

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(10) 国際公開番号
WO 2010/058771 A1

(43) 国際公開日
2010 年 5 月 27 日(27.05.2010)

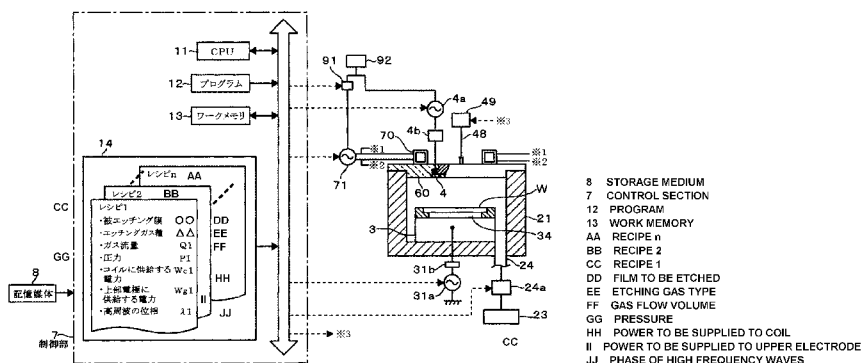
PCT

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/3065 (2006.01) H01L 21/205 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/069492
- (22) 国際出願日: 2009 年 11 月 17 日(17.11.2009)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2008-294871 2008 年 11 月 18 日(18.11.2008) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東京エレクトロン株式会社(TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒1076325 東京都港区赤坂五丁目 3 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 沢田 郁夫 (SAWADA Ikuo) [JP/JP]; 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢 6 5 0 番地 東京エレクトロン株式会社内 Yamanashi (JP). 康 松潤 (KANG Songyun) [KR/JP]; 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢 6 5 0 番地 東京エレクトロン株式会社内 Yamanashi (JP). 河西 繁 (KASAI Shigeru) [JP/JP]; 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢 6 5 0 番地 東京エレクトロン株式会社内 Yamanashi (JP).
- (74) 代理人: 吉武 賢次, 外(YOSHITAKE Kenji et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号 富士ビル 3 2 3 号 協和特許法律事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: PLASMA PROCESSING APPARATUS

(54) 発明の名称: プラズマ処理装置

[図4]



(57) Abstract: A gas shower head having many gas discharging ports formed on the lower surface is provided on the top wall of a processing container such that the gas shower head faces a placing table on which a substrate is to be placed, and the top wall of the processing container at the periphery of the gas shower head is composed of a dielectric material. A coil is provided on the dielectric material, and the phase of high frequency waves to be supplied to the gas shower head and the coil is adjusted so that the phase of the electrical field in a processing region above the substrate and the phase of the electrical field in the peripheral region surrounding the processing region are same or opposite to each other.

(57) 要約: 基板を載置する載置台に対向するように、下面に多数のガス吐出孔が形成されたガスシャワーヘッドを処理容器の天壁に設けると共に、このガスシャワーヘッドの周囲における処理容器の天壁を誘電体により構成し、この誘電体上にコイルを設置して、基板の上方の処理領域とこの処理領域を囲む周縁領域とにおける電界が同位相あるいは逆位相となるようにガスシャワーヘッド及びコイルに供給する高周波の位相を調整する。

明 細 書

発明の名称： プラズマ処理装置

技術分野

[0001] 本発明は、基板に対してプラズマ処理を行うためのプラズマ処理装置に関する。

背景技術

[0002] 半導体装置やＬＣＤ（Liquid Crystal Display：液晶ディスプレイ）の製造工程においては、半導体ウェハ（以下、ウェハという）やＬＣＤ用のガラス板（以下、ＬＣＤ基板という）などの基板に対して、例えばエッチング処理や成膜処理などのプラズマ処理を行う工程がある。エッチング処理を行う場合には、例えば基板の表面にパターンマスクを形成し、このパターンマスクを介して下層膜（例えば上記のウェハの場合には反射防止膜、アモルファスカーボン膜、シリコン酸化膜及びエッチングストップ膜などの互いに組成の異なる膜が上側からこの順番で積層された積層膜）に対して処理を行っている。また、このように多層の膜からなる積層膜に対してエッチング処理を行う場合には、各々の膜毎にエッチングガスを切り替えると共に、このエッチングガスの流量や圧力などの処理条件を調整するようにしている。そのため、面内において各々の膜を均一にエッチングするためには、各々の膜の処理条件に応じて、ウェハの上方の処理領域における濃度分布が面内において均一となるように処理ガスを供給すると共に、この処理ガスを均一にプラズマ化する必要がある。

[0003] 処理ガスをプラズマ化してプラズマ処理を行う装置として、平行平板型のプラズマ処理装置が知られている。この装置では、ウェハを処理容器内の載置台に載置すると共に、下面に多数のガス吐出孔が形成された金属製のガスシャワーヘッドから下方側のウェハに向けて処理ガスを供給し、載置台とガスシャワーヘッドとの間に高周波電力を供給して処理ガスをプラズマ化している。この装置では、上記のようにガスシャワーヘッドを用いているのでウ

ェハに対して処理ガスを均一に供給できるが、載置台とガスシャワーヘッドとの間に流れる電流の経路が複雑であるため、処理条件によっては、例えばウェハの径方向において、プラズマの分布が不均一になりやすい。

[0004] また、プラズマ処理装置として、I C P (Inductively Coupled Plasma : 誘導結合プラズマ) 方式を用いた装置も知られている。この装置では、処理容器の天壁を誘電体例えば石英により構成すると共に、載置台上のウェハと同心円状に複数周あるいは渦巻き状に巻回したコイルを天壁上に設置して、このコイルに高周波電圧を供給して処理容器内にウェハの周方向に沿って電界を形成することによって処理ガスをプラズマ化している。そのため、この装置はコイルの巻回位置を変更することにより電界強度分布（プラズマの濃度分布）を容易に調整できるが、誘電体からなる天壁を用いているのでガスシャワーヘッドを設けることができない。即ち、誘電体は加工が難しいためこの誘電体によりガスシャワーヘッドを構成するのは現実的には困難であるし、また金属製のガスシャワーヘッドを天壁上に設けると、コイルの電界がガスシャワーヘッドにより遮断されてしまう。そのため、この装置では処理容器の天壁の例えば中央にガス吐出孔を設けて、このガス吐出孔から処理ガスを供給しているので、処理ガスの分布が不均一になりやすい。

[0005] そこで、例えば特開平 0 9 - 0 7 4 0 8 9（その図 3 を参照）に記載されているように、底部コンデンサ電極上のウェハに対向するように頂部コンデンサ電極を設けると共に、この頂部コンデンサ電極の周囲の天壁を誘電体により構成し、この誘電体上に周方向に巻回した誘導コイルを設置する技術が知られている。この技術では、ウェハの中心部側の領域では底部コンデンサ電極と頂部コンデンサ電極との間に供給する高周波電流により処理ガスをプラズマ化し、ウェハの周縁部側では誘導コイルの電界により処理ガスをプラズマ化できる。そのため、例えばこの頂部コンデンサ電極の下面に多数のガス吐出孔を形成して、この頂部コンデンサ電極から処理ガスを供給することにより、面内に亘って処理ガスの濃度分布を均一化すると共に、ウェハの径方向におけるプラズマの濃度分布を調整できると考えられる。

[0006] しかし、更にプラズマの濃度分布を均一化する手法が求められており、例えば既述のパターンマスクの開口径が小さくなるに従って処理の面内均一性が重要になっていくことから、配線構造の微細化が進むにつれてプラズマをより均一化する技術が必要になる。更にまた、現在の300mm（12インチ）サイズのウェハに代えて、450mm（18インチ）といった大型のウェハが採用される場合が想定され、またLCD基板のさらなる大型化も想定される。このような大きい基板のサイズに合わせた大きなプラズマを形成する際には、プラズマを更に均一に形成する必要がある。また、上述の大口径のウェハでは、周方向においてもプラズマ処理のばらつくおそれがあるので、径方向におけるプラズマの分布に加えて、周方向のプラズマの分布についても均一化する技術が必要とされる可能性がある。更に、大型のLCD基板では、中央部側に比べてエッジ部分においてプラズマ処理のばらつくおそれがあるので、このようなエッジ部においても良好なプラズマ処理が行われるようにプラズマの分布を均一化する必要がある。

発明の概要

[0007] 本発明は、基板に対してプラズマ処理を行うにあたり、面内均一性の高い処理を行うことのできるプラズマ処理装置を提供することにある。

[0008] 本発明のプラズマ処理装置は、処理容器と、前記処理容器内に設けられた下部電極である載置台と上部電極でありかつ処理ガスの供給部をなすガスシャワーヘッドとを備え、前記下部電極と前記上部電極との間にプラズマ発生用の高周波電力を印加して処理ガスをプラズマ化し、そのプラズマにより前記載置台上の基板に対してプラズマ処理を行うプラズマ処理装置において、前記上部電極及び下部電極の一方の電極に接続され、前記プラズマ発生用の高周波電力を出力するための第1の高周波電源部と、この第1の高周波電源部の出力周波数と同じ出力周波数に設定される第2の高周波電源部と、前記第1の高周波電源部に接続される前記一方の電極を上から見たときに当該一方の電極を囲むように配置され、前記第2の高周波電源部から供給される高周波電力により前記処理容器内に当該処理容器の側壁と前記基板の中央部の

上方領域との間を結ぶラインに沿って横方向の電界を形成するための誘導コイルと、第 1 の高周波電源部からの高周波電力が供給されることにより前記処理容器内における前記一方の電極付近に発生する横方向の電界と前記誘導コイルにより形成される前記横方向の電界とを合成した電界の強度を調整するために、第 1 の高周波電源部及び第 2 の高周波電源部から出力される各々の高周波の互いの位相差を調整するための位相差調整手段と、を備えたことを特徴とする。

[0009] 合成した電界の強度の調整作業は、前記第 1 の高周波電源部により形成される前記横方向の電界と第 2 の高周波電源部により形成される前記横方向の電界とを同位相または逆位相に設定する作業であることが好ましい。前記誘導コイルは、処理容器の周方向に沿って複数配置され、当該複数の誘導コイルの各々と前記第 2 の高周波電源部とを接続する各導回路の長さが互いに同じであることが好ましい。また、このプラズマ処理装置は、前記ガスシャワーヘッドに接続され、前記誘導コイルにより誘導された前記電界を前記処理容器の中央部側に引き込むための負電圧供給手段を備えたていても良い。前記位相差調整手段は、前記第 1 の高周波電源部により形成される前記横方向の電界と第 2 の高周波電源部により形成される前記横方向の電界との位相差を調整するための制御信号を出力する制御部を備えていることが好ましい。

[0010] 前記制御部は前記第 1 の高周波電源部により形成される前記横方向の電界と第 2 の高周波電源部により形成される前記横方向の電界とを同位相に調整するための制御信号と逆位相に調整するための制御信号とを選択的に出力する機能を備えていることが好ましい。また、このプラズマ処理装置は、基板に対して行われる処理のレシピと、前記位相差調整手段による位相の調整量と、を対応づけて記憶した記憶部を備え、前記制御部は、この記憶部から前記レシピに応じた前記調整量を読み出して制御信号を出力することが好ましい。

[0011] 本発明は、平行平板型のプラズマ処理装置において、上から見たときに第 1 の高周波電源部に接続される上部電極または下部電極を囲むように誘導コ

イルを配置し、第2の高周波電源部により誘導コイルに高周波電力を供給して処理容器内にこの処理容器の側壁と基板の中央部の上方領域とを結ぶラインに沿って横方向の電界を形成し、この電界と第1の高周波電源部により上部電極または下部電極の一方の電極付近に形成される横方向の電界とにより合成電界を形成している。そして、両者の横方向の電界の位相差を調整することで前記合成電界の大きさを調整しているので、プラズマの発生に關与する制御因子が一つ増えたことになり、このためプラズマの密度分布の調整の自由度が大きくなり、結果として基板に対するプラズマ処理の均一性を向上させることに寄与する効果がある。

図面の簡単な説明

- [0012] [図1]本発明のプラズマエッチング処理装置の一例を示す縦断面図である。
- [図2]上記のプラズマエッチング処理装置のガスシャワーヘッドを上面から見た平面図である。
- [図3]上記のガスシャワーヘッドを切り欠いて当該ガスシャワーヘッド上のコイルを示した斜視図である。
- [図4]上記のプラズマエッチング処理装置の制御部を示した概略図である。
- [図5]上記のプラズマエッチング処理装置においてエッチングガスがプラズマ化されていく様子を表した模式図である。
- [図6]上記のプラズマエッチング処理装置においてエッチングガスがプラズマ化されていく様子を表した模式図である。
- [図7]上記のプラズマエッチング処理装置においてエッチングガスがプラズマ化されていく様子を表した模式図である。
- [図8]上記のプラズマエッチング処理装置においてエッチングガスがプラズマ化されていく様子を表した模式図である。
- [図9]上記のプラズマエッチング処理装置においてエッチングガスがプラズマ化されていく様子を表した模式図である。
- [図10]上記のプラズマエッチング処理装置においてエッチングガスがプラズマ化されていく様子を表した模式図である。

[図11] 上記のプラズマエッチング処理装置の他の例を示す縦断面図である。

[図12] 上記のコイルの他の例を示すガスシャワーヘッドのコイルの模式図である。

[図13] 上記のコイルを示す斜視図である。

[図14] 上記のコイルの他の例を示すガスシャワーヘッドのコイルの模式図である。

[図15] 上記のコイルの他の例を示すガスシャワーヘッドの上面図である。

[図16] 上記の他の例における制御部の一例を示す概略図である。

[図17] 上記のプラズマエッチング処理装置の他の例を示す縦断面図である。

[図18] 上記の他の例においてエッチングガスがプラズマ化されていく様子を示す模式図である。

[図19] 上記の他の例における制御部の一例を示す概略図である。

[図20] 上記のコイルの他の例を示すガスシャワーヘッドの上面図である。

[図21] 本発明の実施例で得られた結果を示す特性図である。

[図22] 本発明の実施例で得られた結果を示す特性図である。

[図23] 本発明の実施例で得られた結果を示す特性図である。

[図24] 本発明の実施例で得られた結果を示す特性図である。

[図25] 本発明の実施例で得られた結果を示す特性図である。

[図26] 本発明の実施例で得られた結果を示す特性図である。

発明を実施するための形態

[0013] [第1の実施の形態：角型コイル、電源共通]

本発明のプラズマ処理装置をプラズマエッチング装置に適用した第1の実施の形態について、図1～図4を参照して説明する。このプラズマエッチング処理装置は、真空チャンバからなる処理容器21と、この処理容器21内の底面中央に配設された載置台3と、を備えている。処理容器21は電氣的に接地されており、またこの処理容器21の底面における載置台3の側方位置には排気口22が形成されている。この排気口22には、圧力調整手段である圧力調整バルブ24aを備えた排気管24を介して真空ポンプ等を含む

真空排気手段 2 3 が接続されている。処理容器 2 1 の側壁には、ウェハ W の搬入出を行うための搬送口 2 5 が設けられており、この搬送口 2 5 はゲートバルブ 2 6 により開閉可能に構成されている。

[0014] 載置台 3 は、下部電極 3 1 とこの下部電極 3 1 を下方側から支持する支持体 3 2 とからなり、処理容器 2 1 の底面に絶縁部材 3 3 を介して配設されている。載置台 3 の上部には静電チャック 3 4 が設けられており、この静電チャック 3 4 に高圧直流電源 3 5 からスイッチ 3 5 a を介して電圧が印加されることによって、載置台 3 上にウェハ W が静電吸着される。載置台 3 の内部には、温調媒体が通流する温調流路 3 7 が形成されており、この温調媒体によってウェハ W の温度が調整される。また、載置台 3 の内部には、熱伝導性ガスをバックサイドガスとしてウェハ W の裏面に供給するためのガス流路 3 8 が形成されており、このガス流路 3 8 は載置台 3 の上面の複数箇所に設けられた開口に連通している。既述の静電チャック 3 4 には、このガス流路 3 8 に連通する複数の貫通孔 3 4 a が形成されており、上記のバックサイドガスは、この貫通孔 3 4 a を介してウェハ W の裏面側に供給される。

