

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2016年5月6日(06.05.2016)

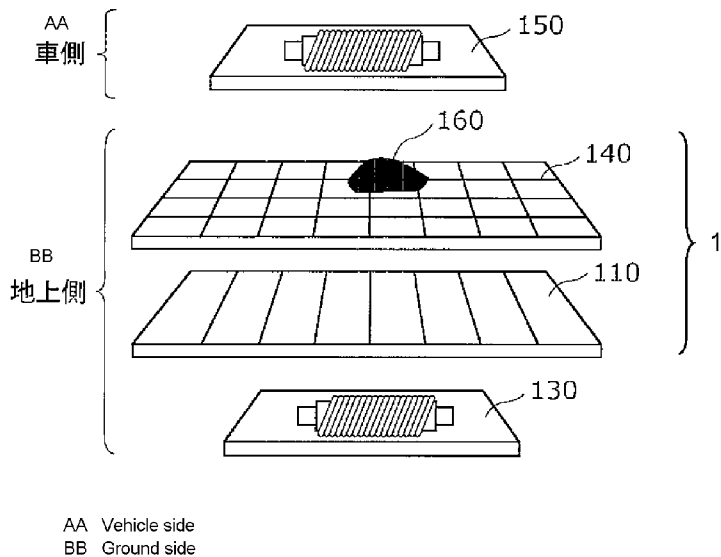


(10) 国際公開番号  
WO 2016/067575 A1

- (51) 国際特許分類:  
H02J 50/00 (2016.01) G01R 33/02 (2006.01)
  - (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/005336
  - (22) 国際出願日: 2015年10月23日(23.10.2015)
  - (25) 国際出願の言語: 日本語
  - (26) 国際公開の言語: 日本語
  - (30) 優先権データ:  
特願 2014-223730 2014年10月31日(31.10.2014) JP
  - (71) 出願人: パナソニックIPマネジメント株式会社 (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5406207 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号 Osaka (JP).
  - (72) 発明者: 安達 和広(ADACHI, Kazuhiro).
  - (74) 代理人: 藤井 兼太郎, 外(FUJII, Kentaro et al.); 〒5406207 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号パナソニックIPマネジメント株式会社内 Osaka (JP).
  - (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
  - (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロアジア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:  
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: FOREIGN MATTER DETECTION DEVICE

(54) 発明の名称: 異物検出装置



100

(57) Abstract: This foreign matter detection device is mounted to a non-contact power supply system that supplies power in a non-contact manner from a power supply unit to a power reception unit. The foreign matter detection device comprises a magnetic field sensor and a magnetic field generation unit. The magnetic field sensor detects a magnetic flux amount that is changed by foreign matter present between the power supply unit and the power reception unit. The magnetic field generation unit comprises magnetic field generation coil units that are provided separately to the power supply unit and the power reception unit. The magnetic field generation unit generates a magnetic field for driving the magnetic field sensor.

(57) 要約: 異物検出装置は、給電部から受電部へ非接触で給電を行なう非接触給電システムに搭載される。この異物検出装置は、磁界センサと、磁界発生部とを有する。磁界センサは、給電部と受電部との間に存在する異物により変化する磁束量を検出する。磁界発生部は、給電部および受電部とは別に設けられ、磁界発生コイルユニットを有し、磁界センサを駆動するための磁界を発生させる。

WO 2016/067575 A1

## 明 細 書

**発明の名称**：異物検出装置

### 技術分野

[0001] 本開示は、異物検出装置に関する。

### 背景技術

[0002] 非接触給電システムは、給電側からの交流電流を電磁誘導により受電側で非接触受電するシステムであり、地上側から駐車中の駆動モータに非接触で電力を供給するシステムへの適用が検討されている。

[0003] 特に、移動体への給電方式として適用される非接触給電システムでは、非接触給電システム内に混入した異物が発熱体となる問題がある。具体的には、給電コイルと受電コイルとの間に異物が混入すると、当該異物を通過する磁束により金属および磁性体などの異物が発熱する場合がある。

[0004] 特許文献1では、検知コイルの近くに存在する異物を、センサを新たに設けることなく検知する異物検出装置が開示されている。具体的には、異物によって変化する検知コイルの電気的変化を検出することで異物の有無を判定している。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0005] 特許文献1：特開2013-192391号公報

### 発明の概要

[0006] 本開示は、外部磁界環境に依存せずに高い異物検出感度を有する異物検出装置を提供する。

[0007] 本開示の一形態に係る異物検出装置は、給電部から受電部へ非接触で給電を行なう非接触給電システムに搭載される。この異物検出装置は、磁界センサと、磁界発生部とを有する。磁界センサは、給電部と受電部との間に存在する異物により変化する磁束量を検出する。磁界発生部は、給電部および受電部とは別に設けられ、磁界発生コイルユニットを有し、磁界センサを駆動

するための磁界を発生させる。

[0008] 本開示の異物検出装置は、給電部および受電部とは別に設けられた磁界発生部により磁界センサを駆動するので、外部磁界環境に依存せずに高い異物検出感度を有することができる。

### 図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施の形態に係る異物検出装置を含む非接触給電装置の概略構成図である。

[図2]発電コイルと磁界発生コイルとの関係の一例を表す図である。

[図3]実施の形態に係る磁界発生コイルと給電コイルとの配置関係の一例を示す図である。

[図4A]実施の形態に係る磁界発生コイルの形状の一例を示す平面図である。

[図4B]実施の形態の変形例1に係る磁界発生コイルの形状を示す平面図である。

[図5A]実施の形態の変形例2に係る磁界発生コイルの形状を示す平面図である。

[図5B]実施の形態の変形例3に係る磁界発生コイルの形状を示す平面図である。

[図5C]実施の形態の変形例4に係る磁界発生コイルの形状を示す平面図である。

[図6A]実施の形態の変形例5に係る磁界発生コイルの形状を示す平面図である。

[図6B]実施の形態の変形例6に係る磁界発生コイルの形状を示す平面図である。

[図7A]実施の形態の変形例7に係る磁界発生コイルの形状を示す平面図である。

[図7B]実施の形態の変形例8に係る磁界発生コイルの形状を示す平面図である。

[図8A]実施の形態の変形例9に係る磁界発生コイルの形状を示す平面図であ

る。

[図8B]実施の形態の変形例10に係る磁界発生コイルの形状を示す平面図である。

[図9A]実施の形態の変形例11に係る磁界発生コイルの形状を示す平面図である。

[図9B]実施の形態の変形例12に係る磁界発生コイルの形状を示す平面図である。

[図10A]実施の形態の変形例13に係る磁界発生コイルの形状を示す平面図である。

[図10B]実施の形態の変形例14に係る磁界発生コイルの形状を示す平面図である。

[図10C]実施の形態の変形例15に係る磁界発生コイルの形状を示す平面図である。

[図10D]実施の形態の変形例16に係る磁界発生コイルの形状を示す平面図である。

[図11A]磁界発生コイルと異物との位置関係を表す図である。

[図11B]磁界発生コイルー異物間距離と磁界発生コイルユニットの幅との関係を表すグラフである。

[図12]実施の形態の変形例17に係る磁界発生コイルおよび発電コイルの形状を示す平面図である。

[図13A]実施の形態の変形例18に係る磁界発生コイルおよび発電コイルの形状を示す平面図である。

[図13B]実施の形態の変形例19に係る磁界発生コイルおよび発電コイルの形状を示す平面図である。

[図14A]実施の形態の変形例20に係る磁界発生コイルおよび発電コイルの形状を示す平面図である。

[図14B]実施の形態の変形例21に係る磁界発生コイルおよび発電コイルの形状を示す平面図である。

[図14C]実施の形態の変形例 2 2 に係る磁界発生コイルおよび発電コイルの形状を示す平面図である。

[図14D]実施の形態の変形例 2 3 に係る磁界発生コイルおよび発電コイルの形状を示す平面図である。

[図15]複数の矩形の磁界発生コイルユニットからなる磁界発生コイルが発生する磁界分布を表すグラフである。

[図16]実施の形態に係る磁界発生コイルとセンサコイルとの配置関係を表す平面図である。

[図17]センサコイルの符号と磁界発生コイルの発生磁界の方向との第 1 の関係を説明する図である。

[図18]センサコイルの符号と磁界発生コイルの発生磁界の方向との第 2 の関係を説明する図である。

[図19]センサコイルの符号と磁界発生コイルの発生磁界の方向との第 3 の関係を説明する図である。

[図20]センサコイルの符号と磁界発生コイルの発生磁界の方向との第 4 の関係を説明する図である。

[図21]電力伝送コイルにより発生する磁束密度の時間変化を表す概念波形図である。

### 発明を実施するための形態

[0010] 本発明の実施の形態の説明に先立ち、従来の異物検出装置における問題点を簡単に説明する。前述の従来技術による異物検出装置は、携帯機器応用分野を対象にしている。このような装置では、給電コイルのインダクタンスが大きいため、全体の磁束量に対する異物による磁束の変化量が非常に小さい。そのため、自動車用などの大電力給電システムに適用した場合、異物を検出することは困難である。

[0011] 以下では、本開示の実施の形態に係る異物検出装置について、図面を用いて詳細に説明する。なお、以下に説明する実施の形態は、いずれも本発明の好ましい一具体例を示すものである。したがって、以下の実施の形態で示さ

れる数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置および接続形態などは、一例であり、本発明を限定する趣旨ではない。よって、以下の実施の形態における構成要素のうち、本発明の最上位概念を示す独立請求項に記載されていない構成要素については、任意の構成要素として説明される。

[0012] また、各図は、模式図であり、必ずしも厳密に図示されたものではない。また、各図において、同じ構成部材については同じ符号を付している。

[0013] (実施の形態1)

[1. 非接触給電装置の全体構成]

図1は、実施の形態に係る異物検出装置を含む非接触給電装置の概略構成図である。同図に示された非接触給電装置100は、給電コイル基板130と、受電コイル基板150と、磁界発生コイル基板110と、センサコイル基板140とを有する。

[0014] 給電コイル基板130は、給電コイルを有する給電部であり、例えば、地上側に設置されている。受電コイル基板150は、受電コイルを有する受電部であり、例えば、移動体に配置されている。給電コイル基板130は、給電コイルに供給された交流電力により電力伝送用磁界を発生させる。受電コイル基板150は、給電コイル基板130で発生した電力伝送用磁界を受電コイルで受けることで、電磁誘導により上記交流電力を受電する。この構成により、受電コイル基板150は、非接触で、給電コイル基板130から電力を受電することが可能となる。

[0015] 例えば、給電コイル基板130と受電コイル基板150との間であって、給電コイル基板130が配置されている道路上に存在する異物160は、給電コイル基板130から発生した電力伝送用磁界のエネルギーを吸収して発熱体となる場合がある。これにより、異物160は、人体接触により危険物となる可能性がある。

[0016] センサコイル基板140は、上述した異物160を回収するために、給電コイル基板130と受電コイル基板150との間に存在する異物160を検出する基板である。具体的には、センサコイル基板140は、磁界センサで

あるセンサコイルを有し、異物160の存在によるセンサコイル内の磁束量の変化を、センサコイルの電圧変化として検出する。

[0017] 磁界発生コイル基板110は、センサコイルを駆動するための磁界発生コイルを有する。具体的には、磁界発生コイル基板110の磁界発生コイルが発生した磁界は、センサコイル基板140のセンサコイルに印加される。磁界発生コイル基板110とセンサコイル基板140とは、異物160を検出する異物検出装置1を構成する。

[0018] ここで、センサコイル基板140は、非接触給電装置の主構成要素である給電コイル基板130または受電コイル基板150から生成する電力伝送用磁界を受け、異物160の存在によるセンサコイル内の磁束変化を検出することが可能である。しかしながら、非接触給電装置を自動車用に適用した場合、給電コイルのインダクタンスが大きいため、全体の磁束量に対する異物160による磁束の変化量が非常に小さい。このため、異物160を検出することが困難となる場合がある。

[0019] これに対して、本実施の形態に係る非接触給電装置100は、給電コイル基板130および受電コイル基板150の他に、磁界発生コイル基板110を別途有する。磁界発生コイル基板110は、異物160により変化する磁束量を検出するセンサコイルを駆動するための磁界を発生させる磁界発生部であり、給電コイル基板130および受電コイル基板150とは別に設けられる。これにより、異物検出感度が向上する。また、磁界発生コイル基板110の付加により、給電コイル基板130および受電コイル基板150が発生する磁界分布に依存せず、センサコイル基板140が高感度で異物を検出できるための磁界分布を任意に生成できる。あるいは、給電コイル基板130および受電コイル基板150が発生する磁界分布の不均一性を補完するように、磁界発生コイル基板110の磁界分布を任意に生成できる。

[0020] なお、図1に示された非接触給電装置100において、センサコイル基板140は、磁界発生コイル基板110の上方に配置されているが、磁界発生コイル基板110の下方に配置されてもよい。

[0021] また、センサコイル基板 140 および磁界発生コイル基板 110 は、地上側でなく、移動体側に配置されてもよい。

[0022] なお、異物検出装置 1 は、導電性の異物だけでなく、磁性を有する絶縁体であっても検出することが可能である。

[0023] [1-1. 給電コイルから磁界発生コイルへの電力供給]

図 2 は、発電コイルと磁界発生コイルとの関係の一例を表す図である。同図には、磁界発生コイル 10 と発電コイル 20 との接続関係が表されている。また、同図には、ソレノイド型の給電コイル 30 が示されている。給電コイル 30 は、コア 31 と巻き線 32 とを有している。なお、同図の  $x$ 、 $y$ 、 $z$  方向は、三次元の直交座標系である。給電コイル 30 の水平面を  $x$  方向と  $y$  方向とで規定 ( $x$   $y$  面) し、水平面と直交する鉛直方向 (法線方向) を  $z$  方向と規定する。また、 $x$  方向は、給電コイル 30 の巻き線 32 の中心軸に沿った方向である。

[0024] 電力送電用のコイルとして使用される、ソレノイドコイルやスパイラルコイルは、 $z$  方向の磁界がゼロの場所が存在する。例えば、図 2 に示した給電コイル 30 の場合、給電コイル 30 の  $x$  方向中心付近において、 $z$  方向の磁界  $H_z$  がゼロになる領域が存在する。つまり、 $z$  方向の磁束がゼロになる。センサコイル基板 140 およびそれに配置されたセンサコイルは、給電コイル 30 の  $x$   $y$  面と平行に配置されるため、当該センサコイルを通過する磁束方向は  $z$  方向となる。つまり、 $z$  方向の磁束が存在しない領域では異物 160 の検出感度は低下する。

[0025] 上記問題を解決するために、給電コイル 30 が発生する  $z$  方向の磁束分布を補完するように、 $z$  方向の磁束を発生させる磁界発生コイル 10 が設けられている。図 2 のように、磁界発生コイル 10 を、 $x$   $y$  平面と平行となるように形成した場合、磁界発生コイル 10 に電流を流すと  $z$  方向の磁束を発生することができる。ここで、磁界発生コイル 10 に電流を流すには、磁界発生コイル 10 に電源を接続する必要がある。発電コイル 20 は磁界発生コイル 10 の電源として設けられる。発電コイル 20 は、給電コイル 30 の磁束

分布において、z方向の磁束が存在する場所に配置することで、電磁誘導により電力を発電できる。図2では、発電コイル20を、給電コイル30のx方向中心近辺ではなく、給電コイル30のコア31のうち巻き線32が巻かれていない端部と巻き線32の境界近辺に配置している。この近辺では、z方向の磁束密度が大きく発電効率がよい。

[0026] つまり、発電コイル20で発電される電力を、異物検出装置1の一部もしくは全部の電源として供給する。また、例えば、磁界発生コイル10の駆動回路の電源としてのみでなく、ゲートドライバの電源や、マイコンの電源、判定回路の電源、および通信に使われる電力としても適用できる。

[0027] これにより、磁界発生コイル10、発電コイル20およびそれらの結線が、単純な配線だけで実現でき、原理的に他の電気部品を必要としない。また、磁界発生コイル10、発電コイル20およびそれらの結線を、センサコイル基板140に配置することも可能となる。そのため、磁界発生コイル10を別途設けたことに対して、非接触給電装置100の大きさや重量の増加は殆どなく、低コストで実現できる。

[0028] なお、給電コイル30と発電コイル20との磁気結合係数が10%より大きいと、給電コイル基板130から受電コイル基板150への電力需給に支障を来す場合がある。よって、磁界発生コイル10と給電コイル30との磁気結合の係数は10%以下であることが好ましい。

[0029] また、同様の理由により、磁界発生コイル10と受電コイルとの磁気結合の係数も10%以下であることが好ましい。

[0030] [1-2. 磁界発生コイルによる磁束の補完]

図3は、実施の形態に係る磁界発生コイルと給電コイルとの配置関係の一例を示す図である。図3の下段には、ソレノイド型の給電コイル30のz方向の磁界分布が表されている。x方向の中心領域の発生磁界が0となっている。給電コイル30からの発生磁界のみを利用したセンサコイル基板140の異物検出では、x方向の中心領域において検出感度が低下する。この検出感度の低下を改善すべく、図3の上段には、給電コイル30のx方向の中心

領域に、磁界発生コイル10が配置されている。つまり、磁界発生コイル10は、給電コイル30と受電コイルとで形成される磁界のうち、磁界発生コイル10を含む平面の法線方向（z軸方向）の磁界成分が相対的に小さい、または、0である場所に配置される。これにより、x方向の中心領域における異物検出感度が向上し、給電コイル30上の全領域において、高精度に異物を検出することが可能となる。

[0031] なお、給電コイルがスパイラル型の場合は、コイル中心とコイル最外周とを結ぶ直線の中点付近の領域でz方向磁界が小さくなるので、当該領域に磁界発生コイルを配置することが好ましい。

[0032] また、電力伝送コイルがスパイラル型のコイルとソレノイド型のコイルとの組合せで構成されているときは、それぞれの電力伝送コイルの形状に適する、磁界発生コイルの形状を選択すればよい。また、ソレノイド型およびスパイラル型以外の電力伝送コイルの形状の場合は、当該形状に適する磁界発生コイルの形状を選択すればよい。

[0033] [2. 磁界発生コイルの構成]

上述したように、磁界発生コイルが発生する磁界は、センサコイルが利用する外部磁界として用いるものである。以下、本実施の形態に係る磁界発生コイルの構成について例示する。

[0034] 図4Aは、実施の形態に係る磁界発生コイルの形状の一例を示す平面図である。同図に表された磁界発生コイル10Aは、図1に示す磁界発生コイル基板110に設けられ、複数の磁界発生コイルユニット11Aを有している。ここで、磁界発生コイルユニットとは、電流が流れることにより1方向の磁界を発生させる最小単位の閉ループ（または1部が非連続であるループ）を形成する導電線である。なお、図4Aに示された座標は、図3における座標と一致している。つまり、図4Aにおけるx方向は給電コイル30のx方向と一致し、図4Aにおけるy方向は給電コイル30のy方向と一致している。

[0035] 異物160を検出しなければならない領域の面積が小さい場合には、磁界

発生コイルは1つでもよい。これに対して、EV (Electric Vehicle) 応用分野では、給電コイルの大きさが大きいいため、広範な領域における異物160を検出する必要があるため、複数の磁界発生コイルユニットが必要となる。

[0036] 図4Aに示すように、複数の磁界発生コイルユニット11Aは、図1に示す磁界発生コイル基板110に、x方向に等間隔で並んで配置されている。磁界発生コイルユニット11Aの形状は、y方向の長さc1がx方向の長さa1およびx方向の間隔b1より長く、縦長の形状となっている。上記縦長の磁界発生コイル10Aは、ソレノイド型の給電コイル30との組み合わせに適している。

[0037] また、図4Aにおいて、各々の磁界発生コイルユニット11Aに流れる電流は、全て右回り（時計回り）としている。磁界発生コイルユニット11Aの電流の方向を同じにすることにより、発生磁界を強めることが可能となる。

[0038] また、磁界発生コイルユニット11Aの幅a1と間隔b1とを同じ長さとするのが好ましい。これにより、下向きの磁界と上向きの磁界の強さと同じとなる。なお、幅a1と間隔b1とは、異なってもよい。

[0039] なお、本明細書において、下向きとは紙面の奥に向かう方向であり、上向きとは紙面の手前に向かう方向であると定義する。なお、電流の流れる方向と、当該電流によって発生する磁界方向とは、右ネジの法則で理解できるものである。

[0040] ここで、磁界発生コイル10Aの形状は、センサコイル基板140のセンサコイルの形状に対応させることが好ましい。つまり、磁界発生コイルユニット11Aは、1つのセンサコイルまたは連続して配置される複数個のセンサコイルの形状に対応させることが好ましい。例えば、四角形のセンサコイルであれば、磁界発生コイルは、図4Aの磁界発生コイルユニット11Aのように四角形であることが好ましい。また、六角形のセンサコイルであれば、y方向に当該センサコイルを連ねたときの外枠の形状と、磁界発生コイル

ユニットの形状とを合わせればよい。ただし、センサコイルの出力電圧の符号を考慮する必要がある。

[0041] ここで、磁界発生コイルユニットを並べて配置したときに、最も外枠でできる領域を磁界発生コイルアレーと呼ぶことにし、センサコイルを並べて配置したときに、最も外枠でできる領域をセンサコイルアレーと呼ぶことにする。このとき、磁界発生コイルアレーの大きさは、センサコイルアレーの大きさと同程度であり、かつ、異物160が存在しうる領域と同程度である必要がある。また磁界発生コイルアレーとセンサコイルアレーとは、大きさだけでなく、位置も重なるように配置する必要がある。

[0042] また、図4Aに示された磁界発生コイルユニット11Aは、縦長形状の磁界発生コイルであるが、センサコイルに持たせる特性によっては、横長形状としてもよい。つまり、磁界発生コイルの形状を含めた特性と、センサコイルの形状を含めた特性と、検知しなければならない異物の特性および場所と、磁界発生コイル以外により存在する磁界の特性との相互関係によって、磁界発生コイルユニットおよびセンサコイルの形状および特性を決める必要がある。

[0043] 図4Bは、実施の形態の変形例1に係る磁界発生コイルの形状を示す平面図である。同図に表された磁界発生コイル10Bは、磁界発生コイルユニット11B1および11B2を有している。中心部に配置された磁界発生コイルユニット11B1は円形状であり、外周部に配置された磁界発生コイルユニット11B2はドーナツ形状（円環状）である。なお、本変形例では、磁界発生コイルユニットの数が2個である場合を例示したが、磁界発生コイルユニットの数は3個以上であってもよい。

[0044] 図4Bにおいて、 $a_2$ は磁界発生コイルユニット11B1の直径であり、 $b_2$ は磁界発生コイルユニット11B1と11B2との間隔であり、 $c_2$ は磁界発生コイルユニット11B2の幅である。ここで、 $a_2$ 、 $b_2$ および $c_2$ は、同じであっても異なってもよいが、センサコイルの形状に対応させることが好ましい。これにより、異物検出感度が向上する。磁界発生コイル1

OBは、スパイラル型の給電コイルとの組み合わせに適している。また、各磁界発生コイルユニットの円周を構成する配線の位置は、スパイラル型の給電コイルの巻き線位置と一致させるようにすることが好ましい。これにより、異物検出感度が向上する。

[0045] なお、磁界発生コイルの面積を可変とするような構成としてもよい。

[0046] また、磁界発生コイルを流れる電流の方向は固定としてもよいし、可変とするような構成としてもよい。

[0047] また、複数の磁界発生コイルユニットは、電氣的に独立して駆動されてもよいし、複数の磁界発生コイルユニットを並列接続して駆動してもよいし、または、直列接続して駆動してもよい。

[0048] また、複数の磁界発生コイルユニットは、以下の変形例5A～5Cに示すように、電氣的に直列かつ連続に（一筆書きのレイアウトで）形成されてもよい。

[0049] 図5Aは、実施の形態の変形例2に係る磁界発生コイルの形状を示す平面図である。同図に表された磁界発生コイル10Cは、磁界発生コイルユニット11C1および11C2を有している。図5Aに表された磁界発生コイル10Cは、図4Aに表された磁界発生コイル10Aを、電氣的に直列かつ連続に（一筆書きの方法で）形成した例である。

