

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5727590号
(P5727590)

(45) 発行日 平成27年6月3日 (2015. 6. 3)

(24) 登録日 平成27年4月10日 (2015. 4. 10)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L	21/027	(2006. 01)	H O 1 L	21/30	5 3 1 A
G O 3 F	7/20	(2006. 01)	G O 3 F	7/20	5 0 3
G O 2 B	5/26	(2006. 01)	G O 2 B	5/26	
G O 2 B	5/22	(2006. 01)	G O 2 B	5/22	
H O 5 G	1/00	(2006. 01)	H O 5 G	1/00	

請求項の数 18 (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2013-506551 (P2013-506551)
 (86) (22) 出願日 平成23年2月22日 (2011. 2. 22)
 (65) 公表番号 特表2013-526044 (P2013-526044A)
 (43) 公表日 平成25年6月20日 (2013. 6. 20)
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2011/052573
 (87) 国際公開番号 W02011/134692
 (87) 国際公開日 平成23年11月3日 (2011. 11. 3)
 審査請求日 平成26年2月21日 (2014. 2. 21)
 (31) 優先権主張番号 61/328, 426
 (32) 優先日 平成22年4月27日 (2010. 4. 27)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 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
 O エーエイチ, ビー. オー. ボックス
 324
 (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 スール, ワウター
 オランダ国, ナイメーヘン エヌエルー6
 546 ヴイヴィ, ヘグダムブルーク 1
 717

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スペクトル純度フィルタ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

スペクトル純度フィルタであって、
 内部を通して複数のアパーチャが延在する物質の塊を備え、
 前記アパーチャは第1の波長を有する放射を阻止し、第2の波長を有する放射の少なくとも一部を前記アパーチャを通して透過させ、放射の前記第2の波長は放射の前記第1の波長よりも短く、
 前記物質の塊は、物質の再結晶化温度を上昇させる複数のナノ粒子を含む、スペクトル純度フィルタ。

【請求項 2】

スペクトル純度フィルタであって、
 内部を通して複数のアパーチャが延在する物質の塊を備え、
 前記アパーチャは第1の波長を有する放射を阻止し、第2の波長を有する放射の少なくとも一部を前記アパーチャを通して透過させ、放射の前記第2の波長は放射の前記第1の波長よりも短く、

前記物質の塊は、放射の前記第1の波長で実質的に70%以上のバルク反射率を有し、
 1000 を超える融点を有する物質を含み、

前記物質は、全体的に見て物質の再結晶化温度を上昇させる複数のナノ粒子を含む、スペクトル純度フィルタ。

【請求項 3】

10

20

スペクトル純度フィルタであって、
内部を通して複数のアパーチャが延在する物質の塊を備え、
前記アパーチャは第 1 の波長を有する放射を阻止し、第 2 の波長を有する放射の少なく
とも一部を前記アパーチャを通して透過させ、放射の前記第 2 の波長は放射の前記第 1 の
波長よりも短く、

前記物質の塊は、前記物質の塊の表面のエッチングを周期的に中断することにより形成
される、スペクトル純度フィルタ。

【請求項 4】

前記物質は、Cr、Fe、Ir、Mo、Nb、Ni、Os、Pt、Re、Rh、Ru、Ta、及びW、又はそのケイ化物の 1 つ以上を含む、請求項 1 乃至請求項 3 のうち何れか
1 項に記載のスペクトル純度フィルタ。

10

【請求項 5】

前記物質は、Cr、Fe、Ir、Mo、Nb、Ni、Os、Pt、Re、Rh、Ru、Ta、及びW、又はそのケイ化物の 1 つ以上の合金を含む、請求項 1 乃至請求項 4 のうち
何れか 1 項に記載のスペクトル純度フィルタ。

【請求項 6】

前記合金は、Cr、Fe、Ir、Mo、Nb、Ni、Os、Pt、Re、Rh、Ru、Ta、及びW、又はそのケイ化物の 1 つ以上、或いは 1 つ以上の組合せの原子重量の大半
 の量を含む、請求項 5に記載のスペクトル純度フィルタ。

【請求項 7】

前記ナノ粒子は、 Al_2O_3 、 HfO_2 、 ZrO_2 、 Y_2O_3 、 MgO 、 La_2O_3 、 Ce_2O_3 、 SrO 、及びHfCの 1 つ以上を含む、請求項 1 又は請求項 2に記載のスペ
 クトル純度フィルタ。

20

【請求項 8】

前記ナノ粒子は、物質の塊内の層に分散している、請求項 1 又は請求項 2に記載のスペ
 クトル純度フィルタ。

【請求項 9】

前記アパーチャが内部を通して延在する物質の塊の前面は、実質的に純粋なCr、Fe、Ir、Mo、Nb、Ni、Os、Pt、Re、Rh、Ru、Ta、W、又はそのケイ化
 物から形成された領域又は層を含むか又は有する、請求項 1 乃至請求項 8 のうち何れか 1
項に記載のスペクトル純度フィルタ。

30

【請求項 10】

前記前面は、使用時に、前記第 1 の波長及び / 又は前記第 2 の波長を有する入射放射に
 対向する、請求項 9に記載のスペクトル純度フィルタ。

【請求項 11】

物質の塊は、
 実質的に等軸であり、及び / 又は、
 平均粒子サイズは、アパーチャを画定する壁の幅よりも小さいか、又は 2 つの隣接する
 アパーチャの間の最短距離よりも小さく、及び / 又は、

平均粒子サイズ又は粒径は 500 nm 未満、又は 200 nm 未満である
 粒子構造を有する、請求項 1 乃至請求項 10 のうち何れか 1 項に記載のスペクトル純度フ
 イルタ。

40

【請求項 12】

前記物質の塊は、複数の第 2 の物質の比較的薄い層によって、複数の比較的厚い層に分
 割されている、請求項 1 乃至請求項 11 のうち何れか 1 項に記載のスペクトル純度フィル
 タ。

【請求項 13】

前記第 2 の物質の前記層は、
B、C、Si、又は前記物質の塊の成分の酸化物、窒化物又は炭化物、及び / 又は、 Al_2O_3 、 HfO_2 、 ZrO_2 、 Y_2O_3 、 MgO 、 La_2O_3 、 Ce_2O_3 、 SrO 、

50

及び HfC を含むナノ粒子を含む、請求項 12 に記載のスペクトル純度フィルタ。

【請求項 14】

スペクトル純度フィルタの製造方法であって、

基板上に提供された物質の塊についてのリソグラフィ及びエッチングプロセスを用いて前記物質の塊に複数のアパーチャを提供するステップであって、前記アパーチャは、使用時に、第 1 の波長を有する放射を阻止し、使用時に、第 2 の波長を有する放射の少なくとも一部を前記アパーチャを通して透過させ、放射の前記第 2 の波長は放射の前記第 1 の波長よりも短い、ステップと、

前記スペクトル純度フィルタを形成する前記物質の塊を前記基板から引き離すステップと、を含み、

前記物質の塊は、物質の再結晶化温度を上昇させる複数のナノ粒子を含む、スペクトル純度フィルタ製造方法。

【請求項 15】

スペクトル純度フィルタの製造方法であって、

物質の塊を収容する型を形成するステップであって、前記型は前記物質の塊に複数のアパーチャを提供するような形状であり、前記アパーチャは、使用時に、第 1 の波長を有する放射を阻止し、使用時に、第 2 の波長を有する放射の少なくとも一部を前記アパーチャを通して透過させ、放射の前記第 2 の波長は放射の前記第 1 の波長よりも短い、ステップと、

前記型に前記物質の塊を供給するステップと、

前記型を取り外して前記物質の塊を残すことで前記スペクトル純度フィルタを形成するステップと、を含み、

前記物質の塊は、物質の再結晶化温度を上昇させる複数のナノ粒子を含む、スペクトル純度フィルタ製造方法。

【請求項 16】

前記物質の塊は、複数の第 2 の物質の比較的薄い層によって複数の比較的厚い層に分割される、請求項 14 又は請求項 15 に記載のスペクトル純度フィルタ製造方法。

【請求項 17】

前記第 2 の物質の前記層は、

B、C、Si、又は前記物質の塊の成分の酸化物、窒化物又は炭化物、及び / 又は、 Al_2O_3 、 HfO_2 、 ZrO_2 、 Y_2O_3 、 MgO 、 La_2O_3 、 Ce_2O_3 、 SrO 、及び HfC を含むナノ粒子を含む、請求項 16 に記載のスペクトル純度フィルタ製造方法。

【請求項 18】

前記物質の塊は、前記物質の塊の表面のエッチングを周期的に中断することにより形成される、請求項 14 乃至請求項 17 のうち何れか 1 項に記載のスペクトル純度フィルタ製造方法。

【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、参照によりその全体を本明細書に組み込むものとする、2010 年 4 月 27 日出願の米国仮出願第 US 61 / 328,426 号の利益を主張する。

【0002】

[0002] 本発明はスペクトル純度フィルタに関し、特に、リソグラフィ装置及び / 又はリソグラフィ方法で使用するスペクトル純度フィルタに関する。

【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に、通常は基板のターゲット部分に適用する機械である。リソグラフィ装置は、例えば、集積回路 (IC) の製造に使用可能

10

20

30

40

50

である。このような場合、代替的にマスク又はレチクルとも呼ばれるパターンニングデバイスを使用して、ＩＣの個々の層上に形成すべき回路パターンを生成することができる。このパターンを、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１つ又は幾つかのダイの一部を含む）に転写することができる。パターンの転写は通常、基板に設けた放射感受性材料（レジスト）の層への結像により行われる。一般的に、１枚の基板は、順次パターンが与えら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その他のデバイス及び／又は構造の製造の主要なステップの１つとして広く認知されている。しかし、リソグラフィを用いて製造されるフィーチャの寸法が小さくなるにつれ、リソグラフィは超小型ＩＣ又はその他のデバイス及び／又は構造を製造可能にするさらに重要な要素になりつつある。

10

【０００５】

[0005] パターン印刷（すなわち、パターンの塗布）の理論的な推定限界は、識別する（１）に示す解のレイリー基準によって与えられる。

【数１】

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

ここで、 λ は使用する放射の波長、 NA はパターンを印刷する（すなわち、塗布する）ための投影システムの開口数、 k_1 はレイリー定数とも呼ばれるプロセス依存調整因子、 CD は印刷（塗布）されたフィーチャのフィーチャサイズ（又はクリティカルディメンション）である。式（１）から、フィーチャの最小印刷（塗布）可能サイズを３つの方法、すなわち、露光波長を低減する、開口数 NA を増加させるか、又は k_1 の値を低減することによって得ることができる。

20

【０００６】

[0006] 露光波長を短くして、フィーチャの最小印刷（塗布）可能サイズを低減するために、極紫外線（ＥＵＶ）源を使用することが提案されている。ＥＵＶ放射は、５～２０ｎｍ、例えば、１３～１４ｎｍ、又は例えば６．７ｎｍ又は６．８ｎｍなどの５～１０ｎｍの範囲内の波長を有する電磁放射である。可能な放射源は、例えば、レーザプラズマ（ＬＰＰ）源、放電プラズマ（ＤＰＰ）源、又は電子蓄積リングによって提供されるシンクロトロン放射に基づく放射源を含む。

30

【０００７】

[0007] ＥＵＶ放射はプラズマを用いて生成できる。ＥＵＶ放射を生成する放射システムは、燃料を励起してプラズマを生成するレーザと、プラズマを含む放射源コレクタモジュールと、を含んでもよい。プラズマは、例えば、好適な物質（例えば、スズ）の微粒子又はXeガス若しくはLi蒸気などの好適なガス又は蒸気のストリームなどの燃料ヘレーザビームを誘導することで生成できる。結果として得られるプラズマは、放射コレクタを用いて収集されるＥＵＶ放射などの出力放射を発する。放射コレクタは、放射を受光して放射をビームに合焦させるミラー付き入射放射コレクタである。放射源コレクタモジュールは、プラズマを支持する真空環境を提供するように構成された構造又はチャンバを含んでもよい。そのような放射システムは、普通、レーザ生成プラズマ（ＬＰＰ）放射源と呼ばれる。

40

【０００８】

[0008] プラズマを用いてＥＵＶ放射を生成するＥＵＶ源などの実際のＥＵＶ源は、所望の「帯域内」ＥＵＶ放射だけでなく望ましくない「帯域外」放射も発する。この帯域外放射は、とりわけ深紫外線（ＤＵＶ）放射範囲（１００～４００ｎｍ）内にある。さらに、レーザ生成プラズマＥＵＶ源などの幾つかのＥＵＶ源の場合、普通は１０．６μｍの波長のレーザ放射は大量の帯域外放射を含む。

【０００９】

50

[0009] リソグラフィ装置内では、幾つかの理由でスペクトルが純水であることが望ましい。1つの理由として、レジストは帯域外波長の放射による損傷を受けやすく、レジストをそのような帯域外放射にさらした場合、レジストに塗布されたパターンの品質が劣化することがある。さらに、帯域外放射の赤外線、例えば、幾つかのレーザ生成プラズマ源の $10.6\mu\text{m}$ 放射は、リソグラフィ装置内のパターンングデバイス、基板及び光学系の邪魔で不要な加熱を引き起こすことがある。そのような加熱は、上記要素の損傷、その寿命の劣化、及び/又はレジストコート基板上に投影され塗布されるパターンの欠陥又は歪を引き起こすことがある。

【0010】

[0010] これらの課題を克服するために、赤外線の透過を実質的に防止する一方で同時にEUV放射を透過させる幾つかの異なる透過性スペクトル純度フィルタが提案されている。これらの提案されたスペクトル純度フィルタの幾つかは、例えば、赤外放射を実質的に透過させず、同時にEUV放射を透過させる構造を備える。上記及びその他のスペクトル純度フィルタは、1つ以上のアパーチャを有していてもよい。アパーチャのサイズ及び間隔は、EUV放射がアパーチャを透過する間に赤外放射がアパーチャによって屈折する(それによって阻止される)ように選択できる。アパーチャを有するスペクトル純度フィルタは、アパーチャを有さないスペクトル純度フィルタよりも高いEUV透過性を有する。これは、EUV放射が所与の厚さの固体物質を通過する場合と比較してアパーチャを通過する方が容易であることによる。

