

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5643301号
(P5643301)

(45) 発行日 平成26年12月17日(2014.12.17)

(24) 登録日 平成26年11月7日(2014.11.7)

(51) Int.Cl. F I
H05H 1/46 (2006.01)
H05H 1/46 L
H05H 1/46 R

請求項の数 19 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2012-515098 (P2012-515098)	(73) 特許権者	592010081
(86) (22) 出願日	平成22年6月9日(2010.6.9)		ラム リサーチ コーポレーション
(65) 公表番号	特表2012-529750 (P2012-529750A)		LAM RESEARCH CORPOR
(43) 公表日	平成24年11月22日(2012.11.22)		ATION
(86) 国際出願番号	PCT/US2010/037942		アメリカ合衆国, カリフォルニア 945
(87) 国際公開番号	W02010/144555		38, フレモント, クッシング パークウ
(87) 国際公開日	平成22年12月16日(2010.12.16)		エイ 4650
審査請求日	平成25年6月4日(2013.6.4)	(74) 代理人	110000028
(31) 優先権主張番号	61/186,710		特許業務法人明成国際特許事務所
(32) 優先日	平成21年6月12日(2009.6.12)	(72) 発明者	ロング・マオリン
(33) 優先権主張国	米国 (US)		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
			エイ, 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】 プラズマ処理システム及び電力分配器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくともウエハを処理するためにプラズマを生成するプラズマ処理システムであって、

前記プラズマの少なくとも第1の部分の維持するための第1の電流を伝導する第1のコイルと、

前記プラズマの少なくとも第2の部分の維持するための第2の電流を伝導する第2のコイルと、

前記第1の電流および前記第2の電流を供給するための電源であって、前記第1のコイルおよび前記第2のコイルに電気接続されている電源と、

前記第1の電流のアンペア数および前記第2の電流のアンペア数の一方を調節するための第1の並列回路であって、前記電源と前記第1のコイルおよび前記第2のコイルの少なくとも一方との間に電気接続され、少なくとも第1のインダクタと第1の可変コンデンサとを備え、前記第1のインダクタおよび前記第1の可変コンデンサは、互いに並列に電気接続されている、第1の並列回路と、
を備え、

前記プラズマ処理システムは、前記第1の電流の前記アンペア数および前記第2の電流の前記アンペア数の一方または両方を調節するための多くとも1つの可変コンデンサを備え、前記多くとも1つの可変コンデンサは、前記第1の可変コンデンサである、プラズマ処理システム。

10

20

【請求項 2】

請求項 1 に記載のプラズマ処理システムであって、前記第 1 の電流の前記アンペア数および前記第 2 の電流の前記アンペア数の一方または両方を調節するための多くとも 1 つの並列回路を備え、前記多くとも 1 つの並列回路は、前記第 1 の並列回路である、プラズマ処理システム。

【請求項 3】

請求項 1 に記載のプラズマ処理システムであって、

前記第 1 の並列回路は、前記第 2 の電流の前記アンペア数ではなく、前記第 1 の電流の前記アンペア数を調節するための並列回路であり、

前記第 2 のコイルは前記第 1 のコイルを取り囲んでいる、プラズマ処理システム。

10

【請求項 4】

請求項 3 に記載のプラズマ処理システムであって、さらに、前記第 2 の電流の前記アンペア数を下げるための第 2 のインダクタを備え、前記第 2 のインダクタは、前記電源と前記第 2 のコイルとの間に電気接続され、前記第 2 のインダクタおよび前記第 1 の並列回路は、互いに異なるコイルに電気接続されている、プラズマ処理システム。

【請求項 5】

請求項 1 に記載のプラズマ処理システムであって、

前記第 1 の並列回路は、前記第 1 の電流の前記アンペア数ではなく、前記第 2 の電流の前記アンペア数を調節するための並列回路であり、

前記第 2 のコイルは前記第 1 のコイルを取り囲んでいる、プラズマ処理システム。

20

【請求項 6】

請求項 5 に記載のプラズマ処理システムであって、さらに、前記第 1 の電流の前記アンペア数を下げるための第 2 のインダクタを備え、前記第 2 のインダクタは、前記電源と前記第 1 のコイルとの間に電気接続されている、プラズマ処理システム。

【請求項 7】

請求項 1 に記載のプラズマ処理システムであって、さらに、前記第 1 の並列回路を冷却するための冷却器を備える、プラズマ処理システム。

【請求項 8】

請求項 1 に記載のプラズマ処理システムであって、さらに、

前記プラズマの少なくとも第 3 の部分を維持するための第 3 の電流を伝導する第 3 のコイルであって、前記電源は前記第 3 の電流を供給するようにさらに構成されている、第 3 のコイルと、

30

前記第 2 の電流の前記アンペア数を調節するための第 2 の並列回路であって、前記電源と前記第 2 のコイルとの間に電気接続され、少なくとも第 2 のインダクタと第 2 の可変コンデンサとを備え、前記第 2 のインダクタおよび前記第 2 の可変コンデンサは、互いに並列に電気接続されている、第 2 の並列回路と、

を備え、

前記第 1 の並列回路は、前記第 1 の電流の前記アンペア数を調節するために前記電源と前記第 1 のコイルとの間に電気接続されている、プラズマ処理システム。

【請求項 9】

40

請求項 8 に記載のプラズマ処理システムであって、

前記第 3 のコイルは前記第 2 のコイルを取り囲んでおり、

前記第 2 のコイルは前記第 1 のコイルを取り囲んでいる、プラズマ処理システム。

【請求項 10】

請求項 8 に記載のプラズマ処理システムであって、さらに、前記第 3 の電流のアンペア数を下げるための第 3 のインダクタを備える、プラズマ処理システム。

【請求項 11】

請求項 10 に記載のプラズマ処理システムであって、

前記第 3 のコイルは前記第 2 のコイルを取り囲んでおり、

前記第 2 のコイルは前記第 1 のコイルを取り囲んでいる、プラズマ処理システム。

50

【請求項 1 2】

請求項 1 0 に記載のプラズマ処理システムであって、
前記第 3 のコイルは前記第 1 のコイルを取り囲んでおり、
前記第 2 のコイルは前記第 3 のコイルを取り囲んでいる、プラズマ処理システム。

