

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号

特表2022-505688

(P2022-505688A)

(43)公表日 令和4年1月14日(2022.1.14)

(51)国際特許分類 F I テーマコード(参考)
 G 0 3 F 1/24 (2012.01) G 0 3 F 1/24 2 H 1 9 5

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全21頁)

(21)出願番号	特願2021-522333(P2021-522333)	(71)出願人	390040660 アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド APPLIED MATERIALS, INCORPORATED アメリカ合衆国 カリフォルニア 95054, サンタ クララ, パウアーズ アヴェニュー 3050
(86)(22)出願日	令和1年10月25日(2019.10.25)	(74)代理人	110002077 園田・小林特許業務法人
(85)翻訳文提出日	令和3年6月18日(2021.6.18)	(72)発明者	ジンダル, ビブー アメリカ合衆国 カリフォルニア 95136, サン ノゼ, ウェリントン スクエア 3904
(86)国際出願番号	PCT/US2019/058012	(72)発明者	チャンドラチュッド, マグヴィアール. 最終頁に続く
(87)国際公開番号	WO2020/086932		
(87)国際公開日	令和2年4月30日(2020.4.30)		
(31)優先権主張番号	62/751,239		
(32)優先日	平成30年10月26日(2018.10.26)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		
(31)優先権主張番号	16/662,742		
(32)優先日	令和1年10月24日(2019.10.24)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		
(81)指定国・地域	AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA 最終頁に続く		

(54)【発明の名称】 裏側コーティングを有する極紫外線マスク

(57)【要約】

[0091] 極紫外線 (EUV) マスクブランク、その製造方法、及びその製造システムが開示される。EUVマスクブランクは、第1の面と第2の面とを有する基板、基板の第1の面上のタンタルとニッケルとの合金を含む裏側コーティング層、基板の第2の面上の反射層の多層積層体であって、反射層対を含む複数の反射層を含む反射層の多層積層体、反射する層の多層積層体上のキャッピング層、及びキャッピング層上の吸収体層を含む。

【選択図】 図5

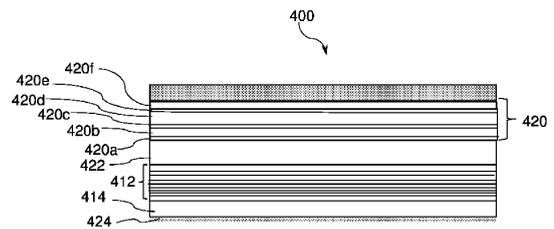


FIG. 5

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 の面と第 2 の面とを有する基板、
 前記基板の前記第 1 の面上の、タンタルとニッケルとの合金を含む裏側コーティング層、
 前記基板の前記第 2 の面上の、反射層の多層積層体であって、反射層対を含む複数の反射層を含む反射層の多層積層体、
 前記反射層の多層積層体上のキャッピング層、及び
 前記キャッピング層上の吸収体層を含む、極紫外線 (EUV) マスクブランク。

【請求項 2】

前記タンタルとニッケルとの合金が、約 70 から約 85 重量%のタンタルと約 15 から約 30 重量%のニッケルとを含む、請求項 1 に記載の極紫外線 (EUV) マスクブランク。 10

【請求項 3】

前記タンタルとニッケルとの合金が、約 45 から約 55 重量%のタンタルと約 45 から約 55 重量%のニッケルとを含む、請求項 1 に記載の極紫外線 (EUV) マスクブランク。

【請求項 4】

前記タンタルとニッケルとの合金が、約 30 から約 45 重量%のタンタルと約 55 から約 70 重量%のニッケルとを含む、請求項 1 に記載の極紫外線 (EUV) マスクブランク。

【請求項 5】

前記裏側コーティング層が、ホウ素、窒素、又は酸素のうちの 1 以上から選択された、0.1 重量%から約 10 重量%のドーパントを更に含む、請求項 1 に記載の極紫外線 (EUV) マスクブランク。 20

【請求項 6】

前記裏側コーティング層が、0.1 nm から 50 nm の範囲内、又は約 0.1 nm から 25 nm の範囲内の厚さを有する、請求項 1 に記載の極紫外線 (EUV) マスクブランク。

【請求項 7】

極紫外線 (EUV) マスクブランクを製造する方法であって、
 第 1 の面と第 2 の面とを有する基板を提供すること、
 前記基板の前記第 1 の面上に、タンタルとニッケルとの合金を含む裏側コーティング層を形成すること、
 前記基板の前記第 2 の面上に、反射層の多層積層体であって、複数の反射層対を含む反射層の多層積層体を形成すること、
 前記反射層の多層積層体上にキャッピング層を形成すること、及び
 前記キャッピング層上に吸収体層を形成することを含む、方法。 30

【請求項 8】

前記タンタルとニッケルとの合金が、約 70 から約 85 重量%のタンタルと約 15 から約 30 重量%のニッケルとを含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記タンタルとニッケルとの合金が、約 45 から約 55 重量%のタンタルと約 45 から約 55 重量%のニッケルとを含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 10】

前記タンタルとニッケルとの合金が、約 30 から約 45 重量%のタンタルと約 55 から約 70 重量%のニッケルとを含む、請求項 7 に記載の方法。 40

【請求項 11】

前記タンタルとニッケルとの合金が、アルゴン (Ar)、酸素 (O₂)、又は窒素 (N₂) のうちの 1 以上から選択されたガスによって同時スパッタリングされて、前記裏側コーティング層を形成する、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 12】

前記タンタルとニッケルとの合金が、前記タンタルとニッケルとの合金と同じ組成を有するバルクターゲットを使用して堆積され、アルゴン (Ar)、酸素 (O₂)、又は窒素 (N₂) のうちの 1 以上から選択されたガスを使用してスパッタリングされて、前記裏側コーテ 50

ィング層を形成する、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 13】

前記裏側コーティング層が、0.1 nm から 50 nm の範囲内、又は 0.1 nm から 25 nm の範囲内の厚さを有する、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 14】

極紫外線光源、並びに

第 1 の面と第 2 の面とを有する基板を含むレチクルであって、集積回路の処理層を表すパターンを有し、前記基板の前記第 1 の面上のタンタルとニッケルとの合金を含む裏側コーティング層と、前記基板の前記第 2 の面上の多層積層体と、前記多層積層体の上の吸収体層であって、80 nm 未満の厚さ、及び 13.5 nm の波長における 2% 未満の極紫外線 (EUV) 光の反射率を有する吸収体層とを含む、レチクルを備える、極紫外線 (EUV) リソグラフィシステム。

10

【請求項 15】

前記多層積層体と前記吸収体層との間に、前記多層積層体を保護するためのキャッピング層を更に含む、請求項 14 に記載の極紫外線 (EUV) リソグラフィシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[0001] 本開示は、広くは、極紫外線リソグラフィに関し、特に、タンタルとニッケルとの合金を含む裏側コーティング層を有する極紫外線マスクブランク、及びその製造方法に関する。

20

【背景技術】

【0002】

[0002] 0.0135 ミクロン以下の最小特徴サイズの半導体デバイスの製造には、軟 X 線投影リソグラフィとしても知られる極紫外線 (EUV) リソグラフィが使用される。しかし、概して、5 から 100 ナノメートルの波長範囲内の極紫外線光は、ほとんど全ての材料によって強く吸収される。この理由により、極紫外線システムは、光の透過よりも反射によって機能する。一連の鏡又はレンズ素子、及び非反射性吸収体マスクパターンでコーティングされた反射素子又はマスクブランクの使用を介して、パターン化された化学光が、レジストでコーティングされた半導体基板上に反射される。

30

【0003】

[0003] 極紫外線リソグラフィシステムのレンズ素子及びマスクブランクは、モリブデンやシリコンなどの材料の反射性多層コーティングでコーティングされる。13.5 ナノメートルの極紫外線光では、例えば 12.5 から 14.5 ナノメートルの帯域などの非常に狭い紫外線の帯域内の光を強く反射する多層コーティングでコーティングされた基板を使用することによって、レンズ素子又はマスクブランク当たり近似的に 65% の反射値が得られている。

【0004】

[0004] 図 1 は、従来の EUV 反射マスク 10 を示しており、これは EUV マスクブランクから形成されており、そのブランクは、基板 14 上に反射性多層積層体 12 を含み、その積層体は、ブラッグ干渉 (Bragg interference) によってマスクされていない部分で EUV 放射を反射する。従来の EUV 反射マスク 10 のマスクされた (反射しない) エリア 16 は、緩衝層 18 及び吸収層 20 をエッチングすることによって形成される。吸収層は、典型的には、51 nm から 77 nm の範囲内の厚さを有する。キャッピング層 22 が、反射性多層積層体 12 の上に形成され、エッチング処理中に、反射性多層積層体 12 を保護する。EUV マスクブランクは、多層、キャッピング層、及び吸収層でコーティングされた低熱膨張材料基板から作製され、次いで、エッチングされて、マスクされた (反射しない) エリア 16 及び反射エリア 24 を提供する。

