

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-266594
(P2007-266594A)

(43) 公開日 平成19年10月11日(2007.10.11)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/027 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 7 9	5 FO 4 6
GO 3 F 7/20 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 O 2 D	
	HO 1 L 21/30 5 6 9 H	
	GO 3 F 7/20 5 2 1	

審査請求 有 請求項の数 27 O L 外国語出願 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2007-48814 (P2007-48814)	(71) 出願人	504151804 エーエスエムエル ネザーランズ ビー. ブイ. オランダ国 ヴェルトホーフェン 550 4 ディー アール, デ ラン 6501
(22) 出願日	平成19年2月28日 (2007.2.28)	(74) 代理人	100079108 弁理士 稲葉 良幸
(31) 優先権主張番号	11/369, 222	(74) 代理人	100093861 弁理士 大賀 真司
(32) 優先日	平成18年3月7日 (2006.3.7)	(74) 代理人	100109346 弁理士 大貫 敏史
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(72) 発明者	ラルバハドーシング, サンジャイ オランダ国, ヘルモント 5709 ケイ ゼット, ケネマーランド 33

最終頁に続く

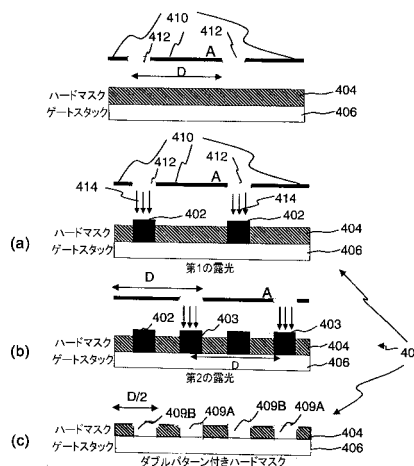
(54) 【発明の名称】 強化リソグラフィパターンニング方法およびシステム

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 1回のハードマスクエッチング工程を用いて、かつハードマスクを定義するためのフォトレジスト処理なしで、単一露光プロセスで設けられた約半分の間隔で特徴づけられた複数のフィーチャをハードマスクに提供する。

【解決手段】 炭素系ハードマスクを用いた二重パターンニングシステムおよびプロセス。この二重パターンニングシステムは、単一露光に基づいてハードマスクにプリント可能な最小間隔よりも小さいフィーチャ間隔で、1回のハードマスクエッチング工程においてハードマスクフィーチャを形成する手段を提供する。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に設けられたハードマスク層に向けてパターン付き放射ビームを供給する工程と

、
前記ハードマスク層の第 1 の部分のエッチング特性を強化するのに十分である、前記パターン付き放射ビームからの第 1 の放射照射量により、前記ハードマスク層の前記第 1 の部分を露光する工程と、

前記ハードマスク層の前記第 1 の部分と異なる第 2 の部分のエッチング特性を強化するのに十分である、前記パターン付き放射ビームからの第 2 の放射照射量により、前記ハードマスク層の前記第 2 の部分を露光する工程と、

前記第 1 の部分および第 2 の部分を実質的に除去し、かつ前記ハードマスク層のうちの前記第 1 の部分および第 2 の部分以外の部分が実質的にそのままの状態となるように、前記ハードマスク層にエッチングプロセスを施す工程とを備える、パターン転写方法。

10

【請求項 2】

前記ハードマスク層は、前記放射ビームに露光される前に、多量のダイヤモンド状炭素を有するアモルファス炭素である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記パターン付き放射ビームは、エキシマレーザから発生される 248 nm、193 nm、および 157 nm の UV 放射線の一つを含む、請求項 2 に記載の方法。

20

【請求項 4】

前記第 1 の照射量と前記第 2 の照射量はほぼ同じである、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 5】

前記第 1 の照射量と前記第 2 の照射量はそれぞれ、前記第 1 の部分および前記第 2 の部分のそれぞれを実質的に黒鉛化するのに十分である、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 6】

前記エッチングプロセスは、 O_2 反応性イオンエッチングプロセスであり、前記ハードマスク層の非照射部分に対する照射部分のエッチング速度比は約 2 よりも大きい、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 7】

前記第 1 の部分を露光した後であって前記第 2 の部分を露光する前に、水平変位量にわたって前記基板と前記パターン付き放射ビームを相対変位させる工程をさらに備える、請求項 1 に記載の方法。

30

【請求項 8】

前記パターン付き放射ビームは、単一露光でハードマスク上にプリント可能な最小フィーチャピッチを有し、前記水平変位量は当該最小フィーチャピッチよりも小さい、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記水平変位量は、前記最小フィーチャピッチの約半分である、請求項 8 に記載の方法。

40

【請求項 10】

前記第 1 の部分を露光した後であって前記第 2 の部分を露光する前に、水平変位量にわたって前記基板と前記パターン付き放射ビームを相対変位させる工程をさらに備え、

前記パターン付き放射ビームは、単一露光でハードマスク上にプリント可能な最小フィーチャピッチを有し、前記水平変位量は当該最小フィーチャピッチよりも小さい、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 11】

前記水平変位量は、前記最小フィーチャピッチの約半分である、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

50

前記ハードマスク層にエッチングプロセスを施す前に、前記ハードマスク層の前記第1の部分および第2の部分とは異なる第3の部分を、当該第3の部分のエッチング特性を実質的に変更するのに十分である、前記パターン付き放射ビームからの第3の放射照射量により露光する工程をさらに備え、

前記第3の部分は、前記エッチングプロセスの間に実質的に除去される、請求項1に記載の方法。

【請求項13】

基板上に放射感応性ハードマスク層を設ける工程と、

前記基板とパターン付き放射ビームとの間の前記ハードマスク層上の第1の相対位置にフィーチャ間隔を生じるように構成されたパターン付き放射ビームを供給する工程であって、前記ハードマスクの第1の部分が、エッチング強化放射照射量に露光されるようにする工程と、

10

Dよりも短い距離だけ前記第1の相対位置から変位された、前記基板と前記パターン付き放射ビームとの間の第2の相対位置に前記パターン付き放射ビームを供給する工程であって、前記ハードマスク層の第2の部分が、エッチング強化放射照射量に露光されるようにする工程と、

前記ハードマスク層をエッチング処理する工程であって、前記第1の部分および第2の部分が、エッチング強化照射量を受けた後に前記ハードマスクの非照射部分よりも実質的により速い速度でエッチングするように構成される工程とを備えるパターン転写方法。

20

【請求項14】

前記ハードマスク層は、非照射領域に大部分のダイヤモンド状炭素を有するアモルファス炭素である、請求項13に記載の方法。

【請求項15】

前記アモルファス炭素層は、約10%～50%の炭素と、約90%～50%の水素とを含む、請求項14に記載の方法。

【請求項16】

前記アモルファス炭素層は、化学気相成長法、プラズマ化学気相成長法、物理気相成長法のうちの1つの方法によって形成される、請求項14に記載の方法。

【請求項17】

前記第1の位置と前記第2の位置の間の距離は、前記フィーチャ間隔の約半分である、請求項14に記載の方法。

30

【請求項18】

前記フィーチャ間隔は、単一露光で前記パターン付き放射ビームを用いて前記ハードマスクにプリント可能な最小フィーチャ間隔である、請求項13に記載の方法。

【請求項19】

前記ハードマスク層の前記第1の部分のフィーチャは、前記第2の部分のフィーチャとは異なる、請求項13に記載の方法。

【請求項20】

前記ハードマスクの前記第1の位置と前記第2の位置が前記パターン付き放射ビームで露光されている間、前記ハードマスク層のうちアライメントマークを覆う部分を露光することなく残す工程をさらに備える、請求項13に記載の方法。

40

【請求項21】

単一露光で基板にフィーチャ間隔を生じるように構成されたパターン付き放射ビームを供給するように構成されたリソグラフィ装置と、

ハードマスクが配置された、基板を保持する基板テーブルと、

前記基板と前記パターン付き放射ビームとの間の第1の相対位置における第1の放射照射量による露光のため、および前記基板と前記パターン付き放射ビームとの間の第2の相対位置における第2の放射照射量による露光のために、前記基板と前記パターン付き放射ビームとの間の相対位置を変えるように構成されたコントローラであって、前記第1の位

50

置と前記第 2 の位置との間の変位量は前記フィーチャ間隔よりも小さく、前記第 1 の放射照射量および第 2 の放射照射量を受ける前記ハードマスクの部分が、エッチングプロセスにおいて前記ハードマスクの非照射部分よりも実質的により速い速度でエッチングするように構成されている、コントローラと、
を備えるパターン転写システム。

