

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6934705号  
(P6934705)

(45) 発行日 令和3年9月15日 (2021.9.15)

(24) 登録日 令和3年8月26日 (2021.8.26)

(51) Int. Cl.

F I

**H O 1 L 21/314 (2006.01)**  
**C 2 3 C 16/32 (2006.01)**  
**C 2 3 C 16/34 (2006.01)**  
**C 2 3 C 16/505 (2006.01)**

H O 1 L 21/314 A  
 C 2 3 C 16/32  
 C 2 3 C 16/34  
 C 2 3 C 16/505

請求項の数 26 外国語出願 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2016-53235 (P2016-53235)  
 (22) 出願日 平成28年3月17日 (2016.3.17)  
 (65) 公開番号 特開2016-181687 (P2016-181687A)  
 (43) 公開日 平成28年10月13日 (2016.10.13)  
 審査請求日 平成31年3月15日 (2019.3.15)  
 審判番号 不服2021-1638 (P2021-1638/J1)  
 審判請求日 令和3年2月5日 (2021.2.5)  
 (31) 優先権主張番号 14/666, 953  
 (32) 優先日 平成27年3月24日 (2015.3.24)  
 (33) 優先権主張国・地域又は機関  
 米国 (US)

(73) 特許権者 592010081  
 ラム リサーチ コーポレーション  
 LAM RESEARCH CORPOR  
 ATION  
 アメリカ合衆国, カリフォルニア 945  
 38, フレモント, クッシング パークウ  
 ェイ 4650  
 (74) 代理人 110000028  
 特許業務法人明成国際特許事務所  
 (72) 発明者 ファヤズ・シャイク  
 アメリカ合衆国 オレゴン州97219  
 ポートランド, サウスウェスト・テキサス  
 ・ストリート, 4966

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ハードマスクのための金属誘電体膜の蒸着

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に炭化タングステン膜を蒸着するための方法であって、  
 プラズマ強化化学蒸着 (P E C V D) 処理チャンバ内に前記基板を配置する工程と、  
 搬送ガスを前記 P E C V D 処理チャンバに供給する工程と、  
 誘電体前駆体ガスを前記 P E C V D 処理チャンバに供給する工程と、  
 金属前駆体ガスを前記 P E C V D 処理チャンバに供給する工程と、  
 前記 P E C V D 処理チャンバ内でプラズマを生成する工程と、  
 P E C V D を用いて、500 未満の処理温度で前記基板上に炭化タングステン膜を蒸  
 着する工程と、  
 を備え、

前記炭化タングステン膜は、ナノ結晶である、方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の方法であって、前記金属前駆体ガスは、タングステン前駆体ガスを含  
 む、方法。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の方法であって、前記タングステン前駆体ガスは、W F<sub>a</sub> を含み、a は  
 、1 以上の整数である、方法。

【請求項 4】

請求項 2 に記載の方法であって、前記タングステン前駆体ガスは、ビス ( t e r t

チルイミド)ピス(ジメチルアミド)タングステン(B T B M W)を含む、方法。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の方法であって、前記搬送ガスは、水素分子( $H_2$ )、アルゴン(Ar)、窒素分子( $N_2$ )、ヘリウム(He)、および/または、それらの組み合わせからなる群より選択される、方法。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の方法であって、前記誘電体前駆体ガスは、炭化水素前駆体ガスを含む、方法。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の方法であって、前記炭化水素前駆体ガスは、 $C_x H_y$  を含み、 $x$  は 2 から 10 までの整数、 $y$  は 2 から 24 までの整数である、方法。 10

【請求項 8】

請求項 1 に記載の方法であって、前記誘電体前駆体ガスは、窒化物系の前駆体ガスを含む、方法。

【請求項 9】

請求項 6 に記載の方法であって、前記炭化水素前駆体ガスは、メタン、アセチレン、エチレン、プロピレン、ブタン、シクロヘキサン、ベンゼン、および、トルエンからなる群より選択される、方法。

【請求項 10】

請求項 1 に記載の方法であって、  
前記 PECVD 処理チャンバは、台座から間隔を空けて配置された第 1 の電極を備え、  
前記台座は、第 2 の電極を備え、  
プラズマ発生器からの RF 電力が前記第 2 の電極に供給され、前記第 1 の電極は接地されている、方法。 20

【請求項 11】

請求項 10 に記載の方法であって、前記第 1 の電極は、シャワーヘッドを含む、方法。

【請求項 12】

請求項 1 に記載の方法であって、前記誘電体前駆体ガスに対する金属前駆体ガスの割合は、20%より大きい、方法。

【請求項 13】

炭化タングステン膜を蒸着するための方法であって、  
プラズマ強化化学蒸着(PECVD)処理チャンバ内に基板を配置する工程と、  
搬送ガスを前記 PECVD 処理チャンバに供給する工程と、  
誘電体前駆体ガスを前記 PECVD 処理チャンバに供給する工程と、  
金属前駆体ガスを前記 PECVD 処理チャンバに供給する工程と、  
前記 PECVD 処理チャンバ内でプラズマを生成する工程と、  
PECVD を用いて、500 未満の処理温度で前記基板上に炭化タングステン膜を蒸着する工程と、  
を備え、 30

前記 PECVD 処理チャンバは、台座から間隔を空けて配置された第 1 の電極を備え、  
前記台座は、第 2 の電極を備え、  
プラズマ発生器からの RF 電力が前記第 2 の電極に供給され、前記第 1 の電極は接地されており、 40

前記炭化タングステン膜は、ナノ結晶である、方法。

【請求項 14】

請求項 13 に記載の方法であって、前記金属前駆体ガスは、タングステン前駆体ガスを含む、方法。

【請求項 15】

請求項 14 に記載の方法であって、前記タングステン前駆体ガスは、 $WF_6$  を含み、 $a$  は、1 以上の整数である、方法。 50

## 【請求項 1 6】

請求項 1 4 に記載の方法であって、前記タングステン前駆体ガスは、ピス (tert ブチルイミド) ピス (ジメチルアミド) タングステン (BTBMW) を含む、方法。

## 【請求項 1 7】

請求項 1 3 に記載の方法であって、前記搬送ガスは、水素分子 ( $H_2$ )、アルゴン (Ar)、窒素分子 ( $N_2$ )、ヘリウム (He)、および/または、それらの組み合わせからなる群より選択される、方法。

