

(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
2021年12月30日(30.12.2021)



(10) 国際公開番号

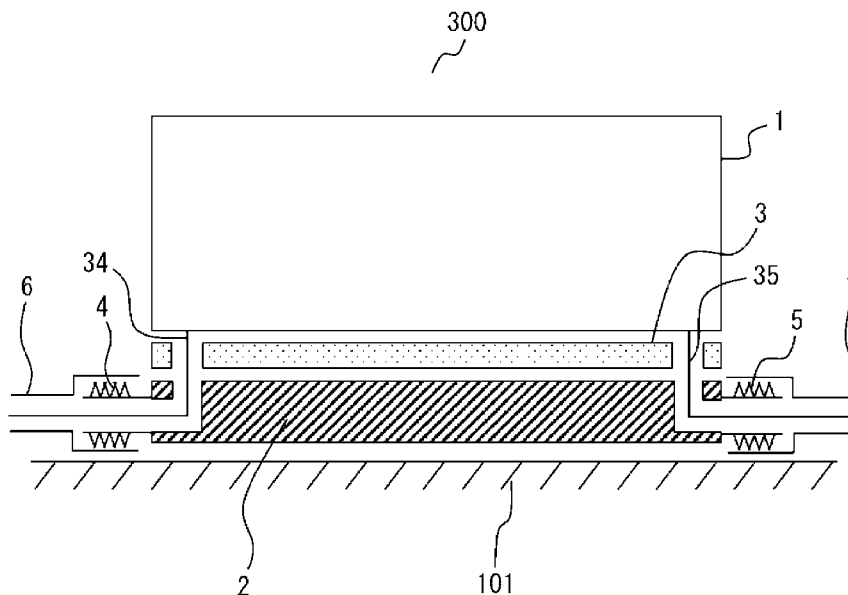
WO 2021/260820 A1

- (51) 国際特許分類:
G01R 31/12 (2020.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/024709
- (22) 国際出願日: 2020年6月24日(24.06.2020)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 大竹 泰智 (OTAKE Yasutomo); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 梅
- 本 貴弘(UMEMOTO Takahiro); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人ぱるも特許事務所 (PALMO PATENT FIRM, P.C.); 〒6610033 兵庫県尼崎市南武庫之荘3丁目3番8号 Hyogo (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, 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,

(54) Title: PARTIAL DISCHARGE DETECTION DEVICE AND POWER APPARATUS

(54) 発明の名称: 部分放電検出装置および電力機器

[図2]



(57) Abstract: A partial discharge detection device (200) is provided with: a metallic upper electrode (1) and lower electrode (2); an insulation spacer (3) interposed between the upper electrode (1) and the lower electrode (2); a surface current sensor (300) provided with a plurality of signal terminals in each of which a signal line is connected to the upper electrode (1) and a ground sheath is connected to the lower electrode (2); a surface current detection circuit (24) that determines whether a surface current has been generated from the signal output intensities of the signal terminals; an



WO 2021/260820 A1

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,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, 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))

incoming direction estimation circuit (26) that estimates an incoming direction of the surface current from a signal output ratio; and an internal discharge discrimination circuit (27) that discriminates whether or not an internal discharge has occurred from the estimated incoming direction of the surface current.

(57) 要約 : 部分放電検出装置 (200) は、金属製の上部電極 (1) および下部電極 (2) と、その間に介在する絶縁スペーサ (3) と、信号線が上部電極 (1) に接続され、接地外皮が下部電極 (2) に接続されている信号端子を複数備えた面電流センサ (300) と、信号端子の信号出力の強度から面電流が発生したかどうかを判定する面電流検出回路 (24) と、信号出力の比から面電流の到来方向を推定する到来方向推定回路 (26) と、推定された面電流の到来方向から内部放電の有無を判別する内部放電判別回路 (27) とを備える。

明 細 書

発明の名称：部分放電検出装置および電力機器

技術分野

[0001] 本願は、部分放電検出装置および電力機器に関するものである。

背景技術

[0002] 電力機器は高い信頼性が求められ、金属製筐体に覆われ不可視な機器内部の電気絶縁の異常診断の要求が強い。診断には電磁波の適用例が多く、特に機器外部への設置で感度が良好な面電流センサが用いられている。しかし、面電流センサで得られた電磁波が機器内部の部分放電によるものか、機器外部の電磁ノイズ（外部電磁界）によるものかを区別することが難しい。

[0003] この問題に対して、金属製筐体の内部に配置された検出線の一端は測定ケーブルが接続された検出端子に接続され、もう一端は終端抵抗に接続された検出装置が提案されている（例えば、特許文献1）。この検出装置では、センサを複数放射状に配置し、各センサの出力強度の大小を比較することで電磁波到来方向を推定することが可能である。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開平10-17059公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献1の装置では、面電流による電磁界および外部電磁界は、センサに接続される同軸ケーブル外皮と機器筐体との間にも電位振動を生じさせるために、同軸ケーブルにおいても両方の電磁界による励振信号を測定することになる。すなわち、センサの検出感度は同軸ケーブルの引き回し方、および設置環境の影響を強く受け、特に検査対象の機器筐体との密着度によって変動する。

[0006] 本願は、上記のような課題を解決するための技術を開示するものであり、

面電流センサに接続される信号ケーブルの設置方法および設置環境による検出感度変動の影響を排除し、電磁波の到来方向の推定精度を向上することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本願に開示される部分放電検出装置は、金属製の上部電極および金属製の下部電極と、上部電極と下部電極との間に介在する絶縁スペーサと、信号線が上部電極に接続され、接地外皮が下部電極に接続されている信号端子を複数備えた面電流センサと、信号端子の信号出力の強度から検査対象の電力機器の外部表面に面電流が発生したかどうかを判定する面電流検出回路と、信号端子の信号出力の比から検査対象の電力機器の外部表面に発生する面電流の到来方向を推定する到来方向推定回路と、推定された面電流の到来方向から検査対象の電力機器の内部放電の有無を判別する内部放電判別回路と、を備えたものである。

本願に開示される電力機器は、電力機器の内部放電の有無を検査するために、上記部分放電検出装置を電力機器の外部表面に設けたものである。

発明の効果

[0008] 本願に開示される部分放電検出装置によれば、面電流センサの設置環境および信号ケーブルの設置方法による検出感度の変動を抑制することができ、電磁波の到来方向の推定精度を向上させることができる。

本願に開示される電力機器によれば、面電流センサの設置環境および信号ケーブルの設置方法による検出感度の変動を抑制することができ、電磁波の到来方向の推定精度を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施の形態1による部分放電検出装置の構成図である。

[図2]実施の形態1による部分放電検出装置に係る面電流センサの断面図である。

[図3]実施の形態1による部分放電検出装置に係る面電流センサの外観斜視図である。

[図4]実施の形態1による部分放電検出装置に係る面電流センサの等価回路図である。

[図5]実施の形態1による部分放電検出装置に係る演算処理部の構成図である。

[図6]実施の形態1による部分放電検出装置に係る面電流の到来方向推定の処理フロー図である。

[図7]実施の形態1による部分放電検出装置に係る面電流の到来方向推定の説明図である。

[図8]実施の形態1による部分放電検出装置に係る面電流の到来方向推定の説明図である。

[図9]実施の形態2による部分放電検出装置に係る面電流センサの断面図である。

[図10]実施の形態3による部分放電検出装置に係る面電流センサの断面図である。

[図11]実施の形態4による部分放電検出装置の構成図である。

[図12]実施の形態5による部分放電検出装置の構成図である。

[図13]実施の形態5による部分放電検出装置に係る面電流センサの断面図である。

[図14]実施の形態6による部分放電検出装置の構成図である。

発明を実施するための形態

[0010] 実施の形態1.

実施の形態1は、金属製の上部電極および下部電極と、上部電極と下部電極との間に介在する絶縁スペーサと、信号線が上部電極に接続され、接地外皮が下部電極に接続されている信号端子を複数備えた面電流センサと、信号端子の信号出力の強度から面電流が発生したかどうかを判定する面電流検出回路と、信号出力の比から面電流の到来方向を推定する到来方向推定回路と、推定された面電流の到来方向から内部放電の有無を判別する内部放電判別回路とを備えた部分放電検出装置に関するものである。

[0011] 以下、実施の形態 1 に係る部分放電検出装置の構成および動作について、部分放電検出装置の構成図である図 1、面電流センサの断面図である図 2、面電流センサの外観斜視図である図 3、面電流センサの等価回路図である図 4、演算処理部の構成図である図 5、面電流の到来方向推定の処理フロー図である図 6、および面電流の到来方向推定の説明図 7、図 8 に基づいて説明する。

[0012] 実施の形態 1 の部分放電検出装置 200 の全体の構成を図 1 に基づいて説明する。

部分放電検出装置システム全体は、検査対象である電力機器 100 と、部分放電検出装置 200 とから構成される。電力機器 100 は、部分放電検出装置 200 の一部ではないが、密接に関連するため、部分放電検出装置 200 と区別することなく説明する。

[0013] まず、検査対象である電力機器 100 について説明する。

電力機器 100 は金属製の筐体で覆われている、または、樹脂で覆われており内部が不可視である。そして、電力機器 100 の表面は金属製の筐体、または導電塗装などで接地電位に保たれている。

実施の形態 1 の部分放電検出装置 200 は、広範囲の電気機器に適用可能である。電力機器 100 として、例えば油入変圧器、ガス絶縁変圧器、モールド変圧器、ガス絶縁開閉装置、キュービクル型ガス絶縁開閉装置、発電機、回転機、計器用変圧器、および計器用変成器が挙げられる。

[0014] 次に、部分放電検出装置 200 について説明する。

部分放電検出装置 200 は、面電流センサ 300、演算処理部 400、および表示部 500 を備える。

面電流センサ 300 は、電力機器 100 の内部で発生する部分放電により電力機器 100 の外部表面に生じる面電流が発生させる電磁界を検出する。

演算処理部 400 は、面電流センサ 300 が検出した信号を受けて、面電流発生の有無を判定する。さらに、演算処理部 400 は、面電流の到来方向を推定するとともに、電力機器 100 の内部で部分放電が発生したかどうか

を判別する。

表示部500は、演算処理部400の判定結果、推定結果および判別結果を表示するとともに、必要な場合、警報を発信する。

[0015] 次に、面電流センサ300の構造および機能について、面電流センサ300の断面図である図2、および外観斜視図である図3に基づいて説明する。

面電流センサ300は、金属製の上部電極1と下部電極2とを備え、その間に絶縁性の樹脂からなる絶縁スペーサ3が介在している。

図2に示すように、上部電極1、下部電極2、および絶縁スペーサ3は電力機器100の機器筐体101の表面に対して積層する形で構成されている。

絶縁スペーサ3は、上部電極1と下部電極2との間隔を所定の距離に保つとともに、絶縁を確保する。

[0016] 図2では、絶縁スペーサ3は上部電極1と下部電極2の間を満たすように配置されている。しかし、絶縁スペーサ3を部分的に切り欠いて空間を設けることも考えられる。部分的に切り欠いて空間を設けることで、後で説明するように絶縁スペーサ3の誘電率を変化させたり、面電流センサ300の重量を軽くしたりすることができる。

[0017] 図2に示すように、面電流センサ300は信号端子4、信号端子5を備える。信号端子4、5の信号線は、結合線34、35を介して上部電極1に接続され、接地外皮は下部電極2に接続されている。図2では信号端子の数を信号端子4、5の2つの例を記載している。

信号端子4に同軸ケーブル6が接続され、信号端子5に同軸ケーブル7が接続されている。

信号端子4、5は一般的にはBNC (Bayonet Neill Connector) コネクタおよびSMA (SubMiniature version A) コネクタが用いられる。

[0018] 面電流センサ300は電力機器100の機器筐体101に沿って設置される。電力機器100の内部で発生する部分放電が、電氣的な開口部を通して

、機器筐体101の表面に面電流を生じさせる。面電流センサ300は、この電氣的な開口部の近く設置する方が、この面電流が発生させる電磁界を高感度に検出することができる。

なお、面電流センサ300が実際に検出するのは、面電流が発生させる電磁界である。しかし、面電流センサ300の目的は面電流の検出であるため、特に区別する必要がない限り、適宜、面電流センサ300は面電流を検出すると記載する。

[0019] 面電流センサ300において、上部電極1と下部電極2とに接続される信号端子は2つ以上備える。図3では信号端子4、9、5、10とこれらの信号端子に接続される同軸ケーブル6、11、7、12の各4組を90度毎にずらして配置した構造を例として示している。図3では、信号端子4、5、および信号端子9、10が対角線上に配置されている。

