(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2010-517309
(P2010-517309A)
(43)公表日　平成22年5月20日(2010.5.20)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H01F 38/14	(2006.01)	H01F	23/00	B	2G001
A61B 6/03	(2006.01)	A61B	6/03	321A	4C093
G01N 23/04	(2006.01)	G01N	23/04		

審査請求 未請求　予備審査請求 未請求　（全 49 頁）

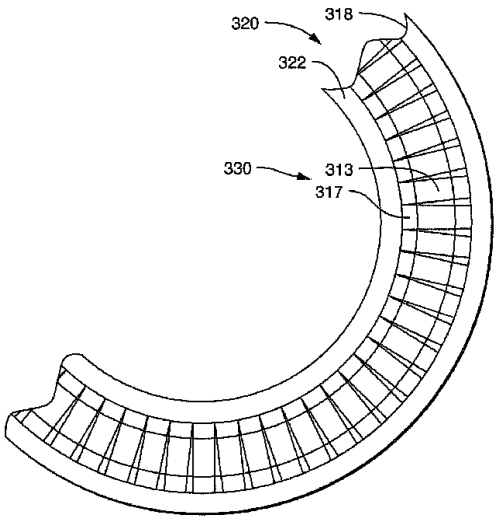
(21)出願番号　特願2009-547466 (P2009-547466)
(86)(22)出願日　平成20年1月29日 (2008.1.29)
(85)翻訳文提出日　平成21年8月27日 (2009.8.27)
(86)国際出願番号　PCT/US2008/052326
(87)国際公開番号　WO2008/094919
(87)国際公開日　平成20年8月7日 (2008.8.7)
(31)優先権主張番号　11/699,529
(32)優先日　平成19年1月29日 (2007.1.29)
(33)優先権主張国　米国 (US)

(71)出願人　591200896
アナロジック　コーポレーション
アメリカ合衆国．０１９６０　マサチューセッツ，ピーボディ，センテニアル　インダストリアル　パーク，センテニアル　ドライヴ　８
(74)代理人　100140109
弁理士　小野　新次郎
(74)代理人　100089705
弁理士　社本　一夫
(74)代理人　100075270
弁理士　小林　泰
(74)代理人　100080137
弁理士　千葉　昭男

最終頁に続く

(54)【発明の名称】シールドされた電力結合装置

(57)【要約】
図５に示す断面から導かれる線対称の回転固体は、概ねトロイダルであり、電力結合装置の駆動中に、巻部（１１０、１６０）内の電流が、好ましくはトロイダルの長円に沿って円周方向に流れる。巻部（１１０、１６０）内の電流；半シールド（１２０、１７０）内の電流；およびシールド空気ギャップ（１０１）により掃引される空間の容積は、図５の紙面に垂直に現れ、しかし、トロイダルの長円に追従するように湾曲して現れる。コア（１１５、１６５）は好ましくは、コアから出る磁束線が主に空気コアギャップの領域のみから逃げるように、且つ、磁束ループがトロイダルの短円の面内に位置するように、磁束をそらせ且つ整列させる。半シールド（１２０、１７０）は好ましくは、電気伝導性材料を有し、この電気伝導性材料は、半シールドにぶつかる磁束線の効果がシールド空気ギャップおよび／または半シールド（１２０、１７０）の外側表面に到達する前に、半シールドにぶつかる磁束線を実質的に相殺するのに十分なように分配される。
【選択図】図１８



【特許請求の範囲】
【請求項１】
静止サブシステムと前記静止サブシステムに誘導的に結合され且つ前記静止サブシステムに近接して配置される回転サブシステムとの間で電力を伝達するシールド付き電力結合装置であって、前記回転サブシステムは、前記シールド付き電力結合装置の駆動中に、回転軸を中心に回転することができ、前記回転軸は実質的に前記静止サブシステムおよび前記回転サブシステムの両者の対称軸であり、前記シールド付き電力結合装置は、
ａ）電力を誘導結合場に変換することができる誘導場生成素子と、
ｂ）前記誘導結合場を電力に変換することができる誘導場受取素子と、
ｃ）前記誘導場生成素子と前記誘導結合場受取素子との間の誘導結合を増加させることができる誘導結合効率増加素子と、
ｄ）前記誘導結合効率増加素子の周辺のシールドと、を有し、前記シールドは、前記シールド付き電力結合装置が２．５ｋＷを超える電力レベルで駆動するときに、前記シールド付き電力結合装置からの電磁放射の漏れを実質的に取り除くことができる、
シールド付き電力結合装置。
【請求項２】
静止部材と回転部材との間で電力を伝達するシールド付き電力結合装置であって、前記シールド付き電力結合装置は、
ａ）第１主コア凹部を画定する、磁気抵抗を低減させる主コアと、
ｂ）前記主コアに隣接して配置され、第１副コア凹部を画定する、磁気抵抗を低減させる副コアとを有し、前記主コアおよび前記副コアは、その間に、前記主コアおよび前記副コアの回転軸を中心とする相対的な回転を許容するコア空気ギャップを形成するように配置され、
ｃ）前記シールド付き電力結合装置は、実質的に前記第１主コア凹部内に配置される第１電気伝導性主巻部と、
ｄ）実質的に前記第１副コア凹部内に配置される第１電気伝導性副巻部と、
ｅ）シールドと、を有し、
ｆ）前記第１主巻部を通って流れる第１主電流は、前記第１副巻部を通って流れる第１副電流を生成し、前記コア空気ギャップの周辺にフリンジ場を形成し、
ｇ）前記シールドは、前記フリンジ場を実質的に相殺する、
シールド付き電力結合装置。
【請求項３】
請求項２に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記シールドは、前記回転軸の周りに閉じた電気回路を構成する少なくとも１つの実質的に連続的な電気経路を形成する、シールド付き電力結合装置。
【請求項４】
請求項２に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記シールドは、前記回転軸の周りに閉じた電気回路を構成する少なくとも１つの実質的に円形の電気経路を形成する、シールド付き電力結合装置。
【請求項５】
請求項２に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記シールドは、前記コア空気ギャップに隣接して並ぶ、少なくとも１つのリング状の電気伝導性材料を有する、シールド付き電力結合装置。
【請求項６】
請求項２に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記シールドは、前記フリンジ場を実質的に相殺できる磁場を誘導できる電流を支持するのに十分な、位置、電気伝導度、および厚さの電気伝導性材料を備える、シールド付き電力結合装置。
【請求項７】
請求項２に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記シールドにより、前記フリンジ場を相殺している間、前記シールド内の仮想電流は、前記フリンジ場を相殺すること

ができる磁場を生成する、シールド付き電力結合装置。
【請求項８】
請求項７に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記シールド内の正味の前記仮想電流は、前記シールドによる前記フリンジ場の相殺の間、前記回転軸を中心に実質的に円周方向に流れる、シールド付き電力結合装置。
【請求項９】
請求項７に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記シールド付き電力結合装置の全体の構成は実質的に線対称であり、前記シールド内の正味の仮想電流は、前記シールドによる前記フリンジ場の相殺の間、線対称の軸を中心に実質的に円周方向に流れる、シールド付き電力結合装置。
【請求項１０】
請求項７に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記シールド付き電力結合装置の全体の構成は実質的にトロイダル形状であり、前記シールド内の正味の仮想電流は、前記シールドによる前記フリンジ場の相殺の間、実質的に前記トロイダル形状の長円に同軸の円に沿って流れる、シールド付き電力結合装置。
【請求項１１】
請求項２に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記シールドによる前記フリンジ場の相殺の間、正味の仮想電流は、前記巻部を流れる正味の電流と実質的に等しい大きさであり且つ反対符号になるように、前記シールド内を流れる、シールド付き電力結合装置。
【請求項１２】
請求項２に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記シールドは、前記コア空気ギャップと実質的に非隣接関係にあるシールド空気ギャップを備える一部品シールドである、シールド付き電力結合装置。
【請求項１３】
請求項１２に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記シールド付き電力結合装置の駆動中に前記コア空気ギャップにより掃引される空間の容積を境界付ける仮想表面に垂直な方向に測定して、前記シールド空気ギャップは、前記コア空気ギャップから、前記コア空気ギャップ３つ分の厚さより小さくない、シールド付き電力結合装置。
【請求項１４】
請求項１２に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記シールド付き電力結合装置の駆動中に前記コア空気ギャップにより掃引される空間の容積を境界付ける仮想表面に垂直な方向に測定して、前記シールド空気ギャップは、前記コア空気ギャップから、前記コア空気ギャップ５つ分の厚さより小さくない、シールド付き電力結合装置。
【請求項１５】
請求項２に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記コア空気ギャップの領域における前記シールドの厚さは、コア空気ギャップ５つ分の厚さよりも小さくない厚さのアルミニウムの場合における電気伝導度に等価な電気伝導度を達成する程度に十分な厚さである、シールド付き電力結合装置。
【請求項１６】
請求項２に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記コア空気ギャップの領域における前記シールドの厚さは、コア空気ギャップ１０個分の厚さよりも小さくない厚さのアルミニウムの場合における電気伝導度に等価な電気伝導度を達成する程度に十分な厚さである、シールド付き電力結合装置。
【請求項１７】
請求項２に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記シールドは、前記シールド付き電力結合装置の駆動中に相対回転を許容するシールド空気ギャップを備える複数部品シールドである、シールド付き電力結合装置。
【請求項１８】
請求項１７に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記シールド空気ギャップは

、前記コア空気ギャップに実質的に隣接する、シールド付き電力結合装置。
【請求項１９】
請求項１８に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記コア空気ギャップの領域における前記シールドの厚さは、前記コア空気ギャップ５つ分の厚さよりも小さくない厚さのアルミニウムの場合の電気伝導度に等価な電気伝導度を達成する程度に十分な厚さである、シールド付き電力結合装置。
【請求項２０】
請求項１８に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記コア空気ギャップの領域における前記シールドの厚さは、前記コア空気ギャップ１０個分の厚さよりも小さくない厚さのアルミニウムの場合の電気伝導度に等価な電気伝導度を達成する程度に十分な厚さである、シールド付き電力結合装置。
【請求項２１】
請求項１８に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記コア空気ギャップの領域における前記シールドの厚さは、前記シールド空気ギャップ２つ分の厚さよりも小さくない厚さのアルミニウムの場合の電気伝導度に等価な電気伝導度を達成する程度に十分な厚さである、シールド付き電力結合装置。
【請求項２２】
請求項１８に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記コア空気ギャップの領域における前記シールドの厚さは、前記シールド空気ギャップ４つ分の厚さよりも小さくない厚さのアルミニウムの場合の電気伝導度に等価な電気伝導度を達成する程度に十分な厚さである、シールド付き電力結合装置。
【請求項２３】
請求項２に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記シールド付き電力結合装置の駆動中に、前記巻部を通って流れる正味の電流は実質的にゼロである、シールド付き電力結合装置。
【請求項２４】
請求項２に記載のシールド付き電力結合装置であって、
ａ）前記主コアはさらに第２主コア凹部を画定し、
ｂ）前記副コアはさらに第２副コア凹部を画定し、
ｃ）前記シールド付き電力結合装置はさらに、
ｉ）実質的に前記第２主コア凹部内に配置される第２電気伝導性主巻部と、
ｉｉ）実質的に前記第２副コア凹部内に配置される第２電気伝導性副巻部と、を有し、
ｄ）前記第２主巻部を通って流れる第２主電流は、前記第２副巻部を通って流れる第２副電流を生成し、
ｅ）前記シールド付き電力結合装置の駆動中、前記主巻部を通って流れる正味の瞬間的な電流は実質的にゼロである、シールド付き電力結合装置。
【請求項２５】
請求項２に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記副コア凹部は、前記主コア凹部と向かい合って且つ前記主コア凹部から離れて配置される、シールド付き電力結合装置。
【請求項２６】
請求項２に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記凹部は実質的に環状である、シールド付き電力結合装置。
【請求項２７】
請求項２に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記コアは、実質的に半トロイダル構成である、シールド付き電力結合装置。
【請求項２８】
請求項２に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記主コアおよび前記副コアは、実質的に線対称構成であり、且つ前記回転軸と同軸の互いに共通の対称軸を備える、シ

ールド付き電力結合装置。
【請求項２９】
請求項２に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記シールド付き電力結合装置の駆動中、前記コア空気ギャップは、平面構成、円筒構成、および円錐構成からなる群から選択される１つまたはそれ以上の種類の構成に実質的に対応する構成の空間容積を掃引する、シールド付き電力結合装置。
【請求項３０】
請求項２に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記シールド付き電力結合装置の駆動中に前記コア空気ギャップにより掃引される空間の容積は、実質的に平面構成であり、且つ前記主コアと前記副コアとの間に、回転軸に関して軸方向に介在する、シールド付き電力結合装置。
【請求項３１】
請求項２に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記シールド付き電力結合装置の駆動中に前記コア空気ギャップにより掃引される空間の容積は、実質的に円筒構成であり、且つ、前記主コアと前記副コアとの間に、回転軸に関して半径方向に介在する、シールド付き電力結合装置。
【請求項３２】
請求項２に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記シールド付き電力結合装置の駆動中に前記コア空気ギャップにより掃引される空間の容積は、実質的に円錐構成であり、且つ、前記主コアと前記副コアとの間に、回転軸に関して軸方向および半径方向に介在する、シールド付き電力結合装置。
【請求項３３】
請求項２に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記シールドは、実質的に線対称構成であり、この対称軸は前記回転軸と同軸である、シールド付き電力結合装置。
【請求項３４】
請求項２に記載のシールド付き電力結合装置であって、シールド付き電力結合装置の駆動中に、前記主コアおよび前記副コアをリンクする磁束のループは、前記回転軸に関して実質的にメリジオナル平面内に位置する、シールド付き電力結合装置。
【請求項３５】
請求項２に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記コア空気ギャップにより分離される互いに向かい合うコア表面は、実質的になめらかであり、互いに実質的に平行であり、および前記シールド付き電力結合装置の駆動中に互いに向かい合う前記コア表面をブリッジする磁束線の支配的な方向に実質的に垂直である、シールド付き電力結合装置。
【請求項３６】
請求項２に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記シールド付き電力結合装置の全体の構成は、実質的にトロイダルであり、前記シールド付き電力結合装置の駆動中に前記主コアおよび前記副コアをリンクする磁束のループは、実質的に前記トロイダルの短円の平面内にある、シールド付き電力結合装置。
【請求項３７】
請求項２に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記回転軸についてのメリジオナル断面で見た場合、前記シールド付き電力結合装置の駆動中に前記主コアおよび前記副コアをリンクする磁束線は、前記フリンジ場の存在に寄与する磁束線を除いて、シールド付き電力結合装置の駆動中に前記コア空気ギャップにより掃引される空間の容積を境界付ける仮想表面に垂直になるように、前記コア空気ギャップをブリッジする、シールド付き電力結合装置。
【請求項３８】
請求項２に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記主コアおよび前記副コアはそれぞれ、集合的に実質的に線対称構成に近似するように実質的に互いに隣接するように配置される、複数のコアセグメントを有する、シールド付き電力結合装置。
【請求項３９】

請求項３８に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記主コアおよび前記副コアのそれぞれにおいて、前記コアセグメントは、前記回転軸に関して円周方向における互いに隣接するコアセグメント間を介在する空間が、前記円周方向におけるコアセグメントの１つの幅より大きくならないように配置される、シールド付き電力結合装置。

【請求項４０】

請求項３８に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記主コアおよび前記副コアのそれぞれにおいて、前記コアセグメントは、前記回転軸に関して円周方向における互いに隣接するコアセグメント間を介在する空間が、前記円周方向におけるコアセグメントの１つの幅の二分の１より大きくならないように配置される、シールド付き電力結合装置。

【請求項４１】

請求項３８に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記コアセグメントの少なくとも１つは、少なくとも１つの前記巻部の導線ワイヤの前記コアセグメントを通る通行を許容する通路を備える、シールド付き電力結合装置。

【請求項４２】

請求項４１に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記通路は、前記電力結合装置の運転中に磁束線が通る経路の磁気抵抗を実質的に変更しないような位置および構成で前記コアセグメント上に配置される、シールド付き電力結合装置。

【請求項４３】

請求項４１に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記通路は、コア空気ギャップ界面以外の場所で前記コアセグメント上に配置される、シールド付き電力結合装置。

【請求項４４】

請求項４１に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記通路は、前記コア空気ギャップから最も遠い表面である前記コアセグメントの裏面に配置される、シールド付き電力結合装置。

【請求項４５】

請求項３８に記載のシールド付き電力結合装置であって、少なくとも１つの前記巻部のための少なくとも一対の導線の通行を許容する通路が、互いに隣接するコアセグメント上に対角線上に配置される、シールド付き電力結合装置。

【請求項４６】

請求項３８に記載のシールド付き電力結合装置であって、少なくとも１つの前記巻部のための少なくとも一対の導線の通行を許容する通路が、同一のコアセグメント上で、少なくとも１つの前記巻部が少なくとも１つの前記凹部内で巻きつけられる方向におけるコアセグメントの端部の対角線上に対向する位置に配置される、シールド付き電力結合装置。

【請求項４７】

請求項２に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記第１主巻部の導線ワイヤは前記第１主巻部導線ワイヤにより部分的に形成される仮想電流ループの磁束を実質的に最小化するような構成および位置で、前記主コアを通過する、シールド付き電力結合装置。

【請求項４８】

請求項２に記載のシールド付き電力結合装置であって、前記副巻部の導線ワイヤは、前記第１副巻部導線ワイヤにより部分的に形成される仮想電流ループの磁場を実質的に最小化するような構成および位置で、前記第１副コアを通過する、シールド付き電力結合装置。

【請求項４９】

請求項２に記載のシールド付き電力結合装置であって、フリンジ場および仮想電流ループによるものを含むミスアライメントされた磁束は、前記シールド付き電力結合装置の駆動中に前記コアをリンクする全磁束の１／１００よりも大きくない、シールド付き電力結合装置。

【請求項５０】

請求項２に記載のシールド付き電力結合装置であって、フリンジ場および仮想電流ループによるものを含むミスアライメントされた磁束は、前記シールド付き電力結合装置の駆

動中に前記コアをリンクする全磁束の１／１０００よりも大きくない、シールド付き電力結合装置。

【請求項５１】

請求項２に記載のシールド付き電力結合装置であって、フリンジ場および仮想電流ループによるものを含むミスアライメントされた磁束は、前記シールド付き電力結合装置の駆動中に前記コアをリンクする全磁束の１／１００００よりも大きくない、シールド付き電力結合装置。

【請求項５２】

シールド付き電力結合装置であって、前記シールド付き電力結合装置は、

ａ）主巻部を有し、前記主巻部は、

ｉ）実質的に線対称構成を有し、且つ、

ｉｉ）円周方向を画定し、

前記シールド付き電力結合装置は、さらに、

ｂ）副巻部を有し、前記副巻部は、

ｉ）実質的に線対称構成を有し、

ｉｉ）前記円周方向に実質的に同軸であるか、または、前記円周方向を含む面に実質的に平行な面内に位置し、

ｉｉｉ）前記主巻部に対して回転可能であり、

ｉｖ）前記主巻部に誘導的に結合し、

前記シールド付き電力結合装置は、さらに、

ｃ）前記主巻部と前記副巻部との間の相対回転を許容する少なくとも１つの空気ギャップを備えるシールドを有し、

ｄ）前記シールドは、前記円周方向の電流の流れを支持する、

前記シールド付き電力結合装置。

【請求項５３】

シールド付き電力結合装置であって、前記シールド付き電力結合装置は、

ａ）ほぼ仮想トロイドの長円に対して、互いに半径方向および／または軸方向にずれて配置される、少なくとも２つの実質的にアーチ形の巻部と、

ｂ）前記巻部を取り囲む、および／または前記巻部により取り囲まれる、少なくとも１つの電気伝導性シールドと、を有し、

ｃ）前記少なくとも１つの巻部への交流電流の付与に際して、前記巻部の少なくとも一部をリンクする磁束は、実質的に前記仮想トロイドの短円の面内に位置し、

ｄ）前記シールドは、少なくとも１つの前記巻部に交流電流を付与するときに、前記巻部内における正味の電流による磁場を実質的に相殺することができる磁場を誘導するのに十分な、前記仮想トロイドの長円に同軸な円の方向に沿う電流の流れを支持する、

シールド付き電力結合装置。

【請求項５４】

静止サブシステムと前記静止サブシステムに誘導的に結合され且つ前記静止サブシステムに近接して配置される回転サブシステムとの間で電力を伝達する、シールド付き電力結合装置であって、前記回転サブシステムは、前記シールド付き電力結合装置の駆動中に、回転軸を中心として回転することができ、前記回転軸は、実質的に、前記静止サブシステムおよび前記回転サブシステムの両方の対称軸であり、前記シールド付き電力結合装置は、

ａ）電力を誘導結合場に変換するための誘導場生成手段と、

ｂ）前記誘導結合場を電力に変換するための誘導結合場受取手段と、

ｃ）前記誘導場生成手段と前記誘導結合場受取手段との間の誘導結合を増加させるための誘導結合効率増加手段と、

ｄ）前記シールド付き電力結合装置が２．５ｋＷを超える電力レベルで駆動するときに、前記シールド付き電力結合装置からの電磁放射の漏れを実質的に取り除くための、前記誘導結合効率増加手段の周辺のシールド手段と、

