(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
2013 年 11 月 21 日(21.11.2013)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2013/172109 A1

(51) 国際特許分類:
G01R 15/20 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2013/060227

(22) 国際出願日: 2013 年 4 月 3 日(03.04.2013)

(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 2012-112340 2012 年 5 月 16 日(16.05.2012) JP

(71) 出願人: アルプス・グリーンデバイス株式会社 **(ALPS GREEN DEVICES 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: 田村　学**(TAMURA, Manabu)**; 〒 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: 松下　昌弘**(MATSUSHITA Masahiro)**; 〒 1410031 東京都品川区西五反田３丁目６番２０号 西五反田アクセス８ F 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, IS, JP, KE, KG, KM, 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, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) **Title**: CURRENT SENSOR

(54) 発明の名称 : 電流センサ

図 1A

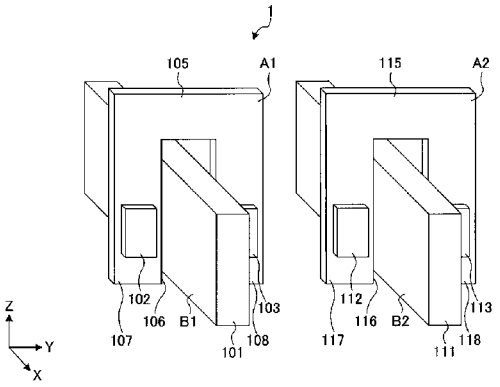
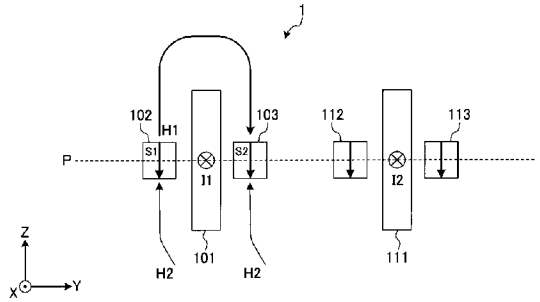


図 1B



(57) **Abstract**: Provided is a current sensor with a simple structure that is capable of eliminating the impact of an induction field due to current flowing through an adjacent conductor. A current sensor (1) is provided with a first conductor (101) and a second conductor (111) that are arranged so as to create mutually parallel current paths, a circuit board (105) disposed so that the surface (A1) will be perpendicular to the current paths, and a first electromagnetic conversion element (102) and a second electromagnetic conversion element (103) that are arranged so as to sandwich the first conductor therebetween on the surface of the circuit board. This current sensor is characterized in that the first conductor, the second conductor, the first electromagnetic conversion element and the second electromagnetic conversion element are all positioned in the same plane (P).

(57) 要約:　隣接する導体を通流する電流による誘導磁界の影響を除去可能な簡単な構造の電流センサを提供すること。互いに平行な電流路を構成するように配置された第１の導体（１０１）及び第２の導体（１１１）と、電流路に対して表面（Ａ１）が垂直になるように配置された回路基板（１０５）と、回路基板の表面において第１の導体を挟むように配置された第１の磁電変換素子（１０２）及び第２の磁電変換素子（１０３）とを備えた電流センサ（１）であって、第１の導体、第２の導体、第１の磁電変換素子、及び第２の磁電変換素子は、いずれも同一の平面（Ｐ）に位置することを特徴とする。

WO 2013/172109 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： 電流センサ

技術分野

[0001] 本発明は、導体を流れる電流を非接触で測定可能な電流センサに関し、特に、電流により生じる磁界を検出して電流値を測定する電流センサに関する。

背景技術

[0002] 被測定電流により生じる誘導磁界に基づき、非接触で電流値を測定可能な電流センサが実用化されている。この電流センサは、誘導磁界を検出するための磁電変換素子を備えており、磁電変換素子で検出される磁界強度を基に被測定電流の電流値を算出する。磁電変換素子としては、例えば、ホール効果を利用して磁界強度を電気信号に変換するホール素子や、磁界による電気抵抗値の変化を利用する磁気抵抗効果素子などが用いられる。

[0003] 非接触型の電流センサは、例えば、モーター駆動用のインバータを流れる電流を測定するために用いられることがある。インバータには複数相の電流が流れるので、当該用途において高い電流測定精度を実現するには、他相の電流により生じる誘導磁界の影響を適切に除去する必要がある。このような目的のため、電流路を構成する複数の導体を一つの平面内に配置すると共に、その平面に対して対称に磁気センサを配置した構成の電流センサが提案されている（例えば、特許文献１参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２００７－１０８０６９号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上述の電流センサにおいて、磁気センサは、他相の電流による誘導磁界の影響を受けにくくなるように配置されているので、ある程度の電流測定精度

は維持される。しかしながら、十分に高い電流測定精度を実現するには、電流路に対して磁気センサを傾けて配置することが必要になり、取り付け精度や製造コストの面において現実的でない。

[0006] 本発明はかかる点に鑑みてなされたものであり、隣接する導体を通流する電流による誘導磁界の影響を除去可能な簡単な構造の電流センサを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の電流センサは、互いに平行な電流路を構成するように配置された第１の導体及び第２の導体と、前記電流路に対して表面が垂直になるように配置された回路基板と、前記回路基板の前記表面において前記第１の導体を挟むように配置された第１の磁電変換素子及び第２の磁電変換素子とを備えた電流センサであって、前記第１の導体、前記第２の導体、前記第１の磁電変換素子、及び前記第２の磁電変換素子は、いずれも前記回路基板の前記表面に直交する同一の平面に位置することを特徴とする。

[0008] この構成によれば、第１の導体、第２の導体、第１の磁電変換素子、及び第２の磁電変換素子を、同一の平面に位置付けるという簡単な構成で、第１の磁電変換素子及び第２の磁電変換素子の出力（出力変化）を同極性にできるので、第２の導体を通流する電流による誘導磁界の影響を差動演算で除去可能になる。すなわち、隣接する第２の導体を通流する電流による誘導磁界の影響を除去可能な簡単な構造の電流センサを実現できる。

[0009] 本発明の電流センサにおいて、前記第１の導体及び前記第２の導体は、それぞれの幅方向が前記平面に直交する平板形状を有し、前記幅方向の中央位置が前記平面に位置することが好ましい。この構成によれば、第１の導体の中央位置付近において、第２の導体を通流する電流による誘導磁界の方向変化は小さくなるので、第１の磁電変換素子及び第２の磁電変換素子の配置位置が多少ばらついても、第１の磁電変換素子及び第２の磁電変換素子の受ける誘導磁界の方向を略等しくできる。このため、第２の導体を通流する電流による誘導磁界の影響をより適切に取り除くことが可能になる。

[0010] 本発明の電流センサにおいて、前記第１の導体、前記第１の磁電変換素子、及び前記第２の磁電変換素子を挟むように配置され、前記平面に交差する一対の磁気シールドを備えたことが好ましい。この構成によれば、一対の磁気シールドによって第２の導体を通流する電流による誘導磁界の影響をさらに低減できるので、より高い電流測定精度を実現できる。

[0011] 本発明の電流センサにおいて、前記第１の磁電変換素子及び前記第２の磁電変換素子は、それぞれの感度軸方向が前記平面に直交するように配置されたことが好ましい。

[0012] 本発明の電流センサにおいて、前記第１の導体及び前記第２の導体は、それぞれ、薄板部と、前記薄板部の両側の厚板部とを有し、前記第１の磁電変換素子及び第２の磁電変換素子は、前記第１の導体の薄板部を挟むように配置されたことが好ましい。この構成によれば、厚板部により第１の導体の電気抵抗は低下されるので、被測定電流の通流による発熱を抑制できる。その結果、より高い電流測定精度を実現可能になる。

発明の効果

[0013] 本発明によれば、隣接する導体を通流する電流による誘導磁界の影響を除去可能な簡単な構造の電流センサを提供できる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]実施の形態１に係る電流センサの構成例を示す模式図である。

