

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6185472号
(P6185472)

(45) 発行日 平成29年8月23日(2017.8.23)

(24) 登録日 平成29年8月4日(2017.8.4)

(51) Int.Cl. F I
H02J 50/60 (2016.01) H02J 50/60
H02J 50/12 (2016.01) H02J 50/12

請求項の数 30 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2014-529952 (P2014-529952)	(73) 特許権者	513307922
(86) (22) 出願日	平成24年9月10日(2012.9.10)		ワイトリシティ コーポレーション
(65) 公表番号	特表2014-526871 (P2014-526871A)		W I T R I C I T Y C O R P O R A T I O N
(43) 公表日	平成26年10月6日(2014.10.6)		アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 O
(86) 国際出願番号	PCT/US2012/054490		2 4 7 2 ウォータータウン ウォーター
(87) 国際公開番号	W02013/036947		ストリート 5 7
(87) 国際公開日	平成25年3月14日(2013.3.14)	(74) 代理人	100147485
審査請求日	平成27年9月8日(2015.9.8)		弁理士 杉村 憲司
(31) 優先権主張番号	61/532,785	(74) 代理人	100132045
(32) 優先日	平成23年9月9日(2011.9.9)		弁理士 坪内 伸
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100179947
			弁理士 坂本 晃太郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ワイヤレスエネルギー伝送システムにおける異物検出

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも1つの磁界グラジオメータを有する少なくとも1つの磁界センサと、
 この少なくとも1つの磁界センサの電氣的パラメータを測定するように構成された少なくとも1つの読出回路と
 を具えるワイヤレスエネルギー伝送システム用の異物破片検出システムにおいて、
 前記ワイヤレスエネルギー伝送システムの動作中、前記少なくとも1つの磁界センサが
 前記ワイヤレスエネルギー伝送システムによって発生させた磁界内に位置しており、
 前記少なくとも1つの読出回路が、前記少なくとも1つの磁界グラジオメータの導体ループ内で電流が循環するのを殆ど阻止するのに十分な入力インピーダンスを有している
 異物破片検出システム。

10

【請求項 2】

請求項1に記載の異物破片検出システムにおいて、少なくとも1つの磁界グラジオメータが8の字状の四極子導体ループを有している異物破片検出システム。

【請求項 3】

請求項1に記載の異物破片検出システムにおいて、少なくとも1つの磁界グラジオメータが八極子導体ループを有している異物破片検出システム。

【請求項 4】

請求項2に記載の異物破片検出システムにおいて、前記8の字状の四極子導体ループが回路板上に印刷されている異物破片検出システム。

20

【請求項 5】

請求項 4 に記載の異物破片検出システムにおいて、前記 8 の字状の四極子導体ループは方形である異物破片検出システム。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の異物破片検出システムにおいて、少なくとも 1 つの磁界グラジオメータが、ワイヤレスエネルギー伝送システムによって発生させた磁界内に位置するグラジオメータループのアレイを有している異物破片検出システム。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の異物破片検出システムにおいて、前記グラジオメータループのアレイが、互いにオフセットし且つ重複したグラジオメータループの複数の層を有している異物破片検出システム。

10

【請求項 8】

請求項 1 に記載の異物破片検出システムにおいて、前記少なくとも 1 つの磁界グラジオメータが複数のグラジオメータループを有し、前記少なくとも 1 つの読出回路がこれら複数のグラジオメータループ間で多重化されている異物破片検出システム。

【請求項 9】

請求項 1 に記載の異物破片検出システムにおいて、この異物破片検出システムが更に、前記少なくとも 1 つの読出回路による測定に基づいて前記ワイヤレスエネルギー伝送システムのパラメータを調整するように帰還ループで構成されたコントローラを有している異物破片検出システム。

20

【請求項 10】

請求項 1 に記載の異物破片検出システムにおいて、前記少なくとも 1 つの磁界グラジオメータがこのグラジオメータの面積を規定するループを有し、前記ループの面積は、少なくとも 1 つの磁界グラジオメータにより検出される異物破片 (FOD) の最小の断面積の 3 倍以内である異物破片検出システム。

【請求項 11】

請求項 1 に記載の異物破片検出システムと、
発振磁界を発生するように構成された少なくとも 1 つのワイヤレスエネルギー伝送ソースと、

前記少なくとも 1 つの磁界センサの電氣的パラメータに応答して前記少なくとも 1 つのワイヤレスエネルギー伝送ソースのパラメータを制御するように構成された帰還ループを構成するコントローラとを具えているワイヤレスエネルギー伝送システムであって、

30

前記少なくとも 1 つの磁界グラジオメータは前記発振磁界内に位置しているワイヤレスエネルギー伝送システム。

【請求項 12】

請求項 11 に記載のワイヤレスエネルギー伝送システムにおいて、このワイヤレスエネルギー伝送システムが更に、少なくとも 1 つの温度センサを有し、この温度センサは前記少なくとも 1 つのワイヤレスエネルギー伝送ソースの付近の温度を測定するように配置されているワイヤレスエネルギー伝送システム。

40

【請求項 13】

請求項 11 に記載のワイヤレスエネルギー伝送システムにおいて、前記帰還ループは、前記少なくとも 1 つの磁界グラジオメータの測定した電氣的パラメータに基づいて前記少なくとも 1 つのワイヤレスエネルギー伝送ソースによるエネルギー伝送を停止させるように構成されているワイヤレスエネルギー伝送システム。

【請求項 14】

請求項 11 に記載のワイヤレスエネルギー伝送システムにおいて、前記少なくとも 1 つの磁界グラジオメータが前記少なくとも 1 つの読出回路に接続された磁界グラジオメータのアレイを有しているワイヤレスエネルギー伝送システム。

【請求項 15】

請求項 14 に記載のワイヤレスエネルギー伝送システムにおいて、前記少なくとも 1 つ

50

の読出回路は前記磁界グラジオメータのアレイの導電性ループの電圧を測定するように構成されているワイヤレスエネルギー伝送システム。

【請求項 16】

請求項 15 に記載のワイヤレスエネルギー伝送システムにおいて、前記少なくとも 1 つの読出回路は前記導電性ループの電圧の位相を測定するように構成されているワイヤレスエネルギー伝送システム。

【請求項 17】

請求項 16 に記載のワイヤレスエネルギー伝送システムにおいて、このワイヤレスエネルギー伝送システムが更に、前記コントローラに接続され、前記少なくとも 1 つのワイヤレスエネルギー伝送ソースにより発生された発振磁界の周波数を測定するように構成されたサンプリングループを有し、前記コントローラは、前記少なくとも 1 つの読出回路を、前記発振磁界の周波数と同期させるように構成されたワイヤレスエネルギー伝送システム。

10

【請求項 18】

互いにオフセットし且つ重複したグラジオメータループの複数の層を形成するグラジオメータループのアレイを有する少なくとも 1 つの磁界センサと、

この少なくとも 1 つの磁界センサの電気的パラメータを測定するように構成された少なくとも 1 つの読出回路と

を具えるワイヤレスエネルギー伝送システム用の異物破片検出システムにおいて、

前記ワイヤレスエネルギー伝送システムの動作中、前記少なくとも 1 つの磁界センサが前記ワイヤレスエネルギー伝送システムによって発生させた磁界内に位置している異物破片検出システム。

