

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5132306号
(P5132306)

(45) 発行日 平成25年1月30日 (2013. 1. 30)

(24) 登録日 平成24年11月16日 (2012. 11. 16)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/027 (2006. 01)

H O 1 L 21/30 5 3 1 M

B 3 2 B 15/04 (2006. 01)

B 3 2 B 15/04 Z

G O 3 F 1/24 (2012. 01)

G O 3 F 1/24

請求項の数 16 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2007-515303 (P2007-515303)
 (86) (22) 出願日 平成17年5月25日 (2005. 5. 25)
 (65) 公表番号 特表2008-500736 (P2008-500736A)
 (43) 公表日 平成20年1月10日 (2008. 1. 10)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2005/018380
 (87) 国際公開番号 W02005/115743
 (87) 国際公開日 平成17年12月8日 (2005. 12. 8)
 審査請求日 平成20年3月28日 (2008. 3. 28)
 (31) 優先権主張番号 10/709, 733
 (32) 優先日 平成16年5月25日 (2004. 5. 25)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

前置審査

(73) 特許権者 390009531
 インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション
 INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION
 アメリカ合衆国10504 ニューヨーク州 アーモンク ニュー オーチャードロード
 (74) 代理人 100108501
 弁理士 上野 剛史
 (74) 代理人 100112690
 弁理士 太佐 種一
 (74) 代理人 100091568
 弁理士 市位 嘉宏

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光散乱EUVLマスク

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

極端紫外リソグラフィ・マスクを製造する方法であって、
 基板に隣接して結晶シリコン層を接合するステップと、
 モリブデンとシリコンを含む多層を前記結晶シリコン層に隣接して形成するステップと
 を含み、前記多層が紫外線反射領域である水平な表面部分と露光光学系による集光を妨げかつ半導体ウェハへの印刷を妨げるように入射紫外放射波を偏向させるように形作られた粗面、ぎざぎざの表面又は曲面を備える紫外線散乱領域である平坦でない表面部分とを含み、且つ前記水平な表面部分及び前記平坦でない表面部分が同じ材料で構成されている、前記方法。

【請求項 2】

極端紫外リソグラフィ・マスクを製造する方法であって、
 基板に隣接して結晶シリコン層を接合するステップと、
 紫外線反射領域である水平な表面部分と露光光学系による集光を妨げかつ半導体ウェハへの印刷を妨げるように入射紫外放射波を偏向させるように形作られた粗面、ぎざぎざの表面又は曲面を備える紫外線散乱領域である平坦でない表面部分とを含む多層を前記結晶シリコン層上に形成するステップと

を含み、前記水平な表面部分および前記平坦でない表面部分が同じ材料で構成されている、前記方法。

【請求項 3】

10

20

極端紫外リソグラフィ・マスクを製造する方法であって、
基板に隣接して結晶シリコン層を接合するステップと、
モリブデンとシリコンを含む多層を前記結晶シリコン層上に形成するステップと
を含み、前記多層が紫外線反射領域と露光光学系による集光を妨げかつ半導体ウェハへの印刷を妨げるように入射紫外放射波を偏向させるように形作られた粗面、ぎざぎざの表面又は曲面を備える紫外線散乱領域とを有する表面を含み、且つ前記紫外線反射領域および前記紫外線散乱領域が同じ材料で構成されている、前記方法。

【請求項 4】

極端紫外リソグラフィ・マスクを製造する方法であって、
基板に隣接して結晶シリコン層を接合するステップと、
紫外線反射領域と露光光学系による集光を妨げかつ半導体ウェハへの印刷を妨げるように入射紫外放射波を偏向させるように形作られた粗面、ぎざぎざの表面又は曲面を備える紫外線散乱領域とを有する表面を含む多層を前記結晶シリコン層上に形成するステップと
を含み、前記紫外線反射領域および前記紫外線散乱領域が同じ材料で構成されている、
前記方法。

10

【請求項 5】

前記方法が、多層を形成する前記ステップより前に、
前記結晶シリコン層の上にハードマスクを堆積するステップと、
前記ハードマスクの上にフォトレジスト・マスクを堆積するステップと、
前記フォトレジスト・マスクでパターンを作るステップと、
前記パターンを前記ハードマスクに転写するステップと
をさらに含む、請求項 1 又は 2 に記載の方法。

20

【請求項 6】

前記結晶シリコン層のエッチングされた領域に前記平坦でない表面部分を生成するように前記結晶シリコン層をエッチングするステップと、
前記ハードマスクを除去するステップと
をさらに含む、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

