

明 細 書

発明の名称：基板及び基板処理方法

技術分野

[0001] 本開示の種々の側面及び実施形態は、基板及び基板処理方法に関する。

背景技術

[0002] 下記の特許文献1には、「パターンニング構造を作製する方法であって、前記方法は、パターンを受け入れる基板を提供することと、前記基板の表面上に放射線吸収層を組み込むことと、イメージング層を提供することとを含み、前記放射線吸収層は、前記イメージング層の放射線吸収率及び／又はパターンニング性能を増大するように、前記イメージング層の下にある、方法」が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特表2022-550568号公報

非特許文献

[0004] 非特許文献1：B. L. Henke, E. M. Gullikson, and J. C. Davis, "X-ray interactions: photoabsorption, scattering, transmission, and reflection at E = 0.50 - 30000 eV, Z = 1 - 92," , Atomic Data and Nuclear Data Tables Volume 54 Issue 2 Pages 181-342, July 1993.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 本開示は、露光においてフォトリソスト膜の酸化を実現できる基板及び基板処理方法を提供する。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示の一態様による基板は、フォトリソスト膜と、有機膜とを有する。

フォトリジスト膜は、第1の金属酸化物を含み、EUV (Extreme Ultra Violet) 光に反応する。有機膜は、フォトリジスト膜の下層に形成され、フォトリジスト膜を構成する第1の金属酸化物よりも金属と酸素の結合エネルギーが低く、EUV光により酸素が解離する第2の金属酸化物を含む。

発明の効果

[0007] 本開示によれば、露光においてフォトリジスト膜の酸化を実現できる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]図1は、原子のEUVの吸収断面積を示す図である。

[図2]図2は、実施形態に係る基板の一例を説明する図である。

[図3]図3は、実施形態に係る基板をEUV露光した場合を説明する図である。

[図4]図4は、実施形態に係る基板の有機膜の金属酸化物を偏在させる場合の一例を説明する図である。

[図5]図5は、実施形態に係る検証結果の一例を示す図である。

[図6]図6は、実施形態に係る成膜装置の概略的な構成の一例を示す図である。

[図7]図7は、実施形態に係る基板処理の流れの一例を示す図である。

[図8]図8は、実施形態に係る基板処理による基板の変化の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、図面を参照して本願の開示する基板及び基板処理方法の実施形態について詳細に説明する。なお、本実施形態により、開示する基板及び基板処理方法が限定されるものではない。

[0010] 半導体装置の製造では、半導体ウエハ等の基板にリソグラフィ工程によりパターンが形成される。リソグラフィ工程では、基板の表面にフォトリジスト膜を成膜する。そして、リソグラフィ工程では、成膜したフォトリジスト膜に対して、所定のパターンが形成されたマスクを介して選択的露光を行い、現像処理を施すことにより、フォトリジスト膜に所定形状のパターンを形

成する。従来、フォトレジスト膜には、炭素を基にしたフォトレジストが用いられている。例えば、従来、フォトレジスト膜には、化学増幅型レジストが用いられている。

[0011] 近年、半導体装置の微細化に伴い、リソグラフィ技術においても微細化が進んでいる。微細化の手法としては、露光光源の短波長化が挙げられる。近年では、EUV (Extreme Ultra Violet : 極端紫外線) 光を用いるEUV露光が行われている。

[0012] ところで、従来の炭素を基にしたフォトレジスト膜は、EUVの吸収が悪く、反応に時間がかかる。そこで、EUV露光では、金属酸化物を含むフォトレジスト膜が用いられている。例えば、EUV露光では、フォトレジスト膜に、酸化スズなどのメタルオキサイドレジスト (MOR : Metal Oxide Resist) が用いられている。

[0013] ここで、非特許文献1には、原子のEUVの吸収断面積が示されている。図1は、原子のEUVの吸収断面積を示す図である。図1の横軸は、各原子の原子番号 (atomic number) である。図1の横軸は、原子の吸収断面積 (atomic absorption cross section) である。吸収断面積は、EUVが原子を通過するときに吸収される割合を示している。図1には、原子番号ごとに、それぞれの原子番号の原子の吸収断面積が示されている。例えば、原子番号12の吸収断面積は、炭素の吸収断面積である。原子番号50の吸収断面積は、スズの吸収断面積である。スズは、炭素よりもEUVの吸収断面積が大きい。すなわち、スズは、炭素よりもEUVの吸収率が高い。

