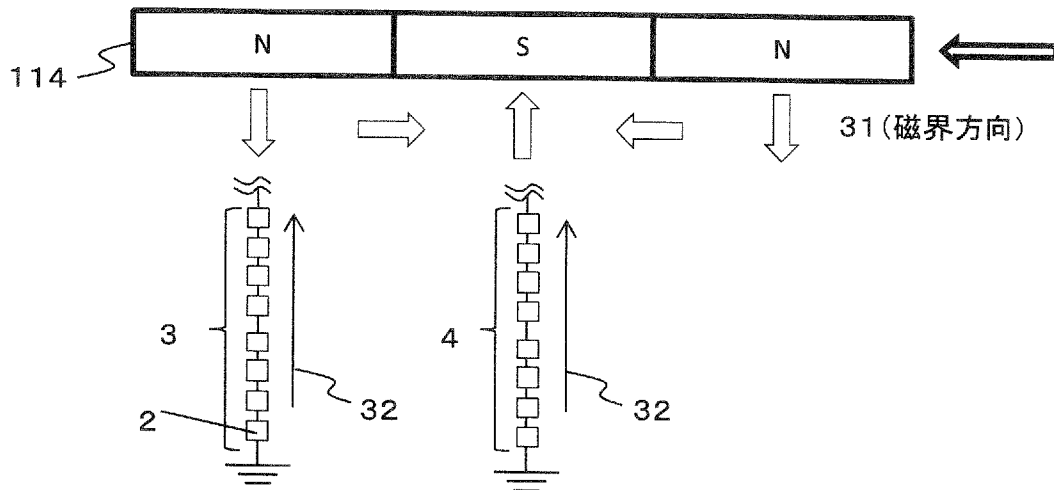
[図5]

図5



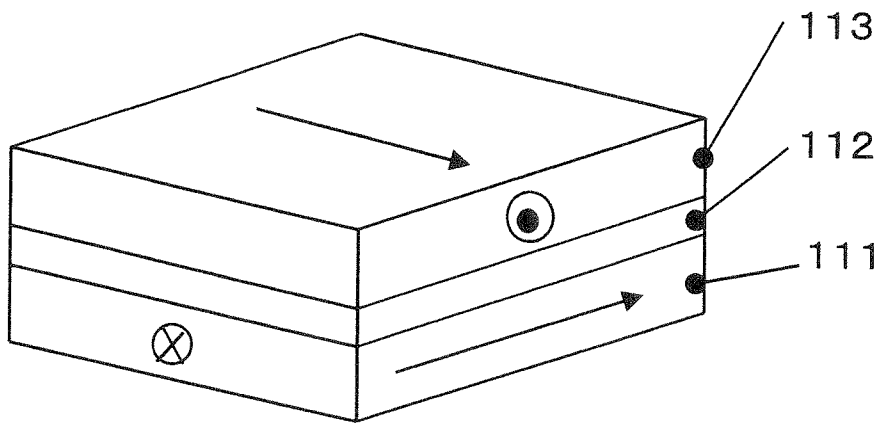
[図6]

図6



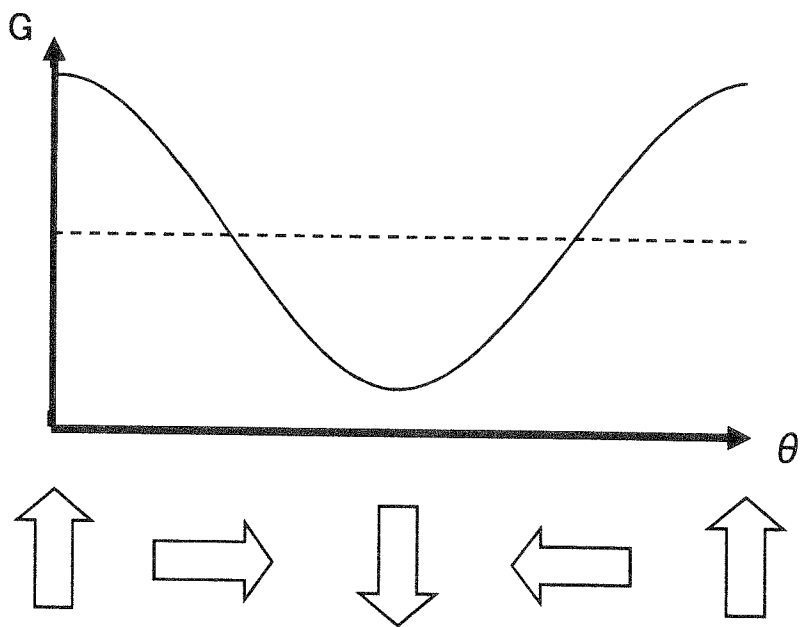
[図7]

