

(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2008-177419
(P2008-177419A)

(43) 公開日 平成20年7月31日(2008.7.31)

(51) Int.Cl.

HO 1 L 21/205 (2006.01)
C23C 16/24 (2006.01)

F 1

HO 1 L 21/205
C 2 3 C 16/24

テーマコード（参考）

4 K 0 3 0
5 F 0 4 5

(21) 出願番号 特願2007-10476 (P2007-10476)
(22) 出願日 平成19年1月19日 (2007. 1. 19)

(71) 出願人 000003942
 日新電機株式会社
 京都府京都市右京区梅津高畠町47番地

(74) 代理人 100074125
 弁理士 谷川 昌夫

(72) 発明者 高橋 英治
 京都府京都市右京区梅津高畠町47番地
 日新電機株式会社内

F ターム(参考) 4K030 AA06 AA17 BA29 BB03 CA00
 CA17 DA02 FA04 JA17 LA19
 5F045 AA08 AB02 AB03 AB04 AC01
 AD05 AD06 AD07 AD08 AE19
 AE17 AF03 AF07 AF16 BB07
 BB16 CA13 CA15 DA68 EB06
 EE12 EE13 EH11 GB06 GB06

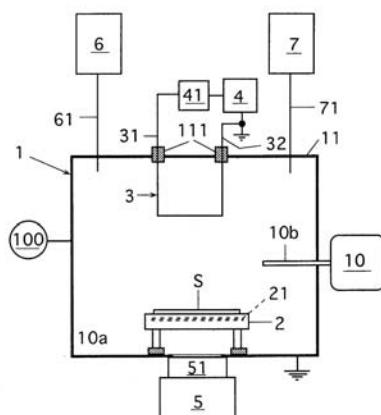
(54) 【発明の名称】シリコン薄膜形成方法

(57) 【要約】

【課題】比較的低温下で安価に、生産性よく結晶性シリコン薄膜を形成できるシリコン薄膜形成方法を提供する。リーク電流が低く抑制された薄膜トランジスタ用の基板を得ることができるシリコン薄膜形成方法を提供する。

【解決手段】基板Sを水素を含む水素結合処理用ガスのプラズマに曝してのち、該基板に結晶性シリコン薄膜を形成するシリコン薄膜形成方法。基板Sとして膜形成対象面が基板本体上に形成された窒素含有ゲート絶縁膜である基板を採用して、電子移動が高く、オフ電流が小さい薄膜トランジスタを提供できる基板を得ることができる。

【選択図】図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

成膜室内に配置した基板上にプラズマCVD法により結晶性シリコン薄膜を形成するシリコン薄膜形成方法であり、

該基板上に結晶性シリコン薄膜を形成するに先立ち該成膜室内に水素を含む水素結合処理用ガスのプラズマを形成し、該プラズマに該基板の膜形成対象面を曝して該基板面に水素を結合させる水素結合工程と、

該水素結合工程後に前記成膜室内にシラン系ガスを含む結晶性シリコン薄膜形成用ガスのプラズマを形成し、該プラズマのもとで前記水素結合処理された基板面に結晶性シリコン薄膜を形成するシリコン薄膜形成工程と

10

を含むことを特徴とするシリコン薄膜形成方法。

【請求項 2】

前記基板として前記膜形成対象面が基板本体上に形成された薄膜トランジスタ用ゲート絶縁膜の面である基板を採用する請求項1記載のシリコン薄膜形成方法。

【請求項 3】

前記ゲート絶縁膜が窒素含有ゲート絶縁膜である請求項2記載のシリコン薄膜形成方法。

【請求項 4】

前記水素結合工程は60秒以下の時間内で実施する請求項2又は3記載のシリコン薄膜形成方法。

20

【請求項 5】

前記シリコン薄膜形成工程では多結晶シリコン薄膜を形成する請求項1から4のいずれかに記載のシリコン薄膜形成方法。

【請求項 6】

前記シラン系ガスはモノシラン(SiH_4)ガスである請求項1から5のいずれかに記載のシリコン薄膜形成方法。

【請求項 7】

前記水素結合工程はプラズマポテンシャル30V以下で実施する請求項1から6のいずれかに記載のシリコン薄膜形成方法。

【請求項 8】

前記水素結合工程は前記水素結合処理用ガスプラズマにおける電子密度を 1×10^{10} 個/ cm^3 以上として実施する請求項1から7のいずれかに記載のシリコン薄膜形成方法。

30

【請求項 9】

前記水素結合工程は前記水素結合処理用ガスプラズマの電子温度を2.5eV以下として実施する請求項1から8のいずれかに記載のシリコン薄膜形成方法。

【請求項 10】

前記水素結合工程及び前記シリコン薄膜形成工程におけるプラズマは前記成膜室内に設置した誘導結合型アンテナに高周波電力を印加して形成する請求項1から9のいずれかに記載のシリコン薄膜形成方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明はプラズマCVD法によるシリコン薄膜の形成方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、液晶表示装置における画素に設けられるTFT(薄膜トランジスタ)スイッチの材料として、或いは各種集積回路、太陽電池等の作製にシリコン薄膜が採用されている。

