

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2014-508414

(P2014-508414A)

(43) 公表日 平成26年4月3日(2014.4.3)

(51) Int.Cl.

H01L 21/027 (2006.01)
G03F 7/20 (2006.01)

F 1

H01L 21/30
G03F 7/20

テーマコード(参考)

2H097
5F146

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 33 頁)

(21) 出願番号 特願2013-555773 (P2013-555773)
 (86) (22) 出願日 平成23年12月21日 (2011.12.21)
 (85) 翻訳文提出日 平成25年10月25日 (2013.10.25)
 (86) 國際出願番号 PCT/EP2011/073537
 (87) 國際公開番号 WO2012/119672
 (87) 國際公開日 平成24年9月13日 (2012.9.13)
 (31) 優先権主張番号 61/449,381
 (32) 優先日 平成23年3月4日 (2011.3.4)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 504151804
 エーエスエムエル ネザーランズ ピー.
 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
 (74) 代理人 100079108
 弁理士 稲葉 良幸
 (74) 代理人 100109346
 弁理士 大貫 敏史
 (72) 発明者 バニエ, バディム
 オランダ国, ドゥールネ エヌエル-57
 51 エスビー, エエンドラヒト 21

最終頁に続く

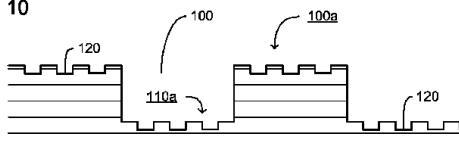
(54) 【発明の名称】リソグラフィ装置、スペクトル純度フィルタおよびデバイス製造方法

(57) 【要約】

少なくとも1つの望ましくない範囲の放射波長における放射ビームの放射の強度を減少させるように構成された少なくとも2つのスペクトル純度フィルタを備える、放射ビームをパターニングして放射ビームを基板上に投影するためのリソグラフィ装置。2つのスペクトル純度フィルタは互いに異なる放射フィルタリング構造を持つ。

【選択図】図10

Fig 10



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

放射ビームをパターニングし、該放射ビームを基板上に投影するリソグラフィ装置であって、

各々が少なくとも 1 つの望ましくない範囲の放射波長における前記放射ビームの放射の強度を減少させる、少なくとも 2 つのスペクトル純度フィルタを備え、

該少なくとも 2 つのスペクトル純度フィルタは異なる放射フィルタリング構造を有する、リソグラフィ装置。

【請求項 2】

前記スペクトル純度フィルタのうちの少なくとも 1 つは、格子スペクトル純度フィルタであり、該格子スペクトル純度フィルタは、

(a) 交互層の多層スタックであって、該多層スタックに対して第 1 方向に第 1 波長の放射を反射する、交互層の多層スタックと、

(b) 前記多層スタックの頂面における複数の凹所であって、第 2 波長の放射が前記第 1 方向とは異なる前記多層スタックに対して第 2 方向に反射するように配置された格子を形成する、凹所と

を備える、請求項 1 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 3】

前記格子スペクトル純度フィルタは、前記放射ビームにおける赤外線の強度を減少させる、請求項 2 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 4】

前記格子スペクトル純度フィルタは、放射ビームパス内で、前記放射ビームを提供する放射源に対して前記少なくとも 2 つのスペクトル純度フィルタのうちの他方より近くに配置される、請求項 3 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 5】

前記放射ビームを提供する放射システムを備え、

前記格子スペクトル純度フィルタは、前記放射システムにおけるコレクタの少なくとも一部の反射面上に形成される、請求項 4 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 6】

前記スペクトル純度フィルタのうちの 2 番目は、第 2 格子スペクトル純度フィルタである、請求項 5 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 7】

前記第 2 格子スペクトル純度フィルタは、第 1 複数の凹所より小さい第 2 複数の凹所を備え、

前記第 2 複数の凹所は、前記第 1 複数の凹所のうちの凹所と凹所との間の前記多層スタックの前記頂面および前記第 1 複数の凹所のうちの前記凹所の下面に形成され、

前記第 2 複数の凹所は、第 3 波長の放射が前記第 1 方向とは異なる前記多層スタックに対して第 3 方向に反射するように配置された少なくとも 1 つの第 2 格子を形成する、請求項 6 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 8】

前記第 2 格子スペクトル純度フィルタは、

(a) 交互層の第 2 多層スタックであって、前記多層スタックに対して前記第 1 方向に前記第 1 波長の放射を反射する、交互層の第 2 多層スタックと、

(b) 前記第 2 多層スタックの頂面における第 2 複数の凹所であって、第 3 波長の放射が前記第 1 方向とは異なる第 3 方向に反射するように配置された格子を形成する、第 2 複数の凹所とを備え、

前記第 1 多層スタックおよび前記第 2 多層スタックは、前記放射ビームパス内でそれぞれの反射面上に形成される、請求項 6 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 9】

前記スペクトル純度フィルタのうちの少なくとも 1 つは、膜スペクトル純度フィルタで

10

20

30

40

50

あり、

前記膜スペクトル純度フィルタは、薄層材料を含み、前記放射ビームが前記薄層材料を通過するように配置され、さらに、前記薄層材料が少なくとも1つの望ましくない範囲の放射波長における放射を少なくとも1つの望ましい範囲の放射波長における放射より少く透過するように選択される、請求項1に記載のリソグラフィ装置。

【請求項10】

前記膜スペクトル純度フィルタは、前記放射ビームが前記膜スペクトル純度フィルタを一度のみ通過するような前記放射ビームパスにおける位置に配置される、請求項9に記載のリソグラフィ装置。

【請求項11】

前記放射ビームが照明システム内に入るために中間焦点に合焦されるように前記放射ビームを調節する照明システムを備え、

前記膜スペクトル純度フィルタは、前記中間焦点の前の最終要素または前記中間焦点の後の第1要素として前記放射ビームパスに配置される、請求項10に記載のリソグラフィ装置。

【請求項12】

前記膜スペクトル純度フィルタは、前記膜の表面が前記放射ビームの光軸に対して約1~30°、好ましくは約15°の角度をなすように配置される、請求項11に記載のリソグラフィ装置。

【請求項13】

前記放射ビームを調節する照明システムを備え、

前記照明システムは、かすめ入射リフレクタを備え、

前記膜スペクトル純度フィルタは、前記かすめ入射リフレクタの前の最終要素または前記かすめ入射リフレクタの後の第1要素として前記放射ビームパスに配置される、請求項9に記載のリソグラフィ装置。

【請求項14】

前記膜スペクトル純度フィルタは、前記膜の表面が前記放射ビームの光軸に対して約20~60°の角度をなすように配置される、請求項13に記載のリソグラフィ装置。

【請求項15】

前記スペクトル純度フィルタのうちの少なくとも1つは、グリッドスペクトル純度フィルタであり、

前記グリッドスペクトル純度フィルタは、少なくとも1つのアーチャを有する基板を備え、

前記少なくとも1つのアーチャは、前記基板を貫通し、

前記少なくとも1つのアーチャは、所望の放射波長の放射ビームの少なくとも一部が前記アーチャを透過しかつ少なくとも1つの望ましくない範囲の放射波長における放射が反射するように選択された幅を有する、請求項1に記載のリソグラフィ装置。

【請求項16】

前記放射ビームを調節する照明システムを備え、

前記放射ビームは、前記照明システム内に入るために中間焦点に合焦され、

前記グリッドスペクトル純度フィルタは、前記中間焦点の前の最終要素としてまたは前記中間焦点の後の第1要素として前記放射ビームパスに配置される、請求項15に記載のリソグラフィ装置。

【請求項17】

前記スペクトル純度フィルタのうちの少なくとも1つは、前記放射ビームパスにおける少なくとも1つのリフレクタ上に形成された反射防止コーティングであり、

前記反射防止コーティングは、望ましい放射波長の少なくとも1つの範囲に対するよりも、望ましくない放射波長の少なくとも1つの範囲に対してより低い反射率を有するように選択される、請求項1に記載のリソグラフィ装置。

【請求項18】

10

20

30

40

50

前記放射ビームパスにおける少なくとも2つのリフレクタには前記反射防止コーティングが設けられる、請求項17に記載のリソグラフィ装置。

【請求項19】

(a) 放射ビームをパターニングすることと、
 (b) 少なくとも1つの望ましくない範囲の放射波長における前記放射ビームの放射の強度を減少させるために少なくとも2つのスペクトル純度フィルタを介して基板上にパターニングされた放射ビームを投影することと
 を含み、

前記少なくとも2つのスペクトル純度フィルタは、互いに異なる放射フィルタリング構造を持つ、デバイス製造方法。

10

【請求項20】

(a) 交互層の多層スタックであって、該多層スタックに対して第1方向に第1波長の放射を反射する、交互層の多層スタックと、

(b) 前記多層スタックの頂面における第1複数の凹所であって、第2波長の放射が前記第1方向とは異なる前記多層スタックに対して第2方向に反射するように配置された第1格子を形成する、第1複数の凹所と、

(c) 前記第1複数の凹所より小さい第2複数の凹所であって、前記第1複数の凹所のうちの凹所と凹所との間の前記多層スタックの頂面および前記第1複数の凹所のうちの前記凹所の下面に形成され、また、第3方向の放射が前記第1方向とは異なる前記多層スタックに対して第3方向に反射するように配置された少なくとも1つの第2格子を形成する、第2複数の凹所と
 を備える、スペクトル純度フィルタ。

20

【請求項21】

前記第1複数の凹所は、約1.5μm～3μmの間、望ましくは約2.65μmの深さを有する、請求項20に記載のリソグラフィ装置。

【請求項22】

前記第2複数の凹所は、約25nm～75nmの間、望ましくは約50nmの深さを有する、請求項21に記載のリソグラフィ装置。

【請求項23】

前記第2複数の凹所は、実質的に長方形および実質的に三角形のうちのいずれかである断面を有する、請求項22に記載のリソグラフィ装置。

30

【請求項24】

前記第2方向および前記第3方向は実質的に同じである、請求項23に記載のリソグラフィ装置。

【請求項25】

放射ビームをパターニングし、該放射ビームを基板上に投影するリソグラフィ装置であつて、

各々が少なくとも1つの望ましくない範囲の放射波長における前記放射ビームの放射の強度を減少させる少なくとも2つのスペクトル純度フィルタを備え、

(a) 前記少なくとも2つのスペクトル純度フィルタは、互いに異なる放射フィルタリング構造を持つ、リソグラフィ装置。

40

【請求項26】

前記スペクトル純度フィルタのうちの少なくとも1つは、格子スペクトル純度フィルタであり、該格子スペクトル純度フィルタは、

(a) 交互層の多層スタックであって、該多層スタックに対して第1方向に第1波長の放射を反射する、交互層の多層スタックと、

(b) 前記多層スタックの頂面における複数の凹所であって、第2波長の放射が前記第1方向とは異なる前記多層スタックに対して第2方向に反射するように配置された格子を形成する、凹所と
 を備える、請求項25に記載のリソグラフィ装置。

50

【請求項 27】

前記格子スペクトル純度フィルタは、前記放射ビームにおける赤外線の強度を減少させる、請求項25に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 28】

前記格子スペクトル純度フィルタは、放射ビームバス内で、前記放射ビームを提供する放射源に対して前記少なくとも2つのスペクトル純度フィルタのうちの他方より近くに配置される、請求項26または27に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 29】

前記放射ビームを提供する放射システムを備え、

(a) 前記格子スペクトル純度フィルタは、前記放射システムにおけるコレクタの少なくとも一部の反射面上に形成される、請求項26～28のうちのいずれかに記載のリソグラフィ装置。

10

【請求項 30】

前記スペクトル純度フィルタのうちの2番目は、第2格子スペクトル純度フィルタである、請求項26～29のうちのいずれかに記載のリソグラフィ装置。

【請求項 31】

前記第2格子スペクトル純度フィルタは、第1複数の凹所より小さい第2複数の凹所を備え、

前記第2複数の凹所は、前記第1複数の凹所のうちの凹所と凹所との間の前記多層スタックの頂面および前記第1複数の凹所のうちの前記凹所の下面に形成され、

20

(a) 前記第2複数の凹所は、第3波長の放射が前記第1方向とは異なる前記多層スタックに対して第3方向に反射するように配置された少なくとも1つの第2格子を形成する、請求項30に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 32】

