

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5530848号  
(P5530848)

(45) 発行日 平成26年6月25日(2014.6.25)

(24) 登録日 平成26年4月25日(2014.4.25)

(51) Int. Cl.			F I		
<b>H02J</b>	<b>17/00</b>	<b>(2006.01)</b>	H02J	17/00	B
<b>B60L</b>	<b>5/00</b>	<b>(2006.01)</b>	B60L	5/00	B
<b>B60L</b>	<b>11/18</b>	<b>(2006.01)</b>	B60L	11/18	C
<b>B60M</b>	<b>7/00</b>	<b>(2006.01)</b>	B60M	7/00	X

請求項の数 11 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2010-169341 (P2010-169341)	(73) 特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
(22) 出願日	平成22年7月28日(2010.7.28)	(73) 特許権者	304021277 国立大学法人 名古屋工業大学 愛知県名古屋市昭和区御器所町字木市29番
(65) 公開番号	特開2012-34431 (P2012-34431A)	(74) 代理人	110001195 特許業務法人深見特許事務所
(43) 公開日	平成24年2月16日(2012.2.16)	(72) 発明者	市川 真士 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
審査請求日	平成25年1月10日(2013.1.10)	(72) 発明者	石川 哲浩 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コイルユニット、非接触電力送電装置、非接触電力受電装置、車両および非接触電力給電システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

間隔をあけて配置された第1自己共振コイルとの電磁共鳴によって電力の送電および受電の少なくとも一方を行なう第2自己共振コイルを含むコイルユニットであって、

前記第2自己共振コイルは、一つの導線から形成され、重なりがないよう配置された複数の単位コイルを含み、各単位コイルの巻き数は1巻きであり、

各前記単位コイルが形成する磁界の方向は同じ向きとされた、コイルユニット。

【請求項2】

前記単位コイルは、互いに隣り合うように配置された、請求項1に記載のコイルユニット。

【請求項3】

複数の前記単位コイルは環状に配置された、請求項1または請求項2に記載のコイルユニット。

【請求項4】

前記単位コイルは、仮想線を中心に対称となるように4つ配置された、請求項1から請求項3のいずれかに記載のコイルユニット。

【請求項5】

前記第1自己共振コイルの共振周波数と、前記第2自己共振コイルの共振周波数は一致しており、

前記第2自己共振コイルとの間で電力の送電および受電の少なくとも一方が可能とされ

た前記第 1 自己共振コイルに周波数が前記共振周波数とされた電流を流すことで第 1 近接場を前記第 1 自己共振コイルの周囲に形成し、前記第 2 自己共振コイルは、前記第 1 近接場が位置する領域内に位置することで、前記第 1 自己共振コイルから電力を受電可能とされ、

前記第 2 自己共振コイルは、周波数が前記共振周波数とされた電流が流れることで、前記第 2 自己共振コイルの周囲に第 2 近接場を形成可能とされ、前記第 2 近接場が形成された領域内に前記第 1 自己共振コイルが位置することで、前記第 2 自己共振コイルは、前記第 1 自己共振コイルに電力を送電可能とされた、請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載のコイルユニット。

【請求項 6】

外部電源から電力が供給され、前記第 2 自己共振コイルに電力を送電する第 1 電磁誘導コイルと、

請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載のコイルユニットと、  
を備えた、非接触電力送電装置。

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載のコイルユニットと、  
前記第 2 自己共振コイルから電力を受電する第 2 電磁誘導コイルと、  
を備えた、非接触電力受電装置。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の非接触電力受電装置と、  
前記第 2 電磁誘導コイルから電力が供給される蓄電装置と、  
を備えた車両。

【請求項 9】

複数の前記単位コイルは、車両の幅方向中央部を通り、車両の前後方向に延びる仮想軸線に対して対称となるように配置された、請求項 8 に記載の車両。

【請求項 10】

複数の前記単位コイルは、車両の幅方向に延びる仮想軸線に対して対称となるように配置された、請求項 8 または請求項 9 に記載の車両。

【請求項 11】

第 1 自己共振コイルを含む第 1 コイルユニットと、  
前記第 1 自己共振コイルとの電磁共鳴によって電力の送電および受電の少なくとも一方を行う第 2 自己共振コイルを含む第 2 コイルユニットと、  
を備えた非接触電力給電システムであって、

前記第 1 自己共振コイルは、一つの導線から形成され、重なりがないよう配置された複数の第 1 単位コイルを含み、各第 1 単位コイルの巻き数は 1 巻きであり、

前記第 2 自己共振コイルは、一つの導線から形成され、重なりがないよう配置された複数の第 2 単位コイルを含み、各第 2 単位コイルの巻き数は 1 巻きであり、

各前記第 1 単位コイルが形成する磁界の方向は同じ向きとされ、  
各前記第 2 単位コイルが形成する磁界の方向は同じ向きとされた、  
非接触電力給電システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、コイルユニット、非接触電力送電装置、非接触電力受電装置、車両および非接触電力給電システムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、コイルユニットは、特開 2003 - 79597 号公報や特開 2008 - 67807 号公報にも記載されているように磁気共鳴撮像装置に利用されている。近年、環境に対する関心の高まりから、電気自動車やハイブリッド車両が注目されており、車両に搭

10

20

30

40

50

載されたバッテリーを外部から非接触で充電する方法として、コイルユニットを用いた電磁誘導方式や共鳴方式の充電方法が着目されている。

【0003】

そして、たとえば、特開平7-67270号公報に記載の非接触給電装置は、地面に埋設した一次コイルと、車両に搭載された二次コイルとを備え、二次コイルに発生した誘導電流を利用して、車両に搭載されたバッテリーを充電している。

【0004】

特開2010-73976号公報に記載ワイヤレス電力伝送装置は、電気自動車に搭載された受電装置と、給電装置とを備え、給電装置は、電力送電用の通信コイルを含み、受電装置は、電力受電用の通信コイルを含む。電力送電用の通信コイルは一次コイルと、共鳴コイルとを含み、電力受電用の通信コイルは、一次コイルと、共鳴コイルとを含む。電力受電用の通信コイルと電力送電用の通信コイルとは、共鳴型電力伝達方式で電力をワイヤレスで送電している。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2003-79597号公報

【特許文献2】特開2008-67807号公報

【特許文献3】特開平7-67270号公報

【特許文献4】特開2010-73976号公報

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

電磁誘導方式の非接触電力送電方法では、一次コイルと二次コイルとの間で電力の送電が可能な距離は短く、一次コイルと二次コイルとを近接させる必要がある。このため、ある程度の送電距離や受電距離を要する場合には不向きな送電方式である。その一方で、特開2010-73976号公報に記載ワイヤレス電力伝送装置においては、共鳴型電力伝達方式が採用されており、電磁誘導方式よりも送電距離および受電距離を長くすることができる。

【0007】

しかし、共鳴型電力伝達方式が採用された電力送電装置においても、電力送電用の共鳴コイルと、電力受電用の共鳴コイルとが位置ずれした場合には、送電効率および受電効率が著しく低下する。

30

【0008】

本発明は、上記のような課題に鑑みてなされたものであって、その目的は、電磁共鳴を利用して電力の送電および受電の少なくとも一方が可能な共振コイルを備えたコイルユニットにおいて、相手側の共振コイルと位置ずれしたとしても、電力の送電効率または受電効率の低下の抑制が図られたコイルユニット、非接触電力送電装置、非接触電力受電装置、車両および非接触電力給電システムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

40

【0009】

本発明に係るコイルユニットは、間隔をあけて配置された第1自己共振コイルとの電磁共鳴によって電力の送電および受電の少なくとも一方を行なう第2自己共振コイルを含むコイルユニットである。上記第2自己共振コイルは、複数の単位コイルを含み、上記各単位コイルが形成する磁界の方向は同じ向きとされる。好ましくは、上記単位コイルは、互いに隣り合うように配置される。好ましくは、上記単位コイルの巻き数は、一巻きである。好ましくは、上記第2自己共振コイルは、1つの導線から形成される。