【請求項 1 3】

請求項 1 0 に記載のプラズマ処理システムであって、
前記第 1 のコイルは前記第 2 のコイルを取り囲んでおり、
前記第 2 のコイルは前記第 3 のコイルを取り囲んでいる、プラズマ処理システム。

【請求項 1 4】

請求項 1 に記載のプラズマ処理システムであって、
前記プラズマの少なくとも複数の部分を維持するための複数の電流を伝導する複数のコイルであって、前記電源は前記複数の電流を供給するように構成され、前記複数のコイルは少なくとも前記第 1 のコイルおよび前記第 2 のコイルを含む、複数のコイルと、
前記複数の電流のアンペア数を調節するための複数の並列インダクタ - コンデンサ回路であって、前記並列インダクタ - コンデンサ回路の数は、前記コイルの数よりも 1 だけ少なく、少なくとも 3 である、プラズマ処理システム。

【請求項 1 5】

請求項 1 4 に記載のプラズマ処理システムであって、さらに、第 3 の電流のアンペア数を下げるための第 2 のインダクタを備え、前記第 2 のインダクタおよび前記第 1 のインダクタは互いに異なるコイルに電気接続され、前記第 3 の電流は第 3 のコイルによって伝導されるよう構成され、前記第 2 のインダクタは前記電源と前記第 3 のコイルとの間に電気接続され、前記電源と前記第 3 のコイルとの間には、前記並列インダクタ - コンデンサ回路は電気接続されない、プラズマ処理システム。

【請求項 1 6】

プラズマ処理システムにおいて第 2 の電流のアンペア数に対する第 1 の電流のアンペア数の比を調節するための電力分配器であって、前記プラズマ処理システムは、プラズマの少なくとも第 1 の部分を維持するための前記第 1 の電流を伝導する第 1 のコイルと、前記プラズマの少なくとも第 2 の部分を維持するための前記第 2 の電流を伝導する第 2 のコイルと、前記第 1 の電流および前記第 2 の電流を供給するための電源とを備え、

前記電力分配器は、

前記電源と前記第 1 のコイルとの間に電気接続された第 1 のインダクタと、

前記電源と前記第 1 のコイルとの間に電気接続された第 1 の可変コンデンサと、
を備え、

前記第 1 のインダクタおよび前記第 1 の可変コンデンサは、並列に電気接続されて、第 1 の並列インダクタ - コンデンサ回路を形成し、

前記電力分配器は、前記第 1 の電流の前記アンペア数および前記第 2 の電流の前記アンペア数の一方または両方を調節するための多くとも 1 つの可変コンデンサを備え、前記多くとも 1 つの可変コンデンサは、前記第 1 の可変コンデンサである、電力分配器。

【請求項 1 7】

請求項 1 6 に記載の電力分配器であって、さらに、前記第 2 の電流の前記アンペア数を下げるための第 2 のインダクタを備え、前記第 2 のインダクタは、前記電源と前記第 2 のコイルとの間に電気接続され、前記第 2 のインダクタおよび前記第 1 のインダクタは、互いに異なるコイルに電気接続されている、電力分配器。

【請求項 1 8】

請求項 1 6 に記載の電力分配器であって、さらに、第 2 の並列インダクタ - コンデンサ回路を備え、前記第 2 の並列インダクタ - コンデンサ回路は、第 3 のコイルによって伝導される第 3 の電流のアンペア数を調節するために前記電源と前記第 3 のコイルとの間に電気接続され、第 2 のインダクタおよび第 2 の可変コンデンサを備え、前記第 2 のインダクタおよび前記第 2 の可変コンデンサは互いに並列に電気接続され、前記プラズマ処理システムはさらに前記第 3 のコイルを備える、電力分配器。

【請求項 19】

請求項 18 に記載の電力分配器であって、さらに、前記第 2 の電流の前記アンペア数を下げるための第 3 のインダクタを備え、前記第 3 のインダクタは、前記電源と前記第 2 のコイルとの間に電気接続され、前記第 3 のインダクタおよび前記第 1 のインダクタは、互いに異なるコイルに電気接続されている、電力分配器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プラズマ処理システムに関し、特に、プラズマの均一性を制御するためにコイル電流比を調節できるプラズマ処理システムに関する。

10

【背景技術】

【0002】

プラズマ処理システムは、ウエハ上にデバイスを加工するために様々な業界で利用される。例えば、それらの業界としては、半導体、磁気読み出し / 書き込みおよび記憶、光学システム、ならびに、微小電気機械システム (MEMS) 業界が挙げられる。プラズマ処理システムは、デバイスフィーチャをウエハ上に形成できるように、ウエハに対してエッチングおよび / または蒸着を実行するために、プラズマ処理チャンバ内でプラズマを生成および維持しうる。デバイスの加工において、特定の製品歩留まり要件および / または特定のフィーチャ仕様を満足するには、プラズマの均一性を制御することが重要でありうる。一般に、プラズマ均一性の制御は、図 1 の例を参照して述べるように、電流調節能力を有する電力分配器の利用を含みうる。

20

【0003】

図 1 は、従来技術のプラズマ処理システム 100 の一例を示す概略断面図である。プラズマ処理システム 100 は、プラズマ処理チャンバを備えてよく、プラズマ処理チャンバは、プラズマ 180 によって示すようにプラズマを閉じ込めるために、チャンバ壁 132、尖塔部 (pinna cle) 130、誘電体窓 128 などの構造要素を備えてよい。プラズマ処理チャンバ内部に、プラズマ処理システム 100 は、プラズマ処理中、ウエハ 134 によって示すようにウエハを支持するためのチャック 136 (静電チャックなど) を備えてよい。

【0004】

30

プラズマ処理システム 100 は、さらに、高周波 (RF) 電源 170 と、誘電体窓 128 上に配置され、RF 電源 170 に電気接続された内側コイル 126 と、RF 電源 170 に電気接続され、内側コイル 126 を取り囲む外側コイル 124 と、を備えてよい。内側コイル 126 および外側コイル 124 は、コイル筐体 138 の内部に配置されてよく、コイル筐体 138 は、チャンバ壁 132 に結合されてよい。RF 電源 170 は、プラズマ 180 を生成および維持するために、内側コイル 126 および外側コイル 124 に通す RF 電流を生成しうる。例えば、内側コイル 126 は、(内側コイル 126 付近の) プラズマ 180 の内側部分を主に維持するために第 1 の RF 電流を流してよく、外側コイル 124 は、(外側コイル 124 付近の) プラズマ 180 の外側部分を主に維持するために第 2 の RF 電流を流してよい。

