

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4333090号
(P4333090)

(45) 発行日 平成21年9月16日(2009.9.16)

(24) 登録日 平成21年7月3日(2009.7.3)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 21/027 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 1 7
GO 2 B 5/08 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 3 1 A
GO 3 F 7/20 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 1 5 D
	GO 2 B 5/08 F
	GO 3 F 7/20 5 0 2
請求項の数 13 (全 13 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2002-194613 (P2002-194613)	(73) 特許権者	000004112 株式会社ニコン 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(22) 出願日	平成14年7月3日(2002.7.3)	(72) 発明者	押野 哲也 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
(65) 公開番号	特開2004-39851 (P2004-39851A)	審査官	新井 重雄
(43) 公開日	平成16年2月5日(2004.2.5)		
審査請求日	平成17年5月19日(2005.5.19)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ミラー冷却装置及び露光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

真空中で使用されるミラーの冷却装置であって、
前記ミラーから離間して配置された複数の電子冷却素子と、
前記電子冷却素子から排出される熱を伝播させる伝熱素子と、
前記伝熱素子を冷却する冷却機構と、
前記複数の電子冷却素子の各々を独立に制御する制御装置と、
を有することを特徴とするミラー冷却装置。

【請求項2】

真空中で使用されるミラーの冷却装置であって、
前記ミラーから離間して配置された電子冷却素子と、
前記電子冷却素子から排出される熱を伝播させる伝熱素子と、
前記伝熱素子を冷却する冷却機構と、を有し、
前記伝熱素子と前記冷却機構とをバネ状部材を介して結合したことを特徴とするミラー冷却装置。

10

【請求項3】

前記電子冷却素子と前記ミラーとの間にガスを供給するガス供給機構と、
供給されたガスを排出するガス排出機構と、
を更に有することを特徴とする請求項1又は請求項2に記載のミラー冷却装置。

【請求項4】

20

前記電子冷却素子は、前記ミラーの表面のうち、前記ミラーに入射した光束を反射する反射面とは異なる領域に対し、離間して配置されることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載のミラー冷却装置。

【請求項 5】

前記電子冷却素子は、前記ミラーに入射した光束を反射する反射面の裏面あるいは側面に対し、離間して配置されることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載のミラー冷却装置。

【請求項 6】

前記ミラーに溝を設け、溝の底面を介して前記ミラーを冷却することを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載のミラー冷却装置

10

【請求項 7】

前記伝熱素子がヒートパイプであることを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のいずれか一項に記載のミラー冷却装置。

【請求項 8】

パターンが形成されたマスクに、光源から射出された光束を導く照明光学系と、前記パターンの像を感応基板上に投影する投影光学系と、を備える露光装置において、前記照明光学系及び前記投影光学系は複数のミラーからなり、前記複数のミラーの少なくとも一つに、請求項 1 から請求項 7 のいずれか一項に記載の冷却装置が取り付けられていることを特徴とする露光装置。

【請求項 9】

20

複数のミラーで構成される光学系を有し、該光学系を真空チャンバ内に配置した露光装置において、
前記複数のミラーの少なくとも一つを冷却する冷却素子と、
該冷却素子から排出される熱を伝播させる第 1 の伝熱素子と、
前記真空チャンバの壁を貫通して配置した第 2 の伝熱素子と、
前記第 1 の伝熱素子と前記第 2 の伝熱素子とを結合するバネ状部材と、
前記第 2 の伝熱素子を冷却する冷却機構とを備えることを特徴とする露光装置。

【請求項 10】

前記第 2 の伝熱素子と前記チャンバ壁との間に弾性部材を配置したことを特徴とする請求項 9 に記載の露光装置。

30

【請求項 11】

前記第 2 の伝熱素子と前記チャンバ壁との間に断熱部材を配置したことを特徴とする請求項 9 または請求項 10 に記載の露光装置。

【請求項 12】

複数のミラーで構成される光学系を有し、該光学系を真空チャンバ内に配置した露光装置において、
前記複数のミラーの少なくとも一つを冷却する冷却素子と、
該冷却素子から排出される熱を伝播させる第 1 の伝熱素子と、
前記真空チャンバ内に配置した第 2 の伝熱素子と、
前記真空チャンバの外に配置した第 3 の伝熱素子と、
前記第 1 の伝熱素子と前記第 2 の伝熱素子とを結合する第 1 のバネ状部材と、
前記第 2 の伝熱素子と前記第 3 の伝熱素子とを結合する第 2 のバネ状部材とを有することを特徴とする露光装置。

40

【請求項 13】

前記第 2 のバネ状部材は 2 つのバネ状部材からなり、真空チャンバを介して該 2 つのバネ状部材が結合されていることを特徴とする請求項 12 に記載の露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は真空中で使用されるミラーを冷却する装置及び、そのような装置が適用される露

