

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6749275号
(P6749275)

(45) 発行日 令和2年9月2日 (2020.9.2)

(24) 登録日 令和2年8月13日 (2020.8.13)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/3065 (2006.01)
G O 3 F 1/80 (2012.01)H O 1 L 21/302 1 O 5 B
G O 3 F 1/80

請求項の数 8 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2017-71129 (P2017-71129)
 (22) 出願日 平成29年3月31日 (2017.3.31)
 (65) 公開番号 特開2018-174216 (P2018-174216A)
 (43) 公開日 平成30年11月8日 (2018.11.8)
 審査請求日 令和1年9月26日 (2019.9.26)

(73) 特許権者 000002428
 芝浦メカトロニクス株式会社
 神奈川県横浜市栄区笠間2丁目5番1号
 (74) 代理人 100108062
 弁理士 日向寺 雅彦
 (74) 代理人 100168332
 弁理士 小崎 純一
 (74) 代理人 100146592
 弁理士 市川 浩
 (72) 発明者 飯野 由規
 神奈川県横浜市栄区笠間二丁目5番1号
 芝浦メカトロニクス株式会社内
 (72) 発明者 宮本 高志
 神奈川県横浜市栄区笠間二丁目5番1号
 芝浦メカトロニクス株式会社内
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アウターマスク、プラズマ処理装置、およびフォトマスクの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

処理物をエッチングしてフォトマスクを製造する際に用いられるアウターマスクであって、

板状を呈し、中央領域に開口を有する基部と、

枠状を呈し、前記基部の一方の面の周縁に沿って、前記基部の厚み方向に突出して設けられた枠部と、

を有し、

前記枠部は、前記処理物のパターン部が設けられる面の四隅において、前記面と接触する面を有するアウターマスク。

【請求項 2】

前記パターン部が設けられる面の周縁には面取り部が設けられ、

前記枠部は、前記面取り部にさらに接触可能となっている請求項 1 記載のアウターマスク。

【請求項 3】

前記基部の厚みは、1 mm 以上である請求項 1 または 2 に記載のアウターマスク。

【請求項 4】

前記枠部が前記面と接触した際に、前記基部の前記処理物側の面と、前記処理物との間の距離が 1 mm 以上となる請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載のアウターマスク。

【請求項 5】

処理物を収納する収納部と、
請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載のアウトーマスクを収納するアウトーマスク収納部と、

前記収納部から取り出された前記処理物の上に、前記アウトーマスク収納部から取り出された前記アウトーマスクを載置する移載部と、

前記アウトーマスクが載置された処理物に対してプラズマ処理を施す処理部と、
を備えたプラズマ処理装置。

【請求項 6】

処理物をエッチングしてフォトマスクを製造する方法であって、

前記処理物の上に、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載のアウトーマスクを載置する工程と、

前記アウトーマスクが載置された前記処理物に対してプラズマ処理を施す工程と、
を備えたフォトマスクの製造方法。

【請求項 7】

前記プラズマ処理を施す工程において、前記処理物の表面にある残渣を除去する請求項 6 記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項 8】

前記プラズマ処理を施す工程において、前記処理物の表面にあるクロムを含む層を除去する請求項 6 記載のフォトマスクの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、アウトーマスク、プラズマ処理装置、およびフォトマスクの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体装置などの微細構造体は、フォトリソグラフィ法を用いて製造される。フォトリソグラフィ法においては、フォトマスクを用いた露光が行われる。近年においては、バイナリーマスクに代えて、露光時の解像度や焦点深度を改善することで転写特性を向上させた位相シフトマスクや、極端紫外線(EUV: Extreme Ultra Violet)を用いて微細なパターンの転写を行うEUVリソグラフィ法に用いられる反射型マスクなども提案されている。

【0003】

位相シフトマスクや反射型マスクの製造においてもフォトリソグラフィ法が用いられる。例えば、位相シフトマスクの製造においては、石英からなる基部の上にモリブデンシリコン(MoS₂)を含む層を形成し、モリブデンシリコンを含む層の上にクロム(Cr)を含む層を形成し、クロムを含む層の上にフォトレジストを塗布し、フォトリソグラフィ法などを用いてパターンニングを行うことでレジストマスクを形成し、レジストマスクをエッチングマスクとしてドライエッチングを行うことでクロムを含む層とモリブデンシリコンを含む層に所望のパターンを形成し、その後、再度レジストマスクの形成とドライエッチングを行うことで、モリブデンシリコンを含むパターンの上にあるクロムを含む層を除去するようにしている。

【0004】

ところが、クロムを含む層を除去する際に、モリブデンシリコンを含むパターンの上にクロムを含む残渣が生じる場合がある。クロムを含む残渣があると透過率などの光学特性が変動して位相シフトマスクの機能が低下するため、クロムを含む残渣を除去する必要がある。そのため、クロムを含む残渣が生じた場合には、フォトレジストを再度塗布し、フォトリソグラフィ法などを用いてパターンニングを行うことでレジストマスクを再度形成し、レジストマスクをエッチングマスクとして再度ドライエッチングを行うことでクロムを含む残渣を除去する様にしている。

【 0 0 0 5 】

この様にすれば、クロムを含む残渣を除去することができる。しかしながら、フォトレジストの再度の塗布やパターニングには時間を要し、生産性が低下する要因となっていた。

ここで、プラズマ処理装置の処理容器の内部に処理物と対峙するシャッタを設け、シャッタの開口の大きさを変化させることで、所望の領域における層を除去する技術が提案されている（例えば、特許文献 1 を参照）。

クロムを含む残渣を除去する際にこの技術を用いれば、フォトレジストの再度の塗布やパターニングを行う必要がなくなる。

【 0 0 0 6 】

10

ところが、単に、処理物と対峙するシャッタとすれば、シャッタの開口を介して供給されたラジカル（中性活性種）がモリブデンシリコンを含むパターンの外側にあるクロムを含む層の表面に到達したり、シャッタの側方を回り込んだラジカルがモリブデンシリコンを含むパターンの外側にあるクロムを含む層の表面に到達したりするおそれがある。ラジカルがクロムを含む層の表面に到達すると、クロムを含む層がエッチングされて位相シフトマスクの機能が低下するおそれがある。

そこで、フォトマスクの機能の低下を抑制することができ、且つ、生産性を向上させることができる技術の開発が望まれていた。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

20

【 0 0 0 7 】

【 特許文献 1 】 特許第 5 6 9 6 4 1 8 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 8 】

