

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4850558号
(P4850558)

(45) 発行日 平成24年1月11日(2012.1.11)

(24) 登録日 平成23年10月28日(2011.10.28)

(51) Int.Cl.

F 1

H01L 21/027 (2006.01)
G03F 7/20 (2006.01)
G21K 5/02 (2006.01)H01L 21/30 531S
G03F 7/20 503
G21K 5/02 X

請求項の数 8 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2006-98000 (P2006-98000)
 (22) 出願日 平成18年3月31日 (2006.3.31)
 (65) 公開番号 特開2007-273749 (P2007-273749A)
 (43) 公開日 平成19年10月18日 (2007.10.18)
 審査請求日 平成21年3月26日 (2009.3.26)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100126240
 弁理士 阿部 琢磨
 (74) 代理人 100124442
 弁理士 黒岩 創吾
 (72) 発明者 藤本 一城
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内
 審査官 岩本 勉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光源装置、及びそれを用いた露光装置、デバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プラズマを生成する手段と、

前記プラズマから発する光を反射するミラーと、

前記プラズマと前記ミラーとの間に、前記光が発光する発光中心を通る前記ミラーの光軸を中心として放射状に配置された複数の板状部材と、

前記プラズマと前記ミラーとの間に磁場を発生する磁場発生手段と、を有し、

該磁場発生手段は、前記ミラーの光軸上に配置された中心磁石と、前記板状部材の周囲に配置された周辺磁石を有し、

前記中心磁石は前記周辺磁石よりも前記ミラーの光軸方向に関して前記発光中心から遠い位置に配置されている

ことを特徴とする光源装置。

【請求項 2】

前記磁場発生手段は、前記ミラーの光軸を含む平面内で前記発光中心からの放射方向に對して垂直な成分を持つ磁力線を、前記複数の板状部材で挟まれた空間に形成することを特徴とする請求項1に記載の光源装置。

【請求項 3】

前記磁場発生手段は、前記ミラーの光軸を含む平面内で前記発光中心からの放射方向に對して垂直な成分を持つ磁力線を、前記複数の板状部材で挟まれた空間と前記プラズマとの間に空間に形成する

10

20

ことを特徴とする請求項1に記載の光源装置。

【請求項4】

プラズマを生成する手段と、

前記プラズマから発する光を反射するミラーと、

前記光の発光中心を通り、前記ミラーの光軸に垂直な軸を中心として前記発光中心の周囲に放射状に配置された複数の板状部材と、

前記複数の板状部材で挟まれた空間に磁場を発生させる磁場発生手段と、を有し

前記磁場発生手段は、前記ミラーの光軸に垂直な軸の方向の成分を持つ磁場を形成することを特徴とする光源装置。

【請求項5】

10

前記磁場発生手段は、前記プラズマから飛散する荷電粒子の移動軌道が前記複数の板状部材に衝突するように磁場を発生させることを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載の光源装置。

【請求項6】

前記磁場発生手段は、前記プラズマを生成するために供給される材料に応じて発生させる磁場の強さを調整することを特徴とする請求項1～5のいずれか一項に記載の光源装置

。

【請求項7】

請求項1乃至6のいずれか1項に記載の光源装置と、

前記光源装置からの光でレチクルを照明する照明光学系と、

前記レチクルのパターンをウエハに投影する投影光学系と、を有することを特徴とする露光装置。

【請求項8】

請求項7に記載の露光装置を用いてウエハを露光し、

前記露光されたウエハを現像する

ことを特徴とするデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はプラズマを用いて光を発光させる光源、及びそれを用いた露光装置、デバイスの製造方法に関するものである。特に、EUV光(約10～20nm、好ましくは13～14nm)を発光させる発光装置に関するものである。

30

【背景技術】

【0002】

近年半導体製造装置では、光源の短波長が進んでおり、次世代の露光装置としてはEUV光を用いた露光装置が注目を浴びている。

【0003】

そのEUV露光装置で用いられる代表的なEUV光源の1つにレーザープラズマ光源(LPP方式: Laser Produced Plasma)がある。図10にその概略模式図を示す。この光源では、キセノン等のターゲット材に高強度のレーザー(通常数kHzの繰り返し周波数)を照射し、高温のプラズマを発生させている。そして、このプラズマから放射される波長13nm程度のEUV光を取り出している。この取り出されたEUV光をEUV光を反射する多層膜ミラーで反射させて、露光装置の照明光学系に導いている。尚、ターゲット材としては、前述のキセノンの他に、金属などが用いられることが多い。

40

【0004】

このような光源において、プラズマを発生させる際、EUV光以外にデブリとよばれる不要な物質がプラズマから周辺に向かって飛散する。そのデブリの粒子が多層膜ミラーに付着したり、またそのデブリ粒子が多層膜ミラーに衝突することによって多層膜ミラーの多層膜を損傷させたりすることにより、多層膜ミラーの反射率が低下してしまう。

50

【0005】

このようなミラー劣化を防止するための対策がいろいろ考えられている。例えば図11に示した特許文献1には、プラズマ近傍に磁場を与えることによって、プラズマから飛散するデブリ粒子がミラーに到達するのを防止している。

【0006】

この特許文献1では、ターゲット供給装置103がノズル104を通してターゲットを供給し、そのターゲットに対して駆動用レーザー101から発したレーザーを照射している。これによってプラズマ112が発生し、このプラズマ112から発するEUV光113を取り出している。ここで、コイル106、107に電流を流すことによって図11の上下方向に磁界を与えている。このような構成とすることにより、プラズマ112から発するデブリ粒子（荷電粒子）が磁力線の回りを回りつつ上方向、或いは下方向に移動して、ミラーの外側に導かれる。このように、プラズマ112から飛散するデブリ粒子がミラーに到達するのを防いでいる。

【特許文献1】特開2005-197456号公報

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0007】**

しかしながら、特許文献1に開示があるデブリ粒子除去方法では、相当強い磁界をかけない限り、プラズマから高速で飛散するデブリ粒子を捕捉することが難しい。逆に磁界を弱くしてしまうと、デブリ粒子が容易にミラーに到達してしまい、ミラーがすぐに劣化してしまう。

【0008】

そこで、本発明は、プラズマから発生するデブリ粒子がミラーに到達するのを防ぐことができる光源装置、及びそれを用いた露光装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】**【0009】**

