

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013 年 9 月 6 日(06.09.2013)

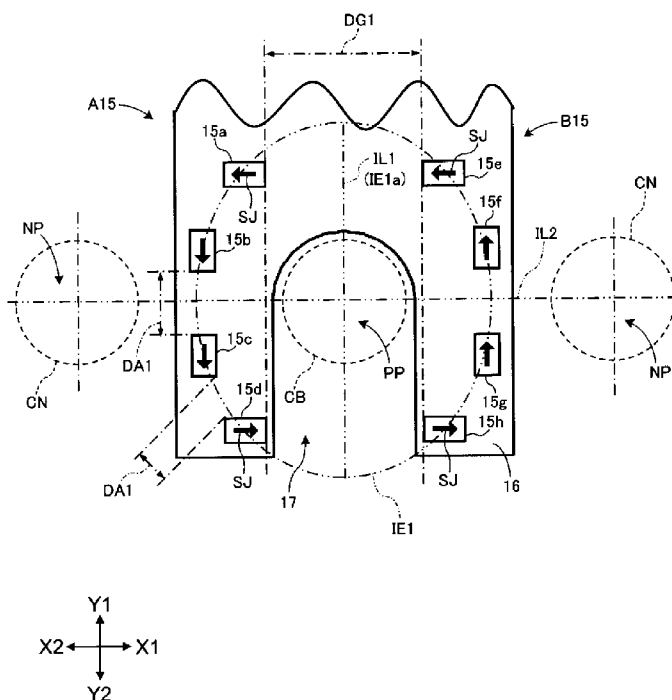


(10) 国際公開番号
WO 2013/128993 A1

- (51) 国際特許分類:
G01R 15/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/051535
- (22) 国際出願日: 2013 年 1 月 25 日(25.01.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-041612 2012 年 2 月 28 日(28.02.2012) JP
特願 2012-125042 2012 年 5 月 31 日(31.05.2012) JP
- (71) 出願人: アルプス・グリーンデバイス株式会社
(ALPS GREEN DEVICES CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 福井 洋文(FUKUI, Hirofumi); 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス・グリーンデバイス株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 松下 昌弘, 外(MATSUSHITA, Masahiro et al.); 〒1410031 東京都品川区西五反田 3 丁目 6 番 2 0 号 西五反田アクセス 8 F Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
— 補正された請求の範囲 (条約第 19 条(1))

(54) Title: CURRENT SENSOR

(54) 発明の名称: 電流センサ



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to achieve a reduction in size, and to stabilize detection values. A first magnetolectric conversion element group (A15) comprising magnetolectric conversion elements (15a-15d), and a second magnetolectric conversion element group (B15) comprising magnetolectric conversion elements (15e-15h) are arranged having a cutout (17) of a wiring board (16) therebetween. The first and second magnetolectric conversion element groups are arranged line-symmetrically with respect to a first imaginary line (IL1). The magnetolectric conversion elements (15) in the first and second magnetolectric conversion element groups are arranged line-symmetrically with respect to a second imaginary line (IL2). The first imaginary line and the second imaginary line orthogonally intersect each other at a placement position (PP) at which a current path (CB) to be measured is placed. The orientation of the sensitivity axis of each of a plurality of magnetolectric-conversion-element sets having point symmetry about the placement position is either parallel or antiparallel. The element spacing (DA1), which is the spacing between neighbouring magnetolectric conversion elements in the first and second magnetolectric conversion element groups, is narrower than the group spacing (DG1), which is the narrowest spacing between the first and second magnetolectric conversion element groups.

(57) 要約:

[続葉有]



小型化できるとともに、検出値を安定して得ること。磁電変換素子（15 a～15 d）からなる第1磁電変換素子群（A 15）と、磁電変換素子（15 e～15 h）からなる第2磁電変換素子群（B 15）とが、配線基板（16）の切欠（17）を挟んで配設され、第1及び第2磁電変換素子群は、第1の仮想線（I L 1）に対して線対称に配設され、第1及び第2磁電変換素子群内の磁電変換素子（15）が、第2の仮想線（I L 2）に対して線対称に配設され、第1の仮想線と第2の仮想線とは、被測定電流路（CB）が配設された配設位置（PP）で直交し、配設位置を中心に点対称となる複数組の磁電変換素子の感度軸の向きはそれぞれ平行又は反平行であり、第1及び第2磁電変換素子群内の隣り合う磁電変換素子との間隔である素子間隔（D A 1）が、第1磁電変換素子群と第2磁電変換素子群との最も狭い間隔である群間隔（D G 1）よりも狭い。

明 細 書

発明の名称：電流センサ

技術分野

[0001] 本発明は、被測定電流路に流れる電流を検出する電流センサに関し、特に、磁電変換素子を用いて被測定電流路に流れる電流を検出する電流センサに関する。

背景技術

[0002] 各種電子機器の制御や監視のために、被測定電流路に取り付けて被測定電流路に流れる電流を検出する電流センサが良く知られている。この種の電流センサとしては、ホール素子や磁気抵抗素子等の磁電変換素子を用いた電流センサが知られており、磁電変換素子の感度向上や外部磁場からの影響低減等のため、複数の素子を用いられることが知られている。

[0003] 従来、図１７に示すように、不図示の被測定電流路を挟み込むための凹状の切り込みが形成された電流センサ９００が提案されている（特許文献１参照）。図１７は、特許文献１記載の電流センサ９００の構造を概略的に示した斜視図である。図１７に示す電流センサ９００は、被測定電流路を挟み込むための凹状の切り込み部９１１が形成された筐体９２０と、筐体９２０内に配置され切り込み部９２１を有した基板９１０と、切り込み部９１１の近傍に配置され導体に流れる電流によって生じる磁界の強さに応じた電気信号を出力する磁電変換素子（ここではホール素子）９３０、９３１とから構成されている。これにより、小型でしかも組み付け性に優れた電流センサ９００が提供できるとされている。

[0004] また、電線を保持する電線保持部を中心に、４つの磁気インピーダンス素子を対向配置した電流センサが知られている（特許文献２参照）。この電流センサでは、凸部及び凹部からなる筐体部の係合部分に電線保持部となる円弧状の開口部が形成され、筐体部の凹部側において、この開口部の周囲に４つの磁気インピーダンス素子が周方向に均等間隔となるように対向配置され

ている。

[0005] 更に、上述した特許文献1及び2に記載された従来技術に対して、測定精度をより向上させるため、より多くの磁電変換素子を用いた電流センサが考えられる。図13は、比較例に係る電流センサを説明するための平面図である。図13Aは、被測定電流路CBを取り囲む位置に磁電変換素子C15を8個配設した比較例1に係る電流センサを示し、図13Bは、被測定電流路CBを取り囲む位置に磁電変換素子C25を6個配設した比較例2に係る電流センサを示している。なお、説明を容易にするため、被測定電流路CB、近隣電流路CN及び磁電変換素子C15、C25以外は省略している。

[0006] 図13に示すように、比較例に係る電流センサは、多数個の磁電変換素子（C15、C25）が、平面視において被測定電流路CBの中心を中心点とした円周上に配設されていると共に、隣り合う磁電変換素子（C15、C25）同士の角度がそれぞれ等角度で配置されている。つまり、図13Aに示す比較例1の電流センサでは、磁電変換素子C15が正八角形の頂点位置にそれぞれ配置され、図13Bに示す比較例2の電流センサでは、磁電変換素子C25が正六角形の頂点位置にそれぞれ配置されている。これにより、磁電変換素子（C15、C25）の検出値を合算することで、被測定電流路CBの位置が多少ずれても、測定精度を低下しにくくすることができるようになっている。

先行技術文献

特許文献

- [0007] 特許文献1：特開2001-066327号公報
特許文献2：特開2000-258464号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0008] しかしながら、上述した比較例1や比較例2に係る電流センサでは、被測定電流路CBを、磁電変換素子（C15、C25）間を通して円周の中心位

置に配設しなければならないので、被測定電流路C Bのサイズに応じて磁電変換素子（C 1 5、C 2 5）間の素子間隔（D C 1、D C 2）が決められてしまうことになる。すなわち、各磁電変換素子の配設位置が、被測定電流路C Bの配設位置を中心として正八角形や正六角形等の頂点位置に自ずと決められてしまうため、磁電変換素子の素子間隔として被測定電流路が通過可能な寸法を確保する必要がある、これ以上に電流センサを小さくすることができないという課題があった。更に、素子間隔（D C 1、D C 2）を被測定電流路C Bが入る間隔まで広げてしまうので、隣り合う他の近隣電流路C Nが存在する場合、近隣電流路C Nによる外来磁場の影響を受けて、磁電変換素子（C 1 5、C 2 5）からの検出値を安定して得ることができないという課題もあった。

[0009] 本発明は、上述した課題を解決するもので、小型化できるとともに、検出値を安定して得ることができる電流センサを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] この課題を解決するために、本発明の電流センサは、被測定電流路に電流が流れたときに発生する磁気を検出する磁電変換素子を複数有し、複数の前記磁電変換素子が配置された配線基板を備えて構成された電流センサであって、複数の前記磁電変換素子が、半数の前記磁電変換素子からなる第1磁電変換素子群と、残りの半数の前記磁電変換素子からなる第2磁電変換素子群と、からなり、前記配線基板には、前記被測定電流路が挿通されて且つ配設される切欠が設けられ、前記第1磁電変換素子群と前記第2磁電変換素子群とが、前記切欠を挟んで配設され、前記第1磁電変換素子群と前記第2磁電変換素子群とは、第1の仮想線に対して線対称に配設され、前記第1磁電変換素子群内の前記磁電変換素子が、第2の仮想線に対して線対称に配設され、前記第2磁電変換素子群内の前記磁電変換素子が、前記第2の仮想線に対して線対称に配設され、前記第1の仮想線と前記第2の仮想線とは、前記被測定電流路が配設された配設位置で直交し、前記被測定電流路の前記配設位置を中心に点対称となる複数組の前記磁電変換素子の感度軸の向きはそれぞれ

れ平行又は反平行であり、前記第 1 磁電変換素子群内及び前記第 2 磁電変換素子群内の隣り合う前記磁電変換素子との間隔である素子間隔が、前記第 1 磁電変換素子群と前記第 2 磁電変換素子群との最も狭い間隔である群間隔よりも狭いことを特徴としている。

[0011] この構成によれば、被測定電流路が挿通されて且つ配設される切欠を有した配線基板に、第 1 磁電変換素子群と第 2 磁電変換素子群とが切欠を挟んで第 1 の仮想線に対して線対称に配設されているので、磁電変換素子が円周上に等間隔で配設されている場合と比較して、被測定電流路が挿通されて且つ配設される磁電変換素子の配置でありながら、磁電変換素子の配設スペースを小さくできる。しかも、第 1 磁電変換素子群内及び第 2 磁電変換素子群内の隣り合う磁電変換素子との素子間隔が、第 1 磁電変換素子群と第 2 磁電変換素子群との群間隔よりも狭いので、磁電変換素子が円周上に等間隔で配設されている場合と比較して、隣り合う位置に配設された他の電流路に対して、隣り合う磁電変換素子との素子間隔を狭くすることができる。このため、隣り合う位置に配設された他の電流路からの外来磁場の影響を低減することができ、外来磁場による磁電変換素子への影響を低減させることができる。従って、被測定電流路を挿通し且つ配設するスペースを確保しながら、電流センサを小型にできるとともに、磁電変換素子からの検出値を安定して得ることができる。

[0012] 本発明の電流センサは、配線基板と、前記配線基板に設けられ、被測定電流路を流れる電流によって発生する磁気を検出する複数の磁電変換素子と、を備え、前記複数の磁電変換素子は、同一個数の磁電変換素子からなる第 1 磁電変換素子群及び第 2 磁電変換素子群を構成し、前記配線基板には、前記被測定電流路が導入されて配設可能な切欠が形成され、前記第 1 磁電変換素子群と前記第 2 磁電変換素子群とは、前記被測定電流路の配設位置を通るように前記切欠の形成方向に延びる第 1 の仮想線を挟むと共に当該第 1 の仮想線に沿うようにそれぞれ配設され、前記被測定電流路の配設位置で前記第 1 の仮想線と直交する第 2 の仮想線に対して、前記第 1 及び第 2 磁電変換素子

群を構成する磁電変換素子が線対象にそれぞれ配設され、前記被測定電流路の配設位置を中心に点対称位置にある前記磁電変換素子同士の感度軸の向きはそれぞれ平行又は反平行であり、前記第 1 及び第 2 磁電変換素子群内において隣り合う磁電変換素子の素子間隔は、前記第 1 磁電変換素子群と前記第 2 磁電変換素子群との間で最も狭い間隔である群間隔よりも狭いことを特徴とする。

[0013] この構成によれば、第 1 及び第 2 磁電変換素子群は、被測定電流路の配設位置を通るように切欠の形成方向に延びる第 1 の仮想線を挟むと共に当該第 1 の仮想線に沿うようにそれぞれ配設されているので、第 1 磁電変換素子群と第 2 磁電変換素子群との群間隔として被測定電流路が通過するだけの間隔を確保しておけば、第 1 及び第 2 磁電変換素子群を構成する各磁電変換素子の素子間隔は、第 1 磁電変換素子群と第 2 磁電変換素子群との群間隔よりも小さく（狭く）することが可能である。従って、切欠の形成方向と直交する方向（第 2 の仮想線の延在方向）における磁電変換素子の配設領域を小さくして、配線基板を小型化することができるので、電流センサ全体を小型化することができる。また、第 1 及び第 2 磁電変換素子群内の隣り合う磁電変換素子との素子間隔が、第 1 及び第 2 磁電変換素子群の群間隔よりも狭いので、磁電変換素子が被測定電流路の配設位置を中心として周方向に等間隔で配設されている場合と比べて、第 2 の仮想線の延長線上において隣り合う位置に配設された他の電流路の磁電変換素子との素子間隔を狭くすることができる。このため、他の電流路からの外来磁場の影響を低減することができ、外来磁場による磁電変換素子への影響を低減させることができる。このように、被測定電流路を導入して配設可能なスペースを確保しつつ電流センサを小型化できると共に、磁電変換素子からの検出値を安定して得ることができる。

[0014] また、本発明の電流センサは、前記第 1 磁電変換素子群内の最端部に配設された前記磁電変換素子と前記第 2 磁電変換素子群内の最端部に配設された前記磁電変換素子との間隔が、前記群間隔であるとともに、前記第 1 磁電変

換素子群内及び前記第2磁電変換素子群内で、前記第2の仮想線に最も近い個所に配設された各前記磁電変換素子間の間隔が最も広いことを特徴としている。

[0015] この構成によれば、第1磁電変換素子群と第2磁電変換素子群の両端側が群間隔であり、第2の仮想線に最も近い個所の磁電変換素子間の間隔が最も広いので、被測定電流路が配設される配設位置の中心とそれぞれの磁電変換素子との配設距離をそれぞれについて同じ距離或いはなるべく同等な距離にすることができる。このため、電流センサが被測定電流路に取り付けられた際に、その取り付け角度がばらついたとしても、各磁電変換素子が、被測定電流路と隣り合う他の電流路との間にバランス良く配されることとなる。従って、隣り合う位置に配設された他の電流路からの外来磁場の影響をより低減することができ、外来磁場による磁電変換素子への影響をより低減させることができる。

[0016] また、本発明の電流センサは、前記磁電変換素子が、前記被測定電流路の前記配設位置を中心とする仮想楕円上に配設され、前記仮想楕円の半長軸が、前記切欠上に設けられていることを特徴としている。

[0017] この構成によれば、磁電変換素子が配設される仮想楕円の半長軸が切欠上に設けられているので、半長軸に沿って被測定電流路を切欠に挿通し且つ配設することができる。このため、被測定電流路の外形寸法と群間隔とをできる限り近づけることができ、被測定電流路にできる限り磁電変換素子を近づけて配設することができる。これにより、隣り合う位置に配設された他の電流路からの外来磁場の影響をより低減することができ、外来磁場による磁電変換素子への影響をより低減させることができる。従って、電流センサをより小型にできるとともに、磁電変換素子からの検出値をより安定して得ることができる。

[0018] また、本発明の電流センサは、前記各磁電変換素子の前記感度軸の方向が、前記第1の仮想線または前記第2の仮想線と平行であることを特徴としている。

[0019] この構成によれば、各磁電変換素子の感度軸の方向が、第1の仮想線または第2の仮想線と平行であるので、磁電変換素子が円周上に等間隔で配設されている場合と比較して、各磁電変換素子を配線基板に実装する際に、容易に実装することができるとともに、配線基板と磁電変換素子との位置関係を容易に設計することができる。これにより、被測定電流路の取付け角度や取付け位置等の精度を高めることができるので、測定精度を向上させることができる。

[0020] また、本発明の電流センサは、前記磁電変換素子の数が、6個であることを特徴としている。

[0021] この構成によれば、磁電変換素子の数が6個であるので、十分な精度が得られる最少個数の磁電変換素子により電流センサを構成することができる。これにより、電流センサのコストを低減できるとともに、磁電変換素子の配設スペースを小さくできるので、電流センサをより一層小型にすることができる。

[0022] また、本発明の電流センサは、前記磁電変換素子の数が、8個であることを特徴としている。

[0023] この構成によれば、磁電変換素子の数が8個であるので、磁電変換素子が6個の場合と比較して、磁電変換素子の素子間隔をより狭くすることができる。このため、電流センサの測定精度を向上させることができるとともに、隣り合う位置に配設された他の電流路からの外来磁場の影響をより低減することができる。これにより、外来磁場による磁電変換素子への影響を低減させることができ、磁電変換素子からの検出値をより安定して得ることができる。

[0024] また、本発明の電流センサは、前記被測定電流路と隣り合う位置に、近隣電流路が配設され、前記被測定電流路の前記配設位置の中心及び前記近隣電流路が配設された近隣配設位置の中心が、前記第2の仮想線に沿って設けられていることを特徴としている。

