

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-144192

(P2008-144192A)

(43) 公開日 平成20年6月26日(2008.6.26)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C 2 3 C 14/24 (2006.01)	C 2 3 C 14/24	U 4 K O 2 9
C 2 3 C 14/00 (2006.01)	C 2 3 C 14/00	B

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2006-329672 (P2006-329672)	(71) 出願人	000146009
(22) 出願日	平成18年12月6日 (2006.12.6)		株式会社昭和真空
			神奈川県相模原市田名3062-10
		(74) 代理人	100064447
			弁理士 岡部 正夫
		(74) 代理人	100085176
			弁理士 加藤 伸晃
		(74) 代理人	100094112
			弁理士 岡部 譲
		(74) 代理人	100096943
			弁理士 臼井 伸一
		(74) 代理人	100101498
			弁理士 越智 隆夫
		(74) 代理人	100104352
			弁理士 朝日 伸光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 真空蒸着装置及びその制御方法

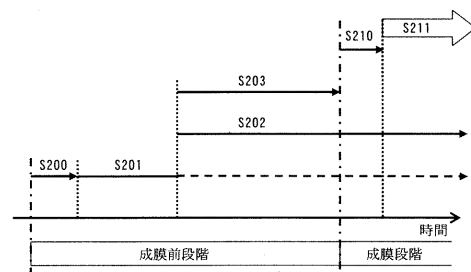
(57) 【要約】

【課題】真空蒸着装置において、蒸着材料の溶かし込み工程で付着した膜に起因する成膜への影響を除去する。

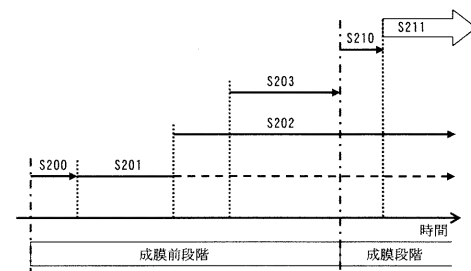
【解決手段】ガス吸排気手段を有する真空槽、真空槽内部に配置された基板保持手段、基板保持手段に対向配置された蒸着源、蒸着源に電子ビームを照射する電子銃、蒸着源を開閉するシャッタ、プラズマ発生手段、並びにガス吸排気手段、電子銃、プラズマ発生手段及びシャッタを制御する制御手段からなる真空蒸着装置の制御方法であって、(A)蒸着源に蒸着材料を充填し、基板保持手段に基板を設置する工程、(B)ガス吸排気手段によって真空槽内を所定のガス雰囲気の設定及び維持する工程、(C)プラズマ発生手段によって真空槽内にプラズマ雰囲気を生成する工程、(D)プラズマ雰囲気において電子銃を照射して蒸着材料を融解する溶かし込み工程、及び(E)シャッタを開いて成膜を開始する工程からなる制御方法である。

【選択図】図2

(a)



(b)



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ガス吸排気手段を有する真空槽、該真空槽内部に配置された基板保持手段、該基板保持手段に対向配置され加熱手段を備える蒸着源、該蒸着源を開閉するシャッタ、プラズマ発生手段、並びに該ガス吸排気手段、該加熱手段、該プラズマ発生手段及び該シャッタを制御する制御手段からなる真空蒸着装置の制御方法であって、

(A) 前記蒸着源に蒸着材料を充填し、前記基板保持手段に基板を設置する工程、

(B) 前記ガス吸排気手段によって前記真空槽内を所定のガス雰囲気に設定及び維持する工程、

(C) 前記プラズマ発生手段によって前記真空槽内にプラズマ雰囲気を生成する工程、

(D) 前記プラズマ雰囲気において前記加熱手段を用いて前記蒸着材料を融解する溶かし込み工程、及び

(E) 前記シャッタを開いて成膜を開始する工程

からなる制御方法。

【請求項 2】

請求項 1 記載の制御方法であって、該真空槽内の放出ガスの量を測定する測定手段を備え、前記工程 (C) が、

(X) 前記測定手段によって測定された放出ガスの量が所定値以下となるように前記プラズマ発生電力量をフィードバックするクリーニング工程を含む制御方法。

【請求項 3】

請求項 2 記載の制御方法であって、前記測定手段が、前記真空槽の内圧を一定に保つ圧力コントローラ、及び前記ガス吸排気手段における導入ガス流量を検出する流量モニタ手段からなり、

前記工程 (X) において、前記流量モニタ手段によって検出される導入ガス流量が所定値以上となるように前記プラズマ発生電力量がフィードバックされる制御方法。

【請求項 4】

請求項 2 記載の制御方法であって、前記測定手段が、前記ガス吸排気手段における導入ガス流量を一定に保つ流量コントローラ、及び前記真空槽の内圧を検出する圧力モニタ手段からなり、

前記工程 (X) において、前記圧力モニタ手段によって検出される圧力が所定値以下となるように前記プラズマ発生電力量がフィードバックされる制御方法。

【請求項 5】

ガス吸排気手段を有する真空槽、該真空槽内部に配置された基板保持手段、該基板保持手段に対向配置され加熱手段を備える蒸着源、該蒸着源を開閉するシャッタ、プラズマ発生手段、並びに該ガス吸排気手段、該加熱手段、該プラズマ発生手段及び該シャッタを制御する制御手段からなる真空蒸着装置の制御方法であって、

(A) 前記蒸着源に蒸着材料を充填する工程、

(B) 前記ガス吸排気手段によって前記真空槽内を所定のガス雰囲気に設定及び維持する工程、

(C) 前記プラズマ発生手段によって前記真空槽内にプラズマ雰囲気を生成する工程、

(D) 前記プラズマ雰囲気において前記加熱手段を用いて前記蒸着材料を融解する溶かし込み工程、

(F) 前記基板保持手段に基板を設置する工程、及び

(H) 前記シャッタを開いて成膜を開始する工程

からなる制御方法。

【請求項 6】

請求項 5 記載の制御方法において、

前記工程 (F) の前に、(E) 前記真空槽を大気開放する工程、及び

前記工程 (F) の後に、(G) 前記ガス吸排気手段によって前記真空槽内を所定のガス

10

20

30

40

50

雰囲気の設定及び維持する工程を含む制御方法。

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 6 いずれか一項に記載の制御方法において、前記プラズマ発生手段が、基板ドームからなる前記基板保持手段及び該基板ドームに高周波電圧を印加する高周波電源からなり、プラズマ発生量が該高周波電源及び / 又は導入ガス流量によって制御される制御方法。

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 6 いずれか一項に記載の制御方法において、前記プラズマ発生手段が、前記真空槽の内部に備えられたコイル及び該コイルに高周波電圧を印加する高周波電源からなり、プラズマ発生量が該高周波電源及び / 又は導入ガス流量によって制御される制御方法。

