

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6967403号
(P6967403)

(45) 発行日 令和3年11月17日(2021.11.17)

(24) 登録日 令和3年10月27日(2021.10.27)

(51) Int. Cl.	F I	
H O 1 L 21/205 (2006.01)	H O 1 L 21/205	
C 2 3 C 16/42 (2006.01)	C 2 3 C 16/42	
C 2 3 C 16/44 (2006.01)	C 2 3 C 16/44	A
C 3 O B 29/36 (2006.01)	C 3 O B 29/36	A
C 3 O B 25/16 (2006.01)	C 3 O B 25/16	

請求項の数 5 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2017-165423 (P2017-165423)	(73) 特許権者	504162958 株式会社ニューフレアテクノロジー 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番1
(22) 出願日	平成29年8月30日(2017.8.30)	(74) 代理人	100119035 弁理士 池上 徹真
(65) 公開番号	特開2019-46855 (P2019-46855A)	(74) 代理人	100141036 弁理士 須藤 章
(43) 公開日	平成31年3月22日(2019.3.22)	(74) 代理人	100178984 弁理士 高下 雅弘
審査請求日	令和2年7月3日(2020.7.3)	(72) 発明者	醍醐 佳明 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番1 株 株式会社ニューフレアテクノロジー内
前置審査		審査官	田中 崇大

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 気相成長方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板を反応室内に設けられた回転部上に載置し、

前記基板の上方から前記基板の上面に原料ガスを含まない第1のプロセスガスを供給するとともに、前記反応室の壁面の温度を変動させることにより、前記壁面の表面に堆積したSiCが剥離して発生するダウンフォールを前記基板の上面に落下させながら、前記基板を300rpm以上で回転させて、落下させた前記ダウンフォールを前記基板の上面から除去し、

前記基板の温度を上昇させた後、前記基板を所定の成膜温度に制御し、前記基板の上方から前記基板の上面に原料ガスを含む第2のプロセスガスを供給して前記基板上にSiC膜を成長させる気相成長方法。

【請求項2】

前記基板上に所望のSiC膜を成長させた後、前記基板の温度を下降させ、

前記基板の上方から前記基板の上面に前記第1のプロセスガスを供給するとともに、前記壁面の温度を変動させることにより、前記ダウンフォールを前記基板の上面に落下させながら、前記基板を300rpm以上で回転させて、落下させた前記ダウンフォールを前記基板の上面から除去する請求項1記載の気相成長方法。

【請求項3】

前記基板を300rpm以上で回転させながら、前記第1のプロセスガスを不活性ガスから水素ガスへ、又は水素ガスから不活性ガスへ変化させることにより前記壁面の温度を

変化させる請求項 1 または請求項 2 記載の気相成長方法。

【請求項 4】

前記基板の温度が 1300 以下の状態で、前記壁面の温度を変化させる請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか一項記載の気相成長方法。

【請求項 5】

前記基板を前記回転部から取り外した状態で前記回転部を 100rpm 以上で回転させる請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか一項記載の気相成長方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、気相成長方法に関する。

【背景技術】

【0002】

次世代の半導体デバイス用の材料として SiC (炭化珪素) が期待されている。SiC は Si (シリコン) と比較して、バンドギャップが 3 倍、破壊電界強度が約 10 倍、熱伝導率が約 3 倍と優れた物性を有する。この特性を活用すれば低損失かつ高温動作可能な半導体デバイスを実現することができる。

【0003】

CVD (Chemical Vapor Deposition: 化学気相成長) を用いた SiC エピタキシャル成長膜の成長工程では、反応室内のガス供給部から SiC 基板までの経路での高温部、特にホットウォールに SiC が堆積する。この堆積した SiC は剥離してダウンフォール (パーティクル) となる。

【0004】

ダウンフォールは、SiC エピタキシャル膜の成長前又は成長中に、SiC 基板上に落下することにより SiC エピタキシャル膜の内部に埋め込まれ、又はダウンフォールを起点とした三角欠陥などが発生して、デバイスクラック欠陥となるおそれがある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2009 - 164162 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明が解決しようとする課題は、高品質で高均一なエピタキシャル膜を高い生産性で成長できる気相成長方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一態様の気相成長法は、基板を反応室内に設けられた回転部上に載置し、基板の上方から基板の上面に原料ガスを含まない第 1 のプロセスガスを供給するとともに、壁面の温度を変動させることにより、前記反応室の壁面の表面に堆積した SiC が剥離して発生するダウンフォールを基板の上面に落下させながら、基板を 300rpm 以上で回転させて、落下させたダウンフォールを基板の上面から除去し、基板の温度を上昇させた後、基板を所定の成膜温度に制御し、基板の上方から基板の上面に原料ガスを含む第 2 のプロセスガスを供給して基板上に SiC 膜を成長させる。

