

【書類名】 特許願  
【整理番号】 99P19837  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H02J 17/00  
H01F 38/14

【発明者】  
【住所又は居所】 東京都港区芝浦三丁目 9 番 1 号 T D K 株式会社内  
【氏名】 千代 憲隆

【発明者】  
【住所又は居所】 東京都港区芝浦三丁目 9 番 1 号 T D K 株式会社内  
【氏名】 西山 哲哉

【発明者】  
【住所又は居所】 東京都港区芝浦三丁目 9 番 1 号 T D K 株式会社内  
【氏名】 寺崎 泰弘

【発明者】  
【住所又は居所】 東京都港区芝浦三丁目 9 番 1 号 T D K 株式会社内  
【氏名】 鈴木 満成

【特許出願人】  
【識別番号】 000003067  
【氏名又は名称】 T D K 株式会社  
【代表者】 上釜 健宏

【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 005153  
【納付金額】 15,000円

【提出物件の目録】  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 特許請求の範囲 1  
【物件名】 要約書 1  
【物件名】 図面 1

【書類名】明細書

【発明の名称】コイルユニットおよびワイヤレス電力伝送装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、コイルユニットおよびワイヤレス電力伝送装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、ケーブル等の機械的接触なしで電力を送電するために、相対させた1次（送電）コイルと2次（受電）コイルの間の電磁誘導作用を利用したワイヤレス電力伝送技術が注目されており、電気自動車（EV:Electric Vehicle）やプラグインハイブリッド車（PHEV:Plug-in Hybrid Electric Vehicle）に搭載された二次電池を充電するための給電装置としての利用の拡大が見込まれている。

【0003】

ところで、ワイヤレス電力伝送技術を電気自動車等への電力の給電装置として適用した場合、地面等に設置された送電コイルと電気自動車等に搭載された受電コイルの位置関係は必ずしも一定とはならないことが想定される。このように、送電コイルと受電コイルの位置ずれが生じた場合には、コイル間の磁気的な結合が著しく低下し、その結果、電力伝送効率が低下してしまうことが問題であった。

【0004】

これに対して、特許文献1では、平面上に間隔を空けて配置された複数のコアを用いた非接触給電装置の技術が提案されている。特許文献1に記載された非接触給電装置では、複数のコアが間隙を寸法に含めた、拡大された大きさのコアとして作用することから、位置ずれに対して強くなることが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2010-172084号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献1に開示された技術では、複数のコアを平面上に間隔を空けて配置しており、複数のコアに巻線が螺旋状に巻回されたコイルを用いることで、電力伝送効率を高くすることができる。しかしながら、コアに巻線が螺旋状に巻回されたコイルの場合、コイルから離れた場所に周回する磁束が発生し易くなることから、コイルから離れた場所に不要な漏洩磁界が形成され易くなることが問題であった。特に、ワイヤレス電力伝送技術を電気自動車等のパワーエレクトロニクス装置における充電装置へ適応した場合においては、大電力伝送が要求されるためにコイルに大電流を流す必要があることから、コイルから離れた場所に形成される漏洩磁界強度も高くなり、周囲の電子機器等に悪影響を及ぼす電磁波障害が生じる虞があった。

【0007】

そこで、本発明は上記問題に鑑みてなされたものであり、電力伝送効率の低下を抑制しつつ、コイルユニットから離れた場所に形成される不要な漏洩磁界を低減することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明に係るコイルユニットは、送電側から受電側へのワイヤレス電力伝送用のコイルユニットであって、巻線が螺旋状に巻回されたコイルと、コイル軸に沿って配置される非磁性の導体板と、磁性体と、を備え、磁性体は、コイルの軸方向における導体板の一方の外輪郭よりも外側に位置する第1の部分と、コイルの軸方向における導体板の他方の外輪

郭よりも外側に位置する第2の部分の有し、第1および第2の部分は、コイルの軸方向から見て、導体板のコイルと対向する側とは反対側に位置していることを特徴とする。

【0009】

本発明によれば、磁性体が、コイルの軸方向における導体板の一方の外輪郭よりも外側に位置する第1の部分と、コイルの軸方向における導体板の他方の外輪郭よりも外側に位置する第2の部分の有することによって、磁気抵抗が低い磁路が形成される。すなわち、コイルユニットから離れた場所にまで大きく周回する磁路の磁気抵抗に比べ、磁性体を通過する磁路の磁気抵抗が小さくなる。したがって、磁束は磁性体を通過する磁路を形成し易くなるとともに、磁束はコイルユニットから離れた場所にまで大きく周回する磁路を形成し難くなる。その結果、コイルユニットから離れた場所の磁束密度が低くなるので、コイルユニットから離れた場所に形成される不要な漏洩磁界強度が低下する。さらに、コイル軸に沿って配置される非磁性の導体板により、コイルと磁性体の磁気的な結合が高くなり過ぎることが抑制されるので、ワイヤレス電力伝送において送電側と受電側の顕著な磁気的結合の低下を防ぐことができ、その結果、電力伝送効率の低下が抑制される。

【0010】

好ましくは、磁性体は第1の部分と第2の部分との間に位置する第3の部分をさらに備え、第1および第2の部分の透磁率の虚数成分値は、第3の部分の透磁率の虚数成分値よりも小さいとよい。すなわち、磁性体の第1および第2の部分は透磁率の虚数成分値が小さいので、第1および第2の部分の磁束密度が高くなった場合でも、第1および第2の部分における損失および発熱は小さい。したがって、コイルユニットが位置ずれて、導体板の外輪郭よりも外側に位置する第1または第2の部分の磁束密度が局所的に高くなっても、第1および第2の部分における損失および発熱を抑制できる。

【0011】

本発明に係るワイヤレス電力伝送装置は、送電コイルと受電コイルユニットとが対向することによりワイヤレスにて電力が伝送されるワイヤレス電力伝送装置であって、磁性コアに巻線が巻回された送電コイルと、上記コイルユニットからなる受電コイルユニットと、を備え、受電コイルユニットの導体板の外輪郭は、送電コイルと受電コイルユニットとの対向方向から見て、送電コイルの磁性コアの外輪郭よりも外側に位置していることを特徴とする。

【0012】

本発明によれば、導体板によって、送電コイルと磁性体の磁気的な結合が高くなり過ぎることがより効果的に抑制され、送電コイルが発生する磁束のうち、受電コイルに鎖交しない磁束が、選択的に磁性体を通過する磁路を形成することとなる。その結果、電力伝送効率の低下を抑制しつつ、漏洩磁界を低減する効果がより一層高くなる。

【0013】

本発明に係るワイヤレス電力伝送装置は、第1および第2の送電コイルと受電コイルユニットとが対向することによりワイヤレスにて電力が伝送されるワイヤレス電力伝送装置であって、電流が流れたときに発生する磁界の向きが互いに逆向きとなる、並置された第1および第2の送電コイルと、第1および第2の送電コイルの並び方向に沿って配置される磁性コアと、上記コイルユニットからなる受電コイルユニットと、を備え、受電コイルユニットの導体板の外輪郭は、第1および第2の送電コイルと受電コイルユニットとの対向方向から見て、第1および第2の送電コイルの磁性コアの外輪郭よりも外側に位置していることを特徴とする。

【0014】

本発明によれば、導体板によって、第1および第2の送電コイルと磁性体の磁気的な結合が高くなり過ぎることがより効果的に抑制され、第1および第2の送電コイルが発生する磁束のうち、受電コイルに鎖交しない磁束が、選択的に磁性体を通過する磁路を形成することとなる。その結果、電力伝送効率の低下を抑制しつつ、漏洩磁界を低減する効果がより一層高くなる。

【0015】

本発明に係るワイヤレス電力伝送装置は、送電コイルユニットと受電コイルとが対向することによりワイヤレスにて電力が伝送されるワイヤレス電力伝送装置であって、上記コイルユニットからなる送電コイルユニットと、受電コイルと、を備え、送電コイルユニットのコイルは、磁性コアを有し、送電コイルユニットの導体板の外輪郭は、送電コイルユニットと受電コイルとの対向方向から見て、磁性コアの外輪郭よりも外側に位置していることを特徴とする。

#### 【0016】

本発明によれば、導体板によって、送電コイルユニットが備えるコイルと磁性体の磁気的な結合が高くなり過ぎることがより効果的に抑制され、送電コイルユニットが備えるコイルが発生する磁束のうち、受電コイルに鎖交しない磁束が、選択的に磁性体を通過する磁路を形成することとなる。その結果、電力伝送効率の低下を抑制しつつ、漏洩磁界を低減する効果がより一層高くなる。

#### 【発明の効果】

#### 【0017】

以上のように、本発明によれば、電力伝送効率の低下を抑制しつつ、離れた場所に形成される不要な漏洩磁界を低減できるコイルユニットの提供が可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0018】

【図1】本発明の第1実施形態に係るワイヤレス電力伝送装置を負荷とともに示すシステム構成図である。

【図2】本発明の第1実施形態に係るワイヤレス電力伝送装置における送電コイルと受電コイルユニットを示す模式断面図である。

【図3】本発明の第2実施形態に係る受電コイルユニットを第1および第2の送電コイルと第1および第2の送電コイルの磁性コアとともに示す断面図において、第1および第2の送電コイルが発生する磁束を模式的に示した図である。

【図4】本発明の第3実施形態に係る送電コイルユニットを受電コイルとともに示す断面図において、送電コイルが発生する磁束を模式的に示した図である。

【図5】本発明の第4実施形態に係る受電コイルユニットを送電コイルとともに示す断面図において、送電コイルが発生する磁束を模式的に示した図である。

【図6】図5において、受電コイルユニットと送電コイルに位置ずれが生じた場合に、送電コイルが発生する磁束を模式的に示した図である。

【図7】比較例の受電コイルと送電コイルの断面図である。

【図8】実施例1，2と比較例の漏洩磁界強度及び電力伝送効率の測定結果である。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0019】

本発明を実施するための形態（実施形態）につき、図面を参照しつつ詳細に説明する。なお、説明において、同一要素又は同一機能を有する要素には、同一符号を用いることとし、重複する説明は省略する。

#### 【0020】

##### （第1実施形態）

まず、図1および図2を参照して、本発明の第1実施形態に係るワイヤレス電力伝送装置S1の全体構成について説明する。なお、本実施形態では、本発明に係るコイルユニットをワイヤレス電力伝送装置における受電コイルユニットに適用した例について説明する。図1は、本発明の第1実施形態に係るワイヤレス電力伝送装置を負荷とともに示すシステム構成図である。図2は、本発明の第1実施形態に係るワイヤレス電力伝送装置における送電コイルと受電コイルユニットを示す模式断面図である。なお、図2中、送電コイルL<sub>t</sub>が発生する磁束を模式的に示しており、送電コイルL<sub>t</sub>および受電コイルL<sub>r</sub>の磁性コアC<sub>t</sub>、C<sub>r</sub>と、磁性体F<sub>a</sub>の中における磁束の図示は省略している。また、図2では、送電コイルL<sub>t</sub>が発生する磁束のうち、代表的なものとして、受電コイルL<sub>r</sub>に鎖交する磁束B<sub>t1</sub>と、受電コイルユニットL<sub>r</sub>u1から離れた場所にまで大きく周回する磁束

B n 1 と、磁性体 F a を通過する磁束 B f 1 を示している。

【0021】

ワイヤレス電力伝送装置 S 1 は、図 1 に示されるように、ワイヤレス送電装置 U t 1 と、ワイヤレス受電装置 U r 1 と、を有する。

【0022】

ワイヤレス送電装置 U t 1 は、電源 P W と、インバータ I N V と、送電コイル L t と、を有する。ワイヤレス受電装置 U r 1 は、受電コイルユニット L r u 1 と、整流回路 D B と、を有する。

【0023】

まず、ワイヤレス送電装置 U t 1 の構成について説明する。電源 P W は、直流電力を後述するインバータ I N V に供給する。電源 P W としては、直流電力を出力するものであれば特に制限されず、商用交流電源を整流・平滑した直流電源、二次電池、太陽光発電した直流電源、あるいはスイッチングコンバータ等のスイッチング電源装置などが挙げられる。