[0015] 下部電極 3 1 には、例えば周波数が 13.56 MHz、電力が 0 ~ 4000 W のバイアス用の高周波電源 3 1 a が整合器 3 1 b を介して接続されている。この高周波電源 3 1 a から供給される高周波バイアスは、後述するように、プラズマ中のイオンをウェハ W 側に引き寄せるためのものである。なお、この下部電極 3 1 に供給する高周波の周波数は、後述のガスシャワーヘッド 4 に供給する高周波の周波数と同じとすることができる。これに代えて、高周波電源 3 1 a を設けなくて上部電極のみに高周波電力を印加するいわゆる 1 周波励起 (single frequency excitation) 方式のプラズマエッチング処理装置として構成してもよい。この下部電極 3 1 の外周縁上には、静電チャック 3 4 を囲むようにフォーカスリング 3 9 が配置されており、このフォーカスリング 3 9 を介してプラズマが載置台 3 上のウェハ W に収束するように構成されている。

[0016] また、この載置台 3 に対向するように、処理容器 2 1 の天壁にはガスシャ

ワーヘッド4が上部電極及び処理ガスの供給部として配置されている。このガスシャワーヘッド4は、下面に円形の窪みを有する例えばアルミニウムなどの導電性部材からなる電極部42と、この電極部42の下面を覆うように設けられた導電性部材例えば多結晶シリコンからなる円板状のシャワープレートをなす支持部材43と、から構成されている。導電性部材は、この例のように半導体であっても良いが、導体（良導体）例えば金属であっても良い。この電極部42と支持部材43とにより区画される空間は、処理ガスが拡散するガス拡散空間41をなす。また、載置台3上のウェハWとガスシャワーヘッド4との間の領域は処理領域をなす。このガスシャワーヘッド4には、処理領域にプラズマ生成用の電界を形成するための例えば出力周波数が40MHz、電力が500～3000Wの第1の高周波電源部4aが整合器4bを介して接続されている。

[0017] 電極部42の中央部には、ガス拡散空間41と連通する処理ガス供給路45が形成されている。この処理ガス供給路45の上流側には、ガス供給管48を介して処理ガス供給系49が接続されている。この処理ガス供給系49は、ウェハWに対して処理ガスを供給するためのものであり、この例では処理ガスとしてエッチング処理を行うためのエッチングガス例えばフロロカーボンガス、塩素（ Cl_2 ）ガス、一酸化炭素（CO）ガス、臭化水素（HBr）ガスあるいは O_3 （オゾン）ガスなどをAr（アルゴン）ガスなどの希釈ガスと共に処理容器21内に供給できるように構成されている。また、この処理ガス供給系49は、図示を省略しているが、例えばバルブや流量調整部が介設された複数の分岐路と、これらの分岐路の各々に接続され、上記のエッチングガスや希釈ガスが貯留されたガス源と、を備えており、エッチング処理を行う被エッチング膜の種類に応じて、所定のエッチングガスやArガスを所望の流量比で供給できるように構成されている。

[0018] 支持部材43は、例えばその上面の周縁に設けられた図示しないシール部材などを介して電極部42に気密に圧着されている。また、支持部材43には、ガス拡散空間41からウェハWに対して高い面内均一性をもってガスを

供給できるように、多数のガス吐出孔 4 4 が配列されている。ガスシャワーヘッド 4 内には、図示しない温調流体通流路が形成されており、この温調流体通流路を通流する温調流体により当該ガスシャワーヘッド 4 を温度調整できるように構成されている。

[0019] 処理容器 2 1 の天壁部における既述のガスシャワーヘッド 4 を囲むリング状の領域は、外側天板 6 0 をなし、誘電体例えば石英などにより構成されている。この外側天板 6 0 とガスシャワーヘッド 4 とは、例えば当該外側天板 6 0 の内周端にリング状に形成された図示しないシール部材を介して気密に圧着されている。外側天板 6 0 とガスシャワーヘッド 4 とは、両者の下面の高さと同じになるように固定されている。外側天板 6 0 は、その外周端において処理容器 2 1 の側壁により支持されている。外側天板 6 0 の外周端の下面は外側天板 6 0 の内周部の下面よりも高い位置にあり、これにより処理容器 2 1 の天壁（ガスシャワーヘッド 4 及び外側天板 6 0）が当該処理容器 2 1 内に入り込んでガスシャワーヘッド 4 と載置台 3 とが近接するようになっている。また、処理容器 2 1 の側壁の上端面には、周方向に亘ってリング状の溝 6 1 が形成されており、この溝 6 1 内には、例えばリングなどのシール部材 6 2 が収納されている。そして、例えば処理容器 2 1 内の雰囲気既述の真空排気手段 2 3 により真空引きされると、外側天板 6 0 が処理容器 2 1 側に引きつけられて、シール部材 6 2 を介して処理容器 2 1 の内部空間が気密に密閉される。

[0020] 外側天板 6 0 上には、図 2 及び図 3 にも示すように、例えば金属からなる導線が複数周巻回された誘導導体である誘導コイル 7 0 が周方向に複数箇所例えば 8 カ所に等間隔に設けられている。上方から見て、各誘導コイル 7 0 の軸線はウェハ W の外縁に沿った円弧に概ね一致している。また、各誘導コイル 7 0 は四角形断面を有しており、その上面および下面は、載置台 3 上にあるウェハ W の表面と平行である。なお、図 1 に示すように、誘導コイル 7 0 は実際には下側が外側天板 6 0 の内部に入り込むように設けられているが、この図 2 及び図 3 では図面の簡略化のため模式的に描かれている。

[0021] これらの誘導コイル70は、処理容器21内における当該誘導コイル70の下方側の領域、すなわちガスシャワーヘッド4の下方空間（処理領域）を囲む周縁領域において、外側天板60を介して電磁誘導により、周方向に亘って、処理容器21の側壁とウェハWの中心部の上方領域との間を結ぶラインに沿って放射状に横方向に伸びる（振幅する）第2の電界E2を形成する。このような第2の電界E2を形成するため、上記複数の誘導コイル70は、例えば出力周波数が既述の第1の高周波電源部4aの出力周波数と同じ40MHz、電力が200～1200Wの共通の第2の高周波電源部71に各々導電路72を介して並列に接続されている。

[0022] また、中心部側から外周側に向かう方向と外周側から中心部側に向かう方向との間において振幅を繰り返すこの第2の電界E2の位相を周方向に亘って揃えるために、これらの誘導コイル70と第2の高周波電源部71との間を接続する複数本の導電路72は、同じ長さのものが用いられている。また、各々の誘導コイル70により形成される各々の電界E2の大きさを揃えるために、各々のインピーダンスが揃うように、複数本の導電路72は例えば同じ径となっている。また、図3においては、便宜上一つの誘導コイル70だけを拡大して示している。また、図2及び図3では図示を簡略化しているが、この誘導コイル70は多数周巻回されている。既述の図1は、図2におけるA-A線で処理容器21を切断した時の縦断面図を示している。

[0023] ここで、第1の高周波電源部4aからの高周波電力を上部電極（ガスシャワーヘッド4）に供給した時に、ガスシャワーヘッド4と下部電極（載置台3）との間に電界が形成されるが、同時に処理容器21内におけるガスシャワーヘッド4の下面近傍領域と処理容器21の側壁との間でその向きが横方向である（横方向に振動する）第1の電界E1も形成される。この第1の電界E1の向きはより詳しくは上から見ると処理容器21の中央部から径方向に放射状に伸びるラインに沿っている。そして、この実施の形態では、第2の高周波電源部71により誘導コイル70に高周波電力を供給することにより処理容器21内に形成される横方向（径方向）の第2の電界E2と、前記

第 1 の電界 E_1 と、の合成電界の強さを調整するために、これら電界 E_1 、 E_2 の位相を調整するようにしている。そのために、第 1 の高周波電源部 4 a と第 2 の高周波電源部 7 1 との出力周波数が同じ値に設定され、第 1 の高周波電源部 4 a から出力される高周波と第 2 の高周波電源部 7 1 から出力される高周波との位相差を調整できるようにシステムが構成されている。このような位相差の調整方法の一例を以下に挙げる。

[0024] 第 1 の高周波電源部 4 a 及び第 2 の高周波電源部 7 1 の各々は、外部から入力されるクロックに基づいて高周波を生成するように構成される。そして、外部にクロック発生源 9 2 を設け、このクロック発生源 9 2 から第 1 の高周波電源部 4 a 及び第 2 の高周波電源部 7 1 に信号ライン（信号路 9 5）を分配し、いずれかの分配信号ライン 9 5 に移相器 9 1 を介在させる。この移相器 9 1 はコントローラからのアナログ信号あるいはデジタル信号に基づいてクロック信号の位相を調整し、これによって第 1 の電界 E_1 と第 2 の電界 E_2 との位相差が所望の値、例えば同位相あるいは逆位相となるように、第 1 の高周波電源部 4 a 及び第 2 の高周波電源部 7 1 の各高周波の位相差が調整される。なお、上述したように電界 E_1 、 E_2 を同位相あるいは逆位相とすることは、前記第 1 および第 2 の高周波電源部 4 a、7 1 から出力される高周波の位相差を例えば同位相または逆位相とすることで達成できる。ここで、後述のようにシミュレーションによって、第 1 の電界 E_1 と第 2 の電界 E_2 とが同位相の場合には処理領域の中央部側よりも周縁部側の方がプラズマ密度が高くなり、一方で逆位相の場合には処理領域の周縁部側よりも中央部側の方がプラズマ密度が高くなることが把握されている。

[0025] また、図 4 にも示すように、このプラズマエッチング処理装置には制御部 7 が接続されている。この制御部 7 は CPU 1 1、プログラム 1 2、作業用のワークメモリ 1 3 及び記憶部であるメモリ 1 4 を備えている。このメモリ 1 4 には、エッチング処理を行う膜（被エッチング膜）の種類、エッチングガスの種類、ガス流量、処理圧力、ガスシャワーヘッド 4 に供給する第 1 の高周波電源部 4 a の電力の大きさ及び誘導コイル 7 0 に供給する第 2 の高周

波電源部 7 1 の電力の大きさなどの処理条件と、移相器 9 1 により調整される高周波の位相と、が書き込まれる領域がレシピ毎に設けられている。後述するように、ウェハ W 上には互いに種類の異なる多層の膜が積層されており、そのためこの多層膜に対してエッチング処理を行う場合には、各々の膜毎にエッチングガスの種類が異なり、また各々の膜毎にエッチングガスの流量や処理圧力などの処理条件も異なる。そのため、処理条件によっては、後述の実施例にも示すように、プラズマの濃度分布がウェハ W の径方向においてばらつく場合がある。

[0026] そこで、本発明では、面内において均一にプラズマエッチング処理を行うために、ウェハ W の径方向においてプラズマの濃度分布がばらつく場合には、このプラズマの濃度が径方向において均一化させる。例えば中央部側においてプラズマの濃度が高くなる場合にはプラズマを周縁部側に引き延ばし、逆に、周縁部側においてプラズマの濃度が高くなる場合にはプラズマを中央部側に押し込むようにしている。具体的には、ウェハ W の中央部側のプラズマの濃度が高くなる場合には、処理領域において形成される（振幅する）第 1 の電界 E 1 の位相に対して、図 5（a）に示すように周縁領域の第 2 の電界 E 2 の位相が同位相となるように、一方で、ウェハ W の周縁部側のプラズマの濃度が高くなる場合には図 5（b）に示すように第 1 の電界 E 1 に対して第 2 の電界 E 2 が逆位相になるように、移相器 9 1 により第 2 の高周波電源部 7 1 に供給する高周波（電圧）の位相を各々の膜（処理条件）毎に調整している。なお、電界 E 1、E 2 は図 5 中左右方向に振幅しているため、この図 5 中ではある瞬間の電界 E 1、E 2 の向き（位相）を模式的に示している。また、誘導コイル 7 0 中に示した矢印は、この電界 E 2 が形成されるときに当該誘導コイル 7 0 を通流している高周波の向きを示している。

[0027] また、第 1 の電界 E 1 と第 2 の電界 E 2 との合成電界の大きさを調整する因子として、移相器 9 1 により調整する高周波の位相に加えて高周波電源 4 a、7 1 から供給する夫々の高周波の電力がある。メモリ 1 4 には、各レシピ毎（例えばエッチング対象膜毎、処理条件毎）に例えば予め実験や計算を

行うことにより求められた適切な上記因子の値が記憶されている。上記のプログラム 12 は、エッチング処理を行う膜毎に CPU 11 を介してメモリ 14 から既述のレシピを作業用のワークメモリ 13 に読み出して、このレシピに応じてプラズマエッチング処理装置の各部に制御信号を送り、後述の各ステップを進行させることでエッチング処理を行うように命令が組み込まれている。このプログラム（処理パラメータの入力操作や表示に関するプログラムも含む）12 は、例えばハードディスク、コンパクトディスク、マグネットオプティカルディスク、メモリーカード等の記憶媒体 8 に格納され、この記憶媒体 8 から制御部 7 にインストールされる。

[0028] 次に、上記のプラズマエッチング処理装置の作用について、図 6～図 10 を参照して説明する。ここで、被処理基板である半導体ウェハ（以下「ウェハ」という）W について簡単に説明すると、このウェハ W は、例えば所定のパターンがパターニングされたフォトリソマスク、例えば有機物からなる反射防止膜、アモルファスカーボン膜、絶縁膜（ SiO_2 膜や SiCOH 膜）あるいは Poly-Si （多結晶シリコン）膜及び例えば無機膜からなるエッチングストップ膜などからなる積層膜が上側からこの順番でシリコン膜上に積層されて構成されている。

[0029] 先ず、ウェハ W の表面に形成された被エッチング膜に応じたレシピをメモリ 14 からワークメモリ 13 に読み出す。この例においては、表層の被エッチング膜が例えば反射防止膜であることから、この膜に応じたレシピを読み出しておく。そして、真空雰囲気に保たれた真空搬送室から基板搬送手段（いずれも図示せず）により処理容器 21 内にウェハ W を搬入して載置台 3 に載置して吸着保持した後、ゲートバルブ 26 を閉じる。次いで、真空排気手段 23 により処理容器 21 内を例えば圧力調整バルブ 24 a を全開にして引き切りの状態にすると共に、温調流路 37 及びガス流路 38 から所定の温度に温調された温調媒体及びバックサイドガスを供給してウェハ W を所定の温度に調整する。

[0030] 一方、制御部 7 はレシピを読み出した後、図示しないコントローラに制御

信号を出力し、これにより当該コントローラはレシピに記憶された移相量となるように移相器 9 1 を調整する。そして、この調整された移相量に応じた位相差で第 1 の高周波電源部 4 a と第 2 の高周波電源部 7 1 とから夫々例えば 4 0 M H z の高周波電力が出力される。これによりガスシャワーヘッド 4 と載置台 3 との間に高周波電界が形成されるが、既述のように横（径）方向の第 1 の電界 E 1 も発生する。また、誘導コイル 7 0 に高周波電力が供給されることで、処理容器 2 1 の周縁領域には横（径）方向に且つ概略的に言えば放射状に伸びるラインに沿って振動する第 2 の電界 E 2 が形成される。また、載置台 3 に高周波電源 3 1 a から例えば周波数が 1 3 . 5 6 M H z 、電力が例えば 5 0 0 W のバイアス用の高周波を供給する。

