

(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12月8日(08.12.2016)



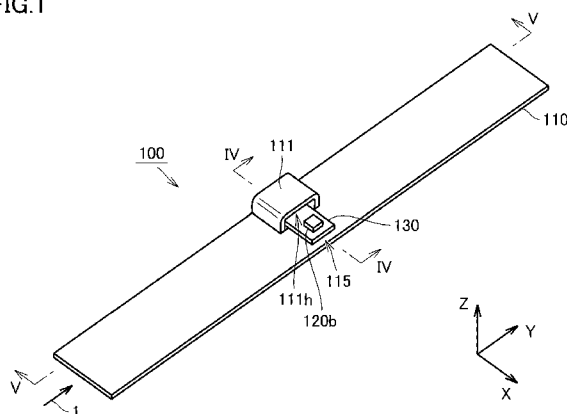
(10) 国際公開番号
WO 2016/194633 A1

- (51) 国際特許分類:
G01R 15/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/064900
- (22) 国際出願日: 2016年5月19日(19.05.2016)
- (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 2015-113885 2015年6月4日(04.06.2015) JP
- (71) 出願人: 株式会社村田製作所(MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 清水 康弘(SHIMIZU, Yasuhiro); 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人深見特許事務所(FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島二丁目2番7号 中之島セントラルタワー Osaka (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, 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: ELECTRIC CURRENT SENSOR

(54) 発明の名称: 電流センサ

[図1]
FIG.1



(57) Abstract: An electric current sensor is provided with a conductor (110) through which electric current to be measured flows and a first magnetic sensor and a second magnetic sensor (120b) that detect the strength of a magnetic field generated by the electric current flowing through the conductor (110). The conductor (110) comprises one flow path (111) and another flow path (115) at which the electric current is split and flows at an intermediate location in the lengthwise direction of the conductor (110). A surrounded area (111h) is formed by the one flow path (111) and the other flow path (115) when viewed from the width direction of the conductor (110). When viewed from the width direction of the conductor (110), the first magnetic sensor is positioned within the area (111h) and on the rear surface side of the one flow path (111). When viewed from the width direction of the conductor (110), the second magnetic sensor (120b) is positioned within the area (111h) and on the front surface side of the other flow path (115).

(57) 要約:

[続葉有]



電流センサは、測定対象の電流が流れる導体(110)と、導体(110)を流れる上記電流により発生する磁界の強さを検出する第1磁気センサおよび第2磁気センサ(120b)とを備える。導体(110)は、導体(110)の長さ方向における途中で、上記電流が分流されて流れる一方の流路部(111)および他方の流路部(115)を含む。導体(110)の幅方向から見て、一方の流路部(111)と他方の流路部(115)とによって囲まれた領域(111h)が形成されている。第1磁気センサは、導体(110)の幅方向から見て、領域(111h)の内部に位置し、かつ、一方の流路部(111)の裏面側に位置している。第2磁気センサ(120b)は、導体(110)の幅方向から見て、領域(111h)の内部に位置し、かつ、他方の流路部(115)の表面側に位置している。

明 細 書

発明の名称：電流センサ

技術分野

[0001] 本発明は、電流センサに関し、被測定電流に応じて発生する磁界を測定することで被測定電流の値を検出する電流センサに関する。

背景技術

[0002] 電流センサの構成を開示した先行文献として、特開２００８－１１１７４８号公報(特許文献１)、特開２００８－２１６２３０号公報(特許文献２)および特開２００７－７８４１８号公報(特許文献３)がある。

[0003] 特許文献１に記載された電流センサは、バスバーの各被検部間に配置される磁気検出素子と、その磁気検出素子をモールドしつつ各被検部間に嵌合する絶縁モールド部と、絶縁モールド部におけるバスバーの両側部位となる両側面に、バスバーと非接触となるように一体に形成された磁性体からなるシールド部とを備えている。

[0004] 特許文献２に記載された電流センサは、設置基板上に配置された４つの磁気抵抗効果素子にて、設置基板の中心線に対して分けられた一方の領域に第１のハーフブリッジ回路が構成されると共に、他方の領域に第２のハーフブリッジ回路が構成された電流検出デバイスと、少なくとも１つのスリット部を有し、上記スリット部を含めた部分がＵ字型形状をなす一次導体とを備え、上記電流検出デバイスが上記スリット部、Ｕ字型形状をなす上記一次導体の上部、およびＵ字型形状をなす上記一次導体の下部の３箇所内の少なくとも１箇所に配置されている。

[0005] 特許文献３に記載された電流センサにおいては、集積チップが、バスバーからなる平行な２本のラインに挟まれるかたちで配設される。集積チップは、２本のラインの間に設けられた段差空間へ、ラインが表側に、またラインが裏側に位置するように配設される。集積チップに搭載された縦型ホール素子により、２本のラインに電流(各ラインとも同一方向の電流)が流れること

に起因して発生する、相反する方向の磁気ベクトルを各別に検出する。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2008-111748号公報

特許文献2：特開2008-216230号公報

特許文献3：特開2007-78418号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 特許文献1に記載された電流センサにおいては、複数の磁気検出素子を備えた構成に関して考慮されていない。

[0008] 特許文献2に記載された電流センサにおいては、磁気検出素子が検出する磁束密度を低減することにより電流センサの測定レンジを広げているため、電流センサの感度が低い。

[0009] 特許文献3に記載された電流センサにおいては、互いに平行な平板状の2本のラインの間に設けられた段差空間に磁気検出素子を搭載した集積チップを配置している。平板状の2本のライン間の中心付近では、各々のラインの周りに発生した磁界が打ち消し合う。そのため、磁気検出素子が平板状の2本のライン間の中心付近に配置された場合、磁気検出素子が検出する磁束密度が低減して電流センサの感度が低くなる。

[0010] 本発明は上記の問題点に鑑みてなされたものであって、感度を高めつつ外部磁界による影響を低減できる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

[0011] 本発明に基づく電流センサは、測定対象の電流が流れ、表面および裏面を含み、長さ方向、上記長さ方向と直交する幅方向、および、上記長さ方向と上記幅方向とに直交する厚さ方向を有する板状の導体と、上記電流により発生する磁界の強さを検出する、第1磁気センサおよび第2磁気センサとを備える。導体は、上記長さ方向における途中で、上記電流が分流されて流れる

一方の流路部および他方の流路部を含む。上記幅方向から見て、一方の流路部と他方の流路部とによって囲まれた領域が形成されている。第1磁気センサは、上記幅方向から見て、上記領域の内部に位置し、かつ、一方の流路部の裏面側に位置している。第2磁気センサは、上記幅方向から見て、上記領域の内部に位置し、かつ、他方の流路部の表面側に位置している。

[0012] 本発明の一形態においては、一方の流路部は、上記幅方向から見て、導体の表面側に膨出している。

[0013] 本発明の一形態においては、他方の流路部は、上記幅方向から見て、導体の裏面側に膨出している。

[0014] 本発明の一形態においては、一方の流路部および他方の流路部の各々は、上記長さ方向における一端と他端とを有する。上記長さ方向における一方の流路部の一端と一方の流路部の他端とは、上記厚さ方向における位置が互いに異なっている。上記長さ方向における他方の流路部の一端と他方の流路部の他端とは、上記厚さ方向における位置が互いに異なっている。上記長さ方向における一方の流路部の一端と他方の流路部の一端とは、上記厚さ方向における位置が互いに等しい。上記長さ方向における一方の流路部の他端と他方の流路部の他端とは、上記厚さ方向における位置が互いに等しい。一方の流路部は、上記厚さ方向における一方の流路部の一端の位置と一方の流路部の他端の位置とを繋ぐ曲折部を含む。他方の流路部は、上記厚さ方向における他方の流路部の一端の位置と他方の流路部の他端の位置とを繋ぐ曲折部を含む。一方の流路部の曲折部と、他方の流路部の曲折部とは、上記長さ方向において互いに間隔を置いて位置している。

[0015] 本発明の一形態においては、第1磁気センサの検出値と第2磁気センサの検出値とを演算することにより上記電流の値を算出する算出部をさらに備える。第1磁気センサと第2磁気センサとは、上記磁界の各々の検出値が互いに逆相である。算出部が減算器または差動増幅器である。

[0016] 本発明の一形態においては、第1磁気センサの検出値と第2磁気センサの検出値とを演算することにより上記電流の値を算出する算出部をさらに備え

る。第1磁気センサと第2磁気センサとは、上記磁界の各々の検出値が互いに同相である。算出部が加算器または加算増幅器である。

[0017] 本発明の一形態においては、一方の流路部と他方の流路部とが、互いに点対称な形状を有する。

[0018] 本発明の一形態においては、導体は、一方の流路と他方の流路との間に、上記長さ方向に延在するスリットが設けられている。

[0019] 本発明の一形態においては、上記厚さ方向から見て、上記幅方向にて、第1磁気センサと第2磁気センサとの中間にスリットが位置している。

[0020] 本発明の一形態においては、スリットは、上記幅方向にて導体の中央に位置している。

本発明の一形態においては、第1磁気センサおよび第2磁気センサが、1つの基板に実装されている。

[0021] 本発明の一形態においては、第1磁気センサおよび第2磁気センサの各々は、検出軸を有し、検出軸が上記幅方向に向くように配置されている。第1磁気センサおよび第2磁気センサの各々は、上記長さ方向のバイアス磁界の強さに応じて検出感度変化するように構成されている。

[0022] 本発明の一形態においては、第1磁気センサおよび第2磁気センサを収容する筐体をさらに備える。筐体は、一方の流路部の裏面の少なくとも一部と接している。

[0023] 本発明の一形態においては、一方の流路部は、上記長さ方向に延在する延在部を含む。筐体は、延在部の裏面の少なくとも一部と接している。

[0024] 本発明の一形態においては、第1磁気センサおよび第2磁気センサを収容する筐体をさらに備える。筐体は、一方の流路部の裏面の少なくとも一部、および、他方の流路部の表面の少なくとも一部、の各々と接している。

[0025] 本発明の一形態においては、一方の流路部および他方の流路部の各々は、上記長さ方向に延在する延在部を含む。筐体は、一方の流路部の延在部の裏面の少なくとも一部、および、他方の流路部の延在部の表面の少なくとも一部の各々と接している。

発明の効果

[0026] 本発明によれば、電流センサの感度を高めつつ外部磁界による影響を低減できる。

図面の簡単な説明

[0027] [図1]本発明の実施形態1に係る電流センサの外観を示す斜視図である。

[図2]本発明の実施形態1に係る電流センサが備える導体の外観を示す斜視図である。

[図3]本発明の実施形態1に係る電流センサが備える第1磁気センサおよび第2磁気センサの外観を示す斜視図である。

[図4]本発明の実施形態1に係る電流センサの断面図であり、図1のI-V-I線矢印方向から見た図である。

[図5]本発明の実施形態1に係る電流センサの断面図であり、図1のV-V線矢印方向から見た図である。

[図6]本発明の実施形態1に係る電流センサの回路構成を示す回路図である。

[図7]本発明の実施形態2に係る電流センサの外観を示す斜視図である。

[図8]本発明の実施形態2に係る電流センサが備える導体の外観を示す斜視図である。

[図9]シミュレーションを行なった解析モデルを示す図である。

[図10]シミュレーション解析の結果を示すグラフである。

[図11]本発明の実施形態3に係る電流センサの外観を示す斜視図である。

[図12]本発明の実施形態3に係る電流センサが備える導体の外観を示す斜視図である。

[図13]本発明の実施形態3に係る電流センサが備える磁気センサユニットの構成を示す分解斜視図である。

[図14]本発明の実施形態3に係る電流センサが備える磁気センサユニットの筐体の外観を示す斜視図である。

[図15]本発明の実施形態3の変形例に係る電流センサが備える導体の外観を示す斜視図である。

[図16]本発明の実施形態4に係る電流センサの外観を示す斜視図である。

[図17]本発明の実施形態4に係る電流センサが備える導体の外観を示す斜視図である。

[図18]図17の導体を矢印XV方向から見た側面図である。

[図19]本発明の実施形態4の変形例に係る電流センサの外観を示す斜視図である。

[図20]図19の電流センサを矢印XX方向から見た側面図である。

[図21]本発明の実施形態4の変形例に係る電流センサが備える磁気センサユニットの基板を表面側から見た図である。

[図22]本発明の実施形態4の変形例に係る電流センサが備える磁気センサユニットの基板を裏面側から見た図である。

[図23]本発明の実施形態5に係る電流センサの外観を示す斜視図である。

[図24]本発明の実施形態5に係る電流センサが備える導体の外観を示す斜視図である。

[図25]図24の導体を矢印XXV方向から見た側面図である。

[図26]図24の導体を矢印XXV方向から見た上面図である。

[図27]図24の導体を矢印XXV方向から見た正面図である。

[図28]本発明の実施形態5の変形例に係る電流センサの外観を示す斜視図である。

[図29]図28の電流センサを矢印XX方向から見た側面図である。

発明を実施するための形態

[0028] 以下、本発明の各実施形態に係る電流センサについて図を参照して説明する。以下の実施形態の説明においては、図中の同一または相当部分には同一符号を付して、その説明は繰り返さない。

[0029] (実施形態1)

図1は、本発明の実施形態1に係る電流センサの外観を示す斜視図である。図2は、本発明の実施形態1に係る電流センサが備える導体の外観を示す斜視図である。図3は、本発明の実施形態1に係る電流センサが備える第1

磁気センサおよび第2磁気センサの外観を示す斜視図である。図4は、本発明の実施形態1に係る電流センサの断面図であり、図1のⅠV-ⅠV線矢印方向から見た図である。図5は、本発明の実施形態1に係る電流センサの断面図であり、図1のV-V線矢印方向から見た図である。図6は、本発明の実施形態1に係る電流センサの回路構成を示す回路図である。図1, 2, 4, 5においては、後述する導体110の幅方向をX軸方向、導体110の長さ方向をY軸方向、導体110の厚さ方向をZ軸方向として、図示している。

[0030] 図1～6に示すように、本発明の実施形態1に係る電流センサ100は、測定対象の電流が流れ、表面および裏面を含み、長さ方向(Y軸方向)、長さ方向(Y軸方向)と直交する幅方向(X軸方向)、および、長さ方向(Y軸方向)と幅方向(X軸方向)とに直交する厚さ方向(Z軸方向)を有する板状の導体110と、導体110を流れる測定対象の電流により発生する磁界の強さを検出する、第1磁気センサ120aおよび第2磁気センサ120bとを備える。測定対象の電流は、後述するように2つの流路に分流されて導体110を矢印1で示すように導体110の長さ方向(Y軸方向)に流れる。

