

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7612889号
(P7612889)

(45)発行日 令和7年1月14日(2025.1.14)

(24)登録日 令和6年12月27日(2024.12.27)

(51)国際特許分類	F I
H 0 1 L 21/3065(2006.01)	H 0 1 L 21/302 1 0 1 H
H 0 1 L 21/683(2006.01)	H 0 1 L 21/302 1 0 1 C
H 0 5 H 1/46 (2006.01)	H 0 1 L 21/68 R
	H 0 5 H 1/46 L

請求項の数 5 (全18頁)

(21)出願番号	特願2023-553340(P2023-553340)	(73)特許権者	501387839 株式会社日立ハイテク 東京都港区虎ノ門一丁目17番1号
(86)(22)出願日	令和4年8月3日(2022.8.3)	(74)代理人	110000062 弁理士法人第一国際特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/029761	(72)発明者	吉岡 望 東京都港区虎ノ門一丁目17番1号 株 式会社日立ハイテク内
(87)国際公開番号	WO2024/029000	(72)発明者	大隈 一暢 東京都港区虎ノ門一丁目17番1号 株 式会社日立ハイテク内
(87)国際公開日	令和6年2月8日(2024.2.8)	(72)発明者	桑原 謙一 東京都港区虎ノ門一丁目17番1号 株 式会社日立ハイテク内
審査請求日	令和5年9月1日(2023.9.1)	審査官	加藤 芳健

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ウエハ処理方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

内部に処理対象のウエハが配置される処理室と、この処理室内に配置され前記ウエハを静電吸着可能な電極を有する試料台と、前記処理室の前記試料台の上方で前記試料台と対向して配置され処理用のガスの粒子が当該処理室内に流入する貫通孔を備えた分散板とを備えた処理装置において、

前記分散板は外周部にリング状に配置された複数の前記貫通孔を備え、

前記試料台にウエハを載置せずに前記分散板の前記貫通孔を通して前記処理室内に荷電粒子を供給して前記試料台に帯電した電荷を除去するウエハレスの除電工程と、

前記ウエハレスの除電工程の後に、前記試料台に載置したウエハを静電吸着し、前記ウエハに処理を施すウエハ処理工程と、

を含むウエハ処理方法。

【請求項2】

前記ウエハレスの除電工程は、

第1除電用ガスを用いてプラズマを発生させるプラズマ生成工程と、

前記試料台の前記電極に第1電力を供給する給電工程と、

を含む、請求項1に記載のウエハ処理方法。

【請求項3】

前記プラズマ生成工程は、第1高周波電力を用いて第1除電用ガスからプラズマを発生させる、請求項2に記載のウエハ処理方法。

【請求項 4】

前記ウエハ処理工程は、エッチング処理工程とウエハ載置中の除電工程を含み、
 前記エッチング処理工程は、
 前記試料台にウエハを載置する載置工程と、
 前記試料台の前記電極に第 2 電力を供給して前記ウエハを静電吸着させる静電吸着工程と、
 第 2 高周波電力を用いて処理用ガスからプラズマを発生させるプラズマエッチング工程と、を含み、
 前記ウエハ載置中の除電工程は、
 第 3 高周波電力を用いて第 2 除電用ガスからプラズマを発生させる除電用プラズマ生成工程と、
 前記試料台の前記電極が前記ウエハの電位と等しい電位となるように、前記電極に第 2 電力を供給する電位差低減工程と、
 を含む請求項 3 に記載のウエハ処理方法。

10

【請求項 5】

前記第 1 除電用ガスは、不活性ガスを含む請求項 2 に記載のウエハ処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ウエハ処理方法に関する。

20

【背景技術】

【0002】

近年、半導体デバイスの市場では低消費電力や記憶容量増大が求められており、これら要件を実現するため、3次元構造を持つ半導体デバイスの開発に関心が集まっている。3次元構造を加工する方法のひとつとして、異方性または等方性いずれかのエッチングを用途に応じて選択することが可能なプラズマエッチングが採用されている。

【0003】

プラズマを用いてエッチング処理をする過程において、例えば被加工材料とラジカルの間において、反応生成物が発生する。反応生成物が処理室内に付着あるいは堆積すると、プラズマ処理装置のエッチング性能に様々な問題をもたらすことが知られている。

30

【0004】

これら問題の対策として、定期的なクリーニング処理によって反応生成物を除去することが提案されている。特開 2002 - 217166 号公報（特許文献 1）には、真空容器内の堆積物をプラズマ処理により除去するプラズマクリーニング方法や、プラズマを用いずにガス導入によりクリーニングを実施するガスクリーニング方法が記載されている。これらのクリーニングでは、ガスやプラズマから静電吸着面や電極を保護するため、試料台の上にダミーウエハを載置した状態でクリーニングが実施される。

【0005】

また、特開 2020 - 177959 号公報（特許文献 2）には、真空容器内及び特に試料台の周辺を対象としたクリーニング方法として、ダミーウエハを載置しないウエハレスでのクリーニング方法が開示されている。この方法では、 O_2 ガスによるプラズマを用い、試料台の上にダミーウエハを載置せずにプラズマクリーニングを実施することが示されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特開 2002 - 217166 号公報

【文献】特開 2020 - 177959 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

50

【 0 0 0 7 】

特許文献 1 では、下部電極を保護するためにダミーウエハが載置されるところ、下部電極を有する試料台に残留する荷電粒子の影響は考慮されていない。また、特許文献 2 に記載されているように、ウエハレスの状態ではプラズマを形成して処理室内のクリーニング処理をする場合、プラズマにより生成されたイオン等の荷電粒子が試料台に付着する。

このように、上記先行技術は、いずれも試料台に荷電粒子が残留する場合について十分な考慮がなされていない。

【 0 0 0 8 】

試料台に荷電粒子が残留した状態でウエハが載置された場合、当該ウエハに電荷に起因する力が作用して、ウエハが当初の載置された箇所からずれる位置ずれが発生する虞がある。ウエハの位置ずれは、半導体デバイスを製造するときの効率や歩留まりを損なう要因のひとつとなっていた。

10

【 0 0 0 9 】

本発明は、ウエハ処理におけるウエハの位置ずれを抑制することを可能とするウエハ処理方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

上記の課題を解決するために、本発明のウエハ処理方法は、内部に処理対象のウエハが配置される処理室と、この処理室内に配置され前記ウエハを静電吸着可能な電極を有する試料台と、前記処理室の前記試料台の上方で前記試料台と対向して配置され処理用のガスの粒子が当該処理室内に流入する貫通孔を備えた分散板とを備えた処理装置において、前記分散板は外周部にリング状に配置された複数の前記貫通孔を備え、前記試料台にウエハを載置せずに前記分散板の前記貫通孔を通して前記処理室内に荷電粒子を供給して前記試料台に帯電した電荷を除去するウエハレスの除電工程と、前記ウエハレスの除電工程の後に、前記試料台に載置したウエハを静電吸着し、前記ウエハに処理を施すウエハ処理工程と、を含む。