[0025] この構成によれば、被測定電流路と、被測定電流路の隣り合う位置に配設

される近隣電流路と、が第2の仮想線に沿って配設されているので、第1磁電変換素子群の外側或いは第2磁電変換素子群の外側に近隣電流路が配設されることとなり、群間隔より狭い素子間隔の外側に近隣電流路が配設されることとなる。これにより、近隣電流路からの外来磁場の影響がより一層低減され、外来磁場による磁電変換素子への影響がより一層低減されるので、磁電変換素子からの検出値をより一層安定して得ることができる。

発明の効果

[0026] 本発明の電流センサは、被測定電流路が挿通されて且つ配設される切欠を有した配線基板に、第1磁電変換素子群と第2磁電変換素子群とが切欠を挟んで第1の仮想線に対して線対称に配設されているので、磁電変換素子が円周上に等間隔で配設されている場合と比較して、磁電変換素子の配設スペースを小さくできる。しかも、第1磁電変換素子群内及び第2磁電変換素子群内の隣り合う磁電変換素子との素子間隔が、第1磁電変換素子群と第2磁電変換素子群との群間隔よりも狭いので、磁電変換素子が円周上に等間隔で配設されている場合と比較して、被測定電流路が挿通されて且つ配設される磁電変換素子の配置でありながら、隣り合う位置に配設された他の電流路に対して、隣り合う磁電変換素子との素子間隔を狭くすることができる。このため、隣り合う位置に配設された他の電流路からの外来磁場の影響を低減することができ、外来磁場による磁電変換素子への影響を低減させることができる。これにより、被測定電流路を挿通し且つ配設するスペースを確保しながら、電流センサを小型にできるとともに、磁電変換素子からの検出値を安定して得ることができる。

[0027] したがって、本発明の電流センサは、小型化できるとともに、検出値を安定して得ることができる電流センサを提供できる。

図面の簡単な説明

[0028] [図1]本発明の第1実施形態に係る電流センサを示す分解斜視図である。

[図2]第1実施形態に係る電流センサを示す斜視図である。

[図3]第1実施形態に係る電流センサを説明するための図であって、図1に示

す Z 1 側から見た配線基板の上面図である。

[図4]第 1 実施形態に係る電流センサについての計算結果を説明するための図であって、計算に用いたモデル図である。

[図5]第 1 実施形態に係る電流センサについての計算結果を示したグラフである。

[図6]第 1 実施形態に係る電流センサについての計算結果を示したグラフであり、図 6 A は、磁電変換素子が第 1 の仮想線に対して線対称でない場合の結果を示し、図 6 B は、磁電変換素子が第 2 の仮想線に対して線対称でない場合の結果を示している。

[図7]第 1 実施形態に係る電流センサについての計算結果を示したグラフである。

[図8]第 1 実施形態の変形例に係る電流センサを説明するための図であって、図 1 に示す Z 1 側から見た配線基板の上面図である。

[図9]本発明の第 2 実施形態に係る電流センサを示す分解斜視図である。

[図10]第 2 実施形態の電流センサを説明するための図であって、図 9 に示す Z 1 側から見た配線基板の上面図である。

[図11]第 2 実施形態に係る電流センサについての計算結果を説明するための図であって、計算に用いたモデル図である。

[図12]第 2 実施形態に係る電流センサについての計算結果を示したグラフである。

[図13]比較例に係る電流センサを説明するための図である。図 1 3 A は、被測定電流路を取り囲む位置に磁電変換素子を 8 個配設した比較例 1 に係る電流センサの平面図であり、図 1 3 B は、被測定電流路を取り囲む位置に磁電変換素子を 6 個配設した比較例 2 に係る電流センサの平面図である。

[図14]本発明の第 1 実施形態に係る電流センサと比較した比較例を説明するための図であって、図 3 の磁電変換素子の配置と比較した比較例 3 に係る磁電変換素子の配置図である。

[図15]本発明の第 2 実施形態に係る電流センサと比較した比較例を説明する

ための図であった、図 10 の磁電変換素子の配置と比較した比較例 4 に係る磁電変換素子の配置図である。

[図16]本発明の第 1 実施形態の変形例 1 を説明するための図である。図 16 A は、図 4 のモデル図と比較した変形例 1 に係る電流センサのモデル図であり、図 16 B は、モデルを元に計算した計算結果を示したグラフである。

[図17]従来の電流センサの構造を概略的に示した斜視図である。

発明を実施するための形態

[0029] 被測定電流路（電線）を中心として周方向に均等間隔で複数の磁電変換素子を配置する場合には、磁電変換素子間の間隙から被測定電流路を導入して中心位置に配設するため、被測定電流路のサイズ（最大幅寸法）に応じて磁電変換素子の素子間隔が決められてしまうことになる。そのため、磁電変換素子同士の素子間隔として少なくとも被測定電流路が通過可能な寸法を確保すると、磁電変換素子の配設領域が全体的に大きくなり、これに伴い磁電変換素子が配設される基板サイズも大きくなって、電流センサの小型化ができない。また、被測定電流路のサイズに合わせて全ての磁電変換素子間隔を広げてしまうため、隣り合う他の近隣電流路による外来磁場の影響を受けて、磁電変換素子からの検出精度が低下してしまう恐れもある。

[0030] 本発明者はこれらの点に着目し、被測定電流路の周囲に全ての磁電変換素子の素子間隔を均等にするのではなく、一部の素子間隔を異ならせるように磁電変換素子を配置することで、電流センサの小型化を図ると共に、電流センサの検出精度を安定させることができると考えた。すなわち、本発明の骨子は、同一個数の複数の磁電変換素子からなる第 1 及び第 2 磁電変換素子群を、被測定電流路の導入路となる切欠上を通過する第 1 の仮想線を挟んで配置させ、被測定電流路の配設位置で第 1 の仮想線と直交する第 2 の仮想線に対して、第 1 及び第 2 磁電変換素子群を構成する磁電変換素子を、第 1 及び第 2 磁電変換素子群内の隣り合う磁電変換素子の素子間隔が第 1 及び第 2 磁電変換素子群の群間隔よりも狭くなるように線対象に配置させ、被測定電流路の配設位置を中心に点対称位置にある磁電変換素子同士の感度軸の向きを

それぞれ平行にすることである。

[0031] 以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

[0032] [第1実施形態]

図1は、本発明の第1実施形態に係る電流センサ101を示す分解斜視図である。図2は、本発明の第1実施形態に係る電流センサ101を示す斜視図である。図3は、本発明の第1実施形態に係る電流センサ101を説明するための図であって、図1に示すZ1側から見た配線基板16の上面図である。図14は、本発明の第1実施形態に係る電流センサ101と比較した比較例を説明するための図であって、図3の磁電変換素子15の配置と比較した比較例3に係る磁電変換素子の配置図である。

[0033] 図1及び図2に示すように、本発明の第1実施形態に係る電流センサ101は、被測定電流路CBに電流が流れたときに発生する磁気を検出する複数の磁電変換素子15と、複数の磁電変換素子15が配置された配線基板16とを備えて構成されている。また、電流センサ101は、配線基板16を収納する収納部11sを有する筐体11と、磁電変換素子15からの電気信号を取り出すための取出し端子13tを有したコネクタ13と、被測定電流路CBを固定し保持するための保持部材14と、を備えている。

[0034] 筐体11は、例えば、ABS（アクリロニトリルブタジエンスチレン）、PET（ポリエチレンテレフタレート）等の合成樹脂材料で形成されている。この筐体11は、上方が開口した箱状のケース31と、ケース31の開口部を塞ぐような板状のカバー41と、から構成され、ケース31内部に、配線基板16を収納する収納部11sが形成されている。なお、筐体11の材質に合成樹脂材料を用いたが、これに限定されるものではなく、例えば、金属材料を用いた構成にしても良い。

[0035] ケース31には、その一辺側からケース31の中心側に向かって切り欠かれた凹部（凹溝）32が形成され、この凹部32内に被測定電流路CBが導入されて保持されるように構成されている。凹部32の奥壁32aは、被測定電流路CBの外周面と相補形状に形成されている。本実施の形態では、凹

部 3 2 の奥壁 3 2 a は、円筒形状の被測定電流路 C B の外周面に対応するように円弧状に湾曲して形成されている。また、奥壁 3 2 a に連なるケース 3 1 の対向する内側壁 3 2 b には、クリップバネ 1 4 K の自由端部側を係止する切欠 3 2 c が、それぞれ対峙する位置に形成されている。切欠 3 2 c は、内側壁 3 2 b の上端部側から下方に向かって切り欠かれ、入り口側の端面が、外方に向かって傾斜するように形成されている。被測定電流路 C B は、その外周面の奥側を凹部 3 2 の奥壁 3 2 a に当接させた状態で、手前側を切欠 3 2 c から凹部 3 2 内に突出するクリップバネ 1 4 K によって挟持されることで、筐体 1 1 に対して保持される。この凹部 3 2 の奥壁 3 2 a とクリップバネ 1 4 K とで挟持される位置が、筐体 1 1 に対する被測定電流路 C B の配設位置 P P となる。

[0036] カバー 4 1 は、一方の辺部に、ケース 3 1 の凹部 3 2 と対応するように同一形状の開口部 4 2 が形成され、この開口部 4 2 の形成された辺部と反対側の辺部に、コネクタ 1 3 の上端部を筐体 1 1 外部に露出させるための開口部 4 3 が形成されている。

[0037] 保持部材 1 4 は、被測定電流路 C B を固定し保持するための部材であり、被測定電流路 C B の外縁を挟み込んで保持するクリップバネ 1 4 K と、被測定電流路 C B が配設位置 P P に配設された後にクリップバネ 1 4 K を押さえる押し部材 1 4 H と、を備えている。

[0038] クリップバネ 1 4 K は、短冊状の板ばねを平面視略円形状に湾曲させて、自由端部側に間隙 1 4 L が形成されるように、2 つの自由端部を離間する方向（外方）に折り曲げて形成されている。このクリップバネ 1 4 K は、ケース 3 1 の収納部 1 1 s 内に收容され、湾曲部分を凹部 3 2 の奥壁 3 2 a に沿わせた状態で、自由端部を切欠 3 2 c の傾斜面に当接させて自由端部側の折り曲げ部分を切欠 3 2 c から凹部 3 2 内に突出させるように配設される。ここで、クリップバネ 1 4 K の自由端部側の折り曲げ部分間の間隙 1 4 L は、被測定電流路 C B を配設位置 P P への導入を許容すると共に配設位置 P P から容易に脱落しないように、凹部 3 2 内に導入される被測定電流路 C B の最

大径（最大幅）寸法よりも狭くなるように形成されている。

[0039] 押し部材 14 H は、略直方体形状で形成されており、ケース 3 1 に形成された凹部 3 2 に強嵌合されるサイズで作製されている。この押し部材 14 H は、クリップバネ 14 K を押さえた状態で、ケース 3 1 の凹部 3 2 内に保持される。このように構成された電流センサ 10 1 において、被測定電流路 C B がケース 3 1 の凹部 3 2 に導入されて凹部 3 2 内に露出するクリップバネ 14 K の折り曲げ部分に押し当てられると、クリップバネ 14 K が撓みを許容して、自由端部が切欠 3 2 c の傾斜面に案内されながら折り曲げ部分が収納部 11 s 内に逃がされ、折り曲げ部分間の間隙 14 L が広がっていく。被測定電流路 C B をさらに押し込んで奥壁 3 2 a に当接させると、自由端部が切欠 3 2 c の傾斜面に案内されながら折り曲げ部分が凹部 3 2 内に露出する初期位置に復帰する。このとき、被測定電流路 C B の外周面は、奥壁 3 2 a 及びクリップバネ 14 K の折り曲げ部分によって挟持される。そして、押し部材 14 H が凹部 3 2 内に押し込まれると、クリップバネ 14 K （の折り曲げ部分）が抑え込まれる。この押し部材 14 H 及びクリップバネ 14 K からなる保持部材 14 が凹部 3 2 の奥壁 3 2 a と協働することによって、被測定電流路 C B が配設位置 P P に精度良く配設させることができる。なお、本実施形態では、被測定電流路 C B の断面形状を円形にしたが、矩形の断面形状の被測定電流路であっても良い。この場合には、保持部材 14 のクリップバネ 14 K は、矩形の断面形状の被測定電流路に対応した形状にすることが望ましい。

[0040] 配線基板 16 は、例えば、一般に広く知られている両面のプリント配線板（P C B）を用いられ、ガラス入りのエポキシ樹脂からなるベース基板上に設けられた銅（C u）等の金属箔をパターンニングして、配線パターンが形成されている。配線基板 16 は、ケース 3 1 の収納部 11 s に収納可能な大きさで形成されており、その一辺部に、被測定電流路 C B が挿通されて且つ配設される切欠 17 が形成されている。すなわち、配線基板 16 は、収納部 11 s の底面部と相似形状に形成されており、ケース 3 1 の凹部 3 2 と相補形

状の切欠部 17 が形成されている。図 1 及び図 3 に示すように、配線基板 16 の切欠 17 の近傍には、複数（8 個）の磁電変換素子 15 が配置され、切欠 17 が形成される辺部と対向する辺部近傍にはコネクタ 13 が配設されている。なお、磁電変換素子 15 の詳細な配置位置については後述する。また、本実施形態では、配線基板 16 にガラス入りのエポキシ樹脂からなるプリント配線板（PCB）を用いたが、これに限定されるものではなく、絶縁性のリジット基板であれば良く、例えばセラミック配線板を用いても良い。また、本実施形態では、配線基板 16 に両面のプリント配線板（PCB）を用いたが、回路設計の結果に応じて片面のプリント配線板（PCB）を用いても良い。

[0041] コネクタ 13 は、相手側コネクタ（図示省略）と電氣的に接続する複数の端子を備えており、これら複数の端子の中に、磁電変換素子 15 からの電気信号を取り出すため取出し端子 13t を有している。また、コネクタ 13 は、相手側コネクタ（図示省略）と嵌合するための絶縁基体 13K を備えている。絶縁基体 13K は、上方が開口した箱状に形成され、その内部に、取出し端子 13t を含む複数の端子が、各端子間を絶縁した状態で保持され収納されている。なお、本実施形態では、磁電変換素子 15 からの電気信号を取り出すためにコネクタ 13 を用いたが、コネクタ 13 に限らず、例えば、フレキシブルプリント配線板（FPC: Flexible Printed Circuits）等を用いても良い。

[0042] 磁電変換素子 15 は、被測定電流路 CB に電流が流れたときに発生する磁気を検出する電流センサ素子であって、例えば、巨大磁気抵抗効果を用いた磁気検出素子（GMR (Giant Magneto Resistive) 素子という）を用いることが可能である。この磁電変換素子 15 は、説明を容易にするため詳細な図示は省略したが、GMR 素子をシリコン基板上に作製した後、切り出されたチップを熱硬化性の合成樹脂でパッケージングし、信号の取り出しのためのリード端子が GMR 素子と電氣的に接続されて構成されている。そして、このリード端子により、配線基板 16 にはんだ付けがされている。

[0043] 図3に示すように、磁電変換素子15は、半数（本実施形態では4個）の磁電変換素子15（15a～15d）からなる第1磁電変換素子群A15と、残りの半数（本実施形態では4個）の磁電変換素子15（15e～15h）からなる第2磁電変換素子群B15とからなり、第1磁電変換素子群A15と第2磁電変換素子群B15とが、切欠17を挟んで配設されている。すなわち、複数の磁電変換素子15は、同一個数の磁電変換素子（15a～15d、15e～15h）からなる第1磁電変換素子群A15及び第2磁電変換素子群B15を構成し、第1磁電変換素子群A15と第2磁電変換素子群B15とが切欠17を挟んで対向配置されている。

[0044] また、第1磁電変換素子群A15と第2磁電変換素子群B15とは、第1の仮想線IL1に対して線対称に配設され、第1磁電変換素子群A15内の4つの磁電変換素子15が、第2の仮想線IL2に対して線対称に配設されるとともに、第2磁電変換素子群B15内の4つの磁電変換素子15が、第2の仮想線IL2に対して線対称に配設されている。そして、被測定電流路CBが配線基板16の切欠17に配置された際に、第1の仮想線IL1と第2の仮想線IL2とは、被測定電流路CBが配設された配設位置PPで、直交している。すなわち、第1磁電変換素子群A15と第2磁電変換素子群B15とは、被測定電流路CBの配設位置PPを通るように切欠17の形成方向に延びる第1の仮想線IL1を挟むと共に当該第1の仮想線IL1に沿うようにそれぞれ配設されている。また、第1磁電変換素子群A15を構成する磁電変換素子15a～15dと、第2磁電変換素子群B15を構成する磁電変換素子15e～15hとは、被測定電流路CBの配設位置PPで第1の仮想線IL1と直交する第2の仮想線IL2に対して、線対象にそれぞれ配設されている。これにより、図14に示すような磁電変換素子C35が円周上に等間隔で配設されている場合（比較例3）と比較して、被測定電流路CBが挿通されて且つ配設される磁電変換素子15の配置でありながら、磁電変換素子15の配設スペースを小さくできる。すなわち、比較例3に係る磁電変換素子C35の場合には、被測定電流路CBの配設位置を中心として周