[0031] 導体110は、長さ方向(Y軸方向)における途中で、測定対象の電流が分流されて流れる一方の流路部111および他方の流路部115を含む。一方の流路部111は、幅方向(X軸方向)から見て、導体110の表面側に膨出している。他方の流路部115は、平坦である。幅方向(X軸方向)から見て、一方の流路部111と他方の流路部115とによって囲まれた領域111hが形成されている。

[0032] 図2に示すように、本実施形態においては、一方の流路部111は、互いに間隔を置いて、導体110の表面に直交するように突出する第1突出部112および第2突出部113と、導体110の長さ方向(Y軸方向)に延在し、第1突出部112と第2突出部113とを繋ぐ延在部114とから構成されている。ただし、一方の流路部111の形状はこれに限られず、たとえば、導体110の幅方向(X軸方向)から見て、C字状または半円状の形状を有

していてもよい。

[0033] 本実施形態においては、導体 110 は、銅で構成されている。ただし、導体 110 の材料はこれに限られず、銀、アルミニウム若しくは鉄などの金属、またはこれらの金属を含む合金でもよい。

[0034] 導体 110 は、表面処理が施されていてもよい。たとえば、ニッケル、錫、銀若しくは銅などの金属、またはこれらの金属を含む合金からなる、少なくとも 1 層のめっき層が、導体 110 の表面に設けられていてもよい。

[0035] 本実施形態においては、鋳造により導体 110 を形成している。ただし、導体 110 の形成方法はこれに限られず、切削加工またはプレス加工などにより導体 110 を形成してもよい。

[0036] 図 3 に示すように、本実施形態においては、第 1 磁気センサ 120 a および第 2 磁気センサ 120 b は、1 つの基板 130 に実装されている。第 1 磁気センサ 120 a および第 2 磁気センサ 120 b の各々は、アンプおよび受動素子などの電子部品と共に基板 130 に実装されている。なお、図 1, 3, 4, 5 においては、アンプおよび受動素子は図示していない。ただし、アンプおよび受動素子は、第 1 磁気センサ 120 a および第 2 磁気センサ 120 b の各々が実装されている基板 130 とは異なる基板に、実装されていてもよい。

[0037] 基板 130 は、プリント配線板であり、ガラスエポキシまたはアルミナなどの基材と、基材の表面上に設けられた銅などの金属箔がパターンニングされて形成された配線とから構成されている。

[0038] 第 1 磁気センサ 120 a および第 2 磁気センサ 120 b が実装された基板 130 の一部は、一方の流路部 111 の延在部 114 と対向している。基板 130 の残部は、他方の流路部 115 の表面上に載置されている。これにより、第 1 磁気センサ 120 a は、幅方向(X軸方向)から見て、領域 111 h の内部に位置し、かつ、一方の流路部 111 の裏面側に位置している。第 2 磁気センサ 120 b は、幅方向(X軸方向)から見て、領域 111 h の内部に位置し、かつ、他方の流路部 115 の表面側に位置している。

- [0039] 本実施形態においては、基板130の実装面と他方の流路部115の表面とが平行になるように基板130が配置されているが、基板130の実装面と他方の流路部115の表面とが垂直になるように基板130が配置されていてもよい。
- [0040] 第1磁気センサ120aおよび第2磁気センサ120bの各々は、検出軸2を有し、検出軸2が幅方向(X軸方向)に向くように配置されている。
- [0041] 第1磁気センサ120aおよび第2磁気センサ120bの各々は、検出軸2の一方向に向いた磁界を検出した場合に正の値で出力し、かつ、検出軸2の一方向とは反対方向に向いた磁界を検出した場合に負の値で出力する、奇関数入出力特性を有している。
- [0042] 図6に示すように、本実施形態に係る電流センサ100において、第1磁気センサ120aおよび第2磁気センサ120bの各々は、4つのAMR (Anisotropic Magneto Resistance)素子からなるホイートストンブリッジ型のブリッジ回路を有する。なお、第1磁気センサ120aおよび第2磁気センサ120bの各々が、AMR素子に代えて、GMR (Giant Magneto Resistance)、TMR (Tunnel Magneto Resistance)、BMR (Ballistic Magneto Resistance)、CMR (Colossal Magneto Resistance)などの磁気抵抗素子を有していてもよい。
- [0043] また、第1磁気センサ120aおよび第2磁気センサ120bの各々が、2つの磁気抵抗素子からなるハーフブリッジ回路を有していてもよい。その他にも、第1磁気センサ120aおよび第2磁気センサ120bとして、ホール素子を有する磁気センサ、磁気インピーダンス効果を利用するMI (Magneto Impedance)素子を有する磁気センサまたはフラックスゲート型磁気センサなどを用いることができる。磁気抵抗素子およびホール素子などの磁気素子は、樹脂パッケージされていてもよく、または、シリコン樹脂若しくはエポキシ樹脂などでポッティングされていてもよい。
- [0044] 複数の磁気素子がパッケージされている場合、複数の磁気素子が1つにパッケージされていてもよいし、複数の磁気素子の各々が別々にパッケージさ

れていてもよい。また、複数の磁気素子と電子部品とが集積された状態で、1つにパッケージされていてもよい。

[0045] 本実施形態においては、AMR素子は、バーバーポール型電極を含むことによって、奇関数入出力特性を有している。具体的には、第1磁気センサ120aおよび第2磁気センサ120bの各々の磁気抵抗素子は、バーバーポール型電極を含むことにより、磁気抵抗素子における磁気抵抗膜の磁化方向に対して所定の角度をなす方向に電流が流れるようにバイアスされている。

[0046] 磁気抵抗膜の磁化方向は、磁気抵抗膜の形状異方性によって決まる。なお、磁気抵抗膜の磁化方向を調整する方法として、磁気抵抗膜の形状異方性を用いる方法に限られず、AMR素子を構成する磁気抵抗膜の近傍に永久磁石を配置する方法、または、AMR素子を構成する磁気抵抗膜において交換結合を設ける方法などを用いてもよい。永久磁石は、焼結磁石、ボンド磁石または薄膜で構成されていてもよい。永久磁石の種類は、特に限定されず、フェライト磁石、サマリウムコバルト磁石、アルニコ磁石またはネオジム磁石などを用いることができる。

[0047] 第1磁気センサ120aの磁気抵抗素子における磁気抵抗膜の磁化方向と、第2磁気センサ120bの磁気抵抗素子における磁気抵抗膜の磁化方向とは、同一方向である。これにより、外部磁界の影響による出力精度の低下を小さくすることができる。

[0048] 第1磁気センサ120aおよび第2磁気センサ120bの各々は、長さ方向(Y軸方向)のバイアス磁界の強さに応じて検出感度が変化するように構成されている。具体的には、図3に示すように、第1磁気センサ120aおよび第2磁気センサ120bの各々は、検出軸2に直交する感度変化軸3を有している。図3、5に示すように、第1磁気センサ120aおよび第2磁気センサ120bの各々は、感度変化軸3が導体110の長さ方向(Y軸方向)に沿うように配置されている。すなわち、感度変化軸3は、導体110の長さ方向(Y軸方向)に向いている。

[0049] 第1磁気センサ120aおよび第2磁気センサ120bの各々は、感度変

化軸3に沿う方向の磁界が印加されている時に出力感度が変化している。具体的には、第1磁気センサ120aおよび第2磁気センサ120bの各々は、感度変化軸3に沿う方向においてバイアス磁界の印加方向とは反対向きの磁界を印加されている時に出力感度が高くなっており、感度変化軸3に沿う方向においてバイアス磁界の印加方向と同じ向きの磁界を印加されている時に出力感度が低くなっている。なお、第1磁気センサ120aおよび第2磁気センサ120bの各々は、感度変化軸3に沿う方向の磁界のみが印加されている時には、出力が0である。

[0050] 図6に示すように、電流センサ100は、第1磁気センサ120aの検出値と第2磁気センサ120bの検出値とを演算することにより導体110を流れる測定対象の電流の値を算出する算出部190をさらに備える。本実施形態においては、算出部190は、差動増幅器である。ただし、算出部190が減算器であってもよい。

[0051] 図4に示すように、導体110を流れる測定対象の電流は、一方の流路部111と、他方の流路部115との、2つの流路に分かれて流れる。導体110において2つの流路に分かれて電流が流れることにより、いわゆる右ねじの法則によって、各流路を周回する磁界が発生する。

[0052] 図4、5に示すように、第1磁気センサ120aは、幅方向(X軸方向)から見て、領域111hの内部に位置し、かつ、一方の流路部111の裏面側に配置されているため、第1磁気センサ120aには、第1突出部112を周回する磁界112eと、第2突出部113を周回する磁界113eと、延在部114を周回する磁界114eとが印加される。これにより、第1磁気センサ120aの磁気抵抗素子に印加される磁界が強くなるため、導体110を流れる測定対象の電流に対する第1磁気センサ120aの感度が高くなる。第2磁気センサ120bには、他方の流路部115を周回する磁界115eが印加される。

[0053] 一方の流路部111の延在部114の裏面側の位置と、他方の流路部115の表面側の位置とでは、X軸方向の磁束の向きが互いに反対方向となる。

すなわち、第1磁気センサ120aに作用する磁束の向きと、第2磁気センサ120bに作用する磁束の向きとが反対であるため、導体110を流れる測定対象の電流により発生する磁界の強さについて、第1磁気センサ120aの検出値の位相と、第2磁気センサ120bの検出値の位相とは、逆相である。よって、第1磁気センサ120aの検出した磁界の強さを正の値とすると、第2磁気センサ120bの検出した磁界の強さは負の値となる。

[0054] 第1磁気センサ120aの検出値と第2磁気センサ120bの検出値とは、算出部190にて演算される。具体的には、算出部190は、第1磁気センサ120aの検出値から第2磁気センサ120bの検出値を減算する。この結果から、導体110を流れた測定対象の電流の値が算出される。

[0055] 本実施形態に係る電流センサ100においては、第1磁気センサ120aおよび第2磁気センサ120bが実装された基板130の一部が一方の流路部111の延在部114と対向しているため、外部磁界源は、物理的に第1磁気センサ120aと第2磁気センサ120bとの間に位置することができない。

[0056] そのため、外部磁界源から第1磁気センサ120aに印加される磁界のうちの検出軸2の方向における磁界成分の向きと、外部磁界源から第2磁気センサ120bに印加される磁界のうちの検出軸2の方向における磁界成分の向きとは、同じ向きとなる。よって、第1磁気センサ120aの検出した外部磁界の強さを正の値とすると、第2磁気センサ120bの検出した外部磁界の強さも正の値となる。

[0057] その結果、算出部190が第1磁気センサ120aの検出値から第2磁気センサ120bの検出値を減算することにより、外部磁界源からの磁界は、ほとんど検出されなくなる。すなわち、外部磁界の影響が低減される。

[0058] 本実施形態の変形例として、第1磁気センサ120aおよび第2磁気センサ120bにおいて、検出値が正となる検出軸の方向を互いに反対方向(180°反対)にしてもよい。この場合、第1磁気センサ120aの検出する外部磁界の強さを正の値とすると、第2磁気センサ120bの検出する外部磁界

の強さは負の値となる。

[0059] 一方、導体 110 を流れる測定対象の電流により発生する磁界の強さについて、第 1 磁気センサ 120 a の検出値の位相と、第 2 磁気センサ 120 b の検出値の位相とは同相となる。

[0060] 本変形例においては、算出部 190 として差動増幅器に代えて加算器または加算増幅器を用いる。外部磁界の強さについては、第 1 磁気センサ 120 a の検出値と第 2 磁気センサ 120 b の検出値とを加算器または加算増幅器によって加算することにより、第 1 磁気センサ 120 a の検出値の絶対値と、第 2 磁気センサ 120 b の検出値の絶対値とが減算される。これにより、外部磁界源からの磁界は、ほとんど検出されなくなる。すなわち、外部磁界の影響が低減される。

[0061] 一方、導体 110 を流れる電流により発生する磁界の強さについては、第 1 磁気センサ 120 a の検出値と第 2 磁気センサ 120 b の検出値とを加算器または加算増幅器によって加算することにより、導体 110 を流れた測定対象の電流の値が算出される。

[0062] このように、第 1 磁気センサ 120 a と第 2 磁気センサ 120 b との入出力特性を互いに逆の極性にしつつ、差動増幅器に代えて加算器または加算増幅器を算出部として用いてもよい。

[0063] 上記のように、本実施形態に係る電流センサ 100 は、導体 110 を流れる測定電流に対する第 1 磁気センサ 120 a の感度を高めることによって電流センサ 100 の感度を高めつつ、外部磁界の影響を低減することができる。

[0064] また、電流センサ 100 においては、第 1 磁気センサ 120 a および第 2 磁気センサ 120 b が実装された基板 130 の一部が一方の流路部 111 の裏面側に配置され、基板 130 の残部が他方の流路部 115 の表面上に載置されていることにより、電流センサ 100 の低背化、集積化および小型化を図ることができる。

[0065] さらに、本実施形態に係る電流センサ 100 は、1 つの導体 110 に、第

1 磁気センサ 1 2 0 a および第 2 磁気センサ 1 2 0 b が実装された基板 1 3 0 を組み付ける構造を有しているため、電流センサ 1 0 0 の組み立てが容易であり、また、2 つの導体を用いる場合に比較して、部品点数を削減して低コスト化を図ることができる。

[0066] (実施形態 2)

以下、本発明の実施形態 2 に係る電流センサについて説明する。なお、実施形態 2 に係る電流センサ 2 0 0 は、導体にスリットが設けられている点のみ実施形態 1 に係る電流センサ 1 0 0 と異なるため、実施形態 1 に係る電流センサ 1 0 0 と同様である構成については同じ参照符号を付してその説明を繰り返さない。

[0067] 図 7 は、本発明の実施形態 2 に係る電流センサの外観を示す斜視図である。図 8 は、本発明の実施形態 2 に係る電流センサが備える導体の外観を示す斜視図である。

[0068] 図 7, 8 に示すように、本発明の実施形態 2 に係る電流センサ 2 0 0 は、測定対象の電流が流れ、表面および裏面を含み、長さ方向(Y 軸方向)、長さ方向(Y 軸方向)と直交する幅方向(X 軸方向)、および、長さ方向(Y 軸方向)と幅方向(X 軸方向)とに直交する厚さ方向(Z 軸方向)を有する板状の導体 2 1 0 と、導体 2 1 0 を流れる測定対象の電流により発生する磁界の強さを検出する、第 1 磁気センサ 1 2 0 a および第 2 磁気センサ 1 2 0 b とを備える。

