(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第5565263号
(P5565263)

(45)発行日　平成26年8月6日(2014.8.6)　(24)登録日　平成26年6月27日(2014.6.27)

(51)Int.Cl.　　F I
G03F 7/20 (2006.01)　　G03F 7/20 501
H01L 21/027 (2006.01)　　H01L 21/30 515D

請求項の数 23　(全 27 頁)

(21)出願番号　特願2010-235787(P2010-235787)
(22)出願日　平成22年10月20日(2010.10.20)
(65)公開番号　特開2011-100999(P2011-100999A)
(43)公開日　平成23年5月19日(2011.5.19)
審査請求日　平成25年10月7日(2013.10.7)
(31)優先権主張番号　61/272,810
(32)優先日　平成21年11月6日(2009.11.6)
(33)優先権主張国　米国(US)

(73)特許権者　000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区有楽町１丁目１２番１号
(74)代理人　100098165
弁理士　大森　聡
(72)発明者　白石　直正
東京都千代田区有楽町一丁目１２番１号
株式会社ニコン内

審査官　関口　英樹

最終頁に続く

(54)【発明の名称】液晶表示素子の製造方法及び露光装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
液晶表示素子の製造方法であって、
所定ピッチを有する周期パターンであって互いに異なる第１方向及び第２方向にそれぞれ配列された第１パターン及び第２パターンを含む素子用パターンが形成されたマスクを露光装置の投影光学系の物体面側に配置することと、
前記露光装置の露光光で前記マスクを照明する照明系の瞳面又はこの近傍の面における前記露光光の光量分布を、前記照明系の光軸を通り、前記第１方向と前記第２方向との中間方向に対応する方向に伸びる第１直線上にあって、前記光軸からそれぞれ反対の方向にあり前記光軸との距離が互いに等しい第１点及び第２点を含む第１領域及び第２領域における光量が他の領域における光量よりも大きくなるようにして、前記マスクの前記素子用パターンを前記投影光学系を介して前記液晶表示素子の基板に転写することと、
前記パターンが転写された前記基板を処理することと、
を含むことを特徴とする液晶表示素子の製造方法。
【請求項２】
前記第１パターン及び前記第２パターンのピッチをＰ１、前記露光光の波長をλ、前記第１方向の前記中間方向に対する角度をθとしたとき、
前記第１点及び前記第２点の位置を、前記光軸との距離がλ／（２・Ｐ１・ｃｏｓθ）となる点に設定することを特徴とする請求項１に記載の液晶表示素子の製造方法。
【請求項３】

