

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4573364号
(P4573364)

(45) 発行日 平成22年11月4日 (2010. 11. 4)

(24) 登録日 平成22年8月27日 (2010. 8. 27)

(51) Int. Cl.	F I
H O 1 J 37/32 (2006. 01)	H O 1 J 37/32
H O 1 L 21/302 (2006. 01)	H O 1 L 21/302 4 O O
H O 5 H 1/46 (2006. 01)	H O 5 H 1/46 L

請求項の数 19 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願平11-518054	(73) 特許権者	592010081
(86) (22) 出願日	平成10年9月16日 (1998. 9. 16)		ラム リサーチ コーポレーション
(65) 公表番号	特表2002-514356 (P2002-514356A)		LAM RESEARCH CORPOR
(43) 公表日	平成14年5月14日 (2002. 5. 14)		ATION
(86) 国際出願番号	PCT/US1998/019137		アメリカ合衆国、カリフォルニア 945
(87) 国際公開番号	W01999/014789		38, フレモント, クッシング パークウ
(87) 国際公開日	平成11年3月25日 (1999. 3. 25)		エイ 4650
審査請求日	平成17年9月14日 (2005. 9. 14)	(74) 代理人	100069981
審査番号	不服2009-14956 (P2009-14956/J1)		弁理士 吉田 精孝
審査請求日	平成21年8月3日 (2009. 8. 3)	(72) 発明者	ホーランド・ジョーン・パトリック
(31) 優先権主張番号	08/913, 503		アメリカ合衆国、カリフォルニア州 95
(32) 優先日	平成9年9月16日 (1997. 9. 16)		050, サンタ クララ, エンライト ア
(33) 優先権主張国	米国 (US)		ベニュー 617

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コイルの内部部分と周辺部分より低い磁束密度をプラズマにカップリングする中間部分を持つコイルを有する真空プラズマ処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プラズマで加工物を処理する真空プラズマ処理装置であって、
加工物が位置付けされるようになっていて該加工物を処理するためのプラズマに変換可能な気体を導入する入り口を有する真空チャンバと、RFフィールドが前記気体にカップリングするように位置付けされ前記気体をプラズマ状態に励起するコイルとを備え、
前記コイルは内部部分、中間部分及び周辺部分を含み、前記内部部分と前記周辺部分の巻き部分はおのおのによってプラズマにカップリングされる磁束密度が前記中間部分によってプラズマにカップリングされる磁束密度を上回るように互いに接続され配置されており、

前記コイルと前記加工物の周辺部が類似の周辺寸法と形状を有しており、
前記コイルの内部部分の巻きピッチが前記コイルの周辺部分の巻きピッチより緊密である

ことを特徴とする真空プラズマ処理装置。

【請求項 2】

前記コイルが、前記コイル中の電流密度が前記中間部分においてより前記内部部分と前記周辺部分においての方が実質的に高くなるように配置されている、
ことを特徴とする請求の範囲第1項記載の真空プラズマ処理装置。

【請求項 3】

前記コイルが、その中間部分においてよりその内部部分と周辺部分においての方が巻き回

数が多い、

ことを特徴とする請求の範囲第2項記載の真空プラズマ処理装置。

【請求項4】

前記コイルが、整合用ネットワークを介してRF発生源に接続されている内部端子と外部端子を含む、

ことを特徴とする請求の範囲第3項記載の真空プラズマ処理装置。

【請求項5】

前記コイルが複数の電氣的に並列な巻き線を含み、前記巻き線のおおのが1つの内部端子と1つの外部端子を含み、前記巻き線のおおのが前記外部端子が対角線上両端にある、
ことを特徴とする請求の範囲第4項記載の真空プラズマ処理装置。

10

【請求項6】

前記コイルが周辺コーナーを含み、前記外部端子が前記コイルの1対を成す前記周辺コーナーにある、

ことを特徴とする請求の範囲第5項記載の真空プラズマ処理装置。

【請求項7】

前記コイルが複数の電氣的に並列な巻き線を含み、前記整合用ネットワークと前記複数の巻き線の間を前記端子を介して電流が流れる、

ことを特徴とする請求の範囲第4項記載の真空プラズマ処理装置。

【請求項8】

前記複数の巻き線が前記コイルの中心の周りに空間的にも電氣的にも実質的に対称である、

20

ことを特徴とする請求の範囲第7項記載の真空プラズマ処理装置。

【請求項9】

前記巻き線のおおのが、前記内部端子と前記外部端子の間で半径方向と周方向に伸長する複数の巻き部分を含む、

ことを特徴とする請求の範囲第7項記載の真空プラズマ処理装置。

【請求項10】

前記加工物が矩形であり、前記コイル周辺の側部が前記矩形の加工物に寸法と形状が類似している矩形を画定する複数の直線状導体セグメントからなる、

ことを特徴とする請求の範囲第9項記載の真空プラズマ処理装置。

30

【請求項11】

前記巻き部分のすべてが複数の直線状導体セグメントを含む、

ことを特徴とする請求の範囲第9項記載の真空プラズマ処理装置。

【請求項12】

前記巻き部分のすべてが直線状の導体セグメントのみを含む、

ことを特徴とする請求の範囲第9項記載の真空プラズマ処理装置。

【請求項13】

前記巻き線のおおのが内部端子と外部端子を有し、前記巻き線のおおのが前記端子の内の1つに反応性インピーダンスが接続されており、

前記反応性インピーダンスの値、各巻き線の長さの値及びRFフィールド励起周波数の値が、前記励起周波数におけるピーク定在波RF電流が前記周辺部分内の前記巻き線のおおのが前記励起周波数のところで発生するような値である、

40

ことを特徴とする請求の範囲第9項記載の真空プラズマ処理装置。

【請求項14】

前記巻き線のおおのが内部端子と外部端子を有し、前記巻き線のおおのが前記端子の内の1つに反応性インピーダンスが接続されており、

前記反応性インピーダンスの値、各巻き線の長さの値及びRFフィールド励起周波数の値が、前記励起周波数におけるピーク定在波RF電流が前記周辺部分内の前記巻き線のおおのが前記励起周波数のところで発生するような値である、

ことを特徴とする請求の範囲第7項記載の真空プラズマ処理装置。

50

【請求項 15】

前記コイルが、前記内部端子と前記外部端子の間を半径方向と周方向に伸長する複数の巻き部分を含む、

ことを特徴とする請求の範囲第5項記載の真空プラズマ処理装置。

【請求項 16】

前記コイルは複数の電氣的に並列な巻き線を含み、各巻き線は1つの内部端子と1つの外部端子を含み、

各巻き線の外部端子は、各々の周辺部分が有するコイルのコーナーから離れた真っ直ぐなセグメントに設けられている、

ことを特徴とする請求の範囲第4項記載の真空プラズマ処理装置。

10

【請求項 17】

前記巻き線のおおのが、複数のコーナーセグメントと、該コーナーセグメントとの間にギャップを有する複数の直線状セグメントとを有する、

ことを特徴とする請求の範囲第7項記載の真空プラズマ処理装置。

【請求項 18】

前記加工物の周辺部は前記コイルの周辺部の僅かに内側にあり、前記コイルの周辺部は前記チャンバの周辺部の僅かに内側にあると共に、前記加工物と前記コイルと前記チャンバは全て実質的に同じ形状を有する、

ことを特徴とする請求の範囲第1項記載の真空プラズマ処理装置。

20

【請求項 19】

プラズマで加工物を処理する真空プラズマ処理装置であって、

加工物が位置付けられるようになっていて該加工物を処理するためのプラズマに変換可能な気体を導入する入り口を有する真空チャンバと、RFフィールドが前記気体にカップリングするように位置付けされ前記気体をプラズマ状態に励起するコイルとを備え、

前記コイルは内部部分、中間部分及び周辺部分を含み、前記内部部分と前記周辺部分の巻き部分はおおのによってプラズマにカップリングされる磁束密度が前記中間部分によってプラズマにカップリングされる磁束密度を上回るように互いに接続され配置されており、

前記コイルの内部部分の巻きピッチが前記コイルの周辺部分の巻きピッチより緊密である、

30

ことを特徴とする真空プラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

同時係属出願に対する関係

本出願は、双方とも1996年6月10日に提出されたそれぞれ第08/661,203号と第08/662,732号の、「最小の磁場が自身の中心にあるコイルを有する真空プラズマ処理装置」と「実質的に均一なプラズマフラックスを引き出す誘導カップリングされた発生源」という題名の、ジョン・ホランドとマイケル・バーンズに共通譲渡された継続出願の一部継続出願である。

発明の分野

本発明は一般的には改良型のプラズマ励起用コイルを有する真空プラズマ処理装置に関し、より特定的には、内部部分と周辺部分によってプラズマにカップリングされている磁束密度よりかなり低い磁束密度を中間部分がカップリングするような、空間的形状を有する相互接続された内部と、中間と、周辺の巻き線部分を有するコイルに関する。

40

背景技術

真空プラズマ処理用チャンバ内でイオン性気体にRF（無線周波数）フィールドを供給して、その気体をプラズマ状態に励起するさまざまな構造体が開発されてきた。この励起されたプラズマは真空プラズマ処理用チャンバ内の加工物と相互作用して、露出された加工物表面から材料をエッチングしたり又は材料を表面上に堆積したりする。加工物は一般的には、平坦パネルディスプレイにおけるように、矩形の周辺部を有することがある平面状円形表面、金属平面状表面又は誘導性の加工物を有する半導体ウエハである。

50

誘導カップリングされた平面プラズマ（ICP）で加工物を処理する処理装置が、特に、オーグル（Ogle）による、本発明と共に共通譲渡された米国特許第4,948,458号に開示されている。加工物の平面状表面に概して並行な方向に伸長する単一の平面状誘導性窓上又はこれに隣接して置かれたコイルから磁場が引き出される。商用のデバイスにおいては、この窓は通常は石英であるが、その理由は、石英は材料不純物濃度が低く、RFカップリングの効果を最適化するからである。このコイルは、1～100MHzの範囲であるが一般的には13.56MHzという周波数を有するRF発生源に反応するように接続される。インピーダンス整合用ネットワークはコイルと発生源の間に接続されて、コイルとプラズマを含め、負荷から発生源にカップリングして戻るRF反射を最小化する。

バーンズらの米国特許第5,589,737号には、矩形平坦パネルディスプレイを形成する例えば誘導性基板などの比較的大型の基板を処理するためにRFプラズマ励起用フィールドを誘導的に引き出すコイルを含むプラズマ処理装置が開示されている。バーンズらによる特許では、コイルによって引き出されたRFフィールドは個別に支持されている複数の誘導性窓を介してプラズマにカップリングされている。第‘737号特許の好ましい実施形態では、このような4つの窓が4つの別々の象限に置かれている。コイルから窓を介してプラズマへのRFカップリングを最大化するために、窓の厚さは、複数の窓と同じ組み合わせ領域を有する単一の窓の厚さより実質的に小さく、これによって、チャンバ内部の真空状態とチャンバ外部の大気圧との間の差圧に耐えるようにしている。

いくつかの別のコイル構成が第‘737号特許中に開示されている。これらのコイルのあるものは、整合用ネットワークを介してRF励起源にカップリングされている第1の端子と第2の端子間で並行に電氣的に接続されている巻き線セグメントを複数個有している。第‘737号特許のコイル構成の中には、第1の端子と第2の端子の間に同じ電氣的長さを持つ並列なコイルセグメントを有しているものもある。

矩形の周辺部を有する比較的大型の平面状平坦パネルディスプレイ表面上のプラズマフラックス密度をより均一なものとするために、第‘737号特許に開示されているさまざまなコイル構成は、再設計されたコイルの底面図である図1に示すように再設計された。図1に示す先行技術によるコイル10は、コイルの中心点16に対して実質的に対称的に配置されている螺旋状の複数の巻き線をおのおのが有する2つの螺旋状の電氣的に並列な銅巻き線12と14を含んでいる。

巻き線12と14は同一平面上にあり、陽極化されたアルミであることが望ましい非磁性金属製の一体型剛性フレーム26によって個別に支持されている4つの矩形の石英窓21, 22, 23及び24の上方フェースの上方で約3cm離間されている底部エッジを含め、正方形の断面（各側部の長さは約1.25cm）を持つ銅製の導線を有している。フレーム26は、内部の互いに直角なレール28と30が窓21～24の頂部の同一平面上フェースと実質的に同一平面上にある点を除いては、第‘737号特許に図示され説明されている方法と類似の方法で構築されるのが好ましい。コイル10は、バーンズらによる第‘737号に開示されているタイプの非鉄金属（陽極化されたアルミが望ましい）の電磁シールドカバーのから誘導性ハンガによって吊り下げられている。