20

【発明の効果】

【 0 0 1 1 】

本発明によれば、ウエハ処理におけるウエハの位置ずれを抑制することを可能とするウエハ処理方法を提供することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図 1】図 1 は、本発明の実施形態に係るプラズマ処理方法を行うプラズマ処理装置の構成を示す縦断面図である。

【図 2】図 2 は、実施形態に係る分散板を模式的に示した平面図である。

【図 3】図 3 は、実施形態に係る試料台の構成を模式的に示す縦断面図である。

【図 4】図 4 は、実施形態に係る静電吸着膜 302 の構成を模式的に示す平面図である。

【図 5】図 5 は、実施形態においてウエハが静電吸着される様子を模式的に示す縦断面図である。

【図 6】図 6 は、従来技術において、位置ずれが生じる場合を示す図である。

40

【図 7】図 7 は、実施形態に係るウエハ処理方法を示すタイムチャートである。

【図 8】図 8 は、プラズマからアースに至る電気回路を示す図である。

【図 9】図 9 は、実施形態の変形例に係るプラズマ処理方法を示すタイミングチャートである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 3 】

以下、本発明の実施の形態について、図面を用いて説明する。

なお、この実施形態により本発明が限定されるものではない。また、図面の記載において、同一部分には同一の符号を付して示している。

同一あるいは同様の機能を有する構成要素が複数ある場合には、同一の符号に異なる添

50

字を付して説明する場合がある。また、これらの複数の構成要素を区別する必要がない場合には、添字を省略して説明する場合がある。

図面において示す各構成要素の位置、大きさ、形状、範囲などは、発明の理解を容易にするため、実際の位置、大きさ、形状、範囲などを表していない場合がある。このため、本発明は、必ずしも、図面に開示された位置、大きさ、形状、範囲などに限定されない。

【0014】

なお、本開示において、「上面」とは、板状部材や板状部材に含まれる断面を図示した場合の、図面上の上方に示される面を意味する。また、「側面」とは、板状部材や板状部材に含まれる断面における面や層の厚みの部分を意味する。

【0015】

また、「中心軸」とは、円盤状または円筒状の物体の場合、円形を有する面の中心を通り、面に垂直な方向に延びる軸を意味する。

【0016】

[実施形態]

(装置の構成)

図1を用いて、本発明の実施形態に係るプラズマ処理方法を行うプラズマ処理装置の構成について説明する。図1は、本発明の実施形態に係るプラズマ処理方法を行うプラズマ処理装置の構成を示す縦断面図である。

【0017】

実施形態のプラズマ処理装置100は、真空容器101を備えている。真空容器101の内部には、円筒形状の空間である処理室104が設けられている。真空容器101は、調圧バルブ1016を介してターボ分子ポンプ等の真空ポンプ1015と接続される。真空ポンプ1015は、処理室104にある粒子を排出し、処理室104を所定の気圧にする。調圧バルブ1016は、真空ポンプ1015と処理室104を接続する通路の断面積を変更し、排気の流量または速度を調節する機能を有する。

【0018】

真空容器101は、処理室104の上流側に放電室102を備える。処理室104は、プラズマ生成が行われる放電室102と分散板106を介して接続する。放電室102と処理室104とは、共に円筒形状を有した空間である。放電室102の中心軸と処理室104の中心軸は、共通の軸であるかまたは共通の軸と見なせる程度に近似した位置にある。

【0019】

分散板106は、放電室102と処理室104の間に設けられており、放電室102と処理室104の間を区分する。分散板106は、具体的にいうと放電室102と処理室104の間を接続する通路内に配置される。実施形態において、放電室102と処理室104の間にある通路は円筒状の形状を有しており、分散板106は通路の径と同じ径を持つ円盤状の板状部材である。分散板106の詳細については後述する。

【0020】

試料台103は、処理対象のウエハが載置される。実施形態においては、試料台103は分散板106と対向する位置に配置される。試料台103の詳細については後述する。

【0021】

放電室102は、誘電体(実施形態では石英)によって構成される誘電体チャンバ107の内部にある空間である。誘電体チャンバ107の外周側壁には、誘電体チャンバ107を囲むようにコイル108が配置される。コイル108は、整合器109を介して高周波電源110に電氣的に接続されており、高周波電源110から高周波電力が供給される。高周波電力には、13.56MHzなど数十MHzの周波数帯の電力が用いられる。

【0022】

誘電体チャンバ107の上端部には、天板1012およびガス分散板10121が配置されている。天板1012およびガス分散板10121によって、誘電体チャンバ107の内側と外側が区画される。天板1012には、ガス源1013から延びる通路が結合されている。ガス源1013から供給されるガスは、ガス分散板10121を介して放電室

10

20

30

40

50

102に導入される。

【0023】

ガス源1013は、供給するガスの種類毎に貯留部を有している。ガス源1013と天板1012との間に設けられたマスフローコントローラ1014によって、放電室102へ導入するガスの供給量が調節される。実施形態において用いられる処理用のガスは、可燃性ガス、支燃性ガス、及びこれらの混合ガスを含むもの、あるいはこれらのガスを不活性ガスにより希釈したものである。

【0024】

IRランプユニット105は、放電室102と処理室104との間を接続する通路または分散板106の周囲を囲うように配置される。IRランプユニット105は電磁波を照射することによって、試料台103またはこれに載置されたウエハ、処理室104の内部等を加熱する。実施形態では、IRランプユニット105は、赤外線（Infra-Red：IR）帯を含む電磁波を放射するIRランプ1017によって構成される。IRランプユニット105には、IRランプ1017に加えて、IRランプ1017から放射されたIR光を処理室104の方向に向けて反射する反射板1018、さらにIRランプ1017から放射されたIR光を処理室104または分散板106の方へ向けて透過するIR光透過窓1019を備える。

【0025】

プラズマ処理装置100では、試料台103に載置されるウエハに対してウエハ処理が行われる。ウエハ処理としては、まず、放電室102にガスを導入する。次に、コイル108に高周波電力を供給することにより、コイル108の中心に誘導磁場が形成される。誘導磁場が発生すると、放電室102にあるガスの粒子が励起されて放電が起こり、粒子が電離、解離して誘導結合型のプラズマ（ICP）1011が生成される。IRランプユニット105による加熱、または後述する試料台103における温度調整などを行いつつ、発生したプラズマ1011によってエッチング等の加工が行われる。なお、実施形態においては、用いるガスおよび高周波電力に応じて、エッチング用のプラズマ、除電用のプラズマ、クリーニング用のプラズマが生成される。

