

(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2014-192485

(P2014-192485A)

(43) 公開日 平成26年10月6日(2014.10.6)

(51) Int.Cl.

H01L 21/205 (2006.01)
 C23C 16/24 (2006.01)
 C23C 16/455 (2006.01)

F 1

H01L 21/205
 C23C 16/24
 C23C 16/455

テーマコード(参考)

4K030
 5FO45

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号
 (22) 出願日

特願2013-69109 (P2013-69109)
 平成25年3月28日 (2013.3.28)

(71) 出願人 000001122
 株式会社日立国際電気
 東京都千代田区外神田四丁目14番1号
 (72) 発明者 中磯 直春
 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社日立国際電気内
 (72) 発明者 湯浅 和宏
 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社日立国際電気内
 (72) 発明者 北原 侑樹
 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社国際電気セミコンダクターサービス内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】半導体装置の製造方法、基板処理方法及び基板処理装置

(57) 【要約】

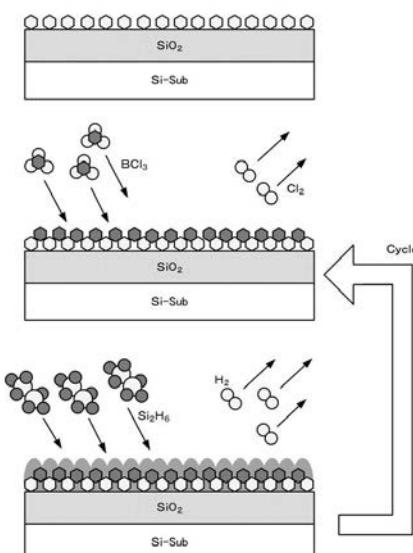
【課題】

優れたウエハ面内膜厚均一性とウエハ面間膜厚均一性を有するノンドープSi膜を成膜する技術を提供する。

【解決手段】

基板を処理室に搬送する工程と、前記処理室内に、B原子含有ガスを供給する第1のガス供給工程と、前記第1のガス供給工程で供給されたB原子含有ガス雰囲気下の処理室内をバージする第1のバージ工程と、前記第1のバージ工程後、Si原子含有ガスを前記処理室内に供給してノンドープSi膜を前記基板に形成する第2のガス供給工程と、前記Si原子含有ガス雰囲気下の処理室内をバージする第2のバージ工程と、を有する半導体装置の製造方法。

【選択図】図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板を処理室に搬送する工程と、
 前記処理室内に、B原子含有ガスを供給する第1のガス供給工程と、
 前記第1のガス供給工程で供給されたB原子含有ガス雰囲気下の処理室内をページする第1のページ工程と、
 前記第1のページ工程後、Si原子含有ガスを前記処理室内に供給してノンドープSi膜を前記基板に形成する第2のガス供給工程と、
 前記Si原子含有ガス雰囲気下の処理室内をページする第2のページ工程と、
 を有する半導体装置の製造方法。

10

【請求項 2】

前記ノンドープSi膜は、B含有濃度が 3.0×10^{20} atom/cm³以下である、
 請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 3】

基板を処理室に搬送する工程と、
 前記処理室内にB原子含有ガスを供給する第1のガス供給工程と、
 前記第1のガス供給工程で供給されたB原子含有ガス雰囲気下の処理室内をページする第1のページ工程と、
 前記第1のページ工程後、Si原子含有ガスを前記処理室内に供給してノンドープSi膜を前記基板に形成する第2のガス供給工程と、
 前記Si原子含有ガス雰囲気下の処理室内をページする第2のページ工程と、
 を有する基板処理方法。

20

【請求項 4】

前記ノンドープSi膜は、B含有濃度が 3.0×10^{20} atom/cm³以下である、
 請求項3に記載の基板処理方法。

【請求項 5】

基板を処理する処理室と、
 前記処理室に設けられ、B原子含有ガスを供給するB原子含有ガス供給系と、
 前記処理室に設けられ、Si原子含有ガスを供給するSi原子含有ガス供給系と、
 前記B原子含有ガス供給系と前記Si原子含有ガス供給系とを制御してB原子含有ガスと
 Si原子含有ガスとの供給量を制御する制御部とを有し、
 前記制御部は、前記処理室に基板が搬送されると、前記B原子含有ガス供給系からB原子
 含有ガスをB原子が供給し、前記B原子含有ガス供給後、前記Si原子含有ガスを供給す
 ることでノンドープSi膜が前記基板に成膜されるように前記B原子含有ガス供給系と前
 記Si原子含有ガス供給系とを制御する、基板処理装置。

30

【請求項 6】

前記ノンドープSi膜は、B含有濃度が 3.0×10^{20} atom/cm³以下である、
 請求項5に記載の基板処理装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体装置の製造方法、基板処理方法及び基板処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、CVD法でSi膜を成膜する際には、反応ガスにSiH₄（モノシラン）、Si₂H₆（ジシラン）等を用いてノンドープSi膜を成膜することや、不純物としてB（ホウ素）やP（リン）を膜中に拡散させるため、反応ガスのSiH₄（モノシラン）若しくはSi₂H₆（ジシラン）にPH₃（ホスフィン）を加えてPドープSi膜、B₂H₆（ジボラン）やBCl₃（三塩化ホウ素）を加えてBドープSi膜を成膜することが行われ

50

ている。

400 以下の低温でSi膜を成膜する場合、ノンドープSi膜を成膜するためには一般的にSi₂H₆（ジシラン）を使用する。ノンドープSi膜の成膜にSi₂H₆を使用した場合、ウエハ（基板）周縁の膜厚が急激に厚くなり、ウエハ内の膜厚均一性（面内均一性）が著しく悪く、さらにバッチ内の膜厚もボトム（ポート下部）の膜厚が薄くなりウエハ間の膜厚均一性（面間均一性）も悪いという問題がある。この問題はSiH₄（モノシリラン）にB（ホウ素）を添加し、B（ホウ素）の触媒効果を利用してことで、Si₂H₆を用いたノンドープSiと同等の低温化を実現でき、ウエハ内の膜厚均一性を大幅に改善できる。

しかし、このような手段で成膜した場合であっても、面間均一性の改善は不十分であり、特に反応ガスに SiH₄ を用いた場合には、B（ホウ素）を添加する必要があることから膜中の B 濃度の低濃度化が困難となり、B（ホウ素）がドーパントとして SiH₄ と反応して B ドープ Si 膜となってしまう。

B ドープ Si 膜は、ノンドープ Si 膜と比較してウェットエッチングレートが大幅に悪いため、デバイス製造工程の効率を上げることが困難になるという問題があった。（例えば特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

〔 0 0 0 3 〕

【特許文献 1】特開 2012-204691 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

[0 0 0 4]

上述のように、ノンドープSi膜を成膜する際にSi₂H₆（ジシラン）を用いると、ウエハ内膜厚均一性が悪く、SiH₄（モノシラン）を用いると、低温で処理するためにB（ホウ素）含有ガスを添加して供給する必要が生じるため、添加するB（ホウ素）含有ガスの濃度によってはノンドープSi膜の特性を得られなくなるという問題が生じていた。

