(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2004 年9 月23 日 (23.09.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/081998 A1

(51) 国際特許分類[7]: H01L 21/027, G03F 7/20, G21K 3/00, 5/02

(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/001873

(22) 国際出願日: 2004 年2 月19 日 (19.02.2004)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2003-042014 2003 年2 月20 日 (20.02.2003) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目２番３号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 斉藤 旬 (SAITO, Jun) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目２番３号株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 近藤 洋行 (KONDO, Hiroyuki) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目２番３号株式会社ニコン内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 細江 利昭 (HOSOE, Toshiaki); 〒2210822 神奈川県横浜市神奈川区西神奈川一丁目３番６号コーポフジ６０５ Kanagawa (JP).

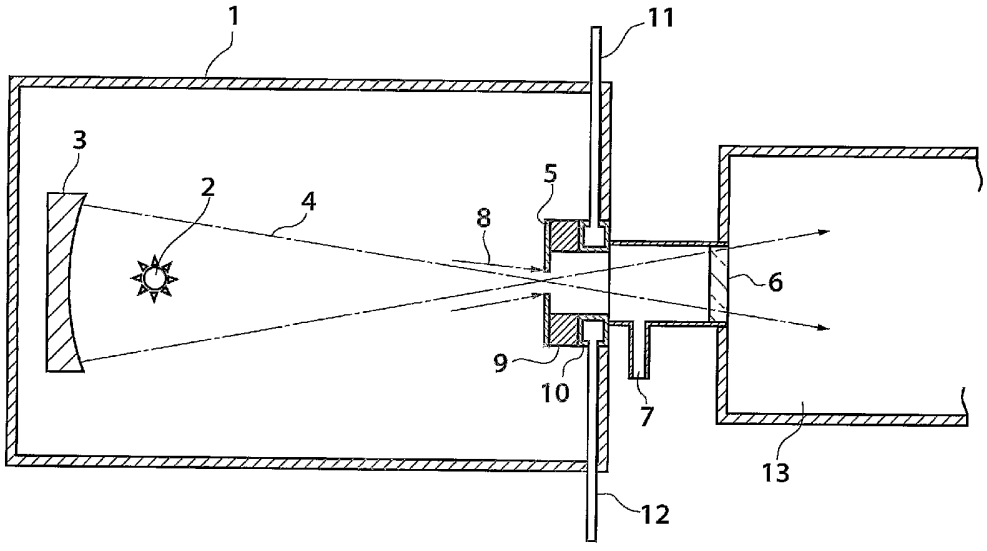
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL,

[続葉有]

(54) Title: X-RAY GENERATOR AND EUV EXPOSURE DEVICE

(54) 発明の名称: Ｘ線発生装置及びＥＵＶ露光装置



(57) Abstract: X-rays are condensed by a condensing mirror (3) into condensed light (4) and shaped by a pinhole plate (5) having a cooling mechanism. The pinhole plate (5) has an annular Peltier element (9) connected thereto. Attached to the rear stage of the Peltier element (9) is a cooling block (10) in which a cooling medium flows. The cooling block (10) is cooled by the cooling medium. The Peltier element (9) has a cool junction on the pinhole plate (5) side and a hot junction on the cooling block (10) side, the cool junction cooling the pinhole plate (5), with the heat discharged from the hot junction to the cooling block (10). The pinhole in the pinhole plate (5) is positioned at the light condensing point for the condensed light (4) and performs the function of controlling the throughput of illuminating light to an exposure device and maintaining the exposure device (13) including the illuminating system and projection system at a high degree of vacuum.

[続葉有]

WO 2004/081998 A1

SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書
— 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正書受領 の際には再公開される。

２文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

Ｘ線は、集光ミラー３によって集光光４となり、冷却機構を有したピンホールプレート５によって整形される。ピンホールプレート５に円環状のペルチェ素子９が接続されており、ペルチェ素子９の後段には、冷却媒体が内部を流れている冷却ブロック１０が取り付けられている。冷却ブロック１０は冷却媒体によって冷却される。ペルチェ素子９は、ピンホールプレート５側が冷接点、冷却ブロック１０側が温接点になっており、冷接点によりピンホールプレート５を冷却し、その熱を温接点側から冷却ブロック１０に放出する。ピンホールプレート５のピンホールは集光光４の集光点に位置し、露光装置への照明光のエタンデュを規定すると共に、照明系、投影系を含む露光装置１３を高真空度に維持する役割を果たしている。

明　細　書

Ｘ線発生装置及びＥＵＶ露光装置

技術分野

本発明は、ＥＵＶ露光装置の照明光源として使用するのに好適なＸ線発生装置、及びこのＸ線発生装置を照明光源として使用したＥＵＶ露光装置に関するものである。

背景技術

半導体集積回路の集積度が増すに従い、回路パターンが微細化し、従来使用されていた可視光や紫外光を使用した露光装置では、その解像度が足らなくなってきている。周知のように、露光装置の解像度は、転写光学系の開口数（ＮＡ）に比例し、露光に使用する光の波長に逆比例する。そのため、解像度を上げる一つの試みとして、可視光や紫外光に代わり、波長の短いＸ線を露光転写に使用する試みがなされている。

このような露光転写装置に使用されるＸ線発生装置として、特に有力視されているのがレーザプラズマＸ線源（以下では「ＬＰＰ（Laser Produced Plasma)」と記載することがある）と放電プラズマＸ線源である。

ＬＰＰは、パルスレーザ光を真空容器内の標的材料上に集光し、標的材料をプラズマ化して、このプラズマから輻射されるＸ線を利用するものであり、小型でありながら、アンジュレータに匹敵するほどの輝度を持つ。

又、Dense Plasma Focus（ＤＰＦ）などの放電プラズマを用いたＸ線源は小型であり、Ｘ線量が多く、低コストである。これらは波長 13nm

のＥＵＶ(Extreme Ultraviolet： 極端紫外光)を用いた露光装置の光源として近年注目を集めている。

露光装置の光源には、レチクル照明系のエタンデュを規定するためのピンホールが必要である。エタンデュとは光源の照射面積と光源から光学系への取り込み立体角の積であり、物理保存量である。このピンホールは、Ｘ線の集光点に置かれることによりエタンデュを規定すると共に、Ｘ線の発生に伴って発生する紫外光や可視光、赤外光をカットする役割を果たしている。

このピンホールは、又、真空度の低いＸ線源と高真空度の露光装置を分離し、露光装置側にＸ線源の気体が流れ込むのを防ぐ役割を果たしている。すなわち、ＬＰＰのターゲット材料にはキセノン（Xe）などのガス状物質や水やアルコール、液化キセノンのような液体状物質が用いられる。これらのターゲット物質は真空中に放出され、拡散・蒸発するので一般的にＸ線源の真空度は低い。また、プラズマやプラズマ近傍の部材（例えば電極）からは飛散粒子（デブリとも呼ばれる。ターゲット物質やプラズマ近傍物質のイオンや原子、破片など）が放出される。さらに、プラズマからの輻射熱によりプラズマ近傍物質が加熱され、プラズマ近傍物質に吸着していた吸着物質が放出される。一方、露光装置の照明系や投影系は、有機物の付着や水による多層膜表面の酸化の汚染物質の付着による、反射ミラーの反射率低下を低減するため、できるだけ清浄で真空度が高い必要がある。