【0026】

（分散板の構成）

ここで、図2を用いて分散板106の構成について説明する。図2は、実施形態に係る分散板106を模式的に示した平面図である。図1に示される分散板106は断面図であるところ、図2に示される分散板106は、図1の上方から見た図である。

【0027】

分散板106は、図2に示されるように、円形状を有した板状部材である。分散板106は、放電室102から処理室104へ荷電粒子の移動を可能とする複数の貫通孔201を有する。複数の貫通孔201の各々は円形の孔である。分散板106の中心から半径方向を考えると、所定の半径を超えた箇所から3つの円形の孔が配置されている。周方向に15°ずつ移動した位置にも同様に3つの孔が配置されている。言い換えると、分散板106の外周側において、複数の貫通孔201がリング状に設けられている。実施形態において、分散板106は、透光性を有した石英等の誘電体製の部材から構成されている。材料は石英に限定されず、適宜選択しうる。

【0028】

これら複数の貫通孔201を通じて、プラズマ1011に含まれるガスのラジカル等の中性粒子は、放電室102から処理室104に均一に導入される。すなわち、ラジカル等の中性粒子は、試料台103上に載せられるウエハに対向した位置に配置された分散板106の外周側のリング状の箇所から処理室104へ導入される。上記のような複数の貫通孔201の配置は、これに限定されない。処理室104に導入されるウエハの表面に到達するラジカル等の中性粒子の分布が、処理対象の膜層の処理結果が所望のものとなるように、貫通孔の配置は適宜選択されうる。なお、プラズマ1011に含まれるイオンや電子等の荷電粒子は、分散板106によって、放電室102から処理室104へ導入が抑制さ

10

20

30

40

50

れる。

【 0 0 2 9 】

(試料台の構成)

次に、実施形態の試料台 1 0 3 の構成とウエハを静電吸着する構成について、図 3 および 4 を用いて説明する。図 3 は、実施形態に係る試料台 1 0 3 の構成を模式的に示す縦断面図である。図 4 は、実施形態に係る静電吸着膜 3 0 2 の構成を模式的に示す平面図である。

【 0 0 3 0 】

実施形態において、処理室 1 0 4 と、処理室 1 0 4 内に配置されたウエハを静電吸着可能な電極を有する試料台 1 0 3 を備える装置において、ウエハ W を静電吸着して処理が行われる。図 3 に示される試料台 1 0 3 は、円筒形状を有している。試料台 1 0 3 の中心軸と処理室 1 0 4 の中心軸は、共通の軸であるかまたは共通の軸と見做せる程度に近似した位置にある。試料台 1 0 3 は、金属等の導電体によって構成される基材 3 0 1 と、当該基材 3 0 1 上に配置される静電吸着膜 3 0 2 と、基材 3 0 1 および静電吸着膜 3 0 2 の側面を囲むように配置されるサセプタリング 3 1 1 とを備えている。試料台 1 0 3 に載置されるウエハは、静電吸着膜 3 0 2 上に載置されることとなる。静電吸着膜 3 0 2 は、ウエハと接触し、静電吸着によってウエハを把持する。また、静電吸着膜 3 0 2 は、ポリイミド樹脂製のシート S を有している。ポリイミド樹脂製のシート S は、静電吸着膜 3 0 2 の表面に設けられている。サセプタリング 3 1 1 は、誘電体によって構成されており、基材 3 0 1 をプラズマ 1 0 1 1 から保護する機能を有している。実施形態のサセプタリング 3 1 1 は、基材 3 0 1 上部の静電吸着膜 3 0 2 の側壁を囲むとともに基材 3 0 1 の側壁から基材 3 0 1 の下部までを覆う形状を有している。

【 0 0 3 1 】

基材 3 0 1 の内部には、冷媒流路 3 0 3 が配置されている。冷媒流路 3 0 3 にはチラー 3 1 2 から冷媒が供給され、供給された冷媒は冷媒流路 3 0 3 を循環する。チラー 3 1 2 は、プラズマ処理装置 1 0 0 が配置されるクリーンルーム等の建屋の床面の下方の空間に配置され、冷媒流路 3 0 3 と連結される。試料台 1 0 3 に載置されたウエハは、静電吸着膜 3 0 2 および基材 3 0 1 を介して冷媒流路 3 0 3 を流れる冷媒と熱交換することによって、ウエハ処理に適した所望の温度に調節される。冷媒流路 3 0 3 の形状としては、例えば、基材 3 0 1 の面方向に垂直な軸である中心軸に同心円状に配置されるものであってもよいし、らせん状に配置されるものであってもよい。

【 0 0 3 2 】

静電吸着膜 3 0 2 の上面には、複数の溝 3 0 8 が形成されている。また、伝熱ガス源 3 1 0 は、開閉するバルブ 3 0 9 を有する経路を介して、He ガス等の熱伝達性を有するガスを供給する。伝熱ガス源 3 1 0 から供給されたガスは、溝 3 0 8 に沿って拡散して、ウエハ W 裏面に到達する。溝 3 0 8 に充満した He ガスにより、冷媒流路 3 0 3 を通流する冷媒とウエハ W との間で熱の伝達が促進され、ウエハ W の温度調節が効率的に行われる。また、静電吸着膜 3 0 2 の表面は、ポリイミド樹脂製のシート S によって構成される。ポリイミド樹脂製のシート S は、ポリイミドを含む樹脂材料から構成される膜である。ポリイミド樹脂は、低摩擦係数および耐摩耗性があり、絶縁性にも優れていることが一般的に知られている。ポリイミド樹脂製のシート S には、ウエハが静電吸着された状態で加熱あるいは冷却による温度の変化が生じた場合でも、ウエハの膨張または収縮に起因してウエハの裏面に傷が生じることを防止する機能がある。なおシート S の材料はこれに限定されず、適宜選択しうる。

【 0 0 3 3 】

図 4 は、静電吸着膜 3 0 2 を面方向に切断した場合の断面構造を示す。ここに示されるように、静電吸着膜 3 0 2 の内部には、複数の膜状の電極 3 0 4 および 3 0 5 が配置されている。電極 3 0 4 には直流電源 3 0 6 から直流電力が供給され、電極 3 0 5 には直流電源 3 0 7 から直流電力が供給される。電極 3 0 4 および 3 0 5 は、試料台 1 0 3 の面方向の中心軸を中心として多重の同心状に配置された複数本の円弧形状を有した腕の部分

10

20

30

40

50

えて、一方の電極の腕が他方の電極の腕の間に挟まれた、所謂 歯状の配置の構成を備えている。なお、電極 304 および 305 の形状はこれに限定されない。静電吸着膜 302 内に均等に分布するように配置されるものであればよい。

【0034】

(試料台における静電吸着)

