

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6123208号
(P6123208)

(45) 発行日 平成29年5月10日 (2017.5.10)

(24) 登録日 平成29年4月14日 (2017.4.14)

(51) Int.Cl.

F I

C 2 3 C 16/455 (2006.01)
H 0 1 L 21/285 (2006.01)C 2 3 C 16/455
H 0 1 L 21/285 C

請求項の数 4 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2012-217035 (P2012-217035)
(22) 出願日 平成24年9月28日 (2012.9.28)
(65) 公開番号 特開2014-70249 (P2014-70249A)
(43) 公開日 平成26年4月21日 (2014.4.21)
審査請求日 平成27年8月24日 (2015.8.24)(73) 特許権者 000219967
東京エレクトロン株式会社
東京都港区赤坂五丁目3番1号
(74) 代理人 100091513
弁理士 井上 俊夫
(72) 発明者 斉藤 哲也
東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i
zタワー 東京エレクトロン株式会社内
審査官 吉野 涼

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 成膜装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

真空雰囲気である処理室内の基板に対して互いに反応する複数種類の反応ガスを順番に供給し、一の反応ガスの供給と次の反応ガスの供給との間に置換用のガスを供給して成膜処理を行う成膜装置において、

前記処理室に設けられ、基板が載置される載置部と、

前記載置部に対向して設けられ、中央から外周に向けて末広がりの形状の傾斜面構造を有する天井部と、

前記天井部の中央領域から下方側へ向けて突出するヘッド部を備え、前記ヘッド部の側面に設けられ、当該ヘッド部の周方向に沿った異なる位置からガスを吐出するガス吐出口が形成された複数のガス供給部と、

ガス供給路を介して前記複数のガス供給部の各々と接続され、これらのガス供給部に対して前記複数種類の反応ガスを供給するための共通のガス拡散空間と、

前記複数のガス供給部を下方側から覆うように設けられると共に、前記載置部と対向する面に複数のガス供給口が形成されたシャワーヘッドと、

前記処理室内の真空排気を行う排気部と、を備え、

前記シャワーヘッドの外縁は、前記載置部に載置された基板の外縁よりも内側に位置していることと、

前記シャワーヘッドは、前記載置部と対向する面の外周に沿って設けられた側壁部を備え、この側壁部には、横方向へ向けてシャワー状にガスを供給する複数のガス供給口が設

10

20

けられていることと、を特徴とする成膜装置。

【請求項 2】

前記ガス供給部に形成されたガス吐出口は、前記シャワーヘッドを平面で見たとき、当該シャワーヘッドの中央部側と周縁部側とに向けて広がるガスの流れを形成する位置に設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の成膜装置。

【請求項 3】

前記ガス供給部は、前記シャワーヘッドの周方に沿って 3 個以上設けられていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の成膜装置。

【請求項 4】

前記基板が円板であり、前記シャワーヘッドの底面部を平面で見たときの形状が円形であって、前記円板の半径を R 、前記底面部の円の半径を r としたとき、 r/R の値が $4/15$ 以上、 $2/3$ 以下の範囲内である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成膜装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、基板に対して互いに反応する複数種類の反応ガスを順番に供給して膜を形成する成膜装置に関する。

【背景技術】

【0002】

基板である例えば半導体ウエハ（以下「ウエハ」と言う）に膜を成膜する手法として、互いに反応する複数種類の反応ガスをウエハに対して順番に供給するいわゆる ALD (Atomic Layer Deposition) 法や MLD (Multi Layer Deposition) 法（以下、これらを総合して ALD 法と称する）などと呼ばれる方法が知られている。

20

【0003】

このような成膜方法においてウエハに反応ガスを供給する種々のガス供給機構が提案されている。例えば引用文献 1、2 には、複数枚のプレートを上下に間隔を開けて配置することにより、中段のプレートを介して上下に積み重ねられたガス拡散空間（引用文献 1 では空間 11a、11b、引用文献 2 ではガス拡散空間 50、空間 81 と記載）を構成し、

30

各々の拡散空間から最下段のシャワープレートの下面に開口する多数のガス流路を設けたシャワーヘッドが記載されている。

【0004】

上記のタイプのシャワーヘッドは、互いに隔離されたガス拡散空間から、複数種類の反応ガスを別々に供給するので、ガス拡散空間内での反応ガス同士の混合を避け、シャワーヘッド内での反応生成物の堆積を防止できる。

一方で、上下に積層された各ガス拡散空間から、互いに混ざらないように反応ガスを供給するためには、下段側のガス拡散空間を貫通して上段側のガス拡散空間へと連通するガス流路用の導管を多数設ける必要があり、シャワーヘッドの構造が非常に複雑になる。

【0005】

40

このような課題に対し、出願人は、共通のガス拡散空間に複数種類の反応ガスを切り替えて供給する簡素な構成のシャワーヘッドの開発を行っている。共通のガス拡散空間を利用する場合には、反応生成物の堆積を防止するために、一の反応ガスを供給してから、次の反応ガスを供給するまでの間に、不活性ガスなどを供給してガスの置換を行う必要がある。

【0006】

反応ガスの置換を行う場合には、置換操作に要する時間をできる限り短くすることが成膜を効率的に行う上での重要な課題となる。また近年は、ナノメートルのオーダーで成膜される膜のウエハ面内における膜厚の均一性（例えば後述の $M-m$ 値）を 5 % 程度以内とすることが要求される場合があるため、置換性の良さのみならず、より面内均一性の良好

50

な成膜を実現できるシャワーヘッドの開発が求められている。

【0007】

これらの要求に対し、引用文献1、2に記載のシャワーヘッドは、ウエハの全面に対応する領域に亘って広がる大きなガス拡散空間を備えており、ガス拡散空間の一方側に反応ガスや置換ガスを切り替えて供給したとしても置換操作に長時間を要してしまう。

【0008】

また、引用文献1、2には、各ガス拡散空間に反応ガスを供給するガス供給部の記載がある（引用文献1につき、管部10jに設けられた吐出口121、引用文献2につき、吐出口55を備えた吐出ポート56、及びガス吐出管83）。しかしながら、反応ガスや置換ガスを切り替えて供給するシャワーヘッドにおいて、成膜される膜の均一性を向上させるうえでこれらのガス供給部が備えるべき特段の技術的特徴は開示されていない。

