

(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2006-510918
(P2006-510918A)

(43) 公表日 平成18年3月30日(2006.3.30)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)
GO 1 R 23/20 (2006.01) GO 1 R 23/20 C

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 28 頁)

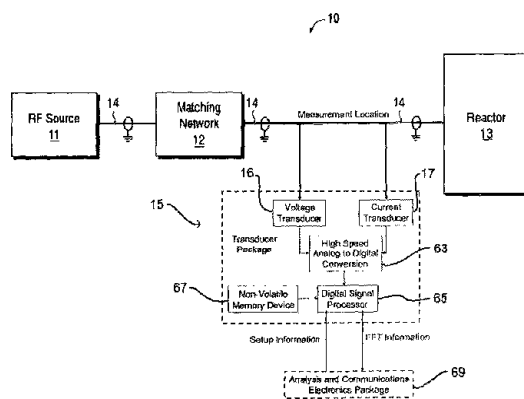
<p>(21) 出願番号 特願2004-568964 (P2004-568964)</p> <p>(86) (22) 出願日 平成15年9月23日 (2003. 9. 23)</p> <p>(85) 翻訳文提出日 平成17年5月20日 (2005. 5. 20)</p> <p>(86) 国際出願番号 PCT/US2003/030303</p> <p>(87) 国際公開番号 W02004/028003</p> <p>(87) 国際公開日 平成16年4月1日 (2004. 4. 1)</p> <p>(31) 優先権主張番号 60/412, 752</p> <p>(32) 優先日 平成14年9月23日 (2002. 9. 23)</p> <p>(33) 優先権主張国 米国 (US)</p> <p>(31) 優先権主張番号 60/468, 414</p> <p>(32) 優先日 平成15年5月6日 (2003. 5. 6)</p> <p>(33) 優先権主張国 米国 (US)</p> <p>(31) 優先権主張番号 60/468, 412</p> <p>(32) 優先日 平成15年5月6日 (2003. 5. 6)</p> <p>(33) 優先権主張国 米国 (US)</p>	<p>(71) 出願人 505104629 ターナー エンタープライゼイズ アンド アソシエイツ アメリカ合衆国 テキサス 78738- 6508, オースティン, ハイウェイ 7 1 ダブリュー. 12400, スイート 350, ピービーエム ナンバー197</p> <p>(74) 代理人 100078282 弁理士 山本 秀策</p> <p>(74) 代理人 100062409 弁理士 安村 高明</p> <p>(74) 代理人 100113413 弁理士 森下 夏樹</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プロセス制御のためのトランスデューサパッケージ

(57) 【要約】

システム(10)は、RF電源供給される装置(13)に供給RF信号の高調波含有量をモニターするために提供される。該システムは、(a) RF信号の電圧のサンプリングし、また、それを表示する第1の信号を出力するように適合した電圧トランスデューサ(16)と、(b) RF信号の電流のサンプリングし、また、それを表示する第2の信号を出力するように適合した電流トランスデューサ(17)と、(c) 上記トランスデューサ16、17の少なくとも一方と、好ましくは双方と通信し、該トランスデューサに特有な較正情報を含む記憶装置(67)とを、備える。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

RF 電源供給される装置に供給 RF 信号の高調波含有量をモニタリングするシステムであって、

RF 信号の電圧をサンプリングし、その第 1 の信号表示を出力するように適合された電圧トランスデューサと、

RF 信号の電流をサンプリングし、その第 2 の信号表示を出力するように適合された電流トランスデューサと、

該電圧トランスデューサおよび該電流トランスデューサの少なくとも一方と通信する記憶装置であって、該記憶装置は該トランスデューサの少なくとも一方に特有な較正情報を含む、記憶装置と

10

を備えた、システム。

【請求項 2】

前記記憶装置は、前記電圧トランスデューサおよび前記電流トランスデューサの各々と通信し、前記記憶装置は、該電圧トランスデューサおよび該トランスデューサの各々に特有な較正情報を含む、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記電圧トランスデューサおよび前記電流トランスデューサと通信する制御装置であって、該電圧トランスデューサまたは電流トランスデューサからの入力に応答して前記 RF 信号を修正することにより、高調波ひずみを最小にするように適合された制御装置をさらに備えた、請求項 1 に記載のシステム。

20

【請求項 4】

前記第 1 および第 2 の信号は、第 1 および第 2 のアナログ信号であり、該第 1 および第 2 のアナログ信号をそれぞれ第 1 および第 2 のデジタル信号に変換するように適合されたデジタル変換器をさらに備えた、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 5】

前記 RF 電力供給される装置は、半導体処理のためのプラズマ反応炉である、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 6】

前記記憶装置は、不揮発性の記憶装置である、請求項 1 に記載のシステム。

30

【請求項 7】

前記電圧トランスデューサおよび前記電流トランスデューサの両方からの入力に応答して RF 信号を修正することにより、高調波ひずみを最小にするように適合された制御器をさらに備えた、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 8】

デジタル信号処理装置をさらに備えた、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 9】

RF 信号を RF 電源供給される装置に供給するために適合された RF 電源をさらに備えた、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 10】

40

RF 電源供給される装置に送られる RF 電力の高調波含有量をモニタリングするシステムであって、

RF 信号を RF 電力供給される装置に提供するように適合された RF 電源と、

該 RF 信号の電圧をサンプリングし、その第 1 のアナログ信号表示を出力するように適合された電圧トランスデューサと、

該 RF 信号の電流をサンプリングし、その第 2 のアナログ信号表示を出力するように適合された電流トランスデューサと、

該第 1 および第 2 のアナログ信号を第 1 および第 2 のデジタル信号に変換するように適合された変換器と、

該電圧トランスデューサおよび電流トランスデューサに特有な較正情報を含む記憶装置

50

と、

該変換器および該記憶装置と通信するデジタル信号処理装置であって、該記憶装置に格納された該校正情報に基づいて該第 1 および該第 2 のデジタル信号を校正し、該校正された信号に対して高速フーリエ変換 (F F T) を実行するように適合されたデジタル信号処理装置と、

該デジタル信号処理装置と通信する制御装置であって、該校正された信号をモニターし、必要に応じて R F 信号を修正することにより、高調波ひずみを最小にするように適合された制御装置と

を備え、

該制御装置は、該 F F T の適切な実行のための設定コマンドを該処理装置に出力し、該処理装置は、該 F F T の結果を該制御装置に出力する、システム。 10

【請求項 1 1】

R F 電源によって R F 電力供給される装置に送られる R F 信号の高調波含有量をモニタリングする方法であって、

該 R F 信号の電圧および電流をサンプリングし、その第 1 および第 2 のアナログ信号表示をそれぞれ出力するステップと、

該第 1 および第 2 のアナログ信号を第 1 および第 2 のデジタル信号に変換するステップと、

該第 1 および第 2 のデジタル信号をモニタリングし、該第 1 および第 2 デジタル信号に基づいて必要に応じて R F 信号を修正することにより、高周波ひずみを最小にするステップと、 20

該第 1 および第 2 デジタル信号に対して高速フーリエ変換 (F F T) を実行するステップと、

該デジタル信号処理装置と通信する記憶装置であって、該電圧および電流トランスデューサに特有な校正情報を含む記憶装置と、

を包含し、

該制御装置は、該 F F T の適切な実行のための設定コマンドを該処理装置に出力し、該処理装置は、該 F F T の結果を該制御装置に出力する、方法。

【請求項 1 2】

R F 電力によって R F 電力供給される装置に送られる R F 信号の高調波含有量をモニタリングする方法であって、 30

該 R F 信号の電圧をサンプリングし、その第 1 のアナログ信号表示を出力するステップと、

該 R F 信号の電流をサンプリングし、その第 2 のアナログ信号表示を出力するステップと、

該第 1 および第 2 のアナログ信号を第 1 および第 2 のデジタル信号に変換するステップと、

該第 1 および第 2 のアナログ信号をモニタリングし、第 1 および第 2 のデジタル信号に基づいて必要に応じて該 R F 信号を修正することにより、高周波ひずみを最小にするステップと、 40

該第 1 および第 2 のデジタル信号に対して高速フーリエ変換 (F F T) を実行するステップと、

該デジタル信号処理装置と通信する記憶装置であって、該電圧および電流トランスデューサに特有な校正情報を含む、記憶装置と

を包含し、

該制御装置は、該 F F T の適切な実行のための設定コマンドを該処理装置に出力し、該処理装置は、該 F F T の結果を該制御装置に出力する、方法。

【請求項 1 3】

R F 電力に送られる高調波含有量をモニタリングするシステムであって、

入力 R F 信号をフィードガスに与えることによりプラズマを生成するように適合された 50

プラズマ反応炉と、

R F 信号を該反応炉に提供するように適合された R F 電源と、

該 R F 信号の電圧をサンプリングし、その第 1 のアナログ信号表示を出力するように適合された電圧トランスデューサと、

該 R F 信号の電流をサンプリングし、その第 2 のアナログ信号表示を出力するように適合された電流トランスデューサと、

該第 1 および第 2 のアナログ信号を第 1 および第 2 のデジタル信号に変換するように適合されたデジタル変換器と、

該デジタル変換器と通信する分析制御通信 (A C C) パッケージであって、該第 1 および第 2 のデジタル信号をモニタリングし、必要に応じて該 R F 信号を修正することにより、高調波ひずみを最小にするように適合された A C C パッケージと、

該デジタル信号処理装置と通信する不揮発性の記憶装置であって、該電圧トランスデューサおよび電流トランスデューサに特有な較正情報を含む、記憶装置とを備えた、システム。

【請求項 14】

周知のインピーダンス環境を介してジェネレーターに結合されたインピーダンス回路の出力における電力を測定する方法であって、

該インピーダンス回路の出力における電圧の信号表示を電圧検知器に結合することにより、R M S 電圧信号を生成するステップと、

該インピーダンス回路の出力における電流の信号表示を電流検知器に結合するステップと、

該 R M S 電圧および R M S 電流信号を処理することにより、該インピーダンス回路の出力における電流を決定するステップと

を包含する、方法。

【請求項 15】

前記インピーダンス回路の入力における電圧の信号表示を電圧検知器に結合することにより、R M S 電圧信号を生成するステップをさらに包含する、請求項 14 に記載の方法。