上記目的を達成するために、本願発明の一側面としての光源装置は、プラズマを生成する手段と、前記プラズマから発する光を反射するミラーと、前記プラズマと前記ミラーとの間に、前記光が発光する発光中心を通る前記ミラーの光軸を中心として放射状に配置された複数の板状部材と、前記プラズマと前記ミラーとの間に磁場を発生する磁場発生手段と、を有し、該磁場発生手段は、前記ミラーの光軸上に配置された中心磁石と、前記板状部材の周囲に配置された周辺磁石を有し、前記中心磁石は前記周辺磁石よりも前記ミラーの光軸方向に関して前記発光中心から遠い位置に配置されることを特徴としている。

【発明の効果】**【0012】**

本発明によれば、板状部材と磁場との組み合わせによって、プラズマから発生するより多くの荷電粒子を板状部材に捕捉する、或いは板状部材に衝突させることができるため、ミラーの劣化を抑制することができる。

【発明を実施するための最良の形態】**【0013】**

以下に、EUV光（10nm以上20nm以下、好ましくは13nm以上14nm以下の波長の光）を発するEUV光源、特にEUV光源のデブリ除去に関する実施例について説明する。その他、このEUV光源を用いた露光装置、この露光装置を用いたデバイスの製造方法の実施例についても説明する。本実施例においては、光源はLPP方式の光源について記載するが、勿論DPP方式の光源についても本実施例を適用することができるし、その他本発明と同様の課題を有する如何なる装置（特に光源）にも適用可能である。また、本実施例は、EUV光用の光源装置に限らず、プラズマを用いて光を発光させるあらゆる光源装置に適用可能である。

【0014】

（第1実施例）

10

20

30

40

50

図1は第1実施例のLPP方式のレーザープラズマ光源の概略図である。本実施例では、図1に示したように、デブリフィルターが配置されている空間に磁界をかけた（磁場を与えた）ことがポイントである。ここでは、図1の紙面表側から裏側に向けて磁界をかけているが、その磁界の向きは逆であっても構わない。以下に詳細に説明する。

【0015】

1は、YAGレーザー等のレーザー源であり、2はデブリフィルター、3はプラズマ（EUV光の発光点）、4はリフレクター（多層膜ミラー）である。ここで、ターゲット供給手段によって供給されるターゲット（キセノンや錫等）に対してYAGレーザーを照射することによりプラズマ3を生成している。そして、そのプラズマ3から発するEUV光をリフレクター4で反射させて、露光装置の照明光学系等に導いている。ここで、デブリフィルター2の直径（紙面上下方向の大きさ）は多層膜ミラー4の直径の3割以下（2割以下）であり、多層膜ミラーで反射された光束をデブリフィルター2が遮ることによる光量低下はほとんど考慮しなくても良い。ここで、EUV光の発光点とは、プラズマにより発光するEUV光の発光領域（理想的な点では無く、直径が1μm以上1000μm以下、好ましくは10μm以上200μm以下の径を持つ略球状の領域）の発光中心を意味している。このEUV光の発光中心とは、発光量及び発光位置を考慮した重心（発光重心）、発光位置のみを考慮した中心、ターゲット供給手段から供給されたターゲットの移動軌跡（の中心）とレーザーの光路（の中心）との交点のいずれかである。また、図1では、レーザー光がリフレクター（多層膜ミラー）の中心を通り、ターゲットが図1の紙面上方から供給されているが、この限りではない。例えば、レーザー光とターゲットの関係が逆でも構わないし、ターゲットの移動軌跡はリフレクターの光軸に対して略垂直であれば、どのような方向からターゲットを供給しても構わない。勿論、レーザー光の伝播方向とターゲットの供給方向を対向させても構わない。

【0016】

9はデブリフィルターを構成するデブリ付着板であり、このデブリ付着板は発光点を中心へ放射状（隣接するデブリ付着板が非平行）に複数枚配置されており、発光点から放射される光を極力遮光しないように配置されている。この図1においては、デブリ付着板は、ミラーの光軸に垂直（鋭角側が60度、好ましくは80度より大）で発光中心を通る直線から放射状に配置されている。言い方を変えると、プラズマ（発光中心）とリフレクターとの間の領域に配置された2つのデブリ付着板を通る2つの平面の交線が、発光中心を通っており、且つミラーの光軸に対して略垂直（鋭角側が60度、好ましくは80度より大）である。

【0017】

このデブリ付着板は、プラズマ（1000度近くになる）の近くに配置するため、タンタルやタンゲステン等の融点の高い（融点が2000度以上）材料の薄板であることが好ましい。勿論それ以外の融点が高い材料の薄板であっても構わない。また、これらのデブリ付着板は、平板上の板であることが望ましいが、グリッド状の部材、或いは丈夫な膜で構成していても構わない。

【0018】

この図1のような構成において、複数のデブリ付着板が配置されている領域（デブリ付着板で挟まれている空間）、及びその領域とプラズマとの間の領域、そしてプラズマ発生領域（発光領域）に対して図で示した方向に磁界をかけている。この磁界の磁力線は、前述の複数のデブリ付着板の両者に対して平行（両者のなす角度の鋭角側が30度以下、好ましくは10度以下）である。

【0019】

次に、図1で示したデブリ付着板、EUV光の伝播軌跡、プラズマ（発光点）から飛散するデブリ粒子の移動軌跡について図2を用いて説明する。

【0020】

図2において、7は本実施例を適用しない場合のデブリ粒子等の汚染物質の移動軌跡、及び発光点3から発したEUV光の伝播軌跡を、8は本実施例を適用した場合の汚染物質

10

20

30

40

50

の移動軌跡を示している。

【0021】

このようなレーザープラズマ光源において、発光点から発した光（EUV光）は、7のような光路を辿りリフレクター（多層膜ミラー）4に至り、リフレクター4で反射されて、露光装置の照明光学系等の後段の光学系に伝播される。