〔 0 0 0 5 〕

本発明は、優れたウエハ面内膜厚均一性とウエハ面間膜厚均一性を有するノンドープSi膜を成膜する技術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 0 6 〕

本発明の一態様によれば、基板を処理室に搬送する工程と、前記処理室内に、B原子含有ガスを供給する第1のガス供給工程と、前記第1のガス供給工程で供給されたB原子含有ガス雰囲気下の処理室内をページする第1のページ工程と、前記第1のページ工程後、Si原子含有ガスを前記処理室内に供給してノンドープSi膜を前記基板に形成する第2のガス供給工程と、前記Si原子含有ガス雰囲気下の処理室内をページする第2のページ工程と、を有する半導体装置の製造方法が提供される。

[0 0 0 7]

本発明の他の態様によれば、基板を処理室に搬送する工程と、前記処理室内にB原子含有ガスを供給する第1のガス供給工程と、前記第1のガス供給工程で供給されたB原子含有ガス雰囲気下の処理室内をページする第1のページ工程と、前記第1のページ工程後、Si原子含有ガスを前記処理室内に供給してノンドープSi膜を前記基板に形成する第2のガス供給工程と、前記Si原子含有ガス雰囲気下の処理室内をページする第2のページ工程と、を有する基板処理方法が提供される。

〔 0 0 0 8 〕

ガス供給系とを制御して B 原子含有ガスと Si 原子含有ガスとの供給量を制御する制御部とを有し、前記制御部は、前記処理室に基板が搬送されると、前記 B 原子含有ガス供給系から B 原子含有ガスを B 原子が供給し、前記 B 原子含有ガス供給後、前記 Si 原子含有ガスを供給することでノンドープ Si 膜が前記基板に成膜されるように前記 B 原子含有ガス供給系と前記 Si 原子含有ガス供給系とを制御する、基板処理装置が提供される。

【発明の効果】

【0009】

本発明に係る基板処理装置によれば、優れたウエハ面内膜厚均一性とウエハ面間膜厚均一性を有するノンドープ Si 膜を成膜する技術を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の実施形態に係る基板処理装置を示す斜視図である。

【図2】本発明の実施形態に係る基板処理装置の垂直断面図である。

【図3】本発明の実施形態に係る基板処理装置の処理炉の垂直断面図である。

【図4】本発明の実施形態に係る基板処理工程における成膜フロー図である。

【図5】本発明の実施形態に係る基板処理工程におけるガス供給タイミング図である。

【図6】本発明の実施の形態に係る基板処理工程における基板の反応イメージを示した模式図である。

【図7】(a)は、従来技術による Si 膜の膜厚均一性を示す。(b)は、本発明による Si 膜の膜厚均一性を示す。

【図8】本発明及び従来技術による炉内温度とデポレートの関係を示す。

【図9】本発明による Si₂H₆ の流量とデポレートの関係を示す。

【図10】本発明による Si₂H₆ の流量と基板の面内膜厚均一性の関係を示す。

【図11】従来技術による Si₂H₆ の流量と基板の面内膜厚均一性の関係を示す。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、図面を参照して、本発明の実施例における基板処理装置を説明する。

本実施例における基板処理装置は、一例として、半導体装置の製造方法における処理工程を実施する半導体製造装置として構成されている。以下の説明では、基板処理装置として、基板に酸化、拡散処理や CVD 処理などを行うバッチ式縦型半導体製造装置（以下、単に処理装置という）を適用した場合について述べる。

【0012】

図1に示されているように、シリコン等からなる基板であるウエハ200を収納したウエハキャリアとしてのカセット（FOUP、ポッドともいう）110が使用されている処理装置101は、筐体111を備えている。筐体111の正面壁111aの下方にはメンテナンス可能なように設けられた開口部としての正面メンテナンス口103が開設され、この正面メンテナンス口103を開閉する正面メンテナンス扉104が建て付けられている。メンテナンス扉104には、カセット搬入搬出口（基板収容器搬入搬出口）112が筐体111内外を連通するように開設されており、カセット搬入搬出口112はフロントシャッタ（基板収容器搬入搬出口開閉機構）113によって開閉されるようになっている。カセット搬入搬出口112の筐体111内側にはカセットステージ（基板収容器受渡し台）114が設置されている。

カセット110は、カセットステージ114上に工程内搬送装置（図示せず）によって搬入され、かつまた、カセットステージ114上から搬出されるようになっている。カセットステージ114は、工程内搬送装置によって、カセット110内のウエハ200が垂直姿勢となり、カセット110のウエハ出し入れ口が上方向を向くように載置されるように構成されている。

【0013】

筐体111内の前後方向の略中央下部には、カセット棚（基板収容器載置棚）105が設置されており、カセット棚105は複数段複数列にて複数個のカセット110を保管し

10

20

30

40

50

、カセット110内のウエハ200を出し入れすることが可能となるように配置されている。カセット棚105は、スライドステージ（水平移動機構）106上に横行可能に設置されている。また、カセット棚105の上方にはバッファ棚（基板収容器保管棚）107が設置されており、カセット110を保管するように構成されている。

【0014】

カセットステージ114とカセット棚105との間には、カセット搬送装置（基板収容器搬送装置）118が設置されている。カセット搬送装置118は、カセット110を保持したまま昇降可能なカセットエレベータ（基板収容器昇降機構）118aと搬送機構としてのカセット搬送機構（基板収容器搬送機構）118bとで構成されており、カセットエレベータ118aとカセット搬送機構118bとの連続動作により、カセットステージ114、カセット棚105、バッファ棚107との間で、カセット110を搬送するように構成されている。

【0015】

カセット棚105の後方には、ウエハ移載機構（基板移載機構）125が設置されており、ウエハ移載機構125は、ウエハ200を水平方向に回転ないし直動可能なウエハ移載装置（基板移載装置）125aおよびウエハ移載装置125aを昇降させるためのウエハ移載装置エレベータ（基板移載装置昇降機構）125bとで構成されている。図1に模式的に示されているように、ウエハ移載装置エレベータ125bは、筐体111左側端部に設置されている。これら、ウエハ移載装置エレベータ125bおよびウエハ移載装置125aの連続動作により、ウエハ移載装置125aのツイーザ（基板保持体）125cをウエハ200の載置部として、ポート217に対して、ウエハ200を装填（チャージング）および脱装（ディスチャージング）するように構成されている。

【0016】

図1に示されているように、バッファ棚107の後方には、清浄化した雰囲気であるクリーンエアを供給するよう供給ファン及び防塵フィルタで構成されたクリーンユニット134aが設けられておりクリーンエアを筐体111の内部に流通させるように構成されている。また、ウエハ移載装置エレベータ125b側と反対側である右側端部には、クリーンエアを供給するよう供給ファンおよび防塵フィルタで構成された図示しないクリーンユニットが設置されており、クリーンユニットから吹き出されたクリーンエアは、ウエハ移載装置125aを流通した後に、図示しない排気装置に吸い込まれて、筐体111の外部に排気されるようになっている。