本発明が解決しようとする課題は、フォトマスクの機能の低下を抑制することができ、且つ、生産性を向上させることができるアウターマスク、プラズマ処理装置、およびフォトマスクの製造方法を提供することである。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 9 】

30

実施形態に係るアウターマスクは、処理物をエッチングしてフォトマスクを製造する際に用いられるアウターマスクである。アウターマスクは、板状を呈し、中央領域に開口を有する基部と、杵状を呈し、前記基部の一方の面の周縁に沿って、前記基部の厚み方向に突出して設けられた杵部と、を有し、前記杵部は、前記処理物のパターン部が設けられる面の四隅において、前記面と接触可能となっている。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 0 】

本発明の実施形態によれば、フォトマスクの機能の低下を抑制することができ、且つ、生産性を向上させることができるアウターマスク、プラズマ処理装置、およびフォトマスクの製造方法が提供される。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 1 】

【 図 1 】 プラズマ処理装置 1 を例示するためのレイアウト図である。

【 図 2 】 処理部 5 0 の一例を例示するための模式断面図である。

【 図 3 】 (a) は、処理物 2 0 0 の上に載置されたアウターマスク 1 0 0 を例示するための模式斜視図である。(b) は、アウターマスク 1 0 0 と、処理物 2 0 0 のパターン部 2 0 2 との位置関係を例示するための模式断面図である。(c) は、(a) における A 部の模式断面図である。(d) は、(a) における B 部の模式拡大図である。(e) は、(a) における C 部の模式拡大図である。(f) は、(a) を下面側（処理物 2 0 0 に載置する側）から見た模式断面図である。

50

【図４】他の実施形態にかかるアウターマスク１００を例示するための模式断面図である。

【図５】（ａ）～（ｋ）は、比較例に係る位相シフトマスクの製造方法を例示するための模式工程断面図である。

【図６】（ａ）、（ｂ）は、本実施の形態に係る位相シフトマスクの製造方法を例示するための模式工程断面図である。

【発明を実施するための形態】

【００１２】

以下、図面を参照しつつ、実施の形態について例示をする。なお、各図面中、同様の構成要素には同一の符号を付して詳細な説明は適宜省略する。

10

【００１３】

（プラズマ処理装置１）

まず、本発明の実施形態に係るプラズマ処理装置１について説明する。

図１は、プラズマ処理装置１を例示するためのレイアウト図である。

図１に示すように、プラズマ処理装置１には、集積部１０、搬送部２０、ロードロック部３０、受け渡し部４０、処理部５０、および制御部６０が設けられている。

【００１４】

プラズマ処理装置１によりプラズマエッチング処理が施される処理物２００の平面形状は、例えば、四角形である。また、プラズマ処理装置１は、処理物２００にプラズマエッチング処理を施すことで位相シフトマスクや反射型マスクを製造する装置とすることができる。なお、処理物２００に関する詳細は後述する。

20

【００１５】

集積部１０には、収納部１１、スタンド１２、および開閉扉１３が設けられている。

収納部１１は、処理物２００を収納する。

収納部１１の数には、特に限定はないが、複数の収納部１１を設ける様にすれば、生産性を向上させることができる。収納部１１は、例えば、処理物２００を積層状（多段状）に収納可能なキャリアなどとすることができる。例えば、収納部１１は、ミニエンバイロメント方式の半導体工場で使われている基板の搬送と保管を目的とした正面開口式キャリアであるＦＯＵＰ（Front-Opening Unified Pod）などとすることができる。

ただし、収納部１１は、ＦＯＵＰなどに限定されるわけではなく、処理物２００を収納することができるものであればよい。

30

【００１６】

スタンド１２は、床面または筐体２１の側面に設けられている。スタンド１２の上面上は、収納部１１が載置される。スタンド１２は、載置された収納部１１を保持する。

【００１７】

開閉扉１３は、収納部１１の開口部と、搬送部２０の筐体２１の開口部との間に設けられている。開閉扉１３は、収納部１１の開口部を開閉する。例えば、図示しない駆動部により開閉扉１３を上昇させることで、収納部１１の開口部を閉鎖する。また、図示しない駆動部により開閉扉１３を下降させることで、収納部１１の開口部を開放する。

【００１８】

搬送部２０は、集積部１０と、ロードロック部３０との間に設けられている。

搬送部２０は、プラズマ処理を施す際の圧力よりも高い圧力（例えば、大気圧）の環境において、処理物２００およびアウターマスク１００を搬送する。

40

搬送部２０には、筐体２１、移載部２２、アウターマスク収納部２３、および載置部２４が設けられている。

筐体２１は、箱状を呈し、その内部には移載部２２、アウターマスク収納部２３、および載置部２４が設けられている。筐体２１は、例えば、外部からパーティクルなどが侵入できない程度の気密構造を有するものとすることができる。筐体２１の内部の雰囲気は、例えば、大気圧となっている。

【００１９】

50

移載部 2 2 は、集積部 1 0 とロードロック部 3 0 との間における処理物 2 0 0 の搬送と受け渡しを行う。移載部 2 2 は、旋回軸を中心として回転するアーム 2 2 a を有する搬送ロボットとすることができる。移載部 2 2 は、例えば、タイミングベルトとリンクなどを組み合わせた機構を有する。アーム 2 2 a は、関節を有する。アーム 2 2 a の先端には、処理物 2 0 0 またはアウターマスク 1 0 0 を保持する保持部が設けられている。

【 0 0 2 0 】

アウターマスク収納部 2 3 は、アウターマスク 1 0 0 を収納する。アウターマスク収納部 2 3 に収納されるアウターマスク 1 0 0 の数は、1 つ以上とすることができる。複数のアウターマスク 1 0 0 を収納する場合には、アウターマスク 1 0 0 を載置する複数の棚を積層状（多段状）に設けることができる。なお、アウターマスク収納部 2 3 には同じアウターマスク 1 0 0 が複数収納されるようにしてもよいし、後述する開口寸法や外径寸法が異なる複数種類のアウターマスク 1 0 0 が収納されるようにしてもよい。