【0022】

同様に、発光点3から飛散するデブリ等の汚染物質は、EUV光と同様に7で示すような軌跡を辿り多層膜ミラー4に向かって移動する。しかしながら、レーザープラズマ光源のように、プラズマによって光を発する装置におけるデブリの大半は電荷を帯びている。電荷を帯びたデブリ粒子（荷電粒子）が図2の7の軌跡に沿って移動すると、磁界が紙面垂直方向にかけられているため、デブリ粒子には進行方向及び磁界と垂直な成分（図2の紙面内の方向の成分）のローレンツ力が加えられる。従って、デブリ粒子は、8のような移動軌跡を辿り、デブリ付着板に衝突し、その大半がデブリ付着板に付着する、もしくは運動エネルギーをほとんど失ってしまう。

10

【0023】

このように、デブリ粒子が多層膜ミラーに向かって移動すると（デブリ粒子の速度ベクトルが多層膜ミラーの方向に進む成分を持っていると）、磁界の影響を受けて進路が曲げられて、デブリ付着板に衝突するように構成している。これによって、多層膜ミラー4に到達して多層膜ミラー4に付着するデブリ粒子の数を減らすことができ、多層膜ミラー4の反射率の低下を抑制することができる。もしデブリ粒子がデブリ付着板に付着せずに多層膜ミラー4に至ったとしても、そのデブリ粒子の運動エネルギーは格段に落ちているため、デブリ粒子が多層膜ミラーの多層膜に与えるダメージを格段に低下させることができる。従って、もしデブリ粒子がデブリ付着板に付着しなかったとしても、本実施例を適用することにより、多層膜ミラー4の性能劣化を防止（低減）することが可能となる。

20

【0024】

また、デブリフィルター2を通り抜けてしまうデブリ粒子があったとしても、発光点から多層膜ミラー4に至るデブリ粒子の移動軌跡を長くすることができる。そのため、バッファーガス（ヘリウム、アルゴン、クリプトン等の不活性ガス、又はそれらの混合ガス）のガス分子との衝突確率を向上させることができる。バッファーガスのガス分子と衝突すれば、デブリ粒子の速度が落ちる、もしくは移動方向が変わるため、多層膜ミラー4に至るデブリ粒子の数を減らす、又は多層膜ミラー4と衝突する際の速度を落とすことができる。多層膜ミラーに至るデブリ粒子を減らしたり、多層膜ミラーに衝突する際のデブリ粒子の速度を落としたりすることができれば、多層膜ミラーの劣化（反射率の低下）を防止（低減）することができる。

30

【0025】

ここで、デブリ付着板の配置と磁場との関係について詳細に説明する。図1に示した通り、デブリフィルターが配置されている空間及びその内側の空間全体に対して磁界が与えられている。

【0026】

ここで、デブリフィルター2内の複数のデブリ付着板の配置に関する条件について図2を参照しながら述べる。これらのデブリ付着板は、発光点から発するEUV光を極力遮光せず、デブリフィルター2が配置された空間に与えられた磁場によって、荷電粒子を捕捉できるように配置すれば良い。具体的には以下の通りである。

40

【0027】

（1）複数のデブリ付着板は、それぞれ発光点を含む平面内に配置されている。又は、複数のデブリ付着板が、発光点を含む共通の平面に対して垂直（互いのなす角度の鋭角側が60度以上、好ましくは80度以上）に配置されている。又は、発光中心を含む直線から放射状に（互いのなす角度の鋭角側が30度以下、好ましくは10度以下になるように）配置されている。

【0028】

50

例えば、複数のデブリ付着板のうち（発光点を含む平面内に配置され、磁力線と略平行に配置されたデブリ付着板のうち）隣り合う第1デブリ付着板と第2デブリ付着板について述べる。第1デブリ付着板は発光点を含む第1平面内に配置されており、第2デブリ付着板は同じく発光点を含む第2平面内に配置されている。

【0029】

当然ではあるが、第1（2）デブリ付着板には厚みがあるため、厳密には、第1（2）平面内に完全に含まれることはありえない。ここでは、第1（2）デブリ付着板（板厚方向とは垂直な面のうち一方、又は板厚方向の中間の面）をと第1（2）平面とのなす角度（法線同士がなす角度でも構わない）のうち鋭角側の角度が30度（好ましくは10度）未満であれば足りる。

10

【0030】

また、前述の共通の平面とは、例えば図1、2の紙面のことであり、複数のデブリ付着板は、紙面に対して明らかに垂直に配置されている。勿論、この共通の平面と、デブリ付着板とのなす角度は必ずしも90度である必要は無く、鋭角側が60度以上（好ましくは80度以上）で若干ばらつきを持っていても構わない。

【0031】

（2）複数のデブリ付着板は、デブリフィルター2内の（少なくとも1つの）磁力線（又は、そのデブリ付着板近傍を通る磁力線）に対して略平行に（互いの角度が30度、好ましくは10度未満）配置されている。

【0032】

この条件（2）をより広く考えると以下のように記載することができる。デブリ付着板を含む第1平面と別の（隣接する）デブリ付着板を含む第2平面との交線を含む平面において、発光中心からの放射方向とは異なる方向の磁力線を発生させる。言い換えると、その磁力線が、その平面内において発光中心からの放射方向と垂直な成分を持っていれば良い。この条件を満足すれば、プラズマから飛散するデブリ粒子（荷電粒子）をデブリ付着板の方向に曲げることができる。ここで放射方向とは、ある点（ここでは発光中心）から四方八方に放射状に伸びる直線の方向のことを意味する。