10

【請求項 9】

請求項 1 から請求項 6 いずれか一項に記載の制御方法において、前記加熱手段が、前記蒸着材料に電子ビームを照射する電子銃からなり、前記工程 (D) が、
(d) 前記プラズマ雰囲気において前記電子銃を照射して前記蒸着材料を融解する溶かし込み工程である制御方法。

【請求項 10】

ガス吸排気手段を有する真空槽、該真空槽内部に配置された基板保持手段、該基板保持手段に対向配置され蒸着材料がセットされる蒸着源、及び前記蒸着材料の溶かし込みを行う溶かし込み手段からなる真空蒸着装置であって、さらに、

20

前記真空槽内でプラズマを発生させるプラズマ発生手段、及び

前記プラズマ発生手段及び前記溶かし込み手段の動作 / 非動作を制御する制御手段を備え、

少なくとも前記溶かし込み手段が動作状態にある間は、前記プラズマ発生手段も動作状態にあるように、該溶かし込み手段及び該プラズマ生成手段が前記制御手段によって制御されることを特徴とする真空蒸着装置。

【請求項 11】

請求項 10 記載の真空蒸着装置であって、さらに、

30

前記真空槽内の放出ガスの量を測定する測定手段、及び

前記測定手段によって測定された放出ガスの量が所定値以下となるように前記プラズマ発生電力量をフィードバックする手段を備えた真空蒸着装置。

【請求項 12】

請求項 11 記載の真空蒸着装置において、前記測定手段が、

前記真空槽の内圧を一定に保つ圧力コントローラ、及び

前記ガス吸排気手段における導入ガス流量を検出するガス流量モニタ手段

からなり、

前記フィードバック手段によって、該ガス流量モニタによって検出される導入ガス流量が所定値以上となるように前記プラズマ発生電力量がフィードバックされる真空蒸着装置。

40

【請求項 13】

請求項 11 記載の真空蒸着装置において、前記測定手段が、

前記ガス吸排気手段における導入ガス流量を一定に保つ流量コントローラ、及び

前記真空槽の内圧を検出する圧力モニタ手段

からなり、

前記フィードバック手段によって、該圧力モニタによって検出される圧力が所定値以下となるように前記プラズマ発生電力量がフィードバックされる真空蒸着装置。

【請求項 14】

50

請求項 10 から請求項 13 いずれか一項に記載の真空蒸着装置において、前記プラズマ発生手段が、基板ドームからなる前記基板保持手段及び該基板ドームに高周波電圧を印加する高周波電源からなり、プラズマ発生量が該高周波電源及び / 又は導入ガス流量によって制御される真空蒸着装置。

【請求項 15】

請求項 10 から請求項 13 いずれか一項に記載の真空蒸着装置において、前記プラズマ発生手段が、前記真空槽が内部に備えられたコイル及び該コイルに高周波電圧を印加する高周波電源からなり、プラズマ発生量が該高周波電源及び / 又は導入ガス流量によって制御される真空蒸着装置。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は真空蒸着装置及びその制御方法に関し、特に、成膜開始前の蒸着材料の溶かし込みに関連する工程に関する。

【背景技術】

【0002】

図 8 に一般的な真空蒸着装置の構成を示す。図 8 において、真空蒸着装置 1 は、密閉容器から構成される真空槽 2、図示しない真空ポンプなどの排気装置に接続され真空槽 2 内のガスを排気する排気口 3、真空槽 2 内部にアルゴン (Ar)、酸素 (O₂) 等の放電ガス、プロセスガス等、任意のガスを導入するガス導入口 4、成膜対象となる基板 5 を保持する基板ドーム 6、蒸着材料 8 を充填する坩堝 9、坩堝 9 内の蒸着材料 8 に電子ビームを衝突させて蒸発温度まで加熱する電子銃 10、並びに開閉可能に構成され蒸着開始前及び蒸着完了時に閉じ蒸着材料 8 を遮蔽するシャッタ 11 を具備する。また、必要に応じて防着板 14 が設けられる。なお、説明の便宜のため、排気口 3 及びガス導入口 4 並びにそれらに接続されるバルブ、ポンプ類をまとめてガス吸排気手段と称する。

20

【0003】

次に、動作について説明する。図 9 は図 8 に示した真空蒸着装置の動作を示すタイミングチャートである。処理動作は大きく分けて、蒸着動作開始前の成膜前段階及び蒸着動作開始後の成膜段階の 2 つに分けることができる。成膜前段階には、準備工程、雰囲気調整工程及び溶かし込み工程などが含まれる。

30

【0004】

準備工程 S900 において、基板ドーム 6 に基板 5 を設置し、坩堝 9 に形成する膜に応じた蒸着材料 8 を充填しておく。真空槽 2 内には、1 バッチの成膜に必要な蒸着材料 8 を確保しておく必要があり、蒸着源位置に順次蒸着材料 8 を供給する蒸着材料供給機構が設けられることが一般的である。図示はしないが、真空蒸着装置 1 は、蒸着材料 8 を充填した複数の坩堝 9 と、蒸着材料供給機構とを備え、坩堝 9 を蒸着源位置に順次供給するものとする。なお、多層膜を積層する場合は複数種の蒸着材料を準備しておけばよく、坩堝 9 には、プロセスに応じた種々の蒸着材料 8 が充填される。

【0005】

雰囲気調整工程 S901 において、真空槽 2 内を排気口 3 から高真空領域まで排気する。なお、図 9 における工程 S901 の実線部は真空排気を意味し、破線部はガス導入口 4 からのガスの導入と排気による積極的な雰囲気の調整、及びその維持を意味する。なお、後述する雰囲気調整工程 S201、S401、S701、S707 においても、実線部と破線部は同内容を意味するものとする。

40

【0006】

溶かし込み工程 S903 において、シャッタ 11 を閉じた状態で電子銃 10 から電子ビームを坩堝 9 内の蒸着材料 8 へ照射し、蒸着材料 8 の溶かし込みを行う。溶かし込み工程 S903 は、成膜前段階の準備工程として、顆粒状の蒸着材料 8 を加熱溶融する工程である。予め溶かし込みをしておくことにより、蒸着材料が吸着する水分やガス、混入された不純物を成膜前に予め排出する効果や、成膜時における突沸を抑制する効果等も得られる

50

。真空蒸着装置 1 では、図示しない蒸着材料供給機構を操作して蒸着源位置からの坩堝 9 の供給回収をし、複数の坩堝 9 内に充填した蒸着材料 8 の溶かし込みが全て終了した時点で溶かし込み工程 S 9 0 3 を終了するものとする。