[0014] EUV露光では、フォトレジスト膜を成膜した基板をEUV露光装置に搬送し、EUV露光装置においてフォトレジスト膜にEUV光を照射して露光を行う。そして、基板をEUV露光装置から取り出してPEB (Post Exposure Bake)を行う。PEBでは、EUV露光を行った基板を加熱処理することで、フォトレジスト膜の露光部分の酸素との反応を促進する。

[0015] ここで、フォトレジスト膜は、その現像メカニズムから露光直後の酸化が望ましい。しかし、EUV露光装置は、内部を高い真空状態として基板のE

UV露光を行うため、酸化を促すガスを流すことが難しく、露光においてフォトリソ膜の酸化が進行しない。露光においてフォトリソ膜の酸化を実現できれば、通常、露光後にPEBなどでフォトリソ膜に酸素を供給するところ、EUV露光装置のチャンバ内においてフォトリソ膜の酸化をin-situ処理で実現できる。また、金属酸化物とフォトリソ膜が結合すれば、アンカーとなり密着性も向上する。

[0016] そこで、露光においてフォトリソ膜の酸化を実現する技術を提供する。

[0017] (実施形態)

実施形態について説明する。最初に、実施形態に係る基板処理に用いる基板10の一例を説明する。図2は、実施形態に係る基板10の一例を説明する図である。図2には、基板10が示されている。基板10は、シリコン基板11上に、第1下層膜12、第2下層膜13及び有機膜14が順に積層されている。第1下層膜12は、例えば、SOC (Spin On Carbon) や低密度のa-C (アモルファスカーボン) などである。第2下層膜13は、例えば、有機膜、SiC、SiON、SiOCNである。有機膜14は、例えば、DLC (ダイヤモンドライクカーボン)、a-C (アモルファスカーボン) などである。有機膜14は、後述するフォトリソ膜の下地層となる膜である。なお、第1下層膜12、第2下層膜13及び有機膜14は、上述した例に限定されるものではなく、また、図2に示した基板10の構成は、一例であり、これに限定されるものではない。基板10には、半導体装置の製造に必要な膜が必要に応じて成膜される。

[0018] 半導体装置を製造する際、基板10には、リソグラフィ工程によりパターンが形成される。リソグラフィ工程では、金属酸化物を含むフォトリソ膜を基板10の表面に成膜する。金属酸化物は、Sn (スズ)、W (タングステン)、Te (テルル)、Sb (アンチモン)、In (インジウム)、Zn (亜鉛)、Zr (ジルコニウム)、Ln (インジウム)、Hf (ハフニウム) の何れかの酸化物である。例えば、EUV露光では、基板10の表面に

フォトレジスト膜として、メタルオキサイドレジスト膜20を成膜する。例えば、基板10には、メタルオキサイドレジスト膜20として、酸化スズ膜が成膜される。

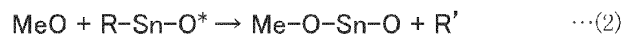
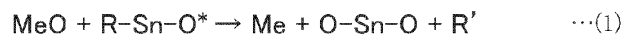
[0019] EUV露光では、このようなメタルオキサイドレジスト膜20を成膜した基板10をEUV露光装置に搬送し、EUV露光装置においてメタルオキサイドレジスト膜20にEUV光を照射して露光を行う。EUV露光装置は、内部を高い真空状態としてEUV露光を行うため、酸化を促すガスを流すことは難しく、メタルオキサイドレジスト膜20の露光部分の酸素との反応が進行しない。

[0020] そこで、実施形態に係る基板10では、メタルオキサイドレジスト膜20に含有される金属酸化物よりも金属と酸素の結合エネルギーが低く、EUV光により酸素が解離する金属酸化物を有機膜14に含有させる。例えば、メタルオキサイドレジスト膜20を酸化スズ(SnO_x)膜とした場合、有機膜14には、酸化スズよりも金属と酸素の結合エネルギーが低く、EUV光により酸素が解離する金属酸化物を含有させる。有機膜14に含有させる金属酸化物としては、例えば、Cs(セシウム)の酸化物(CsO_x)、Te(テルル)の酸化物(TeO_x)、Se(セレン)の酸化物(SeO_x)などが挙げられる。