10

【0009】

そこで出願人は、引用文献3に示すように、中央から外周に向けて末広りの形状の傾斜面構造を有する天井部の中央領域に、成膜対象のウエハよりも面積の小さなシャワーヘッドを設けることにより（同文献中では「ガス供給ノズル」と記載している）、置換性を高めた成膜装置を開発した。

【0010】

ところが、シャワーヘッドに多数穿設されたガス供給口のうち、例えばシャワーヘッド内にガスを導入するガス供給路の直下の位置と、この位置から離れた位置とを比べると、ガス供給路の直下に位置するガス供給口から流出する反応ガスの流速が高くなることがある。この結果、各ガス供給口から流出するガス流速の違いによってウエハに吸着する反応ガスの量に違いが生じ、ウエハの面内で膜の厚さが僅かに変化するおそれがある。しかしながら既述のように、M - m値が5%以内といった高い面内均一性が要求されるようになると、このような僅かな膜厚の違いも改善する必要性が生じてきている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

【特許文献1】特開2002 - 327274号公報：段落0032～0034、図1、3、6、7

【特許文献2】特開2006 - 299294号公報：段落0020、0024、図2、3、5

30

【特許文献3】特開2009 - 224775号公報：段落0068～0072、図15～17

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、反応ガスと置換ガスとの置換性が高く、面内均一性の良好な膜を成膜可能な成膜装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

40

【0013】

本発明に係る成膜装置は、真空雰囲気である処理室内の基板に対して互いに反応する複数種類の反応ガスを順番に供給し、一の反応ガスの供給と次の反応ガスの供給との間に置換用のガスを供給して成膜処理を行う成膜装置において、

前記処理室に設けられ、基板が載置される載置部と、

前記載置部に対向して設けられ、中央から外周に向けて末広りの形状の傾斜面構造を有する天井部と、

前記天井部の中央領域から下方側へ向けて突出するヘッド部を備え、前記ヘッド部の側面に設けられ、当該ヘッド部の周方向に沿った異なる位置からガスを吐出するガス吐出口が形成された複数のガス供給部と、

50

ガス供給路を介して前記複数のガス供給部の各々と接続され、これらのガス供給部に対して前記複数種類の反応ガスを供給するための共通のガス拡散空間と、

前記複数のガス供給部を下方側から覆うように設けられると共に、前記載置部と対向する面に複数のガス供給口が形成されたシャワーヘッドと、

前記処理室内の真空排気を行う排気部と、を備え、

前記シャワーヘッドの外縁は、前記載置部に載置された基板の外縁よりも内側に位置していることと、

前記シャワーヘッドは、前記載置部と対向する面の外周に沿って設けられた側壁部を備え、この側壁部には、横方向へ向けてシャワー状にガスを供給する複数のガス供給口が設けられていることと、を特徴とする。

10

【0014】

上述の成膜装置は以下の特徴を備えていてもよい。

(a) 前記ガス供給部に形成されたガス吐出口は、前記シャワーヘッドを平面で見たとき、当該シャワーヘッドの中央部側と周縁部側とに向けて広がるガスの流れを形成する位置に設けられていること。

(b) 前記ガス供給部は、前記シャワーヘッドの周方に沿って3個以上設けられていること。

(c) 前記基板が円板であり、前記底面部を平面で見たときの形状が円形であって、前記円板の半径を R 、前記底面部の円の半径を r としたとき、 r/R の値が $4/15$ 以上、 $2/3$ 以下の範囲内であること。

20

【発明の効果】

【0015】

本発明は、成膜対象の基板よりも面積の小さなシャワーヘッドを用い、このシャワーヘッドの内側に複数のガス供給部を設けているので、反応ガスと置換用のガスとの置換を短時間で行うことができる。また、このシャワーヘッドは、中央から外周に向けて末広りの形状の傾斜面構造を有する天井部の中央領域に設けられているので、基板が反応ガスと接触する空間（処理空間）の容積も小さくなり、ここでも反応ガスの置換に要する時間を短くできる。

さらに、各ガス供給部には、天井部の周方向に沿って複数のガス吐出口が形成されており、反応ガスは流れ方向を変えてからシャワーヘッドの底面部に設けられたガス供給口を通り抜けるので、シャワーヘッドの全面から均一に反応ガスが供給され、基板に成膜される膜厚の面内均一性を向上させることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明に係わる成膜装置の縦断面図である。

【図2】前記成膜装置の一部拡大縦断面図である。

【図3】前記成膜装置に設けられている天板部材の斜視図である。

【図4】前記天板部材に設けられているガス供給部の縦断面図である。

【図5】前記ガス供給部の配置状態を示すシャワーヘッドの横断平面図である。

【図6】前記成膜装置の作用を示す第1の説明図である。

40

【図7】前記成膜装置の作用を示す第2の説明図である。

【図8】前記ガス供給部の他の配置状態を示すシャワーヘッドの横断平面図である。

【図9】第2の例に係る成膜装置の天板部材の斜視図である。

【図10】第2の例に係る成膜装置の縦断面図である。

【図11】第3の例に係る成膜装置の縦断面図である。

【図12】第4の例に係る成膜装置の縦断面図である。

【図13】比較例に係わる成膜装置の縦断側面図である。

【図14】実施例に係わる成膜結果を示す第1の説明図である。

【図15】実施例に係わる成膜結果を示す第2の説明図である。

【図16】比較例に係わる成膜結果を示す説明図である。

50

【発明を実施するための形態】**【0017】**

本発明の実施の形態に係わる成膜装置の構成について、図1～図5を参照して説明する。本成膜装置は、成膜対象の円形の基板（円板）であり、例えば直径が300mmのウエハWの表面に、互いに反応する反応ガスである塩化チタン（ TiCl_4 ）ガス（原料ガス）とアンモニア（ NH_3 ）ガス（窒化ガス）とを交互に供給してALD法により窒化チタン（ TiN ）膜を成膜する装置として構成されている。

【0018】

図1、図2に示すように成膜装置は、アルミニウム等の金属により構成され、平面形状が概ね円形の真空容器であり、処理室を構成する処理容器1と、この処理容器1内に設けられ、ウエハWが載置される載置台（載置部）2と、載置台2と対向するように設けられ、載置台2との間に処理空間313を形成するための天板部材31と、を備えている。処理容器1の側面には、載置台2との間でウエハWの受け渡しを行う際に、外部の真空搬送路に設けられたウエハ搬送機構を処理容器1内に進入させるための搬入出口11と、この搬入出口11を開閉するゲートバルブ12とが設けられている。