[0020] 上面から見た面電流センサの形状は、端子数と同じ角を備える二角形を含む多角形であり、多角形の各角に信号端子を備える。図3では、形状が四角形である面電流センサ300を例として示している。しかし、面電流センサの形状は四角形に限らず、各角の信号端子の個数が多いほど後で説明する面電流の到来方向の推定精度は向上する。

なお、二角形の面電流センサとしては、例えば図3の面電流センサの信号端子9、10の間隔を狭めて、必要な絶縁スペーサのキャパシタンスCを確保した上で、信号端子4、5のみとする構造を想定している。

また、面電流センサの形状は、直線を辺とする多角形に限定されず、曲線を辺とする形状、例えば円形、楕円形であってもよい。

[0021] 次に電力機器100の機器筐体101の表面に生じる面電流、この面電流が発生させる電磁界、および面電流センサ300によるこの電磁界の検出原理について説明する。

なお、以降の面電流センサ300の説明では、信号端子4および信号端子5を例として説明する。

電力機器100内部の絶縁不良により生じた部分放電は、電氣的な開口部

を通して、機器筐体101の表面に面電流を生じさせ、この面電流により電磁界が発生する。

機器筐体101の表面を流れる面電流により、機器筐体101の表面と直交方向に電界が発生する。またこの面電流により、機器筐体101の表面と並行で、かつ、面電流の伝搬方向に直交する方向に磁界が発生する。

[0022] 電界により上部電極1と下部電極2との間に電圧が生じ、この電圧は信号端子4、5を介して同軸ケーブル6、7を伝搬していく。

また、磁界は上部電極1と下部電極2、信号端子4と信号端子5、および結合線34、35に囲まれた平面を鎖交し、この結果、電磁誘導が生じる。

[0023] 信号端子4、信号端子5から同軸ケーブル6、7を見た入力インピーダンスに従い、これら信号端子4、5の信号線および外皮間に電圧が生じる。すなわち、同軸ケーブル6、7には、面電流による電界に起因する電圧と磁界に起因する電圧が重畳した信号が伝搬していく。

[0024] また、面電流により発生される電磁界は機器筐体101の表面近いほど強く存在している。このため、面電流センサ300を機器筐体101から離れた場合、面電流センサ300の検出感度は低下する。

[0025] 次に、図4の面電流センサ300の等価回路に基づいて、面電流センサ300が検出する信号について説明する。

図4の等価回路において、抵抗 R_1 、 R_2 とインダクタンス L_1 、 L_2 は、面電流センサ300の信号端子4、5から上部電極1につながる結合線34、35で生じるものである。キャパシタンス C は、絶縁スペーサ3の静電容量である。また、等価回路の両端には信号端子4、5の入力インピーダンス Z_1 、 Z_2 が接続されている。

[0026] 先に説明した通り、面電流が発生させる電磁界は、電界と磁界を含んでいる。電界によりキャパシタンス C の両端に電圧が生じる。磁界によりインダクタンス L_1 、 L_2 に電圧が生じる。この電界および磁界によって生じた電圧により回路定数 LCR に応じた電圧振動が生じ、図4の等価回路図の両端に生じる端子電圧が面電流センサ300の信号出力となる。

[0027] 図4の等価回路はキャパシタンスCを軸に線対象となる回路であり、それぞれLCRの直列回路に信号端子の入力インピーダンスを直列接続した閉回路になっている。

LCの共振周波数においてLCRの合成インピーダンスは低下するため、信号端子の入力インピーダンスにかかる分担電圧は大きくなる。したがって、到来する面電流とそれが発生させる電磁界の周波数成分のうちLC共振周波数に一致する成分に対して面電流センサの信号端子に生じる電圧は最も大きくなる。

[0028] 一方、到来する面電流とそれが発生させる電磁界の周波数成分のうち、このLC共振周波数より低い周波数成分においては、キャパシタンスCのインピーダンスが上昇するため信号端子に生じる電圧は低下する。また、到来する面電流とそれが発生させる電磁界の周波数成分のうち、LC共振周波数より高い周波数特性においては、インダクタンスL1、L2のインピーダンスが上昇するため信号端子に生じる電圧は低下する。

[0029] ここで、面電流が発生させる磁界に対して、上部電極1と下部電極2、信号端子4と信号端子5、および結合線34、35に囲まれた平面が磁束の鎖交面であり、この平面に生じる電圧はこの面積に比例する。

面電流が発生させる磁界は、面電流の伝搬方向に対して直交する方向に形成される。このため、鎖交磁束は、面電流センサ300を設置する角度によって変化し、信号端子4、信号端子5に生じる磁界による電圧は正弦波状になる。これが面電流センサ300の示す指向性の基本原理である。この原理を後で説明する面電流の到来方向の推定に用いる。

[0030] 例えば、磁束鎖交面を面電流の到来方向に平行となるように面電流センサ300を配置するとき、信号端子4、信号端子5に生じる磁界による電圧の絶対値が最も大きくなる。

なお、ここで、信号端子4、信号端子5には、電界によって生じた電圧が共通に生じていることを考慮する必要がある。

電界によって生じた電圧があるため、図2の構成における信号端子4、信

号端子 5 では鎖交磁束により生じる電圧の極性が異なり、信号端子 4、信号端子 5 の電圧の比を取ると最も大きい値となる。

また逆に、磁束鎖交面を面電流の到来方向に直交するように面電流センサ 300 を配置するとき、信号端子 4、信号端子 5 に生じる磁界による電圧が最も小さくなる。このとき、信号端子 4、信号端子 5 の電圧は同等の値となるため、これらの比を取ると 1 に近い値となる。

[0031] 面電流センサ 300 で検出された信号は同軸ケーブル 6、7 を介して演算処理部 400 に入力される。同軸ケーブル 6、7 は機器筐体 101 に沿って配置される。ここでも電磁界の影響により、同軸ケーブル 6、7 の外皮には接地電位である機器筐体 101 に対して電位振動が生じる。この電位振動は、同軸ケーブル 6、7 を伝搬し、面電流センサ 300 に入力される。さらに、この電位振動は、同軸ケーブル 6、7 の外皮から信号端子 4、信号端子 5 の外皮へ、そして下部電極 2 に伝搬する。

ここで、下部電極 2 は機器筐体 101 に近接して設置されるため、下部電極 2 と機器筐体 101 との間のインピーダンスは、上部電極 1 と下部電極 2 との間のインピーダンスに比べて極めて小さい。このため、下部電極 2 に生じた電位振動は上部電極 1 に影響を及ぼすことはない。このように、面電流センサ 300 では、同軸ケーブル 6、7 が受ける電磁界の影響を抑制できる。

[0032] 特に、面電流の到来方向の推定において、信号端子 4、5 の電圧を比較するとき、同軸ケーブル 6、7 が受ける電圧に外部電磁界の影響による電圧が重畳すると方向推定の誤差となる。しかし、実施の形態 1 における面電流センサ 300 では、この外部電磁界の影響を抑制できる。

[0033] 演算処理部 400 の構成および動作を図 5 に基づいて説明する。

演算処理部 400 は、保護回路 21、フィルタ 22、信号増幅回路 23、面電流検出回路 24、A/D (Analog-to-digital) 変換器 25、到来方向推定回路 26、および内部放電判別回路 27 を備える。

図 5 において、保護回路 21、フィルタ 22、信号増幅回路 23、および

A/D変換器25は、信号端子4、5、9、10からの信号に対して、それぞれ設けられている。

また、図5において、保護回路は「PT」、フィルタは「FL」、信号増幅回路は「AMP」、面電流検出回路は「SCD」、A/D変換器は「A/D」、到来方向推定回路は「DLE」、および内部放電判別回路は「IDJ」と記載している。

[0034] 面電流センサ300で検出された信号は同軸ケーブル6、7、11、12を介して演算処理部400に入力される。演算処理部400内では、信号端子4、5、9、10からの信号は、それぞれ保護回路21、フィルタ22、および信号増幅回路23で順次処理される。

まず保護回路21は、高電圧信号侵入による故障を防ぐため、ダイオードおよびアレスタなどの素子を用いた回路により既定値以上の電圧を除去する。

次にフィルタ22は、検査対象である電力機器100の内部で発生する部分放電による電磁界の特定周波数の信号のみを取り出すバンドパスフィルタである。

ここで、部分放電の特定周波数とは、部分放電による電磁界に顕著に観測される周波数成分である。

この周波数の帯域以外の周波数成分の信号は外部電磁界に起因するものであるため、除去することで外部電磁界の影響を抑制することができる。

[0035] 次の信号増幅回路23は、オペアンプを用いた増幅回路が一般的である。

信号増幅回路23の出力は、面電流検出回路24に入力され、面電流検出回路24において面電流が検出されたかどうかを判定する。

面電流検出回路24は比較器であり、例えば、信号強度があらかじめ設定された閾値を超えた場合、電力機器100の内部で発生する部分放電による面電流が生じたと判定する。

ここで判定用の閾値は、電力機器100の設置環境下での外部電磁界により得られる信号強度より高い値を設定する。

[0036] また、信号増幅回路 23 の出力は、A/D変換器 25 でデジタル変換されて、到来方向推定回路 26 に入力される。

この到来方向推定回路 26 では、入力される信号端子 4、5、および信号端子 9、10 の信号に基づいて、面電流の到来方向の推定を行う。先に検出原理を説明したように、信号強度の比を取ることで、面電流の到来方向の角度を推定することができる。

[0037] 到来方向推定回路 26 における面電流の到来方向の推定処理を、図 6 の処理フロー図、および図 7、8 の説明図に基づいて説明する。

ステップ 1 (S01) では、面電流センサ 300 の信号端子 4、5 および信号端子 9、10 の内いずれの組の出力信号が大きいかを比較する。

先に説明したように、面電流の進行方向に対する角度の小さい鎖交断面を有する信号端子の組の出力信号が大きくなる。

[0038] 図 7 は、面電流の進行方向を変化させた場合、面電流センサ 300 の信号端子 4、9、5、10 における信号の大きさを表した曲線である。図において、実線は信号端子 4 の出力信号、点線は信号端子 5 の出力信号である。また、一点鎖線は信号端子 9 の出力信号、二点鎖線は信号端子 10 の出力信号である。

図 7 では、図 3 における信号端子 5 から信号端子 4 に向かう方向を 0 度としている。また、図 3 において、上から見て面電流の進行方向を右回り（時計方向）に回転させている。

図 7 において、横軸の単位は角度であり、縦軸は任意単位である。

[0039] ステップ 1 (S01) において、面電流センサ 300 の信号端子 4、5 の出力信号の方が大きい場合はステップ 2 (S02) へ進む。信号端子 9、10 の出力信号の方が大きい場合はステップ 3 (S03) へ進む。

ステップ 2 (S02)、およびステップ 3 (S03) は処理内容が同じであるため、ここでは、ステップ 2 (S02) の処理のみを説明する。

[0040] 図 8 は、図 7 の面電流センサ 300 の信号端子 4、9、5、10 に現れる信号曲線から演算した曲線である。図 8 において、実線は（信号端子 4 の出

力信号／信号端子5の出力信号)であり、点線は(信号端子4の出力信号／信号端子5の出力信号)である。

図8において、横軸の単位は角度であり、縦軸は任意単位である。

[0041] ステップ2(S02)では、(信号端子4の出力信号／信号端子5の出力信号)の演算値から面電流の進行方向を推定する。

例として、演算値が2である場合を想定して説明する。図8の実線において、演算値2と実線が交さる角度を求めると、約61度と300度となる。

電力機器100の機器筐体101の表面に存在する開口部の位置は、あらかじめわかっている。面電流センサ300の信号端子5から信号端子4を見た方向と開口部の位置の角度を考慮して、面電流の進行方向を推定できる。

[0042] 以上の説明では、面電流センサ300の信号端子の出力信号が大きい方の組の信号の比を取り、面電流センサ300と開口部の位置関係と考慮して、面電流の進行方向を推定した。面電流センサ300の信号端子の出力信号が小さい方の組の信号を合わせて用いることで、同様に面電流の進行方向を推定できる。

具体的には、面電流センサ300の信号端子の出力信号が小さい方の組の信号の比を取り、演算値から交さる2つの角度を求める。この2つの角度と、先に求めた信号出力が大きい組の信号から求めた2つの角度とを比較し、近い方の角度から面電流の進行方向を推定することができる。

[0043] なお、図8で示した面電流の進行方向(これは、到来方向の逆方向)と面電流センサ300の信号端子の出力信号との関係をあらかじめ校正試験により取得しておくことで、精度の高い面電流の進行方向の推定ができる。

[0044] 内部放電判別回路27は、電力機器100内部の部分放電の発生の有無を判別する。内部放電判別回路27は、面電流検出回路24からの面電流を検出したとの判定結果と、到来方向推定回路26からの面電流の到来方向の推定結果から電力機器100の内部の部分放電の有無を判別する。