前記素子用パターンの前記第１パターンと前記第２パターンとの少なくとも一部は、前記中間方向と直交する方向に連結されており、
前記照明系の瞳面又はこの近傍の面における前記露光光の光量分布を、前記第１直線上で、前記第１点及び前記第２点よりも前記光軸に近く、かつ前記光軸に関して対称に配置された第３点及び第４点を含む第３領域及び第４領域と、前記第１領域及び前記第２領域とにおける光量を他の領域における光量よりも大きくすることを特徴とする請求項１または２に記載の液晶表示素子の製造方法。
【請求項４】
前記第１パターンと前記第２パターンとの連結部の前記中間方向のピッチをＰ０、前記露光光の波長をλとして、前記光軸と前記第３点との距離を前記照明系の開口数を単位としてλ／（２・Ｐ０）に設定することを特徴とする請求項３に記載の液晶表示素子の製造方法。
【請求項５】
前記第１領域、前記第２領域、前記第３領域、及び前記第４領域は、それぞれコヒーレンスファクタに換算した半径が０．２～０．３の円形領域であることを特徴とする請求項３または４に記載の液晶表示素子の製造方法。
【請求項６】
前記素子用パターンの前記第１方向及び前記第２方向は互いに直交していることを特徴とする請求項１～５のいずれか一項に記載の液晶表示素子の製造方法。
【請求項７】
前記素子用パターンの前記第１パターン及び前記第２パターンは、前記液晶表示素子の各画素の電極用パターン形成のためのパターンであることを特徴とする請求項１～６のいずれか一項に記載の液晶表示素子の製造方法。
【請求項８】
前記素子用パターンの前記第１パターン及び前記第２パターンは、前記基板の表面の誘電体膜をパターニングするためのパターンであることを特徴とする請求項１～６のいずれか一項に記載の液晶表示素子の製造方法。
【請求項９】
前記誘電体膜は、フォトレジストであることを特徴とする請求項８に記載の液晶表示素子の製造方法。
【請求項１０】
前記液晶表示素子は、バーチカルアライメント方式の液晶表示素子であることを特徴とする請求項１～９のいずれか一項に記載の液晶表示素子の製造方法。
【請求項１１】
前記液晶表示素子は、マルチドメイン型のバーチカルアライメント方式の液晶表示素子であり、前記第１パターン及び前記第２パターンは、表示画素中のマルチドメインに含まれる各ドメインをそれぞれ形成するためのパターンであることを特徴とする請求項１～１０のいずれか一項に記載の液晶表示素子の製造方法。
【請求項１２】
前記第１パターン及び前記第２パターンの形成は、前記液晶表示素子を構成するＴＦＴ側のガラス基板上の画素電極、及びカラーフィルター側のガラス基板上の画素電極の少なくとも一方に対して行なわれることを特徴とする請求項１～１１のいずれか一項に記載の液晶表示素子の製造方法。
【請求項１３】
前記第１パターン及び前記第２パターンのピッチは３μｍから５μｍであり、前記露光波長λは、０．３６５μｍから０．４８６μｍの間であり、前記投影光学系の開口数ＮＡは０．１から０．０７の間であることを特徴とする請求項１～１２のいずれか一項に記載の液晶表示素子の製造方法。
【請求項１４】
前記投影光学系は、それぞれ前記マスクのパターンの一部の像を前記基板の表面に形成

する複数の部分投影光学系よりなることを特徴とする請求項１～１３のいずれか一項に記載の液晶表示素子の製造方法。
【請求項１５】
前記照明系の少なくとも一部は、前記複数の部分投影光学系に対応して複数個設けられることを特徴とする請求項１～１４のいずれか一項に記載の液晶表示素子の製造方法。
【請求項１６】
前記マスクの前記素子用パターンを前記投影光学系を介して前記基板に転写するために、前記マスクの前記投影光学系に対する所定方向への移動と、前記基板の前記所定方向に対応する方向への移動とを同期して行うことを特徴とする請求項１～１５のいずれか一項に記載の液晶表示素子の製造方法。
【請求項１７】
露光光でマスクのパターンを介して基板を露光する露光装置において、
前記露光光で前記マスクのパターンを照明する照明系と、
前記照明系の瞳面又はこの近傍の面における前記露光光の光量分布を、前記照明系の光軸を通り、前記マスクのパターン面において互いに交差する第１方向と第２方向との中間方向に対応する方向に伸びる第１直線上にあって、前記光軸からそれぞれ反対の方向にあり前記光軸との距離が互いに等しい第１点及び第２点を含む第１領域及び第２領域における光量が他の領域における光量よりも大きくなるように設定可能な光量分布設定装置と、
前記マスクのパターンの像を前記基板の表面に形成する複数の部分投影光学系よりなる投影光学系と、
前記マスクの前記複数の部分投影光学系に対する所定方向への移動と、前記基板の前記所定方向に対応する方向への移動とを同期して行うステージ系と、を備え、
前記マスクのパターン面に前記第１方向及び前記第２方向に同じピッチで形成されている第１パターン及び第２パターンのピッチをＰ１、前記露光光の波長をλ、前記第１方向の前記中間方向に対する角度をθとしたとき、
前記光量分布設定装置は、
前記第１点及び前記第２点の位置を、前記光軸との距離がλ／（２・Ｐ１・ｃｏｓθ）となる点に設定することを特徴とする露光装置。
【請求項１８】
前記光量分布設定装置は、
前記照明系の瞳面又はこの近傍の面における前記露光光の光量分布を、前記第１直線上で、前記第１点及び前記第２点よりも前記光軸に近く、かつ前記光軸に関して対称に配置された第３点及び第４点を含む第３領域及び第４領域と、前記第１領域及び前記第２領域とにおける光量が他の領域における光量よりも大きくなるように設定可能であることを特徴とする請求項１７に記載の露光装置。
【請求項１９】
前記第１領域、前記第２領域、前記第３領域、及び前記第４領域は、それぞれコヒーレンスファクタに換算した半径が０．２～０．３の円形領域であることを特徴とする請求項１８に記載の露光装置。
【請求項２０】
前記マスクのパターン面に前記第１方向及び前記第２方向に同じピッチで、かつ連結して形成されている第１パターン及び第２パターンの前記第１直線に沿った方向に対応する方向のピッチをＰ０、前記露光光の波長をλとして、
前記光量分布設定装置は、前記光軸と前記第３点との距離を前記照明系の開口数を単位としてλ／（２・Ｐ０）に設定することを特徴とする請求項１８に記載の露光装置。
【請求項２１】
前記光量分布設定装置は、光軸方向の間隔が可変の２つのプリズムを有することを特徴とする請求項１７～２０のいずれか一項に記載の露光装置。
【請求項２２】
露光光でマスクのパターンを介して基板を露光する露光装置において、