【0003】

シリコン薄膜は、多くの場合、シラン系反応ガスを用いたプラズマCVD法により形成され、その場合、該膜のほとんどはアモルファスシリコン薄膜である。

50

【0004】

アモルファスシリコン薄膜は、被成膜基板の温度を比較的低くして形成することができ、平行平板型の電極を用いた高周波放電（周波数 13.56 MHz）による材料ガスのプラズマのもとに容易に大面積に形成できる。それ故アモルファスシリコン薄膜は、これまで液晶表示装置の画素用スイッチングデバイス、太陽電池等に広く利用されている。

【0005】

しかし、シリコン膜利用の太陽電池における発電効率のさらなる向上、シリコン膜利用の半導体デバイスにおける応答速度等の特性のさらなる向上はかかるアモルファスシリコン膜に求めることはできない。そのため結晶性シリコン薄膜（例えば多結晶シリコン薄膜）の利用が検討されている（例えば特開2001-313257号公報参照）。

10

【0006】

多結晶シリコン薄膜のような結晶性シリコン薄膜の形成方法としては、被成膜基板の温度を 600 ~ 700 以上の温度に維持して低圧プラズマ CVD、熱 CVD 等の CVD 法や、真空蒸着法、スパッタ蒸着法等の PVD 法により膜形成する方法（例えば特開平 5-234919 号公報、特開平 11-54432 号公報参照）、各種 CVD 法や PVD 法により比較的低温下でアモルファスシリコン薄膜を形成した後、後処理として、800 程度以上の熱処理若しくは 600 程度で長時間にわたる熱処理を施す方法（例えば特開平 5-218368 号公報参照）が知られている。

【0007】

アモルファスシリコン膜にレーザアニール処理を施して該膜を結晶化させる方法も知られている（例えば特開平 8-124852 号公報、特開 2005-197656 号公報、特開 2004-253646 号公報参照）。

20

。

【0008】

以上のほか、触媒 CVD 法による比較的低温下での多結晶シリコン薄膜の形成も提案されている（Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 37 (1998) pp. 3175-3187 Part 1, No. 6A, June 1998）

。

【0009】

【特許文献 1】特開 2001-313257 号公報

30

【特許文献 2】特開平 5-234919 号公報

【特許文献 3】特開平 11-54432 号公報

【特許文献 4】特開平 5-218368 号公報

【特許文献 5】特開平 8-124852 号公報

【特許文献 6】特開 2005-197656 号公報

【特許文献 7】特開 2004-253646 号公報

【非特許文献 1】Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 37 (1998) pp. 3175-3187 Part 1, No. 6A, June 1 1998

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、結晶性シリコン薄膜の形成において、基板を高温に曝す方法では、基板として高温に耐え得る高価な基板を採用しなければならず、例えば安価な低融点ガラス基板（耐熱温度 500 以下）への結晶性シリコン薄膜の形成は困難であり、そのため、多結晶シリコン薄膜のような結晶性シリコン薄膜の製造コストが高くなるという問題がある。

40

【0011】

レーザアニール法によるときには、低温下で結晶性シリコン薄膜を得ることができるもの、レーザ照射工程を必要とすることや、非常に高いエネルギー密度のレーザ光を照射しなければならないこと等から、この場合も結晶性シリコン薄膜の製造コストが高くなってしまう。

50

【0012】

触媒 CVD 法によると比較的低温下で多結晶シリコン薄膜を形成することができる。

ところで、CVD 法等による被成膜基板への膜形成においては、成膜室壁にも形成されることがある膜を次の基板への膜形成に先立って、或いは定期的にクリーニング用ガスプラズマで簡易にエッティングクリーニングして、成膜室壁上の膜の影響が抑制された良質の膜を被成膜基板に形成することが好ましい。そのため、触媒 CVD 法による多結晶性シリコン薄膜の形成においても、成膜室壁上の膜をプラズマエッティングによるクリーニング（代表例として NF₃ ガスプラズマによるエッティングクリーニング）により簡易に除去することが好ましい。

しかし、触媒 CVD 法による多結晶性シリコン薄膜の形成においては、成膜室壁上の膜をプラズマクリーニングすることは、該クリーニング用ガスプラズマによる触媒のダメージを招くので難しい。そのため、触媒 CVD 装置のメインテナンス費用がそれだけ高価となり、ひいては多結晶性シリコン薄膜の製造コストが高くなってしまう。

10

【0013】

また、例えば薄膜トランジスタの製造に供するために、この触媒 CVD 法によりゲート絶縁膜上に半導体層として多結晶シリコン膜を形成すると、ゲート絶縁膜と多結晶シリコン膜との界面にシリコンの未結合手（ダンギングボンド）のような多数の欠陥が生じ、その欠陥のためにリーク電流が高くなる。

【0014】

そこで本発明は、比較的低温下で安価に、生産性よく結晶性シリコン薄膜を形成できるプラズマ CVD 法によるシリコン薄膜の形成方法を提供することを第 1 の課題とする。

20

【0015】

また本発明は、上記第 1 の課題を解決できるとともにリーク電流が低く抑制された薄膜トランジスタ用の基板を得ることができるシリコン薄膜の形成方法を提供することを第 2 の課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0016】

