

明 細 書

発明の名称：受電装置

技術分野

[0001] 本発明は、非接触で電力を受電する受電装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、ノート型ＰＣ、タブレット型ＰＣ、デジタルカメラ、携帯電話など人が携帯しながら使用できる電子機器が急速に普及してきている。そして、これらの電子機器の多くには充電電池が搭載されており、定期的な充電が必要とされる。この電子機器の充電電池への充電作業を簡易にするために、給電装置と電子機器に搭載された受電装置との間で無線による電力伝送を利用した給電技術（磁界を変化させて電力伝送を行う無線電力伝送技術）により、充電電池を充電する機器が増えつつある。

[0003] 例えば、無線電力伝送技術としては、コイル間の電磁誘導を利用して電力伝送を行う技術や（例えば、特許文献１参照）、給電装置及び受電装置が備える共振器（コイル）間の共振現象を利用して磁場を結合させることにより電力伝送を行う技術が挙げられる（例えば、特許文献２参照）。

[0004] このような無線電力伝送技術では、無線による伝送をする際に、有線による電力伝送に比べて大きな伝送ロスが発生してしまうため、この伝送ロスを減らして、伝送効率（給電装置が送電する電力に対する受電装置が受電する電力の比率）を向上させることが大きな課題となっている。

[0005] このような課題を解決すべく、例えば、特許文献２には、送電共振コイルと受電共振コイルとの間の距離が変動した場合でも、送電共振コイルの共振周波数及び受電共振コイルの共振周波数を変更することにより、送電共振コイルと受電共振コイルとの間の結合強度を逐次変更して共鳴状態を維持することで送電装置から受電装置への電力の伝送効率を高めることができる無線電力伝送装置が開示されている。また、特許文献３には、送電コイルと受電コイルとの結合強度を変化させることによって、装置全体の伝送効率を高め

ることができる無線電力装置が開示されている。さらに、特許文献4には、給電コイルと受電コイルの間に給電共振コイルと受電共振コイルを設け、非接触で電力を供給するに際して、給電共振コイルと受電共振コイルと間の距離 c を検出し、この距離 c に応じて給電効率が最大となるように給電コイルと給電共振コイルとの距離 a 、及び受電コイルと受電共振コイルとの距離 b を可変調整する給電システムが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特許第4624768号公報

特許文献2：特開2010-239769号公報

特許文献3：特開2010-239777号公報

特許文献4：特開2010-124522号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 確かに、上記に開示された技術によって伝送効率を向上させることができる。しかしながら、上記開示技術では、共振周波数を変更する制御装置や、2つの共振器間の結合強度を変化させる制御装置や、給電コイルと給電共振コイルとの距離及び受電コイルと受電共振コイルとの距離を調整する制御装置が必要となり、構成が複雑になるうえにコストが増大してしまう。

[0008] そこで、本発明の目的は、従来のように共振周波数を変更する制御装置や、2つの共振器間の結合強度を変化させる制御装置や、給電コイルと給電共振コイルとの距離及び受電コイルと受電共振コイルとの距離を調整する制御装置を使用せずに、より簡易な構成により伝送効率を増減させることができる受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

[0009] 本発明は、受電装置であって、給電モジュールとの間で共振する共振現象により電力が供給される受電共振コイルと、前記受電共振コイルから電力を

受け取る受電コイルと、前記共振時の磁界結合を増減するように前記受電共振コイルに対して径方向に少なくとも一部が重複配置された磁性部材とを有する。

[0010] 上記の構成によれば、磁性部材が共振時における受電共振コイルと給電モジュールとの間の磁界結合を増減するため、給電モジュールと受電共振コイルとの距離を変更することで磁界結合を増減する場合よりも磁界結合の設定を容易に行うことができる。この結果、給電モジュールを備えた給電装置及び受電装置のサイズや形状に制約を受け、これらのサイズや形状の構造的仕様の変更ができない場合のように、給電モジュールと受電共振コイルとの距離を変更できない場合においても、磁性部材により磁界結合を増減させることによって、受電装置に要求される給電時の伝送効率の仕様を容易に満足させることができ、ひいては短時間での充電を可能にしたり、急速充電による過熱等を防止することが可能になる。

[0011] 本発明における前記磁性部材は、前記受電共振コイルの内周側に配置されていてもよい。

[0012] 上記の構成によれば、共振時における受電共振コイルと給電モジュールとの間の磁界結合を高めることができる。

[0013] 本発明において、前記受電共振コイルは、前記給電モジュールのコイル径と同一のコイル径を有し、前記給電モジュールに対向配置されており、

前記磁性部材は、前記受電共振コイルの内周面に沿った円筒形状に形成され、前記受電共振コイルの前記給電モジュール側の一方端位置が前記給電モジュールの一方端位置にコイル軸方向において一致されていてもよい。

[0014] 上記の構成によれば、受電共振コイルの内周面に沿って配置された円筒形状の磁性部材により共振時における受電共振コイルと給電モジュールとの間の磁界結合を一層高めることができる。

