

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3944008号
(P3944008)

(45) 発行日 平成19年7月11日(2007.7.11)

(24) 登録日 平成19年4月13日(2007.4.13)

(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 2 1

請求項の数 16 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2002-191282 (P2002-191282)
 (22) 出願日 平成14年6月28日(2002.6.28)
 (65) 公開番号 特開2004-39696 (P2004-39696A)
 (43) 公開日 平成16年2月5日(2004.2.5)
 審査請求日 平成15年12月16日(2003.12.16)

(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 100076428
 弁理士 大塚 康德
 (74) 代理人 100112508
 弁理士 高柳 司郎
 (74) 代理人 100115071
 弁理士 大塚 康弘
 (74) 代理人 100116894
 弁理士 木村 秀二
 (72) 発明者 宮島 義一
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 反射ミラー装置及び露光装置及びデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

露光装置に用いられる、露光光を導く反射光学系を構成するミラー装置であって、
 入射してきた光を反射させる反射面を有するミラーと、
 前記ミラーの反射面に対向して離間され、前記ミラーの光入射側であって、前記反射面
 へ入射して反射する光の光路の外側に配置された輻射部材と、
 前記輻射部材の温度を調節する温調手段とを備えることを特徴とするミラー装置。

【請求項2】

前記ミラーの前記光入射側とは反対側の面に対向して離間され、前記ミラーの前記光入
 射側とは反対側に配置された別の輻射部材をさらに備えることを特徴とする請求項1に記
 載のミラー装置。

【請求項3】

前記輻射部材は、前記ミラーの反射面に対応した曲面を有することを特徴とする請求項
 1または2に記載のミラー装置。

【請求項4】

前記輻射部材は、複数の輻射板を有し、前記光路は少なくとも2つの前記輻射板の間に
 配置されることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1つに記載のミラー装置。

【請求項5】

前記温調手段は、前記複数の輻射板の温度を個別に調節することを特徴とする請求項4
 に記載のミラー装置。

【請求項 6】

前記温調手段は、前記輻射部材に接合された管を有し、前記管に温調された液体または気体を流すことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 つに記載のミラー装置。

【請求項 7】

前記ミラーの温度を検出するミラー温度検出手段と、

前記輻射部材側から流出される液体または気体の温度を検出する冷媒温度検出手段とをさらに備え、

前記温調手段は、前記ミラーに入射する光に関する情報、前記ミラー温度検出手段の検出結果および前記冷媒温度検出手段の検出結果に基づいて、前記輻射部材側へ流入させる液体または気体の温度を調節することを特徴とする請求項 6 に記載のミラー装置。

10

【請求項 8】

前記温調手段は、前記輻射部材側へ流入させる液体または気体の温度をフィードフォワード制御することを特徴とする請求項 7 に記載のミラー装置。

【請求項 9】

前記ミラー温度検出手段は、前記ミラーから離間配置された放射温度計を有することを特徴とする請求項 7 または 8 に記載のミラー装置。

【請求項 10】

前記ミラーの温度を複数箇所で検出するミラー温度検出手段をさらに備え、

前記温調手段は、前記ミラー温度検出手段の検出結果から予測された前記ミラーの温度分布に基づいて、前記輻射部材の温度を調節することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 つに記載のミラー装置。

20

【請求項 11】

前記輻射部材は開口を有し、前記光路は前記開口内に配置されることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 つに記載のミラー装置。

【請求項 12】

前記温調手段は、温調された液体または気体が流れる管、および、前記輻射部材と前記管の間に配置され、前記輻射部材と前記管に接合された固体熱交換素子を有することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 つに記載のミラー装置。

【請求項 13】

前記ミラーを支持するミラー支持部と、

前記輻射部材を支持する輻射部材支持部と、

前記ミラー支持部および前記輻射部材支持部が固定される鏡筒とをさらに備えることを特徴とする請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 つに記載のミラー装置。

30

【請求項 14】

前記ミラーを支持するミラー支持部と、

前記輻射部材を支持する輻射部材支持部と、

前記ミラー支持部が固定される鏡筒と、

前記輻射部材支持部が固定されるベースとをさらに備え、

前記鏡筒と前記ベースが分離されていることを特徴とする請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 つに記載のミラー装置。

40

【請求項 15】

露光光を用いて原版のパターンを基板上に露光する露光装置であって、

入射してきた光を反射させる反射面を有するミラーと、前記ミラーの反射面に対向して離間され、前記ミラーの光入射側であって、前記反射面へ入射して反射する光の光路の外側に配置された輻射部材と、前記輻射部材の温度を調節する温調手段とを有するミラー装置を備え、

前記ミラーが前記露光光を前記原版または前記基板へ導くように構成されることを特徴とする露光装置。

【請求項 16】

請求項 15 に記載された露光装置を用いて、基板を露光するステップと、

50

露光された前記基板を現像するステップと、
現像された前記基板を処理してデバイスを製造するステップとを備えることを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体製造工程において用いられる露光装置に関し、特に、極紫外光を露光光源とした露光装置、及びその反射光学系に用いられる反射ミラー装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

