

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-13204
(P2013-13204A)

(43) 公開日 平成25年1月17日(2013.1.17)

(51) Int.Cl.
H02J 17/00 (2006.01)

F I
H02J 17/00

テーマコード (参考)

B

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2011-143433 (P2011-143433)
(22) 出願日 平成23年6月28日 (2011. 6. 28)

(71) 出願人 000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目1番1号
(74) 代理人 100108855
弁理士 蔵田 昌俊
(74) 代理人 100159651
弁理士 高倉 成男
(74) 代理人 100091351
弁理士 河野 哲
(74) 代理人 100088683
弁理士 中村 誠
(74) 代理人 100109830
弁理士 福原 淑弘
(74) 代理人 100075672
弁理士 峰 隆司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線電力伝送システム、送電装置及び受電装置

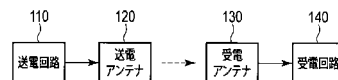
(57) 【要約】

【課題】送電アンテナ及び受電アンテナの少なくとも一方を小型化する。

【解決手段】実施形態によれば、無線電力伝送システムは、送電アンテナ120と、受電アンテナ130とを含む。送電アンテナ120は、第1の共振周波数及び第1の周波数帯域幅を持ち、送電回路から第1の伝送周波数を持つ高周波エネルギーを受け、高周波エネルギーを無線送電する。受電アンテナ130は、第2の共振周波数及び第2の周波数帯域幅を持ち、高周波エネルギーを無線受電する。第2の共振周波数は、第1の周波数帯域幅に含まれる最高の周波数よりも高い値である。第1の伝送周波数は、第1の周波数帯域幅に含まれる値である。

【選択図】図1

図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

第 1 の共振周波数及び第 1 の周波数帯域幅を持ち、送電回路から第 1 の伝送周波数を持つ高周波エネルギーを受け、当該高周波エネルギーを無線送電する送電アンテナと、

第 2 の共振周波数及び第 2 の周波数帯域幅を持ち、前記高周波エネルギーを無線受電する受電アンテナと

を具備し、

前記第 2 の共振周波数は、前記第 1 の周波数帯域幅に含まれる最高の周波数よりも高い値であり、

前記第 1 の伝送周波数は、前記第 1 の周波数帯域幅に含まれる値である、

無線電力伝送システム。

10

【請求項 2】

前記送電アンテナは、先端開放自己共振コイルを含み、

前記受電アンテナは、先端短絡ループ素子を含む、

請求項 1 の無線電力伝送システム。

【請求項 3】

前記送電アンテナは、

前記送電回路から前記高周波エネルギーを受ける先端短絡ループ素子と、

前記先端短絡ループ素子と磁界結合して前記高周波エネルギーを受け、前記高周波エネルギーを無線送電する先端開放自己共振コイルと

を含む、請求項 1 の無線電力伝送システム。

20

【請求項 4】

前記受電アンテナと間隙を隔てて配置される回路基板と、

前記受電アンテナと前記回路基板との間隙に配置される磁性体と

を更に具備する、請求項 1 の無線電力伝送システム。

【請求項 5】

前記受電アンテナを内蔵する筐体と、

第 3 の共振周波数及び第 3 の周波数帯域幅を持ち、前記筐体に対して着脱可能であり、前記筐体に取り付けられている場合に前記受電アンテナと磁界結合する自己共振コイルとを更に具備し、

前記第 3 の共振周波数は、前記第 1 の周波数帯域幅に含まれる値であり、

前記自己共振コイルが前記筐体に取り付けられている場合に、当該自己共振コイルは前記高周波エネルギーを無線受電し、当該高周波エネルギーを前記受電アンテナに供給する

30

請求項 1 の無線電力伝送システム。

【請求項 6】

可変キャパシタ及び可変インダクタの少なくとも一方を含み、前記送電アンテナと接続される可変受動素子と、

前記送電アンテナからの反射電力が小さくなるように前記可変受動素子を制御する制御回路と

を更に具備する、請求項 1 の無線電力伝送システム。

40

【請求項 7】

前記第 1 の周波数帯域幅内の周波数利用状況を検出する検出部と、

前記第 1 の伝送周波数の利用が他のシステムに干渉を与えるか否かを前記周波数利用状況に基づいて判定し、前記第 1 の伝送周波数の利用が他のシステムに干渉を与えると判定するならば、前記第 1 の伝送周波数を前記第 1 の周波数帯域幅内の異なる値に変更するように前記送電回路を制御する制御部と

を更に具備する、請求項 1 の無線電力伝送システム。

【請求項 8】

第 2 の共振周波数及び第 2 の周波数帯域幅を持ち、第 1 の共振周波数及び第 1 の周波数

50

帯域幅を持つ送電アンテナから第 1 の伝送周波数を持つ高周波エネルギーを無線受電する受電アンテナを具備し、

前記第 2 の共振周波数は、前記第 1 の周波数帯域幅に含まれる最高の周波数よりも高い値であり、

前記第 1 の伝送周波数は、前記第 1 の周波数帯域幅に含まれる値である、
受電装置。

【請求項 9】

第 1 の共振周波数及び第 1 の周波数帯域幅を持ち、送電回路から第 1 の伝送周波数を持つ高周波エネルギーを受け、当該高周波エネルギーを第 2 の共振周波数及び第 2 の周波数帯域幅を持つ受電アンテナに無線送電する送電アンテナを具備し、

前記第 2 の共振周波数は、前記第 1 の周波数帯域幅に含まれる最高の周波数よりも高い値であり、

前記第 1 の伝送周波数は、前記第 1 の周波数帯域幅に含まれる値である、
送電装置。

【請求項 10】

第 1 の共振周波数及び第 1 の周波数帯域幅を持ち、送電回路から第 1 の伝送周波数を持つ高周波エネルギーを受け、当該高周波エネルギーを無線送電する送電アンテナと、

