

(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2010-62230

(P2010-62230A)

(43) 公開日 平成22年3月18日(2010.3.18)

(51) Int.Cl.		F I			テーマコード (参考)
H O 1 L 21/318	(2006.01)	H O 1 L 21/318	B		4 K O 3 O
H O 1 L 21/31	(2006.01)	H O 1 L 21/31	B		5 F O 4 5
C 2 3 C 16/56	(2006.01)	C 2 3 C 16/56			5 F O 5 8

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2008-224224 (P2008-224224)	(71) 出願人	000001122
(22) 出願日	平成20年9月2日(2008.9.2)		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
		(74) 代理人	100090136
			弁理士 油井 透
		(74) 代理人	100091362
			弁理士 阿仁屋 節雄
		(74) 代理人	100105256
			弁理士 清野 仁
		(74) 代理人	100145872
			弁理士 福岡 昌浩
		(72) 発明者	▲ひろせ▼ 義朗
			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

最終頁に続く

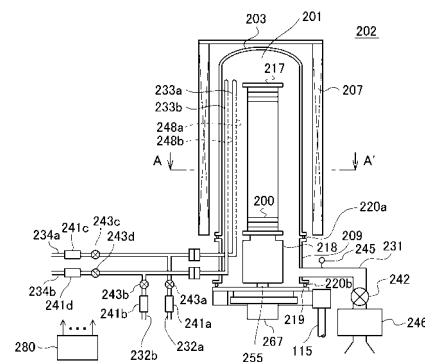
(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法及び基板処理装置

(57) 【要約】

【課題】 化学量論的に窒素に対しシリコンが過剰な窒化シリコン膜を形成する。

【解決手段】 CVD反応が生じる条件下で基板に対してジクロロシランを供給して、基板上に数原子層以下のシリコン膜を形成する工程と、ノンプラズマの雰囲気下で基板に対してアンモニアを供給して、シリコン膜のアンモニアによる窒化反応が飽和しない条件下でシリコン膜を熱窒化する工程と、を交互に繰り返すことで、化学量論的に窒素に対しシリコンが過剰な窒化シリコン膜を形成する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ジクロロシランとアンモニアとを用いて処理室内で基板上に窒化シリコン膜を形成する工程を有する半導体装置の製造方法であって、

前記窒化シリコン膜を形成する工程では、

CVD反応が生じる条件下で基板に対してジクロロシランを供給して、基板上に数原子層以下のシリコン膜を形成する工程と、

ノンプラズマの雰囲気下で基板に対してアンモニアを供給して、前記シリコン膜のアンモニアによる窒化反応が飽和しない条件下で前記シリコン膜を熱窒化する工程と、

を交互に繰り返すことで、化学量論的に窒素に対しシリコンが過剰な窒化シリコン膜を形成する

ことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2】

前記シリコン膜を熱窒化する工程では、前記処理室内の条件が、前記シリコン膜の窒化反応が飽和しない条件となるようアンモニアの供給流量、アンモニアの供給時間、および前記処理室内の圧力のうち少なくともいずれかを、前記シリコン膜の窒化反応が飽和する条件と異ならせる

ことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 3】

前記シリコン膜を熱窒化する工程では、前記処理室内の条件が、前記シリコン膜の窒化反応が飽和しない条件となるよう、前記シリコン膜の窒化反応が飽和する条件よりもアンモニアの供給流量を少なくするか、アンモニアの供給時間を短くするか、前記処理室内の圧力を低くする

ことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 4】

前記シリコン膜を熱窒化する工程では、

アンモニアの供給流量、アンモニアの供給時間、および前記処理室内の圧力のうち少なくともいずれかを制御することで、前記窒化シリコン膜の組成比を制御する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 5】

基板を処理する処理室と、

前記処理室内にジクロロシランを供給する第 1 ガス供給系と、

前記処理室内にアンモニアを供給する第 2 ガス供給系と、

前記処理室内の基板を加熱するヒータと、

CVD反応が生じる条件下で前記処理室内にジクロロシランを供給して、基板上に数原子層以下のシリコン膜を形成し、ノンプラズマの雰囲気下で前記処理室内にアンモニアを供給して前記シリコン膜のアンモニアによる窒化反応が飽和しない条件下で前記シリコン膜を窒化し、これを交互に繰り返すことで、基板上に化学量論的に窒素に対しシリコンが過剰な窒化シリコン膜を形成するように前記第 1 ガス供給系、前記第 2 ガス供給系、及び前記ヒータを制御するコントローラと、

を有することを特徴とする基板処理装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、基板を処理する工程を有する半導体装置の製造方法、及び基板処理装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

DRAM等の半導体装置の製造工程の一工程として、基板に対してジクロロシラン（S

10

20

30

40

50

i H₂Cl₂、略称DCS)とアンモニア(NH₃)とを供給して基板上にシリコンリッチな、すなわち、化学量論的に窒素に対してシリコンが過剰な窒化シリコン膜を形成する基板処理工程が実施される場合がある(例えば特許文献1参照)。

【特許文献1】特開2004-95940号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

上述の窒化シリコン膜の形成においては、成膜温度を750~900と比較的高温としており、低温でシリコン(Si)と窒素(N)との組成比(Si/N比)を制御した膜を形成する方法は得られていなかった。

10

【0004】

本発明は、基板上に窒化シリコン膜を形成する際に、低温でSi/N比を制御した膜、すなわち化学量論的に窒素に対しシリコンが過剰な窒化シリコン膜を形成することが可能な半導体装置の製造方法及び基板処理装置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】

【0005】

本発明の一態様によれば、ジクロロシランとアンモニアとを用いて処理室内で基板上に窒化シリコン膜を形成する工程を有する半導体装置の製造方法であって、前記窒化シリコン膜を形成する工程では、CVD反応が生じる条件下で基板に対してジクロロシランを供給して、基板上に数原子層以下のシリコン膜を形成する工程と、ノンプラズマの雰囲気下で基板に対してアンモニアを供給して、前記シリコン膜のアンモニアによる窒化反応が飽和しない条件下で前記シリコン膜を熱窒化する工程と、を交互に繰り返すことで、化学量論的に窒素に対しシリコンが過剰な窒化シリコン膜を形成する半導体装置の製造方法が提供される。

20

【0006】

本発明の他の態様によれば、基板を処理する処理室と、前記処理室内にジクロロシランを供給する第1ガス供給系と、前記処理室内にアンモニアを供給する第2ガス供給系と、前記処理室内の基板を加熱するヒータと、CVD反応が生じる条件下で前記処理室内にジクロロシランを供給して、基板上に数原子層以下のシリコン膜を形成し、ノンプラズマの雰囲気下で前記処理室内にアンモニアを供給して前記シリコン膜のアンモニアによる窒化反応が飽和しない条件下で前記シリコン膜を窒化し、これを交互に繰り返すことで、基板上に化学量論的に窒素に対しシリコンが過剰な窒化シリコン膜を形成するように前記第1ガス供給系、前記第2ガス供給系、及び前記ヒータを制御するコントローラと、を有する基板処理装置が提供される。