【0024】

インバータ I N V は、電源 P W から供給される入力直流電力を交流電力に変換する機能を有している。本実施形態では、インバータ I N V は、電源 P W から供給される入力直流電力を交流電力に変換し、後述する送電コイル L t に供給する。インバータ I N V としては、複数のスイッチング素子がブリッジ接続されたスイッチング回路から構成される。このスイッチング回路を構成するスイッチング素子としては、例えば M O S - F E T ( M e t a l O x i d e S e m i c o n d u c t o r - F i e l d E f f e c t T r a n s i s t o r ) や I B G T ( I n s u l a t e d G a t e B i p o l a r T r a n s i s t o r ) などの素子が挙げられる。

【0025】

送電コイル L t は、図 2 に示されるように、磁性コア C t と巻線 W t を備えている。送電コイル L t は、螺旋状に巻回されるソレノイドコイルであり、板状または棒状の磁性コア C t に銅やアルミニウム等のリッツ線から構成される巻線 W t を巻回して形成されている。送電コイル L t の軸方向は、送電コイル L t と後述する受電コイルユニット L r u 1 との対向方向に対して直交している。送電コイル L t の巻数は、後述する受電コイル L r との間の離間距離や所望の電力伝送効率などに基づいて適宜設定される。なお、本実施形態に係るワイヤレス電力伝送装置 S 1 を電気自動車などの車両への給電設備に適用した場合、送電コイル L t は、地中または地面近傍に配設されることとなる。

【0026】

次に、ワイヤレス受電装置 U r 1 の構成について説明する。受電コイルユニット L r u 1 は、送電コイル L t から送電された交流電力を受電する機能を有する。なお、本実施形態に係るワイヤレス電力伝送装置 S 1 を電気自動車などの車両への給電設備に適用した場合、受電コイルユニット L r u 1 は、車両下部に搭載されることとなる。受電コイルユニット L r u 1 は、受電コイル L r と、導体板 S a と、磁性体 F a と、を備える。

【0027】

受電コイル L r は、図 2 に示されるように、磁性コア C r と巻線 W r を備えている。受電コイル L r は、螺旋状に巻回されるソレノイドコイルであり、板状または棒状の磁性コア C r に銅やアルミニウム等のリッツ線から構成される巻線 W r を巻回して形成されている。受電コイル L r の軸方向は、送電コイル L t と受電コイルユニット L r u 1 との対向方向に対して直交している。受電コイル L r の巻数は、送電コイル L t との間の離間距離や所望の電力伝送効率などに基づいて適宜設定される。

【0028】

導体板 S a は、受電コイル L r の軸に沿って配置される。具体的に、導体板 S a は、受電コイル L r の送電コイル L t と対向する面とは反対側の面に沿って、受電コイル L r の軸と平行に配置されている。この導体板 S a は、送電コイル L t または受電コイル L r と後述する磁性体 F a の磁気的な結合が高くなり過ぎることを防ぐための電磁シールド材と

して機能する。具体的には、導体板  $S_a$  は、誘導電流、渦電流などにより磁界を打消して、磁束の通過を抑制するシールド材として機能する。したがって、導体版  $S_a$  としては、表面が電磁シールド材として機能する非磁性の導体であれば特に制限されず、アルミニウムや銅、あるいは表面に亜鉛メッキを施した鋼板等が挙げられる。本実施形態においては、送電コイル  $L_t$  と受電コイルユニット  $L_{ru1}$  の対向方向から見て、送電コイル  $L_t$  の中心点と受電コイルユニット  $L_{ru1}$  の中心点が重なる場合に、受電コイルユニット  $L_{ru1}$  の導体板  $S_a$  の外輪郭は、送電コイル  $L_t$  の磁性コア  $C_t$  の外輪郭よりも外側に位置している。そのため、導体板  $S_a$  によって、送電コイル  $L_t$  と後述する磁性体  $F_a$  の磁気的な結合が高くなり過ぎることがより効果的に抑制され、送電コイル  $L_t$  が発生する磁束のうち、受電コイル  $L_r$  に鎖交しない磁束が、選択的に後述する磁性体  $F_a$  を通過する磁路を形成することとなる。その結果、電力伝送効率の低下を抑制しつつ、漏洩磁界を低減する効果がより一層高くなる。

#### 【0029】

磁性体  $F_a$  は、導体板  $S_a$  の受電コイル  $L_r$  と対向する面とは反対面に沿って配置されている。また、磁性体  $F_a$  は、磁気抵抗の低い磁気回路を形成するために、比透磁率の高い材質で構成される。具体的には、磁性体  $F_a$  の比透磁率が 1 以上であれば、磁性体  $F_a$  の磁気抵抗率は周囲の空間に比べて低くなるので、磁性体  $F_a$  が磁気抵抗の低い磁気回路を形成して漏洩磁界を低減する効果が得られる。本実施形態においては、より効果的に漏洩磁界を低減するために、磁性体  $F_a$  は鉄やフェライト等の比較的比透磁率の高い材料を用いて構成されている。なお、本実施形態では、磁性体  $F_a$  は、1 枚の板から構成されているが、これに限られることなく、例えば数枚の板を分割して配置してもよい。いずれの場合においても、磁性体  $F_a$  により磁気抵抗の低い磁気回路を形成することができる。さらに、磁性体  $F_a$  は、磁性体で構成された車両下部付近に位置する車両構成部品で代用してもよい。

#### 【0030】

また、磁性体  $F_a$  は、受電コイル  $L_r$  の軸方向における導体板  $S_a$  の一方の外輪郭よりも外側に位置し、受電コイル  $L_r$  の軸方向から見て、導体板  $S_a$  の受電コイル  $L_r$  と対向する側とは反対側に位置する第 1 の部分  $F_{1A}$  を有する。すなわち、磁性体  $F_a$  は、受電コイル  $L_r$  の軸方向における導体板  $S_a$  の一方の外輪郭（図示左端）よりも外側（図示左側）に突き出ている。

#### 【0031】

またさらには、磁性体  $F_a$  は、受電コイル  $L_r$  の軸方向における導体板  $S_a$  の他方の外輪郭よりも外側に位置し、受電コイル  $L_r$  の軸方向から見て、導体板  $S_a$  の受電コイル  $L_r$  と対向する側とは反対側に位置する第 2 の部分  $F_{2A}$  を有する。すなわち、磁性体  $F_a$  は、受電コイル  $L_r$  の軸方向における導体板  $S_a$  の他方の外輪郭（図示右端）よりも外側（図示右側）に突き出ている。なお、受電コイル  $L_r$  の軸方向と直交する方向においては、磁性体  $F_a$  は、導体板  $S_a$  の外輪郭よりも外側に突き出てもよく、突き出ていなくてもよい。本実施形態においては、受電コイル  $L_r$  の軸方向と直交する方向において、導体板  $S_a$  の長さで磁性体  $F_a$  の長さは略等しくなっている。

#### 【0032】

整流回路  $DB$  は、受電コイル  $L_r$  が受電した交流電力を直流電力に整流する機能を有している。整流回路  $DB$  としては、ダイオードブリッジを用いた全波整流機能と、コンデンサ及び三端子レギュレータを用いた電力平滑化機能を備えた変換回路などが挙げられる。この整流回路  $DB$  により整流された直流電力は、負荷  $R$  に出力される。ここで、負荷  $R$  としては、本実施形態に係るワイヤレス電力伝送装置  $S_1$  を電気自動車などの車両への給電設備に適用した場合、車両が有する二次電池が挙げられる。

#### 【0033】

次に、図 2 を参照して、本実施形態における送電コイル  $L_t$  が発生する磁束と、不要な漏洩磁界の低減作用について詳細に説明する。

#### 【0034】

図2に示されるように、送電コイル $L_t$ は、受電コイル $L_r$ に鎖交する磁束 $B_{t1}$ を発生している。この磁束 $B_{t1}$ が受電コイル $L_r$ に鎖交することで、受電コイル $L_r$ の巻線 $W_r$ に起電力が生じる。そして、受電コイル $L_r$ に生じた電力は、整流回路 $DB$ によって整流され、負荷 $R$ に出力される。ここで、導体板 $S_a$ が受電コイル $L_r$ の送電コイル $L_t$ と対向する面とは反対側の面に沿って設置されているため、磁束 $B_{t1}$ が磁性体 $F_a$ を通過する磁路を形成してしまうことによる受電コイル $L_r$ に鎖交する磁束が減少することが抑制される。すなわち、導体板 $S_a$ によって、送電コイル $L_t$ または受電コイル $L_r$ と磁性体 $F_a$ の磁気的な結合が高くなり過ぎることが抑制され、送電コイル $L_t$ と受電コイル $L_r$ の顕著な磁気的結合の低下を防ぐことができる。その結果、電力伝送効率の低下が抑制される。特に、本実施形態においては、送電コイル $L_t$ と受電コイル $L_r$ との対向方向から見て、導体板 $S_a$ の外輪郭は送電コイル $L_t$ の磁性コア $C_t$ の外輪郭よりも外側に位置している。したがって、磁束 $B_{t1}$ が磁性体 $F_a$ を通過する磁路を形成してしまうことによる受電コイル $L_r$ に鎖交する磁束が減少することを効果的に抑制できる。すなわち、導体板 $S_a$ によって、送電コイル $L_t$ と磁性体 $F_a$ の磁気的な結合が高くなり過ぎることが効果的に抑制される。

#### 【0035】

一方、図2に示されるように、送電コイル $L_t$ は、受電コイル $L_r$ に鎖交せずに受電コイルユニット $L_{ru1}$ から離れた場所にまで大きく周回する磁束 $B_{n1}$ を発生している。この受電コイルユニット $L_{ru1}$ から離れた場所にまで大きく周回する磁束 $B_{n1}$ は、受電コイルユニット $L_{ru1}$ から離れた場所に不要な漏洩磁界を形成する。また、送電コイル $L_t$ は、受電コイル $L_r$ に鎖交せずに磁性体 $F_a$ を通過する磁束 $B_{f1}$ を発生している。この磁性体 $F_a$ を通過する磁束 $B_{f1}$ は、受電コイルユニット $L_{ru1}$ の近傍を周回するので、受電コイルユニット $L_{ru1}$ から離れた場所にまで周回する磁路を形成しない。

#### 【0036】

ここで、磁性体 $F_a$ の磁気抵抗率は、周囲の空間の磁気抵抗率に比べて小さいので、磁性体 $F_a$ を通過する磁路の磁気抵抗は、受電コイルユニット $L_{ru1}$ から離れた場所にまで大きく周回する磁路の磁気抵抗に比べて小さくなる。したがって、磁性体 $F_a$ を通過する磁束 $B_{f1}$ は多くなり、受電コイルユニット $L_{ru1}$ から離れた場所にまで大きく周回する磁束 $B_{n1}$ は少なくなる。その結果、受電コイルユニット $L_{ru1}$ から離れた場所にまで大きく周回する磁束 $B_{n1}$ が少ないので、受電コイルユニット $L_{ru1}$ から離れた場所における磁束密度は低く、受電コイルユニット $L_{ru1}$ から離れた場所の磁束密度によって示される不要な漏洩磁界の強度も低くなる。

#### 【0037】

また、磁性体 $F_a$ の第1および第2の部分 $F_{1A}$ 、 $F_{2A}$ は、導体板 $S_a$ の受電コイル $L_r$ 軸方向における両端の外側に位置するように配置されているので、送電コイル $L_t$ が発生する磁束のうち、受電コイル $L_r$ に鎖交しない磁束は、より磁性体 $F_a$ を通過する磁路を形成し易くなる。すなわち、第1および第2の部分 $F_{1A}$ 、 $F_{2A}$ は、磁性体 $F_a$ によって形成される磁路の磁気抵抗がより小さくなるように配置されている。したがって、より効果的に不要な漏洩磁界を低減することができる。

#### 【0038】

さらに、本実施形態においては、送電コイル $L_t$ と受電コイル $L_r$ との対向方向から見て、導体板 $S_a$ の外輪郭は、送電コイル $L_t$ の磁性コア $C_t$ の外輪郭よりも外側に位置している。したがって、受電コイル $L_r$ に鎖交する磁束 $B_{t1}$ が磁性体 $F_a$ を通過する磁路を形成することをより効果的に抑制できるとともに、受電コイル $L_r$ に鎖交しない磁束が、選択的に磁性体 $F_a$ を通過する磁路を形成することとなる。その結果、電力伝送効率の低下を抑制しつつ、漏洩磁界を低減する効果がより一層高くなる。