## 【請求項 1 8】

請求項 1 3 に記載の方法であって、前記誘電体前駆体ガスは、炭化水素前駆体ガスを含み、方法。

10

## 【請求項 1 9】

請求項 1 8 に記載の方法であって、前記炭化水素前駆体ガスは、 $C_x H_y$  を含み、 $x$  は 2 から 10 までの整数、 $y$  は 2 から 24 までの整数である、方法。

## 【請求項 2 0】

請求項 1 3 に記載の方法であって、前記誘電体前駆体ガスは、窒化物系の前駆体ガスを含み、方法。

## 【請求項 2 1】

請求項 1 9 に記載の方法であって、前記炭化水素前駆体ガスは、メタン、アセチレン、エチレン、プロピレン、ブタン、シクロヘキサン、ベンゼン、および、トルエンからなる群より選択される、方法。

20

## 【請求項 2 2】

請求項 1 3 に記載の方法であって、前記第 1 の電極は、シャワーヘッドを含む、方法。

## 【請求項 2 3】

請求項 1 3 に記載の方法であって、前記誘電体前駆体ガスに対する金属前駆体ガスの割合は、20%より大きい、方法。

## 【請求項 2 4】

炭化タングステン膜を蒸着するための基板処理システムであって、  
台座を備えたプラズマ強化化学蒸着 (PECVD) 処理チャンバと、  
搬送ガス、誘電体前駆体ガス、および、金属前駆体ガスの内の少なくとも 1 つを選択的に供給するよう構成されたガス供給システムと、

30

前記 PECVD 処理チャンバ内でプラズマを選択的に形成するよう構成されたプラズマ発生器と、

前記ガス供給システムおよび前記プラズマ発生器と通信するよう構成されたコントローラであって、さらに、

前記搬送ガス、前記誘電体前駆体ガス、および、前記金属前駆体ガスを前記 PECVD 処理チャンバに供給し、

前記 PECVD 処理チャンバ内でプラズマを点火し、

PECVD を用いて、500 未満の処理温度で基板上に炭化タングステン膜を蒸着するよう構成された、コントローラと、

を備え、

40

前記炭化タングステン膜は、ナノ結晶である、基板処理システム。

## 【請求項 2 5】

炭化タングステン膜を蒸着するための基板処理システムであって、  
台座を備えたプラズマ強化化学蒸着 (PECVD) 処理チャンバと、  
前記台座から間隔を空けて配置された第 1 の電極であって、

前記台座は、第 2 の電極を備え、

前記第 1 の電極は接地されている、第 1 の電極と、

搬送ガス、誘電体前駆体ガス、および、金属前駆体ガスの内の少なくとも 1 つを前記 PECVD 処理チャンバに選択的に供給するよう構成されたガス供給システムと、

RF 電力を前記第 2 の電極に供給することにより、前記 PECVD 処理チャンバ内でブ

50

ラズマを選択的に形成するよう構成されたプラズマ発生器と、

前記ガス供給システムおよび前記プラズマ発生器と通信するよう構成されたコントローラであって、さらに、

前記搬送ガス、前記誘電体前駆体ガス、および、前記金属前駆体ガスを前記 P E C V D 処理チャンバに供給し、

前記 P E C V D 処理チャンバ内で前記プラズマを点火し、

P E C V D を用いて、500 未満の処理温度で基板上に炭化タングステン膜を蒸着するよう構成された、コントローラと、  
を備え、

前記炭化タングステン膜は、ナノ結晶である、基板処理システム。

10

【請求項 26】

基板上に炭化タングステン膜を蒸着するための方法であって、

プラズマ強化化学蒸着 ( P E C V D ) 処理チャンバ内に前記基板を配置する工程と、

搬送ガスを前記 P E C V D 処理チャンバに供給する工程と、

誘電体前駆体ガスを前記 P E C V D 処理チャンバに供給する工程と、

金属前駆体ガスを前記 P E C V D 処理チャンバに供給する工程と、

前記 P E C V D 処理チャンバ内でプラズマを生成する工程と、

P E C V D を用いて、500 未満の処理温度で前記基板上に炭化タングステン膜を蒸着する工程と、

を備え、

20

前記誘電体前駆体ガスに対する前記金属前駆体ガスの割合は、20 % より大きい、方法

。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、基板処理システムおよび方法に関し、特に、基板上にハードマスクを蒸着するためのシステムおよび方法に関する。

【背景技術】

【0002】

本明細書で提供されている背景技術の記載は、本開示の背景を概略的に提示するためのものである。ここに名を挙げられている発明者の業績は、この背景技術に記載された範囲において、出願時に従来技術として通常見なされえない記載の態様と共に、明示的にも黙示的にも本開示に対する従来技術として認められない。

30

【0003】

蒸着および/またはエッチングを実行するための基板処理システムは、台座 ( p e d e s t a l ) を備えた処理チャンバを備える。半導体ウエハなどの基板が、台座上に配置されうる。例えば、化学蒸着 ( C V D ) 処理では、1 または複数の前駆体を含むガス混合物が、基板上に膜を蒸着するためまたは基板をエッチングするために、処理チャンバに導入されうる。一部の基板処理システムでは、プラズマが、化学反応を活性化するために用いられてよく、本明細書ではプラズマ強化 C V D ( P E C V D ) と呼ぶ。

40

【0004】

非晶質炭素およびシリコン膜が、基板処理中に高アスペクト比のフィーチャをエッチングするためのハードマスクとして利用されうる。例えば、3Dメモリの用途では、ハードマスク膜は、高いエッチング選択性を有することが好ましい。結果として、ハードマスク膜は、より高い弾性率、より高い密度、および、より高いエッチング剤耐性の結合マトリクスを有することが好ましい。開口処理中にハードマスク膜を除去できることと、誘電体エッチング処理に対して高い選択性を有することとの間で、バランスが取られる。