40

【0005】

プラズマ処理システム 100 は、さらに、内側コイル 126 および外側コイル 124 によって伝導される RF 電流を調節することによってプラズマ 180 の均一性を制御するために、電力分配器 112 を備えてよい。電力分配器 112 は、整合回路網 102 を介して RF 電源 170 に電気接続されてよい。電力分配器 112 は、第 1 の RF 電流のアンペア数を調節することによってプラズマ 180 の内側部分の密度を調節するために、RF 電源 170 および内側コイル 126 の間に電気接続された可変コンデンサ 116 を備えてよい。電力分配器 112 は、第 2 の RF 電流のアンペア数を調節することによってプラズマ 180 の外側部分の密度を調節するために、RF 電源 170 および外側コイル 124 の間に電気接続された別の可変コンデンサ 120 を備えてよい。プラズマ 180 の異なる部分に

50

対する別個の調節を可能にすることにより、電力分配器 1 1 2 は、プラズマの均一性の制御を容易にする。

【 0 0 0 6 】

しかしながら、電力分配器 1 1 2 は、いくつかの不利な点を有しうる。例えば、電力分配器 1 1 2 に 2 つの可変コンデンサ 1 1 6 および 1 2 0 が必要であるとすれば、電力分配器 1 1 2 の製造、維持管理、および、動作のコストは、かなり高くなりうる。現在、可変コンデンサ（可変真空コンデンサなど）には、1,000 米ドルを超えるコストが掛かりうるため、電力分配器 1 1 2 の製造には、2,000 米ドルを超えるコストが掛かりうる。さらに、可変コンデンサ 1 1 6 および 1 2 0 の各々は、かなりの維持管理および動作コストが掛かる機械部品を含みうる。また、可変コンデンサ 1 1 6 および 1 2 0 の各々は、静電容量調節を実行するように機械部品を作動させるためのステッピングモータを必要としうる。2 つのステッピングモータも、電力分配器 1 1 2 の製造、維持管理、および、動作コストを増大させうる。結果として、電力分配器 1 1 2 は、プラズマ処理システム 1 0 0 の製造、維持管理、および、動作コストを実質的に増大させうる。

【 0 0 0 7 】

2 つの可変コンデンサおよび 2 つのステッピングモータは、実質的に多数の機械的可動部品を含みうる。実施的に多数の機械的可動部品は、プラズマ処理システム 1 0 0 の動作において重大な信頼性の問題を引き起こしうる。機械的可動部品のいずれかに不具合が起きると、プラズマ処理に悪影響を与え、望ましくない製品歩留まりにつながりうる。

【 0 0 0 8 】

さらに、既存の市販のコンデンサの限界を考えると、電力分配器 1 1 2 は、限られた有効電流比範囲しか提供できない。有効範囲外でプラズマ処理システム 1 0 0 を動作させると、不安定なプラズマ、アーク放電、整合回路網 1 0 2 による調整の失敗につながりうるため、製品歩留まり要件および / またはデバイスフィーチャ仕様を満たせない場合がある。

【 発明の概要 】

【 0 0 0 9 】

本発明の一実施形態は、少なくともウエハを処理するためにプラズマを生成するプラズマ処理システムに関する。プラズマ処理システムは、プラズマの少なくとも第 1 の部分を維持するための第 1 の電流を伝導するための第 1 のコイルを備えてよい。プラズマ処理システムは、さらに、プラズマの少なくとも第 2 の部分を維持するための第 2 の電流を伝導するための第 2 のコイルを備えてよい。プラズマ処理システムは、さらに、第 1 の電流および第 2 の電流を供給するための電源を備えてよい。プラズマ処理システムは、さらに、第 1 の電流のアンペア数および第 2 の電流のアンペア数の一方を調節するための並列回路を備えてよい。並列回路は、電源と第 1 のコイルおよび第 2 のコイルの少なくとも一方との間に電気接続されてよい。並列回路は、互いに並列に電気接続されたインダクタおよび可変コンデンサを備えてよい。

【 0 0 1 0 】

上述の発明の概要は、本明細書に開示された本発明の多くの実施形態の内の 1 つのみに関するものであり、特許請求の範囲に記載される本発明の範囲を限定する意図はない。添付の図面を参照しつつ行う本発明の詳細な説明において、本発明の上述の特徴およびその他の特徴を詳述する。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 1 】

添付の図面では、限定ではなく例示を目的として本発明を図示する。なお、これらの添付図面においては、同様の構成要素には同様の符号が付されている。

【 0 0 1 2 】

【 図 1 】 従来技術のプラズマ処理システムの一例を示す概略断面図。

【 0 0 1 3 】

【 図 2 】 本発明の 1 または複数の実施形態に従って、電力分配器を備えるプラズマ処理シ

10

20

30

40

50

ステムを示す概略断面図。

【 0 0 1 4 】

【図 3】本発明の 1 または複数の実施形態に従って電力分配器の電気モデルを示す概略図。

【 0 0 1 5 】

【図 4】本発明の 1 または複数の実施形態に従って電力分配器の電気モデルを示す概略図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 6 】

以下では、添付図面に例示されたいくつかの実施形態を参照しつつ、本発明の詳細な説明を行う。以下の説明では、本発明の完全な理解を促すために、数多くの具体的な詳細事項が示されている。しかしながら、当業者にとって明らかなように、本発明は、これらの具体的な詳細事項の一部または全てがなくとも実施することが可能である。また、本発明が不必要に不明瞭となるのを避けるため、周知の処理工程および / または構造については、詳細な説明を省略した。

【 0 0 1 7 】

本発明の 1 または複数の実施形態は、少なくとも基板を処理するためにプラズマを生成するプラズマ処理システムに関する。プラズマ処理システムは、プラズマの少なくとも第 1 の部分を維持するための第 1 の電流（例えば、R F 電流）を伝導するための第 1 のコイルを備えてよい。プラズマ処理システムは、さらに、プラズマの少なくとも第 2 の部分を維持するための第 2 の電流（例えば、R F 電流）を伝導するための第 2 のコイルを備えてよい。プラズマ処理システムは、さらに、第 1 の電流および第 2 の電流を供給するために第 1 のコイルおよび第 2 のコイルに電気接続された電源（例えば、R F 電源）を備えてよい。プラズマ処理システムは、さらに、第 1 の電流と第 2 の電流との比を調節してプラズマの均一性を制御するために、第 1 の電流のアンペア数を調節するための電力分配器を備えてよい。