[0069] 本実施形態に係る電流センサ 2 0 0 においては、導体 2 1 0 は、一方の流路部 1 1 1 と他方の流路部 1 1 5 との間に、長さ方向(Y 軸方向)に延在するスリット 2 1 6 が設けられている。スリット 2 1 6 が設けられることにより、一方の流路部 1 1 1 と他方の流路部 1 1 5 との間にギャップが形成される。スリット 2 1 6 は、導体 2 1 0 の厚さ方向(Z 軸方向)から見て、第 1 磁気センサ 1 2 0 a と第 2 磁気センサ 1 2 0 b との間に位置している。

[0070] 本実施形態においては、スリット 2 1 6 は、導体 2 1 0 の長さ方向(Y 軸方向)において、一方の流路部 1 1 1 を包含する範囲に設けられているが、スリ

ット216の設けられる範囲はこれに限られず、一方の流路部111の少なくとも一部と重なる範囲に設けられていればよい。また、導体210の厚さ方向(Z軸方向)から見て、スリット216は矩形状であるが、スリット216の形状は、これに限られず、楕円形などであってもよい。

[0071] ここで、一方の流路部111の延在部114と他方の流路部115との間のX軸方向のギャップが、磁気センサの位置と磁束密度との関係に及ぼす影響をシミュレーション解析した結果について説明する。

[0072] 図9は、シミュレーションを行なった解析モデルを示す図である。図10は、シミュレーション解析の結果を示すグラフである。図10においては、縦軸にX軸方向の磁束密度(mT)、横軸にX軸方向の位置(mm)を示している。

[0073] 図9に示すように、シミュレーション解析においては、導体として一方の流路部111の延在部114および他方の流路部115のみ考慮し、一方の流路部111の延在部114と他方の流路部115との間のX軸方向のギャップをGとした。ギャップGが正の値の場合は、ギャップGは、一方の流路部111の延在部114と他方の流路部115との間の隙間の寸法であり、ギャップGが負の値の場合は、ギャップGは、一方の流路部111の延在部114と他方の流路部115とが重なっている長さの寸法である。

[0074] 一方の流路部111の延在部114および他方の流路部115の各々の断面形状としては、幅が20mm、厚さが1.5mmとした。一方の流路部111の延在部114と他方の流路部115との間のZ軸方向の間隔は、7mmとした。一方の流路部111の延在部114および他方の流路部115の各々を流れる電流の値を400Aとした。

[0075] 磁気センサの位置は、導体210の厚さ方向(Z軸方向)における一方の流路部111の延在部114と他方の流路部115との間の中心線L上での、導体210の幅方向(X軸方向)における一方の流路部111の延在部114と他方の流路部115との間の中心線Cとの交点Oからの距離で示している。磁気センサのX軸方向の位置は、他方の流路部115寄りを正の値、一方

の流路部 1 1 1 の延在部 1 1 4 寄りを負の値で示している。

[0076] 図 1 0 に示すように、X 軸方向の磁束密度の分布は、磁気センサの位置の 0 mm を中心に点対称となっている。ギャップ G が -4 mm または -2 mm である場合、一方の流路部 1 1 1 の延在部 1 1 4 の周囲に発生する磁界と他方の流路部 1 1 5 の周囲に発生する磁界とが打ち消し合うため、磁気センサが検出する X 軸方向の磁束密度は、ギャップ G が 0 mm 以上である場合と比較して小さくなっている。

[0077] 一方、ギャップ G が大きくなるに従って、一方の流路部 1 1 1 の延在部 1 1 4 の周囲に発生する磁界と他方の流路部 1 1 5 の周囲に発生する磁界との相互作用が小さくなるため、磁気センサが検出する X 軸方向の磁束密度が大きくなっている。

[0078] 上記のシミュレーション解析の結果から、スリット 2 1 6 を設けて一方の流路部 1 1 1 の延在部 1 1 4 と他方の流路部 1 1 5 との間の X 軸方向のギャップ G 大きくすることにより、導体 2 1 0 を流れる測定対象の電流に対する電流センサの感度を高めることができることを確認できた。

[0079] よって、本実施形態に係る電流センサ 2 0 0 は、実施形態 1 に係る電流センサ 1 0 0 に比較して、導体 2 1 0 を流れる測定対象の電流に対する感度を高めることができる。

[0080] (実施形態 3)

以下、本発明の実施形態 3 に係る電流センサについて説明する。なお、実施形態 3 に係る電流センサ 3 0 0 は、他方の流路部が、幅方向 (X 軸方向) から見て、導体の裏面側に膨出している点のみ実施形態 2 に係る電流センサ 2 0 0 と異なるため、実施形態 2 に係る電流センサ 2 0 0 と同様である構成については同じ参照符号を付してその説明を繰り返さない。

[0081] 図 1 1 は、本発明の実施形態 3 に係る電流センサの外観を示す斜視図である。図 1 2 は、本発明の実施形態 3 に係る電流センサが備える導体の外観を示す斜視図である。図 1 3 は、本発明の実施形態 3 に係る電流センサが備える磁気センサユニットの構成を示す分解斜視図である。図 1 4 は、本発明の

実施形態３に係る電流センサが備える磁気センサユニットの筐体の外観を示す斜視図である。

[0082] 図１１～１４に示すように、本発明の実施形態３に係る電流センサ３００は、測定対象の電流が流れ、表面および裏面を含み、長さ方向（Ｙ軸方向）、長さ方向（Ｙ軸方向）と直交する幅方向（Ｘ軸方向）、および、長さ方向（Ｙ軸方向）と幅方向（Ｘ軸方向）とに直交する厚さ方向（Ｚ軸方向）を有する板状の導体３１０と、導体３１０を流れる測定対象の電流により発生する磁界の強さを検出する、第１磁気センサ１２０ａおよび第２磁気センサ１２０ｂとを備える。

[0083] 本実施形態に係る電流センサ３００においては、他方の流路部３１７は、幅方向（Ｘ軸方向）から見て、導体３１０の裏面側に膨出している。他方の流路部３１７は、導体３１０の幅方向（Ｘ軸方向）にて一方の流路部１１１と並んでいる。幅方向（Ｘ軸方向）から見て、一方の流路部１１１と他方の流路部３１７とによって囲まれた領域１１１ｈが形成されている。スリット２１６は、導体３１０の幅方向（Ｘ軸方向）にて導体３１０の中央に位置している。

[0084] 図１２に示すように、本実施形態においては、他方の流路部３１７は、互いに間隔を置いて、導体３１０の裏面に直交するように突出する第３突出部３１８および第４突出部３１９と、導体３１０の長さ方向（Ｙ軸方向）に延在し、第３突出部３１８と第４突出部３１９とを繋ぐ延在部３１５とから構成されている。ただし、他方の流路部３１７の形状はこれに限られず、たとえば、導体３１０の幅方向（Ｘ軸方向）から見て、Ｃ字状または半円状の形状を有していてもよい。一方の流路部１１１と他方の流路部３１７とは、互いに点対称な形状を有する。

[0085] 図１３に示すように、第１磁気センサ１２０ａおよび第２磁気センサ１２０ｂの各々は、アンプおよび受動素子などの電子部品３４０ａ、３４０ｂと共に基板１３０に実装されている。基板１３０が電気絶縁性を有する筐体３５０内に固定されることにより、磁気センサユニット３６０が構成されている。すなわち、第１磁気センサ１２０ａ、第２磁気センサ１２０ｂ、電子部

品 3 4 0 a, 3 4 0 b および基板 1 3 0 の各々は、筐体 3 5 0 に収容されている。

[0086] 図 1 3, 1 4 に示すように、筐体 3 5 0 は、略直方体状の外形を有し、下部筐体 3 5 1 と上部筐体 3 5 2 とから構成されている。上部筐体 3 5 2 には、基板 1 3 0 と接続されるワイヤーハネースの取出し口 3 5 2 p が設けられている。

[0087] 筐体 3 5 0 は、PPS (ポリフェニレンサルファイド) などのエンジニアリングプラスチックで形成されている。PPS は、耐熱性が高いため、導体 3 1 0 の発熱を考慮した場合、筐体 3 5 0 の材料として好ましい。

[0088] 基板 1 3 0 を筐体 3 5 0 に固定する方法としては、螺子による締結、樹脂による熱溶着、または、接着剤による接合などを用いることができる。螺子を用いて基板 1 3 0 と筐体 3 5 0 とを締結する場合には、磁界の乱れが生じないように、非磁性の螺子を用いることが好ましい。

[0089] 一方の流路部 1 1 1 と他方の流路部 3 1 7 とによって形成される空間に、磁気センサユニット 3 6 0 が挿入されている。これにより、第 1 磁気センサ 1 2 0 a は、幅方向(X軸方向)から見て、領域 1 1 1 h の内部に位置し、かつ、一方の流路部 1 1 1 の裏面側に位置している。第 2 磁気センサ 1 2 0 b は、幅方向(X軸方向)から見て、領域 1 1 1 h の内部に位置し、かつ、他方の流路部 3 1 7 の表面側に位置している。

[0090] 上記の状態において、筐体 3 5 0 は、一方の流路部 1 1 1 の裏面の少なくとも一部と接している。たとえば、上部筐体 3 5 2 が、延在部 1 1 4 の裏面の少なくとも一部と接している。さらに、筐体 3 5 0 は、他方の流路部 3 1 7 の表面の少なくとも一部と接している。たとえば、下部筐体 3 5 1 が、延在部 3 1 5 の表面の少なくとも一部と接している。

[0091] これにより、第 1 磁気センサ 1 2 0 a と一方の流路部 1 1 1 との間隔、および、第 2 磁気センサ 1 2 0 b と他方の流路部 3 1 7 との間隔の各々を狭くしつつ、一方の流路部 1 1 1 に対する第 1 磁気センサ 1 2 0 a の位置のばらつき、および、他方の流路部 3 1 7 に対する第 2 磁気センサ 1 2 0 b の位置

のばらつきの各々を低減して、電流センサ３００の感度を高めつつ測定精度のばらつきを低減することができる。その結果、電流センサ３００の測定再現性および量産性を高めることができる。また、一方の流路部１１１および他方の流路部３１７によって、磁気センサユニット３６０の構成部品を外力から保護することができる。

[0092] 導体３１０の厚さ方向（Ｚ軸方向）から見て、導体３１０の幅方向（Ｘ軸方向）にて、第１磁気センサ１２０ａと第２磁気センサ１２０ｂとの中間にスリット２１６が位置している。

[0093] 本実施形態においては、第２磁気センサ１２０ｂは、幅方向（Ｘ軸方向）から見て、領域１１１ｈの内部に位置し、かつ、他方の流路部３１７の表面側に配置されているため、第２磁気センサ１２０ｂには、第３突出部３１８を周回する磁界と、第４突出部３１９を周回する磁界と、延在部３１５を周回する磁界とが印加される。これにより、第２磁気センサ１２０ｂの磁気抵抗素子に印加される磁界が強くなるため、導体３１０を流れる測定電流に対する第２磁気センサ１２０ｂの感度が高くなる。

[0094] 本実施形態に係る電流センサ３００は、導体３１０を流れる測定対象の電流に対する第１磁気センサ１２０ａおよび第２磁気センサ１２０ｂの各々の感度を高めることによって電流センサ３００の感度を高めつつ、外部磁界の影響を低減することができる。

[0095] 本実施形態に係る電流センサ３００においては、一方の流路部１１１の電気抵抗値と他方の流路部３１７の電気抵抗値とが略同一であるため、導体３１０を測定対象の電流が流れることによる一方の流路部１１１の発熱量と他方の流路部３１７の発熱量とを同等にすることができる。その結果、第１磁気センサ１２０ａの磁気抵抗素子の周囲の温度と、第２磁気センサ１２０ｂの磁気抵抗素子の周囲の温度とを略同じにすることができるため、磁気抵抗素子の温度特性による電流センサ３００の測定値の誤差を低減することができる。

[0096] なお、一方の流路部１１１および他方の流路部３１７の形状は上記に限ら

れない。図 1 5 は、本発明の実施形態 3 の変形例に係る電流センサが備える導体の外観を示す斜視図である。図 1 5 に示すように、本実施形態の変形例に係る電流センサが備える導体 3 1 0 a は、導体 3 1 0 a の幅方向(X 軸方向)から見て半円状の形状を各々有する、一方の流路部 1 1 1 および他方の流路部 3 1 7 a を含む。本実施形態の変形例に係る電流センサにおいては、磁気センサユニットの筐体は、略円柱状の外形を有している。

[0097] (実施形態 4)

以下、本発明の実施形態 4 に係る電流センサについて説明する。なお、実施形態 4 に係る電流センサ 4 0 0 は、一方の流路部および他方の流路部の形状が主に、実施形態 3 に係る電流センサ 3 0 0 と異なるため、実施形態 3 に係る電流センサ 3 0 0 と同様である構成については同じ参照符号を付してその説明を繰り返さない。

[0098] 図 1 6 は、本発明の実施形態 4 に係る電流センサの外観を示す斜視図である。図 1 7 は、本発明の実施形態 4 に係る電流センサが備える導体の外観を示す斜視図である。図 1 8 は、図 1 7 の導体を矢印 X V I I I 方向から見た側面図である。

[0099] 図 1 6 ~ 1 8 に示すように、本発明の実施形態 4 に係る電流センサ 4 0 0 は、測定対象の電流が流れ、表面および裏面を含み、長さ方向(Y 軸方向)、長さ方向(Y 軸方向)と直交する幅方向(X 軸方向)、および、長さ方向(Y 軸方向)と幅方向(X 軸方向)とに直交する厚さ方向(Z 軸方向)を有する板状の導体 4 1 0 を備える。

[0100] 本実施形態においては、一方の流路部 4 1 1 は、幅方向(X 軸方向)から見て、導体 4 1 0 の表面側に膨出している。他方の流路部 4 1 7 は、幅方向(X 軸方向)から見て、導体 4 1 0 の裏面側に膨出している。他方の流路部 4 1 7 は、導体 4 1 0 の幅方向(X 軸方向)にて一方の流路部 4 1 1 と並んでいる。幅方向(X 軸方向)から見て、一方の流路部 4 1 1 と他方の流路部 4 1 7 とによって囲まれた領域 4 1 1 h が形成されている。スリット 4 1 6 は、導体 4 1 0 の幅方向(X 軸方向)にて導体 4 1 0 の中央に位置している。

