

(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8月11日(11.08.2016)



(10) 国際公開番号

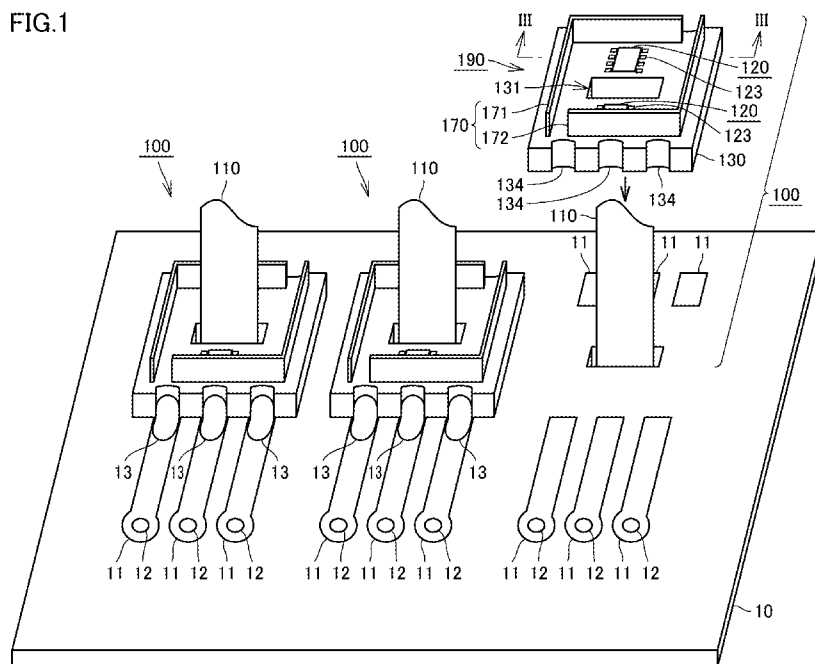
WO 2016/125367 A1

- (51) 国際特許分類:
G01R 15/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/082749
- (22) 国際出願日: 2015年11月20日(20.11.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-018324 2015年2月2日(02.02.2015) 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: 川浪 崇(KAWANAMI, Takashi); 〒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). 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, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: CURRENT SENSOR

(54) 発明の名称: 電流センサ

FIG.1



(57) Abstract: This current sensor is equipped with: a substrate (130) that is provided with a through hole (131), and at least one groove positioned around the through hole (131); a primary conductor (110), which penetrates the substrate (130) by being inserted into the through hole (131), and in which a current to be measured flows; at least one magnetic sensor (120), which is mounted on a first surface of the substrate (130), and which detects intensity of a magnetic field generated due to the current flowing in the primary conductor (110); and at least one magnetic material member (171, 172), which is fixed to the substrate (130) by having a part thereof inserted into the at least one groove, and which surrounds the primary conductor (110).

(57) 要約: 貫通孔(131)およびこの貫通孔(131)の周りに位置する少なくとも1つの溝が設けられた基板(130)と、上記貫通孔(131)に挿入されて基板(130)を貫通し、測定対象の電流が流れる1次導体(110)と、基板(130)の第1の面上

に実装され、1次導体(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少なくとも1つの磁気センサ(120)と、上記少なくとも1つの溝に一部が挿入されて基板(130)に固定され、1次導体(110)の周りを囲む少なくとも1つの磁性体部材(171, 172)とを備える。

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、特に、測定対象の電流に応じて発生する磁界を検出することで測定対象の電流の値を測定する電流センサに関する。

背景技術

[0002] 電流検出器の構成を開示した先行文献として、特開平４－３３５４２号公報(特許文献１)、および、特開平９－１２７１５９号公報(特許文献２)がある。

[0003] 特許文献１に記載されたサーボ駆動装置の電流検出器においては、ホール素子挿入用ギャップを有する磁性コアがプリント基板に固着され、ホール素子挿入用ギャップにホール素子が挿入配設されている。ホール素子の各端子は、プリント基板に形成された回路配線の端子に電氣的に接続されている。

[0004] 特許文献２に記載された電流検出器は、周回形状を有する磁路の一部にギャップを設けた磁気コアと、ギャップ内に配設されギャップ内を通過する磁束密度を検出する感磁素子とを有する。プリント基板には、被測定電流線を通す貫通孔が形成されている。貫通孔の周縁近傍に、感磁素子が配設されている。プリント基板には、アースラインに接続された接地用パターンが形成されている。接地用パターン上に、磁気コアが導電性接着剤により固定されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献１：特開平４－３３５４２号公報
特許文献２：特開平９－１２７１５９号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献１，２に記載された電流検出器においては、プリント基板の表面

に磁性コアである磁性体部材が配置されている。プリント基板の厚さ方向における磁性体部材の中央付近に、ホール素子が配置されている。上記の構成においては、プリント基板の厚さ方向における磁性体部材の高さに応じて電流検出器の高さが高くなるため、電流検出器をさらに小型にできる余地があった。

[0007] 本発明は上記の問題点に鑑みてなされたものであって、小型化された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

[0008] 本発明に基づく電流センサは、貫通孔およびこの貫通孔の周りに位置する少なくとも1つの溝が設けられた基板と、上記貫通孔に挿入されて基板を貫通し、測定対象の電流が流れる1次導体と、基板の第1の面上に実装され、1次導体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少なくとも1つの磁気センサと、上記少なくとも1つの溝に一部が挿入されて基板に固定され、1次導体の周りを囲む少なくとも1つの磁性体部材とを備える。

[0009] 本発明の一形態においては、上記少なくとも1つの磁性体部材は板状である。上記少なくとも1つの磁性体部材の厚さ方向は、基板の第1の面に沿っている。

[0010] 本発明の一形態においては、上記少なくとも1つの磁性体部材の幅の略半分が、上記少なくとも1つの溝に挿入されている。

[0011] 本発明の一形態においては、1次導体は、平板状の外形を有する。上記少なくとも1つの磁気センサは、1次導体の厚さ方向および基板の第1の面に垂直な方向の両方と直交する方向の磁界を検出可能とされている。

[0012] 本発明の一形態においては、上記少なくとも1つの磁気センサは、1次導体の幅方向における中央部の、1次導体の厚さ方向における一方側および他方側の少なくとも一方に配置されている。

[0013] 本発明の一形態においては、上記少なくとも1つの磁気センサは、上記少なくとも1つの磁性体部材に周りを囲まれている。

[0014] 本発明の一形態においては、上記少なくとも1つの磁性体部材は、基板の

第1の面に垂直な方向から見て、互いの端部同士の間になくとも1つの空隙が設けられた矩形形状を成している。上記少なくとも1つの磁気センサは、上記少なくとも1つの空隙にそれぞれ配置されている。

[0015] 本発明の一形態においては、上記少なくとも1つの磁気センサとして、第1磁気センサと第2磁気センサとを備える。第1磁気センサと第2磁気センサとは、1次導体に間隔を置いて1次導体を互いの間に挟んで位置している。

[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。1次導体を流れる上記電流により発生する磁界の強さについて、第1磁気センサの検出値の位相と第2磁気センサの検出値の位相とが逆相である。算出部が減算器または差動増幅器である。

[0017] 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。1次導体を流れる上記電流により発生する磁界の強さについて、第1磁気センサの検出値の位相と第2磁気センサの検出値の位相とが同相である。算出部が加算器または加算増幅器である。

発明の効果

[0018] 本発明によれば、電流センサを小型化できる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]本発明の実施形態1に係る3つの電流センサを備える電流センサモジュールの構成を示す平面図である。

[図2]本発明の実施形態1に係る電流センサの構成を示す分解斜視図である。

[図3]本発明の実施形態1に係る電流センサの断面図であって、図1のⅠⅠⅠ-ⅠⅠⅠ線矢印方向から見た図である。

[図4]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5]本発明の実施形態1の第2変形例に係る電流センサの磁気センサユニットの構造を示す断面図である。

[図6]本発明の実施形態2に係る電流センサの磁気センサユニットの外観を示す斜視図である。

[図7]本発明の実施形態2に係る電流センサの磁気センサユニットの構成を示す分解斜視図である。

[図8]本発明の実施形態3に係る電流センサの磁気センサユニットの外観を示す斜視図である。

[図9]本発明の実施形態3に係る電流センサの磁気センサユニットの構成を示す分解斜視図である。

[図10]本発明の実施形態4に係る電流センサの磁気センサユニットの外観を示す斜視図である。

[図11]本発明の実施形態4に係る電流センサの磁気センサユニットの構成を示す分解斜視図である。

[図12]本発明の実施形態5に係る電流センサの磁気センサユニットの外観を示す斜視図である。

[図13]本発明の実施形態5に係る電流センサの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6に係る電流センサの磁気センサユニットの外観を示す斜視図である。

[図15]本発明の実施形態7に係る電流センサの磁気センサユニットの外観を示す斜視図である。

[図16]本発明の実施形態8に係る電流センサの磁気センサユニットの外観を示す斜視図である。

[図17]本発明の実施形態8に係る電流センサの磁気センサユニットの構成を示す分解斜視図である。

発明を実施するための形態

[0020] 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。

[0021] (実施形態 1)

図 1 は、本発明の実施形態 1 に係る 3 つの電流センサを備える電流センサモジュールの構成を示す平面図である。図 2 は、本発明の実施形態 1 に係る電流センサの構成を示す分解斜視図である。図 3 は、本発明の実施形態 1 に係る電流センサの断面図であって、図 1 の | | | - | | | 線矢印方向から見た図である。図 4 は、本発明の実施形態 1 に係る電流センサの回路構成を示す回路図である。

[0022] 図 1 ～ 4 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、貫通孔 131 および貫通孔 131 の周りに位置する少なくとも 1 つの溝が設けられた基板 130 と、貫通孔 131 に挿入されて基板 130 を貫通し、測定対象の電流が流れる 1 次導体 110 と、基板 130 の第 1 の面上に実装され、1 次導体 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少なくとも 1 つの磁気センサ 120 と、上記少なくとも 1 つの溝に一部が挿入されて基板 130 に固定され、1 次導体 110 の周りを囲む少なくとも 1 つの磁性体部材とを備える。

[0023] 本実施形態に係る電流センサ 100 は、1 次導体 110 と、1 次導体 110 と組み合わせられる磁気センサユニット 190 とから構成されている。磁気センサユニット 190 は、電気回路が形成された基板 130 と、2 つの磁気センサ 120 と、磁性体部 170 とを含む。磁性体部 170 は、第 1 磁性体部材 171 と第 2 磁性体部材 172 とから構成されている。

[0024] 電流センサ 100 は、第 1 磁気センサと第 2 磁気センサとを備える。本実施形態に係る電流センサ 100 は、2 つの磁気センサ 120 を備えているが、これに限られず、少なくとも 1 つの磁気センサ 120 を備えていけばよい。

[0025] 以下、電流センサ 100 の各構成について詳細に説明する。

本実施形態においては、1 次導体 110 は、平板状の外形を有している。1 次導体 110 は、銅で構成されている。ただし、1 次導体 110 の材料はこれに限られず、銀、アルミニウムなどの金属またはこれらの金属を含む合

金でもよい。１次導体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、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、１次導体１１０の表面に設けられていてもよい。

[0026] 本実施形態においては、薄板をプレス加工することにより１次導体１１０が形成されている。ただし、１次導体１１０の形成方法はこれに限られず、切削または鋳造などの方法によって１次導体１１０が形成されてもよい。１次導体１１０に貫通孔または凹部が設けられていてもよい。１次導体１１０を流れる測定対象の電流は、１次導体１１０の延在方向、すなわち、基板１３０の第１の面に垂直な方向に流れる。

[0027] １次導体１１０と基板１３０の貫通孔１３１との間には、隙間が形成されている。本実施形態においては、１次導体１１０と基板１３０の貫通孔１３１との間の隙間には空気が存在するが、これに限られず、１次導体１１０と基板１３０の貫通孔１３１との間の隙間に絶縁性樹脂が配置されていてもよい。

