

(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2017-184561  
(P2017-184561A)

(43) 公開日 平成29年10月5日(2017.10.5)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H02J 50/40 (2016.01)	H02J 50/40	5G503
H02J 50/12 (2016.01)	H02J 50/12	5H105
H02J 50/05 (2016.01)	H02J 50/05	5H125
H02J 7/00 (2006.01)	H02J 7/00 P	
H01F 38/14 (2006.01)	H02J 7/00 301D	

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-72234 (P2016-72234)  
(22) 出願日 平成28年3月31日 (2016. 3. 31)

(71) 出願人 000000262  
株式会社ダイヘン  
大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号  
(71) 出願人 504143441  
国立大学法人 奈良先端科学技術大学院大学  
奈良県生駒市高山町8916-5  
(74) 代理人 100086380  
弁理士 吉田 稔  
(74) 代理人 100168044  
弁理士 小淵 景太  
(72) 発明者 鶴田 義範  
大阪市淀川区田川2丁目1番11号 株式会社ダイヘン内

最終頁に続く

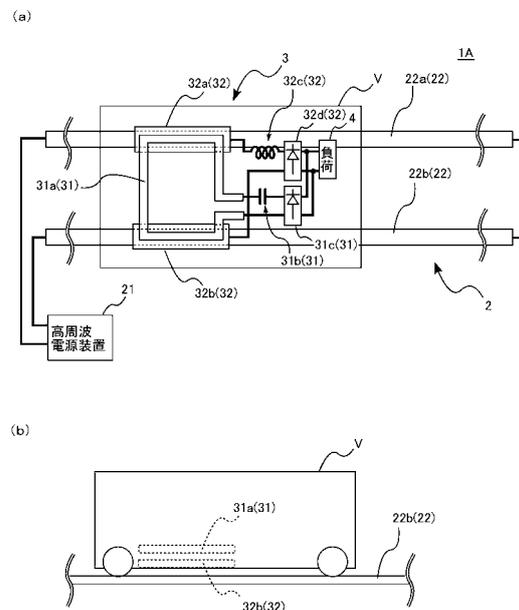
(54) 【発明の名称】 非接触電力伝送システム、および、受電装置

(57) 【要約】

【課題】 平行二線路上の受電位置によって受電電力が大きく変化してしまうことを抑制できる非接触電力伝送システムを提供する。

【解決手段】 非接触電力伝送システム 1 A において、送電装置 2 が、2本の導体の線路 22 a, 22 b を平行に設置した平行二線路を有する送電ユニット 2 2 と、送電ユニット 2 2 に高周波電力を供給する高周波電源装置 2 1 とを備え、受電装置 3 が、平行二線路に磁気的に結合する磁界アンテナ 3 1 a、共振コンデンサ 3 1 b および整流平滑回路 3 1 c を有する第 1 受電ユニット 3 1 と、平行二線路に電界的に結合する電界アンテナ 3 2 a, 3 2 b、共振コイル 3 2 c および整流平滑回路 3 2 d を有する第 2 受電ユニット 3 2 と、第 1 受電ユニット 3 1 が出力する直流電力と第 2 受電ユニット 3 2 が出力する直流電力とを合成して、負荷 4 に供給する合成部とを備えるようにした。

【選択図】 図 1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

送電装置から受電装置に非接触で電力を伝送する非接触電力伝送システムであって、前記送電装置は、

2本の導体の線路を平行に設置した平行二線路を有する送電ユニットと、

前記送電ユニットに高周波電力を供給する高周波電源装置と、

を備えており、

前記受電装置は、

前記平行二線路に磁氣的に結合する磁界アンテナと、前記磁界アンテナに接続された共振コンデンサと、前記磁界アンテナが受電した高周波電力を直流電力に変換する第1整流回路と、を有する第1受電ユニットと、

前記平行二線路に電界的に結合する電界アンテナと、前記電界アンテナに接続された共振コイルと、前記電界アンテナが受電した高周波電力を直流電力に変換する第2整流回路と、を有する第2受電ユニットと、

前記第1受電ユニットが出力する直流電力と第2受電ユニットが出力する直流電力とを合成して、負荷に供給する合成部と、

を備えている、

ことを特徴とする非接触電力伝送システム。

**【請求項 2】**

前記各線路は、帯状であり、

前記磁界アンテナは、コイルを備えており、

前記電界アンテナは、2つの導体板を備えている、

請求項1に記載の非接触電力伝送システム。

**【請求項 3】**

前記電界アンテナと前記磁界アンテナとは、前記平行二線路が延びる方向において、略同じ位置に配置されている、

請求項2に記載の非接触電力伝送システム。

**【請求項 4】**

前記電界アンテナは、前記磁界アンテナと比べて、より前記平行二線路に近い位置に配置されている、

請求項2または3に記載の非接触電力伝送システム。

**【請求項 5】**

前記磁界アンテナは、前記電界アンテナの2つの導体板の間に配置されている、

請求項2ないし4のいずれかに記載の非接触電力伝送システム。

**【請求項 6】**

前記共振コンデンサは、前記磁界アンテナに直列接続されている、

請求項2ないし5のいずれかに記載の非接触電力伝送システム。

**【請求項 7】**

前記共振コンデンサは、前記磁界アンテナに並列接続されている、

請求項2ないし5のいずれかに記載の非接触電力伝送システム。

**【請求項 8】**

前記共振コイルは、前記電界アンテナの一方の導体板と前記第2整流回路との間に直列接続されている、

請求項2ないし7のいずれかに記載の非接触電力伝送システム。

**【請求項 9】**

前記共振コイルは、前記電界アンテナと前記第2整流回路との間に並列接続されている、

請求項2ないし7のいずれかに記載の非接触電力伝送システム。

**【請求項 10】**

前記合成部は、前記第1受電ユニットと前記第2受電ユニットとを並列接続させている

10

20

30

40

50

、  
請求項 2 ないし 9 のいずれかに記載の非接触電力伝送システム。

【請求項 1 1】

前記合成部は、前記第 1 受電ユニットと前記第 2 受電ユニットとを直列接続させている

、  
請求項 2 ないし 9 のいずれかに記載の非接触電力伝送システム。

【請求項 1 2】

前記高周波電源装置は、インピーダンス整合器を備えている、  
請求項 2 ないし 1 1 のいずれかに記載の非接触電力伝送システム。

【請求項 1 3】

前記平行二線路は、道路上に敷設または道路に埋設されており、  
前記受電装置は、車に搭載されており、  
前記磁界アンテナと前記電界アンテナとは、前記車の車体底面に配置されている、  
請求項 1 ないし 1 2 のいずれかに記載の非接触電力伝送システム。

【請求項 1 4】

2 本の導体の線路を平行に設置した平行二線路から非接触で伝送される電力を受電する受電装置であって、

前記平行二線路に磁氣的に結合する磁界アンテナと、前記磁界アンテナに接続された共振コンデンサと、前記磁界アンテナが受電した高周波電力を直流電力に変換する第 1 整流回路と、を有する第 1 受電ユニットと、