を有するシールド付き電力結合装置。
【請求項５５】
静止サブシステムと前記静止サブシステムに誘導的に結合され且つ前記静止サブシステムに近接して配置される回転サブシステムとの間で電力を伝達する方法であって、前記回転サブシステムは、シールド付き電力結合装置の駆動中に回転軸を中心に回転でき、前記回転軸は、実質的に前記静止サブシステムおよび前記回転サブシステムの両方の対称軸であり、前記方法は、
ａ）電力を誘導結合場に変換するために、誘導場生成素子を用いるステップと、
ｂ）前記誘導結合場を電力に変換するために、誘導結合場受取素子を用いるステップと、
ｃ）前記誘導場生成素子と前記誘導結合場受取素子との間の誘導結合を増加させるために、誘導結合効率増加素子を用いるステップと、
ｄ）前記シールド付き電力結合装置が２．５ｋＷを超える電力レベルで駆動するときに、前記シールド付き電力結合装置からの電磁放射の漏れを実質的に相殺するために、前記誘導結合効率増加素子の周辺のシールドを用いるステップと、
を有する方法。
【請求項５６】
１つまたはそれ以上の巻部および１つまたはそれ以上のシールドとともに用いるフラックス整列コアセットであって、前記コアセットは、
ａ）複数のフラックス整列コアセグメントを有し、各フラックス整列コアセグメントは、
ｉ）空気の磁気抵抗よりも低い１つまたはそれ以上の磁気抵抗物質から構成され、
ｉｉ）少なくとも２つのアーム状部材を有し、
ｂ）前記複数のフラックス整列コアセグメントは、実質的に線対称に配置され、
ｉ）少なくとも１つの複数の巻部は、前記複数のフラックス整列コアセグメントのそれぞれの少なくとも一部の、少なくとも２つのアーム状部材の内の少なくとも２つの協働により形成される、１つまたはそれ以上の円周方向に方向付けられたクレードル状の凹部に沿って経路付けられ、
ｉｉ）前記複数のフラックス整列コアセグメントのそれぞれの少なくとも一部の、前記少なくとも２つのアーム状部材の内の少なくとも２つが、空気ギャップを挟んで互いに向かい合って配置され、対応するコアセットの対応する複数のコアセグメントの少なくとも一部のそれぞれの少なくとも２つのアーム状部材、が前記空気ギャップを挟んで前記フラックス整列コアセットの実質的に鏡像となるときに、前記フラックス整列コアセグメントの少なくとも一部および前記コアセグメントの対応部分の少なくとも一部が、協働して、複数の磁気経路を完成させまたは複数の磁気経路の磁気抵抗を低減し、
１）前記磁気経路は、前記空気ギャップをブリッジするために、前記フラックス整列コアセットおよびコアセットの対応部分を通り、
２）実質的に前記線対称軸についてのメリジオナル面内に位置する、
方法。
【請求項５７】
空気の磁気抵抗よりも小さな磁気抵抗を備える１つまたはそれ以上の物質から構成される、通路を含むコアセグメントであって、前記コアセグメントは、
ａ）１つまたはそれ以上の巻部の通行を許容する１つまたはそれ以上の通路と、
ｂ）１つまたはそれ以上のクレードル状の凹部を間に形成する２つまたはそれ以上のアーム状部材とを有し、前記凹部に沿って前記巻部の少なくとも１つが経路付けられ、
前記コアセグメントはさらに、
ｃ）前記通路の少なくとも１つは、前記通路を含むコアセグメント上の少なくとも１つの位置に配置され、前記通路を含むコアセグメントの２つまたはそれ以上のアーム状部材の内の少なくとも２つが、空気ギャップを挟んで互いに向かい合うように配置され、第１の対応コアセグメントの少なくとも２つのアーム状部材が、前記空気ギャップを挟んで前

記通路を含むコアセグメントの実質的に鏡像となるとき、前記通路を含むコアセグメントおよび前記第１対応コアセグメントを通って前記空気ギャップをブリッジする磁気経路の磁気抵抗が、前記通路を含むコアセグメントが通路を含まない場合の磁気経路の磁気抵抗と実質的に異ならない、前記コアセグメント。

【請求項５８】

シールド付き誘導電力結合装置を含むシステムであって、前記システムは、

ａ）静止部材と、

ｂ）前記静止部材に誘導的に結合された回転部材と、

ｃ）電源と、

ｄ）前記電源に応答し、前記電源から前記静止部材および前記回転部材の少なくとも一方に電力を伝達できる、シールド付き誘導電力結合装置と、を有し、前記誘導電力結合装置は、

ｉ）主コア凹部を画定する主磁気抵抗低減コアと、

ｉｉ）副コア凹部を画定し、前記主コアに隣接して配置される副磁気抵抗低減コアと、

ｉｉｉ）前記主コア凹部内に配置される主電気伝導性巻部と、

ｉｖ）前記副コア凹部内に配置される副電気伝導性巻部と、

ｖ）電気伝導性シールドと、を有し、

ｖｉ）前記主コアおよび前記副コアは、回転軸を中心とする前記コアの相対回転を許容するコア空気ギャップをその間に形成するように配置され、

ｖｉｉ）前記主巻部を通って流れる主電流は、前記副巻部を通って流れる副電流を生成し、前記コア空気ギャップの周囲においてフリンジ場を形成し、

ｖｉｉｉ）前記シールドは、前記フリンジ場を実質的に相殺することができる、

システム。

【請求項５９】

請求項５８に記載のシステムであって、

ａ）前記システムはＣＴスキャナであり、

ｂ）前記静止部材は、前記ＣＴスキャナ内の静止ガントリであり、

ｃ）前記回転部材は、Ｘ線源を含む、

システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本明細書による開示は、シールドされた電力結合装置に関し、より詳細には、たとえば医療応用またはセキュリティ応用のようなコンピュータ断層撮影（Computed tomography, CT）スキャナのような文脈における、または相対的な回転に係合できる部材間において電力の伝達が望まれるようなその他の応用に関する文脈において、ラジオ周波数（ＲＦ）放射および／または他の電磁的干渉を減少させることができ、インダクタンスの漏れを減少させ、および／または電力の誘導伝達の間の効率を改善することができる、シールドされた電力結合装置に関する。

【背景技術】

【０００２】

たとえば医療用ＣＴスキャナなどにおける静止したサブシステムから回転するサブシステムに、非接触方式で誘導的に電力を伝達するために電力結合装置が用いられる場合、しばしばこのような電力結合装置をシールドすることが望まれる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００３】

十分なシールドがないと、たとえば、望ましくないＲＦ放射、インダクタンス漏れの増加、および／または電力伝達効率の低下を招くことがある。さらに、電力が相対的に回転

可能な部材間で伝達される場合、電力結合装置を完全に取り囲む壊れないファラデーケージまたは他のそのような結合シールドを採用することは不可能であるかまたは実際的でないことがあり、その代わりに、電力結合装置の一部分だけを囲むシールドを採用する必要があるか、または、このような部材間の相対回転を許容するギャップを形成するようにこのようなシールドを複数の部分に分割する必要がある。

【課題を解決するための手段】

【０００４】

本発明の一側面によれば、シールドされた電力結合装置は、たとえば医療応用またはセキュリティ応用のようなコンピュータ断層撮影（Computed tomography, CT）スキャナのような文脈における、または相対的な回転に係合できる部材間において電力の伝達が望まれるようなその他の応用に関する文脈において、ラジオ周波数（ＲＦ）放射および／または他の電磁的な干渉を低減させ、インダクタンス漏れを低減させるように設計される。たとえば、本発明の一実施形態によるシールドされた電力結合装置は、セキュリティ関連応用などのにおいて採用されるＣＴスキャナーを運転するのに必要とされるであろう、２．５ｋＷまたはそれ以上の電力を伝達するために用いることができる、あるいは、本発明の一実施形態によるシールドされた電力結合装置は、医療応用などで採用されるＣＴスキャナを操作するのに必要とされるであろう、２５ｋＷまたはそれ以上の電力を伝達するために用いることができる。

【０００５】

図５に示されている断面プロファイルから導き出される回転の線対称固体は、概ねトロイダル形（ドーナツ形）であり、ここで、電力結合装置が駆動しているときに、電流を巻部１１０、１６０内を好ましくは円周方向に、たとえばトロイダル形の長円に沿って流れる。シールドされた電力結合装置の駆動中に、巻部１１０、１６０内の電流；シールド１２０、１７０内の電流；および空気ギャップ１０１により掃引される空間の容積は、図５において紙面から垂直に出現するが、これらはトロイダル形の大きな円に追従するように湾曲する。シールド１２０、１７０は、たとえば、半シールド１２０、１７０を有する２つの部分からなるラップアラウンドシールドであり、半シールド１２０、１７０は、コア空気ギャップに隣接する空気ギャップを備える。代替的にまたは追加的に任意の適当なシールド構成を採用することは可能であり、たとえば限定するわけではないが以下の構成を含むことができる。すなわち、単一のシールド、複数部分からなるシールド、隣接空気ギャップを備えるシールド、隣接しない空気ギャップを備えるシールド、カットバック（cutback）シールド、ラップアラウンドシールド等である。コア１１５、１６５は好ましくは磁力線が主としてコア空気ギャップの領域のみから逃げ、また、それぞれのコア１１５、１６５をリンクする磁束のループが、たとえば、トロイダル形の短円の平面のようなメリジオナル平面内に位置するように、磁束をそらしおよび整列させる。半シールド１２０、１７０は、好ましくは、シールド内に分配される電気伝導性材料を備え、電気伝導性材料の分配は、誘導磁場がシールドにぶつかる磁束線を、このようなぶつかる磁束線の効果がシールド空気ギャップおよび／または半シールド１２０、１７０の外側面に到達する前に、たとえば、このようなぶつかる磁束線により半シールド１２０、１７０内に誘導された電流が、シールド空気ギャップ１０１および／または半シールド１２０、１７０の外側表面に誘導される前に、実質的に相殺することができる程度に十分な電流の流れを許容するようにされる。

【０００６】

図５に示されたような図示された一実施形態のメリジオナル領域において、半シールド１２０、１７０内を流れる場を相殺する電流；巻部１１０、１６０内を流れる電流；およびシールド空気ギャップ１０１により掃引される空間の容積は、全て、好ましくは、実質的に相互に平行である。さらに、コア１１５、１６５をリンクする整列した磁束線は、半シールド１２０、１７０内を流れる場を相殺する電流に実質的に垂直であり；巻部１１０、１６０内を流れる電流に垂直であり、また、シールド空気ギャップ１０１により掃引される空間の容積を境界付ける仮想表面に垂直である。すなわち、電力結合装置の駆動中に

、磁場は、好ましくは、シールド空気ギャップ１０１により掃引される空間の容積を境界付ける仮想表面に平行な成分を実質的に持たず、また、半シールド１２０、１７０内を流れる正味の電流は、好ましくは、電力結合装置の駆動中に、シールド空気ギャップ１０１により掃引される空間の容積を境界付ける仮想表面に垂直な成分を持たない。すなわち、縁の磁場１０３は好ましくは、誘導電流がシールド空気ギャップ１０１を交差する原因となる成分を持たない。

【０００７】

半シールド１２０、１７０は好ましくは、半シールドにぶつかる磁束線の効果がシールドギャップ１０１および／または半シールド１２－、１７０の外側表面に到達する前に、たとえば、ぶつかる磁束線により半シールド１２０、１７０内に誘導される電流が、半シールド１２０、１７０の外側表面に伝導する前に、半シールドにぶつかる磁束線を実質的に相殺することができる磁場を誘導する程度に十分な電流の流れを許容するように、電気伝導性材料を、そのような位置、分布、電気伝導度および厚さで備える。より好ましくは、半シールド１２０、１７０は、回転軸の周りで閉じた電気回路を構成する実質的に連続な電気経路、たとえば、全体の線対称構造により占有されるトロイダル形容積の長円と同軸の円に沿った円周経路、を形成する電気伝導性材料を有する。より好ましくは、このような連続的な電気経路は、電力結合装置を駆動している間に、巻部１１０、１６０内を流れる電流による磁束を実質的に相殺する磁場を誘導するのに十分な電流を維持することができる。

【０００８】

それゆえ、本発明の一実施形態または複数の実施形態において、半シールド１２０、１７０は、コア空気ギャップに隣接して、コア空気ギャップから出てくる磁束によるフリンジ場を、このような出てくる磁束の効果がシールド空気ギャップ１０１および／または半シールド１２０、１７０の外側表面に到達する前に、たとえば、それにより半シールド１２０、１７０内に生成される電流が半シールド１２０、１７０の外側表面に伝導する前に、実質的に相殺するのに十分な厚さおよび電気伝導度のフリンジ場相殺領域を備えることが好ましい。さらに好ましくは、このようなフリンジ場相殺領域は、回転軸の周りに閉じた電気回路を構成する実質的に連続する電気経路、たとえば、線対称構造の全体により占有されるトロイダル形の容積の長円と同軸の円に沿った円周経路、を形成する電気伝導性材料を有する。さらに好ましくは、フリンジ場相殺領域にける連続的な電気経路は、電力結合装置を駆動中に、巻部１１０、１６０内を流れる電流による磁束を実質的に相殺することができる磁束を誘導するのに十分な電流を維持することができる。

【０００９】

さらに好ましくは、巻部１１０、１６０の配置および／またはコア１１５、１６５における抵抗を低減する材料の分配は、磁束ループがメリジオナル平面内、たとえば、線対称構造の全体がいくぶんトロイダルである場合の短円の面、に位置するように磁束を整列させるようにされる。さらに好ましくは、本発明の１つまたはそれ以上の実施形態において、複数のコア凹部を備えるＥコアまたはその類似物が採用され、主巻部の正味の瞬間的な電流が実質的にゼロになることを許容する（すなわち、それぞれの主巻部におけるそれぞれの磁化電流は相互相殺する）。さらに好ましくは、特にコア１１５、１６５が複数のコアセグメントを有する場合、線対称性の中断、たとえば、コアセグメントの、間隔空けを含む配置による中断、または、巻部の導線がコア凹部に出入りすることによる中断、は最小限であり、たとえば、好ましくは通路が採用される。さらに好ましくは、巻部の導線は、たとえば、仮想電流ループの形成を実質的に除去するまたは最小化するような方法および位置でコアを通る。

【００１０】

本発明の以上のおよびその他の特徴、側面、および利点は、以下の説明および添付の特許請求の範囲、添付図面を参照することにより、さらに理解できるであろう。

【図面の簡単な説明】

【００１１】

【図１】互いに近接した２つの巻部１１０、１６０を示す斜視図であり、巻部１１０、１６０が、回転軸を中心に置かれ、また、巻部が相互に回転軸に概ね垂直な方向で平行に位置し、巻部１１０、１６０が、回転軸と同軸である状態を示す図である。
【図２】図１に示す巻部１１０、１６０の断面図であり、抵抗低減するために分配された材料１１５、１６５の外線が破線で追加され、これは、巻部１１０、１６０を相互リンクする磁束線が通る経路の抵抗を低減することにより巻部１１０、１６０間の相互誘導結合を改善する。
【図３】図１に示す巻部１１０、１６０の斜視図であり、巻部１１０、１６０を形成する導線の周りの閉じた線積分の経路を示す。
【図４】図２に示す巻部／コアシステムが単一の共通シールド１０４に完全に取り囲まれた状態の構造を示す断面図である。
【図５】図４に示す共通シールド１０４がシールド空気ギャップ１０１により２つの半シールドに分割された状態を示す断面図である。
【図６】図７から図１０の有限要素シミュレーション研究においてシールド電流を生成するために用いられた、巻部／コアシステムにより生成される磁場を示す断面図である。
【図７】コア空気ギャップの周縁から出るフリンジ場が、コア空気ギャップに隣接するシールド空気ギャップを備えるラップアラウンドシールドの２つの部分のそれぞれの部分にぶつかるときに、場の相殺電流が流れる場所を決定するための有限要素シミュレーションを示す断面図である。
【図８】コア空気ギャップの周縁から出るフリンジ場が、コア空気ギャップに隣接しないシールド空気ギャップを備えるラップアラウンドシールドの２つの部分の同一の部分にぶつかるときに、場の相殺電流が流れる場所を決定するための有限要素シミュレーションを示す断面図である。
【図９】コア空気ギャップの周縁から出るフリンジ場が、コア空気ギャップに隣接しないシールド空気ギャップを備える二部品カットバックシールドにぶつかるときに、場の相殺電流が流れる場所を決定するための有限要素シミュレーションを示す断面図である。
【図１０】コア空気ギャップの周縁から出るフリンジ場が、コア空気ギャップに隣接しないシールド空気ギャップを備える一部品ラップアラウンドシールドにぶつかるときに、場の相殺電流が流れる場所を決定するための有限要素シミュレーションを示す断面図である。
【図１１】本発明の実施形態による回転トランスフォーマー構造体が適合する、線対称の回転固体を生成するために用いられる、いくつかの代表的な断面プロファイルを示す図である。
【図１２】本発明の実施形態による回転トランスフォーマーにより構成または近似される、円筒構成２００の理想化された表現を示す斜視図である。
【図１３】図１２に示す円筒構成２００のメリジオナル断面を示す図である。
【図１４】本発明の実施形態による回転トランスフォーマーにより構成または近似される、平面構成３００の理想化された表現を示す斜視図である。
【図１５】図１４に示す平面構成３００のメリジオナル断面を示す図である。
【図１６】本発明の実施形態による回転トランスフォーマーにより構成または近似される、円錐構成の理想化された表現を示す斜視図である。
【図１７】実際的な例の断面図を示す図であり、実質的に環状および／またはセミトロイダルである相互に向かい合うコアに集合的に近づけるように、円筒構成を備えるシールド付き電力結合装置が、複数のフェライトコアセグメント２３０、２８０を相互に隣接するように配置することによりどのように形成されるかを示している図である。
【図１８】実際的な例の側面図であり、実質的に環状および／またはセミトロイダルである相互に向かい合うコアに集合的に近づけるように、平面構成を備えるシールド付き電力結合装置が、複数のフェライトコアセグメント３３０、３８０を相互に隣接するように配置することによりどのように形成されるかを示している図である。
【図１９】図１８に示すような複数のフェライトコア３３０、３８０によりそれぞれ形成

された互いに向かい合うコアを備える平面構成の電力結合装置が、図１８の紙面内で縁を前にして見た場合に見えるよう示された図であり、コア空気ギャップ３０２を架橋（bridging）する磁束線が、電力結合装置の駆動中に、どのように交互に整列および不整列になるかを示す図である。

【図２０】図１８に示すような複数のフェライトコア３３０、３８０によりそれぞれ形成された互いに向かい合うコアを備える平面構成の電力結合装置が、図１８の紙面内で縁を前にして見た場合に、巻部３１０、３６０が見えるように示された図であり、仮想電流ループ１９７が、巻部導線がコア凹部に出入りするところにどのように形成されるかを示す図である。

【図２１】図１７に示すような円筒構成を備える電力結合装置の内側コアの一部を形成するフェライトコアセグメント２８０が、図１７の紙面内の縁を前にして見たときに見えるように示された図であり、一対の通路２７７を示し、これは巻部の導線が通り相互に隣接するコアセグメント上で対角線に配置されることを可能にする。

【図２２】図１８に示す平面構成を備える電力結合装置の半結合部のコアの一部を形成するコアセグメント３３０が、図１８の側面図として示され、ただし、図２２におけるコアは、図１８において採用されているＣコアセグメントの代わりにＥコアセグメントを採用し、図２２は、３巻の巻部３１０（ここでは、図の上の部分の巻部３１０を参照する）がコア凹部にそって経路付けられ、互いに隣接するコアセグメント３３０の対角線上に配置される通路によって巻部の導線がコア凹部に出入りする。

【図２３】線対称の回転固体を生成するために用いられるいくつかの代表的な断面図を示しており、本発明の実施形態による回転トランスフォーマー構造がこれに適合し、特に、回転トランスフォーマー半結合部の、複数の組み合わせられた、または入れ子にされた組が、様々な統合構造内に結合される。

【発明を実施するための形態】

【００１２】

本開示は、シールド付き電力結合装置に関し、より詳細には、たとえば、医療応用またはセキュリティ応用等で用いられるようなコンピュータ断層撮影（ＣＴ）スキャナのような文脈で、または、相対的に回転するように係合できる部材の間で電力の伝達が望まれるような他の応用に関する文脈で、ＲＦ放射および／または他の電磁的干渉を低減させることができ、および／または、電力の誘導伝達の効率を改善することができるシールド付き電力結合装置に関する。

【００１３】

本明細書において、「電磁的干渉」、「ラジオ周波数（ＲＦ）放射」等の語は最も一般的な意味で用いられ、本発明の実施形態による電力結合装置の運転に影響を与えるような、周囲の装置からの干渉を含むが、これらの語は、特に、本発明の実施形態による電力結合装置により生成される干渉を参照することを意図しており、特に、ＣＴスキャナの一部または複数の部分や、ＣＴスキャナに関して使用されるもの、あるいは、本発明の実施形態による電力結合装置の文脈において用いられるその他のシステムのような、敏感な電子機器に影響を与える干渉を参照することを意図している。

【００１４】

「体（body）」、「物体（object）」、「ステーター（stator）」、「ローター（rotor）」、「空気ギャップ（airgap）」、「シールド（shield）」、「コア（core）」、「巻部（winding）」、「中心（center）」、「軸（axis）」等のような語を便宜的に単数形で用いるが、同様の状況は当然に存在し、そして、本発明は原則としてこれらの特徴が複数存在するような場合にも適用可能であると理解されたい。また、逆に、複数のものとして説明されていても、それは必ずしも単体であることを排除するものではない。また、「～の間」、「～の中」のような表現に関し、文脈から明らかである場合を除いて、「～の間」との表現は必ずしも２つの物体に限定することを意図しておらず、また「～の中」との表現はかならずしも２つより多いという限定を意図するものではない。

【００１５】

本明細書で「非接触」との語は、相対的に回転することができる部材の間または中で誘導的な方法で電力を伝達する能力を参照するために用いられており、必ずしも、他の目的のためにこれらの部材が接触する可能性を排除するものではないことを理解されたい。たとえば、他の目的は、静電放出、データの交換または伝達、機械的な駆動または支持、制動機構および安全機構、低伝達電力伝達、または、ここで開示される電力結合装置のタイプの誘導電圧電力に加えて必要とされるかもしれない高電圧電力伝達などを含む。