[0015] 本発明において、前記受電共振コイルは、前記給電モジュールのコイル径と同一のコイル径を有し、前記給電モジュールに対向配置されており、

前記受電コイルは、前記受電共振コイルのコイル軸に対して一致するコイ

ル軸を有するように、前記給電モジュール側とは反対側に配置されており、
前記磁性部材は、

前記受電共振コイル及び前記受電コイルの内周面に沿った円筒形状に形成され、

前記受電共振コイルの前記給電モジュール側の一方端位置が前記受電共振コイルの一方端位置にコイル軸方向において一致され、

前記給電モジュール側とは反対側の他方端位置が前記受電コイルの他方端位置にコイル軸方向において一致された内側円筒部と、

前記円筒部の他方端に設けられ、前記受電コイルの他方端面に対向するように形成された円盤部とを有してもよい。

[0016] 上記の構成によれば、受電共振コイルの内周面に沿って配置された円筒形状の内側円筒部及び受電コイルに対向配置された円盤部との磁性部材により共振時における受電共振コイルと給電モジュールとの間の磁界結合を一層高めることができる。

[0017] 本発明における前記受電共振コイルは、前記給電モジュールに供給する電力の駆動周波数に対する伝送特性の値が、共振周波数よりも低い駆動周波数帯域及び前記共振周波数よりも高い駆動周波数帯域にそれぞれピークを有する前記共振現象により電力が供給されてもよい。

[0018] 上記の構成によれば、低い駆動周波数帯域のピーク周波数において給電モジュールに流れる電流の向きと受電共振コイルに流れる電流の向きとを同じにした同相の電流が流れるように設定した場合と、電流の向きを逆にした逆相に設定した場合とで磁界空間が出現する位置を変えることができるため、部品の配置の自由度を高めることができる。

[0019] 本発明における受電装置は、さらに、他の部位よりも小さな磁界強度となるように前記共振現象により形成された磁界空間に配置された電子部品を有してもよい。

[0020] 上記の構成によれば、共振現象により電力が供給される受電共振コイルを受電装置が備えることによって、給電時において受電共振コイルの内側位置

や近傍位置に磁界の小さな空間部分を出現させ、この空間部分を電子部品の配置場所として有効利用している。これにより、電子部品の配置場所の確保が難しい携帯機器等の各種の機器においても、電子部品の配置場所を容易に確保し、ひいては機器の小型化を実現することを可能にする受電装置として適用することができる。

発明の効果

[0021] 簡易な構成により伝送効率を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]本発明に係る受電装置を備えた給電システムの概略説明図である。

[図2]結合係数を測定する説明図である。

[図3]磁性部材と結合係数との関係を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0023] 以下に実施形態に係る受電装置を説明する。（受電装置 1：概要）

図 1 に示すように、受電装置 1 は、共振時の磁界結合を増減するように受電モジュール 1 1 に配置された磁性部材 1 7 を有している。これにより、受電装置 1 は、磁性部材 1 7 が共振時における受電モジュール 1 1 と給電モジュール 2 1 との間の磁界結合を増減することによって、受電装置 1 及び給電装置 2 のサイズや形状の構造的仕様の変更ができない場合のように、給電モジュール 2 1 と受電モジュール 1 1 との距離を変更できない場合においても、受電装置 1 に要求される給電時の伝送効率の仕様を容易に満足させることができ、ひいては短時間での充電を可能にしたり、急速充電による過熱等を防止することができる。

[0024] さらに、受電装置 1 は、共振現象を利用した給電時において受電モジュール 1 1 の内側位置や近傍位置に磁界の小さな磁界空間を出現させ、この磁界空間を電子部品 1 3 の配置場所とした構成を有している。これにより、受電装置 1 は、磁界空間に配置された電子部品 1 3 における磁界に起因する渦電流の発生が抑制されることにより誤動作や所定温度以上の発熱が防止される結果、小型化が可能になっている。

[0025] 具体的に説明すると、受電装置 1 は、給電モジュール 2 1 との間で共振す

る共振現象により電力が供給される受電共振コイル 1 1 1 と、受電共振コイル 1 1 1 から電力を受け取る受電コイル 1 1 2 と、共振時の磁界結合を高めるように受電共振コイル 1 1 1 に対して径方向に少なくとも一部が重複配置された磁性部材 1 7 とを有している。さらに、受電装置 1 は、他の部位より小さな磁界強度となるように共振現象により形成された磁界空間に配置された電子部品 1 3 を有している。

[0026] ここで、給電モジュール 2 1 は、受電モジュール 1 1 に対して共振現象により電力を供給するように、受電共振コイル 1 1 1 との間で共振する給電共振コイル 2 1 1 と、給電共振コイル 2 1 1 に電力を供給する給電コイル 2 1 2 とを備えている。受電モジュール 1 1 における受電共振コイル 1 1 1 及び受電コイル 1 1 2 と、給電モジュール 2 1 における受電共振コイル 1 1 1 及び受電コイル 1 1 2 とは、スパイラル型やソレノイド型、ループ型のコイル（絶縁被膜付の銅線材等）を用いることができる。共振現象とは、2 つ以上のコイルが共振周波数において同調することという。

