(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4076591号
(P4076591)

(45)発行日　平成20年4月16日(2008.4.16)　(24)登録日　平成20年2月8日(2008.2.8)

(51)Int.Cl.		F I		
H01L 21/677	(2006.01)	H01L	21/68	A
H01L 21/02	(2006.01)	H01L	21/02	Z
H01L 21/20	(2006.01)	H01L	21/20	
H01L 21/268	(2006.01)	H01L	21/268	Z
H01L 27/12	(2006.01)	H01L	27/12	R

請求項の数 3　(全 15 頁)

(21)出願番号　特願平7-128922
(22)出願日　平成7年4月28日(1995.4.28)
(65)公開番号　特開平8-306760
(43)公開日　平成8年11月22日(1996.11.22)
審査請求日　平成14年4月19日(2002.4.19)

(73)特許権者　000153878
株式会社半導体エネルギー研究所
神奈川県厚木市長谷３９８番地
(72)発明者　寺本　聡
神奈川県厚木市長谷３９８番地　株式会社半導体エネルギー研究所内
(72)発明者　山崎　舜平
神奈川県厚木市長谷３９８番地　株式会社半導体エネルギー研究所内

審査官　河口　雅英

(56)参考文献　特開平０６－２６０４３６（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－３１０４９４（ＪＰ，Ａ）

最終頁に続く

(54)【発明の名称】半導体装置の作製方法、基板処理方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

非晶質珪素膜に電子サイクロトロン共鳴条件を利用して生成したヘリウムプラズマ処理を施して前記非晶質珪素膜中の水素を離脱させる第１の工程を行い、

前記第１の工程の後、前記非晶質珪素膜を大気雰囲気に触れさせることなく結晶化する第２の工程を行うことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項２】

プラズマ処理室と、加熱室と、レーザー処理室が接続された基板搬送室を有する処理装置内において複数基板を処理する基板処理方法であって、

前記プラズマ処理室内で、基板上に形成された非晶質珪素膜に電子サイクロトロン共鳴条件を利用して生成したヘリウムプラズマ処理を施して前記非晶質珪素膜中の水素を離脱させる第１の処理を行い、

前記基板搬送室を経由して前記加熱室に前記基板を搬送する第２の処理を行い、

前記加熱室内で、前記基板を加熱する第３の処理を行い、

前記基板搬送室を経由して前記レーザー処理室に前記基板を加熱したまま搬送する第４の処理を行い、

前記レーザー処理室内で、前記非晶質珪素膜を結晶化する第５の処理を行い、

且つ、前記第１乃至第５の処理は、前記処理装置を大気開放することなく行うことを特徴とする基板処理方法。

【請求項３】

第１の成膜室と、第２の成膜室と、プラズマ処理室と、加熱室と、が接続された基板搬送室を有する処理装置内において複数基板を同時に処理する基板処理方法であって、
前記第１の成膜室内で、基板上に絶縁膜を形成する第１の処理を行い、
前記基板搬送室を経由して前記第２の成膜室に前記基板を搬送する第２の処理を行い、
前記第２の成膜室内で、前記絶縁膜上に非晶質珪素膜を形成する第３の処理を行い、
前記基板搬送室を経由して前記プラズマ処理室に前記基板を搬送する第４の処理を行い、
前記プラズマ処理室内で、前記非晶質珪素膜に電子サイクロトロン共鳴条件を利用して生成したヘリウムプラズマ処理を施して前記非晶質珪素膜中の水素を離脱させる第５の処理を行い、
前記基板搬送室を経由して前記加熱室に前記基板を搬送する第６の処理を行い、
前記加熱室内で、前記非晶質珪素膜を加熱して結晶化する第７の処理を行い、
且つ、前記第１乃至第７の処理は、前記処理装置を大気開放することなく行い、
前記第１の成膜室内に前記基板が留まる時間と、前記第２の成膜室内に前記基板が留まる時間と、前記第プラズマ処理室内に前記基板が留まる時間と、を同じにすることを特徴とする基板処理方法。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【産業上の利用分野】

本明細書で開示する発明は、ガラス等の基板上に薄膜半導体装置を作製する方法に関する。また、ガラス等の基板上に薄膜半導体装置を作製する場合に利用される装置に関する。

【０００２】

【従来の技術】

近年、ガラス基板上に形成される薄膜トランジスタが注目されている。このような薄膜トランジスタは、アクティブマトリクス型の液晶表示装置に主に利用されている。アクティブマトリクス型の液晶表示装置は、マトリクス状に配置された各画素電極に薄膜トランジスタを配置し、画素電極に出入りする電荷を制御する構成を特徴とする。このような構成とすることで、非常に高品質な画像を表示することができる。

【０００３】

アクティブマトリクス型の液晶表示装置においては、一般にガラス基板上にＣＯＧ法等により、画素薄膜トランジスタを駆動するための周辺駆動回路を構成するＩＣ回路を配置した構成が採られている。即ち、多数の画素がマトリクス状に配置された画素領域の周辺部に多数のＩＣチップが配置された構成が採用されている。

【０００４】

しかし、この構成は、ＩＣチップからの配線が複雑になり、生産性や信頼性が低い。また、ＩＣチップという外付け回路が存在することにより、液晶パネルの厚さが厚くなってしまう。このような問題は、液晶パネルの汎用性を低下させることになる。

【０００５】

このような問題を解決する構成として、画素領域に配置された薄膜トランジスタを駆動するための駆動回路をもガラス基板上い一体化した構成が提案されている。（例えば特公平２―６１０３２号公報参照）