図7



[図8]

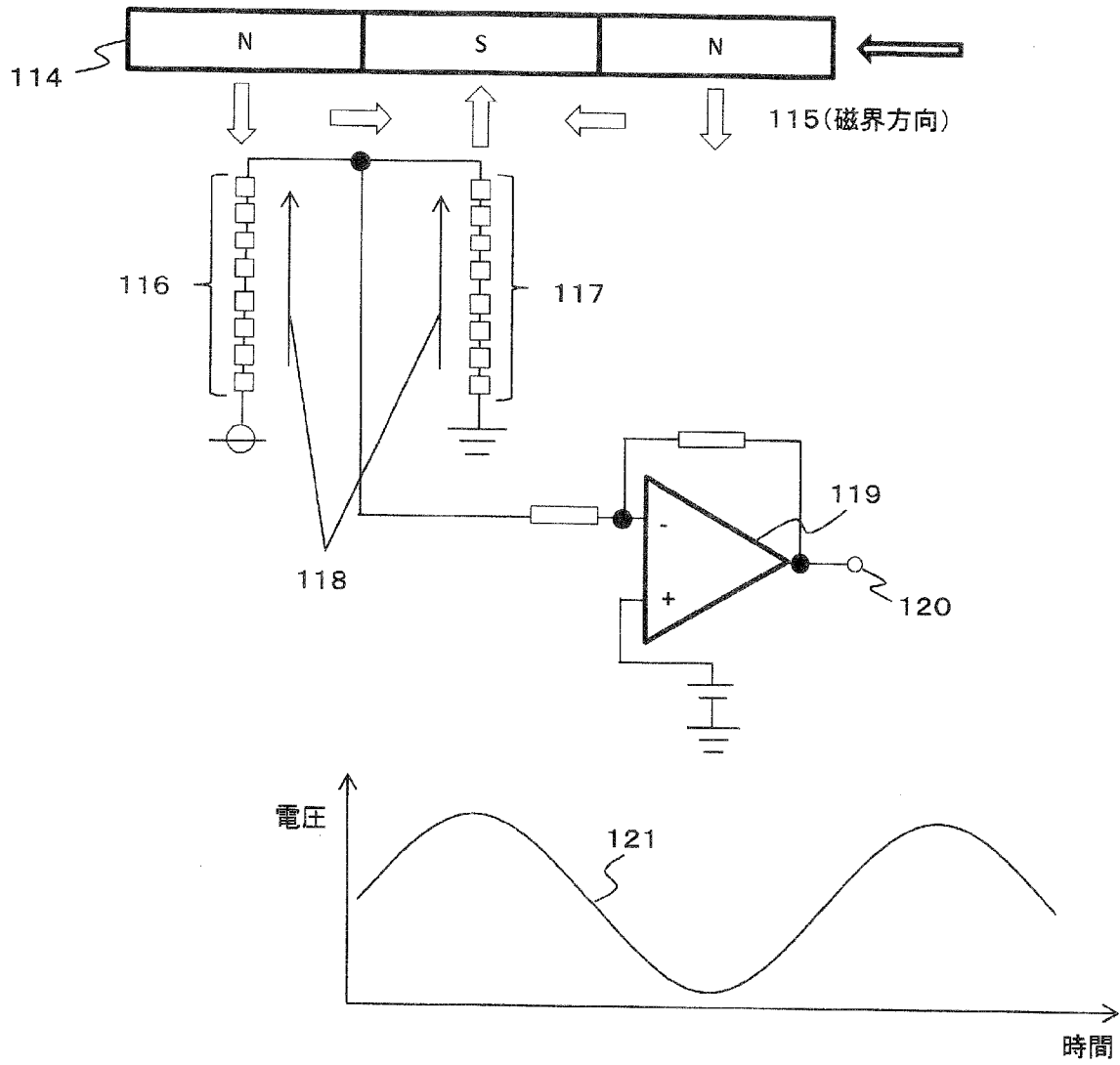
図8



(TMRに対して印加した外部磁界の方向)

