(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013 年 11 月 21 日(21.11.2013)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2013/172336 A1

(51) 国際特許分類:
H01Q 7/08 (2006.01) *H01Q 19/00* (2006.01)
H01F 38/14 (2006.01) *H02J 17/00* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2013/063406

(22) 国際出願日: 2013 年 5 月 14 日(14.05.2013)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2012-113810 2012 年 5 月 17 日(17.05.2012) JP

(71) 出願人: 株式会社エクォス・リサーチ(EQUOS RESEARCH CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1010021 東京都千代田区外神田二丁目１９番１２号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 山川博幸(YAMAKAWA Hiroyuki); 〒1010021 東京都千代田区外神田二丁目１９番１２号 株式会社エクォス・リサーチ内 Tokyo (JP). 佐藤健一郎(SATOU Kenichirou); 〒1010021 東京都千代田区外神田二丁目１９番１２号 株式会社エクォス・リサーチ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 北村修一郎, 外(KITAMURA Shuichiro et al.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島三丁目３番３号 Osaka (JP).

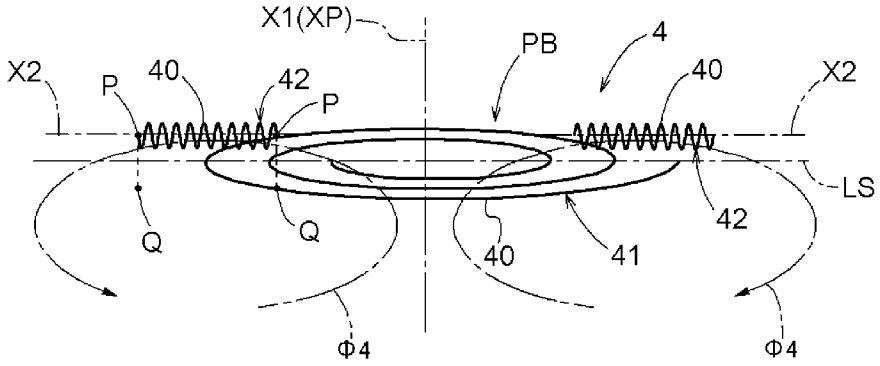
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

(54) **Title**: ANTENNA COIL

(54) 発明の名称 : アンテナコイル



(57) **Abstract**: Provided is an antenna coil in which it is possible to form a magnetic field in a desired direction in a highly efficient manner while suppressing leakage of magnetic flux into a space other than the space in which the magnetic field is formed. The present invention is provided with a main coil part (41) configured by providing a conductor wire (40) so as to surround a first reference axis (X1), and an auxiliary coil part (42) configured by providing a conductor wire (40) so as to surround a second reference axis (X2). The second reference axis (X2) is set so as to intersect the magnetic flux of the main coil part (41) at the end part (P), in the axial direction, of the auxiliary coil part (42). The main coil part (41) and the auxiliary coil part (42) are connected so as to form a closed circuit.

(57) 要約: 磁界が形成される空間以外の空間への磁束の漏洩を抑制しつつ、高い効率で所望の方向に対して磁界を形成することが可能なアンテナコイルを提供する。 第１基準軸Ｘ１周りに導体線４０を周回させて構成された主コイル部４１と、第２基準軸Ｘ２周りに導体線４０を周回させて構成された補助コイル部４２とを備え、第２基準軸Ｘ２は、補助コイル４２の軸方向端部Ｐにおいて主コイル部４１の磁束に対して交差するように設定され、主コイル部４１と補助コイル４２とが閉回路を形成するように接続されている。

WO 2013/172336 A1

明　細　書

発明の名称 ： アンテナコイル

技術分野

[0001] 本発明は、ワイヤレス伝送に用いられるアンテナコイルに関する。

背景技術

[0002] 近年、携帯電話機、個人情報端末（ＰＤＡ）、電動アシスト自転車、電気自動車、ハイブリッド自動車など、一箇所に据え置かれることなく移動可能な電気機器や電動装置において、ケーブルを用いることなくワイヤレスで、つまり非接触で電力を供給する技術が注目されている。例えば、特開２０１１－２３４４９６号公報（特許文献１）には、車両外部の電源から車両に非接触で給電する技術が開示されている。また、特開２００８－２４４５７５号公報（特許文献２）には、近距離無線通信用のアンテナコイルの技術が開示されている。

[0003] このように、共振回路に備えられアンテナとなる共振コイル（アンテナコイル）を含むコイルユニットでは、周囲に生じる磁界による他の機器への影響を低減させるため、或いは送受信の指向性を備えさせるために、磁界を遮蔽する側にシールドを配置することが一般的に行われている。しかし、シールドを配置することは、設置スペースやコストを考慮すると好ましくない場合がある。

[0004] シールドを設けることなく構成された特許文献１のコイルユニットは、共振コイルを複数備え、１つの共振コイルに生じる磁界とその他の少なくとも１つの共振コイルに生じる磁界とが互いに逆位相となるように配置されている。これによって、共振回路以外の場所での磁界が相殺され、漏洩磁界が低減される（特許文献１：第５～１２段落、図１、図２等）。但し、磁界が相殺されるため、同じ電力を給電側の共振コイルに与えた場合の磁界の強さは低下し、給電の効率も低下する。

[0005] また、特許文献２の近距離無線通信用のアンテナコイルでは、板状のシー

ルドではなく、アンテナとなる共振コイルとは別に設けられたループコイルをシールドとして利用する構成となっている。このループコイルは、アンテナとなる共振コイルが発生する磁束の非通信方向側の成分が鎖交する位置に設けられる。その結果、アンテナコイルは、ループコイルのループが形成されている状態と、切断されている状態とを切り換えることで、高い指向性を有する状態と、指向性が弱く広範囲での通信が可能となる状態とが切り換え可能となる（特許文献２：第３１、４８－５０段落等）。板状のシールドや、ループコイルによるシールドを設けると、シールドを設けた側への指向性を抑制することで、相対的にシールドを設けていない側の指向性を高くすることができる。しかし、シールドにより、エネルギーを浪費し、伝送効率が低下する可能性がある。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開２０１１－２３４４９６号公報

特許文献2：特開２００８－２４４５７５号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 上述したような背景より、例えば非接触電力伝送に利用する際に、給電側及び受電側の共振回路を結合する磁界が形成される空間以外の空間への磁束の漏洩を抑制しつつ、高い効率で給電することが可能なアンテナコイルは有用である。また、その他のワイヤレス伝送においても、伝送空間以外の空間への磁束の漏洩を抑制しつつ、高い伝送効率を有するアンテナコイルは有用である。

[0008] 上記課題に鑑みて、磁界が形成される空間以外の空間への磁束の漏洩を抑制しつつ、高い効率で所望の方向に磁界を形成することが可能なアンテナコイルの提供が望まれる。

課題を解決するための手段

[0009] 上記課題に鑑みた本発明に係るアンテナコイルの特徴構成は、第１基準軸周りに導体線を周回させて構成された主コイル部と、第２基準軸周りに導体線を周回させて構成された補助コイル部とを備え、前記第２基準軸は、前記補助コイル部の軸方向端部において前記主コイル部の磁束に対して交差するように設定され、前記主コイル部と前記補助コイル部とが閉回路を形成するように接続されている点にある。尚、第１基準軸及び第２基準軸は、直線に限らず、複数の直線の組み合わせや、複数の直線とそれらを結ぶ曲線との組み合わせ、部分的な円弧などの曲線など、種々の形態を採り得るものである。

[0010] 本構成によれば、補助コイル部によって、主コイル部の周囲に形成される磁界を形成する磁束が、補助コイル部により生じる磁界の影響を受けて補助コイル部が無い場合に比べて変化する。これによって、補助コイル部が備えられる側と、補助コイル部が備えられない側とにおいて、主コイル部の周囲において磁界が広がる領域が異なるようになる。即ち、主コイル部と共に閉回路を構成し、主コイル部と同時に電流が流れる補助コイル部によって、主コイル部の磁束が曲げられ、主コイル部に指向性を持たせることが可能となる。補助コイル部は、シールドのように主コイル部の磁束を無駄に消費することなく、主コイル部の磁束を偏向させることによってアンテナコイルに指向性を生じさせる。従って、アンテナコイルの磁界の強さを低下させることが抑制され、アンテナコイルの伝送効率を低下させることも少ない。このように、本特徴構成によれば、磁界が形成される空間以外の空間への磁束の漏洩を抑制しつつ、高い効率で所望の方向に磁界を形成することが可能なアンテナコイルを実現することができる。

[0011] ここで、本発明に係るアンテナコイルは、前記補助コイル部の軸方向端部における前記主コイル部の磁束のベクトルが、前記主コイル部を挟んで当該軸方向端部とは反対側に設定された仮想端部における前記主コイル部の磁束のベクトルに比べて、前記第２基準軸に沿った方向に偏向していると好適である。この特徴構成によれば、仮想端部に比べて補助コイル部の軸方向端部

における主コイル部の磁束が第２基準軸に沿った方向に偏向していることにより、主コイル部の指向性を異ならせることができる。即ち、主コイル部の磁束を補助コイル部によって曲げることによってアンテナコイルに対して良好に指向性を付加することが可能となる。

[0012] 発明者らによる実験によって、アンテナコイルの指向性及び効率は、主コイル部及び補助コイル部の巻き数や、インダクタンスによって異なることが判っている。従って、主コイル部及び補助コイル部のインダクタンスは、適切に設定されることが好ましい。アンテナコイルにおいての主たる磁界は、主コイル部に依存する磁界であるから、主コイル部のインダクタンスを優位とするとよい。１つの態様として、本発明に係るアンテナコイルは、１つ又は複数の前記補助コイル部のインダクタンスの合計が、１つ又は複数の前記主コイル部のインダクタンスの合計よりも小さくなるように構成されていると好適である。これにより、指向性及び効率においてバランスのよいアンテナコイルを実現することができる。

[0013] 主コイル部の磁束は、放射状に広がるから、補助コイルは複数個設置されていると、漏洩を抑制しつつ主コイル部の磁束を偏向させることができる。また、補助コイルを複数個設置する場合には、アンテナコイルの全体の大きさを考慮するとできるだけ小型化した方が好ましく、補助コイルは主コイルに比べて小径のコイルであると好適である。このため、主コイル部に比べて１つの補助コイル部のインダクタンスは小さくなる。そこで、補助コイル部は、インダクタンスを確保するために、磁性体のコアを備えていると好適である。本発明に係るアンテナコイルは、１つの態様として、前記補助コイル部が、前記第２基準軸に沿って配置された磁性体の補助コイルコアの周りに導体線を周回させて構成されていると好適である。

[0014] また、本発明に係るアンテナコイルは、前記補助コイル部を流れる電流の成分の内の前記主コイル部の周方向に平行な成分が、前記主コイル部に近い側において前記主コイル部を流れる電流と同じ向きとなるように、前記補助コイル部が配置されていると好適である。このような構成とすれば、補助コ

イル部の磁束によって主コイル部の磁束が相殺されて主コイル部により生じる磁界の強さが低下することを抑制できる。従って、アンテナコイルの伝送効率が低下することを抑制できる。

[0015] また、前記補助コイル部は、前記主コイル部の一方側の軸方向端面に沿って少なくとも１つ配置され、前記主コイル部よりも小径であると好適である。一般に、主コイル部を流れる電流によって主コイル部の周囲に形成される磁界は、第１基準軸に沿った方向への広がりを有する。本構成によれば、主コイル部の一方側の軸方向端面に沿って補助コイル部が配置される。この補助コイル部によって、主コイル部の周囲に形成され、第１基準軸に沿った方向へ広がる磁界を形成する磁束の内、当該一方側の軸方向端面から第１基準軸に沿って外側へ行くべき磁束は、補助コイル部に導かれる。これによって、第１基準軸の当該一方側において第１基準軸に沿って広がる磁界を抑制し、アンテナコイルに良好に指向性を付加することが可能となる。またこの際、主コイル部よりも小径の補助コイル部を用いているので、アンテナコイルが大型化することを抑制できる。

[0016] 前述の構成によれば、磁界が広がる方向を偏向し、アンテナコイルに指向性を付加することができる。ここで、当該アンテナコイルを磁界共鳴式給電装置に利用する場合には、当該アンテナコイルにより生じる磁界は、互いに共鳴する給電回路と受電回路とを結合する磁界となる必要がある。従って、アンテナコイルの指向性は、給電回路と受電回路とが対向する側、つまり、アンテナコイル同士が対向する側であることが好ましい。このような相対関係を実現するための好適な態様として、本発明に係るアンテナコイルは、ワイヤレス給電を行う磁界共鳴式給電装置の給電回路及び受電回路の少なくとも一方に備えられ、他方のアンテナコイルに対向することになる側とは反対側の前記軸方向端面である背面側軸方向端面に沿って、前記補助コイル部が配置されているとよい。

[0017] 磁界は、主コイル部の軸方向端部から軸方向外側において、主コイル部の径方向の全ての方向に広がる。従って、補助コイル部を用いて磁束を導き、

漏洩磁束を抑制するためには、主コイル部の周方向に複数の補助コイル部が配置されていることが好ましい。また、主コイル部の周方向において漏洩磁束の抑制が弱くなる領域ができるだけ生じないことが好ましい。従って、本発明に係るアンテナコイルは、１つの態様として、複数個の前記補助コイル部が、前記主コイル部の周方向に均等な間隔で配置されていると好適である。

[0018] 主コイル部を流れる電流によって生じる磁束を効果的に導くためには、補助コイル部は、主コイル部の径方向において主コイル部の近傍に配置されることが好ましい。従って、本発明に係るアンテナコイルは、１つの態様として、前記補助コイル部が、前記第１基準軸の軸方向に見て前記主コイル部と重複する部分を有するように配置されていると好適である。

[0019] 本発明に係るアンテナコイルを、多くの製品に利用できるようにするためには、設置が容易な形状であることが望ましい。例えば、主コイル部の第１基準軸方向の長さが短ければ、アンテナコイルを薄く、小型に構成することができる。このような構成の１つの態様として、本発明に係るアンテナコイルは、前記主コイル部が、前記第１基準軸に直交する基準平面に沿って渦巻き状に形成されていると好適である。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]ワイヤレス給電システムの構成を模式的に示すブロック図

[図2]ワイヤレス給電システムの構成を模式的に示す回路ブロック図

[図3]共振回路の等価回路図

[図4]アンテナコイルの基本構成を示す図

[図5]主コイル部を流れる電流によって生じる磁界を示す図

[図6]補助コイル部を流れる電流によって生じる磁界を示す図

[図7]アンテナコイルを流れる電流によって生じる磁界を示す図

[図8]磁界共鳴を媒介する磁界とアンテナコイルとの関係の一例を示す図

[図9]磁界共鳴を媒介する磁界とアンテナコイルとの関係の他の例を示す図

[図10]アンテナコイルの一例を示す斜視図

[図11]アンテナコイルの一例を示す斜視図

[図12]基板材の斜視図

[図13]基板材の斜視図

[図14]基板材に導体線を巻き回す順を示す図

[図15]主コイル部及び補助コイル部の部分拡大図

[図16]主コイル部及び補助コイル部を流れる電流の向きを示す図

[図17]導体線を巻き回す他の例を示す図

[図18]基板材の他の例を示す図

[図19]アンテナコイルの他の例を示す斜視図

[図20]主コイル部の他の構成例を示す図

[図21]主コイル部の他の構成例を示す図

[図22]第２実施形態に係る基板材の模式的斜視図

[図23]第２実施形態に係るアンテナコイルの一例を示す模式的上面図

[図24]第２実施形態に係るアンテナコイルの一例を示す模式的側面図

[図25]主コイル部及び補助コイル部それぞれの磁界を示す図

[図26]アンテナコイルを流れる電流によって生じる磁界を示す図

[図27]第２実施形態に係るアンテナコイルの他の例を示す模式的側面図

発明を実施するための形態

[0021] 〔第１実施形態〕

以下、本発明の実施形態を、車両に対してワイヤレス給電を行うワイヤレス給電システムを例として、図面に基づいて説明する。図１に示すように、ワイヤレス給電システム１（磁界共鳴式給電装置）は、給電施設に設置された給電システム２と、車両９の側に搭載された受電システム３とにより構成される。本実施形態では、給電システム２は、例えば、屋外施設であれば地面Ｇの近傍に、屋内施設であれば床面の近傍に設置されている。