前記第2格子スペクトル純度フィルタは、

(a) 交互層の第2多層スタックであって、前記多層スタックに対して前記第1方向に前記第1波長の放射を反射する、交互層の第2多層スタックと、

(b) 前記第2多層スタックの頂面における第2複数の凹所であって、第3波長の放射が前記第1方向とは異なる第3方向に反射するように配置された格子を形成する、第2複数の凹所とを備え、

30

前記第1多層スタックおよび前記第2多層スタックは、前記放射ビームバス内でそれぞれの反射面上に形成される、請求項30に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 33】

前記スペクトル純度フィルタのうちの少なくとも1つは、膜スペクトル純度フィルタであり、

前記膜スペクトル純度フィルタは、薄層材料を含み、前記放射ビームが前記薄層材料を通過するように配置され、さらに、前記薄層材料が少なくとも1つの望ましくない範囲の放射波長における放射を少なくとも1つの望ましい範囲の放射波長における放射より少なく透過するように選択される、請求項1～32のうちのいずれかに記載のリソグラフィ装置。

40

【請求項 34】

前記膜スペクトル純度フィルタは、前記放射ビームが前記膜スペクトル純度フィルタを一度のみ通過するような前記放射ビームバスにおける位置に配置される、請求項33に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 35】

前記放射ビームを調節する照明システムを備え、

(a) 前記放射ビームは、前記照明システム内に入るために中間焦点に合焦され、(b) 前記膜スペクトル純度フィルタは、前記中間焦点の前の最終要素または前記中間焦点の後の第1要素として前記放射ビームバスに配置される、請求項33または34に記載のリソグラフィ装置。

50

【請求項 3 6】

前記膜スペクトル純度フィルタは、前記膜の表面が前記放射ビームの光軸に対して約1~30°、好ましくは約15°の角度をなすように配置される、請求項35に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 3 7】

前記放射ビームを調節する照明システムを備え、

(a) 前記照明システムは、かすめ入射リフレクタを備え、

(b) 前記膜スペクトル純度フィルタは、前記かすめ入射リフレクタの前の最終要素または前記かすめ入射リフレクタの後の第1要素として前記放射ビームパスに配置される、請求項33または34に記載のリソグラフィ装置。

10

【請求項 3 8】

前記膜スペクトル純度フィルタは、前記膜の表面が前記放射ビームの光軸に対して約20~60°の角度をなすように配置される、請求項37に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 3 9】

前記スペクトル純度フィルタのうちの少なくとも1つは、グリッドスペクトル純度フィルタであり、

前記グリッドスペクトル純度フィルタは、少なくとも1つのアーチャを有する基板を備え、

前記少なくとも1つのアーチャは、前記基板を貫通し、

前記少なくとも1つのアーチャは、所望の放射波長の放射ビームの少なくとも一部が前記アーチャを透過しかつ少なくとも1つの望ましくない範囲の放射波長における放射が反射するように選択された幅を有する、請求項1~38のうちのいずれかに記載のリソグラフィ装置。

20

【請求項 4 0】

前記放射ビームを調節する照明システムを備え、

(a) 前記放射ビームは、前記照明システム内へと入るために中間焦点に合焦され、

(b) 前記グリッドスペクトル純度フィルタは、前記中間焦点の前の最終要素または前記中間焦点の後の第1要素として前記放射ビームパスに配置される、請求項39に記載のリソグラフィ装置。

30

【請求項 4 1】

前記スペクトル純度フィルタのうちの少なくとも1つは、前記放射ビームパスにおける少なくとも1つのリフレクタ上に形成された反射防止コーティングで、

前記反射防止コーティングは、望ましい放射波長の少なくとも1つの範囲に対するよりも、望ましくない放射波長の少なくとも1つの範囲に対してより低い反射率を有するよう選択される、請求項1~40に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 4 2】

前記放射ビームパスにおける少なくとも2つのリフレクタには前記反射防止コーティングが設けられる、請求項41に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 4 3】

放射ビームをパターニングすることと、該放射ビームを基板上に投影することとを含むデバイス製造方法であって、

(a) 少なくとも1つの望ましくない範囲の放射波長における前記放射ビームの放射の強度を減少させるために少なくとも2つのスペクトル純度フィルタを用いることを含み、

(b) 前記少なくとも2つのスペクトル純度フィルタは互いに異なる放射フィルタリング構造を持つ、デバイス製造方法。

40

【請求項 4 4】

(a) 交互層の多層スタックであって、該多層スタックに対して第1方向に第1波長の放射を反射する、交互層の多層スタックと、

(b) 前記多層スタックの頂面における第1複数の凹所であって、第2波長の放射が前記第1方向とは異なる前記多層スタックに対して第2方向に反射するように配置された第

50

1格子を形成する、第1複数の凹所と、

(c) 前記第1複数の凹所より小さい第2複数の凹所であって、前記第1複数の凹所のうちの凹所と凹所と間の前記多層スタックの頂面および前記第1複数の凹所のうちの前記凹所の下面に形成され、また、第3方向の放射が前記第1方向とは異なる前記多層スタックに対して第3方向に反射するように配置された少なくとも1つの第2格子を形成する、第2複数の凹所と

を備える、スペクトル純度フィルタ。

【請求項45】

前記第1複数の凹所は、約1.5μm～3μmの間、望ましくは約2.65μmの深さを有する、請求項44に記載のリソグラフィ装置。 10

【請求項46】

前記第2複数の凹所は、約25nm～75nmの間、望ましくは約50nmの深さを有する、請求項44または45に記載のリソグラフィ装置。

【請求項47】

前記第2複数の凹所は、実質的に長方形および実質的に三角形のうちのいずれかである断面を有する、請求項44、45または46に記載のリソグラフィ装置。

【請求項48】

前記第2方向および前記第3方向は実質的に同じである、請求項44～47のうちのいずれかに記載のリソグラフィ装置。 20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願への相互参照

[0001] 本願は、2011年3月4日に出願した米国仮出願第61/449,381号の優先権を主張し、その全体を本願に参考として組み込む。

【0002】

[0002] 本発明は、リソグラフィ装置、スペクトル純度フィルタおよびデバイス製造方法に関する。 30

【背景技術】

【0003】

[0003] リソグラフィ装置は、所望のパターンを基板上、通常、基板のターゲット部分上に付与する機械である。リソグラフィ装置は、例えば、集積回路（IC）の製造に用いることができる。その場合、ICの個々の層上に形成される回路パターンを生成するために、マスクまたはレチカルとも呼ばれるパターニングデバイスを用いることができる。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（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。

【0004】

[0004] リソグラフィは、ICや他のデバイスおよび/または構造の製造における重要なステップの1つとして広く認識されている。しかしながら、リソグラフィを使用して作られるフィーチャの寸法が小さくなるにつれ、リソグラフィは、小型ICあるいは他のデバイスおよび/または構造を製造できるようにするためのより一層重要な要因になりつつある。 40

【0005】

[0005] パターン印刷の限界の理論推定値を、式(1)に示す解像度に関するレイリー基準によって得ることができる。

【数1】

$$CD = k_1 * \frac{\lambda}{NA_{PS}} \quad (1)$$

上の式で、 λ は使用される放射の波長であり、 NA_{PS} はパターンを印刷するために使用される投影システムの開口数であり、 k_1 はレイリー定数とも呼ばれるプロセス依存調整係数であり、 CD は印刷されたフィーチャのフィーチャサイズ（またはクリティカルディメンジョン）である。式(1)から、フィーチャの最小印刷可能サイズの縮小は、以下の3つの方法、露光波長 λ を短縮することによって、開口数 NA_{PS} を増加させることによって、あるいは k_1 の値を低下させることによって達成することができる、と言える。

【0006】

[0006] 露光波長を短縮するため、したがって、最小印刷可能サイズを縮小するためには、極端紫外線（EUV）放射源を使用することが提案されている。EUV放射源は、約13nmの放射波長を出力するように構成される。したがって、EUV放射源は、小さいフィーチャ印刷を達成するための重要なステップを構成し得る。そのような放射を極端紫外線または軟X線と呼ぶこともでき、可能な放射源としては、例えば、レーザ生成プラズマ源、放電プラズマ源、または電子蓄積リングからのシンクロトロン放射が挙げられる。有用なEUV帯域内放射と共に、EUV放射源は、ほぼ同等（時々それ以上）の望ましくない帯域外赤外線（「IR」）および深紫外線（「DUV」）を生成し得る。

【0007】

[0007] スペクトル純度フィルタは、露光に使用される放射ビームから非EUV放射をフィルタリングするために開発された。

【発明の概要】

【0008】

[0008] しかしながら、開発されたスペクトル純度フィルタは、高い熱負荷に耐えることができず、大きさが限定され、かつ所望のフィルタリングを提供できないことがある。したがって、改良された放射システムを提供することが望ましい。さらに、リソグラフィで使用されるスペクトル的に十分に純粋な放射ビームを生成することができる放射システムを提供することが望ましい。さらに、不要な放射の経路を放射ビームの外に変更することによって極端紫外線（EUV）の純粋なビームを生成することができる耐久性を有する放射システムを提供することが望ましい。

【0009】

[0009] 本発明の一実施形態によると、放射ビームをパターニングし、該放射ビームを基板上に投影するように構成されたリソグラフィ装置であって、各々が少なくとも1つの望ましくない範囲の放射波長における放射ビームの放射の強度を減少させるように構成された、少なくとも2つのスペクトル純度フィルタを備え、該少なくとも2つのスペクトル純度フィルタは、互いに異なる放射フィルタリング構造を持つ、リソグラフィ装置が提供される。

【0010】

[0010] 本発明の一実施形態によると、放射ビームをパターニングすることと、放射ビームを基板上に投影することとを含むデバイス製造方法であって、少なくとも1つの望ましくない範囲の放射波長における放射ビームの放射の強度を減少させるために少なくとも2つのスペクトル純度フィルタを用いることを含み、少なくとも2つのスペクトル純度フィルタは互いに異なる放射フィルタリング構造を持つ、デバイス製造方法が提供される。

【0011】

[0011] 本発明の一実施形態によると、交互層の多層スタックであって、多層スタックに対して第1方向に第1波長の放射を反射するように構成された、交互層の多層スタックと、多層スタックの頂面における第1複数の凹所であって、第2波長の放射が第1方向とは異なる多層スタックに対して第2方向に反射するように配置された第1格子を形成するように構成された、第1複数の凹所と、第1複数の凹所より小さい第2複数の凹所であって、第2複数の凹所は第1複数の凹所のうちの凹所と凹所との間の多層スタックの頂面お

10

20

30

40

50

より第1複数の凹所のうちの凹所の下面に形成され、第2複数の凹所は、第3波長の放射が第1方向とは異なる多層スタックに対して第3方向に反射するよう配置された少なくとも1つの第2格子を形成するように構成された、第2複数の凹所とを備える、スペクトル純度フィルタが提供される。

【0012】

[0012]本発明の様々な特徴および利点、ならびに本発明の様々な実施形態の構造および動作を、添付の図面を参照しながら以下に詳細に説明する。本発明は、本明細書で説明する特定の実施形態に限定されない。このような実施形態は、本明細書では例示のためにのみ提示されている。本明細書に含まれる教示に基づき、当業者には追加の実施形態が明白になるであろう。