[0028] 基板１３０は、ガラスエポキシ、またはアルミナなどのセラミックからなる基板本体、および、基板本体上に銅箔などの金属箔がパターンニングされて形成された配線を含む。

[0029] 本実施形態においては、基板１３０は、略直方体状の外形を有している。基板１３０の第１の面に垂直な方向から見て、基板１３０の中央に、１次導体１１０に挿通される長方形の貫通孔１３１が設けられている。

[0030] 基板１３０には、基板１３０の第１の面に垂直な方向から見て、貫通孔１３１の周りに略矩形状に位置する第１貫通溝１３２および第２貫通溝１３３が設けられている。基板１３０の第１の面に垂直な方向から見て、第１貫通溝１３２および第２貫通溝１３３の各々は、基板１３０の縁に沿ってＬ字状に設けられている。本実施形態においては、第１貫通溝１３２および第２貫通溝１３３の各々は、ルータ加工により設けられているが、これに限られず、プレス加工により設けられてもよい。

- [0031] 本実施形態に係る電流センサ１００の基板１３０においては、２つの溝が設けられているが、これに限られず、少なくとも１つの溝が設けられていればよい。また、溝の形状は、磁性体部１７０を構成する磁性体部材の形状に合わせて適宜決定される。さらに、本実施形態においては、第１貫通溝１３２および第２貫通溝１３３の各々の内周面に、めっき膜が形成されている。ただし、このめっき膜は、必ずしも設けられていなくてよい。
- [0032] 基板１３０の外周に、基板１３０の第１の面と第１の面に対向する第２の面とを繋ぐ半円筒状の複数のスルーホール電極１３４が設けられている。複数のスルーホール電極１３４の各々は、上記配線を通じて後述する磁気センサ１２０が有する信号処理集積回路と電氣的に接続されている。電流センサ１００は、複数のスルーホール電極１３４の各々を通じて、電力を外部から供給され、電流の測定値信号を外部に出力する。
- [0033] 磁気センサ１２０は、感磁素子が第１の面上に設けられた第１シリコン基板１２１と、信号処理集積回路が第１の面上に設けられ、第１シリコン基板１２１上に実装された第２シリコン基板１２２とを有する、磁気センサチップを含む。感磁素子と信号処理集積回路とは、ワイヤーボンディングにより互いに接続されている。第１シリコン基板１２１と第２シリコン基板１２２とは、ダイボンディング剤により互いに機械的に接合されている。
- [0034] 磁気センサチップは、図示しないリードフレーム上に載置され、リードフレームに対してダイボンディングおよびワイヤーボンディングされた状態で、トランスファーマー成形により絶縁性樹脂１２４に封止されている。リードフレームは、絶縁性樹脂１２４から露出した実装端子１２３に電氣的に接続されている。実装端子１２３は、基板１３０の第１の面に位置する配線に電氣的に接続されている。
- [0035] 基板１３０の第１の面上において、第１磁気センサは貫通孔１３１の短手方向の一方側に位置し、第２磁気センサは貫通孔１３１の短手方向の他方側に位置している。第１磁気センサと第２磁気センサとは、１次導体１１０に間隔を置いて１次導体１１０を互いの間に挟んで位置している。具体的には

、第1磁気センサは、1次導体110の幅方向における中央部の、1次導体110の厚さ方向における一方側に配置されている。第2磁気センサは、1次導体110の幅方向における中央部の、1次導体110の厚さ方向における他方側に配置されている。

[0036] 第1磁気センサおよび第2磁気センサの各々の検出軸の方向(感磁方向)は、1次導体110の幅方向に沿っている。すなわち、第1磁気センサおよび第2磁気センサの各々は、1次導体110の厚さ方向および基板130の第1の面に垂直な方向の両方と直交する方向の磁界を検出可能とされている。

[0037] 第1磁気センサおよび第2磁気センサの各々は、検出軸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。

[0038] 図4に示すように、第1磁気センサおよび第2磁気センサの各々は、感磁素子である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磁気センサおよび第2磁気センサの各々が、AMR素子に代えて、GMR(Giant Magneto Resistance)素子、TMR(Tunnel Magneto Resistance)素子、BMR(Balistic Magneto Resistance)素子、CMR(Colossal Magneto Resistance)素子などの磁気抵抗効果素子を有していてもよい。また、第1磁気センサおよび第2磁気センサの各々が、2つの磁気抵抗効果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磁気センサおよび第2磁気センサとして、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。磁気抵抗効果素子およびホール素子などの感磁素子は、上記のように絶縁性樹脂で封止されていてもよく、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。

[0039] 第1磁気センサおよび第2磁気センサの各々が有する信号処理集積回路は

、感磁素子にバイアス電圧を印加する、または、感磁素子にバイアス電流を流す、駆動部、感磁素子の出力を増幅する増幅部、および、第1磁気センサおよび第2磁気センサの各々の検出値を演算する算出部140などを含んでいる。

[0040] 第1磁気センサおよび第2磁気センサの各々の検出値を演算するには、第1磁気センサおよび第2磁気センサのいずれか一方の磁気センサチップの信号処理集積回路の算出部140を用いる。本実施形態に係る電流センサ100においては、算出部140は、差動増幅器である。ただし、算出部140が減算器であってもよい。算出部140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1次導体110を流れる電流の値を算出する。

[0041] なお、第1磁気センサおよび第2磁気センサの各々のAMR素子が、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てもよい。具体的には、第1磁気センサおよび第2磁気センサの各々のAMR素子が、バーバーポール型電極を含むことにより、所定の角度に電流が流れるようにバイアスされていてもよい。他にも、コイルの周囲に発生する誘導磁界、永久磁石の磁界、またはこれらを組み合わせた磁界を用いてAMR素子がバイアスされていてもよい。または、AMR素子を構成する膜の内部にバイアス磁界を発生できる層が設けられていてもよい。

[0042] 第1磁気センサの4つのAMR素子における磁気抵抗膜の磁化方向と、第2磁気センサの4つのAMR素子における磁気抵抗膜の磁化方向とは、それぞれ同一方向である。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。

[0043] 第1磁気センサおよび第2磁気センサの各々において、励磁コイル部を有さない開ループ式の磁界測定を行なってもよい。この場合、第1磁気センサおよび第2磁気センサの各々は、感磁素子の出力を直線的に増幅するまたは補正しつつ増幅する、信号処理集積回路の増幅部および変換部を経由して出力する。

- [0044] または、第1磁気センサおよび第2磁気センサの各々において、励磁コイル部を有する閉ループ式の磁界測定を行なってもよい。この場合、第1磁気センサおよび第2磁気センサの各々の信号処理集積回路は、励磁コイルの閉ループを含む。
- [0045] この信号処理集積回路においては、励磁コイル部に駆動部から駆動電流が供給される。駆動電流が励磁コイルを流れることにより発生する磁界は、感磁素子に印加される。感磁素子には1次導体110を流れた電流によって発生する磁界も印加される。そのため、感磁素子には、励磁コイルから発生する磁界と1次導体110を流れた電流によって発生する磁界とが重なって印加される。
- [0046] このように感磁素子に重なって印加された磁界の強さは、いわゆる重ねの理にしたがって、それらを重ね合わせた値となる。駆動部は、負帰還の働きにより感磁素子に重なって印加される磁界の強さが0または一定の強さとなるように、励磁コイル部に駆動電流を供給する。このときの駆動電流を信号処理集積回路の電流検出抵抗部と増幅部とによって測定することにより、1次導体110を流れた電流によって発生する磁界の強さを間接的に測定することができる。
- [0047] このように、閉ループ式の磁界測定を行なう場合は、一定の強さ(略0)の磁界が感磁素子に印加された状態で測定を行なうため、感磁素子の入出力特性(入力磁界と出力電圧との関係)の非線形性が測定結果の直線性に及ぼす影響を低減できる。
- [0048] 図1～3に示すように、第1磁性体部材171および第2磁性体部材172の各々は、板状であり、第1板状部と、第1板状部に直交している第2板状部とを有している。第1磁性体部材171および第2磁性体部材172の各々の厚さ方向は、基板130の第1の面に沿っている。第1磁性体部材171および第2磁性体部材172の各々の第1板状部と1次導体110とは、互いに平行に位置している。
- [0049] 第1磁性体部材171と第2磁性体部材172とから構成される磁性体部

１７０は、２つの空隙が設けられており、２つの空隙により周方向において不連続となった筒形状を有する。ただし、空隙は必ずしも設けられなくてもよく、磁性体部１７０が全周に亘って連続した筒形状を有していてもよい。この場合は、磁性体部１７０が、１つの磁性体部材で構成される。

[0050] 第１磁性体部材１７１および第２磁性体部材１７２は、基板１３０の第１の面に垂直な方向から見て、互いの端部同士の間空隙が設けられた矩形形状を成し、１次導体１１０、第１磁気センサおよび第２磁気センサの周りを囲んでいる。

[0051] ２つの空隙の各々は、基板１３０の第１の面に垂直な方向において、磁性体部１７０の一端から他端まで延在している。２つの空隙の各々は、基板１３０の第１の面に垂直な方向から見て、磁性体部１７０が成す矩形形状の対角に位置している。基板１３０の第１の面に垂直な方向から見て、磁性体部１７０が成す矩形形状の中心位置と、１次導体１１０の貫通孔１３１の位置とは重なっている。

[0052] 第１磁性体部材１７１においては、第１貫通溝１３２に第１磁性体部材１７１の幅方向の一部が挿入されている。本実施形態においては、図３に示すように、第１磁性体部材１７１の幅の略半分が、第１貫通溝１３２に挿入されている。第１磁性体部材１７１は、基板１３０の第２の面から突出していない。第１磁性体部材１７１の厚さの寸法は、第１貫通溝１３２の溝幅の寸法より僅かに小さい。

[0053] 第２磁性体部材１７２においては、第２貫通溝１３３に第２磁性体部材１７２の幅方向の一部が挿入されている。本実施形態においては、図３に示すように、第２磁性体部材１７２の幅の略半分が、第２貫通溝１３３に挿入されている。第２磁性体部材１７２は、基板１３０の第２の面から突出していない。第２磁性体部材１７２の厚さの寸法は、第２貫通溝１３３の溝幅の寸法より僅かに小さい。

[0054] 第１磁気センサおよび第２磁気センサの各々は、基板１３０の第１の面に垂直な方向において、第１磁性体部材１７１および第２磁性体部材１７２の

各々の幅の略中央と同等の位置に配置されている。

[0055] 第1磁性体部材171および第2磁性体部材172の各々は、PBパーマロイで構成されているが、第1磁性体部材171および第2磁性体部材172の各々の材料は、PBパーマロイに限られず、PCパーマロイ、軟鉄鋼、ケイ素鋼、電磁鋼、ニッケル合金、鉄合金またはフェライトなどの、透磁率および飽和磁束密度の高い磁性体材料であればよい。第1磁性体部材171および第2磁性体部材172の各々の表面に、めっきまたは塗装などの表面処理が施されていてもよい。第1磁性体部材171および第2磁性体部材172の各々に表面処理を施すことにより、後述する半田または接着剤との接着性の向上、導電性の向上、および、防錆などを図ることができる。

[0056] 本実施形態においては、薄板をプレス加工することにより第1磁性体部材171および第2磁性体部材172の各々が形成されている。ただし、第1磁性体部材171および第2磁性体部材172の各々の形成方法はこれに限られず、切削または鋳造などの方法によって第1磁性体部材171および第2磁性体部材172の各々が形成されてもよい。

[0057] 第1磁性体部材171は、半田または導電性接着剤などからなる導電性を有する接合剤180により、第1貫通溝132のめっき膜と接合されて、基板130に固定されている。第2磁性体部材172は、半田または導電性接着剤などからなる導電性を有する接合剤180により、第2貫通溝133のめっき膜と接合されて、基板130に固定されている。