【０００６】

これは、１枚の透光性基板（一般にガラス基板が利用される）上に画素領域に配置される薄膜トランジスタと、画素領域の薄膜トランジスタを駆動するための周辺駆動回路とを集積化した構成を有する。このような構成とすることで、シンプルで汎用性の高い構成とすることができる。

【０００７】

このような構成を実現するためには、非晶質珪素膜を結晶化させることによって得られる結晶性珪素膜形成膜を用いた薄膜トランジスタを利用することが有用である。

【０００８】

しかし、再現性よく、結晶性珪素膜を用いた薄膜トランジスタは困難であるのが現状である。これは、得られる非晶質珪素膜の状態では、その電気的特性にバラツキが無いものであっても、結晶化の過程において非常にバラツキや生じやすいためである。これは、結晶化の工程が非常に外的な因子に影響を受けやすいことに起因する。

【０００９】

【発明が解決しようとする課題】

本明細書で開示する発明は、ガラス基板やその他絶縁表面を有する基板上に、非晶質珪素膜を結晶化させることによって得られる結晶性珪素膜を再現性良く形成することを課題とする。

【００１０】

【課題を解決するめの手段】

本明細書で開示する発明は、

絶縁表面を有する基板上に成膜された非晶質珪素膜に対して、プラズマ処理を行い膜中の水素を離脱させる第１の気密室と、

前記珪素膜に対してレーザー光を照射する手段を有する第２の気密室と、

前記第１の気密室と前記第２の気密室とに共通に接続され、基板を搬送するための手段を有する第３の気密室と、

を有することを特徴とする。

【００１１】

上記構成を有する具体的な例を図１に示す。図１に示す構成においては、１０２が上記構成の第１の気密室に相当する。１０２で示される気密室は、外部から遮断された状態で基板上に形成された非晶質珪素膜に対してＥＣＲプラズマによるプラズマ処理を行う室である。このプラズマ処理は、珪素膜中の水素を極力離脱させ、結晶化が進行し易い状態を実現するために行われる。

【００１２】

また、１０４が第２の気密室に相当する。この室では加熱しながらのレーザー光を照射することにより、先にプラズマ処理がなされた珪素膜を結晶化させる工程が行われる。

【００１３】

また、１０５が上記構成の第３の気密室に相当する。この気密室は、ロボットアーム１２２が備えられており、処理を行う基板を外部から遮断された雰囲気中（高真空状態とすることが好ましい）で搬送できる機能を有している。

【００１４】

なお、本明細書で開示する発明においては、基板としてガラス基板が利用されるのが普通である。しかし、半導体基板や金属基板等を利用するのでもよい。

【００１５】

他の発明の構成は、

絶縁表面を有する基板上に絶縁膜を成膜する手段を有する第１の気密室と、

非晶質珪素膜を成膜する手段を有する第２の気密室と、

非晶質珪素膜に対して、プラズマ処理を行い膜中の水素を離脱させる第３の気密室と、

加熱を行うための手段を有する第４の気密室と、

前記第１の気密室乃至前記第４の気密室とに共通に接続され、基板を搬送するための手段を有する第５の気密室と、

を有することを特徴とする。

【００１６】

上記構成の具体的な例を図４に示す。図４に示す構成においては、４０２が上記第１の気密室に相当する。この気密室は、プラズマＣＶＤ法によって、ガラス基板上に酸化珪素膜を成膜する機能を有する。なお絶縁膜としては、酸化珪素膜以外に窒化珪素膜、さらには酸化窒化珪素膜を成膜するのでもよい。

【００１７】

また、図４に示す構成において、４０３が上記第２の気密室に相当する。この気密室は、

プラズマＣＶＤ法によって、先の機能を有している。
【００１８】
また、図４に示す構成において、４０４が上記第３の気密室に相当する。この気密室は、ＥＣＲプラズマを用いたプラズマ処理を先に第２の気密室４０３において成膜された２化珪素膜上に非晶質珪素膜に対して施す機能を有している。
【００１９】
また、図４に示す構成において、４０５と４０６が上記第４の気密室に相当する。この気密室は、外部から遮断された状態において、先に第３の気密室４０４においてプラズマ処理がなされた珪素膜を加熱によって結晶化させる機能を有している。
【００２０】
また、他の発明の構成は、
絶縁表面を有する基板上に成膜された非晶質珪素膜に対して、プラズマ処理を行い膜中の水素を離脱させる工程と、
前記珪素膜にエネルギーを与えることにより前記珪素膜を結晶性珪素膜に変成する工程と、
を有し、
前記２つの工程は、外部から遮断された気密性を有する空間で行われることを特徴とする。
【００２１】
上記構成において、エネルギーを与える方法としては、レーザー光を照射する方法、加熱をする方法、レーザー光と加熱を併用する方法、レーザー光の照射と加熱とを交互に照射する方法を挙げることができる。
【００２２】
【作用】
絶縁表面を有する基板上に成膜された非晶質珪素膜に対して膜中からの水素の離脱を促進させるプラズマ処理工程と、該工程の後にエネルギーを与えることにより、結晶性珪素膜に変成する工程と、を空気や汚染された雰囲気に触れさせることなく、外部から遮断された空間内において連続的に行うことで、結晶性珪素膜を得る工程における外的な因子の影響を排除することができる。
【００２３】
非晶質珪素膜からの水素の離脱を促進させると、膜中における珪素同士の結合を促進させることができ、結晶構造の秩序性をより高めることができる。
【００２４】
しかし、この状態は極めて不安定な状態でもあり、汚染に代表される外的な因子に対して非常に敏感な状態でもある。
【００２５】
そこで上記のように、外部から遮断された空間内おいて、プラズマ処理工程とその後の結晶化工程とを連続して行うことにより、上記外的な因子を排除し、再現性の高い工程を実現することができる。
【００２６】
また、非晶質珪素膜の成膜と、非晶質珪素膜からの水素の離脱を促進させる工程と、水素の離脱が促進された珪素膜の結晶化とを、外部から遮断された空間において連続的に行うことで、やはり外的な因子による結晶化工程におけるバラツキ（結晶性の不均一性や電気特性のバラツキ）を抑制することができる。
【００２７】
また、非晶質珪素膜からの水素の離脱を促進させる処理室と、この水素の離脱を促進させた珪素膜の結晶化とを行う処理室とを基板を搬送させる搬送室で連結し、外部から遮断された状態で、上記処理と基板の搬送とを行うことで、複数の基板一定の処理効果を得ることができる。即ち、基板毎に結晶性のそろった結晶性珪素膜を得ることができる。さらに高い生産性を得ることができる。