【0017】

ウエハ移載装置（基板移載装置）125aの後側には、大気圧未満の圧力（以下、負圧という。）を維持可能な機密性能を有する筐体（以下、耐圧筐体という。）140が設置されており、この耐圧筐体140によりポート217を収容可能な容積を有するロードロック方式の待機室であるロードロック室141が形成されている。

【0018】

耐圧筐体140の正面壁140aには、ウエハ搬入搬出口（基板搬入搬出口）142が開設されており、ウエハ搬入搬出口142はゲートバルブ（基板搬入搬出口開閉機構）143によって開閉されるようになっている。耐圧筐体140の一対の側壁には、ロードロック室141へ窒素ガス等の不活性ガスを給気するためのガス供給管144と、ロードロック室141を負圧に排気するための図示しない排気管とがそれぞれ接続されている。

【0019】

ロードロック室141上方には、処理炉202が設けられている。処理炉202の下端部は炉口ゲートバルブ（炉口開閉機構）147により開閉されるように構成されている。

【0020】

図1に模式的に示されているように、ロードロック室141には、ポート217を昇降させるためのポートエレベータ115が設置されている。ポートエレベータ115に連結された連結具としての図示しないアームには蓋体としてのシールキャップ219が水平に据え付けられており、シールキャップ219はポート217を垂直に支持し、処理炉20

10

20

30

40

50

2の下端部を閉塞可能なように構成されている。

ポート217は複数本の保持部材を備えており、複数枚（例えば、50枚～150枚程度）のウエハ200をその中心を揃えて垂直方向に整列させた状態で、それぞれ水平に保持するように構成されている。

【0021】

次に、本発明の実施例における処理装置の動作について説明する。

図1に示されているように、カセット110がカセットステージ114に供給されるに先立って、カセット搬入搬出口112がフロントシャッタ113によって開放される。その後、カセット110はカセット搬入搬出口112から搬入され、カセットステージ114の上にウエハ200が垂直姿勢であって、カセット110のウエハ出し入れ口が上方向を向くように載置される。

10

【0022】

次に、カセット110は、カセット搬送装置118によって、カセットステージ114から掬い上げられるとともに、カセット110内のウエハ200が水平姿勢となり、カセット110のウエハ出し入れ口が筐体後方を向けるように、筐体後方に向かって縦方向に90°回転させられる。引き続いて、カセット110は、カセット搬送装置118によって、カセット棚105、またはバッファ棚107の指定された棚位置に自動的に移載され、一時的に保管されるか、または、カセット棚105のウエハ取り出し位置に直接搬送される。

20

【0023】

ライドステージ106はカセット棚105を水平移動させ、移載の対象となるカセット110をウエハ移載装置125aに対峙する様に位置決めする。

【0024】

予め内部が大気圧状態とされていたロードロック室141のウエハ搬入搬出口142がゲートバルブ143の動作により開放されると、ウエハ200はカセット110からウエハ移載装置125aのツイーザ125cによってウエハ出し入れ口を通じてピックアップされる。続いてウエハ移載装置125aにより、ポート217上にウエハ200が載置される。ウエハ移載装置125aはカセット110に戻り、次のウエハ200をポート217上に装填する。

30

【0025】

予め指定された枚数のウエハ200がポート217に装填されると、ウエハ搬入搬出口142がゲートバルブ143によって閉じられ、ロードロック室141は排気管から真空引きされることにより、減圧される。ロードロック室141が処理炉202内の圧力と同圧に減圧されると、処理炉202の下端部が炉口ゲートバルブ147によって開放される。続いて、シールキャップ219がポートエレベータ115によって上昇されて、シールキャップ219に支持されたポート217が処理炉202内へ搬入（ローディング）される。

【0026】

ローディング後は、処理炉202にてウエハ200に後述の処理が実施される。処理後は、ポートエレベータ115によりポート217が引き出され更に、ロードロック室141内部を大気圧に復圧させた後にゲートバルブ143が開かれる。その後は、概上述の逆の手順で、ウエハ200およびカセット110は筐体111の外部へ払出される。

40

【0027】

次に、本発明の実施例における基板処理装置の処理炉周辺の概略構成について説明する。図2は本発明の実施例で用いられる基板処理装置の処理炉202及び処理炉周辺の概略構成図であり、縦断面図として示されている。

図2において、待機室としてのロードロック室141の外面に下基板245が設けられる。下基板245には、昇降台249と嵌合するガイドシャフト264及び昇降台249と螺合するボール螺子244が設けられる。下基板245に立設したガイドシャフト264及びボール螺子244の上端に上基板247が設けられる。ボール螺子244は上基板

50

247に設けられた昇降モータ248により回転される。ボール螺子244が回転することにより昇降台249が昇降するよう構成されている。

【0028】

昇降台249には中空の昇降シャフト250が垂設され、昇降台249と昇降シャフト250の連結部は気密となっている。昇降シャフト250は昇降台249と共に昇降するようになっている。昇降シャフト250はロードロック室141の天板251を遊貫する。昇降シャフト250が貫通する天板251の貫通穴は昇降シャフト250に対して接触することがない様充分な余裕がある。ロードロック室140と昇降台249との間には昇降シャフト250の周囲を覆うように伸縮性を有する中空伸縮体としてのベローズ265がロードロック室141を気密に保つために設けられる。ベローズ265は昇降台249の昇降量に対応できる充分な伸縮量を有し、ベローズ265の内径は昇降シャフト250の外形に比べ充分に大きく、ベローズ265の伸縮で接触することができないように構成されている。

10

【0029】

昇降シャフト250の下端には昇降基板252が水平に固着される。昇降基板252の下面にはOリング等のシール部材を介して駆動部カバー253が気密に取付けられる。昇降基板252と駆動部カバー253とで駆動部収納ケース256が構成されている。この構成により、駆動部収納ケース256内部はロードロック室141内の雰囲気と隔離される。

20

また、駆動部収納ケース256の内部にはポート217の回転機構254が設けられ、回転機構254の周辺は、冷却機構257により、冷却される。

【0030】

電力供給ケーブル258が昇降シャフト250の上端から昇降シャフト250の中空部を通って回転機構254に導かれて接続されている。又、冷却機構257、シールキャップ219には冷却流路259が形成されており、冷却流路259には冷却水を供給する冷却水配管260が接続され、昇降シャフト250の上端から昇降シャフト250の中空部を通っている。

【0031】

昇降モータ248が駆動され、ボール螺子244が回転することで昇降台249及び昇降シャフト250を介して駆動部収納ケース256を昇降させる。

30

【0032】

駆動部収納ケース256が上昇することにより、昇降基板252に気密に設けられるシールキャップ219が処理炉202の開口部である炉口161を閉塞し、ウエハ処理が可能な状態となる。駆動部収納ケース256が下降することにより、シールキャップ219とともにポート217が降下され、ウエハ200を外部に搬出できる状態となる。

【0033】

次に、本発明の実施例における基板処理装置の処理炉について、図2と図3を用いて説明する。図3は本発明の実施例で用いられる基板処理装置の処理炉202の概略構成図であり、縦断面図として示されている。

