

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7663120号
(P7663120)

(45)発行日 令和7年4月16日(2025.4.16)

(24)登録日 令和7年4月8日(2025.4.8)

(51)国際特許分類		F I			
G 0 3 F	7/20 (2006.01)	G 0 3 F	7/20	5 0 1	
G 0 2 F	1/13 (2006.01)	G 0 2 F	1/13	1 0 1	

請求項の数 13 (全26頁)

(21)出願番号	特願2023-513020(P2023-513020)	(73)特許権者	000004112 株式会社ニコン 東京都品川区西大井一丁目5番20号
(86)(22)出願日	令和4年4月5日(2022.4.5)	(74)代理人	100161207 弁理士 西澤 和純
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/017093	(74)代理人	100140774 弁理士 大浪 一徳
(87)国際公開番号	WO2022/215690	(74)代理人	100175824 弁理士 小林 淳一
(87)国際公開日	令和4年10月13日(2022.10.13)	(72)発明者	加藤 正紀 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内
審査請求日	令和5年10月5日(2023.10.5)	(72)発明者	水野 恭志 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内
(31)優先権主張番号	特願2021-66818(P2021-66818)		
(32)優先日	令和3年4月9日(2021.4.9)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 露光装置、デバイス製造方法およびフラットパネルディスプレイの製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1露光パターンが露光された基板を走査方向に移動させながら、第2露光パターンを重ねて露光する露光装置であって、

複数の素子を有し露光パターンに応じて前記複数の素子が制御される空間光変調器と、前記空間光変調器を照明する照明光学系と、前記空間光変調器の像を前記基板へ投影する投影光学系と、を有する露光ユニットと、

前記第2露光パターンに応じて前記複数の素子を制御する制御データを生成するデータ生成部と、

前記露光ユニットにより前記第2露光パターンを前記基板上に露光する前に、前記第1露光パターンと共に露光されたマークを計測する計測系と、

前記計測系による前記マークの計測結果に応じて、前記投影光学系、前記空間光変調器、および前記データ生成部の少なくとも何れか1つを制御し、前記投影光学系による前記基板上の投影位置を制御する制御部と、

前記第2露光パターンが露光された前記基板に対して重ね露光を行う露光機に関する情報であって、前記露光機のアライメント顕微鏡の配置に関する配置情報を受信する受信部と、を備え、

前記データ生成部は、前記配置情報に基づいて、前記アライメント顕微鏡が観察できる位置にアライメントマークを前記基板上に形成するよう前記制御データを補正し、

前記露光ユニットは、複数設けられ、複数に分割された前記第2露光パターンをそれぞれ

10

20

れ前記基板上に露光し、

前記制御部は、前記露光ユニットごとに、前記投影位置を制御する、露光装置。

【請求項 2】

前記制御部は、前記データ生成部を制御し、前記計測結果に基づいて前記制御データを補正する、請求項 1 に記載の露光装置。

【請求項 3】

前記制御部は、前記空間光変調器を照明する前記照明光学系の照明光に対して、前記空間光変調器を相対的に移動させる、請求項 1 または 2 に記載の露光装置。

【請求項 4】

前記制御部は、前記投影光学系内の光学素子を一部移動させる、請求項 1 または 2 に記載の露光装置。 10

【請求項 5】

前記第 1 露光パターンの露光方向と前記走査方向とが略平行となる向きで搬送された前記基板を保持可能な基板ステージを備える、請求項 1 または 2 に記載の露光装置。

【請求項 6】

第 1 露光パターンが露光された基板を走査方向に移動させながら、第 2 露光パターンを重ねて露光する露光装置であって、

複数の素子を有し露光パターンに応じて前記複数の素子が制御される空間光変調器と、前記空間光変調器を照明する照明光学系と、前記空間光変調器の像を前記基板へ投影する投影光学系と、を有する露光ユニットと、 20

前記第 2 露光パターンに応じて前記複数の素子を制御する制御データを生成するデータ生成部と、

前記第 1 露光パターンの露光方向と前記走査方向とが交差する向きで搬送された前記基板を保持する基板ステージと、

前記露光ユニットにより前記第 2 露光パターンを前記基板上に露光する前に、前記第 1 露光パターンと共に露光されたマークを計測する計測系と、

前記基板ステージを前記露光ユニットに対して前記走査方向へ相対移動させ、前記計測系による前記マークの計測結果に応じて、前記第 2 露光パターンを前記第 1 露光パターンを重ねて露光する駆動部と、

前記第 2 露光パターンが露光された前記基板に対して重ね露光を行う露光機に関する情報であって、前記露光機のアライメント顕微鏡の配置に関する配置情報を受信する受信部と、を備え、 30

前記データ生成部は、前記配置情報に基づいて、前記アライメント顕微鏡が観察できる位置にアライメントマークを前記基板上に形成するよう前記制御データを補正する、露光装置。

【請求項 7】

前記露光ユニットは、複数設けられ、複数に分割された前記第 2 露光パターンをそれぞれ前記基板上に露光する、請求項 6 に記載の露光装置。

【請求項 8】

前記計測系は、前記走査方向と交差する非走査方向に間隔をあけて複数設けられ、 40

前記計測系は、前記第 1 露光パターンの露光方向が前記走査方向と平行な向きで搬送された前記基板上の前記マークを計測可能な第 1 計測系と、前記第 1 露光パターンの露光方向が前記走査方向と交差する向きで搬送された前記基板上の前記マークを計測可能な第 2 計測系と、を有する請求項 6 または 7 に記載の露光装置。

【請求項 9】

前記データ生成部は、前記計測系および前記アライメント顕微鏡のどちらか一方で観察できる位置にアライメントマークを前記基板上に形成するよう前記制御データを補正する、請求項 6 に記載の露光装置。

【請求項 10】

前記計測系は、前記走査方向に交差する非走査方向に関して所定間隔を置いて設けられ 50

る第3計測系と第4計測系とを有し、

前記第3計測系と前記第4計測系とは、前記所定間隔を変更させ、前記マークを計測可能な位置へ移動可能である、請求項1、2、6、7のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項11】

複数の素子を有し露光パターンに応じて前記複数の素子が制御される空間光変調器と、前記空間光変調器を照明する照明光学系と、前記空間光変調器の像を基板へ投影する投影光学系と、を有する露光ユニットと、

前記露光パターンに応じて前記複数の素子を制御する制御データを生成するデータ生成部と、

前記露光パターンが露光された前記基板に対して重ね露光を行う露光機に関する情報であって、前記露光機のアライメント顕微鏡の配置に関する配置情報を受信する受信部と、を備え、

10

前記データ生成部は、前記配置情報に基づいて、前記アライメント顕微鏡が観察できる位置にアライメントマークを前記基板上に形成するよう前記制御データを補正する露光装置。

【請求項12】

請求項1、2、6、7、11のいずれか一項に記載の露光装置を用いて前記基板を露光することと、

露光された前記基板を現像することと、を含むデバイス製造方法。

【請求項13】

20

請求項1、2、6、7、11のいずれか一項に記載の露光装置を用いてフラットパネルディスプレイ用の前記基板を露光することと、

露光された前記基板を現像することと、を含むフラットパネルディスプレイの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、露光装置、デバイス製造方法およびフラットパネルディスプレイの製造方法に関する。

本願は、2021年4月9日に出願された日本国特願2021-066818号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

30

【背景技術】

【0002】

従来、光学系を介して基板に照明光を照射する露光装置として、空間光変調器を利用して変調した光を投影光学系に通し、この光による像を基板に塗布されているレジスト上に結像させて露光する露光装置が知られている（例えば特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2007-108559号公報

【発明の概要】

40

【0004】

本発明の一態様は、第1露光パターンが露光された基板を走査方向に移動させながら、第2露光パターンを重ねて露光する露光装置であって、複数の素子を有し露光パターンに応じて前記複数の素子が制御される空間光変調器と、前記空間光変調器を照明する照明光学系と、前記空間光変調器の像を前記基板へ投影する投影光学系と、を有する露光ユニットと、前記第2露光パターンに応じて前記複数の素子を制御する制御データを生成するデータ生成部と、前記露光ユニットにより前記第2露光パターンを前記基板上に露光する前に、前記第1露光パターンと共に露光されたマークを計測する計測系と、前記計測系による前記マークの計測結果に応じて、前記投影光学系、前記空間光変調器、および前記データ生成部の少なくとも何れか1つを制御し、前記投影光学系による前記基板上の投影位置

50

を制御する制御部と、前記第2露光パターンが露光された前記基板に対して重ね露光を行う露光機に関する情報であって、前記露光機のアライメント顕微鏡の配置に関する配置情報を受信する受信部と、を備え、前記データ生成部は、前記配置情報に基づいて、前記アライメント顕微鏡が観察できる位置にアライメントマークを前記基板上に形成するよう前記制御データを補正し、前記露光ユニットは、複数設けられ、複数に分割された前記第2露光パターンをそれぞれ前記基板上に露光し、前記制御部は、前記露光ユニットごとに、前記投影位置を制御する、露光装置である。

【0005】

本発明の他の一態様は、第1露光パターンが露光された基板を走査方向に移動させながら、第2露光パターンを重ねて露光する露光装置であって、複数の素子を有し露光パターンに応じて前記複数の素子が制御される空間光変調器と、前記空間光変調器を照明する照明光学系と、前記空間光変調器の像を前記基板へ投影する投影光学系と、を有する露光ユニットと、前記第2露光パターンに応じて前記複数の素子を制御する制御データを生成するデータ生成部と、前記第1露光パターンの露光方向と前記走査方向とが交差する向きで搬送された前記基板を保持する基板ステージと、前記露光ユニットにより前記第2露光パターンを前記基板上に露光する前に、前記第1露光パターンと共に露光されたマークを計測する計測系と、前記基板ステージを前記露光ユニットに対して前記走査方向へ相対移動させ、前記計測系による前記マークの計測結果に応じて、前記第2露光パターンを前記第1露光パターンに重ねて露光する駆動部と、前記第2露光パターンが露光された前記基板に対して重ね露光を行う露光機に関する情報であって、前記露光機のアライメント顕微鏡の配置に関する配置情報を受信する受信部と、を備え、前記データ生成部は、前記配置情報に基づいて、前記アライメント顕微鏡が観察できる位置にアライメントマークを前記基板上に形成するよう前記制御データを補正する、露光装置である。

【0006】

本発明の他の一態様は、複数の素子を有し露光パターンに応じて前記複数の素子が制御される空間光変調器と、前記空間光変調器を照明する照明光学系と、前記空間光変調器の像を前記基板へ投影する投影光学系と、を有する露光ユニットと、前記露光パターンに応じて前記複数の素子を制御する制御データを生成するデータ生成部と、前記露光パターンが露光された前記基板に対して重ね露光を行う露光機に関する情報を受信する受信部と、を備え、前記データ生成部は、前記情報に基づいて、前記制御データを補正する。

【0007】

本発明の一態様は、上述した露光装置を用いて前記基板を露光することと、露光された前記基板を現像することと、を含む。

【0008】

本発明の一態様は、上述した露光装置を用いてフラットパネルディスプレイ用の基板を露光することと、露光された前記基板を現像することと、を含む。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】実施形態に係る露光装置の構成を示す斜視図である。

