

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6892855号
(P6892855)

(45) 発行日 令和3年6月23日 (2021.6.23)

(24) 登録日 令和3年6月1日 (2021.6.1)

(51) Int. Cl.	F I
H02K 3/26 (2006.01)	H02K 3/26 D
H05K 1/02 (2006.01)	H05K 1/02 J

請求項の数 15 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2018-517347 (P2018-517347)	(73) 特許権者	518109826
(86) (22) 出願日	平成28年9月30日 (2016.9.30)		イーサーキット モーターズ, インコ
(65) 公表番号	特表2018-533345 (P2018-533345A)		ーボレイテッド
(43) 公表日	平成30年11月8日 (2018.11.8)		アメリカ合衆国 マサチューセッツ O2
(86) 国際出願番号	PCT/US2016/054794		458, ニュートン, ワン ゲートウ
(87) 国際公開番号	W02017/059257		エイ センター, スイート 359
(87) 国際公開日	平成29年4月6日 (2017.4.6)	(74) 代理人	100078282
審査請求日	令和1年8月6日 (2019.8.6)		弁理士 山本 秀策
(31) 優先権主張番号	15/199,527	(74) 代理人	100113413
(32) 優先日	平成28年6月30日 (2016.6.30)		弁理士 森下 夏樹
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)	(74) 代理人	100181674
(31) 優先権主張番号	62/236,407		弁理士 飯田 貴敏
(32) 優先日	平成27年10月2日 (2015.10.2)	(74) 代理人	100181641
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		弁理士 石川 大輔

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 印刷回路基板における損失を制御するための構造および方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

装置であって、

少なくとも1つの誘電層と、前記少なくとも1つの誘電層の表面上の伝導性パターンとを備える平面複合構造 (PCS) を備え、

前記伝導性パターンは、

少なくとも第1および第2の伝導性トレースであって、それぞれは、内側半径から外側半径まで半径方向に延び、前記表面上に角度を付けて配置されている、第1および第2の伝導性トレースと、

前記外側半径において前記第1の伝導性トレースに接続された第1の部分と、前記外側半径において前記第2の伝導性トレースに接続された第2の部分とを有する第1の相互接続と

を備え、

前記第1の相互接続は、内縁および外縁によって境界を付けられ、かつ開始領域、遷移領域、および終了領域を有し、前記開始領域は、前記第1の伝導性トレースから前記遷移領域まで延びている第1のアーチを形成された内縁区分を有し、

前記第1のアーチを形成された内縁区分の少なくとも一部は、円弧長の関数として連続的に変動する曲率を有する、装置。

【請求項2】

角度 θ の関数としての前記第1のアーチを形成された内縁区分の前記一部の半径 r は、

10

20

開始角 θ_s および開始半径 r_s から始まり終点半径 r_d で終了し、 $\theta > \theta_s$ に対して評価される角についての式

【数 1】

$$r(\theta) = r_d + (r_s - r_d)e^{-(\theta - \theta_s)/\alpha}$$

(ここで、 α は、 r_s から r_d までの遷移の率を定義するパラメータである)

または、

$\theta < \theta_s$ に対して評価され、 r_d から始まり θ_s および r_s で終了する角についての式

【数 2】

$$r(\theta) = r_d + (r_s - r_d)e^{-(\theta_s - \theta)/\alpha}$$

10

(ここで、 α は、 r_d から r_s までの遷移の率を定義するパラメータである)

によって少なくとも部分的に特徴付けられる、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記終了領域は、前記遷移領域から前記第 2 の伝導性トレースまで延びている第 2 のアールを形成された内縁区分を有し、

前記第 2 のアールを形成された内縁区分の少なくとも一部は、円弧長の関数として連続的に変動する曲率を有する、請求項 1 または請求項 2 に記載の装置。

20

【請求項 4】

角度 θ の関数としての前記第 2 のアールを形成された内縁区分の前記一部の半径 r は、開始角 θ_s および開始半径 r_s から始まり終点半径 r_d で終了し、 $\theta > \theta_s$ に対して評価される角についての式

【数 3】

$$r(\theta) = r_d + (r_s - r_d)e^{-(\theta - \theta_s)/\alpha}$$

(ここで、 α は、 r_s から r_d までの遷移の率を定義するパラメータである)

または、

$\theta < \theta_s$ に対して評価され、 r_d から始まり θ_s および r_s で終了する角についての式

【数 4】

$$r(\theta) = r_d + (r_s - r_d)e^{-(\theta_s - \theta)/\alpha}$$

30

(ここで、 α は、 r_d から r_s までの遷移の率を定義するパラメータである)

によって少なくとも部分的に特徴付けられる、請求項 3 に記載の装置。

【請求項 5】

角度 θ の関数としての前記第 1 の相互接続の前記内縁全体の半径 r は、式

【数 5】

$$r(\theta) = r_{s1} + (r_d - r_{s1}) \left(1 - e^{-\frac{\theta - \theta_1}{\alpha}}\right) + (r_{s2} - r_d) \left(e^{-\frac{\theta_2 - \theta}{\alpha}}\right)$$

40

によって特徴付けられ、

ここで、 r_{s1} は、前記内縁が前記第 1 の伝導性トレースに接続される第 1 の点における半径であり、 θ_1 は、前記第 1 の点における角度であり、 r_{s2} は、前記内縁が前記第 2 の伝導性トレースに接続される第 2 の点における半径であり、 θ_2 は、前記第 2 の点における角度であり、 r_d は、前記内縁が主に角度方向に延びている半径であり、 α は、 r_{s1} から r_d までおよび r_d から r_{s2} までの遷移の率を定義するパラメータである、請

50

求項 4 に記載の装置。

【請求項 6】

前記開始領域は、前記第 1 の伝導性トレースから前記遷移領域まで延びている第 1 のアールを形成された外縁区分を有し、前記終了領域は、前記遷移領域から前記第 2 の伝導性トレースまで延びている第 2 のアールを形成された外縁区分を有し、

前記第 1 のアールを形成された外縁区分の少なくとも一部は、円弧長の関数として連続的に変動する曲率を有し、

前記第 2 のアールを形成された外縁区分の少なくとも一部は、円弧長の関数として連続的に変動する曲率を有する、請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 7】

角度 θ の関数としての前記第 1 のアールを形成された外縁区分の前記一部の半径 r および角度 θ の関数としての前記第 2 のアールを形成された外縁区分の前記一部の半径 r はそれぞれ、

開始角 θ_s および開始半径 r_s から始まり終点半径 r_d で終了し、 $\theta > \theta_s$ に対して評価される角についての式

【数 6】

$$r(\theta) = r_d + (r_s - r_d)e^{-(\theta - \theta_s)/\alpha}$$

(ここで、 α は、 r_s から r_d までの遷移の率を定義するパラメータである)

または、

$\theta < \theta_s$ に対して評価され、 r_d から始まり θ_s および r_s で終了する角についての式

【数 7】

$$r(\theta) = r_d + (r_s - r_d)e^{-(\theta_s - \theta)/\alpha}$$

(ここで、 α は、 r_d から r_s までの遷移の率を定義するパラメータである)

によって少なくとも部分的に特徴付けられる、請求項 6 に記載の装置。

【請求項 8】

前記 P C S は、複数の層を有し、

前記装置は、異なる層上の伝導性パターンの一部を相互接続するための接続構造をさらに含む、請求項 1 ～ 7 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 9】

前記装置は、軸方向束モータまたは発電機のための固定子を備える、請求項 1 ～ 8 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 10】

前記第 1 の伝導性トレースと、同様に前記内側半径から前記外側半径まで延びている隣接する伝導性トレースとの間の角度分離は、 δ ラジアンであり、 α は、 $0.06\delta \sim 0.2\delta$ ラジアンに及ぶ、請求項 2、4、5、および 7 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 11】

前記内縁と前記外縁との間の任意の点において、直流励起下の最小電流密度の大きさは、その点を通して通過する前記内縁と前記外縁との間の最短線に沿って評価される最大電流密度の大きさの少なくとも 50 % である、請求項 1 ～ 10 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 12】

少なくとも前記第 1 のアールを形成された内縁区分は、少なくとも部分的に、軸方向に隣接する伝導性表面構造上の寄生および渦電流効果を低減させるように設計された構造によって特徴付けられる、請求項 1 ～ 11 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 13】

少なくとも前記第 1 のアールを形成された内縁区分は、前記第 1 の相互接続の外側伝導

10

20

30

40

50

性部分における渦電流を低減させるための構造によって特徴付けられる、請求項 1 ～ 1 2 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 1 4】

少なくともその遷移領域内の前記第 1 の相互接続の前記内縁と前記外縁との間において、前記第 1 の相互接続は、前記第 1 の相互接続の一端から前記第 1 の相互接続の他端まで電気伝導性を実質的に低減させず、前記第 1 の相互接続の前記遷移領域内の前記内縁と略平行に延びている、少なくとも 1 つのスリット状の細長い領域を有する、請求項 1 ～ 1 3 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 1 5】

前記第 1 の伝導性トレースと前記開始領域との間の接続から前記遷移領域の始点までの前記第 1 の相互接続の前記内縁の一部は、前記第 1 の伝導性トレースから前記遷移領域に向かう前記第 1 の相互接続の前記内縁に沿って測定された前記内縁の一部の距離の最初の 20 % 以内において、F E A / F E M 計算によって決定されるような最大電流密度値の少なくとも 90 % を達成する、請求項 1 ～ 1 4 のいずれか一項に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(関連出願の引用)

本開示は、米国仮特許出願第 62 / 236, 407 号 (2015 年 10 月 2 日出願、S t e v e n R. S h a w、名称「STRUCTURES TO REDUCE LOSSES IN PRINTED CIRCUIT BOARD WINDINGS」) に対する米国特許法 § 119 (e) に基づく利益を主張する。本開示は、米国仮特許出願第 62 / 236, 422 号 (2015 年 10 月 2 日出願、S t e v e n R. S h a w、名称「STRUCTURES FOR THERMAL MANAGEMENT IN PRINTED CIRCUIT BOARD STATORS」) に対する米国特許法 § 119 (e) に基づく利益を主張する。本開示は、米国特許出願第 15 / 199, 527 号 (2016 年 6 月 30 日出願、S t e v e n R. S h a w、名称「STRUCTURES AND METHODS FOR THERMAL MANAGEMENT IN PRINTED CIRCUIT BOARD STATORS」) に対する米国特許法 § 120 に基づく利益も主張する。上記出願の各々の内容は、あらゆる目的のためにそれらの全体が参照により本明細書に引用される。

【0002】

(分野)

本明細書に説明される実施形態は、概して、印刷回路基板デバイス内の損失を低減させる分野に関連する。より具体的には、本明細書に開示されるような実施形態は、電気モータおよび／または発電機のための多層印刷回路基板上に作製される固定子内の巻線損失管理の分野に関連する。