本発明は前記第 1 の課題を解決するため次の第 1 のシリコン薄膜形成方法を提供する。

(1) 第 1 のシリコン薄膜形成方法

成膜室内に配置した基板上にプラズマ CVD 法により結晶性シリコン薄膜を形成するシリコン薄膜形成方法であり、

30

該基板上に結晶性シリコン薄膜を形成するに先立ち該成膜室内に水素を含む水素結合処理用ガスのプラズマを形成し、該プラズマに該基板の膜形成対象面を曝して該基板面に水素を結合させる水素結合工程と、

該水素結合工程後に前記成膜室内にシラン系ガスを含む結晶性シリコン薄膜形成用ガスのプラズマを形成し、該プラズマのもとで前記水素結合処理された基板面に結晶性シリコン薄膜を形成するシリコン薄膜形成工程と

を含むシリコン薄膜形成方法。

【0017】

本発明は前記第 2 の課題を解決するため次の第 2 のシリコン薄膜形成方法を提供する。

(2) 第 2 のシリコン薄膜形成方法

前記第 1 のシリコン薄膜形成方法において、前記基板として前記膜形成対象面が基板本体上に形成された薄膜トランジスタ用ゲート絶縁膜の面である基板を採用するシリコン薄膜形成方法。

40

【0018】

本発明に係る第 1 、第 2 のシリコン薄膜形成方法によると、基板上に結晶性シリコン薄膜を形成するに先立ち該基板の膜形成対象面に水素を結合させる水素結合工程を実施し、該基板面に水素を存在させて、その後のシリコン薄膜形成工程では容易に、且つ、結晶性シリコン薄膜と基板との界面における非晶質（アモルファス）シリコンの生成を抑制して結晶性シリコン薄膜を形成することができる。

50

【0019】

本発明に係る第1、第2のシリコン薄膜形成方法はプラズマCVD法によるシリコン薄膜形成方法であり、比較的低温下で膜形成でき、比較的低温下で膜形成できるので比較的安価な基板、例えば低融点ガラス基板（耐熱温度500以下）にも結晶性シリコン薄膜を形成でき、それだけ安価に結晶性シリコン薄膜を形成することができる。

【0020】

また、高価なレーザ照射装置によるレーザ照射や、触媒とその加熱手段といったものが要求されないので、その点でも安価に結晶性シリコン薄膜を形成することができる。

要すれば、成膜室壁に形成される膜を例えばNF₃ガスプラズマによるエッチングクリーニングにより簡単に除去することができるので、膜形成装置のメインテナンス費用をそれだけ低く抑えて安価に良質の結晶性シリコン薄膜を形成することができる。

10

【0021】

これらにより、本発明に係る第1、第2のシリコン薄膜形成方法によると、比較的低温下で安価に、生産性よく結晶性シリコン薄膜を形成できる。

【0022】

本発明に係る第2のシリコン薄膜形成方法によると、前記基板として前記膜形成対象面が基板本体上に形成された薄膜トランジスタ用ゲート絶縁膜の面である基板を採用し、結晶性シリコン薄膜を形成するに先立ち該ゲート絶縁膜面に水素を結合させる水素結合工程を実施し、該面に水素を存在させてるので、その後のシリコン薄膜形成工程では容易に、且つ、ゲート絶縁膜と結晶性シリコン薄膜との界面のシリコンの未結合手（ダングリングボンド）のような欠陥が抑制され、非晶質（アモルファス）シリコンの生成が抑制された状態で結晶性シリコン薄膜を形成でき、それだけ電子移動度が高く、リーク電流が低く抑えられた薄膜トランジスタを得るに適する薄膜トランジスタ用基板を得ることができる。

20

【0023】

第2のシリコン薄膜形成方法では、水素結合工程を実施し、該基板面に水素を存在させてるので、その後のシリコン薄膜形成工程では結晶性シリコン薄膜と基板との界面における非晶質（アモルファス）シリコンの生成が抑制される状態で結晶性シリコン薄膜が形成されるのであるが、前記ゲート絶縁膜として窒素含有ゲート絶縁膜を採用してもよく、そうすることで、最終的に得られる結晶性シリコン薄膜形成基板を薄膜トランジスタの製造に供した場合、該トランジスタにおけるオフ電流に関する特性を向上させ得る適度の非晶質（アモルファス）シリコンの生成を許しつつ結晶性シリコン薄膜を形成することができる。

30

【0024】

前記薄膜トランジスタ用ゲート絶縁膜としては、酸化シリコン（SiO₂）膜、窒素含有ゲート絶縁膜等を例示できる。

窒素含有ゲート絶縁膜としてはSiON膜、SiN_x膜を例示できる。

【0025】

いずれにしても、第2の結晶性シリコン薄膜の形成方法においては、水素結合工程における水素結合処理の時間は60秒以内であることが望ましい。60秒を超えてくると、基板面への水素結合量が多くなり、アモルファスシリコン層が薄くなりすぎるか、形成されなくなり、トランジスタにおけるオフ電流に関する特性向上を達成し難くなる。水素結合処理時間が短すぎると水素結合処理が不十分となり、アモルファスシリコン層が厚くなりすぎ、トランジスタの電子移動度が低下してくる。水素結合処理時間の下限については、用いるガス等の条件にもよるが、概ね30秒程度以上とすればよい。