【0008】

上記態様の気相成長方法において、基板上に所望の SiC 膜を成長させた後、基板の温度を下降させ、基板の上方から基板の上面に第 1 のプロセスガスを供給するとともに、壁面の温度を変動させることにより、ダウンフォールを基板の上面に落下させながら、基板を 300rpm 以上で回転させて、落下させたダウンフォールを基板の上面から除去することが好ましい。

10

20

30

40

50

【0009】

上記態様の気相成長方法において、基板を300rpm以上で回転させながら、第1のプロセスガスを不活性ガスから水素ガスへ、又は水素ガスから不活性ガスへ変化させることにより壁面の温度を変化させることが好ましい。

【0010】

上記態様の気相成長方法において、基板の温度が1300以下の状態で、壁面の温度を変化させることが好ましい。

【0011】

上記態様の気相成長方法において、基板を回転部から取り外した状態で回転部を100rpm以上で回転させることが好ましい。

10

【発明の効果】

【0012】

本発明の一態様によれば、高品質で高均一なエピタキシャル膜を高い生産性で成長できる気相成長方法の提供が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】実施形態の気相成長装置の模式断面図である。

【図2】実施形態の気相成長方法におけるSiC基板の温度と、第2のヒーターへの投入電力と、導入されるガス種と、サセプタホルダー回転速度と、の時間変化を示す模式図である。

20

【図3】実施形態の気相成長方法における気相成長装置内でのダウンフォールの落下の仕方を示す模式図である。

【図4】実施形態の気相成長方法のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しつつ説明する。

【0015】

本明細書中では、気相成長装置が成膜可能に設置された状態での重力方向を「下」と定義し、その逆方向を「上」と定義する。したがって、「下部」とは基準に対して重力方向の位置を意味し、「下方」とは基準に対して重力の方向をそれぞれ意味する。また、「上部」とは、基準に対し重力方向と逆方向の位置を意味し、「上方」とは基準に対し重力の方向と逆方向を意味する。

30

【0016】

実施形態の気相成長方法は、基板を反応室内に設けられた回転部上に載置し、基板の上方から基板の上面に原料ガスを含まない第1のプロセスガスを供給するとともに、基板を300rpm以上で回転させながら、壁面の温度を変動させ、基板の温度を上昇させた後、基板を所定の成膜温度に制御し、基板の上方から基板の上面に原料ガスを含む第2のプロセスガスを供給して基板上にSiC膜を成長させる。

【0017】

図1は、実施形態の気相成長装置100の模式断面図である。本実施形態の気相成長装置100は、CVD法（化学気相成長法）を用いるエピタキシャル成長装置である。以下、主にSiC基板W上にSiC膜をエピタキシャル成長させる場合を例に説明する。

40

【0018】

サセプタS上にはSiC基板Wが載置される。SiC基板Wにプロセスガスを供給し、基板W上で反応をさせて成膜を行う。ここでプロセスガスとは、SiCソースガスとしてのSi系ガス（例えばモノシラン（SiH₄）ガス）、C系ガス（例えばプロパン（C₃H₈）ガス）、SiCの成長を促進するためのCl系ガス（例えば塩化水素（HCl）ガス）、パージガスとしてのアルゴン（Ar）ガス、キャリアガスとしての水素（H₂）ガス等である。なお、ジクロロシラン（H₂SiCl₂）ガス、トリクロロシラン（HSiCl₃）などのように、Si原子とCl原子とを含むガスを、Si系ガスとして用いるこ

50

とも可能である。

【0019】

気相成長装置100は、基板W上にSiCエピタキシャル膜の成膜を行う成膜室として、反応室2を有する。

【0020】

サセプタSは、回転部4の上方に設けられる。サセプタSは、開口部を有して構成されたリング状の形状を有する外周サセプタS₁と、外周サセプタS₁の内側に開口部を塞ぐように設けられた内部サセプタS₂と、を有する。外周サセプタS₁の内周側には座ぐりが設けられている。そして、この座ぐり内に基板Wの外周部を受け入れて支持する凹部が設けられている。サセプタSの材料には、カーボン、SiC、TaCを用いることが好ましい。あるいは、カーボンの表面にTaCを被覆した材料を用いてもよい。また、サセプタSにおける凹部の構造は、円盤状部材を座ぐり加工したものや、円盤状部材にリング状部材を載置したもの、更には、それらの組み合わせのいずれでも良い。