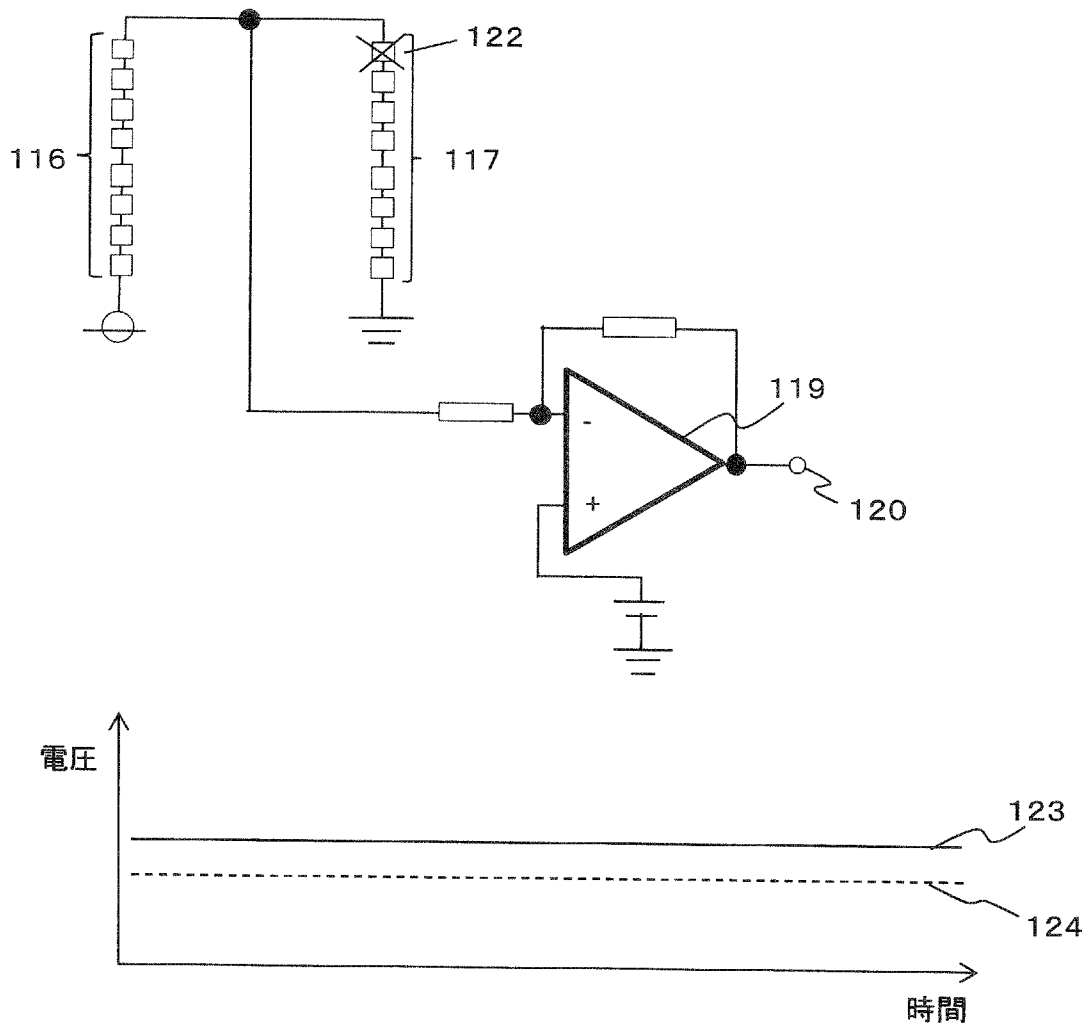
[図9]