【背景技術】

【0003】

本発明者は、印刷回路基板 (P C B) 内の電気導線を通した高電流を取り扱う電流電気モータおよび他の電気デバイスが、P C B 内の電流流動から生じる複数の問題に直面していることを認識および理解している。そのような問題は、寄生または渦電流に起因する望ましくない熱の発生を含み、それは、モータまたは発電機に関する機械的故障および破壊的機械的窓外、ならびにモータまたは発電機の動作における他の非効率性につながり得る。電気回路の領域内の増加された電流密度流動の副産物として、とりわけ、高電流勾配によって生じる P C B 内の高温勾配は、剥離等の P C B の構造損傷または基板内の電気導線もしくは誘電材料の局所的故障もしくは劣化につながり得る。より重要なこととして、おそらく、これらの高電流密度は、望ましくないより大きい電磁場を発生させるように作用し、それは、例えば、寄生および渦電流を電気回路の物理的近傍領域内にもたらし得、ひいては、モータまたは発電機回転子への重荷として作用し、それによって、その電力出力

および効率を低減させ得る。

【0004】

以降に説明される有利な特徴を伴わずに構築される、印刷回路基板電気デバイスは、これらのデバイスに見出される誘電基板のPCB表面（または多層基板デバイスの場合、複数の表面）上に配置される電流搬送トレース間で接続を行うために、種々の方略を採用する。しかしながら、これらの方略は、どんな実質的方法においても、電気回路トレースの一部内で増強された電流密度から生じる不利点およびそれからの悪影響に対処しておらず、かつそれを認識していない。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

10

【0005】

本開示の特定の例示的实施形態は、印刷回路基板モータおよび発電機に関する。印刷回路基板内の銅から形成される巻線は、アンテナ、インダクタ、変圧器、および永久磁石ブラシレスDC（永久磁石同期）機械内に組み込まれ得る固定子を形成する目的のために使用されている。現代の永久磁石材料およびPCB固定子を使用するエネルギー変換デバイスに対して、磁場は、磁氣的に影響を受けやすい材料によって強固に閉じ込められない。したがって、巻線内の隣接するターン（turn）および／または隣接する層上の巻線（多層構成に関して）からの磁場間の相互作用は、有意であり得る。以降に開示される構造は、巻線内の有効抵抗を低減させ、したがって、関連付けられた損失を低減させ、回転エネルギー変換デバイス内の規定された電流密度を達成する。開示される構造の効果は、現在利用可能なデバイスと比較したときの増加周波数の関数としての顕著な損失低減機構である。これらの効果は、エネルギー変換プロセスならびに典型的制御方略、例えば、パルス幅変調に対して重要な周波数範囲内で有意である。

20

【0006】

第1の例示的实施形態では、本開示は、少なくとも1つの誘電層および複数の伝導層を有する平面複合構造（PCS）を含む電気モータまたは発電機固定子の構造に関する。PCSは、少なくとも部分的に、中心原点と、周縁とによって特徴付けられる。固定子は、内側半径方向距離 r_s から外側半径方向距離 r_l まで延びている複数の第1の要素である半径方向に延びている伝導性トレースも含むことができ、半径は、PCSの中心原点から周縁に向かって測定される。トレースは、概して、PCS上に角度を付けて配置される。複数の第1の半径方向に延びている要素の各々は、その内側および外側端部において接続され、巻線ループおよび他の回路構造が、形成されることを可能にする。要素が、そのようなループ内で接続されるとき、以降により詳細に説明されるように、要素の外側端部は、外側ループ相互接続を使用して接続され、要素の内側端部は、内側ループ相互接続を使用して接続される。さらに、本開示のいくつかの例示的实施形態によると、第1の半径方向伝導要素のうちの少なくとも1つは、それらのそれぞれの外側半径端部において、半径方向伝導要素のうちの少なくとも1つの他のものに接続される。また、第1の伝導要素は、それらの内側半径端部においても、他の半径方向に伝導要素に接続される。複数の巻線を有し、例えば、電気モータまたは発電機の固定子を形成する複数の閉ループがもたらされることができる。

30

40

【0007】

本開示の第2の例示的实施形態は、少なくとも1つの誘電層および少なくとも1つの伝導層を伴うPCSを含む固定子を有する電気モータまたは発電機に関し、PCSは、少なくとも部分的に、中心原点と、周縁とによって特徴付けられる。固定子は、PCSの中心原点からの開始半径 r_0 から周縁に向かって半径方向に延び、PCS上に角度を付けて配置される複数の第1の導電性トレースも含むことができる。複数の伝導性トレースは、それぞれの関連付けられた相互接続を通して、PCSの中心原点からの内側半径 r_0 から周縁に向かって半径方向外向きに半径方向に延び、関連付けられた伝導性トレースから角度を付けて配置される少なくとも1つの他の伝導性トレースに接続する。

【0008】

50

別の例示的实施形態では、固定子は、少なくとも1つの誘電層および各該誘電層の表面上の伝導性パターンを伴う平面複合構造（PCS）を有する。伝導性パターンは、各々が内側半径から外側半径まで半径方向に延び、誘電表面のうちの1つ上に角度を付けて配置される複数の第1の伝導性トレースを有し、第1の伝導性トレースのうちの少なくとも1つは、その外側半径において、第1の相互接続によって、その外側半径における第1の伝導性トレースのうちの少なくとも1つの他のものに接続される。第1の相互接続は、内縁と外縁との間で境界を付けられる。第1の相互接続は、開始領域、遷移領域、および終了領域を有し、開始領域は、第1の伝導性トレースから遷移領域まで延びている第1のアーチを形成された内縁区分を有し、終了領域は、遷移領域から他の伝導性トレースまで延びている第2のアーチを形成された内縁区分を有し、少なくとも第1のアーチを形成された内縁区分および第2のアーチを形成された内縁区分の各々は、 θ_s および r_s から開始し、 $\theta > \theta_s$ に対して評価される角のために、角方程式：

【0009】

【数1】

$$r(\theta) = r_d + (r_s - r_d)e^{-\frac{\theta - \theta_s}{\alpha}}$$

【0010】

によって、または、 $\theta < \theta_s$ に関して評価され、 θ_s および r_s で終了する角のために、等価な反射バージョン：

【0011】

【数1-1】

$$r(\theta) = r_d + (r_s - r_d)e^{-(\theta_s - \theta)/\alpha}$$

【0012】

によって少なくとも部分的に特徴付けられる。

【0013】

さらに別の例示的实施形態では、固定子は、少なくとも1つの誘電層および各該誘電層の表面上の伝導性パターンを有する平面複合構造（PCS）を有する。少なくとも1つの伝導性パターンは、各々が内側半径から外側半径まで半径方向に延び、誘電表面のうちの1つ上に角度を付けて配置される複数の第1の伝導性トレースを有する。第1の伝導性トレースのうちの少なくとも1つは、その外側半径において、その外側半径における第1の相互接続によって、第1の伝導要素のうちの少なくとも1つの他のものに接続され、少なくとも第1の相互接続は、内縁および外縁によって境界を付けられ、開始領域、遷移領域、および終了領域を有し、開始領域は、第1の伝導性トレースから遷移領域まで延びている第1のアーチを形成された内縁区分および第1のアーチを形成された外縁区分と、遷移領域から他の伝導性トレースまで延びている第2のアーチを形成された内縁区分および第2のアーチを形成された外縁区分とを有する。少なくとも第1のアーチを形成された内縁および外縁区分ならびに第2のアーチを形成された内縁および外縁区分の各々は、 θ_s および r_s から開始し、 $\theta > \theta_s$ に対して評価される角のために、角方程式：

【0014】

【数2】

$$r(\theta) = r_d + (r_s - r_d)e^{-\frac{\theta - \theta_s}{\alpha}}$$

【0015】

によって、または、 $\theta < \theta_s$ に関して評価され、 θ_s および r_s で終了する角のために、等価な反射バージョン：

【0016】

【数2-1】

$$r(\theta) = r_d + (r_s - r_d)e^{-(\theta_s - \theta)/\alpha}$$

10

20

30

40

50

【0017】

によって少なくとも部分的に特徴付けられる。

【0018】

別の例示的实施形態では、固定子は、少なくとも1つの誘電層および各該誘電層の表面上の伝導性パターンを伴う平面複合構造（PCS）を有する。少なくとも1つの伝導性パターンは、各々が内側半径から外側半径まで半径方向に延び、誘電表面のうちの1つ上に角度を付けて配置される複数の第1の伝導性トレースを有する。第1の伝導性トレースのうちの少なくとも1つは、その外側半径において、第1の相互接続によって、その外側半径における第1の伝導要素のうちの少なくとも1つの他のものに接続される。第1の相互接続は、内縁および外縁によって境界を付けられる。第1の相互接続は、開始領域、遷移領域、および終了領域を有し、開始領域の内縁は、その外側半径における第1の伝導性トレースから遷移領域まで延びている第1のアールを形成された内縁区分と、遷移領域からその外側半径における他の伝導性トレースまで延びている第2のアールを形成された内縁区分とを有する。少なくとも第1のアールを形成された内縁区分および第2のアールを形成された内縁区分の各々は、1つの伝導性トレースから遷移領域までの $r(\theta)$ の線形関数である傾き $dr/d\theta$ によって特徴付けられ、傾きは、遷移領域から他の伝導性トレースまでとは異なる線形関数である。

10

【0019】

さらに別の例示的实施形態では、固定子は、少なくとも1つの誘電層および各該誘電層の表面上の伝導性パターンを備えている平面複合構造（PCS）を有する。少なくとも1つの伝導性パターンは、各々が内側半径から外側半径まで半径方向に延び、誘電表面のうちの1つ上に角度を付けて配置される複数の第1の伝導性トレースを有する。第1の伝導性トレースのうちの少なくとも1つは、その外側半径において、第1の相互接続の開始領域に接続される。第1の相互接続は、内縁および外縁によって境界を付けられ、第1の相互接続は、開始領域、遷移領域、および終了領域を有し、第1のアールを形成された内縁区分が、1つの伝導性トレースの外側半径から遷移領域まで延び、第2のアールを形成された内縁区分が、遷移領域からその外側半径における他の伝導性トレースまで延びている。内縁と外縁との間の任意の点において、直流励起下の最小電流密度の大きさは、その点を通して通過する内縁と外縁との間の最短線に沿って評価される最大電流密度の大きさの少なくとも50%である。

20

30

【0020】

別の例示的实施形態では、固定子は、少なくとも2つの誘電層および各該誘電層の表面上の伝導性パターンを有する平面複合構造（PCS）を有する。少なくとも1つの伝導性パターンは、各々が内側半径から外側半径まで半径方向に延び、誘電表面の異なるもの上に角度を付けて配置される複数の第1の伝導性トレースを有する。第1の伝導性トレースのうちの少なくとも1つは、その外側半径において、第1の中間層相互接続によって、その外側半径における異なる表面上の第1の伝導性トレースのうちの少なくとも1つの他のものに接続される。相互接続は、実質的に内縁および外縁によって境界を付けられる。第1の中間層相互接続は、第1の層上の開始領域、遷移領域、および異なる層上の終了領域を有し、第1の伝導性トレースから遷移領域まで延びている第1のアールを形成された内縁区分と、遷移領域からその外側半径における他の伝導性トレースまで延びている第2のアールを形成された内縁区分とをさらに有し、少なくとも第1のアールを形成された内縁区分および第2のアールを形成された内縁区分の各々は、少なくとも部分的に、軸方向に隣接する伝導性表面構造における寄生および渦電流効果を低減させるように設計される構造によって特徴付けられる。