【0005】

炭化タングステン膜は、結晶質であり、ハードコーティングであると見なされる。炭化タングstenは、良好なハードマスク膜として機能しうる。しかしながら、炭化タングス

50

テン膜は、通例、除去が困難である。炭化タングステン膜は、通常、PECVD以外の蒸着方法を用いて蒸着される。炭化タングステン膜が、PECVDを用いて蒸着される際、非常に高い処理温度（約800）が用いられる。例えば、「Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition Nanocrystalline Tungsten Carbide Thin Film and Its Electro-catalytic Activity」(H. Zheng et al., Journal of Material Science Technologies, Vol. 21, No. 4 2005, pp 545 - 548)を参照のこと。PECVDで用いられる比較的高い処理温度は、しばしば、多くの用途に適さない。

【発明の概要】

10

【0006】

基板上に金属誘電体膜を蒸着するための方法が：プラズマ強化化学蒸着（PECVD）処理チャンバ内に基板を配置する工程と；搬送ガスをPECVD処理チャンバに供給する工程と；誘電体前駆体ガスをPECVD処理チャンバに供給する工程と；金属前駆体ガスをPECVD処理チャンバに供給する工程と；PECVD処理チャンバ内でプラズマを生成する工程と；500未満の処理温度で基板上に金属誘電体膜を蒸着する工程と、を備える。

【0007】

別の特徴において、金属前駆体ガスは、チタン前駆体ガス、タンタル前駆体ガス、タングステン前駆体ガス、および、バナジウム前駆体ガスからなる群より選択される。

20

【0008】

別の特徴において、金属前駆体ガスは、タングステン前駆体ガスを含む。タングステン前駆体ガスは、WF<sub>a</sub>を含む（aは、1以上の整数）。タングステン前駆体ガスは、ビス（tertブチルイミド）ビス（ジメチルアミド）タングステン（BTBMW）を含む。搬送ガスは、水素分子（H<sub>2</sub>）、アルゴン（Ar）、窒素分子（N<sub>2</sub>）、ヘリウム（He）、および/または、それらの組み合わせからなる群より選択される。

【0009】

別の特徴において、誘電体前駆体ガスは、炭化水素前駆体ガスを含む。炭化水素前駆体ガスは、C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>を含み、ここで、xは2から10までの整数、yは2から24までの整数である。誘電体前駆体ガスは、窒化物系の前駆体ガスを含む。炭化水素前駆体ガスは、メタン、アセチレン、エチレン、プロピレン、ブタン、シクロヘキサン、ベンゼン、および、トルエンからなる群より選択される。金属誘電体膜は、ナノ結晶である。

30

【0010】

別の特徴において、PECVD処理チャンバは、台座から間隔を空けて配置された第1の電極を備える。台座は、第2の電極を備える。プラズマ発生器からのRF電力が第2の電極に供給され、第1の電極は接地される。

【0011】

別の特徴において、第1の電極は、シャワーヘッドを含む。誘電体前駆体ガスに対する金属前駆体ガスの割合は、20%より大きい。

【0012】

40

金属誘電体膜を蒸着するための方法が：プラズマ強化化学蒸着（PECVD）処理チャンバ内に基板を配置する工程と；搬送ガスをPECVD処理チャンバに供給する工程と；誘電体前駆体ガスをPECVD処理チャンバに供給する工程と；金属前駆体ガスをPECVD処理チャンバに供給する工程と；PECVD処理チャンバ内でプラズマを生成する工程と；基板上に金属誘電体膜を蒸着する工程と、を備える。PECVD処理チャンバは、台座から間隔を空けて配置された第1の電極を備える。台座は、第2の電極を備える。プラズマ発生器からのRF電力が第2の電極に供給され、第1の電極は接地される。

【0013】

別の特徴において、金属前駆体ガスは、チタン前駆体ガス、タンタル前駆体ガス、タングステン前駆体ガス、および、バナジウム前駆体ガスからなる群より選択される。

50

## 【0014】

別の特徴において、金属前駆体ガスは、タングステン前駆体ガスを含む。タングステン前駆体ガスは、 $WF_a$ を含む（ $a$ は、1以上の整数）。タングステン前駆体ガスは、ビス（tertブチルイミド）ビス（ジメチルアミド）タングステン（BTBMW）を含む。搬送ガスは、水素分子（ $H_2$ ）、アルゴン（Ar）、窒素分子（ $N_2$ ）、ヘリウム（He）、および/または、それらの組み合わせからなる群より選択される。

## 【0015】

別の特徴において、誘電体前駆体ガスは、炭化水素前駆体ガスを含む。炭化水素前駆体ガスは、 $C_xH_y$ を含み、ここで、 $x$ は2から10までの整数、 $y$ は2から24までの整数である。炭化水素前駆体ガスは、メタン、アセチレン、エチレン、プロピレン、ブタン、シクロヘキサン、ベンゼン、および、トルエンからなる群より選択される。

10

## 【0016】

別の特徴において、誘電体前駆体ガスは、窒化物系の前駆体ガスを含む。金属誘電体膜は、ナノ結晶である。

## 【0017】

別の特徴において、第1の電極は、シャワーヘッドを含む。誘電体前駆体ガスに対する金属前駆体ガスの割合は、20%より大きい。

## 【0018】

金属誘電体膜を蒸着するための基板処理システムが、台座を備えたプラズマ強化化学蒸着（PECVD）処理チャンバを備える。ガス供給システムが、搬送ガス、誘電体前駆体ガス、および、金属前駆体ガスの内の少なくとも1つを選択的に供給するよう構成されている。プラズマ発生器が、PECVD処理チャンバ内でプラズマを選択的に形成するよう構成されている。コントローラが、ガス供給システムおよびプラズマ発生器と通信するよう構成されており、さらに：搬送ガス、誘電体前駆体ガス、および、金属前駆体ガスをPECVD処理チャンバに供給し；PECVD処理チャンバ内でプラズマを点火し；500未満の処理温度で基板上に金属誘電体膜を蒸着するよう構成されている。

20

## 【0019】

金属誘電体膜を蒸着するための基板処理システムが、台座を備えたプラズマ強化化学蒸着（PECVD）処理チャンバを備える。第1の電極が、台座から間隔を空けて配置されている。台座は、第2の電極を備える。第1の電極は接地されている。ガス供給システムが、搬送ガス、誘電体前駆体ガス、および、金属前駆体ガスの内の少なくとも1つをPECVD処理チャンバに選択的に供給するよう構成されている。プラズマ発生器が、RF電力を前記第2の電極に供給することにより、PECVD処理チャンバ内でプラズマを選択的に形成するよう構成されている。コントローラが、ガス供給システムおよびプラズマ発生器と通信するよう構成されており、さらに：搬送ガス、誘電体前駆体ガス、および、金属前駆体ガスをPECVD処理チャンバに供給し；PECVD処理チャンバ内でプラズマを点火し；基板上に金属誘電体膜を蒸着するよう構成されている。