方向に等間隔で磁電変換素子C 3 5が均等配置されている。そのため、磁電変換素子C 3 5間から被測定電流路C Bを導入して配設位置に配設する場合、磁電変換素子C 3 5同士の素子間隔として、少なくとも被測定電流路C Bが通過可能な間隔を確保する必要があるため、全ての磁電変換素子C 3 5の配設領域が大きくなり、これに伴い配線基板が大型化してしまうことになる。一方、本実施形態に係る磁電変換素子1 5の配置の場合には、第1及び第2磁電変換素子群A 1 5、B 1 5は、被測定電流路C Bの配設位置P Pを通るように切欠1 7の形成方向に延びる第1の仮想線I L 1を挟むと共に当該第1の仮想線I L 1に沿うようにそれぞれ配設されている。すなわち、第1磁電変換素子群A 1 5と第2磁電変換素子群B 1 5との群間隔D G 1として、被測定電流路C Bの最大径部分が通過するだけの間隔を確保しておけば、第1及び第2磁電変換素子群A 1 5、B 1 5を構成する各磁電変換素子1 5 a～1 5 d、1 5 e～1 5 hの素子間隔D A 1は群間隔D G 1よりも小さく（狭く）することが可能である。そのため、比較例3に係る磁電変換素子C 3 5の配設領域と比べて、特に切欠1 7の形成方向と直交する方向（第2の仮想線I L 2の延在方向）における磁電変換素子1 5の配設領域を小さくすることができ、配線基板1 6の小型化、つまり電流センサ1 0 1の小型化が可能である。なお、本実施形態では、第1の仮想線I L 1と第2の仮想線I L 2とは、被測定電流路C Bの中心で直交しているが、少なくとも被測定電流路C Bの配設位置P Pで直交していれば良く、被測定電流路C Bの中心での直交に限るものではない。

[0045] また、図3に示すように、第1磁電変換素子群A 1 5内の最端部に配設された磁電変換素子1 5と、第2磁電変換素子群B 1 5内の最端部に配設された磁電変換素子1 5との間隔が、最も狭い間隔である群間隔D G 1であると共に、第1磁電変換素子群A 1 5内及び第2磁電変換素子群B 1 5内の磁電変換素子1 5で、第2の仮想線I L 2に最も近い位置に配設されたそれぞれの磁電変換素子1 5間の間隔が最も広がっている。一方、第1磁電変換素子群A 1 5内及び第2磁電変換素子群B 1 5内の隣り合う磁電変換素子1 5

との間隔である素子間隔 $D A 1$ が、第1磁電変換素子群 $A 1 5$ と第2磁電変換素子群 $B 1 5$ との最も狭い間隔である群間隔 $D G 1$ よりも狭くなっている。すなわち、切欠 $1 7$ 上を通過する第1の仮想線 $I L 1$ を挟む第1及び第2磁電変換素子群 $A 1 5$ 、 $B 1 5$ の群間隔 $D G 1$ に対して、第1の仮想線 $I L 1$ の延在方向における第1及び第2磁電変換素子群 $A 1 5$ 、 $B 1 5$ を構成する磁電変換素子 $1 5$ の各素子間隔 $D A 1$ を小さくし、全ての磁電変換素子 $1 5$ の素子間隔 $D A 1$ を均等にするのではなく、一部の素子間隔 $D A 1$ を異ならせるように磁電変換素子 $1 5$ を配置している。これにより、図 $1 4$ に示すような磁電変換素子 $C 3 5$ が円周上に等間隔で配設されている場合（比較例 3 ）と比較して、被測定電流路 $C B$ が挿通されて且つ配設される磁電変換素子 $1 5$ の配置でありながら、隣り合う位置に配設された他の電流路、つまり近隣電流路 $C N$ に対して、隣り合う磁電変換素子 $1 5$ との素子間隔 $D A 1$ を狭くすることができる。このため、隣り合う位置に配設された近隣電流路 $C N$ からの外来磁場の影響を低減することができる。従って、外来磁場による磁電変換素子 $1 5$ への影響が低減されるので、磁電変換素子 $1 5$ からの検出値を安定して得ることができる。

[0046] 更に、図 3 に示すように、磁電変換素子 $1 5$ は、被測定電流路 $C B$ の配設位置 $P P$ を中心とする仮想楕円 $I E 1$ 上に配設され、仮想楕円 $I E 1$ の半長軸 $I E 1 a$ が、切欠 $1 7$ 上に設けられている。なお、仮想楕円 $I E 1$ の長軸は、第1の仮想線 $I L 1$ と重なっており、前述した半長軸 $I E 1 a$ は、図 3 中の仮想楕円 $I E 1$ の下半分の半長軸を示している。これにより、半長軸 $I E 1 a$ に沿って被測定電流路 $C B$ を切欠 $1 7$ に挿通し且つ配設することができるため、被測定電流路 $C B$ の外形寸法と群間隔 $D G 1$ とをできる限り近づけることができる。従って、被測定電流路 $C B$ にできる限り磁電変換素子 $1 5$ を近づけて配設することができ、隣り合う位置に配設された近隣電流路 $C N$ からの外来磁場の影響をより低減することができる。その結果、外来磁場による磁電変換素子 $1 5$ への影響がより低減されるので、磁電変換素子 $1 5$ からの検出値をより安定して得ることができる。

[0047] また、被測定電流路C Bが配線基板1 6の切欠1 7に配置された際に、磁電変換素子1 5は、被測定電流路C Bの配設位置P Pを中心に点対称となる複数組の磁電変換素子1 5におけるGMR素子の感度軸（磁気を感知する方向）の向きS Jが、それぞれ平行になるように配設されている。すなわち、被測定電流路C Bの配設位置P Pを中心に点対称位置にある磁電変換素子1 5（例えば、磁電変換素子1 5 aと磁電変換素子1 5 h）同士の感度軸の方向がそれぞれ平行になるように、磁電変換素子1 5は配設されている。なお、本実施形態では、被測定電流路C Bの配設位置P Pを中心に点対称位置にある磁電変換素子1 5（例えば、磁電変換素子1 5 aと磁電変換素子1 5 h）同士の感度軸の向きS Jはそれぞれ反平行になっているが（すなわち、感度軸の方向が平行であって、感度軸の向きは互いに反対方向）、図8に示すように感度軸の方向が平行であれば、感度軸の向きは同一方向であっても良い。図8は、第1実施形態の変形例に係る電流センサを説明するための図であって、図1に示すZ 1側から見た配線基板の上面図である。図8に示すように、被測定電流路C Bの配設位置P Pを中心に点対称位置にある磁電変換素子1 5（例えば、磁電変換素子1 5 aと磁電変換素子1 5 h）同士は、感度軸の方向が平行であって、感度軸の向きS Jは互いに反対方向を向いている。感度軸の方向が平行でかつ感度軸の向きが同一方向の場合には、後段の演算回路で符号を反転させて演算処理を行う必要がある。

[0048] 更に、図3に示すように、各磁電変換素子1 5の感度軸の方向（図3においては感度軸の向きS J）が、第1の仮想線I L 1または第2の仮想線I L 2と平行になっている。これにより、図14に示すような磁電変換素子C 3 5が円周上に等間隔で配設されている場合（比較例3）と比較して、各磁電変換素子1 5を配線基板1 6に実装する際に、容易に実装することができると共に、配線基板1 6と磁電変換素子1 5との位置関係を容易に設計することができる。従って、被測定電流路C Bの取付け角度や取付け位置等の精度を高めることができるので、測定精度を向上させることができる。

[0049] 次に、本発明の第1実施形態に係る電流センサ1 0 1について、ビオ・サ

バールの法則を用いた計算を行い、効果の検証を行った。図4は、本発明の第1実施形態に係る電流センサ101についての計算結果を説明する図であって、計算に用いたモデル図である。図4中において、本発明の第1実施形態に係る電流センサ101の磁電変換素子15の楕円配置と、比較例3に係る磁電変換素子C35の正八角形配置を重ねて示している。また、近隣電流路CN1がY1方向に少しずつずれた様子を示している。図5は、本発明の第1実施形態に係る電流センサ101についての計算結果を示したグラフである。横軸は、近隣電流路CN1がY1方向にずれた移動量を示し、縦軸は、電流センサ101の磁電変換素子15または比較例3に係る磁電変換素子C35から出力される出力値の真値との誤差を示している。

[0050] また、計算に用いた値として、磁電変換素子15の群間隔DG1を7mm、第1の仮想線IL1からの磁電変換素子15の距離を最大4.5mm、第2の仮想線IL2からの磁電変換素子15の距離を最大4.3mmとした。比較例3に係る磁電変換素子C35の配置は、磁電変換素子C35の素子間隔を磁電変換素子15の群間隔DG1（7mm）に合わせて、正八角形の頂点に中心がくるような配置にした。なお、近隣電流路CN1の移動量の“0”は、被測定電流路CBの配設位置PPの中心と、隣り合う位置に配設された近隣電流路CN1の近隣配設位置NPの中心とが、第2の仮想線IL2に沿って設けられている場合を示している。そして、被測定電流路CBの配設位置PPの中心と近隣電流路CN1の近隣配設位置NPの中心との距離は、10mmにしている。

[0051] 計算の結果、図5に示すように、本発明の電流センサ101の磁電変換素子15の出力値の誤差（図中に示すA1）は、比較例3の磁電変換素子C35の出力値の誤差（図中に示すC）と比較すると、極めて小さい値になっている。また、近隣電流路CN1の位置の変化に対しても安定した出力値（誤差が小さい）が得られている。このことにより、本発明の第1実施形態の電流センサ101は、隣り合う位置に配設された他の電流路（近隣電流路CN1）からの外来磁場の影響を低減することができ、外来磁場による磁電変換

素子 15 への影響を低減させることができていると言える。

[0052] 更に、図 4 に示すモデルを変形して、磁電変換素子 15 の楕円配置のバランスが崩れた場合の検証も行った。図 6 は、本発明の第 1 実施形態に係る電流センサ 101 についての計算結果を示したグラフである。図 6 A は、磁電変換素子 15 が第 1 の仮想線 I L 1 に対して線対称でない場合の結果を示し、図 6 B は、磁電変換素子 15 が第 2 の仮想線 I L 2 に対して線対称でない場合の結果を示している。計算に用いた変更値として、図 6 A は、第 1 の仮想線 I L 1 からの磁電変換素子 15 の片側の距離を 5.5 mm（図中に示す D）及び 3.5 mm（図中に示す E）とずらし、図 6 B は、第 2 の仮想線 I L 2 からの磁電変換素子 15 の片側の距離を 5.3 mm（図中に示す F）及び 3.3 mm（図中に示す G）とずらしている。

[0053] 計算の結果、図 6 A に示すように、磁電変換素子 15 が第 1 の仮想線 I L 1 に対して線対称でない場合の誤差（図中に示す D 及び E）は、図 5 に示す比較例 3 に係る磁電変換素子 C 35 の出力値の誤差（図 5 中に示す C）より大幅に小さくなっているが、本発明の電流センサ 101 の磁電変換素子 15 の出力値の誤差（図中に示す A 1）と比較すると、大きい値になっている。また、図 6 B に示すように、磁電変換素子 15 が第 2 の仮想線 I L 2 に対して線対称でない場合の誤差（図中に示す F 及び G）も同様に、本発明の電流センサ 101 の磁電変換素子 15 の出力値の誤差（図中に示す A 1）と比較すると、大きい値になっている。また、いずれの場合も、近隣電流路 C N 1 の移動量が大きくなると、結果的に近隣電流路 C N 1 が遠ざかることになるので、出力値の誤差が小さくなっている。以上のことにより、第 1 磁電変換素子群 A 15 と第 2 磁電変換素子群 B 15 とは、第 1 の仮想線 I L 1 に対して線対称に配設されることがより望ましいと言える。同様に、第 1 磁電変換素子群 A 15 内の磁電変換素子 15 が、第 2 の仮想線 I L 2 に対して線対称に配設されると共に、第 2 磁電変換素子群 B 15 内の磁電変換素子 15 が、第 2 の仮想線 I L 2 に対して線対称に配設されることがより望ましいと言える。

[0054] 更に、図4に示すモデルを変形して、被測定電流路CBの配設位置PPを中心に点対称となる複数組の磁電変換素子15の感度軸の向きSJが、平行にならない場合の検証も行った。図7は、本発明の第1実施形態に係る電流センサ101についての計算結果を示したグラフである。計算に用いた変更値として、点対称に配置された磁電変換素子15同士がなす角度が 180° に対して、時計回り若しくは反時計回りに 5° ずらしたもの（図中に示すH若しくはJ）と、時計回り若しくは反時計回りに 10° ずらしたもの（図中に示すK若しくはL）を採用した。

[0055] 計算の結果、図7に示すように、本発明の電流センサ101の磁電変換素子15の出力値の誤差（図中に示すA1）と比較すると、いずれも大きい値になっている。また、より感度軸の向きSJが、平行にならない場合、つまり 10° ずらしたもの（図中に示すK若しくはL）の方が、誤差が大きくなっている。また、図6に示す線対称に配置されない場合の結果とは違い、近隣電流路CN1の移動量が大きくなっても、出力値の誤差は小さくなっていない。以上のことにより、被測定電流路CBの配設位置PPを中心に点対称になるように配設された磁電変換素子15同士のそれぞれの感度軸の向きSJが、平行になることがより望ましいと言える。

[0056] 以上のように、本発明の第1実施形態に係る電流センサ101は、被測定電流路CBが挿通されて且つ配設される切欠17を有した配線基板16に、第1磁電変換素子群A15と第2磁電変換素子群B15とが切欠17を挟んで第1の仮想線IL1に対して線対称に配設されているので、磁電変換素子C35が円周上に等間隔で配設されている場合と比較して、被測定電流路CBが挿通されて且つ配設される磁電変換素子15配置でありながら、磁電変換素子15の配設スペースを小さくできる。すなわち、本実施形態に係る磁電変換素子15の配置の場合には、第1及び第2磁電変換素子群A15、B15は、被測定電流路CBの配設位置PPを通るように切欠17の形成方向に延びる第1の仮想線IL1を挟むと共に当該第1の仮想線IL1に沿うようにそれぞれ配設されている。そのため、第1磁電変換素子群A15と第2

磁電変換素子群 B 1 5 との間隔（群間隔 D G 1）として被測定電流路 C B の最大径部分が通過するだけの間隔を確保しておけば、第 1 及び第 2 磁電変換素子群 A 1 5、B 1 5 を構成する各磁電変換素子 1 5 の素子間隔 D A 1 は群間隔 D G 1 よりも小さくすることが可能である。従って、特に切欠 1 7 の形成方向と直交する方向（第 2 の仮想線 I L 2 の延在方向）における磁電変換素子 1 5 の配設領域を小さくすることができ、配線基板 1 6 の小型化が可能である。しかも、第 1 磁電変換素子群 A 1 5 内及び第 2 磁電変換素子群 B 1 5 内の隣り合う磁電変換素子 1 5 との素子間隔 D A 1 が、第 1 磁電変換素子群 A 1 5 と第 2 磁電変換素子群 B 1 5 との群間隔 D G 1 よりも狭いので、磁電変換素子 C 3 5 が円周上に等間隔で配設されている場合と比較して、隣り合う位置に配設された他の電流路に対して、隣り合う磁電変換素子 1 5 との素子間隔 D A 1 を狭くすることができる。このため、隣り合う位置に配設された他の電流路からの外来磁場の影響を低減することができ、外来磁場による磁電変換素子 1 5 への影響を低減させることができる。これにより、被測定電流路 C B を挿通し且つ配設するスペースを確保しながら、電流センサ 1 0 1 を小型にできると共に、磁電変換素子 1 5 からの検出値を安定して得ることができる。その結果、小型化できると共に、検出値を安定して得ることができる電流センサ 1 0 1 を提供することができる。

- [0057] また、磁電変換素子 1 5 が配設された仮想楕円 I E 1 の半長軸 I E 1 a が切欠 1 7 上に設けられているので、半長軸 I E 1 a に沿って被測定電流路 C B を切欠 1 7 に挿通し且つ配設することができる。このため、被測定電流路 C B の外形寸法と群間隔 D G 1 とをできる限り近づけることができ、被測定電流路 C B にできる限り磁電変換素子 1 5 を近づけて配設することができる。これにより、隣り合う位置に配設された他の電流路からの外来磁場の影響をより低減することができ、外来磁場による磁電変換素子 1 5 への影響をより低減させることができる。その結果、電流センサ 1 0 1 をより小型にできるとともに、磁電変換素子 1 5 らの検出値をより安定して得ることができる。

[0058] また、各磁電変換素子 15 の感度軸の方向が、第 1 の仮想線 $IL1$ または第 2 の仮想線 $IL2$ と平行であるので、磁電変換素子 15 が円周上に等間隔で配設されている場合と比較して、各磁電変換素子 15 を配線基板 16 に実装する際に、容易に実装することができると共に、配線基板 16 と磁電変換素子 15 との位置関係を容易に設計することができる。これにより、被測定電流路 CB の取付け角度や取付け位置等の精度を高めることができるので、測定精度を向上させることができる。

[0059] また、磁電変換素子 15 の数が 8 個であるので、磁電変換素子 15 が 6 個の場合と比較して、磁電変換素子 15 の素子間隔 $DA1$ をより狭くすることができる。このため、電流センサ 101 の測定精度を向上させることができると共に、隣り合う位置に配設された他の電流路からの外来磁場の影響をより低減することができる。これにより、外来磁場による磁電変換素子 15 への影響を低減させることができ、磁電変換素子 15 からの検出値をより安定して得ることができる。

[0060] [第 2 実施形態]

図 9 は、本発明の第 2 実施形態に係る電流センサ 102 を示す分解斜視図である。図 10 は、本発明の第 2 実施形態に係る電流センサ 102 を示す図であって、図 9 に示す $Z1$ 側から見た配線基板 16 の上面図である。図 15 は、本発明の第 2 実施形態に係る電流センサ 102 と比較した比較例を説明するための図であって、図 10 の磁電変換素子 25 の配置と比較した比較例 4 に係る磁電変換素子の配置図である。また、第 2 実施形態に係る電流センサ 102 は、第 1 実施形態に対し、磁電変換素子 25 の配設位置が異なる。なお、第 1 実施形態と同一構成については、同一符号を付して詳細な説明は省略し、磁電変換素子 25 の配設位置に関わる事項について詳細に説明する。