40

【0021】

さらなる例示的实施形態では、固定子は、少なくとも1つの誘電層および各該誘電層の表面上の伝導性パターンを有する平面複合構造（PCS）を有する。少なくとも1つの伝導性パターンは、各々が内側半径から外側半径まで半径方向に延び、誘電表面のうちの1つ上に角度を付けて配置される複数の第1の伝導性トレースを有する。第1の伝導性トレース

50

スのうちの少なくとも1つは、その外側半径において、第1の相互接続によって、その外側半径における第1の伝導要素のうちの少なくとも1つの他のものに接続され、第1の相互接続は、内縁および外縁によって境界を付けられる。第1の相互接続は、開始領域、遷移領域、終了領域を有し、第1のアールを形成された内縁区分は、その外側半径において接続された第1の伝導性トレースから遷移領域まで延び、第2のアールを形成された内縁区分は、遷移領域を1つの他の伝導性トレースの外側半径に接続する。少なくとも第1のアールを形成された内縁区分および第2のアールを形成された内縁区分の各々は、相互接続の外側伝導性部分における渦電流を低減させるための構造によって特徴付けられる。

【0022】

さらに別の例示的实施形態では、固定子は、少なくとも1つの誘電層および各該誘電層の表面上の伝導性パターンを伴う平面複合構造（PCS）を有する。少なくとも1つの伝導性パターンは、各々が内側半径から外側半径まで半径方向に延び、誘電表面のうちの1つ上に角度を付けて配置される複数の第1の伝導性トレースを有し、第1の伝導性トレースのうちの少なくとも1つは、その外側半径において、第1の相互接続によって、その外側半径における第1の伝導性トレースのうちの少なくとも1つの他のものに接続され、第1の相互接続は、内縁および外縁によって境界を付けられる。第1の相互接続は、開始領域、遷移領域、および終了領域を有し、第1のアールを形成された内縁および外縁区分が、第1の伝導性トレースからその遷移領域まで延び、第2のアールを形成された内縁および外縁区分が、遷移領域からその外側半径における1つの他の伝導性トレースまで延びている。第1のアールを形成された内縁区分および第2のアールを形成された内縁区分の少なくともそれぞれの傾きの各々は、1つの伝導性トレースから他の伝導性トレースまで回転角度の関数として単調に変化する傾きの値によって特徴付けられる。

【0023】

さらなる例示的实施形態では、固定子は、少なくとも1つの誘電層および各該誘電層の表面上の伝導性パターンを伴う平面複合構造（PCS）を有する。少なくとも1つの伝導性パターンは、各々が内側半径から外側半径まで半径方向に延び、誘電表面のうちの1つ上に角度を付けて配置される複数の第1の伝導性トレースを有し、第1の伝導性トレースのうちの少なくとも1つは、その外側半径において、第1の相互接続によって、その外側半径における第1の伝導性トレースのうちの少なくとも1つの他のものに接続される。第1の相互接続は、内縁および外縁によって境界を付けられる。第1の相互接続は、開始領域、遷移領域、終了領域を有し、第1のアールを形成された内縁区分および第1のアールを形成された外縁区分が、第1の伝導性トレースから遷移領域まで延び、第2のアールを形成された内縁区分および第2のアールを形成された外縁区分が、遷移領域から他の伝導性トレースの外側半径における1つの他の伝導性トレースまで延びている。少なくともその遷移領域内の相互接続の内縁区分と外縁区分との間において、相互接続は、相互接続の一端から相互接続の他端まで電気伝導性を実質的に低減させない少なくとも1つのスリット状の細長い領域を有し、スリット状の細長い領域は、相互接続の遷移領域内の内縁区分と略平行に延びている。

【0024】

本開示のさらに別の例示的实施形態では、固定子は、少なくとも1つの誘電層および各該誘電層の表面上の伝導性パターンを有する平面複合構造（PCS）を有する。少なくとも1つの伝導性パターンは、各々が内側半径から外側半径まで半径方向に延び、誘電表面のうちの1つ上に角度を付けて配置される複数の第1の伝導性トレースを有する。第1の伝導性トレースのうちの少なくとも1つは、その外側半径において、第1の相互接続によって、その外側半径における第1の伝導性トレースのうちの少なくとも1つの他のものに接続される。第1の相互接続は、少なくとも内縁および外縁によって境界を付けられる。第1の相互接続は、開始領域、遷移領域、および終了領域を有し、第1のアールを形成された内縁区分が、第1の伝導性トレースから遷移領域まで延び、第2のアールを形成された内縁区分が、遷移領域から他の伝導性トレースの外側半径における1つの他の伝導性トレースまで延びている。第1の伝導性トレースと開始領域との間の接続から遷移領域の始

点までの相互接続の内縁は、「C T内縁」距離として指定される。例示的实施形態は、第1の伝導性トレースから遷移領域に向かう相互接続の内縁に沿って測定されたC T内縁の最初の20%以内において、F E A / F E M計算によって決定されるような最大電流密度値の少なくとも90%を達成する。

本願明細書は、例えば、以下の項目も提供する。

(項目1)

固定子であって、前記固定子は、少なくとも1つの誘電層と前記誘電層の各々の表面上の伝導性パターンとを備えている平面複合構造(P C S)を備え、前記伝導性パターンは、複数の第1の伝導性トレースを備え、前記第1の伝導性トレースの各々は、内側半径から外側半径まで半径方向に延び、前記誘電表面のうちの1つ上に角度を付けて配置されており、

10

前記第1の伝導性トレースのうちの少なくとも1つは、その外側半径において、第1の相互接続によって、その外側半径における前記第1の伝導性トレースのうちの少なくとも1つの他のものに接続され、

少なくとも前記第1の相互接続は、内縁および外縁によって境界を付けられ、開始領域、遷移領域、終了領域を有し、前記開始領域は、前記第1の伝導性トレースから前記遷移領域まで延びている第1のアールを形成された内縁区分を有し、前記終了領域は、前記遷移領域から前記他の伝導性トレースまで延びている第2のアールを形成された内縁区分を有し、

少なくとも前記第1のアールを形成された内縁区分および前記第2のアールを形成された内縁区分の各々は、

20

θ_s および r_s から開始し、 $\theta > \theta_s$ に対して評価される角のために、角方程式：

【数4-1】

$$r(\theta) = r_d + (r_s - r_d)e^{-(\theta - \theta_s)/\alpha}$$

によって、または、 $\theta < \theta_s$ に関して評価され、 θ_s および r_s で終了する角のために、等価な反射バージョン：

【数4-2】

$$r(\theta) = r_d + (r_s - r_d)e^{-(\theta_s - \theta)/\alpha}$$

30

によって少なくとも部分的に特徴付けられ、

α は、前記固定子の要求される物理的構造に従って調節されるパラメータである、

固定子。

(項目2)

前記相互接続の内縁領域全体のための角方程式は、以下の単一方程式によって特徴付けられ、

【数5】

$$r(\theta) = r_{s1} + (r_d - r_{s1}) \left(1 - e^{-\frac{\theta - \theta_1}{\alpha}}\right) + (r_{s2} - r_d) \left(e^{-\frac{\theta_2 - \theta}{\alpha}}\right)$$

40

ここで、 r_{s1} 、 θ_1 は、前記開始トレースにおける前記構造の開始点であり、 r_{s2} 、 θ_2 は、前記構造の終了点であり、 α は、前記角のパラメータであり、 r_d は、前記構造が主に角度方向に延びている半径である、項目1に記載の固定子。

(項目3)

前記固定子は、多層固定子であり、1つの伝導性トレースの前記開始領域を異なる層における第2の伝導性トレースの前記終了領域に相互接続するための接続構造をさらに含む、項目1に記載の固定子。

(項目4)

2つの隣接する第1の伝導性トレース間の角度分離は、 δ ラジアンであり、 α は、 $0.06\delta \sim 0.2\delta$ ラジアンの範囲である、項目1に記載の固定子。

50

(項目 5)

固定子であって、前記固定子は、少なくとも 1 つの誘電層と前記誘電層の各々の表面上の伝導性パターンとを備えている平面複合構造 (PCS) を備え、少なくとも 1 つの伝導性パターンは、複数の第 1 の伝導性トレースを備え、前記第 1 の伝導性トレースの各々は、内側半径から外側半径まで半径方向に延び、前記誘電表面のうちの 1 つ上に角度を付けて配置されており、

前記第 1 の伝導性トレースのうちの少なくとも 1 つは、その外側半径において、第 1 の相互接続によって、その外側半径における前記第 1 の伝導要素のうちの少なくとも 1 つの他のものに接続され、

少なくとも前記第 1 の相互接続は、内縁および外縁によって境界を付けられ、開始領域、遷移領域、終了領域を有し、前記開始領域は、前記第 1 の伝導性トレースから前記遷移領域まで延びている第 1 のアールを形成された内縁区分および第 1 のアールを形成された外縁区分と、前記遷移領域および前記他の伝導性トレースから延びている第 2 のアールを形成された内縁区分および第 2 のアールを形成された外縁区分とを有し、

少なくとも前記第 1 のアールを形成された内縁および外縁区分ならびに前記第 2 のアールを形成された内縁および外縁区分の各々は、

θ_s および r_s から開始し、 $\theta > \theta_s$ に対して評価される角のために、角方程式：

【数 5-1】

$$r(\theta) = r_d + (r_s - r_d)e^{-(\theta - \theta_s)/\alpha}$$

によって、または、 $\theta < \theta_s$ に関して評価され、 θ_s および r_s で終了する角のために、等価な反射バージョン：

【数 5-2】

$$r(\theta) = r_d + (r_s - r_d)e^{-(\theta_s - \theta)/\alpha}$$

によって少なくとも部分的に特徴付けられ、

α は、前記固定子の要求される物理的構造に従って調節されるパラメータである、固定子。

(項目 6)

固定子であって、前記固定子は、少なくとも 1 つの誘電層と前記誘電層の各々の表面上の伝導性パターンとを備えている平面複合構造 (PCS) を備え、少なくとも 1 つの伝導性パターンは、複数の第 1 の伝導性トレースを備え、前記第 1 の伝導性トレースの各々は、内側半径から外側半径まで半径方向に延び、前記誘電表面のうちの 1 つ上に角度を付けて配置されており、

前記第 1 の伝導性トレースのうちの少なくとも 1 つは、その外側半径において、第 1 の相互接続によって、その外側半径における前記第 1 の伝導要素のうちの少なくとも 1 つの他のものに接続され、

少なくとも前記第 1 の相互接続は、内縁および外縁によって境界を付けられ、開始領域、遷移領域、終了領域を有し、前記開始領域は、その外側半径における前記第 1 の伝導性トレースから前記遷移領域まで延びている第 1 のアールを形成された内縁区分と、前記遷移領域からその外側半径における前記他の伝導性トレースまで延びている第 2 のアールを形成された内縁区分とを有し、

少なくとも前記第 1 のアールを形成された内縁区分および前記第 2 のアールを形成された内縁区分の各々は、前記 1 つの伝導性トレースから前記遷移領域まで $r(\theta)$ の線形関数である傾き $dr/d\theta$ によって特徴付けられ、前記傾き $dr/d\theta$ は、前記遷移領域から前記他の伝導性トレースまでとは異なる線形関数である、固定子。