[0058] 第1磁性体部材171および第2磁性体部材172の各々を導電性を有する接合剤180によって基板130に固定した場合、第1貫通溝132および第2貫通溝133の各々を接地電位または一定の電位に固定することにより、第1磁性体部材171および第2磁性体部材172の各々の電位を接地電位または一定の電位に固定することができる。なお、第1磁性体部材171および第2磁性体部材172の各々は、絶縁性接着剤などによって基板130に固定されていてもよい。

[0059] 第1磁性体部材171と第2磁性体部材172との間の空隙は、比透磁率

が1に近い材料で満たされていることが好ましい。具体的には、樹脂、無機物、セラミックス、若しくはこれらの複合材料、または空気などで、上記空隙が満たされていることが好ましい。樹脂では、ポリフェニレンサルファイド樹脂、ポリブチレンテレフタレート樹脂、液晶ポリマー、ポリアミド系樹脂、エポキシ樹脂、または、フェノール樹脂などを用いることができる。無機物では、ガラスなどを用いることができる。セラミックスでは、アルミナまたはステアタイトなどを用いることができる。

[0060] 図1に示すように、電流センサモジュールは、マザーボード10と、マザーボード10上に実装された3つの電流センサ100とから構成されている。マザーボード10は、たとえば、インバータの構成部品である。

[0061] マザーボード10には、1次導体110に挿通される長形状の3つの貫通孔が設けられている。マザーボード10の第1の面には、電流センサ100の複数のスルーホール電極134とそれぞれ接続される複数のランド11が設けられている。複数のランド11の各々の一端は、スルーホール電極12と電氣的に接続されている。電流センサ100がマザーボード10に実装された状態において、複数のスルーホール電極134と複数のランド11とは、それぞれ半田13によって接続されている。

[0062] 3つの電流センサ100は、マザーボード10に実装された状態において、1次導体110の幅方向において互いに間隔を置いて並んで配置されている。マザーボード10に実装された状態において、3つの電流センサ100の各々の基板130の第1の面とマザーボード10の第1の面とは略平行に位置している。

[0063] 以下、電流センサ100の動作について説明する。

1次導体110に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1次導体110の周りに右回りに周回する磁界が発生する。その結果、第1磁気センサおよび第2磁気センサの各々には、1次導体110の幅方向において互いに反対向きの磁界が印加される。

[0064] そのため、1次導体110を流れる電流により発生する磁界の強さについ

て、第1磁気センサの検出値の位相と、第2磁気センサの検出値の位相とは、逆相である。

[0065] よって、第1磁気センサの検出した磁界の強さを正の値とすると、第2磁気センサの検出した磁界の強さは負の値となる。第1磁気センサの検出値と第2磁気センサの検出値とは、算出部140に送信される。

[0066] 算出部140は、第1磁気センサの検出値から第2磁気センサの検出値を減算する。その結果、第1磁気センサの検出値の絶対値と、第2磁気センサの検出値の絶対値とが加算される。この加算結果から、1次導体110を流れた電流の値が算出される。

[0067] 本実施形態に係る電流センサ100においては、第1磁気センサと第2磁気センサとの間に、1次導体110が位置しているため、外部磁界源は、物理的に第1磁気センサと第2磁気センサとの間に位置することができない。

[0068] そのため、外部磁界源から第1磁気センサに印加される磁界のうちの検出軸の方向における磁界成分の向きと、外部磁界源から第2磁気センサに印加される磁界のうちの検出軸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磁気センサの検出した外部磁界の強さも正の値となる。

[0069] その結果、算出部140が第1磁気センサの検出値から第2磁気センサの検出値を減算することにより、第1磁気センサの検出値の絶対値と、第2磁気センサ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。

[0070] 本実施形態の第1変形例として、第1磁気センサおよび第2磁気センサにおいて、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磁気センサの検出する外部磁界の強さは負の値となる。

[0071] 一方、1次導体110を流れる電流により発生する磁界の強さについて、第1磁気センサの検出値の位相と、第2磁気センサの検出値の位相とは同相

となる。

[0072] 第1変形例においては、算出部140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磁気センサの検出値と第2磁気センサ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磁気センサの検出値の絶対値と、第2磁気センサ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。

[0073] 一方、1次導体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磁気センサの検出値と第2磁気センサ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磁気センサの検出値の絶対値と、第2磁気センサの検出値の絶対値とが加算される。この加算結果から、1次導体110を流れた電流の値が算出される。

[0074] このように、第1磁気センサと第2磁気センサ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。

[0075] 図1～3に示すように、本実施形態に係る電流センサ100においては、第1磁気センサおよび第2磁気センサの各々は、磁性体部170に周りを囲まれているため、第1磁気センサおよび第2磁気センサの各々に誤差要因である外部磁界が到達することを抑制できる。その結果、第1磁気センサおよび第2磁気センサの各々が、不要な外部磁界を検知しないようにすることができる。すなわち、磁性体部170は、磁気シールドとして機能する。

[0076] 本実施形態に係る電流センサ100においては、磁性体部170に空隙が設けられることにより、1次導体110を流れる電流により発生する磁界または外部磁界によって磁性体部170内を周回する磁束に対する磁気抵抗が増加する。その結果、第1磁性体部材171および第2磁性体部材172の各々が、1次導体110を流れる電流により発生する磁界または外部磁界によって磁気飽和することを抑制できる。これにより、磁性体部170の磁気シールドとしての機能を維持できるため、外部磁界が第1磁気センサおよび

第2磁気センサの各々に到達することを抑制できる。

[0077] 本実施形態に係る電流センサ100においては、基板130の溝に磁性体部170の一部を挿入して、磁性体部170によって磁気センサ120の周りを囲んでいるため、基板130の第1の面に垂直な方向において電流センサ100を薄型化できる。すなわち、電流センサ100を小型化できる。さらに、磁性体部170の剛性を増加させて、電流センサ100の耐久性を向上することができる。

[0078] 磁性体部170が、基板130の第2の面から突出していないため、電流センサ100をマザーボード10の第1の面に容易に実装することができる。電流センサ100とマザーボード10とを、スルーホール電極134を通じて電氣的に接続しているため、電流の測定値信号の伝送距離を短くすることができる。これにより、電磁障害を受けにくくすることができる。磁性体部170の電位を接地電位または一定の電位に固定することにより、さらに電磁障害を受けにくくすることができる。

[0079] 基板130の第1の面に垂直な方向において、磁気センサ120が磁性体部170の幅の略中央と同等の位置に配置されていることにより、磁気センサ120に外部磁界が及ぶことを効果的に抑制することができる。

[0080] 以下、本発明の実施形態1の第2変形例に係る電流センサについて説明する。本変形例に係る電流センサは、基板130の溝が底を有する点のみ実施形態1に係る電流センサ100と異なるため、他の構成については説明を繰り返さない。

[0081] 図5は、本発明の実施形態1の第2変形例に係る電流センサの磁気センサユニットの構造を示す断面図である。図5においては、図3と同一の断面視にて図示している。

[0082] 図5に示すように、本実施形態の第2変形例に係る電流センサの磁気センサユニット190aにおいては、基板130に、第1有底溝132aおよび第2有底溝133aが設けられている。第1有底溝132aおよび第2有底溝133aの各々は、ルータ加工により設けられている。第1有底溝132

aおよび第2有底溝133aの各々の内周面に、めっき膜が形成されていてもよい。

[0083] 本実施形態の第2変形例に係る電流センサにおいても、基板130の溝に磁性体部170の一部を挿入して、磁性体部170によって磁気センサ120の周りを囲んでいるため、基板130の第1の面に垂直な方向において電流センサを薄型化できる。すなわち、電流センサを小型化できる。

[0084] 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。本実施形態に係る電流センサは、磁性体部材および溝の各々の形状のみ実施形態1に係る電流センサ100と異なるため、他の構成については説明を繰り返さない。

[0085] (実施形態2)

図6は、本発明の実施形態2に係る電流センサの磁気センサユニットの外観を示す斜視図である。図7は、本発明の実施形態2に係る電流センサの磁気センサユニットの構成を示す分解斜視図である。

[0086] 図6、7に示すように、本発明の実施形態2に係る電流センサの磁気センサユニット290は、磁性体部270を含む。磁性体部270は、第1磁性体部材271と第2磁性体部材272とから構成されている。

[0087] 第1磁性体部材271と第2磁性体部材272とから構成される磁性体部270は、2つの空隙が設けられており、2つの空隙により周方向において不連続となった筒形状を有する。第1磁性体部材271および第2磁性体部材272は、基板130の第1の面に垂直な方向から見て、互いの端部同士の間隙が設けられた矩形形状を成し、1次導体110、第1磁気センサおよび第2磁気センサの周りを囲んでいる。

[0088] 2つの空隙の各々は、基板130の第1の面に垂直な方向において、磁性体部270の一端から他端まで延在している。2つの空隙の各々は、基板130の第1の面に垂直な方向から見て、磁性体部270が成す矩形形状の対角に位置している。基板130の第1の面に垂直な方向から見て、磁性体部270が成す矩形形状の中心位置と、1次導体110の貫通孔131の位置

とは重なっている。

- [0089] 第1磁性体部材271および第2磁性体部材272の各々は、板状であり、第1板状部と、第1板状部に直交している第2板状部とを有している。第1磁性体部材271および第2磁性体部材272の各々の厚さ方向は、基板130の第1の面に沿っている。第1磁性体部材271および第2磁性体部材272の各々の第1板状部と1次導体110とは、互いに平行に位置している。
- [0090] 第1磁性体部材271の第1板状部における第2板状部との隣接部に、基板130の第1の面に垂直な方向において第1板状部の両外側から内側に向けて凹んだ一对の切欠部271cが設けられている。第1磁性体部材271の第1板状部における第2板状部側とは反対側の端部に、基板130の第1の面に垂直な方向において第1板状部の両外側から内側に向けて凹んだ一对の切欠部271dが設けられている。
- [0091] 第2磁性体部材272の第1板状部における第2板状部との隣接部に、基板130の第1の面に垂直な方向において第1板状部の両外側から内側に向けて凹んだ一对の切欠部272cが設けられている。第2磁性体部材272の第1板状部における第2板状部側とは反対側の端部に、基板130の第1の面に垂直な方向において第1板状部の両外側から内側に向けて凹んだ一对の切欠部272dが設けられている。
- [0092] 基板130には、第1磁性体部材271の第1板状部が挿入される第1貫通溝232a、第1磁性体部材271の第2板状部が挿入される第1貫通溝232b、第2磁性体部材272の第1板状部が挿入される第2貫通溝233a、第2磁性体部材272の第2板状部が挿入される第2貫通溝233bが設けられている。
- [0093] 第1貫通溝232a、第1貫通溝232b、第2貫通溝233aおよび第2貫通溝233bの各々は、基板130の縁に沿って直線状に設けられている。切欠部271c、切欠部271d、切欠部272cおよび切欠部272dの各々に対応する位置には、貫通溝が設けられていない。

[0094] 本発明の実施形態２に係る電流センサにおいても、基板１３０の溝に磁性体部２７０の一部を挿入して、磁性体部２７０によって磁気センサ１２０の周りを囲んでいるため、基板１３０の第１の面に垂直な方向において電流センサを薄型化できる。すなわち、電流センサを小型化できる。

[0095] 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。本実施形態に係る電流センサは、磁性体部が２重に設けられている点のみ実施形態２に係る電流センサと異なるため、他の構成については説明を繰り返さない。

[0096] （実施形態３）

図８は、本発明の実施形態３に係る電流センサの磁気センサユニットの外観を示す斜視図である。図９は、本発明の実施形態３に係る電流センサの磁気センサユニットの構成を示す分解斜視図である。