[0061] 図 9 に示すように、本発明の第 2 実施形態に係る電流センサ 102 は、被測定電流路 CB に電流が流れたときに発生する磁気を検出する複数の磁電変換素子 25 と、複数の磁電変換素子 25 が配置された配線基板 16 とを備え

て構成されている。また、電流センサ 102 は、配線基板 16 を収納する収納部 11s を有する筐体 11 と、磁電変換素子 25 からの電気信号を取り出すため取出し端子 13t を有したコネクタ 13 と、被測定電流路 CB を固定し保持するための保持部材 14 と、を備えている。

[0062] 磁電変換素子 25 は、被測定電流路 CB に電流が流れたときに発生する磁気を検出する電流センサ素子であって、第 1 実施形態と同様に、巨大磁気抵抗効果を用いた磁気検出素子（GMR (Giant Magneto Resistive) 素子という）を用いることが可能である。この磁電変換素子 25 は、説明を容易にするため詳細な図示は省略したが、GMR 素子をシリコン基板上に作製した後、切り出されたチップを熱硬化性の合成樹脂でパッケージングし、信号の取り出しのためのリード端子が GMR 素子と電氣的に接続されて構成されている。そして、このリード端子により、配線基板 16 にはんだ付けがされている。

[0063] 図 10 に示すように、磁電変換素子 25 は、半数（本実施形態では 3 個）の磁電変換素子 25 からなる第 1 磁電変換素子群 A 25 と、残りの半数（本実施形態では 3 個）の磁電変換素子 25 からなる第 2 磁電変換素子群 B 25 とからなり、第 1 磁電変換素子群 A 25 と第 2 磁電変換素子群 B 25 とが、切欠 17 を挟んで配設されている。すなわち、複数の磁電変換素子 25 は、同一個数の磁電変換素子からなる第 1 磁電変換素子群 A 25 及び第 2 磁電変換素子群 B 25 を構成し、第 1 磁電変換素子群 A 25 と第 2 磁電変換素子群 B 25 とが切欠 17 を挟んで対向配置されている。

[0064] また、第 1 磁電変換素子群 A 25 と第 2 磁電変換素子群 B 25 とは、第 1 の仮想線 IL1 に対して線対称に配設され、第 1 磁電変換素子群 A 25 内の 3 つの磁電変換素子 25 が、第 2 の仮想線 IL2 に対して線対称に配設されるとともに、第 2 磁電変換素子群 B 25 内の 3 つの磁電変換素子 25 が、第 2 の仮想線 IL2 に対して線対称に配設されている。そして、被測定電流路 CB が配線基板 16 の切欠 17 に配置された際に、第 1 の仮想線 IL1 と第 2 の仮想線 IL2 とは、被測定電流路 CB が配設された配設位置 PP で、直

交している。すなわち、第1磁電変換素子群A 2 5と第2磁電変換素子群B 2 5とは、被測定電流路C Bの配設位置P Pを通るように切欠1 7の形成方向に延びる第1の仮想線I L 1を挟むと共に当該第1の仮想線I L 1に沿うようにそれぞれ配設されている。また、第1磁電変換素子群A 2 5を構成する磁電変換素子2 5 a～2 5 cと、第2磁電変換素子群B 2 5を構成する磁電変換素子2 5 d～2 5 fとは、被測定電流路C Bの配設位置P Pで第1の仮想線I L 1と直交する第2の仮想線I L 2に対して、線対象にそれぞれ配設されている。これにより、図1 5に示すような磁電変換素子C 4 5が円周上に等間隔で配設されている場合（比較例4）と比較して、被測定電流路C Bが挿通されて且つ配設される磁電変換素子2 5の配置でありながら、磁電変換素子2 5の配設スペースを小さくできる。すなわち、比較例4に係る磁電変換素子C 4 5の配置の場合には、被測定電流路C Bの配設位置を中心として周方向に等間隔で磁電変換素子C 4 5が均等配置されている。そのため、磁電変換素子C 4 5間から被測定電流路C Bを導入して配設位置に配設する場合、磁電変換素子C 4 5同士の素子間隔として、少なくとも被測定電流路C Bが通過可能な間隔を確保する必要があるため、全ての磁電変換素子C 4 5の配設領域が大きくなり、これに伴い配線基板が大型化してしまうことになる。一方、本実施形態に係る磁電変換素子2 5の配置の場合には、第1及び第2磁電変換素子群A 2 5、B 2 5は、被測定電流路C Bの配設位置P Pを通るように切欠1 7の形成方向に延びる第1の仮想線I L 1を挟むと共に当該第1の仮想線I L 1に沿うようにそれぞれ配設されている。すなわち、第1磁電変換素子群A 2 5と第2磁電変換素子群B 2 5との群間隔D G 2として、被測定電流路C Bの最大径部分が通過するだけの間隔を確保しておけば、第1及び第2磁電変換素子群A 2 5、B 2 5を構成する各磁電変換素子2 5の素子間隔D A 2は群間隔D G 2よりも小さくすることが可能である。そのため、比較例4に係る磁電変換素子C 4 5の配設領域と比べて、特に切欠1 7の形成方向と直交する方向（第2の仮想線I L 2の延在方向）における磁電変換素子2 5の配設領域を小さくすることができ、配線基板1 6の

小型化、つまり電流センサ 102 全体の小型化が可能である。なお、本実施形態では、第 1 の仮想線 $IL1$ と第 2 の仮想線 $IL2$ とは、被測定電流路 CB の中心で直交しているが、少なくとも被測定電流路 CB の配設位置 PP で直交されていれば良く、被測定電流路 CB の中心での直交に限るものではない。

[0065] また、図 10 に示すように、第 1 磁電変換素子群 $A25$ 内の最端部に配設された磁電変換素子 25 と、第 2 磁電変換素子群 $B25$ 内の最端部に配設された磁電変換素子 25 と、の間隔が、最も狭い間隔である群間隔 $DG2$ であると共に、第 1 磁電変換素子群 $A25$ 内及び第 2 磁電変換素子群 $B25$ 内の磁電変換素子 25 で、第 2 の仮想線 $IL2$ に最も近い位置に配設されたそれぞれの磁電変換素子 25 間の間隔が最も広くなっている。一方、第 1 磁電変換素子群 $A25$ 内及び第 2 磁電変換素子群 $B25$ 内の隣り合う磁電変換素子 25 との間隔である素子間隔 $DA2$ が、第 1 磁電変換素子群 $A25$ と第 2 磁電変換素子群 $B25$ との最も狭い間隔である群間隔 $DG2$ よりも狭くなっている。すなわち、切欠上を通過する第 1 の仮想線 $IL1$ を挟む第 1 及び第 2 磁電変換素子群 $A25$ 、 $B25$ の群間隔 $DG2$ に対して、第 1 の仮想線 $IL1$ の延在方向における第 1 及び第 2 磁電変換素子群 $A25$ 、 $B25$ を構成する磁電変換素子の各素子間隔を小さくし、全ての磁電変換素子 25 ($25a \sim 25f$) の素子間隔を均等にするのではなく、一部の素子間隔を異ならせるように磁電変換素子 25 を配置している。これにより、図 15 に示すような磁電変換素子 $C45$ が円周上に等間隔で配設されている場合（比較例 4）と比較して、被測定電流路 CB が挿通されて且つ配設される磁電変換素子 25 の配置でありながら、隣り合う位置に配設された他の電流路、つまり近隣電流路 CN に対して、隣り合う磁電変換素子 25 との素子間隔 $DA2$ を狭くすることができる。このため、隣り合う位置に配設された近隣電流路 CN からの外来磁場の影響を低減することができる。従って、外来磁場による磁電変換素子 25 への影響が低減されるので、磁電変換素子 25 からの検出値を安定して得ることができる。

[0066] 更に、図10に示すように、磁電変換素子25は、被測定電流路CBの配設位置PPを中心とする仮想円IS2上に配設されている。これにより、第1磁電変換素子群A25と第2磁電変換素子群B25との間に設けられた仮想円IS2の半径（第2実施形態では、第1の仮想線IL1）に沿って、被測定電流路CBを切欠17に挿通し且つ配設することができるため、被測定電流路CBの外形寸法と群間隔DG2とをできる限り近づけることができる。従って、被測定電流路CBにできる限り磁電変換素子25を近づけて配設することができ、隣り合う位置に配設された近隣電流路CNからの外来磁場の影響をより低減することができる。その結果、外来磁場による磁電変換素子25への影響がより低減されるので、磁電変換素子25からの検出値をより安定して得ることができる。

[0067] また、被測定電流路CBが配線基板16の切欠17に配置された際に、磁電変換素子25は、被測定電流路CBの配設位置PPを中心に点対称となる複数組の磁電変換素子25におけるGMR素子の感度軸（磁気を感知する方向）の向きSJが、それぞれ平行になるように配設されている。すなわち、被測定電流路CBの配設位置PPを中心に点対称位置にある磁電変換素子25（例えば、25aと25f）同士の感度軸の方向がそれぞれ平行になるように、磁電変換素子25は配設されている。なお、本実施形態では、被測定電流路CBの配設位置PPを中心に点対称位置にある磁電変換素子25（例えば、25aと25f）同士の感度軸の向きSJはそれぞれ反平行になっているが（すなわち、感度軸の方向が平行であって、感度軸の向きは互いに反対方向）、上記第1実施形態と同様に、感度軸の方向が平行であれば、感度軸の向きは同一方向であっても良い。感度軸の向きが同一方向で平行の場合には、後段の演算回路で符号を反転させて演算処理を行えば良い。

[0068] 更に、図10に示すように、各磁電変換素子25の感度軸の方向（図10においては感度軸の向きSJ）が、第1の仮想線IL1または第2の仮想線IL2と平行になっている。これにより、図15に示すような磁電変換素子C45が円周上に等間隔で配設されている場合（比較例4）と比較して、各

磁電変換素子 25 を配線基板 16 に実装する際に、容易に実装することができると共に、配線基板 16 と磁電変換素子 25 との位置関係を容易に設計することができる。従って、被測定電流路 C B の取付け角度や取付け位置等の精度を高めることができるので、測定精度を向上させることができる。

[0069] 更に、本実施形態においては、図 10 に示すように、被測定電流路 C B と隣り合う位置に配設された近隣電流路 C N は、近隣電流路 C N が配設された近隣配設位置 N P の中心が、第 2 の仮想線 I L 2 に沿って設けられるように配設されている。これにより、第 1 磁電変換素子群 A 25 の外側或いは第 2 磁電変換素子群 B 25 の外側に近隣電流路 C N が配設されることとなり、群間隔 D G 2 より狭い素子間隔 D A 2 の外側に近隣電流路 C N が配設されることとなる。従って、近隣電流路 C N からの外来磁場の影響がより一層低減され、外来磁場による磁電変換素子 25 への影響がより一層低減されるので、磁電変換素子 25 からの検出値をより一層安定して得ることができる。

[0070] 次に、本発明の第 2 実施形態に係る電流センサ 102 について、ビオ・サバールの法則を用いた計算を行い、効果の検証を行った。図 11 は、本発明の第 1 実施形態に係る電流センサ 102 についての計算結果を説明する図であって、計算に用いたモデル図である。図 11 中において、本発明の第 2 実施形態に係る電流センサ 102 の磁電変換素子 25 の楕円配置と、比較例 4 に係る磁電変換素子 C 45 の正六角形配置を示している。また、近隣電流路 C N 2 が Y 1 方向に少しずつずれた様子を示している。図 12 は、本発明の第 2 実施形態に係る電流センサ 102 についての計算結果を示したグラフである。横軸は、近隣電流路 C N 2 が Y 1 方向にずれた移動量を示し、縦軸は、電流センサ 102 の磁電変換素子 25 または比較例 4 に係る磁電変換素子 C 45 から出力される出力値の真値との誤差を示している。

[0071] また、計算に用いた値として、磁電変換素子 25 の群間隔 D G 2 を 7 mm、第 1 の仮想線 I L 1 からの磁電変換素子 25 の距離を 4 mm と 3.5 mm、第 2 の仮想線 I L 2 からの磁電変換素子 25 の距離を 2 mm とした。比較例 4 に係る磁電変換素子 C 45 の配置は、磁電変換素子 C 45 の素子間隔を磁

電変換素子 25 の群間隔 $DG2$ (7 mm) に合わせて、正六角形の頂点に中心がくるような配置にした。なお、近隣電流路 $CN2$ の移動量の “0” は、被測定電流路 CB の配設位置 PP の中心と、隣り合う位置に配設された近隣電流路 $CN2$ の近隣配設位置 NP の中心とが、第 2 の仮想線 $IL2$ に沿って設けられている場合を示している。そして、被測定電流路 CB の配設位置 PP の中心と近隣電流路 $CN2$ の近隣配設位置 NP の中心との距離は、10 mm にしている。

[0072] 計算の結果、図 12 に示すように、本発明の電流センサ 102 の磁電変換素子 25 の出力値の誤差（図中に示す $A2$ ）は、比較例 4 の磁電変換素子 $C45$ の出力値の誤差（図中に示す B ）と比較すると、極めて小さい値になっている。また、近隣電流路 $CN2$ の位置の変化に対しても安定した出力値（誤差が小さい）が得られている。このことにより、本発明の第 2 実施形態の電流センサ 102 は、隣り合う位置に配設された他の電流路（近隣電流路 $CN2$ ）からの外来磁場の影響を低減することができ、外来磁場による磁電変換素子 25 への影響を低減させることができていると言える。

[0073] 以上のように、本発明の第 2 実施形態に係る電流センサ 102 は、被測定電流路 CB が挿通されて且つ配設される切欠 17 を有した配線基板 16 に、第 1 磁電変換素子群 $A25$ と第 2 磁電変換素子群 $B25$ とが切欠 17 を挟んで第 1 の仮想線 $IL1$ に対して線対称に配設されているので、磁電変換素子 $C45$ が円周上に等間隔で配設されている場合と比較して、被測定電流路 CB が挿通されて且つ配設される磁電変換素子 25 配置でありながら、磁電変換素子 25 の配設スペースを小さくできる。すなわち、本実施形態に係る磁電変換素子 25 の配置の場合には、第 1 及び第 2 磁電変換素子群 $A25$, $B25$ は、被測定電流路 CB の配設位置 PP を通るように切欠 17 の形成方向に延びる第 1 の仮想線 $IL1$ を挟むと共に当該第 1 の仮想線 $IL1$ に沿うようにそれぞれ配設されている。そのため、第 1 磁電変換素子群 $A25$ と第 2 磁電変換素子群 $B25$ との間隔（群間隔 $DG2$ ）として被測定電流路 CB の最大径部分が通過するだけの間隔を確保しておけば、第 1 及び第 2 磁電変換

素子群A 2 5、B 2 5を構成する各磁電変換素子2 5の素子間隔D A 2は群間隔D G 1 2よりも小さくすることが可能である。従って、特に切欠1 7の形成方向と直交する方向（第2の仮想線I L 2の延在方向）における磁電変換素子2 5の配設領域を小さくすることができ、つまり電流センサ1 0 2全体の小型化が可能である。しかも、第1磁電変換素子群A 2 5内及び第2磁電変換素子群B 2 5内の隣り合う磁電変換素子2 5との素子間隔D A 2が、第1磁電変換素子群A 2 5と第2磁電変換素子群B 2 5との群間隔D G 2よりも狭いので、磁電変換素子C 4 5が円周上に等間隔で配設されている場合と比較して、隣り合う位置に配設された他の電流路に対して、隣り合う磁電変換素子2 5との素子間隔D A 2を狭くすることができる。このため、隣り合う位置に配設された他の電流路からの外来磁場の影響を低減することができる。これにより、被測定電流路C Bを挿通し且つ配設するスペースを確保しながら、電流センサ1 0 2を小型にできると共に、磁電変換素子2 5からの検出値を安定して得ることができる。その結果、小型化できると共に、検出値を安定して得ることができる電流センサ1 0 2を提供することができる。

[0074] また、第1磁電変換素子群A 2 5と第2磁電変換素子群B 2 5の両端側が群間隔D G 2であり、第2の仮想線I L 2に最も近い個所の磁電変換素子2 5間の間隔が最も広く、しかも各磁電変換素子2 5が仮想円I S 2上に配設されているので、被測定電流路C Bが配設される配設位置P Pの中心とそれぞれの磁電変換素子2 5との配設距離をそれぞれについて同じ距離にすることができる。このため、電流センサ1 0 2が被測定電流路C Bに取り付けられた際に、その取り付け角度がばらついたとしても、各磁電変換素子2 5が、被測定電流路C Bと隣り合う他の電流路との間にバランス良く配されることとなる。これにより、隣り合う位置に配設された他の電流路からの外来磁場の影響をより低減することができ、外来磁場による磁電変換素子2 5への影響をより低減させることができる。

[0075] また、磁電変換素子2 5の数が6個であるので、十分な精度が得られる最

少個数の磁電変換素子 25 により電流センサ 102 を構成することができる。これにより、電流センサ 102 のコストを低減できるとともに、磁電変換素子 25 の配設スペースを小さくできるので、電流センサ 102 をより一層小型にすることができる。

[0076] また、被測定電流路 C B と、被測定電流路 C B の隣り合う位置に配設される近隣電流路 C N と、が第 2 の仮想線 I L 2 に沿って配設されているので、第 1 磁電変換素子群 A 15 の外側或いは第 2 磁電変換素子群 B 15 の外側に近隣電流路 C N が配設されることとなり、群間隔 D G 1 より狭い素子間隔 D A 1 の外側に近隣電流路 C N が配設されることとなる。これにより、近隣電流路 C N からの外来磁場の影響がより一層低減され、外来磁場による磁電変換素子 15 への影響がより一層低減されるので、磁電変換素子 15 からの検出値をより一層安定して得ることができる。