[図2]実施の形態１に係る電流センサの回路構成を示すブロック図である。

[図3]比較例としての電流センサの構成例を示す模式図である。

[図4]実施の形態２に係る電流センサの構成例を示す模式図である。

[図5]実施の形態３に係る電流センサの構成例を示す模式図である。

[図6]実施の形態４に係る電流センサの構成例を示す模式図である。

[図7]各構成における隣接電流の影響を示す図である。

発明を実施するための形態

[0015] 図３を参照して、代表的な電流センサの構成例を説明する。図３は、電流路を構成する複数の導体が近接して配置された電流センサ２の構成例を示す

模式図である。図３Ａは、電流センサ２の構成を模式的に示す斜視図であり、図３Ｂは、電流センサ２における導体２０１，２１１と磁電変換素子２０２，２０３，２１２，２１３との位置関係を示す模式図である。

[0016] 図３Ａに示すように、電流センサ２は、電流路を構成する導体２０１，２１１と、導体２０１を挟むように配置される磁電変換素子２０２，２０３とを備えている。磁電変換素子２０２，２０３は、導体２０１の周囲に配置される略Ｕ字状の回路基板２０５に実装されている。回路基板２０５には、磁電変換素子２０２，２０３に接続される演算回路（不図示）が設けられており、磁電変換素子２０２，２０３の出力は、演算回路において差動演算される。なお、導体２１１側にも、同様の構成の磁電変換素子２１２，２１３、回路基板２１５、及び演算回路（不図示）が配置されている。

[0017] この電流センサ２は、図３Ｂに示すように、導体２０１を通流する被測定電流Ｉ１による誘導磁界Ｈ１を磁電変換素子２０２，２０３で検出して被測定電流Ｉ１に対応する電気信号（例えば、電圧）を出力する。磁電変換素子２０２，２０３は、互いの感度軸が同じ方向を向くように配置されており、誘導磁界Ｈ１を受けると逆極性の一対の出力を発生する。磁電変換素子２０２，２０３の出力は、磁電変換素子２０２，２０３に接続される演算回路で差動演算され、演算結果は電流センサ２の出力として後段に出力される。

[0018] 電流センサ２において、導体２１１に電流Ｉ２が通流されると、磁電変換素子２０２，２０３の配置位置には電流Ｉ２による誘導磁界Ｈ２が発生する。この誘導磁界Ｈ２を受けた磁電変換素子２０２，２０３は、誘導磁界Ｈ２の感度軸方向成分に応じて逆極性の一対の出力（出力変化）を生じる。ここで、例えば、出力が電圧の場合、出力の極性とは、出力電圧の正負を意味し、逆極性の一対の出力（出力変化）とは、正負の反転された関係にある一対の出力電圧のことをいう。

[0019] このような磁電変換素子２０２，２０３の逆極性の出力は演算回路の差動演算でキャンセルできないので、電流センサ２のセンサ出力は誘導磁界Ｈ２の影響を受けて変動してしまう。つまり、電流センサ２においては、隣接す

る導体２１１を通流する電流Ｉ２の影響で電流測定精度は低下されてしまう。

[0020] 電流センサ２において電流測定精度が低下されるのは、磁電変換素子２０２，２０３において、差動演算によりキャンセルされない逆極性の出力（出力変化）が生じるためである。つまり、誘導磁界Ｈ２の影響による磁電変換素子２０２，２０３の出力（出力変化）を同極性にすることができれば、この問題は解消されると考えられる。

[0021] 本発明者はこの点に着目し、電流センサにおける各構成の配置を工夫すれば、簡単な構成で、一対の磁電変換素子の出力（出力変化）を同極性にすることが可能になるのではないかと考えた。そして、隣接する電流路を通流する電流による誘導磁界が同じ向きとなる位置に一対の磁電変換素子を配置させることで、この一対の磁電変換素子の出力（出力変化）を同極性にできることを見出して本発明を完成させた。

[0022] すなわち、本発明の骨子は、被測定電流の電流路を構成する第１の導体に隣接される第２の導体と、第１の導体を挟むように配置される第１の磁電変換素子及び第２の磁電変換素子とを、同一の平面に沿うように配置することである。この簡単な構成により、第２の導体を通流する電流による誘導磁界の向きを、第１の磁電変換素子及び第２の磁電変換素子において略等しくでき、第１の磁電変換素子及び第２の磁電変換素子の出力（出力変化）を同極性にできる。その結果、差動演算により、第２の導体を通流する電流による誘導磁界の影響を除去できるようになる。

[0023] ここで、「同一の平面」とは、第２の導体、第１の磁電変換素子、及び第２の磁電変換素子の配置位置を示す仮想的な平面を意味し、「同一の平面に沿うように配置する」とは、隣接電流路を構成する第２の導体を通流する電流による誘導磁界の影響を低減できる程度に上記仮想平面の近傍に配置することを意味する。例えば、第２の導体を通流する電流による誘導磁界の向きが、第１の磁電変換素子の配置位置と第２の磁電変換素子の配置位置とで異なっていても、その差が僅かであれば（例えば、１０°以内）、第２の導体

を通流する電流による誘導磁界の影響を実用上問題とならない程度（おおよそ１％）にまで低減できる。このため、第２の導体を通流する電流による誘導磁界の向きが１０°以内で異なるような配置についても、「同一の平面に沿うように配置する」ことに含めるものとする。以下、本発明の実施の形態について、添付図面を参照して詳細に説明する。

[0024]（実施の形態１）

本実施の形態では、電流センサの第１の形態について説明する。図１は、本実施の形態に係る電流センサ１の構成例を示す模式図である。図１Ａは、電流センサ１の構成を模式的に示す斜視図であり、図１Ｂは、電流センサ１における導体１０１，１１１と磁電変換素子１０２，１０３，１１２，１１３との位置関係を示す模式図である。

[0025] 図１Ａに示すように、電流センサ１は、電流路を構成する導体（第１の導体）１０１及び導体（第２の導体）１１１を備えている。導体１０１，１１１は、共に第１の方向（Ｘ軸方向）に延びており、互いに平行な平板形状を有している。この導体１０１，１１１は、第１の方向と直交する第２の方向（Ｙ軸方向）において所定の厚みを有すると共に、第１の方向及び第２の方向と直交する第３の方向（Ｚ軸方向）において所定の幅を有する。

[0026] この導体１０１に近接して、略Ｕ字状の平面形状を有する回路基板１０５が配置されている。回路基板１０５は、凹状の切り欠き部１０６を有しており、切り欠き部１０６の両側において第３の方向に延びる一対の腕部１０７，１０８を備えている。回路基板１０５の切り欠き部１０６内には、導体１０１が位置付けられている。また、回路基板１０５は、主表面である表面Ａ１が導体１０１の延びる第１の方向（すなわち、電流路の方向）と直交するように配置されている。

[0027] 一対の腕部１０７，１０８の表面Ａ１側には、導体１０１を挟むように磁電変換素子（第１の磁電変換素子）１０２及び磁電変換素子（第２の磁電変換素子）１０３がそれぞれ配置されている。具体的には、磁電変換素子１０２は、導体１０１の主表面（ＸＺ平面に平行な表面）Ｂ１の一方側に配置さ

れており、磁電変換素子１０３は、主表面Ｂ１の他方側に配置されている。

[0028] 図１Ｂに示すように、磁電変換素子１０２，１０３は、それぞれの感度軸Ｓ１，Ｓ２が回路基板１０５の表面Ａ１に平行な平面内において同じ方向を向くように配置されている。さらに、磁電変換素子１０２，１０３は、それぞれの感度軸Ｓ１，Ｓ２が導体１０１の主表面Ｂ１に対して略平行な第３の方向を向くように配置されている。このため、導体１０１に被測定電流Ｉ１が通流されると、磁電変換素子１０２，１０３には、それぞれの感度軸に対して互いに逆向きの誘導磁界Ｈ１が加わることになる。

[0029] この磁電変換素子１０２，１０３は、導体１０１，１１１の幅（第３の方向の長さ）を二等分する中央位置を結ぶ直線上に配置されている。すなわち、図１Ｂに示すように、磁電変換素子１０２，１０３は、導体１０１，１１１の幅方向の中央位置を含む仮想平面（平面）Ｐに沿って配置されている。この仮想平面Ｐは、ＸＹ平面に対して平行な平面であり、回路基板１０５の表面Ａ１に対して直交されている。このため、磁電変換素子１０２，１０３の感度軸方向は、仮想平面Ｐに対して直交される。

