

(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2013-509151

(P2013-509151A)

(43) 公表日 平成25年3月7日(2013.3.7)

(51) Int.Cl.
H02M 7/48 (2007.01)F I
H02M 7/48テーマコード (参考)
5H007

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2012-535314 (P2012-535314)
 (86) (22) 出願日 平成22年10月19日 (2010.10.19)
 (85) 翻訳文提出日 平成24年6月11日 (2012.6.11)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2010/053263
 (87) 国際公開番号 W02011/049993
 (87) 国際公開日 平成23年4月28日 (2011.4.28)
 (31) 優先権主張番号 12/603,326
 (32) 優先日 平成21年10月21日 (2009.10.21)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

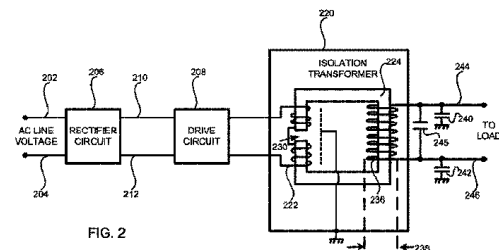
(71) 出願人 592010081
 ラム リサーチ コーポレーション
 LAM RESEARCH CORPOR
 ATION
 アメリカ合衆国, カリフォルニア 945
 38, フレモント, クッシング パークウ
 ェイ 4650
 (74) 代理人 110000028
 特許業務法人明成国際特許事務所
 (72) 発明者 ベンジャミン・ニール・マーティン・ポー
 ル
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州945
 38 フレモント, クッシング・パークウ
 ェイ, 4650, ラム・リサーチ・コーポ
 レーション, リーガル・デパートメント内
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電力回路のためのRF分離

(57) 【要約】

【解決手段】 第1のRF周波数を有する少なくとも第1のRF信号を含むRF信号のセットも加えられるコンポーネントに分離電力を提供するためのシステム及び方法が提供される。DC電圧信号を提供することと、分離変圧器を使用してDC電圧信号を分離電力信号に変調することとが含まれる。分離電力信号は、60Hzよりも高く且つ第1のRF周波数よりも低い中間周波数を有する。DC電圧信号を一次巻線に供給することと、二次巻線から分離電力信号を得ることと、分離電力信号を使用して分離電力をコンポーネントに送ることとが含まれる。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 の R F 周波数を有する第 1 の R F 信号を少なくとも含む R F 信号のセットも加えられるコンポーネントに分離電力を提供するための方法であって、

D C 電圧信号を提供することと、

二次巻線に電氣的に接続されていない一次巻線を有する分離変圧器を使用して、前記 D C 電圧信号を、60 Hz よりも高く且つ前記第 1 の R F 周波数よりも低い中間周波数を有する分離電力信号に変調することであって、

前記 D C 電圧信号を前記一次巻線に供給することと、

前記二次巻線から前記分離電力信号を得ることと、

10

を含む、ことと、

前記分離電力信号を使用して前記分離電力を前記コンポーネントに送ることと、

を備える方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の方法であって、更に、

50 Hz から 60 Hz までの範囲の周波数を有する A C 線路信号を得ることと、

前記 D C 電圧信号を得るために、前記 A C 線路信号を整流することと、

を備える方法。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の方法であって、

20

前記二次巻線は、前記分離変圧器のコアに、前記一次巻線が前記コアに巻き付けられるよりも大きい直径で巻き付けられる、方法。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の方法であって、更に、

前記二次巻線と前記コアとの間に静電シールドを提供することを備える方法。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の方法であって、更に、

前記二次巻線と前記一次巻線との間に静電シールドを提供することを備える方法。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の方法であって、

30

前記二次巻線は、前記一次巻線を覆って巻き付けられる、方法。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の方法であって、更に、

前記二次巻線と前記一次巻線との間に静電シールドを提供することを備える方法。

【請求項 8】

請求項 1 に記載の方法であって、

前記中間周波数は、約 500 Hz と約 2 MHz との間である、方法。

【請求項 9】

請求項 1 に記載の方法であって、

前記中間周波数は、約 5 KHz と約 200 KHz との間である、方法。

40

【請求項 10】

請求項 1 に記載の方法であって、

前記中間周波数は、約 10 KHz と約 50 KHz との間である、方法。

【請求項 11】

請求項 1 に記載の方法であって、

前記 R F 信号のセットは、異なる R F 周波数を有する複数の R F 信号を含み、前記第 1 の R F 周波数は、前記異なる R F 周波数のなかで最も低い R F 周波数を表している、方法。

【請求項 12】

請求項 3 に記載の方法であって、

50

前記コアは、約 10 と約 5000 との間の μ 値を有するコア材料で形成される、方法。

【請求項 13】

請求項 3 に記載の方法であって、

前記コアは、約 100 と約 2000 との間の μ 値を有するコア材料で形成される、方法。

【請求項 14】

請求項 3 に記載の方法であって、

前記コアは、約 200 と約 1000 との間の μ 値を有するコア材料で形成される、方法。

【請求項 15】

請求項 1 に記載の方法であって、更に、

前記 DC 電圧信号の振幅および前記分離変圧器の巻き数比の少なくとも一方を制御するためのローサイド制御回路を提供することを備える方法。

【請求項 16】

請求項 1 に記載の方法であって、更に、

前記分離電力信号を変調するための変調回路を提供することを備える方法。

【請求項 17】

請求項 16 に記載の方法であって、更に、

前記変調回路を制御するためのハイサイド制御回路を提供することを備える方法。

【請求項 18】

第 1 の RF 周波数を有する少なくとも第 1 の RF 信号を含む RF 信号のセットも加えられるコンポーネントに分離電力を提供するためのシステムであって、

DC 電圧信号を提供するための第 1 及び第 2 の端子と、

二次巻線に電氣的に接続されていない一次巻線を有する分離変圧器を使用して、前記 DC 電圧信号を、60 Hz よりも高く且つ前記第 1 の RF 周波数よりも低い中間周波数を有する分離電力信号に変調するための変調回路と、

