

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5162546号
(P5162546)

(45) 発行日 平成25年3月13日 (2013. 3. 13)

(24) 登録日 平成24年12月21日 (2012. 12. 21)

(51) Int. Cl.		F I		
HO 1 L	21/027	(2006. 01)	HO 1 L	21/30 5 3 1 S
HO 5 G	2/00	(2006. 01)	HO 1 L	21/30 5 0 3 G
			HO 5 G	1/00 K

請求項の数 10 外国語出願 (全 18 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2009-197591 (P2009-197591)</p> <p>(22) 出願日 平成21年8月28日 (2009. 8. 28)</p> <p>(65) 公開番号 特開2010-62560 (P2010-62560A)</p> <p>(43) 公開日 平成22年3月18日 (2010. 3. 18)</p> <p>審査請求日 平成21年8月28日 (2009. 8. 28)</p> <p>(31) 優先権主張番号 61/136, 428</p> <p>(32) 優先日 平成20年9月4日 (2008. 9. 4)</p> <p>(33) 優先権主張国 米国 (US)</p> <p>(31) 優先権主張番号 61/136, 451</p> <p>(32) 優先日 平成20年9月5日 (2008. 9. 5)</p> <p>(33) 優先権主張国 米国 (US)</p> <p>(31) 優先権主張番号 61/193, 814</p> <p>(32) 優先日 平成20年12月24日 (2008. 12. 24)</p> <p>(33) 優先権主張国 米国 (US)</p>	<p>(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 ヴェルトホーフエン 550 4 ディー アール, デ ラン 6501</p> <p>(74) 代理人 100079108 弁理士 稲葉 良幸</p> <p>(74) 代理人 100109346 弁理士 大貫 敏史</p> <p>(72) 発明者 ループストラ, エリック, ルーロフ オランダ国, アイントホーフエン エヌエ ル-5613 イーエス, ラーケンストラ ート 32-34</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 放射源及びリソグラフィ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

極端紫外線を生成するように構成された放射源であって、
 プラズマが内部で発生するチャンバと、
 前記プラズマによって放出された放射を焦点にフォーカスするように構成されたコレクタミラーと、
 蒸発面を備える加熱システムと、
 を含み、
 前記加熱システムは、
 前記蒸発面が、前記プラズマによって前記放射の副生成物として放出される材料の散乱
 方向に配置されるように、前記コレクタミラーから離間して設けられており、
 前記蒸発面が、Mo、W、及びReからなる群から選択される1つ以上の材料を含んで
 構成されており、
 前記蒸発面の直近の圧力が、前記蒸発面の表面温度に対する、前記材料の蒸気圧よりも
 低くなるように、前記蒸発面を前記表面温度に維持するように構成される、
 放射源。

【請求項 2】

前記コレクタミラーは、前記プラズマによって放出される前記放射の光路における最初の
 光学素子である、請求項 1 に記載の放射源。

【請求項 3】

前記加熱システムは、前記蒸発面上の温度を測定するように構成された温度センサを含む、請求項 1 又は 2 に記載の放射源。

【請求項 4】

前記加熱システムは、前記蒸発面の直近の圧力を測定するように構成された圧力センサを含む、請求項 1、2、又は 3 に記載の放射源。

【請求項 5】

前記加熱システムは、前記圧力センサによって測定された前記圧力が、前記温度センサによって測定された前記温度における前記蒸気圧よりも低い場合に、前記蒸発面を加熱するように構成される、請求項 3 及び 4 に記載の放射源。

【請求項 6】

少なくとも部分的に円錐状体を更に含み、前記少なくとも部分的に円錐状体は、前記蒸発面を含む、請求項 1 乃至 5 のうちいずれか一項に記載の放射源。

10

【請求項 7】

前記蒸発面は、フィンおよび粗面構造の少なくとも一方の表面拡張構造を有する、請求項 1 乃至 6 のうちいずれか一項に記載の放射源。

【請求項 8】

前記蒸発面は、多孔性面およびメッシュの少なくとも一方の粒子補足構造を有する、請求項 1 乃至 7 のうちいずれか一項に記載の放射源。

【請求項 9】

前記蒸発面は、エッジを有するデバイダ構造を有する、請求項 1 乃至 8 のうちいずれか一項に記載の放射源。

20

【請求項 10】

請求項 1 乃至 9 のうちいずれか一項に記載の放射源を含むリソグラフィ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[0001] 本発明は、リソグラフィ装置、及び、極端紫外線を生成するための方法に関する。

【背景技術】

【0002】

[0002] 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、マスク又はレチクルとも呼ばれるパターン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、又は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、連続的にパターン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。公知のリソグラフィ装置としては、ターゲット部分上にパターン全体を一度に露光することにより各ターゲット部分を照射するステッパ、及び、放射ビームによってある特定の方向（「スキャン」方向）にパターンをスキャンすると同時に、この方向に平行又は逆平行に基板をスキャンすることにより各ターゲット部分を照射するスキャナが含まれる。パターンを基板上にインプリントすることにより、パターンングデバイスから基板にパターンを転写することも可能である。

30

【0003】

[0003] パターンプリンティングの限界の理論推定値は、式（1）に示されるような解像度についてのレイリー基準によって与えることができる：

40

【0004】

【数 1】

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

ここで、 λ は、用いられる放射の波長であり、 NA_{PS} は、パターンのプリントに用いら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、プロセス依存型調整係数であり、 CD は、プリント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、フィーチャの最小プリント可能サイズの縮小は、幾つかの方法、すなわち、露光波長を短くすることによって、開口数 NA_{PS} を大きくすることによって、及び/又は k_1 の値を小さくすることによって達成することができる。 10

【0005】

[0004] 露光波長を縮小して、これにより最小プリント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ている。したがって、EUV放射源は、小さなフィーチャのプリンティングを達成するための重要なステップを構成し得る。そのような放射は、極限紫外線又は軟X線と呼ばれ、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、又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。

【0006】

[0005] EUV放射源は、通常、プラズマ源であり、例えば、レーザ生成プラズマ又は放電源である。プラズマ源を用いる場合、EUV放射の副生成物として汚染粒子が形成される。一般に、このような汚染粒子は望ましくなく、というのは、それらは、リソグラフィ装置の様々な部分、特に、プラズマ源付近に配置されるミラーに損傷を与えるおそれがあるからである。 20

