

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2017-532935

(P2017-532935A)

(43) 公表日 平成29年11月2日(2017.11.2)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
<b>HO2J 50/12</b>	<b>(2016.01)</b>	HO2J	50/12	
<b>HO2J 50/40</b>	<b>(2016.01)</b>	HO2J	50/40	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 41 頁)

(21) 出願番号	特願2017-512816 (P2017-512816)	(71) 出願人	516389019
(86) (22) 出願日	平成27年9月4日 (2015.9.4)		ソレース・パワー・インコーポレイテッド
(85) 翻訳文提出日	平成29年4月24日 (2017.4.24)		カナダ・ニューファンドランド・アンド・
(86) 国際出願番号	PCT/CA2015/050855		ラブラドル・A1N・5E7・マウント
(87) 国際公開番号	W02016/033697		・パール・トップセール・ロード・111
(87) 国際公開日	平成28年3月10日 (2016.3.10)		8・スイート・201
(31) 優先権主張番号	62/046,830	(74) 代理人	100108453
(32) 優先日	平成26年9月5日 (2014.9.5)		弁理士 村山 靖彦
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100110364
			弁理士 実広 信哉
		(74) 代理人	100133400
			弁理士 阿部 達彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線電場電力伝送システム、方法、並びにそのための送信器及び受信器

(57) 【要約】

無線電力伝送システムは、共振電場結合を介して電力を伝送するように構成された送信電極セットを含む送信器と、共振電場結合を介して伝送された電力を取り出すように構成された受信電極セットを含む受信器と、を含み、送信電極セット及び受信電極セットの少なくとも一方の電極が同心状である。

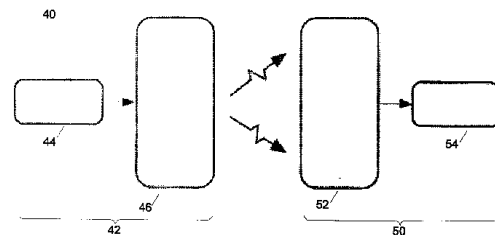


Figure 1

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

共振電場結合を介して電力を伝送するように構成された送信電極セットを含む送信器と、  
共振電場結合を介して伝送された電力を取り出すように構成された受信電極セットを含む受信器と、を含み、

前記送信電極セット及び前記受信電極セットの少なくとも一方の電極が同心状である、無線電力伝送システム。

**【請求項 2】**

前記送信電極セット及び前記受信電極セットの両方の電極が同心状である、請求項 1 に記載の無線電力伝送システム。

10

**【請求項 3】**

前記送信電極セット及び前記受信電極セットの少なくとも一方の電極が共通平面にある、請求項 1 または 2 に記載の無線電力伝送システム。

**【請求項 4】**

前記送信電極セット及び前記受信電極セットの少なくとも一方の電極が、同心状電極の区画である、請求項 1 に記載の無線電力伝送システム。

**【請求項 5】**

前記送信電極セット及び前記受信電極セットの少なくとも一方の電極が、方位角方向に非対称である、請求項 1 または 2 に記載の無線電力伝送システム。

20

**【請求項 6】**

前記送信電極セットの電極によって画定された平面が、前記受信電極セットの電極によって画定された平面に対して 0 から 90° の角度を形成する、請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の無線電力伝送システム。

**【請求項 7】**

前記送信電極セットが、2 つ以上の同心状電極を含む、請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の無線電力伝送システム。

**【請求項 8】**

前記受信電極セットが、2 つ以上の同心状電極を含む、請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の無線電力伝送システム。

30

**【請求項 9】**

前記送信電極セットの電極が、前記送信電極セットの他の電極と重なり、または前記受信電極セットの電極が、前記受信電極セットの他の電極と重なる、請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の無線電力伝送システム。

**【請求項 10】**

前記送信電極セット及び前記受信電極セットの少なくとも一方の少なくとも 1 つの電極が、楕円形状である、請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の無線電力伝送システム。

**【請求項 11】**

前記送信電極セット及び前記受信電極セットの少なくとも一方の少なくとも 1 つの電極が、円形である、請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の無線電力伝送システム。

40

**【請求項 12】**

前記送信電極セット及び前記受信電極セットの少なくとも一方の少なくとも 1 つの電極が、長方形である、請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の無線電力伝送システム。

**【請求項 13】**

前記送信電極セット及び前記受信電極セットの少なくとも一方の少なくとも 1 つの電極が、円盤形状である、請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の無線電力伝送システム。

**【請求項 14】**

前記送信電極セット及び前記受信電極セットの少なくとも一方の少なくとも 1 つの電極が、リング状である、請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の無線電力伝送システム。

**【請求項 15】**

50

前記送信電極セット及び前記受信電極セットの少なくとも一方の少なくとも1つの電極が、円錐台形状である、請求項1から9のいずれか一項に記載の無線電力伝送システム。

【請求項16】

前記送信電極セット及び前記受信電極セットの一方の少なくとも1つの電極が、平板状である、請求項1から9のいずれか一項に記載の無線電力伝送システム。

【請求項17】

前記送信電極セットが、前記受信電極セットから軸がオフセットされた、請求項1から16のいずれか一項に記載の無線電力伝送システム。

【請求項18】

前記送信電極セットがチューブ及び棒状部を含み、前記受信電極セットが少なくとも2つのチューブを含む、請求項1から3のいずれか一項に記載の無線電力伝送システム。

10

【請求項19】

前記送信電極セットが第1及び第2のソケットを含み、前記受信電極セットが第1及び第2のボールを含む、請求項1に記載の無線電力伝送システム。

【請求項20】

前記送信電極セットが第1及び第2の外側球状電極を含み、前記受信電極セットが第1及び第2の内側球状電極を含む、請求項1に記載の無線電力伝送システム。

【請求項21】

前記送信器の電極及び前記受信器の電極が同心状である、請求項1から14のいずれか一項に記載の無線電力伝送システム。

20

【請求項22】

共振電場結合を介して伝送された電力を取り出すように構成された別の受信電極セットを含む別の受信器をさらに含む、請求項1から17のいずれか一項に記載の無線電力伝送システム。

【請求項23】

前記送信電極セット及び前記受信電極セットによって取り囲まれた軸をさらに含む、請求項1から14のいずれか一項に記載の無線電力伝送システム。

【請求項24】

共振を生じる際に電場を放出するように構成された送信電極セットを含み、前記電極が同心状である、共振電場無線電力伝送システムのための送信器。

30

【請求項25】

共振を生じる際に共振電場を放出する送信器と結合するように構成された受信電極を含み、前記電極が同心状である、共振電場無線電力伝送システムのための受信器。

【請求項26】

請求項1から14のいずれか一項に記載の無線電力伝送システムを含む、ヘリコプター。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願の対象は、一般に、無線電力伝送に関し、特に、無線電場電力伝送システム、そのための送信器及び受信器、並びに無線で電力を伝送するための方法に関する。

40

【背景技術】

【0002】

様々な無線電力伝送システムが知られている。典型的な無線電力伝送システムは、無線電力送信器に電氣的に接続された電源及び、負荷に電氣的に接続された無線電力受信器からなる。

【0003】

磁気誘導システムにおいて、送信器は、電源から受信器の誘導コイルに電氣的エネルギーを伝送する誘導コイルを有する。次いで、伝送された電氣的エネルギーは負荷に印加される。電力伝送は、送信器と受信器の誘導コイル間の磁場の結合に起因して生じる。しか

50

し、これらの磁気誘導システムの範囲は限定されており、送信器及び受信器の誘導コイルは電力伝送のために適切に整列されなければならない。送信器及び受信器の誘導コイル間の磁場の結合に起因して電力を伝送する共鳴磁気システムも存在する。これらの共鳴磁気システムでは、送信器及び受信器の誘導コイルが、高い品質係数（高いQ値）のキャパシタを用いて共鳴される。共鳴磁気システムにおける電力伝送の範囲は、磁気誘導システムよりも増加し、整列の問題は修正される。

【0004】

電場結合システムでは、送信器及び受信器が容量性電極を有し、電力伝送は、送信器及び受信器の容量性電極間の電場の結合に起因して生じる。送信器及び受信器の容量性電極が、高い品質係数（高いQ値）のインダクタを用いて共鳴される共鳴電場システムも存在する。共鳴磁気システムと同様に、共鳴電場システムは、非共鳴電場システムの場合と比較して電力伝送範囲がより大きく、整列の問題は修正される。

10

【0005】

無線電力伝送技術が知られているが、改善が望まれている。従って、目的は、新しい無線電場電力伝送システム、そのための送信器及び受信器、並びに無線で電力を伝送するための方法を提供することである。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0006】

従って、1つの態様において、共振電場結合を介して電力を伝送するように構成された送信電極セットを含む送信器と、共振電場結合を介して伝送された電力を取り出すように構成された受信電極セットを含む受信器と、を含み、送信電極セット及び受信電極セットの少なくとも一方の電極が同心状である、無線電力伝送システムが提供される。

20

【0007】

1つの実施形態において、送信電極セット及び受信電極セットの両方の電極が同心状である。

【0008】

他の実施形態において、送信電極セット及び受信電極セットの少なくとも一方の電極が共通平面にある。

【0009】

他の実施形態において、送信電極セット及び受信電極セットの少なくとも一方の電極が、同心状電極の区画である。

30

【0010】

他の実施形態において、送信電極セット及び受信電極セットの少なくとも一方の電極が、方位角方向に非対称である。

【0011】

他の実施形態において、送信電極セットの電極によって画定された平面が、受信電極セットの電極によって画定された平面に対して0から90°の範囲の角度を形成する。

【0012】

他の実施形態において、送信電極セットが、2つ以上の同心状電極を含む。

40

【0013】

他の実施形態において、受信電極セットが、2つ以上の同心状電極を含む。

【0014】

他の実施形態において、送信電極セットの電極が、送信電極セットの他の電極と重なり、または受信電極セットの電極が、受信電極セットの他の電極と重なる。

【0015】

他の実施形態において、送信電極セット及び受信電極セットの少なくとも一方の少なくとも1つの電極が、楕円形状である。他の実施形態において、送信電極セット及び無線電極セットの少なくとも一方の少なくとも1つの電極が、円形である。他の実施形態において、送信電極セット及び受信電極セットの少なくとも一方の少なくとも1つの電極が、長

50

方形である。他の実施形態において、送信電極セット及び受信電極セットの少なくとも一方の少なくとも1つの電極が、円盤形状である。他の実施形態において、送信電極セット及び受信電極セットの少なくとも一方の少なくとも1つの電極が、リング状である。他の実施形態において、送信電極セット及び受信電極セットの少なくとも一方の少なくとも1つの電極が、円錐台形状である。他の実施形態において、送信電極セット及び受信電極セットの一方の少なくとも1つの電極が、平板状である。他の実施形態において、送信電極セットがチューブ及び棒状部を含み、受信電極セットが少なくとも2つのチューブを含む。他の実施形態において、送信電極セットが、受信電極セットから軸がオフセットされる。他の実施形態において、送信電極セットが第1及び第2のソケットを含み、受信電極セットが第1及び第2のボールを含む。他の実施形態において、送信電極セットが第1及び第2の外側球状電極を含み、受信電極セットが第1及び第2の内側球状電極を含む。

10

【0016】

他の実施形態において、送信器の電極及び受信器の電極が同心状である。

【0017】

他の実施形態において、送信電極セットが、受信電極セットから軸がオフセットされる。

【0018】

他の実施形態において、システムは、共振電場結合を介して伝送された電力を取り出すように構成された別の受信電極セットを含む別の受信器をさらに含む。

【0019】

他の実施形態において、システムは、送信電極セット及び受信電極セットによって取り囲まれた軸をさらに含む。

20

【0020】

他の態様によれば、共振電場結合を介して電力を伝送するように構成された送信電極セットを含み、電極が同心状である、送信器が提供される。

【0021】

さらに他の態様によれば、共振電場結合を介して電力を取り出すように構成された受信電極セットを含み、電極が同心状である、受信器が提供される。

【0022】

またさらに他の態様によれば、電源と、電源に電氣的に接続され、電源から共振電場結合を介して受け取った電力を伝送するように構成された送信電極セットを含む送信器と、回転可能な負荷と、回転可能な負荷に電氣的に接続され、共振電場結合を介して伝送された電力を取り出し、取り出された電力を負荷に伝達するように構成された受信電極セットを含む受信器と、を含み、送信電極セット及び受信電極セットの少なくとも一方の電極が同心状である、ヘリコプターが提供される。

30

【0023】

添付した図面を参照して、実施形態をより完全に説明する。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】無線電力伝送システムの一般的なブロック図である。

40

【図2】無線共振電場電力伝送システムの概略的なレイアウト図である。

【図3】座標軸の斜視図である。

【図4a】図2のシステムの送信器の送信電極セット形成部の斜視図である。

【図4b】図4aの送信電極セットの平面図である。

【図5】図2のシステムの周波数に対する散乱パラメータのグラフである。

【図6】様々な離隔距離における、図2のシステムの周波数に対する散乱パラメータの1つのグラフである。

【図7】図2のシステムの電極の実施形態の平面図である。

【図8a】図2のシステムの電極の他の実施形態の平面図である。

【図8b】図2のシステムの電極の他の実施形態の平面図である。

50

- 【図 8 c】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の平面図である。
- 【図 8 d】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の平面図である。
- 【図 9】図 2 のシステムの電極の実施形態の斜視図である。
- 【図 10 a】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の斜視図である。
- 【図 10 b】図 10 a の電極の平面図である。
- 【図 11 a】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の平面図である。
- 【図 11 b】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の平面図である。
- 【図 12 a】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の斜視図である。
- 【図 12 b】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の斜視図である。
- 【図 13 a】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の斜視図である。
- 【図 13 b】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の斜視図である。
- 【図 14】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の斜視図である。
- 【図 15】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の斜視図である。
- 【図 16 a】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の斜視図である。
- 【図 16 b】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の斜視図である。
- 【図 16 c】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の斜視図である。
- 【図 17】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の斜視図である。
- 【図 18 a】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の平面図である。
- 【図 18 b】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の平面図である。
- 【図 19】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の平面図である。
- 【図 20】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の平面図である。
- 【図 21】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の斜視図である。
- 【図 22 a】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の斜視図である。
- 【図 22 b】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の斜視図である。
- 【図 22 c】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の斜視図である。
- 【図 22 d】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の斜視図である。
- 【図 23 a】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の斜視図である。
- 【図 23 b】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の斜視図である。
- 【図 23 c】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の斜視図である。
- 【図 24 a】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の斜視図である。
- 【図 24 b】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の斜視図である。
- 【図 24 c】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の斜視図である。
- 【図 25 a】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の平面図である。
- 【図 25 b】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の平面図である。
- 【図 26 a】無線共振電場電力伝送システムの他の実施形態の概略レイアウト図である。
- 【図 26 b】図 26 a のシステムの電極の実施形態の斜視図である。
- 【図 27 a】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の平面図である。
- 【図 27 b】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の平面図である。
- 【図 28 a】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の斜視図である。
- 【図 28 b】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の斜視図である。
- 【図 29】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の斜視図である。
- 【図 30 a】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の斜視図である。
- 【図 30 b】図 30 a の電極の平面図である。
- 【図 30 c】切断線 A - A に沿って取られた図 30 b の電極の断面側面立面図である。
- 【図 31 a】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の斜視図である。
- 【図 31 b】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の斜視図である。
- 【図 32】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の斜視図である。
- 【図 33 a】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の前面立面図である。
- 【図 33 b】図 33 a の電極の側面立面図である。
- 【図 33 c】図 33 a の電極の底面平面図である。

【図 3 3 d】図 3 3 a の切断線 D - D に沿って取られた図 3 3 a の実施形態の断面側面立面図である。

【図 3 3 e】図 3 3 a の切断線 E - E に沿って取られた図 3 4 a の実施形態の断面底面平面図である。

【図 3 4 a】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の前面立面図である。

【図 3 4 b】図 3 4 a の電極の断面前面立面図である。

【図 3 5】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の斜視図である。

【図 3 6】図 2 のシステムの電極の他の実施形態の斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

