(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2005-302826
(P2005-302826A)
(43)公開日　平成17年10月27日(2005.10.27)

(51)Int.Cl.[7]	F I		テーマコード（参考）
H01L 21/027	H01L 21/30	515D	2H052
G02B 19/00	G02B 19/00		5F046
G03F 7/20	G03F 7/20	521	

審査請求 未請求　請求項の数 8　OL　（全 19 頁）

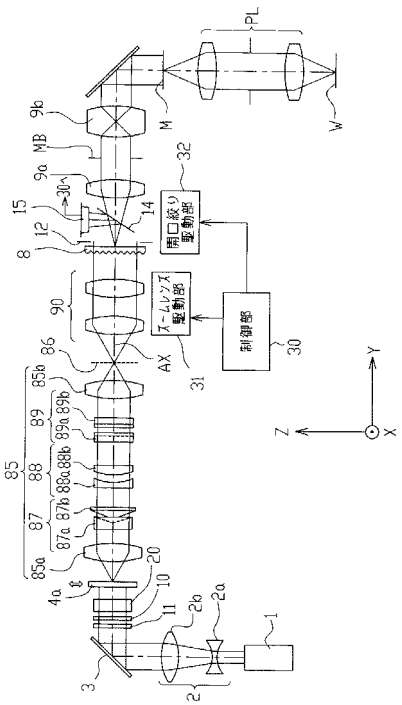
(21)出願番号　特願2004-113151 (P2004-113151)
(22)出願日　平成16年4月7日 (2004.4.7)

(71)出願人　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
(74)代理人　100112427
弁理士　藤本　芳洋
(72)発明者　田中　裕久
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

Ｆターム(参考)　2H052 BA02 BA03 BA07 BA12
5F046 BA04 CA03 CB08 CB13 CB22 CB23 DA01 DB01 DC02

(54)【発明の名称】照明光学装置、露光装置及び露光方法

(57)【要約】　（修正有）
【課題】　光源部から射出される照明光の光エネルギが高くなった場合においても照明瞳またはその共役な位置に配置される光学素子の損傷を防止することができる照明光学装置を提供する。
【解決手段】　光源部１とオプティカルインテグレータ８との間の光路中に配置され、オプティカルインテグレータによって照明瞳位置に形成される面光源の大きさを変更する面光源サイズ可変手段９０と、オプティカルインテグレータの入射面または射出面若しくはその近傍に配置可能に設けられて、面光源の大きさを所定の大きさに制限するための開口を有する開口絞り１２を備え、面光源サイズ可変手段により変更される面光源の大きさが所定の大きさよりも小さくなった場合に、面光源サイズ可変手段による面光源の大きさの変更動作を停止し、開口絞りによる面光源の大きさ設定動作に切替えを行う切替え手段３０とを備える。
【選択図】　図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
光源部からの照明光で被照射面を照明する照明光学装置において、
前記光源部と前記被照射面との間の光路中に配置されるオプティカルインテグレータと、
前記光源部と前記オプティカルインテグレータとの間の光路中に配置され、前記照明光の光エネルギをほぼ一定に保ちながら、前記オプティカルインテグレータによって照明瞳位置に形成される面光源の大きさを変更する面光源サイズ可変手段と、
前記オプティカルインテグレータの入射面若しくはその近傍、または前記オプティカルインテグレータの射出面若しくはその近傍に配置可能に設けられて、前記面光源の大きさを所定の大きさに制限するための開口を有する開口絞りと、
前記面光源サイズ可変手段により変更される前記面光源の大きさが所定の大きさよりも小さくなった場合に、前記面光源サイズ可変手段による前記面光源の大きさの変更動作を停止し、前記開口絞りによる前記面光源の大きさ設定動作に切替えを行う切替え手段と、
を備えることを特徴とする照明光学装置。
【請求項２】
前記オプティカルインテグレータは石英で構成され、
前記切替え手段は、前記面光源サイズ可変手段による前記面光源の大きさの変更により、前記照明光学装置の前記照明瞳またはその近傍での前記照明光の光エネルギが５ｍＪ／ｃｍ^2・ｐｕｌｓｅ以上となったときに、前記面光源サイズ可変手段による前記面光源の大きさの変更動作を停止し、前記開口絞りによる前記面光源の大きさ設定動作に切替えを行うことを特徴とする請求項１記載の照明光学装置。
【請求項３】
光源部からの照明光で被照射面を照明する照明光学装置において、
前記光源部と前記被照射面との間に配置され、前記照明光の照度の減衰率を調節する照度減衰率調整手段と、
前記光源部と前記被照射面との間の光路中に配置されるオプティカルインテグレータと、
前記光源部と前記オプティカルインテグレータとの間の光路中に配置され、前記照明光の光エネルギをほぼ一定に保ちながら、前オプティカルインテグレータによって照明瞳位置に形成される面光源の大きさを変更する面光源サイズ可変手段と、
を備え、
前記照度減衰率調整手段は、前記面光源サイズ可変手段により変更される前記面光源の大きさが所定の大きさよりも小さくなった場合に、前記照明光の照度の減衰率を増大させることを特徴とする照明光学装置。
【請求項４】
前記照度減衰率調整手段は、前記光源部と前記オプティカルインテグレータとの間の光路中に挿入退避可能なＮＤフィルタを備えていることを特徴とする請求項３記載の照明光学装置。
【請求項５】
前記ＮＤフィルタは、異なる減衰率を有する少なくとも２つのＮＤフィルタを備えていることを特徴とする請求項４記載の照明光学装置。
【請求項６】
前記オプティカルインテグレータは石英で構成され、
前記照度減衰率調整手段は、前記面光源サイズ可変手段による前記面光源の大きさの変更により、前記照明光学装置の前記照明瞳またはその近傍での前記照明光の光エネルギが５ｍＪ／ｃｍ^2・ｐｕｌｓｅ以上となったときに、前記照明光の照度の減衰率を増大させることを特徴とする請求項３乃至請求項５のいずれか一項に記載の照明光学装置。
【請求項７】
感光性基板上にマスクのパターンを転写する露光装置において、

前記マスクを照明するための請求項１乃至請求項６の何れか一項に記載の照明光学装置と、
前記マスクのパターンの像を前記感光性基板上に形成するための投影光学系と、
を備えることを特徴とする露光装置。
【請求項８】
感光性基板上に所定のパターンを転写する露光方法において、
請求項１乃至請求項６の何れか一項に記載の照明光学装置を用いて前記所定のパターンが形成されるマスクを照明する照明工程と、
前記感光性基板上に前記所定のパターンを転写する転写工程と、
を含むことを特徴とする露光方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
この発明は、半導体素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等のマイクロデバイスをリソグラフィ工程で製造するための露光装置に用いられる照明光学装置、該照明光学装置を備えた露光装置及び該照明光学装置を用いた露光方法に関するものである。
【背景技術】
【０００２】
従来の露光装置においては、光源から射出された光束がオプティカルインテグレータとしてのフライアイレンズ（またはマイクロレンズアレイ）に入射し、その後側焦点面に多数の光源からなる二次光源を形成する。二次光源からの光束は、必要に応じてフライアイレンズの後側焦点面の近傍に配置された開口絞りを介して制限された後、コンデンサレンズに入射する。
【０００３】
コンデンサレンズにより集光された光束は、所定のパターンが形成されたマスクを重畳的に照明する。マスクのパターンを透過した光は、投影光学系を介してウエハ上に結像する。こうして、ウエハ上には、マスクパターンが投影露光（転写）される。なお、マスクに形成されたパターンは高集積化されており、この微細なパターンをウエハ上に正確に転写するためにはウエハ上において均一な照度分布を得ることが不可欠である。
【０００４】
また、近年においては、高集積化されたパターンをウエハ上に正確に転写するために、フライアイレンズを介して形成される二次光源の大きさを変化させることにより照明のσ値を変化させる技術が注目されている。ここで、σ値は、投影光学系の瞳の大きさに対する照明光学装置の照明瞳の大きさにより規定される。
【０００５】
また、マスクのパターンが微細になり、露光装置の解像限界付近にて露光が行われるようになると、照明光学装置の開口絞りから射出した光のうち解像に寄与するのは、開口絞りの周辺部から射出した光のみとなり、開口部の中心部から射出した光は像のコントラストを下げるだけの働きしか持たなくなる。従って、近年、照明光学装置の照明瞳の周辺部に光強度分布を有する輪帯状や多極状（例えば、４極状）の変形照明を行うことにより、投影光学系の焦点深度や解像力を向上させる技術が注目されている（例えば、特許文献１及び特許文献２参照）。
【０００６】
【特許文献１】特開昭６１－９１６６２号公報
【特許文献２】特開平４－１０１１４８号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００７】
ところで、上述の照明光学装置のように照明瞳に形成される面光源の大きさを小さくした場合、照明瞳に形成される面光源に照明光の光エネルギが集中するようになる。同様に

