(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
2017 年 9 月 21 日(21.09.2017)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2017/159331 A1

(51) 国際特許分類:
H02J 50/50 (2016.01) *H02J 50/12* (2016.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/007605

(22) 国際出願日: 2017 年 2 月 28 日(28.02.2017)

(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 2016-056203 2016 年 3 月 18 日(18.03.2016) JP

(71) 出願人: 株式会社村田製作所 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足１丁目１０番１号 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 細谷　達也 (HOSOTANI Tatsuya); 〒6178555 京都府長岡京市東神足１丁目１０番１号　株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人　楓国際特許事務所 (KAEDE PATENT ATTORNEYS' OFFICE); 〒5400011 大阪府大阪市中央区農人橋１丁目４番３４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, DJ, 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, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

[続葉有]

(54) **Title**: WIRELESS POWER FEEDING SYSTEM AND POWER TRANSMISSION DEVICE OF SAME

(54) 発明の名称 : ワイヤレス給電システムおよびその送電装置

fig.1

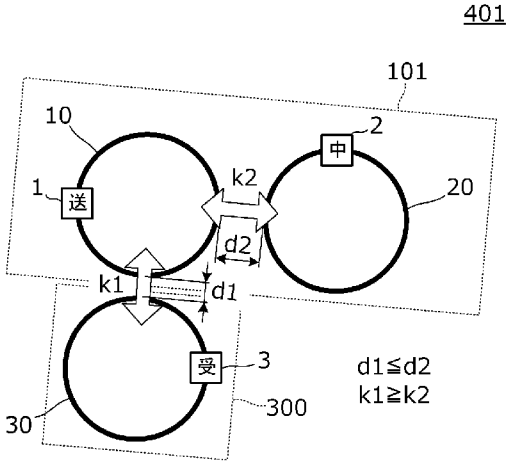


FIG. 1:
1 Transmission
2 Repeating
3 Reception

(57) **Abstract**: A wireless power feeding system using magnetic field resonance technology wirelessly feeds high-frequency power from a power transmission device (101) having a power transmission coil (10) to a power reception device having a power reception coil (30) that is at least magnetically coupled with the power transmission coil (10). The wireless power feeding system is provided with a repeating coil (20) that is coupled with the power transmission coil (10) and the power reception coil (30) via at least a magnetic field, and a repeating circuit (2) that is connected to the repeating coil (20) and is constituted by a resonance circuit together with the repeating coil (20). If the coupling coefficient between the power transmission coil (10) and the power reception coil (30) is represented by k1, and the coupling coefficient between the power transmission coil (10) and the repeating coil (20) is represented by k2, the relationship k1≥k2 obtains.

(57) 要約: 送電コイル（１０）を備える送電装置（１０１）から、送電コイル（１０）に対して少なくとも磁界結合する受電コイル（３０）を備える受電装置へ、ワイヤレスで高周波電力を供給する、磁界共鳴技術を用いたワイヤレス給電システムにおいて、送電コイル（１０）および受電コイル（３０）に対して少なくとも磁界を用いて結合する中継コイル（２０）と、中継コイル（２０）に接続されて、中継コイル（２０）とともに共振回路を構成する中継回路（２）と、を備え、送電コイル（１０）と受電コイル（３０）との結合係数をｋ１で表し、送電コイル（１０）と中継コイル（２０）との結合係数をｋ２で表すとき、ｋ１≧ｋ２の関係にある。

WO 2017/159331 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： ワイヤレス給電システムおよびその送電装置

技術分野

[0001] 本発明は、高周波電力を送電装置から受電装置へ供給するワイヤレス給電システムおよびその送電装置に関する発明である。

背景技術

[0002] 電磁誘導方式、磁界共鳴方式、直流共鳴方式等の磁界結合型のワイヤレス給電システムにおいては、送電装置の送電コイルと受電装置の受電コイルとが磁界を用いて結合することで送電が行われる。例えば特許文献１には、受電装置を送電装置上のどの位置においても電力を受電できるように、複数の送電ユニット（送電コイル＋送電駆動回路等）を備えたシステムが示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１３－２７１３２号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上記送電装置と受電装置は、それらが所定の位置関係に配置されることで、送電装置が備える送電コイルと、受電装置が備える受電コイルとが磁界結合するように構成されている。

[0005] しかし、特許文献１に示される送電装置は、それぞれ電源回路に電気的に接続された複数の送電ユニットを備える。このような構成の場合、複数の送電駆動回路や複雑な配線が必要となり、システムは複雑になる。送電装置の送電面の面積を大きくすることは、複数の送電駆動回路や複雑な配線を備えることになり、システムは大型化し、コストが非常に嵩むことになる。

[0006] そこで、本発明の目的は、送電駆動回路等のコストが掛かる回路をそれぞれ備える多数の送電ユニットを複数台設けることなく、できるだけ少ない送

電装置や送電回路を用いた簡素な構成で、広い範囲、広い面積において、電力損失を少なく、電力効率を高くして、ワイヤレスで電力を供給できるワイヤレス給電システムおよびその送電装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] （１）本発明のワイヤレス給電システムは、

送電コイルを備える送電装置から、前記送電コイルに対して少なくとも磁界結合する受電コイルを備える受電装置へ、ワイヤレスで高周波電力を供給する、磁界共鳴技術を用いたワイヤレス給電システムであり、

前記送電コイルおよび前記受電コイルに対して少なくとも磁界を用いて結合する中継コイルと、

前記中継コイルに接続されて、前記中継コイルとともに共振回路を構成する中継回路と、を備え、

前記送電コイルと前記受電コイルとの結合係数をｋ１で表し、前記送電コイルと前記中継コイルとの結合係数をｋ２で表すとき、ｋ１≧ｋ２の関係にある、ことを特徴とする。

[0008] また、前記送電コイルと前記受電コイルとの最短距離をｄ１で表し、前記送電コイルと前記中継コイルとの最短距離をｄ２で表すとき、ｄ１≦ｄ２の関係にある、ことを特徴とする。

[0009] 上記構成により、送電コイルから中継コイルへの電力供給が抑制されて、受電装置は送電装置から電力を効率良く受電できる。

[0010] （２）本発明のワイヤレス給電システムは、

送電コイルを備える送電装置から、前記送電コイルに対して少なくとも磁界結合する受電コイルを備える受電装置へ、ワイヤレスで高周波電力を供給する、磁界共鳴技術を用いたワイヤレス給電システムであり、

前記送電コイルおよび前記受電コイルに対して少なくとも磁界を用いて結合する中継コイルと、

前記中継コイルに接続されて、前記中継コイルとともに共振回路を構成する中継回路と、を備え、

前記送電コイルと前記中継コイルとの結合係数をｋ２で表し、前記受電コイルと前記中継コイルとの結合係数をｋ３で表すとき、ｋ３≧ｋ２の関係にある、ことを特徴とする。

[0011] また、前記送電コイルと前記中継コイルとの最短距離をｄ２で表し、前記受電コイルと前記中継コイルとの最短距離をｄ３で表すとき、ｄ３≦ｄ２の関係にあることを特徴とする。

[0012] 上記構成により、受電コイルが、送電コイルと中継コイルとの配列での遠方に配置されている場合に、送電装置から受電装置へ、高効率で電力損失の少ない電力供給が可能となる。ここで、送電コイルと受電コイルとの結合係数をｋ２３で表すと、ｋ２３＝ｋ２＊ｋ３の関係で表すことができ、ｋ３＝ｋ２のとき、ｋ２３の値は最大となり、送電装置から受電装置への電力供給効率は最大となる。但し、中継コイルでの損失分を考慮すると、ｋ３＝ｋ２ではなく、ｋ３＞ｋ２となる条件で、送電装置から受電装置への電力供給効率は最大となる。したがって、上記のとおり、ｋ３≧ｋ２の関係にあることが好ましい。物理的なコイルの形状、または大きさなどが類似している場合において、この結合係数の関係を距離の関係で言い換えると、ｄ３≦ｄ２の関係にあることが好ましい。

[0013] （３）本発明のワイヤレス給電システムは、

送電コイルを備える送電装置から、前記送電コイルに対して少なくとも磁界結合する受電コイルを備える受電装置へ、ワイヤレスで高周波電力を供給する、磁界共鳴技術を用いたワイヤレス給電システムであり、

複数の中継コイルと、

前記複数の中継コイルにそれぞれ接続されて、前記中継コイルとともに共振回路をそれぞれ構成する中継回路と、を備え、

前記複数の中継コイルは、隣接する中継コイル同士で少なくとも磁界を用いて結合し、前記複数の中継コイルの一つは前記送電コイルと少なくとも磁界を用いて結合し、前記複数の中継コイルの一つは前記受電コイルと少なくとも磁界を用いて結合する結合中継コイルであり、

前記結合中継コイルと前記受電コイルとの結合係数をｋ３で表し、前記複数の中継コイルのうち前記結合中継コイルより下流側の中継コイルと前記結合中継コイルとの結合係数をｋ４で表すとき、ｋ３≧ｋ４の関係にある、ことを特徴とする。

[0014] また、前記結合中継コイルと前記受電コイルとの最短距離をｄ３で表し、前記複数の中継コイルのうち前記結合中継コイルより下流側の中継コイルと前記結合中継コイルとの最短距離をｄ４で表すとき、ｄ３≦ｄ４の関係にあることを特徴とする。

[0015] 上記構成により、結合中継コイルからその下流側の中継コイルへの電力供給が抑制されて、受電装置は結合中継コイルから電力を効率良く受電できる。

[0016] （４）本発明のワイヤレス給電システムは、

送電コイルを備える送電装置から、前記送電コイルに対して少なくとも磁界結合する受電コイルを備える受電装置へ、ワイヤレスで高周波電力を供給する、磁界共鳴技術を用いたワイヤレス給電システムであり、

複数の中継コイルと、

前記複数の中継コイルにそれぞれ接続されて、前記中継コイルとともに共振回路をそれぞれ構成する中継回路と、を備え、

前記複数の中継コイルは、隣接する中継コイル同士で少なくとも磁界を用いて結合し、前記複数の中継コイルの一つは前記送電コイルと少なくとも磁界を用いて結合し、前記複数の中継コイルの一つは前記受電コイルと少なくとも磁界を用いて結合する結合中継コイルであり、

前記複数の中継コイルのうち前記結合中継コイルより上流側の中継コイルと前記結合中継コイルとの結合係数をｋ４で表し、前記結合中継コイルと前記受電コイルとの結合係数をｋ５で表すとき、ｋ５≧ｋ４の関係にある、ことを特徴とする。

[0017] また、前記複数の中継コイルのうち前記結合中継コイルより上流側の中継コイルと前記結合中継コイルとの最短距離をｄ４で表し、前記結合中継コイ

ルと前記受電コイルとの最短距離をｄ５で表すとき、ｄ５≦ｄ４の関係にある、ことを特徴とする。

[0018] 上記構成により、送電コイルと受電コイルとの間に複数の中継コイルが存在する場合においても、送電装置から受電装置への電力伝送が可能となる。ここで、結合中継コイルと受電コイルとの結合係数をｋ４５で表すと、ｋ４５＝ｋ４＊ｋ５の関係で表すことができ、ｋ５＝ｋ４のとき、ｋ４５の値は最大となり、結合中継コイルから受電装置への電力供給効率は最大となる。但し、上流側の中継コイルでの損失分を考慮すると、ｋ５＝ｋ４ではなく、ｋ５＞ｋ４となる条件で、結合中継コイルから受電装置への電力供給効率は最大となる。したがって、上記のとおり、ｋ５≧ｋ４の関係にあることが好ましい。この結合係数の関係を距離の関係で言い換えると、ｄ５≦ｄ４の関係にあることが好ましい。

発明の効果

[0019] 本発明によれば、送電駆動回路等のコストが掛かる回路をそれぞれ備える多数の送電ユニットを複数台設けることなく、できるだけ少ない送電装置や送電回路を用いた簡素な構成で、広い範囲、広い面積において、電力損失を少なく、電力効率を高くして、ワイヤレスで電力を供給できるワイヤレス給電システムおよびその送電装置が得られる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]図１は第１の実施形態に係るワイヤレス給電システム４０１および送電装置の構成を示す図である。