- [0101] 一方の流路部411および他方の流路部417の各々は、導体410の幅方向(X軸方向)から見て、半長円状の形状を有している。一方の流路部411は、互いに間隔を置いて、導体410の表面から円弧状に突出する第1突出部412および第2突出部413と、導体410の長さ方向(Y軸方向)に延在し、第1突出部412と第2突出部413とを繋ぐ延在部414とから構成されている。他方の流路部417は、互いに間隔を置いて、導体410の裏面から円弧状に突出する第3突出部418および第4突出部419と、導体410の長さ方向(Y軸方向)に延在し、第3突出部418と第4突出部419とを繋ぐ延在部415とから構成されている。
- [0102] 一方の流路部411と他方の流路部417とによって形成される空間に、磁気センサユニット460が挿入されている。これにより、第1磁気センサ120aは、幅方向(X軸方向)から見て、領域411hの内部に位置し、かつ、一方の流路部411の裏面側に位置している。第2磁気センサ120bは、幅方向(X軸方向)から見て、領域411hの内部に位置し、かつ、他方の流路部417の表面側に位置している。
- [0103] 本実施形態に係る電流センサ400は、導体410を流れる測定対象の電流に対する第1磁気センサ120aおよび第2磁気センサ120bの各々の感度を高めることによって電流センサ400の感度を高めつつ、外部磁界の影響を低減することができる。
- [0104] 本実施形態に係る電流センサ400においては、一方の流路部411の電気抵抗値と他方の流路部417の電気抵抗値とが略同一であるため、導体410を測定対象の電流が流れることによる一方の流路部411の発熱量と他方の流路部417の発熱量とを同等にすることができる。その結果、第1磁気センサ120aの磁気抵抗素子の周囲の温度と、第2磁気センサ120bの磁気抵抗素子の周囲の温度とを略同じにすることができるため、磁気抵抗素子の温度特性による電流センサ400の測定値の誤差を低減することができる。
- [0105] なお、磁気センサユニット460の一部が、一方の流路部411と他方の

流路部 417 とによって形成される空間の外側に配置されていてもよい。図 19 は、本発明の実施形態 4 の変形例に係る電流センサの外観を示す斜視図である。図 20 は、図 19 の電流センサを矢印 XX 方向から見た側面図である。図 21 は、本発明の実施形態 4 の変形例に係る電流センサが備える磁気センサユニットの基板を表面側から見た図である。図 22 は、本発明の実施形態 4 の変形例に係る電流センサが備える磁気センサユニットの基板を裏面側から見た図である。

[0106] 図 19, 20 に示すように、本発明の実施形態 4 の変形例に係る電流センサ 400a は、導体 410a と磁気センサユニット 460a とを備える。磁気センサユニット 460a は、幅方向(X軸方向)から見て、領域 411h の内部に位置する磁気センサ収容部 460i と、領域 411h の外側に位置する電子部品収容部 460o と、フランジ部 460f とを含む。図 21, 22 に示すように、電子部品収容部 460o の内部に位置する部分の基板 430 の表面上に、電子部品 440a, 440b, 441 が実装されている。電子部品 440a, 440b, 441 は、演算回路を構成している。磁気センサ収容部 460i の内部に位置する部分の基板 430 の裏面上に、第 1 磁気センサ 120a および第 2 磁気センサ 120b が実装されている。

[0107] フランジ部 460f には、図示しない貫通孔が設けられている。導体 410a には、フランジ部 460f の貫通孔に対応する位置に、図示しない貫通孔が設けられている。フランジ部 460f の貫通孔および導体 410a の貫通孔を挿通したボルト 470 とナット 480 とを螺合させることにより、磁気センサユニット 460a と導体 410a とを締結することができる。ボルト 470 およびナット 480 の各々は、非磁性材料で構成されている。

[0108] 本発明の実施形態 4 の変形例に係る電流センサ 400a においては、ボルト 470 およびナット 480 により、磁気センサユニット 460a を導体 410a に確実に取り付けることができる。また、演算回路を構成する電子部品 440a, 440b, 441 を領域 411h の外側に配置することにより、領域 411h を小さくすることができる。領域 411h を小さくすること

により、一方の流路部４１１と第１磁気センサ１２０ａとの間の距離、および、他方の流路部４１７と第２磁気センサ１２０ｂとの間の距離を、小さくすることができるため、第１磁気センサ１２０ａおよび第２磁気センサ１２０ｂの各々の感度を高めることができる。その結果、電流センサ４００ａの感度を高めつつ、外部磁界の影響を低減することができる。

[0109] （実施形態５）

以下、本発明の実施形態５に係る電流センサについて説明する。なお、実施形態５に係る電流センサ５００は、一方の流路部および他方の流路部の形状が主に、実施形態３に係る電流センサ３００と異なるため、実施形態３に係る電流センサ３００と同様である構成については同じ参照符号を付してその説明を繰り返さない。

[0110] 図２３は、本発明の実施形態５に係る電流センサの外観を示す斜視図である。図２４は、本発明の実施形態５に係る電流センサが備える導体の外観を示す斜視図である。図２５は、図２４の導体を矢印ＸＸＶ方向から見た側面図である。図２６は、図２４の導体を矢印ＸＸＶⅠ方向から見た上面図である。図２７は、図２４の導体を矢印ＸＸＶⅠⅠ方向から見た正面図である。

[0111] 図２３～２７に示すように、本発明の実施形態５に係る電流センサ５００は、測定対象の電流が流れ、表面および裏面を含み、長さ方向（Ｙ軸方向）、長さ方向（Ｙ軸方向）と直交する幅方向（Ｘ軸方向）、および、長さ方向（Ｙ軸方向）と幅方向（Ｘ軸方向）とに直交する厚さ方向（Ｚ軸方向）を有する板状の導体５１０を備える。

[0112] 本実施形態においては、他方の流路部５１７は、導体５１０の幅方向（Ｘ軸方向）にて一方の流路部５１１と並んでいる。幅方向（Ｘ軸方向）から見て、一方の流路部５１１と他方の流路部５１７とによって囲まれた領域５１１ｈが形成されている。スリット５１６は、導体５１０の幅方向（Ｘ軸方向）にて導体５１０の中央に位置している。

[0113] 一方の流路部５１１は、長さ方向（Ｙ軸方向）における一端５１１ａと他端５１１ｂとを有する。他方の流路部５１７は、長さ方向（Ｙ軸方向）における

一端 5 1 7 a と他端 5 1 7 b とを有する。一方の流路部 5 1 1 の一端 5 1 1 a と他方の流路部 5 1 7 の一端 5 1 7 a とは、スリット 5 1 6 を間に挟んで、幅方向(X軸方向)に並んでいる。一方の流路部 5 1 1 の他端 5 1 1 b と他方の流路部 5 1 7 の他端 5 1 7 b とは、スリット 5 1 6 を間に挟んで、幅方向(X軸方向)に並んでいる。

[0114] 長さ方向(Y軸方向)における一方の流路部 5 1 1 の一端 5 1 1 a と一方の流路部 5 1 1 の他端 5 1 1 b とは、厚さ方向(Z軸方向)における位置が互いに異なっている。長さ方向(Y軸方向)における他方の流路部 5 1 7 の一端 5 1 7 a と他方の流路部 5 1 7 の他端 5 1 7 b とは、厚さ方向(Z軸方向)における位置が互いに異なっている。長さ方向(Y軸方向)における一方の流路部 5 1 1 の一端 5 1 1 a と他方の流路部 5 1 7 の一端 5 1 7 a とは、厚さ方向(Z軸方向)における位置が互いに等しい。長さ方向(Y軸方向)における一方の流路部 5 1 1 の他端 5 1 1 b と他方の流路部 5 1 7 の他端 5 1 7 b とは、厚さ方向(Z軸方向)における位置が互いに等しい。

[0115] 一方の流路部 5 1 1 は、厚さ方向(Z軸方向)における一方の流路部 5 1 1 の一端 5 1 1 a の位置と一方の流路部 5 1 1 の他端 5 1 1 b の位置とを繋ぐ曲折部 5 1 3 を含む。他方の流路部 5 1 7 は、厚さ方向(Z軸方向)における他方の流路部 5 1 7 の一端 5 1 7 a の位置と他方の流路部 5 1 7 の他端 5 1 7 b の位置とを繋ぐ曲折部 5 1 8 を含む。一方の流路部 5 1 1 の曲折部 5 1 3 と、他方の流路部 5 1 7 の曲折部 5 1 8 とは、長さ方向(Y軸方向)において互いに間隔を置いて位置している。

[0116] 本実施形態においては、一方の流路部 5 1 1 は、一端 5 1 1 a から長さ方向(Y軸方向)に延在する延在部 5 1 4 と、延在部 5 1 4 の長さ方向(Y軸方向)の端部から厚さ方向(Z軸方向)に直線状に延在して他端 5 1 1 b に向かう曲折部 5 1 3 とを含む。すなわち、一方の流路部 5 1 1 は、段状に形成されている。延在部 5 1 4 は、一方の流路部 5 1 1 の一端 5 1 1 a と接している。曲折部 5 1 3 は、一方の流路部 5 1 1 の他端 5 1 1 b と接している。なお、曲折部 5 1 3 の形状は、上記に限られず、幅方向(X軸方向)から見て、長さ

方向(Y軸方向)および厚さ方向(Z軸方向)の各々に対して交差する方向に直線状に延在していてもよいし、湾曲していてもよい。

[0117] 他方の流路部517は、一端517aから厚さ方向(Z軸方向)に直線状に延在する曲折部518と、曲折部518の厚さ方向(Z軸方向)の端部から長さ方向(Y軸方向)に延在して他端517bに向かう延在部515とを含む。すなわち、他方の流路部517は、段状に形成されている。延在部515は、他方の流路部517の他端517bと接している。曲折部518は、他方の流路部517の一端517aと接している。なお、曲折部518の形状は、上記に限られず、幅方向(X軸方向)から見て、長さ方向(Y軸方向)および厚さ方向(Z軸方向)の各々に対して交差する方向に直線状に延在していてもよいし、湾曲していてもよい。

[0118] 一方の流路部511と他方の流路部517とによって形成される空間に、磁気センサユニット560が挿入されている。これにより、第1磁気センサ120aは、幅方向(X軸方向)から見て、領域511hの内部に位置し、かつ、一方の流路部511の裏面側に位置している。第2磁気センサ120bは、幅方向(X軸方向)から見て、領域511hの内部に位置し、かつ、他方の流路部517の表面側に位置している。

[0119] 本実施形態に係る電流センサ500は、導体510を流れる測定対象の電流に対する第1磁気センサ120aおよび第2磁気センサ120bの各々の感度を高めることによって電流センサ500の感度を高めつつ、外部磁界の影響を低減することができる。

[0120] 本実施形態に係る電流センサ500においては、一方の流路部511の電気抵抗値と他方の流路部517の電気抵抗値とが略同一であるため、導体510を測定対象の電流が流れることによる一方の流路部511の発熱量と他方の流路部517の発熱量とを同等にすることができる。その結果、第1磁気センサ120aの磁気抵抗素子の周囲の温度と、第2磁気センサ120bの磁気抵抗素子の周囲の温度とを略同じにすることができるため、磁気抵抗素子の温度特性による電流センサ500の測定値の誤差を低減することができる。

きる。

[0121] なお、磁気センサユニット560の筐体に、導体固定用のフランジが設けられていてもよい。図28は、本発明の実施形態5の変形例に係る電流センサの外観を示す斜視図である。図29は、図28の電流センサを矢印XXI-X方向から見た側面図である。

[0122] 図28、29に示すように、本発明の実施形態5の変形例に係る電流センサ500aは、導体510aと磁気センサユニット560aとを備える。磁気センサユニット560aの筐体には、フランジ部560fが設けられている。フランジ部560fには、図示しない貫通孔が設けられている。導体510aには、フランジ部560fの貫通孔に対応する位置に、図示しない貫通孔が設けられている。フランジ部560fの貫通孔および導体510aの貫通孔を挿通したボルト570とナット580とを螺合させることにより、磁気センサユニット560aと導体510aとを締結することができる。ボルト570およびナット580の各々は、非磁性材料で構成されている。

[0123] 本発明の実施形態5の変形例に係る電流センサ500aにおいては、ボルト570およびナット580により、磁気センサユニット560aを導体510aに確実に取り付けることができる。

[0124] 上述した実施形態の説明において、組み合わせ可能な構成を相互に組み合わせてもよい。たとえば、実施形態1に係る電流センサ100において、他方の流路部115に代えて他方の流路部317を導体110に設けてもよい。実施形態1、2に係る電流センサ100、200における一方の流路部111に、磁気センサユニット360が挿入されていてもよい。この場合、筐体350は、一方の流路部111の裏面の少なくとも一部と接している。たとえば、上部筐体352が、延在部114の裏面の少なくとも一部と接している。下部筐体351が、他方の流路部115の表面の少なくとも一部と接している。電流センサにおいて、筐体が、導体と一体に構成されていてもよいし、導体に対して付け外し可能に構成されていてもよい。

[0125] 今回開示された実施形態はすべての点で例示であって制限的なものではな

いと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

符号の説明

[0126] 2 検出軸、3 感度変化軸、100, 200, 300, 400, 400a, 500, 500a 電流センサ、110, 210, 310, 310a, 410, 410a, 510, 510a 導体、111, 115, 317, 317a, 411, 417, 511, 517 流路部、111h, 411h, 511h 領域、112, 412 第1突出部、112e, 113e, 114e, 115e 磁界、113, 413 第2突出部、114, 315, 414, 415, 514, 515 延在部、120a 第1磁気センサ、120b 第2磁気センサ、130, 430 基板、190 算出部、216, 416, 516 スリット、318, 418 第3突出部、319, 419 第4突出部、340a, 340b, 440a, 440b, 441 電子部品、350 筐体、351 下部筐体、352 上部筐体、352p 取出し口、360, 460, 460a, 560, 560a 磁気センサユニット、460f, 560f フランジ部、460i 磁気センサ収容部、460o 電子部品収容部、470, 570 ボルト、480, 580 ナット、511a, 517a 一端、511b, 517b 他端、513, 518 曲折部。