10

【図面の簡単な説明】

【0013】

[0013] 本発明のいくつかの実施形態を、単なる例として、添付の概略図を参照して以下に説明する。これらの図面において同じ参照符号は対応する部分を示す。

【図1】[0014] 図1は、本発明の一実施形態によるリソグラフィ装置を示す。

【図2】[0015] 図2は、本発明の一実施形態によるリソグラフィ装置を示す。

【図3】[0016] 図3は、本発明の一実施形態による放射源および法線入射コレクタを示す。

【図4】[0017] 図4は、本発明の一実施形態による放射源およびシュヴァルツシルト型法線入射コレクタを示す。

20

【図5】[0018] 図5は、図1のリソグラフィ装置で使用することができるスペクトル純度フィルタの実施形態を示す。

【図6】[0019] 図6は、本発明によるスペクトル純度フィルタを用いる放射ビーム調節システムの構成を示す。

【図7】[0020] 図7は、図6に示す構成の変形体を示す。

【図8a】[0021] 図8aは、スペクトル純度フィルタを形成する方法を示す。

【図8b】[0021] 図8bは、スペクトル純度フィルタを形成する方法を示す。

【図8c】[0021] 図8cは、スペクトル純度フィルタを形成する方法を示す。

【図8d】[0021] 図8dは、スペクトル純度フィルタを形成する方法を示す。

【図8e】[0021] 図8eは、スペクトル純度フィルタを形成する方法を示す。

【図8f】[0021] 図8fは、スペクトル純度フィルタを形成する方法を示す。

【図8g】[0021] 図8gは、スペクトル純度フィルタを形成する方法を示す。

30

【図9】[0022] 図9は、図8a～図8に示す方法で使用するターゲット上に放射の干渉パターンを投影するためのシステムを示す。

【図10】[0023] 図10は、本発明で使用することができるスペクトル純度フィルタの構成を概略的に示す。

【図11】[0023] 図11は、本発明で使用することができるスペクトル純度フィルタの構成を概略的に示す。

【図12】[0024] 図12は、本発明で使用することができるスペクトル純度フィルタの構成を示す。

【図13】[0025] 図13は、本発明で使用することができるスペクトル純度フィルタの構成を示す。

【図14】[0026] 図14は、本発明で使用することができるスペクトル純度フィルタの構成を示す。

【0014】

[0027] 本発明の特徴および利点は、以下に述べる詳細な説明を図面と組み合わせて考慮することによりさらに明白になるであろう。ここで、同様の参照文字は全体を通して対応する要素を識別する。図面では、同様の参照番号は全体的に同一、機能的に類似する、および／または構造的に類似する要素を示す。要素が最初に現れた図面を、対応する参照番号の最も左側の（1つ以上の）桁で示す。

50

【発明を実施するための形態】

【0015】

[0028] 図1は、本発明の一実施形態となり得るまたはそれを含むリソグラフィ装置の一実施形態を概略的に示す。このリソグラフィ装置は、放射ビームB（例えば、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、パターニングデバイス（例えば、マスクまたはレチクル）MAを支持するように構築され、かつパターニングデバイスを正確に位置決めするように構成された第1ポジショナPMに連結されたサポート構造またはパターニングデバイスサポート（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築され、かつ基板を正確に位置決めするように構成された第2ポジショナPWに連結された基板テーブル（例えば、ウェーハテーブル）WTと、パターニングデバイスマA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C（例えば、1つ以上のダイを含む）上に投影するように構成された投影システム（例えば、反射投影レンズシステム）PSとを備える。

10

【0016】

[0029] 照明システムとしては、放射を誘導し、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。

20

【0017】

[0030] サポート構造MTは、パターニングデバイスの向き、リソグラフィ装置の設計、および、パターニングデバイス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、パターニングデバイスマAを保持する。サポート構造は、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、パターニングデバイスを保持することができる。サポート構造は、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。サポート構造は、パターニングデバイスを、例えば、投影システムに対して所望の位置に確実に置くことができる。

20

【0018】

[0031] 「パターニングデバイス」という用語は、基板のターゲット部分内にパターンを作り出すように、放射ビーム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と、広く解釈されるべきである。放射ビームに付けたパターンは、集積回路などのターゲット部分内に作り出されるデバイス内の特定の機能層に対応することができる。

30

【0019】

[0032] パターニングデバイスは、透過型であっても、反射型であってもよい。パターニングデバイスの例としては、マスク、プログラマブルミラーアレイ、およびプログラマブル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。プログラマ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にパターンを付ける。

40

【0020】

[0033] 「投影システム」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得る。ガスは放射または電子を吸収しすぎることがあるので、EUVまたは電子ビーム放射に対しては真空を使用することが望ましい場合がある。したがって、真空壁および真空ポンプを用いてビームパス全体に真空環境を提供することができる。

【0021】

50

[0034] 本明細書に示されているとおり、リソグラフィ装置は、反射型のもの（例えば、反射型マスクを採用しているもの）である。また、リソグラフィ装置は、透過型のもの（例えば、透過型マスクを採用しているもの）であってもよい。

【0022】

[0035] リソグラフィ装置は、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）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。

【0023】

[0036] 図1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。放射源SOは、放射システム3（すなわち、放射生成ユニット3）の一部であってもよい。放射システム3とリソグラフィ装置は、別個の構成要素であってもよい。そのような場合には、放射システム3は、リソグラフィ装置の一部を形成しているとはみなされず、また放射ビームは、放射システム3の放射源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を使って送られる。その他の場合においては、放射源は、リソグラフィ装置の一体部分とすることもできる。

【0024】

[0037] 放射システム3の放射源SOは、様々な方法によって構成されてよい。例えば、放射源SOは、レーザ生成プラズマ源（LPP源）、例えばスズLPP源（そのようなLPP源自体は知られている）または放電生成プラズマ源（DPP源）であってもよい。放射源SOは異なるタイプの放射源であってもよい。

10

【0025】

[0038] 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、インテグレータおよびコンデンサといったさまざまな他のコンポーネントを含むことができる。イルミネータを使って放射ビームを調整すれば、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らせることができる。

30

【0026】

[0039] 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ニングデバイス（例えば、マスク）MA上に入射して、パターニングデバイスによってパターン形成される。パターニングデバイス（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上にビームの焦点をあわせる。第2ポジショナ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ポジショナPMおよび別の位置センサPS1を使い、パターニングデバイス（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。パターニングデバイス（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を使って、位置合わせされてもよい。

40

【0027】

[0040] 例示の装置は、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。

【0028】

[0041] 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）MT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、

50

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。

【0029】

[0042] 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。

【0030】

[0043] 3. 別のモードにおいては、プログラマブルパター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、放射ビームに付けられている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、パルス放射源が採用されており、さらにプログラマブルパターニングデバイスは、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ます。

10

【0031】

[0044] 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。

20

【0032】

[0045] 図2は、図1の実施形態に示す装置の動作と同様の動作の原理を有するEUVリソグラフィ装置のさらなる実施形態を概略的に示している。図2の実施形態では、装置は、放射源コレクタモジュールまたは放射ユニット3（本明細書中、放射システムとも呼ぶ）、照明システムILおよび投影システムPSを含む。一実施形態によると、放射ユニット3には放射源SO、好ましくは、レーザ生成プラズマ（「LPP」）源が設けられている。本実施形態では、放射源SOによって放出される放射を、放射源チャンバ7からガスバリアまたは「フォイルトラップ」9を介してチャンバ8内へと送ることができる。図2では、チャンバ8は放射コレクタ10を含む。

30

【0033】

[0046] 図2は、かすめ入射コレクタ10の適用を示しているが、特に放射源がLPP源であった場合、コレクタは法線入射コレクタであってもよい。さらなる別の実施形態では、コレクタはシュヴァルツシルトコレクタ（図4を参照）であってもよく、放射源はDPP源であってもよい。

【0034】

[0047] 放射は、チャンバ8内のアパーチャから仮想光源点12（すなわち、中間焦点IF）に合焦されてよい。放射ビーム16はチャンバ8から照明システムILにおいて法線入射リフレクタ13, 14を介してサポート構造またはパターニングデバイスサポート（例えば、レチクルまたはマスクテーブル）MT上に位置決めされたパターニングデバイス（例えば、レチクルまたはマスク）へと反射する。投影システムPSによって反射要素18, 19を介してウェーハステージまたは基板テーブルWT上に結像されるパターン付きビーム17が形成される。図示されているより多くの要素が通常照明システムILおよび投影システムPSに存在し得る。

40

【0035】

[0048] 1つの反射要素19は、その前方に、アパーチャ21が中を通る開口数（NA）ディスク20を有してよい。アパーチャ21のサイズは、パターン付き放射ビーム17が基板テーブルWTに衝突するときにそのビーム17によって定められる角度 θ_i を決定する。

【0036】

50

[0049] 他の実施形態では、放射コレクタは、集光した放射を放射ビーム放出アパーチャへと合焦せるように構成されたコレクタ、放射源と一致する第1焦点および放射ビーム放出アパーチャと一致する第2焦点を有するコレクタ、法線入射コレクタ、単一の実質的に橜円の放射集光面部分を有するコレクタ、2つの放射集光面を有するシュヴァルツシルトコレクタのうちの1つ以上である。

【0037】

[0050] さらに、別の実施形態では、放射源SOは、所定の波長を有するコヒーレント光ビームを燃料に合焦せるように構成された光源を含むレーザ生成プラズマ(LPP)源であってもよい。

【0038】

[0051] 例えば、図3は、法線入射コレクタ70を含む放射源ユニット3の実施形態を断面図で示している。コレクタ70は、2つの自然な橜円の焦点F1, F2を有する橜円形構成を有する。特に、法線入射コレクタは、橜円体の断面の外形を有する単一の放射集光面70を有するコレクタを含む。言い換えると、橜円放射集光面部は仮想の橜円体(図面において点線Eで示されている部分)に沿って延在する。

【0039】

[0052] 当業者に理解されるように、集光ミラー70が橜円体(すなわち、橜円体に沿って延在する反射面70を含む)であった場合、ミラーは放射を1つの焦点F1から別の焦点F2へと合焦させる。焦点は橜円体の長軸上に、橜円の中心から $f = (a^2 - b^2)^{1/2}$ の距離に配置されており、2aおよび2bはそれぞれ主軸および短軸の長さである。図1に示す実施形態がLPP放射源SOを含む場合、コレクタは図3に示すような単一の橜円面鏡であってよく、ここでは光源SOが1つの焦点(F1)に位置決めされ、中間焦点IFがミラーの他方の焦点(F2)で確立される。反射面70に向かう第1焦点(F1)に配置された放射源から発出する放射、およびその表面から反射して第2焦点F2に向かう反射放射は、図面においてラインrで示している。例えば、一実施形態によると、言及した中間焦点IFは、リソグラフィ装置のコレクタと照明システムIL(図1および図2を参照)との間に配置されるか、または望ましい場合、照明システムIL内に配置されてもよい。

【0040】

[0053] 図4は、コレクタ170を含む本発明の一実施形態による放射源ユニット3'を断面図で概略的に示している。この場合、コレクタは、2つの法線入射コレクタ部分170a, 170bを含み、170a, 170bの各部分は、実質的に橜円の放射集光面部を有することが(必ずしもではないが)好ましい。特に、図4の実施形態は、2つのミラー170a, 170bから成ることが好ましいシュヴァルツシルトコレクタ設計を含む。放射源SOは第1焦点F1に配置されてよい。例えば、第1集光ミラー部分170aは、第1焦点F1から第2集光ミラー部分170bに向かって、特に第2焦点F2に向かって発出する放射を合焦せるように構成された凹状反射面(例えば、橜円または放物形)を有してよい。第2ミラー部分170bは、第1ミラー部分170aによって第2焦点F2に向かって、さらに焦点IF(例えば、中間焦点)に向かって誘導される放射を合焦せるように構成されてよい。第1ミラー部分170aは、(第2ミラー170bによって反射される)放射がさらなる焦点IFに向かって透過し得るアパーチャ172を含む。例えば、図4の実施形態は、DPP放射源と上手く組み合わせて使用することもできる。