、照明瞳の周辺部に光強度分布を有する輪帯状や多極状の変形照明を行うことにより、照明光の通過位置に光エネルギが集中するようになる。

【０００８】

照明光学装置を構成する光学素子の多くは光学素子として容易に加工することができる石英により形成されているため、石英により形成された光学素子が照明瞳と該照明瞳と共役な位置等、光源部から射出される照明光の光エネルギが集中する位置に配置された場合には、照明光が通過する光学素子の部分に損傷が生じる。従って、石英により形成された光学素子は、その光学素子が有する光学性能を維持することができなくなる。

【０００９】

この発明の課題は、光源部から射出される照明光の光エネルギが高くなった場合においても照明瞳またはその共役な位置に配置される光学素子の損傷を防止することができる照明光学装置、該照明光学装置を備えた露光装置及び該照明光学装置を用いた露光方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【００１０】

請求項１記載の照明光学装置は、光源部からの照明光で被照射面を照明する照明光学装置において、前記光源部と前記被照射面との間の光路中に配置されるオプティカルインテグレータと、前記光源部と前記オプティカルインテグレータとの間の光路中に配置され、前記照明光の光エネルギをほぼ一定に保ちながら、前記オプティカルインテグレータによって照明瞳位置に形成される面光源の大きさを変更する面光源サイズ可変手段と、前記オプティカルインテグレータの入射面若しくはその近傍、または前記オプティカルインテグレータの射出面若しくはその近傍に配置可能に設けられて、前記面光源の大きさを所定の大きさに制限するための開口を有する開口絞りと、前記面光源サイズ可変手段により変更される前記面光源の大きさが所定の大きさよりも小さくなった場合に、前記面光源サイズ可変手段による前記面光源の大きさの変更動作を停止し、前記開口絞りによる前記面光源の大きさ設定動作に切替えを行う切替え手段とを備えることを特徴とする。

【００１１】

この請求項１記載の照明光学装置によれば、面光源サイズ可変手段により変更される照明瞳位置に形成される面光源の大きさが所定の大きさよりも小さくなった場合に、面光源サイズ可変手段による面光源の大きさの変更動作を停止し、開口絞りによる面光源の大きさ設定動作に切替えを行う切替え手段を備えている。即ち、照明瞳に形成される面光源における照明光の光エネルギが所定の値を超える前に照明瞳に形成される面光源における照明光の光エネルギを適切な値に変更することができる。従って、照明瞳や該照明瞳と共役な位置またはその近傍に配置される光学素子が石英により構成されている場合においても、照明瞳に形成される面光源における照明光の光エネルギが高くなることにより光学素子に損傷が発生するのを防止することができ、光学素子の高寿命化を実現することができる。また、この照明光学装置を露光装置に搭載した場合においても、照明光学装置を構成する光学素子を頻繁に交換する必要がないため、露光装置の性能を維持することができ、露光装置のスループットを高く維持することができる。

【００１２】

また、請求項２記載の照明光学装置は、前記オプティカルインテグレータが石英で構成され、前記切替え手段が前記面光源サイズ可変手段による前記面光源の大きさの変更により、前記照明光学装置の前記照明瞳またはその近傍での前記照明光の光エネルギが５ｍＪ／ｃｍ^2・ｐｕｌｓｅ以上となったときに、前記面光源サイズ可変手段による前記面光源の大きさの変更動作を停止し、前記開口絞りによる前記面光源の大きさ設定動作に切替えを行うことを特徴とする。

【００１３】

この請求項２記載の照明光学装置によれば、面光源サイズ可変手段による照明瞳に形成される面光源の大きさの変更により、照明瞳またはその近傍での照明光の光エネルギが５ｍＪ／ｃｍ^2・ｐｕｌｓｅ以上となったときに、面光源サイズ可変手段による面光源の大

きさの変更動作を停止し、開口絞りによる面光源の大きさ設定動作に切替えを行う。即ち、照明瞳に形成される面光源における照明光の光エネルギが５ｍＪ／ｃｍ^2・ｐｕｌｓｅ以上となることを防止することができ、照明瞳またはその近傍での照明光の光エネルギを適切な値に維持することができる。従って、照明瞳や該照明瞳と共役な位置またはその近傍に配置される光学素子が石英により構成されている場合においても、照明瞳に形成される面光源における照明光の光エネルギが高くなることにより光学素子に損傷が発生するのを防止することができ、光学素子の高寿命化を実現することができる。また、この照明光学装置を露光装置に搭載した場合においても、照明光学装置を構成する光学素子を頻繁に交換する必要がないため、露光装置の性能を維持することができ、露光装置のスループットを高く維持することができる。

【００１４】

また、請求項３記載の照明光学装置は、光源部からの照明光で被照射面を照明する照明光学装置において、前記光源部と前記被照射面との間に配置され、前記照明光の照度の減衰率を調節する照度減衰率調整手段と、前記光源部と前記被照射面との間の光路中に配置されるオプティカルインテグレータと、前記光源部と前記オプティカルインテグレータとの間の光路中に配置され、前記照明光の光エネルギをほぼ一定に保ちながら、前オプティカルインテグレータによって照明瞳位置に形成される面光源の大きさを変更する面光源サイズ可変手段とを備え、前記照度減衰率調整手段は、前記面光源サイズ可変手段により変更される前記面光源の大きさが所定の大きさよりも小さくなった場合に、前記照明光の照度の減衰率を増大させることを特徴とする。

【００１５】

この請求項３記載の照明光学装置によれば、面光源サイズ可変手段により変更される照明瞳に形成される面光源の大きさが所定の大きさよりも小さくなった場合に、照度減衰率調整手段により照明光の照度の減衰率を増大させる。即ち、照明瞳に形成される面光源における照明光の光エネルギが所定の値を超える前に照明瞳に形成される面光源における照明光の光エネルギを適切な値に変更することができる。従って、照明瞳や該照明瞳と共役な位置またはその近傍に配置される光学素子が石英により構成されている場合においても、照明瞳に形成される面光源における照明光の光エネルギが高くなることにより光学素子に損傷が発生するのを防止することができ、光学素子の高寿命化を実現することができる。また、この照明光学装置を露光装置に搭載した場合においても、照明光学装置を構成する光学素子を頻繁に交換する必要がないため、露光装置の性能を維持することができ、露光装置のスループットを高く維持することができる。

【００１６】

また、請求項４記載の照明光学装置は、前記照度減衰率調整手段が前記光源部と前記オプティカルインテグレータとの間の光路中に挿入退避可能なＮＤフィルタを備えていることを特徴とする。

【００１７】

この請求項４記載の照明光学装置によれば、照度減衰率調整手段が光源部とオプティカルインテグレータとの間の光路中に挿入退避可能なＮＤフィルタを備えているため、ＮＤフィルタを光源部とオプティカルインテグレータとの間の光路中に挿入することにより照明光の照度の減衰率を容易に増大させることができる。

【００１８】

また、請求項５記載の照明光学装置は、前記ＮＤフィルタが異なる減衰率を有する少なくとも２つのＮＤフィルタを備えていることを特徴とする。

【００１９】

この請求項５記載の照明光学装置によれば、ＮＤフィルタが異なる減衰率を有する少なくとも２つのＮＤフィルタを備えているため、異なる減衰率を有するＮＤフィルタに切替えることにより照明光の照度の減衰率を適切な値に増大させることができる。

【００２０】

また、請求項６記載の照明光学装置は、前記オプティカルインテグレータが石英で構成

され、前記照度減衰率調整手段が前記面光源サイズ可変手段による前記面光源の大きさの変更により、前記照明光学装置の前記照明瞳またはその近傍での前記照明光の光エネルギが５ｍＪ／ｃｍ^2・ｐｕｌｓｅ以上となったときに、前記照明光の照度の減衰率を増大させることを特徴とする。

【００２１】

この請求項６記載の照明光学装置によれば、面光源サイズ可変手段による照明瞳に形成される面光源の大きさの変更により、照明瞳またはその近傍での照明光の光エネルギが５ｍＪ／ｃｍ^2・ｐｕｌｓｅ以上となったときに、照度減衰率調整手段により照明光の照度の減衰率を増大させる。即ち、照明瞳に形成される面光源における照明光の光エネルギが５ｍＪ／ｃｍ^2・ｐｕｌｓｅ以上となることを防止することができ、照明瞳またはその近傍での照明光の光エネルギを適切な値に維持することができる。従って、照明瞳や該照明瞳と共役な位置またはその近傍に配置される光学素子が石英により構成されている場合においても、照明瞳に形成される面光源における照明光の光エネルギが高くなることにより光学素子に損傷が発生するのを防止することができ、光学素子の高寿命化を実現することができる。また、この照明光学装置を露光装置に搭載した場合においても、照明光学装置を構成する光学素子を頻繁に交換する必要がないため、露光装置の性能を維持することができ、露光装置のスループットを高く維持することができる。