【0011】

[0011] 典型的なスペクトル純度フィルタは、例えば、モリブデンなどの反射性金属でコートされたシリコン基礎構造(例えば、アパーチャを有するシリコングリッド又はその他の部材)から形成できる。使用時に、典型的なスペクトル純度フィルタは、例えば、入射赤外線及びEUV放射からの高い熱負荷にさらされることがある。熱負荷の結果、スペクトル純度フィルタの温度が 800°C を超えることがある。モリブデンでコートされたシリコンを備える典型的なスペクトル純度フィルタは、 800°C より上で許容できないほど短い寿命を有することが分かっている。これは、究極的にはコーティングの層間剥離を招く反射性のモリブデンコーティングと基礎のシリコン支持構造との間の反応による。シリコン基礎構造の層間剥離と劣化は、残がい(例えば、微粒子などの残がい)がリソグラフィ装置の一定の部分に侵入するかそこを離れることを防止するためにスペクトル純度フィルタが使用される環境内でガスとしてよく使用される水素の存在によって、加速される。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

[0012] リソグラフィ装置(及び/又はリソグラフィ方法)では、パターンをレジストコート基板に塗布するために使用する放射の強度の損失を最小限にすることが望ましい。この1つの理由は、理想的には、例えば、露光時間を低減して処理能力を高めるために、できるだけ多くの放射がパターンを基板に塗布するために利用可能であるべきだということである。同時に、リソグラフィ装置を通過し、基板上に入射する望ましくない(例えば、帯域外の)放射の量を最小限にすることが望ましい。さらに、リソグラフィ方法又は装置で使用されるスペクトル純度フィルタが適当な寿命を有し、スペクトル純度フィルタがさらされる可能性がある高い熱負荷及び/又はスペクトル純度フィルタがさらされる可能性がある水素(など)の結果として経時的に急速に確実に劣化しないようにすることが望ましい。したがって、改良型(又は代替)スペクトル純度フィルタ、例えば、リソグラフィ装置及び/又は方法で使用するのに適したスペクトル純度フィルタを提供することが望ましい。

【課題を解決するための手段】

【0013】

[0013] 本発明の一態様によれば、内部を通して複数のアパーチャが延在する物質の塊を備えるスペクトル純度フィルタが提供される。物質の塊においては、アパーチャが第1

10

20

30

40

50

の波長を有する放射を阻止し、第2の波長を有する放射の少なくとも一部をアパーチャを通して透過するように構成され、放射の第2の波長が放射の第1の波長よりも短く、放射の第1の波長で実質的に70%以上のバルク反射率を有し、1000を超える融点を有する物質から形成される。

【0014】

[00014] この物質は、Cr、Fe、Ir、Mo、Nb、Ni、Os、Pt、Re、Rh、Ru、Ta、及びW、又はそのケイ化物の1つ以上を含んでいてもよい。

【0015】

[00015] この物質は、Cr、Fe、Ir、Mo、Nb、Ni、Os、Pt、Re、Rh、Ru、Ta、及びW、又はそのケイ化物の1つ以上の合金を含んでいてもよい。この合金は、Cr、Fe、Ir、Mo、Nb、Ni、Os、Pt、Re、Rh、Ru、Ta、及びW、又はそのケイ化物の1つ以上、或いは1つ以上の組合せの原子重量の大半の量を含んでいてもよい。

10

【0016】

[00016] さらに、この物質は、全体的に見て物質の再結晶化温度を上昇させる複数のナノ粒子をさらに含んでいてもよい。ナノ粒子は、物質の塊内の層に分散していてもよい。ナノ粒子は、 Al_2O_3 、 HfO_2 、 ZrO_2 、 Y_2O_3 、 MgO 、 La_2O_3 、 Ce_2O_3 、 SrO 、及びHfCの1つ以上を含んでいてもよい。

【0017】

[00017] アパーチャが内部を通して延在する物質の塊の前面は、実質的に純粋なCr、Fe、Ir、Mo、Nb、Ni、Os、Pt、Re、Rh、Ru、Ta、及びW、又はそのケイ化物から形成された領域又は層を含むか又は有していてもよい。前面は、使用時に、第1の波長及び/又は第2の波長を有する入射放射に対向するように構成されている。

20

【0018】

[00018] 放射の第1の波長は、電磁スペクトルの赤外線領域の波長を有していてもよく、及び/又は第1の波長は9~12 μm の範囲内、例えば、約9.4 μm 又は約10.6 μm であってもよい。

【0019】

[00019] 放射の第2の波長は、電磁スペクトルのEUV部の波長を有する放射に実質的に等しいかそれより短い波長を有してもよく、及び/又は第2の波長は5~20 nm、例えば、13~14 nm又は6~7 nm、例えば、6.6~6.9 nmの範囲内である。

30

【0020】

[00020] 本発明の一態様によれば、スペクトル純度フィルタの製造方法であって、基板上に提供された物質の塊についてのリソグラフィ及びエッチングプロセスを用いて該物質の塊に複数のアパーチャを提供するステップであって、アパーチャが、使用時に、第1の波長を有する放射を阻止し、使用時に、第2の波長を有する放射の少なくとも一部をアパーチャを通して透過するように構成され、放射の第2の波長が放射の第1の波長よりも短いステップと、スペクトル純度フィルタを形成する物質の塊を基板から引き離すステップと、を含み、物質の塊が放射の第1の波長で実質的に70%以上のバルク反射率を有し、1000を超える融点を有する物質から形成されるスペクトル純度フィルタ製造方法が提供される。

40

【0021】

[00021] 本発明の一態様によれば、スペクトル純度フィルタの製造方法であって、物質の塊を収容する型を形成するステップであって、型が該物質の塊に複数のアパーチャを提供するような形状であり、アパーチャが、使用時に、第1の波長を有する放射を阻止し、使用時に、第2の波長を有する放射の少なくとも一部をアパーチャを通して透過するように構成され、放射の第2の波長が放射の第1の波長よりも短い、ステップと、型に物質の塊を供給するステップと、型を取り外して物質の塊を残すことでスペクトル純度フィルタを形成するステップと、を含み、物質の塊が放射の第1の波長で実質的に70%以上のバルク反射率を有し、1000を超える融点を有する物質から形成されるスペクトル純度

50

フィルタ製造方法が提供される。

【0022】

[00022] 本発明の方法又は装置の態様に関連して、物質の塊は複数の第2の物質の比較的薄い層によって複数の比較的厚い層に分割できる。第2の物質の層は、B、C、Si、又は物質の塊の成分の酸化物、窒化物又は炭化物、及び/又は、 Al_2O_3 、 HfO_2 、 ZrO_2 、 Y_2O_3 、 MgO 、 La_2O_3 、 Ce_2O_3 、 SrO 、及びHfCの1つ以上を含むナノ粒子を含んでいてもよい。

【0023】

[00023] 物質の塊は、物質の塊の表面のエッチング（例えば、スパッタエッチング）によって周期的に中断されるように提供（例えば、堆積）されてもよい。

10

【0024】

[00024] その他の態様は、本発明の各態様の方法を用いて製造されるスペクトル純度フィルタに関連していてもよい。

【0025】

[00025] 本発明の一態様によれば、スペクトル純度フィルタであって、内部を通して複数のアパーチャが延在し、該アパーチャが第1の波長を有する放射を阻止し、第2の波長を有する放射の少なくとも一部をアパーチャを通して透過するように構成され、放射の第2の波長が放射の第1の波長よりも短く、モリブデン-レニウム合金、又はタングステン-レニウム合金、又はタングステン-モリブデン合金、又はタングステン-モリブデン-レニウム合金から形成された物質の塊を含むスペクトル純度フィルタが提供される。

20

【0026】

[00026] 合金内のレニウムの含有率は、原子百分率で、モリブデン-レニウム合金の場合、0.1%~4.9%、タングステン-レニウム合金の場合、0.1%~2.7%、タングステン-モリブデン-レニウム合金の場合、0.1%~4.9%であってもよい。

【0027】

[00027] 物質の塊は、全体的に見て物質の塊の再結晶化温度を上昇させる複数のナノ粒子をさらに含んでいてもよい。ナノ粒子は、 Al_2O_3 、 HfO_2 、 ZrO_2 、 Y_2O_3 、 MgO 、 La_2O_3 、 Ce_2O_3 、 SrO 、及びHfCの1つ以上を含んでいてもよい。ナノ粒子は、物質の塊内の層に分散していてもよい。

【0028】

[00028] アパーチャが延在する物質の塊の前面は、実質的に純粋なモリブデン又はタングステンから形成された領域又は層を含むか又は有していてもよい。前面は、使用時に、第1の波長及び/又は第2の波長を有する入射放射に対向するように構成されている。

30

【0029】

[00029] 放射の第1の波長は、電磁スペクトルの赤外線領域の波長を有していてもよく、及び/又は第1の波長は、9~12 μm の範囲内、例えば、約9.4 μm 又は約10.6 μm であってもよい。

【0030】

[00030] 放射の第2の波長は、電磁スペクトルのEUV部の波長を有する放射に実質的に等しいかそれより短い波長を有してもよく、及び/又は第2の波長は、5~20 nm、例えば、13~14 nm又は6~7 nm、例えば、約6.6~約6.9 nmの範囲内である。

40

【0031】

[00031] 本発明の一態様によれば、スペクトル純度フィルタであって、内部を通して複数のアパーチャが延在し、該アパーチャが第1の波長を有する放射を阻止し、第2の波長を有する放射の少なくとも一部をアパーチャを通して透過するように構成され、放射の第2の波長が放射の第1の波長よりも短く、モリブデン、又はタングステンから形成され、全体的に見て物質の再結晶化温度を上昇させる複数のナノ粒子をさらに含む物質の塊を含むスペクトル純度フィルタが提供される。

【0032】

50

[00032] ナノ粒子は、 Al_2O_3 、 HfO_2 、 ZrO_2 、 Y_2O_3 、 MgO 、 La_2O_3 、 Ce_2O_3 、 SrO 、及び HfC の1つ以上を含んでいてもよい。

【0033】

[00033] ナノ粒子は、物質の塊内の層に分散していてもよい。

【0034】

[00034] モリブデンは、モリブデン - レニウム合金、又はタングステン - モリブデン合金、又はタングステン - モリブデン - レニウム合金の一部を形成していてもよく、或いはタングステンは、タングステン - レニウム合金、又はタングステン - モリブデン合金、又はタングステン - モリブデン - レニウム合金の一部を形成していてもよい。それぞれの合金内のレニウムの含有率は、原子百分率で、モリブデン - レニウム合金の場合、0.1% ~ 49%、タングステン - レニウム合金の場合、0.1% ~ 27%、タングステン - モリブデン - レニウム合金の場合、0.1% ~ 49%であってもよい。

【0035】

[00035] アパーチャが延在する物質の塊の前面は、実質的に純粋なモリブデン又はタングステンから形成された領域又は層を含むか又は有していてもよい。前面は、使用時に、第1の波長及び/又は第2の波長を有する入射放射に対向するように構成されている。

【0036】

[00036] 放射の第1の波長は、電磁スペクトルの赤外線領域の波長を有していてもよく、及び/又は第1の波長は、9 ~ 12 μm の範囲内、例えば、約9.4 μm 又は約10.6 μm であってもよい。

【0037】

[00037] 放射の第2の波長は、電磁スペクトルのEUV部の波長を有する放射に実質的に等しいかそれより短い波長を有していてもよく、及び/又は第2の波長は、5 ~ 20 nm、例えば、13 ~ 14 nm又は6 ~ 7 nm、例えば、6.6 ~ 6.9 nmの範囲内である。

【0038】

[00038] 本発明の一態様によれば、スペクトル純度フィルタアセンブリであって、内部を通して複数のアパーチャが延在し、該アパーチャが第1の波長を有する放射を阻止し、第2の波長を有する放射の少なくとも一部をアパーチャを通して透過するように構成され、放射の第2の波長が放射の第1の波長よりも短い物質の塊を含むスペクトル純度フィルタと、使用時に、スペクトル純度フィルタの少なくとも一部の温度を上昇させる、第1及び第2の波長の放射源とは独立した装置と、を備えるスペクトル純度フィルタアセンブリが提供される。

【0039】

[00039] 上記装置は、温度を上昇させるために、スペクトル純度フィルタの少なくとも一部に熱を提供するように構成でき、及び/又は装置は、使用時に、温度を上昇させるために、スペクトル純度フィルタを少なくとも部分的に断熱するように構成できる。

【0040】

[00040] 上記装置は、スペクトル純度フィルタを搭載しスペクトル純度フィルタを少なくとも部分的に断熱する1つ以上のマウントを備えていてもよい。

【0041】

[00041] 上記装置は熱源を有していてもよい。

【0042】

[00042] 熱源は、スペクトル純度フィルタの一部に接触する、又はそれを形成する1つ以上の電気ヒータ又は導体、及び/又はスペクトル純度フィルタによって実質的に吸収される波長を有する放射をスペクトル純度フィルタへ誘導するように構成された放射源、の1つ以上であってもよい。

【0043】

[00043] スペクトル純度フィルタは、使用時に、第1の波長及び/又は第2の波長を有する入射放射に対向するように構成された前面と、スペクトル純度フィルタの前面の反対

10

20

30

40

50

側にある背面と、を有し、熱源がスペクトル純度フィルタの背面に熱を提供するように構成されてもよい。

【 0 0 4 4 】

[00044] スペクトル純度フィルタの前面は、第 1 の波長の放射を実質的に反射し、背面は第 1 の波長の放射を実質的に吸収してもよい。

【 0 0 4 5 】

[00045] 本発明の一態様によれば、使用時に、スペクトル純度フィルタの温度を上昇させる方法であって、スペクトル純度フィルタがフィルタリングするように設計された放射源から独立した熱源を用いてスペクトル純度フィルタの少なくとも一部を加熱するステップ、及び / 又はスペクトル純度フィルタを少なくとも部分的に断熱するステップを含む方法が提供される。