前記平行二線路に電界的に結合する電界アンテナと、前記電界アンテナに接続された共振コイルと、前記電界アンテナが受電した高周波電力を直流電力に変換する第 2 整流回路と、を有する第 2 受電ユニットと、

前記第 1 受電ユニットが出力する直流電力と第 2 受電ユニットが出力する直流電力とを合成して、負荷に供給する合成部と、  
を備えている、

ことを特徴とする受電装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、平行二線路を利用して非接触で電力の伝送を行う非接触電力伝送システム、および、受電装置に関する。

【背景技術】

【0002】

負荷と電源とを直接接続することなく、電源が出力する電力を非接触で負荷に伝送する方法が開発されている。当該技術は、一般的に、非接触電力伝送やワイヤレス給電と呼ばれている。当該技術は、携帯電話や家電製品、電気自動車などへの給電に応用されている。

【0003】

例えば特許文献 1 には、2 本の導体線を平行に敷設した平行二線路に高周波電力を供給し、受電部のコイルを平行二線路に磁氣的に結合させる非接触電力伝送システムが記載されている。非接触電力伝送システムでは、受電装置の小型軽量化を図るために、波長が 10 ~ 100 [m] (周波数が 3 ~ 30 [MHz]) 程度 (例えば 13.56 [MHz]) の高周波電力を伝送する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2014-183668 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 5 】

平行二線路の線路長が100[m]以上になる場合、線路長は波長を無視できなくなるので、平行二線路を分布乗数回路として扱う必要がある。この場合、平行二線路上で進行波と反射波とが重なり合っ、定在波が発生する。したがって、平行二線路近傍の磁界の強度が、平行二線路が延びる方向の位置によって、大きく異なる。つまり、平行二線路上のどの位置で受電するかによって、受電装置が受電できる電力が変化してしまい、電流定在波の谷の位置付近では、受電電力が大幅に減少してしまう。

## 【 0 0 0 6 】

本発明は上記した事情のもとで考え出されたものであって、平行二線路上の受電位置によって受電電力が大きく変化してしまうことを抑制できる非接触電力伝送システムを提供することを目的としている。

10

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 0 7 】

上記課題を解決するため、本発明では、次の技術的手段を講じている。

## 【 0 0 0 8 】

本発明の第1の側面によって提供される非接触電力伝送システムは、送電装置から受電装置に非接触で電力を伝送する非接触電力伝送システムであって、前記送電装置は、2本の導体の線路を平行に設置した平行二線路を有する送電ユニットと、前記送電ユニットに高周波電力を供給する高周波電源装置とを備えており、前記受電装置は、前記平行二線路に磁氣的に結合する磁界アンテナと、前記磁界アンテナに接続された共振コンデンサと、前記磁界アンテナが受電した高周波電力を直流電力に変換する第1整流回路とを有する第1受電ユニットと、前記平行二線路に電界的に結合する電界アンテナと、前記電界アンテナに接続された共振コイルと、前記電界アンテナが受電した高周波電力を直流電力に変換する第2整流回路とを有する第2受電ユニットと、前記第1受電ユニットが出力する直流電力と第2受電ユニットが出力する直流電力とを合成して、負荷に供給する合成部とを備えていることを特徴とする。この構成によると、磁界アンテナが受電した電力と、電界アンテナが受電した電力とが、それぞれ整流され合成されて、負荷に供給される。平行二線路上の電流定在波と電圧定在波とでは位相が90°ずれているので、磁界アンテナが受電する電力と、電界アンテナが受電する電力とが互いに補完し合うことができる。これにより、平行二線路上の受電位置によって受電電力が大きく変化してしまうことを抑制できる。

20

30

## 【 0 0 0 9 】

本発明の好ましい実施の形態においては、前記各線路は、帯状であり、前記磁界アンテナは、コイルを備えており、前記電界アンテナは、2つの導体板を備えている。この構成によると、帯状の各線路と電界アンテナの各導体板とで形成されるコンデンサの静電容量を大きくすることができる。

## 【 0 0 1 0 】

本発明の好ましい実施の形態においては、前記電界アンテナと前記磁界アンテナとは、前記平行二線路が延びる方向において、略同じ位置に配置されている。この構成によると、電界アンテナと磁界アンテナとが略同じ位置で受電するので、磁界アンテナが受電する電力と、電界アンテナが受電する電力との補完関係にずれが生じにくい。

40

## 【 0 0 1 1 】

本発明の好ましい実施の形態においては、前記電界アンテナは、前記磁界アンテナと比べて、より前記平行二線路に近い位置に配置されている。この構成によると、電界アンテナと平行二線路との距離を短くして静電容量を大きくすることができる。

## 【 0 0 1 2 】

本発明の好ましい実施の形態においては、前記磁界アンテナは、前記電界アンテナの2つの導体板の間に配置されている。この構成によると、磁界アンテナのコイル面を、平行二線路によって構成される送電コイルのコイル面により近づけることができるので、両コイルの結合係数をより大きくすることができる。また、磁界アンテナおよび電界アンテナ

50

を配置する領域の高さ寸法を小さくすることができる。

【0013】

本発明の好ましい実施の形態においては、前記共振コンデンサは、前記磁界アンテナに直列接続されている。この構成によると、第1受電ユニットを直列共振回路とすることができる。

【0014】

本発明の好ましい実施の形態においては、前記共振コンデンサは、前記磁界アンテナに並列接続されている。この構成によると、第1受電ユニットを並列共振回路とすることができる。

【0015】

本発明の好ましい実施の形態においては、前記共振コイルは、前記電界アンテナの一方の導体板と前記第2整流回路との間に直列接続されている。この構成によると、第2受電ユニットを直列共振回路とすることができる。

【0016】

本発明の好ましい実施の形態においては、前記共振コイルは、前記電界アンテナと前記第2整流回路との間に並列接続されている。この構成によると、第2受電ユニットを並列共振回路とすることができる。

【0017】

本発明の好ましい実施の形態においては、前記合成部は、前記第1受電ユニットと前記第2受電ユニットとを並列接続させている。この構成によると、第1受電ユニットの出力電圧と第2受電ユニットの出力電圧のうち高い方の電圧を負荷に出力することで、第1受電ユニットが受電した電力と第2受電ユニットが受電した電力を合成して出力することができる。

【0018】

本発明の好ましい実施の形態においては、前記合成部は、前記第1受電ユニットと前記第2受電ユニットとを直列接続させている。この構成によると、第1受電ユニットの出力電圧と第2受電ユニットの出力電圧を合成した電圧を負荷に出力することで、第1受電ユニットが受電した電力と第2受電ユニットが受電した電力を合成して出力することができる。

【0019】

本発明の好ましい実施の形態においては、前記高周波電源装置は、インピーダンス整合器を備えている。この構成によると、反射波電力を抑制することができる。

【0020】

本発明の好ましい実施の形態においては、前記平行二線路は、道路上に敷設または道路に埋設されており、前記受電装置は、車に搭載されており、前記磁界アンテナと前記電界アンテナとは、前記車の車体底面に配置されている。この構成によると、受電装置を搭載した車が道路上を走行するときに、平行二線路が送電する電力を効率よく受電することができる。