20

【請求項 19】

請求項 18 に記載の異物破片検出システムにおいて、前記グラジオメータループのアレイが 8 の字状の四極子導体ループを有している異物破片検出システム。

【請求項 20】

請求項 18 に記載の異物破片検出システムにおいて、前記グラジオメータループのアレイが八極子導体ループを有している異物破片検出システム。

【請求項 21】

請求項 19 に記載の異物破片検出システムにおいて、前記 8 の字状の四極子導体ループが回路板上に印刷されている異物破片検出システム。

30

【請求項 22】

請求項 21 に記載の異物破片検出システムにおいて、前記 8 の字状の四極子導体ループは方形である異物破片検出システム。

【請求項 23】

請求項 18 に記載の異物破片検出システムにおいて、前記少なくとも 1 つの読出回路が複数のグラジオメータループ間で多重化されている異物破片検出システム。

【請求項 24】

請求項 18 に記載の異物破片検出システムにおいて、この異物破片検出システムが更に、前記少なくとも 1 つの読出回路による測定に基づいて前記ワイヤレスエネルギー伝送システムのパラメータを調整するように帰還ループで構成されたコントローラを有している異物破片検出システム。

40

【請求項 25】

請求項 18 に記載の異物破片検出システムと、

発振磁界を発生するように構成された少なくとも 1 つのワイヤレスエネルギー伝送ソースと、

前記少なくとも 1 つの磁界センサの電気的パラメータに応答して前記少なくとも 1 つのワイヤレスエネルギー伝送ソースのパラメータを制御するように構成された帰還ループを構成するコントローラとを具えているワイヤレスエネルギー伝送システムであって、

前記グラジオメータループのアレイは、少なくとも 1 つの磁界グラジオメータを構成し

50

ており、

前記少なくとも1つの磁界グラジオメータは前記発振磁界内に位置しているワイヤレスエネルギー伝送システム。

【請求項26】

請求項25に記載のワイヤレスエネルギー伝送システムにおいて、このワイヤレスエネルギー伝送システムが更に、少なくとも1つの温度センサを有し、この温度センサは前記少なくとも1つのワイヤレスエネルギー伝送ソースの付近の温度を測定するように配置されているワイヤレスエネルギー伝送システム。

【請求項27】

請求項25に記載のワイヤレスエネルギー伝送システムにおいて、前記帰還ループは、前記少なくとも1つの磁界グラジオメータの測定した電氣的パラメータに基づいて前記少なくとも1つのワイヤレスエネルギー伝送ソースによるエネルギー伝送を停止させるように構成されているワイヤレスエネルギー伝送システム。

【請求項28】

請求項25に記載のワイヤレスエネルギー伝送システムにおいて、前記少なくとも1つの読出回路は前記磁界グラジオメータのアレイの導電性ループの電圧を測定するように構成されているワイヤレスエネルギー伝送システム。

【請求項29】

請求項28に記載のワイヤレスエネルギー伝送システムにおいて、前記少なくとも1つの読出回路は前記導電性ループの電圧の位相を測定するように構成されているワイヤレスエネルギー伝送システム。

【請求項30】

請求項29に記載のワイヤレスエネルギー伝送システムにおいて、このワイヤレスエネルギー伝送システムが更に、前記コントローラに接続され、前記少なくとも1つのワイヤレスエネルギー伝送ソースにより発生された発振磁界の周波数を測定するように構成されたサンプリングループを有し、前記コントローラは、前記少なくとも1つの読出回路を、前記発振磁界の周波数と同期させるように構成されたワイヤレスエネルギー伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ワイヤレス電力伝送システムにおける異物破片 (Foreign Object Debris; FOD) を検出するワイヤレスエネルギー伝送システム及び方法に関するものである。

【0002】

[関連出願の相互参照]

本出願は、2011年9月9日に提出された米国仮出願61/532,785の優先権を主張するものである。

【背景技術】

【0003】

エネルギー又は電力は、例えば、一般に、“Wireless Energy Transfer Systems”と題する本出願人に係る米国特許出願公開第US2010/010909445号明細書として2010年5月6日に公開された米国特許出願第12/613,686号明細書、“Integrated Resonator-Shield Structures”と題する米国特許出願公開第US2010/0308939号明細書として2010年12月9日に公開された米国特許出願第12/860,375号明細書及び“Multi-Resonator Wireless Energy for Lighting”と題する米国特許出願第13/283,811号明細書に詳述されている放射性又はファーフールド技術や、非放射性又はニアフィールド技術のような種々の既知の技術を用いてワイヤレスで伝送しうる。これらの米国特許出願明細書及び米国特許出願公開明細書の内容は参考のために導入されるものである。

【 0 0 0 4 】

結合された2つの共振器間の発振（振動）磁界に依存するワイヤレス充電システムは、効率が良く、非放射性で安全なものとしうる。共振器間に挿入された非磁性及び非金属の双方又は何れか一方の物体は、ワイヤレスエネルギー伝送に対し用いられている磁界とは殆ど相互作用することはない。ある例では、ワイヤレス電力伝送システムのユーザはこれらの“異物”の存在を検出することを望む場合があり、ワイヤレス電力伝送システムを制御したり、弱めたり、ターンオフさせたり、警報を発するようにしたりする等を達成することを望んでいる場合がある。共振器間に挿入された金属性物体及びその他の物体の双方又は何れか一方はワイヤレスエネルギー伝送の磁界と相互作用し、ワイヤレスエネルギー伝送の摂動及び大幅な激化の双方又は何れか一方を生ぜしめるおそれがある。

10

【 0 0 0 5 】

ワイヤレス電力伝送システムの付近に位置する異物破片（FOD）には安全（無害）なものもあつたり、又はエネルギー伝送に用いる磁界と安全に相互作用するものもあつたり、或いはこれらの双方があつたりする。安全なFODの例には、ほこり、砂、葉、小枝、雪、グリース、オイル、水や、低周波磁界との著しい相互作用を行わないその他の物質を含みうる。ある例では、ワイヤレス電力伝送に対し用いた磁界と安全に相互作用しうるが、危険性が認められているか又は多大な注意が必要である為に、ワイヤレス伝送システムの共振器に極めて接近した領域から規制されている物体がFODに含まれる可能性がある。この種類のFODの一般的な例は、例えばワイヤレスEV（電動ビークル）充電システムのコイル間で寝たがっている猫である。ある例では、あるFODが、磁界と作用し、エネルギー伝送に対して用いられた共振器の特性に摂動を生じるか、又はエネルギー伝送に対して用いられた磁界を阻止又は低減させるか、或いは火災及び燃焼原因の双方又は何れか一方を生じるようになるおそれがある。ある適用分野では、可燃性の金属物体が高電力の充電中に発火する程度に充分高温となるのを回避するのに、特別な予防措置が必要となるおそれがある。ある金属物体は加熱するとともに、これらの金属物体を依然として熱い間に持ち上げた人にやけど又は不快感を与えるのに充分な熱容量を有するおそれがある。これらの金属物体の例には、工具、コイル、金属片、ジュース缶、スチールウール、食品（チューインガム、ハンバーガ、等）の包装材、金属箔を有するたばこの箱、等がある。