30

【発明の効果】

【0007】

本発明にかかる半導体装置の製造方法及び基板処理装置によれば、基板上に窒化シリコン膜を形成する際に、低温でSi/N比を制御した膜、すなわち化学量論的に窒素に対しシリコンが過剰な窒化シリコン膜を形成することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

40

【0008】

発明者等は、成膜原料としてジクロロシランを用いる場合において、化学量論的に窒素に対しシリコンが過剰な窒化シリコン(SiN)膜(以下、シリコンリッチな窒化シリコン膜ともいう)を形成する方法について鋭意研究を行った。その結果、CVD反応が生じる条件下で処理室内にジクロロシランを供給して、基板上に数原子層以下のシリコン膜を形成し、ノンプラズマの雰囲気下で処理室内にアンモニアを供給してシリコン膜のアンモニアによる窒化反応が飽和しない条件下でシリコン膜を窒化し、これを交互に繰り返すことで、化学量論的に窒素に対しシリコンが過剰な窒化シリコン(SiN)膜を形成することが可能であるとの知見を得た。

【0009】

50

本発明は、発明者等が得たかかる知見に基づいてなされたものである。以下に、本発明の一実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0010】

(1) 基板処理装置の構成

図1は、本発明の一実施形態にて好適に用いられる基板処理装置の縦型処理炉の概略構成図であり、処理炉202部分を縦断面図で示している。また、図2は、図1に示す処理炉のA-A'断面図である。なお、本発明は、本実施形態にかかる基板処理装置に限らず、枚葉式、Hot Wall型、Cold Wall型の処理炉を有する基板処理装置にも好適に適用できる。

【0011】

図1に示されているように、処理炉202は加熱手段（加熱機構）としてのヒータ207を有する。ヒータ207は円筒形状であり、保持板としてのヒータベース（図示せず）に支持されることにより垂直に据え付けられている。

【0012】

ヒータ207の内側には、ヒータ207と同心円状に反応管としてのプロセスチューブ203が配設されている。プロセスチューブ203は、例えば石英（ SiO_2 ）または炭化シリコン（ SiC ）等の耐熱性材料からなり、上端が閉塞し下端が開口した円筒形状に形成されている。プロセスチューブ203の筒中空部には処理室201が形成されており、基板としてのウエハ200を後述するポート217によって水平姿勢で垂直方向に多段に整列した状態で収容可能に構成されている。

【0013】

プロセスチューブ203の下方には、プロセスチューブ203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。マニホールド209は、プロセスチューブ203に係合しており、プロセスチューブ203を支持するように設けられている。なお、マニホールド209とプロセスチューブ203との間にはシール部材としてのリング220aが設けられている。マニホールド209がヒータベースに支持されることにより、プロセスチューブ203は垂直に据え付けられた状態となっている。プロセスチューブ203とマニホールド209とにより反応容器が形成される。

【0014】

マニホールド209には、第1ガス導入部としての第1ノズル233aと、第2ガス導入部としての第2ノズル233bとが、マニホールド209の側壁を貫通するように設けられており、第1ノズル233a、第2ノズル233bには、それぞれ第1ガス供給管232a、第2ガス供給管232bが接続されている。このように、処理室201内へは複数種類、ここでは2種類の処理ガスを供給するガス供給路として、2本のガス供給管が設けられている。

【0015】

第1ガス供給管232aには、上流方向から順に、流量制御器（流量制御手段）である第1マスフローコントローラ241a、及び開閉弁である第1バルブ243aが設けられている。また、第1ガス供給管232aの第1バルブ243aよりも下流側には、不活性ガスを供給する第1不活性ガス供給管234aが接続されている。この第1不活性ガス供給管234aには、上流方向から順に、流量制御器（流量制御手段）である第3マスフローコントローラ241c、及び開閉弁である第3バルブ243cが設けられている。また、第1ガス供給管232aの先端部には、上述の第1ノズル233aが接続されている。第1ノズル233aは、処理室201を構成しているプロセスチューブ203の内壁とウエハ200との間における円弧状の空間に、プロセスチューブ203の内壁の下部より上部に沿って、また、ウエハ200の積載方向に沿って設けられている。第1ノズル233aの側面にはガスを供給する供給孔である第1ガス供給孔248aが設けられている。この第1ガス供給孔248aは、下部から上部にわたってそれぞれ同一の開口面積を有し、更に同じ開口ピッチで設けられている。主に、第1ガス供給管232a、第1マスフロー

10

20

30

40

50

コントローラ 2 4 1 a、第 1 バルブ 2 4 3 a、第 1 ノズル 2 3 3 a により第 1 ガス供給系が構成され、主に、第 1 不活性ガス供給管 2 3 4 a、第 3 マスフローコントローラ 2 4 1 c、第 3 バルブ 2 4 3 c により、第 1 不活性ガス供給系が構成される。

【 0 0 1 6 】

第 2 ガス供給管 2 3 2 b には、上流方向から順に、流量制御器（流量制御手段）である第 2 マスフローコントローラ 2 4 1 b、及び開閉弁である第 2 バルブ 2 4 3 b が設けられている。また、第 2 ガス供給管 2 3 2 b の第 2 バルブ 2 4 3 b よりも下流側には、不活性ガスを供給する第 2 不活性ガス供給管 2 3 4 b が接続されている。この第 2 不活性ガス供給管 2 3 4 b には、上流方向から順に、流量制御器（流量制御手段）である第 4 マスフローコントローラ 2 4 1 d、及び開閉弁である第 4 バルブ 2 4 3 d が設けられている。また、第 2 ガス供給管 2 3 2 b の先端部には、上述の第 2 ノズル 2 3 3 b が接続されている。第 2 ノズル 2 3 3 b は、処理室 2 0 1 を構成しているプロセスチューブ 2 0 3 の内壁とウエハ 2 0 0 との間における円弧状の空間に、プロセスチューブ 2 0 3 の内壁の下部より上部に沿って、また、ウエハ 2 0 0 の積載方向に沿って設けられている。第 2 ノズル 2 3 3 b の側面にはガスを供給する供給孔である第 2 ガス供給孔 2 4 8 b が設けられている。この第 2 ガス供給孔 2 4 8 b は、下部から上部にわたってそれぞれ同一の開口面積を有し、更に同じ開口ピッチで設けられている。主に、第 2 ガス供給管 2 3 2 b、第 2 マスフローコントローラ 2 4 1 b、第 2 バルブ 2 4 3 b、第 2 ノズル 2 3 3 b により第 2 ガス供給系が構成され、主に、第 2 不活性ガス供給管 2 3 4 b、第 4 マスフローコントローラ 2 4 1 d、第 4 バルブ 2 4 3 d により第 2 不活性ガス供給系が構成される。