40

【0026】

トランジスタにおけるオフ電流に関する特性を向上させるためのアモルファスシリコン層の厚さとしては1nm～10nm、より好ましくは1nm～5nmを例示できる。

【0027】

本発明に係る第1、第2の結晶性シリコン薄膜の形成方法のいずれについても以下のことが言える。

50

まず、前記結晶性シリコン薄膜としては、代表例として多結晶シリコン薄膜を挙げることができる。

【0028】

前記水素結合工程において用いる水素結合処理用ガスとしては、水素ガス、水素ガスと不活性ガス (Arガス等)との混合ガス、水素ガスとシラン系ガス [例えばモノシラン (SiH₄)ガス]と不活性ガスとの混合ガスなどを例示できる。

【0029】

水素結合処理用ガスとして水素ガスのほかSiH₄ガス等のシラン系ガスを含むガスを採用する場合には、該シラン系ガスの水素結合処理用ガス中に占める量を、その後のシリコン薄膜形成工程において結晶性シリコンが成長するための核を形成することができる程度の量とすることができます。しかし、いずれにしても、シラン系ガスを含むガスを採用する場合には、シラン系ガス量は基板上にシリコン膜が形成されない程度の量とする。

10

【0030】

シリコン薄膜形成工程は、水素結合工程の後、成膜室内を一旦排気処理してから開始してもよいが、そうすることなく水素結合工程にひき続いて成膜室内へシラン系ガスを含む結晶性シリコン膜形成用のガスを導入して実施してもよい。

シリコン薄膜形成工程で用いるシラン系ガスを含む結晶性シリコン膜形成用のガスとしては、例えばシラン系ガス、シラン系ガスと水素ガスの混合ガスを挙げることができるが、いずれにしても、結晶性シリコン膜形成用のガスに占めるシラン系ガスの量を結晶性シリコン薄膜を形成できる量とする。

20

水素結合工程で用いてもよいシラン系ガスとして、また、シリコン薄膜形成工程で用いるシラン系ガスには、モノシラン (SiH₄)ガス、ジシラン (Si₂H₆)ガス等を採用できるが、代表例としてSiH₄ガスを挙げることができる。

【0031】

前記水素結合工程はプラズマポテンシャル30V以下で実施することが好ましい。水素結合工程におけるプラズマポテンシャルはイオンエネルギーに関係しており、30Vを超えてくると、イオン衝撃によりシリコンの結晶成長が困難になってくる。プラズマポテンシャルの下限については、プラズマ維持の上で概ね10V程度以上を例示できる。

【0032】

前記水素結合工程は前記水素結合処理用ガスプラズマにおける電子密度を1×10¹⁰個/cm³以上として実施することが望ましい。

30

水素結合工程におけるプラズマの電子密度は被成膜基板の膜形成対象面における水素結合量に関係しており、電子密度が1×10¹⁰個/cm³より小さくなってくると、シリコンの結晶成長が困難になってくる。

【0033】

該電子密度の上限については、基板や形成される膜のイオンによるダメージを抑制するうえで、また、一般的に言ってそれ以上電子密度を高くすることは、それ自体困難となってくることから、概ね1×10¹²個/cm³程度以下を例示できる。

【0034】

前記水素結合工程は前記水素結合処理用ガスプラズマの電子温度を2.5eV以下として実施することが好ましい。

40

水素結合工程におけるプラズマの電子温度はプラズマ中に生成される水素イオン数に関係しており、電子温度が2.5eVを超えてくると、水素イオン量が過剰になってきて、その後形成されるシリコン膜と被成膜基板との界面に於けるダメージが増し、シリコン膜の結晶性が悪くなる。電子温度の下限については、プラズマを維持するうえで概ね1eV程度以上を例示できる。

【0035】

水素結合工程において、

前記プラズマポテンシャルは例えば成膜内ガス圧力を調整することで制御可能である。

50

前記プラズマにおける電子密度は例えばプラズマ生成のために投入する電力の大きさを

調整することで制御可能である。

前記プラズマの電子温度は例えば該圧力及び電力の大きさを調整することで制御可能である。

【0036】

これら調整可能な要素の中で、成膜室内のガス圧については水素結合処理を可能にする範囲になければならず、概ね $1 \text{ mTorr} \sim 10 \text{ mTorr}$ (約 $0.13 \text{ Pa} \sim 1.33 \text{ Pa}$) 程度を例示できる。

10 mTorr (約 1.33 Pa) を超えてくると水素イオンが水素イオンを含むプラズマ中の他の粒子に衝突して基板へ到達し難くなってくる。 1 mTorr (約 0.13 Pa) より低くなになると、プラズマの維持が困難になってくる。

10

【0037】

前記シリコン薄膜形成工程においては、成膜室内のガス圧を結晶性シリコン薄膜の形成を可能にする範囲とすればよく、概ね $0.13 \text{ Pa} \sim 6.65 \text{ Pa}$ 程度を例示できる。