【請求項 2 2】

前記ハードマスク層は、前記放射ビームに露光される前、多量のダイヤモンド状炭素を有するアモルファス炭素である、請求項 2 1 に記載のシステム。

【請求項 2 3】

前記パターン付き放射ビームは、エキシマレーザから発生される 248 nm、193 nm、および 157 nm の UV 放射線の一つを含む、請求項 2 1 に記載のシステム。

【請求項 2 4】

前記エッチングプロセスは、 O_2 反応性イオンエッチングプロセスであり、前記ハードマスク層の非照射部分に対する照射部分のエッチング速度比は約 2 よりも大きい、請求項 2 1 に記載のシステム。

【請求項 2 5】

前記コントローラは、前記基板を前記第 1 の位置と前記第 2 の位置との間で移動するように構成された基板テーブルコントローラである、請求項 2 1 に記載のシステム。

【請求項 2 6】

前記コントローラは、前記パターン付き放射ビームを生成するためのマスクレス手段のためのコントローラであって、前記パターン付き放射ビームを前記第 1 の位置と前記第 2 の位置との間をシフトするように構成されている、請求項 2 1 に記載のシステム。

【請求項 2 7】

前記パターン付き放射ビームは、前記第 1 の相対位置において第 1 の構成を有し、前記第 2 の相対位置において第 2 の構成を有する、請求項 2 1 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

【0001】 本発明は、リソグラフィにおいてパターン転写を強化するシステムおよび方法に関する。特に、本発明は、多様なマスク特性を有するハードマスクシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

【0002】 本発明は、投影放射ビームを供給する放射システムと、所望のパターンに従って投影ビームにパターンニングする役目を果たすパターンニングデバイスを支持する支持構造体と、基板を保持する基板テーブルと、パターン付きビームを基板のターゲット部分に投影するための投影システムとを含む、リソグラフィとリソグラフィ投影装置の分野を対象にしている。

【0003】

【0003】 本明細書で用いられる「パターンニングデバイス」という用語は、基板のターゲット部分で作成されるべきパターンに対応する、入射した放射ビームにパターンを付けた断面を与えるために使用できるデバイスを意味すると幅広く解釈されるべきである。「光バルブ」という用語も、このような文脈で使用することができる。一般に、パターンは、集積回路または他のデバイスなどの、ターゲット部分に作られるデバイスの特定の機能層に相当する。このようなパターンニングデバイスの例は以下を含む。

【0004】

【0004】 - マスク。マスクの概念はリソグラフィではよく知られており、バイナリ、Alternating位相シフト、減衰型位相シフト、並びに多様なハイブリッドマスクタイプなどのマスクタイプを含む。このようなマスクを放射ビームの中に置くことによって、マスク上のパターンに従って、マスクに衝突する放射の選択的透過（透過型マスクの場合）または反射（反射型マスクの場合）を引き起こす。マスクの場合は、支持構造体は一般的に

マスクテーブルであり、このマスクテーブルは、マスクが入射放射ビームの中の望ましい位置に確実に保持され、かつまた必要であれば、ビームに対してマスクが確実に相対移動されるようにする。

【0005】

【0005】 プログラマブルミラーアレイ。このようなデバイスの一例は、粘弾性制御層と反射面とを有するマトリクスアドレス可能面(matrix-addressable surface)である。このような装置の背景にある基本原理は、反射面のアドレス指定された領域が、例えば入射光を回折光として反射するのに対して、アドレス指定されない領域が、入射光を非回折光として反射することである。適切なフィルタを使用すると、反射ビームのうち非回折光がフィルタされ、回折光だけが残る。このようにして、ビームは、マトリクスアドレス可能面のアドレスパターンに従ってパターンニングされる。プログラマブルミラーアレイの他の実施形態は、小さなミラーのマトリクス配置を用い、そのミラーのそれぞれが、適切な局所電界を適用するか、または電圧アクチュエータを用いることによって、軸を中心にして個々に傾斜することができる。繰り返すが、アドレス指定されたミラーが、入射する放射ビームをアドレス指定されないミラーに向かう別の方向に反射するという点で、これらのミラーはマトリクスアドレス可能である。このようにして、反射ビームは、マトリクスアドレス可能ミラーのアドレスパターンに従ってパターンニングされる。必要なマトリクスアドレス指定は、適切な電子回路を使用して行うことができる。

10

【0006】

【0006】 上記で説明した両方の場合に、パターンニングデバイスは1つ以上のプログラマブルミラーアレイを含むことができる。ここで参照されるミラーアレイに関する追加情報は、例えば、米国特許第5,296,891号、米国特許第5,523,193号、PCT国際公開公報W098/38597号、およびW098/33096号(これらは参照することにより、本明細書に組み込まれる)から得られる。プログラマブルミラーアレイの場合は、支持構造体は、例えば、必要に応じて固定式または可動式にすることができるフレームまたはテーブルとして具現化されてもよい。

20

【0007】

【0007】 プログラマブルLCDアレイ。このような構造の例は、米国特許第5,298,872号(参照することにより、本明細書に組み込まれる)に示されている。上述のように、この場合の支持構造体は、例えば、必要に応じて固定式または可動式にすることができるフレームまたはテーブルとして具現化されてもよい。

30

【0008】

【0008】 簡単にする目的で、本文書の残りの部分では、いくつかの場所で、マスクおよびマスクテーブルに関わる例を特に示す場合がある。しかし、このような例で議論される一般的な原理は、上述のようにパターンニングデバイスの幅広い文脈で捉えなければならない。

【0009】

【0009】 リソグラフィ投影装置は、例えば集積回路(IC)の製造で使用できる。この場合、パターンニングデバイスは、ICの個々の層に対応する回路パターンを生成することができる。このパターンは、放射感応性材料(レジスト)の層でコーティングされた基板(シリコンウェーハ)のターゲット部分(例えば1つ以上のダイを含む)上に結像され得る。一般に、単一のウェーハが、投影システムを介して一度に1つずつ確実に照射される、隣接した複数のターゲット部分のネットワーク全体を含む。マスクテーブル上のマスクによるパターンニングを用いる現在の装置では、2つの異なる種類の機械を区別することができる。リソグラフィ投影装置の1つのタイプでは、ターゲット部分上にマスクパターン全体を一度に露光することによって、各ターゲット部分を照射する。このような装置は通常、「ウェーハステッパ」または「ステップアンドリピート装置」と呼ばれる。

40

【0010】

【0010】 通常、「ステップアンドスキャン装置」と呼ばれる別の装置では、投影ビームの下にあるマスクパターンを特定の基準方向(「スキャン」方向)に徐々にスキャンし、

50

これと同期して、この方向に平行または逆平行に基板テーブルをスキャンすることによって、各ターゲット部分を照射する。一般に、投影システムは倍率 M （一般に < 1 ）なので、基板テーブルがスキャンされるスピード V は、マスクテーブルがスキャンされる速度の M 倍となる。ここで述べられているリソグラフィデバイスに関する追加情報は、例えば、米国特許第6,046,792号（参照することにより、本明細書に組み込まれる）から得られる。

【0011】

[0011] リソグラフィ投影装置を用いた製造プロセスでは、パターン（例えば、マスクにおけるパターン）は、少なくとも一部が放射感応性材料（レジスト）層によって覆われている基板上に結像される。この結像工程の前に、基板には、プライミング、レジストコーティングおよびソフトベークなどの様々な処置を施してもよい。露光の後、ポストベーク（PEB）、現像、ハードベークおよび結像されたフィーチャの測定/検査などの他の処置を基板に施してもよい。この一連の処置は、例えば集積回路（IC）などのデバイスの個々の層をパターンニングするための基礎として用いられる。次にこのパターン付き層に、エッチング、イオンインプランテーション（ドーピング）、メタライゼーション、酸化、化学機械研磨などの様々なプロセスを施してもよく、これらすべてのプロセスは、個々の層を仕上げることを目的としている。数枚の層が必要な場合には、新しい層それぞれについてすべての手順（またはその変異形）を繰り返さなければならない。最終的に、基板（ウェーハ）上には数多くのデバイスができる。その後、これらのデバイスは、ダイシングまたは切断などの技術を用いて1個1個に切り離されて、個々のデバイスをキャリアに取り付けたり、ピンに接続したりすることができる。これらのプロセスについての追加情報は、例えば「マイクロチップ製造 半導体処理のための実用ガイド（Microchip Fabrication: A Practical Guide to Semiconductor Processing）」（第3版、ピーター・ヴァン・ザント著、マグローヒル出版社、1997年、ISBN 0-07-067250-4）（参照することにより、本明細書に組み込まれる）から得ることができる。

10

20

【0012】

[0012] 簡単にする目的で、投影システムを以下「レンズ」という場合もある。しかし、この用語は、屈折光学部品、反射光学部品、反射屈折式システム、などを含む多様な投影システムを包括すると広く解釈されるべきである。放射システムは、投影放射ビームを誘導し、形成し、または制御するために、上記の設計タイプのいずれかに従って作動するコンポーネントを含んでよく、このようなコンポーネントのことを以下総称してまたは個別に「レンズ」という場合もある。