【請求項 16】

前記インピーダンス回路の入力と出力における電圧を用いて、該インピーダンス回路の入力と出力の間の電力の差を算出するステップをさらに包含する、請求項 15 に記載の方法。

【請求項 17】

周知のインピーダンス環境を介してジェネレーターに結合されたインピーダンス回路の出力における電力を測定するシステムであって、

インピーダンス回路の下流に結合され、R M S 電圧信号を生成するように適合された第 1 電圧検知器と、

インピーダンス回路の下流に結合され、該インピーダンス回路の出力における電流の信号表示を生成するように適合された電流検知器と、

インピーダンス回路の上流に結合され、R M S 電圧信号を生成するように適合された第 2 電圧検知器と

を備えた、システム。

【請求項 18】

R F 電圧を有する R F 電源供給される装置およびそれに関する自己バイアス電圧をモニタリングする方法であって、測定と同位置で、D C 結合を経由して、該電圧と該自己バイアスをサンプリングするステップを包含する、方法。

【請求項 19】

前記 R F 電源供給される装置がプラズマ反応炉である、請求項 18 に記載の方法。

【請求項 20】

前記 R F 電圧および前記自己バイアス電圧が第 1 および第 2 抵抗 R_1 および R_2 をそれぞれ有するプローブでそれぞれサンプリングされ、該 R F 電圧および該自己バイアス電圧

10

20

30

40

50

が比率 $R_2 / (R_1 + R_2)$ にしたがってサンプリングされる、請求項 18 に記載の方法。

【請求項 21】

前記第 1 および第 2 抵抗が高電圧で、非誘導性抵抗である、請求項 20 に記載の方法。

【請求項 22】

バイアス T 字装置を使用して前記 RF 自己バイアス成分を前記 DC 自己バイアス成分から分離させる、請求項 21 に記載の方法。

【請求項 23】

RF 電圧を有する RF 電力供給される装置およびそれに関する自己バイアス電圧をモニタリングする DC 結合電圧プローブであって、

10

第 1 および第 2 の非誘導性抵抗と、

該 RF を該 DC 自己バイアス電圧成分から分離させるように適合されたバイアス T 字とを備えた、プローブ。

【請求項 24】

前記プローブは前記 RF 電圧および前記自己バイアス電圧を同一測定点でサンプリングするように適合された、請求項 23 に記載のプローブ。

【請求項 25】

前記第 1 および第 2 抵抗は高電圧抵抗である、請求項 23 に記載のプローブ。

【請求項 26】

前記 RF 電力供給される装置がプラズマ反応炉である、請求項 23 に記載のプローブ。

20

【請求項 27】

前記プローブは、RF 電流キャリアとの組み合わせで、前記 RF 電流キャリアと直接的接触をするパネをさらに備える、請求項 23 に記載のプローブ。

【請求項 28】

前記パネがベリリウム銅を備える、請求項 27 に記載のプローブ。

【請求項 29】

前記パネが前記 RF 電流キャリアと圧入接触を維持するように適合された、請求項 27 に記載のプローブ。

【請求項 30】

RF 電圧、DC 電圧、グラウンドへの表面実装装置出力に接触を提供するように結合されたボンドパッドをさらに備えた、請求項 23 に記載のプローブ。

30

【請求項 31】

RF 電源の電圧および電流を検知するのに適した装置であって、

DC 接合電圧トランスデューサと通信する RF 電圧検知器と、

AC 結合電流トランスデューサを通信する RF 電流検知器と

を備えた、装置。

【請求項 32】

半導体処理装置と組み合わせの、請求項 31 に記載の装置。

【請求項 33】

前記 RF 電圧検知器および前記 RF 電流検知器が該 RF 電圧および RF 電流をそれぞれ使用点でサンプリングするように適合された、請求項 32 に記載の装置。

40

【請求項 34】

前記 RF 電圧検知器および前記 RF 電流検知器がピーク値を検知するように構成された、請求項 31 に記載の装置。

【請求項 35】

前記 RF 電圧検知器および前記 RF 電流検知器が平均値を検知するように構成された、請求項 31 に記載の装置。

【請求項 36】

前記 RF 電圧検知器および前記 RF 電流検知器が真の RMS 値を検知するように構成された、請求項 31 に記載の装置。

50

【請求項 37】

前記ソフトウェアが該 R F 電圧検知器および R F 電流検知器の出力を分析するように適合されていて、前記ソフトウェアが前記 R F 電圧および R F 電流検知器のための較正係数を維持するように適合されている、請求項 36 に記載の前記装置との組み合わせのソフトウェアプログラム。

【請求項 38】

R F 電源をモニタリングする方法であって、
D C 結合電圧トランスデューサを経由する該電源の R F 電圧を検知するステップと、
A C 結合電流トランスデューサを経由する該電源の R F 電流を検知するステップと
を包含する、方法。

10

【請求項 39】

前記 R F 電圧および前記 R F 電流が使用点でサンプリングされる、請求項 38 に記載の方法。

【請求項 40】

前記 R F 電圧および前記 R F 電流がピーク値として検知される、請求項 38 に記載の方法。

【請求項 41】

前記 R F 電圧および前記 R F 電流が平均値として検知される、請求項 38 に記載の方法。

【請求項 42】

前記 R F 電圧および前記 R F 電流が真の R M S 値として検知される、請求項 38 に記載の方法。

20

【請求項 43】

前記 R F 電圧および R F 電流がそれぞれ R F 電圧検知器および R F 電流検知器によって検知され、該電圧検知器および該 R F 電流検知器のために較正係数を維持するステップをさらに包含する、請求項 42 に記載の方法。

【請求項 44】

前記較正係数が前記 R F 電圧検知器および前記 R F 電流検知器の信号出力の分析に使用される、請求項 43 に記載の方法。

【請求項 45】

R F 電流トランスデューサと、
該トランスデューサのための筐体であって、金属上面および金属側壁を備えた筐体と
を備え、
該筐体は、平面基板の上に置かれているとき、該側壁が該上面から傾斜して該基板に傾くように構成されている、装置。

30

【請求項 46】

前記側壁が前記上面から間隔を空けてある、請求項 45 に記載の装置。

【請求項 47】

前記上面が前記側壁より高い、請求項 45 に記載の装置。

【請求項 48】

前記上面が第 1 および第 2 壁端に支えられている、請求項 45 に記載の装置。

40

【請求項 49】

前記上壁が接地された、請求項 45 に記載の装置。

【請求項 50】

前記装置が前記 R F 電流キャリアにもっとも近い位置の磁性に置かれていて、前記上面が前記 R F 電流キャリアからの電界干渉が原因によるクロストークを防ぐように適合された、R F 電流キャリアとの組み合わせである、請求項 45 に記載の装置。

【請求項 51】

前記の側壁が前記トランスデューサを周囲の電界、または磁界から絶縁させるように適合された、請求項 45 に記載の装置。

50

【請求項52】

前記側壁が前記RFキャリアと関係した磁場を弱めることのないように配置された、請求項45に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、概して、供給(delivered)RF電力の高調波含有量のモニタリングに関し、特に、供給RF電力の高調波含有量のモニタリングのシステムと方法に関する。

【背景技術】

10

【0002】

(関連出願のクロスレファレンス)

本出願は、以下の優先権を主張する；2003年5月6日出願のU.S. Serial No. 60,468,41、発明の名称「RFセンサ電圧トランスデューサ(RF Sensor Voltage Transducer)」、2003年5月6日出願のU.S. Serial No. 60/468,412、発明の名称「半導体処理のためのRF検知器(RF Detector for Semiconductor Processing)」、2003年5月6日出願のU.S. Serial No. 60/468,413、発明の名称「RFセンサ電流トランスデューサトランスデューサ(RF Sensor Current Transducer)」、2003年7月14日出願のU.S. Serial No. 60/486,983、発明の名称「既知の固定インピーダンス環境(RF Power Sensor for Known Fixed Impedance Environments)」、2003年7月16日出願のU.S. Serial No. 60/487,745、発明の名称「RF供給診断システム(An RF Delivery Diagnostic System)」、および2002年9月23日出願のU.S. Serial No. 60/412,752、発明の名称「プロセス制御のためのRFセンサ(RF Sensor for Process Control)」。

20

【0003】

プラズマエッチおよび堆積プロセスは、過去20年で、半導体製造に使用される主要なパターン転写方法となった。ほとんどのプラズマを基にする処理はラジオ周波数(RF)電力の応用によるフィードガスの分離の基本原則を用いている。全プラズマ負荷と同様に、プラズマ負荷の主要な特性の1つはその非直線性である。負荷の非直線性は、流行性の高調波ひずみを産出することによって供給RF電力の電圧と電流の正弦波に影響を与える。高調波周波数の振幅と、電圧高調波に関する対応する電流高調波の位相角に示されているように、高調波ひずみの正確な量はそれらを産出するプラズマの独性である。より正確には、イオン、電子密度、エネルギー、衝突頻度、中立成分とそれらのそれぞれの密度を含むプラズマパラメータはすべて、好ましい分離とそれに続く処理結果を達成するための電力供給源によって応用された基本周波数の特定高調波成分の振幅という独自の方法に寄与する一因となる。

30

40

【0004】

このように、電力供給源によって応用された基本周波数の高調波成分をモニタリングすることで、プラズマ堆積のエンハンスド処理制御およびエッチ処理が維持されるのは明らかである。したがって、そのようなRF高調波含有量をモニタリングすることでエンハンスド処理制御を提供するように設計されたいくつかの製品が作成された。残念なことに、この技術の幅広い普及は、利用可能な技術のいくつかの基本的制限のために、実現されていない。

【0005】

既存技術のもっとも顕著な制限の1つは製品構造に関係する。既存製品は典型的に、通常測定位置に置かれているトランスデューサパッケージ、および、典型的に測定位置から

50

離れて置かれている、対応する分析、制御、通信パッケージを含む。各トランスデューサパッケージは、独自の出力を提供するため、これら2つのパッケージは相互に作動するように特に較正されている。したがって、システムを較正することなく、1つのパッケージを他から独立させて置き換えることが可能でない。半導体処理ラインにおいて不動作時間はきわめて高価につくため、この欠陥は、必然的な維持およびこれらのRFセンサーを基にする処理制御ソリューションのユーザーにとってサポート問題を生み出す。