30

## 【0020】

詳細な説明、特許請求の範囲、および、図面から、本開示を適用可能なさらなる領域が明らかになる。詳細な説明および具体的な例は、単に例示を目的としており、本開示の範囲を限定するものではない。

40

## 【図面の簡単な説明】

## 【0021】

本開示は、詳細な説明および以下に説明する添付図面から、より十分に理解できる。

## 【0022】

【図1】500未満の温度で金属誘電体膜（炭化タングステン膜など）を蒸着するためのPECVD基板処理チャンバの一例を示す機能ブロック図。

## 【0023】

【図2】本開示に従って金属誘電体膜を蒸着するための方法の一例を示すフローチャート。

50

【 0 0 2 4 】

【図 3】本開示に従って蒸着された炭化タングステン例について、2（度）の関数として強度（カウント）を示すグラフ。

【 0 0 2 5 】

図面において、同様および／または同一の要素を特定するために、同じ符号を用いる場合がある。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 6 】

本開示に従ったシステムおよび方法は、500未満の処理温度でPECVD基板処理チャンバ内で金属誘電体膜を蒸着するために用いられる。いくつかの例において、誘電体膜は、炭素系または窒化物系でありうる。いくつかの例において、金属は、タングステン、チタン、タンタル、または、バナジウムでありうる。

10

【 0 0 2 7 】

単に例として、誘電体膜は、炭化タングステンであってよい。膜内の高密度炭素のナノ結晶構造および十分な濃度により、炭化タングステン膜は、誘電体エッチング剤のためのエッチング選択性ハードマスク膜として利用可能である。

【 0 0 2 8 】

金属誘電体膜は、PECVD基板処理チャンバ内で蒸着される。いくつかの例において、金属誘電体膜は、500未満の処理温度でPECVDを用いて蒸着される。いくつかの例において、金属誘電体膜は、400～500の間の処理温度でPECVDを用いて蒸着される。これらの処理温度は、新たな用途のための金属誘電体膜の利用を可能にする。

20

【 0 0 2 9 】

上述の説明は炭化タングステン膜の蒸着に関連するが、本開示は、炭化チタン（TiC）、炭化タンタル（TaC）、窒化タンタル（Ta<sub>3</sub>N<sub>5</sub>）、炭化バナジウム（VC）など（これらに限定されない）、他の金属誘電体膜にも適用される。

【 0 0 3 0 】

いくつかの例では、処理ガスが、誘電体前駆体ガスを含む。いくつかの例において、処理ガスは、WF<sub>6</sub>（ここで、aは1以上の整数）ビス（tertブチルイミド）ビス（ジメチルアミド）タングステン（BTBMW）前駆体、または、その他の適切なタングステン前駆体など、タングステン前駆体ガスを含む。いくつかの例において、タングステン前駆体ガスは、六フッ化タングステン（WF<sub>6</sub>）である。

30

【 0 0 3 1 】

いくつかの例において、処理ガスは、C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>などの炭化水素前駆体ガスをさらに含んでおり、ここで、xは2から10までの整数であり、yは2から24までの整数である。いくつかの例において、炭化水素前駆体ガスは、メタン、アセチレン、エチレン、プロピレン、ブタン、シクロヘキサン、ベンゼン、または、トルエンを含んでよい。

【 0 0 3 2 】

いくつかの例において、タングステン前駆体ガスは、PECVD蒸着リアクタ内で、炭化水素前駆体ガスならびに1または複数の搬送ガスと混合される。いくつかの例において、搬送ガスは、水素分子（H<sub>2</sub>）、アルゴン（Ar）、窒素分子（N<sub>2</sub>）、ヘリウム（He）、または、それらの混合物を含む。

40

【 0 0 3 3 】

蒸着された炭化タングステン膜は、ナノサイズの結晶構造を有し、十分なエッチング選択性を提供する。また、炭化タングステン膜は、容易に除去できる。したがって、炭化タングステン膜は、より低い処理温度上限を求める用途において非常に良好なハードマスク候補である。

【 0 0 3 4 】

他の例において、窒化物系の前駆体ガスおよび／またはその他の金属ベース系の前駆体ガスが用いられてもよい。

50

## 【0035】

ここで、図1を参照すると、金属誘電体膜のPECVD蒸着を実行するための基板処理システム100の一例が示されている。基板処理システム100は、基板処理システム100の他の構成要素を収容すると共にRFプラズマを閉じ込める処理チャンバ102を備える。基板処理システム100は、上側電極104と、下側電極107を備えた台座106と、を備える。基板108が、上側電極104および下側電極107の間で、台座106上に配置される。

## 【0036】

単に例として、上側電極104は、処理ガスを導入して分散させるシャワーヘッド109を備えてよい。あるいは、上側電極104は、導電性のプレートを備えてもよく、処理ガスは、別の方法で導入されてよい。下側電極107は、非導電性の台座の中に配置されてよい。あるいは、台座106は、下側電極107として機能する導電性のプレートを備えた静電チャックを備えてもよい。

10

## 【0037】

RF発生システム110が、RF電力を生成して、上側電極および下側電極の一方に出力する。上側電極および下側電極の他方は、DC接地、AC接地されるか、または、浮遊してよい。単に例として、RF発生システム110は、整合/配電ネットワーク112によって上側電極104または下側電極107に供給されるRF電力を生成するRF電圧発生器111を備えてよい。いくつかの例では、図1に示したように、RF電力は下側電極107に供給され、上側電極104が接地される。

20

## 【0038】

ガス供給システム130の一例が、図1に示されている。ガス供給システム130は、1または複数のガス源132-1、132-2、・・・、および、132-N（集合的に、ガス源132）を備えており、ここで、Nはゼロより大きい整数である。ガス源は、1または複数の金属前駆体、誘電体前駆体、搬送ガス、および、それらの混合物を供給する。気化した前駆体が用いられてもよい。ガス源132は、バルブ134-1、134-2、・・・、および、134-N（集合的に、バルブ134）ならびにマスフローコントローラ136-1、136-2、・・・、および、136-N（集合的に、マスフローコントローラ136）によってマニホールド140に接続されている。マニホールド140の出力は、処理チャンバ102に供給される。単に例として、マニホールド140の出力は、シャワーヘッド109に供給される。