[図2]図２は第１の実施形態のワイヤレス給電システム４０１の回路図である。

[図3]図３は図２の各部の波形図である。

[図4]図４は第２の実施形態に係るワイヤレス給電システム４０２および送電装置の構成を示す図である。

[図5]図５は第２の実施形態のワイヤレス給電システム４０２の回路図である。

[図6]図６は第３の実施形態に係るワイヤレス給電システム４０３および送電装置の構成を示す図である。

[図7]図７は第４の実施形態に係るワイヤレス給電システム４０４および送電装置の構成を示す図である。

[図8]図８は第５の実施形態に係る送電装置１０５およびワイヤレス給電システム４０５の構成を示す図である。

[図9]図９は第６の実施形態に係るワイヤレス給電システム４０６および送電装置の構成を示す図である。

[図10]図１０は第７の実施形態に係るワイヤレス給電システム４０７および送電装置の構成を示す図である。

[図11]図１１は第８の実施形態に係るワイヤレス給電システム４０８および送電装置の構成を示す図である。

[図12]図１２は第９の実施形態に係るワイヤレス給電システム４０９および送電装置の構成を示す図である。

[図13]図１３は第１０の実施形態に係るワイヤレス給電システム４１０の概略正面図である。

[図14]図１４は第１１の実施形態に係るワイヤレス給電システム４１１の概略正面図である。

発明を実施するための形態

[0021] 以降、図を参照して幾つかの具体的な例を挙げて、本発明を実施するための複数の形態を示す。各図中には同一箇所に同一符号を付している。要点の説明または理解の容易性を考慮して、便宜上実施形態を分けて示すが、異なる実施形態で示した構成の部分的な置換または組み合わせは可能である。第２の実施形態以降では第１の実施形態と共通の事柄についての記述を省略し、異なる点についてのみ説明する。特に、同様の構成による同様の作用効果については実施形態毎には逐次言及しない。

[0022] 《第１の実施形態》

第１の実施形態では、中継コイルが存在し、且つ、この中継コイルを介さ

ずに、送電装置から受電装置へ電力供給されるワイヤレス給電システムおよびその送電装置について示す。

[0023] 図１は第１の実施形態に係るワイヤレス給電システム４０１および送電装置の構成を示す図である。このワイヤレス給電システム４０１は、送電コイル１０を備える送電装置１０１から、受電コイル３０を備える受電装置３００へ、少なくとも磁界共鳴方式で高周波電力（以下、単に「電力」）を供給するワイヤレス給電システムである。

[0024] 図１に表れているように、例えば、ワイヤレス給電システム４０１は、それぞれ円形ループ状の送電コイル１０、中継コイル２０および受電コイル３０を備える。中継コイル２０および受電コイル３０は送電コイル１０に近接配置されている。中継コイル２０は送電コイル１０と受電コイル３０との間には配置されていない。この例では、送電コイル１０、中継コイル２０および受電コイル３０のそれぞれのコイル開口面は一致または平行関係にある。

[0025] 送電コイル１０には送電回路１が接続されていて、受電コイル３０には受電回路３が接続されている。送電コイル１０と受電コイル３０とは少なくとも磁界結合する。送電コイル１０と中継コイル２０とについても、それらは少なくとも磁界結合する。中継コイル２０には受電コイル３０以外の他の受電コイルまたは他の中継コイルが結合する場合があるが、図１では図示を省略している。

[0026] 図２は第１の実施形態のワイヤレス給電システム４０１の回路図である。

[0027] ワイヤレス給電システム４０１は、送電回路１の入力部に入力電源Viを備え、受電回路３の負荷Roへ安定した直流のエネルギーをワイヤレスで供給するシステムである。

[0028] 送電回路１は、送電コイル１０と、共振キャパシタCrと、スイッチ素子Q1，Q2と、これらスイッチ素子Q1，Q2を制御するスイッチング制御回路１Ｃを含む送電側スイッチング回路とを備えている。

[0029] 送電コイル１０と共振キャパシタCrとで「送電側共振回路」が構成されている。

[0030] スイッチ素子Q1、逆並列ダイオードDds1および寄生キャパシタCds1の並列接続回路でスイッチ回路S1が構成されている。同様に、スイッチ素子Q2、逆並列ダイオードDds2および寄生キャパシタCds2の並列接続回路でスイッチ回路S2が構成されている。以下、逆並列ダイオード（寄生ダイオード）を単に「ダイオード」という。

[0031] スイッチング制御回路１Ｃは送電側共振回路に接続され、スイッチ回路S1，S2を所定のスイッチング周波数で交互にオンオフさせることにより、直流電源を送電側共振回路に断続的に加えて送電側共振回路に共振電流を発生させる。

[0032] この例では、送電側スイッチング回路は２つのスイッチ回路S1，S2を備えたハーフブリッジ回路を構成している。

[0033] 中継回路２は、中継コイル２０と共振キャパシタCrrとで構成されている。

[0034] 受電回路３は、受電コイル３０と、共振キャパシタCrsと、スイッチ素子Q3，Q4と、スイッチ素子Q3，Q4を制御するスイッチング制御回路３Ｃを含む受電側スイッチング回路と、平滑キャパシタCoとを備えている。

[0035] 受電コイル３０と、それに等価的に直列に接続された共振キャパシタCrsとで「受電側共振回路」が構成されている。

[0036] スイッチ素子Q3、ダイオードDds3およびキャパシタCds3の並列接続回路でスイッチ回路S3が構成されている。同様に、スイッチ素子Q4、ダイオードDds4およびキャパシタCds4の並列接続回路でスイッチ回路S4が構成されている。

[0037] スイッチング制御回路３Ｃは受電コイル３０に流れる電流を検出し、その極性反転に同期してスイッチ素子Q3，Q4を交互にオンオフする。これにより、受電側共振回路に流れる共振電流が電流の流れる方向の変化に同期して整流されて、負荷に電流が供給される。これらのスイッチ回路S3，S4およびスイッチング制御回路３Ｃで受電側整流回路が構成されている。平滑キャパシタCoは受電側整流回路で整流された電圧を平滑する。

[0038] 送電側のスイッチング制御回路１Ｃは入力電源Viを電源にして動作する。受電側のスイッチング制御回路３Ｃは、受電側共振回路に発生する電圧、負

荷への出力電圧、または別途設けられた電力供給源などを電源にして動作する。

[0039] 例えば、上記送電側共振回路の共振周波数は、スイッチング制御回路１Ｃのスイッチング周波数に等しいか、その近傍に設定される。また、送電側共振回路の共振周波数、中継回路２の共振周波数、受電側共振回路の共振周波数、はそれぞれ等しいか、それらの近傍に設定される。送電側共振回路、中継回路２および受電側共振回路は互いに結合して複共振が生じるので、複共振周波数は上記スイッチング周波数とは異なる場合がある。一方、ワイヤレスで給電される交番磁界の周波数（システムの動作周波数）はスイッチング周波数に一致し、中継回路２単体での共振周波数は上記システムの動作周波数に、基本的に一致させることでシステムをシンプルにし、高効率に動作させる。

[0040] 中継コイル２０と共振キャパシタCrrとで共振回路が構成されている。送電コイル１０と中継コイル２０とは電磁界共鳴結合し、中継コイル２０と送電コイル１０とは電磁界共鳴結合する。このように、送電コイル１０と受電コイル３０との間に中継コイル２０を配置することで、送電回路１と受電回路３との送電可能最大距離が拡大される。

[0041] 送電コイル１０、中継コイル２０および受電コイル３０はいずれも、等価的には、理想トランス、相互インダクタンスおよび漏れインダクタンスで構成された回路として表される。

[0042] 送電コイル１０と中継コイル２０との間に等価的に形成される相互インダクタンスで磁界共鳴結合が生じ、中継コイル２０と受電コイル３０との間に等価的に形成される相互インダクタンスで磁界共鳴結合が生じて、送電回路１から受電回路３へ電力が供給される。送電回路１から送電されずに反射したエネルギー（無効電力）は送電側共振回路に共振エネルギーとして保存される。また、受電回路３が受電したエネルギーのうち出力に供給されずに反射したエネルギー（無効電力）も受電側共振回路に共振エネルギーとして保存される。

[0043] 送電回路１が例えば、６～14MHzで0.1～80Wの電力を2～50mmの距離でワイヤレス給電する場合、送電コイル１０は例えば半径は25mm以上75mm以下、導体線の線径は1mm以上2mm以下のオーダーである。

[0044] 送電コイル１０、中継コイル２０および受電コイル３０は、金属線をループ状に成形することで、または回路基板にループ状の導体パターンを形成することで構成できる。

[0045] 図１に示すように、送電コイル１０と受電コイル３０との最短距離をｄ１で表し、送電コイル１０と中継コイル２０との最短距離をｄ２で表すとき、ｄ１≦ｄ２の関係にある。また、送電コイル１０と受電コイル３０との結合係数をｋ１で表し、送電コイル１０と中継コイル２０との結合係数をｋ２で表すとき、ｋ１≧ｋ２の関係にある。

[0046] 上記構成により、送電コイル１０から中継コイル２０への電力供給が抑制されて、受電装置３００は送電装置１０１から電力を効率良く受電できる。

[0047] 次に、図２に示したワイヤレス給電システム４０１の詳細な動作を、図３を参照して説明する。図３は図２の各部の波形図である。

[0048] 送電コイル１０の相互インダクタンスをLm、送電コイル１０の漏れインダクタンスをLr、受電コイル３０の相互インダクタンスをLms、受電コイル３０の漏れインダクタンスをLrsとする。また、スイッチ素子Q1，Q2のゲート・ソース間電圧をvgs1，vgs2、ドレイン・ソース間電圧をvds1，vds2とする。

[0049] スイッチ素子Q1，Q2は、両スイッチ素子がオフとなる短いデットタイムを挟んで交互にオンオフされ、デットタイム期間にQ1，Q2に流れる電流をそれぞれ転流させてZVS動作を行う。1スイッチング周期における各状態での動作は次のとおりである。

[0050] (1) 状態１　時刻t1～t2

先ず、ダイオードDds1が導通する。ダイオードDds1の導通期間においてスイッチ素子Q1をターンオンすることでZVS動作が行われ、スイッチ素子Q1は導通する。送電コイル１０と受電コイル３０との間に相互誘導によって等価的な相互インダクタンスLm，Lmsが形成され、Cr，Lr，Lm，Lms，Crs，Lrsから

なる複共振回路において、送電共振回路と受電共振回路とが共鳴して、相互インダクタンスLm，Lmsに共振電流が流れ、電磁界共鳴結合を形成して、送電回路から受電回路へ電力が供給される。送電側では、キャパシタCr、漏れインダクタンスLrに共振電流が流れる。受電側では、キャパシタCrsおよび漏れインダクタンスLrsに共振電流が流れ、スイッチ素子Q3，Q4により整流されて負荷に電力が供給される。

[0051] スイッチ素子Q1がターンオフすると状態２となる。

[0052] (2) 状態２　時刻t2～t3

送電回路１側では、漏れインダクタンスLrに流れていた電流irにより、寄生キャパシタCds1が充電され、寄生キャパシタCds2は放電される。電圧vds1が入力電源Viの電圧になり、電圧vds2が0Vになるとダイオードdds2が導通して状態３となる。

[0053] (3) 状態３　時刻t3～t4

先ず、ダイオードDds2が導通する。ダイオードDds2の導通期間においてスイッチ素子Q2をターンオンすることでZVS動作が行われ、スイッチ素子Q2は導通する。送電コイル１０と受電コイル３０との間に相互誘導によって等価的な相互インダクタンスLm，Lmsが形成され、Cr，Lr，Lm，Lms，Crs，Lrsからなる複共振回路において、送電共振回路と受電共振回路とが共鳴して、相互インダクタンスLm，Lmsに共振電流が流れ、電磁界共鳴結合を形成して送電回路から受電回路へ電力が供給される。送電側では、キャパシタCr、漏れインダクタンスLrに共振電流が流れる。受電側では、キャパシタCrs、漏れインダクタンスLrsに共振電流が流れ、スイッチ素子Q3，Q4により整流されて負荷に電力が供給される。

[0054] スイッチ素子Q2がターンオフすると状態４となる。

[0055] (4) 状態４　時刻t4～t1

送電回路１側では、漏れインダクタンスLrに流れていた電流irにより、寄生キャパシタCds1は放電され、寄生キャパシタCds2は充電される。電圧vds1が0V、電圧vds2が入力電源Viの電圧になるとダイオードDds1は導通して再び

状態１となる。

[0056] 以後、状態１～４を周期的に繰り返す。

[0057] 《第２の実施形態》

第２の実施形態では、送電装置→中継コイル→受電装置の経路で送電装置から受電装置への電力供給されるワイヤレス給電システムおよびその送電装置について示す。

[0058] 図４は第２の実施形態に係るワイヤレス給電システム４０２および送電装置の構成を示す図である。このワイヤレス給電システム４０２は、送電コイル１０を備える送電装置１０２から、受電コイル３０を備える受電装置３００へ、少なくとも磁界共鳴方式で電力を供給するワイヤレス給電システムである。

[0059] 図４に表れているように、ワイヤレス給電システム４０２は、それぞれ円形ループ状の送電コイル１０、中継コイル２０および受電コイル３０を備える。中継コイル２０は送電コイル１０および受電コイル３０に近接配置されている。中継コイル２０は送電コイル１０と受電コイル３０との間に配置されている。この例では、送電コイル１０、中継コイル２０および受電コイル３０のそれぞれのコイル開口面は一致または平行関係にある。