巻き線12と14はそれぞれ、レール28に沿ってコイル中心点16から等距離離間されている内部端子32と34を含んでいる。端子32と34は金属ストラップ35とケーブル36によって、RF発生源42に反応するように接続されている入力端子を有する整合用ネットワーク40の出力端子38に接続されている。一般的には、ストラップ35は、巻き線12と14より実質的にさらに遠く窓21と24から離間されているU形状の第1のレッグ及び第1のレッグと端子32と34の間を走行しているそれ以外のレッグを持つ反転U形状を有するが；ストラップ35は図面を簡略化するためにずらして示されている。

巻き線12と14もまたそれぞれ、自身の完全に対向したコーナーのところに、コンデンサ48と50を介してそれぞれ接地されている端子44と46を含んでいる。整合用ネットワーク40の出力端子52もまた設置されていて、巻き線12と14を通して流れる並列電流のための整合用ネットワークの接地された端子にコンデンサ48と50を通過する

10

20

30

40

50

戻り電流経路を提供している。巻き線 1 2 と 1 4 はある形状を有しており、コンデンサ 4 8 と 5 0 のキャパシタンス値は、端子 4 4 と 4 6 にいくぶん電氣的に近接した位置で巻き線 1 2 と 1 4 の全長に沿って最大定在波電流が発生するように選択される。一般的には、この最大定在波電流は、レール 2 6 に近接した各巻き線 1 2 と 1 4 の最外側の巻き部分で発生する。定在波電流はコイル 1 0 の周辺部に近接したところで最大となり、このためコイルの周辺部で磁束密度が最大となり、これによって加工物周辺部に隣接したところの磁束密度を増大させる。

各巻き線 1 2 と 1 4 は螺旋状構成を有し、既述の同時係属出願で説明されているように、発生源 4 2 の周波数で伝送線路効果が内部で発生するに十分な長さを持つ。各巻き線 1 2 と 1 4 の構成はしばしば「正方形又は矩形」の螺旋であると言われる。各巻き線 1 2 と 1 4 は、9 個の直線上セグメントで形成されて 2. 1 2 5 回巻かれている。各巻き線は、レール 2 8 に並行に伸長する 4 個の直線状金属製導電用セグメント及びレール 3 0 に平行に伸長する 5 個の直線状金属製導電用セグメントを含み、これによって各直線状線路セグメントが自身の当接するセグメントとほぼ直角に交差するようになっている。コイル 1 2 の端子 3 2 と 4 4 はレール 3 0 の一方の側にあり、コイル 1 4 の端子 3 4 と 4 6 はレール 3 0 の反対側にある。巻き線 1 2 と 1 4 の巻きピッチは、端子 3 2 と 3 4 間及び 4 4 と 4 6 間でコイルの全長にわたって実質的に同じである。

図 1 のコイルは、その内部部分、中間部分及び周辺部分の巻き回数がそれぞれ約 2 回、1 回及び 2 回であると考えることができる。内部部分の巻き部分には、巻き線 1 2 の直線状金属製導電用セグメント 6 1 ~ 6 4 及び巻き線 1 4 の直線状金属製導電用セグメント 7 1 ~ 7 4 が含まれている。中間部分の 1 回巻き部分には、巻き線 1 2 の直線状セグメント 7 5 及び 7 6 並びに巻き線 1 4 の直線状セグメント 7 7 及び 7 8 が含まれている。周辺部分の巻き部分には、巻き線 1 2 の直線状セグメント 8 1 ~ 8 3 及び巻き線 1 4 の直線状セグメント 8 4 ~ 8 6 が含まれている。

図 1 に示すコイルは前もって使用されて、5 5 0 x 6 5 0 mm と 6 0 0 x 7 2 0 mm の直線状の矩形周辺側部を有する矩形の誘電性平坦パネルディスプレイ加工物をエッチングするためにプラズマを励起する。このような加工物は静電チャック上に固定して置かれ、これによって、基板の頂部フェースは窓 2 1 ~ 2 4 の底部の内部フェースから約 1 0 cm のところにある。この先行技術による装置内のコイル 1 0 の矩形周辺部は矩形加工物の周辺部より幾分大きく；ある 1 つの先行技術による構成では、コイル 1 0 は図示されるような寸法であり、このため、周辺の直線状の互いに直交するエッジの寸法は約 6 5 0 x 7 5 0 mm であり、このため、矩形領域の周辺部に伸長するコイルは、加工物の矩形周辺部を越えて窓 2 1 ~ 2 4 によって画定される。

図 1 に示す構造体はある環境に対しては満足に機能するが、別の環境に対しては、大きな面積を持つ加工物を覆うプラズマフラックスの密度は所望の密度ほど大きくない。図 1 に示すコイルに起因する平坦パネルディスプレイ加工物上のプラズマフラックス密度は、加工物の露出された平面状矩形フェースの中心部分と周辺部分では比較的強く、この中心部分と周辺部分間にある加工物の中間部分では比較的弱くなる傾向がある。このため、加工物上のプラズマフラックス密度は、コイルの中間部分の下方で、すなわち各巻き線 1 2 と 1 4 の第 1 の巻き部分の第 2 の半分と第 2 の巻き部分の第 1 の半分の下方で最大となりコイル 1 0 の内部部分と周辺部分の下方で最低となる傾向がある。矩形の加工物の周辺領域のコーナーでプラズマフラックス密度が減少するのは、円形周辺部を有するようにコイル 1 0 によって励起されるからである。プラズマ発生領域が円形周辺部を有する傾向があるため、コイルのコーナーから除去されたコイルの周辺部分のすぐ下方にある加工物の周辺領域内のプラズマフラックス密度が加工物の周辺コーナー領域のプラズマフラックス密度より実質的に大きくなる。処理済みの加工物のフェースの対角線に沿ったプラズマフラックス密度のプロフィールは完全な均一性から約 2 1 % だけ変位する。コイル 1 0 の内部部分と周辺部分の下方の基板表面部分上のプラズマフラックス密度が比較的弱いのは、プラズマフラックスがプラズマの中心から周辺部分に向かって拡散する傾向があるからである。真空プラズマ処理用チャンバと結合しているコイルの金属製シールド構造体は、ホラ

10

20

30

40

50

ンドらに共通譲渡された同時係属出願第08/661, 203号に開示されているように、図1のコイル10から引き出された磁束をチャンバの周辺から中心に向けて移動させる傾向がある。

したがって、本発明の1つの目的は、比較的大型の加工物の表面上のプラズマフラックス密度を比較的均一なものとする新規で改良型の真空プラズマ処理装置を提供することである。

本発明の別の目的は、平坦パネルディスプレイなどの比較的大型の矩形の加工物上のプラズマフラックス密度が比較的均一となり、これによってプラズマフラックス密度が加工物の中心領域と周辺領域上で比較的低くなる傾向を未然に防ぐように磁束密度が引き出されるような特殊設計のコイルを有する新規で改良型の真空プラズマ処理装置を提供することである。

10

本発明のさらに別の目的は、特に矩形の周辺部を有する加工物などの比較的大型の加工物の表面上のプラズマフラックス密度を比較的均一にするようにコイルが特に設計された、真空プラズマ処理装置用の新規で改良型のコイルを提供することである。

発明

本発明の1つの態様によれば、プラズマで加工物を処理する真空プラズマ処理装置は、加工物を処理するためにプラズマに変換することが可能な気体に反応する入り口をチャンバが有するような、加工物が位置付けされるようになっている通常の真空チャンバを含んでいる。改良型のコイルは、RFフィールドを気体にカップリングしてこの気体をプラズマ状態に励起するように位置付けされる。コイルは内部部分、中間部分及び周辺部分を含んでいる。この内部部分と周辺部分の巻き部分は互いに接続されており、さらに、内部と周辺のコイル部分によってプラズマにカップリングされる磁束密度が中間コイル部分によってプラズマにカップリングされる磁束密度を越えるように配置されている。コイルの周辺部と加工物の周辺部は類似の寸法と形状を有している。

20

加工物が矩形の、例えば平坦なパネルディスプレイである1つの好ましい実施形態では、コイル周辺部は、矩形の加工物上のプラズマフラックス密度を均一にする助けとなるように矩形の工作物に寸法と形状が類似している矩形を画定する複数の直線状導体セグメントから成っている。コイルの巻き部分の少なくとも1部、できればすべてが複数の直線状セグメントを含んでいるのが望ましい。

コイルは自身内部の電流密度がコイルの中間部分よりコイルの内部部分と周辺部分の方が実質的に大きいことが望ましい。この目的のために、コイルはその中間部分におけるよりもその内部部分と周辺部分において巻き回数が多く、また、コイルの内部部分の巻きピッチがコイルの周辺部分の巻きピッチより緊密であることが望ましい。

30

コイルは電氣的に並列に接続された複数の巻き線を含み、これによって整合用ネットワークの出力端子同士間で巻き線の端子を通じて電流が並行に流れるようにするのが望ましい。この複数の巻き線はコイルの中心点の周りに空間的にも電氣的にも実質的に対称であることが望ましい。各巻き線は、螺旋形状に類似して、内部端子と外部端子の間を半径方向と周方向に伸長する複数の巻き部分を含む。

本発明の上記の目的、特徴及び利点並びにさらなるそれらは、特に添付図面を参照すれば、本発明の複数の特定の実施形態に関する以下の詳細な説明を考慮すれば明らかであろう。

40

【図面の簡単な説明】

図1は、すでに述べたように、比較的大面積の加工物、特に平坦パネルディスプレイ用の真空プラズマ処理装置の、4つの自己支持型窓と組み合わされた先行技術による実質的に平坦なコイルの底面図であり；

図2は、4つの自己支持型窓と組み合わされた、本発明の1実施形態によるコイルの変形例の底面図であり；

図3は、4つの自己支持型窓と組み合わされた、本発明によるコイルのさらなる実施形態の底面図であり；

図4は、4つの自己支持型窓と組み合わされた、本発明によるさらなるコイルの底面図で

50

あり；

図 4 A と 4 B は、図 4 に示すコイルの各部分の側面図であり；

図 5 は、図 1 ～ 4 に示すコイルの場合のプラズマフラックス密度対加工物位置の関数を示す 1 連のプロット図であり；

図 5 A と 5 B はそれぞれ、図 1 と 4 に示すコイルで励起された 2 つの平坦パネルガラスプレートの場合のシリコンエッチング速度の 2 次元プロット図であり；

図 6 は、処理装置部分が窓を含んでいる、図 4 のコイルを含む真空プラズマ処理装置内にある加工物を横断する、図 7 の線 6 - 6 から上方向に見た図であり；

図 7 は、図 6 に示す真空プラズマ処理装置の外部の側面図であり；

図 8 は、図 7 の線 8 - 8 から下方向に見た、図 6 と 7 に示す処理装置の図であり；

図 9 と 10 は、各コイルがコイルの主要部分に接続されている直列セグメントを含む、本発明による 2 つの別々のコイルのさらなる実施形態を示す図であり；

図 11 は、本発明による複数のネスティングされた導電性コーナーセグメントを含む別のコイルの上面図である。

好ましい実施形態の説明

ここで図面の図 2 を参照すると、図 1 に示す先行技術によるコイルが：（１）コイルの内部部分と周辺部分から見て加工物に入射するプラズマフラックスの中間部分に対して十分に低い磁束をカップリングさせる中間部分と；（２）プラズマに磁束を付加する追加の金属製の導電性セグメントを有する周辺部分と；を含むように修正されている。この付加された磁束によって、コイルの主要部分、すなわち追加セグメントを含まないコイルの部分によってプラズマに供給される磁束が補われて、プラズマ周辺部分の磁束密度が増加し、これによって、矩形の加工物の露出したフェースのところでの磁気プラズマフラックス密度がより均一になる。図 2 では、追加セグメントはコイルの主要部分と並行に接続されている。