【0019】

前記搬入出口11よりも上部側の位置には、アルミニウム等の金属からなり、縦断面の形状が角型のダクトを円環状に湾曲させて構成した排気ダクト13が、処理容器1の本体を構成する側壁の上に積み重なるように設けられている。排気ダクト13の内周面には、周方向に沿って伸びるスリット状の開口部131が形成されており、処理空間313から流れ出たガスはこの開口部131を介して排気ダクト13内に排気される。排気ダクト13の外壁面には排気口132が形成されており、この排気口132には真空ポンプなどからなる排気部65が接続されている。排気口132や排気部65は、処理空間313内の真空排気を行う排気部に相当する。

【0020】

処理容器1内には、前記排気ダクト13の内側の位置に、載置台2が配置されている。載置台2は、ウエハWよりも一回り大きい円板からなり、例えば窒化アルミニウム（ AlN ）、石英ガラス（ SiO_2 ）等のセラミックスやアルミニウム（ Al ）、ハステロイ（登録商標）等の金属により構成されている。載置台2の内部には、ウエハWを例えば350～450の成膜温度に加熱するためのヒーター21が埋設されている。また必要に応じて、ウエハWを当該載置台2の上面側の載置領域内に固定するための図示しない静電チャックを設けても良い。なお、図1以外の縦断面図においてはヒーター21の記載を省略してある。

【0021】

この載置台2には、前記載置領域の外周側の領域、及び載置台2の側周面を周方向に亘って覆うように設けられたカバー部材22を備えている。カバー部材22は例えばアルミナなどからなり、上下端が各々開口する概略円筒形状に形成されると共に、その上端部が内側に向かって周方向に亘って水平方向に屈曲している。この屈曲部は、載置台2の周縁部にて係止されており、当該屈曲部の厚み寸法は、ウエハWの厚み寸法（0.8mm）よりも厚く、例えば1mm～5mmの範囲内の3mmとなっている。

【0022】

載置台2の下面側中央部には、処理容器1の底面を貫通し、上下方向に伸びる支持部材23が接続されている。この支持部材23の下端部は、処理容器1の下方側に水平に配置された板状の支持板232を介して昇降機構24に接続されている。昇降機構24は、搬入出口11から進入してきたウエハ搬送機構との間でウエハWを受け渡す受け渡し位置（図1に一点鎖線で記載してある）と、この受け渡し位置の上方側であって、ウエハWへの成膜が行われる処理位置との間で載置台2を昇降させる。

【0023】

この支持部材23が貫通する処理容器1の底面と、支持板232との間には、処理容器1内の雰囲気を外と区画し、支持板232の昇降動作に伴って伸び縮みするベローズ2

10

20

30

40

50

31が、前記支持部材23を周方向の外部側から覆うように設けられている。

【0024】

載置台2の下方側には、外部のウエハ搬送機構とのウエハWの受け渡し時に、ウエハWを下面側から支持して持ち上げる例えば3本の支持ピン25が設けられている。支持ピン25は、昇降機構26に接続されて昇降自在となっており、載置台2を上下方向に貫通する貫通孔201を介して載置台2の上面から支持ピン25を突没することにより、ウエハ搬送機構との間でのウエハWの受け渡しを行う。

【0025】

排気ダクト13の上面側には、円形の開口を塞ぐように円板状の支持板32が設けられており、これら排気ダクト13と支持板32の間には処理容器1内を気密に保つための

10

【0026】

リング133が設けられている。支持板32の下面側には、処理空間313に反応ガスや置換ガスを供給するための天板部材31が設けられており、天板部材31はボルト323によって支持板32に支持固定されている。

【0027】

天板部材31の下面側には凹部が形成されており、この凹部の中央側の領域は平坦になっている。この平坦な中央領域の外周側には、中央側から外周側へ向けて末広りの形状の傾斜面が形成されている。この傾斜面のさらに外側には、平坦なリム314が設けられて

20

【0028】

ている。載置台2を処理位置まで上昇させたとき、天板部材31は、載置台2に設けられたカバー部材22の上面と、リム314の下面とが互いに対向するように配置される。天板部材31の凹部と載置台2の上面とによって囲まれた空間は、ウエハWに対する成膜が行われる処理空間313となる。前記凹部が設けられた天板部材31は、本成膜装置の天井部を構成している。

【0029】

また図2に示すように、天板部材31のリム314の下面と、カバー部材22の屈曲部の上面との間には高さhの隙間が形成されるように処理位置の高さ位置が設定されている。前記排気ダクト13の開口部131は、この隙間に向けて開口している。リム314とカバー部材22との隙間の高さhは、例えば0.2mm~10.0mmの範囲の0.5mmに設定される。

30

【0030】

天板部材31の下面側中央領域には、既述の平坦な領域、及びその外周側の傾斜面の一部を下方側から覆うように、シャワーヘッド5が設けられている。シャワーヘッド5は、載置台2と対向するように設けられた例えば金属製の円板からなる底面部51と、この底面部51の外周に沿って設けられた側壁部52とを備え、上面側が開口したトレイ形状の部材である。本例のシャワーヘッド5は、直径が166mm(半径83mm)、天板部材31の平坦な領域の下面から底面部51の上面までの高さ方向の距離が8.5mm、後述のガス供給部4の体積を除いたシャワーヘッド5内の容積が146.5cm³となっている。例えば側壁部52の上端部には、不図示のフランジが設けられており、シャワーヘッド5は、ネジなどによりこのフランジを介して天板部材31に締結されている。

40

【0031】

直径300mm(半径150mm)のウエハWに対して、底面部51の直径が166mm(半径83mm)のシャワーヘッド5を載置台2上のウエハWの中央部の上方位置に配置すると、シャワーヘッド5の外縁(底面部51の外周)は、ウエハWの外縁よりも内側に位置することになる。このように、底面部51の面積がウエハWの面積よりも小さなシャワーヘッド5を用いることにより、置換ガスによる反応ガスの置換を短時間で行うことができる。

【0032】

図5に示すように、シャワーヘッド5の半径をr、ウエハWの半径をRとすると、r/Rの値は4/15~2/3の範囲内であることが好ましく、また、シャワーヘッド5内の

50

高さは3～10mm、内部の容積は30～245cm³の範囲内であることが好適である。このシャワーヘッド5内に例えば2～6L/分の流量で前記容積の2～5倍の量の置換ガスを供給することにより、0.1～0.5秒程度で置換操作を終えることができる。