[0027] 受電装置 1 は、電力の供給により作動する全ての種類の機器が該当する。即ち、例えば、携帯機器や据え置き型の機器、自動車等の車両機器が受電装置 1 となる。携帯機器は、ハンドヘルド機器及びウェアラブル機器（人体装着機器）の何れの機器も含む。

[0028] 具体的には、携帯機器は、ポータブルコンピュータ（ラップトップ、ノートパソコン、タブレット PC 等）や、カメラ、音響機器・AV 機器（携帯音楽プレーヤー、ICレコーダー、ポータブル DVD プレーヤー等）、計算機（ポケットコンピュータ、電卓）、ゲーム機、コンピュータ周辺機器（携帯プリンター、携帯スキャナ、携帯モデム等）、専用情報機器（電子辞書、電子手帳、電子書籍、ポータブルデータターミナル等）、携帯通信端末、音声通信端末（携帯電話、PHS、衛星電話、第三者無線、アマチュア無線、特定小電力無線・パーソナル無線・市民ラジオ等）、データ通信端末（携帯電話・PHS（ワイヤレスフォン・スマートフォン）、ポケットベル等）、

放送受信機（テレビ・ラジオ）、携帯ラジオ、携帯テレビ、ワンセグ、その他機器（腕時計、懐中時計）、補聴器、ハンドヘルドGPS、防犯ブザー、懐中電灯・ペンライト、電池パック、人工内耳システムの体外装置（サウンドプロセッサ、オーディオプロセッサ）等を例示することができる。

[0029] （受電装置 1：磁性部材 17）

磁性部材 17 は、磁性材料により形成されている。例えば、磁性材料としては、純Fe、Fe-SiやFe-Al-Si（センダスト）、Fe-Ni（パーマロイ）、ソフトフェライト、Fe基アモルファス、Co基アモルファス、Fe-Co（パーメンジュール）等の軟磁性材料が例示される。

[0030] また、磁性部材 17 は、上記の磁性材料の磁性粉末が分散された樹脂により形成されていてもよい。樹脂は、熱硬化性樹脂でも熱可塑性樹脂でもよい。例えば、熱硬化性樹脂であれば、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、メラミン樹脂、ビニルエステル樹脂、シアノエステル樹脂、マレイミド樹脂、シリコン樹脂などが挙げられる。また、熱可塑性樹脂であれば、アクリル系樹脂、酢酸ビニル系樹脂、ポリビニルアルコール系樹脂などが挙げられる。

[0031] 磁性部材 17 は、少なくとも受電共振コイル 111 の内周側に配置されている。受電共振コイル 111 の内周側に配置された磁性部材 17 は、共振時における受電共振コイル 111 と給電モジュール 21（給電共振コイル 211）との間の磁界結合を高める（増大させる）ように作用する。

[0032] また、受電共振コイル 111 が給電モジュール 21 のコイル径と同一のコイル径を有し、給電モジュール 21 に対向配置されている場合において、磁界結合を高める場合は、下記のように磁性部材 17 が配置されていることが好ましい。

[0033] 即ち、磁性部材 17 は、受電共振コイル 111 の内周面に沿った円筒形状に形成され、受電共振コイル 111 の給電モジュール 21 側の一方端位置が受電モジュール 11 の一方端位置にコイル軸方向において一致されていることが好ましい。この場合には、受電共振コイル 111 の内周面に沿って配置された円筒形状の磁性部材 17 により共振時における受電共振コイル 111

と給電モジュール 2 1 との間の磁界結合を高めることができると共に、磁界空間を受電共振コイル 1 1 1 の内側位置まで拡大することができる。

[0034] また、受電共振コイル 1 1 1 が給電モジュール 2 1 のコイル径と同一のコイル径を有し、給電モジュール 2 1 に対向配置され、且つ、受電コイル 1 1 2 が受電共振コイル 1 1 1 のコイル軸に対して一致するコイル軸を有するように、給電モジュール 2 1 側とは反対側に配置されている場合において、磁界結合を高める場合は、下記のように磁性部材 1 7 が配置されていることが好ましい。

[0035] 即ち、磁性部材 1 7 は、受電共振コイル 1 1 1 及び受電コイル 1 1 2 の内周面に沿った円筒形状に形成され、受電共振コイル 1 1 1 の給電モジュール 2 1 側の一方端位置が受電共振コイル 1 1 1 の一方端位置にコイル軸方向において一致され、給電モジュール 2 1 側とは反対側の他方端位置が受電コイル 1 1 2 の他方端位置にコイル軸方向において一致された円筒部と、円筒部の他方端に設けられ、受電コイル 1 1 2 の他方端面に対向するように形成された円盤部とを有することが好ましい。この場合には、受電共振コイル 1 1 1 の内周面に沿って配置された円筒形状の円筒部及び受電コイル 1 1 2 に対向配置された円盤部との磁性部材 1 7 により共振時における受電共振コイル 1 1 1 と給電モジュール 2 1 （給電共振コイル 2 1 1 ）との間の磁界結合を一層高めることができると共に、磁界空間を受電共振コイルの内側位置まで拡大することができる。