40

図2に示されるように、処理炉202は、アウターチューブ205と、インナーチューブ204と、ガス供給管311、312と、ガス排気管231と、ポート217等を備える。アウターチューブ205、マニホールド209等により処理室201を構成している。

【0034】

アウターチューブ205は、耐熱材料としての石英(SiO₂)材で構成されており、上端が閉塞し下端が開口した外形が円筒状に形成されている。アウターチューブ205の内側には、インナーチューブ204が設けられている。

インナーチューブ204は、耐熱材料としての石英(SiO₂)材で構成されており、上端と下端が開口するとともに、外形が円筒状に形成されている。インナーチューブ204の内側には、処理室201が形成されている。処理室201には、基板としてのウエハ

50

200を複数、水平姿勢で垂直方向に多段に整列した状態で搭載したポート217が収容されている。

【0035】

アウターチューブ205の下方には、アウターチューブ205と同心円状にマニホールド209が配設されている。マニホールド209は、例えば、石英(SiO₂)若しくはステンレス等からなり、上端及び下端が開口した円筒形状に形成されている。このマニホールド209は、アウターチューブ205とインナーチューブ204を支持するように設けられている。なお、マニホールド209とアウターチューブ205との間には、シール部材としてのOリングが設けられている。このマニホールド209がロードロック室140の天板251に、Oリングを介して支持されることにより、アウターチューブ205は垂直に据え付けられた状態となっている。

10

【0036】

マニホールド209の外側壁には、水平に設けられたガス供給ノズル301、と反応管内部で内壁の下部から上部に沿ってウエハの積載方向に向かって立ち上がるようによ多段に設けられたガス供給ノズル302と、ガス排気管231が設けられている。本例では、ガス供給ノズル301を1本とガス供給ノズル302を4本設けたが、それぞれ1本或いは複数本とすることもできる。

【0037】

ガス供給ノズル301と302は、インナーチューブ204の内側の空間に連通するよう設けられている。ガス排気管231は、アウターチューブ205とインナーチューブ204の間の空間に連通するよう設けられている。したがって、ガス供給ノズル301、302から供給されたガスは、インナーチューブ204の内側の空間に入り、積層されたウエハ間を通り抜けインナーチューブ204内を上昇し、インナーチューブ204上端の開口から折り返して、アウターチューブ205とインナーチューブ204の間の空間を下降し、ガス排気管231に抜けるようになっている。

20

【0038】

ガス供給ノズル301と302には、本例ではその下流端に、ガス供給孔が設けられている。あるいは、ガス供給ノズル301と302の側壁に、ガス供給孔を複数設けて多孔ノズルとしてもよい。

30

【0039】

ガス供給ノズル301は、その上流側に、シリコン含有ガスであるジシランガスSi₂H₆(ジシラン)供給源および、不活性ガスである窒素ガス(N₂)供給源、ガス流量制御装置としてのMFC(マスフローコントローラ)、開閉バルブが接続されている。このMFC、開閉バルブを制御することにより、ガス供給ノズル301からジシランガス、窒素ガス或いはジシランガスと窒素ガスの混合ガスが処理室201内に供給される。

【0040】

ガス供給ノズル302は、それぞれ上流側で、不純物含有ガスとしてのホウ素(ボロン)含有ガスである三塩化ホウ素ガス(BC13)供給源及び不活性ガスである窒素ガス(N₂)供給源、ガス流量制御装置としてのMFC(マスフローコントローラ)、開閉バルブが接続されている。このMFC、開閉バルブの制御により、ガス供給ノズル302から三塩化ホウ素ガス、窒素ガス、あるいは三塩化ホウ素ガスと窒素ガスの混合ガスが処理室201内に供給される。

40

なお、これらのB(ホウ素)含有ガス供給源、不活性ガス供給源、MFC、開閉バルブのそれぞれは、ガス供給ノズル1本毎に設けるようにしても良いし、それぞれ1つずつ設けておき、分岐させて供給するようにしても良い。

また、ガス供給源は1つずつ設けて、分岐後のノズル毎にMFCと開閉バルブを設けてノズル毎の供給量を制御可能に構成しても良い。

【0041】

なお、各MFC、及び各バルブには、制御部240が電気的に接続されており、供給するガスの流量が所望の流量となるよう所望のタイミングにて制御するように構成されてい

50

る。

ガス排気管 231 の下流側には、図示しない圧力検出器としての圧力センサ及び圧力調整器としての A P C バルブ 242 を介して真空ポンプ等の真空排気装置 246 が接続されている。主に、ガス排気管 231、A P C バルブ 242 により、排気系、すなわちガス排気部が構成される。なお、真空ポンプなどの真空排気装置 246 をガス排気部に含めて考えても良い。

圧力センサ及び A P C バルブ 242 には、制御部 240 が電気的に接続されており、制御部 240 は、圧力センサにより検出された圧力に基づいて A P C バルブ 242 の開度を調節することにより、処理室 201 内の圧力が所望の圧力となるよう所望のタイミングにて制御するよう構成されている。

【 0 0 4 2 】

マニホールド 209 の下方には、マニホールド 209 の下端開口を気密に閉塞するための炉口蓋体としてシールキャップが設けられている。シールキャップは、例えばステンレス等の金属で構成されており、円盤状に形成されている。シールキャップの上面には、天板 251 の下端と当接するシール部材としての O リングが設けられている。

シールキャップには、回転機構 254 が設けられている。回転機構 254 の回転軸はシールキャップを貫通して前記ポート 217 に接続されており、ポート 217 を回転させることでウエハ 200 を回転させるように構成されている。

シールキャップは、処理炉 202 の外側に設けられた昇降機構としての昇降モータ 248 によって垂直方向に昇降されるように構成されており、これによりポート 217 を処理室 201 に対し搬入搬出することが可能となっている。

回転機構 254 及び昇降モータ 248 には、制御部 240 が電気的に接続されており、所望の動作をするよう所望のタイミングにて制御するよう構成されている。

【 0 0 4 3 】

(制御部)

制御部としてのコントローラ 240 は、上述したように回転機構 254、ポートエレベータ 115、ヒータ 206、温度センサ、圧力センサ、圧力制御装置としての A P C バルブ 242、排気装置 246、マスフローコントローラ、バルブにそれぞれ電気的に接続されており、基板処理装置の各部の動作を制御している。

【 0 0 4 4 】

具体的には、コントローラ 240 は、回転機構 254 の回転軸 255 を所定のタイミングで回転させるようにしている。コントローラ 240 は、ポートエレベータ 115 を所定のタイミングで昇降させるようにしている。また、コントローラ 240 は、圧力センサにより検出された圧力情報に基づいて A P C バルブ 242 の弁開度を調整し、処理室 201 内が所定のタイミングで所定の圧力となるようにしている。また、コントローラ 240 は、温度センサにより検出された温度情報に基づきヒータ 206 への通電具合を調整し、処理室 201 内及びウエハ 200 表面が所定のタイミングにて所定の温度となるようにしている。また、コントローラ 240 は、それぞれのマスフローコントローラを流量制御しつつ、それぞれのバルブの開閉制御することにより、処理室 201 内に所定のタイミングにて所定の流量のガス供給を開始し、或いは停止するようにしている。