【0032】

図3に示すように、底面部51にはその全面に多数のガス供給口511が穿設されており、載置台2上に載置されたウエハWに向けて反応ガスを供給することができる。また、側壁部52にはスリット状のガス供給口521が、側壁部52の外周に沿って、互いに間隔をおいて複数形成されており、横方向に向けて反応ガスを吐出することができる。少なくとも底面部51にガス供給口511が設けられていれば、処理空間313への均一なガス供給を実現できる場合には、側壁部52にガス供給口521を設けることを省略できる。また、ガス供給口511を底面部51の全面に設けることも必須ではなく、シャワーヘッド5内のガスの置換時間やウエハWに成膜される膜の均一性が目標を満足する範囲内で、例えば底面部51の中央領域にガス供給口511を設ける構成としてもよい。なお図3においては、便宜上、底面部51の全面に設けられたガス供給口511の一部のみを图示してある。

10

【0033】

また、載置台2上のウエハWの上面から、底面部51のガス供給口511までの高さt（底面部51が平板である場合には、ウエハWの上面から底面部51の底面までの距離に相当する）は、10～50mm程度であり、より好ましくは15～20mm程度に設定される。この高さが50mmよりも大きくなると、ガスの置換効率が低下する一方、10mmよりも小さくなると、ガス供給部4やシャワーヘッド5を設けるスペースがなくなったり、処理空間313内をガスが流れにくくなったりする。

20

【0034】

この底面部51で覆われた天板部材31の下面側の中央領域には、図3、図5に示すように、凹部の中央部に1個、この中央部を円環状に等間隔で囲むように8個、合計で9個のガス供給部4が配置されている。ここで、底面部51の内側に設けられるガス供給部4の個数は、9個の場合に限られるものではない。例えば少なくとも2個、好ましくは3個以上のガス供給部4がシャワーヘッド5の周方向に沿って設けられていれば、短時間でシャワーヘッド5内に均一にガスを供給することができる。

【0035】

30

図4に示すように各ガス供給部4は、天板部材31に設けられたガス供給路312の下端の開口部を、内部が中空の円筒形状のヘッド部41にて覆った構造となっている。ヘッド部41は、天板部材31の下面から下方側へ向けて突出するように設けられており、その側面には、周方向に沿って間隔をおいて設けられた複数のガス吐出口42が形成されている。ヘッド部41の側面は、天板部材31の周方向と一致するように設けられているので、これらガス吐出口42は、天板部材31（天井部）の周方向に沿って設けられているといえる。各ヘッド部41に対してガス吐出口42は例えば3個以上設けることが好ましく、本例では8個設けられている。また、ヘッド部41の下面は塞がれていてガス吐出口42が設けられていないので、ヘッド部41内に流れ込んだガスは、各ガス吐出口42から横方向へ向けて均一に広がるように吐出される。

40

【0036】

上述のようにガス供給部4は、周方向に向けて均一にガスを広げることができるように構成されており、これらガス供給部4のガス吐出口42から吐出されたガスがシャワーヘッド5内に十分に広がってからガス供給口511、521を介して処理空間313にガスが供給されることにより、載置台2上のウエハWの表面に均一にガスが供給される。このガス供給部4がシャワーヘッド5の側壁部52の直近に配置されていると、ガス供給部4から吐出されたガスが側壁部52のガス供給口521から直接、吹き抜けてしまい、十分なガスが底面部51側に供給されず、底面部51から供給されるガスの流れに偏りが発生してしまうおそれがある。

【0037】

50

また、側壁部 5 2 にガス供給口 5 2 1 が設けられていない場合であっても、ガス供給部 4 から吐出されたガスが勢いよく側壁部 5 2 の内壁面にぶつかり、その流れ方向を変えてから底面部 5 1 のガス供給口 5 1 1 より処理空間 3 1 3 内に供給されると、十分に流速が低下したガスが供給される中央部側のガス供給口 5 1 1 との間でガスの供給速度にムラができる。この場合にも、ガスの流れに偏りが生じ、成膜結果の面内均一性に悪影響を及ぼすおそれがある。

【 0 0 3 8 】

そこで本例のガス供給部 4 は、側壁部 5 2 の内壁面（本例におけるシャワーヘッド 5 の外縁に相当する）から天板部材 3 1 の下面側に形成された凹部の中心に向かって離れた位置に配置されている。そしてヘッド部 4 1 の側面に沿って均一にガス吐出口 4 2 が設けられていることにより、図 5 に示すようにシャワーヘッド 5 を平面で見たとき、シャワーヘッド 5 の中央部側と周縁部側とに向けて広がるガスの流れが形成される。ここで側壁部 5 2 の内壁面からガス供給部 4 までの距離 d は、例えば 10 ~ 30 mm 以上離れていれば、ガス供給部 4 のガス吐出口 4 2 から吐出されたガスの流速も十分に低下し、シャワーヘッド 5 の各ガス供給口 5 1 1、5 2 1 から均一にガスを供給することができる。

【 0 0 3 9 】

ガス供給部 4 が設けられた天板部材 3 1 には、図 1、図 2 に示すように、各ガス供給部 4 へガスを供給するためのガス供給路 3 1 2 が形成されている。これらのガス供給路 3 1 2 は、天板部材 3 1 の上面と支持板 3 2 の下面との間に形成されたガスの拡散空間 3 1 1 に接続されている。

【 0 0 4 0 】

支持板 3 2 には、前記拡散空間 3 1 1 にアンモニアガス及び置換用の窒素ガスを供給するためのアンモニア供給路 3 2 1、及び同じく拡散空間 3 1 1 に塩化チタンガス及び置換用の窒素ガスを供給するための塩化チタン供給路 3 2 2 が形成されている。アンモニア供給路 3 2 1 及び塩化チタン供給路 3 2 2 は、配管を介してアンモニアガス供給部 6 2、塩化チタンガス供給部 6 4 に接続されており、これらの配管は、各々途中で分岐して窒素ガス供給部 6 1、6 3 に接続されている。各配管には、ガスの給断を行う開閉バルブ 6 0 2 と、ガス供給量の調整を行う流量調整部 6 0 1 とが設けられている。なお図示の便宜上、図 1 においては窒素ガス供給部 6 1、6 3 を別々に示したが、これらは共通の窒素供給源を用いてもよい。