【0021】

本発明の第2の側面によって提供される受電装置は、2本の導体の線路を平行に設置した平行二線路から非接触で伝送される電力を受電する受電装置であって、前記平行二線路に磁氣的に結合する磁界アンテナと、前記磁界アンテナに接続された共振コンデンサと、前記磁界アンテナが受電した高周波電力を直流電力に変換する第1整流回路とを有する第1受電ユニットと、前記平行二線路に電界的に結合する電界アンテナと、前記電界アンテナに接続された共振コイルと、前記電界アンテナが受電した高周波電力を直流電力に変換する第2整流回路とを有する第2受電ユニットと、前記第1受電ユニットが出力する直流電力と第2受電ユニットが出力する直流電力とを合成して、負荷に供給する合成部とを備えていることを特徴とする。この構成によると、磁界アンテナが受電した電力と、電界アンテナが受電した電力とが、それぞれ整流され合成されて、負荷に供給される。平行二線路上の電流定在波と電圧定在波とでは位相が90°ずれているので、磁界アンテナが受電

10

20

30

40

50

する電力と、電界アンテナが受電する電力とが互いに補完し合うことができる。これにより、平行二線路上の受電位置によって受電電力が大きく変化してしまうことを抑制できる。

【発明の効果】

【0022】

本発明によると、磁界アンテナが受電した電力と、電界アンテナが受電した電力とが、それぞれ整流され合成されて、負荷に供給される。平行二線路上の電流定在波と電圧定在波とでは位相が90°ずれているので、磁界アンテナが受電する電力と、電界アンテナが受電する電力とが互いに補完し合うことができる。これにより、平行二線路上の受電位置によって受電電力が大きく変化してしまうことを抑制できる。

10

【0023】

本発明のその他の特徴および利点は、添付図面を参照して以下に行う詳細な説明によって、より明らかとなろう。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】第1実施形態に係る非接触電力伝送システムを示す概略図である。

【図2】第1実施形態に係る非接触電力伝送システムの全体構成を示す回路図である。

【図3】第1実施形態に係る受電装置の変形例を示す概略図である。

【図4】第1実施形態に係る受電装置の他の変形例を示す概略図である。

【図5】第2実施形態に係る非接触電力伝送システムを説明するための図である。

20

【図6】第3実施形態に係る非接触電力伝送システムを説明するための図である。

【図7】第1～第3実施形態に係る非接触電力伝送システムの変形例を示す概略図である。

【図8】第1～第3実施形態に係る非接触電力伝送システムの他の変形例を示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下、本発明の実施の形態を、受電装置を電気自動車に搭載した場合を例にして、図面を参照して具体的に説明する。

【0026】

30

図1は、第1実施形態に係る非接触電力伝送システム1Aを示す概略図である。同図(a)は、非接触電力伝送システム1Aの全体構成を示しており、平行二線路上を走行する電気自動車を上から見た状態を示している。同図(b)は、電気自動車の側面を見た状態(内部の記載を一部省略)を示している。図2は、非接触電力伝送システム1Aの全体構成を示す回路図である。

【0027】

図1および図2に示すように、非接触電力伝送システム1Aは、送電装置2と受電装置3とを備えている。送電装置2は、高周波電力を発生させ、発生させた高周波電力を非接触で受電装置3に送電する。受電装置3は、送電装置2から送電された高周波電力を非接触で受電する。受電装置3は、受電した高周波電力を直流電力に変換して負荷4に供給する。負荷4は、例えば蓄電デバイスであり、受電装置3から供給される直流電力を蓄電し、電気自動車Vを駆動するモータなどに電力を供給する。なお、電気自動車Vは、蓄電デバイスを備えず、受電装置3から供給される直流電力でモータなどを直接駆動するようにしてもよい。この場合は、モータなどが負荷4に相当する。

40

【0028】

送電装置2は、高周波電源装置21および送電ユニット22を備えている。

【0029】

高周波電源装置21は、高周波電力を送電ユニット22に供給するものである。高周波電源装置21は、一定の大きさの高周波電力を出力するものである。高周波電源装置21は、直流電源装置21a、インバータ回路21b、および、インピーダンス整合器21c

50

を備えている。

【0030】

直流電源装置21aは、直流電力を生成して出力するものである。直流電源装置21aは、整流回路、平滑コンデンサ、および、DC-DCコンバータ回路を備えている。直流電源装置21aは、商用電源から入力される交流電圧（例えば、商用電圧200[V]など）を整流回路によって整流し、平滑コンデンサによって平滑することで、直流電圧に変換する。そして、DC-DCコンバータ回路によって、所定のレベル（目標電圧）の直流電圧に変換して、インバータ回路21bに出力する。なお、直流電源装置21aの構成は限定されず、所定のレベルの直流電圧を出力するものであればよい。

【0031】

インバータ回路21bは、直流電力を高周波電力に変換するものであり、直流電源装置21aより入力される直流電力を高周波電力に変換して、送電ユニット22に出力する。インバータ回路21bは、例えば、単相フルブリッジ型のインバータ回路であり、4個のスイッチング素子を備えている。本実施形態では、スイッチング素子として、MOSFET（Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor）を使用している。なお、スイッチング素子はMOSFETに限定されず、バイポーラトランジスタ、IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor：絶縁ゲート・バイポーラトランジスタ）などであってもよい。

【0032】

インバータ回路21bは、図示しない制御回路から高周波制御信号を入力され、当該高周波制御信号に応じて各スイッチング素子のオン状態とオフ状態とを切り替えることで、直流電力を高周波電力に変換する。高周波制御信号は、所定の周波数 $f_0$ （例えば13.56[MHz]など）でハイレベルとローレベルとを繰り返すパルス信号（なお、正弦波信号などでもよい）である。周波数 $f_0$ は、スイッチング素子をスイッチングさせる周波数なので、以下では「スイッチング周波数 $f_0$ 」と記載する場合がある。スイッチング素子は、高周波制御信号がローレベルのときオフ状態になり、高周波制御信号がハイレベルのときオン状態になる。

【0033】

インバータ回路21bの出力端には、出力電力を検出するための電力センサ（図示なし）が設けられている。制御回路は、当該電力センサが検出した出力電力を、所定の目標電力に一致させるようにフィードバック制御を行っている。具体的には、制御回路は、電力センサが検出した出力電力と設定された目標電力との偏差をゼロにするための制御パルス信号を生成する。そして、当該制御パルス信号を図示しないドライブ回路で増幅して、高周波制御信号としてインバータ回路21bに出力する。これにより、インバータ回路21bの出力電力は、設定された目標電力に制御される。なお、インバータ回路21bおよび制御回路の構成は上記したものに限られず、出力電力を設定された目標電力に制御できるものであればよい。