[0045] 具体的には、あらかじめ設定した検査対象の電力機器100内部の部分放

電による面電流の到来方向の範囲と面電流の到来方向の推定結果とを比較する。推定された面電流の到来方向が、あらかじめ設定した到来方向の範囲内であれば、電力機器100の内部に部分放電が生じている判断する。この場合は、電力機器100の内部に電氣的な絶縁不良が生じていると推定できる。

なお、あらかじめ設定する面電流の到来方向の範囲は、電力機器100の機器筐体101の表面の開口部の位置と面電流センサ300の設置位置から決定する。

[0046] 表示部500は、演算処理部400からの面電流検出結果と、内部放電判別回路27からの電力機器100の内部に部分放電が生じているとの判断結果を受けて表示器に表示する。また、必要な場合は、電力機器100内部に電氣的な絶縁不良が生じているとの警報信号を発信する。

[0047] なお、表示部500には、PC (personal computer) を使用することを想定している。

また、図5の演算処理部400の構成図では、面電流検出回路24、到来方向推定回路26、および内部放電判別回路27を演算処理部400の内部に設けたが、これら各回路の処理を表示部500内部で行うこともできる。

[0048] また、その外部表面に実施の形態1の部分放電検出装置を設けた電力機器は、面電流センサの設置環境および信号ケーブルの設置方法による検出感度の変動を抑制することができ、電磁波の到来方向の推定精度を向上させることができる。

[0049] 以上説明したように、実施の形態1の部分放電検出装置は、金属製の上部電極および下部電極と、上部電極と下部電極との間に介在する絶縁スペースと、信号線が上部電極に接続され、接地外皮が下部電極に接続されている信号端子を複数備えた面電流センサと、信号端子の信号出力の強度から面電流が発生したかどうかを判定する面電流検出回路と、信号出力の比から面電流の到来方向を推定する到来方向推定回路と、推定された面電流の到来方向から内部放電の有無を判別する内部放電判別回路とを備えたものである。

したがって、実施の形態1の部分放電検出装置は、面電流センサの設置環境および信号ケーブルの設置方法による検出感度の変動を抑制することができ、電磁波の到来方向の推定精度を向上させることができる。

[0050] 実施の形態2.

実施の形態2の部分放電検出装置は、面電流センサに高透磁率材料を含む絶縁スペーサを用いたものである。

[0051] 実施の形態2の部分放電検出装置について、面電流センサの断面図である図9に基づいて、実施の形態1との差異を中心に説明する。

実施の形態2の図9において、実施の形態1と同一あるいは相当部分は、同一の符号を付している。

なお、実施の形態1と区別するために、部分放電検出装置201、面電流センサ301としている。

[0052] 実施の形態2の部分放電検出装置201の面電流センサ301の構造および機能を説明する。

面電流センサ301は、金属製の上部電極1と下部電極2とを備え、その間に絶縁スペーサ31が介在している。

面電流センサ301は、信号端子4、信号端子5を備える。信号端子4、5の信号線は、結合線34、35を介して上部電極1に接続され、接地外皮は下部電極2に接続されている。信号端子4に同軸ケーブル6が接続され、信号端子5に同軸ケーブル7が接続されている。

[0053] 本実施の形態2の面電流センサ301の絶縁スペーサ31は、絶縁スペーサ32、33と、絶縁スペーサ32、33の間に高透磁率である金属からなる金属スペーサ37を組合せた構造である。

なお、絶縁スペーサ32、33は、実施の形態1で説明した絶縁スペーサ3と同じ材質の絶縁性樹脂を使用することを想定している。

[0054] 電力機器100の内部で発生する部分放電により機器筐体101の外部表面に生じる面電流は、機器筐体101の表面と並行であり、かつ、面電流の伝搬方向に直交する方向に磁界を発生させる。

面電流センサ301では上部電極1と下部電極2および信号端子4、5に囲まれた平面を鎖交する磁束により、信号端子4、5に電圧が生じる。この磁界による電圧は電磁誘導によって生じるため、磁界の鎖交空間の透磁率に比例して大きくなる。

したがって、磁束鎖交空間の多くを占める絶縁スペーサ31に高透磁率材料を用いることで面電流センサ301の出力を増大し、検出感度を高めることができる。

[0055] ここで絶縁スペーサ31は、上部電極1と下部電極2との間の絶縁性能を確保した上で高透磁率材料を適用する必要がある。この構成としては絶縁物の間および一部分に高透磁率の金属物を組合せたもの、および絶縁物中に高透磁率である金属の粉末を添加したものなどが使用できる。高透磁率である金属としては、鉄および鉄にケイ素との合金である珪素鋼、鉄とニッケル・コバルト・アルミニウムのなどの合金等がある。

[0056] 本実施の形態2の面電流センサ301の構造では、面電流センサ301の検出周波数特性を制御することができる。このため、面電流センサ301の寸法を変更せずに、高感度の周波数帯域を変えることができる。

[0057] ここで、図4の面電流センサの等価回路を参照して、面電流センサ301の特徴を説明する。抵抗 R_1 、 R_2 とインダクタンス L_1 、 L_2 は面電流センサ301の信号端子4、5から上部電極1につながる結合線34、35で生じるものである。キャパシタンス C は高透磁率材料を用いた絶縁スペーサ31の静電容量である。

また、両端には信号端子4、5の入力インピーダンス Z_1 、 Z_2 が接続されている。

[0058] 実施の形態1で説明した通り、面電流により発生される電磁界は電界と磁界を含んでいる。電界によりキャパシタンス C の両端に電圧が生じる。磁界によりインダクタンス L_1 、 L_2 に電圧が生じる。この生じた電圧により回路定数 LCR に応じた電圧振動を生じ、図4の等価回路図の両端に生じる端子電圧が面電流センサ301の出力となる。

[0059] 等価回路はキャパシタンス C を軸に線対象となる回路であり、それぞれ LCR の直列回路に端子の入インピーダンスを直列接続した閉回路になっている。

LC の共振周波数において LCR の合成インピーダンスは低下するため、端子の入インピーダンスにかかる分担電圧は大きくなる。したがって、到来する面電流とそれが発生させる電磁界の周波数成分のうち LC 共振周波数に一致する成分に対して面電流センサの端子に生じる電圧が最も高くなる。

[0060] 一方、到来する面電流とそれが発生させる電磁界の周波数成分のうち、この LC 共振周波数以下の周波数成分においてはキャパシタンス C のインピーダンスが上昇することで端子に生じる電圧は低下する。また、到来する面電流とそれが発生させる電磁界の周波数成分のうち、 LC 共振周波数以上の周波数特性においてはインダクタンス $L1$ 、 $L2$ のインピーダンスが上昇することで端子に生じる電圧は低下する。

[0061] したがって、面電流センサ301の検出周波数特性は、主に結合線34、35のインダクタンス $L1$ 、 $L2$ と絶縁スペーサのキャパシタンス C によって変化する。インダクタンス $L1$ 、 $L2$ は面電流による磁束の鎖交空間である絶縁スペーサの透磁率によって制御できる。絶縁スペーサ31に高透磁率材料を用いることでインダクタンス $L1$ 、 $L2$ が増加し、 LC 共振周波数は高くなる。したがって、面電流センサ301の検出周波数特性を制御して、実施の形態1の面電流センサ300と比較して、面電流センサ301はより高周波帯域の面電流に対し高感度となる。

[0062] 以上説明したように、実施の形態2の部分放電検出装置は、面電流センサに高透磁率材料を含む絶縁スペーサを用いたものである。

したがって、実施の形態2の部分放電検出装置は、面電流センサの設置環境および信号ケーブルの設置方法による検出感度の変動を抑制することができ、電磁波の到来方向の推定精度を向上させることができる。さらに実施の形態2の部分放電検出装置は、面電流センサの検出周波数特性を制御して、より高周波帯域の面電流に対し高感度となる。

[0063] 実施の形態 3.

実施の形態 3 の部分放電検出装置は、面電流センサの絶縁スペーサに高誘電率材料を用いたものである。

[0064] 実施の形態 3 の部分放電検出装置について、面電流センサの断面図である図 10 に基づいて、実施の形態 1 との差異を中心に説明する。

実施の形態 3 の図 10 において、実施の形態 1 と同一あるいは相当部分は、同一の符号を付している。

なお、実施の形態 1 と区別するために、部分放電検出装置 202、面電流センサ 302 としている。

[0065] 実施の形態 3 の部分放電検出装置 202 の面電流センサ 302 の構造および機能を説明する。

面電流センサ 302 は、金属製の上部電極 1 と下部電極 2 とを備え、その間に絶縁スペーサ 41 が介在している。

面電流センサ 302 は、信号端子 4、信号端子 5 を備える。信号端子 4、5 の信号線は、結合線 34、35 を介して上部電極 1 に接続され、接地外皮は下部電極 2 に接続されている。信号端子 4 に同軸ケーブル 6 が接続され、信号端子 5 に同軸ケーブル 7 が接続されている。

[0066] 本実施の形態 3 の面電流センサ 302 の絶縁スペーサ 41 は、実施の形態 1 で説明した絶縁スペーサ 3 に比較して、誘電率を高くしたものである。

[0067] 先に説明した通り、面電流センサ 302 の検出周波数特性は、主に結合線 34、35 のインダクタンス L_1 、 L_2 と絶縁スペーサ 41 のキャパシタンス C によって変化する。

キャパシタンス C は絶縁スペーサの誘電率に比例し変化する。誘電率は、絶縁スペーサに用いられる樹脂材料を変える、また樹脂材料に添加される無機フィラーの材料および添加量を変えることで変更できる。また、部分的に材料を変えるも考えられる。

キャパシタンス C を制御し、 LC 共振周波数を選定することで、面電流センサ 302 の検出周波数特性を変えることができる。

高誘電率絶縁スペーサ41を用いることでキャパシタンスCが上昇し、LC共振周波数は高くなる。したがって、面電流センサ302の検出周波数特性を制御して、実施の形態1の面電流センサ300と比較して、面電流センサ302はより高周波帯域の面電流に対し高感度となる。

[0068] 以上説明したように、実施の形態3の部分放電検出装置は、面電流センサの絶縁スペーサに高誘電率材料を用いたものである。

したがって、実施の形態3の部分放電検出装置は、面電流センサの設置環境および信号ケーブルの設置方法による検出感度の変動を抑制することができ、電磁波の到来方向の推定精度を向上させることができる。さらに実施の形態3の部分放電検出装置は、面電流センサの検出周波数特性を制御して、より高周波帯域の面電流に対し高感度となる。

[0069] 実施の形態4.

実施の形態4の部分放電検出装置は、同じ仕様の面電流センサを複数備えたものである。

[0070] 実施の形態4の部分放電検出装置について、部分放電検出装置の構成図である図11に基づいて、実施の形態1との差異を中心に説明する。

実施の形態4の構成図において、実施の形態1と同一あるいは相当部分は、同一の符号を付している。

なお、実施の形態1と区別するために、部分放電検出装置203、面電流センサ300、303、演算処理部400、401、表示部501としている。

[0071] 実施の形態4の部分放電検出装置203の構成を説明する。

部分放電検出装置203は、面電流センサ300、303、演算処理部400、401および表示部501を備える。

実施の形態4の部分放電検出装置203は、同じ仕様、例えば実施の形態1で説明した面電流センサ300を2個使用することを想定している。面電流センサ300と面電流センサ303は、同じ仕様であるが、説明をわかりやすくするために異なる符番号としている。演算処理部400、401につ

いても、同じ仕様であるが、説明をわかりやすくするために異なる符番号としている。

[0072] 面電流センサ300、303は、電力機器100の内部で発生する部分放電により電力機器100の外部表面に生じる面電流が発生させる電磁界を検出する。

演算処理部400は、面電流センサ300が検出した信号を受けて、面電流発生の有無を判定する。さらに、演算処理部400は、面電流の到来方向を推定するとともに、電力機器100の内部で部分放電が発生したかどうかを判別する。

演算処理部401は、面電流センサ303が検出した信号を受けて、面電流発生の有無を判定する。さらに、演算処理部401は、面電流の到来方向を推定するとともに、電力機器100の内部で部分放電が発生したかどうかを判別する。

表示部501は、演算処理部400、401の判定結果、推定結果および判別結果を表示するとともに、必要な場合、警報を発信する。

[0073] 電力機器100内部で生じた部分放電により放射される電磁波は、電気的な開口部を通して漏洩し、放射上に伝搬する。またこの電磁波は、筐体表面では面電流を形成しながら伝搬していく。

このため、表示部501において、演算処理部400、401が推定した面電流の到来方向を結ぶことで、特に強い電磁波を放射している電力機器100の開口部を特定することができる。この結果、電力機器100内部における電気絶縁上の異常箇所である部分放電の発生箇所を推定することが可能となる。

また、演算処理部400、401が推定した面電流の到来方向が電力機器100の開口部ではない場合は、面電流センサ300、303が検出した信号は外部電磁界によるものと判断することができる。

なお、以上の説明では、演算処理部400、401が推定した結果を受けて、表示部501が更なる解析を行ったが、この解析を演算処理部400、

401のいずれかで行うこともできる。

[0074] 実施の形態4では、図11で示したように2個の面電流センサ300、303、および2個の演算処理部400、401を備えた構成を説明したが、これより多い個数の面電流センサ、演算処理部を備えることが望ましい。

[0075] 以上説明したように、実施の形態4の部分放電検出装置は、同じ仕様の面電流センサを複数備えたものである。

したがって、実施の形態4の部分放電検出装置は、面電流センサの設置環境および信号ケーブルの設置方法による検出感度の変動を抑制することができ、電磁波の到来方向の推定精度を向上させることができる。さらに実施の形態4の部分放電検出装置は、電力機器内部における部分放電の発生する電気絶縁上の異常箇所を推定することができる。

[0076] 実施の形態5.