第 2 の共振周波数及び第 2 の周波数帯域幅を持ち、前記高周波エネルギーを無線受電する受電アンテナと

を具備し、

前記第 1 の共振周波数は、前記第 2 の周波数帯域幅に含まれる最高の周波数よりも高い値であり、

前記第 1 の伝送周波数は、前記第 2 の周波数帯域幅に含まれる値である、
無線電力伝送システム。

【請求項 11】

第 1 の共振周波数及び第 1 の周波数帯域幅を持ち、送電回路から第 1 の伝送周波数を持つ高周波エネルギーを受け、当該高周波エネルギーを第 2 の共振周波数及び第 2 の周波数帯域幅を持つ受電アンテナに無線送電する送電アンテナを具備し、

前記第 1 の共振周波数は、前記第 2 の周波数帯域幅に含まれる最高の周波数よりも高い値であり、

前記第 1 の伝送周波数は、前記第 2 の周波数帯域幅に含まれる値である、
送電装置。

【請求項 12】

第 2 の共振周波数及び第 2 の周波数帯域幅を持ち、第 1 の共振周波数及び第 1 の周波数帯域幅を持つ送電アンテナから第 1 の伝送周波数を持つ高周波エネルギーを無線受電する受電アンテナを具備し、

前記第 1 の共振周波数は、前記第 2 の周波数帯域幅に含まれる最高の周波数よりも高い値であり、

前記第 1 の伝送周波数は、前記第 2 の周波数帯域幅に含まれる値である、
受電装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

実施形態は、無線電力伝送に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、共鳴型の無線電力伝送システムが提案されている。この無線電力伝送システムにおいて、送電アンテナ及び受電アンテナの共振周波数は近接している。ここで、共振周波数が近接しているとは、下記の数式(1)が満足されることをいうものとする。

10

20

30

40

【数 1】

$$|f_2 - f_1| \leq \min\left(\frac{\Delta f_1}{2}, \frac{\Delta f_2}{2}\right) \quad (1)$$

【0003】

数式(1)において、 f_1 は送電アンテナの共振周波数を表し、 Δf_1 は送電アンテナの周波数帯域幅を表し、 f_2 は受電アンテナの共振周波数を表し、 Δf_2 は受電アンテナの周波数帯域幅を表す。また、 $\min(a, b)$ は、 a 及び b のうちの最小値を返す関数である。

10

【0004】

また、従来の共鳴型の無線電力伝送システムにおいて、高い無線伝送効率を達成するために、送電アンテナ及び受電アンテナの両方が共振する状態で結合される。即ち、伝送周波数(= f_3)は、送電アンテナ及び受電アンテナの周波数帯域幅(= f_1, f_2)の重複する範囲内の値に制約される。

【0005】

従って、従来の共鳴型の無線電力伝送システムにおいて、受電アンテナのサイズは、送電アンテナのサイズから制約を受けることになる。例えば、受電アンテナは、その共振周波数が送電アンテナの共振周波数に近接するように、送電アンテナと同程度のサイズに設計されがちである。即ち、従来の共鳴型の無線電力伝送システムにおいて、送電アンテナ及び受電アンテナの両方が大きなサイズに設計される傾向にあり、小型化は困難である。

20

【0006】

無線電力伝送システムの応用例として、モバイル機器(例えば、ノートPC、携帯電話機など)、電気自動車、電動自動二輪車、電動アシスト付き自転車などへの無線充電(または無線給電)が検討されている。例えば、受電アンテナを小型化すれば、当該受電アンテナをこれらの移動体に内蔵させることが容易となる。

【0007】

その他、共振周波数の調整、送電アンテナまたは受電アンテナの改善(例えば、薄型化、軽量化、低損失化、低コスト化、大電力化、高効率化など)に関する課題の解決が、従来の共鳴型の無線電力伝送システムにおいて望まれている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特表2009-501510号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

実施形態は、送電アンテナ及び受電アンテナの少なくとも一方を小型化することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

40

【0010】

実施形態によれば、無線電力伝送システムは、送電アンテナと、受電アンテナとを含む。送電アンテナは、第1の共振周波数及び第1の周波数帯域幅を持ち、送電回路から第1の伝送周波数を持つ高周波エネルギーを受け、高周波エネルギーを無線送電する。受電アンテナは、第2の共振周波数及び第2の周波数帯域幅を持ち、高周波エネルギーを無線受電する。第2の共振周波数は、第1の周波数帯域幅に含まれる最高の周波数よりも高い値である。第1の伝送周波数は、第1の周波数帯域幅に含まれる値である。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】第1の実施形態に係る無線電力伝送システムを例示するブロック図。

50

【図 2】第 1 の実施形態に係る無線電力伝送システムにおける送電アンテナ及び受電アンテナの共振周波数及び周波数帯域幅と、伝送周波数との関係を例示する図。

【図 3】第 2 の実施形態に係る無線電力伝送システムを例示するブロック図。

【図 4】第 3 の実施形態に係る無線電力伝送システムを例示するブロック図。

【図 5】第 4 の実施形態に係る無線電力伝送システムを例示するブロック図。

【図 6】第 5 の実施形態に係る無線電力伝送システムを例示するブロック図。

【図 7】第 6 の実施形態に係る無線電力伝送システムを例示するブロック図。

【図 8】第 6 の実施形態に係る無線電力伝送システムを例示するブロック図。

【図 9】第 7 の実施形態に係る無線電力伝送システムを例示するブロック図。

【図 10】円形平面スパイラルコイルを例示する図。

【図 11】方形平面スパイラルコイルを例示する図。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、図面を参照しながら実施形態の説明が述べられる。尚、以降、説明済みの要素と同一または類似の要素には同一または類似の符号が付され、重複する説明は基本的に省略される。