【0034】

インピーダンス整合器21cは、インバータ回路21bに入力される反射波電力を抑制するものである。平行二線路上の電気自動車Vの位置や数によって、高周波電源装置21の出力端から負荷側をみたインピーダンスは変化する。インピーダンス整合器21cは、インバータ回路21bの出力端から負荷側を見たインピーダンスをインバータ回路21bの出力端から直流電源装置21a側を見たインピーダンスに整合させて、インバータ回路21bの出力端で反射される反射波電力を抑制する。なお、インピーダンス整合器21cの構成は限定されない。

【0035】

なお、高周波電源装置21の構成は、上記したものに限定されない。高周波電源装置21は、所定の高周波電力を出力するものであればよい。

【0036】

送電ユニット22は、高周波電源装置21から供給される高周波電力を、受電装置3の

10

20

30

40

50

第1受電ユニット31および第2受電ユニット32に送電するものであり、線路22a, 22bを備えている。

【0037】

線路22aおよび線路22bは、帯状の導体であり、互いに平行となる平行二線路として、道路の表面に敷設されている。本実施形態においては、線路22aおよび線路22bとして、厚さ0.1mm~1cm程度、幅1cm~10cm程度の銅板を用いている。なお、線路22aおよび線路22bの各寸法は限定されず、素材も限定されない。また、道路の表面に敷設するのではなく、道路の地表付近に埋設するようにしてもよい。線路22aと線路22bとの間隔は、数cm~1m程度であり、使用される電気自動車Vの車幅などから適宜設計される。

10

【0038】

線路22aおよび線路22bは、電気自動車Vが走行する道路に沿って延びている。線路22aの一方端(図1(a)においては左端)は、高周波電源装置21の出力端子の一方に接続されている。また、線路22bの一方端は、高周波電源装置21の出力端子の他方に接続されている。線路22aの他方端(図1(a)においては右端)と線路22bの他方端とは、短絡されている。線路22aおよび線路22bからなる平行二線路は、高周波電源装置21が出力する電力を送出する送電アンテナとして機能する。当該平行二線路は、巻き数が1ターンの送電コイルLtとして機能し、同時に、2つの送電電極板22a, 22bとして機能する(図2参照)。なお、本実施形態においては、線路22aの他方端と線路22bの他方端とが短絡されているが、これに限られず、絶縁されていてもよいし、特定のインピーダンスを介して接続されていてもよい。

20

【0039】

受電装置3は、第1受電ユニット31、第2受電ユニット32、および、合成部33を備えている。

【0040】

第1受電ユニット31は、磁界アンテナ31a、共振コンデンサ31bおよび整流平滑回路31cを備えている。

【0041】

磁界アンテナ31aは、線路22aおよび線路22bと同じ幅の銅板を、平面視において略矩形のC字形状に形成した、巻き数が1ターンのコイルであり、電気自動車Vの車体底面に、コイル面が道路と略平行となるように配置されている。磁界アンテナ31aは、送電コイルLt(線路22aおよび線路22bからなる平行二線路)と磁気結合して、非接触で受電する受電コイルとして機能する。なお、図1(a)においては、磁界アンテナ31a、電界アンテナ32a, 32bおよび線路22a, 22bの重なり具合がわかりやすくなるように、磁界アンテナ31aを形成する銅板の幅寸法を、実際より小さく記載している。電気自動車Vの走行中、磁界アンテナ31aの電気自動車Vの進行方向と平行な部分は、それぞれ、平面視において、線路22aおよび線路22bと重なるようになっている。なお、磁界アンテナ31aの形状、寸法および材質は、これに限定されない。磁界アンテナ31aは、送電コイルLt(線路22aおよび線路22bからなる平行二線路)を流れる電流によって変化する磁束に、より鎖交する形状が望ましい。したがって、磁界アンテナ31aの電気自動車Vの進行方向の寸法は、大きい方が望ましい。また、コイル面の形状は円形状より矩形状が望ましい。また、磁界アンテナ31aの巻き数は、1ターンに限定されず、複数ターンとしてもよい。また、磁界アンテナ31aを銅板で形成するのではなく、銅線で形成してもよい。

30

40

【0042】

共振コンデンサ31bは、磁界アンテナ31aに直列接続されて、直列共振回路を構成するためのものである。

【0043】

磁界アンテナ31aおよび共振コンデンサ31bは、共振周波数が高周波電源装置21より供給される高周波電力の周波数 $f_0$ (スイッチング周波数 $f_0$ )と一致するように設計

50

される。すなわち、磁界アンテナ 3 1 a の自己インダクタンス  $L_R$  と、共振コンデンサ 3 1 b のキャパシタンス  $C_R$  とが、下記 ( 1 ) 式の関係になるように設計される。

【数 1】

$$2\pi f_0 L_R = \frac{1}{2\pi f_0 C_R} \quad \dots (1)$$

【 0 0 4 4 】

整流平滑回路 3 1 c は、磁界アンテナ 3 1 a が受電した高周波電力を直流電力に変換するものである。整流平滑回路 3 1 c は、4 つのダイオードをブリッジ接続した全波整流回路を備えている。また、整流平滑回路 3 1 c は、整流後の出力を平滑するための平滑回路も備えている。なお、整流平滑回路 3 1 c の構成は限定されず、高周波電力を直流電力に変換するものであればよい。整流平滑回路 3 1 c から出力される直流電力は、合成部 3 3 10  
に出力される。

【 0 0 4 5 】

磁界アンテナ 3 1 a が送電コイル  $L_t$  ( 線路 2 2 a および線路 2 2 b からなる平行二線路 ) と磁気結合することで、第 1 受電ユニット 3 1 は、送電装置 2 から送電される高周波電力を受電する。すなわち、送電コイル  $L_t$  に高周波電流が流れることで磁束が変化し、この磁束に鎖交する磁界アンテナ 3 1 a に高周波電流が流れる。これにより、送電装置 2 から第 1 受電ユニット 3 1 に、非接触で電力を供給することができる。

【 0 0 4 6 】

線路 2 2 a および線路 2 2 b は道路の表面に敷設されており、磁界アンテナ 3 1 a は電気自動車 V の車体底面に配置されている。したがって、線路 2 2 a および線路 2 2 b によって構成される送電コイル  $L_t$  のコイル面と、受電コイルとして機能する磁界アンテナ 3 1 a のコイル面との距離は、電気自動車 V の走行中でも変化せず、両コイルの結合係数は一定である。