(項目 7)

固定子であって、前記固定子は、少なくとも 1 つの誘電層と前記誘電層の各々の表面上の伝導性パターンとを備えている平面複合構造 (PCS) を備え、少なくとも 1 つの伝導性パターンは、複数の第 1 の伝導性トレースを備え、前記第 1 の伝導性トレースの各々は

10

20

30

40

50

、内側半径から外側半径まで半径方向に延び、前記誘電表面のうちの1つ上に角度を付けて配置されており、

前記第1の伝導性トレースのうちの少なくとも1つは、その外側半径において、その外側半径における第1の相互接続の開始領域に接続され、前記第1の相互接続は、内縁および外縁によって境界を付けられ、前記開始領域、遷移領域、および終了領域を有し、第1のルールを形成された内縁区分が、前記1つの伝導性トレースの外側半径から前記遷移領域まで延び、第2のルールを形成された内縁区分が、前記遷移領域からその外側半径における前記他の伝導性トレースまで延び、前記内縁と外縁との間の任意の点において、直流励起下の最小電流密度の大きさは、その点を通して通過する前記内縁と外縁との間の最短線に沿って評価される最大電流密度の大きさの少なくとも50%である、固定子。

10

(項目8)

固定子であって、前記固定子は、少なくとも2つの誘電層と前記誘電層の各々の表面上の伝導性パターンとを備えている平面複合構造(PCS)を備え、少なくとも1つの伝導性パターンは、複数の第1の伝導性トレースを備え、前記第1の伝導性トレースの各々は、内側半径から外側半径まで半径方向に延び、前記誘電表面のうちの1つ上に角度を付けて配置されており、

前記第1の伝導性トレースのうちの少なくとも1つは、その外側半径において、第1の中間層相互接続によって、その外側半径における異なる表面上の前記第1の伝導性トレースのうちの少なくとも1つの他のものに接続され、

少なくとも前記第1の中間層相互接続は、第1の層上の開始領域、遷移領域、および異なる層上の終了領域を有し、第1の伝導性トレースから前記遷移領域まで延びている第1のルールを形成された内縁区分と、前記遷移領域からその外側半径における前記他の伝導性トレースまで延びている第2のルールを形成された内縁区分とをさらに備え、

20

少なくとも前記第1のルールを形成された内縁区分および前記第2のルールを形成された内縁区分の各々は、軸方向に隣接する伝導性表面構造における寄生および渦電流効果を低減させるように設計される構造によって少なくとも部分的に特徴付けられる、固定子。

(項目9)

固定子であって、前記固定子は、少なくとも1つの誘電層と前記誘電層の各々の表面上の伝導性パターンとを備えている平面複合構造(PCS)を備え、前記伝導性パターンは、複数の第1の伝導性トレースを備え、前記第1の伝導性トレースの各々は、内側半径から外側半径まで半径方向に延び、前記誘電表面のうちの1つ上に角度を付けて配置されており、

30

前記第1の伝導性トレースのうちの少なくとも1つは、その外側半径において、第1の相互接続によって、その外側半径における前記第1の伝導性トレースのうちの少なくとも1つの他のものに接続され、

少なくとも前記第1の相互接続は、内縁および外縁によって境界を付けられ、開始領域、遷移領域、終了領域を有し、第1のルールを形成された内縁区分が、前記接続されるその外側半径における第1の伝導性トレースから前記遷移領域まで延び、第2のルールを形成された内縁区分が、前記遷移領域を前記1つの他の伝導性トレースの外側半径に接続し

40

、
少なくとも前記第1のルールを形成された内縁区分および前記第2のルールを形成された内縁区分の各々は、前記相互接続の外側伝導性部分における渦電流を低減させるための構造によって特徴付けられる、固定子。

(項目10)

固定子であって、前記固定子は、少なくとも1つの誘電層と前記誘電層の各々の表面上の伝導性パターンとを備えている平面複合構造(PCS)を備え、前記伝導性パターンは、複数の第1の伝導性トレースを備え、前記第1の伝導性トレースの各々は、内側半径から外側半径まで半径方向に延び、前記誘電表面のうちの1つ上に角度を付けて配置されており、

前記第1の伝導性トレースのうちの少なくとも1つは、その外側半径において、第1の

50

相互接続によって、その外側半径における前記第 1 の伝導性トレースのうちの少なくとも 1 つの他のものに接続され、

少なくとも前記第 1 の相互接続は、内縁および外縁によって境界を付けられ、開始領域、遷移領域、終了領域を有し、第 1 のアールを形成された内縁および外縁区分が、前記第 1 の伝導性トレースから前記遷移領域まで延び、第 2 のアールを形成された内縁および外縁区分が、前記遷移領域からその外側半径における前記 1 つの他の伝導性トレースまで延び、

前記第 1 のアールを形成された内縁区分および外縁区分ならびに前記第 2 のアールを形成された内縁区分および外縁区分の少なくともそれぞれの傾きの各々は、前記 1 つの伝導性トレースから前記他の伝導性トレースまで回転角度の関数として単調に変化する傾きの値によって特徴付けられる、固定子。

10

(項目 1 1)

固定子であって、前記固定子は、少なくとも 1 つの誘電層と前記誘電層の各々の表面上の伝導性パターンとを備えている平面複合構造 (P C S) を備え、前記伝導性パターンは、複数の第 1 の伝導性トレースを備え、前記第 1 の伝導性トレースの各々は、内側半径から外側半径まで半径方向に延び、前記誘電表面のうちの 1 つ上に角度を付けて配置されており、

前記第 1 の伝導性トレースのうちの少なくとも 1 つは、その外側半径において、第 1 の相互接続によって、その外側半径における前記第 1 の伝導性トレースのうちの少なくとも 1 つの他のものに接続され、

20

少なくとも前記第 1 の相互接続は、内縁および外縁によって境界を付けられ、開始領域、遷移領域、終了領域を有し、第 1 のアールを形成された内縁区分および第 1 のアールを形成された外縁区分が、前記第 1 の伝導性トレースから前記遷移領域まで延び、第 2 のアールを形成された内縁区分および第 2 のアールを形成された外縁区分が、前記遷移領域から前記他の伝導性トレースの外側半径における前記 1 つの他の伝導性トレースまで延び、

少なくともその遷移領域における前記相互接続の前記内縁と前記外縁との間において、前記相互接続は、前記相互接続の一端から前記相互接続の他端まで電気伝導性を実質的に低減させない少なくとも 1 つのスリット状の細長い領域を有し、前記少なくとも 1 つのスリット状の細長い領域は、前記相互接続の前記遷移領域において前記内縁と略平行に延びている、固定子。

30

(項目 1 2)

固定子であって、前記固定子は、少なくとも 1 つの誘電層と前記誘電層の各々の表面上の伝導性パターンとを備えている平面複合構造 (P C S) を備え、前記伝導性パターンは、複数の第 1 の伝導性トレースを備え、前記第 1 の伝導性トレースの各々は、内側半径から外側半径まで半径方向に延び、前記誘電表面のうちの 1 つ上に角度を付けて配置されており、

前記第 1 の伝導性トレースのうちの少なくとも 1 つは、その外側半径において、第 1 の相互接続によって、その外側半径における前記第 1 の伝導性トレースのうちの少なくとも 1 つの他のものに接続され、

少なくとも前記第 1 の相互接続は、内縁および外縁によって境界を付けられ、開始領域、遷移領域、および終了領域を有し、第 1 のアールを形成された内縁区分が、前記第 1 の伝導性トレースから前記遷移領域まで延び、第 2 のアールを形成された内縁区分が、前記遷移領域から前記他の伝導性トレースの外側半径における前記 1 つの他の伝導性トレースまで延び、

40

前記第 1 の伝導性トレースと前記開始領域との間の接続から前記遷移領域の始点までの前記相互接続の前記内縁は、「C T 内縁」距離として指定され、前記第 1 の伝導性トレースから前記遷移領域に向かう前記相互接続の前記内縁に沿って測定された前記 C T 内縁の最初の 20 % 以内において、F E A / F E M 計算によって決定されるような最大電流密度値の少なくとも 90 % を達成する、固定子。

(項目 1 3)

50

印刷回路基板であって、前記印刷回路基板は、

少なくとも1つの誘電層および前記誘電層の各々の表面上の伝導性パターンを備えている平面複合構造（PC S）を備え、前記伝導性パターンは、複数の第1の伝導性トレースを備え、

前記第1の伝導性トレースのうちの少なくとも1つは、第1の端部において、第1の相互接続によって、少なくとも1つの他の伝導性トレースに接続され、前記伝導性トレースの接続された端部は、互いから角度を付けてオフセットされており、

少なくとも前記第1の相互接続は、内縁および外縁によって境界を付けられ、開始領域、遷移領域、終了領域を有し、前記開始領域は、前記第1の伝導性トレースから前記遷移領域まで延びている第1のアールを形成された内縁区分を有し、前記終了領域は、前記遷移領域から前記他の伝導性トレースまで延びている第2のアールを形成された内縁区分を有し、

少なくとも前記第1のアールを形成された内縁区分および前記第2のアールを形成された内縁区分の各々は、

θ_s および r_s から開始し、 $\theta > \theta_s$ に対して評価される角のために、角方程式：

【数5-3】

$$r(\theta) = r_d + (r_s - r_d)e^{-(\theta - \theta_s)/\alpha}$$

によって、または、 $\theta < \theta_s$ に関して評価され、 θ_s および r_s で終了する角のために、等価な反射バージョン：

【数5-4】

$$r(\theta) = r_d + (r_s - r_d)e^{-(\theta_s - \theta)/\alpha}$$

によって少なくとも部分的に特徴付けられ、

α は、前記固定子の要求される物理的構造に従って調節されるパラメータである、印刷回路基板。

（項目14）

前記基板は、多層構造を有し、前記相互接続は、第1の基板層上の1つのトレースと第2の基板層上の第2のトレースとを接続する、項目13に記載の印刷回路基板。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】図1は、本開示のいくつかの実施形態による、少なくとも1つの誘電層を有するPC Sを含む固定子の平面図を図示するとともに、複数の伝導層のうちの1つが、図示される。

【図2A】図2Aは、鋭い角を伴う端部ターン角における電流密度に対するFEM解析のカラー例証の白黒コピーである。

【図2B】図2Bは、図2Aに示されるFEM解析のグレースケールバージョンである。

【図3A】図3Aは、アールを形成された角を伴う端部ターン角構造における電流密度に対するFEM解析のカラー例証の白黒コピーであり、半径は、より小さいトレースの半幅に対応する。

【図3B】図3Bは、図3Aに示されるFEM解析のグレースケールバージョンである。

【図4A】図4Aは、本開示の例示的实施形態による、電流密度に関するFEM解析のカラー例証の白黒コピーである。

【図4B】図4Bは、図4Aに示されるFEM解析のグレースケールバージョンである。

【図5】図5は、鋭い角を有する従来技術構造による、PC Sを含む固定子の平面図を図示する。

【図6】図6は、PC Sを含む固定子の平面図を図示し、角は、一定ターン半径を有する。

10

20

30

40

50

【図 7】図 7 は、本開示のいくつかの実施形態による、固定子内の外側ループ接続の詳細を図示し、各接続構成は、遷移領域に接続し、順に、終端領域に接続する第 1 の開始領域を含む。

