

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5449358号
(P5449358)

(45) 発行日 平成26年3月19日 (2014. 3. 19)

(24) 登録日 平成26年1月10日 (2014. 1. 10)

(51) Int. Cl.			F I		
HO 1 L	21/027	(2006. 01)	HO 1 L	21/30	5 3 1 M
GO 3 F	7/20	(2006. 01)	GO 3 F	7/20	5 2 1
GO 3 F	1/40	(2012. 01)	GO 3 F	1/40	
GO 3 F	1/60	(2012. 01)	GO 3 F	1/60	

請求項の数 15 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2011-523327 (P2011-523327)	(73) 特許権者	503195263
(86) (22) 出願日	平成21年7月29日 (2009. 7. 29)		エーエスエムエル ホールディング エヌ
(65) 公表番号	特表2012-500481 (P2012-500481A)		. ブイ.
(43) 公表日	平成24年1月5日 (2012. 1. 5)		オランダ国 ヴェルトホーフェン 550
(86) 国際出願番号	PCT/EP2009/005490		4 ディー アール, デ ラン 6501
(87) 国際公開番号	W02010/020337	(74) 代理人	100079108
(87) 国際公開日	平成22年2月25日 (2010. 2. 25)		弁理士 稲葉 良幸
審査請求日	平成24年7月27日 (2012. 7. 27)	(74) 代理人	100109346
(31) 優先権主張番号	61/090, 838		弁理士 大貫 敏史
(32) 優先日	平成20年8月21日 (2008. 8. 21)	(72) 発明者	ウィルクロウ, ロナルド, エー.
(33) 優先権主張国	米国 (US)		アメリカ合衆国, コネチカット州 068
			24, フェアフィールド, ピューリタン
			ロード 207

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レチクル、リソグラフィ装置、およびレチクルを生成する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 表面および第 2 表面を有する光学層と、
基板であって、前記基板の熱伝導率は前記光学層の熱伝導率より実質的に大きい、基板と、

前記光学層と前記基板との間に配置された導電層であって、(i) 前記基板の表面および (i i) 前記光学層の前記第 1 表面のうちの一つ以上に結合されている導電層とを含む、レチクル。

【請求項 2】

前記光学層は実質的にゼロの熱膨張係数を有する材料を含み、
前記基板は実質的にゼロの熱膨張係数を有する材料を含む、請求項 1 に記載のレチクル

10

【請求項 3】

前記光学層は超低膨張 (U L E) ガラスを含み、
前記基板はコーディエライトを含み、
前記導電層はアルミニウムを含む、請求項 1 に記載のレチクル。

【請求項 4】

前記導電層は前記光学層の前記第 1 表面上に配置されている、請求項 1 に記載のレチクル。

【請求項 5】

20

前記基板の前記表面上に配置された第 2 導電層と、
前記導電層と前記第 2 導電層との間に配置された中間層とをさらに含み、
前記導電層は前記中間層の第 1 表面に結合され、
前記第 2 導電層は前記中間層の第 2 表面に結合されている、請求項 4 に記載のレチクル

【請求項 6】

前記光学層の前記第 2 表面は、実質的に平坦であり、かつ実質的に欠陥を有さない、請求項 1 に記載のレチクル。

【請求項 7】

前記光学層の前記第 2 表面上に配置された反射層をさらに含む、請求項 6 に記載のレチクル。

10

【請求項 8】

前記基板の厚さは前記光学層の厚さより大きい、請求項 1 に記載のレチクル。

【請求項 9】

放射ビームをパターン付けするレチクルのために、前記放射ビームを生成する照明システムと、

パターン付きビームを基板のターゲット部分上に投影する投影システムとを含むリソグラフィ装置であって、

前記レチクルは、

第 1 表面および第 2 表面を有する光学層と、

20

基板であって、前記基板の熱伝導率は前記光学層の熱伝導率より実質的に大きい、基板と、

前記光学層と前記基板との間に配置された導電層であって、(i) 前記基板の表面および (i i) 前記光学層の前記第 1 表面のうちの 1 つ以上に結合されている導電層とを含む、リソグラフィ装置。

【請求項 10】

前記光学層は実質的にゼロの熱膨張係数を有する材料を含み、

前記基板は実質的にゼロの熱膨張係数を有する材料を含む、請求項 9 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 11】

30

前記光学層は超低膨張 (U L E) ガラスを含み、

前記基板はコーディエライトを含み、

前記導電層はアルミニウムを含む、請求項 9 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 12】

前記導電層は前記光学層の前記第 1 表面上に配置されている、請求項 9 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 13】

前記基板の前記表面上に配置された第 2 導電層と、

前記導電層と前記第 2 導電層との間に配置された中間層とをさらに含み、

前記導電層は前記中間層の第 1 表面に結合され、

40

前記第 2 導電層は前記中間層の第 2 表面に結合されている、請求項 12 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 14】

レチクルを生成する方法であって、

導電材料層を光学層と該光学層の熱伝導率より実質的に大きい熱伝導率を有する基板との間に配置することであって、前記導電材料層が前記光学層の第 1 表面上に配置される、配置することと、

前記導電材料層を (i) 中間層の第 1 表面または (i i) 前記基板の表面のうちの 1 つに結合することと

を含む、方法。

50

【請求項 15】

前記結合することは、

前記導電材料層を前記中間層の前記第 1 表面に結合することと、

第 2 導電材料層を前記基板の前記表面上に配置することと、

前記第 2 導電材料層を前記中間層の第 2 表面に結合することを含む、請求項 14 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

[0001] 本発明は、リソグラフィ装置で使用するパターニングデバイスに関する。

10

【背景技術】**【0002】**

[0002] リソグラフィは、集積回路（IC）、ならびに他のデバイスおよび/または構造を製造するための重要なプロセスとして広く認識されている。リソグラフィ装置は、リソグラフィ中に使用される、所望のパターンを基板上、例えば、基板のターゲット部分上に付与する機械である。リソグラフィ装置を用いた IC の製造中、パターニングデバイス（マスクまたはレチクルとも呼ばれる）は、IC における個々の層上に形成される回路パターンを生成する。このパターンは、基板（例えば、シリコンウェーハ）上のターゲット部分（例えば、ダイの一部、または 1 つ以上のダイを含む）に転写することができる。通常、パターンの転写は、基板上に設けられた放射感応性材料（例えば、レジスト）層上への結像によって行われる。一般には、単一の基板が、連続的にパターニングされる隣接したターゲット部分のネットワークを含んでいる。IC の異なる層を製造することは、多くの場合、異なるレチクルを有する異なる層上に異なるパターンを結像することを要求する。したがって、リソグラフィプロセス中にレチクルを交換する必要がある。

20

【0003】

[0003] 既存の極端紫外線（EUV）リソグラフィ装置は、動作温度の広い範囲にわたって実質的にゼロである熱膨張係数を有するガラスセラミック材料である超低膨張（ULE）ガラスから形成される基板を有する反射レチクルを組み込む。基板としての ULE ガラスの選択は、ULE ガラスの熱膨張係数、および ULE ガラスの表面を EUV リソグラフィ用途に必要な微細表面条件にまで研磨できることに基づく（すなわち、非常に低い粗度を示し、実質的に欠陥を有さず、かつ実質的に平坦である）。

30

【0004】

[0004] 一般に、EUV リソグラフィ装置用の既存の反射レチクルは、約 70% の反射率を示す。したがって、プリントされるパターンにより、既存の反射レチクルは、入射する EUV 放射ビームのエネルギーの約 30% から 100% を吸収できる。そのような吸収は、ULE ガラス基板の相対的に低い熱膨張率にかかわらずレチクル表面を歪ませ得るレチクルのかなりの加熱へと繋がり、投影された像にエラーを引き起こし得る。

【0005】

[0005] さらに、そのような反射レチクルの裏面が最適に冷却された場合であっても、EUV 放射の吸収は ULE ガラス基板を有するレチクルの厚さにわたって過大な温度勾配という結果となり得る。そのような過大な温度勾配は、ULE ガラス基板の相対的に低い熱伝導率から生じることがあり、これは、ULE ガラス基板内、よってレチクル内の相対的に高い熱抵抗を促進させる。レチクルの熱抵抗を減少させる既存のレチクル設計への一変形は、ULE ガラス基板、よってレチクルを薄くすることである。しかしながら、この変形は、パターン付き表面を平坦に保つことに対する最大で克服できない可能性がある困難を作り出し得る。さらに、そのようなレチクルは、許容された EUV 反射レチクル用の産業厚さ（例えば、約 6.35 mm ± 0.10 mm）からはずれるであろう。

40

【発明の概要】**【0006】**

[0006] したがって、EUV 放射の吸収によるパターン歪みを実質的に減少または除去

50

する一方、業界基準と一致するレチクルの厚さを維持するEUVリソグラフィ用途で使用する反射レチクルが必要であり、それによって従来のシステムの障害を実質的に除去する。

【0007】

[0007] 一実施形態では、レチクルは第1表面および第2表面を有する光学層を含む。レチクルは、光学層の熱伝導率より実質的に大きい熱伝導率を有する基板も含む。導電層は光学層と基板との間に配置される。導電層は、(i)基板の表面および(ii)光学層の第1表面のうちの1つ以上に結合される。例えば、光学層は実質的にゼロの熱膨張係数を有する材料であり、基板は実質的にゼロの熱膨張係数を有する材料であり、かつ導電層はアルミニウムであってもよい。

