

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第3部門第4区分
 【発行日】令和6年1月25日(2024.1.25)

【国際公開番号】WO2020/081397
 【公表番号】特表2022-505321(P2022-505321A)
 【公表日】令和4年1月14日(2022.1.14)
 【年通号数】公開公報(特許)2022-006
 【出願番号】特願2021-521294(P2021-521294)
 【国際特許分類】

10

C 2 3 C 16/42(2006.01)
 C 2 3 C 16/455(2006.01)
 H 0 1 L 21/318(2006.01)
 H 0 1 L 21/31(2006.01)

【F I】

C 2 3 C 16/42
 C 2 3 C 16/455
 H 0 1 L 21/318 B
 H 0 1 L 21/31 C

20

【誤訳訂正書】

【提出日】令和6年1月17日(2024.1.17)

【誤訳訂正1】

【訂正対象書類名】特許請求の範囲

【訂正対象項目名】全文

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

スタック上に窒化ケイ素層を堆積する方法であって、複数のサイクルを含む原子層堆積を行うことを含み、各サイクルは、

30

ハロゲン化ケイ素含有前駆体ガスを供給することによって、ケイ素前駆体堆積を形成するハロゲン化ケイ素含有前駆体をスタックに投与することと、
 前記ハロゲン化ケイ素含有前駆体の前記スタックへの投与の後、N₂プラズマ変換を行って、前記ケイ素前駆体堆積を窒化ケイ素堆積に変換することと、

前記N₂プラズマ変換を行った後、H₂プラズマ変換を行って、前記窒化ケイ素堆積の水素化された表面を形成することであって、その後のサイクルにおける前記ハロゲン化ケイ素含有前駆体の前記スタックへの投与において前記水素化された表面にケイ素前駆体が堆積される、前記窒化ケイ素堆積の水素化された表面の形成と、を含む、方法。

【請求項2】

40

請求項1に記載の方法であって、前記スタックへの前記ハロゲン化ケイ素含有前駆体の投与過程で、前記スタックは200 ~ 400 の範囲の温度に維持される、方法。

【請求項3】

請求項1に記載の方法であって、前記スタックへの前記ハロゲン化ケイ素含有前駆体の投与はプラズマレスである、方法。

【請求項4】

請求項1に記載の方法であって、各サイクルはNH₃フリーである、方法。

【請求項5】

請求項1に記載の方法であって、前記N₂プラズマ変換を行うことは、水素を含まないN₂ガスを流すことと、

50

前記 N_2 ガスを水素を含まない N_2 プラズマに変換することと、
 前記スタックを前記 N_2 プラズマに暴露させることと、
 前記 N_2 ガスを流すことを停止することと

を含む、方法。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の方法であって、前記 H_2 プラズマ変換を行うことは、
 H_2 ガスを流すことと、
 前記 H_2 ガスを H_2 プラズマに変換することと、
 前記スタックを前記 H_2 プラズマに暴露させることと、
 前記 H_2 ガスを流すことを停止することと

10

を含む、方法。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の方法であって、前記ハロゲン化ケイ素含有前駆体はヨウ化ケイ素である、方法。

【請求項 8】

請求項 1 に記載の方法であって、前記ハロゲン化ケイ素含有前駆体は、塩化ケイ素または臭化ケイ素である、方法。

【請求項 9】

請求項 1 に記載の方法であって、前記 H_2 プラズマ変換を行った後、かつ前記スタックへの前記ハロゲン化ケイ素含有前駆体の投与の前に前記 H_2 プラズマ変換によって形成された H_2 プラズマをパージすることをさらに含む、方法。

20

【請求項 10】

請求項 1 に記載の方法であって、前記スタックへの前記ハロゲン化ケイ素含有前駆体の投与の後、かつ前記 N_2 プラズマ変換を行う前に前記ハロゲン化ケイ素含有前駆体ガスをパージすることをさらに含む、方法。

【請求項 11】

窒化ケイ素原子層堆積をスタック上に堆積させる装置であって、
 処理チャンバと、
 前記処理チャンバ内に基板支持体と、
 前記処理チャンバの中にガスを供給するためのガス入口と、
 前記ガスを前記ガス入口に供給するためのガス源であって、
 ケイ素含有前駆体源、
 N_2 ガス源、および
 H_2 ガス源