30

## 【0039】

台座106を加熱するために、ヒータ142が、台座106内に配置されたヒータコイル（図示せず）に接続されてよい。ヒータ142は、台座106および基板108の温度を制御するために用いられてよい。バルブ150およびポンプ152が、処理チャンバ102から反応物質を排出するために用いられてよい。コントローラ160が、基板処理システム100の様々な構成要素を制御するために用いられてよい。単に例として、コントローラ160は、処理ガス、搬送ガス、および、前駆体ガスの流量、プラズマの点火および消火、反応物質の除去、チャンバパラメータの監視、などを制御するために用いられてよい。

40

## 【0040】

ここで、図2を参照すると、本開示に従って金属誘電体膜を蒸着するための方法200が示されている。工程204で、基板が、PECVD処理チャンバ内に配置される。工程208で、搬送ガスが、処理チャンバに供給される。いくつかの例において、搬送ガスは、水素分子（ $H_2$ ）、アルゴン（Ar）、窒素分子（ $N_2$ ）、ヘリウム（He）、および/または、それらの組み合わせを含む。

## 【0041】

工程216で、誘電体前駆体ガスが、処理チャンバに供給される。いくつかの例において、誘電体前駆体ガスは、窒化物系の前駆体または炭化水素前駆体ガスを含む。いくつかの例において、炭化水素前駆体ガスは、 $C_xH_y$ を含んでよく、ここで、xは2から10

50

までの整数、 $y$  は 2 から 24 までの整数である。いくつかの例において、炭化水素前駆体ガスは、メタン、アセチレン、エチレン、プロピレン、ブタン、シクロヘキサン、ベンゼン、または、トルエンを含んでよい。

#### 【0042】

工程 220 で、金属前駆体ガスが、処理チャンバに供給される。いくつかの例において、金属前駆体ガスは、タングステン前駆体ガス、タンタル前駆体ガス、チタン前駆体ガス、バナジウム前駆体ガスなどを含む。いくつかの例において、タングステン前駆体ガスは、 $WF_a$ （ここで、 $a$  はゼロより大きい整数）ビス（tert ブチルイミド）ビス（ジメチルアミド）タングステン（BTBMW）前駆体ガス、または、その他の適切なタングステン前駆体ガスを含む。工程 222 で、プラズマが、処理チャンバ内で生成される。いくつかの例では、RF 電力が下側電極に供給され、上側電極は接地される。工程 224 で、金属誘電体膜が、基板上に蒸着される。金属誘電体膜は、後の基板処理中にハードマスクとして利用されてよい。いくつかの例において、金属誘電体膜は、炭化タングステン膜、炭化タンタル膜、窒化タンタル膜、炭化バナジウム膜などを含む。

10

#### 【0043】

ここで、図 3 を参照すると、強度（カウント）が、2（度）の関数として示されている。炭化タングステン膜は、比較的小さい結晶構造を有する。一例では、結晶構造は、100% の結晶化度で  $1.7\text{ nm} + / - 0.2\text{ nm}$  だった。

#### 【0044】

いくつかの例において、搬送ガスはアルゴンであり、炭化水素前駆体ガスは  $CH_4$  であり、タングステン前駆体ガスは  $WF_6$  である。いくつかの例において、炭化水素前駆体ガスに対するタングステン前駆体ガスの割合は、20% より大きい。いくつかの例において、 $CH_4$  に対する  $WF_6$  の割合は、20% より大きい。いくつかの例において、処理圧力は、3 Torr から 7 Torr の間である。いくつかの例において、処理圧力は、4 Torr から 6 Torr の間である。いくつかの例において、処理圧力は、5 Torr である。

20

#### 【0045】

いくつかの例において、高周波数（HF）電力は、13.56 MHz の周波数で供給されるが、その他の周波数が用いられてもよい。

#### 【0046】

いくつかの例において、低周波数（LF）電力は、800 kHz 以下の周波数で供給される。他の例において、低周波数電力は、600 kHz 以下の周波数で供給される。他の例において、低周波数電力は、500 kHz 以下の周波数で供給される。さらに他の例において、低周波数電力は、400 kHz の周波数で供給される。

30

#### 【0047】

いくつかの例において、高周波数の高周波（RF）電力は、低周波数の RF 電力より大きい。いくつかの例において、高周波数の RF 電力は、2400 W 以下である。他の例において、高周波数の RF 電力は、2200 W 以下である。さらに他の例において、高周波数の RF 電力は、2000 W である。

#### 【0048】

いくつかの例において、低周波数（LF）の RF 電力は、2000 W 以下である。他の例において、低周波数の RF 電力は、1800 W 以下である。さらに他の例において、低周波数の RF 電力は、1600 W である。いくつかの例において、低周波数の RF 電力は、高周波電力より約 20% 小さい。

40

#### 【0049】

以下の表は、炭化タングステン膜を蒸着するための処理パラメータの一例を記載する：

【表 1】

処理パラメータ	値
温度	400°C – 500°C
圧力	5 Torr
WF <sub>6</sub>	225 sccm
CH <sub>4</sub>	750 sccm
Ar	5768 sccm
H <sub>2</sub>	0 sccm
HF電力	2000W @ 13.56 MHz
LF電力	1600W @ 400 kHz

10

## 【 0 0 5 0 】

窒化物系の膜および／またはその他の金属を蒸着する際に、同様のレシピが用いられてよい。

20

## 【 0 0 5 1 】

上述の記載は、本質的に例示に過ぎず、本開示、応用例、または、利用法を限定する意図はない。本開示の広範な教示は、様々な形態で実施されうる。したがって、本開示には特定の例が含まれるが、図面、明細書、および、以下の特許請求の範囲を研究すれば他の変形例が明らかになるため、本開示の真の範囲は、それらの例には限定されない。本明細書で用いられているように、「A、B、および、Cの少なくとも1つ」という表現は、非排他的な論理和ORを用いて、論理（AまたはBまたはC）を意味すると解釈されるべきであり、「Aの少なくとも1つ、Bの少なくとも1つ、および、Cの少なくとも1つ」という意味であると解釈されるべきではない。方法に含まれる1または複数の工程が、本開示の原理を改変することなく、異なる順序で（または同時に）実行されてもよいことを理解されたい。