20

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

30

【 0 0 0 6 】

【 特許文献 1 】 米国特許出願第12/613,686号

【 特許文献 2 】 米国特許出願第12/860,375号

【 特許文献 3 】 米国特許出願第13/283,811号

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

従って、必要なことは、ワイヤレスエネルギー伝送システムの付近におけるFODの影響を検出又は軽減するための方法及び構造設計である。

【 課題を解決するための手段 】

40

【 0 0 0 8 】

本発明の例によれば（本発明はこの例に限定されるものではない）、異物破片検出システムが、磁界センサ及びグラジオメータの双方又は何れか一方を用いてワイヤレスエネルギー伝送システムの共振器の周囲の磁界における摂動を測定しうるようにする。磁界センサ及びグラジオメータの双方又は何れか一方は、ワイヤレスエネルギー伝送システムの磁界内に配置しうる。磁界センサ及びグラジオメータの双方又は何れか一方は、ワイヤのループと、ループを形成する印刷導体配線との双方又は何れか一方を具えるか、又は8の字状のループを具えるか、又は1つ以上のループを有する構造体を具えるか、或いはこれらの任意の組合せを具え、表面を交差する磁束の量に比例する電気信号を発生するようにする。この又はこれらのループは、高入力インピーダンス読出回路に接続しうる。この読出

50

回路により、ループ中の電圧及び電流の双方又は何れか一方の電圧、電流及び相対位相の何れか又は任意の組合せを測定しうるようにする。ある例では、FODの検出確立を高めるために、異物破片検出システムがループの複数の層を有するようにしう。ある例では、ワイヤレスエネルギー伝送システムの特長、例えば、共振器の損傷Q値、エネルギー伝送効率、伝送電力量、システムにより発生された熱の量、等に著しい悪影響を及ぼすことなく動作するようにループを設計しう。

【0009】

本発明の例によれば（本発明はこの例に限定されるものではない）、異物破片検出システムを有しうワイヤレスエネルギー伝送システムを提供する。このワイヤレスエネルギー伝送システムは、共振磁界を発生するように構成した少なくとも1つのワイヤレスエネルギー伝送ソースを有するようにしう。異物破片は共振磁界内に配置した磁界グラジオメータにより検出しうるようにする。磁界グラジオメータの電圧及び電流の双方又は何れか一方は、読出回路を用いて測定しうるとともに、磁界グラジオメータからの読みに基づく帰還ループを用いてワイヤレスエネルギー伝送ソースのパラメータを制御しうようにする。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】図1は、パッシブFOD軽減を達成する共振器カバーを有する共振器を示す側面図である。

【図2】図2は、2つの個々の磁界センサとして用いいうワイヤの2つのループであって、これらの2つの個々の磁界センサによる磁束の捕捉差を検出するグラジオメータに形成しうこれらループを示す線図である。

【図3】図3Aは、対向する磁気双極子を有するように配置した2つの小さな導体ループの2ローブ構造（このような構造を磁気四極子と称しう）を示す線図であり、図3Bは、磁気四極子を整列させた4ローブ構造を示す線図であり、図3Cは、しばしば八極子と称される対向する四極子の4ローブ構造を示す線図であり、図3Dは、直線状に延在する4ローブ構造を示す線図であり、“+”及び“-”符号は相対座標系における各ループの磁気双極子の方向を示している。

【図4】図4Aは、面積フィルファクタを高くするために正方形としたループを有するFOD検出器アレイを示す線図であり、図4Bは、2つのオフセットされたアレイを有し、盲点を排除するのに用いいう構成を示す線図である。

【図5】図5は、読出回路に接続されたFOD検出器を示す線図である。

【図6】図6は、読出回路に接続されたFOD検出器のアレイを示す線図である。

【図7】図7は、読出回路及び同期ループに接続されたFOD検出器のアレイを示す線図である。

【図8】図8は、FOD検出器ループの代表的な実施例を示す線図である。

【図9】図9A～9Cは、8の字状のグラジオメータセンサから得られる代表的な電圧測定曲線を示す線図である。

【図10】図10は、代表的なEV充電システムを示すブロック線図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

FODの危険を軽減させる方法は、パッシブ（受動）軽減（ミティゲーション）技術及びアクティブ（受動）軽減技術として分類しう。パッシブ軽減技術は、FODが高磁界の領域内に入り込むか又は留まるのを阻止するのに用いいう。パッシブ軽減技術は、FODが危険状態となるように磁界と相互作用するおそれを低減させることができる。アクティブ軽減技術は、FODの存在を検出するとともにFODの存在に反応させるのに用いいう。

[パッシブ軽減技術]

【0012】

パッシブ軽減技術は、FODが共振器間の領域又は高磁界の特定の領域に入るのを回避

10

20

30

40

50

し、これにより磁界とFODとの相互作用を回避するのに用いることができる。

【0013】

追加の代表的な実施例によれば、ワイヤレス電力伝送システムにおける共振器カバーの設計によりパッシブ軽減技術を達成しうるようにする。ある実施例では、ソース共振器と、デバイス共振器と、中継器共振器との何れか又は任意の組合せの筐体を、磁界が大きくなりうる共振器及び共振器コイルの双方又は何れか一方の領域にFODが接近しないように成形するようにしう。共振器の筐体は、カバー上の如何なるFODも強制的にこのカバーを転がり落ちるとともに、共振器及び高磁界の双方又は何れか一方から離れるようにする湾曲形状、角度を付した形状又はその他の加工形状となるように設計することができる。又、共振器の筐体は、重力により物体を共振器から引き離すようにする加工又は配置とすることができる。他の実施例では、FODを遠ざけるのに他の自然力又は遍在力を用いるように共振器の筐体及び配置を設計するようにしう。例えば、水流、風、振動、等の力を用いて、FODが共振器の周囲の不所望な領域に蓄積するか又は留まるのを回避するようにしう。又、ある実施例では、共振器を大地に対してほぼ垂直に配置して、物体が共振器上に自然に留まらないで蓄積されないようにしう。又、ある実施例では、共振器の筐体に、FODと共振器の構成素子との間に最小の距離を与える侵入防止区域を含めるようにすることができる。この侵入防止区域は充分におおきくして、この侵入防止区域の外部における磁界が安全性又は性能に関する懸念を生じなくなる程度に充分小さくなるようにしう。

10

【0014】

ある程度のパッシブFOD保護を達成する共振器カバーの一実施例を図1に示す。ワイヤレス電力伝送システムの磁気共振器104は、加工カバー102により囲まれているか、又は加工カバー102の下側に配置されているようにしう。カバー102は、FOD106が重力によりカバー102を転がり落ちるようにする形状としう。カバー102は、如何なるFODをも、共振器の横方向に押しやるか、又は磁界の大きさがFODの加熱により危険な状態を生ぜしめるのに充分に高い共振器を囲む領域から遠ざけるか、或いはこれらの双方を達成させることにより、FOD106がカバー102の頂部に又は共振器104の付近に、或いはこれらの双方に蓄積するのを防止しう形状としう。又、ある実施例では、磁界による加熱及び発火の双方又は何れか一方を生じるおそれをもはやもたらさないようにするのに充分遠くにFODを強制的に高磁界領域から離すようにしう。

20

30

【0015】

他の代表的な実施例では（本発明はこれらの実施例に限定されるものではない）、パッシブFOD軽減技術には、ワイヤレス電力交換を行う領域の如何なる個所でも最大の磁界密度を所望の限界値よりも低い値に低減させるように共振器及び共振器構成素子の寸法を設定することを含めるようにすることができる。ある実施例では、FODの危険性の一部を緩和させるのに比較的大型の共振器コイルを用いるようにしう。電力伝送を固定レベルにする場合には、大型の共振器コイルを使用することにより、ある量の電力をワイヤレスで伝送するのに必要とする単位面積当りの磁界強度を低減させるようにすることができる。例えば、ソースにより発生される最大の磁界強度を、加熱又はその他の危険が生じることが知られているしきい値よりも低くなるように低減させることができる。パッシブ軽減技術は、必ずしも可能なもの又は実的なもの又は充分なものではない。例えば、共振器の寸法を増大させることによりFODの危険を低減させることは、システムコストを抑制するか、又は共振器を特定の容積のシステム内に一体化させることを望むためには実的なものではない。しかし、完全にパッシブな技術が、可能なもの又は実的なもの又は充分なもの、或いはこれらの任意の組合せのものではない分野においても、パッシブ軽減技術は、少なくとも部分的にFODの危険性を低減させるのに用いることができるとともに、アクティブ軽減技術に対する補完となるようにしう。