【図2】露光装置の概略構成を示す側面図である。

【図3】露光装置の照明・投影モジュールの概略構成を示す側面図である。

【図4】空間光変調素子のON/OFF動作を示す斜視図である。

【図5A】空間光変調素子の動作を示す図であって、電源OFF状態の図である。

【図5B】空間光変調素子の動作を示す図であって、空間光変調素子のON状態の図である。

【図5C】空間光変調素子の動作を示す図であって、空間光変調素子のOFF状態の図である。

【図6】基板ステージに設けられる第1アライメント系の概略構成を示す側面図である。

【図7】マスク露光機の概略構成を示す斜視図である。

【図8】マスク露光機のスキャンレイアウトの図を示している。

【図9A】露光装置におけるモジュールエリアを示す図である。

【図9B】露光装置におけるモジュールエリアを示す図である。

10

20

30

40

50

【図 1 0】マスク露光機と露光装置による基板の露光状態を示した平面図である。

【図 1 1 A】図 1 0 において 1 s t 露光と 2 n d 露光とを同方向に重ね合わせ露光を行ったレイアウトであって、回転誤差が発生していない図である。

【図 1 1 B】図 1 0 において 1 s t 露光と 2 n d 露光とを同方向に重ね合わせ露光を行ったレイアウトであって、回転誤差が発生した図である。

【図 1 2】露光装置による基板を回転させて露光状態を示した平面図である。

【図 1 3 A】図 1 2 において 1 s t 露光と 2 n d 露光とを同方向に重ね合わせ露光を行ったレイアウトであって、回転誤差が発生していない図である。

【図 1 3 B】図 1 2 において 1 s t 露光と 2 n d 露光とを同方向に重ね合わせ露光を行ったレイアウトであって、回転誤差が発生した図である。

10

【図 1 4】第 1 実施例によるマスク露光時のアライメント顕微鏡の位置を示した平面図である。

【図 1 5】第 1 実施例による重ね合わせ露光時のアライメント顕微鏡の位置を示した平面図である。

【図 1 6】第 2 実施例による重ね合わせ露光時のアライメント顕微鏡の位置を示した平面図である。

【発明を実施するための形態】

【0 0 1 0】

以下、図面を参照しながら実施形態について詳しく説明する。

図 1 は、本実施形態に係る露光装置の一例を示す斜視図である。露光装置 1 は、光学系を介して基板 1 0 に照明光を照射する装置である。露光装置 1 は、空間光変調器 7 5 (図 2 参照) で変調した光を投影光学系 (後述する投影モジュール 7 B) に通し、この光による像を感光材料 (レジスト) 上に結像させて露光するものである。基板 1 0 は、表面に例えばレジストを塗布したディスプレイ用のガラス基板である。

20

【0 0 1 1】

図 1 に示すように、露光装置 1 は、基板 1 0 を支持する基板ステージ 4 と、基板 1 0 に対して所定の露光パターンを露光するために走査露光を行う露光装置本体 2 と、基板ステージ 4 へ基板 1 0 を搬送・載置するための基板交換部 3 と、を備えている。

【0 0 1 2】

ここで、基板 1 0 に対する走査露光時に基板ステージ 4 が移動される方向を第 1 方向 X 1 で示す。第 1 方向に直交 (交差) する方向を第 2 方向 X 2 とする。また、第 1 方向 X 1 と第 2 方向 X 2 とに直交する方向を第 3 方向 X 3 とする。

30

【0 0 1 3】

基板ステージ 4 は、平面視で矩形の基板 1 0 を保持する。

【0 0 1 4】

図 1 及び図 2 に示すように、露光装置本体 2 は、露光ユニット 2 0 と、光学定盤 2 1 と、アライメント系 5 と、オートフォーカス系 2 3 と、を有している。露光ユニット 2 0 は、上述した空間光変調器 7 5 を内蔵しており、光源 6 1 から光が供給され、予め設定された露光パターンで光を照射するものである。

【0 0 1 5】

露光ユニット 2 0 は、コラム 2 2 によって固定される光学定盤 2 1 によって支持されている。光学定盤 2 1 は、平板状に形成され、基板ステージ 4 を載置させた第 1 方向 X 1 に延びるベースプレート 1 1 を跨ぐように設けられた門型のコラム 2 2 の上部に固定されている。光学定盤 2 1 は、ベースプレート 1 1 の第 1 方向 X 1 の中央部分に配置されている。

40

【0 0 1 6】

ベースプレート 1 1 は、床面に複数の防振台 1 1 1 を介して設置されている。ベースプレート 1 1 は、第 1 方向 X 1 に延びた基盤であり、上面 1 1 a に後述する基板ステージ 4 が搭載されている。ベースプレート 1 1 の上面 1 1 a には、第 1 方向 X 1 に沿って基板ステージ 4 を案内する案内ガイド (図示省略) が設けられている。

【0 0 1 7】

50

コラム 2 2 は、第 2 方向 X 2 に延びる一对の横架材 2 2 1 と、横架材 2 2 1 の両端から下方に延びてベースプレート 1 1 に連結される脚部 2 2 2 と、を有している。なお、脚部 2 2 2 には、光学定盤 2 1 に搭載される荷重がかかることから、ベースプレート 1 1 と脚部 2 2 2 との連結部に防振台（図示省略）を配置してもよい。横架材 2 2 1 の上面には、3 つの V 溝が適宜な位置に形成されている。光学定盤 2 1 は、一对の横架材 2 2 1 上に上面 2 1 a を水平方向に向けた状態で 3 点のボールを介して前記 V 溝に載置される。

【 0 0 1 8 】

光学定盤 2 1 には、後述する照明・投影モジュール 7、A F 系 2 3、第 2 アライメント系 5 B が搭載されている。そして、光学定盤 2 1 には、露光光を基板 1 0 上に導くために、厚さ方向に貫通する複数の第 1 貫通孔 2 1 b（図 2 参照）が設けられている。光学定盤 2 1 のコラム 2 2 に対する固定方法は、剛性を確保できる手法であれば適宜適用可能である。

10

【 0 0 1 9 】

基板ステージ 4 は、後述する投影モジュール 7 B を介して投影される露光パターンの複数の部分像に対して基板 1 0 を高精度に位置決めするためのものである。基板ステージ 4 は 6 自由度（第 1 方向 X 1、第 2 方向 X 2、第 3 方向 X 3 と、各軸 X 1、X 2、X 3 回りに回転する X 1、X 2 及び X 3 方向）に駆動する。

【 0 0 2 0 】

図 1 及び図 2 に示すように、基板ステージ 4 は、平板形状に形成され、上面 4 a で例えば真空吸着等の方法により基板 1 0 を吸着保持する。

20

基板ステージ 4 は、ベースプレート 1 1 上の不図示の案内ガイドに案内され、干渉計 5 3 やエンコーダによって基板ステージ 4 の位置を計測、制御し、第 1 方向 X 1 や第 2 方向 X 2 へ移動される。このときの基板ステージ 4 の移動機構としては、例えば、エアーにより基板ステージ 4 を浮上させるとともに磁力によって移動させるリニアモータ方式等を採用することができる。

【 0 0 2 1 】

基板ステージ 4 の移動経路は、露光ユニット 2 0 の下方を通過するように設定されている。すなわち、基板ステージ 4 は、露光ユニット 2 0 による光の照射位置に搬送され、その照射位置を通過させるように構成されている。そして、基板ステージ 4 が露光ユニット 2 0 を通過する過程で、露光ユニット 2 0 によって形成した像の露光パターンが基板 1 0 に露光される。

30

【 0 0 2 2 】

図 1 に示すように、基板ステージ 4 の上面 4 a には、基板 1 0 を交換する際に使用される複数の交換ピン（図示省略）が上下方向（第 3 方向 X 3）に出没可能に設けられている。これら交換ピンは、基板ステージ 4 の上面 4 a のうち基板 1 0 が配置される領域において、第 1 方向 X 1 と第 2 方向 X 2 に所定の間隔をあけて配列されている。交換ピンが上方に突出すると、ピン先端に基板 1 0 の下面が支持された状態となる。すなわち、交換ピンを出没させることにより基板 1 0 を上昇、下降させることができる。交換ピンにおける上面 4 a からの突出長は、少なくとも後述する交換アーム 3 A の基板支持部 3 1 が上昇した基板 1 0 の下方に進出可能な長さに設定されている。

40

【 0 0 2 3 】

図 1 に示すように、基板交換部 3 は、基板ステージ 4 上の露光済み基板 1 0 を基板ステージ 4 の外方へ搬出し、次に露光する基板 1 0 を露光済み基板 1 0 が搬出された基板ステージ 4 上へ搬入する。基板交換部 3 は、基板ステージ 4 上の基板 1 0 を高速で交換するための交換アーム 3 A を備えている。交換アーム 3 A は、基板 1 0 を基板ステージ 4 に対して搬入させる搬入アームと、基板 1 0 を搬出させる搬出アームとが設けられている。交換アーム 3 A は、アーム先端に基板支持部 3 1 を有している。交換アーム 3 A は、基板ステージ 4 の第 2 方向 X 2 の側方に配置され、第 1 方向 X 1、第 2 方向 X 2、及び第 3 方向 X 3 に移動可能に設けられている。交換アーム 3 A は、第 2 方向 X 2 に移動させて基板支持部 3 1 を基板 1 0 の下方に進出させ、さらに上昇させることで基板 1 0 を下方から支持し

50

、さらに第2方向×2で基板ステージ4から離れる方向に移動することで、基板10を基板ステージ4上から取り出す動作を行うことができる。

【0024】

基板10は、感光性のレジストを塗布されて露光装置1内に搬入され、交換アーム3Aによって基板ステージ4に設けられる複数の前記交換ピン上に載置される。そして、交換ピンを降下させ、基板ステージ4上の基板ホルダに吸着させて保持される。

【0025】

図2は、露光ユニット20の構成を示した図である。

図2に示すように、露光ユニット20は、光源ユニット6(図1参照)と、光源ユニット6の光源61と光源61からの光とを空間光変調器75(後述する)を用いて露光するための照明・投影モジュール7と、を備えている。

10

【0026】

図1に示すように、光源ユニット6は、一対で設けられている。光源ユニット6としては、干渉性の高いレーザを光源61とする光源ユニット、半導体レーザタイプのUV-LDのような光源61を用いた光源ユニット、およびレンズリレー式のリターダによる光源ユニットを採用することができる。すなわち、光源61は、405nmや365nmといった波長を出射するランプやレーザダイオードとされる。

【0027】

図3に示すように、照明・投影モジュール7の光学系は、照明モジュール7Aと、投影モジュール7Bと、変調部7Cと、を備えている。

20

【0028】

照明モジュール7Aは、投影モジュール7Bと一対の関係で同数である。照明モジュール7Aは、レーザ光Lを光ファイバ71にて照明モジュール7A内に取り込み、コリメートレンズ721、フライアイレンズ723、及びメインコンデンサーレンズ724によって空間光変調器75に対してレーザ光Lをほぼ均一に照明する。

【0029】

照明モジュール7Aには、光ファイバ71を射出したレーザ光Lに対して、照明モジュール7A及び投影モジュール7B毎に高速にON/OFFできるモジュールシャッタ73が配置されている。

【0030】

照明モジュール7Aは、図1に示す光源ユニット6の光源61から出力されたレーザ光Lを露光用照明光として空間光変調器75に入射させるものである。照明モジュール7Aは、上述したように、光ファイバ71と、コリメートレンズ721と、照明ウェッジ722と、フライアイレンズ723と、メインコンデンサーレンズ724と、を備えている。光ファイバ71は、例えば石英のファイバが用いられる。光源61の出力光(レーザ光L)は、光ファイバ71で導かれてコリメートレンズ721に入射される。コリメートレンズ721は、光ファイバ71から出射して広がる光を平行光に変換して出射する。照明ウェッジ722は、光ファイバ71から射出される光の強度(パワー)を調整する。コリメートレンズ721を通過した光は、フライアイレンズ723と、メインコンデンサーレンズ724を通過してミラー725によって反射され、所定の反射角度で空間光変調器75に入射する。なお、照明モジュール7Aと光源ユニット6とは、両者により空間光変調素子75を照明するものであるとも考えられ、2つを併せて照明系と表現をしてもよい。