30

【0013】

[0013] さらに、リソグラフィ装置は、2つ以上の基板テーブル（および/または2つ以上のマスクテーブル）を有するタイプであってもよい。このような「マルチステージ」デバイスでは、追加のテーブルは並行して使うことができ、または予備工程を1つ以上のテーブル上で実行しつつ、別の1つ以上のテーブルを露光用に使うこともできる。デュアルステージ（dual stage）リソグラフィ装置については、例えば米国特許第5,969,441号およびPCT国際公開公報W098/40791号（これら両方とも参照することにより、本明細書に組み込まれる）に記載されている。

40

【0014】

[0014] 本明細書において、集積回路の製造における本発明にかかる装置の使用について具体的な言及がなされているが、当然のことながら、この装置は他の多くの用途を有し得る。例えば、集積光学システム、磁気ドメインメモリ用のガイダンスパターンおよび検出パターン、液晶ディスプレイパネル、薄膜磁気ヘッド等の製造で、上記装置を用いることができる。このような他の用途においては、本明細書で使われている「レチクル」「ウェーハ」または「ダイ」という用語の使用はすべて、それぞれより一般的な「マスク」「基板」または「ターゲット部分」という用語に置き換えられると考えることができると、当業者は理解するであろう。

【0015】

50

【0015】 本明細書において「放射」および「ビーム」という用語は、とりわけ紫外光（UV）（例えば、365nm、248nm、193nm、157nm、または126nmの波長を有する）、および極端紫外光（EUV）（例えば、5～20nmの範囲の波長を有する）を含むあらゆる種類の電磁放射を包含しているものとして用いられる。

【0016】

【0016】 リソグラフィ処理のためには、ウェーハ上の後続の層におけるパターンの位置は、基板上のデバイスフィーチャを正しく規定するために、可能な限り精確でなければならない。オーバーレイは、機能デバイスを創出するために明確に定義された公差範囲内でなければならない。この目的を達成するために、リソグラフィ投影装置は、パターンの上のレジスト層に定義されるとおりにマスクパターンを用いて基板上のパターンのオーバーレイを決めるためのオーバーレイ測定モジュールを含む。

10

【0017】

【0017】 オーバーレイシステムは、通常、光学エレメントによる測定を行う。基板上に位置するパターンの位置に対するマスクパターンの位置は、光源によって照射される光学マーカからの光学レスポンスを測定することによって決定される。光学マーカによって生成される信号は、センサアレイによって測定される。オーバーレイは、センサの出力から派生するかもしれない。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0018】

【0018】 光学マーカは、フル製造ラインにおけるマイクロ電子デバイスプロセス（またはICプロセス）中に使用される。ラインの初期段階（FEOL）において、マーカは、例えばトランジスタ構造体の製造過程でオーバーレイのために使用される。ラインの最終段階（BEOL）における後の段階では、例えば接続線などのメタライゼーション構造体およびビアのオーバーレイのために、マーカが必要である。留意すべき点として、上記の両方の場合において、オーバーレイに必要な精度を満たすために、マーカの整合性は十分になければならない。

【課題を解決するための手段】

【0019】

30

【0019】 本発明の一実施形態では、パターン転写方法は、基板の表面にハードマスク層を設ける第1の工程を含む。ハードマスク層はダイヤモンド状炭素であることが好ましい。第2の工程では、基板がパターン付き放射ビームに対して第1の水平部分に位置付けられたときに、パターン付き放射ビームがハードマスク層に向けて供給される。例えば、パターン付き放射ビームは、物理マスクを通過した紫外光（UV）または可視波長放射などの光であり得る。あるいは、パターン付き放射ビームは、マイクロミラーアレイからの可視光線または紫外光（UV）などの光を反射することによって、または光パルスシステムを使用することによって、ビーム形成することができる。ハードマスク層の第1の部分は、パターン付き放射ビームからの第1の放射照射量で露光され、この第1の放射照射量は、第1の部分のエッチング特性を実質的に変えるために十分である。パターン付きビームと基板は、第2の位置までの距離にわたって、互いに相対的に移動される。この距離は、単一露光でパターン付き放射ビームを使用してハードマスクにプリント可能である最小フィーチャピッチより小さいことが望ましい。ハードマスク層の第1の部分とは異なる第2の部分は、パターン付き放射ビームからの第2の放射照射量で露光され、この第2の照射量は、第2の部分のエッチング特性を実質的に変えるために十分である。さらなる工程では、ハードマスク層はエッチングプロセスを受け、このエッチングプロセスにおいて、第1の部分と第2の部分が十分に除去され、ハードマスク層の第1の部分と第2の部分以外の部分は実質的に損なわれていない状態のままとなる。よって、ハードマスクは、単一露光でプリント可能な最小フィーチャピッチより小さい距離の間隔をあけた複数のフィーチャを有するように製造できる。

40

50

【0020】

[0020] 本発明の一実施形態では、パターン転写方法は、放射感応性ハードマスク層を基板上に設ける第1の工程を備える。この基板は、層、パターン付きフィーチャ、またはデバイス構造の任意の組み合わせを有するいかなる表面でもよい。ハードマスク層は、アモルファス炭素層であることが望ましい。第2の工程では、フィーチャ間隔(D)を生じるように構成されたパターン付き放射ビームは、基板の第1の部分に供給され、ハードマスク層の第1の部分はエッチング強化放射照射量で露光される。エッチング強化放射照射量は、可視光線または紫外光(UV)ソースから受けることが望ましい。パターン付き放射ビームは、第1の部分からDより小さい距離だけ変位された基板の第2の部分に供給され、ハードマスク層の第2の部分がエッチング強化放射照射量で露光される。追加の工程では、ハードマスク層はエッチングを受け、このエッチングにおいて、第1の部分と第2の部分とは、エッチング強化放射照射量を受けた後で、ハードマスク層の非照射部分よりもかなり速くエッチングするように構成される。本発明の一実施形態では、第1の部分と第2の部分の間の距離は約D/2である。よって、インベンティブプロセスは、1回のハードマスクエッチング工程を用いて、かつハードマスクを定義するためのフォトレジスト処理なしで、単一露光プロセスで設けられた約半分の間隔で特徴づけられた複数のフィーチャをハードマスクに提供する。

10

【0021】

[0021] 本発明の1つの構成では、基板の強化リソグラフィパターンのためのシステムは、パターン付き放射ビームを供給するように構成されたリソグラフィ装置を含む。パターン付き放射ビームは、単一露光で、基板にフィーチャ間隔(D)を生じるように構成されることが好ましい。1つの構成では、パターン付き放射ビームは、可視光線または紫外光(UV)をマスクに通すことによって供給される。別の構成では、パターン付き放射ビームは、パターン付きビームを生成するためのマスクレス手段によって形成される。このシステムはさらに、上にハードマスクが配された基板を保持するための基板テーブルを含む。第1の位置における第1の放射照射量での露光のために、そして第2の位置における第2の放射照射量での露光のために、パターン付き放射ビームに対する基板の相対位置を変えるように構成されたコントローラが提供される。第1の位置と第2の位置の間の変位は、パターン付き放射ビームによって提供されるフィーチャ間隔よりも小さいことが望ましい。第1の位置と第2の位置との間の相互変位は、基板テーブルの移動、パターン付きビームの移動、またはこれら両方によって達成できる。第1の放射照射量と第2の放射照射量を受けるハードマスクの部分は、エッチングプロセスにおいてハードマスクの非照射部分よりも実質的により速い速度でエッチングするように構成される。このようにして、パターン付きフィーチャは、ハードマスクの選択的なエッチングによって、ハードマスクにエッチングすることができ、パターン付きフィーチャの最小間隔は、単一露光でパターン付き放射ビームによって定義される最小フィーチャピッチよりも小さい。

20

30

【0022】

[0022] 本発明の1つの構成では、第1の露光で使用されるパターン付き放射ビームは、第2の露光で使用されるパターン付き放射ビームと同じである。本発明の別の構成では、第1の露光で使用されるパターン付き放射ビームは、第2の露光で使用されるパターン付き放射ビームとは異なり、第1の露光でハードマスクにプリントされるフィーチャは、第2の露光でプリントされるハードマスクからプリントされるフィーチャとは異なる。後者の構成における好適な実施形態では、第1と第2の露光のために使用されるパターン付き放射ビームは、異なるビームパターンを生じるようにプログラムできるプログラマブルマイクロミラーアレイなどのパターン付きビームを生成するためのマスクレス手段によって生成される。