10

ここで図 1 を参照すると、無線電力伝送システムが示されており、これは全体として参照符号 40 で特定される。無線電力伝送システム 40 は、送信器 42 および受信器 50 を含む。送信器は、送信共振器 46 に電氣的に接続された電源 44 を含む。受信器 50 は、負荷 54 に電氣的に接続された受信共振器 52 を含む。電力は、電源 44 から送信共振器 46 に伝達される。次いで、電力は、送信共振器 46 から受信共振器 52 に、共振電場結合を介して伝達され、次いで受信共振器 52 から負荷 54 に伝達される。

【0026】

前述の米国特許出願第 14 / 75 1786 号において説明された無線電力伝送システム 40 の 1 つの実施形態において、送信共振器 46 は横方向に間隔を開けられた、一对の細長い容量性送信電極を含む送信電極セットを含み、これらはそれぞれ、高い Q 値のインダクタを介して電源 44 に電氣的に接続されている。受信共振器 52 は、横方向に間隔を開けられた、一对の細長い容量性受信電極を含む受信電極セットを含み、これらはそれぞれ、高い Q 値のインダクタを介して負荷 54 に電氣的に接続されている。動作時において、電力は、電源 44 から送信共振器 46 の容量性送信電極に伝達される。電源 44 からの電力信号は、送信共振器 46 を励起して、送信共振器 46 に共振電場を生じさせる。受信器 50 がこの共振電場内に配置されると、受信共振器 52 は、送信器 46 から共振電場結合を介して電力を取り出す。次いで、取り出された電力は、受信共振器 52 から負荷 54 に伝達される。

20

【0027】

送信共振器 46 及び受信共振器 52 の共振が高いため、容量性送信電極及び受信電極は、部分的に整列しない状態であってもよく、それでも電力はシステム 40 の送信器 42 と受信器 50 との間で伝達される。しかし、送信器 42 に対する受信器 50 の動きの自由度は、容量性送信電極及び受信電極の幾何形状に依存する。z 軸（すなわち、容量性送信電極及び受信電極の長軸）に関する回転は制限される。受信器 50 が送信器 42 に対して z 軸に 90° だけ回転すると、送信器 42 の容量性送信電極によって生じる電場は、受信器 50 の容量性受信電極の両方における電場と類似になる。その結果、容量性受信電極の両方が、ほとんど電流を発生しない類似した電気ポテンシャルを有する。そのため、効率的な無線電力伝送を達成することが困難になる。さらに、容量性受信電極の配向は、送信器 42 によって生じる電場によって形成された電気ポテンシャルを効率的に短絡し、送信容量を低減する。

30

40

【0028】

従って、z 軸に回転する構造と固定構造との間の電力伝送を可能にするために、従来のシステムは、スリップリングまたはロールリングを使用する。スリップリングは、電氣的接触に影響を及ぼす、ブラシと円形電極との間の機械的接触による。ブラシと円形電極との間の機械的接触は、モーターに負担をかけ、ブラシ及び円形電極の両方を損耗させ、金属粉塵を生じ、熱膨張とともに変化する摩擦を引き起こす。ブラシはカーボンでできていることが多く、これは動作時にカーボンの粉塵を生じ、頻繁に電極の導電リングに焦げ跡を生じさせる。従って、スリップリングは、頻繁にメンテナンス及び/または交換を必要とする。

【0029】

50

さらに、振動がスリップリングにおける電氣的接触の品質を変化させるため、スリップリングを利用するシステムの他の構成要素における振動が、スリップリングに振動の周波数において電気ノイズを発生させうる。さらに、多くのスリップリングは、摩擦を低減するために、室温において導電性液体である水銀を使用する。水銀は非常に有害であり、慎重に取り扱わなければならない。これは、収容容器が必要となるため、スリップリングの設計に余計な複雑さをもたらす。さらに、スリップリングは重たく、かさばることが多い。

#### 【0030】

ロールリングは、ブラシと円形電極との間の機械的接触による代わりに、円形電極との電氣的接触を維持するために円筒形のローラーを使用する。円筒形のローラーと円形電極との間の機械的接触は、スリップリングのブラシ及び円形電極よりも摩擦が少なくなり、モーターの負担、円筒形のローラー及び円形電極の両方の損耗、及び金属粉塵の発生を低減する。しかし、ロールリングは、電氣的接触に影響を及ぼす円筒形のローラーと円形電極との間がぴったりとフィットすることによる。熱膨張に起因する大きさの変動は、故障を引き起こす可能性がある。さらに、ロールリングを利用するシステムの他の構成要素における振動が故障を引き起こしうる。振動はまた、ロールリングに負担を生じ、ロールリングの構成要素の亀裂を引き起こしうる。従って、ロールリングは、頻繁にメンテナンスおよび交換を必要とする。ロールリングはまた、典型的には重く、かさばる。

10

#### 【0031】

ここで図2を参照すると、回転する構造または構成要素と静止した構造または構成要素との間を無線伝送する電力に適した無線電力伝送システムの実施形態が示されており、全体として参照符号70で特定される。図示されるように、無線電力伝送システム70は、送信器72と、送信器72から間隔をあけられた受信器90と、を含む。送信器72は、電力インバータ76に電氣的に接続された電源74を含み、そして、誘導性送信バラン78を通して電氣的に接続する。誘導性送信バラン78は、非平衡及び平衡システムを相互接続し、インピーダンス変換を行う。送信器72はさらに、直列高品質係数(Q)値の送信インダクタ82を介して、誘導性送信バラン78に電氣的に接続された送信電極セット80を含む。送信電極セット80は、一对の同心状容量性送信電極を含む。送信電極セット80における各容量性送信電極は、高Q値の送信インダクタ82の1つを介して、誘導性送信バラン78に接続される。送信電極セット80の容量性送信電極は、特定の動作周波数において直列高Q値送信インダクタ82と共振して、送信共振器84を形成する。

20

30

#### 【0032】

受信器90は、レギュレータ94に電氣的に接続された負荷92を含み、これは高周波-直流(RF-DC)整流器96に電氣的に接続される。この実施形態において、RF-DC整流器96は、低い接合容量、高い逆降伏電圧及び低い順電圧降下を有する超高速ダイオードを採用する。RF-DC整流器96はまた、同期MOSFET(金属-酸化物-半導体電界効果トランジスタ)を採用してもよい。RF-DC整流器96は、同調/整合ネットワークを含む。RF-DC整流器96は、誘導性受信バラン98を通して電氣的に接続される。誘導性送信バラン78と同様に、誘導性受信バラン98は、非平衡及び平衡システムを相互接続し、インピーダンス変換を行う。受信器90はさらに、直列高Q値受信インダクタ102を介して誘導性受信バラン98に電氣的に接続された受信電極セット100を含む。受信電極セット100は、一对の同心状容量性受信電極を含む。受信電極セット100における各容量性受信電極は、高Q値受信インダクタ102の1つを介して誘導性受信バラン98に接続される。受信電極セット100の容量性受信電極は、送信共振器84と同じ動作周波数で直列高Q値受信インダクタ102と共振し、受信共振器104を形成する。

40

#### 【0033】

高Q値は、蓄積されたエネルギーの量が、発散するエネルギーよりも大きいことを意味する。この実施形態において、送信インダクタ82及び受信インダクタ102の品質係数は約200である。当業者であれば、その他の品質係数が可能なことは理解するであろう

50

。

## 【0034】

負荷92は、米国特許出願第13/607474号において特定された負荷を含みうる。さらなる例示的な負荷92は、電気モーター、電池(AA、9V及び従来のものではない、またはカスタム型充電電池フォーマット)、無線通信デバイス、コンピュータの電池(デスクトップ、ラップトップ及びタブレット)、電話(コードレス電話、携帯電話及びセルラー電話)、テレビセット(例えば、プラズマ、LCD、LED及びOLED)並びに家電製品(例えば、DVDプレイヤー、ブルーレイプレイヤー、受信器、増幅器、一体型ホームシアター、スピーカー、サブウーファー、ビデオゲーム機、ビデオゲームコントローラ、リモートコントロールデバイス、テレビ、コンピュータまたはその他のモニタ、デジタルカメラ、ビデオカメラ、デジタルフォトフレーム、ビデオまたは画像プロジェクタ及びメディアストリーミングデバイス)を含むがこれらに限定されない。

10

## 【0035】

ここで図3を参照すると、座標軸の参照図が示されている。図3は、x、y及びz軸を含む従来デカルト座標系を示している。x及びy軸は互いに、そしてz軸に対して垂直である。図3はさらに、円筒座標系を示している。円筒座標系では、h軸はz軸と同じであり、r軸は動径軸であり、 $\theta$ は方位角または回転軸である。

## 【0036】

ここで図4a及び4bを参照すると、送信電極セット80をより詳細に示している。送信電極セット80が示されているが、この実施形態において、受信電極セット100も同じように構成されることは理解されるであろう。図示されるように、この実施形態において、送信電極セット80は、内側領域の内部に配置され、外側容量性円形リング送信電極80bによって取り囲まれた内側容量性円形リング送信電極80aを含む。内側及び外側の容量性送信電極80a及び80bは、図4aに示されるように、x-y平面にある送信電極セット80の平面とともに、z軸に中心を有する。内側容量性送信電極80bは、内径 $r_{in}$ 及び外径 $r_{out}$ を有する。外側容量性送信電極80bは、 $R_{in}$ の内径及び $R_{out}$ の外径を有する。この実施形態において、半径間の関係は、以下の関係式で与えられる。

20

$$0 < r_{in} < r_{out} < R_{in} < R_{out}$$

## 【0037】

対象用途の目的のために、同心状とは、以下の1つを少なくとも含むものとして定義される。電極セットの電極が共通の中心軸を有すること、電極セットの電極が共通の回転中心を有すること、電極セットの電極が共通の質量中心を有すること、電極セットの電極が共通の体積中心を有すること、電極セットの電極が共通の曲率中心を有すること、電極セットの外側電極が電極セットの各内側電極を取り囲むこと、及びz軸における電極セットの外側電極の辺を延長することによって形成される形状が、電極セットの各内側電極を取り囲むことである。同心状とは、円形電極に必ずしも限定されない。

30

## 【0038】

動作において、電力は、電源74から電力インバータ76に伝達される。電力インバータ76は、誘導性送信バラン78を介して送信共振器84を励起する動作周波数でRF信号を出力し、送信共振器84に、交流共振電場を生じさせる。受信器90が電場内部に配置されると、受信共振器104は、送信器82から共振電場結合を介して電力を取り出す。次いで、受信共振器104に伝達された電力は、誘導性受信バラン98を介してRF-DC整流器96に伝達され、そこで電力が整流される。次いで、整流された電力は、電力を調整するレギュレータ94に伝達される。次いで、調整された電力は、負荷92に印加される。RF-DC整流器96の同調/整合ネットワークは、確実に、送信共振器84及び受信共振器104が臨界的に結合されるようにする。

40

## 【0039】

送信共振器84及び受信共振器104は、結合が強すぎても、臨界的でも、また弱くてもよい。送信共振器84及び受信共振器104が、最も効率の高いレベルで最大電力伝送

50

のために整列されると、異なる周波数の2つの共振モードが存在し、送信共振器84及び受信共振器104は強く結合される。送信共振器84及び受信共振器104は互いから遠ざかるように移動すると、2つの共振モードの周波数は、これらが1つの周波数、臨界結合周波数において合流し、送信共振器84及び受信共振器104が臨界結合するまで近づく。臨界結合すると、送信共振器84及び受信共振器104は、臨界結合周波数で共振する。送信共振器84及び受信共振器104がさらに遠ざかると、電力伝達の効率レベルは閾値レベルよりも低下し、送信共振器及び受信共振器は、いわゆる弱く結合されることとなる。送信共振器84及び受信共振器104が強くまたは臨界的に結合すると、高効率電力伝送を達成することができる。

#### 【0040】

了解されるように、送信電極セット80及び受信電極セット100の幾何形状は、電力の無線伝達を可能にしたままで、共通のz軸（またはh軸）における容量性送信電極及び受信電極の回転並びに動径方向（r軸）における並進運動を可能にする（図3を参照）。了解されるように、これは、システム70を特に従来のスリップリング及びローリングを置き換えるのに適したものにし、少なくとも部分的に、スリップリング及びローリングに関する前述の問題の少なくとも1つを緩和する。

#### 【0041】

さらに、送信電極セット80及び受信電極セット100は、腐食または水、砂もしくはは粉塵からのその他の損傷を制限するために収容されうる。送信電極セット80と受信電極セット100との間の物理的な接触の必要がなく、メンテナンスの時間及びコストが、スリップリング及びローラーリングと比較して低減される。

#### 【0042】

CST（コンピュータシミュレーション技術）Microwave Studioソフトウェアを用いた電磁場シミュレーションを実行して、図5に示されるような周波数に対するシステム70の散乱パラメータまたはSパラメータをプロットした。システムの基準は、 $r_{in} = 304 \text{ mm}$ 、 $r_{out} = 482 \text{ mm}$ 、 $R_{in} = 532 \text{ mm}$ 及び $R_{out} = 711 \text{ mm}$ とした。送信器72及び受信器90は平行とし、送信電極セット80及び受信電極セット100における送信器72と受信器90との間の間隔は $50.8 \text{ mm}$ とした。システム70のSパラメータは、送信器72において反射された電力波 $b_1$ と、受信器92において反射された電力波 $b_2$ と、送信器72において入射する電力波 $a_1$ と、受信器92において入射する電力波 $a_2$ との間の関係によって定義される。従って、Sパラメータは以下の関係によって定義される。

#### 【0043】

##### 【数1】

$$\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix}$$

#### 【0044】

対称性のために、 $S_{11}$ 及び $S_{22}$ は、 $S_{12}$ 及び $S_{21}$ と区別できない。従って、 $S_{11}$ 及び $S_{21}$ のみが図5にプロットされている。

#### 【0045】

図6は、様々な間隔（ミリメートル）における周波数に対するシステム70の $S_{12}$ パラメータのグラフである。

#### 【0046】

使用前に送信共振器84及び受信共振器104を同調させることで、動作の中間範囲について、共振電場の臨界結合を維持する間、同調/整合ネットワークの必要がなくなる。例えば、 $5.55 \text{ MHz}$ の周波数で動作する $50.8 \text{ mm}$ の間隔で臨界結合されたシステムにおいて、同調/整合ネットワークがなくても $124 \text{ mm}$ の間隔まで、75%以上の効

10

20

30

40

50

率を維持することができる。

【 0 0 4 7 】

図 2 の実施形態において、送信電極セット 8 0 及び受信電極セット 1 0 0 はそれぞれ同心状に整列された一对の円形リング電極を含むが、代替的な電極の構成も可能である。例えば、ここで図 7 を参照すると、送信電極セット 8 0 及び受信電極セット 1 0 0 の他の態様が示されている。送信電極セット 8 0 及び受信電極セット 1 0 0 は、図 7 に示されるように同心状に整列されておらず、重複する面積も一定を維持する。図 7 に示された実施形態において、送信電極セット 8 0 は、外側円形リング送信電極と、外側円形リング送信電極によって取り囲まれた内側円形リング送信電極と、を含む、一对の同心状電極 1 3 0 を含む。受信電極セット 1 0 0 は、外側円形リング受信電極と、外側円形リング受信電極によって取り囲まれた内側円形リング受信電極と、を含む、一对の同心状電極 1 3 2 を含む。

10

【 0 0 4 8 】

この実施形態において、受信同心状電極 1 3 2 の回転軸は平行であるが、送信同心状電極 1 3 0 の回転軸とは整列されていない。送信同心状電極 1 3 0 の回転軸は、送信同心状電極 1 3 0 の中心軸 ( z 軸 ) とほぼ整列されている。同様に、受信同心状電極 1 3 2 の回転軸は、受信同心状電極 1 3 2 の中心軸 ( z 軸 ) とほぼ整列されている。