[0021] 図3は、実施形態に係る基板10をEUV露光した場合を説明する図である。図3には、実施形態に係る基板10の有機膜14及びメタルオキサイドレジスト膜20部分が示されている。メタルオキサイドレジスト膜20には、Snと、 CH_x などのリガンド(R)との結合物($\text{Sn}-\text{R}$)が含まれている。実施形態に係る基板10は、EUV露光されると、メタルオキサイドレジスト膜20の露光された露光部分で、Snとリガンド(R)が切断される。また、有機膜14に含まれる CsO_x 、 TeO_x 、 SeO_x などの金属酸化物(MeO)から二次電子が発生し、一部がメタルオキサイドレジスト膜20へ供給されてメタルオキサイドレジスト膜20の反応を補助する。また、実施形態に係る基板10は、EUV露光されると、有機膜14の金属酸

化物から酸素が解離し、メタルオキシドレジスト膜20の露光部分の酸素の反応が進行する。例えば、メタルオキシドレジスト膜20の露光部分では、有機膜14に含まれる金属酸化物(MeO)から酸素が供給されて、化学式(1)のような反応が生じる。また、メタルオキシドレジスト膜20と有機膜14との界面部分では、化学式(1)と共に、化学式(2)のような反応が生じ、金属酸化物とレジストが結合してアンカーとなり密着性が向上する。

[0022] [化1]



[0023] 実施形態に係る基板10は、このように金属酸化物を有機膜14に含有させることにより、露光においてメタルオキシドレジスト膜20の酸化を実現できる。

[0024] 有機膜14は、金属酸化物の含有率が高いほど、EUV露光により発生する二次電子や酸素の量が増加する。しかし、有機膜14は、金属酸化物の含有率が高くなると、金属酸化物の性質が現れ、有機膜としての性質が低下する。このため、有機膜14の金属酸化物の含有率は、1～20Atomic%とすることが好ましく、5～10Atomic%とすることがより好ましい。

[0025] また、EUV露光した際、有機膜14のメタルオキシドレジスト膜20に近い部分で発生した二次電子及び酸素が、メタルオキシドレジスト膜20まで到達する。このため、有機膜14の金属酸化物は、メタルオキシドレジスト膜20側に偏在させてもよい。例えば、金属酸化物は、有機膜14のメタルオキシドレジスト膜20との界面から20nmの範囲に偏在させてもよく、より好ましくは5nmの範囲に偏在させる。

[0026] 図4は、実施形態に係る基板10の有機膜14の金属酸化物を偏在させる場合の一例を説明する図である。図4には、有機膜14に含有した金属酸化

物 1 4 a が模試的に示されている。また、図 4 には、メタルオキサイドレジスト膜 2 0 との界面から深さに対する金属酸化物 1 4 a の濃度分布が示されている。図 4 では、メタルオキサイドレジスト膜 2 0 と有機膜 1 4 との界面から 5 n m の範囲に、金属酸化物 1 4 a の濃度が界面側で徐々に高くなり、最大で 1 0 A t o m i c % となるように含有させた場合を示している。

[0027] このように、有機膜 1 4 のメタルオキサイドレジスト膜 2 0 側に金属酸化物を偏在させることで、有機膜 1 4 の機能を維持しつつ、露光においてメタルオキサイドレジスト膜 2 0 の酸化を実現できる。

[0028] C s、T e、S e の酸化物は、酸化された価数によって酸素の解離のしやすさが異なる。そこで、S n と C s、T e、S e の酸化物について、ギブスの自由エネルギーを計算して、酸化の反応が起こるか検証した。図 5 は、実施形態に係る検証結果の一例を示す図である。図 5 には、C s₂O、C s₂O₂、C s₂O₃、C s O₂、C s O₃、T e O、T e O₂、T e O₃、S e O₂、S e O₃ について、S n を S n O₂ に反応させる場合と、S n O を S n O₂ に反応させる場合でのギブスの自由エネルギーが示されている。ギブスの自由エネルギーがマイナスの値となる場合、S n を酸化する反応が起きる。例えば、C s₂O₂、C s₂O₃、C s O₂、C s O₃、T e O、T e O₂、T e O₃、S e O₂、S e O₃ は、S n を S n O₂ に反応させることができ、また、S n O を S n O₂ に反応させることができる。すなわち、メタルオキサイドレジスト膜 2 0 が酸化スズ膜の場合、有機膜 1 4 に含有される金属酸化物は、C s の 2 価以上酸化物、T e の酸化物、S e の酸化物の何れかであることが好ましい。