【 0 0 1 7 】

例えば、第 1 ガス供給管 2 3 2 a からは、ジクロロシラン（ SiH_2Cl_2 、略称 DCS）ガスが、第 1 マスフローコントローラ 2 4 1 a、第 1 バルブ 2 4 3 a、第 1 ノズル 2 3 3 a を介して処理室 2 0 1 内に供給される。このとき同時に、第 1 不活性ガス供給管 2 3 4 a からは、不活性ガスが、第 3 マスフローコントローラ 2 4 1 c、第 3 バルブ 2 4 3 c を介して第 1 ガス供給管 2 3 2 a 内に供給されるようにしてもよい。また、第 2 ガス供給管 2 3 2 b からは、アンモニア（ NH_3 ）ガスが、第 2 マスフローコントローラ 2 4 1 b、第 2 バルブ 2 4 3 b、第 2 ノズル 2 3 3 b を介して処理室 2 0 1 内に供給される。このとき同時に、第 2 不活性ガス供給管 2 3 4 b からは、不活性ガスが、第 4 マスフローコントローラ 2 4 1 d、第 4 バルブ 2 4 3 d を介して第 2 ガス供給管 2 3 2 b 内に供給されるようにしてもよい。

【 0 0 1 8 】

マニホールド 2 0 9 には、処理室 2 0 1 内の雰囲気気を排気するガス排気管 2 3 1 が設けられている。ガス排気管 2 3 1 のマニホールド 2 0 9 との接続側と反対側である下流側には、圧力検出器としての圧力センサ 2 4 5 及び圧力調整器としての APC（Auto Pressure Controller）バルブ 2 4 2 を介して、真空排気装置としての真空ポンプ 2 4 6 が接続されている。なお、APC バルブ 2 4 2 は、弁を開閉して処理室 2 0 1 内の真空排気・真空排気停止ができ、更に弁開度を調節して圧力調整可能なように構成されている開閉弁である。真空ポンプ 2 4 6 を作動させつつ、圧力センサ 2 4 5 により検出された圧力に基づいて APC バルブ 2 4 2 の弁の開度を調節することにより、処理室 2 0 1 内の圧力が所定の圧力（真空度）となるよう真空排気し得るように構成されている。

【 0 0 1 9 】

マニホールド 2 0 9 の下方には、マニホールド 2 0 9 の下端開口を気密に閉塞可能な炉口蓋体としてのシールキャップ 2 1 9 が設けられている。シールキャップ 2 1 9 は、マニホールド 2 0 9 の下端に垂直方向下側から当接されるように構成されている。シールキャップ 2 1 9 は、例えばステンレス等の金属からなり、円盤状に形成されている。シールキャップ 2 1 9 の上面には、マニホールド 2 0 9 の下端と当接するシール部材としてリング 2 2 0 b が設けられる。シールキャップ 2 1 9 の処理室 2 0 1 と反対側には、後述する基板保持具としてのポート 2 1 7 を回転させる回転機構 2 6 7 が設置されている。回転機

構 2 6 7 の回転軸 2 5 5 は、シールキャップ 2 1 9 を貫通してポート 2 1 7 に接続されている。回転機構 2 6 7 は、ポート 2 1 7 を回転させることでウエハ 2 0 0 を回転させるように構成されている。シールキャップ 2 1 9 は、プロセスチューブ 2 0 3 の外部に垂直に設置された昇降機構としてのポートエレベータ 1 1 5 によって垂直方向に昇降されるように構成されている。ポートエレベータ 1 1 5 は、シールキャップ 2 1 9 を昇降させることで、ポート 2 1 7 を処理室 2 0 1 内に対して搬入・搬出することが可能なように構成されている。

【 0 0 2 0 】

基板保持具としてのポート 2 1 7 は、例えば石英や炭化珪素等の耐熱性材料からなり、複数枚のウエハ 2 0 0 を水平姿勢で、かつ、互いに中心を揃えた状態で整列させて多段に保持するように構成されている。なお、ポート 2 1 7 の下部には、例えば石英や炭化珪素等の耐熱性材料からなる断熱部材 2 1 8 が設けられており、ヒータ 2 0 7 からの熱がシールキャップ 2 1 9 側に伝わりにくくなるように構成されている。なお、断熱部材 2 1 8 は、石英や炭化珪素等の耐熱性材料からなる複数枚の断熱板と、これら断熱板を水平姿勢で多段に支持する断熱板ホルダとにより構成してもよい。プロセスチューブ 2 0 3 内には、温度検出器としての温度センサ 2 6 3 が設置されており、温度センサ 2 6 3 により検出された温度情報に基づきヒータ 2 0 7 への通電具合を調整することにより、処理室 2 0 1 内の温度が所望の温度分布となるように構成されている。温度センサ 2 6 3 は、第 1 ノズル 2 3 3 a 及び第 2 ノズル 2 3 3 b と同様に、プロセスチューブ 2 0 3 の内壁に沿って設けられている。

10

20

【 0 0 2 1 】

制御部（制御手段）であるコントローラ 2 8 0 は、第 1 ～ 第 4 のマスフローコントローラ 2 4 1 a、2 4 1 b、2 4 1 c、2 4 1 d、第 1 ～ 第 4 のバルブ 2 4 3 a、2 4 3 b、2 4 3 c、2 4 3 d、圧力センサ 2 4 5、A P C バルブ 2 4 2、ヒータ 2 0 7、温度センサ 2 6 3、真空ポンプ 2 4 6、回転機構 2 6 7、ポートエレベータ 1 1 5 等に接続されている。コントローラ 2 8 0 により、第 1 ～ 第 4 のマスフローコントローラ 2 4 1 a、2 4 1 b、2 4 1 c、2 4 1 d の流量調整、第 1 ～ 第 4 のバルブ 2 4 3 a、2 4 3 b、2 4 3 c、2 4 3 d の開閉動作、A P C バルブ 2 4 2 の開閉及び圧力センサ 2 4 5 に基づく圧力調整動作、温度センサ 2 6 3 に基づくヒータ 2 0 7 の温度調整、真空ポンプ 2 4 6 の起動・停止、回転機構 2 6 7 の回転速度調節、ポートエレベータ 1 1 5 の昇降動作等の制御が行われる。

30

【 0 0 2 2 】

（ 2 ）窒化シリコン膜の成膜方法

次に、上述の基板処理装置の処理炉を用いて、半導体装置（デバイス）の製造工程の一工程として、ジクロロシラン（D C S）とアンモニア（N H₃）とを用い、化学量論的に窒素（N）に対しシリコン（S i）が過剰な窒化シリコン（S i N）膜、すなわちシリコンリッチな窒化シリコン膜を成膜する方法の例について説明する。なお、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コントローラ 2 8 0 により制御される。

【 0 0 2 3 】

本実施形態では、A L D（A t o m i c L a y e r D e p o s i t i o n）法による成膜に類似する方法であって、A L D 法とは異なる方法により成膜を行う。A L D 法とは、ある成膜条件（温度、時間等）の下で、成膜に用いる少なくとも 2 種類の原料となる反応性ガスを 1 種類ずつ交互に基板上に供給し、1 原子単位で基板上に吸着させ、表面反応を利用して成膜を行う方法である。このとき、膜厚の制御は、反応性ガスを供給するサイクル数で行う（例えば、成膜速度が 1 / サイクルとすると、2 0 の膜を形成する場合、2 0 サイクル行う）。