【 0 0 4 5 】

本実施形態では、ウエハ 200 を収容した処理室 201 内に少量の B (ホウ素) 含有ガスとしての B C 13 (三塩化ホウ素) ガスを供給してウエハ 200 上に B (ホウ素) を堆積させる工程と、シリコン含有ガスとしての S i 2 H 6 (ジシラン) ガスを供給してウエハ 200 上に堆積した B (ホウ素) と基板表面上で反応させ S i 膜を成長させる工程と、を 1 サイクルとして前記サイクルを 1 回以上行うように構成されている。

【 0 0 4 6 】

この処理炉 202 の構成において、シリコン含有ガスである S i 2 H 6 (ジシラン) は、シリコン含有ガス供給源から供給され、M F C でその流量が調節された後、バルブを介して、ガス供給ノズル 301 を経て、処理室 201 内に導入される。このとき同時に、キ

10

20

30

40

50

キャリアガスとして、不活性ガスである窒素ガスが、窒素ガス供給源から供給され、MFCでその流量が調節された後、バルブを介して、ガス供給ノズル301を経て、処理室201内に導入される。

B(ホウ素)含有ガスであるBC13(三塩化ホウ素)は、B(ホウ素)含有ガス供給源から供給され、MFCでその流量が調節された後、バルブを介して、ガス供給ノズル302を経て、処理室201内に導入される。このとき同時に、キャリアガスとして、不活性ガスである窒素ガスが、窒素ガス供給源から供給され、MFCでその流量が調節された後、バルブを介して、ガス供給ノズル302を経て、処理室201内に導入される。

処理室201内のガスは、ガス排気管231を経て、真空ポンプ246に至り、排気される。

10

【0047】

なお、図3に示すように、ポート217の下部には、例えば耐熱性材料としての石英(SiO₂)で構成される円筒形状をした断熱部材としての断熱筒216が配置されており、ヒータ206からの熱がマニホールド209側に伝わりにくくなるよう構成されている。なお、断熱筒216は、ポート217と別体として設けずに、ポート217と一体として設けても良いし、断熱筒216に代えて、ポート217における下方に複数枚の断熱板を設けるようにしてもよい。

【0048】

次に、上記構成に係る処理炉202を用いて、半導体装置の製造工程の一工程として、ウエハ200上にSi膜を形成する基板処理工程について説明する。図4に本実施形態の基板処理工程における成膜フロー図を、図5に本実施形態の基板処理工程におけるガス供給タイミング図を、図6に本実施形態に係る基板処理工程における基板の反応イメージを示した模式図を示す。尚、以下の説明において、基板処理装置を構成する各部の動作は、主にコントローラ240により制御される。

20

【0049】

(搬入工程)

先ず、ポート217に複数枚のウエハ200を装填(ウエハチャージ)する(ステップS1)。次に、コントローラ240の制御に基づいてポートエレベータ115を駆動し、ポート217を上昇させる。これにより、図2に示されているように、複数枚のウエハ200を保持したポート217が処理室201内に搬入(ポートローディング)される(ステップS2)。このとき、シールキャップ219は、Oリングを介してプロセスチューブ205の下端を閉塞する。これにより、処理室201は気密に封止される。

30

【0050】

ポート217の処理室201内への搬入が完了する迄の間、処理室201内にはバージガスとしてN₂ガスを流すことが好ましい。具体的には、マスフローコントローラにより流量調整しつつ、バルブを開とし、ガス供給ノズル301、302から処理室201内にN₂ガスを導入することが好ましい。これにより、ポート217の搬送時における処理室201内へのパーティクルの侵入を抑制することが可能となる。

【0051】

(圧力調整工程及び昇温工程)

処理室201内へのポート217の搬入が完了したら、処理室201内が所定の圧力となるように処理室201内の雰囲気を排気する(ステップS3)。具体的には、排気装置246により排気しつつ、圧力センサにより検出された圧力情報に基づいてAPCバルブ242の弁開度をフィードバック制御し、処理室201内を所定の圧力とする。

40

【0052】

また、処理室201内が所定の温度(成膜温度)となるようにヒータ206によって加熱する(ステップS3)。具体的には、温度センサにより検出された温度情報に基づいてヒータ206への通電具合を制御して、処理室201内を成膜温度(例えば380)となるように加熱を行う。

【0053】

50

そして、回転機構 254 を作動させ、処理室 201 内に搬入されたウエハ 200 の回転を開始する。なお、ウエハ 200 の回転は、ステップ S4 とステップ S5 とステップ S6 とステップ S7 と、を 1 サイクルとしてこのサイクルを所定回数行う、繰り返し工程（ステップ S8）が終了するまで継続する。

【0054】

（ボロン含有膜形成工程）

続いて、B（ホウ素）含有ガスとしての BC13ガスを処理室 201 内に供給して、ウエハ 200 上に B（ホウ素）原子が堆積することで基板表面を B（ホウ素）終端させる工程（ステップ S4）を実施する。

【0055】

具体的には、BC13ガス供給源とN2ガス供給源に接続されたバルブを開とし、マスフローコントローラにより濃度 5 % の BC13ガスを流量が例えば 5 ~ 30 sccm の範囲内、好ましくは 20 sccm になるよう調整しつつ、バルブを開とし、BC13ガス供給管内を流通した BC13ガスを、ドーピング材とならない程度の微量（5 ~ 30 sccm）をガス供給ノズル 302 から処理室 201 内に供給して、基板上に B（ホウ素）を堆積させて基板表面を B（ホウ素）終端させる。

【0056】

ウエハに堆積しなかった BC13ガスは、処理室 201 内を流れてガス排気管 231 から排気される。なお、ヒータ 206 の温度は上述したように例えば 300 ~ 400（好ましくは 380）の範囲内の温度に維持しており、処理室 201 内の圧力は 30 ~ 300 Pa、好ましくは 120 Pa の圧力に維持している。

【0057】

なお、BC13ガス供給工程（ステップ S4）においては、ガス供給ノズル 301 または 302、或いは 301 と 302 から処理室 201 内に N₂ガスを導入することで、処理室 201 内での BC13ガスの拡散を促すようにしてもよい。

【0058】

所定時間（例えば 10 ~ 300 秒、好ましくは 60 秒）が経過したら、BC13ガスの供給を停止する。

そして、APC バルブ 242 の弁を開とするか開度を大きくし、排気装置 246 により処理室 201 内を真空排気し、ウエハ 200 に堆積されず余った BC13ガスや C12、N2ガス、反応生成物等を処理室 201 内から真空引きと、N2バージにより排出する。この際にガス供給ノズル 301 または 302、或いは 301 と 302 よりバージガスとしての N2 を供給する（ステップ S5）。

【0059】

（シリコン含有ガス供給工程）

続けて、処理室 201 内の圧力を上昇（例として 120 Pa）させ Si 含有ガスとしての Si₂H₆ガスを処理室 201 内に供給して、ウエハ 200 に堆積した B（ホウ素）原子とウエハ 200 の表面上で反応させて Si 膜を成膜する工程（ステップ S6）を実施する。