40

【0005】

[0005] 典型的には窒化クロム (CrN) のコーティングである裏側コーティング層 26

50

が、図 1 で示されているような基板 14 の反対側に設けられる。裏側層は、抵抗、適正な摩擦係数、適正な硬度、適正な粗さ、適正な光学濃度、不均一性、及び欠陥の欠如を提供しなければならない。現在の解決策、すなわち CrN の裏側コーティング層は、チャッキング中に所望よりも高い欠陥率をもたらす。CrN はまた、CrN の導電率が比較的低いために、所望よりも高い厚さを必要とする。低減された厚さを提供するためにチタンホウ素合金が提案されているが、そのような裏側コーティング層は、エッチング処理中に低耐久性を示すことが分かっている。EUV リソグラフィが進化するにつれて、改善された特性を有する裏側層を有する EUV マスクブランクを提供する必要性が生じてきた。

【発明の概要】

【0006】

【0006】本開示の 1 以上の実施形態は、第 1 の面と第 2 の面とを有する基板と、基板の第 1 の面上のタンタルとニッケルとの合金を含む裏側コーティング層と、基板の第 2 の面上の反射層の多層積層体であって、反射層対を含む複数の反射層を含む反射層の多層積層体と、反射層の多層積層体上のキャッピング層と、キャッピング層上の吸収体層とを含む、極紫外 (EUV) マスクブランクを対象とする。

【0007】

【0007】本開示の更なる実施形態は、第 1 の面及び第 2 の面を有する基板を提供することと、基板の第 1 の面上にタンタル及びニッケルの合金を含む裏側コーティング層を形成することと、基板の第 2 の面上に反射層の多層積層体であって、複数の反射層対を含む反射層の多層積層体を形成することと、反射層の多層積層体上にキャッピングマスクを形成することと、キャッピング層上に吸収体層を形成することを含む、極紫外 (EUV) マスクブランクを製造する方法を対象とする。

【0008】

【0008】本開示の更なる実施形態は、極紫外線光源、並びに、レチクルであって、第 1 の面と第 2 の面とを有する基板と、基板の第 1 の面上のタンタルとニッケルとの合金を含む裏側コーティング層と、基板の第 2 の面上の多層積層体と、多層積層体上の吸収体層であって、80nm 未満の厚さ、及び 13.5nm の波長における 2% 未満の極紫外線 (EUV) 光の反射率を有する吸収体層とを含む、レチクルを備える、極紫外線 (EUV) リソグラフィシステムを対象とする。

【0009】

【0009】上述した本開示の特徴を詳細に理解できるように、一部が添付の図面に例示されている実施形態を参照しながら、上記に短く要約した本開示をより具体的に説明する。しかし、添付の図面は、本開示の典型的な実施形態のみを示し、したがって、本開示は、他の等しく有効な実施形態を認めることができるので、本開示の範囲を限定すると見なされるべきではないことに留意されたい。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図 1】【0010】従来の裏側材料 (CrN) を採用する背景技術の EUV 反射マスクを概略的に示す。

【図 2】【0011】 EUV リソグラフィシステムの一実施形態を概略的に示す。

【図 3】【0012】 EUV 反射素子製造システムの一実施形態を示す。

【図 4】【0013】 EUV マスクブランクなどの EUV 反射素子の一実施形態を示す。

【図 5】【0014】 EUV マスクブランクなどの EUV 反射素子の一実施形態を示す。

【図 6】【0015】 マルチカソード物理堆積チャンバの一実施形態を示す。

【発明を実施するための形態】

【0011】

【0011】本開示の幾つかの例示的な実施形態を説明する前に、本開示が以下の説明で提示される構成又は処理ステップの詳細に限定されないことを理解されたい。本開示は、他の実施形態も可能であり、様々な方法で実施又は実行することができる。

【0012】

[0017] 本明細書で使用する「水平」という用語は、その配向性と関係なく、マスクブランクの面又は表面に平行する面として定義される。「垂直」という用語は、ここで定義された水平に対して垂直の方向を指すものである。「上方 (above)」、「下方 (below)」、「下 (bottom)」、「上 (top)」、「側 (side)」（「側壁 (sidewall)」のような)、「より高い (higher)」、「より低い (lower)」、「より上の (upper)」、「の上 (over)」、「の下 (under)」などの用語は、図で示されているように、水平な面に対して定義される。

【0013】

[0018] 「上 (on)」という語は、要素間で直接の接触があることを示す。「すぐ上、真上 (directly on)」という語は、介在する要素がない要素間での直接の接触を示す。

10

【0014】

[0019] 1以上の実施形態に従って本明細書で使用される際に、「前駆体」、「反応物」、「反応性ガス」などの用語は、基板面と反応する任意のガス種を指すために互換的に使用される。

【0015】

[0020] 当業者であれば、処理領域について説明するための「第1 (first)」や「第2 (second)」などの序数の使用が、処理チャンバ内における具体的な場所、又は、処理チャンバ内での曝露の順序を示唆するものではないことが理解されよう。

【0016】

[0021] 本明細書及び添付の特許請求の範囲において使用される「基板」という用語は、処理が作用する表面又は表面の一部を表している。また、基板に対して言及がなされるとき、文脈において特に明示されない限り、基板の一部のみを指すことができることを当業者は理解するであろう。更に、基板上への堆積に対して言及がなされるとき、それは、ベア基板と、1以上の膜又は特徴が上に堆積又は形成された基板と、の両方を意味する。

20

【0017】

[0022] 次に図2を参照すると、極紫外線リソグラフィシステム100の例示的な一実施形態が示されている。極紫外線リソグラフィシステム100は、極紫外線光112を生成するための極紫外線光源102、一組の反射素子、及びターゲットウエハ110を含む。反射素子は、コンデンサ104、EUV反射マスク106、光学縮小アセンブリ108

30

【0018】

[0023] 極紫外線光源102は、極紫外線光112を生成する。極紫外線光112は、5から50nmの範囲内の波長を有する電磁放射である。例えば、極紫外線光源102は、レーザー、レーザー生成プラズマ、放電生成プラズマ、自由電子レーザー、シンクロトロン放射線、又はこれらの組み合わせを含む。

【0019】

[0024] 極紫外線光源102は、様々な特性を有する極紫外線光112を生成する。極紫外線光源102は、ある範囲の波長にわたる広帯域の極紫外線放射を生成する。例えば、極紫外線光源102は、5から50nmの範囲の波長を有する極紫外線光112を生成する。

40

【0020】

[0025] 1以上の実施形態では、極紫外線光源102が、狭帯域幅を有する極紫外線光112を生成する。例えば、極紫外線光源102は、13.5nmの極紫外線光112を生成する。波長ピークの中心は、13.5nmである。

【0021】

[0026] コンデンサ104は、極紫外線光112を反射し、集中させるための光学ユニットである。コンデンサ104は、極紫外線光源102からの極紫外線光112を反射し、集中させて、EUV反射マスク106を照射する。

【0022】

50

[0027] コンデンサ104は、単一の要素として示されているが、幾つかの実施形態におけるコンデンサ104は、極紫外線光112を反射し、集中させるために、凹面鏡、凸面鏡、平面鏡、又はそれらの組み合わせなどの1以上の反射素子を含むことが理解される。例えば、幾つかの実施形態では、コンデンサ104が、単一の凹面鏡、又は凸状、凹状、及び平坦な光学素子を有する光学アセンブリである。

【0023】

[0028] EUV反射マスク106は、マスクパターン114を有する極紫線反射素子である。EUV反射マスク106は、リソグラフィパターンを生成して、ターゲットウエハ110上に形成される回路レイアウトを形成する。EUV反射マスク106は、極紫外線光112を反射する。マスクパターン114は、回路レイアウトの一部を画定する。

10

【0024】

[0029] 光学縮小アセンブリ108は、マスクパターン114の像を縮小するための光学ユニットである。EUV反射マスク106からの極紫外線光112の反射は、光学縮小アセンブリ108によって縮小され、ターゲットウエハ110上に反射される。幾つかの実施形態における光学縮小アセンブリ108は、マスクパターン114の像のサイズを縮小するために、鏡及び他の光学素子を含む。例えば、光学縮小アセンブリ108は、極紫外線光112を反射し、集中させるための凹面鏡を含む。