図 2 のコイル 100 は、加工物と形状が類似し寸法が少し大型の矩形周辺部を有し；各図に示す処理装置は、矩形の加工物、できれば交差平坦パネルディスプレイを処理するのが望ましい。コイル 100 は、電氣的に接地されている 2 つの電氣的に並列な巻き線 102 と 104 を含んでいるが、整合用ネットワーク 40 の非接地の出力端子 38 と接地された出力端子 52 はさらに、13.56 MHz の RF 発生源 42 に接続する。巻き線 102 と 104 は、コイル 100 のすべてが実質的に対角線状に（したがって直径状に）その周りに対して対称であるコイルの中心点 16 と合致する共通の中心端子 106 を有している。端子 106 は、整合用端子出力端子 38 に電氣的に導電性のストラップ（図示せず）によって接続されている。巻き線 102 と 104 は、コイル 100 の両側にある周辺コーナーのところに、対角線上で対向している周辺端子 108 と 109 を含んでいる。

端子 108 と 109 はそれぞれ、コンデンサ 48 と 50 を介して整合用ネットワーク 40 の接地済み端子 52 に接続されている。各巻き線 102 と 104 は、伝送線路効果が巻き線内で起こるように発生源 42 の周波数に対する電氣的長さを有している。巻き線 102 及び 104 の長さ並びに発生源 42 の周波数は通常は、各巻き線に沿った距離がこの発生源周波数の波長の半分より少し短くなるような値である。コンデンサ 48 と 50 の値は、ピーク定在波電流と最小定在波電流がそれぞれ巻き線の周辺部分と内部部分で発生するように選択される。ある 1 つの実施態様では、ピーク定在波電流は、窓 21 ～ 24 を支持するレール 30 とほぼ整合している巻き線 102 と 104 のほぼ最外側巻き部分の点のところで発生し、最小定在波電流はほぼ端子 106 のところに存在するが、このところで定在波電圧はピーク値となる。最大定在波電流は各端子 108 と 109 からほぼ 3/8 回巻かれた点で発生するので、比較的高い磁束密度はコイル 100 の主要周辺部分によって、加工物の周辺部分に入射するプラズマの周辺部分に与えられる。

コイル 100 は：（１）3 回巻きの内部部分 110（金属ストラット 111 と 112 によって自身が電氣的に接続されている中心端子 106 から半径方向と周方向に伸長している直線状の金属製の導電性セグメント 113 ～ 124 を含む）と；（２）約 1 回巻きの中間部分 130（半径方向と周方向に伸長する直線状の金属製の導電性セグメント 131 ～ 1

10

20

30

40

50

34を含む)と;(3)約2回巻きの周辺部分140(半径方向と周方向に伸長する直線状の金属製の導電性セグメント141~146を含む)と;を含んでいる。周辺部分140の巻きピッチは中間部分130の1回巻き部分132より大きく、この中間部分130の巻きピッチはさらに内部部分110の緊密な巻きピッチよりかなり大きい。中間部分130は内部部分110から実質的に半径方向に変位しているが、周辺部分140に対してはいくぶん半径方向に近くなっている。

部分110、130及び140の同一平面上にある直線状で金属製の導電性セグメント113~124、131~134及び141~146のおおのは、各エッジ上で約1.25cmの正方形断面を有するのが望ましく、また、平面状の処理済み加工物表面の上方約10cmのところに底部フェースを有する、窓21~24の頂部フェースの上方約3cmのところに自身の底部エッジが来るように離間されているのが望ましい。コイル100の巻き線は、バーンズらの特許に開示されているタイプの非鉄金属(陽極化されたアルミであるのが望ましい)でできたコイルシールド用カバーの天井から誘電性ハンガによって吊り下げられている。内部コイル部分110の外部端は、金属製(銅製であるのが望ましい)のストラット150と152によって中間コイル部分130の内部端に電氣的に接続されている。ストラット111、112、150及び152によって窓の下方に存在するプラズマにカップリングされる磁束の分量を最小化するために、これらのストラットは反転したU字形状を有しており、その第1のレッグが部分110、130及び140の直線状の導電性セグメントの平面のかなり上方にある平面上にあり、下向きにぶら下がっている2つのレッグが電氣的及び機械的に第1のレッグをコイル100に接続している。これらのストラットは窓21~24に平行な2.5cm長のエッジを持った0.3x2.5cmの断面を有している。

図2のコイルは、中間コイル部分130よりも内部コイル部分110と周辺コイル部分140での電流密度が大きくなるように設計されている。このため、内部コイル部分と周辺コイル部分から引き出される磁束密度は中間コイル部分から引き出される磁束密度より高い。その結果、真空チャンバ内の加工物に入射するプラズマフラックス密度が加工物の中心部分と周辺部分でより加工物の中間部分で高くなる傾向が減少する。図1のコイルを含む先行技術による処理装置の中心部分におけるプラズマフラックス密度は比較的低下する傾向があるが、この理由は、プラズマはプラズマの中心部分から拡散して去っていく傾向があるからである。先行技術によるプラズマフラックス密度はプラズマの周辺部分では比較的低下する傾向が発生するが、この理由は、先行技術によるコイルによって発生したプラズマは、コイルの内部部分と周辺部分の間のある中間部分のところにあるリング形状領域でそのプラズマフラックス密度が最大となるからである。加工物の中心で所望のプラズマフラックス密度を確立するためには、加工物の頂部と誘電性窓の下側との距離はプラズマ拡散を可能とするに十分大きい値でなければならない。プラズマが拡散することによって、リング形状領域における加工物でのプラズマフラックス密度は平均するとより均一なものとなる。しかしながら、加工物と窓の下側との比較的大きな距離は、面積の大きい加工物を処理する際には有効には作用し得ないが、その理由は、加工物と窓との距離が増加すると、加工物の周辺コーナー領域でのプラズマフラックス密度の減少がさらに厳しいものとなるからである。図2のコイルによって、先行技術によるものよりプラズマフラックス密度が改善されるが、それは:(1)中間プラズマ部分に対するより中心プラズマ部分に対してより高い磁束密度と;(2)シールド用構造体の影響を少なくとも部分的に克服するためにプラズマの周辺部に対して追加の磁束密度と;を供給するからである。その結果、改善が見られるが、その理由は、とりわけコイル100の内部部分110と周辺部分140の巻き回数は中間部分130より多いからである。

一つの実施態様では、中間部分の巻き部分の直径が内部部分の外部巻き部分の外径の約2倍になるように、中間部分130の巻き部分が内部部分110の外部巻き部分から離間している。言い換えれば、中間部分130の1巻きで内部部分110の3巻きで囲まれる面積の約4倍の面積を囲んでおり、また、中間部分の1巻き部分は、内部部分110の外部巻き部分がコイルの中心点から離間している距離の2倍の距離だけ、中心点16から離間

10

20

30

40

50

している。中間部分 130 の 1 巻き部分は、図 2 のコイル内の周辺部分の巻き部分が互いに離間している距離と同じ距離だけ、周辺部分 140 の巻き部分から離間している。特に、直線状導体セグメントセグメント 131～134、直線状導体セグメント 141 と 144 がそれぞれ直線状導体セグメント 146 と 143 から離間している距離とほぼ同じ距離だけ、直線状導体セグメント 141～145 から離間している。

内部コイル部分 110 のピッチがこのように緊密であること及び中間コイル部分 130 から幾分遠く離間していることが、比較的低いプラズマフラックス密度が加工物の中心部に入射する傾向を克服する一助となっている。内部コイル部分 110 のピッチが緊密であること及びコイル 100 の残部から離間していることによって、内部コイル部分から引き出される磁束の自己カップリングが近接し、これによって、内部部分 110 から引き出される磁束が集中する（すなわち磁束密度が増加する）ことになる。

10

所望の実質的に均一なプラズマフラックス密度を加工物全体にわたって得るために、図 1 に示す先行技術によるコイルを修正して周辺コイル部分 140 のようにしている。言い換えれば、図 2 に示すコイルの主要部分（導体セグメント 113～124、131～134 及び 141～146 並びにストラット 111、112、150 及び 152 から成っている）は自身の周辺部に構造体を追加しており、これによって、プラズマの周辺部、とくに矩形の処理チャンバのコーナーに近接したプラズマ部分での磁束密度を増大させている。

図 2 に示す実施形態では、周辺コイル部分 140 は、コイル周辺端子 108 と 109 の 4 つの周辺コーナーに空間的に隣接した追加の導電性巻き線セグメント 161～168 を含んでいる。巻き線セグメント 161～168 の内の奇数のものは巻き線 102 にその 1 部として追加された部分であり、一方巻き線セグメント 161～168 の内の偶数のものは巻き線 104 にその 1 部として追加されたものである。巻き線セグメント 161～168 は導体セグメント 113～124、131～134 及び 141～146 と同一平面上にあり、このため、追加の RF 電流がコイル 100 の周辺部分に、特に、磁束密度とプラズマフラックス密度がさまなければ比較的低いコイルのコーナーのところに流れることになる。巻き線セグメント 161～168 中を流れる RF 電流によって、プラズマ処理チャンバのコーナーに対して磁束が付加されることになる。セグメント 161～168 によって処理チャンバに付加された磁束が、主要コイル部分の導体セグメント 141～146 が処理チャンバに供給する磁束を支援し、これによって、コイルのコーナーの下方のプラズマフラックス密度を増大させ、矩形加工物と真空チャンバのコーナーのところのプラズマフラックス密度が不均一になる傾向が大幅に克服される。交差する直線状の導体セグメント 141～146（90度のコーナーを形成している）によってもたらされる磁束は、互いに実質的に直角を成しコイル、真空チャンバ及び加工物のコーナーの周りで屈曲している長手方向軸を有しており；セグメント 161～168 によってもたらされる磁束は、直線状セグメント 141～146 とほぼ同じ方向に伸長している軸を有し、これによって、互いに空間的に隣接しており電氣的に並列に接続されている。

20

30

図 2 に示す実施形態では、追加された対角線の両端に位置するコイルセグメント 161 と 162 はそのおのおのが、4 つの直線状の互いに直交する銅製の導体セグメント 182～185 を含んでいる。コイルセグメント 161 の導体セグメント 184 と 185 はそれぞれ、直線状セグメント 132 と 141 に対して平行に伸長しこれらのセグメント 132 と 141 から外方向に（同じ距離のところに）位置付けされているが、セグメント 184 は、セグメント 185 より短い距離だけセグメント 132 と 141 のコーナー交差点から伸長している。セグメント 184 と 185 はそれぞれ、スタブセグメント 182 と 183 によってセグメント 132 と 141 に接続されている。セグメント 162 はセグメント 161 と同じ形状を有しているが、そのコーナーは、交差している直線状セグメント 134 と 144 によって画定されている。

40

各巻き線セグメント 163 と 164 は、それぞれ、導体セグメント 141 と 142 の交差及び導体セグメント 144 と 145 の交差によって画定されているコーナーのところでこれと電氣的に並列に接続されているが、セグメント 161 や 162 より十分大きな面積とより多くの導体を有している。その結果、巻き線セグメント 163 と 164 が、巻き線セ

50

グメント161と162が付加するよりも高い磁束密度を真空プラズマ処理チャンバの壁に近接したところのプラズマフラックスに付加する。巻き線セグメント163は、導体セグメント142のそれぞれ外方向と内方向に位置付けされこれに平行に伸長している2つの電氣的にそして空間的に並列な導体セグメント187と188を含んでいる。セグメント187は、導体セグメント141の外側に置かれこれと平行に伸長している導体セグメントと直列に接続されており；セグメント187と189は、セグメント188の長さより幾分長いほぼ同じ長さを有している。主要コイル導体セグメント141と142から平行導体セグメント187～189に至る電氣的に並列な接続部は、これらを物理的に接続している導体セグメント141、142及び187～189と直角に伸長しているスタブ導体セグメント191～193によって確立されている。コーナー巻き線セグメント163と同じに構築されているコーナー巻き線164はセグメント163から直径上両端に位置し、直線状導体セグメント144と145と、これらが形成するコーナーのところで交差している。

追加の対角線両端巻き線セグメント165と166は、それぞれ、導体セグメント142と143の交差及び導体セグメント145と146によって画定される交差によって画定されるコーナーの所にありこれと電氣的に並列に接続されているが、そのおのおのが、導体セグメント198、200及び204を含んでいる。セグメント198、200、202及び204は、自身と結合しているコーナーの少し外側で並列な電流経路と成っている。このコーナーから隔たっている導体セグメント198の端は巻き線セグメント162の対応する導体セグメント182に対してよりも中心レール30に対してより近接しており、これによって、真空プラズマ処理チャンバの壁に近接したところの磁束密度をさらに増加させている。