40

【0023】

[0023] 本発明の一態様では、ハードマスク材料が、単一のマスクで2回の露光を行う二重露光リソグラフィプロセスと組み合わせて使用される。基板に最初に適用されるハードマスク材料は、実質的にダイヤモンド状炭素の特性を有するアモルファス炭素であるこ

50

とが望ましい。発明の1つの構成では、アモルファス炭素ハードマスク材料は、 O_2 プラズマアッシングまたは関連するプラズマエッチングプロセスによる除去に実質的に耐性がある。エッチング強化放射照射量で露光されると、露光されたアモルファス炭素ハードマスク材料の部分は、実質的に黒鉛化する。放射照射量は、エキシマレーザソースから248または193 nmの波長で放出される可視光線または紫外光(UV)であることが望ましい。一態様では、上記放射によって実質的に黒鉛化されるハードマスクの領域は、 O_2 プラズマアッシングなどのプラズマプロセスによって選択的に除去される。従って、単一露光でもたらされる密度よりも高い密度を有するハードマスクにフィーチャをパターンニングするために、二重露光プロセスを用いることができ、この二重露光プロセスは、ハードマスクの1回の選択的なエッチング工程で完了することができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

[0028] 図1は、本発明の一実施形態にかかる少なくとも1つのマーカ構造を含むリソグラフィ投影装置を概略的に示す。このリソグラフィ装置は、以下の構成要素を含む。

- 投影放射ビームPB(例えば、紫外光(UV)または極端紫外光(EUV))を供給する照明システムIL。特にこの場合、放射システムは放射ソースSOを含む。

- パターニングデバイスMA(例えば、マスク)を支持する第1の支持構造体MT(例えば、マスクテーブル)であって、かつ投影システムPLに対してパターニングデバイスを正確に位置付ける第1位置決め装置(図示されていない)に連結されている、第1の支持構造体MT。

20

- 基板W(例えば、レジストコートシリコンウェーハ)を保持する第2の支持構造体WT(例えば、ウェーハテーブル)であって、かつ投影システムPLに対して基板を正確に位置付けるように構成された第2位置決め装置PWに連結されている、第2の支持構造体WT。

- パターニングデバイスMAによって放射ビームPBに付けられたパターンを基板Wのターゲット部分C(例えば、1つ以上のダイを含む)上に投影する投影システムPL(例えば、反射投影レンズ)。

【0025】

[0029] 投影システムPLには、システムの設定を調節するアクチュエーティングデバイスADが備わっている。設定調節の操作については詳細を後述する。

30

【0026】

[0030] 本明細書に示されているとおり、リソグラフィ投影装置は、透過型のもの(すなわち、透過型マスクを有するもの)である。しかし、リソグラフィ投影装置は、反射型のもの(反射型マスクを有するもの)であってもよい。あるいは、リソグラフィ投影装置は、上記に言及したプログラマブルミラーアレイなどの別の種類のパターニングデバイスを用いてもよい。

【0027】

[0031] ソースSO(例えば、水銀灯またはエキシマレーザ)は放射ビームを発生する。このビームは照明システム(イルミネータ)ILに、直接供給されるか、または例えばビームエキスパンダExなどの調整エレメントを通った後に供給される。照明システムILはさらにビームを調整し、かつビームPBの強度分布の外側および/または内側半径範囲(通常、それぞれ -outerおよび -innerと呼ばれる)を設定するための調節可能光学エレメントAMを含んでよい。さらに、照明システムILは一般に、インテグレートINおよびコンデンサCOといったさまざまな他のコンポーネントを含む。このようにして、マスクMAに衝突するビームPBは、その断面に所望の均一性および強度分布を含む。

40

【0028】

[0032] 図1に関して留意すべき点として、ソースSOはリソグラフィ投影装置のハウジングの中にあってもよい(ソースSOが例えば水銀灯である場合によくあることである)。あるいは、ソースSOはリソグラフィ投影装置から遠く離れていてもよく、ソースが発生するビームはリソグラフィ投影装置の中に導かれる(例えば、適切な誘導ミラーを用い

50

て)。この後者の事例は、ソースS Oがエキシマレーザである場合によくある。本発明は上記両方の場合に適用可能である。

【0029】

【0033】 ビームP Bは、マスクテーブルM T上に保持されているマスクM Aに入射する。マスクM Aを通り抜けた後、放射ビームP BはレンズP Lを通過し、レンズP Lは、基板Wのターゲット部分C上にビームの焦点をあわせる。第2位置決め装置P Wおよび干渉計I Fを使って、例えば、さまざまなターゲット部分CをビームP Bの経路内に位置付けるように、基板テーブルW Tを正確に動かすことができる。同様に、第1位置決め装置(マスクテーブルM Tに作用する)を使って、例えば、マスクライブラリからマスクM Aを機械的に取り出した後またはスキャン中に、マスクM AをビームP Bの経路に対して正確に位置付けることもできる。通常、対象テーブルM T、W Tの移動は、ロングストロークモジュール(粗動位置決め)およびショートストロークモジュール(微動位置決め)(これらは図1では明示されていない)を使って達成する。しかし、ウェーハステップの場合は(ステップ&スキャン装置の場合とは異なり)、マスクテーブルM Tは、ショートストロークアクチュエータに接続されるだけか、または固定してもよい。マスクM Aと基板Wは、マスクアライメントマークM 1、M 2と、基板アライメントマークP 1、P 2とを用いて位置合わせすることができる。

10

【0030】

【0034】 例示の装置は、2つの異なるモードで使用できる。

【0031】

【0035】 1. ステップモードにおいては、マスクテーブルM Tおよび基板テーブルW Tを基本的に静止状態に保ちつつ、ビームP Bに付けられたパターン全体を一度に(すなわち、単一「フラッシュ」)ターゲット部分C上に投影する。基板テーブルW Tは、つぎにXおよび/またはY方向に移動され、それによって別のターゲット部分CをビームP Bで露光することができる。

20

【0032】

【0036】 2. スキャンモードにおいては、基本的に上記と同じ内容が適用するが、ただし所定のターゲット部分Cが単一「フラッシュ」で露光されるということはない。その代わりに、放射ビームP Bにマスクイメージ上をスキャンさせるように、マスクテーブルM Tは速度vで所定の方向(例えばY方向などの、いわゆる「スキャン方向」)に移動可能である。この時、基板テーブルW Tは同時に、速度V = M v(ここで「M」はレンズP Lの倍率である)(通常、M = 1/4または1/5)で同じまたは反対の方向に移動される。このようにして、解像度について妥協することなしに、比較的大きいターゲット部分を露光することができる。

30

【0033】

【0037】 3. 別のモードでは、プログラマブルパターンングデバイスを保持しつつ、マスクテーブルM Tを基本的に静止状態に保ち、また基板テーブルW Tを動かす、またはスキャンする一方で、投影ビームに付けられたパターンをターゲット部分C上に投影する。このモードにおいては、通常、パルス放射ソースが採用されており、さらにプログラマブルパターンングデバイスは、基板テーブルW Tの移動後ごとに、またはスキャン中の連続する放射パルスと放射パルスとの間に、必要に応じて更新される。この動作モードは、前述の型のプログラマブルミラーアレイといったプログラマブルパターンングデバイスを利用するマスクレスリソグラフィに容易に適用することができる。

40

【0034】

【0038】 上述の使用モードの組合せおよび/または変形物、あるいは完全に異なる使用モードもまた採用可能である。

【0035】

【0039】 図示されていない別の実施形態では、基板テーブルは、ウェーハが連続的に供給される2つのスキャンステージを含むツインスキャン配置によって置き換えられる。複数のウェーハのうちの1つが上記の異なるモードのうち的一方または他方のモードで露光

50

されている間、もう一つのウェーハは、露光の前に実施される必要な測定を受ける。これは、各ウェーハが露光ゾーン内にある時間を減らし、よってシステムのスループットを上げるためである。より一般的には、リソグラフィ装置は、2つ以上の基板テーブル（および/または2つ以上のマスクテーブル）を有する型のものであってもよい。そのような「マルチステージ」マシンにおいては、追加のテーブルは並行して使うことができ、または予備工程を1つ以上のテーブル上で実行しつつ、別の1つ以上のテーブルを露光用に使うこともできる。

【0036】

[0040] 干渉計は、通常、レーザ（図示されていない）のような光源と、基板またはステージなどの測定すべき対象物に関する情報（例えば、位置、アライメントなど）を決定するための1つ以上の干渉計を含む。図1では、1つの干渉計IFが例として概略が示されている。光源（レーザ）は、1つ以上のビームマニピュレータによって干渉計IFにルーティングされるメトロロジービームMBを発生する。2つ以上の干渉計が設けられる場合、別々の干渉計のためにメトロロジービームを別個のビームに分割する光学部品を用いることによって、メトロロジービームをこれら複数の干渉計で分け合ってもよい。