10

【0008】

[0008] さらに実施形態では、リソグラフィ装置は、放射ビームを調整するように構成された照明システムと、放射ビームをパターン付けするように構成されたレチクルと、パターン付きビームを基板のターゲット部分上に投影するように構成された投影システムとを含む。レチクルは、第1表面および第2表面を有する光学層を含む。レチクルは、さらに、光学層の熱伝導率より実質的に大きい熱伝導率を有する基板を含む。導電層は、光学層と基板との間に配置され、かつ(i)基板の表面および(ii)光学層の第1表面のうちの1つ以上に結合される。例えば、光学層は実質的にゼロの熱膨張係数を有する材料であり、基板は実質的にゼロの熱膨張係数を有する材料であり、かつ導電層はアルミニウムであってもよい。

20

【0009】

[0009] さらに実施形態では、導電材料層を光学層の第1表面上に配置するレチクルを生成する方法を提供する。導電材料層は、その後、(i)中間層の第1表面または(ii)光学層の熱伝導率より実質的に大きい熱伝導率を有する基板の表面のうちの1つに結合される。

【0010】

[0010] さらに実施形態では、極端紫外線リソグラフィ(EUVL)システムで使用するレチクルを製造する方法が提供される。厚い基板は、単一材料層によって形成される反射リソグラフィレチクルの第2熱伝導率より相対的に高い第1熱伝導率を有するEUVLレチクルを提供するために薄膜多層コーティングに結合する。

30

【0011】

[0011] 本発明のさらなる実施形態、特徴および利点、さらに本発明の様々な実施形態の構造及び動作を、添付の図面を参照しながら以下で詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

【0012】

[0012] 本明細書に組み込まれ、本明細書の一部を形成する添付の図面は、本発明の1つ以上の実施形態を図示し、さらに、記述とともに本発明の原理を説明し、当業者が本発明を作成して使用できるようにする働きをする。

【0013】

【図1A】[0013] 図1Aは、反射型リソグラフィ装置を示す。

40

【図1B】[0013] 図1Bは、透過型リソグラフィ装置を示す。

【図2】[0014] 図2は、例示的EUVリソグラフィ装置を示す。

【図3】[0015] 図3は、EUVリソグラフィ装置に使用する既存の反射レチクルを概略的に示す。

【図4A】[0016] 図4Aは、本発明の一実施形態による、EUVリソグラフィ装置での使用に適した例示的反射レチクルの特徴を概略的に示す。

【図4B】[0016] 図4Bは、本発明の一実施形態による、EUVリソグラフィ装置での使用に適した例示的反射レチクルの特徴を概略的に示す。

【図5A】[0017] 図5Aは、本発明のさらなる実施形態による、EUVリソグラフィ装置での使用に適した例示的反射レチクルの特徴を概略的に示す。

50

【図5B】[0017] 図5Bは、本発明のさらなる実施形態による、EUVリソグラフィ装置での使用に適した例示的反射レチクルの特徴を概略的に示す。

【図6】[0018] 図6は、図4A、図4B、図5Aおよび図5Bの例示的反射レチクルのさらなる特徴を示す。

【図7】[0019] 図7は、本発明の実施形態による、EUVリソグラフィ装置での使用に適した反射レチクルを生成する例示的方法を示す。

【図8】[0019] 図8は、本発明の実施形態による、EUVリソグラフィ装置での使用に適した反射レチクルを生成する例示的方法を示す。

【0014】

[0020] 本発明の1つ以上の実施形態を、添付の図面を参照して以下に説明する。これらの図面においては、同様の参照番号は同一または機能的に類似する要素を示すことができる。

【発明を実施するための形態】

【0015】

I. 概要

[0021] 本発明は、高熱伝導率を有する基板を含むレチクルに関し、より詳細には、高熱伝導率を有するEUV反射レチクル用の基板に関する。本明細書は、本発明の特徴を組み込んだ1つ以上の実施形態を開示する。開示される(1つ以上の)実施形態は、本発明を例示するにすぎない。本発明の範囲は開示される(1つ以上の)実施形態に限定されない。本発明は添付の特許請求の範囲によって限定される。

【0016】

[0022] 記載される(1つ以上の)実施形態、および「一実施形態」、「実施形態」、「例示的実施形態」などへの本明細書における言及は、記載される(1つ以上の)実施形態が特定の特徵、構造または特性を含むことができるが、それぞれの実施形態が必ずしも特定の特徵、構造または特性を含まないことを示す。さらに、そのようなフレーズは、必ずしも同じ実施形態に言及するものではない。さらに、一実施形態に関連して特定の特徵、構造または特性について記載している場合、明示的に記載されているか記載されていないかにかかわらず、そのような特徴、構造、または特性を他の実施形態との関連で実行することが当業者の知識にあることが理解される。

【0017】

[0023] 本発明の実施形態はハードウェア、ファームウェア、ソフトウェアまたはその任意の組合せで実施することができる。本発明の実施形態は、1つ以上のプロセッサで読み取り、実行することができる機械読取可能媒体に記憶した命令としても実施することができる。機械読取可能媒体は、機械(例えば計算デバイス)で読取可能な形態で情報を記憶するかまたは伝送する任意の機構を含むことができる。例えば、機械読取可能媒体はリードオンリーメモリ(ROM)、ランダムアクセスメモリ(RAM)、磁気ディスク記憶媒体、光記憶媒体、フラッシュメモリデバイス、電気、光、音響または他の形態の伝搬信号(例えば、搬送波、赤外線信号、デジタル信号など)を含むことができる。さらに、ファームウェア、ソフトウェア、ルーチン、命令などを、本明細書では特定の行為を実行するものとして記述することができる。しかしながら、そのような記述は便宜的なものにすぎず、そのような行為は実際には計算デバイス、プロセッサ、コントローラ、またはファームウェア、ソフトウェア、ルーチン、命令などを実行する他のデバイスの結果であることを認識されたい。

【0018】

[0024] 様々な実施形態では、EUVリソグラフィ装置での使用に適した反射レチクルは、レチクルがEUVリソグラフィ装置内で露光される温度範囲にわたって実質的にゼロである熱膨張係数を有する光学層を含む。光学層は、導電層が上に配置された第1表面および実質的に平坦および実質的に欠陥を有さないように研磨することができる第2表面を含む。例えば、光学層は、超低膨張(ULE)ケイ酸チタニウムガラスから形成されてよく、導電層はアルミニウムであってもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 9 】

[0025] 一実施形態では、動作温度範囲にわたって実質的にゼロである熱膨張係数および光学層の熱伝導率より実質的に高い熱伝導率を有する基板の第1表面に直接結合される。そのような一実施形態では、基板は、ULEガラスの熱膨張係数より約3倍大きい熱伝導率を有するコーディエライトから形成されてよい。結合された基板および光学層は、EUVリソグラフィ用途での使用に適したレチクルを形成する。

【 0 0 2 0 】

[0026] さらに実施形態では、第2導電層は基板の第1表面上に配置されてよい。さらに、第1導電材料層は、その後中間層の第1表面に結合され、第2導電層は中間層の第2表面に結合されてよい。例えば、上記したように、基板はコーディエライト(Cordierite)から形成され、中間層は非多項質の無機ガラスセラミック材料であるゼロデュア(Zerodur)から形成され、かつ第2導電層はアルミニウムであってもよい。そのような一実施形態では、結合された光学層、中間層および基板は、EUVリソグラフィ用途での使用に適したレチクルを形成する。

【 0 0 2 1 】

[0027] これらの反射レチクルは、その様々な実施形態で以下に説明するように、EUV放射の吸収から生じるパターン歪みを実質的に減少または除去する一方、業界基準と一致するレチクルの厚さを維持する。したがって、これらの反射レチクルは、既存のEUVレチクル技術の障害を実質的に除去する。

【 0 0 2 2 】

[0028] しかしながら、そのような実施形態についてより詳細に説明する前に、本発明の実施形態を実施できる例示的環境を提示することが有益である。

【 0 0 2 3 】

I I . 例示的リソグラフィ環境

A . 例示的反射型および透過型リソグラフィシステム

[0029] 図1Aおよび図1Bは、それぞれリソグラフィ装置100およびリソグラフィ装置100'を概略的に示す。リソグラフィ装置100およびリソグラフィ装置100'の各々は、放射ビームB(例えば、DUVまたはEUV放射)を調整するように構成された照明システム(イルミネータ)ILと、パターンングデバイス(例えば、マスク、レチクルまたは動的パターンングデバイス)MAを支持するように構成され、かつパターンングデバイスMAを正確に位置決めするように構成された第1ポジションPMに連結されているサポート構造(例えば、マスクテーブル)MTと、基板(例えば、レジストコートウェーハ)Wを保持するように構成され、かつ基板Wを正確に位置決めするように構成された第2ポジションPWに連結されている基板テーブル(例えば、ウェーハテーブル)WTとを備える。リソグラフィ装置100および100'は、パターンングデバイスMAによって放射ビームBに付けられたパターンを基板Wのターゲット部分(例えば、1つ以上のダイを含む)C上に投影するように構成された投影システムPSも有する。リソグラフィ装置100では、パターンングデバイスMAおよび投影システムPSは反射型であり、リソグラフィ装置100'では、パターンングデバイスMAおよび投影システムPSは透過型である。

【 0 0 2 4 】

[0030] 照明システムILとしては、放射Bを誘導し、整形し、または制御するために、屈折型、反射型、磁気型、電磁型、静電型、またはその他のタイプの光コンポーネント、あるいはそれらのあらゆる組合せなどのさまざまなタイプの光コンポーネントを含むことができる。

