

(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
2018年8月23日(23.08.2018)



(10) 国際公開番号

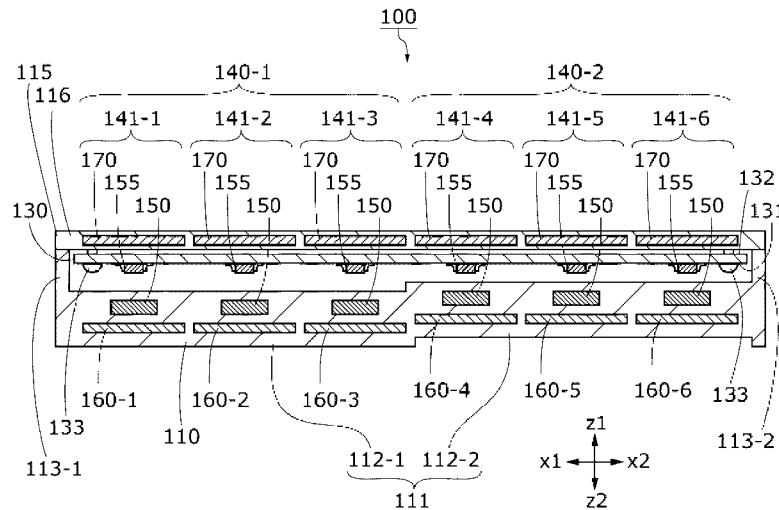
WO 2018/150802 A1

- (51) 国際特許分類:
G01R 15/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/001427
- (22) 国際出願日: 2018年1月18日(18.01.2018)
- (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 2017-028542 2017年2月17日(17.02.2017) JP
- (71) 出願人: アルプス電気株式会社 (ALPS ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 田村 学(TAMURA Manabu); 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町1番7号アルプス電気株式会社内 Tokyo (JP). 安部 稔(ABE Minoru); 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町1番7号アルプス電気株式会社内 Tokyo (JP). 末永 健(MATSUE Ken); 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町1番7号アルプス電気株式会社内 Tokyo (JP). 小寺 康夫(KOTERA Yasuo); 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町1番7号アルプス電気株式会社内 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号いちご西五反田ビル8F Tokyo (JP).

(54) Title: CURRENT SENSOR

(54) 発明の名称: 電流センサ

[図1]



(57) **Abstract:** In the present invention, each of a plurality of unit groups 140 includes one or more measurement units 141 aligned in a second direction. A current path 150 and first magnetic shield 160 that have been formed so as to be integrated with a first opposing part 111 are positioned so as to be separated by a first distance. The first distances are roughly the same in all the unit groups 140. The current path 150 and a magnetoelectric conversion element 155 that has been formed so as to be integrated with a second opposing part 116 are positioned so as to be separated by a second distance. The



WO 2018/150802 A1

- (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

second distances are roughly the same for all the measurement units 141 included in a common unit group 140. Between the unit groups 140, the second distances are different, the thickness of the first opposing part 111 in a first direction is roughly even, and the thickness of the second opposing part 116 in the first direction is roughly even.

(57) 要約: 複数のユニット群 140 の各々が、第 2 方向に並んだ 1 つ以上の測定ユニット 141 を含む。共に第 1 対向部 111 に一体成形された電流路 150 と第 1 磁気シールド 160 とが第 1 距離ぶん離れて位置し、すべてのユニット群 140 において、すべての第 1 距離が略同一である。電流路 150 と第 2 対向部 116 に一体成形された磁電変換素子 155 とが第 2 距離ぶん離れて位置し、共通のユニット群 140 に含まれるすべての測定ユニット 141 において、第 2 距離が略同一である。ユニット群 140 ごとに、第 2 距離が異なり、第 1 方向における第 1 対向部 111 の厚みが、略一定であり、第 1 方向における第 2 対向部 116 の厚みが、略一定である。

明 細 書

発明の名称：電流センサ

技術分野

[0001] 本発明は、電流センサに関する。

背景技術

[0002] 従来、電流が流れる電流路と、電流路を流れる電流を測定する磁電変換素子と、電流路と磁電変換素子とを挟む磁性体で作られた磁気シールドとを備える電流センサが知られている。さらに、例えば、特許文献1と特許文献2と特許文献3とに開示されているように、電流路と磁気シールドとが、筐体に一体成形されている電流センサが知られている。

[0003] また、ハイブリッド車や電気自動車では、エンジンルーム内に、駆動用モーターのインバーター用の電流センサと、制動用発電機のインバーター用の電流センサとを設ける必要がある。用途が異なる場合、測定対象の電流の大きさが異なる場合がある。従来、大電流用の電流センサと小電流用のセンサは、別々に用意される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2016-1168号

特許文献2：特開2016-173306号

特許文献3：国際公開第2016/190087号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、エンジンルームなどの限られたスペースに測定対象の電流の大きさが異なる複数の電流センサを配置すると、スペースを有効に活用できないという不利益がある。また、電流路と磁電変換素子と1つ以上の磁気シールドとを構成要素に含む測定ユニットを考えると、測定対象の電流が大電流であるか小電流であるかに応じて、測定ユニットごとに構成要素の相

互の位置関係が異なるため、簡単に一体化することはできず、仮に一体化したとしても製造が困難である。

[0006] 本発明はかかる事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、誘導磁界を測定する複数の測定ユニットの構成要素の位置関係が一定ではない場合でも、複数の測定ユニットを一体的に容易に製造できる電流センサを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明は、第1対向部を含む樹脂製の第1筐体と、第2対向部を含む樹脂製の第2筐体と、第1筐体と第2筐体との少なくとも一方に搭載された基板と、第1筐体と第2筐体とに搭載されて誘導磁界を測定する複数のユニット群と、を備え、第1対向部と第2対向部とが、第1方向において対向して位置し、複数のユニット群が、第1方向に交差する第2方向に並び、複数のユニット群の各々が、第2方向に並んだ1つ以上の測定ユニットを含み、1つ以上の測定ユニットの各々が、第1対向部に一体成形された第1磁気シールドと、第2対向部に一体成形された第2磁気シールドと、第1磁気シールドと第2磁気シールドとの間において第1対向部に一体成形された電流路と、電流路に流れる電流により発生する誘導磁界を測定する磁電変換素子と、を含み、磁電変換素子が、第1方向において電流路と第2磁気シールドとの間で基板に搭載され、共通の測定ユニットに含まれる電流路と第1磁気シールドとが、第1方向において第1距離ぶん離れて位置し、すべてのユニット群において、すべての第1距離が略同一であり、共通の測定ユニットに含まれる電流路と磁電変換素子とが、第1方向において第2距離ぶん離れて位置し、共通のユニット群に含まれるすべての測定ユニットにおいて、第2距離が略同一であり、ユニット群ごとに、第2距離が異なり、第1方向における第1対向部の厚みが、略一定であり、第1方向における第2対向部の厚みが、略一定である、電流センサである。

[0008] この構成によれば、樹脂成形しやすい。ユニット群ごとに第2距離が異なる構造において、第1対向部の厚みと、第2対向部の厚みと、第1距離とが

、それぞれ略一定であるので、製造時に型内で樹脂が流れやすい。その結果、誘導電流を測定する複数の測定ユニットの構成要素の位置関係が一定ではない場合でも、複数の測定ユニットを一体的に容易に製造できる電流センサを提供できる。

[0009] 好適には本発明の電流センサにおいて、共通の測定ユニットに含まれる磁電変換素子と第2磁気シールドとが、第1方向において第3距離ぶん離れて位置し、すべての測定ユニットにおいて、第3距離が、第2距離より短く、すべての測定ユニットにおいて、第3距離が、略同一である。

[0010] この構成によれば、他の配置に比べて測定精度を高めることができる。

[0011] すべての第2磁気シールドが、略同一の平面上に位置し、すべての磁電変換素子が、1枚の略平面状の基板に搭載されており、第1対向部が、相互に一体成形された複数の第1サブ対向部を含み、複数の第1サブ対向部の各々が、略平板状であり、複数の第1サブ対向部が、相互に第1方向にずれた位置にあり、複数の第1サブ対向部の各々が、異なる1つのユニット群に対応し、複数のユニット群の各々に含まれる電流路と第1磁気シールドとが、対応する第1サブ対向部に位置する。

[0012] この構成によれば、すべての第2磁気シールドが、略同一の平面上に位置し、すべての磁電変換素子が、1枚の略平面状の基板に搭載されているので、第2筐体と基板とを容易に製造できる。さらに、第1対向部が、相互に一体成形された複数の第1サブ対向部を含み、複数の第1サブ対向部の各々が、略平板状であり、複数の第1サブ対向部が、相互に第1方向にずれた位置にあり、複数の第1サブ対向部の各々が、異なる1つのユニット群に対応し、複数のユニット群の各々に含まれる電流路と第1磁気シールドとが、対応する第1サブ対向部に位置するので、第1筐体を容易に製造することができる。

[0013] 好適には本発明の電流センサにおいて、複数のユニット群の1つが、大電流ユニット群であり、複数のユニット群の他の1つが、大電流ユニット群よりも小さな電流による誘導磁界を測定する小電流ユニット群であり、大電流

ユニット群と小電流ユニット群とが隣接しており、すべての第1磁気シールドが、第2方向を含む平面に沿って広がる板状部を含み、大電流ユニット群に含まれるすべての板状部が、略同一の平面に沿って広がり、小電流ユニット群に含まれるすべての板状部が、略同一の平面に沿って広がり、共通の測定ユニットに含まれる電流路と第2磁気シールドとが、第1方向において第4距離ぶん離れて位置し、大電流ユニット群における第4距離が、小電流ユニット群における第4距離よりも大きく、共通の測定ユニットに含まれる第1磁気シールドと第2磁気シールドとが、第1方向において第5距離ぶん離れて位置し、大電流ユニット群における第5距離が、小電流ユニット群における第5距離よりも大きく、大電流ユニット群に含まれる板状部が、第2方向において小電流ユニット群に近い第1縁部と、第2方向において小電流ユニット群から遠い第2縁部とをもち、大電流ユニット群に含まれるすべての第1磁気シールドのうち、小電流ユニット群に最も近い第1磁気シールドを含む1つ以上の第1磁気シールドが、第1縁部から第2対向部に向けて延びた第1大電流突起を含む。

[0014] この構成によれば、大電流ユニット群から小電流ユニット群に向かう誘導磁界の望まない拡散を防ぐことができる。

[0015] 具体的に説明すると、第1方向において、大電流ユニット群内で小電流ユニット群に最も近い第1磁気シールドと、小電流ユニット群内で大電流ユニット群に最も近い第1磁気シールドとを見たとき、大電流ユニット群の第1磁気シールドが、小電流ユニット群の第1磁気シールドよりも第2対向部から遠くに位置する。そのため、第1大電流突起がない場合、大電流ユニット群の第1磁気シールドにおける板状部の小電流ユニット群側の縁部から、誘導磁界の大半が、小電流ユニット群の第1磁気シールドに拡散する。その結果、第1大電流突起がない場合、大電流ユニット群内で小電流ユニット群に最も近い測定ユニットの感度が低下する。第1大電流突起がある場合、誘導磁界の大半が、大電流ユニット群の第1磁気シールドにおける板状部の小電流ユニット群側の縁部から、第1大電流突起を介して、第2対向部に向けら

れる。その結果、大電流ユニット群から小電流ユニット群に向かう誘導磁界の望まない拡散を防ぐことができる。

[0016] 好適には本発明の電流センサにおいて、第1方向における第1大電流突起の第2対向部側の先端部と、小電流ユニット群の第1磁気シールドにおける板状部の第2対向部側の一面とが、第1方向に直交する略同一の平面上に位置する。

[0017] この構成によれば、大電流ユニット群から小電流ユニット群に向かう誘導磁界の拡散と、小電流ユニット群から大電流ユニット群に向かう誘導磁界の拡散とを最小限度に留めることができ、大電流ユニット群と小電流ユニット群との境界に隣接する測定ユニットにおける感度を、他の測定ユニットにおける感度と同等にできる。

[0018] 好適には本発明の電流センサにおいて、大電流ユニット群に含まれるすべての第1磁気シールドの形状が、略同一である。

[0019] この構成によれば、大電流ユニット群に含まれる測定ユニット間の感度差を抑えた設計が容易となる。また、部品を共通化して、製造管理コストを抑制できる。

[0020] 好適には本発明の電流センサにおいて、第1大電流突起を含む1つ以上の第1磁気シールドの各々が、第2縁部から第2対向部に向けて延びた第2大電流突起をもつ。

[0021] この構成によれば、製造時に第1大電流突起と第2大電流突起との両方とを利用して、第1磁気シールドの向きを揃えやすくなり、製造装置の部品供給部分の構造を簡略化できる。

[0022] 好適には本発明の電流センサにおいて、複数のユニット群の1つが、大電流ユニット群であり、複数のユニット群の他の1つが、小電流ユニット群であり、大電流ユニット群と小電流ユニット群とが隣接しており、すべての第1磁気シールドが、第2方向を含む平面に沿って広がる板状部を含み、大電流ユニット群に含まれるすべての板状部が、略同一の平面に沿って広がり、小電流ユニット群に含まれるすべての板状部が、略同一の平面に沿って広が

り、共通の測定ユニットに含まれる電流路と第2磁気シールドとが、第1方向において第4距離ぶん離れて位置し、大電流ユニット群における第4距離が、小電流ユニット群における第4距離よりも大きく、共通の測定ユニットに含まれる第1磁気シールドと第2磁気シールドとが、第1方向において第5距離ぶん離れて位置し、大電流ユニット群における第5距離が、小電流ユニット群における第5距離よりも大きく、小電流ユニット群に含まれる板状部が、第2方向において大電流ユニット群に近い第1縁部と、第2方向において大電流ユニット群から遠い第2縁部とをもち、小電流ユニット群に含まれるすべての第1磁気シールドのうち、大電流ユニット群に最も近い第1磁気シールドを含む1つ以上の第1磁気シールドが、第1縁部から第2対向部に向けて延びた第1小電流突起をもつ。

[0023] この構成によれば、大電流ユニット群から小電流ユニット群に向かう誘導磁界の望まない拡散を防ぐことができる。

[0024] 具体的に説明すると、第1方向において、大電流ユニット群内で小電流ユニット群に最も近い第1磁気シールドと、小電流ユニット群内で大電流ユニット群に最も近い第1磁気シールドとを見たとき、大電流ユニット群の第1磁気シールドが、小電流ユニット群の第1磁気シールドよりも第2対向部から遠くに位置する。そのため、第1小電流突起がない場合、大電流ユニット群の第1磁気シールドにおける板状部の小電流ユニット群側の縁部から、誘導磁界の大半が、小電流ユニット群に拡散する。その結果、第1小電流突起がない場合、大電流ユニット群内で小電流ユニット群に最も近い測定ユニットの感度が低下する。第1小電流突起がある場合、大電流ユニット群の第1磁気シールドの小電流ユニット群側の縁部から、小電流ユニット群の第1磁気シールドに拡散した誘導磁界の大半が、第1小電流突起を介して、第2対向部に向けられ、大電流ユニット群側に戻りやすくなる。その結果、大電流ユニット群から小電流ユニット群に向かう誘導磁界の望まない拡散を防ぐことができる。

[0025] なお、小電流ユニット群で測定対象とする誘導磁界も第1小電流突起に集

中する。しかし、小電流ユニット群で測定対象とする誘導磁界は、第1小電流突起の有無にかかわらず、第1磁気シールドの端部に集中するため、小電流ユニット群における感度は、第1小電流突起の有無により影響を受けにくい。ただし、小電流ユニット群に含まれる測定ユニット間の感度差を小さくするには、第1方向における第1小電流突起の突出量を第1距離程度に小さくすることが好ましい。

[0026] 第1小電流突起を含む測定ユニットにおいて、第1方向における第1小電流突起の第2対向部側の先端部は、第1方向における電流路の中心より、第2対向部から遠い位置にあり、第1磁気シールドと第1小電流突起とが鈍角を形成する。

[0027] この構成によれば、第1小電流突起を設けたことによる小電流ユニット群における感度差の影響を抑えられる。

[0028] 好適には本発明の電流センサにおいて、小電流ユニット群に含まれるすべての第1磁気シールドの形状が、略同一である。

[0029] この構成によれば、小電流ユニット群に含まれる測定ユニット間の感度差を抑えた設計が容易となる。また、部品を共通化して、製造管理コストを抑制できる。

[0030] 好適には本発明の電流センサにおいて、第1小電流突起を含む1つ以上の第1磁気シールドの各々が、第2縁部から第2対向部に向けて延びた第2小電流突起をもつ。

[0031] この構成によれば、製造時に第1小電流突起と第2小電流突起との両方とを利用して、第1磁気シールドの向きを揃えやすくなり、製造装置の部品供給部分の構造を簡略化できる。

[0032] 好適には本発明の電流センサにおいて、すべての第1磁気シールドの形状が、略同一である。

[0033] この構成によれば、部品が共通化され、製造管理コストを抑制できる。

[0034] 好適には本発明の電流センサにおいて、複数のユニット群の各々が、同数の測定ユニットを含み、第2対向部が、略同一形状の複数の第2サブ対向部

を含み、基板が、略同一形状の複数のサブ基板を含み、複数のユニット群の各々に、第2サブ対向部とサブ基板とが対応し、同じユニット群に対応する第2サブ対向部とサブ基板とが、相互に固定されており、各第2サブ対向部が、対応するユニット群に含まれるすべての第2磁気シールドを搭載し、各サブ基板が、対応するユニット群に含まれるすべての磁電変換素子を搭載する。

[0035] この構成によれば、第2サブ対向部とサブ基板とを組み立てた部品を、複数のユニット群で共通化して、製造コストを減らせる。

[0036] 好適には本発明の電流センサにおいて、すべての電流路が略同一の平面上に位置し、すべての第1磁気シールドが略同一の平面上に位置する。

[0037] この構成によれば、第1対向部の形状が簡略化され、樹脂成形しやすい。

[0038] 好適には本発明の電流センサにおいて、すべての電流路が、略同一の平面上に位置し、すべての第1磁気シールドが、略同一の平面上に位置し、基板が、第1対向部側の第1搭載面と第2対向部側の第2搭載面とをもち、1つ以上のユニット群に含まれるすべての磁電変換素子が、第1搭載面に搭載され、他の1つ以上のユニット群に含まれるすべての磁電変換素子が、第2搭載面に搭載される。

[0039] この構成によれば、製造時に第1搭載面と第2搭載面とのいずれに磁電変換素子を搭載するかによって、磁電変換素子と電流路との距離を変えることができ、製造が容易である。

[0040] 好適には本発明の電流センサにおいて、すべての第2磁気シールドが、略同一の平面上に位置する。

[0041] この構成によれば、すべての第2磁気シールドが、略同一の平面上に位置するので、第1対向部に加えて、第2対向部も容易に製造することができる。さらに、第1搭載面と第2搭載面とのいずれに磁電変換素子を搭載するかによって、磁電変換素子と電流路との距離を変えることができるので、第1搭載面と第2搭載面との何れか一方に磁電変換素子を搭載する場合に比べて、一部のユニット群において、第2磁気シールドと磁電変換素子との距離が

近すぎることを、または遠すぎることを防止できる。その結果、各ユニット群に必要とされる感度を達成しやすい。

[0042] 例えば、大電流を測定するユニット群では、磁電変換素子を第2搭載面に搭載することで、磁電変換素子を第2磁気シールドに近づけることで、あえて感度を抑えることができる。一方、小電流を測定するユニット群では、磁電変換素子を第1搭載面に搭載することで、磁電変換素子を第2磁気シールドから遠ざけ、感度を高めることができる。

[0043] 好適には本発明の電流センサにおいて、複数のユニット群の1つが、大電流ユニット群であり、複数のユニット群の他の1つが、小電流ユニット群であり、共通の測定ユニットに含まれる電流路と第2磁気シールドとが、第1方向において第4距離ぶん離れて位置し、大電流ユニット群における第4距離が、小電流ユニット群における第4距離と異なる。

[0044] この構成によれば、第1搭載面と第2搭載面とのいずれに磁電変換素子を搭載するかによって磁電変換素子と電流路との距離を変える場合において、さらに、磁電変換素子と第2磁気シールドとの距離を調節することにより、ユニット群ごとの感度を簡単に調節することができる。

[0045] 好適には本発明の電流センサにおいて、共通の測定ユニットに含まれる磁電変換素子と第2磁気シールドとが、第1方向において第3距離ぶん離れて位置し、すべての測定ユニットにおいて、第3距離が、略同一である。

[0046] この構成によれば、他の配置に比べて測定精度を高めることができる。

[0047] 好適には本発明の電流センサにおいて、複数のユニット群の1つが、大電流ユニット群であり、複数のユニット群の他の1つが、小電流ユニット群であり、共通の測定ユニットに含まれる第2磁気シールドと磁電変換素子とが、第1方向において第3距離ぶん離れて位置し、大電流ユニット群における第3距離が、小電流ユニット群における第3距離より小さい。

[0048] この構成によれば、小電流ユニット群における感度を、大電流ユニット群における感度よりも高くすることができる。

[0049] 好適には本発明の電流センサにおいて、複数のユニット群の1つが、大電

流ユニット群であり、複数のユニット群の他の1つが、小電流ユニット群であり、共通の測定ユニットに含まれる第2磁気シールドと磁電変換素子とが、第1方向において第3距離ぶん離れて位置し、大電流ユニット群における第3距離が、小電流ユニット群における第3距離より大きい。