10

【 0 0 4 6 】

[00046] 一般に、本発明のいずれかの態様によれば、放射の第 1 の波長は、電磁スペクトルの赤外線領域の波長を有してもよく、及び / 又は第 1 の波長は、 $9 \sim 12 \mu\text{m}$ の範囲内、例えば、約 $9.4 \mu\text{m}$ 又は約 $10.6 \mu\text{m}$ であってもよい。放射の第 2 の波長は、電磁スペクトルの E U V 部の波長を有する放射に実質的に等しいかそれより短い波長を有してもよく、及び / 又は第 2 の波長は、 $5 \sim 20 \text{ nm}$ 、例えば、 $13 \sim 14 \text{ nm}$ 又は $6 \sim 7 \text{ nm}$ 、例えば、約 $6.6 \sim 6.9 \text{ nm}$ の範囲内である。

【 0 0 4 7 】

[00047] 本発明の一態様によれば、本発明のいずれかの態様のスペクトル純度フィルタを有するリソグラフィ装置又は放射源が提供される。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 8 】

[00048] 対応する参照符号が対応する部分を示す添付の概略図を参照しながら以下に本発明の実施形態について説明するが、これは単に例示としてのものに過ぎない。

【図 1】 [00049] 本発明のある実施形態によるリソグラフィ装置を概略的に示す。

【図 2】 [00050] 放電生成プラズマ (D P P) 放射源コレクタモジュールを含む図 1 に示すリソグラフィ装置の詳細図である。

【図 3】 [00051] 図 1 の装置のレーザ生成プラズマ (L P P) 放射源コレクタモジュールのある実施形態を示す図である。

30

【図 4】 [00052] 透過スペクトル純度フィルタを概略的に示す。

【図 5】 [00053] 図 4 のスペクトル純度フィルタの横からの部分断面と共にスペクトル純度フィルタに入射する放射を概略的に示す。

【図 6】 [00054] 図 4 及び図 5 のスペクトル純度フィルタの詳細な又は代替の横からの部分断面を概略的に示す。

【図 7】 [00055] 本発明のある実施形態によるスペクトル純度フィルタの横からの部分断面を概略的に示す。

【図 8】 [00056] 本発明のある実施形態によるスペクトル純度フィルタの横からの部分断面を概略的に示す。

【図 9】 [00057] 本発明のある実施形態によるスペクトル純度フィルタの横からの部分断面を概略的に示す。

40

【図 10】 [00058] 上記スペクトル純度フィルタの厚さの関数としての本発明の実施形態によるスペクトル純度フィルタの反射 ($10.6 \mu\text{m}$ での) を示すグラフである。

【図 11】 [00059] 図 11 a 及び図 11 b は、それぞれ製造中及び製造完了時のスペクトル純度フィルタの円柱状の粒子構造を概略的に示す。

【図 12】 [00060] 図 12 a 及び図 12 b は、本発明のある実施形態による、それぞれ製造中及び製造完了時のスペクトル純度フィルタの実質的に等軸の粒子構造を概略的に示す。

【図 13】 [00061] 図 12 a 及び図 12 b のスペクトル純度フィルタの製造方法の 1 ステップを概略的に示す。

50

【図 1 4】[00062]本発明のある実施形態によるスペクトル純度フィルタ及び熱源を備えるスペクトル純度フィルタアセンブリを概略的に示す。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 4 9 】

[00063] 図 1 は、本発明の一実施形態による放射源コレクタモジュール S O を含むリソグラフィ装置 1 0 0 を概略的に示す。この装置は、放射ビーム B (例えば、E U V 放射) を調節するように構成された照明システム (イルミネータとも呼ばれることもある) I L と、パターニングデバイス (例えば、マスク又はレチクル) M A を支持するように構築され、パターニングデバイス M A を正確に位置決めするように構成された第 1 のポジショナ P M に接続された支持構造 (例えば、マスクテーブル) M T 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、基板を正確に位置決めするように構成された第 2 のポジショナ P W に接続された基板テーブル (例えば、ウェーハテーブル) W T と、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) 上にパターニングデバイス M A によって放射ビーム B へ付与されたパターンを投影するように構成された投影システム (例えば、反射投影システム) P S と、を備える。

10

【 0 0 5 0 】

[00064] 照明システム I L は、放射の誘導、整形、又は制御を行うための、屈折、反射、磁気、電磁、静電型等の光学コンポーネント、又はその任意の組合せなどの種々のタイプの光学コンポーネントを含んでいてもよい。

【 0 0 5 1 】

20

[00065] 支持構造 M T は、パターニングデバイス M A の方向、リソグラフィ装置 1 0 0 の設計等の条件、例えばパターニングデバイス M A が真空環境で保持されているか否かに応じた方法で、パターニングデバイス M A を保持する。この支持構造 M T は、パターニングデバイス M A を保持するために、機械的、真空、静電式等のクランプ技術を使用することができる。支持構造 M T は、例えばフレーム又はテーブルでよく、必要に応じて固定式又は可動式でよい。支持構造 M T は、パターニングデバイス M A が例えば投影システム P S などに対して確実に所望の位置にくるようにできる。

【 0 0 5 2 】

[00066] 「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にパターンを生成するように、放射ビームの断面にパターンを与えるために使用し得る任意のデバイスを指すものとして広義に解釈されるべきである。放射ビームに与えられるパターンは、集積回路などのターゲット部分に生成されるデバイスの特定の機能層に相当する。

30

【 0 0 5 3 】

[00067] パターニングデバイスは透過性又は反射性でよい。パターニングデバイスの例には、マスク、プログラマブルミラーアレイ、及びプログラマブル L C D パネルがある。マスクはリソグラフィにおいて周知のものであり、これには、バイナリマスク、レベンソン型(alternating)位相シフトマスク、ハーフトーン型(attenuated)位相シフトマスクのようなマスクタイプ、さらには様々なハイブリッドマスクタイプも含まれる。プログラマブルミラーアレイの一例として、小さなミラーのマトリクス配列を使用し、そのミラーは各々、入射する放射ビームを異なる方向に反射するよう個々に傾斜することができる。傾斜したミラーは、ミラーマトリクスによって反射する放射ビームにパターンを与える。

40

【 0 0 5 4 】

[00068] 照明システムのような投影システムは、使用する露光放射、又は真空の使用などの他の要因に合わせて適宜、例えば屈折光学システム、反射光学システム、磁気光学システム、電磁光学システム、静電光学システム等の光学コンポーネント、又はその任意の組合せなどの種々のタイプの光学コンポーネントを含んでいてもよい。その他のガスは放射を吸収しすぎるため、E U V 放射用には真空を使用することが望ましいことがある。したがって、真空壁及び真空ポンプを用いてビーム経路全体に真空環境を与えてもよい。

【 0 0 5 5 】

[00069] 本明細書で示すように、装置は透過タイプである (例えば透過マスクを使用す

50

る)。

【0056】

[00070] リソグラフィ装置は2つ(デュアルステージ)又はそれ以上の基板テーブル(及び/又は2つ以上のマスクテーブル)を有するタイプでよい。このような「マルチステージ」機械においては、追加のテーブルを並行して使用するか、又は1つ以上の他のテーブルを露光に使用している間に1つ以上のテーブルで予備工程を実行してもよい。

【0057】

[00071] 図1を参照すると、照明システムILは、放射源コレクタモジュールSOから極紫外線(EUV)放射ビームを受光する。EUV光を生成する方法は、これに限定されないが、物質を少なくとも1つの元素、例えば、キセノン、リチウム又はスズを有し、EUV範囲の1つ以上の輝線を有するプラズマ状態に変換するステップを含む。多くの場合、レーザ生成プラズマ(LPP)と呼ばれるそのような1つの方法では、所望の輝線放出元素を有する物質の液滴、ストリーム又はクラスタなどの燃料をレーザビームで照射することでプラズマを生成できる。放射源コレクタモジュールSOは、燃料を励起するレーザビームを提供するレーザ(図1には示さず)を含むEUV放射システムの一部であってもよい。結果として得られるプラズマは、放射源コレクタモジュール内の配置された放射コレクタを用いて収集される出力放射、例えば、EUV放射を放出する。レーザ及び放射源コレクタは、例えば、CO₂レーザを用いて燃料励起のためのレーザビームを提供する時のように、独立した構成要素であってもよい。

【0058】

[00072] そのような例では、レーザは、リソグラフィ装置の一部を形成するとは考えられず、例えば、好適な誘導ミラー及び/又はビームエクспанダを備えるビームデリバリシステムを用いて放射ビームはレーザから放射源コレクタモジュールへ渡される。別の例では、例えば、放射源が、多くの場合、DPP放射源と呼ばれる放電生成プラズマEUV生成装置である時のように、放射源コレクタモジュールの一体化部分であってもよい。

【0059】

[00073] 照明システムILは、放射ビームBの角度強度分布を調整するアジャスタを備えてもよい。通常、照明システムILの瞳面における強度分布の少なくとも外側及び/又は内側半径範囲(一般にそれぞれ、-outer及び-innerと呼ばれる)を調整することができる。さらに、照明システムILは、ファセット型フィールド及び瞳ミラーデバイスなどの他の種々のコンポーネントを備えてもよい。照明システムを用いて放射ビームを調節し、その断面に所望の均一性と強度分布とが得られるようにしてもよい。

【0060】

[00074] 放射ビームBは、支持構造(例えば、マスクテーブル)MT上に保持されたパターンングデバイス(例えば、マスク)MAに入射し、パターンングデバイスによってパターンングされる。パターンングデバイス(例えば、マスク)MAに反射した後、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はビームを基板Wのターゲット部分C上に合焦させる。第2のポジショナPWと位置センサPS2(例えば、干渉計デバイス、リニアエンコーダ又は容量センサ)を用いて、基板テーブルWTは、例えば、様々なターゲット部分Cを放射ビームBの経路に位置決めできるように正確に移動できる。同様に、第1のポジショナPMと別の位置センサPS1を用いて、放射ビームBの経路に対してパターンングデバイス(例えば、マスク)MAを正確に位置決めできる。パターンングデバイス(例えば、マスク)MA及び基板Wは、マスクアライメントマークM1、M2及び基板アライメントマークP1、P2を使用して位置合わせすることができる。

【0061】

[00075] 図示のリソグラフィ装置は、以下のモードのうち少なくとも1つにて使用可能である。

1. ステップモードにおいては、支持構造(例えばマスクテーブル)MT及び基板テーブルWTは、基本的に静止状態に維持される一方、放射ビームBに与えたパターン全体が1回でターゲット部分Cに投影される(すなわち単一静的露光)。次に、別のターゲット部

分Cを露光できるように、基板テーブルWTがX方向及び/又はY方向に移動される。

2. スキャンモードにおいては、支持構造(例えばマスクテーブル)MT及び基板テーブルWTは(例えば、X又はY方向に)同期的にスキャンされる一方、放射ビームに与えられるパターンがターゲット部分Cに投影される(すなわち単一動的露光)。支持構造(例えばマスクテーブル)MTに対する基板テーブルWTの速度及び方向は、投影システムPSの拡大(縮小)及び像反転特性によって求めることができる。

3. 別のモードでは、支持構造(例えばマスクテーブル)MTはプログラマブルパターンングデバイスを保持して基本的に静止状態に維持され、基板テーブルWTを移動又はスキャンさせながら、放射ビームに与えられたパターンをターゲット部分Cに投影する。このモードでは、一般にパルス状放射源を使用して、基板テーブルWTを移動させるごとに、又はスキャン中に連続する放射パルスの中で、プログラマブルパターンングデバイスを必要に応じて更新する。この動作モードは、以上で言及したようなタイプのプログラマブルミラーアレイなどのプログラマブルパターンングデバイスを使用するマスクレスリソグラフィに容易に適用できる。

【0062】

[00076] 上述した使用モードの組合せ及び/又は変形、又は全く異なる使用モードも利用できる。

【0063】

[00077] 図2は、放射源コレクタモジュールSOと、照明システムILと、投影システムPSと、を含む装置100をより詳細に示す。放射源コレクタモジュールSOは、真空環境が放射源コレクタモジュールSOの密閉構造220内で維持されるように構築され配置されている。EUV放射放出プラズマ210は、放電生成プラズマ(DPP)放射源によって形成できる。EUV放射は、内部で(超高温の)プラズマ210が生成されて電磁スペクトルのEUV範囲内の放射を放出するXeガス、Li蒸気又はSn蒸気などのガス又は蒸気によって生成できる。(超高温の)プラズマ210は、例えば、少なくとも部分的にイオン化されたプラズマを生成する電気放電によって生成される。例えば、Xe、Li、Sn蒸気又はその他の好適なガス又は蒸気の、例えば、10Paの部分圧力を用いて放射を効率的に生成できる。ある実施形態では、励起したスズ(Sn)のプラズマを提供してEUV放射が生成される。

【0064】

[00078] プラズマ210によって放出された放射は、放射源チャンバ211から、放射源チャンバ211の開口内又はその背後にあるオプションのガスバリア又は汚染物質トラップ230(幾つかの例では汚染物質バリア又はフォイルトラップとも呼ばれる)を介して、コレクタチャンバ212内に渡される。汚染物質トラップ230は、チャンネル構造を含んでもよい。また汚染物質トラップ230は、バスバリア又はガスバリアとチャンネル構造の組合せを含んでもよい。本明細書にさらに記載する汚染物質トラップ又は汚染物質バリア230は、少なくとも当技術分野で既知のチャンネル構造を含む。

【0065】

[00079] コレクタチャンバ212は、いわゆるグレージング入射コレクタであってもよい放射コレクタCOを含んでもよい。放射コレクタCOは、上流側放射コレクタサイズ251と下流側放射コレクタサイズ252と、を有する。コレクタCOを横切る放射は、格子スペクトルフィルタ240に反射して仮想放射源ポイントIFに合焦できる。仮想放射源ポイントIFは、普通、中間焦点と呼ばれ、放射源コレクタモジュールSOは、中間焦点IFが密封構造220の開口221又はその付近に位置するように構成されている。仮想放射源ポイントIFは、放射放出プラズマ210の像である。開口221を通過する前に、放射はオプションのスペクトル純度フィルタSPFを通過してもよい。別の実施形態では、スペクトル純度フィルタSPFは、リソグラフィ装置の別の部分(例えば、放射源コレクタモジュールSOの外側)に位置してもよい。スペクトル純度フィルタの実施形態について以下に詳述する。