6.65 Pa を超えてくると、プラズマ密度の低下によりシリコンの結晶性が低下する。

0.13 Pa より低くなになると、プラズマの維持が困難になってくる。

シリコン薄膜形成工程における成膜室内のガス圧は前記水素結合工程における成膜室内ガス圧と同程度でもよい。

【0038】

水素結合工程、シリコン薄膜形成工程におけるガスプラズマの形成は、平行平板型電極を成膜室内に設置して該電極に高周波電力を印加する、誘導結合型アンテナを成膜室の内又は外に配置して該アンテナに高周波電力を印加する等の各種方法で形成できるが、投入電力を効率よく利用して、比較的大きい面積の基板にも膜形成できる点から、前記水素結合工程及び前記シリコン薄膜形成工程におけるプラズマは前記成膜室内に設置した誘導結合型アンテナに高周波電力を印加して形成してもよい。

20

【発明の効果】

【0039】

以上説明したように本発明によると、比較的低温下で安価に、生産性よく結晶性シリコン薄膜を形成できるプラズマ CVD 法によるシリコン薄膜の形成方法を提供することができる。

30

【0040】

また本発明によると、かかる利点を有するシリコン薄膜の形成方法であって、リーク電流が低く抑制された薄膜トランジスタ用の基板を得ることができるシリコン薄膜の形成方法を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0041】

以下本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

図 1 は本発明に係る結晶性シリコン薄膜 (本例では多結晶シリコン薄膜) の形成に使用できる薄膜形成装置の 1 例の構成の概略を示している。

40

【0042】

図 1 の薄膜形成装置は、成膜室 1 を備えており、成膜室 1 内の下部には被成膜基板 S を保持するホルダ 2 が設置されている。ホルダ 2 にはこれに保持される基板 S を加熱できるヒータ 21 が内蔵されている。

【0043】

成膜室 1 内上部の、ホルダ 2 に対向する領域に誘導結合型アンテナ 3 が配置されている。アンテナ 3 は倒立門形状のもので、その両端部 31、32 は成膜室 1 の天井壁 11 に設けた絶縁性部材 111 を貫通して成膜室外まで延びている。

【0044】

成膜室外まで出たアンテナ端部 31 にはマッチングボックス 41 を介して出力可変の高周波電源 4 が接続されている。他方のアンテナ端部 32 は接地されている。それには限定

50

されないが、ここでの電源4の高周波電力周波数は13.56MHzである。

【0045】

また、成膜室1には排気量調整弁（本例ではコンダクタンスバルブ）51を介して排気ポンプ5が接続されている。さらに、ガス導入管61を介して水素ガス供給部6が、ガス導入管71を介してモノシラン（SiH₄）ガス供給部7がそれぞれ接続されている。ガス供給部6、7のそれぞれには成膜室内へのガス導入量を調整するためのマスフローコントローラやガス源等が含まれている。

【0046】

ホルダ2は成膜室1を介して接地電位とされる。

【0047】

また、成膜室1に対しラングミュアプローブ利用のプラズマ診断装置10及び圧力計100が設けられている。プラズマ診断装置10は成膜室1内へ挿入されたラングミュアプローブ10aを含んでおり、該プローブで得られるプラズマ情報に基づいてプラズマポテンシャル、プラズマ中の電子密度及びプラズマの電子温度を求めることができる。成膜室内圧力は圧力計100で計測できる。

【0048】

以上説明した薄膜形成装置によると、例えば次のようにして基板S上に多結晶シリコン薄膜を形成できる。多結晶シリコン薄膜形成にあたっては基板Sの膜形成対象面に水素結合させる水素結合工程を実施、ひき続き水素結合処理された基板面に多結晶シリコン薄膜を形成するシリコン薄膜形成工程を実施する。これら工程について以下述べる。

【0049】

<水素結合工程>

成膜室1内のホルダ2上に被成膜基板Sを保持させ、必要に応じヒータ21で該基板を加熱し、排気ポンプ5を運転して成膜室内圧力を水素結合処理時の圧力より低い圧力まで排気する。次いで、成膜室1内へガス供給部6から水素ガスを、ガス供給部7からSiH₄ガスを所定の割合で導入し、コンダクタンスバルブ51にて成膜室内圧力を水素結合処理時圧力に調整しつつ出力可変高周波電源4からマッチングボックス41を介してアンテナ3へ高周波電力を供給する。

【0050】

すると、該アンテナから成膜室内の水素ガスを含む水素結合処理用ガスに高周波電力が印加され、それにより該ガスが高周波励起されて誘導結合プラズマが発生し、該プラズマ照射により基板Sの膜形成対象面に水素が結合する。

【0051】

この水素結合処理においては、基板温度を150～400の範囲から、成膜室内圧を1mTorr～10mTorr（約0.13Pa～1.33Pa）の範囲から、成膜1内へ導入するガスの導入流量の割合を（水素ガス量[sccm] / SiH₄ガス量[sccm]）を1～500の範囲から、成膜室内的高周波電力密度を5mW/cm³～50mW/cm³の範囲からそれぞれ選択決定し、さらに、水素結合処理時のプラズマポテンシャルを30V以下10V以上に、プラズマ中の電子密度を1×10¹⁰個/cm³以上1×10¹²個/cm³以下の範囲に、プラズマの電子温度を2.5eV以下1eV以上にそれぞれ維持して、30秒以上で、上限については例えば60秒以下で水素結合処理を実施する。

