

(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2010-141079

(P2010-141079A)

(43) 公開日 平成22年6月24日(2010.6.24)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
<b>HO1L 21/20 (2006.01)</b>	HO1L 21/20	5F048
<b>HO1L 21/02 (2006.01)</b>	HO1L 27/12 R	5F110
<b>HO1L 27/12 (2006.01)</b>	HO1L 29/78 627G	5F152
<b>HO1L 21/336 (2006.01)</b>	HO1L 29/78 618A	
<b>HO1L 29/786 (2006.01)</b>	HO1L 29/78 613Z	

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2008-315297 (P2008-315297)	(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
(22) 出願日	平成20年12月11日 (2008.12.11)	(72) 発明者	橋場 祥晶 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)	5F048 AA01 AC01 BA09 BA19 BA20 BC16 CB01 CB10 5F110 BB11 CC02 DD05 DD11 DD21 GG01 GG02 GG12 GG44 HJ01 PP01 PP23 PP31 PP36 QQ04

最終頁に続く

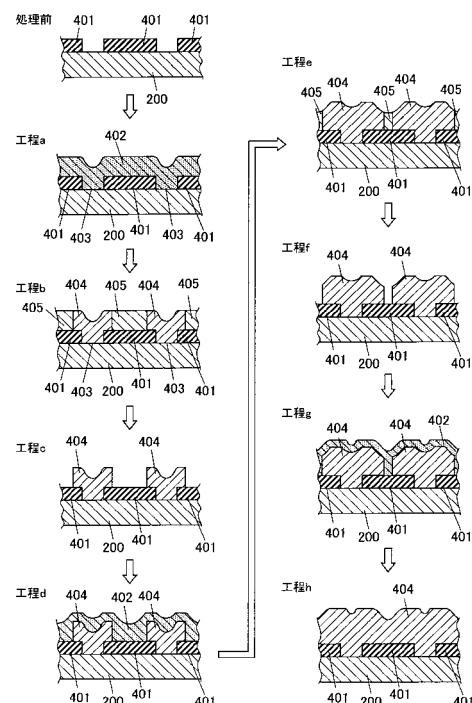
(54) 【発明の名称】半導体装置の製造方法

## (57) 【要約】

【課題】横方向固相エピタキシャル成長法において単結晶膜成膜工程に要する時間を短縮し、半導体装置の製造を短時間で行う。

【解決手段】単結晶シリコン部403及び絶縁膜401が表面において露出したウエハ200を、構成元素としてSiを含むガスの雰囲気中に曝露し、単結晶シリコン部403及び絶縁膜401の上にアモルファスのシリコン膜402を成膜する成膜工程と、成膜工程後に、シリコン膜402を加熱して、単結晶シリコン部403を基にしてシリコン膜402を単結晶化させる加熱工程と、加熱工程後に、ウエハ200を構成元素としてSiを含むガス及び構成元素としてClを含むガスの混合雰囲気中に曝露し、単結晶化した部分を残留させつつ、単結晶化しなかった部分を除去する選択成長工程と、を含む半導体装置の製造方法であって、ウエハ200に対して、成膜工程、加熱工程及び選択成長工程を繰り返す。

【選択図】図4



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

単結晶シリコン部及び絶縁部が表面において露出した複数の基板を所定の間隔で積層状に保持し、構成元素として Si を含むガスの雰囲気中に曝露し、前記単結晶シリコン部及び前記絶縁部の上にアモルファスのシリコン膜を成膜する成膜工程と、

前記成膜工程後に、前記シリコン膜を加熱して、前記単結晶シリコン部を基にして前記アモルファスのシリコン膜を単結晶化させる加熱工程と、

前記加熱工程後に、前記基板を構成元素として Si を含むガス及び構成元素として Cl を含むガスの混合雰囲気中に曝露し、前記単結晶化した部分を残留させつつ、前記絶縁部の上の単結晶化しなかった部分を除去する選択成長工程と、を含み、

前記基板に対して、前記成膜工程、前記加熱工程及び前記選択成長工程を繰り返すことを特徴とする半導体装置の製造方法。

**【請求項 2】**

前記選択成長工程において、前記混合雰囲気は前記構成元素として Si を含むガスと前記構成元素として Cl を含むガスの割合が 4 : 1 であり、その温度は 620 以上であ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。

**【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に関する。

**【背景技術】****【0002】**

SOI (Silicon on Insulator) 構造を用いた LSI (Large Scale Integration) が盛んに研究されている。これは寄生容量の低減による動作速度の高速化や、素子間分離が簡単なため高集積化しやすい等の利点があるためである。

SOI 構造を形成する方法として、SIMOX (Separation by Implanted Oxygen) に代表される表面単結晶分離法が有名である。これは表面単結晶シリコン層を保存しつつ内部に絶縁膜を形成する方法である。

ここで、SOI 構造を形成する方法として、横方向固相エピタキシャル成長法が注目され始めている。これは表面の一部又は全部に絶縁膜を形成したシリコン基板を用いて、絶縁膜上の横方向エピタキシャル成長により単結晶シリコン膜を形成する方法である。その方法としては、(1) 部分的に絶縁膜を形成したシリコン基板上にアモルファスのシリコンを成膜する、(2) 約 500 ~ 700 で熱処理すると、シリコン開口部を種として絶縁膜上のアモルファスシリコンが単結晶化していく、(3) 長時間熱処理することで絶縁膜上のアモルファスシリコンが全て単結晶化する、というものである。

この方法によると絶縁膜の表面全体に単結晶シリコン膜が形成するので、さらにその上にも同様の繰り返しにより 3 次元的に回路を集積化することが可能となり、構造設計の自由度が増す利点がある。

**【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0003】**

しかし上記(1)の工程を高温で行うと、アモルファスシリコン膜と絶縁膜との界面に微結晶粒が形成され、これによりアモルファスシリコンが単結晶化せず多結晶化してしまう。そこで、微結晶粒を形成させないためには上記(1)の工程を低温で行う必要があるが、低温で処理するとアモルファスシリコンの成膜速度が遅くなり、半導体装置の製造にかかる時間が長くなるという問題がある。