[0060] 送電コイル１０には送電回路１が接続されていて、受電コイル３０には受電回路３が接続されている。送電コイル１０と中継コイル２０とは少なくとも磁界結合し、中継コイル２０と受電コイル３０とは少なくとも磁界結合する。中継コイル２０には受電コイル３０以外の他の受電コイルまたは他の中継コイルが結合する場合があるが、図４では図示を省略している。

[0061] 図５は第２の実施形態のワイヤレス給電システム４０２の回路図である。送電回路１、中継回路２および受電回路３の構成は第１の実施形態で示した回路と同じである。

[0062] 図４に示すように、送電コイル１０と中継コイル２０との最短距離をｄ２で表し、中継コイル２０と受電コイル３０との最短距離をｄ３で表すとき、ｄ３≦ｄ２の関係にある。また、送電コイル１０と中継コイル２０との結合

係数をｋ２で表し、中継コイル２０と受電コイル３０との結合係数をｋ３で表すとき、ｋ３≧ｋ２の関係にある。

[0063] ここで、送電コイル１０と受電コイル３０との結合係数をｋ２３で表すと、ｋ２３＝ｋ２＊ｋ３の関係で表すことができ、ｋ３＝ｋ２のとき、ｋ２３の値は最大となり、送電装置１０２から受電装置３００への電力供給効率は最大となる。但し、中継コイルでの損失分を考慮すると、ｋ３＝ｋ２ではなく、ｋ３＞ｋ２となる条件で、送電装置１０１から受電装置３００への電力供給効率は最大となる。したがって、上記のとおり、ｋ３≧ｋ２の関係にあることが好ましい。この結合係数の関係を距離の関係で言い換えると、ｄ３≦ｄ２の関係で表すことができる。

[0064] 本実施形態によれば、受電コイル３０が、送電コイル１０と中継コイル２０との配列での遠方に配置されている場合に、すなわち、送電コイル１０→中継コイル２０→受電コイル３０の経路で送電装置１０２から受電装置３００への電力供給される場合に、送電装置１０２から受電装置３００へ高効率で電力が供給される。

[0065] 《第３の実施形態》

第３の実施形態では、複数の中継コイルを有し、送電コイルに近い側の中継コイルに受電コイルが結合するワイヤレス給電システムおよびその送電装置について示す。

[0066] 図６は第３の実施形態に係るワイヤレス給電システム４０３および送電装置の構成を示す図である。このワイヤレス給電システム４０３は、送電コイル１０を備える送電装置１０３から、受電コイル３０を備える受電装置３００へ、少なくとも磁界共鳴方式で電力を供給するワイヤレス給電システムである。

[0067] 図６に表れているように、ワイヤレス給電システム４０３は、それぞれ円形ループ状の送電コイル１０、中継コイル２１，２２および受電コイル３０を備える。中継コイル２１は送電コイル１０および受電コイル３０に近接配置されている。中継コイル２２は中継コイル２１に近接配置されている。こ

の例では、送電コイル１０、中継コイル２１，２２および受電コイル３０のそれぞれのコイル開口面は一致または平行関係にある。

[0068] 送電コイル１０には送電回路１が接続されていて、受電コイル３０には受電回路３が接続されている。送電コイル１０と中継コイル２１とは少なくとも磁界結合し、中継コイル２１と受電コイル３０とは少なくとも磁界結合する。中継コイル２２は中継コイル２１と少なくとも磁界結合する。中継コイル２２には受電コイル３０、中継コイル２１以外の他の受電コイルまたは他の中継コイルが結合する場合があるが、図６では図示を省略している。本実施形態における中継コイル２１は本発明に係る「結合中継コイル」の一例である。また、中継コイル２２は「結合中継コイル」の下流側の中継コイルである。

[0069] 送電回路１、中継回路２および受電回路３の構成は第１、第２の実施形態で示した回路と同じである。

[0070] 図６に示すように、結合中継コイル２１と受電コイル３０との最短距離をｄ３で表し、結合中継コイル２１と下流側の中継コイル２２との最短距離をｄ４で表すとき、ｄ３≦ｄ４の関係にある。また、結合中継コイル２１と受電コイル３０との結合係数をｋ３で表し、結合中継コイル２１と中継コイル２２との結合係数をｋ４で表すとき、ｋ３≧ｋ４の関係にある。

[0071] 上記構成により、結合中継コイル２１からその下流側の中継コイル２２への電力供給が抑制されて、受電装置３００は結合中継コイル２１から電力を効率良く受電できる。

[0072] 《第４の実施形態》

第４の実施形態では、複数の中継コイルを経由して受電装置が受電するワイヤレス給電システムおよびその送電装置について示す。

[0073] 図７は第４の実施形態に係るワイヤレス給電システム４０４および送電装置の構成を示す図である。このワイヤレス給電システム４０４は、送電コイル１０および複数の中継コイル２１，２２を備える送電装置１０４から、受電コイル３０を備える受電装置３００へ、少なくとも磁界共鳴方式で電力を

供給するワイヤレス給電システムである。

[0074] 図７に表れているように、ワイヤレス給電システム４０４は、それぞれ円形ループ状の送電コイル１０、中継コイル２１，２２および受電コイル３０を備える。中継コイル２１は送電コイル１０および中継コイル２２に近接配置されている。受電コイル３０は中継コイル２２に近接配置されている。この例では、送電コイル１０、中継コイル２１，２２および受電コイル３０のそれぞれのコイル開口面は一致または平行関係にある。

[0075] 送電コイル１０には送電回路１が接続されていて、受電コイル３０には受電回路３が接続されている。送電コイル１０と中継コイル２１とは少なくとも磁界結合し、中継コイル２１と中継コイル２２とは少なくとも磁界結合する。中継コイル２２と受電コイル３０とは少なくとも磁界結合する。中継コイル２１，２２には受電コイル３０、中継コイル２１，２２以外の他の受電コイルまたは他の中継コイルが結合する場合があるが、図７では図示を省略している。本実施形態における中継コイル２２は本発明に係る「結合中継コイル」の一例である。また、中継コイル２１は「結合中継コイル」の上流側の中継コイルである。

[0076] 送電回路１、中継回路２および受電回路３の構成は第１、第２の実施形態で示した回路と同じである。

[0077] 図７に示すように、結合中継コイル２２と上流側の中継コイル２１との最短距離をｄ４で表し、結合中継コイル２２と受電コイル３０との最短距離をｄ５で表すとき、ｄ５≦ｄ４の関係にある。また、結合中継コイル２２と上流側の中継コイル２１との結合係数をｋ４で表し、結合中継コイル２２と受電コイル３０との結合係数をｋ５で表すとき、ｋ５≧ｋ４の関係にある。

[0078] ここで、上流側の中継コイル２１と受電コイル３０との結合係数をｋ４５で表すと、ｋ４５＝ｋ４＊ｋ５の関係で表すことができ、ｋ５＝ｋ４のとき、ｋ４５の値は最大となり、結合中継コイル２２から受電装置３００への電力供給効率は最大となる。但し、上流側の中継コイルでの損失分を考慮すると、ｋ５＝ｋ４ではなく、ｋ５＞ｋ４となる条件で、結合中継コイルから受

電装置への電力供給効率は最大となる。したがって、上記のとおり、ｋ５≧ｋ４の関係にあることが好ましい。この結合係数の関係を距離の関係で言い換えると、ｄ５≦ｄ４の関係で表すことができる。

[0079] 本実施形態によれば、送電コイル１０と受電コイル３０との間に複数の中継コイル２１，２２が配置されている場合に、送電装置１０４から受電装置３００への高効率での電力供給が可能となる。

[0080] 《第５の実施形態》

第５の実施形態では、複数の中継コイルを用いて送電装置から受電装置へワイヤレスで電力を供給するシステムであり、且つ、複数の中継コイルのうち受電コイルと結合する中継コイル（結合中継コイル）の下流に中継コイルが存在するワイヤレス給電システム、およびその送電装置について示す。

[0081] 図８は第５の実施形態に係る送電装置１０５およびワイヤレス給電システム４０５の構成を示す図である。このワイヤレス給電システム４０５は、送電コイル１０を備える送電装置１０５から、複数の中継コイル２１・・・２７，２８を経由して、少なくとも磁界結合する受電コイル３０を備える受電装置３００へ、少なくとも磁界共鳴方式で電力を供給するワイヤレス給電システムである。

[0082] 図８に表れているように、ワイヤレス給電システム４０５は、それぞれ円形ループ状の送電コイル１０、中継コイル２１～２９および受電コイル３０を備える。受電コイル３０は中継コイル２８に近接配置されている。中継コイル２９は送電コイル１０と受電コイル３０との間には配置されていない。

[0083] 本実施形態における中継コイル２８は本発明に係る「結合中継コイル」の一例である。また、中継コイル２９は「結合中継コイル」の下流側の中継コイルである。

[0084] 送電回路１、中継回路２および受電回路３の構成は第１、第２の実施形態で示した回路と同じである。

[0085] 図８に示すように、結合中継コイル２８と受電コイル３０との最短距離をｄ３で表し、結合中継コイル２８と下流側の中継コイル２９との最短距離を

ｄ４で表すとき、ｄ３≦ｄ４の関係にある。また、結合中継コイル２８と受電コイル３０との結合係数をｋ３で表し、結合中継コイル２８と中継コイル２９との結合係数をｋ４で表すとき、ｋ３≧ｋ４の関係にある。

[0086] 上記構成により、結合中継コイル２８からその下流側の中継コイル２９への電力供給が抑制されて、受電装置３００は結合中継コイル２８から電力を効率良く受電できる。

[0087] 《第６の実施形態》

第６の実施形態では、複数の中継コイルを用いて送電装置から受電装置へワイヤレスで電力を供給するシステムであり、且つ、複数の中継コイルのうち最も下流側の中継コイルに受電コイルが結合するワイヤレス給電システム、およびその送電装置について示す。

[0088] 図９は第６の実施形態に係るワイヤレス給電システム４０６および送電装置の構成を示す図である。このワイヤレス給電システム４０６は、送電コイル１０および複数の中継コイル２１～２９を備える送電装置１０６から、受電コイル３０を備える受電装置３００へ、少なくとも磁界共鳴方式で電力を供給するワイヤレス給電システムである。

[0089] 図９に表れているように、ワイヤレス給電システム４０６は、それぞれ円形ループ状の送電コイル１０、中継コイル２１～２９および受電コイル３０を備える。受電コイル３０は中継コイル２９に近接配置されている。

[0090] 送電コイル１０には送電回路１が接続されていて、受電コイル３０には受電回路３が接続されている。送電コイル１０と中継コイル２１とは少なくとも磁界結合し、隣接する中継コイル同士も少なくとも磁界結合する。中継コイル２９と受電コイル３０とは少なくとも磁界結合する。中継コイル２１～２９には受電コイル３０、中継コイル２１～２９以外の他の受電コイルまたは他の中継コイルが結合する場合があるが、図９では図示を省略している。本実施形態における中継コイル２９は本発明に係る「結合中継コイル」の一例である。また、中継コイル２８は「結合中継コイル」の上流側の中継コイルである。

[0091] 送電回路１、中継回路２および受電回路３の構成は第１、第２の実施形態で示した回路と同じである。

[0092] 図９に示すように、結合中継コイル２９と上流側の中継コイル２８との最短距離をｄ４で表し、結合中継コイル２９と受電コイル３０との最短距離をｄ５で表すとき、ｄ５≦ｄ４の関係にある。また、結合中継コイル２９と上流側の中継コイル２８との結合係数をｋ４で表し、結合中継コイル２９と受電コイル３０との結合係数をｋ５で表すとき、ｋ５≧ｋ４の関係にある。

[0093] 第４の実施形態で示した場合と同様に、ｋ５≧ｋ４またはｄ５≦ｄ４の関係とすることで、送電コイル１０と受電コイル３０との間に複数の中継コイル２１～２９が配置されている場合に、送電装置１０６から受電装置３００への高効率での電力供給が可能となる。

[0094] 《第７の実施形態》

第７の実施形態では、受電コイルが複数の中継コイルとそれぞれ結合して、送電装置から受電装置へ電力供給されるワイヤレス給電システムおよびその送電装置について示す。

[0095] 図１０は第７の実施形態に係るワイヤレス給電システム４０７および送電装置の構成を示す図である。このワイヤレス給電システム４０７は、送電コイル１０を備える送電装置１０７から、受電コイル３０を備える受電装置３００へ、少なくとも磁界共鳴方式で電力を供給するワイヤレス給電システムである。

[0096] 図１０に表れているように、ワイヤレス給電システム４０７は、それぞれ円形ループ状の送電コイル１０、中継コイル２１，２２および受電コイル３０を備える。中継コイル２１は送電コイル１０および受電コイル３０に近接配置されている。また、中継コイル２２は中継コイル２１および受電コイル３０に近接配置されている。