【００２２】

また、請求項７記載の露光装置は、感光性基板上にマスクのパターンを転写する露光装置において、前記マスクを照明するための請求項１乃至請求項６の何れか一項に記載の照明光学装置と、前記マスクのパターンの像を前記感光性基板上に形成するための投影光学系とを備えることを特徴とする。

【００２３】

この請求項７記載の露光装置によれば、光学素子の照明光が通過する部分の損傷を防止することができ、光学素子の高寿命化を実現することができる照明光学装置を備えているため、照明光学装置を構成する光学素子を頻繁に交換する必要がなく、露光装置の性能を維持することができ、露光装置のスループットを高く維持することができる。

【００２４】

また、請求項８記載の露光方法は、感光性基板上に所定のパターンを転写する露光方法において、請求項１乃至請求項６の何れか一項に記載の照明光学装置を用いて前記所定のパターンが形成されるマスクを照明する照明工程と、前記感光性基板上に前記所定のパターンを転写する転写工程とを含むことを特徴とする。

【００２５】

この請求項８記載の露光方法によれば、光学素子の照明光が通過する部分の損傷を防止することができ、光学素子の高寿命化を実現することができる照明光学装置を用いてマスクの照明を行うため、照明光学装置を構成する光学素子を頻繁に交換する必要がなく、スループット良く、良好な露光を行うことができる。

【発明の効果】

【００２６】

この発明の照明光学装置によれば、面光源サイズ可変手段により変更される照明瞳位置に形成される面光源の大きさが所定の大きさよりも小さくなった場合に、面光源サイズ可変手段による面光源の大きさの変更動作を停止し、開口絞りによる面光源の大きさ設定動作に切替えを行う切替え手段を備えている。または、面光源サイズ可変手段により変更される照明瞳に形成される面光源の大きさが所定の大きさよりも小さくなった場合に、照度減衰率調整手段により照明光の照度の減衰率を増大させる。

【００２７】

即ち、照明瞳に形成される面光源における照明光の光エネルギが所定の値を超える前に照明瞳に形成される面光源における照明光の光エネルギを適切な値に変更することができる。従って、照明瞳や該照明瞳と共役な位置またはその近傍に配置される光学素子が石英により構成されている場合においても、照明瞳に形成される面光源における照明光の光エ

ネルギが高くなることにより光学素子の照明光が通過する部分に損傷が発生するのを防止することができ、光学素子の高寿命化を実現することができる。また、この照明光学装置を露光装置に搭載した場合においても、照明光学装置を構成する光学素子を頻繁に交換する必要がないため、露光装置の性能を維持することができ、露光装置のスループットを高く維持することができる。

【００２８】

また、この発明の露光装置によれば、光学素子の照明光が通過する部分の損傷を防止することができ、光学素子の高寿命化を実現することができる照明光学装置を備えているため、照明光学装置を構成する光学素子を頻繁に交換する必要がなく、露光装置の性能を維持することができ、露光装置のスループットを高く維持することができる。

【００２９】

また、この発明の露光方法によれば、光学素子の照明光が通過する部分の損傷を防止することができ、光学素子の高寿命化を実現することができる照明光学装置を用いてマスクの照明を行うため、照明光学装置を構成する光学素子を頻繁に交換する必要がなく、スループット良く、良好な露光を行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００３０】

図面を参照して、この発明の第１の実施の形態にかかる露光装置について説明する。図１は、この実施の形態にかかる露光装置の概略構成を示す図である。なお、以下の説明においては、図１中に示すＸＹＺ直交座標系を設定し、このＸＹＺ直交座標系を参照しつつ各部材の位置関係について説明する。ＸＹＺ直交座標系は、Ｘ軸及びＹ軸がウエハＷに対して平行となるように設定され、Ｚ軸がウエハＷに対して直交する方向に設定されている。また、この実施の形態にかかる照明光学装置は、輪帯照明を行うように構成されている。

【００３１】

この実施の形態にかかる露光装置は、図１に示すように、露光光（照明光）を供給するためのレーザ光源（光源部）１として、例えば波長が約１９３ｎｍの光を供給するＡｒＦエキシマレーザ光源または波長が約２４８ｎｍの光を供給するＫｒＦエキシマレーザ光源を備えている。レーザ光源１からＺ方向に沿って射出された略平行な光束は、Ｘ方向に沿って細長く延びた矩形状の断面を有し、一対のレンズ２ａ及び２ｂからなるビームエキスパンダ２に入射する。各レンズ２ａ及び２ｂは、図１のＹＺ平面内において負の屈折力及び正の屈折力をそれぞれ有する。したがって、ビームエキスパンダ２に入射した光束は、図１のＹＺ平面内において拡大され、所定の矩形状の断面を有する光束に整形される。

【００３２】

整形光学系としてのビームエキスパンダ２を介した平行な光束は、折り曲げミラー３により反射されＹ方向に偏向された後、光軸ＡＸを中心として結晶光学軸が回転自在に、かつ光軸ＡＸから挿脱可能に構成されている１／４波長板１１に入射する。ここで、１／４波長板１１は、楕円偏光の光が入射した場合において、入射する楕円偏光の特性に応じてその１／４波長板１１の結晶光学軸を設定することにより、楕円偏光の入射光を直線偏光の光に変換する機能を有する。

【００３３】

即ち、レーザ光源１としてＫｒＦエキシマレーザ光源やＡｒＦエキシマレーザ光源を用いる場合、レーザ光源１は略直線偏光の光を射出する。通常、レーザ光源１と１／４波長板１１との間の光路中には裏面反射鏡としての複数個の直角プリズム（図示せず）が配置されている。一般的に、裏面反射鏡としての直角プリズムに入射する直線偏光の光が直角プリズムの入射面に対してＰ偏光またはＳ偏光に一致していない場合、直角プリズムでの全反射により直線偏光から楕円偏光に変化する。従って、例えば直角プリズムを介することにより入射光が直線偏光から楕円偏光に変化した場合においても、１／４波長板１１に入射する楕円偏光の特性に応じて１／４波長板１１の結晶光学軸を設定することにより、入射光を楕円偏光から直線偏光に変化させることができる。

【００３４】
１／４波長板１１を通過した光束は、１／２波長板１０及びデポラライザ（非偏光化素子）２０を通過する。図２は、１／２波長板１０及びデポラライザ２０の概略構成を示す図である。図２に示すように、１／２波長板１０は、光軸ＡＸを中心として結晶光学軸が回転自在に構成されている。また、デポラライザ２０は、くさび形状の水晶プリズム２０ａと、この水晶プリズム２０ａと相補的な形状を有するくさび形状の石英プリズム２０ｂにより構成されている。水晶プリズム２０ａと石英プリズム２０ｂとは、一体的なプリズム組立体として、照明光路に対して挿脱自在に構成されている。
【００３５】
１／２波長板１０の結晶光学軸が入射する直線偏光の偏光面に対して０度または９０度の角度をなすように設定された場合、１／２波長板１０に入射した直線偏光の光は偏光面が変化することなくそのまま通過する。また、１／２波長板１０の結晶光学軸が入射する直線偏光の偏光面に対して４５度の角度をなすように設定された場合、１／２波長板１０に入射した直線偏光の光は偏光面が９０度だけ変化した直線偏光の光に変換される。更に、水晶プリズム２０ａの結晶光学軸が入射する直線偏光の偏光面に対して４５度の角度をなすように設定された場合、水晶プリズム２０ａに入射した直線偏光の光は、非偏光状態の光に変換（非偏光化）される。
【００３６】
この実施の形態においては、デポラライザ２０が照明光路中に位置決めされたときに水晶プリズム２０ａの結晶光学軸が入射する直線偏光の偏光面に対して４５度の角度をなすように構成されている。ちなみに、水晶プリズム２０ａの結晶光学軸が入射する直線偏光の偏光面に対して０度または９０度の角度をなすように設定された場合、水晶プリズム２０ａに入射した直線偏光の光は偏光面が変化することなくそのまま通過する。また、１／２波長板１０の結晶光学軸が入射する直線偏光の偏光面に対して２２．５度の角度をなすように設定された場合、１／２波長板１０に入射した直線偏光の光は、偏光面が変化することなくそのまま通過する直線偏光成分と偏光面が９０度だけ変化した直線偏光成分とを含む非偏光状態の光に変換される。
【００３７】
この実施の形態においては、上述したように、直線偏光の光が１／２波長板１０に入射する。デポラライザ２０を照明光路中に位置決めした場合、１／２波長板１０の結晶光学軸が入射する直線偏光の偏光面に対して０度または９０度の角度をなすように設定すると、１／２波長板１０に入射した直線偏光の光は偏光面が変化することなく通過して水晶プリズム２０ａに入射する。水晶プリズム２０ａの結晶光学軸は入射する直線偏光の偏光面に対して４５度の角度をなすように設定されているので、水晶プリズム２０ａに入射した直線偏光の光は非偏光状態の光に変換される。
【００３８】
一方、１／２波長板１０の結晶光学軸が入射する直線偏光の偏光面に対して４５度の角度をなすように設定すると、１／２波長板１０に入射した直線偏光の光は偏光面が９０度だけ変化した直線偏光の光になって水晶プリズム２０ａに入射する。水晶プリズム２０ａの結晶光学軸は入射する直線偏光の偏光面に対しても４５度の角度をなすように設定されているので、水晶プリズム２０ａに入射した直線偏光の光は非偏光状態の光に変換される。水晶プリズム２０ａを介して非偏光化された光は、光の進行方向を補償するためのコンペンセータとしての石英プリズム２０ｂを通過する。
【００３９】
これに対し、デポラライザ２０を照明光路から退避させた場合、１／２波長板１０の結晶光学軸が入射する直線偏光の偏光面に対して０度または９０度の角度をなすように設定すると、１／２波長板１０に入射した直線偏光の光は偏光面が変化することなく通過する。一方、１／２波長板１０の結晶光学軸が入射する直線偏光の偏光面に対して４５度の角度をなすように設定すると、１／２波長板１０に入射した直線偏光の光は偏光面が９０度だけ変化した直線偏光の光になる。