前記露光光で前記マスクのパターンを照明する照明系と、
前記照明系の瞳面又はこの近傍の面における前記露光光の光量分布を、前記照明系の光軸を通り、前記マスクのパターン面において互いに交差する第１方向と第２方向との中間方向に対応する方向に伸びる第１直線上にあって、前記光軸からそれぞれ反対の方向にあり前記光軸との距離が互いに等しい第１点及び第２点を含む第１領域及び第２領域における光量が他の領域における光量よりも大きくなるように設定可能な光量分布設定装置と、
前記マスクのパターンの像を前記基板の表面に形成する複数の部分投影光学系よりなる投影光学系と、
前記マスクの前記複数の部分投影光学系に対する所定方向への移動と、前記基板の前記所定方向に対応する方向への移動とを同期して行うステージ系と、を備え、
前記光量分布設定装置は、光軸方向の間隔が可変の２つのプリズムを有することを特徴とする露光装置。
【請求項２３】
前記照明系の少なくとも一部は、前記複数の部分投影光学系に対応して複数個設けられることを特徴とする請求項１７～２２のいずれか一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、液晶表示素子の製造方法、及びこの製造方法を実施するために使用できる露光装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
近年、フラットパネル型テレビやラップトップ型のコンピュータ及び携帯電話機等の各種の情報表示装置及び情報処理装置の普及に伴い、表示パネルの高性能化が要請されている。このような要請に応えるために、ＩＰＳ(In Plane Switching)方式及びＶＡ(Vertical Alignment: 垂直配向)方式等の、表示画素の電極又は電極上に微細な格子パターンを形成した液晶表示素子（液晶表示装置）が開発されている。特に、ＶＡ方式の液晶表示素子では、表示の応答性を高速化し、視野角を広げ、さらに透過率を向上するために、電極又は電極上に形成する微細な格子パターンのピッチは６μｍ程度に微細化されている（例えば、特許文献１参照）。
【０００３】
また、視野角の一層の向上のために、各画素を複数のドメインに分割したＭＶＡ(Multi-domain Vertical Alignment) 方式の液晶表示素子では、分割された各ドメインにおいて、上記の微細な格子パターンの周期方向を変更することが行われている（例えば、特許文献２参照）。
ところで、液晶表示素子の微細な格子パターンは、リソグラフィー工程で形成されるとともに、液晶表示素子のような大型の基板の全面を露光するには、大フィールドの投影光学系を備えた露光装置が必要である。そのため、投影光学系を複数のそれぞれ開口数が０．１未満程度の部分投影光学系から構成したマルチレンズ方式の露光装置が開発されている（例えば、特許文献３参照）。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【特許文献１】特開２００２－１０７７３０号公報
【特許文献２】特開２００１－２３５７４８号公報
【特許文献３】特開２００１－３３０９６４号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】