[0031] そして、処理ガス供給系 4 9 から処理容器 2 1 内に例えばエッチングガスと A r ガスとからなる処理ガスを供給して処理容器 2 1 内を所定の圧力に調整すると、この処理ガスが処理容器 2 1 内に拡散してガスシャワーヘッド 4 と載置台 3 との間に供給される高周波電力によりプラズマ化されていく。また、処理ガスは第 1 の電界 E 1 及び第 2 の電界 E 2 の合成電界、別の言い方をすれば第 2 の電界 E 2 によってその大きさが調整された第 1 の電界 E 1 がプラズマの発生に寄与する。

[0032] ここで、例えば移相器 9 1 により位相を調整せずに第 2 の高周波電源部 7 1 に高周波を供給した時の処理領域のプラズマ濃度が図 7 に示すように周縁部側よりも中央部側の方が高くなる場合には、既述の図 5（a）に示すように電界 E 1 と電界 E 2 との同位相となるように移相器 9 1 が調整される。このため、周縁部側に押し広げられた合成電界が形成され、即ち見かけ上電界 E 1 が周縁部側に押し広げられて、プラズマの濃度が処理領域内に亘って均一化する。また、周縁領域には電界 E 2 が形成されており、既述のように高周波電源 4 a 、 7 1 から供給する夫々の高周波の電力が適正に調整されることにより各電界 E 1 、 E 2 の強度が調整されていることから、外側に向かって押し広げられた電界 E 1 とこの電界 E 2 とが重なり合って、図 8 に示すように面内に亘って均一なプラズマが形成されることとなる。

[0033] 一方、位相を調整せずに第2の高周波電源部71に高周波を供給した時のプラズマの濃度が図9に示すように中央部側よりも周縁部側の方が高くなる場合には、既述の図5(b)のように、電界E1、E2が互いに逆位相となるように移相器91が調整される。この場合も同様に、処理領域内に亘ってプラズマの濃度が均一化され、また電界E1、E2の強度が適正に調整されているので、面内に亘って均一な濃度のプラズマが形成されることになる。なお、これらの図7及び図9において、プラズマの濃度が高くなる部分には斜線を付してある。そして、このプラズマが処理ガスに接触すると、当該処理ガスもプラズマ化され、順次プラズマが生成されていくことになる。こうして生成されたプラズマ中のイオンが図10に示すようにバイアス用の高周波により載置台3側に引き寄せられていくので、垂直性の高いエッチング処理が進行していくこととなる。そして、反射防止膜の下層のアモルファスカーボン膜が露出するまで、当該反射防止膜のエッチング処理を行う。

[0034] その後、処理ガスの供給を停止すると共に、誘導コイル70及びガスシャワーヘッド4への高周波の供給を停止する。そして、処理容器21内を真空排気して、続いてエッチング処理対象のアモルファスカーボン膜に応じたレシピをメモリ14から読み出し、このアモルファスカーボン膜のエッチング処理を行う。しかる後、アモルファスカーボン膜の下層側の膜に対して、同様に順次レシピを読み出してエッチング処理を行っていく。

[0035] 上述の実施の形態によれば、上から見たときに第1の高周波電源部4aに接続されるガスシャワーヘッド4を囲むように誘導コイル70を配置し、第2の高周波電源部71により誘導コイル70に高周波電力を供給して処理容器21内にこの処理容器21の側壁とウェハWの中央部の上方領域とを結ぶラインに沿って横方向の電界E2を形成し、この電界E2と第1の高周波電源部4aによりガスシャワーヘッド4付近に形成される横(径)方向の電界E1とにより合成電界を形成している。そして、両者の横方向の電界E1、E2の位相差を調整することで前記合成電界の大きさを調整しているので、プラズマの発生に関与する制御因子が一つ増えたことになり、このためプラ

ズマの密度分布の調整の自由度が大きくなり、結果としてウェハWに対するプラズマ処理の均一性を向上させることに寄与する効果がある。

[0036] そのため、いわば電界E 1を中央部側に押し込めたり周縁部側に引き延ばしたりすることができるので、処理のレシピに応じて径方向におけるプラズマの濃度分布を均一化することができる。従って、面内に亘ってプラズマの濃度を均一化することができるので、ウェハWに対して面内均一性の高いプラズマ処理、この例ではエッチング処理を行うことができる。また、第2の高周波電源部7 1に供給する高周波の位相を調整するだけで処理領域におけるプラズマの濃度を調整できることから、エッチング処理を行う膜（レシピ）に応じてプラズマの濃度を容易に調整できる。また、高周波電源4 a、7 1の各々から処理容器2 1内に供給する高周波の各々の電力を調整することによって、周縁部側に引き延ばしたり或いは中央部側に押し込めたりするプラズマの量を調整できると共に、処理領域と周縁領域とにおけるプラズマの濃度についても均一化することができるので、更に面内に亘ってプラズマの濃度を均一化できる。

[0037] 更に、上記のように誘導コイル7 0に供給する高周波の位相を調整するにあたり、第2の高周波電源部7 1と複数の誘導コイル7 0の各々との間におけるインピーダンスが各々同じ値となるように、また各々の導電路7 2を同じ長さにしているので、誘導コイル7 0に供給される高周波の位相及び電界E 2の大きさを周方向に亘って同じように調整することができる。なお、上記の例では各誘導コイル7 0を円弧状に形成し、また各誘導コイル7 0の上下面が水平となるように角形に形成したが、横（径）方向の電界E 2が形成されるのであれば、例えば円形に形成しても良い。

[0038] また、上記の実施形態ではガスシャワーヘッド4に第1の高周波電源部4 aを接続して上部電極のみによる1周波励起（single frequency excitation）方式のプラズマエッチング処理装置とするか、あるいは更に載置台3に高周波電源3 1 aを接続して上部電極および下部電極による2周波励起方式（dual frequency excitation）のプラズマエッチング処理装置とすることとし

た。しかしながら、載置台 3 に第 1 の高周波電源部 4 a を接続して下部電極のみによる 1 周波励起方式あるいは 2 周波励起方式の装置としても良い。この場合には、図 1 1 に示すように、例えば載置台 3 の周囲に周方向に亘って誘電体部材 1 0 1 を配置して、この誘電体部材 1 0 1 の下方側に誘導コイル 7 0 が配置されることになる。また、この場合には排気口 2 2 は処理容器 2 1 の天壁例えば外側天板 6 0 あるいは処理容器 2 1 の側壁などに形成される。なお、この場合に外側天板 6 0 を導電体により構成する場合には、当該外側天板 6 0 とガスシャワーヘッド 4 との間にリング状の絶縁部材 1 0 2 を設けることが好ましい。この装置においても、上記の例と同様にプラズマエッチング処理が行われ、同様の効果が得られる。

[0039] [第 2 の実施の形態：平板型コイル、電源共通]

上記の第 1 の実施の形態においては、角形の誘導コイル 7 0 について説明したが、この第 2 の実施の形態では、第 2 の電界 E 2 を形成するために、例えば図 1 2 に示すように、直線状の導線 1 1 1 を周方向に亘って放射状に複数本配置している。この第 2 の実施の形態においては、図 1 2 (b) に示すように、導線 1 1 1 の内周端と外周端とが露出するように例えば誘電体からなるリング状の平板 1 1 2 内に複数の導線 1 1 1 を埋設し、この平板 1 1 2 を複数の導線 1 1 1 と共に外側天板 6 0 上に設置することになる。

[0040] また、これらの複数の導線 1 1 1 に対して第 2 の高周波電源部 7 1 との間インピーダンスが各々同じ値となるように導電路 7 2 を接続するためには、例えば図 1 3 に示すように、当該導電路 7 2 を配置すれば良い。具体的には、例えば第 2 の高周波電源部 7 1 をガスシャワーヘッド 4 の上位置に設けると共に、図 1 3 (a) に示すように、第 2 の高周波電源部 7 1 から伸びる 1 本の導電路 7 2 を 2 本に分岐させ、また当該 2 本の導電路 7 2 の各々を同様に 2 本に分岐させ、こうして順次導電路 7 2 を分岐させて各々が同じ長さの複数本の導電路 7 2 を形成する。そして、これら複数本の導電路 7 2 の端部を各々の導線 1 1 1 の一端側例えば外周端に接続し、また図 1 3 (b) に示すように、同様に導線 1 1 1 の他端側例えば内周端に第 2 の高周波電源部

7 1 から伸びる各々が同じ長さの別の複数本の導電路 7 2 を接続して、第 2 の高周波電源部 7 1 と各々の導線 1 1 1 とが同じ長さの導電路 7 2 により接続されることになる。

[0041] なお、既述の図 1 2 (a) では導線 1 1 1 を線状に模式化して示しており、また図 1 3 においては描かれている導線 1 1 1 の数は実際の数より少ない。また、図 1 3 では平板 1 1 2 の描画を省略している。また、実際には導電路 7 2 は全ての導線 1 1 1 の両端に接続されているが、図が煩雑になるためこの図 1 3 (a) と図 1 3 (b) とに分けて導電路 7 2 を描画している。

この第 2 の実施の形態においても、同様にプラズマエッチング処理が行われて同様の効果が得られる。また、角型の誘導コイル 7 0 を設ける場合よりも、各々の導線 1 1 1 のインピーダンスが小さくなるので、効率的にプラズマを生成させることができる。この場合においても、既述の図 1 1 と同様に処理容器 2 1 の下部に導線 1 1 1 を設置しても良い。

[0042] また、第 2 の電界 E 2 を形成するためには、図 1 4 に示すように、例えばアルミニウム (A l) や銅 (C u) などの金属からなるリング体 2 0 0 を外側天板 6 0 上に設けても良い。この図 1 4 中の 2 1 1 はリング体 2 0 0 の内周側から径方向 (外側) に向かって複数箇所に形成されたスリット、2 1 2 はリング体 2 0 0 の内周側と外周側との間に電流を供給するための複数の接点である。これらの接点 2 1 2、2 1 2 間に高周波電流を供給することによって、既述の導線 1 1 1 と同様に径方向に放射状の電界 E 2 が形成されることとなる。

[0043] [第 3 の実施の形態：角型コイル、複数の電源]

既述の第 1 の実施の形態においては、共通の第 2 の高周波電源部 7 1 から複数の誘導コイル 7 0 に高周波を供給したが、この第 3 の実施の形態では、例えば図 1 5 に示すように、各々の誘導コイル 7 0 毎に第 2 の高周波電源部 7 1 を接続している。この場合においても、各々の第 2 の高周波電源部 7 1 と各々の誘導コイル 7 0 との間におけるインピーダンスが同じ値となるように、各々の導電路 7 2 が同じ長さに設定される。また、これらの複数の第 2

の高周波電源部 7 1 には共通の移相器 9 1 が接続され、移相器 9 1 とこれらの複数の第 2 の高周波電源部 7 1 との間におけるインピーダンスが同じ値となるように、信号路 9 5 が同じ長さに設定される。

[0044] この装置においては、上記の各例と同じようにプラズマエッチング処理を行うようにしても良いが、ウェハ W の径方向におけるプラズマの濃度分布に加えて、ウェハ W の周方向におけるプラズマの濃度分布についても均一化できるように構成しても良い。その場合には、具体的には既述の制御部 7 のメモリ 1 4 には、図 1 6 に示すように、各レシピ毎に、上記の処理条件や高周波電源部 4 a から供給する高周波の電力あるいは移相器 9 1 により調整する高周波の位相に加えて、ウェハ W の周方向におけるプラズマの濃度についても均一化するように、各々の誘導コイル 7 0 に供給する高周波の電力の各々の大きさが記憶される領域が設けられている。各誘導コイル 7 0 に供給する高周波の電力についても同様に、予め実験や計算を行うことにより求められることになる。

[0045] そして、ウェハ W 上の被エッチング膜に対してエッチング処理を行うときには、径方向におけるプラズマの濃度に加えて周方向においてもプラズマの濃度が均一化され、面内に亘って垂直性の高いエッチング処理が行われることになる。この例においては、各々の第 2 の高周波電源部 7 1 に対して共通の移相器 9 1 を接続するようにしたが、各々の第 2 の高周波電源部 7 1 に対して別々の移相器 9 1 を設けても良い。この例においても、既述の図 1 1 のように誘導コイル 7 0 を処理容器 2 1 の下方側に設置しても良いし、また図 1 2、図 1 3 のようにこの誘導コイル 7 0 として複数本の導線 1 1 1 を設けて、これらの複数本の導線 1 1 1 に対して各々複数の第 2 の高周波電源部 7 1 を接続しても良い。

[0046] [第 4 の実施の形態：角型コイル、D C]

次に、本発明の第 4 の実施の形態について説明する。既述の電極部 4 2 には、図 1 7 に示すように、スイッチ 5 2 を介して例えば 0 ～ - 2 0 0 0 V の負の直流電圧を印加するための直流電源 5 3 が負電圧供給手段として接続さ

れている。この直流電源 53 は、図 18 に示すように、プラズマの発生時にガスシャワーヘッド 4 の下方側の領域に電圧の大きさに応じた厚さのシース 121 を形成するためのものである。このシース 121 によって誘導コイル 70 により処理領域の周縁部に形成（誘導）される電界 E2 を当該処理領域の中央部側に引き寄せることができる。従って、既述のメモリ 14 には、図 19 に示すように、レシピ毎に、処理条件や高周波電源 4a、71 から供給する高周波電圧の大きさ及び移相器 91 により調整する高周波の位相などに加えて、直流電源 53 に印加する負の直流電圧の大きさが記憶されている。この負の直流電圧の大きさについても、予め実験や計算を行うことにより求められることになる。

[0047] この実施の形態においてエッチング処理を行う時には、各高周波電源 4a、71 から供給される高周波の電力の大きさ及び高周波電源 71 から供給される高周波の位相に加えて、シース 121 により処理容器 21 の中央部側に引き寄せられる電界 E2 についても調整されるので、面内に亘って電界の密度が更に均一化され、そのためプラズマの量についても面内に亘って均一化することになり、エッチング処理を均一に行うことができる。なお、この実施の形態においても、図 11 のように誘導コイル 70 を処理容器 21 の下部に設けても良いし、図 12 及び図 13 のように誘導コイル 70 に代えて導線 111 を配置しても良いし、更に複数の誘導コイル 70 あるいは複数の導線 111 に個別に第 2 の高周波電源部 71 を接続しても良い。

[0048] [第 5 の実施の形態：角型基板]

上記の各実施形態においては円形のウェハ W の処理のための構成について説明したが、この第 5 の実施の形態で説明するように、角型の基板例えば LCD（Liquid Crystal Display：液晶ディスプレイ）用のガラス基板（以下、LCD 基板という）G の処理のために本発明を適用しても良い。

この場合には、図 20（a）に示すように、上方から見たときの平面形状が角型の処理容器 21 及びガスシャワーヘッド 4 が用いられる。また、誘導コイル 70 は、上方から見て、LCD 基板 G の外縁に沿って直線状に伸びる

軸の回りに巻回されることになる。この第5の実施形態においては、上から見たときに処理容器21の側壁とLCD基板Gの中央の上方領域とを結ぶラインに沿って横方向の電界が形成されることになる。なお、ここで、上記のラインとは、処理容器21の側壁からLCD基板Gの縦横のいずれかの辺に水平に直交して伸びるラインを言う。このような角型のLCD基板Gにおいても、既述のウェハWと同様にエッチング処理が均一に行われ、同様の効果が得られる。