【0006】

いくつかの装置は、供給RF電力の高調波含有量をモニタリングすることが知られているが、各装置は単一の構成部品の正確な較正を要求する。既存ソリューションのプラズマ処理制御RFセンサーのために設計されたもとのハードウェアは次のうちのどれかひとつに基づいている：a) RFスイッチがバンドパスフィルタに経路を定められる；b) 方向性結合器；c) プログラム可能な局部発信器で有効になったヘテロダイン、またはデジタル信号処理回路。これらの設計の各々は、対応する分析と通信エレクトロニクスパッケージを有するトランスデューサパッケージを構成する。それぞれの場合において、全RFセンサ装置（トランスデューサパッケージと分析/通信パッケージを備える）を再較正する必要なく、どちらか一方の構成パッケージを置換できる設計ではない。

10

【0007】

したがって、能率の低下および再較正の必要なく、いかなるトランスデューサパッケージも、対応する分析および通信パッケージと適切に機能可能なフィールド交換戦略を有する方法および装置へに対して既存技術へのニーズが存在する。

20

【0008】

供給RF電力の高調波含有量のモニタリングをする既存装置に関するもう1つの問題は自己バイアス電圧に関係している。プラズマエッチング反応炉のRF電力は、容量結合された電極に送られるのが典型である。静電結合は電極表面に「自己バイアス」電圧を生み出すRF電力供給回路の方向に向かうDC電流の流れを停止させる。この「自己バイアス」電圧は常にマイナスで、基板に向かうプラズマイオンを促進させることでエッチ処理を助成する。そうして揮発、または重合処理に必要な活性化エネルギーを提供する。

【0009】

有益な効果を鑑みて、供給RF電力の構成成分とともに、システムの自己バイアス電圧について知っておくことが望ましい。しかしながら、これまでに、この技術に関して、供給RF電力の高調波含有量をモニタリングするための電圧サンプリングスキームがいくつか提案されたが、これらのスキームのどれも自己バイアス電圧がモニターされることがない。例えば、米国特許出願第5,867,020(Mooreら)が一般に使用される容量性結合RF電圧プローブを開示している。こうして、供給RF電力高調波含もまた、自己バイアス電圧がモニターされるようなかたちで、モニタリングする方法ということがこの技術で求められている。

30

【0010】

供給されたRF電力の高調波含有量をモニタリングする既存の装置に関するさらなる問題は誘導性トランスデューサのシールドングに関係するものである。半導体処理で使用される圧流レジムと多くのガスの分子の安定性が起因になって、比較的高RF電圧がプロセスプラズマを初期化して維持するためにしばしば要求される。加えて、ダイオードに似た特性のプラズマは、点火温度が高くなるとRF電流フローを引き起こす。DC電流フローが遮断される容量性結合電極にRF電力が典型的に送られる結果、DC「自己バイアス」電圧が生じる。したがって、DC結合RF電流トランスデューサが供給RF電流の電流成分をモニターする必要がない。しかしながら、正確なRF電流測定に著しく影響を与える可能性のある浮遊フィールド（磁気的および電氣的）からファラデーの法則にしたがって作動する単純な誘導性のモニタリング装置を保護する絶対的な必要がある。

40

【0011】

境界条件分析は接地したシールドは誘導性トランスデューサとRF電力キャリアの間におかなければならないと示している。それは、主要(primary)RF電流キャリア

50

からの電界放射からの誘導性トランスデューサを適切に遮断し、それによって電圧と電流間のクロストークを避けるためである。さらに、測定周囲(インピーダンスマッチング回路のコイルのような)にあり得る、浮遊電磁界から誘導性トランスデューサを遮断するために、誘導性トランスデューサは接地したシールドに入れられるべきである。不都合にも、トランスデューサを周囲の浮遊フィールドから保護する従来の遮蔽材の使用は、また好ましい主要RF電流磁場の測定を妨げる。

【0012】

この技術のさまざまな遮蔽材の設計が提案されてきた。しかしながら、これらの設計はどれも上記の虚弱質を克服しない。したがって、たとえば、U.S. 5, 808, 415 (Hopkins) および U.S. 6, 061, 006 (Hopkins) は、RF電流をモニタリングするために二重ループアンテナアプローチを教示している。U.S. 6, 501, 285 (Hopkinsら) は、各レイヤ間に通信を提供するために金属が充填されビアを用いて相互に結合した各プリント回路基板を使用して誘導源を組み立てるアプローチを教示している。U.S. 5, 834, 931 (Mooreら) はファラデーの法則のシングルターンの第一の原理の実施を教示している。それは、不都合にも、主要RF電流キャリアと誘導性ループ間のアーチ作用の傾向によって制限される。

10

【0013】

このように、この技術では、ファラデーの法則にしたがって作動する誘導性モニタリング装置を、正確なRF電流測定に著しく影響を与える可能性のある浮遊フィールド(磁気的および電氣的)から保護する方法のニーズがある。また、この技術では、好まれる主要RF電流磁場の測定を妨げないような装置のニーズもある。

20

【0014】

RF電源の高調波含有量のモニタリングに関するさらなる問題は、終点(end point)検知に関するものである。化学気相成長(CVD)およびプラズマ化学気相成長(PECVD)処理は過去20年間で半導体製造の必要不可欠な成分となった。CVDおよびPECVD処理は、犠牲層として、または、誘電体分離として金属層間で作用するために、低温度で誘電体膜を堆積するために一般的に使われる。

【0015】

付加価値はないが、本質的に、CVDおよびPECVDの双方に関係するプロセス工程は、堆積処理のあとに残った残留膜を取り除くために、チャンバーの洗浄に基づくプラズマおよび関連する成分を含む。堆積処理の間、その膜は意図的に半導体基板の上に堆積される。半導体基板がチャンバーから取り除かれるとチャンバー洗浄が行われ、そのようにして堆積処理の成功には必要不可欠ののだが、実際は半導体装置製造の一部ではない。チャンバー洗浄工程のための一般的な方法はプラズマを基にした堆積された膜の揮発である。

30

【0016】

プラズマを基にしたほとんどの処理で用いられる基本原則は、ラジオ周波(RF)電力の応用によってフィードガスを分離させるというものである。非付加価値イベントとして、チャンバー洗浄時間を最短にすることが重要である。また、延長した洗浄は実際、チャンバー成分を分解する可能性があり、その結果、生産制限粒子を作り出す。それゆえ、工程生産量を最大にしながらか製造コストを最小にするために、洗浄処理を中止する時期を知ることが必要である。洗浄処理を中止させる正確な瞬間は終点と呼ばれる。

40

【0017】

RF終点検知は供給RF電力の成分のモニタリングに基づいている。膜がチャンバー成分から取り除かれるとき、揮発した膜の副生成物はプラズマの中で容積測定的に減少する。プラズマ成分の中のこの容積測定変化が、RF電源回路によって見られるインピーダンス変化を生じさせる結果、引き続いてRF電圧、電流、位相角、自己バイアス電圧で変化が見られる。これらの信号で見られる変化をモニタリングすることにより、RF終点の正しい決定が維持され得る。著しく、膜タイプ、膜厚、パターン密度が生産から生産まで一貫して、検知器が適切に機能する必要はない。なぜなら信号分析アルゴリズムが相補要素

50

になるからである。

【0018】

半導体処理で供給RF電力の成分をモニタリングするためにさまざまな装置が設計されてきた。そのような装置は、たとえば、U.S. 5, 770, 992 (Waters)、U.S. 5, 565, 737 (Keane)、U.S. 6, 046, 594 (Mavretic)、U.S. 5, 808, 415 (Hopkins)、およびU.S. 6, 061, 006 (Hopkins)などの中で議論されている。これらのすべての装置は、供給RF電力のAC結合電圧および電流測定に基づく。供給されたRF電力のAC結合電圧および電流の測定は、高調波分析のための周波数弁別検知回路への入力信号として機能する。そのような構成は、ブロードバンドや高調波的にゆがめられたRF信号を分析するのに使われる検知回路に制限を設ける。さらに、これらの装置は、その後のアプリケーションに使われる前に、サンプル値信号を処理するためにインターフェース電気機器を必要とする。これらの各装置は、トランスデューサパッケージおよび、関連する分析またはインターフェース電気機器パッケージがともに較正されて全体の実行において失敗や劣化なしには、分離されないように構成されている。そのような構成の欠点はすでに議論した。このように、この技術において、装置がこれらの欠陥を克服する供給RF電力の高調波含有量をモニタリングするニーズがある。

10

【0019】

プラズマ反応炉への電源回路に関する別の問題は、RF電力供給回路の成分の診断に関することである。半導体製造設備は建設して稼働させるのに大変高額になる。したがって、製造用具の停止時間を最短にするためにあらゆる努力がなされ、オフライン用具の維持と回復は常に超過時間の束縛にある。しばしば、仕様に合わずに用具がオフラインにされると、回復努力は診断の欠如によって被害をこうむる。したがって、そのような回復努力はしばしば大変高額になる。

20

【0020】

図14はそのようなシステムの典型的な構成を示している。システム100はRFセンサー101、インピーダンスマッチング回路130、負荷150を構成する。ジェネレーター100は、周知のインピーダンス120を介してインピーダンスマッチング回路130に結合している。このインピーダンスは50オームのような典型的に公称特性値を有する。インピーダンス120はジェネレーターからインピーダンスマッチング回路130への最適な電力伝送装置である。マッチング回路130と負荷150の間のインピーダンス140は、通常知られていなく、時間経過によって変化する。

30

【0021】

ほとんどのRFジェネレーターは、「内蔵」出力測定能力を有しているが、典型的にインピーダンスマッチング回路から離れて位置している。インピーダンスマッチング回路の出力時の入力電力の測定は、歴史的にボロメーター、熱量計、ダイオード、他の計測タイプによって提供されてきた。同軸環境でRF電力測定を作成する方法の従来技術の例は、U.S. 4, 547, 728 (Mecklenburg)、U.S. 4, 263, 653 (Mecklenburg)、およびU.S. 4, 080, 566 (Mecklenburg)に見出され得る。これらすべては、RF電圧をサンプルするために誘導コイルのデザインに依存する。しかしながら、測定は、典型的には、維持とトラブル検出の間の診断と必要性によってのみ行われるため、設置の費用、軽便性および容易性は、主要な関心事である。