30

40

【0031】

変調部7Cは、照明光を変調しパターンを作るものであり、空間光変調器75とOFF光吸収板74とを備える。空間光変調器75は、一例としてデジタルミラーデバイスが採用されている。空間光変調素子75は、複数の素子(デジタルミラーデバイスではミラー)を備えている。空間光変調器75は、個々のミラーの駆動を必要とするため、連続光よりも一定周期のパルス発光や、所定の間だけパルスの発光可能な光源であることが好ましい。

【0032】

50

図 4 に示すように、空間光変調器 7 5 は、第 1 方向 X 1、第 2 方向 X 2 に移動可能なステージに保持され、例えば基板ステージ 4 の目標値に対する偏差分の補正を行っている。

【 0 0 3 3 】

図 5 A は空間光変調器 7 5 の電源が OFF の状態を示している。図 5 B に示す空間光変調器 7 5 は、x 2 軸回りにミラーを傾斜させることにより照明モジュール 7 A からの基板 1 0 に向けて光を反射させる ON 状態を示している。また、図 5 C に示す空間光変調器 7 5 は、x 1 軸回りにミラーを傾斜させることで照明モジュール 7 A からの光を OFF 光 L 2 とし、基板 1 0 ではなく OFF 光吸収板 7 4 へ光を導く OFF 状態を示している。このように、空間光変調器 7 5 は、個々のミラーの ON 状態と OFF 状態とを制御データに基づいてミラー毎に制御し、パターンを形成することができる。

10

【 0 0 3 4 】

図 2 に示すように、投影モジュール 7 B は、光学定盤 2 1 に支持され、変調部 7 C である空間光変調器 7 5 の下方に配置されている。図 3 に示すように、空間光変調器 7 5 の 1 画素を所定の大きさに投影するための倍率を調整する倍率調整部 7 6 と、レンズの第 3 方向 X 3 への駆動によるフォーカスを調整するフォーカス調整部 7 7 と、を備えている。投影モジュール 7 B は、パターンの像を基板 1 0 上に投影、露光、形成するものである。

【 0 0 3 5 】

倍率調整部 7 6 では、一部のレンズを駆動することによる倍率を若干補正することを可能としている。倍率調整部 7 6 は、空間光変調器 7 5 からの像を例えば 1 / 2 倍から 1 / 1 0 倍に縮小してフォーカス調整部 7 7 上に投影する倍率調整レンズ 7 6 1 を備えている。

20

なお、倍率調整部 7 6 の倍率調整としては、縮小に限らず拡大であってもよい。フォーカス調整部 7 7 は、倍率調整部 7 6 の像をスポット状に集光して焦点面である基板面 1 0 a 上に投影する複数のフォーカスレンズ 7 7 1 を備えている。

【 0 0 3 6 】

図 2 に示すように、投影モジュール 7 B は、光学定盤 2 1 において第 1 方向 X 1 に沿って複数列設けられている。

【 0 0 3 7 】

図 2 に示すように、光学定盤 2 1 には、第 1 方向 X 1 に関して、投影モジュール 7 B を挟んだ両側にオートフォーカス系 2 3 が配置されている（図 7 参照）。オートフォーカス系 2 3 は、基板 1 0 の走査方向（第 1 方向 X 1）に関わらず、露光処理に先行して基板 1 0 の X 3 方向の位置を計測することができる。フォーカス調整部 7 7 は、オートフォーカス系 2 3 の計測結果に基づいて、フォーカスレンズ 7 7 1 を駆動し、空間光変調素子 7 5 のパターン像のフォーカスを調整する。

30

【 0 0 3 8 】

図 2 に示すように、光学定盤 2 1 には、第 1 方向 X 1 で投影モジュール 7 B を挟んだ両側にオートフォーカス系 2 3 が配置されている（図 7 参照）。オートフォーカス系 2 3 は、基板 1 0 の走査方向（第 1 方向 X 1）に関わらずに先行して計測できるようにしたものである。

【 0 0 3 9 】

図 2 及び図 6 に示すように、アライメント系 5 は、基板ステージ 4 に設けられる第 1 アライメント系 5 A（図 6 参照）と、光学定盤 2 1 に設けられる第 2 アライメント系 5 B（図 2 参照）と、を備えている。

40

【 0 0 4 0 】

図 6 に示すように、第 1 アライメント系 5 A は、基板ステージ 4 の所定の位置に埋設されている。第 1 アライメント系 5 A は、基板ステージ 4 に対する不図示のホルダに吸着されている基板 1 0 の位置を計測するものである。第 1 アライメント系 5 A は、基板ステージ 4 の少なくとも四隅に配置されている。基板ステージ 4 には、第 1 アライメント系 5 A が設けられる四隅の箇所に通孔 4 2 が設けられている。

【 0 0 4 1 】

第 1 アライメント系 5 A は、基板ステージ 4 の通孔 4 2 内に配置されたレンズ 5 1 1

50

と、レンズ 5 1 1 の下方に配置され計測光を基板ステージ 4 上の所定位置に載置された基板 1 0 のアライメントマーク 1 2 に向けて照射する L E D のような光源 5 1 3 と、アライメントマーク 1 2 に反射する光を検出する測定部 5 1 2 と、を有している。

【 0 0 4 2 】

第 1 アライメント系 5 A では、基板ステージ 4 上に基板 1 0 が載置された場合に、基板 1 0 の例えば四隅の位置を計測して、X 1 方向位置、X 2 方向位置、回転量 (X 3)、X 1 方向の縮小 / 拡大倍率、X 2 方向の縮小 / 拡大倍率、直交度の 6 つのパラメータ (位置情報) を計測することにより算出できる。

なお、基板ステージ 4 における第 1 アライメント系 5 A の配置としては、上述したように四隅であることに制限されることはない。例えば、基板 1 0 の非線形形状などのプロセス起因で発生する場合には、4 箇所 × 4 列など相当数の第 1 アライメント系 5 A が配置される。

10

【 0 0 4 3 】

第 1 アライメント系 5 A は、オフ軸シスのアライメント系である。第 1 アライメント系 5 A は、撮像を行う C C D、もしくは C M O S の画素を基準に基板 1 0 のアライメントマーク 1 2 を計測する。

【 0 0 4 4 】

また、図 2 に示すように、基板ステージ 4 には、校正用計測系 5 2 と、基板ステージ 4 の位置を計測する干渉計 5 3 と、照度計測機 5 4 と、を有している。校正用計測系 5 2 と、干渉計 5 3 と、照度計測機 5 4 とは、基板 1 0 の露光中又は露光前に、露光ユニット 2

20

の光に関する情報を取得する取得部である。校正用計測系 5 2 は、各種複数のモジュールの位置の計測及び校正のために使用される。校正用計測系 5 2 は、光学定盤 2 1 上に配置された第 2 アライメント系 5 B の校正にも用いられる。

【 0 0 4 5 】

このように本実施形態の露光装置 1 では、露光を行う空間光変調器 7 5 で生成されるパターンの結像位置を基板ステージ 4 内の第 1 アライメント系 5 A で計測することで、基板ステージ 4 の位置を計測する干渉計 5 3 とアライメント系 5 との画像位置により結像系に対する基板ステージ 4 における第 1 アライメント系 5 A の位置を計測できる。

【 0 0 4 6 】

また、図 2 に示すように、光学定盤 2 1 には、基板ステージ 4 の上方の位置に第 2 アライメント系 5 B が配置されている。

30

第 2 アライメント系 5 B は、基板ステージ 4 に対する不図示のホルダに吸着されている基板 1 0 の位置を計測するものである。第 2 アライメント系 5 B は、光学定盤 2 1 を厚さ方向に貫通して設けられる第 2 貫通孔 2 1 c に配置されている。

【 0 0 4 7 】

第 2 アライメント系 5 B は、光学定盤 2 1 の第 2 貫通孔 2 1 c の下方に配置されたレンズ 5 5 1 と、レンズ 5 5 1 の上方に配置されて基板ステージ 4 上の所定位置に載置された基板 1 0 のアライメントマーク 1 2 に向けて計測光を照射する光センサ 5 5 2 と、アライメントマーク 1 2 に反射する光を検出する測定部 5 5 3 と、を有している。

40

第 2 アライメント系 5 B は、第 1 アライメント系 5 A と同様に、基板ステージ 4 上に基板 1 0 が載置された場合に、基板 1 0 に関する、X 1 方向位置、X 2 方向位置、回転量 (X 3)、X 1 方向の縮小 / 拡大倍率、X 2 方向の縮小 / 拡大倍率、直交度の 6 つのパラメータ (位置情報) を計測することにより算出できる。

【 0 0 4 8 】

光学定盤 2 1 は、第 1 方向 X 1 に延びて形成されている。第 2 アライメント系 5 B は、第 1 方向 X 1 に関して、照明モジュール 7 と離れて光学定盤 2 1 に設けられる。基板ステージ 4 は、基板 1 0 上のアライメントマーク 1 2 を第 2 アライメント系 5 B が計測できる位置へ、移動する。基板ステージ 4 の駆動によって、基板 1 0 に配置されたアライメントマーク 1 2 を計測できるため、ほぼ基板 1 0 全面で計測可能となる。

50

【 0 0 4 9 】

第1アライメント系5Aは、基板10を基板ステージ4上に載置し、基板10に関する位置情報を計測することが可能となる。第1アライメント系5Aは、第1方向X1に関して、照明モジュール7と離れて光学定盤21に設けられるようにしても良い。

【 0 0 5 0 】

次に、基板10を露光する方法について、図面に基づいて説明する。

まず、図1に示すように、露光装置1に露光するためのレシピが投入されると、露光するためのマスクデータがマスクパターンサーバーより選択される。そして、図2に示すように、マスクデータを照明モジュール7Aの数に分割し、分割したマスクデータを生成し、各モジュールに設けられたメモリに格納する。このとき、空間光変調器75は、例えば略10kHz程度の更新レートで4Mpixelを更新するため、メモリは大容量のマスクデータを高速に格納する。モジュールは、マスクデータの準備（メモリへの送信）に合わせて、各種の露光準備を行う。すなわち、予め露光前に必要な登録された空間光変調器75のパターンをロードする。

10

【 0 0 5 1 】

まず、露光装置1は、レシピに従って照度（光の情報）の計測、校正を行う。例えば、基板ステージ4に配置された照度計測機54は、空間光変調器75上に生成された照度計測用パターンからの光の照度を計測する。照明モジュール7A及び投影モジュール7Bを計測することで、照明モジュール7A内に配置された照明ウェッジ722によりモジュール7A、7B間の差を含めて照度の調整を行う。これにより、計測した照度（光の状態）によって照明モジュール7Aを補正することができる。

20

【 0 0 5 2 】

次に、図2に示すように、光学定盤21に配置された第2アライメント系5Bと、照明モジュール7A及び投影モジュール7Bとの露光位置を校正用計測系52により計測する。

すなわち、校正用計測系52は、照明モジュール7A及び投影モジュール7Bの配置と顕微鏡の位置を計測し、これら照明モジュール7A及び投影モジュール7Bと顕微鏡との相対位置関係を算出する。また、基板ステージ4に設けられている第1アライメント系5Aの位置は、投影モジュール7Bによって投影された空間光変調器75の露光パターンを用いて計測することで算出される。このように、第1アライメント系5A及び各モジュール7A、7Bの露光位置を算出する。