20

【0033】

より詳細な説明を図9（a）（b）を用いて説明する。図9（a）（b）において、2点鎖線は、隣接する2つのデブリ付着板（発光点を含む所定の軸から放射状に配置されている）を含む平面を示しており、この2つの平面は発光中心を含む平面となっている。その隣接する2つのデブリ付着板を含む2平面の交線を「複数のデブリ付着板の交線」と記載しており、その交線を通る平面を「複数のデブリ付着板交線を含む平面」と記載している。また、この図面で「EUV光」と記載している矢印は、EUV光の光路を示すと同時に、発光点から飛散するデブリ粒子の、磁場が形成されていない場合の移動軌跡を示している。この図面において、1点鎖線で示したものは、前述の「複数のデブリ付着板の交線」を含む所定の平面であり、この平面内を伝播する3つのEUV光の光路を図9（b）に示している。この図9（b）において、「実施例1の磁力線」として点線で示したのが、本実施例1の場合のこの平面内を通る磁力線の一例である。勿論、若干外側（発光点から遠ざかる方向）に撲んでいても構わない。この磁力線が、この図面に示した「垂直成分」を含んでいれば、プラズマから放射方向に飛散するデブリ粒子（荷電粒子）の移動軌跡を面（複数のデブリ付着板交線を含む平面）外方向に曲げることができる。面外方向、すなわちデブリ付着板に近づける方向に、デブリ粒子に力（ローレンツ力）を加えて、その移動軌跡を曲げ、その結果、デブリ粒子をデブリ付着板に衝突させれば、少なくともデブリ粒子の運動エネルギーを失わせることができる。最も重要なことは、所定位置における磁力線（のベクトル）が、その所定位置における発光点から放射方向に対して垂直で且つ前述の交線に含まれる方向の成分（ベクトル成分）を含んでいることである。尚、その所定位置とは、隣接する2つのデブリ付着板の間のフィルター間空間か、又はそのフィルター間空間とプラズマとの間であって、且つプラズマとミラーとの間の領域に位置することが望ましい。

30

40

50

【0034】

デブリフィルター2が配置された空間内の磁場は、必ずしも一定とは限らない。言い換えると、デブリフィルター2の両端（図1で言うと紙面の表側と裏側）に配置されたN極とS極との間で、すべての磁力線が直線であるとは限らない。そこで、デブリフィルター2内のデブリ付着板（板厚方向とは垂直な面のうち一方、又は板厚方向の中間の面）と磁力線は、2つの磁極の間に形成される磁力線の中心を通る磁力線（又は2つの磁極の中心同士を結ぶ直線）に対して、略平行であれば足りる。ここで言う「略平行」とは、互いになす角度の鋭角側が30度以下、好ましくは10度以下であれば良い。これをデブリ付着板の法線と磁力線のなす角度に言い換えると、60度以上（好ましくは80度以上）であれば良い、ということになる。

10

【0035】

尚、磁場の与え方に関しては様々な変形例が考えられる。例えば、図3に示すような場合である。すなわち、デブリ付着板（デブリフィルター）の一部にのみ磁場を与える場合である。ここでは、その磁場領域をドーナツ型或いはドーナツの一部のような形の領域としているが、この限りではない。但し、デブリ付着部材の一部しか含まないように磁場を与えるようにしたとしても、必ずしも磁場を与えないように意図した領域の磁場の強さ（磁束密度）を0にする必要は無い。すなわち、デブリ付着部材近傍の磁束が、その密度（磁束密度）に分布を持つようにしても構わない。

【0036】

また、この図3においては、磁場領域（磁石間で挟まれた領域）の発光点に近い側（発光点側）、或いは発光点に遠い側（多層膜ミラー側）に、非磁場領域（磁石間に挟まされていない領域、磁束密度の低い領域）を設けているが、その限りではない。ここで言う非磁場領域は、磁場領域のプラズマ側にだけ設けても構わないし、多層膜ミラー側（プラズマの反対側）にだけ設けても構わない。

20

【0037】

（3）（発光点を含む平面内に配置された複数のデブリ付着板のうち）隣接する2つのデブリ付着板は互いに非平行である。

【0038】

図2で示したように、隣接する第1デブリ付着板（第1平面）と第2デブリ付着板（第2平面）とは互いに非平行に（傾けて）配置されている。この両者のなす角度は0度（好ましくは3度）より大きく、60度（好ましくは30度、より好ましくは10度）より小さいことが望ましい。

30

【0039】

以上の（1）～（3）の条件、特に（1）、（2）の条件を、すべてのデブリ付着板が満足していることが望ましいが、少なくとも複数枚のデブリ付着板が満足していれば足りる。但し、好ましくは複数枚のデブリ付着板のうち半分以上、好ましくは2/3以上がこの条件を満足していると尚良い。また、上記の条件に関連するデブリ付着板とは、厳密には、発光点3と多層膜ミラー4との間の領域内に配置されたデブリ付着板にのみ適用すれば良い。つまり、発光点と多層膜ミラー4との間の領域からは外れた位置に配置されたデブリ付着板（例えば図1の符号10）に関しては、上記の条件を満足しない配置となっていても構わない。

40

【0040】

以上のような（1）（2）（3）を満足するようにデブリフィルターを構成すれば、多層膜ミラー（発光点から出射したEUV光が初めて入射する光学素子）の反射率（光伝播率）の低下を防ぐことができる。

【0041】

尚、上記実施例において、磁場は永久磁石を用いて形成しているが、磁場を形成するのを勿論電磁石でも構わないし、その他の磁場を形成する手段でも構わない。

【0042】

上述の条件は後述の第2実施例にも勿論適用される。

50

【0043】

以上のように、各構成要素の配置を考慮した上で、発光点、デブリ付着板、多層膜ミラーについて記載したのが図7、8である。図8は実際に磁場発生手段としての永久磁石（電磁石等でも構わない）を配置したものであり、図7は構成を分かり易く見せるための説明用の図である。ここで、連結部材とは、複数のデブリ付着板を連結するための部材である。この図7、8においては連結部材は線状のものとして記載しているが、勿論板状のものであっても構わないし、それ以外の形状でも良い。但し、この連結部材はEUV光を遮光しないように構成するのが望ましいので、発光点と多層膜ミラーとの間の領域（EUV光の光路中、EUV光の光束中）の外側に配置することが望ましい。勿論、発光点と多層膜ミラーとの間の領域に配置しても構わないが、その場合には連結部材が板状であれば、その板状の連結部材は発光点を含む平面内に配置することが望ましい。また、これらの連結部材及び磁石に関しては、図7、8の上方からターゲットを供給する場合には、中央部に孔を開けても構わない。