【 0 0 4 7 】

第 2 受電ユニット 3 2 は、電界アンテナ 3 2 a , 3 2 b 、共振コイル 3 2 c および整流平滑回路 3 2 d を備えている。

【 0 0 4 8 】

電界アンテナ 3 2 a , 3 2 b は、線路 2 2 a , 2 2 b と同じ幅の矩形状の銅板であり、電気自動車 V の車体底面に、互いに略平行となり、かつ、各板面が道路と略平行となるように配置されている。電界アンテナ 3 2 a , 3 2 b は、送電電極板 2 2 a , 2 2 b ( 線路 2 2 a , 2 2 b ) と電界結合して、非接触で受電する受電電極板として機能する。なお、図 1 ( a ) においては、磁界アンテナ 3 1 a 、電界アンテナ 3 2 a , 3 2 b および線路 2 2 a , 2 2 b の重なり具合がわかりやすくなるように、電界アンテナ 3 2 a , 3 2 b の幅寸法を、実際より大きく記載している。電気自動車 V の走行中、電界アンテナ 3 2 a , 3 2 b は、それぞれ、平面視において、線路 2 2 a , 2 2 b と重なるようになっている。なお、電界アンテナ 3 2 a , 3 2 b の形状、寸法および材質は、これに限定されない。電界アンテナ 3 2 a ( 3 2 b ) は、線路 2 2 a ( 2 2 b ) との間で形成されるコンデンサの静電容量をより大きくできる形状、寸法、配置が望ましい。したがって、電界アンテナ 3 2 a , 3 2 b の電気自動車 V の進行方向の寸法は、大きい方が望ましい。また、電気自動車 V の幅方向の位置が変化しても、静電容量が変化しないように、電界アンテナ 3 2 a , 3 2 b の幅寸法を大きくしてもよい。また、本実施形態においては、電界アンテナ 3 2 a ( 3 2 b ) と線路 2 2 a ( 2 2 b ) との距離を短くして静電容量を大きくするために、電界アンテナ 3 2 a , 3 2 b を磁界アンテナ 3 1 a よりも道路側に配置している ( 図 1 参照 ) 。

【 0 0 4 9 】

共振コイル 3 2 c は、電界アンテナ 3 2 a と整流平滑回路 3 2 d との間に直列接続されて、直列共振回路を構成するためのものである。なお、共振コイル 3 2 c は、電界アンテナ 3 2 b と整流平滑回路 3 2 d との間に直列接続されていてもよい。

10

20

30

40

50

## 【0050】

電界アンテナ32a, 32bおよび共振コイル32cは、磁界アンテナ31aおよび共振コンデンサ31bと同様に、共振周波数が高周波電源装置21より供給される高周波電力の周波数 $f_0$ (スイッチング周波数 $f_0$ )と一致するように設計される。

## 【0051】

整流平滑回路32dは、電界アンテナ32a, 32bが受電した高周波電力を直流電力に変換するものである。整流平滑回路32dは、整流平滑回路31cと同様の構成である。なお、整流平滑回路32dの構成は限定されず、高周波電力を直流電力に変換するものであればよい。整流平滑回路32dから出力される直流電力は、合成部33に出力される。

10

## 【0052】

電界アンテナ32a, 32bが送電電極板22a, 22b(線路22a, 22b)と電界結合することで、第2受電ユニット32は、送電装置2から送電される高周波電力を受電する。すなわち、送電電極板22a, 22b(線路22a, 22b)間の電位差が、電界アンテナ32a, 32b間に発生し、電界アンテナ32aと電界アンテナ32bとの間に高周波電流が流れる。これにより、送電装置2から第2受電ユニット32に、非接触で電力を供給することができる。

## 【0053】

また、電界アンテナ32a, 32bも電気自動車Vの車体底面に配置されているので、線路22aと電界アンテナ32aとの距離、および、線路22bと電界アンテナ32bとの距離も、電気自動車Vの走行中でも変化しない。したがって、線路22aと電界アンテナ32aとで形成されるコンデンサの静電容量、および、線路22bと電界アンテナ32bとで形成されるコンデンサの静電容量は一定である。

20

## 【0054】

合成部33は、第1受電ユニット31と第2受電ユニット32とを、互いに並列接続させる。合成部33は、第1受電ユニット31の出力電圧と第2受電ユニット32の出力電圧のうち高い方の電圧を負荷4に出力することで、第1受電ユニット31が受電した電力と第2受電ユニット32が受電した電力を合成して負荷4に出力する。

## 【0055】

本実施形態によると、平行二線路(線路22a, 22b)から送電された高周波電力は、磁界アンテナ31aと電界アンテナ32a, 32bとで受電される。第1受電ユニット31は、磁界アンテナ31aが受電した高周波電力を直流電力に変換して合成部33に出力する。また、第2受電ユニット32は、電界アンテナ32a, 32bが受電した高周波電力を直流電力に変換して合成部33に出力する。合成部33は、第1受電ユニット31から入力される電力と第2受電ユニット32から入力される電力とを合成して負荷4に出力する。平行二線路上の電流定在波と電圧定在波とでは位相が90°ずれているので、磁界アンテナ31aが受電する電力と、電界アンテナ32a, 32bが受電する電力とは、互いに補完し合うことができる。例えば受電位置が電流定在波の谷の位置付近の場合、磁界アンテナ31aが受電する電力は小さくなるが、電圧定在波の山の位置になるので電界アンテナ32a, 32bが受電する電力は大きくなる。逆に、受電位置が電圧定在波の谷の位置付近の場合、電界アンテナ32a, 32bが受電する電力は小さくなるが、電流定在波の山の位置になるので磁界アンテナ31aが受電する電力は大きくなる。これにより、平行二線路上の受電位置によって受電電力が大きく変化してしまうことを抑制できる。

30

40

## 【0056】

なお、図1においては、磁界アンテナ31aの右側に配線を接続して、共振コンデンサ31bなどを接続し、電界アンテナ32a, 32bの右側に配線を接続して、共振コイル32cなどを接続している例を記載しているが、これに限られない。例えば、磁界アンテナ31aの向きを図1とは逆にして、左側に配線を接続してもよい。また、共振コンデンサ31bや共振コイル32cなどの配置場所は限定されない。

## 【0057】

50

また、上記第1実施形態においては、磁界アンテナ31aと電界アンテナ32a, 32bとが、平面視において重なる場合について説明したが、磁界アンテナ31aおよび電界アンテナ32a, 32bの配置は、これに限られない。

【0058】

図3は、受電装置3の変形例を説明するための図である。同図(a)は、送電装置3が搭載された電気自動車Vを上から見た状態を示しており、同図(b)は、電気自動車Vの側面を見た状態を示している。同図において、第1実施形態に係る受電装置3(図1参照)と同一または類似の要素には、同一の符号を付している。当該変形例に係る受電装置3は、磁界アンテナ31aが電界アンテナ32aと電界アンテナ32bとの間に配置されている点で、第1実施形態に係る受電装置3と異なる。当該変形例においては、磁界アンテナ31aのコイル面を、線路22aおよび線路22bによって構成される送電コイルLtのコイル面により近づけることができるので、両コイルの結合係数をより大きくすることができる。また、磁界アンテナ31aおよび電界アンテナ32a, 32bを配置する領域の高さ寸法を小さくすることができる(図3(b)参照)。しかし、送電コイルLtのコイル面から発生する磁束に鎖交する面積が小さくなるので、磁界アンテナ31aが受電できる電力が減少する。