[0077] なお、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、例えば次のように変形して実施することができ、これらの実施形態も本発明の技術的範囲に属する。

[0078] <変形例 1>

図 16 は、本発明の第 1 実施形態に係る電流センサ 101 の変形例 1 を説明する図である。図 16 A は、図 4 のモデル図と比較した変形例 1 のモデル図であり、図 16 B は、モデルを元にビオ・サバールの法則を用いて計算した計算結果を示したグラフである。図 16 A 中には、本発明の第 1 実施形態に係る電流センサ 101 の磁電変換素子 15 の楕円配置と、比較例 3 に係る磁電変換素子 C 35 の正八角形配置と、変形例 1 の磁電変換素子 M 15 の正六角形配置を重ねて示している。図 16 B の横軸は、近隣電流路 C N 1 が Y 1 方向（図 4 に示す）にずれた移動量を示し、縦軸は、電流センサ 101 の磁電変換素子 15、比較例 3 の磁電変換素子 C 35、及び変形例 1 の磁電変換素子 M 15 から出力される出力値の真値との誤差を示している。また、変形例 1 の磁電変換素子 M 15 の配置は、磁電変換素子 M 15 の素子間隔を磁電変換素子 15 の群間隔 D G 1（7 mm）に合わせて、正六角形の頂点に中

心がくるような配置にした。

[0079] 上記第1実施形態では、磁電変換素子15を8個、配置するように構成したが、図16Aに示すように、磁電変換素子M15を6個、仮想楕円IE2上に配置するように構成しても良い。これにより、図16Bに示すように、変形例1の磁電変換素子M15の出力値の誤差（図中に示すM）は、第1実施形態の磁電変換素子15の出力値の誤差（図中に示すA1）より僅かながら大きくなっているが、比較例3の磁電変換素子C35の出力値の誤差（図中に示すC）と比較すると、極めて小さい値になっている。このことにより、本発明の第1実施形態に係る電流センサ101の変形例1は、隣り合う位置に配設された他の電流路（近隣電流路CN1）からの外来磁場の影響を低減することができ、外来磁場による磁電変換素子M15への影響を低減させることができていると言える。

[0080] <変形例2>

上記第1実施形態では、磁電変換素子15が仮想楕円IE1上に配設され、上記第2実施形態では、磁電変換素子25が仮想円IS2上に配設されるように構成したが、仮想楕円IE1や仮想円IS2に限らず、例えば、四角形状や、中央が窪んだ形状の仮想の軌道上に配設されるように構成しても良い。

[0081] <変形例3>

上記実施形態では、磁電変換素子（15または25）としてGMR素子を好適に用いたが、磁気の方角を検知できる磁気検出素子であれば良く、MR（Magnetoresistive）素子、AMR（Anisotropic Magnetoresistive）素子、TMR（Tunnel Magnetoresistive）素子、ホール素子等であっても良い。但し、ホール素子等の場合は、GMR素子やMR素子の感度軸と異なるので、使用するホール素子の感度軸に合わせて、実装に工夫が必要である。

[0082] 本発明は上記実施の形態に限定されず、本発明の目的の範囲を逸脱しない限りにおいて適宜変更することが可能である。

[0083] 本出願は、２０１２年２月２８日出願の特願２０１２－０４１６１２及び
２０１２年５月３１日出願の特願２０１２－１２５０４２に基づく。この内
容は、すべてここに含めておく。

請求の範囲

[請求項1]

被測定電流路に電流が流れたときに発生する磁気を検出する磁電変換素子を複数有し、複数の前記磁電変換素子が配置された配線基板を備えて構成された電流センサであって、

複数の前記磁電変換素子は、半数の前記磁電変換素子からなる第1磁電変換素子群と、残りの半数の前記磁電変換素子からなる第2磁電変換素子群と、からなり、

前記配線基板には、前記被測定電流路が挿通されて且つ配設される切欠が設けられ、

前記第1磁電変換素子群と前記第2磁電変換素子群とが、前記切欠を挟んで配設され、

前記第1磁電変換素子群と前記第2磁電変換素子群とは、第1の仮想線に対して線対称に配設され、

前記第1磁電変換素子群内の前記磁電変換素子は、第2の仮想線に対して線対称に配設され、

前記第2磁電変換素子群内の前記磁電変換素子は、前記第2の仮想線に対して線対称に配設され、

前記第1の仮想線と前記第2の仮想線とは、前記被測定電流路が配設された配設位置で直交し、

前記被測定電流路の前記配設位置を中心に点対称となる複数組の前記磁電変換素子の感度軸の向きはそれぞれ平行又は反平行であり、

前記第1磁電変換素子群内及び前記第2磁電変換素子群内の隣り合う前記磁電変換素子との間隔である素子間隔は、前記第1磁電変換素子群と前記第2磁電変換素子群との最も狭い間隔である群間隔よりも狭いことを特徴とする電流センサ。

[請求項2]

配線基板と、

前記配線基板に設けられ、被測定電流路を流れる電流によって発生する磁気を検出する複数の磁電変換素子と、を備え、

前記複数の磁電変換素子は、同一個数の磁電変換素子からなる第 1 磁電変換素子群及び第 2 磁電変換素子群を構成し、

前記配線基板には、前記被測定電流路が導入されて配設可能な切欠が形成され、

前記第 1 磁電変換素子群と前記第 2 磁電変換素子群とは、前記被測定電流路の配設位置を通るように前記切欠の形成方向に延びる第 1 の仮想線を挟むと共に当該第 1 の仮想線に沿うようにそれぞれ配設され、

前記被測定電流路の配設位置で前記第 1 の仮想線と直交する第 2 の仮想線に対して、前記第 1 及び第 2 磁電変換素子群を構成する磁電変換素子が線対象にそれぞれ配設され、

前記被測定電流路の配設位置を中心に点対称位置にある前記磁電変換素子同士の感度軸の向きはそれぞれ平行又は反平行であり、

前記第 1 及び第 2 磁電変換素子群内において隣り合う磁電変換素子の素子間隔は、前記第 1 磁電変換素子群と前記第 2 磁電変換素子群との間で最も狭い間隔である群間隔よりも狭いことを特徴とする電流センサ。

[請求項3] 前記第 1 磁電変換素子群内の最端部に配設された前記磁電変換素子と前記第 2 磁電変換素子群内の最端部に配設された前記磁電変換素子との間隔が、前記群間隔であるとともに、前記第 1 磁電変換素子群内及び前記第 2 磁電変換素子群内で、前記第 2 の仮想線に最も近い個所に配設された各前記磁電変換素子間の間隔が最も広いことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の電流センサ。

[請求項4] 前記磁電変換素子は、前記被測定電流路の前記配設位置を中心とする仮想楕円上に配設され、

前記仮想楕円の半長軸は、前記切欠上に設けられていることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載の電流センサ。

[請求項5] 前記各磁電変換素子の前記感度軸の方向は、前記第 1 の仮想線また

は前記第 2 の仮想線と平行であることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載の電流センサ。

[請求項 6] 前記磁電変換素子の数は、6 個であることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載の電流センサ。

[請求項 7] 前記磁電変換素子の数は、8 個であることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載の電流センサ。

[請求項 8] 前記被測定電流路と隣り合う位置に、近隣電流路が配設され、
前記被測定電流路の前記配設位置の中心及び前記近隣電流路が配設された近隣配設位置の中心が、前記第 2 の仮想線に沿って設けられていることを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のいずれかに記載の電流センサ。

補正された請求の範囲
[2013年7月1日(01.07.2013)国際事務局受理]

[請求項1] (削除)

[請求項2] (補正後) 配線基板と、
前記配線基板に設けられ、被測定電流路を流れる電流によって発生する磁気を検出する複数の磁電変換素子と、を備え、
前記複数の磁電変換素子は、同一個数の磁電変換素子からなる第1磁電変換素子群及び第2磁電変換素子群を構成し、
前記配線基板には、前記被測定電流路が導入されて配設可能な切欠が形成され、
前記第1磁電変換素子群と前記第2磁電変換素子群とは、前記被測定電流路の配設位置を通るように前記切欠の形成方向に延びる第1の仮想線を挟むと共に当該第1の仮想線に沿うようにそれぞれ配設され、
前記被測定電流路の配設位置で前記第1の仮想線と直交する第2の仮想線に対して、前記第1及び第2磁電変換素子群を構成する磁電変換素子が線対象にそれぞれ配設され、
前記被測定電流路の配設位置を中心に点対称位置にある前記磁電変換素子同士の感度軸の向きはそれぞれ平行又は反平行であり、
前記第1及び第2磁電変換素子群内において隣り合う磁電変換素子の素子間隔は、前記第1磁電変換素子群と前記第2磁電変換素子群との間で最も狭い間隔である群間隔よりも狭く、
前記磁電変換素子は、前記被測定電流路の前記配設位置を中心とする仮想楕円上に配設され、
前記仮想楕円の半長軸は、前記切欠上に設けられていることを特徴とする電流センサ。

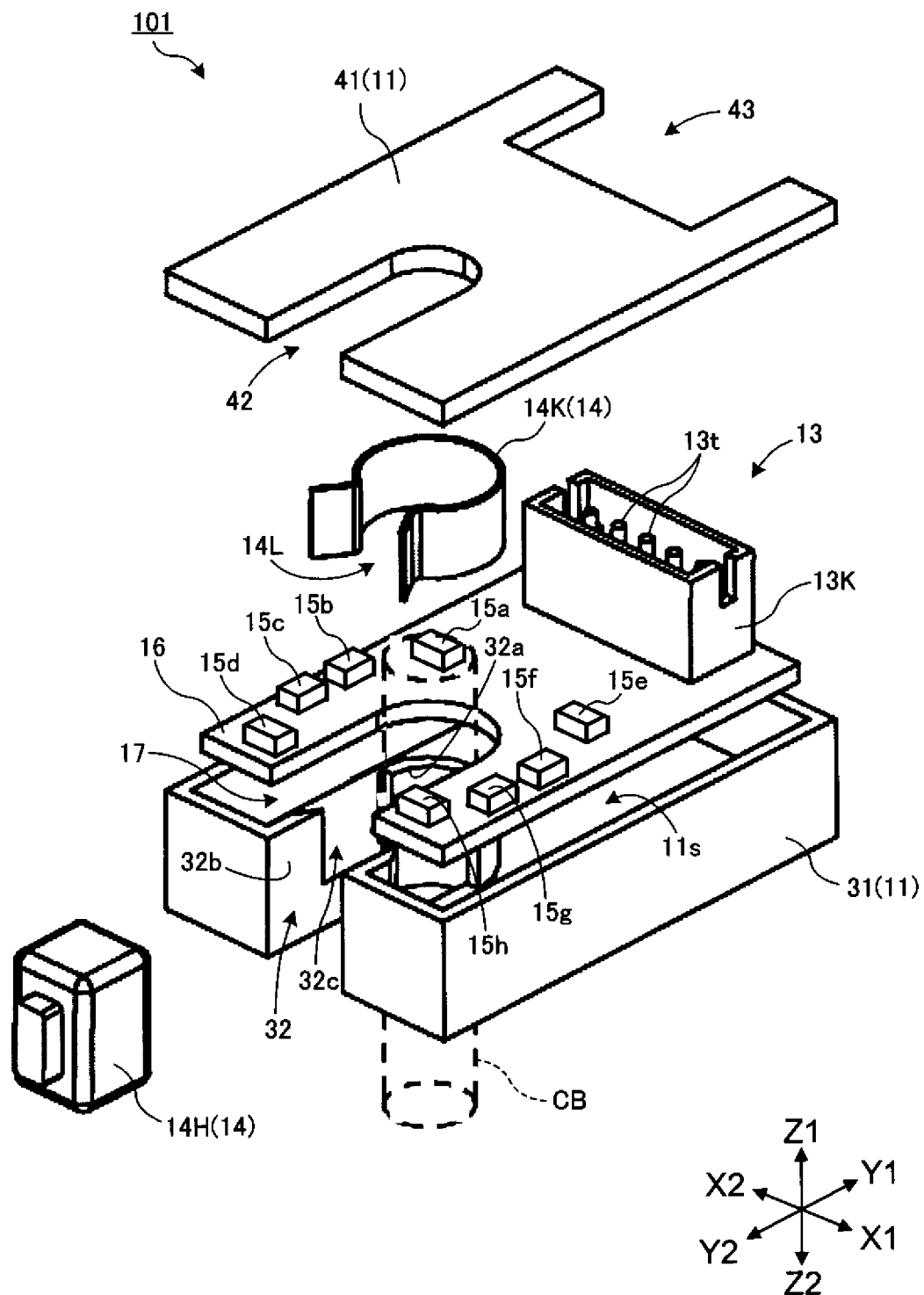
[請求項3] (補正後) 前記第1磁電変換素子群内の最端部に配設された前記磁電変換素子と前記第2磁電変換素子群内の最端部に配設された前記磁電変換素子との間隔が、前記群間隔であるとともに、前記第1磁電変換素子群内及び前記第2磁電変換素子群内で、前記第2の仮想線に最も近い個所に配設された各前記磁電変換素子間の間隔が最も広いことを特徴とする請求項2に記載の電流センサ。

[請求項4] (削除)

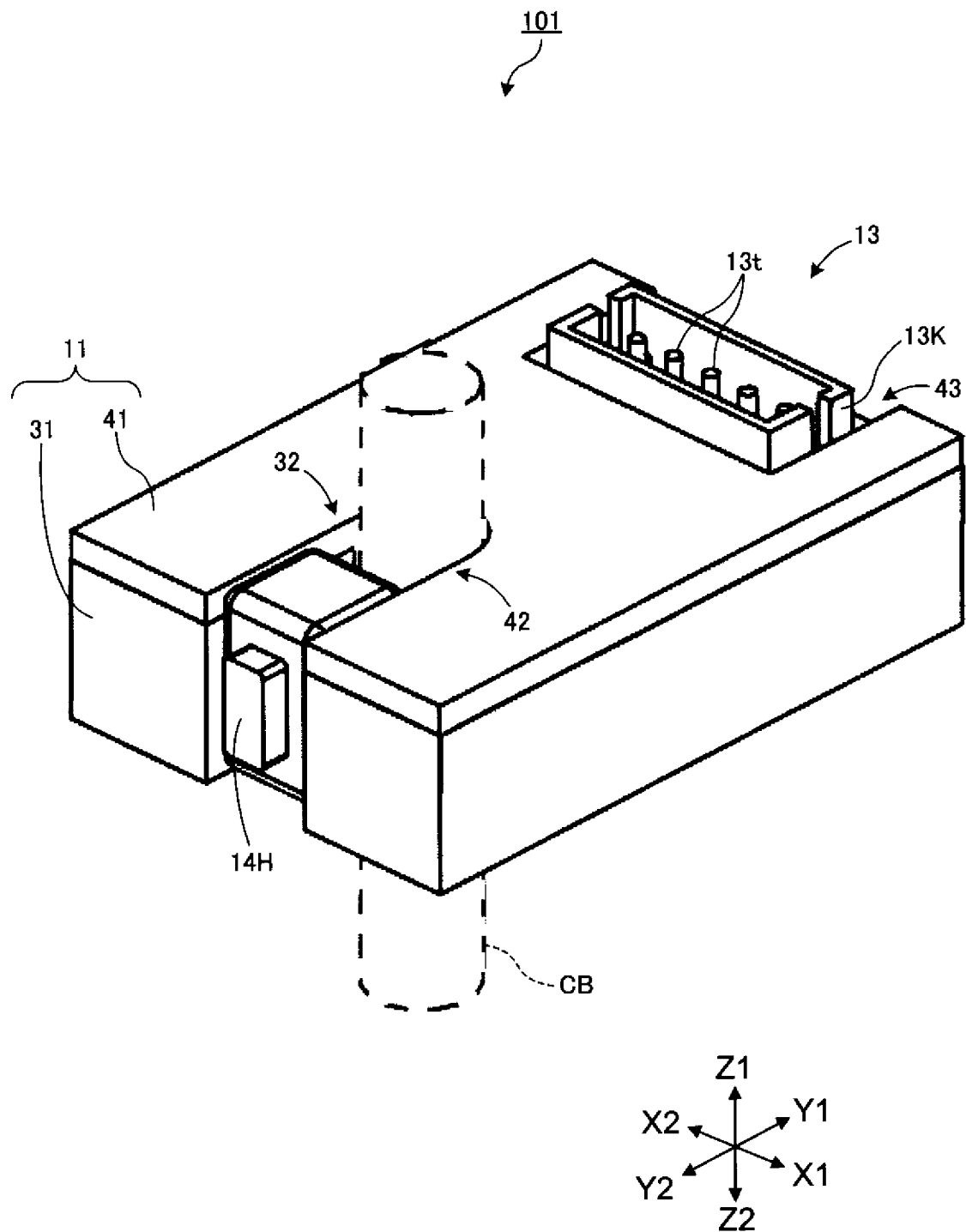
[請求項5] (補正後) 前記各磁電変換素子の前記感度軸の方向は、前記第1の仮想線または前記第2の仮想線と平行であることを特徴とする請求項2又は請求項3に記載の電流センサ。