[0050] この構成によれば、小電流ユニット群における感度を、大電流ユニット群における感度よりも低くすることができる。

発明の効果

[0051] 本発明によれば、誘導磁界を測定する複数の測定ユニットの構成要素の位置関係が一定ではない場合でも、複数の測定ユニットを一体的に容易に製造できる。

図面の簡単な説明

[0052] [図1]第1実施形態の電流センサの断面図である。

[図2]第2実施形態の電流センサの断面図である。

[図3]第2実施形態における第3測定ユニットの電流路から発生する磁束を説明するための部分拡大断面図である。

[図4]第2実施形態における第4測定ユニットの電流路から発生する磁束を説明するための部分拡大断面図である。

[図5]比較例における第3測定ユニットの電流路から発生する磁束を説明するための部分拡大断面図である。

[図6]第3実施形態の電流センサの断面図である。

[図7]第4実施形態の電流センサの断面図である。

[図8]第4実施形態の電流センサの部分拡大断面図である。

[図9]第5実施形態の電流センサの断面図である。

[図10]第5実施形態における第3測定ユニットの電流路から発生する磁束を説明するための部分拡大断面図である。

[図11]第5実施形態における第4測定ユニットの電流路から発生する磁束を説明するための部分拡大断面図である。

[図12]第6実施形態の電流センサの断面図である。

[図13]第7実施形態の電流センサの断面図である。

[図14]第7実施形態の電流センサの部分拡大断面図である。

[図15]第8実施形態の電流センサの断面図である。

[図16]第9実施形態の電流センサの断面図である。

[図17]第10実施形態の電流センサの断面図である。

[図18]第11実施形態の電流センサの断面図である。

[図19]第12実施形態の電流センサの断面図である。

[図20]第13実施形態の電流センサの断面図である。

発明を実施するための形態

[0053] 本明細書において、互いに直交するx方向、y方向、及びz方向を規定する。x方向は、互いに逆を向くx1方向とx2方向とを区別せずに表す。y方向は互いに逆を向くy1方向とy2方向とを区別せずに表す。z方向は互いに逆を向くz1方向とz2方向とを区別せずに表す。また、x1側を左と表現し、x2側を右と表現する場合がある。z1側を上と表現し、z2側を下と表現する場合がある。これらの方向は、相対的な位置関係を説明するために便宜上規定するのであって、実際の使用時の方向を限定するわけではない。構成要素の形状は、「略」という記載があるかないかにかかわらず、本明細書で開示された実施形態の技術思想が実現される限り、記載された表現に基づく厳密な幾何学的な形状に限定されない。

[0054] (第1実施形態)

以下、本発明の第1実施形態に係る電流センサについて説明する。図1は、本実施形態のzx平面に平行な断面における電流センサ100の断面図である。なお、y1方向は図1に示す断面に直交し、紙面手前に向かう方向である。y2方向は図1に示す断面に直交し、紙面を貫いて奥に向かう方向である。

[0055] (全体構成)

電流センサ100は、樹脂製の第1筐体110と、樹脂製の第2筐体115と、第2筐体115に搭載された絶縁材料製の基板130と、基板130

を第2筐体115に固定する2つの固定部材133と、第1筐体110と第2筐体115とに搭載されて誘導磁界を測定する大電流ユニット群140-1と小電流ユニット群140-2とを含む。

[0056] (第1筐体)

第1筐体110は、第1対向部111を含む。第1対向部111は、相互に一体成形された左第1サブ対向部112-1と右第1サブ対向部112-2と(以下、区別せずに第1サブ対向部112と呼ぶ場合がある)を含む。2つの第1サブ対向部112の各々は、 xy 平面に略平行な2面をもち xy 平面に略平行に広がる略平板状である。左第1サブ対向部112-1の x 2側端部と右第1サブ対向部112-2の x 1側端部とがつながっている。2つの第1サブ対向部112は、相互に z 方向(第1方向とも呼ばれる)において、所定のずれ量ぶんずれた位置にある。

[0057] 2つの第1サブ対向部112の各々において、 z 方向の厚みは、いずれの位置でも略一定である。すなわち、第1対向部111全体として、 z 方向における厚みは、略一定である。他の例において、第1対向部111は、2つ以外の複数の第1サブ対向部112を含んでもよい。

[0058] 第1筐体110は、第1対向部111の x 1側端部から z 1方向に延びた第1支持部113-1と、第1対向部111の x 2側端部から z 1方向に延びた第2支持部113-2とをさらに含む。第1筐体110は、図1に示す断面を伴って y 方向に所定の長さにとわたって広がる。

[0059] (第2筐体)

第2筐体115は、第2対向部116を含む。本実施形態では、第2筐体115の全体が、第2対向部116である。他の例において、第2筐体115に他の構成要素が含まれてもよい。第2対向部116は、 xy 平面に略平行な2面をもち xy 平面に略平行に広がる略平板状である。 z 方向における第2対向部116の厚みは、いずれの位置でも略一定である。

[0060] 第2対向部116の x 1側端部は、第1支持部113-1の z 1側端部に固定されている。第2対向部116の x 2側端部は、第2支持部113-2

のz1側端部に固定されている。第1対向部111と第2対向部116とは、z方向において部分的に対向して位置する。第1対向部111と第2対向部116との間に、空間が存在する。第2筐体115は、図1に示す断面を伴ってy方向に所定の長さにならびて広がる。

[0061] (基板と固定部材)

基板130は、z方向において第1対向部111と第2対向部116との間に位置する。基板130は、x方向において第1支持部113-1と第2支持部113-2との間に位置する。基板130は、複数の固定部材133により第2対向部116に固定されている。基板130は、xy平面に略平行に広がる略平板状である。基板130のz方向における厚さは略一定である。基板130は、第1対向部111側の第1搭載面131と、第2対向部116側の第2搭載面132とをもつ。第1搭載面131と第2搭載面132とは、いずれもxy平面に略平行である。

[0062] 基板130には、誘導磁界の測定に必要な各種の回路が搭載される。他の例において、基板130は、第2筐体115の他の部分、または、第1筐体110に固定される。すなわち、基板130は、第1筐体110と第2筐体115との少なくとも一方に固定されることが好ましい。基板130は、図1に示す断面を伴ってy方向に所定の長さにならびて広がる。

[0063] (ユニット群)

大電流ユニット群140-1と小電流ユニット群140-2と(以下、区別せずにユニット群140と呼ぶ場合がある)は、x方向(第2方向とも呼ばれる)に隣接して並ぶ。大電流ユニット群140-1は、小電流ユニット群140-2よりも大きな電流を測定する。

[0064] 他の例において、電流センサ100は、3つ以上のユニット群140を含んでもよい。3つ以上のユニット群140が含まれる例の電流センサ100では、隣接するユニット群140のうち、相対的に大きな電流を測定するユニット群140が大電流ユニット群140-1に対応し、相対的に小さな電流を測定するユニット群140が小電流ユニット群140-2に対応する。

他の例において、2つのユニット群140が並ぶ方向は、z方向に交差する他の方向であってもよい。

[0065] 2つの第1サブ対向部112の各々が、異なる1つのユニット群140に対応する。すなわち、左第1サブ対向部112-1が、大電流ユニット群140-1に対応する。すなわち、後述のように、左第1サブ対向部112-1に、相対的に大きな電流を測定する構成要素が位置する。右第1サブ対向部112-2が、小電流ユニット群140-2に対応する。すなわち、後述のように、右第1サブ対向部112-2に、相対的に小さな電流を測定する構成要素が位置する。

[0066] (測定ユニット)

大電流ユニット群140-1は、x1側からx2側に並んだ第1測定ユニット141-1～第3測定ユニット141-3を含む。小電流ユニット群140-2は、x1側からx2側に並んだ第4測定ユニット141-4～第6測定ユニット141-6を含む。以下、第1測定ユニット141-1～第6測定ユニット141-6を区別せずに、測定ユニット141と呼ぶ場合がある。

[0067] 6つの測定ユニット141の各々が、第1対向部111に一体成形された電流路150と、基板130に搭載された磁電変換素子155と、第2対向部116に一体成形された第2磁気シールド170とを含む。さらに、第1測定ユニット141-1～第6測定ユニット141-6は、それぞれ、順に、第1磁気シールド160-1～第1磁気シールド160-6（以下、区別せずに第1磁気シールド160と呼ぶ場合がある）を含む。すなわち、6つの測定ユニット141の各々が、第1対向部111に一体成形された第1磁気シールド160を含む。

[0068] 他の例において、複数のユニット群140の各々が、2つ以下または4つ以上の測定ユニット141を含んでもよい。本実施形態では、複数のユニット群140の各々が、同数の測定ユニット141を含むが、他の例において、複数のユニット群140の各々が、異なる数の測定ユニット141を含ん

でもよい。

[0069] (電流路)

電流路150は、金属製であり、第1対向部111内に一体成形されている。電流路150の断面は、x方向に平行な2辺とz方向に平行な2辺とをもつ略長方形である。電流路150は、図1に示す断面を伴ってy方向に所定の長さにわたって広がる。電流路150は、第1筐体110の外部まで延びており、外部から供給される電流をy方向に流す。電流路150は、y方向における所定の長さの範囲内では、略同一の形状をもつ。

[0070] 2つのユニット群140の各々に含まれる電流路150が、対応する第1サブ対向部112に位置する。

[0071] すなわち、大電流ユニット群140-1に含まれる3つの電流路150は、左第1サブ対向部112-1内に位置し、z方向において左第1サブ対向部112-1のz1側の面からの距離は略一定であり、z方向において左第1サブ対向部112-1のz2側の面からの距離は略一定である。大電流ユニット群140-1に含まれる3つの電流路150は、xy平面に平行な略同一の平面に沿って、x方向に等間隔に並ぶ。

[0072] 小電流ユニット群140-2に含まれる3つの電流路150は、右第1サブ対向部112-2内に位置し、z方向において右第1サブ対向部112-2のz1側の面からの距離は略一定であり、z方向において右第1サブ対向部112-2のz2側の面からの距離は略一定である。小電流ユニット群140-2に含まれる3つの電流路150は、xy平面に平行な略同一の平面に沿って、x方向に等間隔に並ぶ。

[0073] 6つの電流路150のx方向における間隔は、略同一である。小電流ユニット群140-2に含まれる3つの電流路150は、大電流ユニット群140-1に含まれる3つの電流路150よりもz1方向にずれている。z方向における電流路150のずれ量は、z方向における電流路150の厚みよりも小さく、第1サブ対向部112の所定のずれ量と略同一である。

[0074] (磁電変換素子)

すべての磁電変換素子155が、1枚の略平面状の基板130に搭載されている。磁電変換素子155は、基板130の第1搭載面131に搭載されている。磁電変換素子155は、例えば、磁気抵抗効果素子、ホール素子である。磁電変換素子155は、共通の測定ユニット141内の電流路150に流れる電流により発生する誘導磁界を測定する。磁電変換素子155は、 x 方向を感度方向とする。すなわち、磁電変換素子155は、電流路150の周りに発生する誘導磁界のうち、磁電変換素子155における x 方向成分を検出する。

[0075] (第1磁気シールド)

第1磁気シールド160は、磁性体で作られており、第1対向部111内に一体成形されている。第1磁気シールド160の断面は、 x 方向に平行な2辺と z 方向に平行な2辺とをもつ略長方形である。第1磁気シールド160は、図1に示す断面を伴って y 方向に所定の長さにわたって広がる。第1磁気シールド160は、全体として、 xy 平面に略平行な2面と yz 平面に略平行な2面と zx 平面に略平行な2面とをもつ略直方体である。第1磁気シールド160は、 z 方向に略直交する平面に沿って広がる板状である。すべての第1磁気シールド160の形状が、略同一である。

[0076] 2つのユニット群140の各々に含まれる第1磁気シールド160が、対応する第1サブ対向部112に位置する。

[0077] すなわち、大電流ユニット群140-1に含まれる3つの第1磁気シールド160は、左第1サブ対向部112-1内に位置し、左第1サブ対向部112-1の z 1側の面からの距離は略一定であり、左第1サブ対向部112-1の z 2側の面からの距離は略一定である。大電流ユニット群140-1に含まれる3つの第1磁気シールド160は、 xy 平面に平行な略同一の平面に沿って広がり、 x 方向に等間隔に並ぶ。

[0078] 小電流ユニット群140-2に含まれる3つの第1磁気シールド160は、右第1サブ対向部112-2内に位置し、右第1サブ対向部112-2の z 1側の面からの距離は略一定であり、右第1サブ対向部112-2の z 2

側の面からの距離は略一定である。小電流ユニット群140-2に含まれる3つの第1磁気シールド160は、 x y 平面に平行な略同一の平面に沿って広がり、 x 方向に等間隔に並ぶ。

[0079] 6つの第1磁気シールド160の x 方向における間隔は、略同一である。小電流ユニット群140-2に含まれる3つの第1磁気シールド160は、大電流ユニット群140-1に含まれる3つの第1磁気シールド160よりも z 1方向にずれている。 z 方向における第1磁気シールド160のずれ量は、 z 方向における第1磁気シールド160の厚みと略同一であり、第1サブ対向部112の所定のずれ量と略同一である。第1サブ対向部112の所定のずれ量と第1磁気シールド160のずれ量と、電流路150のずれ量とは、本実施形態に挙げる量に限るわけではない。

[0080] (第2磁気シールド)

第2磁気シールド170は、磁性体で作られており、第2対向部116内に一体成形されている。第2磁気シールド170の断面は、 x 方向に平行な2辺と z 方向に平行な2辺とをもつ略長方形である。第2磁気シールド170は、図1に示す断面を伴って y 方向に所定の長さにならびながら広がる。第2磁気シールド170は、全体として、 x y 平面に略平行な2面と y z 平面に略平行な2面と z x 平面に略平行な2面とをもつ略直方体である。第2磁気シールド170は、 z 方向に略直交する平面に沿って広がる板状である。すべての第2磁気シールド170の形状が、略同一である。

[0081] 6つの第2磁気シールド170は、 x y 平面に平行な略同一の平面に沿って広がり、 x 方向に等間隔に並ぶ。第2磁気シールド170は、 z 方向において第2対向部116の略中央に位置する。第2磁気シールド170は、第1磁気シールド160と略同一の形状をもつ。

[0082] (相互関係)

各測定ユニット141の構成要素の相互関係について説明する。電流路150は、第1磁気シールド160と第2磁気シールド170との間に位置する。磁電変換素子155は、電流路150と第2磁気シールド170との間

で基板 130 に搭載されている。

- [0083] 電流路 150 と磁電変換素子 155 と第 1 磁気シールド 160 と第 2 磁気シールド 170 とは、z 方向から見たとき重なる位置にある。電流路 150 と磁電変換素子 155 と第 1 磁気シールド 160 と第 2 磁気シールド 170 との x 方向の中心は、概ね、z 方向に平行な一直線状に位置する。第 2 磁気シールド 170 は、第 1 磁気シールド 160 を z 1 方向に平行移動した位置にある。磁電変換素子 155 の x 方向における幅は、電流路 150 の x 方向における幅よりも小さい。第 1 磁気シールド 160 と第 2 磁気シールド 170 の x 方向における幅は、いずれも、電流路 150 の x 方向における幅より大きい。
- [0084] 磁電変換素子 155 と第 1 磁気シールド 160 と第 2 磁気シールド 170 との y 方向の中心は、概ね、z 方向に平行な一直線状に位置する。第 1 磁気シールド 160 と第 2 磁気シールド 170 の y 方向における幅は、いずれも、磁電変換素子 155 の y 方向における幅より大きい。電流路 150 のうち y 方向に直線状に延びた領域は、磁電変換素子 155 の y 方向の幅よりも長い。
- [0085] 共通の測定ユニット 141 に含まれる電流路 150 と第 1 磁気シールド 160 とが、z 方向において第 1 距離ぶん離れて位置する。すべてのユニット群 140 において、すべての第 1 距離が略同一である。すなわち、大電流ユニット群 140-1 の第 1 距離と小電流ユニット群 140-2 の第 1 距離とが略同一である。
- [0086] 共通の測定ユニット 141 に含まれる電流路 150 と磁電変換素子 155 とが、z 方向において第 2 距離ぶん離れて位置する。共通のユニット群 140 に含まれるすべての測定ユニット 141 において、第 2 距離が略同一である。すなわち、大電流ユニット群 140-1 内のすべての第 2 距離が略同一である。小電流ユニット群 140-2 内のすべての第 2 距離が略同一である。ユニット群 140 ごとに、第 2 距離が異なる。具体的には、小電流ユニット群 140-2 の第 2 距離は、大電流ユニット群 140-1 の第 2 距離より小

さい。

[0087] 共通の測定ユニット141に含まれる磁電変換素子155と第2磁気シールド170とが、z方向において第3距離ぶん離れて位置する。すべての測定ユニット141において、第3距離が、第2距離より短い。すべての測定ユニット141において、第3距離が、略同一である。

[0088] 共通の測定ユニット141に含まれる電流路150と第2磁気シールド170とが、第1方向において第4距離ぶん離れて位置する。大電流ユニット群140-1における第4距離は、小電流ユニット群140-2における第4距離よりも大きい。

[0089] 共通の測定ユニット141に含まれる第1磁気シールド160と第2磁気シールド170とが、第1方向において第5距離ぶん離れて位置する。大電流ユニット群140-1における第5距離は、小電流ユニット群140-2における第5距離よりも大きい。

[0090] すべての磁電変換素子155が、xy平面に略平行な同一の平面上に位置する。さらに、小電流ユニット群140-2に含まれる3つの電流路150は、大電流ユニット群140-1に含まれる3つの電流路150より磁電変換素子155に近い。そのため、小電流ユニット群140-2において、比較的小さな電流を高精度に測定できる。さらに、すべての電流路150が同一平面上に位置する場合に比べて、第4測定ユニット141-4の磁電変換素子155は、第3測定ユニット141-3の電流路150から遠くに位置する。その結果、第4測定ユニット141-4の磁電変換素子155は、第3測定ユニット141-3の電流路150からのノイズを受けにくい。

[0091] (まとめ)

本実施形態によれば、第1対向部111を含む樹脂製の第1筐体110と、第2対向部116を含む樹脂製の第2筐体115と、第1筐体110と第2筐体115との少なくとも一方に搭載された基板130と、第1筐体110と第2筐体115とに搭載されて誘導磁界を測定する複数のユニット群140と、を備え、第1対向部111と第2対向部116とが、第1方向にお

いて対向して位置し、複数のユニット群140が、第1方向に交差する第2方向に並び、複数のユニット群140の各々が、第2方向に並んだ1つ以上の測定ユニット141を含み、1つ以上の測定ユニット141の各々が、第1対向部111に一体成形された第1磁気シールド160と、第2対向部116に一体成形された第2磁気シールド170と、第1磁気シールド160と第2磁気シールド170との間において第1対向部111に一体成形された電流路150と、電流路150に流れる電流により発生する誘導磁界を測定する磁電変換素子155と、を含み、磁電変換素子155が、第1方向において電流路150と第2磁気シールド170との間で基板130に搭載され、共通の測定ユニット141に含まれる電流路150と第1磁気シールド160とが、第1方向において第1距離ぶん離れて位置し、すべてのユニット群140において、すべての第1距離が略同一であり、共通の測定ユニット141に含まれる電流路150と磁電変換素子155とが、第1方向において第2距離ぶん離れて位置し、共通のユニット群140に含まれるすべての測定ユニット141において、第2距離が略同一であり、ユニット群140ごとに、第2距離が異なり、第1方向における第1対向部111の厚みが、略一定であり、第1方向における第2対向部116の厚みが、略一定であるので、樹脂成形しやすい。ユニット群140ごとに第2距離が異なる構造において、第1対向部111の厚みと、第2対向部116の厚みと、第1距離とが、それぞれ略一定であるので、製造時に型内で樹脂が流れやすい。その結果、誘導磁界を測定する複数の測定ユニット141の構成要素の位置関係が一定ではない場合でも、複数の測定ユニット141を一体的に容易に製造できる電流センサ100を提供できる。

[0092] 本実施形態によれば、共通の測定ユニット141に含まれる磁電変換素子155と第2磁気シールド170とが、第1方向において第3距離ぶん離れて位置し、すべての測定ユニット141において、第3距離が、第2距離より短く、すべての測定ユニット141において、第3距離が、略同一であるので、他の配置に比べて測定精度を高めることができる。

[0093] 本実施形態によれば、すべての第2磁気シールド170が、略同一の平面上に位置し、すべての磁電変換素子155が、1枚の略平面状の基板130に搭載されているので、第2筐体115と基板130とを容易に製造できる。さらに、第1対向部111が、相互に一体成形された複数の第1サブ対向部112を含み、複数の第1サブ対向部112の各々が、略平板状であり、複数の第1サブ対向部112が、相互に第1方向にずれた位置にあり、複数の第1サブ対向部112の各々が、異なる1つのユニット群140に対応し、複数のユニット群140の各々に含まれる電流路150と第1磁気シールド160とが、対応する第1サブ対向部112に位置するので、第1筐体110を容易に製造することができる。

[0094] (第2実施形態)

次に、第2実施形態の電流センサについて説明する。図2は、 z ×平面上に平行な断面における本実施形態の電流センサ200の断面図である。以下、第1実施形態の電流センサ100(図1)と本実施形態の電流センサ200との相違点を中心に説明する。図1に示す第1実施形態の電流センサ100では、各構成要素の百の位が1で表されており、図2に示す本実施形態の電流センサ200では、各構成要素の百の位が2で表されている。別段断りのない限り、百の位のみが異なる構成要素は、それぞれ、同様の構成要素を表す。