【図 8】図 8 は、z 軸において大きく拡張されたモータ固定子スタックを図示する。

【図 9】図 9 は、縦方向に分割される相互接続トレースを有する端部ターンループを図示する。

【図 10A】図 10A は、図 9 に図示される細い細長いスリット状領域を伴わない場合の結果として生じる電流密度を示す、FEM 解析のカラー例証の白黒コピーである。

【図 10B】図 10B は、図 10A に示される FEM 解析のグレースケールバージョンである。

10

【図 11A】図 11A は、図 9 に図示される細い細長いスリット状領域を伴う場合の結果として生じる電流密度を示す、FEM 解析のカラー例証の白黒コピーである。

【図 11B】図 11B は、図 11A に示される FEM 解析のグレースケールバージョンである。

【図 12】図 12 は、いくつかの実施形態による、固定子 100 のある区分の断面図を図示する。

【図 13】図 13 は、PCS 上に配置される複数の伝導要素 111 を含む固定子 100 の詳細を図示する。

【図 14】図 14 は、中心原点の近位の固定子の内側エリアの詳細を図示する。

【図 15】図 15 は、本開示のいくつかの実施形態による、接続構成の斜視図を図示する。

20

【図 16】図 16 は、いくつかの実施形態による、少なくとも 1 つの誘電層および複数の伝導層を有する平面複合層 (PCS) を含む固定子を製造するための方法におけるフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0026】

図面では、同一参照番号によって示される要素およびステップは、別様に示されない限り、同一または類似要素およびステップと関連付けられる。

【0027】

図 1 を参照すると、本開示の例示的实施形態では、電気的に駆動されるモータまたは回転発電機において使用するための固定子 100 の平面図は、少なくとも 1 つの誘電層と、伝導性トレース 111 をその上に有する複数の基板層とを伴う平面複合構造 (PCS) 110 を有する。図 1 に示される固定子の直径は、数 cm ～数十メートルであることができる。伝導性トレース 111 は、本開示のある実施形態による巻線構造の一部であることができ、巻線構造は、PCB 構造の外環および内側区分において接続され得る。PCS 110 は、少なくとも部分的に、中心原点 101 と、外側周縁 102 とによって特徴付けられる。固定子 100 は、複数の第 1 の伝導性トレース 111 を含み、それらは、半径 r_0 (中心原点 101 から測定される) から半径 r_1 (中心原点 101 から測定される) まで PCS 110 の周縁 102 に向かって半径方向に延び、PCS 上に角度を付けて配置される。第 1 の伝導性トレースのうちの 1 つ以上のものは、それらの外側端部、半径 r_1 において、典型的には、その外側半径 r_1 における第 1 の伝導性トレースのうちの 1 つ以上の他のものに接続される。外側ループとして指定される、そのような相互接続は、開始領域 144 と、遷移領域 148 と、終了領域 150 とを有する。

30

40

【0028】

相補的様式において、複数の伝導性トレースは、それらの内側端部、半径 r_0 において、内側伝導性ループ 151 によって接続され、各内側伝導性ループも同様に、開始領域と、遷移領域と、終了領域とを有する。このように、伝導性トレース 111 の組み合わせおよびそれらの接続する構造は、巻線構造を誘電層の表面上に提供する。

【0029】

より複雑な構造では、伝導性トレース 111 は、ビアまたは他の内部層リンク等の内部

50

層接続を使用して、他の層上の伝導性トレースに接続されることができる。これらの中間層接続では、例えば、2つの（またはそれを上回る）層のそれぞれ上の伝導性トレースの組み合わせは、当分野で周知のように、多層巻線の有利な構造を形成するように組み合わせられる。

【0030】

しかしながら、1つの伝導性トレース111から次の伝導性トレースに通過する電流が、電磁場をもたらさず、モータまたは発電機の動作系の効率を損傷もしくは低減させ得るという懸念がある。そのような負の効果は、例えば、寄生電流または渦電流を近傍導電性構造内にもたらし得、それは、システムへの重荷として作用し得る。以下にさらに説明されるように、そのような重荷は、効率を低減させ、典型的には、図1のモータまたは発電機の構造設計において考慮されない。しかしながら、本開示は、相互接続端部ループ151、153の適切な成形および設計によって、そのような望ましくない電磁場を実質的に低減させることを対象とする。

【0031】

したがって、固定子100は、図1の平面図に図示されるものに類似する複数の層を含み得る。複数の層は、通常、直列に接続され、モータまたは発電機の極を形成する一連のコイルまたは巻線を提供するように配列され得る。極は、次いで、典型的には、モータに供給された（または発電機によって発生させられた）電流の各位相のための少なくとも1つの群を伴って、群に分離される。集合的に、外部電気回路によって適切に制御されるとき、導体（例えば、PC S 110内のトレース111ならびに相互接続伝導性トレース151および153）の配列は、回転電流密度および関連付けられた磁場を生成する。この回転電流密度（および磁場）は、トルクを周囲磁気構造に及ぼすこと（モータのために）、または電流出力を発生させること（発電機のために）ができる。半径方向構造111（「活性エリア」）を伴う印刷回路基板の部分は、この相互作用に参与するように設計される固定子の部分である。故に、固定子100の活性エリアは、相互接続伝導性トレース151および152を通して結合され、回転電流を形成する伝導性トレース111を含み得る。いくつかの実施形態は、PC S 110の中心原点101を通過するシャフトに固定される、2組の希土類磁石を含み、それは、コンパクトな高効率軸方向場同期電気デバイスを形成する。非均一磁場と相互作用する回転電流密度を含む、活性エリアに加え、固定子100は、周辺エリア内の伝導要素と、内部エリア内の伝導要素とを含み得る。伝導要素は、動作時、固定子100によって発生させられた熱を消散させることができる。

【0032】

本開示の構造によると、例えば、回転式電気モータまたは発電機のための平面PCBは、固定子性能を最適化するように成形される内側、外側、および中立端部ターン構造を有する。平面PCBモータ固定子または平面複合固定子（PC S）では、端部ターン設計は、巻線面において異なる役割を果たす端部ターンが、通常、単一層上に共存することができず、それらの総抵抗を低減させる方法として多数の層上に現れることもできないという単純な理由から非常に重要である。端部ターンに対する別の考慮点は、それらが、他の伝導性材料、例えば、同一または隣接する層上の他の構造に近接近しており、高周波数において渦電流および寄生負荷につながり得ることである。

【0033】

本開示は、両問題に対処し、有限要素測定（FEM）の使用を通して、他の設計方略および構造と比較されることができる。以下の説明における「端部ターン」の使用は、内側および外側端部ターン、極群間のリンク、相互層リンク、電力接続、および中立接合点構造内の類似特徴を含むものと理解されたい。本明細書に開示される技術の主な使用は、モータおよび発電機に関するが、任意の印刷回路基板、単一層、または多層への技術の適用が、回路内の損失を低減させるために有利であり得ることを認識することも重要である。モータ／発電機分野内では、端部ターンの数およびその機能は、モータのための位相、ターン、および極の数に応じて変動するであろうことに留意することも重要である。

【0034】

前述のように、内側または外側端部ターンは、いくつかの接続された領域を有する。端部ターンの基本機能部分は、ターンまたは角が達成された後、活性領域半径方向導体またはトレースからの電流を事前に規定された半径に接続する角、領域であり、それは、典型的には、平面表面上の電流の方向を実質的に半径方向に向けられる電流から角度を付けて向けられる電流に変化させる。多くの場合、ターンは、その始まる接続点において細い幅の半径方向トレースに接続し、半径方向に向けられるトレースの幅は、平面の活性領域内の導体の間隔およびターンの角度部分に利用可能な空間によって決定付けられる。例証目的のために、考慮下の特徴は、ほぼ（局所的に）デカルト座標であるので、続く実施形態における角度進行は、x-軸上に示される一方、半径方向進行は、y-軸上に示される。この例と軸方向場機械のためのPCBに直接適用可能である円柱座標例との間には、等角写像が存在する。

10

【0035】

端部ターン設計の構造または形状とその性能との間の関係を模索するために、いくつかの例示的設計構造および以前の設計からの実施例のFEMシミュレーションが、各構造が正確に同一総電流を搬送する条件で説明される。構造内の電流密度の大きさのプロットが、続いて、FEM解析から生成され、図2-4に図示される。これらのプロット内のスケールは、それらが比較され得るように調節される。本明細書に提示されるカラー図面（すなわち、図2A、3A、4A、10A、および11A）の白黒バージョンでは、より暗い領域は、必ずしも、FEM解析におけるより高い電流密度領域に対応するわけではなく、より明るい領域も、必ずしも、それらの解析におけるより低い電流密度領域に対応するわけではないことを理解されたい。これは、それぞれ、着色バージョンに関するスケールの上部および底部の近傍の赤色ならびに青色領域が、両方とも白黒バージョンにおいてより暗い色としてコピーされるので、真実である。故に、FEM解析のグレースケールバージョン（すなわち、図2B、3B、4B、10B、および11B）をそれらの解析の着色バージョンの白黒コピーと併せて検討し、種々の領域における相対的電流密度より深く理解することが有用である。

20

【0036】

従来の印刷回路基板CADパッケージに対して、図5に図示されるように、正方形角を伴う異なる幅の線をマージすることが一般的である。このように描かれる角を伴う端部ターンは、例えば、米国特許第7,109,625号に見られる。図2Aおよび2BにおけるFEM生成電流密度マップに示されるように、この構造の悪影響は、電流が端部ターンの内縁区分251の内角250に有意に集中されることである。これは、内縁角における電流の集中、故に、エネルギー損失をもたらし、電流は、本質的に、外角縁252では、ゼロである。内縁角における電流の集中は、内縁角のすぐ近傍におけるはるかに強い磁場H（アンペア／メートルまたはA／m）につながる。外角銅は、本質的に、構造の伝導性において何ら機能を果たさないが、内角縁およびPCB上の他の電流源における高電流密度への近接度によって、そのような他の源からの時変磁場に伴う望ましくない寄生を提示し得る。さらに、内角は、電流を集中させ、望ましくなく、PCB内の他の構造と相互作用し得る磁場を生成する。集合的に、これらの効果は、より高い周波数における増加された損失ならびに使用される銅の量に対して比較的により高い抵抗につながる（角の外縁における銅が、前述のように、実質的に電流を搬送しないため）。

30

40

【0037】

図5における構造の実際の端端伝導性は、材料伝導性、厚さ、およびスケールの関数として、予測可能方式で変動する。比較目的のために、かつこれらの他の変数から独立して、端部ターン角形状の重要性を強調するために、図5における構造の伝導性は、1.000と指定される。

【0038】

図5の形状／構造に対して、端部ターンの開始領域254に進入する電流は、トレースの断面範囲全体にわたり実質的に均一であるが、鋭いターンを作製することで、内向きに集まる傾向にあることに着目することが重要である。