10

【0044】

（第2実施例）

第2実施例を図4を用いて説明する。

第1実施例で記載した（2）の条件によれば、各々のデブリ付着板が各々のデブリ付着板近傍を通る磁力線に対して略平行であれば良いので、例えば、図4のような配置も考えられる。ここで、図4（a）、（b）は各々、後段の多層膜ミラーの光軸を含む平面での断面図、前述の光軸と垂直でデブリフィルター2を発光点側から見た図である。ここでは、図4（b）を見れば分かるように、デブリフィルター2が配置された空間において、磁力線が放射状になるように磁石が配置されている。但し、ここでデブリ（荷電粒子）の進行方向と磁力線の方向とのなす角度が、垂直に近ければ近いほど大きなローレンツ力が働くので、その両者のなす角度を90度に近づけるように磁石やデブリ付着板を配置することが望ましい。具体的には、磁力線（磁束の中心を通る中心磁力線、又は相反する2つの極を持つ磁石の中心同士を結んだ線）と、EUV光の軌跡（デブリの最初の進行方向）とのなす角度は、45度（好ましくは60度、より好ましくは70度）以上である。

20

【0045】

本実施例ではこのような条件を満足するために、デブリフィルター2の周辺部に配置する磁石（周辺磁石）と、デブリフィルター2の中心部に配置する磁石（中心磁石）とを所定の位置関係で配置している。すなわち、周辺磁石と中心磁石により形成される磁束（中心磁力線）が、多層膜ミラーの光軸に対して傾く（互いになす角度が45度以上85度未満、好ましくは80度未満）ようにしている。言い換えると、周辺磁石の光軸方向の位置と、中心磁石の光軸方向の位置とが、互いに異なるように配置している。より具体的には、周辺磁石は光軸方向（後段の多層膜ミラーの光軸）に関してデブリフィルター2と略同じ位置に配置し、中心磁石はデブリフィルター2よりも発光点から遠い位置に配置している。

30

【0046】

このように、第2実施例における磁力線は、リフレクターの光軸上において、発光中心とは異なる位置（点）を中心として放射状に伸びる磁力線とすることが望ましい。さらに言えば、この磁力線がリフレクターの光軸に対して傾いており（垂直でも平行でもない）、その傾き方は光軸から離れるほど、光軸上の位置がプラズマ側に近づくように傾けることが望ましい。

40

【0047】

次に、磁場によるデブリ粒子の移動軌跡の変化について検討する。この検討は、第1実施例及び第2実施例の両者に共通であるが、ここでは第1実施例を例にとって説明する。

【0048】

本実施例を適用した場合、デブリ粒子（荷電粒子）は磁場の影響を受けてある曲率の移動軌跡を描くこととなるが、磁束密度が高いとその曲率半径Rは小さくなり、磁束密度が低いとその曲率半径Rは大きくなる。Rが大きくなり過ぎたり、Rが小さくなり過ぎたり

50

すると、本発明の効果が大幅に薄れてしまうため好ましく無い。そこで、曲率半径 R、デブリ付着板の配置や構成について検討を行った。

【0049】

まず曲率半径 R が大きすぎると、デブリ粒子（荷電粒子）の移動軌跡がほとんど曲がらないため、デブリ付着板の間を通り抜けてしまう確率がかなり高くなってしまう。逆に曲率半径 R が小さすぎると、デブリ粒子がデブリ付着板の内側（発光点側）で円軌道を描き、そのままデブリ粒子が発光点とデブリ付着板との間で浮遊してしまう。そこで、以下の 2 つの場合（図 5、図 6）に関して、適切な R の範囲を設定することとした。尚、以下の（ア）（イ）においては、磁場は一様な磁場であり、且つデブリ付着板は磁場領域内に配置されているものとした（デブリ付着板が磁場領域外にはみ出さないように配置した）。

10

【0050】

（ア）発光点近傍及びデブリ付着板配置領域全域が磁場領域の場合（図 5）

この場合において、破線、一点鎖線、二点鎖線で描いたのは、デブリ粒子の移動軌跡である。ここで、曲率半径 R が最小の場合のデブリ粒子の移動軌跡は、図 5 中の破線か一点鎖線のいずれかであるが、ここではより小さい方（破線）について検討を行った。この破線の移動軌跡は、発光点から飛散したデブリ粒子がデブリ付着板の発光点側の端部で捕らえられる場合の移動軌跡である。逆に曲率半径 R が最大の場合のデブリ粒子の移動軌跡は、図 5 中の二点鎖線で示したものである。これは、第 2 デブリ付着板の発光点側の端部と、その第 2 デブリ付着板と隣接する第 3 デブリ付着板の外側（発光点から遠い側、多層膜ミラー側）の端部とを通る（実際にはギリギリですり抜ける）ような軌跡である。

20

【0051】

ここで、曲率半径 R は以下の条件式（1）で示す範囲であることが望ましい。

【0052】

【数 1】

$$\frac{r_1}{2} < R < \sqrt{r_1^2 - r_1 r_2 \cos \theta + \frac{r_2^2}{4}} \quad (1)$$

30

【0053】

ここで、r₁ は、各デブリ付着板（の発光点側の端部）と発光点との距離、r₂ は、各デブリ付着板の多層膜ミラー側（発光点から遠い側）の端部と発光点との距離、θ は、発光点を中心とした各デブリ付着板の回転方向の角度間隔である。θ は、発光点を含む平面内に配置され、且つデブリフィルター配置位置における磁力線と略平行に配置された複数のデブリ付着板のうち、隣接する 2 つのデブリ付着板のなす角度（互いの法線同士がなす角度のうち鋭角の方）と考えても良い。

【0054】

但し、下限値よりも若干小さかったり、上限値より若干大きかったりしたとしても、本発明の効果をある程度は奏することができるものと考える。例えば、磁場領域外に（発光点からの放射方向において）デブリ付着板を（発光点から遠い側に向かって）延長した場合は、条件式（1）の範囲から若干逸脱していても本発明の効果を奏することは可能である。そこで、条件式（1）は以下の条件式（1-1）や条件式（1-2）としても構わない。

40

【0055】

【数2】

$$\frac{r1}{4} < R < 2 \sqrt{r1^2 - r1r2 \cos \theta + \frac{r2^2}{4}} \quad (1-1)$$

【0056】

【数3】

10

$$\frac{r1}{8} < R < 4 \sqrt{r1^2 - r1r2 \cos \theta + \frac{r2^2}{4}} \quad (1-2)$$

【0057】

(イ) 発光点近傍には磁場が付与されておらず、デブリ付着板が配置されている領域にのみ磁場が付与されている場合(図6)