請求の範囲

- [請求項1] 測定対象の電流が流れ、表面および裏面を含み、長さ方向、該長さ方向と直交する幅方向、および、前記長さ方向と前記幅方向とに直交する厚さ方向を有する板状の導体と、
- 前記電流により発生する磁界の強さを検出する、第1磁気センサおよび第2磁気センサとを備え、
- 前記導体は、前記長さ方向における途中で、前記電流が分流されて流れる一方の流路部および他方の流路部を含み、
- 前記幅方向から見て、前記一方の流路部と前記他方の流路部とによって囲まれた領域が形成されており、
- 前記第1磁気センサは、前記幅方向から見て、前記領域の内部に位置し、かつ、前記一方の流路部の裏面側に位置し、
- 前記第2磁気センサは、前記幅方向から見て、前記領域の内部に位置し、かつ、前記他方の流路部の表面側に位置している、電流センサ。
- [請求項2] 前記一方の流路部は、前記幅方向から見て、前記導体の表面側に膨出している、請求項1に記載の電流センサ。
- [請求項3] 前記他方の流路部は、前記幅方向から見て、前記導体の裏面側に膨出している、請求項2に記載の電流センサ。
- [請求項4] 前記一方の流路部および前記他方の流路部の各々は、前記長さ方向における一端と他端とを有し、
- 前記長さ方向における前記一方の流路部の一端と前記一方の流路部の他端とは、前記厚さ方向における位置が互いに異なっており、
- 前記長さ方向における前記他方の流路部の一端と前記他方の流路部の他端とは、前記厚さ方向における位置が互いに異なっており、
- 前記長さ方向における前記一方の流路部の一端と前記他方の流路部の一端とは、前記厚さ方向における位置が互いに等しく、
- 前記長さ方向における前記一方の流路部の他端と前記他方の流路部

の他端とは、前記厚さ方向における位置が互いに等しく、

前記一方の流路部は、前記厚さ方向における前記一方の流路部の前記一端の位置と前記一方の流路部の前記他端の位置とを繋ぐ曲折部を含み、

前記他方の流路部は、前記厚さ方向における前記他方の流路部の前記一端の位置と前記他方の流路部の前記他端の位置とを繋ぐ曲折部を含み、

前記一方の流路部の前記曲折部と、前記他方の流路部の前記曲折部とは、前記長さ方向において互いに間隔を置いて位置している、請求項 1 に記載の電流センサ。

[請求項5] 前記第 1 磁気センサの検出値と前記第 2 磁気センサの検出値とを演算することにより前記電流の値を算出する算出部をさらに備え、

前記第 1 磁気センサと前記第 2 磁気センサとは、前記磁界の各々の検出値が互いに逆相であり、

前記算出部が減算器または差動増幅器である、請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の電流センサ。

[請求項6] 前記第 1 磁気センサの検出値と前記第 2 磁気センサの検出値とを演算することにより前記電流の値を算出する算出部をさらに備え、

前記第 1 磁気センサと前記第 2 磁気センサとは、前記磁界の各々の検出値が互いに同相であり、

前記算出部が加算器または加算増幅器である、請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の電流センサ。

[請求項7] 前記一方の流路部と前記他方の流路部とが、互いに点対称な形状を有する、請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の電流センサ。

[請求項8] 前記導体は、前記一方の流路と前記他方の流路との間に、前記長さ方向に延在するスリットが設けられている、請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の電流センサ。

[請求項9] 前記厚さ方向から見て、前記幅方向にて、前記第 1 磁気センサと前

記第2磁気センサとの中間に前記スリットが位置している、請求項8に記載の電流センサ。

[請求項10] 前記スリットは、前記幅方向にて前記導体の中央に位置している、請求項9に記載の電流センサ。

[請求項11] 前記第1磁気センサおよび前記第2磁気センサが、1つの基板に実装されている、請求項1から10のいずれか1項に記載の電流センサ。

[請求項12] 前記第1磁気センサおよび前記第2磁気センサの各々は、検出軸を有し、該検出軸が前記幅方向に向くように配置されており、

前記第1磁気センサおよび前記第2磁気センサの各々は、前記長さ方向のバイアス磁界の強さに応じて検出感度が変化するように構成されている、請求項1から11のいずれか1項に記載の電流センサ。

[請求項13] 前記第1磁気センサおよび前記第2磁気センサを収容する筐体をさらに備え、

前記筐体は、前記一方の流路部の裏面の少なくとも一部と接している、請求項1から12のいずれか1項に記載の電流センサ。

[請求項14] 前記一方の流路部は、前記長さ方向に延在する延在部を含み、

前記筐体は、前記延在部の裏面の少なくとも一部と接している、請求項13に記載の電流センサ。

[請求項15] 前記第1磁気センサおよび前記第2磁気センサを収容する筐体をさらに備え、

前記筐体は、前記一方の流路部の裏面の少なくとも一部、および、前記他方の流路部の表面の少なくとも一部、の各々と接している、請求項3に記載の電流センサ。

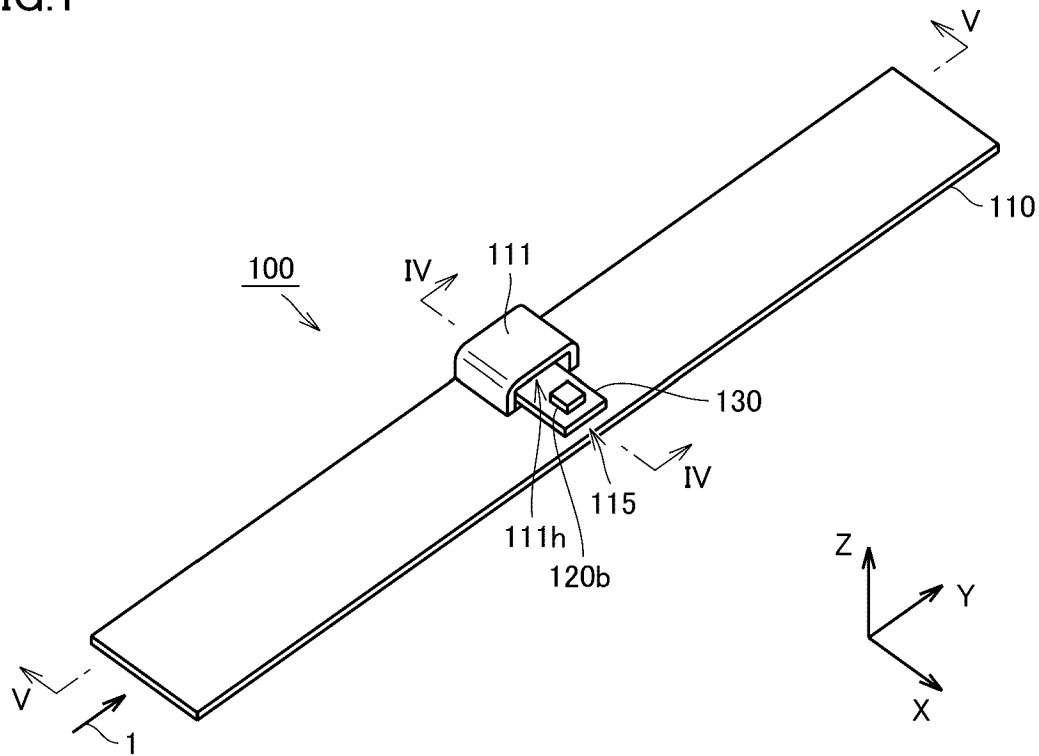
[請求項16] 前記一方の流路部および前記他方の流路部の各々は、前記長さ方向に延在する延在部を含み、

前記筐体は、前記一方の流路部の前記延在部の裏面の少なくとも一部、および、前記他方の流路部の前記延在部の表面の少なくとも一部

の各々と接している、請求項 15 に記載の電流センサ。

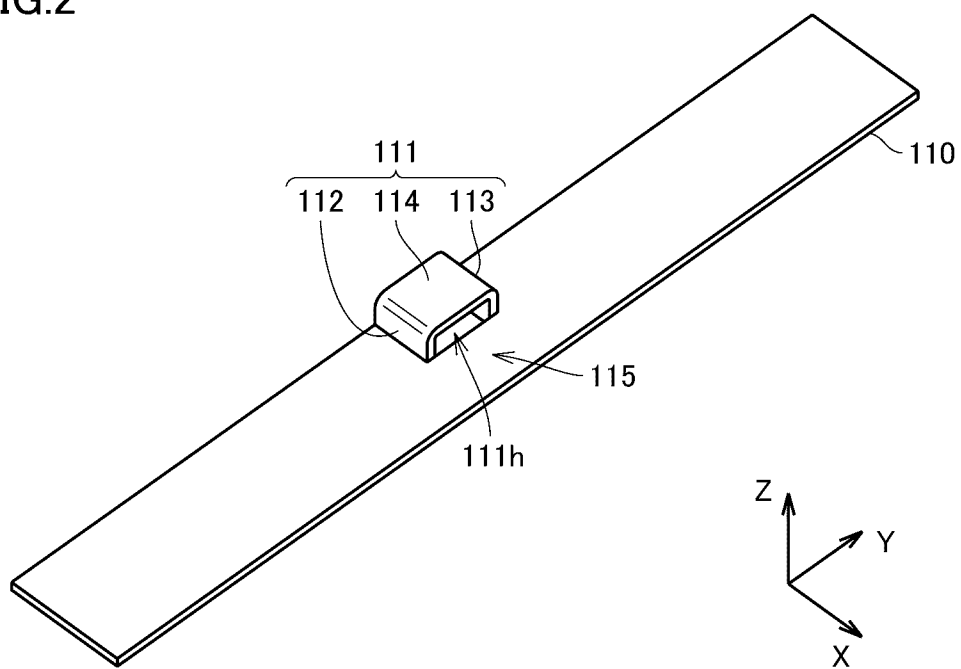
[図1]

FIG.1



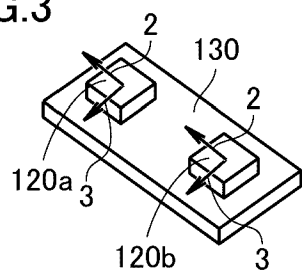
[図2]

FIG.2



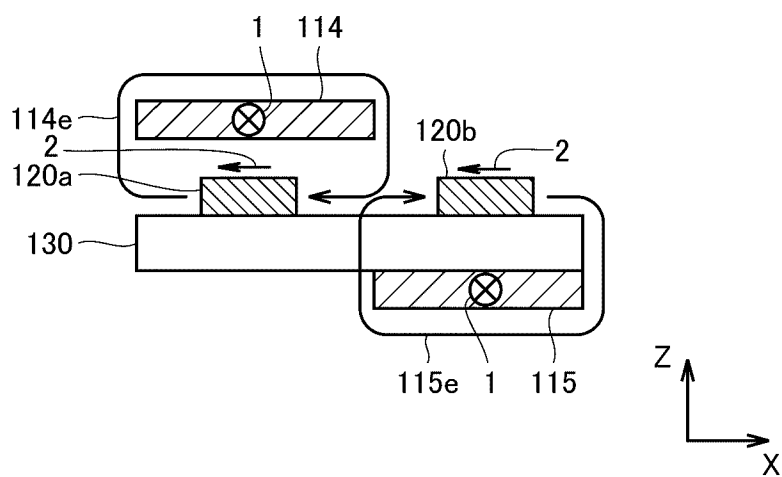
[図3]

FIG.3



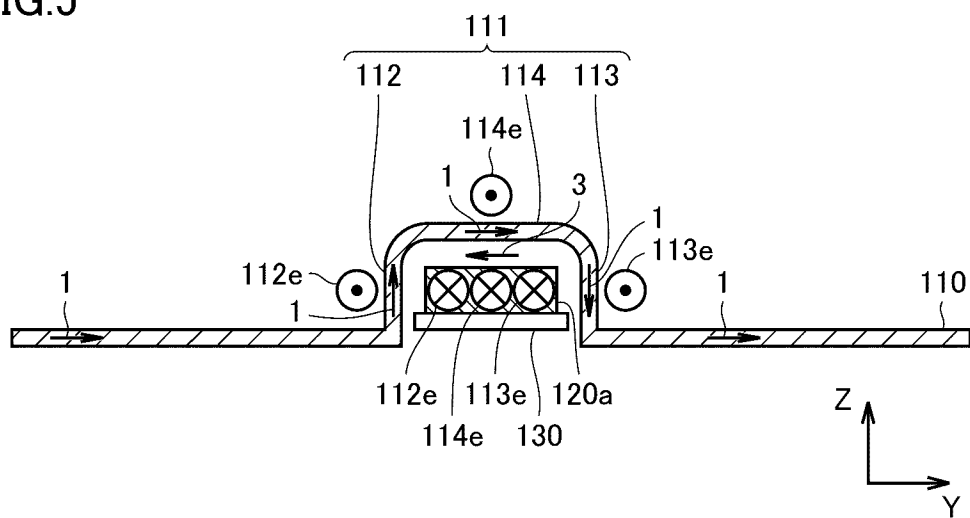
[図4]

FIG.4



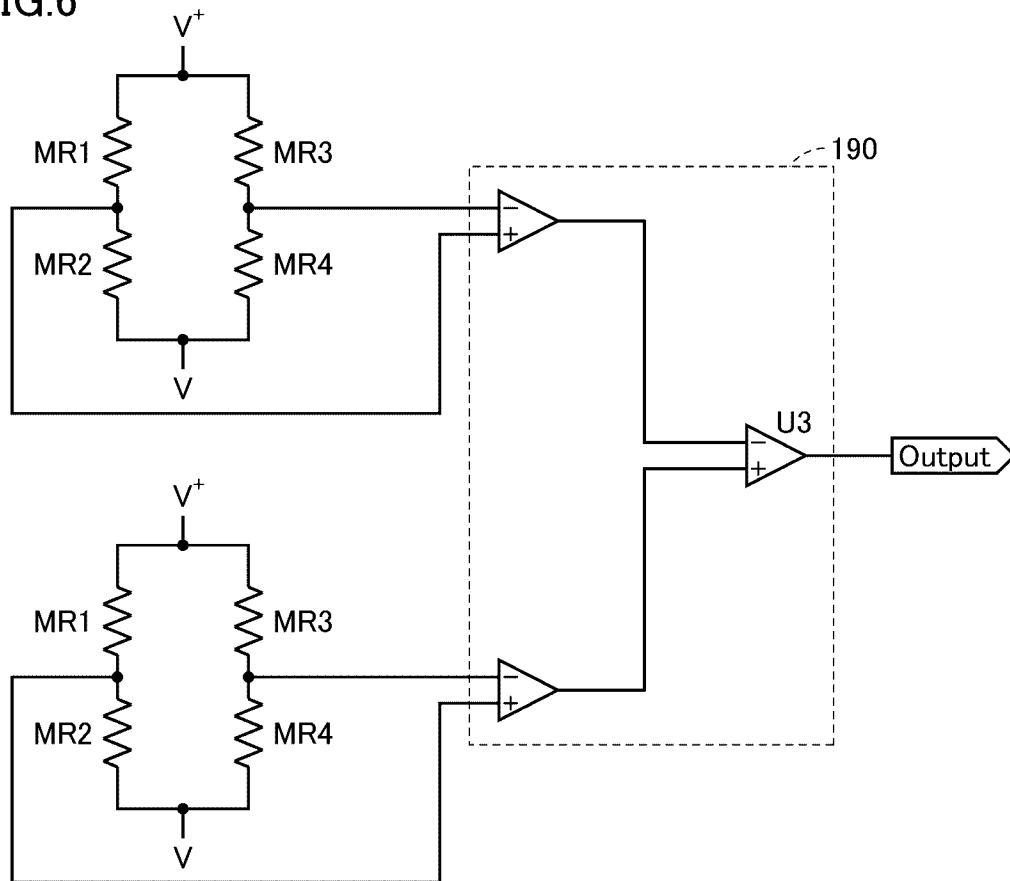
[図5]