【0041】

[0054] 本実施形態では、放射源SOはLPP源であって、このLPP源は、所定の波長を有するコヒーレント光のレーザビームを生成するように構成されたレーザ源と関連している。レーザ光は、レーザ生成プラズマプロセスにおいて燃料から放射ビームを生成するために燃料(例えば、燃料供給元によって供給される燃料、例えば、燃料小滴を含む燃料)に合焦される。この実施形態では、結果として生じる放射はEUV放射であってよい。非限定的な実施形態では、レーザ光の所定の波長は10.6ミクロン(すなわち、μm)である。当業者には明らかであるように、燃料は、例えば、スズ(Sn)であっても異

なる種類の燃料であってもよい。

【0042】

[0055] 放射コレクタ70は、放射源によって生成された放射を集光し、かつ集光した放射をチャンバ3の下流の放射ビーム放出アパーチャ60に合焦されるように構成されてよい。

【0043】

[0056] 例えば、放射源SOは発散放射を放出するように構成されてよく、コレクタ70はその発散放射を反射させて放出アパーチャ60に向かって集束する(図3および図4のように)集束放射ビームを提供するように配置されてよい。特に、コレクタ70は、システムの光軸O上の焦点IFに放射を合焦させてよく(図2を参照)、この焦点IFは放出アパーチャ60に配置されている。10

【0044】

[0057] 放出アパーチャ60は、円形のアパーチャまたは別の形状(例えば、橜円形、四角形または他の形状)を有してよい。放出アパーチャ60は小さいことが好ましく、例えば約10cmより小さい、好ましくは1cmより小さい(放射透過方向Tと横方向の方向、例えばアパーチャ60が円形の断面を有する場合に半径方向で測定された)直径を有する。光軸OXはアパーチャ60を介して中心に延在することが好ましいがこれは必須ではない。

【0045】

[0058] 放射源SOによって生成され得る赤外線('IR')はコレクタの下流のミラーとともにレチカルステージの加熱をもたらし得るため、IRを、パターニングデバイスマAに提供されている所望のEUV放射からフィルタリングすることが望ましい。深紫外線('DUV')(例えば、約190~250nmの範囲内の波長を有する)をEUVからフィルタリングすることも望ましい場合がある。なぜなら、DUVは基板W上のレジスト内のEUVイメージのボケをもたらし得るからである。20

【0046】

[0059] したがって、スペクトル純度フィルタがリソグラフィ装置内の放射ビームパス内に設けられてよい。そのようなスペクトル純度フィルタは、例えば、EUV放射を通過させるが他の波長(特に、望ましくない場合がある波長)の放射を遮断または再誘導するように配置されてよい。30

【0047】

[0060] そのようなスペクトル純度フィルタは望ましくない波長の放射を完全に遮断または再誘導することができないことが理解されるであろう。さらに、スペクトル純度フィルタは、望ましくない波長の異なる範囲における放射を遮断または再誘導できない場合がある。さらに、スペクトル純度フィルタは、放射ビーム内のEUV放射の強度を望ましくなく低減し得る。さらに、スペクトル純度フィルタは、そのフィルタが動作し得る条件によってある期間の後に劣化または破壊し得る。例えば、放射ビーム内の放射の全体的な強度により、スペクトル純度フィルタのかなりの加熱が生じ得る。さらに、放射ビームはパルス状になることがあり、これは、かなりの物理的ストレスを含む、スペクトル純度フィルタの一部の構成の変動する温度という結果となり得る。40

【0048】

[0061] リソグラフィ装置に対する全ての所望の条件、すなわち、多数の異なる範囲の望ましくない波長を含む望ましくない放射波長の十分な減衰、所望の波長の十分な透過およびリソグラフィ装置内の十分な耐久性などを満たすことができる单一のスペクトル純度フィルタはないことが分かった。しかしながら、EUV放射などの所望の放射波長の結果として生じる複合減衰により、任意の既知の構成を有する多数のスペクトル純度フィルタを含むことは以前から望ましくなかった。リソグラフィ装置における放射ビーム内の所望の放射波長の減衰は望ましくない。なぜなら、これは基板上の所望のパターンを形成するための時間を増やし、結果的に装置の減少したスループットとなり得るからである。

【0049】

10

20

30

40

50

[0062] 本発明の一実施形態によると、リソグラフィ装置において2つの異なる構成のスペクトル純度フィルタが使用されている。2つの異なる構成のスペクトル純度フィルタを用いることによって、1つの形態のスペクトル純度フィルタの欠損を別の形態のスペクトル純度フィルタの使用によって補償することが可能となることが好ましい。

【0050】

[0063] 例えば、以下にさらに詳細に説明するように、第1形態のスペクトル純度フィルタの使用は第2スペクトル純度フィルタの加熱を減少することができ、第2スペクトル純度フィルタに対するパラメータの選択を、例えば、第2フィルタの耐久性に対してあまり制約を受けずに特定の波長の放射のフィルタリングを最適化することを可能にする。したがって、単一の設計の2つのスペクトル純度フィルタを用いるリソグラフィ装置を提供することと比較して2つの異なるタイプまたは構成のスペクトル純度フィルタを選択することにかなりの利点があり得る。

10

【0051】

[0064] 本発明の実施形態では、以下に説明するように、2つの異なるスペクトル純度フィルタは、少なくとも、格子スペクトル純度フィルタ、膜スペクトル純度フィルタ、グリッドスペクトル純度フィルタおよび反射防止コーティングから選択することができる。2つ以上の異なるタイプのスペクトル純度フィルタを使用してもよいことが理解されるであろう。

20

【0052】

[0065] 格子スペクトル純度フィルタ11の非限定的な実施形態を図5に示しており、A、B、CおよびDとして表されている。以下にさらに詳細に説明するように、格子スペクトル純度フィルタは、上記した任意のコレクタのミラー上に設けられてよく、また、図2に示すミラー18または19あるいはリソグラフィ装置内の任意のリフレクタなどの照明システムILにおけるミラーに設けられてもよい。

30

【0053】

[0066] 必ずしもではないが、スペクトル純度フィルタ11が以下の仕様を満たすことが望ましい。

【表1】

領域	IFにて[W]	SPF後[W] (透過)	SPFにて 吸収及び反射された パワー[W]
EUV帯域内	130	> 105	< 25
OoB EUV 9-21nm	100	< 80	> 20
OoB EUV 5-130 nm	250	< 200	> 60
DUV 130-400 nm	200	< 2	> 198
VIS-NIR	10	< 5	> 5
IR	10	< 1	> 9
10.6um	260	< 26	> 234

40

【0054】

[0067] コレクタが13.5nmの波長を有する放射(EUV)に対して反射し続けるためには、格子スペクトル純度フィルタ11は、コレクタのために通常使用される平滑な(例えば、研磨された)基板に塗布されたコーティングを含む。コーティングは、平滑な基板上にいわゆる多層スタック100を作成するために材料が交替する複数の層を含んでよい(図5を参照)。一実施形態では、多層スタック100は、約1000枚の複数の交

50

互する層を含み、かつ約 $7 \mu\text{m}$ の全体的な厚さを有してよい。当該技術分野で知られている交互する層のための材料のあらゆる適切な組み合わせが使用されてよい。

【0055】

[0068] 多層スタック 100 が平滑な基板に適用された後、多層スタックの頂部側をエッティングし、例えば、ランダムな四角形（図 5 の A を参照）、ランダムな鋸（図 5 の D を参照）またはランダムな波形のパターン（図 5 の B および C を参照）にダイヤモンド切削またはスパッタリングを用いて機械的処理をして多層スタック 100 の頂部側に複数の凹所 110 を作成することによって格子スペクトルフィルタ 11 を形成する。

【0056】

[0069] 一実施形態では、凹所 110 は、例えば図 5 に示すように、対称的な断面を有してよい。10

【0057】

[0070] 一実施形態では、凹所 110 は、望ましくない放射の波長の約四分の一（すなわち、 $/4$ ）の深さ、および、凹所が 0 オーダの望ましくない放射（例えば、IR および DUV）を散乱（約 $50\times$ ）または所望の EUV 放射が反射される方向とは異なる方向に反射することを可能にする適切なプロフィール（図 5 を参照）を有し得る。同時に、当該技術分野では周知であるように、EUV コントラストは多層スタックにおける複数の交互する層によって決定されてもよい。所望の EUV 放射は、直接的または追加のミラーの使用によって中間焦点 IF に反射されてよい。

【0058】

[0071] 図 5 の格子スペクトルフィルタ 11 は、アパーチャ 60 を介して放出される放射のスペクトル純度を向上させるように構成される（図 3 および図 4 に示す）。一実施形態では、フィルタ 11 は、アパーチャ 60 に向かう放射の所望のスペクトル部分のみを透過するように構成される。例えば、フィルタ 11 は、放射の他の「望ましくない」スペクトル部分を反射、遮断または再誘導するように構成されてよい。フィルタ 11 は、放射の他の「望ましくない」スペクトル部分の遮断、再誘導および反射のうちの 1 つ以上の組み合わせを提供するように構成されることが好ましい。20

【0059】

[0072] 一実施形態によると、所望のスペクトル部分（すなわち、アパーチャ 60 を介して放出される）は EUV 放射である（例えば、 20 nm より低い波長、例えば、 13.5 nm の波長を有する）。フィルタ 11 は、その所望のスペクトル部分の入射放射（すなわち、放射源 SO からフィルタ 11 に向かう放射）の少なくとも 50%、好ましくは 80% より多くを透過するように構成されてよい。例えば、約 $10\mu\text{m}$ の波長 を有する放射をフィルタリングするために、多層スタックの頂部側における凹所は深さ約 $2.5\mu\text{m}$ であってよい。30

【0060】

[0073] 一実施形態において、スペクトル純度フィルタは、凹所が作成された後に多層スタックの頂部側に設けられる薄いコーティングを含んでもよい。コーティングの厚さは約 0.2 nm ~ 約 1 nm であってよい。コーティングは、高い導電率を示しつつ酸化しない金属を含んでよい。例えば、金属は、Ru、Pd、Pt、Rh、Ro、Ti、Au、Mo、Zr、Cu、Fe、Cr、Ni、Zn および Ag からなる群から選択されてよい。一実施形態では、金属は、Ru、Pd、Pt、Rh、Ro、Ti および Au からなる群から選択されてよい。40

【0061】

[0074] 一実施形態では、反射型多層スタックは、研磨された集光ミラーに堆積されてよい。反射型多層スタックには、ウェットエッティング、ドライエッティング、スクラッチングまたは他の機械的プロセスによっておよび / または所望のスペクトル純度フィルタをリフレクタ表面に移すためのあらゆる適切なリソグラフィ技術を用いて格子スペクトル純度フィルタが設けられてよい。

【0062】

10

20

30

40

50

[0075] 一実施形態では、反射型多層スタックは、上記で形成されたように、基板および格子スペクトル純度フィルタ上に堆積されてよい。次いで、多層リフレクタおよび格子スペクトル純度フィルタを含む基板は、例えば、適切な接着剤によって研磨された集光ミラーに取り付けられてよい。

【0063】

[0076] 図8a～図8gは、本発明で使用する格子スペクトル純度フィルタが形成され得るプロセスを示している。図示したように、プロセスは、例えば、研磨された集光ミラーである基板300から開始する。

【0064】

[0077] 反射型多層スタック301が、基板300の表面上に形成される。レジスト302などの放射感光性材料の層が、反射型多層スタック301の上に堆積される。その後、放射303の干渉パターンが放射感応性層302上に投影される。その後、放射感応性層301の材料は、反射型多層スタック301の表面上にパターン付きマスク304を生成するために展開される。表面は次いでエッチング（例えば、化学的エッチング）され、それによって、パターン付きマスク304は、エッチの影響の下、模様付き表面305を反射型多層スタック301の表面上に作り出し、スペクトル純度フィルタを形成する。最後に、必要に応じて、薄いコーティング306は、上記したように多層スタックの頂部側に形成されてよい。

10

【0065】

[0078] 上記したように、基板300は、リフレクタなどの格子スペクトルフィルタを上に形成することが望ましいコンポーネントであり得ることが理解されるであろう。あるいは、基板は、スペクトル純度フィルタが上に形成された別個のコンポーネントであって、その後、スペクトル純度フィルタが配置されることが望ましいコンポーネントに取り付けられてもよい。