【0052】

<シリコン薄膜形成工程>

このようにして水素結合処理を終了すると、ひき続き成膜室1内へガス供給部6、7から水素ガス及びSiH₄ガスを導入し、且つ、それらガスの導入量の割合（水素ガス量[sccm] / SiH₄ガス量[sccm]）を1～100の範囲から選択して（但し、水素結合処理時よりもSiH₄ガスの導入量は多くして）水素結合処理された基板面に多結晶シリコン膜を形成する。

水素ガス及びSiH₄ガスの導入量の割合についてさらに言えば、（水素ガス量[sccm]

10

20

30

40

50

c m] / SiH₄ ガス量 [sccm]) の数値それ自体は水素結合処理時と同じでもよいが、SiH₄ ガスの導入量は水素結合処理時よりも多くする。

【0053】

シリコン薄膜形成工程における基板温度、成膜室内圧力、成膜室内の高周波電力密度の範囲は本例では水素結合工程時のそれらと同程度の範囲から選択する。また、シリコン薄膜形成工程においては、プラズマポテンシャルを50V以下10V以上に、プラズマ中の電子密度を 1×10^9 個 / cm³ 以上 1×10^{12} 個 / cm³ 以下の範囲に、プラズマの電子温を5eV以下1eV以上にそれぞれ維持する。

【0054】

このように基板Sに対し水素結合処理を行ったうえで結晶シリコン薄膜形成工程を実施することで、シリコン薄膜形成工程では容易に、且つ、シリコン薄膜と基板との界面における欠陥を抑制し、非晶質(アモルファス)シリコンの生成を抑制して結晶性シリコン薄膜を形成することができる。

【0055】

また、プラズマCVD法によるシリコン薄膜形成方法であり、比較的低温下で膜形成でき、比較的低温下で膜形成できるので比較的安価な基板、例えば低融点ガラス基板(耐熱温度500以下)にも結晶性シリコン薄膜を形成でき、それだけ安価に結晶性シリコン薄膜を形成することができる。

【0056】

また、高価なレーザ照射装置によるレーザ照射や、触媒とその加熱手段といったものが要求されないので、その点でも安価に結晶性シリコン薄膜を形成することができる。

要すれば、成膜室壁に形成される膜を例えばNF₃ガスプラズマによるエッチングクリーニングにより簡易に除去することができるので、膜形成装置のメインテナンス費用をそれだけ低く抑えて安価に良質の結晶性シリコン薄膜を形成することができる。

これらにより、比較的低温下で安価に、生産性よく結晶性シリコン薄膜を形成できる。

【0057】

次に図1の装置による多結晶シリコン薄膜の形成、換言すれば図1の装置による多結晶シリコン薄膜を有する基板の提供についての実施例を比較実施例とともに示す。

【0058】

<実施例1>

基板：酸化シリコン(SiO₂)膜を形成した無アルカリガラス基板(耐熱温度450以下)

a) 水素結合工程：

基板温度：400

成膜室内圧：5mTorr (0.67Pa)

成膜室へのガス導入量：H₂ [sccm] / SiH₄ [sccm]
= 150 [sccm] / 1 [sccm]

成膜室内高周波電力密度：20mW / cm³

プラズマポテンシャル：25V

電子密度： 3×10^{10} 個 / cm³

電子温度：2.4eV

処理時間：30秒

【0059】

b) シリコン薄膜形成工程

基板温度、成膜室内圧及び成膜室内高周波電力密度は水素結合工程時と同じとした。

成膜室へのガス導入量：H₂ [sccm] / SiH₄ [sccm]
= 150 [sccm] / 20 [sccm]

プラズマポテンシャル：25V

電子密度： 5×10^{10} 個 / cm³

10

20

30

40

50

電子温度：2.0 eV

【0060】

<比較実施例1>

基板は実験例1と同じである。

水素結合工程は実施しなかった。

【0061】

シリコン薄膜形成工程

基板温度、成膜室内圧及び成膜室内高周波電力密度は実施例1と同じとした。

成膜室へのガス導入量： H_2 [sccm] / SiH_4 [sccm]

= 150 [sccm] / 20 [sccm]

10

プラズマポテンシャル：60 V

電子密度： 8×10^9 個 / cm^3

電子温度：2.8 eV

【0062】

実施例1、比較実施例1のそれぞれで形成された結晶性シリコン薄膜についてHe-N_eレーザによるレーザラマン分光分析を行った。

20

図2のラインAに示すように、実施例1の膜ではラマンシフト $520^{-1} cm$ 付近にシャープなスペクトルが出現する一方、ラマンシフト $480^{-1} cm$ 付近に現れる非晶質シリコンのラマン信号（スペクトル強度）が小さく、全体として該膜が高い結晶性を有していることがわかる。