30

【 0 0 5 3 】

次に、図6に示すように、露光するための基板10を基板ステージ4上に載置する。このとき、第1アライメント系5Aによって基板10のアライメントマーク12を観察・計測する。これにより、照明モジュール7A及び投影モジュール7Bと顕微鏡との相対位置関係に基づいて、基板10上のどの位置に露光パターンが配置されているかを確認することができる。その計測情報に基づいて、後述するデータ制御部で補正データを生成する。照明モジュール7A及び投影モジュール7Bに対する基板ステージ4の位置にX1方向、X2方向、X3方向に移動させて補正するようにしてもよい。

【 0 0 5 4 】

この動作で、レシピ上で露光すべき位置と、現状の基板10と投影モジュール7Bとの配置関係で基板10上に露光される位置とのずれ量がわかる。本実施形態では、このずれ量を補正するために、露光データを補正する。なお、露光データで補正するだけでなく、基板ステージ4自体を動かして、ずれ量を小さくしたうえで、補正データを生成しても良い。この場合は、データで補正する量が少なくなる。空間光変調器75を動かして、基板10上の露光位置を変更しても良い。データ補正と基板ステージ4を移動することによってずれ量を補正しても良いし、データ補正と空間光変調器75を移動することによってずれ量を補正しても良いし、データ補正と基板ステージ4を移動することと空間光変調器75を移動することによって、ずれ量を補正しても良い。

40

【 0 0 5 5 】

なお、露光装置1では、基板10に液晶テレビ等のパネル単位で補正値を算出し、基板

50

ステージ 4 の補正値を求めることも可能となる。このように基板 10 を部分的に補正する場合には、照明モジュール 7 A 及び投影モジュール 7 B 毎で補正値が異なる場合がほとんどであり、照明モジュール 7 A 及び投影モジュール 7 B 毎に補正値を算出し、露光するデジタル露光データを補正する。

【 0 0 5 6 】

次に、基板ステージ 4 において、露光動作と、補正データを作成する補正データ作成動作の両動作について説明する。

図 6 に示すように、基板ステージ 4 は、基板交換部 3 の交換アーム 3 A (図 1 参照) を使用して基板ステージ 4 上に基板 10 を載置する。その後、第 1 アライメント系 5 A によって基板 10 のアライメントマーク 1 2 を計測する。

【 0 0 5 7 】

露光装置 1 は、メモリを有するデータ制御部に接続されて制御されている。データ制御部は、露光装置 1 の各部位 (アライメント系 5 (5 A 、 5 B) 、 基板ステージ 4 、 光学系 (照明モジュール 7 A 、 投影モジュール 7 B および変調部 7 C)) に接続され、測定値の送受信やデータ制御部から露光装置 1 への制御動作の指令等が行われる。メモリは、計測によって空間光変調器 7 5 を駆動するためのデジタル露光データを生成し、補正する機能を有し、デジタル露光データの補正データを格納する。データ制御部は、パソコンに組み込まれている。

【 0 0 5 8 】

次に、上述したデータ制御部では、デジタル露光データの補正値 (補正データ) を算出する。そして、データ制御部では、得られた補正データをメモリに格納する。その後、露光装置 1 は、送信された基板 10 の補正データとレシピの情報に基づいて基板ステージ 4 上の基板 10 に対して重ね露光を行う。

【 0 0 5 9 】

基板ステージ 4 におけるデータ補正を行う動作では、データの補正中にキャリブレーション等を行うことも可能である。

データ制御部では、例えば、露光中の基板ステージ 4 に設けられる照度計測器 5 4 や校正用計測系 5 2 で計測された照度等の光の情報を補正データとし、この補正データに基づいて照明・投影モジュール 7 の照度を調整することができる。このときの光の情報は、基板ステージ 4 のデータ補正の開始前に照明・投影モジュール 7 に送信される。なお、基板ステージ 4 でデータ補正を行っている最中に上記の光の情報を照明・投影モジュール 7 に送信することも可能である。

【 0 0 6 0 】

また、露光装置 1 では、複数の照明モジュール 7 A 及び投影モジュール 7 B の配列計測と合わせて露光位置とデータ補正に関する計測を先行して行い、その後照度計測や、基板ステージ 4 に設けられる移動鏡 1 3 の曲がり (真直度) 補正等を行うことで、データによる補正値の算出と補正データの送信を露光動作中に行うことができる。こうして基板 10 のアライメントやモジュールの配列を考慮したデータをタクトに影響せずに送信可能である。

【 0 0 6 1 】

図 7 に示すように、マスク露光機 8 は、マスク M (図 8 参照) 上に形成されたパターンを基板 10 上に露光する露光装置である。マスク露光機 8 は、光を照射するファイバ 8 1 と、照明光学系 8 2 と、マスク M を支持して移動させるマスクステージ 8 3 と、投影光学系 8 4 と、基板を支持して移動させる基板ステージ 8 4 と、を備えている。

本実施形態では、1 回目の露光 (以下、1 s t 露光という) はマスク露光機 8 で行い、2 回目以降の露光 (以下、2 n d 露光という) は空間光変調器 7 5 を用いた露光装置 1 で行う。露光装置 1 は、マスク露光機 8 で 1 s t 露光が行われた基板 10 を基板ステージ 4 上で支持し移動しながら、基板 10 に対して 2 n d 露光となる重ね合わせ露光を行う。

【 0 0 6 2 】

図 8 は、マスク露光機 8 のスキャンレイアウトを示している。符号 8 5 は、投影光学系

10

20

30

40

50

8 2 による第 1 露光領域を示している (図 7 参照) 。第 1 露光領域 8 5 は、上面視で台形の形状をしている。マスク露光機 8 は、第 2 方向 X 2 に隣り合う第 1 露光領域 8 5 の端部どうしを継いで、基板 1 0 を露光する。この第 1 露光領域 8 5 が継がれて露光された基板 1 0 上の領域を、第 1 継ぎ領域と称する。マスク露光機 8 は、マスクの大きさが有限であるため、スキャンレイアウトが制約を受けることがある。

【 0 0 6 3 】

図 8 に示されるように、具体的にマスク露光機 8 は、基板 1 0 の $1/4$ の大きさのマスクを用いる場合、例えば 7 つの第 1 露光領域 8 5 を継ぎ合わせ、基板 1 0 の $1/4$ の領域と同程度となるように配置される。また、図 7 に示すマスクステージ 8 3 も、基板 1 0 の $1/4$ の大きさのマスク M を支持可能な大きさに設計される。このように、マスク M の大きさや 1 回の露光動作によって露光される基板 1 0 上の面積に応じて、マスク露光機 8 内の構成が決められ、つまりマスク露光機 8 が制約を受けることになる。

マスク露光機 8 では、基板ステージ 8 4 とマスクステージ 8 3 とを投影光学系 8 2 に対して第 1 方向 X 1 へ相対移動させるスキャン動作と、マスクステージ 8 3 に対して基板ステージ 8 4 を第 2 方向 X 2 方向や第 1 方向 X 1 方向に相対移動させるステップ移動と、を繰り返しながら、基板全面を露光することとなる。なお、マスク M は、基板 1 0 の $1/4$ 倍の大きさと説明したが、これに限らず、 $1/6$ 倍や $1/8$ 倍の大きさも取りうる。

【 0 0 6 4 】

本実施形態による露光装置 1 は、空間光変調器により形成された露光パターンを基板 1 0 上に露光するため、マスク露光機 8 とは異なり、マスク M を用いずに基板 1 0 を露光することができる。以後の説明で、露光装置 1 を、マスク M を用いないことからマスクレス露光機と称し、説明をする場合がある。

【 0 0 6 5 】

図 9 A、図 9 B は、マスクレス露光機 (露光装置 1) のスキャンレイアウトを示している。マスクレス露光機では、上述したマスク露光機 8 のようなマスクサイズや装置上の制約がなく、自由にレイアウトを配置することが可能である。

例えば、図 9 B に示すように基板 1 0 の長辺が第 2 方向 X 2 と平行となるように基板ステージ 4 に載置した (縦置き) の場合、図 9 A に示すように基板 1 0 の短辺が第 2 方向 X 2 と平行するように基板ステージ 4 に載置した (横置き) の場合と比較して、スキャン長、つまり基板全面を露光するために露光モジュールに対して基板ステージ 8 4 が移動する距離を短くすることができ、基板全面を露光するために必要な時間も短縮することができる。例えば、ガラス基板が 6 世代のガラス ($1850\text{ mm} \times 1500\text{ mm}$) の場合、基板ステージ 8 4 上にガラス基板が縦置きで置かれたときの露光時間は、基板ステージ 8 4 上に横置きにガラス基板が置かれたときの露光時間と比べて $1500/1850$ となり、略 23% の露光時間の短縮を図ることができる。なお、符号 8 6 は、投影モジュール 7 B による第 2 露光領域を示している。

露光機 1 は、第 2 方向 X 2 に隣り合う第 2 露光領域 8 6 の端部どうしを継いで、基板 1 0 を露光する。この第 2 露光領域 8 6 を継がれて露光された基板 1 0 上の領域を、第 2 継ぎ領域と称する。

【 0 0 6 6 】

図 1 0 に示すように、基板 1 0 は、第 1 方向 X 1 と第 2 方向 X 2 とのそれぞれで 2 分割され全体で 4 つの露光領域として露光される。図 1 0 に示す基板 1 0 のうち紙面右半分のレイアウト R 1 はマスク露光機 8 による 1 s t 露光の露光結果を示し、紙面左半分のレイアウト R 2 は露光機 1 による 2 n d 露光の露光結果を示している。

【 0 0 6 7 】

図 1 1 A は、基板 1 0 のうち 1 つの露光領域 R 1、R 2 において、マスク露光機 8 による 1 s t 露光と、露光機 1 により 2 n d 露光とによって重ね合わせ露光を行った結果を示している。このとき、マスク露光機 8 は、基板ステージ 4 とマスクステージ 8 3 とを投影光学系 8 2 に対して第 1 方向 X 1 へ移動させながら露光する。

露光機 1 は、基板ステージ 4 を露光モジュールに対して第 1 方向 X 1 へ移動させて露光

10

20

30

40

50

する。つまり、図11Aは、1st露光時のマスク露光機8による露光時の基板ステージ84の移動方向と、2nd露光時の露光機1による露光時の基板ステージ4の移動方向とが一致(平行)して基板10が露光された結果である。図11Aでは、1st露光時の基板10の移動方向と2nd露光時の基板10の移動方向とのずれ(回転誤差)が無い露光状態となっている。ここでは、1st露光の継ぎ領域の幅に対して、2nd露光のモジュール幅を1/2としている。

【0068】

次に、2nd露光時に回転誤差が発生した場合、つまり1st露光時の基板10の移動方向に対して2nd露光時の基板10の移動方向が回転ずれした場合について、図11Bに基づいて説明する。1st露光と2nd露光とで回転誤差が発生すると、第1継ぎ領域が形成される方向と第2継ぎ領域が形成される方向とに回転誤差が生じ、モアレ(干渉縞)のようなムラ現象が発生する。このモアレ現象は、1st露光の第1露光領域85に対して2nd露光の第2露光領域86が小さかったり、第1継ぎ領域の幅が第2継ぎ領域の幅よりも狭かったりする場合に顕著に発生する。