[0029] 有機膜 1 4 に含有する金属酸化物は、有機膜 1 4 内で安定していることが好ましい。ここで、C s の酸化物の安定性について説明する。C s₂O、C s₂O₂、C s₂O₃、C s O₂ は、室温で安定している。一方、C s O₃ は、室温で C s O₂ に徐々に分解する。よって、有機膜 1 4 に含有される金属酸化物は、C s の酸化物を用いる場合、C s₂O₂、C s₂O₃、C s O₂ の何れかであることが好ましい。

[0030] (装置構成)

次に、実施形態に係る有機膜 14 を成膜する成膜装置 100 の構成の一例を説明する。図 6 は、実施形態に係る成膜装置 100 の概略的な構成の一例を示す図である。

[0031] 成膜装置 100 は、例えばアルミニウムからなる、接地された円筒状の真空容器 101 を備えている。真空容器 101 の底部には、基板 10 を載置するためのサセプタ 102 が設けられている。サセプタ 102 は、例えばアルミニウムからなり、ほぼ円柱状に形成される。サセプタ 102 は、平行平板電極のうちの下部電極としても機能する。サセプタ 102 の上面には、静電チャック 103 が設けられている。静電チャック 103 は、薄い誘電層の中に電極 131 を埋設して構成される。電極 131 は、スイッチ 132 を介して直流電圧源 133 に接続されている。静電チャック 103 は、スイッチ 132 がオンされて、直流電圧源 133 から電極 131 に直流電圧が印加されることにより、基板 10 を静電吸着する。静電チャック 103 には、伝熱ガス用の穴 134 が複数箇所に形成されている。穴 134 には、伝熱ガス供給管 135 からの伝熱ガス（例えばヘリウムガス）が供給される。静電チャック 103 は、伝熱ガス供給管 135 から供給される伝熱ガスを穴 134 を介して基板 10 と静電チャック 103 との間の微小な隙間に供給するように構成されている。また、図示していないが、静電チャック 103 及びサセプタ 102 内を貫通して昇降する、基板 10 の受け渡し用のリフターピンが設けられている。

[0032] サセプタ 102 は、内部に流路 121 が形成されている。サセプタ 102 は、流路 121 の一方の端に冷媒供給管 122 が接続され、流路 121 の他方の端に冷媒排出管 123 が接続されている。冷媒供給管 122 から供給された冷媒は、サセプタ 102 の流路 121 を通って冷媒排出管 123 から排出される。基板 10 の温度は、例えば、冷媒による冷熱と伝熱ガスによる基板 10、静電チャック 103 間の伝熱効率とにより、調整される。サセプタ 102 の上部周縁部には、基板 10 に反応性イオンを効果的に入射させるために絶縁材よりなるリング体 124 が設けられている。

[0033] サセプタ 102 は、真空容器 101 に対して絶縁されるように、上面が開口した平型円筒状の絶縁体 125 の中に嵌入されている。そして、下部電極であるサセプタ 102 と基準電位、例えばアースとの間には、整合器 141 及び第 1 の高周波電源 104 が接続されている。第 1 の高周波電源 104 は、バイアス用の高周波電力 LF を生成するように構成される。高周波電力 LF の周波数は、後述するプラズマ生成用の高周波電力 HF の周波数と同じであっても異なってもよい。一実施形態において、高周波電力 LF は、高周波電力 HF の周波数よりも低い周波数を有する。一実施形態において、高周波電力 HF は、100 kHz ~ 60 MHz の範囲内の周波数を有する。