10

【0059】

図4は、受電装置3の他の変形例を説明するための図である。同図(a)は、送電装置3が搭載された電気自動車Vを上から見た状態(磁界アンテナ31aおよび電界アンテナ32a, 32b以外の記載を省略している)を示しており、同図(b)は、電気自動車Vの側面を見た状態を示している。同図において、第1実施形態に係る受電装置3(図1参照)と同一または類似の要素には、同一の符号を付している。当該変形例に係る受電装置3は、平面視において、磁界アンテナ31aと電界アンテナ32a, 32bとが、並んで配置されている点で、第1実施形態に係る受電装置3と異なる。当該変形例においても、磁界アンテナ31aのコイル面を、線路22aおよび線路22bによって構成される送電コイルLtのコイル面により近づけることができるので、両コイルの結合係数をより大きくすることができる。また、磁界アンテナ31aおよび電界アンテナ32a, 32bを配置する領域の高さ寸法を小さくすることができる(図3(b)参照)。また、図3の変形例とは異なり、送電コイルLtのコイル面から発生する磁束に鎖交する面積は変わらない。しかし、磁界アンテナ31aと電界アンテナ32a, 32bとで、平行二線路(線路22a, 22b)の延びる方向の配置位置が異なるので、磁界アンテナ31aが受電する電力と、電界アンテナ32a, 32bが受電する電力との補完関係にずれが生じる。したがって、平行二線路上の受電位置による受電電力の変化が、磁界アンテナ31aと電界アンテナ32a, 32bとで平行二線路の延びる方向の配置位置を一致させた場合より大きくなる。なお、配置位置のずれの長さが、用いる高周波電力の波長(例えば10~100[m])と比べて充分小さい場合は、ずれによる影響は少ない。

20

30

【0060】

なお、図4においては、磁界アンテナ31aの左側に配線を接続し、電界アンテナ32a, 32bの右側に配線を接続している例を記載しているが、これに限られない。例えば、磁界アンテナ31aの向きを図4とは逆にして、右側に配線を接続してもよい。また、電界アンテナ32a, 32bの左側に配線を接続してもよい。また、磁界アンテナ31aと電界アンテナ32a, 32bの配置場所を、図4とは反対にしてもよい。

40

【0061】

また、上記第1実施形態においては、第1受電ユニット31および第1受電ユニット32がいずれも直列共振回路である場合について説明したが、これに限られない。

【0062】

図5は、第2実施形態に係る非接触電力伝送システム1Bを説明するための図である。同図(a)は、非接触電力伝送システム1Bの全体構成を示す回路図である。同図(b)は、非接触電力伝送システム1Bの全体構成を示す概略図である。図5において、第1実施形態に係る非接触電力伝送システム1A(図1(a)および図2参照)と同一または類

50

似の要素には、同一の符号を付している。非接触電力伝送システム 1 B は、第 1 受電ユニット 3 1 ' および第 1 受電ユニット 3 2 ' がいずれも並列共振回路である点で、第 1 実施形態に係る非接触電力伝送システム 1 A と異なる。

【0063】

第 1 受電ユニット 3 1 ' は、共振コンデンサ 3 1 b が磁界アンテナ 3 1 a に並列接続されており、並列共振回路を構成している。磁界アンテナ 3 1 a および共振コンデンサ 3 1 b は、共振周波数が高周波電源装置 2 1 より供給される高周波電力の周波数  $f_0$  (スイッチング周波数  $f_0$ ) と一致するように設計される。

【0064】

第 2 受電ユニット 3 2 ' は、共振コイル 3 2 c が電界アンテナ 3 2 a , 3 2 b と整流平滑回路 3 2 d との間に並列接続されており、並列共振回路を構成している。電界アンテナ 3 2 a , 3 2 b および共振コイル 3 2 c は、共振周波数が高周波電源装置 2 1 より供給される高周波電力の周波数  $f_0$  (スイッチング周波数  $f_0$ ) と一致するように設計される。

10

【0065】

第 2 実施形態においても、第 1 実施形態と同様の効果を奏することができる。なお、第 1 受電ユニット 3 1 と第 2 受電ユニット 3 2 ' との組み合わせ、または、第 1 受電ユニット 3 1 ' と第 2 受電ユニット 3 2 との組み合わせのように、一方を直列共振回路とし、他方を並列共振回路としてもよい。

【0066】

上記第 1 および第 2 実施形態においては、合成部 3 3 が第 1 受電ユニット 3 1 と第 2 受電ユニット 3 2 とを互いに並列接続させる場合について説明したが、これに限られない。合成部 3 3 が第 1 受電ユニット 3 1 と第 2 受電ユニット 3 2 とを互いに直列接続させる場合を、第 3 実施形態として、以下に説明する。

20

【0067】

図 6 は、第 3 実施形態に係る非接触電力伝送システム 1 C を説明するための図であり、全体構成を示す回路図である。図 6 において、第 1 実施形態に係る非接触電力伝送システム 1 A (図 2 参照) と同一または類似の要素には、同一の符号を付している。非接触電力伝送システム 1 C は、合成部 3 3 ' が第 1 受電ユニット 3 1 と第 2 受電ユニット 3 2 とを互いに直列接続させる点で、第 1 実施形態に係る非接触電力伝送システム 1 A と異なる。

【0068】

合成部 3 3 ' は、第 1 受電ユニット 3 1 と第 2 受電ユニット 3 2 とを、互いに直列接続させる。合成部 3 3 ' は、第 1 受電ユニット 3 1 の出力電圧と第 2 受電ユニット 3 2 の出力電圧を合成した電圧を負荷 4 に出力することで、第 1 受電ユニット 3 1 が受電した電力と第 2 受電ユニット 3 2 が受電した電力を合成して負荷 4 に出力する。

30

【0069】

第 3 実施形態によると、合成部 3 3 ' は、第 1 受電ユニット 3 1 と第 2 受電ユニット 3 2 とを互いに直列接続させて、第 1 受電ユニット 3 1 から入力される電力と第 2 受電ユニット 3 2 から入力される電力とを合成して負荷 4 に出力する。よって、第 3 実施形態においても、磁界アンテナ 3 1 a が受電する電力と、電界アンテナ 3 2 a , 3 2 b が受電する電力とは、互いに補完し合うことができるので、平行二線路上の受電位置によって受電電力が大きく変化してしまうことを抑制できる。

40

【0070】

なお、第 3 実施形態においては、第 1 受電ユニット 3 1 および第 2 受電ユニット 3 2 をいずれも直列共振回路としているが、これに限られず、いずれも並列共振回路 (図 5 参照) としてもよい。また、一方を直列共振回路とし、他方を並列共振回路としてもよい。

【0071】

上記第 1 ~ 第 3 実施形態においては、平行二線路が道路の表面と平行となるように配置されている場合について説明したが、これに限られない。例えば、図 7 に示すように、平行二線路が道路の表面に対して略直交するように配置されていてもよい。この場合は、図 7 に示すように、磁界アンテナ 3 1 a および電界アンテナ 3 2 a , 3 2 b を、電気自動車