30

を含む、ガス源と、

前記処理チャンバからガスをポンプで送るための排出ポンプと、

前記処理チャンバに RF 電力を供給するための電極と、

前記電極に電力を供給するための少なくとも 1 つの電源と、

前記ガス源および前記少なくとも 1 つの電源に制御可能に接続されたコントローラと、

を含み、

40

前記コントローラは、

少なくとも 1 つのプロセッサ、および

コンピュータ可読媒体を含み、

前記コンピュータ可読媒体は、複数のサイクルを行うことによってスタック上に原子層堆積で窒化ケイ素層を堆積させるためのコンピュータコードを含み、

前記複数のサイクルの各サイクルは、

前記ケイ素含有前駆体源からハロゲン化ケイ素含有前駆体ガスを供給することによって、ケイ素前駆体堆積を形成するハロゲン化ケイ素含有前駆体を含むスタックに投与することと、

前記スタックへの前記ハロゲン化ケイ素含有前駆体の投与の後、 N_2 プラズマ変換を

50

行って、前記ケイ素前駆体堆積を窒化ケイ素堆積に変換することと、

前記 N_2 プラズマ変換を行った後、 H_2 プラズマ変換を行って、前記窒化ケイ素堆積の水素化された表面を形成することとを含み、

その後のサイクルにおける前記ハロゲン化ケイ素含有前駆体の前記スタックへの投与において前記水素化された表面にケイ素前駆体が堆積される、装置。

【請求項 1 2】

請求項 1 1 に記載の装置であって、前記基板支持体を加熱するヒータをさらに含む、装置。

【請求項 1 3】

請求項 1 2 に記載の装置であって、前記コンピュータ可読媒体は、前記基板支持体を 200 ~ 400 の範囲の温度に加熱するためのコンピュータコードをさらに含む、装置。

【請求項 1 4】

請求項 1 1 に記載の装置であって、前記ガス源は NH_3 フリーである、装置。

【請求項 1 5】

請求項 1 1 に記載の装置であって、前記 N_2 プラズマ変換を行うことは、

水素を含まない N_2 ガスを流すことと、

前記 N_2 ガスを水素を含まない N_2 プラズマに変換することと、

前記スタックを前記 N_2 プラズマに暴露させることと、

前記 N_2 ガスを流すことを停止することと

を含む、装置。

【請求項 1 6】

請求項 1 5 に記載の装置であって、前記 H_2 プラズマ変換を行うことは、

H_2 ガスを流すことと、

前記 H_2 ガスを H_2 プラズマに変換することと、

前記スタックを前記 H_2 プラズマに暴露させることと、

前記 H_2 ガスを流すことを停止することと

を含む、装置。

【請求項 1 7】

請求項 1 1 に記載の装置であって、前記複数のサイクルの各々のサイクルは、

前記スタックへの前記ハロゲン化ケイ素含有前駆体の投与の後、かつ前記 N_2 プラズマ変換を行う前に前記ハロゲン化ケイ素含有前駆体ガスをパージすることと、

前記 H_2 プラズマ変換を行った後、かつ前記スタックへの前記ハロゲン化ケイ素含有前駆体の投与の前に H_2 プラズマをパージすることと

を含む、装置。

【誤訳訂正 2】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】全文

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

本出願は、2018年10月19日に提出された米国出願第62/748,085号の優先権の利益を主張するものであり、同文献を参照してあらゆる目的のために本願に援用する。

【背景技術】

【0002】

10

20

30

40

50

本開示は、窒化ケイ素膜を堆積させる方法に関する。さらに詳細には、本開示は、原子層堆積を利用する窒化ケイ素膜の堆積に関する。

【発明の概要】

【0003】

上記を達成するため、かつ本開示の目的に従い、スタック上に窒化ケイ素層を堆積させる方法を提供する。本方法は、複数のサイクルを含む原子層堆積を行うことを含み、各サイクルは、ケイ素含有前駆体ガスを供給することによってケイ素含有前駆体をスタックに投与することと、 N_2 プラズマ変換を行うことと、 H_2 プラズマ変換を行うこととを含む。