20

【0066】

[0079] 図9は、図8a～図8gで示す方法を用いて格子スペクトル純度フィルタの形成中に放射の干渉パターンを基板上に投影するために用いることができるシステムを概略的に示している。しかしながら、放射の干渉パターンを格子スペクトル純度フィルタが形成される表面上に投影するために、別のシステムを提供してもよいことが理解されるであろう。

30

【0067】

[0080] 図9に示すように、システムは、狭帯域の放射源350を含んでよい。例えば、狭帯域の放射源350は、UV源351および狭帯域フィルタ352を含んでよい。システムは、干渉パターンを、狭帯域の放射源350によって生成される放射ビームに導入するための構成をさらに含む。例えば、図9に示すように、エタロン353が設けられてもよい（ファブリー・ペロー干渉計としても知られている）。さらに、干渉パターンをターゲット354上に適切に投影するために光コンポーネントが設けられてもよい。例えば、示されるように、非球面のビームエキスパンダ光学系355が放射源350とエタロン353との間に設けられてよく、また、フィールドレンズ356がエタロンとターゲット354との間に設けられてもよい。

40

【0068】

[0081] 図9に示すような構成が使用された場合、ターゲット354上に投影される放射の干渉パターンは、使用される放射の波長、放射ビームの強度および／またはエタロンスペーシングの調整によって調整すると理解されるであろう。

【0069】

[0082] 上記したような格子スペクトル純度フィルタを形成する方法、特に、放射の干渉パターンを基板上に投影するために図9に示すような構成を用いて形成する方法は、必要な模様付き表面の形成を上記した集光ミラーなどの比較的大きいコンポーネントの上で行うことを可能にすることも理解されたい。さらに、そのようなシステムは、曲面上への模様付き表面の形成、したがって、上記したようなスペクトル純度フィルタの形成に適用

50

できるため、好都合であり得る。

【0070】

[0083] 本発明の一態様によると、リソグラフィ装置は2つの格子スペクトル純度フィルタを使用してもよく、各フィルタには互いに異なる放射フィルタリング構造が提供される。

【0071】

[0084] 一実施形態では、2つの異なる格子スペクトル純度フィルタは、リソグラフィ装置内の異なるリフレクタ上に設けられてよい。したがって、上述したように、両方とも、頂面に形成された複数の凹所を有する多層スタックから形成されてよい。両方の格子スペクトル純度フィルタに対して、多層スタックは、EUV放射などの第1波長の放射が多層スタックに対して第1方向に反射されるように構成されてよい。凹所は、望ましくない放射波長をフィルタリングするために第1波長とは異なる波長の放射が第1方向とは異なる方向に反射されるように構成されてよい。

10

【0072】

[0085] 本発明の一実施形態では、第1格子スペクトル純度フィルタの凹所は第2格子スペクトル純度フィルタの凹所とは異なる寸法を有しており、すなわち、異なる放射フィルタリング構造を有する。したがって、2つの格子スペクトル純度フィルタを使用して光路からの異なる波長の放射をフィルタリングすることができる。例えば、1つの格子スペクトル純度フィルタは、赤外線（例えば、約10.6 μmの波長を有する）を抑制するために構成され、第2格子スペクトル純度フィルタは、DUV放射を抑制または除去するように構成されてよい。

20

【0073】

[0086] 本発明の一実施形態では、第1スペクトル純度フィルタおよび第2スペクトル純度フィルタの両方をリソグラフィ装置内の1つのリフレクタ上に一緒に設けられてよい。図10および図11は、2つの格子スペクトル純度フィルタの可能な組み合わせのうちの2つの構成を概略的に示している。示されるように、上記した格子スペクトル純度フィルタと同様に、図10および図11に示す格子スペクトル純度フィルタは、第1複数の凹所110が形成される多層スタック100から形成される。上記したスペクトル純度フィルタと同様に、多層スタック100は、多層スタック100に対して第1方向における第1波長の放射を反射するように構成されてよく、第1複数の凹所110は、第1方向とは異なる多層スタック100に対して第2方向の第2波長の放射を反射するように構成されてもよい。

30

【0074】

[0087] 第1複数の凹所110に加えて、第2複数の凹所120, 121が形成される。図10および図11に示すように、第2複数の凹所120, 121は第1複数の凹所110より小さく、第1複数の凹所のうちの凹所110間の多層スタック100の残りの頂面100a上および各々の凹所110の下面110a上に形成される。

40

【0075】

[0088] 第2複数の凹所120, 121は、第1波長および第2波長の放射とは異なる第3波長の放射を、第1方向とも異なる方向に反射するように構成されてよい。

【0076】

[0089] したがって、例えば、多層スタック100を用いてリソグラフィ装置の光路に沿って第1波長の放射を透過してもよく、第1複数の凹所110を用いて光路における第2放射波長を除去または抑制してもよく、さらに、第2複数の凹所120, 121を用いて光路から第3放射波長を除去または抑制してもよい。

【0077】

[0090] 図5に示す格子スペクトル純度フィルタと同様に、第1複数の凹所および第2複数の凹所は、任意の所望の断面を有してもよく、特に、対称的な断面を有してもよい。図10および図11に示す例では、第1複数の凹所110は長方形の断面を有してもよく、「バイナリ格子」とも呼ばれる。第1のより大きい複数の凹所110に対する長方形の断面

50

の利点としては、凹所がダイヤモンド切削などの機械的処理によって形成することができるということである。これは、第1格子スペクトル純度フィルタと第2格子スペクトル純度フィルタとの組み合わせを有するリフレクタを生成するコストを削減することができる。

【0078】

[0091] 図10に示す例では、第2複数の凹所120も長方形の断面を有している。そのような構成の利点としては、多層スタックの露出面の大部分が多層スタックの単一の層であり得ることである。したがって、多層スタックが2層の交互層（そのうち一方は他方よりリフレクタが使用される環境において劣化しやすい）から形成された場合、組み合わされた格子スペクトル純度フィルタは、主に露出されている最上層が劣化しにくい多層スタックの2つの材料のうちの1つから形成されるように構成されてよい。したがって、組み合わされた格子スペクトル純度フィルタの寿命を増大させることができる。

【0079】

[0092] 図11に示す例では、第2複数の凹所121はブレーズド、すなわち、三角形の断面を有する。ブレーズド格子を用いることの利点としては、ブレーズド格子は第1方向においてより幅広い範囲の波長を反射することができ、したがって、バイナリ格子を用いたときよりも光路からその波長を抑制または除去するために使用できることである。これは、大幅な範囲の波長にわたって存在し得るDUV放射を除去または抑制するための場合に特に好都合である。

【0080】

[0093] 上記したように、凹所110、120および121の深さの選択は、2つの格子スペクトル純度フィルタがリソグラフィ装置の光路から除去または抑制する放射波長を選択するために使用されてよい。凹所110、120および121のピッチは、第1方向、すなわち、多層スタック100によって反射される放射の方向と、第2および第3方向、すなわち、第1および第2複数の凹所110、120および121によって反射される放射の方向との間の発散度を制御するために使用されてよい。したがって、望ましくない放射は、軸に残っている所望の放射である放射ビームの光軸を囲う円錐を効果的に形成することができる。したがって、放射ビームが格子スペクトル純度フィルタからアーチャを通って、例えば、放射源と照明システムとの間の中間焦点に誘導された場合、望ましくない放射はアーチャを通らず、放射源および/または照明システムが配置され得る排気チャンバの壁などのシステムの壁に入射しあつその壁によって吸収され得る。

【0081】

[0094] 望ましい場合、2つの複数の凹所のピッチは、第2および第3方向が同じであるように選択されてよい。そのような構成では、光路から除去または抑制される両方の放射波長は、リソグラフィ装置の光路から共通の放射シンクに共通の方向において反射することができる。

【0082】

[0095] あるいは、第2方向および第3方向が異なってもよく、かつ別の放射シンクが光路から抑制または除去される2つの放射波長のために提供されてもよい。

【0083】

[0096] 一実施形態では、第1複数の凹所110は、約 $1.5\text{ }\mu\text{m}$ ~ $3\text{ }\mu\text{m}$ の間、望ましくは約 $2.65\text{ }\mu\text{m}$ の深さを有してよい。第1複数の凹所110のピッチは約 2 mm であってよい。そのような構成を用いて赤外線、特に波長 $1.0.6\text{ }\mu\text{m}$ の放射をリソグラフィ装置の光路から除去または抑制することができる。

【0084】

[0097] 第2複数の凹所120, 121は、例えば、約 2.5 nm ~ 7.5 nm の間、望ましくは約 5.0 nm の深さを有してよく、さらに、例えば 0.04 nm のピッチを有してよい。したがって、第2複数の凹所120, 122は、リソグラフィ装置の光路からDUV放射を除去または抑制するのに適した第2格子スペクトル純度フィルタを形成してよい。

【0085】

10

20

30

40

50

[0098] 一実施形態によると、上記した格子スペクトル純度フィルタは、放射源からのコヒーレントレーザ光の所定の波長を有する放射の少なくとも一部を、放出される放射からフィルタリングするように構成されてよい。特に、放出される放射の望ましい部分は、コヒーレントレーザ光よりかなり低い波長を有する。コヒーレントレーザ光の波長は、例えば、10ミクロンより大きくてよい。一実施形態では、フィルタリングされるコヒーレントレーザ光は、10.6ミクロンの波長を有する。

【0086】

[0099] 上記では、格子スペクトル純度フィルタは、放射コレクタを含む放射システムに適用された。一実施形態では、上記したあらゆる構成の格子スペクトル純度フィルタは、リソグラフィ装置の照明システムILにおけるミラーまたはリソグラフィ装置内の他のリフレクタに適用されてもよい。10

【0087】

[0100] 格子スペクトル純度フィルタを集光ミラーと組み合わせることによって、帯域外放射をその放射源のより近くで対処することができ、それによって、追加のEUV(または最小の)損失がいわゆる光学カラムより上流のフィルタリング技術の実施によって実現されない。格子スペクトルフィルタが光学カラムの最も大きい表面に位置決めされるため、比較的低いパワー負荷を有し得る。さらに、中間焦点IFまでの長い光路が可能であり、これは、小さい迂回角度を用いて望ましくない放射が放射源SOから出てイルミネータILに入ることを防ぐことを可能にする。本発明の実施形態の格子スペクトル純度フィルタは、好ましくない環境下で作業し続けることができ、結果的に、高価なフィルタに置き換える必要がなく、それによって潜在的に節約することができる。20

【0088】

[0101] 図6は、本発明の一実施形態によるリソグラフィ装置で使用するために提供され得る照明システムの一部を概略的に示している。特に、図6に示す構成は、放射ビームを少なくとも部分的に調節するために提供されてよい。

【0089】

[0102] 図6に示すように、放射は中間焦点200から第1リフレクタアレイ201に提供され、各リフレクタは放射ビームの一部を第2反射要素アレイ202におけるそれぞれの反射要素に合焦させる。第2反射要素アレイ202におけるそれぞれの反射要素は、第2リフレクタアレイ202のうちのリフレクタに入射する放射を放射ビーム調節デバイスによって提供される調整された放射ビーム203へと誘導するように構成される。30

【0090】

[0100] 調節放射ビーム203は、例えば、リソグラフィプロセスの一部としてパターンを放射ビームに付与するために使用されるパターニングデバイス上に誘導されてよい。そのような構成では、第2リフレクタアレイ202における各リフレクタは、第1リフレクタアレイ201における関連要素のフィールドがパターニングデバイス上に結像されるように構成されてよい。そのような構成は、一般的に「フライアイインテグレータ」として知られている。そのような構成では、第1リフレクタアレイ201のリフレクタを通常視野ファセットミラーと呼び、第2リフレクタアレイ202のリフレクタを通常瞳ファセットミラーと呼ぶ。当然のことながら、そのような構成は、パターニングデバイス(または放射ビーム調節デバイスの出口)におけるフィールドが第1リフレクタアレイ201の複数の重なるイメージからなるように構成される。これは、中間焦点200からの放射、すなわち、放射源によって放出される放射の混合を提供し、改善された照明均一性を提供する。40