従来の表示画素の電極又は電極上に微細な格子パターンを形成した液晶表示素子において、さらに応答速度を向上させるためには、その格子パターンのピッチの一層の微細化が必要である。しかしながら、従来のマルチレンズ方式のような液晶表示素子用の露光装置では、投影光学系（又は部分投影光学系）には１００ｍｍ以上の大視野が要求されるため、開口数の増大（大ＮＡ化）が難しく、よって、より微細なピッチの格子パターンを形成するのは困難であった。

【０００６】

本発明の態様は、このような事情に鑑み、視野角や応答速度が向上した液晶表示素子の製造方法、及びその製造方法を実施するために使用できる露光装置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】

【０００７】

本発明の第１の態様によれば、所定ピッチを有する周期パターンであって互いに異なる第１方向及び第２方向にそれぞれ配列された第１パターン及び第２パターンを含む素子用パターンが形成されたマスクを露光装置の投影光学系の物体面側に配置することと、その露光装置の露光光でそのマスクを照明する照明系の瞳面又はこの近傍の面におけるその露光光の光量分布を、その照明系の光軸を通り、その第１方向とその第２方向との中間方向に対応する方向に伸びる第１直線上にあって、その光軸からそれぞれ反対の方向にありその光軸との距離が互いに等しい第１点及び第２点を含む第１領域及び第２領域における光量が他の領域における光量よりも大きくなるようにして、そのマスクのその素子用パターンをその投影光学系を介してその液晶表示素子の基板に転写することと、そのパターンが転写されたその基板を処理することと、を含む液晶表示素子の製造方法が提供される。

【０００８】

また、本発明の第２の態様によれば、露光光でマスクのパターンを介して基板を露光する露光装置において、その露光光でそのマスクのパターンを照明する照明系と、その照明系の瞳面又はこの近傍の面におけるその露光光の光量分布を、その照明系の光軸を通り、そのマスクのパターン面において互いに交差する第１方向と第２方向との中間方向に対応する方向に伸びる第１直線上にあって、その光軸からそれぞれ反対の方向にありその光軸との距離が互いに等しい第１点及び第２点を含む第１領域及び第２領域における光量が他の領域における光量よりも大きくなるように設定可能な光量分布設定装置と、そのマスクのパターンの像をその基板の表面に形成する複数の部分投影光学系よりなる投影光学系と、そのマスクのその複数の部分投影光学系に対する所定方向への移動と、その基板のその所定方向に対応する方向への移動とを同期して行うステージ系と、を備え、そのマスクのパターン面にその第１方向及びその第２方向に同じピッチで形成されている第１パターン及び第２パターンのピッチをＰ１、その露光光の波長をλ、その第１方向のその中間方向に対する角度をθとしたとき、その光量分布設定装置は、その第１点及びその第２点の位置を、その光軸との距離がλ／（２・Ｐ１・ｃｏｓθ）となる点に設定する露光装置が提供される。

また、本発明の第３の態様によれば、露光光でマスクのパターンを介して基板を露光する露光装置において、その露光光でそのマスクのパターンを照明する照明系と、その照明系の瞳面又はこの近傍の面におけるその露光光の光量分布を、その照明系の光軸を通り、そのマスクのパターン面において互いに交差する第１方向と第２方向との中間方向に対応する方向に伸びる第１直線上にあって、その光軸からそれぞれ反対の方向にありその光軸との距離が互いに等しい第１点及び第２点を含む第１領域及び第２領域における光量が他の領域における光量よりも大きくなるように設定可能な光量分布設定装置と、そのマスクのパターンの像をその基板の表面に形成する複数の部分投影光学系よりなる投影光学系と、そのマスクのその複数の部分投影光学系に対する所定方向への移動と、その基板のその所定方向に対応する方向への移動とを同期して行うステージ系と、を備え、その光量分布設定装置は、光軸方向の間隔が可変の２つのプリズムを有する露光装置が提供される。