【 0 0 0 7 】

そして、溶かし込み工程 S 9 0 3 の後に成膜段階が開始される。まず、雰囲気調整工程 S 9 0 1 において、ガス導入口 4 から真空槽 2 内に Ar , O 2 等のガスを導入し、真空槽内を所定の成膜雰囲気に維持する。これに並行して、成膜準備工程 S 9 1 0 において、蒸着材料 8 を加熱溶融する。工程 S 9 1 0 は、溶かし込み後固体化した蒸着材料 8 を、成膜に必要な蒸着レートが得られるまで加熱する工程であり、シャッタ 1 1 を閉じた状態で電子銃 1 0 から電子ビームを坩堝 9 内の蒸着材料 8 へ照射する。真空槽 2 内が所定の成膜雰囲気に維持され、所定の蒸着レートが得られる加熱状態に到達した後、成膜工程 S 9 1 1 でシャッタ 1 1 が開放され、蒸着材料 8 が真空槽 2 内に飛散し、成膜基板 5 上に堆積することで薄膜が形成される（以下、成膜段階開始後の各工程を 1 つにまとめて「成膜工程」という）。

10

【 0 0 0 8 】

そして、特許文献 1 においては、成膜段階中に蒸着材料の不純物が飛散するのを防止するために、できるだけ溶かし込み工程中に不純物を放出しておく構成が開示されている。具体的には、溶かし込み工程においてイオンビームの照射出力を高くして、この工程中に不純物等をより多く蒸発させてシャッタに堆積させておくものである。

また、特許文献 2 では、溶かし込み工程で蒸着材料から発生した水分等が基板に付着してしまい、成膜段階において基板と蒸着材料 G e との付着強度が低下するのを防止するために、成膜前に真空槽外部で予め溶かし込みを行い、溶かし込みを完了した蒸着材料を真空槽内にセットして成膜を開始することを開示している。

20

【特許文献 1】特開平 9 - 2 2 8 0 3 3 号公報

【特許文献 2】特開平 6 - 2 5 8 3 1 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 9 】

しかし、従来例（図 8 及び図 9 並びに特許文献 1）のような成膜前段階では、溶かし込み工程においてシャッタ 1 1 の表面や防着板 1 4 等に蒸着材料が付着してしまう。この付着物が堆積し、もろく充填密度の低い膜を形成するため、その後の成膜段階でその膜が剥れ落ち、真空槽内を汚染することが問題となっていた。また、成膜前段階においてこの付着物の膜の隙間にガスや水分が吸着されると、成膜段階中にこれが放出され、成膜の再現性に影響を及ぼすという問題もあった。

30

【 0 0 1 0 】

また、特許文献 2 のような方法によると、溶かし込み工程に関連する不利益は確かに解消されるが、真空槽内に設けた成膜工程用の坩堝や電子銃の他に、真空槽外に溶かし込み工程用の加熱装置（坩堝や電子銃）などを別途設ける必要があり、コストアップ、スペース拡大をもたらす好ましくない。

【課題を解決するための手段】

40

【 0 0 1 1 】

上記問題を解決するための本発明の第 1 の側面は、ガス吸排気手段を有する真空槽、真空槽内部に配置された基板保持手段、基板保持手段に対向配置され加熱手段を備える蒸着源、蒸着源を開閉するシャッタ、プラズマ発生手段、並びにガス吸排気手段、加熱手段、プラズマ発生手段及びシャッタを制御する制御手段からなる真空蒸着装置の制御方法であって、（ A ）蒸着源に蒸着材料を充填し、基板保持手段に基板を設置する工程、（ B ）ガス吸排気手段によって真空槽内を所定のガス雰囲気に設定及び維持する工程、（ C ）プラズマ発生手段によって真空槽内にプラズマ雰囲気を生成する工程、（ D ）プラズマ雰囲気において加熱手段を用いて蒸着材料を融解する溶かし込み工程、及び（ E ）シャッタを開いて成膜を開始する工程からなる制御方法である。

50

【 0 0 1 2 】

上記第 1 の側面において、真空槽内の放出ガスの量を測定する測定手段を備え、工程 (C) が、 (X) 測定手段によって測定された放出ガスの量が所定値以下となるようにプラズマ発生電力量をフィードバックするクリーニング工程を含むようにした。

ここで、測定手段が、真空槽の内圧を一定に保つ圧力コントローラ、及びガス吸排気手段における導入ガス流量を検出する流量モニタ手段からなり、工程 (X) において、流量モニタ手段によって検出される導入ガス流量が所定値以上となるようにプラズマ発生電力量がフィードバックされるようにしてもよい。

また、測定手段が、ガス吸排気手段における導入ガス流量を一定に保つ流量コントローラ、及び真空槽の内圧を検出する圧力モニタ手段からなり、工程 (X) において、圧力モニタ手段によって検出される圧力が所定値以下となるようにプラズマ発生電力量がフィードバックされるようにしてもよい。

10

【 0 0 1 3 】

本発明第 2 の側面は、ガス吸排気手段を有する真空槽、真空槽内部に配置された基板保持手段、基板保持手段に対向配置され加熱手段を備える蒸着源、蒸着源を開閉するシャッタ、プラズマ発生手段、並びにガス吸排気手段、加熱手段、プラズマ発生手段及びシャッタを制御する制御手段からなる真空蒸着装置の制御方法であって、 (A) 蒸着源に蒸着材料を充填する工程、 (B) ガス吸排気手段によって真空槽内を所定のガス雰囲気の設定及び維持する工程、 (C) プラズマ発生手段によって真空槽内にプラズマ雰囲気を生成する工程、 (D) プラズマ雰囲気において加熱手段を用いて蒸着材料を融解する溶かし込み工程、 (F) 基板保持手段に基板を設置する工程、及び (H) シャッタを開いて成膜を開始する工程からなる制御方法である。

20

さらに、工程 (F) の前に、 (E) 真空槽を大気開放する工程、及び、工程 (F) の後に、 (G) ガス吸排気手段によって真空槽内を所定のガス雰囲気の設定及び維持する工程を含める構成とした。

【 0 0 1 4 】

上記第 1 及び第 2 の側面において、プラズマ発生手段が、基板ドームからなる基板保持手段及び基板ドームに高周波電圧を印加する高周波電源からなり、プラズマ発生量が高周波電源及び / 又は導入ガス流量によって制御されるようにしてもよい。

また、プラズマ発生手段が、真空槽の内部に備えられたコイル及びコイルに高周波電圧を印加する高周波電源からなり、プラズマ発生量が高周波電源及び / 又は導入ガス流量によって制御されるようにしてもよい。

30

また、加熱手段が、蒸着材料に電子ビームを照射する電子銃からなり、工程 (D) がプラズマ雰囲気において電子銃を照射して蒸着材料を融解する溶かし込み工程であってもよい。