【0091】

[0101] 図6に示す構成では、第1リフレクタアレイ201の各リフレクタには、上記した構成のうちの1つによる格子スペクトル純度フィルタが設けられる。

【0092】

[0102] さらに、第1リフレクタアレイ201および第2リフレクタアレイ202は、所望の波長を有する放射が第1リフレクタアレイ201のうちの各リフレクタから第2リ50

フレクタアレイ 202 のそれぞれのリフレクタに反射されるように構成される。第2リフレクタアレイ 202 のそれぞれのリフレクタは、所望の波長の放射を反射して調節放射ビーム 203 の一部を形成するように適切に構成される。その一方、望ましくない波長の放射は、第1リフレクタアレイ 201 の各リフレクタから異なる方向に反射し、したがって、第2リフレクタアレイ 202 のうちの異なるリフレクタに入射する。この場合、望ましくない波長の放射は、調節放射ビーム 203 の一部を形成しないように、入射する第2リフレクタアレイ 202 のうちのリフレクタから反射する。

【0093】

[0103] 好ましい構成では、図6に示すように、放射吸収器 204 が設けられており、この吸収器は、望ましくない波長の放射が調節放射ビーム 203 の一部を形成しないような方向に反射されるその放射を吸収するように構成される。例えば、放射吸収器 204 は、第1方向に反射した所望の波長の放射が通り抜けて調節放射ビーム 203 を形成するが異なる方向に反射する望ましくない波長の放射を吸収することを可能とするアーチャの形態で配置されてもよい。

10

【0094】

[0104] 図6に示すような構成では、望ましくない波長を有する放射が第1リフレクタアレイ 201 の各リフレクタによって第2リフレクタアレイ 202 の複数のリフレクタ上に反射し得ることが理解されたい。さらに、第2リフレクタアレイ 202 の各リフレクタは、所望の波長を有する第1リフレクタアレイ 201 における第1リフレクタから放射を受けてそのような所望の放射が調節放射ビーム 203 に含まれるように反射し、かつ望ましくない波長を有する第1リフレクタアレイ 201 のうちの1つ以上の他のリフレクタから放射を受けてそのような望ましくない放射が調節放射ビーム 203 の一部を形成しないように反射することができる。

20

【0095】

[0105] 図7は、図6に示す構成と類似する構成を概略的に示している。したがって、対応するフィーチャの説明は簡略化のために省略される。図7に示す構成と図6に示す構成との差は、第1リフレクタアレイ 201 および第2リフレクタアレイ 202 が、望ましくない波長の放射が第1リフレクタアレイ 201 の各リフレクタから反射されることにより放射が第2リフレクタアレイ 202 のうちの2つのリフレクタ間の空間に誘導されるように構成されるということである。したがって、所望の波長の放射のみが第1リフレクタアレイ 201 のリフレクタによって第2リフレクタアレイ 202 のリフレクタ上に反射されて、その後調整された放射ビーム 203 の一部を形成する。図7に示すように、放射吸収器 205 は、第1リフレクタアレイ 201 に対して第2リフレクタアレイ 202 の反対側に設けられてよい。放射吸収器 205 は、第2リフレクタアレイ 202 のリフレクタ間を通過する望ましくない波長の放射を吸収するように構成されてよい。

30

【0096】

[0106] 図6および図7に示す構成で示される構成の放射吸収器 204, 205 には、望ましくない波長の放射の吸収により生じる熱を放散するために冷却システムが設けられてよい。

40

【0097】

[0107] 図6および図7に示す構成では、格子スペクトル純度フィルタが第1リフレクタアレイ 201 のリフレクタ上に設けられるように構成されているが、格子スペクトル純度フィルタが代替としてまたはさらに第2リフレクタアレイ 202 のリフレクタ上に設けられる別の構成が提供されてもよいことが理解されたい。いずれの場合においても、格子スペクトル純度フィルタは、所望の波長の放射が調節放射ビームを形成する一方望ましくない波長を有する放射が1つ以上の異なる方向に誘導されて適切な放射吸収器によって吸収することができるように誘導されるように配置されてよい。

【0098】

[0108] 図6および図7の構成は、望ましくない波長の放射がリソグラフィ装置の残りの部分へと入ることを好都合に防ぐことができる。さらに、放射ビーム調節システムで使

50

用されるリフレクタアレイのリフレクタ上に格子スペクトル純度フィルタを形成することが、例えば上記したように集光ミラー上に格子スペクトル純度フィルタを形成するより容易であり得る。さらに、集光ミラーが動作する環境は、集光ミラー上に形成される格子スペクトル純度フィルタの有用な寿命が、図6および図7に示す放射ビーム調節システムのリフレクタ上に形成されたときの格子スペクトル純度フィルタの有用な寿命より短い場合がある。

【0099】

[0109] 膜スペクトル純度フィルタ130の例を図12に示している。示されているように、膜スペクトル純度フィルタ130は、フレーム132によって支持することができる薄膜材料131から形成される。フィルタリングされる放射ビーム133は、薄膜材料131へと誘導されてそこを通り抜ける。薄膜材料131は、望ましい波長の放射ができる限り透過しかつ望ましくない放射波長を透過しないように選択される。例えば、薄膜131は、ZrおよびSiの層から形成されてよい。薄膜は、例えば、約50nm～約250nmの範囲の厚さを有してよい。

10

【0100】

[0110] 薄膜131を支持するためにサポートメッシュを設けてもよい。メッシュは、膜スペクトル純度フィルタ130の耐久性を強めるが望ましい放射波長に対するその透過性を低下し得る。本発明があらゆる既知の膜格子スペクトル純度フィルタと実施されてもよいことが理解されるであろう。

20

【0101】

[0111] 膜格子スペクトル純度フィルタ130は、リソグラフィ装置内の様々なあらゆる配置で使用されてもよい。しかしながら、放射ビームが薄膜材料131を一度のみ通過するように選択された配置に膜スペクトル純度フィルタ130を配置することが好ましい場合がある。これは、薄膜材料131がEUV放射などの望ましい放射波長をできる限り透過するように選択されるが、放射ビーム133が膜スペクトル純度フィルタ130を通過する度に望ましい放射波長の強度は減衰するからである。したがって、放射ビームが薄膜材料131を通り抜ける複合作用は、望ましい波長の放射の強度の許容できない減衰という結果となる。したがって、放射ビームの光路が実質的にそれ自体に対して後に曲げられているリソグラフィ装置内の折り畳みミラーに隣接して膜スペクトル純度フィルタ130を用いることは適切ではない場合がある。

30

【0102】

[0112] 一実施形態では、膜スペクトル純度フィルタ130を上記した中間焦点120の近く、すなわち、照明システムIL内へと入るために放射ビームに提供され得る仮想光源点の近くに配置されることが望ましい場合がある。したがって、例えば、膜スペクトル純度フィルタ130は、中間焦点12の前の最終要素または中間焦点12の後の第1要素として設けられてもよい。いずれの場合においても、膜スペクトル純度フィルタ130が放射システムの一部または照明システムの一部として設けられてもよいことが理解されるであろう。そういう構成は、配置が放射源に比較的近いリソグラフィ装置の光路に提供されるため、好都合であり得る。通常、光路に沿って放射源に近いほど、放射ビームの幅が広く、したがって、薄膜材料131の所定の領域に入射する放射強度は低い。

40

【0103】

[0113] 本発明の一実施形態によると、照明システムILは、格子入射リフレクタを含んでよい。特に、格子入射リフレクタは、イルミネータにおける最終光学要素であってよい。膜スペクトル純度フィルタ130は、格子入射リフレクタに隣接して配置されてよい。なぜなら、そのような配置では、フィルタは、放射ビームが薄膜材料131を一度のみ通過するように構成され得るからである。

【0104】

[0114] したがって、例えば、膜スペクトル純度フィルタ130は、格子入射リフレクタの前の光路内の最終要素または格子入射リフレクタの後の光路内の第1要素として配置されてよい。

50

【0105】

[0115] 膜スペクトル純度フィルタは、薄膜材料131の表面が放射ビームの光軸に対して実質的に垂直であるように配置されてよい。あるいは、フィルタは斜角で配置されてもよい。例えば、膜スペクトル純度フィルタ130が中間焦点12に隣接して配置された場合、フィルタは、約1°～30°、例えば約15°の角度で配置されてよい。膜スペクトル純度フィルタ130が格子入射リフレクタに隣接している場合、フィルタは、約20°～65°の角度で配置されてよい。

【0106】

[0116] 膜スペクトル純度フィルタに対して他の配置および／または構成も考慮されてもよいことが理解されるであろう。

10

【0107】

[0117] グリッドスペクトル純度フィルタ140の例が図13に概略的に示されている。図示するように、グリッドスペクトル純度フィルタ140は、基板142内に形成される1つ以上のアーチャ141から形成されてよい。1つ以上のアーチャ141は、図13に示すように、ピンホールアレイであってもよいが、これは絶対的ではなく(1つ以上の)アーチャは、例えば、所定の幅のスリットを含む任意の適切な断面を有してよい。各アーチャ141は、アーチャ幅が回折限界より低い波長を有する実質的に全ての放射を反射する。ここで、回折限界は、アーチャ141(真空であり得る)を満たす媒体における波長の半分である。回折限界より上のアーチャの幅に対しては、放射のかなりの部分がアーチャを透過する。

20

【0108】

[0118] 例えば、幅100nmのスリットに対しては、200nmより大きい波長を有する実質的に全ての光が反射される。

【0109】

[0119] したがって、1つ以上のアーチャ141の幅の適切な選択により、グリッドスペクトル純度フィルタ140は、EUV放射などの所望の放射波長を透過しかつより長い波長を有する放射を反射するように構成されてよい。

【0110】

[0120] 所望の波長の放射に対するグリッドスペクトル純度フィルタ140の透過性は、放射ビーム143が入射する開口領域の比率に依存することが理解されるであろう。したがって、1つ以上のアーチャ141の幅が小さい場合があるため、特に、EUVを透過することが望ましい場合、図13に示すように、複数のアーチャ141が設けられてもよい。

30

【0111】

[0121] 図13は周期的なアーチャアレイ141を示しているが、規則的または不規則なパターンを形成するあらゆる適切なアレイを使用してもよい。ある特定の状況下では、アーチャ141間の一定の間隔の周期性による望ましくない回折効果を回避するためにアーチャ141間の間隔を変更することが望ましい場合がある。

【0112】

[0122] アーチャ141は、リソグラフィおよび／またはマイクロマシニング技術を用いて形成されてよい。例えば、マイクロマシニング技術は、フォトリソグラフィによってシリコンウェーハの上の層におけるアーチャを画定し、その後シリコンウェーハへと深くエッチングすることを含む。アーチャ141を空けるために、例えばKOHエッチング技術を用いて窓がシリコンウェーハの裏側へとエッチングされる。しかしながら、あらゆる既知のグリッドスペクトル純度フィルタが本発明で使用されてもよいことが理解されるであろう。

40

【0113】

[0123] グリッドスペクトルフィルタ140はリソグラフィ装置内のあらゆる所望の配置で使用されてもよいが、上記した膜スペクトル純度フィルタのように、グリッドスペクトル純度フィルタを、放射ビーム143が单一方向でのみグリッドスペクトル純度フィル

50

タ140を通過する位置に配置することが好ましい場合がある。膜スペクトル純度フィルタ130と同様に、これは、放射ビームにおける所望の放射波長の望ましくない減衰を減少することができる。

【0114】

[0124] さらに、放射源に比較的近い配置にグリッドスペクトル純度フィルタ140を配置することが望ましい場合がある。なぜなら、放射が角度をなしてアパーチャ141に入射すると望ましい放射波長の減衰はより大きくなるからである。

