

(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2019-28084

(P2019-28084A)

(43) 公開日 平成31年2月21日(2019.2.21)

(51) Int.Cl.		F 1			テーマコード (参考)
G 0 3 F	7/20	(2006.01)	G 0 3 F	7/20	5 0 1
G 0 2 B	19/00	(2006.01)	G 0 2 B	19/00	
					2 H 0 5 2
					2 H 1 9 7

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2017-143443 (P2017-143443)	(71) 出願人	000003193
(22) 出願日	平成29年7月25日 (2017.7.25)		凸版印刷株式会社
			東京都台東区台東1丁目5番1号
		(74) 代理人	100149548
			弁理士 松沼 泰史
		(74) 代理人	100139686
			弁理士 鈴木 史朗
		(74) 代理人	100169764
			弁理士 清水 雄一郎
		(74) 代理人	100147267
			弁理士 大槻 真紀子
		(72) 発明者	元田 善規
			東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印刷株式会社内

最終頁に続く

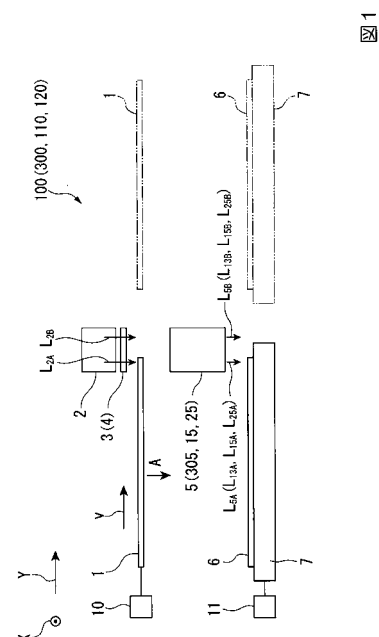
(54) 【発明の名称】 露光装置

(57) 【要約】

【課題】露光装置において、千鳥配列された複数の投影光学系を用いる場合に、露光領域の継ぎ目に起因する露光むらを低減することができるようにする。

【解決手段】露光装置100は、照明光源2と、第1の軸線を中心として千鳥配列された複数の開口部が形成され、複合開口領域と、単独開口領域と、が交互に形成されている視野絞り3と、露光光 L_{2A} 、 L_{2B} による光像を、それぞれ被露光体6に投影する複数の投影光学系と、照明光源2から被露光体6までの間の露光光の光路上に配置され、平面視にて少なくとも単独開口領域とそれぞれ重なる被露光体6上の光量補正領域に照射される露光光の光量を低減する光透過量低減部材と、を備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

露光光を発生する光源と、

平面視において第 1 の軸線に沿う第 1 の方向の開口量が前記第 1 の軸線に交差する第 2 の軸線に沿う第 2 の方向において一定となるように、前記第 1 の軸線を中心として千鳥配列された複数の開口部が形成され、前記第 1 の方向において前記複数の開口部のうちの 2 つが間をあけて隣り合う複合開口領域と、前記第 1 の方向において前記複数の開口部のうちの 1 つが開口する単独開口領域と、前記第 2 の方向において交互に形成されており、前記光源と露光用フォトマスクとの間に前記複数の開口部が位置するように配置された絞り部材と、

10

前記絞り部材の前記複数の開口部のそれぞれと対向して配置され、前記複数の開口部のそれぞれを透過した前記露光光による光像を、それぞれ露光対象物に投影する複数の投影光学系と、

前記光源から前記露光対象物までの間の前記露光光の光路上に配置され、平面視にて少なくとも前記単独開口領域とそれぞれ重なる前記露光対象物上の光量補正領域に照射される前記露光光の光量を低減する光透過量低減部材と、
を備える、露光装置。

【請求項 2】

前記光透過量低減部材は、

平面視にて少なくとも前記単独開口領域と重なる前記露光対象物上の第 1 の光量補正領域に照射される前記露光光の光量を低減する第 1 の光透過量低減部と、

20

前記第 1 の光透過量低減部と前記第 2 の方向において隣接して設けられ、平面視にて前記複合開口領域と重なる前記露光対象物上の第 2 の光量補正領域に照射される前記露光光の光量を低減する第 2 の光透過量低減部と、
を備える、請求項 1 に記載の露光装置。

【請求項 3】

前記第 1 の光透過量低減部は、

前記露光量の透過率を均一に低下させる均一濃度フィルタからなり、

前記第 2 の光透過量低減部は、

前記第 2 の方向において前記第 1 の光透過量低減部と隣接する部位から離れるにつれて前記露光量の透過率が増大する傾斜濃度フィルタからなる、
請求項 2 に記載の露光装置。

30

【請求項 4】

前記光透過量低減部材は、

前記投影光学系と前記露光対象物との間に配置された、
請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、露光装置に関する。

40

【背景技術】**【0002】**

例えば液晶装置などに用いられる大型基板にパターン形成を行う装置として走査型露光装置が知られている。

このような走査型露光装置の一例としては、特許文献 1 に記載の露光装置が挙げられる。

特許文献 1 に記載の露光装置では、照明光でマスクを照明し、マスクに形成されたパターンの像を複数の投影光学系によって被露光体であるプレートに露光する。

マスクとプレートとは、同期して同速度で、投影光学系に対して X 方向に移動することができる。投影光学系は、それぞれ正立等倍実結像系で構成され、X 方向に直交する Y 方

50

向に沿って千鳥配列されている。

照明光は、各投影光学系の各光軸上に配列されたX方向において二辺が対向する平行四辺形の視野絞りを通して、マスクに照射される。各視野絞りは、Y方向における対辺が、走査方向であるX方向から見て重なる位置関係に配置されている。

各投影光学系は、マスクに形成されたパターンの画像を、平面視において千鳥配列された複数の平行四辺形状の光像として、プレートに投影する。しかし、各投影光学系に対してマスクおよびプレートがX方向に移動することによって、各光像がプレートの表面をX方向に走査する。このため、X方向の走査が終了すると、マスクの全面の画像によってプレートが露光される。

このような露光装置では、走査方向において、単一の視野絞りを通過した光によって露光される第1の領域と、Y方向に隣り合う2つの視野絞りを通過した光によって露光される第2の領域とが発生する。各視野絞りの形状および配列は、第1の領域における走査露光量と、第2の領域における走査露光量とが等しくなるように設定されている。

特許文献1の露光装置は、照度センサによって、照明光の照明強度も各視野絞り上で光強度が均一になるように制御する。

このような露光装置は、マスクに形成されたパターンを、プレートに正確に転写することによって、マスクのパターンをプレート上に複製している。

【0003】

特許文献2に記載の投影露光方法では、走査型露光装置において、投影光学系の投影領域の重ね合わせ誤差に起因する「画面分かれ」を抑制するため、レクチルのパターンの描画位置と基板の搬送位置とを光学系の光軸に垂直かつ走査方向に垂直な方向に所定量ずらすことが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平11-160887号公報

【特許文献2】特開平10-62809号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上記のような従来の走査型露光装置では、種々の要因によって、マスクにおけるパターンとプレート上の露光パターンとの間に、製造誤差が生じる。

例えば、マスクに均一性が高い格子状パターンを有する場合、個々のパターンの線幅同士を比較しても視認困難な変動であっても、一定の領域における線幅が全体的に変化していると、濃淡むらとして容易に視認できてしまう場合がある。例えば、液晶装置に用いられるカラーフィルタのブラックマトリクスパターンなどは、特にこのようなムラが視認されやすい。

このため、露光装置の走査方向に沿って発生するパターンの線幅などの変動は抑制される必要がある。

本発明者は、上述のような走査型露光装置において、各視野絞りに対応する各露光光量を正確に一致させても、視野絞りの配置ピッチに対応するピッチでパターンの濃度むらが発生する現象を発見した。本発明者がこの現象を鋭意検討したところ、この濃度むらは、走査方向に延びる帯状の領域でパターンの線幅がわずかに狭くなっているために発生していることが分かった。さらに、濃度むらが発生する領域は、隣り合う視野絞りによる露光領域が重なる継ぎ目領域であることも分かった。

この問題は、複数の投影光学系を用いる走査型露光装置に特有の問題である。例えば、液晶装置の高精細化などの要求が高まるにつれて、このような線幅のむらをさらに低減していく技術が強く求められている。

このような継ぎ目領域における濃度むらは、例えば、特許文献2における「画面分かれ」とは異なる現象であり、特許文献2に記載の方法では解決されない。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 6 】

本発明は、上記のような問題に鑑みてなされたものであり、千鳥配列された複数の投影光学系を用いる場合に、露光領域の継ぎ目に起因する露光むらを低減することができる露光装置および露光方法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】

【 0 0 0 7 】

上記の課題を解決するために、本発明の態様の露光装置は、露光光を発生する光源と、平面視において第 1 の軸線に沿う第 1 の方向の開口量が前記第 1 の軸線に交差する第 2 の軸線に沿う第 2 の方向において一定となるように、前記第 1 の軸線を中心として千鳥配列された複数の開口部が形成され、前記第 1 の方向において前記複数の開口部のうちの 2 つが間をあけて隣り合う複合開口領域と、前記第 1 の方向において前記複数の開口部のうちの 1 つが開口する単独開口領域と、前記第 2 の方向において交互に形成されており、前記光源と露光用フォトマスクとの間に前記複数の開口部が位置するように配置された絞り部材と、前記絞り部材の前記複数の開口部のそれぞれと対向して配置され、前記複数の開口部のそれぞれを透過した前記露光光による光像を、それぞれ露光対象物に投影する複数の投影光学系と、前記光源から前記露光対象物までの間の前記露光光の光路上に配置され、平面視にて少なくとも前記単独開口領域とそれぞれ重なる前記露光対象物上の光量補正領域に照射される前記露光光の光量を低減する光透過量低減部材と、を備える。

【 0 0 0 8 】

上記態様の露光装置においては、前記光透過量低減部材は、平面視にて少なくとも前記単独開口領域と重なる前記露光対象物上の第 1 の光量補正領域に照射される前記露光光の光量を低減する第 1 の光透過量低減部と、前記第 1 の光透過量低減部と前記第 2 の方向において隣接して設けられ、平面視にて前記複合開口領域と重なる前記露光対象物上の第 2 の光量補正領域に照射される前記露光光の光量を低減する第 2 の光透過量低減部と、を備えてもよい。