【 0 0 4 1 】

以上に説明した構成を備えた成膜装置は、図 1 に示すように制御部 7 と接続されている。制御部 7 は例えば図示しない CPU と記憶部とを備えたコンピュータからなり、記憶部には成膜装置の作用、即ち載置台 2 上に載置されたウエハ W を処理位置まで上昇させ、処理空間 3 1 3 内に予め決められた順番で反応ガス及び置換用のガスを供給して T i N の成膜を実行し、成膜が行われたウエハ W を搬出するまでの制御についてのステップ（命令）群が組まれたプログラムが記録されている。このプログラムは、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に格納され、そこからコンピュータにインストールされる。

【 0 0 4 2 】

続いて、本成膜装置の作用について図 6、図 7 を参照しながら説明する。はじめに、予め処理容器 1 内を真空雰囲気减压した後、載置台 2 を受け渡し位置まで降下させる。そして、ゲートバルブ 1 2 を開放し、搬入出口 1 1 と接続された真空搬送室に設けられたウエハ搬送機構の搬送アームを進入させ、支持ピン 2 5 との間でウエハ W の受け渡しを行う。しかる後、支持ピン 2 5 を降下させ、ヒーター 2 1 によって既述の成膜温度に加熱された載置台 2 上にウエハ W を載置する。

【 0 0 4 3 】

次いで、ゲートバルブ 1 2 を閉じ、載置台 2 を処理位置まで上昇させると共に、処理容器 1 内の圧力調整を行った後、塩化チタンガス供給部 6 4 より塩化チタンガスを供給する（図 6）。供給された塩化チタンガスは、塩化チタン供給路 3 2 2 拡散空間 3 1 1 ガ

10

20

30

40

50

ス供給路 3 1 2 を介して、各ガス供給部 4 へ流れ込む。

【 0 0 4 4 】

ガス供給部 4 内に流れ込んだ塩化チタンガスは、ガス吐出口 4 2 を介してシャワーヘッド 5 内に流入し、さらにシャワーヘッド 5 に形成されたガス供給口 5 1 1、5 2 1 を介して処理空間 3 1 3 内に供給される。

各ガス供給口 5 1 1、5 2 1 のうち、側壁部 5 2 のガス供給口 5 2 1 から処理空間 3 1 3 に供給された塩化チタンガスは、処理空間 3 1 3 の天井部の傾斜面に案内されながら、天板部材 3 1 の中央部側から外周部側へ向け、径方向に沿って放射状に広がっていく。また、当該塩化チタンガスは、下方側に向けても広がり、載置台 2 上のウエハ W の表面に接触すると、塩化チタンガスはウエハ W に吸着する。

10

【 0 0 4 5 】

一方、底面部 5 1 のガス供給口 5 1 1 から供給された塩化チタンガスは、処理空間 3 1 3 内を降下して載置台 2 上のウエハ W に到達し、その一部はウエハ W に吸着する。残る塩化チタンガスは、一部がウエハ W の表面に吸着しながらウエハ W の表面に沿って径方向に放射状に広がる。ウエハ W の表面に沿って流れる塩化チタンガスには、側壁部 5 2 のガス供給口 5 2 1 から供給された塩化チタンガスが合流する。

【 0 0 4 6 】

処理空間 3 1 3 内を流れ、リム 3 1 4 とカバー部材 2 2 との間の隙間に到達した塩化チタンガスは、当該隙間から処理容器 1 内に流れ出た後、排気ダクト 1 3 を介して外部へ排出される。

20

上述の流れにおいて、天板部材 3 1 の下面に末広りの形状の傾斜面が形成されていることにより、塩化チタンガスのガス溜まりが形成されにくく、処理空間 3 1 3 に供給された塩化チタンガスを効率的にウエハ W 表面に供給することができる。

【 0 0 4 7 】

次に、塩化チタンガスの供給を停止すると共に、窒素ガス供給部 6 3 から置換用のガスである窒素ガスを供給する（図 6）。窒素ガスは、塩化チタンガスと同様の経路を通して処理空間 3 1 3 内に供給され、当該経路及び処理空間 3 1 3 内の塩化チタンガスが窒素ガスと置換される。

【 0 0 4 8 】

こうして、所定時間、窒素ガスの供給を行い、ガスの置換を行ったら、窒素ガスの供給を停止し、アンモニアガス供給部 6 2 からアンモニアガスを供給する（図 7）。供給されたアンモニアガスは、アンモニア供給路 3 2 1 拡散空間 3 1 1 ガス供給路 3 1 2 を介して、各ガス供給部 4 へ流れ込む。そして、ガス供給部 4 からシャワーヘッド 5 内に吐出されたアンモニアガスは、塩化チタンの場合と同様の流れを形成して処理空間 3 1 3 内に供給される。

30

【 0 0 4 9 】

処理空間 3 1 3 内を流れるアンモニアガスがウエハ W の表面に到達すると、先にウエハ W に吸着している塩化チタンガスの成分を窒化して窒化チタンが形成される。しかる後、ガス供給路 3 1 2 に供給されるガスを窒素ガス供給部 6 1 からの置換用の窒素ガスに切り替えて、アンモニアガスの供給経路及び処理空間 3 1 3 内のアンモニアガスを窒素ガスと置換する（図 7）。

40

【 0 0 5 0 】

このようにして、塩化チタンガス 窒素ガス アンモニアガス 窒素ガスの順番で反応ガス（塩化チタンガス、アンモニアガス）と置換用のガス（窒素ガス）とを供給することにより、ウエハ W の表面に窒化チタン（TiN）の分子層が積層され、窒化チタンの膜が成膜される。

【 0 0 5 1 】

これら反応ガスや置換用のガスの供給時におけるガス供給部 4 及びシャワーヘッド 5 の作用を説明する。まず、ガス供給路 3 1 2 からガス供給部 4 に供給されたガスは、ヘッド部 4 1 の周方向に沿って間隔をおいて設けられた複数のガス吐出口 4 2 から、横方向に広

50

るようにシャワーヘッド 5 内の空間に吐出される。このとき、円環状に配置されたガス供給部 4 は側壁部 5 2 の内壁面から距離 d だけ離れた位置に配置されていることから、ガス吐出口 4 2 から吐出されたガスの一部は、流速が十分に低下してから、側壁部 5 2 に到達する。一方、ガス吐出口 4 2 から吐出されたガスの残部は、シャワーヘッド 5 内で下方側に向けて流れを変え、底面部 5 1 に到達する。底面部 5 1 及び側壁部 5 2 に到達したガスは、各ガス供給口 5 1 1、5 2 1 を介し、シャワーヘッド 5 から見て径方向外側及び下方側へ向けて処理空間 3 1 3 内に均一に供給される（図 5 ～ 図 7）。