図9



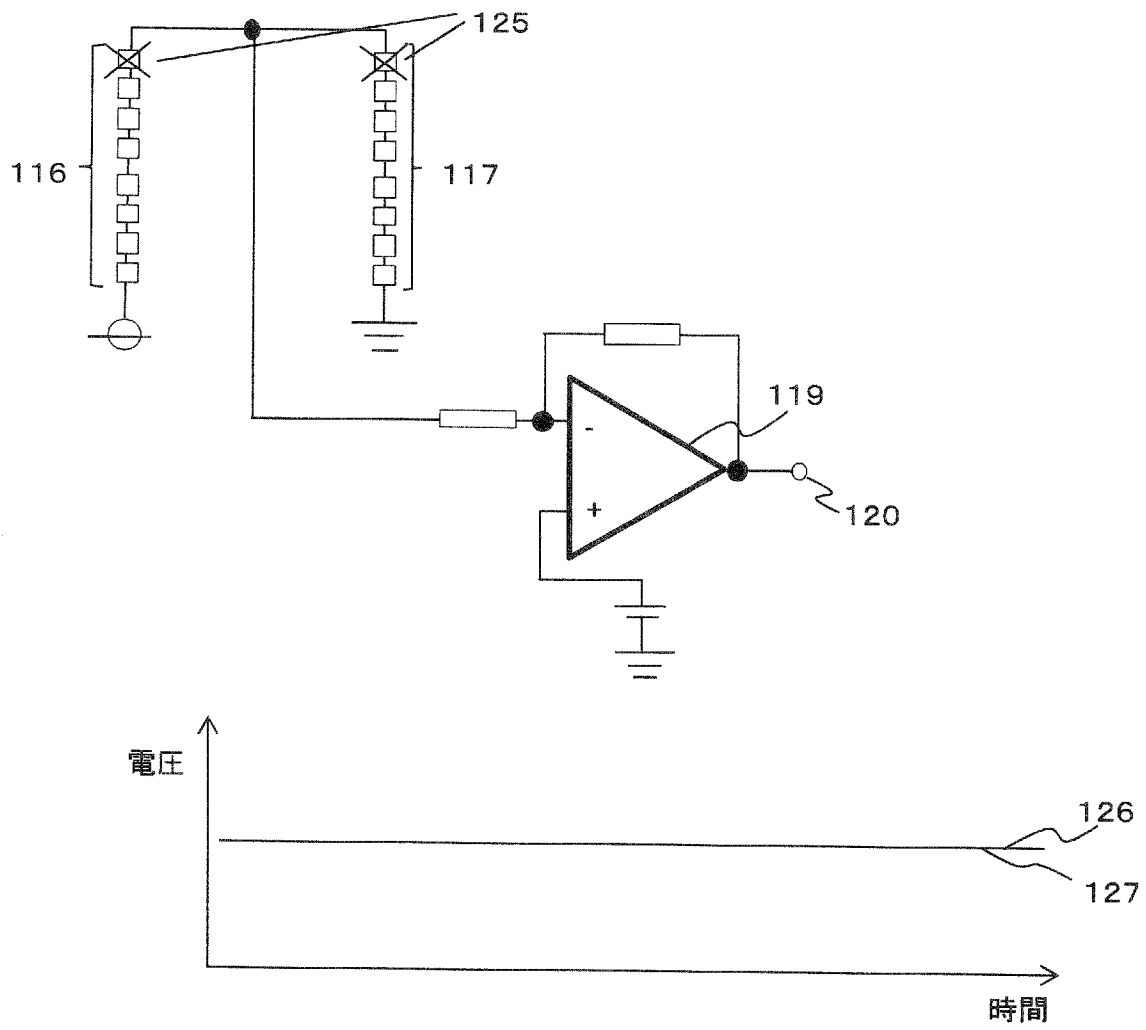
[図10]