[0030] 図２は、電流センサ１の回路構成を示すブロック図である。図２に示すように、磁電変換素子１０２，１０３の後段には、演算回路１０４が接続されている。この演算回路１０４は、回路基板１０５に実装されており、磁電変換素子１０２，１０３の出力を差動演算して演算結果を出力する。磁電変換素子１０２，１０３からの同極性の出力（出力変化）の影響は、演算回路１０４の差動演算により弱められる。すなわち、磁電変換素子１０２，１０３のそれぞれの感度軸に対して同じ向きに加えられる磁界（例えば、地磁気など）の影響は差動演算により弱められ、電流測定精度は高く維持される。

[0031] なお、導体１１１側にも、同様の構成の磁電変換素子１１２，１１３、回路基板１１５、及び演算回路１１４が配置されている。つまり、導体１１１に近接して、凹状の切り欠き部１１６を有する回路基板１１５が配置されており、この回路基板１１５の一対の腕部１１７，１１８の表面Ａ２側には、導体１１１を挟むように磁電変換素子１１２，１１３がそれぞれ配置されて

いる。磁電変換素子１１２は、導体１１１の主表面Ｂ２の一方側に配置されており、磁電変換素子１１３は、主表面Ｂ２の他方側に配置されている。また、磁電変換素子１１２，１１３の後段には、演算回路１１４が接続されている。ただし、電流センサ１は、導体１１１側の構成を含まなくとも良い。

[0032] このように構成された電流センサ１の導体１１１に、図１Ｂに示すような電流Ｉ２が通流されると、磁電変換素子１０２，１０３の配置位置には電流Ｉ２による誘導磁界Ｈ２が発生する。誘導磁界Ｈ２の向きは、磁電変換素子１０２，１０３の配置位置において略等しくなるので、演算回路１０４の差動演算により誘導磁界Ｈ２の影響はキャンセルされる。

[0033] このように、本実施の形態の電流センサ１は、導体１１１、及び磁電変換素子１０２，１０３（導体１０１を含めても良い）を、同一の仮想平面Ｐに沿うように配置しているので、導体１１１を通流する電流Ｉ２による誘導磁界Ｈ２の影響をセンサ出力から取り除くことができる。この場合、導体１０１，１１１に対して磁電変換素子を傾けて配置する必要はなくなるので、高い電流測定精度を簡単な構成で実現できる。

[0034] また、導体１０１，１１１は、それぞれの幅方向が仮想平面Ｐに直交する平板形状を有し、幅方向の中央位置が仮想平面Ｐに沿うように配置されているので、導体１０１の中央位置付近において、導体１１１を通流する電流Ｉ２による誘導磁界Ｈ２の方向は変化されにくくなる。このため、磁電変換素子１０２，１０３の配置位置が多少ばらついても、磁電変換素子１０２，１０３の受ける誘導磁界Ｈ２の方向は略等しくなるので、誘導磁界Ｈ２の影響を適切に取り除くことができる。

[0035] このように、電流センサ１における導体１１１、及び磁電変換素子１０２，１０３（導体１０１を含む場合もある）の配置位置は、厳密に仮想平面Ｐに沿っていなくとも良い。例えば、導体１１１を通流する電流による誘導磁界の向きが、磁電変換素子１０２，１０３の配置位置で多少異なっていても、その向きの差が僅かであれば（例えば、１０°以内）、導体１１１を通流する電流による誘導磁界の影響を実用上問題とならない程度にまで低減でき

る。このため、同一の仮想平面Ｐに沿うように配置されることには、導体１１１を通流する電流による誘導磁界の向きが１０°以内で異なるような場合も含まれることとする。

[0036]（実施の形態２）

本実施の形態では、電流センサの第２の形態について説明する。図４は、本実施の形態に係る電流センサ１ａの構成例を示す模式図である。図４Ａは、電流センサ１ａの構成を模式的に示す斜視図であり、図４Ｂは、電流センサ１ａにおける導体１０１，１１１、磁電変換素子１０２，１０３，１１２，１１３、及び磁気シールド（磁気ヨーク）１２１，１２２，１２３の位置関係を示す模式図である。なお、本実施の形態の電流センサ１ａの構成の多くは、実施の形態１に係る電流センサ１の構成と共通している。このため、電流センサ１と共通する構成には共通の符号を付して詳細な説明は省略する。

[0037] 図４Ａに示すように、本実施の形態の電流センサ１ａは、磁電変換素子１０２の外側（導体１０１の反対側）の位置、及び磁電変換素子１０３の外側（導体１０１の反対側）の位置に、それぞれ、高透磁率の材料で構成される薄板状の磁気シールド（磁気ヨーク）１２１，１２２が設けられている。すなわち、磁気シールド１２１，１２２は、磁電変換素子１０２，１０３、及び導体１０１を挟むように配置されている。また、図４Ｂに示すように、磁気シールド１２１，１２２は、仮想平面Ｐと交差するように配置されている。

[0038] このような高透磁率の材料で構成される磁気シールド１２１，１２２を配置されると、磁気シールド１２１，１２２の周辺の磁束は磁気シールド１２１，１２２に集中される。このため、図４Ｂに示すように、導体１１１を通流する電流Ｉ２による誘導磁界Ｈ２の影響は、磁電変換素子１０２と磁電変換素子１０３とでバランスされて、差動演算でより適切にキャンセルできるようになる。

[0039] なお、導体１１１側にも、同様の構成の磁気シールド１２３が配置されて

いる。つまり、磁電変換素子１１３の外側（導体１１１の反対側）の位置にも磁気シールド１２３が設けられており、磁電変換素子１１２，１１３、及び導体１１１は、磁気シールド１２２，１２３により挟まれている。また、磁気シールド１２３は、仮想平面Ｐと交差するように配置されている。ただし、電流センサ１ａは、導体１１１側の構成を含まなくとも良い。

[0040] このように、本実施の形態の電流センサ１ａは、一対の磁気シールド１２１，１２２によって導体１１１を通流する電流Ｉ２による誘導磁界Ｈ２の影響をさらに低減できるので、より高い電流測定精度を実現できる。本実施の形態において示される構成は、他の実施の形態において示される構成と適宜組み合わせて実施することができる。

[0041] （実施の形態３）

本実施の形態では、電流センサの第３の形態について説明する。図５は、本実施の形態に係る電流センサ１ｂの構成例を示す模式図である。図５Ａは、電流センサ１ｂの構成を模式的に示す斜視図であり、図５Ｂは、電流センサ１ｂにおける導体１０１，１１１、磁電変換素子１０２，１０３，１１２，１１３、及び磁気シールド１３１，１３２，１３３，１３４の位置関係を示す模式図である。なお、本実施の形態の電流センサ１ｂの構成の多くは、実施の形態１に係る電流センサ１の構成と共通している。このため、電流センサ１と共通する構成には共通の符号を付して詳細な説明は省略する。

[0042] 図５Ａに示すように、本実施の形態の電流センサ１ｂも、磁電変換素子１０２の外側（導体１０１の反対側）の位置、及び磁電変換素子１０３の外側（導体１０１の反対側）の位置に、それぞれ、高透磁率の材料で構成される薄板状の磁気シールド（磁気ヨーク）１３１，１３２を備えている。すなわち、磁気シールド１３１，１３２は、磁電変換素子１０２，１０３、及び導体１０１を挟むように配置されている。また、図５Ｂに示すように、磁気シールド１３１，１３２は、仮想平面Ｐと交差するように配置されている。

[0043] このような高透磁率の材料で構成される磁気シールド１３１，１３２を配置されると、磁気シールド１３１，１３２の周辺の磁束は磁気シールド１３

１，１３２に集中される。このため、図５Ｂに示すように、導体１１１を通流する電流Ｉ２による誘導磁界Ｈ２の影響は、磁電変換素子１０２と磁電変換素子１０３とでバランスされて、差動演算でより適切にキャンセルできるようになる。

[0044] なお、導体１１１側にも、同様の構成の磁気シールド１３３，１３４が配置されている。つまり、磁電変換素子１１２の外側（導体１１１の反対側）の位置に磁気シールド１３３が設けられており、磁電変換素子１１３の外側（導体１１１の反対側）の位置に磁気シールド１３４が設けられている。磁電変換素子１１２，１１３、及び導体１１１は、磁気シールド１３３，１３４により挟まれている。また、磁気シールド１３３，１３４は、仮想平面Ｐと交差するように配置されている。ただし、電流センサ１ｂは、導体１１１側の構成を含まなくとも良い。