[0034] 真空容器 101 の天井部には、サセプタ 102 に対して平行にかつ対向するように電極板 151 が設けられている。電極板 151 は、平行平板電極のうちの上部電極を構成する。電極板 151 は、誘電体（例えば、SiO₂）によりコーティングされたアルミニウムにより構成される。電極板 151 には、多数のガス供給穴 152 が設けられている。電極板 151 は、導電体からなる電極支持体 153 に支持されている。電極板 151 と電極支持体 153 との間には、空間が形成されており、空間を上下の 2 つの空間に区分するようにガス拡散板 154 が配置されている。ガス拡散板 154 には、複数のガス穴 156 が設けられている。電極支持体 153 には、ガス供給管 106 が接続されている。電極支持体 153 には、電極支持体 153 とガス拡散板 154 との間の空間に処理ガスを供給するように、ガス供給管 106 が接続されている。ガス供給管 106 から供給された処理ガスは、ガス拡散板 154 の複数のガス穴 156 を介して、電極板 151 とガス拡散板 154 との間の空間に拡散して供給される。そして、電極板 151 とガス拡散板 154 との間の空間に供給された処理ガスは、電極板 151 のガス供給穴 152 から処理空間に供給される。電極板 151 及び電極支持体 153 は、絶縁体 155 により真空容器 101 に対して絶縁されている。

[0035] 上部電極である電極板 151 と基準電位、例えばアースとの間には、整合器 171 及び第 2 の高周波電源 107 が接続されている。第 2 の高周波電源

107は、プラズマ生成用の高周波電力HFを生成するように構成される。
一実施形態において、高周波電力HFは、10MHz～150MHzの範囲内の周波数を有する。

[0036] ガス供給管106には、バルブVが設けられている。ガス供給管106は、ガス供給部160に接続されている。ガス供給部160は、成膜に用いる各種の処理ガスを供給可能な少なくとも1つのガスソースが設けられている。ガスソースは、流量制御器を介してガス供給管106に接続されている。流量制御器は、例えばマスフローコントローラ又は圧力制御式の流量制御器を含んでもよい。ガス供給部160は、各ガスソースから各種のガスを流量制御器を介してガス供給管106に供給する。

[0037] 真空容器101の底部には、排気管111が接続されている。排気管111は、真空ポンプ112に接続されている。真空容器101の内部は、排気管111を介して、真空ポンプ112により真空排気が行われる。

[0038] 次に、成膜装置100において基板10に有機膜14を成膜する流れを簡単に説明する。基板10には、第2下層膜13までが成膜されている。基板10は、真空容器101に隣接している図示しないロードロック室から、予め所定の真空度に維持された真空容器101内に搬入される。そして、基板10は、不図示のリフターピンの昇降動作を介して、サセプタ102上に載置される。サセプタ102は、予め所定の温度に調整されている。スイッチ132をオンにして直流電圧を電極131に印加することにより、基板10は、静電チャック103により吸着保持される。

[0039] 成膜装置100は、バルブVを開き、ガス供給管106から有機膜14の成膜に用いる各種のガスを供給しつつ、第1の高周波電源104及び第2の高周波電源107から高周波電力HF及び高周波電力LFを供給して、有機膜14を成膜する。

[0040] 以下に、有機膜14を成膜する際の処理条件の一例を示す。

・ 処理条件

サセプタ102の温度：60℃

真空容器 101 内の圧力：3 Pa

高周波電力 HF のパワー：400 W

高周波電力 LF のパワー：60 W 未満

[0041] ・第 1 のガス条件

C_2H_2 (10%) 含有の Ar ガス：500 sccm ($8.34 \times 10^{-6} m^3 / s$)

Ar ガス：80 sccm

処理時間：50 秒

[0042] ・第 2 のガス条件

C_2H_2 (10%) の Ar ガス：500 sccm

Ar ガス：80 sccm

$Te(CH_3)_2$ ガス：0 → 5 sccm (1 秒ごとに 1 sccm 増加)

処理時間：5 秒

[0043] 成膜装置 100 は、上記の処理条件で有機膜 14 の成膜を開始し、有機膜 14 の下部の成膜では第 1 のガス条件で各種のガスを供給し、有機膜 14 の上部の成膜では第 2 のガス条件で各種のガスを供給して、有機膜 14 に金属酸化物を偏在させて成膜する。これにより、例えば、図 4 に示したように、金属酸化物を偏在させた有機膜 14 を基板 10 に成膜できる。