[0022] 図１及び図２に示すように、給電システム２は、交流電源２１と、ドライバ回路２２と、給電側共振回路２５とを有して構成されている。給電側共振回路２５は、給電側共振コイル２４を有して構成されている。受電システム

３は、受電側共振回路３５と、整流回路３２と、蓄電装置３１とを有して構成されている。受電側共振回路３５は、受電側共振コイル３４を有して構成されている。給電側共振回路２５と受電側共振回路３５とは、同じ固有振動数（共振周波数）を有する共振回路であり、両者を総称して共振回路５と称する。また、給電側共振コイル２４及び受電側共振コイル３４を総称して、共振コイル或いはアンテナコイル４と称する。

[0023] 給電システム２の交流電源２１は、例えば、電力会社が保有する商用の配電線網から供給される電源（系統電源）であり、その周波数は例えば５０Ｈｚや６０Ｈｚである。ドライバ回路２２は、５０Ｈｚや６０Ｈｚの系統電源の周波数を、給電側共振回路２５（共振回路５）の共振周波数に変換する回路であり、高周波電源回路により構成される。受電システム３の蓄電装置３１は、充放電可能な直流電源であり、例えばリチウムイオンやニッケル水素などの二次電池やキャパシタが利用される。受電側共振回路３５が受電した電力は、受電側共振回路３５の共振周波数を有する交流電力である。整流回路３２は、この共振周波数を有する交流電力を直流電力に整流する回路である。

[0024] 尚、ドライバ回路２２と給電側共振回路２５とを併せて、或いは給電システム２の全体は、広義の給電回路に相当する。また、給電側共振回路２５は、狭義の給電回路に相当する。同様に、受電側共振回路３５と整流回路とを併せて、或いは受電システム３の全体は、広義の受電回路に相当する。また、受電側共振回路３５は、狭義の受電回路に相当する。

[0025] 車両９は、例えば、回転電機９１により駆動される電気自動車や、不図示の内燃機関及び回転電機９１により駆動されるハイブリッド自動車である。回転電機９１は、例えばインバータ９２などの回転電機駆動装置を介して蓄電装置３１に接続されている。本実施形態において、回転電機９１は、例えば３相交流回転電機であり、回転電機駆動装置は、直流と交流との間で電力を変換するインバータ９２を中核として構成されている。回転電機９１は、電動機及び発電機として機能することが可能である。回転電機９１が電動機

として機能する際には、このインバータ９２を介して蓄電装置３１から電力の供給を受けて駆動力を発生する（力行運転）。一方、回転電機９１が発電機として機能する際には、車両９の制動や、内燃機関などの駆動力によって発電された交流電力がインバータ９２によって直流に変換され、蓄電装置３１へ回生される（回生運転）。

[0026] ワイヤレス給電システム１（磁界共鳴式給電装置）は、図２に示すように、一対の共振回路５（２５，３５）を磁界を介して共鳴させ、当該磁界を介して給電するシステムである。尚、「磁性」を利用した「共鳴」技術としては、しばしば医療分野において用いられる磁気共鳴画像法（MRI：magnetic resonance imaging）が知られている。但し、ＭＲＩが「磁気スピンの共振」という物理的事象を利用しているのに対して、本発明における「磁界共鳴式給電装置」ではそのような物理的事象は利用していない。本発明における「磁界共鳴式給電装置」では、上述したように、２つの共振回路５を「磁界」を介して共鳴させるものである。従って、ここでは、いわゆるＭＲＩと明確に区別することも含めて、磁界における共鳴を利用して電力を伝送するワイヤレス給電システム１の伝送方式を「磁界共鳴方式」と称する。また、この伝送方式は、いわゆる「電磁誘導方式」とも異なる方式であるが、この点については後述する。

[0027] 上述したように、給電側共振回路２５と受電側共振回路３５とは、同じ固有振動数（共振周波数）を有する。本実施形態においては、給電側共振回路２５及び受電側共振回路３５は、同一構成のＬＣ共振器である。従って、以下の説明では、両者を区別する必要がない場合は、「共振回路５」として説明する。図３の等価回路に示すように、共振回路５は、インダクタンス成分“Ｌ”を有するアンテナコイル４と、キャパシタンス成分“Ｃ”を有するコンデンサ６とを有して構成されている。本実施形態では、図２に示すように、キャパシタンス成分“Ｃ”は、３つのコンデンサのキャパシタンス成分（Ｃｓ，Ｃｓ，Ｃｐ）の合成である。

[0028] 給電側共振回路２５及び受電側共振回路３５は、同じ共振周波数を有する

回路である。例えば、離間して配置された２つの音叉の内の一方を空気中で振動させると、他方の音叉も、空気を介して伝搬した振動に共鳴して振動するのと同様に、給電側共振回路２５と受電側共振回路３５とも共鳴する。より詳しくは、給電側共振回路２５の共振（電磁気的振動）により生じた磁界を介して受電側共振回路３５に伝搬した電磁気的振動に共鳴して、受電側共振回路３５も共振する（電磁気的に振動する）。

[0029] ところで、非接触の電力伝送の方式として「電磁誘導方式」が知られている。特に磁界結合を利用した電磁誘導方式の回路構成は、図２に酷似したものである。但し、「電磁誘導方式」は、コイルの間を貫く磁束の強さの変化によって生じる起電力を利用したものであり、一般的にはコイル同士の結合（磁界結合）が支配的である。電磁誘導方式では、２つの回路の結合強度も、下記式(1)に示すように、２つのコイルのそれぞれの自己インダクタンス（Ｌ１，Ｌ２）と相互インダクタンスＭとによって表されることが多い。２つのコイルが作る磁束の全てが鎖交した場合に結合強度が“１”となる。

[0030] [数1]

$$\frac{M}{\sqrt{L1 \cdot L2}} \quad \cdots(1)$$

[0031] これに対して、「磁界共鳴方式」では、２つの共振回路５の間のインダクタンスＬによる「磁界結合」と、キャパシタンスＣによる「電界結合」との双方が、伝送効率に影響する。つまり、共振回路５のＬＣ共振器としての性能も伝送効率に大きく影響する。「磁界共鳴方式」のワイヤレス給電において、給電の伝送効率は、ワイヤレス給電システム１を構成する給電側共振回路２５及び受電側共振回路３５の「結合係数」（以下、単に「共振回路５の結合係数」と称する場合あり。）と、共振回路５の「無負荷Ｑ」（無負荷時の共振の鋭さ）というパラメータによって支配される。

[0032] ここで、結合係数は、電磁誘導方式の結合強度を援用することができるので、詳細な説明は省略する。無負荷Ｑは、図３に示す等価回路において、回

路の抵抗成分をＲとして下記(2)式で示される。尚、ここでは、共鳴させる２つの共振回路５の回路定数が同じであるとしている（Ｌ＝Ｌ１＝Ｌ２，Ｃ＝Ｃ１＝Ｃ２，Ｒ＝Ｒ１＝Ｒ２）。

[0033] [数2]

$$Q = \frac{1}{R} \cdot \sqrt{\frac{L}{C}} \quad \cdots(2)$$

[0034] 磁界共鳴方式の伝送効率は、共振回路５の結合係数ｋと、共振回路５の無負荷Ｑとの積である「ｋＱ積」に支配される。従って、磁界共鳴方式では、無負荷Ｑを高くする（大きくする）ことによって、伝送効率を高くすることが好ましい。１つの態様として、無負荷Ｑを“１００”以上に設定すると好適である。

[0035] 尚、より詳細には、ワイヤレス給電システム１の効率は、給電システム２のドライバ回路２２の効率、給電側共振回路２５及び受電側共振回路３５により構成される空間伝送部の効率（上記“ｋＱ積”）、整流回路３２の効率の積となる。ドライバ回路２２及び整流回路３２は、共に周波数変換を伴う回路であり、これらの回路を構成する半導体素子の周波数特性によって効率が支配される。

[0036] 以上、磁界共鳴方式のワイヤレス給電システム１の原理について説明したが、ワイヤレス給電システム１は、給電側及び受電側の共振回路５を結合する磁界が形成される空間以外の空間への磁束の漏洩を抑制しつつ、高い伝送効率で給電することが好ましい。これを実現するための本発明は、共振回路５に含まれるアンテナコイル４に特徴を有する。以下、本発明に係るアンテナコイル４の好適な構造、及びそのようなアンテナコイル４の好適な製造方法について説明する。

[0037] 本発明に係るアンテナコイル４は、図４に示すように、第１基準軸Ｘ１の周りに導体線４０を周回させて構成された主コイル部４１と、主コイル部４１の一方側の軸方向端面に沿って少なくとも１つ配置され、主コイル部４１

よりも小径の補助コイル部４２とを備えて構成される。補助コイル部４２は、第１基準軸Ｘ１とは異なる第２基準軸Ｘ２の周りに導体線４０を周回させて構成されている。ここで、主コイル部４１には、主コイル部４１に流れる電流によって図５に示すように磁束φ１が生じる。また、補助コイル部４２には、補助コイル部４２に流れる電流によって図６に示すように磁束φ２が生じる。

[0038] 主コイル部４１に流れる電流によって生じる磁束φ１は、図５に示すように、第１基準軸Ｘ１の軸方向に沿って両側に広がる。従って、図１に示すように、アンテナコイル４が車両９の底部に設置された場合には、磁束φ１が車両９の底部の鉄板や、車両９内部の機器に影響を及ぼす可能性がある。つまり、主コイル部４１の磁束φ１のように、アンテナコイル４の磁束が第１基準軸Ｘ１に沿った方向に関して指向性を有していない場合には、給電側及び受電側の共振回路５を結合する磁界が形成される空間以外の他の空間へ漏洩する磁束が、当該他の空間に影響を与えることになる。

[0039] このため、アンテナコイル４は、主コイル部４１の他に補助コイル部４２を備えて構成されている。補助コイル部４２は、主コイル部４１の一方側の軸方向端面に沿って備えられる。これにより、アンテナコイル４の磁束（φ４）は、第１基準軸Ｘ１に沿った方向に関して指向性を有するものとなる。

[0040] 図７に示すように、補助コイル部４２が備えられた側では、主コイル部４１の磁束（φ１）が補助コイル部４２を迂回路として、第１基準軸Ｘ１の軸方向一方側（図７の上側、後述する背面側軸方向端面ＰＢの側）に広がることなく他方側の軸方向端面の側へと折り返していく（磁束φ４）。一方、補助コイル部４２が備えられていない側である軸方向他方側（図７の下側）では、第１基準軸Ｘ１の軸方向に磁束が広がっている（磁束φ４）。このように、第１基準軸Ｘ１の何れか一方側への磁束の広がりを抑制しつつ、他方側への磁束の広がりを妨げることがない。即ち、第１基準軸Ｘ１の一方側においては、車両９の底部の鉄板や車両９内の機器への磁界の影響を抑制することができ、他方側においては、磁界共鳴のための磁束を、対応する共振回路

５に作用させることができる。

[0041] 補助コイル部４２の周回軸である第２基準軸Ｘ２は、補助コイル部４２の軸方向端部において主コイル部４１の磁束φ１に対して交差する向きに設定されている。ここでは、第２基準軸Ｘ２は、補助コイル部４２の２つの軸方向端部の内、主コイル部４１の径方向内側の端部において主コイル部４１の磁束φ１に対して交差するように設定されている。この際、第２基準軸Ｘ２は、主コイル部４１の磁束φ１に対して、好ましくはほぼ直交する向きに設定される。本例では、図７に示すように、第２基準軸Ｘ２は、第１基準軸Ｘ１に直交するように配置されている。これにより、第２基準軸Ｘ２は、主コイル部４１の配置面（基準平面ＰＲ、図１０参照）を通過する磁束φ１に対して直交する向きに配置されることになる。よって、補助コイル部４２が配置される位置である主コイル部４１の一方側の軸方向端面付近においても、第２基準軸Ｘ２は、主コイル部４１の磁束φ１に対して直交するように配置されている。そして、補助コイル部４２は、図１６を参照して後述するように、補助コイル部４２を流れる電流の成分の内の主コイル部４１の周方向に平行な成分（Ｉ２）が、主コイル部４１に近い側において主コイル部４１を流れる電流（Ｉ１）と同じ向きとなるように配置されている。

[0042] 補助コイル部４２は、給電システム２及び受電システム３のアンテナコイル４の少なくとも一方、好ましくは少なくとも受電システム３のアンテナコイル４（受電側共振コイル３４）に備えられる。図８に示すように、受電側共振コイル３４は、給電の際に、他方のアンテナコイル４である給電側共振コイル２４に対向することになる側（対向側軸方向端面ＰＦ）とは反対側の軸方向端面である背面側軸方向端面ＰＢに沿って配置された補助コイル部４２を有している。これにより、車両９の底面や車両９の内部に鎖交する磁束φ４が抑制される。尚、当然ながら、図９に示すように、補助コイル部４２は、給電システム２及び受電システム３のアンテナコイル４の双方に備えられていてもよい。給電システム２に補助コイル部４２を備える場合には、給電側共振コイル２４は、給電の際に、他方のアンテナコイル４である受電側

共振コイル３４に対向することになる側（対向側軸方向端面ＰＦ）とは反対側の軸方向端面である背面側軸方向端面ＰＢに沿って配置された補助コイル部４２を備える。

[0043] 本実施形態においては、上述したように、補助コイル部４２の第２基準軸Ｘ２は、主コイル部４１の磁束φ１に対してほぼ直交する向きに設定されている。しかし、図８及び図９から明らかなように、アンテナコイル４は、第１基準軸Ｘ１に沿った方向において背面側軸方向端面ＰＢよりも背面側への磁束の漏洩が少なくなるような指向性を有していれば充分である。このため、第２基準軸Ｘ２は、主コイル部４１の径方向外側に向かうに従って背面側軸方向端面ＰＢから対向側軸方向端面ＰＦの方向へ傾く俯角を有して設置されていてもよい。そのような俯角を有していても、おおむね４５度以内であれば、補助コイル部４２は背面側軸方向端面ＰＢに沿って配置されているということができる。図２２～図２７を参照して後述する第２実施形態においても同様である。第２実施形態では、第１基準軸Ｘ１に対して第２基準軸Ｘ２が平行している構成を例示しているが、例えば、第２基準軸Ｘ２が、主コイル部４１の軸方向端部に向かって傾くような、俯角を有していてもよい。

[0044] また、背面側軸方向端面ＰＢと補助コイル部４２とが接しておらず、両者が離間していてもよい。図８及び図９から明らかなように、例えば車両９の底部など、アンテナコイル４の磁束φ４を迂回させたい位置に補助コイル部４２が設置されていれば充分である。例えば、主コイル部４１の背面側軸方向端面ＰＢと車両９の底面との間に存在する他の物体と、主コイル部４１の平面側軸方向端面ＰＢとの間に、補助コイル部４１が配置されていてもよい。後述する第２実施形態においても同様である。

[0045] 以上、アンテナコイル４の構成概念を説明したが、図１０及び図１１は、アンテナコイル４の具体的な構成の一例を示している。図１０は、給電の際に、対向する側の軸方向端面である対向側軸方向端面ＰＦから見たアンテナコイル４の斜視図である。図１１は、背面側軸方向端面ＰＢから見たアンテナコイル４の斜視図である。この例では、アンテナコイル４は、１６個の補

助コイル部４２を備えて構成されている。磁界は、主コイル部４１の径方向の全ての方向に広がる。従って、補助コイル部４２を用いて磁束を導き、漏洩磁束を抑制するためには、このように主コイル部４１の周方向に複数の補助コイル部４２が配置されていることが好ましい。