【発明の概要】

【0007】

[0006] 汚染粒子によって与えられる損傷を軽減することが望ましい。本発明の一実施形態では、極端紫外線を生成するように構成された放射源であって、使用中、プラズマが内部で発生するチャンバと、プラズマから副生成物として形成され且つ放出された材料を蒸着させるように構成された蒸発面とを含む放射源が提供される。 30

【0008】

[0007] 本発明の一実施形態では、放射源が提供され、この放射源は、極端紫外線を生成するように構成され、使用中、プラズマが内部で発生するチャンバと、プラズマによって放出された放射を焦点にフォーカスするように構成されたコレクタミラーと、加熱システム及び蒸発面であって、加熱システムは、蒸発面の直近の圧力が蒸発面の表面温度に対する蒸気圧よりも低くなるように蒸発面を当該表面温度に維持するように構成され、蒸気圧は、使用中、プラズマによって副生成物として放出される材料の蒸気圧である、加熱システム及び蒸発面を含む。放射源は、例えば、放電生成プラズマ源又はレーザ生成プラズマ源である。コレクタミラーは、法線入射コレクタミラーであってよい。

【0009】

[0008] 本発明の別の実施形態では、極端紫外線を生成するように構成された放射源であって、使用中、プラズマが内部で発生するチャンバと、プラズマから副生成物として形成され、蒸発面へと放出される材料を蒸着させるように構成された蒸発面とを含む放射源が提供される。通常、この材料は、0.01 - 5ミクロンの範囲にある直径を有するマイクロ粒子から構成されてもよい。 40

【0010】

[0009] 放射源は、極端紫外線を生成するように構成され、また、放射源は更に、蒸発面のエッジにおいてチャンバ内にガス流を注入するように構成されたインジェクタを含む。好適には、放射源は、レーザ生成プラズマ源又は放電生成プラズマ源である。チャンバは水素を含んでよい。 50

【0011】

【0010】 本発明の一実施形態では、蒸発面は、プラズマに対してある方向にある場所に配置され、この方向は、その他の方向より多くの材料が放出される方向である。一般に、放射源は、燃料物質を供給するように構成された燃料物質源と、プラズマを発生させるべく燃料物質を照射するように構成されたレーザ源を更に含んでよい。通常、副生成物として放出される材料は、燃料物質を含むか又は燃料物質である。

【0012】

【0011】 任意選択的に、副生成物として放出される材料の圧力は、約1 Paから約100 kPaの範囲から選択されてよい。更に任意選択的に、蒸発面の温度は、約1475 Kから約2900 Kの範囲から選択されてよい。

10

【0013】

【0012】 好適には、蒸発面は、Mo、W、及びReからなる群から選択される1つ以上の材料を含んでよい。追加的に又は代案として、蒸発面は、少なくとも部分的に、粗い面であってよい。蒸発面は、10 nmから約1 mmの間、好適には約50 nmから約10 μmの間の二乗平均平方根ラフネスを有してよい。

【0014】

【0013】 放射源は、蒸発面によって蒸着された材料を迂回させるように構成されたアウトレットを含んでよい。このようなアウトレットは更に、蒸発面によって蒸着された材料を迂回させるように構成されたポンプに接続されてよい。

【0015】

【0014】 放射源は、内側壁と外側壁を有する物体を含んでよい。内側壁は、低放射率材料を含んでよい。外側壁は、高放射率材料を含んでよい。物体は円錐状であってよい。

20

【0016】

【0015】 一実施形態では、リソグラフィ装置のプラズマ放射源内の又はプラズマ放射源から副生成物材料を除去する方法が提供される。この方法は、使用中、プラズマから蒸発面へと放出される材料を蒸着させることを含む。

【0017】

【0016】 本発明の一実施形態では、リソグラフィ装置のプラズマ放射源内の又はプラズマ放射源から副生成物材料を除去する方法が提供される。この方法は、加熱システム及び蒸発面を用いることを含み、加熱システムは、蒸発面の直近の圧力が蒸発面の表面温度に対する蒸気圧よりも低くなるように、蒸発面を当該表面温度に維持するように構成され、この蒸気圧は副生成物材料の蒸気圧である。

30

【0018】

【0017】 本発明の一実施形態では、プラズマ放射源内で又はプラズマ放射源によって副生成物として放出される材料を除去する方法が提供される。この方法は、蒸発面の直近の圧力が蒸発面の表面温度に対する蒸気圧よりも低くなるように、蒸発面を当該表面温度に維持することを含み、この蒸気圧はかかる材料の蒸気圧である。

【0019】

【0018】 本発明の一実施形態では、極端紫外線を放出するプラズマを発生させることと、コレクタミラーによって極端紫外線を集めること、極端紫外線を放射ビームに変換すること、放射ビームにパターンを付けること、放射ビームを基板のターゲット部分上に投影すること、及び、プラズマによって生成されるデブリを除去することを含む、デバイス製造方法が提供される。除去することには、蒸発面をある表面温度に維持することが含まれ、この蒸発面の直近の圧力は、その表面温度に対する蒸気圧よりも低く、この蒸気圧はデブリの蒸気圧である。

40

【図面の簡単な説明】

【0020】

【0019】 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】 【0020】 図1は、本発明の一実施形態によるリソグラフィ装置を概略的に示す。

50

【図 2】[0021] 図 2 は、本発明の一実施形態によるリソグラフィ投影装置の E U V 照明システムと投影光学システムの側面図を概略的に示す。

【図 3】[0022] 図 3 は、図 2 に示す E U V 照明システム及び投影光学システムの放射源を示す。

【図 4】[0023] 図 4 は、図 3 の放射源の改良形を示す。

【図 5】[0024] 図 5 は、放射源の別の改良形を示す。

【図 6】[0025] 図 6 は、本発明の一態様による別の非限定的な実施形態を概略的に示す。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 1 】

10

[0026] 図 1 は、本発明の一実施形態によるリソグラフィ装置 1 を概略的に示している。リソグラフィ装置 1 は、放射ビーム B (例えば、U V 放射又は E U V 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) I L を備える。パターンングデバイスサポート (例えば、マスクテーブル) M T は、パターンングデバイス (例えば、マスク) M A を支持するように構成され、かつ特定のパラメータに従ってパターンングデバイスを正確に位置付けるように構成された第 1 位置決めデバイス P M に連結されている。基板テーブル (例えば、ウェーハテーブル) W T は、基板 (例えば、レジストコートウェーハ) W を保持するように構成され、かつ特定のパラメータに従って基板を正確に位置付けるように構成された第 2 位置決めデバイス P W に連結されている。投影システム (例えば、屈折投影レンズシステム) P L は、パターン付き放射ビーム B を基板 W のターゲット部分 C (