50

【0039】

CADツールにおける別の慣例は、ターンにおける規定された一定ターン半径の適用を線をマージするオプションに提供することである。多くの場合、図5の鋭い角を置換するために使用される、内側のアールを形成された角642および外側のアールを形成された角645における半径は、マージされる線の幅に基づいて選定される。図6に図示される角の幾何学形状は、このタイプの端部ターン角を示す。図6では、3つのネスト化された端部ループ635が存在することに留意されたい。この場合、内縁640および外縁650のための内側ならびに外側半径は、垂直トレース区画のために使用される開口の半径と同一である。図6に図示される構造の動作は、図5に図示される構造と比較して改良されるが（図3Aおよび3BのFEMシミュレーションによって示されるように）、図6の構造／形状は、依然として、内角縁の近傍に電流集中を示し、外角縁における一部の銅は、依然として、有意な電流を搬送しない。図5と比較した図6に図示される構造の伝導性は、1.046である。図6の構造は、したがって、より少ない抵抗損失を提供する。しかしながら、電流密度は、依然として、望ましくなく、内角縁において高いままであり、若干低レベルではあるものの、図5の構造に関連して記載される同一の望ましくない効果をもたらす。

10

【0040】

本明細書に説明される例示的实施形態は、したがって、図2および5ならびに図3および6に図示される以前の構造の高電流密度からさらなる低減を得るために、内角、具体的には、内角縁に沿った電流密度の集中を有意に低減させ、図2および3に図示される電流密度の高集中から生じる負の影響の結果として生じる低減を伴う、設計形状および機能を決定する必要性を認識する。

20

【0041】

図7を参照すると、そこに図示される端部ターン構造は、その内縁および外縁によって境界を付けられ、xおよびy（またはrおよび θ ）における一次微分方程式の局所解に対応する。この例示的かつ好ましい実施形態は、端部ターン角712の開始幅および場所710から、角を通して、端部ターンのxまたは θ 向き部分714までの連続遷移の単一変数パラメータ化に対応する。以下により詳細に説明される平滑遷移は、図5および6の実施例に見出される角遷移における電流の局部集中を回避し、電流密度をターンに集中させる傾向にない。故に、以前の構造（図5および6）によって生産された望ましくない磁場は、最小化される。ターンのパラメータ化は、異なる設計における最適化目的のために使用され得る独立変数を提供する。図4に図示されるように、この端部ターン設計は、電流密度および磁場の集中を回避し、図5に図示される端部ターン構造より約20%高い、1.197の相対的伝導性を有する。さらに、本開示の1つの特定の例示的实施形態では、内縁および外縁は、以下のいわゆる「角方程式」に従って成形されることができる。

30

【0042】

【数3】

$$r(\theta) = r_d + (r_s - r_d)e^{-\frac{\theta - \theta_s}{\alpha}}$$

【0043】

この場合、角は、 θ_s および r_s から開始し、 $\theta > \theta_s$ に対して評価されるか、または以下を用いた等価な反射バージョンによって特徴付けられ、

40

【0044】

【数3-1】

$$r(\theta) = r_d + (r_s - r_d)e^{-(\theta_s - \theta)/\alpha}$$

【0045】

この場合、角は、 $\theta < \theta_s$ に関して評価され、 θ_s および r_s で終了する。この方程式は、縁に沿った曲率半径の徐々の変化を提供し、縁の始点および終点に応じて選択される単一パラメータ α によって制御可能である。好ましい実施形態では、傾きは、ゼロの二次導

50

関数を有する連続的に変化する変数である。これは、アールを形成された縁が、開始点（開始領域と伝導性トレースとの間の交差点）から遷移領域までの r の線形関数である傾きによって特徴付けられ、傾きが、遷移領域から終了領域の終了まで異なる線形関数であると言える。ループ縁構造全体は、以下の単一方程式によって、開始トレース 1 1 1 から最終トレース 1 1 1 まで説明されることができる。

【0046】

【数4】

$$r(\theta) = r_{s1} + (r_d - r_{s1}) \left(1 - e^{-\frac{\theta - \theta_1}{\alpha}}\right) + (r_{s2} - r_d) \left(e^{-\frac{\theta_2 - \theta}{\alpha}}\right)$$

10

【0047】

ここで、 r_{s1} 、 θ_1 は、開始トレース 1 1 1 における構造の開始点であり、 r_{s2} 、 θ_2 は、構造の終了点であり、 α は、角のパラメータであり、 r_d は、構造が主に角度方向に延びている半径である。

【0048】

ループ（内側または外側）内の電流密度の集中の回避は、開始領域におけるループの内縁に沿って電流密度を測定することによって確認されることができる。典型的には、電流密度測定は、伝導性半径方向トレースに接続する開始領域の始点においてより高く、開始領域と遷移領域との交差点における内縁において最低であろう。第1の伝導性トレースと開始領域との間の接続から遷移領域の始点までの相互接続の内縁区分が、「CT内縁」距離として指定される場合、例示的实施形態では、電流密度は、FEA/FEM計算によって決定されるように、第1の伝導性トレースから遷移領域に向かう相互接続の内縁に沿って測定されたCT内縁の最初の20%以内で、最大電流密度値の少なくとも90%を達成する。これは、図5および6の構造と実質的に異なり、ピークは、近傍導体内の寄生および渦電流に悪影響を及ぼす可能性がより高い場所における、半径方向導体からはるかに離れて生じる。

20

【0049】

前述のように、導体から電磁放射源までの距離は、導体に衝突する電磁場の強度およびその悪影響に有意に影響を及ぼし得る。この「近接」効果は、隣接する導体内の電流が一次導体内の電流の分布に影響を及ぼし、その逆も同様である傾向である。この効果は、一次導体内の電流分布の変化ならびに両導体における損失をもたらし、電流周波数が増加するにつれて、一次導体の電気抵抗における増加として明白である。密接に関わる概念は：一次導体内の時変電流によって誘発される電流密度に起因して、寄生「統発」となる、DCにおいて回路の一部ではない伝導性材料の傾向である。この効果は、(i) 周波数が上昇し、(i i) 磁場の強度が増加し、(i i i) 一次導体に対する寄生伝導性材料の近接度が減少するにつれて、増加する。これらの考慮点は、例えば、図7に図示される例示的角形状構造を使用することによって、電磁場の集中を低減させることと、可能である場合、隣接する導体に対する導体の近接度を低減させることの両方に有利に働くように緩和される。本開示の好ましい例示的实施形態では、以降で規定される「角方程式」は、これらの効果の両方を改善することに役立つ。

30

40

【0050】

上記方程式のいずれに対しても、パラメータ α は、端部ターンが、固定子構造のその本質的に一定半径角度で向けられた部分（遷移領域）に接近するであろう率を決定する。重要な考慮点は、角が近傍構造への干渉を回避する必要があるということである。近傍構造が、角方程式によって説明され、図1の153に図示されるもの等のネスト化された角である場合、内側端部ターンの外縁は、隣接する外側端部ターンの内縁の「一定」半径未満でなければならない。さらに、大きい α 値は、角方程式によって支配されない終端構造等、印刷回路基板上の隣接する構造との干渉または最小隙間違反をもたらし得る。これらの考慮点を念頭に置いて、 α の好適な値の決定が、図1に示されるもの等の2つの隣接する半径方向トレース 1 1 1 の角度変位（ δ として指定される）から推測されることができる

50

。例えば、120個の半径方向トレースを有する、典型的固定子では、角度分離 δ は、例えば、約 3° （または $2\pi/120$ ラジアン）またはそれ未満であり得る。さらに、最小製作隙間が、所与の設計のための最大可能 α の精密な計算に組み入れられるであろうが、完成端部ターン構造の幅が、低減させられ得、構造のDC抵抗を増加させる影響を伴うので、あまりに大きい α を使用することは、望ましくない。一方、 α をあまりに小さい、例えば、 0.1δ 未満の値に設定することは、事実上、正方形角形状を生成し、本明細書に識別された利点を低減させる。故に、 α のための潜在的「範囲」は、隣接する半径方向トレース間の角度分離が、例えば、約 $0.2\delta \sim 0.06\delta$ ラジアンであるものである。

【0051】

上で説明される角方程式に加え、角が「鋭い」ときに見られる影響を同様に改善する端部ループまたはトレースの角を形成および成形する他の説明も存在する。したがって、例えば、上で説明されるように、例えば、図7に図示されるループ714に関連して上で説明されるような端部ループの状況では、ループの開始および終了領域における端部ループの第1のアールを形成された内縁区分および第2のアールを形成された内縁区分の各々は、第1の伝導性トレースから遷移領域まで $r(\theta)$ の関数である傾きが、遷移領域から接続されるための伝導性トレースまで異なる線形関数である傾き $dr/d\theta$ によって特徴付けられることができる。

【0052】

端部ループ内の角の形成および成形の別の説明では、ループの内縁および外縁間の任意の点を選択し、その点における直流励起下の最小電流密度の大きさが、その点を通して通過するループの内縁と外縁との間の最短線に沿って評価される最大電流密度の大きさの少なくとも50%であるようにループを成形することができる。このアプローチは、故に、集約された電流密度の悪影響も低減させる。

【0053】

端部ループの角を形成および成形するためのさらに別の説明では、ループの第1のアールを形成された内縁区分および第2のアールを形成された内縁区分のそれぞれの傾きの各々は、1つの伝導性トレースから接続されるための伝導性トレースまで回転角度の関数としての単調に変化する傾き値によって特徴付けられる。これは、角に集約された電流密度を低減させることによって、誘発される電流も低減させる。集約された電流密度を低減させるさらに別のアプローチでは、例示的实施形態は、第1の伝導性トレースから遷移領域に向かう相互接続の内縁に沿って測定されたCT（上記で定義されるように）内縁の最初の20%以内において、FEA/FEM計算によって決定されるような最大電流密度値の少なくとも90%を達成する。

【0054】

実践的固定子設計では、面外構造は、寄生二次要素も形成し得る。図8は、モータ固定子スタックの大幅に拡張された（z-軸に）レンダリングを示す。実際の構造では、銅間の間隔は、銅厚とほぼ同一となるであろう。これは、極数、ターンの数等の固定子設計パラメータに基づいて変動し得る「近接度」の概念の相当な複雑性を図示する。故に、図に示されるように、伝導性表面は、全体的デバイスの必要効率を維持するために、構造上および機能上、群として互い違いにされることができる（図8に示されるような3つの群は、一例示的構成にすぎない）。したがって、例えば、外側ループは全て、モータ/発電機固定子のスタックされた層の全高に対して整列させられず、利点が、基板の活性エリア以外で発生させられる低減させられた電磁場内で得られるであろう。

【0055】

図9を参照すると、端部ターンループ700は、その長さの大部分にわたって2つ以上の平行な経路704に縦方向に分割される相互接続トレースを有する。縦方向分割は、端端伝導性に殆ど影響を及ぼさないが、時変束が構造によってリンクされる方法を変化させる。スリット706によって分離される端部ターン区画内で誘発される結果として生じる電流密度（実質的に無、すなわち、ゼロ電気伝導性の細い細長い領域によって生じさせられる）は、同一条件を使用したシミュレーションによって、図10および11に図示され

10

20

30

40

50

、効果は、形状および大きさの両方において異なる実施形態にわたって比較され得る。さらに、スリットの効果は、無スリットまたはより少ないスリットが使用されるときに頻繁に見られる電流密度における実質的増加を防止することである。