[0046] また、主コイル部４１の周方向において漏洩磁束の抑制が弱くなる領域をできるだけ生じさせないように、補助コイル部４２は、主コイル部４１の周方向に均等な間隔で配置されると好適である。主コイル部４１が第１基準軸Ｘ１に沿った方向に見て円環状である場合は、同じ角度間隔で主コイル部４１の周方向に第２基準軸Ｘ２を設定することによって容易に実現可能である。また、主コイル部４１が第１基準軸Ｘ１に沿った方向に見て矩形環状に形成されている場合には、例えば図１０及び図１１に示すように各辺において均等に配置されていると好適である。この場合も、主コイル部４１の周方向に均等な間隔で配置されているということができる。同様に、主コイル部４１が楕円形状やトラック形状などに形成されている場合も、補助コイル部４２は主コイル部４１の周方向にほぼ均等な間隔で配置されていると好適である。

[0047] 発明者らによる実験によって、アンテナコイル４の指向性及び効率は、主コイル部４１及び補助コイル部４２の巻き数や、インダクタンスによって異なることが判っている。主コイル部４１及び補助コイル部４２のインダクタンスは、ワイヤレス給電システム１の仕様に応じて適切に設定される。この際、１つの観点として、２つの共振回路５を共鳴させるための媒介となる磁界は主として主コイル部４１に依存する磁界であるから、主コイル部４１のインダクタンスを優位とするとよい。すなわち、１つ又は複数の補助コイル部４２のインダクタンスの合計が、１つ又は複数の主コイル部４１のインダクタンスの合計よりも小さくなるように構成するとよい。本実施形態では、１つの主コイル部４１に対して複数の補助コイル部４２が設けられている。この場合には、例えば、複数の補助コイル部４２の全てのインダクタンスの合計が、１つの主コイル部４１のインダクタンスよりも小さくなるように構

成すると、指向性及び効率においてバランスのよいアンテナコイル４を実現することができる。

[0048] 本実施形態において、アンテナコイル４の主コイル部４１は、第１基準軸Ｘ１に直交する基準平面ＰＲに沿って渦巻き状に形成されている（図１０参照）。この基準平面ＰＲの規定を簡易に行うために、主コイル部４１の形成に際して、図１２及び図１３に例示する板状の基板材７０（芯部材７）が利用される。この基板材７０は、例えばポリカーボネイトやポリプロピレンによって構成されていると好適である。

[0049] 磁界共鳴式のワイヤレス給電システム１では、対となるＬＣ共振器（共振回路５）を磁界を介して共鳴させる。アンテナコイルは、このＬＣ共振器においてインダクタ（Ｌ）に対応する。１つの態様として、芯部材７を用いてＬＣ共振器のコンデンサ（Ｃ）を構成することが可能である。高い高周波特性を有したコンデンサを構成する上では、芯部材７の誘電正接の値が小さいこと（例えば、対象周波数帯において０．００３未満）が好ましい。ポリカーボネイトやポリプロピレンは、誘電正接がおおよそ０．００２以下で、誘電正接の値が小さい材料であり、芯部材７の主材として好適である。

[0050] 基板材７０には、第２基準軸Ｘ２を規定するために複数の軸芯部７２が設けられている。換言すれば、補助コイル部４２の第２基準軸Ｘ２は、基準平面ＰＲに沿って主コイル部４１の周方向における複数箇所に基板材７０を用いて設定されている。これらの軸芯部７２は、連結部７１により連結されている。連結部７１は、第１基準軸Ｘ１に直交する平面であり、基準平面ＰＲを規定する。

[0051] アンテナコイル４に所望の指向性を持たせると共に、高い伝送効率も可能とするためには、第１基準軸Ｘ１に対して各第２基準軸Ｘ２を精度良く規定すると共に、複数の第２基準軸Ｘ２同士も精度良く規定する必要がある。第１基準軸Ｘ１に直交する基準平面ＰＲを規定する板状部材である基板材７０（芯部材７）に構成された軸芯部７２によって第２基準軸Ｘ２は、第１基準軸Ｘ１に対して精度良く規定される。また、連結部７１によって軸芯部７２

同士（第２基準軸Ｘ２同士）の関係も精度良く規定される。

[0052] 補助コイル部４２は、主コイル部４１に比べて小径のコイルである。また、補助コイル部４２を主コイル部４１の周方向に沿って分散させて複数個配置すると、さらに補助コイル部４２の径が小さくなる。このため、１つの補助コイル部４２のインダクタンスは小さくなる傾向がある。そこで、補助コイル部４２は、必要なインダクタンスを確保するために、図１１に示すように磁性体の補助コイルコア４３を備えていると好適である。本実施形態では、補助コイル部４２は、第２基準軸Ｘ２に沿って配置された磁性体の補助コイルコア４３の周りに導体線４０を周回させて構成されている。このため、図１３に示すように、基板材７０の裏面７ｂの第２基準軸Ｘ２に沿った軸芯部７２には、補助コイルコア４３が設置されている。尚、補助コイルコア４３は、高い透磁率及び高い比抵抗を有する強磁性体材料、例えばフェライトなどで構成されていると好適である。

[0053] また、主コイル部４１を流れる電流によって生じる磁束を効果的に導くためには、補助コイル部４２は、主コイル部４１の径方向において主コイル部４１の近傍に配置されることが好ましい。従って補助コイル部４２は、図１０及び図１１に示すように、第１基準軸Ｘ１の軸方向に見て、主コイル部４１と重複する部分を有するように配置されている。

[0054] 発明者らの実験によれば、図１０及び図１１に示したような形態のアンテナコイル４は、背面側軸方向端面ＰＢの方向での伝送効率（約４％）に対して、対向側軸方向端面ＰＦの方向での伝送効率（約９２％）と、２０倍以上の差を有する指向性を有していることが確認された。また、給電側共振コイル２４と受電側共振コイル３４とを対向させた場合の第１基準軸Ｘ１の位置ずれと伝送効率との関係では、実用範囲内（概ね２０ｃｍ以内）における伝送効率の低下は約２％であった。つまり、指向性を持たせたことによる伝送効率の低下は、約２％に留まっており、充分実用範囲であることが確認された。これにより、例えば車両９にシールド等を設ける必要はなくなり、車両９の部品重量の抑制やコストダウンが実現できる。

[0055] 以下、このようなアンテナコイル４を製造する方法の具体的な一例について説明する。図１２に示すように、主コイル部４１は、第１基準軸Ｘ１に直交する基準平面ＰＲに沿って、第１基準軸Ｘ１周りに渦巻き状に導体線４０を周回させる主コイル部形成工程＃１を経て形成される。具体的には、主コイル部形成工程＃１では、図１２の矢印Ｙ１に示すように、第１基準軸Ｘ１に直交する基準平面ＰＲが規定されている基板材７０の表面７ａに沿って導体線４０が渦巻き状に巻き回される。

[0056] 補助コイル部４２は、第２基準軸Ｘ２周りに、主コイル形成工程＃１における導体線４０の周回半径よりも小径で導体線４０を周回させる補助コイル部形成工程＃２を経て形成される。具体的には、補助コイル部形成工程＃２では、図１２の矢印Ｙ２に示すように、第２基準軸Ｘ２が規定されている基板材７０の軸芯部７２の周りに導体線４０が巻き回される。この補助コイル部形成工程＃２は、主コイル部形成工程＃１において導体線４０を第１基準軸Ｘ１周りに周回させる間に実施される。本例では、このような工程を実施することにより、主コイル部４１と補助コイル部４２とが閉回路を形成するように接続している。尚、「周回させる間」には、主コイル部形成工程＃１の最初、及び主コイル部形成工程＃１の最後を含む。

[0057] １つの好適な例として、図１４に示すように、主コイル部形成工程＃１と補助コイル部形成工程＃２とを繰り返すことによってアンテナコイル４が形成される。具体的には、主コイル部形成工程＃１において導体線４０を第１基準軸Ｘ１周りに周回させる間に、周方向に１６箇所設置された第２基準軸Ｘ２においてそれぞれ補助コイル部形成工程＃２が実行される。この場合には、図１４に示すように、主コイル部形成工程＃１００（＃１）→補助コイル部形成工程＃２０１（＃２）→主コイル部形成工程＃１０１（＃１）→補助コイル部形成工程＃２０１（＃２）→・・・と、逐次主コイル部形成工程＃１を中断しつつ、各中断時に補助コイル部形成工程＃２が実施される。図１４に示す形態では、１回の（１周の）主コイル部形成工程＃１が完了する間（＃１００～＃１１６）に、１６回の補助コイル部形成工程＃２（＃２０

１～＃２１６）が実行される。

[0058] ところで、補助コイル部形成工程＃２においては、小さい周回半径で導体線４０を巻き回す必要がある。また、主コイル部形成工程＃１と補助コイル部形成工程＃２とが混在することを考慮すると、導体線４０は比較的曲げ易い素材であることが好ましい。例えば、導体線４０は、複数の導体素線を集合させた撚り線を用いると好適である。

[0059] ところで、主コイル部４１及び補助コイル部４２において、隣接する導体線４０が近接しすぎていると、アンテナコイル４を流れる電流によって誘起される磁界によって隣接する導体線４０を流れる電流同士の相互作用である近接効果が強くなる。つまり、近接効果によって、同方向に流れる電流を遠ざける効果が生じてしまう。この近接効果は無負荷Ｑを低下させる方向に作用する。また、隣接する導体線４０の間に浮遊キャパシタンス（寄生コンデンサ）が生じて、アンテナコイル４のインピーダンスに影響を与える可能性もある。このため、導体線４０は、その線間を密に巻き回すよりも、ある程度、疎に巻き回すことが好ましい。例えば、導体線４０の線径の１～２倍程度の隙間を有して巻き回されると好適である。

[0060] 上述したように、主コイル部生成工程＃１の途中に補助コイル部生成工程＃２を実施すると、図１５に示すように、主コイル部４１の導体線間には、補助コイル部４２において周回する導体線４０に相当する隙間が形成される。例えば、補助コイル部４２において、ほぼ隙間無く導体線４０が１周巻き回された場合には、導体線４０のほぼ１本分に相当する隙間が主コイル部４１を構成する導体線４０の間に形成されることになる。

[0061] 図１６は、図１４及び図１５に示したように主コイル部形成工程＃１及び補助コイル部形成工程＃２を行った導体線４０を第２基準軸Ｘ２の軸方向に沿って見た図である。図１６に示すように、補助コイル部４２を流れる電流Ｉ２の成分の内の主コイル部４１の周方向に平行な成分は、主コイル部４１に近い側において主コイル部４１を流れる電流Ｉ１と同じ向きである。従って、主コイル部４１に対して補助コイル部４２を設けても、磁界共鳴のため

の磁界を損なうことが抑制され、伝送効率を低下されることも少ない。

[0062] ところで、図１０～図１６を参照して上述した例においては、矩形状の芯部材７を用いて、矩形状の主コイル部４１を有するアンテナコイル４を生成する例を示した。しかし、主コイル部４１の形状は、矩形状に限定されるものではなく、円形状やトラック形状であってもよい。例えば、図１７に示すように、円形状の芯部材７を用いることによって容易に円形状の主コイル部４１を有するアンテナコイル４を形成することができる。また、上記例では、主コイル部４１の周方向（第１基準軸Ｘ１を中心に周回する方向）において偶数個の第２基準軸Ｘ２が設定される例を示した。しかし、当然ながら主コイル部４１の周方向に奇数個の第２基準軸Ｘ２が設定されてもよい。図１７は、芯部材７に奇数個（この例では９個）の軸芯部７２が設けられている例を示している。

[0063] また、上述した各例においては、例えば図１２や図１７に示すように、芯部材７として板状の基板材７０を利用する形態を例示して説明した。しかし、芯部材７は、このような基板材７０に限定されるものではない。第２基準軸Ｘ２のそれぞれに沿って配置された複数の軸芯部７２とこれら複数の軸芯部７２を連結する連結部７１とを有していれば、芯部材７は、例えば図１８に例示するように、連結部７１の中央に貫通孔が形成された環状部材７９であってもよい。図１８には、芯部材７として矩形環状の環状部材７９を例示したが、当然ながら円環状であってもよい。また、芯部材７の連結部７１に複数の貫通孔が分散して形成されていてもよい。

[0064] また、上述した各例においては、例えば図７や図１１に示すように、アンテナコイル４の主コイル部４１の背面側軸方向端面ＰＢに沿って補助コイル部４２が配置されている例を示した。しかし、補助コイル部４２の配置は、この形態に限定されるものではない。例えば、図１９に示すように、補助コイル部４２は、一部が背面側軸方向端面ＰＢに沿って配置されると共に、一部が第１基準軸Ｘ１に沿って配置されていてもよい。図１９に示す例の場合、補助コイル部４２の第２基準軸Ｘ２は、直線ではなく、２つの直線と両直

線との間の屈曲部とにより構成される折れ線（屈曲線）となる。この屈曲部は、直角（直角近傍）である必要はなく、鋭角であっても鈍角であってもよい。また、第２基準軸Ｘ２は、直線の組み合わせである必要はなく、円弧の一部やその他の曲線であってもよい。第２基準軸Ｘ２が直線ではなく、複数の直線の組み合わせや、曲線として設定可能な点は、後述する第２実施形態も同様である。

[0065] また、上述した各例においては、例えば図７に示すように、アンテナコイル４の主コイル部４１が第１基準軸Ｘ１に直交する基準平面ＰＲ上に沿って渦巻き状に形成されている例を示した。しかし、主コイル部４１の構成はこの形態に限定されるものではない。例えば図２０に示すように、主コイル部４１は、第１基準軸Ｘ１に直交する基準平面ＰＲに平行な面に沿って周回すると共に、第１基準軸Ｘ１に沿って背面側軸方向端面ＰＢに向かうに従って径が拡大する螺旋状（竜巻状）に形成されていてもよい。また、例えば図２１に示すように、主コイル部４１は、基準平面ＰＲに平行な面に沿って同じ径で周回しつつ、第１基準軸Ｘ１に沿って延在する円筒形状（コイルバネ形状、すなわち螺旋形状）に形成されていてもよい。尚、図１０、図１１等には、主コイル部４１に磁性体のコアが備えられていない形態のアンテナコイル４を例示したが、主コイル部４１にコアが備えられていてもよい。

[0066] 尚、特許文献１に開示されたコイルユニットは、特許文献１の第９０～９２段落等にも記載されているように、特定の方向の電磁場を特に低減することが可能なものであって、特定の方向への指向性を有した磁界を形成するものではない。本発明のアンテナコイル４には、特定の方向の磁界の強さを低減するものではなく、特定の方向への指向性を持たせたものであって、補助コイル４２の有無によって磁界の強さが大きく低減されることはない。つまり、特許文献１の図１１及び図１２、並びに第９０～９２段落等に記載されているように磁界の強さを大きく低減させることなく、指向性を有している点が本発明の特徴と言える。そして、このような特徴を有することにより、給電側及び受電側の共振回路を結合する磁界が形成される空間以外の空間へ

の磁束の漏洩を抑制しつつ、高い効率で非接触給電が可能となる。この点については、第１実施形態に限らず、後述する第２実施形態及びその他の実施形態における各構成においても同様である。

[0067] また、特許文献２に開示されたアンテナコイルは、アンテナとなる共振コイルとは別にループコイルを設け、このループコイルをシールドとして利用するものである。このアンテナコイルでは、共振コイルとループコイルとが閉回路を構成しておらず、ループコイルは共振コイルに対して、パッシブに指向性を付与するためのシールドとして機能する。特許文献２の第５４段落以下の記載や特許文献２の図３等を参照すると、ループコイルのループ形成と切断との切り換えを電子スイッチを用いて自動制御する形態が示されている。しかし、これはシールド機能を付加するか否かを切り換えているだけに過ぎず、指向性については、シールドの有無に応じたパッシブな指向性である点に変わりはない。一方、本発明においては、上述したように主コイル部４１と補助コイル部４２とが閉回路を構成しており、主コイル部４１及び補助コイル部４２には、同時に電流が流れる。そして、電流が流れた際に補助コイル部４２に生じる磁束φ２によって主コイル部４１の磁束φ１が偏向されてアンテナコイル４の磁束φ４に指向性を生じさせる。つまり、本発明はアクティブな指向性を付与する点に特徴がある。この点についても、第１実施形態に限らず、後述する第２実施形態及びその他の実施形態における各構成においても同様である。