露光光学系による集光を避けかつ半導体ウェハへの印刷を妨げるように入射紫外放射波を偏向させる粗面、ぎざぎざの表面、又は曲面を有するように前記平坦でない表面部分を形作るステップをさらに含む、請求項 1、2、5 又は 6 に記載の方法。

30

【請求項 8】

前記方法が、多層を形成する前記ステップより前に、
前記結晶シリコン層の上にハードマスクを堆積するステップと、
前記ハードマスクの上にフォトレジスト・マスクを堆積するステップと、
前記フォトレジスト・マスクでパターンを作るステップと、
前記パターンを前記ハードマスクに転写するステップと
をさらに含む、請求項 3 又は 4 に記載の方法。

【請求項 9】

前記結晶シリコン層のエッチングされた領域に前記散乱領域を生成するように前記結晶シリコン層をエッチングするステップと、
前記ハードマスクを除去するステップと
をさらに含む、請求項 8 に記載の方法。

40

【請求項 10】

露光光学系による集光を避けかつ半導体ウェハへの印刷を妨げるように入射紫外放射波を偏向させる粗面、ぎざぎざの表面、又は曲面を有するように前記散乱領域を形作るステップをさらに含む、請求項 3、4、8 又は 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記反射領域が、モリブデンおよびシリコンを含む反射多層を備え、さらに前記多層が、半導体ウェハに印刷するために入射放射波を反射するように形作られた平らな表面部分

50

を備える、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 1 2】

前記散乱領域が、モリブデンおよびシリコンを含む多層を備え、さらに前記紫外線散乱領域が、露光光学系による集光を妨げかつ半導体ウェハへの印刷を妨げるように入射紫外放射波を偏向させる角度に形作られた斜面を備える、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 1 3】

前記角度が、前記露光光学系の集光角よりも大きい、請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 4】

前記結晶シリコン層が、前記基板に陽極接合される、請求項 1 ~ 1 3 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 1 5】

請求項 1 ~ 1 4 のいずれか一項に記載の方法に従って製造された極端紫外リソグラフィ・マスク。

【請求項 1 6】

極端紫外リソグラフィ・マスクであって、
基板と、
前記基板に隣接した結晶シリコン層と、
前記結晶シリコン層に隣接した多層と
を備えており、

前記多層は、その表面に、紫外線反射領域と、露光光学系による集光を妨げかつ半導体ウェハへの印刷を妨げるように入射紫外放射波を偏向させるように形作られた粗面、ぎざぎざの表面又は曲面を備える紫外線散乱領域とを備えており、

前記反射領域および前記散乱領域が同じ材料で構成されている、前記極端紫外リソグラフィ・マスク。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般的に、反射マスクに関し、より詳細には、光散乱・放射反射 EUVL マスクに関する。

【背景技術】

【0002】

半導体産業全体にわたってウェハに像を形成する (image) ために使用される光リソグラフィ技術は、透明なマスクに依拠してマスクからウェハに像を転写する。ウェハの像が小さくなるので、ウェハのレジストに像を形成する新しい方法が必要とされている。次世代リソグラフィの 1 つの有望な候補では、像形成のために極端紫外 (EUV) 光が使用される。13.4 nm の EUV 波長では、材料は余りにも吸収が高すぎて透過マスクを作ることができないので、代わりに反射マスクが使用される。図 1 に示すマスクのような従来の極端紫外リソグラフィ (EUVL) ・マスクは、超低膨張 (ULE) 基板 10 に反射膜を堆積することによって作られる。ULE 基板の材料特性は、当技術分野でよく知られている。この膜は、多くの異なる材料で構成されることがある。EUVL マスク用途に最も一般的に採用される反射ブラッグ・ミラーは、モリブデン (Mo) とシリコン (Si) の多数 (40 以上くらい) の交互二層で作られ、Mo/Si 多層 20 としてひとまとめにして示されている保護 Si キャップで終わっている。それからバッファ層 30 および吸収層 40 が、多層スタック 20 に堆積される。エッチング停止層または導電性検査/リペア層を設けるためなどの様々な目的のために、キャップ/バッファ/吸収体スタックの中のどこにでも追加の層を堆積することができる。マスク・パターンは、標準的なマスク・パターン形成プロセスを使用してレジスト層に描画される。ドライ・エッチングで、吸収層を通してパターンが転写される。吸収体のパターンが確実に設計データと一致するように、検査およびリペアが行われ、そして最終パターンがバッファ層を通して転写されて、反射多層表面を露出させる。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 3 】

E U V L マスクの製作および使用に固有の多くの材料的な問題がある。1つの基本的なマスク問題は、理想的な化学的な耐久性、付着性、ドライ・エッチング特性、およびオプティカル (optical) を兼ね備える吸収材料およびバッファ材料を選ぶことである。さらに、マスク処理中にキャップ層の反射表面の品質 (したがって、反射率) を維持することは、困難である。