[0049] 角型のLCD基板Gのプラズマ処理においては、コーナー（角）部の処理がばらついてしまう場合がある。その場合には、同図20（b）に示すように、同20図（a）に示す誘導コイル70に加えて、当該コーナー部に臨むように誘導コイル70aを配置しても良い。このようにコーナー部に対して誘導コイル70aを配置することにより、更に面内均一性の高いエッチング処理を行うことができる。なお、このような角型のLCD基板Gを処理するためのプラズマ処理装置においても、既述のように処理容器21の下方に誘導コイル70を配置しても良いし、誘導コイル70に代えて導線111を設けても良いし、複数の誘導コイル70や導線111に対して複数の第2の高周波電源部71を個別に接続したりあるいは負の直流電源53を設けたりしても良い。

[0050] 上記の各実施形態においては、プラズマ生成用の第1の電界E1を形成するためにガスシャワーヘッド4に供給する高周波に加えて、誘導コイル70にも高周波を供給しているので、この誘導コイル70を設けない場合よりも処理容器21内に供給されるエネルギーが増加するため、容易にプラズマを得ることができる。

[0051] また、上記の各実施形態においては、高周波の位相を調整するにあたり、クロック発生源92と第2の高周波電源部71との間に移相器91を介設した。しかしながら、クロック発生源92と第2の高周波電源部71との間には設けずにクロック発生源92と第1の高周波電源部4aとの間に移相器91を介設し、第1の高周波電源部4aに供給する高周波の位相を調整するよ

うにしても良い。この場合には、例えばガスシャワーヘッド4に供給する高周波電力を複数のレシピで共通化して、誘導コイル70に供給する高周波電力により径方向におけるプラズマの濃度を調整しても良い。更に、クロック発生源92と第1の高周波電源部4a及び第2の高周波電源部71との間に各々移相器91を設けて、夫々の高周波電源4a、71に供給する高周波の位相の各々を調整しても良い。更にまた、第1の高周波電源部4aと第2の高周波電源部71とに対して共通のクロック発生源92から高周波を供給したが、夫々別のクロック発生源92、92を接続しても良い。その場合には、クロック発生源92と第1の高周波電源部4a及び第2の高周波電源部71との間の各々に移相器91を設けても良いし、あるいは一方の高周波電源4a(71)と他方の高周波電源71(4a)とに供給される高周波の位相差を予め求めておき、一方の高周波電源4a(71)にだけ移相器91を設けて、他方の高周波電源71(4a)に対する一方の高周波電源4a(71)の位相を調整するようにしても良い。

[0052] また、ガスシャワーヘッド4及び誘導コイル70に供給する高周波の周波数は、上記の40MHzに限定されず、他の周波数、例えば後述の実施例で用いた13.56MHzや100MHzなどであっても良いし、あるいはそれ以外の周波数例えば60MHzであっても良い。また、上記各実施形態においては、第1の高周波電源部4a及び第2の高周波電源部71から供給する高周波を同位相(位相差:0度)あるいは逆位相(位相差:180度)としたが、他の位相差例えば45度となるように移相器91を調整しても良い。

[0053] 上記の各実施形態においては、誘導コイル70(導線111)を処理容器21の内部空間の外側に設置したが、外側天板60(誘電体部材101)を上側部分と下側部分との分割構造体(いずれも図示せず)として構成すると共に、この下側部分に例えば周方向に複数の凹部を等間隔に形成して、この凹部内に誘導コイル70(導線111)を収納しても良い。また、例えば処理容器21の内部空間内に誘導コイル70(導線111)を設置するように

しても良い。なお、処理容器 21 内に電界 E2 を形成するためには単相コイルに限らず、例えばスター結線あるいは△結線された三相コイルを処理容器 21 の周方向に配置するようにしても良い。

[0054] 上記の各実施形態においては、プラズマ処理としてエッチング処理を例に挙げて説明した。本発明のプラズマ処理装置を例えばプラズマを用いた CVD (Chemical Vapor Deposition) 法を利用した成膜処理装置に適用しても良いし、アッシング装置に適用しても良い。例えば成膜装置においては、成膜ガスの種類やガス流量、圧力などの処理条件に応じて高周波電源 4a、71 から供給される高周波電力の大きさや移相器 91 において調整される高周波の位相がレジピに記憶され、面内において均一な成膜速度で成膜処理が行われることとなる。

実施例

[0055] (実験例 1)

誘導コイル 70 に高周波を供給せずに、高周波電源 4a からガスシャワーヘッド 4 に高周波を供給して処理ガスをプラズマ化した時に、面内におけるプラズマ（電子）が処理条件に応じてどのように分布するか確認する実験を行った。実験は低圧力（2.7 Pa (20 mTorr)）及び高圧力（13.3 Pa (100 mTorr)）にて行い、ラングミュアープローブ（Langmuir probe）を用いて処理容器 21 内部空間の中央から周縁におけるプラズマ密度を測定した。そして、図 21（a）に例えば処理容器 21 内の圧力が低い場合について、図 21（b）に例えば処理容器 21 内の圧力が高い場合について得られた結果を示す。この結果から、圧力が低い場合には、ガスシャワーヘッド 4 と対極（載置台 3）とが電氣的に結合し、統計（Stochastic）加熱となり、そのため中央部でのプラズマ密度が強くなり、逆に周縁部ではプラズマ密度が弱くなることが分かった。一方、圧力が高い場合には、ガスシャワーヘッド 4 と処理容器 21 の側壁とが電氣的に結合し、誘導（Ohmic）加熱となり、そのため中央部側よりも周縁部側においてプラズマの密度が強くなることが分かった。このような中央部側と周縁部側とにおけるプラズマ

密度の偏析は、圧力だけでなく様々な処理条件の変化に起因して生じていた。従って、既述のように、面内に亘って均一にプラズマエッチング処理を行うためには、処理条件毎にプラズマ密度を均一化する必要のあることが分かった。

[0056] (実験例 2)

そこで、ガスシャワーヘッド 4 に高周波電源 4 a から高周波を供給すると共に、誘導コイル 7 0 に高周波を供給することにより、プラズマ密度がどのように変化するかを確認する実験を行った。先ず、誘導コイル 7 0 を用いずに処理容器 2 1 内のプラズマの濃度が均一化するように処理条件（第 1 の高周波電源部 4 a : 13. 45 MHz、50 V）を調整した。そして、この処理条件において第 1 の高周波電源部 4 a（13. 56 MHz）と同じ周波数で電圧が 20 V の高周波を第 2 の高周波電源部 7 1 から誘導コイル 7 0 に供給して、このプラズマの分布がどのように変化するか測定した。この時、電界 E 1 に対して電界 E 2 の向きが逆位相及び同位相となるように誘導コイル 7 0 に供給する高周波の位相を夫々調整して、これらの例と誘導コイル 7 0 に高周波を供給しなかった場合（比較対象）と比較した。この結果を図 2 2 及び図 2 3 に示す。

[0057] 図 2 2（a）は比較対象のプラズマ密度を示しており、図 2 2（b）及び図 2 3（a）は電界 E 1 に対して電界 E 2 が逆位相となり、図 2 2（c）及び図 2 3（b）は電界 E 1 と電界 E 2 とが同位相となるように高周波の位相を調整したときのプラズマの密度分布を示している。その結果、電界 E 1 に対して逆位相の電界 E 2 を形成することによりプラズマが中央部側に押し込められ、いわば電界 E 1 が中央部側に閉じこめられていることが分かる。一方、電界 E 1 と同位相の電界 E 2 を形成することによりプラズマが周縁部側に引き寄せられているが、処理容器 2 1 の側壁に吸収されるプラズマはほとんど見られず、そのためプラズマのエネルギー損失はほとんど起こっていないことが分かった。従って、電界 E 1 と電界 E 2 とが同位相あるいは逆位相となるように誘導コイル 7 0 に供給する高周波の位相を調整することにより

、プラズマの濃度が面内において均一化するようにプラズマ密度を調整できることが分かった。

[0058] (実験例 3)

次に、上記の実験 2 の各例について、数値シミュレーションを用いて処理容器 21 内の全電流密度を計算した。この結果を図 24 に示す。この結果からも、電界 E1 に対して電界 E2 が逆位相となることによりプラズマが中央部側に押し込まれ、逆に電界 E1 と電界 E2 とが同位相となることによりプラズマが周縁部側に引き寄せられていることが分かった。

[0059] (実験例 4)

上記の実験例 3 と同じ数値シミュレーションを用いてガスシャワーヘッド 4 及び誘導コイル 70 に供給する高周波の周波数を 40 MHz (図 25) 及び 100 MHz (図 26) に変えて行った結果を示す。その結果、ガスシャワーヘッド 4 及び誘導コイル 70 に供給する高周波の周波数に寄らずに同様の結果が得られることが分かった。

請求の範囲

[請求項1]

処理容器と、前記処理容器内に設けられた下部電極である載置台と上部電極でありかつ処理ガスの供給部をなすガスシャワーヘッドとを備え、前記下部電極と前記上部電極との間にプラズマ発生用の高周波電力を印加して処理ガスをプラズマ化し、そのプラズマにより前記載置台上の基板に対してプラズマ処理を行うプラズマ処理装置において、

前記上部電極及び下部電極の一方の電極に接続され、前記プラズマ発生用の高周波電力を出力するための第1の高周波電源部と、

前記第1の高周波電源部の出力周波数と同じ出力周波数の高周波電力を出力するように設定された第2の高周波電源部と、

前記第1の高周波電源部に接続される前記一方の電極を上から見たときに当該一方の電極を囲むように配置され、前記第2の高周波電源部から供給される高周波電力により前記処理容器内に当該処理容器の側壁と前記基板の中央部の上方領域との間を結ぶラインに沿って横方向の電界を形成するための誘導コイルと、

第1の高周波電源部からの高周波電力が供給されることにより前記処理容器内における前記一方の電極付近に発生する横方向の電界と前記誘導コイルにより形成される前記横方向の電界とを合成した電界の強度を調整するために、第1の高周波電源部及び第2の高周波電源部から出力される各々の高周波の互いの位相差を調整するための位相差調整手段と、

を備えたことを特徴とするプラズマ処理装置。

[請求項2]

合成した電界の強度の調整作業は、前記第1の高周波電源部により形成される前記横方向の電界と第2の高周波電源部により形成される前記横方向の電界とを同位相または逆位相に設定する作業であることを特徴とする請求項1に記載のプラズマ処理装置。

[請求項3]

前記誘導コイルは、処理容器の周方向に沿って複数配置され、当該

複数の誘導コイルの各々と前記第2の高周波電源部とを接続する各導電路の長さが互いに同じであることを特徴とする請求項1または2に記載のプラズマ処理装置。

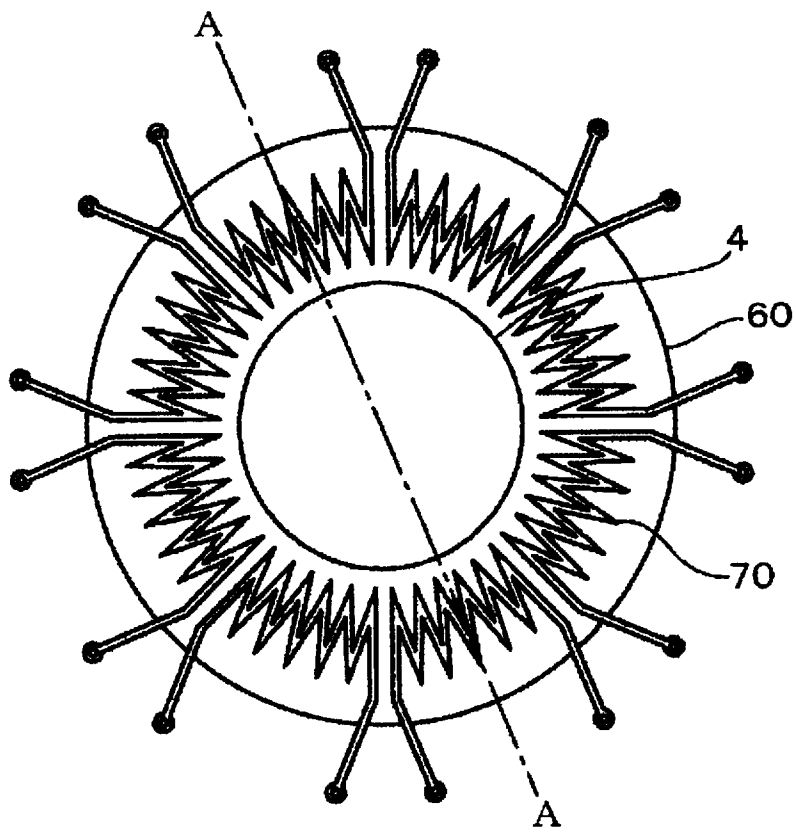
[請求項4] 前記ガスシャワーヘッドに接続され、前記誘導コイルにより誘導された前記電界を前記処理容器の中央部側に引き込むための負電圧供給手段を備えたことを特徴とする請求項1ないし3のいずれか一つに記載のプラズマ処理装置。

[請求項5] 前記位相差調整手段は、前記第1の高周波電源部により形成される前記横方向の電界と第2の高周波電源部により形成される前記横方向の電界との位相差を調整するための制御信号を出力する制御部を備えていることを特徴とする請求項1ないし4のいずれか一つに記載のプラズマ処理装置。

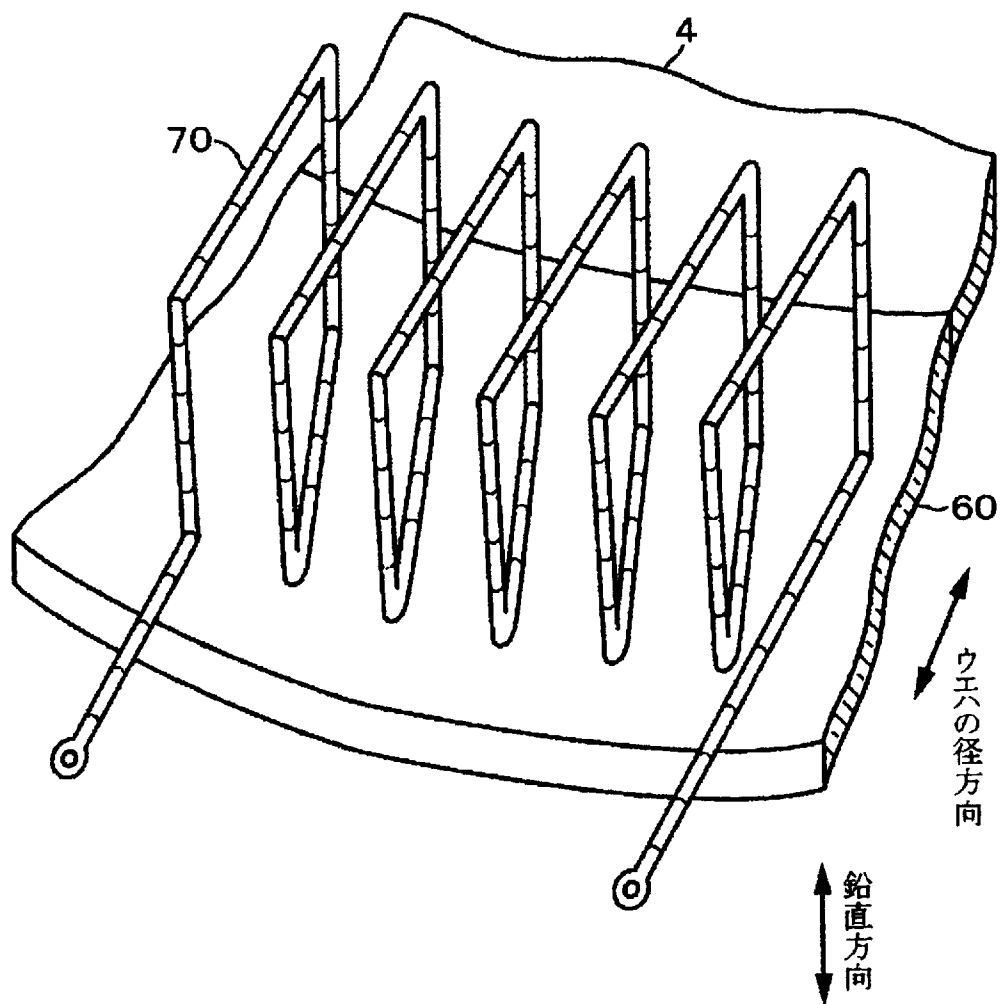
[請求項6] 前記制御部は、前記第1の高周波電源部により形成される前記横方向の電界と第2の高周波電源部により形成される前記横方向の電界とを同位相に調整するための制御信号と逆位相に調整するための制御信号とを選択的に出力する機能を備えていることを特徴とする請求項5に記載のプラズマ処理装置。