実施の形態5の部分放電検出装置は、異なる寸法の面電流センサを複数備えたものである。

[0077] 実施の形態5の部分放電検出装置について、部分放電検出装置の構成図である図12および面電流センサの断面図である図13に基づいて、実施の形態1との差異を中心に説明する。

実施の形態5の構成図において、実施の形態1と同一あるいは相当部分は、同一の符号を付している。

なお、実施の形態1と区別するために、部分放電検出装置204、面電流センサ300、304、演算処理部400、402、表示部502としている。

[0078] 実施の形態5の部分放電検出装置204の構成を説明する。

部分放電検出装置204は、面電流センサ300、304、演算処理部400、402および表示部502を備える。

実施の形態5の部分放電検出装置204は、例えば実施の形態1で説明した面電流センサ300と、面電流センサ300とは異なる寸法の面電流センサ304を使用することを想定している。演算処理部400、402につい

ては、機能的には同じであるが、説明をわかりやすくするために、異なる番号としている。

[0079] 面電流センサ300、304は、電力機器100の内部で発生する部分放電により電力機器100の外部表面に生じる面電流が発生させる電磁界を検出する。

演算処理部400は、面電流センサ300が検出した信号を受けて、面電流発生の有無を判定する。さらに、演算処理部400は、面電流の到来方向を推定するとともに、電力機器100の内部で部分放電が発生したかどうかを判別する。

演算処理部402は、面電流センサ304が検出した信号を受けて、面電流発生の有無を判定する。さらに、演算処理部402は、面電流の到来方向を推定するとともに、電力機器100の内部で部分放電が発生したかどうかを判別する。

表示部502は、演算処理部400、402の判定結果、推定結果および判別結果を表示するとともに、必要な場合、警報を発信する。

[0080] 次に、面電流センサ304の構造および機能について、面電流センサ304の断面図である図13に基づいて説明する。

面電流センサ304は、金属製の上部電極51と下部電極52とを備え、その間に絶縁スペーサ53が介在している。

面電流センサ304は、信号端子4、信号端子5を備える。信号端子4、5の信号線は、結合線54、55を介して上部電極1に接続され、接地外皮は下部電極2に接続されている。信号端子4に同軸ケーブル6が接続され、信号端子5に同軸ケーブル7が接続されている。

[0081] 本実施の形態5の面電流センサ304は、実施の形態1の面電流センサ300とは寸法が異なる。具体的には、面電流センサ304の幅は、面電流センサ300に比較して大きくなっている。

[0082] 先に説明したように、面電流センサ304の検出周波数特性は主に結合線54、55のインダクタンスL1、L2と絶縁スペーサのキャパシタンスC

により変化する。

図13に示したように面電流センサ304の幅を変えることで、絶縁スペーサ53のキャパシタンスCが増加し、LC共振周波数は高くなる。したがって、面電流センサ304は面電流センサ300に対して、より高周波帯域の面電流に対し高感度となる。

[0083] また、幅を変える以外にも面電流センサ304の寸法を変えることで、この検出周波数特性は制御できる。インダクタンスL1、L2は、結合線54、55の長さを変える以外に線の幅を変更すること、また複数本使用することで制御できる。

キャパシタンスCは、絶縁スペーサ53の厚さを変更するほか、面積を変更することで制御できる。

また、実施の形態2、3で説明したように、絶縁スペーサ53の材料を変更して、透磁率、誘電率を変えることでインダクタンスL1、L2、およびキャパシタンスCを制御することができる。

[0084] 以上説明したように、インダクタンスL1、L2、およびキャパシタンスCを制御して、LC共振周波数を変えることで、面電流センサ304の検出周波数特性を変えることができる。

[0085] 電力機器100の内部で生じる絶縁欠陥により部分放電が発生するが、部分放電電流の有する周波数成分は絶縁不良の種類によって異なる。例えば、SF6ガス中の放電であれば、より高周波成分を多く含む。これに対して、乾燥空気、大気中あるいは絶縁物中の放電であれば、SF6ガス中の放電より低周波成分を多く含む。また放電箇所がガス空間中か、絶縁物沿面で生じるものかによっても周波数成分に影響する。

[0086] したがって、異なる検出周波数特性を備える面電流センサ300、304を備えた部分放電検出装置204を使用することで、幅広い絶縁欠陥の種別を検出することが可能になる。さらに、どの周波数成分が強いかを把握することで、どのような絶縁欠陥が発生しているかを推定することも可能になる。

[0087] 実施の形態5では、図12で示したように2個の面電流センサ300、304、および2個の演算処理部400、402を備えた構成を説明したが、これより多い個数の面電流センサ、演算処理部を備えることが望ましい。

[0088] 以上説明したように、実施の形態5の部分放電検出装置は、異なる寸法の面電流センサを複数備えたものである。

したがって、実施の形態5の部分放電検出装置は、面電流センサの設置環境および信号ケーブルの設置方法による検出感度の変動を抑制することができ、電磁波の到来方向の推定精度を向上させることができる。さらに実施の形態5の部分放電検出装置は、電力機器内部における絶縁欠陥の種別を推定することができる。

[0089] 実施の形態6.

実施の形態6の部分放電検出装置は、異なる材料からなる絶縁スペーサを用いた面電流センサを複数備えたものである。

[0090] 実施の形態6の部分放電検出装置について、部分放電検出装置の構成図である図14に基づいて、実施の形態1との差異を中心に説明する。なお、適宜、実施の形態2の図9、実施の形態3の図10を参照する。

実施の形態6の構成図において、実施の形態1と同一あるいは相当部分は、同一の符号を付している。

なお、実施の形態1と区別するために、部分放電検出装置205、面電流センサ301、302、演算処理部403、404、表示部503としている。

[0091] 実施の形態6の部分放電検出装置205の構成を説明する。

部分放電検出装置205は、面電流センサ301、302、演算処理部403、404および表示部503を備える。

実施の形態6の部分放電検出装置205は、例えば実施の形態2で説明した高透磁率材料の絶縁スペーサを用いた面電流センサ301と、高誘電率材料の絶縁スペーサを用いた面電流センサ302とを使用することを想定している。演算処理部403、404については、機能的には同じであるが、説

明をわかりやすくするために、異なる符番号としている。

[0092] 面電流センサ301、302は、電力機器100の内部で発生する部分放電により電力機器100の外部表面に生じる面電流が発生させる電磁界を検出する。

演算処理部403は、面電流センサ301が検出した信号を受けて、面電流発生の有無を判定する。さらに、演算処理部403は、面電流の到来方向を推定するとともに、電力機器100の内部で部分放電が発生したかどうかを判別する。

演算処理部404は、面電流センサ302が検出した信号を受けて、面電流発生の有無を判定する。さらに、演算処理部404は、面電流の到来方向を推定するとともに、電力機器100の内部で部分放電が発生したかどうかを判別する。

表示部503は、演算処理部403、404の判定結果、推定結果および判別結果を表示するとともに、必要な場合、警報を発信する。

[0093] 先に説明したように、面電流センサ301、302の検出周波数特性は主に結合線34、35のインダクタンスL1、L2と絶縁スペーサのキャパシタンスCにより変化する。

また、インダクタンスL1、L2、およびキャパシタンスCを制御して、LC共振周波数を変えることで、面電流センサ304の検出周波数特性を変えることができる。

[0094] 電力機器100の内部で生じる絶縁欠陥により部分放電が発生するが、部分放電電流の有する周波数成分は絶縁不良の種類によって異なる。例えば、SF6ガス中の放電であれば、より高周波成分を多く含む。これに対して、乾燥空気、大気中あるいは絶縁物中の放電であれば、SF6ガス中の放電より低周波成分を多く含む。また放電箇所がガス空間中か、絶縁物沿面で生じるものかによっても周波数成分に影響する。

[0095] したがって、異なる検出周波数特性を備える面電流センサ301、302を備えた部分放電検出装置205を使用することで、幅広い絶縁欠陥の種別

を検出することが可能になる。さらに、どの周波数成分が強いかを把握することで、どのような絶縁欠陥が発生しているかを推定することも可能になる。

[0096] 実施の形態6では、図14で示したように2個の面電流センサ301、302、および2個の演算処理部403、404を備えた構成を説明したが、これより多い個数の面電流センサ、演算処理部を備えることが望ましい。

[0097] 以上説明したように、実施の形態6の部分放電検出装置は、異なる材料からなる絶縁スペーサを用いた面電流センサを複数備えたものである。

したがって、実施の形態6の部分放電検出装置は、面電流センサの設置環境および信号ケーブルの設置方法による検出感度の変動を抑制することができ、電磁波の到来方向の推定精度を向上させることができる。さらに実施の形態6の部分放電検出装置は、電力機器内部における絶縁欠陥の種別を推定することができる。

[0098] 本願は、様々な例示的な実施の形態及び実施例が記載されているが、1つ、または複数の実施の形態に記載された様々な特徴、態様、及び機能は特定の実施の形態の適用に限られるものではなく、単独で、または様々な組合せで実施の形態に適用可能である。

従って、例示されていない無数の変形例が、本願に開示される技術の範囲内において想定される。例えば、少なくとも1つの構成要素を変形する場合、追加する場合または省略する場合、さらには、少なくとも1つの構成要素を抽出し、他の実施の形態の構成要素と組み合わせる場合が含まれるものとする。

符号の説明

[0099] 1, 51 上部電極、2, 52 下部電極、3, 31, 32, 33, 41, 53 絶縁スペーサ、4, 5, 9, 10 信号端子、6, 7, 11, 12 同軸ケーブル、21 保護回路、22 フィルタ、23 信号増幅回路、24 面電流検出回路、25 A/D変換器、26 到来方向推定回路、27 内部放電判別回路、34, 35, 54, 55 結合線、37 金属スペー

サ、100 電力機器、101 機器筐体、200, 201, 202, 203, 204, 205 部分放電検出装置、300, 301, 302, 303, 304 面電流センサ、400, 401, 402, 403, 404 演算処理部、500, 501, 502, 503 表示部、R1, R2 抵抗、L1, L2 インダクタンス、C キャパシタンス、Z1, Z2 入力インピーダンス。