[0095] 第1測定ユニット241-1~第6測定ユニット241-6の各第1磁気シールド260が、それぞれ、順に、板状部261-1~板状部261-6(以下、区別せずに板状部261と呼ぶ場合がある)を含む。板状部261は、いずれも、第1実施形態(図1)の第1磁気シールド160と同一形状である。すなわち、すべての第1磁気シールド260が、 z 方向に略直交する平面に沿って広がる板状部261を含む。大電流ユニット群240-1に含まれるすべての板状部261が、略同一の平面に沿って広がる。小電流ユニット群240-2に含まれるすべての板状部261が、略同一の平面に沿って広がる。

- [0096] 図3は、図2に示す第3測定ユニット241-3と第4測定ユニット241-4との付近における、本実施形態の電流センサ200の部分拡大断面図である。図3では、第1筐体210と第2筐体215とを省略している。図3に示すように、大電流ユニット群240-1に含まれる第3測定ユニット241-3の板状部261-3が、x方向において小電流ユニット群240-2に近い第1縁部281と、x方向において小電流ユニット群240-2から遠い第2縁部282とをもつ。
- [0097] 第3測定ユニット241-3の第1磁気シールド260-3は、第1縁部281から第2対向部216（図2）に向けて延びた第1大電流突起262を含む。第1大電流突起262は、図3に示す断面において、x方向に略平行な2辺とz方向に略平行な2辺とをもつ略長方形であり、y方向において、板状部261の全体に沿って延びている。
- [0098] z方向における第1大電流突起262の第2対向部216（図2）側（すなわち、z1側）の第1先端部283と、小電流ユニット群240-2における板状部261の第2対向部216（図2）側（すなわち、z1側）の一面285とが、z方向に直交する略同一の平面上に位置する。
- [0099] 図3には、さらに、本実施形態の第3測定ユニット241-3の電流路250に流れる電流により発生する磁束を、矢印で概略的に示す。第3測定ユニット241-3では、磁束は、第2縁部282から第1磁気シールド260-3をx2方向に通り、板状部261-3の第1縁部281を通過して第1大電流突起262に向かう。
- [0100] 図3に示すように、第1大電流突起262からz1方向に出た磁束の一部は、第3測定ユニット241-3の電流路250と磁電変換素子255との間を通過して、第2縁部282に戻る。第1大電流突起262からz1方向に出た磁束の一部は、第3測定ユニット241-3の磁電変換素子255をx1方向に通過して、第2縁部282に戻る。第1大電流突起262からz1方向に出た磁束の一部は、第3測定ユニット241-3の第2磁気シールド270のx2側端部付近から第2磁気シールド270に入り、第2磁気シールド

ド270をx1方向に通じ、第2磁気シールド270のx1側端部から第2縁部282に戻る。

[0101] 図4は、図3と同じ範囲における本実施形態の電流センサ200の部分拡大断面図である。図4には、さらに、本実施形態の第4測定ユニット241-4の電流路250に流れる電流により発生する磁束を、矢印で概略的に示す。第4測定ユニット241-4では、磁束は、第1磁気シールド260-4のx1側端部からx2方向に向かい、第1磁気シールド260-4のx2側端部からx2方向に出る。

[0102] 図4に示すように、第4測定ユニット241-4の第1磁気シールド260-4のx2側端部から出た磁束の一部は、第4測定ユニット241-4の電流路250と磁電変換素子255との間を通過して、第1磁気シールド260-4のx1側端部に戻る。第1磁気シールド260-4のx2側端部から出た磁束の一部は、第4測定ユニット241-4の磁電変換素子255をx1方向に通過して、第1磁気シールド260-4のx1側端部に戻る。第1磁気シールド260-4のx2側端部から出た磁束の一部は、第4測定ユニット241-4の第2磁気シールド270のx2側端部から第2磁気シールド270に入り、第2磁気シールド270をx1方向に通じ、第2磁気シールド270のx1側端部から第1磁気シールド260-4のx1側端部に戻る。

[0103] 図5は、図3と同じ範囲における比較例の電流センサ2000の部分拡大断面図である。図3に示す本実施形態の電流センサ200では、各構成要素の百の位が2で表されており、図5に示す比較例の電流センサ2000では、各構成要素の百の位以上が20で表されている。別段断りのない限り、百の位以上のみ異なる構成要素は、それぞれ、同様の構成要素を表す。図5に示す比較例における第3測定ユニット2041-3の第1磁気シールド2060-3は、第1大電流突起262（図3）を含まない。

[0104] 図5には、さらに、比較例の第3測定ユニット2041-3の電流路2050に流れる電流により発生する磁束を、矢印で概略的に示す。第3測定ユ

ニット2041-3における第1磁気シールド2060-3のx2側端部から出た磁束は、第4測定ユニット2041-4における第1磁気シールド2060-4のz2側の面から、第4測定ユニット2041-4の第1磁気シールド2060-4に入る。第4測定ユニット2041-4の第1磁気シールド2060-4に入った磁束は、第4測定ユニット2041-4における第1磁気シールド2060-4のz1側の一面の全体からz1方向に出る。

[0105] 図5に示すように、第4測定ユニット2041-4の第1磁気シールド2060-4から出た磁束は、一部が、第3測定ユニット2041-3における第2磁気シールド2070のx2側端部に入り、他の一部が、第4測定ユニット2041-4の第2磁気シールド2070に入る。第4測定ユニット2041-4の第2磁気シールド2070に入った磁束は、第4測定ユニット2041-4の第2磁気シールド2070のx1側端部から、第3測定ユニット2041-3の第2磁気シールド2070のx2側端部に入る。第3測定ユニット2041-3の第2磁気シールド2070に入った磁束は、第3測定ユニット2041-3の第2磁気シールド2070のx1側端部からx1方向に出て、第3測定ユニット2041-3の第1磁気シールド2060-3のx1側端部に戻る。

[0106] 比較例の第4測定ユニット2041-4の電流路2050に流れる電流により発生する磁束は、図4に示す本実施形態の場合と同様である。

[0107] 図5からわかるように、第1大電流突起262（図3）を含まない比較例では、第3測定ユニット2041-3の電流路2050により発生した磁束が、第4測定ユニット2041-4に広がるため、第3測定ユニット2041-3の磁電変換素子2055における感度が低下する。これに対して、図3からわかるように、第1大電流突起262を含む本実施形態では、第3測定ユニット2041-3の電流路2050により発生した磁束が、第4測定ユニット2041-4に広がりにくいいため、第3測定ユニット2041-3の磁電変換素子2055における感度を維持できる。

[0108] 図4に示すように、第1大電流突起262が存在しても、第4測定ユニッ

ト 241-4 における磁界は大きく変化しない。そのため、第 1 大電流突起 262 の有無にかかわらず、小電流ユニット群 240-2 における測定ユニット 241 間の感度との差が小さく抑えられる。

[0109] 図 3 に示す小電流ユニット群 240-2 自体の測定対象である誘導磁界を阻害しないように、第 1 大電流突起 262 の第 1 先端部 283 は、z 方向において小電流ユニット群 240-2 における板状部 261 の一面 285 と同じ位置にあるか、一面 285 より z 2 側に位置することが好ましい。大電流ユニット群 240-1 における感度向上と、小電流ユニット群 240-2 における感度維持とのバランスを考えると、第 1 大電流突起 262 の第 1 先端部 283 と、小電流ユニット群 240-2 における板状部 261 の一面 285 とが、z 方向に直交する略同一の平面上に位置することが好ましい。

[0110] (まとめ)

本実施形態によれば、相違点を除いて第 1 実施形態と同様の効果が得られる。

[0111] 本実施形態によれば、複数のユニット群 240 の 1 つが、大電流ユニット群 240-1 であり、複数のユニット群 240 の他の 1 つが、大電流ユニット群 240-1 よりも小さな電流による誘導磁界を測定する小電流ユニット群 240-2 であり、大電流ユニット群 240-1 と小電流ユニット群 240-2 とが隣接しており、すべての第 1 磁気シールド 260 が、第 2 方向を含む平面に沿って広がる板状部 261 を含み、大電流ユニット群 240-1 に含まれるすべての板状部 261 が、略同一の平面に沿って広がり、小電流ユニット群 240-2 に含まれるすべての板状部 261 が、略同一の平面に沿って広がり、共通の測定ユニット 241 に含まれる電流路 250 と第 2 磁気シールド 270 とが、第 1 方向において第 4 距離ぶん離れて位置し、大電流ユニット群 240-1 における第 4 距離が、小電流ユニット群 240-2 における第 4 距離よりも大きく、共通の測定ユニット 241 に含まれる第 1 磁気シールド 260 と第 2 磁気シールド 270 とが、第 1 方向において第 5 距離ぶん離れて位置し、大電流ユニット群 240-1 における第 5 距離が、

小電流ユニット群240-2における第5距離よりも大きく、大電流ユニット群240-1に含まれる板状部261が、第2方向において小電流ユニット群240-2に近い第1縁部281と、第2方向において小電流ユニット群240-2から遠い第2縁部282とをもち、大電流ユニット群240-1に含まれるすべての第1磁気シールド260のうち、小電流ユニット群240-2に最も近い第1磁気シールド260を含む1つ以上の第1磁気シールド260が、第1縁部281から第2対向部216に向けて延びた第1大電流突起262を含むので、大電流ユニット群240-1から小電流ユニット群240-2に向かう誘導磁界の望まない拡散を防ぐことができる。

[0112] 具体的に説明すると、第1方向において、大電流ユニット群240-1内で小電流ユニット群240-2に最も近い第1磁気シールド260と、小電流ユニット群240-2内で大電流ユニット群240-1に最も近い第1磁気シールド260とを見たとき、大電流ユニット群240-1の第1磁気シールド260が、小電流ユニット群240-2の第1磁気シールド260よりも第2対向部216から遠くに位置する。そのため、第1大電流突起262がない場合、大電流ユニット群240-1の第1磁気シールド260における板状部261の小電流ユニット群240-2側の縁部から、誘導磁界の大半が、小電流ユニット群240-2の第1磁気シールド260に拡散する。その結果、第1大電流突起262がない場合、大電流ユニット群240-1内で小電流ユニット群240-2に最も近い測定ユニット241の感度が低下する。第1大電流突起262がある場合、誘導磁界の大半が、大電流ユニット群240-1の第1磁気シールド260における板状部261の小電流ユニット群240-2側の縁部から、第1大電流突起262を介して、第2対向部216に向けられる。その結果、大電流ユニット群240-1から小電流ユニット群240-2に向かう誘導磁界の望まない拡散を防ぐことができる。

[0113] 本実施形態によれば、第1方向における第1大電流突起262の第2対向部216側の第1先端部283と、小電流ユニット群240-2の第1磁気

シールド260における板状部261の第2対向部216側の一面285とが、第1方向に直交する略同一の平面上に位置するので、大電流ユニット群240-1から小電流ユニット群240-2に向かう誘導磁界の拡散と、小電流ユニット群240-2から大電流ユニット群240-1に向かう誘導磁界の拡散とを最小限度に留めることができ、大電流ユニット群240-1と小電流ユニット群240-2との境界に隣接する測定ユニット241における感度を、他の測定ユニット241における感度と同等にできる。

[0114] (第3実施形態)

次に、第3実施形態の電流センサについて説明する。図6は、 $z \times$ 平面に平行な断面における本実施形態の電流センサ300の断面図である。以下、第2実施形態の電流センサ200(図2)と本実施形態の電流センサ300との相違点を中心に説明する。図2に示す第2実施形態の電流センサ200では、各構成要素の百の位が2で表されており、図6に示す本実施形態の電流センサ300では、各構成要素の百の位が3で表されている。別段断りのない限り、百の位のみが異なる構成要素は、それぞれ、同様の構成要素を表す。

[0115] 本実施形態の大電流ユニット群340-1に含まれるすべての第1磁気シールド360の形状が、略同一である。すなわち、本実施形態の大電流ユニット群340-1に含まれるすべての第1磁気シールド360は、第2実施形態(図2)の第3測定ユニット241-3に含まれる第1磁気シールド260-3と同じである。図6に示すように、第1測定ユニット341-1~第3測定ユニット341-3が、それぞれ、第1大電流突起362を含む。

[0116] (まとめ)

本実施形態によれば、相違点を除いて第2実施形態と同様の効果が得られる。

[0117] 本実施形態によれば、大電流ユニット群340-1に含まれるすべての第1磁気シールド360の形状が、略同一であるので、大電流ユニット群340-1に含まれる測定ユニット341間の感度差を抑えた設計が容易となる

。また、部品を共通化して、製造管理コストを抑制できる。

[0118] (第4実施形態)

次に、第4実施形態の電流センサについて説明する。図7は、 z ×平面に平行な断面における本実施形態の電流センサ400の断面図である。以下、第3実施形態の電流センサ300(図6)と本実施形態の電流センサ400との相違点を中心に説明する。図6に示す第3実施形態の電流センサ300では、各構成要素の百の位が3で表されており、図7に示す本実施形態の電流センサ400では、各構成要素の百の位が4で表されている。別段断りのない限り、百の位のみが異なる構成要素は、それぞれ、同様の構成要素を表す。

[0119] 本実施形態の大電流ユニット群440-1に含まれるすべての第1磁気シールド460の形状は、略同一である。図8は、図7に示す大電流ユニット群440-1に含まれる1つの測定ユニット441と基板430との部分拡大断面図である。

[0120] 図8に示すように、大電流ユニット群440-1の第1磁気シールド460は、第3実施形態と同様の第1大電流突起462に加えて、第2縁部482から第2対向部416(図7)に向けて延びた第2大電流突起463を含む。すなわち、第1大電流突起462(図8)を含む第1磁気シールド460(図7)の各々が、第2大電流突起463(図8)をもつ。第2大電流突起463は、図8に示す断面において、 x 方向に略平行な2辺と z 方向に略平行な2辺とをもつ略長方形であり、 y 方向において、板状部461の全体に沿って延びている。

[0121] 第1磁気シールド460は、 z 方向に延びる軸の周りで180度回転させると重なる2回対称な形状である。すなわち、第1大電流突起462を180度回転させると第2大電流突起463に重なる。 z 方向における第1大電流突起462の z 1側の第1先端部483と、 z 方向における第2大電流突起463の z 1側の第2先端部484と、図7に示す小電流ユニット群440-2に含まれる第1磁気シールド460の z 1側の一面485とは、 z 方

向に直交する略同一の平面上に位置する。

[0122] 図7に示す大電流ユニット群440-1における電流路450と磁電変換素子455との距離は、磁電変換素子455の飽和を避けるためにも、小電流ユニット群440-2における電流路450と磁電変換素子455との距離より大きくすることが一般である。しかし、本実施形態では、大電流ユニット群440-1の第1磁気シールド460が、第1大電流突起462と第2大電流突起463との両方を含むことにより、第1磁気シールド460から第2磁気シールド470に向かう磁束が増える。その結果、磁電変換素子455を通る磁束が減る。

[0123] 本実施形態では、第2大電流突起463がない場合に比べて磁電変換素子455を通る磁束が減るので、大電流ユニット群440-1における電流路450と磁電変換素子455との距離を、小電流ユニット群440-2における電流路450と磁電変換素子455との距離に近づけることができる。その結果、左第1サブ対向部412-1と右第1サブ対向部412-2とのずれを小さくして第1筐体410の強度を高めることができる。

[0124] (まとめ)

本実施形態によれば、相違点を除いて第3実施形態と同様の効果が得られる。

[0125] 本実施形態によれば、第1大電流突起462を含む1つ以上の第1磁気シールド460の各々が、第2縁部482から第2対向部416に向けて延びた第2大電流突起463をもつので、製造時に第1大電流突起462と第2大電流突起463との両方とを利用して、第1磁気シールド460の向きを揃えやすくなり、製造装置の部品供給部分の構造を簡略化できる。

[0126] (第5実施形態)

次に、第5実施形態の電流センサについて説明する。図9は、z-x平面に平行な断面における本実施形態の電流センサ500の断面図である。以下、第1実施形態の電流センサ100(図1)と本実施形態の電流センサ500との相違点を中心に説明する。図1に示す第1実施形態の電流センサ100

では、各構成要素の百の位が1で表されており、図9に示す本実施形態の電流センサ500では、各構成要素の百の位が5で表されている。別段断りのない限り、百の位のみが異なる構成要素は、それぞれ、同様の構成要素を表す。

[0127] 第1測定ユニット541-1～第6測定ユニット541-6の各第1磁気シールド560が、それぞれ、順に、板状部561-1～板状部561-6（以下、区別せずに板状部561と呼ぶ場合がある）を含む。板状部561は、いずれも、第1実施形態の第1磁気シールド160と略同一形状である。すべての第1磁気シールド560が、z方向に略直交する平面に沿って広がる板状部561を含む。

[0128] 大電流ユニット群540-1に含まれるすべての板状部561が、略同一の平面に沿って広がる。小電流ユニット群540-2に含まれるすべての板状部561が、略同一の平面に沿って広がる。ただし、小電流ユニット群540-2に含まれる板状部561のx方向における幅は、大電流ユニット群540-1に含まれる板状部561のx方向における幅よりもわずかに小さい。

[0129] 図10は、図9に示す第3測定ユニット541-3と第4測定ユニット541-4との付近における、本実施形態の電流センサ500の部分拡大断面図である。図10では、第1筐体510と第2筐体515とを省略している。図10に示すように、小電流ユニット群540-2に含まれる第4測定ユニット541-4の板状部561-4が、x方向において大電流ユニット群540-1に近い第1縁部586と、x方向において大電流ユニット群540-1から遠い第2縁部587とをもつ。

[0130] 第4測定ユニット541-4の第1磁気シールド560-4は、第1縁部586から第2対向部516（図9）に向けて延びた第1小電流突起564を含む。第1小電流突起564は、図10に示す断面において、z1方向とx1方向との間の方向に延びている。図10に示す断面において、第1磁気シールド560-4と第1小電流突起564とが鈍角を形成する。第4測定

ユニット541-4において、第1磁気シールド560-4全体のx方向の幅は、第2磁気シールド570のx方向の幅と略同一である。第1小電流突起564は、y方向において、板状部561の全体に沿って延びている。

[0131] 第1小電流突起564を含む第4測定ユニット541-4において、z方向における第1小電流突起564の第2対向部516（図9）側（すなわち、z1側）の第1先端部588は、z方向における電流路550の中心より、第2対向部516（図9）から遠い位置（すなわち、z2側）にある。

[0132] 図10には、さらに、本実施形態の第3測定ユニット541-3の電流路550に流れる電流により発生する磁束を、矢印で概略的に示す。第3測定ユニット541-3の第1磁気シールド560-3のx1側端部から入った磁束は、第1磁気シールド560-3のx2側端部からx2方向に出て、z2側の面から第4測定ユニット541-4の第1磁気シールド560-4に入る。第4測定ユニット541-4の第1磁気シールド560-4に入った磁束は、第1小電流突起564からz1方向に出る。

[0133] 図10に示すように、第1小電流突起564から出た磁束の一部は、第3測定ユニット541-3において電流路550と磁電変換素子555との間を通過して、第3測定ユニット541-3の第1磁気シールド560-3のx1側端部に戻る。第1小電流突起564から出た磁束の一部は、第3測定ユニット541-3において、磁電変換素子555をx1方向に通過して、第1磁気シールド560-3のx1側端部に戻る。第1小電流突起564から出た磁束の一部は、第3測定ユニット541-3において、第2磁気シールド570のx2側端部付近から第2磁気シールド570に入り、第2磁気シールド570をx1方向に通り、第2磁気シールド570のx1側端部から第1磁気シールド560-3のx1側端部に戻る。

[0134] 図11は、図10と同じ範囲における本実施形態の電流センサ500の部分拡大図である。図11には、さらに、本実施形態の第4測定ユニット541-4の電流路550に流れる電流により発生する磁束を、矢印で概略的に示す。第4測定ユニット541-4では、磁束は、第1磁気シールド560

− 4 の × 1 側端部から × 2 方向に向かい、第 1 磁気シールド 5 6 0 − 4 の × 2 側端部から × 2 方向に出る。

[0135] 図 1 1 に示すように、第 1 磁気シールド 5 6 0 − 4 から出た磁束の一部は、電流路 5 5 0 と磁電変換素子 5 5 5 との間を通過して、第 1 小電流突起 5 6 4 に戻る。第 1 磁気シールド 5 6 0 − 4 から出た磁束の一部は、磁電変換素子 5 5 5 を × 1 方向に通過して、第 1 小電流突起 5 6 4 に戻る。第 1 磁気シールド 5 6 0 − 4 から出た磁束の一部は、第 2 磁気シールド 5 7 0 の × 2 側端部から第 2 磁気シールド 5 7 0 に入り、第 2 磁気シールド 5 7 0 を × 1 方向に通じ、第 2 磁気シールド 5 7 0 の × 1 側端部から第 1 小電流突起 5 6 4 に戻る。