10

【 0 0 2 1 】

載置部 2 4 は、処理物 2 0 0 を支持する。処理物 2 0 0 を処理する際には、移載部 2 2 は、収納部 1 1 から処理物 2 0 0 を取り出し載置部 2 4 の上に載置する。次に、移載部 2 2 は、アウターマスク収納部 2 3 からアウターマスク 1 0 0 を取り出し載置部 2 4 に支持された処理物 2 0 0 の上にアウターマスク 1 0 0 を載置する。処理済みの処理物 2 0 0 を収納部 1 1 に収納する際には、移載部 2 2 は、アウターマスク 1 0 0 が載置された処理物 2 0 0 をロードロック部 3 0 の載置部 3 3 から取り出し載置部 2 4 の上に載置する。次に、移載部 2 2 は、アウターマスク 1 0 0 を上方に持ち上げて処理物 2 0 0 からアウターマスク 1 0 0 を取り外し、アウターマスク 1 0 0 をアウターマスク収納部 2 3 に収納する。次に、移載部 2 2 は、載置部 2 4 から処理物 2 0 0 を取り出し、処理物 2 0 0 を収納部 1 1 に収納する。

20

なお、アウターマスク 1 0 0 に関する詳細は後述する。

【 0 0 2 2 】

ロードロック部 3 0 は、搬送部 2 0 と受け渡し部 4 0 との間に設けられている。

ロードロック部 3 0 は、例えば、雰囲気が大気圧の筐体 2 1 と、雰囲気がプラズマ処理を施す際の圧力の筐体 4 1 との間で、アウターマスク 1 0 0 が載置された処理物 2 0 0 の受け渡しができるようにする。

【 0 0 2 3 】

30

ロードロック部 3 0 には、ロードロック室 3 1、開閉扉 3 2、載置部 3 3、および圧力制御部 3 4 が設けられている。

ロードロック室 3 1 は、箱状を呈し、大気圧よりも減圧された雰囲気を維持できるようになっている。

開閉扉 3 2 は、ロードロック室 3 1 の筐体 2 1 側、および筐体 4 1 側にそれぞれ設けられている。また、図示しない駆動部により開閉扉 3 2 を移動させることで、ロードロック室 3 1 の開口部を開閉できるようになっている。

【 0 0 2 4 】

また、平面視において、筐体 4 1 側の開閉扉 3 2 の位置は、筐体 2 1 側の開閉扉 3 2 の位置とずれていてもよい。この場合、筐体 4 1 側の開閉扉 3 2 の中心は、筐体 2 1 側の開閉扉 3 2 の中心よりも、移載部 4 2 の中心側に寄っているようにすることができる。この様にすれば、移載部 4 2 とロードロック室 3 1 の間においてアウターマスク 1 0 0 が載置された処理物 2 0 0 を受け渡しする際に、移載部 4 2 がロードロック室 3 1 の内部に容易に侵入することができる。

40

【 0 0 2 5 】

載置部 3 3 は、ロードロック室 3 1 の内部に設けられている。載置部 3 3 は、アウターマスク 1 0 0 が載置された処理物 2 0 0 を水平となるように支持する。

圧力制御部 3 4 は、減圧部とガス供給部を有する。

減圧部は、ロードロック室 3 1 の内部にある気体を排気して、ロードロック室 3 1 の内部の雰囲気を大気圧よりも低い所定の圧力まで減圧する。例えば、圧力制御部 3 4 は、口

50

ードロック室 3 1 の内部の雰囲気圧力が、筐体 4 1 の内部の雰囲気圧力（プラズマ処理を施す際の圧力）とほぼ同等となるようにする。

【 0 0 2 6 】

ガス供給部は、ロードロック室 3 1 の内部に気体を供給して、ロードロック室 3 1 の内部の雰囲気圧力が、筐体 2 1 の内部の雰囲気圧力とほぼ同等となるようにする。ガス供給部は、例えば、ロードロック室 3 1 の内部に気体を供給して、ロードロック室 3 1 の内部の雰囲気を大気圧よりも低い圧力から、大気圧に戻す。

【 0 0 2 7 】

この様にロードロック室 3 1 の内部の雰囲気圧力を変化させることで、雰囲気圧力が異なる筐体 2 1 と筐体 4 1 との間においてアウターマスク 1 0 0 が載置された処理物 2 0 0 の受け渡しを行うことができる。

10

【 0 0 2 8 】

減圧部は、例えば、真空ポンプなどとすることができる。ガス供給部は、例えば、加圧された窒素ガスや不活性ガスなどが収納されたボンベなどとすることができる。

【 0 0 2 9 】

受け渡し部 4 0 は、処理部 5 0 とロードロック部 3 0 との間におけるアウターマスク 1 0 0 が載置された処理物 2 0 0 の受け渡しを行う。

受け渡し部 4 0 には、筐体 4 1、移載部 4 2、および減圧部 4 3 が設けられている。

筐体 4 1 は、箱状を呈し、その内部が開閉扉 3 2 を介してロードロック室 3 1 の内部と繋がっている。筐体 4 1 は、大気圧よりも減圧された雰囲気を維持できるようになっている。

20

【 0 0 3 0 】

移載部 4 2 は、筐体 4 1 の内部に設けられている。移載部 4 2 には、関節を有するアームが設けられている。アームの先端には、アウターマスク 1 0 0 が載置された処理物 2 0 0 を保持する保持部が設けられている。移載部 4 2 は、保持部によりアウターマスク 1 0 0 が載置された処理物 2 0 0 を保持し、アームの方向を変え、アームを屈曲させるようにして伸縮させることで、ロードロック室 3 1 と処理容器 5 1 との間におけるアウターマスク 1 0 0 が載置された処理物 2 0 0 の受け渡しを行う。

【 0 0 3 1 】

減圧部 4 3 は、筐体 4 1 の内部の雰囲気を大気圧よりも低い所定の圧力まで減圧する。例えば、減圧部 4 3 は、筐体 4 1 の内部の雰囲気圧力が、処理容器 5 1 においてプラズマ処理を施す際の圧力とほぼ同等となるようにする。減圧部 4 3 は、例えば、真空ポンプなどとすることができる。

30

【 0 0 3 2 】

処理部 5 0 は、処理容器 5 1 の内部において、アウターマスク 1 0 0 が載置された処理物 2 0 0 に対してプラズマ処理を施す。

処理部 5 0 は、例えば、プラズマエッチング装置とすることができる。

この場合、プラズマの発生方法には特に限定はなく、例えば、高周波やマイクロ波などを用いてプラズマを発生させるものとすることができる。また、処理部 5 0 の数にも特に限定はない。

40

【 0 0 3 3 】

図 2 は、処理部 5 0 の一例を例示するための模式断面図である。

図 2 に示すように、処理部 5 0 には、処理容器 5 1、載置部 5 2、電源部 5 3、電源部 5 4、減圧部 5 5、およびガス供給部 5 6 が設けられている。