20

【 0 0 2 2 】

[0027] 照明システムとしては、放射を誘導し、整形し、又は制御するために、屈折型、反射型、磁気型、電磁型、静電型、若しくはその他のタイプの光コンポーネント、又はそれらのあらゆる組合せなどのさまざまなタイプの光コンポーネントを含むことができる。

【 0 0 2 3 】

[0028] パターンングデバイスサポート M T は、パターンングデバイスの配向、リソグラフィ装置の設計、及び、パターン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、パターンングデバイスを保持する。パターンングデバイスサポートは、機械式、真空式、静電式又はその他のクランプ技術を使って、パターンングデバイスを保持することができる。パターンングデバイスサポートは、例えば、必要に応じて固定式若しくは可動式にすることができるフレーム又はテーブルであってもよい。パターンングデバイスサポートは、パターンングデバイスを、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。

30

【 0 0 2 4 】

[0029] 本明細書において使用される「レチクル」又は「マスク」という用語はすべて、より一般的な「パターンングデバイス」という用語と同義であると考えられる。

【 0 0 2 5 】

[0030] 本明細書において使用される「パターンングデバイス」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。なお、留意すべき点として、放射ビームに付与されたパターンは、例えば、そのパターンが位相シフトフィーチャ又はいわゆるアシストフィーチャを含む場合、基板のターゲット部分内の所望のパターンに正確に一致しない場合もある。通常、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機能層に対応することになる。

40

【 0 0 2 6 】

[0031] パターンングデバイスは、透過型であっても、反射型であってもよい。パターン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、及びプログラマブ

50

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、レゼンソン型(alternating)位相シフト、及びハーフトーン型(attenuated)位相シフトなどのマスク型、並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。

【0027】

【0032】 本明細書において使用される「投影システム」という用語は、使われている露光放射に、若しくは液浸液の使用又は真空の使用といった他の要因に適切な、屈折型、反射型、反射屈折型、磁気型、電磁型、及び静電型光学系、又はそれらのあらゆる組合せを含むあらゆる型の投影システムを包含していると広く解釈されるべきである。本明細書において使用される「投影レンズ」という用語はすべて、より一般的な「投影システム」という用語と同義であると考えとよい。

10

【0028】

【0033】 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であり、例えば、反射型マスクを採用している。他の例として、リソグラフィ装置は、透過型のものであってもよく、例えば、透過型マスクを採用してもよい。

【0029】

【0034】 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(及び/又は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、すなわち予備工程を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ができる。

20

【0030】

【0035】 また、リソグラフィ装置は、投影システムと基板との間の空間を満たすように、比較的高い屈折率を有する液体(例えば水)によって基板の少なくとも一部を覆うことができる型のものであってもよい。また、リソグラフィ装置内の別の空間(例えば、マスクと投影システムとの間)に液浸液を加えてもよい。液浸技術は、投影システムの開口数を増加させるための技術においてよく知られている。本明細書において使用される「液浸」という用語は、基板のような構造物を液体内に沈めなければならないという意味ではなく、露光中、投影システムと基板との間に液体があるということを意味するものである。

30

【0031】

【0036】 図1を参照すると、イルミネータILは、放射源SOから放射を受ける。例えば、放射源がエキシマレーザである場合、放射源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、放射源は、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、また放射は、放射源SOからイルミネータILへ、例えば、適切な誘導ミラー及び/又はビームエキスパンダを含むビームデリバリシステムBD(図1に図示せず)を使って送られる。その他の場合、例えば、放射源が水銀ランプである場合、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。放射源SO及びイルミネータILは、必要ならばビームデリバリシステムBDとともに、放射システムと呼んでもよい。

40

【0032】

【0037】 イルミネータILは、放射ビームの角強度分布を調節するアジャスタAD(図1には図示せず)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及び/又は内側半径範囲(通常、それぞれ -outer及び -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IN及びコンデンサCO(図1には図示せず)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及び強度分布をもたせることができる。

【0033】

【0038】 放射ビームBは、パターンングデバイスサポート(例えば、マスクテーブル)

50

MT上に保持されているパターンングデバイス（例えば、マスク）MA上に入射して、パターンングデバイスによってパターン形成される。パターンングデバイス（例えば、マスク）MAによってパターン形成された後、放射ビームBは投影システムPLを通過し、投影システムPLは、基板Wのターゲット部分C上にビームの焦点をあわせる。第2位置決めデバイスPW及び位置センサIF2（例えば、干渉計デバイス、リニアエンコーダ、又は静電容量センサ）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の経路内に位置付けるように、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位置決めデバイスPM及び位置センサIF1（例えば、干渉計デバイス、リニアエンコーダ、又は静電容量センサ）を使い、例えば、マスクライブラリからマスクを機械的に取り出した後又はスキャン中に、パターンングデバイス（例えば、マスク）MAを放射ビームBの経路に対して正確に位置付けることもできる。通常、パターンングデバイスサポート（例えば、マスクテーブル）MTの移動は、第1位置決めデバイスPMの一部を形成するロングストロークモジュール（粗動位置決め）及びショートストロークモジュール（微動位置決め）を使って達成することができる。同様に、基板テーブルWTの移動も、第2位置決めデバイスPWの一部を形成するロングストロークモジュール及びショートストロークモジュールを使って達成することができる。ステップの場合は、スキャナとは対照的に、パターンングデバイスパターンサポート（マスクテーブル）MTは、ショートストロークアクチュエータのみに連結されてもよく、又は固定されてもよい。パターンングデバイス（例えば、マスク）MA及び基板Wは、パターンングデバイスアライメントマークM1及びM2と、基板アライメントマークP1及びP2とを使って、位置合わせされてもよい。例示では基板アライメントマークが専用ターゲット部分を占めているが、基板アライメントマークをターゲット部分とターゲット部分との間の空間内に置くこともできる。これらは、スクライブラインアライメントマークとして公知である。同様に、複数のダイがパターンングデバイス（例えば、マスク）MA上に設けられている場合、パターンングデバイスアライメントマークは、ダイとダイの間に置かれてもよい。

