(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6110296号
(P6110296)
(45)発行日　平成29年4月5日(2017.4.5)　(24)登録日　平成29年3月17日(2017.3.17)

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

請求項の数 17　(全 23 頁)

(21)出願番号	特願2013-510332(P2013-510332)
(86)(22)出願日	平成23年5月13日(2011.5.13)
(65)公表番号	特表2013-532459(P2013-532459A)
(43)公表日	平成25年8月15日(2013.8.15)
(86)国際出願番号	PCT/US2011/036410
(87)国際公開番号	WO2011/143539
(87)国際公開日	平成23年11月17日(2011.11.17)
審査請求日	平成24年12月14日(2012.12.14)
審判番号	不服2014-18753(P2014-18753/J1)
審判請求日	平成26年9月19日(2014.9.19)
(31)優先権主張番号	12/944,211
(32)優先日	平成22年11月11日(2010.11.11)
(33)優先権主張国	米国(US)
(31)優先権主張番号	61/334,523
(32)優先日	平成22年5月13日(2010.5.13)
(33)優先権主張国	米国(US)

(73)特許権者　507364838
クアルコム，インコーポレイテッド
アメリカ合衆国　カリフォルニア　９２１２１　サン　ディエゴ　モアハウス　ドライブ　５７７５
(74)代理人　100108453
弁理士　村山　靖彦
(74)代理人　100163522
弁理士　黒田　晋平
(72)発明者　チャールズ・イー・ウィートリー・サード
アメリカ合衆国・カリフォルニア・９２１２１・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライヴ・５７７５

最終頁に続く

(54)【発明の名称】無線電力システム内における共振検出及び制御

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
送信機の充電領域内に配置される少なくとも１つの受信機に対して無線を使用して電力を提供するための送信機であって、
電力増幅器と、
前記電力増幅器から提供された電力を無線を使用して送信するように構成された送信コイルと、
前記送信コイルに誘導的に連結するように構成された無給電コイルと
を備え、
前記送信コイルが、スイッチング素子および少なくとも１つのリアクタンス素子と直列に接続され、前記スイッチング素子および前記少なくとも１つのリアクタンス素子が互いに並列に接続され、前記スイッチング素子が電界効果トランジスタ（ＦＥＴ）を備え、前記少なくとも１つのリアクタンス素子がコンデンサを備え、
前記無給電コイルが、スイッチング素子およびコンデンサと直列に接続され、
前記少なくとも１つの受信機が前記充電領域内に配置された後に前記電力増幅器に流れる電流の値が、前記少なくとも１つの受信機が前記充電領域内に配置される前に測定された前記電流の値に類似するように、前記送信コイルおよび前記無給電コイルのスイッチング素子が、開閉されて前記送信機のリアクタンスを調節する
ことを特徴とする送信機。
【請求項２】

前記無給電コイルが、抵抗を備えると共に、コンデンサによって同調されるように構成され、前記スイッチング素子が、前記コンデンサと接地電圧との間に連結される
ことを特徴とする請求項１に記載の送信機。
【請求項３】
前記抵抗、前記コンデンサ、及び前記スイッチング素子が、相互に直列接続の状態である
ことを特徴とする請求項２に記載の送信機。
【請求項４】
前記トランジスタのドレインが、前記コンデンサと連結される
ことを特徴とする請求項３に記載の送信機。
【請求項５】
前記スイッチング素子が、第２の抵抗と並列接続の第２のコンデンサを備える
ことを特徴とする請求項３に記載の送信機。
【請求項６】
前記スイッチング素子が、ボディダイオードと並列接続の第２のコンデンサを備える
ことを特徴とする請求項３に記載の送信機。
【請求項７】
前記スイッチング素子が、前記無給電コイルと直列に連結される
ことを特徴とする請求項１に記載の送信機。
【請求項８】
前記スイッチング素子が、複数のトランジスタを備え、前記複数のトランジスタの内の各トランジスタが、前記少なくとも１つのリアクタンス素子と連結されたドレインを有する
ことを特徴とする請求項１に記載の送信機。
【請求項９】
前記少なくとも１つのリアクタンス素子が、前記スイッチング素子が開かれた構成にある場合に前記無給電コイルを自己共振させるように構成される
ことを特徴とする請求項１に記載の送信機。
【請求項１０】
無線を使用して電力を提供するための方法であって、
送信コイルと無給電コイルとを備えた送信機によって、無線を使用してエネルギーを送信する段階と、
前記送信コイルを、スイッチング素子を具備する前記無給電コイルと誘導的に連結する段階と
を含み、前記送信コイルおよび前記無給電コイルがそれぞれ、スイッチング素子と、前記スイッチング素子に連結された少なくとも１つのリアクタンス素子とを具備し、前記スイッチング素子が電界効果トランジスタ（ＦＥＴ）を備え、前記少なくとも１つのリアクタンス素子がコンデンサを備え、
前記方法が、
前記送信コイルの共振周波数を同調するように、各スイッチング素子の開閉に基づいて、前記少なくとも１つのリアクタンス素子を前記送信コイルおよび前記無給電コイルへそれぞれ切り替える段階を含む
ことを特徴とする方法。
【請求項１１】
前記少なくとも１つのリアクタンス素子を切り替えることが、前記少なくとも１つのリアクタンス素子と並列接続の複数のトランジスタを切断することを含む
ことを特徴とする請求項１０に記載の方法。
【請求項１２】
少なくとも１つの無線電力受信機が前記送信機の充電範囲内に存在する前に、前記送信機において電流の第１の値を検知する段階と、

前記少なくとも１つの無線電力受信機が前記送信機の充電範囲内に存在する間に、前記送信機において同じ電流の第２の値を検知する段階と、
前記第１の値を前記第２の値と比較する段階と、
前記比較に基づいて、前記少なくとも１つのリアクタンス素子を前記無給電コイル内でループへ切り替える段階と
を更に含むことを特徴とする請求項１１に記載の方法。
【請求項１３】
前記送信機の共振周波数を同調する段階が、前記送信コイルを、コンデンサ、インダクタ、及びスイッチング素子と直列に連結された抵抗を具備する前記無給電コイルと誘導的に連結する段階を更に含む
ことを特徴とする請求項１２に記載の方法。
【請求項１４】
前記スイッチング素子が、第２の抵抗と並列接続の第２のコンデンサを備える
ことを特徴とする請求項１３に記載の方法。
【請求項１５】
前記スイッチング素子が、ボディダイオードと並列接続の第２のコンデンサを備える
ことを特徴とする請求項１３に記載の方法。
【請求項１６】
前記送信コイルの自己インダクタンスを低減するために、前記スイッチング素子を閉じる段階を更に含む
ことを特徴とする請求項１２に記載の方法。
【請求項１７】
前記無給電コイルの前記少なくとも１つのリアクタンス素子を切り替える段階が、前記無給電コイルが前記送信コイルと共振していない場合、前記無給電コイルを共振させるために、前記スイッチング素子を開く段階を含む
ことを特徴とする請求項１２に記載の方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、一般的に、無線電力（wireless power：ワイヤレスパワー）に関係すると共に、より具体的には、無線電力システムの共振状態を検知及び制御することに関連しているシステム、装置、方法に関係する。
【背景技術】
【０００２】
「米国特許法第１１９条（ｅ）項（35U.S.C.§119(e)）に基づく主張」
この出願は、“RESONANCE DETECTION AND CONTROL”と題名が付けられて２０１０年５月１３日に出願されると共に、その開示がその全体の参照によってここに組み込まれる、米国仮特許出願第６１／３３４，５２３号に対する、米国特許法第１１９条（ｅ）項（35U.S.C.§119(e)）に基づく優先権を主張する。
【０００３】
送信機と充電されるべき装置との間で無線電力送信（air power transmission）を使用する手法が開発されつつある。これらは、一般的に、２つのカテゴリに入る。１つ目は、送信アンテナと充電されるべき装置上の受信アンテナとの間の平面波放射（plane wave radiation）（遠距離場放射（far-field radiation）とも呼ばれる）の結合に基づくものであり、装置は、バッテリを充電するために、放射電力を収集すると共にそれを整流する。アンテナは、一般的に、結合効率を改善するために共振長である。この手法は、電力結合がアンテナ間の距離とともに急速に低下するという事実に苦しむ。従って、適当な距離（たとえば、＞１～２ｍ）にわたる充電が困難になる。更に、システムは平面波を放射するので、フィルタ処理によって適切に制御されない場合、意図的でない放射が他のシステムを妨害する可能性がある。