【0025】

[0030] 光学縮小アセンブリ108は、ターゲットウエハ110上のマスクパターン114の像のサイズを縮小する。例えば、幾つかの実施形態におけるマスクパターン114は、光学縮小アセンブリ108によってターゲットウエハ110上で4:1の比率で像を結び、マスクパターン114によって表される回路をターゲットウエハ110上に形成する。極紫外線光112は、ターゲットウエハ110と同期するようにEUV反射マスク106をスキャンして、ターゲットウエハ110上にマスクパターン114を形成する。

20

【0026】

[0031] 次に図3を参照すると、極紫外線反射素子製造システム200の一実施形態が示されている。極紫外線反射素子は、EUVマスクブランク204、極紫外線鏡205、又はEUV反射マスク106などの他の反射素子を含む。

【0027】

[0032] 極紫外線反射素子製造システム200は、図2の極紫外線光112を反射するマスクブランク、鏡、又は他の素子を製造する。極紫外線反射素子製造システム200は、ソース基板203に薄いコーティングを付加することによって反射素子を製造する。

30

【0028】

[0033] 図3を参照すると、EUVマスクブランク204は、図2のEUV反射マスク106を形成するための多層構造である。幾つかの実施形態では、EUVマスクブランク204が、半導体製造技法を使用して形成される。EUV反射マスク106は、エッチングおよび他のプロセスによってEUVマスクブランク204上に形成された図2のマスクパターン114を有する。

【0029】

[0034] 極紫外線鏡205は、ある範囲の極紫外線光を反射する多層構造である。幾つかの実施形態における極紫外線鏡205は、半導体製造技法を使用して形成される。幾つかの実施形態におけるEUVマスクブランク204及び極紫外線鏡205は、各素子上に形成された層であることに類似するが、極紫外線鏡205はマスクパターン114を有さない。

40

【0030】

[0035] 反射素子は、極紫外線光112の効率的なリフレクタである。一実施形態では、EUVマスクブランク204及び極紫外線鏡205が、60%を超える極紫外線反射率を有する。反射素子は、概して、極紫外線光112の60%より上を反射する場合、効率的であると考えられる。

【0031】

50

[0036] 極紫外線反射素子製造システム200は、ソース基板203がその中に装填され、反射素子がそこから取り出される、ウエハ装填・キャリア操作システム202を含む。雰囲気操作システム206により、ウエハ操作減圧チャンバ208へのアクセスが提供される。幾つかの実施形態におけるウエハ装填・キャリア操作システム202は、基板搬送ボックス、ロードロック、及び他の構成要素を含み、基板を雰囲気からシステムの内側の減圧に移送する。EUVマスクブランク204を使用して、非常に小さいスケールでデバイスを形成するので、ソース基板203及びEUVマスクブランク204は、汚染及び他の欠陥を防止するために減圧システム内で処理される。

【0032】

[0037] 幾つかの実施形態におけるウエハ操作減圧チャンバ208は、2つの減圧チャンバ、すなわち第1の減圧チャンバ210と第2の減圧チャンバ212とを含む。第1の減圧チャンバ210は、第1のウエハ操作システム214を含み、第2の減圧チャンバ212は、第2のウエハ操作システム216を含む。ウエハ操作減圧チャンバ208は、2つの減圧チャンバを伴って説明されるが、1以上の実施形態のシステムは、任意の数の減圧チャンバを有することが理解される。

10

【0033】

[0038] 幾つかの実施形態におけるウエハ操作減圧チャンバ208は、様々な他のシステムの取り付け用に、その周縁の周りに複数のポートを有する。第1の減圧チャンバ210は、ガス抜きシステム218、第1の物理的気相堆積システム220、第2の物理的気相堆積システム222、及び予洗浄システム224を有する。ガス抜きシステム218は、基板から水分を熱的に脱着させるためのものである。予洗浄システム224は、ウエハ、マスクブランク、鏡、又は他の光学部品の表面を洗浄するためのものである。

20

【0034】

[0039] 幾つかの実施形態における第1の物理的気相堆積システム220や第2の物理的気相堆積システム222などのような物理的気相堆積システムを使用して、ソース基板203上に導電性材料の薄膜を形成する。例えば、幾つかの実施例における物理的気相堆積システムは、マグネトロンスパッタリングシステム、イオンスパッタリングシステム、パルスレーザー堆積、カソードアーク堆積、又はこれらの組み合わせなどのような減圧堆積システムを含む。マグネトロンスパッタリングシステムなどの物理的気相堆積システムは、ソース基板203上に、シリコン、金属、合金、化合物、又はこれらの組み合わせの層を含む薄い層を形成する。

30

【0035】

[0040] 物理的気相堆積システムは、反射層、キャッピング層、及び吸収体層を形成する。例えば、幾つかの実施形態の物理的気相堆積システムは、シリコン、モリブデン、酸化チタン、二酸化チタン、酸化ルテニウム、酸化ニオブウム、ルテニウムタングステン、ルテニウムモリブデン、ルテニウムニオブウム、クロム、タンタル、窒化物、化合物、又はそれらの組み合わせの層を形成する。幾つかの化合物は酸化物として説明されるが、幾つかの実施形態の化合物は、酸化物、二酸化物、酸素原子を有する原子混合物、又はそれらの組み合わせを含むことが理解される。

【0036】

[0041] 第2の減圧チャンバ212は、それに接続された、第1のマルチカソード源226、化学気相堆積システム228、硬化チャンバ230、及び超平滑堆積チャンバ232を有する。例えば、幾つかの実施形態の化学気相堆積システム228は、流動性化学気相堆積システム(FCVD)、プラズマアシスト化学気相堆積システム(CVD)、エアロゾルアシストCVD、熱フィラメントCVDシステム、又は同様のシステムを含む。別の一実施例では、幾つかの実施形態における化学気相堆積システム228、硬化チャンバ230、及び超平滑堆積チャンバ232が、極紫外線反射素子製造システム200とは別個のシステム内にある。

40

【0037】

[0042] 幾つかの実施形態の化学気相堆積システム228は、ソース基板203上に材

50

料の薄膜を形成する。例えば、幾つかの実施形態における化学気相堆積システム 228 を使用して、ソース基板 203 上に、モノ結晶層、多結晶層、アモルファス層、エピタキシャル層、又はそれらの組み合わせを含む、材料の層を形成する。幾つかの実施形態の化学気相堆積システム 228 は、シリコン、酸化ケイ素、酸炭化ケイ素 (silicon oxycarbide)、炭素、タングステン、炭化ケイ素、窒化ケイ素、窒化チタン、金属、合金、及び化学気相堆積に適切な他の材料の層を形成する。例えば、幾つかの実施形態の化学気相堆積システムは、平坦化層を形成する。

【0038】

[0043] 第 1 のウエハ操作システム 214 は、連続的な減圧下で、雰囲気操作システム 206 と、第 1 の減圧チャンバ 210 の周縁の周りがある様々なシステムと、の間でソース基板 203 を移動させることができる。第 2 のウエハ操作システム 216 は、連続的な減圧内にソース基板 203 を維持しながら、第 2 の減圧チャンバ 212 の周りでソース基板 203 を移動させることができる。幾つかの実施形態の極紫外線反射素子製造システム 200 は、ソース基板 203 及び EUV マスクブランク 204 を、連続的な減圧内で、第 1 のウエハ操作システム 214 と第 2 のウエハ操作システム 216 との間で移送する。

10

【0039】

[0044] 次に図 4 を参照すると、極紫外線反射素子 302 の一実施形態が示されている。1 以上の実施形態では、極紫外線反射素子 302 が、図 3 の EUV マスクブランク 204 又は図 3 の極紫外線鏡 205 である。極紫外線マスクブランク 204 及び極紫外線鏡 205 は、図 2 の極紫外線光 112 を反射するための構造である。幾つかの実施形態における EUV マスクブランク 204 を使用して、図 2 で示されている EUV 反射マスク 106 を形成する。

20

【0040】

[0045] 極紫外線反射素子 302 は、基板 304、反射層の多層積層体 306、及びキャッピング層 308 を含む。1 以上の実施形態では、極紫外線鏡 205 を使用して、図 2 のコンデンサ 104 又は図 2 の光学縮小アセンブリ 108 内で使用される反射構造を形成する。

【0041】

[0046] 極紫外線反射素子 302 は、幾つかの実施形態では EUV マスクブランク 204 であり、基板 304、反射層の多層積層体 306、キャッピング層 308、及び吸収体層 310 を含む。幾つかの実施形態における極紫外線反射素子 302 は、EUV マスクブランク 204 であり、これを使用して、吸収体層 310 に必要とされる回路のレイアウトをパターンニングすることによって図 2 の EUV 反射マスク 106 を形成する。吸収体層は、特定の実施形態では、例えば、酸窒化タンタルとタンタルホウ素酸化物から選択された反射防止コーティングなどの反射防止コーティング (図示せず) でコーティングされる。