【 0 0 3 4 】

処理容器 5 1 は、大気圧よりも減圧された雰囲気を維持可能な気密構造となっている。

処理容器 5 1 は、本体部 5 1 a および窓部 5 1 b を有する。

本体部 5 1 a は、略円筒形状を呈している。本体部 5 1 a は、例えば、アルミニウム合金などの金属から形成することができる。また、本体部 5 1 a は、接地されている。

本体部 5 1 a の内部には、アウターマスク 1 0 0 が載置された処理物 2 0 0 をプラズマ

50

エッチング処理するための空間であるプラズマ処理空間 5 1 c が設けられている。

本体部 5 1 a には、アウターマスク 1 0 0 が載置された処理物 2 0 0 を搬入搬出するための搬入搬出口 5 1 d が設けられている。

搬入搬出口 5 1 d は、ゲートバルブ 5 1 e により気密に閉鎖できるようになっている。

【 0 0 3 5 】

窓部 5 1 b は、板状を呈し、本体部 5 1 a の天板に設けられている。窓部 5 1 b は、電磁場を透過させることができ、且つ、プラズマエッチング処理を行った際にエッチングされにくい材料から形成されている。窓部 5 1 b は、例えば、石英などの誘電体材料から形成することができる。

【 0 0 3 6 】

載置部 5 2 は、処理容器 5 1 の内部であって、処理容器 5 1 (本体部 5 1 a) の底面の上に設けられている。

載置部 5 2 は、電極 5 2 a、台座 5 2 b、および絶縁リング 5 2 c を有する。

電極 5 2 a は、プラズマ処理空間 5 1 c の下方に設けられている。電極 5 2 a の上面はアウターマスク 1 0 0 が載置された処理物 2 0 0 を載置するための載置面となっている。電極 5 2 a は、金属などの導電性材料から形成することができる。

【 0 0 3 7 】

台座 5 2 b は、電極 5 2 a と、本体部 5 1 a の底面の間に設けられている。台座 5 2 b は、電極 5 2 a と、本体部 5 1 a の間を絶縁するために設けられている。台座 5 2 b は、例えば、石英などの誘電体材料から形成することができる。

【 0 0 3 8 】

絶縁リング 5 2 c は、リング状を呈し、電極 5 2 a の側面、および台座 5 2 b の側面を覆うように設けられている。絶縁リング 5 2 c は、例えば、石英などの誘電体材料から形成することができる。

【 0 0 3 9 】

電源部 5 3 は、電源 5 3 a および整合器 5 3 b を有する。

電源部 5 3 は、いわゆるバイアス制御用の高周波電源である。すなわち、電源部 5 3 は、載置部 5 2 上の、アウターマスク 1 0 0 が載置された処理物 2 0 0 に引き込むイオンのエネルギーを制御するために設けられている。電極 5 2 a と電源 5 3 a は、整合器 5 3 b を介して電氣的に接続されている。

【 0 0 4 0 】

電源 5 3 a は、イオンを引き込むために適した比較的低い周波数 (例えば、1 3 . 5 6 M H z 以下の周波数) を有する高周波電力を電極 5 2 a に印加する。

整合器 5 3 b は、電極 5 2 a と電源 5 3 a の間に設けられている。整合器 5 3 b は、電源 5 3 a 側のインピーダンスと、プラズマ P 側のインピーダンスとの間で整合をとるための整合回路などを備えている。

【 0 0 4 1 】

電源部 5 4 は、電極 5 4 a、電源 5 4 b、および整合器 5 4 c を有する。

電源部 5 4 は、プラズマ P を発生させるための高周波電源である。すなわち、電源部 5 4 は、プラズマ処理空間 5 1 c において高周波放電を生じさせてプラズマ P を発生させるために設けられている。

本実施の形態においては、電源部 5 4 が、処理容器 5 1 の内部にプラズマ P を発生させるプラズマ発生部となる。

電極 5 4 a、電源 5 4 b、および整合器 5 4 c は、配線により電氣的に接続されている。

【 0 0 4 2 】

電極 5 4 a は、処理容器 5 1 の外部であって、窓部 5 1 b の上に設けられている。

電極 5 4 a は、電磁場を発生させる複数の導体部と複数の容量部 (コンデンサ) とを有したものとすることができる。

【 0 0 4 3 】

10

20

30

40

50

電源 5 4 b は、1 0 0 K H z ~ 1 0 0 M H z 程度の周波数を有する高周波電力を電極 5 4 a に印加する。この場合、電源 5 4 b は、プラズマ P の発生に適した比較的高い周波数（例えば、1 3 . 5 6 M H z の周波数）を有する高周波電力を電極 5 4 a に印加する。

また、電源 5 4 b は、出力する高周波電力の周波数を変化させるものとすることもできる。

【 0 0 4 4 】

整合器 5 4 c は、電極 5 4 a と電源 5 4 b の間に設けられている。整合器 5 4 c は、電源 5 4 b 側のインピーダンスと、プラズマ P 側のインピーダンスとの間で整合をとるための整合回路などを備えている。

【 0 0 4 5 】

プラズマ処理装置 1 は、上部に誘導結合型電極を有し、下部に容量結合型電極を有する二周波プラズマエッチング装置である。

ただし、プラズマの発生方法は例示をしたものに限定されるわけではない。

プラズマ処理装置 1 は、例えば、誘導結合型プラズマ（I C P : Inductively Coupled Plasma）を用いたプラズマ処理装置や、容量結合プラズマ（C C P : Capacitively Coupled Plasma）を用いたプラズマ処理装置などであってもよい。

【 0 0 4 6 】

減圧部 5 5 は、ポンプ 5 5 a および圧力制御部 5 5 b を有する。

減圧部 5 5 は、処理容器 5 1 の内部が所定の圧力となるように減圧する。ポンプ 5 5 a は、例えば、ターボ分子ポンプ（T M P : Turbo Molecular Pump）などとすることができる。ポンプ 5 5 a と圧力制御部 5 5 b は、配管を介して接続されている。

【 0 0 4 7 】

圧力制御部 5 5 b は、処理容器 5 1 の内圧を検出する図示しない真空計などの出力に基づいて、処理容器 5 1 の内圧が所定の圧力となるように制御する。

圧力制御部 5 5 b は、例えば、A P C（Auto Pressure Controller）などとすることができる。圧力制御部 5 5 b は、配管を介して、本体部 5 1 a に設けられた排気口 5 1 f に接続されている。