40

【 0 0 2 4 】

すなわち、本実施形態にかかる成膜方法では、C V D（C h e m i c a l V a p o r D e p o s i t i o n）反応が生じる条件下で、ウエハ 2 0 0 に対してジクロロシランを供給する工程と、ノンプラズマの雰囲気下で、かつ所定の条件下でウエハ 2 0 0 に対し

50

てアンモニアを供給する工程と、を交互に繰り返すことにより、シリコンリッチな窒化シリコン膜 (SiN) を形成する。本実施形態では、ウエハ 200 に対してジクロロシランを供給する工程 (ステップ 1) と、ウエハ 200 上からジクロロシランを除去する工程 (ステップ 2) と、ウエハ 200 に対してアンモニアを供給する工程 (ステップ 3) と、ウエハ 200 上からアンモニアを除去する工程 (ステップ 4) と、を 1 サイクルとして、このサイクルを複数回繰り返すことにより、シリコンリッチな窒化シリコン膜 (SiN) を形成する。そして、ウエハ 200 に対してジクロロシランを供給する工程 (ステップ 1) では、ウエハ 200 上に数原子層以下 (数分の 1 原子層から数原子層) のシリコン膜を形成する。このとき、Si の供給量は過剰となる。また、ウエハ 200 に対してアンモニアを供給する工程 (ステップ 3) では、ウエハ 200 上に形成した数原子層以下のシリコン膜を熱で窒化する。このときシリコン膜の窒化はシリコン膜のアンモニアによる窒化反応が飽和しない条件下で行われる。すなわち、シリコン膜は、完全には窒化させず、Si の結合手の一部が N の結合手と結合しない状態となるようにする。これにより、Si の窒化量は抑制され、Si が過剰な状態となる。そしてこのとき、好ましくはシリコン膜の窒化反応が飽和しない条件となるよう、アンモニアの供給流量、アンモニアの供給時間、および処理室 201 内の圧力のうち少なくともいずれかをシリコン膜の窒化反応が飽和する条件と異ならせるようにする。すなわち、シリコン膜の窒化反応が飽和する条件よりもアンモニアの供給流量を少なくするか、アンモニアの供給時間を短くするか、処理室 201 内の圧力を低くするようにする。例えば、化学量論的な組成を持つ窒化シリコン (Si₃N₄) 膜を形成するのに必要な量よりも少量のアンモニアを供給するようにする。このように、ウエハ 200 上に数原子層以下のシリコン膜を CVD 法により形成する工程で Si の供給量を制御し、そのシリコン膜をアンモニアで熱窒化する工程で Si の窒化量を制御し、これを交互に繰り返すことで、Si/N 比の制御されたシリコンリッチな窒化シリコン (SiN) 膜を形成する。

【0025】

以下に、本実施形態にかかる成膜方法を、図 3 を参照しつつ具体的に説明する。

【0026】

複数枚のウエハ 200 がポート 217 に装填 (ウエハチャージ) されると、図 1 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 は、ポートエレベータ 115 によって持ち上げられて処理室 201 内に搬入 (ポートロード) される。この状態で、シールキャップ 219 は Oリング 220b を介してマニホールド 209 の下端をシールした状態となる。

【0027】

処理室 201 内が所望の圧力 (真空度) となるように真空ポンプ 246 によって真空排気される。この際、処理室 201 内の圧力は圧力センサ 245 で測定され、この測定された圧力に基づき APC バルブ 242 がフィードバック制御される (圧力調整)。また、処理室 201 内が所望の温度となるようにヒータ 207 によって加熱される。この際、処理室 201 内が所望の温度分布となるように温度センサ 263 が検出した温度情報に基づきヒータ 207 への通電具合がフィードバック制御される (温度調整)。続いて、回転機構 267 によりポート 217 が回転されることでウエハ 200 が回転される。その後、後述する 4 つのステップを順次実行する。

【0028】

(ステップ 1)

第 1 ガス供給管 232a の第 1 バルブ 243a、第 1 不活性ガス供給管 234a の第 3 バルブ 243c を開き、第 1 ガス供給管 232a にジクロロシラン、第 1 不活性ガス供給管 234a に不活性ガス (N₂) を流す。不活性ガスは、第 1 不活性ガス供給管 234a から流れ、第 3 マスフローコントローラ 241c により流量調整される。ジクロロシランは、第 1 ガス供給管 232a から流れ、第 1 マスフローコントローラ 241a により流量調整され、流量調整された不活性ガスと混合されて、第 1 ノズル 233a の第 1 ガス供給孔 248a から処理室 201 内に供給されつつガス排気管 231 から排気される。この時

、A P Cバルブ242を適正に調整して、処理室201内の圧力を133～1333 Paの範囲であって、例えば133 Paに維持する。第1マスフローコントローラ241aで制御するジクロロシランの供給量は0.1～10 s l mの範囲であって、例えば0.5 s l mとする。ジクロロシランにウエハ200を晒す時間は例えば1～180秒間の範囲内の時間とする。このとき、ヒータ207の温度は、ジクロロシランが熱分解してC V D反応が生じる条件、すなわちウエハ200の温度が550～700 の範囲であって、例えば630 になるように設定する。上述の条件にてジクロロシランを処理室201内に供給することで、ウエハ200上に数原子層以下、すなわち数分の1原子層から数原子層のシリコン(S i)膜が形成される(C V D - S i膜の堆積)。例えば、半原子層(ハーフレイヤー)のシリコン膜を形成してもよいし、単原子層(モノレイヤー)のシリコン膜を形成してもよい。これにより、S iは過剰に供給されることになる。

10

【0029】

(ステップ2)

数原子層以下のシリコン膜を成膜した後、第1ガス供給管232aの第1バルブ243aを閉じ、ジクロロシランの供給を停止する。このとき、ガス排気管231のA P Cバルブ242は開いたままとし、真空ポンプ246により処理室201内を10 Pa以下となるまで排気し、残留したジクロロシランを処理室201内から排除する。このとき、N₂等の不活性ガスを処理室201内へ供給すると、残留したジクロロシランを排除する効果が更に高まる(残留ガス除去)。

20

【0030】

(ステップ3)

第2ガス供給管232bの第2バルブ243b、第2不活性ガス供給管234bの第4バルブ243dを開き、第2ガス供給管232bにアンモニア、第2不活性ガス供給管234bに不活性ガス(N₂)を流す。不活性ガスは、第2不活性ガス供給管234bから流れ、第4マスフローコントローラ241dにより流量調整される。アンモニアは第2ガス供給管232bから流れ、第2マスフローコントローラ241bにより流量調整され、流量調整された不活性ガスと混合されて、第2ノズル233bの第2ガス供給孔248bから処理室201内に供給されつつガス排気管231から排気される。なお、上述のように、アンモニアはプラズマによって活性化することなく処理室201内に供給する。