【 0 0 4 9 】

同様に、送信電極セット 8 0 及び受信電極 1 0 0 が同じ回転軸を有するが、軸 ( 図 3 参照 ) に回転されている場合、送信電極セット 8 0 及び受信電極セット 1 0 0 によって定義される重複面積は一定を維持する。

20

【 0 0 5 0 】

しかし、送信同心状電極 1 3 0 及び受信同心状電極 1 3 2 の一方が回転の非中心軸を有する場合、送信同心状電極 1 3 0 及び受信同心状電極 1 3 2 の幾何形状が、中心を外れた軸の周りの回転によって対称性を失うにつれて、共振電場結合は回転角とともに変化し、回転周波数における電力変調を生じることとなる。ここで、図 8 a を参照すると、送信同心状電極 1 3 4 及び受信同心状電極 1 3 6 が示されている。受信同心状電極 1 3 6 は、回転の非中心軸を有する。図 8 a は、 $\theta$  が  $0^\circ$  に等しい軸を外れた回転を示している。図 8 b は、 $\theta$  が  $90^\circ$  に等しい軸を外れた回転を示している。図 8 c は、 $\theta$  が  $180^\circ$  に等しい軸を外れた回転を示している。図 8 d は、 $\theta$  が  $270^\circ$  に等しい軸を外れた回転を示している。

30

【 0 0 5 1 】

結合の変動は、システム 7 0 の共振周波数もしくはシステム 7 0 の電力伝達効率のいずれか、またはその両方を変化させる。この効果は、整列の目的のために、軸を外れた回転を検出し、回転周波数において特定の波形を生成するために使用可能である。電力伝達効率の変化は、出力電力に変動を引き起こし、そのため波形を生成する。電極セット 8 0 及び 1 0 0 は、特定の波のパターンを生成するように設計されうる。これらの波のパターンは、回転角とともに必要な電力が変化する負荷のために使用可能である。しかし、軸を外れた回転を検出するためにこの効果を用いる代わりに、電力変調は、少なくとも部分的に、角度位置に基づいて、結合強度の変化を補償する R F - D C 整流器 9 6 の同調 / 整列ネットワークで排除されうる。軸を外れた回転は、インピーダンスの変化を引き起こすシステム 7 0 の相互容量の変動を引き起こし、これは、R F - D C 整流器 9 6 の同調 / 整合ネットワークによって補償される。R F - D C 整流器 9 6 はさらに、低周波数変調をフィルタリングして除去し、回転周期で取り出された電力を平均化するバンドパスフィルタを含んでもよく、これは取り出される電力の低下を引き起こし、電力伝達効率の低下を引き起こしうる。

40

【 0 0 5 2 】

図 2 の実施形態において、送信電極セット 8 0 及び受信電極セット 1 0 0 はそれぞれ一对の円形リング電極を含むが、代替的な電極構成も可能である。例えば、ここで図 9 を参照すると、送信電極セット 8 0 及び受信電極セット 1 0 0 の他の実施形態が示されている

50

。この実施形態において、送信電極セット 80 は、外側円形リング送信電極 140 と、外側円形リング送信電極 140 によって取り囲まれた円盤の（すなわち、 $r_{in}$  がゼロである）形態である内側送信電極 142 と、を含む一对の同心状電極を含む。受信電極セット 100 は、同様に、外側円形リング受信電極 144 と、外側円形リング受信電極 144 によって取り囲まれた円盤の（すなわち  $r_{in}$  がゼロである）形態である内側受信電極 146 と、を含む一对の同心状電極を含む。この実施形態において、送信電極セット 80 及び受信電極セット 100 の両方の電極は、 $z$  軸に中心を有し、送信電極セット 80 及び受信電極セット 100 の電極の平面は平行であり、 $x - y$  平面にある。

#### 【0053】

ここで図 10 a 及び 10 b を参照すると、送信電極セット 80 の他の実施形態が示されている。この実施形態において、送信電極セット 80 は、外側楕円リング送信電極 150 と、外側楕円リング送信電極 150 によって取り囲まれた内側楕円リング送信電極 152 と、を含む一对の同心状電極を含む。送信電極セット 80 の電極は  $z$  軸に中心を有し、送信電極セット 80 の電極の平面は平行であり、 $x - y$  平面にある。送信電極セット 80 が示されているが、受信電極セット 100 も同じように構成されうることが了解されるであろう。

#### 【0054】

ここで図 11 a 及び図 12 b を参照すると、送信電極セット 80 の別の実施形態が示されている。図 11 a において示された実施形態において、送信電極セット 80 は、外側四角形リング送信電極 156 a と、外側四角形リング送信電極 156 a によって取り囲まれた内側四角形送信電極 158 a と、を含む一对の同心状送信電極を含む。図 11 b において示された実施形態において、送信電極セット 80 は、外側長方形リング送信電極 156 b と、外側長方形リング送信電極 156 b によって取り囲まれた内側長方形リング送信電極 158 b と、を含む一对の同心状送信電極を含む。図 11 a 及び 11 b に示された実施形態において、送信電極セット 80 の電極は  $z$  軸に中心を有し、送信電極セット 80 の電極の平面は平行であり、 $x - y$  平面にある。送信電極セット 80 のみが示されているが、受信電極セット 100 も同様に構成されうることが了解されるであろう。

#### 【0055】

ここで図 12 a 及び 12 b を参照すると、送信電極セット 80 及び受信電極セット 100 の他の実施形態が示されている。図 12 a に示された実施形態において、送信電極セット 80 は、共通中心軸を有する外側楕円リング送信電極と内側楕円リング送信電極と、を含む一对の同心状送信電極 160 を含む。内側楕円リング送信電極は、外側楕円リング送信電極によって取り囲まれている。受信電極セット 100 は、共通中心軸を有しない外側楕円リング受信電極と内側楕円リング受信電極と、を含む一对の同心状受信電極 162 を含む。内側楕円リング受信電極は、外側楕円リング受信電極によって取り囲まれている。送信電極セット 80 の電極 160 は共通中心軸を有するものとして示され、受信電極セット 100 の電極 162 は共通中心軸を有しないものとして示されているが、この構成は反対とすることができることは了解されるであろう。

#### 【0056】

図 12 b において示される実施形態において、送信電極セット 80 は、共通中心軸を有しない外側楕円リング送信電極と内側楕円リング送信電極と、を含む一对の同心状送信電極 164 を含む。内側楕円リング送信電極は、外側楕円リング送信電極によって取り囲まれている。受信電極セット 100 は、共通中心軸を有しない外側楕円リング受信電極と内側楕円リング受信電極と、を含む一对の同心状受信電極 166 を含む。内側楕円リング受信電極は、外側楕円リング受信電極によって取り囲まれている。

#### 【0057】

図 12 a 及び 12 b において示されている実施形態において、電極セットが外側楕円リング送信電極及び外側楕円リング受信電極によって共有される中心軸について軸が整列されていない場合、共振電場結合は回転角とともに変動し、回転周波数において受信器 90 によって取り出される電力の変調につながる。これは、回転周波数における波形を生成

10

20

30

40

50

する。RF-DC整流器96の同調/整合ネットワークは、角度位置に基づく結合強度の変化を補償する。前述のように、RF-DC整流器96はさらに、低周波数変調をフィルタリングして除去し、回転周期で取り出される電力を平均化するバンドパスフィルタをさらに含んでもよく、これは取り出される電力の低下につながり、電力伝達効率の低下につながりうる。

#### 【0058】

ここで図13a及び13bを参照すると、送信電極セット80及び受信電極セット100のさらなる実施形態が示されている。図13aに示された実施形態において、送信電極セット80は、外側楕円リング送信電極と、内側楕円リング送信電極と、を含む一对の同心状の、共通平面にない送信電極171を含む。内側楕円リング送信電極は、外側楕円リング送信電極のz軸に沿った射影によって取り囲まれている。受信電極セット100は、外側楕円リング受信電極と、z軸に沿ってオフセットされた内側楕円リング受信電極と、を含む一对の同心状の、共通平面にない受信電極170を含む。内側楕円リング受信電極は、外側楕円リング受信電極の、z軸に沿った射影によって取り囲まれる。

10

#### 【0059】

図13bに示された実施形態において、送信電極セット80は、外側四角形リング送信電極と、z軸に沿ってオフセットされた内側四角形リング送信電極と、を含む一对の同心状の、共通平面にない送信電極173を含む。内側四角形リング送信電極は、外側四角形リング送信電極のz軸に沿った射影によって取り囲まれる。受信電極セット100は、外側四角形リング受信電極と、z軸に沿ってオフセットされた内側四角形リング受信電極と、を含む一对の同心状の、共通平面にない受信電極172を含む。内側四角形リング受信電極は、外側四角形リング受信電極のz軸に沿った射影によって取り囲まれる。一对の同心状の、共通平面にない受信電極172は、一对の同心状の、共通平面にない送信電極173よりも実質的に小さな体積を画定する。

20

#### 【0060】

ここで図14を参照すると、送信電極セット80及び受信電極セット100の他の実施形態が示されている。この実施形態において、送信電極セット80は、外側楕円リング送信電極と、外側楕円リング送信電極によって取り囲まれた内側楕円リング電極と、を含む一对の同心状の、共通平面にある送信電極174を含む。受信電極100は、外側楕円リング受信電極と、z軸に沿ってオフセットされた内側楕円リング受信電極と、を含む一对の同心状の、共通平面にない受信電極176を含む。内側楕円リング受信電極は、外側楕円リング受信電極のz軸に沿った射影によって取り囲まれる。送信電極セット80及び受信電極セット100の両方の電極は、z軸に中心を有する。送信電極セット80は、一对の同心状の、共通平面にある送信電極174を含むものとして示され、受信電極セット100は、一对の同心状の、共通平面にない受信電極176を含むものとして示されているが、この構成は反対とすることができることは理解されるであろう。

30

#### 【0061】

ここで図15を参照すると、送信電極セット80及び受信電極セット100の他の実施形態が示されている。この実施形態において、送信電極セット80は、外側楕円リング送信電極と、z軸に沿ってオフセットされた内側楕円リング送信電極と、を含む一对の同心状の、共通平面にない送信電極178を含む。内側楕円リング送信電極は、外側楕円リング送信電極の射影によって取り囲まれる。内側楕円リング送信電極は、外側楕円送信電極と軸が整列されていない。受信電極セット100は、外側楕円リング受信電極と、z軸に沿ってオフセットされた内側楕円リング受信電極と、を含む、一对の同心状の、共通平面にない受信電極179を含む。内側楕円リング受信電極は、外側楕円リング受信電極のz軸に沿った射影によって取り囲まれる。内側楕円リング受信電極は、外側楕円受信電極と軸が整列されていない。

40

#### 【0062】

ここで図16aを参照すると、送信電極セット80の他の実施形態が示されている。この実施形態において、送信電極セットは、同一の半径(すなわち、 $r_{in} = R_{in}$ 及びr

50

$r_{out} = R_{out}$ ) を有する外側楕円リング送信電極と内側楕円リング送信電極とを含む一对の同心状電極 180 を含む。送信電極セット 80 が示されているが、この構成は受信電極セット 100 にも適用可能であることは了解されるであろう。

#### 【0063】

ここで図 16 b を参照すると、送信電極セット 80 及び受信電極セット 100 の他の実施形態が示されている。この実施形態において、送信電極セット 80 は、同一の半径 (すなわち、 $r_{in} = R_{in}$  及び  $r_{out} = R_{out}$ ) を有する外側楕円リング送信電極と内側楕円リング送信電極とを含む一对の同心状送信電極 182 を含む。受信電極セット 100 は、同一の半径の電極 (すなわち、 $r_{in} = R_{in}$  及び  $r_{out} = R_{out}$ ) を有する外側楕円リング受信電極と内側楕円リング受信電極とを含む一对の同心状受信電極 184 を含む。一对の同心状受信電極 184 は、一对の同心状送信電極 182 よりも実質的に小さな体積を画定する。

10

#### 【0064】

ここで図 16 c を参照すると、送信電極セット 80 及び受信電極セット 100 の他の実施形態が示されている。この実施形態において、送信電極セット 80 は、同一の半径 (すなわち、 $r_{in} = R_{in}$  及び  $r_{out} = R_{out}$ ) を有する外側リング送信電極と内側リング送信電極とを含む一对の、共通平面にない同心状送信電極 308 を含む。受信電極セット 100 も同様に、同一の半径 (すなわち、 $r_{in} = R_{in}$  及び  $r_{out} = R_{out}$ ) を有する外側リング受信電極と内側リング受信電極とを含む一对の同心状受信電極 310 を含む。受信電極 310 は、送信電極 308 によって画定される体積の内側に位置する。

20

#### 【0065】

ここで図 17 を参照すると、送信電極セット 80 及び受信電極セット 100 の他の実施形態が示されている。この実施形態において、送信電極セット 80 は、外側円形リング送信電極と、外側円形リング送信電極によって取り囲まれた内側円形リング送信電極と、を含む一对の同心状送信電極 190 を含む。受信電極セット 100 は、外側四角形リング受信電極と、外側四角形リング受信電極によって取り囲まれた内側四角形リング受信電極と、を含む一对の同心状受信電極 192 を含む。送信電極セット 80 は円形リング送信電極を含むものとして示され、受信電極セット 100 は四角形リング受信電極を含むものとして示されているが、これは反対とし得ることは理解されるであろう。

#### 【0066】

ここで図 18 a 及び 18 b を参照すると、送信電極セット 80 及び受信電極セット 100 の他の実施形態が示されている。図 18 a に示された実施形態において、送信電極セット 80 は、外側円形リング送信電極と、外側円形リング送信電極によって取り囲まれた内側円形リング送信電極と、を含む一对の同心状送信電極 193 を含む。受信電極セット 100 は、外側四角形リング受信電極と、外側四角形リング受信電極によって取り囲まれた内側四角形リング受信電極と、を含む一对の同心状受信電極 194 を含む。同心状送信電極 193 及び同心状受信電極 194 は同軸上に整列される。そのため、同心状受信電極 193 が z 軸について (図 3 を参照) 回転されると、同心状送信電極 193 及び同心状受信電極 194 によって定義された重複面積は一定を維持する。これは、図 18 a 及び 18 b に明確に示されている。図 18 a は、 $\theta$  が  $0^\circ$  に等しい同心状送信電極 193 及び受信電極 194 を示している。図 18 b は同心状受信電極 193 が z 軸について  $45^\circ$  回転した状態である同心状送信電極 193 及び受信電極 194 を示している。送信電極 193 及び受信電極 194 の一方が円形リング電極を含む限り、送信電極 193 及び受信電極 194 によって画定される重複面積は一定を維持するため、電場は z 軸についての回転全体を通して送信電極 193 と受信電極 194 との間で均一に結合される。

30

40

#### 【0067】

しかし、同心状送信電極 194 及び受信電極 194 の一方が非中心回転軸を有する場合、共振電場結合は回転角に伴って変動し、回転周波数における電力変調を生じることとなる。ここで図 19 を参照すると、図示された受信電極 194 は非中心回転軸を有する。図 19 は、 $\theta$  が  $0^\circ$  に等しい軸を外れた回転を示している。図 20 は、 $\theta$  が  $45^\circ$  に等しい

50

回転を有する同心状受信電極 193 との軸を外れた回転を示している。結合における変動がシステム 70 の共振周波数もしくはシステム 70 の電力伝送効率のいずれかまたは両方を変化させる。前述のように、この効果は、整列の目的のために軸を外れた回転を検出するため、または回転周波数における特定の波形を生成するために使用可能である。電力伝達効率の変化は、出力電力の変動を引き起こし、そのため波形を生成する。同心状送信電極 193 及び受信電極 194 は、特定の波のパターンを生成するように設計される。これらの波のパターンは、回転角とともに必要な電力が変動する負荷について使用可能である。