次に、図 5 を用いて、試料台 103 においてウエハを静電吸着する過程を説明する。図 5 は、実施形態においてウエハが静電吸着される様子を模式的に示す縦断面図である。図 5 に示される試料台 103 は、図 3 に示される試料台 103 と同じものである。図 5 においては、理解をやすくするため、図 3 に示される構成要件を省略し、また図 3 に示されていない構成要件をも示している。また、理解をやすくするため、構成の大きさを変更して示している。

10

【0035】

図 5 に示されるように、電極 304 には直流電源 306 から - 電圧が印加され、電極 305 には直流電源 307 から + 電圧が印加される。電極 304 と電極 305 に異なる極性の電圧を印加することによって、電極 304 と電極 305 の間で双極型 (ダイポール) 電極が形成される。ウエハ W 中の + イオンが - 電圧の電極 304 に、- イオンが + 電圧の電極 305 に、それぞれ接近する。ウエハ W 中の + イオンと電極 304 の間およびウエハ W 中の - イオンと電極 305 の間にそれぞれ静電気力が発生し、ウエハ W が試料台 103 に吸着される。

【0036】

実施形態では、電極 304 には直流電源 306 から - 1500 V の電圧が印加され、他方の電極 305 には直流電源 307 から 1500 V の電圧が印加される。

20

【0037】

また逆に、直流電源 306 により電極 304 に 1500 V の電圧が印加される場合は、直流電源 307 から電極 305 に - 1500 V の電圧が印加されるように調節されてもよい。実施形態では、直流電源 306 および 307 による電圧は ± 1500 V で、一方の直流電源と他方の直流電源とから大きさが同じで極性が異なる電圧が印加されるように調節したが、これに限定されない。ウエハ W を静電吸着膜 302 上に吸着でき、ウエハ W の保持または着脱の際に位置ずれの生起やその量が許容範囲内のものにできるのであれば、± 1500 V 超えるまたはそれ以下の電圧を用いても、各電極に印加される電圧の絶対値が同じでなくともよい。また、電極 304 および 305 に同じ極性が付与されてもよい。

30

【0038】

なお、プラズマ処理装置 100 は、ウエハ W のエッチング処理が終了し静電吸着を解除した後にウエハ W を試料台 103 から離脱させるため、試料台 103 の内部から試料台 103 の上面方向に向かって延伸する複数 (例えば 3 本) の押し上げピン 313 を備えている。ウエハ W の静電吸着が解除された後に、試料台 103 の内側に収納された状態の押し上げピン 313 が上方に移動してウエハ W を押し上げることによって、ウエハ W を試料台 103 から離脱させることができる。離脱したウエハ W は、ロボットアーム等の搬送機構によって保持されて、処理室 104 から搬出される。

【0039】

[従来技術において発生する位置ずれの原因]

試料台 103 の上にウエハが載置されていないウエハレスの状態においてクリーニング等のプラズマ処理を実施した場合、ウエハの位置ずれの原因となる 3 つの事象が起こることが考えられる。このことを、図 6 を用いて説明する。図 6 は、従来技術において位置ずれが生じる場合を示す図である。

40

【0040】

(荷電粒子に起因する事象)

1 つ目の事象は、処理の際に発生する荷電粒子に起因するものである。ウエハレスの状態においてプラズマ処理をする場合、静電吸着膜 302 には、イオン等の荷電粒子が衝突することによるダメージが生じ、または反応生成物等の付着が生じる可能性がある。この

50

ような問題を回避するため、一般的には、ウエハレスのプラズマ処理中には、静電吸着膜 302 内の電極 304 および 305 に電力供給は行わない。このような場合、電源から電力供給が行われておらずまた電荷が流れやすい他の経路もないため、イオン等の荷電粒子が静電吸着膜 302 に付着した場合、図 6 に示されるように、静電吸着膜 302 の表面に負極の電荷として残留する。

【0041】

このように残留電荷がある状態で、ウエハ処理がおこなわれる状況を仮定する。ウエハ W が処理室 104 を搬送されるとき、ウエハ W には、処理室に存在するガスとの摩擦による負極帯電が発生したり、処理室 104 に残留する電荷が付着したりする。このように帯電したウエハが、残留電荷のある静電吸着膜 302 に搬送される場合、ウエハの電荷と静電吸着膜 302 の電荷が反発し、ウエハが傾き、ウエハの位置ずれが発生する虞がある。また、帯電したウエハに静電吸着が行われる場合、ウエハの一部分に偏って静電吸着される虞がある。電極表面の一部分に偏って吸着してしまうと、ウエハを交換する時に位置ずれが発生しうる。

10

【0042】

なお、発明者らの実験において、プラズマ処理装置 100 を用いてウエハレスのプラズマ処理の前後および処理中の静電吸着膜 302 表面の電位を検出した結果、処理の前後で電位に変動が生じたことが判明した。このことから、上述のように、ウエハレスのプラズマを用いた処理の工程において静電吸着膜 302 に電荷が存在すると想定される。

【0043】

(分散板に起因する事象)

2つ目の事象は、分散板 106 に起因するものである。図 6 を参照しながら説明する。分散板 106 は、貫通孔 201 が配置されていない箇所ではイオン等の荷電粒子が処理室 104 に移動することを防止できるものの、貫通孔 201 が配置される箇所を通して荷電粒子の一部は放電室 102 から処理室 104 に流入する。流入した荷電粒子は、貫通孔の分布の性質上、静電吸着膜 302 の表面の外周部に相対的に多く付着する。

20

【0044】

このように荷電粒子が付着した状態の試料台 103 にウエハ W を静電吸着させると、ウエハ W の裏面の一部分において局所的に大きな静電吸着力が働く片吸着が発生する虞がある。ウエハ W が片吸着した場合には、先行技術に示されるプラズマ処理後の除電工程を実施しても、静電吸着膜 302 内の電荷が十分に低減されず静電気が残留してしまう。そのため、ウエハ W に残留吸着力が作用してウエハ W を試料台 103 から脱離させることが困難となり、脱離の際に大きな力が作用してウエハ W の損傷や位置ずれが生起する虞がある。

30

【0045】

(ポリイミド樹脂製のシートに起因する事象)

3つ目の事象は、ポリイミド樹脂製のシート S に起因するものである。静電吸着膜 302 のウエハ用の載置面は、ポリイミド樹脂製のシート S によって構成される。ポリイミド樹脂のように絶縁性が高い物質は、電気を通しにくく荷電粒子が残留しやすい性質を持つことが一般的に知られている。そのため、先行技術に示される除電工程を実施するのみでは、電荷が十分に除去されない。

40

【0046】

(ウエハ処理)