【００４０】
以上のように、この実施の形態では、デポラライザ２０を照明光路中に挿入して位置決めすることにより、非偏光状態の光に変換することができる。また、デポラライザ２０を照明光路から退避させ且つ１／２波長板１０の結晶光学軸が入射する直線偏光の偏光面に対して０度または９０度の角度をなすように設定することにより、その直線偏光状態が変化することなく光は進行する。さらに、デポラライザ２０を照明光路から退避させ且つ１／２波長板１０の結晶光学軸が入射する直線偏光の偏光面に対して４５度をなすように設定することにより、偏光面が９０度変化した直線偏光状態の光に変換することができる。
【００４１】
デポラライザ２０を通過した光束は、回折光学素子４ａに入射する。一般に、回折光学素子（ＤＯＥ）は、ガラス基板に露光光（照明光）の波長程度のピッチを有する段差を形成することによって構成され、入射ビームを所望の角度に回折する作用を有する。具体的には、回折光学素子４ａは、矩形状の断面を有する平行光束が入射した場合に、そのファーフィールド（またはフラウンホーファ回折領域）に輪帯状の光強度分布を形成する機能を有する。したがって、回折光学素子４ａを介した光束は、後述するアフォーカルレンズ８５（ひいては照明光学装置）の照明瞳または該照明瞳の近傍に輪帯状の光強度分布、すなわち輪帯状の断面を有する光束を形成する。回折光学素子４ａは、照明光路から退避可能に構成されている。
【００４２】
回折光学素子４ａを通過した光束は、アフォーカルレンズ（リレー光学系）８５に入射する。アフォーカルレンズ８５は、その前側焦点位置と回折光学素子４ａの位置とがほぼ一致し且つその後側焦点位置と図中破線で示す所定面８６の位置とがほぼ一致するように設定されたアフォーカル系（無焦点光学系）である。したがって、回折光学素子４ａに入射した略平行な光束は、アフォーカルレンズ８５の照明瞳面に輪帯状の光強度分布を形成した後、略平行な光束となってアフォーカルレンズ８５から射出される。
【００４３】
なお、アフォーカルレンズ８５の前側レンズ群８５ａと後側レンズ群８５ｂとの間の光路中において照明瞳またはその近傍には、光源側から順に、円錐アキシコン系８７、第１シリンドリカルレンズ対８８及び第２シリンドリカルレンズ対８９が配置されている。１／２波長板１０及びデポラライザ２０を介することにより、直線偏光状態または非偏光状態の光に変換されている光束は、アフォーカルレンズ８５の前側レンズ群８５ａを通過し、円錐アキシコン系８７に入射する。
【００４４】
図３は、照明光学装置の照明瞳または該照明瞳の近傍に配置される円錐アキシコン系８７の概略構成を示す図である。円錐アキシコン系８７は、光源側から順に、光軸ＡＸ方向に対して凹円錐状の屈折面（凹状屈折面）を有する第１プリズム８７ａ及び第１プリズム８７ａの凹円錐状の屈折面と互いに当接可能なように相補的に形成された凸円錐状の屈折面（凸状屈折面）を有する第２プリズム８７ｂを備えている。第１プリズム８７ａは光源側に平面を向け且つマスクＭ側に凹円錐状の屈折面を向けて配置されており、第２プリズム８７ｂは光軸ＡＸ側に凸円錐状の屈折面を向け且つマスクＭ側に平面をむけて配置されている。
【００４５】
また、第１プリズム８７ａ及び第２プリズム８７ｂのうち少なくとも一方は光軸ＡＸに沿って移動可能に構成されており、第１プリズム８７ａの凹円錐状の屈折面と第２プリズム８７ｂの凸円錐状の屈折面との間隔が可変に構成されている。ここで、第１プリズム８７ａの凹円錐状の屈折面と第２プリズム８７ｂの凸円錐状の屈折面とが互いに当接している状態では、円錐アキシコン系８７は平行平面板として機能し、後述するマイクロレンズアレイ８を介して形成される輪帯状の二次光源に及ぼす影響はない。しかしながら、第１プリズム８７ａの凹円錐状の屈折面と第２プリズム８７ｂの凸円錐状の屈折面とを離間させると、円錐アキシコン系８７は、いわゆるビームエキスパンダとして機能する。したが

って、円錐アキシコン系８７の間隔の変化に伴って、図１中破線で示す所定面８６への入射光束の入射角度は変化する。

【００４６】

図４は、輪帯照明において形成される二次光源に対する円錐アキシコン系８７の作用を説明するための図である。円錐アキシコン系８７の間隔が０でかつ後述するズームレンズ９０の焦点距離が最小値に設定された状態（以下、「標準状態」という）で形成された最も小さい輪帯状の二次光源１３０ａは、円錐アキシコン系８７の間隔を０から所定の値まで拡大させることにより、その幅（外径と内径との差の１／２：図中矢印で示す）が変化することなく、その外径および内径がともに拡大された輪帯状の二次光源１３０ｂに変化する。即ち、円錐アキシコン系８７の作用により、輪帯状の二次光源の幅が変化することなく、その輪帯比（内径／外径）および大きさ（外径）がともに変化する。

【００４７】

図５は、アフォーカルレンズ８５の前側レンズ群８５ａと後側レンズ群８５ｂとの間の光路中に配置された第１シリンドリカルレンズ対８８および第２シリンドリカルレンズ対８９の概略構成を示す図である。図５に示すように、第１シリンドリカルレンズ対８８は、光源側から順に、たとえばＹＺ平面内に負屈折力を有し且つＸＹ平面内に無屈折力の第１シリンドリカル負レンズ８８ａと、同じくＹＺ平面内に正屈折力を有し且つＸＹ平面内に無屈折力の第１シリンドリカル正レンズ８８ｂとにより構成されている。一方、第２シリンドリカルレンズ対８９は、光源側から順に、たとえばＸＹ平面内に負屈折力を有し且つＹＺ平面内に無屈折力の第２シリンドリカル負レンズ８９ａと、同じくＸＹ平面内に正屈折力を有し且つＹＺ平面内に無屈折力の第２シリンドリカル正レンズ８９ｂとにより構成されている。

【００４８】

第１シリンドリカル負レンズ８８ａと第１シリンドリカル正レンズ８８ｂとは、光軸ＡＸを中心として一体的に回転するように構成されている。同様に、第２シリンドリカル負レンズ８９ａと第２シリンドリカル正レンズ８９ｂとは、光軸ＡＸを中心として一体的に回転するように構成されている。第１シリンドリカルレンズ対８８はＺ方向にパワーを有するビームエキスパンダとして機能し、第２シリンドリカルレンズ対８９はＸ方向にパワーを有するビームエキスパンダとして機能する。また、この実施の形態においては、第１シリンドリカルレンズ対８８及び第２シリンドリカルレンズ対８９のパワーが同一となるように設定されている。従って、第１シリンドリカルレンズ対８８及び第２シリンドリカルレンズ対８９を通過した光束は、Ｚ方向及びＸ方向に同一のパワーにより拡大作用を受ける。