10

【0037】

[0041] マスクテーブルMT上のマスクに、テーブルWT上の基板を位置合わせするための基板アライメントシステムMSは、テーブルWTに近い例示的な場所に概略的に示されており、基板W上のマーカ構造に向けた光ビームを生成する少なくとも1つの光源と、そのマーカ構造からの光信号を検出する少なくとも1つのセンサデバイスとを含む。留意すべき点として、基板アライメントシステムMSの場所は、実際のリソグラフィ投影装置のタイプによって異なる設計条件によって左右される。

20

【0038】

[0042] さらに、リソグラフィ投影装置は、イメージングおよび露出プロセスの実行の間にマシン設定を制御かつ調節できる電子制御システムを含む。典型的な電子制御システムの概略が図2に図示されている。留意すべき点として、リソグラフィ投影装置は、高精度のリソグラフィ投影装置の機能を制御する高機能のコンピューティングリソースを含む。図2は、本発明に関連したコンピューティングリソースの機能だけを示している。コンピューティングリソースは、ここに示されていない追加のシステムおよびサブシステムを含んでもよい。

30

【0039】

[0043] マシン設定は、投影像を垂直（z）方向に変位することによってフォーカスオフセットを補うように調節されてもよい。あるいは、マシン設定は、水平面（xy面）で像の位置を横方向にシフトすることによってアライメントを改善するように調節されてもよい。

【0040】

[0044] 図2は、周辺装置を有するホストプロセッサ21を含む、本発明の特定の実形態で使用されるコンピュータアレンジメント8を図示している。ホストプロセッサ21は、命令およびデータを格納するメモリユニット18、19、22、23、24と、1つ以上の読取ユニット30（例えば、フロッピー（登録商標）ディスク17、CD-ROM20、DVDなどを読み取るためのユニット）と、キーボード26やマウス27などの入力装置と、モニター28やプリンタ29などの出力装置とに接続されている。トラックボール、タッチスクリーン、またはスキャナなどのその他の入力装置、ならびにその他の出力装置を設けてもよい。

40

【0041】

[0045] 入出力（I/O）デバイス31は、リソグラフィ投影装置に接続するために設けられる。I/Oデバイス31は、アクチュエータおよびセンサに送受信される信号を扱うために配され、このアクチュエータとセンサは、本発明に従って投影システムPLの制御に関わる。さらに、ネットワークI/Oデバイス32は、ネットワーク33に接続するために設けられる。

50

【0042】

[0046] メモリユニットは、RAM 22、(E)EPROM 23、ROM 24、テープユニット19、およびハードディスク18を含む。しかし、当然のことながら、当業者にとって周知である他のメモリユニットを設けてもよい。さらに、メモリユニットのうちの1つ以上が、プロセッサ21から物理的に離れて位置づけられてもよい。プロセッサ21は1つのボックスとして示されているが、当業者にとって周知であるように、1つのメインプロセッサと並行して機能する、あるいは1つのメインプロセッサによって制御されて機能する、互いに離れて位置づけられた複数の処理装置を含んでもよい。

【0043】

[0047] さらに、コンピュータアレンジメント8は、リソグラフィ投影装置の場所から離れて位置してもよく、かつ追加のネットワーク接続上のリソグラフィ投影装置に機能を提供してもよい。

【0044】

[0048] 投影システムには、投影システム内の光学エレメントおよびステージ位置を操作することによって投影システムの光学設定を調節できるアクチュエーティングデバイスADが設けられる。アクチュエーティングデバイスADには、制御システム(図示されていない)と制御信号をやり取りするための入出力ポートが設けられている。本発明のコンピュータアレンジメント8は、露光の間に、フィーチャのオーバーレイ変位を可能な限り低くするように、投影システムの設定を制御および調整できる。留意すべき点として、コンピュータアレンジメント8は、投影システムおよび/またはリソグラフィ投影装置の他の部分の状態および/または設定に関連するリソグラフィ投影装置からのステータス信号を受信してもよい。当業者にとって明らかのように、ステータス信号は、電子制御システムのタイミングおよび/またはレスポンスに影響を与えてもよい。

【0045】

[0049] 図3a~図3cは、本発明の特徴を明確にするために使用される参照プロセスの機能を示している。スタック300は、基板層306などの基板のリソグラフィパターンニングで使用できる一連の層を示している。図示されている例では、基板層306は、シリコンウェーハ上のゲートスタック層であり得る。フィーチャを基板層306にパターンニングするために、最初の工程(図示されていない)では、ハードマスク層304およびレジスト層302を塗布することができる。図3aで示されている第1のパターンニング工程の間に、図示されているようにマスク310を用いて、レジスト層302とハードマスク層304をパターンニングする。パターンニングは、マスク310のアーチャ308を通じた放射でレジスト層302を露光することによって達成できる。この放射は例えば、後に続くエッチングプロセスによって照射領域を選択的に保護するか、または選択的にエッチング(図3aに示されるように)して、パターンが付けられたフィーチャを残すことができるように、放射を受けるレジスト領域を化学的に変える、248nmまたは193nmの紫外光であり得る。レジスト層302のパターンニングに続く工程では、図3aに示されているように、層302の開口部を使って層302の下層304をエッチングする。

【0046】

[0050] パターンが付けられるフィーチャのサイズが例えば高度な電子部品ではますます小さくなっているため、層304などのハードマスクは、パターンニングプロセスのためにますます重要になってきている。層302などのパターン付きフォトリソレジスト層が、それ自体マスク層として使用できるので、パターン付きレジスト層の下層をエッチングできる。しかし、下地基板層(シリコン、酸化シリコンなど)を選択的にエッチングするためにパターン付きレジスト層に用いられる典型的なエッチングプロセスは、通常は、レジスト層をより速い速度でエッチングする。よって、エッチングできる下地基板層の厚さは、レジスト層の厚さによって制限され、エッチングされる基板層が厚すぎる場合には、レジスト層がエッチングの間に完全に消える可能性がある。しかし、必要なフィーチャパターンが縮むので、レジストの下方の層へのパターン転写の整合性を保ち、かつ高く狭いレジストフィーチャの崩壊を防ぐために、レジスト層の厚さも減らさなければならない。

【 0 0 4 7 】

[0051] このような競合する問題を考慮して、ハードマスクを使用することで、より小さなフィーチャをエッチングする能力をもたらす。レジスト層 302 と組み合わせてハードマスク 304 を使用することによって、微細なフィーチャをエッチングできる。ハードマスク層は通常、レジスト層よりも薄い。なぜならば、ハードマスク層は、P M M A などの典型的なレジスト層のエッチング選択性よりも、下地基板層に関するエッチング選択性がかなり高い材料から設計することができるからである。よって、薄いハードマスク層を最初にパターニングするために、比較的薄いレジスト層を使用できる。レジスト層の最初のパターニングの後で、後に続くハードマスク層のエッチングの間レジストが残るほど、ハードマスク層の厚さは十分に小さい。後の工程では、パターン付きハードマスク層をマ 10
スクとして使用して、下地基板層をエッチングできるので、基板はハードマスク層の開口部の中をエッチングされる。ハードマスク層の高いエッチング選択性は、より薄いハードマスク層が、下方にある基板をエッチングするために必要なエッチング時間の間残ることを可能にする。

【 0 0 4 8 】

[0052] より小さいフィーチャのエッチングを可能にするためにハードマスクを使用したとしても、基板にエッチングできるフィーチャの最小サイズへの制限が、とりわけ、マスク材料を照射かつパターニングするために使用される光の波長によって課される。開口数などのリソグラフィツール変数に基づいて、基板にプリントできる隣接するフィーチャ間の最小ピッチ（「最小フィーチャピッチ」）は、使用される光の特定の波長について制 20
限される。リソグラフィマスクで使用される最小ピッチは（マスクから基板への縮小を考慮して）通常、マスクを用いたソグラフィツールを使用してプリント可能な最小フィーチャピッチに従って選択される。なぜならば、これよりも小さいピッチに相当するいかなるマスクフィーチャも基板上にプリントできないからである。よって、所定のリソグラフィ装置に関して、所定のパターン付き放射ビームを生成するのに使用されるマスクまたは一組のマスクは、通常、リソグラフィ装置によってプリント可能な最小フィーチャピッチに等しいかまたはこれよりも大きいフィーチャピッチを有する基板に構造を生み出すために設計されたマスクフィーチャを備えて構成される。

【 0 0 4 9 】

[0053] 上記の制限を考慮すると、デバイスとデバイスとの間に必要な間隔距離（必要な最小フィーチャピッチ）が高度電子技術では小さくなるので、単一露光でパターン付き放射ビームに基板が露光される従来の単一露光プロセスを用いて上記デバイスを製造することはますます難しくなる。例えば、90 nm 未満のデバイスサイズでは、248 nm または 193 nm の放射を使用してフィーチャをパターニングすることはますます難しくな 30
っている。