30

## 【 0 0 5 2 】

いくつかの実施例において、コントローラは、システムの一部であり、システムは、上述の例の一部であってよい。かかるシステムは、1または複数の処理ツール、1または複数のチャンバ、処理のための1または複数のプラットフォーム、および／または、特定の処理構成要素（ウエハ台座、ガスフローシステムなど）など、半導体処理装置を備えうる。これらのシステムは、半導体ウエハまたは基板の処理前、処理中、および、処理後に、システムの動作を制御するための電子機器と一体化されてよい。電子機器は、「コントローラ」と呼ばれてもよく、システムの様々な構成要素または副部品を制御しうる。コントローラは、処理要件および／またはシステムのタイプに応じて、処理ガスの供給、温度設定（例えば、加熱および／または冷却）、圧力設定、真空設定、電力設定、高周波（RF）発生器設定、RF整合回路設定、周波数設定、流量設定、流体供給設定、位置および動作設定、ならびに、ツールおよび他の移動ツールおよび／または特定のシステムと接続または結合されたロードロックの内外へのウエハ移動など、本明細書に開示の処理のいずれを制御するようプログラムされてもよい。

40

## 【 0 0 5 3 】

概して、コントローラは、命令を受信する、命令を発行する、動作を制御する、洗浄動作を可能にする、エンドポイント測定を可能にすることなどを行う様々な集積回路、ロジック、メモリ、および／または、ソフトウェアを有する電子機器として定義されてよい。集積回路は、プログラム命令を格納するファームウェアの形態のチップ、デジタル信号プ

50

ロセッサ（DSP）、特定用途向け集積回路（ASIC）として定義されるチップ、および/または、プログラム命令（例えば、ソフトウェア）を実行する1または複数のマイクロプロセッサまたはマイクロコントローラを含みうる。プログラム命令は、様々な個々の設定（またはプログラムファイル）の形態でコントローラに伝えられて、半導体ウエハに対するまたは半導体ウエハのための特定の処理を実行するための動作パラメータ、もしくは、システムへの動作パラメータを定義する命令であってよい。動作パラメータは、いくつかの実施形態において、ウエハの1または複数の層、材料、金属、酸化物、シリコン、二酸化シリコン、表面、回路、および/または、ダイの加工中に1または複数の処理工程を達成するために処理エンジニアによって定義されるレシピの一部であってよい。

#### 【0054】

コントローラは、いくつかの実施例において、システムと一体化されるか、システムに接続されるか、その他の方法でシステムとネットワーク化されるか、もしくは、それらの組み合わせでシステムに結合されたコンピュータの一部であってもよいし、かかるコンピュータに接続されてもよい。例えば、コントローラは、「クラウド」内であってもよいし、ウエハ処理のリモートアクセスを可能にするファブホストコンピュータシステムの全部または一部であってもよい。コンピュータは、現在の処理のパラメータを変更する、現在の処理に従って処理工程を設定する、または、新たな処理を開始するために、システムへのリモートアクセスを可能にして製造動作の現在の進捗を監視する、過去の製造動作の履歴を調べる、複数の製造動作からの傾向または性能指標を調べる。いくつかの例では、リモートコンピュータ（例えば、サーバ）が、ネットワーク（ローカルネットワークまたはインターネットを含みうる）を介してシステムに処理レシピを提供してよい。リモートコンピュータは、パラメータおよび/または設定の入力またはプログラミングを可能にするユーザインターフェースを備えてよく、パラメータおよび/または設定は、リモートコンピュータからシステムに通信される。いくつかの例において、コントローラは、データの形式で命令を受信し、命令は、1または複数の動作中に実行される処理工程の各々のためのパラメータを指定する。パラメータは、実行される処理のタイプならびにコントローラがインターフェース接続するまたは制御するよう構成されたツールのタイプに固有であってよいことを理解されたい。したがって、上述のように、コントローラは、ネットワーク化されて共通の目的（本明細書に記載の処理および制御など）に向けて動作する1または複数の別個のコントローラを備えることなどによって分散されてよい。かかる目的のための分散コントローラの一例は、チャンバでの処理を制御するために協働するリモートに配置された（プラットフォームレベルにある、または、リモートコンピュータの一部として配置されるなど）1または複数の集積回路と通信するチャンバ上の1または複数の集積回路である。

#### 【0055】

限定はしないが、システムの例は、プラズマエッチングチャンバまたはモジュール、蒸着チャンバまたはモジュール、スピンリンスチャンバまたはモジュール、金属メッキチャンバまたはモジュール、洗浄チャンバまたはモジュール、ベベルエッジエッチングチャンバまたはモジュール、物理蒸着（PVD）チャンバまたはモジュール、化学蒸着（CVD）チャンバまたはモジュール、原子層蒸着（ALD）チャンバまたはモジュール、原子層エッチング（ALE）チャンバまたはモジュール、イオン注入チャンバまたはモジュール、トラックチャンバまたはモジュール、ならびに、半導体ウエハの加工および/または製造に関連するかまたは利用されうる任意のその他の半導体処理システムを含みうる。

#### 【0056】

上述のように、ツールによって実行される1または複数の処理工程に応じて、コントローラは、他のツール回路またはモジュール、他のツール構成要素、クラスタツール、他のツールインターフェース、隣接するツール、近くのツール、工場の至る所に配置されるツール、メインコンピュータ、別のコントローラ、もしくは、半導体製造工場内のツール位置および/またはロードポートに向かってまたはそこからウエハのコンテナを運ぶ材料輸送に用いられるツール、の内の1または複数と通信してもよい。本開示は、以下の適用例

10

20

30

40

50

を含む。

[ 適用例 1 ]

基板上に金属誘電体膜を蒸着するための方法であって、  
 プラズマ強化化学蒸着 ( P E C V D ) 処理チャンバ内に前記基板を配置する工程と、  
 搬送ガスを前記 P E C V D 処理チャンバに供給する工程と、  
 誘電体前駆体ガスを前記 P E C V D 処理チャンバに供給する工程と、  
 金属前駆体ガスを前記 P E C V D 処理チャンバに供給する工程と、  
 前記 P E C V D 処理チャンバ内でプラズマを生成する工程と、  
 5 0 0 未満の処理温度で前記基板上に金属誘電体膜を蒸着する工程と、  
 を備える、方法。