[0044] 有機膜 14 を成膜した基板 10 は、搬入時と逆の手順で成膜装置 100 から搬出される。成膜装置 100 は、基板 10 の搬出後、ガス供給管 106 から酸素ガスを供給して、真空容器 101 内のクリーニングを行う。

[0045] (基板処理)

次に、本開示の基板処理方法を含む基板処理の一例を説明する。図 7 は、実施形態に係る基板処理の流れの一例を示す図である。図 8 は、実施形態に係る基板処理による基板 10 の変化の一例を示す図である。基板 10 には、図 8 (A) に示すように、第 2 下層膜 13 まで成膜されている。

[0046] 基板 10 に金属酸化物を含有させた有機膜 14 を成膜する (ステップ S10)。例えば、基板 10 を成膜装置 100 に搬送し、成膜装置 100 により

、金属酸化物として、C s の2価以上酸化物、T e の酸化物、S e の酸化物を含有させた有機膜14を基板10の第2下層膜13上に成膜する。例えば、有機膜14は、上述のように上面側に金属酸化物を偏在させて成膜する。これにより、図8（B）に示すように、基板10の第2下層膜13上に有機膜14が成膜される。

[0047] 次に、基板10に金属酸化物を含むフォトレジスト膜を成膜する（ステップS11）。例えば、基板10を成膜装置に搬送し、成膜装置で基板10に、例えば、酸化スズ膜などのメタルオキシドレジスト膜20を成膜する。メタルオキシドレジスト膜20は、スピコートで基板10に成膜してもよく、真空成膜で基板10に成膜してもよい。これにより、図8（C）に示すように、基板10の有機膜14上にメタルオキシドレジスト膜20が成膜される。

[0048] 次に、基板10にEUV露光を行う（ステップS12）。例えば、基板10をEUV露光装置に搬送し、EUV露光装置で基板10にEUV露光を行う。EUV露光では、図8（D）に示すように、基板10のメタルオキシドレジスト膜20に対して、所定のパターンが形成されたマスク30を介してEUV光を照射する。メタルオキシドレジスト膜20には、マスク30に対応して、図8（E）に示すように、EUV光により露光された露光部分21aと露光されていない未露光部分21bが形成される。有機膜14は、EUV露光されると、露光された露光部分21aの金属酸化物から二次電子が発生し、また、露光部分21aの金属酸化物から酸素が解離する。これにより、メタルオキシドレジスト膜20では、露光部分の酸素の反応が進行する。このように基板10は、露光においてメタルオキシドレジスト膜20の酸化を実現できる。

[0049] EUV露光後、基板10にPEBを行う（ステップS13）。フォトリソグラフィ工程で一般的に行われているPEBは、露光によって生じた化学反応を促進させる効果があることが知られている。本実施形態においては、用いられている化学種の特性上、通常より高めの設定温度100～300℃で

行うことが望ましい。例えば180℃を60秒と250℃を60秒と段階的に加熱処理をすることで、高めの温度域においてもより効果的に化学反応の速度を制御することができ、その結果、所望のパターン寸法をより精度良く形成できる。

[0050] 次に、フォトリジスト膜の現像を行う（ステップS14）。例えば、メタルオキシドレジスト膜20は、露光部分21aと未露光部分21bでエッチングレートに差が生じる。この露光部分21aと未露光部分21aの選択比を利用してメタルオキシドレジスト膜20のエッチングを行うことで、メタルオキシドレジスト膜20を現像する。例えば、基板10をエッチング装置に搬送し、エッチング装置で基板10のメタルオキシドレジスト膜20のエッチングを行う。これにより、メタルオキシドレジスト膜20に形成されたパターンが現像される。図8（F）は、メタルオキシドレジスト膜20の露光部分21aを残すネガトーンの現像を行った場合を示している。

[0051] 以降、このように現像されたメタルオキシドレジスト膜20のパターンを用いて基板10に対してパターンニング処理を行う。例えば、メタルオキシドレジスト膜20のパターンを用いて、第1下層膜12、第2下層膜13及び有機膜14のエッチングを行う。

[0052] なお、上記した実施形態では、メタルオキシドレジスト膜20を酸化スズ膜とした場合を例に主に説明した。しかし、開示の技術はこれに限定されるものではない。メタルオキシドレジスト膜20は、Sn、W、Te、Sb、In、Zn、Zr、In、Hfの何れかの酸化物であってもよい。この場合、有機膜14に含まれる金属酸化物は、メタルオキシドレジスト膜20の金属酸化物よりも金属と酸素の結合エネルギーが低く、EUV光により酸素が解離する金属酸化物であればよい。