30

【0031】

ステップ3では、処理室201内の条件が、シリコン膜のアンモニアによる窒化反応が飽和しない条件となるようにする。すなわちアンモニアの供給量は、シリコン膜の窒化により化学量論的な組成を持つ窒化シリコン(S i₃ N₄)膜を形成するのに必要な量よりも少量とする。また、このとき、A P Cバルブ242を適正に調整して、処理室201内の圧力を133～1333 Paの範囲であって、例えば865 Paに維持する。第2マスフローコントローラ241bで制御するアンモニアの供給流量は、0.1～10 s l mの範囲であって、例えば1 s l mとする。なお、アンモニアにウエハ200を晒す時間は、1～180秒間の範囲内の時間とする。このとき、ウエハ200の温度が、ステップ1のジクロロシランの供給時と同じく550～700 の範囲であって、例えば630 となるようにヒータ207の温度を設定する。このように、アンモニアをノンプラズマの雰囲気下で処理室201内に供給することで、ウエハ200上に形成された数原子層以下のシリコン膜を熱で窒化する(C V D - S i膜の熱窒化)。このときS iの窒化量は抑制され、S iが過剰な状態となり、シリコンリッチな窒化シリコン膜が形成される。

40

【0032】

処理室201内に供給されたジクロロシランやアンモニアが全て窒化シリコン膜の形成に寄与すると仮定した場合、シリコン含有物であるジクロロシランの供給量と窒素含有物であるアンモニアの供給量とが3:4の割合になるように処理室201内にジクロロシランとアンモニアとを供給すれば、ウエハ200上には化学量論的な組成を持つ窒化シリコン(S i₃ N₄)膜が形成されることになる。これに対し、本実施形態においては、シリコン膜の熱窒化により化学量論的な組成を持つ窒化シリコン(S i₃ N₄)膜を形成する

50

のに本来必要な量よりも少量のアンモニアを供給する。すなわち、シリコン膜の窒化反応が飽和しないように、アンモニアの供給量を制限する。これより、化学量論的な組成を持つ窒化シリコン膜 (Si_3N_4) を形成するのに必要な窒素の量が不足して、ウエハ 200 上にシリコンリッチな窒化シリコン (SiN) 膜が形成される。

【0033】

なお、窒化シリコン膜中におけるシリコンと窒素との組成比は、実際には、アンモニアの供給量だけではなく、例えば、ステップ 3 における処理室 201 内の圧力に起因する反応性の相違、ウエハ 200 の温度等に起因する反応性の相違、アンモニア供給流量、アンモニア供給時間、すなわち反応時間の長さによっても変化する。また、ステップ 1 における処理室 201 内の圧力、ウエハ 200 の温度、ジクロロシランの供給流量、ジクロロシランの供給時間にも依存する。すなわち、ステップ 1 における Si の供給とステップ 3 における N の供給とのバランスを制御することが、窒化シリコン膜中におけるシリコンと窒素との組成比 (Si/N 比) を制御する上で重要となる。本実施形態においては、処理室 201 内の圧力、ウエハ 200 の温度、ガス供給流量、ガス供給時間を上述の範囲内における適正な値とすることで、窒化シリコン膜中におけるシリコンと窒素との組成比を制御するようにしている。なお、ステップ 1 における Si の供給量を基準に考えた (固定とした) 場合、ステップ 3 における条件のうち、アンモニアの供給流量とアンモニアの供給時間と処理室 201 内の圧力が、 Si/N 比の制御に最も寄与することとなる。よって、ステップ 3 では、アンモニアの供給流量、アンモニアの供給時間、処理室 201 内の圧力のうち少なくともいずれかをシリコン膜の窒化反応が飽和する条件と異ならせるようにするのが好ましい。具体的には、ステップ 3 では、シリコン膜の窒化反応が飽和する条件よりも、アンモニアの供給流量を少なくするか、アンモニアの供給時間を短くするか、処理室 201 内の圧力を低くするのが好ましい。

【0034】

(ステップ 4)

数原子層以下のシリコン膜を熱で窒化した後、第 2 ガス供給管 232b の第 2 バルブ 243b を閉じ、アンモニアの供給を停止する。このとき、ガス排気管 231 の APC バルブ 242 は開いたままとし、真空ポンプ 246 により処理室 201 内を 10 Pa 以下となるまで排気し、残留したアンモニアを処理室 201 内から排除する。このとき、 N_2 などの不活性ガスを処理室 201 内へ供給すると、残留したアンモニアを排除する効果が更に高まる (残留ガス除去)。

【0035】

上述したステップ 1 ~ 4 を 1 サイクルとし、このサイクルを複数回繰り返すことにより、ウエハ 200 上に所定膜厚のシリコンリッチな窒化シリコン膜を成膜することが出来る。

【0036】

所定膜厚のシリコンリッチな窒化シリコン膜を成膜すると、 N_2 等の不活性ガスが処理室 201 内へ供給されつつ排気されることで処理室 201 内がガスバージされ (バージ)、処理室 201 内が不活性ガスに置換されるとともに、処理室 201 内の圧力が常圧に復帰される (大気圧復帰)。

【0037】

その後、ポートエレベータ 115 によりシールキャップ 219 が下降されて、マニホール 209 の下端が開口されるとともに、処理済のウエハ 200 がポート 217 に保持された状態でマニホール 209 の下端からプロセスチューブ 203 の外部に搬出 (ポートアンロード) される。その後、処理済みのウエハ 200 はポート 217 より取り出される (ウエハディスチャージ)。

【0038】

(3) 本実施形態にかかる効果

本実施形態によれば、以下に示す 1 つまたは複数の効果を奏する。

【0039】

本実施形態においては、ウエハ 200 に対してジクロロシランを供給する工程（ステップ 1）にて、CVD 反応が生じる条件、すなわちウエハ 200 の温度が 550 ~ 700 の範囲であって、例えば 630 になるように設定している。これにより、ウエハ 200 上にジクロロシランを吸着させるだけでなく、ウエハ 200 上にてジクロロシランを熱分解させて CVD 反応を生じさせ、ウエハ 200 上に数分の 1 原子層から数原子層のシリコンを堆積させ、ウエハ 200 上に堆積するシリコンの量を過剰にすることが可能になる。

【0040】

また、本実施形態においては、ウエハ 200 に対してジクロロシランを供給する工程（ステップ 1）にて、ウエハ 200 上にてジクロロシランを熱分解させて CVD 反応を生じさせている。これにより、成膜レートを高めることが可能となり、基板処理の生産性を高めることが可能となる。また、成膜レートを高めること、更には比較的低温での成膜が可能となることにより、ウエハ 200 に対する熱履歴（サーバルバジェット）を低減させることが可能となる。

10

【0041】

また、本実施形態においては、ウエハ 200 に対してアンモニアを供給する工程（ステップ 3）にて、処理室 201 内の条件を、ウエハ 200 上に形成されたシリコン膜のアンモニアによる窒化反応が飽和しないような条件としている。例えば、化学量論的な窒化シリコン（ Si_3N_4 ）膜を形成するのに必要な量よりも少量のアンモニアを供給するようにしている。これにより、化学量論的な組成を有する Si_3N_4 を形成するのに必要な窒素の量を不足させ、ウエハ 200 上にシリコンリッチな窒化シリコン（ SiN ）膜を形成させることが可能になる。