10

【0069】

本実施形態では、図12に示すように、露光機1は、2nd露光時の基板10の移動方向を、1st露光時の基板10の移動方向に対して90°回転させて、基板10を露光する。すなわち、露光機1は、継ぎ部の方向が1st露光時の走査方向が第1方向X1と平行である場合に2nd露光時の走査方向が第2方向X2と平行になるように、基板10が基板ステージ4に配置される。2nd露光時の走査方向は、1st露光時の走査方向と直交する。基板ステージ84、4は、基板10が縦置き、もしくは横置きで搬送されても、支持できるような大きさを有する。たとえば、ガラス基板が6世代のガラス(1850mm×1500mm)の場合が基板ステージ84、4に載置される場合、基板ステージ84、4は、1850mm×1850mmのサイズ(もしくはそれよりも大きなサイズ)を有していると良い。基板ステージ84、4は、縦置きでも横置きでも基板10を支持することができる。

20

【0070】

図13Aは、1st露光と、2nd露光とで走査方向を90°回転させて重ね合わせ露光を行ったレイアウトを示し、回転誤差が無い露光状態、つまり1st露光の走査方向と2nd露光の走査方向とが直交して基板10が露光された状態を示している。図13Bは、1st露光と、2nd露光とで走査方向を90°から僅かに回転角度がずれた状態、つまり回転誤差が発生した場合に、基板10が露光された状態を示している。

30

図13Aに示すように、1st露光と、2nd露光とで走査方向を90°回転させることで、上述したような1st露光と、2nd露光とで走査方向を一致させ回転誤差が発生した図11Bに示すレイアウトに比べてモアレのようなムラ現象を低減することができる。また、図13Bに示すように、1st露光と、2nd露光とで走査方向を略90°回転したとしても、モアレのような現状は低減される。

【0071】

なお、モジュールの継ぎ部のように位置ずれによる変曲点が発生する箇所では、急峻に変化したり、継ぎ部で跨る1st露光と2nd露光との各モジュールの重ね合わせ露光の差が大きくなる。これによって電気特性的にもムラになることから、1st露光と2nd露光とが同方向であるスキャンの場合には、1st露光と2nd露光とで発生するモジュールの継ぎ誤差の和だけ誤差が発生する。一方で、1st露光と2nd露光との走査方向を90°回転させた場合には、1st露光と2nd露光のそれぞれで発生する誤差を考慮すればよいことから、電氣的にも90°回転させることで露光ムラを低減させることができる。

40

【0072】

なお、本実施形態では、1st露光時に基板10が横置きに基板ステージ84に配置され露光された例、つまり2nd露光時に基板10が縦置きに基板ステージ4に配置されて露光された例を示したが、これに限定されることはない。例えば、1st露光時に基板1

50

0が縦置きに基板ステージ84に配置され露光され、つまり2nd露光時に基板10が横置きに基板ステージ4に配置されて、基板10が露光装置1により露光されても良い。この場合、投影モジュール7Bが、図13A、図13Bに示す数量よりも少ない数で、領域の辺を満たすことができる。図3に示すように、露光に使わない投影モジュール7Bは、モジュールシャッタ73により、光ファイバ71から射出される光を遮光する。モジュールシャッタ73ではなく、空間光変調器75の1つ1つの素子を全てOFF状態に設定するようにしても良い。もしくは、投影モジュール7B内に別にシャッタ機構を設け、空間光変調器75から基板10に向かう光を遮光する部材を設けてもよい。光源ユニット6は、2nd露光に必要なモジュールにのみ光ファイバ71を介して照明光を導光するようにしても良い。

10

【0073】

(第1実施例)

次に、第1実施例として、1st露光と2nd露光との走査方向を90°回転させた場合の、露光装置1によるアライメント動作について説明する。アライメント動作とは、2nd露光をする前に行われ、1st露光の位置を、アライメントマーク12を介して計測することで、2nd露光の露光位置を1st露光の露光位置に重ねるための動作である。

【0074】

図14に示すように、露光に使用される基板10は、マスク露光機8に横置きで基板ステージ84上に載置されて露光された一例を示している。マスク露光機8は、1st露光時に基板10に、長手方向(第1方向X1)の両端部10cにおいて短手方向(第2方向X2)に間隔をあけて複数(ここでは6個)のアライメントマーク12を露光する。また、マスク露光機8は、第2方向X2の両端部10dにおいて、第1方向X1の中心部にもアライメントマーク12が露光されている。

20

【0075】

さらに、マスク露光機8では、4つのレイアウトの境界部分にも、その境界線に沿って複数のアライメントマーク12を露光するようにしてもよい。アライメントマーク12は、マスク上に設けられたアライメントマークを、マスク露光機8の投影レンズを介して、1st露光時に基板10上に露光されて形成されるものである。アライメントマーク12は、2nd露光で使われる露光装置内のアライメント顕微鏡55で観察できる位置に設けられている。

30

なお、基板10には、向きを示すように露光領域Rに「F」が表示されている。すなわち、「F」は、基板10の長手方向を横向き(第1方向X1)にした状態で表示されている。

【0076】

図14は、マスク露光機8が備えるアライメント顕微鏡55の配置を示している。アライメント顕微鏡55は、第2方向X2に沿って所定の間隔をあけて配置され、基板10上のアライメントマーク12を観察/計測する位置に設けられている。これは、マスク露光機8により1st露光された基板10に対して、2nd露光も同じマスク露光装置8、同じ種類のマスク露光装置8、あるいはアライメント顕微鏡55が同じ位置に設けられた別の種類のマスク露光装置8にて露光するためである。

40

【0077】

図15は、図14で示したとおりマスク露光機8により1st露光された基板10が、(マスクレス)露光装置1内の基板ステージ4に縦置き(長手方向を第2方向X2に向けた向き)で載置された状態を示している。

露光装置1は、走査方向(第2方向X2)に沿って所定の間隔をあけて複数(ここでは6個)配列されたアライメント顕微鏡56を備えている。アライメント顕微鏡56は、マスク露光機8のアライメント顕微鏡55が配置される間隔とは異なる間隔で、露光装置1内に設けられている。これは、露光機1により1st露光された基板10に対して、2nd露光も同じ露光装置1、同じ種類の露光装置1、あるいはアライメント顕微鏡56が同じ位置に設けられた別の種類の露光装置1にて露光するため、アライメント顕微鏡55と

50

は異なる配置間隔で、アライメント顕微鏡 5 6 が設置されることがあるためである。アライメント顕微鏡 5 6 は、アライメントマーク 1 2 を観察 / 計測できない配置に設けられている。

【 0 0 7 8 】

アライメント顕微鏡 5 6 は、移動不能な状態で位置が固定されている第 1 顕微鏡 5 6 A (第 3 計測系) と、縦方向 (第 2 方向 X 2) に所定の移動距離で移動可能に設けられた第 2 顕微鏡 5 6 B (第 4 計測系) と、を有している。第 1 顕微鏡 5 6 A は、例えば配置される 6 個のうち両側を除く 4 つである。第 2 顕微鏡 5 6 B は、配置される 6 個のうち第 2 方向 X 2 の両側の 2 つである。第 2 方向 X 2 の両側に配置される第 2 顕微鏡 5 6 B は、縦置きに配置された基板 1 0 のアライメントマーク 1 2 を観察できる位置へ移動するように、第 2 方向 X 2 の位置が制御される。第 2 顕微鏡 5 6 B は、第 2 方向 X 2 に関して、第 1 顕微鏡 5 6 A との間隔を変更するように移動される。これにより、アライメント顕微鏡 5 6 は、1 s t 露光で基板 1 0 上に露光されたアライメントマーク 1 2 を観察 / 計測することができる。その結果、露光装置 1 は、1 s t 露光で露光された露光領域に重畳するように、2 n d 露光で所望のパターンを基板 1 0 上に露光することができる。

10

【 0 0 7 9 】

なお、本実施例では、縦方向 (第 2 方向 X 2) に配列される 6 個のアライメント顕微鏡 5 6 のうち第 2 方向 X 2 の両側の 2 つの第 2 顕微鏡 5 6 B のみが移動可能としているが、これに限定されることはない。例えば、6 個すべてのアライメント顕微鏡 5 6 が第 2 方向 X 2 に移動可能に設けられ、それぞれのアライメント顕微鏡 5 6 が第 2 方向 X 2 の間隔を変更できる構成であってもよい。

20

図 1 5 では、露光領域 R の第 2 方向 X 2 の両端のみにアライメントマーク 1 2 が 1 s t 露光で形成された例を示しているが、図 1 4 で示すアライメントマーク 1 2 と同様に、露光領域 R の第 1 方向 X 1 側にもアライメントマーク 1 2 が形成された場合や、露光領域 R の境界領域にアライメントマーク 1 2 が形成された場合に、それらのアライメントマーク 1 2 をアライメント顕微鏡 5 6 が観察 / 計測する際に有用である。なお、基準マーク検出部は、アライメント顕微鏡 5 6 の第 2 方向 X 2 の移動距離を計測できるようにしても良い。

【 0 0 8 0 】

また、本実施例では、アライメント顕微鏡 5 6 のうち第 2 顕微鏡 5 6 B が移動可能としているが、このように移動可能であることに限定されることはない。例えば、アライメント顕微鏡 5 6 は、マスク露光機 8 で露光されたアライメントマーク 1 2 を測定可能な位置に設けられる顕微鏡をさらに備えるようにしてもよい。

30

また、露光装置 1 は、アライメント顕微鏡 5 6 を移動させずにアライメントマーク 1 2 を観察できるように、基板 1 0 を保持する基板ステージ 4 を第 2 方向 X 2 へ移動させても良い。

【 0 0 8 1 】

また、本第 1 実施例では、マスク露光機 8 で 1 s t 露光を行い、露光装置 1 で 2 n d 露光を行う方法としているが、これに限られることはない。例えば、マスク露光機 8 で 1 s t 露光および 2 n d 露光を行い、マスクレス露光機 (露光装置 1) で 3 r d 露光を行うような方法であってもかまわない。

40

さらに、第 1 実施例のように、1 s t 露光がマスク露光機 8 による露光であることに限定されることはなく、1 s t 露光が露光装置 1 によるものであってもよい。

【 0 0 8 2 】

また、マスク露光機 8 は、継ぎ露光を行わない露光機であってもよい。このような場合でも、マスク露光機 8 で露光されたアライメントマーク 1 2 を、マスクレス露光機 (露光装置 1) のアライメント顕微鏡 5 6 では観察 / 計測できない。そのため、アライメント顕微鏡 5 6 を動かすことに限定されることはなく、例えば、マスクレス露光機 (露光装置 1) にマスクレス露光機用のアライメント顕微鏡 5 6 とマスク露光機 8 用のアライメント顕微鏡 5 5 を併設したり、基板ステージ 4 を動かしてマスクレス露光機のアライメント顕微鏡 5 6 でアライメントマーク 1 2 を観察 / 計測したりしてもよい。

50

【 0 0 8 3 】

また、マスク露光機 8 で露光したパターンは、複数の投影レンズによる継ぎ露光によって露光領域全面を露光するため、仮に各投影レンズの露光開始位置がずれてしまうと、露光領域の端部（始端、終端）の位置がずれてしまう。そのため、マスクレス露光機（露光装置 1）は、この端部がずれて露光された露光領域に対して重ね露光を行う。マスクレス露光機は、マスク露光機 8 の走査方向と平行な方向で（マスク露光機 8 でパターンが露光された）基板 10 を露光することで、端部がずれて露光された露光領域に対しても、重ねて露光することができる。