【 0 0 5 2 】

ガス供給部 4 から吐出されたガスの流速がシャワーヘッド 5 の内部で十分に低下し、また、多数のガス供給口 5 1 1、5 2 1 を介してガスが処理空間 3 1 3 に分散して供給されるので、反応ガス（塩化チタンガス、アンモニアガス）の場合には、各ガス供給口 5 1 1、5 2 1 から吐出されるガスの流速が小さくなる。この結果、ウエハ W の表面に到達する際の反応ガスの流速が低くなり、膜厚の面内均一性が向上する。

10

【 0 0 5 3 】

一方、置換用のガス（窒素ガス）の供給時には、底面部 5 1 の面積がウエハ W の面積よりも小さく、小型のシャワーヘッド 5 を用いていることにより、シャワーヘッド 5 内の容積が小さいことからガスを置換する操作に要する時間が短い。また、シャワーヘッド 5 の外側においても、天板部材 3 1 の下面（天井面）に末広りの形状の傾斜面が形成されており、当該天井面が平坦な場合に比べて処理空間 3 1 3 が小さく、ガスが渦を巻いてガス溜まりを形成する角状の空間を有さないことから、処理空間 3 1 3 のガスの置換に要する時間も短くできる。

20

【 0 0 5 4 】

こうして塩化チタンガスの供給とアンモニアガスの供給とを例えば数十回～数百回繰り返し、所望の膜厚の窒化チタンの膜を成膜したら、置換用の窒素ガスを供給して最後のアンモニアガスを排出した後、載置台 2 を受け渡し位置まで降下させる。そしてゲートバルブ 1 2 を開いて搬送アームを進入させ、搬入時とは逆の手順で支持ピン 2 5 から搬送アームにウエハ W を受け渡し、成膜後のウエハ W を搬出させた後、次のウエハ W の搬入を待つ。

【 0 0 5 5 】

本実施の形態に係わる成膜装置によれば以下の効果がある。成膜対象のウエハ W よりも面積の小さなシャワーヘッド 5 を用い、このシャワーヘッド 5 の内側に複数のガス供給部 4 を設けているので、反応ガスと置換用のガスとの置換を短時間で行うことができる。また、このシャワーヘッド 5 は、中央から外周に向けて末広りの形状の傾斜面構造を有する天板部材 3 1（天井部）の中央領域に設けられているので、ウエハ W が反応ガスと接触する処理空間 3 1 3 の容積も小さくなると共に、ガス溜まりが形成されにくく、ここでも反応ガスの置換に要する時間を短くできる。

30

【 0 0 5 6 】

さらに、各ガス供給部 4 は、横方向にガスを広げる複数のガス吐出口 4 2 が形成されており、また側壁部 5 2 の内壁面から距離 d だけ離れた位置に配置されていることにより、シャワーヘッド 5 の全面から均一に反応ガスが供給され、ウエハ W に成膜される膜厚の面内均一性を向上させることができる。

40

【 0 0 5 7 】

ここでシャワーヘッド 5 内におけるガス供給部 4 の配置は、図 5 に示したように中央のガス供給部 4 の周囲に円環状にガス供給部 4 を配置する例に限定されない。例えば図 8 に示すように、碁盤の目状にガス供給部 4 を配置してもよい。また、図 5、図 8 の配置例において中央のガス供給部 4 を設けなくてもよい。図 8 に示した配置の場合においても、側壁部 5 2 に最も近いガス供給部 4 は、側壁部 5 2 の内壁面から距離 d 以上だけ離して配置することが好ましい。

【 0 0 5 8 】

次に図 9、図 10 は、シャワーヘッド 5 a の直径、及び高さをさらに小さくして反応ガ

50

スの置換性を向上させた例を示している。この例では、シャワーヘッド5 aの底面部5 1から各ガス供給部4 aの下端部を貫通させ、これらガス供給部4 aによってシャワーヘッド5 aを支持する構造となっている。詳細には、各ガス供給部4 aの下端部には、円板状に広がるヘッド部4 3が設けられており、このヘッド部4 3にてシャワーヘッド5 aの底面部5 1を下方側から支持する。一方、各ガス供給部4 aの上端側は、雄ネジ部4 4となっていて、シャワーヘッド5 aを支持した各ガス供給部4 aをガス供給路3 1 2に沿って形成された雌ネジ部に嵌合させることにより、天板部材3 1にシャワーヘッド5 aが固定される。

図5に示すように9個のガス供給部4が配置されているとき、シャワーヘッド5 aは、直径が1 1 6 mm(半径5 8 mm)、天板部材3 1の平坦な領域の下面から底面部5 1の上面までの高さ方向の距離が4 mm、ガス供給部4の体積を除いたシャワーヘッド5内の容積が3 7 c m³となっている。

【0059】

後述の実施例に示すように、底面部5 1の直径が異なるシャワーヘッド5、5 aを比較すると、直径の大きなシャワーヘッド5を用いた方が均一な膜厚を有する膜を成膜できる。一方で小さなシャワーヘッド5 aは置換性が高く、成膜処理に要する時間を短縮できる。このため、シャワーヘッド5のサイズは、成膜される膜の面内均一性に関する品質要求と、成膜処理の時間とを勘案して総合的に決定される。

【0060】

また底面部5 1は平板である場合に限定されず、図1 1に示すように球面の一部を下に凸となるように配置してシャワーヘッド5 bを構成してもよいし、図1 2に示すようにウエハWから見て凹部が形成されたシャワーヘッド5 cを用いて容積を小さくしてもよい。

【0061】

この他、ガス供給部4のヘッド部4 1に設けられたガス吐出口4 2の構成は、図4に例示したものに限られない。例えばヘッド部4 1の側面の周方向に伸びる1本のスリットを形成してもよいし、このスリットを網目状の部材で覆った構成としてもよい。さらに、ガス供給部4にヘッド部4 1を設けることも必須の要件ではない。例えばガス供給路3 1 2から吐出されるガスが旋回流を形成しながらシャワーヘッド5内に吐出されるようにらせん状の流路などによりガス供給路3 1 2を形成してもよい。この場合にも旋回流を形成しながら吐出されたガスは、シャワーヘッド5内を横方向に広がり、流速が低下した後、ガス供給口5 1 1、5 2 1から処理空間3 1 3へと均一に供給される。