[0136] 図 5 を参照して第 2 実施形態で説明したとおり、第 1 小電流突起 5 6 4 (図 1 0) を含まない比較例では、第 3 測定ユニット 2 0 4 1 − 3 の電流路 2 0 5 0 により発生した磁束が、第 4 測定ユニット 2 0 4 1 − 4 に広がるため、第 3 測定ユニット 2 0 4 1 − 3 の磁電変換素子 2 0 5 5 における感度が低下する。これに対して、図 1 0 からわかるように、第 1 小電流突起 5 6 4 を含む本実施形態では、第 3 測定ユニット 5 4 1 − 3 の電流路 5 5 0 により発生した磁束が、第 4 測定ユニット 5 4 1 − 4 に広がりにくいため、第 3 測定ユニット 5 4 1 − 3 の磁電変換素子 5 5 5 における感度を維持できる。

[0137] 図 1 1 に示すように、第 1 小電流突起 5 6 4 が存在しても、第 4 測定ユニット 5 4 1 − 4 における磁界は大きく変化しない。そのため、第 1 小電流突起 5 6 4 の有無にかかわらず、小電流ユニット群 5 4 0 − 2 における測定ユニット 5 4 1 間の感度との差が小さく抑えられる。

[0138] (まとめ)

本実施形態によれば、相違点を除いて第 1 実施形態と同様の効果が得られる。

[0139] 本実施形態によれば、複数のユニット群 5 4 0 の 1 つが、大電流ユニット群 5 4 0 − 1 であり、複数のユニット群 5 4 0 の他の 1 つが、小電流ユニット群 5 4 0 − 2 であり、大電流ユニット群 5 4 0 − 1 と小電流ユニット群 5

40-2とが隣接しており、すべての第1磁気シールド160が、第2方向を含む平面に沿って広がる板状部561を含み、大電流ユニット群540-1に含まれるすべての板状部561が、略同一の平面に沿って広がり、小電流ユニット群540-2に含まれるすべての板状部561が、略同一の平面に沿って広がり、共通の測定ユニット541に含まれる電流路550と第2磁気シールド570とが、第1方向において第4距離ぶん離れて位置し、大電流ユニット群540-1における第4距離が、小電流ユニット群540-2における第4距離よりも大きく、共通の測定ユニット541に含まれる第1磁気シールド560と第2磁気シールド570とが、第1方向において第5距離ぶん離れて位置し、大電流ユニット群540-1における第5距離が、小電流ユニット群540-2における第5距離よりも大きく、小電流ユニット群540-2に含まれる板状部561が、第2方向において大電流ユニット群540-1に近い第1縁部586と、第2方向において大電流ユニット群540-1から遠い第2縁部587とをもち、小電流ユニット群540-2に含まれるすべての第1磁気シールド560のうち、大電流ユニット群540-1に最も近い第1磁気シールド560を含む1つ以上の第1磁気シールド560が、第1縁部586から第2対向部516に向けて延びた第1小電流突起564をもつので、大電流ユニット群540-1から小電流ユニット群540-2に向かう誘導磁界の望まない拡散を防ぐことができる。

[0140] 具体的に説明すると、第1方向において、大電流ユニット群540-1内で小電流ユニット群540-2に最も近い第1磁気シールド560と、小電流ユニット群540-2内で大電流ユニット群540-1に最も近い第1磁気シールド560とを見たとき、大電流ユニット群540-1の第1磁気シールド560が、小電流ユニット群540-2の第1磁気シールド560よりも第2対向部516から遠くに位置する。そのため、第1小電流突起564がない場合、大電流ユニット群540-1の第1磁気シールド560における板状部561の小電流ユニット群540-2側の縁部から、誘導磁界の大半が、小電流ユニット群540-2に拡散する。その結果、第1小電流突

起564がない場合、大電流ユニット群540-1内で小電流ユニット群540-2に最も近い測定ユニット541の感度が低下する。第1小電流突起564がある場合、大電流ユニット群540-1の第1磁気シールド560の小電流ユニット群540-2側の縁部から、小電流ユニット群540-2の第1磁気シールド560に拡散した誘導磁界の大半が、第1小電流突起564を介して、第2対向部516に向けられ、大電流ユニット群540-1側に戻りやすくなる。その結果、大電流ユニット群540-1から小電流ユニット群540-2に向かう誘導磁界の望まない拡散を防ぐことができる。

[0141] なお、小電流ユニット群540-2で測定対象とする誘導磁界も第1小電流突起564に集中する。しかし、小電流ユニット群540-2で測定対象とする誘導磁界は、第1小電流突起564の有無にかかわらず、第1磁気シールド560の端部に集中するため、小電流ユニット群540-2における感度は、第1小電流突起564の有無により影響を受けにくい。ただし、小電流ユニット群540-2に含まれる測定ユニット541間の感度差を小さくするには、第1方向における第1小電流突起564の突出量を小さくすることが好ましい。第1小電流突起564の突出量は、電流路550と、第1磁気シールド560との距離である第1距離程度が好ましい。

[0142] 本実施形態によれば、第1小電流突起564を含む測定ユニット541において、第1方向における第1小電流突起564の第2対向部516側の第1先端部588は、第1方向における電流路550の中心より、第2対向部516から遠い位置にあり、第1磁気シールド560と第1小電流突起564とが鈍角を形成するので、第1小電流突起564を設けたことによる小電流ユニット群540-2における感度差の影響を抑えられる。

[0143] (第6実施形態)

次に、第6実施形態の電流センサについて説明する。図12は、z×平面に平行な断面における本実施形態の電流センサ600の断面図である。以下、第5実施形態の電流センサ500(図9)と本実施形態の電流センサ600との相違点を中心に説明する。図9に示す第5実施形態の電流センサ500

0では、各構成要素の百の位が5で表されており、図12に示す本実施形態の電流センサ600では、各構成要素の百の位が6で表されている。別段断りのない限り、百の位のみが異なる構成要素は、それぞれ、同様の構成要素を表す。

[0144] 本実施形態の小電流ユニット群640-2に含まれるすべての第1磁気シールド660の形状が、略同一である。すなわち、本実施形態の小電流ユニット群640-2に含まれるすべての第1磁気シールド660は、第5実施形態(図9)の第4測定ユニット541-4に含まれる第1磁気シールド560-4と同じである。図12に示すように、小電流ユニット群640-2に含まれるすべての第1磁気シールド660が、第5実施形態(図9)の第1小電流突起564と同じ第1小電流突起664を含む。

[0145] (まとめ)

本実施形態によれば、相違点を除いて第6実施形態と同様の効果が得られる。

[0146] 本実施形態によれば、小電流ユニット群640-2に含まれるすべての第1磁気シールド660の形状が、略同一であるので、小電流ユニット群640-2に含まれる測定ユニット641間の感度差を抑えた設計が容易となる。また、部品を共通化して、製造管理コストを抑制できる。

[0147] (第7実施形態)

次に、第7実施形態の電流センサについて説明する。図13は、z-x平面に平行な断面における本実施形態の電流センサ700の断面図である。以下、第5実施形態の電流センサ500(図9)と本実施形態の電流センサ700との相違点を中心に説明する。図9に示す第5実施形態の電流センサ500では、各構成要素の百の位が5で表されており、図13に示す本実施形態の電流センサ700では、各構成要素の百の位が7で表されている。別段断りのない限り、百の位のみが異なる構成要素は、それぞれ、同様の構成要素を表す。

[0148] 図14は、図13に示す第3測定ユニット741-3と第4測定ユニット

741-4と基板730との部分拡大断面図である。図14に示すように、第4測定ユニット741-4の第1磁気シールド760-4は、第5実施形態と同様の板状部761-4と、第5実施形態と同様の第1小電流突起764とを含み、さらに、第2縁部787から第2対向部716（図13）に向けて延びた第2小電流突起765を含む。

[0149] 第4測定ユニット741-4における板状部761-4のx方向の幅は、第5実施形態の板状部561-4（図12）よりもわずかに狭い。第4測定ユニット741-4において、第1磁気シールド760-4は、z方向に平行な軸を中心として180度回転させると重なる2回対称な形状である。すなわち、第1小電流突起764を180度回転させると第2小電流突起765に重なる。第2小電流突起765のz1側の第2先端部789と、第1小電流突起764のz1側の第1先端部788とは、xy平面に平行な同一平面上に位置する。

[0150] 図13に示すように、小電流ユニット群740-2に含まれるすべての第1磁気シールド760の形状が、略同一である。

[0151] 本実施形態の第3測定ユニット741-3の第1磁気シールド760-3は、xy平面に略平行に広がる板状部761-3と、板状部761-3のx2側にある第1縁部781から延びた第1大電流突起762と、板状部761-3のx1側にある第2縁部782から延びた第2大電流突起763とを含む。

[0152] 第3測定ユニット741-3の第1磁気シールド760-3は、第4測定ユニット741-4の第1磁気シールド760-4を、z方向に平行な軸を中心として180度回転させた形状である。すなわち、第3測定ユニット741-3の板状部761-3と第1大電流突起762と第2大電流突起763との形状は、それぞれ、第4測定ユニット741-4の板状部761-4と第1小電流突起764と第2小電流突起765との形状に対応する。

[0153] 本実施形態における第3測定ユニット741-3の第1大電流突起762は、第2実施形態（図2）の第1大電流突起262と同様に機能する。図1

3に示すように、大電流ユニット群740-1に含まれるすべての第1磁気シールド760の形状が、略同一である。

[0154] (まとめ)

本実施形態によれば、相違点を除いて第1実施形態と同様の効果が得られる。

[0155] 本実施形態によれば、第1小電流突起764を含む1つ以上の第1磁気シールド760の各々が、第2縁部787から第2対向部716に向けて延びた第2小電流突起765をもつので、製造時に第1小電流突起764と第2小電流突起765との両方とを利用して、第1磁気シールド760の向きを揃えやすくなり、製造装置の部品供給部分の構造を簡略化できる。

[0156] 本実施形態によれば、すべての第1磁気シールド760の形状が、略同一であるので、部品が共通化され、製造管理コストを抑制できる。

[0157] (第8実施形態)

次に、第8実施形態の電流センサについて説明する。図15は、z-x平面に平行な断面における本実施形態の電流センサ800の断面図である。以下、第1実施形態の電流センサ100(図1)と本実施形態の電流センサ800との相違点を中心に説明する。図1に示す第1実施形態の電流センサ100では、各構成要素の百の位が1で表されており、図15に示す本実施形態の電流センサ800では、各構成要素の百の位が8で表されている。別段断りのない限り、百の位のみが異なる構成要素は、それぞれ、同様の構成要素を表す。

[0158] (第1筐体)

本実施形態の左第1サブ対向部812-1と右第1サブ対向部812-2とは、第1実施形態と異なり、z方向にずれていない。第1筐体810は、左第1サブ対向部812-1と右第1サブ対向部812-2との間からz1方向に延びた第3支持部813-3を含む。

[0159] (第2筐体)

本実施形態の第2対向部816は、第1実施形態と異なり、左第2サブ対

向部 817-1 と右第 2 サブ対向部 817-2 と（以下、区別せずに第 2 サブ対向部 817 と呼ぶ場合がある）に分かれている。他の例において、第 2 対向部 816 が、3 つ以上の複数の第 2 サブ対向部 817 を含んでもよい。

[0160] 左第 2 サブ対向部 817-1 は、右第 2 サブ対向部 817-2 の x 1 側に位置する。左第 2 サブ対向部 817-1 は、第 1 支持部 813-1 と第 3 支持部 813-3 とにより第 1 筐体 810 に固定されている。右第 2 サブ対向部 817-2 は、第 2 支持部 813-2 と第 3 支持部 813-3 とにより第 1 筐体 810 に固定されている。

[0161] 2 つの第 2 サブ対向部 817 は、略同一形状で、いずれも、x y 平面に略平行な 2 面をもち x y 平面に略平行に広がる略平板状である。z 方向における第 2 サブ対向部 817 の厚みは、x 方向のいずれの位置でも略一定である。z 方向において、右第 2 サブ対向部 817-2 は、左第 2 サブ対向部 817-1 より z 2 方向にずれた位置にある。z 方向において、左第 2 サブ対向部 817-1 と左第 1 サブ対向部 812-1 との間に空間が存在する。z 方向において、右第 2 サブ対向部 817-2 と右第 1 サブ対向部 812-2 との間に空間が存在する。

[0162] （基板と固定部材）

本実施形態の基板 830 は、第 1 実施形態と異なり、第 1 サブ基板 834-1 と第 2 サブ基板 834-2 と（以下、区別せずにサブ基板 834 と呼ぶ場合がある）を含む。他の例において、基板 830 は、3 つ以上の複数のサブ基板 834 を含んでもよい。

[0163] 第 1 サブ基板 834-1 は、z 方向において左第 1 サブ対向部 812-1 と左第 2 サブ対向部 817-1 との間に位置する。複数の固定部材 833 により第 1 サブ基板 834-1 と左第 2 サブ対向部 817-1 とが相互に固定されている。第 1 サブ基板 834-1 は、絶縁材料製で、x y 平面に略平行に広がる略平板状である。第 1 サブ基板 834-1 は、左第 1 サブ対向部 812-1 側の左第 1 搭載面 831-1 と、左第 2 サブ対向部 817-1 側の左第 2 搭載面 832-1 とをもつ。左第 1 搭載面 831-1 と左第 2 搭載面

832-1とは、いずれも x y 平面に略平行である。

[0164] 第2サブ基板834-2は、 z 方向において右第1サブ対向部812-2と右第2サブ対向部817-2との間に位置する。複数の固定部材833により第2サブ基板834-2と右第2サブ対向部817-2とが相互に固定されている。第2サブ基板834-2は、絶縁材料製で、 x y 平面に略平行に広がる略平板状である。第2サブ基板834-2は、右第1サブ対向部812-2側の右第1搭載面831-2と、右第2サブ対向部817-2側の右第2搭載面832-2とをもつ。右第1搭載面831-2と右第2搭載面832-2とは、いずれも x y 平面に略平行である。

[0165] (ユニット群)

複数のユニット群840の各々に、第1サブ対向部812と第2サブ対向部817とサブ基板834とが対応する。すなわち、大電流ユニット群840-1に、左第1サブ対向部812-1と左第2サブ対向部817-1と第1サブ基板834-1とが対応する。小電流ユニット群840-2に、右第1サブ対向部812-2と右第2サブ対向部817-2と第2サブ基板834-2とが対応する。

[0166] 大電流ユニット群840-1に含まれるすべての第2磁気シールド870が、対応する左第2サブ対向部817-1に搭載され、 x y 平面に略平行な平面上に並ぶ。小電流ユニット群840-2に含まれるすべての第2磁気シールド870が、対応する右第2サブ対向部817-2に搭載され、 x y 平面に略平行な平面上に並ぶ。小電流ユニット群840-2に含まれる3つの第2磁気シールド870は、大電流ユニット群840-1に含まれる3つの第2磁気シールド870よりも z 2側にずれている。

[0167] 大電流ユニット群840-1に含まれるすべての磁電変換素子855が、対応する第1サブ基板834-1の左第1搭載面831-1に搭載され、 x y 平面に略平行な平面に沿って広がる。小電流ユニット群840-2に含まれるすべての磁電変換素子855が、対応する第2サブ基板834-2の右第1搭載面831-2に搭載され、 x y 平面に略平行な平面に沿って広がる

- 。
- [0168] すべての電流路850が、 x y 平面に略平行な略同一の平面上に位置する。すべての第1磁気シールド860が、 x y 平面に略平行な略同一の平面上に位置する。
- [0169] 全体として、本実施形態の電流センサ800は、第1実施形態(図1)の小電流ユニット群840-2を大電流ユニット群840-1に対して、わずかに z 2方向にずらした構成をとっている。
- [0170] 本実施形態では、第1サブ対向部812に対する第2サブ対向部817の取り付け位置を調節するだけで、構成要素間の距離を変更して、各ユニット群840における測定対象の定格電流を変更できる。第2サブ対向部817とサブ基板834との組み合わせを、異なる定格電流を対象とした複数のユニット群840で共用できる。
- [0171] (まとめ)
- 本実施形態によれば、第1実施形態と同様に、樹脂成形しやすい。ユニット群840ごとに第2距離が異なる構造において、第1対向部811の厚みと、第2対向部816の厚みと、第1距離とが、それぞれ略一定であるので、製造時に型内で樹脂が流れやすい。その結果、誘導磁界を測定する複数の測定ユニット841の構成要素の位置関係が一定ではない場合でも、複数の測定ユニット841を一体的に容易に製造できる電流センサ800を提供できる。
- [0172] 本実施形態によれば、共通の測定ユニット841に含まれる磁電変換素子855と第2磁気シールド870とが、第1方向において第3距離ぶん離れて位置し、すべての測定ユニット841において、第3距離が、第2距離より短く、すべての測定ユニット841において、第3距離が、略同一であるので、他の配置に比べて測定精度を高めることができる。
- [0173] 本実施形態によれば、複数のユニット群840の各々が、同数の測定ユニット841を含み、第2対向部816が、略同一形状の複数の第2サブ対向部817を含み、基板830が、略同一形状の複数のサブ基板834を含み

、複数のユニット群840の各々に、第2サブ対向部817とサブ基板834とが対応し、同じユニット群840に対応する第2サブ対向部817とサブ基板834とが、相互に固定されており、各第2サブ対向部817が、対応するユニット群840に含まれるすべての第2磁気シールド870を搭載し、各サブ基板834が、対応するユニット群840に含まれるすべての磁電変換素子855を搭載するので、第2サブ対向部817とサブ基板834とを組み立てた部品を、複数のユニット群840で共通化して、製造コストを減らせる。

[0174] 本実施形態によれば、すべての電流路850が略同一の平面上に位置し、すべての第1磁気シールド860が略同一の平面上に位置するので、第1対向部811の形状が簡略化され、樹脂成形しやすい。

[0175] (第9実施形態)

次に、第9実施形態の電流センサについて説明する。図16は、 $z \times$ 平面上に平行な断面における本実施形態の電流センサ900の断面図である。以下、第8実施形態の電流センサ800(図15)と本実施形態の電流センサ900との相違点を中心に説明する。図15に示す第8実施形態の電流センサ800では、各構成要素の百の位が8で表されており、図16に示す本実施形態の電流センサ900では、各構成要素の百の位が9で表されている。別段断りのない限り、百の位のみが異なる構成要素は、それぞれ、同様の構成要素を表す。また、第8実施形態の説明で参照したのと同様に、本実施形態でも第1実施形態を参照する。

[0176] 本実施形態の右第1サブ対向部912-2は、左第1サブ対向部912-1に対して第1実施形態と同程度に z 1方向にずれている。さらに、小電流ユニット群940-2に含まれる3つの電流路950は、大電流ユニット群940-1に含まれる3つの電流路950に対して、第1実施形態と同程度に z 1方向にずれている。小電流ユニット群940-2に含まれる3つの第1磁気シールド960は、大電流ユニット群940-1に含まれる3つの第1磁気シールド960に対して、第1実施形態と同程度に z 1方向にずれて

いる。

[0177] 小電流ユニット群940-2に含まれる3つの第2磁気シールド970は、大電流ユニット群940-1に含まれる3つの第2磁気シールド970に対して、z2方向にずれている。小電流ユニット群940-2に含まれる3つの磁電変換素子955は、大電流ユニット群940-1に含まれる3つの磁電変換素子955に対して、z2方向にずれている。

[0178] (まとめ)

本実施形態によれば、右第1サブ対向部912-2が左第1サブ対向部912-1に対してz1方向にずれている点を除いて、第8実施形態と同様の効果が得られる。

[0179] (第10実施形態)

次に、第10実施形態の電流センサについて説明する。図17は、zx平面に平行な断面における本実施形態の電流センサ1000の断面図である。以下、第1実施形態の電流センサ100(図1)と本実施形態の電流センサ1000との相違点を中心に説明する。図1に示す第1実施形態の電流センサ100では、各構成要素の百の位が1で表されており、図17に示す本実施形態の電流センサ1000では、各構成要素の百の位以上が10で表されている。別段断りのない限り、百の位のみが異なる構成要素は、それぞれ、同様の構成要素を表す。

[0180] 本実施形態の左第1サブ対向部1012-1と右第1サブ対向部1012-2とは、第1実施形態と異なり、z方向にずれていない。すべての電流路1050が、xy平面に略平行な略同一の平面上に位置する。すべての第1磁気シールド1060が、xy平面に略平行な略同一の平面上に位置する。すべての第2磁気シールド1070が、xy平面に略平行な略同一の平面上に位置する。

[0181] 大電流ユニット群1040-1に含まれるすべての磁電変換素子1055が、基板1030の第2搭載面1032に搭載され、xy平面に略平行な平面に沿って位置する。小電流ユニット群1040-2に含まれるすべての磁

電変換素子 1055 が、基板 1030 の第 1 搭載面 1031 に搭載され、 x y 平面に略平行な平面に沿って位置する。

[0182] 3つ以上のユニット群 1040 を含む他の例において、1つ以上のユニット群 1040 に含まれるすべての磁電変換素子 1055 が、第 1 搭載面 1031 に搭載されてもよい。3つ以上のユニット群 1040 を含む同じ他の例において、他の 1つ以上のユニット群 1040 に含まれるすべての磁電変換素子 1055 が、第 2 搭載面 1032 に搭載されてもよい。

[0183] 第 1 実施形態と同様に、共通の測定ユニット 1041 に含まれる第 2 磁気シールド 1070 と磁電変換素子 1055 との、 z 方向における距離を第 3 距離と呼ぶ。大電流ユニット群 1040-1 における第 3 距離は、小電流ユニット群 1040-2 における第 3 距離より小さい。

[0184] (まとめ)