図 7 を用いて、残留した荷電粒子を除去する除電工程を含むウエハ処理を説明する。図 7 は、実施形態に係るウエハ処理方法を示すタイムチャートである。ここで、図 7 (a) は試料台 103 上のウエハ W の有無を示す。図 7 (b) は、コイル 108 にプラズマ 101 形成用の高周波電力を供給する高周波電源 110 の出力(パワー)を示す。図 7 (c) は、電極 304 および 305 の電位を示す。図 7 (d) は、ウエハ W または静電吸着膜 302 の表面の電位を示す。図 7 (e) は、電極 304 とウエハ W の間の電位差または電極 305 とウエハ W の間の電位差を示す。

50

【 0 0 4 7 】

実施形態では、ウエハWを試料台103上に載置する前に、静電吸着膜302に残留した荷電粒子を除去するウエハレスの除電工程を実施する点を有している。ウエハレスの除電工程は、ウエハを載置する試料台103の上面を覆う部材がない、所謂ウエハレスの状態で行われる。図7(a)に示されるように、ウエハレスの状態は時刻Tp0から時刻Tp2まで継続する。

【 0 0 4 8 】

また、ウエハレスの除電工程においてはウエハWが存在しないため、ウエハWと電極304およびウエハWと電極305との間の電位差は測定できない。したがって、電位差を示す図7(e)は、Tp0からTp2の除電工程において電位は示されない。また、放電室102においてプラズマ1011が形成されている際には、発生するイオン等の荷電粒子は処理室104に進入して試料台103の静電吸着膜302の表面に付着する。したがって、図7(d)の時刻Tp0から時刻Tp2までの間の電位は、静電吸着膜302の電位を示す。

10

【 0 0 4 9 】

<ウエハレスの除電工程>

実施形態において、試料台103にウエハを載置せずに試料台103に帯電した電荷を除去するウエハレスの除電工程が行われる。

【 0 0 5 0 】

まず、実施形態のウエハレスの除電工程において、除電用のプラズマを発生させる。除電用のプラズマを発生させるための除電用ガス(以下、「第1除電用ガス」ともいう。)として、例えば付着物と反応性を有するSF₆等のガスやAr等の不活性ガスが用いられる。このような除電用ガスには、静電吸着膜302を構成する物質であるポリイミド樹脂へのダメージが少ないものが選択される。なお、このようなガスは、除電効果だけでなく、処理室104に付着した反応生成物等を除去するクリーニング効果をも有するものが含まれる。

20

【 0 0 5 1 】

まず、時刻Tp0において、第1除電用ガスを用いてプラズマを発生させるプラズマ生成工程を行う。プラズマ生成工程は、放電室102において高周波電力を用いて第1除電用ガスからプラズマを発生させるものである。時刻Tp0において、図7(b)に示されるように、高周波電源110からコイル108に高周波電力(以下、「第1高周波電力」ともいう。)を供給する。時刻Tp0時点では、事前に導入された第1除電用ガスが放電室102に存在する。

30

【 0 0 5 2 】

また、時刻Tp0において、試料台103の電極304および305に第1電力を供給する給電工程を行う。供給される第1電力として、直流電源306から電極304に100Vが印加され、直流電源307から電極305に-100Vが印加される。

【 0 0 5 3 】

ここで、図8を用いて、プラズマ1011から発生する荷電粒子の流れを説明する。図8は、プラズマからアースに至る電気回路を示す図である。破線が電荷の流れを示す。プラズマ1011において発生した荷電粒子は、静電吸着膜302、電極304または305、押し上げピン313、基材301を経由し、直流電源306または307に接続されたアースに到達する。また、プラズマ1011において発生した電荷は、押し上げピン313に直接付着し、基材301、直流電源306または307に接続されたアースに到達する。このようにして、静電吸着膜302に付着した荷電粒子は、アースへ到達すると想定される。このように、プラズマ1011において発生した荷電粒子がアースに向かう回路が形成されるため、静電吸着膜302の表面に付着した荷電粒子が除去されて、静電吸着膜302の表面の電位が概ね0Vになる。

40

【 0 0 5 4 】

その後、試料台103の電極に除電工程のための電力を供給する工程を行う。時刻Tp

50

1において、図7(b)に示されるようにプラズマ1011を生成するための高周波電力が遮断され、かつ電極304および305に供給される直流電力が0にされる。なお、時刻 T_{p1} は、処理室104に残存している荷電粒子が消失する時刻を指す。このため時刻 T_{p1} は、プラズマ1011のアフターグロー放電が消失するまでの期間 t_1 分だけ遅延させた時刻 T_{p2} まで延長してもよい。

【0055】

<ウエハ処理工程>

実施形態において、ウエハレスの除電工程の後に、試料台103に載置したウエハWを静電吸着しウエハWに処理を施すウエハ処理工程が行われる。ウエハ処理工程は、ウエハのエッチング処理工程と、ウエハ載置中の除電工程を含む。後述するように、ウエハ処理工程は、載置工程と静電吸着工程とプラズマエッチング工程を含み、ウエハ載置中の除電工程は、除電用プラズマ生成工程と、電位差低減工程を含む。

10

【0056】

まず、試料台103にウエハWを載置する載置工程を行う。時刻 T_0 において、図7(a)に示されるように、ウエハWが、ロボットアーム等の搬送機構によって処理室104に搬入され、試料台103に載置される。

【0057】

その後、時刻 T_1 において、試料台103の電極304および305に第2電力を供給してウエハWを静電吸着させる静電吸着工程を行う。図7(c)に示されるように、電極304および305に電圧が印加されてウエハWが静電吸着膜302上に静電吸着される。供給される第2電力として、電極304に印加される電圧および電極305に印加される電圧は、極性が異なりかつ絶対値が等しくなるように調節される。前述のとおり、例えば、電極304には-1500Vが印加され、電極305に1500Vが印加される。

20

【0058】

次に、放電室102に処理用ガスを供給し、第2高周波電力を用いて処理用ガスからプラズマを発生させるプラズマエッチング工程を行う。時刻 T_2 において、図7(b)に示されるように、高周波電源110からコイル108に第2高周波電力が供給される。これによって、放電室102に導入された処理ガスからエッチング用のプラズマ1011が生成される。分散板106を通過したラジカル等の反応性を有した粒子がウエハW表面の処理対象の膜層と反応し、プラズマエッチングが進行する。

30

【0059】

ここで、図7(d)に示されるように、イオン等の荷電粒子がウエハWに付着し、ウエハWが負極に帯電する。また、図7(e)に示されるように、ウエハWと電極305との間の電位差が増大し、ウエハWと電極304との間の電位差が減少する。このように電位差に偏りが生じた状態においてウエハWを脱離させる場合、ウエハWと静電吸着膜302の間に残留する電荷によって静電吸着力が存在しており、ウエハWの離脱が妨げられ、ウエハWの位置ずれが生じる虞がある。