【0013】

(第 1 の実施形態)

図 1 に示されるように、第 1 の実施形態に係る無線電力伝送システムは、送電装置と、受電装置とを含む。送電装置は、送電回路 110 と、送電アンテナ 120 とを含む。受電装置は、受電アンテナ 130 と、受電回路 140 とを含む。

【0014】

送電回路 110 は、高周波エネルギーを生成（または外部から中継）し、送電アンテナ 120 に供給する。この高周波エネルギーは、例えば、伝送周波数（= f_3 ）を中心とした狭帯域信号である。

【0015】

例えば、送電回路 110 は、正弦波生成回路と、正弦波増幅回路とを含むことができる。正弦波生成回路は、伝送周波数（= f_3 ）に主成分を備える正弦波を生成する。正弦波増幅回路は、正弦波生成回路によって生成された正弦波を増幅し、高周波エネルギーを得る。

【0016】

送電アンテナ 120 は、送電回路 110 から供給される高周波エネルギーを受電装置（の受電アンテナ 130）に無線送電する。送電アンテナ 120 の共振周波数の値は f_1 であり、この周波数帯域幅の値は Δf_1 である。

【0017】

ここで、共振周波数（= f_1 ）とは、送電アンテナ 120 のインピーダンスの実部が非零となり、かつ、虚部が零となる周波数を指す。尚、一般に、送電アンテナ 120 は、複数の共振周波数を備えるが、以降の説明において共振周波数（= f_1 ）とはこれら複数の共振周波数のうち最も低いものを指すとする。また、送電アンテナ 120 の周波数帯域幅 Δf_1 は、下記の数式（2）によって定義される。

【数 2】

$$\Delta f_1 = \frac{f_1}{Q} \quad (2)$$

【0018】

尚、上記の数式（2）のうち、 Q は下記の数式（3）によって定義される。

10

20

30

40

【数 3】

$$Q = \frac{2\pi f_1 L}{R} \quad (3)$$

【0019】

数式(3)において、Lは、送電アンテナ120のインダクタンスを表す。Rは、送電アンテナ120の損失抵抗値の合計を表す。損失抵抗値は、例えば導体抵抗値、放射抵抗値などを含む。

【0020】

受電アンテナ130は、送電装置(の送電アンテナ120)から供給される高周波エネルギーを無線受電する。受電アンテナ130は、無線受電した高周波エネルギーを受電回路140に供給する。受電アンテナ130の共振周波数の値は f_2 であり、この周波数帯域幅の値は f_2 である。尚、受電アンテナ130の共振周波数(= f_2)及び周波数帯域幅(= f_2)の詳細は、送電アンテナ120の共振周波数(= f_1)及び周波数帯域幅(= f_1)についての説明を適宜読み替えることによって理解可能であろう。

【0021】

受電回路140は、受電アンテナ130から供給された高周波エネルギーを外部に提供する。高周波エネルギーは、図示しない外部機器のバッテリーを充電するために利用されてもよいし、図示しない外部機器を駆動するための電力として利用されてもよい。例えば、受電回路140は、高周波エネルギーをAC-DC変換してから外部に提供してもよい。

【0022】

本実施形態に係る無線電力伝送システムは、受電アンテナ130の共振周波数(= f_2)及び高周波エネルギーの伝送周波数(= f_3)を下記の条件を満たすように設計することによって、受電アンテナ130の小型化を可能にする。

【0023】

第1の条件は、受電アンテナ130の共振周波数(= f_2)が送電アンテナ120の周波数帯域幅(= f_1)に含まれる最高の周波数よりも高いということである。即ち、第1の条件は、前述の数式(1)が満足されないことを意味する。第2の条件は、伝送周波数(= f_3)が送電アンテナ120の周波数帯域幅(= f_1)と同じ範囲内の値を取り得るということである。第1の条件及び第2の条件が満たされる場合の送電アンテナ120及び受電アンテナ130の共振周波数(= f_1, f_2)及び周波数帯域幅(= f_1, f_2)と、伝送周波数(= f_3)との関係が図2に示される。

【0024】

一般に、素子構成が同じであれば、アンテナの共振周波数が高いほどそのサイズを小さくすることが容易である。具体的には、アンテナの共振周波数とは、当該アンテナに相当するインダクタンス及びキャパシタンスを夫々備えるインダクタ及びキャパシタを直列接続または並列接続した場合の共振周波数を指す。例えば、インダクタンスをL、キャパシタンスをC、共振周波数を f_r によって表すと、下記の数式(4)が成立する。

【数 4】

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (4)$$

【0025】

上記の数式(4)から明らかなように、インダクタンス(=L)及びキャパシタンス(=C)の積が小さいほど共振周波数(= f_r)は高い。また、インダクタンス(=L)及びキャパシタンス(=C)は、概してアンテナのサイズに依存して増減する。従って、素子構成が同じであるならば、インダクタンス(=L)及びキャパシタンス(=C)が小さい(即ち、共振周波数(= f_r)が高い)ほど、アンテナを小型化し易い。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 6 】

上記の数式(1)によれば、 f_2 の上限は $f_1 + f_1/2$ である。しかしながら、本実施形態において第1の条件が満たされるので、この上限に比べて f_2 は高い値となる。即ち、受電アンテナ130を小型化することが容易となる。

【 0 0 2 7 】

また、本実施形態において第2の条件が満たされるので、伝送周波数(= f_3)の取り得る範囲と送電アンテナ120の周波数帯域幅 f_1 とが一致する。故に、高効率な無線電力伝送が可能である。