巻き線セグメント167と168は、それぞれ、端子109と108が置かれている対角線両端周辺コーナーのところにありこれを電氣的に並列に接続されているが、そのおのおのが、導体セグメント143と146に平行に伸長しこれらの少し外側にある細長い導体セグメント208と209を含んでいる。セグメント208と209はスタブ直線状導体セグメント212と213によってそれぞれ導体セグメント143と146に接続されている。セグメント167と168の磁束はセグメント143と146の磁束を支援し、これによって周辺プラズマフラックス密度を増大させている。

追加の周辺巻き線セグメント163～168の各外部導体、すなわち導体187、187'、200、200'、202、202'、208及び209の外部エッジは、これらの導体から引き出される磁束が効果的にプラズマに付加されるように、窓21～24の外部エッジから少し後部に設定されている。（図2～4では、両側にある周辺巻き線セグメントの対応する部分は、具体的に述べられていない周辺巻き線セグメントに対してプライム符号が付加されていることを除けば同じ参照符号持っている。）セグメント161～168を通して流れる電流に起因する磁束は、コイルの主要部分中を流れる電流に起因する磁束に付加される。この追加の磁束が、真空プラズマ処理チャンバの周辺部、特にチャンバのコーナーのところの磁束を増大させ、これによって、加工物に入射するプラズマフラックス密度が図1の先行技術によるものよりもさらに均一なものとなるように加工物の周辺部分内のプラズマフラックス密度を増大させる。

プラズマ密度は、図2に示すコイルによって達成されるよりも図3に示すコイルによって達成される場合の方がより均一になることが分かっている。図3のコイルでは、中間コイル部分130は、図2の実施形態の金属製の導電性ストラット150と152及び導体131と133を金属製の導電性ストラット220と222及びコイルの直線状導電性部分224と226で置き換えることによって修正されている。導電性部分224と226は図2と図3のコイルの残余の導体と同じ断面寸法を有し、図3のコイルの残余の導体と同一平面上にある。ストラット220と222はストラット150と152と同じ寸法と方位を有し、U字形状を反転した形状となっている。このため、ストラット220と222によってプラズマに付加される磁束の量は無視され得る量である。

導電性セグメント224と226は、それぞれ導電性セグメント132と134から内方

向にレール 30 と平行に伸長している。各導電性セグメント 224 と 226 の長さは導電性セグメント 132 と 134 がレール 28 から隔たっている間隔の半分未満である。これによって、導電性セグメント 132 と 134 から遠隔の各導電性 224 と 226 の端は内部コイル部分 110 の外部巻き部分の実質的に外側にある。ストラット 220 と 222 は内部コイル部分 110 の端から、それぞれコイルセグメント 132 と 134 から遠隔の導電性セグメント 224 と 226 の端に伸長している。

図 2 のコイルと図 3 のコイルの前述の相違によって、図 2 の実施形態よりも図 3 のコイルの方が、内部コイル部分 110 によってもたらされる磁束の隔離の度合いが大きい。その結果、図 2 のコイルにおけるよりも図 3 の実施形態における場合の方が中心磁束密度が高い。さらに、図 3 のコイルの中間部分内の磁束密度は図 2 のコイルにおける場合より低い。周辺コイル部分 140 内の図 2 と 3 の中間部分から引き出される磁束パターンは実質的に同じである。これらの要因のすべてによって、図 3 のコイルによって励起されるプラズマフラックス密度が図 2 のコイルによって励起されるプラズマフラックス密度より均一なものとなる。

図 4、4A と 4B に示すさらなる実施形態によれば、図 3 のコイルは：（１）導電性部分 224 と 226 を消去し；（２）追加の周辺平行コイルセグメント 161 ～ 168 を、これらが残余の導電性コイルセグメントよりもプラズマに近接するように位置付けする；ように修正されている。

図 4 のコイルでは、中間コイル部分 130 は、導体 132 と 134 のほぼ半分だけしか含んでいない、すなわち中間コイル部分 130 は（図 4 で見て）レール 30 の右側にある導体 132 の部分だけとレール 30 の左側にある導体の部分だけを含んでいる。図 4 では、図 3 の導電性部分 224 と 226 は、金属製の反転 U 形状ストラット 230 と 232 によって内部コイル部分 110 の端に電氣的に接続されている。ストラット 230 と 232 はストラット 220 と 222 に非常に類似しているが、ただストラット 230 と 232 が中間コイル部分 130 の導体セグメント 132 と 134 の端に直接に接続されている点が異なる。その結果、プラズマの中間部分の磁束密度は図 1 ～ 3 のコイルの場合より図 4 のコイルの場合の方が低い。

図 4 のコイルでは、平行周辺セグメント 161 ～ 168 はコイルの主要部分の導電性セグメント 113 ～ 124、132、134 及び 141 ～ 146 と同一平面上にはない。この代わりに、最大量の磁束をプラズマに供給する平行周辺セグメントの部分は、これらの平行周辺コイルセグメントがコイルの主要部分の導電性セグメントより窓 21 ～ 24 の頂部フェースに非常に近いために、プラズマにより近づく。図 4 のコイルの平行周辺セグメントはおおのその、窓 21 ～ 24 の平面に近い直線状導電性セグメントを含んでいる。別の平面上の導電性セグメントは機械的にも電氣的にも、ストラット 230 と 232 の断面寸法と類似の断面寸法を有する金属製ストラップによって互いに接続されている。図 4A と 4B に示すように、これらの金属製ストラップはコイルの主平面上の導体セグメントから下方方向に伸長し、そこから水平方向に平行セグメント 161 ～ 168 の導体セグメントに伸長している。

図 4 のコイルでは、平行導電性セグメント 184、185、184'、185'、187、188、189、187'、188'、189'、200、202、200'、202'、208 及び 209 は誘電性窓 21 ～ 24 の上部フェースに近接している。窓 21 ～ 24 に近接しているこれらの導電性セグメントは機械的にも電氣的にも、窓 21 ～ 24 の平面に並行に又は直角に伸長する金属製ストラップ 182、183、182'、183'、191、192、193、191'、192'、193'、198、204、198'、204'、212、213、212' 及び 213' によって導電性セグメント 141 ～ 146 に適宜接続されている。

窓 21 ～ 24 に近接している導電性セグメント 184、185、184'、185'、187、188、189、187'、188'、189'、200、202、200'、202'、208 及び 209 はプラズマの周辺部に隣接しているので、これらの導電性セグメントは、図 2 と 3 の同一平面上の平行周辺セグメントで達成されるより大きな RF 励起

10

20

30

40

50

力をプラズマのコーナーにカップリングする。この増大したRF励起が発生するのは、図2と3の同一平面上平行周辺導電性セグメントよりこれらの導電性セグメントの方が窓21～24に近接しているからである。その上、図4の平行導電性セグメントの方が近接しているため、コイルのRFフィールドの十分な静電的すなわち容量性のカップリングがプラズマに対して可能となる。図2と3のコイルにおいては、コイルの全部分からプラズマに対する静電的カップリングの量は非常にわずかであるが、その理由はプラズマとコイルが十分離れているからである。これらの影響の結果として、図1～3のコイルに対して図4のコイルにプラズマが反応する場合には、プラズマの周辺領域でのプラズマフラックス密度がかなり増大する。

おのおのがその表面が露出しておりシリコンで均一にコーティングされている平坦円形加工物から得られた毎分のオングストローム単位で示されるシリコンのエッチング速度のプロット図を含む図5をここで参照すると；加工物は、図6～8を参照して以下に述べるように、矩形形状を有するプラズマ処理チャンバの対角線に沿って置かれる。エッチング速度はプラズマフラックス密度に直接に依存するので、エッチング速度の測定値はプラズマフラックス密度と直接に相関する。エッチング速度は：（1）図1に示す先行技術によるコイルの場合（プロット260）と；（2）図2の周辺平行コイルセグメントと組み合わされた、図1に示す内部部分、中間部分及び周辺部分を有するコイルの場合（プロット262）と；（3）図2のコイルの場合（プロット264）と；（4）図3のコイルの場合（プロット266）と；（5）図4のコイルの場合（プロット268）と；についてプロットされている。プロット260～266は、可能で実際的な範囲にわたって、同じ条件下で動作中のプラズマ処理チャンバから得られたものである。エッチング速度は図5のY軸に沿って示されており、一方加工物表面の対角線に沿った距離はX軸方向で示されている。対角線に沿った加工物の中心と周辺のコーナーはそれぞれX軸方向の数字「2」と「15」で示されている。図5に提示する測定値は、プロット260、262、264、266及び268と関連するコイルのプラズマフラックス密度の均一性がそれぞれ21.5%、18.9%、17.9%、14.7%及び13.0%だけ変位している様子を示している。

図5は加工物の半径方向位置の関数としてのプラズマフラックス密度に関するある興味あるデータを提供している。プロット260に示すような先行技術によるコイルでエッチングする場合、毎分約1825オングストロームという最小エッチング速度は加工物の中心で発生する。しかしながら、プロット262～268の場合、この最小値はX軸に沿った点3、すなわち加工物の中心からずれた点で発生している。プロット262～268に示すように対称性が欠如するのは、図2～4のコイルから引き出された磁束密度が、導体セグメント188と188'が追加されたために完全には対称的ではないからである。プロット268に示す加工物中心でのプラズマフラックス密度の最小値はプロット262～266の中心エッチング速度より実質的に高い。明らかに、中間コイル部分130と周辺コイル部分140の場合より内部コイル部分110の場合の磁束の図4の構造体による隔離が大きいので、プラズマの中心での磁束が実質的に増加する。図2と3のコイルにおけるより図4のコイルにおける方が磁束隔離が大きい、この理由は：（1）中間部分130の導電性セグメントが図1～3の場合より図4の場合の方が短いことと；（2）周辺部分140の重要な部分（すなわち導電性セグメント184、185、184'、185'、187、188、189、197'、188'、189'、200、202、200'、202'、208及び209）が図2と3の場合より図4の場合の方が部分110から遠くに位置していることと；である。追加の平行導電性セグメントを主要コイルから窓21～24の窓の上部フェースに近づくように移動させると、周辺部のエッチング速度がかなり増加する。例えば、図3と4のコイルの場合のプロット266と268のコーナーでのエッチング速度はそれぞれ、エッジ点15で毎分約2275オングストロームと2315オングストロームであり、コイル中心点16からコイルの外部コーナーへ約92%隔たっている点14では毎分それぞれ約2475オングストロームと2550オングストロームである。図5のX軸方向の数字6と12の間での、加工物の中間部分におけるエッチング速

10

20

30

40

50

度は、プロット 2 6 6 と 2 6 8 に示すように、図 3 と 4 のコイルの場合と実質的に同じである。加工物の中間部分でのプロット 2 6 6 と 2 6 8 で示すエッチング速度は、図 2 のコイル（プロット 2 6 4）とプロット 2 6 2 に示すコイル（図示せず）の場合のエッチング速度より実質的に高い。このため、図 3 と 4 のコイルによるエッチング速度の均一性は、図 2 のコイル、図示されていないコイル及び先行技術によるコイルの場合の均一性より高いとはいえ、図 2 の実施態様と図示されていない実施態様の場合より図 3 と 4 のコイルの場合の方がプラズマフラックス密度が高い。

図 5 A と 5 B は、それぞれ図 1 と 4 のコイルを含む真空チャンバ内にあるシリコンで均一にコーティングされた 6 0 0 x 7 2 0 mm 寸法の 2 つのガラス製の平坦パネルディスプレイ基板の、できる限り同じ条件下で測定された毎分オングストローム単位のシリコンエッチング速度をプロットしたものである。このエッチング速度はパネル上の等間隔離間されたマトリックス点で測定されており；このパネルのエッジに隣接したところではこのエッジから 1 5 mm のところで測定された。均一性からの変位は、図 4 のコイルの場合の、先行技術による変位である 2 1 % からほとんど 1 0 0 %、1 1 % に低下した。平均エッチング速度が低下したのは、図 1 のコイルのプラズマによる場合より図 4 のコイルのプラズマによるローディングの方がより均等であるからである。図 1 のコイルにおいて発生する磁束がかなり少ない図 4 のコイルの中間部分ではエッチング速度が十分低いが；この点で、図 1 のコイルに起因する 1 9 8 9、1 9 0 4、2 0 7 1、2 0 2 3、2 0 3 3、2 0 2 8、2 0 3 1、1 8 4 9、1 8 3 1、1 9 1 9、2 0 6 5 及び 2 0 0 0 というエッチング速度は、図 4 のコイルが用いられた場合にはそれぞれ 1 7 0 0、1 6 2 9、1 5 9 5、1 5 7 8、1 7 5 5、1 6 6 8、1 7 6 5、1 7 1 0、1 7 1 2、1 6 4 5、1 7 2 4 及び 1 6 1 1 へと著しく減少する。