[0045] このように、本実施の形態の電流センサ１ｂは、一対の磁気シールド１３１，１３２によって導体１１１を通流する電流Ｉ２による誘導磁界Ｈ２の影響をさらに低減できるので、より高い電流測定精度を実現できる。また、本実施の形態の電流センサ１ｂは、各磁電変換素子１０２，１０３，１１２，１１３に対応するように磁気シールド１３１，１３２，１３３，１３４が配置されているので、磁電変換素子１０２，１０３，１１２，１１３に対して磁気シールド１３１，１３２，１３３，１３４を十分に近接させることができる。このため、実施の形態２の電流センサ１ａと比較して、さらに高い電流測定精度を実現できる。本実施の形態において示される構成は、他の実施の形態において示される構成と適宜組み合わせて実施することができる。

[0046]（実施の形態４）

本実施の形態では、電流センサの第４の形態について説明する。図６は、本実施の形態に係る電流センサ１ｃの構成例を示す模式図である。なお、本実施の形態の電流センサ１ｃの構成の多くは、実施の形態１に係る電流センサ１の構成と共通している。このため、電流センサ１と共通する構成には共通の符号を付して詳細な説明は省略する。

[0047] 図６に示すように、本実施の形態の電流センサ１ｃは、実施の形態１に係る電流センサ１とは異なる形状の導体（第１の導体）１４１及び導体（第２の導体）１５１を有している。導体１４１，１５１は、共に第１の方向（Ｘ軸方向）に延びており、それぞれ薄板部１４２，１５２と、その両側の厚板部１４３，１４４，１５３，１５４とで構成されている。

[0048] 薄板部１４２，１５２の第２の方向における厚みは、厚板部１４３，１４４，１５３，１５４の第２の方向における厚みより薄くなっている。一方、薄板部１４２，１５２の第３の方向における幅は、厚板部１４３，１４４，１５３，１５４の第３の方向における幅と略等しくなっている。薄板部１４２，１５２は、回路基板１０５の切り欠き部１０６内に位置付けられており、導体１４１の薄板部１４２は、磁電変換素子１０２，１０３（図６において、磁電変換素子１０３は不図示）で挟まれるようになっている。

[0049] 厚板部１４３，１４４，１５３，１５４には、第１の方向（Ｘ軸方向）に延びる導体１４５，１４６，１５５，１５６がそれぞれ接続されている。導体１４５，１４６，１５５，１５６は、ＸＹ平面に平行な平板形状を有している。なお、電流センサ１ｃは、導体１４５，１４６，１５５，１５６を含まなくとも良い。

[0050] このように、本実施の形態の電流センサ１ｃは、磁電変換素子１０２，１０３の配置される薄板部１４２の両側に厚板部１４３，１４４を有する導体１４１を備えている。このため、回路基板１０５（及び回路基板１０５の収容される筐体）を厚板部１４３，１４４で挟みこむように配置すれば、導体１４１に対して磁電変換素子１０２，１０３をより適切に位置付けることができる。また、厚板部１４３，１４４により、導体１４１の電気抵抗は低下されるので、被測定電流Ｉ１の通流による発熱を抑制できる。これらの結果、より高い電流測定精度を実現可能である。また、厚板部１４３，１４４を端子台とすることで、延長される導体１４５，１４６を用意に取り付けることが可能となる。本実施の形態において示される構成は、他の実施の形態において示される構成と適宜組み合わせて実施することができる。

[0051] （実施例）

上記実施の形態に示す電流センサの有効性を確認するために行った実施例について説明する。ただし、本発明の構成は、実施例の記載に限定されるものではない。

[0052] 実施の形態１の電流センサ１（図１参照）、及び実施の形態３の電流センサ１ｂ（図５参照）と同様の構成の電流センサについて、隣接電流による測定誤差の影響を算出した（それぞれ、実施例１，２）。また、比較のため、図３に示す電流センサ２について、隣接電流による測定誤差の影響を算出した（比較例）。実施例１，２及び比較例において、被測定電流の通流する導体（導体１０１，２０２に相当）、及び隣接電流の通流する導体（導体１１１，２１１に相当）には、断面形状（ＹＺ平面に平行な断面の形状）が長方形状（１０ｍｍ×２ｍｍ）の導体を用いた。また、被測定電流の通流する導体と隣接電流の通流する導体との中心間距離を１５ｍｍとした。

[0053] 図７は、各構成における隣接電流の影響を示す図である。図７において、縦軸は、隣接電流による測定誤差を、隣接電流の電流値に対する百分率で示している。図７から、例えば、隣接電流が１００Ａの場合、比較例では約１２Ａの誤差が生じるのが分かる。これに対し、実施例１の誤差は約５Ａであり、実施例２の誤差は１Ａ以下である。つまり、実施例１の隣接電流の影響は、比較例の１／２以下に抑えられている。また、実施例２において、隣接電流の影響は極めて小さく抑えられている。このように、上記実施の形態に示す電流センサは、隣接電流の影響を抑制することができる。

[0054] なお、本発明は上記実施の形態及び実施例の記載に限定されず、種々変更して実施可能である。例えば、上記実施の形態では、略Ｕ字状の回路基板に磁電変換素子を配置する構成としているが、電流の通流する導体に対して磁電変換素子を適切に配置できるのであれば、回路基板の形状等は特に限られない。また、上記実施の形態では、被測定電流の通流する導体に対して別の１個の導体が近接される場合を例示しているが、被測定電流の通流する導体には複数の導体が近接されていても良い。また、上記実施の形態における各

構成の接続関係、位置、大きさ、範囲などは適宜変更して実施することが可能である。その他、本発明は、適宜変更して実施することができる。

産業上の利用可能性

[0055] 本発明の電流センサは、例えば、モーター駆動用のインバータを通流する電流を測定する際に有用である。

[0056] 本出願は、２０１２年５月１６日出願の特願２０１２－１１２３４０に基づく。この内容は、全てここに含めておく。

請求の範囲

［請求項1］ 互いに平行な電流路を構成するように配置された第１の導体及び第２の導体と、前記電流路に対して表面が垂直になるように配置された回路基板と、前記回路基板の前記表面において前記第１の導体を挟むように配置された第１の磁電変換素子及び第２の磁電変換素子とを備えた電流センサであって、

前記第１の導体、前記第２の導体、前記第１の磁電変換素子、及び前記第２の磁電変換素子は、いずれも前記回路基板の前記表面に直交する同一の平面に位置することを特徴とする電流センサ。

［請求項2］ 前記第１の導体及び前記第２の導体は、それぞれの幅方向が前記平面に直交する平板形状を有し、前記幅方向の中央位置が前記平面に位置することを特徴とする請求項１に記載の電流センサ。

［請求項3］ 前記第１の導体、前記第１の磁電変換素子、及び前記第２の磁電変換素子を挟むように配置され、前記平面に交差する一対の磁気シールドを備えたことを特徴とする請求項１又は請求項２に記載の電流センサ。

［請求項4］ 前記第１の磁電変換素子及び前記第２の磁電変換素子は、それぞれの感度軸方向が前記平面に直交するように配置されたことを特徴とする請求項１から請求項３のいずれかに記載の電流センサ。

［請求項5］ 前記第１の導体及び前記第２の導体は、それぞれ、薄板部と、前記薄板部の両側の厚板部とを有し、

前記第１の磁電変換素子及び第２の磁電変換素子は、前記第１の導体の薄板部を挟むように配置されたことを特徴とする請求項１から請求項４のいずれかに記載の電流センサ。

[図1]