【 0 0 2 8 】

以上説明したように、第1の実施形態に係る無線電力伝送システムは、受電アンテナの共振周波数が送電アンテナの周波数帯域幅に含まれる最高の周波数よりも高く設計され、かつ、電力の伝送周波数は送電アンテナの周波数帯域幅と同じ範囲内の値を取り得る。従って、この無線電力伝送システムによれば、受電アンテナの小型化が容易であり、かつ、電力を高効率に無線伝送できる。

10

【 0 0 2 9 】

(第2の実施形態)

図3に示されるように、第2の実施形態に係る無線電力伝送システムは、送電装置及び受電装置を含む。送電装置は、送電回路110と、先端開放自己共振コイル220とを含む。受電装置は、ループ素子230と、受電回路140とを含む。即ち、本実施形態において、第1の実施形態における送電アンテナ120が先端開放自己共振コイル220を用いて実装され、第1の実施形態における受電アンテナ130が先端短絡ループ素子230を用いて実装されている。

20

【 0 0 3 0 】

先端開放自己共振コイル220は、先端短絡ループ素子230と相互結合(即ち、磁界結合)する。先端開放自己共振コイル220は、送電回路110から供給される高周波エネルギーを受電装置(の先端短絡ループ素子230)に無線送電する。先端開放自己共振コイル220の共振周波数の値は f_1 であり、この周波数帯域幅の値は f_1 である。

【 0 0 3 1 】

先端開放自己共振コイル220は、コイルの一種なので、高いインダクタンスを持つ。先端開放自己共振コイル220は、その近傍に磁界を発生させるので磁界結合が可能である。先端開放自己共振コイル220の先端221, 222間は開放されているので、先端221, 222間に大きな浮遊キャパシタンスが発生する。尚、先端開放自己共振コイル220のうち先端221, 222間以外の部分においても浮遊キャパシタンスが発生する。先端開放自己共振コイル220は、これらインダクタンス(= L)及び(浮遊)キャパシタンス(= C)によって共振する。

30

【 0 0 3 2 】

一般に、先端開放自己共振コイル220のインダクタンス(= L)及びキャパシタンス(= C)は、同程度のサイズを持つ異なる構成の自己共振コイルに比べて両方とも高い。従って、異なる構成の自己共振コイルに比べて先端開放自己共振コイル220のサイズを小さく設計したとしても、所望の共振周波数(f_1)を実現するパラメータ(= LC)を得ることができる。即ち、送電アンテナ120は、先端開放自己共振コイル220を用いて実装されることによって、小型化が容易となる。

40

【 0 0 3 3 】

先端短絡ループ素子230は、先端開放自己共振コイル220と磁界結合する。先端短絡ループ素子230は、送電装置(の先端開放自己共振コイル220)から供給される高周波エネルギーを無線受電する。先端短絡ループ素子230は、無線受電した高周波エネルギーを受電回路140に供給する。先端短絡ループ素子230の共振周波数の値は f_2 であり、この周波数帯域幅の値は f_2 である。

【 0 0 3 4 】

先端短絡ループ素子230は、その近傍に磁界を発生させるので磁界結合が可能である

50

。先端短絡ループ素子 230 の先端 231 は短絡されているので、電流が先端 231 を流れる。従って、先端短絡ループ素子 230 は、その先端 231 を開放するよりも、高いインダクタンス (= L) を持つ。また、先端短絡ループ素子 230 の先端 231 は短絡されているので、その先端 231 を開放するよりも、小さなキャパシタンス (= C) を持つ。従って、先端短絡ループ素子 230 は、所望の共振周波数 (= f_2) が高く (即ち、これを実現するパラメータ (= LC) が低く) 設定される場合であっても、高いインダクタンス (= L) を持つことができる。即ち、先端短絡ループ素子 230 は、高い共振周波数 (= f_2) を持ちながら高いインダクタンス (= L) を持つので、小型化が容易であると共に高効率な磁界結合が可能である。

【0035】

以上説明したように、第 2 の実施形態に係る無線電力伝送システムは、第 1 の実施形態における送電アンテナ及び受電アンテナを先端開放自己共振コイル及び先端短絡ループ素子によって夫々実装する。従って、この無線電力伝送システムによれば、送電アンテナ及び受電アンテナを小型化しつつ、両者間の磁界結合を通じて電力を高効率に無線伝送できる。

【0036】

(第 3 の実施形態)

図 4 に示されるように、第 3 の実施形態に係る無線電力伝送システムは、送電装置及び受電装置を含む。送電装置は、送電回路 110 と、先端短絡ループ素子 321 と、先端開放自己共振コイル 322 とを含む。即ち、本実施形態において、第 1 の実施形態における送電アンテナ 120 が先端短絡ループ素子 321 及び先端開放自己共振コイル 322 を用いて実装されている。受電装置は、図 3 に示されるものと同ーまたは類似であってもよいが、異なってもよい。例えば、受電装置は、図 1 に示されるものと同ーまたは類似であってもよい。

【0037】

先端開放自己共振コイル 322 は、先端短絡ループ素子 321 と磁界結合する。先端開放自己共振コイル 322 は、先端短絡ループ素子 321 から高周波エネルギーを受け、当該高周波エネルギーを受電装置に無線送電する。図 4 の例によれば、先端開放自己共振コイル 322 は、先端短絡ループ素子 230 と磁界結合している。従って、先端開放自己共振コイル 322 は、先端短絡ループ素子 230 に高効率に高周波エネルギーを無線送電

【0038】

先端短絡ループ素子 321 は、先端開放自己共振コイル 322 と磁界結合する。先端短絡ループ素子 321 は、送電回路 110 から高周波エネルギーを受け、当該高周波エネルギーを先端開放自己共振コイル 322 に無線送電する。尚、先端短絡ループ素子 321 は、前述の先端短絡ループ素子 230 と同ーまたは類似の性質を持つ。従って、先端短絡ループ素子 321 は、小型化が容易であると共に高効率な無線電力伝送を可能とする。