50

光装置に関する。特に、EUV（極端紫外光）露光装置等の精密光学機器において、ミラーを冷却して熱変形を抑制することのできる装置・方法等に関する。尚、本発明で言うミラーとは反射マスクを含む概念である。

【0002】

【従来の技術】

EUV光（極端紫外光）露光装置を例にとって従来技術を説明する。

図8はEUV露光装置の概略構成例を示す図である。

【0003】

図8に示す露光装置はEUV源101と、このEUV源101から射出したEUV光（波長13.4nm）100を反射型マスク102に照射する照明光学系103と、反射型マスク102上の回路パターンをウエハ104上に投影するEUV投影光学系105と、マスクステージ106及びウエハステージ107から構成されている。

10

【0004】

この露光装置においては、EUV源101から発したEUV光100が照明光学系103を経て反射型マスク102に照射される。反射型マスク102で反射したEUV光100は、投影光学系105に入射する。投影光学系105を通ったEUV光100は、ウエハ104上に到達し、反射型マスク102上のパターンがウエハ104上に縮小転写される。

【0005】

投影光学系105は、一例で6枚の多層膜反射鏡（図示されず）で構成されており、その縮小倍率は例えば1/4である。投影光学系105は、ウエハ104上において、幅2mm・長さ30mmの輪帯状の露光視野を有する。各反射鏡は反射面形状が非球面であり、その表面にはEUV光の反射率を向上するためのMo/Si多層膜が形成されている。露光時において、反射型マスク102、ウエハ104は、それぞれステージ106、107上で走査される。ウエハ104の走査速度は、常に反射型マスク102の走査速度の1/4となるように同期している。その結果、光学系の視野よりも大きい領域に広がるパターンを転写することができる。

20

【0006】

次いで、図9を参照して、光学系鏡筒の機械構造についてより詳細に説明する。

図9は、EUV光露光装置の光学系鏡筒の一例を示す構成図である。

30

【0007】

図9には、2枚の反射鏡（光学素子）111、112を保持する光学系鏡筒110が示されている。この鏡筒110は、鏡筒本体部110aとフランジ部110bを有する。なお、この鏡筒110はインバー製であり、熱変性が生じにくい。

【0008】

反射鏡111は、鏡筒110のフランジ部110b上において、位置調整機構（ピエゾモータ等）115を介して保持機構116で保持されている。位置調整機構115は、組み立て時あるいはその後において反射鏡の位置を調整するための機構である。一方、反射鏡112は、鏡筒110のフランジ部110b下において、保持機構117で保持されている。2枚の反射鏡111、112には、それぞれ穴111a、112aがけられている。図の上部の光源やマスク（不図示）から発した光100は上の反射鏡111の穴111aを通過して、下の反射鏡112の上面に達し、ここで反射した光100が反射鏡111の下面に向かう。この光100は、さらに反射鏡111の下面で反射して下方に向かい、反射鏡112の穴112aを通過して、マスクやウエハ（不図示）に到達する。

40

【0009】

EUV光学系においては、前述の通り、反射鏡（光学素子）表面にMo/Si多層膜が形成されている。EUV投影光学系の開口数は例えば0.2~0.3であり、波面収差は1nmRMS以下が求められる。このような小さな波面収差を実現するためには、反射鏡として高精度な形状を有する非球面ミラーを用い、高精度なミラー組み立て・調整を行う必要がある。

50

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

前述の反射鏡は、入射したEUV光の一部を吸収することによって加熱される。ここで、図9に示すような光学系鏡筒を真空雰囲気中で使用する場合には、加熱された反射鏡の放熱性が悪いため、反射鏡が熱変形するおそれがある。そこで、冷却装置を光学素子に接触させて冷却する方法が考えられるが、接触により光学素子に力が加わり、ミラーが変形したり、冷却装置の振動がミラーに伝わることにより露光性能に影響を及ぼす可能性がある。

【0011】

本発明は、このような課題に鑑みてなされたものであり、ミラーの変形や位置変化を抑制しつつミラーを冷却可能なミラー冷却装置等を提供することを目的とする。

10

【0012】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本発明のミラー冷却装置は、ミラーから離間して配置された複数の電子冷却素子と、電子冷却素子から排出される熱を伝播させる伝熱素子と、伝熱素子を冷却する冷却機構と、複数の電子冷却素子の各々を独立に制御する制御装置とを有することを特徴とする。

【0016】

電子冷却素子（ペルチェ素子）とミラーとの間に距離があるため、電子冷却素子がミラーに接触して変形させることない。また、冷却装置の振動がミラーに伝わることも防止できる。この構成では輻射効果によってミラーを冷却することが可能となる。電子冷却素子はミラーの表面、裏面、側面のいずれかに配置可能であるが、ミラーの表面に配置する場合は、ミラーに入射及び反射する光束に干渉しないように、反射面として用いない領域である非有効領域（周辺部）に配置する。尚、ミラーと電子冷却素子との間隙は0.1mm-3mm程度あることが装置の組み立て及び冷却効率の点から好ましい。