本実施形態によれば、第 1 実施形態と同様に、樹脂成形しやすい。ユニット群 1040 ごとに第 2 距離が異なる構造において、第 1 対向部 1011 の厚みと、第 2 対向部 1016 の厚みと、第 1 距離とが、それぞれ略一定であるので、製造時に型内で樹脂が流れやすい。その結果、誘導磁界を測定する複数の測定ユニット 1041 の構成要素の位置関係が一定ではない場合でも、複数の測定ユニット 1041 を一体的に容易に製造できる電流センサ 1000 を提供できる。

[0185] 本実施形態によれば、すべての電流路 1050 が、略同一の平面上に位置し、すべての第 1 磁気シールド 1060 が、略同一の平面上に位置し、基板 1030 が、第 1 対向部 1011 側の第 1 搭載面 1031 と第 2 対向部 1016 側の第 2 搭載面 1032 とをもち、1つ以上のユニット群 1040 に含まれるすべての磁電変換素子 1055 が、第 1 搭載面 1031 に搭載され、他の 1つ以上のユニット群 1040 に含まれるすべての磁電変換素子 1055 が、第 2 搭載面 1032 に搭載されるので、製造時に第 1 搭載面 1031 と第 2 搭載面 1032 とのいずれに磁電変換素子 1055 を搭載するかによって、磁電変換素子 1055 と電流路 1050 との距離を変えることができ

、製造が容易である。

[0186] 例えば、大電流を測定するユニット群1040では、磁電変換素子1055を第2搭載面1032に搭載することで、磁電変換素子1055を第2磁気シールド1070に近づけることで、あえて感度を抑えることができる。一方、小電流を測定するユニット群1040では、磁電変換素子1055を第1搭載面1031に搭載することで、磁電変換素子1055を第2磁気シールド1070から遠ざけ、感度を高めることができる。

[0187] 本実施形態によれば、複数のユニット群1040の1つが、大電流ユニット群1040-1であり、複数のユニット群1040の他の1つが、小電流ユニット群1040-2であり、共通の測定ユニット1041に含まれる第2磁気シールド1070と磁電変換素子1055とが、第1方向において第3距離ぶん離れて位置し、大電流ユニット群1040-1における第3距離が、小電流ユニット群1040-2における第3距離より小さいので、小電流ユニット群1040-2における感度を、大電流ユニット群1040-1における感度よりも高くすることができる。

[0188] (第11実施形態)

次に、第11実施形態の電流センサについて説明する。図18は、 $z \times$ 平面に平行な断面における本実施形態の電流センサ1100の断面図である。以下、第10実施形態の電流センサ1000(図17)と本実施形態の電流センサ1100との相違点を中心に説明する。図17に示す第10実施形態の電流センサ1000では、各構成要素の百の位以上が10で表されており、図18に示す本実施形態の電流センサ1100では、各構成要素の百の位以上が11で表されている。別段断りのない限り、百の位以上のみが異なる構成要素は、それぞれ、同様の構成要素を表す。

[0189] 第1筐体1110は、左第1サブ対向部1112-1と右第1サブ対向部1112-2との間から z 1方向に延びた第3支持部1113-3を含む。第3支持部1113-3は、基板1130を部分的に貫いている。

[0190] 本実施形態の第2対向部1116は、第1実施形態と異なり、左第2サブ

対向部 1 1 1 7 - 1 と右第 2 サブ対向部 1 1 1 7 - 2 と（以下、区別せずに第 2 サブ対向部 1 1 1 7 と呼ぶ場合がある）に分かれている。他の例において、第 2 対向部 1 1 1 6 が、3 つ以上の複数の第 2 サブ対向部 1 1 1 7 を含んでもよい。

[0191] 左第 2 サブ対向部 1 1 1 7 - 1 は、右第 2 サブ対向部 1 1 1 7 - 2 の x 1 側に位置する。左第 2 サブ対向部 1 1 1 7 - 1 は、第 1 支持部 1 1 1 3 - 1 と第 3 支持部 1 1 1 3 - 3 とにより第 1 筐体 1 1 1 0 に固定されている。右第 2 サブ対向部 1 1 1 7 - 2 は、第 2 支持部 1 1 1 3 - 2 と第 3 支持部 1 1 1 3 - 3 とにより第 1 筐体 1 1 1 0 に固定されている。

[0192] 2 つの第 2 サブ対向部 1 1 1 7 は、略同一形状で、いずれも、 $x y$ 平面に略平行な 2 面をもち $x y$ 平面に略平行に広がる略平板状である。 z 方向における第 2 サブ対向部 1 1 1 7 の厚みは、 x 方向のいずれの位置でも略一定である。 z 方向において、右第 2 サブ対向部 1 1 1 7 - 2 は、左第 2 サブ対向部 1 1 1 7 - 1 より z 2 方向にずれた位置にある。 z 方向において、左第 2 サブ対向部 1 1 1 7 - 1 と左第 1 サブ対向部 1 1 1 2 - 1 との間に空間が存在する。 z 方向において、右第 2 サブ対向部 1 1 1 7 - 2 と右第 1 サブ対向部 1 1 1 2 - 2 との間に空間が存在する。

[0193] 大電流ユニット群 1 1 4 0 - 1 に含まれるすべての第 2 磁気シールド 1 1 1 7 0 が、左第 2 サブ対向部 1 1 1 7 - 1 に搭載され、 $x y$ 平面に略平行な平面上に並ぶ。小電流ユニット群 1 1 4 0 - 2 に含まれるすべての第 2 磁気シールド 1 1 1 7 0 が、右第 2 サブ対向部 1 1 1 7 - 2 に搭載され、 $x y$ 平面に略平行な平面上に並ぶ。小電流ユニット群 1 1 4 0 - 2 に含まれる 3 つの第 2 磁気シールド 1 1 1 7 0 は、大電流ユニット群 1 1 4 0 - 1 に含まれる 3 つの第 2 磁気シールド 1 1 1 7 0 よりも z 1 側にずれている。

[0194] 第 1 実施形態と同様に、共通の測定ユニット 1 1 4 1 に含まれる第 2 磁気シールド 1 1 1 7 0 と磁電変換素子 1 1 5 5 との、 z 方向における距離を第 3 距離と呼ぶ。大電流ユニット群 1 1 4 0 - 1 における第 3 距離は、小電流ユニット群 1 1 4 0 - 2 における第 3 距離より小さい。

[0195] 第1実施形態と同様に、共通の測定ユニット1141に含まれる電流路1150と第2磁気シールド1170との、z方向における距離を第4距離と呼ぶ。大電流ユニット群1140-1における第4距離は、小電流ユニット群1140-2における第4距離と異なり、小電流ユニット群1140-2における第4距離より小さい。

[0196] (まとめ)

本実施形態によれば、第1実施形態と同様に、樹脂成形しやすい。ユニット群1140ごとに第2距離が異なる構造において、第1対向部1111の厚みと、第2対向部1116の厚みと、第1距離とが、それぞれ略一定であるので、製造時に型内で樹脂が流れやすい。その結果、誘導磁界を測定する複数の測定ユニット1141の構成要素の位置関係が一定ではない場合でも、複数の測定ユニット1141を一体的に容易に製造できる電流センサ1100を提供できる。

[0197] 本実施形態によれば、すべての電流路1150が、略同一の平面上に位置し、すべての第1磁気シールド1160が、略同一の平面上に位置し、基板1130が、第1対向部1111側の第1搭載面1131と第2対向部1116側の第2搭載面1132とをもち、1つ以上のユニット群1140に含まれるすべての磁電変換素子1155が、第1搭載面1131に搭載され、他の1つ以上のユニット群1140に含まれるすべての磁電変換素子1155が、第2搭載面1132に搭載されるので、製造時に第1搭載面1131と第2搭載面1132とのいずれに磁電変換素子1155を搭載するかによって、磁電変換素子1155と電流路1150との距離を変えることができ、製造が容易である。

[0198] 本実施形態によれば、複数のユニット群1140の1つが、大電流ユニット群1140-1であり、複数のユニット群1140の他の1つが、小電流ユニット群1140-2であり、共通の測定ユニット1141に含まれる電流路1150と第2磁気シールド1170とが、第1方向において第4距離ぶん離れて位置し、大電流ユニット群1140-1における第4距離が、小

電流ユニット群 1140-2 における第 4 距離と異なるので、第 1 搭載面 1131 と第 2 搭載面 1132 とのいずれに磁電変換素子 1155 を搭載するかによって磁電変換素子 1155 と電流路 1150 との距離を変える場合において、さらに、磁電変換素子 1155 と第 2 磁気シールド 1170 との距離を調節することにより、ユニット群 1140 ごとの感度を簡単に調節することができる。

[0199] 本実施形態によれば、複数のユニット群 1140 の 1 つが、大電流ユニット群 1140-1 であり、複数のユニット群 1140 の他の 1 つが、小電流ユニット群 1140-2 であり、共通の測定ユニット 1141 に含まれる第 2 磁気シールド 1170 と磁電変換素子 1155 とが、第 1 方向において第 3 距離ぶん離れて位置し、大電流ユニット群 1140-1 における第 3 距離が、小電流ユニット群 1140-2 における第 3 距離より小さいので、小電流ユニット群 1140-2 における感度を、大電流ユニット群 1140-1 における感度よりも高くすることができる。

[0200] (第 1 2 実施形態)

次に、第 1 2 実施形態の電流センサについて説明する。図 19 は、 $z \times$ 平面に平行な断面における本実施形態の電流センサ 1200 の断面図である。以下、第 1 1 実施形態の電流センサ 1100 (図 18) と本実施形態の電流センサ 1200 との相違点を中心に説明する。図 18 に示す第 1 1 実施形態の電流センサ 1100 では、各構成要素の百の位以上が 11 で表されており、図 19 に示す本実施形態の電流センサ 1200 では、各構成要素の百の位以上が 12 で表されている。別段断りのない限り、百の位以上のみが異なる構成要素は、それぞれ、同様の構成要素を表す。

[0201] z 方向において、右第 2 サブ対向部 1217-2 は、左第 2 サブ対向部 1217-1 より z 2 方向にずれた位置にある。小電流ユニット群 1240-2 に含まれる 3 つの第 2 磁気シールド 1270 は、大電流ユニット群 1240-1 に含まれる 3 つの第 2 磁気シールド 1270 よりも z 2 側にずれている。

[0202] 第1実施形態と同様に、共通の測定ユニット1241に含まれる電流路1250と磁電変換素子1255の、z方向における距離を第2距離と呼ぶ。また、第1実施形態と同様に、共通の測定ユニット1241に含まれる磁電変換素子1255と第2磁気シールド1270との、z方向における距離を第3距離と呼ぶ。すべての測定ユニット1241において、第3距離が、第2距離より短い。すべての測定ユニット1241において、第3距離が、略同一である。

[0203] 第1実施形態と同様に、共通の測定ユニット1241に含まれる電流路1250と第2磁気シールド1270との、z方向における距離を第4距離と呼ぶ。大電流ユニット群1240-1における第4距離は、小電流ユニット群1240-2における第4距離と異なり、小電流ユニット群1240-2における第4距離より大きい。

[0204] (まとめ)

本実施形態によれば、第1実施形態と同様に樹脂成形しやすい。ユニット群1240ごとに第2距離が異なる構造において、第1対向部1211の厚みと、第2対向部1216の厚みと、第1距離とが、それぞれ略一定であるので、製造時に型内で樹脂が流れやすい。その結果、誘導磁界を測定する複数の測定ユニット1241の構成要素の位置関係が一定ではない場合でも、複数の測定ユニット1241を一体的に容易に製造できる電流センサ1200を提供できる。

[0205] 本実施形態によれば、共通の測定ユニット1241に含まれる磁電変換素子1255と第2磁気シールド1270とが、第1方向において第3距離ぶん離れて位置し、すべての測定ユニット1241において、第3距離が、第2距離より短く、すべての測定ユニット1241において、第3距離が、略同一であるので、他の配置に比べて測定精度を高めることができる。

[0206] 本実施形態によれば、すべての電流路1250が、略同一の平面上に位置し、すべての第1磁気シールド1260が、略同一の平面上に位置し、基板1230が、第1対向部1211側の第1搭載面1231と第2対向部12

16側の第2搭載面1232とをもち、1つ以上のユニット群1240に含まれるすべての磁電変換素子1255が、第1搭載面1231に搭載され、他の1つ以上のユニット群1240に含まれるすべての磁電変換素子1255が、第2搭載面1232に搭載されるので、製造時に第1搭載面1231と第2搭載面1232とのいずれに磁電変換素子1255を搭載するかによって、磁電変換素子1255と電流路1250との距離を変えることができ、製造が容易である。

[0207] 本実施形態によれば、複数のユニット群1240の1つが、大電流ユニット群1240-1であり、複数のユニット群1240の他の1つが、小電流ユニット群1240-2であり、共通の測定ユニット1241に含まれる電流路1250と第2磁気シールド1270とが、第1方向において第4距離ぶん離れて位置し、大電流ユニット群1240-1における第4距離が、小電流ユニット群1240-2における第4距離と異なるので、第1搭載面1231と第2搭載面1232とのいずれに磁電変換素子1255を搭載するかによって磁電変換素子1255と電流路1250との距離を変える場合において、さらに、磁電変換素子1255と第2磁気シールド1270との距離を調節することにより、ユニット群1240ごとの感度を簡単に調節することができる。

[0208] 本実施形態によれば、共通の測定ユニット1241に含まれる磁電変換素子1255と第2磁気シールド1270とが、第1方向において第3距離ぶん離れて位置し、すべての測定ユニット1241において、第3距離が、略同一であるので、他の配置に比べて測定精度を高めることができる。

[0209] (第13実施形態)

次に、第13実施形態の電流センサについて説明する。図20は、z×平面に平行な断面における本実施形態の電流センサ1300の断面図である。以下、第10実施形態の電流センサ1000(図17)と本実施形態の電流センサ1300との相違点を中心に説明する。図17に示す第10実施形態の電流センサ1000では、各構成要素の百の位以上が10で表されており

、図20に示す本実施形態の電流センサ1300では、各構成要素の百の位以上が13で表されている。別段断りのない限り、百の位のみが異なる構成要素は、それぞれ、同様の構成要素を表す。

[0210] 大電流ユニット群1340-1に含まれるすべての磁電変換素子1355が、基板1330の第1搭載面1331に搭載され、 x y 平面に略平行な平面に沿って位置する。小電流ユニット群1340-2に含まれるすべての磁電変換素子1355が、基板1330の第2搭載面1332に搭載され、 x y 平面に略平行な平面に沿って位置する。

[0211] 第1実施形態と同様に、共通の測定ユニット1341に含まれる第2磁気シールド1370と磁電変換素子1355との、 z 方向における距離を第3距離と呼ぶ。大電流ユニット群1340-1における第3距離は、小電流ユニット群1340-2における第3距離より大きい。

[0212] (まとめ)

本実施形態によれば、第1実施形態と同様に樹脂成形しやすい。ユニット群1340ごとに第2距離が異なる構造において、第1対向部1311の厚みと、第2対向部1316の厚みと、第1距離とが、それぞれ略一定であるので、製造時に型内で樹脂が流れやすい。その結果、誘導磁界を測定する複数の測定ユニット1341の構成要素の位置関係が一定ではない場合でも、複数の測定ユニット1341を一体的に容易に製造できる電流センサ1300を提供できる。

[0213] 本実施形態によれば、複数のユニット群1340の1つが、大電流ユニット群1340-1であり、複数のユニット群1340の他の1つが、小電流ユニット群1340-2であり、共通の測定ユニット1341に含まれる第2磁気シールド1370と磁電変換素子1355とが、第1方向において第3距離ぶん離れて位置し、大電流ユニット群1340-1における第3距離が、小電流ユニット群1340-2における第3距離より大きい、ので、小電流ユニット群1340-2における感度を、大電流ユニット群1340-1における感度よりも低くすることができる。

[0214] 本発明は上述した実施形態には限定されない。すなわち、当業者は、本発明の技術的範囲またはその均等の範囲内において、上述した実施形態の構成要素に関し、様々な変更、コンビネーション、サブコンビネーション、並びに代替を行ってもよい。

産業上の利用可能性

[0215] 本発明は、誘導磁界を測定する複数の測定ユニットの構成要素の位置関係が一定ではない種々の電流センサに適用可能である。

符号の説明

[0216] 100…電流センサ (200、300、400、500、600、700、800、900、1000、1100、1200、1300)
110…第1筐体 (210、310、410、510、610、710、810、910、1010、1110、1210、1310)
111…第1対向部 (211、311、411、511、611、711、811、911、1011、1111、1211、1311)
112…第1サブ対向部 (212、312、412、512、612、712、812、912、1012、1112、1212、1312)
115…第2筐体 (215、315、415、515、615、715、815、915、1015、1115、1215、1315)
116…第2対向部 (216、316、416、516、616、716、816、916、1016、1116、1216、1316)
130…基板 (230、330、430、530、630、730、830、930、1030、1130、1230、1330)
131…第1搭載面 (231、331、431、531、631、731、831、931、1031、1131、1231、1331)
132…第2搭載面 (232、332、432、532、632、732、832、932、1032、1132、1232、1332)
140…ユニット群 (240、340、440、540、640、740、840、940、1040、1140、1240、1340)

140-1…大電流ユニット群 (240-1、340-1、440-1、540-1、640-1、740-1、840-1、940-1、1040-1、1140-1、1240-1、1340-1)

140-2…小電流ユニット群 (240-2、340-2、440-2、540-2、640-2、740-2、840-2、940-2、1040-2、1140-2、1240-2、1340-2)

141…測定ユニット (241、341、441、541、641、741、841、941、1041、1141、1241、1341)

150…電流路 (250、350、450、550、650、750、850、950、1050、1150、1250、1350)

155…磁電変換素子 (255、355、455、555、655、755、855、955、1055、1155、1255、1355)

160…第1磁気シールド (260、360、460、560、660、760、860、960、1060、1160、1260、1360)

170…第2磁気シールド (270、370、470、570、670、770、870、970、1070、1170、1270、1370)

261…板状部 (361、461、561、661、761)

262…第1大電流突起 (362、462、762)

281…第1縁部 (381、481、781)

282…第2縁部 (381、481、781)

283…第1先端部 (383、483、783)

285…一面 (385、485)

463…第2大電流突起 (763)

484…第2先端部 (784)

564…第1小電流突起 (664、764)

586…第1縁部 (686、786)

587…第2縁部 (687、787)

588…第1先端部 (688、788)

7 6 5 …第2小電流突起

7 8 7 …第2縁部

7 8 9 …第2先端部

8 1 7 …第2サブ対向部 (9 1 7、1 1 1 7、1 2 1 7)

8 3 4 …サブ基板 (9 3 4)

請求の範囲

[請求項1]

第1対向部を含む樹脂製の第1筐体と、
第2対向部を含む樹脂製の第2筐体と、
前記第1筐体と前記第2筐体との少なくとも一方に搭載された基板と、
前記第1筐体と前記第2筐体とに搭載されて誘導磁界を測定する複数のユニット群と、
を備え、
前記第1対向部と前記第2対向部とが、第1方向において対向して位置し、
前記複数のユニット群が、前記第1方向に交差する第2方向に並び、
前記複数のユニット群の各々が、前記第2方向に並んだ1つ以上の測定ユニットを含み、
前記1つ以上の測定ユニットの各々が、
前記第1対向部に一体成形された第1磁気シールドと、
前記第2対向部に一体成形された第2磁気シールドと、
前記第1磁気シールドと前記第2磁気シールドとの間において前記第1対向部に一体成形された電流路と、
前記電流路に流れる電流により発生する誘導磁界を測定する磁電変換素子と、
を含み、
前記磁電変換素子が、前記第1方向において前記電流路と前記第2磁気シールドとの間で前記基板に搭載され、
共通の前記測定ユニットに含まれる前記電流路と前記第1磁気シールドとが、第1方向において第1距離ぶん離れて位置し、
すべての前記ユニット群において、すべての前記第1距離が略同一であり、

共通の前記測定ユニットに含まれる前記電流路と前記磁電変換素子とが、前記第1方向において第2距離ぶん離れて位置し、

共通の前記ユニット群に含まれるすべての前記測定ユニットにおいて、前記第2距離が略同一であり、

前記ユニット群ごとに、前記第2距離が異なり、

前記第1方向における前記第1対向部の厚みが、略一定であり、

前記第1方向における前記第2対向部の厚みが、略一定である、

電流センサ。

[請求項2]

共通の前記測定ユニットに含まれる前記磁電変換素子と前記第2磁気シールドとが、前記第1方向において第3距離ぶん離れて位置し、

すべての前記測定ユニットにおいて、前記第3距離が、前記第2距離より短く、

すべての前記測定ユニットにおいて、前記第3距離が、略同一である、

請求項1に記載の電流センサ。

[請求項3]

すべての前記第2磁気シールドが、略同一の平面上に位置し、

すべての前記磁電変換素子が、1枚の略平面状の基板に搭載されており、

前記第1対向部が、相互に一体成形された複数の第1サブ対向部を含み、

前記複数の第1サブ対向部の各々が、略平板状であり、

前記複数の第1サブ対向部が、相互に前記第1方向にずれた位置にあり、

前記複数の第1サブ対向部の各々が、異なる1つの前記ユニット群に対応し、

前記複数のユニット群の各々に含まれる前記電流路と前記第1磁気シールドとが、対応する前記第1サブ対向部に位置する、

請求項2に記載の電流センサ。

[請求項4]