【 0 0 5 0 】

[0054] 基板上の構造体の量を増やすためには、基板をパターニングするために使用できるリソグラフィツールに関連した最小フィーチャピッチより小さい間隔で構造体を配することができるように、図 3 a ~ 図 3 c で示されるように、二重露光などの技術を用いることができる。上記のように、図 3 a は、最初の露光と露光されたレジスト領域の除去が行われるプロセスステージと、その後続くハードマスクエッチング工程を示している。レジスト/ハードマスクスタック 302 / 304 のパターニングは、マスク領域 A が図の中心に近いときに行われる。図 3 b に示されるプロセスステージは、開口部 312 をコーティングするために追加のレジスト層が加えられた後に生じ、その後続いて、領域 A の位置によって示されるように、マスク 310 のシフトが行われる。その後のレジスト/ハードマスク層 302 / 304 のパターニングとエッチングの結果、新しい開口部 314 が 40
できる。図 3 c では、レジスト 302 が選択的に除去され、距離 D' だけ間隔をあけたフィーチャ 304' を有するパターン付きハードマスク 304 を残す。よって、単一露光でフィーチャピッチ D を生じるように構成されたマスクは、フィーチャピッチ D' ~ D / 2 でハードマスクをパターニングし、かつ形成するために使用できる。しかし、当然のこと 50

ながら、図3 a ~ 図3 cで概説したプロセスは、別々の2つのレジスト層のデポジションと、レジスト302の2回の露光工程、およびハードマスク304の2回のエッチング工程を必要とする。

【0051】

【0055】 図4 ~ 図4 cは、本発明の1つの構成に従って、強化パターン転写のシステムおよび方法に関わる例示的な特徴を示している。スタック400は、ハードマスク層404と基板406とを含む。層404はアモルファス炭素材料であることが好ましい。ここで使用される「アモルファス炭素」という用語は、高含量のsp³結合(50%よりも大きいことが望ましい)を有する材料を意味する。アモルファス炭素は、通常、多量の水素を含むことができ、50%に近い含量の場合もあるが、50%を上回る含量であることが望ましい。ここで「アモルファス炭素」と呼ばれる材料を定義づける特徴とは、実質的にダイヤモンド状の性質を持っているということである。ダイヤモンド状の性質は、光学特性の測定、炭素原子の結合タイプの測定、および他の物理的な測定によって示すことができる。またアモルファス炭素は通常、同様の物理的測定によって決定できる黒鉛状の性質の成分を有する。通常、アモルファス炭素には、結晶秩序がほとんどないか、または一切ない。通常、アモルファス炭素内のダイヤモンド状領域と黒鉛状領域の混合は、非照射アモルファス炭素材料が、パターン付きフィーチャの長さスケールで(現在は約50nmより大きい)均質に見えるように、通常ナノメータ以下のスケールで非常に密接して生じる。

10

【0052】

【0056】 図4 ~ 図4 cで示される構成では、図3 a ~ 図3 cに示されるプロセスに類似した二重露光パターンニングプロセスが行われる。よって、単一露光で基板(ハードマスク)にフィーチャ距離Dを生じるように構成された物理マスク410を使用して、フィーチャ距離D/2を有するハードマスク404を作ることができる。しかし、図4 cのパターン付きハードマスク構造を得るまでに必要とされるプロセス工程は、大きく減少する。

20

【0053】

【0057】 図4では、単層ハードマスク404はアモルファス炭素であることが望ましい。デポジションがなされる際、アモルファス炭素層は、実質的に上述のとおりである。アモルファス炭素層は、化学気相成長法、プラズマ化学気相成長法、および物理気相成長法などの公知の技術によって堆積できる。図4で示されるように、マスク410には、フィーチャ間隔Dを有するパターン付き放射ビームを供給するように構成されたアパーチャ412が設けられている。図4 aで示されるように、紫外光(UV)への露光の後で、例えばエキシマレーザを使用して、部分402が照射される。ダイヤモンド状炭素のレーザ照射の結果、黒鉛化が生じるということが、最近明らかにされた(セス等による「固体薄膜」254(1995)92-95を参照)。従って、領域402は実質的に黒鉛状である。図4 bで示される工程では、図4 aの構造を形成するために用いられる上記で概説したプロセスが繰り返される。この場合、マスク410は、Dの半分に等しい距離だけシフトされる。例えば、二重露光プロセスのために使用されるリソグラフィツールにおけるコントローラは、第1の露光の後で、D/2に等しい距離だけ基板テーブルをシフトできる。当然のことながら、この距離D/2は通常、図1で定義されるx方向、y方向、またはこれら2方向の組み合わせに沿った「水平方向の」シフトである。物理マスクがパターン付き放射ビームを供給するために使用される場合に、領域403は、領域402とほぼ同じ大きさで形成することができる。言い換えると、アパーチャ412は図4 aと図4 bで示される両方の露光で使用されるので、照射領域403および402の大きさは、同等の照射条件でおよそ同じでなければならない。

30

40

【0054】

【0058】 図4 cでは、領域402、403が除去され、D/2のフィーチャピッチを有するパターン層404が残るように、選択的なエッチングプロセスが行われる。照射部分402、403は実質的に黒鉛化しているので、照射部分をエッチングするために、O₂プラズマ(プラズマアッシング)のエッチングを使用できる。黒鉛化材料が非照射アモル

50

ファス炭素よりも速くエッチングできることが明らかにされている（セス等を参照）。例えば、248 nmの波長の放射を受ける約500 nmの最初のアモルファス炭素の厚さの場合、 $400 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ のフルエンスで100パルスの露光では、 O_2 反応性イオンエッチングを用いて、露光アモルファス炭素の非露光アモルファス炭素に対するエッチング速度比が3.5になる。当然のことながら、「 O_2 プラズマ」、「 O_2 反応性イオンエッチング」、「 O_2 アッシング」という用語は、高い割合の（必ずしも種類ではない） O_2 ガスを含む反応性イオンエッチングプロセスのことをいう。

【0055】

[0059] 本発明の別の実施形態では、図4、図4a、図4bで示される工程は、パターン付き放射ビームを生成するためのマスクレス手段を使用して実行できる。例えば、パターン付き放射ビームを構成する放射ビームレット414は、マイクロミラーアレイエレメント（図示されていない）からの光の反射によって、または光バルブ（図示されていない）のアレイに光を通すことによって生成される。マスクレスパターン付き放射ビームを生成する手段を制御するコントローラは、マスクレスパターン付き放射ビームを、図4aと4bで示される工程の間に距離 $D/2$ だけシフトするために使用できる。あるいは、基板テーブルコントローラを使用して、図4aと4bで示される露光工程の間に、ハードマスク層を含む基板をシフトでき、マイクロミラーアレイによって作成されたビームレット414は静止したままとなる。

【0056】

[0060] 本発明の一態様によると、層404の層厚さを適切に選択することによって、またエッチング強化放射照射量を適切に選択することによって、部分402、403の両方をエッチングで完全に除去することができるが、一方、非照射層404の大部分はハードマスクのまま残る。本明細書で使用される「エッチング強化放射照射量（etch-enhancing radiation dose）」という用語は、ハードマスクの非照射部分と比較してハードマスクエッチング速度の大きな増加を引き起こすのに十分なだけの、ハードマスクの放射波長および材料特性に基づいた放射量を意味する。例えば、照射されたハードマスク部分のエッチング速度を25%~50%（非照射部分と比較して）上げる放射照射量は、中程度にエッチング強化する照射量と考えることができるが、一方、エッチング速度を200%上げる照射量は、大幅にエッチング強化する照射量と考えることができる。図4a~図4cで概説された上記プロセスは、部分402と403の露光の後で1回のハードマスクエッチングしか必要としないので、本発明の実施形態が作用するために、露光された部分のエッチング速度の向上が極度のものである必要はない。例えば、200 nmの厚さのアモルファス炭素ハードマスク層では、部分402と403は、エッチング速度を100%上げるエッチング強化照射量を受けることができる。その後の O_2 アッシングの間に、部分402と403が完全に除去される時間は、約100 nmの非照射ハードマスク部分を除去する時間に相当する。部分402と403を完全に除去するために20%のオーバーエッチングを用いたとしても、80 nmの非照射ハードマスクが残り、これは、パターン付きフィーチャ409を基板に転写するために行われる後続のエッチングに耐えるのに十分すぎるものである。よって、図4a~図4cで示される二重露光プロセスは、2回のリソグラフィ露光工程と1回のエッチング工程のみを用いて達成できる。さらに、放射照射量が変動可能であり、製造される図4cの構造のために十分な領域402と403のエッチング速度を上げるためにさらに有効な、ワイド放射照射量「プロセスウィンドウ」が存在する。