【 0 0 4 8 】

ガス供給部 5 6 は、処理容器 5 1 の内部のプラズマ処理空間 5 1 c にガス G を供給する。

ガス供給部 5 6 は、ガス収納部 5 6 a、ガス制御部 5 6 b、および開閉弁 5 6 c を有する。

ガス収納部 5 6 a は、ガス G を収納し、収納したガス G を処理容器 5 1 の内部に供給する。ガス収納部 5 6 a は、例えば、ガス G を収納した高圧ボンベなどとすることができる。ガス収納部 5 6 a とガス制御部 5 6 b は、配管を介して接続されている。

【 0 0 4 9 】

ガス制御部 5 6 b は、ガス収納部 5 6 a から処理容器 5 1 の内部にガス G を供給する際に流量や圧力などを制御する。ガス制御部 5 6 b は、例えば、M F C（Mass Flow Controller）などとすることができる。ガス制御部 5 6 b と開閉弁 5 6 c は、配管を介して接続されている。

【 0 0 5 0 】

開閉弁 5 6 c は、配管を介して、処理容器 5 1 に設けられたガス供給口 5 1 g に接続されている。開閉弁 5 6 c は、ガス G の供給と停止を制御する。開閉弁 5 6 c は、例えば、2 ポート電磁弁などとすることができる。なお、開閉弁 5 6 c の機能をガス制御部 5 6 b に持たせることもできる。

【 0 0 5 1 】

ガス G は、プラズマ P により励起、活性化された際に、処理物 2 0 0 をエッチングすることができるラジカルが生成されるものとすることができる。ガス G は、例えば、フッ素原子を含むガスとすることができる。ガス G は、例えば、 CHF_3 、 CF_4 、 C_4F_8 などとすることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 2 】

制御部 6 0 は、C P U (Central Processing Unit) などの演算部と、メモリなどの記憶部とを備えている。

制御部 6 0 は、記憶部に格納されている制御プログラムに基づいて、プラズマ処理装置 1 に設けられた各要素の動作を制御する。なお、各要素の動作を制御する制御プログラムには既知の技術を適用することができるので、詳細な説明は省略する。

【 0 0 5 3 】

ここで、後述するように、位相シフトマスクの製造においては、エッチングによりパターンを形成した処理物 2 0 0 の表面に残渣が生じる場合がある。例えば、図 5 (g) のように、エッチングによりパターン部 2 0 2 が設けられた領域に残渣 2 0 5 a が生じる場合がある。この場合、プラズマ処理装置 1 においては、以下の様にして残渣 2 0 5 a を除去することができる。

10

まず、移載部 2 2 は、収納部 1 1 から残渣 2 0 5 a を有する処理物 2 0 0 を取り出し載置部 2 4 の上に載置する。次に、移載部 2 2 は、アウターマスク収納部 2 3 からアウターマスク 1 0 0 を取り出し、載置部 2 4 に支持された処理物 2 0 0 の上にアウターマスク 1 0 0 を載置する。

【 0 0 5 4 】

次に、移載部 2 2 は、アウターマスク 1 0 0 が載置された処理物 2 0 0 を載置部 2 4 からロードロック部 3 0 の載置部 3 3 に移載する。

次に、移載部 4 2 は、アウターマスク 1 0 0 が載置された処理物 2 0 0 を載置部 3 3 から処理容器 5 1 の内部の載置部 5 2 の上に移載する。

20

次に、電源部 5 4 は、プラズマ処理空間 5 1 c において高周波放電を生じさせてプラズマ P を発生させる。また、ガス供給部 5 6 は、処理容器 5 1 の内部のプラズマ処理空間 5 1 c にガス G を供給する。

プラズマ P により、ガス G が励起、活性化されてラジカル、イオン、電子などの反応生成物が生成される。生成された反応生成物は、アウターマスク 1 0 0 の開口 1 0 0 a 1 を介して残渣 2 0 5 a に到達し、残渣 2 0 5 a が除去される。

【 0 0 5 5 】

アウターマスク 1 0 0 が載置された状態で残渣 2 0 5 a が除去された処理物 2 0 0 は、前述した手順と逆の手順で載置部 5 2 から載置部 2 4 に移載される。そして、移載部 2 2 は、アウターマスク 1 0 0 を上方に持ち上げて処理物 2 0 0 からアウターマスク 1 0 0 を取り外し、アウターマスク 1 0 0 をアウターマスク収納部 2 3 に収納する。次に、移載部 2 2 は、載置部 2 4 から処理物 2 0 0 を取り出し、処理物 2 0 0 を収納部 1 1 に収納する。

30

なお、エッチングに関するプロセス条件には既知の技術を適用することができるので詳細な説明は省略する。

【 0 0 5 6 】

(アウターマスク 1 0 0)

次に、アウターマスク 1 0 0 についてさらに説明する。

アウターマスク 1 0 0 は、フォトマスクの製造、すなわち、処理物 2 0 0 のプラズマエッチング処理に用いる。アウターマスク 1 0 0 は、処理物 2 0 0 の周縁部においてエッチングを行わない領域を遮蔽する機能を有する部材である。

40

まず、処理物 2 0 0 について説明する。

処理物 2 0 0 は、例えば、位相シフトマスクの製造に用いられるマスクブランクや、反射型マスクの製造に用いられるマスクブランクとすることができる。

以下においては一例として、処理物 2 0 0 が位相シフトマスクの製造に用いられるマスクブランクである場合を説明する。また、後述する図 3 (b) の状態、すなわち、クロムを含む層 2 0 2 b を有するパターン部 2 0 2 と、クロムを含む層 2 0 3 b を有する遮光部 2 0 3 とが形成された状態の処理物 2 0 0 を説明する。

【 0 0 5 7 】

50

処理物 200 は、基体 201、パターン部 202、および遮光部 203 を有している（例えば、図 3（b）を参照）。

基体 201 は、板状を呈している。基体 201 の平面形状は、例えば、四角形とすることができる。基体 201 は、透光性を有し、エッチングされにくい材料から形成されている。基体 201 は、例えば、石英から形成することができる。

【0058】

パターン部 202 は、基体 201 の一方の表面に設けられている。パターン部 202 は、基体 201 の中央領域に設けられている。パターン部 202 は、基体 201 の上に設けられ、モリブデンシリコンを含む凸部 202a を複数有している。複数の凸部 202a のそれぞれの頂部にはクロムを含む層 202b が設けられている。