前記複数のユニット群の1つが、大電流ユニット群であり、
前記複数のユニット群の他の1つが、前記大電流ユニット群よりも小さな電流による誘導磁界を測定する小電流ユニット群であり、
前記大電流ユニット群と前記小電流ユニット群とが隣接しており、
すべての前記第1磁気シールドが、前記第2方向を含む平面に沿って広がる板状部を含み、

前記大電流ユニット群に含まれるすべての前記板状部が、略同一の平面に沿って広がり、

前記小電流ユニット群に含まれるすべての前記板状部が、略同一の平面に沿って広がり、

共通の前記測定ユニットに含まれる前記電流路と前記第2磁気シールドとが、前記第1方向において第4距離ぶん離れて位置し、

前記大電流ユニット群における前記第4距離が、前記小電流ユニット群における前記第4距離よりも大きく、

共通の前記測定ユニットに含まれる前記第1磁気シールドと前記第2磁気シールドとが、前記第1方向において第5距離ぶん離れて位置し、

前記大電流ユニット群における前記第5距離が、前記小電流ユニット群における前記第5距離よりも大きく、

前記大電流ユニット群に含まれる前記板状部が、前記第2方向において前記小電流ユニット群に近い第1縁部と、前記第2方向において前記小電流ユニット群から遠い第2縁部とをもち、

前記大電流ユニット群に含まれるすべての前記第1磁気シールドのうち、小電流ユニット群に最も近い前記第1磁気シールドを含む1つ以上の前記第1磁気シールドが、前記第1縁部から前記第2対向部に向けて延びた第1大電流突起を含む、

請求項3に記載の電流センサ。

[請求項5]

前記第1方向における前記第1大電流突起の前記第2対向部側の先

端部と、小電流ユニット群の前記第1磁気シールドにおける前記板状部の前記第2対向部側の一面とが、前記第1方向に直交する略同一の平面上に位置する、

請求項4に記載の電流センサ。

[請求項6] 前記大電流ユニット群に含まれるすべての前記第1磁気シールドの形状が、略同一である、

請求項5に記載の電流センサ。

[請求項7] 前記第1大電流突起を含む前記1つ以上の第1磁気シールドの各々が、第2縁部から第2対向部に向けて延びた第2大電流突起をもつ、

請求項6に記載の電流センサ。

[請求項8] 前記複数のユニット群の1つが、大電流ユニット群であり、前記複数のユニット群の他の1つが、小電流ユニット群であり、前記大電流ユニット群と小電流ユニット群とが隣接しており、すべての前記第1磁気シールドが、前記第2方向を含む平面に沿って広がる板状部を含み、

前記大電流ユニット群に含まれるすべての前記板状部が、略同一の平面に沿って広がり、

前記小電流ユニット群に含まれるすべての前記板状部が、略同一の平面に沿って広がり、

共通の前記測定ユニットに含まれる前記電流路と前記第2磁気シールドとが、前記第1方向において第4距離ぶん離れて位置し、

前記大電流ユニット群における前記第4距離が、前記小電流ユニット群における前記第4距離よりも大きく、

共通の前記測定ユニットに含まれる前記第1磁気シールドと前記第2磁気シールドとが、前記第1方向において第5距離ぶん離れて位置し、

前記大電流ユニット群における前記第5距離が、前記小電流ユニット群における前記第5距離よりも大きく、

前記小電流ユニット群に含まれる前記板状部が、前記第2方向において前記大電流ユニット群に近い第1縁部と、前記第2方向において前記大電流ユニット群から遠い第2縁部とをもち、

前記小電流ユニット群に含まれるすべての前記第1磁気シールドのうち、大電流ユニット群に最も近い前記第1磁気シールドを含む1つ以上の前記第1磁気シールドが、前記第1縁部から前記第2対向部に向けて延びた第1小電流突起をもつ、

請求項3乃至請求項7の何れか一項に記載の電流センサ。

[請求項9] 前記第1小電流突起を含む前記測定ユニットにおいて、前記第1方向における前記第1小電流突起の前記第2対向部側の先端部は、前記第1方向における前記電流路の中心より、前記第2対向部から遠い位置にあり、

前記第1磁気シールドと前記第1小電流突起とが鈍角を形成する、
請求項8に記載の電流センサ。

[請求項10] 前記小電流ユニット群に含まれるすべての前記第1磁気シールドの形状が、略同一である、

請求項8または請求項9に記載の電流センサ。

[請求項11] 前記第1小電流突起を含む前記1つ以上の第1磁気シールドの各々が、第2縁部から第2対向部に向けて延びた第2小電流突起をもつ、
請求項8乃至請求項10に記載の電流センサ。

[請求項12] すべての前記第1磁気シールドの形状が、略同一である、
請求項3乃至請求項11の何れか一項に記載の電流センサ。

[請求項13] 前記複数のユニット群の各々が、同数の前記測定ユニットを含み、
前記第2対向部が、略同一形状の複数の第2サブ対向部を含み、
前記基板が、略同一形状の複数のサブ基板を含み、
前記複数のユニット群の各々に、前記第2サブ対向部と前記サブ基板とが対応し、

同じ前記ユニット群に対応する前記第2サブ対向部と前記サブ基板

とが、相互に固定されており、

各前記第2サブ対向部が、対応する前記ユニット群に含まれるすべての前記第2磁気シールドを搭載し、

各前記サブ基板が、対応する前記ユニット群に含まれるすべての前記磁電変換素子を搭載する、

請求項2に記載の電流センサ。

[請求項14]

すべての前記電流路が略同一の平面上に位置し、

すべての前記第1磁気シールドが略同一の平面上に位置する、

請求項13に記載の電流センサ。

[請求項15]

すべての前記電流路が、略同一の平面上に位置し、

すべての前記第1磁気シールドが、略同一の平面上に位置し、

前記基板が、前記第1対向部側の第1搭載面と前記第2対向部側の第2搭載面とをもち、

1つ以上のユニット群に含まれるすべての前記磁電変換素子が、前記第1搭載面に搭載され、

他の1つ以上のユニット群に含まれるすべての前記磁電変換素子が、前記第2搭載面に搭載される、

請求項1に記載の電流センサ。

[請求項16]

すべての前記第2磁気シールドが、略同一の平面上に位置する、

請求項15に記載の電流センサ。

[請求項17]

前記複数のユニット群の1つが、大電流ユニット群であり、

前記複数のユニット群の他の1つが、小電流ユニット群であり、

共通の前記測定ユニットに含まれる前記電流路と前記第2磁気シールドとが、前記第1方向において第4距離ぶん離れて位置し、

前記大電流ユニット群における前記第4距離が、前記小電流ユニット群における前記第4距離と異なる、

請求項15に記載の電流センサ。

[請求項18]

共通の前記測定ユニットに含まれる前記磁電変換素子と前記第2磁

気シールドとが、前記第1方向において第3距離ぶん離れて位置し、
すべての前記測定ユニットにおいて、前記第3距離が、略同一である、

請求項17に記載の電流センサ。

[請求項19]

前記複数のユニット群の1つが、大電流ユニット群であり、
前記複数のユニット群の他の1つが、小電流ユニット群であり、
共通の前記測定ユニットに含まれる前記第2磁気シールドと前記磁電変換素子とが、前記第1方向において第3距離ぶん離れて位置し、
前記大電流ユニット群における前記第3距離が、前記小電流ユニット群における前記第3距離より小さい、

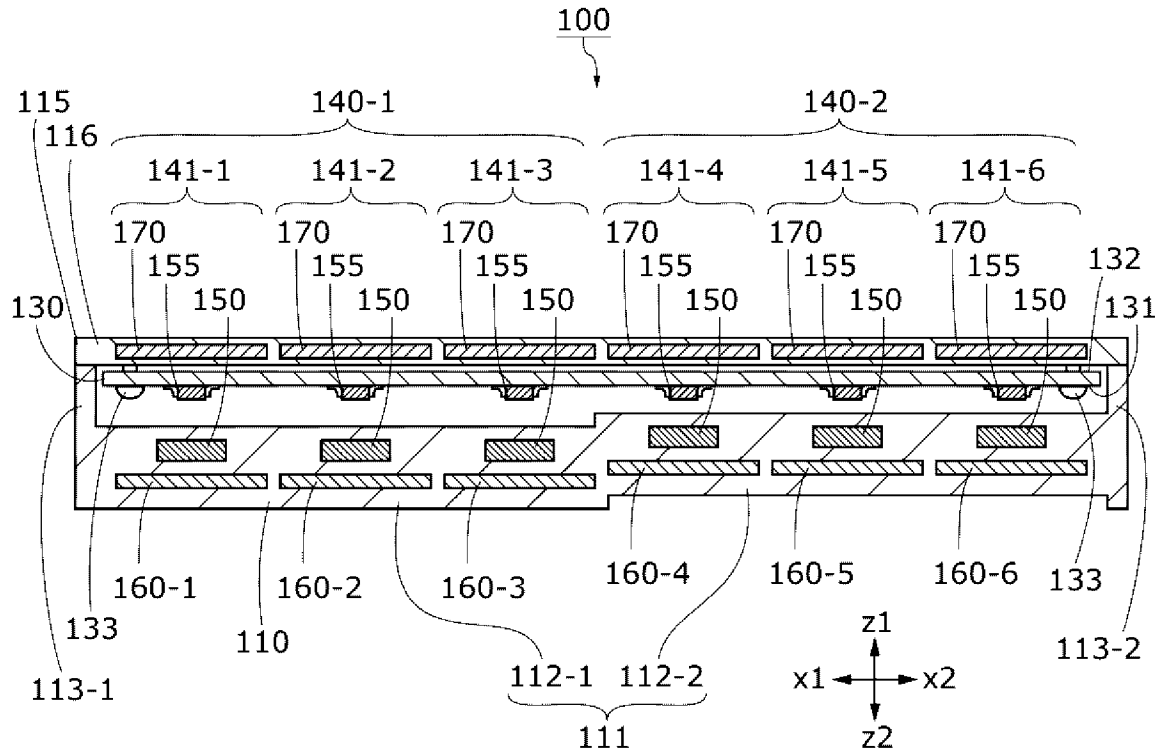
請求項15に記載の電流センサ。

[請求項20]

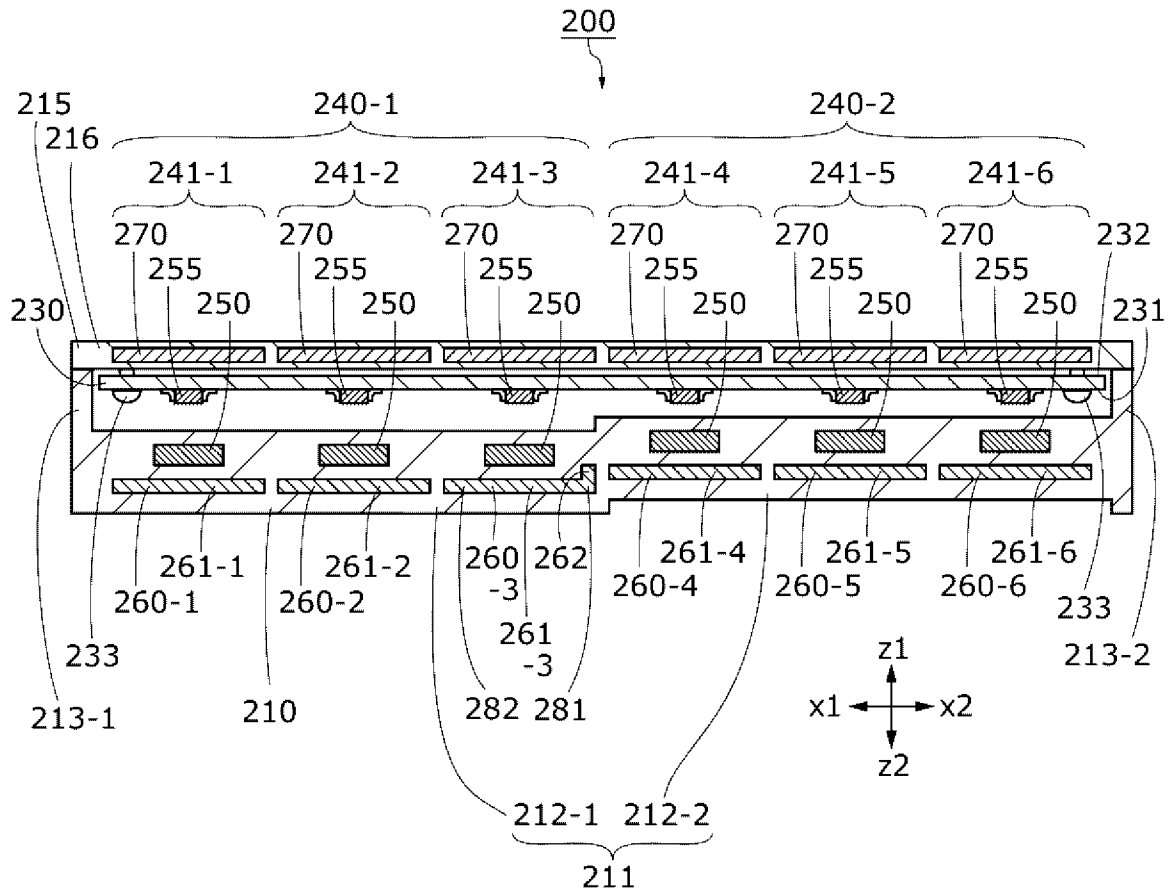
前記複数のユニット群の1つが、大電流ユニット群であり、
前記複数のユニット群の他の1つが、小電流ユニット群であり、
共通の前記測定ユニットに含まれる前記第2磁気シールドと前記磁電変換素子とが、前記第1方向において第3距離ぶん離れて位置し、
前記大電流ユニット群における前記第3距離が、前記小電流ユニット群における前記第3距離より大きい、

請求項15に記載の電流センサ。

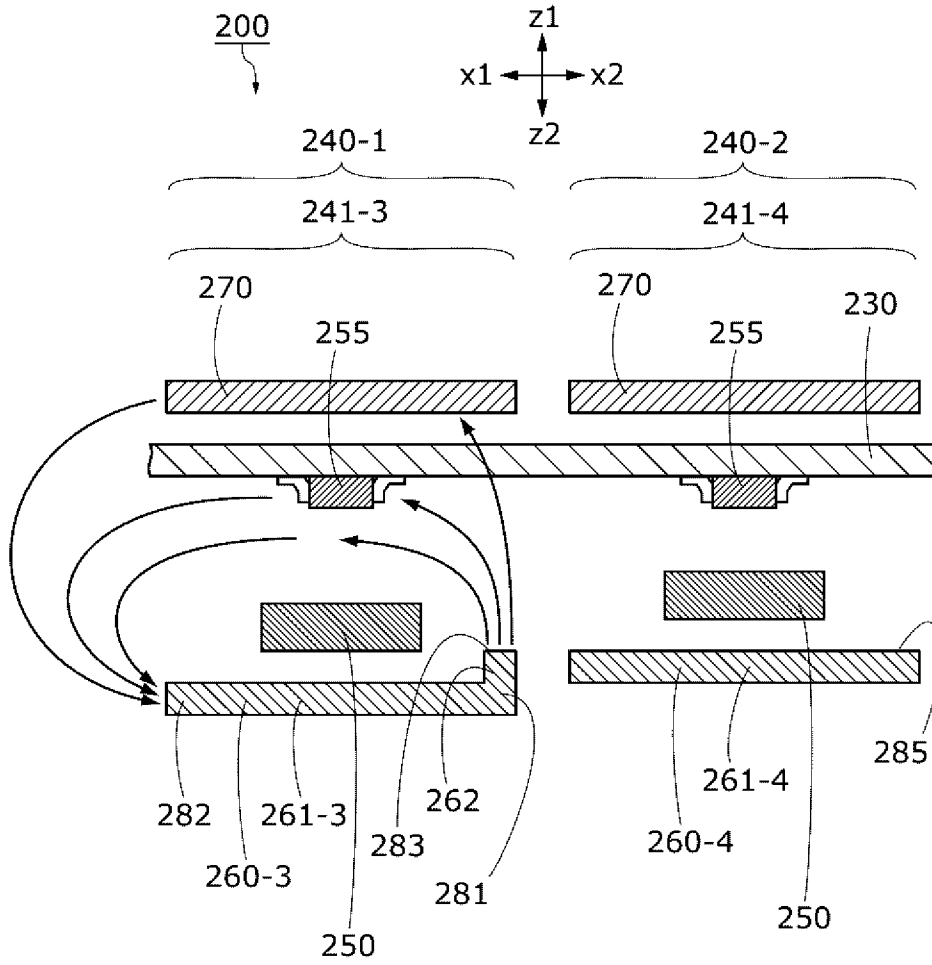
[図1]



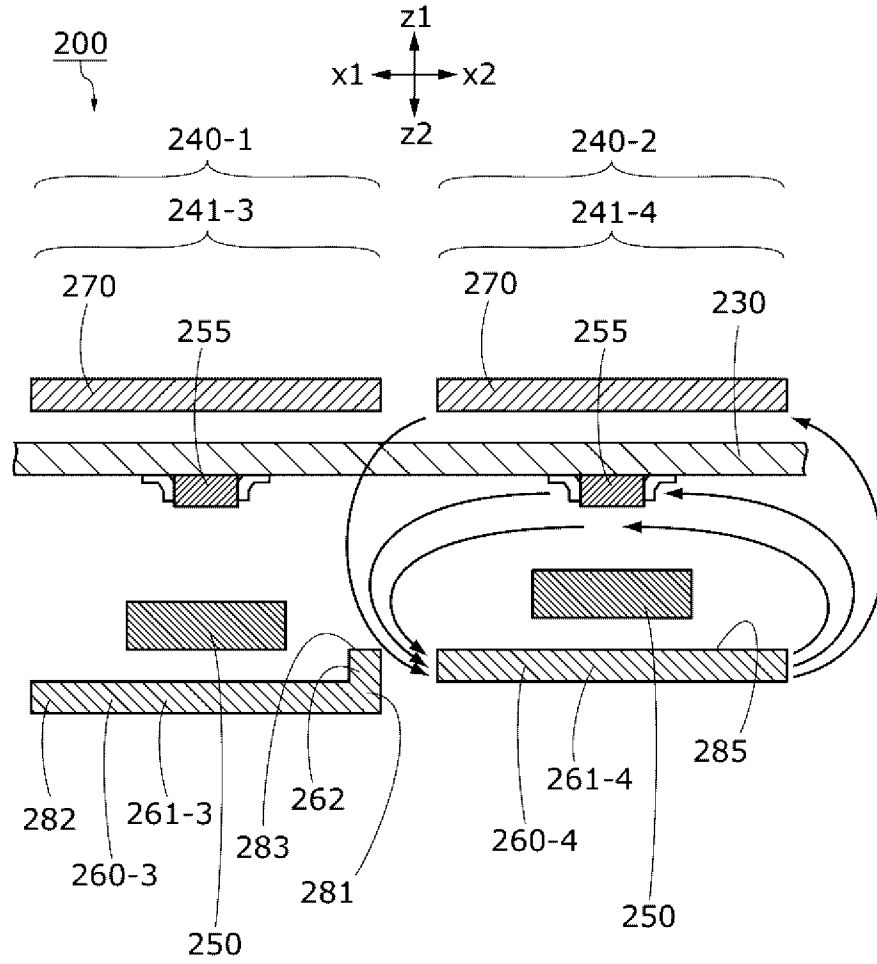
[図2]



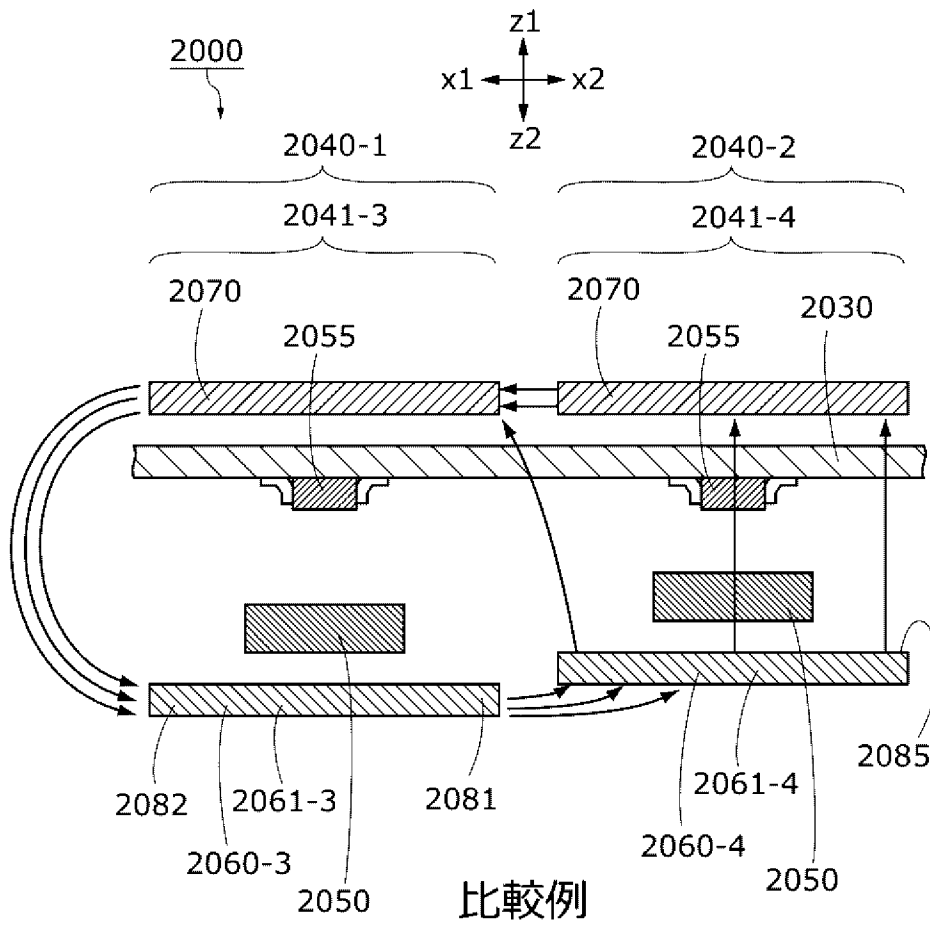
[図3]