FIG.5



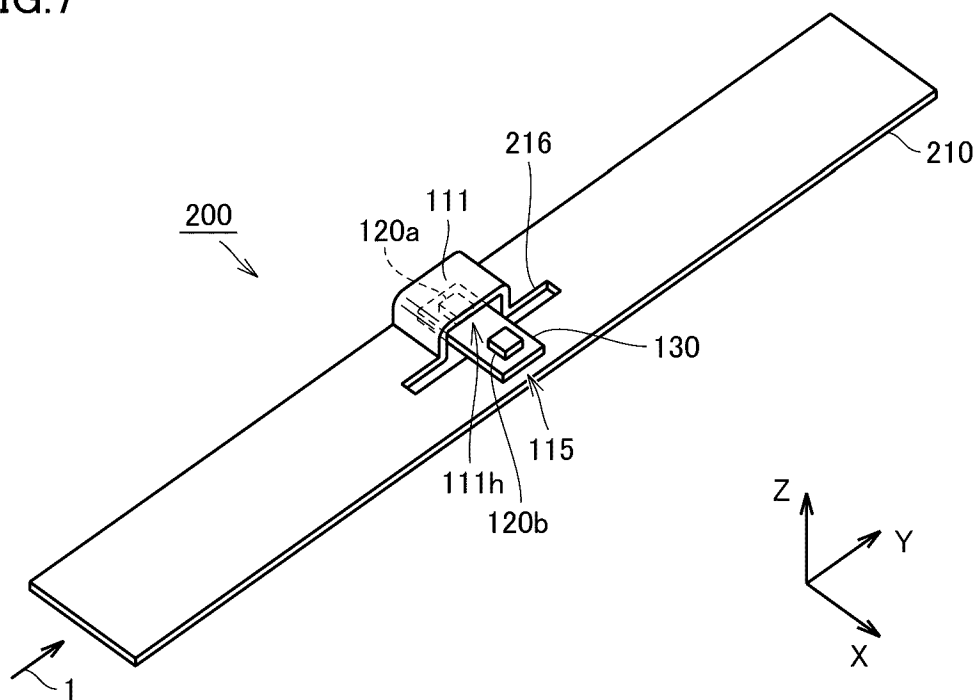
[図6]

FIG.6



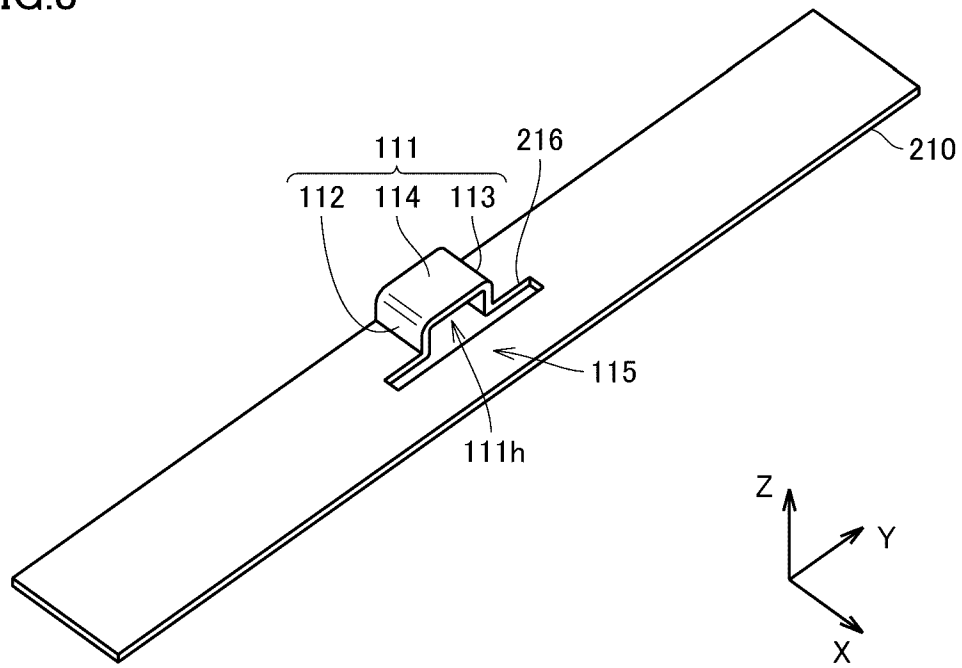
[図7]

FIG.7



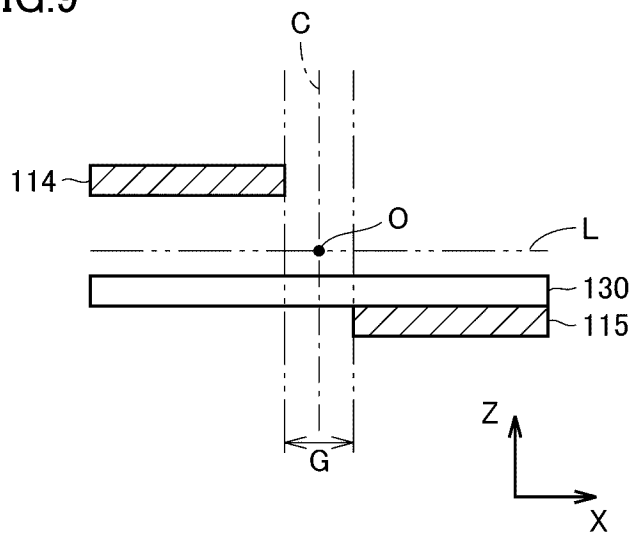
[図8]

FIG.8



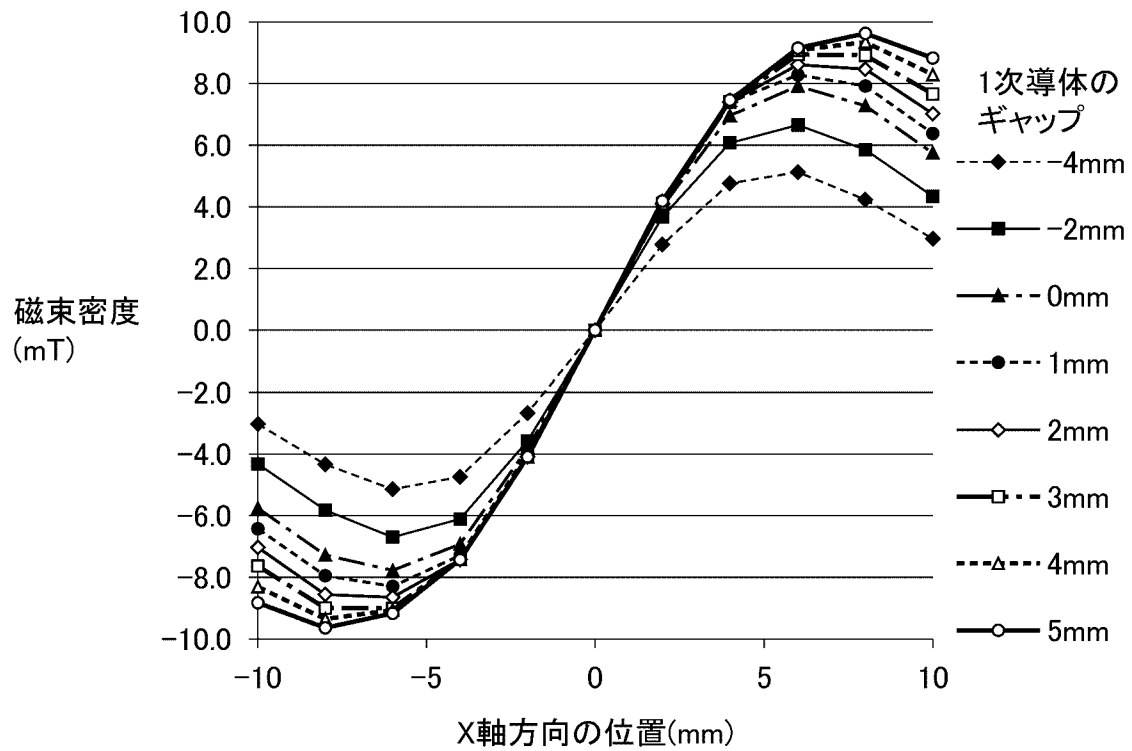
[図9]

FIG.9



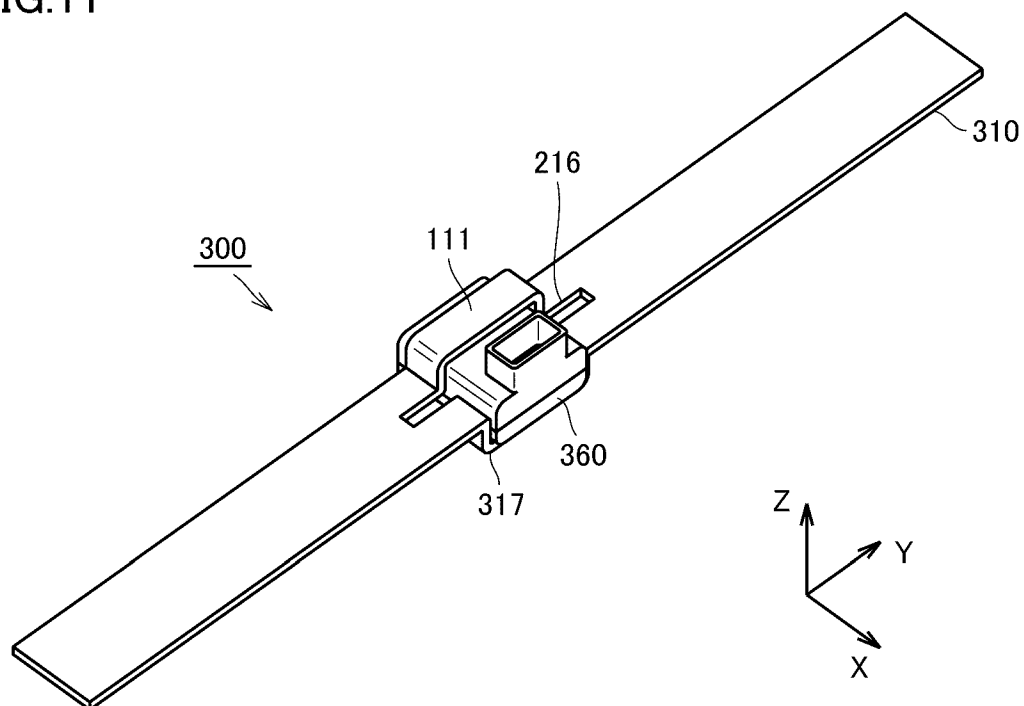
[図10]

FIG.10



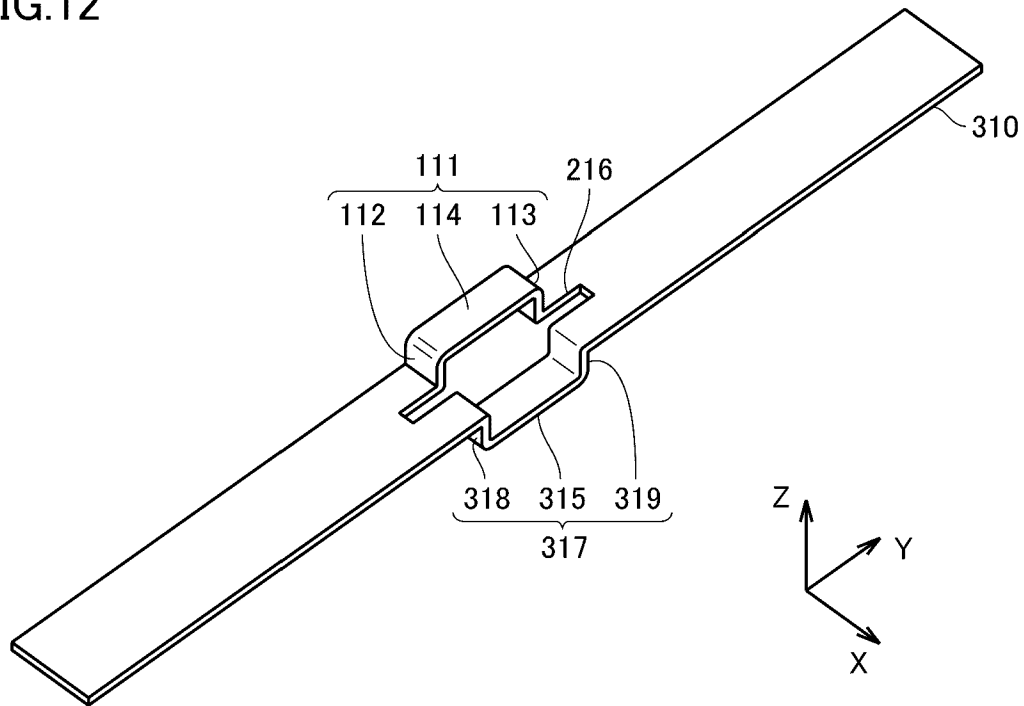
[図11]