【０００４】
他の手法は、たとえば、“充電”マットまたは表面中に埋め込まれた送信アンテナと、充電されるべきホスト装置（host device）中に埋め込まれた受信アンテナ及び整流回路との間の誘導結合に基づく。この手法は、送信アンテナと受信アンテナとの間の間隔が極めて近接している（たとえば、数ｍｍ）必要があるという欠点を有する。この手法は、同じ領域内の複数の装置を同時に充電する機能を有するが、この領域は一般的に小さく、従って、ユーザは装置を特定の領域に配置しなければならない。
【０００５】
当業者によって認識されることになるように、金属性の物体の存在、及び／または、送信機に隣接した異なる数の受信機の存在は、送信機を低性能化する可能性がある。共振整合（resonant match）していない送信機と受信機とを有する無線電力システムは、悪い効率性に苦しむと共に、それは、熱的問題を生成し得ると共に、必要とされる充電時間を増加させ得る。
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
無線電力転送を強化するための方法、システム、及び装置に関する必要性が存在する。より具体的には、無線電力システム内の送信機及び受信機が共振整合（resonant match）の状態を維持することを可能にする方法、システム、及び装置に関する必要性が存在する。
【図面の簡単な説明】
【０００７】
【図１】無線電力転送システムの簡略化した構成図を示す図である。
【図２】無線電力転送システムの簡略化した系統図を示す図である。
【図３】本発明の代表的な実施例において使用するためのループアンテナの系統図を例証する図である。
【図４】本発明の代表的な実施例による送信機の簡略化した構成図である。
【図５】本発明の代表的な実施例による受信機の簡略化した構成図である。
【図６】送信機及び受信機を含む従来の無線電力システムの回路図を例証する図である。
【図７】本発明の代表的な実施例による送信機及び受信機を含む無線電力システムの回路図を例証する図である。
【図８Ａ】本発明の代表的な実施例による図７の無線電力システムの実施の説明図である。
【図８Ｂ】本発明の代表的な実施例による１つの構成における図８Ａの無線電力システムの実施の説明図である。
【図８Ｃ】本発明の代表的な実施例による別の構成における図８Ａの無線電力システムの実施の説明図である。
【図９Ａ】本発明の代表的な実施例による図７の無線電力システムの別の実施の説明図である。
【図９Ｂ】本発明の代表的な実施例による１つの構成における図９Ａの無線電力システムの実施の説明図である。
【図９Ｃ】本発明の代表的な実施例による別の構成における図９Ａの無線電力システムの実施の説明図である。
【図１０】本発明の代表的な実施例による送信機の回路図である。
【図１１Ａ】本発明の代表的な実施例による図１０の送信機の別の実施の説明図である。
【図１１Ｂ】本発明の代表的な実施例による１つの構成における図１１Ａの送信機の実施の説明図である。
【図１１Ｃ】本発明の代表的な実施例による別の構成における図１１Ａの送信機の実施の説明図である。
【図１２】無線電力送信機の充電領域内に配置された携帯電話の数及び位置の変化に従っ

た、無線電力送信機のリアクタンスの変化を例証するスミスチャートである。
【図１３】無線電力送信機のリアクタンスに対する無線電力送信機の電力増幅器における電流レベルを例証するプロットである。
【図１４】本発明の代表的な実施例による方法を例証するフローチャートである。
【図１５】本発明の代表的な実施例による別の方法を例証するフローチャートである。
【図１６】本発明の代表的な実施例による更に別の方法を例証するフローチャートである。
【発明を実施するための形態】
【０００８】
添付された図面に関連する下記の詳細な説明は、本発明の代表的な実施例の説明を意図しており、そして本発明が実施され得る唯一の実施例を表すことを意図していない。この説明の全体にわたって使用される“代表的な”という用語は、“例、事例、または例示の働きをすること”を意味し、必ずしも他の代表的な実施例よりも好ましいまたは有利であると解釈されるべきではない。詳細な説明は、本発明の代表的な実施例の完全な理解を提供する目的で、具体的な詳細を含む。本発明の代表的な実施例は、これらの具体的な詳細なしに実施され得ることが、当業者には明白であろう。いくつかの例では、ここで提示される代表的な実施例の新規性を不明瞭にしないように、良く知られている構造及び装置は、ブロック図の形式で示される。
【０００９】
“無線電力”という用語は、ここでは、電界、磁界、電磁界に関連する任意の形態のエネルギー、あるいは、そうでなければ、物理的な導電体を使用せずに送信機から受信機への間で送信される任意の形態のエネルギーを意味するために使用される。
【００１０】
図１は、本発明の様々な代表的な実施例による無線送信または充電システム１００を例証する。入力電力１０２は、エネルギー転送を提供するためのフィールド１０６を生成するために、送信機１０４に提供される。受信機１０８は、フィールド１０６に結合して、出力電力１１０に連結される装置（図示せず）による蓄積または消費のための出力電力１１０を生成する。送信機１０４と受信機１０８の両方は距離１１２だけ分離されている。１つの代表的な実施例において、送信機１０４及び受信機１０８は、相互共振関係（mutual resonant relationship）に従って構成され、受信機１０８の共振周波数と送信機１０４の共振周波数とが非常に近い場合、受信機１０８がフィールド１０６の“近距離場（near-field）”に位置しているとき、送信機１０４と受信機１０８との間の伝送損失は最小になる。
【００１１】
送信機１０４は、エネルギー送信のための手段を提供するための送信アンテナ１１４を更に備えると共に、受信機１０８は、エネルギー受信のための手段を提供するための受信アンテナ１１８を更に備える。送信アンテナ及び受信アンテナは、それに関連する適用例及び装置に従ってサイズが決定される。上述のように、エネルギーの大部分を電磁波で遠距離場に伝搬するのではなく、送信アンテナの近距離場におけるエネルギーの大部分を受信アンテナに結合することによって、効率的なエネルギー転送が発生する。この近距離場にある場合、送信アンテナ１１４と受信アンテナ１１８との間の結合モードが発達し得る。この近距離場の結合が発生し得るアンテナ１１４及び１１８の周りの領域は、ここでは、結合モード領域と呼ばれる。
【００１２】
図２は、無線電力転送システムの簡略化した系統図を示す。送信機１０４は、発振器１２２と、電力増幅器１２４と、フィルタ及び整合回路１２６とを含む。発振器は、調整信号１２３に応答して調整され得る所望の周波数で信号を生成するように構成される。発振器信号は、制御信号１２５に応答する増幅量で電力増幅器１２４によって増幅され得る。フィルタ及び整合回路１２６は、高調波または他の不要な周波数をフィルタで除去すると共に、送信機１０４のインピーダンスを送信アンテナ１１４に整合させるために含まれ得

る。
【００１３】
受信機１０８は、図２に示されるようにバッテリ１３６を充電するため、または受信機（図示せず）に連結された装置に電力を供給するためのＤＣ電力出力を生成するために、整合回路１３２と、整流器及びスイッチング回路１３４とを含み得る。整合回路１３２は、受信機１０８のインピーダンスを受信アンテナ１１８に整合させるために含まれ得る。受信機１０８と送信機１０４は、個別の通信チャンネル１１９（例えばブルートゥース（登録商標）、ジグビー（zigbee）、セルラー等）上で通信し得る。
【００１４】
図３において例証されたように、代表的な実施例に使用されるアンテナは、ここでは“磁性体”アンテナ（magnetic antenna）とも呼ばれ得る“ループ”アンテナ１５０として構成され得る。ループアンテナは、空芯またはフェライトコアなどの物理的コアを含むように構成され得る。空心ループアンテナは、コアの周辺に配置された異質の物理的デバイスに対してより耐性があり得る。更に、空心ループアンテナは、コア領域内における他の構成要素の配置を可能にする。更に、空心ループは、送信アンテナ１１４（図２）の結合モード領域がより強力であり得る送信アンテナ１１４（図２）の平面内における受信アンテナ１１８（図２）の配置をより容易に可能にし得る。
【００１５】
上述のように、送信機１０４と受信機１０８との間のエネルギーの効率的な転送は、送信機１０４と受信機１０８との間の整合された、またはほぼ整合された共振中に発生する。しかしながら、送信機１０４と受信機１０８との間の共振が整合されていないときでも、その効率は影響を受けるかもしれないが、エネルギーは転送され得る。エネルギーの転送は、送信アンテナからのエネルギーを自由空間に伝搬するのではなく、送信アンテナの近距離場からのエネルギーを、この近距離場が確立される近傍に存在する受信アンテナに結合することによって発生する。
【００１６】
ループアンテナまたは磁性体アンテナの共振周波数は、インダクタンス及びキャパシタンスに基づいている。ループアンテナにおけるインダクタンスは、一般的に、単にループによって生成されるインダクタンスであり、一方、キャパシタンスは、一般的に、所望の共振周波数における共振構造を生成するようにループアンテナのインダクタンスに追加される。非限定的な例として、共振信号１５６を発生する共振回路を生成するために、キャパシタ１５２及びキャパシタ１５４がアンテナに追加され得る。その結果、直径がより大きいループアンテナに関して、ループの直径またはインダクタンスが増加するにつれて、共振を誘発するために必要なキャパシタンスの大きさは減少する。更に、ループアンテナまたは磁性体アンテナの直径が増加するにつれて、近距離場の効率的なエネルギー転送領域は増加する。言うまでもなく、他の共振回路が可能である。別の非限定的な例として、ループアンテナの２つの終端（terminal）間にキャパシタが並列に配置され得る。更に、当業者は、送信アンテナに関して、共振信号１５６がループアンテナ１５０に対する入力になり得ることを、認識することになる。
【００１７】
図４は、本発明の代表的な実施例による送信機２００の簡略化した構成図である。送信機２００は、送信回路２０２と送信アンテナ２０４とを備える。一般的に、送信回路２０２は、発振信号を提供することによって送信アンテナ２０４にＲＦ電力を提供し、その結果、送信アンテナ２０４の周りに近距離場エネルギーが発生する。送信機２００があらゆる適当な周波数で動作し得ることに注意が必要である。一例として、送信機２００は、４６８．７５［ＫＨｚ］で、またはＩＳＭ帯域の６．７８［Ｍｈｚ］または１３．５６［Ｍｈｚ］で動作し得る。
【００１８】
代表的な送信回路２０２は、送信回路２０２のインピーダンス（例えば、５０オーム）を送信アンテナ２０４に整合させるための固定のインピーダンス整合回路２０６と、受信