【 0 0 8 4 】

マスクレス露光機（露光装置 1）は、アライメント顕微鏡 5 6 により、露光領域の端部のずれ量を計測する。 10

計測方法の一つ（第 1 計測方法）として、計測したずれ量に基づいて、空間光変調器 7 5 へ送るパターンデータを補正する方法がある。具体的には、空間光変調器 7 5 ごとに、パターンデータを走査方向の + 側にシフトさせる補正や - 側にシフトさせる補正を行う。また、他の計測方法（第 2 計測方法）として、計測したずれ量に基づいて、露光モジュールごとに、投影光学系内の光学部材を移動させて、基板 10 上の投影領域の（露光開始）位置を、露光モジュールごとに調整する計測方法としても良い。さらに他の計測方法（第 3 計測方法）として、計測したずれ量に基づいて、露光モジュールごとに、空間光変調器 7 5 を移動させて、基板 10 上の投影領域の位置を、露光モジュールごとに調整する測定方法としても良い。なお、上述した第 1 計測方法、第 2 計測方法、および第 3 計測方法のうち少なくとも 1 つの計測方法を採用することで、露光モジュールごとに露光開始位置を調整することにより、端部がずれて露光された露光領域に対しても、重ねて露光することができる。 20

【 0 0 8 5 】

アライメント顕微鏡 5 5、5 6 によりアライメントマークを観察する際に、マスク露光機 8 とマスクレス露光機（露光装置 1）とで配置が違いため、マスクレス露光機で露光されたアライメントマーク 1 2 を観察することができない。そのため、第 1 実施例に記載したとおり、アライメント顕微鏡 5 6 の一部を可動にして計測する。もしくは、基板ステージを非走査方向（走査方向と交差する方向）へ移動させて、アライメントマーク 1 2 を観察してもよい。 30

【 0 0 8 6 】

次に、本第 1 実施例および後述する第 2 実施例に関わらず、マスクレス露光機（露光装置 1）で露光された露光パターンに対して、さらに重ね露光を行う場合において、露光する露光機の種類の情報（マスクレス露光機か、あるいはマスク露光機 8 であるかの種別の情報）をマスクレス露光機が受信する。この情報には、次に露光する露光機のアライメント顕微鏡の配置情報が含まれていても良い。この場合、マスク露光機 8 および露光装置 1 には、上述した露光機の情報を受信する受信部が設けられている。

マスクレス露光機（露光装置 1）は、次に露光する露光機のアライメント顕微鏡 5 6 が、マスクレス露光機で露光したアライメントマーク 1 2 を観察できるような位置に、アライメントマーク 1 2 を露光する。すなわち、データ生成部では、アライメント顕微鏡 5 6 の配置情報に基づいて、パターンデータを補正して、アライメント顕微鏡 5 6 で観察できる基板 10 上の適切な位置にアライメントマーク 1 2 を露光できるようにする。 40

【 0 0 8 7 】

なお、重ね露光を行う露光装置がマスクレス露光機でもマスク露光機でもどちらでも良いように、マスクレス露光機は、マスクレス露光機用のアライメントマークとマスクレス露光機用のアライメントマークとをそれぞれ基板上に露光するようにしても良い。この場合も、パターンデータを補正して、適切な位置にアライメントマークを露光する。

【 0 0 8 8 】

（第 2 実施例）

第 2 実施例は、露光パターンとして、1 s t 露光と 2 n d 露光との走査方向を平行にし 50

たものである。すなわち、マスク露光機 8 で露光した走査方向（ここでは第 1 方向 X 1）と同一方向に走査させて重ね合わせ露光を行って重ね合わせ露光部を形成する。

【0089】

図 14 に示すように、露光に使用される基板 10 は、マスク露光機 8 に横置きで基板ステージ 84 上に載置されて露光された一例を示している。マスク露光機 8 は、第 1 実施例と同様に、1st 露光時に基板 10 に、長手方向（第 1 方向 X 1）の両端部 10c において短手方向（第 2 方向 X 2）に間隔をあけて複数（ここでは 6 個）のアライメントマーク 12 を露光する。アライメントマーク 12 は、2nd 露光で使われる露光装置 1 内のアライメント顕微鏡 56 で観察できる位置に設けられている。

なお、基板 10 には、向きを示すように露光領域 R に「F」が表示されている。すなわち、「F」は、基板 10 の長手方向を横向き（第 1 方向 X 1）にした状態で表示されている。

10

【0090】

図 16 は、図 14 で示したとおりマスク露光機 8 により 1st 露光された基板 10 が、（マスクレス）露光装置 1 内の基板ステージ 4 に横置き（長手方向を第 1 方向 X 1 に向けた向き）で載置された状態を示している。

露光装置 1 は、走査方向（第 1 方向 X 1）に沿って所定の間隔をあけて複数（ここでは 6 個）配列されたアライメント顕微鏡 56 を備えている。アライメント顕微鏡 56 は、マスク露光機 8 のアライメント顕微鏡 55 が配置される間隔と同じ間隔で露光装置 1 内に設けられている。

20

【0091】

第 2 実施例では、マスク露光機 8 で露光した走査方向と同一方向に、空間光変調器 75 を有する露光装置 1 で走査させて重ね合わせ露光を行って重ね合わせ露光部を形成することができる。2nd 露光においてマスクの制約がなくなるため、基板 10 全体にわたって露光することが可能となる。また、予め走査露光された 1st 露光による露光パターンに対して、重ね合わせ露光を行う場合の継ぎ領域を一致させることができるので、1st 露光による露光パターンの継ぎ領域に合わせて 2nd 露光による重ね合わせ露光を行うことが可能となる。つまり、基板 10 に対して同一方向にすることで 1st 露光による継ぎ領域の補正を行うことができ、さらに 1st 露光時の走査、マスクによるパターンニング領域を同一にすることで、2nd 露光による重ね合わせも正確に行うことができる。

30

【0092】

なお、1st 露光と 2nd 露光との走査方向が平行であっても、マスク露光機 8 のアライメント顕微鏡 55 の配置と、マスクレス露光機（露光装置 1）のアライメント顕微鏡 56 の配置とが異なる場合がある。その際は、アライメント顕微鏡 56 を動かすことに限定されることなく、例えば、マスクレス露光機（露光装置 1）にマスクレス露光機用のアライメント顕微鏡 56 とマスク露光機 8 用のアライメント顕微鏡 55 を併設したり、基板ステージ 4 を動かしてマスクレス露光機のアライメント顕微鏡 56 でアライメントマーク 12 を観察 / 計測したりしても良い。

【0093】

以上、本発明の実施形態について説明したが、ここで本発明と上記実施形態とにおける対応関係について補足して説明する。

40

【0094】

(1) 上記実施形態において、第 1 露光パターンが露光された基板 10 を走査方向に移動させながら、第 2 露光パターンを重ねて露光する露光装置 1 であって、複数の素子を有し露光パターンに応じて前記複数の素子が制御される空間光変調器 75 と、空間光変調器 75 を照明する照明モジュール 7A（照明光学系）と、空間光変調器 75 の像を基板 10 へ投影する投影モジュール 7B（投影光学系）と、を有する露光ユニット 20 と、第 2 露光パターンに応じて複数の素子を制御する制御データを生成するデータ生成部と、露光ユニット 20 により第 2 露光パターンを基板 10 上に露光する前に、第 1 露光パターンと共に露光されたアライメントマーク 12 を計測する計測系と、計測系によるアライメントマー

50

ク 1 2 の計測結果に応じて、投影モジュール 7 B、空間光変調器 7 5、およびデータ生成部の少なくとも何れか 1 つを制御し、投影モジュール 7 B による基板 1 0 上の投影位置を制御する制御部と、を備えている。露光ユニット 2 0 は、複数設けられ、複数に分割された第 2 露光パターンをそれぞれ基板 1 0 上に露光し、制御部は、露光ユニット 2 0 ごとに、投影位置を制御する。

【 0 0 9 5 】

このような構成の露光装置 1 では、データ生成部によって第 2 露光パターンに応じて制御データを生成し、計測系によって第 1 露光パターンと共に露光されたアライメントマーク 1 2 を計測し、制御部によって、計測系によるアライメントマーク 1 2 の計測結果に応じて、投影モジュール 7 B、空間光変調器 7 5、およびデータ生成部の少なくとも 1 つを制御し、露光ユニット 2 0 ごとに投影モジュール 7 B による基板 1 0 上の投影位置を制御し、複数に分割された第 2 露光パターンをそれぞれ基板 1 0 上に露光することにより、モアレのようなムラ現象を低減することができる。

10

【 0 0 9 6 】

(2) また、上記実施形態において、制御部は、データ生成部を制御し、計測結果に基づいて制御データを補正することができる。

【 0 0 9 7 】

(3) また、上記実施形態において、制御部は、空間光変調器 7 5 を照明する照明モジュール 7 A (照明光学系) の照明光に対して、空間光変調器 7 5 を相対的に移動させるようにしてもよい。

20

【 0 0 9 8 】

(4) また、上記実施形態において、制御部は、投影モジュール 7 B (投影光学系) 内の光学素子を一部移動させることも可能である。

【 0 0 9 9 】

(5) また、上記実施形態において、第 1 露光パターンの露光方向と走査方向とが略平行となる向きで搬送された基板 1 0 を保持可能な基板ステージ 4 を備えることができる。

【 0 1 0 0 】

(6) また、上記実施形態において、第 1 露光パターンが露光された基板 1 0 を走査方向に移動させながら、第 2 露光パターンを重ねて露光する露光装置 1 であって、複数の素子を有し露光パターンに応じて複数の素子が制御される空間光変調器 7 5 と、空間光変調器 7 5 を照明する照明モジュール 7 A (照明光学系) と、空間光変調器 7 5 の像を前記基板へ投影する投影モジュール 7 B (投影光学系) と、を有する露光ユニット 2 0 と、第 2 露光パターンに応じて複数の素子を制御する制御データを生成するデータ生成部と、第 1 露光パターンの露光方向と走査方向とが交差する向きで搬送された基板 1 0 を保持する基板ステージ 4 と、露光ユニット 2 0 により第 2 露光パターンを基板 1 0 上に露光する前に、第 1 露光パターンと共に露光されたアライメントマーク 1 2 を計測する計測系と、基板ステージ 4 を露光ユニット 2 0 に対して走査方向へ相対移動させ、計測系によるアライメントマーク 1 2 の計測結果に応じて、第 2 露光パターンを第 1 露光パターンを重ねて露光する駆動部と、を備える。

30

【 0 1 0 1 】

(7) また、上記実施形態において、露光ユニット 2 0 は、複数設けられ、複数に分割された第 2 露光パターンをそれぞれ基板 1 0 上に露光することができる。

40

【 0 1 0 2 】

このような構成により、複数の露光ユニット 2 0 のそれぞれの空間光変調器 7 5 によって分割露光することができる。この場合には、投影モジュール 7 B 毎にアライメントと補正を行うことができ、より精度の高い露光を行うことができる。

【 0 1 0 3 】

(8) また、上記実施形態において、計測系は、走査方向と交差する非走査方向に間隔をあけて複数設けられている。計測系は、第 1 露光パターンの露光方向が走査方向と平行な向きで搬送された基板 1 0 上のアライメントマーク 1 2 を計測可能な第 1 計測系と、第 1

50

露光パターンの露光方向が走査方向と交差する向きで搬送された基板 10 上のアライメントマーク 12 を計測可能な第 2 計測系と、を有する。

【0104】

(9) また、上記実施形態において、第 2 露光パターンが露光された基板 10 に対して重ね露光を行う露光機に関する情報を受信する受信部と、を備えている。データ生成部は、情報に基づいて、制御データを補正することが可能である。

【0105】

(10) また、上記実施形態において、データ生成部は、露光機のアライメント顕微鏡の配置に関する情報に基づいて、そして、アライメント顕微鏡が観察できる位置にアライメントマーク 12 を基板 10 上に形成するよう制御データを補正することができる。