【 0 0 2 5 】

[0031] サポート構造MTは、パターンングデバイスMAの向き、リソグラフィ装置100および100'の設計、および、パターンングデバイスMAが真空環境内で保持されているか否かなどの他の条件に応じた態様で、パターンングデバイスMAを保持する。サポート構造MTは、機械式、真空式、静電式またはその他のクランプ技術を使って、パタ

10

20

30

40

50

ーニングデバイスMAを保持することができる。サポート構造MTは、例えば、必要に応じて固定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であってもよい。サポート構造MTは、パターンニングデバイスを、例えば、投影システムPSに対して所望の位置に確実に置くことができる。

【0026】

[0032] 「パターンニングデバイス」MAという用語は、基板Wのターゲット部分C内にパターンを作り出すように、放射ビームBの断面にパターンを与えるために使用できるあらゆるデバイスを指している、広く解釈されるべきである。放射ビームBに付けたパターンは、集積回路などのターゲット部分C内に作り出されるデバイス内の特定の機能層に対応してもよい。

10

【0027】

[0033] パターンニングデバイスMAは、透過型(図1Bのリソグラフィ装置100'のように)であっても、反射型(図1Aのリソグラフィ装置100のように)であってもよい。パターンニングデバイスMAの例としては、レチクル、マスク、プログラブルミラーアレイ、およびプログラブルLCDパネルが含まれる。マスクは、リソグラフィでは公知であり、バイナリ、レベンソン型(alternating)位相シフト、およびハーフトーン型(attenuated)位相シフトなどのマスク型、ならびに種々のハイブリッドマスク型を含む。プログラブルミラーアレイの一例では、小型ミラーのマトリックス配列が用いられており、各小型ミラーは、入射する放射ビームを様々な方向に反射させるように、個別に傾斜させることができる。傾斜されたミラーは、ミラーマトリックスによって反射される放射ビームBにパターンを付ける。

20

【0028】

[0034] 「投影システム」PSという用語は、使われている露光放射にとって、あるいは液浸液の使用または真空の使用といった他の要因にとって適切な、屈折型、反射型、反射屈折型、磁気型、電磁型、および静電型光学系、またはそれらのあらゆる組合せを含むあらゆる型の投影システムを包含していると広く解釈されるべきである。EUVまたは電子ビーム放射に対しては真空環境が使用されてもよい。というのは、他のガスは放射または電子を吸収しすぎてしまう場合があるからである。したがって、真空環境は、真空壁および真空ポンプを用いてビームパス全体に提供されてよい。

【0029】

[0035] リソグラフィ装置100および/またはリソグラフィ装置100'は、2つ(デュアルステージ)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)WT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」機械においては、追加の基板テーブルWTを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つ以上の基板テーブルWTを露光用に使うこともできる。

30

【0030】

[0036] 図1Aおよび図1Bを参照すると、イルミネータILは、放射源SOから放射ビームを受ける。例えば、放射源SOがエキシマレーザである場合、放射源SOとリソグラフィ装置100および100'は、別個の構成要素であってもよい。そのような場合には、放射源SOは、リソグラフィ装置100または100'の一部を形成しているとはみなされず、また放射ビームBは、放射源SOからイルミネータILへ、例えば、適切な誘導ミラーおよび/またはビームエキスパンダを含むビームデリバリシステムBD(図1B)を使って送られる。その他の場合においては、例えば、放射源SOが水銀ランプである場合、放射源SOは、リソグラフィ装置100および100'の一体部分とすることもできる。放射源SOおよびイルミネータILは、必要ならばビームデリバリシステムBDとともに、放射システムと呼んでもよい。

40

【0031】

[0037] イルミネータILは、放射ビームの角強度分布を調節するアジャスタAD(図1B)を含むことができる。一般に、イルミネータの瞳面内の強度分布の少なくとも外側および/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)を調

50

節することができる。さらに、イルミネータILは、インテグレータ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(図1B)を含むことができる。イルミネータILを使って放射ビームBを調整すれば、放射ビームの断面に所望の均一性および強度分布をもたせることができる。

【0032】

[0038] 図1Aを参照すると、放射ビームBは、サポート構造(例えば、マスクテーブル)MT上に保持されているパターンングデバイス(例えば、マスク)MA上に入射して、パターンングデバイスMAによってパターン形成される。リソグラフィ装置100では、パターンングデバイス(例えば、マスク)MAから放射ビームBが反射される。パターンングデバイス(例えば、マスク)MAから反射した後、放射ビームBは投影システムPSを通過し、投影システムPSは、基板Wのターゲット部分C上に放射ビームBの焦点をあわせる。第2ポジションPWおよび位置センサIF2(例えば、干渉計デバイス、リニアエンコーダ、または静電容量センサ)を使って、例えば、さまざまなターゲット部分Cを放射ビームBの経路内に位置決めするように、基板テーブルWTを正確に動かすことができる。同様に、第1ポジションPMおよび別の位置センサIF1を使い、パターンングデバイス(例えば、マスク)MAを放射ビームBの経路に対して正確に位置決めすることもできる。パターンングデバイス(例えば、マスク)MAおよび基板Wは、マスクアライメントマークM1およびM2と、基板アライメントマークP1およびP2とを使って、位置合わせされてもよい。

【0033】

[0039] 図1Bを参照すると、放射ビームBは、サポート構造(例えば、マスクテーブルMT)上に保持されているパターンングデバイス(例えば、マスクMA)上に入射して、パターンングデバイスによってパターン形成される。マスクMAを通り抜けた後、放射ビームBは投影システムPSを通過し、投影システムPSは、基板Wのターゲット部分C上に放射ビームの焦点をあわせる。第2ポジションPWおよび位置センサIF(例えば、干渉計デバイス、リニアエンコーダ、または静電容量センサ)を使って、例えば、さまざまなターゲット部分Cを放射ビームBの経路内に位置決めするように、基板テーブルWTを正確に動かすことができる。同様に、第1ポジションPMおよび別の位置センサ(図1Bには明示的に示されていない)を使い、例えば、マスクライブラリからマスクを機械的に取り出した後またはスキャン中に、マスクMAを放射ビームBの経路に対して正確に位置決めすることもできる。

【0034】

[0040] 通常、マスクテーブルMTの移動は、第1ポジションPMの一部を形成する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)を使って達成することができる。同様に、基板テーブルWTの移動も、第2ポジションPWの一部を形成するロングストロークモジュールおよびショートストロークモジュールを使って達成することができる。ステップの場合は(スキャナとは対照的に)、マスクテーブルMTは、ショートストロークアクチュエータのみに連結されてもよく、または固定されてもよい。マスクMAおよび基板Wは、マスクアライメントマークM1およびM2と、基板アライメントマークP1およびP2とを使って、位置合わせされてもよい。例示では基板アライメントマークが専用ターゲット部分を占めているが、基板アライメントマークをターゲット部分とターゲット部分との間の空間内に置くこともできる(これらは、スクライプラインアライメントマークとして公知である)。同様に、複数のダイがマスクMA上に設けられている場合、マスクアライメントマークは、ダイとダイの間に置かれてもよい。

【0035】

[0041] リソグラフィ装置100および100'は、以下に説明するモードのうち少なくとも1つのモードで使用できる。

【0036】

[0042] 1. ステップモードにおいては、サポート構造(例えば、マスクテーブル)M

Tおよび基板テーブルWTを基本的に静止状態に保ちつつ、放射ビームBに付けられたパターン全体を一度にターゲット部分C上に投影する(すなわち、単一静的露光)。その後、基板テーブルWTは、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を露光することができる。

【0037】

[0043] 2. スキャンモードにおいては、サポート構造(例えば、マスクテーブル)MTおよび基板テーブルWTを同期的にスキャンする一方で、放射ビームB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(すなわち、単一動的露光)。サポート構造(例えば、マスクテーブル)MTに対する基板テーブルWTの速度および方向は、投影システムPSの(縮小)拡大率および像反転特性によって決めることができる。

10

【0038】

[0044] 3. 別のモードにおいては、プログラマブルパターンニングデバイスを保持した状態で、サポート構造(例えば、マスクテーブル)MTを基本的に静止状態に保ち、また基板テーブルWTを動かす、またはスキャンする一方で、放射ビームB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。パルス放射源SOが採用されており、さらにプログラマブルパターンニングデバイスは、基板テーブルWT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ニ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。

【0039】

20

[0045] 上述の使用モードの組合せおよび/またはバリエーション、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。

【0040】

[0046] 本明細書において、IC製造におけるリソグラフィ装置の使用について具体的な言及がなされているが、本明細書記載のリソグラフィ装置が、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、フラットパネルディスプレイ、液晶ディスプレイ(LCD)、薄膜磁気ヘッド等の製造といった他の用途を有し得ることが理解されるべきである。当業者にとっては当然のことであるが、そのような別の用途においては、本明細書で使用される「ウェーハ」または「ダイ」という用語はすべて、それぞれより一般的な「基板」または「ターゲット部分」という用語と同義であるとみなしてよい。本明細書に記載した基板は、露光の前後を問わず、例えば、トラック(通常、基板にレジスト層を塗布し、かつ露光されたレジストを現像するツール)、メトロロジーツール、および/またはインスペクションツールで処理されてもよい。適用可能な場合には、本明細書中の開示内容を上記のような基板プロセッシングツールおよびその他の基板プロセッシングツールに適用してもよい。さらに基板は、例えば、多層ICを作るために複数回処理されてもよいので、本明細書で使用される基板という用語は、すでに多重処理層を包含している基板を表すものとしてもよい。