10

【0021】

回転部4は、上部にサセプタホルダー16と下部に回転軸6を有する。サセプタホルダー16はその上部(図3におけるサセプタ載置部16a)でサセプタSを支持する。回転軸6が図示しないモータによって回転することにより、サセプタホルダー16が回転する。サセプタホルダー16の回転を介してサセプタSが回転する。このように、サセプタSの上に載置されたSiC基板WをSiC基板Wの周方向に回転させることができる。

【0022】

サセプタホルダー16は、上部が開口する構造を有する。回転部4内には、第1のヒーター14が設けられている。第1のヒーター14には、例えばカーボン(C)材の抵抗加熱ヒーターが用いられる。第1のヒーター14は、回転軸6内に設けられた略円筒状の石英製のシャフト8の内部を通る電極(図示せず)によって給電され、SiC基板Wをその裏面から加熱する。

20

【0023】

また、回転部4内には、第1のヒーター14による加熱を効率的に行うために、第1のヒーター14の下方にリフレクタ10が設けられている。リフレクタ10には、カーボン、SiC、又はSiCを被覆したカーボンなどの耐熱性の高い材料を用いる。また、リフレクタ10の下方には断熱材12が設けられる。断熱材12を設けることにより、第1のヒーター14からの熱がシャフト8やその設置部分等に伝わることを防止し、加熱時のヒーター電力を抑制することができる。

30

【0024】

反応室2の下部には、余剰のプロセスガスや反応副生成物を含むガスを排出するための排気部22が設けられる。排気部22は、調整バルブ58及び真空ポンプ56からなる排気機構54に接続される。排気機構54は、反応室2から排出されたガスを外部に排出し、反応室2内を所定の圧力に調整する。

【0025】

また、反応室2内には、成膜処理が行われる成膜領域と、反応室2の側壁(内壁)2aとを仕切る円筒型のホットウォール(壁面)24が設けられている。ホットウォール24には、カーボン又はSiCを被覆したカーボン、SiCなどの耐熱性の高い材料が用いられる。なお、回転部4と側壁(内壁)2aとの間にも、回転部4と側壁(内壁)2aとを仕切る不図示の円筒部材を設け、側壁(内壁)2aへの着膜を防止することが望ましい。

40

【0026】

ホットウォール24と側壁2aの間には、基板Wを上方から加熱する第2のヒーター26が設けられている。SiC基板Wは、第2のヒーター26の下端より下方に載置される。ホットウォール24は第2のヒーター26で加熱される。第2のヒーター26は例えば抵抗加熱型のヒーターである。また、第2のヒーター26と側壁2aとの間には断熱材20が設けられており、第2のヒーター26からの熱が側壁2aに伝わることを防止する。断熱材20を設けることにより、加熱時のヒーター電力を抑制することができる。第2

50

のヒーター 26 は一体でなく、分割され、それぞれが独立に制御可能であってもよい。

【0027】

なお、ホットウォール 24 は、ホットウォール 24 の外部に設けられた高周波コイルにより、誘導加熱されても良い。

【0028】

反応室 2 の上部には、熱効率を上げるために、第 1 のヒーター 14 や第 2 のヒーター 26 からの輻射を反射するリフレクタユニット R U 1、R U 2 が設けられている。リフレクタユニット R U 2 はリフレクタユニット R U 1 の下方に設けられている。

【0029】

リフレクタユニット R U 1、R U 2 は、カーボン、S i C、又は S i C を被覆したカーボンを用いた薄板により構成されている。リフレクタユニット R U 1、R U 2 は 1 枚の薄板で構成してもよいし、複数枚の薄板を積層してもよい。

10

【0030】

反応室 2 の上部には、ガス供給部 30 が設けられている。ガス供給部 30 は、ガス流路 (ガスパイプ) 32、34、36 を介して、成膜領域にパージガスや S i C ソースガス等のプロセスガスを供給する。例えば、ガス流路 32 を介して基板 W 上にパージガスとしてのアルゴンガス又は水素ガスが供給される。また、ガス流路 34、36 を介して、基板 W 上に S i C ソースガスとしてシランガスやプロパンガスが供給される。なお図 2 (a) では、各ガスに対して 1 本のガス流路が設けられているが、複数のガス流路を設けてもよい。また、ガス供給部 30 の構造は、シャワーヘッドタイプとしても良い。

20

【0031】

なお、反応室 2 の上部には放射温度計 (図示せず) が設けられ、基板 W の温度を測定することができる。この場合、反応室 2 の一部に図示しない石英ガラス窓を設け、石英ガラス窓を介して放射温度計で基板 W の温度を測定する。