そのため、Ｘ線源と照明系・投影系を含む露光装置本体の間に圧力差を維持するとともに飛散粒子が露光装置本体側に到達するのを防ぐ必要がある。この圧力差の維持、飛散粒子の阻止を実現するためにピンホールを介した差動排気を行うのが好ましい。

このような目的で設けられたピンホールをＸ線が通過する際、Ｘ線や、

紫外光、可視光、赤外光の一部はピンホールを形成するプレートによって遮られる。遮られたＸ線はピンホールプレートによって吸収されるので、ピンホールプレートの温度を上昇させ、ピンホール部が溶融したり、損傷を受けることがある。そのために、ピンホールが形成されたピンホールプレートを頻繁に取り替えなければならないという問題点があった。

発明の開示

本発明はこのような事情に鑑みてなされたもので、Ｘ線源から輻射されるＸ線のエタンデュを規定したり、差動排気を行うためのピンホールを有するピンホールプレートに耐久性を持たせたＸ線発生装置、及びこのＸ線発生装置を使用したＥＵＶ露光装置を提供することを目的とする。

前記目的を達成するための第１の発明は、Ｘ線源から輻射されるＸ線をミラーによって集光し、ピンホールを有するピンホールプレートを、前記ピンホールが集光点の近傍に位置することが可能なように配置したＸ線発生装置であって、前記ピンホールプレートを冷却する機構が設けられていることを特徴とするものである。

本発明においては、ピンホールプレートを冷却する機構が設けられているので、ピンホールプレートによって遮られるＸ線や、紫外光、可視光、赤外光に起因するピンホールプレートの温度上昇を低減することができる。よって、ピンホールが溶損したり、損傷したりすることが少なくなる。なお、集光点の近傍とは、十分な量のＸ線が収束している部分のことをいい、厳密な集光点でなくても、使用目的に対して十分な量のＸ線がピンホールを通過できるのであれば、集光点から多少の前後左右へのずれが許されることを意味する。

前記目的を達成するための第２の発明は、Ｘ線源から輻射されるＸ線をミラーによって集光し、ピンホールを有するピンホールプレートを、

前記ピンホールが集光点の近傍に位置することが可能なように配置したX線発生装置であって、前記ピンホールプレート上に複数のピンホールが設けられ、前記ピンホールプレートが、前記複数のピンホールのそれぞれが前記集光点の近傍に位置するように移動可能とされていることを特徴とするものである。

本発明においては、ピンホールプレート上に複数のピンホールが設けられている。そして、ピンホールプレートは、これら複数のピンホールのそれぞれが集光点の近傍に位置するように移動可能とされている。よって、使用するピンホールを移動させて交替させながら使用できるので、一つのピンホールが集中的に加熱されることが無くなり、ピンホールプレートによって遮られるX線等に起因するピンホールプレートの温度上昇を低減することができる。よって、ピンホールが溶損したり、損傷したりすることが少なくなる。

前記目的を達成するための第3の発明は、X線源から輻射されるX線をミラーによって集光するX線発生装置であって、3個以上の回転可能な円盤が、前記円盤の一部が重なり合い、重なり合わない部分で開口が形成されるように、かつ前記開口が集光点の近傍に位置するように配置されていることを特徴とするものである。

本発明においては、3個以上の回転可能な円盤を、当該円盤の一部が重なり合い、重なり合わない部分で開口が形成されるように、かつこの開口が集光点の近傍に位置するように配置している。本発明においては、この開口をピンホールの代わりに使用する。その際、開口のエッジを構成する各円盤の周縁部は、円盤が回転しているので、1箇所が集中してX線を受けることが無く、従って、温度が局部的に上昇して円盤の周縁部が溶損したり損傷したりすることがない。

前記目的を達成するための第4の発明は、前記第3の発明であって、

前記円盤の少なくとも一つの回転中心の位置が移動可能とされていることを特徴とするものである。

本発明においては、各円盤の少なくとも１つの回転中心の位置を変えることによって開口の大きさを変えるようにすることができる。

前記目的を達成するための第５の発明は、前記第２の発明から第４の発明のいずれかであって、前記ピンホールプレート又は前記円盤を冷却する機構が設けられていることを特徴とするものである。

本発明においては、ピンホールプレート又は円盤を冷却する機構が設けられているので、これらの温度上昇を抑え、ピンホールの損傷がより少ないものとすることができる。

前記目的を達成するための第６の発明は、前記第１の発明から第５の発明であって、前記ピンホールプレート又は前記円盤のＸ線入射面側に、Ｘ線、紫外光、可視光及び赤外光のうち少なくとも１つを反射する反射膜がコートされていることを特徴とするものである。

本発明においては、ピンホールプレート又は円盤のＸ線入射面側に、Ｘ線、紫外光、可視光及び赤外光のうち少なくとも１つを反射する反射膜がコートされているので、これらピンホールプレートや円盤に吸収されるＸ線等の量が少なくなり、温度上昇を抑えることができる。なお、反射膜は、少なくともＸ線等を受ける部分にのみ形成しておけばよいことは言うまでもない。

前記目的を達成するための第７の発明は、Ｘ線源から輻射されるＸ線をミラーによって集光し、ピンホールを有するピンホールプレートを、前記ピンホールが集光点の近傍に位置することが可能なように配置したＸ線発生装置であって、前記ピンホールプレートのＸ線入射面側に、Ｘ線、紫外光、可視光及び赤外光のうち少なくとも１つを反射する反射膜がコートされていることを特徴とするものである。

本発明においても、ピンホールプレートのＸ線入射面側に、Ｘ線、紫外光、可視光及び赤外光のうち少なくとも１つを反射する反射膜がコートされているので、ピンホールプレートに吸収されるＸ線等の量が少なくなり、温度上昇を抑えることができる。なお、反射膜は、少なくともＸ線等を受ける部分にのみ形成しておけばよいことは言うまでもない。

前記目的を達成するための第８の発明は、前記第１の発明から第７の発明のいずれかであって、前記ピンホールプレート上の前記ピンホール、又は前記円盤の互いに重なり合わない部分で形成される前記開口が、エタンデュを規定することを特徴とするものである。

本発明においては、ピンホールや開口がエタンデュを規制するように構成されているので、露光装置等のＸ線源として用いた場合に、所定のエタンデュで照明を行うことができる。

前記目的を達成するための第９の発明は、前記第１の発明から第８の発明のいずれかのＸ線発生装置を照明光源として有することを特徴とするＥＵＶ露光装置である。

本発明においては、ピンホールの寿命が長くなるので、Ｘ線発生装置のメンテナンス回数が少なくて済むＥＵＶ露光装置とすることができる。

図面の簡単な説明

図１は、本発明の実施の形態の第１の例であるＸ線発生装置の概要を示す図である。

図２は、本発明の第２の実施の形態であるＸ線発生装置のピンホール部及びその周辺装置の概要を示す図である。

図３は、本発明の第３の実施の形態に使用されるピンホール部の概念図である。

図４は、図２に示したピンホールプレートの変形例を示す図である。

図５は、図２に示した実施の形態の変形例を示す図である。

図６は、図５に示した実施の形態の変形例を示す図である。

図７は、本発明の実施の形態であるＸ線発生装置を使用したＸ線露光装置（ＥＵＶ露光装置）の例を示す概要図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施の形態の例を、図を用いて説明する。図１は、本発明の実施の形態の第１の例であるＸ線発生装置の概要を示す図である。なお、以下の説明においては、説明の都合上、Ｘ線を光として記述する場合がある。プラズマターゲットを有するターゲットチャンバー１の中には、プラズマを用いたＸ線源２が設置されている。発せられるＸ線は、集光ミラー３によって集光光４となる。集光ミラー３の表面にはモリブデン(Mo)とシリコン(Si)の交互層からなる多層膜がコートされており、波長 13.5nm を中心とする帯域幅 2.5%のＥＵＶ光を反射するようになっている。