[0097] 送電コイル１０には送電回路１が接続されていて、受電コイル３０には受電回路３が接続されている。送電コイル１０と中継コイル２１とは少なくとも磁界結合し、中継コイル２２は中継コイル２１と少なくとも磁界結合する

。受電コイル３０は中継コイル２１，２２と少なくとも磁界結合する。

[0098] 図１０に示した例は、第３の実施形態で図６に示したワイヤレス給電システムと第４の実施形態で図７に示したワイヤレス給電システムとが組み合わされたものである。

[0099] 送電回路１、中継回路２および受電回路３の構成は第１、第２の実施形態で示した回路と同じである。

[0100] 図１０に示すように、中継コイル２１と受電コイル３０との結合係数をｋ３で表し、中継コイル２２と受電コイル３０との結合係数をｋ５で表し、中継コイル２１と中継コイル２２との結合係数をｋ４で表すとき、ｋ３≧ｋ４且つｋ５≧ｋ４の関係にある。中継コイル２１と受電コイル３０との最短距離をｄ３で表し、中継コイル２２と受電コイル３０との最短距離をｄ５で表し、中継コイル２１と中継コイル２２との最短距離をｄ４で表すとき、ｄ３≦ｄ４且つｄ５≦ｄ４の関係にある。

[0101] 本実施形態によれば、第３の実施形態に係るワイヤレス給電システムおよび第４の実施形態に係るワイヤレス給電システムと同様の作用効果により、送電装置１０７から受電装置３００への高効率での電力供給が可能となる。

[0102] 《第８の実施形態》

第８の実施形態では、送電コイルまたは中継コイルに対してコイル開口が平面視で少なくとも一部が重なる関係で、送電装置から受電装置へワイヤレスで電力を供給するワイヤレス給電システム、およびその送電装置について示す。

[0103] 図１１は第８の実施形態に係るワイヤレス給電システム４０８および送電装置の構成を示す図である。このワイヤレス給電システム４０８は、送電コイル１０を備える送電装置から、複数の中継コイル２１，２８を経由して、少なくとも磁界結合する受電コイル３０を備える受電装置へ、少なくとも磁界共鳴方式で電力を供給するワイヤレス給電システムである。図１１においては、多数の中継コイル２０が送電コイルの周囲に配置された例を示している。また、複数の中継コイルを用いて送電装置から受電装置へワイヤレスで

電力を供給するシステムであり、且つ、複数の中継コイルのうち受電コイルと結合する中継コイル（結合中継コイル）の下流に中継コイルが存在する例を示している。

[0104] 図１１に表れているように、ワイヤレス給電システム４０８は、それぞれ円形ループ状の送電コイル１０、複数の中継コイル（２０，２１，２８など）、および受電コイル３０を備える。受電コイル３０は中継コイル２８に近接配置されている。中継コイル２９は中継コイル２８に近接配置されている。

[0105] 本実施形態における中継コイル２８は本発明に係る「結合中継コイル」の一例である。また、中継コイル２９は「結合中継コイル」の下流側の中継コイルである。

[0106] 送電回路１、中継回路２および受電回路３の構成は第１、第２の実施形態で示した回路と同じである。

[0107] 図１１に示すように、結合中継コイル２８と受電コイル３０との結合係数をｋ３で表し、結合中継コイル２８と中継コイル２９との結合係数をｋ４で表すとき、ｋ３≧ｋ４の関係にある。

[0108] 本実施形態で示すように、中継コイル２８と受電コイル３０のそれぞれのコイル開口が、平面視で少なくとも一部で重なる関係であっても、結合中継コイル２８からその下流側の中継コイル２９への電力供給が抑制されて、受電装置は結合中継コイル２８から電力を効率良く受電できる。

[0109] なお、送電コイル１０と受電コイル３０のそれぞれのコイル開口が、平面視で少なくとも一部で重なる関係であっても、第１の実施形態の場合と同様に、送電コイル１０から中継コイル（２０等）への電力供給が抑制されて、受電装置は送電装置から電力を効率良く受電できる。

[0110] 《第９の実施形態》

第９の実施形態では、複数の中継コイルに対してコイル開口が平面視で少なくとも一部が重なる関係で、送電装置から受電装置へワイヤレスで電力を供給するワイヤレス給電システム、およびその送電装置について示す。

[0111] 図１２は第９の実施形態に係るワイヤレス給電システム４０９および送電装置の構成を示す図である。このワイヤレス給電システム４０９は、送電コイル１０を備える送電装置から、受電コイル３０を備える受電装置へ、少なくとも磁界共鳴方式で電力を供給するワイヤレス給電システムである。

[0112] 図１２に表れているように、ワイヤレス給電システム４０９は、それぞれ円形ループ状の送電コイル１０、複数の中継コイル（２０，２１，２２など）、および受電コイル３０を備える。受電コイル３０は中継コイル２１，２２に近接配置されている。中継コイル２１と中継コイル２２とは互いに近接配置されている。

[0113] 図１２に示すように、中継コイル２１と受電コイル３０との結合係数をｋ３で表し、中継コイル２２と受電コイル３０との結合係数をｋ５で表し、中継コイル２１と中継コイル２２との結合係数をｋ４で表すとき、ｋ３≧ｋ４且つｋ５≧ｋ４の関係にある。

[0114] 本実施形態で示すように、中継コイル２２と受電コイル３０のそれぞれのコイル開口が、平面視で少なくとも一部で重なる関係であっても、第７の実施形態の場合と同様に、送電コイル１０を備える送電装置から、受電コイル３０を備える受電装置へ高効率で電力が供給される。

[0115] 《第１０の実施形態》

第１０の実施形態では、送電コイルと複数の中継コイルを備える送電装置に受電装置を載置して送電装置から受電装置へワイヤレスで電力を供給するワイヤレス給電システムの例を示す。

[0116] 図１３は第１０の実施形態に係るワイヤレス給電システム４１０の概略正面図である。但し、図１３では、送電装置１１０および受電装置３００の内部の構成を図示している。

[0117] 図１３に表れているように、ワイヤレス給電システム４１０は送電装置１１０および受電装置３００を備える。送電装置１１０は、それぞれ円形ループ状の送電コイル１０、中継コイル２７，２８，２９およびこれらを収納する筐体を備えている。受電装置３００は、円形ループ状の受電コイル３０お

よびこれを収納する筐体を備えている。中継コイル２７は送電コイル１０と磁界結合し、中継コイル２８は中継コイル２７と磁界結合し、中継コイル２９は中継コイル２８と磁界結合する。

[0118] 受電装置３００は受電コイル３０および受電回路３を備える。受電コイル３０は、送電コイル１０、中継コイル２７，２８，２９のいずれかと磁界結合する。

[0119] 送電装置１１０の送電コイル１０、中継コイル２７，２８，２９の上部には受電装置３００が載置される第１配置部Ｐ１が設けられている。この第１配置部Ｐ１に対する受電装置３００の載置位置によって、受電コイル３０は、送電コイル１０、中継コイル２７，２８，２９のいずれか一つまたは複数のコイルと磁界結合する。

[0120] 《第１１の実施形態》

第１１の実施形態では、受電装置の配置部および中継コイルの配置部を有する送電装置を備えるワイヤレス給電システムの例を示す。

[0121] 図１４は第１１の実施形態に係るワイヤレス給電システム４１１の概略正面図である。但し、図１４では、送電装置１１１、中継装置２０１および受電装置３００の内部の構成を図示している。

[0122] 図１４に表れているように、ワイヤレス給電システム４１１は、第１筐体Ｈ１を備え、この第１筐体Ｈ１内に、送電装置１１１、中継装置２０１および受電装置３００を備える。送電装置１１１はそれぞれ円形ループ状の送電コイル１０、中継コイル２７，２８を備える。中継装置２０１は第２筐体Ｈ２を備え、この第２筐体Ｈ２内に中継コイル２９および中継回路２を備える。受電装置３００は受電コイル３０および受電回路３を備える。

[0123] 中継コイル２７は送電コイル１０と磁界結合し、中継コイル２８は中継コイル２７と磁界結合する。

[0124] 送電装置１１１の中継コイル２８の上部には受電装置３００が載置される第１配置部Ｐ１が設けられている。この第１配置部Ｐ１に受電装置３００が載置されると、受電コイル３０は、中継コイル２８と磁界結合する。

[0125] また、送電装置１１１の中継コイル２８の側部には中継装置または受電装置が並置される第２配置部Ｐ２が設けられている。図１４に示す例では、この第２配置部Ｐ２に中継装置２０１が並置されている。中継装置２０１の上面には受電装置が載置される第３配置部Ｐ３が設けられている。この第３配置部Ｐ３に受電装置３００が載置されると、受電装置３００の受電コイル３０は中継コイル２９と磁界結合する。

[0126] 同様にして、中継装置２０１の側部に中継装置または受電装置が並置される配置部を設けると、その配置部にさらに中継装置または受電装置を並置することで、それらの装置へ電力を供給できる。

[0127] なお、以上に示した各実施形態では、送電コイル１０、中継コイル（２０～２９等）、受電コイル３０のいずれも、同一径で、それぞれの巻回軸が一致または平行関係にある例を示したが、送電コイル１０、中継コイル（２０～２９等）、受電コイル３０はこれらの関係に限らない。近接するコイル同士が非平行である場合でも、径が異なる場合でも、また、巻回軸が同軸でない場合でも、更には巻回軸が「ねじれの位置」の関係にあっても同様に適用できる。

[0128] また、送電コイル１０、中継コイル（２０～２９等）、受電コイル３０のいずれについても、コイル開口面は平面であるものに限らず、曲面を形成するものであってもよい。例えば、フレキシブル基材にコイル導体パターンが形成された、シート状のコイルが曲面に沿って配置されてもよい。

[0129] 上記送電コイル近接部材、送電コイル、中継コイル、受電コイル、および受電コイル近接部材の形状が上述のいずれの大きさ・形状であっても、距離を規定する二つの部材を微小区間に区分し、それぞれの微小区間同士の距離のうちの最小距離を上記「最短距離」と定義し、この「最短距離」について上記条件を満足することで同様の作用効果を奏する。

[0130] 最後に、上述の実施形態の説明は、すべての点で例示であって、制限的なものではない。当業者にとって変形および変更が適宜可能である。本発明の範囲は、上述の実施形態ではなく、特許請求の範囲によって示される。さら

に、本発明の範囲には、特許請求の範囲内と均等の範囲内での実施形態からの変更が含まれる。

符号の説明

[0131] Cr, Crr, Crs…共振キャパシタ

Ｈ１…第１筐体

Ｈ２…第２筐体

Ｐ１…第１配置部

Ｐ２…第２配置部

Ｐ３…第３配置部

Q1, Q2, Q3, Q4…スイッチ素子

Ro…負荷

S1, S2, S3, S4…スイッチ回路

Vi…入力電源

１…送電回路

１Ｃ…スイッチング制御回路

２…中継回路

３…受電回路

３Ｃ…スイッチング制御回路

１０…送電コイル

２０～２２…中継コイル

２７～２９…中継コイル

３０…受電コイル

１０１～１１１…送電装置

２０１…中継装置

３００…受電装置

４０１～４１１…ワイヤレス給電システム

請求の範囲

[請求項1] 送電コイルを備える送電装置から、前記送電コイルに対して少なくとも磁界結合する受電コイルを備える受電装置へ、ワイヤレスで高周波電力を供給する、磁界共鳴技術を用いたワイヤレス給電システムにおいて、

前記送電コイルおよび前記受電コイルに対して少なくとも磁界を用いて結合する中継コイルと、

前記中継コイルに接続されて、前記中継コイルとともに共振回路を構成する中継回路と、を備え、

前記送電コイルと前記受電コイルとの結合係数をｋ１で表し、前記送電コイルと前記中継コイルとの結合係数をｋ２で表すとき、ｋ１≧ｋ２の関係にある、ワイヤレス給電システム。

[請求項2] 送電コイルを備える送電装置から、前記送電コイルに対して少なくとも磁界結合する受電コイルを備える受電装置へ、ワイヤレスで高周波電力を供給する、磁界共鳴技術を用いたワイヤレス給電システムにおいて、

前記送電コイルおよび前記受電コイルに対して少なくとも磁界を用いて結合する中継コイルと、

前記中継コイルに接続されて、前記中継コイルとともに共振回路を構成する中継回路と、を備え、

前記送電コイルと前記中継コイルとの結合係数をｋ２で表し、前記受電コイルと前記中継コイルとの結合係数をｋ３で表すとき、ｋ３≧ｋ２の関係にある、ワイヤレス給電システム。

[請求項3] 送電コイルを備える送電装置から、前記送電コイルに対して少なくとも磁界結合する受電コイルを備える受電装置へ、ワイヤレスで高周波電力を供給する、磁界共鳴技術を用いたワイヤレス給電システムにおいて、