#### 【0068】

ここで図 21 を参照すると、送信電極セット 80 及び受信電極セット 100 の他の実施形態が示されている。この実施形態において、送信電極セット 80 は、外側楕円リング送信電極と、外側楕円リング送信電極によって取り囲まれた内側楕円リング送信電極と、を含む一对の、共通平面にある同心円状送信電極 196 を含む。受信電極セットは、外側弧状受信電極と内側弧状受信電極とを含む一对の弧状受信電極 198 を含む。外側弧状受信電極は、外側楕円リング送信電極の区画であるような形状にされる。内側弧状受信電極は、内側楕円リング送信電極の区画であるような形状にされる。ただ一对の弧状受信電極 198 のみが示されているが、この実施形態において、複数の受信弧状電極が、同一の対の同心状送信電極 196 に結合されてもよいことは了解されるであろう。さらに、送信電極セット 80 は一对の、共通平面にある同心状の送信電極 196 を含むものとして示され、受信電極セット 100 は一对の弧状受信電極 198 を含むものとして示されているが、この構成は反対となりうることは了解されるであろう。

#### 【0069】

ここで図 22 a から 22 d を参照すると、送信電極セット 80 及び受信電極セット 100 の他の実施形態が示されている。図 22 a に示された実施形態において、送信電極セット 80 は、外側円形リング送信電極と、外側円形リング送信電極によって取り囲まれた内側円形リング送信電極と、を含む一对の、共通平面にある同心状電極 200 を含む。各円形リング送信電極は、長方形を回転することによって形成されるトロイド形状によって定義される。この実施形態において、受信電極セット 100 は、送信電極セット 80 と同一である。

#### 【0070】

図 22 b に示された実施形態において、送信電極セット 80 は、共通中心軸を有しない外側楕円リング送信電極と内側楕円リング送信電極とを含む一对の同心状送信電極 202 を含む。内側楕円リング送信電極は、外側楕円リング送信電極によって取り囲まれている。各楕円リング送信電極は、長方形を回転させることによって形成されるトロイド形状によって定義される。受信電極セット 100 は、共通中心軸を有しない外側楕円リング受信電極と内側楕円リング受信電極とを含む一对の同心状受信電極 203 を含む。内側楕円リング受信電極は、外側楕円リング受信電極によって取り囲まれる。各楕円リング受信電極は、長方形を回転することによって形成されるトロイド形状によって定義される。

#### 【0071】

図 22 c において示される実施形態において、送信電極セット 80 は、外側円形リング送信電極と、外側円形リング送信電極によって取り囲まれた内側円形リング送信電極と、を含む一对の同心状の、共通平面にある電極 204 を含む。各円形リング送信電極は、円を回転することによって形成されるトロイド（すなわち、トーラス）によって定義される。この実施形態において、受信電極セット 100 は、送信電極セット 80 と同一である。

#### 【0072】

図 22 d において示された実施形態において、送信電極セット 80 は、共通中心軸を有さない外側円形リング送信電極と内側円形リング送信電極とを含む一对の同心状送信電極 206 を含む。内側円形リング送信電極は、外側円形リング送信電極の z 軸に沿った射影によって取り囲まれる。各円形リング送信電極は、円を回転することによって形成されるトロイド（すなわち、トーラス）によって定義される。受信電極セット 100 は、共通中

10

20

30

40

50

心軸を有しない外側円形リング受信電極と内側円形リング受信電極とを含む同心状受信電極 207 を含む。内側円形リング受信電極は、外側円形リング受信電極の z 軸に沿った射影によって取り囲まれる。各円形リング受信電極は、円を回転させることによって形成されるトロイド（すなわち、トーラス）によって定義される。

【0073】

ここで、図 23 a から 23 c を参照すると、送信電極セット 80 及び受信電極セット 100 の他の実施形態が示されている。図 23 a に示された実施形態において、送信電極セット 80 は、外側楕円リング送信電極と、外側楕円リング送信電極によって取り囲まれた内側楕円リング送信電極と、を含む一对の同心状送信電極 208 を含む。受信電極セット 100 は、外側楕円リング受信電極と、外側楕円リング受信電極によって取り囲まれた内側楕円リング受信電極と、を含む一对の同心状受信電極 210 を含む。送信電極セット 80 の平面と受信電極セット 100 の平面との間の角度は、約 45° である。

10

【0074】

ここで、図 23 b を参照すると、送信電極セット 80 は、外側楕円リング送信電極と、外側楕円リング送信電極によって取り囲まれた内側楕円リング送信電極と、を含む一对の同心状送信電極 212 を含む。受信電極セット 100 は、外側楕円リング受信電極と、外側楕円リング受信電極の射影によって取り囲まれた内側楕円リング受信電極と、を含む一对の同心状の、共通平面にない受信電極 214 を含む。送信電極セット 80 によって画定される平面と受信電極セット 100 の平面との間の角度は、約 45° である。

20

【0075】

ここで図 23 c を参照すると、送信電極セット 80 は、外側楕円リング送信電極と、外側楕円リング送信電極の z 軸に沿った射影によって取り囲まれた内側楕円リング送信電極と、を含む一对の同心状の、共通平面にない送信電極 216 を含む。受信電極セット 100 は、外側楕円リング受信電極と、外側楕円リング受信電極によって取り囲まれた内側楕円リング受信電極と、を含む一对の同心状の、共通平面にある受信電極 218 を含む。送信電極セット 80 の平面と受信電極セット 100 の平面との間の角度は、約 90° である。送信電極セット 80 及び受信電極 100 が特定の角度として示されているが、その他の角度も可能であることは了解されるであろう。

【0076】

図 24 a から 24 c を参照すると、送信電極セット 80 及び受信電極セット 100 の他の実施形態が示されている。図 24 a に示された実施形態において、送信電極セット 80 は、4 つの、共通平面にある同心状円形リング送信電極 220 を含む。リング送信電極は交互に 1 つに短絡されている。この実施形態において、受信電極セット 100 は、送信電極セット 80 と同一である。

30

【0077】

図 24 b において示された実施形態において、送信電極セット 80 は、4 つの、共通平面にある同心状円形リング送信電極 222 を含む。リング送信電極は交互に 1 つに短絡されている。各リング送信電極は、長方形を回転することによって形成されるトロイドである。この実施形態において、受信電極セット 100 は、送信電極セット 80 と同一である。

40

【0078】

図 24 c において示された実施形態において、送信電極セット 80 は、4 つの、共通平面にある同心状円形送信電極 224 を含む。リング送信電極は交互に 1 つに短絡されている。各リング送信電極は、回転する円形によって形成されるトロイド（すなわち、トーラス）である。この実施形態において、受信電極セット 100 は、送信電極セット 80 と同一である。

【0079】

2 つの、共通平面にある同心状円形リング送信電極 220 及び、2 つの、共通平面にある同心状円形リング送信電極 222 は、電極のバックアップセットとして機能しうる。

【0080】

50

実施形態を、電極セット 80 及び 100 が 4 つの電極を含むものとして説明したが、電極セット 80 及び 100 は 3 つ以上の電極を含みうることは了解されるであろう。

【0081】

ここで、図 25 a 及び 25 b を参照すると、送信電極セット 80 の他の実施形態が示されている。図 25 a に示された実施形態において、送信電極セット 80 は外側楕円リング送信電極と、外側リング送信楕円電極によって取り囲まれた内側楕円リング送信電極と、を含む一対の、共通平面にある同心状電極 226 を含む。外側楕円リング送信電極及び内側楕円リング送信電極は、方位角方向に非対称である。この実施形態において、共振電場結合は、回転角とともに変動し、回転周波数において受信器 90 によって取り出される電力の変調をもたらす。これは、回転周波数における波形を生成する。前述のように、電力変調は、少なくとも部分的に、角度位置に基づく結合強度の変化を補償する RF - DC 整流器 96 の同調 / 整合ネットワークで排除されうる。軸を外れた回転は、システム 70 の相互容量の変動を生じ、これはインピーダンスの変化を発生させ、RF - DC 整流器 96 の同調 / 整合ネットワークによって補償される。RF - DC 整流器 96 はさらに、低周波数変調をフィルタリングして除去し、回転周期で取り出された電力を平均化するためのバンドパスフィルターを含んでもよく、これは取り出される電力の低下につながり、電力伝送効率の低下につながりうる。送信電極セット 80 が同心状電極 226 を含むものとして示されたが、受信電極セット 100 が同様に構成されてもよいことは了解されるであろう。

10

【0082】

図 25 b に示された実施形態において、送信電極 80 は、外側楕円リング送信電極と、外側楕円リング送信電極によって取り囲まれた内側楕円リング送信電極と、を含む一対の同心状の、共通平面にある電極 227 を含む。外側楕円リング送信電極及び内側楕円リング送信電極は、方位角方向に非対称である。この実施形態において、共振電場結合は回転角とともに変動し、回転周波数において受信器 90 によって取り出される電力の変調をもたらす。これは、回転周波数における波形を生成する。前述のように、電力変調は、少なくとも部分的に、角度位置に基づく結合強度の変化を補償する RF - DC 整流器 96 の同調 / 整合ネットワークで排除されうる。軸を外れた回転は、システム 70 の相互容量の変動を引き起こし、これはインピーダンスの変化を生じ、RF - DC 整流器 96 の同調 / 整合ネットワークによって補償される。RF - DC 整流器 96 はさらに、低周波数変調をフィルタリングして除去し、回転周期で取り出される電力を平均化するためのバンドパスフィルターを含んでもよく、これは取り出される電力の低下につながり、電力伝送効率の低下につながりうる。送信電極セット 80 が同心状電極 227 を含むものとして示されているが、受信電極セット 100 も同様に構成されうることは了解されるであろう。

20

30

【0083】

ここで図 26 a を参照すると、無線電力伝送システム 228 の他の実施形態が示されている。この実施形態において、無線電力伝送システム 228 は、送信器 230 と、第 1 の受信器 250 と、第 2 の受信器 270 と、を含む。送信器 230 は、電力インバータ 234 に電氣的に接続された電源 232 を含み、これは今度は誘導性送信バラン 236 を通って電氣的に接続される。誘導性送信バラン 236 は、非平衡システムと平衡システムとを相互接続し、インピーダンス変換を行う。送信器 230 はさらに、直列高 Q 値送信インダクタ 238 を介して誘導性送信バラン 236 に電氣的に接続された送信電極セット 240 を含む。

40

【0084】

送信電極セット 240 は、3 つの、共通平面にある同心状容量性送信電極を含む。この実施形態において、容量性送信電極は、外側円形リング送信電極と、一対の横方向に離隔された内側円形リング送信電極と、を含む。内側円形リング送信電極は、外側円形リング送信電極によって取り囲まれている。送信電極セット 240 の各容量性送信電極は、高 Q 値送信インダクタ 238 の 1 つを介して容量性送信バラン 236 に接続されている。送信電極セット 240 の容量性送信電極は、特定の動作周波数で直列高 Q 値送信インダクタ 2

50

38と共振し、送信共振器242を形成する。

【0085】

第1の受信器250は、レギュレータ254に電氣的に接続された負荷252を含み、レギュレータ254は高周波・直流(RF-DC)整流器256に電氣的に接続される。この実施形態において、RF-DC整流器256は、低い接合容量、高い逆降伏電圧および低い順電圧降下を有する超高速ダイオードを採用する。RF-DC整流器256はまた、同期MOSFET(金属・酸化物・半導体電界効果トランジスタ)も採用しうる。RF-DC整流器256は、同調/整合ネットワークを含む。RF-DC整流器は、誘導性受信バラン258を通して電氣的に接続される。誘導性送信バラン238と同様に、誘導性受信バラン258は、非平衡システムと平衡システムとを相互接続し、インピーダンス変換を行う。第1の受信器250はさらに、直列高Q値受信インダクタ262を介して誘導性受信バラン258に電氣的に接続された電極セット260を含む。電極セット260は、内側円形リング受信電極と、内側円形リング受信電極を取り囲む外側円形リング受信電極と、を含む一対の同心状容量性受信電極を含む。電極セット260の各容量性受信電極は、高Q値受信インダクタ262の1つを介して容量性受信バラン258に接続される。電極セット260の容量性受信電極は、送信共振器242と同一の動作周波数で直列高Q値受信インダクタ262と共振し、第1の受信共振器264を形成する。

10

【0086】

第2の受信器270は、レギュレータ274に電氣的に接続された負荷272を含み、レギュレータ274は今度は高周波・直流(RF-DC)整流器276に電氣的に接続される。この実施形態において、RF-DC整流器276は、低い接合容量、高い逆降伏電圧および低い順電圧降下を有する超高速ダイオードを採用する。RF-DC整流器276は、同期MOSFET(金属・酸化物・半導体電界効果トランジスタ)を採用してもよい。RF-DC整流器276は、同調/整合ネットワークを含む。RF-DC整流器276は、誘導性受信バラン278を通して電氣的に接続される。誘導性送信バラン278と同様に、誘導性受信バラン278は、非平衡システムと平衡システムとを相互接続し、インピーダンス変換を行う。第2の受信器270はさらに、直列高Q値受信インダクタ282を介して誘導性受信バラン278と電氣的に接続された電極セット280を含む。電極セット280は、内側円形リング受信電極と、内側円形リング受信電極を取り囲む外側円形リング受信電極と、を含む一対の同心状容量性受信電極を含む。電極セット280の各容量性受信電極は、高Q値受信インダクタ282の1つを介して容量性受信バラン278と接続される。電極セット280の容量性受信電極は、送信共振器242と同一の動作周波数で直列高Q値受信インダクタ282と共振し、第2の受信共振器284を形成する。

20

30

【0087】

動作時、電力は電源232から電力インバータ234に伝達される。電力インバータ234は動作周波数でRF信号を出力し、RF信号は、送信共振器242を誘導性送信バラン236を介して励起し、送信共振器242に交流共振電場を発生させる。第1の共振器250は共振電場内に配置され、第1の受信共振器264は、送信器230から共振電場結合を介して電力を取り出す。次いで、第1の受信共振器264に伝達された電力は、誘導性受信バラン258を介してRF-DC整流器256に伝達され、電力が整流される。次いで、整流された電力は、電力を調整するレギュレータ254に伝達される。次いで、調整された電力は負荷252に印加される。RF-DC整流器256の同調/整合ネットワークは、送信共振器242及び第1の受信共振器264が確実に臨界結合されるようにする。

40

【0088】

同様に、第2の受信器270が電場内に配置されると、第2の受信共振器284は、送信器230から共振電場結合を介して電力を取り出す。次いで、第2の受信共振器284に伝達された電力は、誘導性受信バラン278を介してRF-DC整流器276に伝達され、電力が整流される。次いで、整流された電力は、電力を調整するレギュレータ274に伝達される。次いで、調整された電力は負荷272に印加される。RF-DC整流器2

50

76の同調/整合ネットワークは、送信共振器242及び第2の受信共振器284が確実に臨界結合されるようにする。

【0089】

ここで図26bを参照すると、送信電極セット240並びに第1の受信電極セット260及び第2の受信電極セット280の他の実施形態が示されている。この実施形態において、送信電極セット260は、2つの円形開口部が内部に形成された外側平面電極290と、外側平面電極290の第1の開口部内に配置された第1の内側円形リング送信電極292と、外側平面電極290の第2の開口部内に配置された第2の送信内側リング送信電極294と、を含む3つの電極を含む。

【0090】

第1の受信電極セット260は、外側円形リング受信電極と、外側円形リング受信電極によって取り囲まれた内側円形リング受信電極と、を含む一对の、共通平面にある同心状電極296を含む。第2の受信電極セット280は、外側円形リング受信電極と、外側円形リング受信電極によって取り囲まれた内側円形リング受信電極と、を含む一对の、共通平面にある同心状電極298を含む。