[請求項7] 基板に対して行われる処理のレシピと、前記位相差調整手段による位相の調整量と、を対応づけて記憶した記憶部を備え、前記制御部は、この記憶部から前記レシピに応じた前記調整量を読み出して制御信号を出力することを特徴とする請求項5または6に記載のプラズマ処理装置。

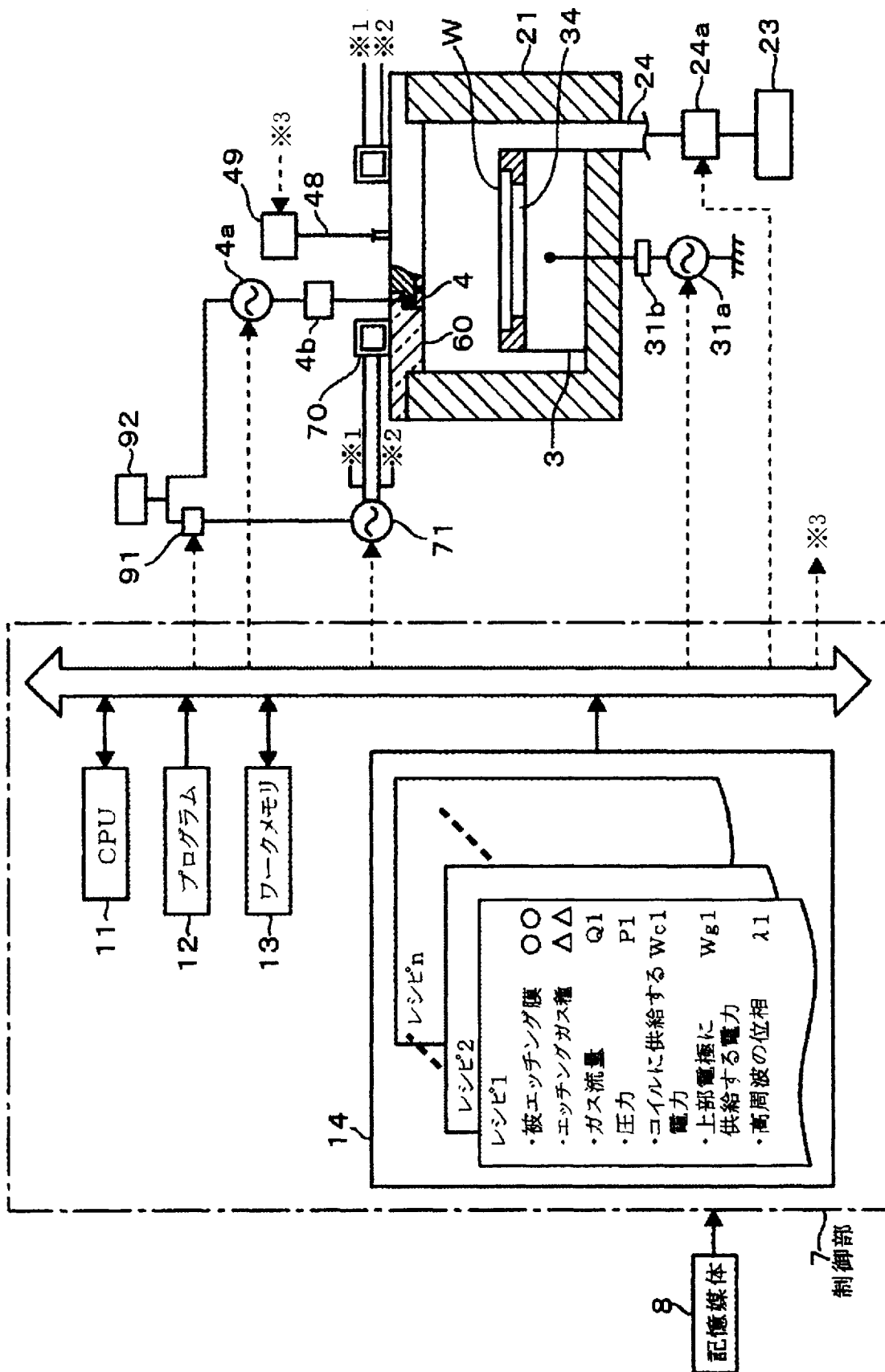
[図2]



[図3]

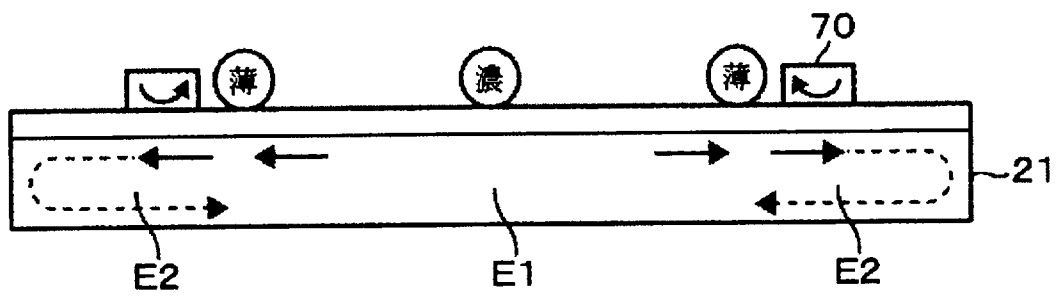


[図4]

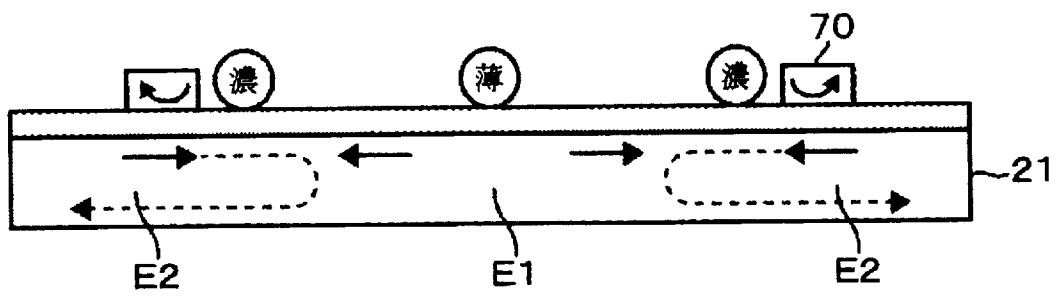


[図5]

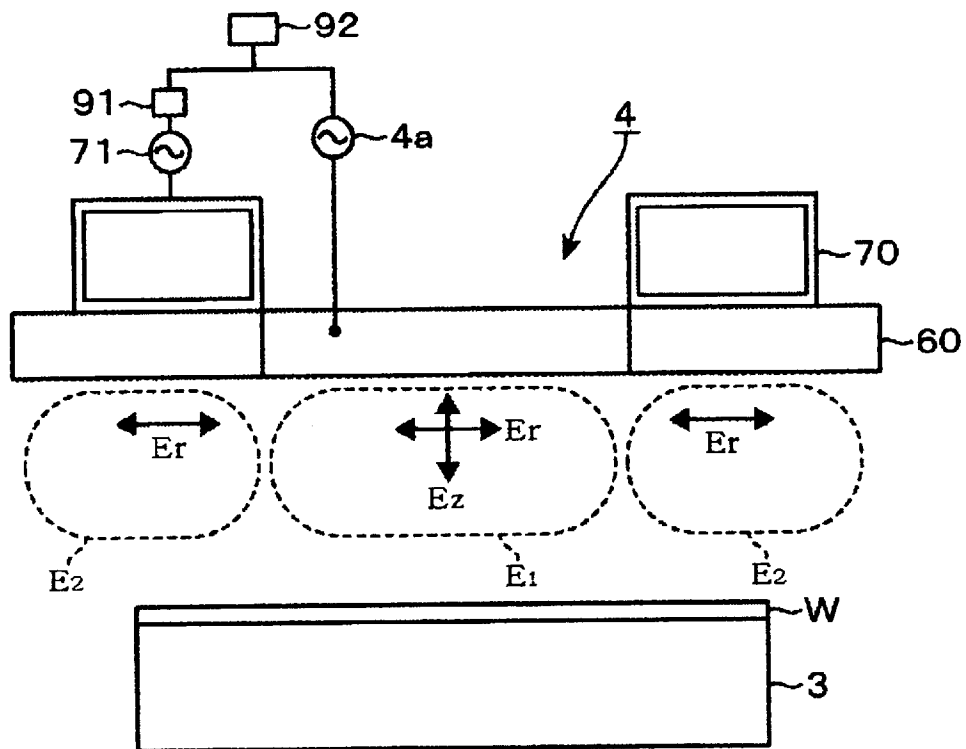
(a)



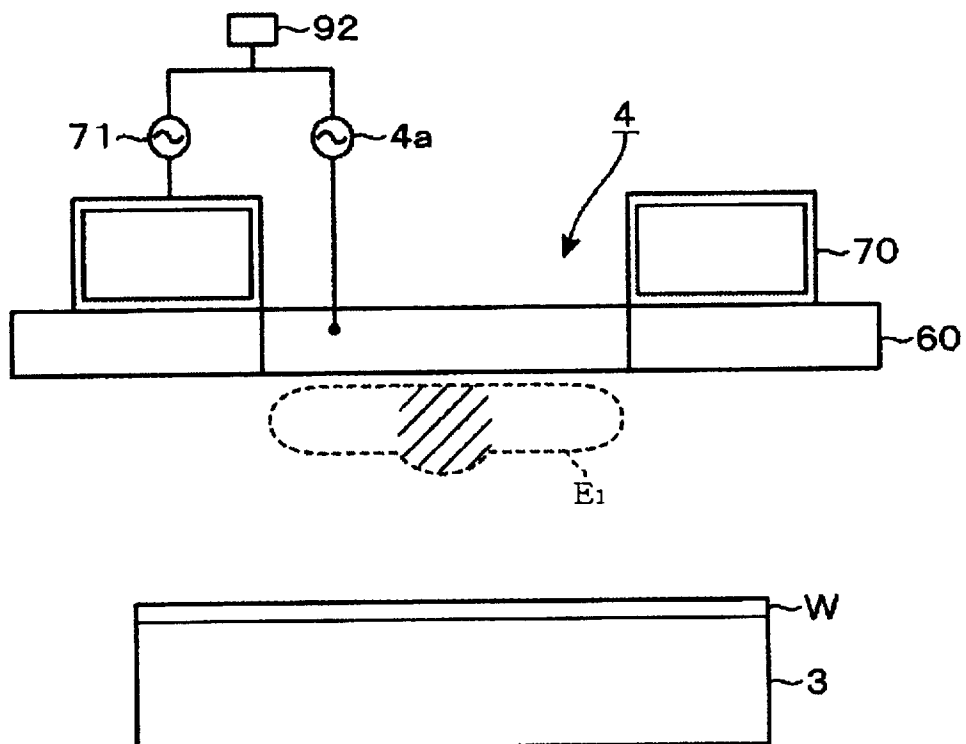
(b)



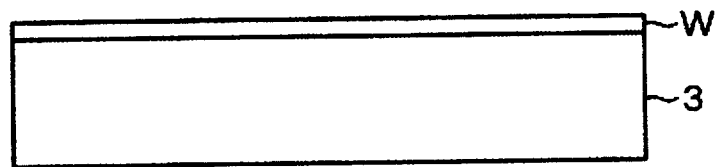
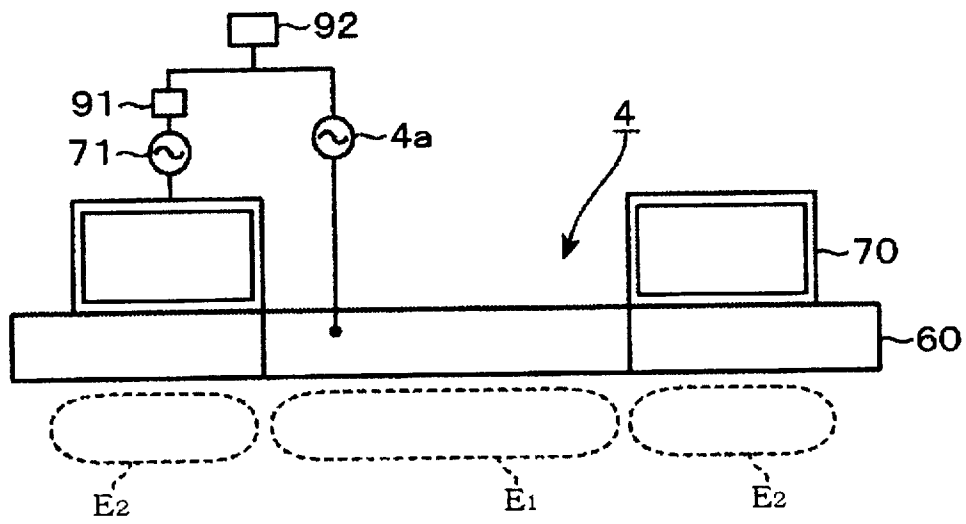
[図6]



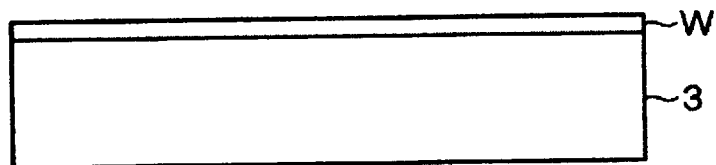
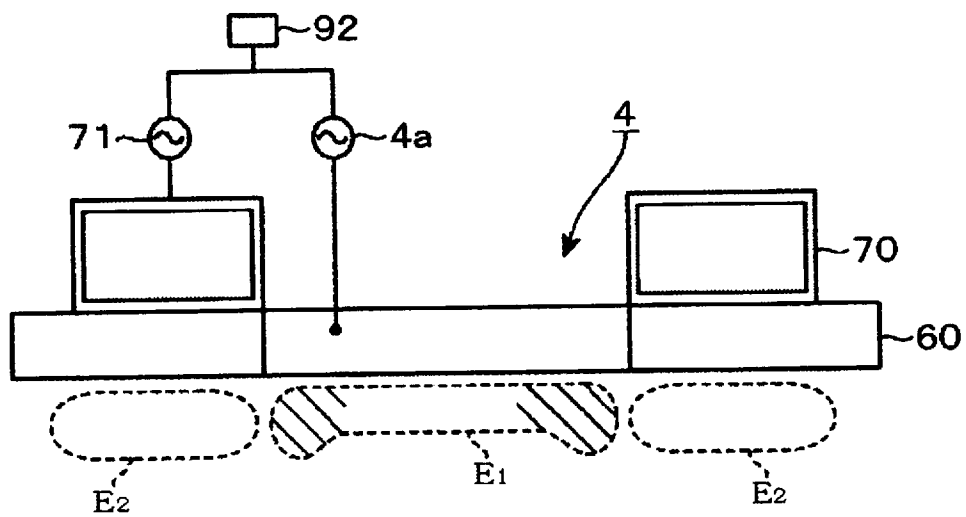
[図7]