[0097] 図８、９に示すように、本発明の実施形態３に係る電流センサの磁気センサユニット３９０は、第１磁性体部２７０および第２磁性体部３７０を含む。第２磁性体部３７０は、２つの空隙が設けられており、２つの空隙により周方向において不連続となった筒形状を有する。本実施形態においては、第２磁性体部３７０は、第１磁性体部材３７１と第２磁性体部材３７２とから構成されている。第１磁性体部材３７１および第２磁性体部材３７２は、基板１３０の第１の面に垂直な方向から見て、互いの端部同士の間空隙が設けられた矩形形状を成し、第１磁性体部２７０に対して間隔を置いて第１磁性体部２７０の周りを囲んでいる。第２磁性体部３７０の空隙は、第１磁性体部材２７１および第２磁性体部材２７２の各々の屈曲部の外側に位置している。

[0098] 第１磁性体部材３７１および第２磁性体部材３７２の各々は、板状であり、第１板状部と、第１板状部に直交している第２板状部とを有している。第１磁性体部材３７１および第２磁性体部材３７２の各々の厚さ方向は、基板１３０の第１の面に沿っている。第１磁性体部材３７１および第２磁性体部材３７２の各々の第１板状部と１次導体１１０とは、互いに平行に位置している。

- [0099] 第1磁性体部材371の第1板状部における第2板状部との隣接部に、基板130の第1の面に垂直な方向において第1板状部の両外側から内側に向けて凹んだ一对の切欠部371cが設けられている。第1磁性体部材371の第1板状部における第2板状部側とは反対側の端部に、基板130の第1の面に垂直な方向において第1板状部の両外側から内側に向けて凹んだ一对の切欠部371dが設けられている。
- [0100] 第2磁性体部材372の第1板状部における第2板状部との隣接部に、基板130の第1の面に垂直な方向において第1板状部の両外側から内側に向けて凹んだ一对の切欠部372cが設けられている。第2磁性体部材372の第1板状部における第2板状部側とは反対側の端部に、基板130の第1の面に垂直な方向において第1板状部の両外側から内側に向けて凹んだ一对の切欠部372dが設けられている。
- [0101] 基板130には、第1磁性体部材371の第1板状部が挿入される第1貫通溝332a、第1磁性体部材371の第2板状部が挿入される第1貫通溝332b、第2磁性体部材372の第1板状部が挿入される第2貫通溝333a、第2磁性体部材372の第2板状部が挿入される第2貫通溝333bが設けられている。
- [0102] 第1貫通溝332a、第1貫通溝332b、第2貫通溝333aおよび第2貫通溝333bの各々は、基板130の縁に沿って直線状に設けられている。切欠部371c、切欠部371d、切欠部372cおよび切欠部372dの各々に対応する位置には、貫通溝が設けられていない。
- [0103] 第1貫通溝332aは、第1貫通溝232aの外側に、第1貫通溝232aと平行に設けられている。第1貫通溝332bは、第1貫通溝232bの外側に、第1貫通溝232bと平行に設けられている。第2貫通溝333aは、第2貫通溝233aの外側に、第2貫通溝233aと平行に設けられている。第2貫通溝333bは、第2貫通溝233bの外側に、第2貫通溝233bと平行に設けられている。
- [0104] 第1磁性体部材371および第2磁性体部材372の各々は、PBパーマ

ロイで構成されているが、第1磁性体部材371および第2磁性体部材372の各々の材料は、PBパーマロイに限られず、PCパーマロイ、軟鉄鋼、ケイ素鋼、電磁鋼、ニッケル合金、鉄合金またはフェライトなどの、透磁率および飽和磁束密度の高い磁性体材料であればよい。

[0105] 図8に示すように、本実施形態に係る電流センサにおいては、第1磁気センサおよび第2磁気センサの各々は、第1磁性体部270および第2磁性体部370によって周りを2重に囲まれているため、第1磁気センサおよび第2磁気センサの各々に誤差要因である外部磁界が到達することを抑制できる。その結果、第1磁気センサおよび第2磁気センサの各々が、不要な外部磁界を検知しないようにすることができる。すなわち、第1磁性体部270および第2磁性体部370の各々が、磁気シールドとして機能する。

[0106] また、第2磁性体部370の空隙が、第1磁性体部材271および第2磁性体部材272の各々の屈曲部の外側に位置していることにより、第1磁気センサおよび第2磁気センサの周りを、第1磁性体部270および第2磁性体部370によって略完全に囲むことができる。そのため、第1磁気センサおよび第2磁気センサの各々に誤差要因である外部磁界が到達することを確実に抑制できる。

[0107] 本発明の実施形態3に係る電流センサにおいても、基板130の溝に第1磁性体部270および第2磁性体部370の各々の一部を挿入して、第1磁性体部270および第2磁性体部370によって磁気センサ120の周りを2重に囲んでいるため、基板130の第1の面に垂直な方向において電流センサを薄型化できる。すなわち、電流センサを小型化できる。

[0108] 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。本実施形態に係る電流センサは、磁性体部材および溝の各々の形状のみ実施形態1に係る電流センサ100と異なるため、他の構成については説明を繰り返さない。

[0109] (実施形態4)

図10は、本発明の実施形態4に係る電流センサの磁気センサユニットの

外観を示す斜視図である。図 11 は、本発明の実施形態 4 に係る電流センサの磁気センサユニットの構成を示す分解斜視図である。

[0110] 図 10, 11 に示すように、本発明の実施形態 4 に係る電流センサの磁気センサユニット 490 は、磁性体部 470 を含む。磁性体部 470 は、第 1 磁性体部材 471 と第 2 磁性体部材 472 とから構成されている。

[0111] 第 1 磁性体部材 471 と第 2 磁性体部材 472 とから構成される磁性体部 470 は、2 つの空隙が設けられており、2 つの空隙により周方向において不連続となった筒形状を有する。第 1 磁性体部材 471 および第 2 磁性体部材 472 は、基板 130 の第 1 の面に垂直な方向から見て、互いの端部同士の間隙が設けられた矩形形状を成し、1 次導体 110、第 1 磁気センサおよび第 2 磁気センサの周りを囲んでいる。

[0112] 2 つの空隙の各々は、基板 130 の第 1 の面に垂直な方向において、磁性体部 470 の一端から他端まで延在している。2 つの空隙の各々は、基板 130 の第 1 の面に垂直な方向から見て、磁性体部 470 が成す矩形形状の対角に位置している。基板 130 の第 1 の面に垂直な方向から見て、磁性体部 470 が成す矩形形状の中心位置と、1 次導体 110 の貫通孔 131 の位置とは重なっている。

[0113] 第 1 磁性体部材 471 および第 2 磁性体部材 472 の各々は、板状であり、第 1 板状部と、第 1 板状部に直交している第 2 板状部とを有している。第 1 磁性体部材 471 および第 2 磁性体部材 472 の各々の厚さ方向は、基板 130 の第 1 の面に沿っている。第 1 磁性体部材 471 および第 2 磁性体部材 472 の各々の第 1 板状部と 1 次導体 110 とは、互いに平行に位置している。

[0114] 第 1 磁性体部材 471 の第 1 板状部における第 2 板状部との隣接部に、基板 130 の第 1 の面に垂直な方向において第 1 板状部の外側から内側に向けて凹んだ切欠部 471c が設けられている。切欠部 471c は、第 1 磁性体部材 471 の幅方向において、第 1 磁性体部材 471 の基板 130 に挿入される側に設けられている。

- [0115] 第2磁性体部材472の第1板状部における第2板状部との隣接部に、基板130の第1の面に垂直な方向において第1板状部の外側から内側に向けて凹んだ切欠部472cが設けられている。切欠部472cは、第2磁性体部材472の幅方向において、第2磁性体部材472の基板130に挿入される側に設けられている。
- [0116] 基板130には、第1磁性体部材471の第1板状部が挿入される第1貫通溝432、第2磁性体部材472の第1板状部が挿入される第2貫通溝433が設けられている。第1貫通溝432および第2貫通溝433の各々は、基板130の縁に沿って直線状に設けられている。切欠部471cおよび切欠部472cの各々に対応する位置には、貫通溝が設けられていない。
- [0117] 第1磁性体部材471の第2板状部は、基板130の周面に沿って位置し、基板130の周面に設けられた接地電極と半田によって接合されている。第2磁性体部材472の第2板状部は、基板130の周面に沿って位置し、基板130の周面に設けられた接地電極と半田によって接合されている。
- [0118] 本発明の実施形態4に係る電流センサにおいても、基板130の溝に磁性体部470の一部を挿入して、磁性体部470によって磁気センサ120の周りを囲んでいるため、基板130の第1の面に垂直な方向において電流センサを薄型化できる。すなわち、電流センサを小型化できる。
- [0119] 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。本実施形態に係る電流センサは、磁性体部材の形状のみ実施形態4に係る電流センサと異なるため、他の構成については説明を繰り返さない。
- [0120] (実施形態5)
- 図12は、本発明の実施形態5に係る電流センサの磁気センサユニットの外観を示す斜視図である。図13は、本発明の実施形態5に係る電流センサの磁気センサユニットの構成を示す分解斜視図である。
- [0121] 図12、13に示すように、本発明の実施形態5に係る電流センサの磁気センサユニット590は、磁性体部570を含む。磁性体部570は、第1磁性体部材571と第2磁性体部材572とから構成されている。

- [0122] 第1磁性体部材571と第2磁性体部材572とから構成される磁性体部570は、2つの空隙が設けられており、2つの空隙により周方向において不連続となった筒形状を有する。第1磁性体部材571および第2磁性体部材572は、基板130の第1の面に垂直な方向から見て、互いの端部同士の間空隙が設けられた矩形形状を成し、1次導体110、第1磁気センサおよび第2磁気センサの周りを囲んでいる。
- [0123] 2つの空隙の各々は、基板130の第1の面に垂直な方向において、磁性体部570の一端から他端まで延在している。2つの空隙の各々は、基板130の第1の面に垂直な方向から見て、磁性体部570が成す矩形形状の対角に位置している。基板130の第1の面に垂直な方向から見て、磁性体部570が成す矩形形状の中心位置と、1次導体110の貫通孔131の位置とは重なっている。
- [0124] 第1磁性体部材571および第2磁性体部材572の各々は、板状であり、第1板状部と、第1板状部に直交している第2板状部とを有している。第1磁性体部材571および第2磁性体部材572の各々の厚さ方向は、基板130の第1の面に沿っている。第1磁性体部材571および第2磁性体部材572の各々の第1板状部と1次導体110とは、互いに平行に位置している。
- [0125] 第1磁性体部材571の第1板状部における第2板状部との隣接部に、基板130の第1の面に垂直な方向において第1板状部の外側から内側に向けて凹んだ切欠部571cが設けられている。切欠部571cは、第1磁性体部材571の幅方向において、第1磁性体部材571の基板130に挿入される側に設けられている。
- [0126] 第1磁性体部材571の第2板状部には、第2板状部から直角に屈曲して突出した突出部571eが設けられている。突出部571eは、第1磁性体部材571の幅方向において、第1磁性体部材571の切欠部571cが位置する側に設けられている。
- [0127] 第2磁性体部材572の第1板状部における第2板状部との隣接部に、基

板 1 3 0 の第 1 の面に垂直な方向において第 1 板状部の外側から内側に向けて凹んだ切欠部 5 7 2 c が設けられている。切欠部 5 7 2 c は、第 2 磁性体部材 5 7 2 の幅方向において、第 2 磁性体部材 5 7 2 の基板 1 3 0 に挿入される側に設けられている。

[0128] 第 2 磁性体部材 5 7 2 の第 2 板状部には、第 2 板状部から直角に屈曲して突出した突出部 5 7 2 e が設けられている。突出部 5 7 2 e は、第 2 磁性体部材 5 7 2 の幅方向において、第 2 磁性体部材 5 7 2 の切欠部 5 7 2 c が位置する側に設けられている。

[0129] 突出部 5 7 1 e および突出部 5 7 2 e の各々が、マザーボード 1 0 の接地電極と半田によって接合されることにより、電流センサとマザーボード 1 0 との接合強度を向上することができる。