レチクルパターンをシリコンウエハ上に投影して転写する投影露光装置において、微細パターンの形成のために、13～14nm程度の波長のEUV光（極紫外光：Extreme Ultraviolet）を露光光源として使用する装置が提案されている。このような極紫外光は、物体を透過する際の減衰が著しく、光学レンズを用いた光学制御系は用いることができない。従って、上記のような極紫外光を露光光源とした露光装置においては、真空内に配置した複数のミラー（反射光学系）によって露光光が制御される。

【0003】

このような、露光装置の反射光学系は、光源発光部からの露光光を反射型の原盤（以下、レチクル）へ導入する露光光導入光学系と、レチクルから反射した露光光によってウエハ上へ露光パターンを縮小投影する縮小投影光学系とを含み、それぞれの光学系に複数のミラーが配置される。図10は上記反射光学系に利用可能な、一般的な凹面タイプのミラーの形状を説明する図である。ここに示したものは反射面が凹面となっているが、凸面形状のミラーも用いられることはいうまでもない。光学系を形成するこれらのミラーは、蒸着あるいはスパッタによってMo-Siの多層膜を形成することで反射面を構成し、光源からの露光光を反射する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記ミラーにおける露光光の反射の際には、一面あたりの露光光の反射率は凡そ70%程度であり、残りはミラー母材に吸収されて熱に変換される。図11はミラーにおける温度上昇を説明する図である。図11に示すように、露光光反射エリアでは温度が+10～20℃程度上昇する。この結果として、熱膨張係数の極めて小さいミラー材料を使用しても、露光光反射エリアで反射面の変位が25nm程度、ミラー周辺部で反射面の変位が50～100nm程度発生してしまう。

【0005】

一方、縮小投影光学系に配される投影光学系ミラー、露光光導入光学系に配される照明系ミラーや光源ミラーは、その反射面の形状精度（以下、面形状精度という）が1nm以下程度であることが要求されている。従って、以上の説明から明らかなように、熱によるミラー反射面の変位によって、1nm以下程度という極めて厳しい面形状精度を補償することが不可能となってしまう。

【0006】

以上のようなミラーにおける面形状精度の悪化は、投影光学系の場合ウエハへの結像性能の悪化及び照度低下を招く。例えば、照明系ミラーの場合は、マスクに対する露光光の照度低下及び照度ムラ悪化を招く原因となる。また、光源ミラーの場合であれば、光源の集光不良等による照度悪化を招く原因となる。これらは、総じて露光装置の露光精度及びスループット等の基本性能の劣化につながる。

【0007】

本発明は、上記の課題に鑑みてなされたものであり、露光装置の反射光学系に用いるミラーの温度上昇を抑え、ミラー反射面の面形状精度を維持可能とすることを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

10

20

30

40

50

上記の目的を達成するための本発明によるミラー装置は、
露光装置に用いられる、露光光を導く反射光学系を構成するミラー装置であって、
入射してきた光を反射させる反射面を有するミラーと、
前記ミラーの反射面に対向して離間され、前記ミラーの光入射側であって、前記反射面
へ入射して反射する光の光路の外側に配置された輻射部材と、
前記輻射部材の温度を調節する温調手段とを備える。

【0009】

また、本発明によれば、上記ミラー装置を反射光学系に用いた露光装置が提供される。
更に、本発明によれば、そのよう露光装置を用いたデバイス製造方法が提供される。

【0010】

【発明の実施の形態】

以下、添付の図面を参照して本発明の好適な実施形態を説明する。

【0011】

<第1実施形態>

図1は本実施形態による露光装置の概略構成を示す図である。図1において、1は励起レーザであり、光源の発光点となる光源材料をガス化、液化或いは噴霧ガス化させたポイントに向けてレーザを照射して、光源材料原子をプラズマ励起することにより極紫外光を発光させる。本実施形態では、励起レーザ1としてYAG固体レーザ等を用いる。

【0012】

2は光源発光部であり、その内部は真空中に維持された構造を持つ。図2は光源発光部2の内部構造を示す図である。ここで、2bは光源であり、実際の露光光源の発光ポイントを示す。2aは光源ミラーであり、光源2bからの全球面光を発光方向に揃え集光反射し、露光項2dを生成する。光源ミラー2aは、光源2bの位置を中心とした半球面状のミラーとして配置される。2eはノズルであり、発光元素としての液化Xe、噴霧状の液化XeあるいはXeガスを光源2bの位置に配置させる。

【0013】

3は真空チャンバーであり、露光装置全体を格納する。4は真空ポンプであり、真空チャンバー3を排気して真空状態を維持する。5は露光光導入部であり光源発光部2からの露光光を導入成形する。露光光導入部5は、ミラー5a～5dにより構成され、露光光を均質化かつ整形する。