30

【0041】

[0047] さらに実施形態においては、リソグラフィ装置100は、EUVリソグラフィのためのEUV放射ビームを生成するように構成された極端紫外線(EUV)源を含む。一般には、EUV源は放射システム内に構成されており(下記参照)、対応する照明システムはEUV源のEUV放射ビームを調整するように構成されている。

40

【0042】

B. 例示的EUVリソグラフィ装置

[0048] 図2は、本発明の一実施形態による例示的EUVリソグラフィ装置200を概略的に示す。図2では、EUVリソグラフィ装置200は、放射システム42、照明光学ユニット44および投影システムPSを含む。放射システム42は、放射ビームが放電プラズマによって形成され得る放射源SOを含む。一実施形態では、EUV放射は、電磁スペクトルのEUV範囲内の放射を放出するために非常に高温のプラズマが生成される、例えば、Xeガス、Li蒸気あるいはSn蒸気などのガスまたは蒸気によって生成され得る

50

。非常に高温のプラズマは、少なくとも部分的にイオン化されたプラズマを、例えば、放電によって生成することによって作り出すことができる。例えば、10 PaのXe、Li、Sn蒸気、あるいは任意の他の適したガスまたは蒸気分圧が、放射の効率的な生成のために必要とされることがある。放射源50によって放出される放射は、放射源チャンバ47から、放射源チャンバ47における開口部内またはその後方に位置決めされたガスバリアまたは汚染物質トラップ49を介してコレクタチャンバ48へと進む。一実施形態では、ガスバリア49はチャンネル構造を含んでもよい。

【0043】

[0049] コレクタチャンバ48は、かすめ入射コレクタによって形成され得る放射コレクタ50（集光ミラーまたはコレクタとも呼ぶ）を含む。放射コレクタ50は、上流放射コレクタ側50aおよび下流放射コレクタ側50bを有する。コレクタ50を通った放射は、格子スペクトルフィルタ51から反射してコレクタチャンバ48内のアパーチャにおける仮想放射源ポイント52に合焦することができる。放射コレクタ50は、当業者には周知である。

【0044】

[0050] 放射ビーム56は、集光チャンバ48から、法線入射リフレクタ53および54を介してレチクルまたはマスクテーブルMT上に位置決めされたレチクルまたはマスク（図示せず）上へと照明光学ユニット44内で反射する。パターン付きビーム57が形成され、これは、投影システムPSにおいて反射要素58および59を介してウェーハステージまたは基板テーブルWT上で支持された基板（図示せず）上に結像される。様々な実施形態では、照明光学ユニット44および投影システムPSは、図2に示されたものよりも多くの（または少ない）要素を含んでもよい。例えば、格子スペクトルフィルタ51は、リソグラフィ装置のタイプによって任意的に存在してもよい。さらに、一実施形態では、照明光学ユニット44および投影システムPSは、図2に示されたものよりも多くのミラーを含んでもよい。例えば、投影システムPSは、反射要素58および59に加えて1~4個の反射要素を組み入れてもよい。図2では、参照番号180は2つのリフレクタ間の空間、例えば、リフレクタ142とリフレクタ143との間の空間を示す。

【0045】

[0051] 一実施形態では、集光ミラー50は、かすめ入射ミラーの代わりにまたはそれに加えて法線入射コレクタを含んでもよい。さらに、集光ミラー50は、リフレクタ142、143および146を有する入れ子化されたコレクタについて記述されているが、本明細書中、コレクタの一例としてさらに使用されている。

【0046】

[0052] さらに、図2に概略的に示すような格子51の代わりに、透過型光フィルタが適用されてもよい。EUVが透過する光フィルタ、ならびにUV放射があまり透過せず、またはUV放射を実質的に吸収までもする光フィルタは、当業者には周知である。したがって、「格子スペクトル純度フィルタ」は、本明細書中、格子または透過型フィルタを含む「スペクトル純度フィルタ」としてほぼ同じ意味でさらに示される。図2には示されていないが、EUV透過型光フィルタは、例えば集光ミラー50の上流に構成された追加の光学要素、あるいは照明ユニット44および/または投影システムPSにおける光EUV透過型フィルタとして含まれてもよい。

【0047】

[0053] 光学要素に対する「上流」および「下流」という用語は、それぞれ、1つ以上の追加の光学要素の「光学的上流」および「光学的下流」である1つ以上の光学要素の位置を示す。放射ビームがリソグラフィ装置200を通り抜ける光路に従って、第2光学要素より放射源50に近い第1光学要素は第2光学要素の上流に構成され、第2光学要素は第1光学要素の下流に構成される。例えば、集光ミラー50がスペクトルフィルタ51の上流に構成されるのに対して、光学要素53はスペクトルフィルタ51の下流に構成される。

【0048】

10

20

30

40

50

[0054] 図2に示される全ての光学要素（および本実施形態の概略図に示されていない追加の光学要素）は、例えばSnなどの放射源50によって生成される汚染物質の堆積を受けやすいことがある。これは放射コレクタ50にも当てはまり、スペクトル純度フィルタ51が存在した場合にも当てはまる。したがって、洗浄デバイスがこれらの光学要素のうちの一つ以上を洗浄するために採用されるとともに洗浄方法がこれらの光学要素に適用されてもよいが、法線入射リフレクタ53および54、ならびに反射要素58および59、または追加のミラー、格子等の他の光学要素に適用されてもよい。

【0049】

[0055] 放射コレクタ50はかすめ入射コレクタであってもよく、そのような実施形態では、コレクタ50は光軸Oに沿って位置合わせされる。放射源50またはその像は、光軸Oに沿って配置されてもよい。放射コレクタ50は、リフレクタ142、143および146（「シェル」またはいくつかのWolter型リフレクタを含むWolter型リフレクタとしても公知である）を含んでもよい。リフレクタ142、143および146は、入れ子化され、光軸Oの周りで回転対称であってもよい。図2では、内側リフレクタは参照番号142で示され、中間リフレクタは参照番号143で示され、かつ外側リフレクタは参照番号146で示される。放射コレクタ50は、ある体積（すなわち（一つ以上の）外側リフレクタ146内の体積）を包囲する。通常、（一つ以上の）外側リフレクタ146内の体積は、小さな開口部が存在してもよいが、円周方向で閉じられている。

【0050】

[0056] リフレクタ142、143および146のそれぞれは、その少なくとも一部が1層の反射層または多数の反射層を表す表面を含んでよい。したがって、リフレクタ142、143および146（あるいは3つより多いリフレクタまたはシェルを有する放射コレクタの実施形態における追加のリフレクタ）は、放射源50からEUV放射を反射および集光するように少なくとも部分的に設計され、かつリフレクタ142、143および146の少なくとも一部は、EUV放射を反射および集光するように設計されないことがある。例えば、リフレクタの裏面の少なくとも一部は、EUV放射を反射および集光するように設計されない。これらの反射層の表面上には、保護のためのキャップ層または反射層の表面の少なくとも一部の上に設けられる光フィルタが存在してもよい。

【0051】

[0057] 放射コレクタ50は、放射源50または放射源50の像の付近に配置されてよい。リフレクタ142、143および146の各々は、少なくとも2つの隣接する反射面を含んでよく、放射源50から離れたほうに位置する反射面は、放射源50に近いほうに位置する反射面よりも、光軸Oに対して小さな角度で配置される。このようにして、かすめ入射コレクタ50は、光軸Oに沿って伝搬する（E）UV放射ビームを生成するように構成される。少なくとも2つのリフレクタは、実質的に同軸に配置され、光軸Oの周りで実質的に回転対称に延在してもよい。放射コレクタ50が、外側リフレクタ146の外面上にさらなるフィーチャ、または外側リフレクタ146の周りにさらなるフィーチャ、例えば保護ホルダやヒータなどを有してもよいことが理解されたい。

【0052】

[0058] 本明細書中に記載する実施形態において、「レンズ」および「レンズ要素」という用語は、文脈によっては、屈折、反射、磁気、電磁気、および静電型光コンポーネントを含む様々な種類の光コンポーネントのいずれか一つまたはこれらの組合せを指すことができる。

【0053】

[0059] 本明細書で使用する「放射」および「ビーム」という用語は、紫外線（UV）（例えば、365、248、193、157、または126nmの波長を有する）、極端紫外線（EUVまたは軟X線）（例えば、5～20nmの範囲の波長、例えば13.5nmの波長を有する）または5nm未満で働く硬X線、ならびにイオンビームや電子ビームなどの粒子ビームを含めた全てのタイプの電磁放射を包含する。一般に、約780～3000nm（以上）の間の波長を有する放射がIR放射とみなされる。UVは、約100

10

20

30

40

50

～400nmの波長を有する放射を指す。リソグラフィにおいて、UVは、水銀放電ランプによって生成することができる波長、すなわちG線436nm、H線405nmおよび/またはI線365nmにも当てはまる。真空UVまたはVUV(すなわち、空気によって吸収されるUV)は、約100～200nmの波長を有する放射を指す。深UV(DUV)は、通常、126nm～428nmの範囲の波長を有する放射を指し、一実施形態では、エキシマレーザがリソグラフィ装置内で使用されるDUV放射を生成することができる。例えば5～20nmの範囲内の波長を有する放射は、少なくとも一部が5～20nmの範囲内にある特定の波長帯域を有する放射に関係することを当業者は理解されたい。

【0054】

III. 高熱伝導率を有するEUVレチクル用の例示的基板

10

[0060] 図3は、基板材料の単一層から形成される既存のEUV反射レチクル300の例を概略的に示す。図3では、レチクル300は基板302を含んでおり、その上に1層以上の高反射材料が配置されて反射層304を形成する。パターン(図示せず)は、レジストのパターン付き層の化学的エッチングを介して、あるいは追加としてまたは代替的に、当業者に明らかであるあらゆる他の技術を介して層304の反射面304a上に形成されてよい。