【0004】

別の面では、窒化ケイ素の原子層堆積をスタック上に堆積させる装置を提供する。処理チャンバを用意する。処理チャンバ内には基板支持体がある。ガス入口がガスを処理チャンバの中に供給する。ガス源がガスをガス入口に供給し、ガス源は、ケイ素含有前駆体源、 N_2 ガス源、および H_2 ガス源を含む。処理チャンバからガスをポンプで送るために排出ポンプを設ける。電極がRF電力を処理チャンバに供給する。少なくとも1つの電源が電極に電力を供給する。ガス源および少なくとも1つの電源にコントローラを制御可能に接続する。コントローラは、少なくとも1つのプロセッサおよびコンピュータ可読媒体を含む。コンピュータ可読媒体は、複数のサイクルを行って原子層堆積によって窒化ケイ素層をスタック上に堆積させるためのコンピュータコードを含み、複数のサイクルの各サイクルは、ケイ素含有前駆体源からケイ素含有前駆体ガスを供給することによってケイ素含有前駆体をスタックに投与することと、 N_2 プラズマ変換を行うことと、 H_2 プラズマ変換を行うこととを含む。

【0005】

本開示のこれらの特徴およびその他の特徴を、本開示の詳細な説明に以下の図面を併せて以下にさらに詳細に説明する。

【0006】

本開示は、例として非限定的に添付の図面の図に示されており、図面では同様の符号はほぼ同じ要素を指す。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】一実施形態の高度なフローチャートである。

30

【0008】

【図2A】一実施形態に従って処理されたスタックの概略断面図である。

【図2B】一実施形態に従って処理されたスタックの概略断面図である。

【0009】

【図3】一実施形態で使用してよい処理チャンバの概略図である。

【0010】

【図4】一実施形態を実施する際に使用してよいコンピュータシステムの概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

次に、添付の図面に示したように、本開示のいくつかの例示的な実施形態を引用して本開示を詳細に説明する。以下の説明では、本開示を完全に理解してもらうために多数の具体的な詳細を記載している。しかしながら、本開示がこれらの具体的な詳細の一部または全部がなくとも実施し得ることは当業者には自明であろう。他の場合では、本開示を無駄に不明瞭にしないために、公知の処理工程および/または構造は詳細に説明していない。

40

【0012】

窒化ケイ素(SiN)膜を150 ~ 450 で堆積させるコンフォーマルプラズマ強化原子層堆積(PEALD)は、低ウェットエッチング速度(WER)の目標と同時に高い成長速度を達成するという課題に直面している。ハロゲン化物系のケイ素前駆体は、この温度範囲で100%のコンフォーマル性を達成できることが知られている唯一の原子層堆積(ALD) SiN ケイ素前駆体であるため、低WERと高成長率を同時に実現する膜

50

には、通常、窒化物変換プラズマ中に窒素 (N_2) とアンモニア (NH_3) をいくらか組み合わせる必要がある。 N_2 プラズマは低 W E R につながり、 NH_3 プラズマは高成長率およびコンフォーマル性につながる。残念ながら、 NH_3 を使用すると、望ましくない副作用が生じる。 NH_3 の高い反応性は、 NH_3 が残留しているハロゲン化物系ケイ素前駆体と反応したときに上流に粒子生成および金属腐食を引き起こす可能性がある。これらの反応は、過剰な粒子生成、および金属製のチャンバ構成要素を攻撃するおそれのある揮発性のハロゲン化物系酸副産物の遊離を引き起こす。変換プラズマから NH_3 を除去すると、低成長率 (< 0.3 / サイクル) になり、完全にコンフォーマルな膜を得るには、適切なタイミングで長い無線周波数 (R F) が必要になる (> 8 秒)。この両方の作用が極めて低いスループット (t p t) をもたらし、それによって膜は商業的に魅力的なものになる。