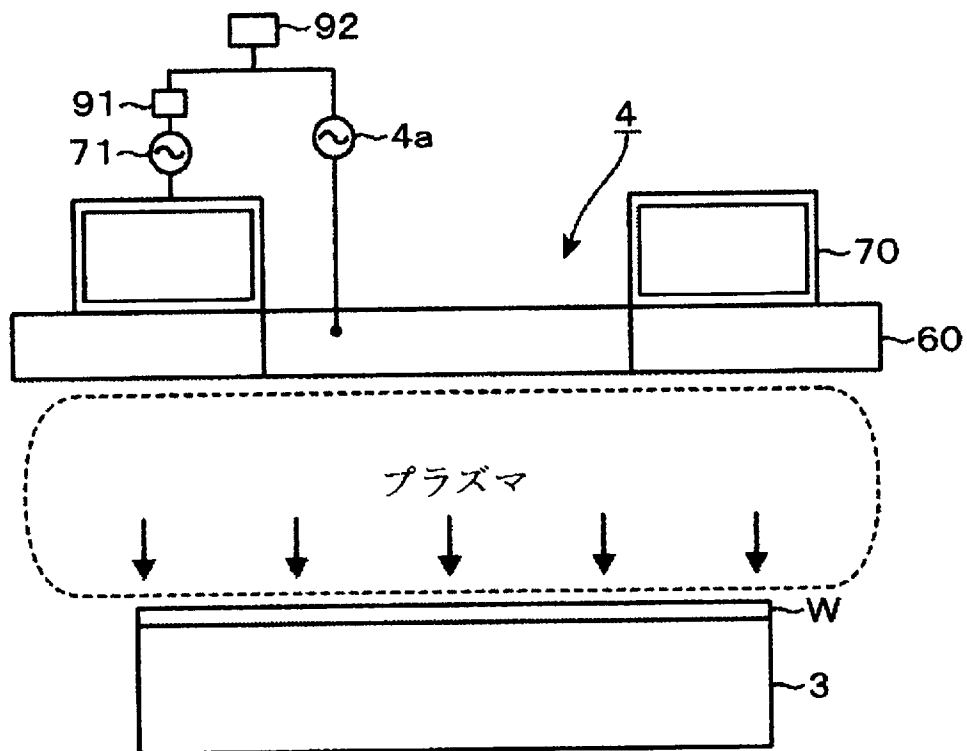
[図8]



[図9]

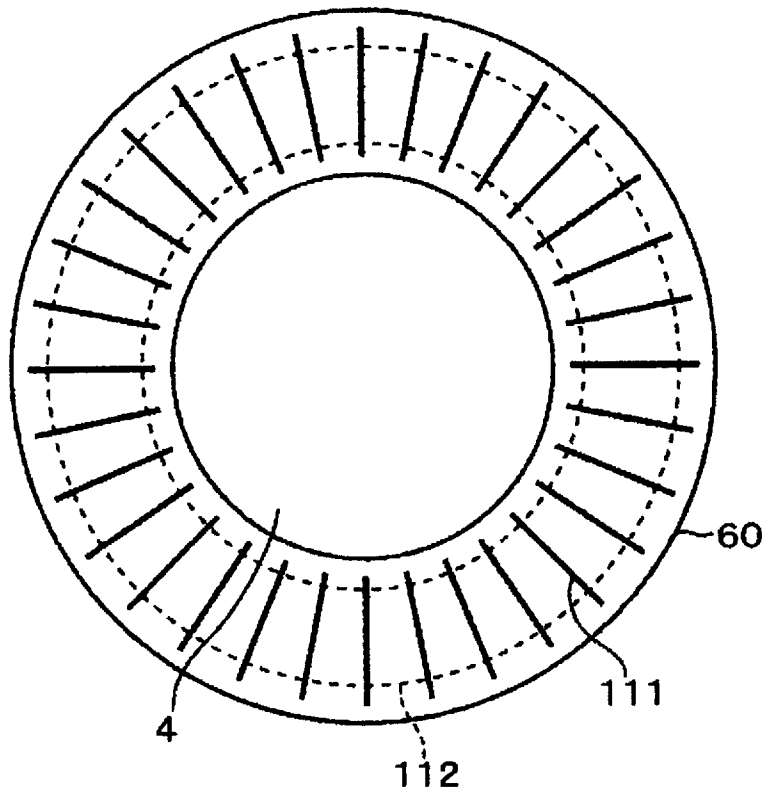


[図10]

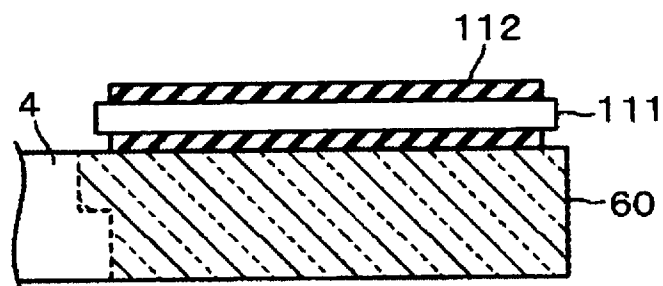


[図12]

(a)

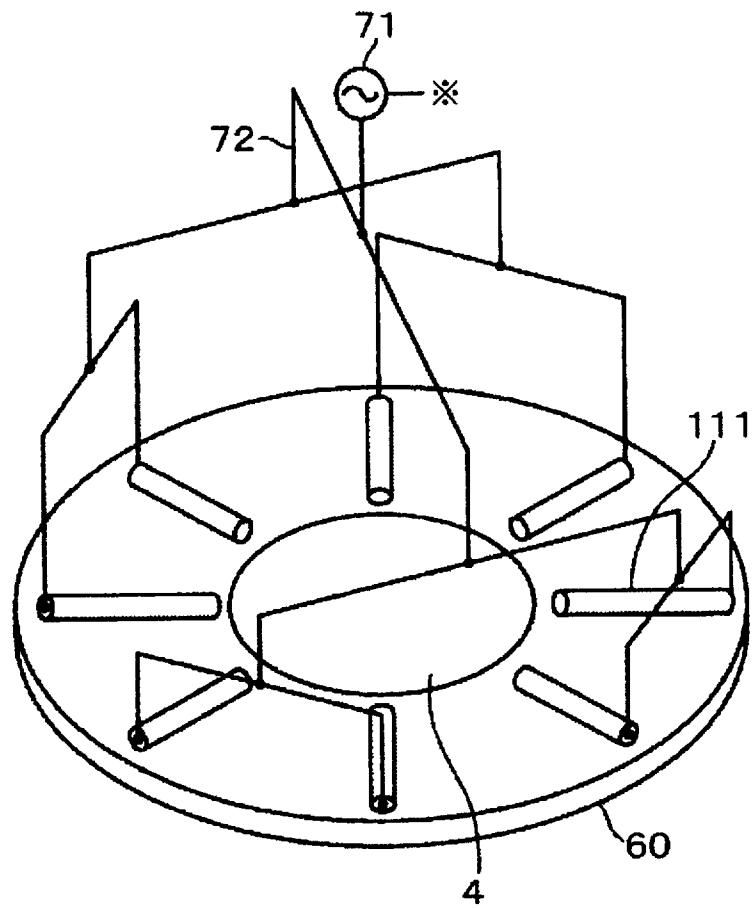


(b)

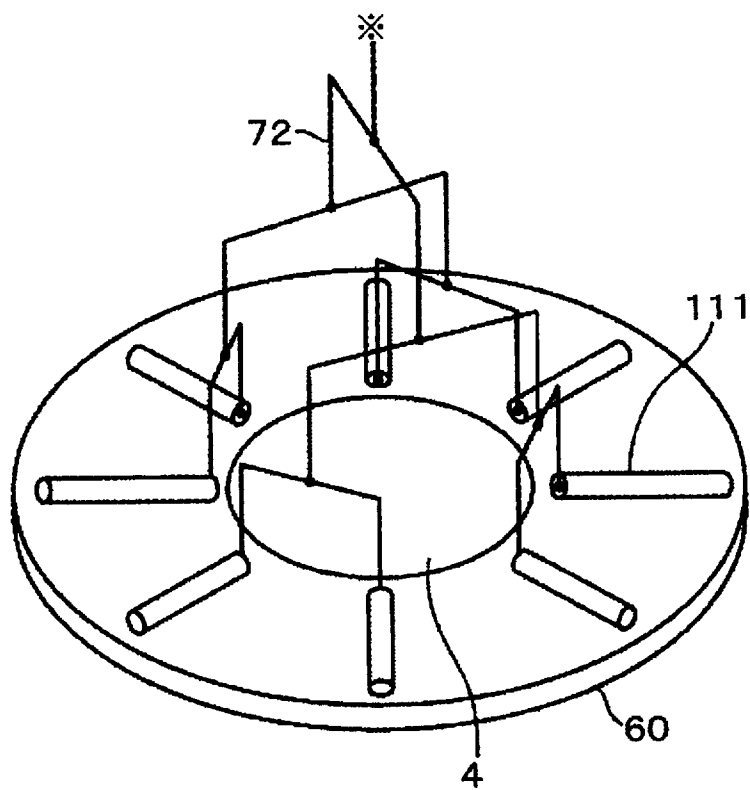


[図13]

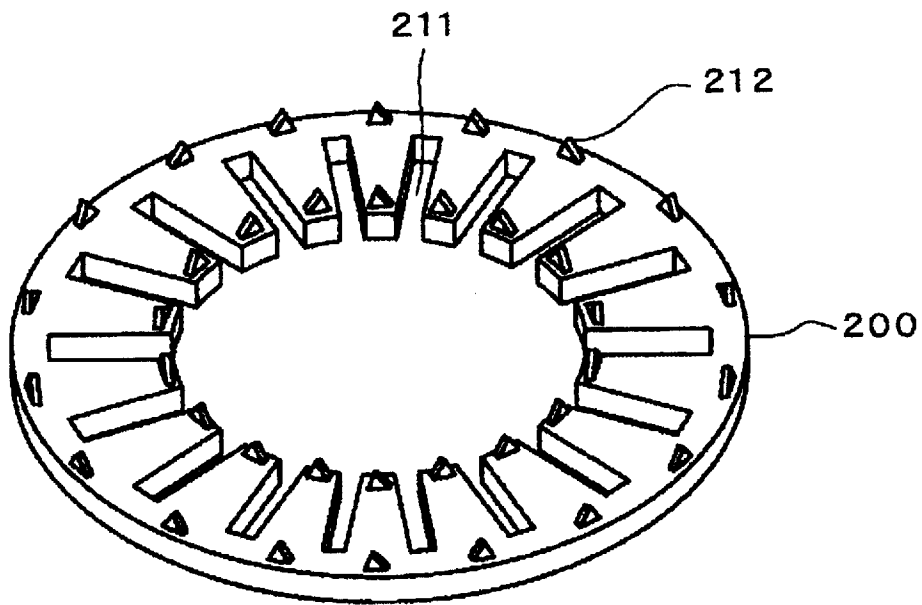
(a)



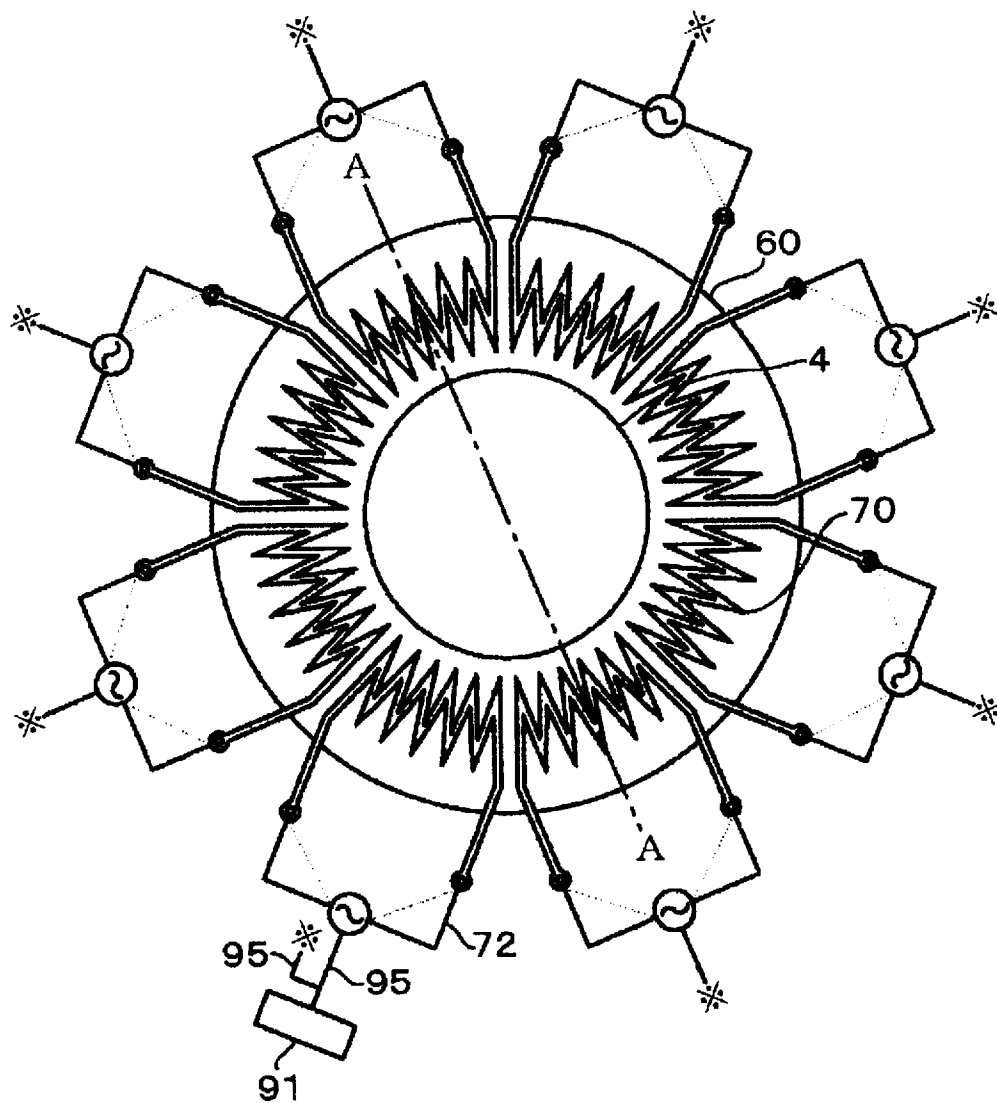
(b)