【 0 0 0 9 】

上記態様の露光装置においては、前記 1 の光透過量低減部は、前記露光量の透過率を均一に低下させる均一濃度フィルタからなり、前記 2 の光透過量低減部は、前記第 2 の方向において前記第 1 の光透過量低減部と隣接する部位から離れるにつれて前記露光量の透過率が増大する傾斜濃度フィルタからなってもよい。

【 0 0 1 0 】

上記態様の露光装置においては、前記光透過量低減部材は、前記投影光学系と前記露光対象物との間に配置されてもよい。

【発明の効果】

【 0 0 1 1 】

本発明の露光装置によれば、千鳥配列された複数の投影光学系を用いる場合に、露光領域の継ぎ目に起因する露光むらを低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態の露光装置の一例を示す模式的な正面図である。

【図 2】図 1 における A 視の平面図である。

【図 3】本発明の第 1 の実施形態の露光装置に用いる露光用フォトマスクの一例を示す模式的な平面図である。

【図 4】本発明の第 1 の実施形態の露光装置に用いる露光用フォトマスクのマスクパターンの一例を示す模式的な拡大図である。

【図 5】本発明の第 1 の実施形態の露光装置に用いられる視野絞りの一例を示す模式的な平面図である。

【図 6】本発明の第 1 の実施形態の露光装置の主要部の構成を示す模式的な部分断面図である。

【図 7】本発明の第 1 の実施形態の露光装置に用いられる光透過量低減部材の一例を示す

模式的な平面図である。

【図 8】図 7 における B - B 線に沿う透過率分布を示す模式的なグラフである。

【図 9】比較例の露光について説明する模式図である。

【図 10】比較例の露光における実効的な露光量について説明する模式図である。

【図 11】本発明の第 1 の実施形態の露光装置における露光について説明する模式図である。

【図 12】本発明の第 1 の実施形態の露光装置の露光における積算光量について説明する模式的なグラフである。

【図 13】本発明の第 2 の実施形態の露光装置に用いられる光透過量低減部材の一例を示す模式的な平面図である。

10

【図 14】図 13 における D - D 線に沿う透過率分布を示す模式的なグラフである。

【図 15】本発明の第 2 の実施形態の露光装置の露光における積算光量について説明する模式的なグラフである。

【図 16】本発明の第 3 の実施形態の露光装置に用いられる光透過量低減部材の一例を示す模式的な平面図である。

【図 17】図 16 における E - E 線に沿う透過率分布を示す模式的なグラフである。

【図 18】本発明の第 3 の実施形態の露光装置の露光における積算光量について説明する模式的なグラフである。

【図 19】本発明の第 3 の実施形態の変形例の露光装置の光透過量低減部材の透過率分布を示す模式的なグラフである。

20

【図 20】本発明の第 3 の実施形態の変形例の露光装置の露光における積算光量について説明する模式的なグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下では、本発明の実施形態について添付図面を参照して説明する。すべての図面において、実施形態が異なる場合であっても、同一または相当する部材には同一の符号を付し、共通する説明は省略する。

【0014】

[第 1 の実施形態]

30

本発明の第 1 の実施形態の露光装置について説明する。

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態の露光装置の一例を示す模式的な正面図である。図 2 は、図 1 における A 視の平面図である。図 3 は、本発明の第 1 の実施形態の露光装置に用いる露光用フォトマスクの一例を示す模式的な平面図である。図 4 は、本発明の第 1 の実施形態の露光装置に用いる露光用フォトマスクのマスクパターンの一例を示す模式的な拡大図である。図 5 (a)、(b) は、本発明の第 1 の実施形態の露光装置に用いられる視野絞りの一例を示す模式的な平面図である。図 6 は、本発明の第 1 の実施形態の露光装置の主要部の構成を示す模式的な部分断面図である。図 7 は、本発明の第 1 の実施形態の露光装置に用いられる光透過量低減部材の一例を示す模式的な平面図である。図 8 は、図 7 における B - B 線に沿う透過率分布を示す模式的なグラフである。図 8 のグラフの横軸は X 方向の位置、縦軸は透過率を表す。

40

なお、各図面は模式図のため、形状および寸法は誇張されている（以下の図面も同様）。

【0015】

図 1、2 に示す露光装置 100 は、複数の投影光学系によって、フォトマスク 1（露光用フォトマスク、図 1 参照）の露光用パターンを被露光体 6（露光対象物）に等倍走査露光する走査型露光装置である。

露光装置 100 の詳細構成について説明する前に、フォトマスク 1 の一例について説明する。

【0016】

図 3 に示すように、フォトマスク 1 は、光透過性基板 1 A と、マスク部 1 B と、を備え

50

る。

光透過性基板 1 A は、露光装置 1 0 0 の照明光を透過できる光透過性を有する適宜の基板の使用が可能である。例えば、光透過性基板 1 A は、ガラス基板によって構成されてもよい。光透過性基板 1 A の外形は特に限定されない。図 3 に示す例では、光透過性基板 1 A の外形は平面視矩形状である。

【 0 0 1 7 】

マスク部 1 B は、露光装置 1 0 0 によって被露光体 6 に投影される露光用パターンとなるマスクパターン P を備える。マスクパターン P は、例えば、光透過性基板 1 A 上に積層された金属などの遮光層がパターンニングされて構成される。

等倍露光の露光装置 1 0 0 に用いるマスクパターン P は、被露光体 6 に形成する露光パターンと同一の形状にすればよい。

マスクパターン P は、光透過性基板 1 A の表面において、光透過性基板 1 A の長辺に沿う y 方向と、光透過性基板 1 A の短辺に沿う x 方向と、に 2 次元的に形成されている。

光透過性基板 1 A 上におけるマスクパターン P の位置を記述するため、x 方向には x 座標軸が、y 方向には y 座標軸がそれぞれ設定されている。図 3 では、一例として、光透過性基板 1 A の外形の一頂点を原点 O とする x 座標軸と y 座標軸とが設定されている。ただし、x y 座標系の原点 O は、光透過性基板 1 A における適宜の位置に設定されていてもよい。

【 0 0 1 8 】

マスクパターン P の具体的な形状は、露光パターンに必要な適宜の形状である。

以下では、マスクパターン P の一例として、光透過部の平面視形状が矩形格子の場合の例で説明する。このような矩形格子状の露光パターンは、例えば、液晶装置におけるカラーフィルタに用いられるブラックマトリクス (B M) を形成するために用いられてもよい。

【 0 0 1 9 】

図 4 にマスクパターン P の拡大図を示す。

マスクパターン P は、平面視矩形状の遮光部 1 b が、x 方向および y 方向において矩形格子状に配列されている。例えば、遮光部 1 b の配列ピッチは、x 方向では P_x 、y 方向では P_y である。例えば、フォトリソが B M 形成用の場合には、ピッチ P_x (P_y) は、x 方向 (y 方向) におけるサブ画素の配列ピッチに一致している。

各遮光部 1 b の間には、光透過性基板 1 A (図 3 参照) の表面が露出した光透過部 1 a が形成されている。光透過部 1 a は、x 方向に延びる第 1 線状部 1 a_x と、y 方向に延びる第 2 線状部 1 a_y とに分けられる。

第 1 線状部 1 a_x は、一定の線幅 L_{1y} を有する。同じく第 2 線状部 1 a_y は、一定の線幅 L_{1x} を有する。例えば、フォトリソが B M 形成用の場合には、線幅 L_{1y} 、 L_{1x} は、それぞれ、y 方向、x 方向における B M の線幅に等しい。

【 0 0 2 0 】

ここで、露光装置 1 0 0 の説明に戻る。

図 1、2 に示すように、露光装置 1 0 0 は、ベース 7、第 2 の駆動部 1 1、第 1 の駆動部 1 0、照明光源 2 (光源)、視野絞り 3 (絞り部材)、投影光学ユニット 5、を備える。

【 0 0 2 1 】

ベース 7 は、被露光体 6 を載置するため、水平方向に配置された平坦な上面 7 a を有している。図 1 に示すように、ベース 7 は、第 2 の駆動部 1 1 によって水平方向のうち Y 方向 (第 1 の方向、図示左側から右側に向かう方向) に移動可能に支持されている。第 2 の駆動部 1 1 の構成は特に限定されない。例えば、第 2 の駆動部 1 1 は、Y 方向において往復移動可能な 1 軸ステージで構成されてもよい。ただし、第 2 の駆動部 1 1 は、ベース 7 を水平面において Y 方向に直交する X 方向 (第 2 の方向、図 1 における紙面奥から手前に向かう方向) に移動できるように構成されてもよい。

図 2 に示すように、本実施形態では、ベース 7 の移動方向は、水平方向のうち Y 方向 (

10

20

30

40

50

図 2 の左から右に向かう方向)に延びる軸線 O_5 (第 1 の軸線)に沿う方向である。

第 2 の駆動部 11 は、図示二点鎖線で示すように、ベース 7 を Y 方向における移動限度まで移動した後、ベース 7 を Y 方向と反対に移動して移動開始位置に戻ることができる。

【0022】

被露光体 6 には、露光装置 100 によって、フォトマスク 1 のマスクパターン P の光像に基づいた露光パターンが露光される。被露光体 6 は、上面 7a よりも小さく、フォトマスク 1 以下の大きさの矩形板状に形成されている。被露光体 6 は、その長手方向が Y 方向と一致するように、上面 7a 上に載置される。

被露光体 6 は、適宜の基板上に、フォトリソグラフィを行うための感光性のレジストが塗布されて構成される。

10

【0023】

図 1 に示すように、露光装置 100 において、フォトマスク 1 は、ベース 7 に載置された被露光体 6 と対向する位置に配置される。フォトマスク 1 は、第 1 の駆動部 10 によって駆動可能に設けられた図示略の支持部によって支持される。第 1 の駆動部 10 は、図示略の支持部をベース 7 の上面 7a と一定の間隔を保つように、ベース 7 と同期して平行移動できるようになっている。第 1 の駆動部 10 は、第 2 の駆動部 11 と同様、Y 方向に移動可能な 1 軸ステージ、XY 方向に移動可能な 2 軸ステージなどが用いられてもよい。

露光装置 100 におけるフォトマスク 1 は、y 座標軸の正方向が Y 方向と反対向きとされ、x 座標軸が X 方向に沿うように配置される。

【0024】

20

照明光源 2 は、被露光体 6 を露光するため、被露光体 6 上のレジストを感光させる波長を有する照明光 (露光光) を発生する。照明光源 2 は、フォトマスク 1 の移動領域の上方において図示略の支持部材によって固定支持されている。照明光源 2 は、鉛直下方に照明光を照射する。