集光光４は、冷却機構を有したピンホールプレート５によって整形されたのち、フィルタ６によって目的波長以外の光（紫外光や可視光、赤外光）がカットされる。ピンホールプレート５のピンホールの径は、集光ミラー３の倍率やＸ線源２のプラズマの大きさ等に依存するが、一例で数１０μｍから数１０ｍｍ程度である。ピンホールプレート５には遮られるＸ線８等によって熱負荷がかかるが、後に述べる冷却機構によってこの熱負荷は取り除かれる。

なお、この例では排気口７から気体が吸引されており、光源からのデブリが後段に設けられた露光装置１３側に回らないようにされている。本実施の形態ではピンホールプレート５に円環状のペルチェ素子９が接続されており、ペルチェ素子９の後段には、冷却媒体が内部を流れてい

る冷却ブロック１０が取り付けられている。冷却ブロック１０には、冷却媒体導入管１１と冷却媒体排出管１２が取り付けられており、冷却媒体（例えば水、オイルなど）を流入させて冷却ブロック１０を冷却する構造になっている。

ペルチェ素子９は、ピンホールプレート５側が冷接点、冷却ブロック１０側が温接点になっており、冷接点によりピンホールプレート５を冷却し、その熱を温接点側から冷却ブロック１０に放出する。ペルチェ素子９を用いることにより冷却媒体よりも低い温度でピンホールプレート５を冷却することができる。

この実施の形態では、ピンホールプレート５のピンホールは集光光４の集光点に位置し、露光装置への照明光のエタンデュを規定すると共に、排気口７側とターゲットチャンバー１の間に圧力差を設け、照明系、投影系を含む露光装置１３を、高真空度に維持する役割を果たしている。

なお、この例ではピンホールプレート５と露光装置１３の間にフィルタ６を配置しているが、Ｘ線源２とピンホールプレート５の間にフィルタ６を配置してもよい。しかし、フィルタ６にかかる熱負荷を考慮すると、ピンホールプレート５のピンホールを通過した光のみがフィルタ６に照射されるように、ピンホールプレート５と露光装置１３の間にフィルタ６を配置することが望ましい。

また、Ｘ線源２から放出される紫外から赤外の領域の光がパターン転写に悪影響を及ぼさないのであれば、フィルタを配置しなくてもよい。フィルタを配置しない場合でも、上述のピンホールを介した差動排気を行うことにより、露光装置１３内を清浄で真空度が高い状態に維持することができる。

図２は、本発明の第２の実施の形態であるＸ線発生装置のピンホール部及びその周辺装置の概要を示す図である。この実施の形態のＸ線源と

露光装置は図１に示すものと同じであり、図２（ｂ）の上方がＸ線源、下方が露光装置となっている。なお、（ａ）は（ｂ）のＡ－Ａ断面図であり、（ｂ）は（ａ）のＢ－Ｂ断面図である。

ケース１４に納められたピンホールプレート１５には、同一円周上に複数のピンホール１６が設けられている。光源の発光タイミングに合わせて、ピンホールプレート１５が、回転軸２１の周りに回転し、各ピンホール１６が、集光光２２の集光点に、次々と位置するように、かつ、遮られる光による熱負荷が小さくなるようにされている。ピンホール１６の位置が集光ミラーの集光点位置に確実に来るようにピンホール位置検出機構３０とピンホールプレート位置微調機構３１が具備されている。

ピンホール位置検出機構３０としては、例えば集光位置に一つのピンホール１６が位置したときに、それから所定数個離れたピンホール１６が位置する位置の、ピンホールプレート１５の表面側に発光素子（ＬＥＤや半導体レーザ等）を設け、裏面側に受光素子（フォトダイオード等）を設けたものを使用する。そして、発光素子からの光が受光素子で検出されたときに、Ｘ線が発生するようにＸ線源を調整すれば、発生したＸ線がピンホール１６を通して露光装置側に照射される。

この他にピンホールプレート１５上にアライメントマークを設けて、この位置を検出することにより、ピンホール１６の位置を検出し、それに合わせてＸ線を発生させるようにしてもよい。

ピンホールプレート位置微調機構３１としては、ピンホールプレート１５の回転軸２１をＸ線の入射軸に対して垂直面内及び入射軸方向に移動させることができる機構であればよい。例えば、回転軸２１をモーターで直接回転させている場合には、モーターの位置を３次元的に移動できるステージにモーターを取り付けるようにしてもよい。

ケース１４には、冷却ガス流入口１８から冷却ガス２０が流入し、ピ

ンホールプレート１５に接触して、ピンホールプレート１５を冷却し、冷却ガス流出口１９から排出されている。冷却ガス２０はプラズマターゲットガスと同種（例えばキセノン(Xe)）にしておくと、冷却ガスとターゲットガスの分離を行う必要がないので、ターゲットガスのリサイクルの観点で有利である。

この他に、He、Ar、Kr などの希ガスを用いてもよい。特に、He は熱伝導率が高いのでピンホールプレート１５を効率的に冷却することができる。また、N_2 などの不活性ガスを用いてもよい。一般に、N_2 などの不活性ガスは希ガスよりもポンプの排気速度が大きいので、効果的に排気することができる。あるいは、O_2、O_3、H_2 を用いてもよい。O_2 や O_3 は酸化力が強いため、そして H_2 は還元力が高いため、ピンホール１６部に付着した有機物を除去することができる。O_2、O_3、H_2 を用いる場合、ケース１４内に紫外光（例えば、波長２００ｎｍ以下の光）を導入できるようにしておき、O ラジカルや H ラジカルが生成しやすい条件にしておくとよい。また、H_2 を用いる場合には、ピンホール１６部を局所的に加熱してもよい。

筒状体１７の開口部とピンホールプレート１５とのギャップは、数μｍから数 100μｍと狭くしてあり、真空コンダクタンスが小さく保たれている。これにより冷却ガス２０が筒状体１７の開口部の中側へ漏れ出すのを防いでいる。回転軸２１は、磁性流体軸受等を使ってシールされている。なお、ピンホール１６を通過したＸ線は、フィルタ２３によって目的波長以外の光（紫外光や可視光、赤外光）がカットされ、露光装置内に照射される。露光装置との間のシールはフィルタ２３によっても行われるが、筒状体１７’を設け、筒状体１７’の開口部とピンホールプレート１５とのギャップを、数μｍから数 100μｍと狭くして、真空コンダクタンスを小さく保つようにしている。

ケース１４内外の圧力差を大きくするためには、筒状体１７、１７’の開口部とピンホールプレート１５とのギャップをできるだけ狭くする必要がある。すなわち、筒状体１７、１７’と回転しているピンホールプレート１５が接触しないように、かつ、ギャップを所定値（例えば、数μｍ程度）に維持する必要がある。そこで、筒状体１７、１７’のピンホールプレート１５に対向する面又は側面に測距センサー（静電容量センサー、レーザー変位センサー、超音波センサー等）を配置し、筒状体１７、１７’の開口部とピンホールプレート１５とのギャップを測定する。そして、この測定結果に応じて、ピンホールプレート１５の回転軸２１の位置、角度等を調整することにより、筒状体１７、１７’の開口部とピンホールプレート１５とのギャップを所定値に維持し、あるいは、ギャップが所定値以下にならないようにすることができる。