10

[ 適用例 2 ]

適用例 1 に記載の方法であって、前記金属前駆体ガスは、チタン前駆体ガス、タンタル前駆体ガス、タングステン前駆体ガス、および、バナジウム前駆体ガスからなる群より選択される、方法。

[ 適用例 3 ]

適用例 1 に記載の方法であって、前記金属前駆体ガスは、タングステン前駆体ガスを含む、方法。

[ 適用例 4 ]

適用例 3 に記載の方法であって、前記タングステン前駆体ガスは、 $W F_a$  を含み、 $a$  は、1 以上の整数である、方法。

20

[ 適用例 5 ]

適用例 3 に記載の方法であって、前記タングステン前駆体ガスは、ビス ( t e r t ブチルイミド ) ビス ( ジメチルアミド ) タングステン ( B T B M W ) を含む、方法。

[ 適用例 6 ]

適用例 1 に記載の方法であって、前記搬送ガスは、水素分子 (  $H_2$  )、アルゴン (  $Ar$  )、窒素分子 (  $N_2$  )、ヘリウム (  $He$  )、および / または、それらの組み合わせからなる群より選択される、方法。

[ 適用例 7 ]

適用例 1 に記載の方法であって、前記誘電体前駆体ガスは、炭化水素前駆体ガスを含む、方法。

30

[ 適用例 8 ]

適用例 7 に記載の方法であって、前記炭化水素前駆体ガスは、 $C_x H_y$  を含み、 $x$  は 2 から 10 までの整数、 $y$  は 2 から 24 までの整数である、方法。

[ 適用例 9 ]

適用例 1 に記載の方法であって、前記誘電体前駆体ガスは、窒化物系の前駆体ガスを含む、方法。

[ 適用例 10 ]

適用例 7 に記載の方法であって、前記炭化水素前駆体ガスは、メタン、アセチレン、エチレン、プロピレン、ブタン、シクロヘキサン、ベンゼン、および、トルエンからなる群より選択される、方法。

40

[ 適用例 11 ]

適用例 1 の方法であって、前記金属誘電体膜は、ナノ結晶である、方法。

[ 適用例 12 ]

適用例 1 に記載の方法であって、  
 前記 P E C V D 処理チャンバは、台座から間隔を空けて配置された第 1 の電極を備え、  
 前記台座は、第 2 の電極を備え、  
 プラズマ発生器からの R F 電力が前記第 2 の電極に供給され、前記第 1 の電極は接地されている、方法。

[ 適用例 13 ]

適用例 12 に記載の方法であって、前記第 1 の電極は、シャワーヘッドを含む、方法。

50

[ 適用例 1 4 ]

適用例 1 に記載の方法であって、前記誘電体前駆体ガスに対する金属前駆体ガスの割合は、20%より大きい、方法。

[ 適用例 1 5 ]

適用例 1 に記載の方法であって、前記金属誘電体膜は、炭化タングステン膜、炭化タンタル膜、窒化タンタル膜、および、炭化バナジウム膜からなる群より選択される、方法。

[ 適用例 1 6 ]

金属誘電体膜を蒸着するための方法であって、  
プラズマ強化化学蒸着 ( P E C V D ) 処理チャンバ内に基板を配置する工程と、  
搬送ガスを前記 P E C V D 処理チャンバに供給する工程と、  
誘電体前駆体ガスを前記 P E C V D 処理チャンバに供給する工程と、  
金属前駆体ガスを前記 P E C V D 処理チャンバに供給する工程と、  
前記 P E C V D 処理チャンバ内でプラズマを生成する工程と、  
前記基板上に金属誘電体膜を蒸着する工程と、  
を備え、  
前記 P E C V D 処理チャンバは、台座から間隔を空けて配置された第 1 の電極を備え、  
前記台座は、第 2 の電極を備え、  
プラズマ発生器からの R F 電力が前記第 2 の電極に供給され、前記第 1 の電極は接地されている、方法。

10

[ 適用例 1 7 ]

適用例 1 6 に記載の方法であって、前記金属前駆体ガスは、チタン前駆体ガス、タンタル前駆体ガス、タングステン前駆体ガス、および、バナジウム前駆体ガスからなる群より選択される、方法。

20

[ 適用例 1 8 ]

適用例 1 7 に記載の方法であって、前記金属前駆体ガスは、タングステン前駆体ガスを含む、方法。

[ 適用例 1 9 ]

適用例 1 8 に記載の方法であって、前記タングステン前駆体ガスは、 $W F_a$  を含み、 $a$  は、1 以上の整数である、方法。

[ 適用例 2 0 ]

適用例 1 8 に記載の方法であって、前記タングステン前駆体ガスは、ビス ( t e r t ブチルイミド ) ビス ( ジメチルアミド ) タングステン ( B T B M W ) を含む、方法。

30

[ 適用例 2 1 ]

適用例 1 6 に記載の方法であって、前記搬送ガスは、水素分子 (  $H_2$  )、アルゴン ( A r )、窒素分子 (  $N_2$  )、ヘリウム ( H e )、および / または、それらの組み合わせからなる群より選択される、方法。

[ 適用例 2 2 ]

適用例 1 6 に記載の方法であって、前記誘電体前駆体ガスは、炭化水素前駆体ガスを含む、方法。

[ 適用例 2 3 ]

適用例 2 2 に記載の方法であって、前記炭化水素前駆体ガスは、 $C_x H_y$  を含み、 $x$  は 2 から 10 までの整数、 $y$  は 2 から 24 までの整数である、方法。

40

[ 適用例 2 4 ]

適用例 1 6 に記載の方法であって、前記誘電体前駆体ガスは、窒化物系の前駆体ガスを含む、方法。

[ 適用例 2 5 ]

適用例 2 3 に記載の方法であって、前記炭化水素前駆体ガスは、メタン、アセチレン、エチレン、プロピレン、ブタン、シクロヘキサン、ベンゼン、および、トルエンからなる群より選択される、方法。

[ 適用例 2 6 ]

50

適用例 16 の方法であって、前記金属誘電体膜は、ナノ結晶である、方法。

[ 適用例 27 ]