40

[アクティブ軽減技術]

【0016】

50

他の代表的な実施例では（本発明はこれらの実施例に限定されるものではない）、FODに対するアクティブ軽減技術には、金属物体と、熱い物体と、共振器パラメータにおける摂動と、磁界分布中の摂動との何れか又は任意の組合せを検出する検出器システムを含めるようにする。

【0017】

他の代表的な実施例では（本発明はこれらの実施例に限定されるものではない）、金属物体のようなFOD物体は、ワイヤレスエネルギー伝送システムの効率又は電力伝送能力に摂動を与えるのに十分な寸法、広がり、材料組成の何れか又は任意の組合せのものとすることができる。このような場合、ワイヤレス電力システムの、ソース共振器と、デバイス共振器と、中継器共振器との何れか又は任意の組合せと関連する電圧、電流及び電力のうちの1つ以上の変化を検査することにより、FOD物体の存在を決定することができる。あるFOD物体は、エネルギー伝送に対して用いた共振器のパラメータ及びエネルギー伝送の特性の双方又は何れか一方に摂動を与えるおそれがある。FOD物体は例えば、共振器のインピーダンスを変化させるおそれがある。代表的な実施例によれば（本発明はこれらの実施例に限定されるものではない）、ワイヤレスエネルギー伝送及び共振器の、電圧、電流、電力、位相、周波数、等を測定することによりこれらの摂動を決定するようにする。又、期待値又は予測値からの変化又はずれを用いてFODの存在を決定する。代表的な実施例では、ワイヤレス電力システムにおいてFODを検出し、このFODに反応させるのに、専用のFODセンサは不必要とする。

【0018】

他の代表的な実施例では（本発明はこれらの実施例に限定されるものではない）、FOD物体は、ワイヤレスエネルギー伝送にほんの僅かしか摂動を与えないものにするとともに、共振器の電氣的パラメータとワイヤレスエネルギー伝送の特性との双方又は何れか一方を監視することにより殆ど検出できないものとする。しかし、このような物体によっても依然として危険を生むおそれがある。例えば、磁界とほんの僅かしか相互作用しないFOD物体も依然としてかなり加熱するおそれがある。磁界とほんの僅かしか相互作用しないがかなり加熱するおそれのあるFOD物体の一例は、チューインガムやたばこの箱でしばしば見られるような、且つパーガーキング社及びケンタッキーフライドチキン社のようなファストフード事業所の食品を包装するのにしばしば用いられているような金属箔と紙との包装紙である。チューインガムの包装紙が、3.3kWのワイヤレスエネルギービーム充電システムの共振器間に配置されている場合、このチューインガムの包装紙は、共振器とエネルギー伝送システムとの双方又は何れか一方と関連する電氣的なパラメータを検査することにより検出できない可能性がある。しかし、この包装紙は依然として急速に加熱するのに十分な電力を吸収し、最終的に紙が燃えるようになるおそれがある。

【0019】

他の代表的な実施例では（本発明はこれらの実施例に限定されるものではない）、FODに対するアクティブ軽減システムが、ワイヤレスエネルギー伝送システムの付近の高温点、高温領域及び高温物体の何れか又は任意の組合せを検出するための温度センサを有するようにする。エネルギー伝送システムの周囲の熱源、熱勾配、等を検出するのに、システムが任意の個数の温度センサ、赤外線検出器、カメラ、等を有するようにする。ある実施例では、高温物体の検出を、単独で用いるか、又は他のアクティブ及びパッシブ軽減技術に加えて用いることができ、且つ加熱されたFODの検出可能性を更に改善するか、又は他のアクティブFOD軽減システムの誤警報率を低減させるか、或いはこれらの双方を達成するのに用いることができる。

【0020】

他の代表的な実施例では（本発明はこれらの実施例に限定されるものではない）、2つの共振器間の磁界にほんの僅かの摂動を与えるFOD物体に対するアクティブ軽減システムが、FOD物体の近辺における磁界の僅かな変化を測定するセンサを有するようにする。例えば、金属箔と紙との包装紙であるチューインガムの包装紙は2つの共振器間の磁

束を殆ど変えないが、これにより小さいコイル又はループの領域の何れかの部分を被覆するか、又は遮断するか、或いはこれらの双方を達成する場合には、この包装紙がこのコイル又はループを通る磁束を著しく変えるおそれがある。ある例では、FODの存在により生ぜしめられる磁界の局部的な変動を、FODの付近における磁界変化、変動、勾配、等を測定することにより検出するようにしうる。

【0021】

他の代表的な実施例では（本発明はこれらの実施例に限定されるものではない）、図2に示すような2つの小型のワイヤループ202及び204を用いてFODセンサを実現しうる。このようなセンサを、ワイヤレスエネルギー伝送に対し用いられた共振器上に又はその付近に配置することができる。ワイヤレスエネルギー伝送システムはその動作中に2つのループを通過する磁界を発生する。個々の各ループはその内側の領域206又は208を通る磁束の量に比例する電圧を発生する。これらの2つのループにより発生された電圧間の差は、ループの近くの磁界の勾配に一次まで比例する。2つのループが均一磁界の領域内に配置されており且つこれらのループが殆ど類似している場合には、これらの2つのループにより発生される電圧間の差は極めて小さくなりうる。例えば、チューインガムの包装紙が一方のループを部分的に被覆するが他方のループは被覆しないように配置されている場合には、2つのループにより発生される電圧の差は、包装紙が存在しなかった場合よりも大きくなる。その理由は、チューインガムの包装紙の金属箔が、通常ループを通過するだろう磁束の幾らかを偏向させるか又は吸収するか、或いはその双方を達成するおそれがある為である。ある例では、2つのループの出力を互いに減算して、検出磁界がほぼ均一である場合にこれらのループの組合せが小さい信号を発生し、2つのループ間の磁界に勾配がある場合にこれらのループの組合せが測定可能なほど大きな信号を発生するようにしうる。磁界の勾配が存在する場合に信号を発生するように、ループ及びコイルの双方又は何れか一方を構成する場合、これらはグラジオメータとして配置されていると称することができる。これらのループからの信号の減算は、アナログ回路を用いることにより、又はデジタル回路を用いることにより、又はこれらのループを特定の形態で互いに接続することにより、或いはこれらの任意の組合せにより達成しうることを銘記されたい。センサ及びグラジオメータの双方又は何れか一方の感度は、2つのループ間の電圧差の大きさ及び位相の双方又は何れか一方に関連させることができる。