10

【 0 0 1 3 】

現在の低 W E R、高成長率のコンフォーマル A L D S i N プロセスでは、通常、 N_2 と NH_3 のプラズマの組み合わせを使用して S i - X (X = ハロゲン化物または水素原子) リガンドを - S i - N - 結合に変換する。 NH_3 に関わる問題は、粒子生成率が高く、チャンバ腐食率が高いことである。カプセル化を適用する場合、 NH_3 - プラズマは、感応しやすいカルコゲニド材料の上に堆積されたときに高い元素損失を促進することが知られている。さらに、 NH_3 プラズマは一般に、希フッ化水素酸 (d H F) 中で高 W E R をもたらす大量の NH_x 部分の取り込みを促進する。

【 実施例 】

20

【 0 0 1 4 】

理解しやすくするため、図 1 は、一実施形態の高度なフローチャートである。スタックを用意する (工程 1 0 4) 。図 2 A は、一実施形態でのスタック 2 0 0 の概略断面図である。スタック 2 0 0 は、基板 2 0 4 を含んでいてよく、基板 2 0 4 の上には構造体 2 0 8 が形成されている。この例では、スタック 2 0 0 は、相変化ランダムアクセスメモリ (P R A M) を形成する。

【 0 0 1 5 】

S i N A L D プロセスによってスタック 2 0 0 の上に S i N 層を堆積させる (工程 1 0 8) 。この実施形態では、 S i N A L D プロセスは、 S i N P E A L D プロセスである。 S i N 層は、 P R A M をカプセル化するために使用される。この実施形態では、 A L D プロセスは、複数のサイクルを含む。各サイクルには、ケイ素含有前駆体ガスをスタックに投与する工程がある (工程 1 1 2) 。この例では、スタックへの投与は、スタックを約 4 0 0 の温度まで加熱することを含む。この例では、ケイ素含有前駆体のケースは、ジヨードシラン ($H_2S i I_2$) の蒸気である。約 0 . 5 ~ 1 . 5 秒で投与は完了し、ケイ素含有前駆体ガスの流れは停止する。この実施形態では、スタックへの投与 (工程 1 1 2) は、プラズマレスまたはプラズマフリーのプロセスである。プラズマフリーへの投与により、 S i 含有種の吸着を確実に自己制御にすることによってプラズマを使用するプロセスよりもコンフォーマルで飽和した半反応を可能にする。

30

【 0 0 1 6 】

投与 (工程 1 1 2) が完了し、ケイ素含有前駆体ガスの流れが停止した後、第 1 のパージを行って (工程 1 1 6) ケイ素含有前駆体ガスをパージする。この例では、第 1 のパージ (工程 1 1 6) は、第 1 のパージガスを流すことを含む。この例では、第 1 のパージガスは N_2 である。この例では、第 1 のパージは、プラズマレスまたはプラズマフリーのプロセスである。このプロセスは、ケイ素含有プラズマを形成するのを防止するためにプラズマフリーである。約 0 . 2 5 秒後、第 1 のパージ (工程 1 1 6) は停止する。

40

【 0 0 1 7 】

第 1 のパージ (工程 1 1 6) が完了した後、 N_2 プラズマ変換を行う (工程 1 2 0) 。この例では、第 1 のパージ (工程 1 1 6) 中の N_2 の流れは継続するが、 N_2 プラズマ変換はプラズマをもたらし。この例では、 N_2 ガスを N_2 プラズマに変換するのに十分な R F 電力が提供される。バイアスは適用されない。スタックは、窒化ケイ素変換を行うため

50

に N_2 プラズマに暴露される。水素なし変換を用いることによって、膜の NH_x 結合が極めて少なくなり、それによって希釈 HF 酸中で低 WER になる。 N_2 プラズマ変換は、3 ~ 5 秒間行われる。 N_2 プラズマ変換 (工程 120) が完了した後、 N_2 の流れは停止する。

【0018】

この例では、 N_2 プラズマ変換 (工程 120) が完了し、 N_2 ガスの流れが停止した後、任意選択の第 2 のパージを行ってよい (工程 124)。この例では、Ar の第 2 のパージガスを供給してよい。この例では、RF 電力は、プラズマを維持するために継続される。