[0036] 尚、本実施形態においては、磁性部材 1 7 が円筒形状に形成されているが、これに限定されるものではなく、点状や棒状であってもよい。また、本実施形態においては、共振時の磁界結合を高めるように磁性部材 1 7 を配置しているが、磁性部材 1 7 の配置により共振時の磁界結合を低下させるように磁性部材 1 7 を配置してもよい。

[0037] 具体的に説明すると、磁性部材 1 7 は、受電共振コイル 1 1 1 及び受電コイル 1 1 2 の外周面に沿った円筒形状に形成され、受電共振コイル 1 1 1 の給電モジュール 2 1 側の一方端位置が受電共振コイル 1 1 1 の一方端位置に

コイル軸方向において一致され、給電モジュール 2 1 側とは反対側の他方端位置が受電コイル 1 1 2 の他方端位置にコイル軸方向において一致された外側円筒部を有しても良い。この場合には、磁界結合の程度（結合係数）を減少させることが可能になる。

[0038] このように、受電装置 1 は、磁性部材 1 7 の配置や形状、サイズ等の磁性部材条件を調整することにより磁界結合の程度（結合係数）が任意の値に変更可能にされてもよい。これにより、受電装置 1 は、給電モジュール 2 1 及び受電モジュール 1 1 間の距離を一定に維持しつつ、磁性部材 1 7 の磁性部材条件を調整することにより磁界結合の程度を容易に任意の値に変更することができる。この結果、給電装置 2 及び受電装置 1 のサイズや形状に制約を受け、これらのサイズや形状の構造的仕様の変更ができない場合のように、充電装置 2（給電共振コイル 2 1 1）と受電装置 1（受電共振コイル 1 1 1）との距離を変更できない場合においても、磁性部材 1 7 により磁界結合を増減させることによって、受電装置 1 に要求される給電時の伝送効率の仕様を容易に満足させることができ、ひいては短時間での充電を可能にしたり、急速充電による過熱等を防止することが可能になる。

[0039]（受電装置 1：電子部品 1 3 等）

上記の受電装置 1 は、電子回路を有する 1 以上の電子部品 1 3 と、作動電力を供給する電池 1 4 とを有している。さらに、受電装置 1 は、スピーカや発光部品、表示器等の出力部 1 5 と、マイクやスイッチ等の入力部 1 6 とを有している。具体的には、受電装置 1 は、AC/DC 変換部 1 3 1 や充電部 1 3 2、制御部 1 3 3 等の電子部品 1 3 を有している。これらの電子部品 1 3 の少なくとも一部は、他の部位よりも小さな磁界強度となるように共振現象により形成された磁界空間に配置されている。

[0040] AC/DC 変換部 1 3 1 は、受電モジュール 1 1 に給電された交流電力を直流電力に変換する機能を有している。充電部 1 3 2 は、電池 1 4 に対して充電する機能を有している。制御部 1 3 3 は、出力部 1 5 及び入力部 1 6 に接続されており、出力部 1 5 に対して制御信号を出力する機能と、入力部 1

6からの入力信号を受信する機能と、受電装置1の使用目的に応じた各種の情報やデータを処理する機能とを有している。尚、本実施形態においては、説明の便宜上、電子部品13とは別に、電池14や出力部15、入力部16を記載しているが、電子部品13が電池14や出力部15、入力部16を含むものであってもよい。即ち、電池14や出力部15、入力部16が磁界空間に配置されていてもよい。

[0041] 充電部132により充電される電池14は、充電可能な二次電池からなっている。電池14としては、鉛蓄電池やリチウムイオン二次電池、リチウムイオンポリマー二次電池、ニッケル・水素蓄電池、ニッケル・カドミウム蓄電池、ニッケル・鉄蓄電池、ニッケル・亜鉛蓄電池、酸化銀・亜鉛蓄電池等を例示することができる。尚、電池14は、二次電池でなくキャパシタであってもよい。

[0042] (給電装置2)

上記のように構成された受電装置1は、給電装置2とで給電システム3を構成している。給電装置2は、受電装置1の受電モジュール11に対して共振現象により電力を供給する給電モジュール21を備えている。給電モジュール21は、給電共振コイル211及び給電コイル212を備えている。給電装置2は、給電モジュール21に交流電力を供給する電源部22と、電源部22を制御する制御部23とを有している。

[0043] (磁界空間)

次に、主に受電装置1において電子部品13の配置場所とされる『磁界空間』について詳細に説明する。

[0044] 受電装置1は、『磁界空間』を所望位置に形成するように構成されている。磁界空間の所望位置への形成は、給電装置2との位置関係や給電状態、内部構成等の給電条件を設定することにより実現することができる。さらに、磁界空間の所望位置への形成は、給電モジュール21の給電共振コイル211と受電モジュール11の受電共振コイル111との結合係数を増減可能な磁性部材条件を設定することにより実現することができる。