40

【0022】

インピーダンス回路網出力の電力を測定する典型的な従来の方法は、負荷に供給されるRF電力の、交流(AC)結合電圧および電流測定に依存する。これらの測定は、高調波分析を行うための周波数弁別回路に入力される。半導体プロセス内での、RF電力を供給するための部品をモニターする方法の従来技術の例は多くの特許に記載され、例えば、U.S. 5, 770, 992 (Waters)、U.S. 5, 565, 737 (Keane)、U.S. 6, 046, 594 (Mavretic)、U.S. 5, 808, 415 (

50

Hopkins)、およびU.S. 6,061,006(Hopkins)などである。これらのシステムは、また、ともに較正されるトランスデューサパッケージおよび、関連する分析、またはインターフェース電気パッケージを構成し、上記されたような虚弱質を有する(つまり、全体の実行の低下なしに、分離することができないということである)。

【0023】

従来のRF電力測定技術は、供給ネットワークの特性インピーダンス部分か、または2つの測定装置の統合なしに非特性インピーダンスセクションかのどちらかに、ソリューションを提供してきた。高価で、周波数弁別RFセンサーをインストールするのが困難なものを統合する試みがいくつかなされてきたが、価格と導入問題によってあまり受け入れられてきていない。このように、フィールドエンジニアのために素早く、簡単に、安価に、正確にRF電力供給回路の部品を診断して、もしあるとすれば、システムのどの成分に欠陥があるのかを決定する方法へのニーズがこの技術にある。

10

【0024】

上記のニーズは、ここでの開示とこの後の記述によって示される装置と方法論により満たされている。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0025】

(発明の概要)

1つの局面で、RF電力供給される装置に供給されるRF信号の高調波含有量をモニタリングするためにここにシステムが提供されている。このシステムは以下を備える:(a)RF信号の電圧をサンプリングし、その第1信号表示を出力するように適合された電圧トランスデューサと、(b)RF信号の電流をサンプリングし、その第2信号表示を出力するように適合された電流トランスデューサと、(c)電圧トランスデューサおよび電流トランスデューサの少なくとも一方と、好ましくは双方と通信する記憶装置。この記憶装置は、少なくとも一方の、好ましくは双方のトランスデューサに特有の較正情報を含む。較正情報はローカルに格納されているので、トランスデューサパッケージ、または分析および通信パッケージのどちらかの置き換えが、実行の劣化なしに、そして再較正の必要なしに、もう1つのパッケージから独立して起こる。

20

30

【0026】

別の局面で、RF電力供給される装置に送られるRF電力の高調波含有量をモニタリングするための方法と装置がここに提供される。AC結合されているために自己バイアス電圧の測定を防ぐ既存の電圧サンプルスキームとは異なり、ここに開示される方法と装置は、RF電圧のDC結合サンプリングを利用する。したがって、RF電圧と自己バイアス電圧は同時に同一測定点で測定される。RF電圧波形のブロードバンドサンプルと自己バイアス電圧のコンビネーションは、プロセス制御のために設定されたより完全なデータを提供する。

【0027】

また別の局面では、ここに提供されている方法と装置は、ファラデーの法則にしたがって作動する誘導性モニタリング装置を浮遊フィールド(磁気的および電氣的)から保護するためのものである。浮遊磁界は好ましいRF電流磁場の測定を妨げることなく、正確なRF電流測定に著しく影響を与える可能性がある。好ましくは、本方法にしたがって作成された装置が、RF電流トランスデューサと、金属表面と金属側面を構成するトランスデューサのための筐体を構成することである。その筐体は、以下のように構成されることが好ましい。その筐体が平面基板の上に置かれるとき、側壁は上面から傾いてその基板の方に傾く。また、側壁がその上面から間隔を空けて側壁がトランスデューサを周囲の電界または磁場から絶縁させるように適合されることが好ましい。上面は、第1の端壁または第2の端壁で支えられ得ていて、好ましくは接地され、側壁よりも高い。装置は、RF電流キャリアと通信して次のように使用される得る。装置がRF電流キャリアにもっとも近

40

50

い磁性 (m a g n e t i c) に置かれていて、また、上面は R F 電流キャリアからの電界干渉によって起こるクロストークを防ぐように適合されている。そのような実施態様では、側壁は、R F キャリアに関連する磁場を弱めることのないように配置されている可能性がある。

【 0 0 2 8 】

別の局面では、非高周波別弁 R F 堆積チャンバー洗浄終点検知器が、提供されている。この装置は、価格の点、導入、現場保全性、堆積チャンバー洗浄終点検知器の機能性制約を満たしている。R F 検知器は周波数弁別を使用しないので、さまざまな検出回路はブロードバンドや高調波的にゆがめられた R F 信号を分析することが可能である。これらはピーク検出器、平均検出器、真の R M S 検出器を含むがそれらに制限されていない。さらに、R F 検出器は他の一般に見られる R F センサーと異なるのは、その後のアプリケーションで使用される前に、サンプリングされた信号を処理する周波数弁別ユニットに要求されるインターフェース電子機器の必要がない点である。

10

【 0 0 2 9 】

さらに別の局面では、ここに提供されている方法と装置はインピーダンスマッチング回路の入力と出力での R F 電力の測定のためのものである。その回路の効率、回路の健全性を確認するため時間の経過とともに決定され、モニターされ得る。このように、好ましい実施態様では、周知のインピーダンス環境を介してジェネレーターに結合されているインピーダンス回路の入力での電力 P_i を測定するために方法が提供されている。この方法は次の工程を構成する、(a) R M S 電圧信号 ($V_{r m s}$) を生じさせるインピーダンス回路の入力での電圧に比例する信号を電圧検知器に接合させる、(b) R M S 電圧信号を処理してインピーダンス回路の入力での電力を決定する。入力電力は単純な公式を用いて決定される

20

$P_i = V_{r m s}^2 / (Z_c)$ 、ここで、 Z_c は特性インピーダンスとして知られる。

【 0 0 3 0 】

また別の局面では、インピーダンス回路の出力での電流を測定するため方法が提供されている。その方法は次の工程を構成する、(a) 出力での電圧 (V) および電流 (I) を決定する、(b) 測定された電圧 (V) および電流 (I) の位相の差を決定する、(c) これらの測定から電力 P_o を算出する。より詳しくは、その電力は次の公式から算出され得る：

30

$$P_o = V I \cos \theta$$

別の局面では、方法が提供され、ここでは、 P_i および P_o の測定値が、回路の効率 $\eta = P_o / P_i$ の測定を決定するのに利用される。インピーダンスマッチング回路の効率の評価は、回路の健全性を確認するのに利用される診断情報を提供する。

【 0 0 3 1 】

発明の別の局面によると、観測、記録、さらなる処理のために離れた位置への、インピーダンスマッチング回路の入力での R F 電力を決定するための第 1 R F センサーによる入力電力値の通信のための測定法が提供されている。これは、MODBUS 基準プロトコル、または T C P / I P への他の適切な通信プロトコル (たとえば、高スピードシリアルなど) を用いて達成されるのが好ましい。同様に、インピーダンスマッチング回路の出力での R F 電力を決定する第 2 R F センサーによって算出される出力電力値は、また、観測、記録、さらなる処理のため離れた位置と通信している。これも、また、T C P / I P への MODBUS 基準プロトコルを用いて達成されるのが好ましい。その効率は、それから、離れた位置で算出される。

40

【 0 0 3 2 】

本発明のまた別の局面によると、イーサネット (登録商標) 上の電力を經由して第 1、および / または、第 2 センサーへ電力を提供するための、測定法が開示されている。この測定法のいくつかの実施態様においては、独自の I P アドレスが、各センサー近くの記憶装置に格納され得、観測されている特定の測定方法の位置を確認する、離れた観測位置に

50

送信される。

【0033】

前記は、後に続く発明の詳細がよりよく理解され得るように、ここに順番に、開示される装置および方法論のいくつかの局面、特徴、技術的優位性の概説をしている。本発明のさらなる局面、特徴、優位性については、この後に説明される。ここで提供されている開示は、他の構成が、本発明と同様の目的のために実施されるように修正されたり設計されたりするための基本として容易に利用され得るということを、同業者によって認められるべきである。同業者は、そのような均等な構成はここでの教示の精神と範囲からかけ離れていないということ認識するであろう。

【0034】

同業者は、本開示のさまざまな局面はさまざまなコンビネーションとサブコンビネーションで使用され得、これらの各コンビネーションとサブコンビネーションはここで特に示されたかのように扱われるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0035】

本発明の好適な実施形態は図面に図示されている。類似の数字が使われており、さまざまな図面の類似および対応する部分を参照するために使用される。

A. プロセス制御のためのRFセンサー

図1を参照すると、ここでの教示に基づいて作られたRF制御された装置でのRFセンサーの利用を示すブロック図が示されている。この例示的なシステム10では、RFジェネレーター11(RF源)の形式をとっている電源は、伝送線14によってマッチング回路12を介して処理反応炉13と結合している。反応炉13は、プラズマ反応炉のように、半導体ウェーを含むさまざまな物質を処理するための、さまざまな反応炉であり得る。さらに、当業者は、電気またはマイクロ波エネルギー(RFを含む)源を利用するさまざまな処理システムの技術が知られることを認め、また、これらのシステムのどれかひとつ、またはそのようなシステムのさまざまな組み合わせはここに記載されている教示の実際として利用されると認める。さらにまた、マッチング回路12の使用が好ましい一方、ここに記載されているセンサーの全ての応用に必ずしも必要ではない。

【0036】

図1に示されているように、トランスデューサパッケージ15は反応炉13に最も近い伝送線14(典型的に同軸)に連続して挿入され、好ましくはマッチング回路12の後に配列される。好ましくは、トランスデューサパッケージ15を可能な限り反応炉13に最も近い位置に配置される。その結果、トランスデューサパッケージ15からの測定が反応炉13に入る実際のVとIの値を表示できる。VとIの両方の値が伝送線14上の同位置で実質的に検知されるのは、反応炉13に入る電力を決定し、ある場合にはVとI間の位相関係を決定するためである。