機１０８（図１）に連結された装置の自己ジャミング（self-jamming）を防止するレベルまで高調波の放射を低減するように構成される低域通過フィルタ（ＬＰＦ）２０８とを備える。他の代表的な実施例は、限定はしないが、他の周波数を通過させながら特定の周波数を減衰させるノッチフィルタを含む様々なフィルタトポロジを含むことができると共に、例えばアンテナへの出力電力または電力増幅器により取り出されるＤＣ電流など、測定可能な送信メトリクスに基づいて変更され得る適応型インピーダンス整合を含むことができる。送信回路２０２は、発振器２１２によって決定されたＲＦ信号を駆動するように構成される電力増幅器２１０を更に備える。送信回路は、個別的な装置または回路からなるか、あるいは代わりに、統合された組立部品（assembly：アセンブリ）からなることができる。送信アンテナ２０４から出力される代表的なＲＦ電力は、２．５ワットの等級（order：オーダー）であり得る。

【００１９】

送信回路２０２は、特定の受信機に対する送信段階（またはデューティサイクル）の間に発振器２１２を使用可能にし、発振器の周波数または位相を調整し、そして近接している装置とそれらに付随する受信機を通して情報をやりとりするための通信プロトコルを実施するために出力電力レベルを調整するための制御器２１４を更に備える。当該技術において良く知られているように、発振器の位相及び伝送路における関連の回路構成の調整は、特に１つの周波数から別の周波数まで遷移する場合に、帯域外の放射を減少させる効果がある。

【００２０】

送信回路２０２は、送信アンテナ２０４によって生成された近距離場の近傍におけるアクティブ受信機（active receiver：動作中の受信機）の存在または不在を検出するための負荷検知回路２１６を更に備え得る。一例として、負荷検知回路２１６は、送信アンテナ２０４によって生成された近距離場の近傍におけるアクティブ受信機の存在または不在によって影響を受ける、電力増幅器２１０に流れ込む電流を監視する。電力増幅器２１０に対する負荷の変化の検出は、エネルギーを送信するために発振器２１２を使用可能にし、そしてアクティブ受信機と通信するべきであるかどうかを判断する際に使用するために、制御器２１４によって監視される。

【００２１】

送信アンテナ２０４は、リッツ線によって、もしくは抵抗損失を低く保つように選択された厚さ、幅、及び金属タイプを有するアンテナストリップとして、実施され得る。従来の実装例では、送信アンテナ２０４は、一般的に、テーブル、マット、ランプ、または、より携帯性が低い他の構成など、より大きい構造物との結合用に構成され得る。その結果、送信アンテナ２０４は、一般的に、実用的寸法であるために、“巻き（turn：ターン）”を必要としないであろう。送信アンテナ２０４の代表的な実施は、“電気的に小型”（すなわち波長の分数）であり得ると共に、共振周波数を定義するためにコンデンサを使用することによって、より低い使用に適した周波数で共振するように同調され得る。

【００２２】

送信機２００は、送信機２００と関連付けられ得る受信機装置の所在及び状態に関する情報を集めて追跡し得る。従って、送信回路２０２は、（ここではプロセッサとも呼ばれる）制御器２１４に接続された存在検出器２８０、密閉検出器２９０、またはそれらの組み合わせを備え得る。制御器２１４は、存在検出器２８０及び密閉検出器２９０からの存在信号に応答して、増幅器２１０によって供給される電力の量を調整し得る。送信機は、例えば、建物中に存在する従来のＡＣ電力を変換するためのＡＣ－ＤＣ変換器（図示せず）、従来のＤＣ電源を送信機２００に適した電圧に変換するためのＤＣ－ＤＣ変換器（図示せず）、または従来のＤＣ電源（図示せず）から直接など、いくつかの電源を通して電力を受け取り得る。

【００２３】

非限定的な例として、存在検出器２８０は、送信機の対象領域（coverage area）に挿入された充電されるべき装置の最初の存在を検知するために利用される動き検出器であり

得る。検出の後、送信機はターンオンされることができ、装置によって受信されたＲＦ電力は、所定の方法で受信装置（Rx device）上のスイッチを切り替える（toggle）ために使用され得ると共に、言い換えると、それは、送信機の駆動点インピーダンスにおける変化となる。

【００２４】

別の非限定的な例として、存在検出器２８０は、例えば、赤外検出、動き検出、または他の適当な手段によって人間を検出することが可能な検出器であり得る。いくつかの代表的な実施例では、送信アンテナが特定の周波数において送信し得る電力の量を制限する規制があり得る。場合によっては、これらの規制は、電磁放射から人間を保護することを意味する。しかしながら、送信アンテナが、人間によって占有されない領域、または、例えばガレージ（garage）、工業の現場（factory floor）、小売店（shop）など、人間によってたまに占有される領域に配置される環境があり得る。もしこれらの環境に人間がいない場合、送信アンテナの電力出力を、通常の電力制限規制を上回って増加させることが許される可能性がある。言い換えれば、制御器２１４は、人間の存在に応答して、送信アンテナ２０４の電力出力を規制レベルか、あるいはそれより低く調整し得ると共に、人間が送信アンテナ２０４の電磁界からの規制距離の外側にいる場合に、送信アンテナ２０４の電力出力を、規制レベルを超えたレベルに調整し得る。

【００２５】

非限定的な例として、密閉検出器２９０（ここでは、同様に、密閉区画検出器（enclosed compartment detector）または密閉空間検出器（enclosed space detector）と呼ばれ得る)は、格納装置（enclosure：閉鎖容器）が閉じられた状態または開いた状態にあるときを判定するための検知スイッチのような装置であり得る。送信機が、密閉状態にある格納装置（enclosure：閉鎖容器）の中に存在する場合に、送信機の電力レベルは増加され得る。

【００２６】

代表的な実施例において、送信機２００が無期限に（indefinitely：無制限に）オンのままにならない方法が使用され得る。この場合、送信機２００は、ユーザが決定した時間量のあとで停止するようにプログラムされ得る。この特徴は、送信機２００（特に電力増幅器２１０）が、その周囲に存在する無線装置が十分に充電された後もずっと動作することを防止する。この事象は、中継器もしくは受信コイルのいずれかから送信された、装置が十分に充電されたことを示す信号を検知するための回路の故障が原因であり得る。送信機２００が、その周囲に別の装置が配置される場合に、自動的に停止することを防止するために、送信機２００の自動停止機能は、その周囲で動きが検出されない（lack of motion）設定時間のあとでのみ活性化され得る。ユーザは、非活動時間間隔（inactivity time interval）を決定すると共に、必要に応じてそれを変更することが可能であり得る。非限定的な例として、その時間間隔は、装置が最初に十分に放電されていると仮定して、特定の種類の無線装置を完全に充電するために必要とされる時間間隔よりも長い可能性がある。

【００２７】

図５は、本発明の代表的な実施例による受信機３００の簡略化した構成図である。受信機３００は、受信回路３０２、及び受信アンテナ３０４を備える。受信機３００は、更に、装置３５０に受信電力を提供するために、装置３５０に連結する。受信機３００は、装置３５０の外部にあるものとして例証されているが、装置３５０に統合され得ることに注意が必要である。一般的に、エネルギーは、受信アンテナ３０４に無線で伝搬されると共に、次に、受信回路３０２を通して装置３５０に結合される。

【００２８】

受信アンテナ３０４は、送信アンテナ２０４（図４）と同じ周波数で、または送信アンテナ２０４（図４）の指定された周波数の範囲内で、共振するように同調される。受信アンテナ３０４は、送信アンテナ２０４と、同様の寸法に作られ得るか、または関連する装置３５０の寸法に基づいて異なる大きさに作られ得る。一例として、装置３５０は、送信

アンテナ２０４の直径または長さより小さい直径寸法もしくは長さ寸法を有する携帯用電子装置であり得る。そのような例において、受信アンテナ３０４は、同調コンデンサ（図示せず）の容量値（capacitance value）を低減し、受信アンテナのインピーダンスを増加させるために、マルチターンアンテナ（multi-turn antenna）として実施され得る。一例として、受信アンテナ３０４は、アンテナ直径を最大化すると共に、受信アンテナのループターン（loop turns）（すなわち、巻き線）の数、及び巻き線間電気容量（inter-winding capacitance：巻き線間キャパシタンス）を低減するために、装置３５０の実質的な周囲の周辺に配置され得る。

【００２９】

受信回路３０２は、受信アンテナ３０４に対するインピーダンス整合を提供する。受信回路３０２は、受け取られたＲＦエネルギー源を装置３５０によって使用される充電電力に変換するための電力変換回路３０６を備える。電力変換回路３０６は、ＲＦ－ＤＣ変換器３０８を備えると共に、更に、ＤＣ－ＤＣ変換器３１０を備え得る。ＲＦ－ＤＣ変換器３０８は、受信アンテナ３０４において受け取られたＲＦエネルギー信号を非交流電力に整流し、一方、ＤＣ－ＤＣ変換器３１０は、整流されたＲＦエネルギー信号を装置３５０と互換性があるエネルギー電位（energy potential）（例えば電圧）に変換する。部分的整流器（partial rectifier）及び完全整流器（full rectifier）、調整器（regulator）、ブリッジ（bridge）、ダブラー（doubler）の他に、リニアコンバータ（linear converter）及びスイッチングコンバータ（switching converter）を含む様々なＲＦ－ＤＣ変換器が意図される。