【 0 0 1 8 】

1 または複数の実施形態において、第 1 のコイルおよび第 2 のコイルは、プラズマの実質的に対称な分布を達成するために、実質的に同軸の配列に配置されてよい。1 または複数の実施形態において、第 1 のコイルおよび第 2 のコイルは、特定のプラズマ分布要件を満たすために、実質的に偏心の配列に配置されてもよい。

【 0 0 1 9 】

1 または複数の実施形態において、第 1 のコイルは内側コイルであってよく、第 2 のコイルは、第 1 のコイルの直径よりも大きい直径を有する外側コイルであってよい。1 または複数の実施形態において、第 2 のコイルの少なくとも一部は、第 1 のコイルの少なくとも一部を取り囲んでよい。

【 0 0 2 0 】

1 または複数の実施形態において、第 1 のコイルは外側コイルであってよく、第 2 のコイルは、第 1 のコイルの直径よりも小さい直径を有する内側コイルであってよい。1 または複数の実施形態において、第 2 のコイルの少なくとも一部は、第 1 のコイルの少なくとも一部によって取り囲まれてよい。

【 0 0 2 1 】

1 または複数の実施形態において、第 1 のコイルおよび第 2 のコイルは、同一平面上に配置されてよく、そうすれば、支持のためのハードウェアの設計を単純化することができる。さらに、同一平面上のコイル配置は、いくつかのプラズマ処理システムの設計にとって最適な構成でありえる。1 または複数の実施形態において、特定のプラズマ処理システムの設計を考慮した場合に最適なコイル配置のために、第 1 のコイルが、第 1 の平面上に配置され、第 2 のコイルが、第 1 の平面とは異なる第 2 の平面上に配置されてもよい。

【 0 0 2 2 】

10

20

30

40

50

電力分配器は、第1の電流のアンペア数を調節するために、電源と第1のコイルとの間のインピーダンスを変化させるための並列インダクタ-コンデンサ回路（すなわち、並列LC回路、または、タンク回路）を備えてよい。並列LC回路は、整合回路網と第1のコイルとの間、および/または、電源と第1のコイルとの間に電気接続されてよい。並列LC回路は、インダクタおよび可変コンデンサ（可変真空コンデンサまたは可変エアギャップコンデンサなど）を備えてよく、インダクタおよび可変コンデンサは、互いに並列に電気接続されてよい。

【0023】

2つの可変コンデンサを必要とする上述の従来技術の構成例とは対照的に、本発明の実施形態では、2つのプラズマ維持コイルを備えるプラズマ処理システムにおいてプラズマの均一性を制御するのに、1つの可変コンデンサだけで足りうる。有利なことに、本発明の実施形態は、実質的に低いコストと実質的に高い信頼性を実現しうる。

10

【0024】

さらに、共振効果（すなわち調和振動効果）により、並列LC回路は、整合回路網と第1のコイルと間のインピーダンスの値の範囲について、従来技術で用いられる可変コンデンサ（図1の例に示した可変コンデンサ116など）によって提供される範囲よりも実質的に広い範囲を提供しうる。結果として、本発明の実施形態は、より多い製品歩留まり要件および/またはより多いデバイスフィーチャ要件を満たすために実質的に大きい電流比の範囲を可能にしうる点で有利である。例えば、本発明の実施形態は、連続的に、負の値および正の値の間（例えば、約-0.5から約2.0までの範囲）での電流比の調節を可能にしうる。対照的に、従来技術の構成では、動作の中断、困難、または、不具合を引き起こすことなしに、正の電流比から負の電流比まで連続的に調節を行うことは実現しえない。

20

【0025】

（高Q）並列LC回路の共振効果は、共振点周辺で制御性の問題または感度の問題を引き起こしうると一般に考えられている可能性があるため、並列LC回路の利用は、通例、プラズマ処理システムの設計および製造において避けられうる。しかしながら、インピーダンスは通例、電流の計算および/または調節時に分母に現れるため、共振点における非常に高いインピーダンスは、実際には、非常に小さい値の電流に対応しうる。その結果として、動作は、一般に考えられている制御性の問題も感度の問題も引き起こすことなく、正常な感度で（正の電流比による）通常モードから（負の電流比による）逆電流モードまで連続的に円滑でありうる。非自明な方法で、本発明の実施形態は、並列LC回路の共振効果を利用して、より広い電流比の範囲を提供し、プラズマ処理システムの制御性をさらに向上させることができる。

30

【0026】

1または複数の実施形態において、電力分配器は、さらに、電源と第2のコイルとの間に電気接続されたさらなるインダクタを備えてよい。さらなるインダクタは、第2の電流のアンペア数を下げるためにインピーダンスを導入しうる。有利なことに、電流比の範囲は、さらに多くの製品歩留まり要件および/またはさらに多くのデバイスフィーチャ要件を満足するために、さらに拡大されうる。

40

【0027】

本発明の特長および利点は、図面と以下の説明を参照すれば、よりよく理解できる。

【0028】

図2は、本発明の1または複数の実施形態に従って、電力分配器204を備えるプラズマ処理システム200を示す概略断面図である。プラズマ処理システム200は、図1の例で説明したプラズマ処理システム100の1または複数の構成要素と同様であっても異なってもよい1または複数の構成要素、例えば、プラズマ処理チャンバ、チャック、電源、コイル、コイル筐体、および/または、整合回路網などを備えてよい。特に、プラズマ処理システム200は、複数のコイルによって伝導される複数の電流間の比を調節することによってプラズマ均一性の制御を容易にするために、図1の例に示したプラズマ処