【００１６】

図１を参照すると、電気伝導性のワイヤ１１０、１６０（以下「巻部」ともいう）等を備える、概ね等しい直径の概ね円形の２つのコイルが互いに近接して示されており、これらの巻部１１０、１６０は、回転軸上に中心決めされ、回転軸に概ね垂直な平行面内に位置する。つまり、巻部１１０、１６０は回転軸と同軸であるということができる。回転軸に中心決めされ且つ巻部の曲率半径に等しい大きな半径（major radius）を備えるトーラスを仮定すれば、このトーラスの大きな円に沿う電流の流れは、いわゆる右手の法則（親指が電流の流れる方向を指すようにワイヤを右手でつかむ場合に、誘導磁束はワイヤの周りに指の巻方向に生じる）に従ってトーラスの小さい円（minor circle）に沿う磁束ループの流れを生じさせる。なお、図面において、電流または磁束の流れの向き符号に関して、すなわち前方／後方または時計回り／反時計回り等に関して、正確な描写をしているわけではなく、ここでは、一方において電流による横断による、他方において磁束の横断による互いの経路を示すことだけを意図している。また、ワイヤを流れる電流は交流電流であり、電流および磁束の流れの方向は経時的に変化し、これを正確に描写しているものではない。文脈から明らかでない限り、本明細書で用いられる「電流」との語は交流電流を参照する。

【００１７】

１回転の巻部１１０、１６０が示されているけれども、巻部１１０、１６０の一方または両方を複数回転または端数回転（「端数回転」とは、３６０°より少ない回転、または、１回転または複数回転に端数回転が加えられたものを意味する）としてもよい。巻部１１０、１６０が互いに対して相対的に回転する場合、巻部の一方が静止しているように見える参照フレームが想定され、この場合、アセンブリを静止側（たとえば巻部１１０）および回転側（たとえば巻部１６０）として観察することができ、その間にある空気ギャップが相対回転を許容する。

【００１８】

本明細書において、文脈から明らかでない限り、「ギャップ（gap）」および「空気ギャップ（airgap）」との語は、概ね交換可能に用いられる。ここでは「空気ギャップ」との語が用いられるがこれは単なる慣習的な表現に過ぎず、このようなギャップは空気に限定されず、真空、油、および／または他の流体、および／またはスライド部および／または回転ベアリング、または、これらの空間を完全にまたは部分的に満たす相対的な運動を許容するその他の機構とすることが可能である。

【００１９】

たとえば、静止側と回転側との間の電気接続として、スライド接触部または摩擦接触部（たとえば、ブラシ等）の代わりにまたはそれに追加して、電力が回転部にまたは回転部から伝達されなければならない場合において、このような一対の巻部を採用することは便宜であり、静止側を介して静止する電子回路構成への電気接続を形成し、回転側を介して回転する電子回路構成への電気接続を形成し、トランスフォーマーの方式の後の相互誘導により空気ギャップを横切って電力を伝達する。このような場合、２つの巻部１１０、１６０は、磁束線により誘導的に結合され、振動する電流が一方の巻部に与えられるときに、起電力が他方の巻部に現れる。

【００２０】

ここで図２を参照すると、図２は図１に示される巻部１１０、１６０の断面図であり、巻部１１０、１６０を相互リンクする磁束線が通る経路の磁気抵抗を低減させることにより巻部１１０、１６０間の相互誘導結合を改善する、Ｃ形状の強磁性体の半コア１１５、

１６５、または他のこのような磁気抵抗を低減させる材料の分配、の外形が破線で示されている。他の方法として、巻部間の結合を増強するためにフェライト（非電気伝導性の強磁性セラミック材料）等のトロイダルシェルを巻部１１０、１６０の周りに配置してもよく、これは、２つの巻部１１０、１６０が互いに対して運動することができることが望まれ、静止巻部１１０に固定された半コアと回転巻部１６０とともに運動する他方の半コアとの間の運動を許容するようにフェライトシェルが分割される場合に便宜である。このような場合、２つの巻部１１０、１６０を相互リンクする磁束線のループが通る経路が、フェライトを通る２つのセグメントおよび空気を通る２つのセグメントを備えることになる。

【００２１】

ここで用いられる、「半結合部」、「半シェル」、「半コア」、「半シールド」等の語は、誘導結合、およびシェル等の全体を構成する複数（たとえば２つ）の部分のうちの１つの部分を参照するための略語として用いられており、これらの部品が正確に２つでなければならないとか、これらの部品が等しい寸法、体積、質量等でなければならないなどというように、過度に文言通りに解釈すべきでなく、また、「結合」との語から、正確に２つのこのような部品がある、というように解釈すべきでない。むしろ、ここでは、文脈から明らかでない限り、このような語は、複数の部分が全体を構成しているようなより一般的な場合の総称であると理解すべきである。「回転トランスフォーマー半結合部」との語は、ここでは、回転トランスフォーマーの一方または他方の側（主側または副側）の構造を参照するために用いられており、それ自身では回転トランスフォーマーの機能ではなく、主側および副側が一緒になって機能する回転トランスフォーマーを構成する両者の結合構造から区別している。さらに、特に半コア、半シールドに関する接頭語「半」は説明の便宜のために省略されることがある。

【００２２】

「コア」との語の使用に関して、この語はここでは、磁気抵抗を低減させる（代替的に磁気透過性ともいう）材料を総称的に参照するために用いられており、巻部等に関するこれらの材料の配置に関わりなく用いられる。すなわち、「コア」との語は、従来のトランスフォーマーの場合は、これらの磁気抵抗低減材料が軸方向に方向付けられまたは巻部の回転内の中心に位置決めされることを提案しているかのうように狭く解釈されるかもしれないが、実施形態では、トロイダルの長円の方向に巻かれた巻部の周りのトロイダルの短円の平面内における磁束ループを補強するように、コア材料が概ねトロイダル様に分配される、いわゆる逆トポロジーを備える回転トランスフォーマーが採用されているが、「コア」との語は、ここでは、従来の慣習の外で用いられている。

【００２３】

図２を参照すると、静止巻部１１０が、たとえば、トランスフォーマー主巻部の型で交流電流電源に接続されると、負荷が接続される回転巻部１６０はトランスフォーマーの副巻部として機能する。このような回転トランスフォーマーにおいて、主巻部は、誘導場生成素子として機能し、副巻部は誘導結合場受け取り素子として機能し、磁気抵抗低減材料は誘導結合効率増加素子として機能する。ここで用いられる「トランスフォーマー」との語は、相互誘導により電力を伝達する装置を参照するために用いられ、この語は、磁気抵抗低減材料が存在するかどうかに関係なく、また、インダクタンスの漏れが存在するかどうかまたはその量如何にも関係なく、そして、一方の側の巻数（すなわち、主または副側、または図２の空気ギャップ１０２の上側または下側）と、他の側の巻数との比が、ステップアップ、ステップダウン、または１対１の電力伝達を形成するか、すなわち、各巻部における静電力がステップアップ、ステップダウン、または１対１になるかどうかに関係ない。

【００２４】

図２を参照し、このような回転トランスフォーマー構造は、この場合、主（たとえば静止）巻部１１０、副（たとえば回転）巻部１６０、主コア（たとえばフェライト半コア）１１５、副コア（たとえばフェライト半コア）１６５、および空気ギャップ１０２を有し

、空気ギャップ１０２は、副巻部１６０および副コア１６５が主巻部１１０および主コア１１５に対して回転できるようにする。図２に関する説明において、半コアが言及されるときであっても図２の説明の便宜のために接頭語「半」はときどき省略されることがあることに注意されたい。図２は、巻部およびコア半シェルにより形成される概ね線対称のトロイダル構造を通る、メリジオナル断面（「半径方向断面」とも言及される）である。図２は、概ね等しい半径の２つの巻部を備える図１に示されるような「重ねられた（stacked）」または「軸方向にずれた」巻部の構造として参照される構造を示しているので、結果として、概ね線対称のトロイダル構造は線対称の軸を備え、この軸は図２に示されるように垂直である。仮に、図１において、代わりに、互いに異なる半径の２つの同軸に配置された（半径方向にずらされたとも言及される）巻部があり、且つ、２－２の断面が図２に示す断面に対して９０°で取られた場合、結果として、概ね線対称のトロイダル構造は、線対称の軸を備え、これは図２に示すように水平である。他の方法を示せば、図２に示される断面プロファイルは、図１に示すような軸方向にずれた構成を得るために、図２に示すような垂直の線対称の軸を備える回転固体を形成するために用いられる。あるいは、図２に示される断面プロファイルは、回転固体が図２に示すような水平な線対称軸を備え、巻部が同軸に配置される半径方向にずれ、フェライト半コアが内側に面する開いた側部を備える大きな半径の巻部にあり、フェライト半コアが外側に面する開いた側部を備える小さな半径の巻部にあり、フェライト半コアの各開いた側部がその間の空気ギャップを挟んで向かい合う、ような構成を得るために用いられる。回転トランスフォーマーの運転中に、コア空気ギャップ１０２により掃引され、且つ、仮想表面１４５および１９５により境界付けられた、強磁性体半コア１１５、１６５のコア空気ギャップ界面が概ね一致する空間の容積は、軸方向にずれた構成の場合でも、または半径方向にずれた構成の場合でも、環状であるが、軸方向にずれた構成の場合は、コア空気ギャップ１０２により掃引された空間の容積、およびコア空気ギャップ１０２を境界付ける仮想表面１４５および１９５は、回転トランスフォーマーの運転中に平面（沈下（squat）、平坦、およびワッシャ状）に近づき、この構成は、ときどき「平面構成」（「平面円形（plane circular）」構成とも参照される）と参照され、また、半径方向にずれた構成の場合は、コア空気ギャップ１０２により掃引された空間の容積、および空気ギャップ１０２を境界付ける仮想表面１４５および１９５は、回転トランスフォーマーの運転中に円筒形に近づき、この構成はときどきここでは「円筒構成」と参照される。

【００２５】

ここで、もし回転軸が巻部１１０、１６０、および強磁性体半コア１１５、１６５の対称軸であるならば、結合は、この軸を中心とする回転運動により実質的に影響を受けないであろう。ここで議論される回転トランスフォーマーの文脈において、回転トランスフォーマーが線対称の構成であるので、回転トランスフォーマーの線対称軸は、回転トランスフォーマーの回転軸と実質的に同一線上にあると理解される。すなわち、文脈から他の意味であることが明らかでない限り、これらの線対称軸または回転軸の一方が言及されるときは、一般に他方の軸のことも示唆していると理解することができる。ここで用いられる「回転トランスフォーマー」との語は、たとえば静止した外部の点に対して一方または両方の側が回転可能であるかどうかに関わらず、一方の側が他方の側に対して回転可能である誘導電力伝達装置を参照するために用いられている。

【００２６】

上述の議論は、図１に示されるような垂直または水平な線対称軸を備える回転固体が、どのように、図２に示されるような断面プロファイルから得られるかについて説明したが、一般に、任意の方向における線対称軸および回転軸を備えることが可能である（しかし、線対称軸および回転軸を任意に選択できるが、線対称軸は概ね回転軸と同一線上であることが好ましい）。線対称軸および回転軸が図１に示すような水平または垂直ではない場合、コア空気ギャップにより掃引される空間の容積、およびコア空気ギャップの界面が概ね一致するコア空気ギャップを境界付ける仮想表面は、回転トランスフォーマーの運転中に概ね円錐形状になり、このような構成はここではしばしば「円錐構成」（たとえば図１

６参照）と言及される。線対称性に加えて、空気ギャップに対するある程度の対称性が存在し、たとえば図２に示されているように、回転トランスフォーマーの一方の側（たとえば副側）は、巻部／コア構造の空気ギャップを挟んで、回転トランスフォーマーの他方の側（主側）の反射像として理解することができる。このような対称性の結果として、主側および副側は、ある程度、空気ギャップを挟んで互いに反射像となり、このような場合、寸法は、円筒形または円錐形の構成の場合、一方が半径方向内側に回転軸に向かって動くときに縮み、一方が半径方向外側に回転軸から離れるように動くときに広がる。

【００２７】

特に本発明の１つまたは複数の実施形態による実際の駆動に好ましいので、このような電力結合装置は、２０ｋＨｚ以上の周波数で駆動できるように構成され、図２に示される構造、つまりフェライトおよび銅（これはコア半シェル１１５、１１６および巻部１１０、１６０の特定の材料の例である）は、双極場を生成し、周りの空間に強い放射を生成するであろう。このような放射が望ましくない場合、フェライトシェルはシールド（図４参照）として機能する電気伝導性シェルにより取り囲まれ、また、巻部内の正味の電流による電磁場を概ね正確に相殺するような磁場を誘導することができる電流を伝達するように設計される。これが達成されるので、シールドの外への放射の漏れを減少または除去し得る。

【００２８】

ここで用いられる「シールド」との語は、以降文脈に依存して、狭くは、ファラデー型のシールドまたは電気伝導により電磁場を相殺する傾向を備える他のこのようなシールドを参照し、また、より一般的には、適切な巻部の配置、および／または、所定の配置のコアまたは他の磁気抵抗材料の使用を通じて、磁場をそらすおよび／または整列させることを含むシールドを参照し、あるいは、本技術分野でこの語が用いられる様々な通常なまたは特定の意味を参照する。「シールド」、「シールドする」との語は、ここでは、電気伝導部分による電磁場の相殺だけを参照するのではなく、さらに、電気伝導部による電磁場の相殺を促進し、または、他の方法で磁束の外への漏れを防止またはその支援をするための、磁気抵抗低減部による磁束の整列、チャネリング、閉じ込め、そらし、および／または案内を参照する。

【００２９】

図３を参照すると、同図は図１の巻部１１０、１６０の斜視図であり、巻部１１０、１６０を形成するワイヤの周りの閉じた線積分の経路を示している。図３は、様々な状況における構造から生成されるであろう放射を評価するための議論の基礎として示されている。ここでは、Ｈ、ｄｌはベクトル量であり、積分は、２つの巻部により境界付けられる中心領域を通る経路の周りにおけるこれらのスカラー積の閉路線積分である。

【００３０】

図４を参照すると、同図は、図２の巻部／コアシステムが単一の共通シールド１０４により完全に囲まれた構造を示す断面図である。図４において、シールド１０４は、たとえば、金属シェル（たとえばアルミニウム合金であるが、任意の電気伝導性材料を用いることもできる）とすることができる。巻部領域１１０、１６０は、図４の紙面に垂直に電流を伝達するワイヤを含む。コア領域１１５、１６５は強磁性体材料を含み、好ましくはフェライトであるが、２０ｋＨｚ以上の周波数において非電気伝導性の強磁性体セラミックである。コア領域１１５および１６５は、相対回転を許容するための空気ギャップの存在を想定しているので、図面において２つの別々の部分としてい示されているが、ここでの説明の目的においては、コア領域１１５および１６５は単一の連続部分から形成されていてもよい。

【００３１】

ここで、マックスウェル方程式によれば、振動する磁場は、振動する電場を磁場に対して直角に誘導する。金属において、たとえば、この電場はこの磁場を相殺するように流れる電流を発生させる。そのため、振動する磁場は、金属中の深くまで進入することができるようにすべきではない。シールド１０４は、シールド内で振動する磁場が所定の進入深

さをこえると実質的にゼロになる程度に十分に厚い。図３から、図４におけるシールドに誘導される電流の合計は、領域１１０および１６０のワイヤ内の正味の電流と符号は異なるが同一の向きおよび大きさになることが予想され、すなわち、シールド１０４内に誘導される電流は、巻部１１０、１６０内を流れる電流により生成される磁場を相殺するような大きさおよび方向である。すなわち、Ｈは、シールド１０４として機能するアルミニウムシェルの外側表面においてゼロになると予想され、閉じた表面内の総電流はゼロになると予想され、シールド１０４の内側表面上またはその付近に誘導される電流の合計は、巻部１１０、１６０内を流れる電流の合計と大きさが等しくなり、符号は反対になる。この事実に基づき、シールド１０４内の電流の流れは、図４の紙面に垂直な方法になると予想され、つまり、シールド１０４内の電流が、巻部１１０、１６０におけるワイヤ内を流れる正味の電流と符号が異なるが概ね同方向になるといえる。

【００３２】

図４に示す断面プロファイルから導かれる三次元的に線対称な回転固体は、概ねトロイダル形状であり、電力結合装置の運転中に、巻部１１０、１６０内の電流は概ね長円（major circle）に沿って（または長円に同軸な円に沿って）円周方向に流れ、このときに生成される磁束線は、線対称構造全体のメリジオナル平面内に位置すると理解することができ、コア領域１１５および１６５における磁気抵抗低減材料の分配の任意の方向性が好ましくはこの磁束線を変更せずに増強するように設計されることが好ましく、主および副巻部を相互リンクする磁束のループが、概ね線対称構造により占有されるトロイダル容積の短円（minor circle）の面内に位置すると理解できるので、図１に関して述べたのと類似の状況が得られる。図４において、この場合、巻部１１０、１６０におけるワイヤ内を流れる電流およびそれにより誘導されるシールド１０４内の電流は、図４における紙面に垂直に出入りし、これらの電流は紙面から出るとき、線対称構造全体により占有されるトロイダル容積の長円に追従するように（長円に対する幾何関係を維持するように）湾曲し、トロイダル形状の長円が延びる特定の方向は、線対称軸が図４に示す断面に関する位置に依存し、また、図４に示す断面が上述のような平面形状、円筒形状、または円錐形状の構成を備える回転トランスフォーマーの一部であるかどうかに依存する。

【００３３】

図５を参照すると、同図は、図４に示されているシールド１０４が２つの半シールド１２０、１７０に分割され、その間にシールド空気ギャップ１０１が形成されている状況を示す断面図である。図５において、２つの互いに向かい合う３回転巻部が、それぞれ向かい合うＣ形状のコア凹部に配置されている。このとき、もし、シールド空気ギャップ１０１によるシールド１０４の半シールド１２０、１７０への分割が、回転トランスフォーマーの運転中における、シールド空気ギャップ１０１により掃引される空間の容積が、図４の紙面に垂直であるようになされるならば、上述の議論により、シールド空気ギャップ１０１の存在は一般に、必ずしも、電力結合装置の運転中にシールドシェル内に誘導される上述の電流の流れを妨害する必要はないと期待される。これは、このような電流が、上述の説明のようにふるまう限りにおいて、シールド空気ギャップ１０１を横切る誘導電流を発生させる傾向をもつ成分を持たないと予想されるからである。図５に関する説明において、半コアが言及されるとき、接頭語の「半」は説明の便宜のために省略されることがあることに注意されたい。

【００３４】

再び、図５に示される断面プロファイルから引き出される三次元の線対称回転固体は、概ねトロイダル形状であり、巻部１１０、１６０内の電流は、電力結合装置の運転中に、概ね長円（または長円に同軸の円）に沿って円周方向に流れ、そしてこの場合、巻部１１０、１６０内に電流が流れ、それにより図４で説明したシールド１０４内に場を相殺する電流が誘導され、そして、巻部１１０、１６０内の電流、それにより誘導される場を相殺する電流、および図５の半シールド１２０、１７０内を流れる電流は、同様に、図５の紙面に垂直に出入りすると理解される。ただし、これらの電流は、紙面から現れ、線対称構造の全体により占有されるトロイダル形状の長円に追従するように（長円に関する幾何関

係を保存するように）曲がっており、トロイダルの長円の特定の方向は、線対称軸の図５の断面上での位置に依存し、また、図５に示す断面が、上述した平面構成、円筒構成、または円錐構成を備える回転トランスフォーマーであるかどうかに依存する。

【００３５】

このような図４で説明したシールド１０４内を流れる場を相殺する電流、図５で説明した半シールド１２０、１７０内を流れる電流は、符号を除いて巻部１１０、１６０内を流れる電流と同様であるので、「仮想電流（image currents）」と呼ばれることがある。より詳細には、「仮想電流」との語は、ここでは、仮定される電流により形成される磁場を相殺することができる電流を参照するために用いられている。

【００３６】

このような場を相殺する仮想電流が、線対称構造の全体により占められるトロイダル容積の長円と同軸の円に沿って概ね円周方向に流れるようにするために、好ましくは、半シールド１２０、１７０は、回転軸の周りに閉じた回路を構成する実質的に連続な電気通路、たとえば線対称構造の全体により占められるトロイダル容積の長円に同軸な円に沿う円形の通路、を構成する電気伝導性の材料を有する。さらに好ましくは、このような連続的な電気通路は、電力結合装置の運転中に巻部１１０、１６０内を流れる電流による磁場を実質的に相殺するような磁場を誘導するのに十分な程度に、電流を支持することができる。

【００３７】

図５に示される断面プロファイルから導かれるような線対称の回転固体は、線対称固体の全体に関して「グローバル」特性との語で説明でき、また、代表的なメリジオナル断面に関して「ローカル」特性との語で説明される。すなわち、全体またはグローバルな特性に関して、図５に示される断面プロファイルから導かれる線対称の回転固体は、概ねトロイダル形状であり、巻部１１０、１６０内を流れる電流；半シールド１２０、１７０内を流れる電流；およびシールド空気ギャップ１０１により掃引される空間の容積は、図５における紙面に垂直に出て、ただし、紙面から出るときにトロイダル形状の長円に追従するように曲がり；さらに、コア１１５、１６５により整列された磁束のループは、トロイダル形状の短円の平面内に位置する。断面またはローカルな特性に関して、図５における平面内に存在している状況に限定して説明するならば、半シールド１２０、１７０内を流れる場を相殺する電流；巻部１１０、１６０内を流れる電流；およびシールド空気ギャップ１０１により掃引される空間の容積；に関してそれぞれ、図５の紙面から垂直に出現し、これらは全て、たとえば図５の断面内において互いに平行であるということができ；さらに、図５における紙面内に位置する整列された磁束のループに関して、整列した磁束線は、たとえば図５の断面内において、半シールド１２０、１７０内を流れる場を相殺する電流に垂直であるということができ、また、シールド空気ギャップ１０１により掃引される空間の容積を境界付ける仮想表面に対して垂直であるということができる。