**【0004】**

そこで本発明の課題は、横方向選択エピタキシャル成長法を用いて、単結晶化のための熱処理の際に多結晶となってしまった部分のみを除去し、再度アモルファスシリコン成膜及び熱処理を実施することにより基板上に形成された絶縁膜を単結晶膜により短時間で覆

えるようにすることである。

【課題を解決するための手段】

【0005】

以上の課題を解決するために、本発明によれば、

単結晶シリコン部及び絶縁部が表面において露出した複数の基板を所定の間隔で積層状に保持し、構成元素として Si を含むガスの雰囲気中に曝露し、前記単結晶シリコン部及び前記絶縁部の上にアモルファスのシリコン膜を成膜する成膜工程と、

前記成膜工程後に、前記シリコン膜を加熱して、前記単結晶シリコン部を基にして前記アモルファスのシリコン膜を単結晶化させる加熱工程と、

前記加熱工程後に、前記基板を構成元素として Si を含むガス及び構成元素として Cl を含むガスの混合雰囲気中に曝露し、前記単結晶化した部分を残留させつつ、前記絶縁部の上の単結晶化しなかった部分を除去する選択成長工程と、を含み、

前記基板に対して、前記成膜工程、前記加熱工程及び前記選択成長工程を繰り返すことを特徴とする半導体装置の製造方法が提供される。

【発明の効果】

【0006】

本発明によれば、成膜工程で微結晶粒が形成され、加熱工程で多結晶膜が成長しても、その後の選択成長工程で単結晶部以外の多結晶シリコン等を除去できる。これにより成膜工程を高温で行うことができるため成膜速度が向上し、半導体装置の製造を短時間で行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0007】

発明者等は、減圧 CVD 装置を用い、基板表面に単結晶シリコンを選択成長させる方法について以下に示す特性を発見した。

単結晶シリコン部及び多結晶シリコン部が表面において露出した基板を収容した処理室を 620 ~ 660 の温度範囲に設定し、希釈ガスとともに構成元素として Si を含むガスを全流量に対し 4 %、構成元素として Cl を含むガスを全流量に対し 1 % 導入することで、多結晶シリコン部のみを除去することができる。多結晶シリコン部は当該温度範囲内で高温にする程エッチング量を大きくすることができ、単結晶シリコン部については当該温度範囲内において温度を高くするほど膜が厚く成長する。この性質を示したグラフを図 1 に示している。図 1 は、処理室内の温度が 620, 640, 660 の場合のそれぞれにおける、単結晶シリコン膜及び多結晶シリコン膜の膜厚成長速度の値をプロットした図である。また、図 1 は構成元素として Si を含むガスとして SiH<sub>4</sub> ( 例えば 40 sccm )、構成元素として Cl を含むガスとして Cl<sub>2</sub> ( 例えば 10 sccm )、希釈ガスとして H<sub>2</sub> ( 例えば 1000 sccm ) を用いた場合の図である。横軸は処理室内の温度 ( ) を示しており、縦軸は成長速度 ( 任意単位 ) を示している。また、黒のプロットは単結晶シリコン膜の成長速度、白のプロットは多結晶シリコン膜の成長速度を示している。

処理温度が 620 であるとき、単結晶膜の成長速度の値はゼロ、多結晶膜の成長速度の値はマイナスを示している。成長速度がゼロのときは膜厚に変化がないことを示しており、成長速度の値がマイナスのときは膜がエッチングされたことを示している。処理温度が 640 であると、単結晶シリコン膜は露出 Si 基板の開口部により厚く成長し、Si 開口部以外の絶縁膜上への多結晶シリコン膜のエッチング量はより大きくなっている。処理温度が 660 であると、単結晶シリコン膜の成長速度は更に向上し、多結晶シリコン膜のエッチング量は更に大きくなる。従って、620 ~ 660 の温度範囲内では、多結晶シリコン膜がマイナス成長であり、設定温度が高くなるにつれて単結晶シリコン膜の成長速度が漸増するとともに多結晶シリコン膜の膜厚が漸減する。従って、この特性を利用して単結晶シリコン膜を選択成長させることができる。なお、シリコングルマニウムについても同様と推測される。

【0008】

以下、図面を参照しながら上述の特性を利用した実施形態について詳細に説明する。

10

20

30

40

50

## 【0009】

<第1の実施の形態>

本発明の第1の実施の形態について説明する。

## 【0010】

本実施形態に係る基板処理装置は、半導体装置集積回路（IC（Integrated Circuits））の製造に使用される半導体製造装置の一例として構成されているものである。下記の説明では、基板処理装置の一例として、基板に対し熱処理等を行う縦型の装置を使用した場合について述べる。

## 【0011】

図2は、本発明の実施形態における基板処理装置101の概略構成図である。

10

## 【0012】

図2に示す通り基板処理装置101は、ガス供給系300、移載機106、カセット110、処理炉202、ポート217、コントローラ240、真空排気装置246及びロードロック室140等を備える。

## 【0013】

基板処理装置101内には複数のカセット110が収容されており、カセット110は、複数のウエハ200を水平姿勢に整列させた状態で保持している。ウエハ200は、円盤状に形成されている。

## 【0014】

移載機106は、ウエハ200をカセット110からポート217へ移載したり、ポート217からカセット110へ移載したりするためのものであり、ウエハ200をピックアップすることができるよう構成されている。即ち、移載機106はウエハ200をポート217に対し装填（ウエハチャージング）及び脱装（ウエハディスチャージング）が可能となっている。ポート217は、成膜処理開始前は処理炉202の真下に位置するロードロック室140内に収容されている。ロードロック室140の側壁には蓋141が設けられ、移載機106は蓋141を介してウエハチャージング及びウエハディスチャージングを行う。

20

## 【0015】

処理炉202はヒータ206及びアウターチューブ205等を有する。アウターチューブ205の周囲にヒータ206が設けられており、アウターチューブ205を加熱することができるようになっている。更に処理炉202には、各種処理ガスを供給するガス供給系300及び内部を真空排気する真空排気装置246が接続されている。処理炉202の詳細については後述する。