【 0 0 0 4 】

一般に、従来の光マスクは、光がウェハに通過することができるようにする透過領域と、光を遮断する吸収領域とを含む。しかし、E U V L システムで使用されるマスクは、一組の新しい問題を生じる。E U V L マスクは反射性であるので、パターンがウェハの表面に反射するような角度で、E U V 放射がマスク表面に向いていなければならない。具体的には、露出した反射表面に入射する光が反射される。パターン形成された吸収膜に入射した光は、吸収され、反射されない。これは、像形成にとって本質的な構成要素である。この吸収の副産物は、放射によってマスクが加熱され、それで、パターン歪みを起さないようにかつマスク寿命を短くするかもしれない熱による損耗を制限するように、放射を制御しなければならないことである。実験で、5度が露光の最適角度であることが明らかになった。

10

【 0 0 0 5 】

吸収スタックの高さは、有限であり、照明の角度のもとで影を生じ、この影は、像が形成されたとき、高い吸収体の縁をぼやかす。このコントラストの低下は、入射露光光の角度と、吸収層およびバッファ層の両方の厚さとの関数である。パターンの縁のコントラストの低下は、結果として、シフトした像または間違った大きさの像をウェハ上に生じることがあるので、重大な問題である。

20

【特許文献1】U.S. Patent No. 6,368,942

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

業界は、これらの特定された問題を克服しようと努めてきたが、まだ解決策は適切に確定されていない。したがって、従来のデバイスおよびプロセスの限界のために、標準技術に関連した問題を克服する新規なE U V L マスクが必要とされている。

30

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

本発明は、マスク・スタックのバッファ層と吸収層の両方を完全になくすることによって、上に特定された問題を克服する。本発明は、光散乱極端紫外リソグラフィ・マスクを提供し、このマスクでは、露光光がウェハに当たるように予定された領域でE U V 放射を反射し、かつ露光光がウェハに達するように予定されていない領域で散乱させる特定のトポグラフィでパターン形成されたブランクの上に、シリコン・モリブデン多層が堆積されている。光をウェハに反射するように予定された領域のトポグラフィは、平らな領域として形作られている。しかし、E U V 放射がウェハの表面に達するように予定されていない領域では、トポグラフィは、ステッパの像形成光学系 (optics) の範囲外に放射を散乱させるように形作られており、したがって印刷しないであろう。

40

【 0 0 0 8 】

具体的には、本発明は、紫外線反射領域および紫外線散乱領域を備える極端紫外リソグラフィ・マスクを提供し、反射領域および散乱領域は同じ材料で構成されている。反射領域は、モリブデンとシリコンの多層を備え、この多層は、半導体ウェハに像を形成するように入射紫外放射波を反射するように形作られた平らな表面を備える。散乱領域は、モリブデンとシリコンの多層を備え、この多層は、露光光学系による集光 (collection) を妨げ / 避けかつ半導体ウェハへの像形成を妨げるように入射紫外放射波を偏向させるように選ばれた角度で形作られた1つまたは複数の斜面を備え、この角度は、露光光学系の集光角よりも大きい。他の実施形態では、散乱領域は、露光光学系による集光を妨げ / 避けか

50

つ半導体ウェハへの印刷を妨げるように入射紫外放射波を偏向させるように形作られた粗面、ぎざぎざの表面、または曲面を備える。

【 0 0 0 9 】

さらに、本発明は、超低膨張基板と、この超低膨張基板の上の結晶シリコン層と、この結晶シリコン層の上のモリブデンとシリコンを含む放射反射・光散乱多層とを備える光散乱反射マスクを提供する。この多層は、下のシリコン層に整合して、水平部分および平坦でない部分を有している。水平部分は、入射紫外放射波を半導体ウェハに反射するように形作られている。一実施形態では、平坦でない部分は、光が半導体ウェハに達するのを妨げるように入射紫外放射波を偏向させる角度で配置された傾斜した外形を備えている。他の実施形態では、平坦でない部分は、露光光学系による集光を妨げ/避けかつ半導体ウェハへの印刷を妨げるように入射紫外放射波を偏向させるように形作られた粗面を備える。さらに他の実施形態では、平坦でない部分は、露光光学系による集光を妨げ/避けかつ半導体ウェハへの印刷を妨げるように入射紫外放射波を偏向させるように形作られたぎざぎざの表面を備える。代わりに、平坦でない部分は、露光光学系による集光を妨げ/避けかつ半導体ウェハへの印刷を妨げるように入射紫外放射波を偏向させるように形作られた曲面を備える。