図10



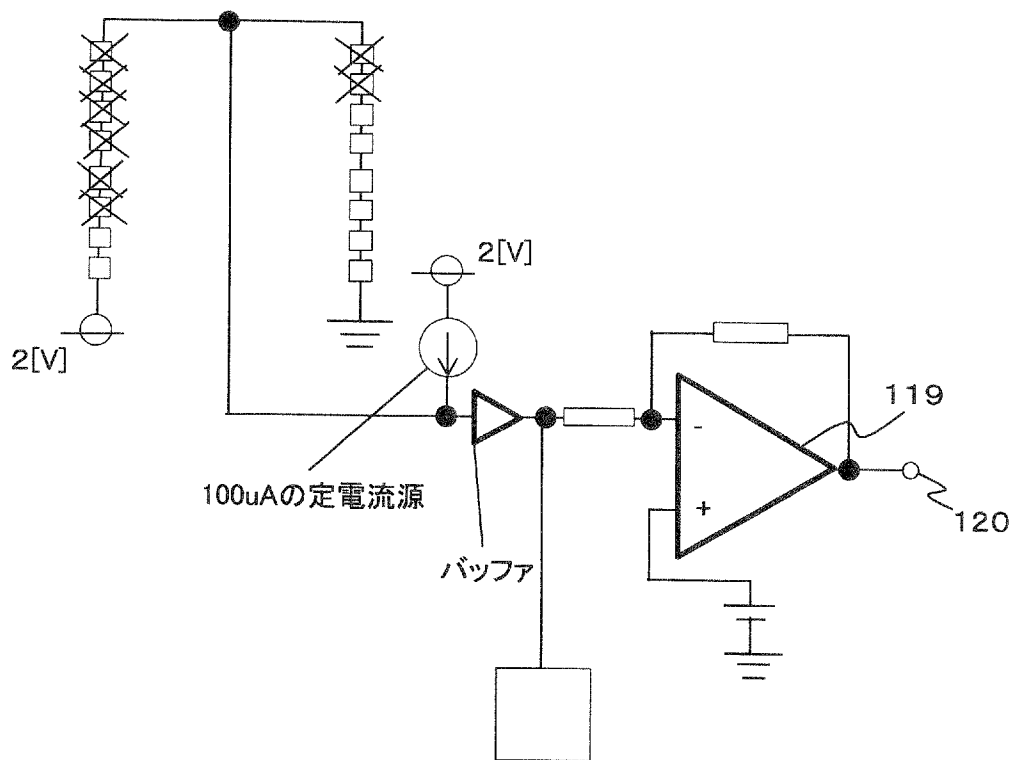
[図11]

図11



[図12]

図12



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/051322

<p>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G01R33/09(2006.01) i</p> <p>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>														
<p>B. FIELDS SEARCHED</p> <p>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01R33/09, G01R15/20, G01R31/02, G01D5/12, G01B7/00</p> <p>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 1996-2014 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2014 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2014</p> <p>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)</p>														
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:10%;">Category*</th> <th style="width:70%;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="width:20%;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X Y</td> <td>JP 2013-108887 A (Tokai Rika Co., Ltd.), 06 June 2013 (06.06.2013), paragraphs [0033] to [0043]; fig. 1, 2 (Family: none)</td> <td align="center">1 4</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>JP 2004-191189 A (Hitachi Unisia Automotive, Ltd.), 08 July 2004 (08.07.2004), paragraphs [0058] to [0063]; fig. 1, 4, 5 (Family: none)</td> <td align="center">2</td> </tr> <tr> <td>X Y</td> <td>JP 2001-194256 A (Denso Corp.), 19 July 2001 (19.07.2001), paragraphs [0040] to [0042]; fig. 2, 3 & US 6343498 B1 & DE 10053188 A1</td> <td align="center">3 5-7</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X Y	JP 2013-108887 A (Tokai Rika Co., Ltd.), 06 June 2013 (06.06.2013), paragraphs [0033] to [0043]; fig. 1, 2 (Family: none)	1 4	X	JP 2004-191189 A (Hitachi Unisia Automotive, Ltd.), 08 July 2004 (08.07.2004), paragraphs [0058] to [0063]; fig. 1, 4, 5 (Family: none)	2	X Y	JP 2001-194256 A (Denso Corp.), 19 July 2001 (19.07.2001), paragraphs [0040] to [0042]; fig. 2, 3 & US 6343498 B1 & DE 10053188 A1	3 5-7
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.												
X Y	JP 2013-108887 A (Tokai Rika Co., Ltd.), 06 June 2013 (06.06.2013), paragraphs [0033] to [0043]; fig. 1, 2 (Family: none)	1 4												
X	JP 2004-191189 A (Hitachi Unisia Automotive, Ltd.), 08 July 2004 (08.07.2004), paragraphs [0058] to [0063]; fig. 1, 4, 5 (Family: none)	2												
X Y	JP 2001-194256 A (Denso Corp.), 19 July 2001 (19.07.2001), paragraphs [0040] to [0042]; fig. 2, 3 & US 6343498 B1 & DE 10053188 A1	3 5-7												
<p><input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.</p>														
<p>* Special categories of cited documents:</p> <table style="width:100%;"> <tr> <td style="width:50%;"> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </td> <td style="width:50%;"> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p> </td> </tr> </table>			<p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>										
<p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>													
<p>Date of the actual completion of the international search 28 March, 2014 (28.03.14)</p>		<p>Date of mailing of the international search report 08 April, 2014 (08.04.14)</p>												
<p>Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office</p>		<p>Authorized officer</p>												
<p>Facsimile No.</p>		<p>Telephone No.</p>												