【0014】

6はレチクルステージであり、レチクルステージ6上の可動部には露光パターンの反射原盤である原盤6aが搭載されている。7は縮小投影ミラー光学系であり、原盤6aから反射した露光パターンをウエハ上に縮小投影する。縮小投影ミラー光学系7では、露光光がミラー7a～7eを順次投影反射し、最終的に規定の縮小倍率比でウエハ上に露光パターンが縮小投影される。

【0015】

8はウエハステージでありウエハ8aを搭載する。8aはウエハであり、原盤6a上の露光パターンが反射縮小投影されて露光されるSi基板である。ウエハステージ8はウエハ8aを所定の露光位置に位置決めする為に、XYZ、XY軸回りのチルト、Z軸回りの回転方向の6軸駆動可能に位置決め制御される。

【0016】

9はレチクルステージ支持体であり、レチクルステージ6を装置設置床に対して支持する。10は投影系本体であり、縮小投影ミラー光学系7を装置設置床に対して支持する。11はウエハステージ支持体であり、ウエハステージ8を装置設置床に対して支持する。以上のレチクルステージ支持体9と投影系本体10とウエハステージ支持体11により分離独立して支持された、レチクルステージ5と縮小投影ミラー光学系7との間、及び縮小投影ミラー光学系7とウエハステージ8との間は、相対位置を位置計測し所定の相対位置に連続して維持制御する手段（不図示）が設けられている。また、レチクルステージ支持体9と投影系本体10とウエハステージ支持体11には、装置設置床からの振動を絶縁する

10

20

30

40

50

マウント（不図示）が設けられている。

【0017】

12はレチクルストッカーであり、装置外部から一旦装置内部に原盤6a（レチクル）を保管する。レチクルストッカー12では、保管容器に密閉状態で異なるパターン及び異なる露光条件に合わせたレチクルが保管される。13はレチクルチェンジャーであり、レチクルストッカー12から使用すべきレチクルを選択して搬送する。

【0018】

14はレチクルアライメントユニットであり、XYZ及びZ軸周りに回転可能な回転ハンドを有する。レチクルアライメントユニット14は、レチクルチェンジャー13から原盤6aを受け取り、レチクルステージ6の端部に設けられたレチクルアライメントスコープ15の視野内に180度回転搬送し、縮小投影ミラー光学系7を基準に設けられたアライメントマーク15aに対して原盤6a上をXYZ軸回転方向に微動してアライメントする。すなわち、XYシフト方向及びZ軸回転方向に原版6aを微動調整することにより、アライメントマーク15aのマークに対して対応する原盤6a内のアライメントマークを合わせる。こうして、レチクルステージに原版を固定する際に、投影系基準で原版がアライメントされる。アライメントを終了した原盤6aはレチクルステージ6上にチャッキングされる。

10

【0019】

16はウエハストッカーであり、装置外部から一旦装置内部にウエハ8aを保管する。ウエハストッカー16では、保管容器に複数枚のウエハが保管されている。17はウエハ搬送ロボットであり、ウエハストッカー16から露光処理すべきウエハを選定し、ウエハメカブリアライメント温調機18に運ぶ。18はウエハメカブリアライメント温調機であり、ウエハの回転方向の送り込み粗調整を行うと同時に、ウエハ温度を露光装置内部の温調温度に合わせ込む。19はウエハ送り込みハンドであり、ウエハメカブリアライメント温調機18にてアライメント及び温調されたウエハをウエハステージ8に送り込む。

20

【0020】

20及び21はゲートバルブであり、装置外部からレチクル及びウエハを挿入するゲート開閉機構である。22も同じくゲートバルブで、装置内部でウエハストッカー16及びウエハメカブリアライメント温調機18の空間と露光空間とを隔壁で分離し、ウエハを搬送搬出するときのみ開閉する。このように、隔壁で分離することにより、装置外部との間でウエハを搬送搬出する際に、大気開放される容積を最小限にし、速やかに真空平行状態に戻すことを可能にしている。

30

【0021】

光源発光部2からの露光光を導入成形する露光光導入部5のミラー5a～5d及び縮小投影ミラー光学系7のミラー7a～7eは、Mo-Siの多層膜を蒸着あるいはスパッタにより形成した反射面を有し、それぞれの反射面で光源からの露光光を反射する。その際、ミラー反射面の反射率は凡そ70%程度で残りはミラー母材に吸収され熱に変換される。この結果、図11を参照して上述したように、露光光反射エリアでは温度が+10～20℃程度上昇する。そして、この温度上昇により、たとえ熱膨張係数の極めて小さいミラー材料を使用しても、ミラー周辺部で反射面の変位が50～100nm程度発生してしまう。従って、1nm以下程度の極めて厳しい面形状精度が要求される光源発光部2、露光光導入部5及び縮小投影ミラー光学系7における各ミラーの面形状精度を保証出来なくなる。

40

【0022】

このように、ミラーの面形状精度が悪化すると、投影光学系の場合ウエハへの結像性能の悪化及び照度低下を招き、露光光導入部5によってマスクへ照射される露光光の照度低下、及び照度ムラの悪化を招く。また抗原発生部2における光源ミラー2aにおいて面形状精度が悪化した場合には光源の集光不良等が生じ、やはり照度悪化を招く結果となる。