を備え、

前記 DC 電圧信号は、前記一次巻線に供給され、前記分離電力信号は、前記二次巻線から得られ、

前記分離電力は、前記分離電力信号を使用して前記コンポーネントに送られる、システム。

【請求項 19】

請求項 18 に記載のシステムであって、

前記二次巻線は、前記分離変圧器のコアに、前記一次巻線が前記コアに巻き付けられるよりも大きい直径で巻き付けられる、システム。

【請求項 20】

請求項 18 に記載のシステムであって、更に、

前記二次巻線と前記一次巻線との間に静電シールドを備えるシステム。

【請求項 21】

請求項 19 に記載のシステムであって、更に、

前記二次巻線と前記コアとの間に静電シールドを提供することを備えるシステム。

【請求項 22】

請求項 18 に記載のシステムであって、

前記二次巻線は、前記一次巻線を覆って巻き付けられる、システム。

【請求項 23】

請求項 18 に記載のシステムであって、更に、

前記二次巻線と前記一次巻線との間に静電シールドを提供することを備えるシステム。

【請求項 24】

請求項 18 に記載のシステムであって、

前記 RF 信号のセットは、異なる RF 周波数を有する複数の RF 信号を含み、前記第 1

10

20

30

40

50

の R F 周波数は、前記異なる R F 周波数のなかで最も低い R F 周波数を表している、システム。

【請求項 25】

第 1 の R F 周波数を有する少なくとも第 1 の R F 信号を含む R F 信号のセットも加えられるコンポーネントに分離電力を提供するための方法であって、

50 Hz から 60 Hz までの範囲の周波数を有する A C 線路信号を提供することと、

前記 A C 線路信号を整流して D C 電圧信号を得ることと、

二次巻線に電氣的に接続されていない一次巻線を有する分離変圧器を使用して、前記 D C 電圧信号を、60 Hz よりも高く且つ前記第 1 の R F 周波数よりも低い中間周波数を有する分離電力信号に変調することであって、もし前記 R F 信号のセットが 2 つ以上の R F 信号を含む場合は、前記第 1 の R F 周波数は、前記 R F 信号のセットの全ての R F 周波数のなかで最も低い R F 周波数を表している、ことであって、

前記 D C 電圧信号を前記一次巻線に供給することと、

前記二次巻線から前記分離電力信号を得ることと、

を含む、ことと、

前記分離電力信号を使用して前記分離電力を前記コンポーネントに送ることと、

を備える方法。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

基板（例えばウエハ）を処理して集積回路などの半導体製品に仕上げるために、長年、プラズマが用いられてきた。現代のプラズマ処理システムでは、プラズマ処理チャンバ内におけるプラズマ処理のために、R F チャックの上に基板を配することができる。R F チャックには、数十ボルトから数千ボルトまでの範囲の R F 電圧、及び数十 K H z から数百 M H z までの範囲の R F 周波数を使用して、R F 信号によってバイアスをかけることができる。R F チャックは、被処理物のホルダとしても機能するので、再現可能な処理結果を保証するために考慮すべき重要な事項は、R F チャック温度の適切な制御である。

【0002】

一般的に、R F チャックの温度は、R F チャックに統合又は結合することが可能な 1 つ又は 2 つ以上の電気ヒータによって維持される。電気ヒータへの電力は、通常、R F チャックを所望の温度範囲に維持するための適切な制御回路を介して線路 A C 電圧から得られる。例えば、電気ヒータは、D C 電力、線路周波数（例えば 50 / 60 H z の A C ）電力、又は K H z 域の A C 電力によって作動させることができる。

【0003】

この構成では、D C / 低周波電力は、R F チャックアセンブリに結合される必要があり、該アセンブリは、浮遊結合又は直接接続のいずれかによって、かなりのレベルの R F 電力も同時に加えられる。望ましくない明らかな R F 短絡接地、R F 電力の損失、高レベルの信号干渉、並びにひいては電気ヒータ電源及び／又は制御回路を介した損傷を回避するためには、R F 分離が必要である。

【0004】

議論を促すために、図 1 は、R F ホットすなわち「ハイサイド」にあるヒータ又はその他の負荷回路を作動させるために A C 線路（例えば 50 / 60 H z ）電圧又は D C 電圧を用いるシステムの一例の要部を示している。図 1 を参照すると、A C 線路電圧又は D C 電圧は、導線 102、104 を介して R F フィルタ回路 106 に供給される。R F フィルタ回路 106 は、単一チャネル（1 つのヒータゾーンを作動させるための 1 つの完全回路に対して 2 本の配線を含む）の二重周波数フィルタとして示されており、着目される R F 周波数（例えば 2 M H z 及び 13.5 M H z ）に対して高インピーダンスを示して、導線 102、104 と例えばヒータ制御／作動回路などの任意の付属回路とを介した相対的な R F 短絡接地が効果的に阻止されるようにするために、既知の設計の L - C 回路を含むことができる。例示のために、これらの R F 周波数は、図に示されるように、導線 116 を介

10

20

30

40

50

してヒータ 1 1 4 に結合される。図 1 の例では、1 1 4 は、ヒータと、ハイサイド制御回路とを含む負荷である。他方、1 1 6 は、例えば、プラズマからの R F 又はチャックに印加される R F がヒータ負荷を介して戻ることを可能にする浮遊容量などの漏れ経路を表している。R F フィルタ 1 0 6 は、広範囲の離散 R F 周波数を扱うために、様々な設計及び複数の段階を含むことができる。各種の実装形態における R F フィルタ 1 0 6 の動作は、概ね知られた技術であり、ここでは詳述されない。