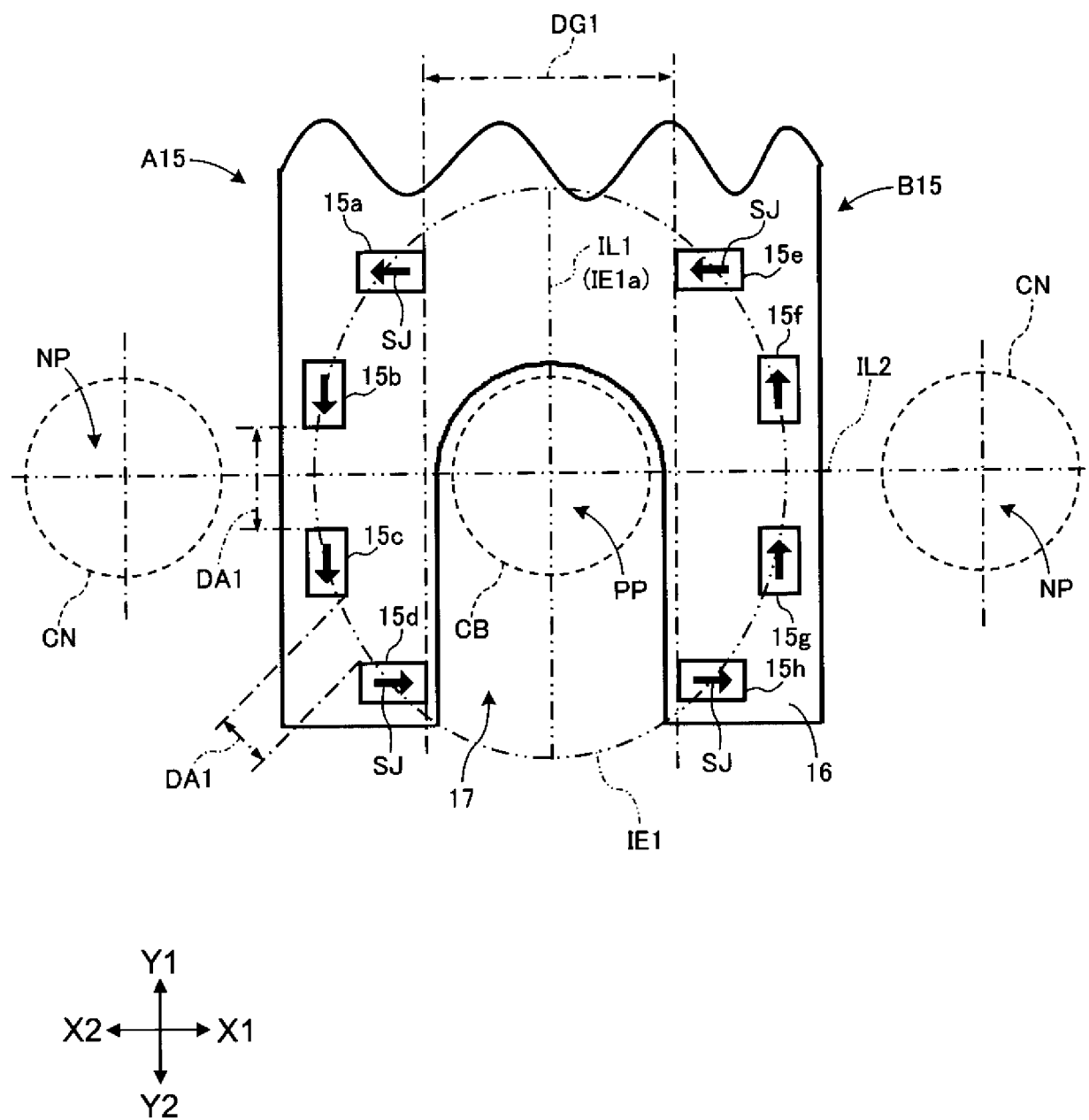
- [請求項6] (補正後) 前記磁電変換素子の数は、6個であることを特徴とする請求項2、請求項3又は請求項5のいずれかに記載の電流センサ。
- [請求項7] (補正後) 前記磁電変換素子の数は、8個であることを特徴とする請求項2、請求項3又は請求項5のいずれかに記載の電流センサ。
- [請求項8] (補正後) 前記被測定電流路と隣り合う位置に、近隣電流路が配設され、
前記被測定電流路の前記配設位置の中心及び前記近隣電流路が配設された近隣配設位置の中心が、前記第2の仮想線に沿って設けられていることを特徴とする請求項2、請求項3、請求項5、請求項6又は請求項7のいずれかに記載の電流センサ。

[図1]

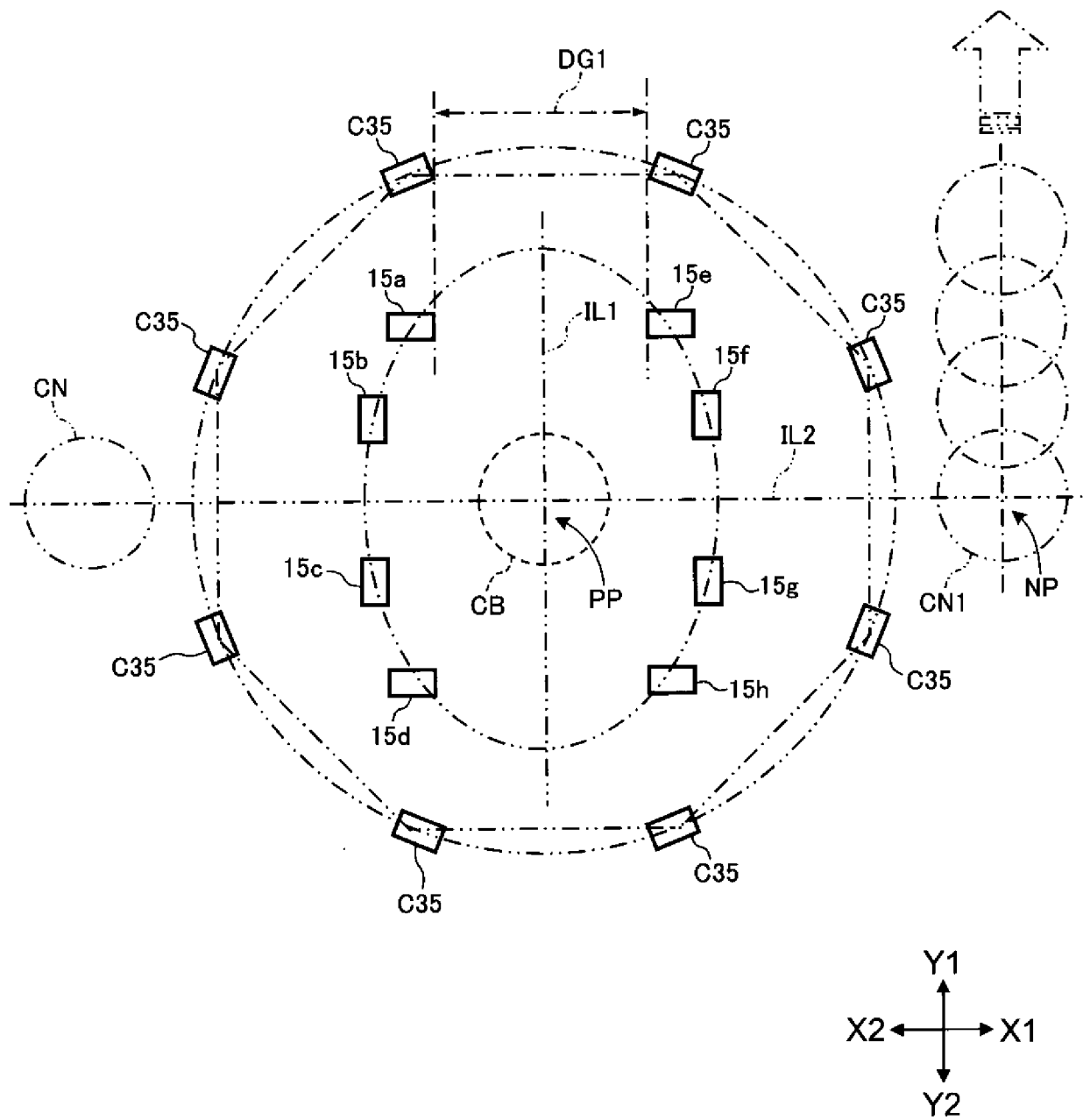


[図2]

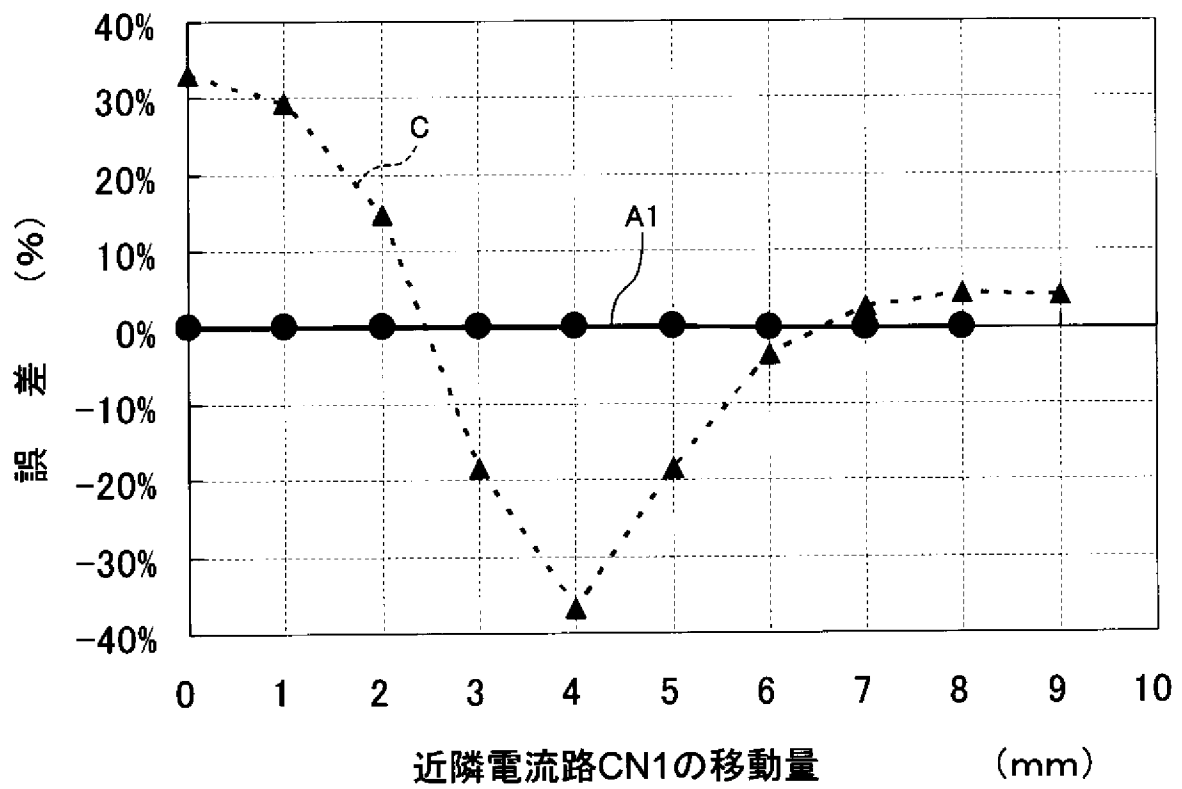




[図4]



[図5]



[図6]

図6A

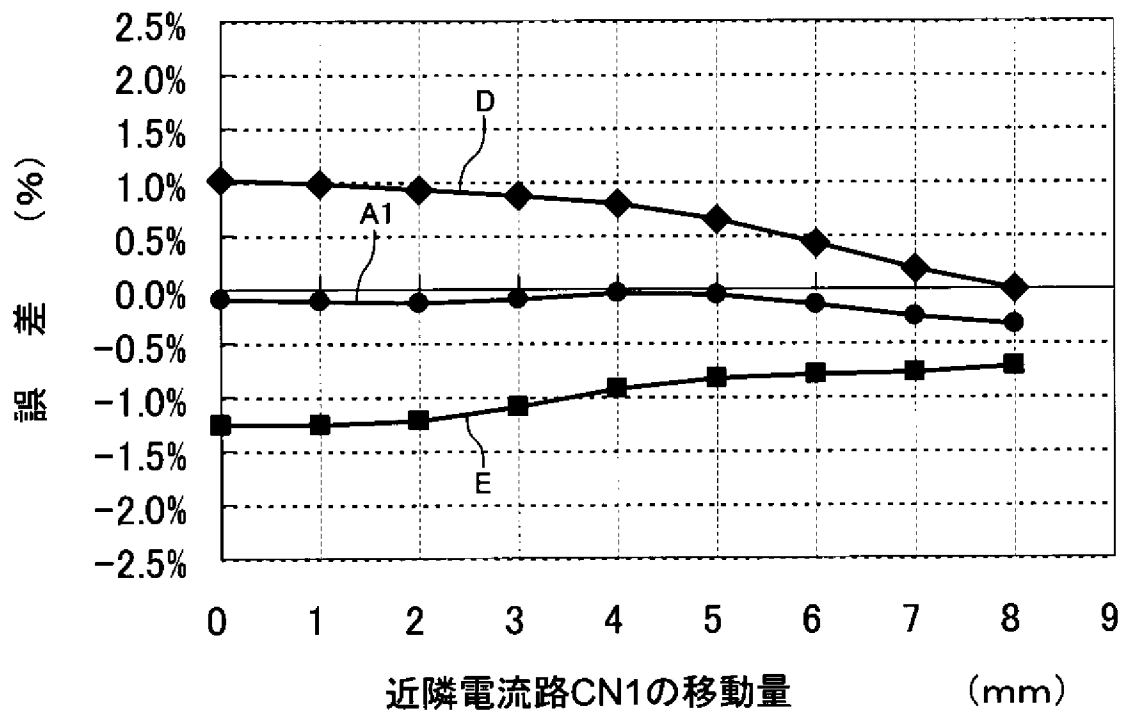
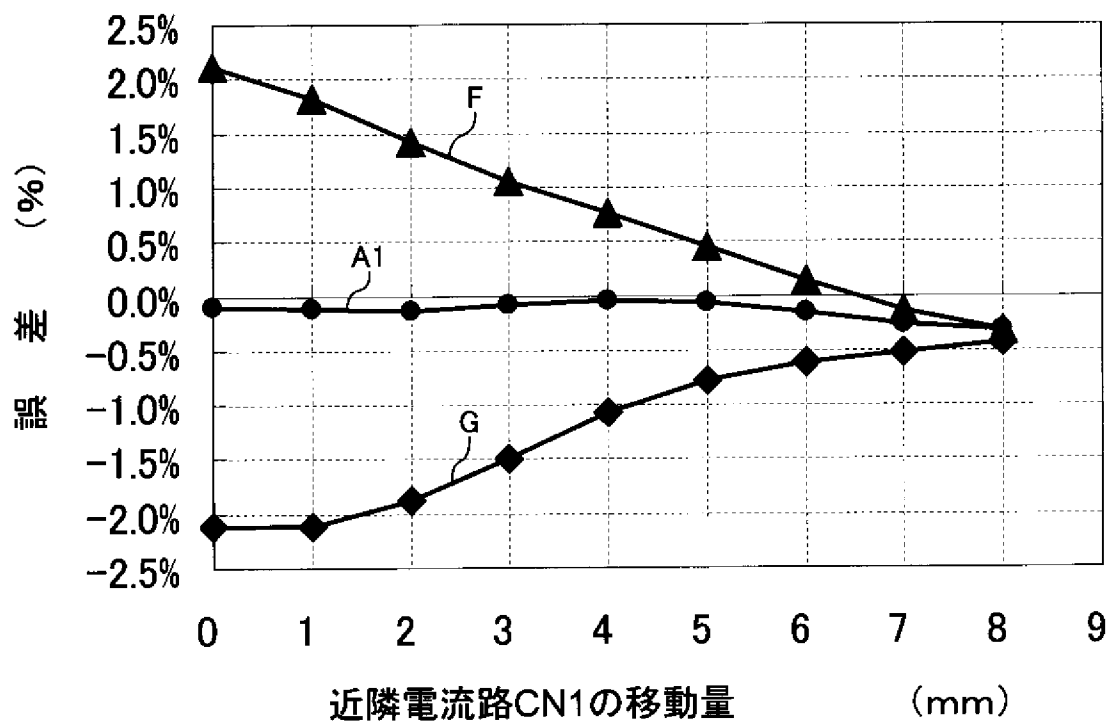
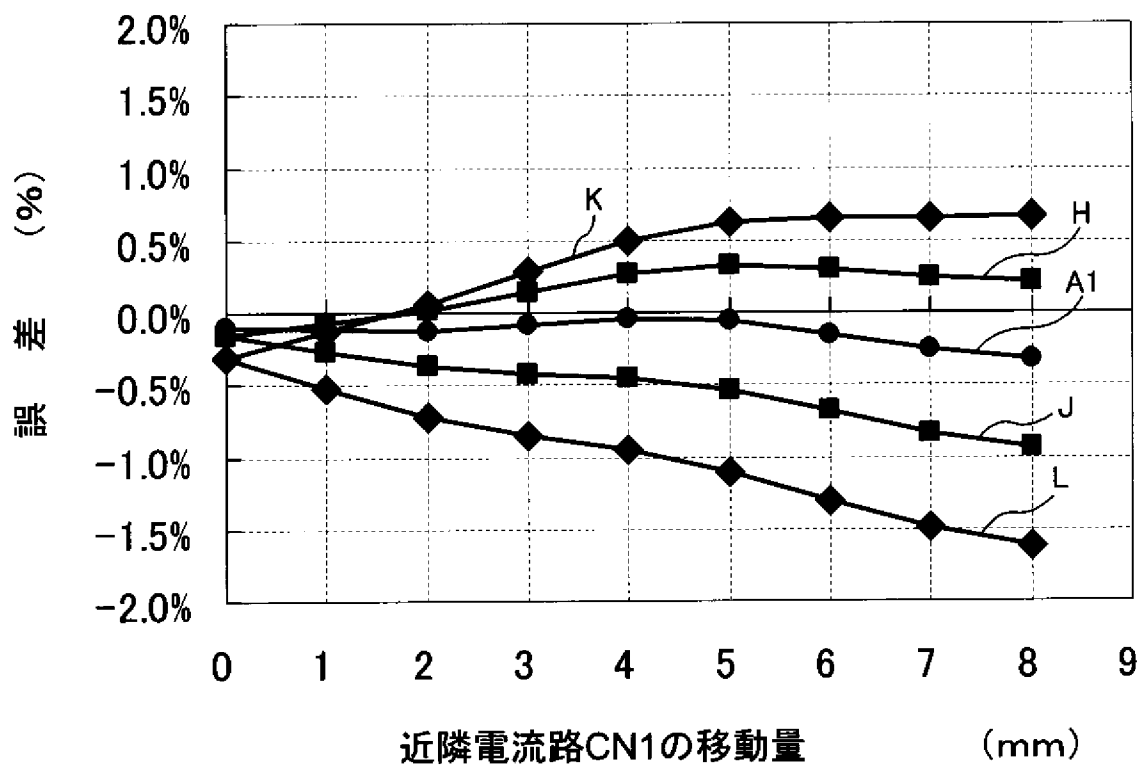