【００３０】

受信回路３０２は、受信アンテナ３０４を電力変換回路３０６に接続するための、あるいは、その代わりに、電力変換回路３０６との接続を切断するためのスイッチング回路３１２を更に含み得る。受信アンテナ３０４を電力変換回路３０６から切断することは、装置３５０の充電を中断するだけでなく、送信機２００（図２）から“見られる”“負荷”を変更する。

【００３１】

上述のように、送信機２００は、送信機電力増幅器２１０に提供されたバイアス電流における変動を検出する負荷検知回路２１６を備える。従って、送信機２００は、受信機が送信機の近距離場に存在する場合を判定するための機構を有する。

【００３２】

複数の受信機３００が送信機の近距離場に存在する場合に、送信機に更に能率的に他の受信機が結合することを可能にするために、１つ以上の受信機の載荷（loading）と除荷（unloading）を時間多重化（time-multiplex）することが望ましいかもしれない。受信機は、更に、他の近くの受信機に対する結合を解消するために、または近くの送信機に対する載荷（loading）を低減するために、覆い隠され得る。受信機のこの“除荷（unloading）”は、ここでは更に、“クローキング（cloaking）”として知られている。更に、受信機３００によって制御されると共に、送信機２００によって検出される、除荷（unloading）と載荷（loading）との間のこの切り替え（switching：スイッチング）は、下記で更に十分に説明されるように、受信機３００から送信機２００への通信機構を提供する。更に、プロトコルは、受信機３００から送信機２００へのメッセージの送信を可能にする切り替え（switching）と関連付けられることができる。一例として、切り替え速度は、１００［μ秒］のオーダー（order：等級）であり得る。

【００３３】

代表的な実施例において、送信機と受信機との間の通信は、従来の双方向通信ではなく、装置検知（device sensing）及び充電制御機構（charging control mechanism）のことを指している。言い換えると、送信機は、エネルギーが近距離場において利用可能であるかどうかを調整するために、送信信号のオン／オフキーイング（on/off keying）を使用し得る。受信機は、エネルギーにおけるこれらの変化を送信機からのメッセージとして解釈する。受信機側からは、受信機は、近距離場からどのくらいの電力が受け取られている

かを調整するために、受信アンテナの同調及び離調を使用し得る。送信機は、近距離場から使用される電力におけるこの差異を検出し、これらの変化を受信機からのメッセージとして解釈することができる。送信電力の他の形式の変調及び負荷挙動（load behavior）が利用され得ることに注意が必要である。

【００３４】

受信回路３０２は、更に、送信機から受信機への情報信号伝達（informational signaling）に対応し得る受け取られたエネルギー変動を識別するために使用される信号伝達検出器及びビーコン回路３１４を備え得る。更に、信号伝達及びビーコン回路３１４は、更に、低減されたＲＦ信号エネルギー（すなわち、ビーコン信号）の送信を検出するために、そして、無線充電のための受信回路３０２を構成するのに、低減されたＲＦ信号エネルギーを公称電力（nominal power）に整流し、受信回路３０２内の電力が供給されない回路（un-powered circuit）または電力を消耗する回路（power-depleted circuit）を呼び起こす（awake）ために、使用され得る。

【００３５】

受信回路３０２は、更に、ここで説明される切り替え回路３１２の制御を含む、ここで説明される受信機３００の処理を調整する（coordinate）ためのプロセッサ３１６を備える。受信機３００のクローキングは、装置３５０に充電電力を提供する外部の有線の充電ソース（charging source：充電信号源）（例えば、壁面コンセント／ＵＳＢ電力）の検出を含む他の事象が発生した場合に同様に発生し得る。プロセッサ３１６は、受信機のクローキングを制御することに加えて、更に、ビーコンの状態（beacon state）を判定し、送信機から送信されたメッセージを抽出するために、ビーコン回路３１４を監視することができる。プロセッサ３１６は、更に、性能を向上させるために、ＤＣ－ＤＣ変換器３１０を調整し得る。

【００３６】

ここで説明された本発明の様々な代表的な実施例は、送信機の共振周波数を同調するためのシステム、装置、及び方法に関係する。１つの代表的な実施例によれば、送信機は、送信機の共振周波数を所望の周波数に同調するための１つ以上のリアクタンス素子を選択的に含むように構成され得る。更に、別の代表的な実施例によれば、送信機は、送信機の共振周波数を所望の周波数に同調するために、送信機内の１つ以上の無給電コイル（parasitic coil）と誘導的に連結し得る。更に別の代表的な実施例によれば、送信機は、送信機の共振周波数を所望の周波数に同調するために、１つ以上のリアクタンス素子を含み得る１つ以上の無給電コイル（parasitic coil）と連結し得る。加えて、別の代表的な実施例によれば、送信機の電力増幅器のＤＣ電流が、無線電力システムの共振周波数状態を検知するために使用され得る。

【００３７】

図６は、送信機６０２及び受信機６０４を含む従来の無線電力システム６００の回路図を例証する。送信機６０２は、インダクタ$Ｌ_{1}$を有する送信コイル６０３を備える。抵抗$Ｒ_{1}$は、送信コイル６０３の寄生抵抗値（parasitic resistance）を表す。更に、コンデンサ$Ｃ_{1}$は、整合コンデンサ（matching capacitor：マッチングコンデンサ）を含み得る。ほんの一例として、送信コイル６０３は、理想的なインダクタ$Ｌ_{1}$及び寄生抵抗値$Ｒ_{1}$としてモデル化され得る。更に、コンデンサ$Ｃ_{1}$は、共振整合（resonance matching）を目的として、送信コイル６０３を同調するために使用され得る。ほんの一例として、コンデンサ$Ｃ_{1}$は、２７．８［ｐＦ］のキャパシタンス（capacitance：電気容量）を含むことができ、インダクタ$Ｌ_{1}$は、５［μＨ］のインダクタンスを有することができ、抵抗$Ｒ_{1}$は、５［オーム］の抵抗値を有することができる。受信機６０４は、インダクタ$Ｌ_{2}$、及び寄生抵抗値（すなわち、抵抗$Ｒ_{2}$）を有する受信コイル６０５を備える。受信コイル６０５は、コンデンサ$Ｃ_{2}$によって同調され得ると共に、抵抗$ｒ_{2}$で表される負荷に連結され得る。ほんの一例として、コンデンサ$Ｃ_{2}$は、２７．８［ｐＦ］のキャパシタンスを含むことができ、インダクタ$Ｌ_{2}$は、５［μＨ］のインダクタンスを有することができ、抵抗$Ｒ_{2}$は、５［オーム］の抵抗値を有することができ、そして、送信機６００の周波数

は、１３．５６［ＭＨｚ］を構成し得る（１３．５６［ＭＨｚ］より成り得る）。当業者によって認識されることになるように、共振状態では下記のように表される。

【００３８】

【数１】

$$(1)\ jwL_1 = 1/(jwC_1);$$

【００３９】

更に、送信コイル６０３を見たインピーダンス（Z_{in}）は、下記の方程式によって与えられ得る。

【００４０】

【数２】

$$(2)\ Z_{in} = (Mw_0)^2/(R_2 + r_2);$$

【００４１】

ここで、“Ｍ”は、送信コイル６０３と受信コイル６０５との間の相互インダクタンスであり、“w_0”は、ラジアンにおける周波数であり、そして、“r_2”は、受信機６０４の負荷である。

【００４２】

図７は、本発明の代表的な実施例による無線電力システム６１０の回路図を例証する。無線電力システム６１０は、インダクタL_2及び抵抗R_2を含む受信コイル６０５を有する受信機６０４を備える。受信コイルは、コンデンサC_2によって同調され得る。ほんの一例として、コンデンサC_2は、２７．８［ｐＦ］のキャパシタンスを含むことができ、インダクタL_2は、５［μＨ］のインダクタンスを有することができ、抵抗R_2は、５［オーム］の抵抗値を有することができる。無線電力システム６１０は、更に、送信コイル６１２を有する送信機６１１を備える。送信コイル６１２は、インダクタL_1及び抵抗R_1を含み得ると共に、コンデンサC_1によって同調され得る。ほんの一例として、コンデンサC_1は、２７．８［ｐＦ］のキャパシタンスを含むことができ、インダクタL_1は、５［μＨ］のインダクタンスを有することができ、抵抗R_1は、５［オーム］の抵抗値を有することができる。更に、送信コイル６１２は、一方の側が抵抗R_1に連結され、他方の側が接地電圧（ground voltage）６１７に連結されたリアクタンス素子（すなわちコンデンサC_p）を含む。更に、リアクタンス素子C_pは、スイッチ６２０との並列に存在する。用語“スイッチ”が、あらゆる適当な、そして既知のスイッチング素子を含み得るということに注意が必要である。スイッチ６２０が閉じられると同時に、送信コイルを見たインピーダンス（Z_{in}）は、下記の方程式によって与えられ得る。