【0091】

ここで、図27a及び27bを参照すると、システム70の送信電極セット80及び受信電極セット100の他の実施形態が示されている。図27aに示された実施形態において、送信電極セット80は、外側リング送信電極と、円盤形状の(すなわち、 $r_{in}$ が0である)内側リング送信電極と、を含む一对の同心状送信電極300を含む。受信電極セット100は同様に、外側リング受信電極と、円盤形状の(すなわち、 $r_{in}$ が0である)内側リング受信電極と、を含む一对の同心状受信電極302を含む。図に示されるように、受信電極302は、送信電極300とは軸がオフセットされている。この実施形態において、受信電極302は送信電極300のz軸の周りに回転する。この軸から外れた整列の効果は、図8aから8dを参照して議論される。

【0092】

図27bに示された実施形態において、送信電極セット80は、外側円形リング送信電極と、円盤形状の(すなわち、 $r_{in}$ が0である)内側円形送信電極と、を含む一对の同心状送信電極304を含む。受信電極セット100は、同様に、外側円形リング受信電極と、円盤形状の(すなわち、 $r_{in}$ が0である)内側円形受信電極と、を含む一对の同心状受信電極306を含む。図に示されるように、受信電極306は、送信電極304とは軸がオフセットされている。さらに、この実施形態において、受信電極306は、送信電極304のz軸の周りに及び受信電極306のz軸の周りに回転する。この軸を外れた整列の効果は、図8aから8dを参照して議論される。

【0093】

ここで、図28a及び28bを参照すると、送信電極セット80及び受信電極セット100の他の実施形態が示されている。図28aに示された実施形態において、送信電極セット80は、同一の半径(すなわち、 $r_{in} = R_{in}$ 、 $r_{out} = R_{out}$ )を有する第1の外側円筒形送信電極と、第2の外側円筒形送信電極と、を含む一对の同心状送信電極312を含む。受信電極セット100は、同様に、同一の半径(すなわち、 $r_{in} = R_{in}$ 、 $r_{out} = R_{out}$ )を有する第1の内側円筒形受信電極と、第2の内側円筒形受信電極と、を含む一对の同心状受信電極314を含む。各受信電極314は、対応する送信電極312内に配置される。図2の送信電極セット80及び100に対して、同心状送信電極312及び受信電極314の表面積が増加すると、表面積が静電容量に比例するため、静電容量の増加につながる。さらに、動作周波数は静電容量の2乗に反比例するため、静電容量が増加すると、動作周波数が低下する。これは、特に電子機器に利益がありうる。

【0094】

図28bに示された実施形態において、送信電極セット80は、半径が同一でない第1の外側円筒形送信電極と、第2の外側円筒形送信電極と、を含む一对の同心状送信電極3

10

20

30

40

50

16を含む。受信電極セット100は、半径が同一でない第1の内側円筒形受信電極と、第2の内側円筒形受信電極と、を含む一对の同心状受信電極318を含む。各受信電極318は、対応する送信電極316内に配置される。送信電極セット80は、同心状送信電極316を含むものとして説明され、受信電極セット100は、半径が同一でない同心状受信電極318を含むものとして説明したが、この構成は逆であってもよいことは了解されるであろう。

#### 【0095】

ここで図29を参照すると、送信電極セット80及び受信電極セット100の他の実施形態が示されている。この実施形態において、送信電極セット80は、外側円錐台形送信電極と、外側円錐台形送信電極の、z軸に沿った射影によって取り囲まれた内側円錐台形送信電極と、を含む、一对の、共通平面にない同心状送信電極320を含む。受信電極セットは、外側円錐台形受信電極と、外側円錐台形受信電極の、z軸に沿った射影によって取り囲まれた内側円錐台形受信電極と、を含む一对の、共通平面にない同心状受信電極322を含む。受信電極322によって画定される円錐形状は、送信電極320によって定義された円錐形状よりも小さい。

10

#### 【0096】

ここで、図30aから30cを参照すると、送信電極セット80及び受信電極セット100の他の実施形態が示されている。この実施形態において、送信電極セット80は、中空チューブ330と棒状部332とを含む一对の同心状送信電極を含む。受信電極セット100は、内側中空チューブ334と外側中空チューブ336とを含む一对の同心状受信電極を含む。中空チューブ330は、内側中空チューブ334及び外側中空チューブ336、並びに棒状部332を覆い、棒状部332と内側中空チューブ334との間、内側チューブ334と外側チューブ336との間、及び外側チューブ336と中空チューブ330との間に間隔が存在するようにしている。この実施形態において、棒状部332は中空でないが、当業者であれば、棒状部332は中空であってもよいことを理解するであろう。内側チューブ334及び外側チューブ336は中空チューブ330と棒状部332との間にあるため、中空チューブ330と棒状部332との間の静電容量は小さい。この問題を少なくとも部分的に軽減するために、中空チューブ330は、外側チューブ336、内側チューブ334及び棒状部を覆う一端において、外側チューブ336に近接し、そのため中空チューブ330が内側チューブ334及び外側チューブ336を超えて延設し、棒状部332に近づくようにテーパ形状を有するように変化する直径を有する。中空チューブ330の直径が減少し、内側チューブ334及び外側チューブ336が、もはや中空チューブ300と棒状部302との間にないため、中空チューブ330と棒状部302との間の静電容量が増加する。

20

30

#### 【0097】

送信電極セット80は、中空チューブ330及び棒状部332を含む同心状送信電極を含むものとして説明され、受信電極セット100は、内側中空チューブ334及び外側中空チューブ336を含む同心状受信電極を含むものとして説明されているが、この構成は反対であってもよいことは理解されるであろう。

#### 【0098】

ここで、図31a及び31bを参照すると、送信電極セット80及び受信電極セット100の他の実施形態が示されている。図31aに示された実施形態において、送信電極セット80は、外側円形リング送信電極と、外側円形リング送信電極によって取り囲まれた内側円形リング送信電極と、を含む一对の同心状送信電極340を含む。受信電極セット100は、同一の半径（すなわち、 $r_{in} = R_{in}$ 、 $r_{out} = R_{out}$ ）を有する外側円形リング受信電極と内側円形リング受信電極と、を含む一对の同心状受信電極342を含む。受信電極342は、送信電極342に対して $90^\circ$ （r軸に対して回転された）である。受信電極342は、追加の回転自由度の軸を有し、これはz軸に対して垂直な任意の軸とすることができる。

40

多数の対の受信電極342が、同じ対の送信電極340に対してz軸について回転可能で

50

ある。

【0099】

送信電極セット80は、同心状送信電極340を含むものとして説明され、受信電極セット100は、送信電極340に対して90°の同心状受信電極342を含むものとして説明したが、この構成は反対であってもよいことは理解されるであろう。

【0100】

図31bに示された実施形態において、送信電極セット80は、外側円形リング送信電極と、外側円形リング送信電極によって取り囲まれた内側円形リング送信電極と、を含む一对の同心状送信電極344を含む。受信電極セット100は、外側円錐台形受信電極と、外側円錐台形受信電極の、z軸に関する射影によって取り囲まれた内側円錐台形受信電極と、を含む一对の同心状受信電極346を含む。受信電極346は、r軸について、送信電極に対して回転され、結合強度を変動させることなく曲率中心の周りに回転することができる。図31aに示された実施形態と同様に、追加的な受信電極346は、同じ対の送信電極344に対してz軸について回転することができる。

10

【0101】

ここで、図32を参照すると、送信電極セット80及び受信電極セット100の他の実施形態が示されている。この実施形態において、送信電極セット80は、一对の平行に離隔された細長い平板状の送信電極348を含む。受信電極セット100は、同一の半径(すなわち、 $r_{in} = R_{in}$ 、 $r_{out} = R_{out}$ )を有する外側円形リング受信電極と内側円形リング受信電極と、を含む一对の同心状受信電極350を含む。受信電極350は、送信平板電極348に対して90°(z軸に対して回転された)である。

20

【0102】

ここで、図33aから33eを参照すると、送信電極セット80及び受信電極セット100の他の実施形態が示されている。この実施形態において、送信電極セット80は、第1のソケット電極352と第2のソケット電極354と、を含む一对の同心状送信電極を含む。第1のソケット電極352及び第2のソケット電極354は、この実施形態では、絶縁性固体誘電体である絶縁体356によって分離されている。各ソケット電極352及び354は、給電線358によってシステム70の高Q値送信インダクタ82に接続される。同軸給電線358は、絶縁性材料360によって分離される。図33d及び33eに示されるように、第1のソケット電極352及び第2のソケット電極354は、外側ケーシング362内に収容されうる。

30

【0103】

受信電極セット100は、ソケット電極352及び354内に配置された第1のボール電極364と第2のボール電極366と、を含む一对の同心状受信電極を含む。第1のボール電極364及び第2のボール電極366は、電氣的に接続されていない。この実施形態において、第1のボール電極364及び第2のボール電極366は、絶縁性流体368によって分離されている。ボール電極364及び366は、絶縁性流体368内のボール電極364及び366の動きから短絡を防ぐために、絶縁性材料で被覆される。各ボール電極364及び366は、給電線370によってシステム70の高Q値受信インダクタ102に接続される。2つの同軸給電線370は、絶縁性材料372によって分離されている。第1のソケット電極352の開口部は、第1のボール電極364及び第2のボール電極366を、第1のソケット電極352内で旋回可能にする。第1のボール電極364及び第2のボール電極366は、z軸に関して自由に回転できる。

40

【0104】

送信電極セット80は、ソケット電極352及び354を含むものとして説明され、受信電極セット100は、ボール電極364及び366を含むものとして説明されたが、この構成は反対であってもよいことは理解されるであろう。

【0105】

ここで、図34a及び34bを参照すると、送信電極セット80及び受信電極セット100の他の実施形態が示されている。この実施形態において、送信電極セット80は、外

50

側球形電極 380 と、外側球形電極 380 内に収容された内側球形電極 382 と、を含む  
 一对の同心状送信電極を含む。外側球形電極 380 及び内側球形電極 382 は、絶縁性流  
 体 384 によって分離される。外側球形電極 380 の内側表面及び内側球形電極 382 の  
 外側表面は、絶縁性流体 384 内で電極 380 及び 382 の移動から短絡を防ぐために、  
 絶縁材料で被覆される。各球形電極 380 及び 382 は、給電線 386 によってシステム  
 70 の高 Q 値送信インダクタ 82 に接続されうる。同軸状給電線 386 は、この実施形態  
 では絶縁性固体誘電体である絶縁性材料 388 によって分離される。

【0106】

受信電極セット 100 は、外側球形電極 380 内に部分的に配置された第 1 の内側球形  
 電極 390 と第 2 の内側球形電極 392 とを含む、一对の同心状受信電極を含む。第 1 の  
 球形電極 390 及び第 2 の球形電極 392 は、絶縁性固体 394 によって分離される。各  
 球形電極 390 及び 392 は、給電線 396 によってシステム 70 の高 Q 値受信インダク  
 タ 102 に接続される。2 つの給電線 396 は、絶縁性固体 394 によって分離される。  
 この実施形態において、給電線 386 及び 396 は同軸状である。

10

【0107】

送信電極セット 80 は、外側球形電極 380 及び内側球形電極 382 を含むものとして  
 示され、受信電極セット 100 は、第 1 の内側球形電極 390 及び第 2 の内側球形電極 3  
 92 を含むものとして示されているが、これは反対であってもよいことは理解されるであ  
 ろう。さらに、給電線 386 及び 396 は同軸状であるが、その他の種類の給電線も使用  
 されてもよいことは理解されるであろう。

20

【0108】

送信電極セット 80 及び受信電極セット 100 は、複数の電極積層体を含みうる。例え  
 ば、図 35 に示されるように、送信電極セット 80 は、外側円形リング電極と、外側円形  
 リング電極によって取り囲まれた内側円形リング電極と、を含む第 1 の対の同心状送信電  
 極 402 と、外側円形リング電極と、外側円形リング電極によって取り囲まれた内側円形  
 リング電極と、を含む第 2 の対の同心状送信電極 406 と、を含む。同様に、受信電極セ  
 ット 100 は、外側円形リング電極と、外側円形リング電極によって取り囲まれた内側円  
 形リング電極と、を含む第 1 の対の同心状受信電極 404 と、外側円形リング電極と、外  
 側円形リング電極によって取り囲まれた内側円形リング電極と、を含む第 2 の対の同心状  
 送信電極 408 と、を含む。電力は、第 1 の対の同心状送信電極 402 から第 1 の対の同  
 心状受信電極 404 へ、また第 2 の対の同心状送信電極 406 から第 2 の対の同心状受信  
 電極 408 へ伝達される。

30

【0109】

送信電極セット 80 及び受信電極セット 100 は、図 36 に示されるように、システム  
 においてさらに軸として機能しうる。この実施形態において、送信電極セット 80 は、一  
 対の同心状円形リング送信電極 422 を含む。受信電極セット 100 は、一对の同心状円  
 形リング受信電極 424 を含む。この実施形態において、送信電極 422 及び受信電極 4  
 24 は z 軸に中心を有し、送信電極 422 及び受信電極 424 の平面は平行であり、x -  
 y 平面に位置する。さらに、この実施形態において、軸 420 が送信電極 422 及び受信  
 電極 424 によって取り囲まれ、送信電極 422 及び受信電極 424 によって形成された  
 開口を通る。軸 420 の長軸は、z 軸並びに、送信電極 422 及び受信電極 424 の回転  
 軸と整列する。これにより、無線電力伝達は、軸 420 に沿った任意の位置で生じること  
 ができる。これは、特に、ヘリコプターのブレードの頂部の電子機器に、機体から電力を  
 供給する場合など、軸 420 が電源の位置を超えて延設する場合に有用である。

40

【0110】

軸 420 は、導電材料からなりうる。送信電極 422 及び受信電極 424 を軸 420 から  
 分離する非導電性ギャップが存在するように、軸 420 の半径は、送信電極 422 及び  
 受信電極 424 の  $r_{in}$  よりも小さくしなければならない。非導電性ギャップの大きさは、  
 送信電極 422 及び受信電極 424 の内側電極と、軸 420 との間の静電容量が無視でき  
 るようにされる。送信電極 422 及び受信電極 424 の内側電極と、軸 420 との間の静

50

電容量が大きい場合、送信電極 4 2 2 及び受信電極 4 2 4 の内側電極間の電位差が減少することとなるため、効率的な電力伝送が達成されない。

【 0 1 1 1 】

当業者であれば、様々な実施形態、例えば楕円同心状の、共通平面にない送信電極と長方形の、共通平面にある非同心状の区画分割された受信電極とを組み合わせうることは了解するであろう。

【 0 1 1 2 】

1つの応用例において、電源 7 2 はヘリコプターの機体内の電源である。負荷 9 2 はヘリコプターの回転アセンブリの1つである。この応用例において、送信電極セット 8 0 は、受信電極セット 1 0 0 への電力の無線伝送を可能にする。送信電極セット 8 0 及び受信電極セット 1 0 0 は、ヘリコプターの回転しないアセンブリと回転するアセンブリとを電氣的にブリッジする。回転しないアセンブリ及び回転するアセンブリは、機体、機体の頂部、固定スウォッシュプレート、スウォッシュプレートの頂部、回転スウォッシュプレート、テール、マスト、レーダードーム、テールローター及びブレードを含みうる。可能な接続は、ヘリコプターの機体からマスト、固定スウォッシュプレートから回転スウォッシュプレート、機体の頂部からブレード上の区画分割された電極、機体の頂部からレーダードーム、スウォッシュプレートの頂部からレーダードーム、及びテールからテールローターを含む。

10

【 0 1 1 3 】

システムは、ロボットアーム、製造用回転アーム、自動車用ステアリングコラム、回転する風車のシャフト、地上から自動車のホイールへの電力伝送、自動車から自動車のホイール内の電気モーターへの電力伝送を含むがこれらに限定されない様々なその他の応用例に採用されうる。

20

【 0 1 1 4 】

図を参照して実施形態が説明されたが、当業者であれば、添付の特許請求の範囲において規定された本発明の範囲を逸脱することなく、変更や改良がなされうることを了解するであろう。