- [0045] 例えば、受電装置 1 は、給電装置 2 の給電モジュール 2 1 における給電共振コイル 2 1 1 から受電モジュール 1 1 における受電共振コイル 1 1 1 に共振現象により電力を供給する際に、給電モジュール 2 1 における給電共振コイル 2 1 1 と受電モジュール 1 1 における受電共振コイル 1 1 1 との間の所望位置に、この所望位置以外の磁界強度よりも小さな磁界強度を有する磁界空間を形成するように構成されていてもよい。この場合には、受電モジュール 1 1 の給電装置 2 側の近傍位置に磁界空間を出現させることができる。
- [0046] 『磁界空間』の形成方法を詳細に説明すると、給電装置 2 の給電モジュール 2 1 における給電共振コイル 2 1 1 から受電装置 1 の受電モジュール 1 1 における受電共振コイル 1 1 1 に対して共振現象により電力を供給するときに、給電モジュール 2 1 における給電共振コイル 2 1 1 に流れる電流の向きと受電モジュール 1 1 における受電共振コイル 1 1 1 に流れる電流の向きとが、逆向きになるように、給電モジュール 2 1 における給電共振コイル 2 1 1 に供給する電力の周波数を設定する方法が例示される。
- [0047] 上記の形成方法によれば、共振現象を利用した電力伝送を行う際に、給電モジュール 2 1 における給電共振コイル 2 1 1 と受電モジュール 1 1 における受電共振コイル 1 1 1 を近接配置することにより、給電共振コイル 2 1 1 と受電共振コイル 1 1 1 との結合の強さを表す結合係数が高くなる。このように結合係数が高い状態で、伝送特性（給電コイル 2 1 2 から受電コイル 1 1 2 に電力を送電する際の送電効率の指標となる値、もしくは、給電モジュール 2 1 から受電モジュール 1 1 に電力を送電する際の送電効率の指標となる値）を計測すると、その測定波形は低周波側と高周波側とにピークが分離する。そして、この高周波側のピーク付近の周波数に、給電共振コイル 2 1 1 に供給する電力の周波数を設定することにより、給電共振コイル 2 1 1 に流れる電流の向きと受電共振コイル 1 1 1 に流れる電流の向きとが逆向きになり、給電共振コイル 2 1 1 の内周側に発生する磁界と受電共振コイル 1 1 1 の内周側に発生する磁界とが打ち消し合うことにより、給電共振コイル 2 1 1 及び受電共振コイル 1 1 1 の内周側に、磁界による影響が低減さ

れて、給電共振コイル 2 1 1 及び受電共振コイル 1 1 1 の内周側以外の磁界強度よりも小さな磁界強度を有する磁界空間を形成することができる。

[0048] また、『磁界空間』の他の形成方法として、給電共振コイル 2 1 1 から受電共振コイル 1 1 1 に対して共振現象により電力を供給するときに、給電共振コイル 2 1 1 に流れる電流の向きと受電共振コイル 1 1 1 に流れる電流の向きとが、同じ向きになるように、給電共振コイル 2 1 1 に供給する電力の周波数を設定する方法が例示される。

[0049] 上記の形成方法によれば、共振現象を利用した電力伝送を行う際に、給電共振コイル 2 1 1 と受電共振コイル 1 1 1 とを近接配置することにより、給電共振コイル 2 1 1 と受電共振コイル 1 1 1 との結合の強さを表す結合係数が高くなる。このように結合係数が高い状態で、伝送特性を計測すると、その測定波形は低周波側と高周波側とにピークが分離する。そして、この低周波側のピーク付近の周波数に、給電共振コイル 2 1 1 に供給する電力の周波数を設定することにより、給電共振コイル 2 1 1 に流れる電流の向きと受電共振コイル 1 1 1 に流れる電流の向きとが同じ向きになり、給電共振コイル 2 1 1 の外周側に発生する磁界と受電共振コイル 1 1 1 の外周側に発生する磁界とが打ち消し合うことにより、給電共振コイル 2 1 1 及び受電共振コイル 1 1 1 の外周側に、磁界による影響が低減されて、給電共振コイル 2 1 1 及び受電共振コイル 1 1 1 の外周側以外の磁界強度よりも小さな磁界強度を有する磁界空間を形成することができる。

[0050] また、『磁界空間』は、給電共振コイル 2 1 1 及び受電共振コイル 1 1 1 に関する調整パラメータを変化させて、給電共振コイル 2 1 1 及び受電共振コイル 1 1 1 の間に発生する磁界結合の強度に基づいて大きさが設定されてもよい。例えば、給電共振コイル 2 1 1 及び受電共振コイル 1 1 1 との間に発生する磁界結合を相対的に弱めることにより磁界空間の大きさを拡大することができる。一方、給電共振コイル 2 1 1 及び受電共振コイル 1 1 1 との間に発生する磁界結合を相対的に強めることにより磁界空間の大きさを小さくすることができる。これにより、受電装置 1 のサイズに最適な磁界空間を

形成することができる。

[0051] 尚、給電共振コイル 2 1 1 の配置関係、及び、受電共振コイル 1 1 1 の配置関係を調整パラメータとし、この調整パラメータを変化させて、給電共振コイル 2 1 1 及び受電共振コイル 1 1 1 の間に発生する磁界結合の強度を変更することより、磁界空間の大きさを変更してもよい。