10

【 0 0 1 0 】

本発明の他の態様は、超低膨張基板の上に結晶シリコン層を陽極接合し、それからこの結晶シリコン層の上にモリブデンとシリコンを含む共形の多層を堆積することによって、極端紫外リソグラフィ・マスクを形成する方法を提供する。この多層は、光をウェハに反射する水平部分と、ウェハに当たらないように光を散乱させる平坦でない部分とを備える。反射多層を堆積するステップより前に、本方法は、さらに、結晶シリコン層の上にハードマスクを堆積すること、ハードマスクの上にフォトレジスト・マスクを堆積すること、フォトレジストでパターンを作ること、および、このパターンをハードマスクに転写することを含む。本方法は、さらに、結晶シリコン層のエッチングされた領域に平坦でない表面を生成するように結晶シリコン層をエッチングすること、およびハードマスクを除去することを含む。その上、プラズマ・エッチングを使用して、パターンは、ハードマスクに転写され、ここで、結晶シリコンのエッチングは異方性エッチングを含み、この異方性エッチングは、水酸化カリウム (KOH) 水、水酸化テトラメチルアンモニウム (TMAH)、またはエチレンジアミン・パイロカテコール (EDP) のようなアルカリ溶液を使用して行われる。さらに、このエッチングは、結晶シリコン層の $\langle 100 \rangle$ 格子面に沿って行われる。

20

30

【 0 0 1 1 】

さらに、水平領域は、半導体ウェハに印刷するために入射紫外放射波を反射するように形作られ、第1の実施形態では、平坦でない領域は、下の結晶シリコン層に共形的な斜面を備え、この斜面は、半導体ウェハへの印刷を妨げるように入射極端紫外放射波を偏向させる角度で形作られており、この角度は垂線から54度である。第2の実施形態では、本方法は、半導体ウェハへの印刷を妨げるように入射紫外放射波を偏向させる粗面を有するように平坦でない部分を形作ることを含む。第3の実施形態では、本方法は、半導体ウェハへの印刷を妨げるように入射紫外放射波を偏向させるぎざぎざの表面を有するように平坦でない部分を形作ることを含む。他の実施形態では、本方法は、半導体ウェハへの印刷を妨げるように入射紫外放射波を偏向させる曲面を有するように平坦でない部分を形作ることを含む。

40

【 0 0 1 2 】

本発明では、マスク・スタック内のバッファ層または吸収層の必要をなくし、前に説明した従来のEUVLマスクに固有の問題を克服する。多層はマスク製作の最終ステップとして堆積されるので、標準EUVLマスク・プロセスではこの多層を劣化させ、その結果としてマスク反射率を低下させるプラズマ・エッチング、ウェット・エッチング、および多数の洗浄に、この多層は掛けられない。本発明では、反射率が高いほど、反射領域と散乱領域の間のマスク・コントラストが高くなり、必要な露光時間が減少し、さらに、マス

50

クで吸収される放射の量が減少する。

【 0 0 1 3 】

本発明マスクは、基板（接合された結晶 Si 層を含むことができる）および、吸収層またはバッファ層のない多層を備える。高い吸収スタックのないことで、ウェハ印刷中の影の効果がなくなる。このことは、暗いマスク領域から反射マスク領域への急峻な遷移をもたらし、またこの効果は、リソグラフィ・ウェハのエッジ・コントラストの改善となる。

【 0 0 1 4 】

本発明のこれらおよび他の態様は、添付の説明および添付の図面に関連して考察されるとき、より適切に評価され、かつ理解されるであろう。しかし、理解すべきことであるが、以下の説明は、本発明の好ましい実施形態および多数の特定の細部を示すが、例示として与えられ、制限するものとして与えられていない。本発明の精神から逸脱することなく本発明の範囲内で多くの変化物および修正物を作ることができ、本発明はすべてのそのような修正物を含む。

【 0 0 1 5 】

本発明は、図面を参照した以下の詳細な説明からより適切に理解されるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 6 】

本発明およびその様々な特徴および有利点は、添付の図面に示され以下の説明で詳細に述べられる制限しない実施形態を参照して、より完全に説明する。留意すべきことであるが、図面に示された特徴は、必ずしも一定の比率で描かれていない。よく知られた部品および処理技術の説明は、本発明を不必要に曖昧にしないために、省略されている。本明細書で使用する例は、ただ単に、本発明を実施することができる方法の理解を容易にし、さらに当業者が本発明を実施することができるようにすることを目的としている。したがって、これらの例は、本発明の範囲を制限するものとして解釈すべきでない。