FIG.11



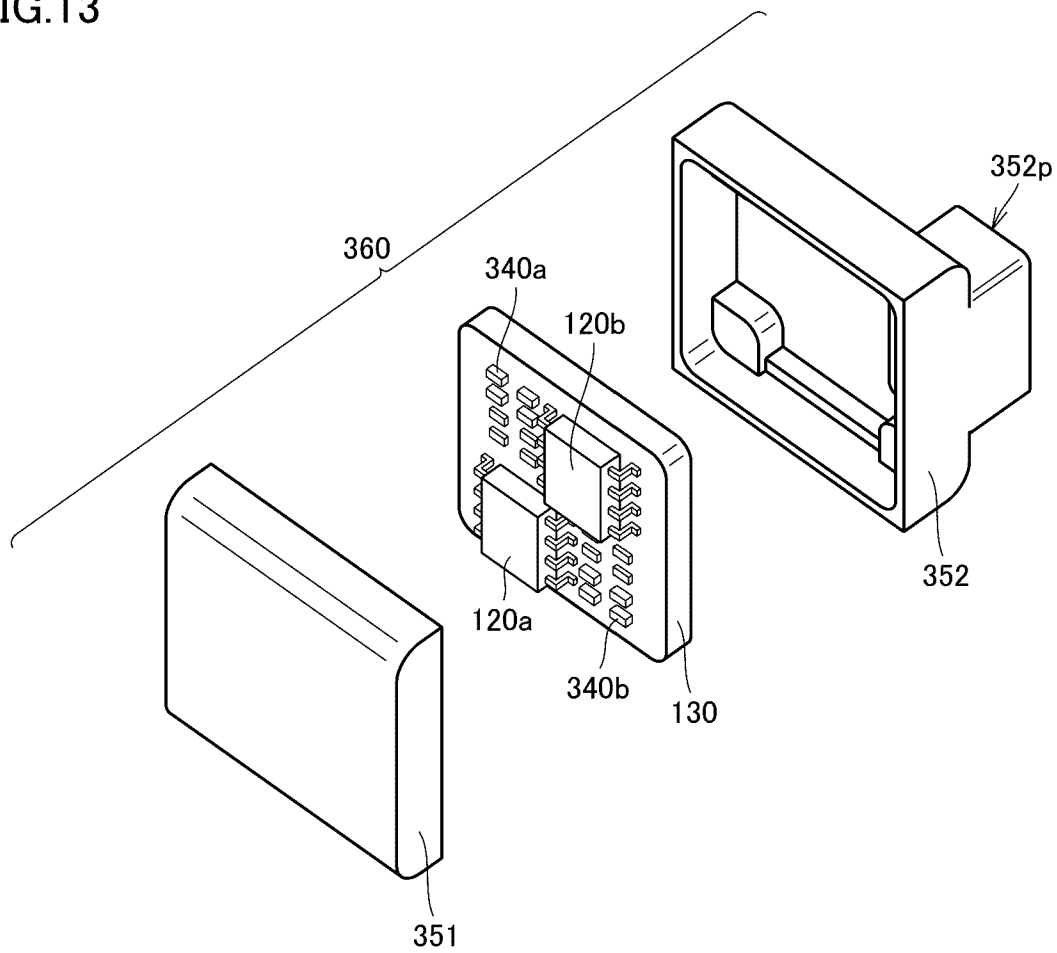
[図12]

FIG.12



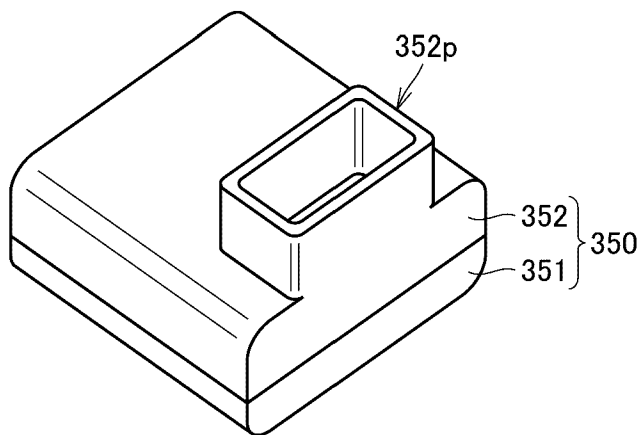
[図13]

FIG.13



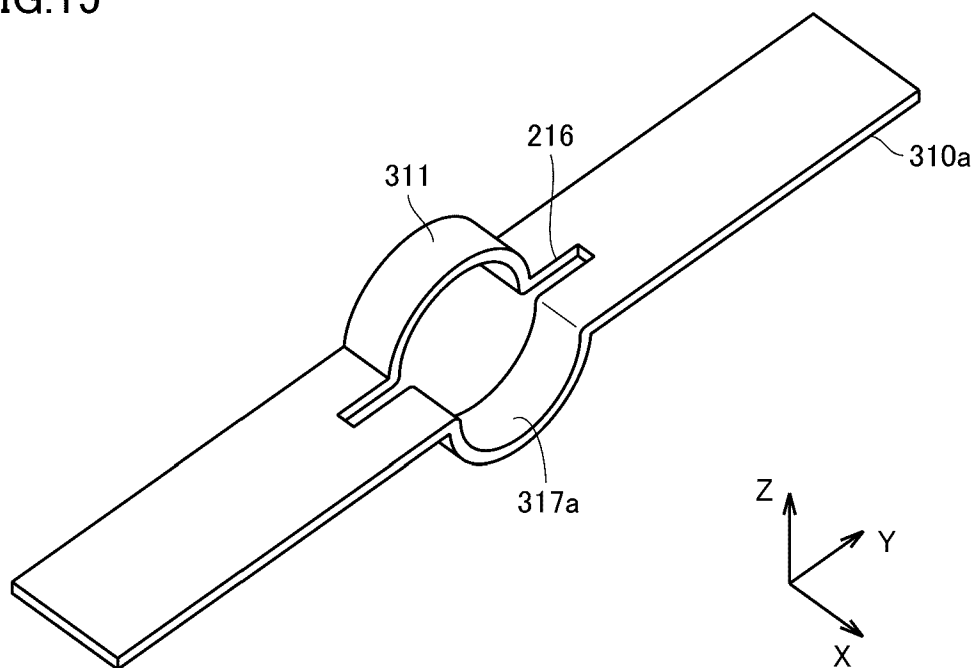
[図14]

FIG.14



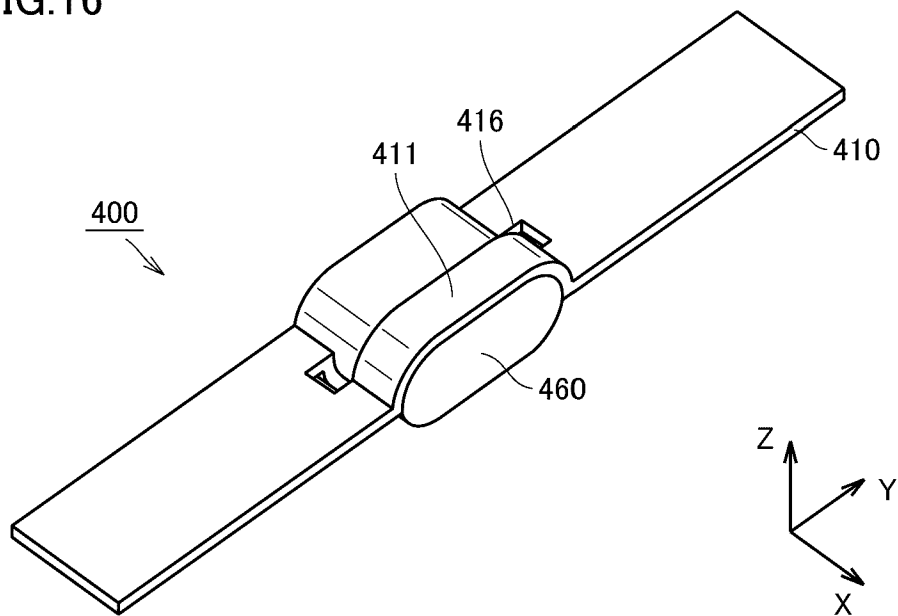
[図15]

FIG.15



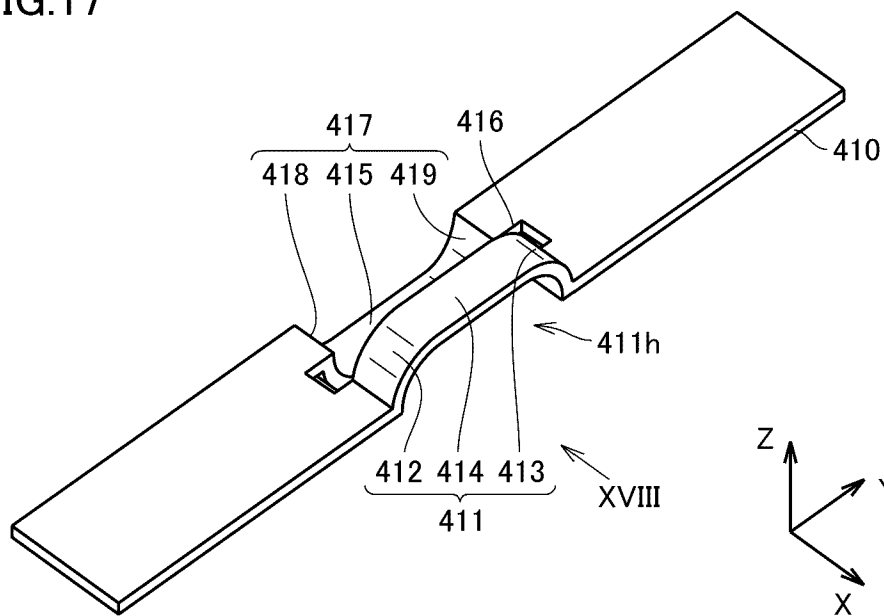
[図16]

FIG.16



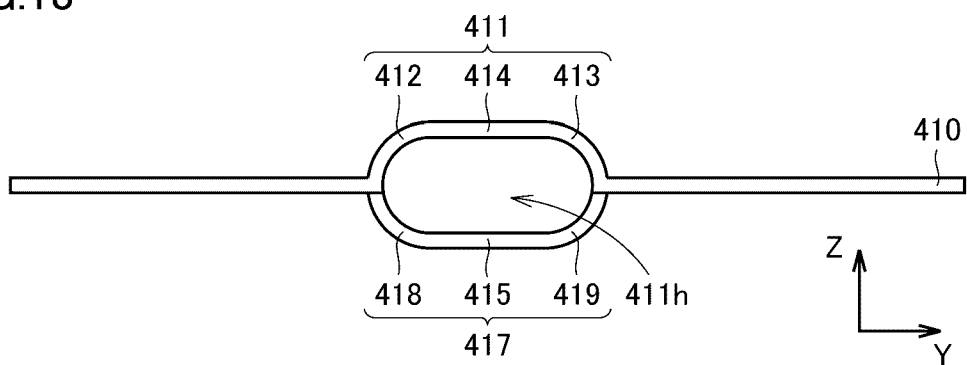
[図17]

FIG.17



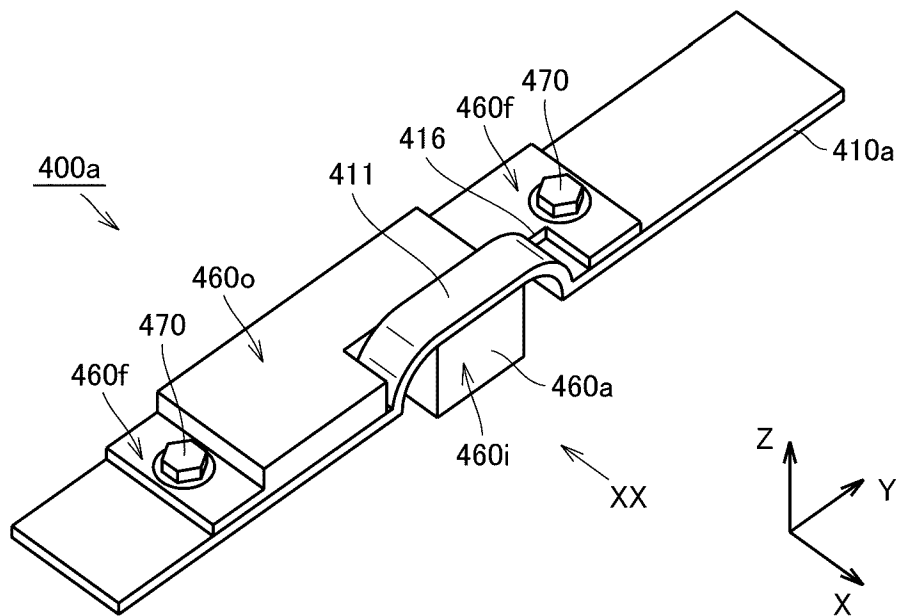
[図18]

FIG.18



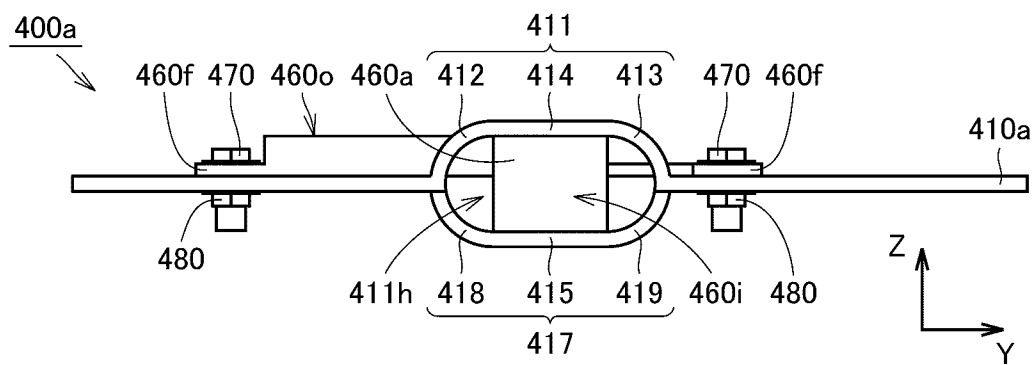
[図19]

FIG.19



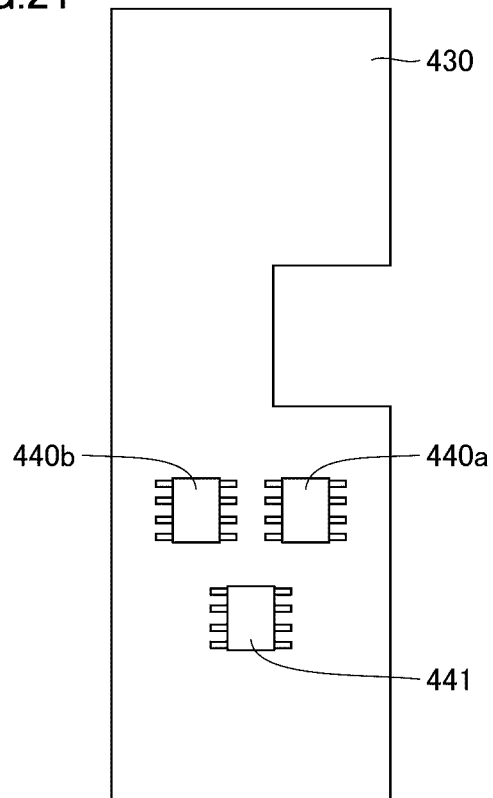
[図20]