【0032】

図 2 は、実施形態の気相成長方法における S i C 基板 W の温度と、第 2 のヒーター 26 への投入電力と、反応室 2 内に導入されるガスと、サセプタホルダー回転速度と、の時間変化を示す模式図である。

【0033】

図 2 において、符号 E T は S i C エピタキシャル膜の成長温度である。以下、単に成長温度 E T と記載する。成長温度 E T は、例えば 1550 以上 1650 以下である。符号 T T は S i C 基板 W の搬入搬出温度である。以下、単に搬入搬出温度 T T と記載する。搬入搬出温度 T T は、例えば、1000 程度である。

30

【0034】

また、図 2 において、符号 H P は S i C 基板 W の昇温時に第 2 のヒーター 26 へ印加する投入電力、符号 E P は S i C エピタキシャル成長時に第 2 のヒーター 26 へ印加する投入電力、符号 A P はアイドルリング中に第 2 のヒーター 26 へ印加する投入電力、符号 L P は S i C 基板 W の降温時に第 2 のヒーター 26 へ印加する投入電力を示す。

【0035】

また、図 2 において、符号 H S は S i C エピタキシャル膜の成長の際に用いられるサセプタホルダー 16 の回転速度で 300 rpm (rotation per minute) 以上である。符号 A S はアイドルリング中のサセプタホルダー 16 の回転速度、符号 T S は S i C 基板 W 及びサセプタ S の搬入又は搬出時のサセプタホルダー 16 の回転速度である。実施形態の気相成長方法では、符号 T S で示される回転速度は 0 rpm である。

40

【0036】

なお、サセプタホルダー 16 の回転速度は、サセプタ S 及び S i C 基板 W が載置されているときには、サセプタ S の回転速度及び S i C 基板 W の回転速度と等しい。

【0037】

図 2 において、符号 A はサセプタホルダー 16 の回転速度を A S から T S まで減少させ始める時刻、符号 B は S i C 基板 W 及びサセプタ S を搬入する時刻、符号 C はサセプタホ

50

ルダ－１６の回転速度をＴＳからＡＳまで上げ始める時刻、符号Ｄはサセプタホルダ－１６の回転速度をＡＳからＨＳまで上げ始める時刻である。

【００３８】

また、図２において、符号Ｅは反応室２内に導入するガスをアルゴンガスから水素ガスへ変化させる時刻、符号Ｆは第２のヒーター２６への投入電力をＨＰまで増大させ始める時刻、符号ＧはＳｉＣエピタキシャル膜を成長させ始める時刻、符号Ｈは第２のヒーター２６への投入電力をＬＰまで減少させ始める時刻、符号Ｉは第２のヒーター２６への投入電力をＡＰまで増大させ始める時刻である。

【００３９】

また、図２において、符号Ｊは反応室２内に導入するガスを水素ガスからアルゴンガスへ変化させる時刻、符号Ｋはサセプタホルダ－１６の回転速度をＴＳまで減少させ始める時刻、符号ＬはＳｉＣ基板Ｗ及びサセプタＳを搬出する時刻、符号Ｍはサセプタホルダ－１６の回転速度をＡＳまで上げ始める時刻である。

【００４０】

図３は、実施形態の気相成長方法における気相成長装置内でのダウンフォールの落下の仕方を示す模式図である。図４は、実施形態の気相成長方法のフローチャートである。

【００４１】

まず、ＳｉＣ基板Ｗ及びサセプタＳをサセプタホルダ－１６に載置する前（図２の時刻Ａより前、及び図３（ａ））、すなわちサセプタＳをサセプタホルダ－１６から取り外した状態では、アイドル時のサセプタホルダ－１６の回転速度ＡＳで表記される第１の回転速度でサセプタホルダ－１６を回転させる（Ｓ１０）。

【００４２】

第１の回転速度は、１００ｒｐｍ以上である。また、第１のヒーター１４には一定の電力を投入し、さらに第２のヒーター２６には一定の電力ＡＰを投入し、ＳｉＣ基板Ｗを搬入した際のＳｉＣ基板Ｗの温度が１０００程度になるようにする（Ｓ１２）。

【００４３】

このとき反応室２の内部に導入されるガスは、気相成長装置１００を含む装置システムを安全に動作させるため、不活性ガスであることが好ましい。ここで不活性ガスは、例えばアルゴン（Ａｒ）ガスやヘリウム（Ｈｅ）ガスである。なお、水素（Ｈ₂）も用いることができる（Ｓ１４）。また、Ｓ１４はＳ１０の前に実施しても良い。

【００４４】

また、第２のヒーター２６への投入電力ＡＰが変化すると、ホットウォール２４の温度が変化してしまう。そのため、第２のヒーター２６への投入電力はＡＰで一定であることが好ましい。