【0039】

また、先端短絡ループ素子 321 は、インピーダンス整合の役割も果たす。先端短絡ループ素子 321 と先端開放自己共振コイル 322 との間の距離が変化すると、両者の結合係数が変化する。即ち、先端開放自己共振コイル 322 のインピーダンスが変換される。従って、上記距離を適切に設計することによって、先端開放自己共振コイル 322 のインピーダンスを所望の値に変換することができる。例えば、送電回路 110 のインピーダンスと一致するように、先端開放自己共振コイル 322 のインピーダンスが変換される。このようにインピーダンスを整合させることによって、電力の反射が抑制され、高効率な無線電力伝送が可能となる。

【0040】

以上説明したように、第 3 の実施形態に係る無線電力伝送システムは、送電アンテナにおいてインピーダンス整合を行う。従って、この無線電力伝送システムによれば、送電装置における電力の反射が抑制され、高効率な無線電力伝送が可能となる。

10

20

30

40

50

【0041】

(第4の実施形態)

図5に示されるように、第4の実施形態に係る無線電力伝送システムは、送電装置及び受電装置を含む。送電装置は、図4に示されるものと同ーまたは類似であってもよいが、異なってもよい。例えば、送電装置は、図1または図3に示されるものと同ーまたは類似であってもよい。受電装置は、先端短絡ループ素子230と、受電回路140と、磁性体450と、回路基板461と、筐体462とを含む。尚、先端短絡ループ素子230は、受電アンテナ130に置き換えられてもよい。

【0042】

先端短絡ループ素子230は、筐体462に内蔵される。先端短絡ループ素子230は、送電装置から高周波エネルギーを無線受電する。図5の例によれば、先端短絡ループ素子230は、先端開放自己共振コイル322と磁界結合し、当該先端開放自己共振コイル322から高周波エネルギーを高効率に無線受電する。先端短絡ループ素子230は、無線受電した高周波エネルギーを受電回路140に供給する。

【0043】

回路基板461は、筐体462に内蔵され、先端短絡ループ素子230と間隙を隔てて配置される。筐体462は、回路基板461だけでなく受電回路140、先端短絡ループ素子230及び磁性体450を内蔵する。尚、回路基板461及び筐体462の詳細は、受電装置或いは当該受電装置を組み込む電子機器の種別に依存する。典型的には、回路基板461及び筐体462は、モバイル機器に関するものである。

【0044】

回路基板461と、先端短絡ループ素子230の間には、磁性体450が挿入(配置)される。回路基板461は、例えば、その回路面が先端短絡ループ素子230のループ面と平行になるように配置される。先端短絡ループ素子230が高周波エネルギーを受けると、電流が当該先端短絡ループ素子230を流れると共に磁界が発生する。仮に磁性体450を設けなければ、これら磁界は回路基板461に到達し、渦電流を発生させる。一方、磁性体450を設けると、これら磁界は磁性体450の内部に集中するので、回路基板461に到達する磁界は減少する。即ち、磁性体450を設けることにより、渦電流に起因するエネルギー損失が抑制されるので、高効率な無線電力伝送が可能となる。

【0045】

磁性体450は、例えば、比透磁率が1以上の材料によって構成されるものとする。また、磁性体450を構成する材料は、1以上の比透磁率に加えて1以上の比誘電率を備えていてもよい。また、磁性体450の形状は任意である。例えば、磁性体450は、長方形のシート状に形成されてもよいし、先端短絡ループ素子230と相似する形状に形成されてもよい。

【0046】

以上説明したように、第4の実施形態に係る無線電力伝送システムは、受電アンテナ及び回路基板を筐体に内蔵し、両者の間隙に磁性体を配置している。従って、この無線電力伝送システムによれば、受電アンテナを筐体に内蔵しながらも高効率な無線電力伝送が可能である。

【0047】

(第5の実施形態)

図6に示されるように、第5の実施形態に係る無線電力伝送システムは、送電装置及び受電装置を含む。送電装置は、図4に示されるものと同ーまたは類似であってもよいが、異なってもよい。例えば、送電装置は、図1または図3に示されるものと同ーまたは類似であってもよい。受電装置は、先端短絡ループ素子230と、受電回路140と、磁性体450と、回路基板461と、筐体462とを含む。更に、受電装置は、筐体462に対して着脱可能な自己共振コイル531を含む。尚、先端短絡ループ素子230は、受電アンテナ130に置き換えられてもよい。

【0048】

自己共振コイル 5 3 1 は、筐体 4 6 2 に取り付けられている場合に先端短絡ループ素子 2 3 0 と磁界結合する。そして、自己共振コイル 5 3 1 は、送電装置から高周波エネルギーを無線受電し、当該高周波エネルギーを先端短絡ループ素子 2 3 0 に高効率に無線送電する。即ち、自己共振コイル 5 3 1 は、受電アンテナの一部とみなすことができる。

【 0 0 4 9 】

自己共振コイル 5 3 1 の共振周波数の値は f_4 であり、その周波数帯域幅の値は f_4 である。 f_4 は、前述の f_1 , f_1 に関して下記の数式 (5) の関係を満たす値である。即ち、 f_4 は、周波数帯域幅 (= f_1) に含まれる値である。

【 数 5 】

$$f_1 - \frac{\Delta f_1}{2} \leq f_4 \leq f_1 + \frac{\Delta f_1}{2} \quad (5)$$

10

【 0 0 5 0 】

上記の数式 (5) の関係が満たされるということは、共振周波数 (= f_4) が共振周波数 (= f_1) に近接するということを意味する。従って、送電アンテナと自己共振コイル 5 3 1 との磁界結合量は大きい。故に、送電アンテナから自己共振コイル 5 3 1 までの間の距離が大きくても高効率な無線電力伝送が可能である。換言すれば、電力の無線伝送距離を延長することが可能である。