20

図6においても、曲率半径Rが最小の場合のデブリの移動軌跡を破線で、最大の場合のデブリの移動軌跡を二点鎖線で示している。

【0058】

(ア)の場合と同じく、デブリの曲率半径Rに関して検討を行ったところ、曲率半径Rが以下の条件式(2)を満たすことが好ましいことが分かった。

【0059】

【数4】

$$\frac{(1-\cos \theta)r1}{\sin \theta} < R < \frac{r1^2 + r2^2 - 2r1r2 \cos \theta}{2r2 \sin \theta} \quad (2)$$

30

ここで、r1、r2、θは(ア)で説明した通りである。

【0060】

この条件式(2)に関しても若干下限値を下回る領域や上限値を上回る領域においても、本発明の効果は得られると考えられるため、条件式(2)を以下の条件式(2-1)や条件式(2-2)としても構わない。

【0061】

40

【数5】

$$\frac{(1-\cos \theta)r1}{2 \sin \theta} < R < \frac{r1^2 + r2^2 - 2r1r2 \cos \theta}{r2 \sin \theta} \quad (2-1)$$

【0062】

【数6】

$$\frac{(1-\cos\theta)r1}{4\sin\theta} < R < 2 \frac{r1^2 + r2^2 - 2r1r2\cos\theta}{r2\sin\theta} \quad (2-2)$$

【0063】

以上の（ア）（イ）からも分かるように、発光点で発生するデブリ粒子のうち多層膜ミラーに到達するデブリ粒子の数を少なくするためには、デブリ付着板が厚い（発光点からの放射方向における長さが長い）ほど望ましい。但し、発光点近傍は高温になっているため、デブリ付着板を発光点の極近傍まで延長することはできない。また、逆にデブリ付着板を多層膜ミラーの極近傍まで延ばすと、多層膜ミラーで反射したEUV光を遮光してしまう恐れがあるため、それも避けなければならない。そのような条件の下で、デブリ付着板の大きさや配置と、デブリ粒子の移動軌跡の曲率半径Rの値を適切に設定したのが上記の条件式（1）（1-1）（1-2）（2）（2-1）（2-2）である。

10

【0064】

これらの条件式を満足するように、磁場の強さ（磁束密度）や磁場の方向（磁力線の方向）を調整するように磁石の位置や強度を調整すれば良い。勿論磁石は電磁石であっても構わないので、その場合は電磁石の配置と電流量を調整すれば良い。

20

【0065】

このように磁場の強さを考える際、デブリ付着板で吸着したい対象を明確にし、その荷電粒子（デブリ粒子）に合わせて磁場の強さを調整しても良い。この際の対象とは、多層膜ミラーの反射率の低下を引き起こす大きな要因となるデブリ粒子であったり、デブリとして大量に発生することが予想されるデブリ粒子であったりすれば良い。具体的には、発光点においてレーザーで照射されるターゲットとして供給される材料が錫（すず）の場合は、錫イオンを対象とすれば良いし、キセノンの場合はキセノンイオンを対象とすれば良い。勿論その他の材料が何らかの影響で発光点近傍を浮遊する可能性もありえるので、ターゲット以外の材料を対象としても良い。例えば、錫やキセノン等のターゲット材料を供給する供給管の内壁の材料であったり、デブリ付着板の材料であったり、バッファーガス（アルゴン等の不活性ガス）として供給するガスのイオンであったりしても良い。すなわち、上記のターゲット材料、ターゲット材料を供給する供給管（及びその周囲の部材）の材料、デブリ付着板の材料等の少なくともいずれか1つに関して、上記の条件式を満足するように磁場の強さを設定すれば良い。尚、本実施例においては、発光点やデブリフィルターを囲む空間にバッファーガスを供給する必要は無く、バッファーガスが無くても本実施例は十分に効果が得られる。但し、バッファーガスを供給しても構わないし、バッファーガスを供給すれば、本実施例の効果に加えてバッファーガスの効果が得られ、より多くのデブリ粒子をデブリ付着板で捕捉することが可能となる。

30

【0066】

また、上記第1実施例、第2実施例においては、発光中心を通る軸（複数の板状部材を通る平面の交線）を中心として放射状に（中心とした放射方向に沿って）板状部材を配置していた。しかしながら、更に、発光中心を通り、前記軸とは垂直な第2の軸を中心として放射状に複数の板状部材を配置しても良い。つまり、格子状に複数の板状部材を配置するような構成であっても構わない。

40

【0067】

ここで、板状部材とは、発光中心に近い側から遠い側にかけて、一定の厚みを持った部材であっても良いし、発光中心に近い側から遠い側にかけて、厚みが増すような構造を持った部材でも構わない。また、放射方向とは、ある点又はある軸を中心として広がる方向を意味しており、全方位で無くても良いし、勿論等間隔（角度）で無くても良い。また、「放射状に配置する」とは、ある点又はある軸を中心として広がる方向に沿って、板状部

50

材を（複数個）配置することである。その板状部材は、ある点又はある軸を中心として、全方位に配置する必要は無いし、等間隔である必要も無いが、複数個（好ましくは3個、より好ましくは10個以上）の板状部材を配置することが望ましい。

【0068】

本実施例では光源装置、特にEUV光源装置について述べたがその限りでは無く、プラズマから光を取り出す光源であれば他の光源装置であっても構わない。

【0069】

また、本願は、上述の光源装置を用いた露光装置にも適用可能である。すなわち、上述の光源装置からの光を用いてパターン（レチクル、マスク上の形成された）を照明する照明光学系と、そのパターンをウエハ等の被露光体上に（縮小）投影する投影光学系を有する露光装置にも適用可能である。

10

【0070】

また、本願は、上述の露光装置を用いたデバイスの製造方法にも適用可能である。すなわち、上述の露光装置を用いて、ウエハ等の被露光体を露光する工程と、その露光された被露光体を現像する工程とを有するデバイスの製造方法にも適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0071】