【 符号の説明 】

【 0 1 1 5 】

- 4 0、7 0、2 2 8 無線電力伝送システム
- 4 2、7 2、2 3 0 送信器
- 4 4、7 4、2 3 2 電源
- 4 6、8 4、2 4 2 送信共振器
- 5 0、9 0 受信器
- 5 2、1 0 4 受信共振器
- 5 4、9 2、2 5 2、2 7 2 負荷
- 7 6、2 3 4 電力インバータ
- 7 8、2 3 6、2 7 8 誘導性送信バラン
- 8 0、2 4 0 送信電極セット
- 8 0 a 内側容量性送信電極
- 8 0 b 外側容量性送信電極
- 8 2 送信インダクタ
- 9 4、2 5 4、2 7 4 レギュレータ
- 9 6、2 5 6、2 7 6 R F - D C 整流器
- 9 8、2 5 8、2 7 8 誘導性受信バラン
- 1 0 0、2 6 0、2 8 0 受信電極セット
- 1 0 2、2 6 2、2 8 2 高 Q 値受信インダクタ
- 1 3 0、1 3 4 送信同心状電極
- 1 3 2、1 3 6 受信同心状電極
- 1 4 0 外側円形リング送信電極

30

40

50

1 4 2	内側円形リング送信電極	
1 4 4	外側円形リング受信電極	
1 4 6	内側円形リング受信電極	
1 5 0	外側楕円リング送信電極	
1 5 2	内側楕円リング送信電極	
1 5 6 a	外側四角形リング送信電極	
1 5 6 b	外側長方形リング送信電極	
1 5 8 a	内側四角形送信電極	
1 5 8 b	内側長方形リング送信電極	
1 6 0、1 6 2	電極	10
1 6 4	同心状送信電極	
1 6 6	同心状受信電極	
1 7 0、1 7 2、1 7 6、1 7 9、2 1 2、3 2 0	一对の同心状の、共通平面にな	
い受信電極		
1 7 1、1 7 3、1 7 4、1 7 8、2 1 4、3 2 2	一对の同心状の、共通平面にな	
い送信電極		
1 8 0、2 0 0、2 0 4、2 2 6、2 2 7、2 9 6、2 9 8	一对の同心状電極	
1 8 2、1 9 0、1 9 3、1 9 6、2 0 2、2 0 6、2 1 6、2 2 0、3 0 0、3 0		
4、3 0 8、3 1 2、3 1 6、3 4 0、3 4 4、4 2 2	一对の同心状送信電極	
1 8 4、1 9 2、1 9 4、2 0 3、2 0 7、2 1 8、3 0 2、3 0 6、3 1 0、3 1		20
4、3 1 8、3 4 2、3 4 6、4 2 4	一对の同心状受信電極	
1 9 8	一对の弧状受信電極	
2 2 0、2 2 2、2 2 4	4つの、共通平面にある同心状円形リング送信電極	
2 3 8	直列高Q値送信インダクタ	
2 5 0	第1の受信器	
2 6 4	第1の受信共振器	
2 7 0	第2の受信器	
2 8 4	第2の受信共振器	
2 9 0	外側平面電極	
2 9 2	第1の内側円形リング送信電極	30
2 9 4	第2の内側リング送信電極	
3 3 0	中空チューブ	
3 3 2	棒状部	
3 3 4	内側中空チューブ	
3 3 6	外側チューブ	
3 5 2	第1のソケット電極	
3 5 4	第2のソケット電極	
3 5 6	絶縁体	
3 5 8、3 7 0、3 8 6、3 9 6	給電線	
3 6 0、3 7 2、3 8 8	絶縁性材料	40
3 6 2	ケーシング	
3 6 4	第1のボール電極	
3 6 6	第2のボール電極	
3 6 8	絶縁性流体	
3 8 0	外側球形電極	
3 8 2	内側球形電極	
3 9 0	第1の内側球形電極	
3 9 2	第2の内側球形電極	
3 9 4	絶縁性固体	
4 0 2	第1の対の同心状送信電極	50