【００２８】
【実施例】
〔実施例１〕
図１に本実施例に示す装置を示す。図１に示す装置は、非晶質珪素膜は形成された基板（一般にガラス基板が利用される）に対して、プラズマ処理と加熱とレーザー光の照射とを行う室を独立に基板を搬送する室を中心として配置した構成を有する。図１に示す装置を用いると、プラズマ処理と加熱とレーザー光の照射とを汚染の無い環境で連続して行うことができる。
【００２９】
図１に示す装置は、基板を装置に出し入れするための基板の搬入搬出室１０１、基板上に形成された非晶質珪素膜に大してプラズマ処理を行うためのプラズマ処理室１０２、基板上に形成された珪素膜を加熱するための加熱室１０３、基板上に形成された珪素膜に大してレーザー光を照射するためのレーザー照射室１０４、基板を各室の間において搬送するための手段を有した基板搬送室１０５を備えている。
【００３０】
図１におけるＡ－Ａ’で切った断面が図２である。また図１におけるＢ－Ｂ’で切った断面が図３である。各室は気密性が保たれる構造となっており、必要に応じて高真空状態とすることのできる構造となっている。また各室は共通の室である基板搬送室１０５と１０６、１０７、１０８、１０９で示されるゲイトバルブを介して接続されている。ゲイトバルブは十分に気密性を保つことのできる構造となっている。
【００３１】
次に各室について詳細に説明する。１０１で示されるのは、基板を装置に出し入れする基板の搬入搬出室である。この室には、図３で示されるように基板１１１がカセット１１０に多数枚が収納された状態で装置の外部から扉１１４を介してカセット毎搬入される。また、処理が終了した後、基板はカセット１１０毎装置の外部に扉１１４から外部に搬出される。
【００３２】
基板の搬入搬出室１０１には、不活性気体等のパージ用に気体の導入系１１２と不要な気体の排気や室内を減圧または高真空状態とするための排気ポンプ１１３を備えている。
【００３３】
図１と図２の１０２で示されるのがプラズマ処理室である。この室では、ＥＣＲ条件を利用して生成した水素プラズマまたはヘリウムプラズマによって、ガラス基板上に形成された非晶質珪素膜に対してプラズマ処理が行われる。
【００３４】
プラズマ処理室１０２には、プラズマを生成するためのＥＣＲ条件を作り出すために、磁場を発生させるコイル１１８とマイクロ波発振器１１６、さらにマイクロ波を処理室内に導くための導波管１１７を備えている。
【００３５】
ＥＣＲ（電子サイクロトロン共鳴）は、マイクロ波の周波数をｆ、磁束密度をＢ、電子の質量をｍ、電子の電荷をｅ、とすると$2\pi f = eB/m$が成立する場合に実現される。プラズマ処理室１０２においては、マイクロ波の周波数ｆとコイルで発生される磁場の磁束密度Ｂとを上記条件式が成立する値とすることによって、ＥＣＲ条件を実現する。
【００３６】
本実施例に示す構成においては、基板が配置される位置において丁度ＥＣＲ条件が実現されるように基板ステージ１１５の位置を調整する。即ち、磁束密度が上記ＥＣＲ条件を満たす位置に基板が配置されるようにする。
【００３７】
ＥＣＲ条件が成立する領域においては、プラズマが高い温度に加熱される。そして、基板もまた加熱されることなる。このことは、膜中における結晶構造の秩序化をより助長することになる。