複数の中継コイルと、

前記複数の中継コイルにそれぞれ接続されて、前記中継コイルとともに共振回路をそれぞれ構成する中継回路と、を備え、

前記複数の中継コイルは、隣接する中継コイル同士で少なくとも磁界を用いて

結合し、前記複数の中継コイルの一つは前記送電コイルと少なくとも磁界を用いて結合し、前記複数の中継コイルの一つは前記受電コイルと少なくとも磁界を用いて結合する結合中継コイルであり、

前記結合中継コイルと前記受電コイルとの結合係数をｋ３で表し、前記複数の中継コイルのうち前記結合中継コイルより下流側の中継コイルと前記結合中継コイルとの結合係数をｋ４で表すとき、ｋ３≧ｋ４の関係にある、ワイヤレス給電システム。

[請求項4] 送電コイルを備える送電装置から、前記送電コイルに対して少なくとも磁界結合する受電コイルを備える受電装置へ、ワイヤレスで高周波電力を供給する、磁界共鳴技術を用いたワイヤレス給電システムにおいて、

複数の中継コイルと、

前記複数の中継コイルにそれぞれ接続されて、前記中継コイルとともに共振回路をそれぞれ構成する中継回路と、を備え、

前記複数の中継コイルは、隣接する中継コイル同士で少なくとも磁界を用いて結合し、前記複数の中継コイルの一つは前記送電コイルと少なくとも磁界を用いて結合し、前記複数の中継コイルの一つは前記受電コイルと少なくとも磁界を用いて結合する結合中継コイルであり、

前記複数の中継コイルのうち前記結合中継コイルより上流側の中継コイルと前記結合中継コイルとの結合係数をｋ４で表し、前記結合中継コイルと前記受電コイルとの結合係数をｋ５で表すとき、ｋ５≧ｋ４の関係にある、ワイヤレス給電システム。

[請求項5] 送電コイルを備える送電装置から、前記送電コイルに対して少なく

とも磁界結合する受電コイルを備える受電装置へ、ワイヤレスで高周波電力を供給する、磁界共鳴技術を用いたワイヤレス給電システムにおいて、

前記送電コイルおよび前記受電コイルに対して少なくとも磁界を用いて結合する中継コイルと、

前記中継コイルに接続されて、前記中継コイルとともに共振回路を構成する中継回路と、を備え、

前記送電コイルと前記受電コイルとの最短距離をｄ１で表し、前記送電コイルと前記中継コイルとの最短距離をｄ２で表すとき、ｄ１≦ｄ２の関係にある、ワイヤレス給電システム。

[請求項6] 送電コイルを備える送電装置から、前記送電コイルに対して少なくとも磁界結合する受電コイルを備える受電装置へ、ワイヤレスで高周波電力を供給する、磁界共鳴技術を用いたワイヤレス給電システムにおいて、

前記送電コイルおよび前記受電コイルに対して少なくとも磁界を用いて結合する中継コイルと、

前記中継コイルに接続されて、前記中継コイルとともに共振回路を構成する中継回路と、を備え、

前記送電コイルと前記中継コイルとの最短距離をｄ２で表し、前記受電コイルと前記中継コイルとの最短距離をｄ３で表すとき、ｄ３≦ｄ２の関係にある、ワイヤレス給電システム。

[請求項7] 送電コイルを備える送電装置から、前記送電コイルに対して少なくとも磁界結合する受電コイルを備える受電装置へ、ワイヤレスで高周波電力を供給する、磁界共鳴技術を用いたワイヤレス給電システムにおいて、

複数の中継コイルと、

前記複数の中継コイルにそれぞれ接続されて、前記中継コイルとともに共振回路をそれぞれ構成する中継回路と、を備え、

前記複数の中継コイルは、隣接する中継コイル同士で少なくとも磁界を用いて結合し、前記複数の中継コイルの一つは前記送電コイルと少なくとも磁界を用いて結合し、前記複数の中継コイルの一つは前記受電コイルと少なくとも磁界を用いて結合する結合中継コイルであり、

前記結合中継コイルと前記受電コイルとの最短距離をｄ３で表し、前記複数の中継コイルのうち前記結合中継コイルより下流側の中継コイルと前記結合中継コイルとの最短距離をｄ４で表すとき、ｄ３≦ｄ４の関係にある、ワイヤレス給電システム。

[請求項8] 送電コイルを備える送電装置から、前記送電コイルに対して少なくとも磁界結合する受電コイルを備える受電装置へ、ワイヤレスで高周波電力を供給する、磁界共鳴技術を用いたワイヤレス給電システムにおいて、

複数の中継コイルと、

前記複数の中継コイルにそれぞれ接続されて、前記中継コイルとともに共振回路をそれぞれ構成する中継回路と、を備え、

前記複数の中継コイルは、隣接する中継コイル同士で少なくとも磁界を用いて結合し、前記複数の中継コイルの一つは前記送電コイルと少なくとも磁界を用いて結合し、前記複数の中継コイルの一つは前記受電コイルと少なくとも磁界を用いて結合する結合中継コイルであり、

前記複数の中継コイルのうち前記結合中継コイルより上流側の中継コイルと前記結合中継コイルとの最短距離をｄ４で表し、前記結合中継コイルと前記受電コイルとの最短距離をｄ５で表すとき、ｄ５≦ｄ４の関係にある、ワイヤレス給電システム。

[請求項9] 請求項１から８のいずれか１項に記載のワイヤレス給電システムの送電装置であって、

前記送電コイルに接続されて、前記送電コイルに高周波電力を供給

する送電回路と、

前記送電コイルおよび前記中継コイルを収納し、前記送電コイルに対して少なくとも磁界を用いて結合する前記受電コイルが配置される配置部を有する筐体と、

を備える、ワイヤレス給電システムの送電装置。

[請求項10] 前記筐体は、前記送電コイルを収める第１筐体と、前記中継コイルを収める第２筐体とで構成され、前記第２筐体は前記第１筐体から分離可能に構成される、請求項９に記載のワイヤレス給電システムの送電装置。

[請求項11] 前記第１筐体は、前記中継コイルまたは前記受電コイルを前記送電コイルに対して、互いのコイル開口が平面視で重なる位置に配置する配置部を備える、請求項１０に記載のワイヤレス給電システムの送電装置。

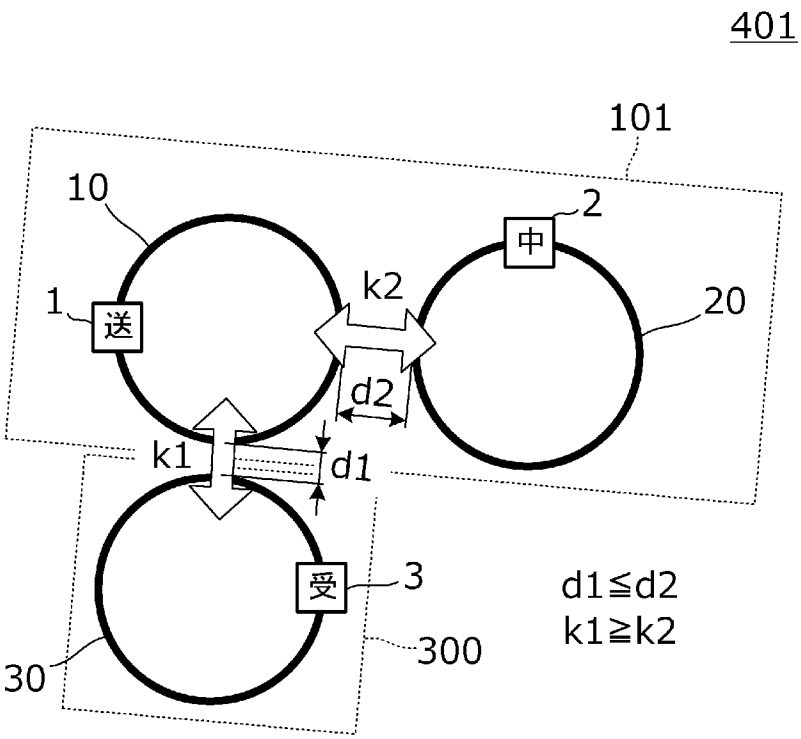
[請求項12] 前記第１筐体は、前記中継コイルまたは前記受電コイルを前記送電コイルに対して並置する配置部を備える、請求項１０または１１に記載のワイヤレス給電システムの送電装置。

[請求項13] 前記第２筐体は、前記送電コイルまたは前記受電コイルのコイル開口に対して、前記中継コイルのコイル開口が平面視で重なる位置に配置する配置部を備える、請求項１０から１２のいずれかに記載のワイヤレス給電システムの送電装置。

[請求項14] 前記第２筐体は、前記送電コイルまたは前記受電コイルを前記中継コイルに対して並置する配置部を備える、請求項１０から１３のいずれかに記載のワイヤレス給電システムの送電装置。

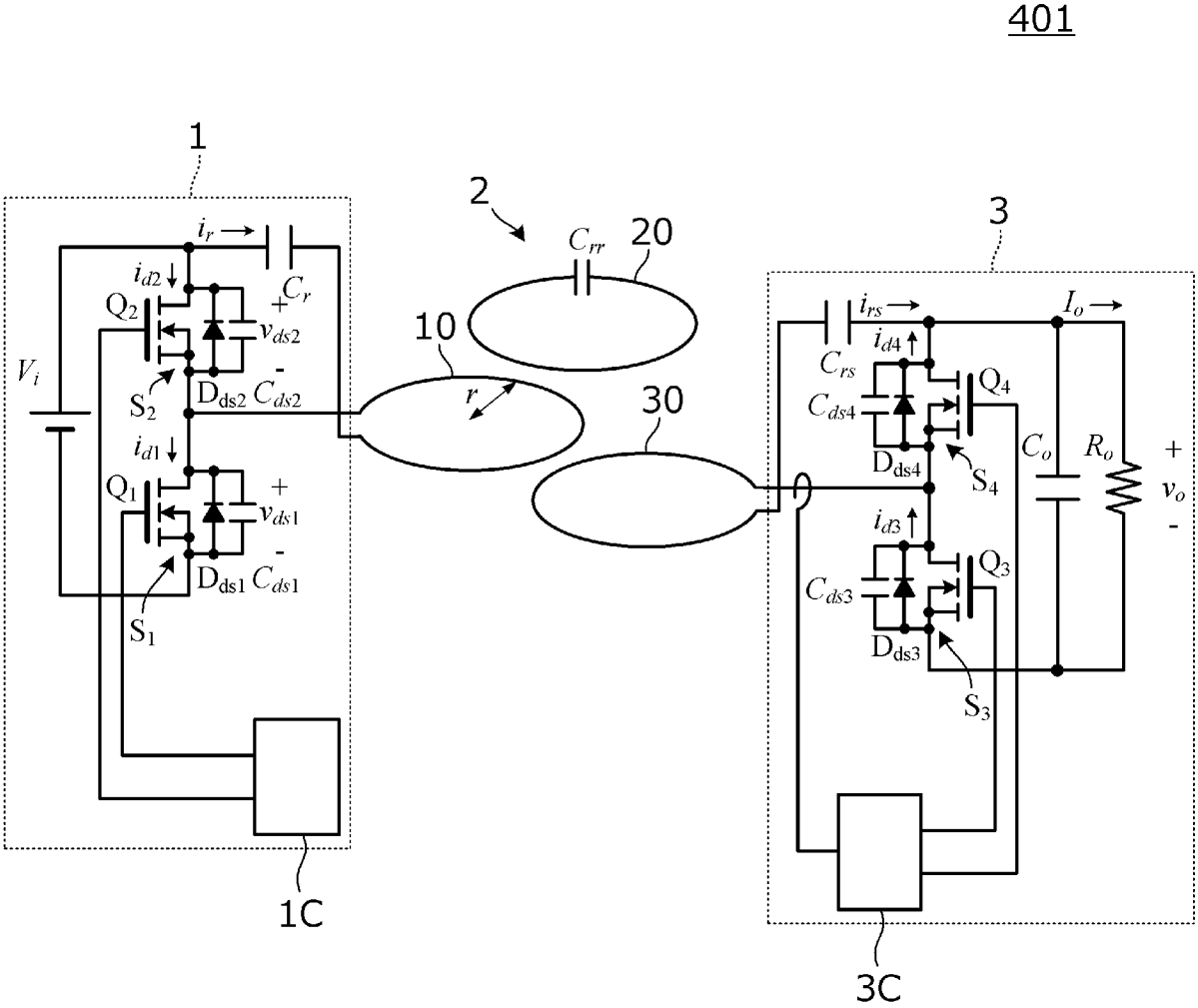
[図1]