10

【0059】

遮光部 203 は、基体 201 の、パターン部 202 が設けられた領域の外側に設けられている。遮光部 203 は、枠状を呈し、パターン部 202 が設けられた領域を囲んでいる。なお、パターン部 202 が設けられた領域とは、パターン部 202 の最外周の領域（全てのパターン部 202 を含む領域）とする。遮光部 203 は、基体 201 の上に設けられ、モリブデンシリコンを含む凸部 203a を有する。凸部 203a の頂部にはクロムを含む層 203b が設けられている。また、平面視において、枠状の遮光部 203 の外周端 203d と、基体 201 の側面 201a との間には隙間が設けられている。すなわち、遮光部 203 は、基体 201 の周縁近傍には設けられていない。

【0060】

20

次に、アウターマスク 100 について説明する。

図 3（a）は、処理物 200 の上に載置されたアウターマスク 100 を例示するための模式斜視図である。

図 3（b）は、アウターマスク 100 と、処理物 200 のパターン部 202 との位置関係を例示するための模式断面図である。

図 3（c）は、図 3（a）における A 部の模式断面図である。なお、図 3（c）においては、パターン部 202 および遮光部 203 を省いて描いている。

図 3（d）は、図 3（a）における B 部の模式拡大図である。

図 3（e）は、図 3（a）における C 部の模式拡大図である。

図 3（f）は、図 3（a）を下面側（処理物 200 に載置する側）から見た模式断面図である。なお、図 3（f）においては、被処理物 200 を省いて描いている。

30

【0061】

図 3（a）に示すように、アウターマスク 100 には、基部 100a、枠部 100b、およびストッパ 100c が設けられている。アウターマスク 100 は、絶縁性を有し、エッチングされにくい材料から形成されている。アウターマスク 100 は、例えば、石英から形成することができる。

【0062】

基部 100a は、板状を呈している。基部 100a の平面形状は処理物 200 の平面形状と同じにすることができる。例えば、処理物 200 の平面形状が四角形の場合には、基部 100a の平面形状は四角形とすることができる。また、基部 100a は、中央領域に開口 100a1 を有する。

40

【0063】

図 3（b）に示すように、平面視において、開口 100a1 は、遮光部 203 と重なっていない。平面視において、開口 100a1 の内部にはパターン部 202 が設けられている。平面視において、開口 100a1 の周端 100a1a は、遮光部 203 の内周端 203c と、パターン部 202 の外周端 202c との間に設けられていればよい。この場合、平面視において、開口 100a1 の周端 100a1a と、遮光部 203 の内周端 203c との間の距離を長くすれば、クロムを含む層 202b をエッチングする際にクロムを含む層 203b にダメージが発生するのを抑制することが容易となる。

【0064】

50

また、遮光部 203 の頂部と、基部 100 a の下面（処理物 200 側の面）との間の距離 H を短くしすぎると、搬送時の振動による変形やエッチング時の熱変形などで、遮光部 203 と基部 100 a とが接触してクロムを含む層 203 b にダメージが発生するおそれがある。一方、距離 H を長くしすぎると、遮光部 203 の頂部と、基部 100 a の下面との間の隙間にラジカルが到達し易くなり、ラジカルと反応することでクロムを含む層 203 b にダメージが発生するおそれがある。本発明者の得た知見によれば、距離 H を 1 mm 以上、2 mm 以下とすれば、クロムを含む層 203 b にダメージが発生するのを抑制することができる。

【0065】

また、基部 100 a の厚み T を薄くしすぎると、搬送時の振動による変形、エッチング時の熱変形、アウターマスク 100 の加工時の変形などが大きくなるおそれがある。本発明者の得た知見によれば、基部 100 a の厚み T を 1 mm 以上とすれば、変形を抑制することができるので、クロムを含む層 203 b にダメージが発生するのを抑制することができる。またアウターマスク 100 の加工を容易とすることができる。

【0066】

図 3 (a) ~ 図 3 (c) に示すように、枠部 100 b は枠状を呈し、基部 100 a の下面（処理物 200 側の面）から突出している。枠部 100 b は、基部 100 a の周縁に沿って設けられている。平面視において、枠部 100 b の内周端 100 b 1 と、処理物 200 の基体 201 の側面 201 a とは重なっているか、枠部 100 b の内周端 100 b 1 と、処理物 200 の基体 201 の側面 201 a との間に僅かな隙間が設けられている。すなわち、原則的には、基体 201 の、パターン部 202 および遮光部 203 が設けられる面 201 b と、枠部 100 b の下端 100 b 2 とは接触しない。

【0067】

ただし、図 3 (e) に示すように、面 201 b の四隅の近傍においては、枠部 100 b の下端 100 b 2 が基体 201 の面 201 b と接触することができる。例えば、図 3 (e) の D 部や図 3 (f) に示すように、枠部 100 b の内周の四隅は、枠部 100 b の内周の隣り合う二辺の延長線が交わる角から内側に出張する面（R 面や傾斜面）を有しており、枠部 100 b の四隅の下端 100 b 2 は面 201 b が接触する面を有している。そのため、枠部 100 b は、処理物 200 の基体 201 の面 201 b の四隅において、面 201 b と接触可能となっている。この様にすれば、面 201 b の四隅以外は処理物 200 とアウターマスク 100 が接触しないため、基体 201 の面 201 b にダメージが発生するのを抑制することができ、且つ、処理物 200 にアウターマスク 100 を支持させることができる。この場合、枠部 100 b は、面 201 b の角から 5 mm 以内の領域において面 201 b と接触することができる。

【0068】

図 3 (a)、(b)、(d) に示すように、ストッパ 100 c は、枠部 100 b の下端 100 b 2 から突出している。ストッパ 100 c は、枠部 100 b の四つの辺のそれぞれに少なくとも 1 つ設けられている。図 3 (a) に例示をしたもの場合には、ストッパ 100 c は、枠部 100 b の四つの辺のそれぞれに 2 つ設けられている。この様なストッパ 100 c を設ければ、アウターマスク 100 が水平方向にずれるのを抑制することができる。なお、ストッパ 100 c と、基体 201 の側面 201 a との間には僅かな隙間が設けられ、隙間分の移動が許容されてもよい。