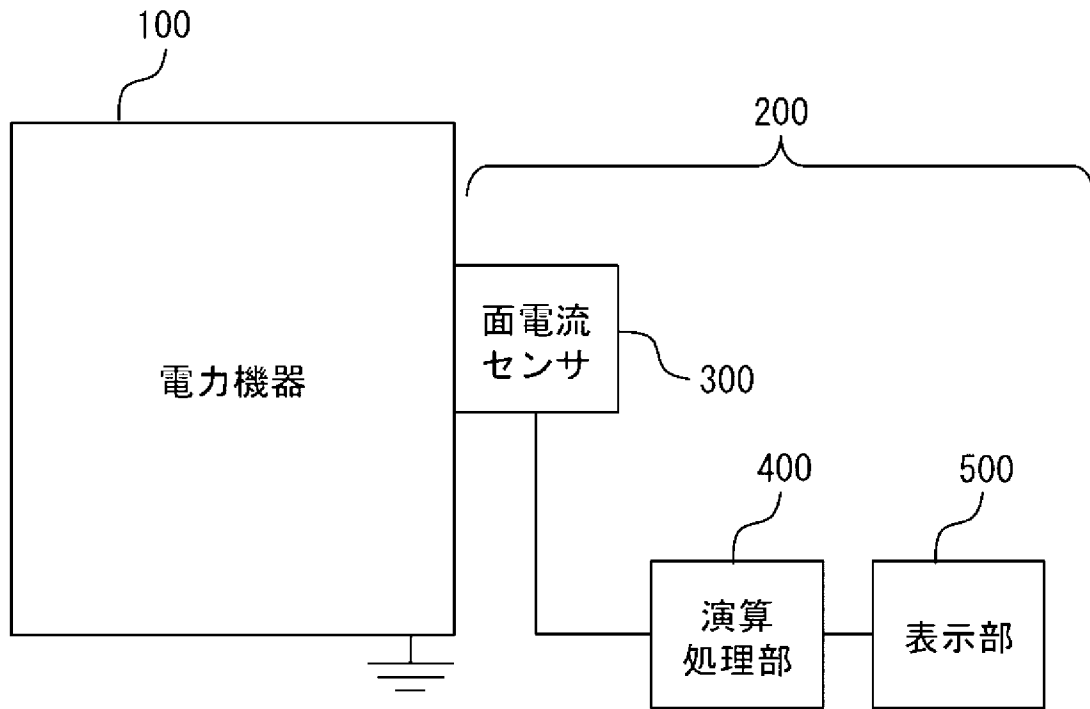
請求の範囲

- [請求項1] 金属製の上部電極および金属製の下部電極と、前記上部電極と前記下部電極との間に介在する絶縁スペーサと、信号線が前記上部電極に接続され、接地外皮が前記下部電極に接続されている信号端子を複数備えた面電流センサと、
前記信号端子の信号出力の強度から検査対象の電力機器の外部表面に面電流が発生したかどうかを判定する面電流検出回路と、
前記信号端子の信号出力の比から前記検査対象の電力機器の外部表面に発生する前記面電流の到来方向を推定する到来方向推定回路と、
前記推定された面電流の到来方向から前記検査対象の電力機器の内部放電の有無を判別する内部放電判別回路と、を備えた部分放電検出装置。
- [請求項2] 高透磁率材料を含む前記絶縁スペーサを用いた請求項1に記載の部分放電検出装置。
- [請求項3] 前記絶縁スペーサに高誘電率材料を用いた請求項1に記載の部分放電検出装置。
- [請求項4] 前記面電流センサを複数備え、前記複数の前記面電流センサの前記信号端子の信号出力を用いて、さらに前記内部放電の発生箇所を推定する請求項1に記載の部分放電検出装置。
- [請求項5] 異なる大きさの前記面電流センサを複数備え、前記面電流センサの前記信号端子の信号出力から、さらに前記検査対象の電力機器の絶縁欠陥の種別を推定する請求項4に記載の部分放電検出装置。
- [請求項6] 異なる材料を用いた前記絶縁スペーサを備えた前記面電流センサを複数備え、前記面電流センサの前記信号端子の信号出力から、さらに前記検査対象の電力機器の絶縁欠陥の種別を推定する請求項4に記載の部分放電検出装置。
- [請求項7] 前記面電流センサの形状は多角形であり、前記多角形の頂部に前記信号端子を備える請求項1に記載の部分放電検出装置。

- [請求項8] 前記面電流センサの形状は四角形であり、
前記面電流センサの四角形の対角線上にある前記信号端子の信号出力に基づいて、前記面電流の到来方向を推定し、前記電力機器の内部放電の有無を判別する請求項7に記載の部分放電検出装置。
- [請求項9] 前記電力機器の内部放電の有無を検査するために、請求項1から請求項8のいずれか1項に記載の部分放電検出装置を前記電力機器の外部表面に設けた電力機器。

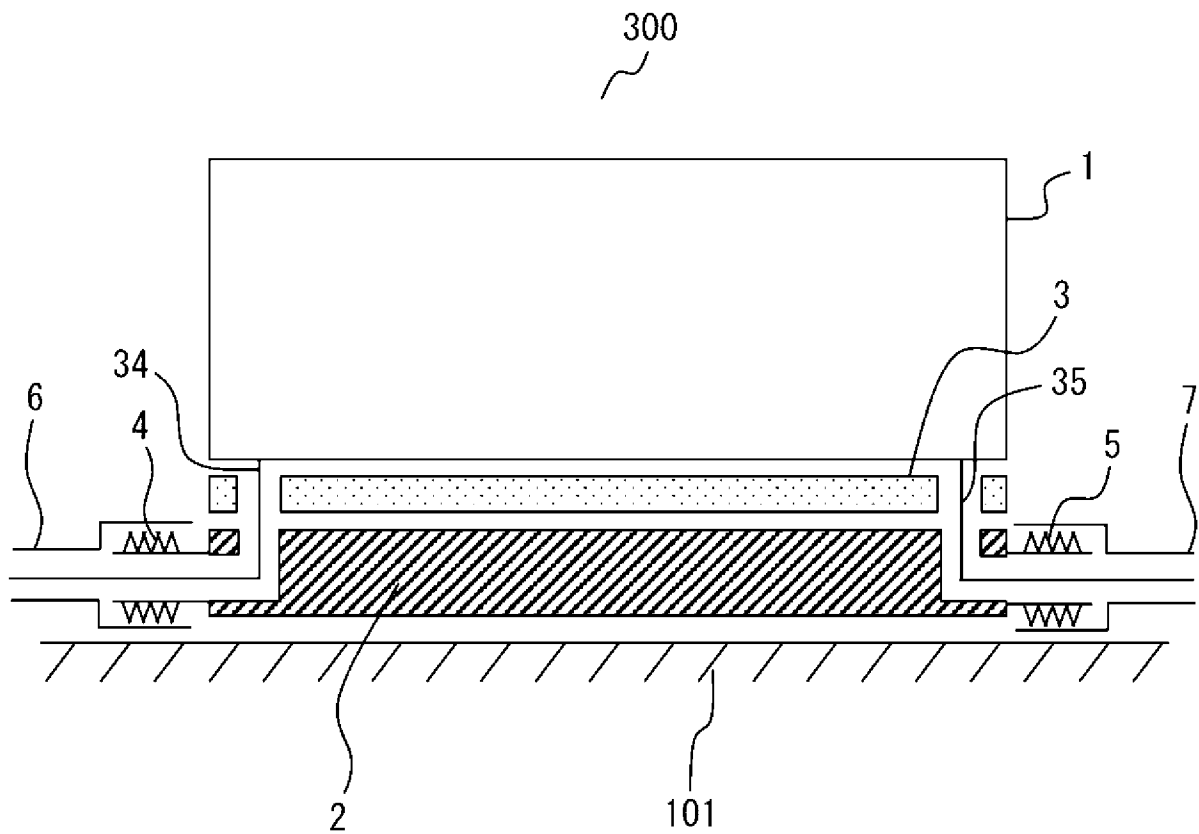
[図1]

図1



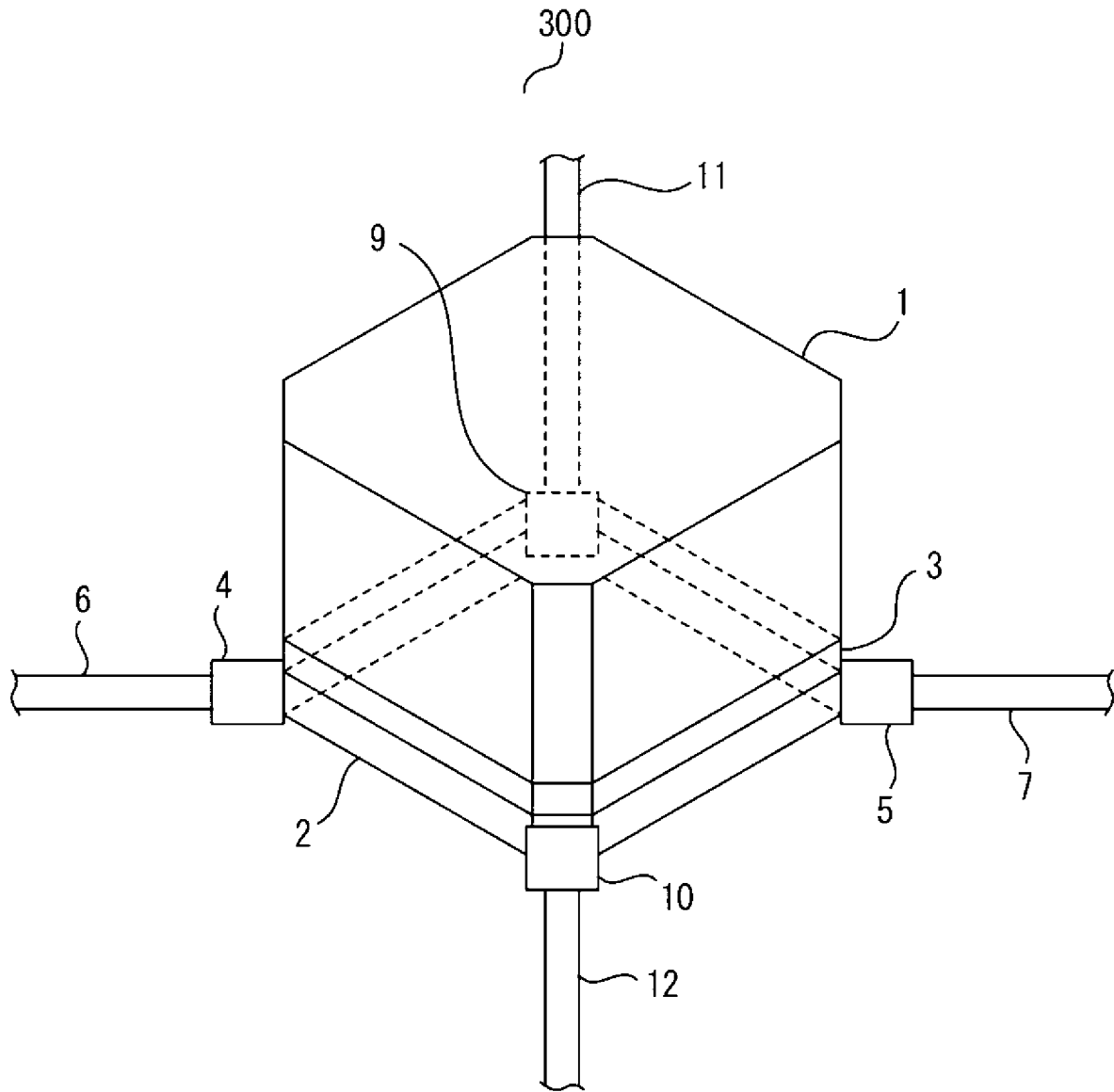
[図2]

図2



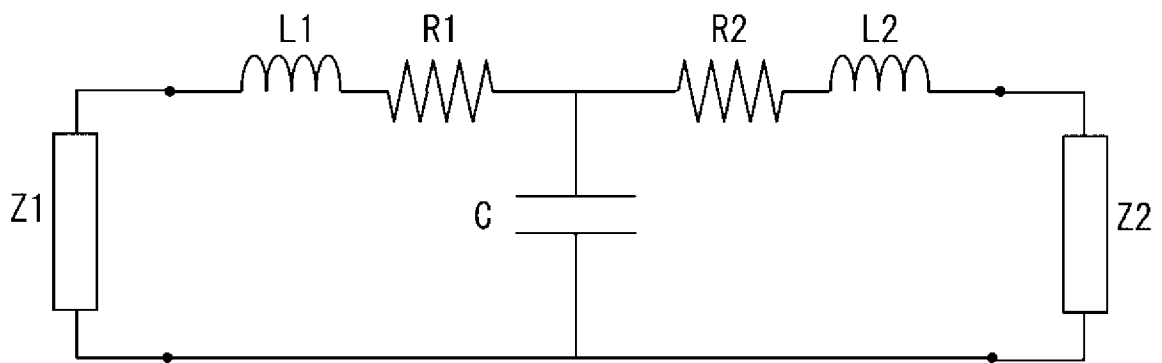
[図3]

図3



[図4]

図4



[圖5]