【0055】

[0061] 基板302などの既存のEUV反射レチクルの基板は、光学グレードのガラス、セラミック、ガラスセラミック材料、および、広範囲の温度、例えば基板がEUVリソグラフィ装置内で露光される温度範囲にわたる相対的に低い熱膨張係数および高弾性率によって特徴づけられる他の材料から構成されることが多い。例えば、基板302は、コーニング、ニューヨークのCorning社によって製造されるような超低膨張(ULE)ケイ酸チタニウムガラスから形成されてもよい。

20

【0056】

[0062] しかしながら、これらの材料から構成される基板は、基板がEUVリソグラフィ装置内で露光される温度範囲にわたって相対的に低い値の熱伝導率を示す。例えば、ULEガラスの平均熱伝導率は25で約1.31W/(m·)である一方、アルミニウムの平均熱伝導率は25で約250W/(m·)である。熱伝導率のそのような値は、基板の厚さにわたって相対的に大きい熱抵抗へと繋がることができ(すなわち、基板の厚さとその熱伝導率との商)、よって基板中の熱の均一な分配、および基板からレチクルを支持する1つ以上のデバイスを含むがそれらに限定されないEUVリソグラフィ装置の周辺部分への伝導を阻止する。

30

【0057】

[0063] 上記したように、既存のEUVレチクルは、入射するEUV放射ビームの約30%から100%の間のエネルギーを吸収する。そのようなレチクルによるEUV放射の吸収は、基板の機械的性質により基板中で拡散することができないまたは基板から離れることが多い、基板の局所的加熱という結果となり得る。そのような場合、この加熱は基板を、それ故、対応する反射層(例えば、図3の反射層308の表面308a)を局所的に変形することができる。さらに、パターン表面の熱駆動された歪みは、入射する放射ビームに付与されるパターンを歪め、EUVリソグラフィ装置によって基板上に投影される像の中にエラーを引き起こし得る。

40

【0058】

[0064] 一般に、既存のEUVリソグラフィ装置は、パターンニング表面の熱的歪みによってパターン付き像の中に引き起こされる少量より多くのエラーを補償することができない。したがって、パターン付き像およびパターンニング表面の両方の熱的歪みは、既存のEUVリソグラフィ装置内の結像性能を制限する要素である。さらに、レチクル加熱によるパターン歪みの問題は、EUVリソグラフィ装置における体積製造の増加したスループット要求を満たすためにより多くのエネルギーが反射レチクルに供給されるにつれて悪化し得る。

【0059】

50

[0065] 一実施形態では、放射吸収による局所的レチクル加熱の影響は、反射レチクル内の基板の熱伝導率を増加させることによって緩和することができる。基板の熱伝導率を増加させ、それによって（一定の厚さの）基板の熱抵抗を低下させることによって、吸収された放射による局所的加熱は、基板中により均一に分配され、かつ基板からレチクルチャックまたはマスクテーブルを含むがそれらに限定されない周辺の支持デバイスへとより効率的に運ばれることができる。したがって、レチクル基板の熱伝導率における増加は、パターンング表面の誘導されるあらゆる歪み、よってパターン付き像の誘導されるエラーを実質的に減少または除去することができる。

【 0 0 6 0 】

[0066] E U V リソグラフィ装置用の反射レチクル内に包含する 1 つの適切な基板材料としては、タリータウン、ニューヨークの日立金属アメリカ社を含むがそれに限定されない多数の供給業者から入手できるセラミック材料、コーディエライトが挙げられる。コーディエライトは、E U V レチクルが受ける動作温度範囲にわたって実質的にゼロである熱膨張係数を有する一方、既存のレチクル基板材料より約 3 倍大きい熱伝導率も有する。例えば、U L E ガラスが 2 5 で約 1 . 3 1 W / (m -) の熱伝導率を有する一方、2 5 でのコーディエライトの熱伝導率は約 3 . 0 W / (m -) である。

【 0 0 6 1 】

[0067] しかしながら、固体コーディエライトの微細構造は、既存の反射レチクルにおいて材料を基板として使用することを不適切にする。固体コーディエライトは、研磨の際に、研磨されるコーディエライト表面に穴および他の欠陥を形成する微細なポイドを混和する。これらの表面欠陥の存在は、レチクルの反射層、例えば図 3 のレチクル 3 0 0 の反射層 3 0 8 を形成するための反射材料を研磨されるコーディエライト表面に適用することを不適切にする。

【 0 0 6 2 】

[0068] 一実施形態では、既存の反射レチクルにおいてコーディエライトを基板として使用することを不適切にする微細構造欠陥は、比較的薄い光学材料層をコーディエライト基板の表面に結合することによって補修することができる。そのような実施形態では、図 4 A および図 4 B に示すように、薄い光学層を処理（例えば、研磨）して研磨されるコーディエライト表面の特性を示す欠陥を有さない実質的に平坦な表面を生成する。そのような実施形態では、光学層は、低い熱抵抗を提供する一方、表面研磨、膜適用およびパターンングを上で行う従来のガラス表面を提供するのに十分に薄い。

【 0 0 6 3 】

[0069] 図 4 A は、本発明の一実施形態による、リソグラフィ装置での使用に適した例示的反射レチクル 4 0 0 の分解概略図である。図 3 に示すような E U V リソグラフィ装置用の既存の反射レチクル技術とは対照的に、レチクル 4 0 0 は、基板 4 0 2、光学層 4 0 4、および基板 4 0 2 と光学層 4 0 4 との間に配置された導電層 4 0 6 を含む。そのような実施形態では、レチクル 4 0 0 の複合性は、既存の E U V 反射レチクルの特性を示す放射の吸収によるレチクル表面の歪みおよびパターン付き像におけるエラーの導入を実質的に減少または除去する。

【 0 0 6 4 】

[0070] 図 4 A では、光学層 4 0 4 は第 1 表面 4 0 4 a および第 2 表面 4 0 4 b を有しており、基板 4 0 2 は第 1 表面 4 0 2 a および第 2 表面 4 0 2 b を有する。そのような実施形態では、導電層 4 0 6 は、光学層 4 0 4 の第 1 表面 4 0 4 a と基板 4 0 2 の第 1 表面 4 0 2 a との間に配置される。さらに、一実施形態では、導電層 4 0 6 は、光学層 4 0 4 の第 1 表面 4 0 4 a 上に配置されてよい。

【 0 0 6 5 】

[0071] 一実施形態では、導電層 4 0 6 は、アルミニウムを含むがそれに限定されない金属層、黒鉛などの非金属導電材料、あるいはそれらのあらゆる組み合わせであってもよい。さらに、一実施形態では、導電層 4 0 6 は、当業者に明らかであって材料に適している多数のあらゆる堆積技術を介して光学層 4 0 4 の第 1 表面 4 0 4 a 上に堆積されてよい

10

20

30

40

50

。例えば、導電層 406 は、スパッタ堆積または噴霧堆積を用いて光学層 404 の第 1 表面 404 a 上に配置されてよい。さらなる実施形態では、導電層 406 は、導電層 406 および光学層 404 に適しているあらゆる追加または代替の技術を用いて予め組み立てられ、かつ光学層 404 の第 1 表面 404 a に結合されてもよい。

【0066】

[0072] 図 4 B は、図 4 A に示す例示的レチクル 400 のさらなるフィーチャを概略的に示す。図 4 B では、レチクル 400 は表面 404 a 上に配置された導電層 406 を基板 402 の第 1 表面 402 a に結合させてレチクル 400 を形成することによって形成されている。一実施形態では、導電層 406 は、陽極結合を含むがこれに限定されない当業者

10

【0067】

[0073] 一実施形態では、レチクル 400 (および基板 402) の第 2 表面 402 b は、EUV リソグラフィ装置内のレチクルチャック、マスクテーブルまたは他のあらゆるデバイスによって支持されてよい。そのような実施形態では、レチクルチャック、マスクテーブルまたは他のデバイスは、レチクル 400 用のヒートシンクとしての機能を果たすことができ、それによってレチクル 400 から EUV リソグラフィ装置の様々なコンポーネントへの熱伝達を容易にする。

【0068】

[0074] 一実施形態では、図 4 B に示すように、光学層 404 は基板 402 に結合されるか、またはそうでない場合基板 402 に取り付けられ、それによって光学層 404 の第 1 層 404 a は基板 402 の第 1 表面 402 a に対して実質的に平行である。さらに、光学層 404 の第 2 表面 404 b も第 1 表面 404 a に対して実質的に平行であり、同様に、基板 402 の第 2 表面 402 b は第 1 表面 402 a に対して実質的に平行である。しかしながら、本発明は、そのような構成において結合されるか、またはそうでない場合取り付けられる基板および光学層に限定されない。さらなる実施形態では、基板 402 および光学層 404 のそれぞれの第 1 表面および第 2 表面は、本発明の精神または範囲から逸脱することなく、互いに対するあらゆる角度で構成されるものを含むがそれらに限定されないあらゆる構成にそれぞれ位置してよい。

20

【0069】

[0075] 一実施形態では、上記したように、光学層 404 は、レチクル 400 が受ける温度範囲にわたって実質的にゼロである熱膨張係数を有する材料から形成されてよい。例えば、光学層 404 は、コーニング、ニューヨークの Corning 社製の超低膨張 (ULE) ケイ酸チタニウムガラスから形成されてよい。そのような実施形態では、光学層 404 の厚さは、相対的に低い熱抵抗を維持する一方、十分な完全性を有する表面を提供して反射膜の研磨および適用を支えるために選択されてよい。例えば、光学層 404 の厚さは、約 0.025 mm の低さが可能であるが、約 0.1 mm から約 0.5 mm の範囲であってもよい。