[0130] 本発明の実施形態 5 に係る電流センサにおいても、基板 1 3 0 の溝に磁性体部 5 7 0 の一部を挿入して、磁性体部 5 7 0 によって磁気センサ 1 2 0 の周りを囲んでいるため、基板 1 3 0 の第 1 の面に垂直な方向において電流センサを薄型化できる。すなわち、電流センサを小型化できる。

[0131] 以下、本発明の実施形態 6 に係る電流センサについて説明する。本実施形態に係る電流センサは、マザーボードとの接続端子の構成のみ実施形態 1 に係る電流センサ 1 0 0 と異なるため、他の構成については説明を繰り返さない。

[0132] (実施形態 6)

図 1 4 は、本発明の実施形態 6 に係る電流センサの磁気センサユニットの外観を示す斜視図である。図 1 4 に示すように、本発明の実施形態 6 に係る電流センサの磁気センサユニット 6 9 0 においては、基板 1 3 0 に、基板 1 3 0 の第 1 の面と第 1 の面に対向する第 2 の面とを繋ぐ円筒状の複数のスルーホール電極 6 3 4 が設けられている。

[0133] 複数のスルーホール電極 6 3 4 の各々には、ピン状の接続端子 6 3 5 が挿入されて半田にて接合されている。なお、接続端子の構成は、上記に限られず、たとえば、二又の接続端子が基板 1 3 0 の端部を挟み込んだ状態で、半

田または導電接着剤により基板 130 に接合されていてもよい。

[0134] マザーボード 10 には、複数の接続端子 635 に対応する位置に複数の孔部が設けられており、マザーボード 10 の孔部に接続端子 635 がそれぞれ挿入されて半田にて接合されることにより、電流センサがマザーボード 10 に実装される。マザーボード 10 の孔部の内周には、電極となるめっき膜が形成されている。

[0135] 本発明の実施形態 6 に係る電流センサにおいても、基板 130 の溝に磁性体部 170 の一部を挿入して、磁性体部 170 によって磁気センサ 120 の周りを囲んでいるため、基板 130 の第 1 の面に垂直な方向において電流センサを薄型化できる。すなわち、電流センサを小型化できる。

[0136] 以下、本発明の実施形態 7 に係る電流センサについて説明する。本実施形態に係る電流センサは、マザーボードとの接続端子の構成のみ実施形態 1 に係る電流センサ 100 と異なるため、他の構成については説明を繰り返さない。

[0137] (実施形態 7)

図 15 は、本発明の実施形態 7 に係る電流センサの磁気センサユニットの外観を示す斜視図である。図 15 に示すように、本発明の実施形態 7 に係る電流センサの磁気センサユニット 790 においては、基板 130 に、基板 130 の第 1 の面と第 1 の面に対向する第 2 の面とを繋ぐ円筒状の複数のスルーホール電極 634 が設けられている。

[0138] 複数のスルーホール電極 634 の各々には、接続端子 735 が挿入されて半田にて接合されている。接続端子 735 は、一端側に円柱状の円柱部を有し、他端側に平板状の平板部を有している。接続端子 735 は、円柱部と平板部との間で屈曲している。

[0139] 接続端子 735 の円柱部が、スルーホール電極 634 に挿入されている。接続端子 735 の平板部は、基板 130 の第 2 の面に沿って延在し、マザーボード 10 のランド 11 と、抵抗溶接またはレーザー溶接によって電氣的に接続される。

[0140] 本発明の実施形態 7 に係る電流センサにおいても、基板 130 の溝に磁性体部 170 の一部を挿入して、磁性体部 170 によって磁気センサ 120 の周りを囲んでいるため、基板 130 の第 1 の面に垂直な方向において電流センサを薄型化できる。すなわち、電流センサを小型化できる。

[0141] 以下、本発明の実施形態 8 に係る電流センサについて説明する。本実施形態に係る電流センサは、磁性体部材の形状、溝の形状、および、磁気センサの配置が主に実施形態 1 に係る電流センサ 100 と異なるため、他の構成については説明を繰り返さない。

[0142] (実施形態 8)

図 16 は、本発明の実施形態 8 に係る電流センサの磁気センサユニットの外観を示す斜視図である。図 17 は、本発明の実施形態 8 に係る電流センサの磁気センサユニットの構成を示す分解斜視図である。

[0143] 図 16, 17 に示すように、本発明の実施形態 8 に係る電流センサの磁気センサユニット 890 は、1 つの磁気センサ 120 および磁性体部 870 を含む。磁性体部 870 は、基板 130 の第 1 の面に垂直な方向から見て、C 字形状を有する 1 つの磁性体部材で構成されている。

[0144] 磁性体部 870 を構成する磁性体部材は、基板 130 の第 1 の面に垂直な方向から見て、互いの端部同士の間になくとも 1 つの空隙が設けられた矩形形状を成し、1 次導体 110 の周りを囲んでいる。磁気センサ 120 は、磁性体部 870 の空隙に配置されている。

[0145] 磁性体部 870 を構成する磁性体部材は、板状であり、第 1 板状部と、第 1 板状部に直交して互いに対向している 1 対の第 2 板状部と、1 対の第 2 板状部にそれぞれ直交して第 1 板状部に対向している 1 対の第 3 板状部とを有している。1 対の第 3 板状部の間に、空隙が設けられている。

[0146] 磁性体部 870 を構成する磁性体部材の厚さ方向は、基板 130 の第 1 の面に沿っている。磁性体部 870 を構成する磁性体部材の第 1 板状部と 1 対の第 3 板状部と 1 次導体 110 とは、互いに平行に位置している。

[0147] 磁性体部 870 を構成する磁性体部材の第 1 板状部における一方の第 2 板

状部との隣接部に、基板 130 の第 1 の面に垂直な方向において第 1 板状部の両外側から内側に向けて凹んだ 1 対の切欠部 870 b が設けられている。磁性体部 870 を構成する磁性体部材の第 1 板状部における他方の第 2 板状部との隣接部に、基板 130 の第 1 の面に垂直な方向において第 1 板状部の両外側から内側に向けて凹んだ 1 対の切欠部 870 c が設けられている。

[0148] 磁性体部 870 を構成する磁性体部材の一方の第 3 板状部における一方の第 2 板状部との隣接部に、基板 130 の第 1 の面に垂直な方向において第 1 板状部の両外側から内側に向けて凹んだ 1 対の切欠部 870 a が設けられている。磁性体部 870 を構成する磁性体部材の他方の第 3 板状部における他方の第 2 板状部との隣接部に、基板 130 の第 1 の面に垂直な方向において第 1 板状部の両外側から内側に向けて凹んだ 1 対の切欠部 870 d が設けられている。

[0149] 基板 130 には、磁性体部 870 を構成する磁性体部材の第 1 板状部が挿入される第 1 貫通溝 832 c、磁性体部 870 を構成する磁性体部材の一方の第 2 板状部が挿入される第 2 貫通溝 832 b、磁性体部 870 を構成する磁性体部材の他方の第 2 板状部が挿入される第 2 貫通溝 832 d、磁性体部 870 を構成する磁性体部材の一方の第 3 板状部が挿入される第 3 貫通溝 832 a、磁性体部 870 を構成する磁性体部材の他方の第 3 板状部が挿入される第 3 貫通溝 832 e が設けられている。第 1 貫通溝 832 c、第 2 貫通溝 832 b、832 d、第 3 貫通溝 832 a、832 e の各々は、基板 130 の縁に沿って直線状に設けられている。切欠部 870 a、切欠部 870 b、切欠部 870 c および切欠部 870 d の各々に対応する位置には、貫通溝が設けられていない。

[0150] 本発明の実施形態 8 に係る電流センサにおいても、基板 130 の溝に磁性体部 870 の一部を挿入して、磁性体部 870 の空隙に磁気センサ 120 を配置しているため、基板 130 の第 1 の面に垂直な方向において電流センサを薄型化できる。すなわち、電流センサを小型化できる。

[0151] 本発明の実施形態 1 ～ 8 の各々に係る電流センサにおいて、相互に組み合

わせ可能な構成を適宜組み合わせてもよい。

[0152] 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

[0153] 10 マザーボード、11 ランド、12, 134, 634 スルーホール電極、13 半田、100 電流センサ、110 1次導体、120 磁気センサ、121 第1シリコン基板、122 第2シリコン基板、123 実装端子、124 絶縁性樹脂、130 基板、131 貫通孔、132, 232a, 232b, 332a, 332b, 432, 832c 第1貫通溝、132a 第1有底溝、133, 233a, 233b, 333a, 333b, 433, 832b, 832d 第2貫通溝、133a 第2有底溝、140 算出部、170, 270, 470, 570, 870 磁性体部、171, 271, 371, 471, 571 第1磁性体部材、172, 272, 372, 472, 572 第2磁性体部材、180 接合剤、190, 190a, 290, 390, 490, 590, 690, 790, 890 磁気センサユニット、271c, 271d, 272c, 272d, 371c, 371d, 372c, 372d, 471c, 472c, 571c, 572c, 870a, 870b, 870c, 870d 切欠部、370 第2磁性体部、571e, 572e 突出部、635, 735 接続端子、832a, 832e 第3貫通溝。

請求の範囲

- [請求項1] 貫通孔および該貫通孔の周りに位置する少なくとも1つの溝が設けられた基板と、
前記貫通孔に挿入されて前記基板を貫通し、測定対象の電流が流れる1次導体と、
前記基板の第1の面上に実装され、前記1次導体を流れる前記電流により発生する磁界の強さを検出する少なくとも1つの磁気センサと、
前記少なくとも1つの溝の一部が挿入されて前記基板に固定され、前記1次導体の周りを囲む少なくとも1つの磁性体部材とを備える、電流センサ。
- [請求項2] 前記少なくとも1つの磁性体部材は板状であり、
前記少なくとも1つの磁性体部材の厚さ方向は、前記基板の第1の面に沿っている、請求項1に記載の電流センサ。
- [請求項3] 前記少なくとも1つの磁性体部材の幅の略半分が、前記少なくとも1つの溝に挿入されている、請求項1または2に記載の電流センサ。
- [請求項4] 前記1次導体は、平板状の外形を有し、
前記少なくとも1つの磁気センサは、前記1次導体の厚さ方向および前記基板の第1の面に垂直な方向の両方と直交する方向の磁界を検出可能とされている、請求項1から3のいずれか1項に記載の電流センサ。
- [請求項5] 前記少なくとも1つの磁気センサは、前記1次導体の幅方向における中央部の、前記1次導体の厚さ方向における一方側および他方側の少なくとも一方に配置されている、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] 前記少なくとも1つの磁気センサは、前記少なくとも1つの磁性体部材に周りを囲まれている、請求項1から5のいずれか1項に記載の電流センサ。

[請求項7] 前記少なくとも1つの磁性体部材は、前記基板の第1の面に垂直な方向から見て、互いの端部同士の間になくとも1つの空隙が設けられた矩形形状を成し、

前記少なくとも1つの磁気センサは、前記少なくとも1つの空隙にそれぞれ配置されている、請求項1から5のいずれか1項に記載の電流センサ。

[請求項8] 前記少なくとも1つの磁気センサとして、第1磁気センサと第2磁気センサとを備え、

前記第1磁気センサと前記第2磁気センサとは、前記1次導体間に隔を置いて前記1次導体を互いの間に挟んで位置している、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1次導体を流れる前記電流により発生する磁界の強さについて、前記第1磁気センサの検出値の位相と前記第2磁気センサの検出値の位相とが逆相であり、