【0066】

[00080] その後、放射は、パターンングデバイスM Aでの放射ビーム2 1の所望の角分散とパターンングデバイスM Aでの放射強度の所望の均一性とを提供するように構成されたファセット型フィールドミラーデバイス2 2とファセット型瞳ミラーデバイス2 4とを含んでもよい照明システムI Lを横切る。支持構造M Tに保持されたパターンングデバイスM Aで放射ビーム2 1が反射すると、パターン付ビーム2 6が形成され、パターン付ビーム2 6は、投影システムP Sによって反射要素2 8、3 0を介して、ウェーハステージ又は基板テーブルW Tによって保持された基板W上に結像される。

【0067】

[00081] 照明光学装置I L及び投影システムP S内には一般に図示するよりも多くの要素が存在していてもよい。リソグラフィ装置のタイプによっては、格子スペクトルフィルタ2 40がオプションとして存在してもよい。さらに、図に示すよりも多くの反射要素（例えば、ミラーなど）が存在してもよい。例えば、投影システムP S内には、図2に示す他に1～6個の追加の反射要素があってもよい。

【0068】

[00082] 図2に示すコレクタC Oは、コレクタ（又はコレクタミラー）の一例として、グレージング入射コレクタ2 53、2 54及び2 55を有する入れ子コレクタとして図示されている。グレージング入射コレクタ2 53、2 54及び2 55は光軸Oの周囲に軸を中心に対称に配置され、このタイプのコレクタC Oは、望ましくはDDP放射源と多くの場合呼ばれる放電生成プラズマ放射源と組み合わせて使用される。

【0069】

[00083] あるいは、放射源コレクタモジュールS Oは、図3に示すL P P放射システムの一部であってもよく、これを備えるか又は形成してもよい。図3を参照すると、レーザーL Aは、キセノン（X e）、スズ（S n）又はリチウム（l i）の液滴又は領域又は蒸気などの燃料の上にレーザーエネルギーを堆積して数十e Vの電子温度の高度イオン化されたプラズマ2 10を生成する。これらのイオンの逆励起及び再結合中に生成されるエネルギー放射がプラズマ2 10から放出され、近垂直入射コレクタC Oによって収集され、密閉構造2 20の開口2 21上に合焦する。開口2 21を通過する前に、放射はオプションのスペクトル純度フィルタS P Fを通過できる。別の実施形態では、スペクトル純度フィルタS P Fは、リソグラフィ装置の別の部分（例えば、放射源コレクタモジュールS Oの外側）に位置していてもよい。スペクトル純度フィルタの実施形態について以下に詳述する。

【0070】

[00084] リソグラフィ装置内でスペクトル純度フィルタを使用して放射ビームの望ましくない（例えば、帯域外）波長成分を除外する方法が知られている。例えば、1つ以上のアパーチャを有するスペクトル純度フィルタを提供する方法が知られている。アパーチャの直径及び/又はその間隔は、回折又は散乱などによって放射の1つ以上の望ましくない波長（すなわち、赤外線放射などの第1の波長を有する放射）を阻止し、一方で、放射の1つ以上の望ましい波長（すなわち、E U V放射源者などの第2の波長を有する放射）がアパーチャを通過できるようにするように選択される。例えば、望ましくない放射はスペクトル純度フィルタを加熱して損傷し又は変形させる可能性がある赤外線放射を含むが、望ましい放射は、レジストコート基板にパターンを塗布するために使用するE U V又は超E U V放射を含む。

【0071】

[00085] 図4は、スペクトル純度フィルタS P Fを概略的に示す。スペクトル純度フィルタS P Fは、円形のアパーチャ3 4の周期的なアレイが提供される平面部材3 2の形式の物質の塊（後で詳述）を含む。アパーチャ3 4の直径3 6及び/又はアパーチャ3 4の間の間隔3 8は、阻止される放射の第1の波長が各アパーチャ3 4の入口及び/又は内部で実質的に回折し、一方、第2のより短い波長の放射がアパーチャ3 4を通過するように選択される。アパーチャ3 4の直径3 6は、相当する波長を有する放射（例えば、赤外線放射）を回折によって阻止し、一方でより短い波長の放射（例えば、E U V放射）がアパ

ーチャ34を通過するようにするために、例えば、 $1 \sim 100 \mu\text{m}$ の範囲内であってもよい。

【0072】

[00086] 平面部材32は、スペクトル純度フィルタSPFが阻止するように設計された放射の第1の波長又は波長範囲を実質的に透過しない。例えば、平面部材32は、第1の波長、例えば、電磁スペクトルの赤外線範囲内の波長を反射又は吸収する。反射部材32は、また、スペクトル純度フィルタSPFが透過するように設計された1つ以上の放射の第2の波長、例えば、電磁スペクトルのEUV範囲内の波長を実質的に透過しなくてもよい。しかし、スペクトル純度フィルタSPFは、スペクトル純度フィルタSPFが透過するように設計された1つ以上の第1の波長を実質的に透過する平面部材32から形成されていてもよい。これによって、スペクトル純度フィルタSPFが透過するように設計された1つ以上の波長に対するスペクトル純度フィルタSPFの透過率が増加する。

10

【0073】

[00087] スペクトル純度フィルタSPFのアパーチャ34は、六角形のパターンに配置されている。この配置は、円形のアパーチャを最も高密度に収容し、したがって、スペクトル純度フィルタSPFの最大透過率が得られるため、望ましい。しかし、アパーチャの別の配置の可能であり、例えば、四角形、及び矩形又はその他の規則的若しくは不規則な配置も使用できる。例えば、周期的なアレイの場合、ランダムなパターンを使用できる。アパーチャは（配置にかかわらず）円形状、又は例えば、楕円、六角形、四角形、矩形、又はその他の任意の好適な形状であってもよい。

20

【0074】

[00088] 図5は、図4のスペクトル純度フィルタSPFの横からの部分断面図を示す。図5は、第1の波長を有する放射40（例えば、赤外線放射）と、第2のより短い波長を有する放射42（例えば、EUV放射）と、をさらに示す。放射40、42は、放射ビーム（例えば、図1～図3に関連して上述した放射ビーム）からの放射を構成する。第1の波長を有する放射40と第2の波長を有する放射42はスペクトル純度フィルタSPFに入射する。

【0075】

[00089] 第1の波長を有する放射40と第2の波長を有する放射42がスペクトル純度フィルタSPFのアパーチャ34へ誘導されると、第1の波長を有する放射40はアパーチャ34によって回折し、スペクトル純度フィルタSPFを通過することを実質的に阻止される。第1の波長を有する放射40のごくわずかな割合が44でアパーチャ34を通して透過される。第2の波長を有する放射42は、スペクトル純度フィルタSPFのアパーチャ34を容易に通過する。これは、第2の波長を有する放射42がアパーチャ34によって実質的に回折せず阻止されないからである。

30

【0076】

[00090] 第1の波長を有する放射40と第2の波長を有する放射42がスペクトル純度フィルタSPFを形成する平面部材32の固体部分へ誘導されると、第1の波長を有する放射40は平面部材32の固体部分によって反射又は吸収され、スペクトル純度フィルタSPFを通過することを阻止される。これは、平面部材32が第1の波長を有する放射40を透過しないためである。第2の波長を有する放射42は、スペクトル純度フィルタSPFの平面部材32の固体部分を通して46で実質的に通過する。これは、平面部材32が第1の波長を有する放射40を実質的に透過するためである。

40

【0077】

[00091] 図5は、第1の波長を有する放射40のごくわずかな量しか44でスペクトル純度フィルタSPFを通過できないが、これとは対照的に、第2の波長を有する放射42のはるかに多くの部分がスペクトル純度フィルタを42、46で通過できることを示す。

【0078】

[00092] 図6は、典型的なスペクトル純度フィルタSPF（本発明の実施形態によらない）の横からの部分断面図である。図示のスペクトル純度フィルタSPFは、例えば、図

50

4 及び図 5 に関連して説明するスペクトル純度フィルタ S P F の詳細図であってもよい。

【 0 0 7 9 】

[00093] スペクトル純度フィルタ S P F はシリコン基礎構造 5 0 を有する。シリコン基礎構造は、一定の波長を有する放射を、例えば、回折などによって阻止するように構成された上記の複数のアパーチャ 4 2 を有する（例えば、前の処理ステップで設けられる）。シリコンはリソグラフィプロセスなどで加工が容易なため、シリコンが基礎の物質として選択される。シリコン基礎構造 5 0（シリコングリッド又はシリコン格子などと呼ばれる）は、モリブデンコーティング 5 4 を有する。モリブデンコーティング 5 4 はスペクトル純度フィルタ S P F に入射する赤外線放射を反射し、全体的に見てスペクトル純度フィルタ S P F 上の熱負荷及び温度を低減するために提供される。図では、モリブデンコーティング 5 4 はシリコン支持構造 5 0 の単一の面、例えば、入射放射に対向する面上に位置するように示されている。別の実施形態では、モリブデンコーティングはシリコン基礎構造のより多くの領域又は面をコートしてもよい。

10

【 0 0 8 0 】

[00094] 反射モリブデンコーティング 5 4 付きの場合を含め、スペクトル純度フィルタ S P F の使用中、スペクトル純度フィルタ S P F は高い熱負荷（例えば、8 0 0 を超える）に長時間さらされることがある。そのようなスペクトル純度フィルタ S P F は、8 0 0 を超えると不適当で不十分な寿命を有する。これは、反射モリブデンコーティング 5 4 と下にあるシリコン基礎構造 5 0 との反応によるモリブデンコーティング 5 4 の究極的な層間剥離のためである。スペクトル純度フィルタは、多くの場合水素がある環境で使用される。これは、水素が残がいの抑制剤として、例えば、リソグラフィ装置の異なる部分の間を残がいが通過するのを阻止し、又は多くの場合スペクトル純度フィルタに残がいが入射するのを防止するために使用されるからである。しかし、水素が存在すると、シリコン基礎構造 5 0 の層間剥離と劣化が加速し、スペクトル純度フィルタ S P F の寿命をさらに低減することが分かっている。

20

【 0 0 8 1 】

[00095] フィルタの通常の使用で、例えば、水素が存在する場合にさらされる温度に対してより耐性があるスペクトル純度フィルタを提供することが望ましい。

【 0 0 8 2 】

[00096] 本発明のある実施形態によれば、上記の課題に対する物質の解決策が見ついている。本発明の一態様によれば、内部を通して複数のアパーチャが延在する物質の塊を有するスペクトル純度フィルタが提供される。典型的な既存のスペクトル純度フィルタの場合、アパーチャは、放射の第 1 の波長を阻止し（例えば、回折などによって）、第 2 のより短い波長を有する放射の少なくとも一部をアパーチャを通して透過するように構成されている。例えば、放射の第 1 の波長は、赤外線放射、例えば、9 ~ 12 μm の範囲内、例えば、約 9 . 4 μm 又は約 10 . 6 μm の波長を有する放射であるか又はそれを含んでもよい。放射の第 2 の波長は、電磁スペクトルの E U V 部の波長を有する放射、例えば、5 ~ 20 nm、例えば、13 ~ 14 nm 又は 6 ~ 7 nm、例えば、6 . 6 ~ 6 . 9 nm の範囲内の波長を有する放射であってもよい。物質の塊は、モリブデン - レニウム合金、又はタングステン - レニウム合金、又はタングステン - モリブデン - レニウム合金から形成されていてもよい。そのような合金は、純モリブデン又は純タングステンよりも延性が大きく再結晶化温度が高い。すなわち、そのような合金から形成されたスペクトル純度フィルタは、上記の典型的なスペクトル純度フィルタよりもより耐久性があり長寿命である。代替合金は、タングステン - モリブデン合金であるが、これも既知の金属コートされたシリコンベースのスペクトル純度フィルタよりも性能が優れている。さらに、そのような合金は水素への反応が知られておらず、そのような合金から形成されたスペクトル純度フィルタを水素の存在による劣化がほとんど又は全くない水素が多い環境で使用できる。

30

40

【 0 0 8 3 】

[00097] 本発明の一態様によれば、内部を通して複数のアパーチャが延在する物質の塊を有するスペクトル純度フィルタが提供される。本発明の上記の態様と同様、アパーチャ

50

は、第1の波長を有する放射を（例えば、回折などによって）阻止し、第2のより短い波長を有する放射の少なくとも一部をアパーチャを通して透過するように構成されている。例えば、放射の第1の波長は、赤外線放射、例えば、 $9 \sim 12 \mu\text{m}$ 、例えば、約 $9.4 \mu\text{m}$ 又は約 $10.6 \mu\text{m}$ の波長を有する放射であってもよく、又はこれを含んでもよい。放射の第2の波長は、電磁スペクトルのEUV部の波長を有する放射、例えば、 $5 \sim 20 \text{nm}$ 、例えば、 $13 \sim 14 \text{nm}$ 又は $6 \sim 7 \text{nm}$ 、例えば、 $6.6 \sim 6.9 \text{nm}$ の範囲内の波長を有する放射であってもよい。本発明のこの態様では、物質の塊は、モリブデン、又はタングステンから形成される。さらに、物質の塊は、全体的に見て、スペクトル純度フィルタを形成する物質の塊の再結晶化温度を上昇させる複数のナノ粒子をさらに含む。再結晶化温度を上昇させることで、物質の塊、したがって、全体的に見てスペクトル純度フィルタは高温下での長期使用により順応する。さらに、モリブデン又はタングステンを使用することで、水素に反応しない物質の塊、したがって、スペクトル純度フィルタが得られ、スペクトル純度フィルタを水素が多い環境で使用できる。