図 4 のコイルが真空チャンバ 6 0 2 と陽極化アルミで形成されているのが望ましい電磁シールドカバー 6 0 4 を含む真空処理装置 6 0 0 中に含まれているところが示されている図面の内の図 6、7 及び 8 をここで参照する。真空チャンバ 6 0 2 の外部は、窓 2 1 ~ 2 4、レール 2 8 及び 3 0、陽極化アルミ製側壁 6 1 2 並びに陽極化アルミ製フロア 6 1 4 によって画定されている。側壁 6 1 2 は、それぞれイオン性気体発生源と真空ポンプ（いずれも図示せず）に接続されているポート 6 1 6 と 6 1 8 を含んでいる。この真空ポンプはチャンバ 6 0 2 内に適切な真空状態を確立し、これによって、ポート 6 1 6 を通って流れるイオン性気体を図 4 のコイルによって引き出される電磁場によってプラズマ状態にまで励起することが可能となる。チャンバ 6 0 2 とカバー 6 0 4 は適切な接触によって機械的及び電氣的に互いにまたグラウンド電位に接続され、これによって、コイルによって引き出される磁場と電場の境界を定めるシールドとなっている。このシールドによって、コイルから引き出される R F フィールド密度が減少し、このため、このシールドに近い磁場都電場はプラズマ処理装置の中心近傍の電場や磁場よりかなり低い。

真空処理チャンバ 6 0 2 内に、加工物 6 2 2 が処理される間にそれを本来の位置に保持する静電チャック 6 2 0 が置かれているが；処理装置のある好ましい使用法では、基板 6 2 2 は静電表示パネルの矩形のガラス製基板である。静電チャック 6 2 0 は、絶縁シート 6 2 4 によって金属製カバー 6 0 4、壁 6 1 2 及びフロア 6 1 4 のグラウンド電位から電氣的に絶縁されている。適切な電源（図示せず）からの直流電圧が制限電位として静電チャック 6 2 0 に印加されるが、このチャックもまた、R F が静電チャックと加工物 6 2 2 をバイアスしている R F 発生源（図示せず）に整合用ネットワークを介して接続されている。その上、加工物 6 2 2 の後部フェースはチャック 6 2 0 に溝を付けることによって冷却するのが望ましい。この好ましい実施形態では、イオン性気体は窓 2 1 ~ 2 4 に取り付けられているプレナム又はマニホールドによって真空チャンバ 6 0 2 の内部に導入されるが；簡単に示すために、このようなプレナムやマニホールドは、このような構造体は当業者には周知であるので図示されていない。

チャンバ 6 0 2 とカバー 6 0 4 は、処理装置 6 0 0 が、矩形のガラス製平坦パネルディスプレイ加工物 6 2 2 を収容するため正確な並行六面体に構成されるように構築されている。しかしながら、処理装置 6 0 0 の周辺部は、加工物が別の周辺構成を有している場合に

10

20

30

40

50

処理装置 600 の周辺部が加工物周辺部に寸法と形状が類似するように修正されていることを理解すべきである。

図 6 と 8 に示すように、基板 622 の周辺部は図 4 のコイルの周辺部より少し小さいが、この図 4 のコイルがまた窓 21 ～ 24 の合成された周辺部より少し小さい。処理装置と基板 622 の寸法を、チャンバ 602 の内部が対している矩形の領域よりほんの少しだけ小さくなるように設定することによって、大面積の加工物に十分なプラズマフラックスを発生する効率が図 1 の先行技術による場合より向上し、これによって、図 4 のコイルを付勢しチャック 620 をバイアスする RF 発生源の必用電力を比較的低い値に維持することが可能となるが；ある実施形態では、RF 発生源 42 の出力電力は 5 kW である。

図 8 に示すように、コンデンサ 48 と 50 は窓 21 ～ 24 の上部フェースとカバー 604 の頂部の間の体積内に適切に取り付けられていて、これによって、その円形断面が窓に平行になるようになっている。コンデンサ 48 と 50 は、窓 21 ～ 24 の上部フェースに並行な平面上でレール 28 に平行に双方共が伸長している銅製ストラット 630 と 632 によって図 4 のコイルの出力端子 108 と 109 に接続されている。

図 7 と 8 に示すように、図 4 のコイルは、カバー 604 の天井から吊り下げられている絶縁用の細長い棒 640、642 及び 644 を含む構造体によって支持されている。図 4 のコイルの主要部分は縦方向に伸長する絶縁用支持ポスト 648 によって棒 640、642 及び 644 に機械的に接続されており、このポスト 648 はさらに、水平方向に伸長する絶縁用コイル支持プレート 648 と 650 に機械的に接続されている。プレート 650 はコイルの周辺部分 140 を支持し、内部コイル部分 110 は中心ポスト 646 によって支持されている。

図 7 に示すように、コイルの周辺のコーナーのセグメントの底部フェースは窓 21 ～ 24 の頂部フェースから少し離間しているが；図 7 では、コイルセグメント 189 と 209 は窓 21 の上部フェースに近接して接続され、それぞれ湾曲ストラット 193 と 206' によってコイルセグメント 141 と 146 に接続されているところが図示されている。コイルセグメント 141 と 146 はさらに、コイル支持フェース 650 の底部フェースから吊り下げられているところが図示されている。ある好ましい実施形態では、セグメント 189 と 209 の底部フェースは窓の頂部フェースから約 0.56 cm だけ縦方向に離間しており、また、主要コイルセグメント 141 と 192 の底部フェースは周辺コイルセグメント 189 と 209 の底部フェースから約 2.2 cm だけ縦方向に離間している。

本発明によるさらなるコイルの底面図を図 9 に示す。図 9 のコイルにおいては、図 2 ～ 4 の実施形態のコイルの主要部分とある点では類似しているコイルの主要部分は自分自身に対して、コイルの主要部分の周辺部分のコーナーと直列に接続されている周辺セグメントを付加している。これらのコーナーは、互いに実質的に直角に伸長し、ほとんど合致する非接触性の隣接する端を有する導電性セグメントによって形成されている。コイルの周辺部分でのこの追加の直列導体セグメントでは、これらの追加導電性セグメントによってプラズマにカップリングされる磁束がコイルの主要部分から引き出された磁束に付加されるように、空間的に隣接した導電性素子と同じ空間的方向に電流が流れる。

図 9 のコイルは、図 4 のコイルの対応する 内部部分と中間部分と同じ 内部部分 110 と中間部分 130 を含んでいる。しかしながら、図 8 に示すコイルの周辺部分 140 は、図 2 ～ 4 の実施形態のコイルとは全く異なっている。周辺部分 140 の主要部分は直線状導電性セグメント 270、272、274 及び 276 を含んでいるが、これらのセグメントはおのおのが、レール 28 並びに、自身もそれぞれレール 30 に平行な直線状導電性セグメント 280、282、284 及び 286 に平行である。

直線状導電性セグメント 270 ～ 276 及び 280 ～ 286 のどれもが直接には接触していない。その代わりに、4 つの内部コーナー 291 ～ 294 及び、セグメント 270 ～ 276 及び 280 ～ 286 の隣接したものの対によって形成されている 2 つの外部コーナー 295 と 296 のおのおののところにギャップが存在する。1 対の相補足する互いに直交する直線状セグメントが、コイルセグメント 270 ～ 276 及び 280 ～ 286 の非当接端に接続されている。この補足コイルセグメントは追加の磁束をプラズマ周辺部に供給す

10

20

30

40

50

る。追加の直列接続されたセグメントは図9に、内部コイル部分110及び中間コイル部分130並びに主要コイル部分の周辺部分の直線状セグメント260～276及び280～286と同一平面上にあるところが図示されている。しかしながら、補足部分はコイルの残余の部分よりプラズマに近づけてもよいが；このような例では、補足直線状導体は、主要コイル部分導電性セグメント270～276及び280～286より窓にかなり近接して、窓21～24の上部フェースの少し上方に位置する。補足導体を導電性セグメント270～276及び280～286に接続している導体中の磁束をデカップリングするために、補足導電性セグメントは、図2～4の導電性ストラットについて上述したものと同じ寸法と位置に関する属性を有する、金属製の導電性ストラット310によってコイルの主要周辺部分の導電性セグメントのこれらの端に接続されている。

特に、直線状導体セグメント270、272、274、276、280、282、284及び286が完全にではないがほとんど交差するコーナー291～296はそれぞれ、対角線状に伸長する金属製ストラット310によって追加の導体セグメント301～306に接続されている。追加の導電性セグメント301～306はそのおのおのが、それぞれレール28と30に平行に伸長する2つの直線状の互いに交差する導電性素子312と314を含んでいる。補足導電性部分301～306のおのおのの導電性素子312と314は、特定の追加セグメントの隣に位置するコイルの主要部分の互いに直交する直線状導体セグメントの突出部分によって画定されるギャップ内の「コーナー」と実質的に整合する点で交差する。導電性素子312と314はコイルの主要部分の導電性セグメントに空間的に近く、また、コイルの主要部分のこれらの直線状導電性セグメントと電気的に直列に接続されている。導電性素子312及び314並びに主要コイル部分の直線状導電性セグメントは、素子312と314中の電流が、特定の対を成す導電性素子312と314が隣接している導電性セグメント270、272、274、276、280、282、284及び286の部分の中を流れる電流と同じ方向に流れるように空間的に配置されている。これによって、導電性素子312及び314並びに導電性セグメント270～276及び280～286の中を流れる電流に起因する磁束がプラズマの周辺部分に付加され、これによって、図1の先行技術に対してプラズマ周辺部のプラズマフラックス密度を増大させる。

ストラット310内では、素子310と312を流れる電流とは逆方向に、そしてまた、特定のストラットにもっとも近く置かれている主要コアの導電性セグメント270～276及び280～286中を流れる電流の方向とも逆に電流が流れる。ストラット310を流れる電流と関連する磁束がプラズマの周辺部分の磁束密度とプラズマフラックス密度に著しく悪影響を与えることを防止するために、ストラット310の上方レッグは上記のように素子312と314からかなり離間されている。図9に示す特定の実施形態では、導電性素子312と314はコイルの主要部分の導電性セグメントと同一平面上にあるが；素子312と314は、自身が窓21～24のフェースとほとんど当接する、すなわちコイルの主要部分の導電性セグメントよりもプラズマに近くなるように位置付けすることが可能であることを理解すべきである。

図9のコイルは、ストラット310と同じストラット319によってコイルの主要部分と出力端子108と109の間に接続されている直列で直線状の金属製導電性素子316と318（レール30に平行に伸長している）を有している。素子316の両端は端子108に直接に接続され、また、ストラット319の内の一方によって追加のコーナーセグメント304に隣接する導体284の端に接続されており、一方素子318の両端は端子109に直接に接続され、また、ストラット319の内の他方によって追加のコーナーセグメント304に隣接したセグメント286の端に接続されている。ストラット319は反転したU字形状を有し、フェース21と24に平行に伸長する自身のレッグがコイルの主要部分中の導電性セグメントよりプラズマから実質的に遠くに位置するように配置されている。素子316とセグメント284からの磁束は端子108に隣接したコイルコーナーに付加され、素子318とセグメント286からの磁束は端子109に隣接したコイルコーナーに付加される。これらは、ストラット309内を流れる電流に起因する無視され得

10

20

30

40

50

る磁束対抗効果である。

図4に示すコイルの別の変形例である図面の内の図10をここで参照する。図10のコイルでは、プラズマの周辺コーナー内の磁束密度とプラズマフラックス密度は、コイルの4つの周辺コーナーのおおののところにその内の1つがある補足導体セグメント321～324を含むようにコイルの周辺部分を変形することによって図1の先行技術によるものに対して実質的に増加している。補足周辺コーナーコイルセグメント321～324はそのおおのが、素子331と333がレール28に平行に伸長し一方素子332と334がレール30に平行に伸長するように配置されている直線状導体素子331～334を含んでいる。素子331と333はコーナー335のところにあるコイルの周辺部分中で交差し、一方、素子333と334はコーナー336のところでコイルの周辺コーナーで交差している。素子331と332の巻き部分は、素子333と334で形成されている第2のレッグの内側にあり、これとネスティングされている第1のレッグを形成している。コーナー335と336から遠隔にあるコーナーセグメント321と324の直線状導電性素子331と333の端は、レール30に平行に伸長している直線状導電性素子338によって互いに接続されている。