30

【0042】

[0047] 以下のセクションでは、簡略化のために、EUV マスクブランク 204 向けの用語が、極紫外線鏡 205 の用語と相互交換可能に使用される。1 以上の実施形態では、EUV マスクブランク 204 が、図 2 のマスクパターン 114 を形成するために追加された吸収体層 310 を有する極紫外線鏡 205 の構成要素を含む。

40

【0043】

[0048] EUV マスクブランク 204 は、集積回路の処理層を表すマスクパターン 114 を有する EUV 反射マスク 106 を形成するために使用される光学的に平坦な構造である。反射マスク 106 は、一旦完全に処理されると、幾つかの実施形態では、レチクルと呼ばれる。1 以上の実施形態では、EUV マスクブランク 204 の反射面が、図 2 の極紫外線光 112 などの入射光を反射するための平坦な焦点面を形成する。

【0044】

[0049] 図 4 を参照すると、基板 304 は、極紫外線反射素子 302 に構造的な支持を提供するための要素である。1 以上の実施形態では、基板 304 が、温度変化中に安定性を提供するために、低熱膨張係数 (CTE) を有する材料から作製される。1 以上の実施

50

形態では、基板 304 が、機械サイクル、熱サイクル、結晶形成、又はそれらの組み合わせに対する安定性などの特性を有する。1 以上の実施形態による基板 304 は、例えば、シリコン、ガラス、酸化物、セラミック、ガラスセラミック、又はそれらの組み合わせなどのような材料から形成される。

【0045】

[0050] 多層積層体 306 は、極紫外線光 112 を反射する構造である。多層積層体 306 は、第 1 の反射層 312 と第 2 の反射層 314 との交互の反射層を含む。第 1 の反射層 312 及び第 2 の反射層 314 は、図 4 の反射対 316 を形成する。非限定的な実施形態では、多層積層体 306 が、20 から 60 の範囲の反射対 316 (合計で最大 120 までの反射層) を含む。

10

【0046】

[0051] 幾つかの実施形態における第 1 の反射層 312 と第 2 の反射層 314 とは、様々な材料から形成される。一実施形態では、第 1 の反射層 312 と第 2 の反射層 314 とが、それぞれ、シリコンとモリブデンとから形成される。層は、シリコンとモリブデンとして示されているが、幾つかの実施形態における交互層は、他の材料から形成されるか又は他の内部構造を有することが理解される。

【0047】

[0052] 第 1 の反射層 312 と第 2 の反射層 314 とは、様々な実施形態に従って様々な構造を有する。一実施形態では、第 1 の反射層 312 と第 2 の反射層 314 との両方が、単一層、複数の層、分割層構造、不均一構造、又はそれらの組み合わせで形成される。

20

【0048】

[0053] 大部分の材料は、極紫外波長の光を吸収するので、使用される光学素子は、他のリソグラフィシステムで使用されるような透過性ではなく反射性である。多層積層体 306 は、異なる光学特性を有する材料の薄い交互層を有することによって反射性構造を形成して、ブラッグリフレクタ (Bragg reflector) 又は鏡を生成する。

【0049】

[0054] 一実施形態では、交互層のそれぞれが、極紫外線光 112 に対して異なる光学定数を有する。交互層の厚さの周期が、紫外線光 112 の波長の半分であるときに、交互層は共鳴反射率 (resonant reflectivity) を提供する。一実施形態では、13 nm の波長の極紫外線光 112 では、交互層の厚さが約 6.5 nm である。提供されるサイズ及び寸法は、典型的な素子向けの通常の光学的許容誤差内であることが理解される。

30

【0050】

[0055] 幾つかの実施形態における多層積層体 306 は、様々な方法で形成される。一実施形態では、第 1 の反射層 312 と第 2 の反射層 314 とが、マグネトロンスパッタリング、イオンスパッタリングシステム、パルスレーザー堆積、カソードアーク堆積、又はそれらの組み合わせで形成される。

【0051】

[0056] 例示的な一実施形態では、多層積層体 306 が、マグネトロンスパッタリングなどの物理的気相堆積技法を使用して形成される。一実施形態では、多層積層体 306 の第 1 の反射層 312 と第 2 反射層 314 とが、正確な厚さ、低い粗さ、及び層間の清浄なインターフェースを含む、マグネトロンスパッタリング技法によって形成される特性を有する。一実施形態では、多層積層体 306 の第 1 の反射層 312 と第 2 反射層 314 とが、正確な厚さ、低い粗さ、及び層間の清浄なインターフェースを含む、物理的気相堆積によって形成される特性を有する。

40

【0052】

[0057] 幾つかの実施態様における物理的気相堆積技法を使用して形成される多層積層体 306 の層の物理的寸法は、反射率を高めるように正確に制御される。一実施形態では、シリコンの層などの第 1 の反射層 312 が、4.1 nm の厚さを有する。モリブデンの層などの第 2 の反射層 314 は、2.8 nm の厚さを有する。層の厚さにより、極紫外線反射素子のピーク反射率波長が決まる。層の厚さが正しくない場合、幾つかの実施形態で

50

の所望の波長 13 . 5 nmにおける反射率が低下する。

【0053】

[0058] 一実施形態では、多層積層体 306 は、60%を超える反射率を有する。一実施形態では、物理的気相堆積を使用して形成される多層積層体 306 が、66% ~ 67% の範囲内の反射率を有する。1 以上の実施形態では、多層積層体 306 の上に、より硬い材料で形成されたキャッピング層 308 を形成することによって、反射率が改善される。幾つかの実施形態では、低い粗さの層、層間の清浄なインターフェース、改善された層材料、又はそれらの組み合わせを使用して、70%を超える反射率が実現される。

【0054】

[0059] 1 以上の実施形態では、キャッピング層 308 が、極紫外線光 112 の透過を可能にする保護層である。一実施形態では、キャッピング層 308 が、多層積層体 306 上に直接的に形成される。1 以上の実施形態では、キャッピング層 308 が、多層積層体 306 を汚染及び機械的損傷から保護する。一実施形態では、多層積層体 306 が、酸素、炭素、炭化水素、又はそれらの組み合わせによる汚染の影響を受け易い。一実施形態によるキャッピング層 308 は、汚染物と相互作用してそれらを中和する。

10

【0055】

[0060] 1 以上の実施形態では、キャッピング層 308 が、極紫外線光 112 に対して透明な光学的に均一な構造である。極紫外線光 112 は、キャッピング層 308 を通過して、多層積層体 306 から反射する。1 以上の実施形態では、キャッピング層 308 が、1% から 2% の全反射率損失を有する。1 以上の実施形態では、種々の材料のそれぞれが、厚さに応じて種々の反射率損失を有するが、それらの全てが 1% から 2% の範囲内である。

20

【0056】

[0061] 1 以上の実施形態では、キャッピング層 308 が滑らかな表面を有する。例えば、キャッピング層 308 の表面は、0 . 2 nm RMS未満の粗さ（二乗平均平方根測定値）を有する。別の一実施例では、キャッピング層 308 の表面が、1 / 100 nmと 1 / 1 μmとの範囲内の長さに対して 0 . 08 nm RMSの粗さを有する。RMS粗さは、それが測定される範囲に応じて変動するだろう。100 nmから 1 ミクロンの特定の範囲では、その粗さが 0 . 08 nm以下になる。より大きい範囲にわたり、その粗さはより高くなるだろう。

30

【0057】

[0062] 幾つかの実施形態におけるキャッピング層 308 は、様々な方法で形成される。一実施形態では、キャッピング層 308 が、マグネトロンスパッタリング、イオンスパッタリングシステム、イオンビーム堆積、電子ビーム蒸着、高周波（RF）スパッタリング、原子層堆積（ALD）、パルスレーザー堆積、カソードアーク堆積、又はそれらの組み合わせを用いて、多層積層体 306 上に又はその真上に直接的に形成される。1 以上の実施形態では、キャッピング層 308 が、正確な厚さ、低い粗さ、及び層間の清浄なインターフェースを含む、マグネトロンスパッタリングによって形成される物理的特性を有する。一実施形態では、キャッピング層 308 が、正確な厚さ、低い粗さ、及び層間の清浄なインターフェースを含む、物理的気相堆積によって形成される物理的特性を有する。

40

【0058】

[0063] 1 以上の実施形態では、キャッピング層 308 が、洗浄中の浸食に抵抗するのに十分な硬度を有する様々な材料から形成される。一実施形態では、ルテニウムが、キャッピング層の材料として使用される。というのも、それは、優れたエッチング停止であり、動作条件下で比較的不活性だからである。しかし、幾つかの実施形態における他の材料も、キャッピング層 308 を形成するために使用されることが理解される。特定の実施形態では、キャッピング層 308 が、2 . 5 と 5 . 0 nmの範囲内の厚さを有する。