【0023】

本実施形態では、上記ミラー発熱の問題を解決する為にミラー冷却機構を設け、ミラーに

50

おける温度上昇を抑制し、ミラーの面形状精度を維持する。なお、ミラーの形状は各部位で異なる為、本実施形態では円筒凹面ミラーに対する冷却機構を代表例として示す。すなわち、以下に説明する冷却機構が光源発光部 2、露光光導入部 5、縮小投影ミラー光学系 7 の各ミラーに設けられることになる。

【0024】

図 3 A は第 1 実施形態によるミラー冷却機構を装備したミラーの概観を示す図である。図 3 B は図 3 A に示すミラー及び冷却機構が鏡筒に収容された状態を説明する概略断面図である。図 3 A , B に示されるように、ミラー 30 の露光光反射部位の近傍から離間して、輻射板 25 a ~ 25 e が設けられている。なお、輻射板 25 a、25 b はミラーの凹面形状に対応した球面輻射板となっている。また、輻射板 25 a ~ 25 e のそれぞれには、冷却管 23 a ~ 23 e が接合され、各輻射板に最適化された温調冷媒である冷却液 24 a ~ 24 e が供給 / 回収される。なお、本実施形態では冷却液を循環させるが、他の冷媒、例えば冷却気体であってもよいことは言うまでもない。

【0025】

また、図 3 B に示されるように、円筒凹面ミラーはミラー鏡筒 31 内にミラー 30 がミラー支持体 32 を介して支持される。また、輻射板 25 a、25 b は輻射板支持体 25 g によって、輻射板 25 c ~ 25 e は輻射板支持体 25 f によって、ミラー鏡筒 31 内に支持される。このとき、ミラー 30 の反射面に対して入射及び出射する露光光 2 d の通過領域が、輻射板 25 a と輻射板 25 b の間に確保される。

【0026】

図 4 はミラー温調システムを示すブロック図である。図 4 において、26 は液温度検出部であり、冷却液 24 a ~ 24 e がミラー 30 の熱を輻射により冷却した後の、排出された各冷却液の温度を検出する。27 はミラー温度検出部であり、ミラー 30 に装着された温度計 27 a により、ミラー 30 の表面温度をモニタする。28 は冷却液温調機であり、循環する冷却液 24 a ~ 24 e を目標温度に制御する。29 は露光 / 光量制御部であり、露光光の発光タイミング及び露光量を制御する。なお、ミラー温度検出部 27 に温度情報を与える温度計 27 a は、ミラー 30 の複数箇所に設けてもよい。

【0027】

このような構成で、ミラー 30 の表面温度をミラー温度検出部 27 により計測し、同時に液温度検出部 26 により排出された冷却液 24 a ~ 24 e の温度を検出する。さらに、露光 / 光量制御部 29 からミラー 30 へ照射される露光光量情報が検知される。冷却液温調機 28 は、これら各部からの検出信号、露光光量情報に基づいて冷却液 24 a ~ 24 e の目標温度を決定し、冷却液 24 a ~ 24 e を目標温度に制御する。

【0028】

また、複数の輻射板を個別に温調するので、温度計 27 a を各輻射板の近傍のミラー表面に設けることが望ましい。一方、温度計 27 a を 1 つ或いは輻射板の数よりも少なく設ける場合は、予めミラー上の温度分布がどの様になるかを測定しておき、測定された温度から複数箇所の温度を推測する。すなわち、ミラー面内の温度分布を予めテーブル化しておき、ミラーの温度測定結果とその測定箇所からミラー面内の温度分布を予測して、冷媒温度を決定してそれぞれの輻射板の温調を行う。

【0029】

また、上記冷却液温調機 28 は、各輻射板の冷却液の目標温度を、ミラー温度を目標温度（例えば 23 °C 程度）にするための冷却液温度を予測し、冷却液の温調を行なう。温調制御としては、ミラー温度変化を検出して、液温をフィードフォワード制御する例が挙げられる。また、その制御値の制御例は次のようになる。すなわち、

(1) ミラー温度検出部 27 によるミラー温度の計測、及び液温度検出部 26 によるミラー冷媒の出口側温度の計測を行なう。

(2) (1) の計測結果からミラーと冷媒の温度変化量と変化速度（ミラー温度或いは冷媒温度の時間あたりの変化量）を算出。

(3) (2) の算出結果に基づいて、ミラー温度を目標時間内に目標温度に導くために

10

20

30

40

50

必要な冷却速度を求め、冷却速度に基づいて供給冷媒に対する設定温度（供給冷却冷媒設定温度）を決定するとともに、変化速度を算出。

（４）（３）で求めた設定温度と変化速度に基づいて冷却液温調機２８における冷却液の温度司令値を決定。

（５）（１）～（４）をリアルタイムに実行する。

なお、露光／光量制御に関する情報は、（４）における温度指令値の決定に際し、露光光量の増減分の温度変化予測値を補正係数の形で加味する。

【００３０】

冷却温調機２８によって目標温度になった冷却液２４ａ～２４ｅは、冷却管２３ａ～２３ｅを流れ、輻射板２５ａ～２５ｅを適正温度に冷却する。こうして、ミラー３０は、露光光の反射部位から離間し、ミラー３０の近接位置に配された輻射板２５ａ～２５ｅの表面温度とミラー３０の表面温度との差により輻射冷却される。