【0056】

図10に表示されるFEM結果は、細長いトレース1002の原点1004において外部時変場によって生じる誘発された電流の実質的影響を示す。誘発された電流は、特に、原点、および原点と垂直に整列させられた表面領域1006および1008において大きい。図11における縦方向スリット706は、端部ターンのための特定の半径方向隙間を前提として、必然的に、断面積を低減させ、したがって、端部ターン区画のDC抵抗を増加させることに留意されたい。さらに、スリットの幅は、銅厚に依存し、それは、印刷回路基板が作製されるフォトレジスト/エッチングプロセスを使用して達成可能な最小特徴サイズを決定する。したがって、任意の所与の設計におけるスリットの数、端部ターンに関する束漏出、他のdB/dt源、半径方向隙間、ならびにモータまたは発電機設計の動作速度に依存する。しかしながら、有利には、図11に図示されるように、これらの新規スリットの存在は、原点および整列させられた表面領域の両方において、固定子設計における端部ターン、リンク、中立、電力接続、および類似特徴内で誘発される電流分布を実質的に低減させることができる。誘発される電流の影響の物理的範囲も、低減させられる。

10

【0057】

固定子100における設計考慮点は、固定子活性エリア内の伝導性と渦電流損失との間のトレードオフを伴う。伝導性損失を低減させるために、導体は、より広くなければならない（または後続層上で並列に接続される）。渦電流損失を低減させるために、時変束を捕捉する有効面積は、より小さくなくてはならず、したがって、導体は、より細くなくてはならない。

20

【0058】

第3の熱源は、電流搬送導体からの磁場に起因する渦電流を伴う。この影響は、異なる層が異なる機能を行い得る、PCBの内側および外側領域内で検討することが重要である。

【0059】

図12は、いくつかの実施形態による、固定子100の部分的断面図を図示する。限定ではないが、例証目的のために、「Z」軸が、固定子100内の異なる層のスタックの方向に示され、垂直軸「r」は、その断面に沿って示される。図に見られるように、固定子100は、伝導層161aと161bとの間に挟まれる誘電基板162を含み得る。ビア125は、伝導層161aと161bとの間の電気伝導を提供する。加えて、電氣的に伝導性であるビア（または複数のビア）125は、これらの要素（例えば、銅、アルミニウム、スズ、タングステン、および派生化合物）内で典型的に使用される伝導性材料に起因して、層161aと161bとの間の熱伝導も提供し得る。誘電基板162は、エポキシ樹脂結合剤（例えば、FR-4および同等物）を伴う織布ファイバガラスを含む複合材料等、PCB内で使用される任意の材料を含み得る。図12に図示されるように、非斜線領域、すなわち、クリア領域は、導電性であり、ビア125は、基板を通して延び、基板の1つの表面上のトレースから反対表面上のトレースまでの電気接触を提供する。

30

40

【0060】

故に、いくつかの実施形態では、固定子100は、異なる伝導層161aおよび161b上に位置する伝導要素111のうちの少なくとも1つを含む。例えば、伝導要素111aは、固定子100の活性エリア内にあり、伝導層161a上に配置される複数の伝導要素111のうちの1つであり得る。対応して、伝導要素111bは、固定子100の活性エリア内にあり、伝導層161b上に配置される複数の伝導要素111のうちの1つであり得る。

【0061】

図13は、いくつかの実施形態による、PCS110上に半径方向に配置される複数の

50

伝導要素 1 1 1 を含む固定子 1 0 0 の詳細を図示する。内側ループである伝導要素 1 5 2 は、P C S 1 1 0 上に角度を付けて配置され、この例示的实施形態では、外側ループは、スリット 1 5 7 に沿って分割される。ここに図示される内側ループは、固定子の中心のより近くで利用可能な限定された空間に起因して、分割されない。いくつかの実施形態では、固定子 1 0 0 は、中心原点 1 0 1 から r_1 を上回る半径から周縁 1 0 2 に向かって半径方向に延び、P C S 1 1 0 上に角度を付けて配置される複数の第 3 の伝導要素をさらに含み、第 3 の伝導要素のうちの少なくとも 1 つおよび第 2 の伝導要素のうちの少なくとも 1 つは、一致するが、異なる伝導性層上に位置する。例えば、一般性を失うことなく、第 3 の伝導要素は、伝導層 1 6 1 a 内に含まれ得、第 2 の伝導要素 1 2 1 b は、伝導層 1 6 1 b 内に含まれ得る。

10

【0062】

図 1 3 の図示される実施形態では、半径方向伝導性トレース 1 1 1 は、中心原点 1 0 1 から距離 1 4 2 (r_1) において終端コネクタ 1 9 1 で終端することができる。これらのコネクタは、上で参照することによって識別され、組み込まれる、同時係属中の米国出願第 1 5 / 1 9 9 , 5 2 7 号により詳細に説明される。

【0063】

図 1 4 は、いくつかの実施形態による、半径方向に配置される複数の伝導性要素 1 1 1 と、P C S 1 1 0 上に角度を付けて配置される伝導要素 1 5 1 とを含む固定子 1 0 0 の中心原点 1 0 1 の近位の内側エリアの詳細を図示する。中心原点 1 0 1 の近傍の空間制約に起因して、いくつかの実施形態では、ある伝導要素 1 5 1 のみが、対応する伝導要素 1 1 1 に電氣的に結合される。この配列は、中心原点 1 0 1 の近傍の熱エネルギー消散を向上させるために使用されるもの等、隣接する伝導要素間の望ましくない電気接触を回避する。加えて、P C S 1 1 0 の内側エリアの非常に制約された空間内の熱および電気伝導の問題に対処するために、端部ループ 1 5 1 等の伝導要素は、一方の端部ループが多層 P C S 1 1 0 の 1 つの層上にあり、他方の端部ループが P C S 1 1 0 の隣接する層上にあるように、交互または互い違いにされることができる。端部ループを異なる伝導層内で互い違いにすることによって、それらは、同一伝導層上の隣接する伝導要素間の所望の隙間を維持しながら、内向きに延びていることができる。例えば、ビアを通した全ての第 3 または第 4 の伝導要素の接続等、この特徴に準拠する他の互い違い構成も、想定され得る。ビアは、単一基板の表面上の伝導層間だけではなく、複数の層を横断して延びていることができる。

20

30

【0064】

いくつかの実施形態は、1 つ以上のビアを終端構造 1 1 5 の外側部分の近傍の層間を含み、電気接続を層間に提供する。これらのビアは、典型的には、連結接続、特に、外側および内側ループとの接続において採用され、デバイスによって要求される巻線構造を提供する。これらの接続は、複数のビアまたは複数の層を通して延びている 1 つのみのビアを採用し、要求される回路のために必要な接続を可能にすることができる。したがって、内側または外側ループの開始領域は、第 1 の層上にあり、終了領域は、第 2 の層上にあることができ、遷移領域は、次いで、連結接続（例えば、開始領域に接続するトレースワイヤ、ビアまたは他の中間層コネクタ、および終了領域に接続する第 2 の接続トレース）を含むことができる。この構成では、例えば、図 7 に示される構成におけるように、開始領域および終了領域のトレースは、例えば、角方程式の条件を満たすことを欲するであろう。

40

【0065】

図 1 5 は、いくつかの実施形態による、接続構成 6 1 5 a の斜視図を示す。接続構成 6 1 5 a は、伝導要素 1 1 1 a、b および 1 2 1 a、b を 2 つの異なる伝導層（例えば、伝導層 1 6 1 a および 1 6 1 b）内に含み、終端構造 1 1 5 において電気結合を形成する。より具体的には、接続構成 6 1 5 a は、伝導要素 1 1 1 a、b と伝導要素 1 2 1 a、b との間に電気結合を提供する。

【0066】

図 1 6 は、いくつかの実施形態による、少なくとも 1 つの誘電層および複数の伝導層を

50

有する平面複合層（PCS）を含む固定子を製造するための方法800のためのフローチャートを図示する（例えば、固定子100、PCS110、誘電基板162、伝導層161a、b）。

【0067】

本開示に準拠する方法は、方法800において例証される少なくともいくつかであるが、必ずしも全てではないステップを含み得、いくつかの実施形態において、異なるシーケンスで行われ得る。さらに、本開示に準拠する方法は、時間的に重複し、またはほぼ同時に行われる、方法800におけるような少なくとも2つ以上のステップを含み得る。

【0068】

ステップ802は、本明細書の本開示に従って、各々がPCSの中心原点からの第1の距離から開始し、固定された外側半径まで半径方向に延びている第1の伝導要素を誘電基板上に半径方向に配置することによって、第1の伝導層をPCSの1つの表面上に形成することを含む。ステップ804は、PCSの中心原点からの事前に固定された距離から半径方向に延びている第2の伝導要素を配置することによって、第2の伝導層を第1の伝導層と反対の基板の側に形成することを含む。

【0069】

ステップ806は、本開示の実施形態による複数の外側端部ループを基板の両面上に形成することと、本明細書の本開示に従って、外側ループを使用する連結接続を通して、第1の伝導要素を互いに、および第2の伝導要素に結合することを含む。ステップ808は、本開示の実施形態による複数の内側端部ループを基板の両面上に形成することと、本明細書の本開示に従って、内側ループを使用する連結接続を通して、第1の伝導要素を互いに、および第2の伝導要素に結合することを含む。ステップ810では、表面接続間のビアまたはその他も、採用されることができる。

【0070】

いくつかの実施形態では、第2の伝導要素との第1の伝導要素の結合は、熱結合を含み得る。さらに、結合は、誘電基板を通して一方の伝導層から別の非隣接伝導層に進む（例えば、ビア125を使用して）ビアを含む連結構造を有する接続構成を含むことができる。

【0071】

当業者は、本開示が、その精神および不可欠な特性から逸脱することなく、他の具体的形態で具現化され得ることを認識するであろう。前述の実施形態は、したがって、あらゆる点において、本明細書に説明される本開示の限定ではなく、例証と見なされるものとする。本開示の範囲は、したがって、前述の説明によってではなく、添付の請求項によって示され、請求項の均等性の意味および範囲内で生じる、あらゆる変更は、したがって、その中に包含されることが意図される。

【0072】

本発明の種々の側面は、単独で、組み合わせて、または前述に説明される実施形態において具体的に議論されない種々の配列において使用され得、したがって、本願では、前述の説明に記載される、または図面に図示される構成要素の詳細および配列に限定されない。例えば、一実施形態において説明される側面は、他の実施形態において説明される側面と任意の様式で組み合わせられ得る。

【0073】

また、本発明は、方法として具現化され得、その実施例は、提供された通りである。方法の一部として行われる行為は、任意の好適な方法で順序付けられ得る。故に、実施形態は、行為が図示されるものと異なる順序で行われるように構築され得、これは、例証的实施形態において順次行為として示される場合でも、いくつかの行為を同時に行うことを含み得る。

【0074】

請求項要素を修飾するための請求項における「第1」、「第2」、「第3」等の序数用

10

20

30

40

50

語の使用は、それ自体では、別の要素に優る 1 つの請求項要素の任意の優先順位、順位、もしくは順序、または方法の行為が行われる時間的順序を暗示するものではなく、単に、ある名称を有する 1 つの請求される要素と同一名称を有する別の要素（序数用語の使用を別にして）を区別するための標識として使用され、請求項要素を区別する。