【0063】

図2のラインBに示すように、比較実施例1の膜ではラマンシフト $520^{-1} cm$ 付近に出現するスペクトルは実施例1の膜と比べると幅が広く、ラマンシフト $480^{-1} cm$ 付近に現れる非晶質シリコンのラマン信号（スペクトル強度）が実施例1の膜より大きく、全体として該膜はアモルファスシリコンが多く、結晶化の程度が実施例1の膜より低いことがわかる。

【0064】

<実施例2>

基板：薄膜トランジスタ用ゲート絶縁膜として窒素含有ゲート絶縁膜（本例では窒化シリコン（SiN）膜）を有する無アルカリガラス基板（耐熱温度450以下）

30

a) 水素結合工程

基板温度：300

成膜室内圧： $5 mTorr$ (0.67 Pa)

成膜室へのガス導入量： H_2 [sccm] / SiH_4 [sccm]

= 150 [sccm] / 1 [sccm]

成膜室内高周波電力密度： $20 mW / cm^3$

プラズマポテンシャル：25 V

電子密度： 2×10^{10} 個 / cm^3

電子温度：2.4 eV

処理時間：30秒

40

【0065】

b) シリコン薄膜形成工程

基板温度、成膜室内圧及び成膜室内高周波電力密度は水素結合工程時と同じとした。

成膜室へのガス導入量： H_2 [sccm] / SiH_4 [sccm]

= 150 [sccm] / 20 [sccm]

プラズマポテンシャル：25 V

電子密度： 5×10^{10} 個 / cm^3

電子温度：2.0 eV

【0066】

図3(A)は実施例2で得られたゲート絶縁膜(SiN)上のアモルファスシリコン(

50

a - Si) 層及び多結晶シリコン (p - Si) 膜の断面を透過型電子顕微鏡 (TEM) で観察した状態を模式的に示す図であり、図3 (B) は実施例1で得られたゲート絶縁膜 (SiO₂) 上の多結晶シリコン膜 (p - Si) の断面を透過型電子顕微鏡 (TEM) で観察した状態を模式的に示す図である。

【0067】

実施例2で得られたゲート絶縁膜 (SiN) 上のアモルファスシリコン (a - Si) 層の厚さは5 nm ~ 7 nm 程度であり、多結晶シリコン (p - Si) 膜の平均的厚さは50 nm 程度である。

実施例1で得られたゲート絶縁膜 (SiO₂) 上の多結晶シリコン (p - Si) 膜の平均的厚さは50 nm 程度である。

10

【0068】

実施例2で形成された結晶性シリコン薄膜についてHe - Neレーザによるレーザラマン分光分析を行ったところ、実施例1の膜と同様に全体として高い結晶性を有していることがわかった。

【0069】

実施例2、実施例1のそれぞれにより提供されるゲート絶縁膜上に結晶性シリコン薄膜を有する基板を用いて薄膜トランジスタを形成し、各薄膜トランジスタについて電子移動度及びオフ電流を測定したところ、以下の結果を得た。

	電子移動度	オフ電流
--	-------	------

20

実施例2の基板によるもの : 5 cm² / V · sec. 1 × 10⁻¹² A

実施例1の基板によるもの : 5 cm² / V · sec. 1 × 10⁻¹⁰ A

【0070】

このように、実施例2、1によるいずれの結晶性シリコン薄膜の形成によっても、半導体層として非晶質シリコン膜を用いた薄膜トランジスタと比べると電子移動度が一桁高い薄膜トランジスタを得ることができる基板を提供することができる。

【0071】

また、基板として窒素を含有するゲート絶縁膜を有する基板を採用した実施例2では、窒素を含有しないゲート絶縁膜を有する基板を採用した実施例1と比べると、オフ電流が二桁小さく、リーク電流が抑制された薄膜トランジスタを得ることができる基板を提供することができる。

30

【産業上の利用可能性】

【0072】

本発明は、被成膜基板上にTFT (薄膜トランジスタ) スイッチの材料として、或いは各種集積回路、太陽電池等の作製に半導体膜として利用できる多結晶シリコン薄膜を形成することに利用できる。

【図面の簡単な説明】

【0073】

【図1】多結晶シリコン薄膜の形成に用いることができる薄膜形成装置の1例を示す図である。

【図2】実施例1、比較実施例1により形成されるシリコン膜のレーザラマン分光分析結果を示す図である。

40

【図3】図3 (A) は実施例2で得られたゲート絶縁膜上のアモルファスシリコン層及び多結晶シリコン膜の断面の模式図であり、図3 (B) は実施例1で得られたゲート絶縁膜上の多結晶シリコン膜の断面の模式図である。