#### 【0039】

以上のように、本実施形態における受電コイルユニット $L_{ru1}$ では、磁性体 $F_a$ が、受電コイル $L_r$ の軸方向における導体板 $S_a$ の一方の外輪郭よりも外側に位置する第1の部分 $F_{1A}$ と、受電コイル $L_r$ の軸方向における導体板 $S_a$ の他方の外輪郭よりも外側に

位置する第2の部分F 2 Aを有することによって、磁気抵抗が低い磁路が形成される。すなわち、受電コイルユニットL r u 1から離れた場所にまで大きく周回する磁路の磁気抵抗に比べ、磁性体F aを通過する磁路の磁気抵抗が小さくなることで、受電コイルユニットL r u 1から離れた場所にまで大きく周回する磁束B n 1は少なくなり、その結果、受電コイルユニットL r u 1から離れた場所に形成される不要な漏洩磁界強度が低下する。さらに、受電コイルL rの軸に沿って配置される非磁性の導体板S aにより、送電コイルL tおよび受電コイルL rと磁性体F aの磁氣的な結合が高くなり過ぎることが抑制されるので、送電コイルL tと受電コイルL rの顕著な磁氣的結合の低下を防ぐことができ、その結果、電力伝送効率の低下が抑制される。

#### 【0040】

また、本実施形態における受電コイルユニットL r u 1においては、送電コイルL tと受電コイルL rとの対向方向から見て、導体板S aの外輪郭は、送電コイルL tの磁性コアC tの外輪郭よりも外側に位置している。したがって、導体板S aによって、送電コイルL tと磁性体F aの磁氣的な結合が高くなり過ぎることがより効果的に抑制され、送電コイルL tが発生する磁束のうち、受電コイルL rに鎖交しない磁束が、選択的に磁性体F aを通過する磁路を形成することとなる。その結果、電力伝送効率の低下を抑制しつつ、漏洩磁界を低減する効果がより一層高くなる。

#### 【0041】

##### (第2実施形態)

次に、図3を参照して、本発明の第2実施形態に係るワイヤレス電力伝送装置S 1 bについて説明する。図3は、本発明の第2実施形態に係る受電コイルユニットを第1および第2の送電コイルと第1および第2の送電コイルの磁性コアとともに示す断面図において、第1および第2の送電コイルが発生する磁束を模式的に示した図である。ただし、同図中、第1および第2の送電コイルL t a, L t bが発生する磁束を模式的に示しており、第1および第2の送電コイルL t a, L t bおよび受電コイルL rの磁性コアC t b, C rと、磁性体F aの中における磁束の図示は省略している。また、図3では、第1および第2の送電コイルL t a, L t bが発生する磁束のうち、代表的なものとして、受電コイルL rに鎖交する磁束B t 1 bと、受電コイルユニットL r u 1から離れた場所にまで大きく周回する磁束B n 1 bと、磁性体F aを通過する磁束B f 1 bを示している。

#### 【0042】

ワイヤレス電力伝送装置S 1 bは、ワイヤレス送電装置U t 1 bと、ワイヤレス受電装置U r 1 bと、を有する。さらに、ワイヤレス送電装置U t 1 bは、電源PWと、インバータINVと、第1および第2の送電コイルL t a, L t bと、磁性コアC t bと、を有する。また、ワイヤレス受電装置U r 1 bは、受電コイルユニットL r u 1と、整流回路DBと、を有する。

#### 【0043】

ここで、ワイヤレス電力伝送装置S 1 bの電源PWと、インバータINVと、受電コイルユニットL r u 1と、整流回路DBの構成は、第1実施形態に係るワイヤレス電力伝送装置S 1と同様である。ワイヤレス電力伝送装置S 1 bでは、送電コイルL tに代えて第1および第2の送電コイルL t a, L t bと、磁性コアC t bを備える点で、ワイヤレス電力伝送装置S 1と異なる。以下、ワイヤレス電力伝送装置S 1と異なる点を中心に説明する。

#### 【0044】

第1および第2の送電コイルL t a, L t bは同一平面上に並置されており、第1および第2の送電コイルL t a, L t bの軸はいずれも第1および第2の送電コイルL t a, L t bと受電コイルユニットL r u 1との対向方向に平行となっている。第1および第2の送電コイルL t a, L t bは銅やアルミニウム等のリッツ線から構成される巻線を平面上に巻回して形成されている。第1および第2の送電コイルL t a, L t bの巻数は、受電コイルユニットL r u 1との間の離間距離や所望の電力伝送効率などに基づいて適宜設定される。第1の送電コイルL t aと第2の送電コイルL t bは電氣的に直列に接続され



、第1および第2の送電コイル $L_{ta}$ 、 $L_{tb}$ はインバータINVに接続されている。第1および第2の送電コイル $L_{ta}$ 、 $L_{tb}$ と受電コイルユニット $L_{ru1}$ とが対向することによりワイヤレスにて電力が伝送される。

#### 【0045】

また、第1の送電コイル $L_{ta}$ と第2の送電コイル $L_{tb}$ は、電流が流れたときに発生する磁界の向きが互いに逆向きとなる。すなわち、第1の送電コイル $L_{ta}$ と第2の送電コイル $L_{tb}$ の巻回方向が同じ向きの場合は、第1の送電コイル $L_{ta}$ に流れる電流の方向と第2の送電コイル $L_{tb}$ に流れる電流の方向が互いに逆向きとなるように接続すればよい。あるいは、第1の送電コイル $L_{ta}$ と第2の送電コイル $L_{tb}$ の巻回方向が互いに逆向きの場合は、第1の送電コイル $L_{ta}$ に流れる電流の方向と第2の送電コイル $L_{tb}$ に流れる電流の方向が互いに同じ向きとなるように接続すればよい。このようにして、発生する磁界の向きを互いに逆向きとすることで、互いが発生する磁界によって、双方の送電コイル $L_{ta}$ 、 $L_{tb}$ を鎖交する磁路が効率良く形成される。

#### 【0046】

磁性コア $C_{tb}$ は、第1および第2の送電コイル $L_{ta}$ 、 $L_{tb}$ の受電コイルユニット $L_{ru1}$ と対向する側とは反対側に沿って配置されている。磁性コア $C_{tb}$ は、フェライト等の比較的比透磁率が高い材料を用いて構成されている。磁性コア $C_{tb}$ によって、第1および第2の送電コイル $L_{ta}$ 、 $L_{tb}$ のインダクタンスが高くなるとともに、第1の送電コイル $L_{ta}$ と第2の送電コイル $L_{tb}$ の磁氣的結合が高くなるので、効率良く磁束を発生させることができる。

#### 【0047】

磁性コア $C_{tb}$ の外輪郭は、第1および第2の送電コイル $L_{ta}$ 、 $L_{tb}$ と受電コイルユニット $L_{ru1}$ の対向方向から見て、磁性コア $C_{tb}$ の中心点と受電コイルユニット $L_{ru1}$ の中心点が重なる場合に、受電コイルユニット $L_{ru1}$ の導体板 $S_a$ の外輪郭よりも内側に位置している。すなわち、第1および第2の送電コイル $L_{ta}$ 、 $L_{tb}$ と受電コイルユニット $L_{ru1}$ の対向方向から見て、受電コイルユニット $L_{ru1}$ の導体板 $S_a$ の外輪郭は、磁性コア $C_{tb}$ の外輪郭よりも外側に位置している。そのため、導体板 $S_a$ によって、第1および第2の送電コイル $L_{ta}$ 、 $L_{tb}$ と磁性体 $F_a$ の磁氣的な結合が高くなり過ぎることがより効果的に抑制され、第1および第2の送電コイル $L_{ta}$ 、 $L_{tb}$ が発生する磁束のうち、受電コイル $L_r$ に鎖交しない磁束が、選択的に磁性体 $F_a$ を通過する磁路を形成することとなる。その結果、電力伝送効率の低下を抑制しつつ、漏洩磁界を低減する効果がより一層高くなる。

#### 【0048】

次に、図3を参照して、第1および第2の送電コイル $L_{ta}$ 、 $L_{tb}$ が発生する磁束と、不要な漏洩磁界の低減作用について詳細に説明する。

#### 【0049】

図3に示されるように、第1および第2の送電コイル $L_{ta}$ 、 $L_{tb}$ は、受電コイル $L_r$ に鎖交する磁束 $B_{t1b}$ を発生している。この磁束 $B_{t1}$ が受電コイル $L_r$ に鎖交することで、受電コイル $L_r$ に起電力が生じる。

#### 【0050】

一方、図3に示されるように、第1および第2の送電コイル $L_{ta}$ 、 $L_{tb}$ は、受電コイル $L_r$ に鎖交せずに受電コイルユニット $L_{ru1}$ から離れた場所にまで大きく周回する磁束 $B_{n1b}$ と、受電コイル $L_r$ に鎖交せずに磁性体 $F_a$ を通過する磁束 $B_{f1b}$ を発生している。ここで、周囲の空間に比べて透磁率の高い磁性体 $F_a$ によって、周囲の空間よりも磁気抵抗が低い磁路が形成されるので、受電コイルユニット $L_{ru1}$ から離れた場所にまで大きく周回する磁束 $B_{n1b}$ が減少し、受電コイルユニット $L_{ru1}$ から離れた場所に形成される不要な漏洩磁界を低減することができる。

#### 【0051】

ここで、受電コイルユニット $L_{ru1}$ において、導体板 $S_a$ が受電コイル $L_r$ の第1および第2の送電コイル $L_{ta}$ 、 $L_{tb}$ と対向する面とは反対側の面に沿って設置されてい

るため、磁束 $B_{t1b}$ が磁性体 $F_a$ を通過する磁路を形成してしまうことによる受電コイル $L_r$ に鎖交する磁束が減少することが抑制される。すなわち、導体板 $S_a$ によって、第1および第2の送電コイル $L_{ta}$ 、 $L_{tb}$ または受電コイル $L_r$ と磁性体 $F_a$ の磁気的な結合が高くなり過ぎることが抑制され、第1および第2の送電コイル $L_{ta}$ 、 $L_{tb}$ と受電コイル $L_r$ の顕著な磁気的結合の低下を防ぐことができる。その結果、電力伝送効率の低下が抑制される。

#### 【0052】

特に、本実施形態においては、導体板 $S_a$ の外輪郭は、第1および第2の送電コイル $L_{ta}$ 、 $L_{tb}$ と受電コイルユニット $L_{tu1}$ との対向方向から見て、第1および第2の送電コイル $L_{ta}$ 、 $L_{tb}$ の磁性コア $C_{tb}$ の外輪郭よりも外側に位置している。したがって、磁束 $B_{t1b}$ が磁性体 $F_a$ を通過する磁路を形成してしまうことによって、受電コイル $L_r$ に鎖交する磁束が減少することを効果的に抑制できる。すなわち、導体板 $S_a$ によって、第1および第2の送電コイル $L_{ta}$ 、 $L_{tb}$ と磁性体 $F_a$ の磁気的な結合が高くなり過ぎることが効果的に抑制される。

#### 【0053】

以上のように、本実施形態における受電コイルユニット $L_{ru1}$ においては、第1および第2の送電コイル $L_{ta}$ 、 $L_{tb}$ と受電コイル $L_r$ との対向方向から見て、導体板 $S_a$ の外輪郭は、第1および第2の送電コイル $L_{ta}$ 、 $L_{tb}$ の磁性コア $C_{tb}$ の外輪郭よりも外側に位置している。したがって、導体板 $S_a$ によって、第1および第2の送電コイル $L_{ta}$ 、 $L_{tb}$ と磁性体 $F_a$ の磁気的な結合が高くなり過ぎることがより効果的に抑制され、第1および第2の送電コイル $L_{ta}$ 、 $L_{tb}$ が発生する磁束のうち、受電コイル $L_r$ に鎖交しない磁束が、選択的に磁性体 $F_a$ を通過する磁路を形成することとなる。その結果、電力伝送効率の低下を抑制しつつ、漏洩磁界を低減する効果がより一層高くなる。