【００３８】

以上から、コア領域１１５、１６５における時間変化する磁場の磁束線は、たとえば図５に示す断面において、概ね巻部１１０、１６０内を流れる電流に概ね垂直になり；また、半シールド１２０、１７０内の電流に垂直になり；また、シールド空気ギャップ１０１により掃引される空間の容積を境界付ける表面に垂直になり；そして、このような磁束線は、シールド空気ギャップ１０１を横切る電流を誘導する傾向をもたないことが分かる。換言すれば、このような場合、シールド空気ギャップ１０１を橋渡しするような方向に電流を流す傾向をもたないということを期待でき；つまり、電力結合装置の運転中に、シールド空気ギャップ１０１により掃引される空間を境界付ける仮想表面に垂直な方向に電流を流す傾向をもたないといえる。つまり、図４に示すシールド１０４が、図５に示すように２つの半シールドに分割されると、たとえば図５の断面図に示されているようなその間に介在するシールド空気ギャップ１０１は、磁場に垂直になり（すなわち、電力結合装置の運転中に空気ギャップ１０１により掃引される空間の容積を境界付ける仮想表面は、磁場に垂直になる）、また、半シールド１２０、１７０を小さな量に分割することにより、

半シールド１２０、１７０内を流れる電流が、図４に示される分割されていない共通シールド１０４内を流れる電流と本質的に同一であることを期待できるので、シールドのロスを僅かにするまたは全くなくすことを期待できる。すなわち、たとえば図５に示される断面において、磁場がシールドギャップ１０１に平行な成分を持たず（すなわち、電力結合装置の運転中の、空気ギャップ１０１により掃引される空間の容積を境界付ける仮想表面に平行な成分をもたず）、また、半シールド１２０、１７０内を流れる正味の電流が、シールド空気ギャップ１０１に垂直な成分を持たない（すなわち、電力結合装置の運転中の、空気ギャップ１０１により掃引される空間の容積を境界付ける仮想表面に垂直な成分をもたない）場合、半シールド１２０、１７０は、シールド空気ギャップ１０１の存在にも関わらず、シールドの外側に到達する放射をほとんどなくすまたは全くなくすように設計できることを期待できる。

【００３９】

図５を参照し続け、図面に示されたシールドされたトランスフォーマー状のシステム内を流れる電流は、磁化電流プラス２つの負荷電流であり、この２つの負荷電流は大きさにおいて実質的に等しく、位相が反対になる（一方の負荷電流を主電流とすると他方の負荷電流はそれにより誘導される副電流である）。コア領域１１５、１６５におけるフェライトは、コア領域１１５および１６５が単一の連続部分から形成されるならば、わずかな磁束がそこから逃げるように磁束ループをチャネリングさせ且つそらす。しかし、コア領域１１５および１６５は、相対的に回転できるように２つの分割部分に分割されているので、符号１０３で示された領域の周囲において、コア領域１１５、１６５に出入りするほとんどの磁束はコア空気ギャップの隣接領域でそのようになり、そこから放出されるフリンジする場（「フリンジ場」ともいう）が図面において概略的に示されている。

【００４０】

このとき、フリンジ場１０３がぶつかるコア空気ギャップ周縁の近隣において、電流が半シールド１２０、１７０内に、および半シールド１２０、１７０の内側表面近傍に誘導され、誘導電流はフリンジ場１０３を相殺する傾向を持つ。このような現象に関して、コア領域１１５および１６５のミスアライメント、コア領域１１５および１６５内の磁気抵抗低減材料の不均一な分布、コア空気ギャップにおける表面トポロジーまたは表面幾何のずれ等は、フリンジ場１０３が、シールド空気ギャップ１０１を横切る誘導電流を発生させる成分を備える原因となり、電力結合装置の外側への放射の放出を防止するためのシールドフリンジ場１０３の問題は、より困難になることを予想される。フリンジ場１０３がシールド空気ギャップ１０１を横断する誘導電流を発生さえる傾向をもつ成分を含まない限り、半シールド１２０、１７０が十分な厚さおよび電気伝導度を備える場合、一般に、磁場が半シールド１２０、１７０の外側表面に導かれる前に、このような誘導電流に応答して磁場を相殺することが可能である。

【００４１】

この場合において、本発明の１つまたはそれ以上の実施形態において、好ましくは、半シールド１２０、１７０は、コア空気ギャップに隣接してフリンジ場相殺領域を備え、フリンジ場相殺領域は、コア空気ギャップから出てくる磁束によるフリンジ場を、磁束の出現による効果が半シールド１２０、１７０の外側表面に到達する前に、たとえば半シールド１２０、１７０内に生成される電流が半シールド１２０、１７０の外側に導かれる前に、実質的に相殺する程度に十分な、厚さ、電気伝導度、伝導性を備える。さらに好ましくは、フリンジ場相殺領域が存在する場合、これは、回転軸の周りに閉じた電気回路を形成する実質的に連続する電気通路、たとえば、線対称構造全体により占められるトロイダル容積の長円と同軸な円に沿った円周方向の通路、を形成する電気伝導性材料を有する。さらに好ましくは、フリンジ場相殺領域における連続する電気通路が存在する場合、これは、電力結合装置の運転中に巻部１１０、１６０内を流れる電流による磁場お実質的に相殺するのに、十分な磁場を誘導する電流を支持することができる。

【００４２】

様々なコア／シールド幾何において、コア空気ギャップから出てくるフリンジ場をより

よく理解するため、および、このようなフリンジ場が、シールドの内側表面上またはその近傍で、フリンジ場相殺領域によりどのように相殺されるのかをよりよく理解するために、ここで図６－図１０を参照する。

【００４３】

図６乃至図１０を参照すると、これらの図は、シールドが互いに向かい合うフェライトＥコアの間のコア空気ギャップから出てくるフリンジ場にされされたときに、シールド内のどこに、すなわちフリンジ場相殺領域のどの位置および範囲に、電流が流れるかを決定するための有限要素シミュレーションの結果を示している。図６から１０において、シールドの一部だけが示されており、コアおよび巻部は概ね図５に示されているものである。但し、図５に示すものは互いに向かい合う３回転巻部の単一のペアが向かい合うようにＣ形状のコア凹部に配置されているが、図６から図１０においては、２つのペアの対向する３回転巻部が向かい合うＥ形状のコア凹部内に配置されている。なお、図６から図１０に関する説明において、半コアが言及されるときでも、接頭語「半」は説明の便宜のために省略されることがある。

【００４４】

巻部／コアの幾何的配置は図５から図１０において同一であるので、生成される磁場は全ての場合において実質的に同一であり、この共通する磁場プロファイルが図６に示されている。シールド１２０、１７０が図６に示されているが（このシールドはたまたま図８に示される構成であるが）、これは参照目的のためだけに提供されており、図示された磁場の生成とは関係ない。

【００４５】

図６から図１０から分かるように、コア材料はコア空気ギャップのところで不連続であり（すなわち、磁束線はコア－空気－コア界面を横断しなければならず）、コア材料内に閉じ込められる（分岐する）磁束線は、フリンジ場を形成するように漏れ出す。図６から図１０において、コア空気ギャップは、シールド空気ギャップよりも狭く示されており、これは一般に、本発明のいくつかの実施形態において好ましく、主側と副側との間の結合を改善し、インダクタンスの漏れを低減し、フリンジを低減するなどのために狭いコア空気ギャップが望まれ、しかし、キャパシタンスを低減し、回転中の相互に近接する部品の寸法的な緩い交差を許容するなどのために幾分広いシールド空気ギャップ（および、図示されていないが場合によっては幾分広い巻部ギャップ）が望まれる場合において好ましい。

【００４６】

図６を参照すると、磁束線はコアにより大きくそれ（コア内に閉じ込められ）、但し磁束がコアからコア空気ギャップの近傍において逃げ；そのため、図示の巻部／コア構成は、コア空気ギャップの近傍以外の位置においてシールドが比較的小さな電流支持能力を持つときでも、効果的なシールドを達成できることを期待できる。たとえば、磁束はコアにより十分にそらされる場合、図９に示される２つのカットバック非隣接空気ギャップシールド構成は十分なシールドを提供し、他の例として、図８に示す、上半分シールド１２０が２部品ラップアラウンド非隣接空気ギャップシールド構成から省略された構成においても、十分なシールドが提供される。

【００４７】

図６を参照し続け、コア空気ギャップ近傍の磁束線のひずみの程度を低減するために、本発明の１つまたはそれ以上の実施形態において、好ましくは、コア空気ギャップにより分離される対向するコア表面（すなわちコア空気ギャップ界面）は、なめらかであり且つ互いに平行であり、そして、コア－空気ギャップ界面の表面は、コア空気ギャップを橋渡しする磁束線の支配的な方向に垂直である。

【００４８】

図６を参照し続け、Ｅ形状コアの使用による２組の磁束ループのタンデム流れを生成し、すなわち、ＥコアはＣコアが隣り合わせに配置された状況とほぼ同じであると考えることができる。図６に示されるような複数の組の磁束ループの生成するためにＥコアまたは

他の構成の磁気抵抗低減材料が使用されるが、トロイダルの幾何配置、その短円等に関するここでの説明および特許請求の範囲の参照に関して、このような複数の組の磁束ループの使用の可能性を排除するものと理解すべきではなく、一般に、本発明の様々な側面をここに適用することができると理解すべきである。たとえば、複数の組の磁束ループが存在する場合、このような磁束ループは、線対称構造全体のメリジオナル平面内に位置することが想定され、コア空気ギャップから逃げるフリンジ場を形成する、このような磁束ループのシールドに対するアライメントの幾何配置は、シールド内のフリンジ場相殺電流を本質的に変化させない、そして、任意の場合に、本発明の様々な側面を、独立に、コア材料のトロイダル分配（たとえば、図６に示す対向するＥ形状コアの凹部内に配置される巻部の各組）によりそらされた磁束ループの各組に適用することができる。さらに、図面はＣ形状コアおよびＥ形状コアだけを示しているが、より高次のコア（すなわち、２より多くの凹部を備えるコア；または３つより多くのアーム状の極部材を備えるコア）ももちろん可能であり、必要に応じた適切な修正によりここに本発明の様々な側面を適用できる。たとえばＥ形状コアが用いられる場合、Ｅコア極部材の中心においてコア空気ギャップ（たとえば図６の中心のコア空気ギャップ）から出る磁束線は、図６の両端におけるＥコアの極部材におけるコア空気ギャップから出る磁束線よりも、一般に、ＲＦ放射に関して小さな役割を演ずるであろう。そして、シールドは、このような場合、コア空気ギャップの周縁の極部材（すなわち遠位の極部材、ここで遠位とは図１３とともに以下で定義される）から出るフリンジ場への注意に集中することを期待できる。

【００４９】

図６から図１０には示されていないが、好ましくはＡＣ電源が、図面のＥコアの左上の凹部内に配置される３回転主巻部に接続され、また、図面のＥコアの右上の凹部内に配置される３回転主巻部に接続され、ここで、これらの巻部内を流れる瞬間的な正味の電流がゼロになるように接続される。すなわち、巻部の数およびそこを流れる交流電流の選択（たとえば２相、３相、多相など）等が主巻部を流れる正味の電流が瞬間的にゼロになるようにされる場合、シールド付き電力結合装置の運転中に半シールド１２０、１７０内に誘導される電流の大きさは、たとえば、単相ＡＣ電流が、たとえば、主側および副側のそれぞれにおいてＣ形状断面を備える半コアの凹部内に巻きつけられた単一巻部とともに用いられる場合よりも、小さくなることを期待できる。これは、主巻部内における磁化電流は、単相／単巻部の場合においては相殺されないままになるからである。

【００５０】

すなわち、シールドが説明したように機能する限りにおいて、シールド内の正味の電流は、巻部内を流れる正味の電流と大きさが等しく、符号が逆になることが期待される。回転トランスフォーマーの主側および副側はそれぞれ単一の巻部を有し、この場合、３回転巻部が図５における主側および副側のＣコアの単一の凹部内に配置され、主巻部および副巻部において逆位相で現れる負荷電流は互いに相殺するので、巻部内の正味の電流は主巻部内に存在する磁化電流になる。しかし、回転トランスフォーマーの主側および副側がそれぞれ複数の巻部を持つ場合、この場合、図６から図１０における主側および副側において、２つの３回転巻部がそれぞれＥコアの２つの凹部に配置され、複数の主巻部内に現れるそれぞれの磁化電流が互いに相殺し、主巻部において瞬間的な正味の電流がゼロになる状態を得ることを可能にするであろう。巻部内の正味の電流がゼロである場合でも、これらの巻部内の電流は完全には１つにされず（lumped）に空間分布を持つという事実は、シールド内に電流が流れることを意味し、この電流はフリンジ場等を相殺する磁場を誘導し、この場合のこの場を相殺する電流は合計するとゼロになるが電力を消費（dissipate）する。

【００５１】

図７から図１０に示されるシールドは、図面に示されているように実質的にフリンジ場を相殺でき、より詳細には、図７から図１０に示されるシールドは、電気伝導性材料を備え、電力結合装置の運転中に、フリンジ場がシールドの外側に到達する前に、フリンジ場を実質的に相殺することができる磁場を誘導する電流の流れを許容するような、位置、電

気伝導度および厚さで電気伝導性材料を備える。

【００５２】

図７に示す有限要素シミュレーションにおいて、図面の左側および右側の両方で、コア空気ギャップの周縁から出るフリンジ場が、コア空気ギャップに隣接するシールド空気ギャップを備える２部品ラップアラウンドシールドの各部分１２０、１７０にぶつかるときに、場を相殺する電流が流れ；図７に示すシールドによるフリンジ場の相殺の間、図面に斜線で示される４つの領域において、場を相殺する電流が半シールド１２０、１７０内で紙面に垂直な方向に流れる。図８に示す有限要素シミュレーションにおいて、コア空気ギャップから出るフリンジ場が、コア空気ギャップと非隣接関係にあるシールド空気ギャップを備える２部品ラップアラウンドシールドの同一の部分１７０にぶつかるときに、場を相殺する電流が流れ；図８に示されるシールドによるフリンジ場の相殺の間、図面において斜線で示される２つの領域において、場を相殺する電流が半シールド１７０内で紙面に垂直な方向に流れる。図９に示される有限要素シミュレーションにおいて、図面の左側および右側の両方において、コア空気ギャップの周縁から出るフリンジ場が、コア空気ギャップに対して非隣接関係にあるシールド空気ギャップを備える２部品カットバックシールドの一方または両方の部分１２０、１７０にぶつかるとき、場を相殺する電流が流れ；図９に示されるシールドによるフリンジ場の相殺の間、図面において斜線で示される２つの領域において、場を相殺する電流が、半シールド１２０、１７０内で紙面に垂直な方向に流れる。図１０に示される有限要素シミュレーションにおいて、コア空気ギャップの周縁から出るフリンジ場が、コア空気ギャップに対して非隣接関係にあるシールド空気ギャップを備える１部品ラップアラウンドシールドの単一部品１７０にぶつかるときに、場を相殺する電流が流れ；図１０に示されるシールドによるフリンジ場の相殺の間、図面において斜線で示される２つの領域において、場を相殺する電流がシールドの単一部分１７０内で紙面に垂直な方向に流れる。図１０に示される１部品ラップアラウンド隣接空気ギャップシールドにおいて、図面の上側の単一シールド空気ギャップは、機械的な支持および電気的な接続を可能にする程度に十分に大きくすることができる。

【００５３】

図７に示される構成において、図面の左側および右側のそれぞれにおいて、シールド空気ギャップはコア空気ギャップに隣接し、つまりコア空気ギャップとシールド空気ギャップとは概ね実質的に同一の仮想表面に一致しているといえる。すなわち、コア空気ギャップにより掃引される空間は、シールド空気ギャップにより掃引される空間（これは概ね上述のように平面、円筒形、円錐形である）と概ね同一の広がりをもつ。

【００５４】

図８から図１０に示される構成において、図の左側および右側において、シールド空気ギャップはコア空気ギャップに隣接しておらず、シールドは、シールドの電気伝導性材料が少なくとも部分的にコア空気ギャップをシールド外面から塞ぐような、かぶさるプロファイルまたは塞ぐプロファイルを備えているといえる。すなわち、コア空気ギャップおよびシールド空気ギャップは、同一の仮想表面上に一致せず、コア空気ギャップにより掃引される空間は、シールド空気ギャップにより掃引される空間と同一の広がりをもたない。

【００５５】

図７に示されるような小さなシールドギャップにおいては、シールド空気ギャップが図７に示すようにコア空気ギャップに隣接する場合でも、フリンジ場の減衰があるけれども、図７に示すようにシールド空気ギャップがコア空気ギャップに隣接して配置される場合は、シールド空気ギャップが図８から図１０に示すようにコア空気ギャップから取り除かれた位置に配置される場合よりも、フリンジ場がシールド空気ギャップに深く延び、シールド空気ギャップを越えてシールド外部へ出ようとすることが分かる。ここで、シールドの厚さ、電気伝導度、電力、周波数等は、シールドがフリンジ場相殺電流を支持する能力を備えるように構成され、これは、シールド空気ギャップが図７のようにコア空気ギャップに隣接するように配置される場合は、シールド空気ギャップが図８から図１０のようにコア空気ギャップからより離れて配置される場合よりも、ＲＦノイズ放射に関してより有

害な効果を持つかもしれない。それは、後者の場合において（すなわちシールド空気ギャップとコア空気ギャップとが隣接しない場合）、一般に、フリンジ場の領域（すなわちコア空気ギャップ）とシールド空気ギャップの領域との間でシールド内に誘導される電流は、フリンジ場がシールドの外に到達する前にフリンジ場を相殺することができる磁場を誘導するより多くの機会があるからである。それゆえ、図８から図１０に示される非隣接型の構成は高電力および／または薄いシールドを含む応用により適しているが、図７に示す隣接型の構成は実際の製造により便宜的である。

【００５６】

さらに、磁束ループが完全にはメリジオナル平面内に閉じ込められない場合、または、磁束ループが完全にはトロイダルの短円の面内に閉じ込められない場合、あるいは、磁束線が、シールド空気ギャップにより掃引される空間を境界付ける表面に平行な成分を含む場合などのように、フリンジ場および／または他の磁場がミスアライメントされた場合、図８から図１０に示される場合のようにシールド空気ギャップがコア空気ギャップから取り除かれた位置に配置された構成は、図７に示される構成のようなシールド空気ギャップがコア空気ギャップに隣接する構成の場合よりも、よりよいシールドを提供することが期待される。これは、図８から図１０に示されるような非隣接型の構成は、トロイダル短円方向におけるフリンジ場の成分を相殺する磁場を誘導する方向のトロイダル長円方向の電流のシールド電流だけを許容するのではなく、多かれ少なかれ、トロイダル長円方向において存在し得るフリンジ場の成分を相殺する磁場を誘導するトロイダル短円方向のシールド電流の流れをも許容するからである。すなわち、図４および図５に関する説明においては、磁束のアライメントは、シールド内に誘導される電流がシールド空気ギャップ１０１を横断する傾向をもつ成分を持たないことを想定していたが、実際の装置においては、実際には、コアギャップの周縁から出てくるミスアライメントされた磁束線が存在し、これはトロイダル短円方向の成分を持つ電流を誘導する傾向があり、このような誘導電流がシールド空気ギャップ１０１の存在により流れることができないならば、シールドが電荷双極子のように放射をするからである。シールドがトロイダル長円方向の方向に延びる部分を備える限り、すなわち、図７から図１０のメリジオナル断面に示されるように、シールドがコア／巻部システムの周りを角度方向に包む限り、それゆえ、シールド空気ギャップは、図７に示すようにコア空気ギャップに隣接するように配置するよりも、図８から図１０に示すようにコア空気ギャップに隣接しないように配置することが好ましい。

【００５７】

シールド空気ギャップが大きい場合におけるシールド空気ギャップの定義に関して、図９においては、２つの大きなシールド空気ギャップが存在し、これらは図面の上部分および下部分にあり、一方、図１０においては、単一の大きなシールド空気ギャップが存在し、これは図の上部分に存在する。

【００５８】

特に、図７に示す隣接型の構成が採用され、シールドがアルミニウムで構成される場合、シールド空気ギャップは、アルミニウムのシールドの厚さの２分の１より大きくならないようにすることが好ましく、より好ましくは、シールド空気ギャップはアルミニウムのシールドの厚さの４分の１より大きくならないようにすることが好ましい。これを一般化すると、様々な電気伝導性材料から形成されるシールドは、特に、図７に示すような隣接型の構成を採用する場合、コア空気ギャップ領域におけるシールドの厚さは、シールド空気ギャップの厚さの２倍より小さくない厚さのアルミニウムの場合と等価な電気伝導度を達成する程度に十分であることが好ましい。より好ましくは、コア空気ギャップの領域におけるシールドの厚さは、シールド空気ギャップの４倍よりも小さくないアルミニウムの厚さの場合と等価な電気伝導度を達成する程度に十分な厚さであることが好ましい。

【００５９】

図８から図１０に示すような非隣接型の構成を採用する場合、好ましくは、シールド付き電力結合装置の運転中にコア空気ギャップにより掃引される空間の容積を境界付ける仮想表面に垂直な方向に計って、コア空気ギャップの最も近いところからのシールド空気ギ

ャップへの最も近い距離は、コア空気ギャップの厚さの３倍より小さくない。より好ましくは、この間の距離は、コア空気ギャップの５倍よりも小さくない。

【００６０】

図７に示す隣接型の構成を採用する場合でも、図８から図１０に示される非隣接型の構成を採用する場合でも、好ましくは、コア空気ギャップの領域におけるシールドの厚さは、コア空気ギャップの５倍より小さくない厚さのアルミニウムの場合と等価な電気伝導度を達成するのに十分であることが好ましく、より好ましくは、コア空気ギャップの領域のシールドの厚さは、コア空気ギャップの１０倍より小さくない厚さのアルミニウムの場合と等価な電気伝導度を達成でき程度に十分であることが好ましい。

【００６１】

隣接型の構成および非隣接型の構成が図７から図１０に示されているけれども、もちろん部分的に隣接する構成または部分的に非隣接型である構成、つまり、図７に示す構成と図８から図１０に示す構成の概ね中間的な構成を採用することに対するなんらの妨げはない。