30

【0070】

[0076] さらに、上記したように、基板 402 は、温度範囲にわたって実質的にゼロである熱膨張係数を有し、かつ光学層の熱膨張係数より約 3 倍大きい熱伝導率も有するコー

40

ディエライトから形成されてよい (例えば、コーディエライトは 25 で約 3.0 W / (m -) の熱伝導率を有し、ULE ガラスは 25 で約 1.31 3.0 W / (m -) の熱伝導率を有する)。一実施形態では、基板 402 の厚さは約 5.25 mm から約 6.25 mm の範囲に及んでよい。

【0071】

[0077] 上記したように、レチクル 400 は、EUV リソグラフィ装置内に組み込まれた場合、入射する EUV 放射ビームを約 30% から 100% 吸収することができる。しかしながら、図 4 A および図 4 B の実施形態では、EUV 放射の吸収から生じ得る光学層 404 の局所的加熱は、その低い熱抵抗により、速く拡散するかまたは光学層 404 を通って伝導され、さらに導電層 406 を通って基板 402 へと伝導される。さらに、基板 40

50

2の熱伝導率は既存のEUVレチクルの基板の熱伝導率より実質的に高いため、EUV放射の吸収による局所的加熱は、基板中に均一に拡散し、かつ基板を通過してEUVリソグラフィ装置内のレチクルチャック、マスクテーブルまたはレチクル400を支持する他の構造の中へと速く放散される。したがって、図3に示す既存のEUVレチクルとは対照的に、レチクル400は、吸収されたEUV放射からの局所的加熱によるレチクル表面のあらゆる歪み、よって誘導されるあらゆるパターンエラーを実質的に減少または除去する。

【0072】

【0078】 図4Aおよび図4Bの実施形態では、導電層406は光学層404の第1表面404a上に配置され、その後導電層406は基板402の第1表面402aに結合される。しかしながら、さらなる実施形態では、材料の中間層は、光学層404を基板402からさらに隔離してもよい。例えば、コーディエライトから形成される基板は、導電層406に陽極結合される程度に十分な導電性を有さない場合がある。そのような実施形態では、中間層は基板402と光学層404との間に位置決めされてそのような陽極結合を容易にすることができる。

10

【0073】

【0079】 図5Aは、本発明のさらなる一実施形態による、EUVリソグラフィシステム内で使用する例示的反射レチクル500の分解概略図である。図4の実施形態とは対照的に、レチクル500は基板502を光学層504から引き離す中間層530を含む。そのような実施形態では、中間層530は光学層504と基板502との間の結合を容易にする。

20

【0074】

【0080】 図4Aおよび図4Bの実施形態と同様に、光学層504は第1表面504aおよび第2表面504bを有する。一実施形態では、第2表面504bは、様々な研磨剤を用いて研磨することを含むがこれに限定されない、当業者に明らかである多数のあらゆる技術を介して実質的に平坦でありかつ欠陥を有さないように処理することができる。

【0075】

【0081】 導電層506は、光学層504の第1表面504aと中間層530の第1中間表面530aとの間に配置される。図5Aの実施形態では、導電層506は第1表面504a上に配置される。しかしながら、本発明はそのような構成に限定されておらず、さらなる実施形態では、導電層506は、本発明の精神または範囲から逸脱することなく中間層530の第1中間表面530a上に配置されてよい。

30

【0076】

【0082】 そのような実施形態では、導電層506は、アルミニウムを含むがそれに限定されない金属層、黒鉛などの非金属導電材料、あるいはそれらのあらゆる組み合わせであってもよい。さらに、一実施形態では、導電層506は、当業者に明らかであって材料に適している多数のあらゆる堆積技術を介して光学層504の第1表面504a上に（あるいは、中間層530の第1中間表面530a上に）堆積されてよい。例えば、導電層506は、任意のスパッタ堆積、噴霧堆積または物理的気相堆積技術を用いて第1表面504aまたは第1中間表面530a上に配置されてよい。

【0077】

【0083】 さらなる実施形態では、導電層506は導電材料の予め組み立てられた層であってもよい。そのような実施形態では、予め組み立てられた導電層506は、当業者に明らかであって材料に適している光学層504の第1表面504aまたは中間層530の第1中間表面530aのいずれかに結合されてよい。

40

【0078】

【0084】 さらに図4Aおよび図4Bの実施形態とは対照的に、第2導電層516は中間層530と基板502との間に配置されている。図5Aの実施形態では、第2導電層516は基板502の第1表面502a上に配置されている。しかしながら、本発明はそのような構成に限定されておらず、さらなる実施形態では、導電層516は、本発明の精神または範囲から逸脱することなく中間層530の第2中間表面530b上に配置されてよい

50

【 0 0 7 9 】

[0085] そのような実施形態では、上記したものと同様に、導電層 5 1 6 は、アルミニウムを含むがそれに限定されない金属層、黒鉛などの非金属導電材料、あるいはそれらのあらゆる組み合わせであってもよい。さらに、一実施形態では、導電層 5 1 6 は、当業者に明らかであって材料に適している多数のあらゆる堆積技術を介して基板 5 0 2 の第 1 表面 5 0 2 a 上に（あるいは、中間層 5 3 0 の第 2 中間表面 5 3 0 b 上に）堆積されてよい。例えば、導電層 5 1 6 は、任意のスパッタ堆積、噴霧堆積または物理的気相堆積技術を用いて第 1 表面 5 0 2 a または第 2 中間表面 5 3 0 b 上に配置されてよい。

【 0 0 8 0 】

[0086] 図 5 B は、図 5 A に示すレチクル 5 0 0 のさらなるフィーチャを概略的に示す。図 5 B では、レチクル 5 0 0 は、最初に光学層 5 0 4 の第 1 表面 5 0 4 a 上に配置された第 1 結合導電層 5 0 6 を中間層 5 3 0 の第 1 中間表面 5 3 0 a に結合し、その後基板 5 0 2 の第 1 表面 5 0 2 a 上に配置された導電層 5 1 6 を中間層 5 3 0 の第 2 中間層 5 3 0 b に結合することによって形成されている。一実施形態では、導電層 5 0 6 および導電層 5 1 3 は、それぞれ、第 1 中間表面 5 3 0 a および第 2 中間表面 5 3 0 b に陽極結合されてよい。しかしながら、本発明は陽極結合に限定されておらず、さらなる実施形態では、1 層以上の導電層 5 0 6 および 5 1 6 は、当業者に明らかであって導電層 5 0 6 および 5 1 6 に適している多数のあらゆる技術を用いて対応する第 1 中間表面 5 3 0 a および第 2 中間表面 5 3 0 b のそれぞれに結合されるか、またはそうでない場合取り付けられてよい。

【 0 0 8 1 】

[0087] 一実施形態では、基板 5 0 2（よって、レチクル 5 0 0）の第 2 表面 5 0 2 b は、EUV リソグラフィ装置内のレチクルチャック、マスクテーブルまたはレチクル 5 0 0 を支持するように構成された他のあらゆるデバイスによって支持されてよい。そのような実施形態では、レチクルチャック、マスクテーブルまたは他のデバイスは、レチクル 4 0 0 用のヒートシンクとしての機能を果たすことができ、それによってレチクル 5 0 0 から EUV リソグラフィ装置の様々なコンポーネントへの熱伝達を容易にする。

【 0 0 8 2 】

[0088] 図 5 A および図 5 B の実施形態では、光学層 5 0 4 の第 1 表面 5 0 4 a および第 2 表面 5 0 4 b、基板 5 0 2 の第 1 表面 5 0 2 a および第 2 表面 5 0 2 b、ならびに中間層 5 3 0 の第 1 中間表面 5 3 0 a および第 2 中間表面 5 3 0 b のそれぞれは全て、実質的に互いに平行している。しかしながら、本発明は、そのような構成において結合されるか、またはそうでない場合取り付けられる基板および光学層に限定されない。さらなる実施形態では、光学層 5 0 4 の第 1 表面 5 0 4 a および第 2 表面 5 0 4 b、基板 5 0 2 の第 1 表面 5 0 2 a および第 2 表面 5 0 2 b、ならびに中間層 5 3 0 の第 1 中間表面 5 3 0 a および第 2 中間表面 5 3 0 b のうちの 1 つ以上は、本発明の精神または範囲から逸脱することなく当業者に明らかであってレチクル 5 0 0 に適している他のあらゆる表面に対してあらゆる角度で配置されてよい。

【 0 0 8 3 】

[0089] 一実施形態では、図 4 A および図 4 B を参照して上記したように、光学層 5 0 4 は、超低膨張（ULE）ケイ酸チタニウムガラスを含むがそれに限定されないレチクル 5 0 0 が受ける動作温度範囲にわたって実質的にゼロである熱膨張係数を有する材料から形成されてよい。そのような実施形態では、光学層 5 0 4 の厚さを選択して相対的に低い熱抵抗を維持し、かつ研磨を支えるために十分な完全性を有する表面を提供するように選択されてよい。例えば、光学層 5 0 4 の厚さは、約 0 . 0 2 5 mm の低さが可能であるが、約 0 . 1 mm から約 0 . 5 mm の範囲であってもよい。

【 0 0 8 4 】

[0090] さらに、上記したように、基板 5 0 2 は、動作温度範囲にわたって実質的にゼロである熱膨張係数を有し、かつ光学層の熱膨張係数より約 3 倍大きい熱伝導率も有する