10

【００３１】

図５は、輻射板２５ａ～２５ｅによる温調状態でのミラー表面の温度分布を示す図である。ここで、冷却管２３ａ～２３ｅに流す冷却液２４ａ～２４ｅは、冷却液温調機２８によってそれぞれに最適化された温度に調整されており、図示の例では、冷却液２４ａ、２４ｂは液温が５℃程度に、冷却液２４ｃ、２４ｄでは液温が１０℃程度に、冷却液２４ｅでは液温が１５℃程度に設定されている。

【００３２】

このように、輻射板２５ａ～２５ｅの各々に最適化された液温の冷却液２４ａ～２４ｅを流すことにより、露光光反射エリアの高温部で温度上昇が＋２℃程度に抑えられ、従来の温度上昇＋１０～２０℃と比較して大幅に温度上昇が抑えられている。さらに、ミラー裏面の表面温度も、従来の＋５～３℃程度の上昇から、＋１℃程度の微上昇に抑えられている。この結果、ミラー全体の温度上昇は１～２℃以内に抑えられ、ミラー自身の熱歪みが減少し、面形状精度が１ｎｍ以下程度に安定化する。

20

【００３３】

なお、第１実施形態で説明したミラー温調システムでは、ミラー温度検出部２７としてミラー母材に物体温度計を設けたが、ミラーの温度を検出する手段はこれに限られるものではない。例えば、ミラーから離間した位置に放射温度計測を設けてミラー温度を計測するようにしてもよい。

30

【００３４】

< 第２実施形態 >

第２実施形態による冷却機構を図６に示す。図６において第１実施形態（図３Ｂ）と同様の構成には同一の参照番号を付してある。第１実施形態では、ミラーの露光光反射面と裏面のそれぞれで分離分割された複数の輻射板を設け、それぞれの輻射板に最適化された温調冷媒を流した。これに対して第２実施形態では、図６に示すように、ミラー３０の露光光反射面と裏面で分離されたものの、単純な形態の輻射板１２５ａ、１２５ｂを設けた構成とする。なお、輻射板１２５ａには、ミラー３０の反射面に対して入射・出射する露光光２ｄの通過領域を確保するための開口が設けられる。また、このような形態の冷却機構は、ミラーへ入射する露光光の光量が小さく、かつ光学的歪みに対する敏感度が低い部位

40

【００３５】

なお、照明系ミラーは投影系ミラーに比べ敏感度は低い。また、露光光量が小さいミラーとは照明系の光源において最終ミラーに近いミラーが挙げられる。つまり、「ミラーへ入射する露光光の光量が小さく、かつ光学的歪みに対する敏感度が低い部位」のミラーの一例としては、照明系の最終ミラー及びその近傍のミラーが挙げられる。

【００３６】

第２実施形態による輻射板の形状を用いた場合の温調制御は、ミラー表裏のみを分離した構造であるので、第１実施形態よりもシンプルな制御になるが、制御上の考え方は同じである。但し、ミラーの反射面側の全面の温度を平均化した値、及びミラーの裏側全面の温

50

度を平均化した値に対して冷媒の温度を決定することになる。また、反射面側は露光光の吸収があり発熱量が大きいので、当然ミラー反射面側の輻射板に供給される冷媒の温度は、裏面側の輻射板に供給される冷媒の温度より低い温度に設定する必要がある。

【0037】

<第3実施形態>

第3実施形態による冷却機構を図7に示す。図7において第1実施形態(図3B)と同様の構成には同一の参照番号を付してある。第1実施形態では、輻射板に冷却管を直接接合させて、輻射板を直接冷却していた。これに対して第3実施形態では、輻射板25a~25eと冷却管23a~23eの間に固体熱交換素子としてのペルチェ素子225a~225eを配置する。このようにして、図7に示すように、輻射板の温調をペルチェ素子で行い、ペルチェ素子の裏面の廃熱部の昇温部の冷却を冷却管の冷媒で行う構成を採用することも可能である。

10

【0038】

<第4実施形態>

第4実施形態では輻射板の支持方法に関する変形例である。図8は図6に示した構成に対して、第4実施形態による輻射板の支持方法を適用した様子を示す図である。また、図9は図7に示した構成に対して第4実施形態による輻射板の支持方法を適用した様子を示す図である。

【0039】

第1~3実施形態では、分離分割された複数の輻射板を支持する輻射板支持体25f、25gを、ミラー支持部材32が固定されるミラー鏡筒31に固定して支持していた。これに対して第4実施形態では、輻射板支持系からミラー支持系への歪みの影響(輻射板のメカ的な変形歪みがミラー支持系に伝達する可能性がある)を遮断する為に、図8、図9に示すようにミラー鏡筒とは完全に分離した輻射板支持ベース33を設け、この輻射板支持ベース33にて各輻射板を支持する輻射板支持体325f、325gを保持固定する。