【００６２】

さらに、望ましさに関して、本発明のいくつかの実施形態において、電気伝導性材料を有するフリンジ場相殺領域は、回転軸の周りに閉じた電気回路を構成する実質的に連続な電気経路を形成し、図７の隣接型構成においてはフリンジ場は４つの場所にぶつかり、図８から図１０の非隣接構成においてはフリンジ場は２つの領域だけにぶつかるという事実は、隣接型の構成においては、フリンジ場相殺領域として機能するこのような連続的な電気経路が４つあることが好ましく、非隣接型の構成においては、このようなフリンジ場相殺領域として機能する連続的な電気経路は２つで十分であろうということを示唆している。回転軸の周りで閉じた回路を構成するこのような連続的な電気経路は、たとえば、円形、環状、半トロイダルであるか、および／またはコア空気ギャップに隣接または横並びの環状のバンドの形状である。このような連続的な電気経路がコア空気ギャップに隣接し且つ横並びのリング状のバンドの形態である場合、このような環状のバンドは、電力結合装置が平面構成または円筒構成の場合に、実質的にリング状とすることができ、また、リング状のバンドは、電力結合装置が円錐構成の場合は実質的に円錐領域とすることができる。

【００６３】

図１１を参照すると、本発明の実施形態による回転トランスフォーマーの構造に適合的な同図は、線対称の回転固体を生成するのに用いることができるいくつかの代表的な断面プロファイルの側面図を示している。図１１において、同様の符号で示された部品は、上述した機能を備える。図１１においてＡ～Ｅで分類された５つの構成のそれぞれは、概ね線対称の回転固体を生成する断面プロファイルとして用いられたときに、十分なシールドを提供することができると期待される。このとき、本発明の様々な実施形態の概ね線対称回転トランスフォーマー構造を得るために掃引される断面プロファイルの回転軸は、断面プロファイルの外側に位置するが、断面プロファイルから任意の半径に位置することができ、また、断面プロファイルに対して任意の向きとすることができる。参照符号が部品を示すために示されているが、静止側と回転側とに関して限定する意図はなく、また主側と副側等に関しても限定する意図はなく、これらは互いに変更可能である。

【００６４】

図１１において、図１１Ａは、単一の主巻部と単一の副巻部とがそれぞれＣ形状の断面を持つ対向するコア内に配置されており、シールド空気ギャップがコア空気ギャップに隣接するシールド構成を示している。図１１Ｂは、単一の主巻部と単一の副巻部とがそれぞれＣ形状の断面を持つ対向するコア内に配置されており、シールド空気ギャップがコア空気ギャップに隣接していないシールド構成を示している。図１１Ｃは、２つの主巻部と２つの副巻部とがそれぞれＥ形状の断面を持つ共通のコア構造を備える対向するコア内に配置されており、シールド空気ギャップがコア空気ギャップに隣接するシールド構成を示している。図１１Ｄは、３相交流電流に適合する共通のコア構造を備える巻部／コア構成を

示しており、また、シールド空気ギャップがコア空気ギャップに隣接するシールド構成を示している。図１１Ｅは、３相交流電流に適合する３つの分離したコア構造を備える巻部／コア構成を示しており、また、シールド空気ギャップがコア空気ギャップに隣接するシールド構成を示している。ここで、巻部の数、巻部を流れる交流電流の選択（たとえば、２相、３相、多相等）などは、実質的にゼロの正味の瞬間的な電流が主巻部内に達成されるようにされ（すなわち、各台１巻部における各磁化電流が相互に相殺するようにされ）、これは、図１１Ｃ、１１Ｄ、１１Ｅに示される各主側および副側において、多数の巻部を備える巻部／コア構成にとって可能であり、図６から図１０に関して上述したようなシールド電流の有意な低減が可能である。

【００６５】

図７から図１０とともに上述したように、図１１における全ての構成は、シールドに用いられるアルミニウムまたは他の電気伝導性材料が十分な厚さおよび位置に存在する場合に、十分にシールドできることが期待され、この位置は、場相殺電流を支持するのに必要であり、場相殺電流に応答する磁場の効果がシールドの外側に到達する前に、たとえばこのような場相殺電流がシールドの外側表面に伝達される前に、場相殺電流に応答する、磁場を相殺することができる磁場を誘導するような位置である。一方、この場合に必要な電気伝導性材料の厚さは、一般に、周波数と電気伝導度の積の二乗根の逆数に応じて変化し、好ましい範囲は、複数のコア空気ギャップおよびシールドギャップの寸法に関するアルミニウムの厚さと等価な厚さとして、図７から図１０とともに上述した。さらに、回転軸のまわりに閉じた電気回路を構成する実質的に連続な電気経路の形成は、図７から図１０とともに説明された。

【００６６】

図面において、特定の線対称構成が議論および図示されてきたが、本発明はこれらに限定することを意図しておらず、上述の説明および任意の線対称構造に、必要に応じて適当な修正を施すことが可能である。

【００６７】

図１２は、理想化された円筒構成２００の斜視図であり、本発明の実施形態による回転トランスフォーマーにより構成されおよび近似されている。この構成は、異なる曲率半径の半結合部２０５、２５５が、概ね同軸に、回転軸を中心に半径方向にずれて配置されており、この構成は、相互に分離した半結合部２０５、２５５との間で半径方向に介在し且つ仮想表面２４５および２９５（図１３参照）を境界付ける空気ギャップ２０２により掃引される空間の容積のおよその形状により「円筒」と参照される。より厳密には、図２とともに説明したように、回転トランスフォーマーの運転中に空気ギャップ２０２により掃引される空間の容積が環状であり、しかし平面というよりも円筒に近く、この構成はここでは円筒構成と言及される。「半径方向にずれて」と記載しているが、これは、外側の半結合部の曲率半径は、一般に内側の半結合部の曲率半径よりも大きいので、平行移動であることを示唆しているのではなく、上述したように、より正確には、２つの半結合部は（この理想化された図示の例においては）、空気ギャップを横切る極座標系において互いに鏡像になると考えることができる。

【００６８】

図１３は、図１２に示す円筒構成２００のメリジオナル断面を示している。円筒構成２００は、相対的な回転を許容するように空気ギャップ２０２により外側半結合部２０５と内側半結合部２５５とに分割されたトロイダル構造であり、外側半結合部２０５は、外側仮想表面２４５により、円筒構成の近位側（以下において、近位および遠位は、メリジオナル断面でみて空気ギャップ２０２内の中間位置の中心から見て判断される）の上に境界付けられ、内側半結合部２５５は、仮想表面２９５により円筒構成の近位側上に境界付けられる。

【００６９】

外側半結合部２０５は、３つの同軸の半シェルまたは層２１０、２１５、２２０を有し、これらは、空気ギャップ２０２から順に、巻部２１０、コア２１５、およびシールド２

２０である。巻部２１０の近位表面は、概ね外側仮想表面２４５に一致するように示されており、不確定な厚さのギャップ（ゼロのギャップ、すなわち連続な配置、を含むことを意図している）が、巻部２１０の遠位表面とコア２１５の近位表面との間、およびコア２１５の遠位表面２１６とシールド２２０の近位表面２１９との間、に介在するように示されている。外側半結合部２０５は、シールド２２０の遠位表面２２１により遠位側に境界付けられる。図１３に関する説明において、半コアおよび半シールドに関する接頭語「半」は説明の便宜のためにときどき省略される。

【００７０】

内側半結合部２５５は、３つの同軸の半シェルまたは層２６０、２６５、２７０を有し、これらは空気ギャップ２０２から順に、巻部２６０、コア２６５、シールド２７０である。巻部２６０の近位表面２５９は、概ね内側仮想表面２９５に一致するように示されており；不確定な厚さのギャップ（ゼロのギャップ、すなわち連続な構成、を含むことを意図している）が、巻部２６０の遠位表面２６１とコア２６５の近位表面との間、およびコア２６５の遠位表面とシールド２７０の近位表面２６９との間に介在するように示されている。内側半結合部２５５は、シールド２７０の遠位表面２７１により遠位方向に境界付けられる。

【００７１】

外側半結合部２０５の巻部および内側半結合部２５５の巻部２６０は、空気ギャップ２０２を挟んで対向するように配置され、その間で相互に誘導結合を可能にする。図１３の左側に示される外側コア２１５の空気ギャップの界面２１３（以下「外側コア左空気ギャップ界面２１３」という）は、空気ギャップ２０２を挟んで、図１３の左側に示される内側コア２６５の空気ギャップ界面２６３（以下「内側コア左空気ギャップ界面２６３」）と互いに向かい合うように配置され、図１３の右側に示される外側コア２１５の空気ギャップ界面２１７（以下「外側コア右空気ギャップ界面２１７」）は、空気ギャップ２０２を挟んで、図１３の右側に示される内側コア２６５の空気ギャップ界面２６７（以下「内側コア右空気ギャップ界面２６７」）と互いに向かい合うように配置され、図２とともに上述したように、外側半結合部２０５の巻部２１０および内側半結合部２５５の巻部２６０の周りに生成される磁束をリンクする磁気回路を完成させ磁気抵抗を低減させる。磁束のループがメリジオナル平面に位置するように磁場のアライメントを容易にするために、対向するコア空気ギャップ界面の表面は滑らかであり、互いに平行であり、また、コア空気ギャップを架橋する磁束線の支配的な方向に垂直であることが好ましい。図１３の左側に示される外側シールド２２０の空気ギャップ界面２１８（以下「外側シールド左空気ギャップ界面２１８」）は、空気ギャップ２０２を挟んで、図１３の左側に示される内側シールド２７０の空気ギャップ界面２６８（以下「内側シールド左空気ギャップ界面２６８」）と互いに向かい合うように配置され、図１３の右側に示される外側シールド２２０の空気ギャップ界面２２２（以下「外側シールド右空気ギャップ界面２２２」）は、空気ギャップ２０２を挟んで、図１３の右側に示される内側シールド２７０の空気ギャップ界面２７２（以下「内側シールド右空気ギャップ界面２７２」）と互いに向かい合うように配置され、シールド２２０、２７０は、空気ギャップ２０２を除いて、概ねその中に巻部２１０、２６０、およびコア２１５、２６５をその中に完全に包み囲む。すなわち、巻部２１０、２６０およびコア２１５、２６５は、空気ギャップ２０２を除いて、シールド２２０、２７０の中にあり且つ囲まれている。さらに、外側半結合部２０５のシールド２２０の空気ギャップ界面２１８、２２２、外側半結合部２０５のコア２１５の空気ギャップ界面２１３、２１７、および、外側半結合部２０５の巻部２１０の近位表面２０９は、全て、概ね外側仮想表面２４５に一致する。また、内側半結合部２２５のシールド２７０の空気ギャップ界面２６８、２７２、内側半結合部２５５のコア２６５の空気ギャップ界面２６３、２６７、および内側半結合部２５５の巻部２６０の近位表面２５９は、全て、概ね内側仮想表面２９５に一致する。

【００７２】

図１４は、本発明の実施形態による回転トランスフォーマーにより構成および近似され

る理想化された平面構成３００の斜視図である。この構成は、同一の曲率半径の半結合部３０５、３５５が回転軸に沿って軸方向にずれて隣り合うように配置されており、これは、互いに分割された半結合部３０５、３５５の間に軸方向に介在し（図１５参照）且つ仮想表面３４５および３９５により境界付けられる空気ギャップ３０２により掃引される空間の容積のおおよその形状により「平面」と言及される。より厳密には、図２とともに説明されたように、回転トランスフォーマーの運転中に空気ギャップ３０２により掃引される空間の容積が環状であり、しかし円筒形というよりむしろ平面に近い場合、この構成はここでは平面構成（またはしばしば平面円形構成）と言及される。「軸方向にずれ」と記載しているが、これは平行移動を示唆しているのではなく、より詳細には、２つの半結合部は（この理想化された図示の例においては）、空気ギャップを横切る直交座標系において互いに鏡像であると考えることができる。

【００７３】

図１５は、図１４に示す平面構成３００のメリジオナル断面である。平面構成３００は、相対的な回転を許容するように、空気ギャップ３０２により、図１４および図１５の左側に示された半結合部３０５（以下「左半結合部３０５」）と、図１４および図１５の右側に示された半結合部３５５（以下「右半結合部３５５」）とに分割される。左半結合部３０５は、左側の仮想表面３４５により近位側（以下、近位および遠位とは、メリジオナル断面でみて空気ギャップ３０２内の中間位置から判断される）上に境界付けられる。右半結合部３５５は、右側の仮想表面３９５により近位側上で境界付けられる。

【００７４】

左半結合部３０５は３つの同軸の半シェルまたは層３１０、３１５、３２０を有し、これらは空気ギャップ３０２から順に、巻部３１０、コア３１５、シールド３２０である。巻部３１０の近位表面３０９は、左仮想表面３４５に概ね一致するように示されている。不確定な厚さのギャップ（ゼロのギャップ、すなわち連続な構成、の可能性を含むことを意図している）が、巻部３１０の遠位表面３１１とコア３１５の近位表面３１４との間、およびコア３１５の遠位表面３１６とシールド３２０の近位表面３１９との間に介在するように示されている。左半結合部３０５は、シールド３２０の遠位表面３２１によい遠位側が境界付けられている。図１５に関する説明において、半コアおよび半シールドに関して、接頭語「半」は説明の便宜のために省略されることがある。

【００７５】

右半結合部３５５は３つの同軸の半シェルまたは層３６０、３６５、３７０を有し、これらは空気ギャップから順に、巻部３６０、コア３６５、シールド３７０である。巻部３６０の近位表面３５９は概ね右仮想表面３９５に一致するように示されている。不確定な厚さのギャップ（ゼロのギャップ、すなわり連続な構成、の可能性を含むことを意図している）が、巻部３６０の遠位表面３６１とコア３６５の近位表面３６４との間、およびコア３６５の遠位表面３６６とシールド３７０の近位表面３６９との間に介在するように示されている。右半結合部３５５は、シールド３７０の遠位表面３７１により遠位側が境界付けられる。

【００７６】

左半結合部３０５の巻部３１０および右半結合部３５５の巻部３６０は、空気ギャップ３０２を挟んで向かい合うように配置され、その間の誘導結合を可能にする。図１５の回転軸から離れるに示される左コア３１５の空気ギャップ界面３１３（以下「左コア外側空気ギャップ界面３１３」）は、空気ギャップ３０２を挟んで、図１５の回転軸から離れる側に示される右コア３６５の空気ギャップ界面３６３（以下「右コア外側空気ギャップ界面３６３」）と互いに向かい合うように配置され；図１５の回転軸に向かう側に示される左コア３１５の空気ギャップ界面３１７（以下「左コア内側空気ギャップ界面３１７」）は、空気ギャップ３０２を挟んで、図１５の回転軸に向かう側に示される右コア３６５の空気ギャップ界面３６７（以下「右コア内側空気ギャップ界面３６７」）と互いに向かい合うように配置され；図２とともに上述したように、左半結合部３０５の巻部３１０および右半結合部３５５の巻部３６０の周りに生成される磁束をリンクする磁気回路を完成さ

せ、および／または磁気抵抗を低減させる。メリジオナル平面内に磁束ループが位置するように磁場のアライメントを容易にするために、対向するコア空気ギャップ界面は、なめらかであり、互いに平行であり、また、コア空気ギャップ間を架橋する磁束線の支配的な方向に垂直であることが好ましい。図１５の回転軸から離れる方向に示される左シールド３２０の空気ギャップ界面３１８（以下「左シールド外側空気ギャップ界面３１８」）は、空気ギャップ３０２を挟んで、図１５の回転軸から離れる方向に示される右シールド３７０の空気ギャップ界面３６８（以下「右シールド外側空気ギャップ界面３６８」）と互いに向かい合うように配置される。また、図１５の回転軸に向かう側に示される左シールド３２０の空気ギャップ界面３２２（以下「左シールド内側空気ギャップ界面３２２」）は、空気ギャップ３０２を挟んで、図１５の回転軸に向かう側に示される右シールド３７０の空気ギャップ界面３７２（以下「右シールド内側空気ギャップ界面３７２」）と互いに向かい合うように配置される。従って、シールド３２０、３７０は、空気ギャップ３０２を除いて、巻部３１０、３６０およびコア３１５、３６５を概ね、完全に包み囲む。すなわち、巻部３１０、３６０、およびコア３１５、３６５は、空気ギャップ３０２を除いて、シールド３２０、３７０の内側にあり且つ囲まれる。さらに、左半結合部３０５のシールド３２０の空気ギャップ界面３１８、３２２、左半結合部３０５のコア３１５の空気ギャップ界面３１３、３１７、および左半結合部３０５の巻部３１０の近位表面３０９は、全て、概ね左仮想表面３４５に一致する。また、右半結合部３５５のシールド３７０の空気ギャップ界面３６８、３７２、右半結合部３５５のコア３６５の空気ギャップ界面３６３、３６７、および右半結合部３５５の巻部３６０の近位表面３５９は、全て、概ね右仮想表面３９５に一致する。

【００７７】

図１６は、円錐構成４００を理想化して描写した斜視図であり、本発明の実施形態による回転トランスフォーマーを構成または近似する。この構成は、回転軸に対して軸方向および半径方向にずれて配置された半結合部４０５、４５５が配置され、この構成は、軸方向および半径方向に分離するように半結合部４０５、４５５の間に介在する空気ギャップにより掃引される空間の容積のおおよその形状により「円錐」と言及される。円錐構成４００は、半径方向にずれた特徴に関しては図１３に示す円筒構成２００とともに説明され、また、軸方向にずれた特徴に関しては図１５に示す平面構成３００とともに説明されているので、円錐構成４００のメリジオナル断面の説明は、ここでは簡略化のための省略するが、類似の符号が付された部分は類似の機能を備える図１３、１５に関する説明と類似していることが理解できよう。

【００７８】

図１２から図１６は図示の目的のために理想化された構成としてい示されているが、そこに示されている様々な特徴は、必ずしも特定の幾何配置や寸法を意図しているのではなく、円筒構成、平面構成、円錐構成を含む回転トランスフォーマーの文脈におけるこれらの特徴の概略的な配置を提案するものである。すなわち、実際に、電力結合装置を図１２から図１６に示されているように正確に製造してもよく、たとえば、固体の１回転巻部がＣ形状断面を備える均一な半コア内に配置され、半コアがＣ形状断面を備える半シールド内に配置され、図示されたような半トロイダル半結合部を形成するようにしてもよい。しかし、より一般的に、「巻部」、「コア」、「シールド」（または「半コア」、「半シールド」）が言及される場合、これは必ずしも連続的または均一であることを示唆するものではなく、また、特定の寸法または組成を備える構造物が必ずしも図１２から図１６に示される領域に配置されなければならないものではなく、むしろこれらの用語は、特に明示しない限り、寸法、幾何学的配置、組成、構造等に関わらず回転トランスフォーマー内における巻部、コア、およびシールドのそれぞれの機能を果たす概略的または概念的な層を示している。さらに、少なくとも図１２から図１６の理想化された構成に関する説明に関しては、文脈から明らかでない限り、「巻部」は「巻部層」と交換可能であり、「コア」は「コア層」と交換可能であり、また、「シールド」は「シールド層」と交換可能である。

【００７９】
図１２から図１６において、回転トランスフォーマーを構成する各半結合部は、円筒空気ギャップ、平面空気ギャップ、円錐空気ギャップを挟んで互いに鏡像であり（すなわち、空気ギャップの中間の仮想表面に関して対称である）、巻部、コア、およびシールドの配置も線対称（たとえばトロイダル）であり、対称軸は回転軸と同軸である。ここでは、巻部およびシールドは好ましくは、回転軸を中心とする円周方向（たとえば、トロイダルの長円の円に沿う方向）の電流の流れを支持し、巻部／コア構成は好ましくは、メリジオナル平面内（たとえば、トロイダル短円の平面内）に位置する半結合部を互いにリンクする磁束ループを生成する。ここでは、コア層がない場合または十分な磁気抵抗低減能力を備えない場合、巻部の向きが支配的になり、これが好ましくはメリジオナル平面内に位置する半結合部を相互リンクする磁束ループを発生させる。しかし、コア層が存在し且つ十分な磁気抵抗能力を備える材料が採用される場合、コア層内の磁気抵抗低減材料の分配が支配的になり、好ましくは、コア層がメリジオナル平面内に位置する半結合部を相互リンクする磁束ループを発生させる。図１２から図１６の巻部は、半結合部において、Ｃ形状の断面を持つコアの単一の凹部内に配置された半円の断面を備える単一の特徴により示されているが、これらは概略的な図示であると理解すべきであり、巻部／コアの配置は任意の適当な構成とでき、たとえば、巻部／コアの構成は、追加のアーム状の極部材が、複数の巻部間に介在し、たとえば、図６から図１０および図１１Ｃに示すようなＥコア構成であり、または、図１１Ｄおよび図１１Ｅに示すような３相ＡＣに適合的な構成である３つの巻部を備える構成である。図１２から図１６のシールドは、コア空気ギャップに隣接するシールド空気ギャップを備える２部品ラップアラウンド構成としてい示されているが、これらは概略的な図であり、たとえば図６から図１１とともに説明された任意の適当なシールド構成（たとえば、単一部品、多部品、隣接空気ギャップ、非隣接空気ギャップ、カットバック、ラップアラウンド、など）とすることができると理解すべきである。
【００８０】
すなわち、本発明のいくつかの実施形態において、シールド２２０、２７０、３２０、７０は、電気伝導性材料が少なくとも、巻部２１０、２６０、３１０、３６０および／またはコア２１５、２６５、３１５、３６５からの磁束が内側層から逃げてシールド層上にぶつかる場所、および／または磁束がミスアライメントされる場所、に存在するようにすれば十分である。ここで、「磁束の逃げ」とは、巻部２１０、２６０、３１０、３６０からの磁束を、そらすのを失敗しれおよびコア２１５、２６５、３１５、３６５内に閉じ込めるのを失敗した場合を言及しており、すなわち、巻部２１０、２６０、３１０、３６０の周りのコア２１５、２６５、３１５、３６５内の磁気抵抗低減材料の存在により、インダクタンスの漏れが低減されおよびコア２１５、２６５、３１５、３６５を越えて磁束が逃げるのが防止されると期待されるが、磁気抵抗低減材料がない場合または不十分である場合、磁気抵抗低減材料の分配が不連続である場合、などに、磁束が逃げシールド層にぶつかり得る。ここで、「磁束のミスアライメント（不整列）」とは、磁束ループがメリジオナル平面内にない場合を言及しており、すなわち、図１および図２に示されるような概ねトロイダルなシステムの長円に沿って電流が流れる場合、磁束はメリジオナル平面内に位置する短円の周りを循環すると期待されるが、磁気抵抗低減材料の分配が不連続である場合（たとえば空気ギャップ）、および線対称性からのズレなどにより、メリジオナル平面以外の平面内に磁束が位置することがあり得、これはミスアライメントされた磁束ループがメリジオナル平面に垂直な成分を備えることを意味し、回転トランスフォーマーの円周方向に磁束成分が存在するといえる。
【００８１】
たとえば、本発明の実施形態においてコア層がない場合、または、コア２１５、２６５、３１５、３６５の磁気抵抗が磁束をそらすのに十分なほど小さくない場合、磁束は実質的にあらゆる方向に逃げ（コア空気ギャップは実質的にコア層内に延びこれを占有する）るので、本発明のこのような実施形態において、電気伝導性材料は、相対回転を許容するのに必要な小さなシールド空気ギャップを除いて、実質的に全体を覆うシールド層が必要