【0025】

視野絞り 3 は、照明光源 2 と、フォトマスク 1 の移動領域との間に配置される。視野絞り 3 は、図示略の支持部材によって固定支持されている。視野絞り 3 は、照明光源 2 が照射する照明光を整形し、照明光を複数の照明領域に分割する。

図 5 (a) に示すように、視野絞り 3 は、X 方向に $w_1 + w_2$ (ただし、 $w_1 < w_2$) のピッチで配列された複数の第 1 開口部 3A と、Y 方向に Δ (ただし $\Delta > h/2$) だけ平行にずれた軸線上で X 方向に $w_1 + w_2$ のピッチで配列された複数の第 2 開口部 3B と、を有する。

30

【0026】

第 1 開口部 3A の平面視形状は、頂角が直角でない等脚台形である。第 1 開口部 3A は、第 1 辺 3a、第 2 辺 3b、第 3 辺 3c、および第 4 辺 3d で構成される。第 1 辺 3a は等脚台形の上底であり、第 2 辺 3b は等脚台形の下底である。第 1 辺 3a、第 2 辺 3b の長さはそれぞれ w_1 、 w_2 である。第 1 辺 3a、第 2 辺 3b は、Y 方向において h だけ離れている平行線である。第 3 辺 3c、第 4 辺 3d は、X 方向においてこの順に配置された等脚台形の脚である。

【0027】

40

第 2 開口部 3B の平面視形状は、平面視において第 1 開口部 3A を 180° 回転した形状である。X 方向における第 2 開口部 3B の位置は、第 1 開口部 3A に対して $(w_1 + w_2)/2$ だけずれている。このため、第 2 開口部 3B は、2 つの第 1 開口部 3A の間の中間点に対向する位置に配置されている。

このような配置により、第 1 開口部 3A および第 2 開口部 3B は、X 方向に延びる軸線 O_3 (第 2 の軸線)に沿って千鳥配列されている。

Y 方向から見ると、第 1 開口部 3A および第 2 開口部 3B における第 3 辺 3c 同士と、第 4 辺 3d 同士とは互いに重なっている。Y 方向から見ると、第 1 開口部 3A の第 1 辺 3a (第 2 辺 3b) と第 2 開口部 3B の第 2 辺 3b (第 1 辺 3a) とにおける端部は同じ位置にある。

50

【 0 0 2 8 】

視野絞り 3 を Y 方向に見ると、第 1 開口部 3 A および第 2 開口部 3 B の一方のみが開口する単独開口領域 r_s と、第 1 開口部 3 A および第 2 開口部 3 B の両方が開口する複合開口領域 r_c と、が X 方向に交互に現れる。

視野絞り 3 では、単独開口領域 r_s の X 方向における幅は w_1 、複合開口領域 r_c の X 方向における幅は $(w_2 - w_1) / 2$ である。

【 0 0 2 9 】

視野絞り 3 における第 1 開口部 3 A および第 2 開口部 3 B の形状、配置は、後述する投影光学ユニット 5 の配列の都合などによって、適宜の大きさに設定されればよい。以下に、第 1 開口部 3 A および第 2 開口部 3 B に関する具体的な寸法例を示す。

$(w_2 - w_1) / 2$ は、例えば、14 mm 以上 18 mm とされてもよい。h は、例えば、25 mm 以上 45 mm とされてもよい。 $(w_1 + w_2) / 2$ は、例えば、95 mm 以上 100 mm 以下とされてもよい。 Δ は、例えば、200 mm 以上 300 mm 以下とされてもよい。

【 0 0 3 0 】

露光装置 100 における視野絞り 3 は、例えば、図 5 (b) に示す視野絞り 4 に置換されてもよい。

視野絞り 4 は、X 方向に $2w_3$ のピッチで配列された複数の第 1 開口部 4 A と、Y 方向に Δ だけ平行にずれた軸線上で X 方向に $2w_2$ のピッチで配列された複数の第 2 開口部 4 B と、を有する。

【 0 0 3 1 】

第 1 開口部 4 A の平面視形状は、頂角が直角でない平行四辺形である。第 1 開口部 4 A は、第 1 辺 4 a、第 2 辺 4 b、第 3 辺 4 c、および第 4 辺 4 d で構成される。第 1 辺 4 a および第 3 辺 4 c は、Y 方向における対辺である。第 3 辺 4 c および第 4 辺 4 d は、X 方向における対辺である。第 1 辺 3 a、第 2 辺 3 b の長さはそれぞれ w_3 である。第 3 辺 3 c、第 4 辺 3 d の長さはそれぞれ w_4 (ただし、 $w_4 < w_3$) である。

【 0 0 3 2 】

第 2 開口部 4 B の平面視形状は、第 1 開口部 4 A と同じである。X 方向における第 2 開口部 4 B の位置は、第 1 開口部 4 A に対して w_3 だけずれている。このため、第 2 開口部 4 B は、2 つの第 1 開口部 4 A の間の中間点に対向する位置に配置されている。

このような配置により、第 1 開口部 4 A および第 2 開口部 4 B は、X 方向に延びる軸線 O_4 (第 2 の軸線) に沿って千鳥配列されている。

Y 方向から見ると、第 1 開口部 4 A および第 2 開口部 4 B における第 3 辺 4 c 同士と、第 4 辺 4 d 同士とは互いに重なっている。Y 方向から見ると、第 1 開口部 4 A の第 1 辺 4 a (第 2 辺 4 b) と第 2 開口部 4 B の第 2 辺 4 b (第 1 辺 4 a) とにおける端部は同じ位置にある。

【 0 0 3 3 】

視野絞り 4 を Y 方向に見ると、第 1 開口部 4 A および第 2 開口部 4 B の一方のみが開口する単独開口領域 r_s と、第 1 開口部 4 A および第 2 開口部 4 B の両方が開口する複合開口領域 r_c と、が X 方向に交互に現れる。

視野絞り 4 では、単独開口領域 r_s の X 方向における幅は $(w_3 - w_4)$ 、複合開口領域 r_c の X 方向における幅は w_4 である。

以下では、特に断らない限り、露光装置 100 が視野絞り 3 を備える場合の例で説明する。

【 0 0 3 4 】

図 1 に示すように、投影光学ユニット 5 は、ベース 7 上の被露光体 6 よりも上方であって、かつ視野絞り 3 との間にフォトマスク 1 の移動領域を挟んで対向するように配置されている。投影光学ユニット 5 は、図示略の支持部材によって固定支持されている。

図 2 に示すように、投影光学ユニット 5 は、軸線 O_3 に沿って千鳥配列された複数の第 1 列投影光学系 5 A (投影光学系) と、複数の第 2 列投影光学系 5 B (投影光学系) とを

10

20

30

40

50

備える。各第 1 列投影光学系 5 A および各第 2 列投影光学系 5 B には、それぞれ、後述する光減衰フィルタ 8 (図 6 参照) が設けられている。

各第 2 列投影光学系 5 B は、第 1 列投影光学系 5 A と配置が異なるのみで第 1 列投影光学系 5 A と同様の構成を備える。

【0035】

図 6 に示すように、第 1 列投影光学系 5 A (第 2 列投影光学系 5 B) は、レンズ 5 a と、レンズ鏡筒 5 b と、を備えて構成される。

レンズ 5 a は、物体像を像面に正立等倍像として結像する結像光学系からなる。

レンズ鏡筒 5 b は、レンズ 5 a の光軸が鉛直軸に平行になる姿勢でレンズ 5 a を保持する。

10

第 1 列投影光学系 5 A (第 2 列投影光学系 5 B) は、フォトマスク 1 のマスクパターン P とレジストが塗布された被露光体 6 の上面とを互いに共役な位置関係にする位置に配置される。本実施形態では、第 1 列投影光学系 5 A から被露光体 6 に向かう出射光は、平行光束になっている。

【0036】

図 5 (a) に二点鎖線で示すように、第 1 列投影光学系 5 A は、第 1 開口部 3 A を透過する光の光像を被露光体 6 に投影できるように、第 1 開口部 3 A の下方に配置されている。第 2 列投影光学系 5 B は、第 2 開口部 3 B を透過する光の光像を被露光体 6 に投影できるように、第 2 開口部 3 B の下方に配置されている。

第 1 列投影光学系 5 A (第 2 列投影光学系 5 B) は、第 1 開口部 3 A (第 2 開口部 3 B) を透過する光による光像を正立等倍像として、被露光体 6 に投影する。このため、第 1 開口部 3 A (第 2 開口部 3 B) における単独開口領域 r_s 、複合開口領域 r_c の光像も、それぞれに鉛直方向に対向する被露光体 6 上に投影される。

20

【0037】

第 1 列投影光学系 5 A および第 2 列投影光学系 5 B は、第 1 開口部 3 A および第 2 開口部 3 B と同様の千鳥配列の位置関係に配置されるために、第 1 開口部 3 A および第 2 開口部 3 B の間の間隔は、第 1 列投影光学系 5 A および第 2 列投影光学系 5 B が互いに干渉しないような寸法とされている。このため、第 1 開口部 3 A と第 2 開口部 3 B との y 方向におけるピッチ Δ は、例えば、y 方向の開口幅 h の 6 倍から 8 倍程度のような大きな値になる場合もある。

30

【0038】

図 5 (b) に示すように、視野絞り 3 に代えて視野絞り 4 が用いられる場合には、第 1 列投影光学系 5 A は、第 1 開口部 4 A を透過する光の光像を被露光体 6 に投影できるように、第 1 開口部 4 A の下方に配置されている。第 2 列投影光学系 5 B は、第 2 開口部 4 B を透過する光の光像を被露光体 6 に投影できるように、第 2 開口部 4 B の下方に配置されている。

【0039】

図 6 に示すように、投影光学ユニット 5 における各レンズ鏡筒 5 b の下端部には、それぞれ光減衰フィルタ 8 (光透過量減衰部材) が配置されている。各光減衰フィルタ 8 は、レンズ鏡筒 5 b の下端部と固定されるフィルタホルダ 9 によって、レンズ 5 a に対する位置が固定されている。

40

光減衰フィルタ 8 は、第 1 列投影光学系 5 A (第 2 列投影光学系 5 B) を透過した露光光 L_{2A} (L_{2B}) を、少なくとも一部の光量が低減された露光光 L_{5A} (L_{5B}) に変換する。