【0060】

具体的には、Si₂H₆ガス供給源とN2ガス供給源に接続されたバルブを開とし、マスフローコントローラにより Si₂H₆ガスを流量が例えば 50 sccm の範囲内になるよう調整しつつ、バルブを開とし、Si₂H₆ガス供給管内を流通した Si₂H₆ガスをガス供給ノズル 302 から処理室 201 内に供給する。

【0061】

Si₂H₆ガスの供給と並行して、N2ガスを処理室 201 内に供給する。具体的には、N2ガス供給源に接続されたバルブを開とし、マスフローコントローラにより流量が例えば 50 sccm の範囲内になるよう調整しつつ、バルブを開とし、N2ガス供給管を流通した N2ガスを、ガス供給ノズル 302 のガス供給孔から処理室 201 内に供給する。

【0062】

10

20

30

40

50

所定時間（例えば900秒）が経過したら、Si2H6ガスの供給を停止する。そして、APCバルブ242の弁を開とするか開度を大きくし、排気装置246により処理室201内を真空排気し、さらにN2ガスの供給を行いN2バージすることで、残留したSi2H6ガス、N2ガス、反応生成物等を処理室201内から排出する（ステップS7）。

【0063】

なお、シリコン含有ガス供給工程（ステップS6）においては、マスフローコントローラにより流量調整しつつ、バルブを開とし、ガス供給ノズル301、302のガス供給孔から処理室201内にN2ガスを導入することで、処理室201内でのシリコン含有ガスの拡散を促すと共に、B（ホウ素）含有ガス供給工程（ステップS4）及びシリコン含有ガス供給工程（ステップS6）において、使用していないガス供給ノズル301、302のガス供給孔から処理室201内にN2ガスを導入することで、ガス供給ノズル301、302内へのB（ホウ素）含有ガス又はシリコン含有ガスの侵入を抑制するようにしてもよい。すなわち、B（ホウ素）含有ガス供給工程（ステップS4）ではシリコン含有ガス供給ノズルのガス供給孔から、シリコン含有ガス供給工程（ステップS6）では、B（ホウ素）含有ガス供給ノズルのガス供給孔からN2ガスを導入することでガス供給ノズル301、302内へのB（ホウ素）含有ガス又はシリコン含有ガスの侵入を抑制するようにしてもよい。

10

【0064】

（繰り返し工程）

そして、上述したB（ホウ素）含有ガス供給工程（ステップS4）、バージ工程（ステップS5）、シリコン含有ガス供給工程（ステップS6）及びバージ工程（ステップS7）を1サイクルとして、このサイクルを所定回数（1回以上）行う（ステップS8）。

20

【0065】

（降温工程）

所定の膜厚のSi膜が形成されたら、降温工程（ステップS9）に移行する。具体的には、N2ガス供給源に接続されたバルブを開とするか開度を大きくし、処理室201内をN2ガスのガス雰囲気に置換する。

【0066】

（大気圧復帰工程及び降温工程）

所定時間（例えば120秒）が経過して降温工程（ステップS9）が完了したら、ポート217の回転を停止させてウエハ200の回転を停止する。そして、処理室201内の圧力を大気圧に復帰させつつ、ウエハ200を降温させる。具体的には、バルブを開のままでし、処理室201内にN2ガスを供給しつつ、圧力センサにより検出された圧力情報に基づいて排気装置246のバルブの開度をフィードバック制御し、処理室201内の圧力を大気圧に昇圧する（ステップS10）。そして、ヒータ206への通電量を制御して、ウエハ200の温度を降温させる。

30

【0067】

（ポートアンロード工程）

その後、上述の搬入工程を逆の手順により、処理後のウエハ200を保持したポート217を処理室201内から搬出（ポートアンロードイング）する（ステップS11）。その後、ポート217から処理後のウエハ200を取り出す（ウエハディスチャージ）（ステップS12）。そして、本実施形態に係る基板処理工程を終了する。

40

【0068】

以上のように、B（ホウ素）含有ガス供給後及び、シリコン含有ガス供給後にバージ処理を行うことによってB（ホウ素）含有ガスとシリコン含有ガスが同時に気相中に存在する状態を抑制し、それによってB（ホウ素）含有ガスとシリコン含有ガスが気相中に存在することによって生じるB（ホウ素）含有ガス（またはホウ素原子）のドーパント作用を抑制することが可能となり、ノンドープSi膜に極めて近い膜特性を有するSi膜、すなわち、B（ホウ素）濃度が 3.0×10^{-20} atom/cm³以下のSi膜を形成することができる。

50

なお、本発明では、このとき形成されるノンドープ Si 膜に極めて近い膜特性を有する Si 膜、すなわち、B (ホウ素) 濃度が 3.0×10^{-2} atom/cm³ 以下の Si 膜についても、ノンドープ Si 膜同様にノンドープ Si 膜として記載する。

また、供給する B (ホウ素) 含有ガスの流量を少なくすることで基板表面上に濃度の低いホウ素含有膜を形成することが可能となるとともに、ホウ素の Si 含有ガス分解促進作用は、基板表面上 (形成された膜表面上) で生じることとなり、ホウ素濃度含有率が極めて小さいノンドープ Si 膜を成膜することが可能となる。

【0069】

(従来の膜厚均一性と本発明による膜厚均一性の比較説明)

図 7 (a) に、従来技術による Si 膜の膜厚均一性を示し、図 7 (b) に、本発明による Si 膜の膜厚均一性を示す。ここでは、ウエハを 125 枚処理とした時の、ポートの最上部のウエハを TOP、ポートの中央部のウエハを CENTER、上から 100 枚目のウエハを BOTTOM 100、上から 125 枚目のウエハを BOTTOM 125 として、それぞれのウエハの平均膜厚、ウエハの面内均一性と各ウエハ間の膜厚均一性を示している。従来技術における基板面内膜厚均一性は、TOP、CENTER、BOTTOM 100、BOTTOM 125 においてそれぞれ、3.0%、2.2%、1.5%、2.2% であるのに対し、本発明においては、それぞれ、0.6%、0.7%、0.9%、1.1% であり、面内均一性においての大幅な改善効果が見られることが分かる。基板間膜厚均一性においても、従来技術においては、69.38 ± 37.19% であり相当なばらつきが見られるが、本発明においては、150.92 ± 0.52% であり、優れたウエハ面内膜厚均一性及びウエハ面間膜厚均一性を有することが確認できた。

【0070】

図 8 に、本発明及び従来技術による炉内温度とデポレートの関係を示す。400 以下の温度帯においては、従来技術ではデポレートは極めて遅く、実用的ではない。本発明においては、380 においても、1.4 / min と実用的な値を示している。このことより、本発明による Si 膜の成膜では従来技術より低温で成膜でき、かつ、実用的であることが理解できる。