20

【0017】

また、電子冷却素子と、前記ミラーとの間にガスを供給するガス供給機構と、供給されたガスを排出するガス排出機構と、を更にもうけることは好ましい。

電子冷却素子とミラーとの間にガスを流す事によって、ガスを介して熱がミラーから電子冷却素子に移動するため、ミラーの熱をより効率的に電子冷却素子に伝えることが可能となる。ガスは例えばヘリウム等を用いる事が可能である。また、ガスの供給と排出を同時に行う事が可能なため、真空チャンバ内の真空度が低くなることを抑制可能である。尚、ガスが真空チャンバ内にできるだけ漏れ出さないことが好ましいので、ミラーと電子冷却素子とで作られる空間が閉じた空間となるようにガードリングや壁をもうけてガスが漏れないようにすることが好ましい。

30

【0018】

また、電子冷却素子を複数設け、複数の電子冷却素子の各々を独立に制御する制御装置を更に配置しても良い。

ミラーはミラーに入射する光のエネルギーの一部を吸収して発熱する。ミラーに入射する光はミラーの一部に入射する事が多く、また、強度分布も非一様である場合が多い。従って、ミラーに吸収されるエネルギーは空間的に非一様となり、ミラーの熱（温度）分布も非一様となりやすい。ミラーの熱分布が不均一になるとミラーの一部が膨張して折れ曲がるように変形する場合があります、この変形が波面収差に影響を及ぼす。しかしながら、複数の電子冷却素子を各々独立に制御する事によって、ミラーの所望の位置を独立に冷却する事が可能となるので、ミラーの温度分布を所望の分布とすることが可能となる。従って、不均一になったミラーの温度（熱）分布を均一にする事が可能となる。尚、光の入射等によって変化するミラーの温度分布は予め実験等により求めても構わないし、温度センサーを配置する事によって測定しても構わない。このようにして求められたミラーの温度情報に基づいて電子冷却素子の各々が制御される。

40

【0019】

50

また、ミラーに溝を設け、溝の底面から前記ミラーを冷却してもよい。

このようにすると、ミラー表面の光が照射された位置と電子冷却素子との距離を短くする事ができるのでより効率的にミラーを冷却する事が可能となる。ミラーは一般にガラス等の熱伝導率の小さい材料で構成される場合が多い。また、形状精度を高くするためには、剛性を高くする必要があり、そのため、ミラーの厚さを厚くする必要がある。従って、ミラーをより効率的に冷却するためには、ミラーの厚さが薄いほうが好ましいが、ミラーの剛性が低くなるため単純にミラーの厚さを薄くすることは好ましくない。これに対して、溝を設けた場合は剛性を過度に低くしなくてすむためミラーの剛性を高く保ちつつ効率的にミラーを冷却する事が可能となる。ミラーの剛性を高くするように溝の形状を決める事が好ましく、例えば、多角形の溝を形成したりハニカム構造を採用する事が好ましい。

10

【0020】

溝はミラーの表面、裏面、側面に形成する事ができるが、表面に形成する場合はミラーに入射及び反射する光束を邪魔しないように配置する。

また、伝熱素子がヒートパイプであることは好ましい。

【0021】

ヒートパイプを用いれば、単なる金属の熱伝導に比べて、伝熱能力が優れているうえ、純水等の冷媒を流した冷水パイプなどに比べて、冷媒の流れによる振動や変形もない。ヒートパイプを構成する金属部分をスーパーインバー等の低熱膨張金属で構成すると、ヒートパイプ自体の熱変形も小さくできる。ヒートパイプが変形すると、ヒートパイプに接続されている部材の位置や形状を変化させる可能性がある。例えば、ミラーと電子冷却素子をバネ状部材で接続した場合でも電子冷却素子の位置が変化するとバネ状部材で吸収しきれなかった位置変化はミラーを変形させる可能性があるため、できうるだけヒートパイプの熱変形は小さい事が好ましい。

20

【0025】

また、伝熱素子と冷却機構とをバネ状部材を介して接合することは好ましい。

このようにすると冷却機構にある程度振動があるものや変形が生じるものを用いたとしても伝熱素子やその先に接続される構成部材に与える影響を低減可能となる。

【0026】

また、上記課題を解決するための本発明の装置は、複数のミラーで構成される光学系を有し、光学系を真空チャンバ内に配置した露光装置において、複数のミラーの少なくとも一つを冷却する冷却素子と、冷却素子から排出される熱を伝播させる第1の伝熱素子と、真空チャンバの壁を貫通して配置した第2の伝熱素子と、第1の伝熱素子と第2の伝熱素子を結合するバネ状部材と、該第2の伝熱素子を冷却する冷却機構とを備えることを特徴とする。