【 0 0 1 7 】

前に言及したように、標準的なマスクおよび関連した製造技術の問題を克服する、新規な EUVL マスクおよび EUVL マスクの製造方法が必要とされている。ここで図面を、特に図 2 から 10 を参照すると、本発明の好ましい実施形態が示されている。

【 0 0 1 8 】

第 1 の実施形態で、本発明は、図 2 に示すように傾斜した側壁として形作られた斜面を部分的に有する EUVL マスクを提供する。これらの図に明示的に示されていないが、傾斜側壁は、おおむね曲線（凸状か凹状かのどちらか）の形状であるように形作ることができることを、当業者は容易に理解するであろう。図 2 に示すように、5 度で入射する EUV 放射が実線の矢印として描かれ、正常な EUV 反射が破線の矢印として示されている。破線の矢印で示された、多層 160 の平らな表面で反射された放射は、ウェハに印刷される。傾斜側壁を有するパターン形成部分では、放射は、ウェハに印刷しない角度に偏向される。平面反射の出力は、図 2 に点線の矢印として描かれている。

【 0 0 1 9 】

本発明は、結晶シリコン層 110 の付いた ULE 基板 100 を形作る。

【 0 0 2 0 】

図 3 から 7 は、本発明に従った EUVL マスクを製造する際に必要とされる連続した処理ステップを示す。好ましくは、本発明は、図 3 に示すようにシリコン・ウェハを石英に陽極接合することによって、結晶シリコン層 110 を石英基板 100 に取り付ける。陽極接合は、当業者にはよく知られているプロセスであり、U.S. Patent No. 6,368,942 において記載された全体的なプロセスを参照することができる。

【 0 0 2 1 】

本発明の次のステップは、図 4 に示すように、ハードマスク 120 およびレジスト 130 を結晶シリコン層 110 の上に堆積することを含む。それから、図 5 に示すように、所望のパターンがレジスト 130 に書き込まれ、そしてこのパターンは、プラズマ・エッチングによってハードマスク 120 に転写される。これによって、開いた領域（開口）14

10

20

30

40

50

0 がハードマスク 120 に生じ、この開口 140 は、下にある結晶シリコン 110 の表面 115 までパターン形成される。

【0022】

次のステップは、図 6 に示すように、好ましくは、水酸化カリウム (KOH) 水、水酸化テトラメチルアンモニウム (TMAH)、またはエチレンジアミン・ピロカテコール (EDP) などのウェット・エッチング溶液で、結晶シリコン 110 を異方性ウェット・エッチングすることである。シリコン 110 は $\langle 100 \rangle$ 格子面に沿ってエッチングされて (etch)、好ましくは、結晶シリコン 110 で画定された開いた領域 140 (その結果、開いた傾斜領域 155 となる) に結晶シリコン 110 のほぼ 54 度の側壁傾斜をもたらし、これによって、結果として傾斜側壁 150 が生じる。結晶シリコンの $\langle 111 \rangle$ 結晶面は、アルカリ溶液でシリコンの他の結晶面よりも、少なくとも 100 分の 1 で (より遅く) 遥かに遅くエッチングされる。したがって、 $\langle 100 \rangle$ シリコンでは、 $\langle 111 \rangle$ 面は他の結晶面のように速くエッチングされないので、54 度の角度を持った傾斜側壁 150 が結果として生じる。最終的には、フィーチャが十分に小さいか、またはシリコンが十分に厚い場合には、反応は自己終了する。入射 EUV 光を吸収するか、または散乱させる必要のある大きな領域の開きスペースがある場合は、このパターンを繰り返すことができる。これによって、EUV 光を焦点面の範囲外に反射するように互いに作用する多数の「ウェル (wells)」が生じる。

【0023】

ハードマスク 120 が剥離された後で、Mo/Si 多層 160 が、結晶シリコン層 100 の上に堆積されて、結晶シリコン層 110 の開いた傾斜領域 155 の中に満たされる。図 7 に示すように、Mo/Si 多層 160 は、下のエッチングされた結晶シリコン層 110 の外形をとり、結晶シリコン層 110 の下の傾斜領域 155 の上に形作られた傾斜側壁 180 を有する傾斜領域 165 を含む。したがって、Mo/Si 多層 160 は、結晶シリコン層 110 の傾斜領域 155 を完全に満たす。その上、Mo/Si 層 160 は、それらの平坦でない (uneven) 表面 (平坦でない領域) 165 の間に形作られた選択的な平らな (flat) (水平な (level)) 表面 170 をさらに備えている。