30

## 【0016】

コントローラ240は基板処理装置101の各種動作を制御する。

## 【0017】

図3は、基板処理装置101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。なお、図3はウエハ200及びポート217が処理室201内に搬入された後の図である。図3を参照して処理炉202について説明する。

40

## 【0018】

図2でも示したように、処理炉202は加熱機構としてのヒータ206を有する。ヒータ206は円筒形状であり、ヒータ素線とその周囲に設けられた断熱材より構成され、図示しない保持体に支持されることにより垂直に据え付けられている。

## 【0019】

ヒータ206の内側には、ヒータ206と同心円状にアウターチューブ205が配設されている。アウターチューブ205は、石英（SiO<sub>2</sub>）、炭化シリコン（SiC）その他の耐熱性材料からなる。アウターチューブ205は円筒形状に形成されており、アウターチューブ205の上端が閉塞し、下端が開口している。

## 【0020】

アウターチューブ205の下方には、マニホールド209が設けられている。マニホー

50

ルド 209 はステンレスその他の金属材料からなる。マニホールド 209 が円筒形状に設けられ、マニホールド 209 の上端及び下端が開口している。

マニホールド 209 の径がアウターチューブ 205 の径に等しく、マニホールド 209 の上端がアウターチューブ 205 の下端に連結され、アウターチューブ 205 がマニホールド 209 に支持されている。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。マニホールド 209 が図示しない保持体に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。

#### 【0021】

アウターチューブ 205 とマニホールド 209 により反応容器が形成されている。そして、反応容器内の処理室 201 が、アウターチューブ 205 の中空 212 と、マニホールド 209 の中空であってアウターチューブ 205 とマニホールド 209 の接続部分よりも下側の下部空間 213 とに分けられる。

#### 【0022】

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可能な炉口蓋体としてのシールキャップ 219 が設けられている。シールキャップ 219 はステンレスその他の金属からなり、円盤状に形成されている。シールキャップ 219 の上面には、マニホールド 209 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 219 には、回転機構 254 が設けられている。回転機構 254 の回転軸 255 はシールキャップ 219 を貫通してポート 217 に接続されている。回転機構 254 は、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 219 は、処理炉 202 の外側に設けられた昇降機構としての図示しない昇降モータ 248 によって垂直方向に昇降される。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 及びポートエレベータ 115 には、駆動制御部 237 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に構成されている。

#### 【0023】

基板保持具としてのポート 217 は、石英、炭化シリコンその他の耐熱性材料からなり、複数枚（例えば 50 ~ 150 枚程度）のウエハ 200 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 217 の下部には、石英、炭化シリコンその他の耐熱性材料からなる円板形状をした断熱部材としての断熱板 216 が水平姿勢で多段に複数枚配置されており、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。

#### 【0024】

また、アウターチューブ 205 の内部には温度センサ 263 が設けられている。

ヒータ 206 と温度センサ 263 には、電気的に温度制御部 238 が接続されており、温度センサ 263 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することにより処理室 201 内の温度が所望の温度分布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る。

#### 【0025】

ガス供給管 165 がマニホールド 209 に設けられている。ガス供給管 165 はマニホールド 209 の外からマニホールド 209 を貫通して、処理室 201 内まで配管されている。ガス供給管 165 の下流側端部がノズルになっている。

#### 【0026】

ガス供給管 165 の下流側端部が中空 212 内にある。ガス供給管 165 の上流側がバルブ 321 ~ 324 に接続されている。バルブ 321 は MFC (マスフローコントローラ) 311 を介して Si 系原料ガス供給源 301 に接続されている。同様に、バルブ 322 は MFC 312 を介して Ge 系原料ガス供給源 302 に接続されている。バルブ 323 は MFC 313 を介して希釈ガス供給源 303 に接続されている。バルブ 324 は MFC 314 を介してエッティングガス供給源 304 に接続されている。

10

20

30

40

50

## 【0027】

Si系原料ガス供給源301には、モノシランガス(SiH<sub>4</sub>)、Si<sub>2</sub>H<sub>6</sub>、Si<sub>3</sub>H<sub>8</sub>、SiCl<sub>4</sub>、SiHCl<sub>3</sub>、SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>その他の構成元素としてSiを含むガスが封入されている。Ge系原料ガス供給源302には、モノゲルマンガス(GeH<sub>4</sub>)、GeCl<sub>4</sub>その他の構成元素としてGeを含むガスが封入されている。希釈ガス供給源303には、水素ガス、ヘリウムガス、アルゴンガスその他の希釈ガスが封入されている。エッティングガス供給源304には、塩素ガス、塩化水素ガスその他の構成元素としてClを含むガスが封入されている。

## 【0028】

MFC311～314は、それに流れるガスの流量を検出するとともに、流量を調節するガス流量制御装置である。

10

## 【0029】

MFC311～314及びバルブ321～324にはガス流量制御部235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る。

## 【0030】

マニホールド209にガス排気管231が設けられ、このガス排気管231が下部空間213に通じている。ガス排気管231の下流側には、圧力検出器としての圧力センサ243及び圧力調整器としてのAPC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。圧力センサ243及びAPCバルブ242には、圧力制御部236が電気的に接続されており、圧力センサ243により検出された圧力に基づいてAPC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に所望のタイミングにて制御するよう構成されている。

20

## 【0031】

ガス流量制御部235、圧力制御部236、駆動制御部237、温度制御部238は、操作部、入出力部をも構成し、基板処理装置101全体を制御する主制御部239に電気的に接続されている。これら、ガス流量制御部235、圧力制御部236、駆動制御部237、温度制御部238、主制御部239は、コントローラ240として構成されている。

## 【0032】

30

次に、上記構成に係る基板処理装置101の主な動作とともに、図2～図4を参照して基板上への単結晶シリコン膜製造方法及び半導体装置の製造方法について説明する。図4はウエハ200の一部断面拡大図であり、ウエハ200の表面及び絶縁膜401が全て単結晶膜で覆われるまでの工程図である。

## 【0033】

工場内搬送装置(図示略)によって複数のカセット110が基板処理装置101内に搬入されると、移載機106はウエハ200をカセット110からポート217に装填(ウエハチャージング)する。ポート217にウエハ200を受け渡した移載機106は、カセット110に戻り後続のウエハ200をポート217に装填する。