【図1】実施例1の概略構成を示す図である。

【図2】実施例1のデブリ粒子の移動軌跡を説明する図である。

20

【図3】実施例1の変形例を示す図である。

【図4】実施例2の概略構成を示す図である。

【図5】デブリ粒子を捕捉するための磁束密度の計算の説明図である。

【図6】デブリ粒子を捕捉するための磁束密度の計算の説明図である。

【図7】実施例1の磁石の配置について説明する図である。

【図8】実施例1の磁石の配置について説明する図である。

【図9】本実施例を満足する磁力線の方向を説明するための図である。

【図10】従来技術の説明図である。

【図11】従来技術の特許文献1の説明図である。

【符号の説明】

【0072】

30

1 レーザー（源）

2 デブリフィルター

3 プラズマ（発光点）

4 リフレクター（多層膜ミラー）

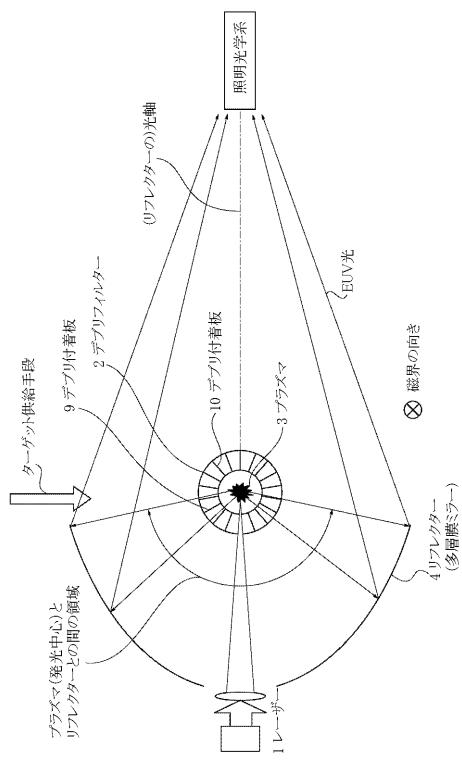
7 磁場がない場合のデブリ粒子の流れ、及びEUV光の光路

8 磁場によって曲げられるデブリ粒子の移動軌跡

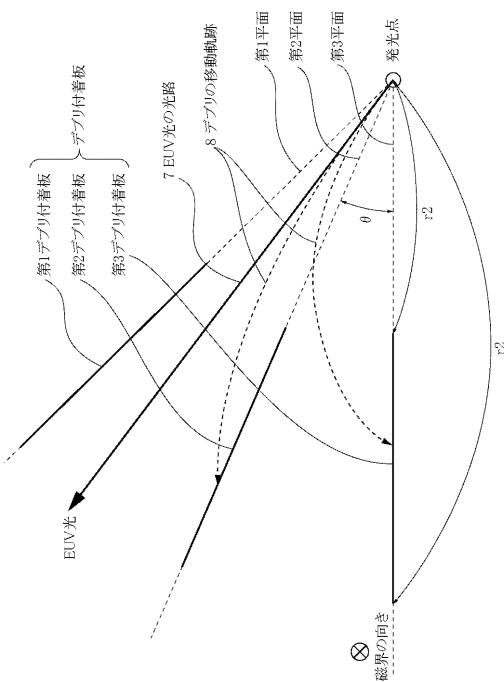
9 デブリ付着板

10 デブリ付着板

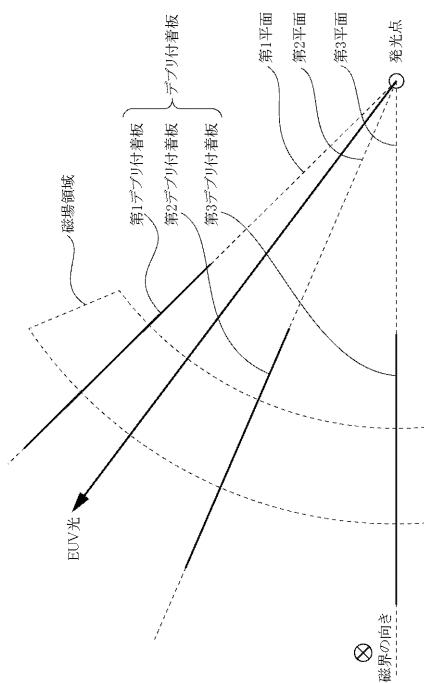
【図1】



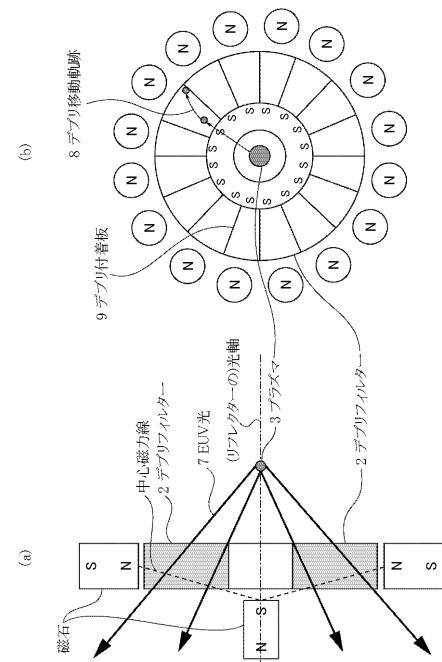