【0069】

後述するように、残渣 205 a やクロムを含む層 202 b をエッチングにより除去する際には、ラジカルなどの反応生成物がアウターマスク 100 の開口 100 a 1 を介して残渣 205 a やクロムを含む層 202 b に供給される。この際、ラジカルが遮光部 203 に設けられたクロムを含む層 203 b に到達すると、クロムを含む層 203 b がエッチングされ、クロムを含む層 203 b にダメージが発生するおそれがある。クロムを含む層 203 b にダメージが発生すると、位相シフトマスクの機能が低下するおそれがある。

【0070】

本実施の形態に係るアウターマスク 100 を使用する際は、遮光部 203 が設けられた領域が基部 100a および枠部 100b により囲まれているため、ラジカルなどの反応生成物を含むガスの流れ（気流）が側面 201a 側から面 201b に到達することを抑制することができる。また、遮光部 203 の頂部と、アウターマスク 100 の基部 100a の下面（処理物 200 側の面）との間の距離はごく短いため、ラジカルなどの反応生成物を含むガスの流れ（気流）が枠部 100b によって遮蔽される。このようにして遮光部 203 が設けられた領域に気流が発生するのを抑制することができる。そのため、ラジカルが気流によりクロムを含む層 203b の上方に呼び込まれるのを抑制することができる。その結果、クロムを含む層 203b にダメージが発生するのを抑制することができ、ひいては、位相シフトマスクの機能の低下を抑制することができる。また、後述するように、クロムを含む残渣を除去する際に、フォトレジストの再度の塗布やパターニングを行う必要がないので、生産性を向上させることができる。

10

またさらに、原則的には、基体 201 の面 201b と、枠部 100b の下端 100b2 とは接触しないので、位相シフトマスクの基体 201 に接触することによる傷などのダメージが発生するのを抑制することができる。

【0071】

図 4 は、他の実施形態にかかるアウターマスク 100 を例示するための模式断面図である。

図 4 に示すように、処理物 200 の基体 201 の面 201b の周縁には面取り部 201c が設けられている。また、アウターマスク 100 の枠部 100b の内周端 100b1 は傾斜面となっている。そして、内周端 100b1 は、面取り部 201c と接している。

20

この様にすれば、遮光部 203 が設けられた領域に気流が発生するのをさらに抑制することができる。そのため、クロムを含む層 203b にダメージが発生するのをさらに抑制することができ、ひいては、位相シフトマスクの機能の低下をさらに抑制することができる。なお、図 4 に示すように、内周端 100b1 の傾斜角、面取り部 201c との傾斜角を同じとすることもできる。この様にすれば、アウターマスク 100 を処理物 200 に載置したときにずれを抑止することができる。

【0072】

（フォトマスクの製造方法）

次に、本発明の実施形態に係るフォトマスクの製造方法について説明する。

30

図 5（a）～（k）は、比較例に係る位相シフトマスクの製造方法を例示するための模式工程断面図である。

まず、図 5（a）に示すように、基体 201 の一方の面に、モリブデンシリコンを含む膜 204、クロムを含む膜 205 を順次成膜し、クロムを含む膜 205 の上にレジストを塗布し、フォトリソグラフィ法を用いてエッチングマスク 206 を形成する。

【0073】

次に、図 5（b）に示すように、エッチングマスク 206 から露出したクロムを含む膜 205、モリブデンシリコンを含む膜 204 を順次エッチングし、エッチングマスク 206 を除去する。

次に、図 5（c）に示すように、レジスト 207 を塗布する。

40

【0074】

次に、図 5（d）に示すように、フォトリソグラフィ法などを用いてエッチングマスク 207a を形成する。

次に、図 5（e）に示すように、エッチングマスク 207a から露出したクロムを含む膜 205 をエッチングして、複数の凸部 202a を露出させる。

次に、図 5（f）に示すように、エッチングマスク 207a を除去する。

以上の様にして、基体 201、複数の凸部 202a、および遮光部 203 を有する位相シフトマスクを製造することができる。

【0075】

ところが、製造した位相シフトマスクの製品検査を行った際に、図 5（g）に示すよう

50

に、凸部 202a の頂部にクロムを含む残渣 205a が検出される場合がある。クロムを含む残渣 205a があると位相シフトマスクの機能が低下する。

そのため、残渣 205a が検出された場合には、以下の様にして残渣 205a を除去する。

まず、図 5 (h) に示すように、レジスト 207 を再度塗布する。

次に、図 5 (i) に示すように、フォトリソグラフィ法などを用いてエッチングマスク 207a を再度形成する。

次に、図 5 (j) に示すように、エッチングマスク 207a から露出した残渣 205a をエッチングする。

次に、図 5 (k) に示すように、エッチングマスク 207a を再度除去する。

10

【0076】

以上の様にすれば、残渣 205a を除去することができる。

しかしながら、残渣 205a を除去するためには、フォトレジスト 207 の再度の塗布、フォトリソグラフィ法などを用いたエッチングマスク 207a の再度の形成、およびエッチングマスク 207a の再度の除去が必要となる。このような工程を行うためには比較的長い時間を要する。そのため、生産性が低下する要因となる。

【0077】

図 6 (a)、(b) は、本実施の形態に係る位相シフトマスクの製造方法を例示するための模式工程断面図である。

本実施の形態に係る位相シフトマスクの製造方法においては、残渣 205a を除去する際にアウターマスク 100 を用いる。

20

まず、図 6 (a) に示すように、基体 201 の上にアウターマスク 100 を載置する。

次に、図 6 (b) に示すように、アウターマスク 100 の開口 100a の内部に露出した残渣 205a をエッチングする。

そして、アウターマスク 100 を基体 201 から取り外すことで、残渣 205a が除去された位相シフトマスクを得ることができる。

この様にすれば、残渣 205a の除去のために、前述したフォトレジスト 207 の再度の塗布、エッチングマスク 207a の再度の形成、およびエッチングマスク 207a の再度の除去を行わなくて済むので、生産性を大幅に向上させることができる。また、前述したように、クロムを含む層 203b にダメージが発生するのを抑制することができる。

30

【0078】

なお、残渣 205a の除去にアウターマスク 100 を用いる場合を例示したが、図 5 (b) に例示をしたクロムを含む膜 205 をエッチングする工程においてもアウターマスク 100 を用いることができる。

この様にすれば、フォトレジスト 207 の塗布、エッチングマスク 207a の形成、およびエッチングマスク 207a の除去を行わなくて済むので、生産性をさらに向上させることができる。