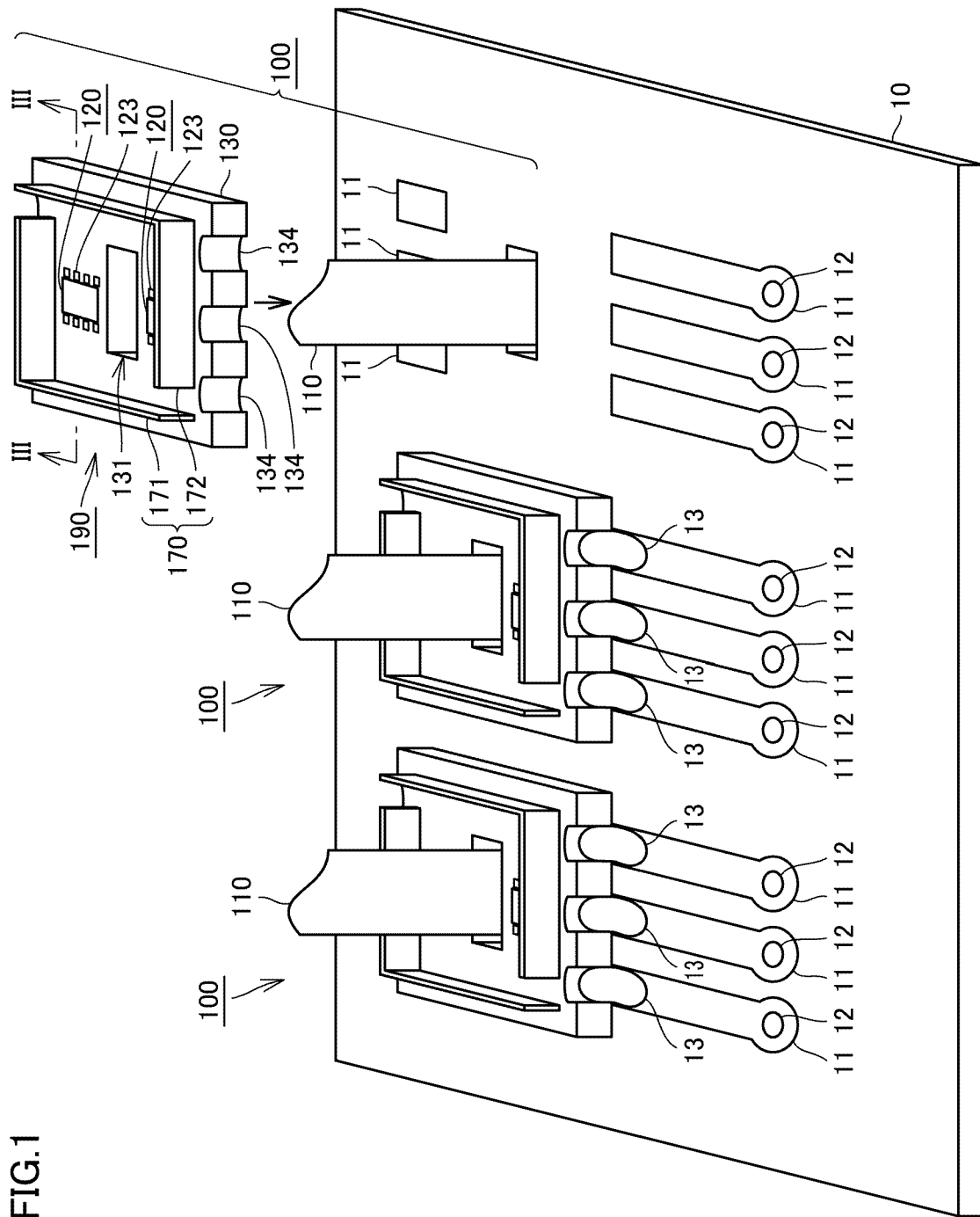
前記算出部が減算器または差動増幅器である、請求項8に記載の電流センサ。

[請求項10] 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1次導体を流れる前記電流により発生する磁界の強さについて、前記第1磁気センサの検出値の位相と前記第2磁気センサの検出値の位相とが同相であり、

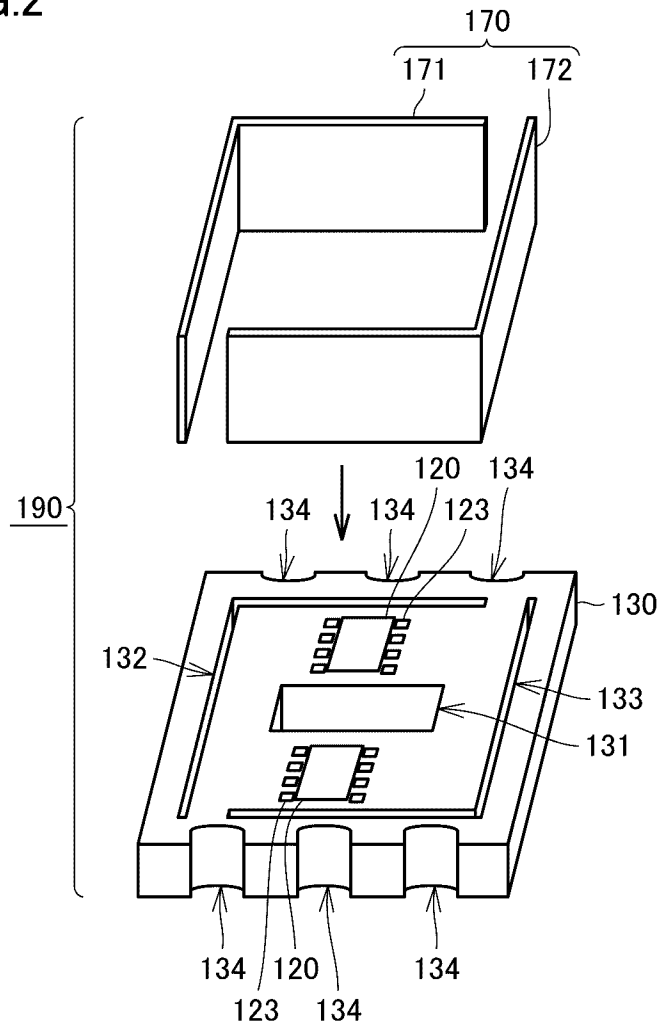
前記算出部が加算器または加算増幅器である、請求項8に記載の電流センサ。

[図1]



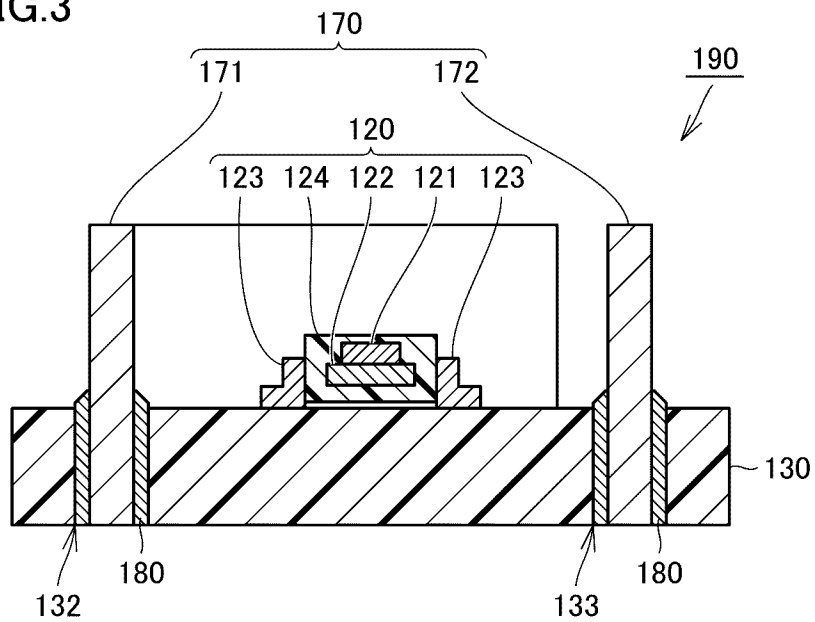
[図2]

FIG.2



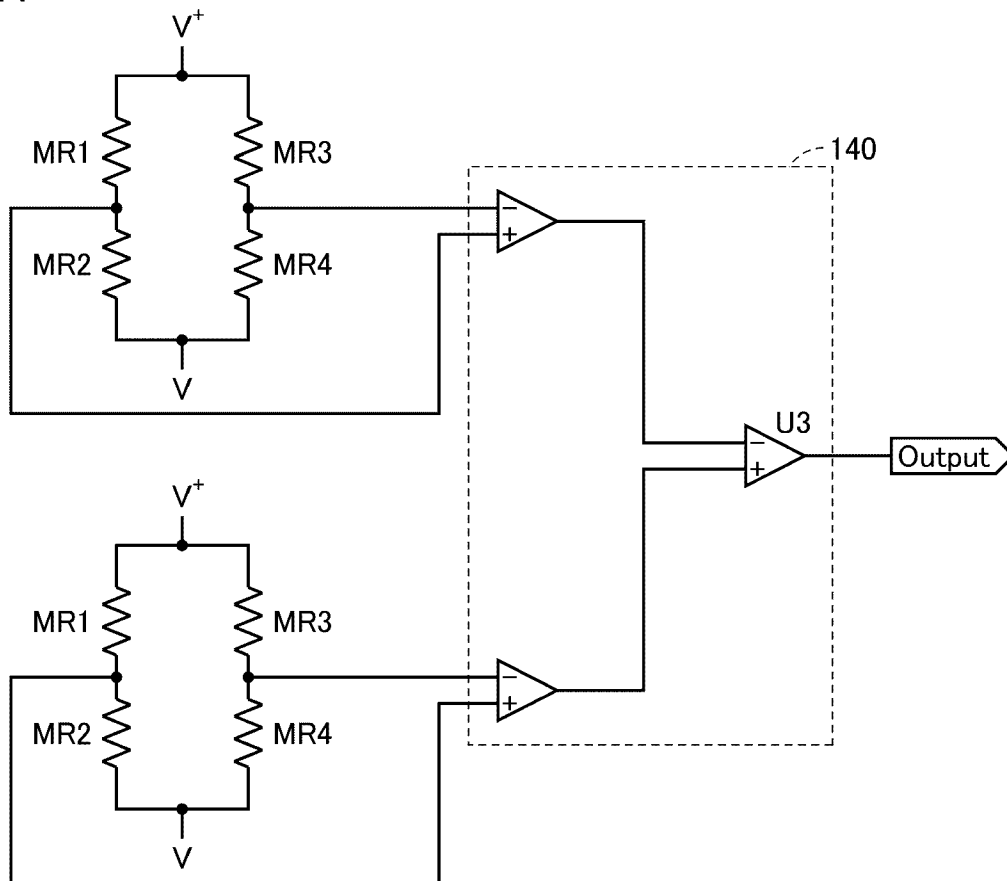
[図3]

FIG.3



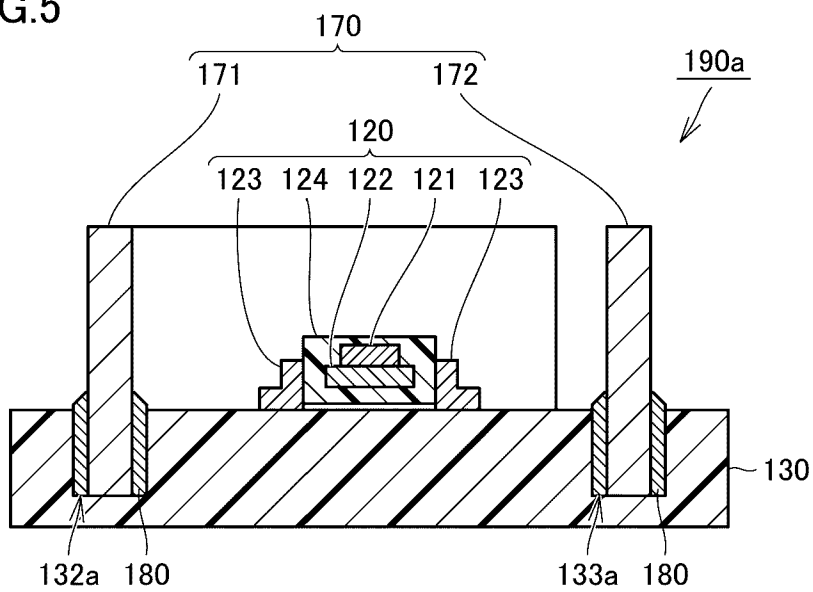
[図4]