50

Vの車体側面に、コイル面または板面が道路と略直交するように配置すればよい。

【0072】

また、上記第1～第3実施形態においては、平行二線路（線路22aおよび線路22b）が帯状の導体である場合について説明したが、これに限られない。例えば、図8に示すように、線路22aおよび線路22bを、線状の導体としてもよい。この場合、電界アンテナ32a（32b）と線路22a（22b）との間で形成されるコンデンサの静電容量をより大きくするためには、図8（b）に示す概略斜視図のように、電界アンテナ32a（32b）を筒形状とし、線路22a（22b）がその内部を貫通するように配置すればよい。

【0073】

また、上記第1～第3実施形態においては、受電装置3を電気自動車Vに搭載した場合について説明したが、これに限られない。例えば、予め設定された循環経路に沿って自動走行する無人搬送車（AGV：Automated Guided Vehicle）や、レール上を走行する車両などの、電力を用いる移動体に搭載するようにしてもよい。

【0074】

本発明に係る非接触電力伝送システムおよび受電装置は、上述した実施形態に限定されるものではない。本発明に係る非接触電力伝送システムおよび受電装置の各部の具体的な構成は、種々に設計変更自在である。

【符号の説明】

【0075】

1A, 1B, 1C 非接触電力伝送システム

2 送電装置

21 高周波電源装置

21a 直流電源装置

21b インバータ回路

21c インピーダンス整合器

22 送電ユニット

22a, 22b 線路（平行二線路）

3 受電装置

31, 31' 第1受電ユニット

31a 磁界アンテナ

31b 共振コンデンサ

31c 整流平滑回路（第1整流回路）

32, 32' 第2受電ユニット

32a, 32b 電界アンテナ

32c 共振コイル

32d 整流平滑回路（第2整流回路）

33, 33' 合成部

4 負荷

V 電気自動車

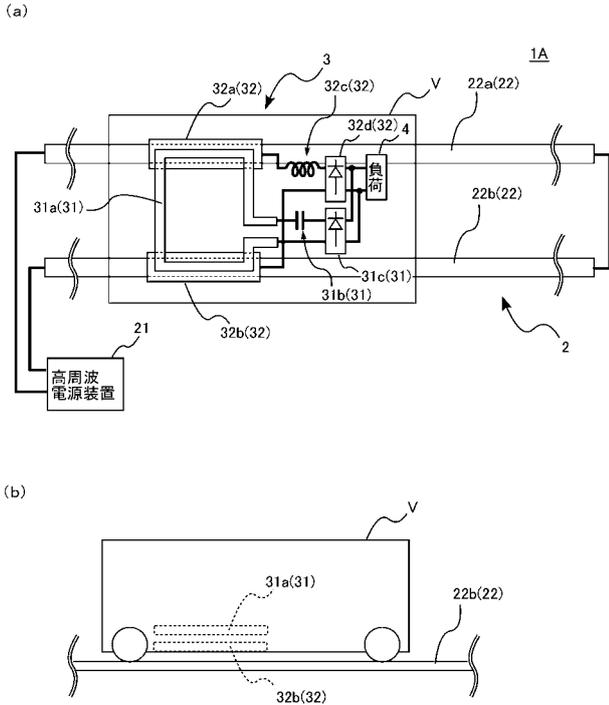
10

20

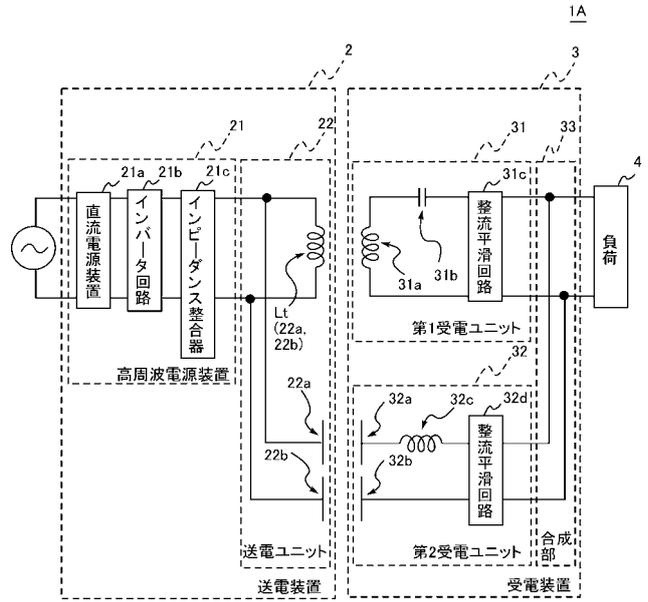
30

40

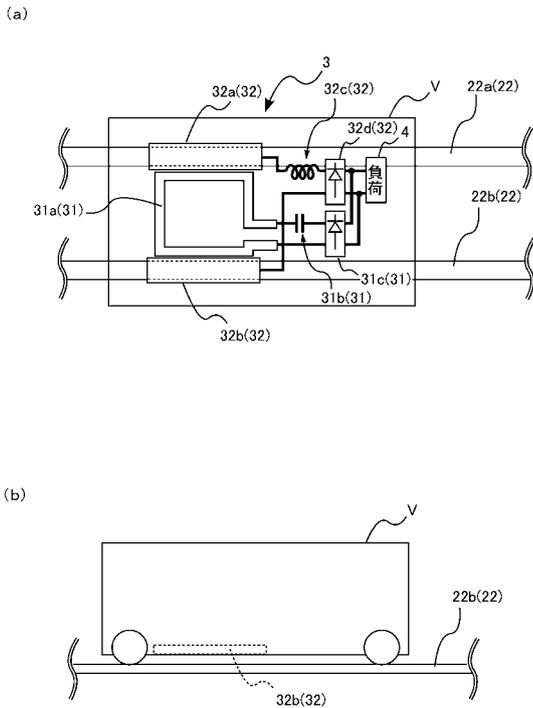
【図1】



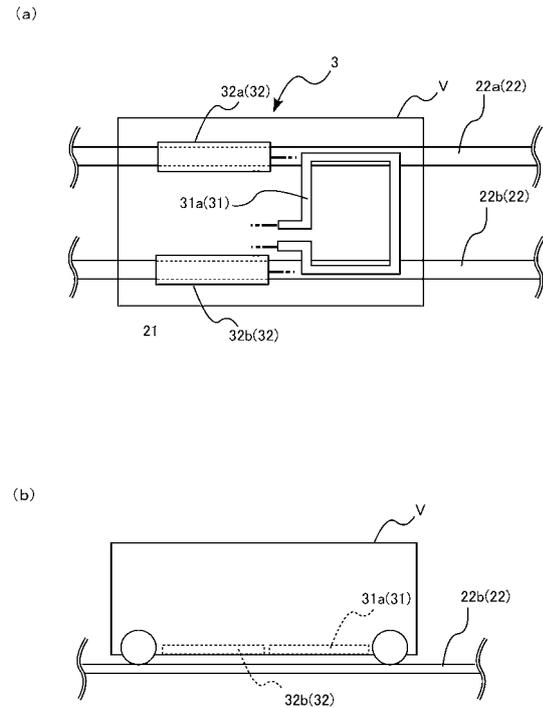
【図2】



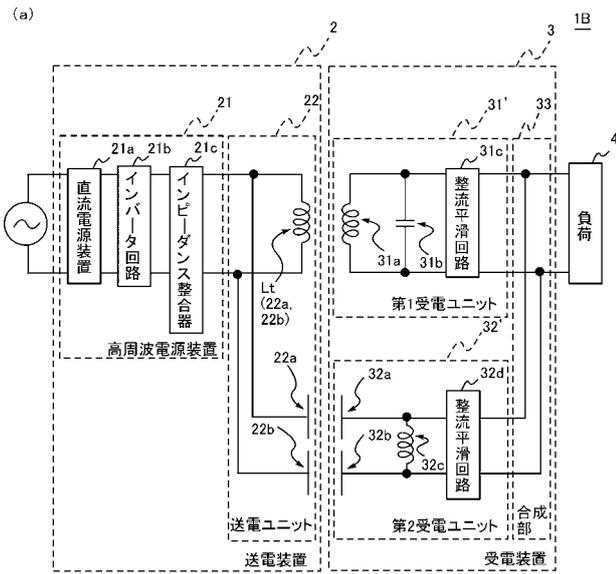
【図3】