【００４９】

アフォーカルレンズ８５を介した光束は、σ値可変用のズームレンズ（面光源サイズ可変手段）９０を介して、マイクロレンズアレイ（オプティカルインテグレータ）８に入射する。所定面８６の位置はズームレンズ９０の前側焦点位置またはその近傍に配置され、マイクロレンズアレイ８の入射面はズームレンズ９０の後側焦点面またはその近傍に配置されている。即ち、ズームレンズ９０は、所定面８６とマイクロレンズアレイ８の入射面とを実質的にフーリエ変換の関係に配置し、ひいてはアフォーカルレンズ８５の照明瞳面とマイクロレンズアレイ８の入射面とを光学的に略共役に配置している。したがって、マイクロレンズアレイ８の入射面上には、アフォーカルレンズ８５の照明瞳面と同様に、例えば光軸ＡＸを中心とした輪帯状の照野が形成される。この輪帯状の照野の全体形状は、ズームレンズ９０の焦点距離に依存して相似的に変化する。即ち、マイクロレンズアレイ８によって照明瞳位置と共役な位置に形成される二次光源（面光源）の大きさは、レーザ光源１から射出される照明光の光エネルギをほぼ一定に保ちながら、ズームレンズ９０の焦点距離に依存して相似的に変更することができる。

【００５０】

図６は、輪帯照明において形成される二次光源に対するズームレンズ９０の作用を説明するための図である。標準状態で形成された輪帯状の二次光源１３０ａは、ズームレンズ

９０の焦点距離を最小値から所定の値へ拡大させることにより、照明光の光エネルギをほぼ一定に保ちながら、その全体形状が相似的に拡大された輪帯状の二次光源１３０ｃに変化する。即ち、ズームレンズ９０の作用により、輪帯状の二次光源の輪帯比が変化することなく、その幅及び大きさ（外径）が共に変化する。

【００５１】

ズームレンズ９０を介した光束は、マイクロレンズアレイ８に入射する。マイクロレンズアレイ８への入射光束の入射角度は、円錐アキシコン系８７の間隔の変化に伴って、所定面８６への入射光束の角度が変化するのと同様に変化する。

【００５２】

マイクロレンズアレイ８は、縦横にかつ稠密に配列された多数の正屈折力を有する石英により構成される微小レンズからなる光学素子である。マイクロレンズアレイ８を構成する各微小レンズは、マスクＭにおいて形成すべき照野の形状（ひいてはウエハＷ上において形成すべき露光領域の形状）と相似な矩形上の断面を有する。マイクロレンズアレイ８に入射した光束は、多数の微小レンズにより二次元的に分割され、その後側焦点面（ひいては照明瞳）にはマイクロレンズアレイ８への入射光束によって形成される照野と略同じ光強度分布を有する二次光源、即ち光軸ＡＸを中心とした輪帯状の実質的な面光源からなる二次光源が形成される。マイクロレンズアレイ８の後側焦点面に形成された輪帯状の二次光源からの光束は、マイクロレンズアレイ８の後側焦点面（射出面）またはその近傍に配置可能に設けられている開口絞り１２を通過する。開口絞り１２は、マイクロレンズアレイ８の後側焦点面に形成される二次光源（照明光学装置の照明瞳位置に形成される面光源）の大きさを所定の大きさに制限する例えば虹彩絞り等により構成されている。開口絞り１２を介した光束は、ビームスプリッタ１４、コンデンサレンズ９ａを介して、マスクブラインドＭＢを重畳的に照明する。ビームスプリッタ１４により反射された光束は、インテグレータセンサ１５に入射する。インテグレータセンサ１５による検出信号は、後述する制御部３０に対して出力される。

【００５３】

照明視野絞りとしてのマスクブラインドＭＢには、マイクロレンズアレイ８を構成する各微小レンズの形状と焦点距離とに応じた矩形状の照野が形成される。マスクブラインドＭＢの矩形状の開口部（光透過部）を介した光束は、石英により構成される結像光学系９ｂの集光作用を受けた後、所定のパターンが形成されたマスク（被照射面）Ｍを重畳的に照明する。即ち、結像光学系９ｂは、マスクブラインドＭＢの矩形状開口部の像をマスクＭ上に形成する。マスクＭのパターンを透過した光束は、投影光学系ＰＬを介して、感光性基板であるウエハＷ上にマスクＭのパターン像を形成する。こうして、投影光学系ＰＬの光軸ＡＸと直交する平面内においてウエハＷを二次元的に駆動制御しながら一括露光またはスキャン露光を行うことにより、ウエハＷの各露光領域にはマスクＭのパターンが逐次露光される。

【００５４】

また、この実施の形態にかかる露光装置は制御部（切替え手段）３０を備えており、制御部３０には、順次露光する各種のマスクに関する情報などが記憶されている。また、制御部３０には、ズームレンズ駆動系３１及び開口絞り駆動系３２が接続されている。ズームレンズ駆動系３１は、制御部３０からの制御信号に基づいてズームレンズ９０の焦点距離を変化させる。また、開口絞り駆動系３２は、制御部３０からの制御信号に基づいて開口絞り１２の開口部の大きさを変化させる。

【００５５】

即ち、制御部３０に予め記憶されている各種のマスクに関する情報に基づいて、制御部３０は、ズームレンズ駆動部３１を介してズームレンズ９０の焦点距離を連続可変させる。制御部３０は、面光源サイズ可変手段であるズームレンズ９０の焦点距離が変更されたときに、インテグレータセンサ１５からの検出信号に基づいてマイクロレンズアレイ８の後側焦点面またはその近傍での照明光の光エネルギを検出する。マイクロレンズアレイ８の後側焦点面またはその近傍での照明光の光エネルギが５ｍＪ／ｃｍ^2・ｐｕｌｓｅより

小さい場合には、制御部３０は、ズームレンズ駆動部３１を介してズームレンズ９０による二次光源の大きさの変更動作を継続する。

【００５６】

一方、マイクロレンズアレイ８の後側焦点面またはその近傍での照明光の光エネルギが５ｍＪ／ｃｍ^2・ｐｕｌｓｅ以上となった場合には、ズームレンズ９０による二次光源の大きさの変更動作を停止し、開口絞り１２による二次光源の大きさ設定動作に切替えを行う。即ち、制御部３０は、ズームレンズ駆動系３１に対して制御信号を出力してズームレンズ９０の焦点距離の変更を停止させる。また、制御部３０は、開口絞り駆動部３２に対して制御信号を出力して開口絞り１２の開口部の大きさを変化させることによるマイクロレンズアレイ８の後側焦点面に形成される二次光源の大きさの設定動作を開始させる。

【００５７】

この第１の実施の形態にかかる露光装置によれば、ズームレンズ９０によるマイクロレンズアレイ８の後側焦点面（照明瞳と共役な位置）に形成される二次光源（面光源）の大きさの変更により、マイクロレンズアレイ８の後側焦点面またはその近傍での照明光の光エネルギが５ｍＪ／ｃｍ^2・ｐｕｌｓｅ以上となったときに、ズームレンズ９０による二次光源の大きさの変更動作を停止し、開口絞り１２による二次光源の大きさ設定動作に切替えを行う。即ち、照明瞳と共役な位置に形成される面光源における照明光の光エネルギが５ｍＪ／ｃｍ^2・ｐｕｌｓｅ以上となることを防止することができ、照明瞳と共役な位置またはその近傍での照明光の光エネルギを適切な値に維持することができる。

【００５８】

従って、照明瞳と共役な位置またはその近傍に配置されている照明光学装置が備える光学素子（例えば、マイクロレンズアレイ８）が石英で構成されている場合においても、照明瞳と共役な位置での照明光の光エネルギが高くなることにより光学素子の照明光が通過する部分に損傷が発生するのを防止することができる。同様に、照明瞳と共役な位置またはその近傍に配置されている投影光学系が備える光学素子が石英で構成されている場合においても、光学素子に損傷が発生するのを防止することができる。従って、マイクロレンズアレイ８等の光学素子の高寿命化を実現することができる。また、マイクロレンズアレイ８等の光学素子を頻繁に交換する必要がないため、露光装置の性能を維持することができ、露光装置のスループットを高く維持することができる。

【００５９】

なお、この第１の実施の形態においては、マイクロレンズアレイの後側焦点面に形成される二次光源における照明光の光エネルギが５ｍＪ／ｃｍ^2・ｐｕｌｓｅ以上となったときにズームレンズによる二次光源の大きさの変更動作を停止し、開口絞りによる二次光源の大きさ設定動作に切替えを行っているが、ズームレンズにより照明瞳の大きさを変化させ、σ値が例えば０．２０以下となったとき、即ち照明瞳位置に形成される面光源の大きさが所定の大きさよりも小さくなった場合にズームレンズによる二次光源の大きさの変更動作を停止し、開口絞りによる二次光源の大きさ設定動作に切替えを行ってもよい。この場合には、σ値が０．２０のときの照明光の光エネルギ密度は、σ値が０．９０のときの照明光の光エネルギ密度と比較した場合、２０．２５倍となるため、ズームレンズによる二次光源の大きさの変更動作を停止し、開口絞りによる二次光源の大きさ設定動作に切替えを行うことによりその照明光の光エネルギ密度を減少させることができる。