【0057】

[0061] 特定のパターン付き放射ビーム（例えばマスクを通過するビーム）のために基板上にプリント可能なフィーチャピッチに相当するピッチ D は、特定のリソグラフィツールから可能である最小フィーチャピッチである必要はないことに留意すべきである。例えば、特定の248 nmのツールは、単一露光で120 nmの最小フィーチャピッチをプリントできることが知られているかもしれない。この知識に基づいて、100 nmの最小フィーチャピッチがウェーハで望ましい場合は、リソグラフィツールのマスクは、200 n

10

20

30

40

50

mの最小フィーチャピッチに合わせて設計され、上で概説した二重露光プロセスを施すことができる。この場合、100nmのフィーチャピッチがウェーハ上に作られる。これによって、公称単一露光最小フィーチャピッチが十分ツールの能力範囲内である構造体のプリントが可能になり、単一露光最小フィーチャピッチよりも小さいフィーチャピッチの構造体を製造することができる。

【0058】

[0062] パターン付き放射ビームが単一露光でプリントできる最小フィーチャピッチDによって特徴付けられる、本発明の他の構成では、パターン付きビームへの第1の露光位置と第2の露光位置との間の基板の水平変位は、 $D/2$ と異なる値、例えば $D/3$ でもよい。

10

【0059】

[0063] 本発明のさらに他の構成では、ハードマスク層のパターン付きビームへの第3の露光は、第3の位置で行うことができる。例えば、露光の相対位置は、パターン付き放射ビームの大きさDに対してゼロ、 $D/3$ 、 $2D/3$ とすることができる。

【0060】

[0064] また、図4aを参照して開示された二重露光プロセスが、2つの異なる特性のピッチをもたらす可能性があることも留意すべきである。例えば、図4bを再度参照すると、フィーチャ402と403の間の相対変位は $D/3$ でもよく、この場合、パターン付きフィーチャ402と403のレイは、例えば、近接しているフィーチャ403とフィーチャ403の間のピッチD、並びに隣接する402と403のペアの間のピッチ $D/3$ によって特徴付けることができる。

20

【0061】

[0065] さらに留意すべき点として、本明細書においてDと示されるフィーチャ間隔は、フィーチャ「ピッチ」に限定されないということであり、この「ピッチ」という用語は、複数回繰り返されるフィーチャ間の一定間隔を意味する。「D」という語は、複数回繰り返されるフィーチャの間の一定間隔というよりも、1組のフィーチャだけのまたは数個のフィーチャだけに特徴的なフィーチャ間隔または最小フィーチャ間隔を意味することができる。

【0062】

[0066] さらに、上で開示されたいくつかの実施形態は一般に、各露光においてほぼ同一パターンを有し得るパターン付き放射ビームを使用する複数回の露光を対象としているが、パターン付き放射ビームのパターンが、複数回の露光において異なるという本発明の実施形態が可能である。例えば、パターン付き放射ビームへの第1の露光は、細長いゲートフィーチャを、ゲートフィーチャ間に間隔Dを有するようにハードマスクにパターンニングするために使用されてもよく、その一方で、第2の露光は、正方形などの異なるフィーチャをパターンニングするために使用される。第2の露光の正方形のフィーチャも、ゲートフィーチャから $D/2$ だけシフトされた間隔Dを有してもよい。このハードマスクの「異質の」二重露光パターンニングは、例えば、プログラブルマイクロミラーアレイを使用して実現できる。よって、フィーチャ402は一般に、フィーチャ403とはサイズと形が異なり得る。

30

40

【0063】

[0067] 上記の方法とシステムは、パターン付き放射ビームを使用して基板をパターンニングする際に用いられる、あらゆるパターンニング(「マスク」)レベルと共に使用できる。例えば、マスクレベルは、メタルレベルでもよいし、あるいはゲートレベルでもよい。異なるマスクレベルのそれぞれは、異なる最小ウェーハピッチDと関連付けることができる。さらに、2つの異なる露光間のパターン付き放射ビームの相対的な水平変位は、最小ピッチに関係するものである必要はないが、絶対的な変位値を表してもよく、またはパターン付き放射ビームの別のフィーチャに関係するものであってもよい。例えば、水平変位は、フィーチャ間の最小間隔距離を定める設計ルールに基づくものであり得る。本発明の別の構成では、パターン転写システムは、放射ソースと、マスクなどのパターンニングデバ

50

イスとを有するリソグラフィシステムを含み、このシステムにおいて、パターン付き放射ビームは基板上に投影される。放射感応性ハードマスク材料は、基板の上面の上のコーティングとして提供される。本明細書で使用される「放射感応性ハードマスク材料」という用語は、一般に可視スペクトルまたは紫外スペクトルの電磁放射に露光されることによってその特性が容易に変えられるハードマスク材料のことをいう。本明細書で使用される「ハードマスク」という用語は、典型的なフォトレジスト材料に比べて、一般に、フォトレジスト材料よりも、機械的変形に対して、かつ基板材料をエッチングするのに使用される特定のエッチングプロセスに対してより耐性があり、かつフォトレジスト材料よりも熱的に安定的であり得る、基板上に配される層のことをいう。放射感応性ハードマスク材料は、その黒鉛状の内容物が紫外光（UV）のパターン付きビームから基板に入射する紫外光に露光された領域で大きく増加し得る、アモルファス炭素材料であることが好ましい。リソグラフィシステムはさらに、基板テーブルと、放射感応性ハードマスク材料の二重露光プロセスを提供するコントローラとを含む。コントローラは、ハードマスク材料（基板上に配される）の第1の露光についてはパターン付き放射ビームに対する第1の位置に基板を位置づけ、かつハードマスク材料の第2の露光についてはパターン付き放射ビームに対する第2の位置に基板を位置づけるように構成されることが好ましい。この場合、第1の位置と第2の位置との間の距離は、最小ピッチD以下（例えばD/2）である。本発明の1つの構成では、コントローラは、露光と露光の間に基板テーブルを距離D/2だけ移動させる。本発明の別の構成では、コントローラは、露光と露光の間に距離D/2だけパターン付き放射ビームの位置をシフトするために使用され、基板テーブルは固定したままとなる。よって、ハードマスク材料に照射フィーチャの二重露光パターンを作ることができ、パターン付きフィーチャとパターン付きフィーチャの間の最小ピッチはD/2である。第1の露光と第2の露光に使用する放射照射量、ならびに選択的エッチング条件を適切に選択することによって、1回のエッチング工程を用いて、照射フィーチャの位置に位置づけられ、かつD/2の間隔をあけて配された開口部を有するパターン付きハードマスクを作ることができる。

10

20

【0064】

[0068] 本発明のさらなる態様によると、アモルファス炭素ハードマスクを用いた二重露光プロセスは、炭素ハードマスク層の下方に位置した従来のアライメントマークを使って実行できる。1つの例示的工程では、アライメントマークを覆うハードマスク層の領域が露光されないままに残るように、アモルファス炭素層のパターニングが行われる。よって、これらの領域は、ハードマスクパターニング工程の後も実質的にダイヤモンド状の性質を保持する。ダイヤモンド状炭素は、アライメントを行うために使用される波長の光に対して透過率が高いということが、知られている。従って、非照射炭素マスクの下方のアライメントマークを可視化することによって、アライメントを容易に行うことができる。

30

【0065】

[0069] 本発明の別の構成では、パターン転写システムは、放射ソースと、マスクなどのパターニングデバイスとを有するリソグラフィシステムを含み、このシステムにおいて、パターン付き放射ビームは基板上に投影される。放射感応性ハードマスク材料は、基板の上面の上のコーティングとして提供される。本明細書で使用される「放射感応性ハードマスク材料」という用語は、一般に可視スペクトルまたは紫外スペクトルの電磁放射に露光されることによってその特性が容易に変えられるハードマスク材料のことをいう。本明細書で使用される「ハードマスク」という用語は、典型的なフォトレジスト材料に比べて、一般に、フォトレジスト材料よりも、機械的変形に対して、かつ基板材料をエッチングするのに使用される特定のエッチングプロセスに対してより耐性があり、かつフォトレジスト材料よりも熱的に安定的であり得る、基板上に配される層のことをいう。放射感応性ハードマスク材料は、その黒鉛状の内容物が紫外光（UV）のパターン付きビームから基板に入射する紫外光に露光された領域で大きく増加し得る、アモルファス炭素材料であることが好ましい。リソグラフィシステムはさらに、基板テーブルと、放射感応性ハードマスク材料の二重露光プロセスを提供するコントローラとを含む。コントローラは、ハード