#### 【0054】

##### (第3実施形態)

次に、図4を参照して、本発明の第3実施形態に係るワイヤレス電力伝送装置 $S_2$ について説明する。なお、本実施形態では、本発明に係るコイルユニットをワイヤレス電力伝送装置における送電コイルユニットに適用した例について説明する。図4は、本発明の第3実施形態に係る送電コイルユニットを受電コイルとともに示す断面図において、送電コイルが発生する磁束を模式的に示した図である。ただし、同図中、送電コイル $L_t$ および受電コイル $L_r$ のコア $C_t$ 、 $C_r$ と、磁性体 $F_b$ の中における磁束の図示は省略している。また、図4では、送電コイル $L_t$ が発生する磁束のうち、代表的なものとして、受電コイル $L_r$ に鎖交する磁束 $B_{t2}$ と、送電コイルユニット $L_{tu1}$ から離れた場所にまで大きく周回する磁束 $B_{n2}$ と、磁性体 $F_b$ を通過する磁束 $B_{f2}$ を示している。

#### 【0055】

ワイヤレス電力伝送装置 $S_2$ は、ワイヤレス送電装置 $U_{t2}$ と、ワイヤレス受電装置 $U_{r2}$ と、を有する。ワイヤレス送電装置 $U_{t2}$ は、電源 $PW$ と、インバータ $INV$ と、送電コイルユニット $L_{tu1}$ と、を有し、ワイヤレス受電装置 $U_{r2}$ は、受電コイル $L_r$ と、整流回路 $DB$ と、を有する。ここで、電源 $PW$ とインバータ $INV$ と整流回路 $DB$ の構成は、第1実施形態に係るワイヤレス電力伝送装置 $S_1$ と同様である。本発明の第3実施形態に係るワイヤレス電力伝送装置 $S_2$ においては、送電コイル $L_t$ に代えて送電コイルユニット $L_{tu1}$ を備え、受電コイルユニット $L_{ru1}$ に代えて受電コイル $L_r$ を備える点で、第1実施形態と異なる。なお、本実施形態における受電コイル $L_r$ の構成は、第1実施形態に係る受電コイルユニット $L_{ru1}$ が備える受電コイル $L_r$ と同様である。すなわち、本実施形態における受電コイル $L_r$ は、第1実施形態における受電コイルユニット $L_{ru1}$ から導体板 $S_a$ と磁性体 $F_a$ を取り除いたものである。以下、第1実施形態と異なる点を中心に説明する。

#### 【0056】

まず、送電コイルユニット $L_{tu1}$ の構成について説明する。送電コイルユニット $L_{tu1}$ は、送電コイル $L_t$ と、導体板 $S_b$ と、磁性体 $F_b$ と、を備える。なお、送電コイル

L t と導体板 S b と磁性体 F b のそれぞれの構成は、第 1 実施形態におけるワイヤレス電力伝送装置 S 1 が備えるワイヤレス送電装置 U t 2 の送電コイル L t、および、第 1 実施形態に係る受電コイルユニット L r u 1 が備える導体板 S a、磁性体 F a と同様である。

【0057】

導体板 S b は、送電コイル L t の軸に沿って配置される。具体的に、導体板 S b は、送電コイル L t の受電コイル L r と対向する面とは反対側の面に沿って配置されており、送電コイルユニット L t u 1 と受電コイル L r との対向方向から見て、導体板 S b の外輪郭は、送電コイル L t の磁性コア C t の外輪郭よりも外側に位置している。そのため、導体板 S b によって、送電コイル L t と磁性体 F b の磁気的な結合が高くなり過ぎることがより効果的に抑制され、送電コイル L t が発生する磁束のうち、受電コイル L r に鎖交しない磁束が、選択的に磁性体 F b を通過する磁路を形成することとなる。その結果、電力伝送効率の低下を抑制しつつ、漏洩磁界を低減する効果がより一層高くなる。

【0058】

磁性体 F b は、導体板 S b の送電コイル L t と対向する面とは反対面に沿って配置されている。受電コイル L r から送電コイルユニット L t u 1 を見たとき、磁性体 F b は、送電コイル L t の軸方向における導体板 S b の外輪郭よりも、両外側に突き出ている。また、磁性体 F b は、磁気抵抗の低い磁気回路を形成するために、比較的透磁率の高い鉄やフェライト等を用いて構成されている。なお、本実施形態では、磁性体 F b は、1 枚の板から構成されているが、これに限られることなく、例えば数枚の板を分割して配置してもよい。いずれの場合においても、磁性体 F b により磁気抵抗の低い磁気回路を形成することができる。

【0059】

また、磁性体 F b は、送電コイル L t の軸方向における導体板 S b の一方の外輪郭よりも外側に位置し、送電コイル L t の軸方向から見て、導体板 S b の送電コイル L t と対向する側とは反対側に位置する第 1 の部分 F 1 B を有する。すなわち、磁性体 F b は、送電コイル L t の軸方向における導体板 S b の一方の外輪郭（図示左端）よりも外側（図示右側）に突き出ている。

【0060】

またさらには、磁性体 F b は、送電コイル L t の軸方向における導体板 S b の他方の外輪郭よりも外側に位置し、送電コイル L t の軸方向から見て、導体板 S b の送電コイル L t と対向する側とは反対側に位置する第 2 の部分 F 2 B を有する。すなわち、磁性体 F b は、送電コイル L t の軸方向における導体板 S b の他方の外輪郭（図示右端）よりも外側（図示左側）に突き出ている。なお、送電コイル L t の軸方向と直交する方向においては、磁性体 F b は、導体板 S b の外輪郭よりも外側に突き出てもよく、突き出なくてもよい。本実施形態においては、送電コイル L t の軸方向と直交する方向において、導体板 S b の長さとは磁性体 F b の長さは略等しくなっている。

【0061】

次に、図 4 を参照して、本実施形態における送電コイル L t が発生する磁束と、不要な漏洩磁界の低減作用について詳細に説明する。

【0062】

図 4 に示されるように、送電コイル L t は、受電コイル L r に鎖交する磁束 B t 2 を発生している。この磁束 B t 2 が受電コイル L r に鎖交することで、受電コイル L r の巻線 W r に起電力が生じる。そして、受電コイル L r に生じた電力は、整流回路 D B によって整流され、負荷 R に出力される。ここで、導体板 S b が送電コイル L t の受電コイル L r と対向する面とは反対側の面に沿って設置されているため、磁束 B t 2 が磁性体 F b を通過する磁路を形成してしまうことによる受電コイル L r に鎖交する磁束が減少することが抑制される。すなわち、導体板 S b によって、送電コイル L t と磁性体 F b の磁気的な結合が高くなり過ぎることが抑制され、送電コイル L t と受電コイル L r の顕著な磁気的結合の低下を防ぐことができる。その結果、電力伝送効率の低下が抑制される。特に、本実施形態においては、送電コイル L t と受電コイル L r との対向方向から見て、導体板 S b

の外輪郭は送電コイル $L_t$ の磁性コア $C_t$ の外輪郭よりも外側に位置している。したがって、磁束 $B_{t2}$ が磁性体 $F_b$ を通過する磁路を形成してしまうことによる受電コイル $L_r$ に鎖交する磁束が減少することを効果的に抑制できる。すなわち、導体板 $S_b$ によって、送電コイル $L_t$ と磁性体 $F_b$ の磁氣的な結合が高くなり過ぎることが効果的に抑制される。

#### 【0063】

一方、図4に示されるように、送電コイル $L_t$ は、受電コイル $L_r$ に鎖交せずに送電コイルユニット $L_{tu1}$ から離れた場所にまで大きく周回する磁束 $B_{n2}$ を発生している。この送電コイルユニット $L_{tu1}$ から離れた場所にまで大きく周回する磁束 $B_{n2}$ は、送電コイルユニット $L_{tu1}$ から離れた場所に不要な漏洩磁界を形成する。また、送電コイル $L_t$ は、受電コイル $L_r$ に鎖交せずに磁性体 $F_b$ を通過する磁束 $B_{f2}$ を発生している。この磁性体 $F_b$ を通過する磁束 $B_{f2}$ は、送電コイルユニット $L_{tu1}$ の近傍を周回するので、送電コイルユニット $L_{tu1}$ から離れた場所にまで周回する磁路を形成しない。

#### 【0064】

ここで、送電コイルユニット $L_{tu1}$ においては、周囲の空間に比べて透磁率の高い磁性体 $F_b$ によって、周囲の空間よりも磁気抵抗が低い磁路が形成されるので、送電コイルユニット $L_{tu1}$ から離れた場所にまで大きく周回する磁束 $B_{n2}$ が減少し、送電コイルユニット $L_{tu1}$ から離れた場所に形成される不要な漏洩磁界を低減することができる。さらに、磁性体 $F_b$ の第1および第2の部分 $F_{1B}$ 、 $F_{2B}$ は、導体板 $S_b$ の送電コイル $L_t$ 軸方向における両端の外側に位置するように配置されているので、磁性体 $F_b$ によって形成される磁路の磁気抵抗がより小さくなり、効果的に不要な漏洩磁界を低減することができる。

#### 【0065】

また、本実施形態においては、送電コイル $L_t$ と受電コイル $L_r$ の対向方向から、導体板 $S_b$ と送電コイル $L_t$ とを見たとき、導体板 $S_b$ の外輪郭は、送電コイル $L_t$ の磁性コア $C_t$ の外輪郭よりも外側に位置している。したがって、受電コイル $L_r$ に鎖交する磁束 $B_{t2}$ が磁性体 $F_b$ を通過する磁路を形成することをより効果的に抑制できるとともに、受電コイル $L_r$ に鎖交しない磁束が、選択的に磁性体 $F_b$ を通過する磁路を形成することとなる。その結果、電力伝送効率の低下を抑制しつつ、漏洩磁界を低減する効果がより一層高くなる。

#### 【0066】

以上のように、本実施形態における送電コイルユニット $L_{tu1}$ では、磁性体 $F_b$ が、送電コイル $L_t$ の軸方向における導体板 $S_b$ の一方の外輪郭よりも外側に位置する第1の部分 $F_{1B}$ と、送電コイル $L_t$ の軸方向における導体板 $S_b$ の他方の外輪郭よりも外側に位置する第2の部分 $F_{2B}$ を有することによって、磁気抵抗が低い磁路が形成される。すなわち、送電コイルユニット $L_{tu1}$ から離れた場所にまで大きく周回する磁路の磁気抵抗に比べ、磁性体 $F_b$ を通過する磁路の磁気抵抗が小さくなることで、送電コイルユニット $L_{tu1}$ から離れた場所にまで大きく周回する磁束 $B_{n2}$ が減少し、その結果、送電コイルユニット $L_{tu1}$ から離れた場所に形成される不要な漏洩磁界強度が低下する。さらに、送電コイル $L_t$ の軸に沿って配置される非磁性の導体板 $S_b$ により、送電コイル $L_t$ と磁性体 $F_b$ の磁氣的な結合が高くなり過ぎることが抑制されるので、送電コイル $L_t$ と受電コイル $L_r$ の顕著な磁氣的結合の低下を防ぐことができ、その結果、電力伝送効率の低下が抑制される。

#### 【0067】

また、本実施形態における送電コイルユニット $L_{tu1}$ においては、送電コイル $L_t$ と受電コイル $L_r$ との対向方向から見て、導体板 $S_b$ の外輪郭は、送電コイル $L_t$ の磁性コア $C_t$ の外輪郭よりも外側に位置している。したがって、導体板 $S_b$ によって、送電コイル $L_t$ と磁性体 $F_b$ の磁氣的な結合が高くなり過ぎることがより効果的に抑制され、送電コイル $L_t$ が発生する磁束のうち、後述する受電コイル $L_r$ に鎖交しない磁束が、選択的に磁性体 $F_b$ を通過する磁路を形成することとなる。その結果、電力伝送効率の低下を抑

制しつつ、漏洩磁界を低減する効果がより一層高くなる。

#### 【0068】

(第4実施形態)

次に、図5および図6を参照して、本発明の第4実施形態に係るワイヤレス電力伝送装置S3について説明する。なお、なお、本実施形態では本発明に係るコイルユニットをワイヤレス電力伝送装置における受電コイルユニットに適用した例について説明する。図5は、本発明の第4実施形態に係る受電コイルユニットを送電コイルとともに示す断面図において、送電コイルが発生する磁束を模式的に示した図である。図6は、図5において、受電コイルユニットと送電コイルに位置ずれが生じた場合に、送電コイルが発生する磁束を模式的に示した図である。なお、図5および図6中、送電コイルL<sub>t</sub>および受電コイルL<sub>r</sub>のコアC<sub>t</sub>、C<sub>r</sub>と、磁性体F<sub>c</sub>の中における磁束の図示は省略している。また、図5では、送電コイルL<sub>t</sub>が発生する磁束のうち、代表的なものとして、受電コイルL<sub>r</sub>に鎖交する磁束B<sub>t3</sub>と、受電コイルユニットL<sub>ru2</sub>から離れた場所にまで大きく周回する磁束B<sub>n3</sub>と、磁性体F<sub>c</sub>を通過する磁束B<sub>f3</sub>が示されている。