10

20

30

40

50

コーディエライトから形成されてよい(例えば、コーディエライトは 25 で約 $3.0\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ の熱伝導率を有し、ULEガラスは 25 で約 1.31 で約 $3.0\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ の熱伝導率を有する)。一実施形態では、基板 502 の厚さは約 5.25 mm から約 6.25 mm の範囲に及んでよい。

【0085】

[0091] さらに、図5Aおよび図5Bの実施形態では、中間層 530 は、実質的にゼロである熱膨張係数を有するガラス材料、セラミック材料またはガラスセラミック材料から形成されてよい。例えば、中間層 530 は、エルムスフォード、ニューヨークのSchott North America社製の非多項質の無機ガラスセラミック材料であるゼロデュアから形成されてよい。さらに、一実施形態では、中間層 530 の厚さは、基板 502 の厚さより実質的に小さくてもよく、中間層の熱抵抗が光学層 504 の厚さと実質的に等しいかまたはそれ以下であるように選択されてよい。例えば、ゼロデュアから形成される中間層の厚さは、約 0.025 mm の低さが可能であるが、約 0.1 mm から約 0.5 mm の範囲に及んでよい。

10

【0086】

[0092] しかしながら、本発明はゼロデュアから形成された中間層に限定されておらず、さらなる実施形態では、中間層 530 は、適切な機械的性質(例えば、動作温度範囲にわたって実質的にゼロの熱膨張係数)を有し、かつ光学層 504 および基板 502 との陽極結合を容易にできる多数のあらゆる材料から形成されてよい。

【0087】

20

[0093] 上記したように、レチクル 500 は、EUVリソグラフィ装置内に組み込まれた場合、入射するEUV放射ビームを約 30% から 100% 吸収することができる。しかしながら、図4Aおよび図4Bの実施形態と同様に、EUV放射の吸収から生じ得る光学層 504 のあらゆる局所的加熱は、その低い熱抵抗により光学層を通して速く拡散(例えば、伝導)し、さらに導電層 506 を通して中間層 530 へ、その後第2導電層 516 を通して基板 502 へと拡散される。さらに、基板 502 の熱伝導率は既存のEUVレチクルの基板の熱伝導率より実質的に高いため、EUV放射の吸収による基板の局所的加熱は、基板中に拡散し、かつEUVリソグラフィ装置内のレチクルチャック、マスクテーブルまたはレチクル 500 を支持する他の構造の中へと放散される。したがって、図3に示す既存のEUVレチクルとは対照的に、レチクル 500 は、吸収されたEUV放射からの局所的加熱によるレチクル表面のあらゆる歪み、よってあらゆる誘導されるパターンエラーを実質的に減少または除去する。

30

【0088】

[0094] 図6は、本発明の一実施形態による、追加の処理およびパターンニング後の例示的レチクル 600 (図4A~図4Bおよび図5A~図5Bに示すもののよう)の一部を概略的に示す。図6では、レチクル 600 の光学層 604 は第1表面 $604a$ および第2表面 $604b$ を有しており、第1表面 $604a$ 上には導電コーティング 606 が配置されている。図6の実施形態では、第2表面 $604b$ は、当業者に明らかである多数のあらゆる技術を用いて処理されて実質的に全く欠陥を有さない実質的に平坦な表面を生成する。そのような実施形態では、EUV放射に対して高反射性である材料層 608 を研磨された表面 $604b$ に適用することができ、反射層内にパターンを形成することができる。例えば、レジスト層が層 608 に適用され、そのレジスト層が適切な波長の放射に露光され、露光されたレジスト層が当業者に明らかであるあらゆる技術を用いてエッチングされて層 608 上にパターンを形成することができる。

40

【0089】

[0095] 一実施形態では、レチクルの製造業者は、高反射性の層 608 を光学層 604 の表面 $604b$ に適用することができる。しかしながら、さらなる実施形態では、レチクル 600 のエンドユーザは、レチクル 600 がユーザに納入された後に高反射性の層 608 を光学層 604 の第2表面 $604b$ に適用できる。さらに、上記したように、一実施形態では、レチクルのエンドユーザは、納入後に高反射性の層 608 をパターン形成しても

50

よい。

【 0 0 9 0 】

[0096] 図 7 は、本発明の一実施形態による、EUVリソグラフィ装置での使用に適している、図 4 A および図 4 B のレチクル 4 0 0 などのレチクルを生成する例示的方法 7 0 0 のフローチャートである。ステップ 7 0 2 では、アルミニウムを含むがそれに限定されない導電材料層は、超低膨張 (ULE) ケイ酸チタニウムガラス層の第 1 表面上に配置される。そのような実施形態では、ULE ガラス層の厚さは、ULE ガラス層の熱抵抗が温度範囲にわたって相対的に低くなるように選択される。

【 0 0 9 1 】

[0097] 一実施形態では、導電層は、当業者に明らかであって材料に適している多数のあらゆる堆積技術を用いて ULE ガラス層の第 1 表面上に配置されてよい。例えば、ステップ 7 0 2 は、任意のスパッタ堆積、噴霧堆積または物理的気相堆積技術を用いて導電層を ULE ガラス層の第 1 表面上に配置されてよい。

10

【 0 0 9 2 】

[0098] ULE ガラス層上に配置された導電層は、その後ステップ 7 0 4 でコーディエライト基板の第 1 表面に結合されてレチクルを形成する。一実施形態では、ステップ 7 0 4 は、コーディエライト基板の第 1 表面を導電層に陽極結合する。しかしながら、さらなる実施形態では、コーディエライト基板の第 1 表面は、本発明の精神または範囲から逸脱することなく当業者に明らかであってコーディエライト基板および導電層に適している多数のあらゆる技術を用いて導電層に結合されるか、またはそうでない場合取り付けられてよい。

20

【 0 0 9 3 】

[0099] ULE ガラス層の第 2 表面は、その後ステップ 7 0 6 で処理されて実質的に欠陥を有さない実質的に平坦な表面を形成する。一実施形態では、ULE ガラス層の第 2 表面はステップ 7 0 6 で研磨されて実質的に平坦および実質的に欠陥のない表面を生む。しかしながら、追加または代替の実施形態では、第 2 表面は、本発明の精神または範囲から逸脱することなく当業者に明らかであるあらゆる技術を用いてステップ 7 0 6 で処理されてよい。

【 0 0 9 4 】

[0100] 図 8 は、本発明の一実施形態による、EUVリソグラフィ装置での使用に適している、図 5 A および図 5 B のレチクル 5 0 0 などのレチクルを生成する例示的方法 8 0 0 のフローチャートである。ステップ 8 0 2 では、アルミニウムを含むがそれに限定されない導電材料層は、(i) 超低膨張 (ULE) ケイ酸チタニウムガラス層の第 1 表面上、および (ii) コーディエライト基板の第 1 表面上に配置される。一実施形態では、ULE ガラス (または他の光学層) の厚さは、ULE ガラス (または他の光学層) の熱抵抗が適用可能な温度範囲にわたって相対的に低くなるように選択される。

30

【 0 0 9 5 】

[0101] 一実施形態では、導電層は、当業者に明らかであって材料に適している多数のあらゆる堆積技術を用いて ULE ガラス層の第 1 表面上およびコーディエライト基板の第 1 表面上に配置されてよい。例えば、ステップ 8 0 2 は、任意のスパッタ堆積、噴霧堆積または物理的気相堆積技術を用いて導電層を ULE ガラス層およびコーディエライト基板の第 1 表面上に配置されてよい。

40

【 0 0 9 6 】

[0102] コーディエライト基板上に配置された導電層は、その後ステップ 8 0 4 でゼロデュアの間層 (例えば、図 5 A および図 5 B の層 5 3 0) の第 1 表面に結合される。さらに、その後ステップ 8 0 6 では、ULE ガラス層上に配置された導電層は、ゼロデュア層の第 2 表面に結合され、それによってレチクルを形成する。

【 0 0 9 7 】

[0103] 一実施形態では、1 層以上の導電層がステップ 8 0 4 および 8 0 6 においてゼロデュア層のそれぞれの表面に陽極結合されてよい。しかしながら、さらなる実施形態で

50

は、導電層は、本発明の精神または範囲から逸脱することなく当業者に明らかであってコーディエライト基板およびゼロデュア層に適している多数のあらゆる技術を用いてステップ804および806においてゼロデュア層のそれぞれの表面に結合されるか、またはそうでない場合取り付けられてよい。

【0098】

[0104] ULEガラス層の第2表面は、その後ステップ808で処理されて実質的に欠陥を有さない実質的に平坦な表面を形成する。一実施形態では、ULEガラス層の第2表面はステップ808で研磨されて実質的に平坦および実質的に欠陥のない表面を生む。しかしながら、追加または代替の実施形態では、第2表面は、本発明の精神または範囲から逸脱することなく当業者に明らかである他のあらゆる技術を用いてステップ808で処理

10

【0099】

[0105] さらなる実施形態(図示せず)では、EUVに対して高反射性の材料層を図7および図8の例示的方法によって生成されるレチクルの研磨された表面に適用することができる。さらに、当業者に明らかになるように、反射材料およびEUVリソグラフィプロセスに適した多数のあらゆる技術を用いて、パターンは適用される反射層上に形成されてよい。例えば、レジスト層は研磨された表面に適用されてよく、そのレジスト層は適切な波長の放射に露光され、その露光されたレジスト層はエッチングされてパターンを研磨された表面上に形成することができる。さらなる実施形態では、そのような追加の適用およびパターンニングステップは、エンドユーザへの納入の前にレチクルの製造者によって行う