[0050] また、図5Bは、実施の形態の変形例3に係る磁界発生コイルの形状を示す平面図である。同図に表された磁界発生コイル10Dは、磁界発生コイルユニット11D1および11D2を有している。図5Bに表された磁界発生コイル10Dは、図4Bに表された磁界発生コイル10Bを、電氣的に直列かつ連続に（一筆書きの方法で）形成した例である。

[0051] また、図5Cは、実施の形態の変形例4に係る磁界発生コイルの形状を示す平面図である。同図に表された磁界発生コイル10Eは、複数の磁界発生コイルユニット11Eを有している。図5Cに表された磁界発生コイル10Eは、小さな矩形の磁界発生コイルユニット11Eを電氣的に直列かつ連続に（一筆書きの方法で）形成した例である。

- [0052] 図5A～図5Cに示すように、複数の磁界発生コイルユニットを電氣的に直列かつ連続に（一筆書きの方法で）形成することにより、磁界発生コイルを形成する導電配線を最小1本まで減少することが可能となる。これにより、磁界発生コイルユニットごとに電圧印加する必要がなくなり、磁界発生コイルに所定の電位差（ $V_{d1} - V_{d2}$ ）を印加する端子を1組とすることができる。よって、磁界発生コイルを駆動する駆動回路の簡易化が実現できるので、部品点数の低減によるコスト低減、軽量小型化、および信頼性向上ができる。
- [0053] ここで、図5A～図5Cの磁界発生コイルでは、磁界発生コイルユニットで区分された領域の磁界の向きは、互いに逆になっている。
- [0054] なお、電氣的に直列かつ連続に（一筆書きの方法で）形成される磁界発生コイルユニットの形状は、三角、四角、五角、六角、円、ドーナツ、またはピザの形状などであってもよく、また、これらの組合せの形状であってもよい。
- [0055] また、図5Cに示された磁界発生コイル10Eは、y方向にも複数の磁界発生コイルユニット11Eが配置された一筆書きの例であり、ソレノイド型の給電コイルとの組み合わせに適している。
- [0056] また、図5Bのドーナツ形の磁界発生コイル10Dを上記一筆書きにより細分化することにより、磁界発生コイルを形成してもよい。
- [0057] また、以下の図6A～図7Bに示す磁界発生コイルのレイアウトにより、磁界分布の形を制御することができ、多様な異物の検知に対応することが可能となる。
- [0058] 図6Aは、実施の形態の変形例5に係る磁界発生コイルの形状を示す平面図である。同図に表された磁界発生コイル10Fは、磁界発生コイルセット12F1および12F2を有している。なお、磁界発生コイルセットとは、1以上の磁界発生コイルユニットが電氣的に直列かつ連続に（一筆書きの方法で）形成され、1組の電圧印加端子を有する単位である。また、磁界発生コイルセット12F1は複数の磁界発生コイルユニット11F1を有してお

り、磁界発生コイルセット12F2は複数の磁界発生コイルユニット11F2を有している。これにより、磁界発生コイルセット12F1および磁界発生コイルセット12F2は、それぞれ、複数の磁界発生コイルユニットで形成された楕円形状を有している。このように楕円形状を有する磁界発生コイルセット12F1と磁界発生コイルセット12F2とが、楕円形状の凹凸に沿って組み合わされている。

[0059] 上記構成により、磁界発生コイル10Fは、磁界発生コイルユニット11F1または11F2の外側の磁界の方向を任意に調整することができる。

[0060] これに対して、一つの磁界発生コイルセットで構成されている図5Aおよび図5Cの磁界発生コイル10Cおよび10Eの場合には、磁界発生コイルユニット内の磁界方向とその磁界発生コイルユニットの外側の磁界方向とは常に逆向きである。

[0061] なお、図6Aの磁界発生コイル10Fにおいて、複数の磁界発生コイルユニット11F1および複数の磁界発生コイルユニット11F2は、それぞれ、直列接続されているが、並列接続でもよい。ただし、並列接続の場合は、接続するための配線の抵抗は、磁界発生コイルユニットを形成する配線の抵抗より小さくしておく必要がある。これにより、各磁界発生コイルユニットに流れる電流は同程度になる。一方、磁界発生コイルユニットを接続する配線の抵抗が十分小さくない場合は、電圧印加端子に近い磁界発生コイルユニットの電流は大きく、電圧印加端子から遠い磁界発生コイルユニットの電流は小さくなる。このため、磁界発生コイル内で均一の磁界を発生できなくなる。

[0062] 図6Bは、実施の形態の変形例6に係る磁界発生コイルの形状を示す平面図である。同図に表された磁界発生コイル10Gは、磁界発生コイルセット12G1、12G2および12G3を有している。ここで、磁界発生コイルセット12G1、12G2および12G3は、それぞれ、コイル内の面積を異ならせている。この構成によれば、各磁界発生コイルセットの電流方向が同じであれば、中心部の磁界を最も大きくすることが可能となる。

- [0063] なお、各磁界発生コイルセットの接続を、直列接続にしても、また、並列接続にしてもよい。
- [0064] 図7Aは、実施の形態の変形例7に係る磁界発生コイルの形状を示す平面図である。同図に表された磁界発生コイル10Hは、1つの磁界発生コイルユニット11Hを有している。ここで、磁界発生コイルユニット11Hは、複数回巻かれている。この構成によれば、中心部の磁界を最も大きくすることが可能となる。
- [0065] 図7Bは、実施の形態の変形例8に係る磁界発生コイルの形状を示す平面図である。同図に表された磁界発生コイル10Jは、並列結線13J1および13J2と4本の磁界発生コイルユニット線13J3と4本の磁界発生コイルユニット線13J4とで構成された磁界発生コイルセットを有している。上記構成の磁界発生コイル10Jにおいて、例えば、4本の磁界発生コイルユニット線13J3にはy軸正方向の電流を流し、4本の磁界発生コイルユニット線13J4にはy軸負方向の電流を流すことにより、中心部の領域の磁界を最も大きくすることが可能となる。なお、磁界発生コイル10Jは、図6Bにおける磁界発生コイル10Gを変形したものとみなすことができる。
- [0066] なお、並列結線13J1および13J2の抵抗は、磁界発生コイルユニット線13J3および13J4の抵抗より小さくする必要がある。これにより、各磁界発生コイルユニット線に流れる電流は同程度になる。一方、並列結線13J1および13J2の抵抗が十分小さくない場合は、電圧印加端子に近い磁界発生コイルユニット線の電流は大きく、電圧印加端子から遠い磁界発生コイルユニット線の電流は小さくなる。このため、磁界発生コイル内で均一の磁界を発生できなくなる。
- [0067] なお、上述した実施の形態に係る磁界発生コイル10A~10Jにおいて、磁界発生コイルユニットを形成する辺の位置は、センサコイルユニットの辺の位置と一致させるように配置することが好ましい。ここで、センサコイルユニットとは、磁束変化を検出する最小単位の閉ループ（または1部が非

連続であるループ)を形成する導電線である。

[0068] これに対して、辺同士を一致させない場合は、一つのセンサコイルユニット内を通過する逆方向の磁束線により、ベクトル量としての磁界の量が低減する。そのため、異物検出感度が低下してしまう。この観点から、磁界発生コイルユニットとセンサコイルユニットとの辺同士を一致させることにより、センサコイルユニットを通過する磁束の量を最大にすることができ、異物検出感度を向上させることが可能となる。

[0069] また、磁界発生コイルユニットの中に、1または複数個のセンサコイルユニットが入るようにすることが好ましい。

[0070] 磁界発生コイルユニットの大きさは、それが生成する磁界分布の形に影響する。異物検出感度は、異物160の場所や大きさなどに大きく影響される。よって、最適なユニット磁界発生コイルの大きさや形状は、検出すべき異物160とその場所の条件とによって決定されることが好ましい。一方、センサコイルユニットの大きさや形状も同様に、検出すべき異物160とその配置場所とにより、決定されることが好ましい。この観点から、磁界発生コイルユニットおよびセンサコイルユニットの大きさと形状とは、必ずしも一致するとは限らない。また、磁界発生コイルユニットおよびセンサコイルユニットの一方の大きさと形状は、他方の最適な大きさと形状に影響する。この関係の中で両者を最適化することが好ましい。

[0071] ここで、前述したセンサコイルユニットの辺の位置と磁界発生コイルユニットの辺の位置を一致させるという条件を加えると、センサコイルユニットの幅(辺の長さ)と磁界発生コイルユニットの幅(辺の長さ)が異なるときは、磁界発生コイルユニットの中に複数のセンサコイルユニットを配置するのがよい場合がある。例えば、磁界発生コイルと異物との距離が遠い場合は、磁界発生コイルユニットの幅は長い方がよく、かつ、小さい異物を検出する場合は、センサコイルユニットの幅は短い方がよい。この関係により、センサコイルユニットの整数倍の幅が磁界発生コイルユニットの幅となる。

[0072] また、逆に、異物と磁界発生コイルの距離が短く、比較的大きな異物を検

出しなければならない場合は、センサコイルユニットの幅は、磁界発生コイルユニットの幅より長くする方が異物の検知感度がよくなる。この場合には、センサコイルユニットの中に、1または複数倍の磁界発生コイルユニットが入るような幅にし、両者の辺が一致するように配置すればよい。

[0073] センサコイルユニットを形成する辺と磁界発生コイルユニットを形成する辺との上記関係は、どのような形状のセンサコイルユニットにおいても適用できる条件である。

[0074] 以下では、磁界発生コイルにおいて、複数の磁界発生コイルユニットが存在するときに、電流を流す磁界発生コイルユニットを選択できる構成、または、その磁界発生コイルユニットの電流方向を変更できる構成について説明する。

[0075] 図8Aは、実施の形態の変形例9に係る磁界発生コイルの形状を示す平面図である。同図に示された磁界発生コイル10Kは、複数の磁界発生コイルユニット11K1および11K2と、複数の磁界発生コイルユニットに電流を供給するための電圧印加端子と、磁界発生コイルユニット11K1と電圧印加端子との間に設けられたスイッチ21K1と、磁界発生コイルユニット11K2と電圧印加端子との間に設けられたスイッチ21K2とを有する。スイッチ21K1は、磁界発生コイルユニット11K1に電流を供給する、および、供給しないを選択する第1スイッチ素子である。スイッチ21K2は、磁界発生コイルユニット11K2に電流を供給する、および、供給しないを選択する第1スイッチ素子である。

[0076] 同図には、複数の矩形の磁界発生コイルユニット11K1および11K2に、それぞれ、スイッチ21K1および21K2が接続され、当該スイッチのオンオフによって、駆動する磁界発生コイルユニットを選択できるようにした構成が表されている。また、磁界発生コイルユニットの電圧印加端子には、Vd1およびVd2が印加される。スイッチ21K1および21K2のオンオフ切り替えは、例えば、駆動回路が実行する。なお、図8Aでは、選択された磁界発生コイルユニットに流れる電流は、同じ方向としているが、

異なる方向にしてもよい。また、 $V d 1$  および  $V d 2$  を印加するための配線の間隔は任意であるが、当該配線が作る磁界が他の装置に悪影響を及ぼす場合には、当該配線の間隔はなるべく短くすることが好ましい。ここで言う他の装置とは、センサコイル、電力伝送コイル、電気回路、電子回路などである。

[0077] 図 8 B は、実施の形態の変形例 10 に係る磁界発生コイルの形状を示す平面図である。同図に示された磁界発生コイル 10 L は、図 8 A に示された磁界発生コイル 10 K の概念を、円形およびドーナツ形の磁界発生コイルユニットで具現化した例である。磁界発生コイル 10 L では、円形の磁界発生コイルユニット 11 L 1 およびドーナツ形の磁界発生コイルユニット 11 L 2 に、それぞれ、スイッチ 21 L 1 および 21 L 2 が接続されている。また、スイッチ 21 L 1 および 21 L 2 のオンオフ切り替えは、例えば、駆動回路が実行する。

[0078] 図 9 A は、実施の形態の変形例 11 に係る磁界発生コイルの形状を示す平面図である。同図に示された磁界発生コイル 10 M は、選択される磁界発生コイルユニットの個数と、磁界発生コイルユニットの面積とを可変にした例である。具体的には、スイッチ 21 M 1 および 21 M 2 が、複数のコイルユニット配線上に配置されている。スイッチ 21 M 1 および 21 M 2 をオンオフすることにより、磁界発生コイルユニットを構成するコイルユニット配線の電流を制御できる。なお、図 9 A に示された磁界方向は、 $V d 1 > V d 2$  であり、スイッチ 21 M 1 をオンにし、スイッチ 21 M 2 をオフにしたときの例である。

[0079] 図 9 B は、実施の形態の変形例 12 に係る磁界発生コイルの形状を示す平面図である。同図に示された磁界発生コイル 10 N は、図 9 A に示された磁界発生コイル 10 M の概念を、円形およびドーナツ形の磁界発生コイルユニットで具現化した例である。具体的には、スイッチ 21 N 1 および 21 N 2 が、複数のコイルユニット配線上に配置されている。スイッチ 21 N 1 および 21 N 2 をオンオフすることにより、磁界発生コイルユニットを構成する

コイルユニット配線の電流を制御できる。なお、図9Bに示された磁界方向は、 $V_{d1} > V_{d2}$ であり、スイッチ21N1をオンにし、スイッチ21N2をオフにしたときの例である。

[0080] 図8A～図9Bの構成において、スイッチのオンオフを切り替えることにより、磁界発生コイルの磁界方向、磁界の大きさ、磁界発生コイルユニットの個数、およびこれらの場所依存を変化させることが可能となる。その結果、磁界発生コイルが作る磁界の分布を変化させることが可能となる。これにより、異なる特性や大きさを持つ異物と、異物が存在する場所とに依存する異物検出感度を向上させることができる。なお、異物が存在する場所とは、 $x$ 、 $y$ 、 $z$ 方向を含めた3次元空間における場所のことである。

[0081] さらに、 $V_{d1}$ および $V_{d2}$ の電圧の大きさの関係によって、磁界発生コイルの電流の方向と大きさとを変化させることが可能となる。

[0082] 図10Aは、実施の形態の変形例13に係る磁界発生コイルの形状を示す平面図である。同図に示された磁界発生コイル10Pは、磁界発生コイルユニット線13P1および13P2と、磁界発生コイルユニット線13P1および13P2に電流を供給するための電圧印加端子と、スイッチ21P1H、21P1L、21P2H、21P2L、21P3H、21P3L、21P4H、および21P4Lとを有する。スイッチ21P1H、21P1L、21P2H、21P2L、21P3H、21P3L、21P4H、および21P4Lは、磁界発生コイルユニット線と電圧印加端子との間に設けられ、磁界発生コイルユニット線13P1および13P2に流れる電流の方向を変化させる第2スイッチ素子である。

[0083] 磁界発生コイルユニット線13P1および13P2は、コイルユニットを構成する線である。磁界発生コイルユニット線13P1の一端はスイッチ21P1Hを介して $V_{d1}$ を印加する電源線に接続され、スイッチ21P1Lを介して $V_{d2}$ を印加する電源線に接続されている。磁界発生コイルユニット線13P1の他端はスイッチ21P2Hを介して $V_{d1}$ を印加する電源線に接続され、スイッチ21P2Lを介して $V_{d2}$ を印加する電源線に接続さ

れている。磁界発生コイルユニット線13P2の一端はスイッチ21P3Hを介してVd1を印加する電源線に接続され、スイッチ21P3Lを介してVd2を印加する電源線に接続されている。磁界発生コイルユニット線13P2の他端はスイッチ21P4Hを介してVd1を印加する電源線に接続され、スイッチ21P4Lを介してVd2を印加する電源線に接続されている。

- [0084] 磁界発生コイル10Pは、磁界発生コイルユニット線の2つの電圧印加端子のそれぞれに2つのスイッチを設けることにより、各電圧印加端子にVd1またはVd2が選択的に印加されるように、また、いずれの電圧も印加されないでオープンとできる構成例である。
- [0085] 磁界発生コイルユニット線へのVd1とVd2の印加は、磁界発生コイルを駆動するための駆動回路により実行される。また、Vd1とVd2とは異なる電圧であり、その電位差が磁界発生コイルに印加される。
- [0086] 上記構成において、磁界発生コイルユニット線13P1および13P2の両端に、Vd1またはVd2が印加されることで、1つまたは複数の磁界発生コイルユニットを形成することができる。
- [0087] 磁界発生コイル10Pに、磁界を発生させる場合には、磁界発生コイルユニット線に電流が流れるように、駆動回路が各スイッチをオンオフする。例えば、磁界発生コイルユニット線13P1の一端（図中上側）には、スイッチ21P1Hをオフにし、スイッチ21P1LをオンにすることでVd2が印加される。一方、磁界発生コイルユニット線13P1の他端（図中下側）には、スイッチ21P2Hをオンにし、スイッチ21P2LをオフにすることでVd1が印加される。ここで、 $Vd1 > Vd2$ の場合、磁界発生コイルユニット線13P1に流れる電流は上向き（y軸正方向）となる。また、磁界発生コイルユニット線13P2の一端（図中上側）には、スイッチ21P3Hをオンにし、スイッチ21P3LをオフにすることでVd1が印加される。一方、磁界発生コイルユニット線13P2の他端（図中下側）には、スイッチ21P4Hをオフにし、スイッチ21P4LをオンにすることでVd

2が印加される。ここで、 $V_{d1} > V_{d2}$ の場合、磁界発生コイルユニット線13P2に流れる電流は下向き（y軸負方向）となる。

[0088] 上述した磁界発生コイルユニット線13P1および13P2の電流の流れにより、磁界発生コイルユニット線13P1および13P2で挟まれた領域では、磁界方向は下向き（z軸負方向）となる。このように、隣接する2つの磁界発生コイルユニット線に互いに逆方向に電流を流すことにより、当該2つの磁界発生コイルユニット線に挟まれる領域の磁界の強度を強くすることが可能となる。

[0089] また、スイッチ21P1H、21P1L、21P2H、21P2L、21P3H、21P3L、21P4H、および21P4Lのオンオフ状態を上記とは反対の状態とすることにより、磁界発生コイルユニット線13P1に流れる電流は下向き（y軸負方向）となる。また、磁界発生コイルユニット線13P2に流れる電流は上向き（y軸正方向）となる。このような磁界発生コイルユニット線13P1および13P2の電流の流れにより、磁界発生コイルユニット線13P1および13P2で挟まれた領域では、磁界方向は上向き（z軸正方向）となる。

[0090] 磁界発生コイル10Pの構成によれば、上記スイッチのオンオフを制御することにより、磁界方向を反転させることが可能となる。

[0091] なお、駆動回路の出力ショートを回避するため、スイッチ21P1Hとスイッチ21P1Lとは同時にオンされない。また、スイッチ21P2Hとスイッチ21P2Lとは同時にオンされない。また、スイッチ21P3Hとスイッチ21P3Lとは同時にオンされない。また、スイッチ21P4Hとスイッチ21P4Lとは同時にオンされない。

[0092] また、例えば、スイッチ21P1Hとスイッチ21P1Lとを同時にオフにしてもよい。これにより、磁界発生コイルユニット線13P1の一端（図中上側）はオープンとなる。また、例えば、スイッチ21P2Hとスイッチ21P2Lとを同時にオフにしてもよい。これにより、磁界発生コイルユニット線13P1の他端（図中下側）はオープンとなる。このように、磁界発

生コイルユニット線13P1の一端または他端、もしくは両端をオープン状態にすることで、磁界発生コイルユニット線13P1に電流を流さないようにすることが可能となる。

[0093] なお、スイッチは、半導体電子デバイス、リレー、または、機械式であってもよい。半導体電子デバイスのスイッチとしては、MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor)、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)、およびBJT (Bipolar Junction Transistor)などが挙げられる。また、上記半導体電子デバイスの材料は、Si、SiC、およびGaNなどが挙げられる。本変形例に係るスイッチは、損失低減のため高耐圧かつ低オン抵抗を有するものが好ましい。この観点から、IGBTまたはBJTが望ましく、SiC材料を用いたものが望ましい。

[0094] また、駆動回路は、磁界発生コイルユニット線13P1および13P2に接続されたスイッチのオンオフを独立して制御してもよいし、相互に関連させて制御してもよい。

[0095] 磁界発生コイル10Pは、矩形の磁界発生コイルユニットを変形した実施例であり、ソレノイド型の給電コイルとの組み合わせに適している。

[0096] 図10Bは、実施の形態の変形例14に係る磁界発生コイルの形状を示す平面図である。同図に示された磁界発生コイル10Qは、円形の磁界発生コイルユニット線13Q1および13Q2と、スイッチ21Q1H、21Q1L、21Q2H、21Q2L、21Q3H、21Q3L、21Q4H、および21Q4Lとを有する。磁界発生コイル10Qは、磁界発生コイル10Pを、円形およびドーナツ形の磁界発生コイルに変形した実施例である。以下、磁界発生コイル10Qにおいて、磁界発生コイル10Pの構成と同じ点は説明を省略し、異なる点を中心に説明する。

[0097] 磁界発生コイルユニット線13Q1および13Q2は、コイルユニットを構成する線である。磁界発生コイルユニット線13Q1の一端はスイッチ2

1 Q 1 Hを介してV d 1を印加する電源線に接続され、スイッチ2 1 Q 1 Lを介してV d 2を印加する電源線に接続されている。磁界発生コイルユニット線1 3 Q 1の他端はスイッチ2 1 Q 2 Hを介してV d 1を印加する電源線に接続され、スイッチ2 1 Q 2 Lを介してV d 2を印加する電源線に接続されている。磁界発生コイルユニット線1 3 Q 2の一端はスイッチ2 1 Q 3 Hを介してV d 1を印加する電源線に接続され、スイッチ2 1 Q 3 Lを介してV d 2を印加する電源線に接続されている。磁界発生コイルユニット線1 3 Q 2の他端はスイッチ2 1 Q 4 Hを介してV d 1を印加する電源線に接続され、スイッチ2 1 Q 4 Lを介してV d 2を印加する電源線に接続されている。

[0098] 磁界発生コイル1 0 Qは、磁界発生コイルユニット線の2つの電圧印加端子のそれぞれに2つのスイッチを設けることにより、各電圧印加端子にV d 1またはV d 2が選択的に印加されるように、また、いずれの電圧も印加されないでオープンとできる構成例である。

[0099] 磁界発生コイルユニット線へのV d 1とV d 2の印加は、磁界発生コイルを駆動するための駆動回路により実行される。また、V d 1とV d 2とは異なる電圧であり、その電位差が磁界発生コイルに印加される。

[0100] 上記構成において、磁界発生コイルユニット線1 3 P 1および1 3 P 2の両端に、V d 1またはV d 2が印加されることで、1つまたは複数の磁界発生コイルユニットを形成することができる。

[0101] なお、本変形例では、円形の磁界発生コイルユニット線1 3 Q 1および1 3 Q 2の両端にスイッチが接続されているが、磁界発生コイルユニット線を半円の2つに分割して、分割された半円状の磁界発生コイルユニット線の両端にスイッチが接続された構成であってもよい。また、円形の磁界発生コイルユニット線の分割は3つ以上であってもよい。