【 0 0 1 5 】

本発明第 3 の側面は、ガス吸排気手段を有する真空槽、真空槽内部に配置された基板保持手段、基板保持手段に対向配置され蒸着材料がセットされる蒸着源、及び蒸着材料の溶かし込みを行う溶かし込み手段からなる真空蒸着装置であって、さらに、真空槽内でプラズマを発生させるプラズマ発生手段、及びプラズマ発生手段及び溶かし込み手段の動作を制御する制御手段を備え、少なくとも溶かし込み手段が動作状態にある間は、プラズマ発生手段も動作状態にあるように、溶かし込み手段及びプラズマ生成手段が制御手段によって制御される真空蒸着装置である。

40

【 0 0 1 6 】

上記第 3 の側面において、真空槽内の放出ガスの量を測定する測定手段、及び測定手段によって測定された放出ガスの量が所定値以下となるようにプラズマ発生電力量をフィードバックする手段を備える構成とした。

ここで、測定手段が、真空槽の内圧を一定に保つ圧力コントローラ、及びガス吸排気手段における導入ガス流量を検出するガス流量モニタ手段からなり、フィードバック手段によって、ガス流量モニタによって検出される導入ガス流量が所定値以上となるようにプラ

50

ズマ発生電力量がフィードバックされる構成とした。

また、測定手段が、ガス吸排気手段における導入ガス流量を一定に保つ流量コントローラ、及び真空槽の内圧を検出する圧力モニタ手段からなり、フィードバック手段によって、圧力モニタによって検出される圧力が所定値以下となるようにプラズマ発生電力量がフィードバックされる構成とした。

【 0 0 1 7 】

さらに、上記第 3 の側面において、プラズマ発生手段が、基板ドームからなる基板保持手段及び基板ドームに高周波電圧を印加する高周波電源からなり、プラズマ発生量が該高周波電源及び / 又は導入ガス流量によって制御される構成とした。

また、プラズマ発生手段が、真空槽が内部に備えられたコイル及びコイルに高周波電圧を印加する高周波電源及び / 又は導入ガス流量からなり、プラズマ発生量が高周波電源によって制御される構成とした。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 8 】

成膜前段階における溶かし込み工程及び成膜段階の成膜準備工程においてプラズマを発生させる構成としたので、シャッタ及び防着板に付着する堆積物が緻密かつ密着強度の高い膜となり、膜が剥れ落ちにくくなる。これにより、真空槽内の汚染が防止され、蒸着動作中における成膜性能（再現性等）の劣化を防止できるとともに、清掃周期を長くすることができる。

【 0 0 1 9 】

また、シャッタ及び防着板に付着する堆積物が緻密かつ密着強度の高い膜となるので、膜内の隙間に水分が吸着されにくく、成膜時における堆積物からの水分放出を著しく軽減する。これにより、水分放出による成膜への影響を低減し、再現性を向上させる。なお、ガスについても同様に、緻密な膜が吸着を阻害し成膜時におけるガス放出を軽減して成膜への影響を低減する。また、放出ガスが少なくなるので排気時間の短縮にも貢献する。

【 0 0 2 0 】

さらに、溶かし込み工程中にプラズマ発生によるクリーニング効果が得られるので、この工程中にもシャッタ及び防着板の付着・堆積物にイオンを衝突させて、水分やガスを放出させることができる。これにより、より不純物の少ない環境で成膜工程に移行することができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 1 】

実施形態 1 .

図 1 は本発明による第 1 の実施形態の真空蒸着装置を示す図である。接地された密閉容器から構成される真空槽 2、真空ポンプなどの排気装置に接続され真空槽 2 内のガスを排気する排気口 3、真空槽 2 内部にアルゴン（Ar）、酸素（O₂）等の放電ガス、プロセスガス等、任意のガスを導入するガス導入口 4 及びそのバルブ 4 a、成膜対象となる基板 5 を保持する基板ドーム 6、蒸着材料 8 を充填する坩堝 9、坩堝 9 内の蒸着材料 8 に電子ビームを衝突させて蒸発温度まで加熱する電子銃 10、並びに開閉可能に構成され蒸着開始前及び蒸着完了時に閉じ蒸着材料 8 を遮蔽するシャッタ 11 を具備する。

【 0 0 2 2 】

本実施形態では、さらに、高周波電源 13 及び制御手段 15 を備える。基板ドーム 6 の給電部 7 と真空槽 2 との間に接続された高周波電源 13 によって、導体から構成された真空槽 2 と高周波電極として機能する基板ドーム 6 との間に高周波電圧が印加される。そして、後述するプラズマ発生時の放電の着火と基板のチャージアップを防止するために電子を放出するニュートライザ 12 を備える。制御手段 15 は、ガス吸排気手段、電子銃 10、シャッタ 11、ニュートライザ 12 及び高周波電源 13 の動作タイミング等を制御する。

【 0 0 2 3 】

なお、本実施形態では、基板ドーム 6 には成膜対象としてガラス基板 5 が載置される。

本実施形態は耐熱温度の高い基板に有効であるため、ガラス基板を用いるものとするが、基板はこれに限られるものではない。なお、基板５を、基板ドーム６近傍に保持する構成でもよい。

【００２４】

図２（ａ）は本発明の動作を示す図である。準備工程Ｓ２００及び雰囲気調整工程Ｓ２０１までは従来例の図９におけるＳ９００及びＳ９０１と同様である。

ここで、工程Ｓ２０２はプラズマ生成工程である。工程Ｓ２０２において、高周波電源１３を起動して、給電部７を介して基板ドーム６に高周波電圧を印加すると共にニュートライザ１２から電子を放出し、プラズマを着火する。基板ドーム６と真空槽２との間に印加された高周波電圧は、ガス導入口４から導入したガスをイオン化し、真空槽２内にプラズマを発生させる。

10

【００２５】

工程Ｓ２０３は溶かし込み工程である。プラズマ生成工程Ｓ２０２の開始と同時に溶かし込み工程Ｓ２０３が開始され、電子銃１０から電子ビームを坩堝８内の蒸着材料８へ照射し、蒸着材料８の溶かし込みをプラズマ雰囲気中で行う。プラズマの生成量は高周波電源１３とガス導入口４からの導入ガス流量の双方または一方を用いて制御する。実施例では、従来例同様、真空槽２内に蒸着材料８を充填する坩堝９を複数準備し、工程Ｓ２０３において真空槽２内に準備した全ての蒸着材料８の溶かし込みを行った。

【００２６】

なお、本実施形態では高周波電源１３の起動と溶かし込みとを同時に開始したが、図２（ｂ）のように、溶かし込みの開始前に高周波電源１３を起動させてもよい。

20

即ち、蒸着材料８の溶かし込みの際に真空槽２内にプラズマが生成されていればよく、溶かし込みの際に飛散した蒸着物質を、イオンによりアシストし、シャッタ１１や防着板１４等に緻密な膜として付着・堆積させればよい。これにより、シャッタ１１や防着板１４等に付着・堆積した膜が剥れて槽内を汚染する程度が下がり、膜が水分を吸着して放出する程度も少ない。また、プラズマ中のイオンが既に堆積した膜に衝突し、成膜工程前に槽内がクリーニングされるという効果も奏する。