40

ウエハ200は単結晶シリコンで構成され、その表面には絶縁膜401が部分的に形成されている。絶縁膜401の間には、ウエハ200の表面の一部が露出し、その露出した部分が単結晶シリコン部403である。

## 【0034】

予め指定された枚数のウエハ200がポート217に装填(ウエハチャージング)されると、コントローラ240が駆動制御部237によりポートエレベータ115を上昇動作させる。そうすると、ウエハ200群を保持したポート217がポートエレベータ115の上昇動作により処理炉202内に搬入(ポートローディング)され、マニホールド209の下端の開口がシールキャップ219によって閉塞される。そして、コントローラ240が駆動制御部237によりポートエレベータ115を作動させる。

## 【0035】

50

続いて、コントローラ 240 が圧力制御部 236 により真空排気装置 246 を動作させると、処理室 201 内が所望の圧力（真空度）となるように真空排気装置 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 243 で測定され、この測定された圧力に基づき APC バルブ 242 がコントローラ 240 の圧力制御部 236 によりフィードバック制御される。

また、コントローラ 240 が温度制御部 238 によりヒータ 206 を発熱させると、処理室 201 内が所望の温度となるようにヒータ 206 によって加熱される。この際、処理室 201 内が 530 ~ 580 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 206 への通電具合がコントローラ 240 の温度制御部 238 によってフィードバック制御される。

続いて、コントローラ 240 が駆動制御部 237 によって回転機構 254 の回転を開始させる。回転機構 254 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。

#### 【0036】

そして、コントローラ 240 がガス流量制御部 235 によって MFC 311, 313 の設定流量を所定の流量に設定した後、バルブ 321, 323 を開く。そうすると、Si 系原料ガス及び希釈ガスがガス供給管 165 を流通して処理室 201 内に導入され、ウエハ 200 が Si 系原料ガス及び希釈ガスに曝露される。Si 系原料ガスが処理室 201 内を通過する際にウエハ 200 と接触することによりウエハ 200 の表面にアモルファスのシリコン膜 402 が堆積する。絶縁膜 401 を含むウエハ 200 の表面全体がアモルファスのシリコン膜 402 で覆われる（成膜工程 a）。

予め設定された時間が経過すると、コントローラ 240 はバルブ 321, 323 を閉じる。

#### 【0037】

コントローラ 240 は温度制御部 238 によって、ヒータ 206 の設定温度を 500 ~ 700 に設定し、温度センサ 263 が検出した温度情報に基づきヒータ 206 への通電具合がコントローラ 240 の温度制御部 238 によってフィードバック制御される。このヒータ 206 の昇温処理により処理室 201 が加熱されるとともに、ウエハ 200 及びアモルファスのシリコン膜 402 が加熱される。アモルファスのシリコン膜 402 が加熱されると、アモルファスのシリコン膜 402 が多結晶化する。ところが、アモルファスのシリコン膜 402 はウエハ 200 の単結晶構造を種として単結晶シリコン部 403 に重なった部分から単結晶化していく。そのため、単結晶化した部分（以下、単結晶化部）404 は絶縁膜 401 の縁を越えて絶縁膜 401 の上にも広がり（横方向エピタキシャル成長）、多結晶化した部分（以下、多結晶化部）405 が絶縁膜 401 の中央部にある（加熱工程 b）。

これにより、絶縁膜 401 の縁部分の一部が単結晶化部 404 で覆われる。

#### 【0038】

予め設定された時間が経過すると、コントローラ 240 はヒータ 206 の設定温度を 620 ~ 660 に設定する。コントローラ 240 が温度センサ 263 による検出温度が 620 ~ 660 に達したことを認識したら、MFC 311 の設定流量を全流量の 4 % となるよう設定し、MFC 314 の設定流量を全流量の 1 % となるよう設定し、MFC 313 の設定流量を全流量の 95 % となるよう設定した後、バルブ 321, 323, 324 を開く。これにより Si 系原料ガス、希釈ガス及びエッティングガスがガス供給管 165 を流通して処理室 201 内に導入され、ウエハ 200 がこれに曝露される。Si 系原料ガス及びエッティングガスが処理室 201 内を通過する際にウエハ 200 の表面と接触することにより多結晶化部 405 がエッティングされ、単結晶化部 404 は残留したままである（選択成長工程 c）。なお、選択成長工程において単結晶化部 404 が残留していれば、単結晶化部 404 が成長してもよい。

予め設定された時間が経過すると、コントローラ 240 はバルブ 321 ~ 324 を閉じる。

10

20

30

40

50

## 【0039】

以後、上述の成膜工程、加熱工程、選択成長工程を繰り返し（工程d～h）、その繰り返しを絶縁膜401を含むウエハ200の表面全体が単結晶膜で覆われるまで行う（工程h）。

## 【0040】

つまり、2回目の成膜工程において、再度Si系原料ガス及び希釈ガスを処理室201内に導入し、ウエハ200がSi系原料ガス及び希釈ガスに曝露されことでウエハ200の表面上にアモルファスのシリコン膜402が堆積する（工程d）。

## 【0041】

2回目の加熱工程において、処理室201の温度を所定温度にし、ウエハ200を加熱すると、アモルファスのシリコン膜402の一部（絶縁膜401の上の部分）が多結晶化して多結晶化部405となる。1回目の成膜工程で形成された単結晶化部404と重なった部分は単結晶化部404を種として横方向エピタキシャル成長し、単結晶化部404が大きくなる。そのため、絶縁膜401の単結晶化部404に覆われた部分がさらに大きくなり、絶縁膜401の表面の一部分を除いてほぼ全体が単結晶化部404に覆われた状態となる（工程e）。

10

## 【0042】

2回目の選択成長工程において、処理室201の温度を所定温度にするとともに、Si系原料ガスを全流量の4%、エッティングガスを全流量の1%、希釈ガスを全流量の95%として処理室201内に導入し、ウエハ200をこれに曝露する。これにより単結晶化部404を残し多結晶化部405がエッティングされる（工程f）。