【発明の効果】

【０００９】
本発明の液晶表示素子の製造方法によれば、照明系の瞳面又はこの近傍の面における第１領域（又は第２領域）からの光束がマスクの第１パターン又は第２パターンに照明されると、投影光学系の瞳面において、その第１パターン又は第２パターンからの０次光がその第１領域（又は第２領域）と共役な位置（光軸から離れた位置）を通過し、その第１パターン又は第２パターンからの１次回折光が、その０次光から第１方向又は第２方向に対応する方向に離れた位置を通過する。従って、基板にその第１パターン及び第２パターンの像がそれぞれ高いコントラストで形成されるため、その第１パターン及び第２パターン（微細な格子パターン）のピッチをより微細化できる。
【００１０】
また、本発明によれば、０次光が投影光学系の光軸を中心とする領域を通過する通常の照明方式を用いる場合に比べて、同じ投影光学系を用いても、投影光学系の瞳面において第１パターン及び第２パターンからの０次光と１次回折光との距離を長くできるため、転写できる第１パターン及び第２パターンのピッチを微細化できる。従って、基板に形成する格子パターンのピッチを小さくできるため、応答速度が向上した液晶表示素子を容易に製造できる。
【００１１】
また、本発明の露光装置を用いて、本発明の液晶表示素子の製造方法を実施できる。
【図面の簡単な説明】
【００１２】
【図１】（Ａ）は実施形態の一例で製造される液晶表示素子の概略構成を示す拡大断面図、（Ｂ）は図１（Ａ）のＢ－Ｂ’部分の断面図、（Ｃ）は実施形態の変形例の液晶表示素子の概略構成を示す拡大断面図である。
【図２】実施形態の一例の露光装置の概略構成を示す斜視図である。
【図３】図２の照明系の要部を示す図である。
【図４】図２の一つの部分投影光学系を示す断面図である。
【図５】（Ａ）は図２の照明系の一部を示す図、（Ｂ）は図５（Ａ）の強度分布設定装置１４ｂを示す側面図、（Ｃ）は図５（Ａ）の開口絞り板１２ｂを示す底面図である。
【図６】第１のマスクのパターンの一部を示す拡大図である。
【図７】（Ａ）は第１のマスクのパターンを照明する照明系の瞳面の光量分布を示す図、（Ｂ）は投影光学系の瞳面における第１のマスクのパターンからの回折光の分布を示す図である。
【図８】（Ａ）は第１のマスクの変形例のパターンを照明する照明系の瞳面の光量分布を示す図、（Ｂ）は投影光学系の瞳面における解像限界のパターンからの回折光の分布を示す図である。
【図９】第２のマスクのパターンの一部を示す拡大図である。
【図１０】第３のマスクのパターンの一部を示す拡大図である。
【図１１】（Ａ）は第３のマスクのパターンを照明する照明系の瞳面の光量分布を示す図、（Ｂ）は投影光学系の瞳面における第３のマスクのパターンからの回折光の分布を示す図である。
【図１２】実施形態の一例で製造中の液晶表示素子のＴＦＴ側のガラス基板ＴＧのＴＦＴパターンの形成面の一部を示す拡大図である。
【図１３】実施形態の一例で微細な格子パターンの形成が終了した状態におけるＴＦＴ側のガラス基板ＴＧのパターン形成面の一部を示す拡大図である。
【図１４】図１２のガラス基板ＴＧに形成されるパターンの変化を示す拡大図であり、（Ａ）、（Ｃ）、（Ｅ）、（Ｇ）はそれぞれ図１２中のトランジスタＴＲ５付近の回路パターンを示す拡大図、（Ｂ）、（Ｄ）、（Ｆ）、（Ｈ）はそれぞれ図１２のＡ－Ａ’部分のトランジスタＴＲ５付近の拡大断面図である。
【図１５】実施形態の一例で完成した液晶表示素子の一部を示す図１３のＢ－Ｂ’部分の拡大断面図である。