【0034】

[0039] 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。

【0035】

[0040] 1. ステップモードにおいては、パターンングデバイスサポート（例えば、マスクテーブル）MT及び基板テーブル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、基板テーブルWTは、X及び/又は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。ステップモードにおいては、露光フィールドの最大サイズによって、単一静的露光時に結像されるターゲット部分Cのサイズが限定される。

【0036】

[0041] 2. スキャンモードにおいては、パターンングデバイスサポート（例えば、マスクテーブル）MT及び基板テーブル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）。パターンングデバイスサポート（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PLの（縮小）拡大率及び像反転特性によって決めることができる。スキャンモードにおいては、露光フィールドの最大サイズによって、単一動的露光時のターゲット部分の幅（非スキャン方向）が限定される一方、スキャン動作の長さによって、ターゲット部分の高さ（スキャン方向）が決まる。

【0037】

[0042] 3. 別のモードにおいては、プログラマブルパターンングデバイスを保持した状態で、パターンングデバイスサポート（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、又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、

10

20

30

40

50

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ンニングデバイスは、基板テーブルWTの移動後ごとに、又はスキャン中の連続する放射パルスと放射パルスとの間に、必要に応じて更新される。この動作モードは、前述の型のプログラマブルミラーアレイといったプログラマブルパターンニングデバイスを利用するマスクレスリソグラフィに容易に適用することができる。

【0038】

[0043] 上述の使用モードの組合せ及び/若しくはバリエーション、又は完全に異なる使用モードもまた採用可能である。

【0039】

[0044] 図2は、放射システム42、照明光学ユニット44、及び投影システムPLを含むリソグラフィ装置1をより詳細に示す。放射システム42は、放射源SOを含む。放射源SOの実施形態を図3乃至図6に示す。放射源SOは、プラズマPによって放出することができる極端紫外線を生成するように構成される。このようなプラズマPは、かかる目的のために構成される燃料物質源SP(図3)によって供給される、スズ(Sn)小滴などの燃料物質の小滴D(図3参照)を照射することによって生成することができる。放射源SOは、小滴Dを照射するための例えばCO₂レーザなどのレーザLを含んでよい。結果として、例えば、部分的にイオン化されたプラズマを光軸O上で崩壊させることによって、ホットプラズマが作成される。この作成されたホットプラズマが、電磁スペクトルのEUV範囲における放射を放出する。この放射源は、レーザ生成プラズマ(LPP)源とも呼ばれることがある。放射源SOは、放射源チャンバ47を含んでよい。放射源SOは、更に、汚染トラップ49及びコレクタ50を含んでもよいが、これらの汚染トラップ49及びコレクタ50は、放射源SOの一部である必要はない。本実施例では、プラズマPによって放出されたEUV放射は、コレクタ50によって反射されて、放射源チャンバ47内に位置決めすることができるガスバリア構造又は汚染トラップ49を介して焦点52に合焦される。ガスバリア構造/汚染トラップ49は、米国特許第6,614,505号及び第6,359,969号に詳細に説明されるようなチャンネル構造を含む。一実施形態では、チャンバ内には水素が含まれる。一実施形態では、チャンバ内のガスは、実質的に水素だけを含む。

【0040】

[0045] 図2に示す実施形態は、スペクトルフィルタ51を含む。例えば、コレクタ50によって反射された放射は、格子スペクトルフィルタ51から反射されて、焦点52内に集光することができる。格子スペクトルフィルタの代わりに、EUV放射を透過するように構成された透過型スペクトルフィルタを適用してもよい。このように形成された放射ビーム56は、照明光学ユニット44内で、法線入射リフレクタ53、54を介して、パターンニングデバイスサポート(例えば、レチクル又はマスクテーブル)MT上に位置決めされたパターンニングデバイス(例えば、レチクル又はマスク)上に反射される。パターン付きビーム57が形成されて、このビームは、投影システムPL内において、反射素子58、59を介して基板テーブルWT上に結像される。図示する素子より多くの素子が、通常、照明光学ユニット44及び投影システムPL内にあってもよい。

【0041】

[0046] 放射コレクタ50は、欧州特許出願公開第1394612号に記載され、この文献は、本願に参考として組み込むものとする。他の実施形態では、放射コレクタは、集束した放射を放射ビーム放出開口にフォーカスするように構成されたコレクタ、放射源と一致する第1焦点と放射ビーム放出開口と一致する第2焦点を有するコレクタ、法線入射コレクタ、単一の実質的に楕円形の放射集束面セクションを有するコレクタ、及び/又は2つの放射集束面を有するシュワルツシルト(Schwarzschild)コレクタからなる群から選択される1つ以上のコレクタである。

【0042】

[0047] 一実施形態では、放射源SOは放電生成プラズマ(DPP)源であってよい。

【0043】

10

20

30

40

50

[0048] 図3は、図2の放射源S Oのより詳細な図を示す。動作中、燃料物質源S Pは小滴Dを供給し、同時にレーザがこれらの小滴を照射して、それによりプラズマPが形成されて、その結果、E U V放射が作成される。副生成物として、プラズマPは、原子、イオン、又はマイクロ粒子M Pの種のデブリを生成するかもしれない。マイクロ粒子は、通常は、小滴Dより数桁小さいが、それ自体が液体材料であり、更なる小滴としてみなすことができる。

【0044】

[0049] 例えば、マイクロ粒子(又は、単に「粒子」)は、一例として0.01 - 0.1 μm である、約0.01 - 5 μm の範囲の直径を有することができる。図2及び図3の放射源S Oには、蒸着素子60が更に設けられ、当該蒸着素子60は例えば蒸発面62を有するプレート60である。この蒸着素子は、様々な形状及び寸法を有してよく、また、様々な位置及び向きに配置されてよい。蒸着素子60の幾つかの有利な例を以下に説明する。一例として蒸発面62は幾つかの材料によって設けられ、例えばモリブデン(Mo)、タングステン(W)、及びレニウム(Re)又は他の材料であってもよい。蒸発面62は、実質的に滑らかな面であってよいが、粗い面であることが好適である。例えば、蒸発面62は、例えば、表面拡張フィン又は粗面構造を有することによって表面拡張構造を有することができる。蒸発面62には、例えば、多孔性面62を設けることによって粒子捕捉構造、又は、粒子捕捉メッシュを有する面が設けられることが好適である。更に、蒸発面62には、蒸着前に、相対的に大きい入射粒子を小さい粒子に分割する、例えば、鋭いエッジを有するデバイダ構造を設けることができる。このようにして、非常に効率のよい粒子蒸着が期待され且つ達成することができる。