【0037】

適切なブロードバンド電圧トランスデューサ16および電流トランスデューサ17は、トランスデューサパッケージ15に組み込まれている。これらのトランスデューサは、供給RF電力の電圧成分および電流成分をそれぞれサンプリングするように設計されている。トランスデューサパッケージはさらに、高速アナログーデジタル変換器(ADC)63、デジタル信号処理装置(DSP)65、(好ましくは不揮発性の)記憶装置67を含む。トランスデューサパッケージ15はRF伝送線14に近い測定位置に維持される。

【0038】

図1に示されている構成は、さらにトランスデューサパッケージ15から離れて位置する分析通信パッケージ69を含む。トランスデューサパッケージ15と遠隔分析通信パッケージ69との間の通信は、典型的には、高速フーリエ変換(FFT)アルゴリズムの適切な動作に必要なDSPに送信される設定コマンドと、DSPからのFFTの結果とを含む。

【0039】

10

20

30

40

50

トランスデューサパッケージに含まれる記憶装置 67 は既存のトランスデューサパッケージに対して著しい改善が見られる。記憶装置はシステムによるアクセスのためのトランスデューサパッケージに特異な必要校正情報を格納し、また追跡目的のための通し番号や他の情報などのような他の適当な情報も格納し得る。トランスデューサのための校正情報がトランスデューサパッケージで有効なため、トランスデューサパッケージ、または関連した通信および分析パッケージのどちらかを置き換える必要があるときにシステムを再校正する必要がない。したがって、ここに公示されるトランスデューサパッケージは、トランスデューサパッケージ、または関連した通信および分析パッケージのどちらかを置き換える必要があるとき、校正維持に関する RF 検出器装置に共通の現場保持問題を解決する。図 1 を図 2 に合うように番号を付け替えることを推奨する。

10

【0040】

図 2 と 3 を参照すると、トランスデューサパッケージ 15 の 1 つの可能な実施態様が表示されている。図 2 はトランスデューサパッケージ 15 の各種構成部品の分解図である一方、図 3 は組み立て図である。筐体 20 はトランスデューサパッケージ 15 の各種構成部品を内蔵するために使用される。この実施態様の筐体 20 は長方形型の箱で一方向に入力を、その反対面に出力を有する。筐体 20 内に備えられている中心導体は、伝送線 14 (図 1 参照) の中心 (または内部) 導体のための伝導媒体を提供する。このように、中心導体 19 は、筐体 20 の入力端と出力端間との間において、主要伝送線 14 の駆動部分になる。筐体 20 の各端部の入力 / 出力 (I / O) コネクタ 21 は各端板 22 に取り付けられ、各端板 22 はそれから筐体 20 の各端部に取り付けられている。I / O コネクタ 21 の 1 つの端部は伝送回路 14 と結合する一方、他の端部は端板 22 の開口 25 に伸びていて中心導体 19 に結合している。伝導スリーブ 24 はコネクタ 21 のプラグの端部と、プラグより大きな開口を持つ伝導体 19 とを結合するために利用される。中心開口 26 を有する絶縁ワッシャ 23 は、各コネクタ 21 および各端板 22 が筐体 20 に取り付けられるとき、筐体 20 内の各端部にある中心伝導体 19 を中心的に支えるのに利用される。ネジ、ボルト、または他の留め具装置がコネクタ 21 を端板 22 に、端板 22 を筐体 20 に取り付けると利用される。

20

【0041】

電圧トランスデューサ 16 と電流トランスデューサ 17 は筐体 20 の両端の中ほどに実質的に取り付けられるが、筐体 20 の反対側に配置される。図 2、3 に記されているように、電圧トランスデューサ 16 と電流トランスデューサ 17 は筐体 20 に搭載され、それぞれ、アセンブリ 16、17 を筐体 20 内に搭載するためのカバー板 28、29 を有する。電圧トランスデューサ 16 と電流トランスデューサ 17 は、それぞれ別々のコネクタ 53、42 を有している。コネクタ 53、42 は、I / O コネクタ 21 同様、それぞれカバー板 28、29 まで伸びている。

30

【0042】

電流トランスデューサ 17 のひとつの可能な実施態様が図 5 により詳細に示されている。この実施態様の電流トランスデューサは U 字型ピックアップコイル (コイルループ) 40、平板 29、ターミネーション 41、コネクタ 42 を含む。ピックアップコイル 40 は同軸伝送線であり、伝導性リターンに囲まれた中心伝導体を有する。編み状のリターンを有する典型的な同軸ケーブルが使われるが、好ましい実施態様のコイルループ 40 は、内部導体を囲む固体金属製の外部ケーシングを利用する。この外部ケーシングはターミネーション端部においてプレート 29 と結合され、他の端部においてプレート 29 およびコネクタ 42 と結合されている。コイル 40 の内部導体 43 は 1 つの端部においてコネクタ 42 の内部導体と結合され、他の端部においてターミネーション 41 と結合されている。ターミネーション 41 は回路部品 (例えば、抵抗) であり、コイル 40 端部においてマッチングした終端インピーダンスを提供する。終端インピーダンスはコイル 40 の特性インピーダンスにマッチングしなくてはならず (例えば、50 オーム)、また、同様のことがコネクタ 42 に結合されている図 1 のトランスデューサパッケージ 15 にもされる。このように、コイル 40 の中心導体はその特性インピーダンスによって両端において終端され

40

50

る。コイル 40 の外部ケーシングは、切り込み（スリット）44 を U 字コイルの頂端に有し、頂端において外部ケーシングの電気接続を完全に中断する。このように、中心的に配置された切り込み 44 はコイル 40 の中心に位置する。外筒のみが切り込まれていて、コイル 40 の内部導体は切り込まれていないことを言及しておく。

【0043】

電流トランスデューサ 17 が組み立てられて筐体 40 内に配置されるとき、切り込み 44 を有するコイル 40 の中心部分は、図 3 に示されているように、中心導体 19 の開口に挿入される。絶縁スリーブ 45 が導体 19 の開口に挿入され、U 字型コイル 40（切り込み 44 有り）の頂端はスリーブ 45 に挿入される。絶縁スリーブは、導体 19 からコイルケーシング（グランド電位にある）を電氣的に絶断する。切り込み 44 は絶縁スリーブ 45 内に位置する。好ましくは、絶縁スリーブ 45 が T E F L O N（登録商標）ブランドのフルオロポリマー、または変遷域にマッチングするインピーダンスを提供する所望の誘電率を提供できるような素材で製造される。

【0044】

一部の実施形態においては、コイル 40 は導体 19 の中心に完全に挿入されないことがあることを言及しておく必要がある。この場合、絶縁スリーブ 45 は必要でないかもしれない。そのような実施態様では、ファラデーの法則は完全には施行されないかもしれない。したがって、適切な較正を要する。しかしながら、それにもかかわらず、このタイプのアプローチは、アークの可能性を解決できる点において有利である。それが、絶縁スリーブ 45 を使用する主な理由である。

【0045】

プレート 29 が筐体 20 に取り付けられ、伝送線 14 のリターンパスの一部を形成する。そのため、コイル 40 のケーシングはその両端においてグランドされ、しかしながら、切り込み 44 があるため、継続的なグランドパスを形成しない。そのため、プレート 29 が筐体 20 に取り付けられている。

【0046】

電圧トランスデューサ 16 の 1 つの可能な実施態様が図 6 に、より詳細に示されている。電圧トランスデューサは、同軸線 52 の内部導体に結合されている平らな伝導プレート 50 を含む。同軸線 52 の他の端部は、カバー板 28 に備えられているコネクタ 53 に結合される。図 1 のトランスデューサパッケージ 61（おそらく 15）は、電圧トランスデューサ 16 によって検知された電圧を計測するためにコネクタ 53 に結合される。インストールされるとき、同軸線 52 はコネクタ 53 に結合される外部線と同一のインピーダンスを有し、また（図 2 の）トランスデューサパッケージ 15 はインピーダンスマッチングされる。したがって、インピーダンスは、トランスデューサパッケージ 15 から、プレート 50 と（典型的にはんだ接合を介して）結合する導体 51 の先端までマッチングする。

【0047】

カバー板 28 を備えつけて電圧トランスデューサ 16 が筐体 20 に組み込まれるとき、平板 50 は中心導体 19 にもっとも近い位置に備えられるが、中心導体 19 にふれることも、外部導体 18 にふれることもない。プレート 50 は電流プローブ 17 と同様に、導体 19 のほぼ中ほどに沿って置かれる。電圧トランスデューサ 16 が導体 19 を隔てて電流トランスデューサ 17 の反対側に置かれることが好ましい。電流および電圧が中心導体 19 の同一のライン位置で感知されるのが望ましいのは、正確な電力測定（ $P = V \times I$ ）が得られるようにするためである。

【0048】

従来から知られるこのタイプの既存の装置と方法論に対する、上記の装置と方法論の特徴のひとつは、高周波アナログ信号を、局部的に測定ポイントを処理するために、適切なデジタルプロトコルに変換することである。必要な較正情報の局部的な蓄積と組み合わせられるとき、この特徴によって測定値の較正されたデジタル出力が提供される。

図7、8は、ここでの教示にしたがって形成されたDC結合RFセンサ電圧トランスデューサ101の実施態様の側面図、平面図である。電圧トランスデューサ101はDC結合という点において、図2、3、4、6の電圧トランスデューサ16と異なり、それが、DC自己バイアス電圧の測定を可能にする。ここに見られるように、このトランスデューサは主要RF電流キャリア（図示されていない）と直接的接触を有するベリリウム銅バネ103を備える。この構成は以上のように圧入接続が平坦、または円筒形電流キャリアのどちらかに維持される。DC結合RF電圧トランスデューサ101は、第1の高電圧用107と、第2の高電圧用109の無誘導性抵抗、およびDC自己バイアス高電成分からRFを分離するために適合されたバイアスT字装置111から構成される。高電圧RFおよび高電圧自己バイアス電圧は両方とも、比率 $(R2 / (R1 + R2))$ にしたがってサンプリングされる。ボンドパットは、RF電圧 (V_{RF}) 115、DC電圧 (V_{DC}) 117、アース端子(GND)119のための表面実装装置出力の接続を提供する。

10

【0049】

DC結合RF電圧トランスデューサ101が適切な誘電体ケース（図示されていない）に入れられるのは、周囲の環境から保護するためである一方、負荷インピーダンスの影響を最小に抑えるためである。最小にできない場合、RF電力供給ネットワークによって見られる特性が変わり得る。ここに記されているように、電圧トランスデューサは、また適切な周波数依存分析電子機器と結合されて、高周波成分分析、関連する測定の検知器回路、適切に構成されたRF電流トランスデューサを提供し得る。