【 0 0 5 1 】

以上説明したように、第 5 の実施形態に係る無線電力伝送システムは、筐体に対して着脱可能な自己共振コイルを用意する。自己共振コイルは、送電アンテナと近接した共振周波数を持つ。自己共振コイルは、筐体に取り付けられた場合に受電アンテナの一部として機能する。従って、この無線電力伝送システムによれば、電力の無線伝送距離の延長が可能である。

20

【 0 0 5 2 】

(第 6 の実施形態)

図 7 に示されるように、第 6 の実施形態に係る無線電力伝送システムは、送電装置及び受電装置を含む。送電装置は、送電回路 1 1 0 と、先端短絡ループ素子 6 2 1 と、先端開放自己共振コイル 3 2 2 と、制御回路 6 7 0 と、可変キャパシタ 6 7 1 とを含む。但し、先端開放自己共振コイル 3 2 2 は除去されてもよいし、先端短絡ループ素子 6 2 1 は他のアンテナ素子に置き換えられてもよい。受電装置は、図 3 に示されるものと同一または類似であってもよいが、異なってもよい。例えば、受電装置は、図 1 , 図 4 または図 5 に示されるものと同一または類似であってもよい。

30

【 0 0 5 3 】

上記の数式 (4) に示されるように、一般に、共振周波数はアンテナのインダクタンス (= L) 及びキャパシタンス (= C) によって決まる。ところが、これらインダクタンス及びキャパシタンスは、アンテナの構成だけでなくアンテナ周辺の条件にも依存する。例えば、アンテナの周辺に金属が存在すると、当該アンテナの共振周波数及び周波数帯域幅は変化する。送電装置の実際の使用環境次第で、様々な形状を持ち様々な材料で構成される物体 (例えば、部屋の壁、タンス、床、計器など) が様々な位置に存在するだろう。これらの影響によって送電装置のアンテナの共振周波数 (= f_1) 及び周波数帯域幅 (= f_1) が変化するおそれがある。これらの共振周波数 (= f_1) 及び周波数帯域幅 (= f_1) は、前述のように電力の無線伝送効率に関わるパラメータであるから送電装置の使用環境に関わらず一定であることが望ましい。

40

【 0 0 5 4 】

図 7 の例によれば、可変キャパシタ 6 7 1 が先端短絡ループ素子 6 2 1 に接続される。従って、先端短絡ループ素子 6 2 1 のキャパシタンス (= C) は可変なので、共振周波数 (= f_1) 及び周波数帯域幅 (= f_1) を調整できる。即ち、可変キャパシタ 6 7 1 のキャパシタンスが適切に制御されれば、送電装置の使用環境の変動による共振周波数 (=

50

f 1) 及び周波数帯域幅 (= f 1) の変動を緩和し、電力の無線伝送効率を安定的に高く維持できる。尚、可変キャパシタ 6 7 1 は、先端短絡ループ素子 6 2 1 の代わりに、または、先端短絡ループ素子 6 2 1 に加えて、先端開放自己共振コイル 3 2 2 に接続されてもよい。可変キャパシタ 6 7 1 は、可変インダクタで置き換えられてもよいし、可変キャパシタ及び可変インダクタの組み合わせに置き換えられてもよい。即ち、可変キャパシタ 6 7 1 は、可変キャパシタ及び可変インダクタの少なくとも一方を含む可変受動素子であればよい。

【 0 0 5 5 】

制御回路 6 7 0 は、可変キャパシタ 6 7 1 のキャパシタンスを制御する。具体的には、制御回路 6 7 0 は、先端短絡ループ素子 6 2 1 からの反射電力を送電回路 1 1 0 経由で監視する。そして、制御回路 6 7 0 は、この反射電力が小さくなるように可変キャパシタのキャパシタンスを増減させる。

10

【 0 0 5 6 】

以上説明したように、第 6 の実施形態に係る無線電力伝送システムは、可変キャパシタ及び可変インダクタの少なくとも一方を含む可変受動素子を送電アンテナと接続し、反射電力が小さくなるように可変受動素子を制御している。従って、この無線電力伝送システムによれば、送電アンテナの共振周波数及び周波数帯域幅の変動を緩和し、電力の無線伝送効率を安定的に高く維持できる。

【 0 0 5 7 】

尚、図 7 の例によれば、送電装置は自己共振コイルを含むものの受電装置は自己共振コイルを含まない。従って、受電アンテナの共振周波数及び周波数帯域幅を調整する必要はない。この事実は、受電アンテナの小型化及び低コスト化に寄与する。特に、受電アンテナの小型化及び低コスト化は、当該受電アンテナを移動体 (例えば、モバイル機器) に内蔵する場合に好ましい。

20

【 0 0 5 8 】

また、送電アンテナの共振周波数及び周波数帯域幅を調整するために、金属板を利用することもできる。図 8 に示されるように、図 3 の無線電力伝送システムに制御回路 7 8 1 と、金属板移動部 7 8 2 と、金属板 7 8 3 とが追加されてもよい。

【 0 0 5 9 】

金属板移動部 7 8 2 は、制御回路 7 8 1 からの制御に従って、金属板 7 8 3 の位置を移動する。金属板 7 8 3 は、金属板移動部 7 8 2 の作用によって、送電アンテナ (即ち、先端短絡ループ素子 3 2 1 及び先端開放自己共振コイル 3 2 2) の周辺のいずれかの位置に固定される。送電アンテナの共振周波数及び周波数帯域幅は、金属板 7 8 3 の位置に応じて調整される。