【0059】

[0064] 1 以上の実施形態では、吸収体層 310 が、極紫外線光 112 を吸収する層である。一実施形態では、吸収体層 310 が、極紫外線光 112 を反射しないエリアを設け

50

ることによって、EUV反射マスク106上にパターンを形成するために使用される。吸収体層310は、1以上の実施形態によれば、約13.5nmなどの極紫外線光112の特定の周波数に対して高吸収率を有する材料を含む。一実施態様では、吸収体層310が、キャッピング層308上に直接的に形成され、吸収体層310は、フォトリソグラフィプロセスを使用してエッチングされて、EUV反射マスク106のパターンを形成する。

【0060】

[0065] 1以上の実施形態によれば、極紫外線鏡205などの極紫外線反射素子302は、基板304、多層積層体306、及びキャッピング層308で形成される。極紫外線鏡205は、光学的に平坦な表面を有し、極紫外線光112を効率的に且つ均一に反射し得る。

10

【0061】

[0066] 1以上の実施形態によれば、EUVマスクブランク204などの極紫外線反射素子302は、裏側コーティング層318、基板304、多層積層体306、キャッピング層308、及び吸収体層310で形成される。マスクブランク204は、光学的に平坦な表面を有し、極紫外線光112を効率的に且つ均一に反射し得る。一実施形態では、EUVマスクブランク204の吸収体層310にマスクパターン114が形成される。

【0062】

[0067] 1以上の実施形態によれば、吸収体層310をキャッピング層308の上に形成することにより、EUV反射マスク106の信頼性が増加する。キャッピング層308は、吸収体層310のエッチング停止層として機能する。図2のマスクパターン114が、吸収体層310の中にエッチングされたときに、吸収体層310の下のキャッピング層308は、エッチング作用を停止して、多層積層体306を保護する。1以上の実施形態では、吸収体層310が、キャッピング層308に対してエッチング選択性である。幾つかの実施形態では、キャッピング層308がルテニウムを含み、吸収体層310がルテニウムに対してエッチング選択性である。一実施例として、吸収体層310は窒化タンタルを含む。1以上の実施形態では、吸収体層が、物理堆積チャンバ内で同時スパッタリング (co-sputter) される。他の実施形態では、吸収体層が、第1の材料と第2の材料との積層体として、層毎に堆積される。

20

【0063】

[0068] 基板304の下側には、タンタルとニッケルの合金を含む裏側コーティング層318が設けられる。一実施形態では、裏側コーティング層318がアモルファス膜である。

30

【0064】

[0069] 裏側コーティング層318内に含まれるタンタルとニッケルの合金は、他の材料から構成される裏側コーティング層よりも比較的薄い厚さで、適切な摩擦係数 (μ) 及び抵抗を維持しながら、耐久性を改善する硬度を提供する。タンタルとニッケルのインスタントな合金 (instant alloy) は、裏側コーティング層内に含まれたときに、以前に裏側コーティング層として採用されてきたCrN及び他の材料より優れた点を提供する、硬度、粗さ、及び光学濃度も提供する。同様に、タンタルとニッケルのインスタントな合金は、欠陥を生じにくく、適切な不均一性を有する裏側コーティング層を生み出す。

40

【0065】

[0070] 一実施形態では、裏側コーティング層26が、0.1nmから約50nm、若しくは約0.1から約40nm、若しくは約0.1から約30nm、若しくは約0.1から約25nm、又は約0.1から約20nmまでの範囲の厚さを有する。上述のように、特定の実施形態では、タンタルとニッケルの合金が、他の材料から成る裏側コーティング層と比較して、これらの他の材料と少なくとも実質的に同様な性能又は優れた性能を維持しながら、裏側コーティング層がより薄い厚さで提供されることを可能にする。

【0066】

[0071] 1以上の実施形態では、タンタルとニッケルの合金が、約70重量%から約85重量%のタンタル及び約15重量%から約30重量%のニッケルを有する合金、約45

50

重量%から約5.5重量%のタンタル及び約4.5重量%から約5.5重量%のニッケルを有する合金、並びに約3.0重量%から約4.5重量%のタンタル及び約5.5重量%から約7.0重量%のニッケルを有する合金から選択され、全ての重量パーセント(重量%)は合金の総重量に基づく。

【0067】

[0072] 他の実施形態では、タンタルとニッケルの合金が、約7.0重量%から約7.5重量%のタンタル及び約2.5重量%から約3.0重量%のニッケルを有する合金、約4.8重量%から約5.5重量%のタンタル及び約4.5重量%から約5.2重量%のニッケルを有する合金、並びに約3.5重量%から約4.5重量%のタンタル及び約5.5重量%から約6.5重量%のニッケルを有する合金から選択され、全ての重量%(重量%)は合金の総重量に基づく。

10

【0068】

[0073] 特定の一実施形態では、タンタルとニッケルの合金物が、タンタルに富む合金である。本明細書で使用される際に、「タンタルに富む」という用語は、合金内にニッケルよりも有意に多くのタンタルが存在することを意味する。例えば、特定の一実施形態では、タンタルとニッケルの合金が、約7.0重量%から約8.5重量%のタンタル及び約1.5重量%から約3.0重量%のニッケルを有する合金である。別の特定の一実施形態では、タンタルとニッケルの合金が、約7.0重量%から約7.5重量%のタンタル及び約2.5重量%から約3.0重量%のニッケルを有する合金である。

【0069】

[0074] 別の特定の一実施形態では、タンタルとニッケルの合金が、等比合金である。本明細書で使用される際に、「等比」という用語は、合金内に存在するタンタルとニッケルの量が重量で近似的に同じであることを意味する。例えば、一実施形態では、タンタルとニッケルの合金が、約4.5重量%から約5.5重量%のタンタル及び約4.5重量%から約5.5重量%のニッケルを有する合金である。別の一実施形態では、タンタルとニッケルの合金が、約4.8重量%から約5.5重量%のタンタル及び約4.5重量%から約5.2重量%のニッケルを有する合金である。

20

【0070】

[0075] また更に特定の一実施形態では、タンタルとニッケルの合金が、ニッケルに富む合金である。本明細書で使用される際に、「ニッケルに富む」という用語は、合金内にタンタルよりも有意に多くのニッケルが存在することを意味する。例えば、一実施形態では、タンタルとニッケルの合金が、約3.0重量%から約4.5重量%のタンタル及び約5.5重量%から約7.0重量%のニッケルを有する合金である。別の一実施形態では、タンタルとニッケルの合金が、約3.5重量%から約4.5重量%のタンタル及び約5.5重量%から約6.5重量%のニッケルを有する合金である。

30

【0071】

[0076] 1以上の実施形態では、タンタルとニッケルの合金がドーパントを含む。ドーパントは、ホウ素、窒素、又は酸素のうち1以上から選択され得る。一実施形態では、ドーパントが酸素を含む。代替的な一実施形態では、ドーパントが窒素を含む。代替的な一実施形態では、ドーパントがホウ素を含む。一実施形態では、ドーパントが、ホウ素、窒素、及び酸素のうち1以上の組み合わせ(例えば、ホウ素及び窒素、ホウ素及び酸素、酸素及び窒素、窒素及びホウ素)を含む。

40

【0072】

[0077] 一実施形態では、ドーパントが、合金の重量に基づいて、約0.1重量%から約1.0重量%の量で合金内に存在する。他の実施形態では、ドーパントが、約0.1重量%、0.2重量%、0.3重量%、0.4重量%、0.5重量%、0.6重量%、0.7重量%、0.8重量%、0.9重量%、1.0重量%、1.1重量%、1.2重量%、1.3重量%、1.4重量%、1.5重量%、1.6重量%、1.7重量%、1.8重量%、1.9重量%、2.0重量%、2.1重量%、2.2重量%、2.3重量%、2.4重量%、2.5重量%、2.6重量%、2.7重量%、2.8重量%、2.9重量%