fig.1



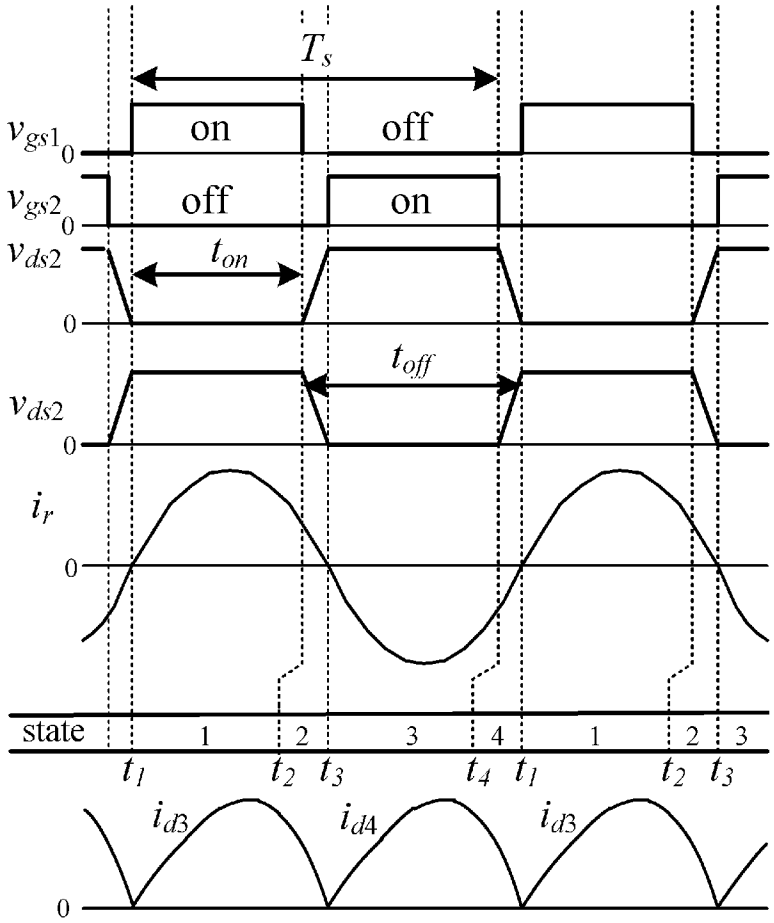
[図2]

fig.2


401
1
2
3
10
20
30
C_{rr}
r
i_r
C_r
i_{d2}
Q_2
v_{ds2}
V_i
S_2
D_{ds2} C_{ds2}
i_{d1}
Q_1
v_{ds1}
D_{ds1} C_{ds1}
S_1
1C
i_{rs}
I_o
C_{rs}
i_{d4}
Q_4
C_{ds4}
D_{ds4}
S_4
C_o
R_o
v_o
i_{d3}
Q_3
C_{ds3}
D_{ds3}
S_3
3C

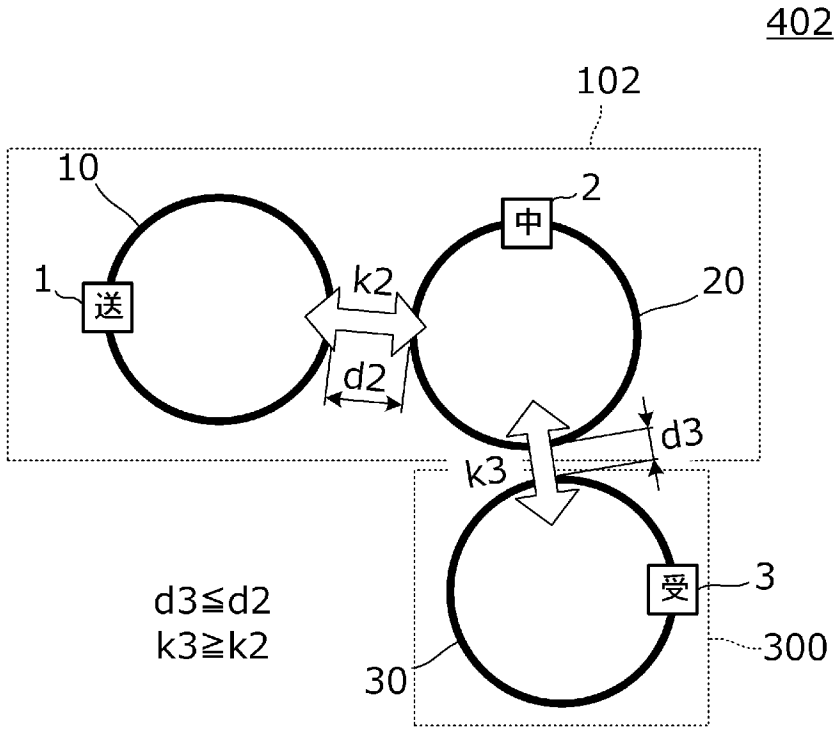
[図3]

fig.3


T_s
v_{gs1}
on
off
0
v_{gs2}
off
on
0
v_{ds2}
t_{on}
0
t_{off}
v_{ds2}
0
i_r
0
state
1
2
3
4
1
2
3
t_1
t_2
t_3
t_4
t_1
t_2
t_3
i_{d3}
i_{d4}
i_{d3}
0

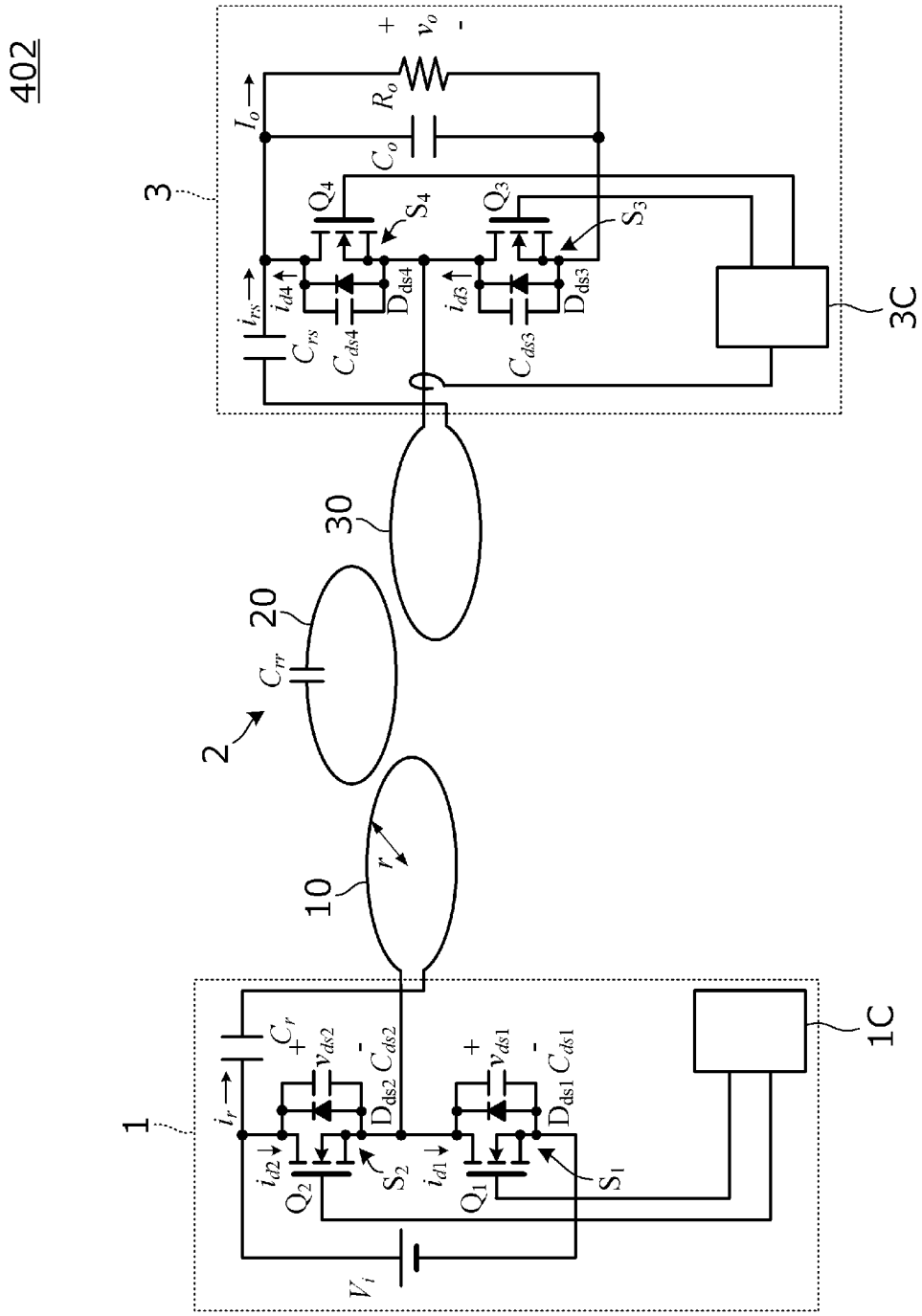
[図4]

fig.4



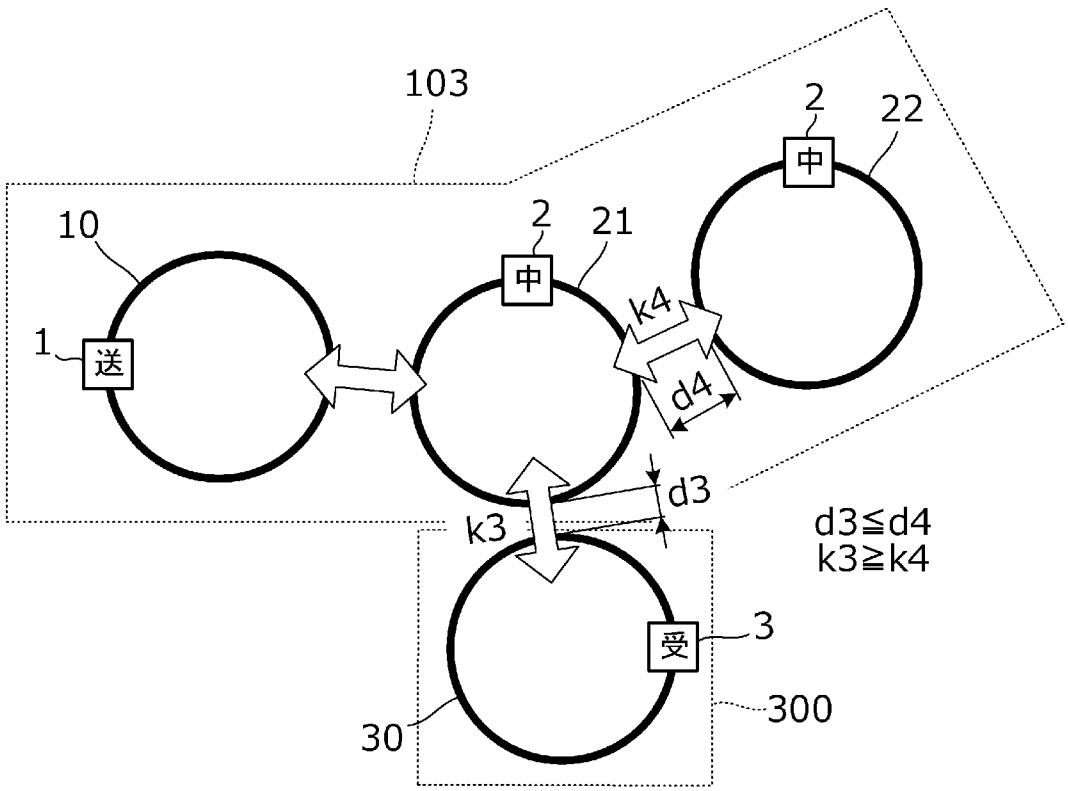
[図5]

fig.5


402
3
3C
30
20
2
10
1
1C
+ v_o -
R_o
I_o
C_o
Q_4
S_4
Q_3
S_3
i_{rs}
i_{d4}
D_{ds4}
i_{d3}
D_{ds3}
C_{rs}
C_{ds4}
C_{ds3}
C_{rr}
r
C_r
i_r
+ v_{ds2} -
C_{ds2}
D_{ds2}
+ v_{ds1} -
C_{ds1}
D_{ds1}
i_{d2}
Q_2
S_2
i_{d1}
Q_1
S_1
V_i