【００２７】

溶かし込みが終了した時点で成膜段階に移行し、成膜準備工程Ｓ２１０後、成膜工程Ｓ２１１を開始する。成膜準備工程Ｓ２１０は従来例の図９におけるＳ９１０と同様であるが、成膜準備工程Ｓ２１０の開始と同時にプラズマ生成工程Ｓ２０２を開始し、蒸着材料８の加熱溶融をプラズマ雰囲気中で行う。これにより、プラズマ雰囲気下における溶かし込み工程同様、シャッタ及び防着板に付着する堆積物を緻密かつ密着強度の高い膜とすることができる。工程Ｓ２１１において、シャッタ１１を開くと蒸着材料８が真空槽２内に飛散し、イオンにアシストされて、成膜基板５上に堆積することで緻密な薄膜を形成する。なお、図２においては、成膜工程Ｓ２１１においてプラズマを生成しているが、ガス雰囲気の調整及びプラズマ生成は成膜仕様に応じて適宜必要な工程を適用すればよい。もちろん、プラズマを生成せず通常成膜することも考えられる。

30

【００２８】

本実施形態では、蒸着材料の溶かし込み工程Ｓ２０３及び成膜準備工程Ｓ２１０における蒸着材料８の加熱溶融をプラズマ雰囲気下で行うことにより、真空槽内の放出ガス量を低減し、排気速度の短縮に貢献する。また、成膜前段階の雰囲気調整工程Ｓ２０１とプラズマ生成工程Ｓ２０２とが並行して行われるため、即ち真空排気中に真空槽内にプラズマが生成されるため、プラズマが排気性能を高めるという効果も奏する。本実施形態による排気時間の短縮により、目標真空度までの到達時間を縮め短時間で成膜段階に移行することができるため生産性の向上に貢献する。

40

【００２９】

実施形態２．

本実施形態では、第１の実施形態にプラズマ発生による真空槽内のクリーニング（以下、「ＲＦクリーニング」という）の工程を追加した。本実施形態に係る真空蒸着装置を図

50

3 に、その動作を図 4 に示す。

図 3 の装置では、蒸着材料 8 からの放出ガスの量を測定する測定手段 1 6、及び測定手段によって測定された放出ガスの量に対してプラズマ発生量をフィードバックするためのフィードバック手段 1 8 が付加されている。なお、放出ガスとは、主に、真空槽の内壁、シャッタ 1 1、防着板 1 4 等に付着した膜に起因するガスであって、この膜に吸着されたガス（主に水分子）がその後吸着状態を脱して浮遊しているガス（水分子を含む）を意味するものとする。

【 0 0 3 0 】

測定手段 1 6 は、具体的には、真空槽 2 内の圧力を一定に保つ A P C（自動圧力コントローラ）1 6 a、及びガス導入口 4 から導入される導入ガス流量を検出する導入ガス流量モニタ手段 1 6 b が付加され、導入ガス流量モニタ手段 1 6 b がフィードバック手段 1 8 に接続されている。A P C は真空槽 2 内の圧力検出手段を備え、検出した圧力が一定になるように導入ガス流量を制御するコントローラである。なお、フィードバック手段 1 8 は説明の便宜上、制御手段 1 5 内に含めているが、制御手段 1 5 外に独立したブロックとして設けてもよい。また、図 3 においては、高周波電源の制御線はフィードバック手段 1 8 のみに接続されているが、実際には必要に応じて他の構成要素にも接続されるものとする。

10

【 0 0 3 1 】

図 4 を参照すると、基板 5 及び蒸着材料 8 をセットする工程（S 4 0 0）、真空槽 2 内の雰囲気調整し所定のガス雰囲気に設定し維持する工程（S 4 0 1）、高周波電源 1 3 を起動して真空槽 2 内にプラズマを生成する工程（S 4 0 2）、蒸着材料 8 の溶かし込み工程（S 4 0 3）は第 1 の実施形態の工程 S 2 0 0 ~ S 2 0 3 と同様である。第 2 の実施形態では、図の太い矢印で示した工程 S 4 0 4 において、R F クリーニング工程としてこの状態を維持し、真空槽 2 内に付着した堆積物にプラズマ中のイオンを照射させ、イオンの衝撃および衝撃による昇温により防着板表面や堆積物からガスや水分を放出させる。

20

【 0 0 3 2 】

R F クリーニング工程（S 4 0 4）において、フィードバック手段 1 8 は導入ガス流量モニタ手段 1 6 b で検出される導入ガス流量に対して高周波電源 1 3 の電力量をフィードバック制御する。例えば、真空槽の内圧が一定であるという条件の下、フィードバック手段 1 8 は検出される導入ガス流量が少ないときは放出ガスが多いと判断して高周波電源 1 3 の電力量を増大させ、より多くのプラズマを発生させる。即ち、放出ガスの量が所定値以下になるように制御することによりクリーニング効果を高くする。

30

【 0 0 3 3 】

また、図 3 の装置において、A P C 1 6 a 及びガス流量モニタ手段 1 6 b からなる測定手段 1 6 の代わりに、ガス導入口 4 から導入されるガス流量を一定に保つ M F C（マスフローコントローラ）1 7 a 及び真空槽 2 内の圧力を検出する圧力モニタ手段 1 7 b からなる測定手段 1 7 に置き換え、圧力モニタ手段 1 7 b をフィードバック手段 1 8 に接続してもよい。

【 0 0 3 4 】

この場合、R F クリーニング工程（S 4 0 4）において、フィードバック手段 1 8 は圧力モニタ手段 1 7 b で検出される圧力に対して高周波電源 1 3 の電力量をフィードバック制御する。例えば、導入ガス流量が一定であるという条件の下、フィードバック手段 1 8 は検出される圧力が高いときは放出ガスが多いと判断して高周波電源 1 3 の電力量を増大させ、より多くのプラズマを発生させる。即ち、放出ガスの量が所定値以下になるように制御することによりクリーニング効果を高くする。

40

【 0 0 3 5 】

なお、高周波電源 1 3 の電力量の増大方法は、クリーニング時間の増長及び / 又は高周波電力の増大を行えばよい。また、フィードバック手段 1 8 は、誤差増幅器を用いた電気回路で構成してもよいし、コンピュータのソフトウェアで構成するものであってもよい。