[0052] また、『磁界空間』は、給電共振コイル 2 1 1 及び受電共振コイル 1 1 1 の形状を調整パラメータとし、これらのコイルの形状を所望の形状に変化させて、給電共振コイル 2 1 1 及び受電共振コイル 1 1 1 の間及び周辺に発生する磁界結合の強度を変更することより、形状が所望の形状に設定されてもよい。この場合には、給電共振コイル 2 1 1 及び受電共振コイル 1 1 1 を所望の形状にすることにより、磁界強度が相対的に弱い磁界空間をコイルの形状に沿った所望の形状で形成することができる。

[0053] また、『磁界空間』は、給電共振コイル 2 1 1 と給電コイル 2 1 2 との間の第 1 距離、及び、受電コイル 1 1 2 と受電共振コイル 1 1 1 との間の第 2 距離の少なくとも一つを調整パラメータとし、この調整パラメータに基づいて、大きさが設定されてもよい。例えば、給電共振コイル 2 1 1 と給電コイル 2 1 2 との間の第 1 距離、及び、受電コイル 1 1 2 と受電共振コイル 1 1 1 との間の第 2 距離を相対的に短くすることにより、磁界結合を相対的に弱めて磁界空間の大きさを拡大することができる。一方、給電共振コイル 2 1 1 と給電コイル 2 1 2 との間の第 1 距離、及び、受電コイル 1 1 2 と受電共振コイル 1 1 1 との間の第 2 距離を相対的に長くすることにより、磁界結合を相対的に強めて磁界空間の大きさを小さくすることができる。

[0054] また、『磁界空間』は、受電共振コイルにおいて、給電モジュール 2 1 に供給する電力の駆動周波数に対する伝送特性の値が、共振周波数よりも低い駆動周波数帯域及び共振周波数よりも高い駆動周波数帯域にそれぞれピークを有する共振現象により電力が供給されることで形成されてもよい。この場合には、低い駆動周波数帯域のピーク周波数において給電モジュール 2 1 の給電共振コイル 2 1 1 に流れる電流の向きと受電共振コイル 1 1 1 に流れる

電流の向きとを同じにした同相の電流が流れるように設定した場合と、電流の向きを逆にした逆相に設定した場合とで磁界空間が出現する位置を変えることができる。

[0055] さらに、『磁界空間』は、受電共振コイル 1 1 1 及び給電共振コイル 2 1 1 の対向面を除いた少なくとも一部の面を覆うように磁性部材 1 7 を配置し、給電共振コイル 2 1 1 と受電共振コイル 1 1 1 との間で磁界を変化させて電力伝送を行うことで、所望位置に当該所望位置以外の磁界強度よりも小さな磁界強度を有する磁界空間を形成してもよい。

[0056] 磁性部材 1 7 は、受電共振コイル 1 1 1 の内周面を覆うように配置されていてもよい。この場合には、受電共振コイル 1 1 1 の内周側で発生する磁界を遮断して、受電共振コイル 1 1 1 の内周側に比較的小さな磁界強度を有する磁界空間を形成することができる。

[0057] また、磁性部材 1 7 は、給電共振コイル 2 1 1 及び受電共振コイル 1 1 1 の対向面とは反対側の面を覆うように配置されていてもよい。この場合には、受電共振コイル 1 1 1 の対向面とは反対側の面付近で発生する磁界を遮断して、受電共振コイル 1 1 1 の対向面とは反対側の面付近に比較的小さな磁界強度を有する磁界空間を形成することができる。

[0058] このように、受電装置 1 は、上述の磁界空間の形成方法の 1 以上の組み合わせに基づいて、受電モジュール 1 1 の内側や近傍の所望位置に磁界強度の小さな磁界空間を意図的に形成することが可能になっていると共に、磁界空間の大きさや形状を設定することが可能になっている。即ち、受電装置 1 は、受電モジュール 1 1 の設置態様及び磁性部材条件の少なくとも一方の操作により所望の磁界空間を形成することが可能になっている。

[0059] (結合係数の調査)

次に、上記で説明した受電装置 1 において、各種の磁性部材 1 7 を用いた場合における給電モジュール 2 1 の給電共振コイル 2 1 1 と受電モジュール 1 1 の受電共振コイル 1 1 1 との間における結合係数 k_{23} を調査した。

[0060] (結合係数測定システム)

先ず、図2に示すように、給電コイル212に交流電源の代わりにネットワークアライザ31（アジレント・テクノロジー株式会社製）の出力端子を接続する。また、受電コイル112に電力受給部の代わりにネットワークアライザ31の入力端子を接続する。

[0061] ネットワークアライザ31は、任意の周波数で交流電力を出力端子から給電コイル212に出力可能としている。また、ネットワークアライザ31は、受電コイル112から入力端子に入力された電力を測定可能としている。更に、ネットワークアライザ31は、挿入損失『S21』や結合係数、送電効率を測定可能としている。