50

理システム 100 の電力分配器 112 に鑑みて新規性および進歩性を有する電力分配器 204 を備えてよい。

【0029】

電力分配器 204 は、整合回路網 206 を介して RF 電源 270 に電気接続されてよい。電力分配器 204 は、コイル 216 によって伝導される電流（例えば、RF 電流）のアンペア数を調節するために、RF 電源 270 とコイル 216 との間に電気接続された並列インダクタ - コンデンサ回路 208（すなわち並列回路 208）を備えてよい。コイル 216 の終端は、インピーダンス 234 であってよい。並列回路 208 は、互いに並列に電気接続されたインダクタ 210 および可変コンデンサ 212 を備えてよい。並列回路 208 は、タンク回路の共振効果が、整合回路網 206 とコイル 216 との間（および / または、RF 電源 270 とコイル 216 との間）に広い範囲のインピーダンス値を導入できるように、タンク回路を形成しうる。したがって、電力分配器 204 は、コイル 216 によって伝導される電流のアンペア数と、コイル 214 として示される別のコイルによって伝導される電流のアンペア数との間の比について、広い範囲の比を実現できる。コイル 214 の終端は、インピーダンス 234 であってよい。1 または複数の実施形態において、コイル 214 は、コイル 216 を取り囲んでよい。有利なことに、プラズマ処理システム 200 は、プラズマ処理システム 100 よりも多くの製品歩留まり要件および / またはデバイスフィーチャ要件を満たしうる。

【0030】

プラズマ処理システム 100 の電力分配器 112 が 2 つの可変コンデンサおよびそれらに関連する 2 つのステッピングモータを必要とするのに対し、電力分配器 204 は、1 つの可変コンデンサ（すなわち、可変コンデンサ 212）およびそれに関連する 1 つのステッピングモータだけでよい。有利なことに、電力分配器 204 に関連する製造、維持管理、および / または、動作のコストは、電力分配器 112 に関連するコストよりも実質的に低くなりうる。さらに、機械的可動部品が少ないため、電力分配器 204 は、電力分配器 112 よりも実質的に高い信頼性を有しうる。

【0031】

1 または複数の実施形態において、整合回路網 206 とコイル 216 との間に電気接続される代わりに、並列回路 208 は、例えば、異なるプラズマ均一性制御要件を満たすために、コイル 214 によって伝導される電流（例えば、RF 電流）のアンペア数を調節するために整合回路網 206 とコイル 214 との間に電気接続されてもよい。

【0032】

コイル 216 によって伝導される電流とコイル 214 によって伝導される電流との間の比を調節するために、電力分配器 204（またはプラズマ処理システム 200）は、1 つの並列回路すなわち 1 つの可変コンデンサしか必要としなくてよい。有利なことに、所望のプラズマ均一性制御を実現するに当たって、コストを最小化し、信頼性を最大化することができる。

【0033】

プラズマ処理システム 200 は、さらに、RF 電流比を所望の設定点に調節するために、可変コンデンサ 212 を駆動するための（1 または複数の監視デバイスを備えてよい）制御ユニット 244 を備えてよい。

【0034】

プラズマ処理システム 200 は、さらに、電力分配器 204 の最適な性能を保証するために、並列回路 208 を冷却するための冷却器 242（例えば、冷却ファン）を備えてもよい。1 または複数の実施形態において、インダクタ 210 は、電力損失の低い電力分配器 204 の最適な性能を保証するよう放熱を促進するために、銀などの高導電材料でめっきされてもよい。

【0035】

図 3 は、本発明の 1 または複数の実施形態に従って電力分配器 304 の電気モデルを示す概略図である。電力分配器 304 は、図 2 の例に示したプラズマ処理システム 200 と

10

20

30

40

50

同様のプラズマ処理システム内に実装されてよく、整合回路網 306 を通して RF 電源 370 に電気接続されてよい。

【0036】

電力分配器 304 は、コイル 316 によって伝導される電流（例えば、RF 電流）のアンペア数を調節するために、RF 電源 370 と（抵抗およびインダクタンスでモデル化された）コイル 316 との間に電気接続された並列インダクタ - コンデンサ回路 308（すなわち並列回路 308）を備えてよい。コイル 316 によって伝導される電流は、プラズマ処理システム内で生成されるプラズマの少なくとも一部を維持しうる。並列回路 308 は、互いに並列に電気接続されたインダクタ 310 および可変コンデンサ 312 を備えてよい。並列回路 308 は、RF 電源 370 とコイル 316 との間の可能なインピーダンス値の範囲を拡大するために、共振効果を持つタンク回路を形成しうる。

10

【0037】

電力分配器 304 は、さらに、RF 電源 370 とコイル 314 との間に電気接続されたさらなるインダクタ 338 を備えてよく、インダクタ 338 および並列回路 308 は、互いに並列に電気接続される。インダクタ 338 は、コイル 314 によって伝導される電流のアンペア数を下げるためにインピーダンスを導入してよい（コイル 314 によって伝導される電流は、プラズマの少なくとも別の部分を維持しうる）。結果として、コイル 314 によって伝導される電流に対するコイル 316 によって伝導される電流の比の範囲は、プラズマ処理システムのプラズマ均一性制御能力をさらに向上させるために、さらに拡張されうる。有利なことに、さらに多くの製品歩留まり要件および / またはさらに多くのデ

20

【0038】

様々なプラズマ処理要件を満足するために、電力分配器 304 およびコイルの様々な接続構成が実装されてよい。1 または複数の実施形態において、コイル 316 は、コイル 314 によって取り囲まれた内側コイルであってよく、コイル 314 は、外側コイルであってよい。1 または複数の実施形態において、コイル 316 は、コイル 314 を取り囲む外側コイルであってよく、コイル 314 は、内側コイルであってよい。

【0039】

図 4 は、本発明の 1 または複数の実施形態に従って電力分配器 404 の電気モデルを示す概略図である。電力分配器 404 は、図 2 の例に示したプラズマ処理システム 200 と同様のプラズマ処理システム内に実装されてよいが、繊細なプラズマ均一性制御を行うために、より多くのコイルを有する。例えば、コイルは、コイル 452、コイル 454、および、コイル 456 を含んでよく、各コイルは、抵抗およびインダクタンスとしてモデル化される。電力分配器 404 は、整合回路網 406 を介して RF 電源 470 に電気接続されてよい。

30

【0040】

電力分配器 404 は、コイル 454 によって伝導される電流（例えば、RF 電流）のアンペア数を調節するために、RF 電源 470 とコイル 454 との間に電気接続された並列インダクタ - コンデンサ回路 408（すなわち並列回路 408）を備えてよく、コイル 454 によって伝導される電流は、プラズマ処理システム内のプラズマの少なくとも第 1 の部分を維持しうる。電力分配器 404 は、さらに、コイル 452 によって伝導される電流（例えば、RF 電流）のアンペア数を調節するために、RF 電源 470 とコイル 452 との間に電気接続された並列インダクタ - コンデンサ回路 414（すなわち並列回路 414）を備えてよく、コイル 452 によって伝導される電流は、プラズマの少なくとも第 2 の部分を維持しうる。並列回路 408 および並列回路 414 の各々は、図 2 および図 3 の例を参照してそれぞれ上述した並列回路 208 および並列回路 308 の内の一方または両方と同様の特徴および利点を有しうる。