【0084】

[00098] 本発明の両方の上記態様で、スペクトル純度フィルタのアパーチャは、第1の波長を有する放射を阻止し、第2のより短い波長を有する放射の少なくとも一部をアパーチャを通して透過するように構成されたものとして説明されている。そのような構成の典型的な例は当技術分野で知られており、本発明の主題ではないため、本明細書では説明しない。例えば、図7～図10に関連して、以下に、スペクトル純度フィルタを形成する物質について詳述する。図7～図10で、図面はいかなる特定の縮小比でも描かれておらず、単に例示としてのものである。

【0085】

[00099] 図7は、本発明のある実施形態によるスペクトル純度フィルタSPF1の横からの部分断面図を概略的に示す。スペクトル純度フィルタSPF1は、内部を通して複数のアパーチャが延在する物質の塊60を有する（又はそれから形成される）。アパーチャは穿孔など、又はその他の任意の方法で提供できる。アパーチャ62は第1の波長を有する放射を（例えば、回折などによって）阻止し、第2のより短い波長を有する放射の少なくとも一部をアパーチャ62を通して透過するように構成されている。物質の塊60は、モリブデン-レニウム合金から形成できる。別の例では、物質の塊は、モリブデン-レニウム合金、又はタングステン-モリブデン-レニウムから形成されていてもよい。いずれの合金も純モリブデン又は純タングステンよりも延性が大きく再結晶化温度が高い。また、典型的な（既存の）シリコン及びモリブデンベースのスペクトル純度フィルタよりも高い温度でより長い期間機能できる。さらに別の例では、物質の塊は、これもまた、典型的な（既存の）シリコン及びモリブデンベースのスペクトル純度フィルタよりも高い温度でより長い期間機能できるタングステン-モリブデン合金を含むか、又はこれから形成されてもよい。

【0086】

[00100] 物質の塊60がモリブデン-レニウム合金から形成される場合、合金内のレニウムの含有率は、原子百分率で、 $0.1\% \sim 49\%$ であってもよい。物質の塊60がタングステン-レニウム合金から形成される場合、合金内のレニウムの含有率は、原子百分率で、 $0.1\% \sim 27\%$ であってもよい。物質の塊60がタングステン-モリブデン-レニウム合金から形成される場合、合金内のレニウムの含有率は、原子百分率で、 $0.1\% \sim 49\%$ であってもよい。

【0087】

[00101] 図8は、スペクトル純度フィルタSPF2を示す別の実施形態を概略的に示す。モリブデン-レニウム合金、又はタングステン-レニウム合金、又はタングステン-モリブデン-レニウム合金、タングステン-モリブデン合金は、物質の塊60を形成する。スペクトル純度フィルタSPF2は、第1の波長を有する放射を阻止し、第2のより短い波長を有する放射を透過する上記のアパーチャ62を有する。スペクトル純度フィルタSPF2のこの実施形態と図7のスペクトル純度フィルタとの相違点は、スペクトル純度フ

フィルタSPF2内では、物質の塊60が全体的に見て物質の塊の再結晶化温度を上昇させる複数のナノ粒子64をさらに有し、スペクトル純度フィルタSPF2の温度弾性を向上させているという点である。ナノ粒子は、 Al_2O_3 、 HfO_2 、 ZrO_2 、 Y_2O_3 、 MgO 、 La_2O_3 、 Ce_2O_3 、 SrO 、及び HfC の1つ以上を含んでいてもよい。ナノ粒子64は、ある実施形態では、1つ以上の層の形態で物質の塊60内に分散できる。例えば、スペクトル純度フィルタSPF2の形成時に、一定量の合金を堆積させ、その後、ナノ粒子の層、さらに一定量の合金、という風に堆積させて物質の塊とスペクトル純度フィルタが形成される。層の形態でナノ粒子を提供する方が代替分散方法、例えば、物質の塊全体にナノ粒子を均一に分散させる方法よりも容易に実行できる。

【0088】

[000102] スペクトル純度フィルタの別の実施形態（図示せず）では、実質的に純粋なタングステン又は純モリブデン又はタングステンとモリブデンの（レニウムは存在しない）合金を含む物質の塊内にナノ粒子を（例えば、1つ以上の層の形態で）提供できる。レニウムが含まれないということは、物質の塊とスペクトル純度フィルタが全体的に見てモリブデン - レニウム合金、又はタングステン - レニウム合金を含むスペクトル純度フィルタほど延性が高くないということを意味する。しかし、ナノ粒子の存在はスペクトル純度の再結晶化温度を上昇させる。再結晶化温度を上昇させることで、物質の塊、したがって、上記のように、全体的に見てスペクトル純度フィルタは、典型的なシリコン及びモリブデンベースのスペクトル純度フィルタよりも高い温度での長期間の使用に適している。

【0089】

[000103] スペクトル純度フィルタの機能は、第1の波長を有する放射、例えば、赤外線放射を実質的に阻止し、より短い第2の波長を有する放射の透過を（アパーチャを通して、又はスペクトル純度フィルタを形成する物質の塊を通して）可能にすることである。第1の放射を有する放射の阻止は、アパーチャの開口度及びアパーチャ内の放射の回折、及び/又は放射のスペクトル純度フィルタ自体からの反射によってなされる。例えば、純タングステン及びモリブデンは、赤外線放射（例えば、 $10.6\mu m$ の放射）に対して一定の反射率を有することが知られている。しかし、タングステン - レニウム合金及びモリブデン - レニウム合金は、純モリブデン又はタングステンよりも低い反射率を有することが知られている。高温下での長期使用により順応する一方でスペクトル純度フィルタが阻止し及び/又は反射するように設計された放射の反射率の低減（又は実質的な低減）を被らないスペクトル純度フィルタを提供できることが望ましい。図9は、上記の要件を満足するバランスの取り方を示す。

【0090】

[000104] 図9は、本発明の第3の実施形態によるスペクトル純度フィルタSPF3を概略的に示す。スペクトル純度フィルタSPF3は、図7に示し、同図に関して説明したスペクトル純度フィルタに多くの点で類似している。図9を再度参照すると、スペクトル純度フィルタSPF3は、内部を通して複数のアパーチャが延在する物質の塊60を有する。さらにアパーチャ62は、第1の波長を有する放射を阻止し、第2のより短い波長を有する放射の少なくとも一部をアパーチャを通して透過するように構成されている。物質の塊60は、モリブデン - レニウム合金、又はタングステン - レニウム合金、又はタングステン - モリブデン - レニウム合金から形成される。上記のように、そのような合金は、例えば、純タングステン又は純モリブデンと比べて $10.6\mu m$ の赤外線放射に対して低減した反射率を有する。

【0091】

[000105] この課題を克服するため、内部を通してアパーチャ62が延在する物質の塊60の表面は、実質的に純粋なモリブデン又はタングステン66、又はモリブデンとタングステンの合金から形成された領域又は層を含む、又は有する。別の実施形態では、物質の塊の前面に独立した層を提供しなくてもよい。例えば、物質の塊は、物質の塊が塊の一部に合金を含むように形成でき、次に、物質の塊の前面に近づきそれを含む領域で、物質の塊は、物質がもはや合金ではなく純モリブデン又はタングステン、又はレニウムを含まな

10

20

30

40

50

いモリブデンとタングステンの合金であるように処理又は製造される。

【 0 0 9 2 】

[000106] 使用時に、実質的に純粋なモリブデン又はタングステン、又はそれらの合金の層を有する（又はその領域を有する）前面は、例えば、放射の第 1 の波長を反射するために、放射の第 1 の波長及び / 又は第 2 の波長を有する入射放射に対向する。

【 0 0 9 3 】

[000107] 図 9 は単に例示としてのみ示している。例えば、別の実施形態（図示せず）では、そのような純モリブデン又はタングステン層又は領域を、実質的に純粋なモリブデン又はタングステン、又はそれらの合金（すなわち、レニウムを含まない合金）を含み、ナノ粒子を添加した物質の塊の表面上に提供でき、又はそれを構成できる。上記のように、別の実施形態（図示せず）では、そのような純モリブデン又はタングステン（又はその合金）の層又は領域を、ナノ粒子を添加したモリブデン - レニウム合金、又はナノ粒子を添加したタングステン - レニウム合金、又はナノ粒子を添加したタングステン - モリブデン - レニウム合金から形成された物質の塊の表面上に提供でき、又はそれを構成できる。

10

【 0 0 9 4 】

[000108] 図 9 に示し同図に関して説明した反射層又は領域はキャッピング領域又は層とも呼ばれる。

【 0 0 9 5 】

[000109] 図 1 0 は、各スペクトル純度フィルタの厚さ T の関数としての例示的なスペクトル純度フィルタの反射率 R を示すグラフである。反射率は $10 \sim 6 \mu\text{m}$ の波長で測定される。

20

【 0 0 9 6 】

[000110] 第 1 のシリーズ 7 0（実線で示す）は、タングステン - レニウム合金を含む物質の塊から形成され、表面に純タングステンの反射層又は領域がない（すなわち、キャッピング層がない）スペクトル純度フィルタの反射率を表す。

【 0 0 9 7 】

[000111] 第 2 のシリーズ 7 2（破線で示す）は、タングステン - レニウム合金を含む物質の塊から形成され、表面に厚さ 10 nm の純タングステンの層又は領域を追加的に提供した物質の塊から形成されたスペクトル純度フィルタの反射率を表す。そのような純タングステンの反射層が存在しない（すなわち、第 1 のシリーズ 7 0に見られるような）状況と比較して反射率が増加したことが分かる。

30

【 0 0 9 8 】

[000112] 傾向を示すために、第 3 のシリーズ 7 4（点線 / 破線で示す）は、純タングステンから形成された（すなわち、レニウムが存在せず、キャッピング層がない）スペクトル純度フィルタを表す。反射率が増加したことが分かる。しかし、スペクトル純度フィルタが純タングステンから形成されるこの最後の例では、スペクトル純度フィルタは、本発明の実施形態で上述したスペクトル純度フィルタほど熱弾性が大きくない。

【 0 0 9 9 】

[000113] 以上、本発明の実施形態について、モリブデン - レニウム合金、又はタングステン - レニウム合金、又はタングステン - モリブデン合金、又はタングステン - モリブデン - レニウム合金などの物質、或いはナノ粒子を含むタングステン及び / 又はモリブデン物質などの使用に関して説明してきた。これらの物質は、1 つ以上の理由、例えば、比較的高い融点（例えば、以下の表 1 を参照）、製造方法でのこれらの物質の使用（他の目的のためではあるが）についての既存の知識、（その他の）高温適用分野でのこれらの物質の特性と挙動についての既存の知識の 1 つ以上によって望ましい。しかし、本発明の実施形態はこれらの物質の使用に限定されない。すなわち、以下に詳述するように、その他の（耐熱）物質も使用できる。

40

【 0 1 0 0 】

[000114] 本発明のより一般的な実施形態によれば、内部を通して複数のアパーチャが延在する実質的に上記のように構成されたスペクトル純度フィルタが提供される。典型的な

50

既存のスペクトル純度フィルタと同様に、アパーチャは、第1の波長を有する放射を（例えば、放射の屈折によって）阻止し、第2のより短い波長を有する放射の少なくとも一部をアパーチャを通して透過するように構成されている。例えば、放射の第1の波長は、赤外線放射、例えば、 $9 \sim 12 \mu\text{m}$ 、例えば、約 $9.4 \mu\text{m}$ 又は約 $10.6 \mu\text{m}$ の波長を有する放射であってもよく、又はそれを含んでいてもよい。放射の第2の波長は、例えば、電磁スペクトルのEUV部の波長、例えば、 $5 \sim 20 \text{ nm}$ 、例えば、 $13 \sim 14 \text{ nm}$ 又は $6 \sim 7 \text{ nm}$ 、例えば、 $6.6 \sim 6.9 \text{ nm}$ の範囲内の波長を有する放射であってもよい。一般に、スペクトル純度フィルタを形成する物質の塊は、放射の第1の波長で実質的に70%以上のバルク反射率を有するか又は放射の第1の波長で90%以上（また放射の第1の波長で100%以下）のバルク反射率を有する物質として記述できる。「バルク反射率」は、放射波長よりはるかに大きい厚さを有する実質的に完全に平坦な連続する層の垂直入射反射として定義できる。さらに、この物質は、1,000、又は1,400を超える融点を有する。可能な限り高い融点が望ましいために、融点には望ましい上限というものがない。融点の任意の限界値は、例えば、10,000と記述できる。或いは1,400の下限値と共に3,500の融点の上限値は、好適な物質（下記参照）を含む範囲を定義する。これらの特性を有する物質は、スペクトル純度フィルタ、特に温度が1,000以上に近づき、できるだけ大量の赤外線放射、例えば、EUV放射などの生成で生成又は使用される $10.6 \mu\text{m}$ の放射を反射又は阻止することが望ましいEUVリソグラフィ装置内のスペクトル純度フィルタとして特に有用である。

10

【0101】

20

[000115] 幾分驚くべきことに、上記の反射率及び温度特性を有する物質はスペクトル純度フィルタのコーティングとして使用されてきたが、そのような物質から形成されたスペクトル純度フィルタ（すなわち、スペクトル純度フィルタの大半）の塊の形成へ向けた開示、提案又は教示は全く存在しない。しかし、そのような物質の塊からスペクトル純度フィルタを形成することは、例えば、そのような物質をコーティングとして使用する時に遭遇する層間剥離が低減し、又は存在しないという利点を有する。

【0102】

[000116] 上記の判定基準を満足する好適な物質は、例えば、Cr、Fe、Ir、Mo、Nb、Ni、Os、Pt、Re、Rh、Ru、Ta、及びWの1つ以上又はその組合せであってもよい。これらの物質は単独で、又は組み合わせて使用でき、又は合金を形成できる。合金は、物質の塊などの一定の材料特性を達成する、例えば、結果として得られる物質の塊などの延性を増大させるのに望ましい。これらの物質を用いて合金を形成した場合、別の物質（列挙せず）を使用してもよい。望ましくは、そのような別の物質は、合金の原子重量で小さい部分を形成し、上記の物質によって形成される大きい部分は物質の構造特性（例えば、温度抵抗又は弾性、又は反射率など）を支配する。