[0062] 給電コイル212は、ネットワークアライザ31から得られた電力を電磁誘導によって給電共振コイル211に供給する役割を果たす。給電コイル212は、線径0.4mmφの銅線材（絶縁被膜付）を1回巻にして、11mmφのコイル径で設定されている。給電共振コイル211は、線径0.4mmφの銅線材（絶縁被膜付）を使用して、11mmφのコイル径及び10mmφのコイル長に設定されている。尚、給電共振コイル211は、磁性部材厚み450μmが内周側に配置され、自己インダクタンスLは10.9μH及び抵抗値は1.8Ωである。

[0063] 受電コイル112は、給電共振コイル211から受電共振コイル111に磁界エネルギーとして送電された電力を電磁誘導によってネットワークアライザ31の入力端子に出力する役割を果たす。受電コイル112は、線径0.4mmφの銅線材（絶縁被膜付）を1回巻にして、11mmφのコイル径で設定されている。受電共振コイル111は、線径0.2mmφの銅線材（絶縁被膜付）を使用して、11mmφのコイル径及び1.4mmφのコイル長にそれぞれ設定されている。

[0064] 給電共振コイル211及び受電共振コイル111は、それぞれLC共振回路であり、磁界共鳴状態を創出する役割を果たす。尚、本実施形態では、LC共振回路のコンデンサ成分については素子によって実現しているが、コイルの両端を開放し、浮遊容量によって実現してもよい。このLC共振回路で

は、インダクタンスを L 、コンデンサ容量を C とすると、(式1)によって定まる f が共振周波数となる。

$$f = 1 / (2 \pi \sqrt{LC}) \cdots (式1)$$

[0065] 給電共振コイル211及び受電共振コイル111は、(式1)によって定まる共振周波数 f を同一とする必要があるため、共振周波数を1MHzとしている。

[0066] 上記のように、給電共振コイル211の共振周波数と受電共振コイル111の共振周波数とを同一値とした場合、給電共振コイル211と受電共振コイル111との間に磁界共鳴状態を創出することができる。給電共振コイル211が共振した状態で磁界共鳴状態が創出されると、給電共振コイル211から受電共振コイル111に電力を磁界エネルギーとして送電することができる。

[0067] (結合係数測定方法)

次に、上記のように構成された結合係数測定システムのネットワークアナライザ31を使用して、磁性部材17の有無や配置を変更し、給電共振コイル211と受電共振コイル111との間の結合係数 k_{23} をそれぞれ測定する。ここで、結合係数 k_{23} とは、給電共振コイル211と受電共振コイル111の結合の強さを表す指標である。

[0068] 先ず、上記結合係数 k_{23} を測定するにあたって、挿入損失『S21』を測定する。横軸を出力端子から出力される周波数とし、縦軸を挿入損失『S21』として測定する。

[0069] 尚、給電コイル212と給電共振コイル211との結合が強いと、給電共振コイル211と受電共振コイル111との間の結合状態に影響を与えてしまい正確な測定ができないため、給電コイル212と給電共振コイル211との間の給電側距離は、給電共振コイル211が十分に励振でき、給電共振コイル211の磁界を生成させ、かつ、給電コイル212と給電共振コイル211とができるだけ結合しない距離に保持する必要がある。また、同様の理由で受電共振コイル111と受電コイル112との間の受電側距離も、受電

共振コイル 1 1 1 が十分に励振でき、受電共振コイル 1 1 1 の磁界を生成させ、かつ、受電共振コイル 1 1 1 と受電コイル 1 1 2 とができるだけ結合しない距離に保持する必要がある。

[0070] ここで、挿入損失『S 2 1』とは、出力端子から信号を入力したときの入力端子を通過する信号を表しており、デシベル表示され、数値が大きいほど送電効率が高いことを表す。また、送電効率とは、出力端子から給電共振コイル 2 1 1 に供給される電力に対する入力端子に出力される電力の比率のことをいう。即ち、挿入損失『S 2 1』が高いほど、送電効率が高くなることを意味する。

[0071] このように測定された挿入損失『S 2 1』の測定波形は低周波側と高周波側とにピークが分離する。分離したピークのうち、高周波側の周波数を f_H 、低周波側の周波数を f_L として表す。そうすると、結合係数 k_{23} は、(式 2) によって求められる。

$$k_{23} = (f_H^2 - f_L^2) / (f_H^2 + f_L^2) \cdots (式 2)$$

[0072] (結合係数測定結果)

上記の結合係数測定システムにおいて、様々な形態（配置や形状）の磁性部材 1 7 を用いて結合係数 k_{23} を測定した結果を示す。

[0073] 図 3 (a) に示すように、受電共振コイル 1 1 1 だけで磁性部材 1 7 が存在しない場合は、結合係数 k_{23} が 0.17 であった。また、図 3 (b) に示すように、受電共振コイル 1 1 1 の内周側に内側円筒部 1 7 1 が配置された磁性部材 1 7 の場合は、結合係数 k_{23} が 0.18 であった。図 3 (c) に示すように、受電共振コイル 1 1 1 の外周側に外側円筒部 1 7 2 が配置された磁性部材 1 7 の場合は、結合係数 k_{23} が 0.11 であった。