【００４５】

また、反応室２の内部に導入されるガスの種類が変化すると、ホットウォール２４の冷却効率が変化するため、ホットウォール２４の温度が変化する。そのため、反応室２の内部に導入されるガスの種類は一定であり、変化しないことが好ましい。

【００４６】

次に、図２の時刻Ｂで、サセプタホルダ－１６の回転速度をＴＳに下げる。この状態で、サセプタホルダ－１６のサセプタ載置部１６ａ上に、ＳｉＣ基板Ｗが載置されたサセプタＳを載置する。ここで、ＳｉＣ基板Ｗの温度はＴＴ（ＳｉＣ基板搬入搬出温度）に保たれていることが好ましい。なお、搬入前のＳｉＣ基板Ｗの温度がＴＴと異なる場合、搬入直後のＳｉＣ基板Ｗの温度もＴＴと異なることになり、一定時間を経過した後にＴＴへ到達することになるが、図２においてはＳｉＣ基板Ｗの搬入直後の過渡的な温度変化を省略している（Ｓ１６）。

【００４７】

次に、図２の時刻Ｃ及び図３（ｂ）で、サセプタホルダ－１６の回転速度をＡＳで表記される第１の回転速度に上げ、サセプタホルダ－１６の回転に伴うＳｉＣ基板Ｗ及びサセプタＳのずれを確認する（Ｓ１８）。

10

20

30

40

50

【0048】

次に、図2の時刻D及び図3(c)で、サセプタホルダー16の回転速度を、HS(第2の回転速度)に上げる。なお、上記のずれの確認が不要であれば、時刻Cにおいてサセプタホルダー16の回転速度をTSからASを経由せずにHSに上げて良い。ここで、HS(第2の回転速度)は300rpm以上である。一方上限は、装置能力に依存するが、SiC基板Wが安定して保持できる回転数であればよく、例えば2000rpmとすることができる。このように高い回転速度を用いることにより、ダウンフォールがSiC基板W上に落下しても、遠心力により除去できる。また、遠心力で除去できないような小さなダウンフォールでも、高い回転速度に伴って生じる基板W上の中心側から外周側へ向かう高速のガス流により、除去されやすくなる(S20)。

10

【0049】

次に、図2の時刻E及び図3(d)で、反応室2の内部に導入するガスを、不活性ガス(アルゴンガス)からSiC成膜に用いる水素ガスへ切り替える。このときのSiC基板の温度は1300以下であることが好ましい(S22)。

【0050】

次に、図2の時刻F及び図3(e)で、第2のヒーター26への投入電力をAPからHPに増大させる。また、第1のヒーター14への投入電力も増大させる。このときのSiC基板の温度は1300以下であることが好ましい(S24)。

【0051】

また、第2のヒーター26に投入する電力HPは、SiC基板Wの昇温速度を高めるため、後述するSiCエピタキシャル膜成長時の投入電力EPよりも大きいことが好ましい。

20

【0052】

次に、図2の時刻FとGの間及び図3(f)にて、さらにSiC基板Wの温度を上昇させて、SiC基板Wの温度を成長温度ETに到達させる(S26)。

【0053】

その後、第2のヒーター26への投入電力をEPに低下させ、プロセスガスとして水素ガスと共にSi系ガス、C系ガス、SiCの成長を促進するためのCl系ガス等を反応室2内に導入してSiC基板W上にSiCエピタキシャル膜を成長させる(図2の時刻G及び図3(g))。このときに、ホットウォール24の表面上に、SiC膜が堆積する。なお、SiC基板Wの温度が一定になるように、SiC基板Wの温度をパイロメーター等で測定しながら、第1のヒーター14及び第2のヒーター26への投入電力を制御しても良い(S28)。

30

【0054】

なお、SiCエピタキシャル膜成長時の回転速度をHSから変動させてもよく、例えば100rpm以上2000rpm以下で回転させながらSiCエピタキシャル膜を成長させてもよい。

【0055】

次に、図2の時刻H及び図3(h)で、プロセスガスの導入を停止して水素ガスを導入し、SiCエピタキシャル膜の成長が完了した後、第2のヒーター26への投入電力をLPにまで減少させ始める。そして、SiC基板Wの温度をTTにまで減少させる。なおこの間、サセプタホルダー16の回転速度はHSとしておくことが、ダウンフォールを遠心力で除去させるため好ましい(S30)。

40

【0056】

なお、第2のヒーター26に投入する電力LPは、特に限定されないが、SiC基板Wの降温速度を高めるため、投入電力APより低いことが好ましい。たとえば投入電力LPはゼロであることが好ましい。