30

【0103】

[000117] 上記の物質は、すべて、1,400を超える融点と、90%を超える $10.6 \mu\text{m}$ （また、上記のように、多くの場合、EUV放射の生成に関連付けられる赤外線波長）でのバルク反射率を有する。以下の表1は、これらの物質の融点と $10.6 \mu\text{m}$ でのバルク反射率の正確な値を示す。

40

【表 1】

物質	融点 (°C)	バルク反射率 (10.6 μm での)
Cr	1857	93.95%
Fe	1535	97.09%
Ir	2443	97.18%
Mo	2617	98.33%
Nb	2468	97.75%
Ni	1453	97.69%
Os	3027	98.81%
Pt	1772	97.00%
Re	3180	98.28%
Rh	1966	98.22%
Ru	2250	97.64%
Ta	2996	98.05%
W	3422	97.91%

10

【0104】

[000118] スペクトル純度フィルタの塊を形成するために用いる物質の融点の好適な範囲は表1の値から得られる。融点の範囲は、例えば、1453 以上、3422 以下であってもよい。代替的に又は追加的に、放射の第1の波長での（例えば、10 μm での）物質のバルク反射率の好適な範囲を表1の値から得ることができる。放射の第1の波長での（例えば、10 μm での）物質のバルク反射率の好適な範囲は、例えば、93.95%以上、98.81%以下であってもよい。

20

【0105】

[000119] 上記の物質のサブセット、すなわち、Cr、Fe、Ir、Mo、Nb、Ni、Os、Pt、Re、Rh、Ru、Ta、及びWのサブセットのみを使用することが望ましい。例えば、サブセット内の物質には、高すぎる酸素への親和性、高すぎる蒸気圧力などを有していることがある。これらの欠点を呈しない望ましいサブセットは、例えば、Mo、W、Ta、Re、Ir、Nb、及びRuであってもよい。スペクトル純度フィルタの塊を形成するために用いる望ましい物質のサブセットの融点の好適な範囲は、表1の値から得られる。融点範囲は、例えば、2250 以上、例えば、2250 以上、3422 以下であってもよい。代替的に又は追加的に、放射の第1の波長での（例えば、10 μm での）物質のバルク反射率の好適な範囲は、表1の値から得られる。放射の第1の波長での（例えば、10 μm での）物質のバルク反射率は、例えば、97.18%以上、98.81%以下の範囲内であってもよい。

30

【0106】

[000120] 上記の本発明のより一般的な説明は、より具体的なモリブデン及び/又はタングステンの実施形態（及び/又はそれらの合金）に関連する上述の別のフィーチャの追加によってさらに定義できる。例えば、上記のより一般的な定義に加えて、スペクトル純度フィルタの塊を形成するために用いる1つ以上の物質は、全体的に見て、物質（したがって、スペクトル純度フィルタ）の再結晶化温度を上昇させる複数のナノ粒子をさらに含んでいてもよい。例えば、ナノ粒子は、 HfO_2 、 ZrO_2 、 MgO 、 La_2O_3 、 Ce_2O_3 、 SrO 、及び HfC の1つ以上を含んでいてもよい。ナノ粒子は、物質の塊内の層に分散していてもよい。層の形態でナノ粒子を提供する方が代替分散方法、例えば、物質の塊全体にナノ粒子を均一に分散させる方法よりも容易に実行できる。

40

【0107】

[000121] モリブデン及びタングステンの実施形態に関連して上述したように、1つ以上の物質の合金によって、反射率（例えば、10.6 μm での）を純粋で独立した形態の物質の反射率よりも小さくすることができる。したがって、より一般的な実施形態の場合、内部を通して複数のアパーチャが延在する物質の塊の表面は、実質的に純粋なCr、Fe

50

、Ir、Mo、Nb、Ni、Os、Pt、Re、Rh、Ru、Ta、及びWから形成された領域又は層を含むか又は有していてもよい。領域又は層を既存の物質の塊に追加してもよく、又は領域又は層をその物質の塊と一体形成してもよい。例えば、一実施形態では、物質の合金又は組合せから物質の塊の大きい部分を形成でき、適当な処理によって、純粋な物質だけから前面を一体形成（例えば、成長又は堆積）できる。前面を一体形成することで構造がより堅牢になる。前面は、使用時に、放射の第1の波長及び/又は第2の波長を有する入射放射に対向し、放射の第1の波長が（例えば、反射によって）適切に阻止される。

【0108】

[000122] 上記のより一般的な実施形態では、物質Cr、Fe、Ir、Mo、Nb、Ni、Os、Pt、Re、Rh、Ru、Ta、及びWの1つ以上のケイ化物を純粋な形態の上記物質の代わりに、又はそれと組み合わせて使用できる。純粋形態の物質と比較して、上記物質のケイ化物は、放射の第1の波長、例えば、 $10.6\mu\text{m}$ などの赤外線波長でのバルク反射率が小さい（例えば、70%以上）。純粋形態の物質と比較して、上記物質のケイ化物は、より低い融点、例えば、1000以上、1100以上、1200以上、1300以上、又は1400以上を有する。しかし、同時に、そのようなケイ化物はより安定した再結晶化温度、及び/又は水素への向上した耐性を有し、これは、スペクトル純度フィルタが高温に繰り返し曝露される環境、又は水素が充填された環境内で有用である。

【0109】

[000123] 幾つかの実施形態では、スペクトル純度フィルタにかかる熱負荷は、おそらくは再結晶化温度が本発明のフィーチャに従って上昇している場合であっても再結晶化が依然として支配的であるような程度である。問題は、スペクトル純度フィルタ内の、又はその再結晶化を阻止する方法である。

【0110】

[000124] スペクトル純度フィルタが製造される元になる堆積した（例えば、金属の）層（すなわち、物質の塊）は、一般的に、堆積プロセス、例えば、スパッタ堆積プロセスの結果としての円柱状の粒子の微細構造を有する。これは、層の大半が、堆積層の下から上まで円柱状に延在する垂直サイズが水平サイズよりもはるかに大きい粒子から構成されるということを意味する。

【0111】

[000125] 大半の再結晶化阻止機構は、粒子の境界を（溶液又は汚染物の分離によって、又は2相微粒子の沈殿によって）固定する方法に依存している。円柱状の粒子微細構造を有するスペクトル純度フィルタは、そのような阻止機構に最適ではない。これは、粒子とスペクトル純度フィルタの（アパーチャを画定する）壁の両方が層表面へ直交する長い軸を有するアスペクト比が大きい形状を有するからである。その結果、スペクトル純度フィルタ構造の粒子境界含有率は比較的低く、再結晶化は満足に阻止されない。

【0112】

[000126] 本発明によれば、スペクトル純度フィルタを形成するために用いる物質の塊は、実質的に等軸（すなわち、アスペクト比が1桁の粒子を有する）であり、及び/又は粒子サイズがアパーチャを画定する壁の幅より小さいか、又は2つの隣接するアパーチャの間の最短距離よりも小さく、及び/又は平均粒子サイズ又は粒径が500nm未満、又は200nm未満である粒子構造を有する。横方向の粒子サイズが同じ場合、等軸粒子構造を有するスペクトル純度フィルタは、円柱状の粒子微細構造を有するスペクトル純度フィルタよりも粒子境界の摩擦が大幅に高い。したがって、本発明によるスペクトル純度フィルタは、再結晶化への耐性がより大きい。

【0113】

[000127] 図11aは、スパッタ堆積を用いて基板82上に堆積した金属層80（すなわち、物質の塊）を示す。円柱状の粒子微細構造84が存在する。

【0114】

[000128] 図 1 1 b は、図 1 1 a の層内に形成されたスペクトル純度フィルタ S P F 4 を示す。図 1 1 b を参照すると、スペクトル純度フィルタ S P F 4 は、図 1 1 a の層にアパーチャ 8 6 を形成することで形成される。アパーチャ 8 6 が提供されたあとに残る物質に対応するアパーチャ壁 8 8 が残っている。アパーチャ壁 8 8 は、アパーチャ 8 6 間の最短距離であってもよい幅 9 0 を有する。アパーチャ 8 6 が形成された層の円柱状の粒子構造のために、壁 8 8 はごく少数の粒子境界 9 2 を含む。その結果、再結晶化は満足に阻止されない。

【 0 1 1 5 】

[000129] 本発明の一態様によれば、粒子が 1 桁のアスペクト比を有する（すなわち、等軸である）ように層を堆積できる。図 1 2 a は、基板 1 0 2 上に提供された金属層 1 0 0 （すなわち、物質の塊）を示す。図示の金属層 1 0 0 は、実質的に等軸の粒子構造 1 0 4 を有する。

10

【 0 1 1 6 】

[000130] 図 1 2 b は、図 1 2 a の層内に形成されたスペクトル純度フィルタ S P F 5 を示す。図 1 2 b を参照すると、スペクトル純度フィルタ S P F 5 は、図 1 2 a の層にアパーチャ 1 0 6 を形成することで形成される。アパーチャ 1 0 6 が提供されたあとに残る物質に対応するアパーチャ壁 1 0 8 が残っている。アパーチャ壁 1 0 8 は、アパーチャ 1 0 6 間の最短距離であってもよい幅 1 1 0 を有する。アパーチャ 1 0 6 が形成された層の等軸の粒子構造のために、壁 1 0 8 は図 1 1 b のスペクトル純度フィルタよりもはるかに多くの粒子境界 1 1 2 を含む。その結果、再結晶化はより満足に阻止される。

20

【 0 1 1 7 】

[000131] 好ましい実施形態では、平均粒子サイズはスペクトル純度フィルタの壁の幅よりも小さく、壁の内部での粒子境界の形成が確保され、又は少なくとも促進される。例えば、平均粒子サイズは（例えば、粒径）は 5 0 0 n m 未満、又はより好ましくは、2 0 0 n m 未満であってもよい。

【 0 1 1 8 】

[000132] 幾つかの実施形態では、より等軸の粒子構造の形成を促進又は助長する、或いはより円柱状の構造の形成を防止することが好ましい。図 1 3 は、全厚 1 3 5 n m の W - T i / B 多層 1 2 0 の一例を示す。多層は基板 1 2 2 上の提供されている。多層 1 2 0 の W - T i 1 2 4 は、比較的薄い（例えば、約 0 . 1 n m の厚さを有する）B 層 1 2 6 の繰り返しの堆積によって円柱状の粒子構造を形成することが防止されている。超微細で実質的に等軸の数ナノメートル程度の粒子サイズを有する粒子構造がわずかに約 5 % の B を添加しただけで達成される。

30

【 0 1 1 9 】

[000133] 主要な物質の塊内への等軸の粒子構造の堆積又は促進は、優勢な結晶配向をリセットして以前の周期の薄い層の堆積によって次の堆積周期を開始するために、周期的に何かの（例えば、スパッタ）堆積プロセスを中断することで達成できる。これは、例えば、主要な物質の塊を形成する物質の層の以前の、及び / 又は後続の堆積に対する、第 2 の物質の薄い層の堆積によって達成できる。すなわち、物質の塊は、第 2 の物質の複数の比較的薄い層によって複数の比較的厚い層に分割される。いずれの実施形態でも、等軸の粒子構造を有する物質の層（すなわち、塊）は、別の実施形態に関連して上述したいずれかの物質、又は物質の組合せから形成できる。この具体的な方法に関して、第 2 の物質は、例えば、B、C、S i、又は金属層の成分の 1 つの酸化物、窒化物又は炭化物であってもよい。また、第 2 の物質は、上記のナノ粒子（A l₂ O₃ など）の 1 つであってもよい。ナノ粒子の使用の利点は、（上に詳述したように、そのようなナノ粒子を使用した場合）ナノ粒子が金属層内にすでに均一に分散しているということである。あるいは、結晶構造は、表面の結晶度を低下させて結晶配向が異なる新しい層を堆積できるスパッタエッチングを周期的に実行することでリセットできる。

40

【 0 1 2 0 】

[000134] 使用時に、スペクトル純度フィルタへ入射する放射の不均一性又は急激な変動

50

によって、スペクトル純度フィルタ上の熱負荷の分散が不均一で変動する結果となる。伝導及び対流による熱の伝達は限られており、熱負荷の不均一で変動する分散によってスペクトル純度フィルタの温度は大きく変動する。熱膨張のために、上記の温度の変動によって機械的な応力が生まれ、スペクトル純度フィルタが屈曲又は破損することがある。例えば、スペクトル純度フィルタの急速冷却又はパルス照明によってそのフィルタが急激に損傷する可能性があることが分かっている。しかし、同じ一定の最大出力で照明されたスペクトル純度フィルタは、はるかに長時間、損傷を受けない。したがって、問題は、スペクトル純度フィルタの温度の不均一性と変化速度をいかにして低減するかである。

【 0 1 2 1 】

[000135] 本発明によれば、上記の問題は少なくとも部分的に克服できる。本発明の一態様によれば、スペクトル純度フィルタアセンブリであって、内部を通して複数のアパーチャが延在し、該アパーチャが第1の波長を有する放射を阻止し、第2の波長を有する放射の少なくとも一部をアパーチャを通して透過するように構成され、放射の第2の波長が放射の第1の波長よりも短い物質の塊を有するスペクトル純度フィルタを備えるスペクトル純度フィルタアセンブリが提供される。アセンブリは、使用時に、スペクトル純度フィルタの少なくとも一部の温度を上昇させる、第1及び第2の波長の放射源とは独立した装置をさらに備える。使用中にスペクトル純度フィルタの少なくとも一部の温度を上昇させることで、温度の均一性及び/又は安定性が改善される。

10

【 0 1 2 2 】

[000136] 本発明の一般的な好ましい又は代替フィーチャについて概説する。

20

【 0 1 2 3 】

[000137] 上記装置は、温度を上昇させるためにスペクトル純度フィルタの少なくとも一部に熱を提供するように構成され、及び/又は上記装置は、使用時に、温度を上昇させるために、スペクトル純度フィルタを少なくとも部分的に断熱するように構成されていてもよい。