【0045】

[0050] 蒸発面62は、特に、衝突時に粒子を蒸着させることによって動作中のデブリ粒子を軽減するように構成される。例えば、加熱システム64が設けられてもよく、例えば加熱システム64は、プレート60内に位置付けられる、一例としてのレジスタ68又は別の好適な加熱デバイスである加熱デバイスを含む。更に、加熱システム64には、蒸発面の温度を測定するように構成された温度センサ70、及び/又は、蒸発面の直近の圧力を測定するように構成された圧力センサ72が設けられてよい。加熱デバイス68に電力を供給する電源66が設けられてもよい。更に、ポンプ76と流体接続するアウトレット74が設けられる。

【0046】

[0051] 本実施形態では、(例えば、蒸発面62を与える構造上の素子60と一体化されることによって)蒸発面の付近に配置される加熱デバイス68を用いて蒸発面に熱を供給することができる。一実施形態では、例えば、熱放射を蒸発面、又は、素子60に伝達するように構成された熱放射デバイスなどの外部加熱デバイスを適用してもよい。例えば、蒸発面60(又は、蒸着素子60の別の部分)は、蒸発面62を加熱するためにそのような放射を実質的に吸収するように構成されることが可能である。

【0047】

[0052] 同様に、温度センサは(例えば、構造上の素子60と一体化されることによって)蒸発面62の付近に配置されることが可能である。一実施形態では、例えば、パイロメータといった1つ以上の外部センサを適用して、蒸発面62における又はその付近の温度を検知することができる。

【0048】

[0053] 1つの非限定的な実施形態において、加熱システムは、蒸発面62の表面温度を維持するように構成され、これにより蒸発面62の直近の圧力が該表面温度に対する蒸気圧より下となるようにする。ここで、該蒸気圧は、使用中、プラズマPによって副生成物として(蒸発面62に向かって)放出される粒子材料M Pの蒸気圧である。

【0049】

[0054] 動作中、加熱システム64は、蒸発面62の温度が、圧力センサによって測定される圧力が蒸発面温度に対する蒸気圧より下となるような温度であるように素子60を

10

20

30

40

50

加熱することができる。つまり、動作中、蒸発面 6 2 は、向かってくる粒子 M P を蒸着させるように高温に維持される。このようにして、蒸発面 に入射するマイクロ粒子は、実質的に瞬時に蒸着されうる。したがって、粒子 M P が蒸着することによって結果として生じるガスは、例えば、アウトレット 7 4 を介してポンプ 7 6 によってコレクタチャンバ 4 7 から出されることが好適である。

【 0 0 5 0 】

[0055] 例えば、典型的な S n の小滴直径は、5 0 μ m である。液体の S n についての固有の熱容量及び蒸着エンタルピーは知られているので、小滴あたりの約 1 . 5 m J が、S n を蒸着させるためには望ましいことが計算できる。1 秒当たり 5 0 , 0 0 0 個の小滴の速度では、7 5 W の電力が得られる。

10

【 0 0 5 1 】

[0056] プラズマ P 内で作成される粒子は、例えば、4 全体に散乱することによってあらゆる方向に放出される。しかし、より多くの粒子が、通常、他の方向よりもある特定の方向において放出される。例えば、多くの粒子には、好適な散乱方向がある。この方向は、ガス流、重力、及びレーザーのポインティングベクトル（例えば、レーザーの方向及び強度）による力の重ね合わせによって決定される。これを、初期の小滴運動量に加えることによって、他の方向よりもより多くの材料が放出されるプラズマからの方向を示すベクトルが結果として得られる。好適には、蒸発面 6 2 は、プラズマ P から見た場合に、この方向において配置される。

【 0 0 5 2 】

20

[0057] 表 1 は、特定の表面温度に対する幾つかの蒸気圧を開示し、スズ (S n) の沸点が蒸気圧の低下と共に下がることを示す。この表は、蒸発面 6 2 の温度が約 1 4 7 5 K から約 2 9 0 0 K の間で変動し、それぞれの S n 蒸気圧が約 1 P a から 1 0 0 k P a の間、すなわち、数桁違って変動することを示す。この範囲内の温度にまで加熱可能な好適な 蒸発面 材料は、モリブデン (M o)、タングステン (W)、及びレニウム (R e) である。

【 0 0 5 3 】

【表 1】

表 1

圧力(Pa)	1	10	100	1 k	10 k	100 k
温度(K)	1497	1657	1855	2107	2438	2893

30

【 0 0 5 4 】

[0058] 図 4 には放射源の改良形が示されている。この改良形では、円錐形アウトレット 7 4 が設けられる。更に、抽出コーンとも呼ばれる円錐形アウトレット 7 4 の内部には、1 つ以上の冷却リング 7 8 が設けられる。当然ながら、冷却リング 7 8 ではなく、追加の又は他の冷却デバイスを設けてもよい。例えば、円錐形アウトレット 7 4 の内部に冷却スパイラルが設けられてもよい。図 4 の実施形態の動作には、蒸着したデブリ（ガス流中に存在）が凝結するように、アウトレット 7 4 を流れるガス流を冷却することが含まれる。結果として得られる液体デブリ材料は、アウトレット 7 4 自体によって（例えば、冷却リング 7 8 によって）捕捉されて、例えば、材料を再利用することができる。更に、冷却リング 7 8 は、液化デブリ材料が、放射源容器に向かって逆流することを阻止することができる。蒸着したデブリ粒子 M P を再利用するデバイスは、異なる様態で構成されることも可能である。例えば、蒸着した粒子材料を液化する（また、好適に収集する）液化システムを、例えば、ポンプ 7 6 とアウトレット 7 4 との間などの、アウトレット 7 4 に対して上流に又は異なる位置に配置することができる。

40

【 0 0 5 5 】

[0059] 図 5 には放射源の別の改良形が開示されており、この改良形は好適には両面壁を含む。図 3 及び図 4 の放射源と対比するに、図 5 を参照して開示する放射源は相当に類似している。しかし、蒸発面 6 2 は、内側面 8 2 と外側面 8 4 を有する円錐状体 8 0 上に