【００６０】

また、この第１の実施の形態においては、照明光学装置が輪帯照明を行うように構成されているが、照明光学装置が多極照明（例えば、２極照明や４極照明）を行うように構成してもよい。２極照明を行う場合には、ズームレンズを作動させることにより２つの局所照明領域のうちの１つのσ値が例えば０．１５以下となったときにズームレンズによる二次光源の大きさの変更動作を停止し、開口絞りによる二次光源の大きさ設定動作に切替えを行う。４極照明を行う場合には、ズームレンズにより４つの局所照明領域のうちの１つのσ値が例えば０．１０以下となったときにズームレンズによる二次光源の大きさの変更動作を停止し、開口絞りによる二次光源の大きさ設定動作に切替えを行う。

【００６１】
次に、図面を参照して、この発明の第２の実施の形態について説明する。図７は、この第２の実施の形態にかかる露光装置の概略構成を示す図である。なお、この第２の実施の形態にかかる露光装置の説明においては、第１の実施の形態にかかる露光装置の構成と同一の構成の詳細な説明は省略し、第１の実施の形態にかかる露光装置と同一の構成については同一の符号を用いて説明を行う。
【００６２】
図７に示すように、この第２の実施の形態にかかる露光装置は、レーザ光源（光源部）１とビームエキスパンダ２との間に照度減衰率調整手段としてのＮＤフィルタ１３を備えている。ＮＤフィルタ１３は、例えば図８に示すように、レボルバ１３ａ上に減衰率（１－透過率）の異なる少なくとも２つ（この実施の形態においては６つ）のＮＤフィルタ部１３ｂ，１３ｃ，１３ｄ，１３ｅ，１３ｆ，１３ｇを配置し、そのレボルバ１３ａをオープンループ制御で回転することにより、入射するレーザ光源１から射出される照明光に対する減衰率を複数段階で粗く切り替えることができる。即ち、レーザ光源１とマイクロレンズアレイ８との光路中にＮＤフィルタ１３のＮＤフィルタ部１３ｂ～１３ｇを挿入退避させることにより、照明光の減衰率を切替えることができる。この実施の形態においては、ＮＤフィルタ部１３ｂの減衰率の大きさを最も小さく設定し、ＮＤフィルタ部１３ｃ，１３ｄ，１３ｅ，１３ｆと順にその減衰率の大きさを段階的に増大させるように設定し、ＮＤフィルタ部１３ｇの減衰率の大きさを最も大きく設定する。なお、レボルバ３１ａと同様のレボルバを２段配置し、２組のＮＤフィルタの組み合わせによってより細かく減衰率を調整できるようにしてもよい。
【００６３】
また、制御部３０には、ズームレンズ駆動系３１及びＮＤフィルタ駆動系３３が接続されている。ズームレンズ駆動系３１は、制御部３０からの制御信号に基づいてズームレンズ９０の焦点距離を変化させる。また、ＮＤフィルタ駆動系３３は、制御部３０からの制御信号に基づいてＮＤフィルタ１３が備えるレボルバをオープンループ制御で回転させる。
【００６４】
即ち、制御部３０に予め記憶されている各種のマスクに関する情報に基づいて、制御部３０は、ズームレンズ駆動部３１を介してズームレンズ９０の焦点距離を連続可変させる。制御部３０は、面光源サイズ可変手段であるズームレンズ９０の焦点距離が変更されたときに、インテグレータセンサ１５からの検出信号に基づいてマイクロレンズアレイ８の後側焦点面またはその近傍での照明光の光エネルギを検出する。マイクロレンズアレイ８の後側焦点面またはその近傍での照明光の光エネルギが５ｍＪ／ｃｍ^2・ｐｕｌｓｅより小さい場合には、制御部３０は、ズームレンズ駆動部３１を介してズームレンズ９０による二次光源の大きさの変更動作を継続する。
【００６５】
一方、マイクロレンズアレイ８の後側焦点面またはその近傍での照明光の光エネルギが５ｍＪ／ｃｍ^2・ｐｕｌｓｅ以上となった場合には、制御部３０は、ＮＤフィルタ駆動系３３を介してＮＤフィルタ１３が備えるレボルバ１３ａをオープンループ制御で回転させることにより、一段階大きい減衰率を有するＮＤフィルタ部が照明光学装置の照明光の光路中に位置するように設定する。例えば、ＮＤフィルタ部１３ｂが照明光学装置の照明光の光路中に位置している場合には、ＮＤフィルタ部１３ｂよりも大きい減衰率を有するＮＤフィルタ部１３ｃ～１３ｇが照明光の光路中に位置するようにＮＤフィルタ１３を回転させる。
【００６６】
この第２の実施の形態にかかる露光装置によれば、ズームレンズ９０によるマイクロレンズアレイ８の後側焦点面（照明瞳と共役な位置）に形成される二次光源（面光源）の大きさの変更により、マイクロレンズアレイ８の後側焦点面またはその近傍での照明光の光エネルギが５ｍＪ／ｃｍ^2・ｐｕｌｓｅ以上となったときに、ＮＤフィルタ１３により照

明光の照度の減衰率を増大させる。即ち、マイクロレンズアレイ８の後側焦点面に形成される二次光源における照明光の光エネルギが５ｍＪ／ｃｍ^2・ｐｕｌｓｅ以上となることを防止することができ、マイクロレンズアレイ８の後側焦点面またはその近傍での照明光の光エネルギを適切な値に維持することができる。従って、照明瞳と共役な位置またはその近傍に配置されている照明光学装置が備える光学素子（例えば、マイクロレンズアレイ８）が石英で構成されている場合においても、マイクロレンズアレイ８の後側焦点面（照明瞳と共役な位置）に形成される二次光源（面光源）における照明光の光エネルギが高くなることにより照明光が通過する部分の光学素子の損傷が発生するのを防止することができる。同様に、照明瞳と共役な位置またはその近傍に配置されている投影光学系が備える光学素子が石英で構成されている場合においても、光学素子の損傷が発生するのを防止することができる。従って、マイクロレンズアレイ８等の光学素子の高寿命化を実現することができる。また、マイクロレンズアレイ８等の光学素子を頻繁に交換する必要がないため、露光装置の性能を維持することができ、露光装置のスループットを高く維持することができる。

【００６７】

なお、この第２の実施の形態においては、ＮＤフィルタとして、異なる減衰率を有する少なくとも２つ（この実施の形態においては６つ）のＮＤフィルタ部を有するＮＤフィルタを備えているが、照明光学装置の照明光の光路中に挿入退避可能なＮＤフィルタを備えるようにしてもよい。この場合には、ズームレンズ９０による照明瞳に形成される面光源の大きさの変更により、照明瞳またはその近傍での照明光の光エネルギが５ｍＪ／ｃｍ^2・ｐｕｌｓｅ以上となったときに、ＮＤフィルタを照明光の光路中に挿入させることにより、照明光の減衰率を増大させる。

【００６８】

また、この第２の実施の形態においては、マイクロレンズアレイの後側焦点面に形成される二次光源における照明光の光エネルギが５ｍＪ／ｃｍ^2・ｐｕｌｓｅ以上となったときにＮＤフィルタにより照明光の照度の減衰率を増大させているが、ズームレンズを作動させることによりσ値が例えば０．２０以下となったときにＮＤフィルタにより照明光の照度の減衰率を増大させるように設定してもよい。この場合には、σ値が０．２０のときの照明光の光エネルギ密度は、σ値が０．９０のときの照明光の光エネルギ密度と比較した場合、２０．２５倍となるため、ＮＤフィルタにより照明光の照度の減衰率を増大させることによりその照明光の光エネルギ密度を減少させることができる。

【００６９】

また、この第２の実施の形態においては、照明光学装置が輪帯照明を行うように構成されているが、照明光学装置が多極照明（例えば、２極照明や４極照明）を行うように構成してもよい。２極照明を行う場合には、ズームレンズを作動させることにより２つの局所照明領域のうちの１つのσ値が例えば０．１５以下となったときにＮＤフィルタにより照明光の照度の減衰率を増大させる。４極照明を行う場合には、ズームレンズにより４つの局所照明領域のうちの１つのσ値が例えば０．１０以下となったときにＮＤフィルタにより照明光の照度の減衰率を増大させる。

【００７０】

また、上述の第１及び第２の実施の形態においては、入射する直線偏光の光の偏光面を必要に応じて変化させるための位相部材としての１／２波長板１０を光源側に配置し、入射する直線偏光の光を必要に応じて非偏光化するためのデポラライザ２０をマスク側に配置している。しかしながら、これに限定されることなく、デポラライザ２０を光源側に配置し且つ１／２波長板１０をマスク側に配置しても同じ光学的な作用効果を得ることができる。