また、ケース１４内に冷却ガス２０を流さない場合であっても、筒状体１７、１７’の開口部とピンホールプレート１５とのギャップをできるだけ狭くすることにより、Ｘ線源と照明系・投影系を含む露光装置本体の間の圧力差を大きくすることができる。このため、露光装置内を清浄で真空度が高い状態に維持することができる。

このように、ギャップにより露光装置内を真空度が十分に高い状態に維持できる場合、フィルタ２３を設けなくてもよい。フィルタをなくすことにより、フィルタによるＸ線の吸収がなくなるのでＸ線源に要求されるＸ線放出量を低減することができる。

本実施の形態では、ピンホール１６が一つの円周上にのみ配置されているが、同心円状に複数の円周上にピンホールを配置してもよい。あるいは、螺旋状にピンホールを配置してもよい。ただし、これらの場合には、ピンホール１６と集光光２２の集光点との位置合わせのために、ピンホールプレート１５を回転させるだけでなく、図２（ａ）の左右方向

に移動させる必要があり、機構が複雑になる。又、本実施の形態では、ピンホールプレート１５の回転運動によりピンホール１６の位置を変えているが、回転運動に限らず並進運動によってピンホール１６の位置を変えてもよい。

なお、ピンホール１６の径は全て同じであってもよいし、異なっていてもよい。例えば、ピンホール１６が同心円状に複数の円周上に配置されたピンホールプレート１５において、一つの円周上に配置されたピンホールの径は等しいが、円周毎にピンホールの径を変えてもよい。この場合には、ピンホールプレート１５の回転軸２１を図２（ａ）の左右方向に移動させることにより、ピンホール径を変えてエタンデュを変化させることができる。また、ピンホールプレート１５を光軸方向（図２（ｂ）の上下方向）に移動させることにより、エタンデュを変化させてもよい。

あるいは、同一円周上に径の異なるピンホールを繰り返して配置し、Ｘ線の発生と所望のピンホール径を有するピンホールの位置との同期を取ることにより、ピンホール径を変えてもよい。

図３は、本発明の第３の実施例に使用されるピンホール部の概念図である。この実施の形態のＸ線源と露光装置は図１に示すものと同じであり、図３は、Ｘ線の入射方向からこのピンホール部を見た図である。

ケース２４に納められた３枚の円盤２５は、互いに重ね合わされて、その中心部にわずかに開口部２６が形成されるように配置されている。そして、各々の円盤２５は、それぞれの回転軸２７の周りに回転している。この開口部２６がＸ線の集光部に位置するように、このピンホール部を配置し、開口部２６をピンホールの代わりに使用してＸ線のエタンデュを決定する。その他の、ケース２４の中の構成は、図２に示したものと同様に考えればよい。この実施の形態では、ピンホールが移動するものではないので、Ｘ線の発生とピンホールの位置との同期を取る必要

がない。又、回転軸２７を移動させることにより、開口部２６の大きさを可変できる。なお、図においては３枚の円盤２５で開口部２６を形成しているが、４枚以上の円盤を使用するようにしてもかまわない。

図２、図３に示した実施の形態においては、更に、ケースを冷却媒体（水やオイルなど）やペルチェ素子などの電子冷却器により冷却する機構を設けるとケース内のガスを冷却できるため、効率よくピンホールプレートや円盤を冷却できる。又、ピンホールプレートや円盤の表面に、凹凸をつけると、表面積が大きくなるので、さらに効率よくこれらの冷却を行うことができる。

冷却ガスを導入しない場合であっても、ケースを冷却することにより輻射によってピンホールプレートや円盤を冷却することができる。

図４は、図２に示したピンホールプレート１５の変形例を示す図である。このピンホールプレート１５には、フィン２８が設けられており、ピンホールプレート１５が回転軸の周りに回転すると、フィン２８により、冷却ガスがかき回され、これにより、ピンホールプレート１５を更に効率よく冷却することができる。同様のフィンは、図３の円盤２５にも取り付けることができる。

これらの実施の形態においては、ピンホールプレートや円盤に遮られる光を反射する反射膜をコートすることによって、熱負荷を軽減できる。例えば反射膜としては、集光ミラーによって反射されたＥＵＶ光を反射するMo, Siの多層膜反射膜や、紫外光、可視光、赤外光を反射するメタル反射膜が有効である。ピンホールプレートや円盤の材質に融点の高い物質（W、Ta、SiC、セラミックス（例えばアルミナ）、Si、Ｃ等）を使うと、高熱に耐えるので好ましい。又、熱伝導率の高い物質（ダイヤモンド、ダイヤモンド粉体、銅(Cu)等）を使うと、冷却効率を高めることができる。

図５は、図２に示した実施の形態の変形例を示す図である。図５では、ケース１４内をケースとピンホールプレート１５とで挟まれる２つの空間Ａ、Ｂに分けている。空間ＡにはＸ線源で使用しているターゲットガスと同種のガス（例えばXe）を冷却ガス導入孔１８ａより導入し、冷却ガス導出孔１９ａより排出する。空間Ｂには熱伝導率が高いガス（例えば He）を冷却ガス導入孔１８ｂより導入し、冷却ガス導出孔１９ｂより排出する。このようにすると、空間Ａのガスとターゲットガスの分離を行う必要がないので、ターゲットガスのリサイクルの観点で有利であるとともに、空間Ｂのガスでピンホールプレート１５を効率的に冷却することができる。なお、筒状体１７、１７’の開口部とピンホールプレート１５とのギャップ、及びピンホールプレート１５の円周部とケース１４とのギャップは、数μｍから数 100μｍと狭くしてあり、コンダクタンスが小さく保たれている。これにより空間ＡとＢの間のガスの出入りをできるだけ少なくしている。

空間Ａに導入するガスによる冷却能力が十分である場合には、空間Ｂにガスを導入せずに排気のみを行ってもよい。これにより、空間Ａのガスが露光装置側に漏れ出すのをより低減し、露光装置内をより真空度が高い状態に維持することができる。

また、空間Ａと空間Ｂの内部のガス圧を異なるようにしてもよい。例えば、空間Ａ内のガス圧を空間Ｂ内のガス圧よりも高くし、空間Ｂのガスが Ｘ線源側へ漏れ出すのを防ぐようにしてもよい。あるいは、空間Ｂ内のガス圧を空間Ａ内のガス圧よりも高くし、空間Ａのガスが露光装置側へ漏れ出すのを防ぐようにしてもよい。

図６は、図５に示した実施の形態の変形例を示す図である。図６では、空間Ａまたは空間Ｂの１つのみ設けるようにしている。ピンホールプレート１５の冷却が片面からの冷却で十分な場合、図６に示すように片面

のみを冷却する構造としてもよい。

なお、上記説明においては、ピンホールプレートを用いたものについて説明したが、円盤を用いたものについても同様の構成を採ることができる。

図７は、以上のようなＸ線発生装置を使用した、本発明の実施の形態であるＸ線露光装置（ＥＵＶ露光装置）の例を示す概要図である。図中、ＩＲ１～ＩＲ４は照明光学系の反射鏡であり、ＰＲ１～ＰＲ４は投影光学系の反射鏡である。Ｗはウェハ、Ｍはマスクである。