【００３８】
またプラズマ処理室１０２には、１１６で示すガス導入系と排気ポンプ１１７を備えた排気系を有している。そして、ガス導入系１１２からは水素ガスやヘリウムガスが導入され、排気ポンプ１１７によって、必要とする減圧状態を実現することができる。
【００３９】
図１及び図３に示す１０３で示される室は、珪素膜が形成された基板を加熱するための室（加熱室）である。基板１１１は、多数枚が上下するステージ１１８上に収納される。ステージ１１８上に収納された基板は、加熱室１０３において、加熱用のヒータ１２１によって加熱される。
【００４０】
また加熱室１０３においてもパージ用の不活性気体の導入系１１９と加熱室内を高真空状態とすることのできる排気ポンプ１２０を備えている。
【００４１】
１０４は、基板上に形成された珪素膜に対してレーザー光を照射するための室（レーザー処理室）である。レーザー光は発振器１２２で発振され、図示しない光学系を通すことにより、必要とするビームに成形される。ここでは、幅が数ｍｍ～数ｃｍ、長さが数十ｃｍの線状のビームに成形する。
【００４２】
そして、ミラー等によって石英で構成された窓１２４を通し、レーザー処理室１０４内のステージ１２５上に配置された基板上の珪素膜に対してレーザー光は照射される。
【００４３】
ステージ１２５には基板を加熱するためのヒータが内蔵されており、基板を加熱することができる。また、ステージ１２５は１方向に移動させることが で、線状のビームが走査されて照射させることができる。このステージ１２５を移動させながら線状のレーザー光を照射することで、基板の全体にレーザー光を照射することができる。
【００４４】
またステージ１２５は回転させることができ、レーザー光の走査方向を変えてレーザー光を照射することができるようになっている。このようにすることで、レーザー光の照射による効果の均一性を上げることができる。
【００４５】
レーザー処理室１０４においても、パージ用の不活性気体の導入系１１９と不要なガスの排気や高真空状態を実現するための排気ポンプ１２０が配置されている。
【００４６】
１０５で示されるのは、基板搬送室であり、ロボットアーム１２２によって基板１１１を搬送（移送）する機能を有した室である。この室にもパージ用の不活性気体の導入系１２３と室内を高真空にするための排気ポンプ１２４を備えている。また、ロボットアーム１２２内にはヒータが内蔵されており、搬送する基板の温度が変化しないように工夫されている。
【００４７】
以下にガラス基板上に形成された非晶質珪素膜に対して、プラズマ処理を行い、さらに加熱した状態でレーザー光を照射することにより、非晶質珪素膜を結晶化させ、結晶性珪素膜に変成する工程について説明する。
【００４８】
まず最初の段階において、各ゲイトバルブは閉鎖した状態とする。また搬送室１０５とレーザー処理室１０４と加熱室１０３とプラズマ処理室１０２とは高真空状態にしておく。
【００４９】
この状態で、まず図３に示すカセット１１０（この状態ではカセットは装置外にある）に多数枚のガラス基板を収納する。このガラス基板上には、下地膜として酸化珪素膜が３０００Åの厚さに形成されており、さらにその上に非晶質珪素膜が５００Åの厚さに成膜されている。

【００５０】
そして、搬入搬出室１０１の扉１１４を開け、ガラス基板が収納されたカセット１１０を搬入搬出室１０１に搬入する。そして扉１１４（図３に図示）を閉める。扉１１４を閉めたら、搬入搬出室１１４を窒素ガスで満たし、ついで高真空状態とする。この状態で全ての室が高真空状態となる。また加熱室１０３内は５５０℃の温度に加熱しておく。
【００５１】
次にゲイトバルブ１０６と１０７とを開ける。そして、ロボットアーム１２２によって、基板を搬入搬出室１０１内のカセット１１０から１枚引き出す。そして、基板をプラズマ処理室１０２内に搬送する。そして、ゲイトバルブ１０６と１０７を閉鎖する。
【００５２】
そしてプラズマ処理室１０２において、ガス導入系１１６から水素ガスを導入し、所定の減圧状態において、ＥＣＲ条件を利用した水素プラズマを生成し、ガラス基板上の非晶質珪素膜に対してプラズマ処理を行う。
【００５３】
このプラズマ処理によって、非晶質珪素膜中に水素が離脱し、珪素原子同士の結合が増加し、より秩序だった状態に移行する。この状態は、非常に結晶化し易い状態であり、準結晶状態ともいえる過渡的な状態となる。
【００５４】
この過渡的な状態は、非常に不安定な状態でもある。従って、空気に触れさせた場合、その表面から内部にかけて酸素や窒素、さらには空気中に含まれる炭素成分等の化合物が形成されてしまう。そして、このことは膜質の著しい劣化を招いてしまう。
【００５５】
そこで、プラズマ処理室１０２におけるプラズマ処理の終了後、プラズマ処理室を高真空状態にする。そして、ゲイトバルブ１０７と１０８を開ける。この状態においては、搬送室１０５と加熱室１０３も高真空状態となっている。
【００５６】
そして、ロボットハンド１２２によって、基板をプラズマ処理室から引き出し、加熱室１０３に搬送する。そしてゲイトバルブ１０７と１０８を閉鎖する。
【００５７】
以上の動作を次々に行うことにより、所定の枚数の基板（この枚数を最初にカセットに収納させる枚数と一致させる）を加熱室１０３に収納する。この収納枚数は、最初の基板が加熱室に収納されてからの経過時間によって決定される。
【００５８】
所定の枚数の基板を加熱室１０３に収納したら、ゲイトバルブ１０８と１０９を開ける。そして、ロボットアーム１２２によって、基板を加熱室１０３からレーザー処理室１２４に搬送する。なお、この際ロボットアーム１２２の基板と触れる部分は、内部のヒータの加熱により、５５０℃の温度に保った状態とする。
【００５９】
次にゲイトバルブ１０８と１０９は閉鎖する。そしてレーザー光を照射することによって、プラズマ処理が行われた珪素膜を結晶化させる。この際、基板を５５０℃の温度に保ったままでレーザー光の照射を行う。レーザー光の照射は、線状のビームを基板を線状ビームの長手方向に垂直な方向に移動させながら照射することで、珪素膜の全面に照射されるように行う。また、レーザー光を照射する雰囲気は高真空状態とする。
【００６０】
レーザーの照射が終了したら、ゲイトバルブ１０９と１０６を開け、レーザー処理室１０４内の基板をロボットアーム１２２によって、搬入搬出室１０１に搬送する。そして、ゲイトバルブ１０６を閉鎖する。ついでゲイトバルブ１０８を開ける。そして、加熱室１０３内に収納されている基板をロボットアーム１２２で取り出し、レーザー処理室１０４に搬送する。その後、ゲイトバルブ１０８と１０９とを閉鎖する。そして再びレーザー光の照射を行う。