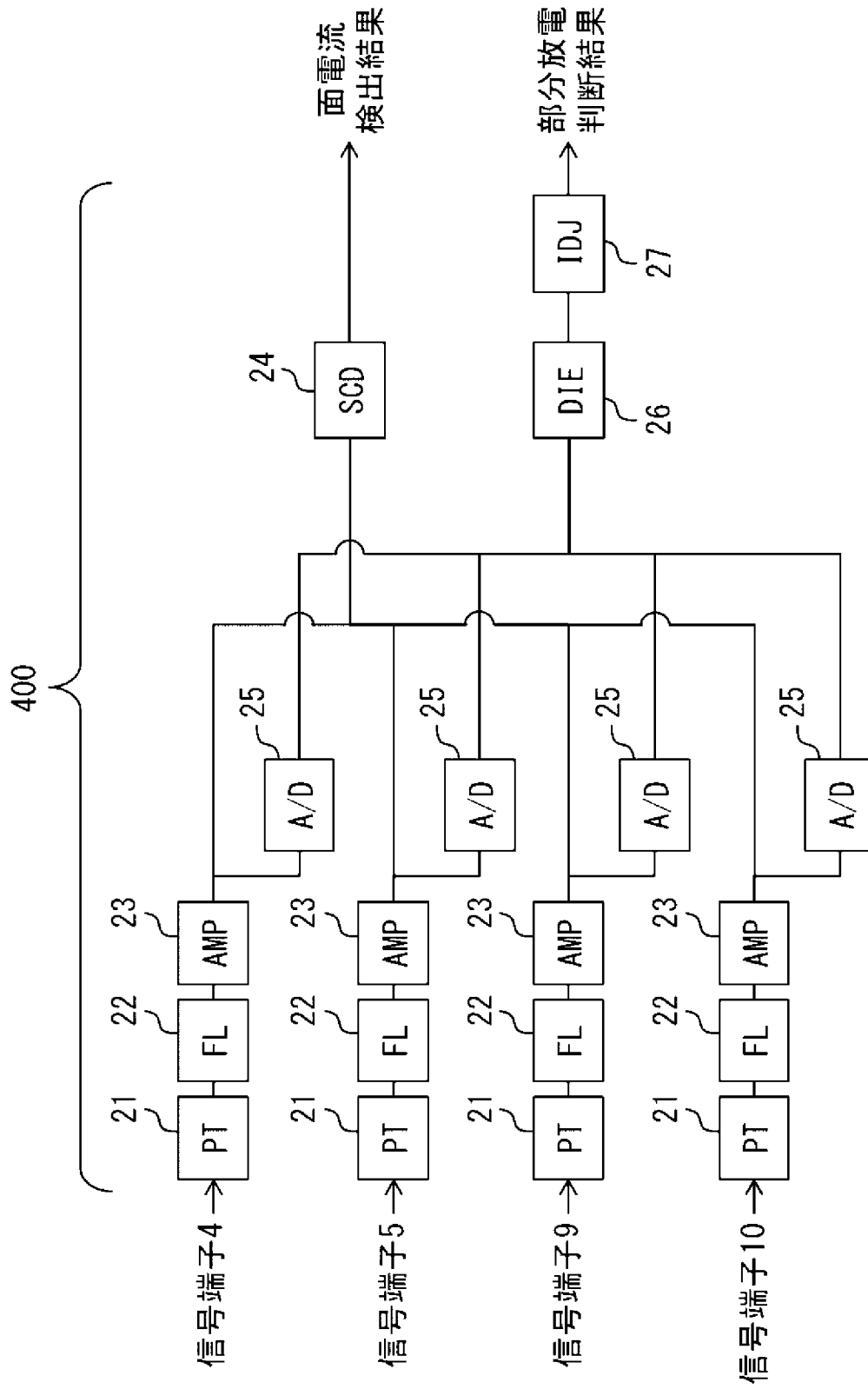


圖5

[図6]

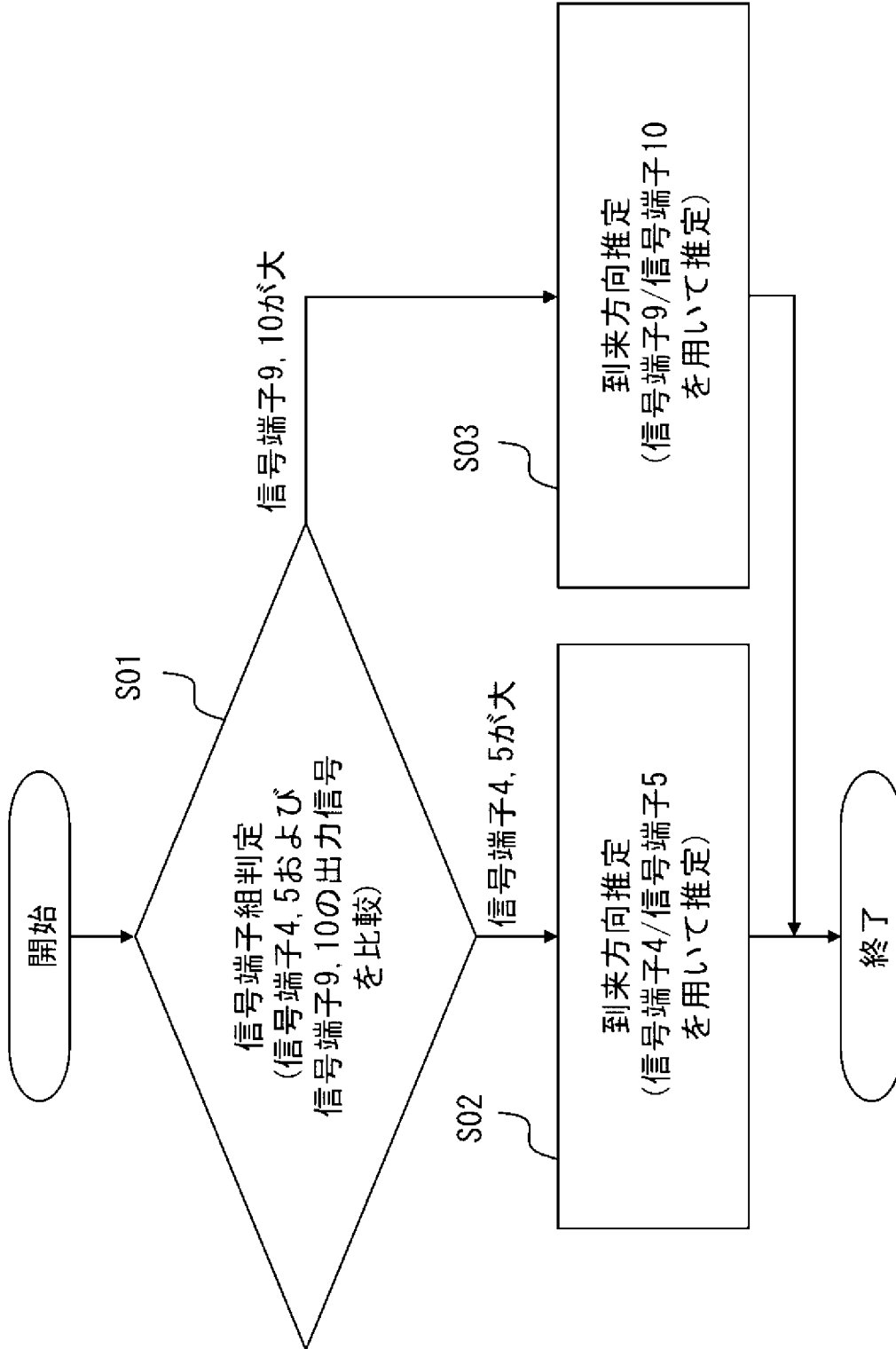
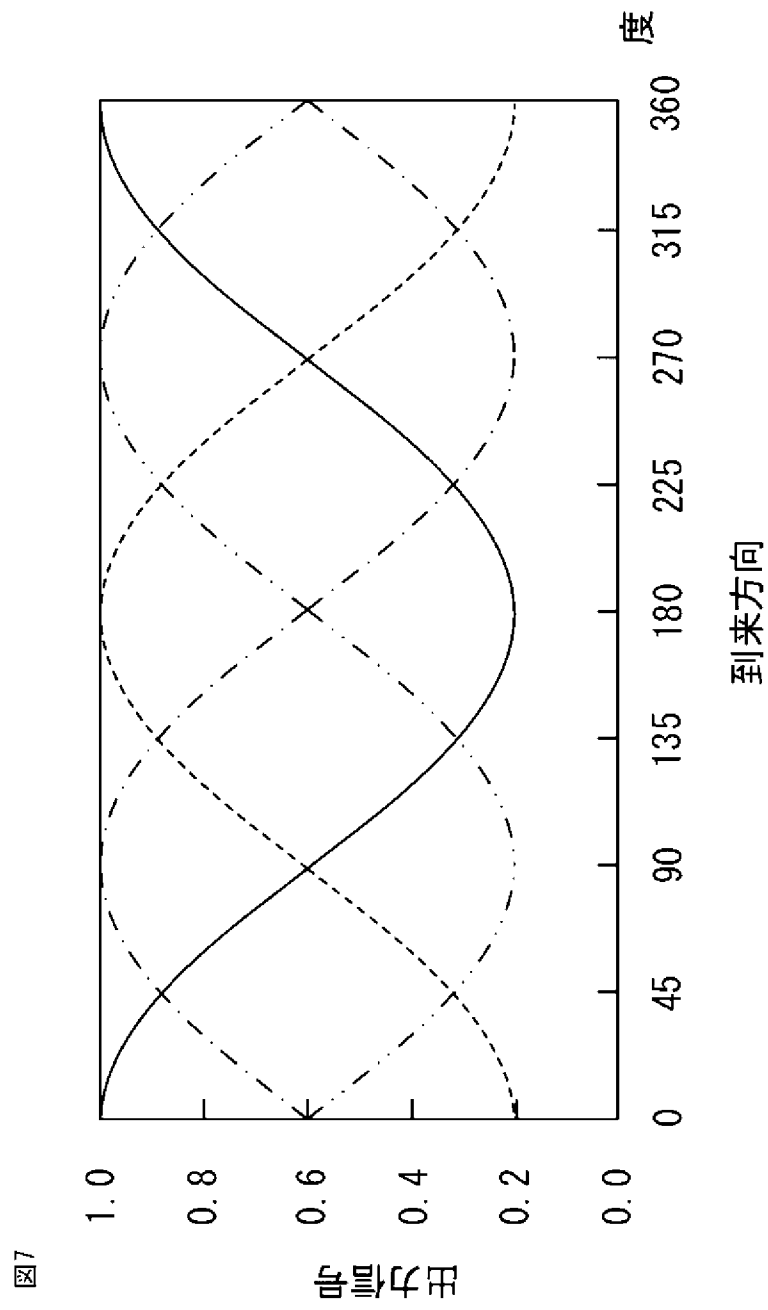


図6

[図7]



[图8]