【0057】

次に、図2の時刻I及び図3(i)で、SiC基板Wの温度がTTに近づいたら、第2のヒーター26に投入する電力をLPからAPまで増大させてホットウォール24の温度

50

を安定させる (S 3 2)。

【 0 0 5 8 】

その後、図 2 の時刻 J 及び図 3 (j) で、反応室 2 の内部に導入するガスを水素ガスからアルゴンガス (不活性ガス) に切り替える (S 3 4)。

【 0 0 5 9 】

その後、図 2 の時刻 K 及び図 3 (k) で、サセプタホルダー 1 6 の回転速度を T S にまで低下させる (S 3 6)。

【 0 0 6 0 】

次に、図 2 の時刻 L で、S i C 基板 W 及びサセプタ S を反応室 2 内から搬出する (S 3 8)。

【 0 0 6 1 】

次に、図 2 の時刻 M 及び図 3 (l) において、サセプタホルダー 1 6 の回転速度を T S に増大させる (S 4 0)。

【 0 0 6 2 】

次に、本実施形態の気相成長方法の作用効果を記載する。

【 0 0 6 3 】

一般に、S i C を用いたパワーデバイスでは、膜厚が 1 0 μ m 以上の S i C エピタキシャル膜が好ましく用いられる。このような厚い膜厚の S i C エピタキシャル膜を成長させると、わずか数回の S i C エピタキシャル膜成長でホットウォール 2 4 表面に多くの S i C が堆積するため、ダウンフォールの発生頻度が高くなってしまふ。ダウンフォールは、

デバイスキラー欠陥となるおそれがある。

【 0 0 6 4 】

ダウンフォールを抑制するためには、頻繁に反応室 2 内を大気開放して気相成長装置 1 0 0 のメンテナンスを行うことが好ましい。しかし、頻繁にメンテナンスを行うと、S i C エピタキシャル膜の生産性が低下してしまふ。

【 0 0 6 5 】

ダウンフォールは、特に、ホットウォール 2 4 の温度が変化する際に生じやすいと考えられる。ホットウォール 2 4 の温度の変化は、S i C 基板の温度を変化させるために第 2 のヒーター 2 6 への投入電力を変化させる場合や、反応室の内部に導入されるガスを不活性ガスから水素ガスへ、又は水素ガスから不活性ガスへ変化させる場合に生じる。

【 0 0 6 6 】

気相成長装置の頻繁なメンテナンスを避けつつ質の高い S i C エピタキシャル膜を成長するためには、S i C 膜成長時の前後に、意図的にダウンフォールの発生頻度を高くすることにより、ホットウォール表面に堆積した S i C の量を低減することが好ましい。さらに、そのダウンフォールが S i C 基板上に落下しても S i C 基板上から除去されるようにすることが好ましい。

【 0 0 6 7 】

図 2 の時刻 F 及び図 3 (e) で記載した方法では、第 2 のヒーター 2 6 に投入する電力を H P に増加させることにより、ホットウォール 2 4 の温度が上昇するため、S i C 基板 W の温度が上昇すると共に、ホットウォール 2 4 の表面に堆積された S i C に歪みが入り、ダウンフォールの発生頻度が高くなる。なお、この後図 3 (f) で S i C 基板温度が E T に到達する時には、第 2 のヒーター 2 6 に投入する電力を H P にし続けて昇温しても、ダウンフォール発生確率が低下している。

【 0 0 6 8 】

図 2 の時刻 E 及び図 3 (d) で記載した方法では、導入するガスを不活性ガス (アルゴンガス) から水素ガスへ切り換えた際に、より冷却効率の高い水素ガスによって、ホットウォール 2 4 の温度が低下する。そのため、ホットウォール 2 4 の表面に堆積された S i C に歪みが入るため、ダウンフォールの発生頻度が高くなる。

【 0 0 6 9 】

図 2 の時刻 J では温度が S i C エピタキシャル膜成長時に比べて大幅に低下している。

10

20

30

40

50

そのために、ホットウォール24表面に堆積したSiCには大きな応力が発生している。図2の時刻J及び図3(j)で記載した方法では、導入するガスを水素ガスから冷却効率の低い不活性ガス(アルゴンガス)へ切り換えることによって、ホットウォール24の表面に堆積したSiCに発生している応力のバランスが急激に変化するため多くのダウンフォールが発生する。

【0070】

図2の時刻Iでは温度がSiCエピタキシャル膜成長時に比べて大幅に低下している。そのために、ホットウォール24表面に堆積したSiCには大きな応力が発生している。図2の時刻I及び図3(i)で記載した方法では、第2のヒーター26に投入する電力をLPからAPまで増大させてホットウォール24の温度を安定させようとする、ホットウォール24表面に堆積したSiCに発生している応力のバランスが急激に変化するため多くのダウンフォールが発生する。なお、温度を安定させようとする際に、ホットウォール24の温度が一時的に低温から高温に変化しても良い。