50

、 3 . 0 重量 %、 3 . 1 重量 %、 3 . 2 重量 %、 3 . 3 重量 %、 3 . 4 重量 %、 3 . 5 重量 %、 3 . 6 重量 %、 3 . 7 重量 %、 3 . 8 重量 %、 3 . 9 重量 %、 4 . 0 重量 %、 4 . 1 重量 %、 4 . 2 重量 %、 4 . 3 重量 %、 4 . 4 重量 %、 4 . 5 重量 %、 4 . 6 重量 %、 4 . 7 重量 %、 4 . 8 重量 %、 4 . 9 重量 %、 5 . 0 重量 %、 5 . 1 重量 %、 5 . 2 重量 %、 5 . 3 重量 %、 5 . 4 重量 %、 5 . 5 重量 %、 5 . 6 重量 %、 5 . 7 重量 %、 5 . 8 重量 %、 5 . 9 重量 %、 6 . 0 重量 %、 6 . 1 重量 %、 6 . 2 重量 %、 6 . 3 重量 %、 6 . 4 重量 %、 6 . 5 重量 %、 6 . 6 重量 %、 6 . 7 重量 %、 6 . 8 重量 %、 6 . 9 重量 %、 7 . 0 重量 %、 7 . 1 重量 %、 7 . 2 重量 %、 7 . 3 重量 %、 7 . 4 重量 %、 7 . 5 重量 %、 7 . 6 重量 %、 7 . 7 重量 %、 7 . 8 重量 %、 7 . 9 重量 %、 8 . 0 重量 %、 8 . 1 重量 %、 8 . 2 重量 %、 8 . 3 重量 %、 8 . 4 重量 %、 8 . 5 重量 %、 8 . 6 重量 %、 8 . 7 重量 %、 8 . 8 重量 %、 8 . 9 重量 %、 9 . 0 重量 %、 9 . 1 重量 %、 9 . 2 重量 %、 9 . 3 重量 %、 9 . 4 重量 %、 9 . 5 重量 %、 9 . 6 重量 %、 9 . 7 重量 %、 9 . 8 重量 %、 9 . 9 重量 %、 又は 1 0 . 0 重量 % の量で合金内に存在する。

10

【 0 0 7 3 】

[0078] 1 以上の実施形態では、裏側コーティング層の合金が、物理堆積チャンバ内で形成される同時スパッタリングされた合金である。そのチャンバは、かなり薄い裏側コーティング層の厚さ（例えば 3 0 nm 未満）を提供する。1 以上の実施形態では、裏側コーティング層の合金が、アルゴン（Ar）、酸素（O₂）、又は窒素（N₂）のうちの 1 以上から選択されたガスによって同時スパッタリングされる。一実施形態では、裏側コーティング層の合金が、アルゴンと酸素のガス（Ar + O₂）の混合物によって同時スパッタリングされる。幾つかの実施形態では、アルゴンと酸素の混合物による同時スパッタリングが、ニッケルの酸化物及び / 又はタンタルの酸化物を形成する。他の実施形態では、アルゴンと酸素の混合物による同時スパッタリングが、ニッケル又はタンタルの酸化物を形成しない。一実施形態では、裏側コーティング層の合金が、アルゴンと窒素のガス（Ar + N₂）の混合物によって同時スパッタリングされる。幾つかの実施形態では、アルゴンと窒素の混合物による同時スパッタリングが、ニッケルの窒化物及び / 又はタンタルの窒化物を形成する。他の実施形態では、アルゴンと窒素の混合物による同時スパッタリングが、ニッケル又はタンタルの窒化物を形成しない。一実施形態では、本裏側コーティング層の合金が、アルゴンと酸素と窒素のガス（Ar + O₂ + N₂）の混合物によって同時スパッタリングされる。幾つかの実施形態では、アルゴンと酸素と窒素の混合物による同時スパッタリングが、ニッケルの酸化物及び / 若しくは窒化物並びに / 又はタンタルの酸化物及び / 若しくは窒化物を形成する。他の実施形態では、アルゴンと酸素と窒素の混合物による同時スパッタリングが、ニッケル又はタンタルの酸化物若しくは窒化物を形成しない。一実施形態では、裏側コーティング層のエッチング特性及び / 又は他の特性が、上述のように、（ 1 以上の）合金百分率を制御することによって仕様に合わせられる。一実施形態では、（ 1 以上の）合金百分率が、物理的気相堆積チャンバの電圧、圧力、流量などのような動作パラメータによって正確に制御される。一実施形態では、プロセスガスを使用して材料特性を更に修正し、例えば、N₂ ガスを使用してタンタルとニッケルの窒化物を形成する。

20

30

【 0 0 7 4 】

[0079] 1 以上の実施形態では、本明細書で使用される際に、「同時スパッタリング」は、2 つのターゲット（1 つのターゲットがニッケルを含み、第 2 のターゲットがタンタルを含む）が、アルゴン（Ar）、酸素（O₂）、又は窒素（N₂）から選択された 1 以上のガスを使用して同時にスパッタリングされ、タンタルとニッケルの合金を含む裏側コーティング層を堆積させ / 形成することを意味する。

40

【 0 0 7 5 】

[0080] 他の実施形態では、タンタルとニッケルの合金が、アルゴン（Ar）、酸素（O₂）、又は窒素（N₂）のうちの 1 以上から選択されたガスを使用して、タンタルとニッケルの層の積層体として層毎に堆積される。一実施形態では、タンタルとニッケルが、アルゴンと酸素のガス（Ar + O₂）の混合物を使用して、タンタルとニッケルの層の積層体と

50

して層毎に堆積される。幾つかの実施形態では、アルゴンと酸素の混合物を使用した層毎の堆積が、ニッケルの酸化物及び/又はタンタルの酸化物を形成する。他の実施形態では、アルゴンと酸素の混合物を使用した層毎の堆積が、ニッケル又はタンタルの酸化物を形成しない。一実施形態では、裏側コーティング層の合金が、アルゴンと窒素のガス ($Ar + N_2$) の混合物を使用して、タンタルとニッケルの層の積層体として層毎に堆積される。幾つかの実施形態では、アルゴンと窒素の混合物を使用した層毎の堆積が、ニッケル及び/又はタンタルの窒化物を形成する。他の実施形態では、アルゴンと窒素との混合物を使用する層毎の堆積が、ニッケル又はタンタルの窒化物を形成しない。一実施形態では、裏側コーティング層の合金が、アルゴンと酸素と窒素のガス ($Ar + O_2 + N_2$) の混合物を使用して、タンタルとニッケルの層の積層体として層毎に堆積される。幾つかの実施形態では、アルゴンと酸素と窒素の混合物を使用した層毎の堆積が、ニッケルの酸化物及び/若しくは窒化物並びに/又はタンタルの酸化物及び/若しくは窒化物を形成する。他の実施形態では、アルゴンと酸素と窒素の混合物を使用する層毎の堆積が、ニッケル又はタンタルの酸化物若しくは窒化物を形成しない。

10

20

30

40

50

【0076】

[0081] 1以上の実施形態では、本明細書で説明される合金組成のバルクターゲットが、アルゴン (Ar)、酸素 (O_2)、又は窒素 (N_2) のうちの1以上から選択されたガスを使用して、通常のスputteringによってスputteringされる。1以上の実施形態では、タンタルとニッケルの合金が、その合金の同じ組成を有するバルクターゲットを使用して堆積され、アルゴン (Ar)、酸素 (O_2)、又は窒素 (N_2) のうちの1以上から選択されたガスを使用してスputteringされて、裏側コーティング層を形成する。一実施形態では、裏側コーティング層の合金が、その合金の同じ組成を有するバルクターゲットを使用して堆積され、アルゴンと酸素のガス ($Ar + O_2$) の混合物を使用してスputteringされる。幾つかの実施形態では、アルゴンと酸素の混合物を使用するバルクターゲットの堆積が、ニッケルの酸化物及び/又はタンタルの酸化物を形成する。他の実施形態では、アルゴンと酸素の混合物を使用するバルクターゲットの堆積が、ニッケル又はタンタルの酸化物を形成しない。一実施形態では、裏側コーティング層の合金が、その合金の同じ組成物を有するバルクターゲットを使用して堆積され、アルゴンと窒素のガス ($Ar + N_2$) の混合物を使用してスputteringされる。幾つかの実施形態では、アルゴンと窒素の混合物を使用するバルクターゲットの堆積が、ニッケルの窒化物及び/又はタンタルの窒化物を形成する。他の実施形態では、アルゴンと窒素の混合物を使用するバルクターゲットの堆積が、ニッケル又はタンタルの窒化物を形成しない。一実施形態では、裏側コーティング層の合金が、その合金の同じ組成を有するバルクターゲットを使用して堆積され、アルゴンと酸素と窒素のガス ($Ar + O_2 + N_2$) の混合物を使用してスputteringされる。幾つかの実施形態では、アルゴンと酸素と窒素の混合物を使用するバルクターゲットの堆積が、ニッケルの酸化物及び/若しくは窒化物並びに/又はタンタルの酸化物及び/若しくは窒化物を形成する。他の実施形態では、アルゴンと酸素と窒素の混合物を使用するバルクターゲットの堆積が、ニッケル又はタンタルの酸化物若しくは窒化物を形成しない。