【0115】

[0125] 一実施形態では、グリッドスペクトル純度フィルタ140は、放射ビームが照明システムI-L内へと入るために提供される上記の中間焦点12の近くに配置されてよい。例えば、膜スペクトル純度フィルタ130のように、グリッドスペクトル純度フィルタ130は、中間焦点12の前の最終要素または中間焦点12の後の第1構成要素として設けられてもよい。同様に、グリッドスペクトル純度フィルタ140は、放射システムの一部または照明システムの一部として設けられてもよい。

10

【0116】

[0126] 図14は、本発明においてスペクトル純度フィルタとして使用することができる反射防止コーティング150の構成を概略的に示している。図示するように、これは、リソグラフィ装置内でリフレクタ152の表面上に形成される薄膜材料151から形成されてもよい。薄膜151はリソグラフィ装置内のいずれのリフレクタ上に設けられてもよいことが理解されるであろう。さらに、薄膜は、リソグラフィ装置内の複数のリフレクタ上に設けられてもよい。薄膜151は、放射ビーム153の望ましい放射波長に対してリフレクタ152の反射性質を実質的に影響しないが1つ以上の望ましくない放射波長の反射を妨げるよう選択されてよい。

20

【0117】

[0127] 薄膜151は、誘電体コーティングから形成されてよく、例えば、窒化ケイ素、酸化ケイ素または他の適切な材料から形成されてよい。本発明においてあらゆる既知の反射防止コーティングがスペクトル純度フィルタとして使用されてもよいことが理解されるであろう。

【0118】

[0128] 上記したように、本発明の一実施形態では、2つの異なるスペクトル純度フィルタが使用されている。2つの異なるスペクトル純度フィルタの組み合わせは、特定の利点を提供することができる。

30

【0119】

[0129] 例えば、上記したように、格子スペクトル純度フィルタをコレクタ上に設けることが望ましい場合がある。しかしながら、これは赤外線の十分な除去を提供しない場合がある。特に、例えば、格子スペクトル純度フィルタの構成は、放射ビーム内の赤外線の強度をその初期値の約2%に減少し得るが、赤外線をその初期値の0.02%に減少させることが望ましい場合がある。

【0120】

[0130] したがって、一実施形態では、リソグラフィ装置は、膜スペクトル純度フィルタと組み合わされた格子スペクトル純度フィルタを含んでよい。例えば、膜スペクトル純度フィルタは、放射ビーム内の赤外線の強度をその受け取られる強度の1%に減少し得る。したがって、両方のスペクトル純度フィルタの組み合わせは、赤外線の強度をその初期の強度の0.02%に減少させることができる。

40

【0121】

[0131] これら2つの異なるスペクトル純度フィルタを用いることはさらなる利点を提供する。特に、例えば、赤外線を除去するように構成された単一の格子スペクトル純度フィルタは、放射ビームにおけるDUV放射の強度を減少しないかもしだれないが膜スペクトル純度フィルタはDUV放射における所要の減少を提供することができる。

【0122】

50

[0132] さらに、EUVリソグラフィ装置のいくつかの構成に対する課題は、放射源から装置の残りの部分へのSn粒子の透過である。これは、リソグラフィ装置内の光学要素の性質を低下するか、または、もっと重要なことに、パターニングデバイスに損害を与える。上記したように、例えば中間焦点12に隣接する膜スペクトル純度フィルタの供給は、膜スペクトル純度フィルタの性質のかなりの低下を伴うことなくSn粒子の透過をかなり減少することができる。しかしながら、膜スペクトル純度フィルタの耐久性の欠乏により、膜スペクトル純度フィルタを常に提供することは可能ではないが、格子スペクトル純度フィルタの使用は、膜スペクトル純度フィルタを効果的に保護し、その使用を可能にする。

【0123】

10

[0133] 格子スペクトル純度フィルタの供給は、特に、膜スペクトル純度フィルタを望ましい形態および/または望ましい配置で使用することを可能にする。例えば、具体的には膜スペクトル純度フィルタより放射源の近くに配置される格子スペクトル純度フィルタなしでは、膜スペクトル純度フィルタへの熱負荷は大きすぎ、特定の配置での使用を防ぐかまたは膜スペクトル純度フィルタを取り替える必要がある前に許容できない短時間の使用という結果となる。格子スペクトル純度フィルタの供給は、膜スペクトル純度フィルタへの熱負荷をかなり減少させることができる。

【0124】

[0134] さらに、膜スペクトル純度フィルタへの赤外線の負荷を減少させることによって、フィルタは赤外線を比較的吸収する材料からなってよい。これは、結果的に、赤外線の上昇した放射率を有し、よってより早く冷却されて好都合である。

20

【0125】

[0135] さらに、格子スペクトル純度フィルタの供給は、膜スペクトル純度フィルタに必要な耐久性および/または特定の望ましくない放射波長のフィルタリング効果に関して、膜スペクトル純度フィルタの設計基準が緩められ得る膜スペクトル純度フィルタの要件を十分に減少することができ、さらなる利点を提供する。例えば、膜スペクトル純度フィルタに対する耐久性要件を減少させることは、薄膜材料のためのサポートグリッドを含まない膜スペクトル純度フィルタの使用を可能にし得る。これは、EUV放射などの所望の放射波長に対する膜スペクトル純度フィルタの透過性を高めることができる。

30

【0126】

[0136] 別の実施形態では、リソグラフィ装置は、格子スペクトル純度フィルタの使用をグリッドスペクトル純度フィルタと組み合わせてもよい。膜スペクトル純度フィルタを用いる上記した組み合わせのように、グリッドスペクトル純度フィルタの使用は、上記したように、特にグリッドスペクトル純度フィルタが中間焦点12の近くに設けられた場合に装置の残りの部分へのSn粒子の透過を減少することができる。

【0127】

40

[0137] さらに、2つの異なるスペクトル純度フィルタの使用は、一方または両方のフィルタの要件を減少し得る。例えば、格子スペクトル純度フィルタは、赤外線またはDUVのいずれかまたはその両方のパワーをかなり減少し得る。したがって、後続のグリッドスペクトル純度フィルタは、格子スペクトル純度フィルタが存在しない場合に必要となるときより薄い、例えば $1\text{ }\mu\text{m} \sim 3\text{ }\mu\text{m}$ 、好ましくは $2\text{ }\mu\text{m}$ であり、所望の放射の吸収度のより低い角度変化を表す。これは、結果的に、グリッドスペクトル純度フィルタの配置の選択においてより高い柔軟性を可能にする。

【0128】

50

[0138] しかしながら、グリッドスペクトル純度フィルタは、装置の残りの部分へのSn粒子の透過を上記した膜スペクトル純度フィルタほど効果的に減少することができない場合がある。なぜなら、グリッドスペクトル純度フィルタは、比較的大きいSn粒子（例えば、約 $3 \sim 5\text{ }\mu\text{m}$ より大きい）の透過のみを防ぐことができるからである。さらに、単一の格子スペクトル純度フィルタとグリッドスペクトル純度フィルタとの組み合わせは、DUV放射を十分に抑制しない場合がある。

【0129】

[0139] したがって、例えば、上記したような組み合わされた格子スペクトル純度フィルタは、グリッドスペクトル純度フィルタを組み合わせて使用されてよく、第1格子スペクトル純度フィルタは赤外線を抑制するように構成されかつ第2スペクトル純度フィルタはDUV放射を抑制するために提供される。代替としてまたは加えて、反射防止コーティングが、DUV放射の透過を減少させるためにリソグラフィ装置内の1つ以上のリフレクタ上に提供されてよい。

【0130】

[0140] 異なるスペクトル純度フィルタの他の組み合わせも考慮してもよいことが理解されるであろう。例えば、リソグラフィ装置は、格子スペクトル純度フィルタと反射防止コーティングとの組み合わせをリソグラフィ装置内の1つ以上のリフレクタ上で使用してもよい。同様に、リソグラフィ装置は、グリッドスペクトル純度フィルタを膜スペクトル純度フィルタと組み合わせて使用してよい。

10

【0131】

[0141] 同様に、リソグラフィ装置は、3つ以上のスペクトル純度フィルタを組み合わせて使用することができることが理解されたい。例えば、リソグラフィ装置は、格子スペクトル純度フィルタ、グリッドスペクトル純度フィルタおよび膜スペクトル純度フィルタの組み合わせを含んでよい。そのような組み合わせは、任意選択として、リソグラフィ装置内の1つ以上のリフレクタ上への反射防止コーティングの使用も含んでよい。

20

【0132】

[0142] 通常、第1スペクトル純度フィルタがビームにおける望ましくない放射のパワーをかなり減少する、例えば、赤外線を減衰するように選択されることが望ましい場合がある。第2スペクトル純度フィルタは、DUV放射を減少するように選択されてよい。

【0133】

[0143] 一構成では、一方のスペクトル純度フィルタを放射源内に設けかつ他方を放射源の外、例えば、照明システム内に設けてもよい。放射源は、一部の装置では、放射源と照明システムとの間の中間焦点で終わるとみなされてよい。

【0134】

[0144] 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。

30

【0135】

[0145] 光リソグラフィの関連での本発明の実施形態の使用について上述のとおり具体的な言及がなされたが、当然のことながら、本発明は、他の用途、例えば、インプリントリソグラフィに使われてもよく、さらに状況が許すのであれば、光リソグラフィに限定されることはない。

【0136】

[0146] 本明細書で使用される「放射」および「ビーム」という用語は、紫外線(UV)(例えば、365nm、355nm、248nm、193nm、157nm、または126nmの波長、またはおよそこれらの値の波長を有する)および極端紫外線(EUV)(例えば、5~20nmの範囲内の波長を有する)を含むあらゆる種類の電磁放射、ならびにイオンビームまたは電子ビームなどの粒子ビームを包含している。

40

【0137】

[0147] 以上、本発明の具体的な実施形態を説明してきたが、本発明は、上述以外の態様で実施できることが明らかである。例えば、本発明は、上記に開示した方法を表す1つ以上の機械読取可能命令のシーケンスを含むコンピュータプログラムの形態、またはこのようなコンピュータプログラムが記憶されたデータ記憶媒体(例えば、半導体メモリ、磁気ディスクまたは光ディスク)の形態であってもよい。

50

【 0 1 3 8 】

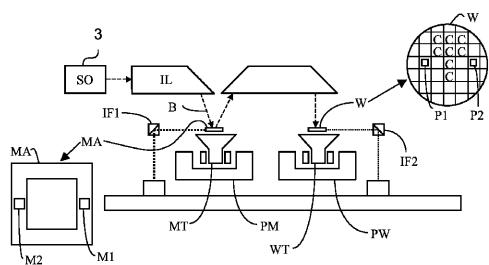
[0148] 上記の説明は、制限ではなく例示を意図したものである。したがって、当業者には明らかなように、添付の特許請求の範囲を逸脱することなく本記載の発明に変更を加えてよい。

【 0 1 3 9 】

[0149] 本願において、「含む」という用語は他の要素または工程を排除しないことを理解されたい。さらに、「a」および「a n」という各用語は、複数状態を排除しない。クレーム内のあらゆる(1つ以上)参照記号は、クレームの範囲を限定すると解釈されるべきではない。