40

【0041】

電力分配器 404 は、さらに、RF 電源 470 とコイル 456 との間に電気接続されたさらなるインダクタ 438 を備えてよく、インダクタ 438 および少なくとも並列回路 4

50

14は、互いに並列に電気接続される。インダクタ438は、コイル456によって伝導される電流のアンペア数を下げるためにインピーダンスを導入してよく、コイル456によって伝導される電流は、プラズマの少なくとも第3の部分を持続しうる。結果として、コイル454によって伝導される電流とコイル456によって伝導される電流との間の差は、さらに拡大されて、コイル452によって伝導される電流とコイル456によって伝導される電流との間の差も、さらに拡大されうる。有利なことに、プラズマ処理システムのプラズマ均一性制御能力は、さらに多くの製品歩留まり要件および/またはさらに多くのデバイスフィーチャ要件を満足するよう、さらに向上されうる。

【0042】

様々なプラズマ処理要件を満足するために、電力分配器404およびコイルの様々な接続構成が実装されてよい。コイルは、様々な実施形態に従って、同一平面上または異なる平面上に配置されてよい。1または複数の実施形態において、コイルは、実質的に同軸の配列で配置されてよい。1または複数の実施形態において、コイル452はコイル454を取り囲んでよく、コイル454はコイル456を取り囲んでよい。1または複数の実施形態において、コイル456はコイル454を取り囲んでよく、コイル454はコイル452を取り囲んでよい。1または複数の実施形態において、コイル452はコイル456を取り囲んでよく、コイル456はコイル454を取り囲んでよい。

【0043】

1または複数の実施形態において、プラズマ処理システムは、プラズマ均一性のさらに繊細な制御を容易にするために、プラズマの様々な部分を維持するための4つ以上のコイルを備えてよい(すなわち、コイル452、454、および、456に加えて1または複数のコイルを含んでよい)。例えば、プラズマ処理システムはN個のコイルを備えてよく、ここで、Nは4以上の整数を表す。電力分配器404は、N個のコイルの内の(N-1)個(例えば、コイル456を除いたコイル)によって伝導される電流のアンペア数を調節するための(N-1)個の並列インダクタ-コンデンサ回路を備えてよい。並列インダクタ-コンデンサ回路の各々は、RF電源470と(N-1)個のコイルの内の一つとの間に電気接続されてよい。並列インダクタ-コンデンサ回路は、図2および図3の例を参照してそれぞれ上述した並列回路208および並列回路308の内の一方または両方と同様の特征および利点を有しうる。

【0044】

上記からわかるように、本発明の実施形態は、プラズマ処理システムにプラズマ均一性制御機構を実装する際に必要となる高価な可変コンデンサの数を低減することができる。有利なことに、プラズマ処理システムの製造、維持管理、および、動作コストが削減されうる。

【0045】

本発明の実施形態は、さらに、プラズマ処理システムの機械部品を効果的に削減しうる。有利なことに、プラズマ処理システムの信頼性が向上されうる。

【0046】

本発明の実施形態は、さらに、並列LC回路の共振効果を利用して、プラズマ均一性を制御する際の電流比を大きくすることができる。有利なことに、より多い製品歩留まり要件および/またはより多いデバイスフィーチャ要件が満足されうる。

【0047】

本発明の実施形態は、さらに、プラズマの異なる部分を個別に維持するために、より多くのコイルを実装することを容易にする。有利なことに、より高度なプラズマ処理システムを満足させるために、プラズマ均一性制御の精度を向上させることができる。

【0048】

以上、いくつかの実施形態を参照しつつ本発明について説明したが、本発明の範囲内で、代替物、置換物、および、等価物が存在する。また、本発明の方法および装置を実施する他の態様が数多く存在することにも注意されたい。さらに、本発明の実施形態は、別の用途で利用されてもよい。要約書が、便宜上、提供されており、文字数の制限に従って、

10

20

30

40

50

読み手の便宜のために記載されたもので、特許請求の範囲を限定するために用いるべきではない。したがって、以下に示す特許請求の範囲は、本発明の真の趣旨および範囲内に含まれる代替物、置換物、および、等価物の全てを網羅するものとして解釈される。

本発明は、たとえば、以下のような態様で実現することもできる。

適用例 1

少なくともウエハを処理するためにプラズマを生成するプラズマ処理システムであって

、
前記プラズマの少なくとも第 1 の部分を維持するための第 1 の電流を伝導する第 1 のコイルと、

10

前記プラズマの少なくとも第 2 の部分を維持するための第 2 の電流を伝導する第 2 のコイルと、

前記第 1 の電流および前記第 2 の電流を供給するための電源であって、前記第 1 のコイルおよび前記第 2 のコイルに電気接続されている電源と、

前記第 1 の電流のアンペア数および前記第 2 の電流のアンペア数の一方を調節するための第 1 の並列回路であって、前記電源と前記第 1 のコイルおよび前記第 2 のコイルの少なくとも一方との間に電気接続され、少なくとも第 1 のインダクタと第 1 の可変コンデンサとを備え、前記第 1 のインダクタおよび前記第 1 の可変コンデンサは、互いに並列に電気接続されている、第 1 の並列回路と、

を備える、プラズマ処理システム。

20

適用例 2

適用例 1 のプラズマ処理システムであって、前記第 1 の電流の前記アンペア数および前記第 2 の電流の前記アンペア数の一方または両方を調節するための多くとも 1 つの可変コンデンサを備え、前記多くとも 1 つの可変コンデンサは、前記第 1 の可変コンデンサである、プラズマ処理システム。

適用例 3

適用例 1 のプラズマ処理システムであって、前記第 1 の電流の前記アンペア数および前記第 2 の電流の前記アンペア数の一方または両方を調節するための多くとも 1 つの並列回路を備え、前記多くとも 1 つの並列回路は、前記第 1 の並列回路である、プラズマ処理システム。