【0062】

この他、天板部材3 1の形状についても図1、図2等に示した例に限定されるものではなく、例えば凹部の中央に平坦な領域を設けず、凹部の中心から周縁へ向け広がる傾斜面にシャワーヘッド5を設けてもよい。また、リム3 1 4が形成されていない天板部材3 1を用いてもよいことは勿論である。

【0063】

さらに本発明の成膜装置では、既述のTiN膜の成膜の他に、金属元素、例えば周期表の第3周期の元素であるAl、Si等、周期表の第4周期の元素であるTi、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Ge等、周期表の第5周期の元素であるZr、Mo、Ru、Rh、Pd、Ag等、周期表の第6周期の元素であるBa、Hf、Ta、W、Re、Ir、Pt等の元素を含む膜を成膜してもよい。ウエハW表面に吸着させる金属原料としては、これらの金属元素の有機金属化合物や無機金属化合物などを反応ガス(原料ガス)として用いる場合が挙げられる。金属原料の具体例としては、上述のTiCl₄の他に、BTBAS((ビスターシャルブチルアミノ)シラン)、DCS(ジクロロシラン)、HCD(ヘキサジクロロシラン)、TMA(トリメチルアルミニウム)、3DMAS(トリスジメチルアミノシラン)などが挙げられる。

【0064】

また、ウエハWの表面に吸着した原料ガスを反応させて、所望の膜を得る反応には、例えば O_2 、 O_3 、 H_2O 等を利用した酸化反応、 H_2 、 $HCOOH$ 、 CH_3COOH 等の有機酸、 CH_3OH 、 C_2H_5OH 等のアルコール類等を利用した還元反応、 CH_4 、 C_2H_6 、 C_2H_4 、 C_2H_2 等を利用した炭化反応、 NH_3 、 NH_2NH_2 、 N_2 等を利用した窒化反応等の各種反応を利用してもよい。

【0065】

更に、反応ガスとして、3種類の反応ガスや4種類の反応ガスを用いてもよい。例えば3種類の反応ガスを用いる場合の例としては、チタン酸ストロンチウム($SrTiO_3$)を成膜する場合があり、例えばSr原料である $Sr(THD)_2$ (ストロンチウムビステトラメチルヘプタンジオナト)と、Ti原料である $Ti(OiPr)_2(THD)_2$ (チタニウムビスイソプロポキシジビステトラメチルヘプタンジオナト)と、これらの酸化ガスであるオゾンガスが用いられる。この場合には、Sr原料ガス 置換用のガス 酸化ガス 置換用のガス Ti原料ガス 置換用のガス 酸化ガス 置換用のガスの順でガスが切り替えられる。また、成膜処理を行う基板として円形のウエハWについて説明したが、例えば矩形のガラス基板(LCD用基板)に対して本発明を適用してもよい。

【実施例】

【0066】

(実験)

異なるタイプの天板部材31を用い、処理空間313内に塩化チタンガスとアンモニアガスを供給して窒化チタンの膜を成膜し、その面内均一性を測定した。

A. 実験条件

(実施例1) 図2、図5に示した構成のガス供給部4、及びシャワーヘッド5を設けた天板部材31を用いて直径300mmのウエハWに対して窒化チタンの膜を成膜した。シャワーヘッド5の構成を再記すると、直径が166mm(半径83mm)、天板部材31の平坦な領域の下面から底面部51の上面までの高さ方向の距離が8.5mm、ガス供給部4の体積を除いたシャワーヘッド5内の容積は146.5 cm^3 である。塩化チタンガスは50sccmで0.05秒間、アンモニアガスは2700sccmで0.3秒間、窒素ガスは置換操作毎に6L流した。

そして、成膜された膜の膜厚を分光エリプソメトリー式の膜厚計により測定し、下記(1)式により面内均一性(M-m値)を計算した。

$$(M-m値) = \{ (最大膜厚(M値) - 最小膜厚(m値)) / (2 \times 平均膜厚) \} \times 100 (\%) \dots (1)$$

(実施例2) 実施例1に記載のシャワーヘッド5に替えて、図10に示した小型のシャワーヘッド5aを用いて直径300mmのウエハWに対して窒化チタンの膜を成膜し、実施例1と同様の手法により面内均一性を計算した。シャワーヘッド5aの構成を再記すると、直径が116mm(半径58mm)、天板部材31の平坦な領域の下面から底面部51の上面までの高さ方向の距離が4mm、ガス供給部4の体積を除いたシャワーヘッド5内の容積は37 cm^3 である。

(比較例1) 図13に示すように、下面側の中央部に向けて開口する1本のガス供給路312を備えた天板部材31を用いて直径300mmのウエハWに対して成膜し、実施例1と同様の手法により面内均一性を計算した。

【0067】

B. 実験結果

実施例1、2及び比較例1にて成膜された膜の膜厚の変位を各々図14～図16に各々示す。各図の横軸は、ウエハWの直径方向の位置であり、縦軸は、M-m値に対する膜厚の相対的な変化を示している。

【0068】

図14、図15に示した結果によれば、大型のシャワーヘッド5を用いた実施例1ではM-m値が1.8%となる一方、小型のシャワーヘッド5aを用いた実施例2ではM-m値が3.8%となり、いずれも5%以内の高い面内均一性が達成された。また、実施例1

と実施例 2 とを比較すると、ガス供給部 4 の設置数、配置状態が同じであっても、直径が小さいシャワーヘッド 5 a を用いた実施例 2 よりも、直径の大きなシャワーヘッド 5 を用いた実施例 1 の方が面内均一性の高い膜を成膜できた。

【 0 0 6 9 】

一方、天板部材 3 1 の中央部に設けられた開口からガスを供給した比較例 1 では、図 1 6 に示すようにガスが供給される開口部の下方位置の膜厚が最も厚く、ウエハ W の外周側へ向かうに従って、膜厚が急激に薄くなる山状の膜厚分布が確認された。そして、比較例 1 の M - m 値は、11 % であり、要求値 (5 %) の 2 倍以上になった。これは、反応ガスが高速でウエハ W に到達する領域と、その外側の領域との間で原料ガスの吸着量が変化してしまったためであると考えられる。