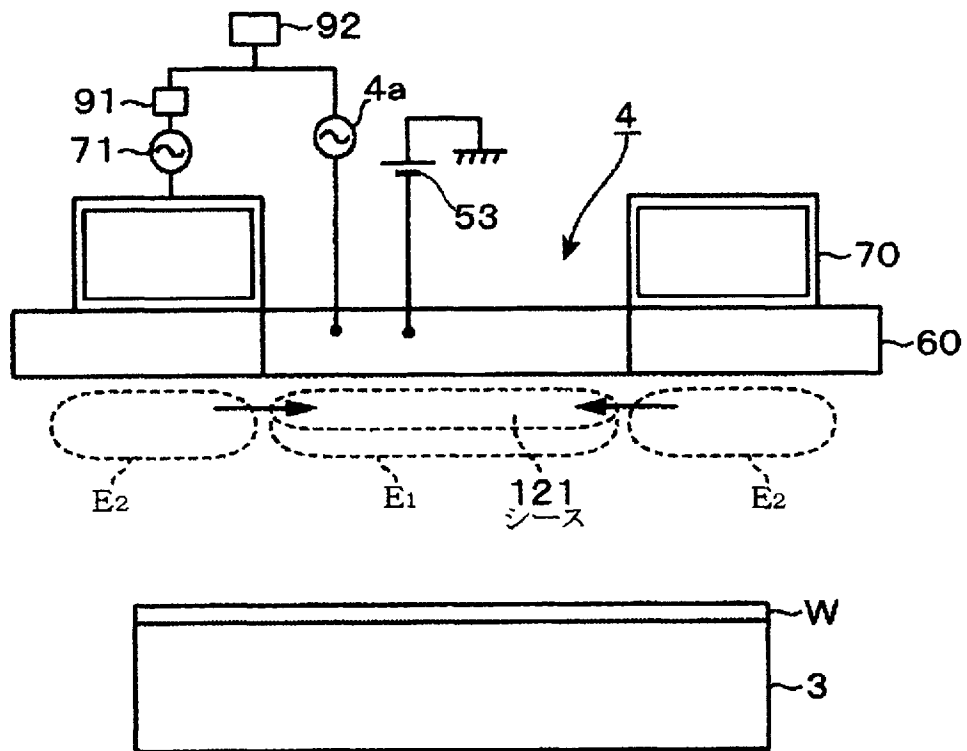
[図14]



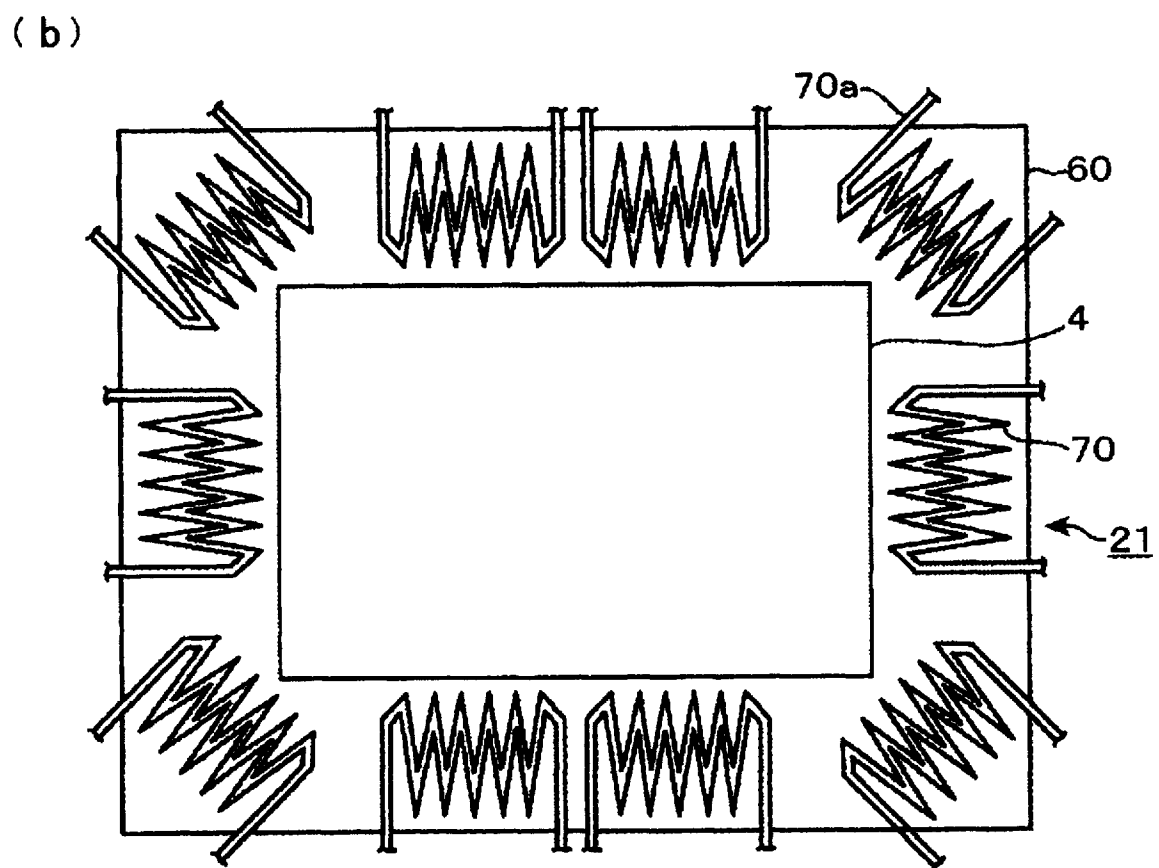
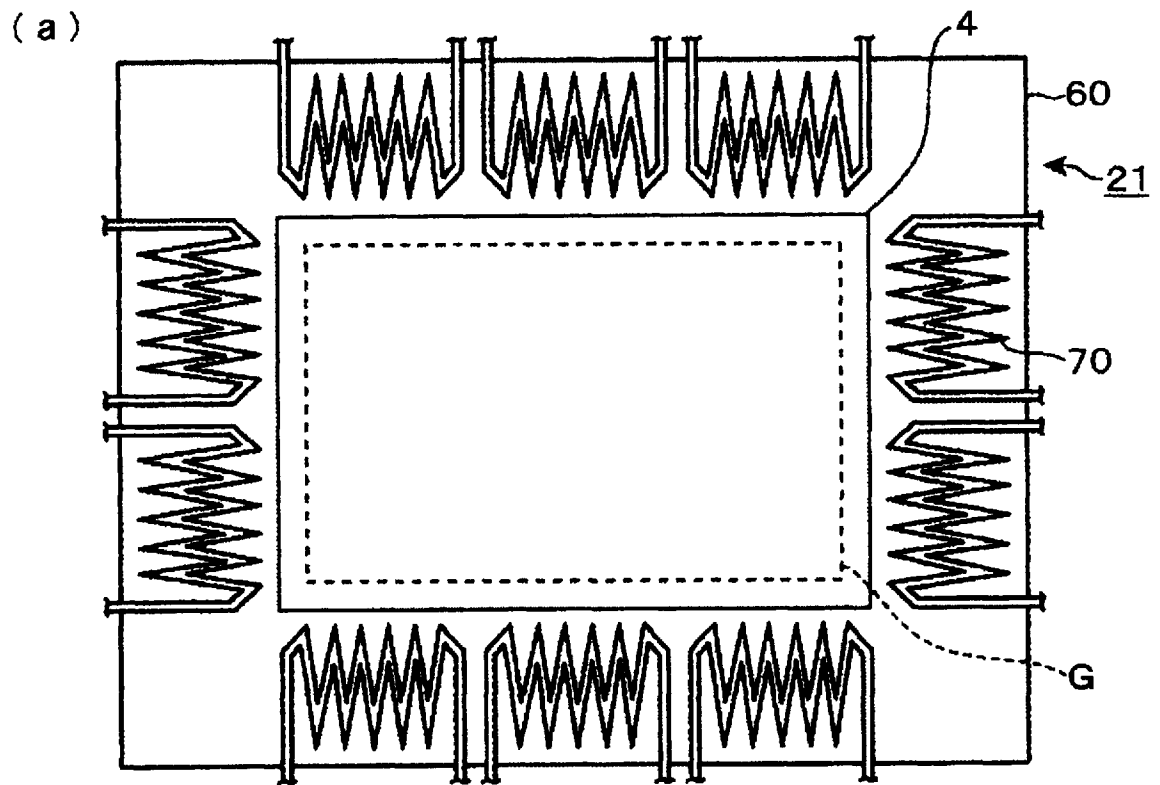
[図15]



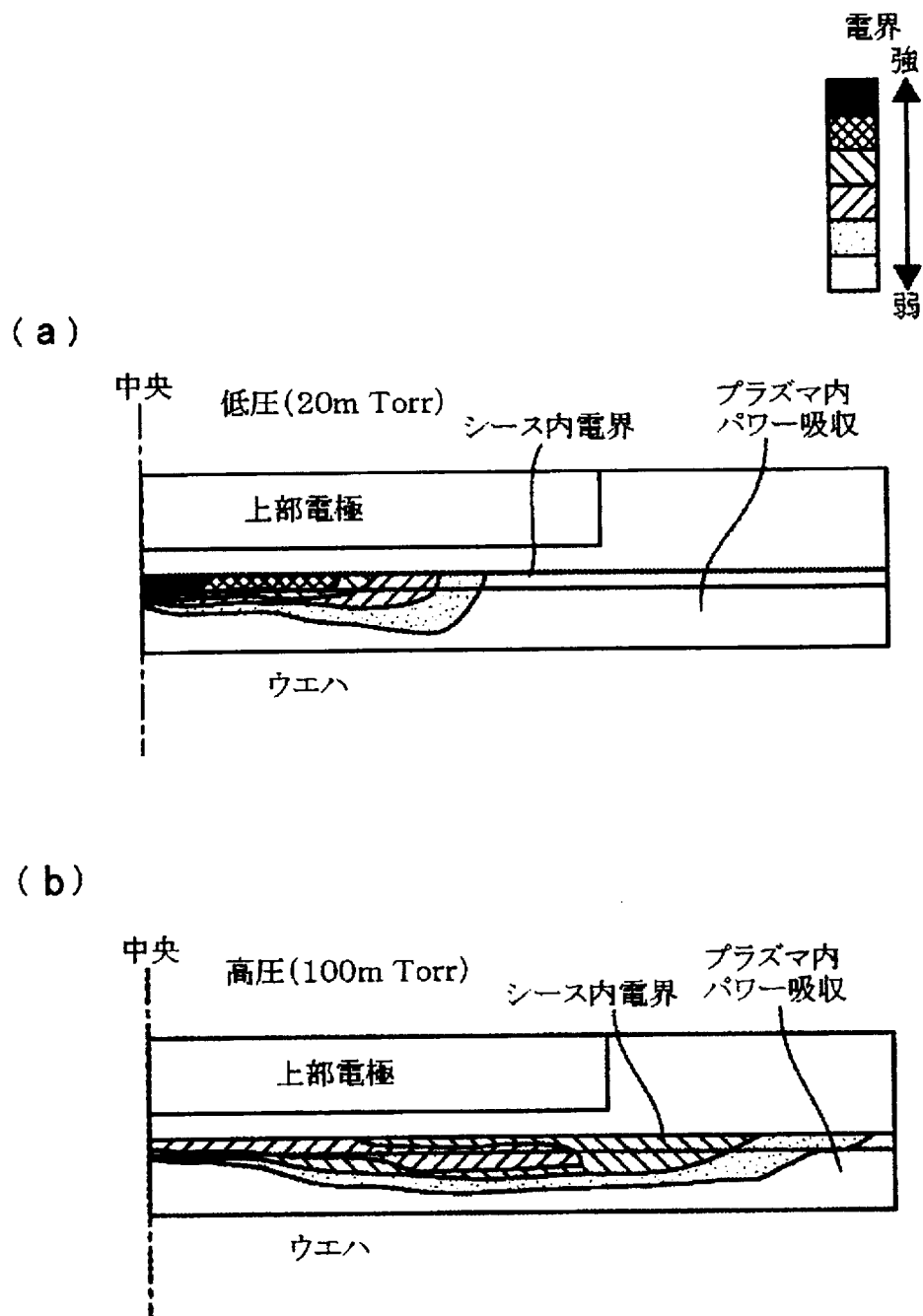
[図18]



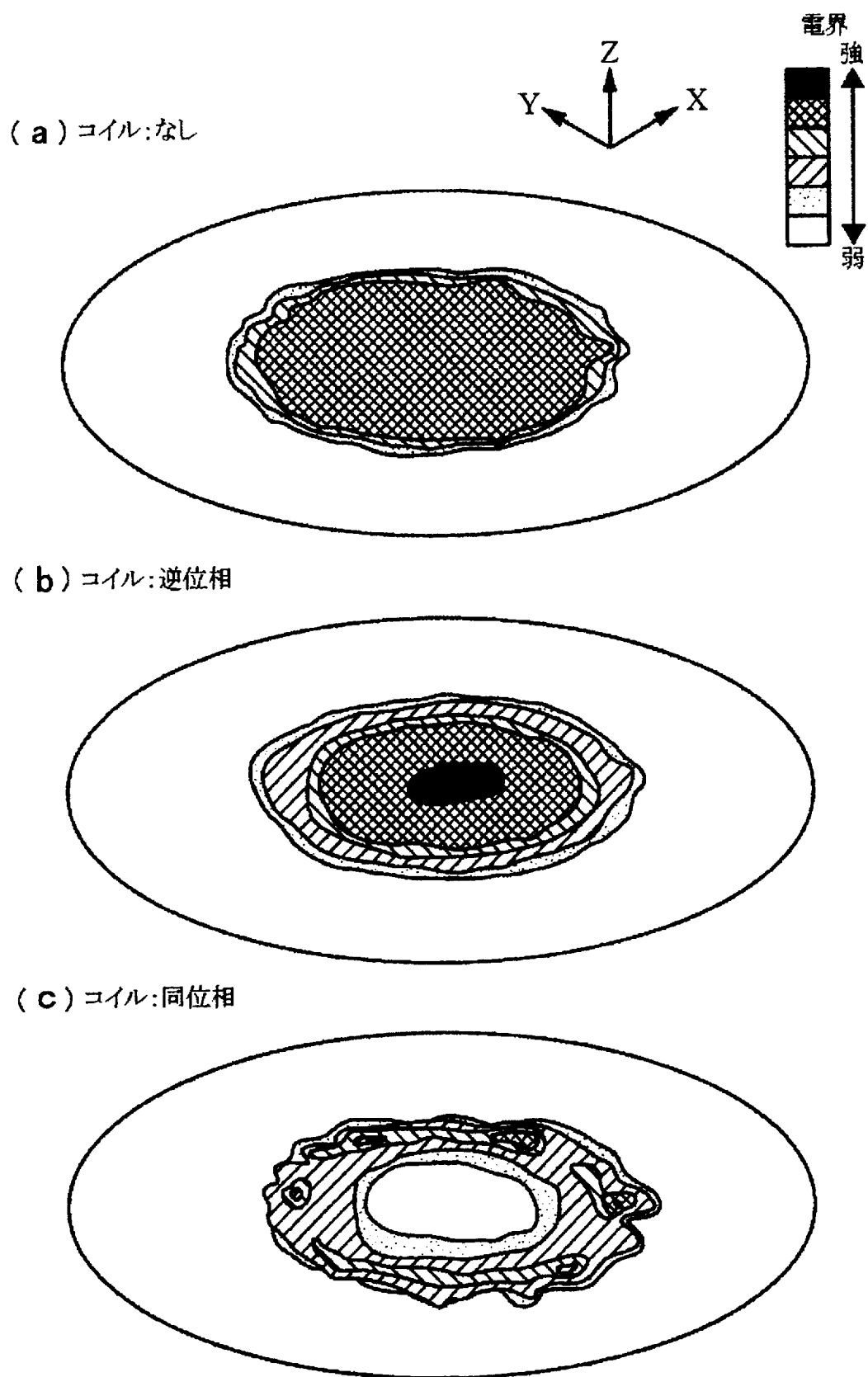
[図20]