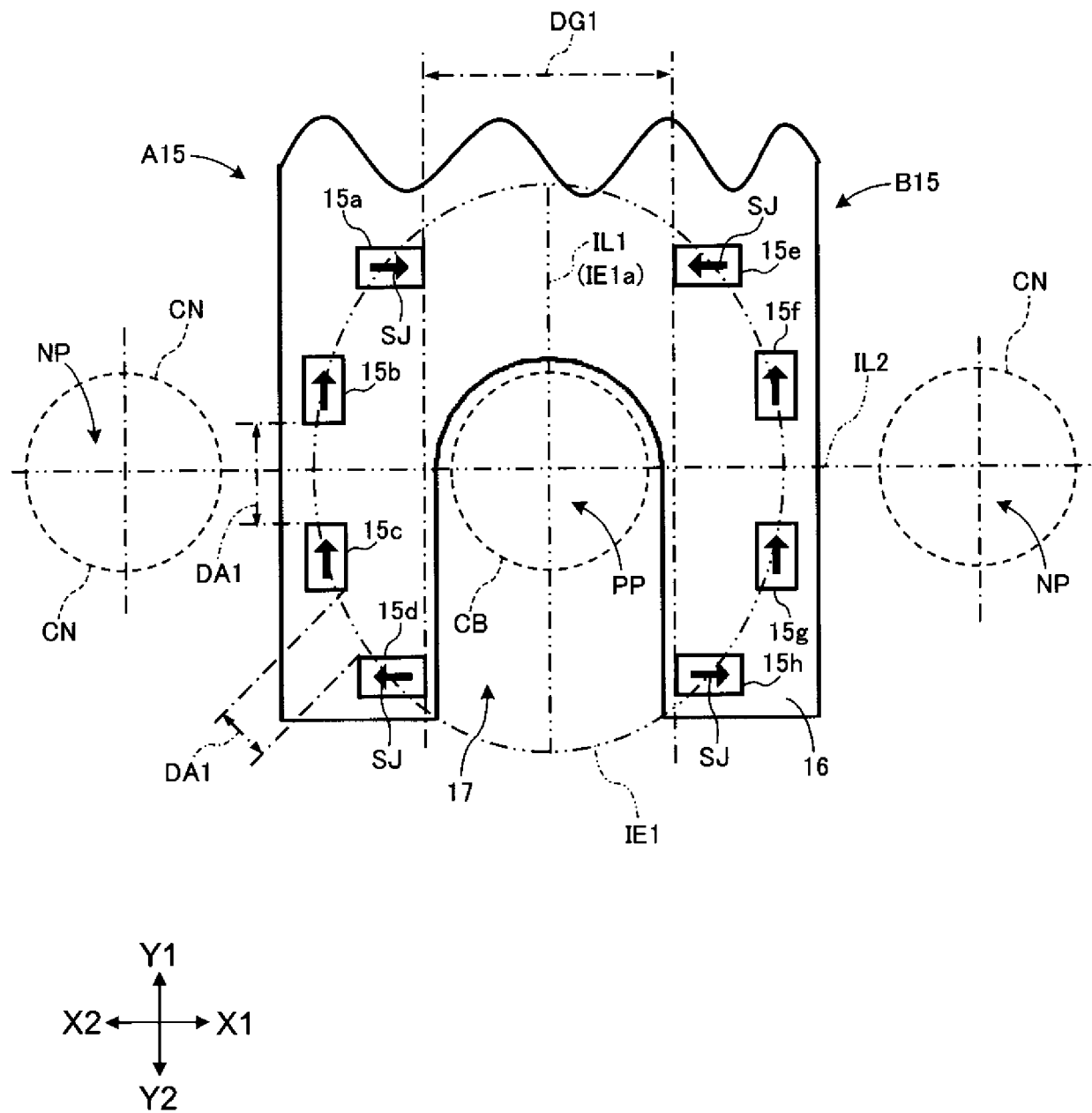
図6B



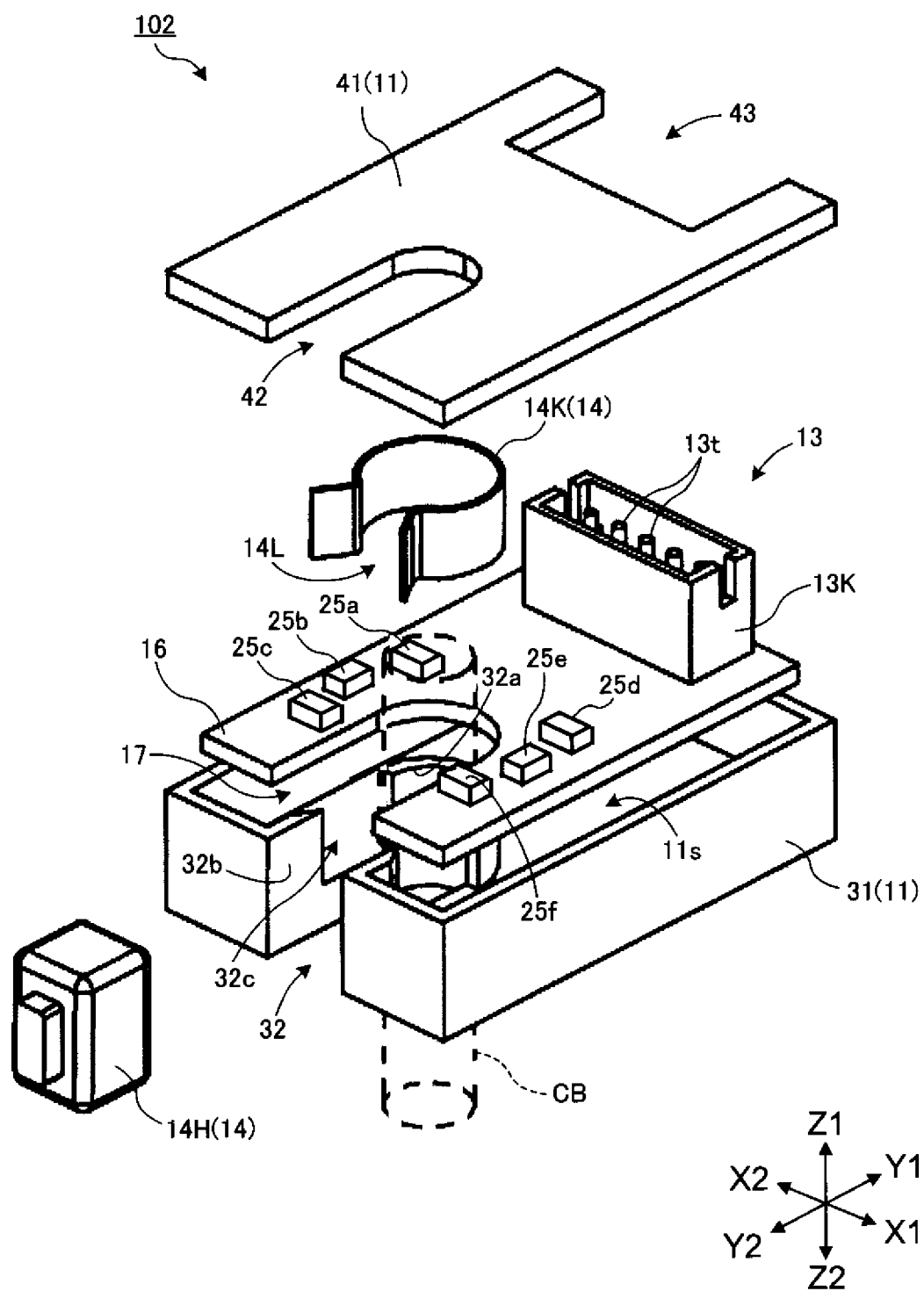
[図7]



[図8]

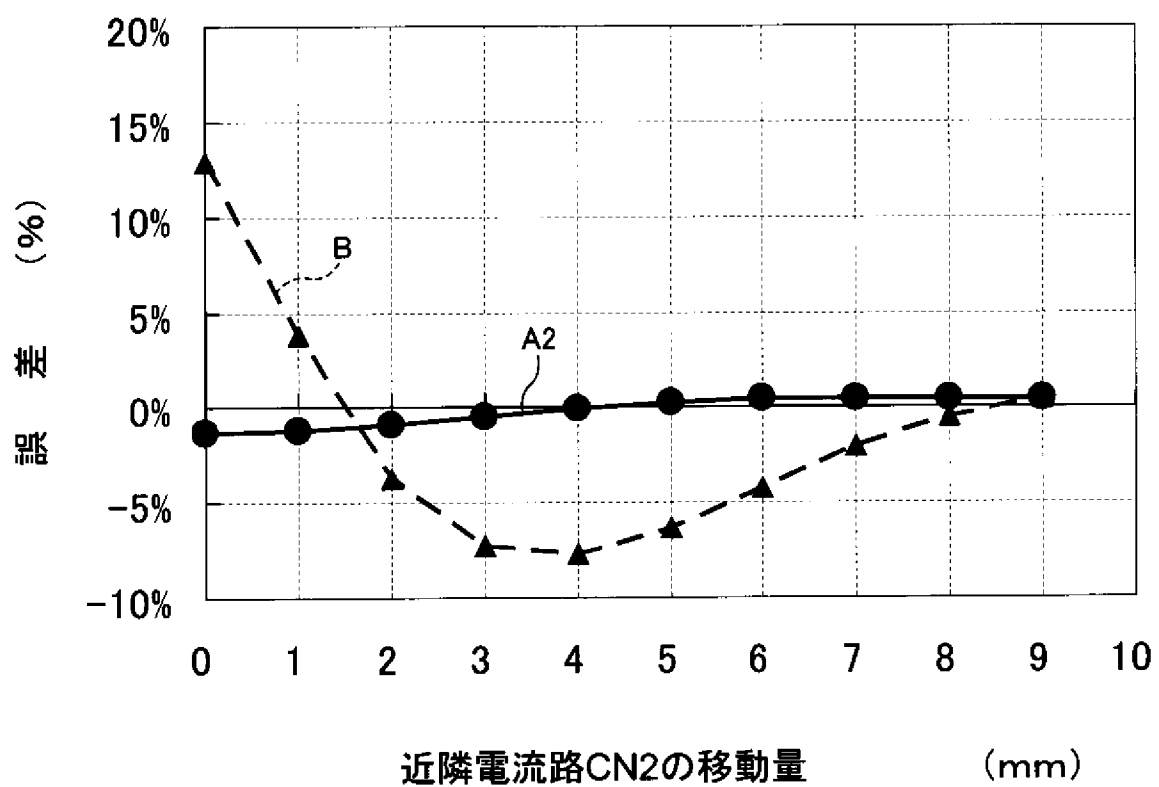


[図9]

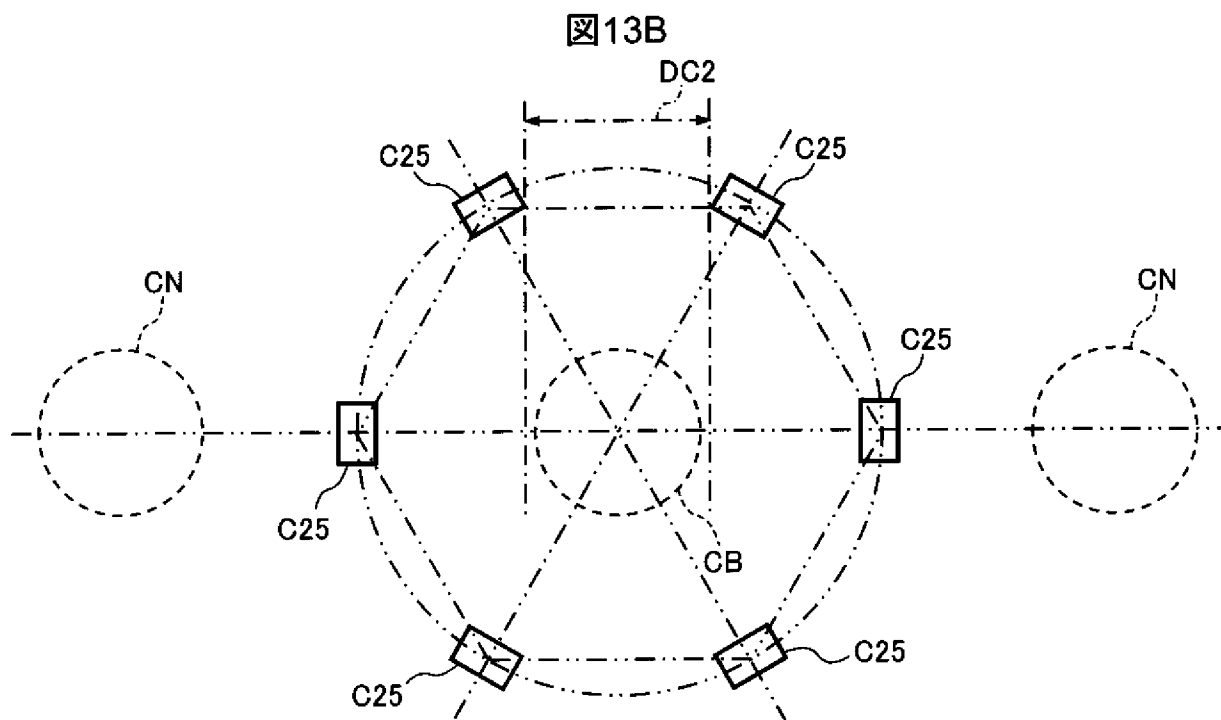
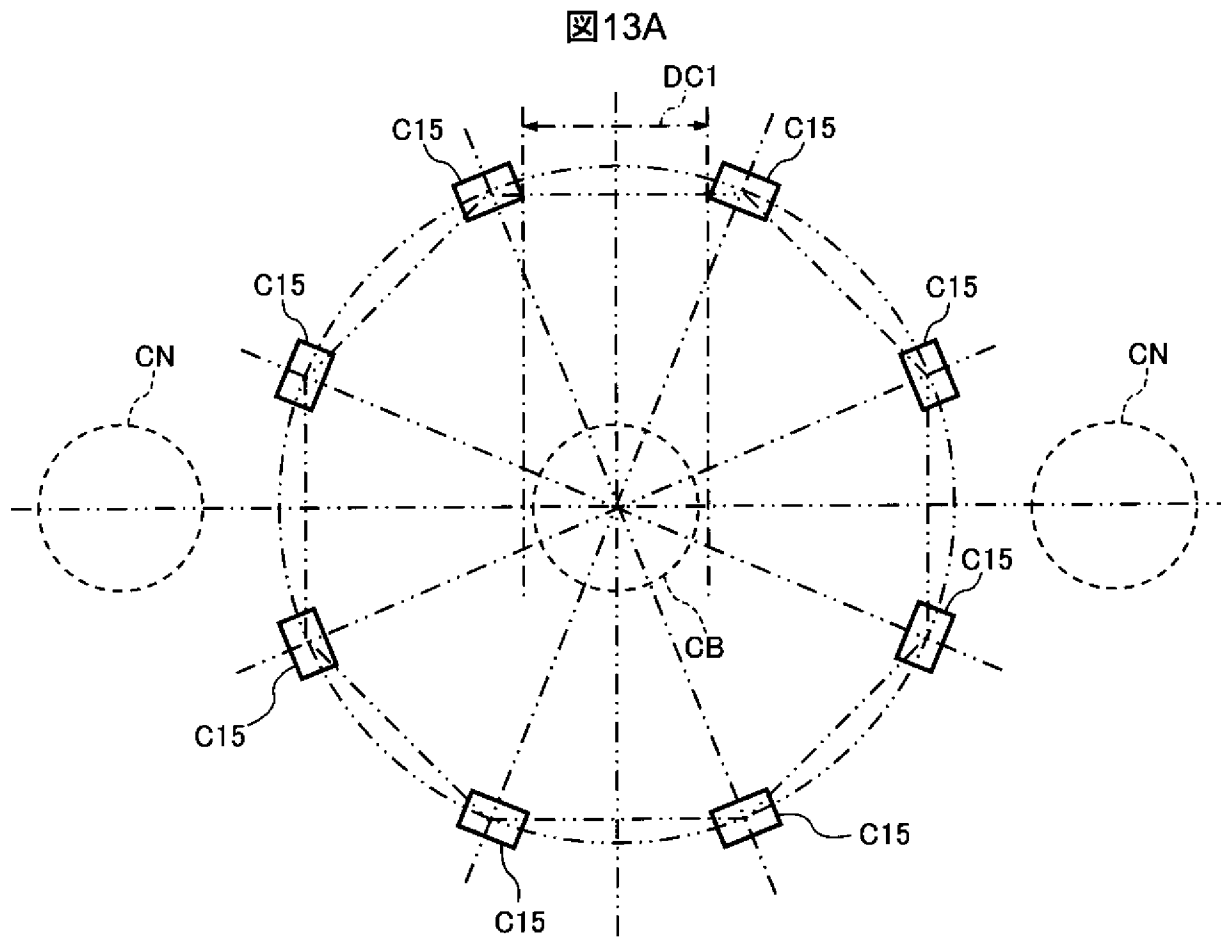