図 1A

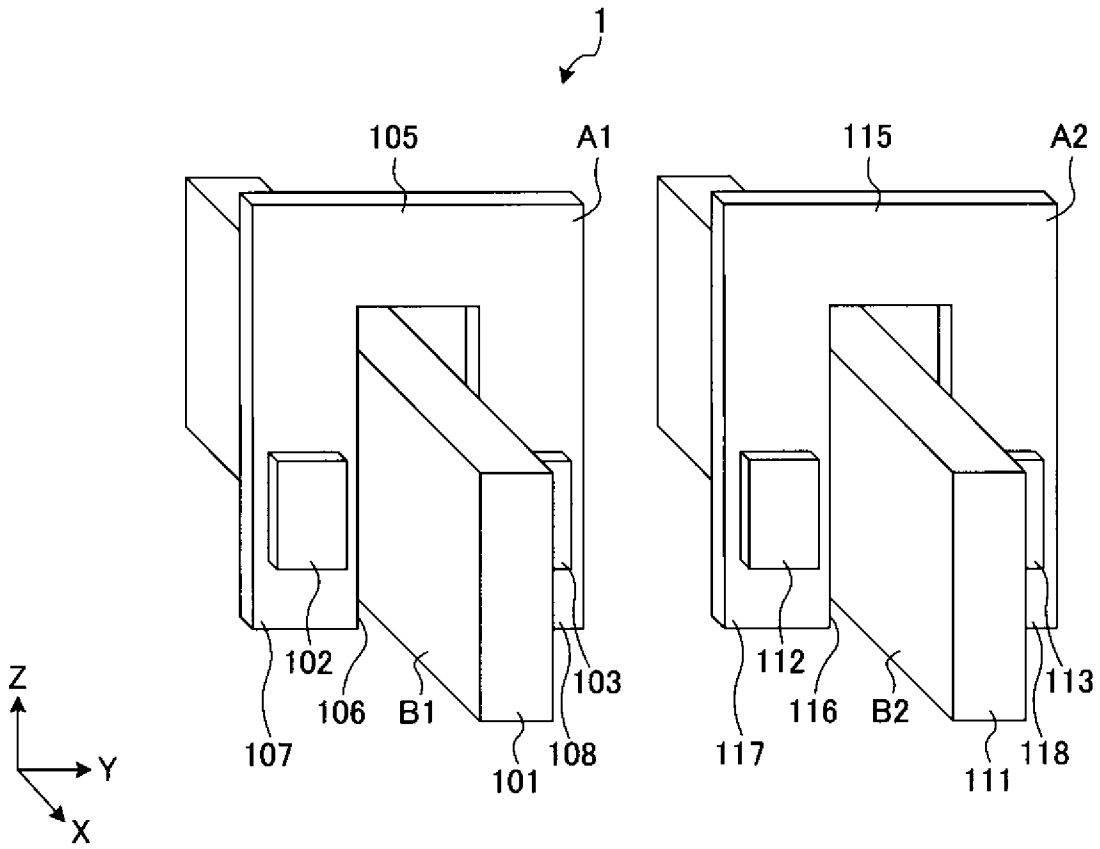
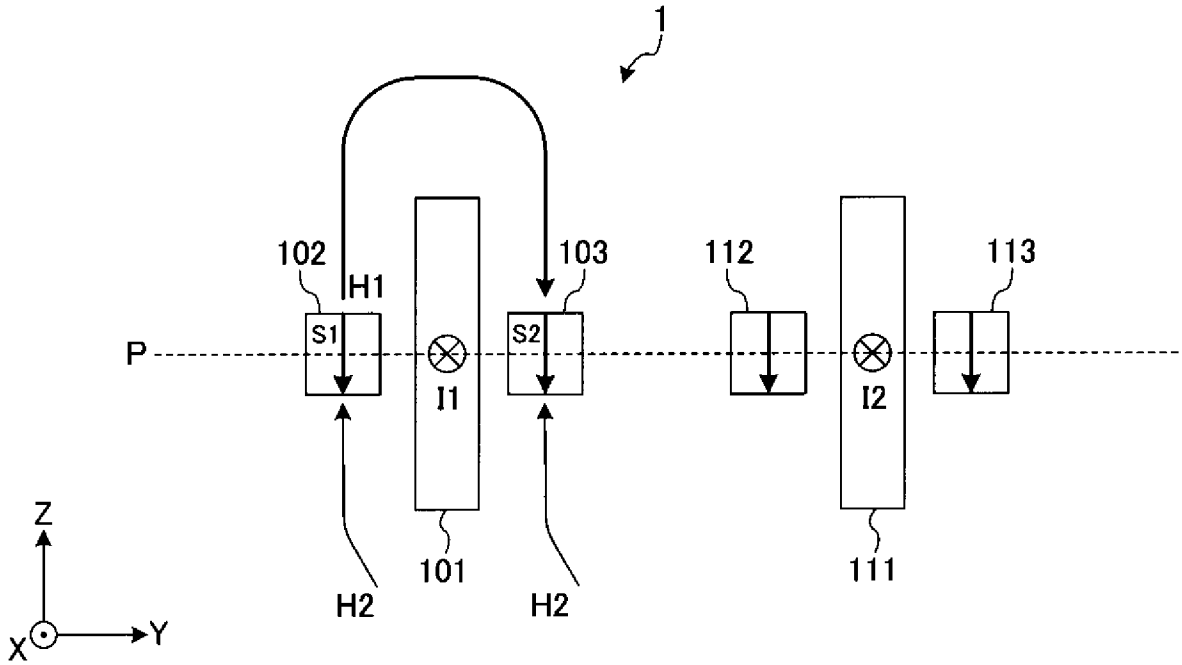
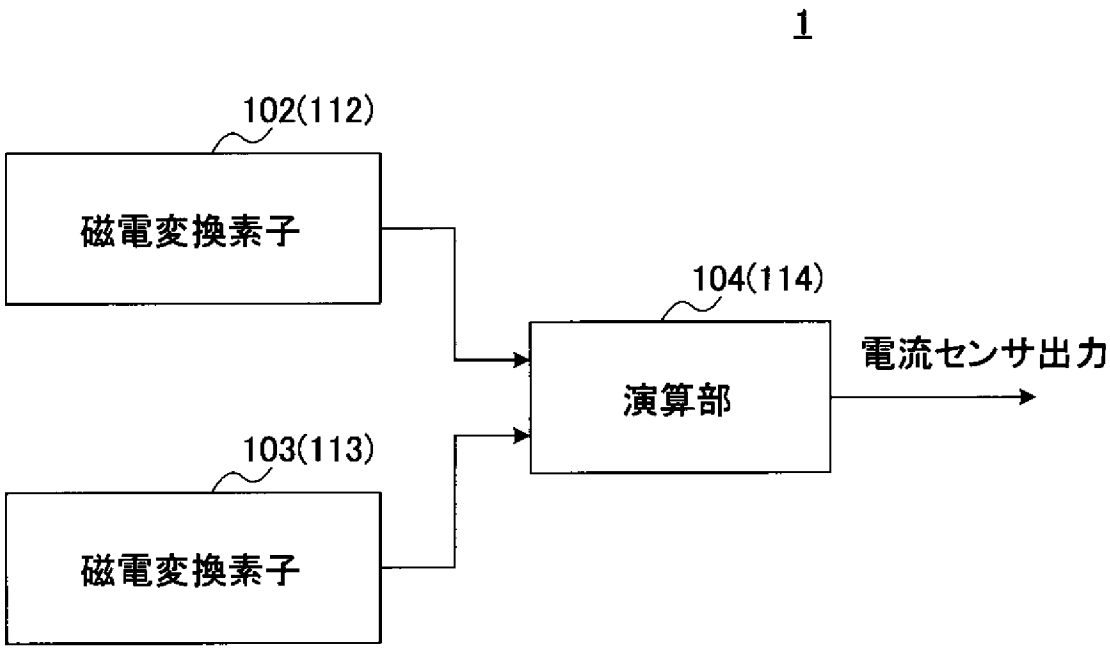

1
105
A1
115
A2
102
106
B1
103
107
101
108
112
116
B2
113
117
111
118
Z
Y
X

図 1B


1
102
H1
103
112
113
S1
S2
P
I1
I2
101
111
H2
H2
Z
Y
X

[図2]



[図3]