【 0 1 2 4 】

[000138] 上記装置は、スペクトル純度フィルタを搭載しスペクトル純度フィルタを少なくとも部分的に(例えば、周囲の構造などから)断熱する1つ以上のマウント(例えば、セラミックマウント)を含んでいてもよい。

【 0 1 2 5 】

30

[000139] 上記装置は熱源を有してもよい。熱源は、スペクトル純度フィルタの一部に接触する、又はそれを形成する1つ以上の電気ヒータ又は導体、及び/又はスペクトル純度フィルタによって実質的に吸収される波長を有する放射をスペクトル純度フィルタへ誘導するように構成された放射源の1つ以上であってもよい。

【 0 1 2 6 】

[000140] スペクトル純度フィルタは、使用時に、第1の波長及び/又は第2の波長を有する入射放射に対向するように構成された前面と、スペクトル純度フィルタの前面の反対側にある背面と、を有し、熱源がスペクトル純度フィルタの背面に熱を提供するように構成されてもよい。

【 0 1 2 7 】

40

[000141] スペクトル純度フィルタの前面は第1の波長の放射を実質的に反射し、背面は第1の波長の放射を実質的に吸収してもよい。

【 0 1 2 8 】

[000142] 本発明の一態様によれば、使用時に、スペクトル純度フィルタの温度を上昇させる方法であって、スペクトル純度フィルタがフィルタリングするように設計された放射源から独立した熱源を用いてスペクトル純度フィルタの少なくとも一部を加熱し、及び/又はスペクトル純度フィルタを少なくとも部分的に断熱するステップを含む方法が提供される。

【 0 1 2 9 】

[000143] 本発明のより具体的な例とフィーチャについて説明する。

50

【 0 1 3 0 】

[000144] 図 1 4 は、透過性のスペクトル純度フィルタ S P F 6 を示す。スペクトル純度フィルタ S P F 6 は、例えば、本発明の別の態様及び実施形態に関連して上述した薄膜フォイル又はグリッドスペクトル純度フィルタであってもよい。スペクトル純度フィルタ S P F 6 は、図示のように、放射ビームの焦点 I F の付近に搭載してもよい。放射ビームは、E U V 放射 1 3 0 だけでなく、その一部がスペクトル純度フィルタ S P F 6 によって実質的に吸収される（及び／又は幾つかの実施形態では、スペクトル純度フィルタ S P F 6 の前面 1 3 4 によって反射される）帯域外（例えば、赤外線）放射 1 3 2 も含む。ターゲットは、赤外線（又はその他の帯域外）放射 1 3 2 の吸収によるスペクトル純度フィルタ S P F 6 の加熱の変動と不均一性とを低減することである。

10

【 0 1 3 1 】

[000145] この実施形態では、1 つ以上の熱源アセンブリ 1 3 6 が提供される。各々の熱源アセンブリ 1 3 6 は放射源 1 3 8（例えば、レーザ又はホットフィラメント）を備え、また、例えば、スペクトル純度フィルタ S P F 6 の 1 つ以上の特定の区域又は領域に放射源 1 3 8 によって生成された放射 1 4 2 を（例えば、制御自在に）誘導する光学装置など 1 4 0 をさらに備える。放射源 1 3 8 は、好ましくはスペクトル純度フィルタ S P F 6 によって実質的に吸収される波長の放射を放出する。放射源は、スペクトル純度フィルタ S P F 6 の上流側又は下流側に位置していてもよい。

【 0 1 3 2 】

[000146] 一実施形態では、スペクトル純度フィルタ S P F 6 の前部 1 4 4（すなわち、フィルタリングする放射に対向する側）は赤外線を実質的に反射するが、背面 1 4 6 は赤外線を吸収（したがって、赤外線を放出）する。この幾何学構造に、温度の均一性を改善する追加の放射 1 4 2 が、好ましくは吸収側の背面 1 4 6 から提供される。これは、達成するのに必要な出力が少なくて済む。そのようなスペクトル純度フィルタ S P F 6 は、例えば、金属コートされた S i グリッドであってもよい。金属コート前部又は前面 1 4 4 の反射率は、S i の背面 1 4 6 の反射率より高い。

20

【 0 1 3 3 】

[000147] 代替又は追加の実施形態（図示せず）は、電気暖房を使用する。この実施形態では、スペクトル純度フィルタ S P F 6 を抵抗暖房によって加熱するために、スペクトル純度フィルタ（の一部）又はその上にある導体に電圧が印加される。

30

【 0 1 3 4 】

[000148] 代替又は追加の実施形態（図示せず）では、スペクトル純度フィルタは、その周囲から実質的に断熱されるように、例えば、セラミックマウントを用いて搭載されている。これによって、例えば、金属（導体）支持構造と比較して、スペクトル純度フィルタの温度が上昇する。

【 0 1 3 5 】

[000149] 一実施形態では、追加の熱負荷（追加の放射源又は電気暖房など）は、実質的に均一であってもよい。これによってスペクトル純度フィルタ S P F 6 上の総熱負荷の不均一性は低減しないが、温度の均一性は大幅に向上する。例えば、ある位置での最小値 $P_{min} = 1 \text{ W} / \text{cm}^2$ から別の位置での最大値 $P_{max} = 4 \text{ W} / \text{cm}^2$ にわたる不均一な熱負荷（すなわち、吸収された出力）を受けるスペクトル純度フィルタを考えてみる。すべての関連する波長でスペクトル放射率が 0.5 であると仮定すると、それぞれ $T_{min} = 1090 \text{ K}$ 、 $T_{max} = 771 \text{ K}$ の平衡温度が得られる。したがって、スペクトル純度フィルタ全体での温度差は、319 K である。4 W / cm² の均一な出力負荷が加わると、総熱負荷は、 $P_{min}' = 5 \text{ W} / \text{cm}^2$ 、 $P_{max}' = 8 \text{ W} / \text{cm}^2$ に変化する。これに対応する平衡温度は $T_{min}' = 1296 \text{ K}$ 、 $T_{max}' = 1152 \text{ K}$ 、温度差は 144 K である。したがって、最大温度は約 200 K だけ上昇しているが、フィルタ全体での均一性は 175 K だけ減少する。

40

【 0 1 3 6 】

[000150] 別の実施形態では、熱源によって提供される追加の熱負荷は、スペクトル純度

50

フィルタによってフィルタリングされる放射によって提供される熱負荷（すなわち、元の熱負荷）を少なくとも部分的に補完する分散を有していてもよい。例えば、EUV放射源／コレクタモジュールからの放射ビーム内の熱負荷は、通常、ビームの中心（光軸の周囲）で最大であり、ビームの断面の周縁部近くで低い。この例では、スペクトル純度フィルタに提供された追加の熱負荷が環状の分散を有する、すなわち、スペクトル純度フィルタの中心で低く、外側で高いことが好ましい。そのような分散は、例えば、スペクトル純度フィルタの外環のみがそのフィラメントによって生成された放射によって照明されるように適切に封止された円形のフィラメントを用いて実現できる。補完熱負荷を含むことで、総熱負荷、したがって、平衡温度は、スペクトル純度フィルタの最大温度を上昇させることなくより均一にすることができる。

10

【0137】

[000151] 消費電力と、スペクトル純度フィルタ以外のリソグラフィ装置（又はスペクトル純度フィルタアセンブリが使用されるその他の装置）の他の部分上の熱負荷とを制限するために、追加の放射源は、反射又は透過集光及び投影光学装置を備えて（又は含んで、又は併用して）いてもよく、上記放射源によって生成される出力の大部分が（その周囲ではなく）スペクトル純度フィルタへ送達される。この投影光学装置の円形で環状のアパーチャ、又は放射ビームの伝搬方向のアクティブな制御を用いて、スペクトル純度フィルタへ送達される出力の空間強度プロファイルを調整できる。

【0138】

[000152] 別の実施形態では、追加の熱負荷は時間的に実質的に一定であってもよい。均一な熱分散と同様、これによって高い平均温度が得られるが、温度変動の振幅は小さくなる。

20

【0139】

[000153] さらに別の実施形態では、追加の熱負荷は、例えば、元の熱負荷を生成する放射源のパルス又はバースト動作のために、元の熱負荷の変動を少なくとも部分的に補完するように時間で変動していてもよい。放射源が「オフ」のときに大きい追加の加熱出力を使用し、放射源が「オン」のときに小さい追加の加熱出力を使用することで、加熱及び冷却率を低減できる。

【0140】

[000154] 上記の総金属グリッドスペクトル純度フィルタについて考察する。スペクトル純度フィルタは、タングステンだけで、又は主としてタングステンで製造されている。この物質は超高温に耐えるという利点を有する。しかし、低温では、タングstenは堅くてもろく、破損しやすい。高温では、タングstenは延性を示す。したがって、本発明の別の実施形態では、スペクトル純度フィルタの温度を脆性 - 延性遷移点（タングstenの場合、200 ~ 500）より高く維持する追加の加熱を使用する。一般に、上記の耐熱物質などのその他の物質に同じ原理が当てはまることは言うまでもない。

30

【0141】

[000155] リソグラフィ装置で、スペクトル純度フィルタは、任意の好都合な場所で使用できるが、普通は、中間焦点の放射源側か又はイルミネータ側に位置する。スペクトル純度フィルタが放射源側に配置されると、EUV放射を生成する放射源内のSnで汚染されやすい。大量のSn汚染によってSPFのEUV透過は低減するので望ましくない。したがって、本発明の別の実施形態では、フィルタからSnを脱離（例えば、蒸発）させる、十分なEUV透過を維持するのに十分な高温を維持する追加の加熱が使用される。Snの蒸発率は、温度に大きく依存する。例えば、700 で、蒸発率は0.03 nm/minである。800 で、蒸発率は0.8 nm/minである。900 で、蒸発率は13.7 nm/minである。1000 で、蒸発率は147 nm/minである。1100 で、蒸発率は1.1 μ m/minである。さらに1200 で、蒸発率は6.5 μ m/minである。

40

【0142】

[000156] 別の実施形態では、スペクトル純度フィルタの外縁又はフレームでの温度は、

50

限界レベル以上に上昇しないことが注意を引く。例えば、縁部にシリコンフレイムを有するタングステングリッドスペクトル純度フィルタの場合、縁部の温度は、タングステングリッドとシリコン基板との間のケイ化反応を回避するために十分に低く保たれている（推定上限：約 700 ~ 800 ）。

【 0 1 4 3 】

[000157] 追加の放射源は、リソグラフィ装置の真空システム（若しくはそのモジュール）又は放射源の内部に、或いはそのような真空システムの外部に配置できる。外部に配置した場合、この真空システム内のウィンドウなどを通して放射出力を透過する必要がある。出力がウィンドウによって実質的に透過されるように、波長及びウィンドウの材料を選択しなければならない。

10

【 0 1 4 4 】

[000158] スペクトル純度フィルタの、又はその上の温度変動は時間的に一定ではないことが予想される。起動時又は停止時には、或いは（EUV放射を生成するための）主放射源の出力設定が変更された時には、過渡効果が存在する。さらに、スペクトル純度フィルタの光学特性は、その寿命を通じて変化することがある。一例では、1つ以上の波長での反射率は減少するが、吸収は増加する。したがって、スペクトル純度フィルタの追加の加熱のモニタリング/制御システムと自動調整とを有することが望ましい。このモニタリングシステムは、入力パラメータとして、例えば、主放射源の出力レベルと、スペクトル純度フィルタ上への入射放射の出力（総出力、EUV出力又は赤外線出力）スペクトル純度フィルタの平均温度、中心部又は周縁部でのスペクトル純度フィルタの温度、又は中心部と周縁部との間の温度差、追加の加熱源によって送達される出力、スペクトル純度フィルタ上のS_nの量、スペクトル純度フィルタのEUV透過量の1つ以上を測定することができる。温度は、例えば、スペクトル純度フィルタ、熱電対の固有抵抗を介して、又は放射（高温計）を介して測定できる。極めて薄く脆弱なスペクトル純度フィルタとの良好な物理的接触を行うことはおそらく困難なため、放射を介した測定が好ましい。あるいは、スペクトル純度フィルタの曲率半径を測定できる。スペクトル純度フィルタが高温になると、熱膨張とその結果として発生する応力のために屈曲することがある。曲率半径は反射したレーザビームなどの偏向を測定することで容易に測定可能で、温度又は温度の変化を決定できる。1つ以上の熱源を制御して、スペクトル純度フィルタを必要な程度にまで、及び/又は必要な場所で確実に加熱することができる。

20

30

【 0 1 4 5 】

[000159] 好ましくは、追加の加熱及び/又はモニタリング及び/又は制御システムはバックアップバッテリーシステム上で稼働できるため、例えば、主電源障害の場合、スペクトル純度フィルタの温度をゆっくりと低下させてスペクトル純度フィルタの破損を回避できる。

【 0 1 4 6 】

[000160] 1つ以上の熱源によって提供される追加の加熱の調整は、追加の加熱の出力レベルの適合又は例えば、それらの放射源によって生成された放射の投影システムのビーム形状又は伝搬方向の変化の適合を（例えば、アパーチャ又はビーム経路内のマスクの変更、又はミラー又はレンズの角度変更によって）含んでいてもよい。

40

【 0 1 4 7 】

[000161] 上記のスペクトル純度フィルタのいずれにおいても、フィルタを貫通して延在するアパーチャは穿孔などによって形成できる。しかし、フィルタの穿孔の使用によって、幾つかのスペクトル純度フィルタで必要な十分に高いアスペクト比の幾何学構造を製造することは困難である。したがって、スペクトル純度フィルタを製造する代替及び/又は改良型の方法が望ましい。

【 0 1 4 8 】

[000162] 1つのそのような方法は、スペクトル純度フィルタの物質の塊を基板上に生成する材料を提供するステップを含んでいてもよい。次に、この材料は、リソグラフィ（光学又はインプリント）及びエッチング（例えば、異方性エッチング）によってパターン