FIG.4



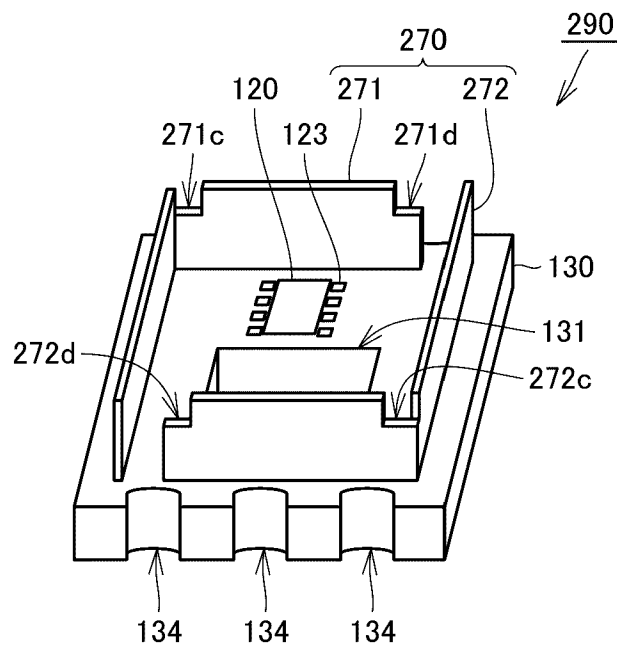
[図5]

FIG.5



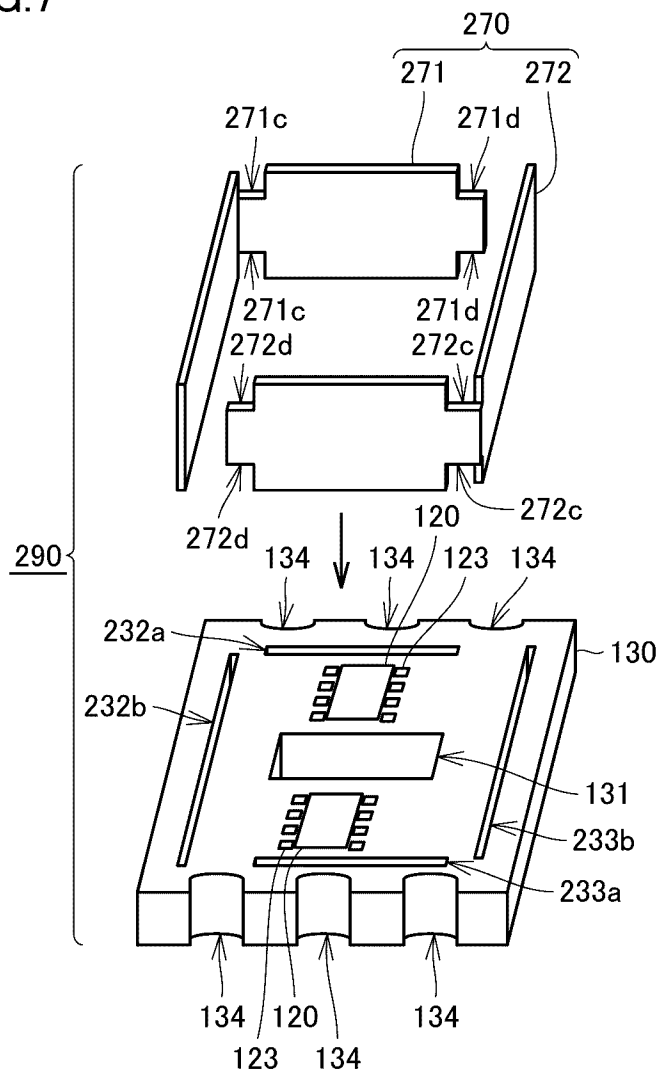
[図6]

FIG.6



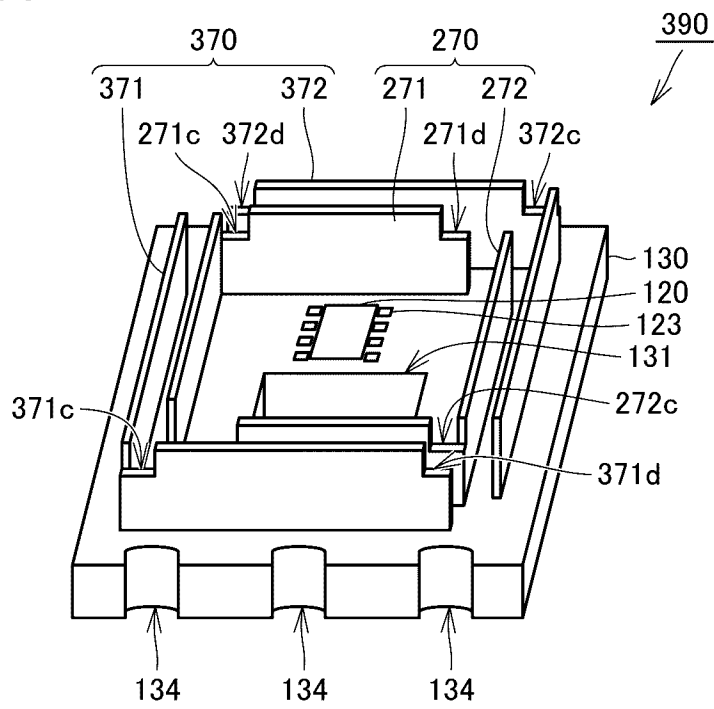
[図7]

FIG.7



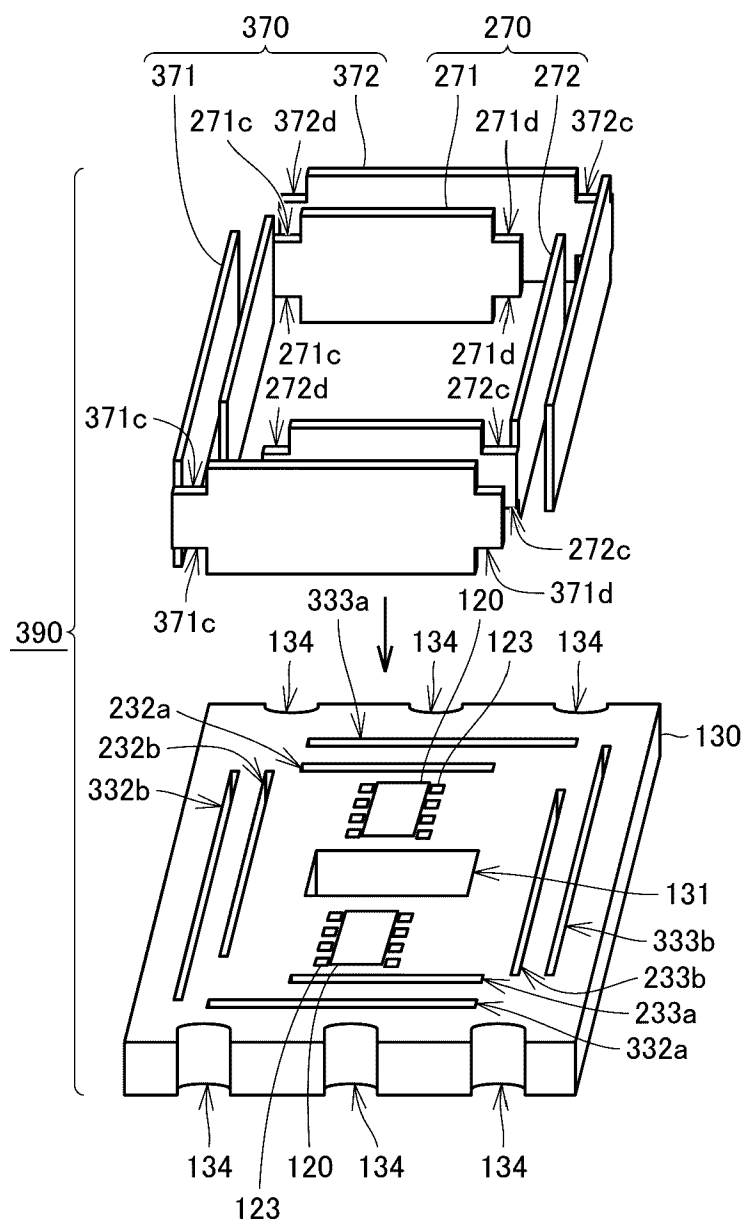
[図8]

FIG.8



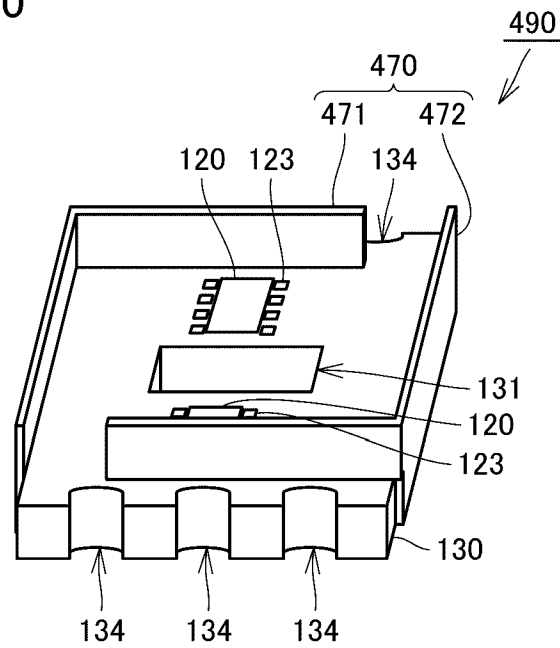
[図9]

FIG.9



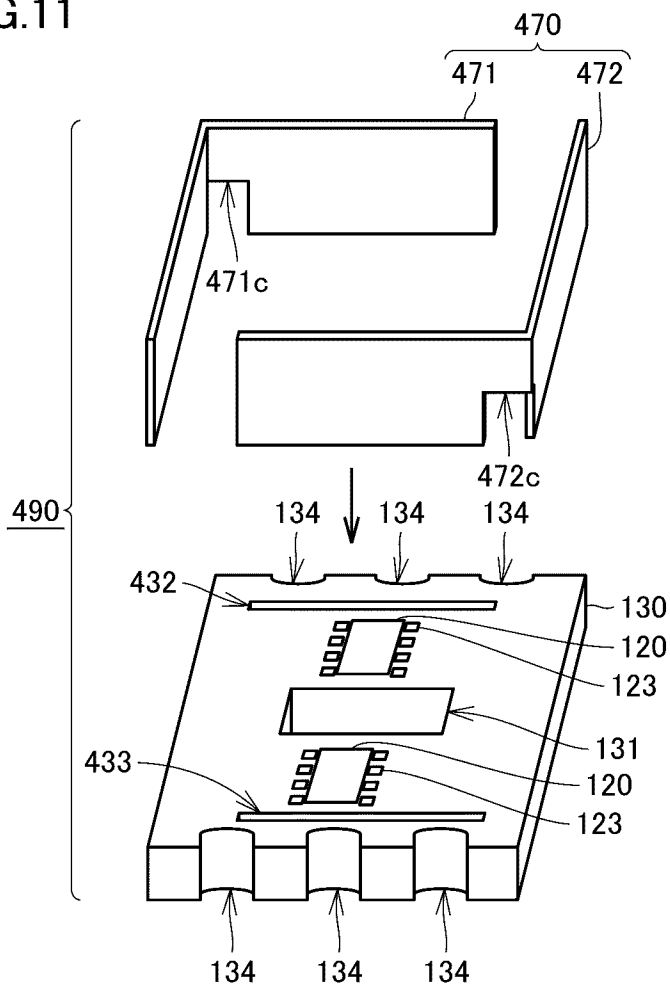
[図10]