[0102] 磁界発生コイル1 0 Qは、円形とドーナツ形の磁界発生コイルユニットを変形した実施例であり、スパイラル型の給電コイルとの組み合わせに適している。

- [0103] ここで、磁界発生コイル10Pおよび10Qのように、磁界発生コイルユニット線を選択する方式を、磁界発生コイルユニット線選択方式と呼ぶことにする。
- [0104] 磁界発生コイルを駆動する駆動回路の消費電力は出力電流に依存し、当該出力電流が大きいほど損失は増加する。一方、磁界発生コイルに流れる電流を大きくすると、発生する磁界をより大きくすることができるので、異物検出感度は向上する。
- [0105] 特に、EV応用の場合、地上に配置する給電システムの筐体は高い強度を要求されるため、その筐体の厚みは1cm程度である。異物は筐体の上に存在することを考えると、センサコイルから異物までの距離は1cm程度となる。この距離が長い程、異物の場所の磁界は減少するため検知感度は低下する。そのため、異物を精度よく検知するためには、より大きな磁界が必要となる。EV応用における電力伝送コイルは電力が大きく、そのため電流も大きいため、電力伝送コイルによって発生する磁界が大きくなる。異物の発熱は電力伝送コイルの磁界によって決まるので、異物の発熱は大きくなる。この観点から、EV応用分野では、より小さな異物を検出する必要があり、かつ、より遠い場所の異物を検出する必要がある。
- [0106] 上述したように、EV応用分野では、異物検出感度向上のため磁界発生コイルには大きな電流を流す必要があるが、異物検出感度と損失、小型軽量および電磁放射との間にはトレードオフの関係がある。また、大電流を流すと磁界発生コイル自体の抵抗損失による発熱が発生し、異物検出感度と発熱との間にもトレードオフの関係がある。また、磁界発生コイルの抵抗損失を下げるために、コイルを形成する配線の断面積または表面積を大きくすると、電力伝送コイルが発生する磁界による配線の発熱が発生し、コイル配線の断面積または表面積と配線発熱との間にもトレードオフの関係がある。
- [0107] これらのトレードオフを改善するのに、上記変形例13および14では、磁界発生コイルユニットを構成する磁界発生コイルユニット線を選択できるようにしている。

- [0108] 全てのユニット磁界発生コイルを同時に駆動するには大電流が必要となり、損失を増加させることになる。また、磁界発生コイルユニットを直列接続すれば、同じ電流であっても大電圧が必要となり、損失を増加させ、同時に高い耐圧を持たせる必要もある。
- [0109] 検出すべき異物の場所は広範囲であるが、これに対応させるべく全ての磁界発生コイルを同時に駆動するのは、損失増加および磁界発生コイルの発熱を増加させる。
- [0110] これに対して、上記の磁界発生コイルユニット線選択方式によれば、一回の異物検出動作を狭い範囲の磁界発生により実行し、場所を移動させ、複数回にわたって異物検出を行うことが可能となる。これにより、損失を増加させずに、かつ、検出感度を低下させずに高精度な異物検出を行うことが可能となる。
- [0111] 前述した図9Aの磁界発生コイル10M、および、図9Bの磁界発生コイル10Nは、磁界発生コイルユニット線選択方式の一部の特性を有している。ただし、磁界発生コイル10Mおよび10Nは、 $Vd1$ と $Vd2$ の電位差が一定である場合、コイルユニット配線の電流の方向は一定であり、磁界発生コイル10Pおよび10Qのように電流方向を可変することはできない。
- [0112] なお、磁界発生コイル10Pおよび10Qは、それぞれ、磁界発生コイルユニット線が2本である構成を例示したが、これに限定されず、要求される磁界発生範囲により、磁界発生コイルユニット線は3本以上であってもよい。
- [0113] 磁界発生コイルユニット線に電流を流すときに、抵抗損失による磁界発生コイルユニット線の発熱が大きく許容温度を超える場合には、磁界発生コイルユニット線は隣り合わせて複数並べて並列接続してもよい。これにより、一本の磁界発生コイルユニット線に流れる電流を減らすことができ、発熱温度を低減することが可能となる。さらに、複数の磁界発生コイルユニット線を隣り合うように並べることで、発生磁界を増加させることができ、その結果、異物検出感度が向上する。

- [0114] 図10Cは、実施の形態の変形例15に係る磁界発生コイルの形状を示す平面図である。同図に示された磁界発生コイル10Rは、磁界発生コイル10Pの上側（y軸正方向）のスイッチをなくすように変形した実施例である。
- [0115] 磁界発生コイル10Rは、磁界発生コイルユニット線13R1および13R2と、スイッチ21R1H、21R1L、21R2H、および21R2Lとを有する。
- [0116] 磁界発生コイルユニット線13R1および13R2は、コイルユニットを構成する線である。磁界発生コイルユニット線13R1の一端と磁界発生コイルユニット線13R2の一端とは、共通配線を介し接続されている。磁界発生コイルユニット線13R1の他端はスイッチ21R1Hを介してVd1を印加する電源線に接続され、スイッチ21R1Lを介してVd2を印加する電源線に接続されている。磁界発生コイルユニット線13R2の他端はスイッチ21R2Hを介してVd1を印加する電源線に接続され、スイッチ21R2Lを介してVd2を印加する電源線に接続されている。
- [0117] 磁界発生コイル10Pが、選択された全ての磁界発生コイルユニット線に流す電流を同じ向きとすることができるのに対し、磁界発生コイル10Rは、選択された磁界発生コイルユニット線の電流の向きは、両方の向きが存在するように設定される。また、磁界発生コイル10Rは、選択された磁界発生コイルユニット線の数に2個以上でなければならない。
- [0118] また、磁界発生コイル10Rのスイッチの個数は、磁界発生コイル10Pのその半分でよいので、コスト低減ができ小型化が可能である。
- [0119] 図10Dは、実施の形態の変形例16に係る磁界発生コイルの形状を示す平面図である。同図に示された磁界発生コイル10Sは、磁界発生コイル10Sの左側（x軸負方向）のスイッチをなくすように変形した実施例である。
- [0120] 磁界発生コイル10Sは、円形の磁界発生コイルユニット線13S1および13S2と、スイッチ21S1H、21S1L、21S2H、および21

S 2 Lとを有する。

[0121] 磁界発生コイルユニット線 1 3 S 1 および 1 3 S 2 は、コイルユニットを構成する線である。磁界発生コイルユニット線 1 3 S 1 の一端と磁界発生コイルユニット線 1 3 S 2 の一端とは、共通配線を介し接続されている。磁界発生コイルユニット線 1 3 S 1 の他端はスイッチ 2 1 S 1 H を介して V d 1 を印加する電源線に接続され、スイッチ 2 1 S 1 L を介して V d 2 を印加する電源線に接続されている。磁界発生コイルユニット線 1 3 S 2 の他端はスイッチ 2 1 S 2 H を介して V d 1 を印加する電源線に接続され、スイッチ 2 1 S 2 L を介して V d 2 を印加する電源線に接続されている。

[0122] 磁界発生コイル 1 0 Q が、選択された全ての磁界発生コイルユニット線に流す電流を同じ向きとすることができるのに対し、磁界発生コイル 1 0 S は、選択された磁界発生コイルユニット線の電流の向きは、両方の向きが存在するように設定される。また、磁界発生コイル 1 0 S は、選択された磁界発生コイルユニット線の数 2 個以上でなければならない。

[0123] また、磁界発生コイル 1 0 S のスイッチの個数は、磁界発生コイル 1 0 Q のその半分でよいので、コスト低減ができ小型化が可能である。

[0124] [ 3. 磁界発生コイルの最適形状 ]

図 1 1 A は、磁界発生コイルと異物との位置関係を表す図であり、図 1 1 B は、磁界発生コイルー異物間距離と磁界発生コイルユニットの幅との関係を表すグラフである。図 1 1 A には、典型的な磁界発生コイル 1 0 が実装された磁界発生コイル基板 1 1 0 と、異物 1 6 0 が存在するセンサコイル基板 1 4 0 との配置関係が示されている。ここで、磁界発生コイル基板 1 1 0 と異物 1 6 0 との距離を  $d$  とする。ここでは、異物 1 6 0 は、センサコイル基板 1 4 0 を覆う筐体の表面上に付着しているものと想定する。また、磁界発生コイル 1 0 を構成する磁界発生コイルユニット 1 1 A の  $x$  方向の幅を  $a$  とする。

[0125] 図 1 1 B は、距離  $d$  と最適な磁界発生コイルユニットの幅  $a$  との関係を表している。磁界発生コイル 1 0 で生成される  $z$  方向磁界の大きさは、磁界発

生コイル10からz方向に離れるほど減少する。z方向の磁界は、磁界発生コイルユニットの幅aに依存し、ある距離dにおいて幅aを変化させたときにz方向磁界が最大となる最適な幅 $a_{opt}$ が存在する。

[0126] ここで、距離dと最適幅 $a_{opt}$ との関係は、

$$a_{opt} = (2.0 \pm 0.5) \times d$$

である。

[0127] ここで、発明者は、最適幅 $a_{opt}$ が、 $1.5 \times d$ より小さくなった場合、または、 $2.5 \times d$ より大きくなった場合には、異物検出感度が激減することを見出した。これにより、磁界発生コイルユニットの幅aの設計値は、 $(2.0 \pm 0.5) \times d$ であることが好ましい。

[0128] すなわち、矩形の短辺の長さまたは円環の幅である磁界発生コイルユニットの幅は、磁界発生コイルユニットを含む平面と異物との距離の1.5倍以上、2.5倍以下であることが好ましい。

[0129] [4. 磁界発生コイルの駆動回路]

本実施の形態に係る異物検出装置1は、磁界発生コイルを駆動する駆動回路を有する。駆動回路は、磁界発生コイルに電圧( $V_{d1}$ および $V_{d2}$ )および電流を印加する。なお、駆動回路が印加する電流および電圧の波形は、正弦波、三角波、矩形波、およびパルス波などである。

[0130] センサコイルユニットの起電力が大きいほど、異物検出感度は向上する。センサコイルユニットの起電力Vは、センサコイルユニット内を貫通する磁束中の時間変化に比例する。よって、磁束中の時間変化量の絶対値が大きい程、異物検出感度は向上する。したがって、磁界発生コイルを流れる電流の時間変化量の絶対値を大きくすれば、異物検出感度は向上する。つまり、駆動回路が磁界発生コイルに供給する電流の時間変化量の絶対値を大きくすることにより、異物検出感度は向上する。

[0131] この観点から、電流波形が、例えば、正弦波または三角波の場合なら、周波数を高くし、電流ピークを大きくすることにより、電流の時間変化量の絶対値を大きくできる。また、電流波形が、例えば、矩形波、パルス波の場合

であれば、立上り電流と立下り電流の速度を早くし、電流ピークを大きくすることにより、電流の時間変化量の絶対値を大きくできる。つまり、駆動回路は、磁界発生コイルユニットへ供給する、電流、電圧、電力および周波数の少なくとも1つの絶対値および時間的变化量の少なくとも一方を変化させて磁界発生コイルを駆動することが好ましい。

[0132] なお、駆動回路は、磁界発生コイルユニットに流れる電流の時間微分値が  $1\text{ A}/50\text{ ns}$  以上となるよう磁界発生コイルを駆動することが好ましい。これにより、 $80^\circ\text{C}$ 以上の発熱体である異物160の異物検出感度が向上する。

[0133] なお、図2および後述する実施の形態2に係る異物検出装置では、発電コイル20が生成した起電力が磁界発生コイルを駆動する。つまり、駆動回路は発電コイル20を含んでもよい。また、発電コイル20が生成した起電力を、駆動回路の電源として使用してもよい。これにより、駆動回路の電源回路の削減が可能となる。

[0134] [5. 発電コイルを有する磁界発生コイル基板の構成]

以下では、磁界発生コイルに電圧および電流を供給する発電コイルが付加された異物検出装置について説明する。

[0135] 図12は、実施の形態の変形例17に係る磁界発生コイルおよび発電コイルの形状を示す平面図である。同図には、電力伝送コイルがスパイラル型のコイルである場合の、ドーナツ形の磁界発生コイル10Tと、円形の発電コイル20Tとが示されている。磁界発生コイル10Tおよび発電コイル20Tは、例えば、磁界発生コイル基板110に実装されている。つまり、磁界発生コイル基板110は、さらに、給電コイルおよび受電コイルが発生する磁界を利用して起電力を生成し、生成した起電力を磁界発生コイルユニットへ供給する発電コイル20Tを有する。

[0136] スパイラル型の給電コイルは、その中心部の磁界が大きいので、当該中心部に、発電コイル20Tが配置されている。また、z方向磁界が小さい給電コイルの外周領域に、磁界発生コイル10Tが配置されている。そして、発

電コイル20Tと磁界発生コイル10Tとが配線で結合される。上記構成を実現するにあたり、図12に示すように、平面一層に一筆書き方式により発電コイル20Tと磁界発生コイル10Tとを構成することが可能である。

[0137] また、時分割方式により磁界を変化させるときは、さらに、スイッチを設けることが好ましい。時分割方式による磁界発生の間欠動作は、消費電力および電磁放射の両方を低減することができる。なお、間欠動作タイミングは、検出回路の間欠動作タイミングに同期させる。

[0138] なお、磁界発生コイル10Tにおいても起電力による発電が生じるため、発電コイル20Tの発電電圧は、磁界発生コイル10Tの発電電圧より大きいことが必要である。両者の発電電圧による合成電圧と、配線レイアウトの抵抗により、発電コイル20Tと磁界発生コイル10Tとを流れる電流が決定される。

[0139] 図2には、電力伝送コイルがソレノイド型の給電コイルの場合における発電コイル20および磁界発生コイル10の構成例が示されている。また、図12には、電力伝送コイルがスパイラル型の給電コイルの場合における発電コイル20Tおよび磁界発生コイル10Tの構成例が示されている。

[0140] ここで、磁界発生コイルを、電力伝送コイルによって発生するz方向の磁界がゼロ近辺となる領域に配置した場合の、電力伝送コイルによって発生する磁界と磁界発生コイルによって発生する磁界とが合成されて作られる合成磁界について説明する。

[0141] z方向の磁界がゼロ近辺になる領域は、ソレノイド型の給電コイルの場合には、x方向の中心領域であり、スパイラル型の給電コイルの場合には、コイル中心とコイル最外周とを結ぶ直線の中点付近の領域となる。

[0142] ソレノイド型の給電コイルの場合、z方向磁界がゼロになるx座標を、 $x = x_{zh0}$ とし、x方向の中心を $x = 0$ とする。つまり、 $x_{zh0}$ は $x = 0$ の近辺に存在する。また、図3の下段に示すように、 $x < x_{zh0}$ の領域のz方向の磁界と、 $x > x_{zh0}$ の領域のz方向の磁界とは逆向きとなっている。

- [0143] スパイラル型の給電コイルの場合、巻き線は円形であり、コイル中心の $x$ 座標を $0$ とし、コイル中心から右側のコイル外周に向かう方向を $x > 0$ 、コイル中心から左側のコイル外周に向かう方向を $x < 0$ とする。スパイラル型の給電コイルは円形であるため、磁界の $x$ 方向の分布（後述する図14D下段）は、理想的には、 $x = 0$ を中心に左右対称となる。 $z$ 方向磁界がゼロになる $x$ 座標を、ソレノイドコイルの場合と同様に $x = \pm h_0$ とする。 $x = \pm h_0$ は、 $x$ のプラス領域に1箇所とマイナス領域に1箇所存在する。それぞれの座標を、 $+x = h_0$ および $-x = h_0$ とする。なお、 $+x = h_0$ と $-x = h_0$ とは、コイル中心から同じ距離だけ離れた領域に存在する。スパイラル型の給電コイルは円形であるので、 $xy$ 平面上において、半径 $x = h_0$ の円を描いた領域で $z$ 方向磁界がゼロになることを意味する。また、 $-x = h_0 < x < +x = h_0$ の領域の磁界と、 $x < -x = h_0$ および $x > x = h_0$ の磁界とは逆向きとなっている。
- [0144] 発電コイルを電力伝送コイルの磁界で発電すると、発電コイルに流れる電流の時間変化がピーク値になる時は、発電コイルが発電する電圧がピーク値になるときである。この発電コイルの電圧がピーク値になるときは、電力伝送コイルの磁界の時間変化量がピーク値になるときである。このときには、電力伝送コイルの電流がほぼゼロとなる。
- [0145] 電力受電コイルに電流が流れないとき、つまり、磁界の全てが給電コイルで生成されるときは、給電コイルの電流がゼロになる時に、磁界発生コイルの磁界の時間変化量がピーク値となる。
- [0146] これに対して、電力受電コイルにも電流が流れるときは、磁界発生コイルは給電コイルおよび受電コイルの電流による磁界の合成磁界となるため、磁界発生コイルの磁界の時間変化量がピークになるのは、電力伝送コイルの電流がゼロになる時間から少しずれる場合がある。
- [0147] 磁界発生コイルが一個の場合、当該コイルを $x = x = h_0$ を含むように配置すると、ソレノイド型の給電コイルの場合には、 $x < x = h_0$ の領域において、電力伝送コイルの $z$ 方向磁界と磁界発生コイルの $z$ 方向磁界の向きが

同じ向きとすると、当該領域では  $z$  方向磁界は強め合うために、異物検出感度は向上する。しかし、 $x > x_z h 0$  の領域では、両者の磁界の方向は逆向きになるため、 $z$  方向磁界は弱め合うことになる。つまり、この領域では異物検出感度は悪化する。

[0148] スパイラル型の給電コイルの場合も同様に考えることができる。 $-x_z h 0 < x < +x_z h 0$  の領域では、電力伝送コイルの  $z$  方向の磁界と磁界発生コイルのそれとは強め合うので、当該領域の異物検出感度は向上する。しかし、上記領域以外の  $x$  の領域では、逆に、互いに弱め合うため異物検出感度は悪化する。

[0149] 上記問題を解決する構成として、磁界発生コイルに流れる電流の方向を切り替えて異物検出を行うための構成が挙げられる。つまり、一方の電流方向のときに、2つの磁界発生コイルのうち一方の磁界発生コイルにおいて  $z$  方向磁界は強め合い、逆方向の電流方向のときに、他方の磁界発生コイルにおいて  $z$  方向磁界が強め合うような構成である。これにより、それぞれの電流方向において異物検出を行うことで、両方の磁界発生コイルにおいて、感度のよい異物検出をすることが可能となる。

[0150] 磁界発生コイルの電流の向きを反転させる構成としては、発電コイルと磁界発生コイルとの間に、スイッチを設け、当該スイッチのオンオフにより、電流の向きを反転させる構成が挙げられる。

[0151] また、上記問題を解決するための別の構成を以下に説明する。

[0152] 図 13A は、実施の形態の変形例 18 に係る磁界発生コイルおよび発電コイルの形状を示す平面図である。同図には、ソレノイド型の電力伝送コイルに対応した磁界発生コイル 10U および発電コイル 20U の構成が示されている。

[0153] 磁界発生コイル 10U は、発生磁界の向きが逆となる 2つの磁界発生コイルユニット 11U1 および 11U2 を有している。 $x = x_z h 0$  を境界に、 $x < x_z h 0$  に磁界発生コイルユニット 11U1 が配置され、 $x > x_z h 0$  に磁界発生コイルユニット 11U2 が配置されている。

- [0154] つまり、給電コイルと受電コイルとで形成される磁界のうち、 $z$ 軸方向の磁界成分が0となる場所に、磁界発生コイルユニット11U1および11U2を形成する導電線の一部が配置されている。
- [0155] 上記構成により、両方の領域において、電力伝送コイルの $z$ 方向磁界の方向と磁界発生コイルの磁界の方向とを同じとすることができるので、両方の領域において $z$ 方向磁界は強めあうことができ異物の検出感度が向上する。
- [0156] 図13Bは、実施の形態の変形例19に係る磁界発生コイルおよび発電コイルの形状を示す平面図である。同図には、スパイラル型の電力伝送コイルに対応した磁界発生コイル10Vおよび発電コイル20Vの構成が示されている。
- [0157] 磁界発生コイル10Vは、発生磁界の向きが逆となる2つの磁界発生コイルユニット11V1および11V2を有している。給電コイルの中心を $x=0$ にし、中心から半径方向の距離を $x$ にしたとき、 $x < xzh0$ に磁界発生コイルユニット11V1が配置され、 $x > xzh0$ に磁界発生コイルユニット11V2が配置されている。
- [0158] つまり、給電コイルと受電コイルとで形成される磁界のうち、 $z$ 軸方向の磁界成分が0となる場所に、磁界発生コイルユニット11V1および11V2を形成する導電線の一部が配置されている。
- [0159] 上記構成により、両方の領域において、電力伝送コイルの $z$ 方向磁界の方向と磁界発生コイルの磁界の方向とを同じとすることができるので、両方の領域において $z$ 方向磁界は強めあうことができ異物の検出感度が向上する。
- [0160] なお、図13Aおよび図13Bでは、磁界発生コイルと発電コイルとを、電氣的に連続に（一筆書きのレイアウトで）形成しているが、これに限られない。また、それぞれの磁界発生コイルユニットの巻き数は複数であってもよい。また、 $z$ 方向磁界の強さにより巻き数を変えてもよい。例えば、 $z$ 方向磁界が弱いほど巻き数を多くすれば、 $z$ 方向磁界が平準化される。
- [0161] なお、磁界発生コイルの磁界の時間変化量がピーク値になるタイミングで異物検出を行うことが好ましい。これにより、異物検出感度が向上する。言

い換えれば、電力伝送コイルの磁界の時間変化量がピーク値になるときに、異物検出を行うことが好ましい。また、電力伝送コイルの電流がほぼゼロとなるタイミングで異物検出を行うことが好ましい。これにより、磁界発生コイルが生成する磁界変化量と、電力伝送コイルが発生する磁界変化量とが強め合うようになる。よって、異物検出感度が向上する。

[0162] なお、磁界発生コイルの外側にも、磁界発生コイルによる磁界が発生する。

[0163] 図13Aにおいて、左側の磁界発生コイルユニット11U1のz方向磁界の方向と、その左外のz方向磁界の方向とは逆向きになる。また、右側の磁界発生コイルユニット11U2のz方向の方向と、その右外のz方向磁界の方向とは逆向きになる。

[0164] また、図13Bにおいて、内側の磁界発生コイルユニット11V1のz方向磁界の方向と、磁界発生コイルユニット11V1の円中心側にある領域のz方向磁界の方向とは逆向きになる。また、外側の磁界発生コイルユニット11V2のz方向磁界の方向と、磁界発生コイルユニット11V2の外周側にある領域のz方向磁界の方向とは逆向きになる。

[0165] 前述の説明では、磁界発生コイルの内部のz方向磁界の方向に注目したが、磁界発生コイルユニットの外側のz方向磁界の方向と電力伝送コイルのz方向磁界の方向とが弱め合うと、異物検出感度が悪化するので好ましくない。

[0166] この観点から、図13Aおよび図13Bにおいて、磁界発生コイルの電流の向きを反転させて、それぞれの向きの電流条件により異物検出を行ってもよい。このためには、発電コイルと磁界発生コイルの間にスイッチを設けて、当該スイッチのオンオフをすることにより、電流の向きを切り替えればよい。

[0167] 但し、スイッチの追加、または、電流の向きを変える機能の追加はコストの増加を伴う。そこで、磁界発生コイルに電流を流さなければ、磁界発生コイルの外側の領域において、磁界を弱め合うことを解消することができる。

つまり、磁界発生コイルに電流を流す場合と、流さない場合の2つの場合で異物検出を行えばよい。この検出方法は、図2および図12に示された構成においても適用することが可能である。また、図2と図13Aとを組み合わせた磁界発生コイルとしてもよい。また、図12と図13Bとを組み合わせた磁界発生コイルとしてもよい。

[0168] 図14Aは、実施の形態の変形例20に係る磁界発生コイルおよび発電コイルの形状を示す平面図である。同図には、発電コイル20W1に接続された磁界発生コイル10W1と、発電コイル20W2に接続された磁界発生コイル10W2との配置関係が示されており、発電コイルと磁界発生コイルとを同じ基板上に形成したときの構成例が示されている。

[0169] なお、図14Aに表された構成例は、電力伝送コイルがソレノイド型のコイルである場合に適しており、ソレノイド型のコイルの磁界を利用した発電コイルにより発電する場合の構成例である。