である。

【００８２】

しかし、本発明の実施形態において、コア２１５、２６５、３１５、３６５の磁気抵抗が磁束を有意にそらすのに十分なほど小さな効果的なコア層を備える場合、つまり、コア材料分配が適当に線対称に分配されている場合、図５の領域１０３に示されるコア空気ギャップからフリンジ場が逃げる場所にだけ、電気伝導性材料が存在すれば十分であろう。また、コア空気ギャップは、各半結合部の対応する部分の間に引かれる仮想線の方向に垂直な方向上に、回転トランスフォーマーの半結合部２０５、２５５、３０５、３５５の間の円周に沿って存在するので、電気伝導性材料は、コア空気ギャップの近傍の円周領域内にだけ存在すれば十分であろう。

【００８３】

たとえば、このような電気伝導性材料の円周領域は、円筒構成２００のコア２１５、２６５に隣接して配置され、この場所の近傍で、外側半結合部２０５の左空気ギャップ界面２１３は、内側半結合部２５５の左空気ギャップ界面２６８に対向し、また、外側半結合部２０５の右空気ギャップ界面２１７が、内側半結合部２５５の右空気ギャップ界面２６７に対向している。または、電気伝導性材料の円周領域は、平面構成３００のコア３１５、３６５に隣接して配置され、この場所の近傍で、左半結合部３０５の外側空気ギャップ界面３１３は、左半結合部３０５の外側空気ギャップ界面３６８に対向し、また、左半結合部３０５の内側空気ギャップ界面３１７が、右半結合部３５５の内側空気ギャップ界面３６７に対向する。

【００８４】

このような電気伝導性材料の円周領域は、概ね上述のフリンジ場相殺領域に対応しており、また、図７から図１０に示した有限要素シミュレーションにおける場相殺電流が流れる斜線を施した領域に概ね対応している。上述したメリジオナル断面でみて空気ギャップ内の中心位置を基準とした「遠位」の定義によれば、これらの電気伝導性材料の円周領域は、コア空気ギャップに関して隣接するように遠位方向に位置すると説明してもよい。

【００８５】

たとえば、図１２および図１３（円筒構成２００）を参照し、図７に示される構成に類似のコア空気ギャップに隣接する複数シールド構成を考慮すると、これは、各シールド２２０、２７０（図７の半シールド１２０、１７０に対応する）における２つの電気伝導性材料の円周領域を意味し、全部で４つの電気伝導性材料の円周領域があることになる。あるいは、図１２および図１３（円筒構成２００）を参照し、今度は、図８または図１０に示されるような非隣接空気ギャップ型のシールドを考慮すると、これは、下側のシールド２７０（図８および図１０の半シールド１７０に対応する）にだけ、電気伝導性材料の２つの円周領域があることを意味し、全部で２つの電気伝導性材料の円周領域があることになる。図１２および図１３に示される円筒構成２００に関して特定の説明がされたが、同様の特徴は、図１４および図１５に示される平面構成３００、および図１６に示される円錐構成４００にも適用できるであろう。

【００８６】

すなわち、図９から図１０に示されるような非隣接空気ギャップ構成の場合、シールド空気ギャップは大きいけれども、コア空気ギャップから十分に離れており、漏れた磁束の効果がシールド空気ギャップに到達する前に磁束の漏れの効果を相殺するように、コア空気ギャップから逃げる磁束により生成される場相殺電流がシールドの電気伝導性材料内を流れる。すなわち、フリンジ場相殺領域はシールド空気ギャップまでは延びず、上述のように円周領域にだけ電気伝導性材料が存在する場合でも十分なシールドを達成できる。この場合、図９に示されるカットバック型のシールドが採用される場合でも、十分なシールドが可能であり、また、半シールドの一方を省略して、図８および図１０に示されている下側の半シールド１７０のような１部品シールドを採用する場合でも、十分なシールドが可能である。

【００８７】

あるいは、コア２１５、２６５、３１５、３６５の磁気抵抗が磁束をその中にそらすのに十分なほど小さい効果的なコア層を備えるが、局所的な磁束のミスアライメント（たとえばコア２１５、２６５、３１５、３６５が完全な線対称性を備えない場合）があるような本発明の実施形態においては、シールド２２０、２７０、３２０、３７０は、磁束のミスアライメントが存在する場所の近傍にだけ、電気伝導性材料が存在するようにすれば十分であり、このような場所がシールド空気ギャップから十分に離れている場合（および、シールドの厚さが、漏れた磁束がシールドの外側表面に到達するのを防止する程度に厚い場合）、漏れた磁束の効果がシールド空気ギャップまたはシールドの不連続領域に到達する前に漏れた磁束の効果を相殺するように、場相殺電流がシールド２２０、２７０、３２０、３７０の電気伝導性材料内を流れることを許容する。

【００８８】

図７から図１０に関して説明した、シールドの厚さおよび電気伝導度に関する好ましい範囲につていの一般的な説明に一致して、図１２から図１６に示されるシールドについても同様に、磁束がぶつかる場所におけるシールドの厚さは、ぶつかる磁束の効果がシールドの外側表面および／またはシールド空気ギャップに到達する前に、ぶつかる磁束の効果を相殺するように場相殺電流がシールドの電気伝導性材料内を流れることを許容する程度に十分な厚さである。文脈から明らかである場合を除いて、図７から図１０に関するあらゆる好ましい範囲およびそれに伴う説明は、図１２から図１６に示される構成にも適用できると理解されたい。

【００８９】

上述のように、図１２から図１６は説明のために理想化された構成を示しており、また、本発明は、図示の構成によく似た構成の文脈において実施可能であるが、本発明の範囲内において、図示の構成から大きく離れた構成の文脈においても本発明の側面は実施可能である。いくつかの代表的なトロイダルの回転固体が説明のために選択されたが、他の適当な断面に基づく、異なる形状または向きのトロイダル回転固体、または、環状回転固体、トロイド、回転固体を容易に用いることができる。以上の構成は説明の目的のために存在し、本発明のいくつかの実施形態の様々な特徴を紹介および説明するための便宜的な手段に過ぎず、本発明は、たとえば環状の断面を持つ回転固体に限定するように解釈すべきではない。

【００９０】

次の説明は、電力結合装置の全体として線対称の構造を、商業的に入手できる部品および方法を用いて実際に実現する実際的な例を説明する。たとえば、大きな直径のフェライトリング等は商業的に入手できない場合、多数のＣコアセグメントおよび／または商業的に入手可能なコアセグメントからコアを製造することが望まれる。もちろん、電力結合装置の任意の様々な部品を得るために任意のときこのよううな方法を用いることができる。たとえば、限定しないが、型成形、鋳造、押し出し成形などは、以下に図１７および図１８とともに説明され、互いに向かい合う環状コアは、多数のフェライトコアセグメントが互いに隣接されるように配置して、環状および／または半トロイダル形状のコア構成、図１７に示す円筒構成、および図１８に示す平面構成、に集合的に実質的に近似するように形成される。ここで、「円筒」、「平面」との語は、回転トランスフォーマーの静止側および運動側の間に介在する空気ギャップにより占有される空間の容積の形状を参照しており；図１において説明したように、円筒構成は代替的に「半径方向にずれた」構成と言及され、平面構成は代替的に「軸方向にずれた」構成と言及される。

【００９１】

ここで図１７を参照すると、同図は実際的な例の断面図であり、図１２および図１３に示される構造に近似した円筒構成を備える電力結合装置が、本発明の１つまたはそれ以上の実施形態により、どのように製造されるかを示しており、商業的に入手可能な複数のフェライトコアセグメント２３０、２８０の互いに隣接するような配置を通じて、集合的に互いに向かい合う実質的に環状および／または半トロイダル状のコアに近似させ、断面プロファイルは、図５または図１３に示されるものに類似している。図１７において、電力

結合装置は、構成部品（巻部、コア、およびシールド）が見えるように半分に切り取られて示されている。図１７の説明において、半コアおよび半シールドが言及されるときでも、接頭語「半」は説明の便宜のためにときどき省略される。

【００９２】

ここで、電力結合装置は主コア２３０および副コア２８０を含む。主コア２３０は、主コア凹部または溝を画定し、ここに主電気伝導性巻部２１０が配置される。図１７に示される実施形態において、主コア２３０および副コア２８０は、それぞれ実質的に半トロイダル構成を備え、すなわちこれらは半トロイダルシェルの形状である。本実施形態において、コア２３０およびコア２８０により画定される主および副コア凹部は実質的に環状である。ここでは、外側コアは回転トランスフォーマーの主コアに対応し、また、内側コアが回転トランスフォーマーの副コアに対応することを想定しているが、内側コアが回転トランスフォーマーの主コアに対応し、また、外側コアが回転トランスフォーマーの副コアに対応するようにすることも容易である。

【００９３】

図１７に示されているように、副コア２８０は主コア２３０に隣接して配置され、主および副コアはその間に空気ギャップ２０２を形成するように配置される（図の断面には示されていないが、Ｃコアセグメントのアーム状の極部材の端部がコア２３０、２８０を形成し、巻部２１０、２６０を部分的にラップアラウンドし空気ギャップ２０２に到る）。副コア凹部は、主コア凹部に対向するようにそこから離れて配置される。空気ギャップ２０２は、コアの回転軸を中心とする相対的な回転を許容する。このようにして、少なくとも１つのコアはシステムの回転ユニット上に配置される。たとえば、ＣＴスキャナーの回転ガントリ上に、回転ユニットと一緒に回転し電力をユニットに伝達するように配置される。コアは、たとえば、磁気透過性材料から形成され、限定するわけではないがフェライト、シリコン鉄、ニッケル鉄合金、ステンレス鋼、およびコバルト鉄合金などを含む。

【００９４】

図１７に示す実施形態において、主コア２３０および副コア２８０は、共通の線対称軸を中心とする異なる曲率半径を持ち、主コア２３０と副コア２８０との間に空気ギャップ２０２が半径方向に介在し、線対称軸は、電力結合装置の回転トランスフォーマーの回転軸と実質的に同軸である。つまり、図１７に示す構成において、回転トランスフォーマーを構成する各半結合部は互いに円筒空気ギャップを挟んで鏡象になり（すなわち、空気ギャップの中間における仮想線に関して対称である）、巻部、コア、およびシールドの配置は、さらに線対称であり（たとえばトロイダル）、対称軸は回転軸と同軸である。

【００９５】

図１７に示すシールド付き電力結合装置は、最も単純な形状において、巻部として機能する２つのアーチ形の電気伝導性素子２１０および２６０として理解でき、この巻部はコアとして機能するトロイダル半シェル２３０および２８０を構成するフェライトセグメントにより囲まれ、以下に説明するように電力結合装置の周縁においてシールド２２０および２７０を備える。図１７における半トロイダルコア２３０および２８０は、実質的にＣ形状の断面であり、または、Ｅ形状の断面であり、あるいは他の適当な構成であり、限定するわけではないが、たとえば、図６から図１６に関して説明したコアの構成とすることができる。図１７に示す実施形態において、巻部２１０および２６０は１回転の巻部であるが、これは純粋に説明の目的のためであり、端数および／または多数回転の巻部は、図１とともに説明したように本発明の様々な側面の範囲内である。さらに、回転トランスフォーマーの主側および副側のそれぞれにおける複数の凹部の形成を容易にする、Ｅ形状の断面または他の断面形状のコアが採用される場合、主側および副側のそれぞれに複数の巻部を配置でき、図６から図１１に関して説明したように主巻部を通って流れる瞬間的な正味の電流が実質的にゼロになるように（すなわち、主巻部における各磁化電流が互いに相殺するように）、交流電流（たとえば、２相、３相、多相等）の応用を可能にする。図１７において、巻部導線２１０および２６０が出入りする領域において、トロイダルコア半シェル２３０および２８０はフェライトコア領域が省略して示されているが、これは単に

図示の便宜のためであり、磁束のアライメントの観点およびシールドの機能からは、フェライトコアセグメントの配置の線対称性の中断は最小限であることが好ましい。これは図１９から図２２とともにより詳細に説明される。

【００９６】

図１７において、主コアおよび副コアは、シールド空気ギャップが相対回転を許容することを除いて、集合的に、電気伝導性シールド２２０および２７０により囲まれる（図面の断面では見えないが、半シールド２２０および２７０は、巻部／コアシステムを空気ギャップ２０２に到達するまで部分的にラップアラウンドする）。図１７において、電気伝導性シールド２２０および２７０は、巻部導線２１０および２６０がコア半シェル２３０および２８０に出入りする領域において、円周方向に中断して示されているが、これは単に図示の便宜のためであり、シールドの機能の観点からは、好ましくは、半シールド２２０および２７０は、巻部／コアシステムから逃げる磁束がシールドにぶつかる場所において電気伝導性材料を備え、たとえば、コア空気ギャップの周縁におけるフリンジ場相殺領域において電気伝導性材料を備える（たとえば、フリンジ場相殺領域は、図１２から１６において説明したように、コア空気ギャップに関して遠位方向に隣接して位置し、コア空気ギャップが円周の全長にわたって延び、フリンジ場相殺領域が好ましくはコア空気ギャップに沿う円周の全長にわたって延びる）。また、シールドの機能の観点からは、好ましくは、半シールド２２０および２７０は、図５から図１６において説明したように、回転軸を中心とする閉じた電気回路を構成する実質的に連続な電気経路を形成する電気伝導性材料を備える。

【００９７】

図１７に示される構成において、巻部およびシールドは好ましくは、回転軸を中心とする円周方向（たとえば、トロイダルの長円と同軸の円に沿う方向）の電流の流れを支持し、巻部／コア配置は、好ましくは、メリジオナル平面（たとえば、トロイダル短円の平面）内に位置する半結合部を相互リンクする磁束のループを発生させる。図７から図１０に関して説明したシールドの厚さおよび電気伝導度の好ましい範囲に関する一般的な説明に一致して、図１７に示した半シールド２２０および２７０は、同様に、好ましくは、磁束がぶつかる領域におけるシールドの厚さは、ぶつかる磁束による効果がシールドの外側表面および／またはシールド空気ギャップに到達する前にその効果を相殺するように、シールドの電気伝導性材料内に場相殺電流が流れることを許容する程度に十分な厚さである。文脈から明らかである場合を除いて、図７から図１０に関して与えられたあらゆる好ましい範囲および関連する説明は、図１７に示される構成に適用できると理解されたい。図１７に示されるシールドは、コア空気ギャップに隣接するシールド空気ギャップを備える半シールド２２０および２７０を有する２部品ラップアラウンドシールドであるが、代替的にまたは追加的に、任意のシールド構成を採用することが可能であり、図６から図１１を参照して説明した任意の構成を含む（たとえば、一部品構成、多数部品構成、隣接空気ギャップ構成、非隣接ギャップ構成、カットバック構成、ラップアラウンド構成等）。

【００９８】

ここで図１８を参照すると、同図は実際的な例の側面図であり、図１４および図１５に示される構成に近似される平面構成を備えるシールド付き電力結合装置がどのように製造されるかを示しており、本発明の１つまたはそれ以上の実施形態により、実質的に環状および／または半トロイダル状の互いに向かい合うコアに集合的に近似するように、商業的に入手可能な複数のフェライトコアセグメント３３０、３８０を互いに隣接するように配置する。図１８において、シールド付き電力結合装置を形成する回転トランスフォーマーの一方の側だけが示されており；さらに、コアおよびシールドだけが視認でき、組み立てのときにコア凹部に沿って配置される巻部は同図において省略されている。軸方向にずれた回転トランスフォーマーの組み立てを完成させるために、他の側（副側）も図１８で示された側と同様に組み立てられる。ただし、この他の側は、実質的に図１８に示された側の鏡像であり、巻部が凹部に配置されるとき、半トロイダルコアおよび巻部の開いた面は互いに反対に向くように形成され、図５または図１５に示されるような断面プロファイル

が得られる。本実施形態におけるような平面構成を備える回転トランスフォーマーがこのような方法で組み立てられるとき、主コアおよび副コアは、共通の線対称軸を中心に同一の曲率半径を備えることになり、主コアおよび副コアが横並びに配置されて、空気ギャップが主コアと副コアとの間に軸方向に介在し、線対称軸は実質的に電力結合装置の回転軸と同軸になる。図１８に関して与えられる説明において、半コアおよび半シールドが言及されるときでも、接頭語「半」は説明の便宜のためにときどき省略される。

【００９９】

ここで、このような電力結合装置は、上述のように組み立てられた後、主コア３３０および副コア３８０を含む。このような場合、主コアは、主コア凹部または溝を画定し、ここに主電気伝導性巻部３１０が位置する。副コアは、副コア凹部または溝を画定し、ここに副電気伝導性巻部３６０が位置する。図１８に示される実施形態において、主コア３３０および副コア３８０は、前述のように組み立てられた後、各コアは、実質的に半トロイダル構成を備え、すなわち、これらのコアは半トロイダル形状シェルのように形状付けられる。本実施形態において、コア３３０およびコア３８０により画定される主コア凹部および副コア凹部は、上述のように組み立てられた後、実質的に環状となる。ここで、図１８に示される半コアは、図５または図１５に示すような断面プロファイルを得るために、２つの鏡像半コアがそれぞれの巻部およびシールドとともに軸方向にずれるように横並びに組み立てられたとき、縁を前にして見た場合に左コアとなるように選択され、また、たとえば、回転トランスフォーマーの主コアに対応し、図示されていない半コアは、２つの鏡像半コアが上述のような手法で軸方向にずれて横並びに組み立てられたときに縁を前にして見たときに右コアとなるように選択され、また、たとえば、回転トランスフォーマーの副コアに対応する。代替的に、右コアは回転トランスフォーマーの主コアに対応し、左コアが回転トランスフォーマーの副コアに対応するようにしてもよい。図１８において、半コア３３０は空気ギャップ界面３１３および空気ギャップ界面３１７を備えるように示され、左シールド３２０は空気ギャップ界面３１８および空気ギャップ界面３２２を備えるように示され、これらは図１５とともに説明された。

【０１００】

上述のように図５または図１５に示されるような断面プロファイルを得るために、図１８に示すように巻部を挿入し鏡像の半結合部を組み立てた後、副コア３８０が主コア３３０に隣接するように配置され、主コアおよび副コアはその間に空気ギャップ３０２を形成するように配置される。副コア凹部は、主コア凹部に対向するように、主コア凹部から離れて配置される。空気ギャップ３０２により、コアの回転軸を中心とする相対的な回転が可能になる。このようにして、少なくとも一方のコアがシステムの回転ユニット上に配置され、たとえばＣＴスキャナーの回転ガントリ上に配置され、回転ユニットとともに回転して電力をユニットに伝達する。コアは、たとえば、磁気透過性材料から形成され、限定するわけではないが、磁気透過性材料は、フェライト、シリコン鉄、ニッケル鉄合金、ステンレス鋼、およびコバルト鉄合金などである。

【０１０１】

上述したように図１８に示されるように巻部を挿入して鏡像の半結合部を組み立てた後、主コア３３０および副コア３８０は、共通の線対称軸を中心に同一の曲率半径を備え、空気ギャップ３０２が、主コア３３０と副コア３８０との間に軸方向に介在し、線対称軸は、電力結合装置を構成する回転トランスフォーマーの回転軸と実質的に同軸となる。すなわち、上述のように鏡像の半結合部を組み立てた後、回転トランスフォーマーを構成するそれぞれの半結合部は、互いに平面空気ギャップを挟んで鏡像となり（すなわち、空気ギャップの中心線における仮想面について互いに対称である）、巻部、コア、およびシールドの配置はさらに線対称となり（たとえばトロイダル）、対称軸は回転軸と同軸となる。

【０１０２】

図５または図１５に示すような断面プロファイルを得るために、図１８に示すように巻部を挿入して鏡像の半結合部を組み立てることにより得られるシールド付き電力結合装置

は、最も単純な形状において、巻部として機能する２つのアーチ形の電気伝導性素子３１０および３６０として理解することができ、これらはコアとし機能するトロイダル半シェル３３０および３８０を構成するフェライトセグメントにより取り囲まれ、以下に説明するように周縁においてシールド３２０および３７０を備える。組み立てられた電力結合装置内の半トロイダルコア３３０および３８０は実質的にＣ形状断面、またはＥ形状断面であり、あるいは、他の適当な構成であり、限定するわけではないが、図６から図１６とともに説明された任意のコアの構成を含む。図１とともに説明したように、単一巻部３１０および３６０として、回転巻部、端数回転巻部、および／または複数回転巻部のいずれも採用可能である。さらに、Ｅ形状断面を備えるコア、または回転トランスフォーマーの主および副側のそれぞれにおいて複数の凹部を形成するのを容易にする他の断面形状のコアが採用される場合、複数の巻部が主および副側のそれぞれに配置され、主巻部を通る瞬間的な正味の電流が実質的にゼロになるような（すなわち、それぞれの主巻部における各磁化電流が互いに相殺するような）交流電流の応用（たとえば、２相、３相、多相など）を可能にし、これについては図６から図１１とともに説明した。巻部導線３１０および３６０がトロイダルコア半シェル３３０および３８０に出入りする領域に関して、磁束のアライメントの観点からおよびそれによるシールドの機能の観点から、フェライトコアセグメントのアライメントの線対称性の中断を最小限にすることが好ましく、これについては、図１９から図２２とともにより詳細に説明する。