20

3. 半導体処理のためのRF検知器

図9は、ここでの教示にしたがって作成されたRF検知器401（図示されていない）の1つの可能な実施態様の機能構築を示している。RF検知器は、RF電力供給回路405とプラズマRF負荷407の間のRF電力供給線403に結合されている。適切なDC結合RF電圧トランスデューサ409とAC結合電流トランスデューサ411が使用ポイントのRF電圧と電流信号をサンプリングするために使われる。これらのサンプルは、それから好ましい測定の正確さに応じてさまざまな手段の検知器に利用される。

【0050】

RF検知器401は、電圧トランスデューサ409による信号出力をDC成分とRF成分に分離するバイアスT字装置413を含む。信号のDC成分はDCバイアス検知器415に入力され、DCバイアス検知器415はDC電圧 (V_{DC}) パラメータを出力する。信号のRF成分は、第1の2ウェイ0°スプリッタ417に入力される。第1の2ウェイ0°スプリッタ417は、RF電圧 (V_{RF}) パラメータを出力するRF電圧検知器419および位相検出器421と通信する。

30

【0051】

RF検知器401はさらに第2の2ウェイ0°スプリッタ423を含む。第2の2ウェイ0°スプリッタ423は、RF電流 (I_{RF}) パラメータを出力するRF電流検知器425および、位相検出器421と、通信する。位相検出器421は、第1と第2の2ウェイ0°スプリッタ（417、423）からの入力に基づいたRF電圧 (PH_{RF}) パラメータに関するRF電流の位相角を出力する。

【0052】

正確な規格を持たない共通のアプリケーション、また動作電力を備え付けることが好まれないアプリケーションには、検知器は、ピークの、または平均の性質であり得る。正確さが表明され、動作電力が備え付けられるアプリケーションには、検知器は「真のRMS」タイプであり得る。

40

【0053】

周波数弁別能力を削除することで、コストと終点検知器の物理的大きさが共に最小となることにより、装置を円滑にさせて、装置のアプリケーションを広げる。出力された信号は、電圧と電流波形の高調波ひずみのために、ピークの、または平均的な検知器に典型的に相対的な正確性を有するのみになる。しかし、分析ソフトウェアで使われる較正係数を提供することで、真のRMS検知器が正確に作成される。

50

【0054】

U.S. 5, 576, 629 (Tompkinsら) および U.S. 5, 9393, 886 (Turnerら) は、供給 RF 電力成分を制御する方法とシステムを開示し、その方法とシステムが終点検知のためにどのように使われる可能性があるかを記述している。しかし、これらの関連特許に記載されているアプローチに反して、ここに記載されているアプローチには、供給 RF 電力成分は制御されていない。むしろ、対応する信号が実際の制御が、U.S. 5, 576, 629 (Tompkinsら) および U.S. 5, 9393, 886 (Turnerら) などに記載されているシステムに利用されるのを受けて、これらの成分は単に検知される。

4. RF センサ電流トランスデューサ

10

図10～図12はここでの教示にしたがって作られた RF センサの表面実装トランスデューサコイル303の筐体アセンブリ301を図示している。この筐体アセンブリは、上面305、第1側壁307と第2側壁309(図11, 12を参照)、第1端壁311と第2端壁313(図10, 11を参照)から成る。フランジ315と316で仕切られるこの端壁は、接続パッド321, 323をそれぞれ経由して基板318に取り付けられている。同様に、側壁307, 309は、それぞれ、接続パッド325および327を介して、基板318に搭載されている。

【0055】

図10では、筐体アセンブリ301内の側壁が、表面実装トランスデューサコイル303の設置が簡単にわかるように、明瞭さのために省略されている。トランスデューサコイル303はファラデーの法則に従って動作し、第1接続パッド317、第2接続パッド319を經由して基板318に取り付けられる。

20

【0056】

上面305は、金属性であることが好ましいが、クロストークを防ぐために適合されている。クロストークは、トランスデューサコイル303に近い磁石に置かれている RF 電流キャリア(図示されていない)からの電界干渉が原因で起こる。側壁307, 309もまた金属性であることが好ましい。側壁の主な目的は、トランスデューサコイル303を浮遊の電場あるいは磁場から絶縁させるためである。浮遊の電場あるいは磁場は周囲環境に存在する可能性があり、誘導エラーが原因で測定劣化を起こす。

【0057】

30

筐体301アセンブリの平面図である図11に示されているように、この筐体は基板318の上に置かれているので、第1側壁307と第2側壁309は基板318に対してある角度で置かれ、側壁は上面305に傾斜したかたちにある。側壁307, 309が基板318に対して傾いている角度は、側壁が主な RF 電流キャリア(図示されていない)からの磁場を弱めることのない角度で定められる。さらに、図12に見られるように、側壁307, 309は上面305とは違う高さであることが好ましい。基板318に対する側壁307, 309の角の配置と、側壁307, 309の高さの低減の結果、主要 RF 伝導体からの磁場線に一種の漏れを創る。

5. RF 電力供給診断システム

ここでの教示にしたがって作成される好ましい RF 電力供給診断システムの実施態様は図13に図示されている。ここに示されているように、システム201は RF ジェネレータ203、インピーダンスマッチング回路205、プラズマ負荷207を含む。プラズマ負荷207は、たとえばプラズマエッチング反応炉といった、さまざまな RF を原動力とする装置に反応する可能性がある。

40

【0058】

第1 RF センサ209はインピーダンスマッチング回路の入力における RF 電力を測定するために提供され、第2 RF センサ211はインピーダンスマッチング回路の出力における RF 電力を測定するために提供されている。センサー209および211からの結果として生じる測定は隔たった位置で伝達され得る。

【0059】

50

R F 電力ジェネレーター 2 0 3 は、電力線 2 1 3 を介してインピーダンスマッチング回路 2 0 5 に結合している。電力線 2 1 3 はインピーダンス Z_c を示すインピーダンス環境を有する。典型的に、 Z_c 値は約 5 0 オームであるが、同業者は、他のインピーダンスを出す環境にしばしば遭遇することを認め、ここに示すシステムが特別なインピーダンス値に限られていないことを認める。

【 0 0 6 0 】

第 1 R F センサ 2 0 9 内に、別々のインピーダンス Z_1 、 Z_2 を有するインピーダンス成分 2 1 5、2 1 7 を構成する電圧分圧回路がある。分圧回路は、R M S R F 電圧検知器 2 2 1 にインピーダンスマッチング回路 2 0 5 の入力時の R F 電力に比例した電圧を提供する。分圧回路のインピーダンス成分 2 1 5 および 2 1 7 は、抵抗成分、かつ / または、容量成分とともに導入される可能性があり、それによって、従来技術の誘導性コンポーネントに遭遇する実行の困難さが排除される。

10

【 0 0 6 1 】

分圧回路からの検知器 2 2 1 への電圧入力に応じて、検知器 2 2 1 はインピーダンスマッチング回路 2 0 5 の入力での R M S 電圧表示の出力アナログ信号を生成する。電圧検知器 2 2 1 は商業的に利用可能な集積回路を用いて導入され得る。

【 0 0 6 2 】

処理装置 2 2 8 はセンサ 2 0 9 内に組み込まれている。処理装置 2 2 8 は R F 電圧検知器 2 2 1 の出力を受け、アナログ・デジタル変換器 (A D C) 2 2 3 を介してデジタル信号に変換する。処理ユニット 2 2 5 は A D C 2 2 3 からのデジタル信号を受ける。処理ユニット 2 2 5 は、マイクロプロセッサやここに記されている必要な機能達成する能力がある他のデジタル装置を用いて実施され得る。処理ユニット 2 2 5 は、また、校正係数を含む搭載されている記憶ユニット 2 2 7 に結合している。校正係数は、公称値からのコンポーネント偏差によって起こる誤差を修正するために用いられる。たとえば、もし抵抗が、インピーダンス成分 2 1 7、2 1 9 として、それぞれ分圧回路の成分 Z_1 、 Z_2 に用いられると、これらの抵抗は典型的に公称値からわずかにそれる。

20

【 0 0 6 3 】

校正係数は、たとえば、校正係数は、そのような誤差を修正するための多項式解法を実施するために選択され得る。

【 0 0 6 4 】

$$y = c + b x + a x^2 \quad (\text{方程式 1})$$

ここで、 x が検知器 2 2 1 からの R M S 信号の入力デジタル表示で、 a 、 b 、 c は記憶ユニット 2 2 7 からの校正係数で、 y が校正された R M S 信号、 $V_{r m s}$ である。そして、インピーダンスマッチング回路 2 0 5 への入力での R M S R F 電力は、方程式 1 にしたがって決定される：

$$P_i = V_{r m s}^2 / (Z_c) \quad (\text{方程式 2})$$

Z_c はジェネレーター 2 0 3 をインピーダンスマッチング回路 2 0 5 に結合させる電力線 2 1 3 の特性インピーダンスとして知られる。

【 0 0 6 5 】

測定された入力電力は、それから、離れた位置と通信され得るか、もしくは、代わりに、または、加えて出力電力センサと通信され得るかのどちらかで、観測や記録、送信、さらなる処理がされる。離れた場所、および / または、出力電力センサと入力電力センサ間の通信は、T C P / I P に標準プロトコルを用いる M O D B U S 2 2 9 によって実施されることが好ましい。さらに、同様の通信ポートがイーサネット (登録商標) への電力を用いる入力電力センサへ電力を提供して、センサ上の単一データおよび電力アクセス・ポイントを許容し得る。

40

【 0 0 6 6 】

記憶ユニット 2 2 7 は、また第 1 R F センサ 2 0 9 の特定の測定位置を確認する I P アドレスを格納し得る。このようにして、たとえば、異なった位置での複数のセンサを有する回路では、各位置への通信が提供されることで、電力測定が行われ、電力測定からの位