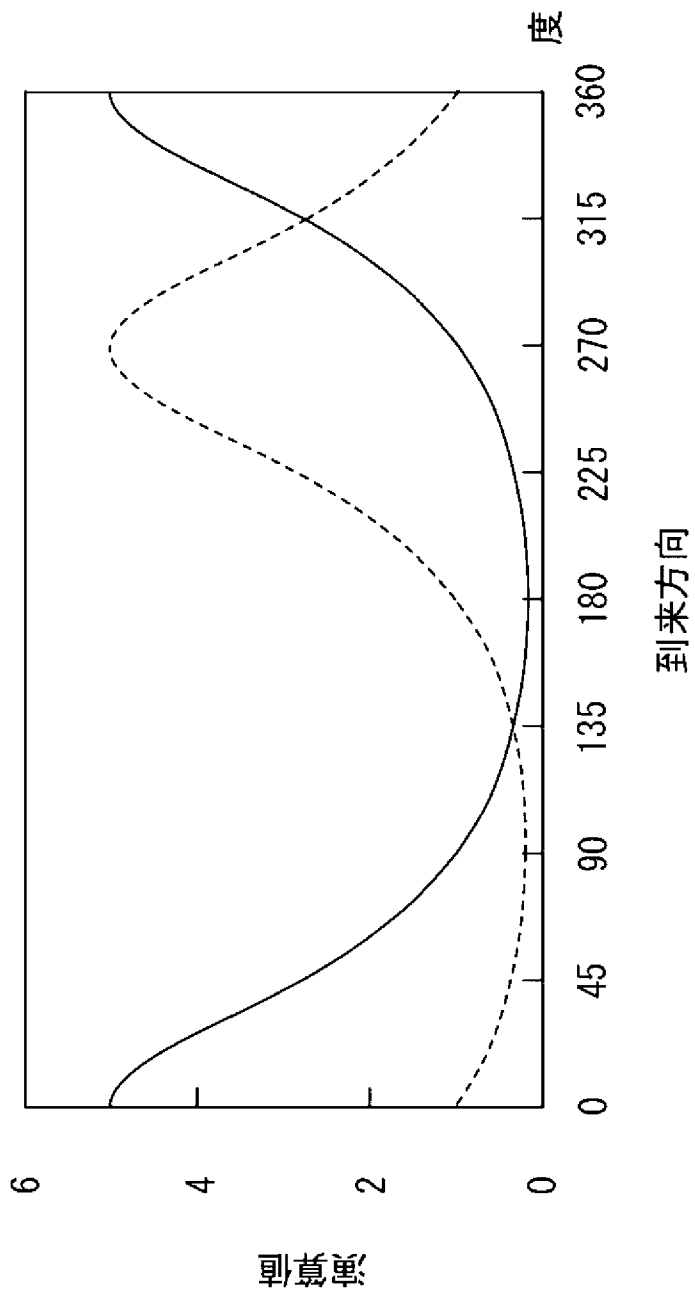
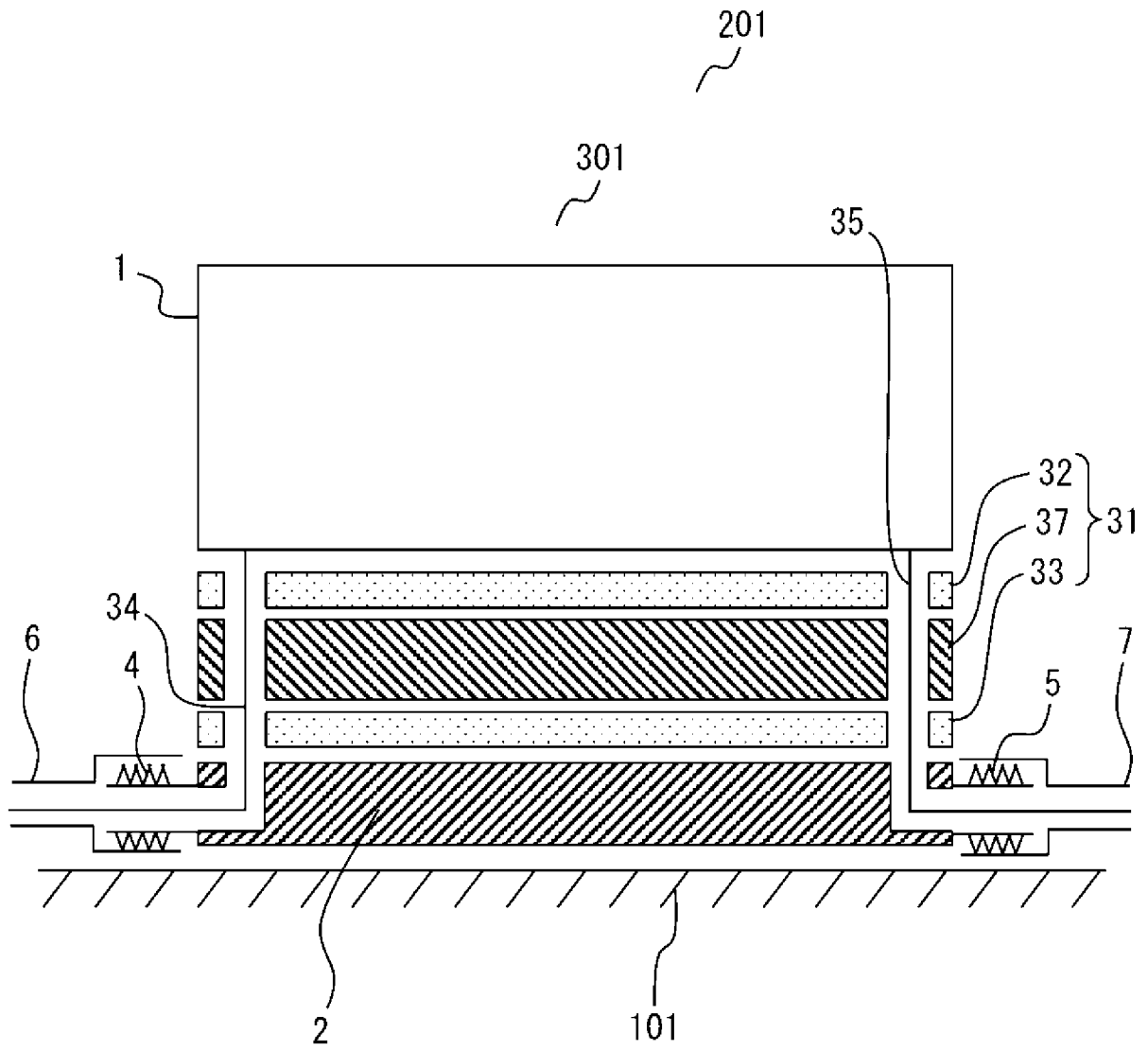


图8

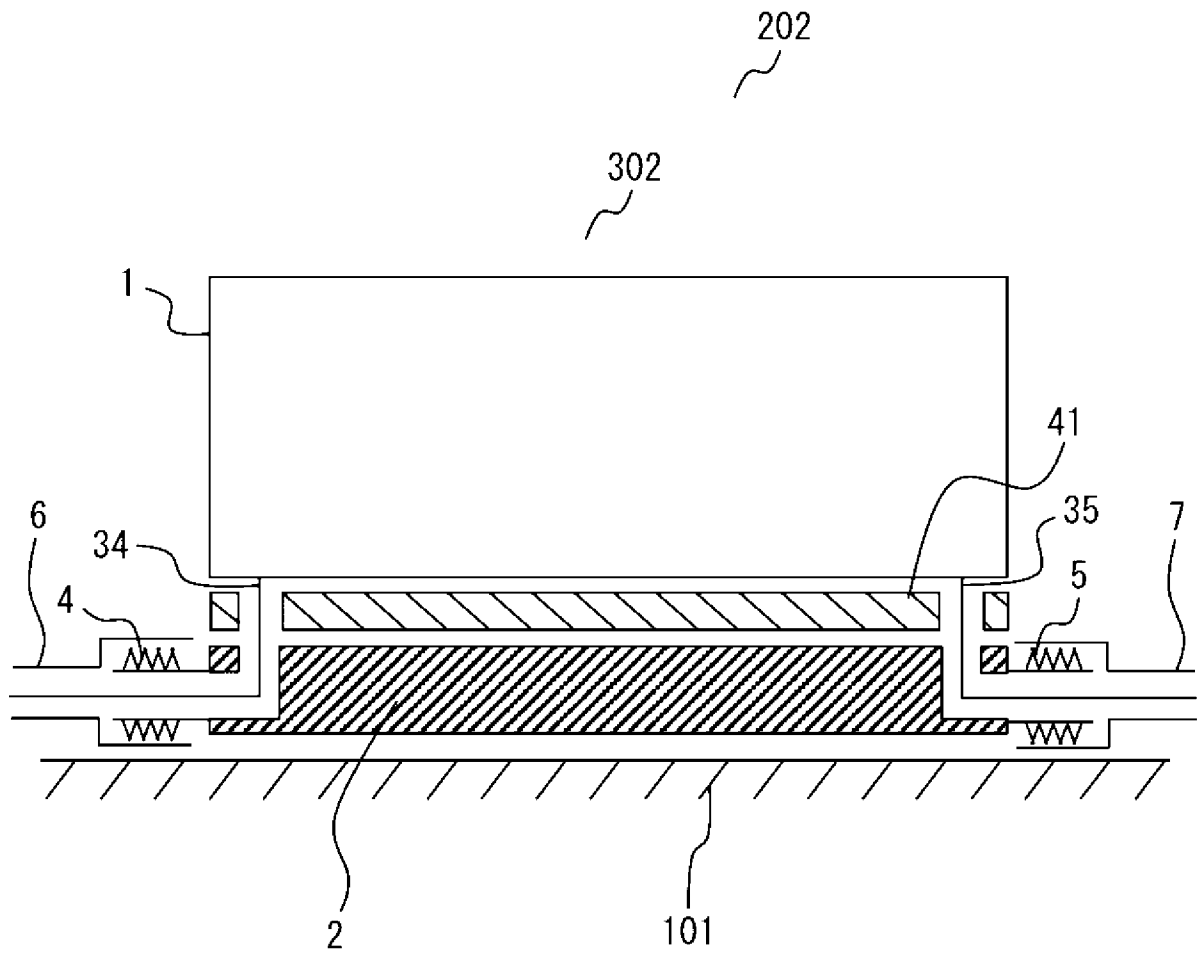
[図9]

図9



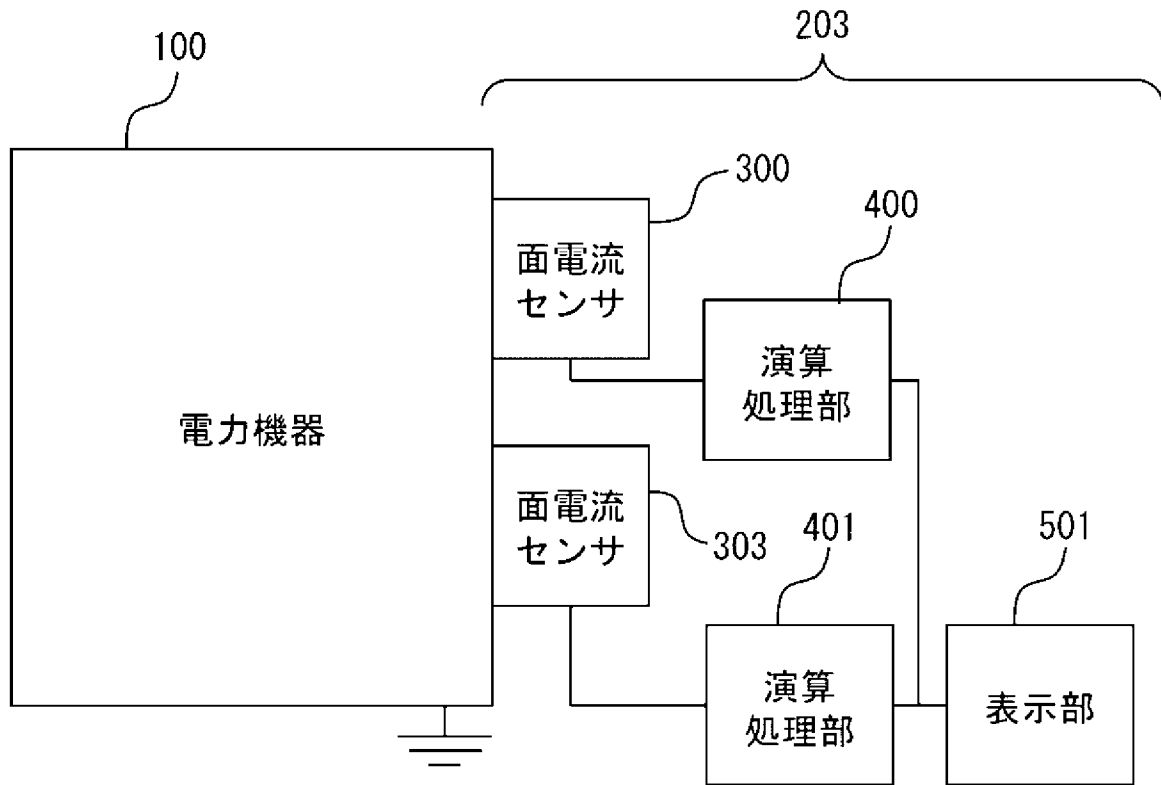
[図10]

図10



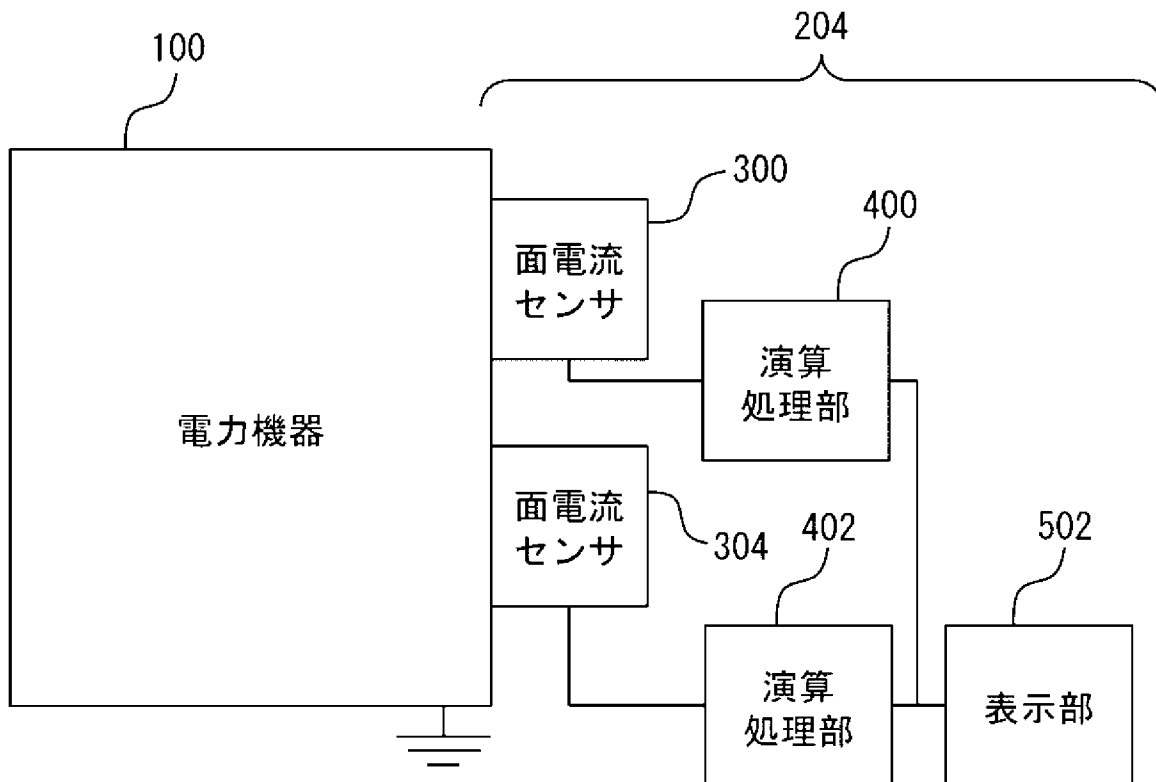
[図11]