図 3A

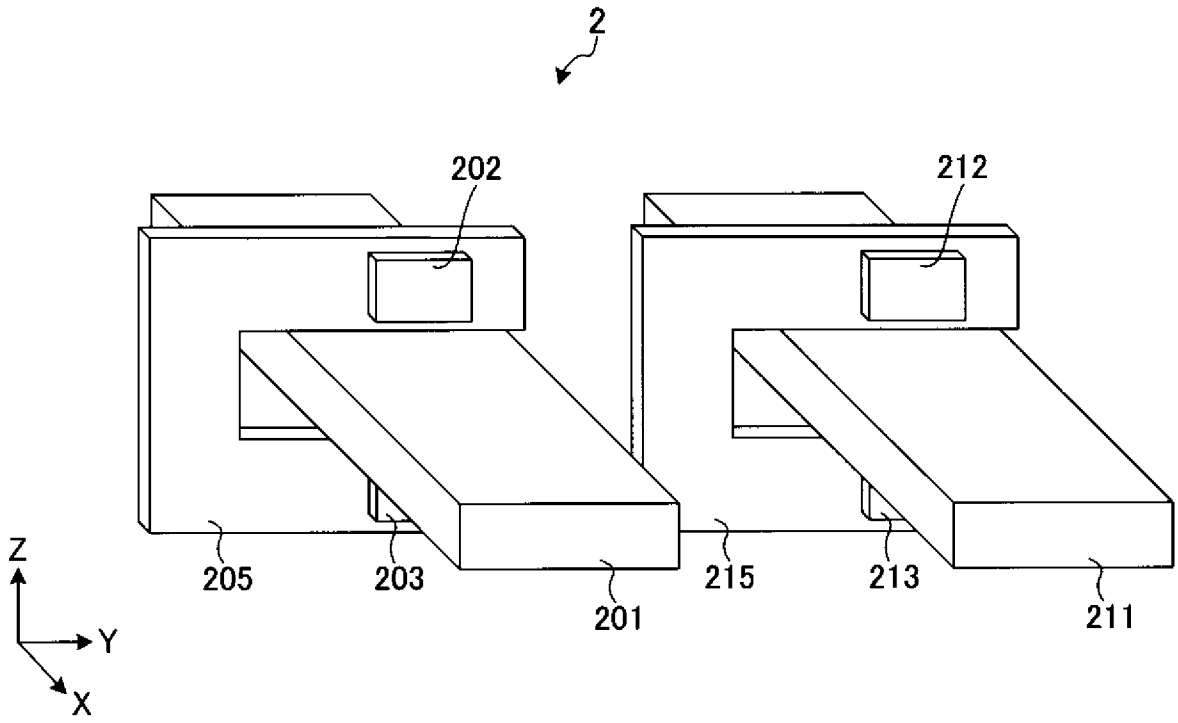
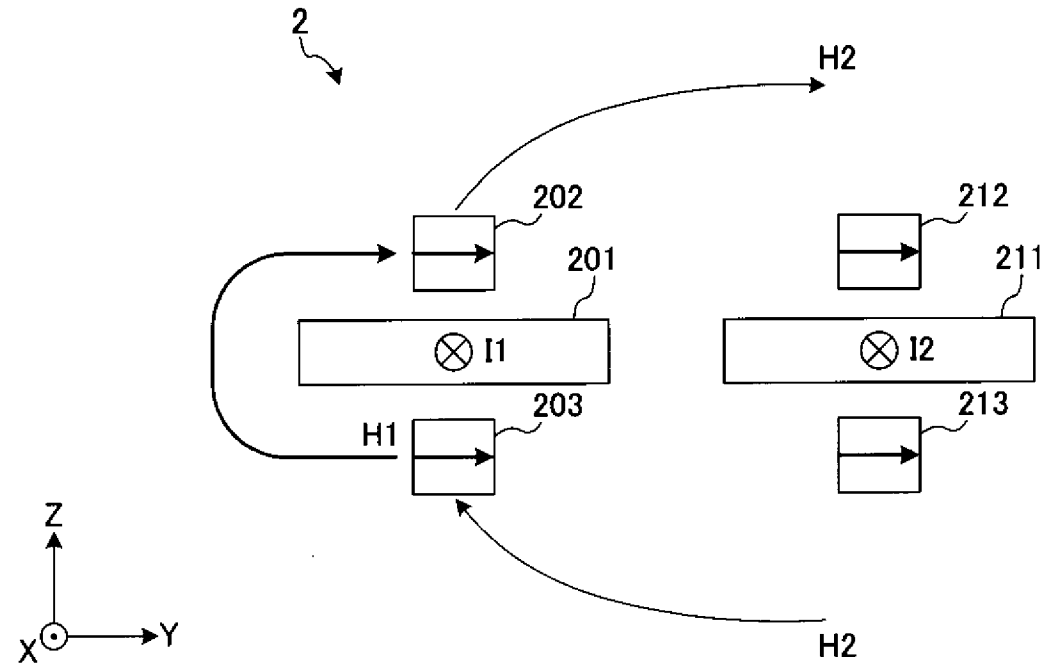

2
202
212
205
203
201
215
213
211
Z
Y
X

図 3B


2
H2
202
212
201
211
I1
I2
203
213
H1
H2
Z
Y
X

[図4]

図 4A

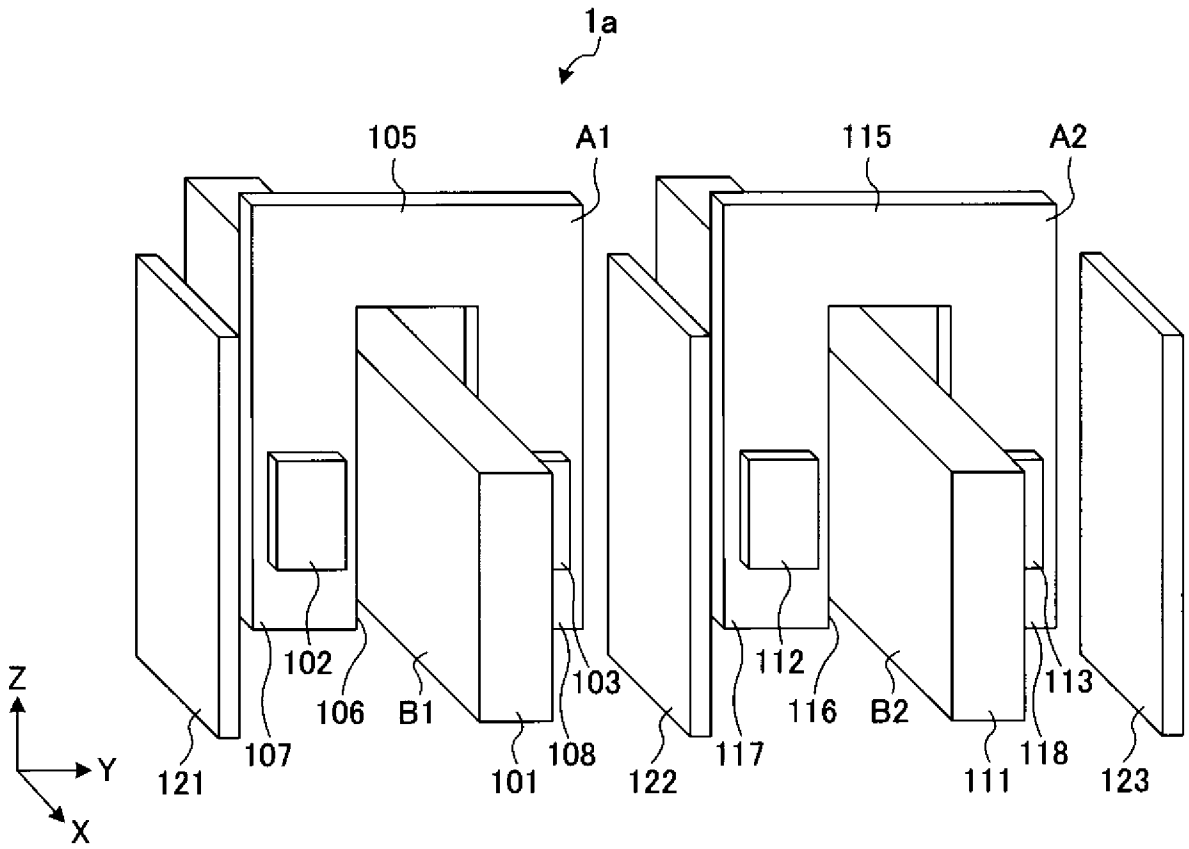
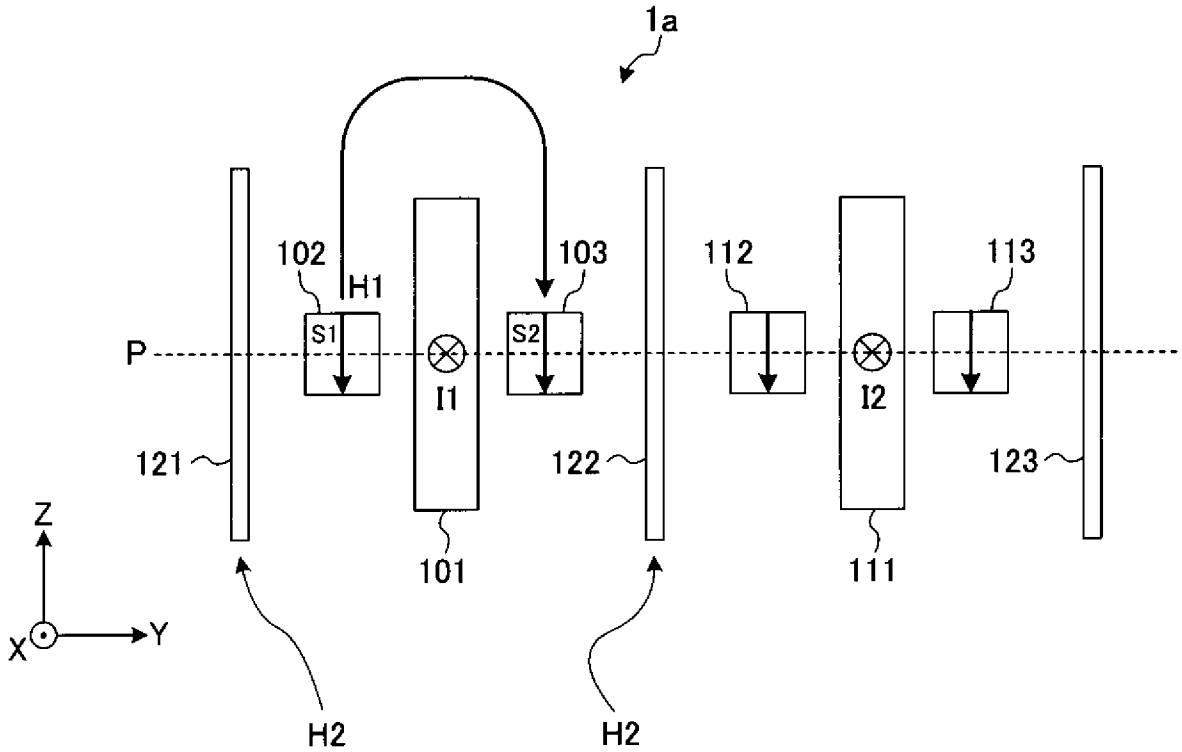