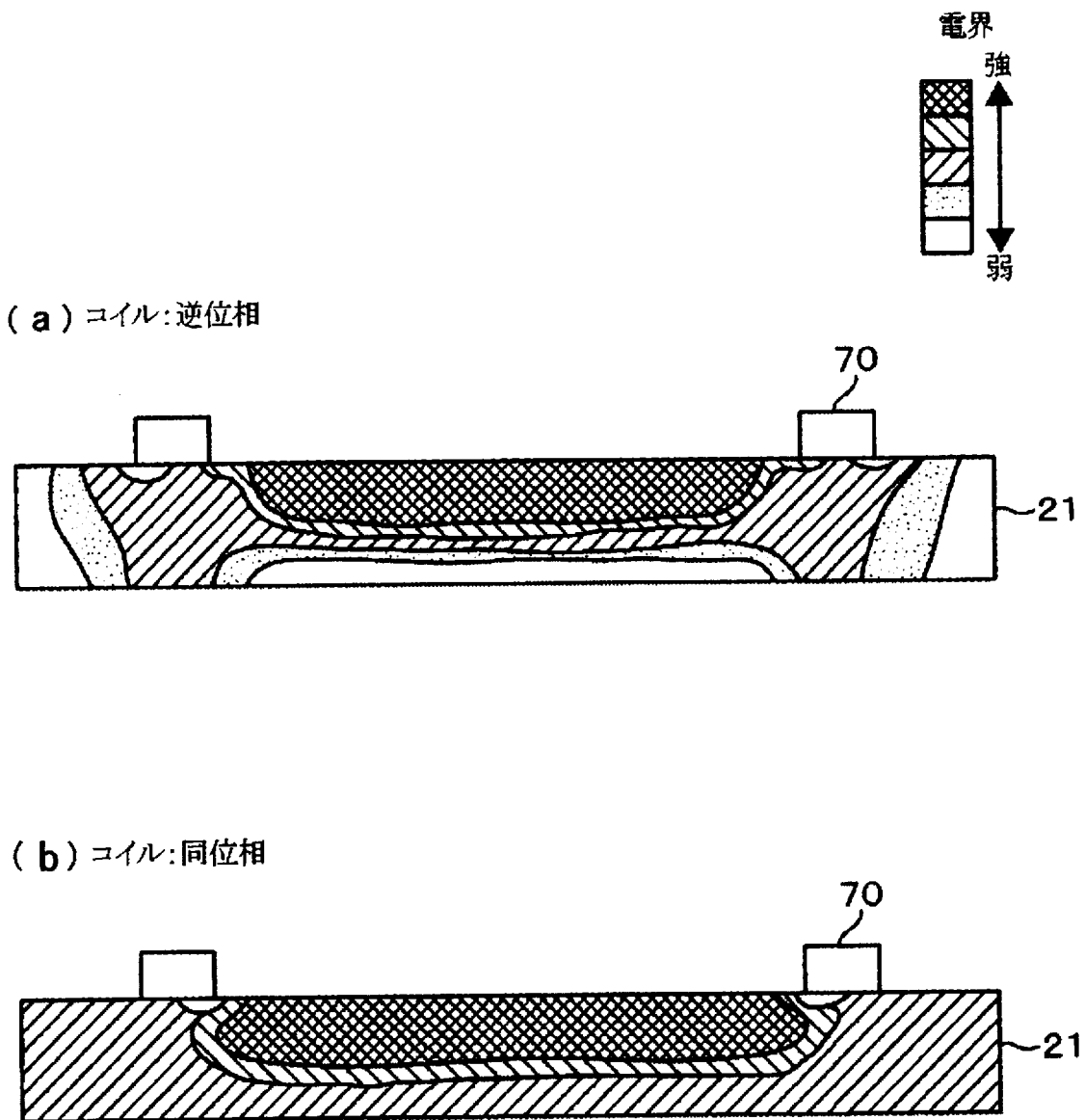
[図21]



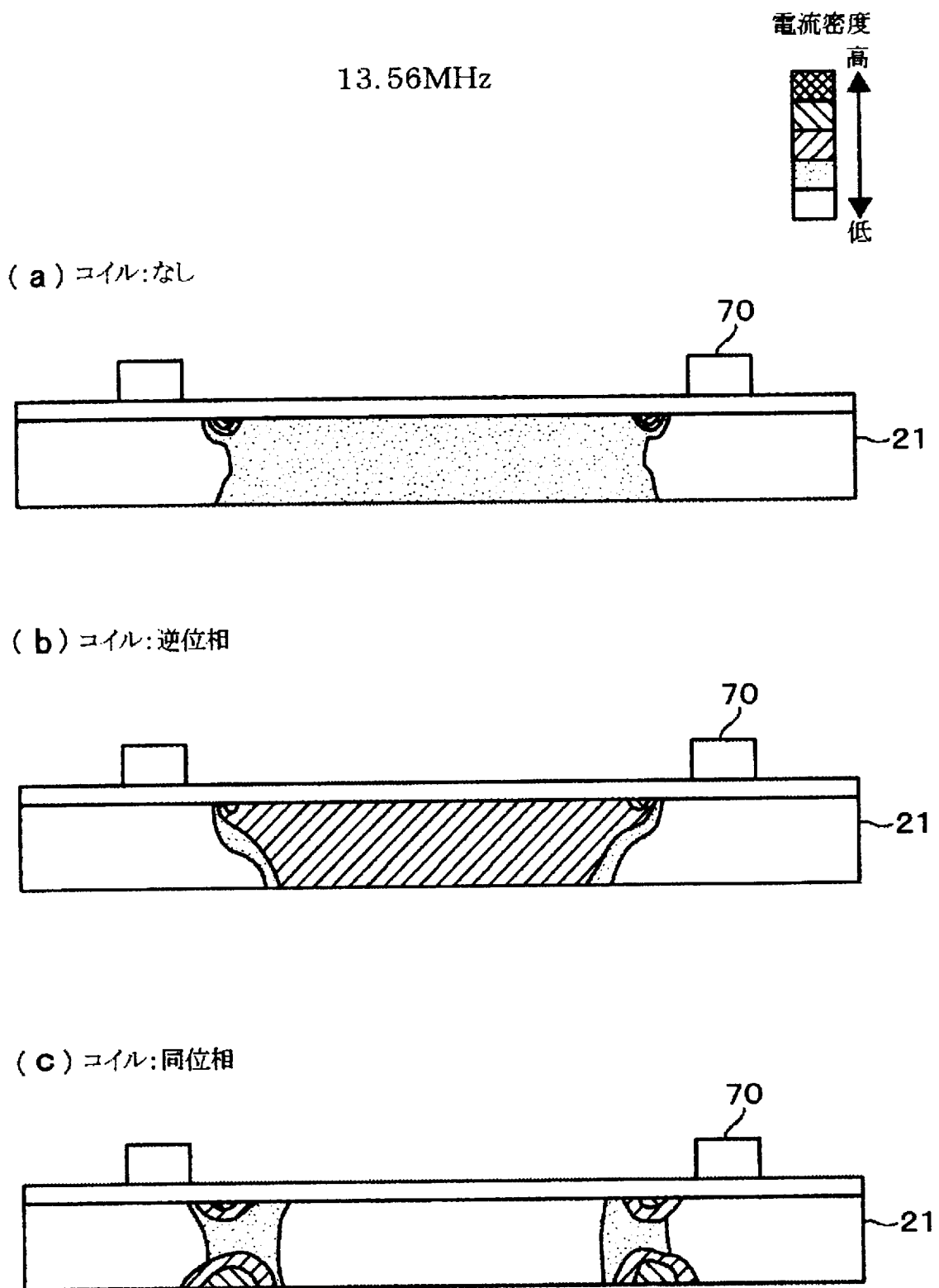
[図22]



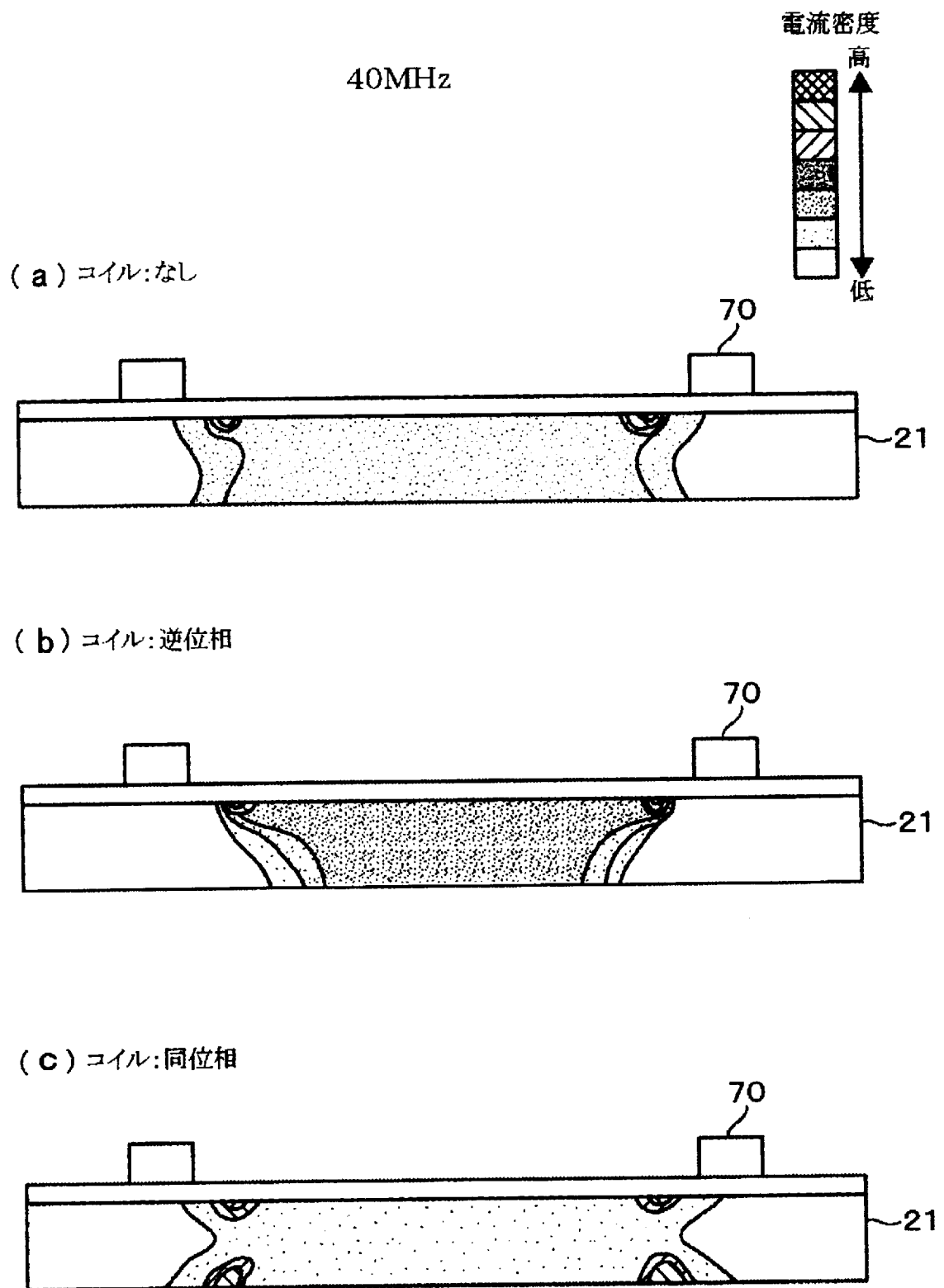
[図23]



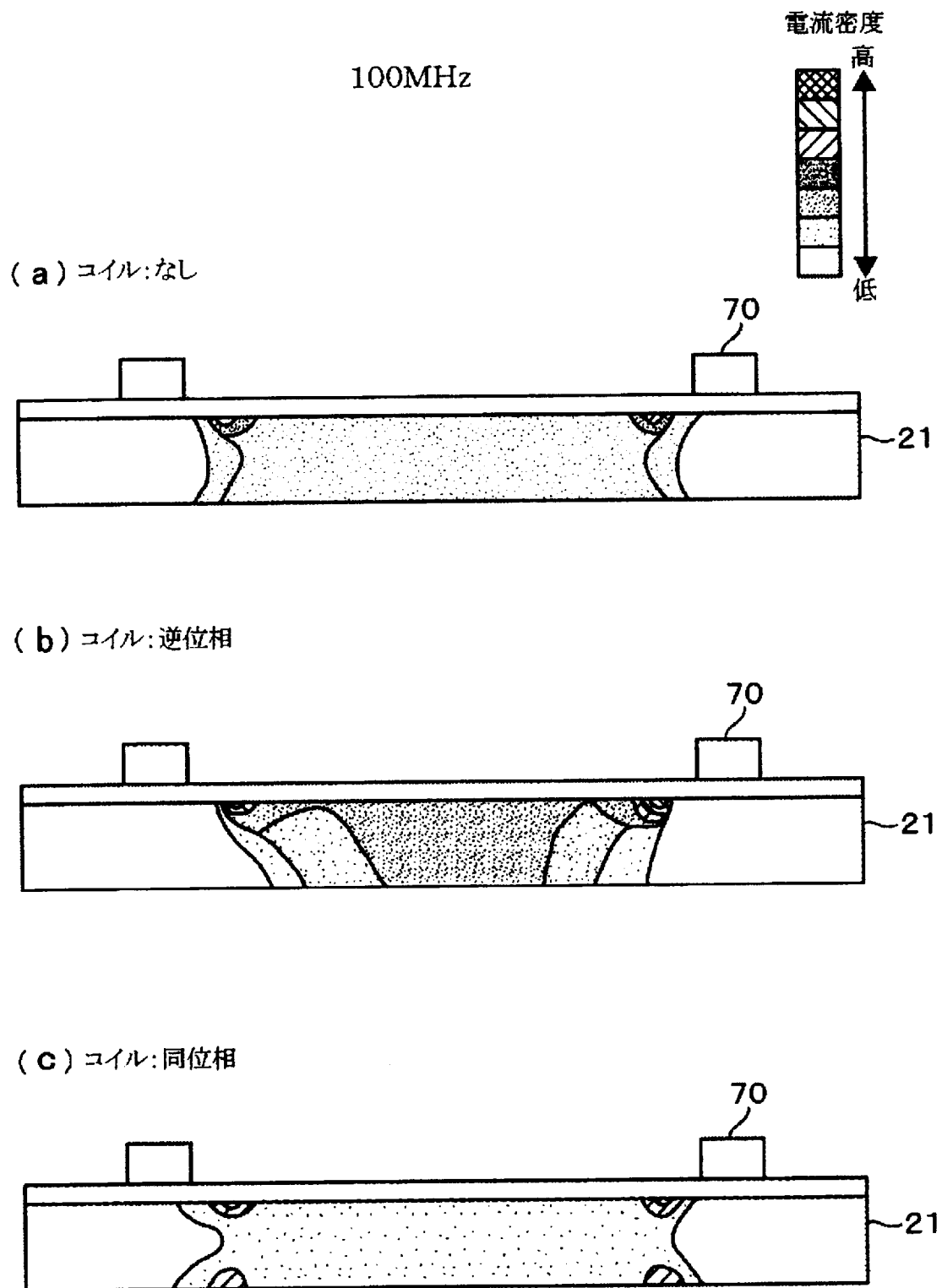
[図24]



[図25]



[図26]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/069492

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/3065(2006.01) i, H01L21/205(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L21/3065, H01L21/205

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-525519 A (Tokyo Electron Ltd.), 26 August 2003 (26.08.2003), entire text; all drawings & US 2003/0006019 A1 & WO 2001/065895 A2 & AU 3990601 A & TW 491001 B	1-7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
22 December, 2009 (22.12.09)

Date of mailing of the international search report
12 January, 2010 (12.01.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. H01L21/3065(2006.01)i, H01L21/205(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/3065, H01L21/205

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 9 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 9 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 9 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2003-525519 A（東京エレクトロン株式会社）2003.08.26, 全文, 全図 & US 2003/0006019 A1 & WO 2001/065895 A2 & AU 3990601 A & TW 491001 B	1-7

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 2 . 1 2 . 2 0 0 9

国際調査報告の発送日

1 2 . 0 1 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

宮崎 園子

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 7 1

4 R

9 2 7 7