【図１６】実施形態の一例の液晶表示素子の製造工程を示すフローチャートである。
【図１７】実施形態の変形例で使用される第４のマスクのパターンの一部を示す拡大図である。
【発明を実施するための形態】
【００１３】
本発明の実施形態の一例につき図１～図１６を参照して説明する。
図１（Ａ）は、本実施形態で製造されるＶＡ(Vertical Alignment: 垂直配向)方式でアクティブマトリクス駆動型の液晶表示素子（液晶表示装置）２０の一つの表示画素内の概略構成を示す拡大断面図であり、図１（Ｂ）は、図１（Ａ）のＢ－Ｂ’部分の断面図である。図１（Ａ）において、液晶表示素子２０は基本的に、液晶分子２２ａを含む液晶層２２と、液晶層２２を挟持するＴＦＴ(Thin Film Transistor)側のガラス基板２１Ａ及びカラーフィルター側のガラス基板２１Ｂと、ガラス基板２１Ａの上面に形成された透明な画素電極２３Ａと、ガラス基板２１Ｂの底面に画素電極２３Ａに対向するように形成された透明な対向電極２３Ｂとを備えている。画素電極２３Ａ及び対向電極２３Ｂは、それぞれＩＴＯ(Indium Tin Oxide)又はＩＺＯ(Indium Zinc Oxide）等より形成されている。
【００１４】
さらに、液晶表示素子２０は、ガラス基板２１Ａに形成された画素電極２３Ａの表面に電極２３Ａ，２３Ｂ間に形成される電界パターンを変形するように所定ピッチで所定方向に形成された、微細な周期的な構造としての第１の格子パターン２４Ａと、ガラス基板２１Ｂに形成された対向電極２３Ｂの表面に例えば格子パターン２４Ａと位相がほぼ１８０°異なるように形成された、微細な周期的な構造としての第３の格子パターン２４Ｃとを備えている。格子パターン２４Ａ，２４Ｃは周期的な凸パターンである。なお、液晶表示素子２０の一つの表示画素内で、例えば格子パターン２４Ａ及び２４Ｃにそれぞれ連結されるように又は近接して、かつ格子パターン２４Ａ，２４Ｃと同じピッチで周期方向が異なるように微細な周期的な構造としての第２及び第４の格子パターン（不図示）も形成されている。これらの第１～第４の格子パターン２４Ａ，２４Ｃ等は、誘電体（絶縁材料）又は導電性材料から形成される。格子パターン２４Ａ，２４Ｃ等は、液晶表示素子２０に導入される光束が通過できるように、例えば可視光に対して透明な材料より形成するのが好ましい。
【００１５】
本実施形態において、格子パターン２４Ａ，２４Ｃ等のピッチは一例として３～５μｍであることが好ましい。その範囲内で、一例として、格子パターン２４Ａ，２４Ｃ等の線幅は２μｍ程度でピッチは４μｍ程度である。ただし、格子パターン２４Ａ，２４Ｃ等のピッチは３μｍ以下又は５μｍ以上も可能である。
さらに、液晶表示素子２０は、画素電極２３Ａの表面に格子パターン２４Ａを覆うように形成された分子配向膜２５Ａと、対向電極２３Ｂの表面に格子パターン２４Ｃを覆うように形成された分子配向膜２５Ｂと、ガラス基板２１Ａの下面に形成されて第１の光吸収軸Ｐ（図１（Ｂ）参照）を有する偏光膜（ポラライザ）２６Ａと、ガラス基板２１Ｂの上面に形成されて第１の光吸収軸Ｐに直交する第２の光吸収軸Ａを有する偏光膜（アナライザ）２６Ｂとを備えている。分子配向膜２５Ａ，２５Ｂは液晶層２２に接触し、液晶層２２中の液晶分子２２ａを、画素電極２３Ａ及び対向電極２３Ｂの間に電界が印加されていない非駆動状態において、液晶層２２の境界面に対して略垂直な方向に規制する。従って、非駆動状態では、液晶表示素子２０に入射する光束はほぼ遮光される。
【００１６】
一例として、液晶層２２としては、メルク社より市販されている負の誘電率異方性を有する液晶を使うことができ、分子配向膜２５Ａ，２５ＢとしてはＪＳＲ社より提供される垂直配向膜を使用することができる。典型的な例では、ガラス基板２１Ａ及び２１Ｂは、液晶層２２の厚さが約４μｍになるように適当なスペーサを使って組み立てられる。さらに、一例として、格子パターン２４Ａ，２４Ｃ等（微細な周期的な構造）は、透明な誘電体であるポジ型のフォトレジストから形成でき、このようなフォトレジストとしてはＪＳ