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/051322

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 3017061 B2 (International Business Machines Corp.), 06 March 2000 (06.03.2000), paragraph [0011]; fig. 1 & US 5561368 A & EP 710850 A2 & DE 69534013 D & KR 10-0175979 B & CN 1113572 A	4-7
Y	JP 2008-522146 A (Koninklijke Philips Electronics N.V.), 26 June 2008 (26.06.2008), paragraph [0040]; fig. 7 & US 2008/0054896 A1 & EP 1817600 A & WO 2006/056936 A2 & CN 101065682 A	5-7
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 22995/1988 (Laid-open No. 128107/1989) (Meidensha Corp.), 01 September 1989 (01.09.1989), specification, page 10, lines 15 to 20; fig. 1 (Family: none)	3-7
A	JP 10-293040 A (Toyota Motor Corp.), 04 November 1998 (04.11.1998), paragraph [0006]; fig. 5 (Family: none)	5-7

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		
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. G01R33/09, G01R15/20, G01R31/02, G01D5/12, G01B7/00		
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 1971-2014年 日本国実用新案登録公報 1996-2014年 日本国登録実用新案公報 1994-2014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
X Y	JP 2013-108887 A (株式会社東海理化電機製作所) 2013.06.06, 段落 0033-0043, 図 1, 2 (ファミリーなし)	1 4
X	JP 2004-191189 A (株式会社日立ユニシアオートモティブ) 2004.07.08, 段落 0058-0063, 図 1, 4, 5 (ファミリーなし)	2
X Y	JP 2001-194256 A (株式会社デンソー) 2001.07.19, 段落 0040-0042, 図 2, 3 & US 6343498 B1 & DE 10053188 A1	3 5-7
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input 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 28.03.2014	国際調査報告の発送日 08.04.2014	
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) 荒井 誠 電話番号 03-3581-1101 内線 3258	2S 3203

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 3017061 B2 (インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション) 2000.03.06, 段落 0011, 図 1 & US 5561368 A & EP 710850 A2 & DE 69534013 D & KR 10-0175979 B & CN 1113572 A	4-7
Y	JP 2008-522146 A (コーニンクレッカ フィリップス エレクトロニクス エヌ ヴィ) 2008.06.26, 段落 0040, 図 7 & US 2008/0054896 A1 & EP 1817600 A & WO 2006/056936 A2 & CN 101065682 A	5-7
A	日本国実用新案登録出願 63-22995 号(日本国実用新案登録出願公開 1-128107 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (株式会社明電舎) 1989.09.01, 明細書第 10 頁第 15-20 行, 第 1 図 (ファミリーなし)	3-7
A	JP 10-293040 A (トヨタ自動車株式会社) 1998.11.04, 段落 0006, 図 5 (ファミリーなし)	5-7