【００４３】

【数３】

$$(3)\ Z_{in} = R_1 + (Mw_0)^2/(R_2 + r_2);$$

【００４４】

ここで、“Ｍ”は、送信コイル６１２と受信コイル６０５との間の相互インダクタンスであり、“w_0”は、ラジアンにおける周波数であり、そして、“r_2”は、受信機６０４の負荷である。

【００４５】

スイッチ６２０が開かれると同時に、送信コイルを見たインピーダンス（Z_{in}）は、下記の方程式によって与えられ得る。

【００４６】

【数４】

$$(4)\ Z_{in} = Z_{ino} + 1/(jwC_P);$$

【００４７】

ここで、Z_{ino}は、スイッチが閉じられている間の送信コイルを見たインピーダンスである。

【００４８】

ほんの一例として、送信コイルを見たインピーダンス（Z_{in}）の２パーセント（２％）の変化に対して、コンデンサC_pは、コンデンサC_1の値の５０倍に等しくなり得る（すなわち、$C_p = 50 \times C_1$）。

【００４９】

図８Ａは、本発明の代表的な実施例によるスイッチ６２０の熟考された特定の実施を例証する。例証されたように、スイッチ６２０（図７及び図８Ａを参照）は、リアクタンス素子C_pの一方の側に連結されたドレイン、リアクタンス素子C_pの他方の側に連結されたソース、そして制御信号６２２に連結されたゲートを有するトランジスタＭ１を備え得る。図８Ｂは、スイッチ６２０が閉じられた構成にある間の送信コイル６１２の部分的な回路表現を例証すると共に、ここで抵抗値R_{DS}は、トランジスタＭ１のドレイン－ソース間抵抗値である。図８Ｃは、スイッチ６２０が開かれた構成にある間の送信コイル６１２の部分的な回路表現を例証すると共に、トランジスタＭ１のボディダイオード及びドレイン－ソース間キャパシタンスであるキャパシタンスC_{DS}を例証する。例えば、単に、０．７ボルトにおけるスイッチ６２０（すなわち、トランジスタ）のピーク電圧を仮定すると共に、スイッチ６２０が開いている場合を仮定すると、下記の（５）から（７）の方程式が与えられる。

【００５０】

【数５】

$$(5)\ V_{C_p} = V_{FET} = 0.7V_{peak} = 0.5V_{rms};$$

$$(6)\ I_{IN} = V_{C_P} / X_{C_p} = 0.059A_{rms};$$

$$(7)\ P_{load} = I_{IN} * I_{IN} * Z_{IN} = 0.059W_{rms};$$

【００５１】

当業者によって認識されることになるように、トランジスタのボディダイオードは、より高い電力で導通し得ると共に、従って、リアクタンス素子C_pが、短絡され得る。従って、単一のトランジスタ（すなわち、単一のＦＥＴ）は、構成要素の変数に応じて、更に低い電力（例えば、０．０６２５［Ｗ］）に制限され得る。これは、より高い電力を必要とするシステムには不十分であり得る。

【００５２】

図９Ａは、本発明の代表的な実施例によるスイッチ６２０の別の熟考された特定の実施を例証する。例証されたように、スイッチ６２０は、複数のトランジスタ（例えば、ＦＥＴ）を備え得る。より具体的には、スイッチ６２０は、リアクタンス素子C_pの一方の側に連結されたドレイン、及び第２のトランジスタＭ３のソースに連結されたソースを有する第１のトランジスタＭ２を備え得る。更に、第２のトランジスタＭ３は、リアクタンス素子C_pの他方の側に連結されたドレインを有している。第１のトランジスタＭ２及び第

２のトランジスタＭ３の各々は、制御信号６５０に連結されたゲートを有する。図９Ｂは、スイッチ６２０が閉じられた構成にある（すなわち、トランジスタＭ２及びＭ３の両方が閉じている）間の送信コイル６１２の部分的な回路表現を例証すると共に、ここで抵抗値$2R_{DS}$は、トランジスタＭ２のドレイン－ソース間抵抗値とトランジスタＭ３のドレイン－ソース間抵抗値とが結合されたものである。図９Ｃは、スイッチ６２０が開かれた構成にある（すなわち、トランジスタＭ２及びＭ３の両方が開いている）間の送信コイル６１２の部分的な回路表現を例証する。図９Ｃの回路表現は、それぞれが各トランジスタＭ２及びＭ３のボディダイオードであるボディダイオード６６２及び６６４を含むと共に、それぞれが各トランジスタＭ２及びＭ３のドレイン－ソース間キャパシタンスである２つのドレイン－ソース間キャパシタンスC_{DS}を含む。再度下記のように仮定すると、

【数６】

$$V_{C_{DS}} = 0.7V_{peak} = 0.5V_{rms}$$

下記の（８）から（１０）の方程式が与えられる。

【００５３】

【数７】

$$(8)\ V_{C_p} = 2 * V_{C_{DS}} = 1.0V_{rms};$$

$$(9)\ I_{IN} = I_{C_p} = V_{C_p} / X_{C_p} = 0.118A;$$

$$(10)\ P_{load} = I_{IN} * I_{IN} * Z_{IN} = 0.237W_{rms};$$

【００５４】

当業者によって認識されることになるように、ピーク電圧は、まだトランジスタのボディダイオードが導通する原因になり得るが、しかしながら、リアクタンス素子C_pではなく、キャパシタンスC_{DS}のみが短絡され得る。

【００５５】

図１０は、本発明の別の代表的な実施例による、送信コイル７５３及び無給電コイル７５４を備える送信機７５２の回路図を例証する。無給電コイル７５４は、無線電力充電器のあらゆる適当な位置に（例えば、充電パッド（charging pad）の端（edge：縁部）に）配置され得るということに注意が必要である。送信コイル７５３は、インダクタL_1及び抵抗R_1を含むと共に、コンデンサC_1によって同調され得る。無給電コイル７５４は、インダクタL_S、抵抗R_{LS}、コンデンサC_{DC}、及びコンデンサC_{DC}と接地電圧７５６との間に連結されたスイッチ７６０を含む。ほんの一例として、コンデンサC_{DC}は、１００［ｎＦ］のキャパシタンスを含むことができ、インダクタL_Sは、０．４［μＨ］のインダクタンスを有することができ、そして、抵抗R_{LS}は、０．２［オーム］以下の抵抗値を有することができる。スイッチ７６０は、１つ以上のトランジスタを備え得る。例えば、図１１Ａを参照すると、スイッチ７６０は、トランジスタＭ４を備える。図１１Ｂは、スイッチ７６０が閉じられた構成にある場合の無給電コイル７５４の回路表現を例証する。図１１Ｂで例証されたように、スイッチ７６０は、キャパシタンスC_{DS}及び抵抗R_{DS}を含む。図１１Ｃは、スイッチ７６０が開かれた構成にある場合の無給電コイル７５４の回路表現を例証する。図１１Ｃで例証されたように、スイッチ７６０は、キャパシタンスC_{DS}及びボディダイオードを含む。

【００５６】

スイッチ７６０が閉じられている間、送信コイル７５３の自己インダクタンスは減少され得ると共に、送信コイルを見たインピーダンス（Z_{in}（ＴＸ））は、下記の方程式によって与えられ得る。

【００５７】

【数８】

$$(11) \qquad Z_{in}(TX) = R1 + (M_S w_0)^2 / (jw_0 L_S + R_{LS} + R_{S_1});$$

【００５８】

ここで、M_Sは、送信コイル７５３と無給電コイル７５４との間の相互インダクタンスであり、

【数９】

$$R_{S_1}$$

は、スイッチ７２０の抵抗値である。

【００５９】

更に、スイッチ７６０が開かれている間、送信コイルを見たインピーダンス（Z_{in}（ＴＸ））は、下記の方程式によって与えられ得る。

【００６０】

【数１０】

$$(12) \qquad Z_{in}(TX) = R1 + (M_S w_0)^2 / (jw_0 L_S + R_{LS} + X_{C_{DS}});$$

【００６１】

無給電コイル７５４を有する無線電力システムが、最初は閉じられた構成のスイッチ７６０によって同調され得るということに注意が必要である。その後、装置（例えば、携帯電話）が送信機７５２の充電領域に加えられるので、スイッチ７６０は、送信機７５２の自己インダクタンスを増加させるために、開かれ得る。

【００６２】

更に、本発明の別の代表的な実施例によれば、無給電コイルに自己共振させるために、１つ以上のリアクタンス素子（例えば、コンデンサ）が、無給電コイル７５４へ、または無給電コイル７５４の方へ切り替えられ得る。図７から図８Ｃを参照して上述されたように、リアクタンス素子は、リアクタンス素子が送信コイル６１２へ切り替えられるやり方と類似した方法で、無給電コイル７５４へ、または無給電コイル７５４の方へ切り替えられ得る。無線電力送信機は、それに（その上に）切り替えられる少なくとも１つのリアクタンス素子を有するように構成された送信コイル、送信コイルと誘導的に連結するための無給電コイル、送信コイルと誘導的に連結するための、そして、それに（その上に）切り替えられる少なくとも１つのリアクタンス素子を有するように構成された無給電コイル、またはそれの組み合わせを備え得るということに注意が必要である。