50

グされる。そのようなリソグラフィ及びエッチングプロセスを共に用いて、その物質の塊に複数のアパーチャを形成し、該アパーチャを後で用いて第1の波長を有する放射を阻止でき、また、第2のより短い波長を有する放射の少なくとも一部をアパーチャを通して透過することができる。物質の塊を基板から引き離すと、物質の塊はスペクトル純度フィルタを形成する。

【0149】

[000163] 別の製造方法では、スペクトル純度フィルタの塊を形成するための物質の塊を収容する型(mold)(綴りはmoldとも)を形成できる。型は、例えば、リソグラフィ及び/又はエッチングを用いて基板内などに形成でき、スペクトル純度フィルタの形状を画定する。例えば、型は、型の内部に提供される物質の塊に複数のアパーチャを提供する形状である。アパーチャは、使用時に、第1の波長を有する放射を阻止し、同時に第2のより短い波長を有する放射をアパーチャを通して透過するように構成される。次に、型は、例えば、化学蒸着、原子層蒸着又は電気めっきを用いて、物質の塊を提供される(例えば、少なくとも部分的に充填される)。次に、(例えば、物質の塊と型との物理的な分離によって、又は型の分解又は気化などによって)型を取り外して、物質の塊が残され、これがスペクトル純度フィルタを形成する。

10

【0150】

[000164] 上記のスペクトル純度フィルタは各種の用途に使用できる。例えば、スペクトル純度フィルタは、図1～図3に関連して上述したリソグラフィ装置で使用できる。代替的に又は追加的に、スペクトル純度フィルタは放射源などの一部内で使用でき、又は放射源などの一部を形成できる。

20

【0151】

[000165] 以上、上記のスペクトル純度フィルタを、物質の塊から形成されるフィルタとして論じてきた。この物質の塊は、熱弾性を高めた単一の連続する物質片であってもよい(例えば、追加の層又はその他の成分はない)。物質の塊は実質的に平面状であってもよいが、別の形状、例えば、屈曲形状であってもよい。上記の物質の塊から形成されるスペクトル純度フィルタは、その物質の大部分の量を含む。すなわち、その物質は、層又はコーティングなどだけを形成するだけでなく、スペクトル純度フィルタの塊を形成する。

【0152】

[000166] 疑問を残さないため、スペクトル純度フィルタには、「グリッド」又は「格子」という接尾語が付加されることがある(すなわち、スペクトル純度フィルタ格子、又はスペクトル純度フィルタグリッドとも呼ばれる)。代替的に又は追加的に、スペクトル純度フィルタはグリッドフィルタ、又は格子フィルタと呼ばれることがある。

30

【0153】

[000167] 本文ではICの製造におけるリソグラフィ装置の使用に特に言及しているが、本明細書で説明するリソグラフィ装置には他の用途もあることを理解されたい。例えば、これは、集積光学システム、磁気ドメインメモリ用誘導及び検出パターン、フラットパネルディスプレイ、液晶ディスプレイ(LCD)、薄膜磁気ヘッドなどの製造である。こうした代替的な用途に照らして、本明細書で「ウェーハ」又は「ダイ」という用語を使用している場合、それぞれ、「基板」又は「ターゲット部分」という、より一般的な用語と同義と見なしてよいことが、当業者には認識される。本明細書に述べている基板は、露光前又は露光後に、例えばトラック(通常はレジストの層を基板に塗布し、露光したレジストを現像するツール)、メトロロジーツール及び/又はインスペクションツールで処理することができる。適宜、本明細書の開示は、以上及びその他の基板処理ツールに適用することができる。さらに基板は、例えば多層ICを生成するために、複数回処理することができる。したがって本明細書で使用する基板という用語は、既に複数の処理済み層を含む基板も指すことができる。

40

【0154】

[000168] 「レンズ」という用語は、状況が許せば、屈折、反射、磁気、電磁及び静電光学コンポーネントを含む様々なタイプの光学コンポーネントのいずれか一つ、又はその組

50

合せを指すことができる。

【 0 1 5 5 】

以下のように番号付けされた条項によって、さらなる実施形態が提供される。

1．スペクトル純度フィルタアセンブリであって、

内部を通して複数のアパーチャが延在し、前記アパーチャは第1の波長を有する放射を阻止し、第2の波長を有する放射の少なくとも一部を前記アパーチャを通して透過させ、放射の前記第2の波長は放射の前記第1の波長よりも短い物質の塊を含むスペクトル純度フィルタと、

使用時に、前記スペクトル純度フィルタの少なくとも一部の温度を上昇させる、前記第1及び第2の波長の放射源とは独立した装置と、
を備える、スペクトル純度フィルタアセンブリ。

10

2．前記装置は、温度を上昇させるために、前記スペクトル純度フィルタの少なくとも一部に熱を提供し、及び／又は、前記装置は、使用時に、前記温度を上昇させるために、前記スペクトル純度フィルタを少なくとも部分的に断熱する、条項1に記載のスペクトル純度フィルタ。

3．前記装置は、前記スペクトル純度フィルタを搭載し、前記スペクトル純度フィルタを少なくとも部分的に断熱する1つ以上のマウントを備える、条項1又は条項2に記載のスペクトル純度フィルタ。

4．前記装置は、熱源を備える、条項1から3のいずれかに記載のスペクトル純度フィルタ。

20

5．前記熱源は、

前記スペクトル純度フィルタの一部に接触する、又はそれを形成する1つ以上の電気ヒータ又は導体、及び／又は

前記スペクトル純度フィルタによって実質的に吸収される波長を有する放射を前記スペクトル純度フィルタへ誘導する放射源、
の1つ以上である、条項4に記載のスペクトル純度フィルタ。

6．前記スペクトル純度フィルタは、

使用時に、前記第1の波長及び／又は前記第2の波長を有する入射放射に対向する前面と、

前記スペクトル純度フィルタの前面の反対側にある背面と、
を有し、

30

前記熱源は、前記スペクトル純度フィルタの前記背面に熱を提供する、条項4又は条項5に記載のスペクトル純度フィルタ。

7．前記スペクトル純度フィルタの前記前面は前記第1の波長の放射を実質的に反射し、前記背面は前記第1の波長の放射を実質的に吸収する、条項6に記載のスペクトル純度フィルタ。

8．使用時に、スペクトル純度フィルタの温度を上昇させる方法であって、

前記スペクトル純度フィルタは、フィルタリングするように設計された放射源から独立した熱源を用いて前記スペクトル純度フィルタの少なくとも一部を加熱するステップ、及び／又は

40

前記スペクトル純度フィルタを少なくとも部分的に断熱するステップ、
を含む、方法。

9．放射の前記第1の波長は電磁スペクトルの赤外線領域の波長を有し、及び／又は前記第1の波長は9～12 μmの範囲内である、条項1から8のいずれかに記載の方法又はスペクトル純度フィルタ。

10．前記第1の波長は、約9.4 μmである、条項9に記載の方法又はスペクトル純度フィルタ。

11．前記第1の波長は、約10.6 μmである、条項9に記載の方法又はスペクトル純度フィルタ。

12．放射の前記第2の波長は電磁スペクトルの前記EUV部の波長を有する放射に実質

50

的に等しいか又はそれより短い波長を有し、及び / 又は前記第 2 の波長は 5 ~ 20 nm の範囲内である、条項 1 から 11 のいずれかに記載の方法又はスペクトル純度フィルタ。

13. 前記第2の波長は、13 ~ 14 nmの範囲内である、条項12に記載の方法又はスペクトル純度フィルタ。

14. 前記第2の波長は、6 ~ 7 nmの範囲内である、条項12に記載の方法又はスペクトル純度フィルタ。

15. 前記第2の波長は、6.6～6.9 nmの範囲内である、条項14に記載の方法又はスペクトル純度フィルタ。

16. 条項 1 から 7 のいずれかに記載の前記スペクトル純度フィルタ、又はスペクトル純度フィルタアセンブリを有するリソグラフィ装置又は放射源。

【 0 1 5 6 】

[000169] 以上、本発明の特定の実施形態を説明したが、説明とは異なる方法でも本発明を實踐できることが理解される。上記の説明は例示的であり、限定的ではない。したがって、請求の範囲から逸脱することなく、記載されたような本発明を変更できることが当業者には明白である。

10

【 図 1 】

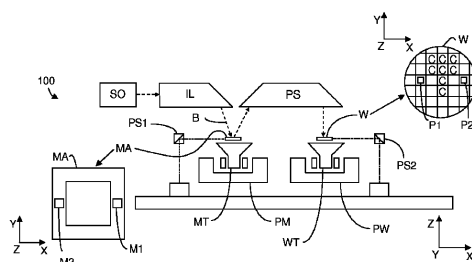


FIG. 1

【圖 3】

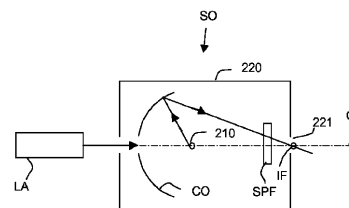


FIG. 3

【 図 4 】

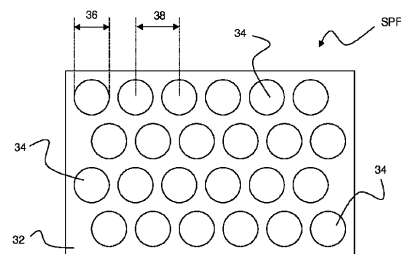


FIG. 4

【圖 2】

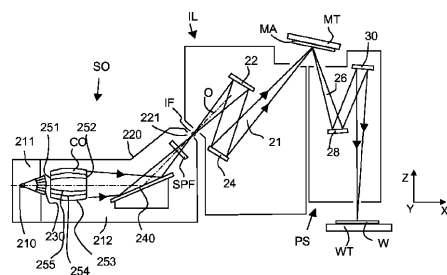
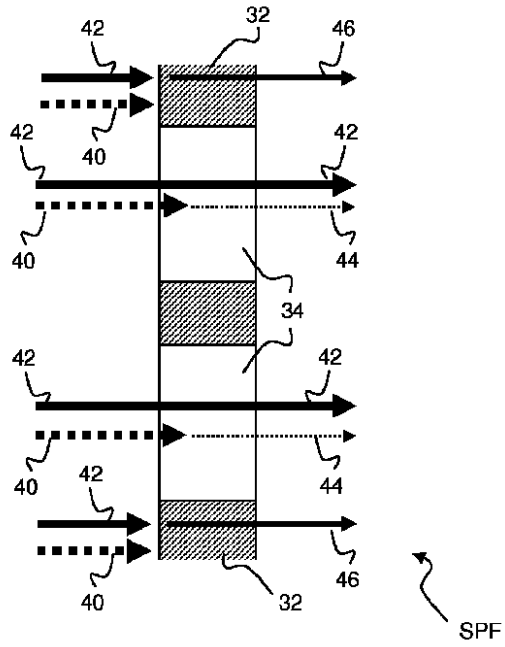
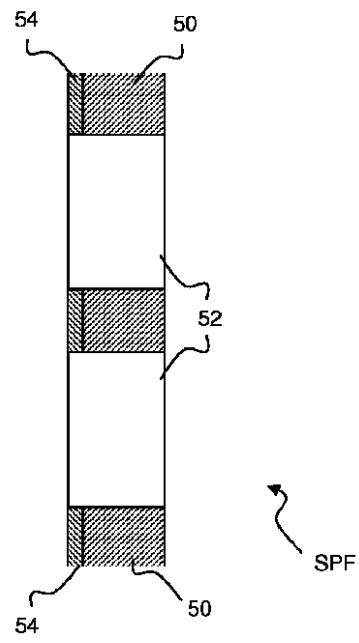


FIG. 2

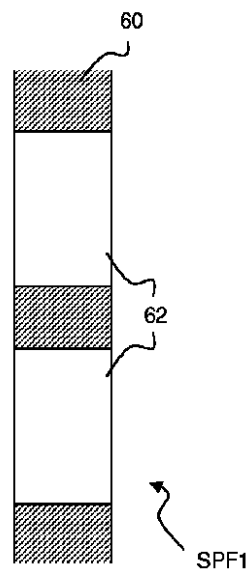
【図 5】

**FIG. 5**

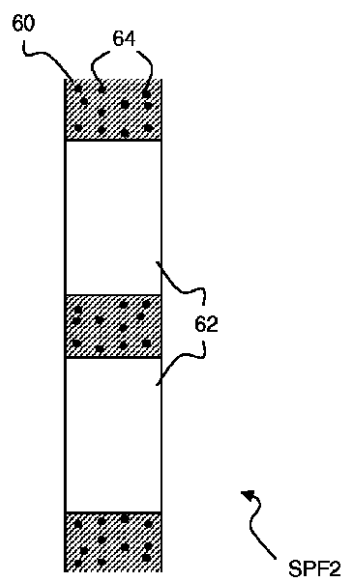
【図 6】

**FIG. 6**

【図 7】

**FIG. 7**

【図 8】

**FIG. 8**

フロントページの続き

- (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 - 5 7 5 1 エスピー, エエンドラヒト 2 1
- (72)発明者 ルーブストラ, 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 ヤクニン, アンドレイ
オランダ国, アイントホーフェン エヌエル - 5 6 5 3 ケーディー, アウダエン 1 1 7
- (72)発明者 ヤク, マーティン
オランダ国, アイントホーフェン エヌエル - 5 6 1 1 エヌピー, ボマンソフ 1 8 7

審査官 関口 英樹

- (56)参考文献 特開2004 - 103773 (JP, A)
特開2006 - 279036 (JP, A)
国際公開第2010 / 034385 (WO, A1)
特開2010 - 021543 (JP, A)
特開2006 - 191090 (JP, A)
特開2006 - 319328 (JP, A)
特開2004 - 134743 (JP, A)
特開2006 - 035424 (JP, A)
特表2011 - 530184 (JP, A)
特表2012 - 503868 (JP, A)
国際公開第2010 / 022840 (WO, A1)
国際公開第2010 / 017890 (WO, A1)
国際公開第2010 / 015508 (WO, A2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 5 / 20 - 5 / 28、
G03F 7 / 20 - 7 / 24、
H01L 21 / 027、
H05G 1 / 00 - 2 / 00