10

図10に図示するコイルの端子340と342は、それぞれコーナーセグメント321と324の素子333と338の交差部によって画定されているコーナーの所にある。端子340と342は、それぞれコンデンサ48と50によって確立される直列接続によって整合用ネットワーク（図10には図示せず）の出力端子又はグラウンドに接続されている。このように、図10に示すコイルの周辺端子は、図1～4と図9のおおののコイル構成とは対照的に、コイルのコーナーからずれている。

20

したがって、おおのが1対の並列導電性経路を含むコーナーセグメント321と324はそれぞれが、コイルの出力端子340及び342並びにコイルの残余と電氣的に直列になっている。この直列接続は金属製ストラット344によって確立されているが、このストラット344はおおのが、コイルの主要部分から対角線上外側に伸長し、コーナー335と336から遠隔にある素子332と334の端に電氣的に接続され、これによって、コーナーセグメント321と324の並列電流経路を確立する助けとなっている。素子331と332は、素子333と334の等しい長さよりいくぶん短いほぼ同じ長さを有している。

コーナーセグメント322と323はコーナーセグメント321と324とは幾分異なっているが、その理由は、コーナーセグメント322と323に端子がないからである。コーナーセグメント322と323は、対角線上にそして外側に伸長する金属製ストラット346と348によってコイルの残余に電氣的に接続されており；ストラット346は、コーナー335と336から遠隔にある導体素子331と333（コーナーセグメント322と323の素子である）の端に接続されている。同様に、金属製ストラット348は、それぞれコーナーセグメント322と323の導体素子332と334の端に接続されているが、この素子端はコーナー335と336から遠隔にある。

30

図10に示すコイルの内部に近接している導電性ストラット344と348の端は、双方共がレール30の両側部に平行に伸長しこの側にあり、レール28から同じ長さだけ反対方向に伸長している直線状導体セグメント350によって一緒に接続されている。セグメント350は図10に示すコイルの外部周辺から除去されているが、プラズマの周辺部分に磁束を付加し、プラズマと加工物のコーナーから除去された領域でプラズマの周辺部分中のプラズマフラックス密度を増加させるに十分なほど窓21～24の周辺部に近接して置かれている。

40

コーナーセグメント322と323から遠隔にある導電性ストラット346の内部端は、双方ともレール28に平行に伸長している導体セグメント352と354のおおのの端に接続されている。導体セグメント352と354の他方の端はそれぞれ、導体セグメント132と134から遠隔にある導体セグメント141と144の端に接続されている。導体セグメント352と354は、コイルの周辺部分にあって、それぞれ、これまた導体セグメント132と134を含むコイルの中間部分のセグメント141と144の一方の

50

端に接続されている。導体セグメント 1 3 2 と 1 3 4 の端はそれぞれ、図 4 のコイルの中間部分がその内部部分 1 1 0 に接続されているのと同じように、ストラット 2 3 0 と 2 3 2 によって内部コイル部分 1 1 0 に接続されている。

セグメント 3 5 0 は図 1 0 に示すコイルの周辺部から内側に置かれ、これによって、図 1 の先行技術によるコイルによって達成されるよりも加工物に入射するプラズマフラックス密度をより均一なものとしている。プラズマフラックス密度は、コーナーから除去されたチャンバの周辺部分においてよりチャンバの周辺コーナーにおいての方が低くなる傾向がある。この効果を減少させるため、直線状セグメント 3 5 0 は外部コイル周辺部から後部に設定されている。

金属製ストラット 3 4 4、3 4 6 及び 3 4 8 はおのおのが 4 つのレッグを有するが、その内の第 1 のレッグは窓 2 1 ~ 2 4 のフェースに平行に伸長し、コーナーセグメント 3 2 1 ~ 3 2 4 の導体セグメント 3 3 1 ~ 3 3 4 より窓 2 1 ~ 2 4 から実質的に遠くに位置付けされている。各ストラット 3 4 4、3 4 6 及び 3 4 8 の残る 3 つのレッグは、ストラットの第 1 のレッグと導体セグメント 3 3 1 ~ 3 3 4、3 5 2 及び 3 5 4 の内の適宜に 1 つとの間を縦方向に伸長している。ストラット 3 4 4、3 4 6 及び 3 4 8 の構成と位置によって、プラズマに対するストラットの磁束影響が最小化される。

しかしながら、図 1 0 のコイル中の導電性セグメントを適宜変形して、コーナーセグメント 3 2 1 ~ 3 2 4 の導電性セグメントがコイルの残余の導体セグメントより窓 2 1 ~ 2 4 に近いようにすることが可能であることを理解すべきである。

本発明によるさらに別のコイルの底面図である、図面の内の図 1 1 をここで参照する。図 1 1 のコイルでは、主要コイルを形成する 1 対の平行巻き線の巻き部分のコーナー位置にセグメントを追加することによって、加工物周辺領域で発生するプラズマフラックス密度がより均一なものとなる。この追加されたコーナーセグメントは各巻き線の残余に直列に接続されている。各巻き線は、コイルの互いに隣接する別々の象限中の 1 対のコーナーのところで、すなわち窓 2 1 ~ 2 4 の内の隣接し合った窓同士の間で追加されたセグメント同士間で直列になっている短い（図 2 ~ 4 と図 9 のコイルの短いセグメントに対してであるが）直線状の導電性セグメントを有している。この短い直線状セグメントによって、図 9 のコイル内のコーナーと直線状セグメント間のギャップより比較的大きいギャップがコーナーセグメントと直線状セグメント間に与えられるが；もちろん、図 1 ~ 4 のコイル内のコーナーと直線状セグメント間にはギャップはない。その上、主要コイルの直線状セグメントの長さは実質的に減少していて、コーナーから除去された短い直線状セグメントとコーナーの間のギャップを増加させている。図 1 1 のコイルの特徴は、完全な対称性と、自身の別々の導体セグメントを選択的に用いることによって大きなフレキシビリティを有することである。図 1 1 のコイルは 2 つの平行な巻き線 4 0 2 と 4 0 4 を含むが、この巻き線 4 0 2 と 4 0 4 は一緒になって、コイルの内部部分 4 0 6、中間部分 4 0 8 及び周辺部分 4 1 0 を形成している。巻き線 4 0 2 は内部端子 4 1 2 と外部端子 4 1 8 を含み、一方巻き線 4 0 4 は内部端子 4 1 6 と外部端子 4 1 4 を含んでいる。内部端子 4 1 2 と 4 1 6 はケーブル 4 2 0 と U 形状ストラット 4 2 2 によって整合用ネットワーク 4 0 の接地済み出力端子 3 8 に接続され、一方端子 4 1 4 と 4 1 8 はコンデンサ（すなわち反応性インピーダンス）4 2 4 と 4 2 6 によって整合用ネットワーク 4 0 の接地済み出力端子に接続されている。コンデンサ 4 2 4 と 4 2 6 のキャパシタンス及び発生源 4 2 の波長に対する巻き線 4 0 2 と 4 0 4 の長さは、コイルの周辺部分 4 1 0 のほぼ中心でピーク定在波電流が発生するような値となっている。内部端子 4 1 2 と 4 1 6 は、コイルの中心点 4 2 8 を通過して伸長する線に沿って、また、ルール 2 8 の中心長手方向軸上に位置付けされている。外部端子 4 1 4 と 4 1 8 はコイルの中心 4 2 8 から等距離間隔され、また、ルール 3 0 の長手方向軸の両側に対角線状に置かれている。

内部コイル部分 4 0 6 は巻き線 4 0 2 の直線状コイルセグメント 4 3 1、4 3 2、4 3 3 及び 4 3 4 並びに巻き線 4 0 4 の直線状コイルセグメント 4 3 5、4 3 6、4 3 7 及び 4 3 8 を含んでいる。コイルセグメント 4 3 1、4 3 3、4 3 5 及び 4 3 7 はルール 3 0 に平行に伸長し、一方直線状コイルセグメント 4 3 2、4 3 4、4 3 6 及び 4 3 8 はルール

10

20

30

40

50

セグメント 2 8 に平行に伸長し、セグメント 4 3 2 はセグメント 4 3 1 と 4 3 3 と交差し、セグメント 4 3 3 が 4 3 4 と交差し、セグメント 4 3 6 はセグメント 4 3 5 と 4 3 7 と交差し、セグメント 4 3 7 と 4 3 8 が交差している。

周辺コイル部分 4 1 0 は、それぞれ窓 2 1、2 2、2 3 及び 2 4 のコーナー 4 4 1、4 4 2、4 4 3 及び 4 4 4 のところで直線状導電性セグメントを含んでいる。コーナー 4 4 1 ～ 4 4 4 のおのおのの所にある各直線状導電性セグメントが同一であるので、コーナー 4 4 1 の直線状導電性セグメント 4 5 1 ～ 4 5 8 だけを説明する。

直線状導電性セグメント 4 5 1 ～ 4 5 8 はネスティングされた 4 つのコーナーを形成しているので、導電性セグメント 4 5 1、4 5 3、4 5 5 及び 4 5 7 はレール 2 8 に平行に伸長し、一方導電性セグメント 4 5 2、4 5 4、4 5 6 及び 4 5 8 はレール 3 0 に平行に伸長する。直線状導電性セグメント 4 5 1 ～ 4 5 8 は対になって配置されており、これによって、隣同士の番号を持つ導電性セグメントが 1 つの対を形成し、コーナーのところで当接する端部を有する。導電性セグメント 4 5 1 ～ 4 5 8 によって形成されるコーナーは、コイル中心点 4 2 8 と交差する線 4 6 0 に沿って揃っている。導電性セグメント 4 5 1、4 5 3、4 5 5 及び 4 5 7 はこの順序で徐々に長さが増し、導電性セグメント 4 5 2、4 5 4、4 5 6 及び 4 5 8 はこの順序で徐々に長さが増す。セグメント 4 5 1 ～ 4 5 8 の長さは、線 4 6 0 から離間されているセグメント 4 5 1、4 5 3、4 5 5 及び 4 5 7 の端がコイル 3 0 から徐々に遠ざかり、一方、線 4 6 0 から離間されているセグメント 4 5 4、4 5 6 及び 4 5 8 の端はレール 2 8 から等距離離間されるが、線 4 6 0 から離間されているセグメント 4 5 2 の端はセグメント 4 5 4、4 5 6 及び 4 5 8 よりもレール 2 8 から遠くにあるように設定される。導体 4 5 1 ～ 4 5 8 がネスティングされた配置になっているため、コイルコーナー 4 4 1 の下方でのプラズマ周辺コーナー内の磁束密度（図 1 のコイルに対する）がかなり増加する。コーナー 4 4 1 ～ 4 4 4 のおのおのから引き出される磁束密度はコイルの外部領域の下方で最大となり、コイルの中心に近づくに連れて減少し、これによって、コーナーの導電性セグメントによって確立される磁束密度が、長い導電性セグメント 4 5 7 と 4 5 8 の下方のプラズマ部分内でより短い導電性セグメント 4 5 1 と 4 5 2 の下方のプラズマ部分内においていくぶん低くなる。プラズマ内のこの磁束密度変動は、図 1 の先行技術によるものよりもコーナーでのプラズマフラックス密度がより均一なものとする傾向がある。

周辺コイル部分 4 1 0 もまた、レール 2 8 の長手方向軸に直角に伸長する直線状の等長の導電性セグメント 4 7 1 ～ 4 7 6 を含み、このため、導電性セグメント 4 7 1 ～ 4 7 6 の端はレール 2 8 の軸から等距離離間されており；セグメント 4 7 1 ～ 4 7 3 は、レール 3 0 の反対側に端子 3 0 とセグメント 4 7 4 ～ 4 7 6 があるのと同じレール 3 0 の側にある。周辺コイル部分 4 1 0 はまた、レール 3 0 の長手方向軸を直角に伸長する直線状の等長の導電性セグメント 4 8 1 ～ 4 8 6 を含み、その両端はレール 3 0 の長手方向軸から等距離離間されている。導電性セグメント 4 8 1 ～ 4 8 3 は中心点 4 2 8 と端子 4 1 8 の間でコイル 4 0 0 の側に位置し、一方導電性セグメント 4 8 4 ～ 4 8 6 はコイル 4 0 0 の反対側、すなわちコイル中心点 4 2 8 と端子 4 1 4 の間に位置している。