【0010】

好ましくは、複数の単位コイルは環状に配置される。好ましくは、上記単位コイルは、仮想線を中心に対称となるように4つ配置される。好ましくは、第1自己共振コイルの共

50

振周波数と、第2自己共振コイルの共振周波数は一致している。上記第2自己共振コイルとの間で電力の送電および受電の少なくとも一方が可能とされた第1自己共振コイルに周波数が共振周波数とされた電流を流すことで第1近接場を第1自己共振コイルの周囲に形成し、第2自己共振コイルは、第1近接場が位置する領域内に位置することで、第1自己共振コイルから電力を受電可能とされる。上記第2自己共振コイルは、周波数が共振周波数とされた電流が流れることで、第2自己共振コイルの周囲に第2近接場を形成可能とされる。上記第2近接場が形成された領域内に第1自己共振コイルが位置することで、第2自己共振コイルは、第1自己共振コイルに電力を送電可能とされる。

【0011】

本発明に係る非接触電力送電装置は、上記外部電源から電力が供給され、第2自己共振コイルに電力を送電する第1電磁誘導コイルと、上記コイルユニットとを備える。本発明に係る非接触電力受電装置は、上記コイルユニットと、第2自己共振コイルから電力を受電する第2電磁誘導コイルとを備える。

10

【0012】

本発明に係る車両は、上記非接触電力受電装置と、上記第2電磁誘導コイルから電力が供給される蓄電装置とを備える。好ましくは、上記複数の単位コイルは、車両の幅方向中央部を通り、車両の前後方向に延びる仮想軸線に対して対称となるように配置される

好ましくは、上記複数の単位コイルは、車両の幅方向に延びる仮想軸線に対して対称となるように配置される。

【0013】

20

本発明に係る日接触電力給電システムは、第1自己共振コイルを含む第1コイルユニットと、第1自己共振コイルとの電磁共鳴によって電力の送電および受電の少なくとも一方を行う第2自己共振コイルを含む第2コイルユニットとを備えた非接触電力給電システムである。上記第1自己共振コイルは、互いに隣り合う複数の第1単位コイルを含み、上記第2自己共振コイルは、互いに隣り合う複数の第2単位コイルを含む。各第1単位コイルが形成する磁界の方向は同じ向きとされ、各第2単位コイルが形成する磁界の方向は同じ向きとされる。好ましくは、上記第1単位コイルは、互いに隣り合うように配置され、第2単位コイルは、互いに隣り合うように配置される。

【発明の効果】

【0014】

30

本発明に係るコイルユニット、非接触電力送電装置、非接触電力受電装置、車両および非接触電力給電システムによれば、共振コイル同士が位置ずれしたとしても、電力の受電効率および送電効率を高く維持することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】基本的な非接触給電システムを示す全体構成図である。

【図2】共鳴法による送電の原理を説明するための図である。

【図3】電流源（磁流源）からの距離と電磁界の強度との関係を示した図である。

【図4】車両に搭載されたコイルユニット101を模式的に示す斜視図である。

【図5】二次共振コイル110を模式的に示す平面図である。

40

【図6】周波数が二次共振コイル110の共鳴周波数（共振周波数）とされた電流が二次共振コイル110に流れたときの様子を模式的に示す平面図である。

【図7】給電装置200に搭載されたコイルユニット201を模式的に示す斜視図である。

【図8】一次共振コイル240を模式的に示す平面図である。

【図9】周波数が一次共振コイル240の共鳴周波数とされた電流が一次共振コイル240に流れたときの様子を模式的に示す平面図である。

【図10】車両100の蓄電装置150を充電するときにおいて、二次共振コイル110および一次共振コイル240の相対的な位置関係を模式的に示す斜視図である。

【図11】近接場NF2と二次共振コイル110とを上方から平面視したときの模式図で

50

ある。

【図 1 2】近接場 N F 2 と二次共振コイル 1 1 0 とを上方から平面視したときの模式図である。

【図 1 3】比較例としての電力給電システムを模式的に示す平面図である。

【図 1 4】二次共振コイルとして円形の共振コイルを採用した例を模式的に示す平面図である。

【図 1 5】図 1、図 1 0 および図 1 2 に示す電力給電システムにおいて、伝送効率をシミュレーションした結果を示すグラフである。

【図 1 6】図 1 3 に示す電力給電システムにおいて、伝送効率をシミュレーションした結果を示すグラフである。

【図 1 7】二次共振コイル 1 1 0 および一次共振コイル 2 4 0 の変形例を模式的に示す斜視図である。

【図 1 8】図 1 3 に示す比較例としての給電システムを模式的に示す斜視図である。

【図 1 9】図 1 7 に示す電力給電システムの伝送効率を示すグラフである。

【図 2 0】図 1 8 に示す伝送効率を示すグラフである。

【図 2 1】車両 1 0 0 に複数の単位コイルを含む二次共振コイル 1 1 0 を採用し、一次共振コイル 2 4 0 に円形コイルを採用した例を模式的に示す模式図である。

【図 2 2】複数の単位コイルを含む一次共振コイル 2 4 0 をコイルユニット 2 0 1 に搭載し、円形コイルを二次共振コイル 1 1 0 として車両 1 0 0 に搭載した例を模式的に示す模式図である。

【図 2 3】複数の単位コイルを含む二次共振コイル 1 1 0 を搭載したときの状態を模式的に示す車両の一部平面図である。

【図 2 4】複数の単位コイルを含む二次共振コイル 1 1 0 を搭載したときの状態を模式的に示す車両の一部平面図である。

【図 2 5】複数の単位コイルを含む二次共振コイル 1 1 0 を搭載したときの状態を模式的に示す車両の一部平面図である。

【図 2 6】複数の単位コイルを含む二次共振コイル 1 1 0 を搭載したときの状態を模式的に示す車両の一部平面図である。

【図 2 7】複数の単位コイルを含む二次共振コイル 1 1 0 を搭載したときの状態を模式的に示す車両の一部平面図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰り返さない。

【0017】

図 1 は、基本的な非接触給電システムを示す全体構成図である。図 1 を参照して、非接触給電システムは、車両 1 0 0 と、給電装置 2 0 0 とを備える。

【0018】

車両 1 0 0 は、コイルユニット 1 0 1 と、整流器 1 3 0 と、DC / DC コンバータ 1 4 0 と、蓄電装置 1 5 0 と、パワーコントロールユニット（以下「PCU (Power Control Unit)」とも称する。）1 6 0 と、モータ 1 7 0 と、車両 ECU (Electronic Control Unit) 1 8 0 とを含む。

【0019】

なお、車両 1 0 0 の構成は、モータにより駆動される車両であれば、図 1 に示される構成に限らない。たとえば、車両 1 0 0 は、モータと内燃機関とを備えるハイブリッド車両や、燃料電池を備える燃料電池自動車、電気自動車などを含む。

【0020】

コイルユニット 1 0 1 は、二次共振コイル 1 1 0 と、二次共振コイル 1 1 0 に設けられたキャパシタ 1 1 5 と、二次電磁誘導コイル 1 2 0 とを含む。二次共振コイル 1 1 0 は、たとえば車体下部に設置される。二次共振コイル 1 1 0 は、LC 共振器であり、給電装置

10

20

30

40

50

200に設けられたコイルユニット201の一次共振コイル240と電磁場を介して共鳴することにより給電装置200から電力を受電または送電の少なくとも一方を行う。なお、二次共振コイル110の容量成分は、所定の容量を得るためにキャパシタ115が二次共振コイル110に設けられているが、コイルの寄生容量で対応可能である場合には、キャパシタ115を設けなくてもよい。

#### 【0021】

二次共振コイル110は、給電装置200の一次共振コイル240との距離や、一次共振コイル240および二次共振コイル110の共鳴周波数等に基づいて、一次共振コイル240と二次共振コイル110との共鳴強度を示すQ値（たとえば、 $Q > 100$ ）およびその結合度を示す等が大きくなるように形成されている。

10

#### 【0022】

二次電磁誘導コイル120は、二次共振コイル110と同軸上に設置され、電磁誘導により二次共振コイル110と磁氣的に結合可能である。この二次電磁誘導コイル120は、二次共振コイル110により受電された電力を電磁誘導により取出して整流器130へ出力する。

#### 【0023】

整流器130は、二次電磁誘導コイル120によって取出された交流電力を整流して直流電力をDC/DCコンバータ140へ出力する。DC/DCコンバータ140は、車両ECU180からの制御信号に基づいて、整流器130によって整流された電力を蓄電装置150の電圧レベルになるように変換して蓄電装置150へ出力する。なお、車両を走行しながら給電装置200から受電する場合には、DC/DCコンバータ140は、整流器130によって整流された電力をシステム電圧に変換してPCU160へ直接供給してもよい。また、DC/DCコンバータ140は、必ずしも必要ではなく、二次電磁誘導コイル120によって取出された交流電力が整流器130によって整流された後に蓄電装置150に直接与えられるようにしてもよい。