【 0 0 3 6 】

50

また、溶かし込みと同時に起動させた高周波電源 13 を、図 5 (a) に示すように、溶かし込み完了後も起動状態として R F クリーニングを行うこと、図 5 (b) に示すように、R F クリーニング開始後これに並行して溶かし込みを始めること、図 5 (c) に示すように、R F クリーニングの終了間際に溶かし込みを行うこと等適宜選択して行えばよい。また、R F クリーニング工程 S 4 0 4 におけるフィードバック手段 18 についても、例えばクリーニング工程 S 4 0 4 の後半にのみフィードバック制御を行う等適宜選択して行えばよい。工程 S 4 0 4 には、フィードバック制御しないクリーニングも含まれるものとする。ただし、工程 S 4 0 4 におけるフィードバック制御の効果は非常に大きく、図 5 (d) に示すように溶かし込みに関わらず R F クリーニングのみを行ってもよい。放出ガス流量を検出しながら R F クリーニングを行うことで、最適な電力量を選択できるため、必要以上にクリーニングしてタクトタイムを長引かせることがない。また、十分なクリーニングがなされてない状態であるにも関わらずクリーニングを終了させて成膜に悪影響を及ぼすといったこともなくなる。なお、成膜工程 S 4 1 0 及び S 4 1 1 は第 1 の実施形態と同様であるため説明は省略する。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 7 】

本実施形態では、成膜前段階の雰囲気調整工程 S 4 0 1 と溶かし込み工程 S 4 0 3 と R F クリーニング工程 S 4 0 4 とが同時に並行して行われるため、実施形態 1 よりも更に排気時間を短縮することができる。通常成膜前に R F クリーニングが行われる場合、溶かし込みと R F クリーニングは別工程として実施されるため、溶かし込みが終了してから R F クリーニングし真空槽 2 内が目標真空度に到達してから成膜段階に移行する、という工程を踏むが、本実施形態は排気中のプラズマ生成による効果と、各工程の並行処理による効果とを併せて、更なる排気時間の短縮を可能とし、生産性の向上に貢献する。

【 0 0 3 8 】

実施形態 3 .

第 1 の実施形態においては、溶かし込み工程用のプラズマ発生手段と成膜工程用のプラズマ発生手段とを兼ねる構成として、基板ドーム 6 に高周波電圧を印加してプラズマを発生させる構成を示したが、本実施形態では、成膜中にプラズマ発生が不要な場合を想定して、溶かし込み工程用に特化したプラズマ発生手段を設けたものを示す。

【 0 0 3 9 】

図 6 は第 3 の実施形態を示す図である。図 1 と同様の符号を付したものは第 1 の実施形態のもと同様であるので説明を省略する。第 1 の実施形態との違いは、プラズマ発生手段として、シャッタ 11 と基板ドーム 6 との間に高周波コイル 19 を配置し、高周波電源 13 に接続した点にある。また、図 3 と同様にフィードバック系 (測定手段 16 又は 17 及びフィードバック手段 18) を付加してもよい。

【 0 0 4 0 】

本実施形態は、基板ドーム 2 に高周波電圧を印加しないので基板 5 に耐熱温度の低い基板を用いる場合に有利である。もちろん、耐熱温度の高い基板を用いる場合にも適用できる。

【 0 0 4 1 】

また、本実施形態によると、成膜工程用におけるプラズマ発生を考慮する必要がないので、プラズマ生成手段を、溶かし込み工程で飛散する蒸着物質をイオンによりアシストするのに最適な構成とすることができる。即ち、基板ドーム 2 の本来の目的は基板を保持することであり、ドーム上に配置された複数の基板と蒸着源との距離が変化しないようにしなければならない。従って、基板ドームにかかる重力、熱、(さらにドームを回転させる場合は) 遠心力によって基板ドームが大きく変形しないように材質、形状、サイズ等を設計する必要がある。しかし、その結果として作製された基板ドームがプラズマ発生に最適な設計となっているとは限らない。一方、高周波コイル 19 を用いた構成では、その材質、位置、形状等プラズマ発生用に最適な設計を行うことができる。これにより、高周波電力の省電力化を図ることができ、また、実施形態 2 のようにフィードバック制御する場合にはフィードバック制御の応答性 (応答速度など) を改善することができる。

【 0 0 4 2 】

実施形態 4 .

第 4 の実施形態では第 3 の実施形態で使用する基板よりも更に耐熱温度の低い基板を対象とする場合、即ち、蒸着源に設けた R F コイルによる放電であっても影響を受けるような基板を用いる場合に有効なものを示す。

【 0 0 4 3 】

本実施形態に用いる装置は図 6 のものと同じであるが、その動作において溶かし込み時には基板 5 をセットしておかないことを特徴とする。図 7 はその動作を説明するタイミングチャートである。

準備工程 S 7 0 0 において、基板 5 は真空槽 2 の外部に待機させておき、坩堝 9 に形成する膜に応じた蒸着材料 8 を充填しておく。そして、雰囲気調整工程 S 7 0 1 において真空槽 2 内を所定のガス雰囲気に設定・維持し、プラズマ発生工程 S 7 0 2 において、高周波電源 1 3 を起動して、高周波コイル 1 9 に高周波電圧を印加してプラズマを発生させる。プラズマ発生工程 S 7 0 2 の開始と同時に溶かし込み工程 S 7 0 3 を開始する。溶かし込み工程 S 7 0 3 において、電子銃 1 0 から電子ビームを坩堝 9 内の蒸着材料 8 へ照射し、蒸着材料 8 の溶かし込みをプラズマ雰囲気中で行う。

【 0 0 4 4 】

その後、工程 S 7 0 5 において真空槽 2 内を大気開放し、工程 S 7 0 6 において基板ドーム 6 に基板 5 をセットし、雰囲気調整工程 S 7 0 7 において、再度真空槽 2 内を所定のガス雰囲気に設定・維持し、成膜工程 S 7 1 0、成膜工程 S 7 1 1 へ移行する。なお、当然に、本実施形態においても成膜工程においてプラズマを発生させる必要はない。

【 0 0 4 5 】

あるいは、工程 S 7 0 5 において槽内温度を一度低下させてから、工程 S 7 0 6 において、真空槽に連結されるとともに排気手段を備える仕込室及び基板搬送ロボット等（図示せず）を用いて基板をセットすることも有効である。この場合、大気開放する必要がないので、処理時間の短縮、導入ガスの節約等にも貢献することができる。槽内温度を低下させる方法は、導入ガスの通流、単なる待機（自然に温度が下がるのを待つこと）、又は別途の冷却装置による冷却であってもよい。