#### 【0069】

ワイヤレス電力伝送装置S3は、ワイヤレス送電装置U<sub>t1</sub>と、ワイヤレス受電装置U<sub>r3</sub>と、を有する。さらに、ワイヤレス受電装置U<sub>r3</sub>は、受電コイルユニットL<sub>ru2</sub>と、整流回路DBと、を有する。ここで、ワイヤレス送電装置U<sub>t1</sub>と整流回路DBの構成は、第1実施形態に係るワイヤレス電力伝送装置S1と同様である。本発明の第4実施形態に係るワイヤレス電力伝送装置S3のワイヤレス送電装置U<sub>r3</sub>においては、受電コイルユニットL<sub>ru1</sub>に代えて受電コイルユニットL<sub>ru2</sub>を備える点で、第1実施形態と異なる。以下、本発明の第4実施形態に係るコイルユニットについて、第1実施形態と異なる点を中心に説明する。

#### 【0070】

まず、図5を参照して、受電コイルユニットL<sub>ru2</sub>の構成について説明する。受電コイルユニットL<sub>ru2</sub>は、受電コイルL<sub>r</sub>と、導体板S<sub>a</sub>と、磁性体F<sub>c</sub>と、を備える。ここで、受電コイルL<sub>r</sub>と導体板S<sub>a</sub>の構成は、第1実施形態に係る受電コイルユニットL<sub>ru1</sub>が備える受電コイルL<sub>r</sub>、導体板S<sub>a</sub>と同様である。本実施形態に係る受電コイルユニットL<sub>ru2</sub>は、磁性体F<sub>c</sub>に代えて磁性体F<sub>c</sub>を備える点で、第1実施形態に係る受電コイルユニットL<sub>ru1</sub>と相違する。

#### 【0071】

磁性体F<sub>c</sub>は、第1の部分F<sub>1C</sub>と、第2の部分F<sub>2C</sub>と、第3の部分F<sub>3C</sub>と、を有する。第1の部分F<sub>1C</sub>は、受電コイルL<sub>r</sub>の軸方向から見て、導体板S<sub>a</sub>の受電コイルL<sub>r</sub>と対向する面とは反対面側に位置するように配置される。また、第1の部分F<sub>1C</sub>は、受電コイルL<sub>r</sub>の軸方向における導体板S<sub>a</sub>の一方の外輪郭よりも外側に位置するように配置される。第1の部分F<sub>1C</sub>は、透磁率が高い磁性体の中でも、比較的透磁率の虚数成分値が低いフェライト等で構成されている。

#### 【0072】

第2の部分F<sub>2C</sub>は、受電コイルL<sub>r</sub>の軸方向から見て、導体板S<sub>a</sub>の受電コイルL<sub>r</sub>と対向する面とは反対面側に位置するように配置される。また、第2の部分F<sub>2C</sub>は、受電コイルL<sub>r</sub>の軸方向における導体板S<sub>a</sub>の他方の外輪郭よりも外側に位置するように配置される。第2の部分F<sub>2C</sub>は、透磁率が高い磁性体の中でも、比較的透磁率の虚数成分値が低いフェライト等で構成されている。

#### 【0073】

第3の部分F<sub>3C</sub>は、導体板S<sub>a</sub>の受電コイルL<sub>r</sub>と対向する面とは反対面に沿って配置される。また、本実施形態においては、受電コイルL<sub>r</sub>の軸方向における第3の部分F<sub>3C</sub>の一方の端(図示左端)が第1の部分F<sub>1C</sub>に連結され、第3の部分F<sub>3C</sub>の他方の端(図示右端)が第2の部分F<sub>2C</sub>に連結されている。すなわち、第1および第2の部分F<sub>1C</sub>、F<sub>2C</sub>は、第3の部分F<sub>3C</sub>を介して連結されている。この場合、磁性体F<sub>c</sub>を通過する磁束が形成する磁路の磁気抵抗がさらに低くなるので、漏洩磁界低減効果をより

確実に高くすることができる。第3の部分F3Cは、比較的非透磁率の高い鉄等を用いた材料で構成されている。

#### 【0074】

ここで、第3の部分F3Cは、第1および第2の部分F1C、F2Cと同様に、比較的透磁率の虚数成分値が低いフェライトなどで構成されても漏洩磁界低減効果を得ることができる。しかし、図5に示されるように、第3の部分F3Cは、受電コイルLrよりも長く、ある程度薄い形状であるため、本実施形態における受電コイルユニットLru2を車両下部などの移動体に搭載する場合、第3の部分F3Cをフェライトで構成すると、第3の部分F3Cの機械的強度は移動体の振動に耐えられない虞がある。したがって、第3の部分F3Cは、比較的機械的強度の高い磁性体で構成されていることが望ましい。

#### 【0075】

次に、図5を参照して、本実施形態における送電コイルLtが発生する磁束と、不要な漏洩磁界の低減作用について詳細に説明する。

#### 【0076】

図5に示されるように、送電コイルLtは、受電コイルLrに鎖交する磁束Bt3を発生している。この磁束Bt3が受電コイルLrに鎖交することで、受電コイルLrの巻線Wrに起電力が生じる。ここで、導体板Saが受電コイルLrの受電面とは反対側に沿って設置されているため、送電コイルLtまたは受電コイルLrと磁性体Fcの磁気的な結合が高くなり過ぎることが抑制され、送電コイルLtと受電コイルLrの顕著な磁気的結合の低下を防ぐことができる。

#### 【0077】

一方、図5に示されるように、送電コイルLtは、受電コイルLrに鎖交せずに受電コイルユニットLru2から離れた場所にまで大きく周回する磁束Bn3と、受電コイルLrに鎖交せずに磁性体Fcを通過する磁束Bf3を発生している。ここで、周囲の空間に比べて透磁率の高い磁性体Fcによって、周囲の空間よりも磁気抵抗が低い磁路が形成されるので、受電コイルユニットLru2から離れた場所にまで大きく周回する磁束Bn3が減少し、受電コイルユニットLru2から離れた場所に形成される不要な漏洩磁界を低減することができる。

#### 【0078】

次に、図6を参照して、送電コイルLtと受電コイルユニットLru2に位置ずれが生じた場合について説明する。図6では、受電コイルユニットLru2が送電コイルLtに対して位置ずれして、磁性体Fcの第1の部分F1Cと送電コイルLtの端が接近した場合を示している。

#### 【0079】

図6に示されるように、磁性体Fcの第1の部分F1Cと送電コイルLtの端が接近したとき、第1の部分F1Cを通過する磁束は顕著に増加している。すなわち、第1の部分F1Cでは、局所的に磁束密度が高くなる。このように、磁性体中の磁束密度が高くなると、損失および発熱が顕著に増加する虞があった。これに対して、本実施形態では、第1の部分F1Cを、比較的透磁率の虚数成分値が小さいフェライト等で構成することにより、第1の部分F1Cの磁束密度が高くなっても、顕著な損失および発熱を抑制することができる。また、受電コイルユニットLru2が図6に示される場合とは逆向きに位置ずれして、磁性体Fcの第2の部分F2Cと送電コイルLtの端が接近した場合においても、同様に、第2の部分F2Cは比較的透磁率の虚数成分値が小さいフェライト等で構成されているので、第2の部分F2Cの磁束密度が高くなっても、顕著な損失および発熱を抑制することができる。

#### 【0080】

以上のように、本実施形態における受電コイルユニットLru2では、磁性体Fcが、受電コイルLrの軸方向における導体板Saの一方の外輪郭よりも外側に位置する第1の部分F1Cと、受電コイルLrの軸方向における導体板Saの他方の外輪郭よりも外側に位置する第2の部分F2Cを有することによって、磁気抵抗が低い磁路が形成される。す

なわち、受電コイルユニット $L_{ru2}$ から離れた場所にまで大きく周回する磁路の磁気抵抗に比べ、磁性体 $F_c$ を通過する磁路の磁気抵抗が小さくなることで、受電コイルユニット $L_{ru2}$ から離れた場所にまで大きく周回する磁束 $B_{n3}$ が減少し、その結果、受電コイルユニット $L_{tu2}$ から離れた場所に形成される不要な漏洩磁界強度が低下する。さらに、受電コイル $L_r$ の軸に沿って配置される非磁性の導体板 $S_a$ により、送電コイル $L_t$ および受電コイル $L_r$ と磁性体 $F_c$ の磁氣的な結合が高くなり過ぎることが抑制されるので、送電コイル $L_t$ と受電コイル $L_r$ の顕著な磁氣的結合の低下を防ぐことができ、その結果、電力伝送効率の低下が抑制される。

#### 【0081】

さらに、本実施形態における受電コイルユニット $L_{ru2}$ では、磁性体 $F_c$ の第1および第2の部分 $F_{1C}$ 、 $F_{2C}$ の透磁率の虚数成分値は、第3の部分 $F_{3C}$ の透磁率の虚数成分値よりも小さい。したがって、受電コイルユニット $L_{ru2}$ が位置ずれして、導体板 $S_a$ の外輪郭よりも外側に位置する第1または第2の部分 $F_{1C}$ 、 $F_{2C}$ と、受電コイルユニット $L_{ru2}$ と対向する送電コイル $L_t$ が接近したとき、第1または第2の部分 $F_{1C}$ 、 $F_{2C}$ の磁束密度が局所的に高くなっても、第1および第2の部分 $F_{1C}$ 、 $F_{2C}$ における損失および発熱を抑制できる。

#### 【0082】

以下、上述の実施形態による不要な漏洩磁界の低減と電力伝送効率低下の抑制について、実施例1、2と比較例とによって具体的に示す。

#### 【0083】

実施例1として、上述した第1実施形態に係るワイヤレス電力伝送装置 $S_1$ を用いた。実施例2として、上述した第4実施形態に係るワイヤレス電力伝送装置 $S_3$ を用いた。また、比較例として、実施例1、2と特性を比較するために、第1実施形態に係るワイヤレス電力伝送装置 $S_1$ において、導体板 $S_a$ と第1および第2の磁性体 $F_a$ を取り除いたワイヤレス電力伝送装置を用いた。

#### 【0084】

まず、図7を参照して、比較例のワイヤレス電力伝送装置における送電コイル $L_{t10}$ と受電コイル $L_{r10}$ の構成を説明する。図7は、比較例の受電コイルと送電コイルの断面図である。送電コイル $L_{t10}$ は磁性コア $C_{t10}$ に巻線 $W_{t10}$ が螺旋状に巻回されるソレノイドコイルであり、受電コイル $L_{r10}$ は磁性コア $C_{r10}$ に巻線 $W_{r10}$ が巻回されるソレノイドコイルである。すなわち、比較例のワイヤレス電力伝送装置は、第1実施形態に係るワイヤレス電力伝送装置 $S_1$ から導体板 $S_a$ と磁性体 $F_a$ を取り除いたものである。

#### 【0085】

ここで、実施例1、2および、比較例における、送電コイル $L_t$ 、 $L_{t10}$ の巻線 $W_t$ 、 $W_{t10}$ 、および、受電コイル $L_r$ 、 $L_{r10}$ の巻線 $W_r$ 、 $W_{r10}$ には、ポリイミドで被覆した直径0.05mmの銅線を4000本程度撚り合わせた直径約6mmのリッツ線を用いた。また、送電コイル $L_t$ 、 $L_{t10}$ の磁性コア $C_t$ 、 $C_{t10}$ 、および、受電コイル $L_r$ 、 $L_{r10}$ の磁性コア $C_r$ 、 $C_{r10}$ には、長さ300mm、幅300mm、厚さ30mmのフェライト（比透磁率3000程度）を用いた。なお、送電コイル $L_t$ 、 $L_{t10}$ 、および、受電コイル $L_r$ 、 $L_{r10}$ は、巻線 $W_t$ 、 $W_{t10}$ 、 $W_r$ 、 $W_{r10}$ を螺旋状に30ターン巻回して構成した。