[0068] 以上説明したように、第１実施形態に係るアンテナコイル４は、第１基準軸Ｘ１周りに導体線４０を周回させて構成された主コイル部４１と、第２基準軸Ｘ２周りに導体線４０を周回させて構成された補助コイル部４２とを備えて構成される。図１４～図１６等に示したように、アンテナコイル４は、主コイル部４１と補助コイル４２とが閉回路を形成するように接続されている。また、図５～図７等に示したように、第２基準軸Ｘ２は、補助コイル部４２の軸方向端部において主コイル部４１の磁束に対して交差するように設定されている。そして、補助コイル部４２の軸方向端部Ｐにおける主コイル

部４１の磁束のベクトルは、主コイル部４１を挟んで当該軸方向端部Ｐとは反対側に設定された仮想端部Ｑにおける主コイル部４１の磁束のベクトルに比べて、第２基準軸Ｘ２に沿った方向に偏向している。

[0069] 例えば、図７に示すように、補助コイル部４２の軸方向端部Ｐにおける主コイル部４１の磁束のベクトルは、所定の対称軸ＬＳに対して軸方向端部Ｐと線対称の位置である仮想端部Ｑ（仮想端部点）における主コイル部４１の磁束のベクトルに比べて、第２基準軸Ｘ２に沿った方向に偏向している。ここで、対称軸ＬＳは、主コイル部４１に対して補助コイル部４２が設置された側に向かう方向に延びる軸である設置基準軸ＸＰに直交し、主コイル部４１の中心を通る直線として設定されている。設置基準軸ＸＰは、主コイル部４１の中心の位置と補助コイル部４２の中心の位置とを結ぶ線として設定することもできる。主コイル部４１や補助コイル部４２が複数備えられている場合には、複数のコイルの中央位置が主コイル４１及び補助コイル４２の中心となる。第１実施形態では、設置基準軸ＸＰは第１基準軸Ｘ１に一致する。

[0070] 〔第２実施形態〕

上述した第１実施形態においては、主コイル部４１の第１基準軸Ｘ１と補助コイル部４２の第２基準軸Ｘ２とが、交差するような関係となる例を示した。つまり、第１実施形態においては、主コイル部４１の第１基準軸Ｘ１に沿った方向における指向性を調整可能に補助コイル部４２を設ける構成について例示した。しかし、調整可能な指向性は、第１基準軸Ｘ１に沿った方向に限定されるものではなく、第１基準軸Ｘ１に交差する方向であってもよい。以下、そのような形態を、第２実施形態として説明する。尚、第１実施形態と重複する部分については適宜説明を省略する。

[0071] 図２２は、第２実施形態において主コイル部４１及び補助コイル部４２の形成に用いられる基板材７０（芯部材７）の一例を模式的に示している。主コイル部４１の第１基準軸Ｘ１は、図２２に示すように、基板材７０の基板面の延在方向、つまり面方向に沿って設定されている。図２３に示すように

、主コイル部４１は、基板材７０を芯部材として、基板材７０を巻き込むように導体線４０を巻き回すことによって形成される。基板材７０の一方の基板面７０ａには、当該基板面７０ａから所定の設定距離だけ基板面７０ａに直交する方向に離間し、当該基板面７０ａ及び第１基準軸Ｘ１に沿って延在するように軸芯部７２が設置されている。補助コイル部４２は軸芯部７２の周囲に配置されるので、軸芯部７２の中心軸が第２基準軸Ｘ２となる。図２２に例示した形態では、軸芯部７２における第２基準軸Ｘ２に沿った方向の一方側の端部に、軸芯部７２を基板面７０ａに対して支持固定する支持部７２ｂが設けられている。この支持部７２ｂによって、基板面７０ａに対する軸芯部７２の設定距離が規定されている。つまり、軸芯部７２は、片持ち状態で基板面７０ａに支持固定されている。当然ながら、この形態に限定されることなく、軸芯部７２における第２基準軸Ｘ２に沿った方向の中央部に支持部７２ｂが設けられ、軸芯部７２がその中央部で支持固定されてもよい。尚、図２２に示す例においては、第１基準軸Ｘ１と第２基準軸Ｘ２とは平行しているが、第２基準軸Ｘ２は、第１基準軸Ｘ１に対して平行である必要はない。

[0072] 図２３は、図２２の基板面７０ａの側から見たアンテナコイル４を模式的に示している。また、図２４は、基盤材７０の側面から見たアンテナコイル４を模式的に示している。図２３に示すように、補助コイル部４２は、軸芯部７２に導体線４０を巻き回すことによって形成される。尚、図示は省略しているが、第１実施形態と同様に、軸芯部７２に磁性体のコアを備えていると好適である。また、第２実施形態においても、第１実施形態と同様に、図２４に例示するように、第１基準軸Ｘ１の周りに導体線４０を巻き回して主コイル部４１を形成する途上において、第２基準軸Ｘ２の周りに導体線４０を巻き回して補助コイル部４２を形成すると好適である。

[0073] 図２５は、主コイル部４１に流れる電流によって生じる磁束φ１、及び補助コイル部４２に流れる電流によって生じる磁束φ２を示している。主コイル部４１と補助コイル部４２との相互の影響については考慮していない。主

コイル部４１の磁束φ１は、第１基準軸Ｘ１に沿って主コイル部４１の中を通過しつつ、第１基準軸Ｘ１に直交する全方向に放射状に広がっている。補助コイル部４２の磁束φ２は、主コイル部４１が生成する磁界の中において、第２基準軸Ｘ２に沿って補助コイル部４２の中を通過しつつ、第２基準軸Ｘ２に直交する全方向に放射状に広がっている。

[0074] 図２６は、図２５に対して主コイル部４１と補助コイル部４２との相互の影響を考慮したものである。図２６に示すように、補助コイル部４２が配置された側においては、主コイル部４１の磁束φ１と補助コイル部４２の磁束φ２との方向が異なる領域や、補助コイル部４２の磁束φ２と主コイル部４１の磁束φ１との方向がほぼ同じとなる領域などが出現する。つまり、補助コイル部４２の磁束φ２によって、主コイル部４１の磁束φ１が打ち消されたり、増強されたりし、結果として主コイル部４１の磁束φ１が曲げられる。換言すれば、補助コイル４２が配置されている側においては、主コイル部４１の磁束φ１が、より補助コイル部４２に近い側（主コイル部４１の第１基準軸Ｘ１の側）を通るように偏向される。その結果、図２６に示すように、主コイル部４１の磁束φ１は、第１基準軸Ｘ１に直交する方向において、“Ｚ２”よりも“Ｚ１”の方向に指向性を有するものとなる。

[0075] 以上説明したように、第２実施形態に係るアンテナコイル４は、第１基準軸Ｘ１周りに導体線４０を周回させて構成された主コイル部４１と、第２基準軸Ｘ２周りに導体線４０を周回させて構成された補助コイル部４２とを備えて構成される。図２３、図２４等に示したように、アンテナコイル４は、主コイル部４１と補助コイル４２とが閉回路を形成するように接続されている。また、図２５、図２６に示したように、第２基準軸Ｘ２は、補助コイル部４２の軸方向端部において主コイル部４１の磁束に対して交差するように設定されている。そして、補助コイル部４２の軸方向端部Ｐにおける主コイル部４１の磁束のベクトルは、主コイル部４１を挟んで当該軸方向端部Ｐとは反対側に設定された仮想端部Ｑにおける主コイル部４１の磁束のベクトルに比べて、第２基準軸Ｘ２に沿った方向に偏向している。

[0076] 例えば、図２６に示すように、補助コイル部４２の軸方向端部Ｐにおける主コイル部４１の磁束のベクトルは、所定の対称軸ＬＳに対して軸方向端部Ｐと線対称の位置である仮想端部Ｑ（仮想端部点）における主コイル部４１の磁束のベクトルに比べて、第２基準軸Ｘ２に沿った方向に偏向している。ここで、対称軸ＬＳは、主コイル部４１に対して補助コイル部４２が設置された側に向かう方向に延びる軸である設置基準軸ＸＰに直交し、主コイル部の中心を通る直線として設定されている。設置基準軸ＸＰは、主コイル部４１の中心の位置と補助コイル部４２の中心の位置とを結ぶ線として設定することもできる。主コイル部４１や補助コイル部４２が複数備えられている場合には、複数のコイルの中央位置が主コイル４１及び補助コイル４２の中心となる。第２実施形態では、対称軸ＬＳは第１基準軸Ｘ１に一致する。

[0077] 図２７は、第１基準軸Ｘ１の周りに導体線４０を巻き回して主コイル部４１を形成する途上において、第２基準軸Ｘ２の周りに導体線４０を巻き回して補助コイル部４２を形成する他の例を示している。図２４を参照した上述した例では、主コイル部４１の内側（コイル内）に補助コイル部４２が配置されている、いわゆる内接の形態を例示した。図２７は、図２４の例とは異なり、主コイル部４１の外側（コイルの外部）に補助コイル部４２が配置されている、いわゆる外接の形態を例示している。第２実施形態に係るアンテナコイル４は、図２４に示すような内接の形態であってもよく、図２７に示すような外接の形態であってもよい。

[0078] 尚、第１実施形態と同様に、主コイル部４１を流れる電流によって生じる磁束を効果的に導くためには、補助コイル部４２は、主コイル部４１の径方向において主コイル部４１の近傍に配置されることが好ましい。図２３等に示すように、補助コイル部４２が、第１基準軸Ｘ１に直交する方向に見て、主コイル部４１と重複する部分を有するように配置されていると好適である。

[0079] 〔その他の実施形態〕

以下、本発明のその他の実施形態について説明する。尚、以下に説明する

各実施形態の構成は、それぞれ単独で適用されるものに限られず、矛盾が生じない限り、他の実施形態の構成と組み合わせて適用することも可能である。

[0080] （１）上記第１実施形態においては、主コイル部生成工程＃１において第１基準軸Ｘ１の周りに導体線４０を１回巻き回す間に、全ての第２基準軸Ｘ２に対して補助コイル部生成工程＃２を実施する例を示した。図示及び詳細な説明は省略したが、第２実施形態についても同様である。つまり、上述した各実施形態においては、主コイル部４１と補助コイル部４２との巻き数が同数となる例を示したが、アンテナコイル４の構成はこれに限定されるものではない。主コイル部４１の巻き数と補助コイル部４２の巻き数とが異なっていてもよい。この場合、２つの共振回路５を磁界を介して共鳴させる観点より、主コイル部４１の巻き数が、補助コイル部４２の巻き数以上であると好適である。

[0081] １つの形態として、図１７に示すように、主コイル部４１の周方向に配置された第２基準軸Ｘ２に対して１つ置きに補助コイル部生成工程＃２を実施していく（＃１００→＃２０１→＃１０１→・・・→＃２０９→＃１０９）。このように導体線４０を巻いていくと、主コイル部４１の巻き数を補助コイル部４２の巻き数の２倍にすることができる。これは、主コイル部生成工程＃１において第１基準軸Ｘ１の周りに導体線４０を２周する間（＃１００～＃１０９）に、１つ置きに全ての第２基準軸Ｘ２に対して導体線４０を巻き回すこと（＃２０１～＃２０９）によって実現可能である。

[0082] （２）第１実施形態及び第２実施形態においては、１つの主コイル部４１と複数の補助コイル部４２とにより構成されるアンテナコイル４を例示した。しかし、そのような形態に限定されることなく、複数の主コイル部４１と１つの補助コイル部４２とにより、アンテナコイル４が構成されてもよい。当然ながら、複数の主コイル部４１と複数の補助コイル部４２とによりアンテナコイル４が構成されてもよい。即ち、主コイル部４１と補助コイル部４２とが閉回路を形成していればよい。第１実施形態及び第２実施形態に例示し

たように、主コイル部４１を形成する導体線４０の一部が補助コイル部４２として形成されていれば、主コイル部４１と補助コイル部４２とが閉回路を形成する。当業者であれば、主コイル部４１と補助コイル部４２とが閉回路を形成する他の配線形態を用いてアンテナコイル４を形成できるであろうが、そのような実施形態もまた本発明の技術的に範囲に属する。例えば、第１実施形態及び第２実施形態において例示した主コイル部４１と補助コイル部４２との磁束の量が逆となるように各コイル部を設定して、主コイル部４１と補助コイル部４２との機能を入れ替えると、複数の主コイル部４１と１つの補助コイル部４２とを有するアンテナコイル４を実現することができる。また、第１実施形態及び第２実施形態においては、主コイル部４１の途中に補助コイル部４２が挿入される形態で直列に接続された回路となっているが、主コイル部４１と補助コイル部４２との電気的な接続関係はこれに限定されない。例えば、主コイル部４１の外に補助コイル部４２が直列に接続された構成や、主コイル部４１と補助コイル部４２とが並列に接続された構成としてもよい。

[0083] （３）上記実施形態においては、車両９に搭載された蓄電装置に対してワイヤレス給電を行う形態を例示したが、当然ながら本発明は、車両への適用に限定されるものではない。例えば、小型水力発電や太陽光発電、小型風力発電により発電された電力を、一般家屋やビルディングなどに伝送する用途、つまりスマートグリッドシステムにおける電力伝送にも利用することができる。

産業上の利用可能性

[0084] 本発明は、磁界共鳴式のワイヤレス給電に用いられるアンテナコイルに利用することができる。また、本発明は、その他のワイヤレス伝送に用いられるアンテナコイルに利用することができる。

符号の説明

[0085] φ１ ：主コイル部の磁束

φ４ ：アンテナコイルの磁束

４　　：アンテナコイル

４０　　：導体線

４１　　：主コイル部

４２　　：補助コイル部

４３　　：補助コイルコア

ＬＳ　　：対称軸

Ｐ　　：補助コイル部の軸方向端部

Ｑ　　：仮想端部

Ｘ１　　：第１基準軸

Ｘ２　　：第２基準軸

ＸＰ　　：設置基準軸

請求の範囲

[請求項1] 第１基準軸周りに導体線を周回させて構成された主コイル部と、第２基準軸周りに導体線を周回させて構成された補助コイル部とを備え、

前記第２基準軸は、前記補助コイル部の軸方向端部において前記主コイル部の磁束に対して交差するように設定され、

前記主コイル部と前記補助コイル部とが閉回路を形成するように接続されているアンテナコイル。

[請求項2] 前記補助コイル部の軸方向端部における前記主コイル部の磁束のベクトルは、前記主コイル部を挟んで当該軸方向端部とは反対側に設定された仮想端部における前記主コイル部の磁束のベクトルに比べて、前記第２基準軸に沿った方向に偏向している請求項１に記載のアンテナコイル。

[請求項3] １つ又は複数の前記補助コイル部のインダクタンスの合計が、１つ又は複数の前記主コイル部のインダクタンスの合計よりも小さくなるように構成されている請求項１又は２に記載のアンテナコイル。

[請求項4] 前記補助コイル部は、前記第２基準軸に沿って配置された磁性体の補助コイルコアの周りに導体線を周回させて構成されている請求項１から３の何れか一項に記載のアンテナコイル。

[請求項5] 前記補助コイル部を流れる電流の成分の内の前記主コイル部の周方向に平行な成分が、前記主コイル部に近い側において前記主コイル部を流れる電流と同じ向きとなるように、前記補助コイル部が配置されている請求項１から４の何れか一項に記載のアンテナコイル。

[請求項6] 前記補助コイル部は、前記主コイル部の一方側の軸方向端面に沿って少なくとも１つ配置され、前記主コイル部よりも小径である請求項１から５の何れか一項に記載のアンテナコイル。