【００６３】

本発明の別の代表的な実施例によれば、無線電力送信機及び１つ以上の無線電力受信機を含む無線電力システムの共振状態が検知され得る。より具体的には、あらゆる装置を無線電力送信機の充電領域内に配置する前に、そして、無線電力システムのリアクタンスがゼロである間、電力増幅器における電流が、最適な基準電流レベルを判定するために検知され得る。その後、１つ以上の装置が無線電力送信機の充電領域内に配置される一方、しかし、装置が電力を取り出す（draw：引き出す）前に、電力増幅器における電流が検知され得る。それ以降、送信機の共振周波数は、測定された電流を基準電流と類似するように

調整すると共に、従って、無線電力システムのリアクタンスをできる限りゼロに近づかせるように、図７から図１１を参照して上述された１つ以上の代表的な実施例に従って調整され得る。

【００６４】

例えば、図１２は、無線電力送信機の充電領域内に配置された携帯電話の数及び位置の変化に従った、無線電力送信機のリアクタンスの変化を例証するスミスチャート８５０である。データポイント８５２は、関連する充電領域内に配置された携帯電話を有していない無線電力送信機のリアクタンスを例証する。この例において、そのリアクタンス値は、“＋ｊ１６”である。データポイント８５４は、関連する充電領域の中央に最も近く配置される携帯電話を有している無線電力送信機のリアクタンスを例証する。この例において、そのリアクタンス値は、“＋ｊ１０”である。データポイント８５６は、関連する充電領域の端（edge：縁部）に最も近く配置される携帯電話を有している無線電力送信機のリアクタンスを例証する。この例において、そのリアクタンス値は、“＋ｊ５．５”である。データポイント８５８は、関連する充電領域の中央に最も近く配置される２台の携帯電話を有している無線電力送信機のリアクタンスを例証する。この例において、そのリアクタンス値は、ゼロである。データポイント８６０は、関連する充電領域の端に最も近く配置される２台の携帯電話を有している無線電力送信機のリアクタンスを例証する。この例において、そのリアクタンス値は、“－ｊ６”である。データポイント８６２は、関連する充電領域の中央に最も近く配置される３台の携帯電話を有している無線電力送信機のリアクタンスを例証する。この例において、そのリアクタンス値は、“－ｊ８”である。データポイント８６４は、関連する充電領域の端に最も近く配置される３台の携帯電話を有している無線電力送信機のリアクタンスを例証する。この例において、そのリアクタンス値は、“－ｊ１４”である。従って、この例に関して、リアクタンス値は、おおよそ、“＋ｊ１６”から“－ｊ１５”まで変動する。

【００６５】

図１３は、無線電力送信機のリアクタンスに対する無線電力送信機の電力増幅器（例えば、図４の電力増幅器２１０）における電流レベルを例証するプロット９００である。プロット９００が、図１２において例証された携帯電話の数及び位置の変化に対する電力増幅器の電流レベルを描写するということに注意が必要である。プロット９００において例証されたように、電流レベルは、“－ｊ２０”から“＋ｊ２５”までのリアクタンスの範囲９１０にわたって単調である。

【００６６】

従って、特にプロット９００を参照すると、一例として、もし、上述のように、基準電流が０．１５［アンペア］になると測定されるならば、そして、１つ以上の装置が無線電力送信機の充電領域内に配置される一方、しかしその装置が電力を取り出す（draw：引き出す）前に検知される電流が、基準電流（例えば、この例では０．１５[アンペア］）より大きいならば、リアクタンスはゼロより小さいと判定され得る。結果的に、リアクタンスは、測定された電流を減少させると共に、従って、リアクタンスを更にゼロに近づかせるように、図７から図１１を参照して上述された１つ以上の実施例に従って調整され得る。一方、１つ以上の装置が無線電力送信機の充電領域内に配置される一方、しかしその装置が電力を取り出す（draw：引き出す）前に検知される電流が、基準電流（例えば、この例では０．１５[アンペア］）より小さいならば、リアクタンスはゼロより大きいと判定され得る。結果的に、リアクタンスは、測定された電流を増加させると共に、従って、リアクタンスを更にゼロに近づかせるように、図７から図１１を参照して上述された１つ以上の実施例に従って調整され得る。

【００６７】

電流が単調であるリアクタンスのこの範囲が、送信機内の１つ以上のコイルのインダクタ及び抵抗の値、そして送信機内のコイル間の相互インダクタンスの値に依存し得るということに注意が必要である。更に、リアクタンスの範囲は、送信機の電力増幅器の整合回路に依存し得る。更に、１つ以上のスイッチング素子（すなわち、スイッチ６２０及びス

イッチ７６０）が虚数部を変更するために使用される場合に、実数部（すなわち、損失）が本質的に変わらないかもしれないと共に、従って、スイッチング素子は、固有の送信コイル損失に、あまり損失を加えないかもしれないということに注意が必要である。

【００６８】

図１４は、本発明の代表的な実施例による別の方法９００を例証するフローチャートである。方法９００は、送信機によってエネルギーを無線送信する段階（参照符号９０２によって描写される）を含み得る。方法９００は、更に、送信機の共振周波数を同調するために、少なくとも１つのリアクタンス素子を送信機の送信コイルへ切り替える段階（参照符号９０４によって描写される）を含み得る。

【００６９】

図１５は、本発明の代表的な実施例による別の方法９１０を例証するフローチャートである。方法９１０は、送信機によってエネルギーを無線送信する段階（参照符号９１２によって描写される）を含み得る。方法９１０は、更に、送信機の共振周波数を同調するために、送信機の送信コイルを送信機の無給電コイルと誘導的に連結する段階（参照符号９１４によって描写される）を含み得る。

【００７０】

図１６は、本発明の代表的な実施例による別の方法９２０を例証するフローチャートである。方法９２０は、送信機によってエネルギーを無線送信する段階（参照符号９２２によって描写される）を含み得る。方法９２０は、更に、少なくとも１つのリアクタンス素子を送信機の送信コイルの方へ切り替える段階、及び送信機の送信コイルを送信機の無給電コイルと誘導的に連結する段階の内の少なくとも１つによって、送信機の共振周波数を同調する段階（参照符号９２４によって描写される）を含み得る。

【００７１】

ここで説明された様々な代表的な実施例によれば、バッテリは、公の充電所（public charging station）におけるバッテリモデルの特定の物理的電気接続の必要性を排除する、内部の無線充電機能を有し得るということに注意が必要である。更に、ここで説明された電子装置は、取り外し可能なバッテリが充電されている間、電子装置の連続使用のために、その中に内蔵された第２のバッテリを有していても良い。更に、電子装置のユーザは、第１のバッテリが充電されつつあるとき、予備の取り外し可能なバッテリを使用するために持っていても良い。その代わりに、ユーザは、より低い値のバッテリが充電されている間、彼が装置を保管するのに、電源が切られた状態で装置を維持しても良い。

【００７２】

当業者は、情報及び信号が様々な異なる工業技術及び技法のいずれかを使用して表され得ることを、理解するであろう。例えば、上記の説明全体にわたって言及され得るデータ、指示、命令、情報、信号、ビット、シンボル、及びチップは、電圧、電流、電磁波、磁界または磁性粒子、光場または光学粒子、あるいはそれらの任意の組合せによって表され得る。

【００７３】

当業者は、更に、ここで開示された代表的な実施例に関連して説明された様々な実例となる論理ブロック、モジュール、回路、及びアルゴリズムステップが、電子機器、コンピュータソフトウェア、または両方の組合せとして実施され得ることを認識するであろう。ハードウェアとソフトウェアのこの互換性を明確に説明するために、様々な実例となる構成要素、ブロック、モジュール、回路、及びステップが、それらの機能性の点から一般的に上記のように説明された。そのような機能性をハードウェアとして実施するか、ソフトウェアとして実施するかは、特定の適用例及び全体的なシステムに課される設計制約に依存する。当業者は、説明された機能性を各特定の適用例に関して様々な方法で実施することができるが、しかし、そのような実施の決定は、本発明の代表的な実施例の範囲からの逸脱をもたらすものとして解釈されるべきではない。

【００７４】

ここで開示された代表的な実施例に関連して説明された様々な実例となる論理ブロック

、モジュール、及び回路は、ここで説明された機能を実行するように設計された、汎用プロセッサ、デジタルシグナルプロセッサ（ＤＳＰ）、特定用途向け集積回路（ＡＳＩＣ）、フィールドプログラマブルゲートアレイ（ＦＰＧＡ）または他のプログラマブル論理デバイス、個別のゲートまたはトランジスタロジック、個別のハードウェア構成要素、あるいはそれらの任意の組合せを用いて、実施または実行され得る。汎用プロセッサはマイクロプロセッサであり得るが、しかし、代替として、前記プロセッサは、任意の従来のプロセッサ、コントローラ（制御器）、マイクロコントローラ、または状態機械であっても良い。プロセッサは、更に、コンピュータデバイスの組合せ、例えば、ＤＳＰとマイクロプロセッサとの組合せ、複数のマイクロプロセッサ、ＤＳＰコアと連動する１つ以上のマイクロプロセッサ、あるいは任意の他のそのような構成として実施され得る。