図11



[図12]

図12



[图13]

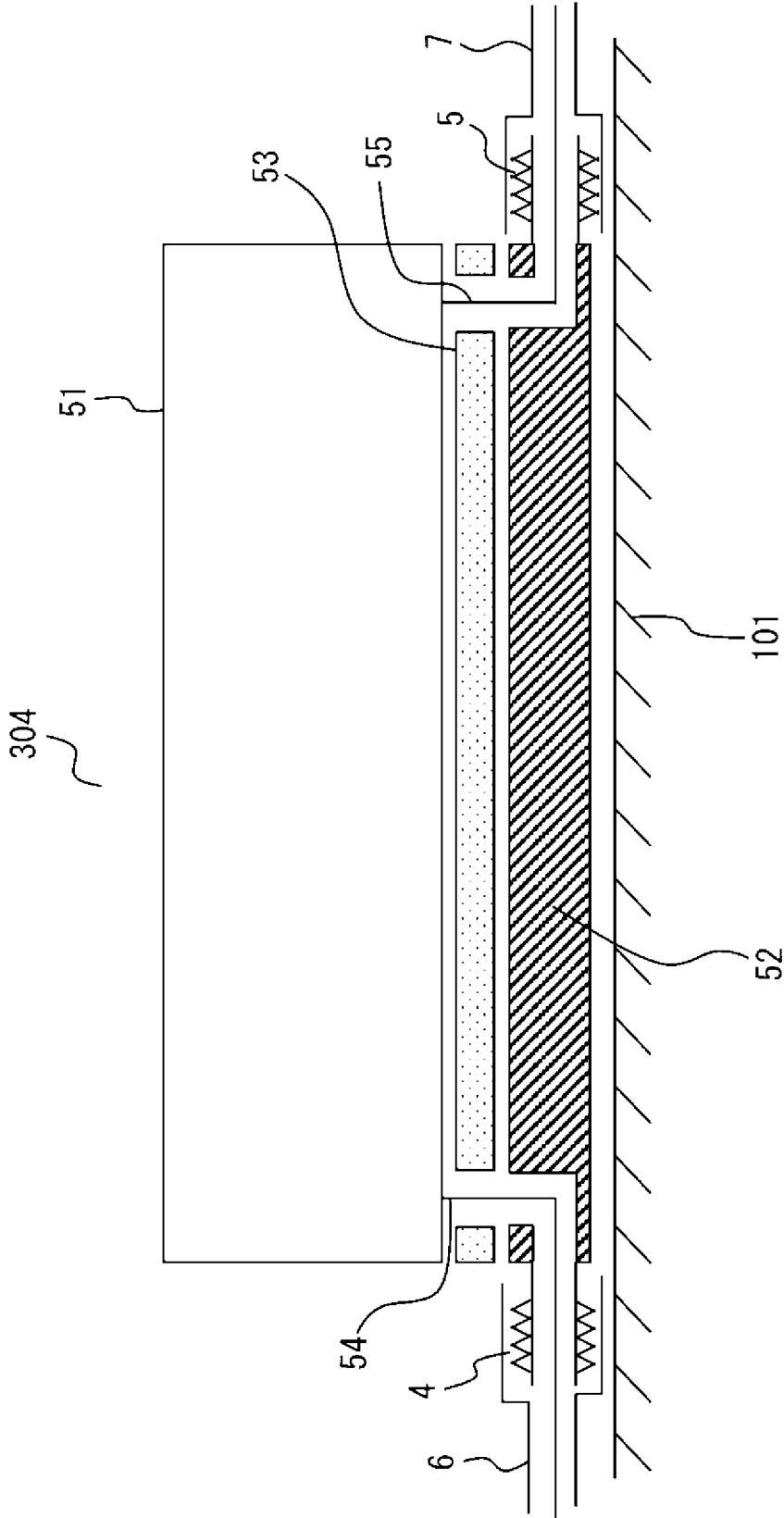
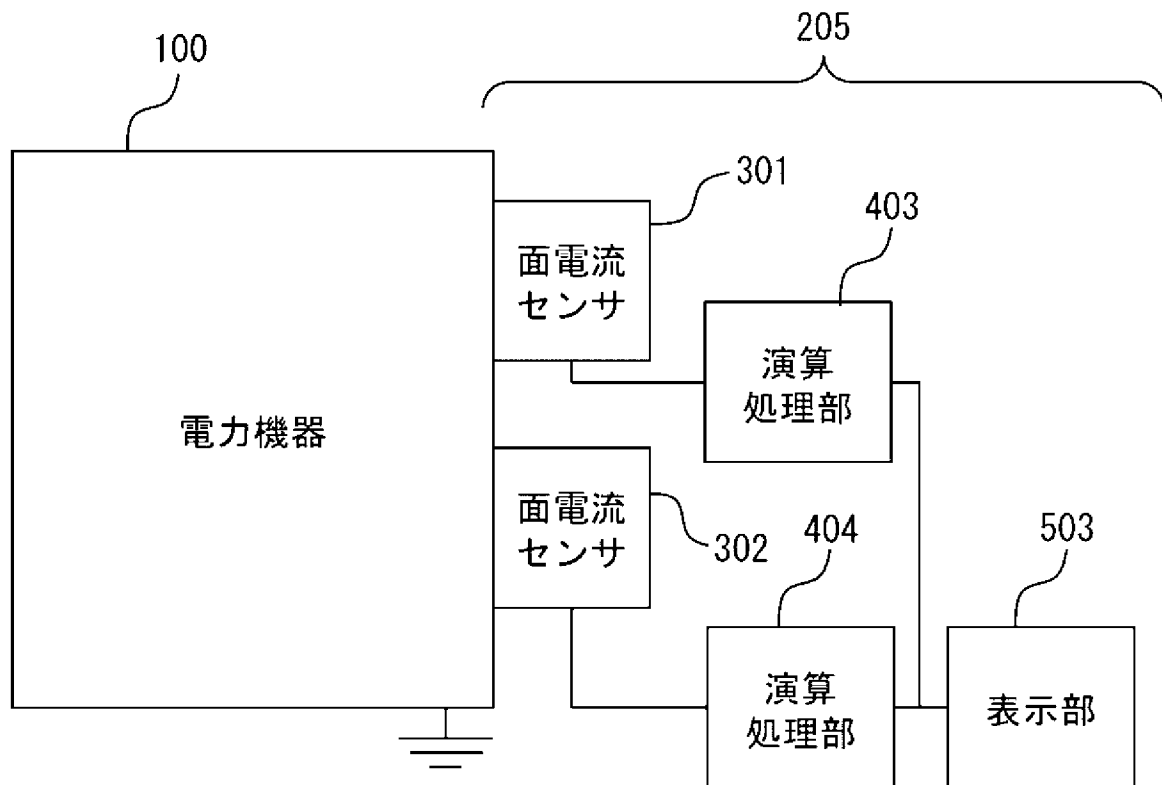


图13

[図14]

図14



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/024709

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 G01R 31/12 (2020.01) i
 FI: G01R31/12 A
 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)
 G01R31/12; G01R31/08; G01R31/50; G01R31/00

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 | 1971-2020 |
| Registered utility model specifications of Japan | 1996-2020 |
| Published registered utility model applications of Japan | 1994-2020 |

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 2012-220208 A (TOSHIBA CORP.) 12 November 2012 (2012-11-12) entire text, all drawings | 1-9 |
| A | JP 2019-219241 A (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 26 December 2019 (2019-12-26) entire text, all drawings | 1-9 |
| A | JP 2010-204020 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 16 September 2010 (2010-09-16) entire text, all drawings | 1-9 |
| A | JP 10-170596 A (HITACHI, LTD.) 26 June 1998 (1998-06-26) entire text, all drawings | 1-9 |
| A | JP 2008-32595 A (JAPAN AE POWER SYSTEMS CORP.) 14 February 2008 (2008-02-14) entire text, all drawings | 1-9 |
| A | JP 2016-194466 A (TOKYO ELECTRIC POWER COMPANY HOLDINGS, INC.) 17 November 2016 (2016-11-17) entire text, all drawings | 1-9 |

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

| | |
|---|--|
| * Special categories of cited documents: | "I" 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 |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance | "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 |
| "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date | "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 |
| "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) | "&" document member of the same patent family |
| "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 | |

| | |
|---|--|
| Date of the actual completion of the international search 04 September 2020 (04.09.2020) | Date of mailing of the international search report 24 September 2020 (24.09.2020) |
|---|--|

| | |
|--|---|
| 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/JP2020/024709

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| A | US 2019/0056447 A1 (PRYSMIAN S.P.A.) 21 February 2019 (2019-02-21) entire text, all drawings | 1-9 |
| E, A | JP 2020-112578 A (TOSHIBA CORP.) 27 July 2020 (2020-07-27) entire text, all drawings | 1-9 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application no.
PCT/JP2020/024709

| Patent Documents referred in the Report | Publication Date | Patent Family | Publication Date |
|---|------------------|--|------------------|
| JP 2012-220208 A | 12 Nov. 2012 | (Family: none) | |
| JP 2019-219241 A | 26 Dec. 2019 | (Family: none) | |
| JP 2010-204020 A | 16 Sep. 2010 | (Family: none) | |
| JP 10-170596 A | 26 Jun. 1998 | US 5982181 A entire text, all drawings KR 10-2006-0086502 A CN 1184940 A | |
| JP 2008-32595 A | 14 Feb. 2008 | (Family: none) | |
| JP 2016-194466 A | 17 Nov. 2016 | (Family: none) | |
| US 2019/0056447 A1 | 21 Feb. 2019 | WO 2017/144091 A1 entire text, all drawings CA 3013373 A1 CN 108713151 A | |
| JP 2020-112578 A | 27 Jul. 2020 | (Family: none) | |

| A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01R 31/12(2020.01)i FI: G01R31/12 A | | |
|--|--|----------------|
| 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）） G01R31/12; G01R31/08; G01R31/50; G01R31/00 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 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020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 2012-220208 A (株式会社東芝) 12.11.2012 (2012-11-12) 全文, 全図 | 1-9 |
| A | JP 2019-219241 A (富士電機株式会社) 26.12.2019 (2019-12-26) 全文, 全図 | 1-9 |
| A | JP 2010-204020 A (三菱電機株式会社) 16.09.2010 (2010-09-16) 全文, 全図 | 1-9 |
| A | JP 10-170596 A (株式会社日立製作所) 26.06.1998 (1998-06-26) 全文, 全図 | 1-9 |
| A | JP 2008-32595 A (株式会社日本A E パワーシステムズ) 14.02.2008 (2008-02-14) 全文, 全図 | 1-9 |
| A | JP 2016-194466 A (東京電力ホールディングス株式会社) 17.11.2016 (2016-11-17) 全文, 全図 | 1-9 |
| A | US 2019/0056447 A1 (PRYSMIAN S.P.A.) 21.02.2019 (2019-02-21) 全文, 全図 | 1-9 |
| <input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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抵触するものではなく、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 04.09.2020 | 国際調査報告の発送日 24.09.2020 | |
| 名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号 | 権限のある職員（特許庁審査官） 永井 皓喜 2S 5701 電話番号 03-3581-1101 内線 3216 | |

| 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 |
| E, A | JP 2020-112578 A (株式会社東芝) 27.07.2020 (2020 - 07 - 27) 全文, 全図 | 1-9 |

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/024709

| 引用文献 | 公表日 | パテントファミリー文献 | 公表日 |
|--------------------|------------|--|-----|
| JP 2012-220208 A | 12.11.2012 | (ファミリーなし) | |
| JP 2019-219241 A | 26.12.2019 | (ファミリーなし) | |
| JP 2010-204020 A | 16.09.2010 | (ファミリーなし) | |
| JP 10-170596 A | 26.06.1998 | US 5982181 A 全文, 全図 KR 10-2006-0086502 A CN 1184940 A | |
| JP 2008-32595 A | 14.02.2008 | (ファミリーなし) | |
| JP 2016-194466 A | 17.11.2016 | (ファミリーなし) | |
| US 2019/0056447 A1 | 21.02.2019 | WO 2017/144091 A1 全文, 全図 CA 3013373 A1 CN 108713151 A | |
| JP 2020-112578 A | 27.07.2020 | (ファミリーなし) | |