【００７１】

また、上述の第１及び第２の実施の形態においては、水晶プリズム２０ａを介した光の進行方向を補償するためのコンペンセータとして石英プリズム２０ｂを用いている。しかしながら、これに限定されることなく、ＫｒＦエキシマレーザ光やＡｒＦエキシマレーザ

光に対して耐久性の高い光学材料、たとえば水晶や蛍石などにより形成された楔形状のプリズムをコンペンセータとして用いていることもできる。

【００７２】

また、上述の第１及び第２の実施の形態においては、回折光学素子を用いているが、回折光学素子に代えてフライアイレンズを用いても良い。この場合には、円錐アキシコン系が配置されている位置またはその近傍に位置する照明光学装置の照明瞳位置において、フライアイレンズがフライアイレンズの入射側に備える多数のレンズ面の輪郭形状（例えば、六角形状や矩形状）に相似した形状の光強度分布が形成される。

【００７３】

上述の第１及び第２の実施の形態にかかる露光装置では、照明光学装置によってマスク（レチクル）Ｍを照明し（照明工程）、投影光学系ＰＬを用いてマスクＭに形成された転写用のパターンを感光性基板（ウエハ）Ｗに転写する（転写工程）ことにより、マイクロデバイス（半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等）を製造することができる。以下、第１または第２の実施の形態にかかる露光装置を用いて感光性基板としてのウエハＷ等に所定の回路パターンを形成することによって、マイクロデバイスとしての半導体デバイスを得る際の手法の一例につき図９のフローチャートを参照して説明する。

【００７４】

先ず、図９のステップＳ３０１において、１ロットのウエハＷ上に金属膜が蒸着される。次のステップＳ３０２において、その１ロットのウエハＷ上の金属膜上にフォトレジストが塗布される。その後、ステップＳ３０３において、第１または第２の実施の形態にかかる露光装置を用いて、マスクＭ上のパターンの像がその投影光学系ＰＬを介して、その１ロットのウエハＷ上の各ショット領域に順次露光転写される。その後、ステップＳ３０４において、その１ロットのウエハＷ上のフォトレジストの現像が行われた後、ステップＳ３０５において、その１ロットのウエハＷ上でレジストパターンをマスクＭとしてエッチングを行うことによって、マスクＭ上のパターンに対応する回路パターンが、各ウエハＷ上の各ショット領域に形成される。

【００７５】

その後、更に上のレイヤの回路パターンの形成等を行うことによって、半導体素子等のデバイスが製造される。上述の半導体デバイス製造方法によれば、第１または第２の実施の形態にかかる照明光学装置を用いてマスクの照明を行っているため、光学素子の照明光が通過する部分の損傷を防止することができ、光学素子の高寿命化を実現することができる。従って、照明光学装置を構成する光学素子を頻繁に交換する必要がなく、スループット良く、良好な露光を行うことができる。なお、ステップＳ３０１～ステップＳ３０５では、ウエハＷ上に金属を蒸着し、その金属膜上にレジストを塗布、そして露光、現像、エッチングの各工程を行っているが、これらの工程に先立って、ウエハＷ上にシリコンの酸化膜を形成後、そのシリコンの酸化膜上にレジストを塗布、そして露光、現像、エッチング等の各工程を行っても良いことはいうまでもない。

【００７６】

また、第１及び第２の実施の形態にかかる露光装置では、プレート（ガラス基板）上に所定のパターン（回路パターン、電極パターン等）を形成することによって、マイクロデバイスとしての液晶表示素子を得ることもできる。以下、図１０のフローチャートを参照して、このときの手法の一例につき説明する。図１０において、パターン形成工程Ｓ４０１では、第１または第２の実施の形態にかかる露光装置を用いてマスクＭのパターンを感光性基板（レジストが塗布されたガラス基板等）に転写露光する、所謂光リソグラフィ工程が実行される。この光リソグラフィ工程によって、感光性基板上には多数の電極等を含む所定パターンが形成される。その後、露光された基板は、現像工程、エッチング工程、レジスト剥離工程等の各工程を経ることによって、基板上に所定のパターンが形成され、次のカラーフィルタ形成工程Ｓ４０２へ移行する。

【００７７】

次に、カラーフィルタ形成工程Ｓ４０２では、Ｒ（Red）、Ｇ（Green）、Ｂ（Blue）に

対応した３つのドットの組がマトリックス状に多数配列されたり、またはＲ、Ｇ、Ｂの３本のストライプのフィルタの組を複数水平走査線方向に配列されたりしたカラーフィルタを形成する。そして、カラーフィルタ形成工程Ｓ４０２の後に、セル組み立て工程Ｓ４０３が実行される。セル組み立て工程Ｓ４０３では、パターン形成工程Ｓ４０１にて得られた所定パターンを有する基板、およびカラーフィルタ形成工程Ｓ４０２にて得られたカラーフィルタ等を用いて液晶パネル（液晶セル）を組み立てる。セル組み立て工程Ｓ４０３では、例えば、パターン形成工程Ｓ４０１にて得られた所定パターンを有する基板とカラーフィルタ形成工程Ｓ４０２にて得られたカラーフィルタとの間に液晶を注入して、液晶パネル（液晶セル）を製造する。

【００７８】

その後、モジュール組み立て工程Ｓ４０４にて、組み立てられた液晶パネル（液晶セル）の表示動作を行わせる電気回路、バックライト等の各部品を取り付けて液晶表示素子として完成させる。上述の液晶表示素子の製造方法によれば、第１または第２の実施の形態にかかる照明光学装置を用いてマスクの照明を行っているため、光学素子の照明光が通過する部分の損傷を防止することができ、光学素子の高寿命化を実現することができる。従って、照明光学装置を構成する光学素子を頻繁に交換する必要がなく、スループット良く、良好な露光を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【００７９】

【図１】第１の実施の形態にかかる露光装置の概略構成を示す図である。

【図２】第１の実施の形態にかかる照明光学装置が備える１／２波長板及びデポラライザの概略構成を示す図である。

【図３】第１の実施の形態にかかる照明光学装置が備える円錐アキシコン系の概略構成を示す図である。

【図４】第１の実施の形態にかかる輪帯照明において形成される二次光源に対する円錐アキシコン系の作用を説明するための図である。

【図５】第１の実施の形態にかかる照明光学装置が備える第１シリンドリカルレンズ対及び第２シリンドリカルレンズ対の概略構成を示す図である。

【図６】第１の実施の形態にかかる輪帯照明において形成される二次光源に対するズームレンズの作用を説明するための図である。

【図７】第２の実施の形態にかかる露光装置の概略構成を示す図である。

【図８】第２の実施の形態にかかるＮＤフィルタの構成を示す図である。

【図９】この発明の実施の形態にかかるマイクロデバイスとしての半導体デバイスを製造する方法を示すフローチャートである。

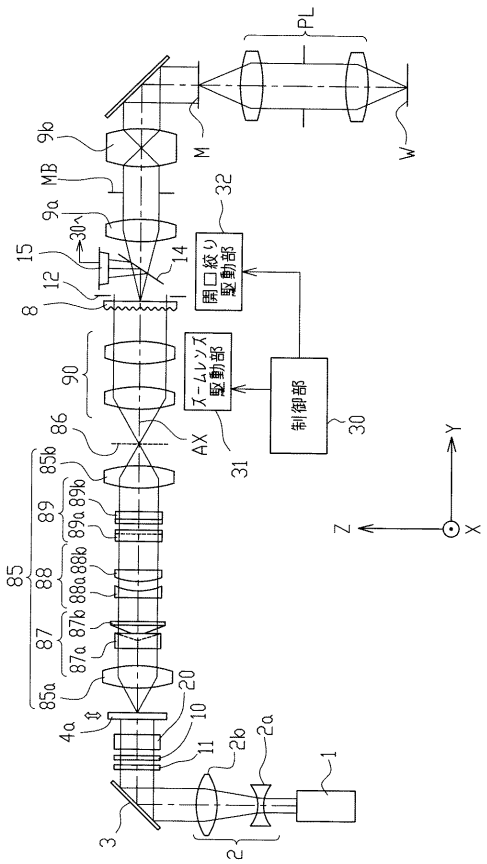
【図１０】この発明の実施の形態にかかるマイクロデバイスとしての液晶表示素子を製造する方法を示すフローチャートである。