#### 【0086】

また、実施例1、2の受電コイルユニット $L_{ru1}$ 、 $L_{ru2}$ においては、導体板 $S_a$ 、 $S_b$ として、長さ600mm、幅500mm、厚さ3mmのアルミニウム板を用いた。さらに、実施例1の受電コイルユニット $L_{ru1}$ においては、磁性体 $F_a$ として、長さ600mm、幅500mm、厚さ3mmの磁性体粉を樹脂で固めた板を用いた。なお、磁性体 $F$ は、導体板 $S_a$ の受電コイル $L_r$ 軸方向の両外側に50mm突き出るように配置した。一方、実施例2の受電コイルユニット $L_{ru2}$ においては、磁性体 $F_c$ の第1および第2の部分 $F_{1C}$ 、 $F_{2C}$ として、透磁率の虚数成分値が比較的小さく、より損失の小さい



、長さ50mm、幅50mm、厚さ40mmのフェライト（100kHz、200mTにおける損失350kW/m<sup>3</sup>以下）を用い、第3の部分F3Cとして、長さ100mm、幅500mm、厚さ3mmの鉄板を用いた。

#### 【0087】

続いて、実施例1、2、および、比較例において、電力伝送効率と不要な漏洩磁界を測定した。このとき、送電コイルL<sub>t</sub>、L<sub>t10</sub>と受電コイルL<sub>r</sub>、L<sub>r10</sub>は、送電コイルL<sub>t</sub>、L<sub>t10</sub>と受電コイルL<sub>r</sub>、L<sub>r10</sub>の距離を100mmとして、送電コイルL<sub>t</sub>、L<sub>t10</sub>と受電コイルL<sub>r</sub>、L<sub>r10</sub>との対向方向から見て、送電コイルL<sub>t</sub>、L<sub>t10</sub>の中心と受電コイルL<sub>r</sub>、L<sub>r10</sub>の中心が一致するように配置した。また、電気回路のインピーダンスを調整するために、送電コイルL<sub>t</sub>、L<sub>t10</sub>および受電コイルL<sub>r</sub>、L<sub>r10</sub>と直列に、送電コイルL<sub>t</sub>、L<sub>t10</sub>または受電コイルL<sub>r</sub>、L<sub>r10</sub>のインピーダンスに応じた容量のコンデンサを挿入して測定を行った。なお、電源PWの供給電力は、負荷Rに供給される電力が1.5kWとなるように調節した。

#### 【0088】

電力伝送効率は、事前に測定したインバータINVでの損失と、整流回路DBでの損失を考慮しつつ、電源PWが供給する電力と負荷Rに供給される電力の測定結果を基に、送電コイルユニットと受電コイルの間の効率を算出した。

#### 【0089】

不要な漏洩磁界は、受電コイルL<sub>r</sub>、L<sub>r10</sub>の中心から10m離れた位置の磁界強度を指標とした。受電コイルL<sub>r</sub>、L<sub>r10</sub>の中心から、受電コイルL<sub>r</sub>、L<sub>r10</sub>の軸方向に10m離れた位置にループアンテナを設置して磁界強度を測定した。ここで、ループアンテナでは、直交する3方向（X、Y、Z方向）の磁界強度を測定し、これらを合成することで漏洩磁界強度を算出した。なお、送電コイルL<sub>t</sub>、L<sub>t10</sub>は床面から500mmの高さに、電力を伝送する面を上に向けて設置しており、受電コイルL<sub>r</sub>、L<sub>r10</sub>は、送電コイルL<sub>t</sub>、L<sub>t10</sub>の上に、100mmの間隔を空けて配置されるように設置した。また、ループアンテナは中心が電波暗室の床から1.5mの高さとなるように設置した。

#### 【0090】

実施例1、2と比較例の測定結果を図8に示す。図中、棒グラフが漏洩磁界強度を示しており、折れ線グラフが電力伝送効率を示している。

#### 【0091】

まず、実施例1、2の測定結果を比較すると、実施例1と実施例2は、電力伝送効率も漏洩磁界強度もほぼ同程度である。次に、実施例1、2の測定結果を比較例の測定結果と比較すると、実施例1、2の電力伝送効率は比較例の電力伝送効率とほぼ同程度であるのに対し、実施例1、2の漏洩磁界強度は比較例の漏洩磁界強度に比べて顕著に低い。すなわち、実施例1、2では、電力伝送効率を低下させずに、漏洩磁界強度が低減されたことがわかる。以上のように、実施例1、2の受電コイルユニットL<sub>tu1</sub>、L<sub>tu2</sub>は、電力伝送効率を低下させることなく、離れた場所に形成される不要な漏洩磁界を低減できることが確認された。

#### 【0092】

以上、本発明を実施の形態をもとに説明した。実施の形態は例示であり、いろいろな変形および変更が本発明の特許請求範囲内で可能なこと、またそうした変形例および変更も本発明の特許請求の範囲にあることは当業者に理解されるところである。従って、本明細書での記述および図面は限定的ではなく例証的に扱われるべきものである。

#### 【符号の説明】

#### 【0093】

S1…ワイヤレス電力伝送装置、U<sub>t1</sub>…ワイヤレス送電装置、PW…電源、INV…インバータ、L<sub>tu1</sub>…送電コイルユニット、L<sub>t</sub>、L<sub>t10</sub>…送電コイル、L<sub>ta</sub>…第1の送電コイル、L<sub>tb</sub>…第2の送電コイル、C<sub>t</sub>、C<sub>t10</sub>…送電のコイルの磁性コア、C<sub>tb</sub>…第1および第2の送電コイルの磁性コア、W<sub>t</sub>、W<sub>t10</sub>…送電コイルの巻線



、 $U_{r1}$ …ワイヤレス受電装置、 $L_{ru1}$ 、 $L_{ru2}$ …受電コイルユニット、 $L_r$ 、 $L_{r10}$ …受電コイル、 $C_r$ 、 $C_{r10}$ …受電のコイルの磁性コア、 $W_r$ 、 $W_{r10}$ …受電コイルの巻線、 $S_a$ 、 $S_b$ …導体板、 $F_a$ 、 $F_b$ 、 $F_c$ …磁性体、 $F_{1A}$ 、 $F_{1B}$ 、 $F_{1C}$ …磁性体の第1の部分、 $F_{2A}$ 、 $F_{2B}$ 、 $F_{2C}$ …磁性体の第2の部分、 $F_{3C}$ …磁性体の第3の部分、 $DB$ …整流回路、 $R$ …負荷、 $B_{t1} \sim B_{t3}$ …受電コイルに鎖交する磁束、 $B_{n1} \sim B_{n3}$ …コイルユニットから離れた場所を周回する磁束、 $B_{f1} \sim B_{f3}$ …第1および第2の磁性体を通過する磁束。

【書類名】 特許請求の範囲

【請求項 1】

送電側から受電側へのワイヤレス電力伝送用のコイルユニットであって、  
巻線が螺旋状に巻回されたコイルと、  
前記コイルの軸に沿って配置される非磁性の導体板と、  
磁性体と、を備え、

前記磁性体は、前記コイルの軸方向における前記導体板の一方の外輪郭よりも外側に位置する第 1 の部分と、前記コイルの軸方向における前記導体板の他方の外輪郭よりも外側に位置する第 2 の部分を有し、

前記第 1 および第 2 の部分は、前記コイルの軸方向から見て、前記導体板の前記コイルと対向する側とは反対側に位置していることを特徴とするコイルユニット。

【請求項 2】

前記磁性体は、前記第 1 の部分と前記第 2 の部分との間に位置する第 3 の部分をさらに備え、

前記第 1 および第 2 の部分の透磁率の虚数成分値は、前記第 3 の部分の透磁率の虚数成分値よりも小さいことを特徴とする請求項 1 に記載のコイルユニット。

【請求項 3】

送電コイルと受電コイルユニットとが対向することによりワイヤレスにて電力が伝送されるワイヤレス電力伝送装置であって、

磁性コアに巻線が巻回された前記送電コイルと、

請求項 1 または 2 に記載のコイルユニットからなる前記受電コイルユニットと、を備え、

前記受電コイルユニットの前記導体板の外輪郭は、前記送電コイルと前記受電コイルユニットとの対向方向から見て、前記磁性コアの外輪郭よりも外側に位置していることを特徴とするワイヤレス電力伝送装置。

【請求項 4】

第 1 および第 2 の送電コイルと受電コイルユニットとが対向することによりワイヤレスにて電力が伝送されるワイヤレス電力伝送装置であって、

電流が流れたときに発生する磁界の向きが互いに逆向きとなる、並置された前記第 1 および第 2 の送電コイルと、

前記第 1 および第 2 の送電コイルの並び方向に沿って配置される磁性コアと、

請求項 1 または 2 に記載のコイルユニットからなる前記受電コイルユニットと、を備え、

前記受電コイルユニットの前記導体板の外輪郭は、前記送電コイルと前記受電コイルユニットとの対向方向から見て、前記磁性コアの外輪郭よりも外側に位置していることを特徴とするワイヤレス電力伝送装置。

【請求項 5】

送電コイルユニットと受電コイルとが対向することによりワイヤレスにて電力が伝送されるワイヤレス電力伝送装置であって、

請求項 1 または 2 に記載のコイルユニットからなる前記送電コイルユニットと、

前記受電コイルと、を備え、

前記送電コイルユニットの前記コイルは、磁性コアを有し、

前記送電コイルユニットの前記導体板の外輪郭は、前記送電コイルユニットと前記受電コイルとの対向方向から見て、前記磁性コアの外輪郭よりも外側に位置していることを特徴とするワイヤレス電力伝送装置。

【書類名】 要約書

【要約】

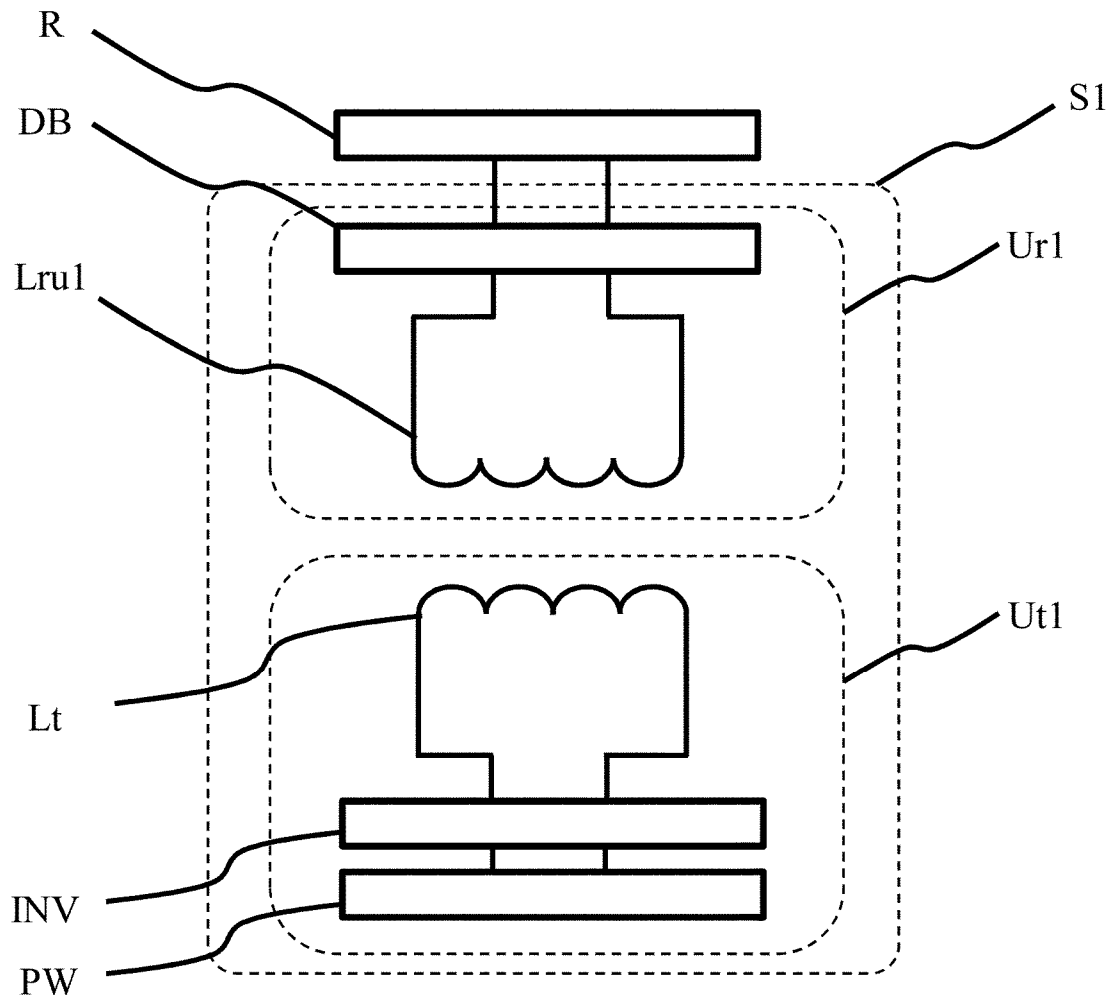
【課題】 電力伝送効率の低下を抑制しつつ、コイルユニットから離れた場所に形成される不要な漏洩磁界を低減できるコイルユニットを提供すること。