【0060】

このような位置ずれを回避するため、実施形態ではエッチング処理工程の終了後に、ウエハ載置中の除電工程を行う。ウエハ載置中の除電工程は、放電室102に第2除電用ガスを供給し、第3高周波電力を用いて第2除電用ガスからプラズマを発生させる工程である。

40

【0061】

まず、時刻 T_3 において、図7(b)に示されるように、高周波電源110からコイル108に供給する高周波電力を、エッチング処理中の第2高周波電力とは異なる高周波電力(以下、「第3高周波電力」という。)に変更する。また、放電室102に導入するガスは、処理ガスから、不活性ガス等のウエハWに与える影響の小さい除電用ガス(以下、「第2除電用ガス」という。)に切り替えられる。このようにして、放電室102において、第3高周波電力を用いて第2除電用ガスから除電用のプラズマ1011を発生させる除電用プラズマ生成工程を行う。

50

【 0 0 6 2 】

次に、時刻 T 4 において、試料台 1 0 3 の電極 3 0 4 および 3 0 5 がウエハ W の電位と等しい電位となるように、第 2 電力を供給する電位差低減工程を行う。図 7 (c) に示されるように、供給される第 2 電力としての電極 3 0 4 および 3 0 5 に印加される電圧は、ウエハ W の電位と等しい $-V$ である。例えば、ウエハ W の電位は、事前に求めているものが用いることが可能である。また、時刻 T 3 以降に除電用のプラズマ 1 0 1 1 が発生した後、ウエハ W の電位を測定してもよい。このようにすることで、時刻 T 4 において、図 7 (e) に示されるように、ウエハ W と電極 3 0 4 の間の電位差およびウエハ W と電極 3 0 5 との間の電位差が低減され、ウエハ W と静電吸着膜 3 0 2 の間の静電吸着力が解消される。

10

【 0 0 6 3 】

その後、時刻 T 5 において、図 7 (b) に示されるように、高周波電源 1 1 0 から供給されるプラズマ 1 0 1 1 生成のための高周波電力の供給が停止される。

【 0 0 6 4 】

時刻 T 5 から所定の時間 t_2 だけ経過した時刻 T 6 は、処理室 1 0 4 に残存している荷電粒子が消失した時刻を表している。ここで、所定の時間 t_2 は、除電用のプラズマ 1 0 1 1 のアフターグロー放電が消失するまでの時間としてもよい。時刻 T 5 から時刻 T 6 までの間、ウエハ W の電位は、静電吸着膜 3 0 2 の抵抗値が十分に大きい場合、図 7 (d) に示されるように、時刻 T 3 から始まる除電のためのプラズマ処理中の値 $-V$ が、そのまま維持される。

20

【 0 0 6 5 】

また、図 7 (c) に示されるように、電極 3 0 4 および 3 0 5 の電位も時刻 T 4 から変更されていない。ウエハ W と電極 3 0 4 も間の電位差およびウエハ W と電極 3 0 5 との間の電位差についても、図 7 (e) に示されるように時刻 T 4 から 0 V のままであり、ウエハ W と静電吸着膜 3 0 2 との間の静電吸着力も発生しない。続く時刻 T 6 において、図 7 (c) に示されるように、電極 3 0 4 および 3 0 5 に印加する電圧は 0 V にする。その際、電極 3 0 4 および 3 0 5 の電位が変化するが、ウエハ W の電位も電極 3 0 4 および 3 0 5 の電位の変化に追従して変化し、概ね 0 V となる。

【 0 0 6 6 】

そのため、図 7 (e) に示されるように、T 6 以降についてもウエハ W と電極 3 0 4 の間の電位差およびウエハ W と電極 3 0 5 との間の電位差は、概ね 0 V が維持される。すなわち、ウエハ W と電極 3 0 4 の間の静電吸着力およびウエハ W と電極 3 0 5 の間の静電吸着力が解消された状態で、電極 3 0 4 および 3 0 5 の電位を 0 V とすることができる。時刻 T 7 において、ウエハ W は押し上げピン 3 1 3 によって試料台 1 0 3 から離脱され、処理室 1 0 4 の外部へ搬出される。

30

【 0 0 6 7 】

(作用・効果)

上述のウエハレスの除電工程を行うことによって、プラズマ処理後の静電吸着膜 3 0 2 を除電することができ、試料台 1 0 3 にウエハを載置し静電吸着をする際の位置ずれを抑制することができる。また、所定のプラズマ処理後の除電工程を行うことによって、試料台 1 0 3 からウエハ W を離脱する際の位置ずれを抑制することができる。また、ウエハ処理中に発生するウエハの位置ずれを抑制することによって、ウエハ処理の効率や歩留まりを向上させることができる。

40

【 0 0 6 8 】

なお、第 1 電力、第 2 電力、第 1 高周波電力、第 2 高周波電力、第 3 高周波電力、は、製造条件や処理の目的に合わせて、適宜設定しうる。第 1 除電用ガス及び第 2 除電用ガスについても、同じ種類のガスを用いることも可能であるし、異なる種類のガスを用いることも可能である。また、タイムチャートにおける時刻の大きさについても、適宜設定しうる。

【 0 0 6 9 】

50

〔変形例〕

放電室 102 に形成したプラズマ 1011 を処理室 104 に導入して行う処理の工程中に、電極 304 および 305 に電圧を印加する場合、プラズマ 1011 を形成するために導入されるガスの種類によっては、静電吸着膜 302 にイオン等の荷電粒子が誘引されて静電吸着膜 302 にダメージが発生する虞がある。例えば、プラズマを用いて反応生成物を除去するプラズマクリーニングを行う場合、このような問題が発生しうる。これを解決するための、ダメージを低減する除電工程について次に説明する。

【0070】

図 9 は、実施形態の変形例に係るプラズマ処理方法を示すタイミングチャートである。図 9 (a) は、試料台 103 上のウエハ W の有無を示す。図 9 (b) は、コイル 108 にプラズマ 1011 形成用の高周波電力を供給する高周波電源 110 の出力 (パワー) を示す。図 9 (c) は、静電吸着用の電極 304 および 305 の電位を示す。図 9 (d) は、ウエハ W または静電吸着膜 302 表面の電位を示す。図 9 (e) は、電極 304 とウエハ W の間の電位差および電極 305 とウエハ W との間の電位差を示す。

10

【0071】

変形例は、クリーニング後の除電工程を行う点で、実施形態と相違する。特に、図 9 (b) と図 9 (c) と図 9 (d) に違いが表れる。以下の説明において、上述の実施形態と同一又は同等の構成要素については同一の符号を付し、その説明を簡略又は省略する。