Ｒ社のポジ型レジストＰＣ４０３等を使用できる。格子パターン２４Ａ，２４Ｃは、例えば約０．４μｍの厚さに形成するのが好ましい。

【００１７】

図１（Ｂ）は、画素電極２３Ａ及び対向電極２３Ｂ間に駆動電圧が印加された、液晶表示素子２０の駆動状態におけるガラス基板２１Ａの表面の液晶分子２２ａの配向状態を示している。図１（Ｂ）において、格子パターン２４Ａの各ラインパターンの延在方向（周期方向に直交する方向）は、偏光膜２６Ａ，２６Ｂによる光吸収軸Ｐ，Ａに対して４５°で交差している。また、液晶分子２２ａは格子パターン２４Ａの形成する局所的に変形された電界の効果により、格子パターン２４Ａの延在方向に倒れた状態で配向している。従って、入射する光束に対する液晶表示素子２０の当該表示画素における透過率が高くなる。実際には各表示画素内に第１の格子パターン２４Ａと周期方向が異なる第２の格子パターン（不図示）が形成されており、液晶分子２２ａの倒れる方向は第１及び第２の格子パターンで異なるため、液晶表示素子２０は広い視野角特性を示す。

【００１８】

また、そのように駆動電界が形成された場合、個々の液晶分子２２ａが格子パターン２４Ａ等の延在方向に倒れるため、液晶分子のチルトが或る領域から他の領域へと伝搬する必要がなく、応答速度が非常に速くなる。さらに、本実施形態では、格子パターン２４Ａ等のピッチが３～５μｍと従来に比べて微細であるため、さらに高い応答速度が得られる。

【００１９】

また、本実施形態の変形例として、図１（Ｃ）の液晶表示素子２０Ａで示すように、微細な周期的な構造を、ガラス基板２１Ａの画素電極２３Ａに形成された周期的な凹パターンよりなる第１の格子パターン２４Ｅ、及びガラス基板２１Ｂの対向電極２３Ｂに形成された周期的な凹パターンよりなる第３の格子パターン２４Ｇとしてもよい。格子パターン２４Ｅ，２４Ｇは、画素電極２３Ａ及び対向電極２３Ｂに形成されたカットアウトパターンである。この構成例でも、格子パターン２４Ｅ，２４Ｇに連結されるように又は近接して、かつ格子パターン２４Ｅ，２４Ｇと同じピッチで周期方向が異なるように第２の格子パターン（不図示）及び第４の格子パターン（不図示）が形成されている。この構成例でも、格子パターン２４Ｅ，２４Ｇのピッチは３～５μｍが好ましい。

【００２０】

また、ガラス基板２１Ａの画素電極２３Ａの表面に格子パターン２４Ｅを覆うように分子配向膜２５Ａが形成され、ガラス基板２１Ｂの対向電極２３Ｂの表面に格子パターン２４Ｇを覆うように分子配向膜２５Ｂが形成されている。液晶表示素子２０Ａにおいても、格子パターン２４Ｅ，２４Ｇ等が設けられているため、広い視野角特性が得られるとともに、高い応答速度が得られる。