【0 0 0 5】

フィルタ出力 1 1 0、1 1 2 は、例えばヒータ 1 1 4 などの負荷に電力を提供する。入力 A C 線路電圧又は D C 電圧をオン／オフにして、例えば R F チャックの温度を制御するために、導線 1 0 2、1 0 4 には、制御回路（不図示）を結合することができる。制御は、比例方式又は 2 進法のオン／オフ方式で実施することができる。R F チャックの温度感知は、例えば制御回路へのフィードバック信号として用いることができる。

【0 0 0 6】

高電力で且つ高 R F 周波数の応用において R F 分離を提供するために、R F フィルタが用いられるときは、幾つかの欠点に見舞われる。（例えば M H z 域の）高 R F 周波数は、設計によっては大きな空心インダクタの使用を必要とすることがあり、これは、フィルタリング回路を高張らせる。更に、目標は、着目される全ての周波数にわたって（R F ホット方向から見て）十分に高い入力インピーダンスを維持することである。R F 分離設計は、しかしながら、プラズマ処理システムによっては処理中に R F 周波数同調を用いることがあるという事実によって複雑にされる。R F 周波数同調は、動作中に一定幅の周波数を用いるものであり、これは、可変の R F 周波数（及びそれゆえに広範囲の R F インピーダンス）を扱う必要性、並びに R F のインピーダンス及び減衰のシステム間一貫性を維持したいという希望ゆえに、R F 分離フィルタ設計を遥かに困難で且つ複雑にする。たとえもし R F 分離フィルタ設計が、広範囲の動作周波数（基本周波数及びそれらの調和周波数）を扱うことができ、尚且つ注意深く整合されることによって R F 分離に対して許容可能なシステム間一様性を提供することができるとしても、高電圧放電又はアーク放電／絶縁破壊を回避するためには、依然として注意が払われなければならない、過剰な発熱又は電力散逸が、依然として問題になるだろう。設計の作業は、最大で数千ボルト及び数千ワットの域に至るかもしれない R F 信号の大きさゆえに、著しく複雑にされる。

【発明の概要】

【0 0 0 7】

添付の図面において、本発明は、限定的なものではなく例示的なものとして示されており、図中、類似の参照符号は、同様の要素を指すものとする。

【図面の簡単な説明】

【0 0 0 8】

【図 1】ヒータ又はその他の負荷回路を作動させるために A C 線路（例えば 5 0 / 6 0 H z）電圧又は D C 電圧を用いる先行技術システムの一例の要部を示した図である。

【0 0 0 9】

【図 2】本発明の一実施形態にしたがって、1 つ又は 2 つ以上の高周波 R F 信号にも結合される負荷に高 D C 電力又は中間周波 A C 電力を提供するための分離変圧器の一実装形態の要部を示した図である。

【0 0 1 0】

【図 3 A】発明の実施形態にしたがって、制御方式の例を示した図である。

【図 3 B】発明の実施形態にしたがって、制御方式の例を示した図である。

【図 3 C】発明の実施形態にしたがって、制御方式の例を示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0 0 1 1】

添付の図面に示されるような幾つかの実施形態を参照にして、本発明が詳細に説明される。以下の説明では、本発明の完全な理解を与えるために、多くの詳細が明記されている。しかしながら、当業者ならば、本発明が、これらの一部又は全部の詳細を伴わなくても

10

20

30

40

50

実施可能であることが明らかである。また、本発明を不必要に不明瞭にしないために、周知のプロセス工程及び／又は構造の詳細な説明は省かれている。

【0012】

発明の実施形態は、高電力で且つ高周波数の環境において、RF分離のための革新的なアプローチを用いている。発明の1つ又は2つ以上の実施形態では、ACソース電力信号が、DC電力信号に整流され、次いで、中間周波電力信号に変調される。該中間周波電力信号は、分離変圧器の一次巻線に供給される。本明細書で用いられるDC電力信号という用語は、真のDC電力信号（すなわちバッテリーによって供給されるものと同様に周波数成分若しくはリップル成分を有さない）、又は整流されたDC電力信号（AC信号から整流されたDC信号に特有の幾らかのリップル成分を有することがある）であってよい。分離変圧器として、分離変圧器の一次巻線と二次巻線との間に直接的な電気接続はなく、その代わりに、分離変圧器の二次巻線において、中間周波数を有する分離電力信号が相互インダクタンスを介して生成される。

10

【0013】

AC線路周波数（例えば50Hz又は60Hz）よりも高いがブロックされるべきRF周波数よりも通常は低いように、尚且つもし複数の高周波RF信号が関与しているならば好ましくはブロックされるべきRF周波数のなかで最も低い周波数よりも低いように、意図的に選ばれる中間周波数の使用は、一次側と二次側との容量結合を低減させるとともに二次側とコアとの容量結合も低減させるために革新的技術を用いつつ、分離変圧器のサイズを縮小することを可能にする。

20

【0014】

発明の1つ又は2つ以上の実施形態では、分離変圧器の一次巻線に供給される電力信号の中間周波数は、約500Hzから約2MHzまでの範囲であり、より好ましくは約5KHzから約200KHzまでの範囲であり、好ましい一実施形態では約10KHzから約50KHzまでの範囲である。より低い動作周波数は、分離変圧器を不必要に大きくする傾向があり、より高い動作周波数は、磁気成分（例えば分離変圧器）のサイズの縮小を可能にする傾向がある一方で駆動回路及び磁心材料の効率を低下させる傾向があるので、適切な中間周波数の選択が重要である。