【0019】

第 2 のパージが完了した後 (工程 124)、水素 (H_2) プラズマ変換を行う (工程 128)。この例では、 H_2 ガスが流される。 H_2 ガスは、 H_2 プラズマに変換される。この実施形態では、 H_2 プラズマ変換 (工程 128) 中に提供される RF 電力は、 N_2 プラズマ変換 (工程 120) 中に提供される RF 電力よりも高い。バイアスは適用されない。スタックは、表面を水素化し、進入してくるハロゲン化物分子に表面をより反応させるために H_2 プラズマに暴露される。 H_2 プラズマ変換は 1 ~ 2 秒間行われる。 H_2 プラズマ変換 (工程 128) が完了した後、 H_2 の流れは停止する。

【0020】

この例では、 H_2 プラズマ変換 (工程 128) が完了し、 H_2 ガスの流れが停止した後、第 3 のパージを行う (工程 132)。この例では、 N_2 の第 3 のパージガスを供給する。この例では、プラズマを消失させるために RF 電力を停止する。この例では、第 3 のパージは、約 0.25 ~ 0.75 秒間行われる。第 3 のパージが完了した後、第 3 のパージガスの流れは停止し、サイクルは完了する。サイクルは、再び Si 投与 (工程 112) に戻り、プロセスは複数サイクルにわたって実施される。

【0021】

図 2B は、SiN ALD プロセス (工程 108) によって SiN 層 212 がスタック上にコンフォーマルに堆積された後のスタック 200 の概略断面図である。PEALD プロセスは、高度にコンフォーマルな SiN 層 212 を実現する。

【0022】

出来上がる SiN 層 212 は、高いスループットで形成され得る。様々な実施形態では、プロセスから NH_3 を排除し、依然としてコンフォーマルな ALD SiN 膜を有し、 NH_3 プラズマと同じくらい高成長率で、 N_2 プラズマと同じくらい低 WER で、低粒子で、かつ上流に金属腐食がない。これは、最初の N_2 プラズマ工程の後に H_2 プラズマ工程を挿入することによって行われる。これは単にプラズマ中の N_2 と H_2 との混合ではなく、流れ、圧力および電力を独自に最適化した個別の H_2 プラズマ工程であり、前述の高成長率および低 WER で極めて高いスループットが得られるように行われることに注意されたい。短く希薄な H_2 プラズマは、PRAM カルコゲニド材料に対する反応性が低い可能性があり、二層のカプセル化層を進行させ、高スループットの N_2/H_2 ALD SiN プロセスは、 N_2 のみの ALD SiN の保護層の最上部に施されることが予想される。このハイブリッドのスタックは、厚みが同等の N_2 のみの膜よりも遥かにスループットが高く、酸化耐性が良好になる。

【0023】

様々な実施形態では、低 WER ($< 200 : 1$ の希釈フッ化水素酸 (dHF) で 1 分あたり 4 オングストローム (/分)) かつ高成長率 ($> 0.7 A /$ サイクル) という要件を、最初の N_2 プラズマ変換工程の後に第 2 の H_2 プラズマ変換工程を挿入することによって満たす NH_3 フリーのプロセスを実現する。 H_2 は、 NH_3 のようにハロゲン化物前駆体と熱反応しないという利点がある。これは、ガス分配プレナム (GDP) で上流での粒子生成がないという意味である。さらに、金属腐食につながるヨウ化水素 (HI) および塩化水素 (HCl) の揮発性副産物の上流での遊離がない。 H_2 プラズマ変換は、成長している SiN 膜の表面に十分な反応性リガンドを追加して、高いウェットエッチング速度

10

20

30

40

50

につながる過剰な NH_3 結合を取り込むことなく、次のケイ素前駆体吸着サイクルを促進する。

【0024】

このALD SiN 堆積プロセスに関して予想外なことは、この実施形態が、 NH_3 よりも遥かに少ない反応性窒素源で依然として高いコンフォーマル性および高成長率を達成できることである。さらに、膜内の粒子加算は、規模が2~3桁減少している。様々な実施形態で、連続する N_2 と H_2 のプラズマ工程の最適化が可能になり、それによって膜の特性および生産性がクラス最高になる。 NH_3 の排除は、ツール費用の大幅な費用削減にもつながり得る。なぜなら、侵襲性の低い金属削減対策を用いることができると予想され、残留するケイ素前駆体から NH_3 を分離するための高価な二重プレナム設計の必要性がなくなるからである。