【0022】

他の代表的な実施例では（本発明はこれらの実施例に限定されるものではない）、センサ及びグラジオメータの双方又は何れか一方の感度を、所定の寸法又はこの寸法を超える寸法の物体を優先的に検出するように調整しうるようにする。この感度は、誤検出率を低減させること、検出システムの雑音を低減させること、及び周波数範囲に亘って動作させることの何れか又は任意の組合せを達成するように調整しうるようにする。ある実施例では、センサの感度を調整するためにループの寸法及び形状を調整しうるようにする。ループは、例えば、4つのループ又は8つのループのようにその巻数を多くするか又は追加のループを有するように調整しうる。又、ある実施例では、ループを、回転対称となるように配置するか、又は線状配列となるように配置するか、又は何らかの寸法及び形状の領域を満たすような形状となるようにしうる。

【0023】

グラジオメータを配置しうる個所で、又はグラジオメータ及びループの双方又は何れか一方の他の設計を実行しうる個所で、或いはこれらの双方の個所で磁界密度が不均一となりうる実施例では、金属物体が存在することにより、2つのループ電圧間の差に対応して波形における振幅及び位相の双方又は何れか一方が変化するようにしうる。ある実施例では、ループが複数の巻数を有するようにしうる。他の代表的な実施例では（本発明はこれらの実施例に限定されるものではない）、ループの領域206及び208を、ワイヤレスエネルギー伝送システムの磁界強度、検出方法の所望の感度、システムの複雑性、等に応じた寸法としうる。金属FODがループ領域よりもかなり小さい場合には、このFODが存在した場合に弱い信号しか生じないようになるおそれがある。この弱い信号は雑音又は

妨害信号により打ち消されるおそれがある。ループの寸法を、検出すべき最小の F O D 寸法の程度（例えば、3 倍以内）とすれば、誤警報率が低い場合でも信号を、検出するのに十分な大きさとしうる。ある実施例では、F O D センサ及びグラジオメータの双方又は何れか一方が、寸法、形状及び配置の何れか又は任意の組合せが互いに異なる 1 つ以上のループを有するようにしうる。又、ある実施例では、F O D センサが、1 つのセンサを有する領域、又は 1 つよりも多いセンサを有する領域、又はセンサを有さない領域を具えるようにしうる。

【 0 0 2 4 】

他の代表的な実施例では（本発明はこれらの実施例に限定されるものではない）、金属物体の付近における磁界の勾配を測定する他の方法は、磁界の局所的な勾配に比例する電圧を直接出力するようにコイル（ループとも称する）を形成することとしうる。このようなコイルは、図 2 に示す 2 つのコイルの目的を果たすが、1 回のみの電圧測定を必要とするものである。例えば、図 2 に示す一方のループの面積を他方のループの面積の 2 倍にし、この一方のループを 8 の字状にねじり、この 8 の字の各ローブ（lobe）が互いにほぼ等しい面積を有するようにするが、各ループ中を互いに反対方向に通る局所的な磁界により電流が誘導されるようにすると、その 2 つの端子間に生じる電圧は 2 つのローブ間の磁束の差に比例するようになる。図 3 A ~ 3 D は、磁界の局所的な勾配に比例する電圧を直接出力しうる、ねじられたループの幾つかの代表的な構造を示している。

【 0 0 2 5 】

図 2 に示す 2 つのループは磁気双極子と称することができ、図 3 A に示すループはグラジオメータとも磁気四極子とも称することができ、図 2 B に示すループはグラジオメータとも八極子（オクタポール）とも称することができる。磁気四極子の構造は、磁界の勾配に比例する電圧を左から右方向に発生しうる。磁界勾配を測定する 4 ローブ構造は図 3 B 及び図 3 C のように構成しうる。図 3 D は、複数のローブを一次元方向に沿って延在させた実施例を表している。ある実施例では、偶数個のローブを有するより一層高次の多極を、磁界に対する空間摂動を測定するように構成することもできる。ある実施例では、図 3 A ~ 3 D に示すローブが複数の巻数の導体を用いるようにしうる。

【 0 0 2 6 】

上述した構造の各々は金属の F O D の存在による磁界の摂動を測定する目的を達成しうるものである。複数のローブを有する構造のものによれば、ローブに対して同様な特性上の寸法の F O D を検出する可能性を殆ど低減させることなく大きな面積をカバーするという利点が得られる。

【 0 0 2 7 】

図 2 及び図 3 A ~ 3 D に示すループ構造は、発振磁界の存在中の誘導電流の方向を表す円形として示してある。プラス符号とマイナス符号とは、誘導電流が殆ど反時計回り方向又は時計回り方向に流れていることを表している。円形以外の形状が、面積フィルファクタが高いアレイに対しより良好に適するようにしうる。これらの形状の例には、相互間に僅かに隙間をあけたタイル形状とした、正方形、長方形、六角形、その他の形状が含まれる。図 4 A は正方形のコイルの一例を示しており、この場合、アレイは図示のものより更に延在させて、プラスのループとマイナスのループとが等しい個数となるようにすることが考えられる。コイルのワイヤは、誘導電流がプラス符号及びマイナス符号により示す方向に流れるように接続することができる。

【 0 0 2 8 】

図 4 A に示す構造の場合、F O D の対称片が隣接ループ間の位置に配置され、磁界の摂動が検出可能な磁界の勾配を発生しえなくなるおそれがある。このような“盲点”を図 4 A に示してある。他の代表的な実施例では（本発明はこれらの実施例に限定されるものではない）、アレイ状の第 2 の層を第 1 の層の上に配置し、図 4 B に示すように横方向にオフセットさせることができる。このオフセットは、センサの第 1 の層の“盲点”が第 2 の層に対する検出可能性が最大となる位置に対応するように選択することができる。ある実施例では、このオフセットを、F O D の検出可能性を単一アレイの検出可能性に比べて改

10

20

30

40

50

善する如何なるオフセットにもするようにしうる。この場合、FODの片を検出できない実質的な盲点がある可能性を低減させることができる。1つ以上のオフセットアレイの同様な配置により、盲点を低減させる点で同じ利点をほぼ達成しうる。不均一な磁界に対処するために、複数のアレイにおけるループの向きを変えることもできる。

【0029】

ある実施例では、双極子、四極子、八極子、等の個々のループ又はローブを複数の寸法又は不均一な寸法としうる。グラジオメータが不均一磁界の領域を覆うことのできる実施例では、FODが存在しない場合にグラジオメータの出力端に最小電圧が得られるようにループの寸法を設定しうる。又、大きなループが弱い磁界の領域に位置し、小さいループが強い磁界の領域に位置するように、ループの寸法を設定しうる。ある実施例では、大きなループがより均一な磁界の領域に位置し、小さいループが均一度の少ない磁界の領域に位置するように、ループの寸法を設定しうる。

10

【0030】

他の代表的な実施例では(本発明はこれらの実施例に限定されるものではない)、FODセンサのアレイが複数の種類のセンサを有するようにしうる。ある実施例では、FODセンサが単一ループセンサ、双極子グラジオメータ、四極子グラジオメータ、八極子グラジオメータ、等の何れか又は任意の組合せを有するようにしうる。FODセンサのある領域はグラジオメータを有さないようにしうる。FODセンサは、温度センサ、有機材料センサ、電界センサ、磁界センサ、容量センサ、磁気センサ、運動センサ、重量センサ、圧力センサ、水センサ、振動センサ、光学センサ又はこれらの任意の組合せを有することができる。

20

[アクティブFOD検出処理]