【００６１】
こうして、次々と加熱室１０３内に収納された基板が処理されていき、処理が終了した基板は、順次搬入搬出室１０１内のカセット１１０に収納される。一通り処理が終了したら、ゲイトバルブ１０６を閉鎖した状態で搬入搬出室１０１内を不活性気体によって大気圧状態とする。そして、扉１１４を開けて、カセット１１０を装置の外部に取り出す。こうして、処理が終了する。
【００６２】
本実施例に示す構成においては、プラズマ処理室１０２において、プラズマ処理がなされた珪素膜を大気や汚染された気体に触れさせずに加熱室１０３に搬送し、さらに大気や汚染された気体に触れさせずに加熱室１０３からレーザー処理室１０４に搬送する。従って、プラズマ処理がなされた珪素膜が汚染されることがない。
【００６３】
プラズマ処理が成された珪素膜は非常に汚染による影響を受けやすい。そして汚染の影響が得られる結晶性珪素膜の結晶性やその再現性に非常に現れやすい。従って、上記のような構成とすることは、得られる結晶性珪素膜の結晶性を保証する上で非常に有効な手段となる。
【００６４】
〔実施例２〕
本実施例は、基板上に形成された非晶質珪素膜に対して、プラズマ処理を行い、さらにプラズマ処理が終了した珪素膜に対して加熱による結晶化を行う装置に関する。図４に本実施例に示す装置を示す。
【００６５】
図４に示す装置は、基板上に、
（１）下地膜となる酸化珪素膜を形成する工程
（２）下地膜上に非晶質珪素膜を形成する工程
（３）非晶質珪素膜に対してプラズマ処理を加える工程
（４）加熱処理を施し非晶質珪素膜を結晶化させる工程
を汚染が無い環境において連続的に行うことを特徴とする。
【００６６】
図４に示す装置は、基板の搬入搬出室４０１、基板上に下地の酸化珪素膜を成膜するための平行平板型のプラズマＣＶＤ装置４０２（成膜室）、非晶質珪素膜を成膜するための平行平板型のプラズマＣＶＤ装置４０３（成膜室）、非晶質珪素膜に対してＥＣＲプラズマを用いたプラズマ処理を行うためのプラズマ処理装置４０４（プラズマ処理室）、プラズマ処理が行われた珪素膜に対して加熱処理を施すための加熱室４０５と４０６、各室の間の基板の搬送を行うためのロボットアーム４１４を備えた搬送室４０７、各室と各室に共通接続された搬送室４０７とを連結するゲートバルブ４０８、４０９、４１０、４１１、４１２、４１３を備えている。また図示しないが、各室には、必要とするガスを供給するガス供給系、必要とする減圧状態または高真空状態を実現するための排気系、基板を加熱するための手段（搬入搬出室は除く）が備えられている。また、プラズマ処理室は、図２の１０２で示すものと同じ構成を有している。また、加熱室には、基板を多数枚収納できるようになっている。
【００６７】
以下に図４に示す装置を動作させる１例を示す。まず、搬入搬出室を除いた全ての室を高真空状態とする。この高真空状態は、それを行う全ての室において、同一の圧力とすることが重要である。また全てのゲイトバルブは閉鎖した状態とする。
【００６８】
まず、扉４００を開けて、多数枚のガラス基板が収納されたカセット（図示せず）を基板の搬入搬出室４０１内に収納する。このそして扉４００を閉め、搬入搬出室内を不活性気体で満たす。そして、室内の不活性気体を排気し、高真空状態とする。
【００６９】

次にゲイトバルブ４０８と４０９とを開ける。そしてロボットアームによって基板を１枚引き出し、酸化珪素膜を成膜するための成膜室４０２に基板を搬送する。その後ゲイトバルブ４０８と４０９を閉鎖する。次に酸化珪素膜を成膜するための成膜室４０２において、酸化珪素膜をガラス基板上に３０００Åの厚さに成膜する。この酸化珪素膜は、後に成膜される非晶質珪素膜中にガラス基板中から不純物が析出することを防ぐために成膜される。また、後の結晶化工程において、ガラス基板と珪素膜との間に働く応力を緩和させるために成膜される。

【００７０】

下地膜の成膜が終了したら、再び成膜室４０２内を高真空状態とする。そしてゲイトバルブ４０９と４１０とを開ける。次いでロボットアーム４１４によって、酸化珪素膜がその表面に成膜された基板を酸化珪素膜を成膜するための成膜室４０２から非晶質珪素膜を成膜するための成膜室４０３に搬送する。

【００７１】

そしてゲイトバルブ４０９を閉鎖する。この時、ゲイトバルブ４０９は開けたままの状態としておく。そして、必要とするガスを用いて、非晶質珪素膜を成膜するための成膜室４０３において、非晶質珪素膜を５００Åの厚さに成膜する。この非晶質珪素膜は、ガラス基板上に成膜された酸化珪素膜上に成膜される。

【００７２】

上記成膜室４０３での非晶質珪素膜の成膜中において、ゲイトバルブ４０８を開け、ロボットアーム４１４によって、ガラス基板を搬入搬出室４０１内のカセットから１枚引き出し、酸化珪素膜の成膜室４０２に搬送する。そして、ゲイトバルブ４０８と４０９を閉鎖する。そして、酸化珪素膜の成膜を行う。即ち、成膜室４０３において非晶質珪素膜を成膜している最中において、成膜室４０２においてガラス基板上に非晶質珪素膜を成膜する。