20

## 【0043】

3回目の成膜工程において、Si系原料ガス及び希釈ガスを処理室201内に導入し、ウエハ200をこれに曝露することでアモルファスのシリコン膜402を堆積させる（工程g）。

## 【0044】

3回目の加熱工程において、処理室内の温度を所定の温度にし、ウエハ200を加熱することで、アモルファスのシリコン膜402が単結晶化部404を種として単結晶化され、単結晶化部404が横方向エピタキシャル成長する。これにより絶縁膜401全体が単結晶化部404によって覆われる（工程h）。

30

## 【0045】

絶縁膜401の全体が単結晶化部404によって覆われたら、コントローラ240はピータ206による加熱を停止する。またコントローラ240は真空排気装置246を停止するとともに、不活性ガス供給源（図示略）から供給される不活性ガスを処理室201内に導入する。これにより、処理室201内が不活性ガスで置換されると共に、処理室201内の圧力が常圧に復帰される。

## 【0046】

続いて、コントローラ240が駆動制御部237により回転機構254を停止させるとともにポートエレベータ115を下降動作させる。シールキャップ219及びポート217がポートエレベータ115の下降動作により下降されて、マニホールド209の下端が開口されるとともに、ウエハ200を保持したポート217が処理室201からロードロック室140に搬出（ポートアンローディング）される。続いて移載機106により、蓋141を介して処理済ウエハ200がポート217からカセット110に移載される。処理済ウエハ200が載置されたカセット110は、工場内搬送装置（図示略）によって基板処理装置101から取り出される。

40

## 【0047】

なお、本実施形態は絶縁膜401上に単結晶シリコンを成長させる方法について示しているが、単結晶シリコンでなく単結晶シリコンゲルマニウムを成長させるものとしてもよい。その場合には、単結晶シリコンゲルマニウム部及び絶縁膜が露出したウエハを用い、Si系原料ガスと同時にGe系原料ガスを供給することにより単結晶シリコンゲルマニウム

50

ムを成長させる。その場合には、ガス供給源としてGe系原料ガス供給源302を用い、供給流量をMFC312により調節し、バルブ322を介して処理室201内にゲルマンガスを導入する。

また、本実施形態では絶縁膜401を完全に単結晶化部404で覆うまでに、シリコン成膜工程を3回、加熱工程を3回、選択成長工程を2回行っているが、この回数に限らず、絶縁膜401の表面全体が単結晶化部404で覆われればこの回数より少なくてよいし多くてもよい。この回数はデバイスのサイズにもよるが、1.5μm程度/回として全工程を2~3回程度繰り返すことが好ましい。表面全体が単結晶で覆われることはさらなる表面へのパターン形成を行うために必要な技術である。

また、本実施形態のように全ての処理を同一の処理炉で行ってもよいが、成膜工程と、加熱工程及び選択成長処理は、反応炉を分けて実施してもよい。反応炉を分けると時間短縮になり、効率が良い。

#### 【0048】

以上に示された本発明の実施形態によれば、単結晶シリコンを成長させるとともに多結晶シリコンを除去するエピタキシャル選択成長を行うことができる。これにより、成膜工程及び加熱工程において生じた多結晶シリコン部を選択成長工程により除去できるので、高温でアモルファスシリコンの成膜処理を行うことができる。成膜処理を高温で行うことで、成膜処理における成膜速度が向上する。従って、半導体装置の製造にかかる時間を短縮化することができる。

また、各工程を複数回繰り返すことで基板表面全体に均一な膜厚で単結晶膜を形成することができると考えられ、単結晶膜上に積層状に回路パターンを形成することができる。

#### 【0049】

##### <第2の実施の形態>

次に、本発明の第2の実施の形態について説明する。

第2の実施形態においても第1の実施形態と同様の基板処理装置を使用する。

#### 【0050】

図5は半導体回路層を積層していく3次元LSI製造プロセスの工程図である。

#### 【0051】

回路基板420の最上層の半導体回路層430においては、単結晶のシリコン部423の一部にホウ素化合物、リン化合物その他ドープ材がドープされ、そのドープ部分がドレイン・ソース422となり、ドレイン・ソース422の間の部分の上に絶縁膜を介して半導体膜425がパターニングされ、更に、半導体膜425及びドレイン・ソース422の上にメタル421がパターニングされている。回路基板420は処理室201内に収容される。

工程iに示す回路基板420はメタル421及び単結晶シリコン部423の一部が表面に露出している。まず、この回路基板420のメタル421を覆うようにして絶縁膜426が形成される(工程j)。このとき単結晶シリコン部423の一部は絶縁膜426に覆われずに露出した状態のままである。従って回路基板420の表面には、絶縁膜426及び単結晶シリコン部423の一部のみが露出していることとなる。

#### 【0052】

処理室201を所定温度に設定するとともに、処理室201内にSi系原料ガス及び希釈ガスを導入し、回路基板420をこれに曝露する。そうすると、回路基板420の表面にアモルファスのシリコン膜427が形成する。アモルファスのシリコン膜427によって絶縁膜426及び単結晶シリコン部423が覆われる(工程k)。

#### 【0053】

処理室201を所定温度に設定し、回路基板420を加熱処理すると、アモルファスのシリコン膜427が多結晶化し、多結晶化部429となる。一方、シリコン膜427の単結晶シリコン部423に重なった部分は横方向エピタキシャル成長し、単結晶化部428となる。そのため、単結晶化部428は絶縁膜426の一部を覆い、それ以外の部分を多結晶化部429が覆う(工程m)。

10

20

30

40

50

## 【0054】

処理室を所定の温度に設定するとともに、処理室201内にSi系原料ガス、希釈ガス及びエッティングガスを導入し、回路基板420をこれに曝露する。これにより単結晶化部404を残しつつ、多結晶化部429のみがエッティングされる（工程n）。

## 【0055】

2回目の成膜工程において、処理室201内を所定温度に設定した上で、処理室201内にSi系原料ガスを導入し、アモルファスのシリコン膜427を形成する。アモルファスのシリコン膜427は回路基板420の表面全体を覆う（工程p）。