【0072】

まず、放電室 102 および処理室 104 をクリーニングする工程がウエハレスで実施される。時刻 Tc0 において、高周波電源 110 からコイル 108 に高周波電力 (以下、「第 4 高周波電力」ともいう。) を供給する。時刻 Tc0 時点では、クリーニング用ガスが放電室 102 に導入されている。クリーニング用ガスとしては、例えば SF₆ ガス及び Ar ガス等のポリイミド樹脂へのダメージが少ないガスが選択される。このようにして、クリーニングを実施するためのプラズマ 1011 が生成される。

20

【0073】

プラズマ 1011 におけるイオン等の荷電粒子は、分散板 106 の貫通孔 201 を通して処理室 104 に進入し、試料台 103 の静電吸着膜 302 に付着する。このため、図 9 (d) に示されるように、静電吸着膜 302 の電位が変動する。このままの状態では処理予定のウエハ W を試料台 103 に載置する場合、先行技術と同様に、静電吸着膜 302 とウエハ W との電位差に起因するウエハの位置ずれが発生する。そこで、変形例においては、クリーニング後の除電工程が行われる。

30

【0074】

静電吸着膜 302 の電荷を低減するクリーニング後の除電工程について説明する。まず、時刻 Tc1 において、除電用のプラズマ 1011 を発生させる。図 9 (b) に示されるように、高周波電源 110 からコイル 108 に供給される高周波電力を、クリーニング中の第 4 高周波電力とは異なる高周波電力 (以下、「第 5 高周波電力」ともいう。) に変更する。第 5 高周波電力は、例えば 1000 W である。また、放電室 102 に導入するガスは、クリーニング用のガスから、Ar ガス等の不活性ガス等の除電用ガス (以下、「第 3 除電用ガス」ともいう。) に切り替えられる。このようにして、放電室 102 において、第 5 高周波電力を用いて第 3 除電用ガスから除電用のプラズマ 1011 を発生させる除電用プラズマ生成処置を行う。

40

【0075】

また、時刻 Tc1 において、図 9 (c) に示されるように、試料台 103 の電極 304 および 305 に第 3 電力を供給する残留電荷除去工程を行う。供給される第 3 電力として、例えば、直流電源 306 から電極 304 に 100 V が印加され、直流電源 307 から電極 305 に -100 V が印加される。これらの電圧は、ウエハ W を静電吸着するときに印加する電圧よりも小さくされている。

【0076】

高周波電力を変更して除電用のプラズマを生成する時刻と、電極 304 および 305 へ

50

電圧を印加する時刻は、同時刻に限定されない。図9(b)に示されるように、除電用のプラズマ1011が形成される時刻 T_{c1} と時刻 T_{c2} 間の時間 t_a 内において電極304および305へ電圧の印加を開始してもよい。また、電極304および305への電圧の印加後に、高周波電力を変更して除電用のプラズマ1011を生成してもよい。いずれの場合でも、除電用のプラズマ1011が生成される期間と電極304および305へ電圧が印加される期間が少なくとも重複する必要がある、変形例では1秒以上、期間を重複させる。このようにすることで、プラズマ1011と静電吸着膜302との間に図8に示されるように電気的な回路が形成され、静電吸着膜302表面の荷電粒子が除去され、静電吸着膜302内の表面の電位が概ね0Vになる。

【0077】

その後、時刻 T_{c2} において、図9(b)に示されるように高周波電源110からコイル108への電力供給が停止される。また、図9(c)に示されるように、電極304および305に印加される電圧が0Vにされる。時刻 T_{c1} から時刻 T_{c2} までの間は、実施形態と同様に、処理室104に残存している荷電粒子が十分に取り除かれる期間であり、除電用のプラズマ1011のアフターグロー放電が消失するまでの時間 t_b 分だけ延長してもよい。

【0078】

時間 t_b が経過した後の時刻 T_{c3} において、クリーニング後の除電工程が終了する。その後、ウエハWが処理室104に搬送されて、所定のウエハ処理工程が実施される。ウエハ処理工程は、実施形態と同じである。

【0079】

(作用・効果)

上記のようなクリーニング後の除電工程を行うことで、ウエハレスのクリーニング工程において静電吸着膜302に残留する電荷を除去することができる。したがって、ウエハWが試料台103に対して着脱される際の位置ずれを抑制することができる。なお、このような除電工程は、クリーニング工程後に限定されない。クリーニング以外のウエハレスでのプラズマ処理においても、静電吸着膜302に残留する電荷を除去するために、適用しうる。

【0080】

なお、第4高周波電力、第5高周波電力、第3除電用ガス、第3電力については、実施形態の場合と同様に、製造条件や処理の目的に合わせて、適宜設定しうる。また、タイムチャートにおける時刻の大きさについても、適宜設定しうる。

【0081】

また、発明者らは、静電吸着膜302の電荷を低減する除電工程において、電極304および305へ印加される電圧および電圧の印加時間と除電の効果の関係について実験をし、検討した。高周波電源110のパワーを1000Wにして、電極304および305に印加する電圧を $\pm 100V \sim \pm 500V$ の範囲の値に設定して実施した実験の結果、静電吸着膜302は十分に除電され、ウエハWが試料台103に着脱される際の位置ずれが抑制されることを確認した。また、電極304および305に印加する電圧を $\pm 100V$ 以上にした場合は、1秒以上、除電用のプラズマ1011を生成して除電工程を実施することで、上記位置ずれが抑制されることを確認した。

【0082】

また、上記の実施形態および変形例では、電極304および305に印加する電圧の極性は、各々で異なるものにされているが、同じ極性にしても同様に除電の作用を奏することができる。その際、十分な除電の効果を得るために、高周波電源110の出力を変更してもよく、他の絶縁性の高い材料から構成された静電吸着膜302を用いても良い。さらに、これらの変更に応じて、電極304および305に印加する電圧の値や工程の時間を適切に変更することができる。

【0083】

また、上記の実施形態および変形例は、誘導結合型のプラズマ1011が形成されたが

10

20

30

40

50

、本発明はプラズマの生成方法の如何にかかわらず適用可能である。例えば、ヘリコン波プラズマ処理装置、マイクロ波を用いたECRプラズマ処理装置、容量結合型プラズマ処理装置等に本発明は適用可能である。