【0024】

その上、図 7 に示すように、傾斜側壁 180 は、露光光学系による集光を妨げかつ半導体ウェハへの印刷を妨げるために、入射紫外放射波を偏向させることができる角度 θ で形作られる。ここで、角度 θ は、露光光学系の集光角よりも大きい。一実施形態では、この角度は、垂線から 54 度である θ の角度に結晶シリコン層 110 をエッチングすることで作られる。反射多層は、下の結晶シリコン 110 に対して共形的であり、54 度に一致している。図 8 は、本発明の他の実施形態を示し、Mo/Si 多層 160 の平坦でない部分 190 は、Mo/Si 多層 160 の表面 170 を粗くすることによって形成される。反応性イオン・エッチングまたはウェット・エッチングを含む技術を使用して、表面 170 を粗くすることができる。図 8 の破線の楕円の中に拡大図で示すように、平坦でない部分 190 は、ぎざぎざの表面として形作ることができる。このぎざぎざの表面は、 $< 0.15 \text{ nm RMS}$ (実効) の表面粗さの目標仕様から相当にずれた粗さとして定義することができる。ほぼ 10 nm の粗さは、入射 EUV 放射の有効な反射を妨げるだろう。この粗さは、上で説明したシリコンの異方性ウェット・エッチングで作ることができる斜面の微小なものに類似しており、より小さな規模で同じ目的を果たす。

【0025】

図 9 および 10 で、本発明に従った EUV マスクを形成する好ましい方法を示す流れ図が説明されている。図 9 に提供されるように、一般に、EUV マスクを形成する方法は、放射反射領域 170 をマスクの表面に形成すること 200、および光散乱領域 165、190 をマスクの表面に形成すること 210 を含み、放射反射領域 170 および光散乱領域 165、190 は、同じ材料 (Mo/Si) 160 で構成されている。

【0026】

より具体的には、図 10 に示すように、本発明の第 1 の実施形態に従って EUV マス

10

20

30

40

50

クを形成する方法は、ULE基板100の上に結晶シリコン層110を堆積すること300、結晶シリコン層110の上にハードマスク120を堆積すること210、ハードマスク120の上にフォトリソ・マスク130を堆積すること320、フォトリソ・マスク130でパターンを作ること330、このパターンをハードマスク120に転写すること340、結晶シリコン層110をエッチングして結晶シリコン層110のエッチングされた領域165に傾斜側壁180を生成すること350、ハードマスク120を除去すること360、および結晶シリコン層110の上にMo/Si層160を堆積すること370を含む。さらに、Mo/Si層160は、半導体ウェハに印刷するために入射極端紫外放射波を反射するように形作られた平らな表面170を備える。その上、Mo/Si層160は、結晶シリコン層110の傾斜側壁150に対応した傾斜側壁180をさらに備える。さらに、Mo/Si層160の傾斜側壁180は、垂線から少なくとも54度の角度に形作られて、半導体ウェハへの印刷を妨げるように入射極端紫外放射波を偏向させる。

10

【0027】

本発明は、マスク・スタック内のバッファ層または吸収層の必要性をなくし、前に説明した従来のEUVLマスクに固有の問題を克服する。多層はマスク製造の最終ステップとして堆積されるので、この多層を劣化させ、その結果としてマスク反射率を低下させるプラズマ・エッチング、ウェット・エッチング、および多数の洗浄に、この多層は掛けられない。このより高い反射率は、反射領域と散乱領域の間のマスク・コントラストを高め、必要な露光時間を減少させ、さらに、マスクで吸収される放射の量を減少させる。ステップの処理能力は、ウェハ/時間のような所定の時間に印刷できるウェハの数である。上述のような露光時間の減少は、ステップの処理能力を直接高める。

20

【0028】

さらに、本発明マスクは、基板100（接合された結晶Si層を含むことがある）と、吸収層またはバッファ層のない状態で形成された多層160とを備える。高い吸収スタックがないことで、ウェハ印刷中に影の効果がなくなる。このことは、暗いマスク領域から反射マスク領域への急峻な遷移をもたらし、そして、この効果は、リソグラフィ・ウェハでのエッジ・コントラストの改善である。本発明で達成される他の有利点は、EUVLマスクの加熱がより少なくなるように放射が反射されることであり、このことは、像制御および寿命にとって重要な問題である。