中間コイル部分 4 0 8 は直線状コイルセグメント 4 9 1 ～ 4 9 4 を含んでいるが、この場合、等長コイルセグメント 4 9 1 と 4 9 3 はレール 2 0 に沿ってコイル中心点 4 2 8 から等距離にあり、レール 2 8 の長手方向軸に直角に伸長しており、このため、コイル 4 9 1 と 4 9 3 のおのおのの両端はレール 2 8 の長手方向軸から等距離離間されている。セグメント 4 9 1 と 4 9 3 はそのおのおのが、コイルセグメント 4 7 1 ～ 4 7 6 と同じ長さを持ち、このため、直線状コイルセグメント 4 7 1 ～ 4 7 6、4 9 1 及び 4 9 3 のすべてのセグメントの端はレール 2 8 の長手方向軸から等距離にある。直線状コイルセグメント 4 9 2 と 4 9 4 はおのおのがコイルセグメント 4 8 1 ～ 4 8 6 と同じ長さを持ち、レール 3 0 の長手方向軸に直角に伸長しており、このため、コイルセグメント 4 9 2 と 4 9 4 の中心がレール 3 0 の長手方向軸と合致し、また、コイル中心点 4 2 8 の両側にある。

巻き線 4 0 2 の導電性セグメントは導電性金属ストラット 5 0 1 ～ 5 1 6 によって相互接続され、一方巻き線 4 0 4 の導電性セグメントは導電性金属ストラット 5 2 1 ～ 5 3 6 に

よって接続されている。導電性セグメントとストラットは、平行巻き線 402 と 404 の組み合わせられた巻き部分が内部端子 412 及び 416 と外部端子 414 及び 418 の間で螺旋形状に半径方向と周方向に伸長するように配置されている。ストラット 501～516 及び 521～536 はおのおのが反転 U 字形状を有し、導電性セグメント 431～438、451～458、471～476、481～486 及び 491～494 から引き出される RF フィールドにあまり影響を与えないように、図 2～4、9 及び 10 のストラットと基本的に同じように構築されている。後者の導電性セグメントは図 11 に示すコイル中で同一平面上にあるが、他のコイル内では、周辺導電性セグメント 455～458 は他の導電性セグメントよりも窓 21～24 に近い。

一般的には、巻き線 402 と 404 のおのおのの長さは RF 発生源 42 から引き出された RF 励起周波数の波長の半分未満である。コンデンサ 424 と 426 のキャパシタンスと巻き線 402 と 404 の長さは、(1) 周辺コイル部分 410 の中心部分にある各巻き線 402 と 404 内でピーク定在波電流が発生し；(2) 巻き線 402 と 404 の内部端子 412 と 416 での定在波電流が比較的低くなる；ように設定されている。最大定在波電流が巻き線 402 と 404 内で発生する一般的な点は導電性部分 472 と 475 の中心である。内部端子 412 と 416 での定在波電圧は比較的高く、外部端子 414 と 418 のところでは比較的低い。

ストラット 501～516 及び 521～536 内以外の巻き線 402 と 404 の導電性セグメント内を流れる瞬時電流は、空間的に隣接した導電性セグメント内と同じ方向に流れる。例えば、導電性セグメント 437、491 及び 471～473 内の瞬時電流は同じ空間的方向に流れるが、この方向は、導電性セグメント 433、493 及び 474～476 内の瞬時電流の空間的方向とは逆方向である。導電性セグメント 432、438 及び 484～486 のおのおの内の瞬時電流の空間的方向はすべて、導電性セグメント 434、494 及び 481～483 のおのおの内の瞬時電流とは逆方向である。同様に、特定のコーナーの導電性セグメント 451～458 内の電流は常に瞬間的には同じ空間的方向である。既述の実施形態の図 2～4 と図 9～11 のコイルのコンデンサ 48 と 50 のキャパシタンスと巻き線の長さは、2 つの平行巻き線内の定在波電流が変化しないような値となっている。これらすべてのコイルにおいて、空間的に隣接した導体セグメント内の瞬時電流の空間的方向は同じである。その結果、図 2～4 と図 9～11 のコイルの空間的に隣接した導電性セグメントから引き出された磁束は、真空チャンバの中心部分と周辺部分内の磁束密度とプラズマフラックス密度を増加させるように付加することができる。

セグメント 431～438 は緊密ピッチの内部コイル部分 406 を形成し、一方セグメント 451～458 (4 つのコーナー 441～444 のすべてのところにある)、481～486、492 及び 494 は開放ピッチの中間部分 408 と周辺部分 410 を形成している。内部部分 406 の巻き部分は中間部分 408 と周辺部分 410 の巻き部分に接続されて同時にこれと空間的に分離しており、このため、部分 408 と 410 を含むコイルの残余から引き出された RF 磁場とあまり磁場交差カップリングすることなく、内部コイル部分 406 から引き出された RF 磁場がかなり自己カップリングすることになる。

このため、内部コイル部分 406 によってプラズマの中心にカップリングされた磁場密度は内部コイル部分を適当に設計することによって容易に制御される。図 2～4 と図 9～11 のコイルにおいては、コイルの内部部分からプラズマの中心に供給された磁束密度は、図 1 のコイルの中心からプラズマにカップリングされた磁束密度より十分高く、これによって、図 1 の先行技術の場合よりプラズマの中心でのプラズマフラックス密度が増大する。

平面形状の図 11 のコイルで達成されたエッチング均一性は、図 11 のコイルが (1) コーナー 441～444 のおのおののコーナーのセグメント 451～454；および (2) セグメント 471、474、481、484、491～494；を省略するように変形された場合、図 4 の 3 次元コイルで達成されるものと比較して改善されることが分かった。この構成では、セグメント 434 と 509 は第 1 の導電性ストラットによって接続され、セグメント 438 と 529 は別の導電性ストラットで接続され、コイルの内部部分は図 2

10

20

30

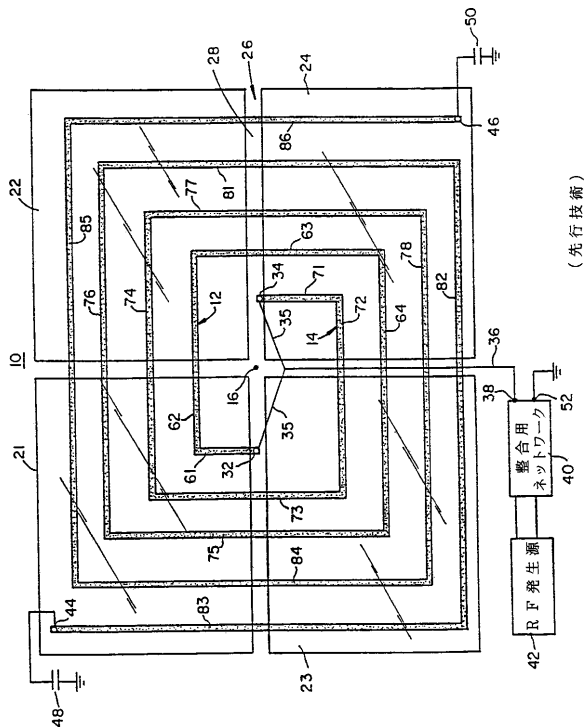
40

50

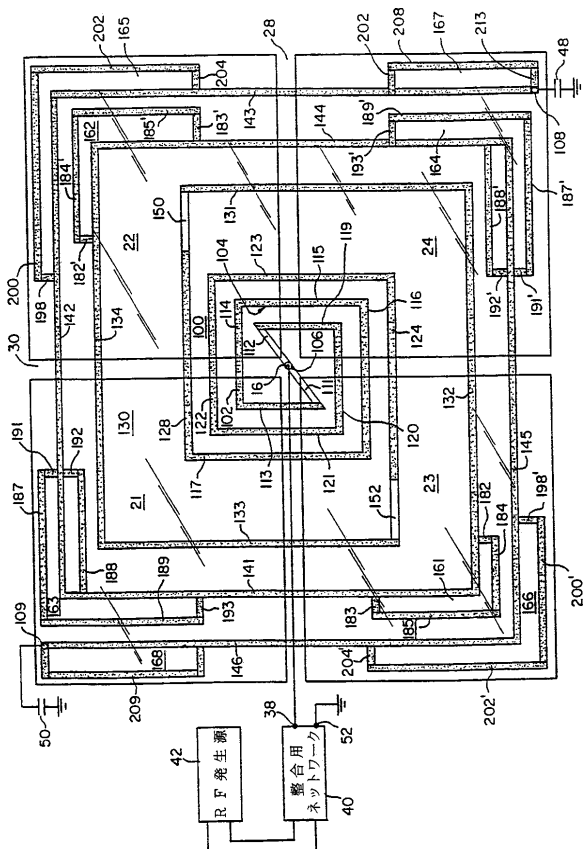
～４、９及び１０のコイルと同じであり、すべてのコイルセグメントは１／８インチ×１インチの断面を有し、コイルのすべての部分（ストラットを含む）は同一平面上にあった。

本発明による特定の実施形態をいくつか述べ図示したが、特に述べ図示した実施形態の詳細を、添付クレームに記載する本発明の真の精神と範囲から逸脱することなく変形することが可能であることが明らかである。