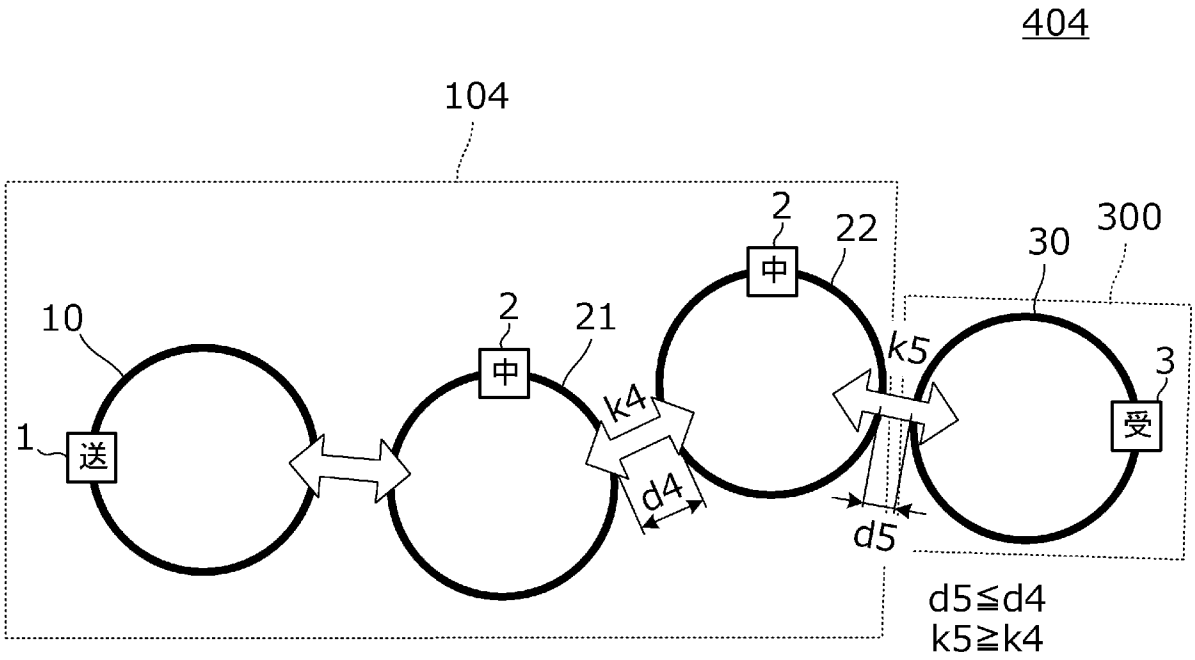
[図6]

fig.6



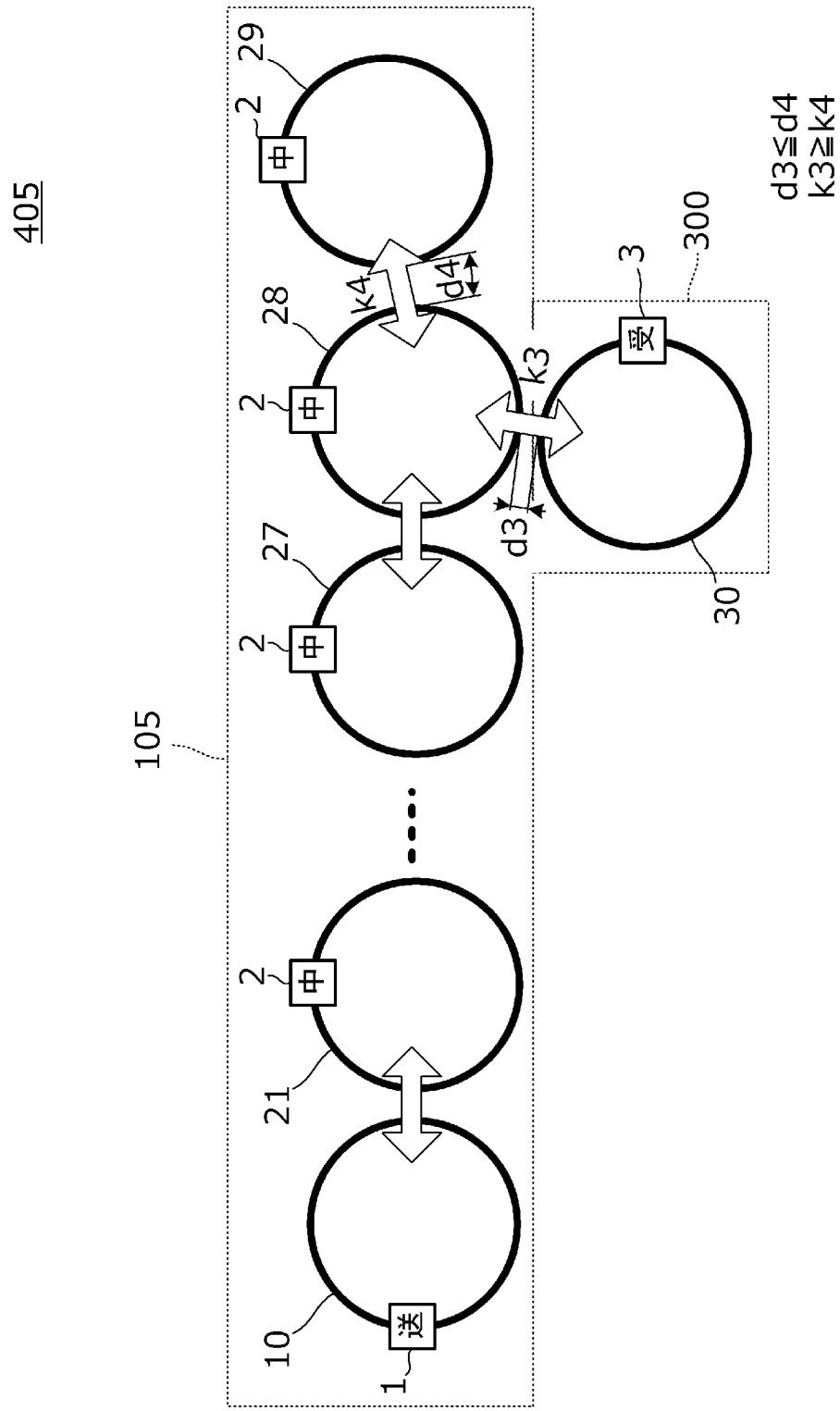
[図7]

fig.7



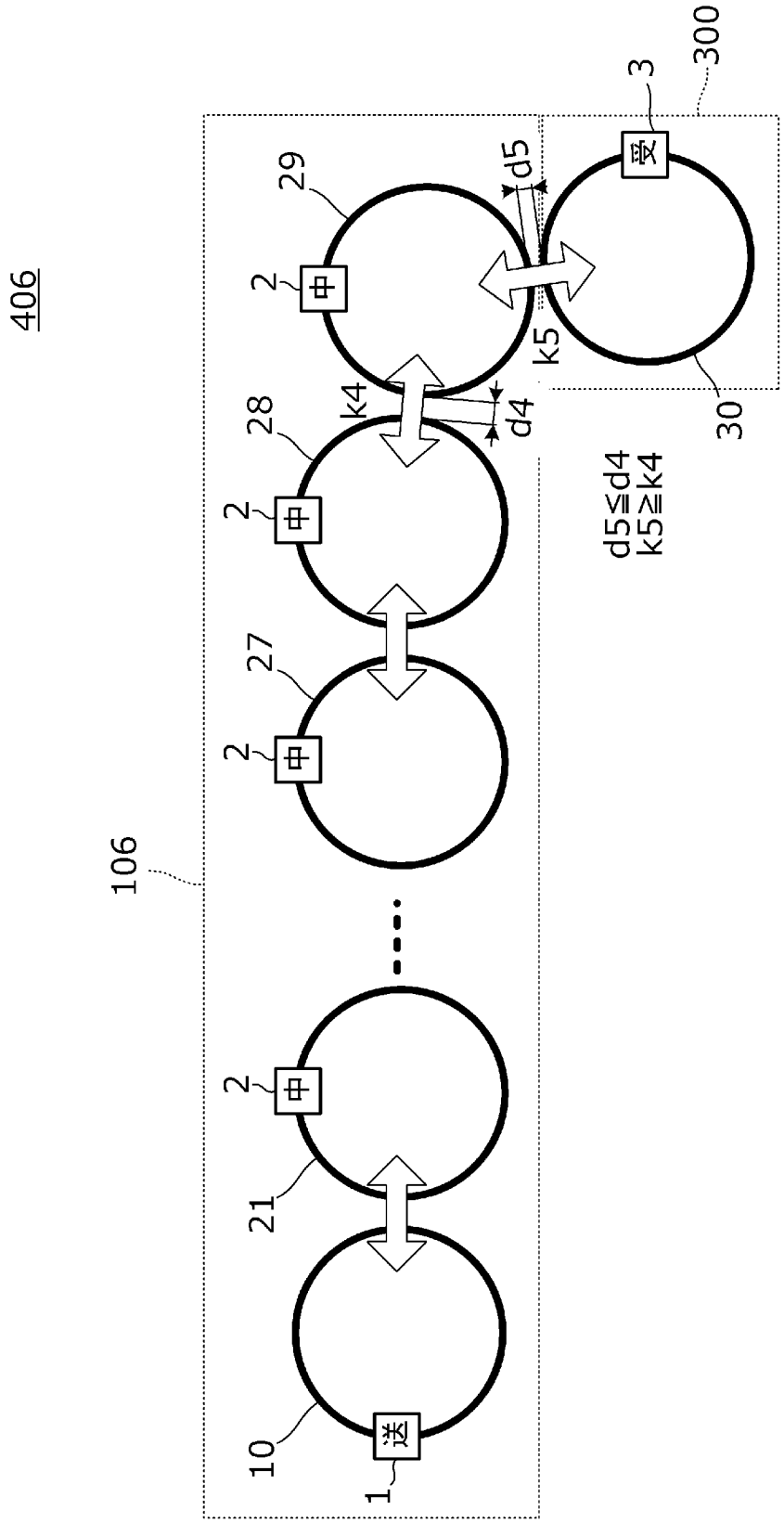
[図8]

fig.8



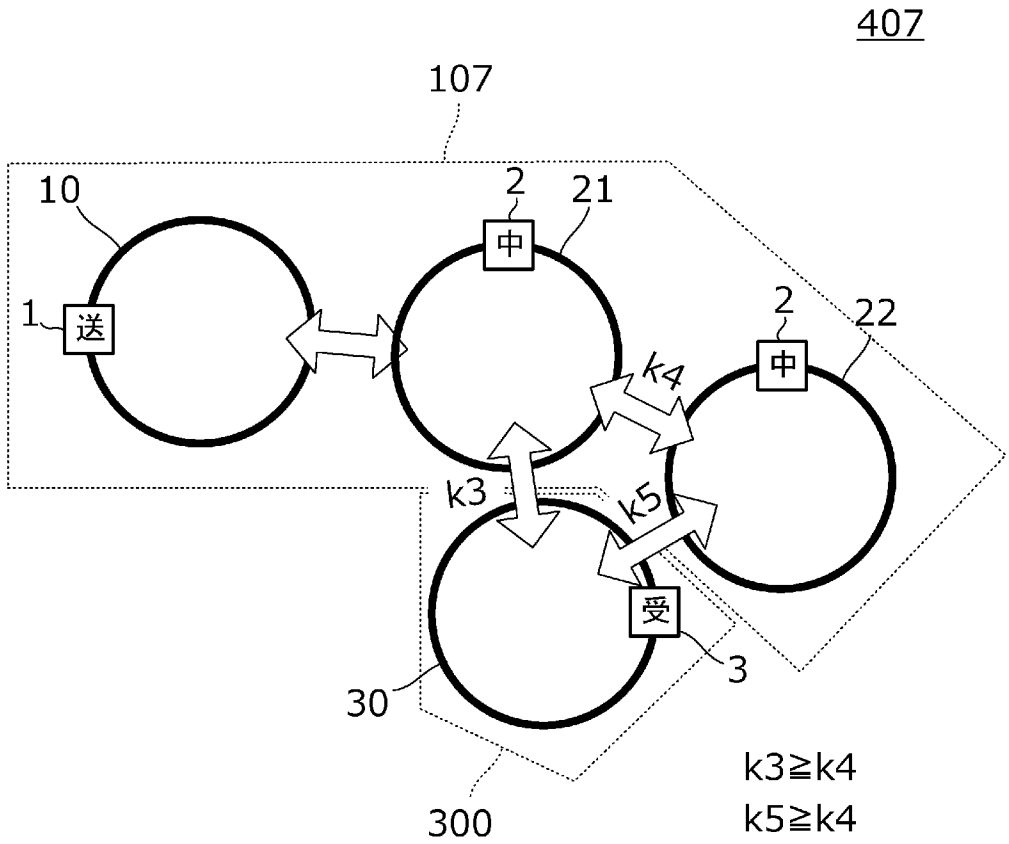
[図9]