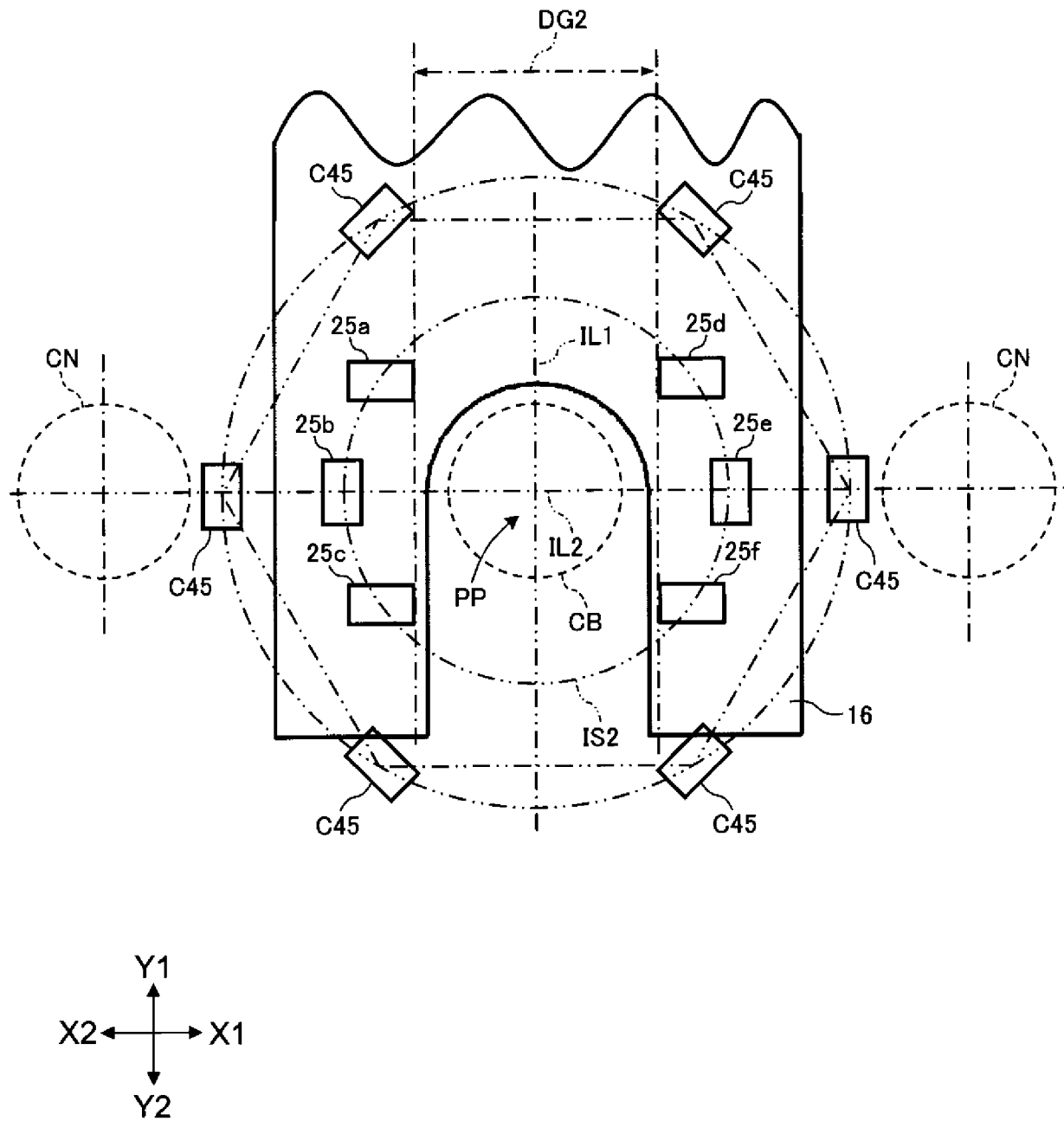
[illegible]

[図12]



[図13]





[図16]

図16A

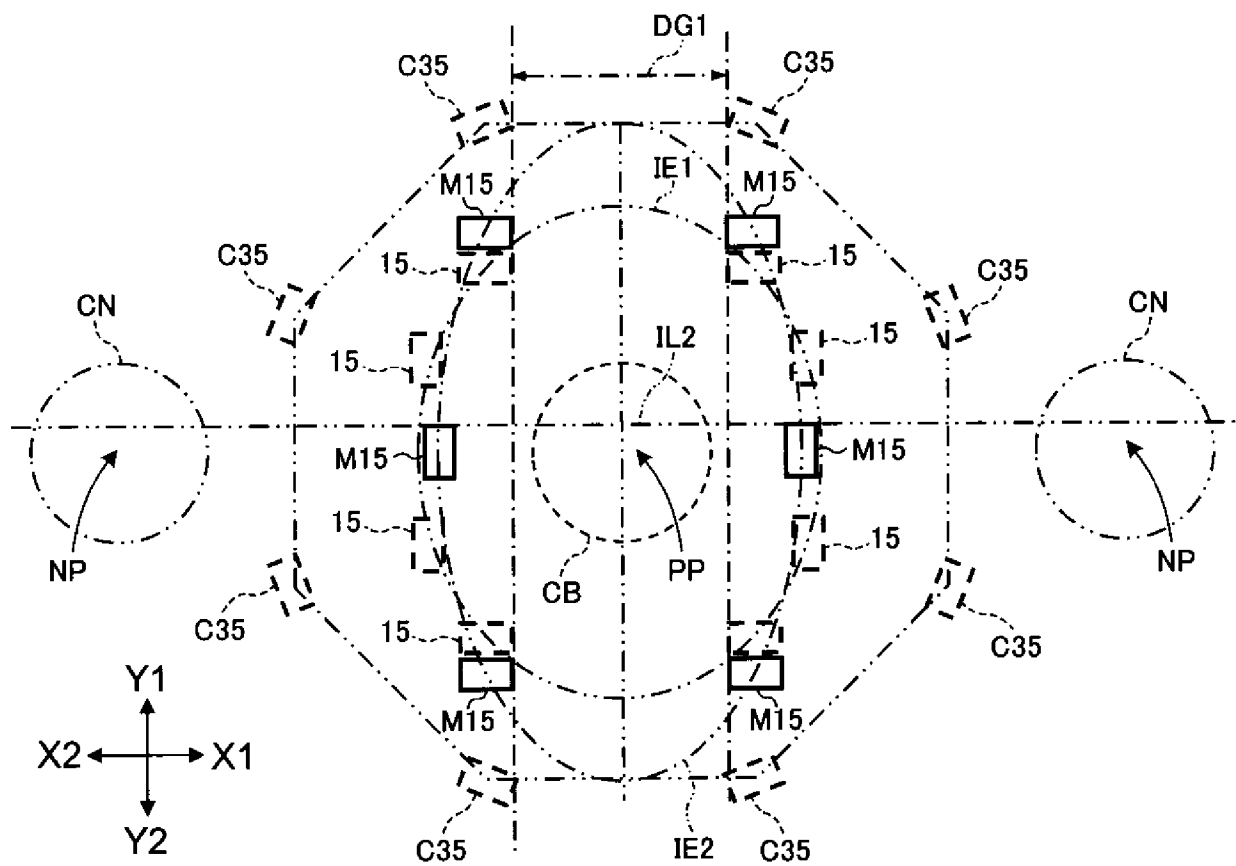
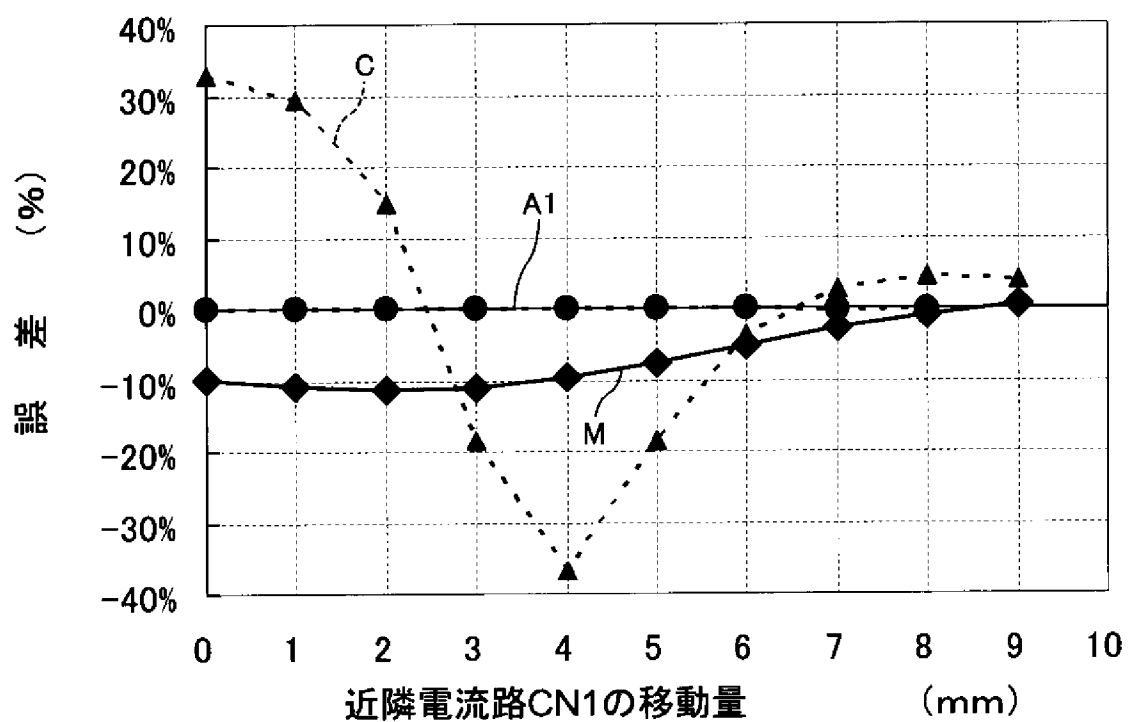
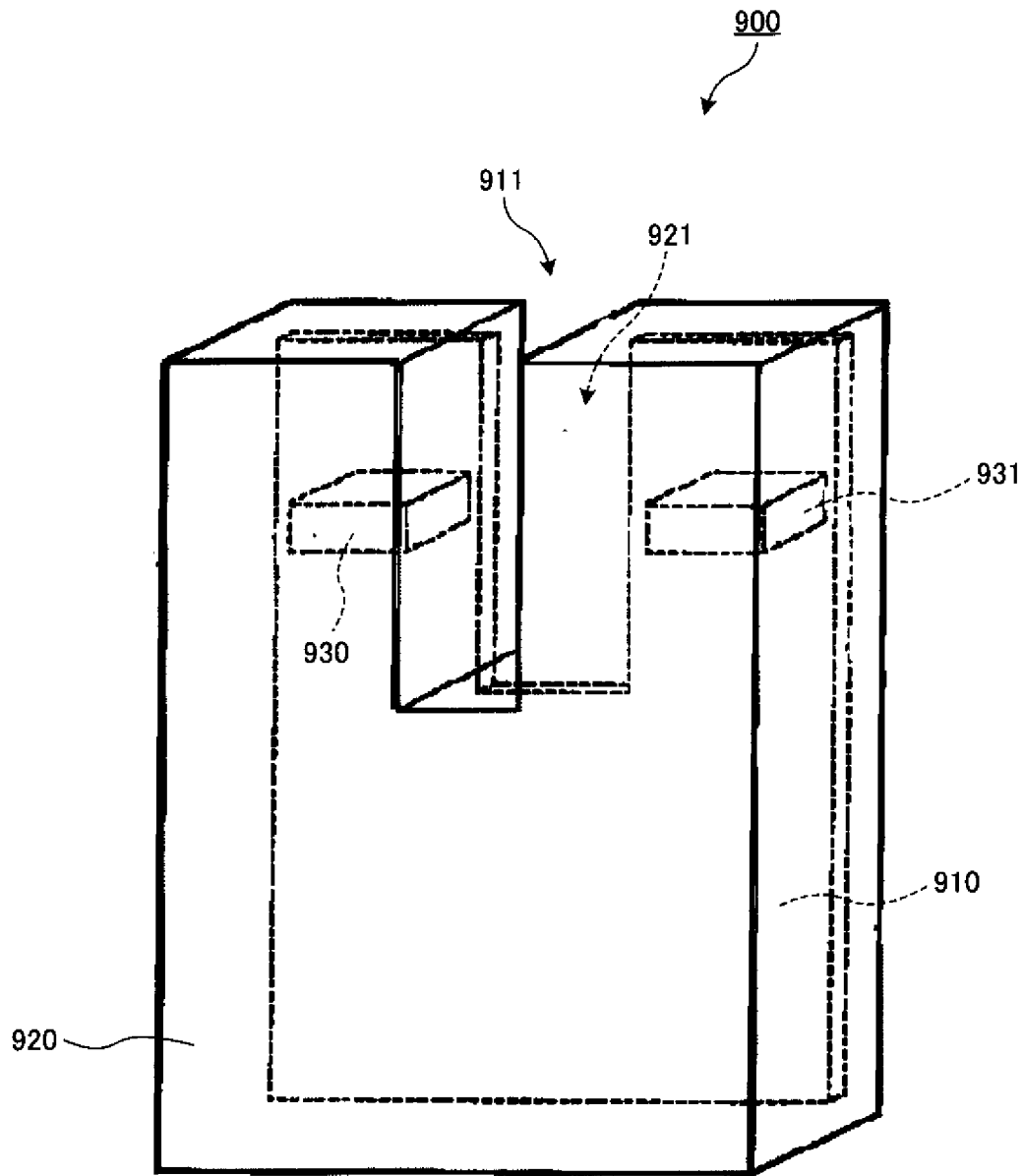


図16B



[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/051535

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R15/20 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01R15/20

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2007-107972 A (Denso Corp.), 26 April 2007 (26.04.2007), paragraphs [0034] to [0038], [0053] to [0063]; fig. 2, 7 (Family: none)	1-7
X	WO 2006/090769 A1 (Asahi Kasei EMD Corp.), 31 August 2006 (31.08.2006), paragraphs [0010], [0031] to [0034]; fig. 13 & JP 2012-108147 A & JP 5065887 B & US 2009/0121704 A1 & EP 1855118 A1	1-4, 6-8

☐ 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
22 April, 2013 (22.04.13)

Date of mailing of the international search report
07 May, 2013 (07.05.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/051535

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Document 1 (JP 2007-107972 A (Denso Corp.), 26 April 2007 (26.04.2007), paragraphs [0034] to [0038], [0053] to [0063]; fig. 2, 7 (Family: none)) discloses the invention relating to an electric current sensor comprising "an electric current line 12" (an electric current path to be measured), "a vertical-type hall element 11" (a first magneto-electric conversion element group) arranged on the right side of "a cut CT" (a notch), "a vertical-type hall element 11" (a second magneto-electric conversion element group) arranged on the left side of "the cut CT" (the notch), and "a semi-conductor substrate 10" (a wiring board).

(Continued to extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/051535

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

Moreover, it is considered that "a plurality of vertical-type hall elements 11" are symmetrically arranged with respect to a line (a first virtual line) in a cutting direction of "the cut CT" passing "a detection position A", "the vertical-type hall element 11" (the first magneto-electric conversion element group) arranged on the right side of the "cut CT" is symmetrically arranged with respect to a line (a second virtual line) perpendicular to the cutting direction of "the cut CT" passing "the detection position A", and "the vertical-type hall element 11" (the second magneto-electric conversion element group) arranged on the left side of the "cut CT" is symmetrically arranged with respect to the line (the second virtual line) perpendicular to the cutting direction of "the cut CT" passing "the detection position A".

Therefore, the invention of claim 1 cannot be considered to be novel in the light of the invention disclosed in the document 1, and does not have a special technical feature.

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. G01R15/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2013年
日本国実用新案登録公報	1996-2013年
日本国登録実用新案公報	1994-2013年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2007-107972 A（株式会社デンソー） 2007.04.26, 段落【0034】-【0038】，【0053】-【0063】，【図2】， 【図7】 (ファミリーなし)	1-7
X	WO 2006/090769 A1（旭化成エレクトロニクス株式会社） 2006.08.31, 段落[0010], [0031]-[0034], [図13] & JP 2012-108147 A & JP 5065887 B & US 2009/0121704 A1 & EP 1855118 A1	1-4, 6-8

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

22.04.2013

国際調査報告の発送日

07.05.2013

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100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

荒井 誠

2 S

5260

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

文献1（JP 2007-107972 A（株式会社デンソー）2007.04.26, 段落【0034】・【0038】、【0053】・【0063】、【図2】、【図7】（ファミリーなし））には「電流線12」（被測定電流路）と、「切り込みCT」（切欠）の右側に配置された「縦型ホール素子11」（第1磁電変換素子群）と、「切り込みCT」（切欠）の左側に配置された「縦型ホール素子11」（第2磁電変換素子群）と、「半導体基板10」（配線基板）を備えた電流センサに関する発明が記載されている。また、「複数の縦型ホール素子11」は、「検出位置A」を通る「切り込みCT」の切り込み方向の線（第1の仮想線）に対して線対称に配設され、「切り込みCT」に対して右側に配置された「縦型ホール素子11」（第1磁電変換素子群）は、「検出位置A」を通る「切り込みCT」の

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

切り込み方向に垂直な線（第２の仮想線）に対して線対称に配設され、「切り込みＣＴ」に対して左側に配置された「縦型ホール素子１１」（第２磁電変換素子群）は、「検出位置Ａ」を通る「切り込みＣＴ」の切り込み方向に垂直な線（第２の仮想線）に対して線対称に配設されることが認められる。したがって、請求項１に係る発明は、文献１に記載された発明に対して新規性が認められず、特別な技術的特徴を有しない。