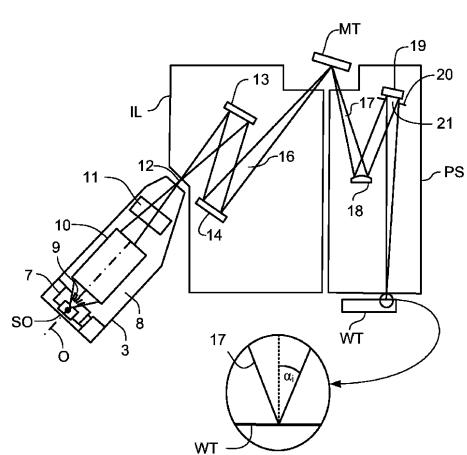
【 図 1 】

Fig 1



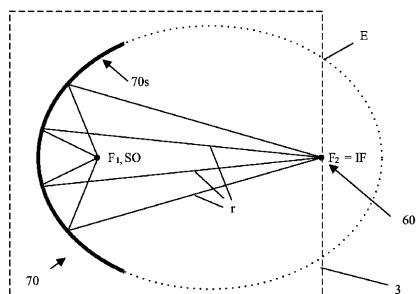
【 図 2 】

Fig 2



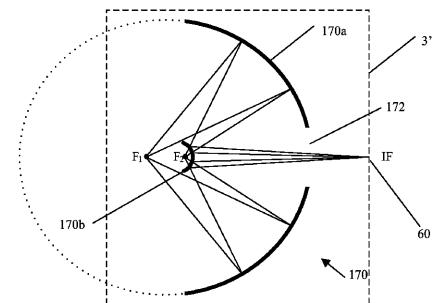
【図3】

Fig 3



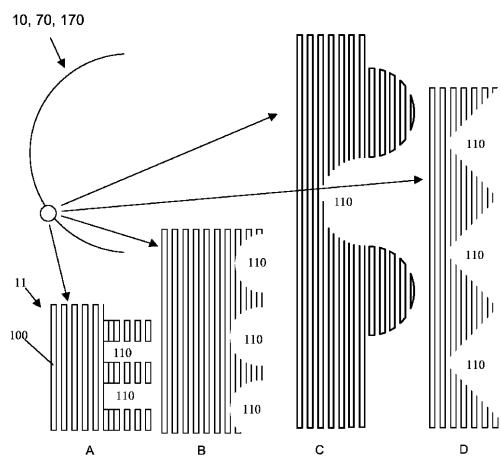
【図4】

Fig 4



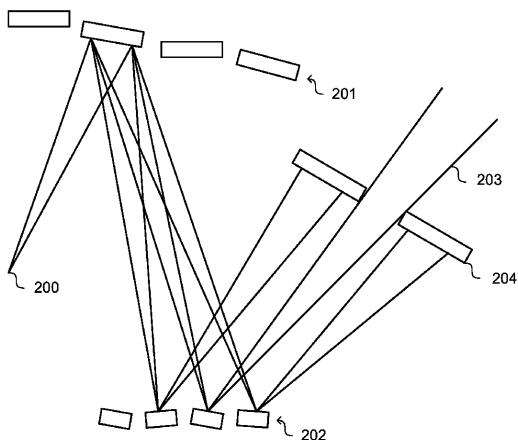
【図5】

Fig 5



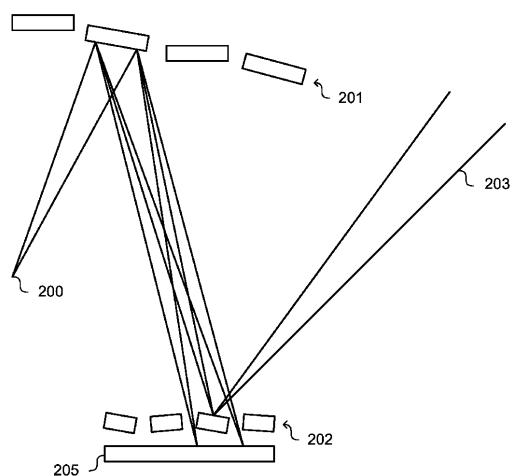
【図6】

Fig 6



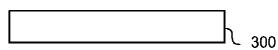
【図7】

Fig 7



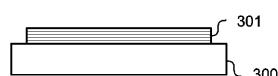
【図8 a】

Fig 8a

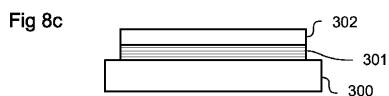


【図8 b】

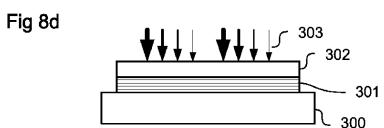
Fig 8b



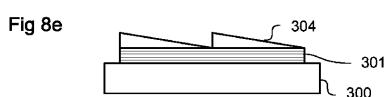
【図 8 c】



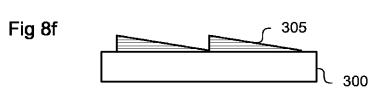
【図 8 d】



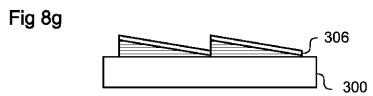
【図 8 e】



【図 8 f】

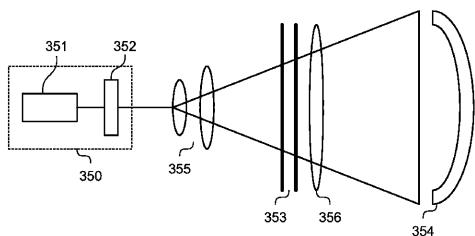


【図 8 g】

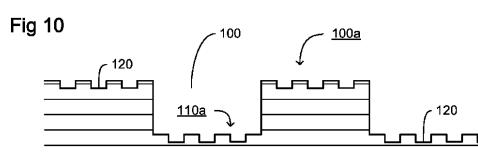


【図 9】

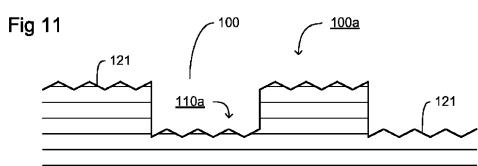
Fig 9



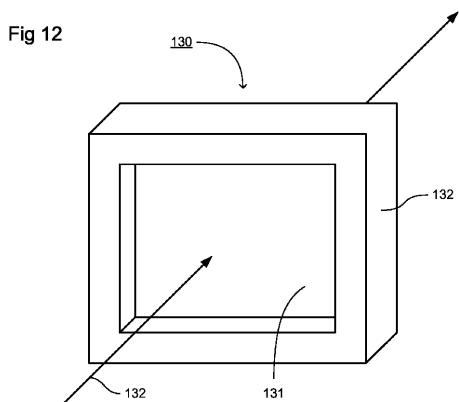
【図 10】



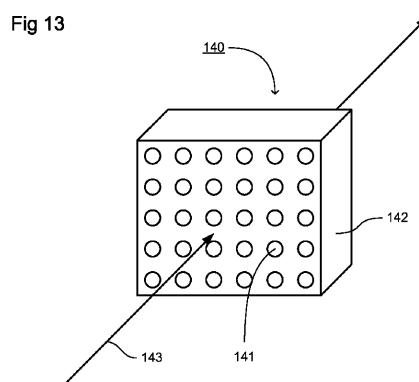
【図 11】



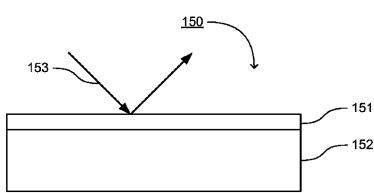
【図 12】



【図 13】



【図 14】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/EP2011/073537

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G03F7/20 G21K1/06 ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G02B G03F B82Y G01B G01J G21K
--

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
--

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT
--

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 717 609 A1 (ASML NETHERLANDS BV [NL]) 2 November 2006 (2006-11-02)	1,19,25, 43
A	paragraph [0035] paragraph [0065] - paragraph [0068]	2-18, 20-24, 26-42, 44-48
X	----- US 2005/012928 A1 (SEZGINER ABDURRAHMAN [US] ET AL) 20 January 2005 (2005-01-20) paragraph [0073] - paragraph [0075]; figure 8	1,19,25, 43
X	----- US 2010/321654 A1 (DEN BOEF ARIE JEFFREY [NL]) 23 December 2010 (2010-12-23) paragraph [0059]	1,19,25, 43
	----- -/-	

<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.
--

<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.
--

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority, claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report
--

20 April 2012

07/05/2012

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016
--

Authorized officer

van Toledo, Wiebo

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/EP2011/073537

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2009/144117 A1 (ASML NETHERLANDS BV [NL]; BANINE VADIM [NL]; DE BOEIJ WILHELMUS [NL];) 3 December 2009 (2009-12-03) paragraph [0058] - paragraph [0084]; figures 5-7 -----	1-48
A	US 2003/058529 A1 (GOLDSTEIN MICHAEL [US]) 27 March 2003 (2003-03-27) paragraph [0015] - paragraph [0035]; figures 1-3 -----	20-24, 44-48
A	US 2005/112510 A1 (BAKKER LEVINUS P [NL] BAKKER LEVINUS PIETER [NL]) 26 May 2005 (2005-05-26) paragraph [0096] - paragraph [0110]; figures 6,7 -----	20-24, 44-48
A	NIKLAS ERIKSSON ET AL: "Highly Directional Grating Outcoupplers with Tailorable Radiation Characteristics", IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, USA, vol. 32, no. 6, 1 June 1996 (1996-06-01), XP011051393, ISSN: 0018-9197 figure 10 -----	20-24, 44-48

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2011/073537

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
EP 1717609	A1 02-11-2006	AT 553403 T		15-04-2012
		CN 1854771 A		01-11-2006
		EP 1717609 A1		02-11-2006
		EP 2261698 A1		15-12-2010
		EP 2261699 A1		15-12-2010
		JP 2006310793 A		09-11-2006
		JP 2009294659 A		17-12-2009
		KR 20060113519 A		02-11-2006
		SG 126906 A1		29-11-2006
		TW I302992 B		11-11-2008
		US 2006245057 A1		02-11-2006
		US 2006245058 A1		02-11-2006
		US 2008316595 A1		25-12-2008
		US 2010149512 A1		17-06-2010
		US 2011134410 A1		09-06-2011
<hr/>				
US 2005012928	A1 20-01-2005	NONE		
<hr/>				
US 2010321654	A1 23-12-2010	NL 2004815 A		20-12-2010
		US 2010321654 A1		23-12-2010
		WO 2010145951 A2		23-12-2010
<hr/>				
WO 2009144117	A1 03-12-2009	CN 102047151 A		04-05-2011
		EP 2283388 A1		16-02-2011
		JP 2011523782 A		18-08-2011
		KR 20110015660 A		16-02-2011
		NL 2002838 A1		01-12-2009
		TW 201001096 A		01-01-2010
		US 2011223543 A1		15-09-2011
		WO 2009144117 A1		03-12-2009
<hr/>				
US 2003058529	A1 27-03-2003	US 2003058529 A1		27-03-2003
		US 2003202239 A1		30-10-2003
		US 2003202240 A1		30-10-2003
		US 2003206340 A1		06-11-2003
<hr/>				
US 2005112510	A1 26-05-2005	EP 1515188 A1		16-03-2005
		US 2005112510 A1		26-05-2005
<hr/>				

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,R0,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KM,KN,KP,KR,KZ,LA,LK,LR,LS,LT,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RW,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN

(72)発明者 ループストラ , エリック

オランダ国 , アイントホーフェン エヌエル - 5 6 1 3 イーエス , ラーケンストラート 3 2 -
3 4

(72)発明者 モールス , ロエル

オランダ国 , ヘルモント エヌエル - 5 7 0 9 エムティー , ディールドンクラーン 5 6

(72)発明者 ヴァン スホート , ジャン

オランダ国 , アイントホーフェン エヌエル - 5 6 3 2 エックスエヌ , シトルシュホフ 8

(72)発明者 スワインケルズ , ゲラルドス

オランダ国 , アイントホーフェン エヌエル - 5 6 2 3 エルティー , ジェネラール コエンデル
スラーン 2 7

(72)発明者 ヤクニン , アンドレイ

オランダ国 , ミールロ エヌエル - 5 7 3 1 ケーエー , ランゲンアーケル 2 3 6

(72)発明者 ヴァン ディゼルドンク , アントニウス

オランダ国 , ハペルト エヌエル - 5 5 2 7 ビーエイチ , ヴェンブロエク 2 2

(72)発明者 デ ボエイ , ウィルヘルムス

オランダ国 , ヴェルトホーフェン エヌエル - 5 5 0 8 ティーエル , コッペンハイ 4

F ターム(参考) 2H097 AA02 BA01 BA10 BB02 CA12 CA15 CA16

5F146 BA04 BA05 CB03 CB08 CB43 GA06 GA21 GA27 GB07 GB14
GB15