30

【0029】

一般に、本発明は、Mo/Si多層160が堆積される前に作られた吸収領域110を含む新規なマスクを含む。EUV光が印刷ウェハ表面に達するように意図されていない領域190のマスクの表面を粗くするか、またはEUV光が印刷ウェハ表面に達するように意図されていない領域165に傾斜側壁180の格子を形成するかして、パターン形成は達成される。表面190を粗くするか、または傾斜側壁180を作るかのどちらかのために、反応性イオン・エッチングまたはウェット・エッチング技術を含む技術を使用することができる。印刷ウェハ表面に反射されるべき水平なパターン170は、滑らかで平面の状態である。多層の堆積370の後で、平坦でないパターン領域165、190は、Mo/Si膜160の反射能力が局部的に破壊されているので、EUVLマスクの吸収体として作用する。しかし、上で説明したように、これらの領域165、190は、実際にはEUV放射を吸収しないで、どちらかと言えば、ウェハ上のレジストを現像しない角度でEUV放射を偏向させる。

40

【0030】

特定の実施形態についての前記の説明は、本発明の大体の性質を非常に完全に明らかにするので、他の人は、現在の知識を応用することによって、一般的な概念から逸脱することなくそのような特定の実施形態を様々な用途のために容易に修正し、または適合させ、あるいはその両方を行うことができるので、そのような適合物および修正物は、開示された実施形態の同等物の意味および範囲の中に含まれるべきであり、また含まれる意図である。理解すべきことであるが、本明細書で使用された語句または用語は、説明の目的のため

50

めであり、制限する目的でない。したがって、本発明は好ましい実施形態の点から説明したが、本発明は、添付の特許請求の範囲の精神および範囲内で修正して実施することができることを当業者は認めるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】従来のEUVLマスクを示す模式的な断面図である。