20

【0040】

以上説明した各実施形態によれば、複数の反射ミラーの外周面に近接離間して、複数の温調された輻射板を分割して設け、ミラーを非接触状態で輻射冷却する。このため、ミラーへの冷却機構による荷重や歪みを印加することなく、ミラーを冷却できる。すなわち、ミラーの反射面に歪みを与えることなく、ミラー全体を効率良く、均一に、所定の温度に維持することが可能になる。結果として、ミラー面精度の悪化を防ぎ、投影光学系(縮小投影ミラー光学系7)においてはウエハへの結像性能の悪化及び照度低下を防ぎ、照明系(露光光導入部5)においてはマスクに対する照度低下及び照度ムラ悪化を防ぎ、光源ミラー(光源発光部2)においては光源の集光不良等による照度悪化を防ぐ効果が得られる。これらの効果は、総じて露光装置の露光精度及びスループット等の基本性能の向上を可能にする。

30

また、上記実施形態によれば、ミラーの露光光反射面側及びその裏面側で異なる温度に制御された複数の分離した輻射板を設けている。このため、複数の輻射板をミラー外周面に対して最適に配置することが可能となり、これにより、ミラー面の各部の温度に適した輻射冷却を行なえる。

40

また、ミラーの露光光反射面及びその裏面に、ミラー外形形状に略沿った形状で略一定距離で離間して輻射板を設けることにより、ミラー面に対して均一な輻射冷却を行うことができる。

【0041】

また、反射ミラー母材上に、あるいはこれに近接離間した位置に温度計測器が設けられ、該温度計測器からの温度計測信号に基づいて各輻射板を温調するための冷媒の温度が制御されるので、輻射板ひいてはミラーの全体を一定の温度に維持することができる。

また、第4実施形態によれば、輻射板の表面温度をペルチェ素子等の固体冷却素子により制御するようにしたので、より効率良く輻射板の温調を実現することができる。

【0042】

50

< 他の実施形態 >

次に上記説明した露光装置を利用したデバイスの生産方法の実施形態について説明する。

【0043】

図11は微小デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造のフローを示す。ステップ1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行なう。ステップ2（露光制御データ作成）では設計した回路パターンに基づいて露光装置の露光制御データを作成する。一方、ステップ3（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記用意した露光制御データが入力された露光装置とウエハを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ5（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ6（検査）ではステップ5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

10

【0044】

図12は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ11（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ13（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では上記説明した露光装置によって回路パターンをウエハに焼付露光する。ステップ17（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ18（エッチング）では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行なうことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

20

【0045】

以上のようなデバイス生産方法によれば、微細な回路パターンを有するデバイスを生産することができる。

【0046】

【発明の効果】

30

以上説明したように、本発明によれば、露光装置の反射光学系に用いるミラーの温度上昇を抑えることが可能となり、ミラー反射面の面形状精度が維持される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施形態による露光装置の全体的な構成を示す図である。