露光光 L_{5A} (L_{5B}) は、被露光体 6 上における後述の光量補正領域 M_1 (図 7、1 参照) に照射される。ここで、被露光体 6 上における光量補正領域 M_1 とは、平面視において少なくとも単独開口領域 r_s と重なる領域である。本実施形態では、一例として、光量補正領域 M_1 は単独開口領域 r_s のみと重なる領域とされている。

【0040】

図 7 に示すように、光減衰フィルタ 8 は、減光部 8 a (均一濃度フィルタ) と、光透過

50

部 8 b と、を備える。

減光部 8 a は、視野絞り 3 およびレンズ 5 a を透過した露光光 L_{2A} (L_{2B}) を一定の透過率 T_{L1} で減衰させる部位である。

減光部 8 a は、平面視にて、外形が X 方向および Y 方向に沿う矩形状に形成されている。減光部 8 a は、平面視にて、光減衰フィルタ 8 が対向する第 1 開口部 3 A (第 2 開口部 3 B) の単独開口領域 r_s の全体を覆う部位に形成されている。このため、減光部 8 a の X 方向における幅は、光減衰フィルタ 8 が対向する第 1 開口部 3 A (第 2 開口部 3 B) の単独開口領域 r_s の X 方向における幅と等しい。減光部 8 a の Y 方向における幅は、光減衰フィルタ 8 が対向する第 1 開口部 3 A (第 2 開口部 3 B) の単独開口領域 r_s の Y 方向における幅以上である。

【0041】

光透過部 8 b は、光減衰フィルタ 8 において、減光部 8 a を除く領域に形成されている。光透過部 8 b の透過率 T_{max} は、減光部 8 a の透過率 T_{L1} よりも大きい。光透過部 8 b の透過率は、90%以上100%以下であることがより好ましい。

【0042】

このような構成により、光減衰フィルタ 8 は、X 方向において、図 8 に曲線 201 で示すような透過率分布を有する。

図 8 の横軸における符号は、図 7 に記載された B - B 線上の同符号の点の位置を表す。点 a は、B - B 線における光減衰フィルタ 8 の X 方向負方向側の端点である。点 b から点 d までの区間および点 e から点 g までの区間は、それぞれ複合開口領域 r_c と重なる区間である。点 c、f はそれぞれ複合開口領域 r_c との X 方向における中点である。点 d から点 e までの区間は、単独開口領域 r_s と重なる区間である。点 h は、B - B 線における光減衰フィルタ 8 の X 方向正方向側の端点である。

減光部 8 a は、点 d から点 e までの間に配置されている。光透過部 8 b は、点 a から点 d および点 e から点 h までの各区間に形成されている。

曲線 201 は、点 d から点 e までの間で一定値 T_{L1} 、それ以外の位置において一定値 T_{max} (ただし、 $T_{max} > T_{L1}$) をとる折れ線である。

【0043】

光減衰フィルタ 8 は、例えば、ガラス基板の表面において減光部 8 a となる部位に金属薄膜を蒸着するなどして製造されてもよい。

【0044】

このような構成の光減衰フィルタ 8 によって、視野絞り 3 およびレンズ 5 a を透過した露光光 L_{2A} (L_{2B}) は、減光部 8 a、光透過部 8 b の透過率に応じて光減衰した露光光 L_{5A} (L_{5B}) に変換される。減光部 8 a の透過率 T_{L1} は、露光光 L_{5A} (L_{5B}) による後述する実効的な露光量のむらが低減できるように、0%を超え100%未満の範囲から選ばれる。減光部 8 a の透過率 T_{L1} の決め方については、後述する動作説明の中で説明する。

【0045】

図 6 に示すように、フィルタホルダ 9 は、光減衰フィルタ 8 を第 1 列投影光学系 5 A (第 2 列投影光学系 5 B) に対して一定位置に保持する。フィルタホルダ 9 の中心部には、少なくとも減光部 8 a を透過した露光光 L_{5A} (L_{5B}) を透過させる貫通孔 9 a が貫通されている。

フィルタホルダ 9 は、レンズ鏡筒 5 b に対して、下方から着脱可能に取り付けられている。フィルタホルダ 9 の着脱手段は、光減衰フィルタ 8 の減光部 8 a を平面視にて上述の光量補正領域 M_1 の範囲と重なるように配置できれば、特に限定されない。例えば、レンズ鏡筒 5 b に対して周方向に位置決め可能な適宜のマウント、ネジ嵌合などが用いられてもよい。本実施形態では、レンズ 5 a から出射される露光光 L_{5A} (L_{5B}) は、光軸に沿う平行光束であるため、光軸方向における光減衰フィルタ 8 の位置合わせは、高精度に行われなくてもよい。

【0046】

フィルタホルダ 9 によって、水平方向の位置が位置合わせされた状態で光減衰フィルタ 8 が保持されると、光減衰フィルタ 8 は、上述したように、減光部 8 a が平面視にて光量補正領域 M_1 と重なる位置関係に配置される。

【0047】

次に、露光装置 100 の動作について説明する。

図 9 は、比較例の露光について説明する模式図である。図 10 (a)、(b) は、比較例の露光における実効的な露光量について説明する模式図である。図 11 は、本発明の第 1 の実施形態の露光装置における露光について説明する模式図である。図 12 は、本発明の第 1 の実施形態の露光装置の露光における積算光量について説明する模式的なグラフである。図 12 のグラフにおいて、横軸は X 方向における位置、縦軸は積算光量を表す。

10

【0048】

露光装置 100 の露光動作について説明する前に、まず、図 1 に示す比較例の露光装置 300 による露光動作および露光量について説明する。露光装置 300 は、上記第 1 の実施形態の露光装置 100 の投影光学ユニット 5 に代えて、投影光学ユニット 305 を備える。投影光学ユニット 305 は、投影光学ユニット 5 から光減衰フィルタ 8 が削除されて構成される。

図 9 には、投影光学ユニット 305 の下方に配置された被露光体 6 の先端部の一部が拡大して示されている。図 9 の図示には現れないが、視野絞り 3 と投影光学ユニット 305 との間には、被露光体 6 と対向した状態で、フォトマスク 1 が被露光体 6 と同期して Y 方向に移動されている (図 1 参照)。

20

図 1 に示すように、照明光源 2 が点灯されると、露光光 L_{2A} 、 L_{2B} が視野絞り 3 に照射される。露光光 L_{2A} 、 L_{2B} は、視野絞り 3 の各第 1 開口部 3 A、各第 2 開口部 3 B (図 5 参照) を透過し、フォトマスク 1 に照射される。

フォトマスク 1 における光透過部 1 a を透過した光のうち、第 1 開口部 3 A を通過した光は第 1 列投影光学系 5 A によって、第 2 開口部 3 B を通過した光は第 2 列投影光学系 5 B によって、それぞれ露光光 L_{13A} 、 L_{13B} として被露光体 6 に等倍投影される。

この結果、図 9 に示すように、被露光体 6 上には、第 1 開口部 3 A の光像である第 1 の光像 I_{13A} と、第 2 開口部 3 B の光像である第 2 の光像 I_{13B} とが結像される。第 1 の光像 I_{13A} および第 2 の光像 I_{13B} は、マスクパターン P などの物体像に対応する輝度分布が形成される。ただし、図 9 では簡単のため輝度分布の図示は省略されている。

30

第 1 の光像 I_{13A} および第 2 の光像 I_{13B} は、第 1 開口部 3 A および第 2 開口部 3 B と同様、被露光体 6 上において、x 座標軸に平行な軸線 O_{13} に沿って千鳥配列される。

【0049】

ベース 7 が Y 方向に移動すると、図示斜線で示すように、各第 1 の光像 I_{13A} および各第 2 の光像 I_{13B} は、幅 w_2 の帯状の領域を掃くことになる。このため、各第 1 の光像 I_{13A} および各第 2 の光像 I_{13B} は、被露光体 6 上を y 方向に走査する。

ただし、第 1 開口部 3 A および第 2 開口部 3 B は Y 方向において Δ だけずれている。このため、第 1 の光像 I_{13A} と第 2 の光像 I_{13B} とが同時に掃く領域は、x 方向において距離 $(w_1 + w_2) / 2$ だけずれるとともに、y 方向において距離 Δ だけずれている。

40

ベース 7 の移動速度を v (図 1 参照) とすると、第 2 の光像 I_{13B} は、 $T = \Delta / v$ だけ遅れて、先行して第 1 の光像 I_{13A} が走査している y 方向の領域に到達する。

例えば、走査が開始された時刻 t_0 とすると、第 2 の光像 I_{13B} は、時刻 t_0 における第 1 の光像 I_{13A} の y 方向の位置に、時刻 $t_1 = t_0 + T$ において到達する。このとき、第 2 の光像 I_{13B} は、時刻 t_0 において結像された互いに隣り合う第 1 の光像 I_{13A} の間にちょうど嵌り込む。

すなわち、時刻 t_0 では、第 1 の光像 I_{13A} が並ぶ x 方向の領域は、第 1 の光像 I_{13A} によって、飛び飛びに露光されるのみであるが、時刻 t_1 においては、同領域の非露光部が、第 2 の光像 I_{13B} によって露光される。これにより、x 方向に延びる領域は、時間差 T をあけて、隙間なく帯状に露光される。第 1 の光像 I_{13A} における等脚台形の

50

脚と第2の光像 I_{13B} における等脚台形の脚とは、それぞれによる露光領域の継ぎ目の境界を構成している。

【0050】

平面視においてフォトマスク1におけるマスク部1Bは、時刻 t_0 における第1開口部3Aの第2辺3bよりもY方向の反対方向側に位置する。図9では、一例として、時刻 t_0 において、マスク部1Bのy方向における先端が第1開口部3Aの第2辺3bと同位置にある場合が図示されている。このため、時刻 t_0 において、第1の光像 I_{13A} における等脚台形の下底が、マスク部1Bの端に位置している。

走査によって第1の光像 I_{13A} が掃く領域では、時刻 t_0 以降の走査によって、フォトマスク1のマスクパターンPが被露光体6上に投影されていく。マスクパターンPの露光時間は、第1開口部3AにおけるY方向の開口幅hを速度vで割った時間である。第1開口部3Aの第1辺3aと第2辺3bとで挟まれた矩形状領域では、露光時間 t_f は h/v である。以下では、露光時間 t_f をフル露光時間という。