20

【0042】

また、本実施形態においては、処理室 201 内の圧力、ウエハ 200 の温度、アンモニア供給流量、アンモニア供給時間を上述の範囲内で制御することで、窒化シリコン膜中におけるシリコンと窒素との組成比を任意に制御することが出来る。例えば、ステップ 1 を実行した後、ステップ 3 にて処理室 201 内の温度をステップ 1 と同じ温度に維持した状態で処理室 201 内の圧力をステップ 1 よりも高圧の所定の圧力となるよう制御することにより、ステップ 1 にて堆積した数分の 1 原子層 ~ 数原子層のシリコン膜を窒化させ、窒化シリコン膜中におけるシリコンと窒素との組成比（シリコン / 窒素）を 1.0 ~ 0.75 の間で任意に調整することが可能となる。また例えば、ステップ 1 を実行した後、ステップ 3 にて処理室 201 内の温度をステップ 1 と同じ状態に維持した状態で、アンモニアの供給流量やアンモニアの供給時間を制御することにより、窒化シリコン膜の Si / N 比を制御することが可能となる。また例えば、ステップ 1 を実行した後、ステップ 3 にて処理室 201 内の温度を制御することにより、窒化シリコン膜の Si / N 比を制御することが可能となる。すなわち、ステップ 3 における処理室 201 内の温度、圧力、アンモニア供給流量、アンモニア供給時間のうち少なくともいずれかを制御することにより、ステップ 1 で堆積した Si の窒化量を制御でき、窒化シリコン膜の Si / N 比を制御することができる。なお、ステップ 1 で数原子層のシリコン膜を形成し、ステップ 3 でそのうちの 1 原子層（上層）だけを窒化するようにして、 Si / N 比を制御してもよいし、更には、ステップ 1 で 2 原子層のシリコン膜を形成し、ステップ 3 でそのうちの 1 原子層（上層）だけを窒化するようにして、 Si / N 比を制御してもよい。

30

40

【0043】

また、本実施形態においては、ステップ 1 におけるジクロロシランの供給条件、あるいはステップ 3 におけるアンモニアの供給条件のうち少なくともいずれか一方を調整し、 Si の供給量と Si の窒化量（ N の供給量）とのバランスを制御することにより、窒化シリコン膜中におけるシリコンと窒素との組成比を任意に制御することが出来る。また、窒化シリコン膜中におけるシリコンと窒素との組成比を制御することで、電荷のトラップ量、エッチングレート、誘電率、膜応力等の窒化シリコン膜の膜質（物性）を制御することが可能となる。

【0044】

50

また、本実施形態においては、A L D法による成膜に類似する方法であってA L D法とは異なる方法により成膜を行う。すなわち、ウエハ200に対してジクロロシランを供給してウエハ200上にC V D - S i膜を堆積させる工程（ステップ1）と、ウエハ200上からジクロロシランを除去する工程（ステップ2）と、ウエハ200に対してアンモニアを供給してウエハ200上に形成されたC V D - S i膜を窒素化する工程（ステップ3）と、ウエハ200上からアンモニアを除去する工程（ステップ4）と、を1サイクルとして、このサイクルを複数回繰り返す。このように、ウエハ200上にジクロロシランとアンモニアとを交互に供給することにより、ウエハ200上における成膜反応の進行速度を制御し、窒化シリコン膜（S i N）の段差被覆性（ステップカバレッジ性）を向上させることが可能となる。また、ウエハ面内膜厚均一性を向上させることも可能となる。

10

【実施例】**【0045】**

以下に、本発明の実施例について比較例を交えて図4を参照しつつ説明する。

【0046】

<実施例1>

本実施例においては、ステップ1における諸条件を調整することにより、窒化シリコン膜中におけるシリコンと窒素との組成比の制御を試みた。その結果、ステップ1における処理室201内の圧力を6.5 Torr、ウエハ200の温度を600、ジクロロシランの供給流量を0.5 s l m、ジクロロシランの供給時間を60秒とすることにより、ウエハ200上に数分の1原子層から数原子層のシリコン（S i）膜が形成された。ステップ3においては、処理室201内の圧力を6.5 Torr、ウエハ200の温度を600、アンモニアの供給流量を5 s l m、アンモニアの供給時間を30秒とした。結果、1.0 / サイクル以上の成膜レートを得ることができた。また、窒化シリコン膜中におけるシリコンと窒素との組成比（シリコン / 窒素）が1.0なり、シリコンリッチな窒化シリコン膜を得ることが出来た（図4のNo. 1参照）。

20

【0047】

<実施例2>

本実施例においても、ステップ1における諸条件を調整することにより、窒化シリコン膜中におけるシリコンと窒素との組成比の制御を試みた。その結果、ステップ1における処理室201内の圧力を6.5 Torr、ウエハ200の温度を630、ジクロロシランの供給流量を0.5 s l m、ジクロロシランの供給時間を10秒とすることにより、ウエハ200上に数分の1原子層から数原子層のシリコン（S i）膜が形成された。ステップ3においては、処理室201内の圧力を6.5 Torr、ウエハの温度を630、アンモニアの供給流量を5 s l m、アンモニアの供給時間を30秒とした。結果、1.0 / サイクル以上の成膜レートを得ることができた。また、窒化シリコン膜中におけるシリコンと窒素との組成比（シリコン / 窒素）が1.0となり、シリコンリッチな窒化シリコン膜を得ることが出来た（図4のNo. 2参照）。

30

【0048】

<実施例3>

本実施例においても、ステップ1における諸条件を調整することにより、窒化シリコン膜中におけるシリコンと窒素との組成比の制御を試みた。その結果、ステップ1における処理室201内の圧力を1 Torr、ウエハ200の温度を630、ジクロロシランの供給流量を10 s l m、ジクロロシランの供給時間を10秒とすることにより、ウエハ200上に数分の1原子層から数原子層のシリコン（S i）膜が形成された。ステップ3においては、処理室201内の圧力を6.5 Torr、ウエハの温度を630、アンモニアの供給流量を5 s l m、アンモニアの供給時間を30秒とした。結果、1.0 / サイクル以上の成膜レートを得ることができた。また、窒化シリコン膜中におけるシリコンと窒素との組成比（シリコン / 窒素）が1.0となり、シリコンリッチな窒化シリコン膜を得ることが出来た（図4のNo. 3参照）。

40

【0049】

50

< 実施例 4 >

本実施例においても、ステップ 1 における諸条件を調整することにより、窒化シリコン膜中におけるシリコンと窒素との組成比の制御を試みた。その結果、ステップ 1 における処理室 201 内の圧力を 1 Torr、ウエハ 200 の温度を 630、ジクロロシランの供給流量を 0.5 s l m、ジクロロシランの供給時間を 30 秒とすることにより、ウエハ 200 上に数分の 1 原子層から数原子層のシリコン (Si) 膜が形成された。ステップ 3 においては、処理室 201 内の圧力を 6.5 Torr、ウエハの温度を 630、アンモニアの供給流量を 5 s l m、アンモニアの供給時間を 30 秒とした。結果、1.0 / サイクル以上の成膜レートを得ることができた。また、窒化シリコン膜中におけるシリコンと窒素との組成比 (シリコン / 窒素) が 1.0 となり、シリコンリッチな窒化シリコン膜を得ることが出来た (図 4 の No. 4 参照)。