1a
105
A1
115
A2
102
106
B1
103
112
116
B2
113
Z
Y
X
121
107
101
108
122
117
111
118
123

図 4B


1a
102
H1
103
112
113
P
S1
I1
S2
I2
121
122
123
101
111
Z
Y
X
H2
H2

[図5]

図 5A

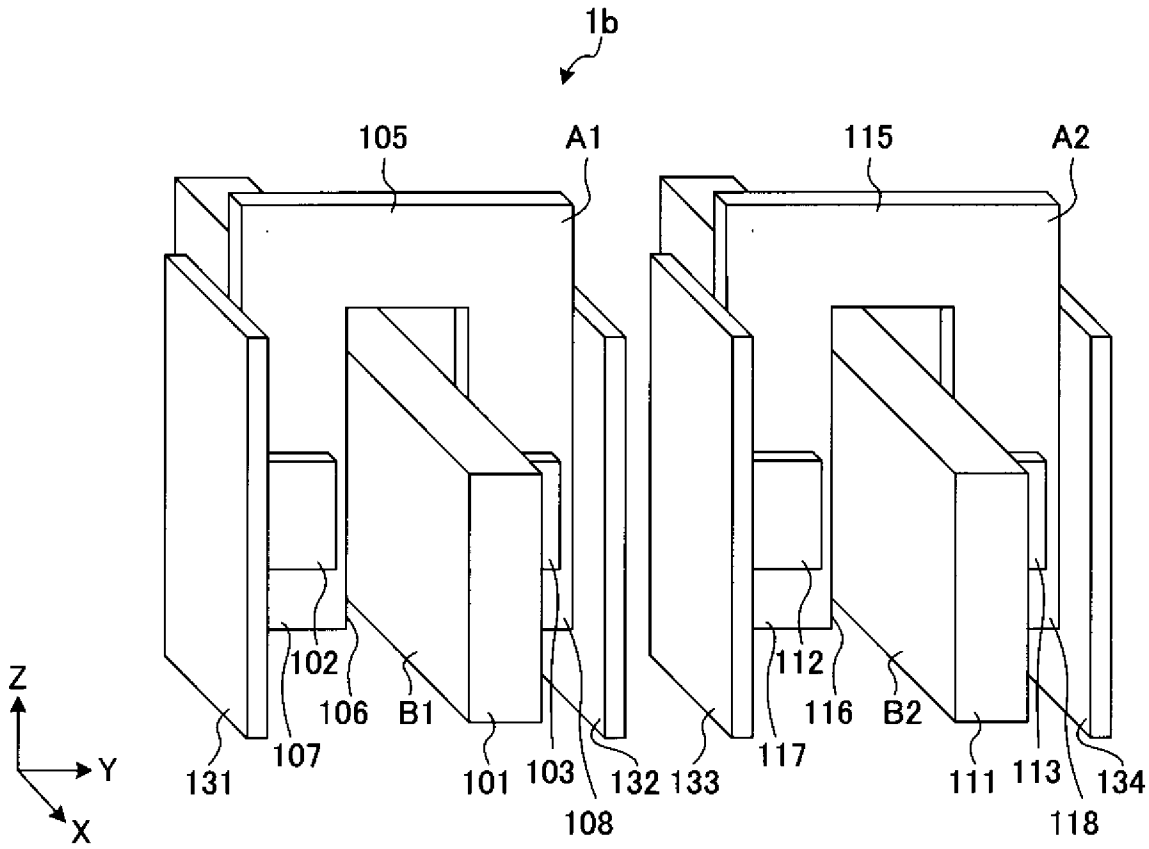
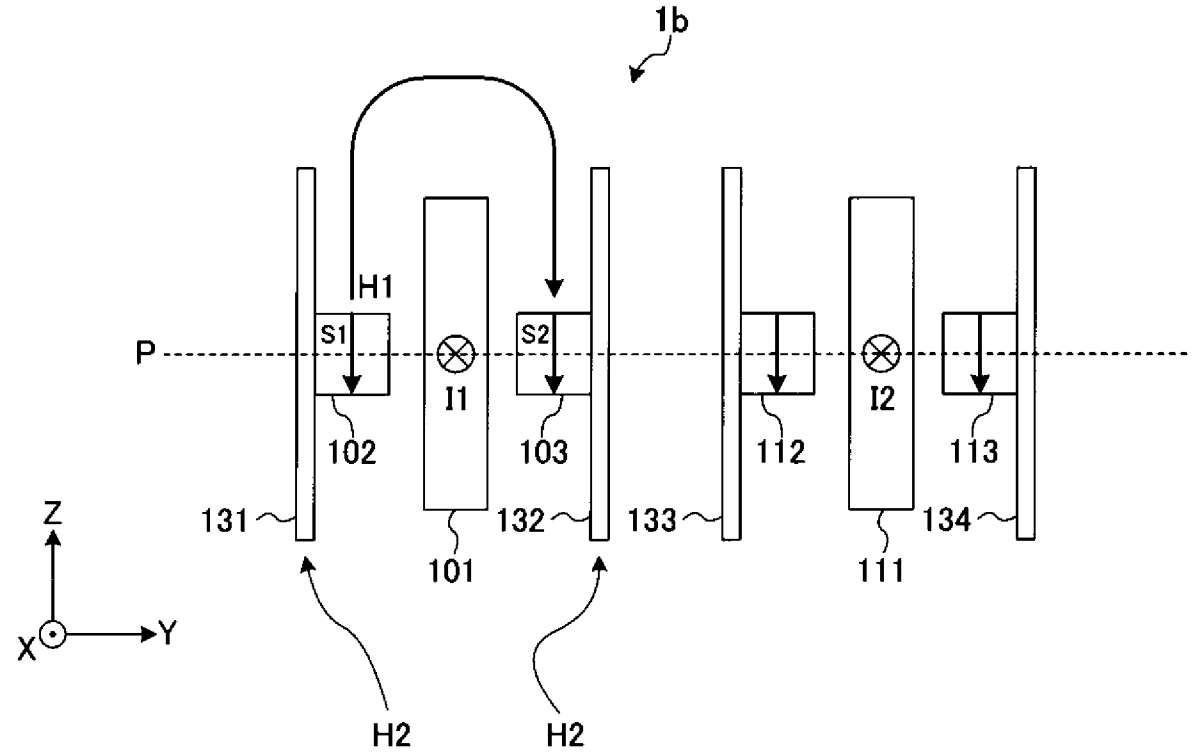
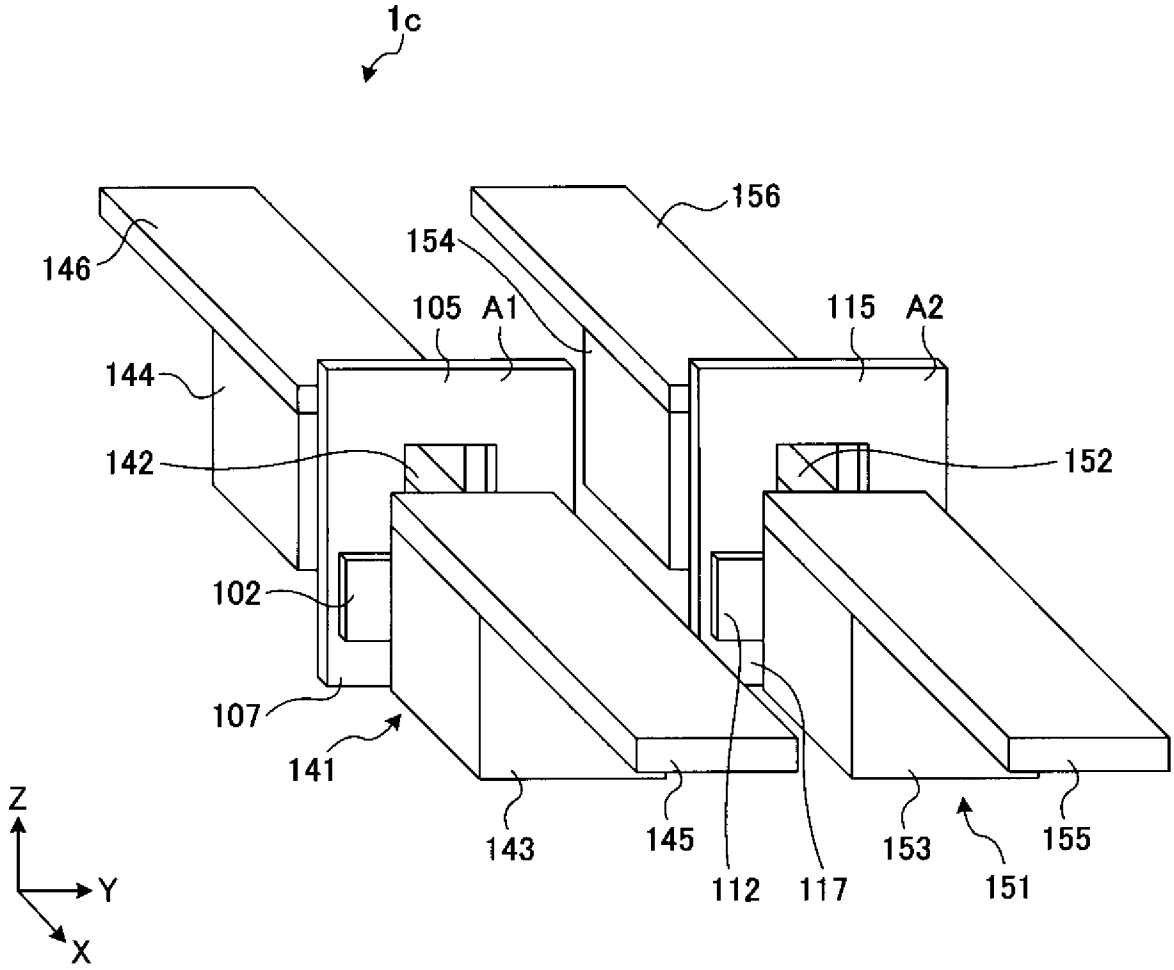