【0015】

発明の1つ又は2つ以上の実施形態では、分離変圧器は、縮小された寸法を有するように、尚且つ着目される全てのRF周波数において高周波信号に対して高インピーダンスを示しつつ上記の中間周波数範囲において効率的に動作するように、特別に設計されている。言及されたように、1つ又は2つ以上の実施形態では、二次巻線は、容量結合を低減させるために、一次巻線から物理的に離されている。好ましい一実施形態では、二次巻線は、この容量結合を最小限に抑えるために、一次巻線から可能な限り遠く離されている。1つ又は2つ以上の実施形態では、二次巻線は、大きい直径で巻かれ、二次巻線と磁心との間に空隙を生じさせ、それによって、二次巻線と磁心との間の容量結合を低減させている。1つ又は2つ以上の実施形態では、二次巻線は、一次巻線を覆って、ただしより大きい直径で巻き付けられ、それによって、一次巻線と二次巻線との間の容量結合を低減させるとともに二次巻線と磁心との間の容量結合を低減させる。もし必要であれば、容量結合を制御するために、二次巻線と一次巻線との間、二次巻線と磁心との間、及び／又は一次巻線と磁心との間に1つ又は2つ以上のシールドが配されてよく、このようなシールドは、シールドへの渦電流の導入を最小限に抑えるために、ファラデーシールドとして知られる形で差し込まれる。

30

40

【0016】

発明の実施形態の特徴及び利点は、図面及び続く議論を参照にして、より良く理解されるだろう。図2は、本発明の一実施形態にしたがって、1つ又は2つ以上の高周波RF信号にも結合される負荷に高DC電力又はAC線路電力を提供するための分離変圧器の一実装形態の要部を示している。図2の例では、負荷は、プラズマ処理チャンバ内のRF結合チャックのためのヒータであるが、その他の負荷もまた、発明の実施形態から恩恵を受け

50

ることが可能である。

【0017】

図2に関して、AC線路電圧及びAC線路周波数（例えば50Hz又は60Hz）の形をとるソース電力信号が、導線202、204を介して整流器／フィルタ回路206に供給される。ブリッジ整流器によって実装することが可能な及び／又はトライアック制御、SSR制御、若しくはサイリスタ制御を利用することが可能な整流器回路206は、AC線路入力電力信号を準DC電力信号に変換し、該電力信号は、もし必要であれば、引き続きフィルタリングによって平滑なDCにすることができる。図2の例では、導線202／204におけるACソース電力信号は、必要に応じて単相信号又は3相信号であってよく、整流器回路206は、これに対応して単相整流器又は3相整流器である。もし入力電力としてDC電力信号が利用可能である場合は、整流は不要だろう。AC線路から入力フィルタに引き込まれる高電流は、力率補正回路を必要とするだろうことがわかる。

10

【0018】

整流器回路206によって出力されるDC電力信号は、次いで、導線210、212で受信されたDC電力信号を中間周波数の中間信号に変換する駆動回路208に供給される。中間周波数は、約10KHzから約1MHzまでの範囲であり、より好ましくは10KHzから数百KHzまでの範囲であり、一実施形態では約10KHzから約200KHzまでの範囲である。このように、中間周波数は、50～60HzのAC線路周波数よりも意図的に高く、ただし、（複数MHz域にある傾向がある）ブロックされるべきRF周波数よりも低いことが好ましい。AC線路周波数よりも高いことによって、中間周波数は、より小さい分離変圧器220の使用を可能にする。1つ又は2つ以上の実施形態では、駆動回路208は、受信されたDC電力信号を所望の中間周波数に変調するスイッチモード電源である。1つ又は2つ以上の実施形態では、パルス幅変調後におけるデューティサイクルは、僅かに0を上回るレベルから約50%までの間で変動してよい。もし必要であれば、適切な駆動回路208は、受信されたDC電力信号を、中間周波数を有するAC正弦信号に変調してよい。この方式による調和波成分の低減は、干渉及びノイズの問題を阻止することができ、あらゆるフィルタリング要件を簡単にする。ゼロ交差及びオン／オフ制御を含む代替の電力変調方式もまた、単独で又は組み合わせて実装することが可能である。

20

【0019】

駆動回路208によって出力される中間信号出力は、次いで、分離変圧器220の一次巻線222に供給される。一次巻線222は、コア224の一部分に巻き付けられた状態で示されている。コア224は、マンガン亜鉛、又はニッケル亜鉛、又はその他の適切な（例えば μ （透磁率）が2000の域の）高透磁率材料で形成されてよい。或いは、（ μ が10から40までの）粉末状の鉄、MPPとして一般に知られる心材料、（ μ が50から300までの）センダスト、（ μ が100から5000までの）NiZnフェライト及びMnZnフェライトなどが用いられてよい。総じて、より低周波の動作には、より高い μ の材料が用いられてよく、逆もまた同様である。20KHzから2MHzまでの間の電力応用の場合は、一実施形態では、約200から約3000までの間の μ 値を有する材料が適しているだろう。一実施形態では、約10から約5000までの間の μ 範囲値を有する材料が用いられてよい。一実施形態では、約100から約2000までの間の μ 範囲値を有する材料が用いられてよい。一実施形態では、約200から約1000までの間の μ 範囲値を有する材料が用いられてよい。

30

40

【0020】

1つ又は2つ以上の実施形態では、飽和を阻止するために、及び磁気特性を線形化するとともに分離変圧器220の温度依存性を低減可能にするために、コア224のなかに空隙230（図2に示されている場所は一例にすぎない）を提供することができる。もし空隙230が存在している場合は、一次巻線222は、巻線における損失を低減させるために、空隙230を覆うのではなく空隙230の両側に巻き付けられることが好ましい。