- 404 第1の対の同心状受信電極
- 406 第2の対の同心状送信電極
- 408 第2の対の同心状送信電極
- 420 軸

【図1】

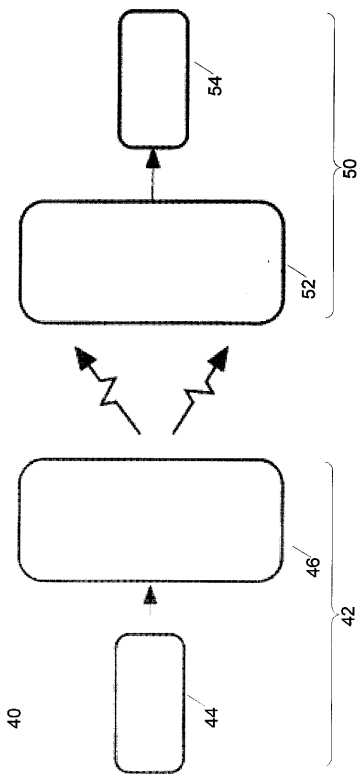


Figure 1

【図2】

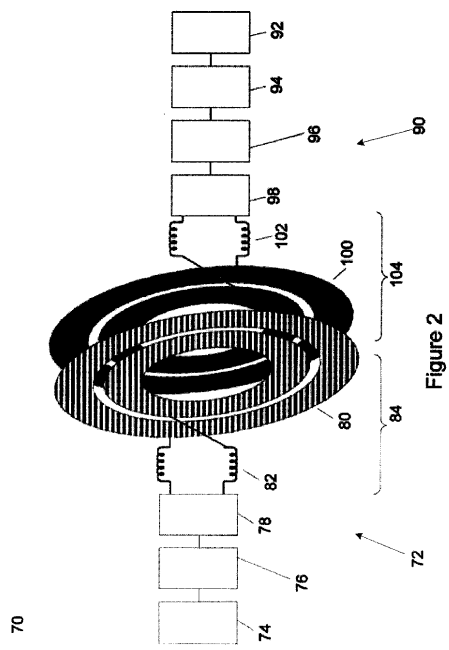


Figure 2

【 図 3 】

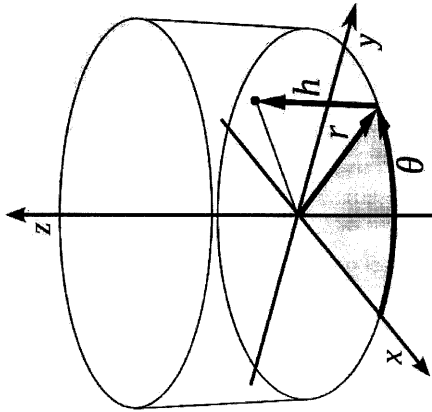


Figure 3

【 図 4 b 】

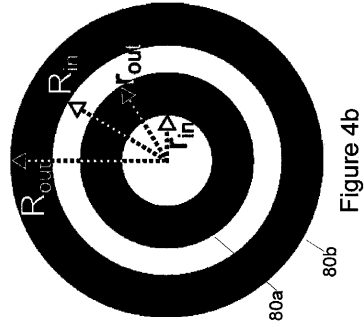


Figure 4b

【 図 4 a 】

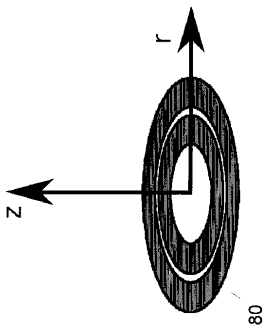


Figure 4a

【 図 5 】

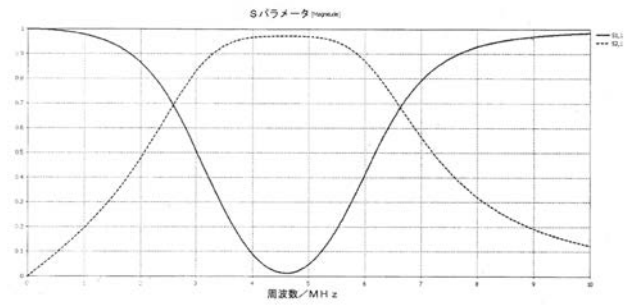


Figure 5

【 図 6 】

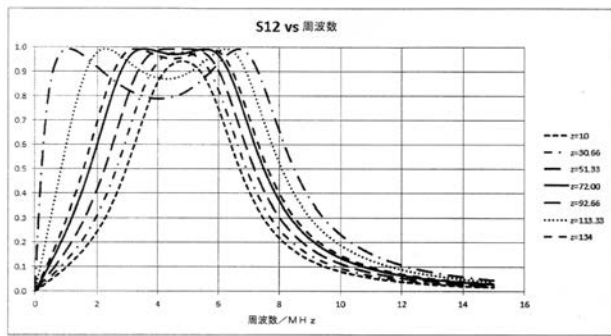


Figure 6

【 図 8 a 】

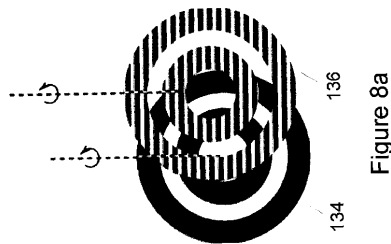


Figure 8a

【 図 8 b 】

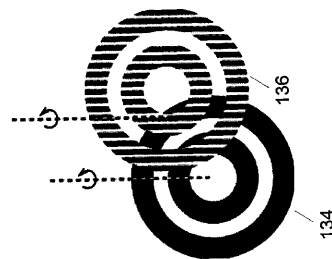


Figure 8b

【 図 7 】

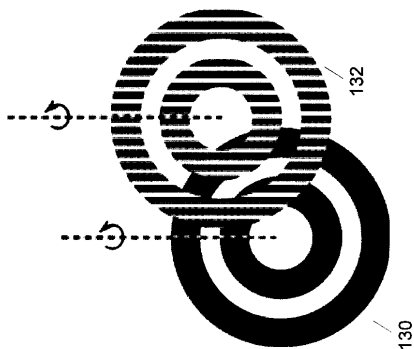


Figure 7

【 図 8 c 】

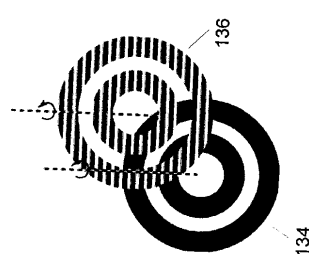


Figure 8c

【 図 8 d 】

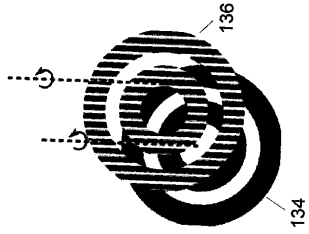


Figure 8d

【 図 9 】

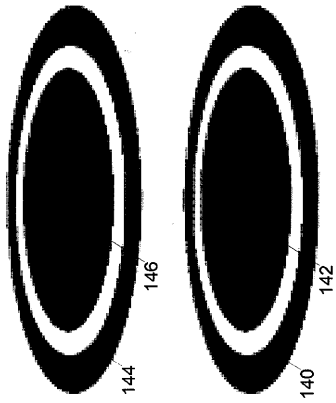


Figure 9

【 図 10 a 】

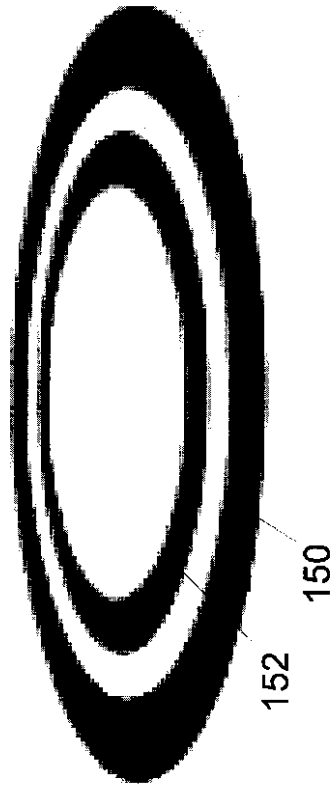


Figure 10a

【 図 10 b 】

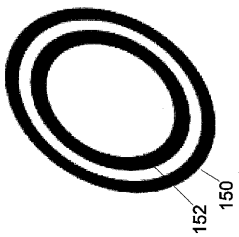


Figure 10b

【 図 11 a 】

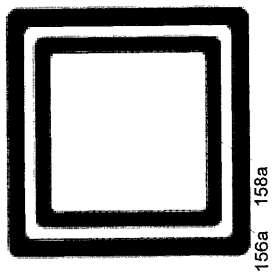


Figure 11a

【 図 11 b 】

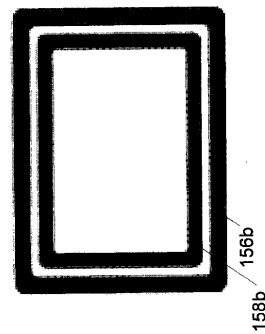


Figure 11b

【 図 12 a 】

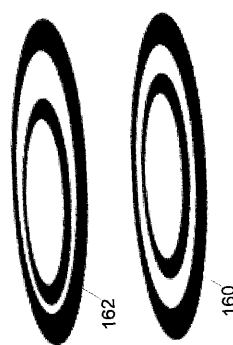


Figure 12a

【 図 1 2 b 】

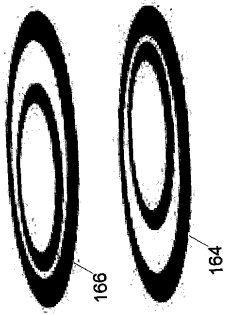


Figure 12b

【 図 1 3 a 】

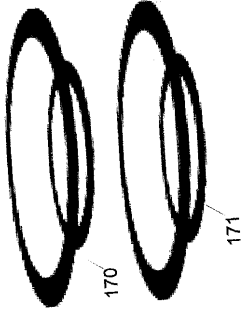


Figure 13a

【 図 1 3 b 】

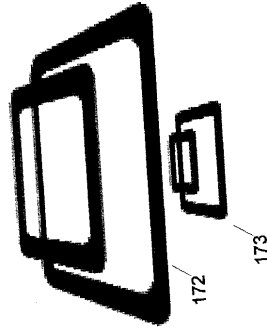


Figure 13b

【 図 1 4 】

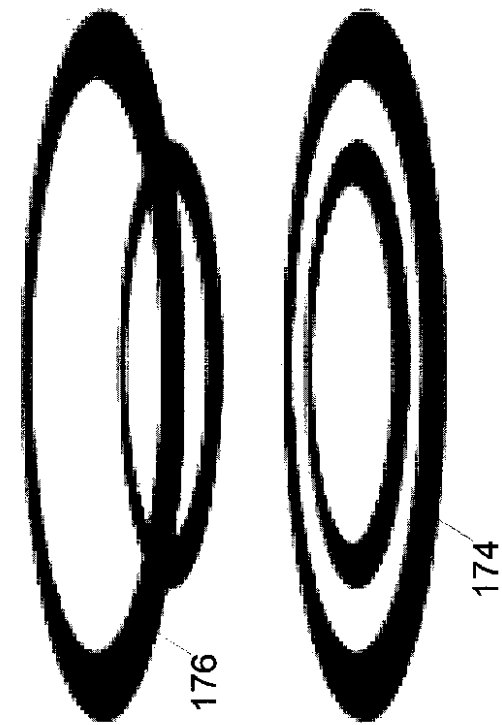


Figure 14

【 図 1 5 】

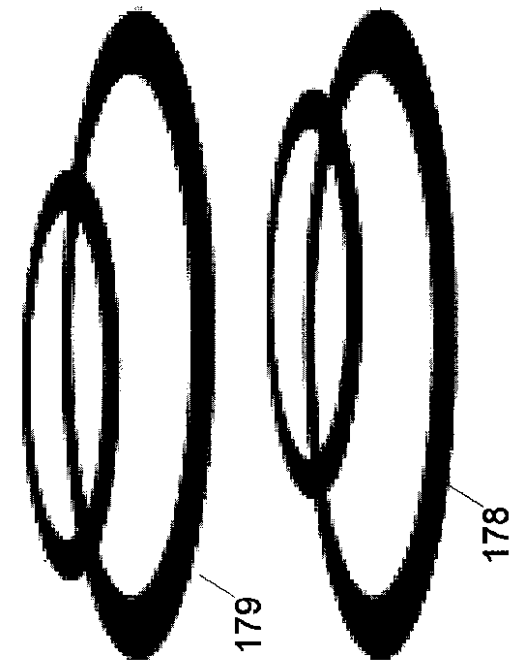


Figure 15

【 図 1 6 a 】



Figure 16a

【 図 1 6 b 】

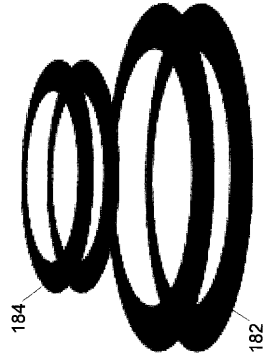


Figure 16b

【 図 1 6 c 】

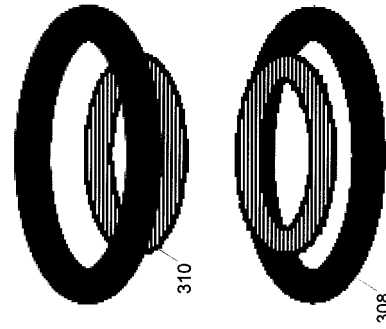


Figure 16c

【 図 1 7 】

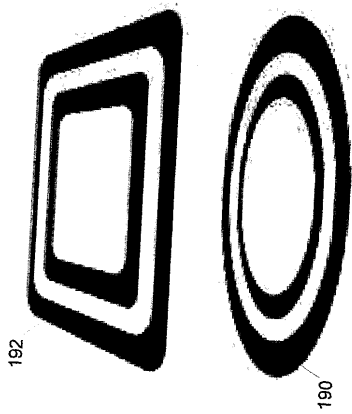


Figure 17

【 図 1 8 b 】

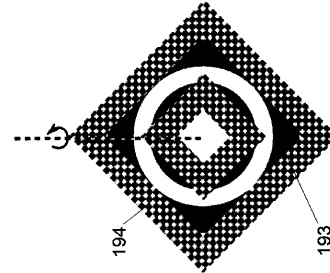


Figure 18b

【 図 1 8 a 】

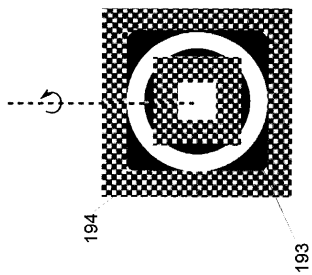


Figure 18a

【 図 1 9 】

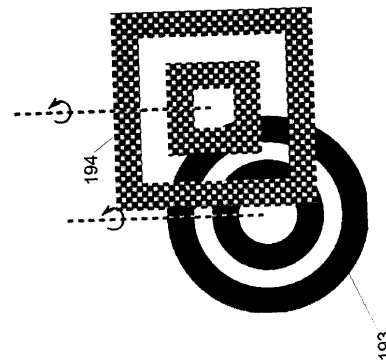


Figure 19

【 図 2 0 】

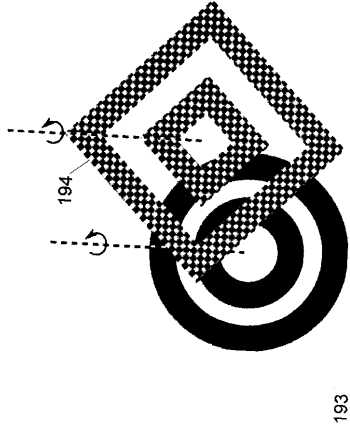


Figure 20

193

【 図 2 1 】

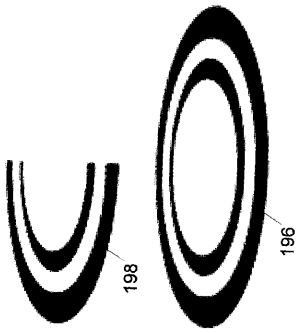


Figure 21

【 図 2 2 b 】

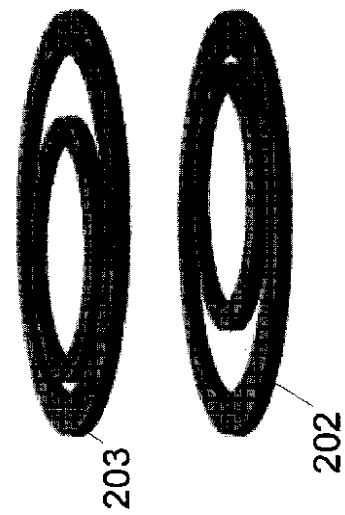


Figure 22b

【 図 2 2 a 】

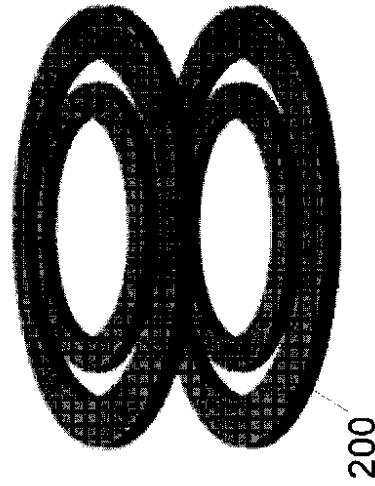


Figure 22a

【 図 2 2 c 】

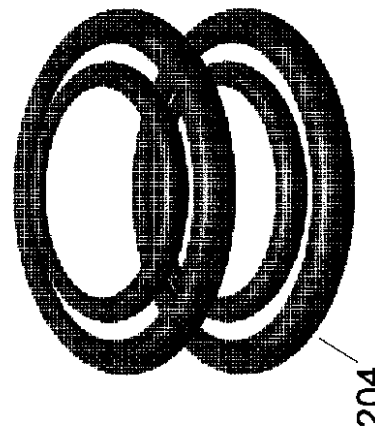


Figure 22c

【 図 2 2 d 】

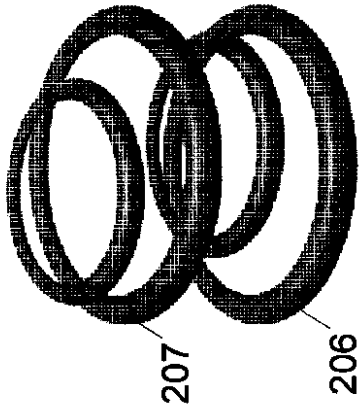


Figure 22d

【 図 2 3 a 】

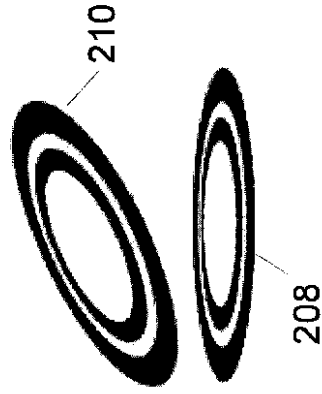


Figure 23a

【 図 2 3 b 】

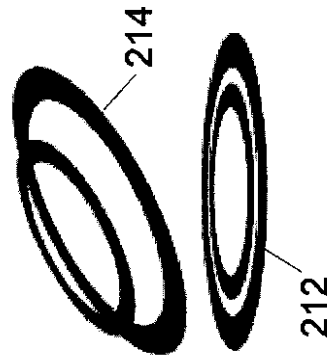


Figure 23b

【 図 2 3 c 】

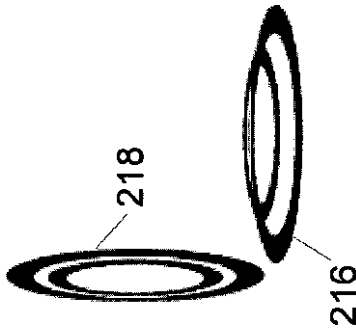


Figure 23c

【 図 2 4 a 】

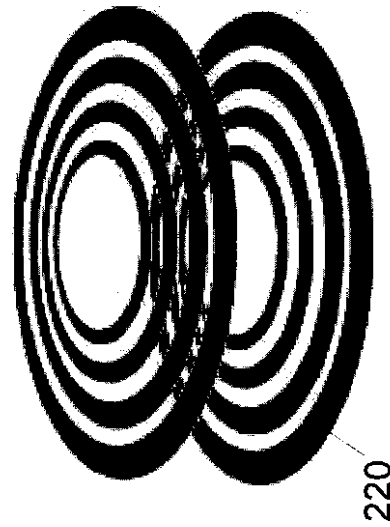


Figure 24a

【 図 2 4 b 】

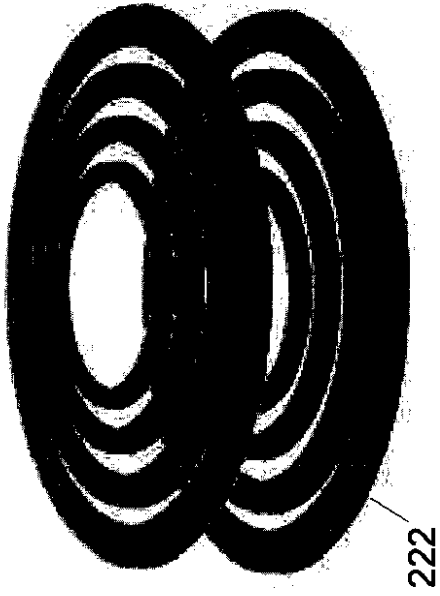


Figure 24b

【 図 2 4 c 】

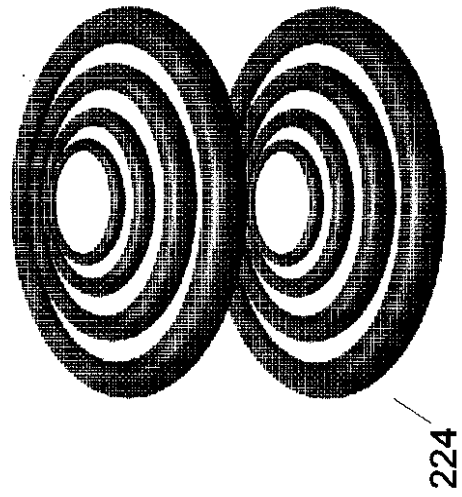


Figure 24c

【 図 2 5 a 】

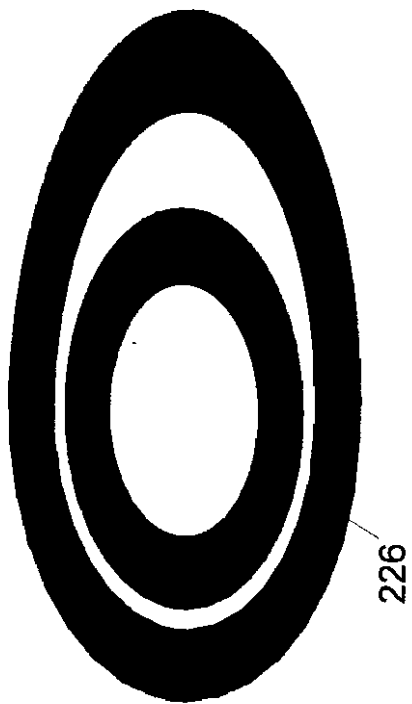


Figure 25a

【 図 2 5 b 】

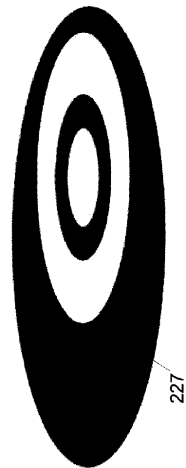


Figure 25b

【 26 a 】

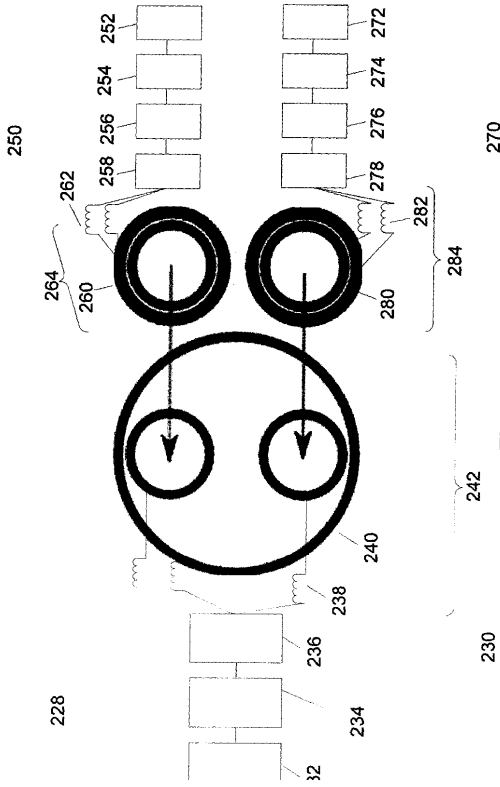


Figure 26a

【 26 b 】

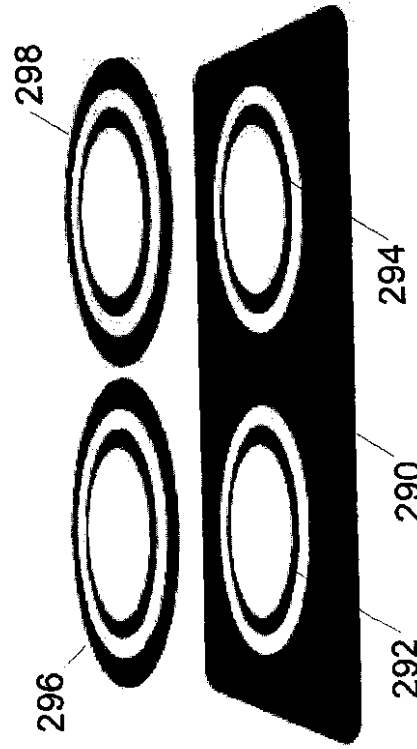


Figure 26b

【 27 a 】

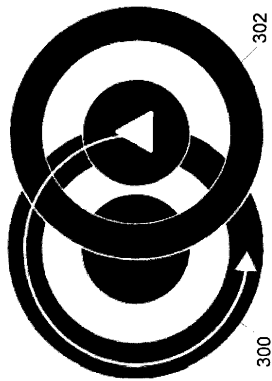


Figure 27a

【 27 b 】

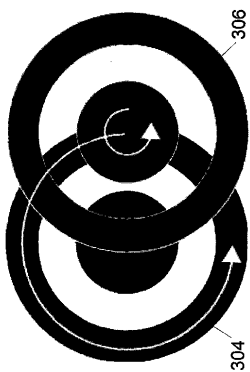


Figure 27b

【 28 a 】

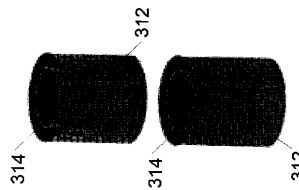


Figure 28a

【 28 b 】

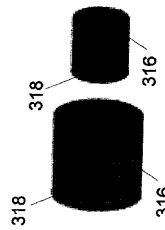


Figure 28b

【 図 29 】

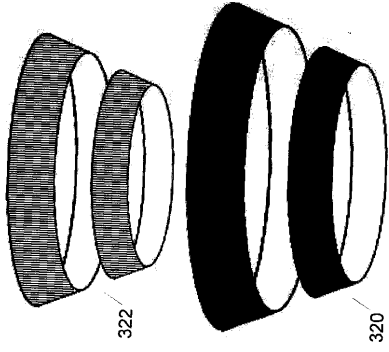


Figure 29

【 図 30 a 】

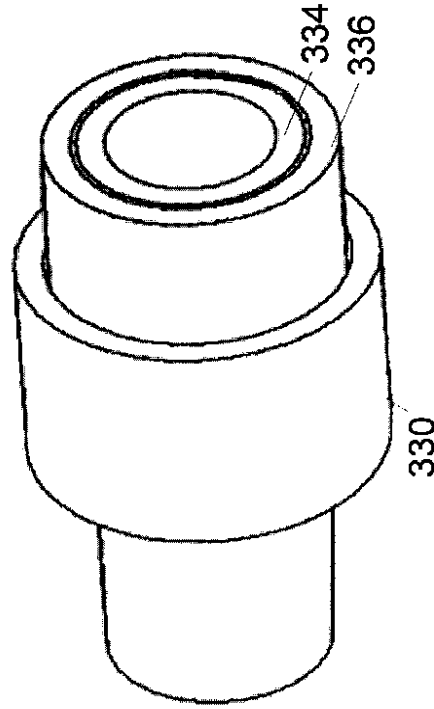


Figure 30a

【 図 30 b 】

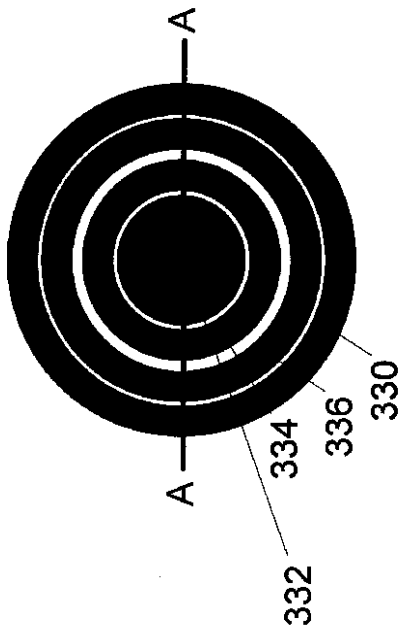


Figure 30b

【 図 30 c 】

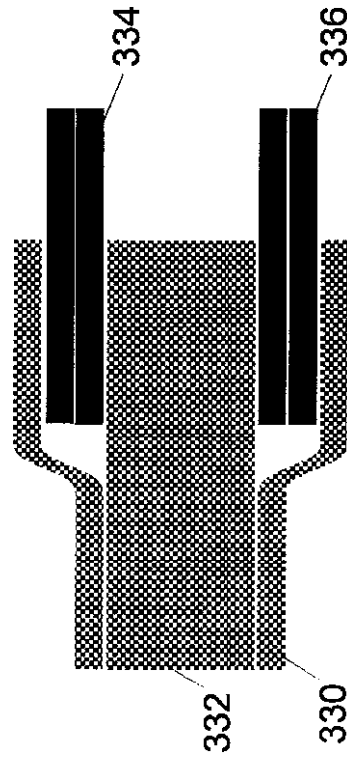
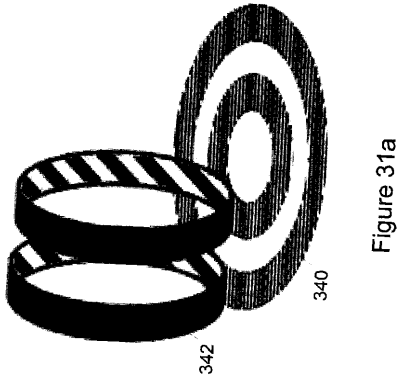
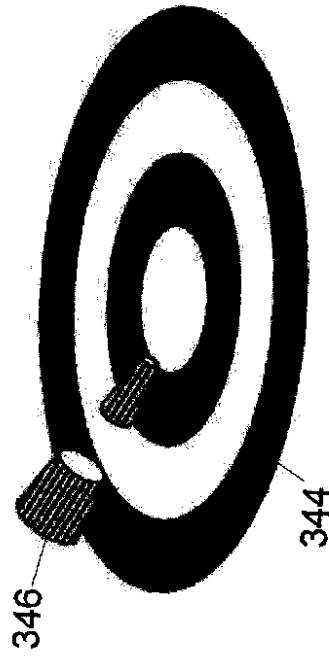


Figure 30c

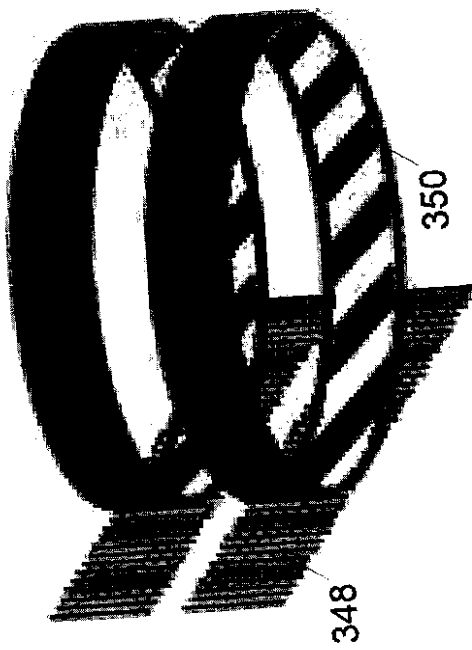
【 図 3 1 a 】



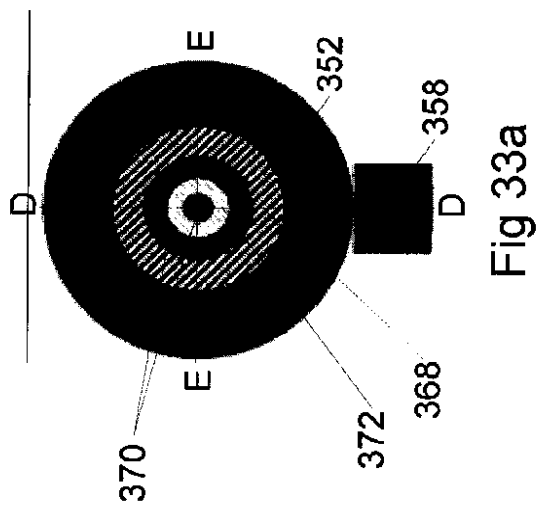
【 図 3 1 b 】



【 図 3 2 】



【 図 3 3 a 】



【 3 3 b 】

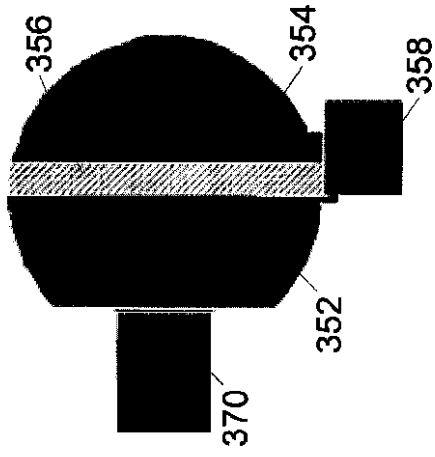


Fig 33b

【 3 3 c 】

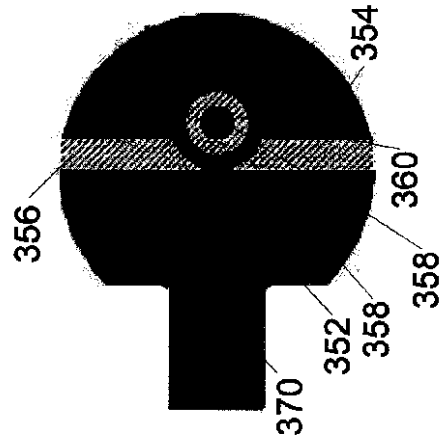


Fig 33c

【 3 3 d 】

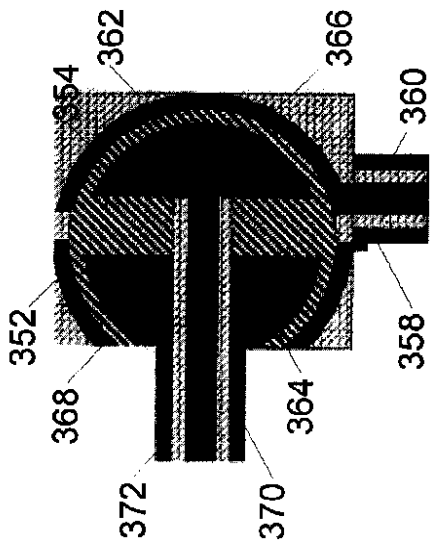


Fig 33d

【 3 3 e 】

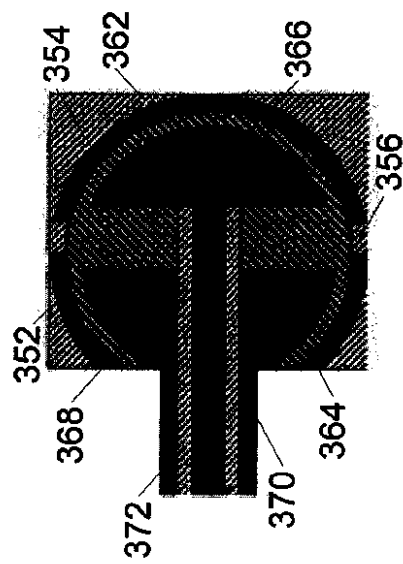


Fig 33e

【 3 4 a 】

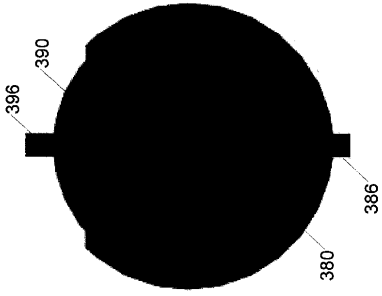


Fig 34a

【 3 4 b 】

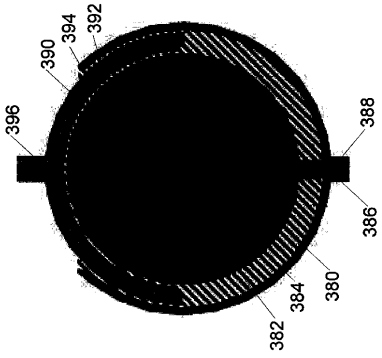


Fig 34b