10

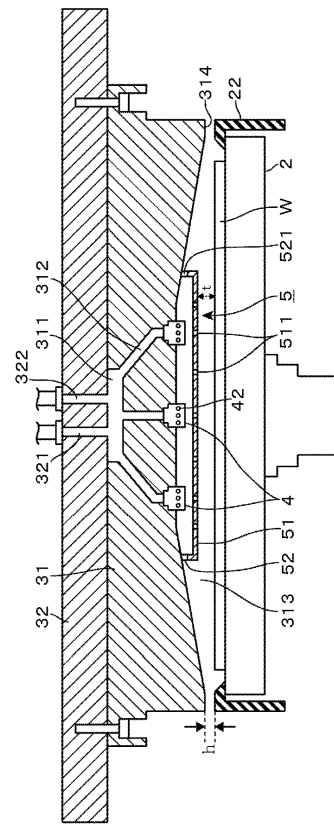
【 符号の説明 】

【 0 0 7 0 】

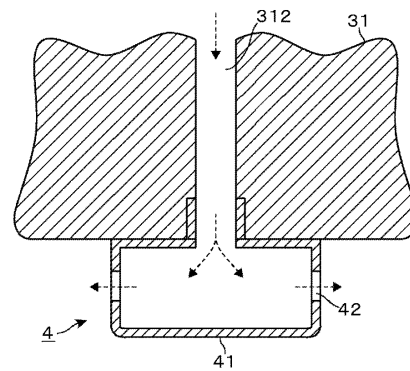
W	ウエハ
1	処理容器
2	載置台
3 1	天板部材
3 1 3	処理空間
4	ガス供給部
4 1	ヘッド部
4 2	ガス吐出口
5、5 a ~ 5 c	シャワーヘッド
5 1	底面部
5 1 1	ガス供給口
5 2	側壁部
5 2 1	ガス供給口
7	制御部

20

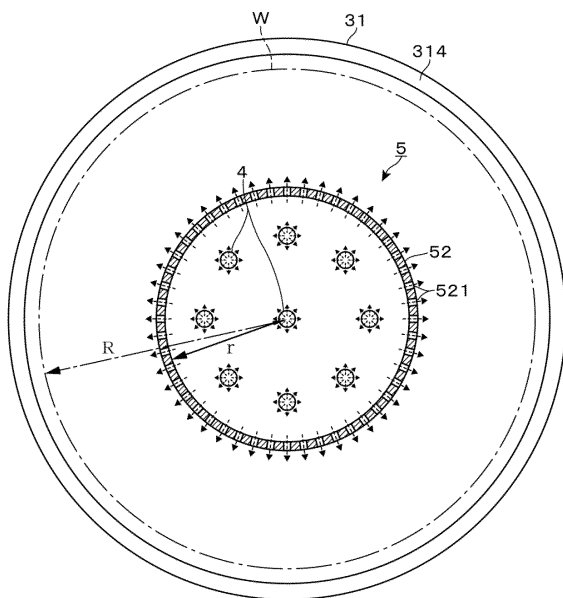
【 図 2 】



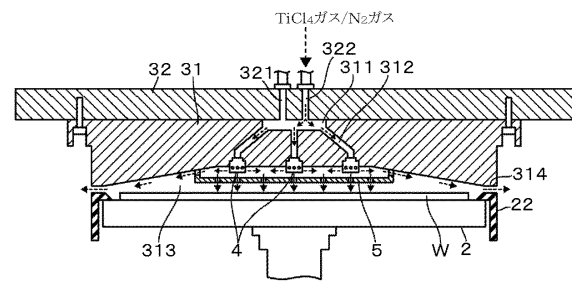
【 図 4 】



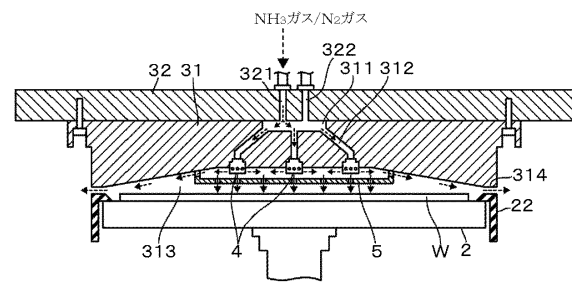
【図 5】



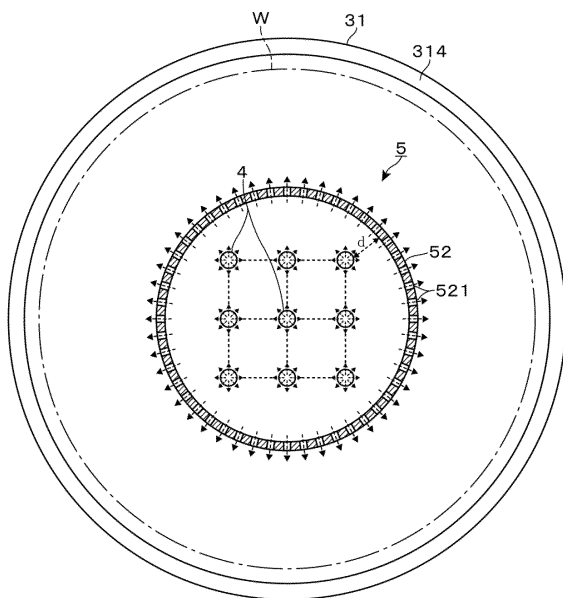
【図 6】



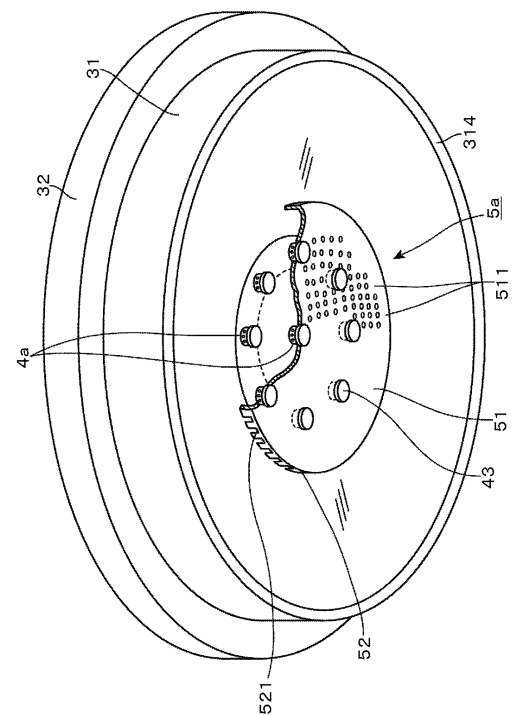
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-113268(JP,A)
特開2009-224775(JP,A)
特開平07-172985(JP,A)
米国特許出願公開第2003/0019428(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C23C 16/00 - 16/56
H01L 21/285