【0071】

図 9 に本発明による Si₂H₆ の流量とデポレートの関係を示す。この図より、Si₂H₆ の流量を 100 sccm から 50 sccm に半減させても、デポレートは 1.4 / min から 1.3 / min に僅か 0.1 / min 減少するのみである。また、図 10 には、本発明による Si₂H₆ の流量と基板の面内膜厚均一性の関係を示す。この図より、Si₂H₆ の流量を 100 sccm から 50 sccm に半減させると膜厚の面内均一性は、±1.8% から ±1.0% に向上する事が分かる。一方、図 11 には、従来技術による Si₂H₆ の流量と基板の面内膜厚均一性の関係を示す。従来の技術においては、基板の面内均一性を向上させるためには Si₂H₆ の流量を大幅に増やす必要があり、本発明技術においては、Si₂H₆ の消費量を大幅に削減できることが理解できる。

【0072】

(本発明の効果)

本発明によれば、以下に示す 1 つまたは複数の効果を奏する。

【0073】

(a) 低温でノンドープ Si 膜を成膜することができ、デバイスの微細化に必要となる低温化に対応することができる。

【0074】

(b) B (ホウ素) 含有ガス供給後、及び、Si 含有ガス供給後にバージを行いうため、B (ホウ素) 含有ガスと Si 含有ガスが同時に気相中に存在する状態を回避することで B 原子のドーパントとしての効果を抑制するとともに、Si 系ガスの分解ガス (触媒) としての効果を促進させることができとなり、B (ホウ素) 含有ガスの使用が少なくて済む。

【0075】

(c) Si 含有ガスの消費を従来より大幅に削減することができ、デバイス製作コストを

10

20

30

40

50

低減することができる。

【0076】

(d) 形成される Si 膜における B (ホウ素) 含有濃度が、エッチングレートが著しく低下する 3.0×10^{20} atom/cm³ より大きくなることを防ぎ、B (ホウ素) 含有濃度が 3.0×10^{20} atom/cm³ 以下となるノンドープ Si 膜を成膜することが可能となる。

【0077】

(e) バッチ式の縦型 CVD 装置により、特別な機構を用いることなく成膜できるため、製造コストの低減と、生産性向上が可能となる。

【0078】

以上のように、上記実施例では縦型の基板処理装置を用いて説明したが、枚葉方式の基板処理装置にも同様に適用可能である。

また、本発明は、上記実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々に変更が可能であることはいうまでもない。

例えば、上記実施例では、基板搬送のためのウエハキャリアとしてカセットを用いて説明したが、FOUP を用いても良く、FOUP を用いた場合、FOUP の蓋を取り外しする FOUP オープナーを装置内に設けても良い。

【0079】

また、上記実施例では、B (ホウ素) 含有ガスの供給流量を 5 ~ 30 sccm とし、Si 含有ガスの供給流量を 50 sccm として記載したが、好適には、B (ホウ素) 含有ガスと Si 含有ガスの供給流量比が 1 : 50 となるように制御すると良い。

【0080】

また、上記実施例では、B (ホウ素) 含有ガスとして BC13 を用いたが、これに限らず、反応性の低い B (ホウ素) 含有ガスであれば用いても良い。

【0081】

さらに、上記実施例では、基板搬入後に圧力調整工程及び昇温工程を実施するように説明したが、これに限らず、好適には成膜温度またはそれより低温で Si₂H₆ ガスによる基板上へのシーディングを行うこととしても良く、シーディングを実施することによって、基板処理時の膜欠陥を抑止することが可能となる。

【0082】

なお、本発明は、CVD (Chemical Vapor Deposition) 法、ALD (Atomic Layer Deposition) 法、PVD (Physical Vapor Deposition) 法等による酸化膜や窒化膜、金属膜等の種々の膜を形成する成膜処理を行う場合に適用できるほか、プラズマ処理、拡散処理、アニール処理、酸化処理、窒化処理、リソグラフィ処理等の他の基板処理を行う場合にも適用できる。また、本発明は、薄膜形成装置の他、エッチング装置、アニール処理装置、酸化処理装置、窒化処理装置、露光装置、塗布装置、モールド装置、現像装置、ダイシング装置、ワイヤボンディング装置、乾燥装置、加熱装置、検査装置等の他の基板処理装置にも適用できる。また、本発明では、縦型の基板処理装置 100 に限らず、横型の基板処理装置や、枚葉式の各種基板処理装置であってもよい。

【0083】

また、本発明は、本実施形態に係る基板処理装置 100 のような半導体ウエハを処理する半導体製造装置等に限らず、ガラス基板を処理する LCD (Liquid Crystal Display) 製造装置や太陽電池製造装置等の基板処理装置にも適用できる。

【0084】

<本発明の好ましい態様>

以下に、本発明の好ましい態様について付記する。

【0085】

10

20

30

40

50

(付記1)

一態様によれば、

基板を処理室に搬送する工程と、前記処理室内に、B原子含有ガスを供給して前記基板表面上をB原子終端させる第1のガス供給工程と、前記第1のガス供給工程で供給されたB原子含有ガス雰囲気下の処理室内をバージする第1のバージ工程と、前記第1のバージ工程後、Si原子含有ガスを前記処理室内に供給してノンドープSi膜を前記基板に形成する第2のガス供給工程と、前記Si原子含有ガス雰囲気下の処理室内をバージする第2のバージ工程と、を有する半導体装置の製造方法が提供される。

【0086】

(付記2)

本発明の他の態様によれば、

基板を処理室に搬送する工程と、前記処理室内にB原子含有ガスを供給する第1のガス供給工程と、前記第1のガス供給工程で供給されたB原子含有ガス雰囲気下の処理室内をバージする第1のバージ工程と、前記第1のバージ工程後、Si原子含有ガスを前記処理室内に供給してノンドープSi膜を前記基板に形成する第2のガス供給工程と、前記Si原子含有ガス雰囲気下の処理室内をバージする第2のバージ工程と、を有する基板処理方法が提供される。

【0087】

(付記3)

本発明のさらに他の態様によれば、

基板を処理する処理室と、前記処理室に設けられ、B原子含有ガスを供給するB原子含有ガス供給系と、前記処理室に設けられ、Si原子含有ガスを供給するSi原子含有ガス供給系と、前記B原子含有ガス供給系と、前記Si原子含有ガス供給系とを制御してB原子含有ガスとSi原子含有ガスとの供給量を制御する制御部とを有し、前記制御部は、前記処理室に基板が搬送されると、前記B原子含有ガス供給系からB原子含有ガスをB原子が供給して前記基板表面上をB原子終端させ、前記B原子含有ガス供給後、前記Si原子含有ガスを供給することでノンドープSi膜が前記基板に成膜されるように前記B原子含有ガス供給系と前記Si原子含有ガス供給系とを制御する、基板処理装置が提供される。

【0088】

(付記4)

更に、前記第1のガス供給工程と、前記第1のバージ工程と、前記第2のガス供給工程と、前記第2のバージ工程とを所定回数繰り返す工程とを有する半導体装置の製造方法及び基板処理方法が提供される。

【0089】

(付記5)

更に、前記第1のガス供給工程は、前記B原子含有ガスを供給することで前記基板表面上をB原子終端させる、半導体装置の製造方法、基板処理方法及び基板処理装置が提供される。

【0090】

(付記6)

更に、前記ノンドープSi膜は、B原子含有濃度が 3.0×10^{20} atom/cm³以下である、半導体装置の製造方法、基板処理方法及び基板処理装置が提供される。