[0170] 図14Aの構成は、一つの発電コイルと一つの磁界発生コイルとで構成される組を2つ設けて異物検出を行う構成である。一方の組は、発電コイル20W1がソレノイドコイルの左側に配置され、磁界発生コイル10W1がソレノイドコイルの中心部に接するように当該中心部の右側に配置されている。他方の組は、発電コイル20W2がソレノイドコイルの右側に配置され、磁界発生コイル10W2がソレノイドコイルの中心部に接するように当該中心部の左側に配置されている。また、2つの磁界発生コイル10W1および10W2は隣接しており、それらの境界線は、ソレノイドコイルの中心部であり、当該境界線上のz方向磁界はゼロもしくはゼロに近い領域である。なお、2つの磁界発生コイル10W1および10W2の大きさは、ソレノイドコイルのz方向磁界が小さいために異物検出感度が低い領域を覆うことができる大きさが必要である。図14Aの構成は、磁界発生コイルのインピーダンスの主成分が、インダクタンス成分である場合に適している。

[0171] 図14Aの中段には、ソレノイドコイルのz方向磁界の分布を示している。左半分と右半分のz方向磁界の向きは逆方向になっている。電磁誘導の原

理から、左側に配置された発電コイル 20W1 で発電された起電力により磁界発生コイルに流す電流の位相が決まる。この電流による磁界の向きは、ソレノイドコイルの右側の磁界の位相と一致する。そのため、発電コイル 20W1 を左に配置した場合は、それに繋がる磁界発生コイル 10W1 は右側に配置されることが好ましい。磁界の位相が一致することで、z 方向磁界は、ソレノイドコイルが発生する z 方向磁界と、磁界発生コイルが発生する z 方向磁界の 2 つのスカラー和により増加させることができる。よって、異物検出感度を向上させることが可能となる。また、右側に配置した発電コイル 20W2 の場合は、同様の原理から、それに接続された磁界発生コイル 10W2 は左側に配置されることが好ましい。これにより、磁界発生コイル 10W2 の磁界の向きと、それが配置される領域のソレノイドコイルの磁界の向きとが同じになる。

[0172] また、磁界発生コイルのインピーダンスが抵抗成分によって支配されている場合は、電磁誘導の原理から、磁界発生コイルの磁界の位相とソレノイドコイルの磁界の位相とを一致させることができず、両者の間に  $\pi/2$  の位相差が発生する。

[0173] 図 14B は、実施の形態の変形例 21 に係る磁界発生コイルおよび発電コイルの形状を示す平面図である。同図には、発電コイル 20X に接続された磁界発生コイル 10X が示されており、発電コイルと磁界発生コイルとを同じ基板上に形成したときの構成例が示されている。磁界発生コイルの磁界とソレノイドコイルの磁界との位相差が  $\pi/2$  である場合には、磁界発生コイル 10X は 1 つでよい。ソレノイドコイルの x 方向の中心部分を覆うように、z 方向磁界が小さい領域を覆う形で磁界発生コイル 10X を配置すればよい。

[0174] このように、磁界発生コイルのインピーダンスの主成分が抵抗である場合であっても、図 14A の構成により得られる効果と同様の効果を得ることが可能である。

[0175] また、図 14A の構成では、発電コイルおよび磁界発生コイルの組が 2 組

であり、図14Bの構成では、発電コイルおよび磁界発生コイルの組が1組である。よって、図14Bの構成の方が、組数が少なく面積効率がよい。つまり、磁界発生コイルのインピーダンスの主成分が抵抗成分である場合には、図14Bの構成の方が望ましい。

[0176] なお、磁界発生コイルの抵抗成分が大きいと損失が大きくなるので、抵抗成分はなるべく小さいほうが望ましい。つまり、磁界発生コイルのインピーダンスの主成分はインダクタンス成分であることが望ましく、この観点からは、図14Aの構成の方が図14Bの構成より望ましいことになる。

[0177] また、磁界発生コイルのインピーダンス成分としてインダクタンス成分および抵抗成分の両方の成分を考慮しなければならない場合は、図14Aの構成の方が望ましい。図14Aの構成の場合は、それぞれの磁界発生コイルのz方向磁界とソレノイドコイルのz方向磁界の合成磁界の大きさは同じになるからである。もし、図14Bの構成とした場合、磁界発生コイルの中の右側と左側とで、合成磁界の大きさが異なるため、異物検出感度に差が出てしまい、感度の平準化ができないからである。

[0178] なお、発電コイルの巻き数は複数であってもよく、また、磁界発生コイルの巻き数は複数であってもよい。

[0179] 図14Cは、実施の形態の変形例22に係る磁界発生コイルおよび発電コイルの形状を示す平面図である。同図には、発電コイル20Yに接続された磁界発生コイル10Yが示されており、発電コイルと磁界発生コイルとを同じ基板上に形成したときの構成例が示されている。なお、図14Cの構成は、図14Aを変形した例である。磁界発生コイル10Yは、互いに逆方向の磁界を発生させる磁界発生コイルユニット11Y1と11Y2とを有している。図14Aの2つの磁界発生コイル10W1および10W2の間の位相は $\pi$ であるので、図14Cのように、磁界発生コイルの電流の方向を逆にした磁界発生コイルユニット11Y1および11Y2を設けることで、発電コイルを2つから1つにすることができる。

[0180] 図14Dは、実施の形態の変形例23に係る磁界発生コイルおよび発電コ

イルの形状を示す平面図である。同図に示された構成は、電力伝送コイルがスパイラル型のコイルである場合の発電コイルと磁界発生コイルとの配置構成を表す例である。同図には、円中心部に円形の発電コイル 20Z1 が配置され、最外周部に発電コイル 20Z2 が配置され、発電コイル 20Z1 と 20Z2 との間に、2つが磁界発生コイル 10Z1 および 10Z2 が配置されている。

[0181] ここで、磁界発生コイル 10Z1 および 10Z2 の境界は、電力伝送コイルが作る z 方向磁界がゼロもしくは小さい領域である。円中心部の発電コイル 20Z1 と組をなす磁界発生コイルは、2つの磁界発生コイルのうち外側の磁界発生コイル 10Z2 である。また、最外周部の発電コイル 20Z2 と組をなす磁界発生コイルは、2つの磁界発生コイルのうち内側の磁界発生コイル 10Z1 である。

[0182] 上記構成により、スパイラルコイルに適用される図 14D の構成は、ソレノイドコイルに適用される図 14B および図 14C の構成における概念を同様に適用でき、同様の効果を奏する。

[0183] [6. 磁界発生コイルおよびセンサコイルの配置関係]

以下では、磁界発生コイルとセンサコイルとの配置関係について説明する。

[0184] 図 15 は、複数の矩形の磁界発生コイルユニットからなる磁界発生コイルが発生する磁界分布を表すグラフである。より具体的には、同図には、上記磁界発生コイルが発生する z 方向磁界の x 方向の分布が表されている。なお、上記磁界分布は、磁界発生コイルから z 方向に約 10 mm 離れた場所における z 方向磁界の分布である。

[0185] 図 15 に示された磁界分布において、磁界発生コイルアレーの x 方向の端の領域で、プラスピークが減少し、マイナスピークの絶対値が増加していることが分かる。つまり、センサコイルユニットの場所により、発生させる磁界が一様とならない場合が想定される。磁界の絶対値が小さくなると異物検出感度が低下する。これに対して、x 方向の中心領域の磁界は一様になる傾

向がある。

[0186] 上記磁界分布から、磁界発生コイルアレーの端の領域で異物検出を行うのは好ましくない。この対策として、センサコイルアレーのx方向の領域は、磁界発生コイルアレーの端を除いた安定した発生磁界の領域と一致させるようにすればよい。例えば、センサコイルアレーのx方向の領域の外に、磁界発生コイルユニットを1個以上配置すればよい。

[0187] 図16は、実施の形態に係る磁界発生コイルとセンサコイルとの配置関係を表す平面図である。同図には、複数のセンサコイルユニットが電氣的に直列かつ連続に（一筆書きのレイアウトで）形成されたセンサコイル40と磁界発生コイル10との位置関係が示されている。センサコイル40は、x方向に4列のセンサコイルユニットを有し、y方向に4行のセンサコイルユニットを有する例である。センサコイルユニットは+で示されるプラスのセンサコイルユニットと-で示されるマイナスのセンサコイルユニットの2種類が作られる。センサコイルユニットのプラスとマイナスは、センサコイルに一樣の磁束変化が印加されたときに、センサコイル40の出力端子に現れる電圧の符号を表す。出力端子には、プラスのセンサコイルユニットとマイナスのセンサコイルユニットの起電力の和が出力される。図では、プラスのセンサコイルユニットは8個あり、マイナスのセンサコイルユニットは2個あり、両者の数は一致せず、6個の差がある。全てのセンサコイルユニットを通過する磁界が同じならば、2個のプラスのセンサコイルユニットの起電力と2個のマイナスのセンサコイルユニットの起電力はキャンセルされ出力電圧に寄与する起電力は0Vであるので、出力電圧に寄与する起電力は、上記差の6個のプラスのセンサコイルユニットの起電力のみになる。センサコイル40は、異物が存在するときと存在しないときの出力電圧の変化量を計測することで異物の有無を判定するため、異物が存在しないときの出力電圧V0の絶対値が0Vに近い程、S/N比を大きくできるので異物検出感度を向上できる。しかしながら、一筆書きのレイアウトで形成する場合、原理的に、プラスのセンサコイルユニットとマイナスのセンサコイルユニットの数は

一致しない。その理由は、図からわかるように、センサコイル40の最周辺部には、プラスのセンサコイルユニットのみが形成され、マイナスのセンサコイルユニットは形成されないからである。ゆえに一筆書きで形成したセンサコイル40の出力電圧を0Vに近づけるには限界が生じる。

[0188] この問題に対応するために、図16に示すように、磁界発生コイル10を、センサコイルユニットが形成されない領域に重ね、磁界発生コイル10の端を、その左右のプラスのセンサコイルユニットの上端の辺より距離pだけ内側に配置する。これにより、周辺のプラスのセンサコイルユニットの起電力を小さくすることが可能となる。その結果、V0をさらに0Vに近づけることが可能となる。また、スパイラル型のコイルに適している、円形およびドーナツ形のセンサコイルと磁界発生コイルとの配置関係も同様にする事が可能である。

[0189] 図17は、センサコイルの符号と磁界発生コイルの発生磁界の方向との第1の関係を説明する図である。センサコイルユニットの数は多数の場合があるが、ここでは、4個のセンサコイルユニットを使って説明する。

[0190] 図17の左側に示すように、隣接するセンサコイルユニットの符号が逆になるように、4つのセンサコイルユニット40a~40dが配置されている。ここで、センサコイルユニットのx方向の辺の長さ、磁界発生コイルユニット11のx方向の幅の長さを略同一にし、両者のy方向に延びる配線が重なるよう、センサコイル40と磁界発生コイル10とを、上下(z方向)に配置する。各センサコイルユニットの符号は、レイアウトの取り方とその結線によって決定される。ここで、全てのセンサコイルユニットを通過する磁界の方向が同じであるときは、センサコイルユニットの符号は、センサコイルユニットの起電力の符号と一致する。

[0191] 図17の左側に示された配置構成の場合、センサコイルユニットの場所により、磁界の方向が異なることになる。この場合、センサコイルユニットの符号と磁界方向との論理により起電力の符号が決まる。

[0192] 図17の右側には、センサコイルユニット40a~40dの起電力の符号

が示されている。ここで、磁界発生コイルユニット 11 の奥向きに向かう発生磁界に位置するセンサコイルユニットの起電力の符号がセンサコイルユニットの符号と一致するように定義する。また、センサコイルユニットの符号と起電力の符号とが一致しない場合は、+ ‘、-’ のように、符号にダッシュをつけている。

[0193] センサコイルユニット 40 a および 40 b は、センサコイルユニットの符号と一致する。一方、センサコイルユニット 40 c および 40 d は、センサコイルユニットの符号に対し逆の符号となることが分かる。

[0194] ここで、センサコイルユニット 40 a に着目し、y 方向の辺 y と x 方向の辺 x に異物が存在する場合を考える。全てのセンサコイルユニットを通過する磁束が同じ方向の場合は、センサコイルユニットの起電力の符号は、センサコイル 40 の符号と同じになる。隣接するセンサコイルユニットは互いに逆の符号であるため、隣接するセンサコイルユニットの境界である辺の上に異物が存在する場合に異物検出感度が悪化する。この理由としては、異物が存在する辺を境界とする 2 つのセンサコイルユニットにおいて、プラスのセンサコイルユニットとマイナスのセンサコイルユニットの起電力の変化量の絶対値は同程度であり、両者が出力電圧に寄与する電圧の符号が逆になる。これより、プラスのセンサコイルユニットの起電力の変化量とマイナスのセンサコイルユニットの起電力の変化量とが互いに打ち消す方向になるためである。

[0195] しかし、図 17 の右側に示すように、センサコイルユニット 40 c はプラスの起電力を持つため、辺 y 上に異物が存在する場合、センサコイルユニット 40 a の起電力の変化と、センサコイルユニット 40 c の起電力の変化は打ち消す方向にならず、増加させる方向となる。つまり、辺 y 上の異物の検出感度は逆に向上する。これは、センサコイル 40 と磁界発生コイル 10 との配置関係により、センサコイルユニットの辺上の異物の検出感度を大きく改善できることを意味する。一方、上記電流線が上記境界上に無い場合は、z 方向磁界が小さいために異物検出感度は小さい。

- [0196] 次に、辺x上に異物が存在する場合を考える。
- [0197] 図18は、センサコイルの符号と磁界発生コイルの発生磁界の方向との第2の関係を説明する図である。
- [0198] 同図の右側に示されたように、センサコイルユニット40aの起電力の符号はプラスであり、センサコイルユニット40cの起電力の符号はマイナスであるので、互いの起電力の変化は打ち消すように働く。その結果、辺y上の異物検出感度は低下する。また、センサコイルユニット40aとセンサコイルユニット40cを通過する磁界の方向は同じであるので当然である。
- [0199] しかし、図18の右側に示すように、センサコイルユニット40bはプラスの起電力を持つため、辺x上に異物が存在する場合、センサコイルユニット40aの起電力の変化と、センサコイルユニット40bの起電力の変化とは打ち消す方向にならず、増加させる方向となる。つまり、辺x上の異物の検出感度は逆に向上する。これは、センサコイル40と磁界発生コイル10との配置関係により、センサコイルユニットの辺上の異物の検出感度を大きく改善できることを意味する。
- [0200] ここで、図17に示された磁界発生コイル10との配置と、図18に示された磁界発生コイル10との配置との両方を有することにより、異なる種類の磁界分布を発生させて異物検出を行うことが可能となる。これにより、辺上の異物検出感度は大きく改善される。
- [0201] つまり、磁界発生コイル基板110は、長方形の輪郭に沿って導電線が配置された第1の磁界発生コイルユニット（図17の磁界発生コイルユニット11）および第2の磁界発生コイルユニット（図18の磁界発生コイルユニット11）とを有する。第1の磁界発生コイルユニットと第2の磁界発生コイルユニットとは、第1の磁界発生コイルユニットを含む平面と第2の磁界発生コイルユニットを含む平面とが平行となるよう、磁界発生コイル基板110に上記各平面の法線方向に重ねられて配置される。第1の磁界発生コイルユニットの長辺と、第2の磁界発生コイルユニットの長辺とは、平面視において（すなわち、上記法線方向から見て）直交している。

[0202] なお、上記2つの磁界発生コイル10は別々に駆動してもよいし、同時に駆動してもよい。同時に駆動することで、より強い磁界を発生させることができ、これによっても異物検出感度が向上する。なお、このとき、2つの磁界発生コイルの電流方向を同じにする場合と逆にする場合の2通りとすることで、異物検出の場所依存の感度が均一化される。

[0203] また、センサコイルの出力電圧V0は、センサコイルユニットの全ての起電力の和になるので、図17および図18の構成において、全てのセンサコイルユニットの起電力の和が0Vに近くなるようにしておく必要がある。例えば、磁界発生コイルユニットで生成された同じ磁界方向を有する、y方向に並ぶプラスのセンサコイルユニットの数とマイナスのセンサコイルユニットの数とが同じとなるようにする。そうすれば、センサコイルアレーを構成する全てのセンサコイルユニットにおいて、プラスのセンサコイルユニットの数とマイナスのセンサコイルユニットの数とを一致させることができる。

[0204] 以上では、矩形の磁界発生コイルユニットを配置した構成であり、かつ、y方向の磁界発生コイルユニットの数が1個の場合の説明である。これに対して、y方向に複数の磁界発生コイルユニットを有する構成の場合、また、形状が矩形以外の場合にも、同様の原理を適用して、辺上異物の検出感度を向上させることが可能である。

[0205] 図19は、センサコイルの符号と、磁界発生コイルの発生磁界の方向との第3の関係を説明する図である。図19の左側には、隣接するセンサコイルユニットの符号が逆に配列されたセンサコイル40が示されている。また、図19の中央には、磁界発生コイル10-1が示されている。上半分の磁界発生コイルセット12aは、隣接する磁界発生コイルユニットの磁界方向が逆向きとなるように配置されており、下半分の磁界発生コイルセット12bは、磁界発生コイルセット12aを上下反転して配置されている。磁界発生コイルセット12aと12bとの境界では、当該境界を挟んだ上下の磁界発生コイルユニットの磁界方向は同じ向きとなっている。

[0206] なお、センサコイル40を構成するセンサコイルユニットと磁界発生コイ

ル 10-1 を構成する磁界発生コイルユニットとは同じ大きさである。

[0207] 図 19 の右側には、センサコイル 40 と磁界発生コイル 10-1 とが各辺を揃えて z 軸方向に重ねられた場合に得られる各センサコイルユニットの起電力の符号が示されている。上側半分のセンサコイルユニットの起電力の符号は全てプラスとなり、下側半分のセンサコイルユニットの起電力の符号は全てマイナスとなっている。ここで、プラス起電力の数とマイナス起電力の数とが同じとなっているので、V0 を 0V に近づけることができる。

[0208] もし、全ての磁界発生コイルユニットにおいて、隣接する磁界発生コイルユニットの磁界方向を逆に配置したとすると、全てのセンサコイルユニットの起電力がプラスになる、または、マイナスになってしまう。この場合には、V0 を 0V に近づけることが困難となる。これを回避するために、上側の磁界発生コイルセット 12a と下側の磁界発生コイルセット 12b との磁界方向をミラー反転して形成している。よって、辺上の異物の検出感度が低下する場所は、磁界発生コイルセット 12a と磁界発生コイルセット 12b との境界部分のみである。

[0209] 図 20 は、センサコイルの符号と磁界発生コイルの発生磁界の方向との第 4 の関係を説明する図である。図 20 に示されたセンサコイルの符号と磁界発生コイルの発生磁界の方向との関係は、図 19 の上記関係を変形したものである。

[0210] 図 20 の中央に示すように、上側半分に配置された磁界発生コイルセット 12c と 12d との磁界方向は上下ミラー反転しており、上側半分に配置された磁界発生コイルセット 12d と 12c との磁界方向は上下ミラー反転している。この場合、図 20 の右側に示すように、異物検出感度が低下する辺は、上側半分における磁界発生コイルセット 12c および 12d の境界部と、下側半分における磁界発生コイルセット 12d および 12c の境界部との 2箇所になる。

[0211] つまり、図 19 に示された磁界発生コイル 10-1 および図 20 に示された磁界発生コイル 10-2 の双方を利用することで、辺上の異物検出感度を

改善することが可能となる。

- [0212] ここで、磁界発生コイルを使用し、かつ、電力伝送コイルの磁界を利用する方法にてついで説明する。前述したように、センサコイルを通過する磁界が強いほど異物検出感度は向上する。このため、磁界発生コイルが発生する磁界に加えて、電力伝送コイルが発生する磁界を利用すれば、更に異物検出感度を向上させることができる。正確には、磁界の時間変化量を大きくすれば、異物検出感度は向上する。電力伝送コイルの磁界波形において、磁界の強さが0になるタイミングが、最も磁界の時間変化量が大きくなる。つまり、電力伝送コイルの磁界がゼロに近いときに、異物検出を行えばよい。
- [0213] この観点から、給電コイルの電流を検知することで、この時間を予測して異物検出を行ってもよい。
- [0214] また、サーチコイルを設けて、その起電力が最大になるタイミングで、異物検出検知を行ってもよい。このタイミングは、給電コイルの磁界の時間変化量が最大になるときである。
- [0215] また、磁界発生コイルの磁界の方向は磁界発生コイルユニットによって異なり、電力伝送コイルが作る磁界の方向は、磁束の時間変化量がマイナスのときとプラスのときの場合がある。このため、磁界発生コイルユニットによっては、その磁界の方向と、電力伝送コイルの磁界の方向が逆向きとなり、合成磁界の強度を低下させる場合が存在する。
- [0216] この問題を解決するために、磁界発生コイルに流す電流の方向と磁界発生コイルの磁界の時間変化量の符号との全ての組合せの条件で、異物検出を行えば、異物検出感度を向上させることができる。
- [0217] また、高周波ノイズが発生する期間を避けて異物検出を行えば、高周波ノイズによるS/N比の低下を回避することができ、異物検出感度と精度とを向上できる。
- [0218] また、電力伝送コイルが作る磁界が、センサコイルのV<sub>0</sub>を変化させたり不安定にしたりして、異物検出感度と精度とを低下させる場合がある。このときは、電力伝送コイルの磁界の影響を低下させるのが望ましい場合がある

。その方法の実施例として、電力伝送コイルの磁界の時間変化量が小さいとき、または、小さくなるときに異物検出を行うようにすればよい。具体的には、磁界がピーク値をとるタイミングである。このタイミングは、一周期中の中にプラスのピーク値をとるタイミングと、マイナスのピーク値をとるタイミングとの2箇所が存在する。どちらのタイミングで異物検出を行ってもよい。上記タイミングにおいて、磁界の時間変化量がゼロになるため、センサコイルへの影響は大きく低減できる。

[0219] [7. 異物検出のタイミング]

図21は、電力伝送コイルにより発生する磁束密度の時間変化を表す概念波形図である。同図に示されたタイミングAは、磁束密度の時間変化が最大となる時刻である。駆動回路は、このタイミングAにおいて磁界発生コイルを駆動して異物検出を実行することが好ましい。これにより、電力伝送コイルにより発生する磁界と磁界発生コイルが発生させる磁界とが重畳されて、異物検出空間の磁界を大きくすることができるので、異物検出感度を向上させることが可能となる。

[0220] また、駆動回路は、電力伝送コイルにより発生する磁束変化が小さいタイミングBにおいて磁界発生コイルを駆動して異物検出を実行してもよい。センサコイルのS/N比が低いことで異物検出感度が悪い場合は、こうすることで、異物検出感度を向上させることが可能となる。

[0221] なお、タイミングAおよびBの検出は、電力伝送コイルの電流および電圧を計測して求めてもよいし、電力伝送装置のインバータのゲート信号のタイミングから求めてもよいし、サーチコイルを設けて、その起電力の計測値により求めてもよい。

[0222] また、駆動回路は、異物160の有無の判定を行うタイミングで、磁界発生コイルを駆動してもよい。これにより、磁界を間欠的に発生させるので、消費電力および電磁放射の両方を低減することができる。

[0223] また、駆動回路は、給電コイルおよび受電コイルの電流、電圧、電力および周波数の少なくとも1つを変化させることにより、磁界発生コイルを駆動

してもよい。これにより、磁界発生コイルを駆動する駆動回路および電源を簡易化することができるので、部品点数の低減によるコスト低減、軽量小型化、および信頼性向上ができる。

[0224] [ 8. 磁界発生コイルのその他の配置 ]

なお、磁界発生コイルを二次側である受電部側に設けてもよい。具体的には、一次側の磁界発生コイルが発生する z 方向磁界と、二次側の磁界発生コイルが発生する z 方向磁界が強めあうように、一次側磁界発生コイルに流れる電流と二次側磁界発生コイルに流れる電流の位相を調整する。これにより、z 方向磁界が大きくなり、異物検出感度が向上する。特に、道路上でなく空間中に存在する異物の検出感度が向上する。