[請求項7] ワイヤレス給電を行う磁界共鳴式給電装置の給電回路及び受電回路の少なくとも一方に備えられ、他方のアンテナコイルに対向すること

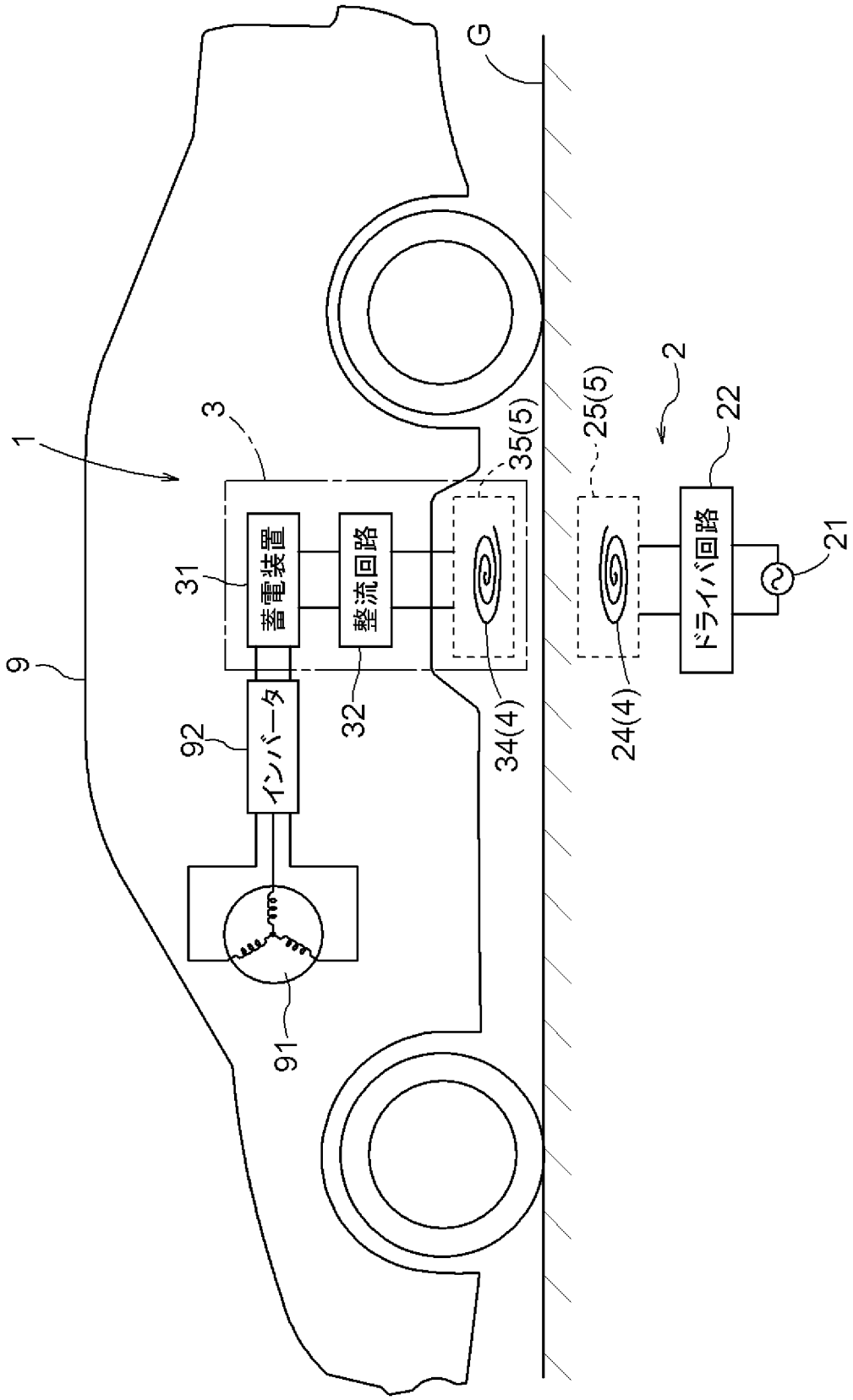
になる側とは反対側の前記軸方向端面である背面側軸方向端面に沿って、前記補助コイル部が配置されている請求項６に記載のアンテナコイル。

［請求項8］ 複数個の前記補助コイル部が、前記主コイル部の周方向に均等な間隔で配置されている請求項１から７の何れか一項に記載のアンテナコイル。

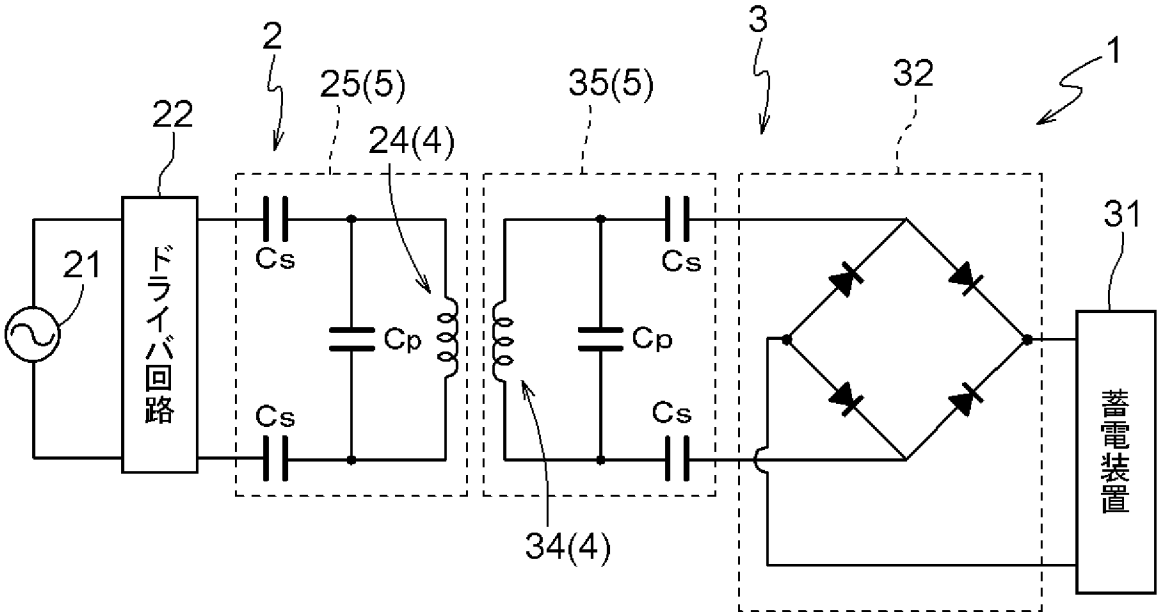
［請求項9］ 前記補助コイル部は、前記第１基準軸の軸方向に見て前記主コイル部と重複する部分を有するように配置されている請求項１から８の何れか一項に記載のアンテナコイル。

［請求項10］ 前記主コイル部は、前記第１基準軸に直交する基準平面に沿って渦巻き状に形成されている請求項１から９の何れか一項に記載のアンテナコイル。

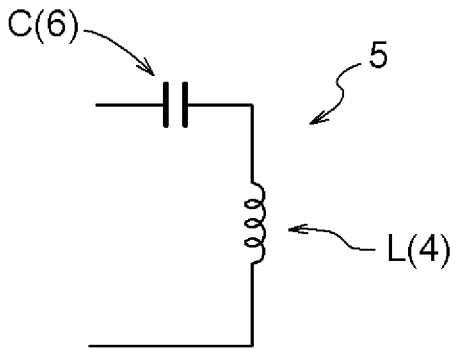
[図1]



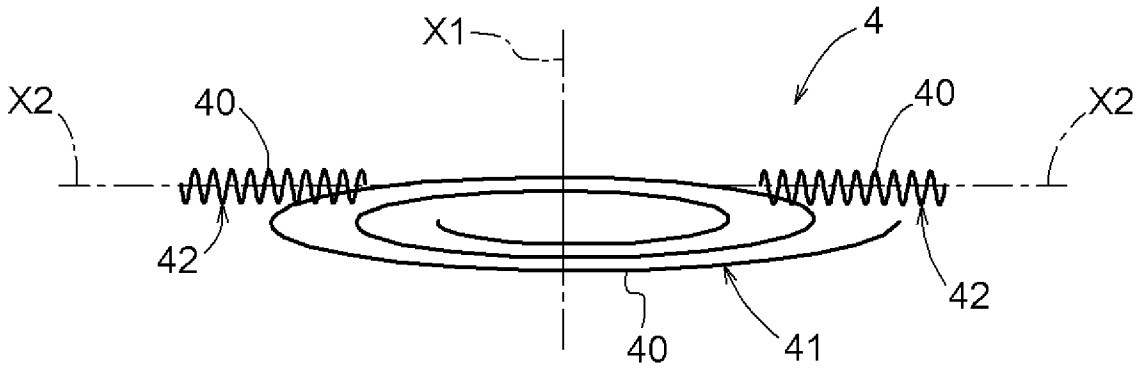
[図2]


2
25(5)
35(5)
3
32
1
22
24(4)
21
ドライバ回路
Cs
Cp
Cs
Cs
Cp
Cs
31
蓄電装置
34(4)

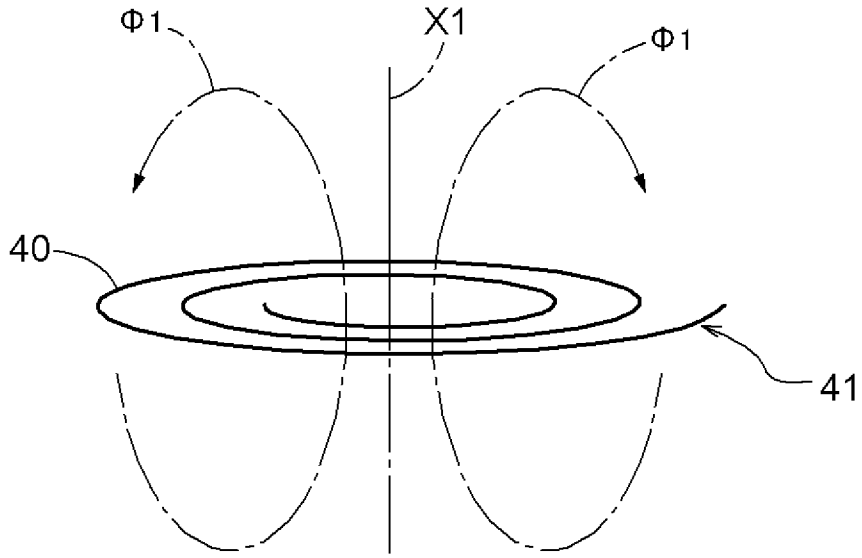
[図3]


C(6)
5
L(4)

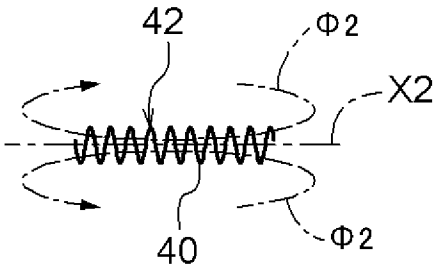
[図4]


X1
4
X2
40
40
X2
42
42
40
41

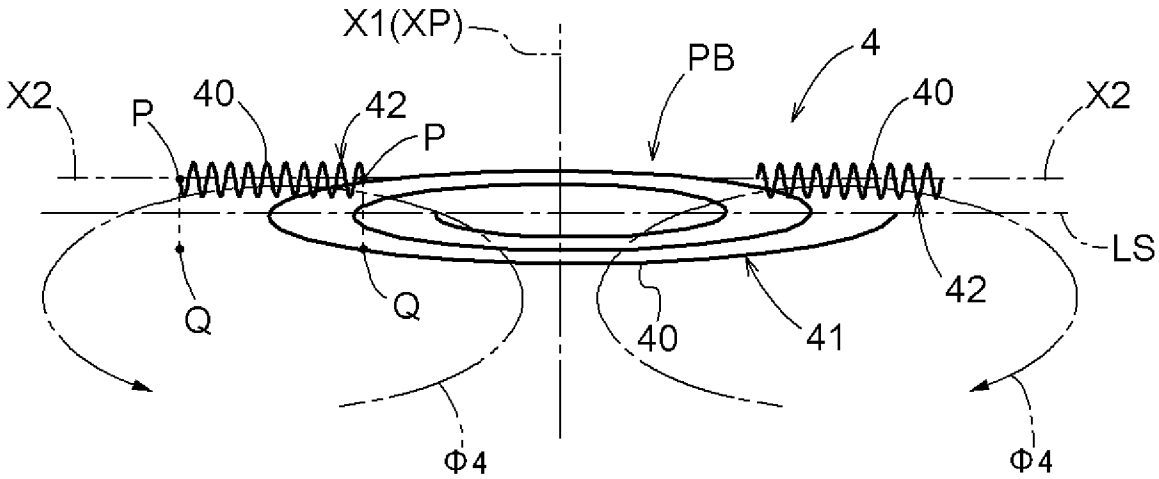
[図5]


Φ1
X1
Φ1
40
41

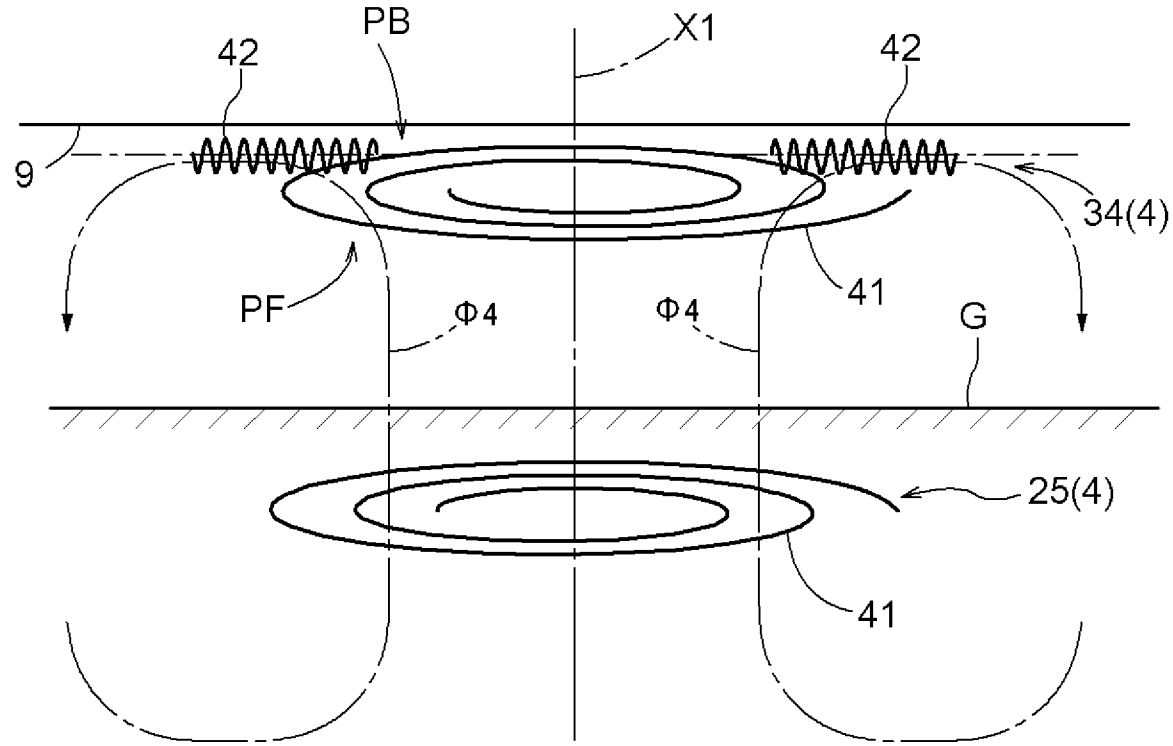
[図6]