【0091】

(付記7)

更に、前記B原子含有ガスはBC13である半導体装置の製造方法、基板処理方法及び基板処理装置が提供される。

【0092】

(付記8)

更に、前記第1のガス供給工程で供給される前記B原子含有ガスの供給量は5sccm~30sccmである半導体装置の製造方法及び基板処理方法が提供される。

10

20

30

40

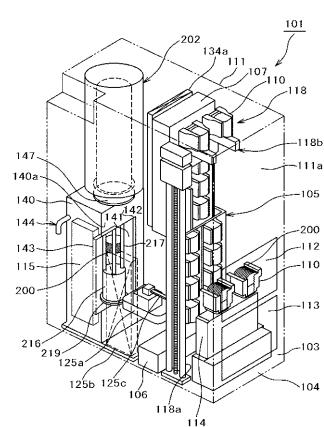
50

【 符号の説明 】

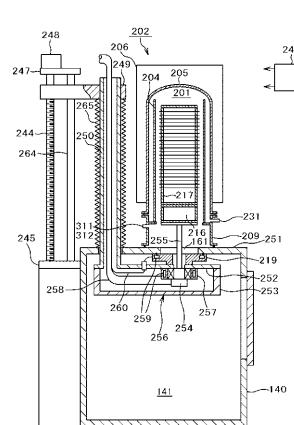
【 0 0 9 3 】

1 0 1	基板処理装置
2 0 0	ウエハ(基板)
2 0 1	処理室
2 0 2	処理炉
2 1 7	ポート(基板保持具)
3 0 1	第2のガス供給ノズル
3 0 2	第1のガス供給ノズル

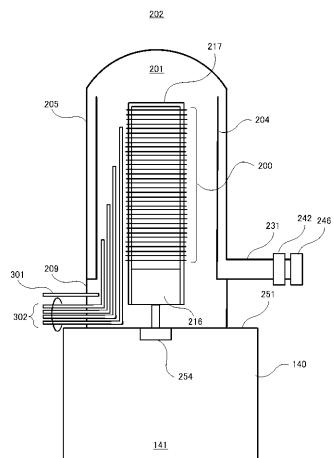
【 図 1 】



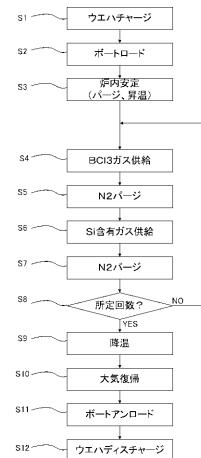
【 図 2 】



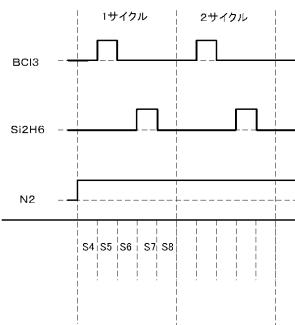
【図3】



【図5】



【図6】



【図7】

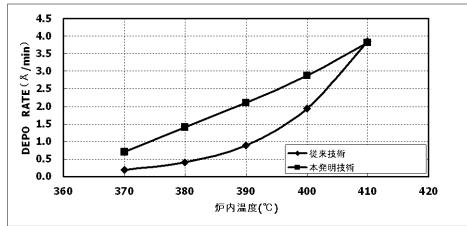
	TOP	CENTER	BOTTOM100	BOTTOM125
平均膜厚(Å)	95.35	81.81	56.61	43.75
基板面内膜厚均一性(±%)	3	2.2	1.5	2.2
基板面膜厚均一性(平均膜厚±%)	69.38±37.19			

(a)

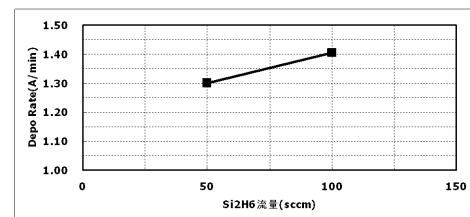
	TOP	CENTER	BOTTOM100	BOTTOM125
平均膜厚(Å)	151.18	151.27	151.4	149.82
基板面内膜厚均一性(±%)	0.6	0.7	0.9	1.1
基板面膜厚均一性(平均膜厚±%)	150.92±0.52%			

(b)

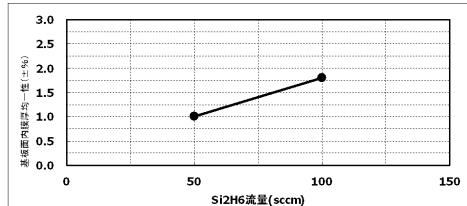
【図8】



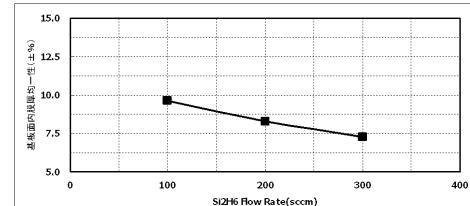
【図9】



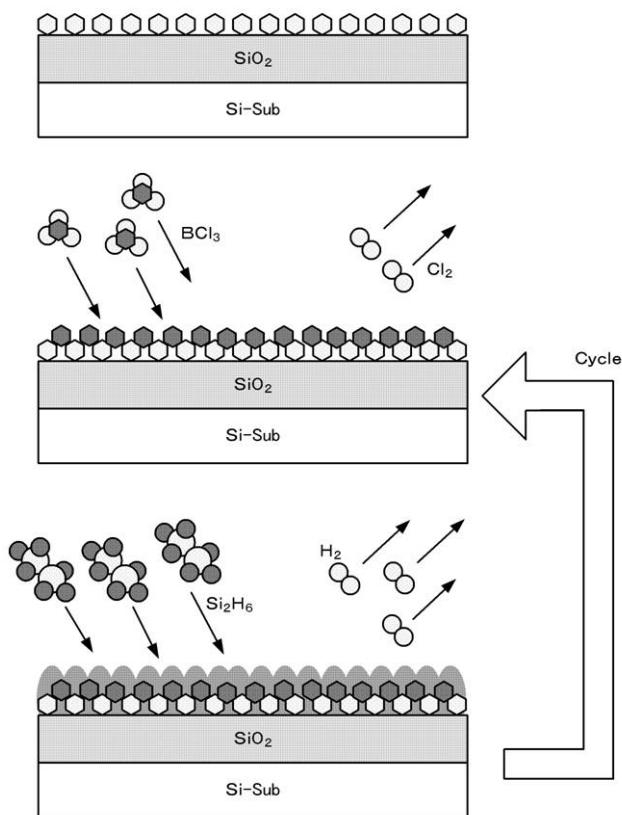
【図10】



【図11】



【図4】



フロントページの続き

F ターム(参考) 4K030 AA03 AA06 AA18 BA29 CA04 CA12 EA03 FA10 GA06 HA01
KA04 LA15
5F045 AA03 AB02 AC01 AC04 AC19 AD07 AD08 AF07 BB02 DA52
DA60 DP19 EE14 EE15 EE19