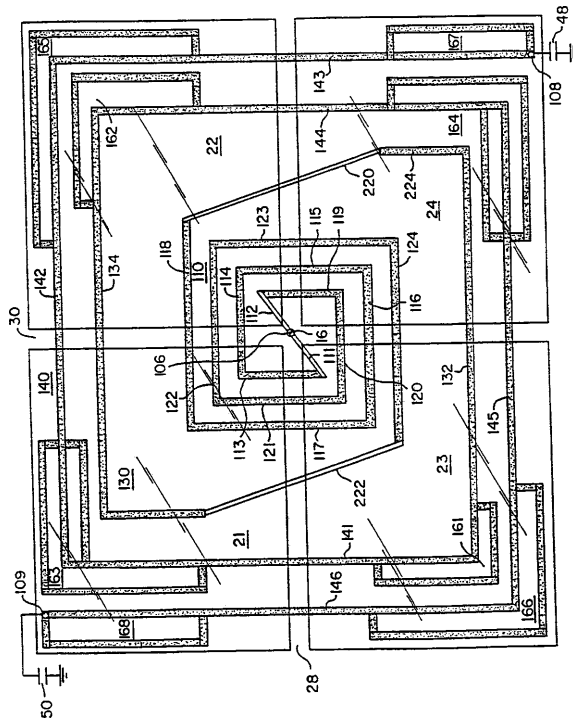
【図１】



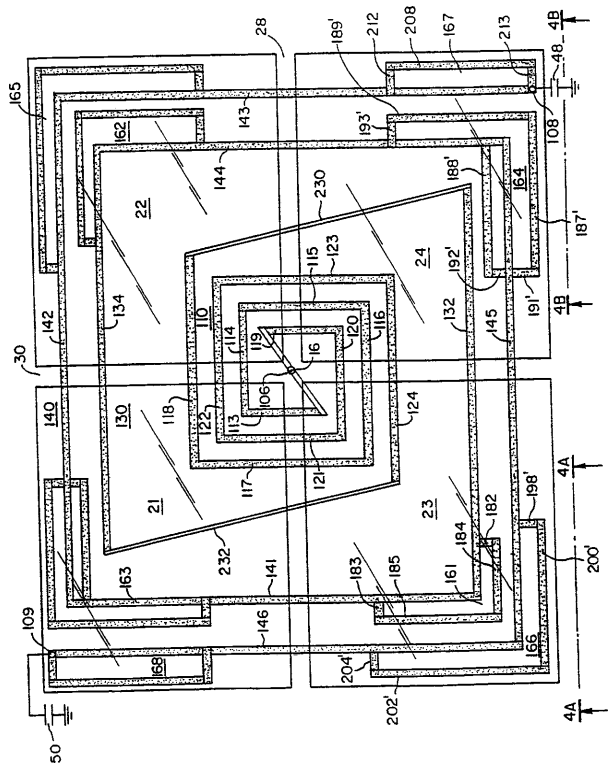
【図２】



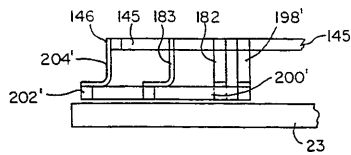
【図 3】



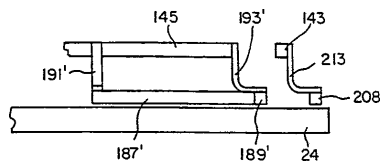
【図 4】



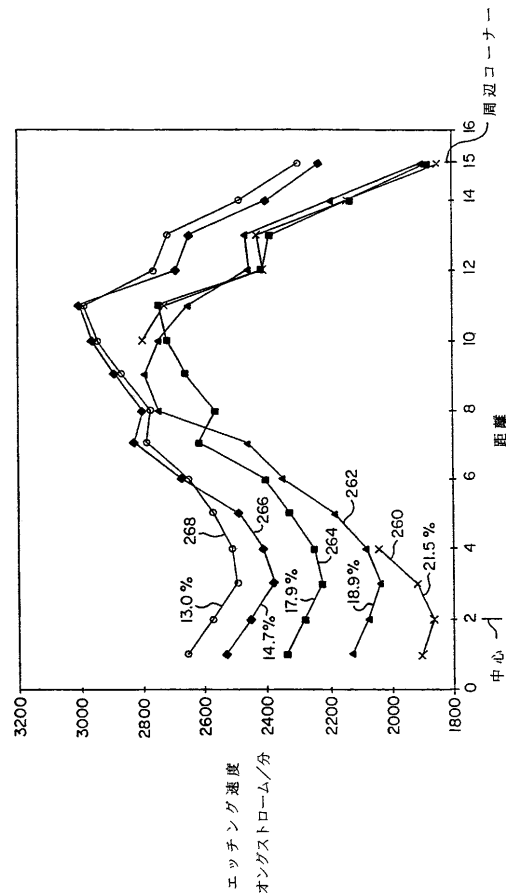
【図 4 A】



【図 4 B】



【図 5】



【図 5 A】

寸法600×720mmの基板上でのシリコンのエッチング速度測定値
(パネル内で等距離離間して、パネルのエッジから15mm以内のところで測定した)

図 1 の コ イ ル
エッチング速度、オンガストローム/分

1313	1563	1800	1950	1930	1650	1400	平均値	1791
1695	1989	2000	2065	1919	1831	1700	最大値	2071
1923	1904	1621	1522	1600	1849	1802	最小値	1313
1789	2071	2023	2033	2028	2031	1432	範囲	758
1360	1860	2042	2027	1911	1688	1365	均一性からのずれ	21%

600 mm

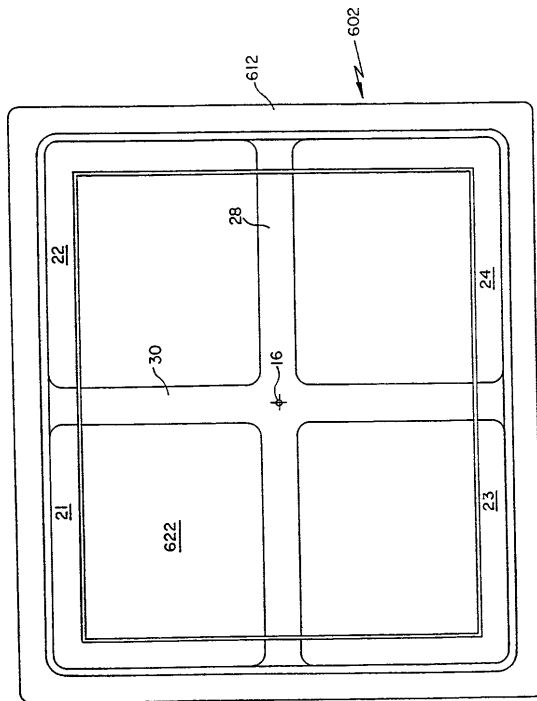
720 mm

【図 5 B】

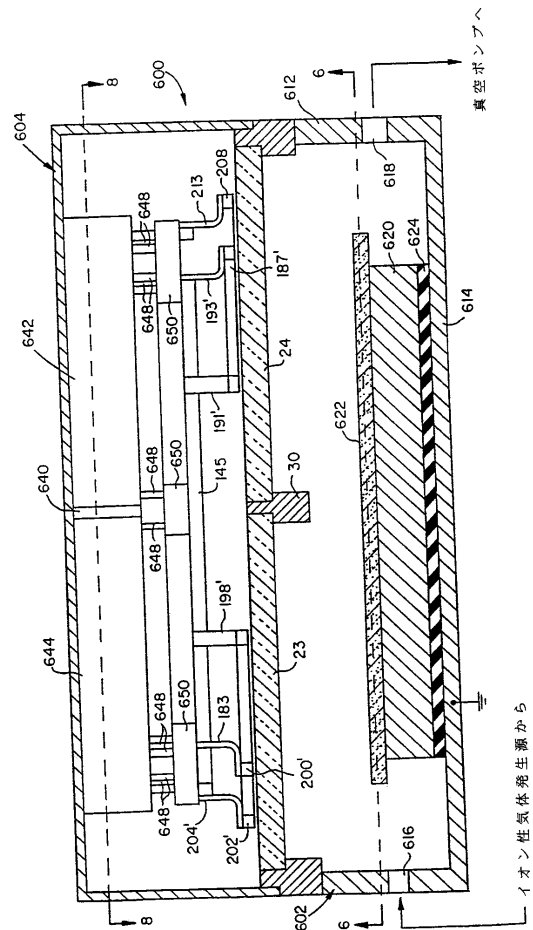
図 4 のコイル
エッチング速度、オンダストローム/分

1450	1663	1696	1752	1762	1406
1686	1700	1611	1724	1645	1712
1689	1689	1689	1689	1689	1689
1695	1629	1560	1649	1591	1770
1517	1595	1578	1755	1668	1765
1400	1513	1570	1658	1673	1496

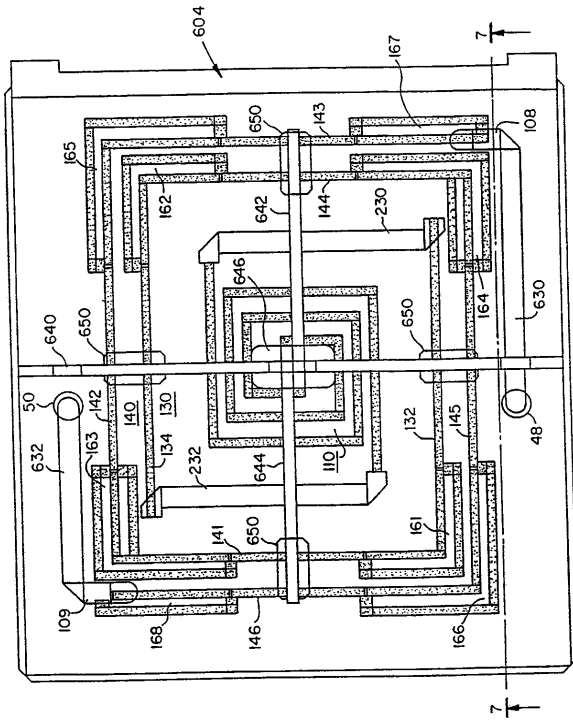
【图 6】



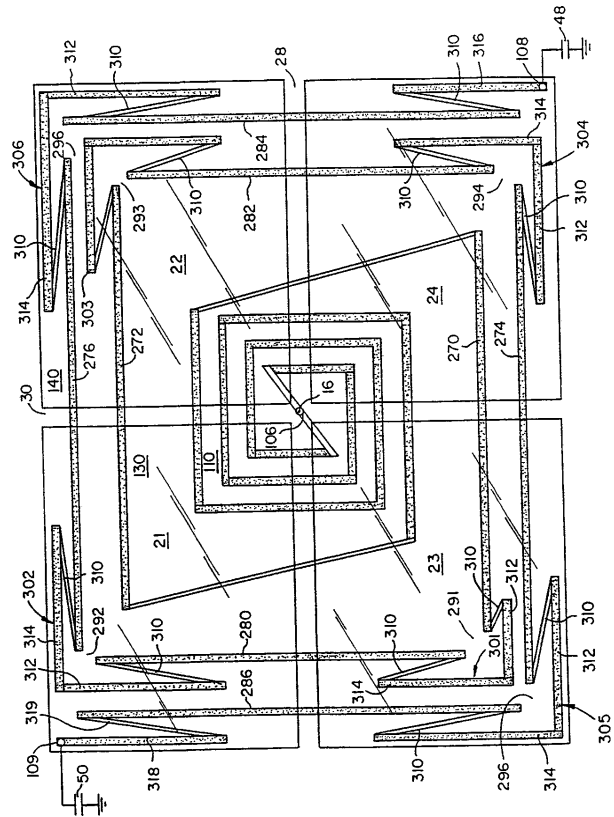
【图 7】



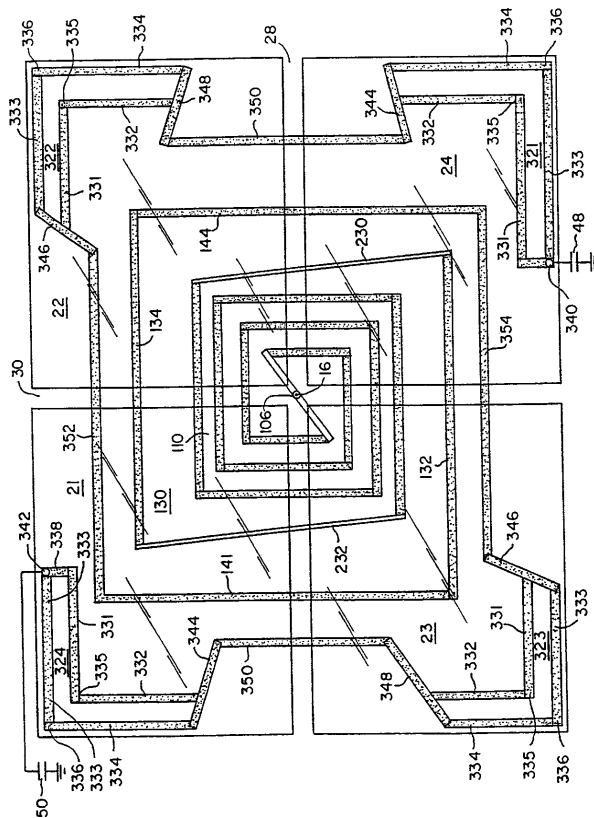
【図 8】



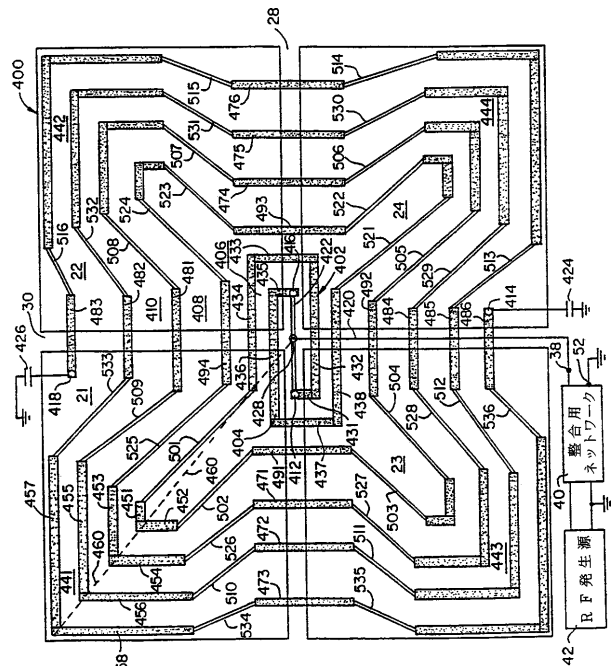
【図 9】



【図 10】



【 図 1 1 】



フロントページの続き

(72)発明者 デモス・アレックス
アメリカ合衆国、カリフォルニア州 94107、サンフランシスコ、タウンゼント ストリート
2 アpartment 2-1204

合議体

審判長 藤原 敬士

審判官 川端 修

審判官 鈴木 正紀

(56)参考文献 特開平8-227878 (JP, A)
特開平9-69399 (JP, A)
特開平10-125497 (JP, A)
欧州特許出願公開第0759632 (EP, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/302