20

#### 【0024】

蓄電装置150は、再充電可能な直流電源であり、たとえばリチウムイオンやニッケル水素などの二次電池を含んで構成される。蓄電装置150は、DC/DCコンバータ140から供給される電力を蓄えるほか、モータ170によって発電される回生電力も蓄える。そして、蓄電装置150は、その蓄えた電力をPCU160へ供給する。なお、蓄電装置150として大容量のキャパシタも採用可能であり、給電装置200から供給される電力やモータ170からの回生電力を一時的に蓄え、その蓄えた電力をPCU160へ供給可能な電力バッファであれば如何なるものでもよい。

30

#### 【0025】

PCU160は、蓄電装置150から出力される電力、あるいはDC/DCコンバータ140から直接供給される電力によってモータ170を駆動する。また、PCU160は、モータ170により発電された回生電力（交流電力）を直流電力に変換して蓄電装置150へ出力し、蓄電装置150を充電する。モータ170は、PCU160によって駆動され、車両走行のための駆動力を発生して駆動輪へ出力する。また、モータ170は、駆動輪や、ハイブリッド車両の場合には図示されないエンジンから受ける運動エネルギーによって発電し、その発電した回生電力をPCU160へ出力する。

40

#### 【0026】

車両ECU180は、いずれも図1には図示しないがCPU（Central Processing Unit）、記憶装置および入出力バッファを含み、各センサ等からの信号の受信や各機器への制御信号の出力を行なうとともに、車両100および各機器の制御を行なう。なお、これらの制御については、ソフトウェアによる処理に限られず、専用のハードウェア（電子回路）で処理することも可能である。なお、図1においては、車両ECU180が、車両100の走行制御、および給電装置200からの電力の受電制御の両方を行なう構成としているが、制御装置の構成はこれに限定されない。すなわち、車両100が、機器ごとあるいは機能ごとに対応した制御装置を個別に備える構成とすることもできる。たとえば、

50

受電制御を主として行なうための受電 ECU を備える構成としてもよい。

【0027】

車両 ECU 180 は、給電装置 200 から車両 100 への給電時、DC/DC コンバータ 140 を制御する。車両 ECU 180 は、たとえば、DC/DC コンバータ 140 を制御することによって、整流器 130 と DC/DC コンバータ 140 との間の電圧を所定の目標電圧に制御する。また、車両 ECU 180 は、車両の走行時は、車両の走行状況や蓄電装置 150 の充電状態（「SOC (State Of Charge)」とも称される。）に基づいて PCU 160 を制御する。

【0028】

一方、給電装置 200 は、交流電源 210 と、高周波電力ドライバ 220 と、コイルユニット 201 とを含む。コイルユニット 201 は、一次電磁誘導コイル 230 と一次共振コイル 240 と、一次共振コイル 240 に設けられたキャパシタ 245 とを含む。

10

【0029】

交流電源 210 は、車両外部の電源であり、たとえば商用電源である。高周波電力ドライバ 220 は、交流電源 210 から受ける電力を高周波の電力に変換し、その変換した高周波電力を一次電磁誘導コイル 230 へ供給する。なお、高周波電力ドライバ 220 が生成する高周波電力の周波数は、たとえば 1M ~ 数十 MHz である。

【0030】

一次電磁誘導コイル 230 は、一次共振コイル 240 と同軸上に設置され、電磁誘導により一次共振コイル 240 と磁氣的に結合可能である。そして、一次電磁誘導コイル 230 は、高周波電力ドライバ 220 から供給される高周波電力を電磁誘導により一次共振コイル 240 へ給電する。

20

【0031】

一次共振コイル 240 は、たとえば地面近傍に設置される。一次共振コイル 240 は、二次共振コイル 110 と同様に LC 共振器であり、車両 100 の二次共振コイル 110 と電磁場を介して共鳴することにより車両 100 へ電力を送電または車両 100 から電力を受電する。なお、一次共振コイル 240 の容量成分は、所定の容量を得るためにキャパシタ 245 が一次共振コイル 240 に設けられているが、一次共振コイル 240 の寄生容量で対向可能な場合には、キャパシタ 245 は必須ではない。

【0032】

この一次共振コイル 240 も、車両 100 の二次共振コイル 110 との距離や、一次共振コイル 240 および二次共振コイル 110 の共鳴周波数等に基づいて、Q 値（たとえば、 $Q > 100$ ）および結合度 等が大きくなるように形成されている。

30

【0033】

図 2 は、共鳴法による送電の原理を説明するための図である。図 2 を参照して、この共鳴法では、2 つの音叉が共鳴するのと同様に、同じ固有振動数を有する 2 つの LC 共振器が電磁場（近接場）において共鳴することによって、一方のコイルから他方のコイルへ電磁場を介して電力が伝送される。

【0034】

具体的には、高周波電源 310 に一次電磁誘導コイル 320 を接続し、電磁誘導により一次電磁誘導コイル 320 と磁氣的に結合される一次共振コイル 330 へ、1M ~ 数十 MHz の高周波電力を給電する。一次共振コイル 330 は、コイル自身のインダクタンスと寄生容量（コイルにキャパシタが接続される場合には、キャパシタの容量を含む）とによる LC 共振器であり、一次共振コイル 330 と同じ共振周波数を有する二次共振コイル 340 と電磁場（近接場）を介して共鳴する。そうすると、一次共振コイル 330 から二次共振コイル 340 へ電磁場を介してエネルギー（電力）が移動する。二次共振コイル 340 へ移動したエネルギー（電力）は、電磁誘導により二次共振コイル 340 と磁氣的に結合される二次電磁誘導コイル 350 によって取出され、負荷 360 へ供給される。なお、共鳴法による送電は、一次共振コイル 330 と二次共振コイル 340 との共鳴強度を示す Q 値がたとえば 100 よりも大きいときに実現される。

40

50

## 【 0 0 3 5 】

なお、図 1 との対応関係について説明すると、図 1 の交流電源 2 1 0 および高周波電力ドライバ 2 2 0 は、図 2 の高周波電源 3 1 0 に相当する。また、図 1 の一次電磁誘導コイル 2 3 0 および一次共振コイル 2 4 0 は、それぞれ図 2 の一次電磁誘導コイル 3 2 0 および一次共振コイル 3 3 0 に相当し、図 1 の二次共振コイル 1 1 0 および二次電磁誘導コイル 1 2 0 は、それぞれ図 2 の二次共振コイル 3 4 0 および二次電磁誘導コイル 3 5 0 に相当する。そして、図 1 の整流器 1 3 0 からモータ 1 7 0 までが負荷 3 6 0 として総括的に示されている。

## 【 0 0 3 6 】

図 3 は、電流源（磁流源）からの距離と電磁界の強度との関係を示した図である。図 3 を参照して、電磁界は 3 つの成分から成る。曲線 k 1 は、波源からの距離に反比例した成分であり、「輻射電磁界」と称される。曲線 k 2 は、波源からの距離の 2 乗に反比例した成分であり、「誘導電磁界」と称される。また、曲線 k 3 は、波源からの距離の 3 乗に反比例した成分であり、「静電磁界」と称される。

10

## 【 0 0 3 7 】

「静電磁界」は、波源からの距離とともに急激に電磁界の強度が減少する領域であり、共鳴法では、この「静電磁界」が支配的な近接場（エバネッセント場）を利用してエネルギー（電力）の伝送が行なわれる。すなわち、「静電磁界」が支配的な近接場において、同じ固有振動数を有する一対の共鳴器（たとえば一対の LC 共振器）を共鳴させることにより、一方の共鳴器（一次共振コイル）から他方の共鳴器（二次共振コイル）へエネルギー（電力）を伝送する。この「静電磁界」は遠方にエネルギーを伝播しないので、遠方までエネルギーを伝播する「輻射電磁界」によってエネルギー（電力）を伝送する電磁界に比べて、共鳴法は、より少ないエネルギー損失で送電することができる。

20

（この段落以降が新規）

図 4 は、車両に搭載されたコイルユニット 1 0 1 を模式的に示す斜視図である。この図 4 に示すように、コイルユニット 1 0 1 は、二次共振コイル 1 1 0 と、二次電磁誘導コイル 1 2 0 と、二次共振コイル 1 1 0 に設けられたキャパシタ 1 1 5 とを含む。二次共振コイル 1 1 0 は、複数の単位コイル 1 1 1, 1 1 2, 1 1 3, 1 1 4 を含む。各単位コイル 1 1 1 ~ 1 1 4 は、互いに隣り合うように配置されている。