50

設けられる。わかりやすくするために、図5にはプラズマPと円錐状体80のみを示す。円錐状体の蒸発面62は、円錐状体80の内側面82上に配置される。円錐状体80の熱的特性を向上させるために、内側面82には低放射率材料が設けられてもよく、及び/又は、外側面84には高放射率材料が設けられてもよい。研磨されたモリブデン(Mo)又はタングステン(W)などのよく研磨された金属を、低放射率材料として用いてよい。セラミック材料を高放射率材料として用いてよい。外側面84は、好適には冷却される。このようにすると、側壁による熱伝達を大幅に制限することができ、したがって、(蒸発面を加熱するために)投入しなければならない電力が少なくなる。

【0056】

[0060] 蒸発面62と、蒸発面62上に入射するマイクロ粒子Dとの間の適切な熱伝達を確実に促進するために、蒸発面62は、少なくとも部分的に粗面であってもよい。例えば、蒸発面62は、入射するデブリ粒子の粘着及び滞留時間を増加するためにマイクロラフとなるように作ることができる。例えば、蒸発面62は、約10nmから約1mmの、好適には、約50nmから約10 μ mの二乗平均平方根(RMS)ラフネスを有してよい。例えば、蒸発面は、マクロラフとマイクロラフの両方であることができる。粗面は、粘着及び滞留時間を大幅に増加することができる。

10

【0057】

[0061] 一実施形態では、蒸発面62は、ガスバリア構造/汚染トラップ49の面であってもよい。一実施形態では、蒸発面62を有する円錐状体80は、ガスバリア構造/汚染トラップ49の一部であってもよい。

20

【0058】

[0062] 一実施形態では、水素ラジカルが発生されて、ある面(例えば、プレート60の面、コレクタミラーの面)に近接する位置に供給されて、それにより、水素ラジカルが該面上に堆積したデブリと反応するようにされてもよい。

【0059】

[0063] 図6には、放射源の別の例が示されている。図3及び図4の放射源と対比するに、図6を参照して開示する放射源は、ここでも、相当に類似している。図6による実施形態は、プラズマ作成領域(図面を参照)の付近に配置されるヴェポライゼの特にエッジEV上における、粒子の反射を減少する。具体的には、図6の実施形態は、これらの場所で散乱する粒子が通常のバッファガス流によって止められる可能性を低くすることができ、そのような粒子がコレクタに到達することを阻止する。

30

【0060】

[0064] 放射源には、蒸発面62のエッジEVにおいて放射源チャンバ内にガス流を注入するように構成されたインジェクタが設けられてよい。ガスインジェクタは、様々な方法で構成されてよい。例えば、一実施形態では、インジェクタは、デブリ粒子ヴェポライゼ素子80の外側面に沿って、その素子80の近位の(この場合は円形の)エッジに向かって且つそのエッジに沿って、ガスを供給するように構成される。例えば、ガスインジェクタは、放射源チャンバ内にリング状のガスカーテンを注入するように構成されることが可能である。

【0061】

[0065] 一実施形態では、ポンプ(図6には図示せず)を設けて、ヴェポライゼ80の内部から蒸着した粒子を除去してもよい。ポンピングによる流れのそれぞれ(ポンプに向かう流れと、コレクタ50から離れる流れ)を、図6では、矢印PDによって示す。本実施形態では、ポンピングによる流れPDは、インジェクタによって注入されたガスカーテンを、内側にプラズマPに向かってヴェポライゼ内へと引き込み、ポンプに向かってヴェポライゼを介して排出させる。したがって、ガスカーテンは、ヴェポライゼ素子80の近位エッジEVを実質的に囲むことで、該エッジを、反対側のコレクタの面からシールドする。更に、ガスカーテンによって捕捉及び/又は減速されたデブリも(ヴェポライゼの内部を介して)ポンピングで排出可能である。

40

【0062】

50

【0066】 例えば、ガスインジェクタは、デブリ粒子ヴェポライザ素子（例えば、錐体）80の周りに延在する2次素子92を含むことができる。この2次素子92を用いると、粒子が散乱する可能性が比較的高いエッジ領域にバックフィルガスを供給することができる。バックフィルガスの各ガス流は、図6では、矢印GSによって示す。このガスは、例えば、アルゴン、クリプトン、キセノンといった（スズと同程度の）高い質量を有する不活性ガスであることが望ましい。好適には、インジェクタは、例えば、ガスカーテンの形態で、エッジEVのあらゆる部分にケースを供給するように構成される。

【0063】

【0067】 バックフィルガス原子と、使用時にプラズマからその面に向けて放出されるデブリ粒子との衝突によって、エネルギー伝達が高くなり、したがって、デブリがより効率よく軽減される。ガスを局所的に注入することによって、ガス流は、ヴェポライザのクリティカルなエッジ領域に/その領域に沿って直接入れることができ、また、ガス錐体からスズヴェポライザへの、又は、コレクタからスズヴェポライザへの距離を横断する必要がない。更に、比較的少量のガスが必要とされ、また、必要なときにしか存在しない。必要であるガスの部分圧も比較的低いので、EUV光の吸収がほとんどない。錘体は、EUV光をブロックしないように設計されることが可能である。更に、本実施形態では、比較的大量のガスが、同じ領域を流れる（比較的）大きいバッファガスの流れによって除去される。

【0064】

【0068】 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。そのような別の用途においては、本明細書で使用される「ウェーハ」又は「ダイ」という用語はすべて、それぞれより一般的な「基板」又は「ターゲット部分」という用語と同義であるとみなしてよいことを理解すべきである。本明細書に記載した基板は、露光の前後を問わず、例えば、トラック（通常、基板にレジスト層を塗布し、かつ露光されたレジストを現像するツール）、メトロロジーツール、及び/又はインスペクションツールで処理されてもよい。適用可能な場合には、本明細書中の開示内容を上記のような基板プロセッシングツール及びその他の基板プロセッシングツールに適用してもよい。さらに基板は、例えば、多層ICを作るために複数回処理されてもよいので、本明細書で使用される基板という用語は、すでに多重処理層を包含している基板を表すものとしてもよい。

【0065】

【0069】 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。インプリントリソグラフィにおいては、パターンングデバイス内のトポグラフィによって、基板上に創出されるパターンが定義される。パターンングデバイスのトポグラフィは、基板に供給されたレジスト層の中にプレス加工され、基板上では、電磁放射、熱、圧力、又はそれらの組合せによってレジストは硬化される。パターンングデバイスは、レジストが硬化した後、レジスト内にパターンを残してレジストの外へ移動される。