【００７３】

この状態においては、成膜室４０３での非晶質珪素膜の成膜と、成膜室４０２での非晶質珪素膜との成膜とが同時に進行している状態である。

【００７４】

成膜室４０３での非晶質珪素膜の成膜と成膜室４０２での酸化珪素膜の成膜が終了したら、２つの成膜室内を高真空状態とする。そして、ゲイトバルブ４１０、４１１を開ける。この際、成膜室４０３での非晶質珪素膜の成膜の時間と、成膜室４０２での酸化珪素膜の成膜の時間とが同じとは限らない。この場合は、一方の成膜が終了するまで、他方の成膜室は待機状態となる。

【００７５】

ゲイトバルブ４１０、４１１を開けたら、ロボットハンドによって、非晶質珪素膜を成膜するための成膜室４０３内の基板を成膜室４０３内を高真空状態とする。そしてゲイトバルブ４１０と４１１を開ける。そして、ロボットアーム４１４によって、非晶質珪素膜が成膜されたガラス基板を成膜室４０３からプラズマ処理が行われるプラズマ処理室４０４に搬送する。

【００７６】

そしてゲイトバルブ４１１を閉鎖する。次いでプラズマ処理室４０４において水素プラズマによる処理が行われる。このプラズマ処理中において、ゲイトバルブ４０９を開け、酸化珪素膜の成膜が終了したガラス基板を酸化珪素膜を成膜するための成膜室４０２から引き出し、非晶質珪素膜を成膜するための成膜室４０３に搬送する。そしてゲイトバルブ４１０を閉鎖する。その後成膜室４０３において非晶質珪素膜の成膜を行う。

【００７７】

成膜室４０３での非晶質珪素膜の成膜が始まったら、ゲイトバルブ４０８を開け、搬入搬出室４０１内のカセットに収納されたガラス基板をロボットアーム４１４によって引き出し、酸化珪素膜の成膜室４０２に搬送する。そしてゲイトバルブ４０８と４０９を閉鎖する。

【００７８】
プラズマ処理室４０４でのプラズマ処理が終了したら、プラズマ処理室を高真空状態とする。そしてゲイトバルブ４１１と４１２を開ける。この際、加熱室は予め５５０℃の温度に加熱しておく。そして、ロボットアーム４１４によって、プラズマ処理の終了したガラス基板を引き出す。引き出されたガラス基板は、ロボットアームによって、加熱室４０５に搬送される。そしてゲイトバルブ４１２を閉じる。
【００７９】
次にゲイトバルブ４１０を開け、非晶質珪素膜が成膜されたガラス基板をロボットアームによって引き出し、プラズマ処理室に搬送する。そしてゲイトバルブ４１１を閉じる。そして、ゲイトバルブ４０９を開け、酸化珪素膜が成膜されたガラス基板をロボットアームによって酸化珪素膜を成膜するための成膜室４０２から引き出し、非晶質珪素膜を成膜するための成膜室４０３に搬送する。そしてゲイトバルブ４１０を閉じる。そして、ゲイトバルブ４０８を開け、ロボットアームによって、搬入搬出室４０１からガラス基板を引き出し、酸化珪素膜を成膜するための成膜室４０２に移送する。
【００８０】
以上の動作を繰り返し行うことにより、次々と加熱室４０５には、プラズマ処理が施された珪素膜が形成されたガラス基板は収納されていくことになる。加熱室４０５において収納された基板が一杯になったら、加熱室４０６に基板を収納していく。
【００８１】
そして、最初のガラス基板が加熱室４０５に収納された時から４時間が経過した時に、加熱室からこの最初のガラス基板をロボットアームによって引き出し、搬入搬出室４０１内のカセットに搬送する。
【００８２】
次に２番目のガラス基板が加熱室４０５に収納された時から４時間が経過した時に、加熱室からこの２番目のガラス基板をロボットアームによって引き出し、搬入搬出室４０１内のカセットに搬送する。
【００８３】
このようにして、次々に加熱室に４時間収納されていた基板を搬入搬出室内のカセットに収納していくことにより、４時間の加熱処理が行われたガラス基板がカセットに収納されていくことになる。また、この場合も基板の搬送は、高真空状態で行うことが重要である。
【００８４】
このようにして、加熱処理によって結晶化された結晶性珪素膜が形成されたガラス基板が次々に連続的に得られることになる。最後に、搬入搬出室４０１を大気圧として、扉４００を開ける。そして、カセットを装置の外部に取り出すことで、図４に示す装置を用いた工程が終了する。
【００８５】
本実施例に示す工程においては、酸化珪素膜を成膜するための成膜室４０２にガラス基板が留まっている時間と、非晶質珪素膜を成膜するための成膜室４０３にガラス基板が留まっている時間と、プラズマ処理室４０４に基板が留まっている時間とを同じあるいは概略同じにすることが重要となる。これは、これらの室において、同時に処理が行われ、そのことが順次シフトしていくことにより、連続的に工程が流れるようにするためである。
【００８６】
上記のような工程を採用した場合、非晶質珪素膜の結晶化に影響を与える不確定な因子を排除することができるので、結晶性や電気的な特性にバラツキの無い結晶性珪素膜を得ることができる。また、コンピュータ制御によって、上記の工程を行うことで、作業を連続的に行うことができる。そして、高い生産性を得ることができる。
【００８７】
〔実施例３〕
本実施例は、図１及び図２の１０２、さらには図４の４０４で示されるプラズマ処理装置

（プラズマ処理室）の別な構成を示す。本実施例で示す装置は、図１及び図２の１０２、さらには図４の４０４で示されるプラズマ処理装置（プラズマ処理室）の代わりに利用することができる。本実施例に示す構成は、特開平５―１２９２３５号公報、特開平６―３１０４９４号公報に記載された構成を利用したのである。