42
Φ2
X2
40
Φ2

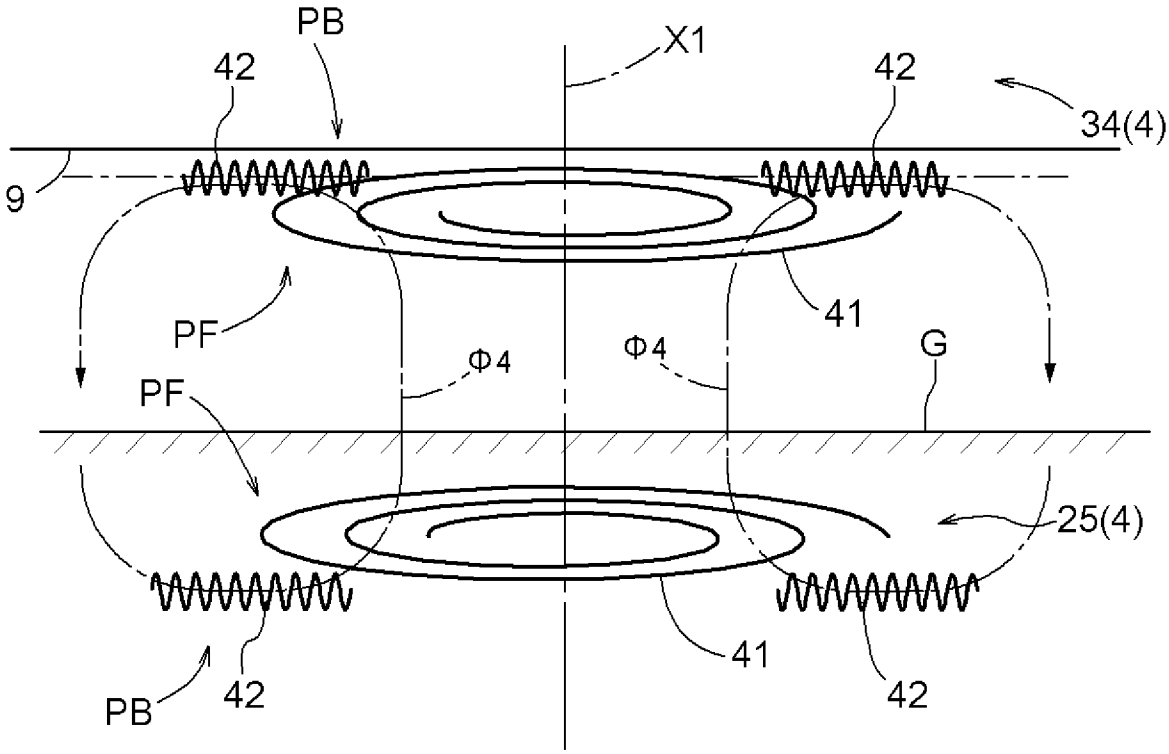
[図7]


X1(XP)
PB
4
X2
P
40
42
P
40
X2
LS
Q
Q
40
41
42
Φ4
Φ4

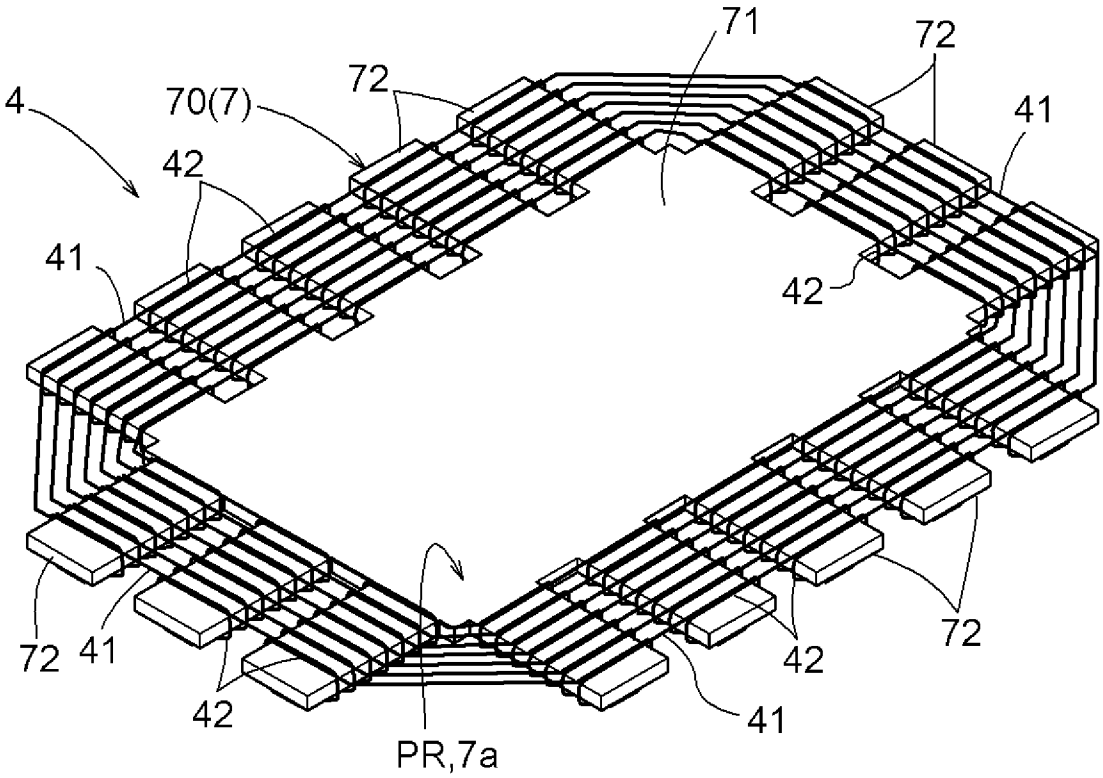
[図8]


PB
X1
42
42
9
34(4)
PF
Φ4
Φ4
41
G
25(4)
41

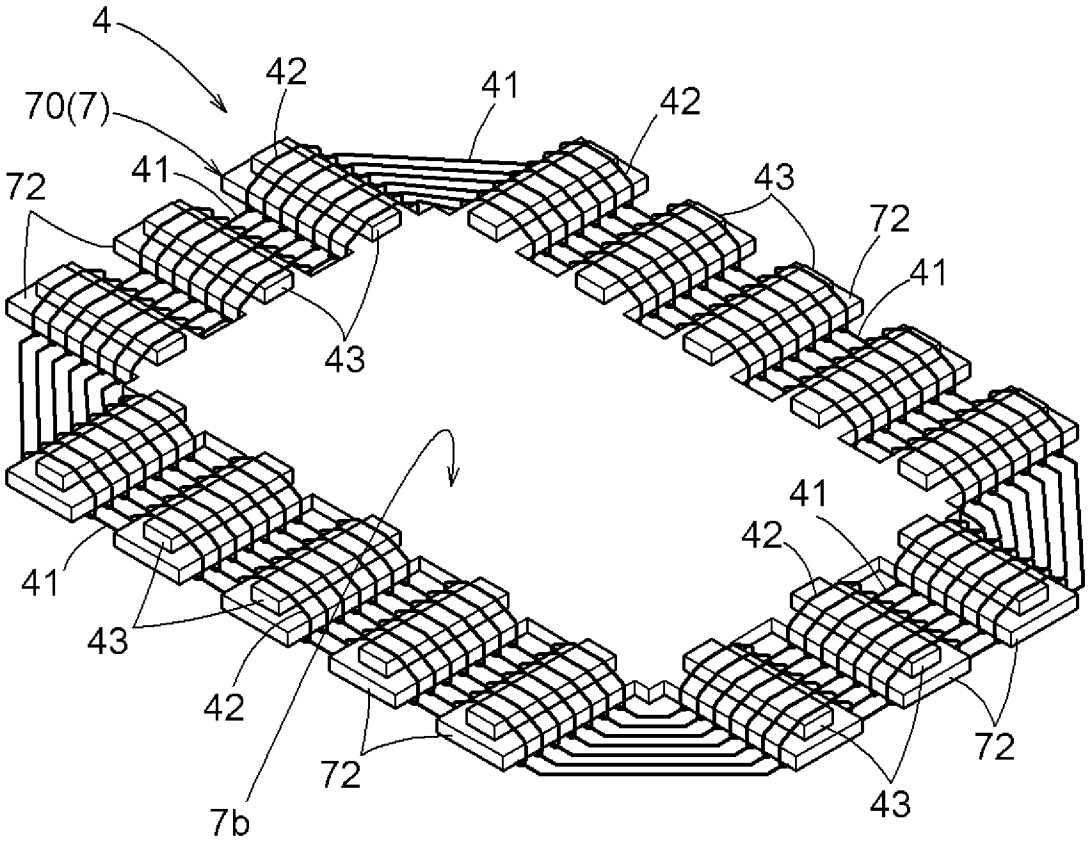
[図9]


PB
X1
42
42
34(4)
9
41
PF
Φ4
Φ4
G
PF
25(4)
41
PB
42
42

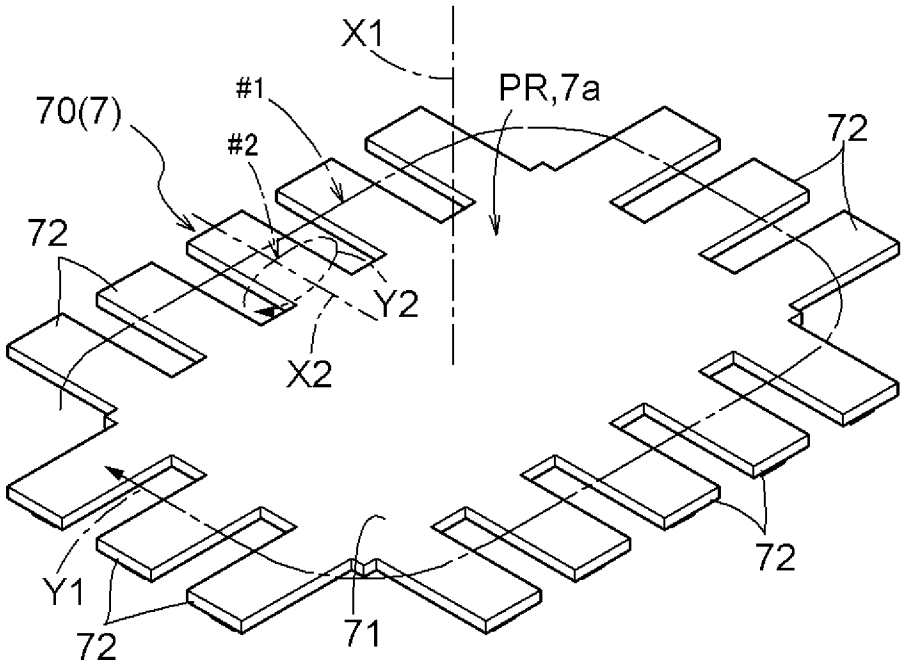
[図10]


71
72
72
4
70(7)
41
42
41
42
72
41
72
42
42
72
41
PR,7a

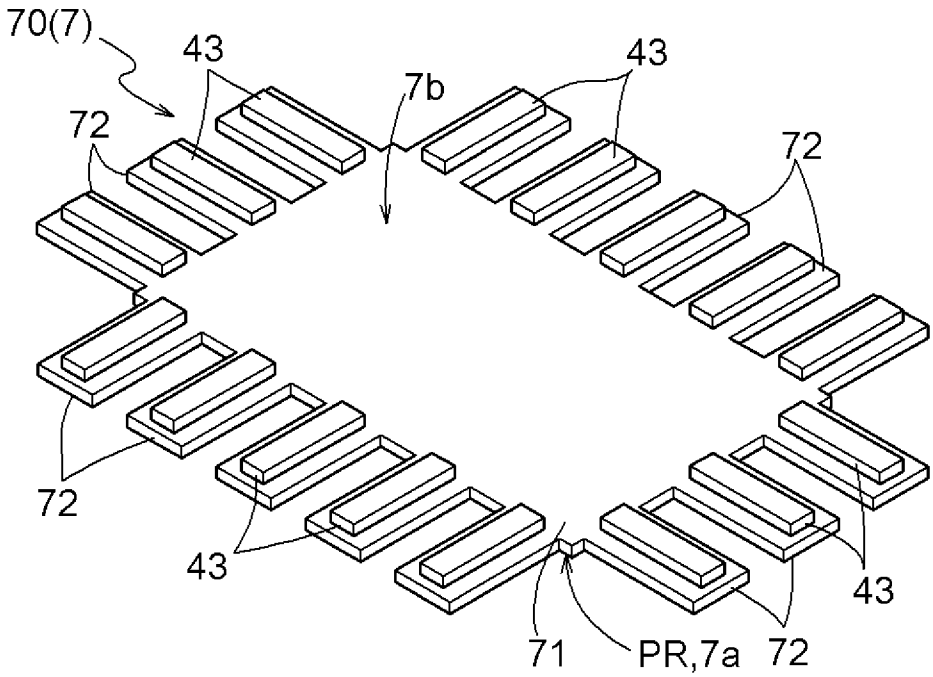
[図11]


4
42
41
42
70(7)
41
43
72
72
41
72
43
41
41
42
43
42
72
72
7b
43

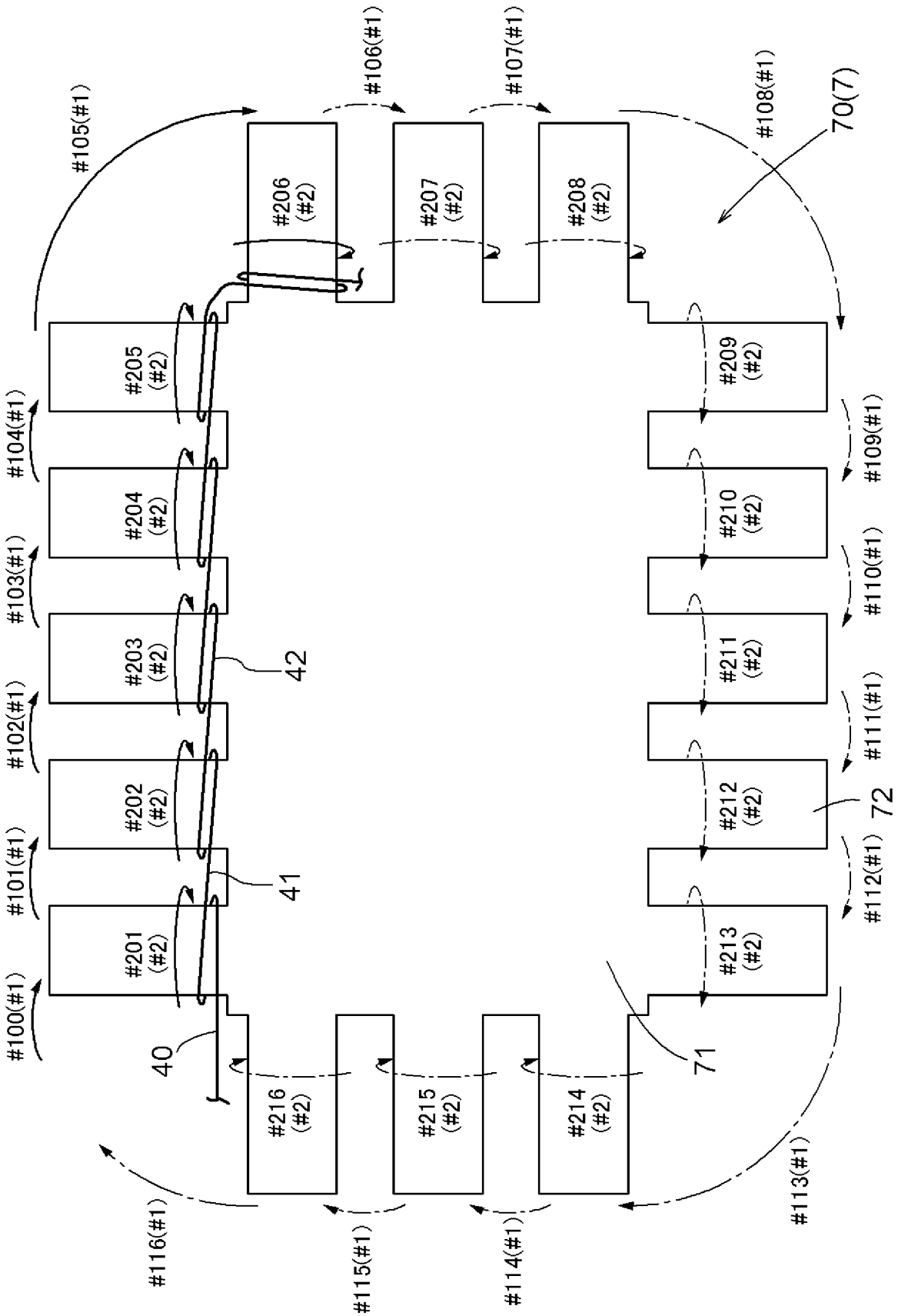
[図12]