[0225] また、二次側の磁界発生コイルを使って発電し、当該発電した電力を負荷に供給してもよい。これにより、発電効率を向上できる。

[0226] また、一次側の磁界発生コイルと一次側の給電コイルとの結合係数は、一次側の給電コイルと二次側の受電コイルとの結合係数より小さくすることが好ましい。

[0227] また、一次側の磁界発生コイルと二次側の受電コイルとの結合係数は、一次側の給電コイルと二次側の受電コイルの結合係数より小さくすることが好ましい。

[0228] また、一次側の磁界発生コイルと一次側の給電コイルとの結合度、および、一次側の磁界発生コイルと二次側の受電コイルとの結合度は、ともに、その比率は 10%未満であることが好ましい。上記結合度が 10%より大きいと、給電コイルから受電コイルへの電力需給に支障を来たす場合がある。

[0229] また、磁界発生コイルが発生する磁界は、電力伝送コイルを横切るので、電力伝送コイルに起電力が発生する。言い換えると、磁界発生コイルの電流によって電力伝送コイルの電圧と電流にノイズが発生することになる。このノイズは好ましくない。よって、上記ノイズを小さくするために、結合係数を調整する必要がある。

[0230] 次に、発電コイルと磁界発生コイルとの配置関係について説明する。

[0231] 発電コイルと磁界発生コイルとが形成される磁界発生コイル基板は、センサコイル基板と平行に配置される。また、その間隔はできる限り小さくすることが好ましい。また、それらを接触して配置させることが好ましい。

[0232] また、発電コイルと磁界発生コイルとが形成される磁界発生コイル基板は、電力伝送コイルのx y面と平行に配置されることが好ましい。また、その間隔はできる限り小さくすることが好ましい。また、それらを接触して配置させることが好ましい。

[0233] 次に、磁界発生コイル基板、センサコイル基板、および電力伝送コイルの位置関係について説明する。磁界発生コイル基板と電力伝送コイル基板との間にセンサコイル基板が配置されることが好ましい。また、センサコイル基板と電力伝送コイル基板との間に磁界発生コイル基板が配置されてもよい。

[0234] (その他の実施の形態)

以上、本発明に係る異物検出装置について、実施の形態および変形例に基づいて説明したが、本発明は、上記の実施の形態および変形例に限定されるものではない。

[0235] また、上記で用いた数字は、全て本開示を具体的に説明するために例示するものであり、本開示は例示された数字に制限されない。

[0236] また、上記で示した各構成要素の材料は、全て本開示を具体的に説明するために例示するものであり、本開示は例示された材料に制限されない。また、構成要素間の接続関係は、本開示を具体的に説明するために例示するものであり、本開示の機能を実現する接続関係はこれに限定されない。

[0237] なお、上記実施の形態に係る非接触給電装置100は、駐車場の地上に配置された給電コイルから車側のバッテリーに充電をするシステムであり、異物検出装置1は地上に内臓されるものであるが、本発明に係る異物検出装置はこれに限られない。非接触給電装置が、走行中(移動中)のEVに給電するシステムであって、道路上の異物を検知する異物検出装置であってもよい。

[0238] 更に、本開示の主旨を逸脱しない限り、本実施の形態に対して当業者が思

いくつか範囲内の変更を施した各種変形例も本開示に含まれる。

## 産業上の利用可能性

[0239] 本開示に係る異物検出装置は、移動体の非接触給電システムなどに適用できる。

## 符号の説明

[0240] 1 異物検出装置

10, 10A, 10B, 10C, 10D, 10E, 10F, 10G, 10H, 10J, 10K, 10L, 10M, 10N, 10P, 10Q, 10R, 10S, 10T, 10U, 10V, 10W1, 10W2, 10X, 10Y, 10Z1, 10Z2, 10-1, 10-2 磁界発生コイル

11, 11A, 11B1, 11B2, 11C1, 11C2, 11D1, 11D2, 11E, 11F1, 11F2, 11H, 11K1, 11K2, 11L1, 11L2, 11U1, 11U2, 11V1, 11V2, 11Y1, 11Y2 磁界発生コイルユニット

12a, 12b, 12c, 12d, 12F1, 12F2, 12G1, 12G2, 12G3 磁界発生コイルセット

13J1, 13J2 並列結線

13J3, 13J4, 13P1, 13P2, 13Q1, 13Q2, 13R1, 13R2, 13S1, 13S2 磁界発生コイルユニット線

20, 20T, 20U, 20V, 20W1, 20W2, 20X, 20Y, 20Z1, 20Z2 発電コイル

21K1, 21K2, 21L1, 21L2, 21M1, 21M2, 21N1, 21N2, 21P1H, 21P1L, 21P2H, 21P2L, 21P3H, 21P3L, 21P4H, 21P4L, 21Q1H, 21Q1L, 21Q2H, 21Q2L, 21Q3H, 21Q3L, 21Q4H, 21Q4L, 21R1H, 21R1L, 21R2H, 21R2L, 21S1H, 21S1L, 21S2H, 21S2L スイッチ

30 給電コイル

- 3 1 コア
- 3 2 巻き線
- 4 0 センサコイル
- 4 0 a, 4 0 b, 4 0 c, 4 0 d センサコイルユニット
- 1 0 0 非接触給電装置
- 1 1 0 磁界発生コイル基板
- 1 3 0 給電コイル基板
- 1 4 0 センサコイル基板
- 1 5 0 受電コイル基板
- 1 6 0 異物

## 請求の範囲

- [請求項1] 給電部から受電部へ非接触で給電を行なう非接触給電システムに搭載される異物検出装置であって、  
前記給電部と前記受電部との間に存在する異物により変化する磁束量を検出する磁界センサと、  
前記給電部および前記受電部とは別に設けられ、磁界発生コイルユニットを有し、前記磁界センサを駆動するための磁界を発生させる磁界発生部と、を備えた、  
異物検出装置。
- [請求項2] 前記磁界発生部は、複数の前記磁界発生コイルユニットを有し、  
前記複数の前記磁界発生コイルユニットのうちの少なくとも2つは、電気的に直列かつ連続して形成されている、  
請求項1に記載の異物検出装置。
- [請求項3] 前記磁界発生部は、  
複数の前記磁界発生コイルユニットと、  
前記複数の前記磁界発生コイルユニットのそれぞれに電流を供給するための複数の端子と、  
前記複数の前記磁界発生コイルユニットのそれぞれと、対応する前記複数の端子のそれぞれとの間に設けられ、前記複数の磁界発生コイルユニットのそれぞれに電流を供給する、および、供給しないを選択する複数の第1スイッチ素子と、を有する、  
請求項1に記載の異物検出装置。
- [請求項4] 前記磁界発生部は、  
複数の前記磁界発生コイルユニットと、  
前記複数の前記磁界発生コイルユニットのそれぞれに電流を供給するための複数の端子と、  
前記複数の磁界発生コイルユニットのそれぞれと対応する前記複数の端子のそれぞれとの間に設けられ、前記複数の磁界発生コイルユニ

ットのそれぞれに流れる電流の方向を変化させる複数の第2スイッチ素子と、を有する、

請求項1に記載の異物検出装置。

[請求項5]

前記磁界発生部は、複数の前記磁界発生コイルユニットを有し、

前記複数の前記磁界発生コイルユニットのそれぞれは、矩形又は円環の輪郭に沿って導電線が配置されて形成されており、

前記矩形の短辺の長さまたは前記円環の幅である前記磁界発生コイルユニットの幅は、前記磁界発生コイルユニットを含む平面と前記異物との距離の1.5倍以上、2.5倍以下である、

請求項1～4のいずれか1項に記載の異物検出装置。

[請求項6]

前記磁界発生部は、複数の前記磁界発生コイルユニットを備え、

前記複数の前記磁界発生コイルユニットのそれぞれは、一定の間隔で平面上に配置されており、

前記異物検出装置は、前記異物が存在することにより変化する磁束量を電圧信号として検出する複数のセンサコイルユニットを有する前記磁界センサをさらに備え、

前記複数の磁界発生コイルユニットのそれぞれの第1方向における幅は、前記複数のセンサコイルユニットのそれぞれの前記第1方向における幅と同じである、

請求項1～5のいずれか1項に記載の異物検出装置。

[請求項7]

前記磁界発生部は、複数の前記磁界発生コイルユニットを備え、

前記複数の前記磁界発生コイルユニットは、長方形の輪郭に沿って導電線が配置された第1の磁界発生コイルユニットおよび第2の磁界発生コイルユニットを含み、

前記第1の磁界発生コイルユニットと前記第2の磁界発生コイルユニットとは、前記第1の磁界発生コイルユニットを含む第1平面と前記第2の磁界発生コイルユニットを含む第2平面とが平行となるよう、前記第1、第2平面の法線方向に重ねられて配置され、

前記第1の磁界発生コイルユニットの長辺と、前記第2の磁界発生コイルユニットの長辺とは、前記法線方向から見て直交している、請求項1～6のいずれか1項に記載の異物検出装置。

[請求項8] 前記非接触給電システムは、給電コイルを有する前記給電部と、受電コイルを有する前記受電部と、を備えたものであり、前記磁界発生部は、前記給電コイルと前記受電コイルとで形成される磁界のうち、前記磁界発生コイルユニットを含む平面の法線方向の磁界成分が相対的に小さい、または、0である場所に配置される、請求項1～7のいずれか1項に記載の異物検出装置。

[請求項9] 給電コイルを有する前記給電部と、受電コイルを有する前記受電部と、をさらに備え、前記磁界発生部と前記給電コイルとの磁気結合の係数、および、前記磁界発生部と前記受電コイルとの磁気結合の係数は、ともに10%以下である、請求項1～8のいずれか1項に記載の異物検出装置。

[請求項10] 前記磁界発生部を駆動する駆動回路をさらに備えた、請求項1～9のいずれか1項に記載の異物検出装置。

[請求項11] 前記駆動回路は、前記磁界発生コイルユニットに流れる電流の時間微分値が $1\text{ A} / 50\text{ ns}$ 以上となるよう前記磁界発生部を駆動する、請求項10に記載の異物検出装置。

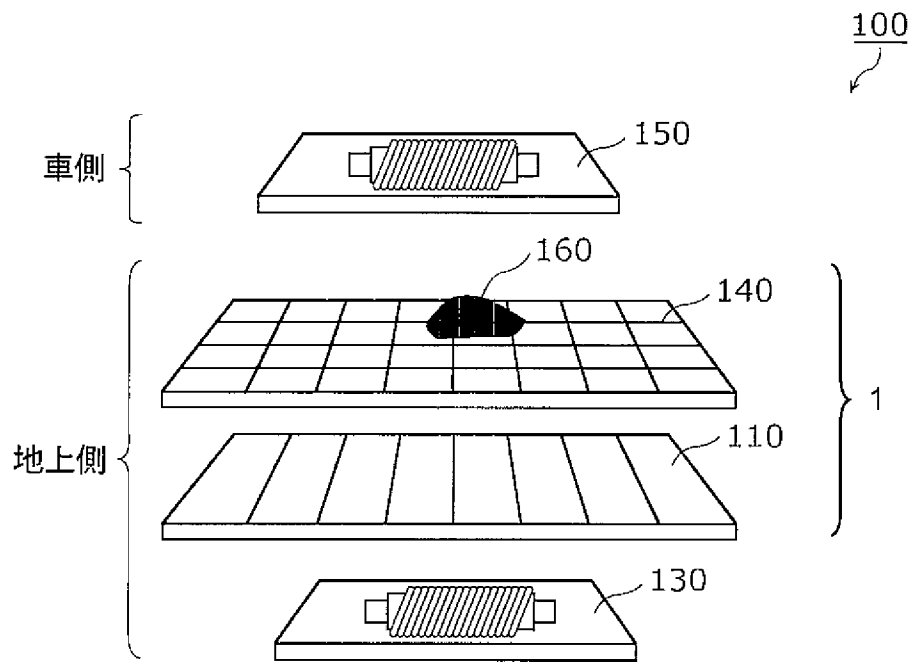
[請求項12] 前記駆動回路は、前記磁界発生コイルユニットへ供給する、電流、電圧、電力および周波数の少なくとも1つの絶対値および時間的变化量の少なくとも一方を変化させて前記磁界発生部を駆動する、請求項10、11のいずれか1項に記載の異物検出装置。

[請求項13] 前記磁界発生部は、発電コイルをさらに有し、前記発電コイルは、前記給電部および前記受電部が発生する磁界を利用して起電力を生成し、生成した前記起電力を磁界発生コイルユニットへ供給する、

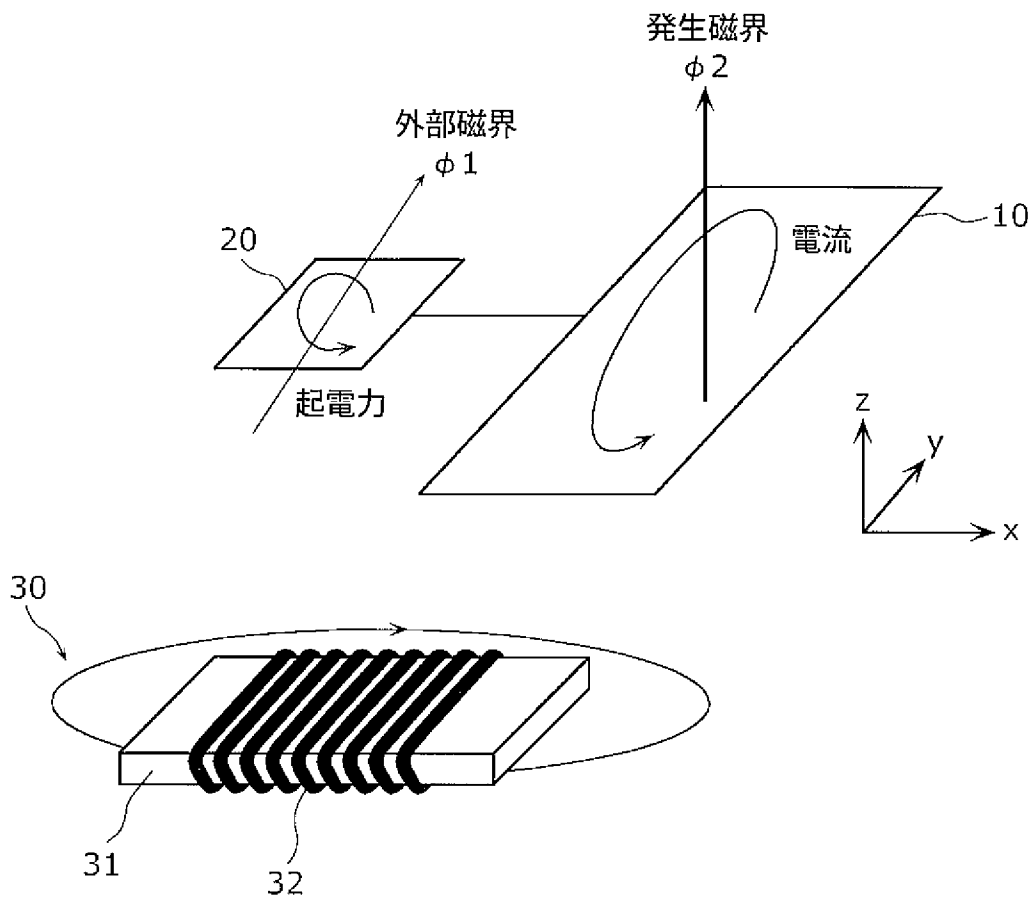
請求項 1 ~ 1 2 のいずれか 1 項に記載の異物検出装置。

- [請求項14] 前記磁界発生部を駆動する駆動回路をさらに備え、  
前記発電コイルで生成された前記起電力は、前記駆動回路を含む前記異物検出装置の回路に供給される、  
請求項 1 3 に記載の異物検出装置。
- [請求項15] 前記給電部と前記受電部とで形成される磁界のうち、前記磁界発生コイルユニットを含む平面の法線方向の磁界成分が 0 になる場所に、前記磁界発生コイルユニットを形成する導電線の一部が配置されている、  
請求項 1 3 に記載の異物検出装置。
- [請求項16] 前記駆動回路は、前記異物の有無の判定を行うタイミングで、前記磁界発生部を駆動する、  
請求項 1 0 に記載の異物検出装置。
- [請求項17] 前記駆動回路は、前記給電部と前記受電部とで形成される磁界の変化の絶対値が最小となったタイミングで、前記磁界発生部を駆動する、  
請求項 1 0 に記載の異物検出装置。
- [請求項18] 前記駆動回路は、前記給電部または前記受電部の電流が 0 のタイミングで、前記磁界発生部を駆動する、  
請求項 1 0 に記載の異物検出装置。
- [請求項19] 前記駆動回路は、前記給電部または前記受電部から高周波磁界が発生する時間を避けて、前記磁界発生部を駆動する、  
請求項 1 0 に記載の異物検出装置。
- [請求項20] 前記駆動回路は、前記給電部および前記受電部の電流、電圧、電力および周波数の少なくとも 1 つを変化させることにより、前記磁界発生部を駆動する、  
請求項 1 0 に記載の異物検出装置。

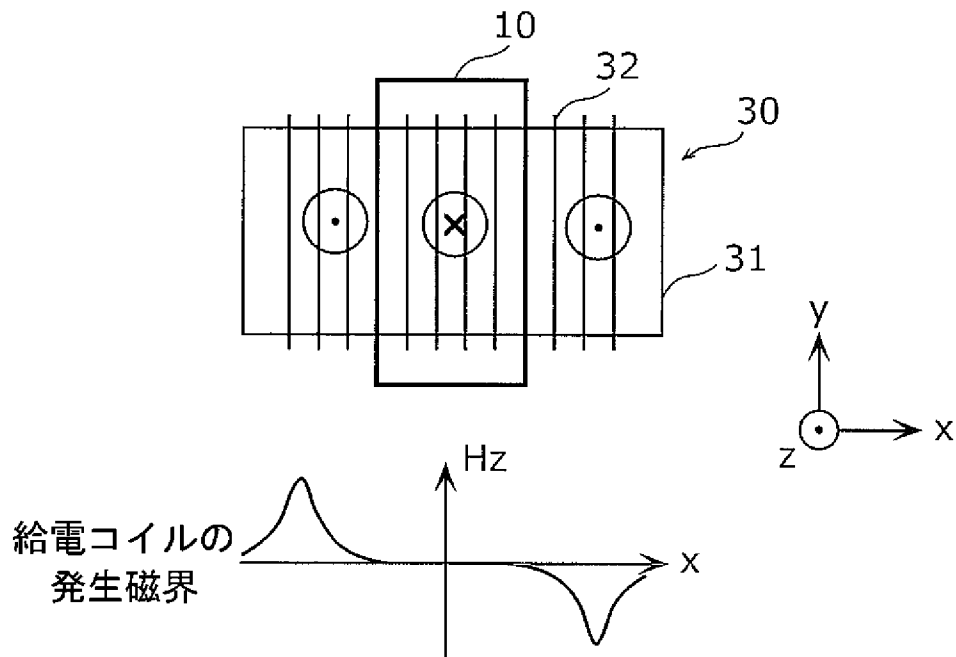
[図1]



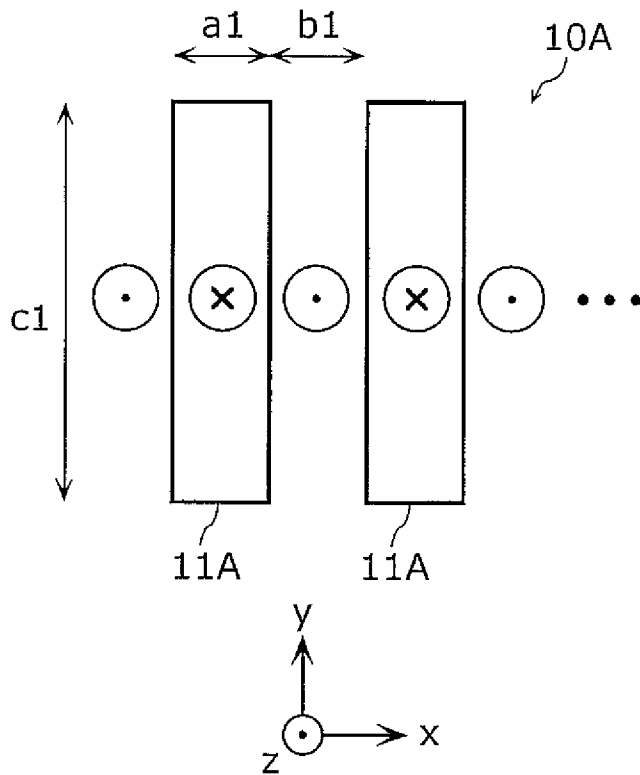
[図2]



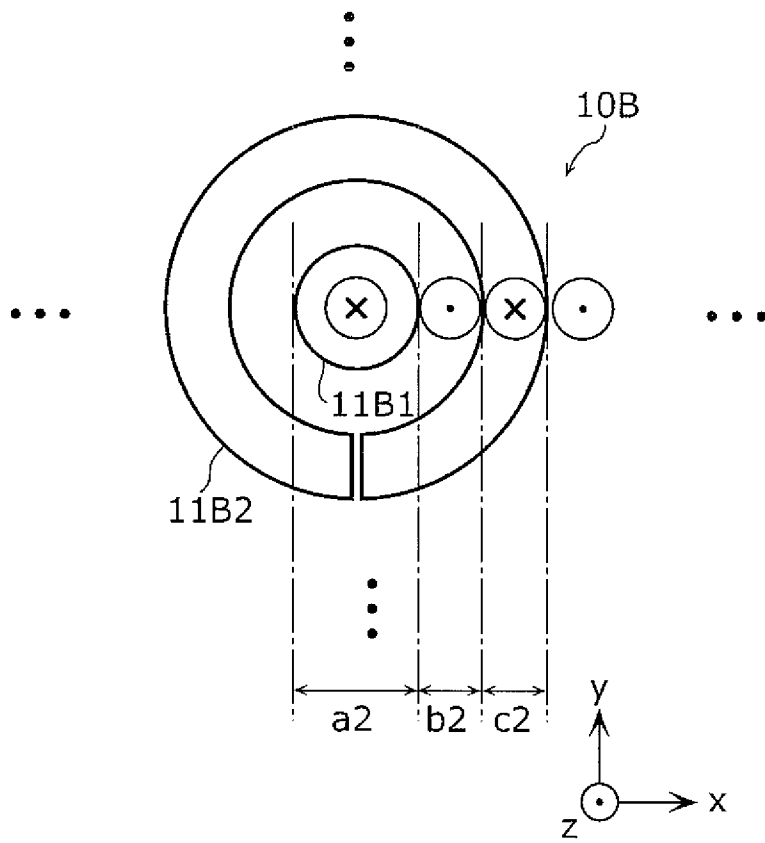
[図3]



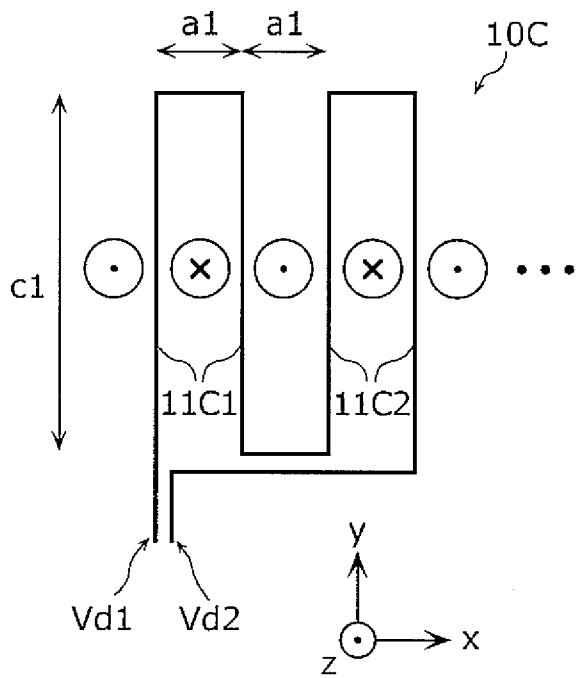
[図4A]