ところが、第1開口部3Aの第3辺3cおよび第4辺3dと、第2辺3bとで挟まれた三角形領域では、x方向における露光時間が0からフル露光時間の間で線形に変化する。

同様に、走査によって第2の光像 I_{13B} が掃く領域では、時間Tだけ遅れて、第1の光像 I_{13A} によるのと同様な露光が行われる。このため、第2の光像 I_{13B} が掃く領域は、フル露光時間 t_f で露光される領域と、フル露光時間 t_f 未満で露光される領域とに分かれる。

フル露光時間 t_f 未満で露光される領域は、第1の光像 I_{13A} および第2の光像 I_{13B} の継ぎ目に関わる露光領域である。

【0051】

比較例においては、第1の光像 I_{13A} および第2の光像 I_{13B} によってフル露光時間 t_f で露光される領域は互いに離れており、それぞれ幅 w_1 でy方向に延びる帯状の単独露光領域 A_s を構成する。

これに対して、単独露光領域 A_s の間の幅 $(w_1 + w_2)/2$ の領域は、第1の光像 I_{13A} および第2の光像 I_{13B} によって、フル露光時間 t_f 未満で露光される複合露光領域 A_c を構成する。

複合露光領域 A_c におけるx方向の各位置における露光時間は、第1の光像 I_{13A} と第2の光像 I_{13B} との露光割合が異なるだけで、合計の露光時間はいずれも等しい。

このため、単独露光領域 A_s における露光量と、複合露光領域 A_c における露光量とは、第1の光像 I_{13A} および第2の光像 I_{13B} における照明光強度が同じであれば、互いに等しくなる。

【0052】

しかしながら、本発明者の観察によれば、被露光体6上において単独露光領域 A_s に形成される露光パターンに比べると、複合露光領域 A_c に形成される露光パターンとは、光透過部の線幅がわずかに狭くなる傾向がある。

複合露光領域 A_c は、一定幅でy方向に延び、かつx方向に等ピッチで形成されるため、線幅の変化が露光パターンにおける帯状の濃度むらとして視認されやすくなっている。例えば、露光装置100によってBM形成用のフォトマスクを形成すると、サブ画素の開口の大きさのむらになるため、規則的な色むらが視認されやすい液晶装置が形成されてしまうおそれがある。

【0053】

露光時間が同じでも線幅が異なる理由は、必ずしもはっきりしているわけではないが、時間Tで表される時間差の影響が考えられる。

レジストは、露光されると光化学反応が進行する結果、現像液によって除去可能になる。ところが、レジストの光化学反応は、反応の立ち上がりにはある程度時間を要する。一方、露光が中断されると急速に反応が停止し、始まった光反応がリセットされてしまう。この結果、連続露光よりも断続的な露光の方が、実効的な露光時間が短くなるため、露光量が低下したのと同様な効果が生じると考えられる。

このため、被露光体 6 上の複合露光領域 A_C においてレジストの正味の感光に用いられる実効的な露光量は、同じ光量であれば、第 1 の光像 I_{13A} と第 2 の光像 I_{13B} とによる露光時間の比率で決まると考えられる。

【0054】

図 10 (a) に模式的に示すように、第 1 の光像 I_{13A} が走査する単独露光領域 A_{S1} と、第 1 の光像 I_{13A} が走査する単独露光領域 A_{S2} と、に挟まれた複合露光領域 A_C では、第 1 の光像 I_{13A} による露光時間と、第 2 の光像 I_{13B} による露光時間とが x 方向に沿って線形に変化する。

例えば、点 p_1 で示す位置は、単独露光領域 A_{S1} との境界位置であるため、第 1 の光像 I_{13A} による露光時間が 100%、第 2 の光像 I_{13B} による露光時間が 0% である。各点における露光時間の比率 (%) を、 $p_n [t_A, t_B]$ のように表すと、例えば、 $p_1 [100, 0]$ 、 $p_2 [90, 10]$ 、 $p_3 [80, 20]$ 、 $p_4 [70, 30]$ 、 $p_5 [60, 40]$ 、 $p_6 [50, 50]$ 、 $p_7 [40, 60]$ 、 $p_8 [30, 70]$ 、 $p_9 [20, 80]$ 、 $p_{10} [20, 80]$ 、 $p_{11} [0, 100]$ である。以下では、これらの点 p_n の x 方向における位置座標を x_n で表す (ただし、 $n = 1, \dots, 11$)。

このとき、線幅などに影響する実効的な露光量 (以下、単に露光量と称する場合がある) は、図 10 (b) に示すように、複合露光領域 A_C では、下に凸の略 V 字状のグラフで示される。位置 x_1 、 x_{11} における露光量 q_1 、 q_{11} は、それぞれ単独露光領域 A_S における露光量 q_0 に等しい。例えば、位置 x_6 における露光量 q_6 は、露光量 q_0 よりも低く、複合露光領域 A_C における露光量の最小値である。位置 x_1 、 x_{11} の近傍および位置 x_6 の近傍における露光量の変化率は滑らかに変化している。このグラフは、位置 x_6 を通る縦軸に関して左右対称である。

このように、複合露光領域 A_C における露光量は、 x 方向の位置座標を独立変数とする連続関数で表されるが、簡易的には、階段状の変化で近似されてもよい。

例えば、区間 A_n を位置 x_{2n-1} と位置 x_{2n+1} との間として、区間 A_n の平均露光量によって、区間 A_n 内の各露光量が近似されてもよい。

【0055】

以上説明したように、比較例の露光装置 300 による露光では、視野絞り 3 において Y 方向に見た開口量が X 方向において一定であっても、複合露光領域 A_C における実効的な露光量が単独露光領域 A_S に比べて低下する。

本実施形態では、投影光学ユニット 5 が光減衰フィルタ 8 を備えることによって、単独露光領域 A_S における露光量を低減させる。これにより、複合露光領域 A_C における実効的な露光量の低下に基づく実効的な露光むらが低減される。

以下、上記比較例の動作と異なる点を中心に説明する。

【0056】

露光装置 100 の露光動作においては、投影光学ユニット 5 から出射される露光光 L_{5A} 、 L_{5B} は光減衰フィルタ 8 を透過している。このため、露光光 L_{5A} 、 L_{5B} によって、被露光体 6 に投影される光像の光量分布が、第 1 の光像 I_{13A} 、第 2 の光像 I_{13B} の光量分布とは異なる点が露光装置 300 の動作と異なる。被露光体 6 に投影される光像の光量低下は、光減衰フィルタ 8 の減光部 8a の透過率と光透過部 8b の透過率とに基づく。

図 11 に示すように、露光光 L_{5A} (L_{5B}) によって、被露光体 6 に投影される第 1 の光像 I_{5A} (第 2 の光像 I_{5B}) は、第 1 光減衰像 I_{8a} と第 2 光減衰像 I_{8b} によって構成される。

第 1 光減衰像 I_{8a} は、第 1 開口部 3A (第 2 開口部 3B) の範囲において減光部 8a と重なる領域に形成される。本実施形態の場合、第 1 光減衰像 I_{8a} は、単独開口領域 r_S の範囲の光像である。第 1 光減衰像 I_{8a} の光量は、第 1 の光像 I_{13A} (第 2 の光像 I_{13B}) の光量から、減光部 8a の透過率 T_{L1} に応じて低下している。

第 2 光減衰像 I_{8b} は、第 1 開口部 3A (第 2 開口部 3B) の範囲において光透過部 8b と重なる領域に形成される。本実施形態の場合、第 2 光減衰像 I_{8b} は、複合開口領域

r_c の範囲の光像である。第 2 光減衰像 I_{8b} の光量は、第 1 の光像 I_{13A} (第 2 の光像 I_{13B}) の光量から、光透過部 8 b の透過率 T_{max} に応じて低下している。ただし、 $T_{max} > T_{L1}$ であるため、第 2 光減衰像 I_{8b} の光量は第 1 光減衰像 I_{8a} の光量に比べて大きい。

【0057】

このため、第 1 の光像 I_{5A} 、第 2 の光像 I_{5B} が被露光体 6 上を走査した場合の積算光量は、複合開口領域 r_c ではあまり低下しないのに対して、単独開口領域 r_s ではより大きく低下する。

比較例と対比しやすいように、透過率 T_{max} が 100% の場合における走査露光時の積算光量を図 12 に示す。

図 12 の横軸における符号は、図 11 に記載された C - C 線上の同符号の点の位置を表す。C - C 線上の点 i、j、k、m、n、p、q、r は、それぞれ光減衰フィルタ 8 の B - B 線上の点 a、b、c、d、e、f、g、h に対応している。このため、点 j から点 m までの区間および点 n から点 q までの区間は、それぞれ平面視にて複合開口領域 r_c と重なる複合露光領域 A_c である。点 m から点 n までの区間は、平面視にて単独開口領域 r_s と重なる単独露光領域 A_s である。本実施形態では、単独露光領域 A_s は光量補正領域 M_1 になっている。

図 12 における曲線 202 (実線参照) は本実施形態における積算光量を示し、曲線 203 (一点鎖線参照) は比較例における積算光量を示す。ただし、複合露光領域 A_c では、曲線 203 は曲線 202 と重なっている。

【0058】

曲線 202、203 に示されるように、本実施形態における積算光量は、複合露光領域 A_c では、比較例の積算光量と同様になる。このため、複合露光領域 A_c では、例えば、点 j と点 k との間では、積算光量が $\Delta Q (= q_0 - q_6)$ だけ低下している。

これに対して、光量補正領域 M_1 に重なる単独露光領域 A_s の積算光量は、一定値 Q (ただし、 $q_6 < Q < q_0$) である。

このように、本実施形態では、積算光量の全変動幅 ΔQ は比較例と変わらない。しかし、単独露光領域 A_s の積算光量が q_0 から Q に低下されることで、単独露光領域 A_s の露光量に対する複合露光領域 A_c の露光量の変動量が ΔQ よりも小さくなる。

特に、減光部 8 a の透過率 T_{L1} を適宜設定することで、 $Q = (q_0 + q_6) / 2$ とすれば、単独露光領域 A_s の露光量に対する複合露光領域 A_c の露光量の変動量は、 $\Delta Q / 2$ になるため、露光むらが最小化される。このため、減光部 8 a の透過率 T_{L1} は、 $Q = (q_0 + q_6) / 2$ となるように設定することがより好ましい。

このようにして、単独露光領域 A_s の露光量に対する複合露光領域 A_c の露光量のむらが低減されると、露光領域の継ぎ目に起因する露光むらが低減される。これにより、例えば、マスクパターン P に対応する線幅の変動などが低減され、より高精度の露光パターンが得られる。