## 【0056】

2回目の加熱工程において、処理室201内を所定温度に設定し、回路基板420を加熱すると、アモルファスのシリコン膜427の一部が多結晶化し多結晶化部429となる（工程q）。アモルファスのシリコン膜427の一部は1回目の成膜工程で形成された単結晶化部428と重なった部分から横方向エピタキシャル成長し、単結晶化部428となる。よって単結晶化部428が絶縁膜426を覆う範囲が拡大し、それ以外の部分を多結晶化部429が覆う。

10

## 【0057】

2回目の選択成長工程において、処理室201内を所定温度にし、処理室201内にSi系原料ガス、希釈ガス及びエッティングガスを導入することで、回路基板420の単結晶化部428を残しつつ多結晶化部429のみがエッティングされる（工程r）。

20

## 【0058】

3回目の成膜工程において、処理室201内を所定温度にした上で、処理室201内にSi系原料ガス及び希釈ガスを導入し、アモルファスのシリコン膜427を形成する（工程s）。

## 【0059】

3回目の加熱工程において、回路基板420を加熱処理するとアモルファスのシリコン膜427が全て横方向エピタキシャル成長し、絶縁膜426全体が単結晶化部428で覆われる（工程t）。

30

## 【0060】

以上のようにして絶縁膜426を単結晶シリコン膜428で覆った回路基板420には、更に半導体回路をパターニングすることができる。この方法によりLSIをより高密度に集積化することが可能である。

30

なお、本実施形態は単結晶シリコン膜を成長させてLSIを集積化するものであったが、Si系原料ガスと同時にGe系原料ガスを導入し単結晶シリコンゲルマニウム膜を成長させてもよい。

また、本実施形態では成膜工程を3回、加熱工程を3回、選択成長工程を2回行っているが、各工程の回数はこれに限られず、絶縁膜の表面全体を単結晶シリコン膜で覆うことができればこれより少なくともよいし多くてもよい。

## 【0061】

以上、本発明の好ましい実施形態を説明したが、本発明の好ましい第1の態様によれば、

40

単結晶シリコン部及び絶縁部が表面において露出した複数の基板を所定の間隔で積層状に保持し、構成元素としてSiを含むガスの雰囲気中に曝露し、前記単結晶シリコン部及び前記絶縁部の上にアモルファスのシリコン膜を成膜する成膜工程と、

前記成膜工程後に、前記シリコン膜を加熱して、前記単結晶シリコン部を基にして前記アモルファスのシリコン膜を単結晶化させる加熱工程と、

前記加熱工程後に、前記基板を構成元素としてSiを含むガス及び構成元素としてClを含むガスの混合雰囲気中に曝露し、前記単結晶化した部分を残留させつつ、前記絶縁部の上の単結晶化しなかった部分を除去する選択成長工程と、を含み、

前記基板に対して、前記成膜工程、前記加熱工程及び前記選択成長工程を繰り返すことを特徴とする半導体装置の製造方法が提供される。

50

## 【0062】

好ましくは、前記第1の態様において、

前記基板に対して、前記成膜工程、前記加熱工程及び前記選択成長工程を繰り返している際に、前記加熱工程において前記絶縁部全体が単結晶シリコンによって覆われたら、その繰り返しを終了する。

## 【0063】

好ましくは、前記第1の態様において、

前記選択成長工程において、前記混合雰囲気は前記構成元素としてSiを含むガスと前記構成元素としてClを含むガスの割合が4:1であり、その温度は620以上である。

10

## 【0064】

好ましくは、前記第1の態様において、

前記選択成長工程において、前記混合雰囲気は前記構成元素としてSiを含むガスが4%、前記構成元素としてClを含むガスが1%、希釈ガスが95%の割合であり、その温度は620~660の範囲内である。

## 【0065】

好ましくは、前記第1の態様において、

前記構成元素としてSiを含むガスはSiH<sub>4</sub>であり、前記構成元素としてClを含むガスはCl<sub>2</sub>である。

20

## 【0066】

本発明の好ましい第2の態様によれば、

単結晶シリコン部及び絶縁部が表面において露出した複数の基板を所定の間隔で積層状に保持し、構成元素としてSiを含むガスの雰囲気中に曝露し、前記単結晶シリコン部及び前記絶縁部の上にアモルファスのシリコン膜を成膜する成膜工程と、

前記成膜工程後に、前記シリコン膜を加熱して、前記単結晶シリコン部を基にして前記アモルファスのシリコン膜を単結晶化させる加熱工程と、

前記加熱工程後に、前記基板を構成元素としてSiを含むガス及び構成元素としてClを含むガスの混合雰囲気中に曝露し、前記単結晶化した部分を残留させつつ、前記絶縁部の上の単結晶化しなかった部分を除去する選択成長工程と、を含み、

前記基板に対して、前記成膜工程、前記加熱工程及び前記選択成長工程を繰り返すことを特徴とする単結晶シリコン膜の製造方法が提供される。

30

## 【0067】

好ましくは、前記第2の態様において、

前記基板に対して、前記成膜工程、前記加熱工程及び前記選択成長工程を繰り返している際に、前記加熱工程において前記絶縁部全体が単結晶シリコンによって覆われたら、その繰り返しを終了する。

## 【0068】

好ましくは、前記第2の態様において、

前記選択成長工程において、前記混合雰囲気は前記構成元素としてSiを含むガスと前記構成元素としてClを含むガスの割合が4:1であり、その温度は620以上である。

40

## 【0069】

好ましくは、前記第2の態様において、

前記選択成長工程において、前記混合雰囲気は前記構成元素としてSiを含むガスが4%、前記構成元素としてClを含むガスが1%、希釈ガスが95%の割合であり、その温度は620~660の範囲内である。

## 【0070】

好ましくは、前記第2の態様において、

前記構成元素としてSiを含むガスはSiH<sub>4</sub>であり、前記構成元素としてClを含むガスはCl<sub>2</sub>である。

50

## 【0071】

本発明の好ましい第3の態様によれば、

単結晶シリコンゲルマニウム部及び絶縁部が表面において露出した複数の基板を所定の間隔で積層状に保持し、構成元素としてSiを含むガス及び構成元素としてGeを含むガスの混合雰囲気中に曝露し、前記単結晶シリコンゲルマニウム部及び前記絶縁部の上にアモルファスのシリコンゲルマニウム膜を成膜する成膜工程と、