1b
105
A1
115
A2
102
106
B1
112
116
B2
107
131
101
103
132
108
133
117
111
113
134
118
Z
Y
X

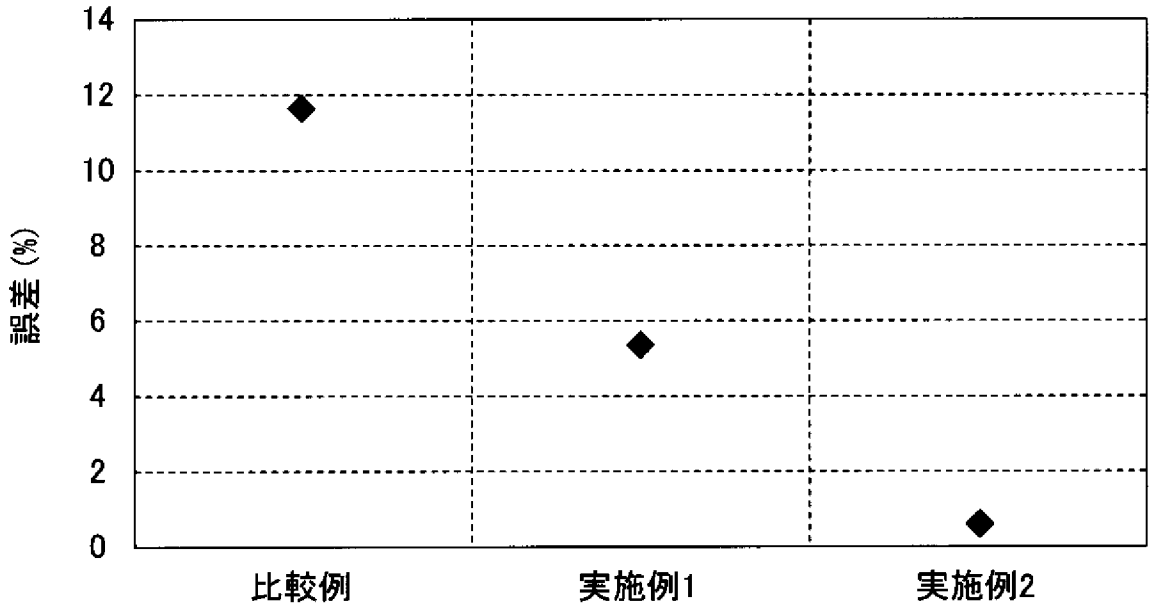
図 5B


1b
H1
S1
S2
P
I1
I2
102
103
112
113
131
132
133
134
101
111
Z
Y
X
H2
H2

[図6]


1c
156
154
146
105
A1
115
A2
144
142
152
102
107
141
143
145
112
117
153
151
155
Z
Y
X

[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/060227

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01R15/20(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)
G01R15/20

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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 2010-266290 A (Honda Motor Co., Ltd.), 25 November 2010 (25.11.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 2001-66327 A (Yazaki Corp.), 16 March 2001 (16.03.2001), entire text; all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 2006-71457 A (Denso Corp.), 16 March 2006 (16.03.2006), entire text; all drawings & US 2006/0043960 A1 & DE 102005036552 A & KR 10-2006-0050942 A	1-5

☐ 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 28 June, 2013 (28.06.13)	Date of mailing of the international search report 09 July, 2013 (09.07.13)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2009)

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１３／０６０２２７

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01R15/20(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.　G01R15/20

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	１９７１－２０１３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１３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
A	JP 2010-266290 A (本田技研工業株式会社) 2010.11.25, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-5
A	JP 2001-66327 A (矢崎総業株式会社) 2001.03.16, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-5
A	JP 2006-71457 A (株式会社デンソー) 2006.03.16, 全文, 全図 & US 2006/0043960 A1 & DE 102005036552 A & KR 10-2006-0050942 A	1-5

☐　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 ２８．０６．２０１３	国際調査報告の発送日 ０９．０７．２０１３
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 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）　２Ｓ　９８０５ 武田　知晋 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２５８