10

【0106】

(11) また、上記実施形態において、データ生成部は、計測系およびアライメント顕微鏡のどちらか一方で観察できる位置にアライメントマーク 12 を基板 10 上に形成するよう制御データを補正することができる。

【0107】

(12) また、上記実施形態において、計測系は、走査方向に交差する非走査方向に関して所定間隔を置いて設けられる第 3 計測系と第 4 計測系とを有し、第 3 計測系と第 4 計測系とは、所定間隔を変更させ、アライメントマーク 12 を計測可能な位置へ移動可能である。

【0108】

20

(13) また、上記実施形態において、複数の素子を有し露光パターンに応じて複数の素子が制御される空間光変調器 75 と、空間光変調器 75 を照明する照明モジュール 7A (照明光学系) と、空間光変調器 75 の像を基板 10 へ投影する投影モジュール (投影光学系) と、を有する露光ユニット 20 と、露光パターンに応じて複数の素子を制御する制御データを生成するデータ生成部と、露光パターンが露光された基板 10 に対して重ね露光を行う露光機に関する情報を受信する受信部と、を備えている。データ生成部は、情報に基づいて、制御データを補正する。

【0109】

(14) また、上記実施形態において、(1) ~ (13) のいずれか 1 つに記載の露光装置 1 を用いて基板 10 を露光することと、露光された基板 10 を現像することと、を含む。

30

【0110】

このような構成により、露光装置 1 を用いて露光された基板 10 を現像することで、モアレのようなムラ現象を低減したデバイスを製造することができる。

【0111】

(15) また、上記実施形態において、請求項 (1) ~ (13) のいずれか一項に記載の露光装置 1 を用いてフラットパネルディスプレイ用の基板 10 を露光することと、露光された基板 10 を現像することと、を含む。

【0112】

このような構成により、露光装置 1 を用いて露光された基板 10 を現像することで、モアレのようなムラ現象を低減したフラットパネルディスプレイを製造することができる。

40

【0113】

以上、図面を参照してこの発明の一実施形態について詳しく説明してきたが、具体的な構成は上述のものに限られることはなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲内において様々な設計変更等を行うことが可能である。

【符号の説明】

【0114】

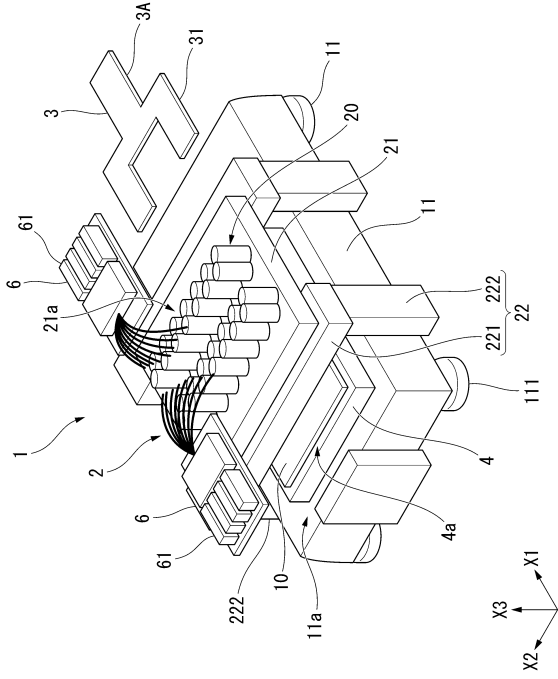
1 ... 露光装置、2 ... 露光装置本体、3 ... 基板交換部、4 ... 基板ステージ、5 ... アライメント系、5A ... 第 1 アライメント系、5B ... 第 2 アライメント系、6 ... 光源ユニット、7 ... 照明・投影モジュール、7A ... 照明モジュール (照明光学系)、7B ... 投影モジュール (投影光学系)、8 ... マスク露光機、10 ... 基板、11 ... ベースプレート、20 ... 露光コ

50

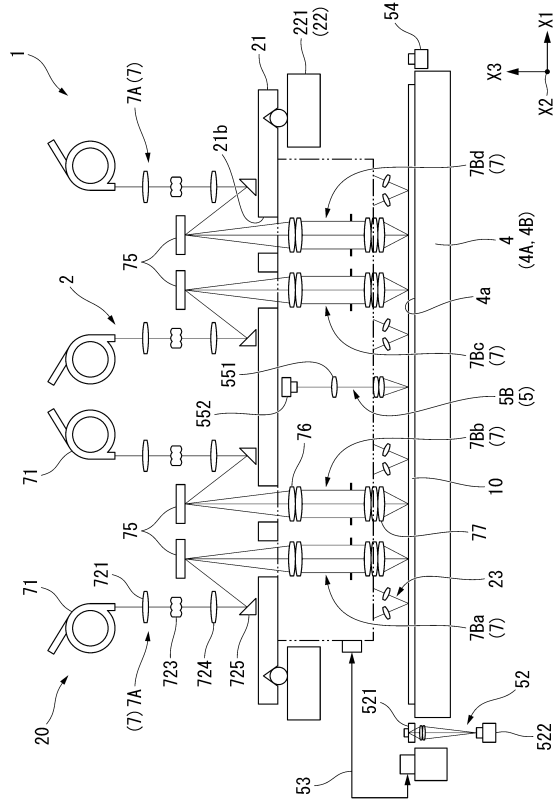
ニット、 2 1 ... 光学定盤、 2 2 ... コラム、 2 3 ... オートフォーカス系、 6 1 ... 光源、 7 5 ... 空間光変調器、 X 1 ... 第 1 方向、 X 2 ... 第 2 方向、 X 3 ... 第 3 方向