30

適用例 4

適用例 1 のプラズマ処理システムであって、

前記第 1 の並列回路は、前記第 2 の電流の前記アンペア数ではなく、前記第 1 の電流の前記アンペア数を調節するための並列回路であり、

前記第 2 のコイルは前記第 1 のコイルを取り囲んでいる、プラズマ処理システム。

適用例 5

適用例 4 のプラズマ処理システムであって、さらに、前記第 2 の電流の前記アンペア数を下げるための第 2 のインダクタを備え、前記第 2 のインダクタは、前記電源と前記第 2 のコイルとの間に電気接続され、前記第 2 のインダクタおよび前記第 1 の並列回路は、互いに並列に電気接続されている、プラズマ処理システム。

40

適用例 6

適用例 1 のプラズマ処理システムであって、

前記第 1 の並列回路は、前記第 1 の電流の前記アンペア数ではなく、前記第 2 の電流の前記アンペア数を調節するための並列回路であり、

前記第 2 のコイルは前記第 1 のコイルを取り囲んでいる、プラズマ処理システム。

50

適用例 7

適用例 6 のプラズマ処理システムであって、さらに、前記第 1 の電流の前記アンペア数を下げるための第 2 のインダクタを備え、前記第 2 のインダクタは、前記電源と前記第 1 のコイルとの間に電気接続されている、プラズマ処理システム。

適用例 8

適用例 1 のプラズマ処理システムであって、さらに、前記第 1 の並列回路を冷却するための冷却器を備える、プラズマ処理システム。

10

適用例 9

適用例 1 のプラズマ処理システムであって、さらに、

前記プラズマの少なくとも第 3 の部分を維持するための第 3 の電流を伝導する第 3 のコイルであって、前記電源は前記第 3 の電流を供給するようにさらに構成されている、第 3 のコイルと、

前記第 2 の電流の前記アンペア数を調節するための第 2 の並列回路であって、前記電源と前記第 2 のコイルとの間に電気接続され、少なくとも第 2 のインダクタと第 2 の可変コンデンサとを備え、前記第 2 のインダクタおよび前記第 2 の可変コンデンサは、互いに並列に電気接続されている、第 2 の並列回路と、
を備え、

20

前記第 1 の並列回路は、前記第 1 の電流の前記アンペア数を調節するために前記電源と前記第 1 のコイルとの間に電気接続されている、プラズマ処理システム。

適用例 10

適用例 9 のプラズマ処理システムであって、

前記第 3 のコイルは前記第 2 のコイルを取り囲んでおり、

前記第 2 のコイルは前記第 1 のコイルを取り囲んでいる、プラズマ処理システム。

適用例 11

適用例 9 のプラズマ処理システムであって、さらに、前記第 3 の電流のアンペア数を下げるための第 3 のインダクタを備える、プラズマ処理システム。

30

適用例 12

適用例 11 のプラズマ処理システムであって、

前記第 3 のコイルは前記第 2 のコイルを取り囲んでおり、

前記第 2 のコイルは前記第 1 のコイルを取り囲んでいる、プラズマ処理システム。

適用例 13

適用例 11 のプラズマ処理システムであって、

前記第 3 のコイルは前記第 1 のコイルを取り囲んでおり、

前記第 2 のコイルは前記第 3 のコイルを取り囲んでいる、プラズマ処理システム。

40

適用例 14

適用例 11 のプラズマ処理システムであって、

前記第 1 のコイルは前記第 2 のコイルを取り囲んでおり、

前記第 2 のコイルは前記第 3 のコイルを取り囲んでいる、プラズマ処理システム。

適用例 15

適用例 1 のプラズマ処理システムであって、

前記プラズマの少なくとも複数の部分を維持するための複数の電流を伝導する複数のコ

50

イルであって、前記電源は前記複数の電流を供給するように構成され、前記複数のコイルは少なくとも前記第 1 のコイルおよび前記第 2 のコイルを含む、複数のコイルと、

前記複数の電流のアンペア数を調節するための複数の並列インダクタ - コンデンサ回路であって、前記並列インダクタ - コンデンサ回路の数は、前記コイルの数よりも 1 だけ少なく、少なくとも 3 である、プラズマ処理システム。

適用例 1 6

適用例 1 5 のプラズマ処理システムであって、さらに、第 3 の電流のアンペア数を下げるための第 2 のインダクタを備え、前記第 2 のインダクタおよび前記第 1 のインダクタは互いに並列に電気接続され、前記第 3 の電流は第 3 のコイルによって伝導されるよう構成され、前記第 2 のインダクタは前記電源と前記第 3 のコイルとの間に電気接続され、前記電源と前記第 3 のコイルとの間には、前記並列インダクタ - コンデンサ回路は電気接続されない、プラズマ処理システム。

10

適用例 1 7

プラズマ処理システムにおいて第 2 の電流のアンペア数に対する第 1 の電流のアンペア数の比を調節するための電力分配器であって、前記プラズマ処理システムは、プラズマの少なくとも第 1 の部分を維持するための前記第 1 の電流を伝導する第 1 のコイルと、前記プラズマの少なくとも第 2 の部分を維持するための前記第 2 の電流を伝導する第 2 のコイルと、前記第 1 の電流および前記第 2 の電流を供給するための電源とを備え、

20

前記電力分配器は、

前記電源と前記第 1 のコイルとの間に電気接続された第 1 のインダクタと、

前記電源と前記第 1 のコイルとの間に電気接続された第 1 の可変コンデンサと、を備え、

前記第 1 のインダクタおよび前記第 1 の可変コンデンサは、並列に電気接続されて、第 1 の並列インダクタ - コンデンサ回路を形成する、電力分配器。

適用例 1 8

適用例 1 7 の電力分配器であって、さらに、前記第 2 の電流の前記アンペア数を下げるための第 2 のインダクタを備え、前記第 2 のインダクタは、前記電源と前記第 2 のコイルとの間に電気接続され、前記第 2 のインダクタおよび前記第 1 のインダクタは、互いに並列に電気接続されている、電力分配器。

30

適用例 1 9

適用例 1 7 の電力分配器であって、さらに、第 2 の並列インダクタ - コンデンサ回路を備え、前記第 2 の並列インダクタ - コンデンサ回路は、第 3 のコイルによって伝導される第 3 の電流のアンペア数を調節するために前記電源と前記第 3 のコイルとの間に電気接続され、第 2 のインダクタおよび第 2 の可変コンデンサを備え、前記第 2 のインダクタおよび前記第 2 の可変コンデンサは互いに並列に電気接続され、前記プラズマ処理システムはさらに前記第 3 のコイルを備える、電力分配器。