【 3 5 】

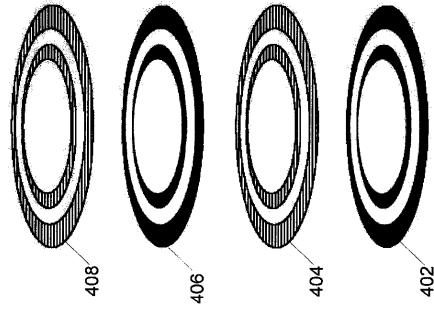


Fig 35

【 3 6 】

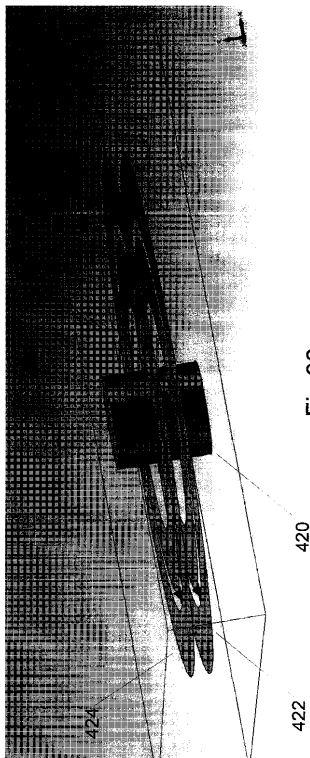


Fig 36

## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. <b>PCT/CA2015/050855</b>
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC: <b>H02J 17/00</b> (2006.01)  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC: <b>H02J 17/00</b> (2006.01)		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic database(s) consulted during the international search (name of database(s) and, where practicable, search terms used) Canadian Patents database                      Keywords: concentric*, capacitive coupling, electric coupling		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO2009-089146A1, 16 July 2009 (16-07-2009), Greene et al. - Paragraphs 1047, 1006, 1036, 1037 - Figures 15, 1, 11a, 11b, 17	1-26
X	US2014-167525, 19 June 2014 (19-06-2014), Van Goor et al. - Paragraphs 0005, 0006, 0052, 0053, 0054 - Figures 7, 8	1-26
A	US2009-302690, 10 December 2009 (10-12-2009), Kubono et al. - Paragraphs 0014, 0015 - Figures 21, 20	
A	US2012-146431, 14 June 2012 (14-06-2012), Ichikawa et al. - Whole document	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family	
Date of the actual completion of the international search 21 October 2015 (21-10-2015)		Date of mailing of the international search report 05 November 2015 (05-11-2015)
Name and mailing address of the ISA/CA Canadian Intellectual Property Office Place du Portage I, C114 - 1st Floor, Box PCT 50 Victoria Street Gatineau, Quebec K1A 0C9 Facsimile No.: 001-819-953-2476		Authorized officer  <b>Mark J. Stephens (819) 639-1761</b>

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/CA2015/050855**

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US2013-187475, 25 July 2013 (25-07-2013), Vendik et al - Whole document	
A	US2013-147427, 13 June 2013 (13-06-2013), Polu et al. - Whole document	

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.

**PCT/CA2015/050855**

Patent Document Cited in ISR	Publication Date	Patent Family Member(s)	Publication Date
WO2009089146A1	16 July 2009 (16-07-2009)	None	
US2014167525A1	19 June 2014 (19-06-2014)	US2014167525A1 CN103733533A EP2745413A1 JP2014524726A WO2013024391A1	19 June 2014 (19-06-2014) 16 April 2014 (16-04-2014) 25 June 2014 (25-06-2014) 22 September 2014 (22-09-2014) 21 February 2013 (21-02-2013)
US2009302690A1	10 December 2009 (10-12-2009)	US2009302690A1 US8421272B2 JP2009296857A JP4557049B2	10 December 2009 (10-12-2009) 16 April 2013 (16-04-2013) 17 December 2009 (17-12-2009) 06 October 2010 (06-10-2010)
US2012146431A1	14 June 2012 (14-06-2012)	US2012146431A1 US8536739B2 CN102804549A CN102804549B EP2446520A1 JP5035477B1 JP2012530481A JP2012210146A JP5304930E2 JP2012213322A JP5304931B2 KR20120039661A KR101232857B1 US2014028114A1 WO2010150317A1	14 June 2012 (14-06-2012) 17 September 2013 (17-09-2013) 28 November 2012 (28-11-2012) 21 August 2013 (21-08-2013) 02 May 2012 (02-05-2012) 26 September 2012 (26-09-2012) 29 November 2012 (29-11-2012) 25 October 2012 (25-10-2012) 02 October 2013 (02-10-2013) 01 November 2012 (01-11-2012) 02 October 2013 (02-10-2013) 25 April 2012 (25-04-2012) 13 February 2013 (13-02-2013) 30 January 2014 (30-01-2014) 29 December 2010 (29-12-2010)
US2013187475A1	25 July 2013 (25-07-2013)	US2013187475A1 KR20130082120A RU2481699C1	25 July 2013 (25-07-2013) 18 July 2013 (18-07-2013) 10 May 2013 (10-05-2013)
US2013147427A1	13 June 2013 (13-06-2013)	US2013147427A1 AU2012306994A1 CA2788895A1 CN103975503A EP2754221A1 EP2754221A4 HK1200603A1 JP2014529989A KR20140090596A SG11201400409XA WO2013033834A1	13 June 2013 (13-06-2013) 17 April 2014 (17-04-2014) 07 March 2013 (07-03-2013) 06 August 2014 (06-08-2014) 16 July 2014 (16-07-2014) 23 September 2015 (23-09-2015) 07 August 2015 (07-08-2015) 13 November 2014 (13-11-2014) 17 July 2014 (17-07-2014) 28 April 2014 (28-04-2014) 14 March 2013 (14-03-2013)

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(72)発明者 マグナス・ニーバーグ

カナダ・ニューファンドランド・アンド・ラブラドル・A1N・5E7・マウント・パール・トップセール・ロード・1118・スイート・201・ソレス・パワー・インコーポレイテッド内

(72)発明者 アンドリュー・バートレット

カナダ・ニューファンドランド・アンド・ラブラドル・A1N・5E7・マウント・パール・トップセール・ロード・1118・スイート・201・ソレス・パワー・インコーポレイテッド内