【００８８】

図５に本実施例に示すプラズマ処理装置の概略の構成を示す。図５に示す装置は、ＥＣＲ条件を大面積に渡って生成することができることを特徴とする。図５に示す装置において、５０１が減圧チャンバーであり、内部を必要とする減圧状態さらには必要とする高真空状態とすることができる気密性を有している。

【００８９】

減圧チャンバー５０１内には、２．４５ＧＨｚのマイクロ波が発振器５０６から導波管５０７を介して供給される。５０２は磁場発生手段兼ガス導入手段であり、多数の永久磁石５０３とガスを５０８で示されるように大面積に渡り均一に導入するための構成を有する。

【００９０】

ガス供給系５１２から供給されるプラズマを発生するためのガスとしては、水素ガスまたはヘリウムガス、さらにはそれらの少なくとも一方を主に含むガスが選択される。

【００９１】

プラズマ処理を受ける基板は基板ステージ５０５上に配置される。基板ステージ５０５には、基板を加熱するためのヒーターが内蔵されている。また５０９は排気ポンプであり、チャンバー５０１内を必要とする減圧状態あるいは必要する高真空状態とすることができる。

【００９２】

また、基板ステージ５０５は電極をも兼ねており、電源５１３から高周波あるいは一定電位のバイアスを基板５１１に対して加えることができる構成となっている。

【００９３】

磁場発生手段兼ガス導入手段５０５の永久磁石５０３が配置されている部分を拡大した様子を図６に示す。永久磁石は、６０１で示されるように極性が交互になるように配置されている。

【００９４】

磁場発生手段兼ガス導入手段５０５を基板ステージ５０５側から見た様子を図７に示す。永久磁石５０２は同心円状に交互にその極性がなるように配置されている。そして、ガスを導入するために孔５０４がガスが均一に吹き出すように多数配置されている。

【００９５】

図６や図７に示すような構成を採用した場合、磁力線６０２によって、ＥＣＲ条件を満たす磁束密度が６０３で示される空間領域で実現される。この空間は、図７の丁度、ガスを導入するための孔５０４が形成された領域上にリング状に実現されることになる。

【００９６】

即ち、入射されるマイクロ波（μ波）の周波数ｆとの間で、ＥＣＲ条件を示す２πｆ＝ｅＢ／ｍが成立するような磁束密度Ｂの空間領域が、空間領域６０３となるということである。なお、ｍは電子の質量であり、ｅは電子の電荷である。なお、上記関係式が成立するように、マイクロ波の周波数と永久磁石の強さとが選択されることはいうまでもない。

【００９７】

このような構成とすることで、ＥＣＲ条件を空間領域６０２において実現することができる。この領域は、広い領域の全てを全体に渡って形成されるものではないが、ＥＣＲ条件によって生成されたプラズマを広い領域に渡って利用することのできるものである。即ち、基板５１１が大面積となっても、その全体に対して、プラズマ処理を施すことができる。

【００９８】

【発明の効果】

本明細書で開示する発明を利用することにより、ガラス基板やその他絶縁表面を有する基板上に、非晶質珪素膜を結晶化させる工程が、高い再現性でもって行うことができる。特に、結晶性の良好な結晶性珪素膜を高い再現性でもって、しかも高い生産性でもって行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】　プラズマ処理とレーザー光の照射とを連続的に行う装置の概要を示す。

【図２】　プラズマ処理とレーザー光の照射とを連続的に行う装置の概要を示す。

【図３】　プラズマ処理とレーザー光の照射とを連続的に行う装置の概要を示す。

【図４】　プラズマ処理と加熱処理とを連続的に行う装置の概要を示す。

【図５】　プラズマ処理を行う装置の概要を示す。

【図６】　磁場を発生する手段の概要を示す。

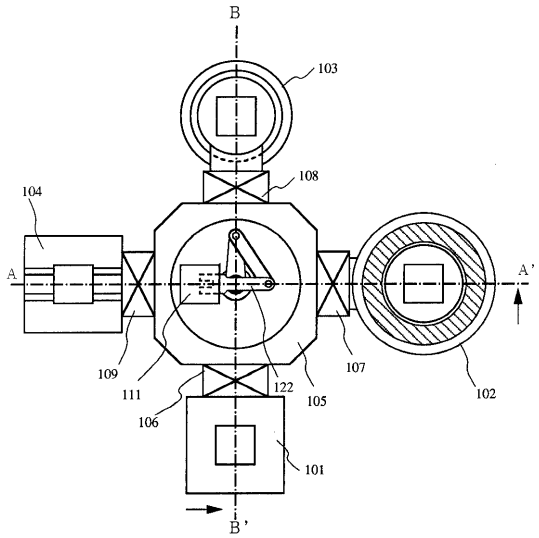
【図７】　磁場発生手段兼ガス導入手段５０５を基板ステージ５０５側から見た様子を示す。