FIG.20



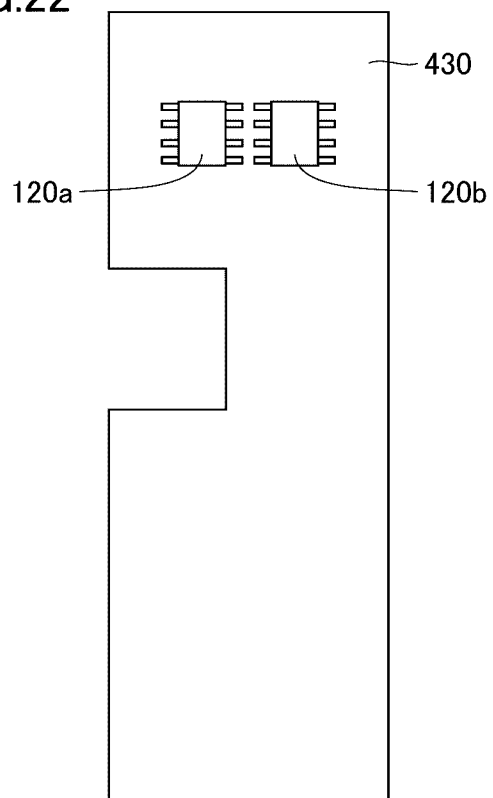
[図21]

FIG.21



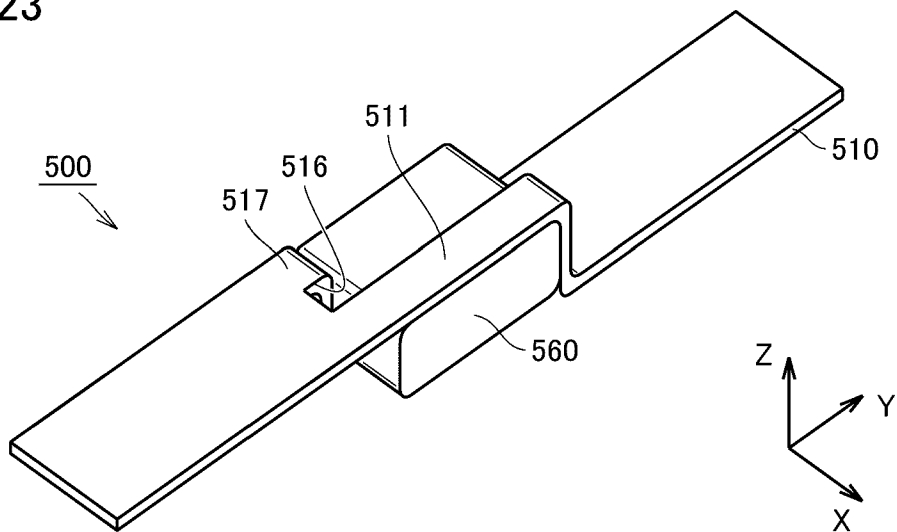
[図22]

FIG.22



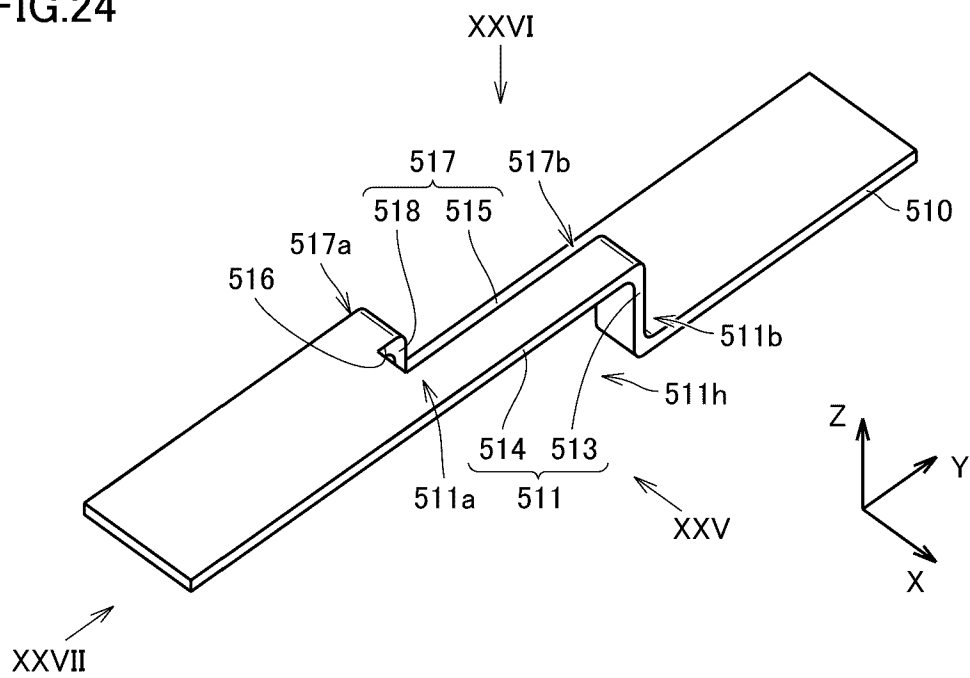
[図23]

FIG.23



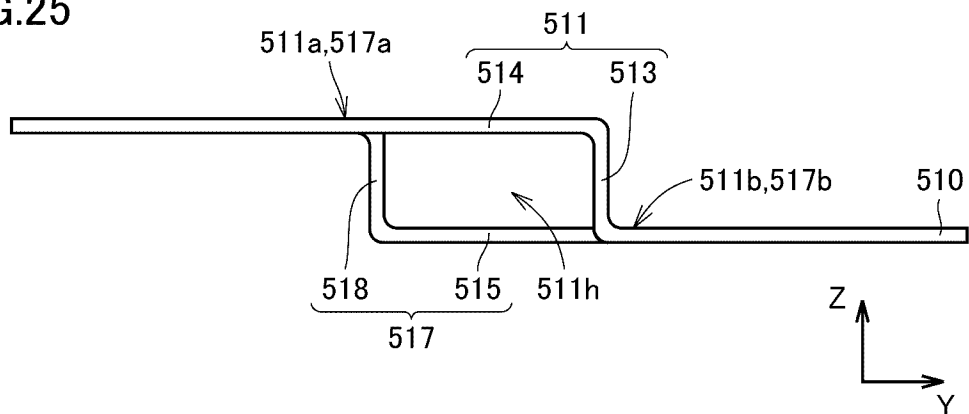
[図24]

FIG.24



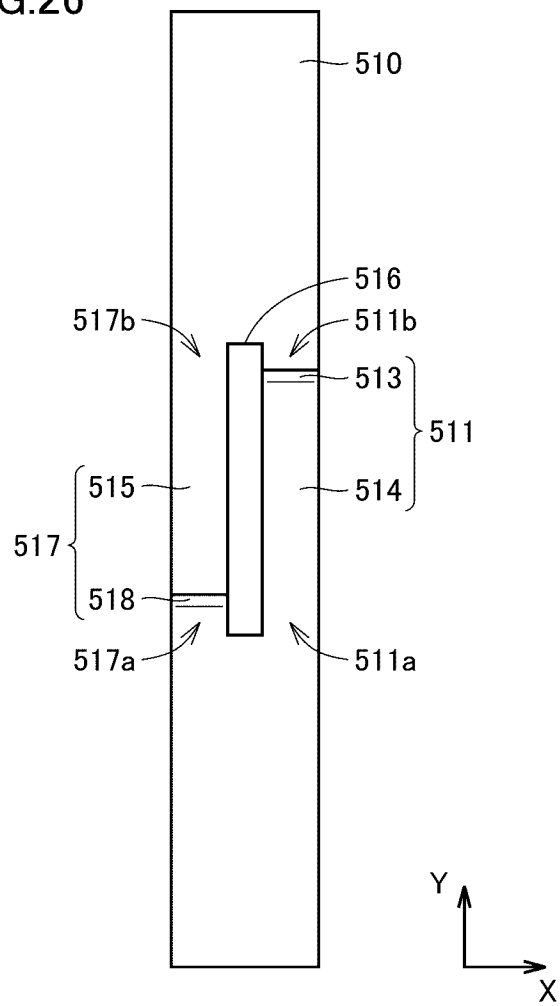
[図25]

FIG.25



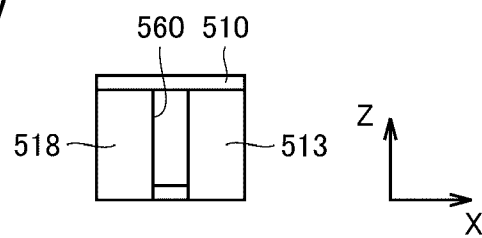
[図26]

FIG.26



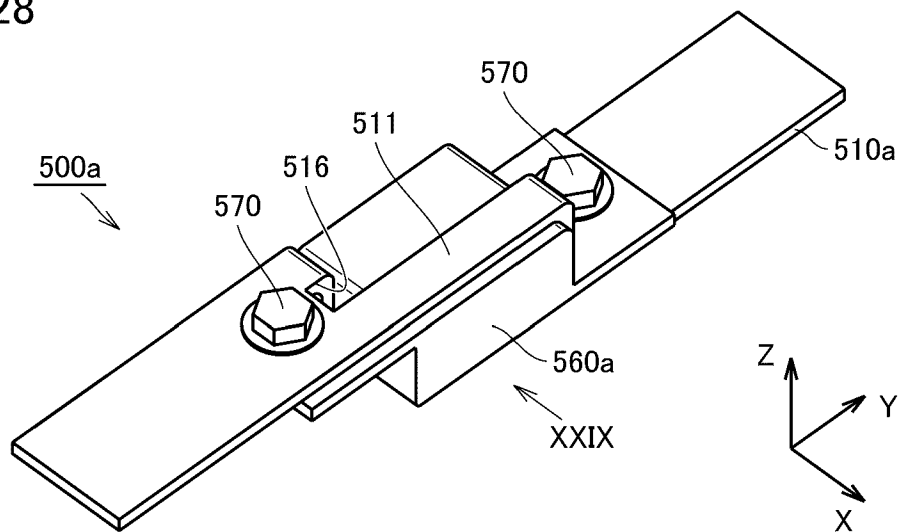
[図27]

FIG.27



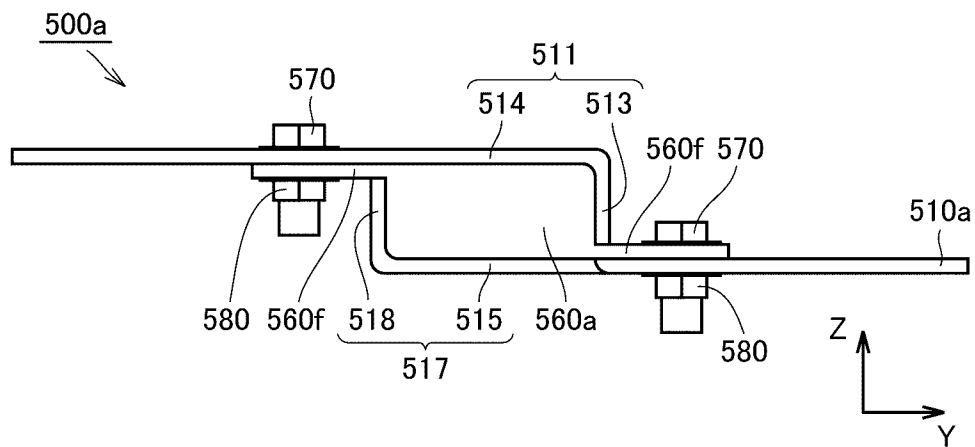
[図28]

FIG.28



[図29]

FIG.29



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/064900

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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 2011-185772 A (Alps Green Device Co., Ltd.), 22 September 2011 (22.09.2011), paragraphs [0001] to [0002], [0006] to [0008], [0019] to [0021]; fig. 1, 2 & US 2011/0221429 A1 fig. 1A, 1B, 2; paragraphs [0003], [0005], [0008] to [0010], [0034] to [0036] & CN 102193015 A	1-16
A	WO 2012/050048 A1 (Alps Green Device Co., Ltd.), 19 April 2012 (19.04.2012), paragraphs [0001] to [0003], [0005] to [0016], [0018], [0058]; fig. 3, 4, 5, 6 & JP 5659389 B2	1-16

☒ 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
12 July 2016 (12.07.16)

Date of mailing of the international search report
19 July 2016 (19.07.16)

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/JP2016/064900

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2013/005459 A1 (Alps Green Device Co., Ltd.), 10 January 2013 (10.01.2013), paragraphs [0001], [0005] to [0008], [0019] to [0054]; fig. 3, 4, 5, 6, 7 & US 2014/0097826 A1 fig. 3, 4A, 4B, 5A, 5B, 6A, 6B, 7; paragraphs [0003], [0007] to [0010], [0030] to [0065] & WO 2013/005458 A1	1-16

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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 2011-185772 A（アルプス・グリーンデバイス株式会社） 2011.09.22, 段落【0001】－【0002】、【0006】－ 【0008】、【0019】－【0021】、【図1】、【図2】 & US 2011/0221429 A1, FIG. 1A, FIG1B, FIG. 2, 段落[0003], [0005], [0008]－[0010], [0034]－[0036] & CN 102193015 A	1-16

☒ 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

12.07.2016

国際調査報告の発送日

19.07.2016

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）

永井 皓喜

2S

5701

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

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
A	WO 2012/050048 A1 (アルプス・グリーンデバイス株式会社) 2012.04.19, 段落[0001]－[0003], [0005]－[0016], [0018], [0058], [図 3], [図 4], [図 5], [図 6] & JP 5659389 B2	1-16
A	WO 2013/005459 A1 (アルプス・グリーンデバイス株式会社) 2013.01.10, 段落[0001], [0005]－[0008], [0019]－[0054], [図 3], [図 4], [図 5], [図 6], [図 7] & US 2014/0097826 A1, FIG. 3, FIG. 4A, FIG. 4B, FIG. 5A, FIG. 5B, FIG. 6A, FIG. 6B, FIG. 7, 段落[0003], [0007]－[0010], [0030]－[0065] & WO 2013/005458 A1	1-16