【0059】

以上説明したように、本実施形態の露光装置 100 によれば、千鳥配列された複数の投影光学系を用いる場合に、露光領域の継ぎ目に起因する露光むらを低減することができる。

【0060】

[第 2 の実施形態]

本発明の第 2 の実施形態の露光装置について説明する。

図 13 は、本発明の第 2 の実施形態の露光装置に用いられる光透過量低減部材の一例を示す模式的な平面図である。図 14 は、図 13 における D - D 線に沿う透過率分布を示す模式的なグラフである。図 14 のグラフの横軸は X 方向の位置、縦軸は透過率を表す。図 15 は、本発明の第 2 の実施形態の露光装置の露光における積算光量について説明する模式的なグラフである。図 15 のグラフの横軸は X 方向の位置、縦軸は積算光量を表す。

【0061】

図 1、2 に示すように、本実施形態の露光装置 110 は、上記第 1 の実施形態の露光装置 100 の投影光学ユニット 5 に代えて、投影光学ユニット 15 を備える。

図 6 に示すように、投影光学ユニット 15 は、上記第 1 の実施形態における投影光学ユニット 5 の光減衰フィルタ 8 に代えて、光減衰フィルタ 18 (光透過量減衰部材) を備える。

以下、上記第 1 の実施形態と異なる点を中心に説明する。

【0062】

図 6 に示すように、光減衰フィルタ 18 は、上記第 1 の実施形態における光減衰フィルタ 8 と同様、投影光学ユニット 15 における第 1 列投影光学系 5A、第 2 列投影光学系 5B の各レンズ鏡筒 5b の下端部に、それぞれ配置されている。各光減衰フィルタ 18 は、
10 レンズ鏡筒 5b の下端部と固定されるフィルタホルダ 9 によって、レンズ 5a に対する位置が固定されている。

光減衰フィルタ 18 は、第 1 列投影光学系 5A (第 2 列投影光学系 5B) を透過した露光光 L_{2A} (L_{2B}) を、少なくとも一部の光量が低減された露光光 L_{15A} (L_{15B}) に変換する。

露光光 L_{15A} (L_{15B}) は、被露光体 6 上における後述の光量補正領域 M_2 (図 13 参照) に照射される。ここで、被露光体 6 上における光量補正領域 M_2 とは、平面視において少なくとも単独開口領域 r_s と重なる領域である。本実施形態では、一例として、
20 光量補正領域 M_2 は単独開口領域 r_s と単独開口領域 r_s の両端部に隣接する各複合開口領域 r_c の一部と重なる領域とされている。

【0063】

図 13 に示すように、光減衰フィルタ 18 は、上記第 1 の実施形態の減光部 8a に代えて、減光部 18a (均一濃度フィルタ) を備える。

【0064】

減光部 18a は、上記第 1 の実施形態の減光部 8a の X 方向の両端部をそれぞれ複合開口領域 r_c の X 方向の幅の 50% 未満だけ、外側に延ばして構成される。図 13 に示す例では、減光部 18a は、一例として、減光部 8a よりも、複合開口領域 r_c の X 方向の幅の 25% ずつ X 方向の両側に拡幅されている。

減光部 18a は、平面視にて、第 1 開口部 3A (第 2 開口部 3B) の単独開口領域 r_s の全体と、これに隣接する X 方向の両側の複合開口領域 r_c の一部の領域 (図 13 では、
30 複合開口領域 r_c の四分の一の領域) とそれぞれ重なるように配置されている。

減光部 18a の透過率は、上記第 1 の実施形態における減光部 8a と同様である。

【0065】

本実施形態における光透過部 8b は、光減衰フィルタ 18 において、減光部 18a を除く領域に形成されている。

【0066】

このような構成により、光減衰フィルタ 18 は、X 方向において、図 14 に曲線 204 で示すような透過率分布を有する。

図 14 の横軸における符号は、図 13 に記載された D-D 線上の同符号の点の位置を表す。点 a ~ 点 h の意味は、上記第 1 の実施形態の説明と同様である。ただし、点 c' (f'
40 ') は、線分 cd (ef) の中点である。

曲線 204 は、点 c' と点 f' との間で、上記第 1 の実施形態における減光部 8a と同様、最小値 T_{L1} をとり、それ以外の位置において一定値 T_{max} をとる。

光減衰フィルタ 18 は、光減衰フィルタ 8 と同様にして製造される。

【0067】

このような構成の光減衰フィルタ 18 によって、視野絞り 3 およびレンズ 5a を透過した露光光 L_{2A} (L_{2B}) は、減光部 18a および光透過部 8b の透過率に応じて光減衰した露光光 L_{15A} (L_{15B}) に変換される。

【0068】

露光装置 110 によれば、上記第 1 の実施形態の露光装置 100 と同様にして露光が行
50

われる。

露光装置 110 の露光動作においては、投影光学ユニット 15 から出射される露光光 L_{15A} 、 L_{15B} は光減衰フィルタ 18 を透過している。このため、露光光 L_{15A} 、 L_{15B} によって、被露光体 6 に投影される第 1 の光像（第 2 の光像）光像の光量分布が、第 1 の光像 I_{8A} 、第 2 の光像 I_{8B} の光量分布とは異なる点が露光装置 100 の動作と異なる。

【0069】

露光光 L_{15A} 、 L_{15B} が被露光体 6 上を走査した場合の積算光量のグラフを図 15 示す。ただし、図 15 には、図 12 と同様、上述の比較例と対比しやすいように、透過率 T_{max} が 100% の場合における走査露光時の積算光量が示されている。

図 15 の横軸における符号 $i \sim r$ は、被露光体 6 上における図 13 の点 $a \sim h$ の対応点を表す。ただし、点 c' 、 f' に対応する位置は、それぞれ符号 m' 、 n' で示されている。点 j' 、 q' は、第 1 列投影光学系 5A に隣り合う第 2 列投影光学系 5B に配置された減光部 8a の点 f' 、 c' に相当する位置を表す。

このため、点 j から点 m までの区間および点 n から点 q までの区間は、それぞれ平面視にて複合開口領域 r_c と重なる複合露光領域 A_c である。点 m から点 n までの区間は、平面視にて単独開口領域 r_s と重なる単独露光領域 A_s である。

本実施形態では、光減衰フィルタ 18 の減光部 18a の透過光が照射される光量補正領域 M_2 は、単独開口領域 r_s の全体と重なる領域と、その X 方向両側において複合開口領域 r_c の四分の一と重なる領域と、からなる。

図 15 における曲線 205（実線参照）は本実施形態における積算光量を示し、曲線 203（一点鎖線参照）は比較例における積算光量を示す。曲線 206（破線参照）は、各光減衰フィルタ 18 の作用による光減衰量を示す。

【0070】

曲線 206 に示されるように、本実施形態における積算光量は、光量補正領域 M_2 の範囲で、透過量が一定の割合で低下するため、曲線 203 で表される比較例の積算光量は、全体的に低下する。グラフ上では、比較例の積算光量が下方に平行移動する。例えば、点 m から点 n までの積算光量は q_0 から Q に低下する。同様に、点 j から点 j' 、点 m' から点 m 、点 n から点 n' 、および点 q から点 q' の各領域の光量が点 m から点 n までの光量 Q 以下に低下する。

このため、曲線 205 に示されるように、本実施形態における積算光量は、単独露光領域 A_s では Q （ただし、 $q_6 < Q < q_0$ ）、複合露光領域 A_c では、 q_6 から Q の間で振動する光量分布を示す。

本実施形態における光減衰フィルタ 18 によれば、透過率 T_{L2} と、第 1 減光部 18a および第 2 減光部 18b の透過率の変化率と、を適宜に設定することによって、積算光量の全変動幅 $Q - q_6$ の大きさを、比較例の積算光量の全変動幅 ΔQ よりも小さくすることができる。

このように、本実施形態では、積算光量の全変動幅 $Q - q_6$ 自体を比較例よりも低減することができる。さらに、複合露光領域 A_c における露光量のむらの大きさも低減されるため、露光領域の継ぎ目に起因する露光むらが低減される。これにより、例えば、マスクパターン P に対応する線幅の変動などが低減され、より高精度の露光パターンが得られる。

【0071】

以上説明したように、本実施形態の露光装置 110 によれば、千鳥配列された複数の投影光学系を用いる場合に、露光領域の継ぎ目に起因する露光むらを低減することができる。

【0072】

[第 3 の実施形態]

本発明の第 3 の実施形態の露光装置について説明する。

図 16 は、本発明の第 3 の実施形態の露光装置に用いられる光透過量低減部材の一例を

示す模式的な平面図である。図 17 は、図 16 における E - E 線に沿う透過率分布を示す模式的なグラフである。図 17 のグラフの横軸は X 方向の位置、縦軸は透過率を表す。図 18 は、本発明の第 3 の実施形態の露光装置の露光における積算光量について説明する模式的なグラフである。図 18 のグラフの横軸は X 方向の位置、縦軸は積算光量を表す。

【0073】

図 1、2 に示すように、本実施形態の露光装置 120 は、上記第 1 の実施形態の露光装置 100 の投影光学ユニット 5 に代えて、投影光学ユニット 25 を備える。

図 6 に示すように、投影光学ユニット 25 は、上記第 1 の実施形態における投影光学ユニット 5 の光減衰フィルタ 8 に代えて、光減衰フィルタ 28 (光透過量減衰部材) を備える。

10

以下、上記第 1 の実施形態と異なる点を中心に説明する。

【0074】

図 6 に示すように、光減衰フィルタ 28 は、上記第 1 の実施形態における光減衰フィルタ 8 と同様、投影光学ユニット 25 における第 1 列投影光学系 5A、第 2 列投影光学系 5B の各レンズ鏡筒 5b の下端部に、それぞれ配置されている。各光減衰フィルタ 28 は、レンズ鏡筒 5b の下端部と固定されるフィルタホルダ 9 によって、レンズ 5a に対する位置が固定されている。

光減衰フィルタ 28 は、第 1 列投影光学系 5A (第 2 列投影光学系 5B) を透過した露光光 L_{2A} (L_{2B}) を、少なくとも一部の光量が低減された露光光 L_{25A} (L_{25B}) に変換する。

20

露光光 L_{25A} (L_{25B}) は、被露光体 6 上における上記第 2 の実施形態と同様の光量補正領域 M_2 (図 16 参照) に照射される。

【0075】

図 16 に示すように、光減衰フィルタ 28 は、第 1 減光部 28a (均一濃度フィルタ) と、第 2 減光部 28b (傾斜濃度フィルタ) と、第 3 減光部 28c (傾斜濃度フィルタ) と、上記第 2 の実施形態と同様の光透過部 18c と、を備える。