[0074] 図 3 (d) に示すように、受電共振コイル 1 1 1 の内周側及び外周側に内側円筒部 1 7 1 及び外側円筒部 1 7 2 がそれぞれ配置された磁性部材 1 7 の場合は、結合係数 k_{23} が 0.11 であった。図 3 (e) に示すように、受電共振コイル 1 1 1 の内周側及び外周側に内側円筒部 1 7 1 及び外側円筒部 1 7 2 がそれぞれ配置され、さらに、内側円筒部 1 7 1 及び外側円筒部 1 7 2 の

他方端に円盤部 1 7 3 が配置された磁性部材 1 7 の場合は、結合係数 k_{23} が 0.12 であった。図 3 (f) に示すように、受電共振コイル 1 1 1 の内周側に内側円筒部 1 7 1 が配置され、さらに、内側円筒部 1 7 1 の他方端に円盤部 1 7 3 が配置された磁性部材 1 7 の場合は、結合係数 k_{23} が 0.19 であった。

[0075] 上記の測定結果から、給電共振コイル 2 1 1 と受電共振コイル 1 1 1 との距離を変更しなくても、磁性部材 1 7 の形態により結合係数 k_{23} を増減可能であることが判明した。具体的に説明すると、内側円筒部 1 7 1 及び円盤部 1 7 3 は結合係数 k_{23} の増大に寄与する一方、外側円筒部 1 7 2 は結合係数 k_{23} の減少に寄与することが判明した。これにより、内側円筒部 1 7 1 と外側円筒部 1 7 2 との 1 以上を組み合わせ、さらに円盤部 1 7 3 を組み合わせることによって、結合係数 k_{23} を増減できることが判明した。

[0076] 以上の詳細な説明では、本発明をより容易に理解できるように、特徴的部分を中心に説明したが、本発明は、以上の詳細な説明に記載する実施形態・実施例に限定されず、その他の実施形態・実施例にも適用することができ、その適用範囲は可能な限り広く解釈されるべきである。また、本明細書において用いた用語及び語法は、本発明を的確に説明するために用いたものであり、本発明の解釈を制限するために用いたものではない。また、当業者であれば、本明細書に記載された発明の概念から、本発明の概念に含まれる他の構成、システム、方法等を推考することは容易であると思われる。従って、請求の範囲の記載は、本発明の技術的思想を逸脱しない範囲で均等な構成を含むものであるとみなされるべきである。また、本発明の目的及び本発明の効果を十分に理解するために、すでに開示されている文献等を十分に参酌することが望まれる。

符号の説明

- [0077] 1 受電装置
2 給電装置
3 給電システム

- 1 1 受電モジュール
 - 1 1 1 受電共振コイル
 - 1 1 2 受電コイル
- 2 1 給電モジュール
 - 2 1 1 給電共振コイル
 - 2 1 2 給電コイル
- 1 7 磁性部材
 - 1 7 1 内側円筒部
 - 1 7 2 外側円筒部
 - 1 7 3 円盤部

請求の範囲

- [請求項1] 給電モジュールとの間で共振する共振現象により電力が供給される受電共振コイルと、
前記受電共振コイルから電力を受け取る受電コイルと、
前記共振時の磁界結合を増減するように前記受電共振コイルに対して径方向に少なくとも一部が重複配置された磁性部材とを有することを特徴とする受電装置。
- [請求項2] 前記磁性部材は、前記受電共振コイルの内周側に配置されていることを特徴とする請求項1に記載の受電装置。
- [請求項3] 前記受電共振コイルは、前記給電モジュールのコイル径と同一のコイル径を有し、前記給電モジュールに対向配置されており、
前記磁性部材は、前記受電共振コイルの内周面に沿った円筒形状に形成され、前記受電共振コイルの前記給電モジュール側の一方端位置が前記給電モジュールの一方端位置にコイル軸方向において一致されていることを特徴とする請求項2に記載の受電装置。
- [請求項4] 前記受電共振コイルは、前記給電モジュールのコイル径と同一のコイル径を有し、前記給電モジュールに対向配置されており、
前記受電コイルは、前記受電共振コイルのコイル軸に対して一致するコイル軸を有するように、前記給電モジュール側とは反対側に配置されており、
前記磁性部材は、
前記受電共振コイル及び前記受電コイルの内周面に沿った円筒形状に形成され、
前記受電共振コイルの前記給電モジュール側の一方端位置が前記受電共振コイルの一方端位置にコイル軸方向において一致され、
前記給電モジュール側とは反対側の他方端位置が前記受電コイルの他方端位置にコイル軸方向において一致された内側円筒部と、
前記円筒部の他方端に設けられ、前記受電コイルの他方端面に対向

するように形成された円盤部とを有することを特徴とする請求項 2 に記載の受電装置。

[請求項5]

前記受電共振コイルは、

前記給電モジュールに供給する電力の駆動周波数に対する伝送特性の値が、共振周波数よりも低い駆動周波数帯域及び前記共振周波数よりも高い駆動周波数帯域にそれぞれピークを有する前記共振現象により電力が供給されることを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか 1 項に記載の受電装置。

[請求項6]

さらに、他の部位よりも小さな磁界強度となるように前記共振現象により形成された磁界空間に配置された電子部品を有することを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか 1 項に記載の受電装置。