【0031】

上述したコイル構造(図2~図4)によれば、例えばFODが存在する為に不均一である発振磁界の存在中に発振電圧を発生させることができる。他の代表的な実施例では(本発明はこれらの実施例に限定されるものではない)、所定のコイルに接続された読出用増幅器が高入力インピーダンスを有するようにしうる。この構成によれば、ワイヤレスエネルギー伝送に対して用いられている共振器のQ値を悪くするおそれのある大きな循環電流がセンサコイル中に発生するのを防止しうる。ある実施例では、ループ、コイル、グラジオメータ、等を、増幅器と、フィルタと、アナログ デジタル変換器と、演算増幅器と、高入力インピーダンスを有するように配置しうる何らかの電子素子との何れか又は任意の組合せに接続しうる。ある実施例では、FODセンサが導電性ループ及び高入力インピーダンスの電子素子を有するようにしうる。

30

【0032】

他の代表的な実施例では(本発明はこれらの実施例に限定されるものではない)、アレイ中の各コイル(ループ、センサ、グラジオメータ)からの各導体対を、図5に示すように読出用増幅器及びアナログ デジタル変換器の双方又は何れか一方に接続することができる。各ループ導体502は増幅器506及びアナログ デジタル変換器508の双方又は何れか一方に接続できるとともに出力504を生じることができ、この出力はワイヤレスエネルギー伝送システムの他の素子により用いるか又はコイル、ループ、センサ、グラジオメータの何れか又は任意の組合せの出力を記憶して解析するためのマイクロプロセッサのような処理用素子(図示せず)に対する入力として用いることができる。

40

【0033】

他の実施例では、アレイ中の各コイルにおける電圧を順次に測定するか又は多重化して、図6に示すようにアレイをサンプリングする読出用増幅器又はアナログ デジタル変換器を少数としうるようにする。グラジオメータ602、604、606のループのアレイは多重化増幅器608に接続するとともに1つ以上のデジタル アナログ変換器610に接続することができる。デジタル アナログ変換器の出力612は、ワイヤレスエネルギー伝送システムの他の素子により用いることができ、又はグラジオメータの出力を記憶して解析するためのマイクロプロセッサのような処理用素子(図示せず)に対する入力として

50

用いることができる。

【 0 0 3 4 】

ある実施例では、センサ及びグラジオメータの双方又は何れか一方のループの各導体対をアクティブ又はパッシブフィルタ回路に接続し、極めて高い又は極めて低い周波数で高い終端インピーダンスが得られるようにしうる。

【 0 0 3 5 】

コイルにおける電圧は、プロセッサが誘起波形の振幅及び位相を基準波形に対して決定するようにするインクリメントでサンプリングするようにしうる。ある実施例では、所定のコイルにおける電圧を、発振周期当たり少なくとも2倍で（すなわち、ナイキストレート以上で）サンプリングしうるようにする。ある実施例では、所定のコイルにおける電圧を、あまり頻繁とならないように（すなわち、高次のナイキストバンドで）サンプリングしうるようにする。電圧波形は、信号対雑音比を改善するために、又はサンプリングすべき信号の高調波成分を減少させるためにサンプリング前にアナログ的に濾波又は調整することができる。この電圧波形は、サンプリング後にデジタル的に濾波又は調整することができる。

10

【 0 0 3 6 】

FOD検出器コイルから得られる時間サンプリングされた電気信号を処理して、基準信号に対する振幅及び位相を決定するようにしうる。基準信号は、ワイヤレスエネルギー伝送に対し用いられる共振器を励起するのに用いるのと同じクロックから取出すことができる。

20

【 0 0 3 7 】

ある実施例では、図7に示すように、FOD検出システムに、周波数、磁界の大きさ及び位相の何れか又は任意の組合せの個別のサンプリングループ704と、電子装置702とを設け、ワイヤレスエネルギー伝送システムの発振磁界にセンサ及びグラジオメータの双方又は何れか一方の読みを同期させるようにすることができる。

【 0 0 3 8 】

ある実施例では、基準信号を、異なる発振器から異なる周波数で発生させるようにすることができる。

【 0 0 3 9 】

FOD検出用の8の字状の四極子構造（図3A）を処理する一例は以下の1～7のステップとすることができる。

30

1. FODを存在させないで、8の字状ループの1つから、時間サンプリングされた電圧波形を収集する。

2. 基本周波数成分（又はその高調波）の振幅及び位相を計算する。

3. 振幅及び位相を基準値（ベースライン）として記憶する。

4. FODを存在させて、同じ8の字状ループから、電圧波形を収集する。

5. 基本周波数成分（又はその高調波）の振幅及び位相を計算する。

6. 振幅及び位相を基準値と比較する。

7. 極座標プロット上で（又は振幅 位相スペース内で）、信号と基準値との間の距離が予め決定したしきい値を超える場合に、FODの検出を宣する。

40

【 0 0 4 0 】

ある実施例では、アナログ電子回路又はデジタル電子回路を用いて、或いはこれらの双方を用いて信号の処理を行うようにしうる。又、ある実施例では、複数のセンサからの信号を比較して処理するようにしうる。又、ある実施例では、FODセンサを、ワイヤレス電力伝送システムにおける1つのみの共振器に、又は全ての共振器に、又は幾つかの共振器に存在させることができる。又、ある実施例では、異なる共振器におけるFODセンサから得られる信号を処理して、FODの存在を決定するか、又は制御情報をワイヤレス電力伝送システムに供給するようにするか、或いはこれらの双方を達成するようにしうる。又、ある実施例では、FODの検出をターンオン及びターンオフするのを制御可能としうる。又、ある実施例では、FODの検出及び処理を用いて、ワイヤレス電力伝送システム

50

の周波数と、ワイヤレス電力伝送システムにより伝送される電力レベルと、ワイヤレス電力伝送の有効化及び無効化の双方又は何れか一方を達成しうる期間との何れか又は任意の組合せを制御しうるようにする。又、ある実施例では、FOD検出器を、FODが存在することをシステムのユーザに報告しうるか、又はFODが存在するか又は存在しないことを、より上位のシステムに報告しうるか、或いはこれらの双方の報告を達成しうる報告システムの一部とするようにしうる。又、ある実施例では、FOD検出システムが、ある種類のFODを識別するのに用いけるとともに、FODの種類を、無害であるものと、加熱するおそれがあるものと、他の理由で許容されないものであると、その他として分類する、システム及びシステム帰還を有しうる“学習能力”を具えるようにしうる。

【0041】

他の代表的な実施例では（本発明はこれらの実施例に限定されるものではない）、処理をFOD検出サブシステム内に組込むようにするか、又はデータを中央プロセッサに送り返すようにすることができる。この処理によれば、収集した電圧波形を基準波形と比較し、統計的に大きな変化を探すようにしうる。当業者は、波形を振幅及び位相、I又はQ成分、正弦波又は余弦波成分、複素平面、等において比較することができる。

[代表的なアクティブFOD検出実施例]

【0042】

形成した2種類の特定の実施例のFOD検出システムを以下に説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。データは、FOD検出器として機能するものとして示しているこれら双方の実施例から収集した。

【0043】

第1の実施例では、より線を、図8に示すように四極子を構成する8の字状のループに形成し、2つのループ間のワイヤを長くした（グラジオメータ1）。第2の実施例は、図8にグラジオメータ2として示すように設計した。8の字状のループは約5cmの長さとした。図9A～9Cは、3.3kWのワイヤレスエネルギー伝送システムが3.3kWを負荷に供給している際に、このワイヤレスエネルギー伝送システムに対する共振器間のワイヤレスエネルギー源の頂部に配置された2つのセンサから収集された電圧波形を示す。図9Aは、図8に示す2つのグラジオメータにおける小さな残留電圧（約30mV_{rms}）を示している。この残留電圧は、不均一磁界と、ローブ面積の僅かな変化と、電氣的干渉との組合せによるものである。グラジオメータ1及び2により得られた結果をそれぞれ曲線904及び曲線902としてプロットしてある。チュウインガムの金属性の箔をグラジオメータ2の右側のローブ上に配置すると、いくらかの磁束が遮断され、振幅がかなり増大し、位相が僅かにシフトすることが図9Bの曲線902に見られる。これとは逆に、箔をグラジオメータ2の左側のローブに移動させると、図9Cに示すように、振幅は同じに保たれるが、位相は180°だけ変化する。位相及び振幅の読みにおけるこれらの変化を用いてセンサ上にFODが存在することを検出することができる。