【０１０３】

上述のように図１８に示されるように巻部を挿入し、鏡像の半結合部を組み立てた後、主コアおよび副コアは、シールド空気ギャップが相対回転を許容することを除いて、集合的に、電気伝導性シールド３２０および３７０により取り囲まれる。上述のように組み立てた後、シールドの機能の観点から、好ましくは、半シールド３２０および３７０は、巻部／コアシステムから逃げる磁束がシールドにぶつかる場所に、電気伝導性材料を備え、たとえば、コア空気ギャップの周縁におけるフリンジ場相殺領域に電気伝導性材料を備え（たとえば、図１２から図１６とともに説明したようなコア空気ギャップに関して遠位方向に隣接する位置；コア空気ギャップは円周の全長を延びるので、フリンジ場相殺領域は、好ましくはコア空気ギャップに沿う円周の全長に延びる）、また、シールドの機能の観点から、好ましくは、半シールド３２０および３７０は、回転軸を中心とする閉じた電気回路を構成する実質的に連続する電気経路を形成する電気伝導性材料を備え、これについては図５から図１６おともに説明した。

【０１０４】

上述のような図５または図１５に示すような断面プロファイルを得るために、図１８に示すように巻部を挿入して鏡像の半結合部を組み立てた後に得られる構成において、巻部およびシールドは好ましくは、回転軸を中心とする円周方向（たとえば、トロイダル長円に同軸な円に沿う方向）の電流の流れを支持し、巻部／コアシステムの配置は好ましくは、メリジオナル平面（たとえば、トロイダルの短円平面）内に位置する半結合部を相互リンクする磁束ループを発生させるようにされる。図７から図１０とともに説明されたシールドの厚さおよび電気伝導度の好ましい範囲に関する一般的な説明に一致して、半シールド３２０および３７０は、同様に、磁束がシールドにぶつかる場所におけるシールドの厚さが、シールドにぶつかる磁束の効果がシールドの外側表面および／またはシールド空気ギャップに到達する前に、シールドにぶつかる磁束の効果を相殺するように、シールドの電気伝導性材料内に場相殺電流の十分な流れを許容することが好ましい。文脈から明らかである場合を除いて、図７から図１０とともに説明された好ましい範囲およびその関連説明は、上述のような図１８のような巻部を挿入して鏡像の半結合部を組み立てた後に得られる構成にも適用できると理解できる。上述のように組み立てられた後に得られる構成のシールドは、コア空気ギャップに隣接するシールド空気ギャップを備える半シールド３２０および３７０を有する２部品ラップアラウンドシールドであるが、代替的にまたは追加的に、任意の適当なシールド構成を採用することも可能であり、たとえば、図６から図１１とともに説明した任意の構成（たとえば、単部品構成、多部品構成、隣接空気ギャップ

構成、非隣接空気ギャップ構成、カットバック構成、ラップアラウンド構成など）を含む。

【０１０５】

円筒形および平面の構成を備えるシールド付き電力結合装置が、複数のフェライトコアセグメントの配置を通じてどのように製造できるかを示す実際の例は、図１７および図１８とともに説明され、複数のフェライトコアの配置による、実際的な円錐構成を備えるシールド付き電力結合装置の製造は、説明しないが本発明の範囲内において可能である。

【０１０６】

ここで図１９を参照すると、図１８に示すような複数のフェライトコアセグメント３３０、３８０からなる互いに向かい合うコアを備える平面構成の電力結合装置は、図１８の紙面内で縁を前にして見た場合として示されている（すなわち、図１８に示すようの巻部を挿入して鏡像の半結合部を組み立てることにより得られる電力結合装置が、このような方法で示される）。図１９において平面構成が示されているが、同様のことは、コアが複数のフェライトコアセグメントからなる場合、または他の線対称の中断がある場合における、円筒形または円錐形の構成を備える回転トランスフォーマーによっても示される。図１９において、符号Ａ、Ｂ、およびＣは、電力結合装置の運転中の転トランスフォーマーにより想定される異なる３つの位置において、磁束線がコア空気ギャップをどのようにブリッジするかを示している。

【０１０７】

図１９において、空気ギャップ３０２をブリッジ磁束線が、電力結合装置の回転中に、それぞれのコア３３０、３８０を形成する互いに隣接するフェライトコアセグメントの間の空間の存在により、どのように交互にアライメントされおよびミスアライメントされるかを示している（「ミスアライメント（不整列）」とは、ここでは、主コアと副コアとを互いにリンクする磁束が、メリジオナル平面に位置しないことを意味し、たとえばトロイダルの短円の平面内に位置しないことを意味する）。すなわち、図１７から図１８による説明により示したように、図面に示された実施形態の任意のコアは、複数のコアセグメントを備えることができ、たとえば、集合的に実質的に環状および／または半トロイダル構成に近似するＣコアフェライトセグメントを備えることができる。このような互いに隣接するコアセグメントの配置の使用が、線対称性からはずれるセグメント化されたコアを導く限り、これは、磁束ループのミスアライメントを発生させることが予期され、つまり、コア空気ギャップの一方の側の高磁気抵抗領域が、電力結合装置の運転中に、交互に、コア空気ギャップの他の側の高いおよび低い磁気抵抗性領域とアライメント状態になり、たとえば、磁束ループが間欠的に閉じ込められ、そして、トロイダル短円の平面またはメリジオナル平面に閉じ込められない。

【０１０８】

複数のコアセグメントからコアを製造するときに、入手可能であるなら、もちろん矩形のプロファイルを備えるコアセグメントよりも適切な寸法のウェッジ形状のコアセグメントを用いることが好ましく、図１９に示すような磁束線のミスアライメントを発生させるコア間の空間の寸法を低減できる。さらに、たとえば、同一のＣコア寸法が与えられる場合、図１７に示す円筒構成は、図１８に示す平面構成の場合よりも磁束線のミスアライメントが小さくなることが期待され、これは、パイ形状のコアセグメントのウェッジが、曲がった表面に近似させるために矩形のプロファイルを備えるコアセグメントの使用のアーチファクトとして発生させる、図１７に示す円筒構成にとって小さく影響するという事実による。しかし、たとえば、製造製の理由により、整数個のコアセグメントが用いられる場合、コアセグメントは全て同一の寸法であり、矩形のプロファイルを備えるコアセグメントが湾曲した表面に近似させるために用いられ、または、他の理由により、互いに隣接するコアセグメント間の空間が回転トランスフォーマーの各側部（主側および副側）に存在し、このような空間は、交互に、コアセグメントおよび回転トランスフォーマーの他の側（たとえば、副側）上に存在するその間の空間をライニングし、電力結合装置の運転中の相対回転の結果として、磁束線のひずみはＲＦ放射を増加させ、これは、このようなひ

ずみは、図５から図１１とともに説明したシールドの運転に干渉するからである。さらに、磁束線ひずみの効果は、コアセグメントの間の空間が、回転方向におけるコアセグメント自身の寸法と同程度またはそれよりも大きくなるときにより影響し、この場合、たとえばコアセグメントが完全に省略される（これは、図１７に関する説明における注意的な説明のための理由であり、フェライトコアセグメントが図１７に示されているが、巻部導線２１０および２６０がそれぞれのコアに出入りする領域において省略され、これは単に説明の便宜のためであり、フェライトコアセグメントの配置の線対称の最小限の中断にすることがこのましい）。

【０１０９】

このような磁束ループのミスアライメントを最小限にするために、および、図５から図１８に示されたようなシールドの機能を改良するために、コアが複数のコアセグメントを有する場合、コアセグメントの選択およびこれらのコアセグメントの配置は、任意の互いに隣接する２つのセグメントの円周方向（回転方向）における間に介在する空間が、任意の１つのコアセグメントの円周方向における幅より大きくならないようにすることが好ましい。より好ましくは、このような空間は、任意の１つのコアセグメントの円周方向における幅の二分の一より大きくならないようにすることが好ましい。

【０１１０】

ここで図２０を参照すると、他の線対称性の喪失の可能性があり、たとえば、巻部３１０、３６０の導線をコア凹部に出し入れする必要がある場合である。図２０において、図１８に示されているように、複数のコアセグメント３３０、３８０からなる互いに向かい合うコアを備える平面構成の電力結合装置が、図１８の紙面内で縁を前にして見た場合に、巻部３１０、３６０を示すように切り出して図示されている（すなわち、図１８に示されるような、巻部を挿入して、鏡像の半結合部を組み立てることで得られる電力結合装置が、このように示されている）。平面構成が図２０に示されているが、同様のことが、巻部の導線がコア凹部に出入りする円筒形または円錐形の構成を備える回転トランスフォーマーによっても示される。

【０１１１】

上述したように、一般に、巻部導線ワイヤのための空間を形成するために、コアセグメントを省略することは好ましくなく、また、互いに隣接するコアセグメントの間の空間を有意に増大させることは好ましくない。これは、そうすると、コアの線対称性を中断させて、磁束線のミスアライメントを増加させる可能性があり、図１９に示すような状況を発生させる。

【０１１２】

また、図２０は、磁束線のミスアライメントを引き起こす他の可能性を示しており、それゆえ、好ましいシールドの性能および／またはＲＦ放射の増大の可能性への考えら得る干渉を示している。すなわち、図２０において、仮想的な電流ループ１９７がどのように形成されるかが示され、巻部導線ワイヤ３１０がコア凹部に出入りするところで、概ね等辺三角形の２つの脚部を形成し、三角形の３番目の脚部が、対向する巻部３６０の存在により形成され、対向する巻部３６０は、このような仮想的な電流ループ１９７の形成に関して状況を悪化させ可能性がある。対になった巻部導線ワイヤの磁場は、これらの導線ワイヤが互いに近接して対になる場所において（特に、これらの導線ワイヤがねじれ集合的にシールドされる場合）互いに相殺しようとするので、対になった導線ワイヤが互いに分岐する場所（図２０に示されている）において、このような仮想電流ループ１９７が概ね形成され、仮想電流ループ１９７により示される問題の大きさは概ね、これらの分岐する導線ワイヤにより形成される概ね等辺三角形の寸法に応じて増加する。図１４および図１５において示されるような、１回転巻部を備える理想的な回転トランスフォーマーにおいては、間に空間が存在しないように巻部導線をコア凹部に完全な直角で出入りさせることが可能であるかも知れないが、現実的な実施形態においては、このような仮想的な電流ループ１９７の形成を避けることは困難である。このような仮想電流ループ１９７内を流れる電流は、電力結合装置による伝達される高出力に基づいて想定される電流に対応し、単

なる磁化電流に基づくものではない。すなわち、このような仮想電流内を流れる電流は、電力結合装置により伝達される電力に対応する電流に対して小さな割合ではあるが、電力結合装置により大容量の電流が伝達される場合、仮想電流ループ１９７内を流れる電流はとても大きくなるであろう。さらに、仮想電流ループ１９７により生成される磁場は、一般に、磁束線がメリジオナル平面内に位置するようにはアライメントされておらず、このようなミスアライメントされた磁束は、シールドの性能に有意に悪影響を与え得る。

【０１１３】

巻部導線ワイヤのためにコアセグメントを省略しおよび／または互いに隣接するコアセグメントの間の空間を増大させる必要を無くすために、本発明の１つまたはそれ以上の実施形態において、複数のコアセグメントを線対称コアに近似さえるために用いる場合、コアセグメントは巻部導線ワイヤを通過させることができる通路を備えることが好ましい。さらに、図２０に示されるような仮想電流ループの形成を最小化するために、および、図５から図１８に示されるようなシールドの性能を向上させるために、本発明の１つまたはそれ以上の実施形態において、仮想電流ループの形成を取り除くまたは最小化するような方法および位置で、巻部の導線ワイヤがコアを通ることが好ましい。たとえば、この両者の目的を達成するために、図２１に示すように通路２７７を備えるコアセグメント２８０を採用することができる。図２１において、切り欠きのついた通路２７７が示されているが、穴またはそれ類似の通路２７７を使用することを妨げるものではない。

【０１１４】

図２１を参照すると、商業的に入手可能な複数のコアセグメント２８０を用いて、線対称コアに近似させる場合、通路２７７の採用は、互いに隣接するコアセグメント間の空間を増加させずに、または、他に有意なコアの線対称性の中断を発生させずに、巻部導線ワイヤがコア凹部に出入りするのを可能にする。さらに、図２１に示されるような導線のための通路２７７を備えるコアセグメント２８０を、巻部導線が分岐することにより形成される概ね三角形の領域の寸法を最小化することにより、仮想電流ループの形成を実質的に取り除くまたは最小化するために用いることができる。通路２７７を備えるコアセグメント２８０は、たとえば図２１に示される単一巻部のための単一の凹部を形成するＣコアセグメント用として示されているが、もちろん、このような通路を、たとえば複数回転巻部（たとえば、図２２は、互いに隣接するＥコアセグメントにより形成された各凹部内の３回転巻部を示している）用のＥコアセグメントまたは複数の凹部を形成する他のコアセグメントの文脈において採用することも可能である。この場合、巻部導線ワイヤのための通路を備えるコアセグメントを、巻部導線が分岐することにより形成される概ね三角形の領域の寸法を最小化することにより、仮想電流ループの形成を実質的に取り除くまたは最小化するために用いることができ、同時に、図２２とともの説明したように介在するワイヤの直径を収容する。

【０１１５】

図２１において、図１７に示す円筒構成を備える電力結合装置の内側コアの一部を形成するフェライトコアセグメント２８０は、図１７の紙面内で縁を前にして見たように図示されている。ここで、巻部導線ワイヤの通行を許容する１対の通路２７７が隣接するコアセグメントの対角線上なるように配置された好ましい実施形態が示されている。図２１は、互いに隣接するコアセグメント上で対角線上に配置された１対の通路２７７を示しているが、このような通路を、互いに隣接するコアセグメントの対角線上に配置せずに、代わりに、巻部がコア凹部内で巻きつく方向における両方の端部において、同一のコアセグメントの対角線上の位置に配置する場合でも、同様の効果が得られるであろう。すなわち、この場合、図２１の最左のコアセグメントにおける通路２７７が、図２１の中央のコアセグメント対応する位置に配置されて、両方の通路２７７が同一のコアセグメント上に配置されることになる。円筒構成のためのコアに近似させるために用いられるコアセグメントが図２１に示されているが、同様の構造および性能は、コアが複数のフェライトコアセグメントから形成される場合における平面構成または円錐構成を備える回転トランスフォーマーにおいても可能である。さらに、Ｃコアセグメントが図２１に示されているが、同様

の構造および性能が、Ｅコアセグメントまたは他の適当な任意の断面プロファイルを備えるコアセグメント（たとえば、図２２にＥコアセグメントが示されており、ここで巻部および導線ワイヤの配置が示されている）においても可能であろう。

【０１１６】

図２２を参照すると、ここでは、図１８に示される平面構成を備える電力結合装置の半結合部の１つのコアの一部を形成するコアセグメント３３０が、図１８における側面図としてい示され、ただし、図２２のコアは、図１８において採用されているＣコアセグメントの代わりにＥコアセグメントが採用されている。図２２において、複数のＥコアフェライトセグメントのコア凹部の一方（ここでは、図の上側の凹部を参照する）内の３回転巻部３１０が、凹部に沿ってどのように配置されるかを示しており、また、巻部が図２０に示すような方法で互いに隣接するコアセグメント３３０の後ろ側から出てくるように、巻部が、図２１に示されるような互いに隣接するコアセグメント３３０上に対角線上に配置された通路をどのように通過するのかを示している。図２２に示される３回転巻部の場合における、対角配置の通路は、巻部の凹部内で巻きつくような配置を容易にし、これはとくに、巻部ワイヤの直径を収容するように許容差が形成されなければならない場合であり、この場合、巻部は、各１回転ごとに巻部を導線ワイヤが凹部に出入りする場所に近づくように、「レーン変更」するために曲げられなければならない（たとえば、図２２において、通路間の距離は、導線ワイヤが凹部に出入りする場所の間に、２つ分のワイヤの直径が配置される程度に十分な距離でなければならない）。

【０１１７】

図２０および図２１を参照し、ここで通路２７７は上述のように巻部導線ワイヤの通行のために採用され、このとき、通路２２７は、電力結合装置の運転中に、磁束線が通る経路の磁気抵抗を実質的に変更しないような位置および方法で、コアセグメント（たとえば図２０におけるコアセグメント３３０または図２１におけるコアセグメント２８０）上に配置されることが好ましい。すなわち、フェライトの磁気抵抗は、たとえば、５０から１００倍以上空気よりも小さく、磁束密度は概ねコア空気ギャップ付近で最大になる。さらに、シールドは、磁束がコア空気ギャップから逃げる場所であるフリンジ場の近傍の磁束線の幾何構造に特に敏感であるので、通路２７７を形成するために穴、切り欠き等を形成する場合、空気ギャップに対面するコアセグメント表面から材料を取り除かないようにすることが好ましい。すなわち、コア空気ギャップ界面は、なめらか且つ均一であることが好ましく、コア空気ギャップ界面の機械的な欠落、中断、または乱れがないようにすることが好ましい。さらに好ましくは、通路２７７は、コアセグメントの裏面、または、相対的にコア空気ギャップから離れた他の位置に存在するようにすることが好ましく、この場所では、コア材料の欠落が、空気ギャップを架橋する磁束線に対して殆ど悪影響を与えないであろう。

【０１１８】

図２１において、通路２７７は、電力結合装置の運転中に極面（コアギャップ界面）として機能する表面から離れて、コアセグメント２８０の裏面に存在する。さらに、図２０から図２２において、通路２７７は必要な場所、すなわち巻部導線が実際にコア材料を通過する場所にだけ存在するが、コアセグメントの裏面またはコア空気ギャップから安全に離れた他の好ましい場所における通路２７７の存在が、有意に、通路２７７の、電力結合装置の運転中の磁束線が通る磁気経路に対する悪影響を低減するので、コストを低減し、製造性を改善などのために、巻部の導線ワイヤが実際に通過する場所におけるコアセグメント上だけでなく、コアを形成する全てのコアセグメント上に通路２７７を提供することへの妨げは特にない。

【０１１９】

上述のように、巻部の配置および／またはコアにおける磁気抵抗低減材料の分配は、磁束ループがメリジオナル平面内に、たとえば線対称構造の全体が概ねトロイダルである場合の短円平面内に位置するように磁束をアライメントするようになされることが好ましい。さらに、特にコアが複数のコアセグメントからなる場合、たとえば、コアセグメントの

空間配置を含む配置による、または、巻部の導線ワイヤがコア凹部に出入りする方法による線対称性の中断は最小限にすることが好ましく、たとえば通路が採用されることが好ましい。さらに、巻部の導線は、たとえば、仮想電流ループの形成を実質的に取り除くまたは最小化するような方法および位置で、コアを通過することが好ましい。図５から図１８とともに説明したような効果的なシールドのために、本発明の１つまたはそれ以上の実施形態において、フリンジ場によるものおよび仮想電流ループによるものを含むミスアライメントされた磁束は、電力結合装置の運転中のコアをリンクする全磁束の１／１００より大きくないことが好ましい。さらに、ミスアライメントされた磁束は、電力結合装置の運転中にコアをリンクする全磁束の１／１０００より大きくないことがさらに好ましい。さらに、ミスアライメントされた磁束は、電力結合装置の運転中にコアをリンクする全磁束の１／１００００より大きくないことがさらに好ましい。

【０１２０】

端数回転の巻部が採用される場合、電力結合装置の全体の線対称構造の円周方向における異なる位置での電流密度の変化が、磁束線のひずみを生じさせる状況、すなわち各コアをリンクする磁束のループがメリジオナル平面からそれる状況になることを避けるために、端数回転は、集合的に完全な１回転を構成するように配置されることが好ましい（たとえば、それぞれがトロイダル長円の円周の三分の１を占める３つの端数回転巻部を採用できる）。また、シールド付き電力結合装置の運転中に、電流は、線対称構造の全体円周の周りの実質的に全ての場所で、概ね均一な磁束を達成するように、全ての端数回転を通って流れるようにすることが好ましい。

【０１２１】

任意の材料および組み立て方法を、電力結合装置の巻部、コア、およびシールドに用いることができる。コアの周りに巻きつけられるワイヤ、たとえばリッツ（Ｌｉｔｚ）ワイヤ、は、典型的には巻部として機能するが、他の適当な材料および製造方法、たとえば、型成形、押し出し成形等を採用することができる。大きな直径のフェライトコアが複数のコアセグメントから形成される実際的な例が説明されたが、本発明はこれに限定されず、入手可能な鋳造、型成形、押し出し成形によるコア素子を採用することもできる。さらに、フェライトが、好ましいコア材料の１つの例として言及されているが、本発明はこれに限定されず、シリコン鉄、ニッケル鉄合金、ステンレス鋼、コバルト鉄合金、またはその他の適当な材料を使用することも可能である。アルミニウムが好ましいシールド材料の１つの例として言及されたが、本発明はこれに限定されず、代替的にまたは追加的に、他の金属、他の電気伝導性材料、および／またはシールドのための他の適当な材料を採用することも可能である。本技術分野における当業者は、シールド付き電力結合装置を様々な方法で製造できることを認識できるであろう。一例として、巻部として機能するワイヤは、図１７および図１８とともに説明したような線対称構造に近似するように配置された複数のコアセグメントの凹部内に巻きつけることができ、コアセグメントは、図５から図１８とともに説明した線対称軸の周りで、連続的な電気経路として機能する電気伝導性材料の中に埋め込まれる。このとき、図５から図１８ともに説明したような線対称シールドに近似させる、シート状の金属、チャネルまたは他の押し出し物などが、アーチ状またはらせん状に巻きつけられて、電気伝導性エポキシ等により一緒に保持される。このとき、電力結合装置の運転中に磁場がメリジオナル平面からそれるのを最小限にし、適切なシールドの性能のために、コア材料、コア空気ギャップの幾何配置、コアセグメントの空間配置、巻部導線ワイヤの出入りのための通路、等の配置／分配に適切な注意が向けられることが好ましい。さらに、シールド空気ギャップの向きおよび位置に適切な注意が向けられることがさらに好ましく、フリンジ場相殺領域における十分な電流伝達能力のためにシールド内の電気伝導性材料の配置に適切な注意が向けられることが好ましく、コア空気ギャップの周縁から出てくるフリンジ場に対するこの領域の位置に適切な注意が向けられることが好ましく、線対称軸および回転軸を中心とする閉じた電気回路を構成する円形の連続的な電気経路の形成に適切な注意が向けられることが好ましい。