10

【0025】

いくつかの実施形態では、第2のパーズ(工程124)をなくしてよい。このような実施形態では、 N_2 ガスが最初に流れる。 H_2 ガスおよび N_2 ガスがある程度の時間一緒に流れるように、 H_2 ガスは、 N_2 ガスの流れが始まった後、かつ N_2 ガスが流れ続けている間に流れる。別の実施形態では、 N_2 ガスの流れは、 H_2 の流れが始まる前に停止する。ただし、第2のパーズ(工程124)がなければ、残りの N_2 ガスと H_2 ガスとがいくらか混合される。第2のパーズ(工程124)をなくすことで、処理時間が減り、スループットが増す。

【0026】

様々な実施形態では、ケイ素含有前駆体は、ハロゲン化ケイ素の少なくとも1つである。様々な実施形態では、ジヨードシラン(H_2SiI_2)、トリヨードシラン(HSiI_3)、ヨードシラン(H_3SiI)、またはテトラヨードシラン(SiI_4)などのヨウ化ケイ素が、好適なケイ素含有前駆体をもたらす。その他の実施形態では、ハロゲン化ケイ素は、塩化ケイ素または臭化ケイ素であってよい。好ましくは、少なくとも1つのハロゲンが少なくとも1つのケイ素原子に結合しているハロゲン化ケイ素に加えて、ハロゲン化ケイ素は、少なくとも1つのケイ素原子に結合している1つ以上の水素原子も有している。その他の実施形態では、ハロゲン化ケイ素は、少なくとも1つのケイ素原子と、この少なくとも1つのケイ素原子に結合している別の元素の少なくとも1つの原子とに結合している少なくとも1つのハロゲンを有している。これらの他のケイ素含有前駆体は、脱離基、架橋促進剤またはドーパントのいずれかとして作用できるアミノ系、アミド系またはアルキル系のサブグループであり得る。様々な実施形態では、基板は、投与過程(工程112)で少なくとも150の温度まで加熱される。さらに詳細には、基板は、200~400の温度まで加熱される。この加熱は、ケイ素含有前駆体に活性化エネルギーをもたらしてケイ素含有前駆体に飽和コンフォーマル単分子層を形成させる。

20

30

【0027】

図3は、一実施形態で使用してよい処理チャンバの概略図である。1つ以上の実施形態では、処理チャンバ300は、チャンバ349内部にチャンバ壁352で取り囲んだ状態で、ガス入口を提供するガス分配プレート306および基板支持体308を有する。チャンバ349内部には、スタック200が基板支持体308の上に配置されている。エッジリング309が基板支持体308を包囲している。ガス分配プレート306を介してチャンバ349にガス源310が接続されている。この例では、ガス源310は、ケイ素含有前駆体源311、 N_2 ガス源312、および H_2 ガス源316を含んでいる。基板支持体308を加熱するためのヒータ351に支持体温度コントローラ350が接続されている。無線周波数(RF)源330がRF電力を上方電極に供給する。この実施形態では、上方電極はガス分配プレート306である。例示的な実施形態では、400キロヘルツ(kHz)、13.56メガヘルツ(MHz)、および任意選択で2MHz、27MHzの電力源がRF源330となる。この実施形態では、基板支持体308は接地されている。この実施形態では、各周波数に対して1つの発生器を用意する。他の実施形態では、発生器は、別々のRF源にあってよい、あるいは別々のRF発生器が異なる電極に接続されてよ

40

50

い。例えば、上方電極は、異なるRF源に接続されている内部電極および外部電極を有してよい。RF源および電極のこれ以外の構成を他の実施形態で使用してよい。RF源330、排出ポンプ320、およびガス源310にはコントローラ335が制御可能に接続されている。このようなチャンパの一例が、米国カリフォルニア州フリーモント所在のLam Research Corporation社が製作するStriker（登録商標）システムである。