fig.9



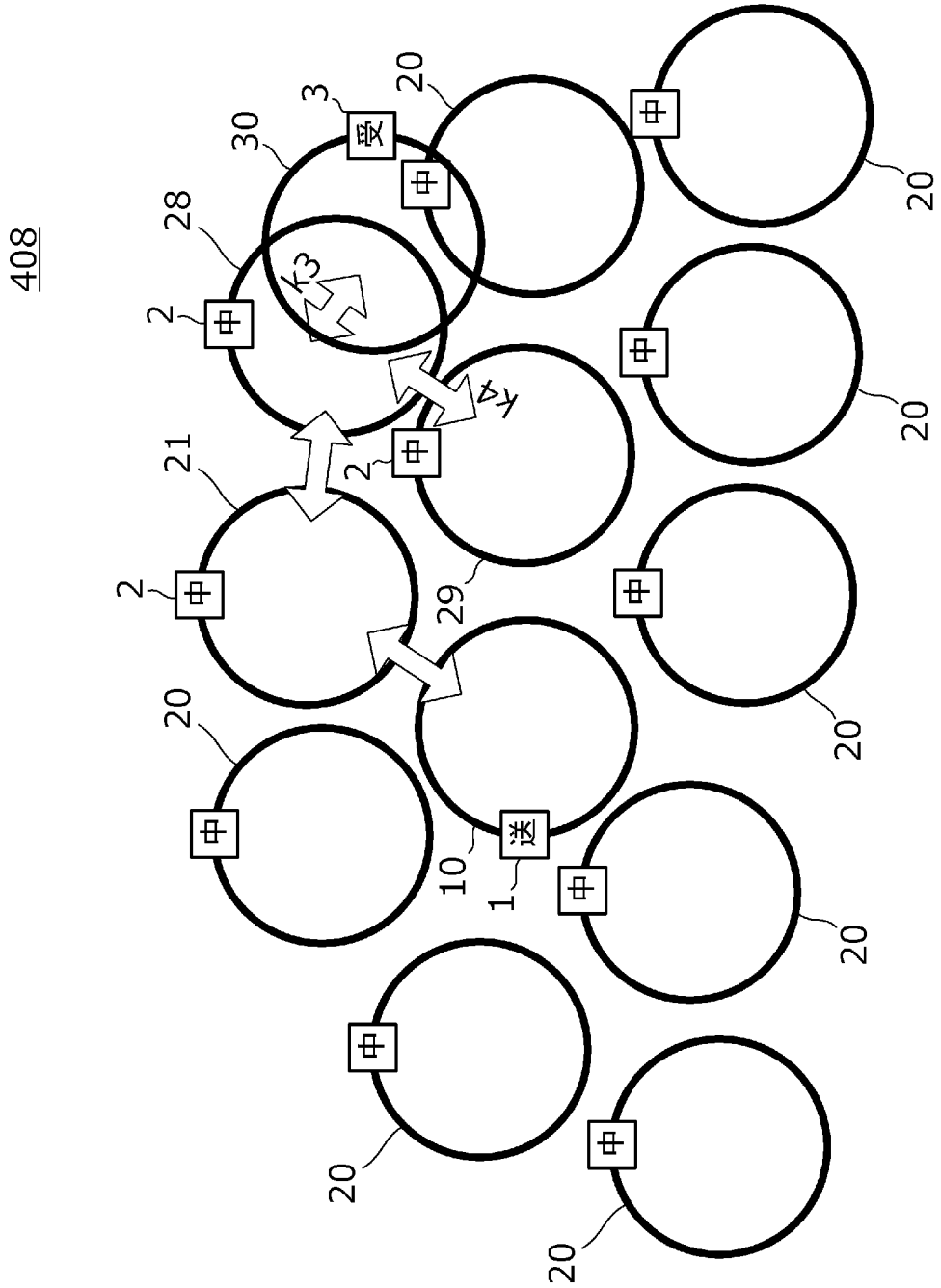
[図10]

fig.10



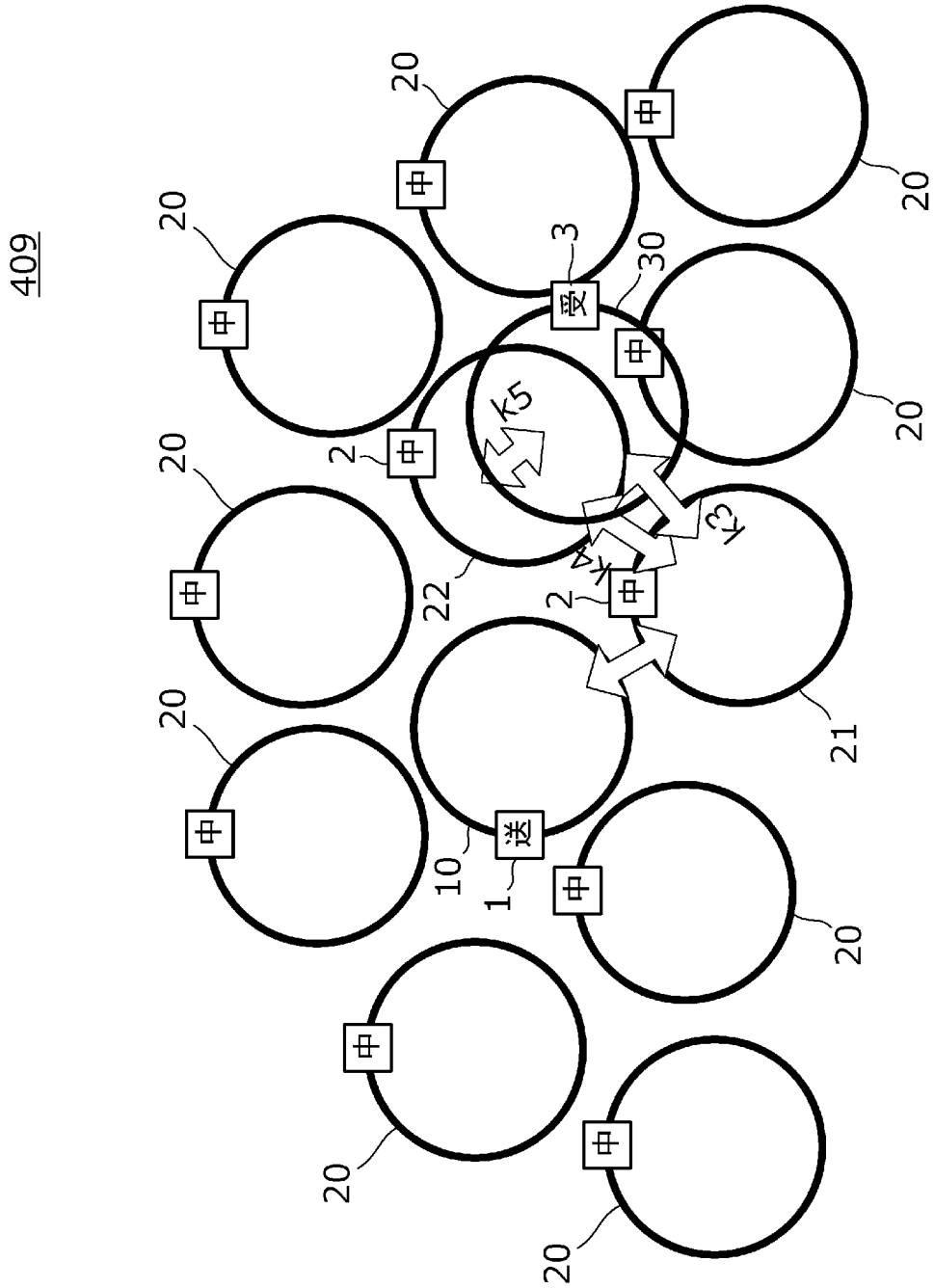
[図11]

fig.11



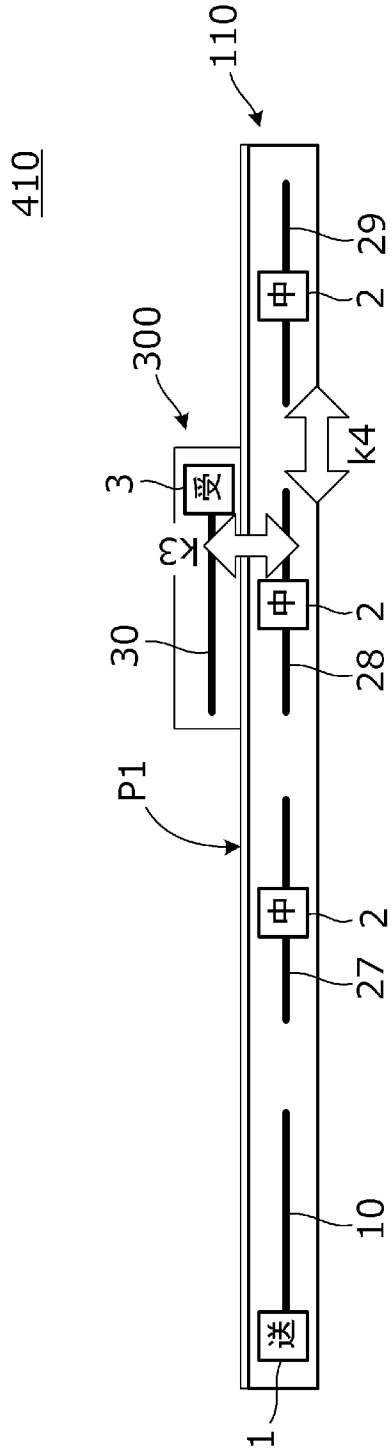
[図12]

fig.12



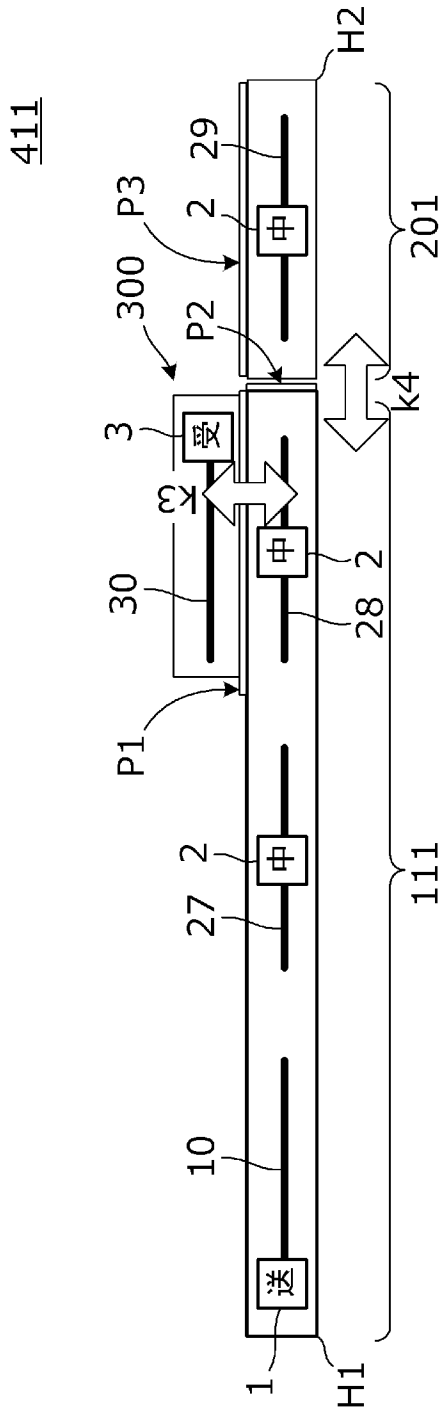
[図13]

fig.13



[図14]

fig.14



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/007605

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H02J50/50(2016.01)i, *H02J50/12*(2016.01)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)
H02J50/50, H02J50/12

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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	JP 2010-263690 A (Panasonic Electric Works Co., Ltd.), 18 November 2010 (18.11.2010), paragraphs [0058], [0118] to [0123]; fig. 2, 15 & WO 2010/126010 A1	1,5,9-14 3,7
X A	JP 2014-143836 A (Panasonic Corp.), 07 August 2014 (07.08.2014), paragraphs [0003], [0031] to [0036], [0053]; fig. 1 to 3 & WO 2014/115223 A1	2,6,9-14 3,7

☒ 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	Date of mailing of the international search report
12 April 2017 (12.04.17)	25 April 2017 (25.04.17)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/007605

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2014-217117 A (Central Research Institute of Electric Power Industry), 17 November 2014 (17.11.2014), paragraphs [0008], [0011] to [0015], [0038]; fig. 1 to 2, 7 (Family: none)	4,8-14 3,7

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／００７６０５

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H02J50/50(2016.01)i, H02J50/12(2016.01)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.　H02J50/50, H02J50/12

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	１９７１－２０１７年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１７年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１７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	JP 2010-263690 A (パナソニック電工株式会社) 2010.11.18, 段落［００５８］,［０１１８］－［０１２３］及び図２，１５ & WO 2010/126010 A1	1,5,9-14 3,7
X A	JP 2014-143836 A (パナソニック株式会社) 2014.08.07, 段落［０００３］,［００３１］－［００３６］,［００５３］, 図１－３ & WO 2014/115223 A1	2,6,9-14 3,7

☑　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
１２．０４．２０１７	２５．０４．２０１７

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）　５Ｔ　２９５０
緑川　隆
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５６８

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	JP 2014-217117 A（一般財団法人電力中央研究所）2014.11.17,	4,8-14
A	段落［０００８］，［００１１］－［００１５］，［００３８］,	3,7
	図１－２，７（ファミリーなし）	