【0075】

また、本明細書で使用される語句および専門用語は、説明目的のために使用され、限定と見なされるべきではない。本明細書における「～を含む」、「～を備えている」、または「～を有する」、「～を含有する」、「～を伴う」、およびその変形例の使用は、その後列挙されたアイテムおよびその均等物ならびに付加的アイテムを包含することを意味する。

10

【図 1】

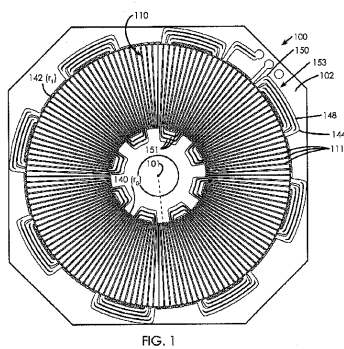


FIG. 1

【図 2 B】

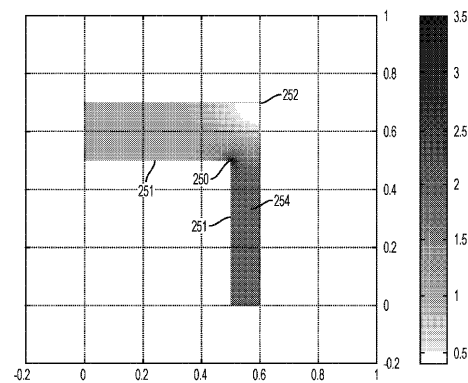


FIG. 2B

【図 2 A】

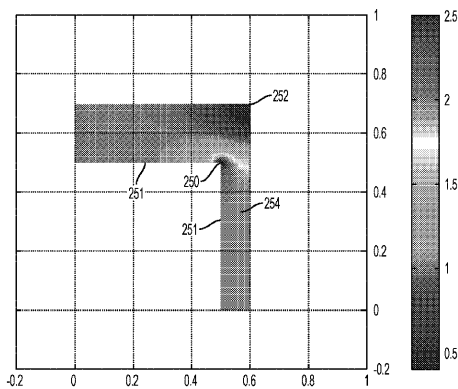


FIG. 2A

【図 3 A】

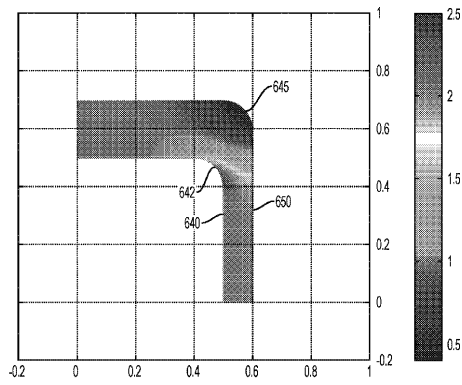


FIG. 3A

【図 3 B】

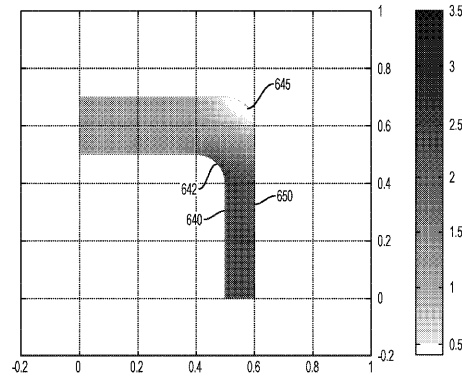


FIG. 3B

【図 4 A】

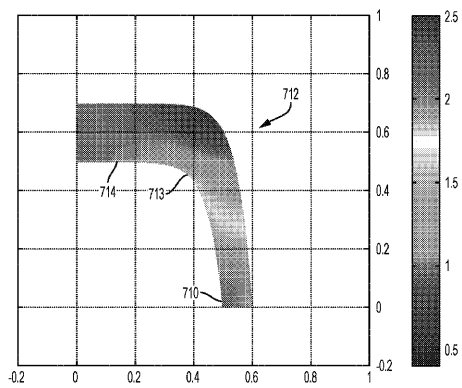


FIG. 4A

【図 4 B】

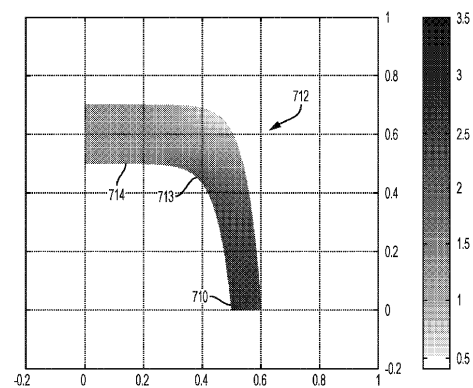


FIG. 4B

【図 5】

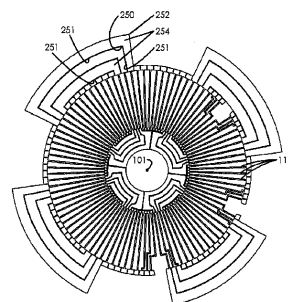


FIG. 5

【図 6】

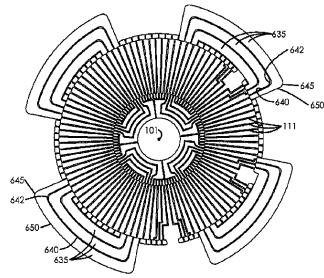


FIG. 6

【図 7】

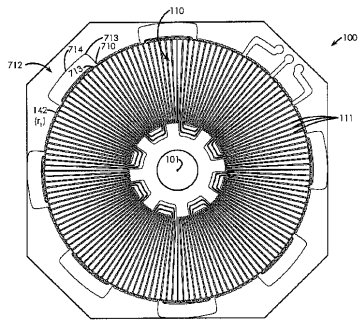


FIG. 7

【図 9】

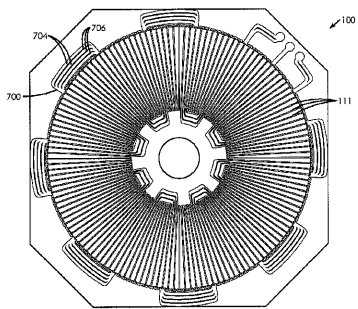


FIG. 9

【図 10 A】

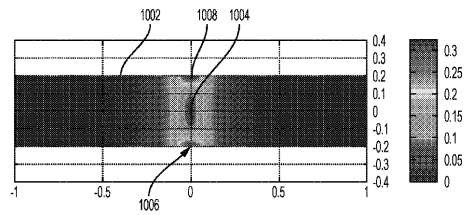


FIG. 10A

【図 8】

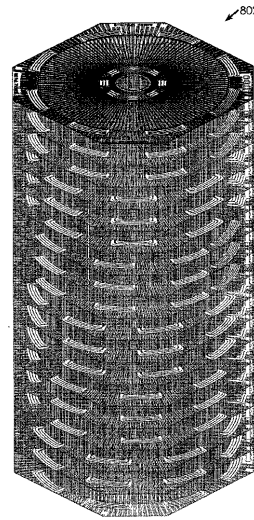


FIG. 8

【図 10 B】

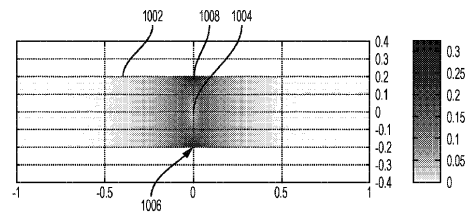


FIG. 10B

【図 11 A】

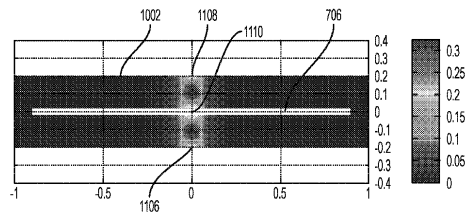


FIG. 11A

【図 1 1 B】

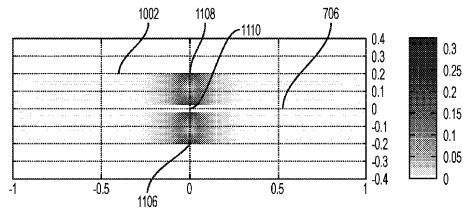


FIG. 11B

【図 1 3】

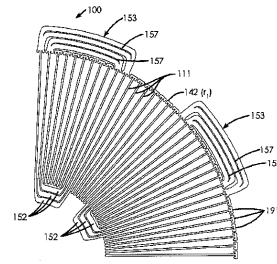


FIG. 13

【図 1 2】

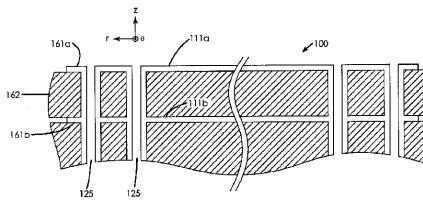


FIG. 12

【図 1 4】

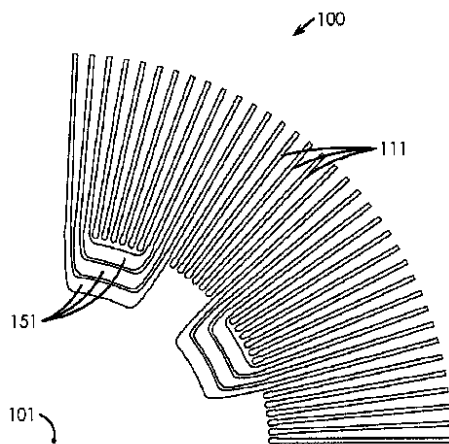


FIG. 14

【図 1 5】

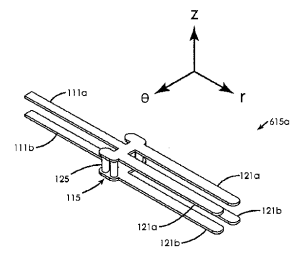


FIG. 15

【図 16】

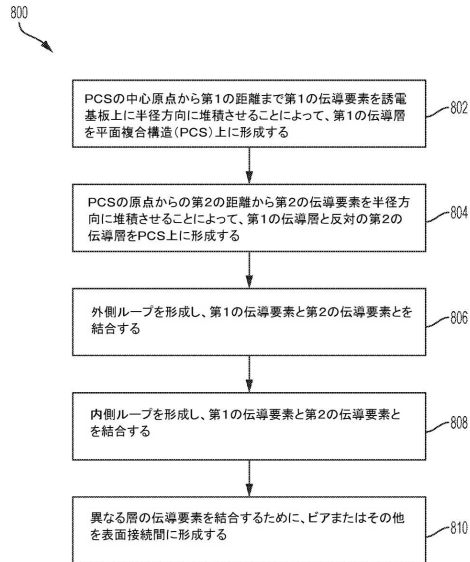


FIG. 16

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 62/236,422

(32)優先日 平成27年10月2日(2015.10.2)

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(74)代理人 230113332

弁護士 山本 健策

(72)発明者 ショー, スティーブン ロバート

アメリカ合衆国 モンタナ 59715, ボーズマン, ライジング イーグル ロード 68
80

審査官 若林 治男

(56)参考文献 特表2006-517381(JP, A)

特開平10-322156(JP, A)

特開2008-099429(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K 3/26

H05K 1/02