適用例 16 に記載の方法であって、

前記 PECVD 処理チャンバは、台座から間隔を空けて配置された第 1 の電極を備え、

前記台座は、第 2 の電極を備え、

プラズマ発生器からの RF 電力が前記第 2 の電極に供給され、前記第 1 の電極は接地されている、方法。

[ 適用例 28 ]

適用例 27 に記載の方法であって、前記第 1 の電極は、シャワーヘッドを含む、方法。

[ 適用例 29 ]

適用例 16 に記載の方法であって、前記誘電体前駆体ガスに対する金属前駆体ガスの割合は、20%より大きい、方法。

[ 適用例 30 ]

適用例 16 に記載の方法であって、前記金属誘電体膜は、炭化タングステン膜、炭化 tantalum 膜、窒化 tantalum 膜、および、炭化バナジウム膜からなる群より選択される、方法。

[ 適用例 31 ]

金属誘電体膜を蒸着するための基板処理システムであって、

台座を備えたプラズマ強化化学蒸着 (PECVD) 処理チャンバと、

搬送ガス、誘電体前駆体ガス、および、金属前駆体ガスの内の少なくとも 1 つを選択的に供給するよう構成されたガス供給システムと、

前記 PECVD 処理チャンバ内でプラズマを選択的に形成するよう構成されたプラズマ発生器と、

前記ガス供給システムおよび前記プラズマ発生器と通信するよう構成されたコントローラであって、さらに、

前記搬送ガス、前記誘電体前駆体ガス、および、前記金属前駆体ガスを前記 PECVD 処理チャンバに供給し、

前記 PECVD 処理チャンバ内でプラズマを点火し、

500 未満の処理温度で前記基板上に金属誘電体膜を蒸着するよう構成された、コントローラと、

を備える、システム。

[ 適用例 32 ]

金属誘電体膜を蒸着するための基板処理システムであって、

台座を備えたプラズマ強化化学蒸着 (PECVD) 処理チャンバと、

前記台座から間隔を空けて配置された第 1 の電極であって、

前記台座は、第 2 の電極を備え、

前記第 1 の電極は接地されている、第 1 の電極と、

搬送ガス、誘電体前駆体ガス、および、金属前駆体ガスの内の少なくとも 1 つを前記 PECVD 処理チャンバに選択的に供給するよう構成されたガス供給システムと、

RF 電力を前記第 2 の電極に供給することにより、前記 PECVD 処理チャンバ内でプラズマを選択的に形成するよう構成されたプラズマ発生器と、

前記ガス供給システムおよび前記プラズマ発生器と通信するよう構成されたコントローラであって、さらに、

前記搬送ガス、前記誘電体前駆体ガス、および、前記金属前駆体ガスを前記 PECVD 処理チャンバに供給し、

前記 PECVD 処理チャンバ内で前記プラズマを点火し、

前記基板上に金属誘電体膜を蒸着するよう構成された、コントローラと、  
を備える、システム。

10

20

30

40

【図 1】

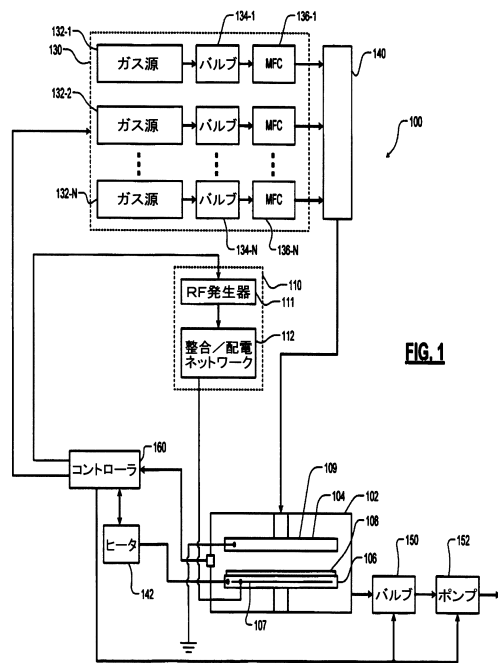


FIG. 1

【図 2】

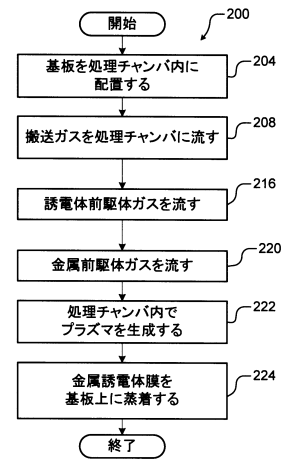


FIG. 2

【図 3】

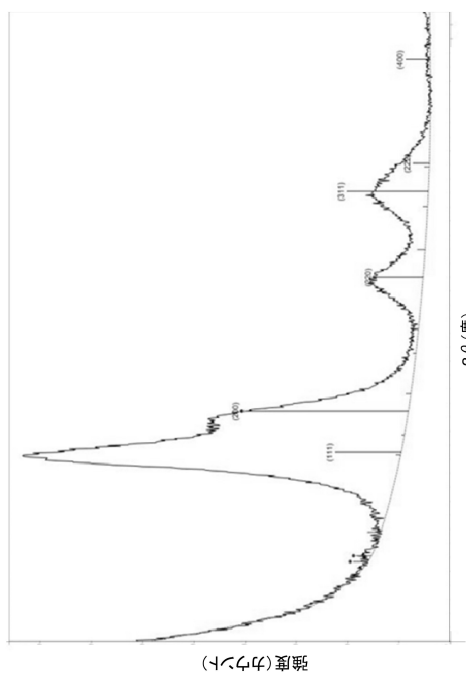


FIG. 3

---

フロントページの続き

(72)発明者 シリッシュ・レディ

アメリカ合衆国 オレゴン州 97127 ヒルズボロ, ノースウェスト・オーバールック・ドライブ, 2994, アpartment 2028

合議体

審判長 恩田 春香

審判官 河本 充雄

審判官 小川 将之

(56)参考文献 米国特許出願公開第2008/0113110(US, A1)

特表2013-507008(JP, A)

米国特許出願公開第2007/0231487(US, A1)

国際公開第2013/133110(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L21/314

C23C16/32

C23C16/34

C23C16/505