10

【0071】

SiC基板の回転速度は300rpm以上と高くなっているため、この発生頻度が高くなったダウンフォールがSiC基板W上に落下しても、遠心力によりSiC基板W外に除去される。また、遠心力で除去できないような小さなダウンフォールでも、高い回転速度に伴って生じる基板W上の中心側から外周側へ向かう高速のガス流により、除去されやすくなる。そのため、デバイスクラーク欠陥の生成を抑制しつつ、SiCエピタキシャル膜を高い生産性で成長することが可能となる。

20

【0072】

SiC基板Wの温度が1300以下の状態で、ホットウォール24の温度を変化させることが好ましい。SiC基板Wの温度が1300を超えると、ダウンフォールがSiC基板W表面に固定化されてしてしまうことがある。

【0073】

また、サセプタSをサセプタホルダーから取り外した状態でサセプタホルダーを第1の回転速度である100rpm以上で回転させることが好ましい。これは、図2の時刻Aより前及び図3(a)、及び図2の時刻M及び図3(l)で記載した方法である。

【0074】

比較的大きなダウンフォールがサセプタホルダー16上のサセプタ載置部16aに残留した場合、SiC基板W及びサセプタSをサセプタホルダー16上に載置したときに、サセプタ載置部16aとサセプタSとの間にダウンフォールが挟み込まれやすくなる。そのため、サセプタS及びサセプタS上のSiC基板Wを水平に保って回転させることが困難になる。

30

【0075】

サセプタホルダー16を第1の回転速度で回転させておくことにより、ダウンフォールがサセプタ載置部16aに落下しても、サセプタホルダー16の回転に伴う遠心力によって、比較的大きなダウンフォール、典型的には $125000\mu\text{m}^3$ 以上の体積を有するダウンフォールを、サセプタホルダー16上から容易に取り除くことが可能となる。

【0076】

また、SiC基板W及びサセプタSをサセプタホルダー16に載置する前には、ホットウォール24の温度を一定に保つことが好ましい。ホットウォール24の温度の変化により、ホットウォール24の熱膨張率とホットウォール24の表面に堆積したSiCの熱膨張率の違いにより、堆積したSiCに歪みが入りやすくなり、ダウンフォールの発生頻度が高くなってしまうためである。

40

【0077】

以上、具体例を参照しつつ本発明の実施形態について説明した。上記の実施形態はあくまで、例として挙げられているだけであり、本発明を限定するものではない。また、各実施形態の構成要素を適宜組み合わせてもかまわない。

【0078】

50

例えば、本明細書中では、主にSiC基板W上にSiC膜をエピタキシャル成長させる場合について記載した。しかし、他のSi基板等も好ましく用いることができる。

【0079】

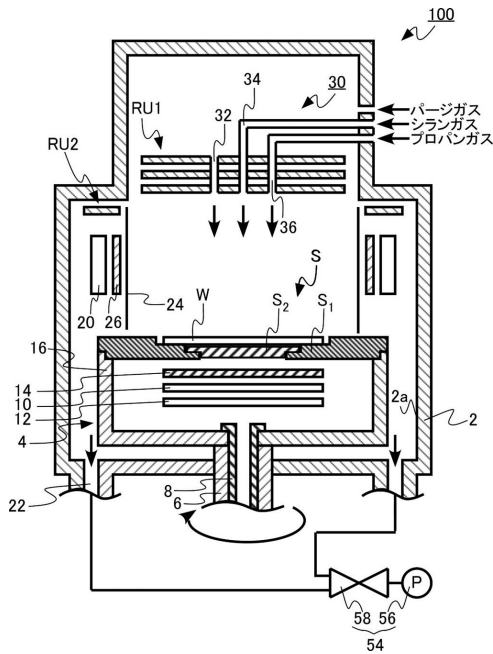
実施形態では、装置構成や製造方法等、本発明の説明に直接必要としない部分等については記載を省略したが、必要とされる装置構成や製造方法等を適宜選択して用いることができる。その他、本発明の要素を具備し、当業者が適宜設計変更しうる全ての検査方法は、本発明の範囲に含まれる。本発明の範囲は、特許請求の範囲及びその均等物の範囲によって定義されるものである。