30

## 【 0 0 3 8 】

二次共振コイル 1 1 0 は、1 つの導線から形成されており、導線を巻回することで単位コイル 1 1 1 ~ 1 1 4 が形成されている。このため、各単位コイル 1 1 1 ~ 1 1 4 に電力を供給する機構または各単位コイル 1 1 1 ~ 1 1 4 から電力を受電する機構を 1 つに集約することができる。この図 4 に示す例においては、1 つの二次電磁誘導コイル 1 2 0 で各単位コイル 1 1 1 ~ 1 1 4 から電力を受電したり、各単位コイル 1 1 1 ~ 1 1 4 に電力を送電したりしている。各単位コイル 1 1 1 ~ 1 1 4 の巻き数は一巻きであり、二次共振コイル 1 1 0 の高さ方向のコンパクト化が図られている。

## 【 0 0 3 9 】

図 5 は、二次共振コイル 1 1 0 を模式的に示す平面図である。単位コイル 1 1 1 ~ 1 1 4 は、二次共振コイル 1 1 0 の仮想中心線 O 1 を中心として、環状に配列しており、仮想中心線 O 1 を中心として対称となるように配置されている。なお、この図 4 および図 5 に示す例においては、仮想中心線 O の周囲に 4 つの単位コイルが、仮想中心線 O 1 を中心に対称となるように配置されている。各単位コイル 1 1 1 ~ 1 1 4 は、いずれも、同一の仮想平面上に配列している。なお、単位コイルの個数は 4 つに限られるものではなく、2 つ以上設けられておればよい。

40

## 【 0 0 4 0 】

図 5 中の方向 D 1 ~ D 4 は、受電時または送電時に二次共振コイル 1 1 0 に生じる電流が流れる方向を模式的に示したものである。この図 5 において、各単位コイル 1 1 1 ~ 1 1 4 の巻回方向はいずれも同じ方向とされており、受電および送電時に各単位コイル 1 1 1 ~ 1 1 4 を流れる電流の方向 D 1 ~ D 4 は、いずれも同一の方向に流れる。二次共振コイ

50

ル 1 1 0 全体としては、一巻きのコイルに方向 D 5 に電流が流れているものと近似することができる。

【 0 0 4 1 】

各単位コイル 1 1 1 ~ 1 1 4 に同一の方向に電流が流れることで、単位コイル 1 1 1 ~ 1 1 4 から発せられる磁界の方向が同じ向きとなっており、各単位コイル 1 1 1 ~ 1 1 4 に、周波数が二次共振コイル 1 1 0 の共鳴周波数とされた電流が流れることで近接場が形成される。

【 0 0 4 2 】

図 6 は、周波数が二次共振コイル 1 1 0 の共鳴周波数（共振周波数）とされた電流が二次共振コイル 1 1 0 に流れたときの様子を模式的に示す平面図である。

10

【 0 0 4 3 】

この図 6 に示すように、二次共振コイル 1 1 0 に共鳴周波数の電流が流れることで、二次共振コイル 1 1 0 の周囲に近接場 N F 1 が形成される。近接場 N F 1 は、単位コイル 1 1 1 の周囲に形成された単位近接場 U N F 1 と、単位コイル 1 1 2 の周囲に形成された単位近接場 U N F 2 と、単位コイル 1 1 3 の周囲に形成された単位近接場 U N F 3 と、単位コイル 1 1 4 の周囲に形成された単位近接場 U N F 4 とを含む。なお、この図 6 に示す近接場が形成される領域は強度の高い領域を模式的に示したものに過ぎない。

【 0 0 4 4 】

図 7 は、給電装置 2 0 0 に搭載されたコイルユニット 2 0 1 を模式的に示す斜視図である。この図 7 に示すように、コイルユニット 2 0 1 は、一次電磁誘導コイル 2 3 0 と、一次共振コイル 2 4 0 と、一次共振コイル 2 4 0 に設けられたキャパシタ 2 4 5 とを含む。なお、本実施の形態に係る電磁共鳴による非接触電力給電システムにおいては、一次電磁誘導コイル 2 3 0 および二次電磁誘導コイル 1 2 0 は必須の構成ではない。

20

【 0 0 4 5 】

一次共振コイル 2 4 0 は、複数の単位コイル 2 4 1 ~ 2 4 4 を含み、単位コイル 2 4 1 ~ 2 4 4 は互いに隣り合うように配置されている。一次共振コイル 2 4 0 と二次共振コイル 1 1 0 とは、実質的に同一の形状となるように形成されており、一次共振コイル 2 4 0 の共鳴周波数と、二次共振コイル 1 1 0 の共鳴周波数とは一致している。

【 0 0 4 6 】

一次共振コイル 2 4 0 は、1つの導線から構成されており、導線を巻き回すことで、単位コイル 2 4 1 ~ 2 4 4 が形成されている。単位コイル 2 4 1 ~ 2 4 4 の巻き数は、一巻きであり、一次共振コイル 2 4 0 の高さ方向のコンパクト化が図られている。

30

【 0 0 4 7 】

図 8 は、一次共振コイル 2 4 0 を模式的に示す平面図であり、この図 8 に示すように、単位コイル 2 4 1 ~ 2 4 4 は仮想中心線 O 2 を中心に環状に配列しており、仮想中心線 O 2 を中心に対称となるように配置されている。なお、図 7 および図 8 に示す例においても、4つの単位コイル 2 4 1 ~ 2 4 4 が対称となるように配置されている。なお、単位コイル 2 4 1 ~ 2 4 4 も同一仮想平面上に配列している。

【 0 0 4 8 】

図 8 中の方向 D 6 ~ D 9 は、受電時または送電時に一次共振コイル 2 4 0 に流れる電流の方向を模式的に示したものである。この図 9 において、各単位コイル 2 4 1 ~ 2 4 4 の巻回方向はいずれも同一の方向とされており、受電時および送電時に各単位コイル 2 4 1 ~ 2 4 4 に流れる電流の方向 D 6 ~ D 9 はいずれも同一の方向に流れる。一次共振コイル 2 4 0 全体としては、一巻きのコイルに方向 D 1 0 方向に電流がながれているものと近似することができる。

40

【 0 0 4 9 】

各単位コイル 2 4 1 ~ 2 4 4 に同一の方向に電流が流れることで、単位コイル 2 4 1 ~ 2 4 4 から発せられる磁界の方向が同じ向きとなる。そして、単位コイル 2 4 1 ~ 2 4 4 に、周波数が一次共振コイル 2 4 0 の共鳴周波数とされた電流が流れることで近接場が形成される。

50

## 【 0 0 5 0 】

図 9 は、周波数が一次共振コイル 2 4 0 の共鳴周波数とされた電流が一次共振コイル 2 4 0 に流れたときの様子を模式的に示す平面図である。

## 【 0 0 5 1 】

この図 9 に示すように、一次共振コイル 2 4 0 に周波数が共鳴周波数とされた電流が流れることで、一次共振コイル 2 4 0 の周囲に近接場 N F 2 が形成される。近接場 N F 2 は、単位コイル 2 4 1 の周囲に形成された単位近接場 U N F 5 と、単位コイル 2 4 2 の周囲に形成された単位近接場 U N F 6 と、単位コイル 2 4 3 の周囲に形成された単位近接場 U N F 7 と、単位コイル 2 4 4 の周囲に形成された単位近接場 U N F 8 とを含む。

## 【 0 0 5 2 】

図 1 0 は、車両 1 0 0 の蓄電装置 1 5 0 を充電するときにおいて、二次共振コイル 1 1 0 および一次共振コイル 2 4 0 の相対的な位置関係を模式的に示す斜視図である。

## 【 0 0 5 3 】

蓄電装置 1 5 0 を充電するときには、一次共振コイル 2 4 0 の上方に二次共振コイル 1 1 0 が位置するように、車両 1 0 0 が給電装置 2 0 0 の上方に停車する。