【００７５】

ここで開示された代表的な実施例に関連して説明される方法またはアルゴリズムのステップは、直接ハードウェアで具現化され得るか、プロセッサによって実行されるソフトウェアモジュールで具現化され得るか、またはその２つの組合せで具現化され得る。ソフトウェアモジュールは、ランダムアクセスメモリ（ＲＡＭ）、フラッシュメモリ、読取り専用メモリ（ＲＯＭ）、電気的プログラマブルＲＯＭ（ＥＰＲＯＭ）、電気的消去可能プログラマブルＲＯＭ（ＥＥＰＲＯＭ）、レジスタ、ハードディスク、リムーバブルディスク、ＣＤ－ＲＯＭ、または当該技術分野で知られている任意の他の形式の記憶媒体中に存在することができる。代表的な記憶媒体は、プロセッサが、記憶媒体から情報を読み取り、そして記憶媒体に情報を書き込むことができるように、プロセッサに連結される。別の方法では、記憶媒体は、プロセッサに一体化され得る。プロセッサ及び記憶媒体は、ＡＳＩＣの中に存在することができる。ＡＳＩＣは、ユーザ端末の中に存在することができる。別の方法では、プロセッサ及び記憶媒体は、ユーザ端末の中に、個別の構成要素として存在することができる。

【００７６】

１つ以上の代表的な実施例において、説明された機能は、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、またはその任意の組合せで実施され得る。もしソフトウェアで実施される場合、機能は、１つ以上の命令またはコードとして、コンピュータ可読媒体上に保存され得るか、またはコンピュータ可読媒体を介して送信され得る。コンピュータ可読媒体は、ある場所から別の場所へのコンピュータプログラムの転送を容易にする任意の媒体を含む、コンピュータ記憶媒体と通信媒体との両方を含む。記憶媒体は、コンピュータによってアクセスされ得る任意の利用可能な媒体であり得る。限定ではなく、例として、そのようなコンピュータ可読媒体は、ＲＡＭ、ＲＯＭ、ＥＥＰＲＯＭ、ＣＤ－ＲＯＭもしくは他の光ディスク記憶装置、磁気ディスク記憶装置もしくは他の磁気記憶装置、または命令もしくはデータ構造の形式で所望のプログラムコードを運ぶまたは保存するために使用され得ると共に、コンピュータによってアクセスされ得る任意の他の媒体を包含することができる。更に、いかなる接続もコンピュータ可読媒体と適切に呼ばれる。例えば、もしソフトウェアが、同軸ケーブル、光ファイバケーブル、ツイストペア、デジタル加入者回線（ＤＳＬ）、または赤外線、無線、及びマイクロ波などの無線技術を使用して、ウェブサイト、サーバ、または他のリモートソースから送信される場合、その場合に、同軸ケーブル、光ファイバケーブル、ツイストペア、ＤＳＬ、または赤外線、無線、及びマイクロ波などの無線技術は、媒体の定義に含まれる。ここで使用されるディスク（disk）及びディスク（disc）は、コンパクトディスク（disc）（ＣＤ）、レーザディスク（disc）、光ディスク（disc）、デジタル多用途ディスク（disc）（ＤＶＤ）、フロッピー（登録商標）ディスク（disk）及びブルーレイディスク（disc）を含み、ディスク（disk）は、通常、データを磁気的に再生し、一方、ディスク（disc）は、データをレーザ光線で光学的に再生する。上記の組み合わせが、同様に、コンピュータ可読媒体の範囲内に含められるべきである。

【００７７】

開示された代表的な実施例の前述の説明は、当業者が本発明を実行または使用すること

を可能にするために提供される。これらの代表的な実施例に対する様々な修正は、当業者には容易に明白になると共に、ここで定義された一般的な原理は、本発明の趣旨または範囲から外れずに、他の実施例に適用され得る。従って、本発明は、ここで示された代表的な実施例に限定されることを意図していないが、しかし、ここで開示された原理及び新規の特徴と一致する最も広い範囲を認められるべきである。

【符号の説明】

【００７８】

１００　無線伝送または充電システム
１０２　入力電力
１０４　送信機
１０６　エネルギー転送を提供するためのフィールド
１０８　受信機
１１０　出力電力
１１２　距離
１１４　送信アンテナ
１１８　受信アンテナ
１１９　個別の通信チャンネル
１２２　発振器
１２３　調整信号
１２４　電力増幅器
１２５　制御信号
１２６　フィルタおよび整合回路
１３２　整合回路
１３４　整流器及びスイッチング回路
１３６　バッテリ
１５０　ループアンテナ
１５２、１５４　キャパシタ
１５６　共振信号
２００　送信機
２０２　送信回路
２０４　送信アンテナ
２０６　インピーダンス整合回路
２０８　低域通過フィルタ（ＬＰＦ）
２１０　電力増幅器
２１２　発振器
２１４　制御器
２１６　負荷検知回路
２８０　存在検出器
２９０　密閉検出器
３００　受信機
３０２　受信回路
３０４　受信アンテナ
３０６　電力変換回路
３０８　ＲＦ－ＤＣ変換器
３１０　ＤＣ－ＤＣ変換器
３１２　切り替え回路
３１４　信号伝達検出器及びビーコン回路（信号伝達及びビーコン回路）
３１６　プロセッサ
３５０　装置
６００　無線電力システム

６０２　送信機
６０３　送信コイル
６０４　受信機
６０５　受信コイル
６１０　無線電力システム
６１１　送信機
６１２　送信コイル
６１７　接地電圧
６２０　スイッチ
６２２　制御信号
６５０　制御信号
６６２、６６４　ボディダイオード
７５２　送信機
７５３　送信コイル
７５４　無給電コイル
７５６　接地電圧
７６０　スイッチ
８５０　スミスチャート
８５２、８５４、８５６、８５８、８６０、８６２、８６４　データポイント
L_1、L_2、L_S　インダクタ
R_1、R_2、r_2、R_{LS}　抵抗
C_1、C_2、C_{DC}　コンデンサ
C_p　コンデンサ（リアクタンス素子）
Ｍ１、Ｍ２、Ｍ３、Ｍ４　トランジスタ