X1
#1
PR,7a
70(7)
#2
72
72
Y2
X2
72
Y1
72
71

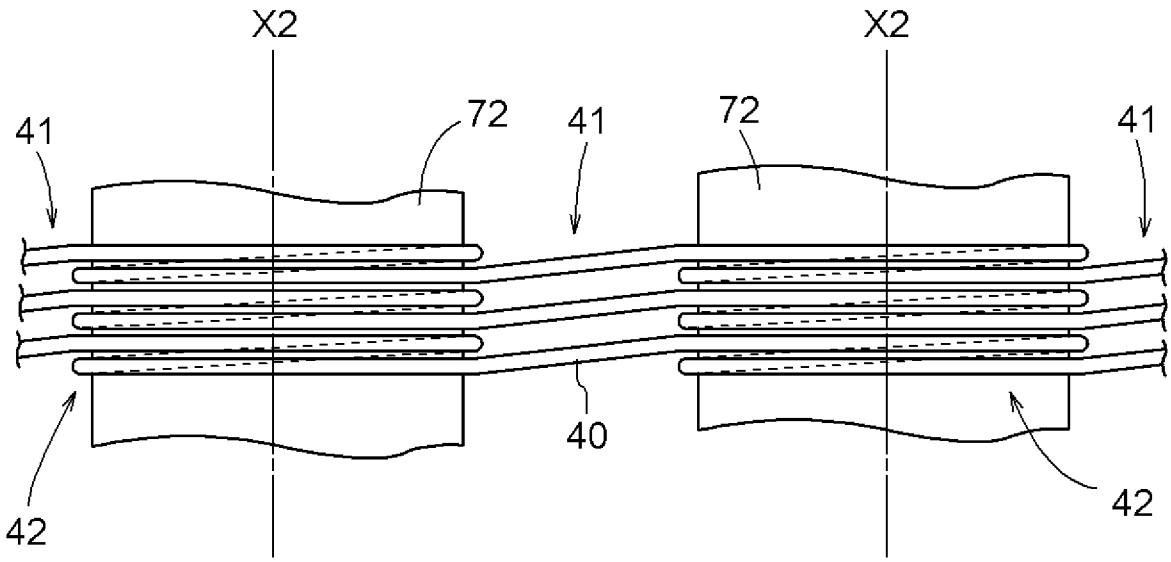
[図13]


70(7)
43
43
7b
72
72
72
43
43
71
PR,7a
72

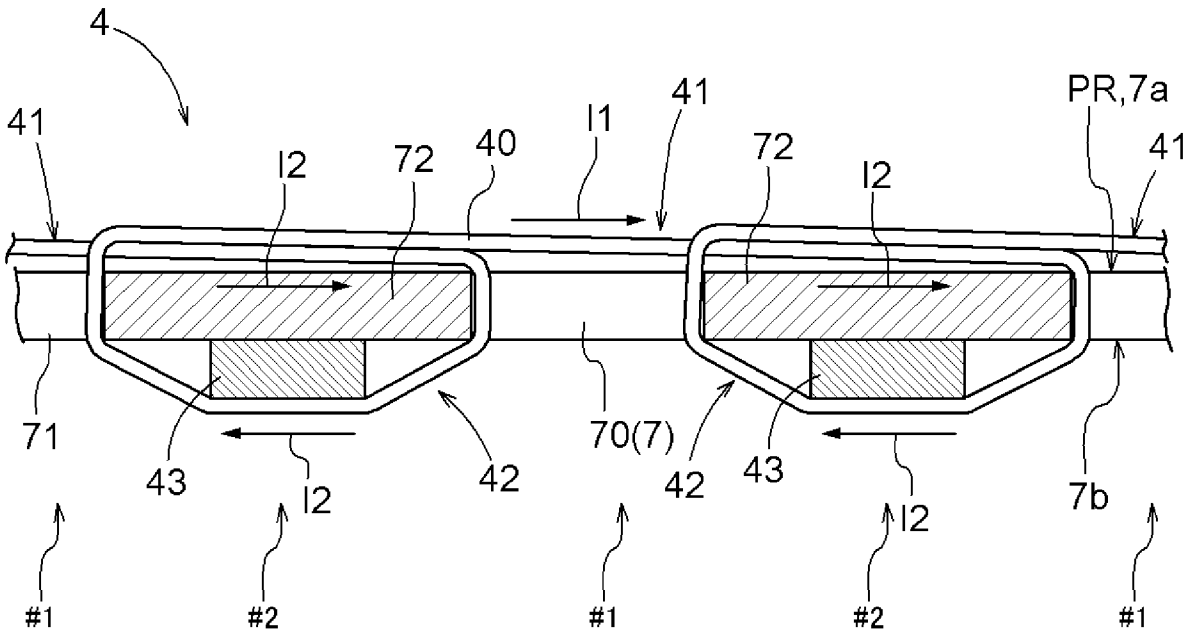
[図14]


#100(#1)
#101(#1)
#102(#1)
#103(#1)
#104(#1)
#105(#1)
#106(#1)
#107(#1)
#108(#1)
#109(#1)
#110(#1)
#111(#1)
#112(#1)
#113(#1)
#114(#1)
#115(#1)
#116(#1)
#201 (#2)
#202 (#2)
#203 (#2)
#204 (#2)
#205 (#2)
#206 (#2)
#207 (#2)
#208 (#2)
#209 (#2)
#210 (#2)
#211 (#2)
#212 (#2)
#213 (#2)
#214 (#2)
#215 (#2)
#216 (#2)
40
41
42
70(7)
71
72

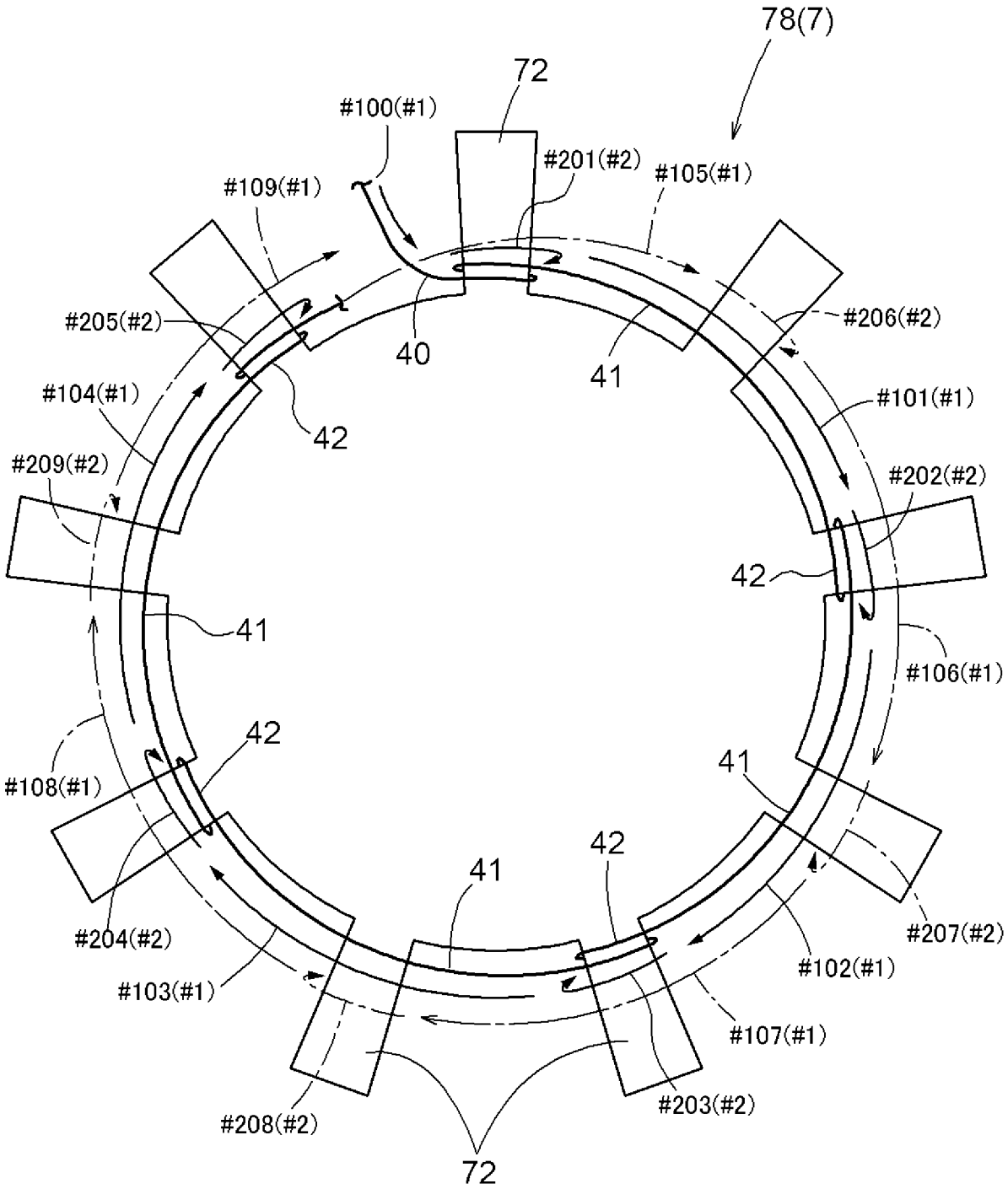
[図15]


X2
X2
41
72
41
72
41
40
42
42

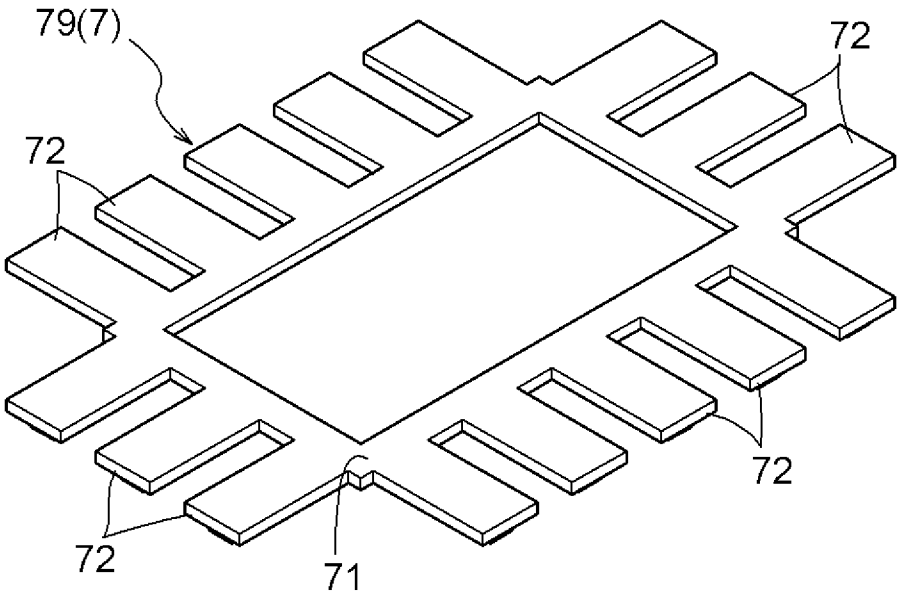
[図16]


4
41
I2
72
40
I1
41
72
I2
PR,7a
41
71
43
I2
42
70(7)
42
43
I2
7b
#1
#2
#1
#2
#1

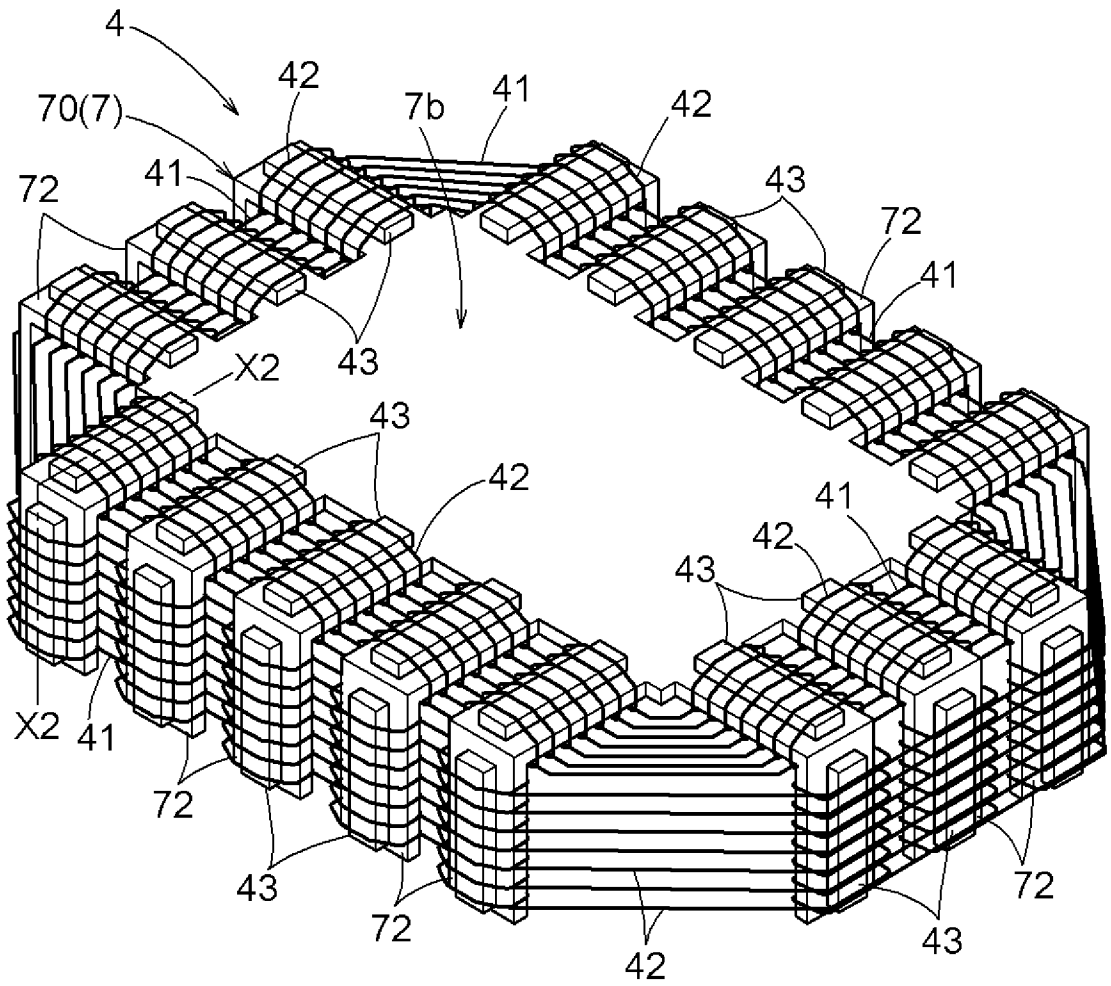
[図17]


78(7)
72
#100(#1)
#201(#2)
#105(#1)
#109(#1)
#205(#2)
#206(#2)
40
41
#104(#1)
#101(#1)
42
#209(#2)
#202(#2)
42
41
#106(#1)
#108(#1)
42
41
42
41
#204(#2)
#207(#2)
#103(#1)
#102(#1)
#107(#1)
#208(#2)
#203(#2)
72

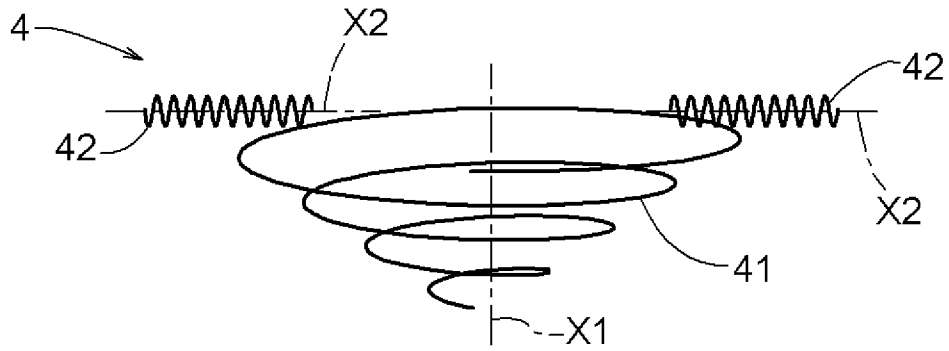
[図18]