【0076】

第 1 減光部 18a は、視野絞り 3 およびレンズ 5a を透過した露光光 L_{2A} (L_{2B}) を一定の透過率 T_{L3} で減衰させる部位である。第 1 減光部 18a は、透過率が異なる以外は、上記第 1 の実施形態における減光部 8a と同様に形成されている。

30

【0077】

第 2 減光部 28b は、視野絞り 3 およびレンズ 5a を透過した露光光 L_{2A} (L_{2B}) を第 1 開口部 3A (第 2 開口部 3B) における第 1 の光量補正領域 m_1 において、透過率 T_{max} から T_{L3} の範囲で、X 方向正方向に漸次減衰させる部位である。

第 3 減光部 28c は、視野絞り 3 およびレンズ 5a を透過した露光光 L_{2A} (L_{2B}) を第 1 開口部 3A (第 2 開口部 3B) における第 2 の光量補正領域 m_1 において、透過率 T_{max} から T_{L3} の範囲で、X 方向負方向に漸次減衰させる部位である。

【0078】

第 2 減光部 28b および第 3 減光部 28c における透過率の変化率は、光量補正領域 M_2 における光量補正の必要に応じて、例えば、実験、シミュレーションなどに基づいて設定される。第 2 減光部 28b および第 3 減光部 28c における透過率の変化率は、一定 (直線変化) でもよいし、適宜の関数に基づいて変化していてもよい。透過率の変化率は、単調でもよいし、非単調でもよい。さらに、透過率の変化は滑らかな変化には限定されない。例えば、透過率は、ステップ状に変化していてもよい。

40

【0079】

このような構成により、光減衰フィルタ 28 は、X 方向において、図 17 に曲線 207 で示すような透過率分布を有する。

図 17 の横軸における符号は、図 16 に記載された E - E 線上の同符号の点の位置を表す。点 a ~ 点 h の意味は、上記第 1 の実施形態の説明と同様である。

曲線 207 は、点 c で T_{max} をとり、点 c から点 d に向かって漸次透過率が減少し、

50

点 d から点 e までの間で一定値 T_{L3} をとる。曲線 207 は、点 e から点 f に向かって漸次透過率が増大し、点 f で T_{max} をとる。曲線 207 はそれ以外の位置においては一定値 T_{max} をとる。

【0080】

光減衰フィルタ 28 は、例えば、ガラス基板の表面において第 1 減光部 28a、第 2 減光部 28b、および第 3 減光部 28c となる部位に金属薄膜を蒸着するなどして製造されてもよい。

【0081】

このような構成の光減衰フィルタ 28 によって、視野絞り 3 およびレンズ 5a を透過した露光光 L_{2A} (L_{2B}) は、第 1 減光部 28a、第 2 減光部 28b、第 3 減光部 28c、および光透過部 18c の透過率に応じて光減衰した露光光 L_{25A} (L_{25B}) に変換される。透過率 T_{L3} は、露光光 L_{25A} (L_{25B}) による後述する実効的な露光量のむらが低減できるように、0% を超え 100% 未満の範囲から選ばれる。

【0082】

露光装置 120 によれば、上記第 1 の実施形態の露光装置 100 と同様にして露光が行われる。

露光装置 120 の露光動作においては、投影光学ユニット 25 から出射される露光光 L_{25A} 、 L_{25B} は光減衰フィルタ 28 を透過している。このため、露光光 L_{25A} 、 L_{25B} によって、被露光体 6 に投影される第 1 の光像 (第 2 の光像) 光像の光量分布が、第 1 の光像 I_{8A} 、第 2 の光像 I_{8B} の光量分布とは異なる点が露光装置 100 の動作と異なる。

【0083】

露光光 L_{25A} 、 L_{25B} が被露光体 6 上を走査した場合の積算光量のグラフを図 18 示す。ただし、図 18 には、図 12 と同様、上述の比較例と対比しやすいように、透過率 T_{max} が 100% の場合における走査露光時の積算光量が示されている。

図 18 の横軸における符号 i ~ r は、被露光体 6 上における図 16 の点 a ~ h の対応点を表す。

このため、点 j から点 m までの区間および点 n から点 q までの区間は、それぞれ平面視にて複合開口領域 r_c と重なる複合露光領域 A_c である。点 m から点 n までの区間は、平面視にて単独開口領域 r_s と重なる単独露光領域 A_s である。

図 18 における曲線 208 (実線参照) は本実施形態における積算光量を示し、曲線 203 (一点鎖線参照) は比較例における積算光量を示す。曲線 209 (破線参照) は、各光減衰フィルタ 28 の作用による光減衰量を示す。

【0084】

曲線 208 に示されるように、本実施形態における積算光量は、単独露光領域 A_s および複合露光領域 A_c の両方が光量補正領域 M_2 になっているため、曲線 203 で表される比較例の積算光量は、全体的に低下する。

本実施形態では、第 1 減光部 28a によって第 1 の光量補正領域 m_1 の積算光量が Q_4 (ただし、 $q_6 < Q_4 < q_0$) になるように、透過率 T_{L3} が設定される。

このため、第 2 減光部 28b (第 3 減光部 28c) による第 2 の光量補正領域 m_2 の積算光量の最大値 Q_3 は、 $Q_4 < Q_3 < q_0$ を満足する。第 2 の光量補正領域 m_2 の積算光量の最小値は q_6 になる。

この結果、曲線 209 に示される積算光量の全変動幅が $Q_3 - q_6 < \Delta Q$ となるため、比較例に比べて積算光量の変動幅自体が低減される。

さらに、透過率 T_{L3} を適宜設定することによって、大部分の単独露光領域 A_c における積算光量となる Q_4 の値を Q_3 と q_6 との中間の値に設定することが可能である。この場合、積算光量 Q_4 に対する露光むらを $(Q_3 + q_6) / 2 (< \Delta Q / 2)$ 以下にできるため、上記第 1 の実施形態に比べて、露光領域の継ぎ目に起因する露光むらがさらに低減される。これにより、例えば、マスクパターン P に対応する線幅の変動などが低減され、より高精度の露光パターンが得られる。

特に、上記第2の実施形態では、積算光量の全変動幅を低減するために比較例の最低の積算光量よりもさらに低光量となる部位が生じるのに対して、本実施形態の光減衰フィルタ28によれば、積算光量の最低値は比較例と同様である。このため、本実施形態によれば、積算光量の相対的な低下量が、上記第2の実施形態よりも少なくなる。

【0085】

以上説明したように、本実施形態の露光装置120によれば、千鳥配列された複数の投影光学系を用いる場合に、露光領域の継ぎ目に起因する露光むらを低減することができる。

【0086】

[変形例]

次に、本実施形態において、露光むらをさらに低減できる具体的な変形例について説明する。

図19は、本発明の第3の実施形態の変形例の露光装置の光透過量低減部材の透過率分布を示す模式的なグラフである。図19のグラフの横軸はX方向の位置、縦軸は透過率を表す。図20は、本発明の第3の実施形態の変形例の露光装置の露光における積算光量について説明する模式的なグラフである。図20のグラフの横軸はX方向の位置、縦軸は積算光量を表す。

【0087】

本変形例は、光減衰フィルタ28による透過率の設定のみが上記第3の実施形態と異なる。

図19に示すように、本変形例では、第1減光部28aの透過率 T_{L3} は、単独露光領域 A_s における積算光量を q_6 に設定できる大きさとされる。

本変形例では、第2減光部28b(第3減光部28c)の透過率は、複合露光領域 A_c における比較例の実効的な積算光量の低下量を相殺するように、点dから点c(点eから点fに向かって、透過率 T_{L3} から T_{max} まで漸次増大させるように設定される。

このような本変形例の光減衰フィルタ28における積算光量の補正効果は図20における曲線209(破線参照)のように、比較例の積算光量を示す曲線203(一点鎖線参照)を上下方向に反転させたような曲線で表される。

この結果、本変形例の光減衰フィルタ28を透過した露光光の実効的な積算光量は、図20に曲線208(実線参照)で示すような一定値 q_6 になる。

このように、本変形例によれば、光減衰フィルタ28の透過率分布を、比較例の実効的な積算光量に対して、最適化を図ることによって、露光むらを除去することが可能になる。

【0088】

なお、上記各実施形態の説明では、露光装置において、光源、絞り部材、および投影光学系(以下、露光部と称する)が固定され、露光用フォトマスクおよび露光対象物(以下、被露光物と称する)が移動することによって走査露光が行われる場合の例で説明した。しかし、走査露光は、露光部と、被露光物と、が走査方向(Y方向、第1の方向)に相対移動して、相対走査が行われればよい。したがって、露光装置において、露光部が走査方向に移動し、被露光物が固定されていてもよい。さらに、露光装置において、露光部および被露光物がそれぞれ移動してもよい。

【0089】

上記各実施形態の説明では、第1の方向と第2の方向とが互いに直交する場合の例で説明した。しかし、第1の方向と第2の方向とは、平面上において互いに交差する方向であればよく、交差角は直角には限定されない。

【0090】

上記各実施形態の説明では、フォトマスク1が第1の駆動部10によって移動され、被露光体6がベース7を移動する第2の駆動部11によって移動される場合の例で説明した。しかし、フォトマスク1とベース7とは1つの駆動部によって走査方向に移動されてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 1 】

上記各実施形態の説明では、視野絞り 3、4 が、投影光学系の全体に重なる 1 枚の 1 枚のアパーチャからなる場合の例で説明した。しかし、視野絞り 3、4 は、投影光学系の N A の範囲に開口部を形成し、開口部を透過する光以外を投影光学系に入射させない構成であれば、2 以上のアパーチャの組み合わせによって構成されてもよい。

【 0 0 9 2 】

上記各実施形態の説明では、光透過量低減部材が、投影光学系と露光対象物との間に配置される場合の例で説明した。しかし、光透過量低減部材は、光源から露光対象物までの間であれば、どの位置に配置されていてもよい。

【 0 0 9 3 】

上記第 1 の実施形態の説明では、投影光学ユニット 5 が、X 方向における被露光体 6 の全幅を露光する場合の例で説明した。しかし、単一のフォトマスク 1 によって、被露光体 6 の露光パターンを露光できれば、投影光学ユニット 5 は、X 方向の一部を覆う大きさでもよい。この場合、露光装置 100 における Y 方向の走査露光を、X 方向にずらして複数回行うことによって、被露光体 6 の全体が露光される。