【符号の説明】

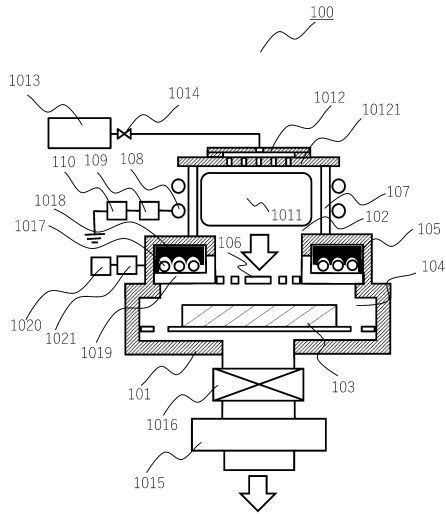
【0084】

100	プラズマ処理装置	
101	真空容器	
102	放電室	
103	試料台	
104	処理室	10
105	IRランプユニット	
106	分散板	
107	誘電体チャンバ	
108	コイル	
109	整合器	
110	高周波電源	
201	貫通孔	
301、301a	基材	
302、302a	静電吸着膜	
303	冷媒流路	20
304、305	電極	
306、307	直流電源	
308	溝	
309	バルブ	
310	伝熱ガス源	
311	サセプタリング	
312	チラー	
313	押し上げピン	
1011	プラズマ	
1012	天板	30
10121	ガス分散板	
1014	マスフローコントローラ	
1015	真空ポンプ	
1016	調圧バルブ	
1017	IRランプ	
1018	反射板	
1019	IR光透過窓	

【図面】

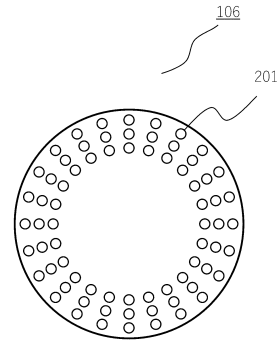
【図 1】

図 1



【図 2】

図 2

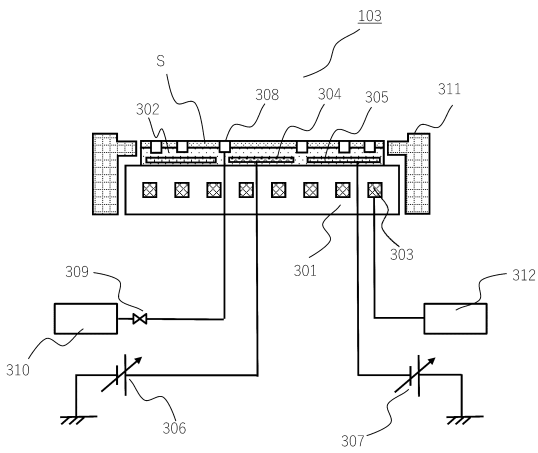


10

20

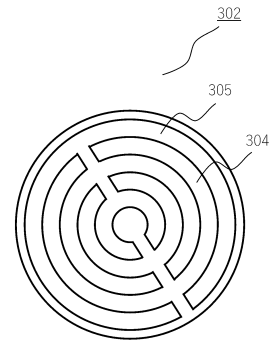
【図 3】

図 3



【図 4】

図 4



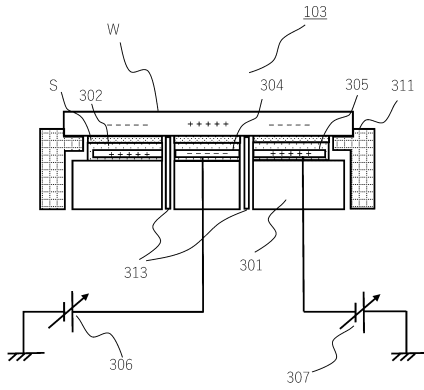
30

40

50

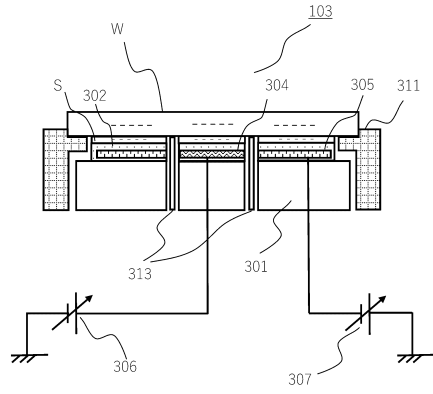
【図5】

図5



【図6】

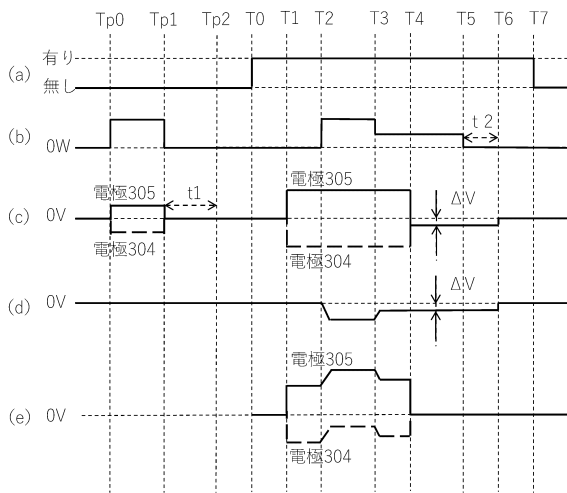
図6



10

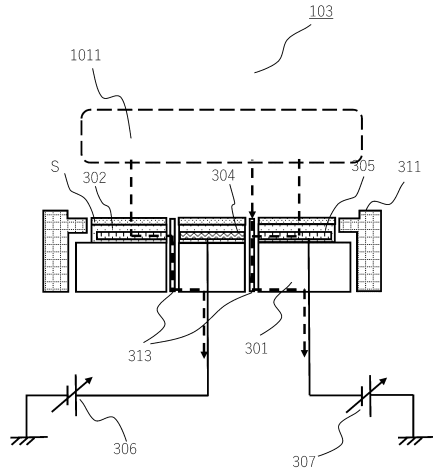
【図7】

図7



【図8】

図8



20

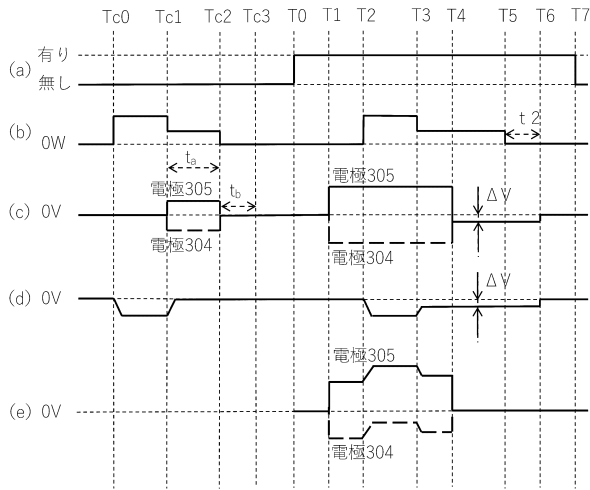
30

40

50

【図 9】

図9



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 2 2 - 0 2 4 2 6 5 (J P , A)
特開 2 0 1 7 - 2 1 6 3 4 6 (J P , A)
特開 2 0 0 2 - 2 2 2 7 9 9 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- H 0 1 L 2 1 / 3 0 6 5
H 0 1 L 2 1 / 6 8 3
H 0 5 H 1 / 4 6