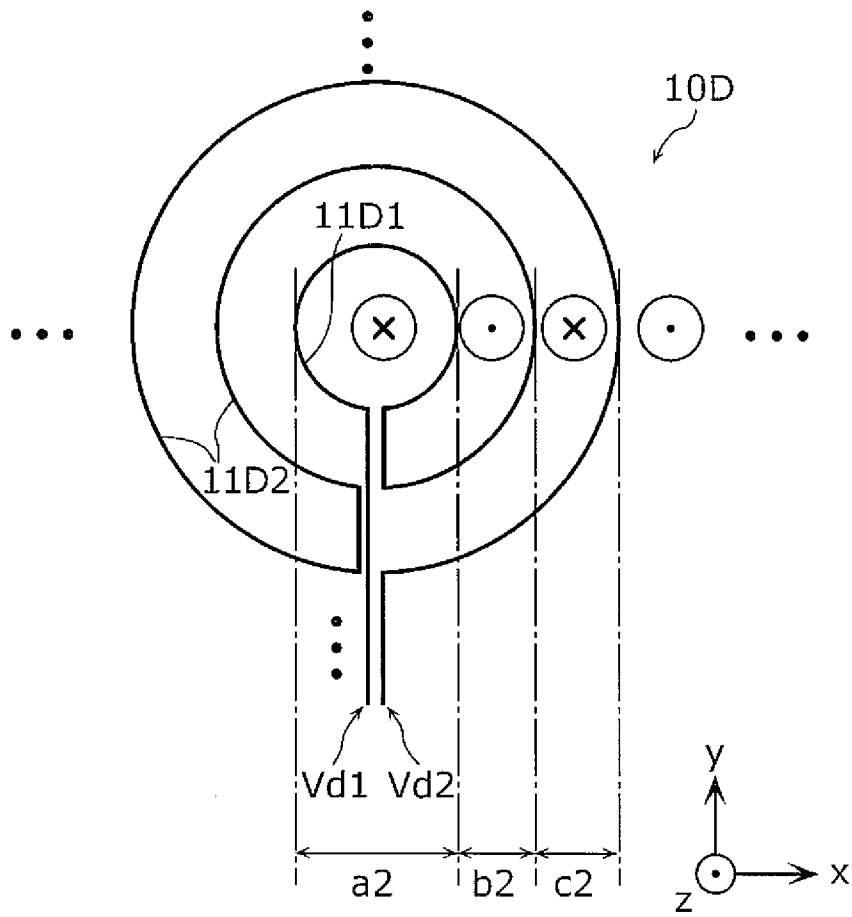
[図4B]



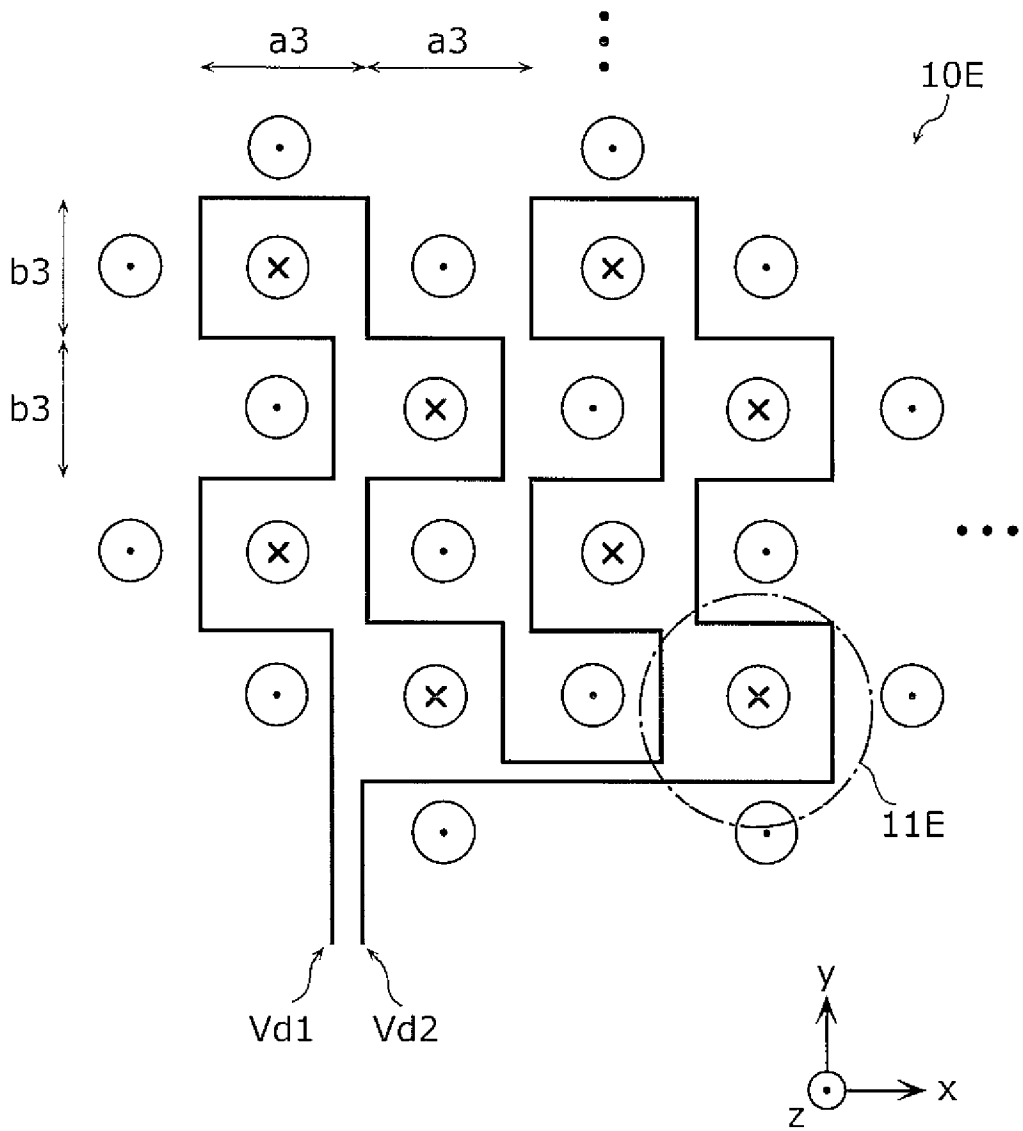
[図5A]



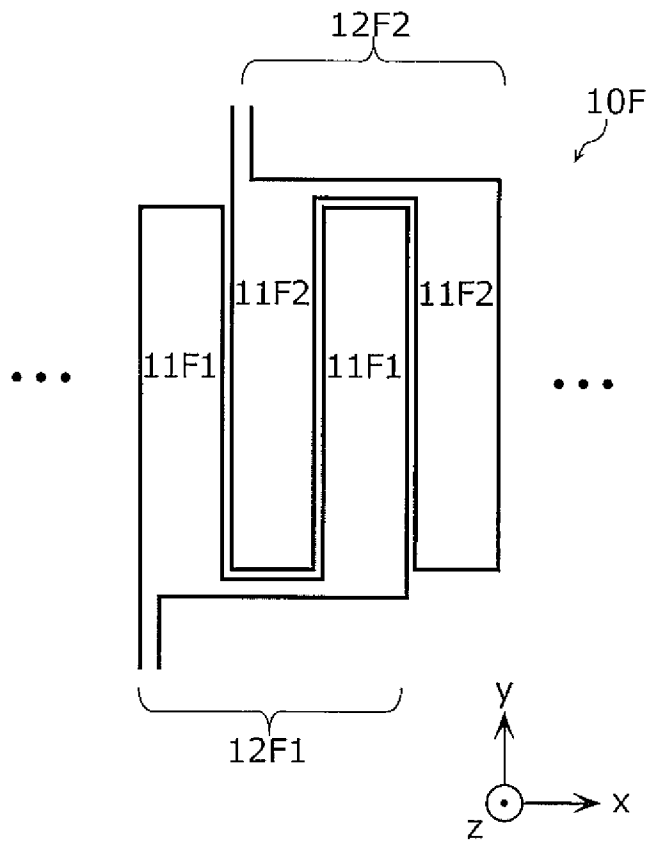
[図5B]



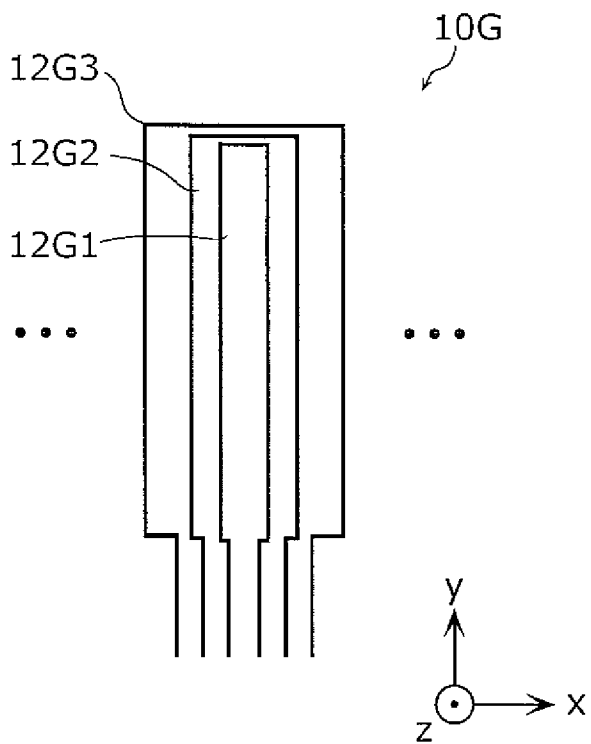
[図5C]



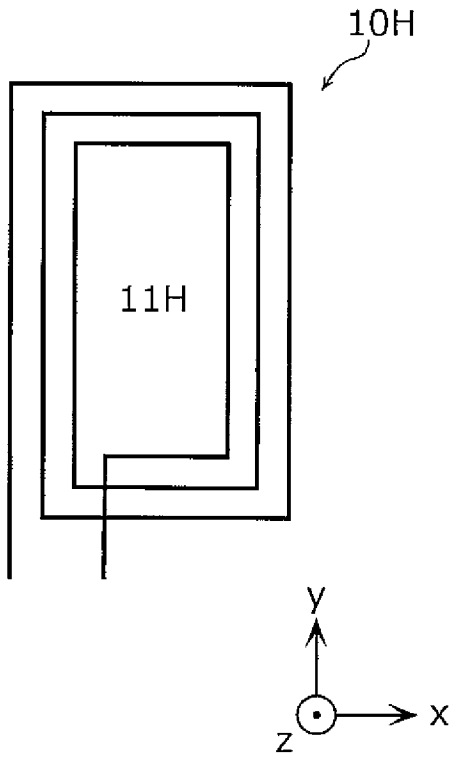
[図6A]



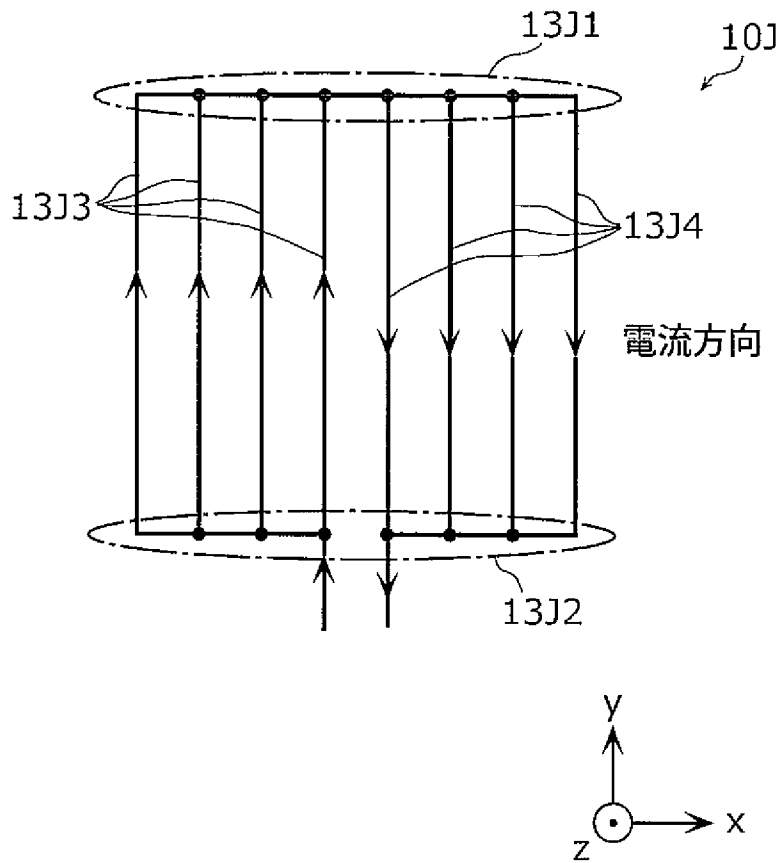
[図6B]



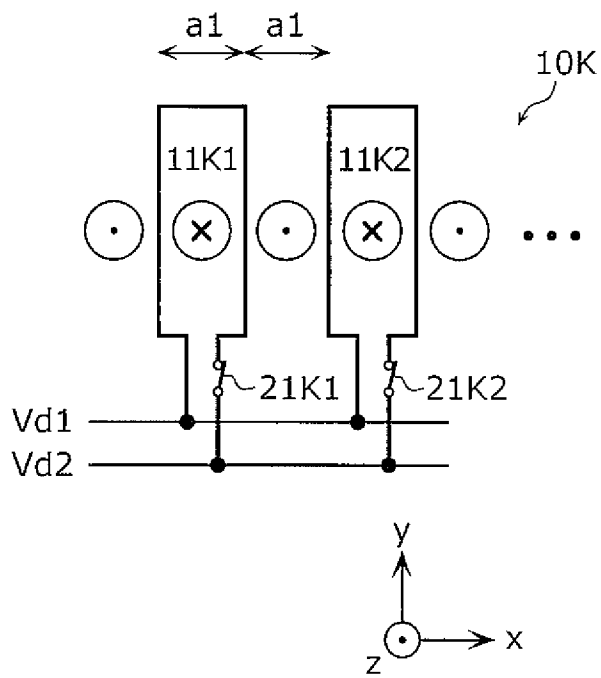
[図7A]



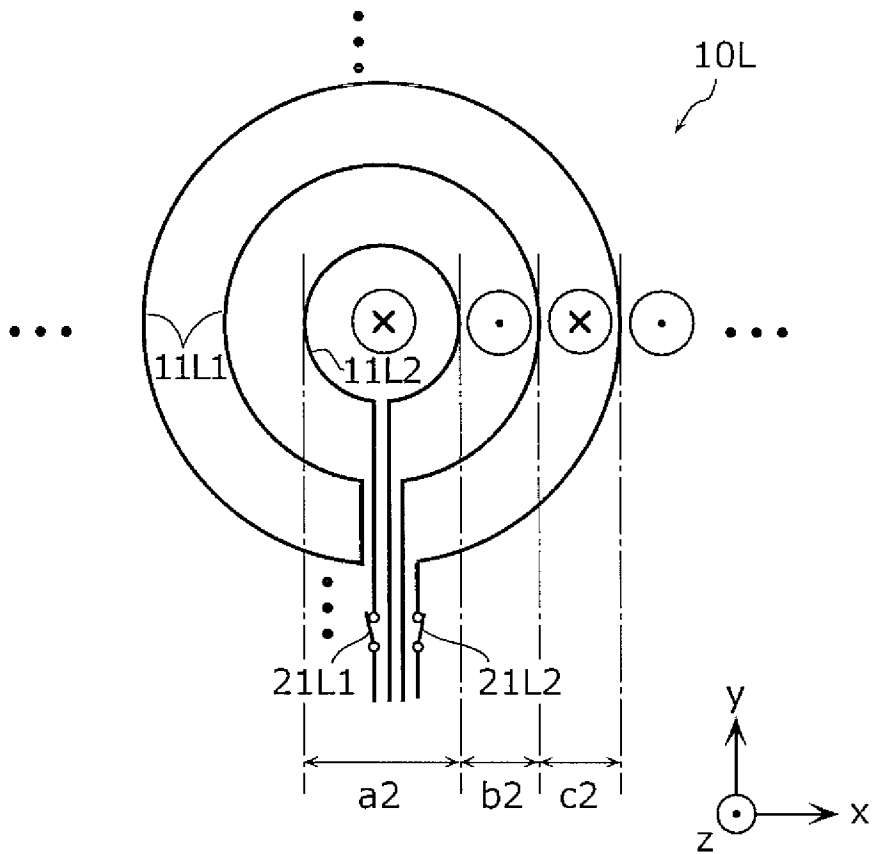
[図7B]



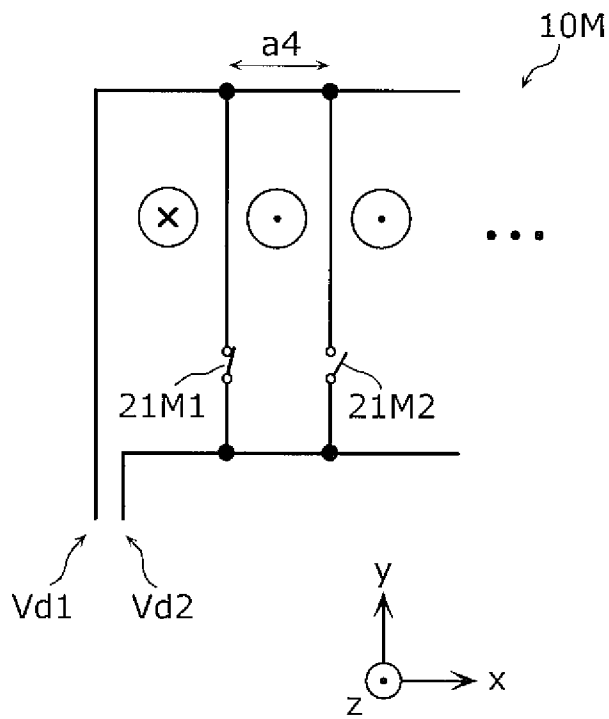
[図8A]



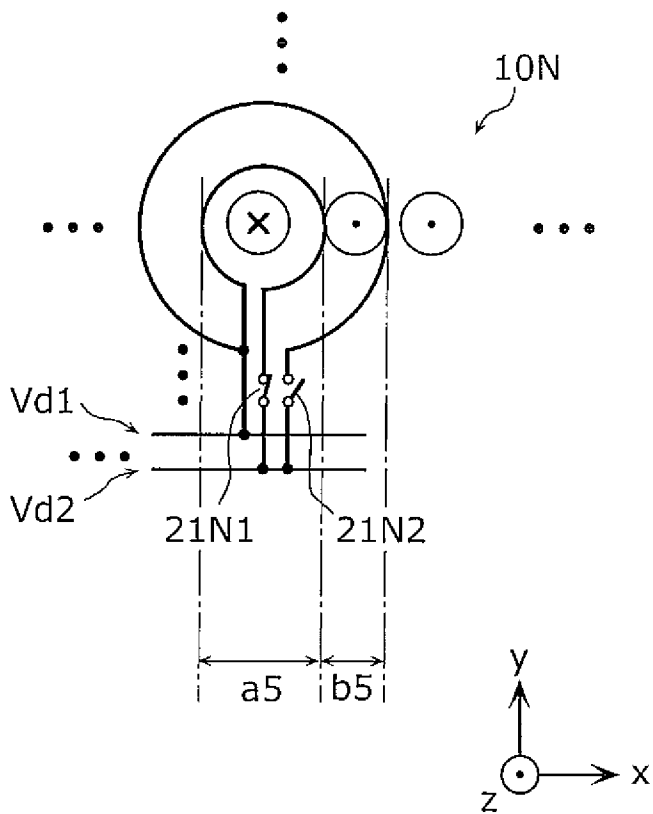
[図8B]



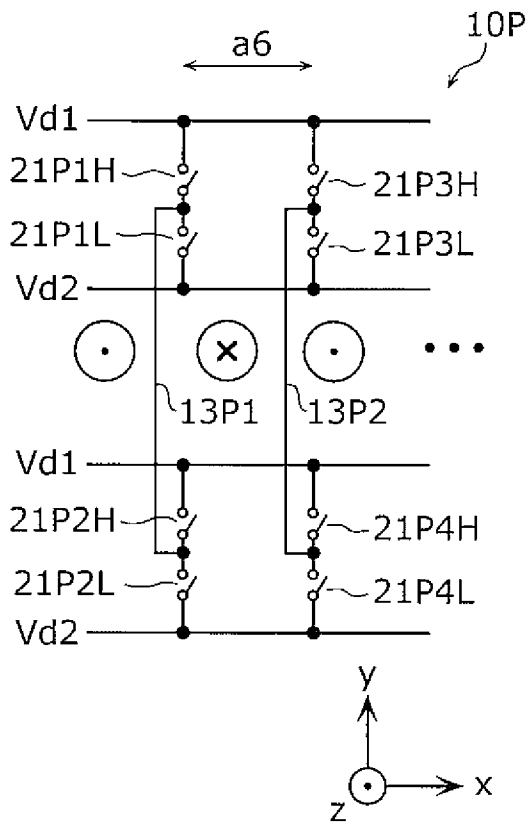
[図9A]



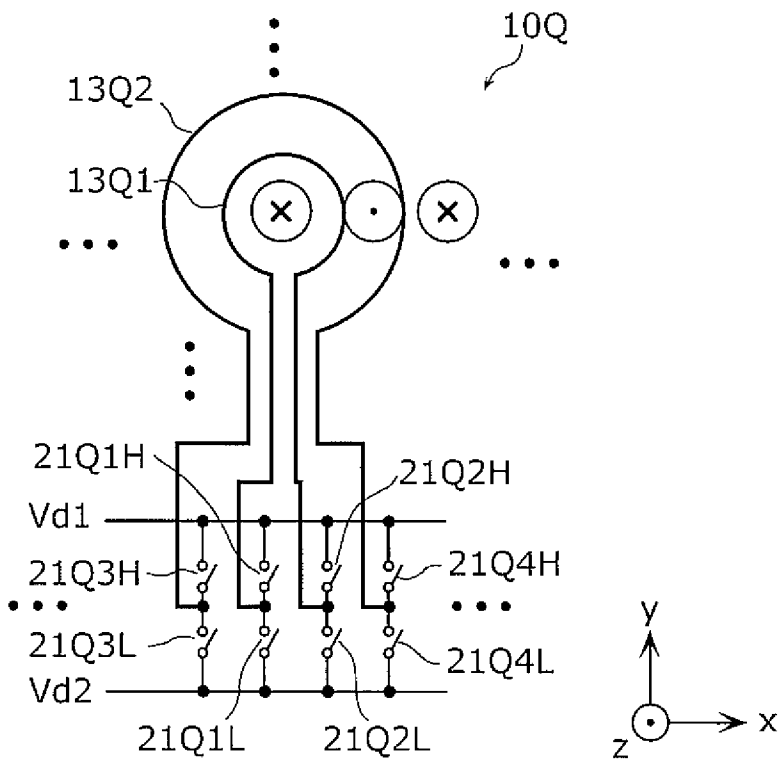
[図9B]