【 0 0 9 4 】

以上、本発明の好ましい各実施形態を説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されることはない。本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、構成の付加、省略、置換、およびその他の変更が可能である。

また、本発明は前述した説明によって限定されることはなく、添付の特許請求の範囲によってのみ限定される。

【 符号の説明 】

【 0 0 9 5 】

- 1 フォトマスク（露光用フォトマスク）
- 2 照明光源（光源）
- 3、4 視野絞り（絞り部材）
- 3 A、4 A 第 1 開口部（開口部）
- 3 B、4 B 第 2 開口部（開口部）
- 5、15、25 投影光学ユニット
- 5 A 第 1 列投影光学系（投影光学系）
- 5 B 第 2 列投影光学系（投影光学系）
- 6 被露光体（露光対象物）
- 8、18、28 光減衰フィルタ（光透過量減衰部材）
- 8 a、18 a 減光部（均一濃度フィルタ）
- 28 a 第 1 減光部（第 1 の光透過量低減部、均一濃度フィルタ）
- 28 b 第 2 減光部（第 2 の光透過量低減部、傾斜濃度フィルタ）
- 28 c 第 3 減光部（第 2 の光透過量低減部、傾斜濃度フィルタ）
- 100、110、120 露光装置
- A_C 複合露光領域
- A_S、A_{S1}、A_{S2} 単独露光領域
- I_{5A}、I_{8A} 第 1 の光像
- I_{5B}、I_{8B} 第 2 の光像
- L_{2A}、L_{2B}、L_{5A}、L_{5B}、L_{15A}、L_{15B}、L_{25A}、L_{25B}、 露光光
- M₁、M₂ 光量補正領域
- m₁ 第 1 の光量補正領域
- m₂ 第 2 の光量補正領域
- O₃、O₄ 軸線（第 2 の軸線）
- O₅ 軸線（第 1 の軸線）
- P マスクパターン
- r_C 複合開口領域

r_s 单独開口領域

【図 1】

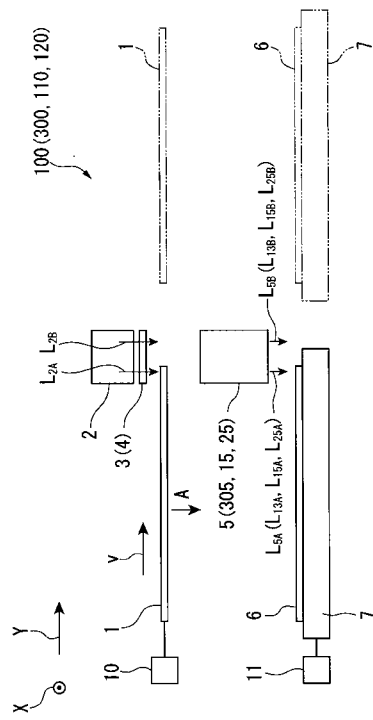


図 1

【図 2】

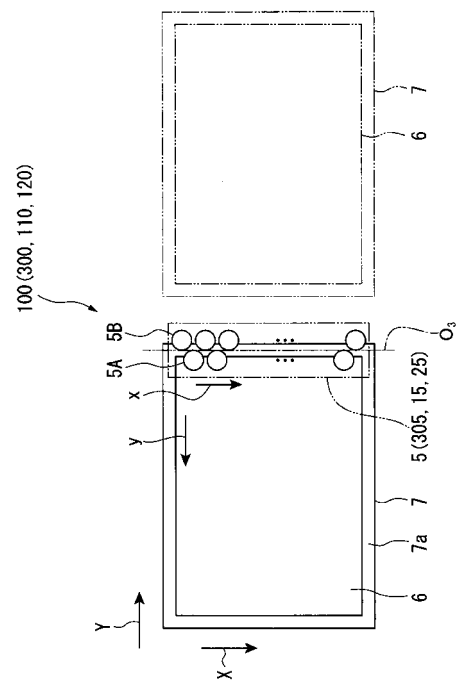


図 2

【図 7】

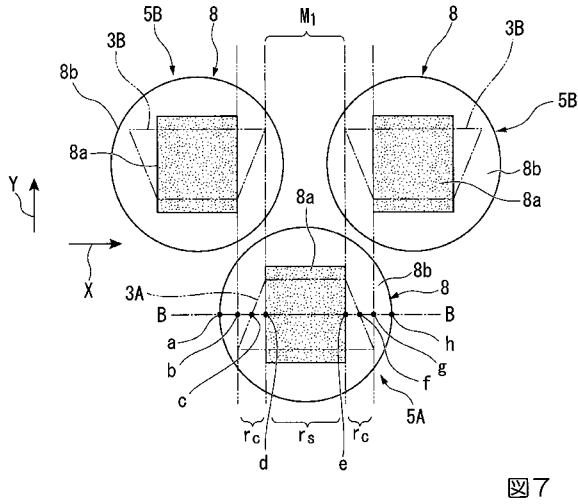


図 7

【図 8】

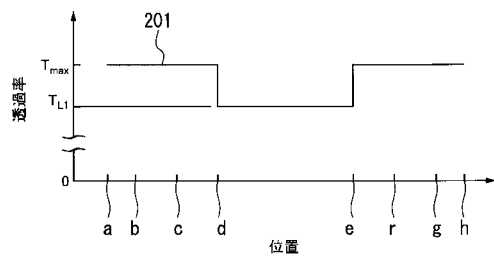


図 8

【図 10】

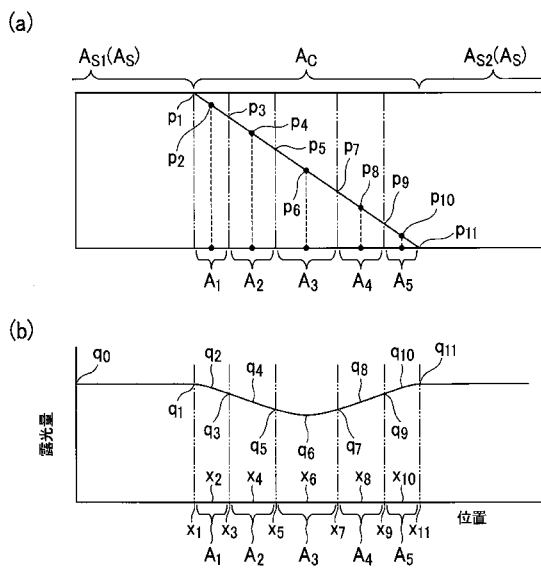


図 10

【図 9】

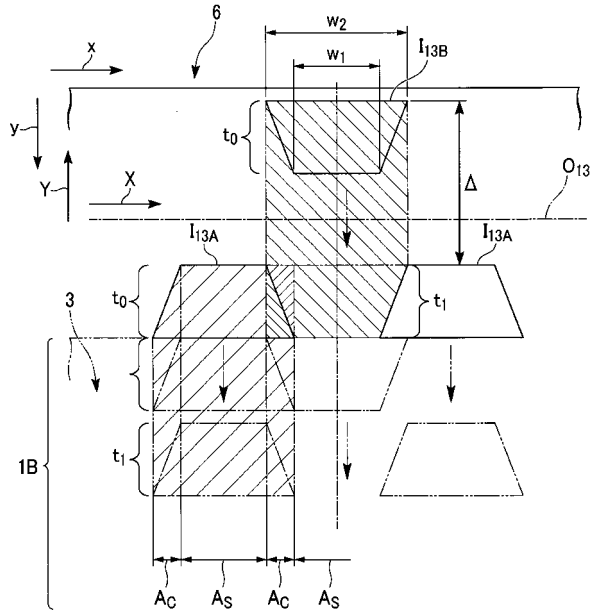


図 9

【図 11】

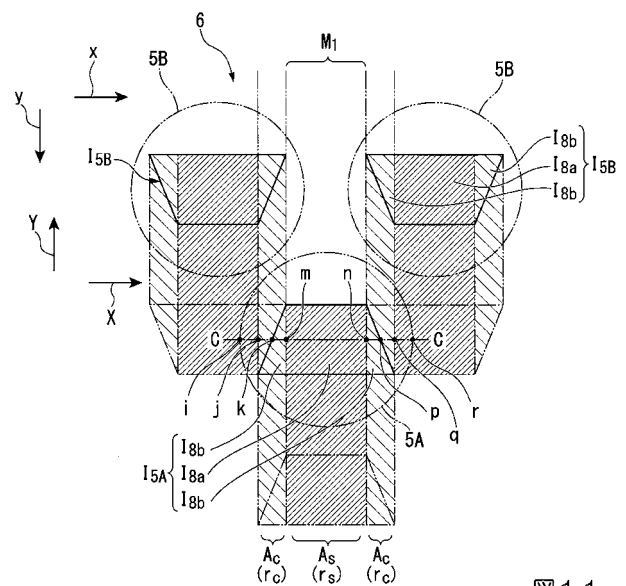


図 11

【図 19】

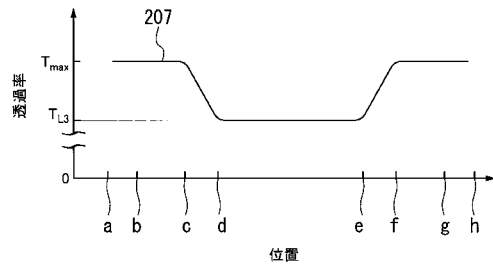


図19

【図 20】

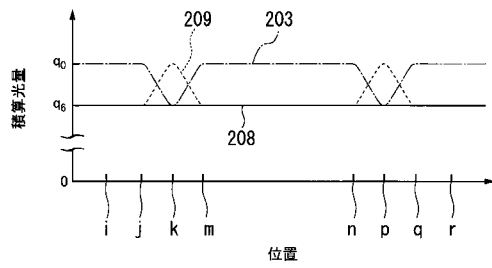


図20

フロントページの続き

(72)発明者 奥村 哲人

東京都台東区台東 1 丁目 5 番 1 号 凸版印刷株式会社内

F ターム(参考) 2H052 BA02 BA09 BA12

2H197 AA07 AA09 AB02 BA04 BA05 BA09 BA11 BA16 CB11 CB16

CB25 CC11 CC12 CC16 CD12 CD13 CD15 CD45 DA02 DB06

DB23 DC02 FB03 HA05 HA08 JA22 JA24