## 【 0 0 5 4 】

その後、一次共振コイル 2 4 0 には、周波数が共鳴周波数とされた交流電流が流れ、図 9 に示すような近接場 N F 2 が形成される。

## 【 0 0 5 5 】

図 1 1 は、近接場 N F 2 と二次共振コイル 1 1 0 とを上方から平面視したときの模式図である。この図 1 1 においては、二次共振コイル 1 1 0 と一次共振コイル 2 4 0 とは、水平方向に一致しておらず、図中の「 x 」方向に互いに位置ずれしている。

## 【 0 0 5 6 】

また、図 1 2 も、近接場 N F 2 と二次共振コイル 1 1 0 とを上方から平面視したときの模式図である。この図 1 2 においては、二次共振コイル 1 1 0 と一次共振コイル 2 4 0 とは、互いに図中の「 x 」方向および「 y 」方向に位置ずれしている。

## 【 0 0 5 7 】

ここで、本実施の形態に係るコイルユニットによれば、2 つの共振コイルが位置ずれしたとしても、高い充電効率を維持することができることについて、比較例を用いて説明する。図 1 3 は、比較例としての電力給電システムを模式的に示す平面図である。

## 【 0 0 5 8 】

比較例に係る給電システムは、円形の一次共振コイル 2 5 0 と、円形の二次共振コイル 2 5 1 とを含み、一次共振コイル 2 5 0 および二次共振コイル 2 5 1 は同一径のコイルである。図 1 3 に示すように、一次共振コイル 2 5 0 に周波数が共鳴周波数の交流電流を流すことで、一次共振コイル 2 5 0 の周囲に近接場 N F 3 が形成される。一次共振コイル 2 5 0 と二次共振コイル 2 5 1 とは、図中の「 x 」方向に位置ずれしている。

## 【 0 0 5 9 】

ここで、まず、図 1 1 に示された二次共振コイル 1 1 0 と、図 1 3 に示された二次共振コイル 2 5 1 とを比較する。

## 【 0 0 6 0 】

図 1 3 に示す二次共振コイル 1 1 0 と近接場 N F 3 との交差部分は、平面視すると、2 箇所であって交差している。その一方で、図 1 1 に示す二次共振コイル 1 1 0 と、近接場 N F 2 との交差部分は、少なくとも 2 箇所以上存在することは明らかである。

## 【 0 0 6 1 】

また、図 1 2 に示すように、二次共振コイル 1 1 0 が「 x 」方向のみならず、「 y 」方向にずれした場合においても、二次共振コイル 1 1 0 と近接場 N F 2 との交差部分は、少なくとも 2 箇所以上であることは明らかである。

## 【 0 0 6 2 】

このように、本実施の形態に係るコイルユニットを採用することで、二次共振コイルと一次共振コイルとが水平面方向に位置ずれしたとしても、二次共振コイルが一次共振コイ

10

20

30

40

50

ルによって形成された近接場を通る部分が多く、受電効率の低下を抑制することができる。その結果、車両に搭載された蓄電装置 150 への充電効率も高く維持することができる。

【0063】

なお、図 11 および図 12 に示す例では、車両 100 に搭載された蓄電装置 150 を充電するために、一次共振コイル 240 に共鳴周波数の電力を供給して、近接場 NF2 を形成し、この近接場 NF2 を介して、二次共振コイル 110 に電力を受電させている。

【0064】

その一方で、蓄電装置 150 に蓄電された電力を給電装置 200 に供給するために、二次共振コイル 110 に共鳴周波数の交流電流を流し、近接場 NF1 を形成し、近接場 NF1 を介して一次共振コイル 240 に電力を受電させてもよい。

10

【0065】

この場合においても、図 11 および図 12 に示す例と同様に、二次共振コイル 110 および一次共振コイル 240 が相対的に位置ずれしたとしても、二次共振コイル 110 と近接場 NF1 と交差部分は、少なくとも 2 箇所以上となる。このため、蓄電装置 150 からの電力を給電装置 200 に送電する送電効率を高く維持することができる。

【0066】

また、図 11 および図 12 に示す例においては、二次共振コイル 110 および一次共振コイル 240 のいずれにおいても、複数の単位コイルを備えた共振コイルを採用した例について説明したが、二次共振コイル 110 および一次共振コイル 240 の一方を複数の単位コイルを備えた共振コイルとしてもよい。

20

【0067】

図 14 は、二次共振コイルとして円形の共振コイルを採用した例を模式的に示す平面図である。この図 14 において、一点鎖線で示す二次共振コイル 252 が正常に位置決めされた状態における二次共振コイル 252 であり、実線で示す二次共振コイル 252 は、正常に位置決めされた位置から位置ずれした二次共振コイル 252 を示す。

【0068】

この図 14 から明らかなように、実線で示された二次共振コイル 252 と、近接場 NF2 との交差部分は、少なくとも 2 箇所以上であることは明らかである。このため、この図 14 に示す例においても、共振コイルが相対的に位置ずれしたとしても、高い受電効率および送電効率を維持することができることが分かる。

30

【0069】

図 15 は、図 1、図 10 および図 12 に示す電力給電システムにおいて、伝送効率をシミュレーションした結果を示すグラフである。図 16 は、図 13 に示す電力給電システムにおいて、伝送効率をシミュレーションした結果を示すグラフである。

【0070】

なお、図 12 に示す二次共振コイル 110 の縦寸法および横寸法を  $L_1$  とし、一次共振コイル 240 を二次共振コイル 110 と同一の形状とする。図 12 に示す  $L_2$  の大きさは、たとえば、 $L_1$  を 1 (m) 程度とするときには、1 (mm) 程度とする。そして、図 13 において、二次共振コイル 251 および一次共振コイル 250 の直径を  $L_1$  とする。

40

【0071】

なお、シミュレーションソフトとしては、FEKO ( (3次元電磁界解析シミュレータ) : EMS S社製) を採用した。

【0072】

図 15 および図 16 において、横軸は、「x」方向の位置ずれ量「 $d_x$ 」を示し、縦軸は、「y」方向の位置ずれ量「 $d_y$ 」を示す。そして、図 10 に示すように、一次共振コイルおよび二次共振コイルの高さ方向 (図 10 中の「z」方向) の距離「 $d_z$ 」は、いずれも一定 (たとえば、0.2 m) としている。なお、図 13 における一次共振コイル 250 および二次共振コイル 251 の高さ方向の距離と、図 12 および図 10 に示す二次共振コイル 110 および一次共振コイル 240 の高さ方向の距離は一致させている。

50

## 【 0 0 7 3 】

図 1 5 および図 1 6 において、領域 R 1 が最も伝送効率の高い領域を示し、領域 R 2、領域 R 3、領域 R 4 および領域 R 5 となるにしたがって伝送効率が低下することを示す。ここで、図 1 5 および図 1 6 から明らかなように、図 1 5 に示す領域 R 1 の方が、図 1 6 に示す領域 R 1 よりも面積が大きいことが分かる。

## 【 0 0 7 4 】

このため、図 1 0 および図 1 2 に示す電力給電システムの方が位置ずれしたとしても、高い給電効率を維持することができることがわかる。

## 【 0 0 7 5 】

なお、上述の例においては、単位コイルの形状として、円形状または円形に近い形状を採用した例について説明したが、単位コイルの形状についてはこれに限られない。

10

## 【 0 0 7 6 】

たとえば、図 1 7 は、二次共振コイル 1 1 0 および一次共振コイル 2 4 0 の変形例を模式的に示す斜視図である。この図 1 7 に示す例においては、二次共振コイル 1 1 0 の単位コイル 1 1 1 ~ 1 1 4 を方形形状とし、一次共振コイル 2 4 0 の単位コイル 2 4 1 ~ 2 4 4 も同様に方形形状としている。たとえば、各単位コイル 1 1 1 ~ 1 1 4、2 4 1 ~ 2 4 4 は一辺の長さが等しい正方形形状とされている。

## 【 0 0 7 7 】

図 1 8 は、図 1 3 に示す比較例としての給電システムを模式的に示す斜視図である。

図 1 9 は、図 1 7 に示す電力給電システムの伝送効率を示すグラフであり、図 2 0 は、図 1 8 に示す伝送効率を示すグラフである。

20

## 【 0 0 7 8 】

図 2 0 に示すグラフは、図 1 8 に示す一次共振コイル 2 5 0 および二次共振コイル 2 5 1 の直径  $L_1$  を 1 (m)、一次共振コイル 2 5 0 および二次共振コイル 2 5 1 の高さ方向の距離 ( $d_z$ ) を 0.145 (m) としたときの伝送効率を示す。