FIG.10



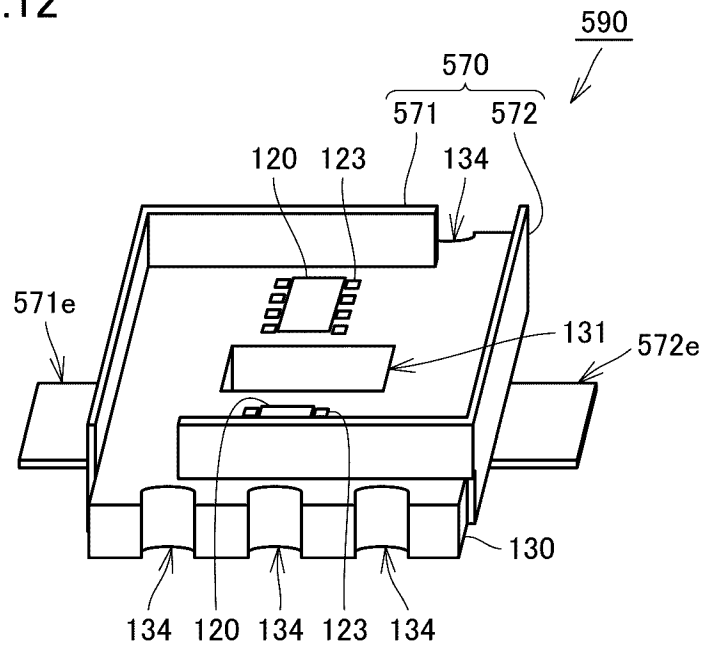
[図11]

FIG.11



[図12]

FIG.12



[図13]

FIG.13

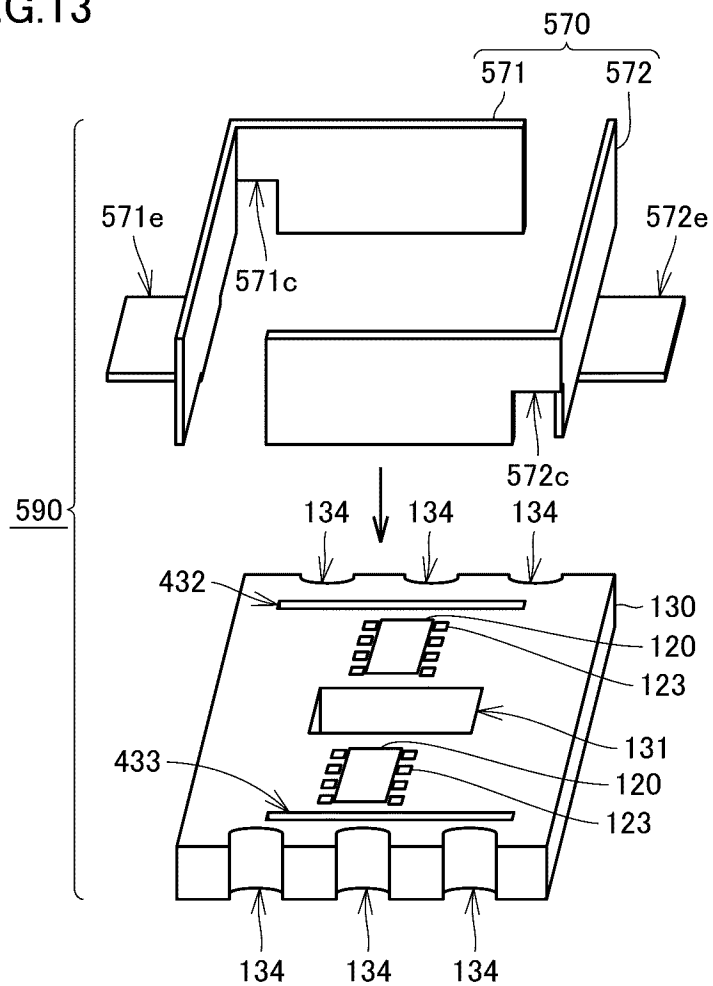


FIG.14

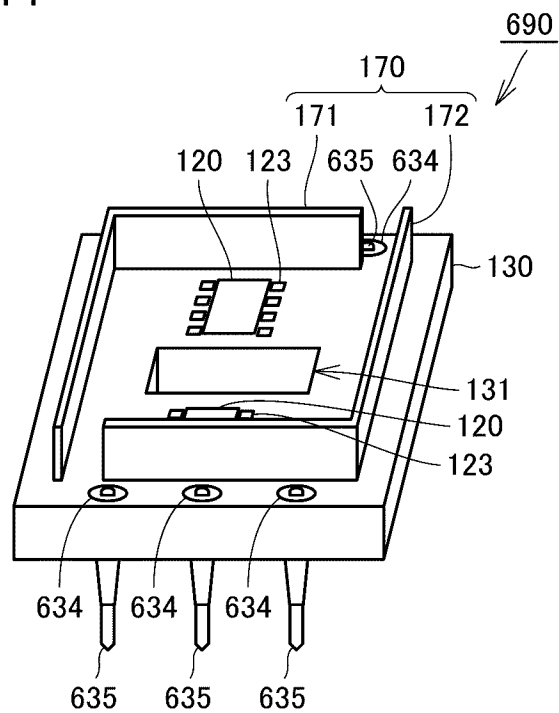
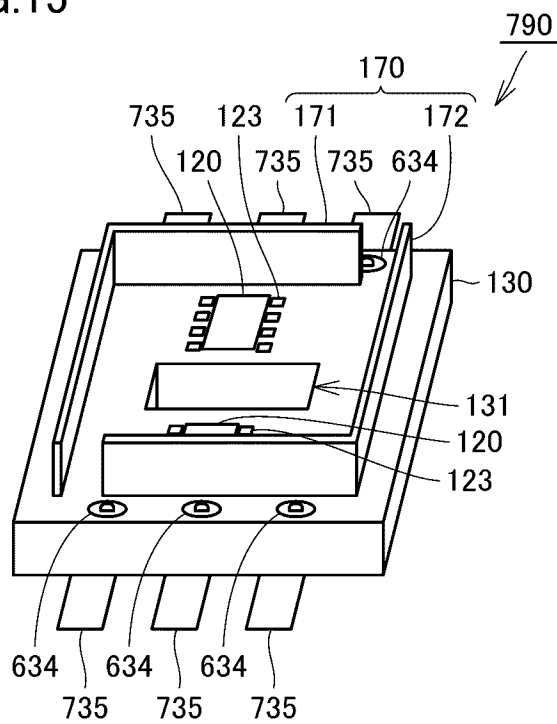
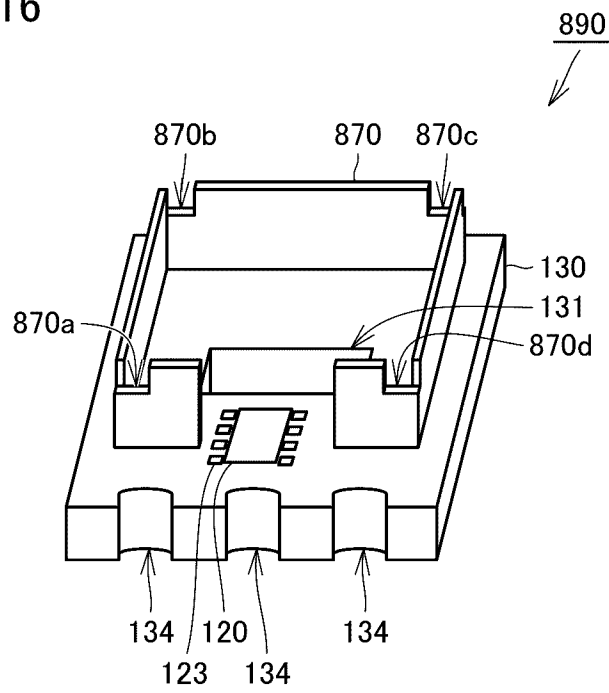


FIG.15



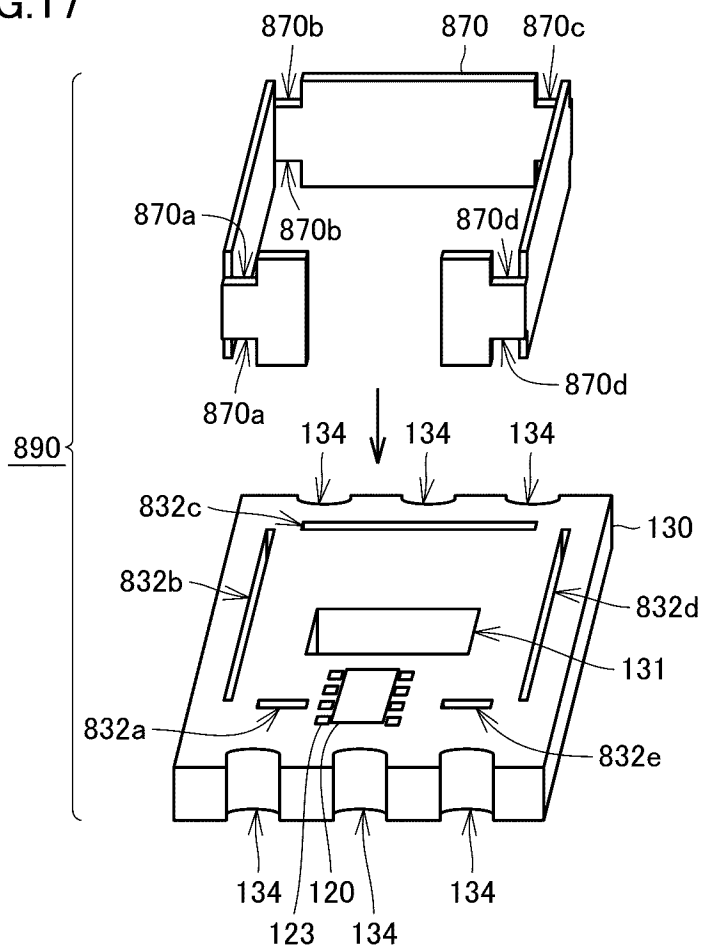
[図16]

FIG.16



[図17]

FIG.17



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/082749

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) G01R15/00-17/22		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2015 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2015 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2015		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2014-531018 A (Commissariat a l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives), 20 November 2014 (20.11.2014), entire text; all drawings & US 2014/0210463 A1 entire text; all drawings & WO 2013/034661 A1 & EP 2754338 A1 & FR 2979792 A1	1-10
A	JP 2012-215488 A (Alps Green Device Co., Ltd.), 08 November 2012 (08.11.2012), entire text; all drawings (Family: none)	1-10
☒ 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 03 December 2015 (03.12.15)		Date of mailing of the international search report 15 December 2015 (15.12.15)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/082749

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007-121239 A (Denso Corp.), 17 May 2007 (17.05.2007), entire text; all drawings & US 2007/0096717 A1 entire text; all drawings	1-10
A	JP 9-127159 A (Hinode Electric Co., Ltd.), 16 May 1997 (16.05.1997), entire text; all drawings (Family: none)	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

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（I P C））

Int.Cl. G01R15/00-17/22

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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 2014-531018 A（コミサリア ア レネルジ アトミック エ オ ウ エネルジ アルタナティブ）2014.11.20, 全文、全図 & US 2014/0210463 A1, 全文、全図 & WO 2013/034661 A1 & EP 2754338 A1 & FR 2979792 A1	1-10
A	JP 2012-215488 A（アルプス・グリーンデバイス株式会社） 2012.11.08, 全文、全図（ファミリーなし）	1-10
A	JP 2007-121239 A（株式会社デンソー）2007.05.17, 全文、全図 & US	1-10

☒ 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

0 3 . 1 2 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

1 5 . 1 2 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

2 S

3 8 1 0

下村 一石

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 8

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	2007/0096717 A1, 全文、全図 JP 9-127159 A (株式会社日之出電機製作所) 1997. 05. 16, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-10