レーザ光源Ｌから照射されたレーザ光は、ターゲットＳに集光され、プラズマ現象により、ターゲットＳからＸ線を発生させる。このＸ線は、反射鏡Ｃ、Ｄにより反射され、平行なＸ線として照明光学系に入射する。そして、照明光学系の反射鏡ＩＲ１～ＩＲ４により順次反射され、マスクＭの照明領域を照明する。マスクＭに形成されたパターンによって反射されたＸ線は、投影光学系の反射鏡ＰＲ１～ＰＲ４によって順次反射され、パターンの像をウェハＷ面に結像する。

この実施の形態では、Ｘ線発生部Ｅと露光光学系部Ｆとが壁で仕切られており、Ｘ線の集光部近傍に前述のようなピンホールプレートを有するピンホール部Ｇが設けられている。このピンホール部Ｇの損傷が少ないので、保守作業が少なくて済むようにすることができる。

なお、上記説明においては、Ｘ線発生装置としてレーザプラズマＸ線源を用いたものについて説明したが、本発明はこれに限らず、Ｘ線発生装置として放電プラズマＸ線源を用いたものでもよい。

請　求　の　範　囲

1．　X線源から輻射されるX線をミラーによって集光し、ピンホールを有するピンホールプレートを、前記ピンホールが集光点の近傍に位置することが可能なように配置したX線発生装置であって、前記ピンホールプレートを冷却する機構が設けられていることを特徴とするX線発生装置。

2．　X線源から輻射されるX線をミラーによって集光し、ピンホールを有するピンホールプレートを、前記ピンホールが集光点の近傍に位置することが可能なように配置したX線発生装置であって、前記ピンホールプレート上に複数のピンホールが設けられ、前記ピンホールプレートが、前記複数のピンホールのそれぞれが前記集光点の近傍に位置するように移動可能とされていることを特徴とするX線発生装置。

3．　X線源から輻射されるX線をミラーによって集光するX線発生装置であって、3個以上の回転可能な円盤が、前記円盤の一部が重なり合い、重なり合わない部分で開口が形成されるように、かつ前記開口が集光点の近傍に位置するように配置されていることを特徴とするX線発生装置。

4．　前記円盤の少なくとも一つの回転中心の位置が移動可能とされていることを特徴とする請求の範囲第3項に記載のX線発生装置。

5．　前記ピンホールプレート又は前記円盤を冷却する機構が設けられていることを特徴とする請求の範囲第2項から第4項のうちいずれか1項に記載のX線発生装置。

6．　前記ピンホールプレート又は前記円盤のX線入射面側に、X線、紫外光、可視光及び赤外光のうち少なくとも1つを反射する反射膜がコートされていることを特徴とする請求の範囲第1項から第5項のうちい

ずれか１項に記載のＸ線発生装置。

７．　Ｘ線源から輻射されるＸ線をミラーによって集光し、ピンホールを有するピンホールプレートを、前記ピンホールが集光点の近傍に位置することが可能なように配置したＸ線発生装置であって、前記ピンホールプレートのＸ線入射面側に、Ｘ線、紫外光、可視光及び赤外光のうち少なくとも１つを反射する反射膜がコートされていることを特徴とするＸ線発生装置。

８．　前記ピンホールプレート上の前記ピンホール、又は前記円盤の互いに重なり合わない部分で形成される前記開口が、エタンデュを規定することを特徴とする請求の範囲第１項から第７項のうちいずれか１項に記載のＸ線発生装置。