【0028】

図4は、実施形態で使用するコントローラ335を実装するのに適したコンピュータシステム400を示す高度なブロック図である。コンピュータシステムは、集積回路、プリント回路基板、および小型のハンドヘルドデバイスから巨大なスーパーコンピュータに至るまでの多くの物理形態を採り得る。コンピュータシステム400は、1つ以上のプロセッサ402を含んでおり、さらに、（図形、テキスト、およびその他のデータを表示するための）電子表示デバイス404、メインメモリ406（例えばランダムアクセスメモリ（RAM））、ストレージデバイス408（例えばハードディスクドライブ）、取り外し可能なストレージデバイス410（例えば光学ディスクドライブ）、ユーザインターフェースデバイス412（例えばキーボード、タッチ画面、キーパッド、マウスまたはその他のポイントデバイスなど）、および通信インターフェース414（例えばワイヤレスネットワークインターフェース）を含むことができる。通信インターフェース414により、コンピュータシステム400と外部デバイスとの間でリンクを介してソフトウェアおよびデータを伝送させることができる。システムは、前述のデバイス/モジュールに接続された通信インフラストラクチャ416（例えば通信バス、クロスオーバーバー、またはネットワーク）も含んでいてよい。

10

20

【0029】

通信インターフェース414を介して伝送された情報は、通信リンクを介して通信インターフェース414による受信が可能な電子信号、電磁信号、光学信号、または他の信号などの信号の形態であってよく、通信リンクは、信号を運搬し、ワイヤまたはケーブル、光ファイバ、電話線、携帯電話リンク、無線周波数リンク、および/またはその他の通信チャネルを用いて実装されてよい。このような通信インターフェースを用いると、1つ以上のプロセッサ402は、ネットワークから情報を受信する可能性があるか、あるいは前述の方法の工程を実施する過程で情報をネットワークに出力する可能性があるかと想定される。さらに、方法の実施形態は、処理の一部を分担するリモートプロセッサを併用して、プロセッサ上のみで実行してよいか、インターネットなどのネットワーク上で実行してよい。

30

【0030】

「非一時的なコンピュータ可読媒体」という用語は、一般に、主要メモリ、二次メモリ、取り外し可能なストレージ、およびストレージデバイスなどの媒体、ハードディスク、フラッシュメモリ、ディスクドライブメモリ、CD-ROM、およびその他の永続的なメモリの形態などの媒体を指して使用されており、キャリア波または信号などの一時的な主題をカバーするものと解釈してはならない。コンピュータコードの例として、コンパイラによって生成されるようなマシンコード、およびインタプリタを使用してコンピュータによって実行される高度なコードを含むファイルが挙げられる。コンピュータ可読媒体は、キャリア波中に具現化されプロセッサによって実行可能な一連の命令を表すコンピュータデータ信号によって伝送されるコンピュータコードであってもよい。

40

【0031】

本開示をいくつかの好適な実施形態に関して説明したが、変更、修正、入れ替え、および様々な代替の同等物があり、これらは本開示の範囲内に収まる。本開示の方法および装置を実現する多くの代替の方法があることにも注意すべきである。したがって、以下の添付の特許請求の範囲は、そのような変更、修正、入れ替え、および様々な代替の同等物をすべて含むとともに本開示の真の趣旨および範囲内に収まるものとして解釈することを意図している。

50

本発明は、たとえば、以下のような態様で実現することもできる。

適用例 1 :

スタック上に窒化ケイ素層を堆積する方法であって、複数のサイクルを含む原子層堆積を行うことを含み、各サイクルは、

ケイ素含有前駆体ガスを供給することによってケイ素含有前駆体をスタックに投与すること、

N₂プラズマ変換を行うこと、

H₂プラズマ変換を行うこと

を含む、方法。

適用例 2 :

適用例 1 の方法であって、前記ケイ素含有前駆体は、ハロゲン化ケイ素である、方法。

適用例 3 :

適用例 1 の方法であって、前記スタックの投与過程で、前記スタックは少なくとも 150 の温度に維持される、方法。

適用例 4 :

適用例 1 の方法であって、前記スタックの投与はプラズマレスである、方法。

適用例 5 :

適用例 1 の方法であって、各サイクルは NH₃フリーである、方法。

適用例 6 :

適用例 1 の方法であって、前記 N₂プラズマ変換を行うことは、

N₂ガスを流すことと、

前記 N₂ガスを N₂プラズマに変換することと、

前記スタックを前記 N₂プラズマに暴露させることと、

前記 N₂ガスを流すことを停止することと

を含む、方法。

適用例 7 :