10

【0050】

< 実施例 5 >

本実施例においては、ステップ 3 における諸条件を調整することにより、窒化シリコン膜中におけるシリコンと窒素との組成比の制御を試みた。その結果、ステップ 1 における処理室 201 内の圧力を 1 Torr、ウエハ 200 の温度を 630、ジクロロシランの供給流量を 0.5 s l m、ジクロロシランの供給時間を 15 秒とし、ステップ 3 における処理室 201 内の圧力を 6.5 Torr、ウエハ 200 の温度を 630、アンモニアの供給流量を 1 s l m、アンモニアの供給時間、すなわちアンモニアにウエハ 200 を晒す時間を 6 秒とした。結果、窒化シリコン膜中におけるシリコンと窒素との組成比 (シリコン / 窒素) が 1.0 となり、シリコンリッチな窒化シリコン膜を得ることが出来た (図 4 の No. 5 参照)。

20

【0051】

< 実施例 6 >

本実施例においては、ステップ 3 における諸条件を調整することにより、窒化シリコン膜中におけるシリコンと窒素との組成比の制御を試みた。その結果、ステップ 1 における処理室 201 内の圧力を 1 Torr、ウエハ 200 の温度を 630、ジクロロシランの供給流量を 0.5 s l m、ジクロロシランの供給時間を 15 秒とし、ステップ 3 における処理室 201 内の圧力を 6.5 Torr、ウエハ 200 の温度を 630、アンモニアの供給流量を 10 s l m、アンモニアの供給時間、すなわちアンモニアにウエハ 200 を晒す時間を 6 秒とした。結果、窒化シリコン膜中におけるシリコンと窒素との組成比 (シリコン / 窒素) が 0.9 となり、シリコンリッチな窒化シリコン膜を得ることが出来た (図 4 の No. 6 参照)。

30

【0052】

< 比較例 1 >

ステップ 1 における処理室 201 内の圧力を 1 Torr、ウエハ 200 の温度を 630、ジクロロシランの供給流量を 0.5 s l m、ジクロロシランの供給時間を 15 秒とし、ステップ 3 における処理室 201 内の圧力を 6.5 Torr、ウエハ 200 の温度を 630、アンモニアの供給流量を 1 s l m、アンモニアの供給時間、すなわちアンモニアにウエハ 200 を晒す時間を 24 秒とした。結果、シリコン膜の窒化反応が飽和して、窒化シリコン膜中におけるシリコンと窒素との組成比 (シリコン / 窒素) が 0.75 となり、化学量論的な組成の窒化シリコン膜が形成され、シリコンリッチな窒化シリコン膜を得ることが出来なかった (図 4 の No. 7 参照)。なお、本比較例におけるアンモニアの供給時間以外の条件は実施例 5 と同様としている。

40

【0053】

< 比較例 2 >

ステップ 1 における処理室 201 内の圧力を 1 Torr、ウエハ 200 の温度を 630、ジクロロシランの供給流量を 0.5 s l m、ジクロロシランの供給時間を 15 秒とし、ステップ 3 における処理室 201 内の圧力を 20 Torr、ウエハ 200 の温度を 630、アンモニアの供給流量を 1 s l m、アンモニアの供給時間、すなわちアンモニアに

50

ウエハ 200 を晒す時間を 6 秒とした。結果、シリコン膜の窒化反応が飽和して、窒化シリコン膜中におけるシリコンと窒素との組成比（シリコン / 窒素）が 0.75 となり、化学量論的な組成の窒化シリコン膜が形成され、シリコンリッチな窒化シリコン膜を得ることが出来なかった（図 4 の No. 8 参照）。なお、本比較例におけるステップ 3 での処理室 201 内の圧力以外の条件は実施例 5 と同様としている。

【0054】

< 比較例 3 >

ステップ 1 にて処理室 201 内の圧力を 1 Torr、ウエハ 200 の温度を 630、ジクロロシランの供給流量を 0.5 s l m、ジクロロシランの供給時間を 30 秒とし、ウエハ 200 上に数分の 1 原子層から数原子層の薄いシリコン層を堆積後、ステップ 3 にて処理室 201 内の圧力を 5 Torr、ウエハ 200 の温度を 630、アンモニアの供給流量を 5 s l m、アンモニアの供給時間を 30 秒とし、プラズマにより活性化したアンモニアを処理室 201 内に供給した。結果、シリコン膜の窒化反応が飽和して、シリコン膜が全て窒化してしまい、窒化シリコン膜中におけるシリコンと窒素との組成比（シリコン / 窒素）が 0.75 となり、シリコンリッチな窒化シリコン膜を得ることが出来なかった。したがって、アンモニアをプラズマにより活性化して処理室 201 内に供給すると、シリコンリッチな窒化シリコン膜を得ることが困難となることが分かった（図 4 の No. 9 参照）。

10

【0055】

< 比較例 4 >

ステップ 1 における処理室 201 内の圧力を 0.5 Torr、ウエハ 200 の温度を 600、ジクロロシランの供給流量を 0.5 s l m、ジクロロシランの供給時間を 10 秒としたところ、ウエハ 200 上にシリコン膜が堆積しなかった。すなわち、ステップ 1 における温度を 600 とした場合であっても、圧力を 0.5 Torr 以下とすると、ウエハ 200 上にシリコン膜が堆積し難いことが判明した（図 4 の No. 10 参照）。

20

【0056】

< 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。

【0057】

本発明の一態様によれば、ジクロロシランとアンモニアとを用いて処理室内で基板上に窒化シリコン膜を形成する工程を有する半導体装置の製造方法であって、前記窒化シリコン膜を形成する工程では、CVD 反応が生じる条件下で基板に対してジクロロシランを供給して、基板上に数原子層以下のシリコン膜を形成する工程と、ノンプラズマの雰囲気下で基板に対してアンモニアを供給して、前記シリコン膜のアンモニアによる窒化反応が飽和しない条件下で前記シリコン膜を熱窒化する工程と、を交互に繰り返すことで、化学量論的に窒素に対しシリコンが過剰な窒化シリコン膜を形成する半導体装置の製造方法が提供される。

30

【0058】

好ましくは、前記シリコン膜を熱窒化する工程では、前記処理室内の条件が、前記シリコン膜の窒化反応が飽和しない条件となるようアンモニアの供給流量、アンモニアの供給時間、および前記処理室内の圧力のうち少なくともいずれかを、前記シリコン膜の窒化反応が飽和する条件と異ならせる。

40

【0059】

また好ましくは、前記シリコン膜を熱窒化する工程では、前記処理室内の条件が、前記シリコン膜の窒化反応が飽和しない条件となるよう、前記シリコン膜の窒化反応が飽和する条件よりもアンモニアの供給流量を少なくするか、アンモニアの供給時間を短くするか、前記処理室内の圧力を低くする。