前記成膜工程後に、前記シリコンゲルマニウム膜を加熱して、前記単結晶シリコンゲルマニウム部を基にして前記アモルファスのシリコンゲルマニウム膜を単結晶化させる加熱工程と、

前記加熱工程後に、前記基板を構成元素としてSiを含むガス、構成元素としてGeを含むガス及び構成元素としてClを含むガスの混合雰囲気中に曝露し、前記単結晶化した部分を残留させつつ、前記絶縁部の上の単結晶化しなかった部分を除去する選択成長工程と、を含み、

前記基板に対して、前記成膜工程、前記加熱工程及び前記選択成長工程を繰り返すことを特徴とする半導体装置の製造方法が提供される。

## 【0072】

好ましくは、前記第3の態様において、

前記基板に対して、前記成膜工程、前記加熱工程及び前記選択成長工程を繰り返している際に、前記加熱工程において前記絶縁部全体が単結晶シリコンゲルマニウムによって覆われたら、その繰り返しを終了する。

## 【0073】

好ましくは、前記第3の態様において、

前記構成元素としてSiを含むガスはSiH<sub>4</sub>であり、前記構成元素としてGeを含むガスはGeH<sub>4</sub>であり、前記構成元素としてClを含むガスはCl<sub>2</sub>である。

## 【0074】

本発明の好ましい第4の態様によれば、

単結晶シリコンゲルマニウム部及び絶縁部が表面において露出した複数の基板を所定の間隔で積層状に保持し、構成元素としてSiを含むガス及び構成元素としてGeを含むガスの混合雰囲気中に曝露し、前記単結晶シリコンゲルマニウム部及び前記絶縁部の上にアモルファスのシリコンゲルマニウム膜を成膜する成膜工程と、

前記成膜工程後に、前記シリコンゲルマニウム膜を加熱して、前記単結晶シリコンゲルマニウム部を基にして前記アモルファスのシリコンゲルマニウム膜を単結晶化させる加熱工程と、

前記加熱工程後に、前記基板を構成元素としてSiを含むガス、構成元素としてGeを含むガス及び構成元素としてClを含むガスの混合雰囲気中に曝露し、前記単結晶化した部分を残留させつつ、前記絶縁部の上の単結晶化しなかった部分を除去する選択成長工程と、を含み、

前記基板に対して、前記成膜工程、前記加熱工程及び前記選択成長工程を繰り返すことを特徴とする単結晶シリコンゲルマニウム膜の製造方法が提供される。

## 【0075】

好ましくは、前記第4の態様において、

前記基板に対して、前記成膜工程、前記加熱工程及び前記選択成長工程を繰り返している際に、前記加熱工程において前記絶縁部全体が単結晶シリコンゲルマニウムによって覆われたら、その繰り返しを終了する。

## 【0076】

好ましくは、前記第4の態様において、

前記構成元素としてSiを含むガスはSiH<sub>4</sub>であり、前記構成元素としてGeを含むガスはGeH<sub>4</sub>であり、前記構成元素としてClを含むガスはCl<sub>2</sub>である。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0077】