## 【 0 0 7 9 】

そして、図 1 9 に示す領域 R 1 および領域 R 2 などの伝送効率が高い領域と、図 2 0 に示す領域 R 1 および領域 R 2 などの伝送効率が高い領域とが同じ位置となるように、図 1 7 に示す長さ  $L_3$  を調整した結果、 $L_3$  を 0.8 (m) とすることで図 1 9 に示す伝送効率の高い領域を図 2 0 に示す伝送効率の高い領域に一致させることができた。

30

## 【 0 0 8 0 】

一辺の長さ  $L_3$  が 0.8 (m) とされた二次共振コイル 1 1 0 は、図 1 8 に示す直径  $L_1$  を 1 (m) とした二次共振コイル 2 5 1 よりもコンパクトなものとなっている。このように、伝送効率を一致させたときには、複数の単位コイルを含む共振コイルを採用した方が共振コイルのコンパクト化を図ることができることがわかった。

## 【 0 0 8 1 】

図 2 1 は、車両 1 0 0 に複数の単位コイルを含む二次共振コイル 1 1 0 を採用し、一次共振コイル 2 4 0 に円形コイルを採用した例を模式的に示す模式図である。

## 【 0 0 8 2 】

この図 2 1 に示すように、複数の単位コイルを含む二次共振コイル 1 1 0 を車両 1 0 0 に搭載することで、コイルユニット 1 0 1 のコンパクト化を図ることができ、車両 1 0 0 の居住空間を広く確保することができる。

40

## 【 0 0 8 3 】

さらに、車両 1 0 0 側に複数の単位コイルを含む二次共振コイル 1 1 0 を採用することで、コイルユニット 2 0 1 に搭載する一次共振コイル 2 4 0 として、円形コイルや複数の単位コイルを含むコイル等を採用することができ、コイルユニット 2 0 1 の設計の自由度を確保することができる。

## 【 0 0 8 4 】

図 2 2 は、複数の単位コイルを含む一次共振コイル 2 4 0 をコイルユニット 2 0 1 に搭載し、円形コイルを二次共振コイル 1 1 0 として車両 1 0 0 に搭載した例を模式的に示す

50

模式図である。

【 0 0 8 5 】

この図 2 2 に示す例においては、円形コイルを二次共振コイル 1 1 0 として採用することで、二次共振コイル 1 1 0 の軽量化を図ることができる。特に、二次共振コイル 1 1 0 として円形コイルを採用することで、二次共振コイル 1 1 0 を支持するボビンの構造を簡易なものとすることができ、コイルユニット 1 0 1 のコンパクト化を図ることができる。コイルユニット 1 0 1 のコンパクト化を図ることで、車両 1 0 0 の居住空間を広く確保することができる。

【 0 0 8 6 】

図 2 3 は、複数の単位コイルを含む二次共振コイル 1 1 0 を搭載したときの状態を模式的に示す車両の一部平面図である。図 2 3 に示すように、単位コイル 1 1 1 ~ 1 1 4 は、車両 1 0 0 の幅方向中央部を通り、前後方向に延びる仮想中心線 O 3 に対して対称となるように配置されている。図 2 3 に示す状態においては、二次共振コイル 1 1 0 は、一次共振コイル 2 4 0 に対して、右側に位置ずれしている。

10

【 0 0 8 7 】

図 2 4 に示す状態では、二次共振コイル 1 1 0 は、一次共振コイル 2 4 0 に対して左側に位置ずれしている。ここで、図 2 3 に示す状態における二次共振コイル 1 1 0 と近接場 N F 2 との交差部分と、図 2 4 に示す状態における二次共振コイル 1 1 0 と近接場 N F 2 との交差部分とは、左右対称となっている。このため、図 2 3 における一次共振コイル 2 4 0 および二次共振コイル 1 1 0 の間の給電効率と、図 2 4 における一次共振コイル 2 4 0 および二次共振コイル 1 1 0 の給電効率とは一致する。

20

【 0 0 8 8 】

このため、一次共振コイル 2 4 0 に対して二次共振コイル 1 1 0 が右側に位置ずれした場合と、左側に位置ずれした場合とで、給電効率に差が生じることを抑制することができる。

【 0 0 8 9 】

図 2 5 に示すように、単位コイル 1 1 1 ~ 1 1 4 は、車両 1 0 0 の幅方向に延びる仮想中心線 O 4 に対して対称となるように配置されている。図 2 5 に示す状態では、二次共振コイル 1 1 0 は一次共振コイル 2 4 0 より後方側に位置ずれしている。図 2 6 に示す状態では、二次共振コイル 1 1 0 は一次共振コイル 2 4 0 の前方側に位置ずれしている。

30

【 0 0 9 0 】

ここで、単位コイル 1 1 1 ~ 1 1 4 は、仮想中心線 O 4 に対して対称に配置されているため、図 2 5 に示す二次共振コイル 1 1 0 および一次共振コイル 2 4 0 の間の給電効率と、図 2 6 に示す二次共振コイル 1 1 0 および一次共振コイル 2 4 0 との間の給電効率とは、一致する。

【 0 0 9 1 】

単位コイル 1 1 1 ~ 1 1 4 は、上述のように、仮想中心線 O 3 , O 4 に対して対称となるように配置されているため、図 2 3 から図 2 6 に示すように、二次共振コイル 1 1 0 が一次共振コイル 2 4 0 に対して右側に位置ずれした場合と、左側に位置ずれした場合と、前側に位置ずれした場合と、後ろ側に位置ずれした場合とのいずれにおいても、二次共振コイル 1 1 0 および近接場 N F 2 の重なり態様は一致する。

40

【 0 0 9 2 】

この結果、二次共振コイル 1 1 0 が一次共振コイル 2 4 0 に対して前後左右のいずれの方向に位置ずれした場合においても、給電効率が位置ずれ方向によって大きく異なることを抑制することができる。

【 0 0 9 3 】

なお、車両 1 0 0 における二次共振コイル 1 1 0 の搭載態様としては、上記図 2 3 等のような例に限られない。たとえば、図 2 7 に示すような搭載態様であってもよい。

【 0 0 9 4 】

この図 2 7 に示す例においては、単位コイル 1 1 1 および単位コイル 1 1 3 は仮想中心

50

線O3上に配列し、二次共振コイル110および単位コイル114は仮想中心線O4に配列している。この図27に示す搭載態様によれば、各斜め方向（右前方向、右後方向、左前方向、左後方向など）に位置ずれしたとしても、各位置ずれ方向によって給電効率が著しくことなることを抑制することができる。

【0095】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【産業上の利用可能性】

10

【0096】

本発明は、本発明は、コイルユニット、非接触電力送電装置、非接触電力受電装置、車両および非接触電力給電システムに適用することができる。

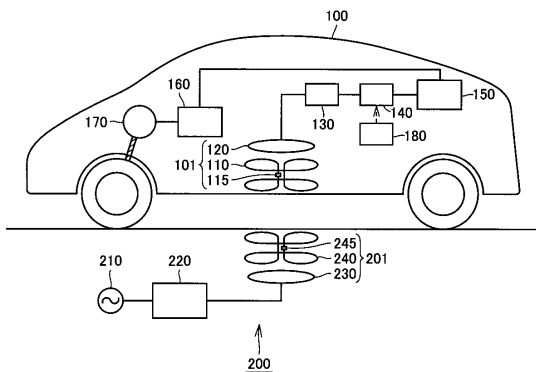
【符号の説明】

【0097】

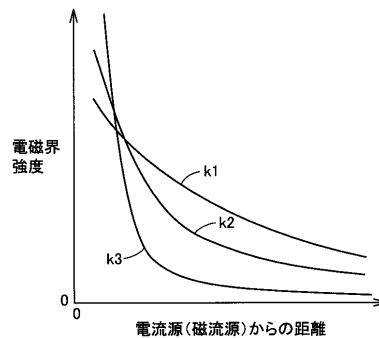
100 車両、101, 201 コイルユニット、110, 251, 252, 340 二次共振コイル、111, 112, 113, 114, 241, 242, 243, 244 単位コイル、115, 245 キャパシタ、120, 350 二次電磁誘導コイル、130 整流器、140 コンバータ、150 蓄電装置、170 モータ、200 給電装置、210 交流電源、220 高周波電力ドライバ、230 一次電磁誘導コイル、240 一次共振コイル、310 高周波電源、NF1, NF2, NF3 近接場、UNF1, UNF2, UNF3, UNF4, UNF5, UNF6, UNF7, UNF8 単位近接場。