【0060】

また好ましくは、前記シリコン膜を熱窒化する工程では、アンモニアの供給流量、アンモニアの供給時間、および前記処理室内の圧力のうち少なくともいずれかを制御すること

50

で、前記窒化シリコン膜の組成比を制御する。

【0061】

本発明の他の態様によれば、基板を処理する処理室と、前記処理室内にジクロロシランを供給する第1ガス供給系と、前記処理室内にアンモニアを供給する第2ガス供給系と、前記処理室内の基板を加熱するヒータと、CVD反応が生じる条件下で前記処理室内にジクロロシランを供給して、基板上に数原子層以下のシリコン膜を形成し、ノンプラズマの雰囲気下で前記処理室内にアンモニアを供給して前記シリコン膜のアンモニアによる窒化反応が飽和しない条件下で前記シリコン膜を窒化し、これを交互に繰り返すことで、基板上に化学量論的に窒素に対しシリコンが過剰な窒化シリコン膜を形成するように前記第1ガス供給系、前記第2ガス供給系、及び前記ヒータを制御するコントローラと、を有する基板処理装置が提供される。

10

【図面の簡単な説明】

【0062】

【図1】本発明の一実施形態にて好適に用いられる基板処理装置の縦型処理炉の概略構成図である。

【図2】図1に示す処理炉のA-A'断面図である。

【図3】本発明の一実施形態にかかる成膜方法を説明するフロー図である。

【図4】本発明の実施例を、比較例を交えて説明する表図である。

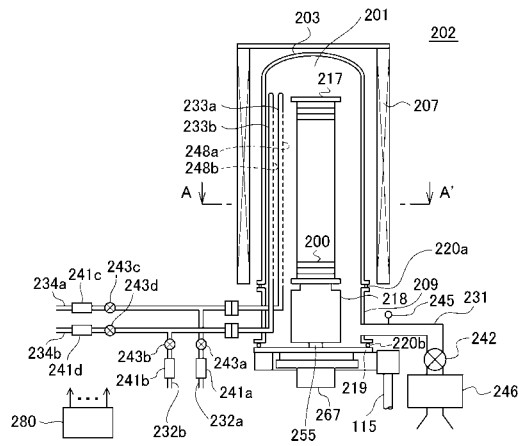
【符号の説明】

【0063】

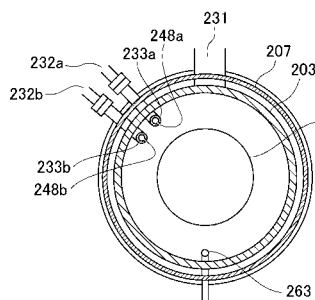
- 200 ウエハ（基板）
- 201 処理室
- 207 ヒータ
- 232a 第1ガス供給管（第1ガス供給系）
- 232b 第2ガス供給管（第2ガス供給系）
- 280 コントローラ

20

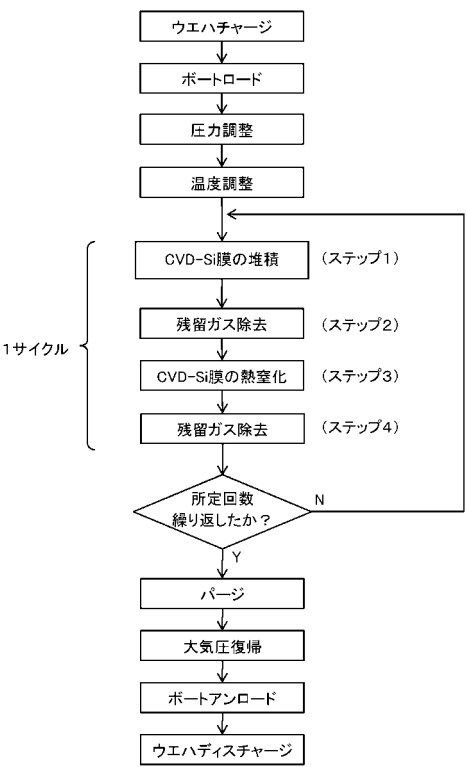
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】

No.	条件	ステップ1 (Si堆積)	ステップ3 (熱窒化)	結果
1	温度	600℃	800℃	成膜レート: 1.0 Å/サイクル 以上 組成比 (Si/N): 1.0
	圧力	6.5 Torr	6.5 Torr	
	流量	0.5 slm (DCS)	5 slm (NH ₃)	
	時間	60秒	30秒	
2	温度	630℃	830℃	成膜レート: 1.0 Å/サイクル 以上 組成比 (Si/N): 1.0
	圧力	6.5 Torr	6.5 Torr	
	流量	0.5 slm (DCS)	5 slm (NH ₃)	
	時間	10秒	30秒	
3	温度	630℃	630℃	成膜レート: 1.0 Å/サイクル 以上 組成比 (Si/N): 1.0
	圧力	1 Torr	6.5 Torr	
	流量	10 slm (DCS)	5 slm (NH ₃)	
	時間	10秒	30秒	
4	温度	630℃	630℃	成膜レート: 1.0 Å/サイクル 以上 組成比 (Si/N): 1.0
	圧力	1 Torr	6.5 Torr	
	流量	0.5 slm (DCS)	5 slm (NH ₃)	
	時間	30秒	30秒	
5	温度	630℃	630℃	成膜レート: 1.0 Å/サイクル 以上 組成比 (Si/N): 1.0
	圧力	1 Torr	6.5 Torr	
	流量	0.5 slm (DCS)	1 slm (NH ₃)	
	時間	15秒	6秒	
6	温度	630℃	830℃	成膜レート: 1.0 Å/サイクル 以上 組成比 (Si/N): 0.9
	圧力	1 Torr	6.5 Torr	
	流量	0.5 slm (DCS)	10 slm (NH ₃)	
	時間	15秒	6秒	
7	温度	630℃	830℃	成膜レート: 1.0 Å/サイクル 以上 組成比 (Si/N): 0.75
	圧力	1 Torr	6.5 Torr	
	流量	0.5 slm (DCS)	1 slm (NH ₃)	
	時間	15秒	24秒	
8	温度	630℃	830℃	成膜レート: 1.0 Å/サイクル 以上 組成比 (Si/N): 0.75
	圧力	1 Torr	20 Torr	
	流量	0.5 slm (DCS)	1 slm (NH ₃)	
	時間	15秒	6秒	
9	温度	630℃	630℃	成膜レート: 1.0 Å/サイクル 以上 組成比 (Si/N): 0.75
	圧力	1 Torr	5 Torr	
	流量	0.5 slm (DCS)	5 slm (NH ₃ plasma)	
	時間	30秒	30秒	
10	温度	600℃	-	Siが堆積しなかった
	圧力	0.5 Torr	-	
	流量	0.5 slm (DCS)	-	
	時間	10秒	-	

フロントページの続き

(72)発明者 高澤 裕真

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 加藤 智秀

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 赤江 尚徳

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

F ターム(参考) 4K030 AA03 AA06 AA13 AA17 AA18 BA29 BA40 DA09 FA10 HA01
LA15
5F045 AA06 AB33 AC05 AC12 AD10 AE21 BB04 DP19 DP28 DQ05
EE12 EE19 EF03 EF09 EK06
5F058 BA20 BC08 BF04 BF24 BF30 BF36 BF37 BG01 BG02 BJ01