50

置の確認を受ける場所の選択ができるようになる。

【0067】

インピーダンス回路205の出力での電力は、出力電力センサ211によって測定される。回路205の出力での電圧は、DC結合電圧トランスデューサ241であり、好ましい実施態様では、感知された電圧を低減する電圧分圧器として基本的に作用する。電圧トランスデューサ241の出力は、供給電圧のDC成分とAC成分を分離する、バイアスT字装置243に送り込まれる。DC成分はDCバイアス検知器245によって検知され、AC成分は第1の2ウェイ電力スプリッタ247に送られる。第1の2ウェイ電力スプリッタ247の1つの分岐は、RF電圧検知器259に接続し、第1の2ウェイ電力スプリッタ247のもう1つの出力分岐は位相検出器251に接続する。

10

【0068】

インピーダンスマッチング回路の出力時の電流はAC結合された電流トランスデューサ253であり、この出力は第2の2ウェイ電力スプリッタ255に送られる。第2の2ウェイ電力スプリッタ255の1つの分岐はRF電流検知器257に接続し、もう1つの出力分岐は位相検出器251に接続する。

【0069】

位相検出器251は、第1の2ウェイ電力スプリッタ247から受ける電圧信号と第2の2ウェイ電力スプリッタ255から受ける電流信号との間の位相の違いを測定する。RF電圧検知器259は、インピーダンス回路259の出力での電圧のRMS値の表示信号を提供する。RF電流検知器257はインピーダンス回線205の出力での電流のRMS値の信号表示を提供する。DCバイアス検知器245の出力、位相検出器251の出力、RF電圧検知器259の出力、およびRF電流検知器257の出力は、アナログーデジタル変換器(ADC)261への入力である。ADCは、組み込まれているCPU230内に配置され、処理ユニット263を用いてこれらの信号をデジタルに変換する。

20

【0070】

処理ユニット263は、マイクロプロセッサ、または、ここに記されている必要な機能を遂行する能力のある他のデジタル装置を用いて実施され得る。処理ユニット263はまた較正パラメータを含む搭載されている記憶ユニット265と結合している。較正パラメータは、たとえば、公称値からの構成部品偏位が原因でのエラーを修正するために使用される。

30

【0071】

較正係数は、たとえば、上記の方程式1のような多項式解法を実施して、次のような誤差を修正することがある。ここで、 x がRF電圧検知器257、またはRF電流検知器259からのRMS信号の入力デジタル表示で、 a 、 b 、 c が特定の検知器からの信号のための記憶ユニット265からの較正係数で、 y が較正されたRMS出力信号 V_{rms} 、または I_{rms} である。すると、インピーダンスマッチング回路205の出力時のRMS RF電力は計算によって決定される：

$$P_o = V_{rms} I_{rms} \cos \quad (\text{方程式 3})$$

ここで、 \cos は電圧と電力間の位相のコサインである。

【0072】

測定された出力電力は、それから、離れた位置と通信され得るか、または、入力電力センサと代わりに、もしくは、加えて通信され得て、観測や記録、送信、さらなる処理がされる。離れた場所、および/または、入力電力センサと出力電力センサ間の通信は、TCP/IPに標準プロトコルを用いるMODBUS267によって実施されることが好ましい。さらに、同様の通信ポートがイーサネット(登録商標)技術への電力を用いる出力電力センサへ電力を提供して、第2RFセンサ211上の単一データおよび第2のRFセンサ211の電力アクセス・ポイントを許容し得る。記憶ユニット265はまた、位置を確認することによって、第2RFセンサ211の特定の測定位置を確認するIPアドレスを格納し得る。このようにして、たとえば、異なった位置での複数のセンサを有する回路網での、各位置への通信が提供されることで、電力測定が行われ場所の選択、および電力

40

50

測定を受け取る位置の識別ができるようになる。

【0073】

入力電力を P_i , 出力電力を P_o と仮定してみると、インピーダンスマッチング回路 205 の健全性をトラックする時間中、効率 (η) が算出されて観測される。効率 (η) は離れた位置で算出され得るか、または、第 1 RF センサー 209 ユニット内か第 2 RF センサー 211 ユニット内で算出され得る。

【0074】

同業者は上記の技術を認めるであろう。つまり、ここに記されている RF 電力供給診断システムが、インピーダンスマッチング回路の入力電力の測定と、インピーダンスマッチングの出力時の電力の両方の測定を提供することにより、インピーダンスマッチング回路を含む全 RF 電力供給回路の診断的特性を可能にするというものである。さらに、本発明は、各測定地点の較正情報を維持する能力を提供し、これまでの発明方法の周波数弁別および高調波分析を回避することが可能である。

10

6. コンビネーションとサブコンビネーション

ここに記されている装置および方法論は、相互にさまざまなコンビネーションとサブコンビネーションで使用されることがあり得、また、各種便利な装置に帰着している較正部品に使用されることもあり得る。たとえば、周知の技術として知られる各種周波数依存 RF センサは、ここに開示されている RF 電圧トランスデューサと RF 電流トランスデューサの一方または両方のコンビネーションで使われ得、かつ、またはここに開示される電力供給診断システムと RF センサの一方または双方とのコンビネーションで使われ得る。このように、特に、周知の技術として知られる各種周波数依存 RF センサはここに開示されている RF 電圧トランスデューサと RF 電流トランスデューサのコンビネーションで使用され得る。また、周知の技術として知られる各種周波数依存 RF センサはここに開示される RF 電圧トランスデューサと RF 電流トランスデューサのコンビネーションで使用され得、さらにここに開示されている電力供給診断システムと RF センサのコンビネーションで使用され得る。

20

【0075】

同様に、ここに開示されている非周波数依存 RF 検知器は、ここに開示されている RF 電圧トランスデューサと RF 電流トランスデューサの一方または両方との通信に使われ得る。たとえば、ここに開示される非周波数依存 RF 検知器は、ここに開示される RF 電流トランスデューサと電圧トランスデューサのコンビネーションで使用され得る。これらのコンビネーションは、ここに開示される RF センサと電力供給診断システムの一方または両方とのコンビネーションでさらに使用され得る。たとえば、ここに開示される非周波数依存 RF 検知器は、ここに開示される RF 電流トランスデューサと RF 電圧トランスデューサのコンビネーションで使用され得、さらにはここに開示される RF センサと電力供給診断システムのコンビネーションで使用され得る。

30

【0076】

加えて、ここに開示される RF センサは、ここに開示される RF 電圧と RF 電圧トランスデューサの一方または両方のコンビネーションで使用され得る。たとえば、ここに開示される RF センサはここに開示される RF 高周波と RF 電圧トランスデューサのコンビネーションで使用され得る。

40

【0077】

ここに開示される各種装置と方法論が詳細に記述されてきたが、同業者は、ここに示される教示の精神と範囲から逸脱することなく、さまざまな変化、置換、変更がなされることを認めるだろう。

【図面の簡単な説明】

【0078】

【図 1】ここでの教示にしたがって作成された RF 検知器の機能ブロック図である。

【図 2】ここでの教示にしたがって作成された RF 検知器の組立分解図である。

【図 3】図 2 の RF 検知器の斜視図であり、装置の側壁は図解のために透明になっている

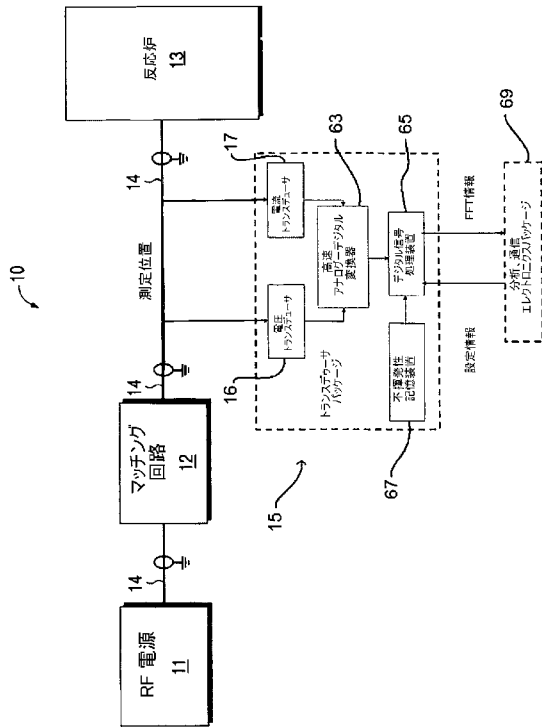
50

。

- 【図4】図3のRF検知器の、部分断面の、側面図である。
- 【図5】ここに開示される装置と方法論で用いられる電流トランスデューサの側面図である。
- 【図6】ここに開示される装置と方法論で用いられる電圧トランスデューサの側面図である。
- 【図7】ここでの教示にしたがって作成されたトランスデューサの側面図である。
- 【図8】ここでの教示にしたがって作成されたトランスデューサの平面図である。
- 【図9】ここでの教示にしたがって作成された終点の機能ブロック図である。
- 【図10】ここでの教示にしたがって作成されたRFセンサ電流トランスデューサのための遮蔽スキームの側面図である。
- 【図11】ここでの教示にしたがって作成されたRFセンサ電流トランスデューサのための遮蔽スキームの平面図である。
- 【図12】ここでの教示にしたがって作成されたRFセンサ電流トランスデューサのための遮蔽スキームの側面図である。
- 【図13】インピーダンスマッチングネットワークの入力時のRF電力の測定のためのRFセンサの概略的な図である。
- 【図14】従来のRF電力供給システムの図である。

10

【図1】



【図2】

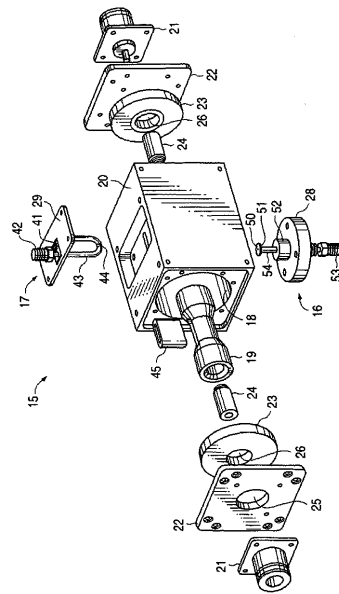


FIG. 2

【 図 3 】

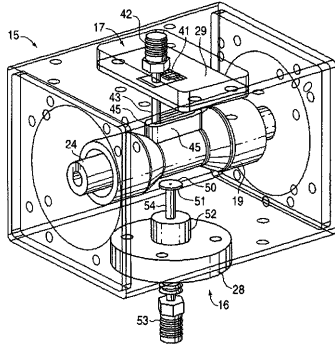
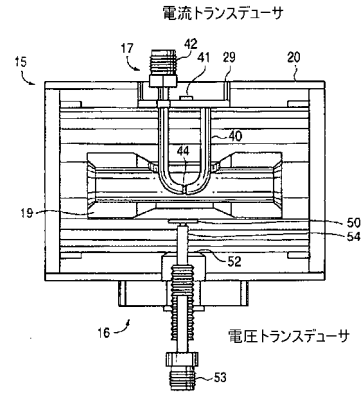