[0053] また、上記した実施形態では、フォトリジスト膜をメタルオキシドレジスト膜20とした場合を例に主に説明した。しかし、開示の技術はこれに限定されるものではない。フォトリジスト膜は、金属酸化物を含み、EUV光

に反応する膜であればよい。例えば、フォトレジスト膜は、金属酸化物を含む化学増幅型レジストであってもよい。フォトレジスト膜に含まれる金属酸化物は、EUVの吸収率が高い金属酸化物が好ましく、例えば、Sn、Sn、W、Te、Sb、In、Zn、Zr、In、Hfの何れかの酸化物であってもよい。

[0054] 以上、実施形態について説明した。上記したように、上記した実施形態に係る基板10は、フォトレジスト膜と、有機膜14とを有する。フォトレジスト膜は、第1の金属酸化物を含み、EUV光に反応する。有機膜14は、フォトレジスト膜の下層に形成され、フォトレジスト膜を構成する第1の金属酸化物よりも金属と酸素の結合エネルギーが低く、EUV光により酸素が解離する第2の金属酸化物を含む。これにより、実施形態に係る基板10は、露光においてフォトレジスト膜の酸化を実現できる。

[0055] また、フォトレジスト膜は、メタルオキシドレジスト膜20である。これにより、実施形態に係る基板10は、露光においてメタルオキシドレジスト膜20の酸化を実現できる。

[0056] また、有機膜14は、メタルオキシドレジスト膜20の下地層を構成する。これにより、実施形態に係る基板10は、露光においてメタルオキシドレジスト膜20の酸化を実現できる。

[0057] また、有機膜14は、メタルオキシドレジスト膜20側に第2の金属酸化物が偏在する。また、有機膜14は、メタルオキシドレジスト膜20との界面から5nmの範囲に第2の金属酸化物が偏在する。また、有機膜14は、メタルオキシドレジスト膜20との界面に近いほど第2の金属酸化物の濃度が高い。これにより、実施形態に係る基板10は、有機膜14の機能を維持しつつ、露光においてメタルオキシドレジスト膜20の酸化を実現できる。

[0058] また、第1の金属酸化物は、Snの酸化物である。また、第2の金属酸化物は、Csの2価以上酸化物、Teの酸化物、Seの酸化物の何れかである。また、Csの2価以上酸化物は、Cs₂O₂、Cs₂O₃、CsO₂の何れかで

ある。これにより、実施形態に係る基板 10 は、露光においてフォトリソト膜に含まれる Sn の酸化物の酸化を実現できる。

[0059] (その他)

なお、本願に開示された技術は、上記した実施形態に限定されるものではなく、その要旨の範囲内で数々の変形が可能である。

[0060] なお、今回開示された実施形態は全ての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。実に、上記した実施形態は多様な形態で具現され得る。また、上記の実施形態は、添付の特許請求の範囲及びその趣旨を逸脱することなく、様々な形態で省略、置換、変更されてもよい。

[0061] なお、以上の実施形態に関し、さらに以下の付記を開示する。

[0062] (付記 1)

第 1 の金属酸化物を含み、EUV (Extreme Ultra Violet) 光に反応するフォトリソト膜と、

前記フォトリソト膜の下層に形成され、前記フォトリソト膜を構成する前記第 1 の金属酸化物よりも金属と酸素の結合エネルギーが低く、EUV 光により酸素が解離する第 2 の金属酸化物を含む有機膜と、

を有する基板。

[0063] (付記 2)

前記フォトリソト膜は、メタルオキサイドレジスト膜である

付記 1 に記載の基板。

[0064] (付記 3)

前記有機膜は、前記メタルオキサイドレジスト膜の下地層を構成する

付記 2 に記載の基板。

[0065] (付記 4)

前記有機膜は、前記メタルオキサイドレジスト膜側に前記第 2 の金属酸化物が偏在する

付記 3 に記載の基板。

[0066] (付記 5)

前記有機膜は、前記メタルオキサイドレジスト膜との界面から5 nmの範囲に前記第2の金属酸化物が偏在する

付記4に記載の基板。

[0067] (付記6)