30

【 0 0 6 0 】

制御回路 7 8 1 は、金属板 7 8 3 の位置を制御する。具体的には、制御回路 7 8 1 は、先端短絡ループ素子 3 2 1 からの反射電力を送電回路 1 1 0 経由で監視する。そして、制御回路 7 8 1 は、この反射電力が小さくなるように金属板 7 8 3 の位置を金属板移動部 7 8 2 によって移動させる。

【 0 0 6 1 】

図 8 の無線電力伝送システムによっても、図 7 の無線電力伝送システムと同一または類似の効果を得ることができる。

40

【 0 0 6 2 】

(第 7 の実施形態)

図 9 に示されるように、第 7 の実施形態に係る無線電力伝送システムは、送電装置及び受電装置を含む。送電装置は、送電回路 8 1 0 と、先端短絡ループ素子 3 2 1 と、先端開放自己共振コイル 3 2 2 と、干渉検出部 8 9 1 と、制御回路 8 9 2 とを含む。但し、先端開放自己共振コイル 3 2 2 は除去されてもよいし、先端短絡ループ素子 3 2 1 は他のアンテナ素子に置き換えられてもよい。受電装置は、図 3 に示されるものと同一または類似であってもよいが、異なってもよい。例えば、受電装置は、図 1 , 図 4 または図 5 に示

50

されるものと同じまたは類似であってもよい。

【0063】

送電回路810は、少なくとも2つの値の中から伝送周波数(= f_3)を選択できる。送電回路810が選択する伝送周波数の値は、制御回路892によって制御される。尚、これら少なくとも2つの値は、いずれも送電アンテナの周波数帯域幅(= f_1)の範囲内に含まれる。

【0064】

干渉検出部891は、送電アンテナの周波数帯域幅(= f_1)内の周波数利用状況を検出する。ここで、周波数利用状況は、例えば、送電アンテナの周波数帯域幅(= f_1)内の周波数が他のシステムによって使用されているか否かを示す情報(例えば、各周波数における受信電力強度)である。

10

【0065】

制御回路892は、干渉検出部891によって検出された周波数利用状況を参照し、現行の伝送周波数(= f_3)の利用が他のシステムに干渉を与えるか否かを判定する。例えば、現行の伝送周波数(= f_3)が他のシステムによって使用されているならば、現行の伝送周波数(= f_3)を用いて無線送電された高周波エネルギーの一部が他のシステムによって受信されるおそれがある。この高周波エネルギーの一部は、混信を引き起こし、他のシステムの性能を劣化させるおそれがある。故に、係る場合に、制御回路892は現行の伝送周波数(= f_3)の利用が他のシステムに干渉を与えると判定できる。

【0066】

20

制御回路892は、現行の伝送周波数(= f_3)の利用が他のシステムに干渉を与えると判定するならば、伝送周波数(= f_3)を異なる値に変更するように送電回路810を制御する。或いは、制御回路892は、与干渉が小さくなるように、伝送周波数の値を制御してもよい。

【0067】

以上説明したように、第7の実施形態に係る無線電力伝送システムは、与干渉を回避または縮小するように、伝送周波数の値を制御する。但し、伝送周波数は、送電アンテナの周波数帯域幅内に限って可変である。従って、この無線電力伝送システムによれば、電力の無線伝送効率を高く維持しながら与干渉を回避または縮小できる。

【0068】

30

以下、各実施形態の説明が補足される。

先端開放自己共振コイル220, 322は、平面コイルに変形されてもよい。例えば図10に示される先端開放円形スパイラルコイルに変形されてもよいし、図11に示される先端開放方形スパイラルコイルに変形されてもよい。平面コイルを利用すれば、アンテナの薄型化が可能となる。また、平面コイルを筐体に内蔵する場合には、当該平面コイルの形状を筐体の形状に沿って変形させてもよい。更に、平面コイルは円形、方形に限られず、楕円形、多角形などの任意の形状に形成されてよい。

【0069】

先端短絡ループ素子230, 321, 621は、円形に限られず、方形、楕円形、多角形、多重巻きループなどの任意の形状に形成されてもよい。

40

【0070】

各実施形態において、主に受電アンテナの小型化するための技法が説明された。更に、受電アンテナに関する説明と送電アンテナに関する説明とを読み替えることによって、送電アンテナの小型化が可能となる。

【0071】

各実施形態は、無線電力伝送システムへの適用を前提に説明されてきたが、無線通信システムへ適用されてもよい。例えば、高周波エネルギーを高周波変調信号に置き換え、他の公知のハードウェアを利用すれば、各実施形態を無線通信システムに適用可能である。

【0072】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したも

50

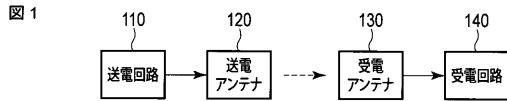
のであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

【符号の説明】

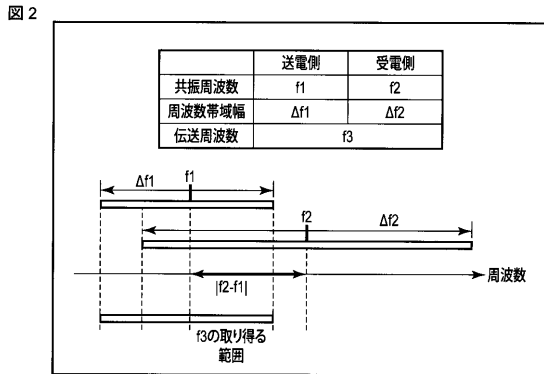
【0073】

110, 810	送電回路	
120	送電アンテナ	
130	受電アンテナ	10
140	受電回路	
220, 322	先端開放自己共振コイル	
221, 222	先端	
230, 321, 621	先端短絡ループ素子	
231	先端	
450	磁性体	
461	回路基板	
462	筐体	
531	自己共振コイル	
670	制御回路	20
671	可変キャパシタ	
781	制御回路	
782	金属板移動部	
783	金属板	
891	干渉検出部	
892	制御回路	