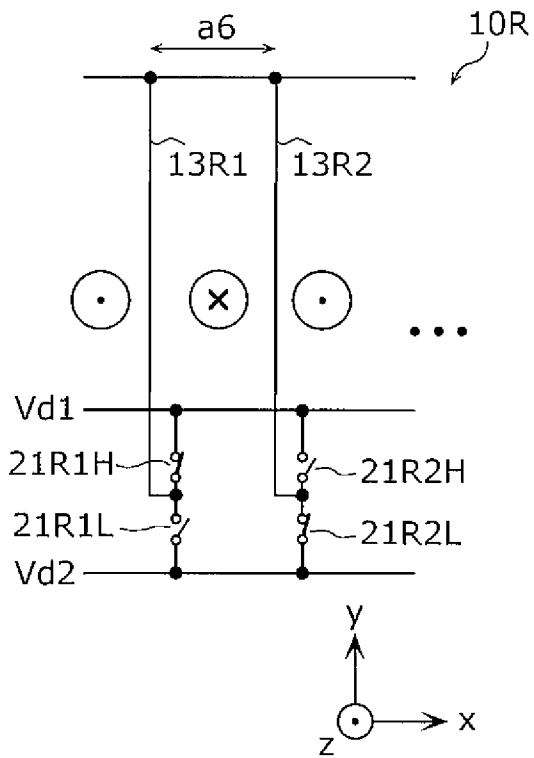
[図10A]



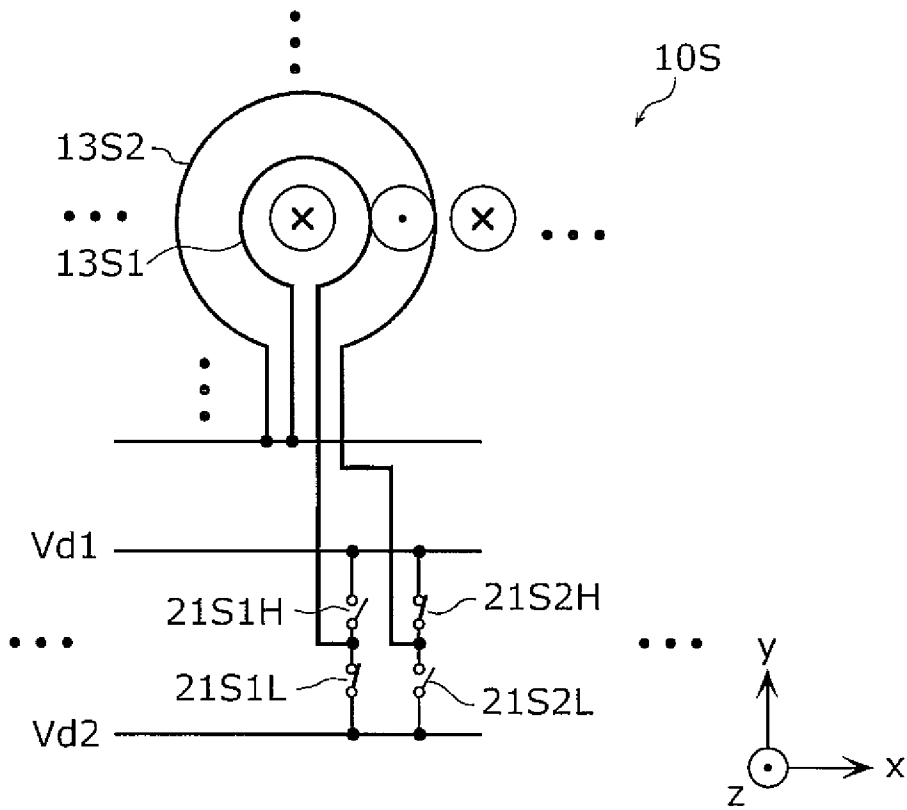
[図10B]



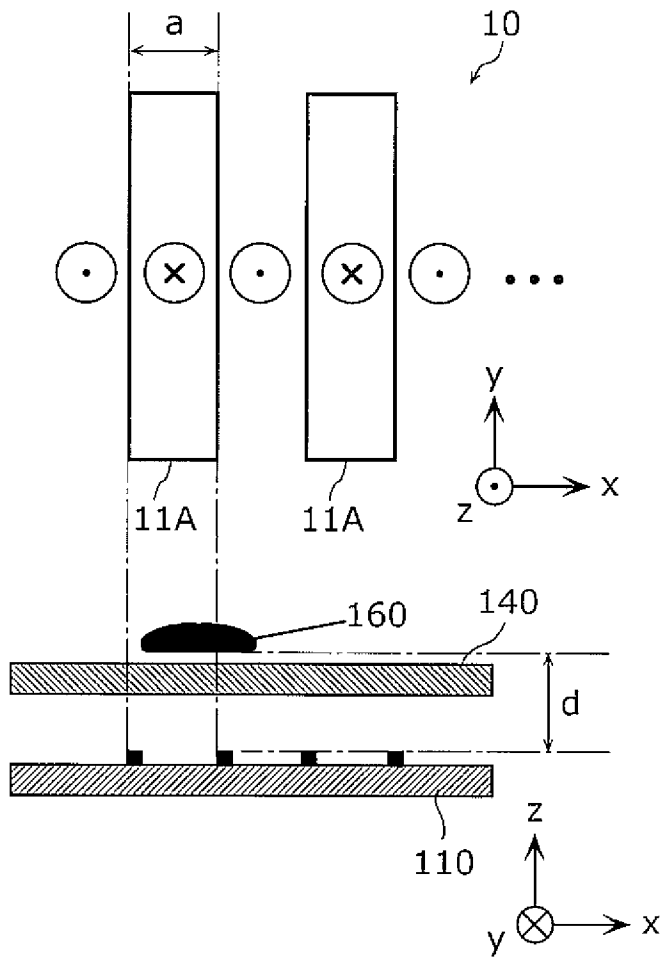
[図10C]



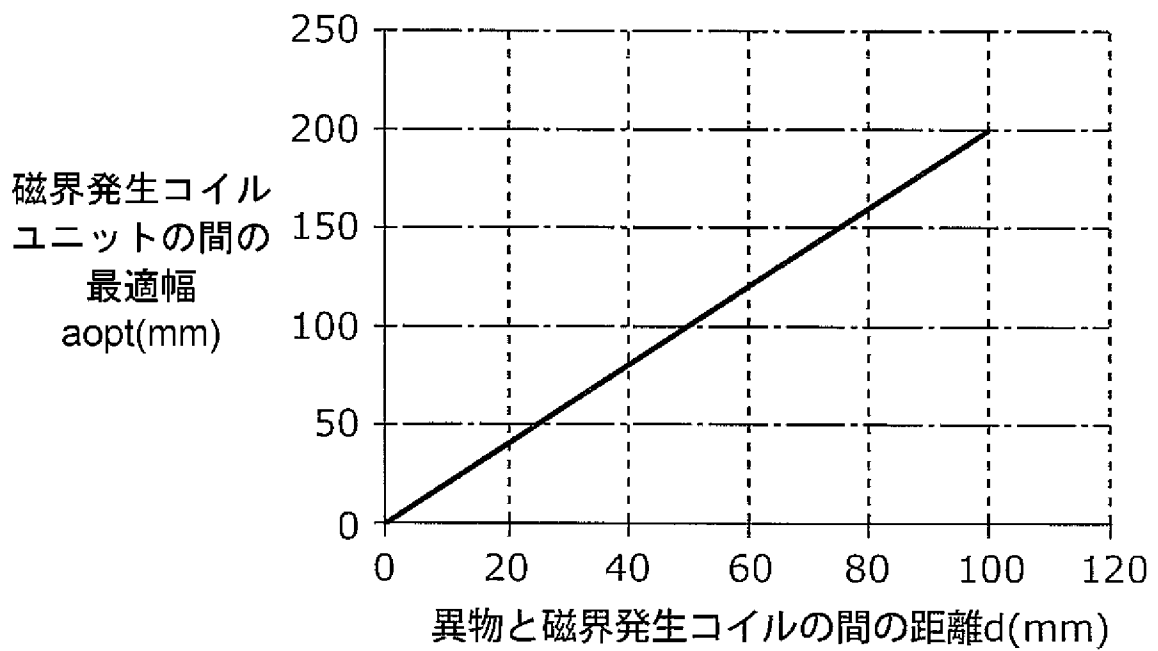
[図10D]



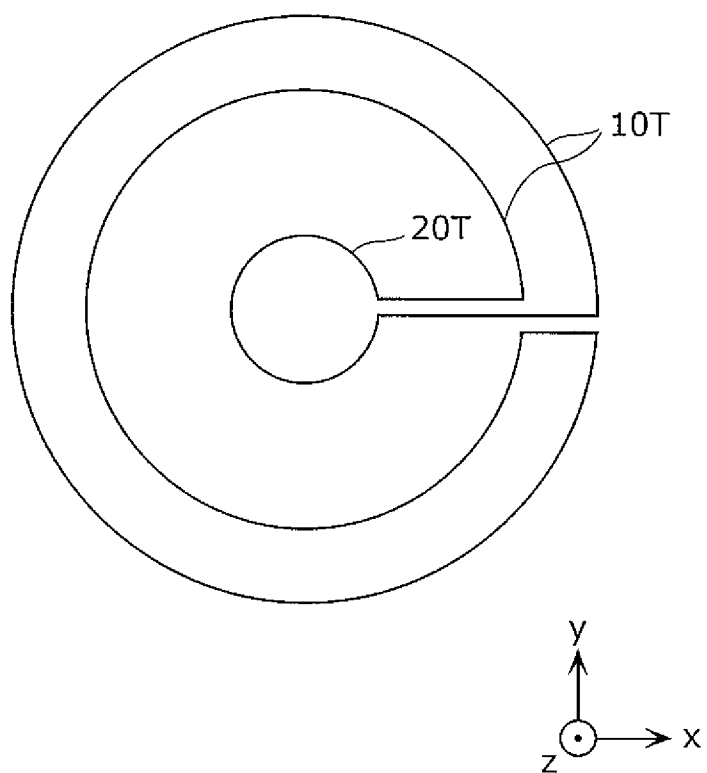
[図11A]



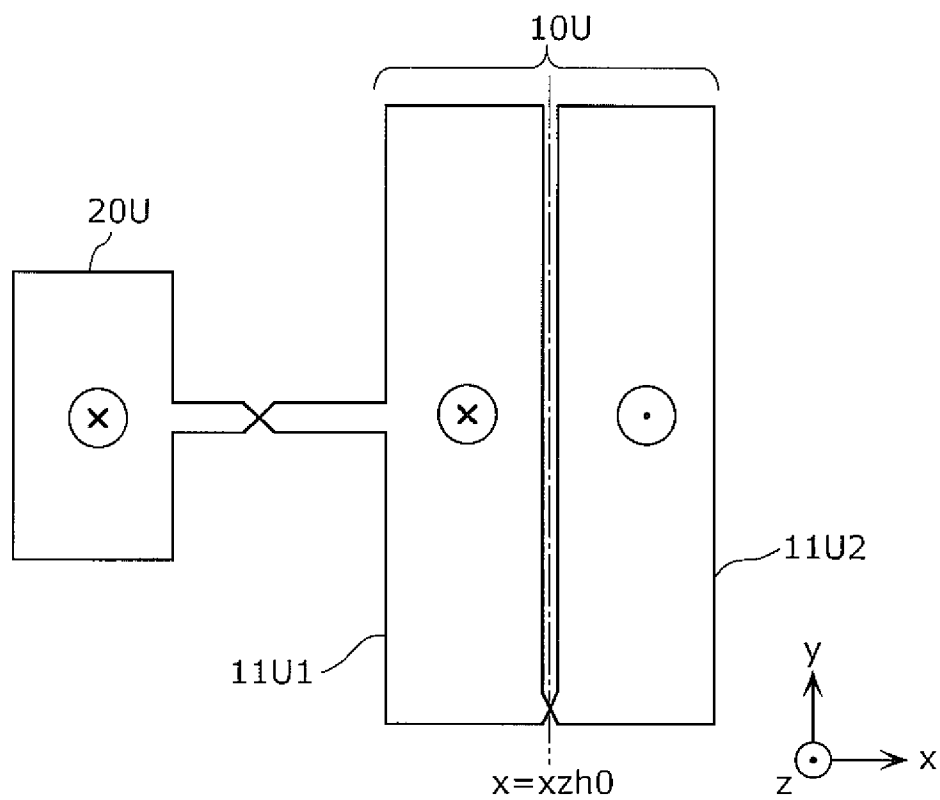
[図11B]



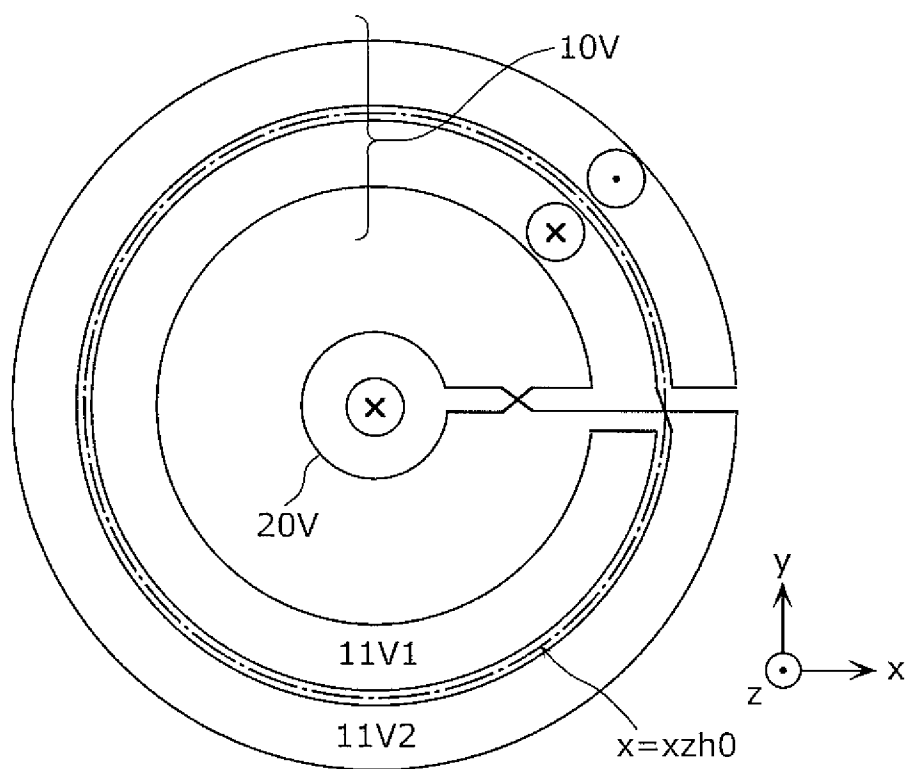
[図12]



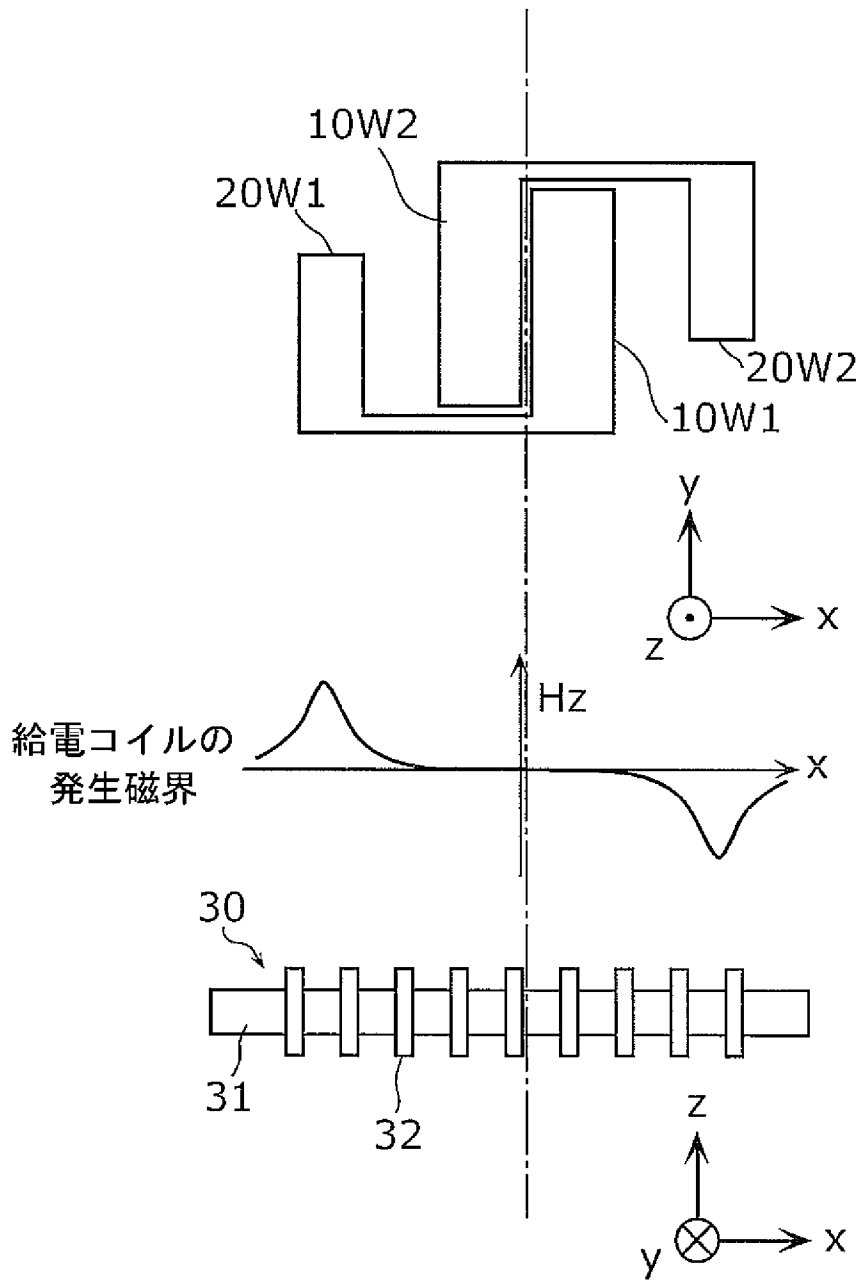
[図13A]



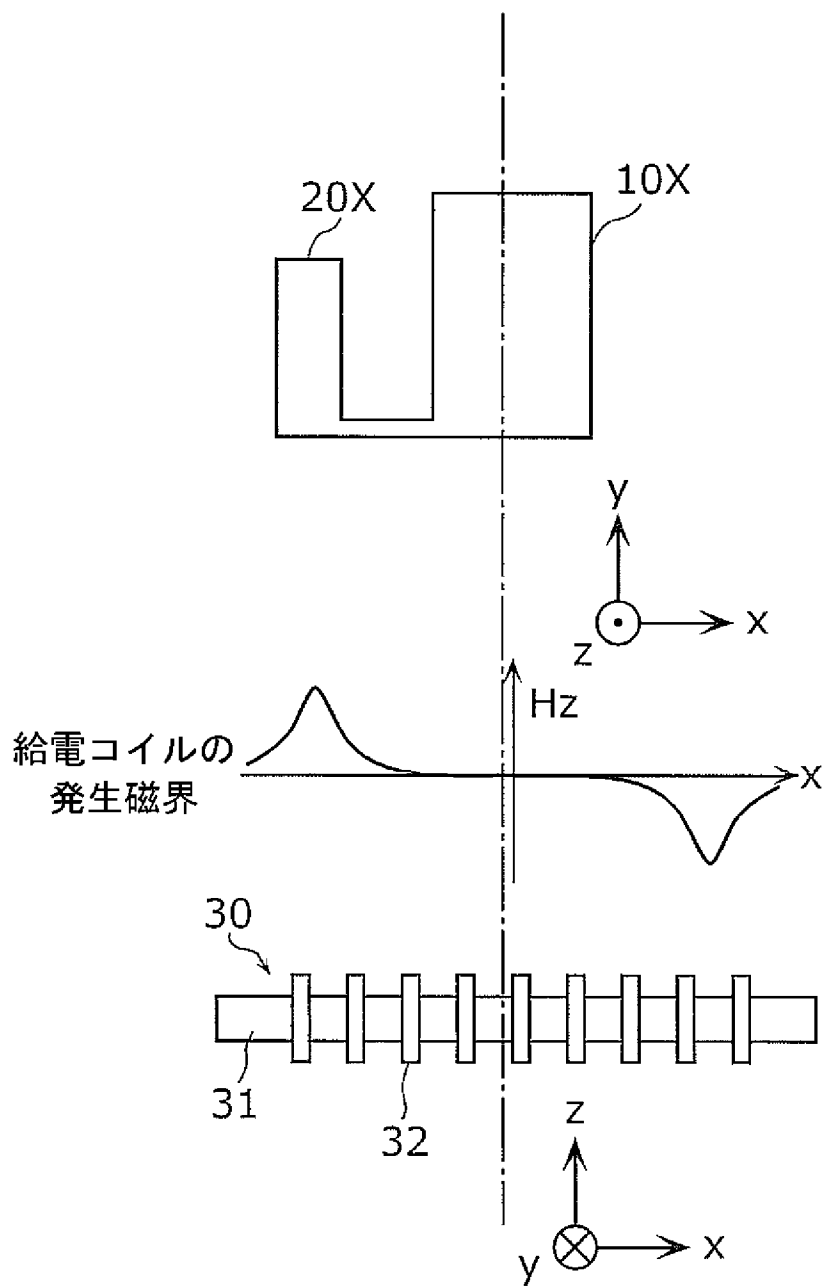
[図13B]



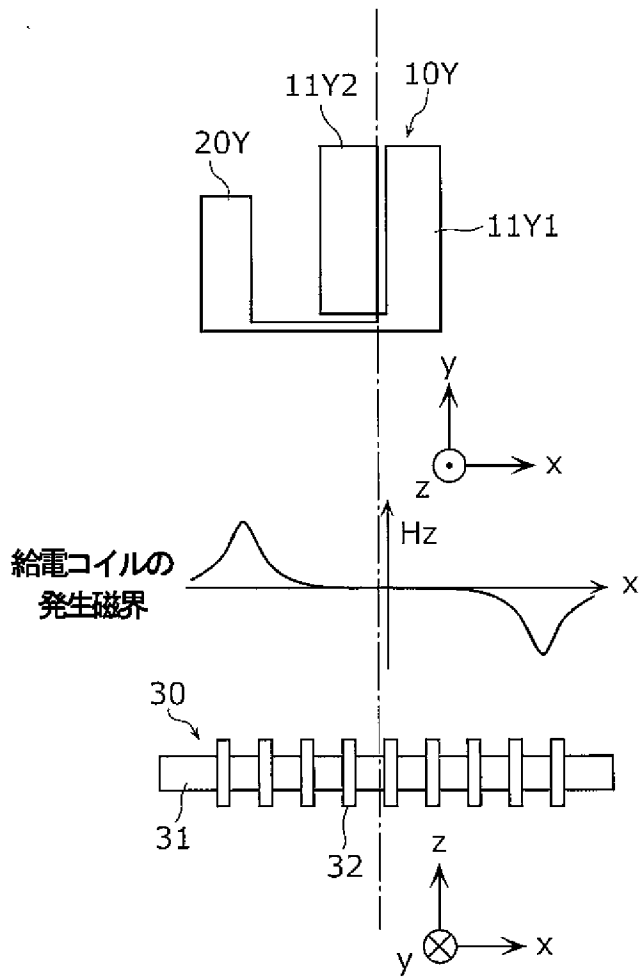
[図14A]