30

【0027】

冷却素子に接続されている伝熱素子を真空チャンバの壁に直接貫通させてチャンバの外へ導くと、伝熱素子に力が加わって、そのとき生じた変形がミラーの変形を引き起こす恐れがある。これに対して、2つの伝熱素子を用いて、伝熱素子間をバネ状部材で結合するため、チャンバを貫通して配置される伝熱素子に組み立て時等に力が加わったとしても第1の伝熱素子にその力が伝達する事を抑制する事が可能となる。

40

【0028】

また、第2の伝熱素子と前記チャンバ壁との間に弾性部材を配置することは好ましい。

このようにすると、真空排気の際にチャンバが変形したとしても第2の伝熱素子に力を加えることを抑制できる。弾性部材としてはペローズ等を用いる事が可能である。

【0029】

また、第2の伝熱素子と前記チャンバ壁との間に断熱部材を配置することは好ましい。

チャンバ隔壁表面の熱が伝熱素子に伝わると伝熱素子を設計どおりに用いる事が困難になる。これに対して、断熱部材を配置すると、チャンバ壁の熱が第2の伝熱素子に伝わりにくくなるため、第2の伝熱素子は設計通りに用いることが可能であり、冷却機構による第2の伝熱素子の冷却も設計通りの制御が可能となる。

50

【 0 0 3 0 】

また、上記課題を解決するための本発明の装置は、複数のミラーで構成される光学系を有し、該光学系を真空チャンパー内に配置した露光装置において、前記複数のミラーの少なくとも一つを冷却する冷却素子と、該冷却素子から排出される熱を伝播させる第1の伝熱素子と、該真空チャンパー内に配置した第2の伝熱素子と、該チャンパー外に配置した第3の伝熱素子と、該第1の伝熱素子と第2の伝熱素子とを結合する第1のバネ状部材と、前記第2の伝熱素子と前記第3の伝熱素子とを結合する第2のバネ状部材とを有することを特徴とする。

【 0 0 3 1 】

また、第2のバネ状部材は2つのバネ状部材からなり、真空チャンパーを介して該2つのバネ状部材が結合されていることが好ましい。

10

このようにすると、第2の伝熱素子と第3の伝熱素子がバネ状部材を介してチャンパー壁に接続されるため、チャンパーの変形や振動が伝熱素子に伝わる事を抑制することができ、その結果、ミラーが変形することを防止できる。

【 0 0 3 2 】

【 発明の実施の形態 】

以下、図面を参照しつつ説明する。

まず、図7を参照して、EUV光縮小投影露光技術の概要を説明する。

【 0 0 3 3 】

図7はEUV光露光装置の全体構成例を示す図である。

20

図7のEUV光露光装置は、露光用の照明光として極端紫外光(EUV)を用いてステップアンドスキャン方式により露光動作を行う投影露光装置である。

【 0 0 3 4 】

図7に示すように、露光装置201の最上流部には、レーザー光源203が配置されている。レーザー光源203は、赤外域から可視域の波長のレーザー光を発する機能を有し、例えば半導体励起によるYAGレーザーやエキシマレーザー等を使用する。レーザー光源203から発せられたレーザー光は、集光光学系205により集光され、下部に配置されたレーザープラズマ光源207に達する。レーザープラズマ光源207は、波長13nm近傍の極端紫外線を効率よく発生することができる。

【 0 0 3 5 】

30

レーザープラズマ光源207には、図示せぬノズルからキセノンガスが供給され、このキセノンガスがレーザープラズマ光源207において高照度のレーザー光を受ける。キセノンガスは、高照度のレーザー光のエネルギー照射により高温になってプラズマ状態が励起され、その後、低ポテンシャル状態へ遷移する際に極端紫外光を放出する。極端紫外光は大気に対する透過率が低いいため、光源部及びその後の光路は真空チャンパー209の中に収められている。

【 0 0 3 6 】

レーザープラズマ光源207の上部にはMo/Si多層膜を形成した回転方物面ミラー211が配置されている。レーザープラズマ光源207から輻射された極端紫外光は、方物面ミラー211に入射し、波長13nm付近の極端紫外光のみが露光装置201の下方に向かい平行光となって反射される。同ミラー211の下方には、厚さ0.15nmのベリリウムからなる可視光カット極端紫外光透過フィルター213が配置されている。同ミラー211で反射された極端紫外光のうち、所望の極端紫外光のみがフィルター213を通過する。フィルター213付近もチャンパー215により覆われている。

40

【 0 0 3 7 】

フィルター213の下方には、露光チャンパー233が設置されている。露光チャンパー233内のフィルター213の下方には、照明光学系217が配置されている。照明光学系217は、コンデンサー系のミラー、フライアイ光学系のミラー等で構成されており、フィルター213から入射した極端紫外光を円弧状に整形し、図の左方に向かって照射する。