79(7)
72
72
72
72
71

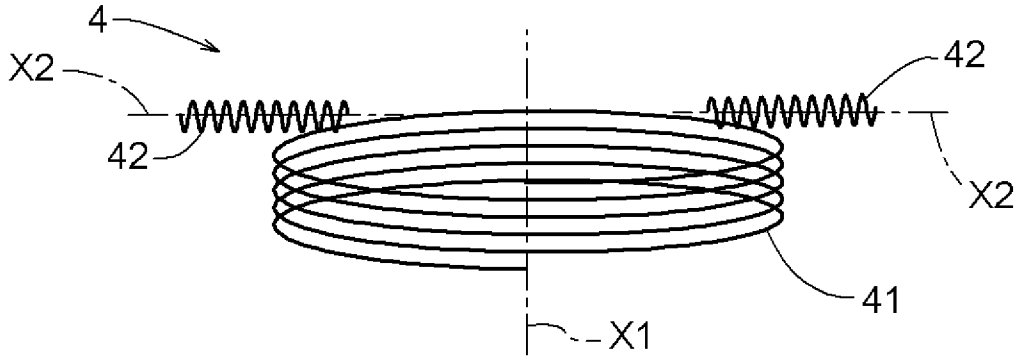
[図19]


4
42
70(7)
7b
41
42
41
43
72
72
41
X2
43
43
42
41
42
43
X2
41
72
43
72
72
42
43
72

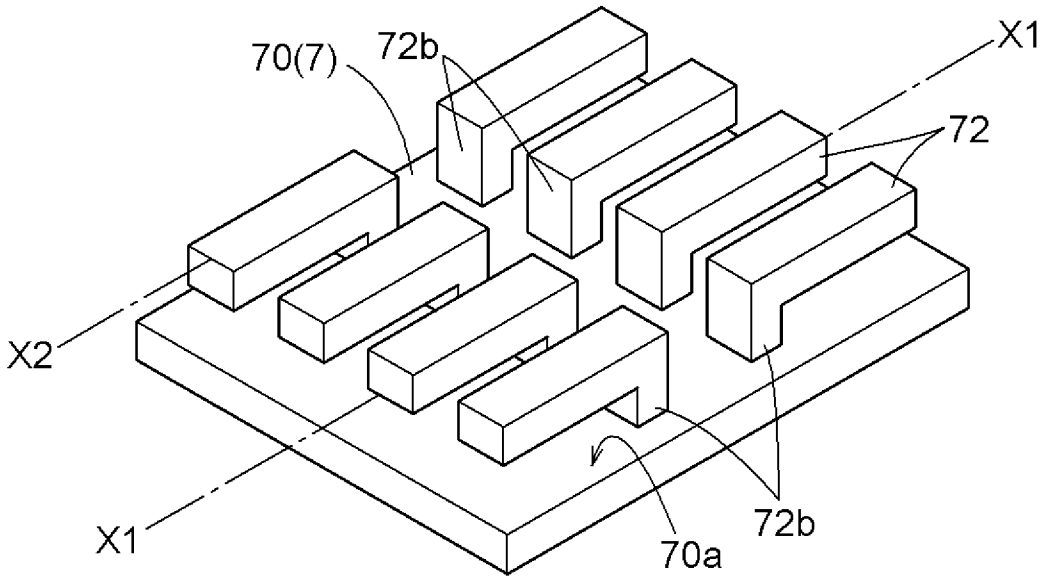
[図20]



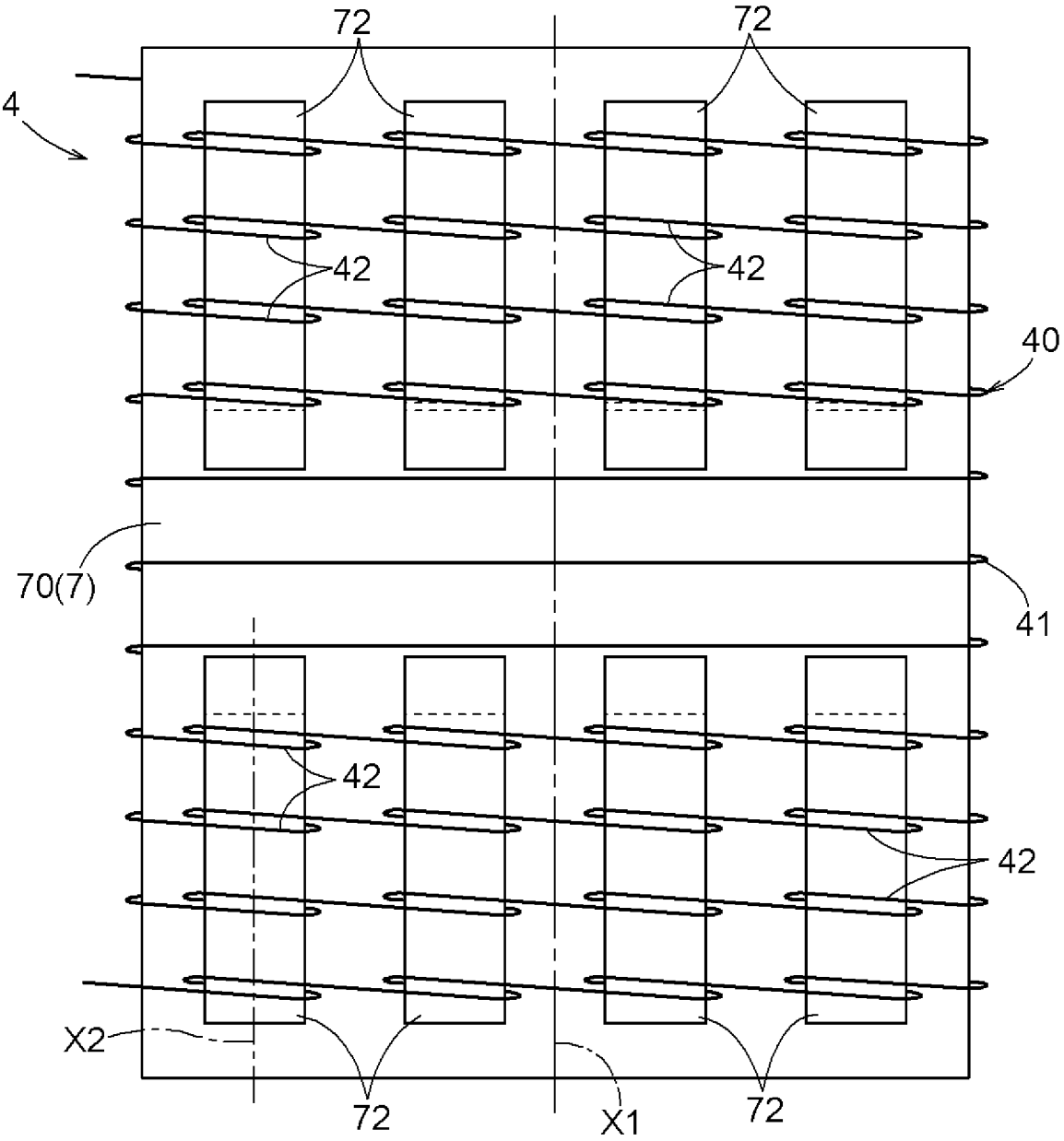
[図21]



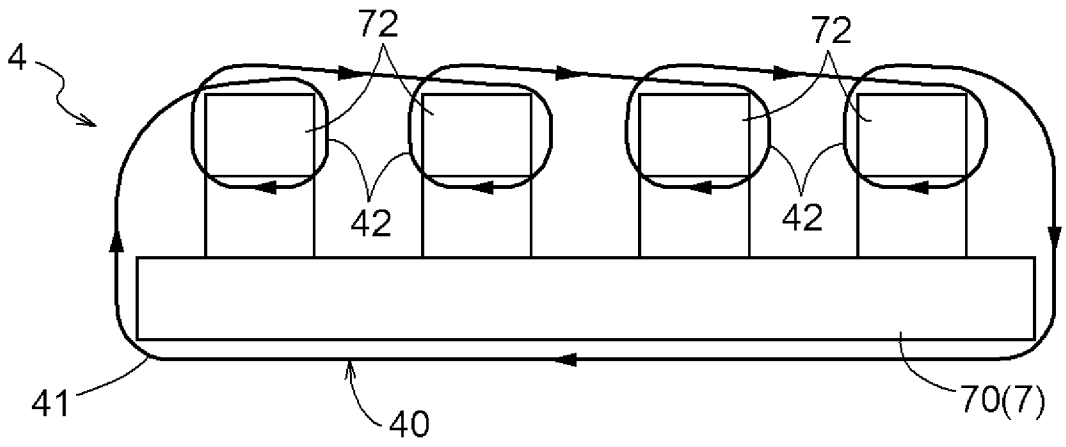
[図22]



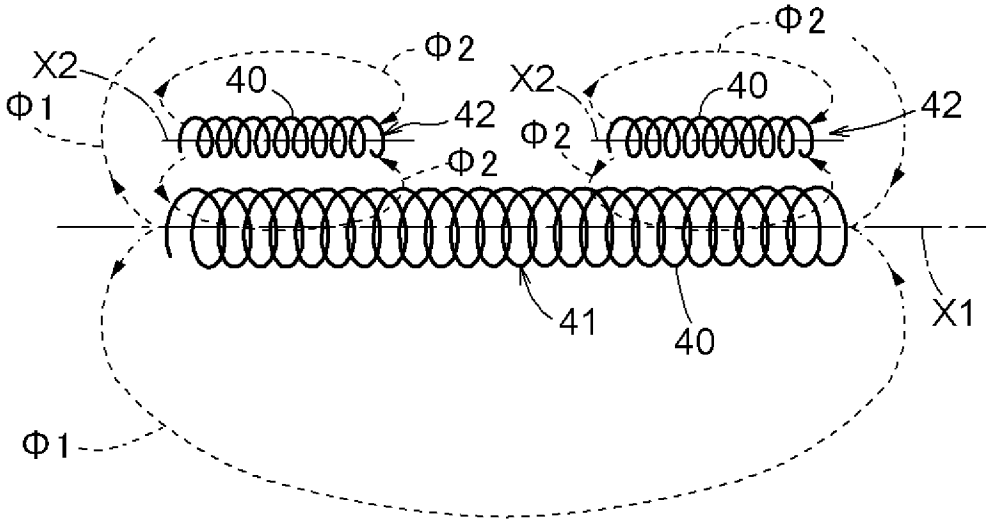
[図23]



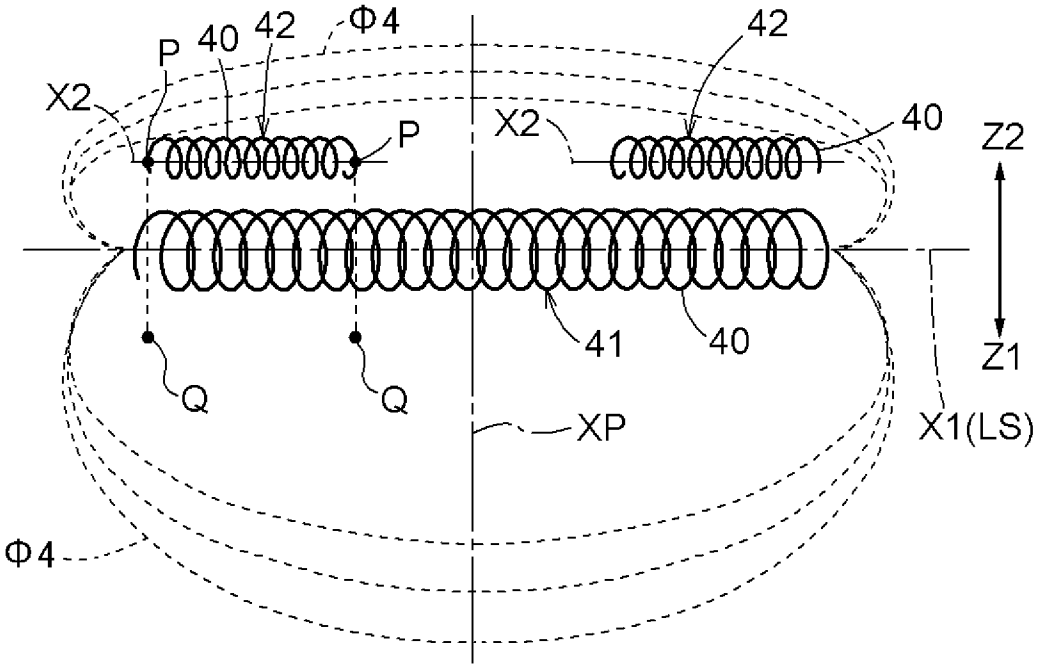
[図24]



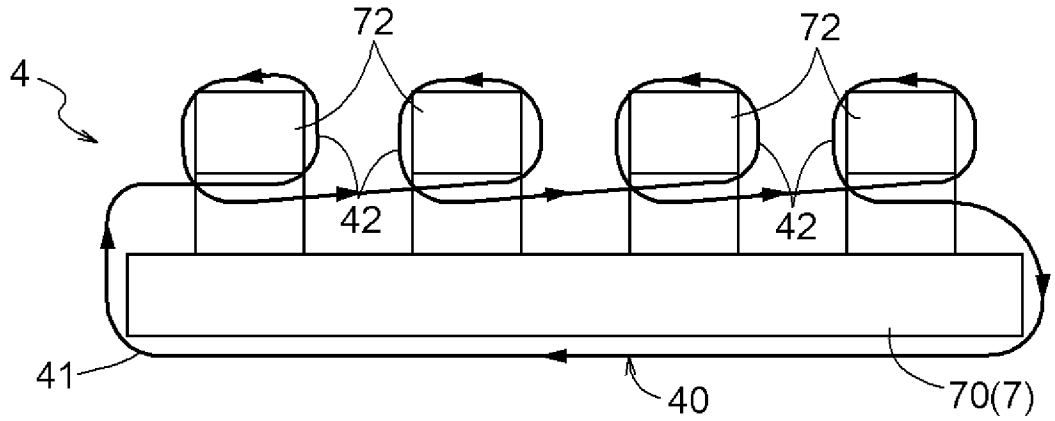
[図25]


Φ2
X2
Φ1
40
42
Φ2
X2
40
42
Φ2
41
40
X1
Φ1

[図26]


Φ4
P
40
42
42
X2
P
X2
40
Z2
41
40
Z1
Q
Q
XP
X1(LS)
Φ4

[図27]


72
72
4
42
42
41
40
70(7)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/063406

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01Q7/08(2006.01)i, *H01F38/14*(2006.01)i, *H01Q19/00*(2006.01)i, *H02J17/00*(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)
H01Q7/08, H01F38/14, H01Q19/00, H02J17/00

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

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-142559 A (Sony Corp.), 21 July 2011 (21.07.2011), entire text; all drawings & US 2011/0169337 A1 & CN 102122848 A	1-10
A	JP 11-122146 A (Kokusai Electric Co., Ltd.), 30 April 1999 (30.04.1999), entire text; all drawings (Family: none)	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 05 August, 2013 (05.08.13)	Date of mailing of the international search report 13 August, 2013 (13.08.13)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１３／０６３４０６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01Q7/08(2006.01)i, H01F38/14(2006.01)i, H01Q19/00(2006.01)i, H02J17/00(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.　H01Q7/08, H01F38/14, H01Q19/00, H02J17/00

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

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

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2011-142559 A (ソニー株式会社) 2011.07.21, 全文, 全図 & US 2011/0169337 A1 & CN 102122848 A	1-10
A	JP 11-122146 A (国際電気株式会社) 1999.04.30, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-10

☐　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
０５．０８．２０１３	１３．０８．２０１３

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　５Ｋ　４６８４
米倉　秀明
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５５６