【符号の説明】

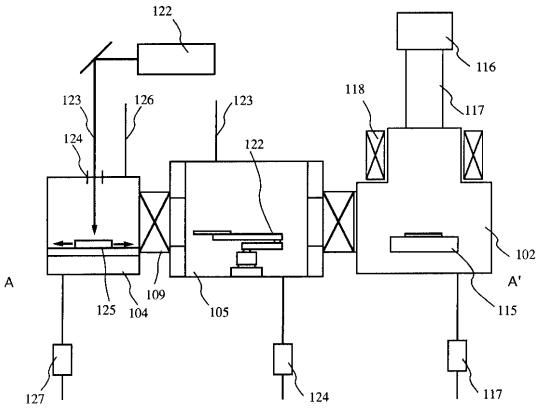
１０１	搬入搬出室１０１
１０２	プラズマ処理室
１０３	加熱室
１０４	レーザー照射室
１０５	基板搬送室
１０６、１０７	ゲイトバルブ
１０８、１０９	ゲイトバルブ
１１０	基板を収納するためのカセット
１１１	基板
１１２	ガス導入系
１１３	排気ポンプ
１１４	扉
１１５１	基板ステージ
１１６	マイクロ波発振器
１１７	導波管
１１８	磁場発生用コイル
１１９	ガス導入系
１２０	排気ポンプ
１２１	加熱ヒータ
１２２	ロボットアーム
１２３	ガス導入系
１２４	窓
１２５	基板ステージ
１２６	ガス導入系
１２７	排気ポンプ
４０１	基板の搬入搬出室
４０２	酸化珪素膜を成膜するための成膜室
４０３	非晶質珪素膜を成膜するための成膜室
４０４	プラズマ処理室
４０５、４０６	加熱室
４０７	搬送室
４０８、４０９、４１０	ゲイトバルブ
４１１、４１２、４１３	ゲイトバルブ
４１４	ロボットアーム
５０１	チャンバー
５０２	磁場発生手段兼ガス導入手段

５０３	永久磁石
５０４	ガス導入をする孔
５０５	基板ステージ
５０６	マイクロ波発振器
５０７	導波管
５０９	排気ポンプ
５１１	基板
５１２	ガス導入系
５１３	バイアス用電源
６０１	永久磁石
６０２	磁力線
６０３	ＥＣＲ条件が成立する空間領域

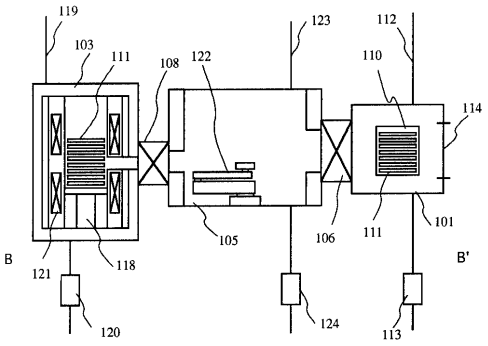
【図１】



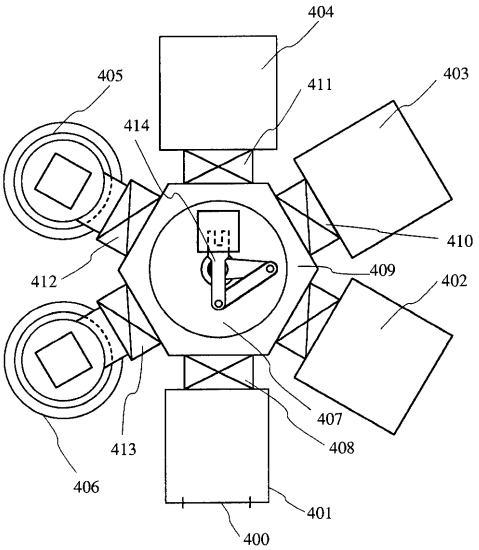
【図２】



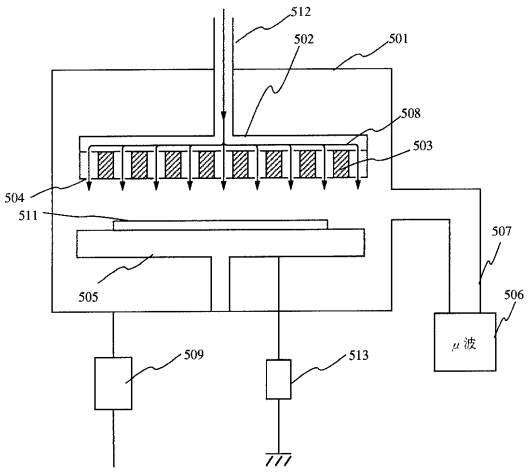
【図３】



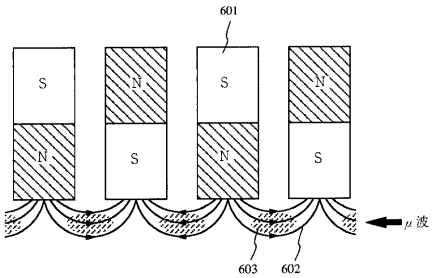
【図４】


404
405
411
403
414
410
412
409
402
407
408
413
406
401
400

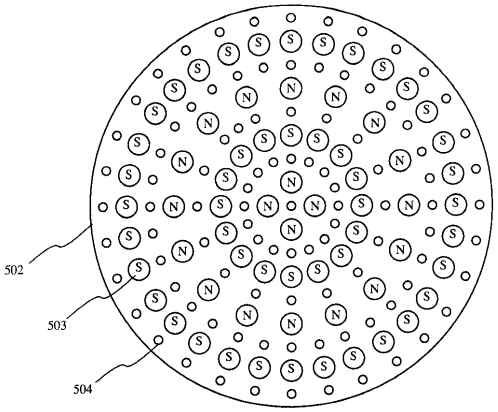
【図５】


512
502
501
508
503
504
511
507
505
506
μ波
509
513

【図６】


601
S
N
S
N
N
S
N
S
μ波
603
602

【図７】


502
503
504

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)

H01L 21/677
H01L 21/02
H01L 21/20
H01L 21/268
H01L 27/12