【0044】

プリント回路板（PCB）を用いてセンサコイル又はループを実現することによっても8の字状のセンサの実施例を形成した。この実施例は、低価格であること、フィルファクタが高いこと（その理由は、ループを如何なる形状にもすることができるとともに、標準のPCB処理技術を用いることによりループを容易にタイル形状としうる為である）、均一性が高いこと、再現性が高いこと、寸法が小さいこと、等を含む利点を有することができる。単一の8の字状のセンサの16チャンネルアレイに対しタイル形状の方形ループを用いることによりフィルファクタを高くした。プリントループを著しく均一にしたことにより、FODが存在しない場合のセンサからの基準値の読みを小さく（且つ平坦に）した。

[その他の実施例]

【0045】

ある実施例では、上述したセンサ及びグラジオメータセンサを他の種類のFODセンサと組み合わせて、検出の可能性を改善するとともに、誤認警報（FODが存在しない場合にシステムがFODを検出すること）を少なくするようにしうる。例えば、温度センサの

10

20

30

40

50

アレイを共振器のアセンブリ内に一体化することができる。FODの片が加熱し始めると、これにより通常予期されている空間温度分布を乱すおそれがある。この乱れを用いて警報をシステムコントローラに送ることができる。ある実施例では、温度センサを、そのみで用いるか又は金属物体センサと組合せて用いることができ、或いは金属物体センサに対するバックアップ又は確認センサとして用いることができ、或いはこれらの双方を達成するようにすることができる。

【0046】

ペットのような生物は検出するのが困難である。一般に、生物は殆ど磁界と相互作用しえない。更に、生物は磁界に曝された場合に感知できるほど加熱しえない。それにもかかわらず、生物がある磁界強度の磁界内に入った場合にワイヤレス電力システムをシャット
10
ダウンする必要がある。磁界強度の限度はしばしば、規制限度、安全性限度、基準限度、公共認識限度、等に依存するとともにこれらに基づくようにしうる。ある実施例では、長いワイヤのような導体からのフリンジ容量の変化を測定する誘電体センサにより、生物の接近を検出しうるようにする。又、ある実施例では、この種類のセンサを、診断検査中、ワイヤレスエネルギー伝送前、及びワイヤレスエネルギー伝送中に用いるようにすることができる。

[ピークル充電への適用]

【0047】

FODを検出ことは、多くの種類のワイヤレスエネルギー伝送システムにおける重要な安全対策である。3.3kWの自動車充電システムの例に対する一実施例は次の通りである。
20

【0048】

代表的なEV充電システムのブロック線図を図10に示す。このシステムはソースモジュールとデバイスモジュールとに分割しうる。ソースモジュールは充電ステーションの一部とし、デバイスモジュールは電動ピークル上に装着しうる。電力は共振器を介してソースモジュールからデバイスモジュールに無線伝送される。伝送電力の閉ループ制御は、ソースモジュールとデバイスモジュールとの間で帯域内RF通信リンク及び帯域外RF通信リンクの双方又は何れか一方を介して実行することができる。

【0049】

FOD検出器システム(図示せず)は種々の個所でシステム内に一体化しうる。ある実施例では、FOD検出器システムをソースモジュール内、ソース共振器内、ソース共振器のハウジング又は筐体内、等に一体化しうる。他の実施例では、FOD検出器システムをシステムのデバイス側に一体化しうる。更に他の実施例では、FOD検出器システムをワイヤレス電力伝送システムのソース側及びデバイス側の双方で形成することができる。又、ある実施例では、FOD検出器システムが複数のセンサと、識別アルゴリズムを有するプロセッサとを具えるようにしうる。このプロセッサは、ソース制御電子機器内のインターロックとして機能するインターフェースに接続することができる。他のFOD検出器システムは、追加のインターフェース又は外部のインターフェースを介して充電システムに接続することができる。各モジュールにおけるローカル入力/出力(I/O)は、FOD検出を採用しているワイヤレス電力伝送システムにおいてシステムレベル管理及び制御機能
30
40
用のインターフェースを提供しうる。

【0050】

高電力(3.3+kW)のピークル充電システムにおけるソース共振器は、巻線及び随意ではあるが何らかの磁気材料の境界付近で最大の磁界密度を有するようにしうる。この領域では、方形のローブを有する二重の8の字状のコイルの複数チャネルを具えるアレイにより金属FODの不注意な加熱を防止しうる。このアレイはPCB上に形成でき、このPCB上に含まれているフィルタリング及び信号調整と一体化するようにしうる。これと同等な設計をした第2のPCBを、図4Bに示すように第1のPCBの僅かに上方に配置して横方向に移動させるようにすることができる。上述したのと同様なアルゴリズムを搭載プロセッサにおいて実行し、このプロセッサの出力をシステムコントローラに伝送する
50

ようにしうる。このシステムコントローラにより、金属FOD検出器の出力を、温度プロファイル又は誘電体変化を測定する検出器のような追加のFOD検出器の出力と比較するようにしうる。従って、FODが検出された場合に、システムによりこのシステムを遮断又はシャットダウンするかどうかを決定しうる。

【0051】

FOD検出システムの幾つかの可能な動作モードは以下の通りである。

ビークルがソースモジュールを越えて運転される前に、FODを(しばしば)検査したり、充電ステーションの調子及び状態を(たまに)検査したりするのにビークルが訪れることなしに、低電力診断検査を実行しうるようにする。

ビークルがソースモジュールを越えて到達し位置した後であるが高電力充電する前に、ソースモジュールには依然としてFODが無いことをFOD検出器が確認しうるようにする。

10

高電力充電中に、追加のFODがコイル上に移動しないことをFOD検出器が確認しうるようにする。

【0052】

本発明を幾つかの好適実施例につき上述したが、他の実施例も当業者にとって理解しうるものであって許容しうる広い意味で解釈すべき本発明の範囲内に入るものである。例えば、電力をワイヤレス伝送することに関する設計、方法、構成素子の構造、等は種々の特定の適用分野及びその例示と一緒に上述したものである。当業者は、上述した設計、構成素子、これら構成素子の構造を組合せて又は互換的に用いることができ、上述したことはこのような互換性又は組合せを上述したことのみに限定するものではない。

20

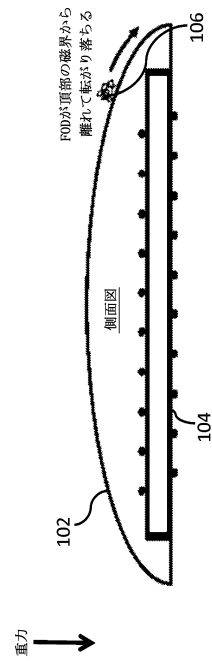
【0053】

又、上述した技術は、電磁界を用いて電力を伝送する如何なるワイヤレス電力システムにも適用することができることを銘記されたい。又、高共振性のワイヤレス電力システムのソース共振器及びデバイス共振器につき上述したが、当業者にとって理解されるように、一次コイル及び二次コイルを用いる誘導システムに対しても上述したのと同じセンサ、検出器、アルゴリズム、サブシステム、等を説明しうるものである。