前記有機膜は、前記メタルオキサイドレジスト膜との界面に近いほど前記第2の金属酸化物の濃度が高い

付記4又は5に記載の基板。

[0068] (付記7)

前記第1の金属酸化物は、Snの酸化物である

付記1～6の何れか1つに記載の基板。

[0069] (付記8)

前記第2の金属酸化物は、Csの2価以上酸化物、Teの酸化物、Seの酸化物の何れかである

付記7に記載の基板。

[0070] (付記9)

前記Csの2価以上酸化物は、Cs₂O₂、Cs₂O₃、CsO₂の何れかである

付記8に記載の基板。

[0071] (付記10)

第1の金属酸化物を含み、EUV (Extreme Ultra Violet) 光に反応するフォトリソ膜にパターンを形成する基板処理方法であって、

a) 前記第1の金属酸化物よりも金属と酸素の結合エネルギーが低く、EUV光により酸素が解離する第2の金属酸化物を含む有機膜を基板に成膜する工程と、

b) 前記基板の前記有機膜上に、前記フォトリソ膜を成膜する工程と、

c) 前記フォトリソ膜に、所定のパターンが形成されたマスクを介してEUV光を照射する工程と、

- d) E U V 光を照射した前記フォトリソ膜を加熱処理する工程と、
e) 加熱処理した前記フォトリソ膜を現像し、前記パターンを形成する工程と、
を含む基板処理方法。

符号の説明

- [0072] 1 0 基板
 1 1 シリコン基板
 1 2 第 1 下層膜
 1 3 第 2 下層膜
 1 4 有機膜
 1 4 a 金属酸化物
 2 0 メタルオキシドレジスト膜
 3 0 マスク
 1 0 0 成膜装置

請求の範囲

- [請求項1] 第1の金属酸化物を含み、EUV (Extreme Ultra Violet) 光に反応するフォトレジスト膜と、
前記フォトレジスト膜の下層に形成され、前記フォトレジスト膜を構成する前記第1の金属酸化物よりも金属と酸素の結合エネルギーが低く、EUV光により酸素が解離する第2の金属酸化物を含む有機膜と、
を有する基板。
- [請求項2] 前記フォトレジスト膜は、メタルオキサイドレジスト膜である
請求項1に記載の基板。
- [請求項3] 前記有機膜は、前記メタルオキサイドレジスト膜の下地層を構成する
請求項2に記載の基板。
- [請求項4] 前記有機膜は、前記メタルオキサイドレジスト膜側に前記第2の金属酸化物が偏在する
請求項3に記載の基板。
- [請求項5] 前記有機膜は、前記メタルオキサイドレジスト膜との界面から5 nmの範囲に前記第2の金属酸化物が偏在する
請求項4に記載の基板。
- [請求項6] 前記有機膜は、前記メタルオキサイドレジスト膜との界面に近いほど前記第2の金属酸化物の濃度が高い
請求項4に記載の基板。
- [請求項7] 前記第1の金属酸化物は、Snの酸化物である
請求項1に記載の基板。
- [請求項8] 前記第2の金属酸化物は、Csの2価以上酸化物、Teの酸化物、Seの酸化物の何れかである
請求項7に記載の基板。
- [請求項9] 前記Csの2価以上酸化物は、Cs₂O₂、Cs₂O₃、CsO₂の何

れかである

請求項 8 に記載の基板。

[請求項10]

第 1 の金属酸化物を含み、EUV (Extreme Ultra Violet) 光に反応するフォトリソ膜にパターンを形成する基板処理方法であって、

a) 前記フォトリソ膜を構成する前記第 1 の金属酸化物よりも金属と酸素の結合エネルギーが低く、EUV 光により酸素が解離する第 2 の金属酸化物を含む有機膜を基板に成膜する工程と、

b) 前記基板の前記有機膜上に、前記フォトリソ膜を成膜する工程と、

c) 前記フォトリソ膜に、所定のパターンが形成されたマスクを介してEUV光を照射する工程と、

d) EUV 光を照射した前記フォトリソ膜を加熱処理する工程と、

e) 加熱処理した前記フォトリソ膜を現像し、前記パターンを形成する工程と、

を含む基板処理方法。