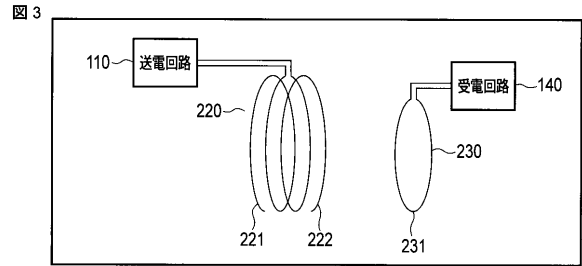
【 図 1 】



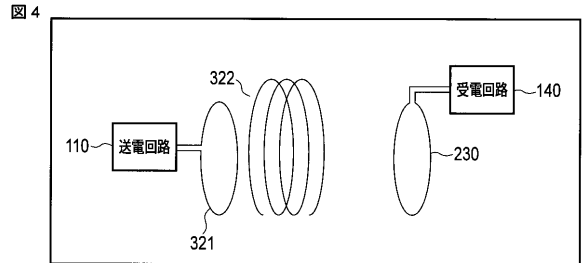
【 図 2 】



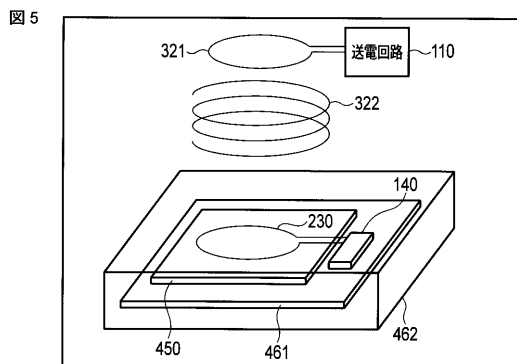
【 図 3 】



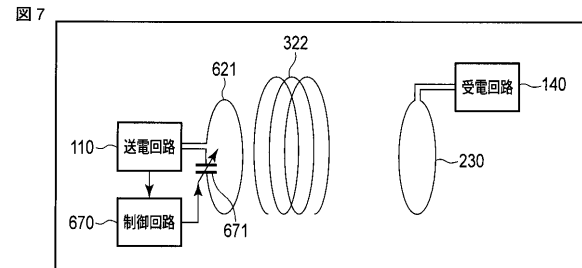
【 図 4 】



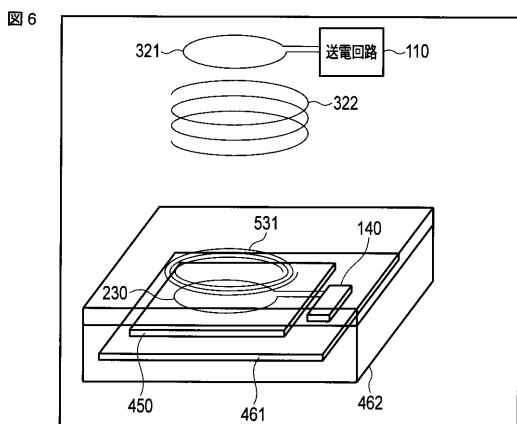
【 図 5 】



【 図 7 】

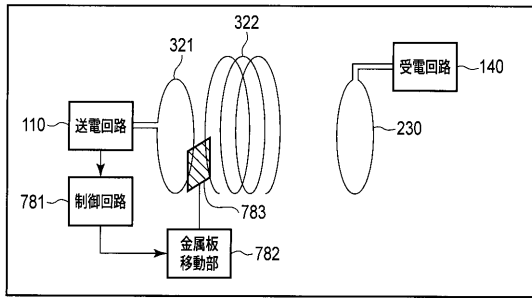


【 図 6 】



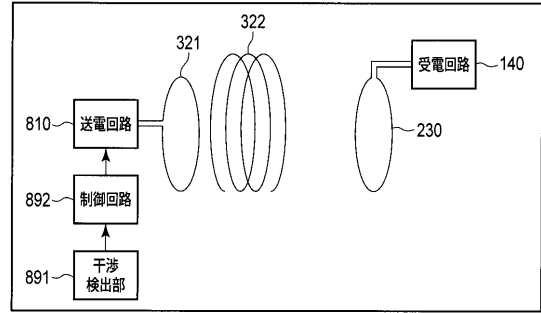
【 図 8 】

図 8



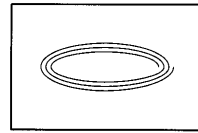
【 図 9 】

図 9



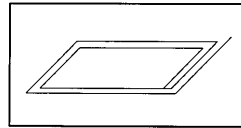
【 図 1 0 】

図 10



【 図 1 1 】

図 11



フロントページの続き

- (74)代理人 100095441
弁理士 白根 俊郎
- (74)代理人 100084618
弁理士 村松 貞男
- (74)代理人 100103034
弁理士 野河 信久
- (74)代理人 100119976
弁理士 幸長 保次郎
- (74)代理人 100153051
弁理士 河野 直樹
- (74)代理人 100140176
弁理士 砂川 克
- (74)代理人 100158805
弁理士 井関 守三
- (74)代理人 100124394
弁理士 佐藤 立志
- (74)代理人 100112807
弁理士 岡田 貴志
- (74)代理人 100111073
弁理士 堀内 美保子
- (74)代理人 100134290
弁理士 竹内 将訓
- (72)発明者 大館 紀章
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 小川 健一郎
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 工藤 浩喜
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 山田 亜希子
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 司城 徹
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 庄木 裕樹
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 尾林 秀一
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内