【０１２２】

特定の線対称構成が説明され且つ図面に示されたが、本発明はこれらに限定することを意図しておらず、必要に応じた適切な修正とともに、任意の適当な線対称構成の上述の説明に適用することが可能である。さらに、「線対称」、「トロイダル」等の語が電流、磁束線等の向きなどの議論において一般的な枠組みを提供するために用いられてきたが、このような枠組みは、過度に文言通りに捉えるべきではなく、本発明のシールド付き電力結合装置から得られる利点のために、線対称またはトロイダルな幾何形状が厳密であることを意味するように捉えるべきではなく、また、厳密な線対称またはトロイダル幾何形状からのずれが、必要的に特許請求の範囲の外であると捉えるべきではない。例えばシールドの形状に関して、シールド付き電力結合装置の性能を有意に損なうことなく、線対称および／またはトロイダル幾何形状からの有意な逸脱も可能であり、これらも特許請求の範囲の中にあり、および／またはたとえば図５から図２２とともに説明されたシールド能力を満足するために説明された基本的なパラメータの範囲内である。

【０１２３】

さらに、少なくとも１つのシールド空気ギャップ（図１０に示されるような１つの大きなシールド空気ギャップを備える構成を含む）は、一般に、半結合部間の相対運動を許容することが必要であり、複数のシールド空気ギャップおよび／またはコア空気ギャップを備えることに特に妨げはない。さらに、相対回転を許容するために、複数の空気ギャップとともに、組になったおよび／または入れ子にされた半結合部の組を採用することに妨げはなく、いくつかの代表的な例が図２３に示されている。

【０１２４】

図２３は、いくつかの代表的な断面プロファイルを示しており、これらは、回転する線対称固体を生成するために用いることができ、これに、本発明の実施形態による回転トランスフォーマーの構造を一致させることができ、この図は、特に、複数の組にされたまたは入れ子にされた回転トランスフォーマーの半結合部が、どのように、様々な統合構造に結合されるかを示している。図面において、類似の参照符号で示された部分は、上述の機能を備え、ただし、ラベリングにおいて便宜的に静止側および回転側の間の区別はしていない（すなわち、静止側の参照符号が両方の側の半結合部に用いられているが、実際には、これらの一方は典型的には回転トランスフォーマーの主側として機能し、他方が典型的には回転トランスフォーマーの副側として機能する）。図２３のＡからＣまでの３つの構成の各々は、概ね線対称の回転固体を生成するための断面プロファイルとして用いられたときに、十分なシールドを提供することができると期待される。図面において、垂直線、水平線、斜線は、回転軸を示す概略的な方法として図示されており、本発明の様々な実施形態の概ね線対称な回転トランスフォーマーの構造を得るために、これらの線を中心に断面プロファイルが掃引される。これらの線は断面プロファイルの外側に位置すべきであるが、任意の半径および任意の向きとすることができる。

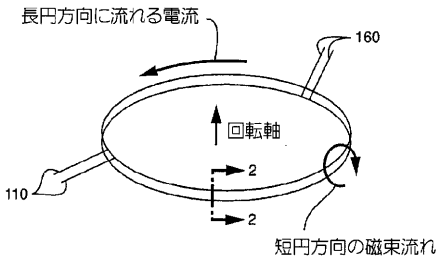
【０１２５】

本発明の電力結合装置は、ＣＴスキャナーのような少なくとも１つの回転ユニットを含むシステムにおいて電力を伝達するのに有効である。静止部材、および静止部材に結合される回転部材を含むシステムにおいて、本発明の電力結合装置は、電源から静止部材または回転部材あるいはその両者に電力を伝達できる。たとえば、静止部材をＣＴスキャナの静止ガントリとし、回転部材をＣＴスキャナの回転ガントリとでき、Ｘ線源を含むことができる。

【０１２６】

本発明が、特定の好ましい実施形態を参照しながら図示および説明されてきたが、添付の特許請求の範囲により画定される本発明の趣旨および範囲から逸脱することなく、本技術分野における当業者により、形状および詳細における様々な変更が可能であると理解されたい。

【図１】



【図２】

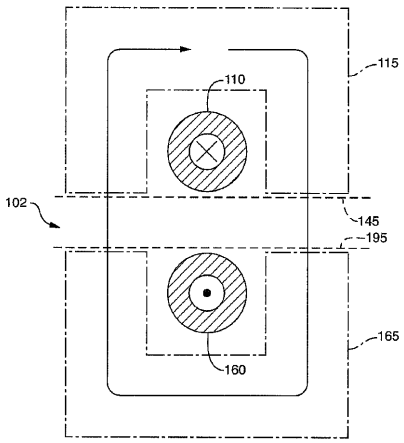
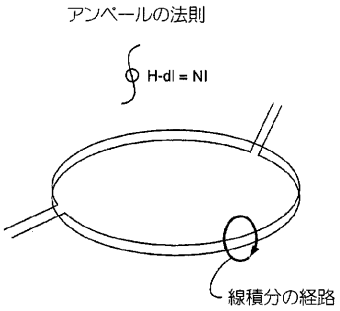


FIG. 2

【図３】



【図４】

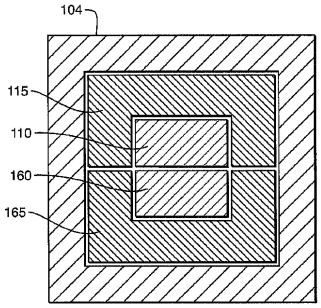


FIG. 4

【図５】

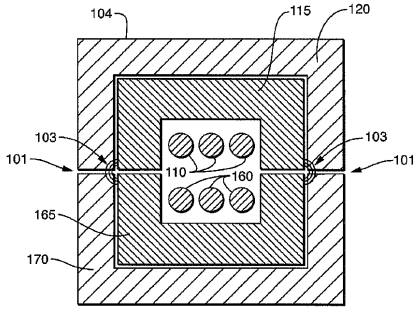


FIG. 5

【図６】

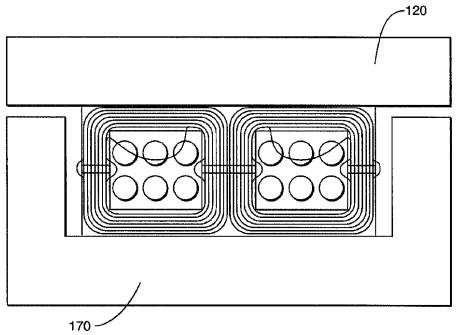


FIG. 6

【図７】

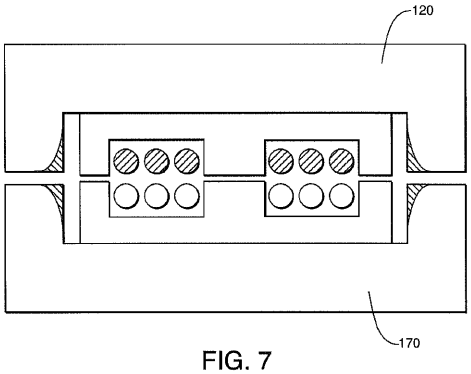


FIG. 7

【図８】

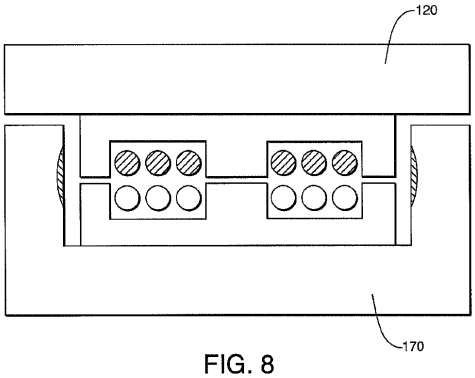


FIG. 8

【図９】

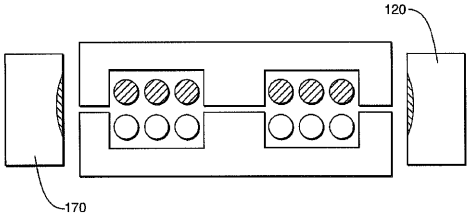


FIG. 9

【図１０】

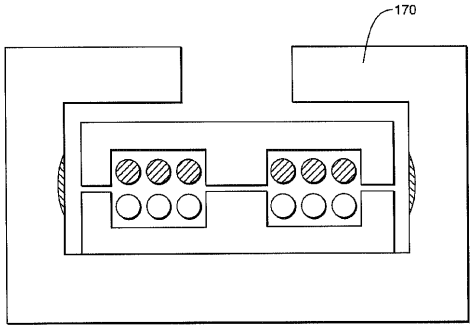


FIG. 10

【図１１Ａ】

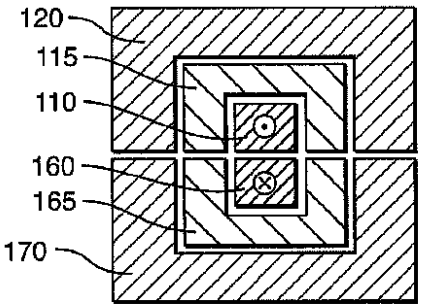


FIG. 11A

【図１１Ｂ】

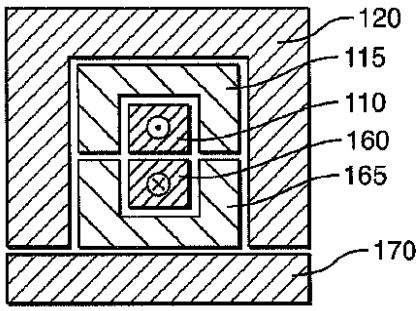


FIG. 11B

【図１１Ｃ】

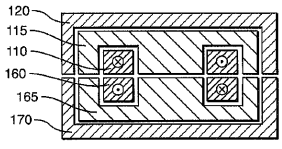


FIG. 11C

【図１１Ｄ】

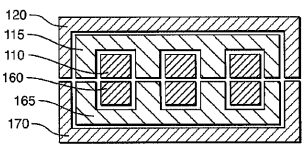


FIG. 11D

【図１１Ｅ】

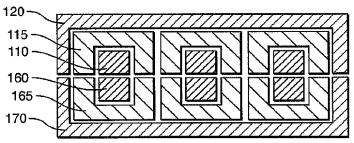


FIG. 11E

【図１２】

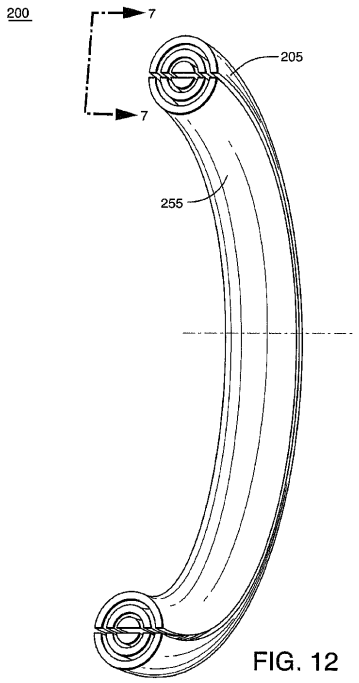
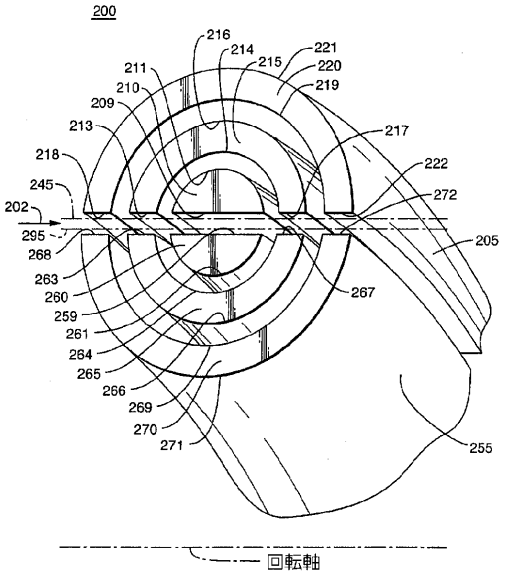


FIG. 12

【図１３】



【図１４】

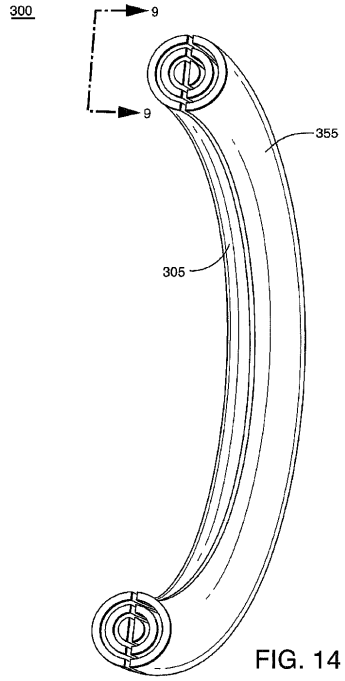
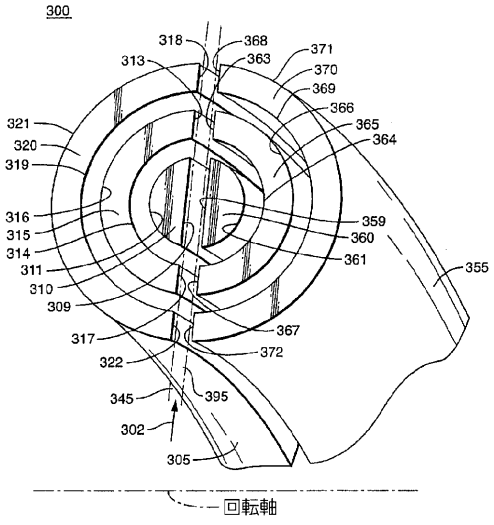


FIG. 14

【図１５】



【図１６】

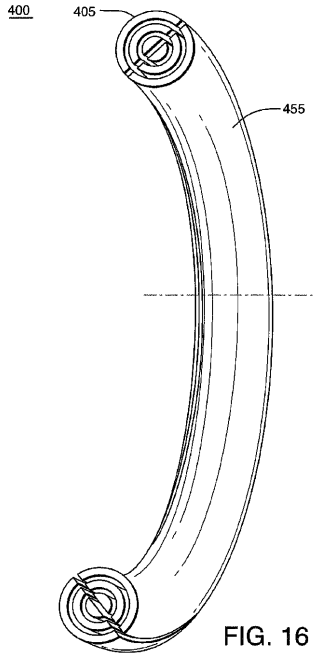


FIG. 16

【図１７】

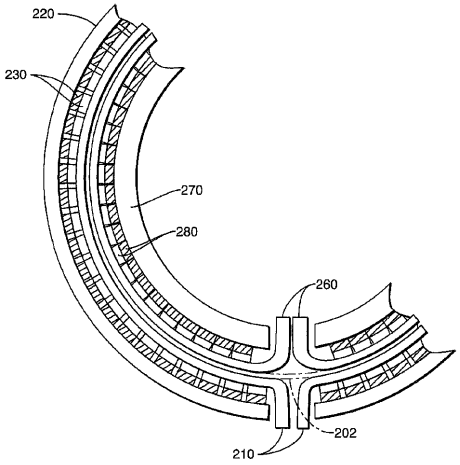


FIG. 17

【図１８】

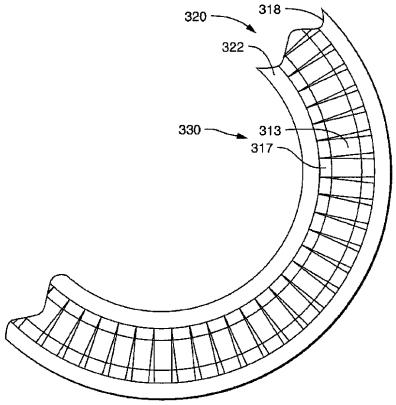


FIG. 18

【図１９Ａ】

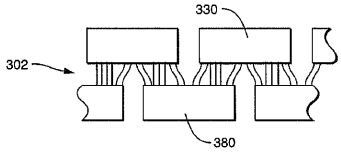


FIG. 19A

【図１９Ｂ】

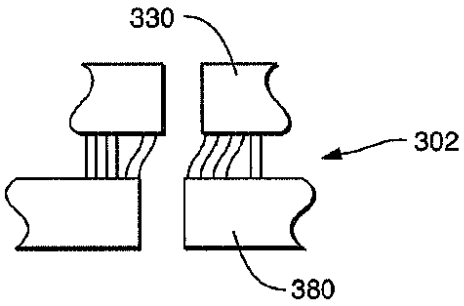


FIG. 19B

【図１９Ｃ】

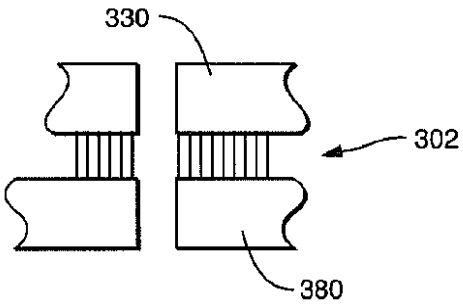


FIG. 19C

【図２０】

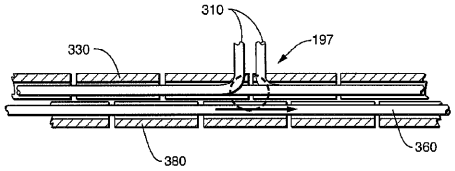


FIG. 20

【図２１】

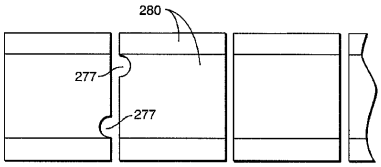


FIG. 21

【図２２】

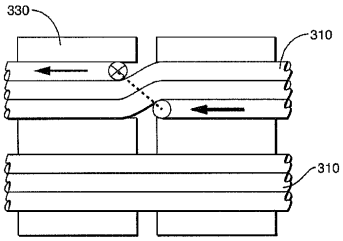


FIG. 22

【図２３Ａ－２３Ｃ】

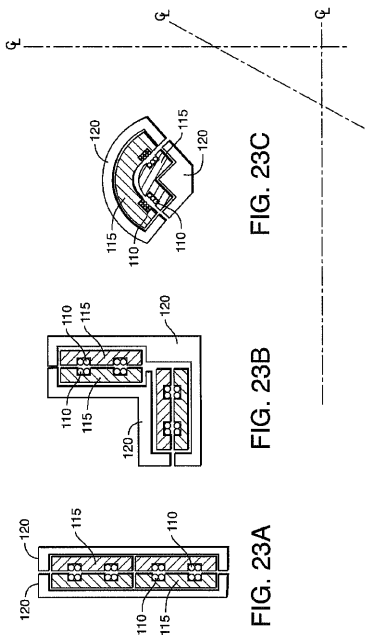


FIG. 23C

FIG. 23B

FIG. 23A

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US 08/52326

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC(8) - H01F 21/06 (2008.04)
USPC - 336/130
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC(8): H01F 21/06 (2008.04)
USPC: 336/130

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
All Prior Art Databases (text search - see terms below) USPC: 336/84R, 84C, 87, 130-132, 229 (text search - see terms below)Information Disclosure Statement for US Patent Application 11/699,529

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
PubWEST (PGPB,USPT,USOC,EPAB,JPAB); Google Scholar; Google Patents; FreePatentsOnline
Search Terms: air, aligned, cancel$4, conical, core, coupl$3, current, efficien$4, ferrite, field, flux, gap, increasing, inductive, leak$3, magnetic, misalignment, net, power, primary, recess, secondary, shield$3, toroidal, winding

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X --- Y	US 2006/0022785 A1 (DOBBS) 02 February 2006 (02.02.2006), entire document especially FIG. 1, FIG. 2A, FIG. 2B, FIG. 3, FIG 6A, FIG. 6B, para [0009], [0015], [0017], [0028], [0033], [0037], [0040], [0046], [0047], [0048], [0050]	1-11, 15-17, 23, 25-31, 33-40 and 52-59 --- 12-14, 18-22, 24, 32, 41-51
Y	US 6,794,792 B2 (WANG) 21 September 2004 (21.09.2004), entire document especially FIG. 4, col. 1, ln. 7-10, col. 5, ln. 66 - col. 6, ln. 6	12-14, 18-22
Y	US 4,293,884 A (SCHILLER) 06 October 1981 (06.10.1981), FIG. 5, col. 1, ln. 6-11, col. 7, ln. 58-61	24
Y	US 5,191,309 A (LAROS) 02 March 1993 (02.03.1993), FIG. 1, col. 1, ln. 5-18, col. 2, ln. 65 - col. 3, ln. 4	32
Y	US 4,335,423 A (KOIZUMI et al.) 15 June 1982 (15.06.1982), FIG. 4, col. 1, ln. 6-8, col. 4, ln. 62 -67	41-48
Y	US 2006/0208727 A1 (MATSUMOTO) 21 September 2006 (21.09.2006), para [0075]	49-51

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐

* 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	Date of mailing of the international search report
30 June 2008 (30.06.2008)	08 JUL 2008
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-3201	Authorized officer: Lee W. Young PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774

フロントページの続き

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

(74)代理人 100096013
弁理士 富田 博行
(74)代理人 100146710
弁理士 鐘ヶ江 幸男
(72)発明者 ドッブス, ジョン・エム
アメリカ合衆国マサチューセッツ州０１９１５, ベバリー, クレッシー・ストリート １２

Ｆターム(参考) 2G001 AA01 BA11 CA01 HA14 JA20 SA30
4C093 AA22 CA50 EC44