【図2】本実施形態による光源発光部の詳細を示す図である。

【図3A】第1実施形態によるミラー冷却機構を説明する図である。

【図3B】第1実施形態によるミラー冷却機構を説明する図である。

【図4】第1実施形態によるミラー温調システムを示すブロック図である。

【図5】第1実施形態のミラー冷却機構による温調状態でのミラー表面の温度分布を示す図である。

40

【図6】第2実施形態によるミラー冷却機構を説明する図である。

【図7】第3実施形態によるミラー冷却機構を説明する図である。

【図8】第4実施形態によるミラー冷却機構を説明する図である。

【図9】第4実施形態によるミラー冷却機構を説明する図である。

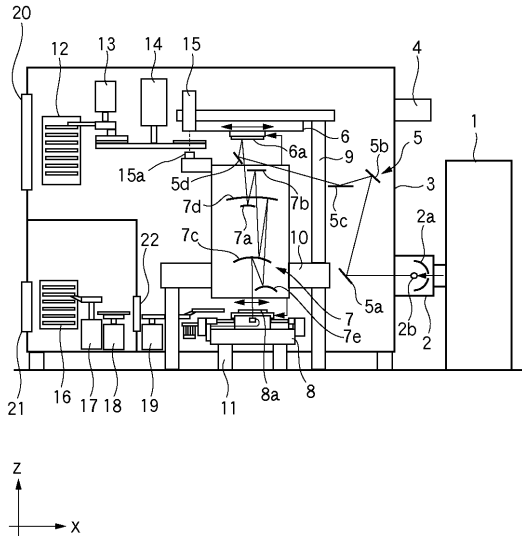
【図10】一般的な凹面タイプのミラーの形状を説明する図である。

【図11】ミラーにおける温度上昇を説明する図である。

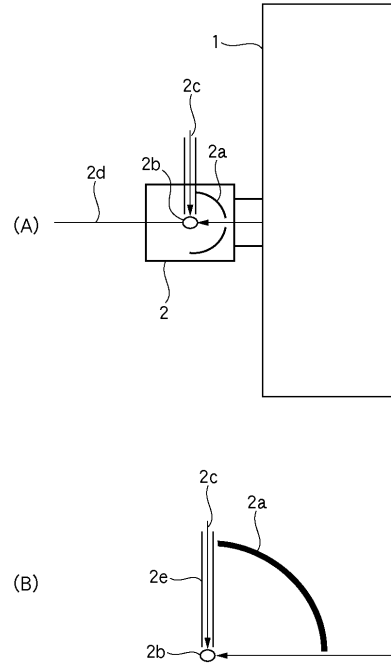
【図12】半導体デバイスの製造フローを説明する図である。

【図13】図12のウエハプロセスの詳細を説明する図である。

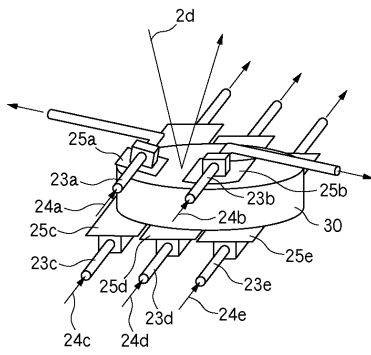
【図 1】



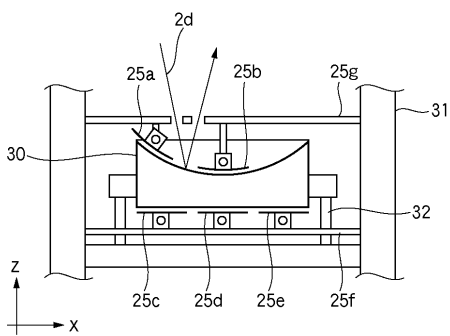
【図 2】



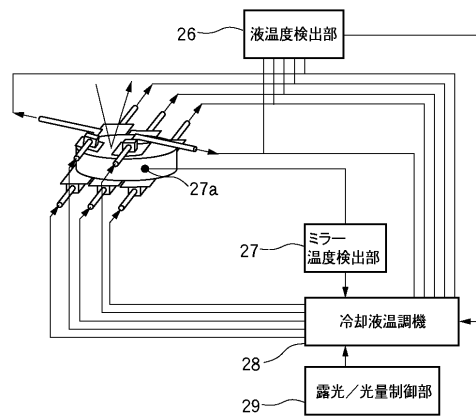
【図 3 A】



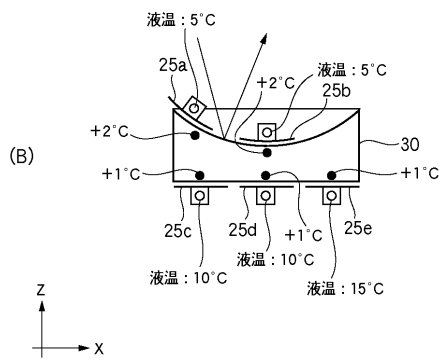
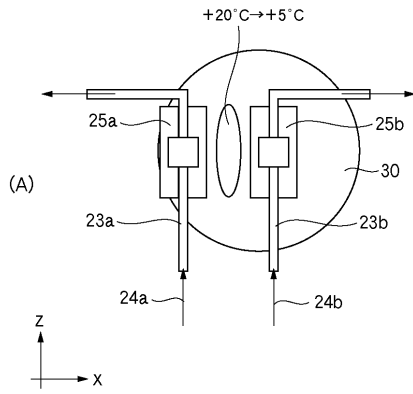
【図 3 B】