【 0 0 3 8 】

50

照明光学系 217 の図の左方には、極端紫外光反射ミラー 219 が配置されている。同ミラー 219 は、図の右側の反射面 219 a が凹型をした円盤状のものである。ミラー 219 の図の右方には、光路折り曲げミラー 221 が斜めに配置されている。同ミラー 221 の上方には、反射型マスク 223 が、反射面が下になるように水平に配置されている。照明光学系 217 から放出された極端紫外光は、極端紫外光反射ミラー 219 により反射集光された後に、光路折り曲げミラー 221 を介して、反射型マスク 223 の反射面に達する。

【0039】

各ミラー 219、221 は反射面が高精度に加工された石英の基板からなる。各ミラー反射面には、波長 13 nm の極端紫外光の反射率が高い Mo と Si の多層膜が形成されている。なお、波長が 10 ~ 15 nm の極端紫外光を用いる場合には、Ru (ルテニウム)、Rh (ロジウム) 等の物質と、Si (シリコン)、Be (ベリリウム)、B₄C (4ホウ化炭素) 等の物質とを組み合わせた多層膜でも良い。

【0040】

反射型マスク 223 の反射面にも多層膜からなる反射膜が形成されている。この反射膜にはウエハ 229 に転写するパターンに応じたマスクパターンが形成されている。反射型マスク 223 は、その上部に図示されたマスクステージ 225 に固定されている。マスクステージ 225 は、少なくとも 1 方向に移動可能であり、光路折り曲げミラー 221 で反射された極端紫外光を順次マスク 223 上に照射する。

【0041】

反射型マスク 223 の下部には、順に投影光学系 227、ウエハ 229 が配置されている。投影光学系 227 は、複数のミラー (例えば 6 枚) 等からなる。投影光学系 227 は、反射型マスク 223 上のパターンを所定の縮小率 (例えば 1/4) に縮小し、ウエハ 229 上に結像する。ウエハ 229 は、XYZ 方向 (図示参照) に移動可能なウエハステージ 231 に静電チャック等の吸着手段により固定されている。

【0042】

次に、図 1 ~ 2 を参照して、本発明に係るミラー冷却装置の構成について説明する。図 1 は、本発明の 1 つの実施例に係るミラー冷却装置と一枚のミラーを概念的に示す側面図である。

【0043】

図 2 は、同ミラー冷却装置の電子冷却素子の配置例を示すミラーの下面 (部分) 図である。

図 1 には 1 枚のミラー 1 が示されている。この図に示すミラー 1 の反射面 1 a は非球面状の凹型であり、前述の通り、所望の EUV 光を反射するための多層膜が形成されている。ミラー 1 は例えば図 7 に示す投影光学系 227 に用いられている。ミラー 1 の裏面 1 b には複数の溝 1 c が配置されている。溝 1 c は図 2 に示すように六角形をしておりミラーの剛性を高めるようにハニカム構造が用いられている。尚、図 1 ではミラーの裏面 1 b のみに溝 1 c を形成しているが、セル 2 が位置しない側面 1 d にも溝 1 c を形成してもよい。ミラー側面 1 d はミラー保持部材であるセル 2 によってバネ状部材 3 を介して固定されている。セル 2 は不図示の鏡筒に固定される。

【0044】

溝 1 c の各々に対応して電子冷却素子 (ペルチェ素子) 4 が配置されている。図 2 に示すようにペルチェ素子 4 の各々は制御装置 20 に各々独立して電氣的に接続されている。尚、ペルチェ素子 4 はミラー裏面のみではなく側面 1 d や表面 1 a にも配置する事が可能である。但し、表面 1 a に配置する場合は、入射、反射光束を遮らないように配置する必要がある。各ペルチェ素子 4 には各々ヒートパイプ 6 が結合されている。複数のヒートパイプ 6 は一つのヒートパイプに纏められ、纏められたヒートパイプを介して冷却機構 7 へ熱が排出される。例えば、複数のヒートパイプ 6 を不図示の円環状のヒートパイプにバネ状部材を介して結合することによって纏めてもよい。

【0045】

10

20

30

40

50

ペルチェ素子 4 は溝 1 c に板バネやスプリング等からなるバネ状部材 5 を介して熱的に接続されている。バネ状部材 5 は熱膨張率が小さく、熱伝導率が高く、アウトガスの少ない材料からなり、例えばスーパーインバーが用いられている。バネ状部材 5 の剛性は低く、鏡筒の組み立て時及び露光動作中にペルチェ素子 4 等から力が加わりミラーを変形させることを抑制している。

【 0 0 4 6 】

ペルチェ素子 4 はヒートパイプ 6 に固定されており、ヒートパイプ 6 はセル 2 に断熱材 9 及び板バネ等のバネ状部材 1 0 で固定されている。

ところで、断熱材 9 は、熱伝導度が小さいものが熱を伝え難く好ましい。特に、熱伝導度が $100\text{J} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 以下であると、断熱材を使用する効果が顕著になり好ましい。