【0077】

[0082] 次に図5を参照すると、極紫外マスクブランク400は、裏側コーティング層424、基板414、基板414上の反射層412の多層積層体であって、複数の反射層対を含む反射層412の多層積層体を含む。1以上の実施形態では、複数の反射層対が、モリブデン (Mo) 含有材料とシリコン (Si) 含有材料とから選択された材料から作製される。幾つかの実施形態では、複数の反射層対が、モリブデンとシリコンとの交互層を含む。極紫外マスクブランク400は、反射層412の多層積層体上にキャッピング層422を更に含み、キャッピング層422上に吸収体層の多層積層体420が存在する。1以上の実施形態では、複数の反射層412は、モリブデン (Mo) 含有材料とシリコン (Si) 含有材料から選択され、キャッピング層422はルテニウムを含む。複数の吸収体層対420a、420b、420c、420d、420e、420fを含む、吸収体層の多層積層体420も提供される。裏側コーティング層424は、タンタルとニッケルの合金を

含み、幾つかの実施形態では、本明細書で開示される合金組成のうちの何れか1つを含む。

【0078】

[0083] 1以上の実施形態によれば、種々の吸収体層の材料と吸収体層の厚さとは、極紫外線光が、吸光度によって、及び反射層の多層積層体からの光との破壊的な緩衝によってもたらされる相変化によって吸収されるように選択される。図5で示されている実施形態は、3つの吸収体層対(420a/420b、420c/420d、及び420e/420f)を示しているが、本開示は、特定の数の吸収体層対に限定されるべきではない。1以上の実施形態によれば、EUVマスクブランク400は、5と60との範囲の吸収体層対、又は10と40との範囲の吸収体層対を含む。

10

【0079】

[0084] 1以上の実施形態によれば、(1以上の)吸収体層は、2%未満の反射率及び他のエッチング特性を提供する厚さを有する。幾つかの実施形態における供給ガスは、(1以上の)吸収体層の材料特性を更に修正するために使用され、例えば、窒素(N₂)ガスを使用して、上記で提供された材料の窒化物を形成する。1以上の実施形態による(1以上の)吸収体層の多層積層体は、種々の材料の個々の厚さの繰り返しパターンである。それによって、EUV光は、吸光度によって吸収されるだけでなく、多層吸収体積層体によってもたらされる相変化によっても吸収される。それは、下にある反射材料の多層積層体からの光と破壊的に緩衝して、より良好なコントラスト(better contrast)を提供する。

20

【0080】

[0085] 本開示の別の態様は、以下のことを含む極紫外線(EUV)マスクブランクを製造する方法に関する。すなわち、第1の面と第2の面とを有する基板を提供することと、基板の第1の面上に裏側コーティング層を形成することと、基板の第2の面上に反射層の多層積層体であって、複数の反射層対を含む多層積層体を形成することと、反射層の多層積層体上にキャッピング層を形成することと、キャッピング層上に吸収体層を形成することとである。裏側コーティング層は、本明細書で説明される合金のうちの何れか1つなどの、タンタルとニッケルの合金を含む。

【0081】

[0086] 1以上の実施形態のEUVマスクブランクは、図4及び図5に関連して上述された実施形態の特性のうちの何れかを有し、幾つかの実施形態における方法は、図3に関連して説明されたシステム内で実行される。

30

【0082】

[0087] 次に図6を参照すると、特定の一実施形態による、マルチカソード源チャンバ500の上部が示されている。マルチカソードチャンバ500は、上部アダプタ504によって覆われている円筒形本体部502を有する基礎構造501を含む。上部アダプタ504は、上部アダプタ504の周りに配置されたカソード源506、508、510、512、及び514などの、幾つかのカソード源を提供する。

【0083】

[0088] 幾つかの実施形態におけるマルチカソード源チャンバ500は、図3で示されているシステムの部分である。一実施形態では、極紫外線(EUV)マスクブランク製造システムが、減圧を生成するための基板操作減圧チャンバと、基板操作減圧チャンバ内に装填される基板を搬送するための減圧内の基板操作プラットフォームと、EUVマスクブランクであって、基板上の反射層の多層積層体であって、複数の反射層対を含む多層積層体、多層積層体の反射層上のキャッピング層、及びキャッピング層上の吸収体層、タンタルとニッケルとの合金を含む裏側コーティング層を含む、EUVマスクブランクを形成するために、基板操作プラットフォームによってアクセスされる複数のサブチャンバとを備える。幾つかの実施形態におけるシステムは、EUVマスクブランクであって、図4又は図5に関連して示され、上記の図4又は図5に関連して説明されたEUVマスクブランクに関連して説明された特性のうちの何れかを有する、EUVマスクブランクを作製するた

40

50

めに使用される。

【0084】

[0089] この明細書全体を通じて、「一実施形態 (one embodiment)」、「特定の
実施形態 (certain embodiments)」、「1 以上の実施形態 (one or more embodi
ments)」、又は「実施形態 (an embodiment)」に対する言及は、実施形態に関連
して説明されている特定の特徵、構造、材料、又は特性が、本開示の少なくとも 1 つの実
施形態に含まれることを意味する。故に、この明細書全体の様々な箇所での「1 以上の実
施形態で」、「特定の実施形態で」、「一実施形態で」、又は「実施形態で」などの表現
は、必ずしも、本開示の同一の実施形態に言及するものではない。更に、特定の特徵、構
造、材料、又は特質は、1 以上の実施形態において、任意の適切なやり方で組み合わせられ
得る。

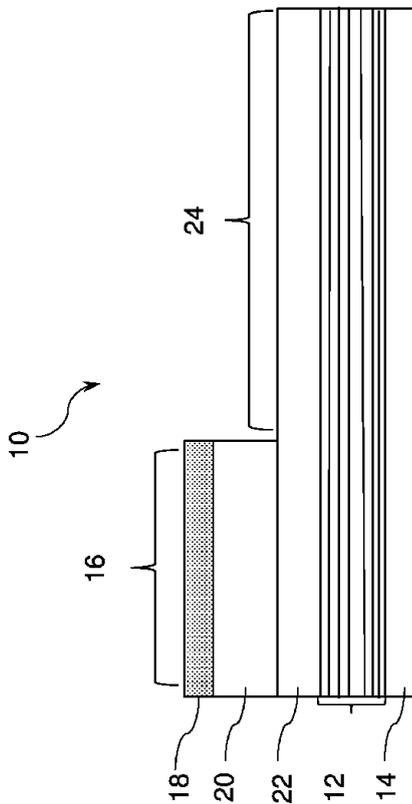
10

【0085】

[0090] 本明細書の開示は特定の実施形態を参照して説明されているが、これらの実施
形態は、本開示の原理及び用途の例示にすぎないことを理解されたい。本開示の精神及び
範囲から逸脱することなく、本開示の方法及び装置に対して様々な改変及び変形を行い得
ることが、当業者には明らかになる。したがって、本発明は、添付の特許請求の範囲及
びその均等物の範囲内にある修正及び変形を含むことが意図されている。

【図面】

【図 1】



【図 2】

FIG. 1 (Prior Art)