【0021】

50

一次巻線 2 2 2 に直接的に結合されていない二次巻線 2 3 6 もまた、コア 2 2 4 に巻き付けられている。1 つ又は 2 つ以上の実施形態では、一次巻線 2 2 2 と二次巻線 2 3 6 との間の容量結合を低減させるために、二次巻線 2 3 6 は、一次巻線 2 2 2 から離して位置決めされており、それによって、一次と二次との容量結合を低減させるとともに、特に高周波 R F 信号の場合に高度な分離を達成している。例えば、二次巻線 2 3 6 は、図に示されるように、一次巻線 2 2 2 の反対側の、コア 2 2 4 の周囲に位置決めされる。巻線のこの隔離は、かなりの漏れインダクタンスをもたらすだろうが、適切な設計であれば、この問題に容易に適応することが可能である。

【0022】

一般的に、コア材料が誘電体であるとする、R F 結合は、その大半が浮遊容量によるものであることが好ましい。フェライト材料は、高抵抗の金属酸化物であり、一次側と二次側との間に数ピコファラッドの静電容量を実現するためには、その他のセラミックスに特有な 10 ~ 100 程度の誘電率を用いることができる。しかしながら、一般的な Mn Zn 材料などの特定のフェライトは、更に桁の大きい誘電率を有すると考えられ、浮遊容量を制御するためには、テフロンライナ上の空隙などの二次的分離が必要とされるだろう。例えば、1 つ又は 2 つ以上の実施形態では、容量結合は、(1 p F から約 20 p F までのような) 一桁ピコファラッドの域に限定されることが好ましい。

【0023】

1 つ又は 2 つ以上の実施形態では、コア材料の選択及びコアの設計は、トレードオフを伴っている。なぜならば、フェライトの場合は、周波数の増加とともに ϵ (誘電率) の虚数及び実数の両方が幾分減少し、そうして浮遊容量を低下させるのが通常である一方で、損失正接は依然として幾らかの特定の周波数において最大になり、過剰な磁心損失を回避するためには電力伝達がこの周波数より下で良く動作することが望ましいからである。浮遊容量は、周波数から幾分独立している傾向があるが、周波数の増加とともに低下して、より高い周波数において分離を向上させるので、使用されている R F の詳細は、コモンモードにおいて高周波 R F 信号が印加されている (コアのなかに磁束がない) 限り、問題にならない可能性が高い。したがって、このアプローチは、全ての周波数範囲にわたる普遍的な解を提供するとともに、現在使用されているフィルタよりも遥かに広帯域でない負荷を生成することができるだろう。R F ブロックが普遍的で且つ広帯域であることは、総じて真ではあるが、共振アンテナ回路が予期せず導入されて、インピーダンスが特定の周波数において許容不可能に低下するかもしれない事態を阻止するためには、コイル及び変圧器の設計に注意が払われるべきである。更に、これらの周波数は、もしあるとすれば、適用される R F 周波数と一致しないように設計されることが望ましい。

【0024】

1 つ又は 2 つ以上の実施形態では、二次巻線 2 3 6 は、一次巻線 2 2 2 がコア 2 2 4 に巻き付けられるよりも大きい直径 2 3 8 でコア 2 2 4 に巻き付けられる。より大きい直径 2 3 8 は、二次側とコアとの容量結合を低減させるのに有用である。(図 2 に示されていない) 1 つ又は 2 つ以上の実施形態では、二次巻線 2 3 6 は、一次巻線 2 2 2 を覆って、ただし二次側と一次側との容量結合を低減させるとともに二次側とコアとの容量結合を低減させるためにより大きい直径で巻き付けられる。これらの容量結合の低減は、周波数依存性を低減させるものであり、本発明の一部の実施形態における重要な態様である。

【0025】

これに対して、一次巻線 2 2 2 は、漏れインダクタンスの低減を助けるために、コア 2 2 4 により近づけて巻かれる傾向がある。巻き線と巻き線との容量又は巻き線とコアとの容量 (これは場合によっては自己共振に寄与することがある) を低減させるために、一次巻線 2 2 2 とコア 2 2 4 との間には、小さな隙間及び／又は絶縁層を挟むことができる。

【0026】

二次巻線 2 3 6 は、一次巻線 2 2 2 に対して 1 : 1 の比を有してよい、又は電圧を上げる又は下げるために、一次巻線 2 2 2 との間には n : 1 の巻き関係を有してよい。伝達目的のためには、電圧が高いほど低電流の電力信号がより効率的である傾向があり、場合によ

10

20

30

40

50

っては望ましいとされるだろう。好ましい一実施形態では、動作上の使用のために、208ボルトのACが300ボルトを超えるDCに整流されるだろう。相互インダクタンスを介して、二次巻線236において中間周波数の分離電力信号が生成される。分離変圧器220によって出力される中間周波数の分離電力信号は、次いで、負荷を駆動するために用いられてよい、又は負荷を駆動するために分離DC電力信号に変換されてよい。もし必要であれば、分離電力信号による負荷の駆動に先立って、出力フィルタリングを実施することができる。