10

【 0 0 4 7 】

さらに断熱材は真空度に悪影響を及ぼさないものが好ましい。このような材料としては、以下に述べるものがある。

まず金属材料として Fe および Ni からなる合金を用いるとよい。特に Ni-Cr-Fe および Fe-Ni-Co の 3 元系合金が好ましい。さらに具体的には、例えば組成比 Ni72%、Cr15%、Fe6% の合金（インコネル 600）や Fe52%、Ni29%、Co17% の合金（コパール）などが適している。

【 0 0 4 8 】

また、セラミックス材料としては、金属の酸化物、炭化物、窒化物あるいは珪素の酸化物などが好ましい。さらに具体的には、 Al_2O_3 、TiC、SiC、ZrC、HfC、TaC、BN、TiN、AlN、 SiO_2 （石英）などが挙げられる。また、珪素酸化物系セラミックスである $\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ （ステアタイト）、 $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ （ムライト）、 $\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$ （ジルコン）などもよい。

20

【 0 0 4 9 】

さらに、断熱材として鏡筒の材料の熱膨張係数に近い値を有する材料を選択するとよい。例えば、鏡筒の材料に熱膨張係数の小さいインバー等を用いる場合は、断熱材としてやはり熱膨張係数の小さい石英や低熱膨張ガラスを用いるとよい。

【 0 0 5 0 】

断熱材 9 はヒートパイプ 6 の熱がセルに伝わってセル 2 が変形することを防止する。また、バネ状部材 1 0 はヒートパイプ 6 の変形や振動がセル 2 に伝わらないようにしている。バネ状部材 1 0 を熱伝導率の低い材料で構成して断熱材 9 の代わりとすることも可能である。尚、本例ではミラー 1 を冷却するための冷却装置を構成するヒートパイプ 6 とペルチェ素子 4 をセル 2 に固定したが、鏡筒に固定することも可能である。ヒートパイプ 6 は冷却機構 7 にバネ状部材 8 を介して固定されている。冷却機構 7 は水を循環させてヒートパイプを冷却するタイプのものを用いた。また、冷却機構 7 は制御装置 2 0 に接続されている（不図示）。制御装置 2 0 は予め求められた又はリアルタイムで測定されるミラーの温度分布に応じて各ペルチェ素子 4 に入力する電気信号及び冷却機構 7 に入力する電気信号を制御する。これによってミラー 1 の熱分布は一様になるよう制御される。ミラー 1 で発生した熱はペルチェ素子 4、ヒートパイプ 6、冷却機構 7 という順路で装置外へ排出される。

30

【 0 0 5 1 】

上述の構成部材で真空中に配置されるものに関しては、アウトガスやコンタミが発生しにくい材料を用いる又は表面処理が行われている事が好ましい。表面処理としては、例えば、高温処理や金属（TiN や NiP 等）をコーティングする等の手法がある。

40

【 0 0 5 2 】

図 3 は、本発明の他の実施例に係るミラー冷却装置と一枚のミラーを概念的に示す側面図である。

図 3 では図 1 の実施例と同様なものに関しては同じ符号を付して説明を省略する。本実施例と前述の実施例とが異なる点は図 1 のバネ状部材 5 を本実施例では除去した点であり、他の構成は全て図 1 の実施例と同一である。ミラー 1 からの熱は溝 1 c 等からの輻射によってペルチェ素子 4 に伝播し伝熱素子であるヒートパイプ 6 を介して外部へ排出される。本実施例ではバネ状部材 5 を除去した事により、ペルチェ素子 4 とミラー 1 が完全に分離

50

されるので、ペルチェ素子 4 からミラー 1 へ力が伝わり、ミラー 1 が変形することを防止できる。

【0053】

本実施例でも説明が理解されやすいように、ペルチェ素子 4 は裏面のみに配置したが、側面 1 d や表面 1 a にも配置する事ができる。

図 4 は本発明の他の実施例に係るミラー冷却装置と一枚のミラーを概念的に示す側面図である。

【0054】

図 4 は図 3 の実施例に対してガスを供給している点が異なり、他の構成は図 3 に示す実施例と同一である。図 4 では、ガス供給機 4 1 からガス管 4 2 を介してガスノズル 4 3 からミラー 1 の溝 1 c へ向かってガスが供給される。各溝 1 c を通ったガス 4 0 は吸気ノズル 4 4 からガス管 4 5 を介してポンプ 4 6 によって排出される。ガスはヘリウム等のガスを用いる事が可能であり、ミラー 1 の熱をペルチェ素子 4 へ伝達する役割を果たす。尚、ポンプ 4 6 によって排出されたガスは回収して所望の温度にした後に再利用することも可能である。また、ヒートパイプ 6 やペルチェ素子 4 のみではミラー 1 の裏面との間で閉じた空間とする事が困難な場合は、供給されたガスが真空チャンバ内に漏れ出さないように壁やガードリング等を配置する事が好ましい。また、図 4 では側面からガスを供給、排出しているが側面に限る必要は無く図の下側からガスを供給、排出するようにしても良い。また、ガスノズルや吸気ノズルの数も一つに限る必要は無く複数配置することが可能である。