９．　請求の範囲第１項から第８項のうちいずれか１項に記載のＸ線発生装置を照明光源として有することを特徴とするＥＵＶ露光装置。

図 1

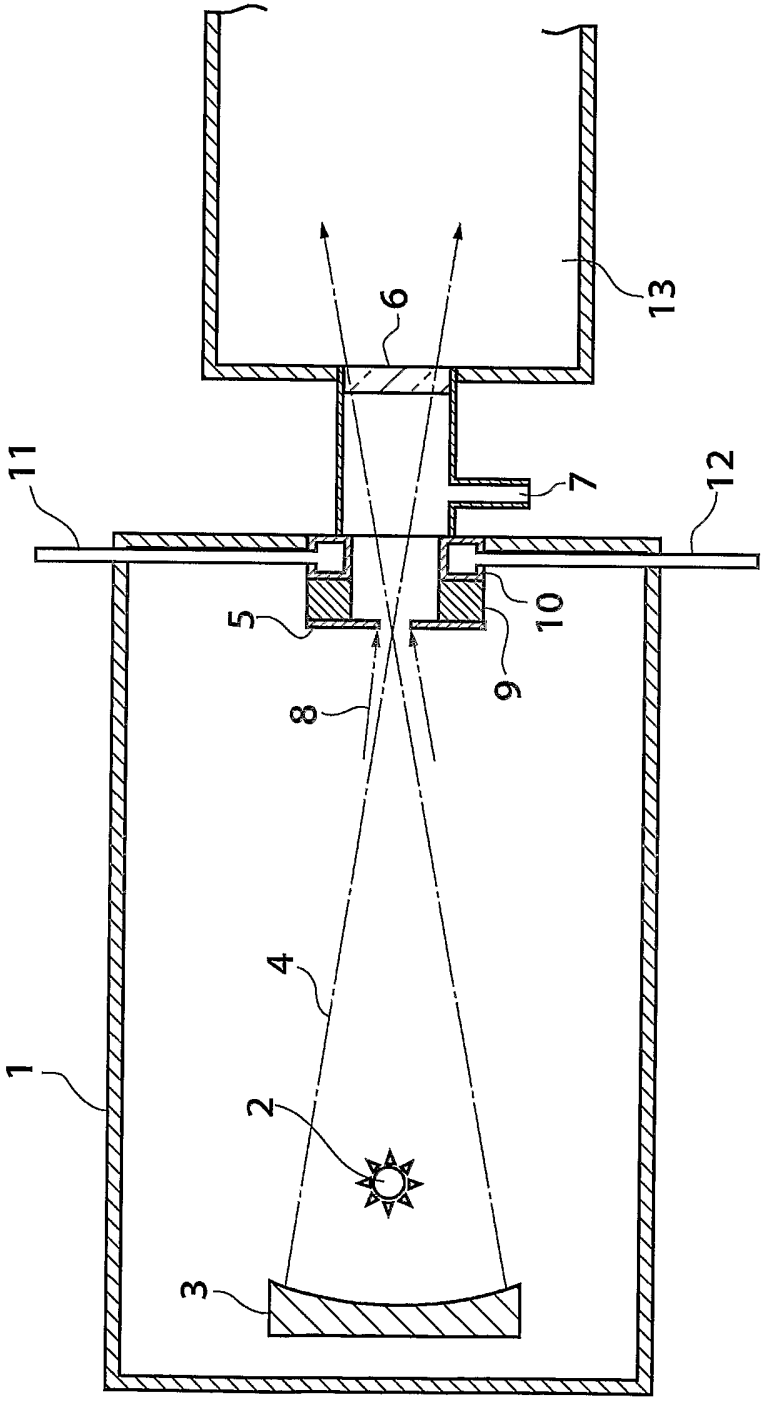


図 2

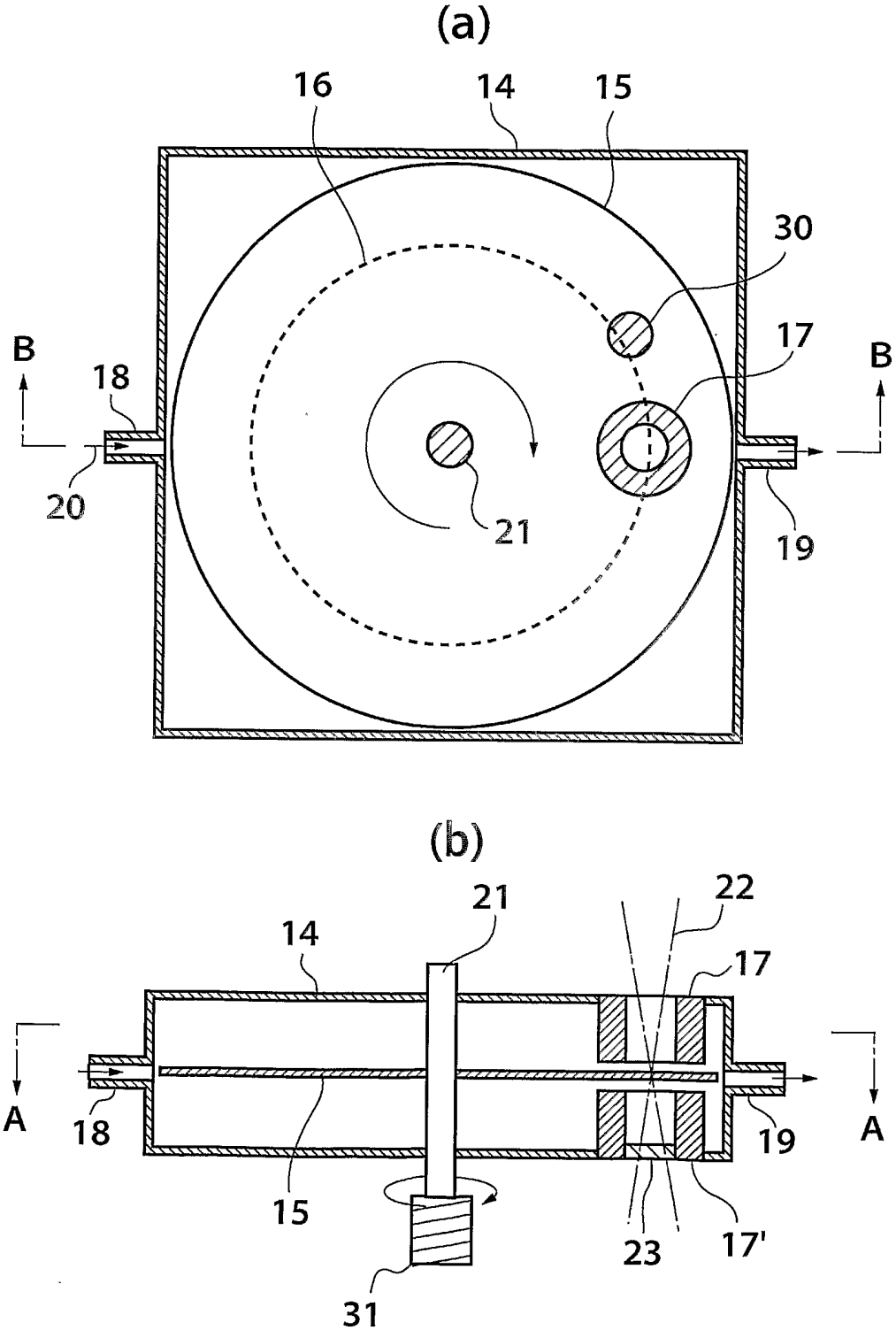


図 3

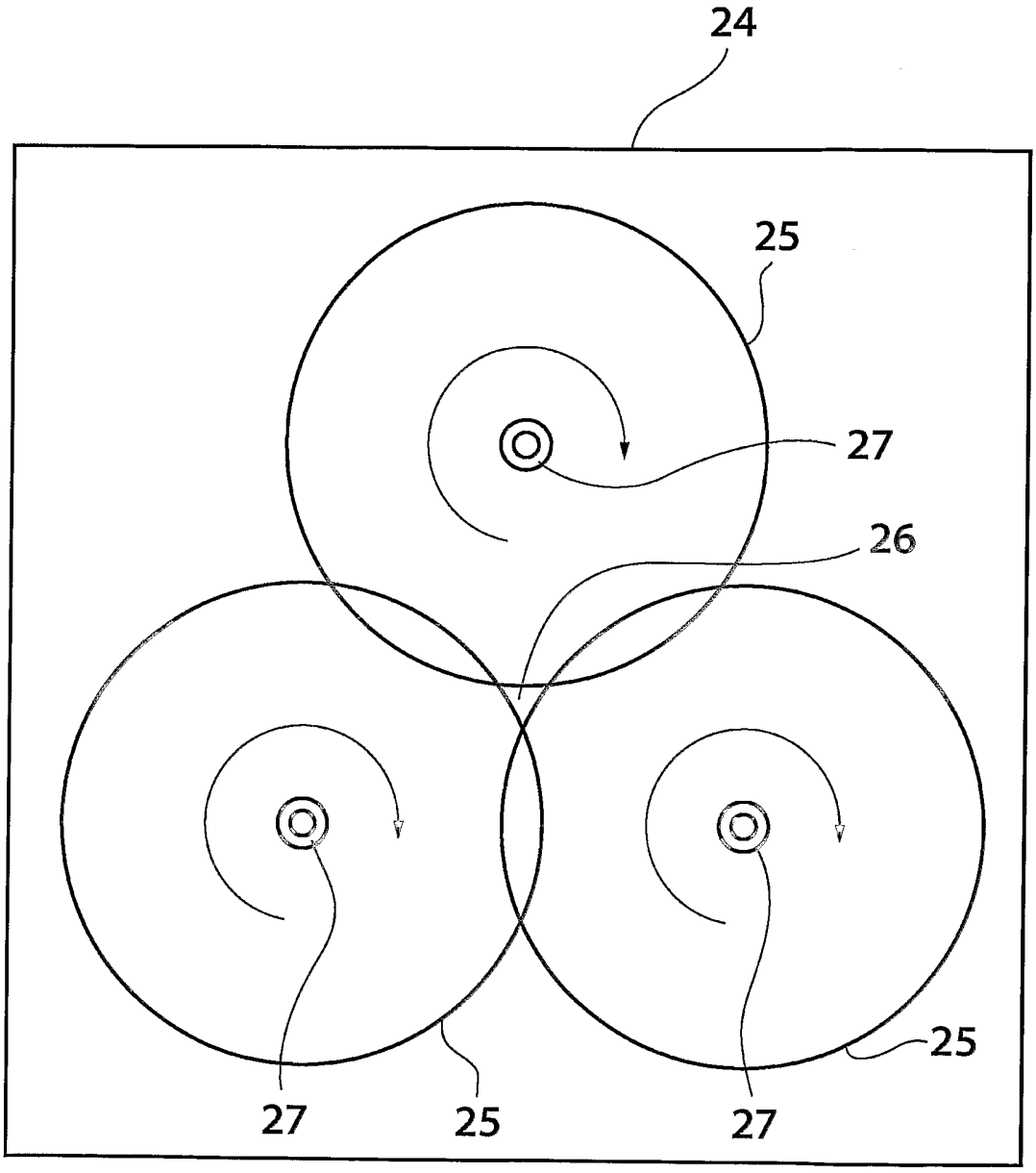


図 4

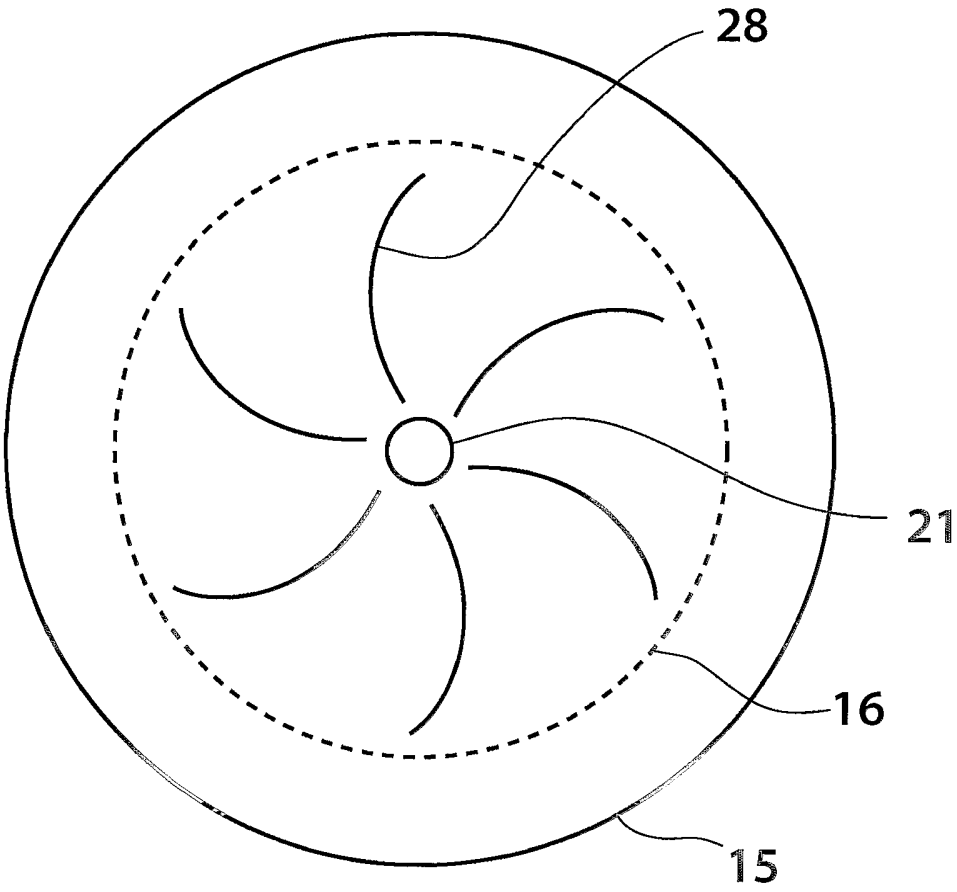


図 5

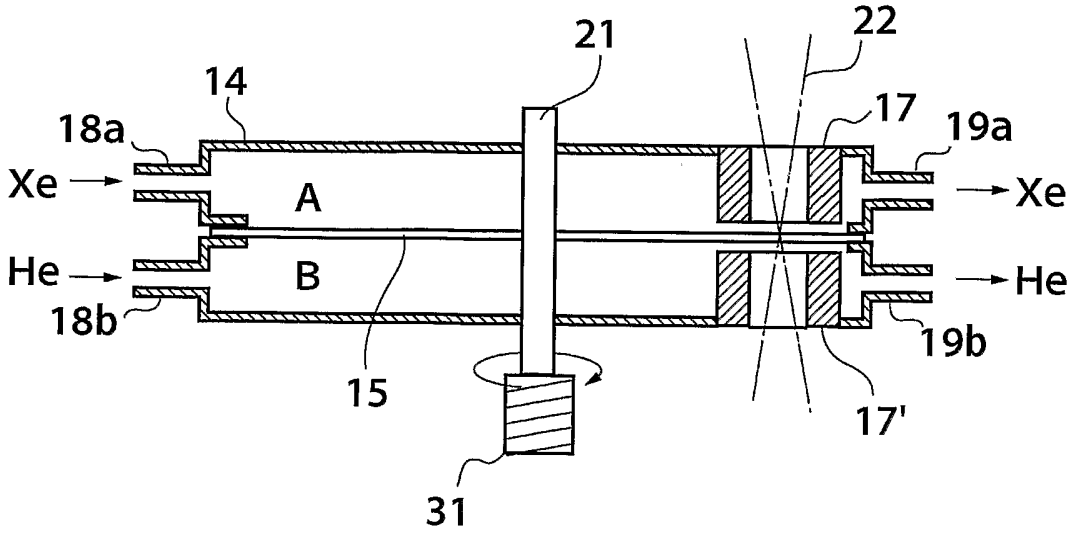

21
22
14
17
18a
19a
Xe
A
Xe
He
B
He
18b
19b
15
17'
31

図 6

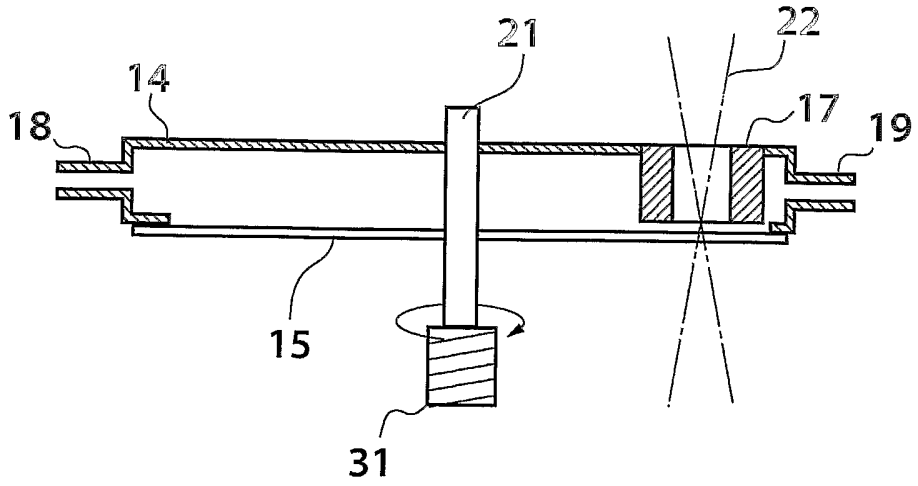
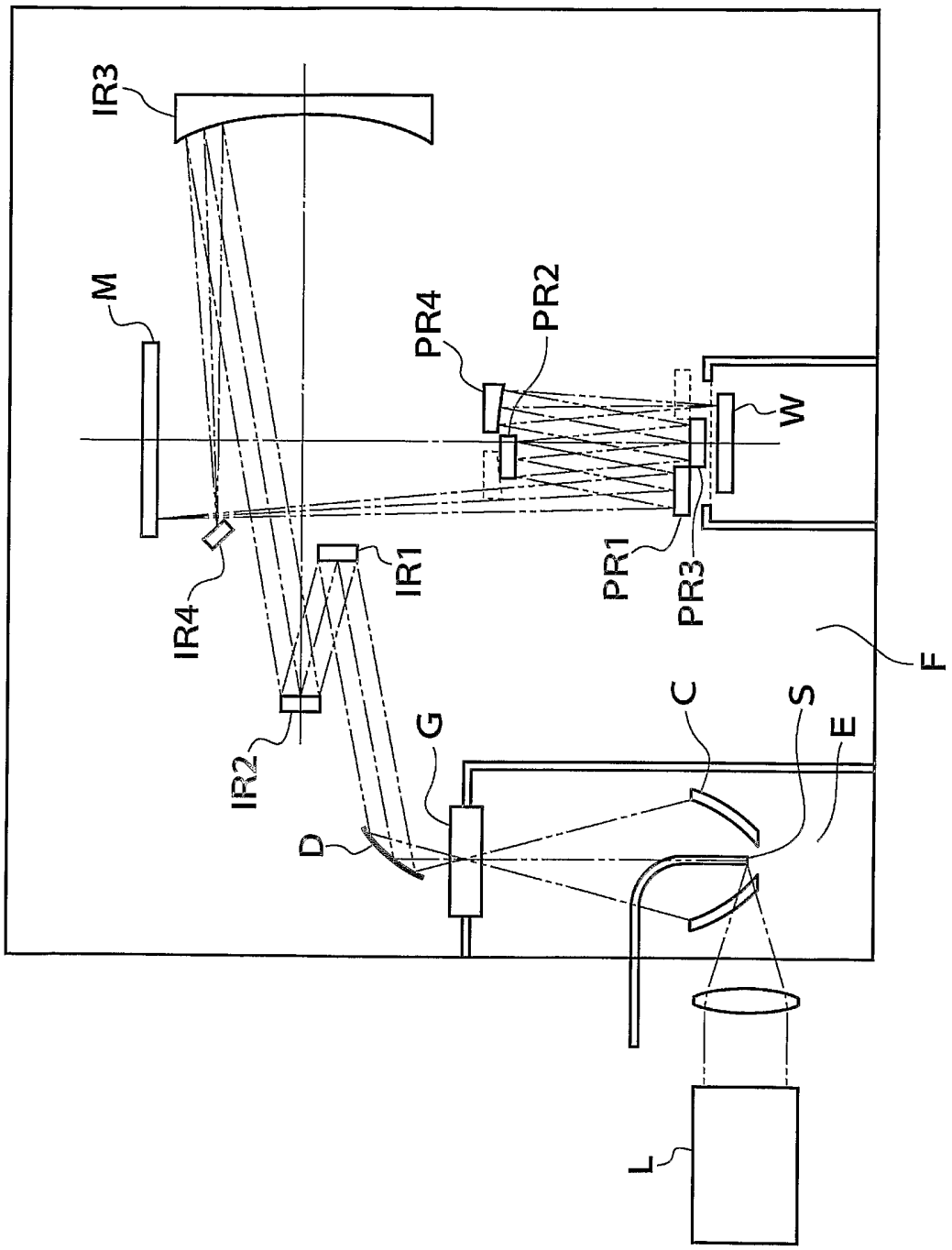

21
22
14
17
18
19
15
31

図 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2004/001873

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl[7] H01L21/027, G03F7/20, G21K3/00, G21K5/02

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)
Int.Cl[7] H01L21/027, G03F7/20, G21K3/00, G21K5/02

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

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2003-318107 A (ASML Netherlands B.V.), 07 November, 2003 (07.11.03), Claims; Par. Nos. [0010], [0032]; Figs. 1, 3 & EP 1349008 A1 & CN 1448790 A & KR 3078692 A & US 2004/0013226 A1	1,2,5-9
E,X	JP 2004-103773 A (Nikon Corp.), 02 April, 2004 (02.04.04), Claims; Par. Nos. [0044], [0052], [0053]; Figs. 6 to 8 (Family: none)	1,5
A	JP 6-283405 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 07 October, 1994 (07.10.94), Full text; all drawings (Family: none)	1-9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ 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 application or patent 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 22 June, 2004 (22.06.04)	Date of mailing of the international search report 13 July, 2004 (13.07.04)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2004)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2004/001873