10

20

30

40

50

【図1】本発明に応用される、膜厚成長速度の温度依存性を示したグラフである。

【図2】基板処理装置の概略構成図である。

【図3】処理炉の概略構成図である。

【図4】単結晶膜の成膜工程を示した工程図である。

【図5】積層状LSIにおける単結晶膜の成膜工程を示した工程図である。

【符号の説明】

【0078】

101 基板処理装置

165 ガス供給管

200 基板

10

201 処理室

205 アウターチューブ

206 ヒータ

240 コントローラ

263 温度センサ

300 ガス供給系

301 Si系原料ガス供給源

302 Ge系原料ガス供給源

303 希釈ガス供給源

304 エッティングガス供給源

20

311～314 MFC

321～324 バルブ

401 絶縁部

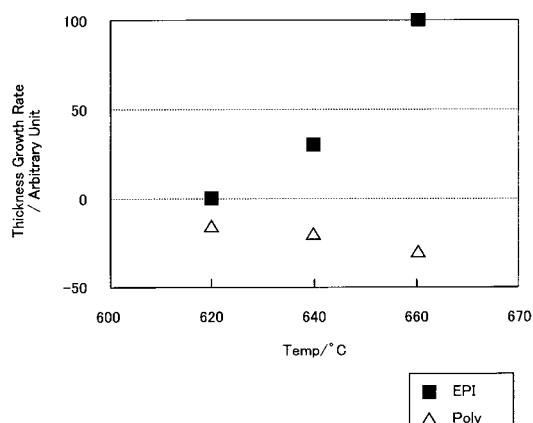
402 シリコン膜

403 単結晶シリコン部

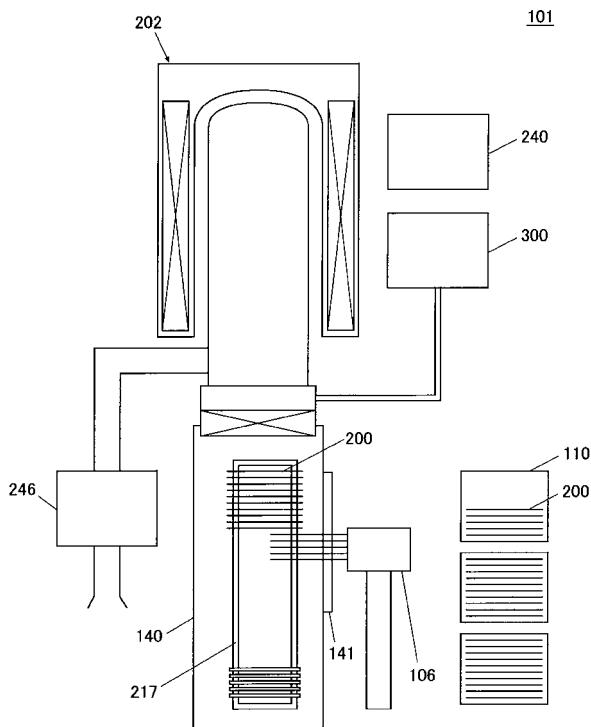
404 単結晶化部

405 多結晶化部

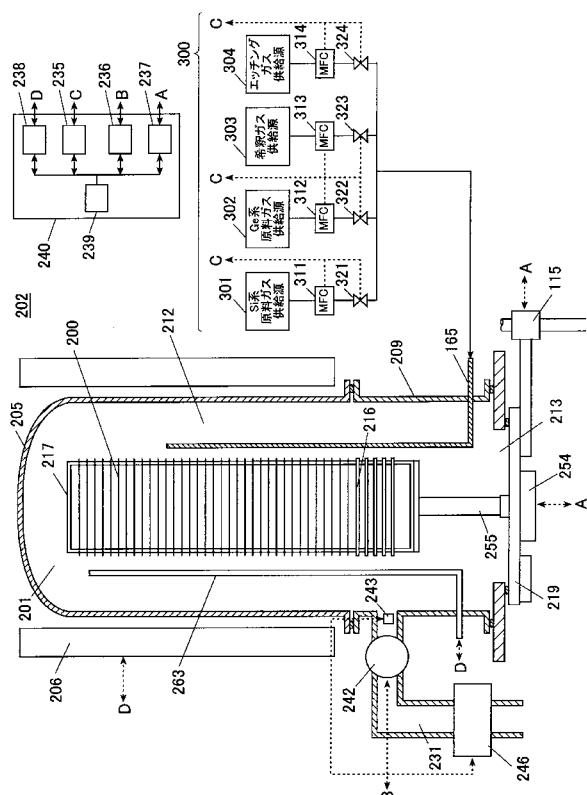
【 囮 1 】



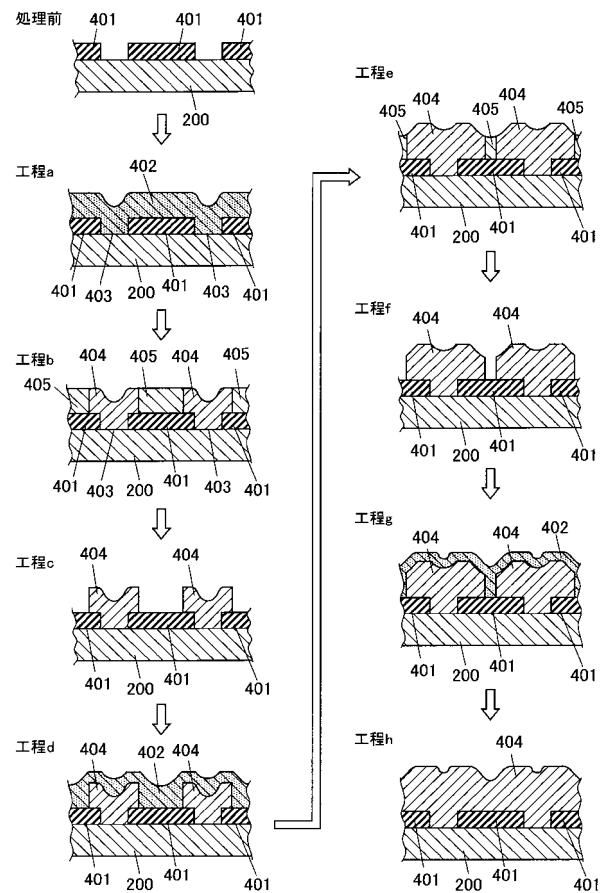
【 図 2 】



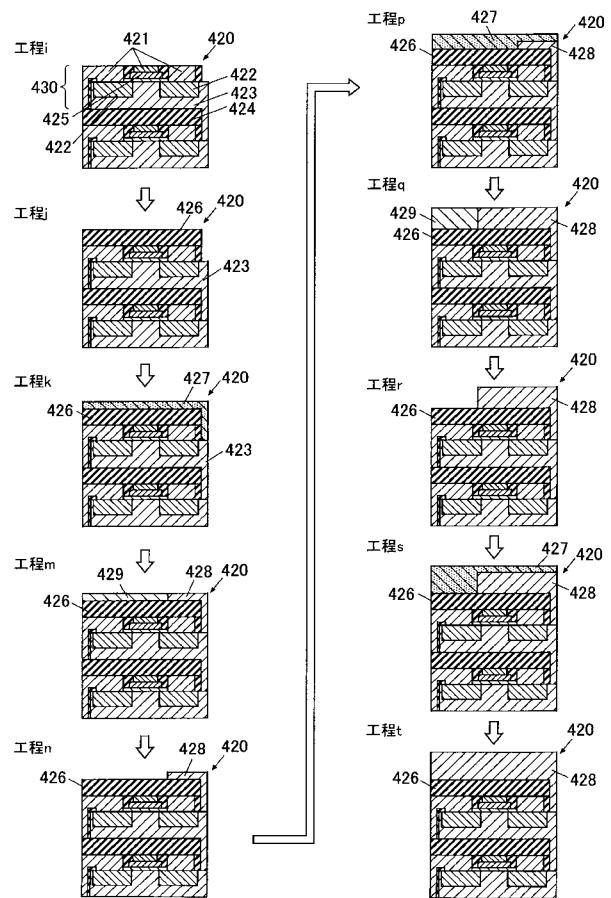
【図3】



【 図 4 】



【図5】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
H 01 L 21/324 (2006.01)	H 01 L 21/324	G
H 01 L 27/00 (2006.01)	H 01 L 27/00	3 0 1 R
H 01 L 21/8234 (2006.01)	H 01 L 27/08	1 0 2 E
H 01 L 27/088 (2006.01)		

F ターム(参考) 5F152 AA02 CC07 CC08 CC16 CD09 CD12 CD24 CD25 CE05 CE06  
CE12 CG05 CG17 DD01 FF22 FF29 LL03 LL18 LM02 LM05  
MM04 MM19 NN03 NN04 NP11 NQ03 NQ04