【0066】

【0070】 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、又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、磁気ディスク又は光ディスク）の形態であってもよい。

【0067】

[0071] 上記の説明は、限定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もよい。

【 0 0 6 8 】

[0072] 本発明は、リソグラフィ装置の適用、又は、実施形態に記載したようなリソグラフィ装置の使用に限定されない。更に、図面は、通常、本発明を理解するために必要な構成要素又は特徴しか含まれていない。更に、リソグラフィ装置の図面は概略的で縮尺が図られているわけではない。本発明は、概略図に示すこれらの構成要素（例えば、概略図に示す数のミラー）に限定されない。更に、本発明は、図 1 及び図 2 に記載したリソグラフィ装置に限定されない。当業者であれば、上述した実施形態は組み合わせてもよいことは理解できよう。更に、本発明は、例えば、放射源 S O からの S n の保護に限定されず、他の放射源からの追加の又は別の粒子の保護も含む。

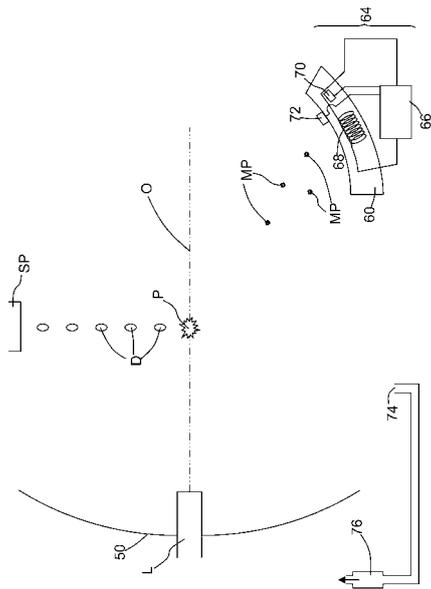
【符号の説明】

【 0 0 6 9 】

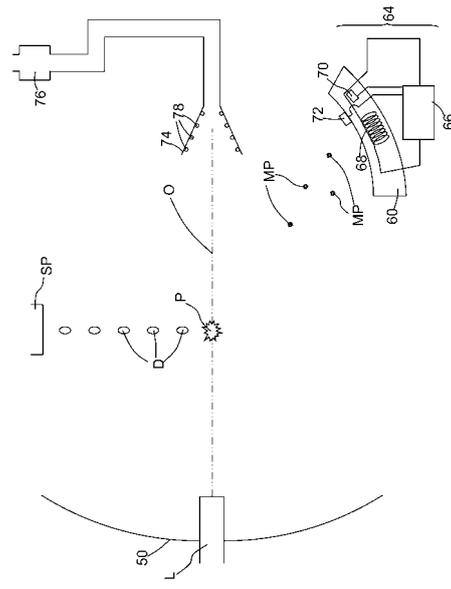
S O	放射源	
I L	イルミネータ	
B D	ビームデリバリシステム	
A D	アジャスタ	
M A	パターンングデバイス	
M T	パターンングデバイスサポート	20
P L	投影システム	
W	基板	
W T	基板テーブル	
C	ターゲット部分	
P M	位置決めデバイス	
I F	位置センサ	
B	放射ビーム	
M 1、M 2	パターンングデバイスアライメントマーク	
P 1、P 2	基板アライメントマーク	
P	プラズマ	30
D	小滴	
S P	燃料物質源	
O	光軸	
1	リソグラフィ装置	
4 2	放射システム	
4 4	照明光学ユニット	
4 7	放射源チャンバ	
4 9	汚染トラップ	
5 0	コレクタ	
5 1	格子スペクトルフィルタ	40
5 2	焦点	
5 3、5 4	法線入射リフレクタ	
5 6	放射ビーム	
5 7	パターン付きビーム	
5 8、5 9	反射素子	
6 0	プレート、蒸着素子	
6 2	蒸発面	
6 4	加熱システム	
6 6	電源	
6 8	加熱デバイス	50

- 7 0 温度センサ
- 7 2 圧力センサ
- 7 4 アウトレット
- 7 6 ポンプ
- 7 8 冷却リング
- 8 0 円錐状体、ヴェポライゼ素子
- 8 2 内側面
- 8 4 外側面
- 9 2 2次素子