20

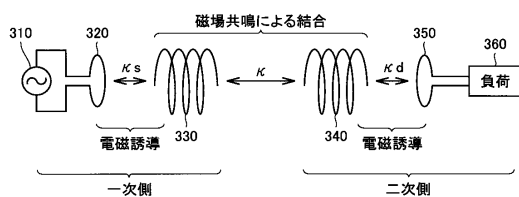
【図1】



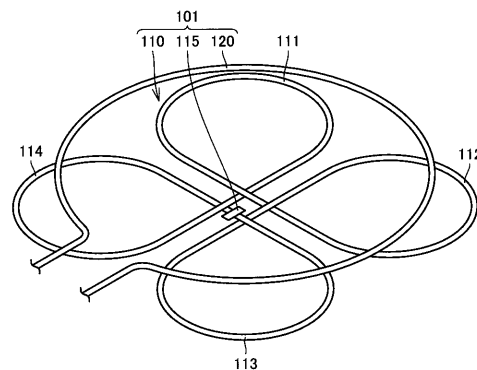
【図3】



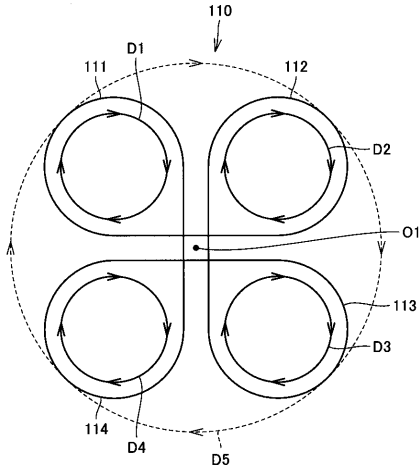
【図2】



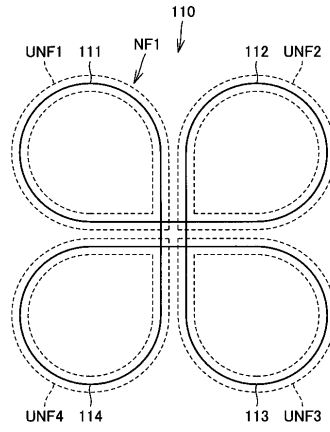
【図4】



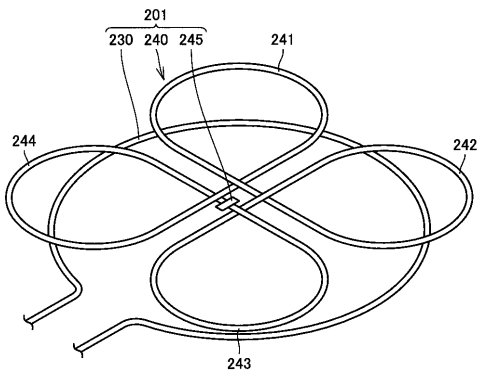
【 図 5 】



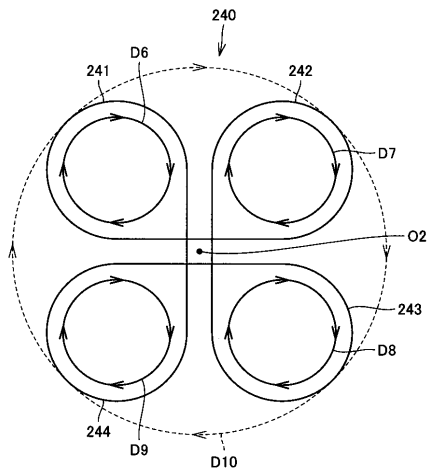
【 図 6 】



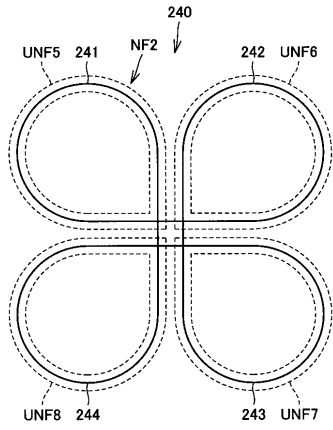
【 図 7 】



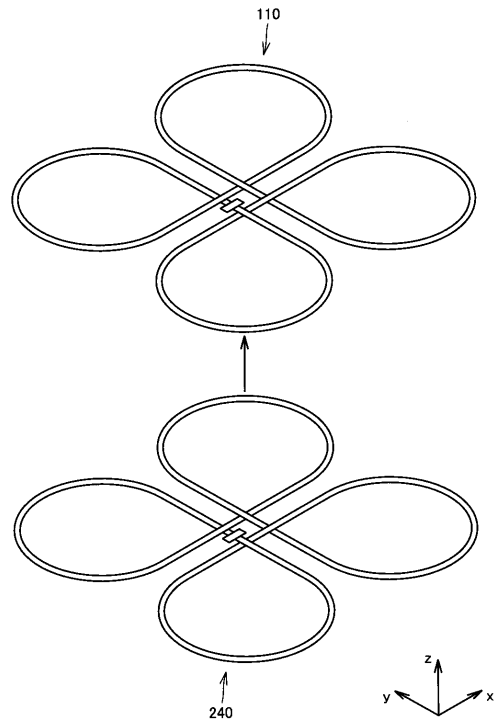
【 図 8 】



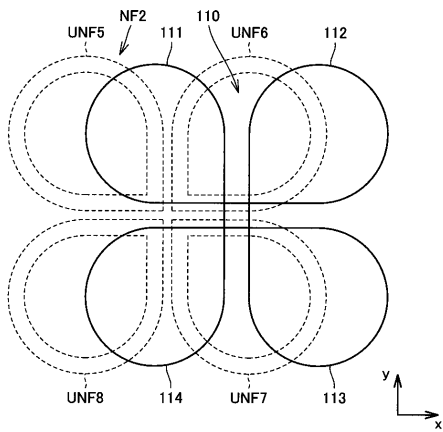
【 9 】



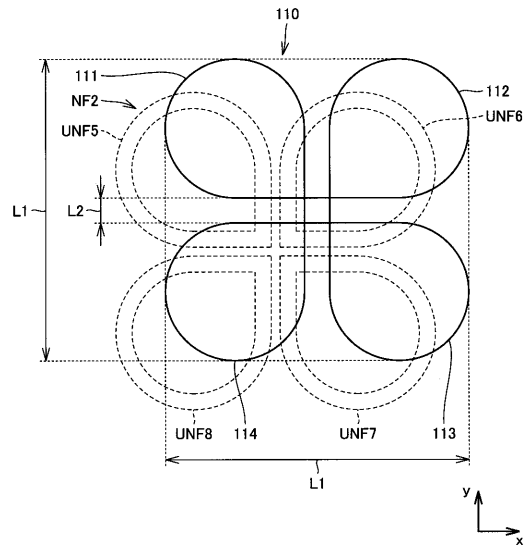
【 10 】



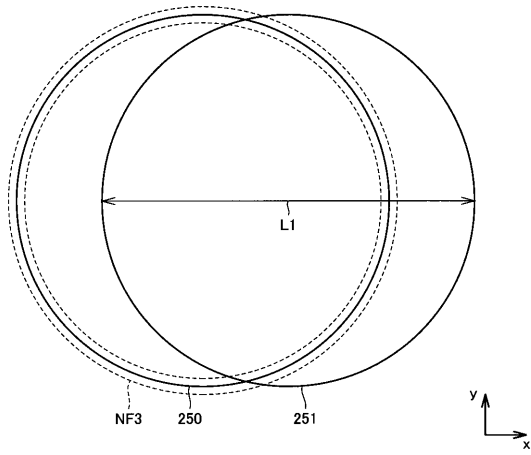
【 11 】



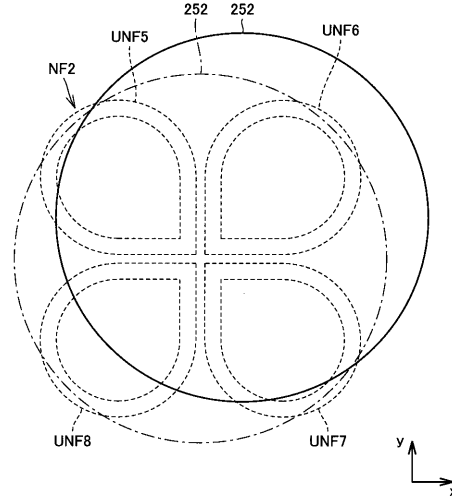
【 12 】



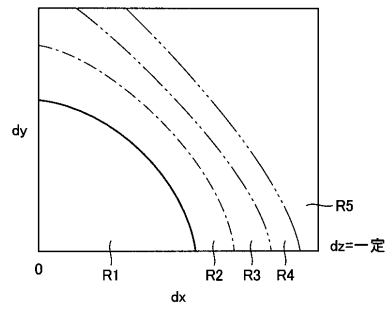
【図 13】



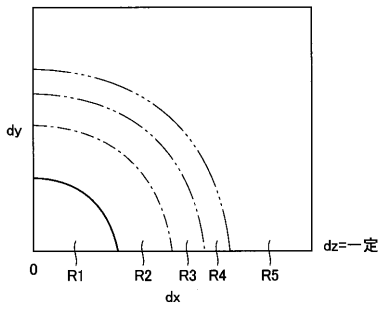
【図 14】



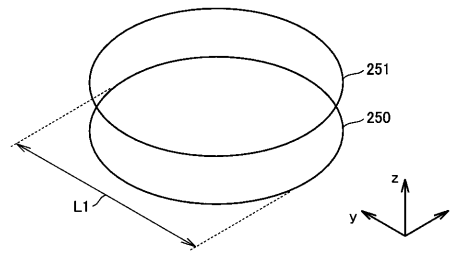
【図 15】



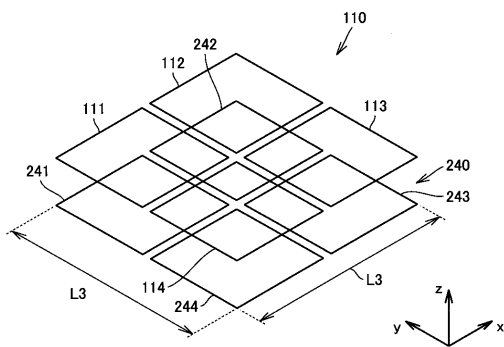
【図 16】