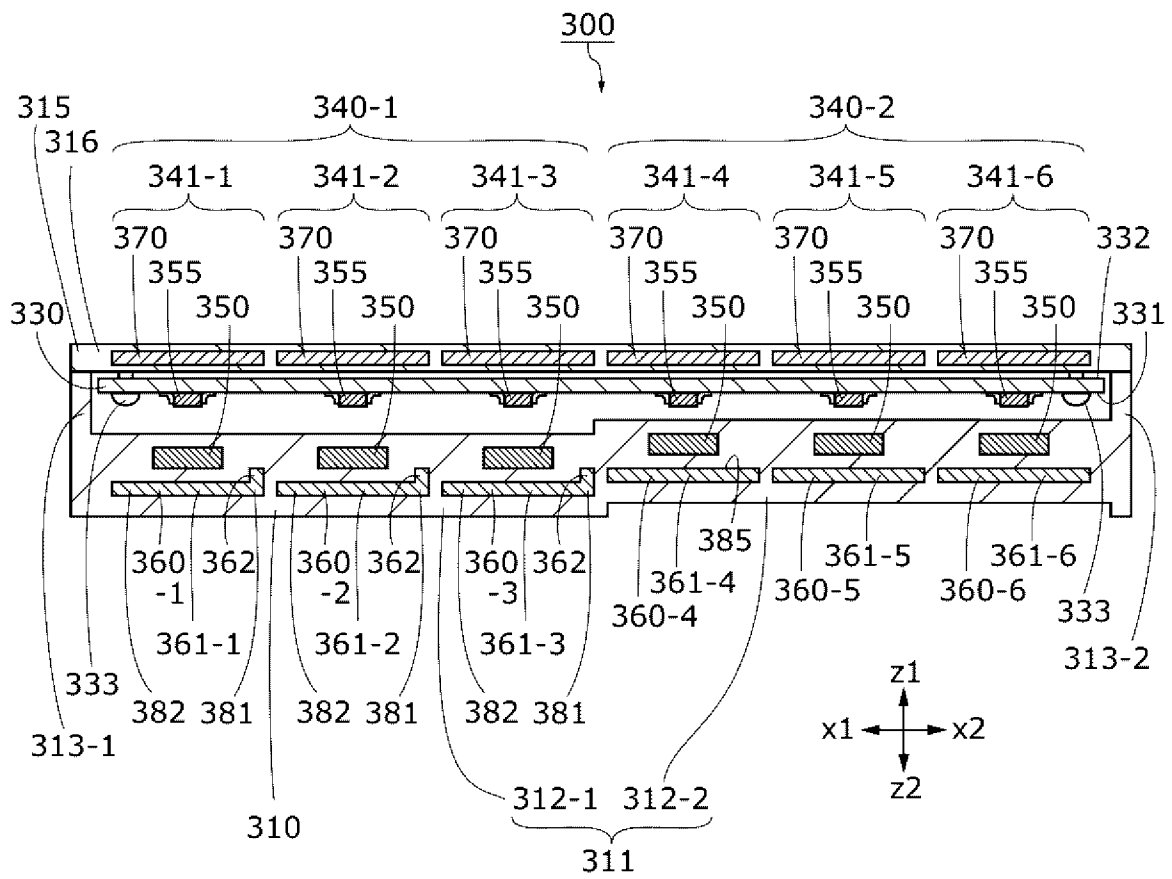
[図4]



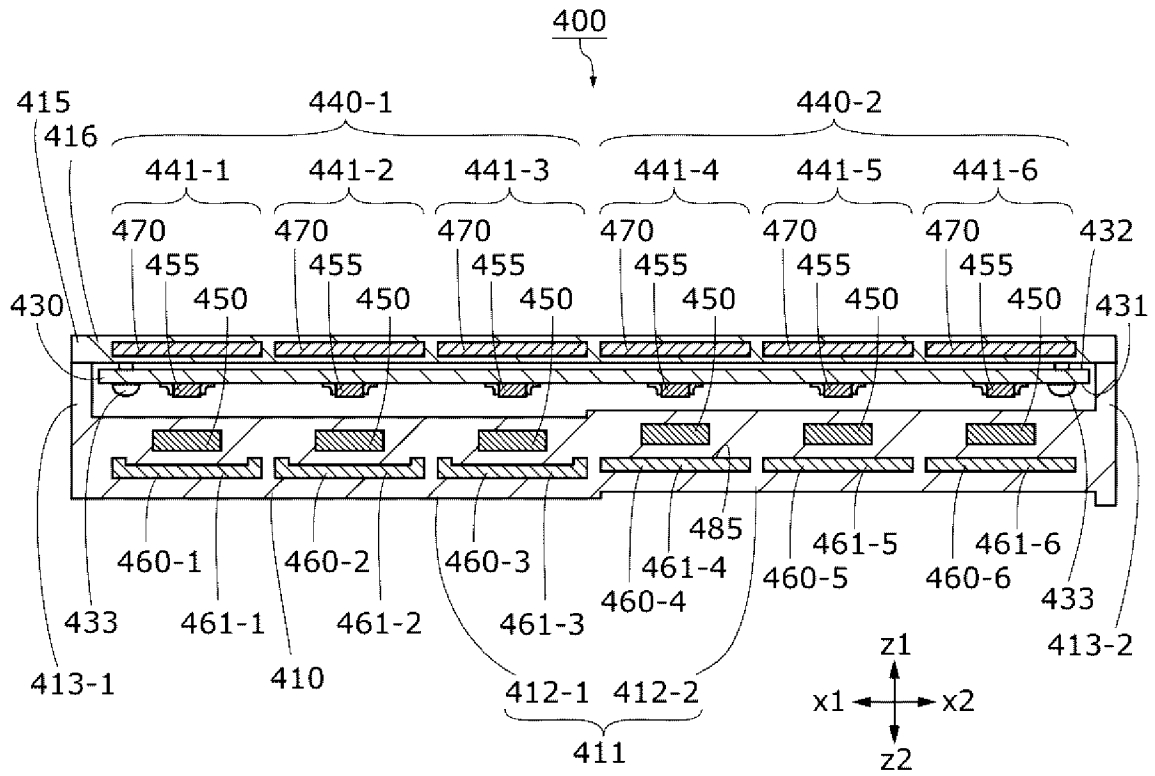
[図5]



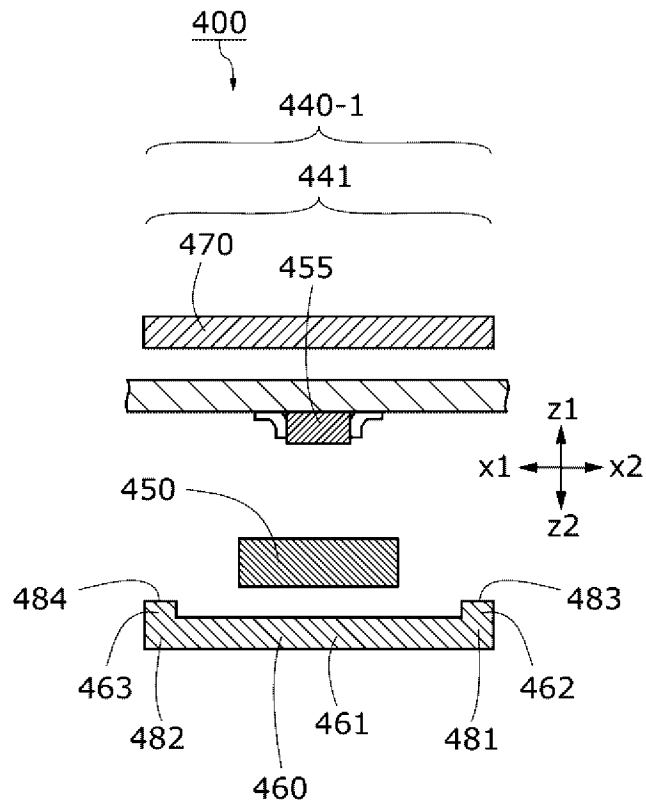
[図6]



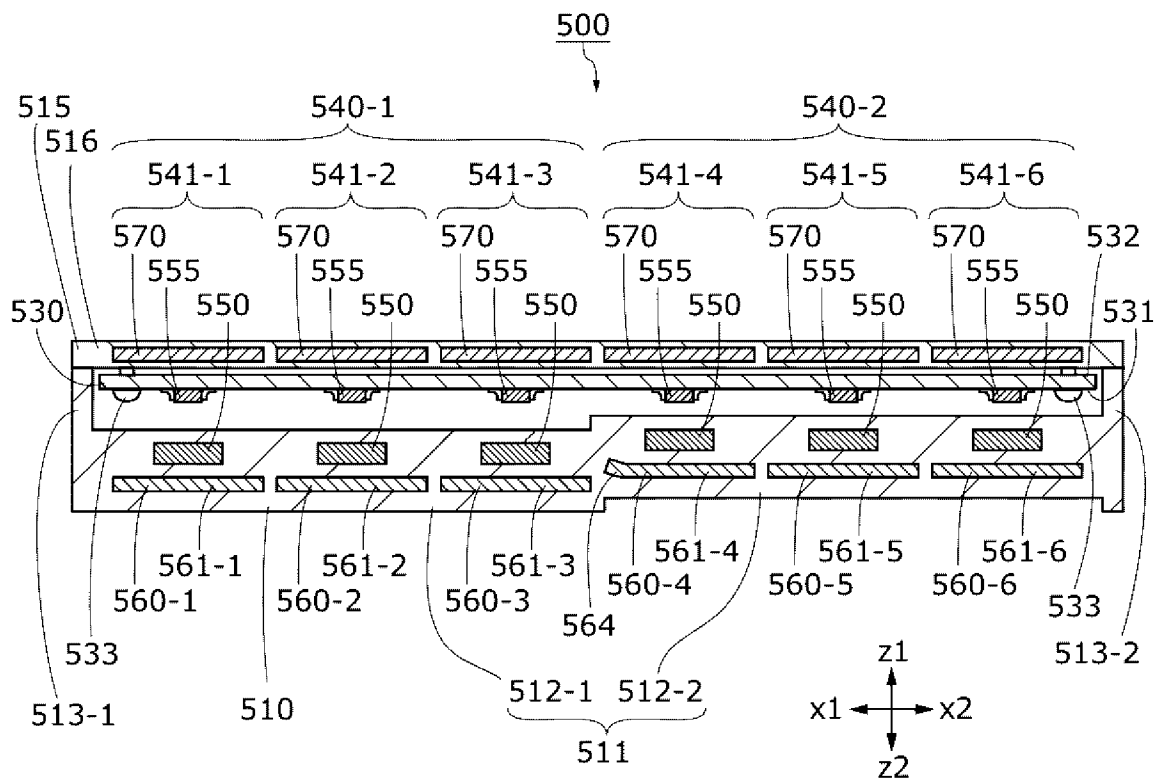
[図7]



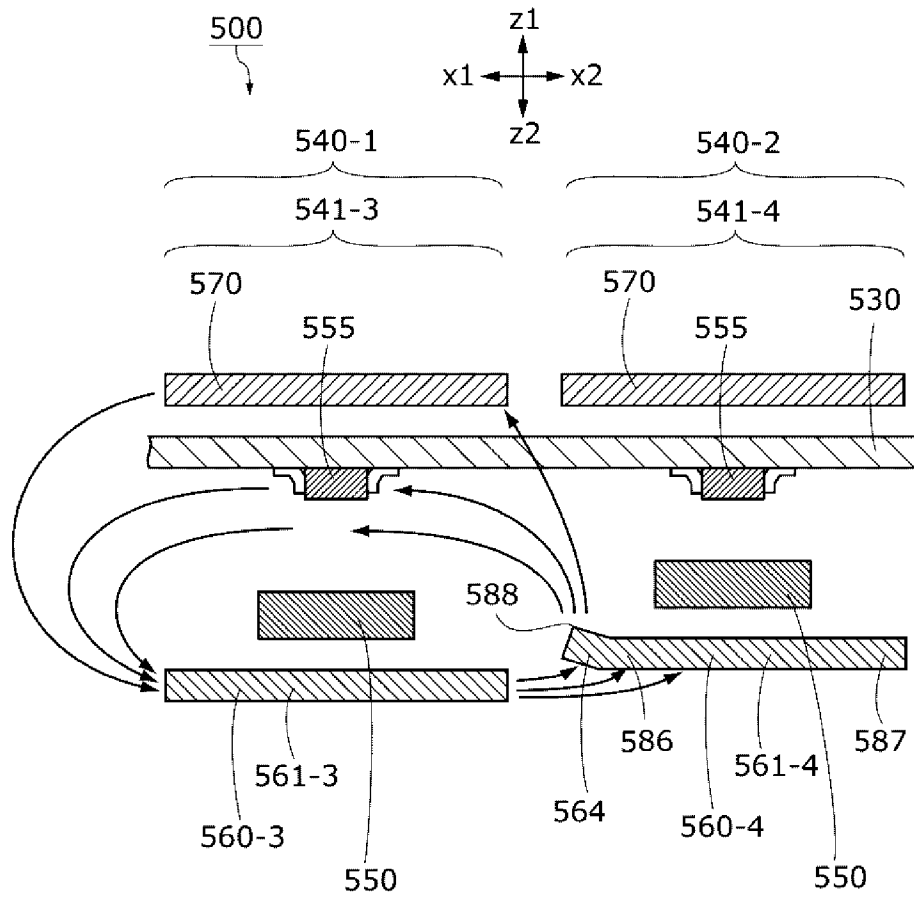
[図8]



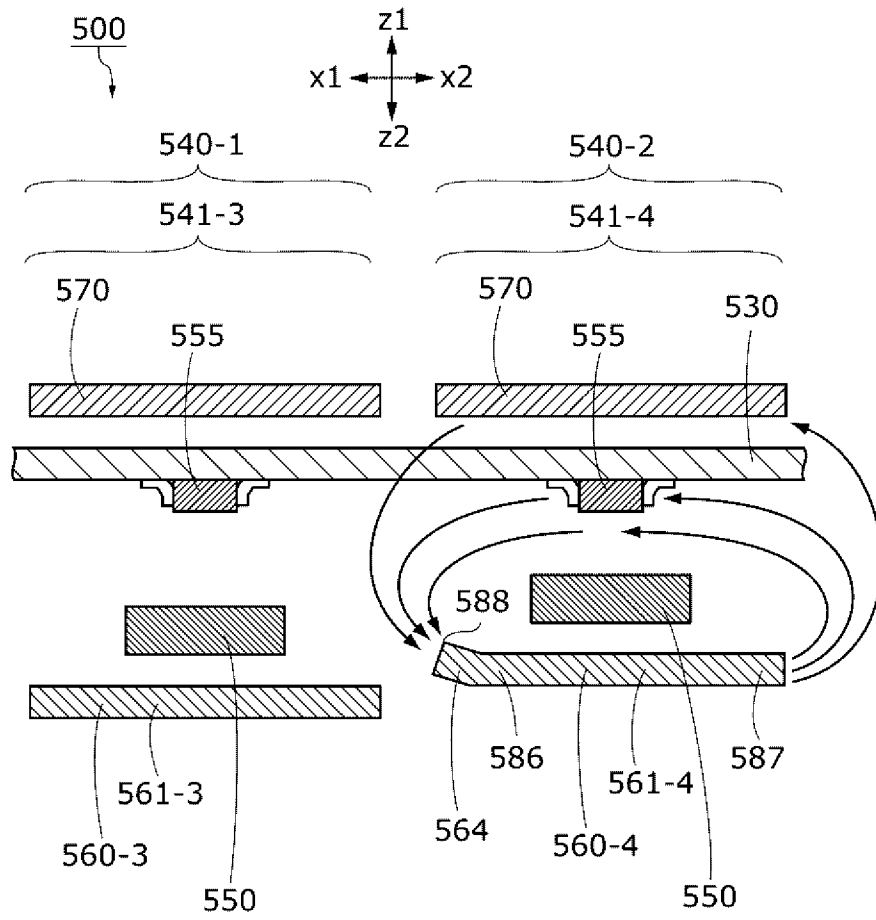
[図9]



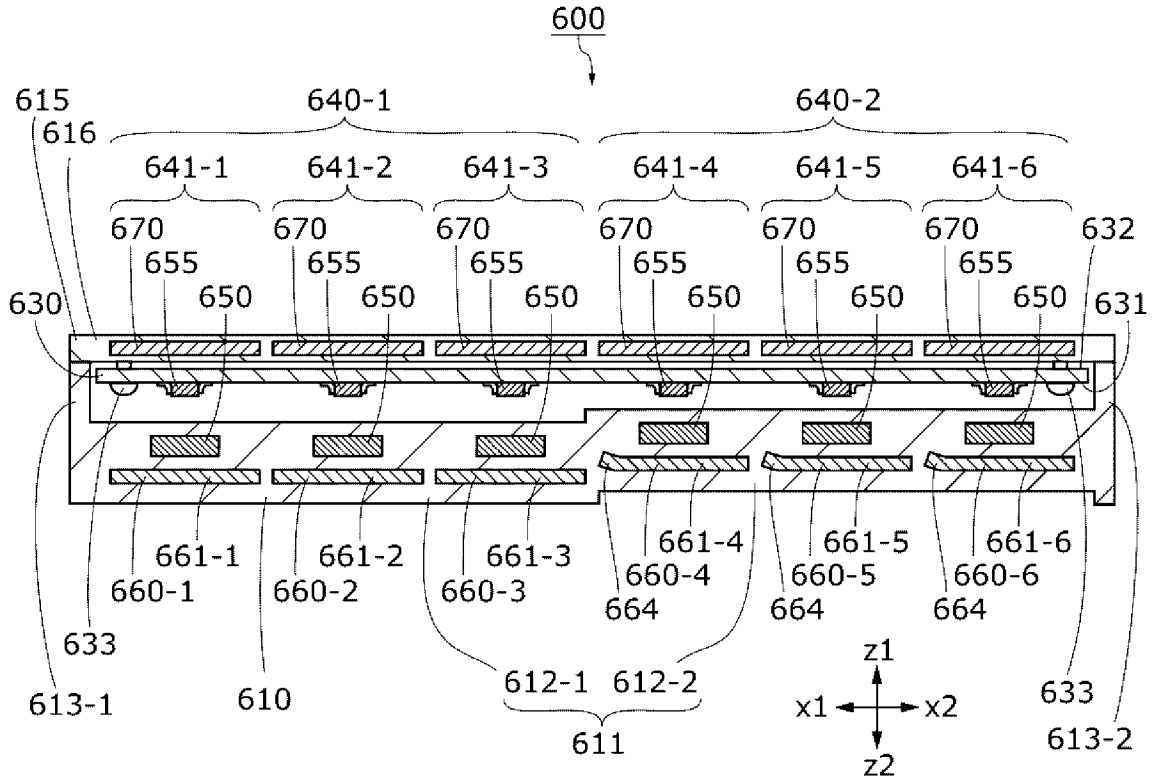
[図10]



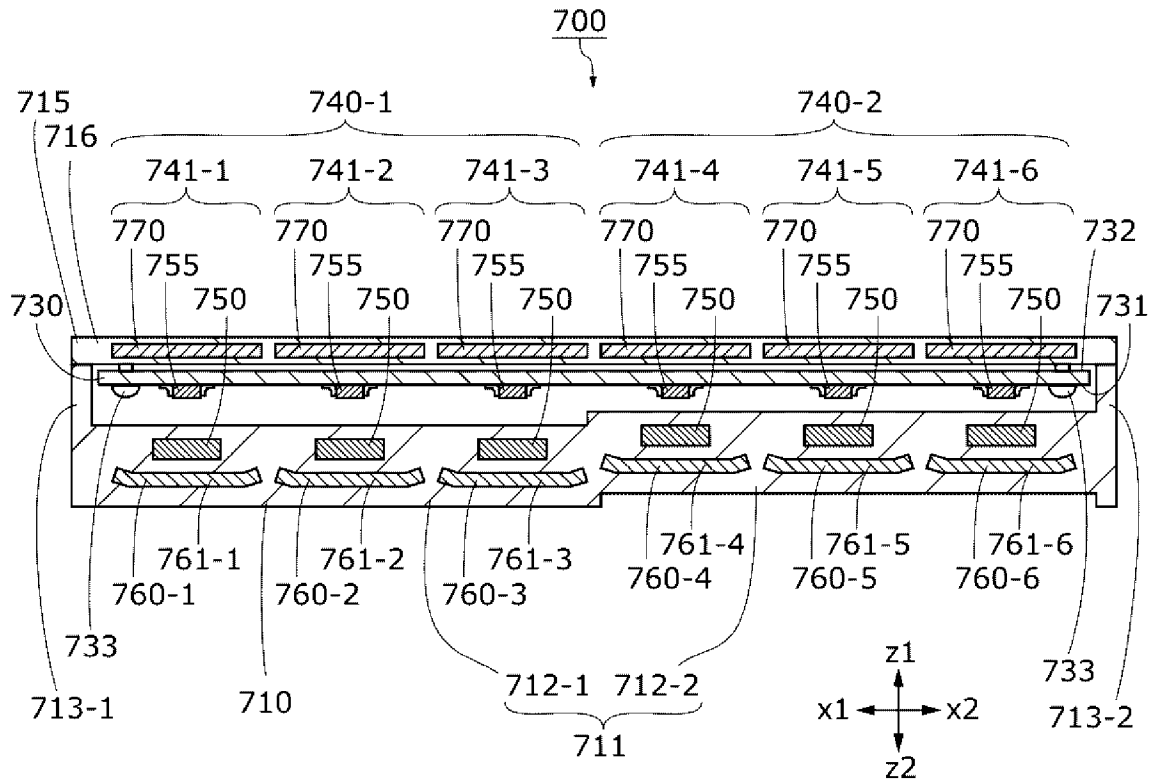
[図11]