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 5-283320 A (Toshiba Corp.), 29 October, 1993 (29.10.93), Par. Nos. [0043] to [0049]; Figs. 12, 13 (Family: none)	2-4
A	JP 62-18024 A (Canon Inc.), 27 January, 1987 (27.01.87), Full text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 59-163741 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 14 September, 1984 (14.09.84), Full text; all drawings (Family: none)	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2004/001873

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The "special technical feature" of Claim 1 relates to the cooling of a pinhole plate; the "special technical feature" of Claim 2 relates to a plurality of pinholes; the "special technical feature" of Claims 3, 4 relates to an opening formed in a portion where three or more disks do not overlap; and the "special technical feature" of Claim 7 relates to a reflecting film. These inventions are not in a technical relation including one or more identical or corresponding special technical features; therefore, it is not accepted that they are so linked as to form a single general inventive concept.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

国際調査報告

国際出願番号　PCT／JP2004／001873

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
Int. Cl[7]　H01L21／027, G03F7／20, G21K3／00, G21K5／02

B.　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））
Int. Cl[7]　H01L21／027, G03F7／20, G21K3／00, G21K5／02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの
日本国実用新案公報　1926－1996年
日本国公開実用新案公報　1971－2004年
日本国登録実用新案公報　1994－2004年
日本国実用新案登録公報　1996－2004年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C.　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求の範囲の番号
X	JP 2003－318107 A（エイエスエムエル　ネザランドズ　ベスローテン　フエンノートシャップ）2003.11.07, 特許請求の範囲, 段落0010, 0032, 図1, 3&EP 1349008 A1&CN 1448790 A&KR 307 8692 A&US 2004／0013226 A1	1, 2, 5－9