【図１】

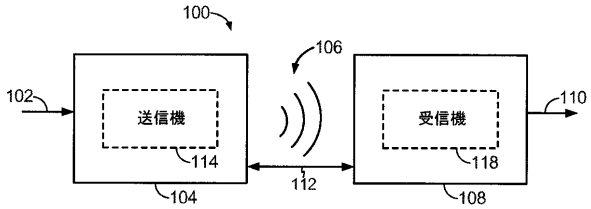

FIG. 1

【図２】

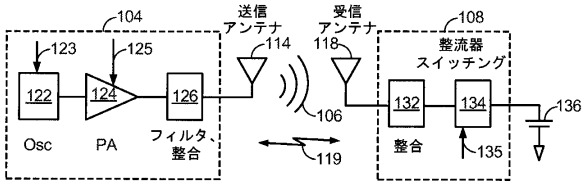

FIG. 2

【図３】

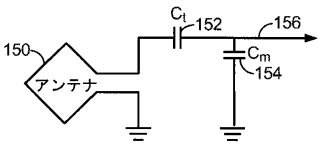

FIG. 3

【図４】

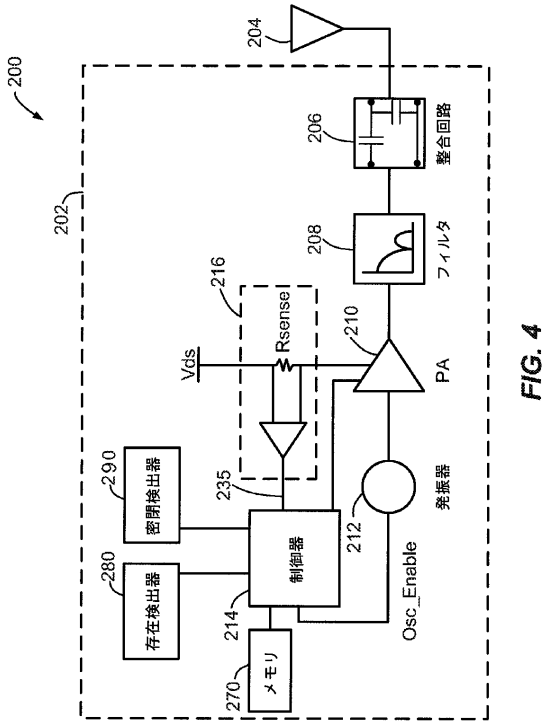

FIG. 4

【図５】

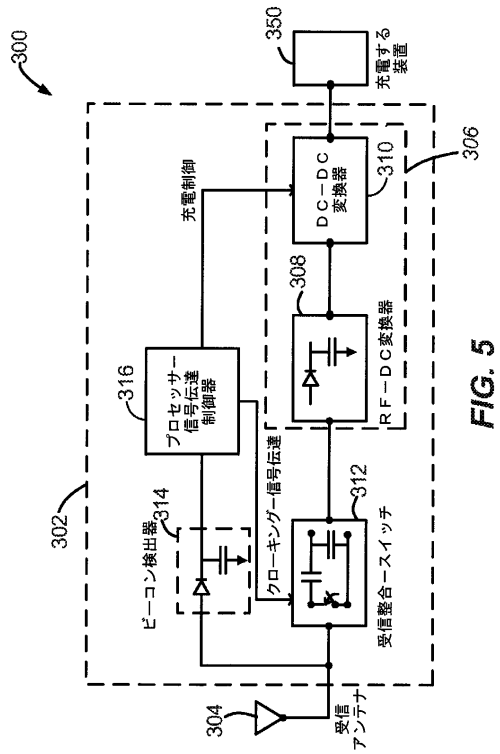

FIG. 5

【図６】

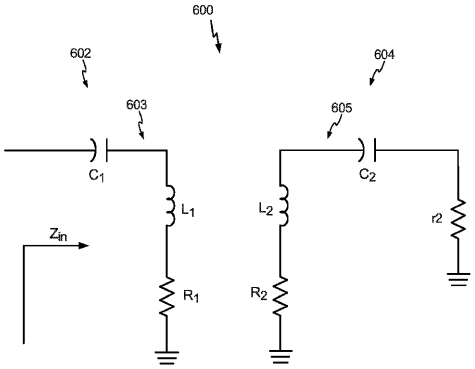

FIG. 6

【図７】

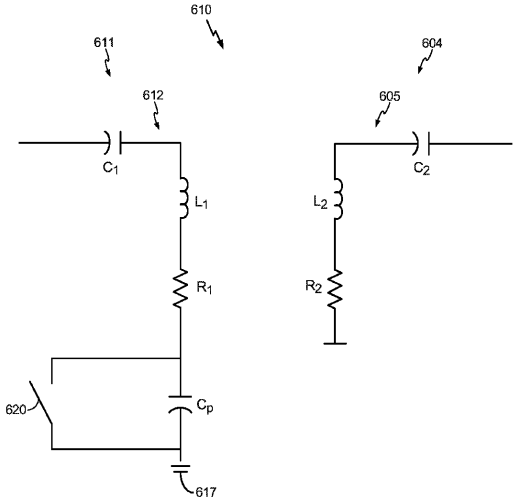

FIG. 7

【図８Ａ】

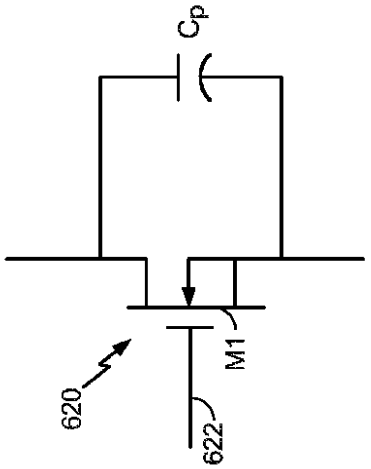

FIG. 8A

【図８Ｂ】

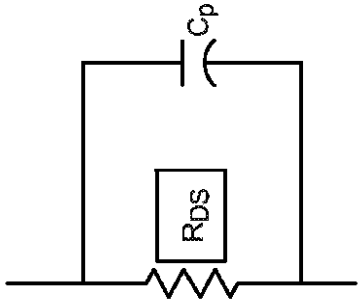

FIG. 8B

【図８Ｃ】

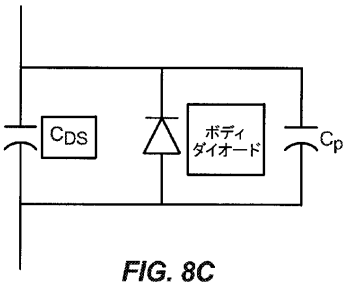

FIG. 8C

【図９Ａ】

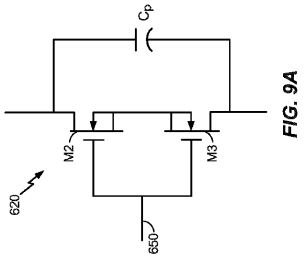

FIG. 9A

【図９Ｂ】

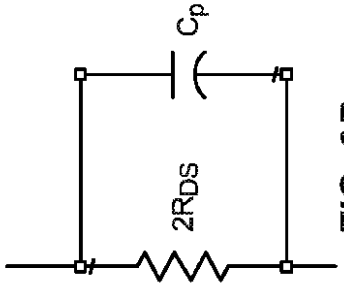

FIG. 9B

【図９Ｃ】

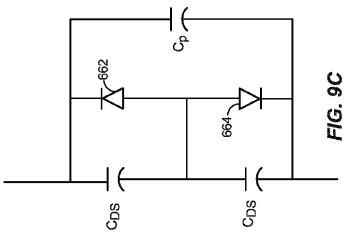

FIG. 9C

【図１０】

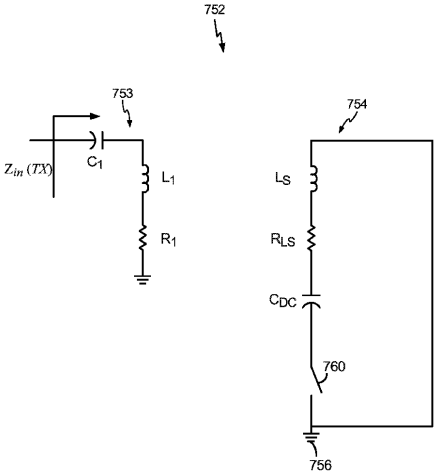

FIG.10

【図１１Ａ】

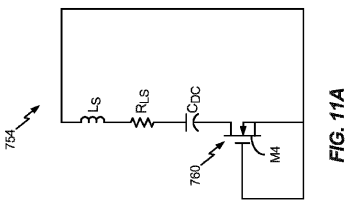

FIG. 11A

【図１１Ｂ】

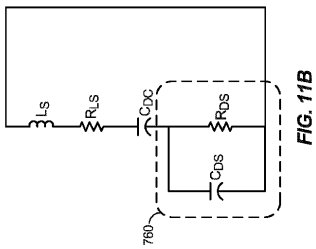

FIG. 11B

【図１１Ｃ】

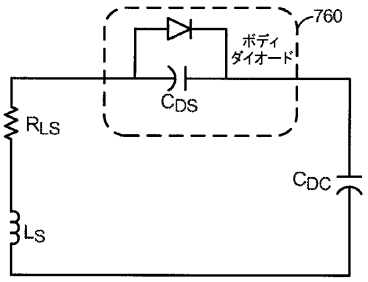

FIG. 11C

【図１２】

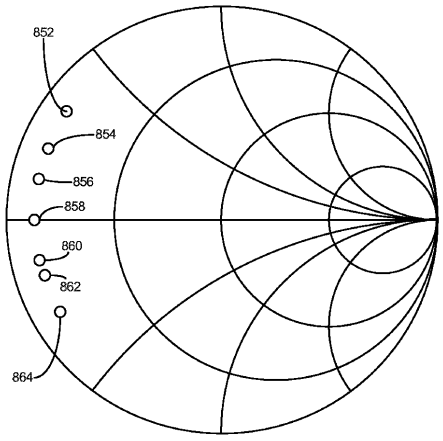

FIG. 12

【図１３】

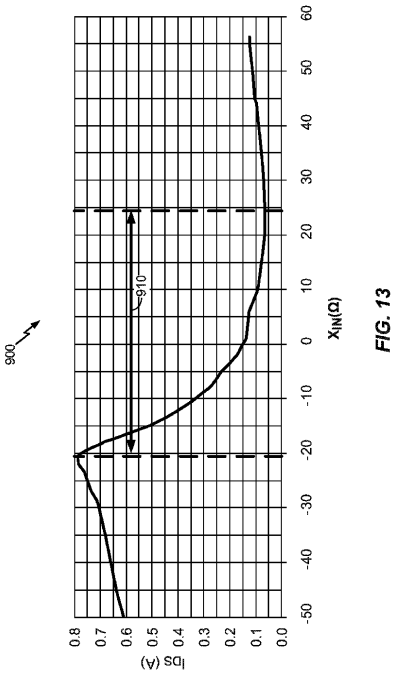

FIG. 13

【図１４】

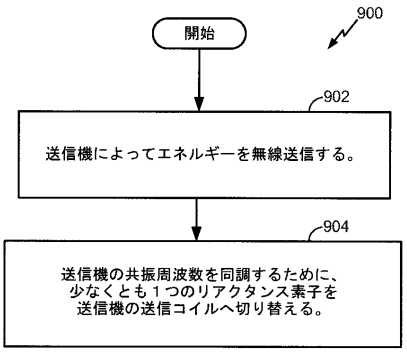

FIG. 14

【図１５】

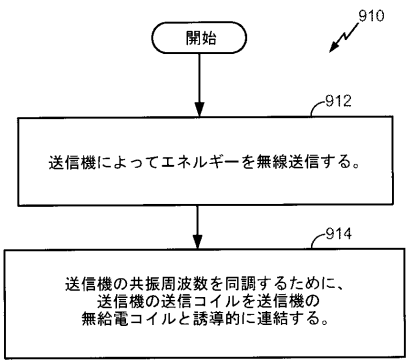

FIG. 15

【図１６】

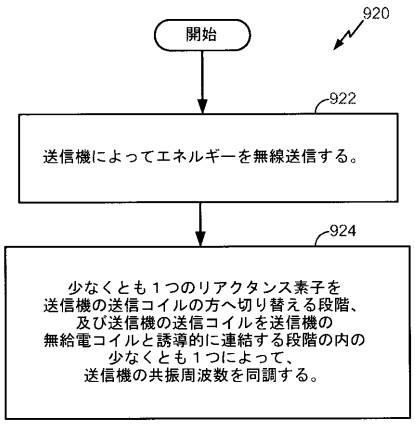

FIG. 16

フロントページの続き

(72)発明者　チェン・ニン・ロー
アメリカ合衆国・カリフォルニア・９２１２１・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライヴ・５７７５

合議体
審判長　中川　真一
審判官　堀川　一郎
審判官　矢島　伸一

(56)参考文献　特開２００６－１４６５３９（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H02J 17/00