【図2】本発明の実施形態に従ったEUVLマスクを示す模式的な断面図である。

【図3】本発明の実施形態に従ったEUVLマスクの製造における連続した処理ステップを示す模式的な断面図である。

【図4】本発明の実施形態に従ったEUVLマスクの製造における連続した処理ステップを示す模式的な断面図である。 10

【図5】本発明の実施形態に従ったEUVLマスクの製造における連続した処理ステップを示す模式的な断面図である。

【図6】本発明の実施形態に従ったEUVLマスクの製造における連続した処理ステップを示す模式的な断面図である。

【図7】本発明の実施形態に従ったEUVLマスクの製造における連続した処理ステップを示す模式的な断面図である。

【図8】本発明の他の実施形態に従ったEUVLマスクを示す模式的な断面図である。

【図9】本発明の好ましい方法を示す流れ図である。

【図10】本発明の好ましい方法を示す流れ図である。 20

【符号の説明】

【0032】

100 石英基板

100 ULE基板

110 結晶シリコン層

120 ハードマスク

130 フォトレジスト・マスク

160 Mo/Si多層

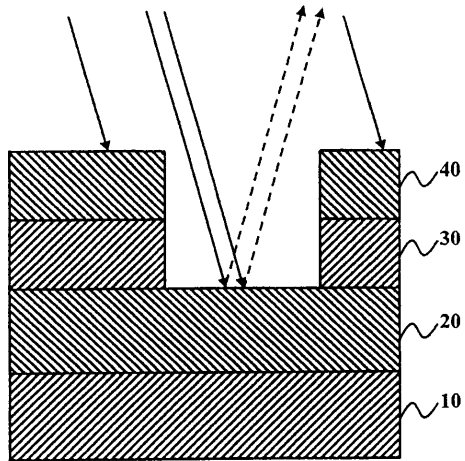
165 光散乱領域（平坦でない表面）

170 放射反射領域（平らな（水平な）表面） 30

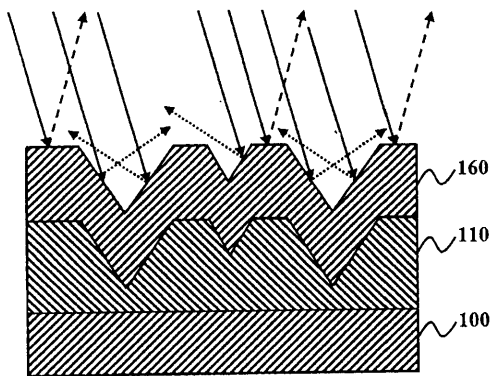
180 傾斜側壁

190 光散乱領域（平坦でない表面）

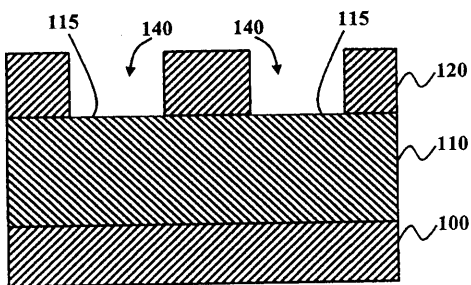
【図 1】



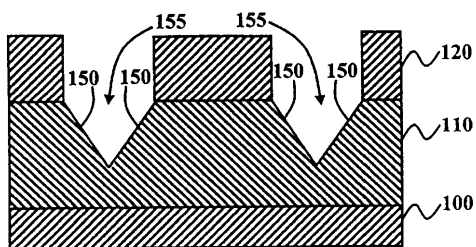
【図 2】



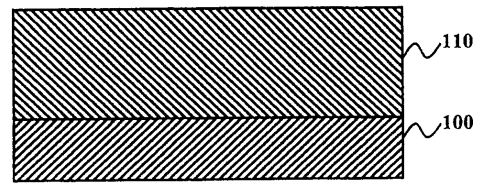
【図 5】



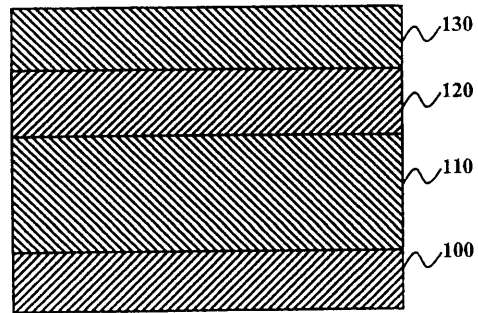
【図 6】



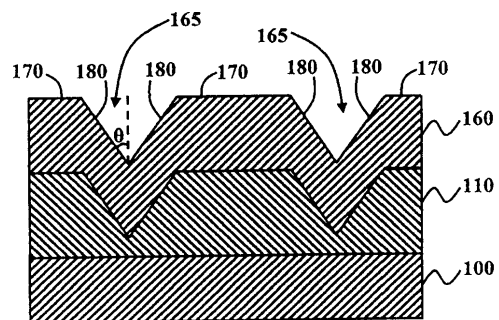
【図 3】



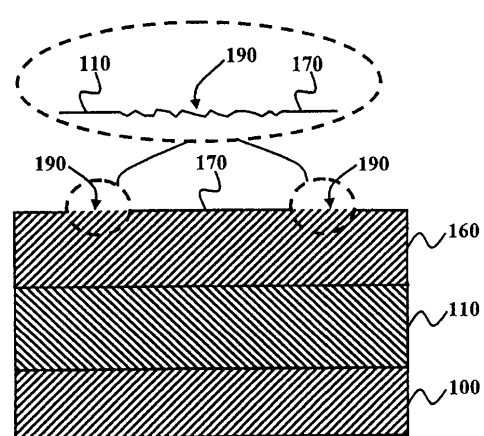
【図 4】



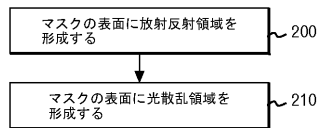
【図 7】



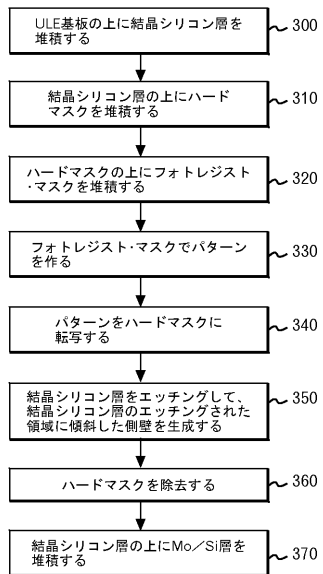
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

- (72)発明者 エミリー・イー・ギャラガー
アメリカ合衆国 0 5 4 0 1 パーモント州バーリントン ハイ・グローブ・コート 1 2
- (72)発明者 ルイス・エム・キント
アメリカ合衆国 0 5 4 6 8 パーモント州ミルトン ジェームス・ドライブ 3 7
- (72)発明者 キャリー・ダブリュー・シール
アメリカ合衆国 0 5 4 9 5 パーモント州ウィリストン バレット・レーン 3 5 9

審査官 岩本 勉

- (56)参考文献 特開平 0 1 - 1 5 2 7 2 5 (J P , A)
特開平 0 6 - 1 2 0 1 2 5 (J P , A)
特表 2 0 0 3 - 5 0 1 8 2 3 (J P , A)
特開平 0 3 - 0 9 6 2 2 0 (J P , A)
米国特許第 0 6 4 7 9 1 9 5 (U S , B 1)
特開平 0 7 - 1 2 2 4 8 0 (J P , A)
特開平 0 8 - 2 2 2 4 9 7 (J P , A)
特開昭 6 0 - 0 0 5 5 2 4 (J P , A)
特開平 0 7 - 2 8 3 1 0 5 (J P , A)
米国特許第 6 3 6 8 9 4 2 (U S , B 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01L 21/027

G03F 1/00 - 1/86