EX	JP 2004－103773 A（株式会社ニコン）2004.04.02, 特許請求の範囲, 段落0044, 0052, 0053, 図6－8（ファミリーなし）	1, 5
A	JP 6－283405 A（三洋電機株式会社）1994.10.07, 全文, 全図（ファミリーなし）	1－9

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。　☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
22.06.2004

国際調査報告の発送日
13.7.2004

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ISA／JP）
郵便番号100－8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）　2M　8605
新井　重雄

電話番号　03－3581－1101　内線　3274

様式PCT／ISA／210（第2ページ）（2004年1月）

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求の範囲の番号
Ａ	ＪＰ　５－２８３３２０　Ａ（株式会社東芝）　１９９３．１０．２９，段落００４３－００４９，図１２，１３（ファミリーなし）	２－４
Ａ	ＪＰ　６２－１８０２４　Ａ（キヤノン株式会社）　１９８７．０１．２７，全文，全図（ファミリーなし）	１－９
Ａ	ＪＰ　５９－１６３７４１　Ａ（日本電信電話公社）　１９８４．０９．１４，全文，全図（ファミリーなし）	１－９

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００４／００１８７３

第Ⅱ欄　請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第１ページの２の続き）

法第８条第３項（ＰＣＴ１７条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1．☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、

2．☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、

3．☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってＰＣＴ規則6.4(a)の第２文及び第３文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄　発明の単一性が欠如しているときの意見（第１ページの３の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲１の「特別な技術的特徴」はピンホールプレートの冷却に関し、請求の範囲２の「特別な技術的特徴」は複数のピンホールに関し、請求の範囲３、４の「特別な技術的特徴」は３個以上の円盤の重なり合わない部分で形成される開口に関し、請求の範囲７の「特別な技術的特徴」は反射膜に関するものである。これらの発明は、一又は二以上の同一又は対応する特別な技術的特徴を含む技術的な関係にないから、単一の一般的発明概念を形成するように連関しているものとは認められない。

1．☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。

2．☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。

3．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。

4．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。

☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。