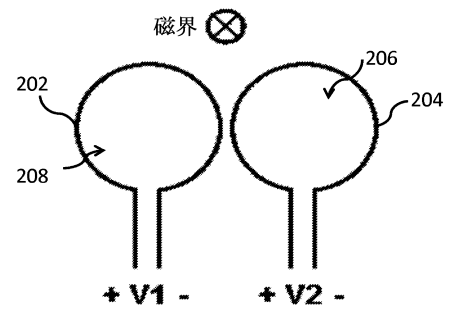
【0054】

前述した文献は全て参考のために導入したものである。

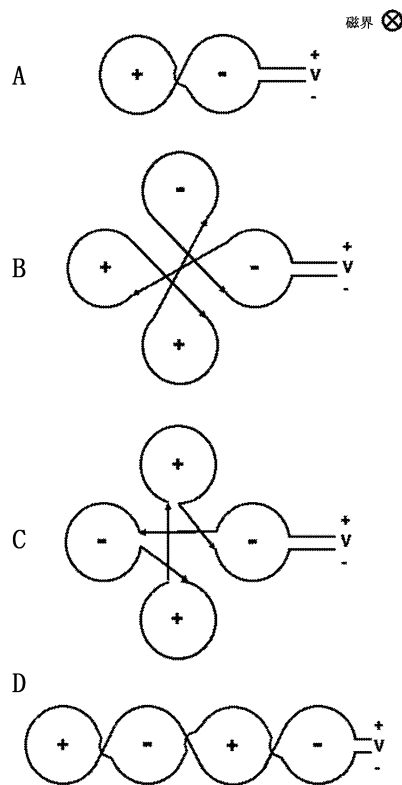
【図 1】



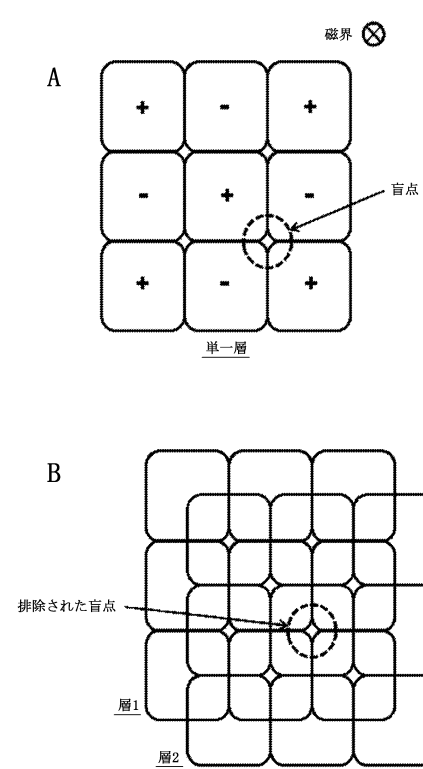
【図 2】



【図 3】

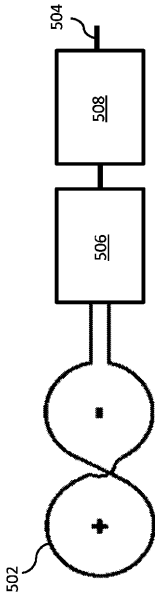


【図 4】



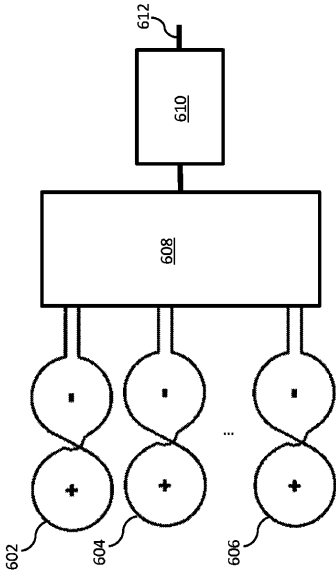
【図 5】

Fig. 5



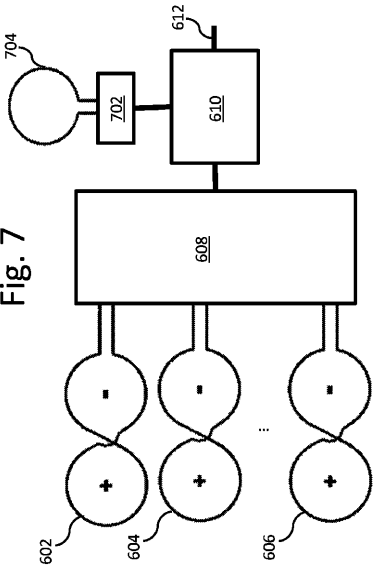
【図 6】

Fig. 6

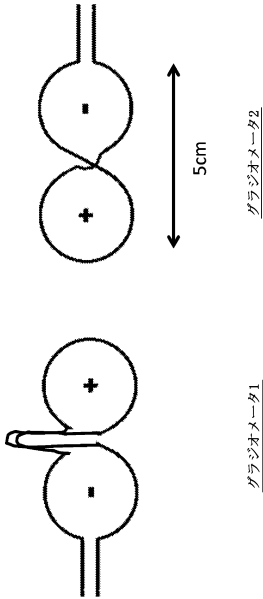


【図 7】

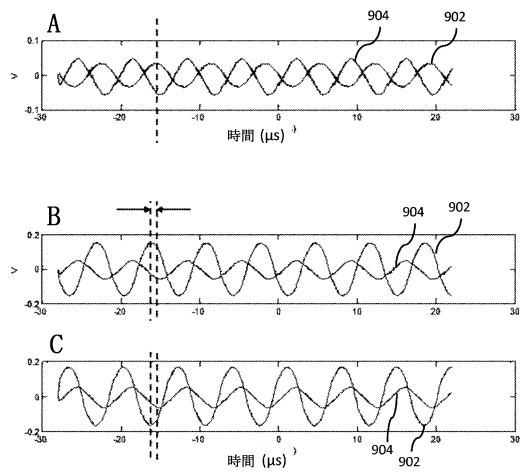
Fig. 7



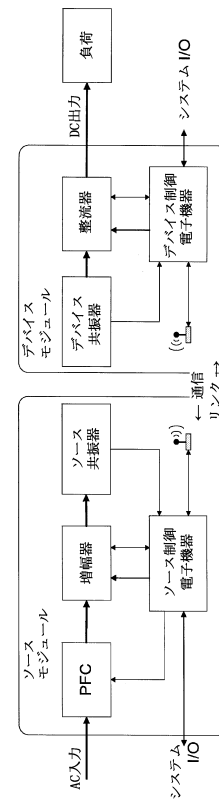
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

- (72)発明者 サイモン ヴァルギーズ
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 02474 アーリントン パーカー ロード 5
- (72)発明者 モリス ピー キスラー
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 01730 ベッドフォード ハンコック ストリート
95
- (72)発明者 キャサリン エル ホール
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 02474 アーリントン カッター ヒル ロード 8
2
- (72)発明者 ハーバート トビー ルー
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 01741 カーライル パッチ メドレーン 84

審査官 永井 啓司

- (56)参考文献 特開平10-327539(JP,A)
特開2012-249401(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02J7/00-7/12
7/34-7/36
50/00-50/90