【符号の説明】

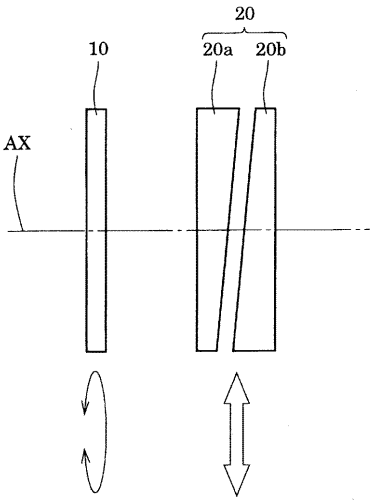
【００８０】

１…レーザ光源、２…ビームエキスパンダ、３…折り曲げミラー、４ａ…回折光学素子、８…マイクロレンズアレイ、９ａ…コンデンサレンズ、９ｂ…結像光学系、１０…１／２波長板、１１…１／４波長板、１２…開口絞り、１３…ＮＤフィルタ、１４…ビームスプリッタ、１５…インテグレータセンサ、２０…デポラライザ、３０…制御部、３１…ズームレンズ駆動系、３２…開口絞り駆動系、３３…ＮＤフィルタ駆動系、８５…アフォーカルレンズ、８７…円錐アキシコン系、８７ａ…第１プリズム、８７ｂ…第２プリズム、８８…第１シリンドリカルレンズ対、８９…第２シリンドリカルレンズ対、９０…ズームレンズ、ＭＢ…マスクブラインド、Ｍ…マスク、ＰＬ…投影光学系、Ｗ…ウエハ。

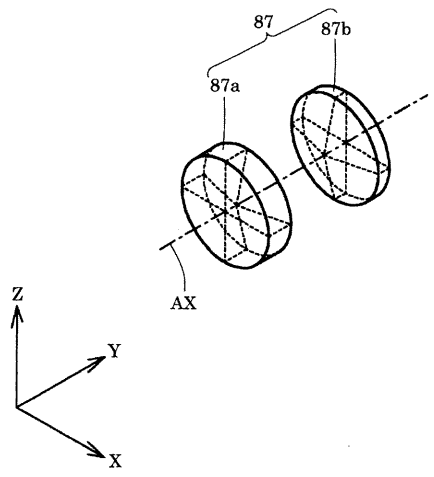
【図１】


PL
M
W
9b
MB
9a
30
32
開口絞り駆動部
15
12
14
8
90
ズームレンズ駆動部
制御部
30
31
AX
86
85b
89
89b
89a
88b
85
88
88a
87b
87
87a
85a
20
10
4a
11
2b
2a
1
3
2
Y
Z
X

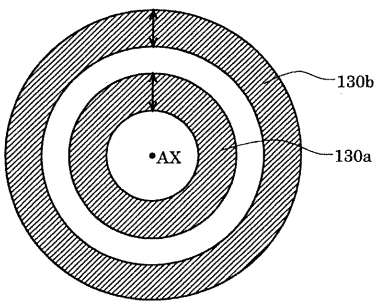
【図２】


20
10
20a
20b
AX

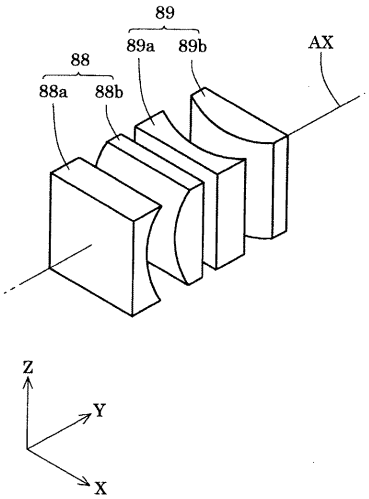
【図３】


87
87b
87a
AX
Z
Y
X

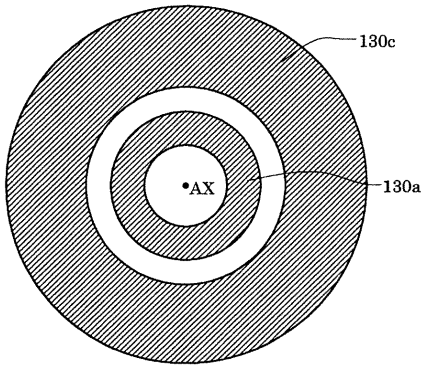
【図４】


130b
AX
130a

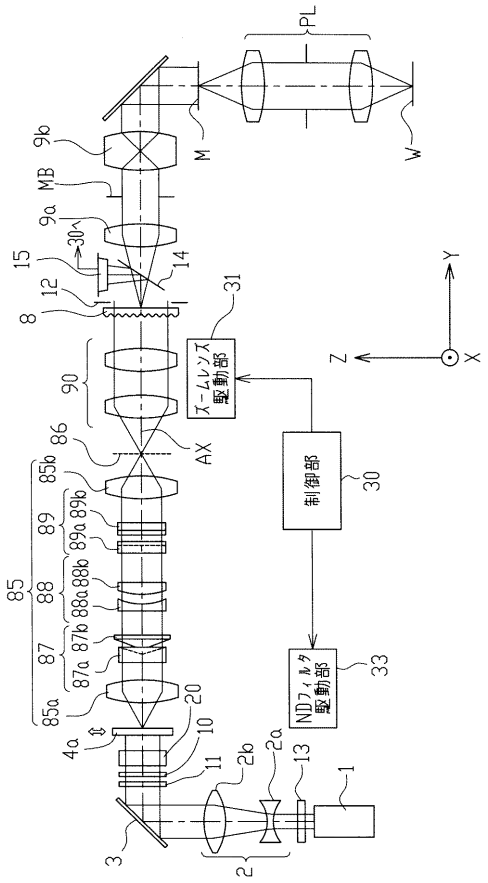
【図５】


89
89a
89b
88
88a
88b
AX
Z
Y
X

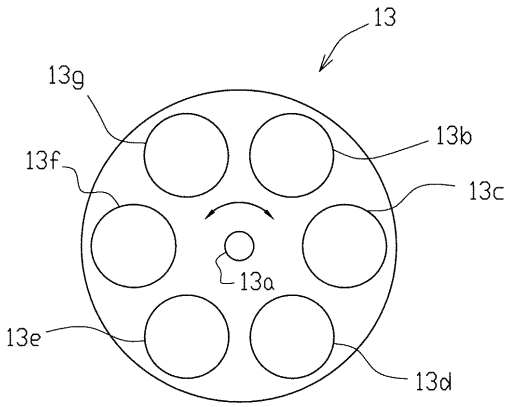
【図６】


130c
AX
130a

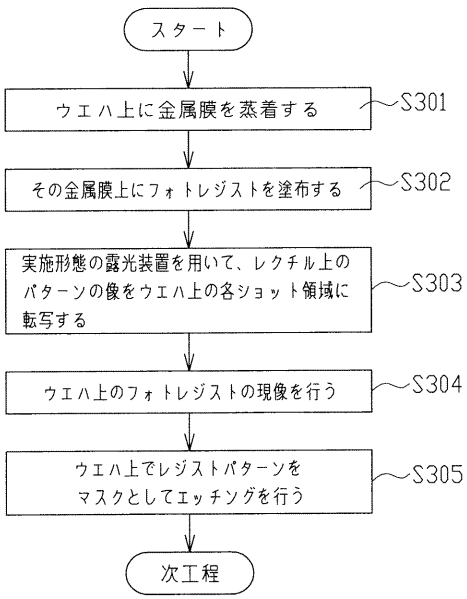
【図７】


PL
M
W
9b
MB
9a
30
15
14
12
8
31
ズームレンズ駆動部
Z
Y
X
90
86
AX
制御部
30
85b
89
89b
89a
85
88
88b
88a
87
87b
87a
85a
NDフィルタ駆動部
33
20
10
4a
11
2b
2a
13
1
3
2

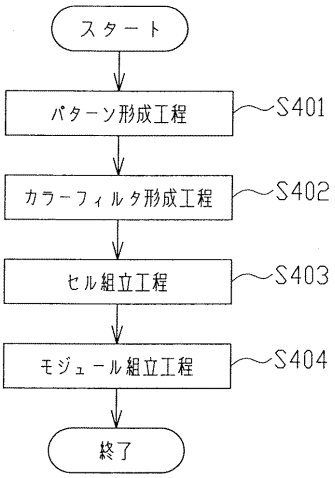
【図８】


13
13g
13b
13f
13c
13a
13e
13d

【図９】


スタート
ウエハ上に金属膜を蒸着する
S301
その金属膜上にフォトレジストを塗布する
S302
実施形態の露光装置を用いて、レクチル上のパターンの像をウエハ上の各ショット領域に転写する
S303
ウエハ上のフォトレジストの現像を行う
S304
ウエハ上でレジストパターンをマスクとしてエッチングを行う
S305
次工程

【図１０】


スタート
パターン形成工程
S401
カラーフィルタ形成工程
S402
セル組立工程
S403
モジュール組立工程
S404
終了