【0027】

1つ又は2つ以上の実施形態では、容量結合を更に低減させるために、シールドが提供される。例えば、一次側と二次側との容量結合を低減させるために、一次巻線222と二次巻線236との間にシールドを提供することができる。別の例では、二次側とコアとの容量結合を低減させるために、代わりに又は加えて、二次巻線236とコア224との間にシールドを提供することができる。更に別の例では、一次側とコアとの容量結合を低減させるために、代わりに又は加えて、一次巻線222とコア224との間にシールドを提供することができる。シールドは、1つ又は2つ以上の実施形態では、そこで発生する対地電流を伝達するために、接地されていてよい。ただし、二次側と接地との間の容量の著しい増加を回避するためには、選択される詳細な設計及び形状に注意が払われるべきである。1つ又は2つ以上の実施形態では、渦電流を減らすために及びシールドが短絡巻線のように機能する事態を阻止するために、シールドに1つ又は2つ以上のスリットが（例えばトロイダル巻線方向に）提供される。シールドの存在は、一次巻線及び二次巻線における自己共振（例えばアンテナ効果）を低減させ、それによってインピーダンス特性を滑らかにするとともに設計の周波数依存特性に寄与することがわかっている。

【0028】

1つ又は2つ以上の実施形態では、高周波RF信号（すなわちブロックされるべきRF信号）がコモンモード信号として分離変圧器220に示されることを可能にするために、フィルタを用いることができる。図2の例では、高周波RF信号をコモンモード信号として分離変圧器220に示すという目標を達成するために、導線244、246にそれぞれコンデンサ245が結合される。当業者に周知のその他の設計のフィルタが用いられてもよい。（240、242によって表される）浮遊容量があるが、これらの浮遊容量は、出力信号RF結合がコモンモード信号であることを保証するために、コンデンサ245によって支配することが可能である。コンデンサ245は、臨界周波数における共振を回避するために、適切にサイズ決定される（大きすぎない）ことが望ましい。

【0029】

RF分離（変圧器）を経て伝達された電力は、スイッチング周波数のACとして、又は深く変調されたDCに整流された状態若しくはフィルタリングを経て平滑なDCに戻された状態で、ヒータなどの受動回路を直接的に作動させるために使用することができる。電力は、もし必要であれば、ハイサイドにおいて整流又は制御されてもよい。

【0030】

1つ又は2つ以上の実施形態では、例えばヒータに対して現在なされているようにSSRを使用して、又はPWM（ハルス幅変調）によって、又はスイッチング回路のオン／オフバースト変調によって、ローサイド（例えば一次巻線222と、図2のACライン側の方の回路）に適用される。制御方式は、オープンループ制御、フィードフォワード制御、又はフィードバック制御を実行することができる。

【0031】

フィードバックは、ローサイド電力／電流引き込みを監視することによって、又はより正確には電力、電圧、及び／若しくは電流、若しくはその他の何らかの感知変数のハイサイド電気センサを使用することによって、実行することができる。ヒータの場合は、例えば抵抗温度検出器、蛍光プローブ、又は熱電対などの、温度センサが用いられてよい。ハイサイドセンサが電気センサである場合は、例えば光カプラ、又は光ファイバ、又は低電流RFフィルタなどの、別の分離チャンネルが提供されてよい。更に、ハイサイド制御を可

能にするために、ハイサイドにおいて、A C又はD C分離電力信号に対して変調が実施されてよい。

【0032】

ローサイド制御方式では、各ハイサイドデバイス（例えばヒータ素子）が、自身の電力チャネルを用いることができる。代案として、更に大きい電力分離器（変圧器）であってよい共通電力チャネルを使用して、又は幾つかの低電力チャネルを平行に走らせることによって、電力をハイサイドに分離することが可能である。この場合は、制御は、ハイサイドにおける能動回路を使用して実行することができる。セットポイント（例えば温度又は電力）に対応する制御信号もまた、ローサイドからであってよく、（例えば光結合を使用して）分離することができる。

10

【0033】

図3A～3Cは、発明の実施形態にしたがって、制御方式の幾つかの例を示している。これらの回路では、3つの負荷選択肢が示されており、電流は、二者択一式に（一度に1つの選択肢で）又は同時進行式に（同時に2つ若しくは3つ以上の選択肢で）負荷（図の右側を参照せよ）に伝達されてよい。更に、図3A～3Cの1つ又は2つ以上では、力率補正回路（不図示）が用いられてよい。一般的には、ローサイド制御方式及びハイサイド（例えば二次巻線236と、図2の高周波RF側の方の回路）制御方式の、一方又は両方が可能である。図3Aでは、整流器／フィルタ回路（例えば306）、ドライバ回路（例えば308）、又はハイサイド変調回路（314）のいずれにも、能動回路が提供されていない。

20

【0034】

しかしながら、図3A～3Cのいずれにおいても、及びその他の実装形態においても、A Cソース電力信号の送達を制御することが可能である。例えば、（例えば光分離を使用して）適切に分離された温度感知信号が、A Cソース電力信号をオン及びオフにしてチャックの温度を制御するために、ソース電力信号制御回路に提供されてよい。チャックの例では、熱質量がかなり高いので、A Cソース電力信号の（比例式ではなく）単純なオン／オフ制御でも、優れたパフォーマンスを生む可能性がある。これは、A Cソース電力信号をオン／オフに高速で循環させることができるマイクロプロセッサを使用してA Cソース電力信号が制御されるときに、特に当てはまる。

【0035】

図3Bでは、ローサイド制御が実行される。図3Bでは、整流器／フィルタ回路（例えば整流器／フィルタ回路306）を制御してD C出力信号の振幅を調整するために、マイクロプロセッサ制御ユニット320が用いられてよい。代わりに又は加えて、マイクロプロセッサ制御ユニット302は、スイッチモード電源のスイッチング特性、パルス幅持続時間、及び／若しくは動作周波数、並びに／又はドライバ回路308のその他の特性を変更するために用いられてよい。別の例では、プロセッサ／コントローラユニット320は、変圧器の一次巻線におけるタップポイントを変更して分離変圧器310の巻き数比を効果的に変更するために用いられてよい。