【符号の説明】

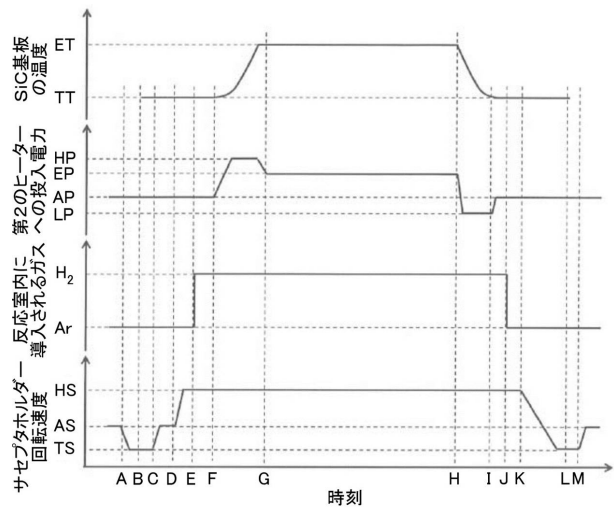
【0080】

- 2 反応室
- 4 回転部
- 16 サセプタホルダー
- 24 ホットウォール(壁面)
- 100 気相成長装置
- S サセプタ
- W SiC基板(基板)

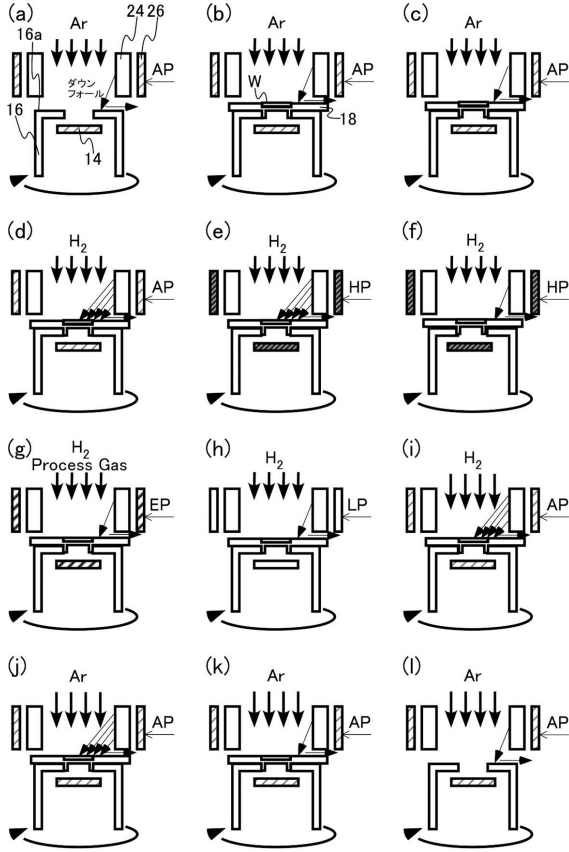
【図1】



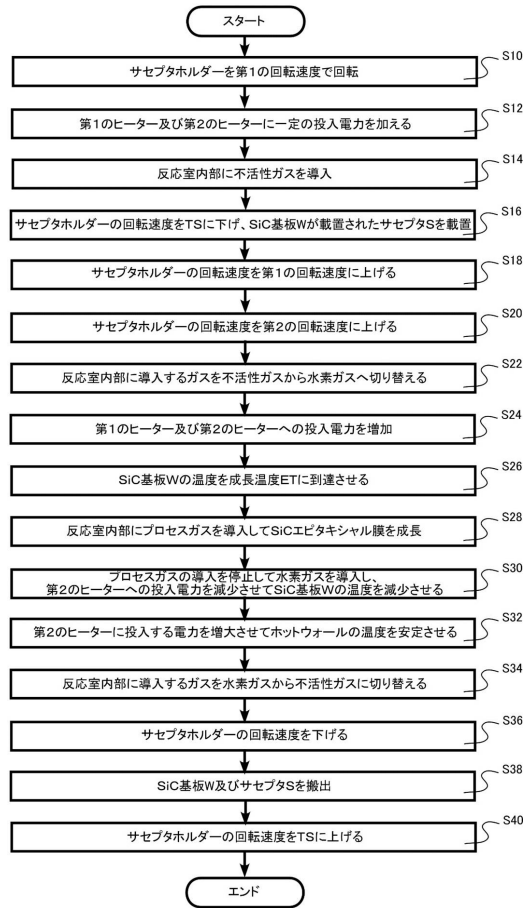
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2013-128086(JP,A)
特開2000-150394(JP,A)
特開2012-174782(JP,A)
特開2014-187282(JP,A)
特開2012-033775(JP,A)
特開2015-119107(JP,A)
特開2015-032630(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L	21/205
C23C	16/42
C23C	16/44
C30B	29/36
C30B	25/16