【符号の説明】

【0074】

1 成膜室

1 1 成膜室1の天井壁

1 1 1 天井壁1 1に設けた電気絶縁性部材

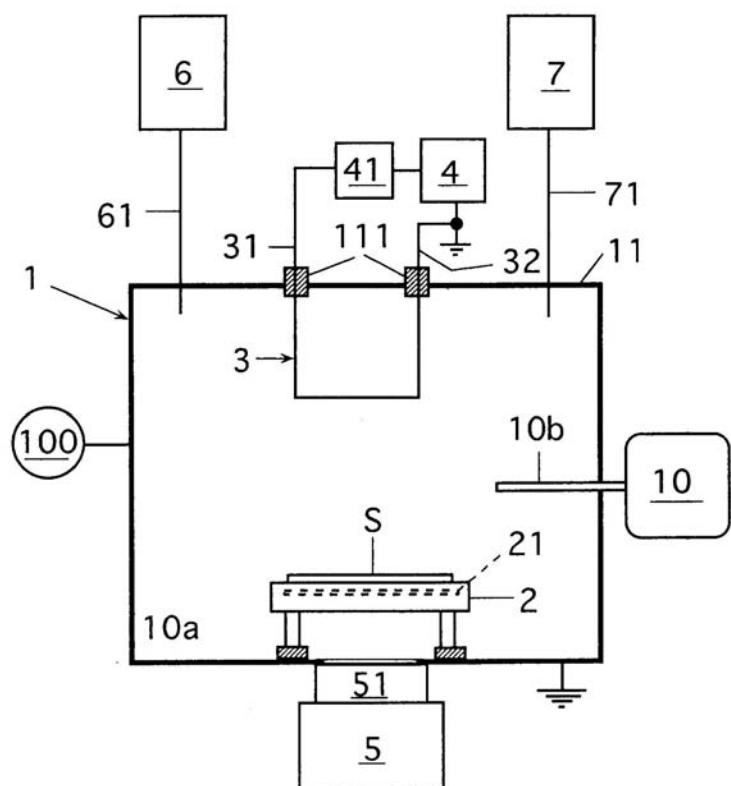
2 基板ホルダ

50

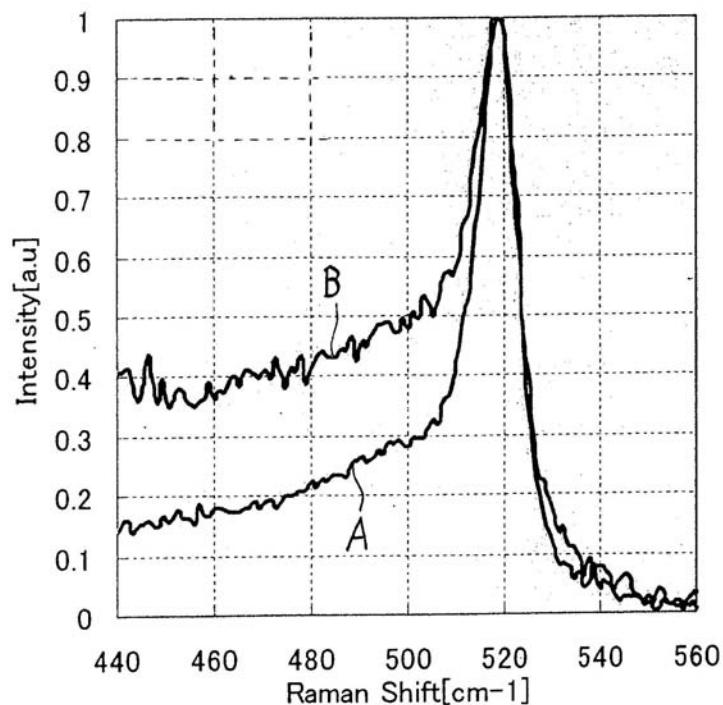
2 1 ヒータ
 3 誘導結合型アンテナ
 3 1、3 2 アンテナ 3 の端部
 4 高周波電源
 4 1 マッゲボックス
 5 排気ポンプ
 5 1 コンダクタンスバルブ
 6 水素ガス供給部
 7 モノシランガス供給部
 1 0 プラズマ診断装置
 1 0 a ラングミューアプローブ
 1 0 b プラズマ診断部
 1 0 0 圧力計

10

【図1】

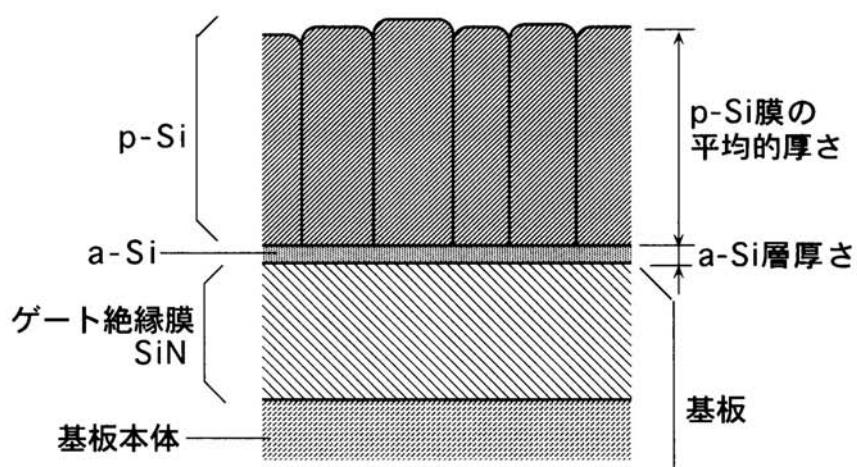


【図2】



【図3】

(A)



(B)