30

【0036】

図3Cでは、ハイサイド制御が実行される。この場合は、ハイサイド温度制御センサが、（例えば光分離された又は低電力フィルタリングを経た）分離センサ信号をプロセッサ／コントローラユニット330に送信してよく、該ユニットは、すると、ハイサイド変調回路354を制御するために、（例えば光分離又は低電力フィルタリングを使用してやはり分離されるだろう）コマンドをハイサイド分離コントローラ352に送る。図3Cの例では、ハイサイド変調コントローラのための状態監視電圧及び電流が、ローサイドからの分離電力信号を使用して供給されてよい。

40

【0037】

以上からわかるように、発明の実施形態は、先行技術のフィルタリング手法の周波数依存性はもちろん、そのアプローチに内在する整合受動フィルタコンポーネントに伴う困難を実質的に防ぐ。先行技術のフィルタリング手法に関連する共振の問題もまた、実質的に

50

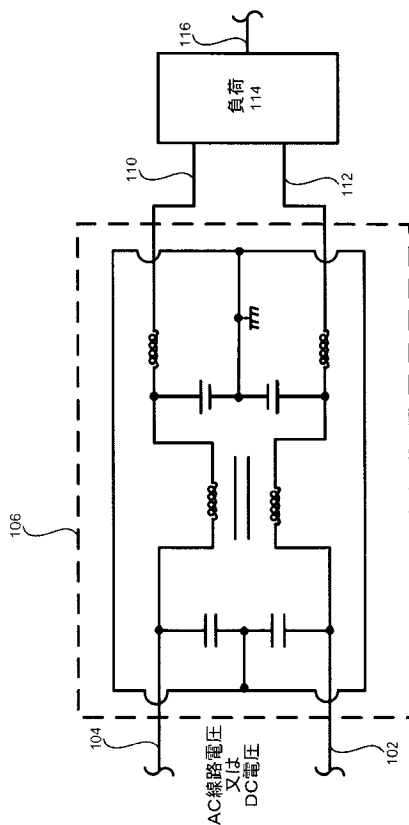
取り除かれる。分離変圧器に対して中間周波数を使用することによって、分離変圧器の物理的サイズを大幅に縮小することが可能である。着目される全ての高R F周波数に対して高インピーダンスを示しつつ高度なR F分離を提供するように分離変圧器を適切に設計することによって、A Cソース又はD Cソースからの電力を、高R F信号にも結合されているコンポーネント又はアセンブリに効率的に提供することが可能である。

【0038】

本発明は、幾つかの好ましい実施形態の観点から説明されているが、本発明の範囲内に入る代替、置換、及び均等物がある。本明細書では、様々な例が提供されているが、これらの例は、発明に対して例示的であって限定的ではないことを意図している。また、名称は、便宜のために提供されたものであり、特許請求の範囲を解釈するために使用されるべきでない。もし、本明細書において「セット」という用語が用いられる場合は、このような用語は、ゼロの、1つの、又は2つ以上の構成要素を内包した通常理解の数学的意味を有することを意図している。また、本発明の方法及び装置を実現するものとして、多くの代替的手法があることも留意されるべきである。

10

【図 1】



【図 2】

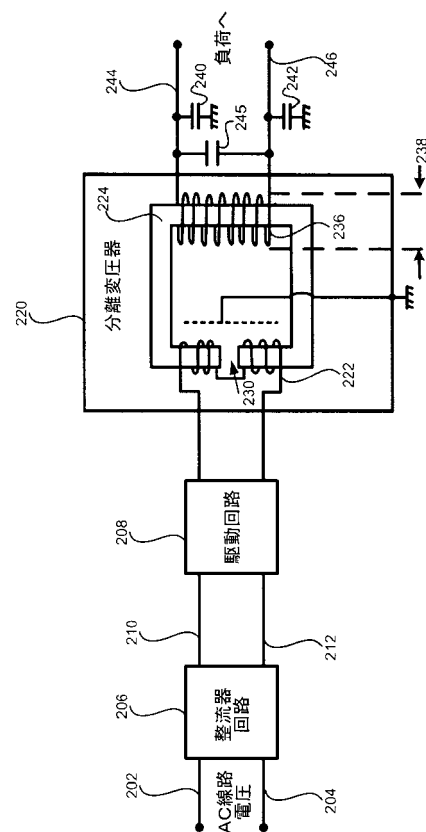


FIG. 1 (先行技術)