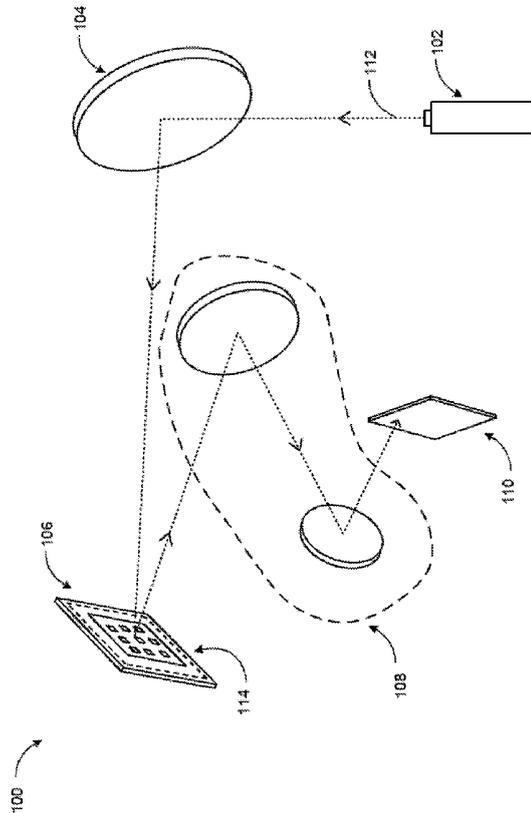


FIG. 2

20

30

40

50

【 図 3 】

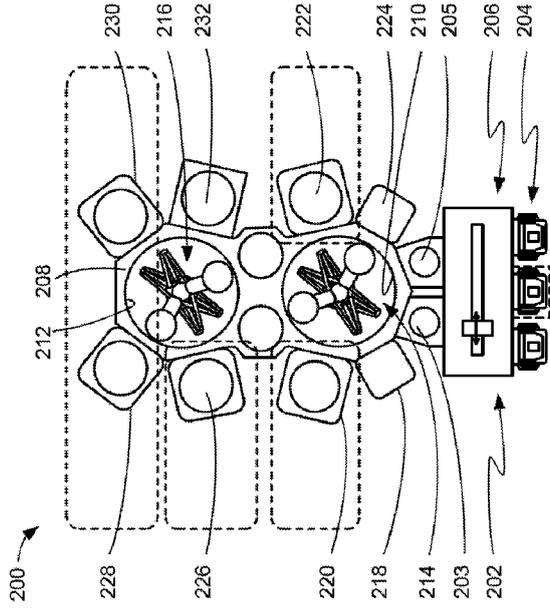


FIG. 3

【 図 4 】

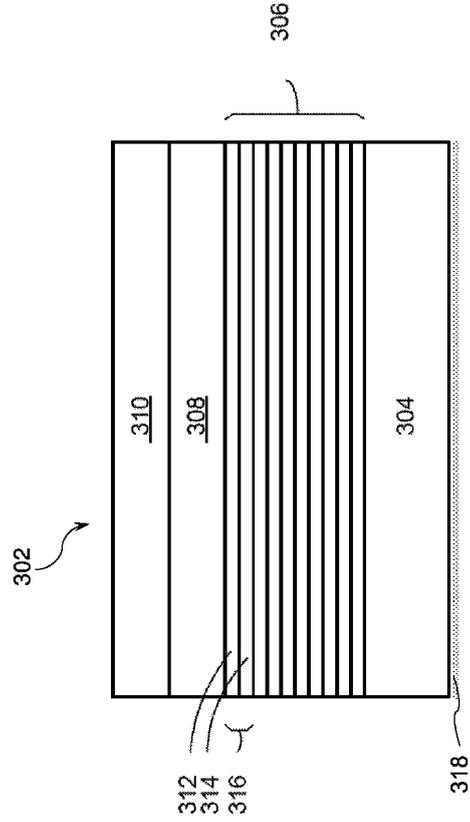


FIG. 4

10

20

【 図 5 】

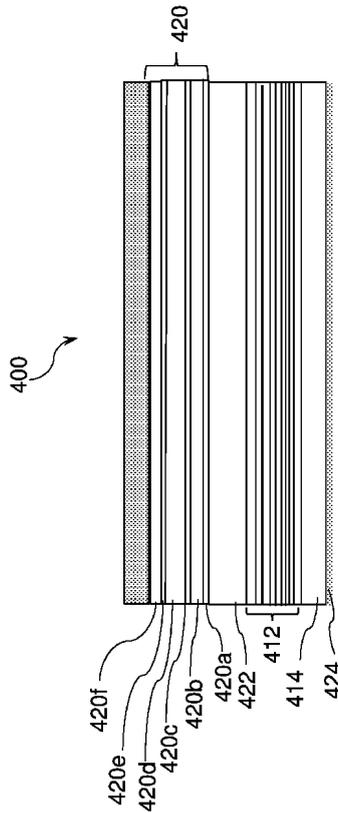


FIG. 5

【 図 6 】

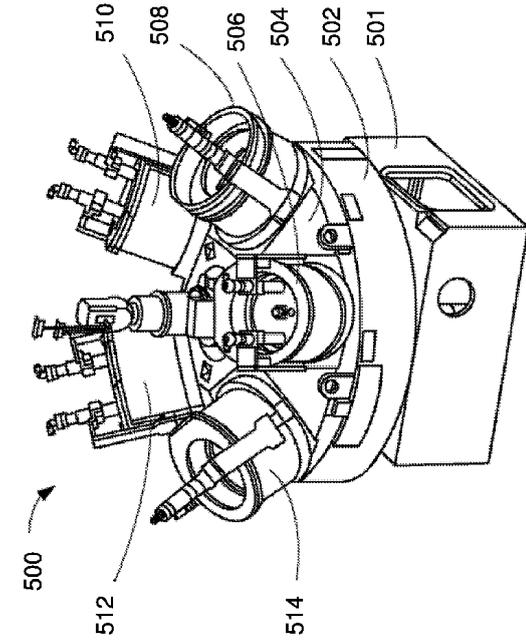


FIG. 6

30

40

50

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2019/058012

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G03F 7/22(2006.01)i, G03F 1/58(2012.01)i, G03F 7/09(2006.01)i, G03F 7/20(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G03F 7/22; B32B 3/10; G03B 027/42; G03C 005/00; G03F 009/00; G03F 1/00; G03F 1/22; G03F 7/20; G03F 1/58; G03F 7/09		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS(KIPO internal) & Keywords: EUV, mask, coating, tantalum, nickel		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2004-0067420 A1 (KAZUYA OTA) 08 April 2004 See paragraphs [0038]-[0083], claim 1 and figures 1-5.	14
Y		1-13, 15
Y	US 2017-0160632 A1 (APPLIED MATERIALS, INC.) 08 June 2017 See paragraph [0034] and figure 2.	1-13, 15
Y	US 2002-0076625 A1 (TSUTOMU SHOKI et al.) 20 June 2002 See paragraph [0135] and figure 6.	5
A	JP 2018-146945 A (HOYA CORP.) 20 September 2018 See paragraph [0092] and figure 1.	1-15
A	US 2009-0253055 A1 (KAZUYUKI HAYASHI et al.) 08 October 2009 See paragraphs [0041]-[0046] and figure 1.	1-15
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search 07 February 2020 (07.02.2020)		Date of mailing of the international search report 07 February 2020 (07.02.2020)
Name and mailing address of the ISA/KR International Application Division Korean Intellectual Property Office 189 Cheongsu-ro, Seo-gu, Daejeon, 35208, Republic of Korea Facsimile No. +82-42-481-8578		Authorized officer HEO, Joo Hyung Telephone No. +82-42-481-8150

10

20

30

40

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/US2019/058012

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
US 2004-0067420 A1	08/04/2004	EP 1406121 A1	07/04/2004	10
		JP 2002-299228 A	11/10/2002	
US 2017-0160632 A1	08/06/2017	CN 106489188 A	08/03/2017	20
		CN 106663602 A	10/05/2017	
		EP 3167473 A1	17/05/2017	
		EP 3167473 A4	29/11/2017	
		EP 3167475 A1	17/05/2017	
		EP 3167475 A4	18/04/2018	
		JP 2017-521713 A	03/08/2017	
		JP 2017-525998 A	07/09/2017	
		KR 10-1831347 B1	22/02/2018	
		KR 10-2017-0032378 A	22/03/2017	
		KR 10-2017-0032379 A	22/03/2017	
		KR 10-2018-0019775 A	26/02/2018	
		SG 11201610501 A	27/01/2017	
		SG 11201610505 A	27/01/2017	
		TW 201602710 A	16/01/2016	
		TW 201614093 A	16/04/2016	
		TW 201742944 A	16/12/2017	
		TW I599672 B	21/09/2017	
		TW I654477 B	21/03/2019	
		TW I658165 B	01/05/2019	
US 10012897 B2	03/07/2018			
US 10197907 B2	05/02/2019			
US 2016-0011499 A1	14/01/2016			
US 2016-0011500 A1	14/01/2016			
US 2017-0131627 A1	11/05/2017			
US 9581889 B2	28/02/2017			
US 9612522 B2	04/04/2017			
WO 2016-007610 A1	14/01/2016			
WO 2016-007613 A1	14/01/2016			
US 2002-0076625 A1	20/06/2002	JP 2002-222764 A	09/08/2002	30
		JP 3939132 B2	04/07/2007	
		US 6737201 B2	18/05/2004	
JP 2018-146945 A	20/09/2018	KR 10-2019-0117755 A	16/10/2019	40
		SG 11201907623 A	27/09/2019	
		TW 201842396 A	01/12/2018	
		US 2019-0384158 A1	19/12/2019	
		WO 2018-159392 A1	07/09/2018	
US 2009-0253055 A1	08/10/2009	JP 2012-178577 A	13/09/2012	40
		JP 4978626 B2	18/07/2012	
		KR 10-1585696 B1	14/01/2016	
		KR 10-2009-0101159 A	24/09/2009	
		TW 200842939 A	01/11/2008	
		TW I412066 B	11/10/2013	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/US2019/058012

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
		US 8003282 B2	23/08/2011
		WO 2008-072706 A1	19/06/2008

10

20

30

40

50

フロントページの続き

,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,D
K,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),O
A(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,B
B,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD
,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,
MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,
RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,ZA,ZM,ZW
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94086, サニーベール, ウェイブリー ストリート 392

(72)発明者 バンシア, ヴィカシュ

アメリカ合衆国 カリフォルニア 94024, ロス アルトス, アウォル コート 1530

Fターム(参考) 2H195 BA10 CA22 CA23