40

50

マスク材料（基板上に配される）の第1の露光についてはパターン付き放射ビームに対する第1の位置に基板を位置づけ、かつハードマスク材料の第2の露光についてはパターン付き放射ビームに対する第2の位置に基板を位置づけるように構成されることが好ましい。この場合、第1の位置と第2の位置との間の距離は、最小ピッチD以下（例えばD/2）である。本発明の1つの構成では、コントローラは、露光と露光の間に基板テーブルを距離D/2だけ移動させる。本発明の別の構成では、コントローラは、露光と露光の間に距離D/2だけパターン付き放射ビームの位置をシフトするために使用され、基板テーブルは固定したままとなる。よって、ハードマスク材料に照射フィーチャの二重露光パターンを作ることができ、パターン付きフィーチャとパターン付きフィーチャの間の最小ピッチはD/2である。第1の露光と第2の露光に使用する放射照射量、ならびに選択的エッチング条件を適切に選択することによって、1回のエッチング工程を用いて、照射フィーチャの位置に位置づけられ、かつD/2の間隔をあけて配された開口部を有するパターン付きハードマスクを作ることができる。

10

20

30

40

50

【0066】

[0070] 本発明の一実施形態によると、基板がパターン付きビームに対して第1の位置にある時、パターン付き放射ビームが基板上に設けられたハードマスク層に向けて供給される、パターン転写方法であって、ハードマスク層の第1の部分が、パターン付き放射ビームからの第1の放射照射量で露光されるパターン転写方法は、ハードマスク層の第1の部分とは異なる第2の部分を、第1の部分と第2の部分それぞれのエッチング特性を強化するのに十分な、パターン付き放射ビームからの第2の放射照射量で露光する工程と、ハードマスク層にエッチングプロセスを施すことによって、第1の部分と第2の部分を実質的に取り除き、第1の部分と第2の部分以外のハードマスク層の部分を実質的に損なわれていない状態のままにする工程によって特徴づけられる。

【0067】

[0071] 本発明の別の実施形態によると、基板上に放射感応性ハードマスク層が設けられている基板のパターン転写方法であって、フィーチャ間隔(D)を生じるように構成されたパターン付き放射ビームが、基板の第1の位置に供給されて、ハードマスク層の第1の部分がエッチング強化放射照射量で露光される、パターン転写方法は、Dよりも短い距離だけ第1の位置から変位された基板の第2の位置にパターン付き放射ビームを供給することによって、ハードマスク層の第2の部分がエッチング強化放射照射量で露光される工程と、ハードマスク層にエッチングを施す工程であって、第1の部分と第2の部分が、エッチング強化照射量を受けた後に、ハードマスク層の非照射部分よりもかなり速くエッチングするように構成される工程とによって特徴づけられる。

【0068】

[0072] 本発明の別の実施形態によると、パターン転写システムは、単一露光で基板にフィーチャ間隔を生じるように構成されているパターン付き放射ビームを供給するように構成されたリソグラフィ装置手段と、上にハードマスクが配された基板を保持するための基板テーブル手段と、第1の相対位置における第1の放射照射量での露光と、第2の相対位置における第2の放射照射量での露光のために、基板とパターン付き放射ビームの間の相対位置を変更するように構成されたコントローラ手段とを含み、第1の位置と第2の位置の変位がフィーチャ間隔よりも小さく、第1の放射照射量と第2の放射照射量を受けるハードマスクの部分が、エッチングプロセスにおいてハードマスクの非照射部分よりもかなり速い速度でエッチングするように構成されていることによって特徴づけられる。

【0069】

[0073] 本発明の好適な形態が開示されたが、本発明の精神および範囲から逸脱することなしに、本発明の効果のいくつかを達成する多様な変更および修正を行うことができることは、当業者にとって明らかであろう。同じ機能を果たす他のコンポーネントに適切に置換できることは、合理的な当業者には明らかであろう。さらに本発明の方法は、適切なプロセッサ命令を用いるすべてのソフトウェアインプリメンテーションか、または同じ結果を達成するためにハードウェアロジックとソフトウェアロジックとの組み合わせ

を利用するハイブリッド・インプリメンテーションのいずれかにおいて達成され得る。従って、本発明の範囲は、添付の請求項によってのみ決められるものである。

【図面の簡単な説明】

【0070】

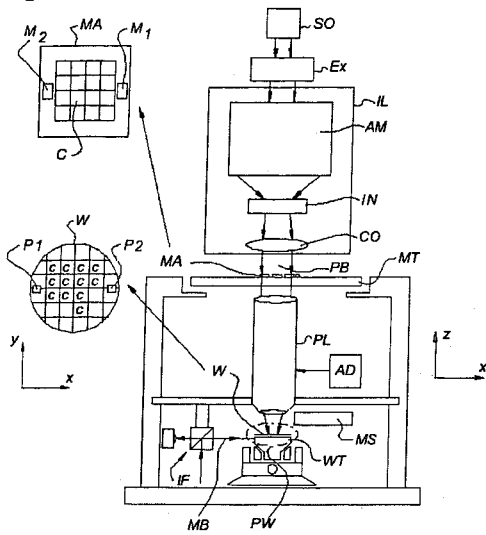
【図1】 [0024] 図1は、少なくとも1つのマーカ構造を含むリソグラフィ投影装置を示している。

【図2】 [0025] 図2は、本発明の一実施形態にかかるコンピュータアレンジメントの概略を示している。

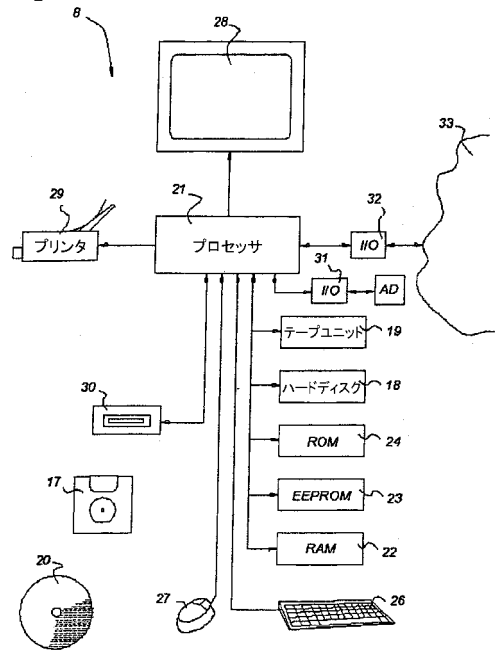
【図3】 [0026] 図3 a ~ 図3 c は、本発明の特徴を明らかにするために使用される参照プロセスの特徴を示している。

【図4】 [0027] 図4 ~ 図4 c は、本発明の一実施形態にかかる二重パターニングシステムに関わる例示的特徴を示している。

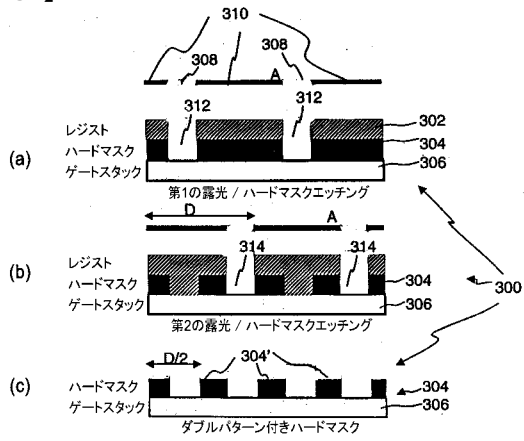
【図1】



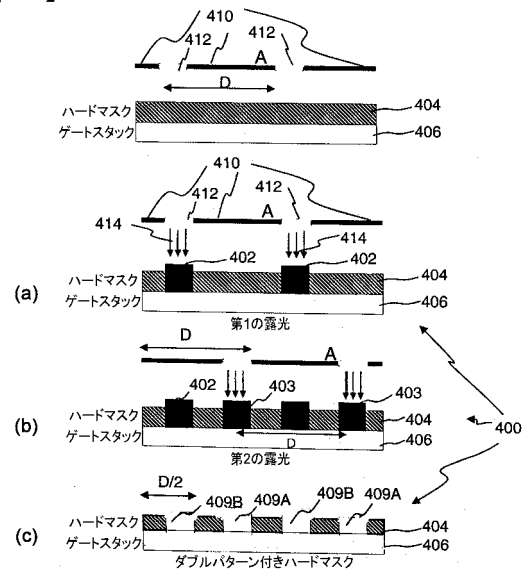
【図2】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

(72)発明者 サミ, ムサ

オランダ国, ヴェルトホーフェン エヌエル - 5 5 0 8 シーエヌ, ブイクハイ 4 4

Fターム(参考) 5F046 AA13 AA28 CA04 CB17 JA20 JA27 LB01

【外国語明細書】

2007266594000001.pdf