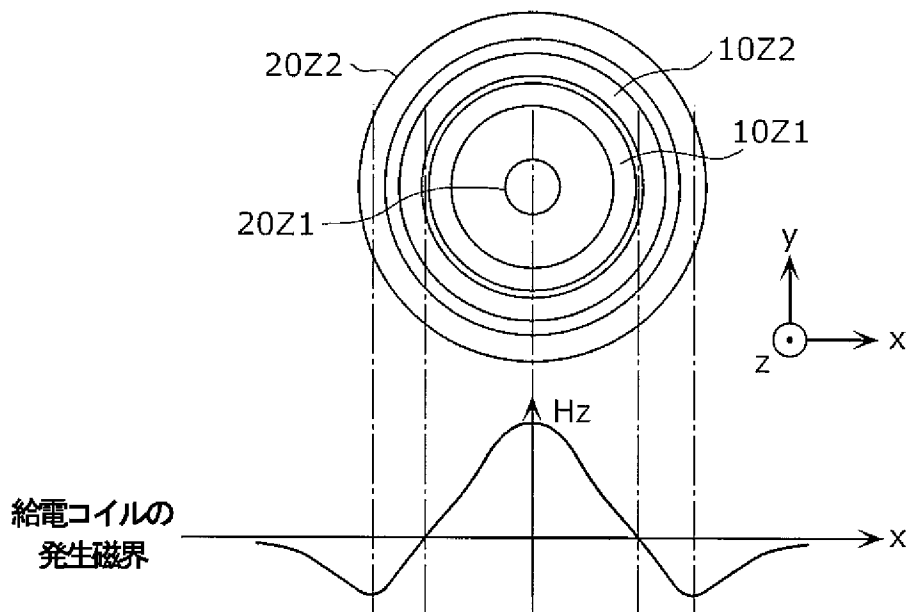
[図14B]



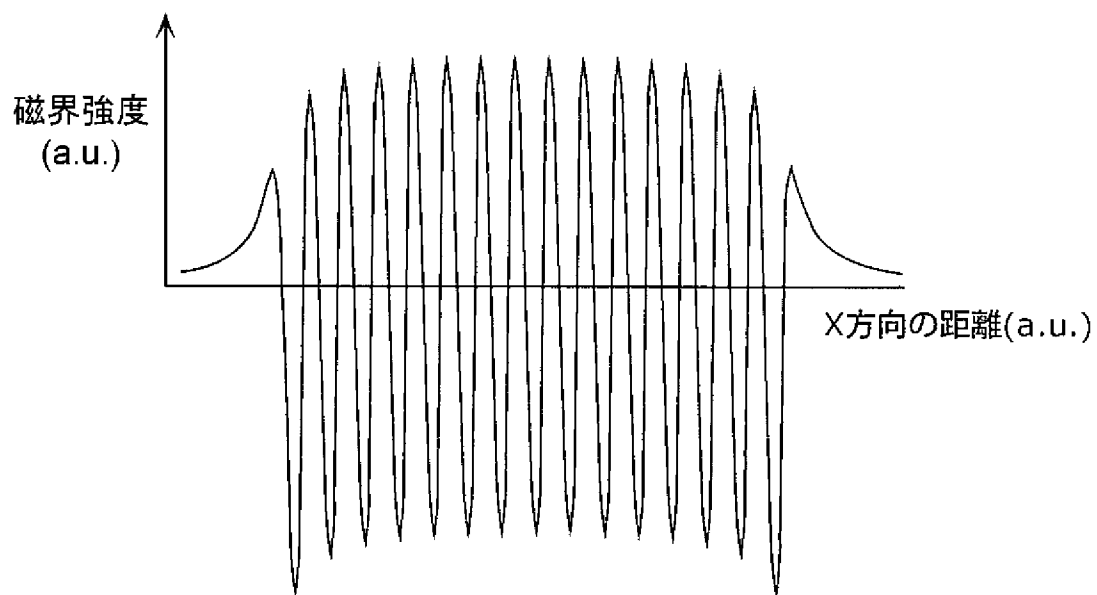
[図14C]



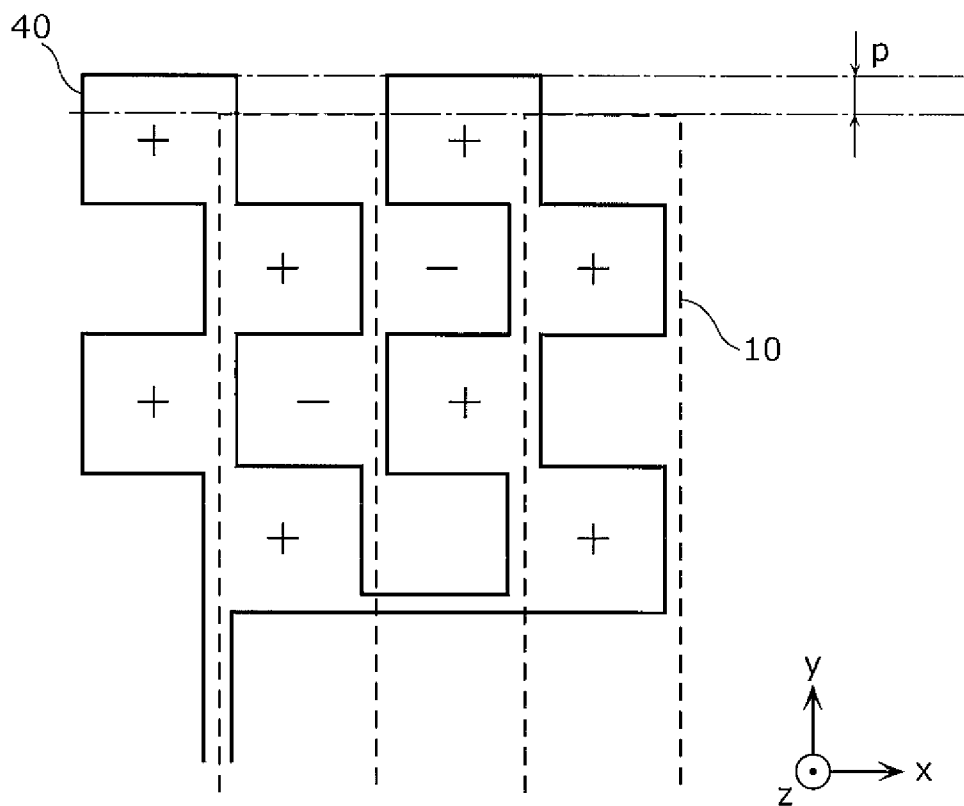
[図14D]



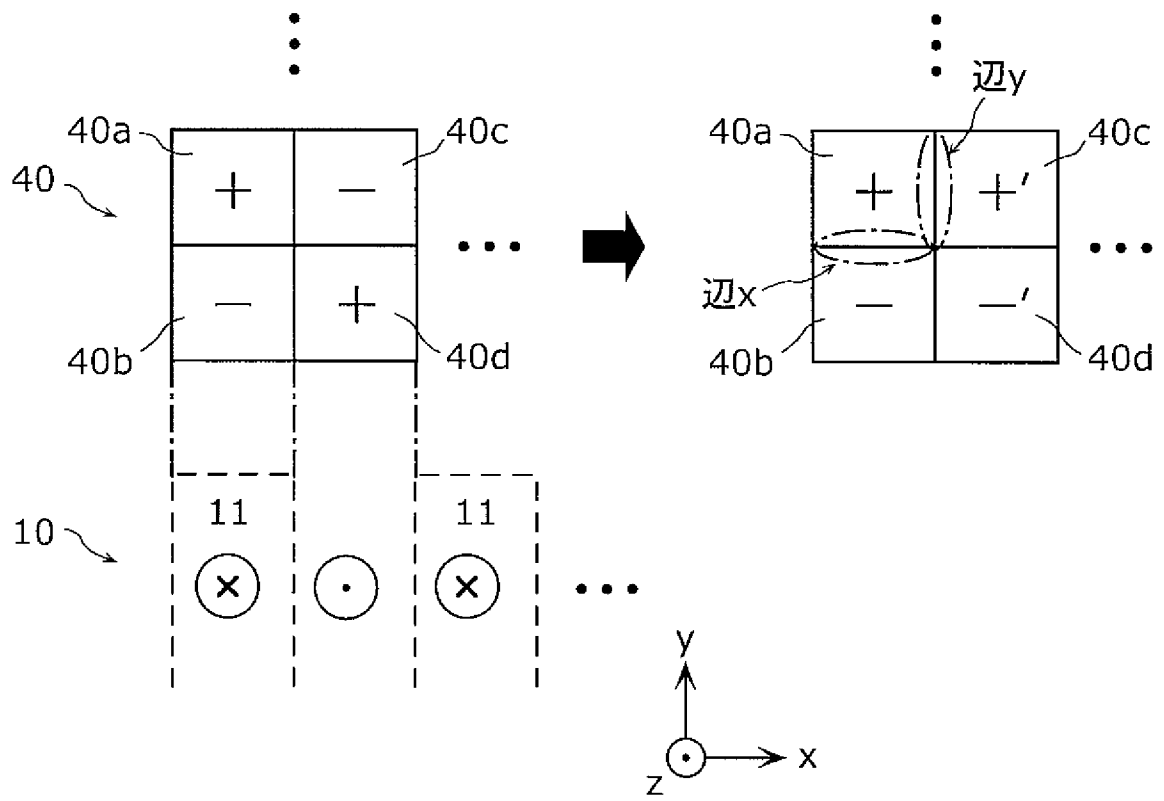
[図15]



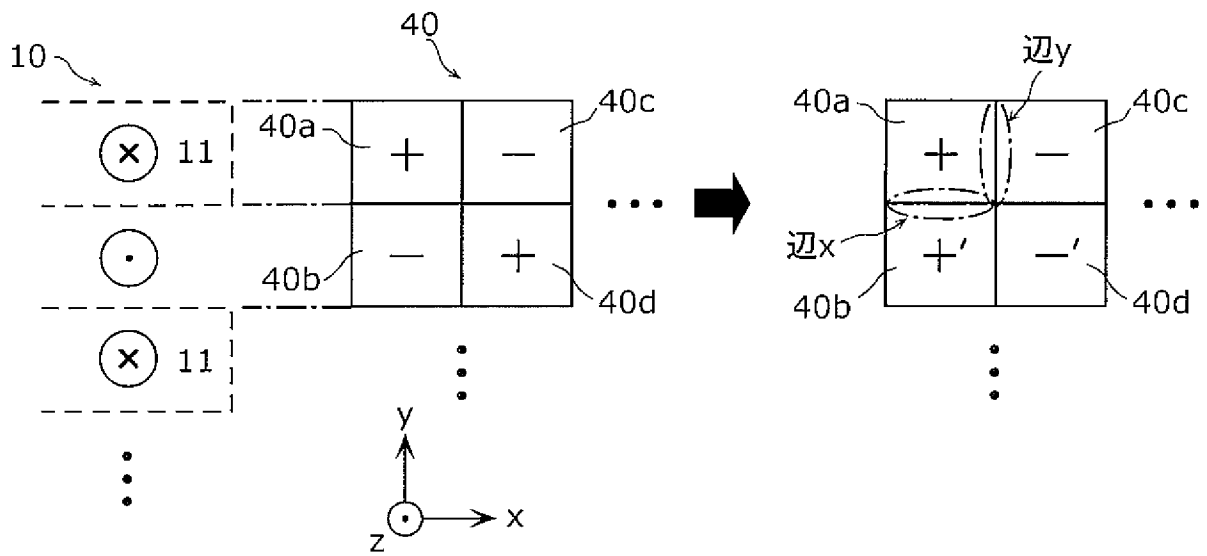
[図16]



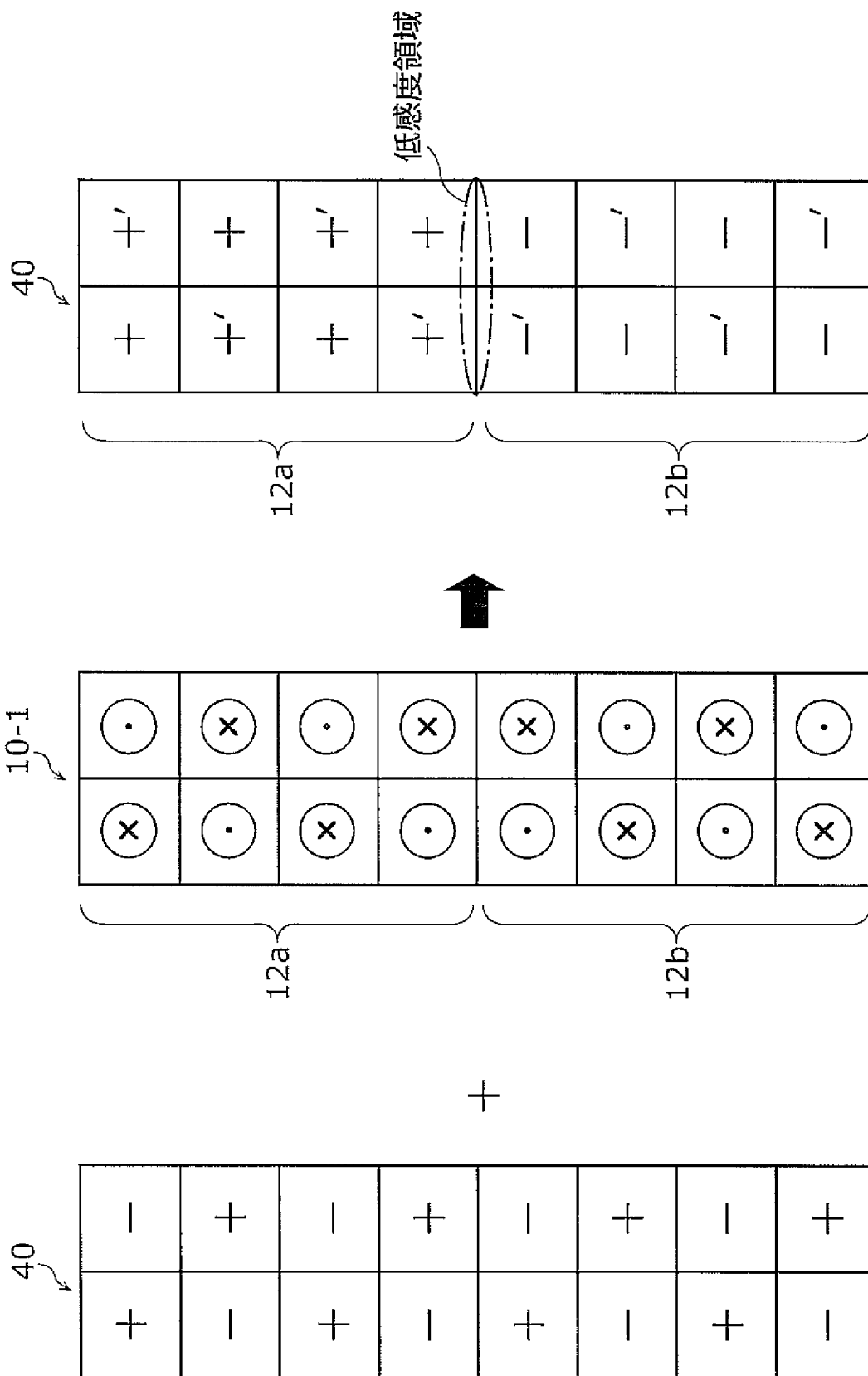
[図17]



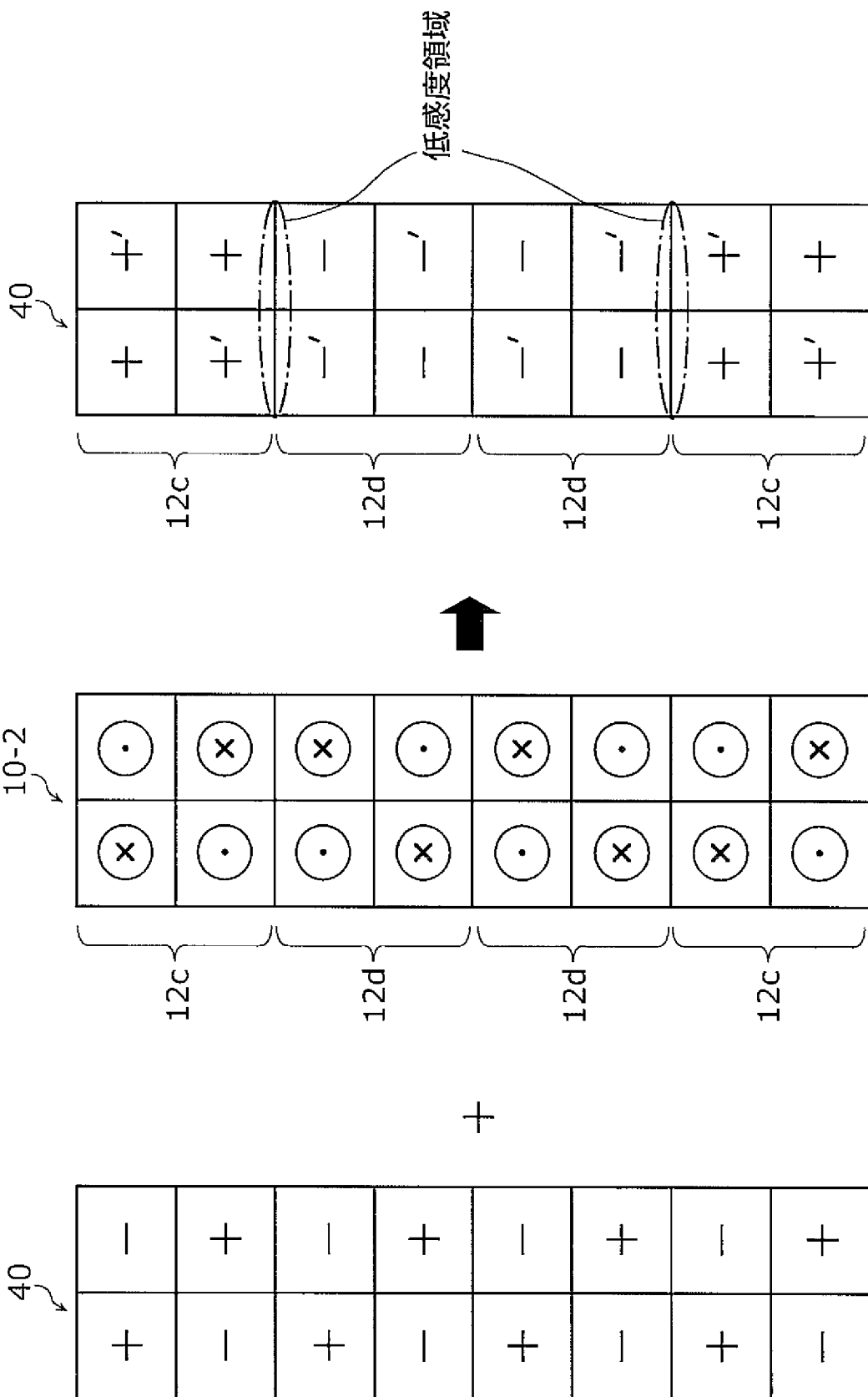
[図18]



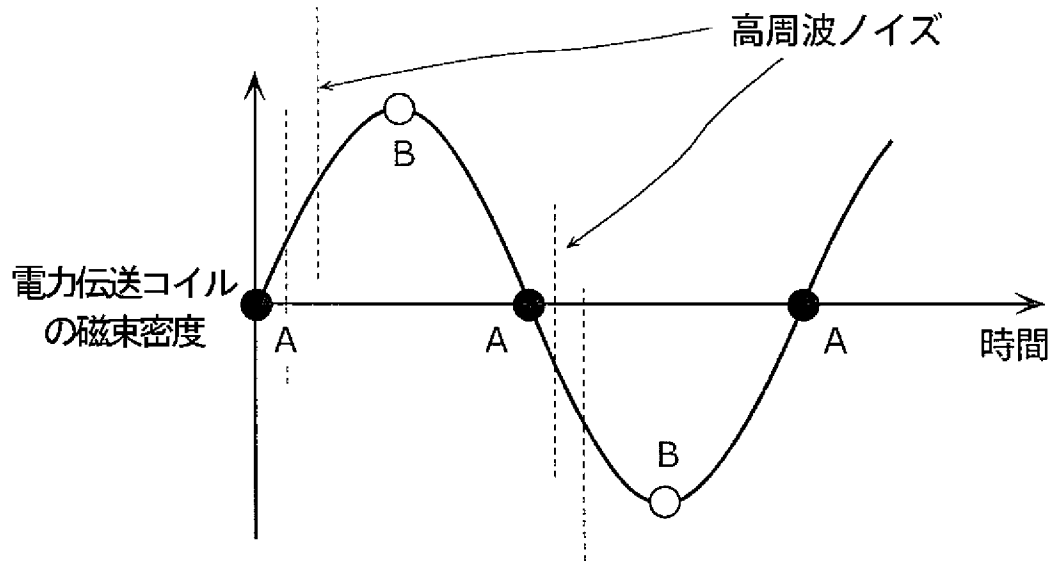
[図19]



[図20]



[図21]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2015/005336

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

H02J50/00(2016.01) i, G01R33/02(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)

H02J17/00, G01R33/02, H02J7/00, B60L11/18, B60L5/00, G01V3/10

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	WO 2014/011776 A2 (QUALCOMM INC.), 16 January 2014 (16.01.2014), paragraphs [0097], [0128], [0154], [0171], [0245]; fig. 1 to 3, 8C, 12 to 13, 28 & US 2014/0015329 A1 & EP 2872928 A1 & JP 2015-533273 A & TW 201409063 A & CN 104428692 A	1-3, 6, 10, 12, 16, 18-19 4-5, 7-9, 11, 13-15, 17, 20
X A	JP 2012-75200 A (Toshiba Corp.), 12 April 2012 (12.04.2012), paragraphs [0018], [0037] to [0040], [0044], [0048] to [0052], [0156], [0164], [0166] to [0170]; fig. 1, 3, 18 to 19 (Family: none)	1, 3, 6, 10, 12, 16, 18-19 2, 4-5, 7-9, 11, 13-15, 17, 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

"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  
25 December 2015 (25.12.15)

Date of mailing of the international search report  
12 January 2016 (12.01.16)

Name and mailing address of the ISA/  
Japan Patent Office  
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,  
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2015/005336

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E,X	JP 2015-211536 A (Toyota Motor Corp.), 24 November 2015 (24.11.2015), paragraphs [0009], [0011], [0031], [0033], [0036] to [0037], [0040], [0047] to [0048], [0077]; fig. 1 to 5, 10 (Family: none)	1-3, 6, 10, 12, 16, 18-19
E,X	JP 2015-204707 A (Toyota Motor Corp.), 16 November 2015 (16.11.2015), paragraphs [0007], [0011], [0034] to [0037], [0047] to [0048]; fig. 1, 3 to 4 (Family: none)	1-3, 6, 10, 12, 16, 18-19

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H02J50/00(2016.01)i, G01R33/02(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. H02J17/00, G01R33/02, H02J7/00, B60L11/18, B60L5/00, G01V3/10		
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 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015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  A	WO 2014/011776 A2 (QUALCOMM INCORPORATED) 2014.01.16, [0097]、[0128]、[0154]、[0171]、[0245]、図 1-3、8C、 12-13、28 & US 2014/0015329 A1 & EP 2872928 A1 & JP 2015-533273 A & TW 201409063 A & CN 104428692 A	1-3, 6, 10, 12, 16, 18-19 4-5, 7-9, 11, 13-15, 17, 20
<input checked="" type="checkbox"/> C 欄の続きにも文献が列挙されている。 <input 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、一般的な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 25.12.2015	国際調査報告の発送日 12.01.2016	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 馬場 慎 電話番号 03-3581-1101 内線 3568	5 T   9743

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
X A	JP 2012-75200 A (株式会社東芝) 2012. 04. 12, [0018]、[0037]-[0040]、[0044]、[0048]-[0052]、[0156]、 [0164]、[0166]-[0170]、図 1、3、18-19 (ファミリーなし)	1, 3, 6, 10, 12, 16, 18-19 2, 4-5, 7-9, 11 , 13-15, 17, 20
E, X	JP 2015-211536 A (トヨタ自動車株式会社) 2015. 11. 24, [0009]、[0011]、[0031]、[0033]、[0036]-[0037]、[0040]、 [0047]-[0048]、[0077]、図 1-5、10 (ファミリーなし)	1-3, 6, 10, 12, 16, 18-19
E, X	JP 2015-204707 A (トヨタ自動車株式会社) 2015. 11. 16, [0007]、[0011]、[0034]-[0037]、[0047]-[0048]、図 1、 3-4 (ファミリーなし)	1-3, 6, 10, 12, 16, 18-19