FIG. 3

【 図 4 】



【 図 5 】

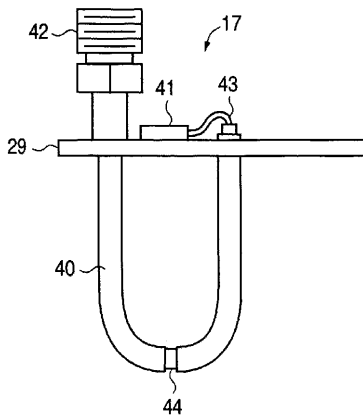


FIG. 5

【 図 6 】

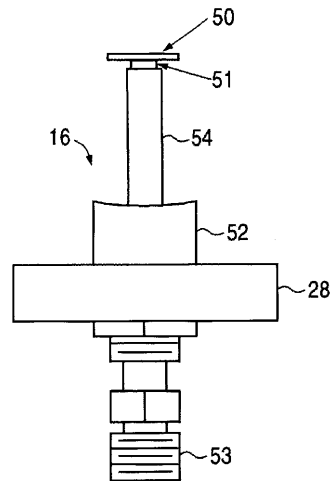


FIG. 6

【 図 7 】

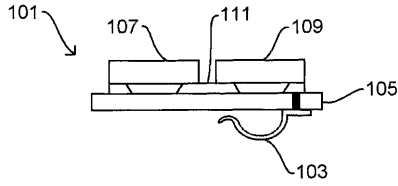


FIG. 7

【 図 8 】

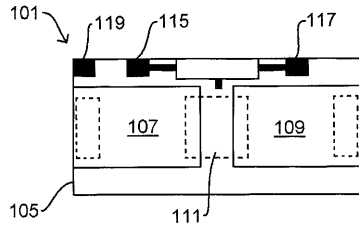
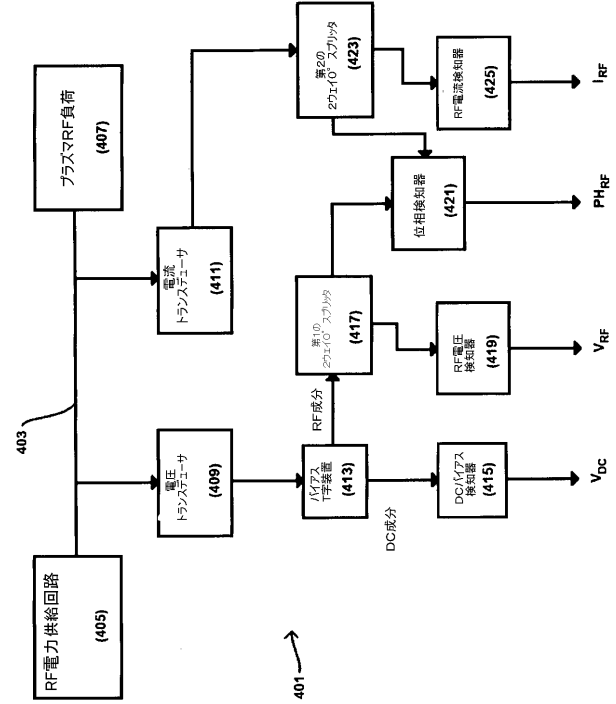


FIG. 8

【 図 9 】



【 図 1 0 】

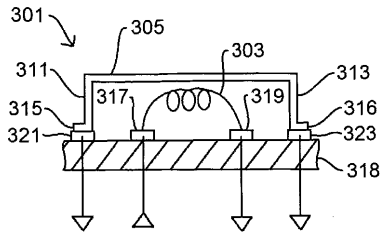


FIG. 10

【 図 1 2 】

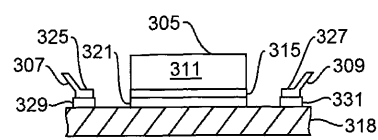


FIG. 12

【 図 1 1 】

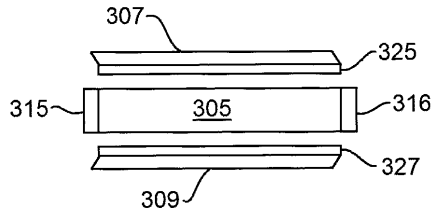
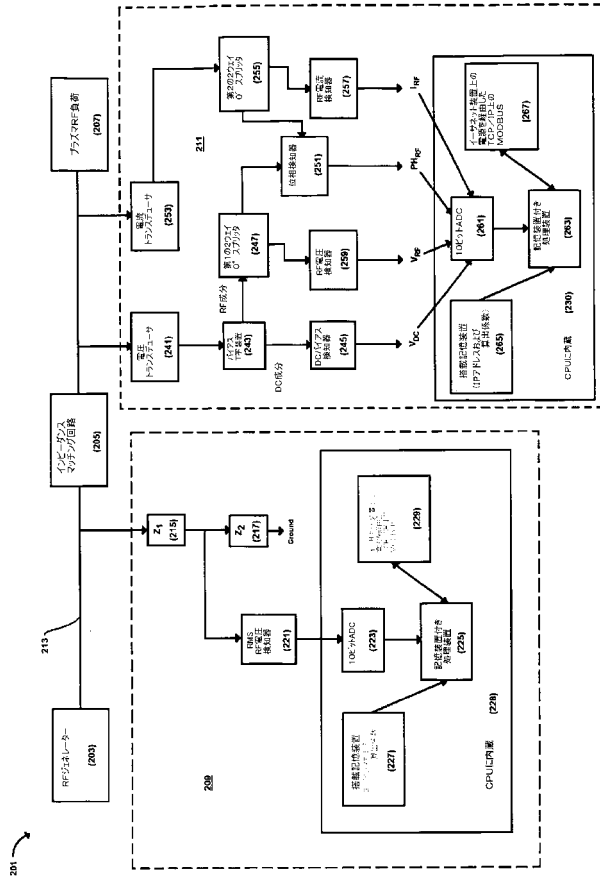
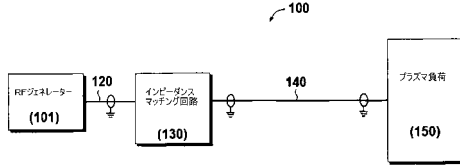


FIG. 11


【図13】



【図14】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US03/30303
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
IPC(7) : H01J 7/24 US CL : 315/111.21, 291, 307, 308; 324/76.11, 76.21; 367/13 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) U.S. : 315/111.21, 291, 307, 308; 324/76.11, 76.21; 367/13		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched NONE		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) Please See Continuation Sheet		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6,046,594 A (MAVRETIC) 04 April 2000 (04.04.2000), Figures 1-3; column 3, lines 6-13, 25-28; column 4, lines 56-63; column 5, lines 11-19.	1-9, 13
A	US 5,565,737 A (KEANE) 15 October 1996 (15.10.1996), see entire document.	1-13
A	US 5,343,404 A (GIRGIS) 30 August 1994 (30.08.1994), see entire document.	1-13
A	US 4,263,653 A (MECKLENBURG) 21 April 1981 (21.04.1981), see entire document.	1-13
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents:		
"A"	document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T"
"E"	earlier application or patent published on or after the international filing date	"X"
"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)	"Y"
"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	
Date of the actual completion of the international search 24 March 2004 (24.03.2004)		Date of mailing of the international search report 16 APR 2004
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. (703) 305-3230		Authorized officer THUY VINH TRAN Telephone No. (571) 272-1828 

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US03/30303

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of Item 1 of first sheet)

This international report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claim Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. Claim Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. Claim Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of Item 2 of first sheet)This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
Please See Continuation Sheet

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.: 1-13

Remark on Protest The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
 No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/US03/30303

BOX II. OBSERVATIONS WHERE UNITY OF INVENTION IS LACKING

This application contains the following inventions or groups of inventions, which are not so linked as to form a single general inventive concept under PCT Rule 13.1.

Group I, claims 1-13, drawn to a system for monitoring the harmonic content of the RF signal delivered to an RF power device.

Group II, claims 14-17, drawn to a system and a method for measuring power at the output of an impedance network.

Group III, claims 18-30, drawn to a method of monitoring an RF powered device employing a probe for sampling voltage.

Group IV, claims 31-44, drawn to a detector and a method for detecting voltage/current of an RF device.

Group V, claims 45-52, drawn to a mechanical structure of a device containing an RF current transducer.

The inventions listed as Groups I-V do not relate to a single general inventive concept under PCT Rule 13.1 because, under PCT Rule 13.2, they lack the same or corresponding special technical features for the following reasons: In the instant case, the inventions Groups I, II, III, IV, and V are not disclosed as capable of use together and they have different modes of operation, different functions, or different effects. While Group I is employed for monitoring the harmonic content of an RF signal, Group II is for measuring power at an output of an impedance network, Group III is for monitoring an RF powered device, Group IV is for detecting voltage/current of an RF device, and Group V is of a mechanical structure of a device containing the RF current transducer.

Continuation of B. FIELDS SEARCHED Item 3:

EAST Text Search

search terms: monitoring, RF or radio frequency, voltage, current, detecting or sensing, harmonic, memory, calibration or adjustment

フロントページの続き

- (31)優先権主張番号 60/468,413
(32)優先日 平成15年5月6日(2003.5.6)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 60/486,983
(32)優先日 平成15年7月14日(2003.7.14)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 60/487,745
(32)優先日 平成15年7月16日(2003.7.16)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 10/668,398
(32)優先日 平成15年9月23日(2003.9.23)
(33)優先権主張国 米国(US)

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,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,HU,IE,IT,LU,MC,NL,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,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ, EC,EE,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,M W,MX,MZ,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM ,ZW

(72)発明者 ターナー , テリー アール .
アメリカ合衆国 テキサス 78733 , オースティン , シーニック フラッフ 9505