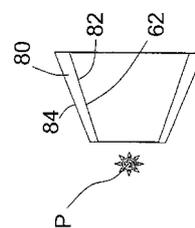
【 図 3 】



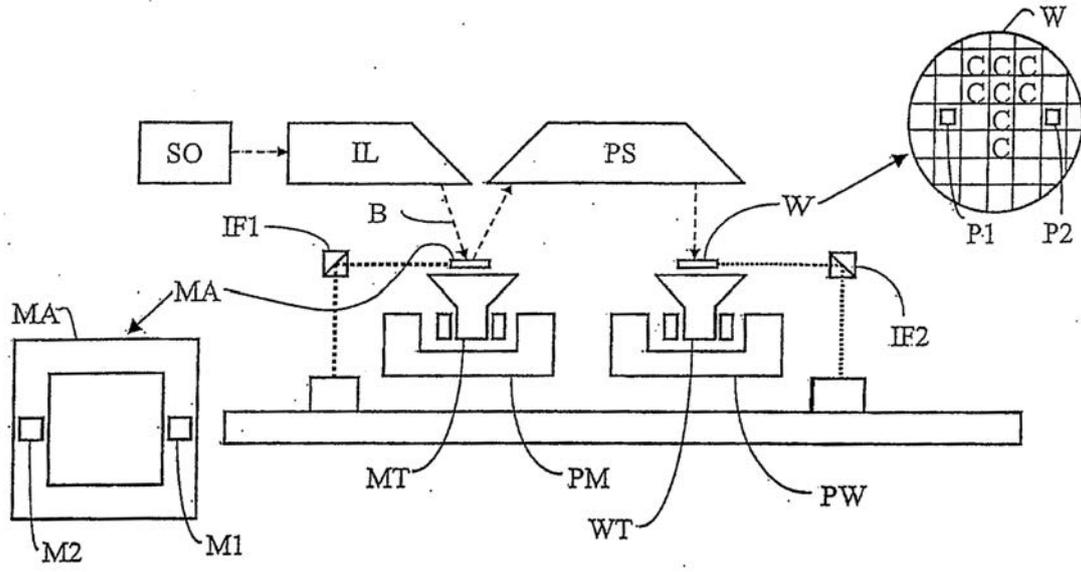
【 図 4 】



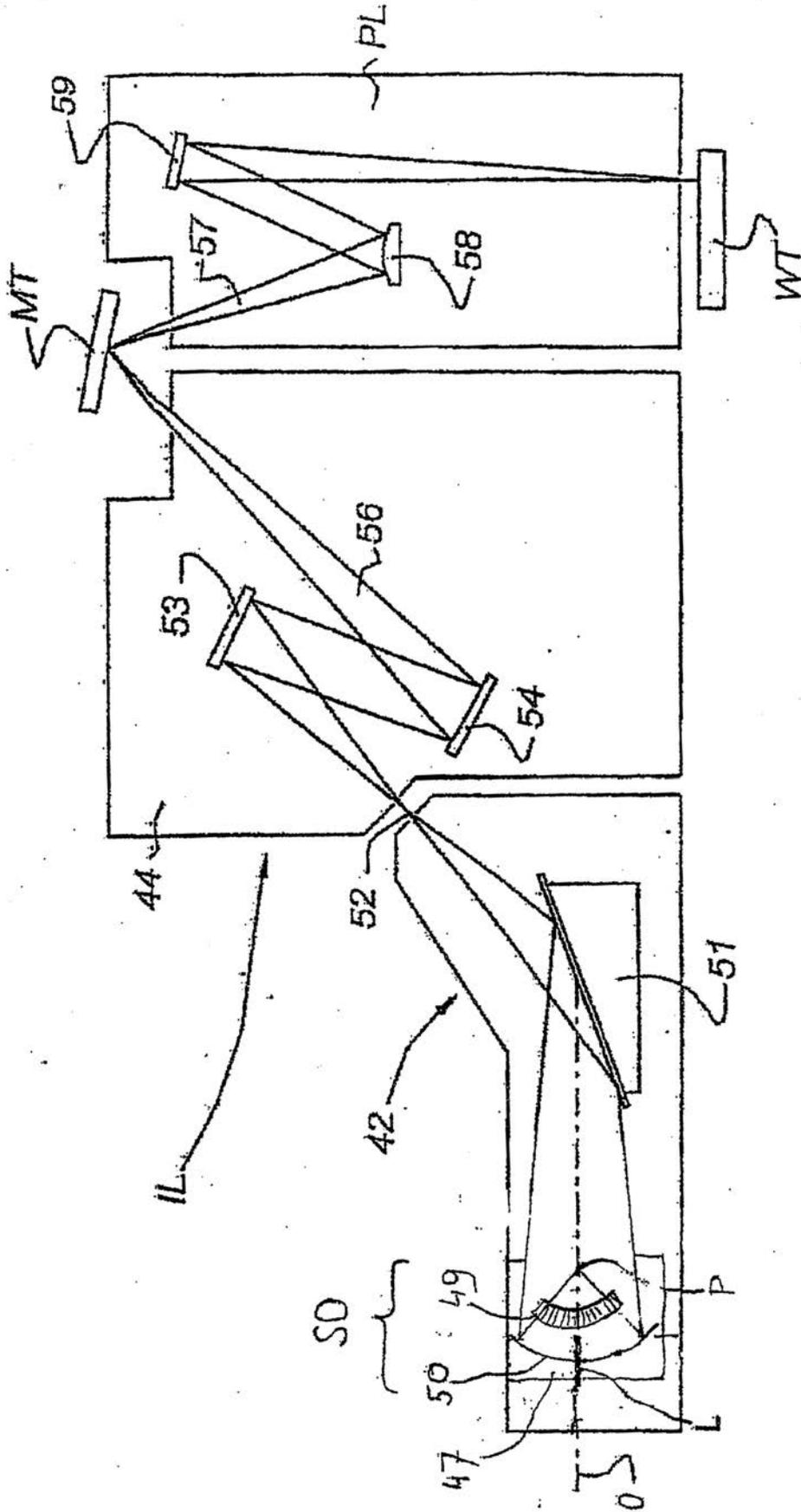
【 図 5 】



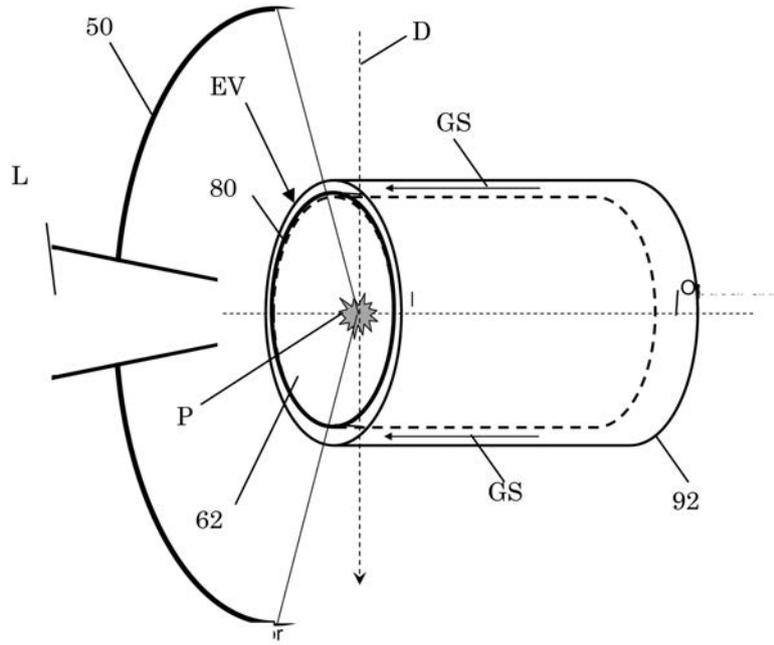
【図1】



【図2】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 スウィンケルズ, ゲラルドス, ヒューベルタス, ペトラス, マリア
オランダ国, アイントホーフェン エヌエル - 5 6 2 3 エルティール, ジェネラル コエンデル
スラーン 2 7

審査官 渡戸 正義

(56)参考文献 特開2008 - 277522 (JP, A)
特表2006 - 529057 (JP, A)
国際公開第2008 / 072962 (WO, A2)
特表2010 - 514157 (JP, A)
特開2007 - 134166 (JP, A)
特表2005 - 524943 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L	21 / 027		
H05G	2 / 00		
G03F	7 / 20	-	7 / 24