【 0 0 4 6 】

本発明の作用・効果を図 1 0 及び図 1 1 を用いて説明する。

図 1 0 は、A P C（自動圧力コントローラ）を用いて真空槽内の圧力を一定にした場合の、成膜工程中の導入ガス流量の変化を示す図である。横軸は時間であり、原点を成膜工程の開始時、即ち、シャッタ 1 1 を開いた瞬間とする。図中の線 N は溶かし込み工程においてプラズマを発生させなかった場合であり、線 R F は本発明のように溶かし込み工程においてプラズマを発生させた場合である。図示するように、線 N においては、成膜工程開始後に放出ガスが発生し、この放出ガスによる槽内の圧力上昇を抑えるため導入ガスの流入量が徐々に減少していくことを示している。これは、真空槽の壁面に堆積したボソボソなもろい膜が水分を吸着し、成膜時に蒸着源の輻射熱や蒸発物質の熱によってじわじわと放出されてくるためである。この放出ガスが膜内に混入して膜質の再現性劣化を誘発する。一方、線 R F においては、成膜工程開始後に放出ガスがほとんど発生しないので導入ガスの流入量が多く安定していることを示している。プラズマ雰囲気中で溶かし込み工程を行うことにより、水分を吸着しにくい環境をつくり、また吸着した水分を効率よく放出させたため、変動がほとんど見られず、酸素分圧が安定した雰囲気を作り出せていることがわかる。また、これにより排気時間が短くなり、作業時間の短縮に貢献する。

【 0 0 4 7 】

図 1 1（a）及び（b）は成膜終了後の素子（基板）について、1 バッチ目に作成した素子の分光特性と、1 5 バッチ目に作成した素子の分光特性とを比較するものである。図 1 1（a）は溶かし込み工程においてプラズマを発生させなかった場合の分光特性であり、（b）は本発明のように溶かし込み工程においてプラズマを発生させた場合のものである。双方とも横軸は波長であり、縦軸は透過率である。バッチ数を重ねることで槽内が汚

10

20

30

40

50

れてくると、分光特性は長波長側にシフトする。図 1 1 (a) では、1 5 バッチ後に分光特性が大きく崩れているが、図 1 1 (b) では、本発明の効果により成膜工程において放出ガスがほとんどないという状態を常に得られるので、その結果成膜された素子の分光特性のばらつきが小さく、再現性が良いことが分かる。

【 0 0 4 8 】

上記の実施形態 1 ~ 4 では基板ドーム回転機構、基板加熱機構等を省略したが、これらの機構は必要に応じて追加すればよい。また、成膜段階での各工程は適切なものであればいずれの成膜方法を適用してもよい。また、蒸着材料を蒸発させるために電子銃を用いたが、抵抗加熱による蒸発を用いてもよい。また、溶かし込み工程中に真空槽を一度大気開放して蒸着材料を補充し、再度真空排気してから溶かし込み工程を再開させてもよい。

10

上記の実施形態 3 ~ 4 では成膜準備工程におけるプラズマ生成を省力したが、本発明による効果とプラズマによる基板昇温への影響等を加味し、適宜選択すればよい。また、熱伝導率の低い材料等、溶かし込み工程のできない蒸着材料であっても、成膜直前の材料加熱時、即ち本発明における成膜準備工程において、プラズマを生成することにより本発明の効果を得ることができる。

上記の実施形態ではプラズマ生成手段として R F 放電を用いたが、イオンガン等を用いてもよい。この場合、溶かし込みと同時に、真空槽の壁面やシャッタ、防着板等に直接イオンビームを照射すればよい。また、クリーニング工程 S 4 0 4 についても、R F 放電に限らずイオンガン等を用いてもよい。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 9 】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態の真空蒸着装置を示す図である。

【図 2】本発明の第 1 の実施形態の動作を説明する図である。

【図 3】本発明の第 2 の実施形態の真空蒸着装置を示す図である。

【図 4】本発明の第 2 の実施形態の動作を説明する図である。

【図 5】本発明の第 2 の実施形態の動作を説明する図である。

【図 6】本発明の第 3 の実施形態の真空蒸着装置を示す図である。

【図 7】本発明の第 4 の実施形態の動作を説明する図である。

【図 8】従来技術の真空蒸着装置を示す図である。

【図 9】従来技術の動作を説明する図である。

30

【図 1 0】成膜工程中の導入ガス流量を示す図である。

【図 1 1】成膜処理の再現性を説明する図である。

【符号の説明】

【 0 0 5 0 】

1 . 真空蒸着装置

2 . 真空槽

3 . 排気口

4 . ガス導入口

5 . 基板

6 . 基板ドーム

40

7 . 給電部

8 . 蒸着材料

9 . 坩堝

1 0 . 電子銃

1 1 . シャッタ

1 2 . ニュートラライザ

1 3 . 高周波電源

1 4 . 防着板

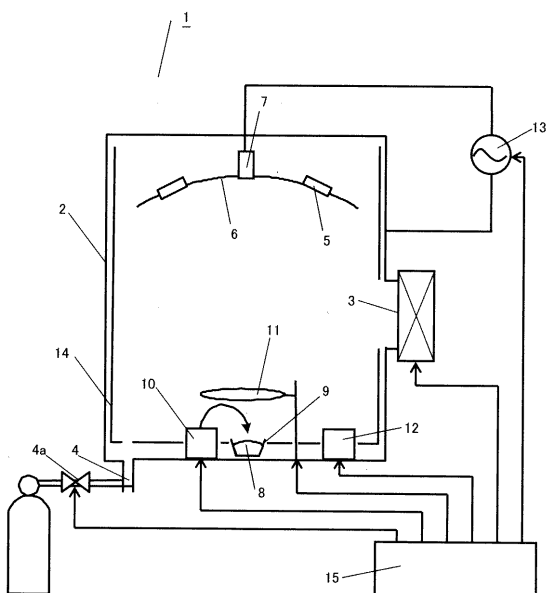
1 5 . 制御手段

1 6 a . A P C (自動圧力コントローラ)

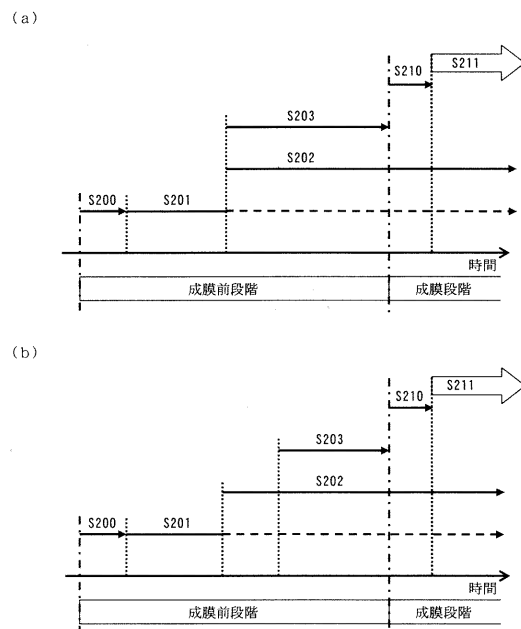
50

- 16b . ガス流量モニタ手段
- 17a . MFC (マスフローコントローラ)
- 17b . 圧力モニタ手段
- 18 . フィードバック手段
- 19 . 高周波コイル