【0079】

なお、前述したエッチングに関するプロセス条件には既知の技術を適用することができるので詳細な説明は省略する。

40

【0080】

以上、実施の形態について例示をした。しかし、本発明はこれらの記述に限定されるものではない。

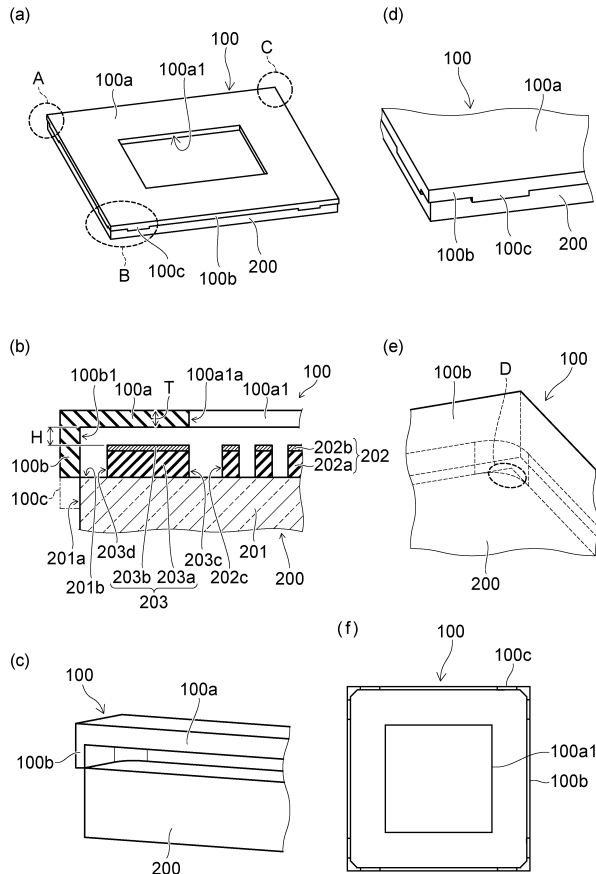
前述の実施の形態に関して、当業者が適宜設計変更を加えたものも、本発明の特徴を備えている限り、本発明の範囲に包含される。

例えば、プラズマ処理装置 1 が備える各要素の形状、寸法、材質、配置、数などは、例示をしたものに限定されるわけではなく適宜変更することができる。

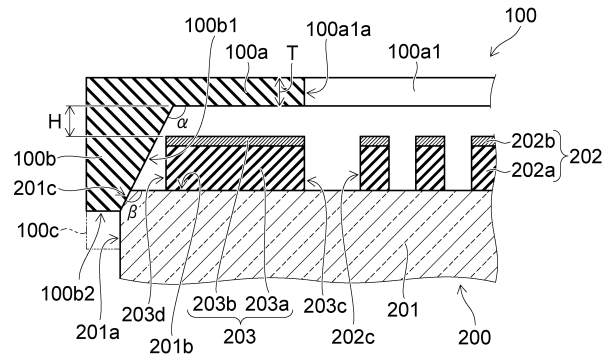
また、前述した各実施の形態が備える各要素は、可能な限りにおいて組み合わせることができ、これらを組み合わせたものも本発明の特徴を含む限り本発明の範囲に包含される。

50

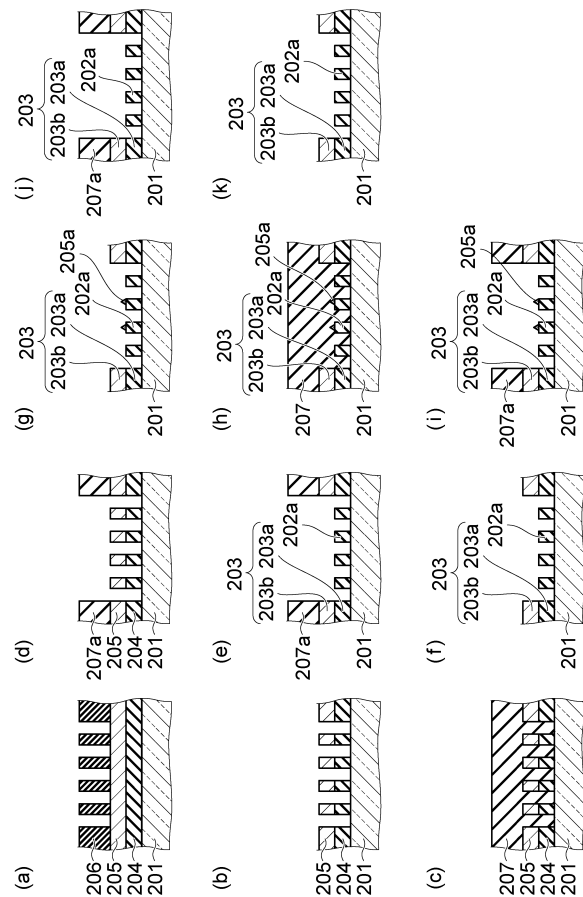
【図 3】



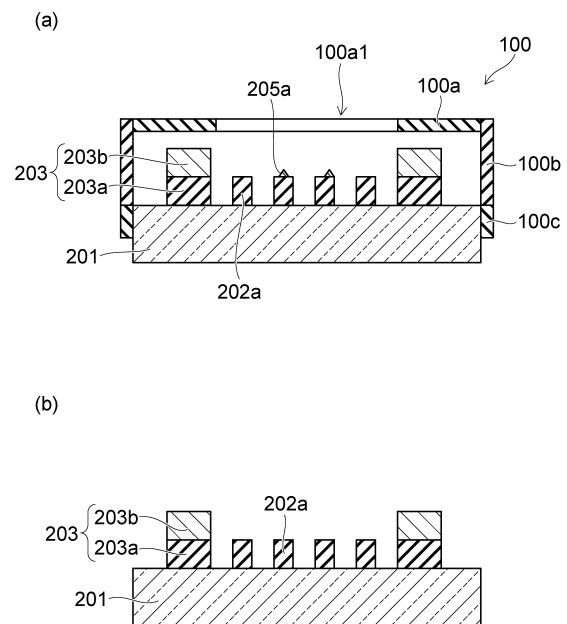
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

審査官 加藤 芳健

(56)参考文献 特開 2 0 1 1 - 1 8 1 8 1 0 (J P , A)
特表 2 0 1 4 - 5 1 8 4 4 7 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 7 / 0 5 2 9 5 8 (W O , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 1 L 2 1 / 3 0 6 5
G 0 3 F 1 / 8 0