10

20

【0055】

図 5 は本発明の他の実施例に係るミラー冷却装置と露光装置を概念的に示す側面図である。

図 5 では床 5 0 に対してベース 5 1 が固定されており、ベース 5 1 は真空チャンバ 5 3 を貫通して真空チャンバ 5 3 内において鏡筒 5 2 をバネ状部材 6 1 を介して支持している。尚、真空チャンバ 5 3 は不図示の部材で床に対して固定されている。ベース 5 1 は真空チャンバ 5 3 に対してフランジ 6 2 及びベローズ 6 3 を介して接続されており、真空チャンバ 5 3 とは分離されている。従って、真空排気時の真空チャンバ 5 3 の変形はベース 5 1 へは伝わらない。鏡筒 5 2 には複数のミラー 1 と各々のミラーからの熱を伝達する複数のヒートパイプ 6 が、振動、変形及び熱が伝わらないように固定されている。複数のヒートパイプ 6 は第 2 のヒートパイプ 5 4 とバネ状部材 5 5 を介して接続されている。第 2 のヒートパイプ 5 4 は支持部材 6 0 及び断熱部材 5 9 (前述の材料と同様なものを用いる事が可能) を介してベース 5 1 に固定されている。更に、バネを入れると振動や位置の変化が伝わりにくくなるので好ましい。また、第 2 のヒートパイプ 5 4 は真空チャンバ 5 3 に対してフランジ 5 6、断熱部材 5 7 (前述の材料と同様) 及びベローズ 5 8 を介して接続されており、真空チャンバ 5 3 とは熱的にも振動・変形という観点からも分離されている。例えば、真空チャンバ 5 3、フランジ 5 6、ベローズ 5 8 はステンレスあるいはチタン合金という材料で構成される。第 2 のヒートパイプ 5 4 を伝播した熱はバネ状部材 8 を介して冷却機構 7 へ伝播される。

30

【0056】

尚、不図示ではあるが、ヒートパイプ 6、5 4 は、所望の性能を維持させるため、熱的に他の部材と接触させる部分(バネ状部材と結合される部分)以外は断熱材で覆われている事が好ましい。尚、ヒートパイプ 6 に比較するとヒートパイプ 5 4 がミラー 1 へ与える影響は低いので振動等の条件が緩和される。その場合は、ヒートパイプ 5 4 に比べて振動等の影響が大きい伝熱素子を用いることも可能であり、例えば水冷パイプを用いてもよい。

40

【0057】

図 6 は図 5 に示す実施例の変形例を概念的に示す側面図である。

図 6 では図 5 で用いた第 2 のヒートパイプ 5 4 の代わりに 2 つのヒートパイプ 7 1、7 2 を用いている。ヒートパイプ 7 1 は真空チャンバ 5 3 内に配置されており、真空チャンバ 5 3 のフランジ 7 5 にバネ状部材 7 4 を介して接続されており、ヒートパイプ 7 2 は真空

50

チャンバ53の外に配置され、バネ状部材73を介してフランジ75に接続されている。フランジ75は断熱部材58を介して真空チャンバ53の壁と接続されている。各ミラー1からの熱はヒートパイプ71、バネ状部材74、フランジ75、バネ状部材73、ヒートパイプ72の順路で伝播させる必要がある。従って、フランジ75は熱伝導率の高い材料が好ましく、例えば、ステンレスを用いるとよい。あるいはフランジに熱伝導率のより高い銅などを埋め込んで、これにヒートパイプを接続してもよい。他の構成は図5に示した実施例と同様である。

【0058】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明によれば、ミラーを冷却して温度上昇を抑制し、ミラーの変形や位置変化を抑制する事ができるので、ミラーの波面収差等の光学性能が劣化しない等の効果が得られる。

10

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明の1つの実施例に係るミラー冷却装置と一枚のミラーを概念的に示す側面図である。

【図2】図2は、同ミラー冷却装置の電子冷却素子の配置例を示すミラーの下面(部分)図である。

【図3】図3は、本発明の他の実施例に係るミラー冷却装置と一枚のミラーを概念的に示す側面図である。

【図4】図4は本発明の他の実施例に係るミラー冷却装置と一枚のミラーを概念的に示す側面図である。

20

【図5】図5は本発明の他の実施例に係るミラー冷却装置と露光装置を概念的に示す側面図である。

【図6】図6は図5に示す実施例の変形例を概念的に示す側面図である。

【図7】図7はEUV光露光装置の全体構成例を示す図である。

【図8】図8はEUV露光装置の概略構成例を示す図である。

【図9】図9は、EUV光露光装置の光学系鏡筒の一例を示す構成図である。

【符号の説明】

1・・・ミラー

2・・・セル(ミラー保持部材)