【図2】



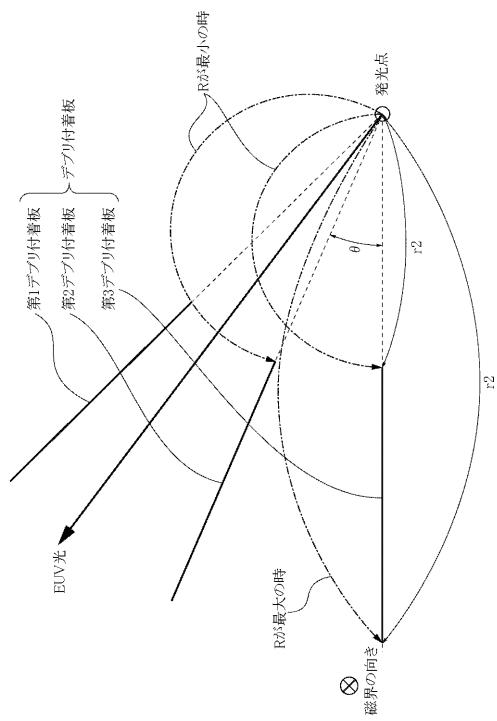
【図3】



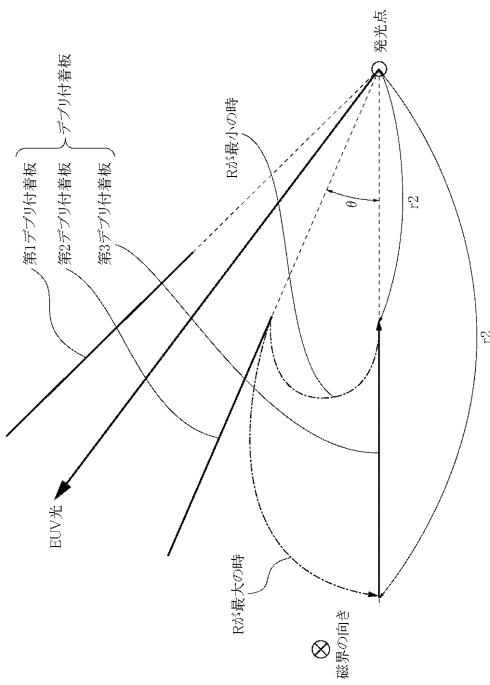
【図4】



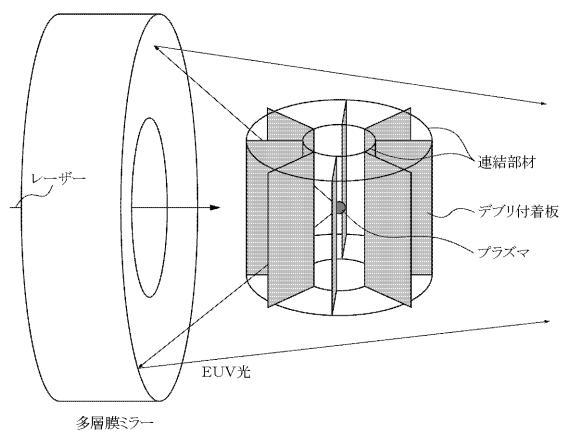
【図5】



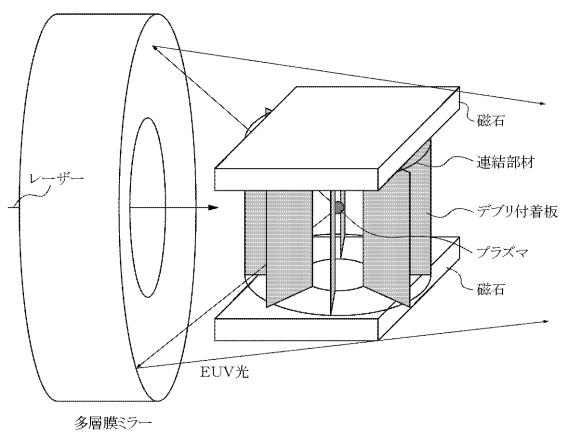
【図6】



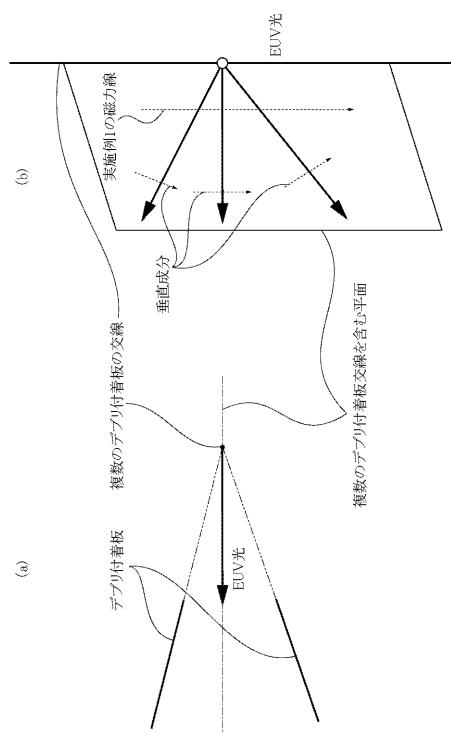
【図7】



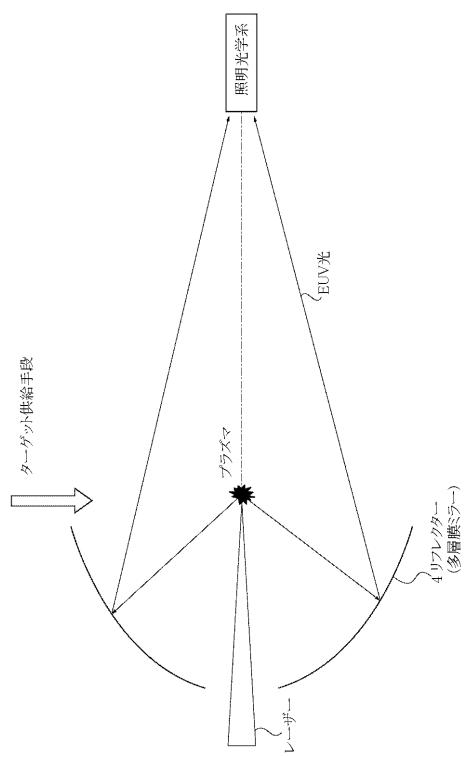
【図8】



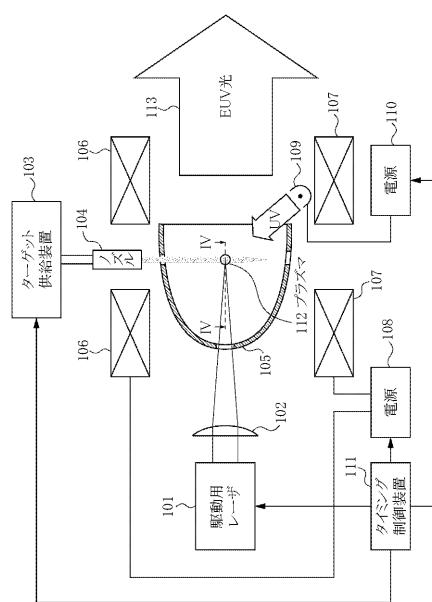
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-020006(JP,A)
特表2007-522646(JP,A)
特開2005-191497(JP,A)
特開2006-080255(JP,A)
特開2004-207736(JP,A)
特開2001-057298(JP,A)
特開2005-197456(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 01 L 21/027
G 03 F 7/20
G 21 K 5/02