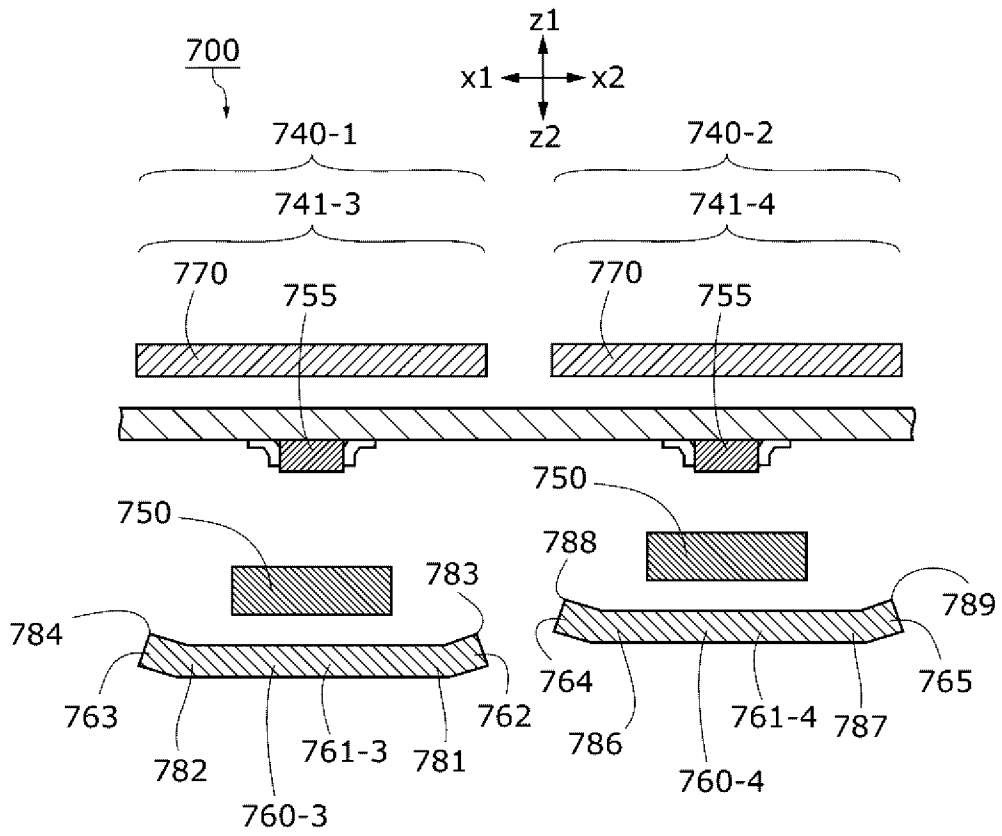
[図12]



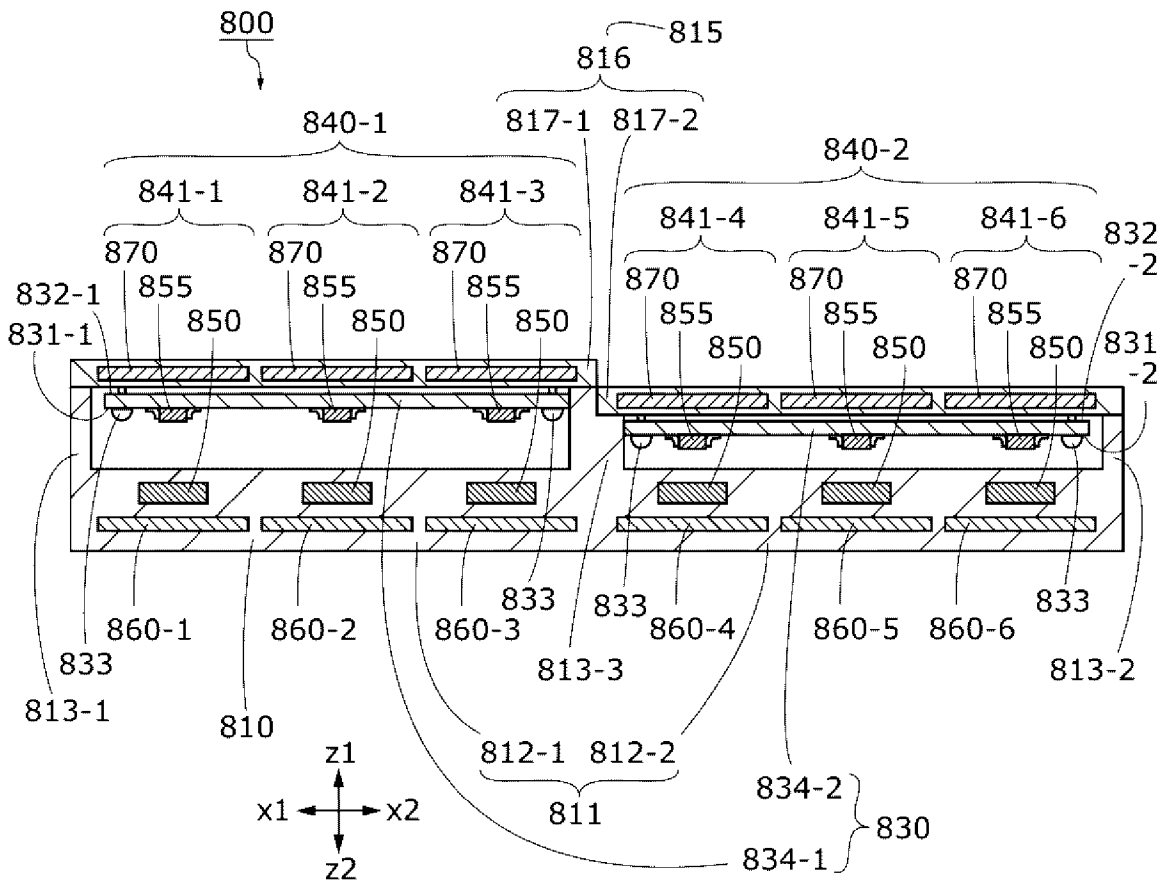
[図13]



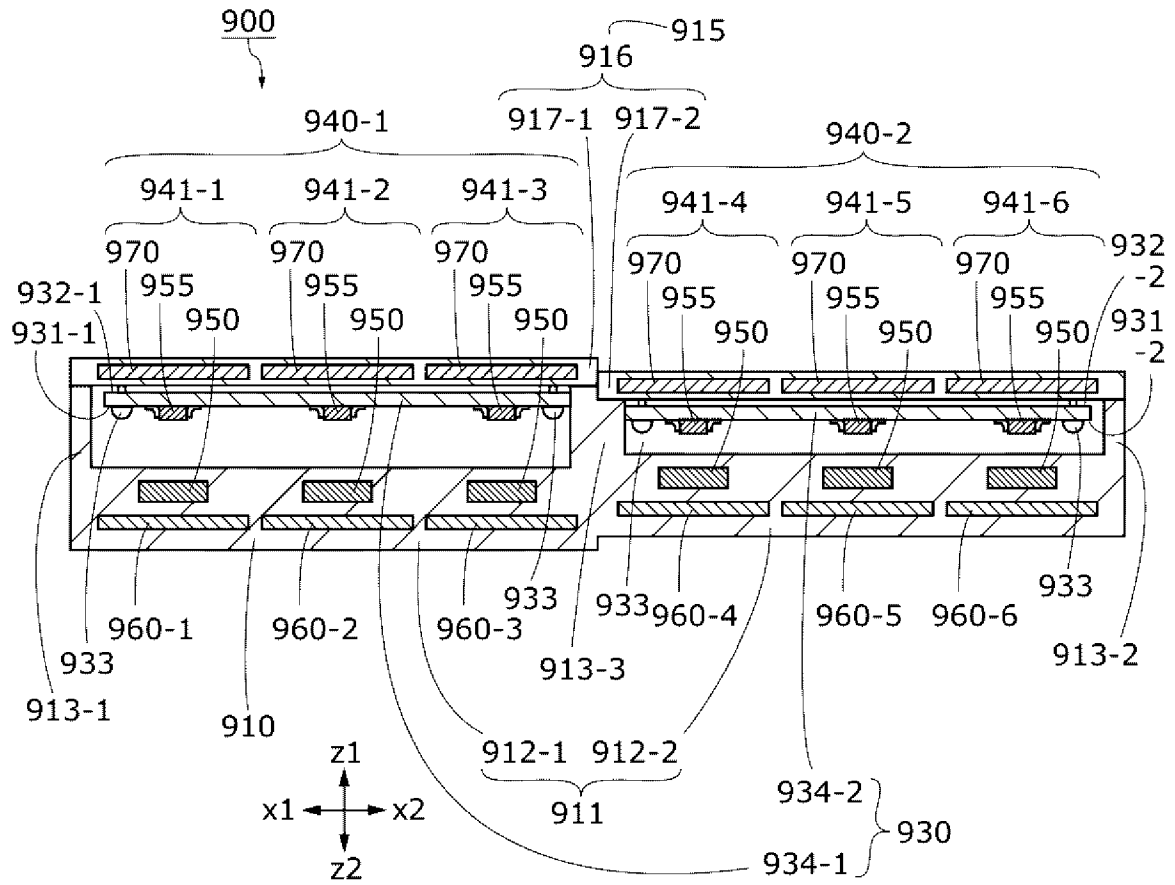
[図14]



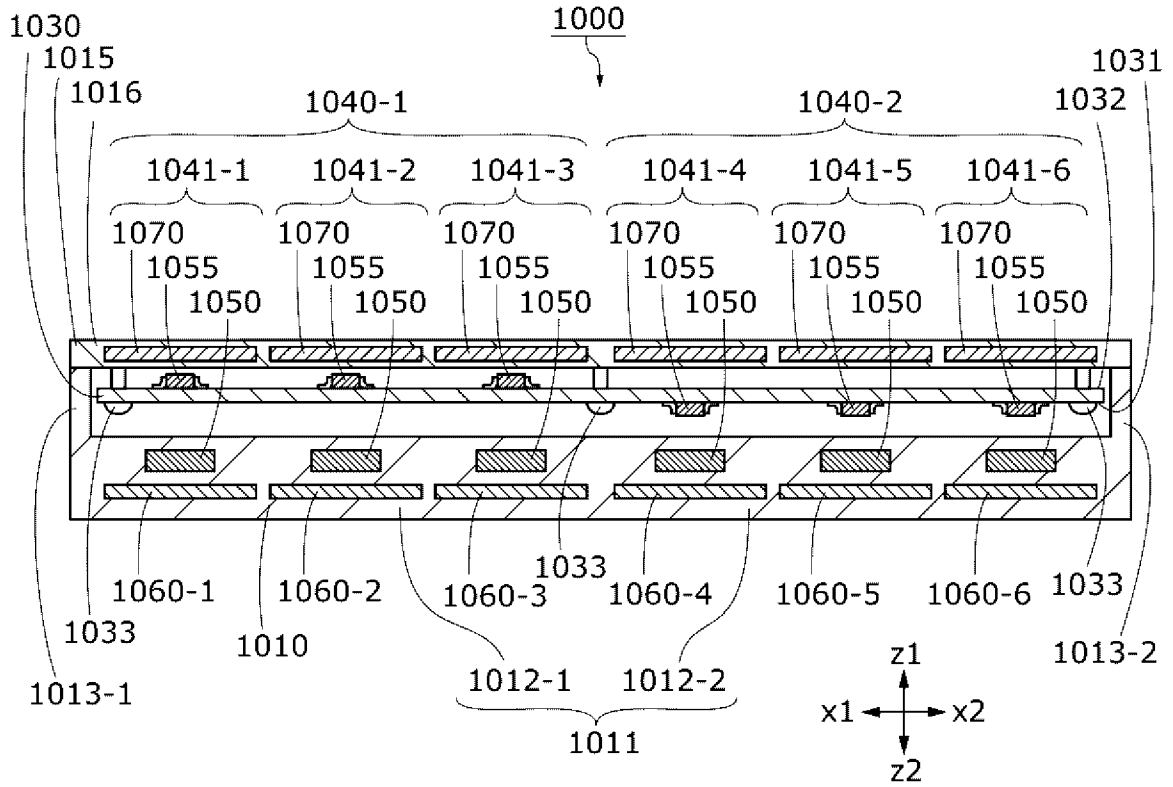
[図15]



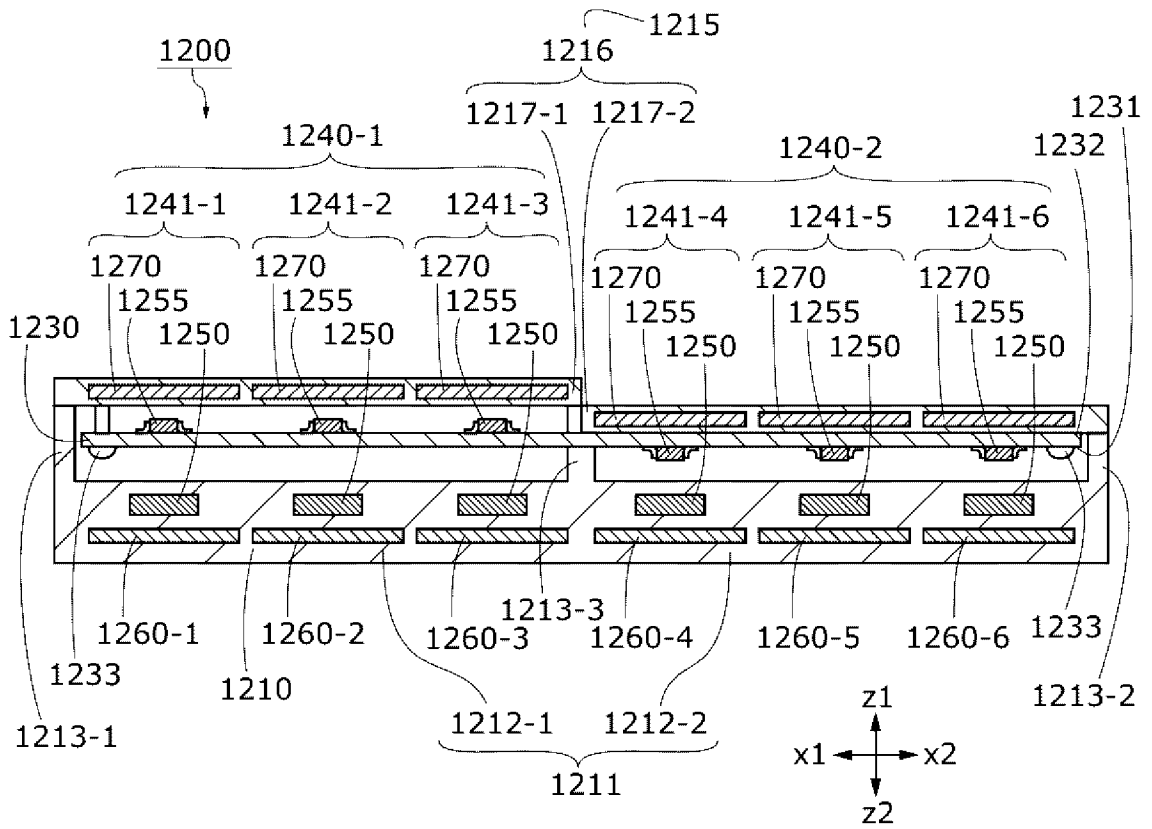
[図16]



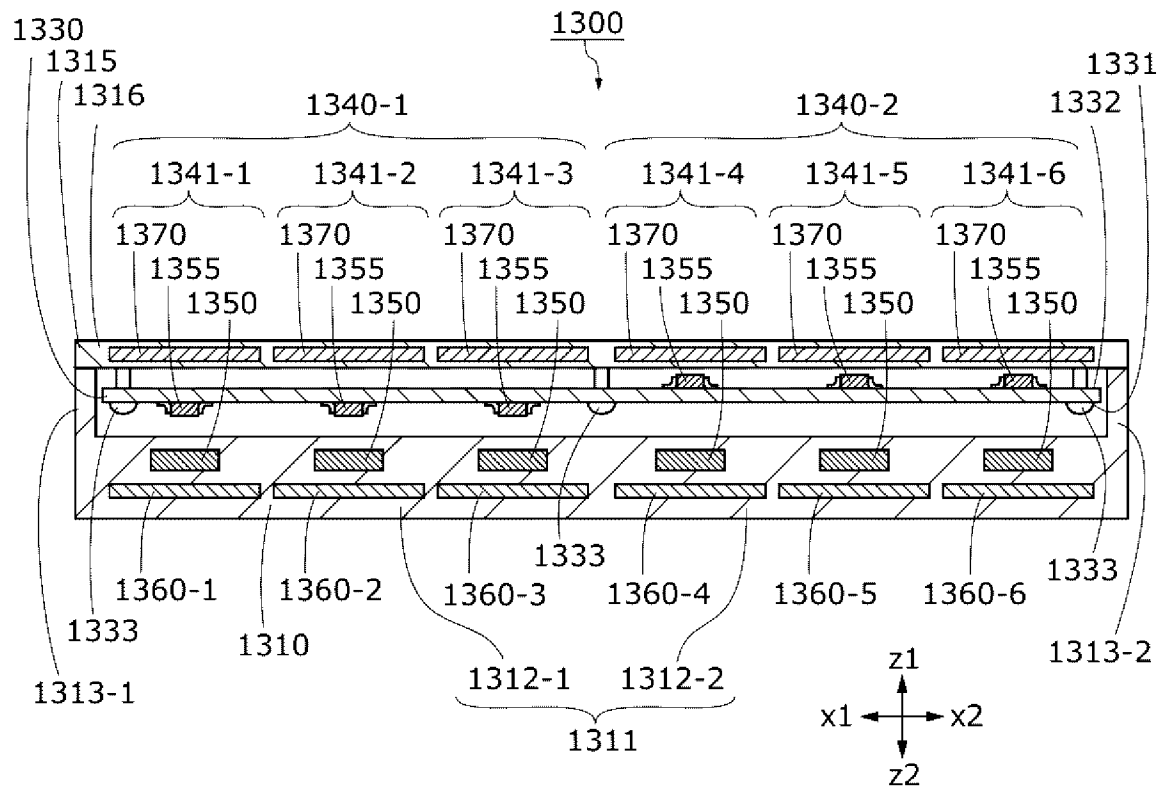
[図17]



[図19]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/001427

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. 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)

Int.Cl. G01R15/00-17/22, G01R11/00-11/66, 21/00-22/10, 35/00-35/06, H02M7/42-7/98

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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 2014-41049 A (ALPS GREEN DEVICES CO., LTD.) 06 March 2014 (Family: none)	1-20
A	JP 8-233868 A (KYUSHU HENATSUKI KK) 13 September 1996 (Family: none)	1-20
A	JP 2006-162309 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 22 June 2006 (Family: none)	1-20

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	“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
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“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
“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)	“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
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	“&” document member of the same patent family
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 28.03.2018	Date of mailing of the international search report 17.04.2018
---	--

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/JP2018/001427

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 2016-1168 A (DENSO CORPORATION) 07 January 2016 & US 2017/0082659 A1 & CN 106415280 A	1-20
A	WO 2011/011289 A2 (NEXLENT, LLC) 27 January 2011 & US 2011/0172938 A1 & CN 102625916 A	1-20

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. G01R15/00-17/22, G01R11/00-11/66, 21/00-22/10, 35/00-35/06, H02M7/42-7/98

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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 2014-41049 A (アルプス・グリーンデバイス株式会社) 2014.03.06, (ファミリーなし)	1-20
A	JP 8-233868 A (九州変圧器株式会社) 1996.09.13, (ファミリーなし)	1-20
A	JP 2006-162309 A (三菱電機株式会社) 2006.06.22, (ファミリーなし)	1-20

☑ 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

28.03.2018

国際調査報告の発送日

17.04.2018

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)

小野寺 麻美子

2S

9505

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	JP 2016-1168 A (株式会社デンソー) 2016.01.07, & US 2017/0082659 A1 & CN 106415280 A	1-20
A	WO 2011/011289 A2 (NEXLENT, LLC) 2011.01.27, & US 2011/0172938 A1 & CN 102625916 A	1-20