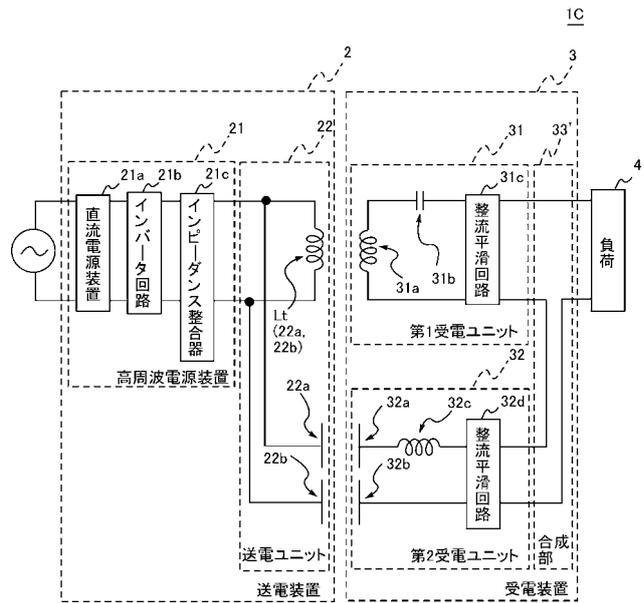
【図4】



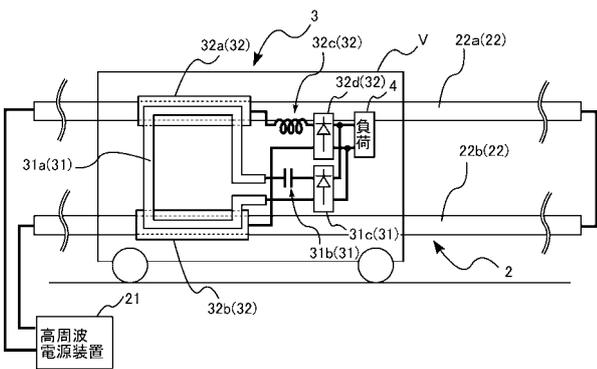
【図5】



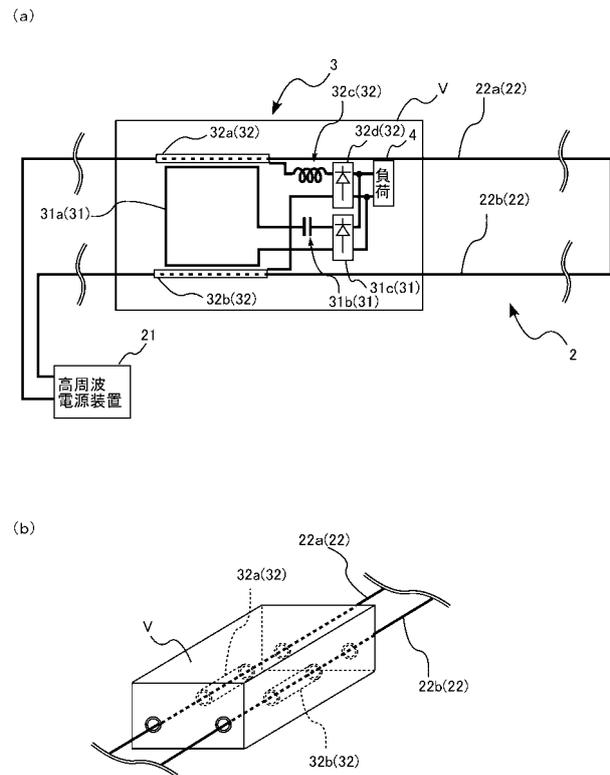
【図6】



【図7】



【図8】



## フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I		テーマコード(参考)
<b>B 6 0 L 11/18 (2006.01)</b>	H 0 1 F	38/14	
<b>B 6 0 M 7/00 (2006.01)</b>	B 6 0 L	11/18	C
<b>B 6 0 L 5/00 (2006.01)</b>	B 6 0 M	7/00	X
	B 6 0 L	5/00	B

特許法第30条第2項適用申請有り 1. 特許を受ける権利を有するものの依頼に基づいて、岡田実、前川拓也、ズオン クオン タン及び東野武史が、平成27年11月9日にIEICE Electronics Express, Vol. 12(2015), No. 23, pp. 20150854, 電子情報通信学会(IEICE)にて、鶴田義範及び岡田実が発明した平行二線路を用いた非接触電力伝送システムに関する研究について公開した。 2. 特許を受ける権利を有するものの依頼に基づいて、岡田実、前川拓也、ズオン クオン タン及び東野武史が、平成28年1月21日に電子情報通信学会技術研究報告IEICE technical report: 信学技報, WPT2015-70, pp. 33-38, 電子情報通信学会にて、鶴田義範及び岡田実が発明した平行二線路を用いた非接触電力伝送システムに関する研究について公開した。 3. 特許を受ける権利を有するものの依頼に基づいて、岡田実、前川拓也、ズオン クオン タン及び東野武史が、平成28年1月28日にEMCJ WPT(熊本高等専門学校(熊本キャンパス)熊本県合志市須屋2659-2)にて、鶴田義範及び岡田実が発明した平行二線路を用いた非接触電力伝送システムに関する研究について公開した。

## (72)発明者 岡田 実

奈良県生駒市高山町8916-5 国立大学法人 奈良先端科学技術大学院大学内

Fターム(参考) 5G503 AA01 BA01 BB01 CC01 DA08 FA06 GB03 GB06 GB08 GB09

GC06

5H105 BA09 BB05 DD10 EE15

5H125 AA01 AC04 AC12 AC26 DD02 FF15 FF16