40

適用例 2 0

適用例 1 9 の電力分配器であって、さらに、前記第 2 の電流の前記アンペア数を下げるための第 3 のインダクタを備え、前記第 3 のインダクタは、前記電源と前記第 2 のコイルとの間に電気接続され、前記第 3 のインダクタおよび前記第 1 のインダクタは、互いに並列に電気接続されている、電力分配器。

【図 1】

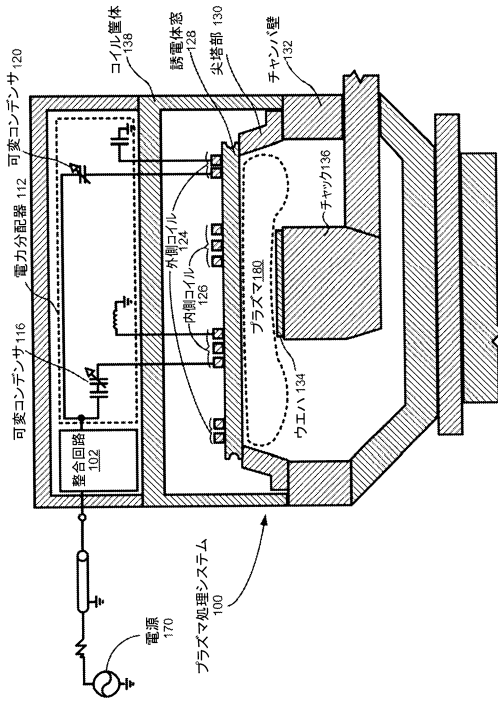


FIG. 1 (従来技術)

【図 2】

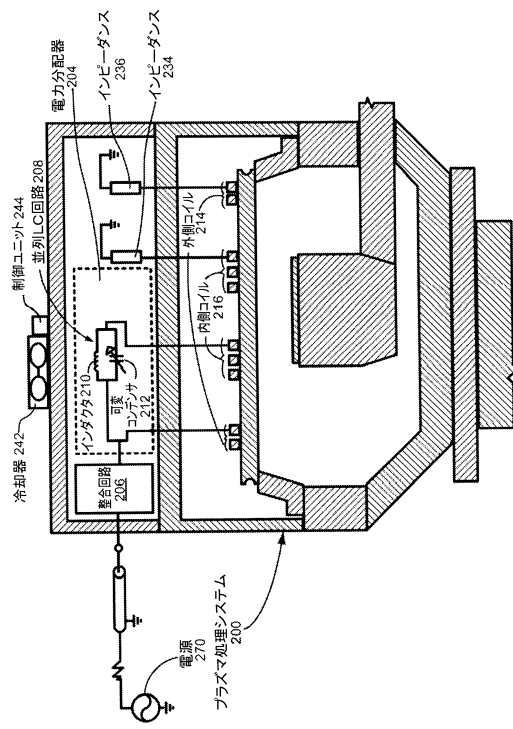


FIG. 2

【図 3】

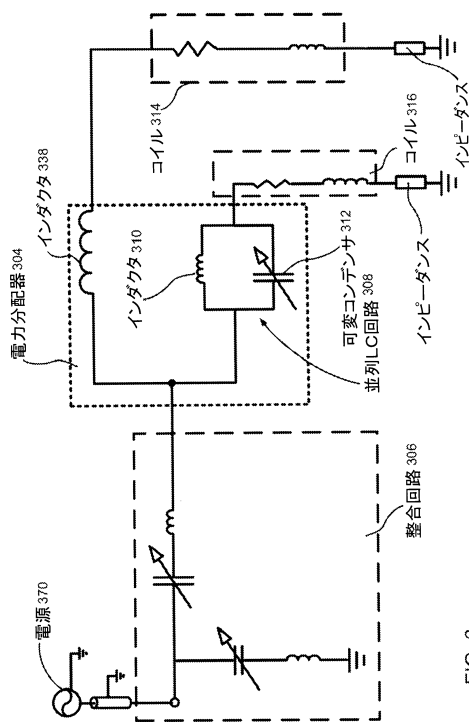


FIG. 3

【図 4】

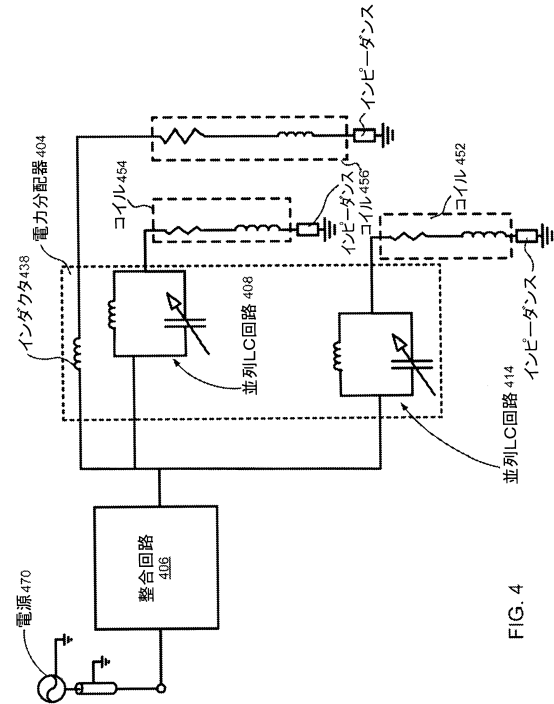


FIG. 4

フロントページの続き

(72)発明者 ジャファリアン・ターラニ・セイド・ジャファー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 3 8 フレモント, クッシング・パークウェイ, 4 6 5
0, 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

審査官 鳥居 祐樹

(56)参考文献 米国特許第 0 5 9 0 7 2 2 1 (U S , A)
特開 2 0 0 8 - 0 7 8 3 5 5 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl., D B 名)

H 0 5 H	1 / 4 6	
C 2 3 C	1 6 / 0 0	- 1 6 / 5 6
H 0 1 L	2 1 / 2 0 5	
H 0 1 L	2 1 / 3 0 2	
H 0 1 L	2 1 / 3 0 6 5	
H 0 1 L	2 1 / 3 1	
H 0 1 L	2 1 / 3 6 5	
H 0 1 L	2 1 / 4 6 1	
H 0 1 L	2 1 / 4 6 9	
H 0 1 L	2 1 / 8 6	