FIG. 2

【図 3 A】

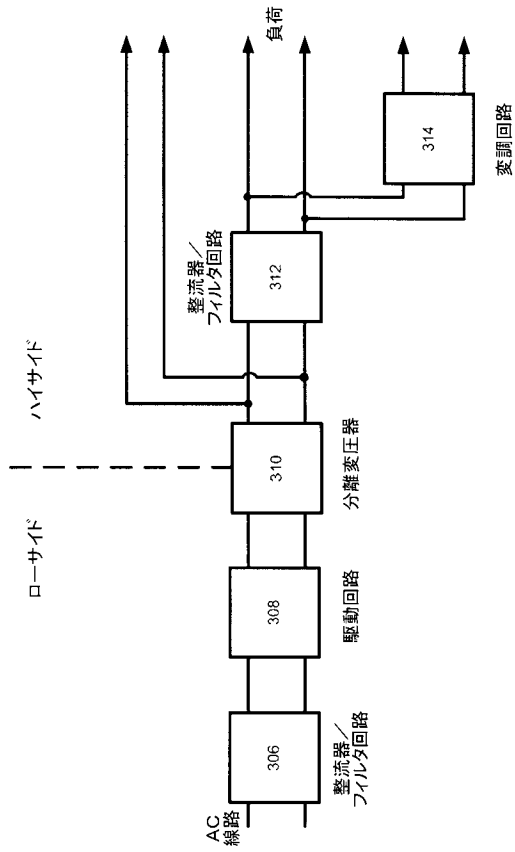


FIG. 3A

【図 3 B】

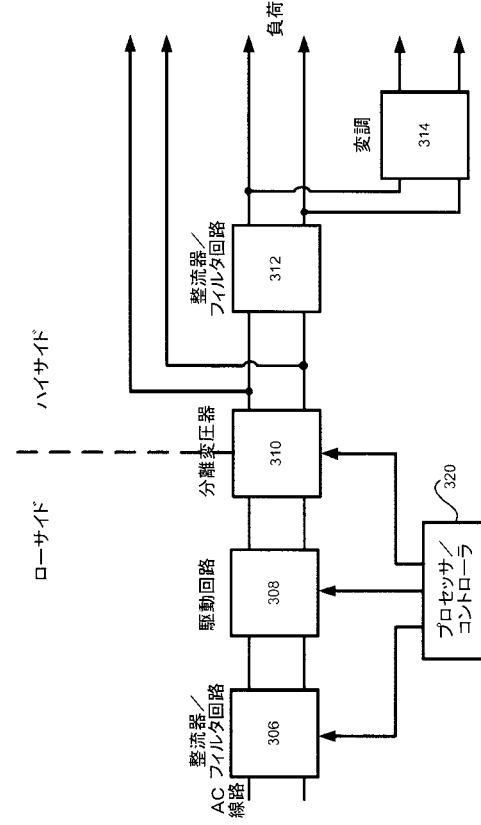


FIG. 3B

【図 3 C】

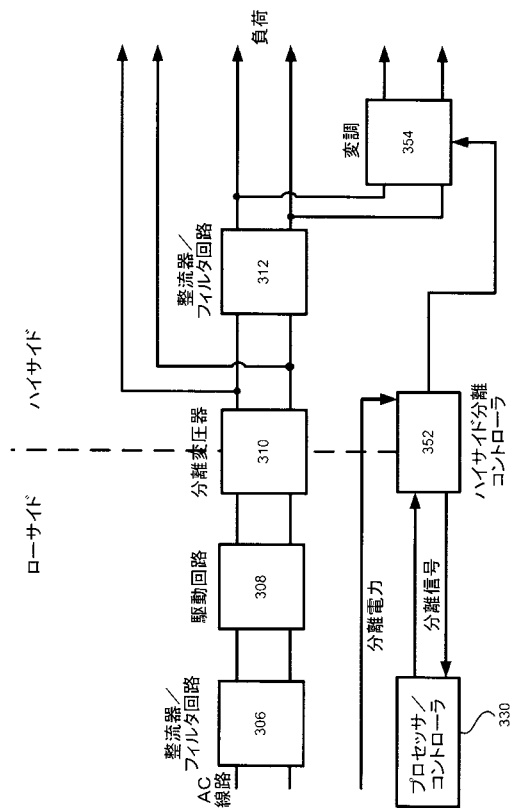


FIG. 3C

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2010/053263
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H05H 1/36(2006.01)i; H01L 21/3065(2006.01)i; H02M 7/48(2007.01)i</i>		
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) H05H 1/36; H05H 1/30; H05H 1/46; H05H 1/24; H01L 21/31; C23C 16/50		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS(KIPO internal) & Keywords: PLASMA, TRANSFORMER, POWER		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	KR 10-2006-0094465 A (EN TECHNOLOGIES INC.) 29 August 2006 See abstract; page 2, line 38 - page 3, line 11; claims 1-2 and figure 2	1-2, 8-10, 18 3-7, 11-17, 19-25
Y A	US 6235646 B1 (SUJIT SHARAN et al.) 22 May 2001 See abstract; col. 5, line 1 - col. 6, line 10, figure 4	1-2, 8-10, 18 3-7, 11-17, 19-25
A	JP 7032078 B2 (ADTEC KK.) 10 April 1995 See abstract; claim 1 and figure 1	1-25
A	KR 10-2009-0013626 A (CHOI DAI KYU) 05 February 2009 See abstract; claim 1 and figure 1	1-25
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of 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 24 JUNE 2011 (24.06.2011)		Date of mailing of the international search report 24 JUNE 2011 (24.06.2011)
Name and mailing address of the ISA/KR  Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon, 189 Cheongsu-ro, Seo-gu, Daejeon 302-701, Republic of Korea Facsimile No. 82-42-472-7140		Authorized officer Jung, Jong Han  Telephone No. 82-42-481-5642

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/US2010/053263

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
KR 10-2006-0094465 A	29.08.2006	KR 10-0785864 B1	21.12.2007
US 6235646 B1	22.05.2001	AU 1999-27674 A1	06.09.1999
		EP 1057205 A1	06.12.2000
		EP 1057205 B1	22.11.2006
		EP 1764822 A2	21.03.2007
		EP 1764822 A3	23.01.2008
		JP 2002-504749 A	12.02.2002
		JP 3527201 B2	27.02.2004
		KR 10-0888530 B1	25.06.2003
		US 06159867A A	12.12.2000
		US 2001-0003270 A1	14.06.2001
		US 2002-0056416 A1	16.05.2002
		US 2002-0061656 A1	23.05.2002
		US 6395128 B2	28.05.2002
		US 6533894 B2	18.03.2003
		US 6705246 B2	16.03.2004
		WO 99-43018 A1	26.08.1999
JP 7032078 B2	10.04.1995	JP 06-215894 A	05.08.1994
		JP 2019680 C	19.02.1996
		US 05394061A A	28.02.1995
KR 10-2009-0013626 A	05.02.2009	None	

フロントページの続き

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

(特許庁注：以下のものは登録商標)

1. テフロン

Fターム(参考) 5H007 BB00 CC32 DB13 EA02