適用例 6 の方法であって、前記 H₂プラズマ変換を行うことは、

H₂ガスを流すことと、

前記 H₂ガスを H₂プラズマに変換することと、

前記スタックを前記 H₂プラズマに暴露させることと、

前記 H₂ガスを流すことを停止することと

を含む、方法。

適用例 8 :

適用例 7 の方法であって、前記 N₂ガスを流すのは、前記 H₂ガスを流す前である、方法。

適用例 9 :

適用例 1 の方法であって、前記ケイ素含有前駆体はヨウ化ケイ素である、方法。

適用例 10 :

適用例 1 の方法であって、前記ケイ素含有前駆体は、塩化ケイ素または臭化ケイ素である、方法。

適用例 11 :

適用例 1 の方法であって、前記 H₂プラズマ変換を行った後、かつ前記スタックへの投与の前に前記 H₂プラズマ変換によって形成された H₂プラズマをパージすることをさらに含む、方法。

適用例 12 :

適用例 1 の方法であって、前記スタックへの投与の後、かつ前記 N₂プラズマ変換を行う前に前記ケイ素含有前駆体ガスをパージすることをさらに含む、方法。

適用例 13 :

窒化ケイ素原子層堆積をスタック上に堆積させる装置であって、

処理チャンバと、

10

20

30

40

50

前記処理チャンバ内に基板支持体と、
 前記処理チャンバの中にガスを供給するためのガス入口と、
 前記ガスを前記ガス入口に供給するためのガス源であって、
 ケイ素含有前駆体源、
 N_2 ガス源、および
 H_2 ガス源
 を含む、ガス源と、
 前記処理チャンバからガスをポンプで送るための排出ポンプと、
 前記処理チャンバにRF電力を供給するための電極と、
 前記電極に電力を供給するための少なくとも1つの電源と、
 前記ガス源および前記少なくとも1つの電源に制御可能に接続されたコントローラと、
 を含み、
 前記コントローラは、
 少なくとも1つのプロセッサ、および
 コンピュータ可読媒体を含み、
 前記コンピュータ可読媒体は、複数のサイクルを行うことによってスタック上に原子層
 堆積で窒化ケイ素層を堆積させるためのコンピュータコードを含み、
 前記複数のサイクルの各サイクルは、
 前記ケイ素含有前駆体源からケイ素含有前駆体ガスを供給することによってケイ素含
 有前駆体をスタックに投与することと、
 N_2 プラズマ変換を行うことと、
 H_2 プラズマ変換を行うことと
 を含む、装置。
 適用例14：
 適用例13の装置であって、前記基板支持体を加熱するヒータをさらに含む、装置。
 適用例15：
 適用例14の装置であって、前記コンピュータ可読媒体は、前記基板支持体を少なくと
 も150の温度に加熱するためのコンピュータコードをさらに含む、装置。
 適用例16：
 適用例13の装置であって、前記ガス源は NH_3 フリーである、装置。
 適用例17：
 適用例13の装置であって、前記 N_2 プラズマ変換を行うことは、
 N_2 ガスを流すことと、
 前記 N_2 ガスを N_2 プラズマに変換することと、
 前記スタックを前記 N_2 プラズマに暴露させることと、
 前記 N_2 ガスを流すことを停止することと
 を含む、装置。
 適用例18：
 適用例17の装置であって、前記 H_2 プラズマ変換を行うことは、
 H_2 ガスを流すことと、
 前記 H_2 ガスを H_2 プラズマに変換することと、
 前記スタックを前記 H_2 プラズマに暴露させることと、
 前記 H_2 ガスを流すことを停止することと
 を含む、装置。
 適用例19：
 適用例13の装置であって、前記複数のサイクルの各々のサイクルは、
 前記スタックへの投与の後、かつ前記 N_2 プラズマ変換を行う前に前記ケイ素含有前駆
 体ガスをパージすることと、
 前記 H_2 プラズマ変換を行った後、かつ前記スタックへの投与の前に H_2 プラズマをパ
 ージすることと

10

20

30

40

50

を含む、装置。

10

20

30

40

50