20

【0100】

[0106] 図5Aおよび図5を参照して上記したように、本発明はゼロデュアから形成された中間層に限定されていない。さらなる実施形態では、中間層は、適切な機械的性質(例えば、動作温度範囲にわたって実質的にゼロの熱膨張係数)を有し、かつULEガラス層およびコーディエライト基板との陽極結合を容易にすることができる多数のあらゆる材料から形成されてよい。

【0101】

[0107] 上記した実施形態では、反射レチクルは、超低膨張(ULE)ケイ酸チタニウムガラスから形成される光学層の観点から記載されている。しかしながら、本発明の光学層はそのような材料に限定されない。さらなる実施形態では、本明細書中に記載される反射レチクルは、(i)EUVリソグラフィ装置の特性を示す動作温度範囲にわたって実質的にゼロである熱膨張係数を有し、かつ(ii)実質的に欠陥を有さない実質的に平坦な表面をもたらし、かつ1層以上の反射材料の適用に従うように処理することができる。

30

【0102】

[0108] さらに、上記の実施形態では、レチクル基板はコーディエライトセラミック材料に関して記載されているが、本発明のレチクル基板はそのような材料に限定されない。さらなる実施形態では、本明細書中に記載されるレチクルは、(i)EUVリソグラフィ装置の特性を示す動作温度範囲にわたって実質的にゼロである熱膨張係数、(ii)その動作範囲にわたって相対的に高い弾性率、および(iii)その動作範囲にわたって光学層の熱伝導率より実質的に高い熱伝導率を有する任意の材料から形成される基板を含んでよい。

40

【0103】

[0109] 本発明の反射レチクルは、その様々な実施形態を通して本明細書中に記載したように、吸収されたEUV放射からの局所的加熱によるレチクル表面のあらゆる歪み、よって誘導されるあらゆるパターンエラーを実質的に減少または除去する。光学層のあらゆる局所的加熱は、その低い熱抵抗により光学層を通して基板へと速く拡散される。さらに、基板の熱伝導率は既存のEUVレチクルの基板の熱伝導率より実質的に高いため、EUV放射の吸収による基板で受けたあらゆる局所的熱流束は、基板中に拡散し、かつ基板を

50

通ってEUVリソグラフィ装置内のレチクルチャック、マスクテーブルまたはレチクルを支持する他の構造の中へと拡散される。したがって、図3に示す既存のEUVレチクルとは対照的に、本発明のレチクルは、吸収されたEUV放射によるパターンング表面の熱的歪みを実質的に減少または除去する一方、業界基準と一致するレチクルの厚さを維持する。

【0104】

結論

[0110] 本発明の様々な実施形態が以上で説明されているが、この実施形態は一例として示されているだけで限定ではないことを理解されたい。形態および詳細の様々な変更が、本発明の精神および範囲から逸脱することなく、本発明においてなされてよいことは当業者には明らかであろう。したがって、本発明の幅および範囲は、以上で説明したいかなる例示の実施形態によっても限定されるべきではなく、添付の特許請求の範囲およびその均等物に従ってのみ定義されるべきである。

【0105】

[0111] 本発明の概要および要約の項目は、(一人以上の)発明者が想定するような本発明の1つ以上の例示の実施形態について述べるができるが、全ての例示の実施形態を述べることはできず、したがって、本発明および添付の請求の範囲をいかなる意味でも制限しないものとする。

10

【図1A】

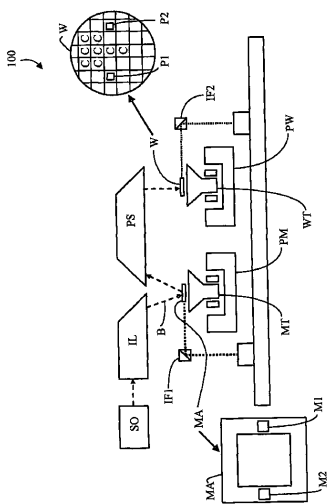


FIG. 1A

【図1B】

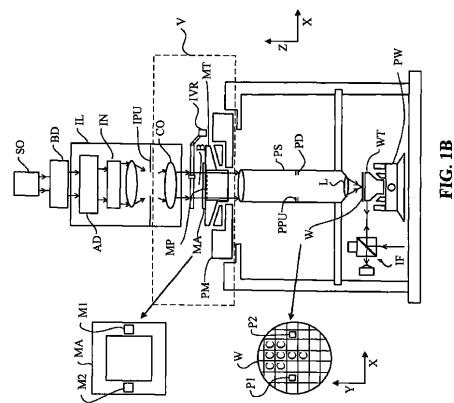


FIG. 1B

【 2 】

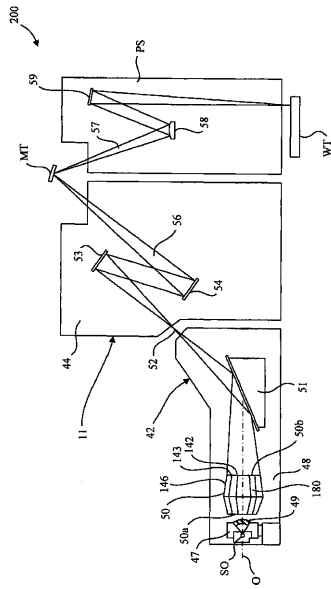


FIG. 2

【 3 】

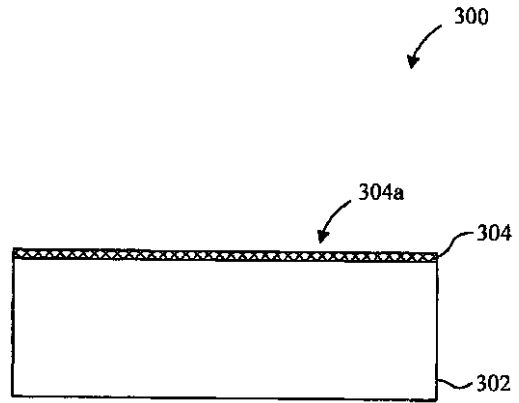


FIG. 3

【 4 A 】

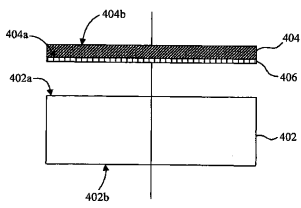


FIG. 4A

【 4 B 】

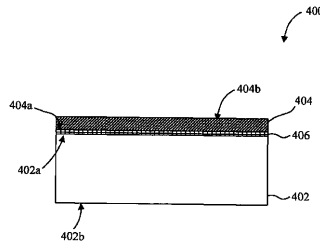


FIG. 4B

【図5A】

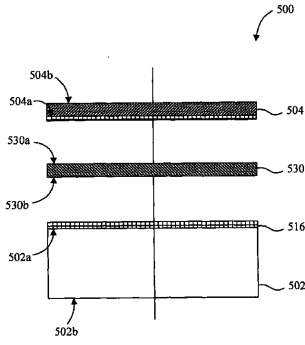


FIG. 5A

【図5B】

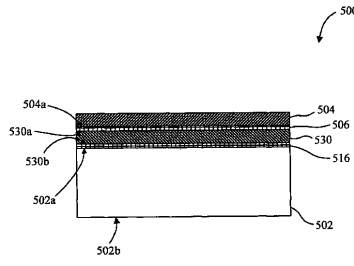


FIG. 5B

【図6】

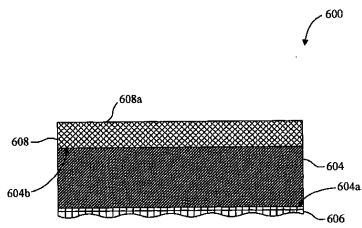
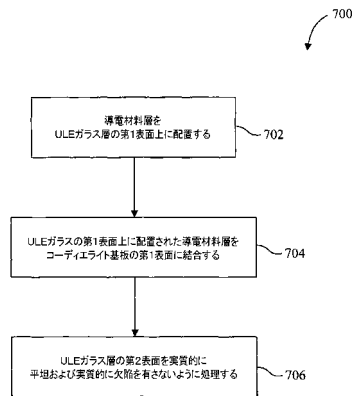
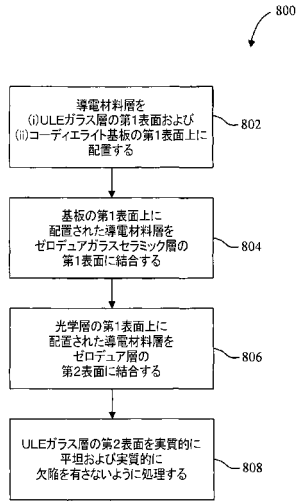


FIG. 6

【図7】



【図8】



フロントページの続き

- (72)発明者 ネルソン, マイケル, エル.
アメリカ合衆国, コネチカット州 06896, ダブリュー・レディング, ピースエイブル スト
リート 15
- (72)発明者 ペリー, マイケル
アメリカ合衆国, コネチカット州 06787, トラストン, エイダ ドライブ 68

審査官 関口 英樹

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2004/0009410(US, A1)
特開平08-068898(JP, A)
特開2006-177740(JP, A)
特開2004-165629(JP, A)
特開平01-175734(JP, A)
特開2005-268359(JP, A)
特開2007-528608(JP, A)
特表2007-523030(JP, A)
特開2004-320035(JP, A)
特開2006-352134(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027
G03F 7/20 - 7/24
G03F 1/00 - 1/86