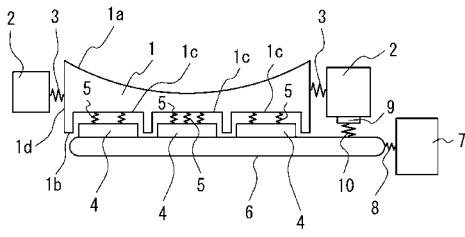
4・・・電子冷却素子

6・・・伝熱素子

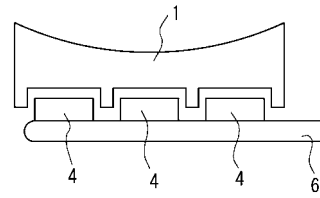
7・・・冷却機構

30

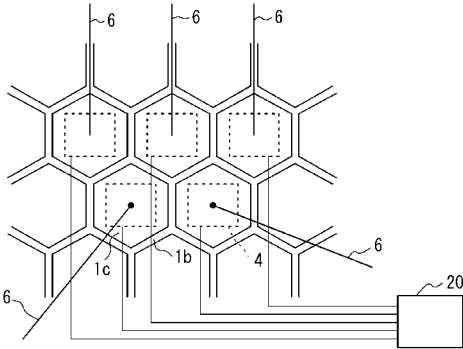
【 図 1 】



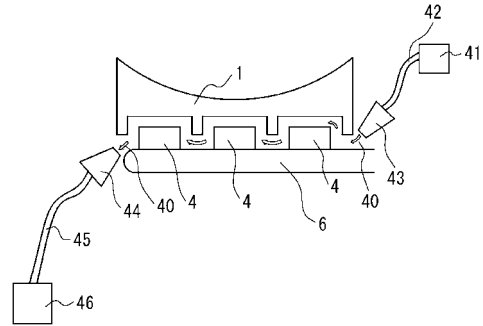
【 図 3 】



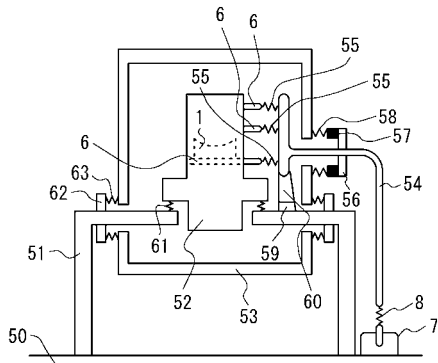
【 図 2 】



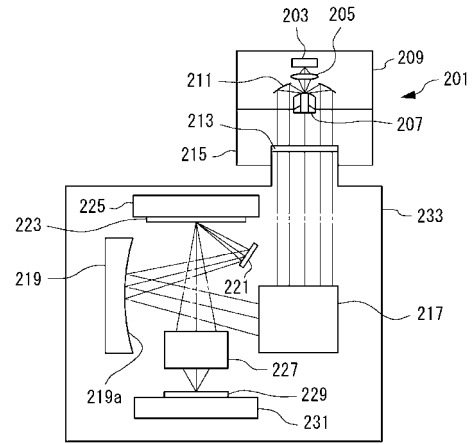
【 図 4 】



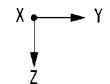
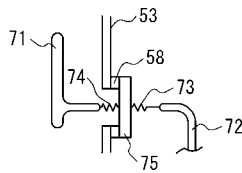
【 図 5 】



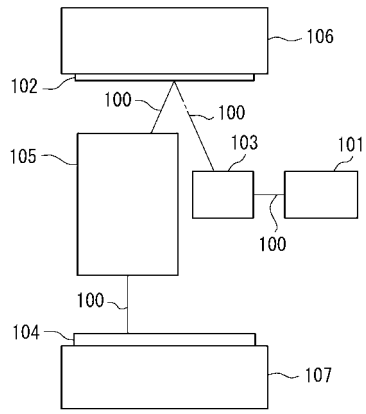
【 図 7 】



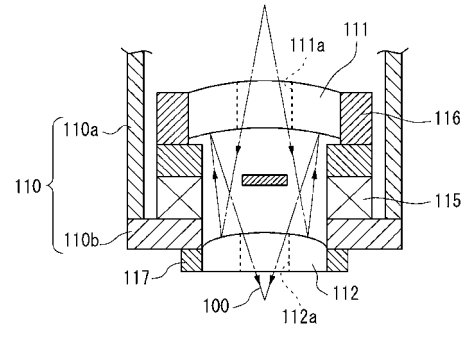
【 図 6 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
G 0 3 F 7/20 5 2 1

(56)参考文献 特開2002-118058(JP,A)
特開2003-068626(JP,A)
特開2001-013297(JP,A)
特開昭61-074335(JP,A)
特開平10-083953(JP,A)
特開平05-190409(JP,A)
特開平10-144602(JP,A)
特開平09-306834(JP,A)
特開2000-036449(JP,A)
特開平06-308294(JP,A)
特開平11-243052(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027
G02B 5/08
G03F 7/20