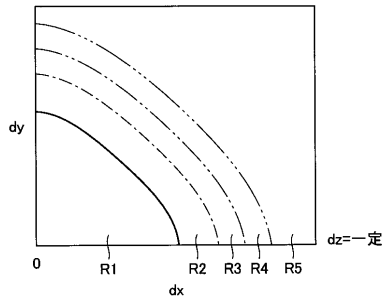
【図 18】



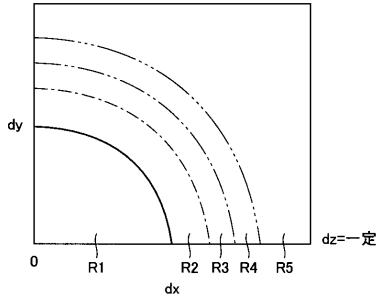
【図 17】



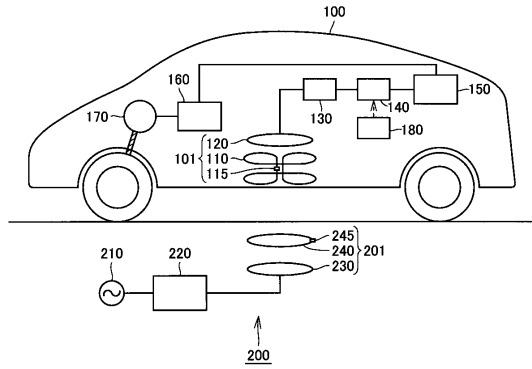
【図 19】



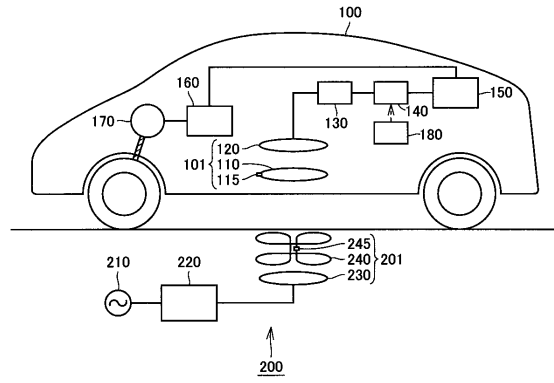
【図 20】



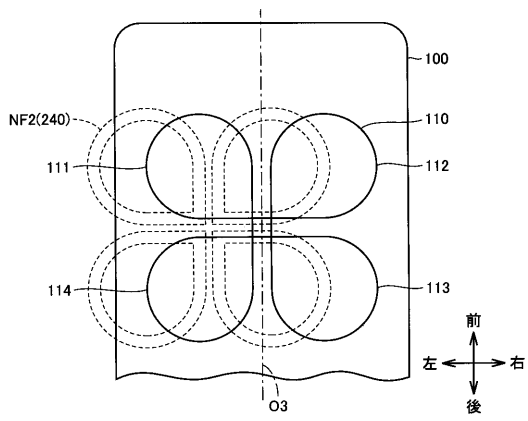
【図 21】



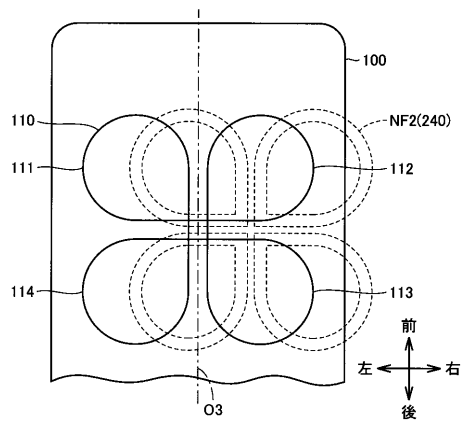
【図 22】



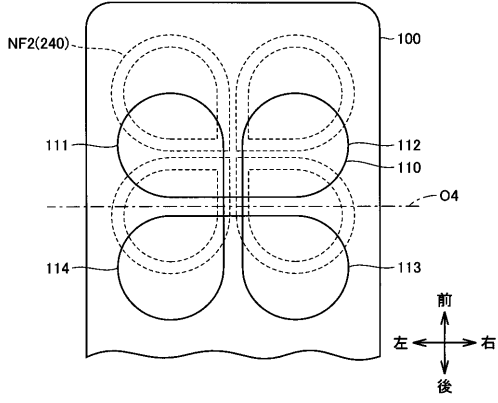
【図 23】



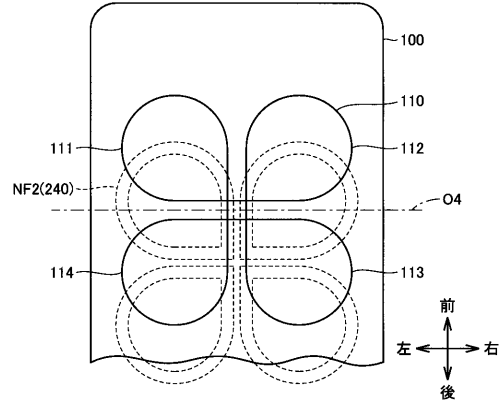
【図 24】



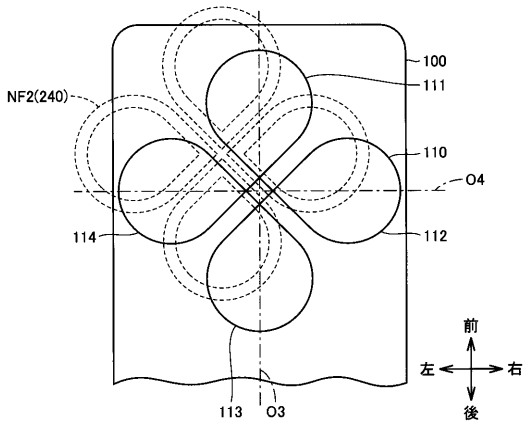
【 図 2 5 】



【 図 2 6 】



【 図 2 7 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 菊間 信良

愛知県名古屋市昭和区御器所町字木市29番 国立大学法人名古屋工業大学内

(72)発明者 門井 優文

愛知県名古屋市昭和区御器所町字木市29番 国立大学法人名古屋工業大学内

審査官 松尾 俊介

(56)参考文献 特開2009-106136(JP,A)

特開平11-032452(JP,A)

特開2011-205757(JP,A)

特開2011-229360(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02J 17/00

B60L 5/00

B60L 11/18

B60M 7/00