【 図 面 】

【 図 1 】



【 図 2 】



10

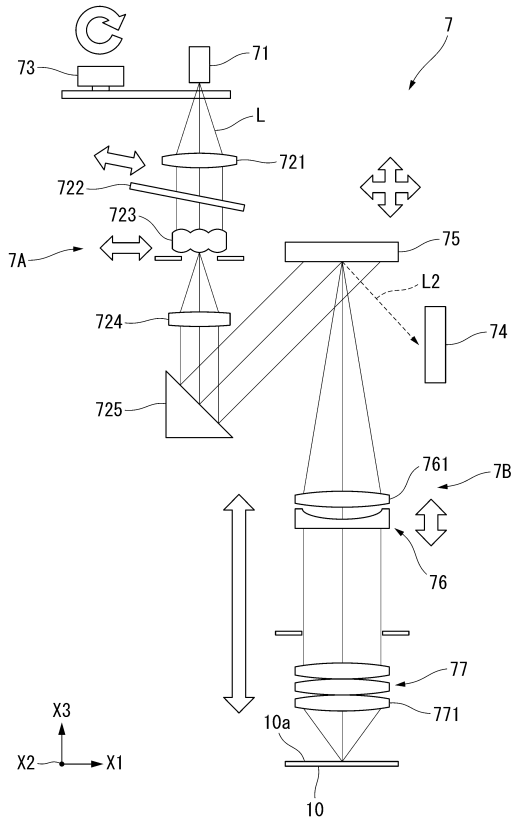
20

30

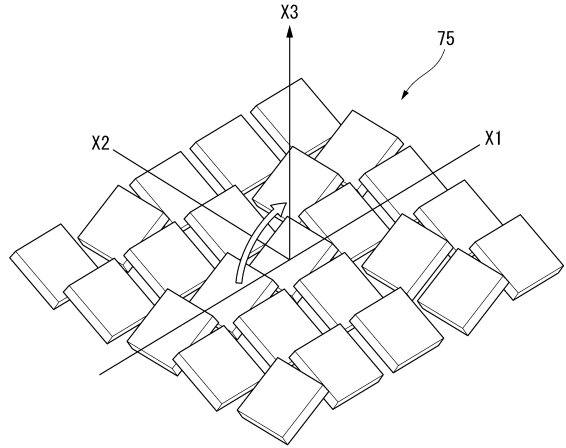
40

50

【 図 3 】



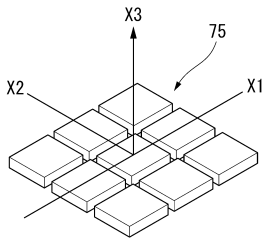
【 図 4 】



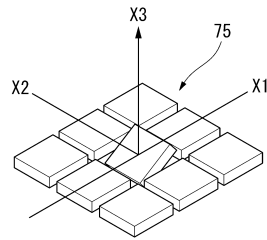
10

20

【 図 5 A 】



【 図 5 B 】

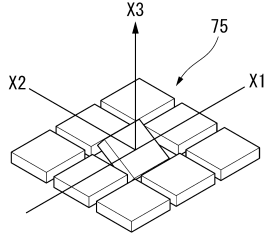


30

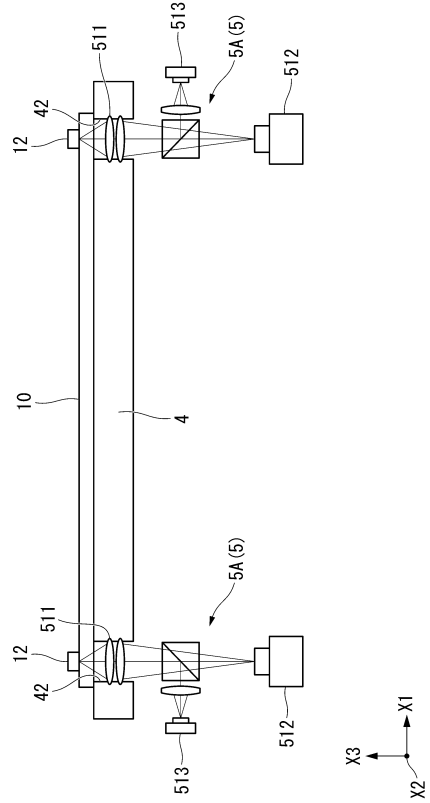
40

50

【図 5 C】



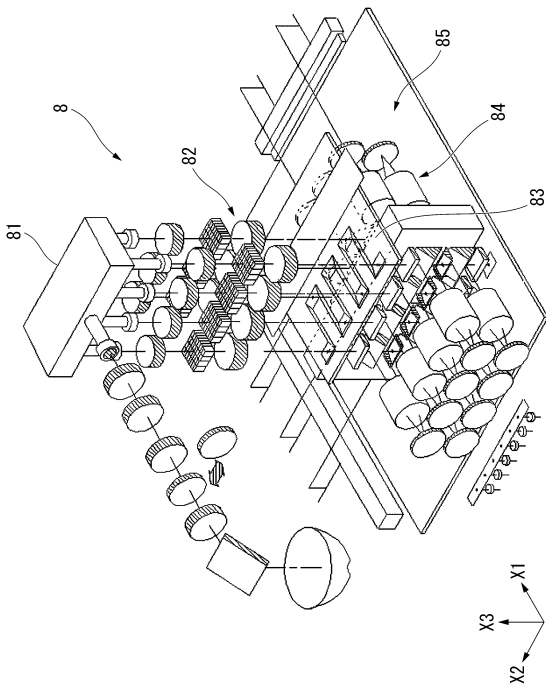
【図 6】



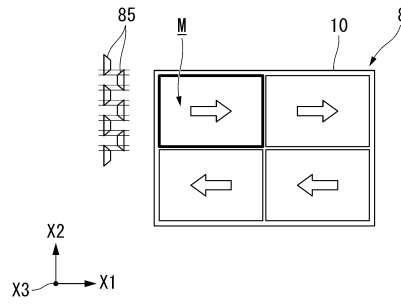
10

20

【図 7】



【図 8】

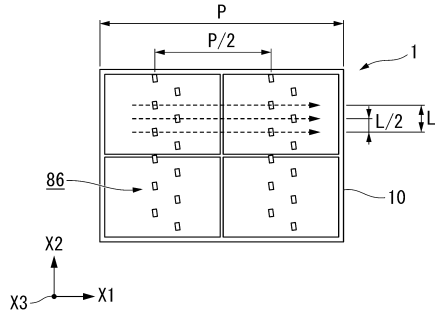


30

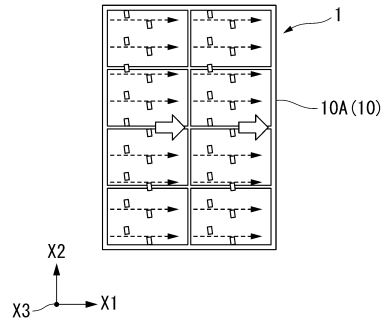
40

50

【図 9 A】

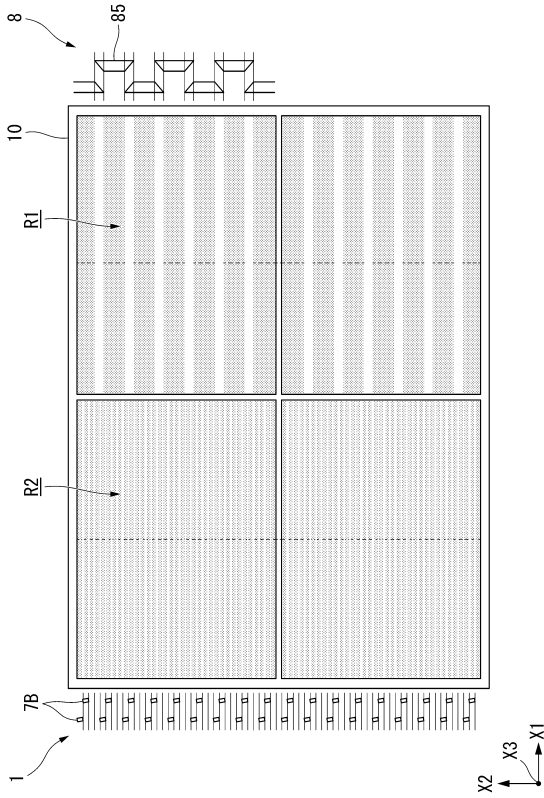


【図 9 B】

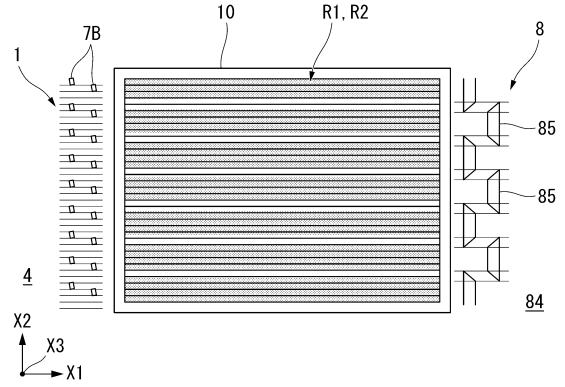


10

【図 1 0】



【図 1 1 A】



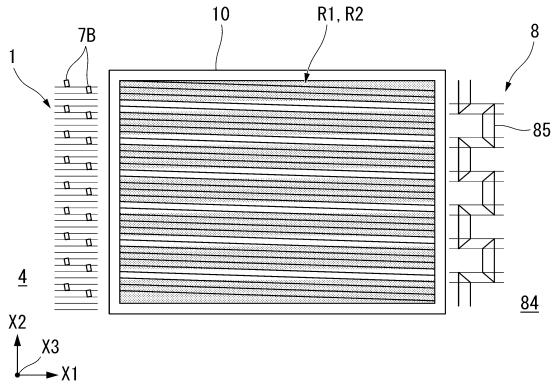
20

30

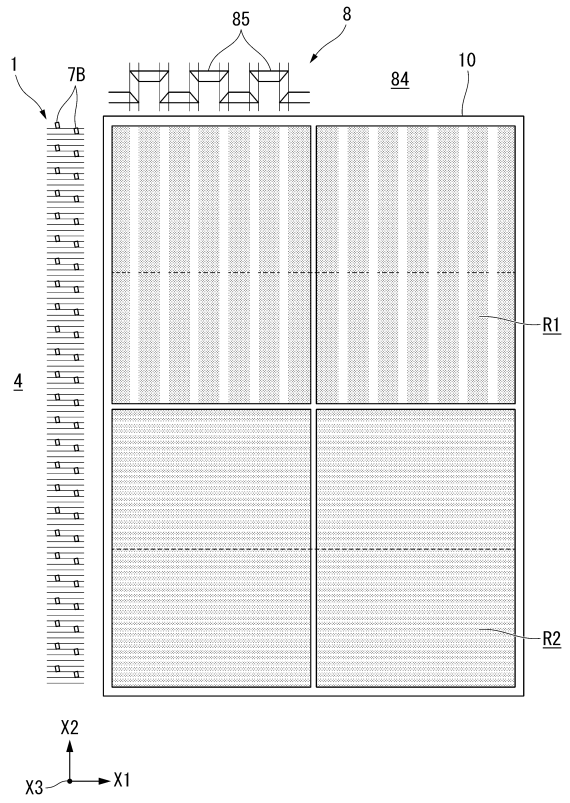
40

50

【図 1 1 B】



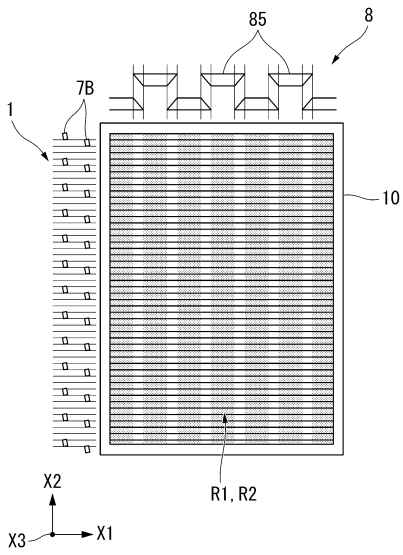
【図 1 2】



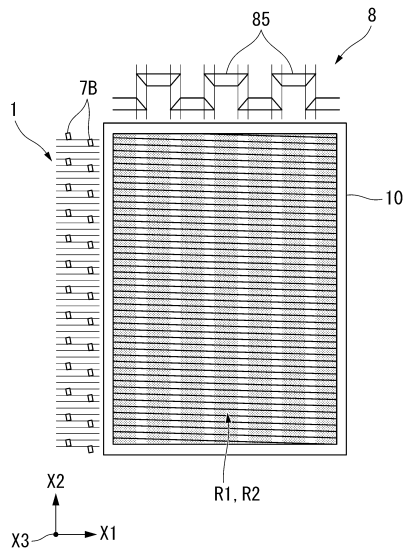
10

20

【図 1 3 A】



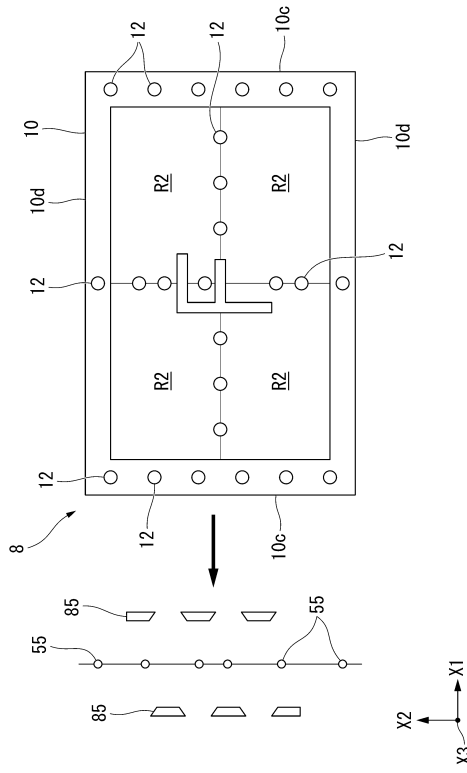
【図 1 3 B】



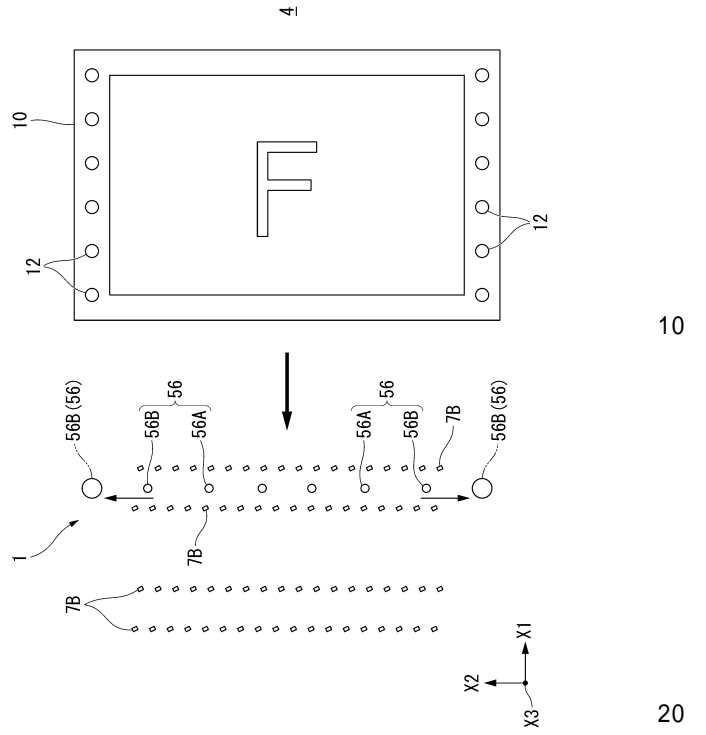
30

40

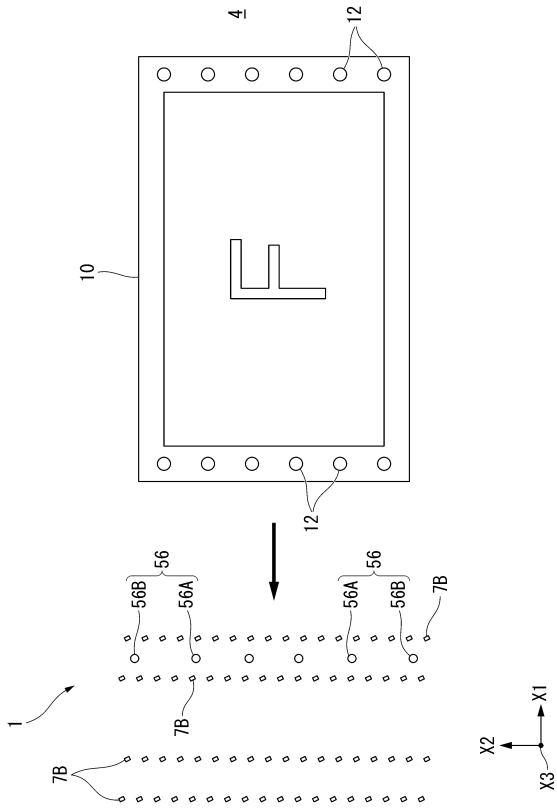
【図 14】



【図 15】



【図 16】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(72)発明者 水野 仁
東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内

審査官 植木 隆和

(56)参考文献 特開平06-053105(JP,A)
特開平10-074677(JP,A)
特開2006-186370(JP,A)
特開2008-203857(JP,A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01L 21/027
G03F 7/20