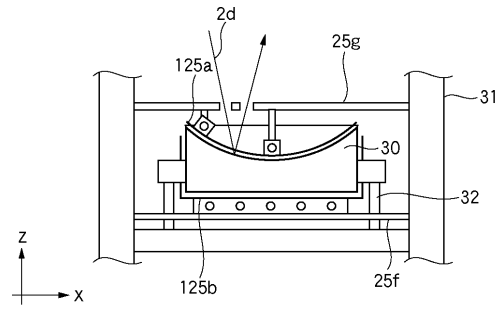
【図 4】



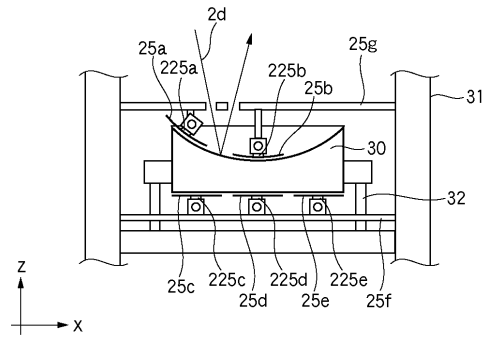
【図 5】



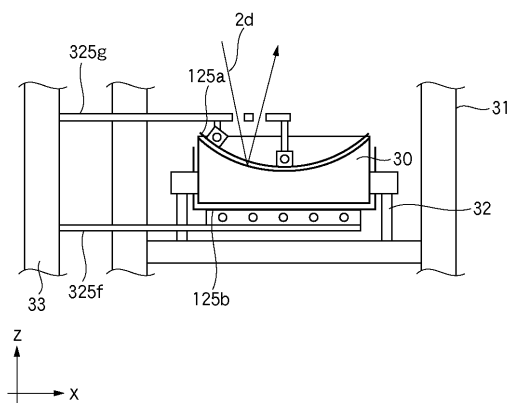
【図 6】



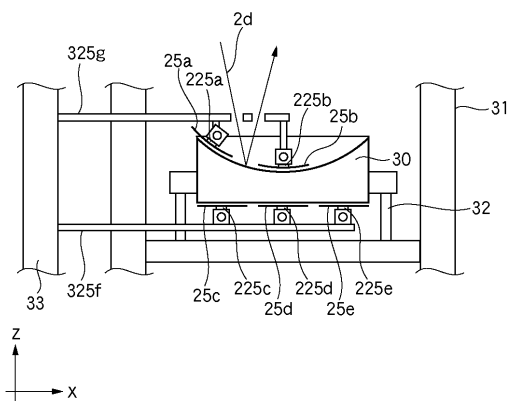
【図 7】



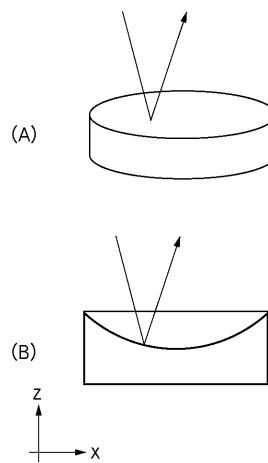
【図 8】



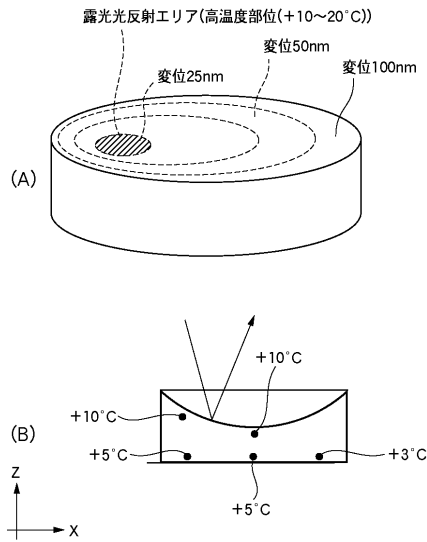
【図 9】



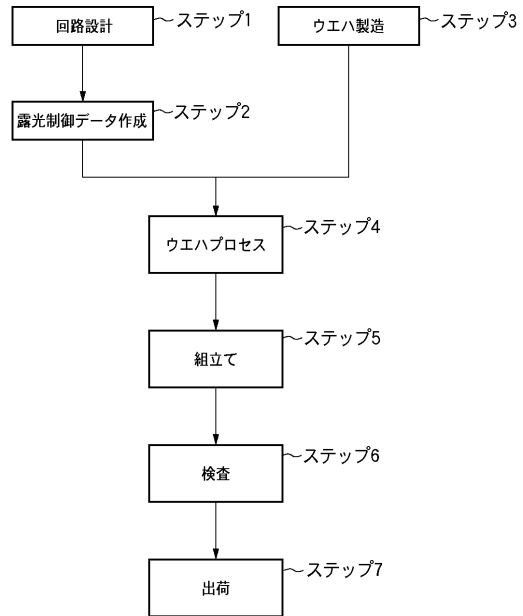
【図 10】



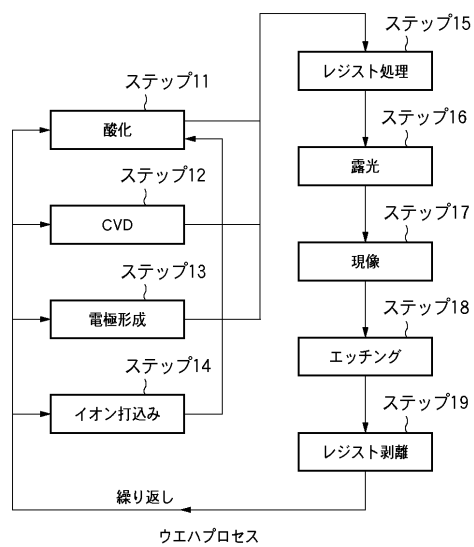
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



フロントページの続き

審査官 岩本 勉

- (56)参考文献 国際公開第 9 9 / 2 6 2 7 8 (W O , A 1)
国際公開第 9 9 / 4 5 5 8 1 (W O , A 1)
国際公開第 0 1 / 4 2 8 5 5 (W O , A 2)
特開 2 0 0 0 - 1 0 0 6 9 7 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 2 1 5 1 0 5 (J P , A)
特開平 0 5 - 2 9 1 1 1 7 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 0 3 / 0 1 6 9 5 2 0 (U S , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01L 21/027

G03F 7/20

G21K 1/06