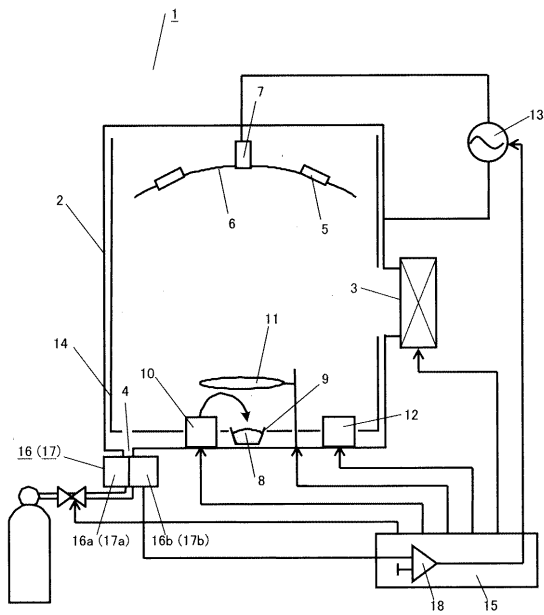
【図1】



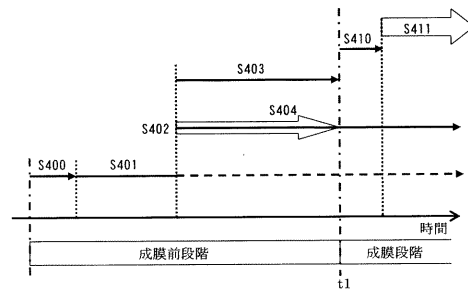
【図2】



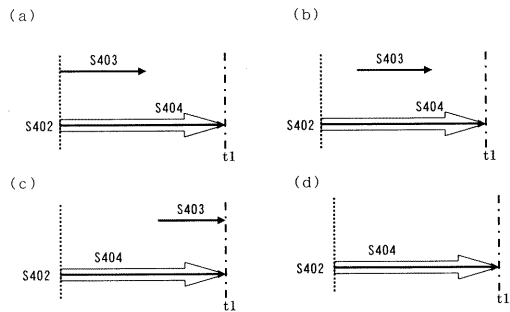
【図 3】



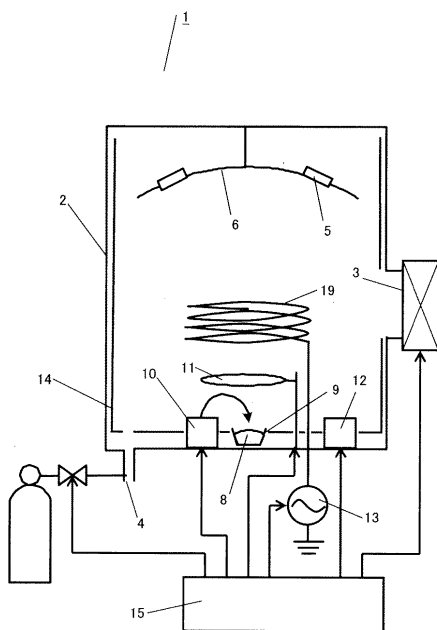
【図 4】



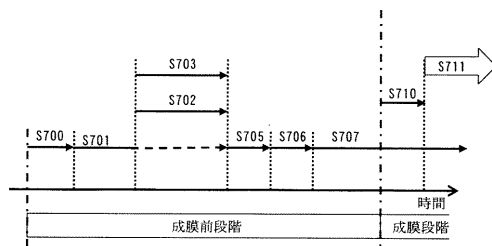
【図 5】



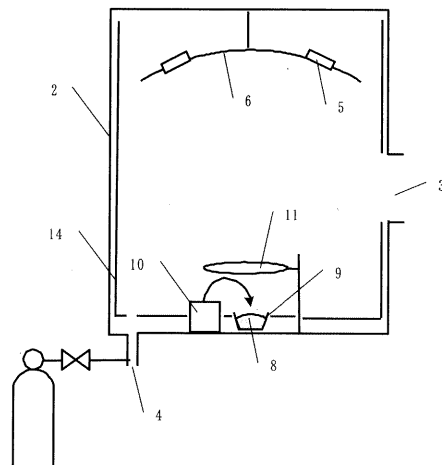
【図 6】



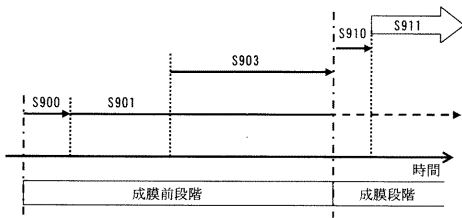
【図 7】



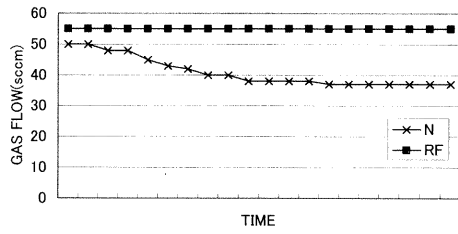
【図 8】



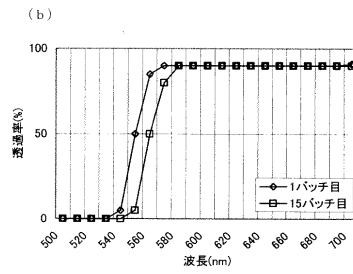
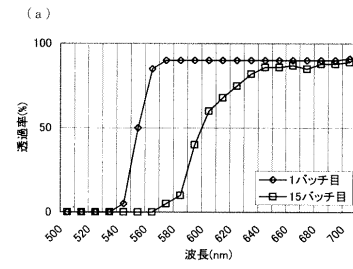
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(74)代理人 100128657

弁理士 三山 勝巳

(72)発明者 荒川 俊明

神奈川県相模原市田名 3 0 6 2 - 1 0 株式会社昭和真空内

(72)発明者 瀧本 昌行

神奈川県相模原市田名 3 0 6 2 - 1 0 株式会社昭和真空内

(72)発明者 築瀬 健介

神奈川県相模原市田名 3 0 6 2 - 1 0 株式会社昭和真空内

(72)発明者 布施 豊

神奈川県相模原市田名 3 0 6 2 - 1 0 株式会社昭和真空内

(72)発明者 金子 忠司

神奈川県相模原市田名 3 0 6 2 - 1 0 株式会社昭和真空内

F ターム(参考) 4K029 AA09 AA24 CA01 DA09 DB21 FA09