【解決手段】 コイルユニット（受電コイルユニット $L_r u 1$ ）は、コイル（受電コイル $L_r$ ）の軸に沿って配置される非磁性の導体板 $S_a$ と、磁性体 $F_a$ と、を備え、磁性体 $F_a$ は、コイル（受電コイル $L_r$ ）の軸方向における導体板 $S_a$ の一方の外輪郭よりも外側に位置する第1の部分 $F_1 A$ と、コイル $L_r$ の軸方向における導体板 $S_a$ の他方の外輪郭よりも外側に位置する第2の部分 $F_2 A$ を有し、第1および第2の部分 $F_1 A$ 、 $F_2 A$ は、コイル（受電コイル $L_r$ ）の軸方向から見て、導体板 $S_a$ のコイル（受電コイル $L_r$ ）と対向する側とは反対側に位置している。

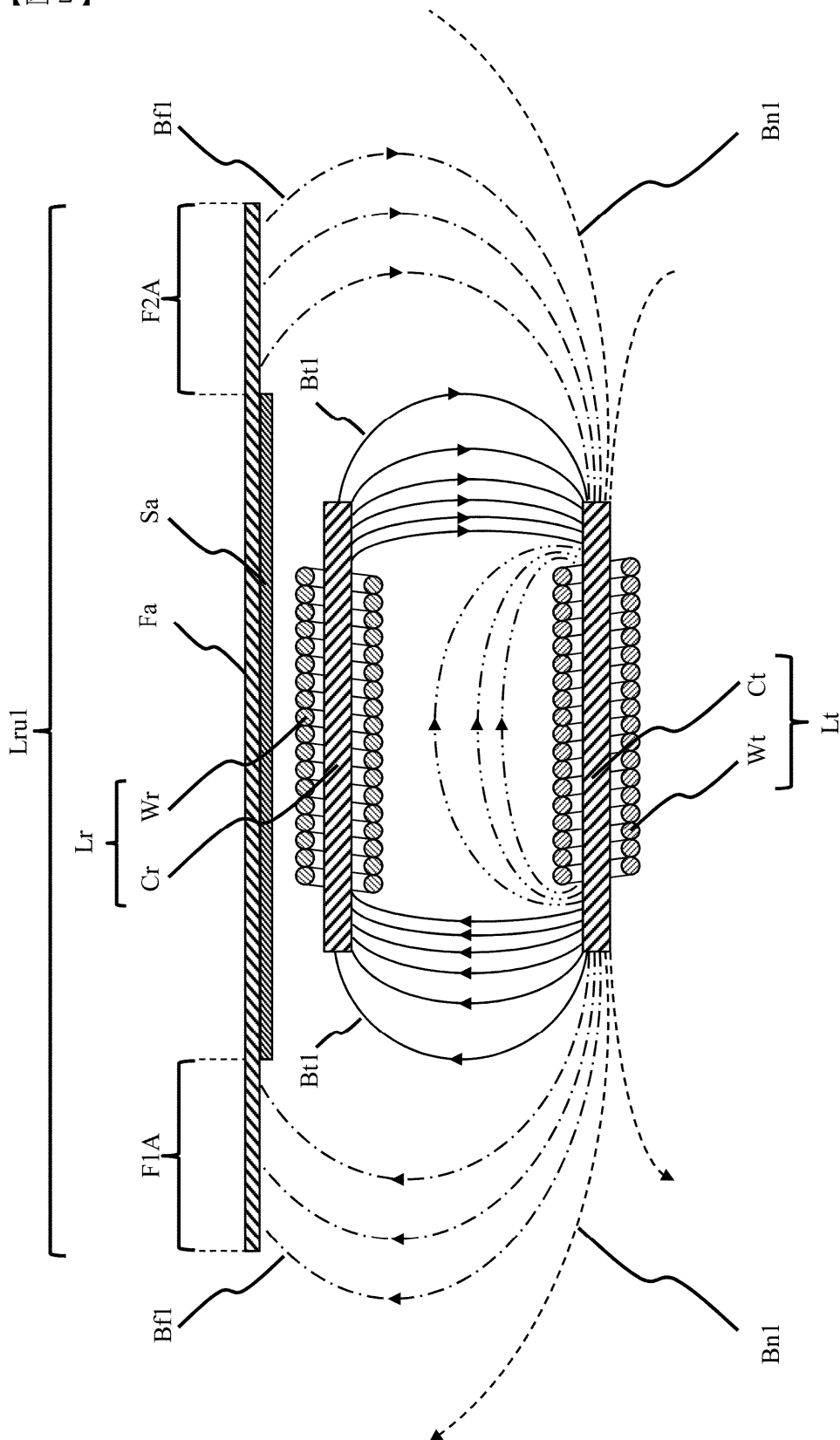
【選択図】 図2

【書類名】 図面

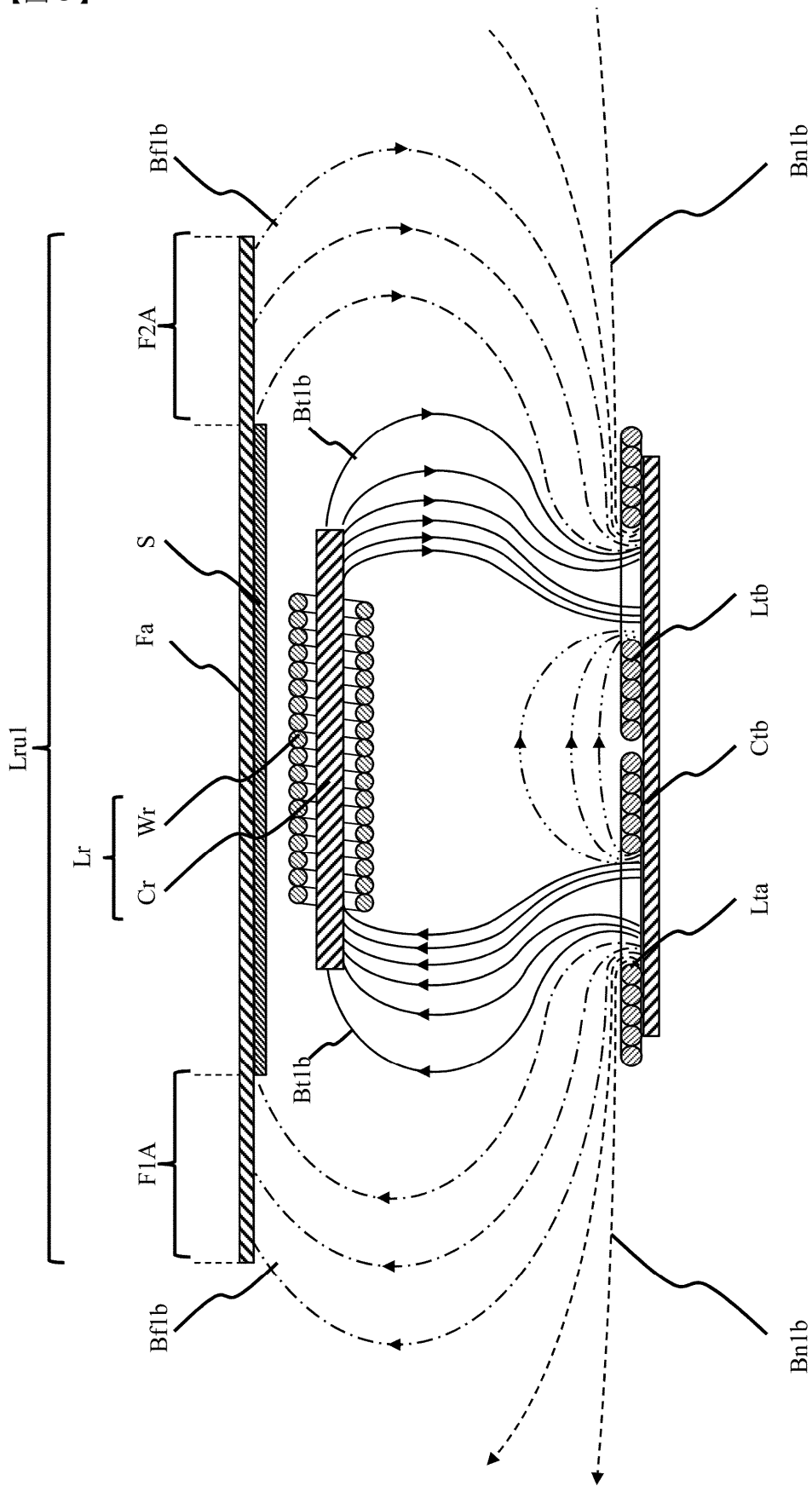
【図 1】



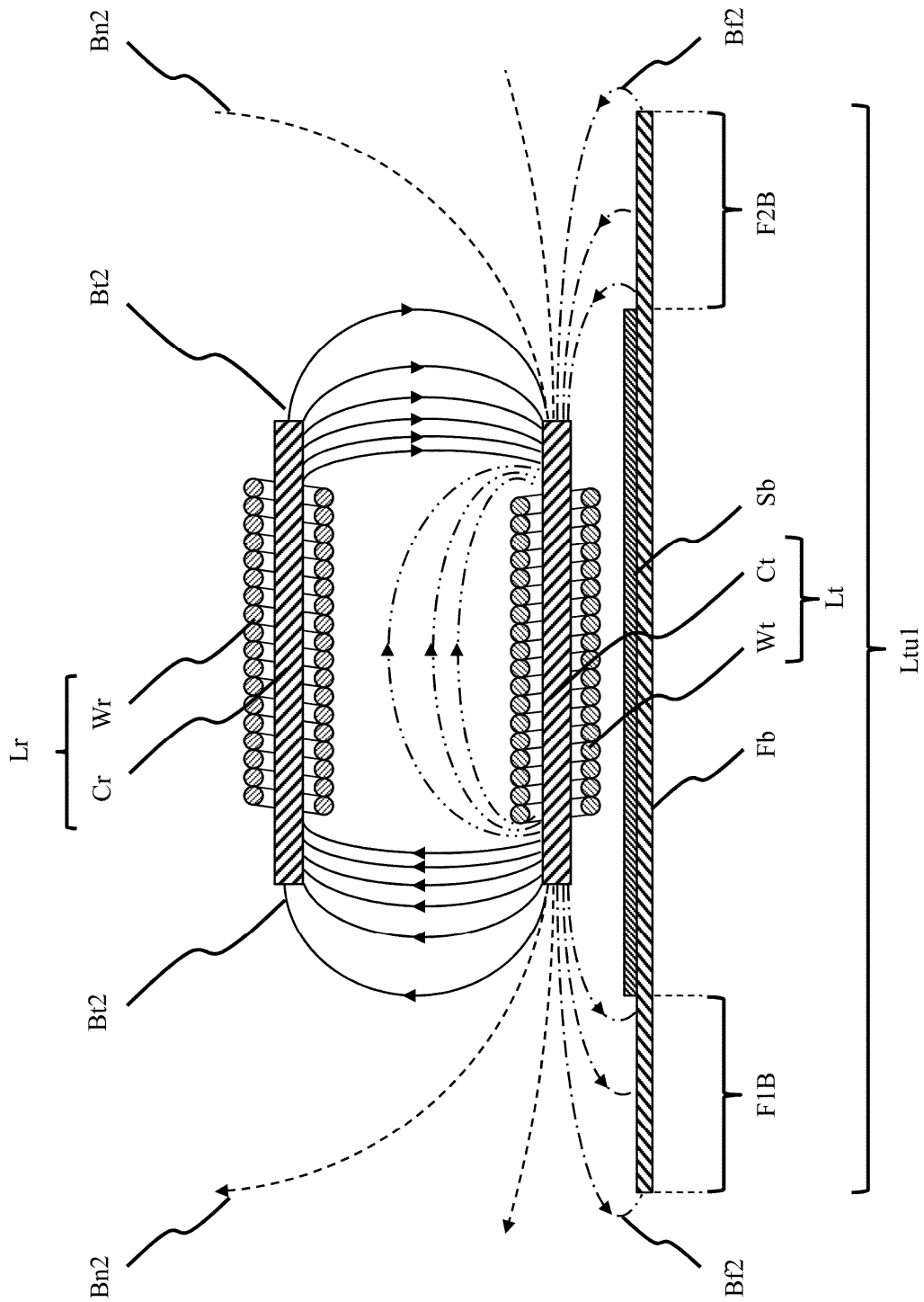
【図 2】



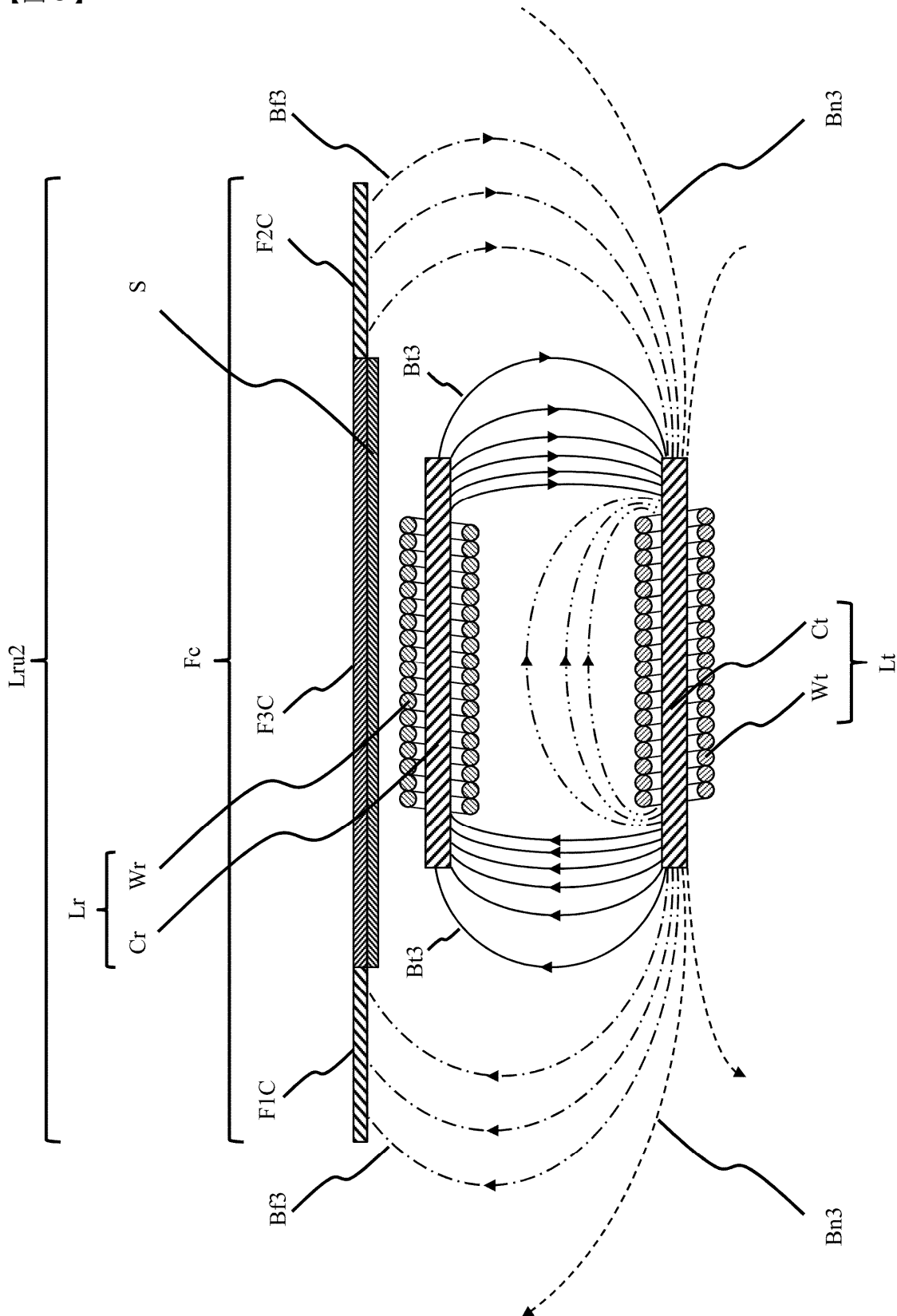
【図3】



【図 4】

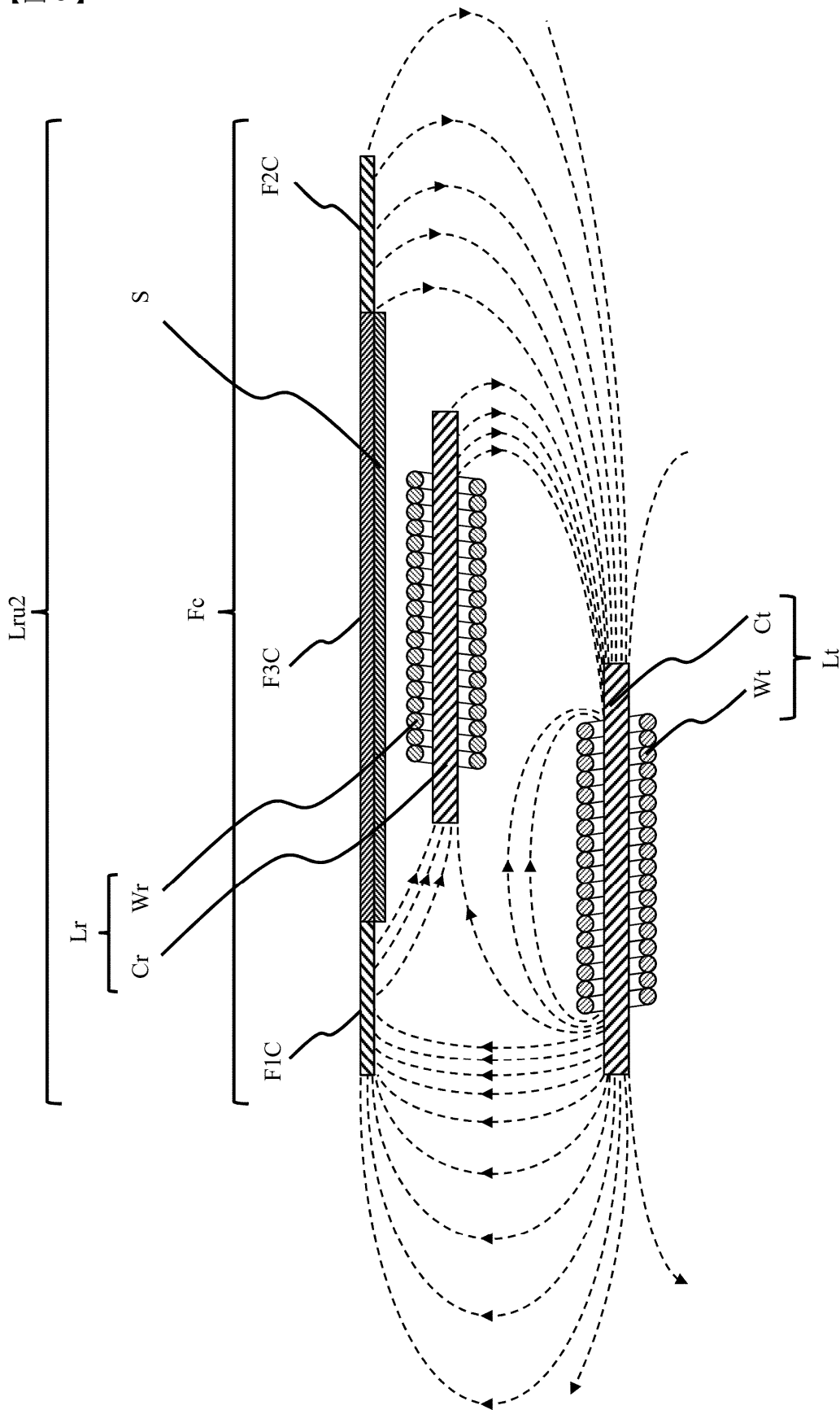


【図 5】

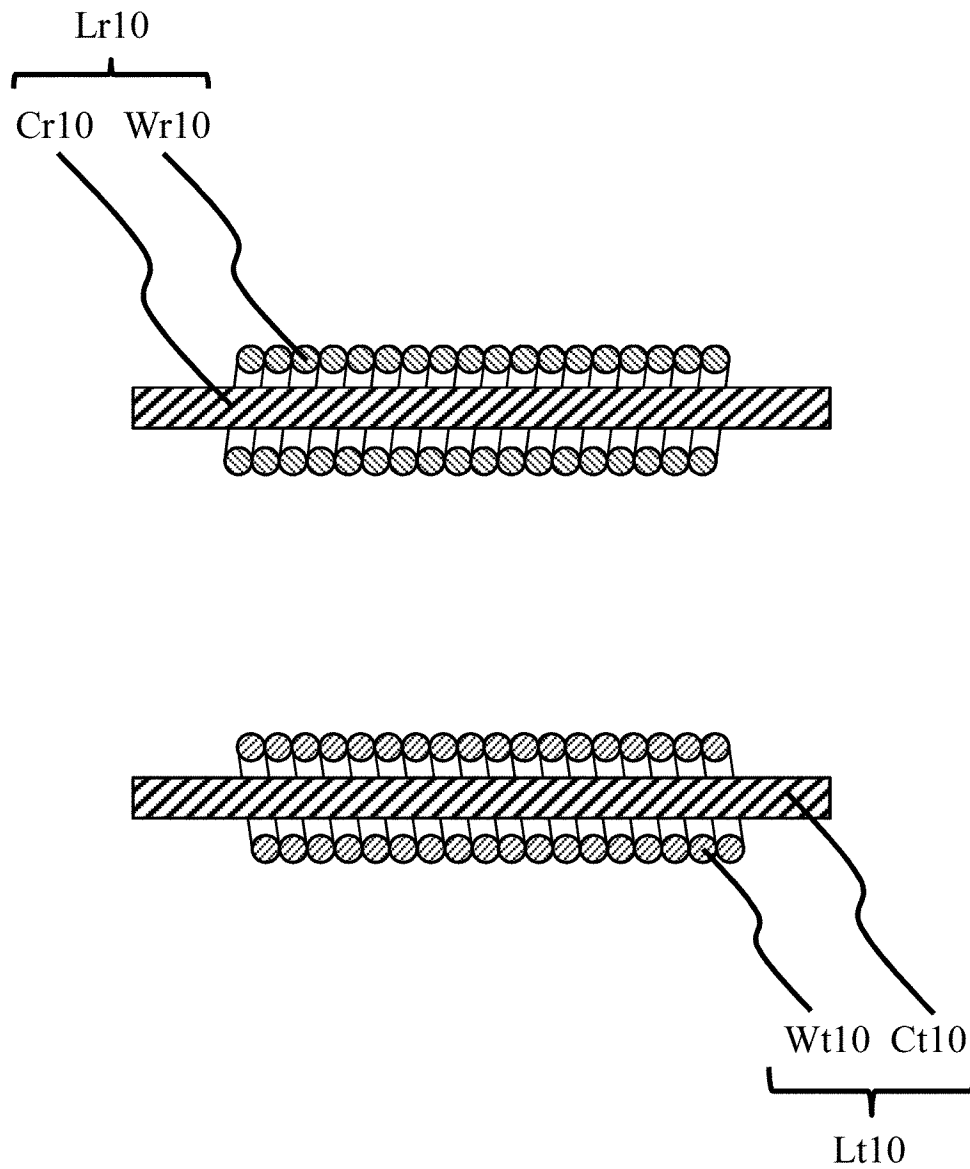




【図 6】



【図 7】



【図 8】