【００２１】

次に、本実施形態における液晶表示素子２０の製造方法につき説明する。なお、液晶表示素子２０において、格子パターン２４Ａ，２４Ｃ以外の部分は周知技術で製造できるとともに、格子パターン２４Ｃは格子パターン２４Ａと同様に製造できるため、以下では主に格子パターン２４Ａ及びこれに連結又は近接した格子パターンの製造方法につき説明する。

【００２２】

まず、液晶表示素子２０を製造するためのリソグラフィー工程で使用される露光装置の構成につき図２～図１１を参照して説明する。

図２は、本実施形態に係る露光装置ＥＸの全体構成を概略的に示す斜視図、図３は、図２中の照明系ＩＬＳの構成を概略的に示す図、図４は、図２の投影光学系ＰＬを構成する各部分投影光学系（投影光学ユニット）の構成を概略的に示す図である。露光装置ＥＸは、複数の反射屈折型の部分投影光学系からなる投影光学系ＰＬに対してマスクＭと基板ＰＴとを移動させつつ、マスクＭのパターンをフォトレジストが塗布された基板ＰＴの表面に投影露光するマルチレンズ方式の走査型露光装置である。

【００２３】
なお、露光時にマスクＭのパターン面及び基板ＰＴの表面は実質的に平行である。図２～図４等において、マスクＭのパターン面に平行な面（本実施形態ではほぼ水平面）内で、走査露光時のマスクＭ及び基板ＰＴの移動方向（走査方向）に沿ってＸ軸を設定し、Ｘ軸に直交する方向（非走査方向）に沿ってＹ軸を設定し、Ｘ軸及びＹ軸に直交する方向にＺ軸を設定して説明する。
【００２４】
図２及び図３において、露光装置ＥＸは、露光用の照明光（露光光）を発生する例えば超高圧水銀ランプからなる光源１と、露光用の照明光でマスクＭのパターン面の所定の複数の照明領域を均一な照度分布で照明する照明系ＩＬＳと、マスクＭをマスクホルダ（不図示）を介してＸＹ平面に平行に保持して移動するマスクステージＭＳと、マスクＭのパターンの像を基板ＰＴの表面に形成する投影光学系ＰＬと、基板ＰＴを保持して移動する基板ステージＰＳ（図４参照）とを備えている。そして、楕円鏡２の第１焦点位置にある光源１から射出された照明光は、楕円鏡２及びミラー３を介して楕円鏡２の第２焦点位置に光源像を形成する。この第２焦点位置の近傍には、シャッター（不図示）が配置されている。
【００２５】
開状態のシャッターを通過した照明光は、光軸ＡＸ０に沿って所望の波長域の光束のみを透過させる波長選択フィルター６を含む第１リレーレンズ系５に入射する。波長選択フィルター６では、露光用の照明光（露光光）として、一例としてｉ線（波長３６５ｎｍ）を選択する。なお、波長選択フィルター６では、ｇ線（波長４３６ｎｍ）とｈ線（波長４０５ｎｍ）とｉ線とを露光光として同時に選択してもよい。さらに、波長選択フィルター６では、例えばｇ線とｈ線とを同時に選択してもよく、ｈ線とｉ線とを同時に選択してもよい。
【００２６】
上記のように、露光装置ＥＸを用いて例えば液晶表示素子２０に形成する格子パターン２４Ａ，２４Ｃ等のピッチを３～５μｍにする場合、露光光の波長は３６５～４８６ｎｍ（０．３６５～０．４８６μｍ）程度にすることが好ましい。
第１リレーレンズ系５を通過した照明光は、第２リレーレンズ系７を介して、ライトガイド８の入射端８ａに入射する。ライトガイド８は、多数の光ファイバー素線をランダムに束ねて構成されたランダムライトガイドファイバーであって、光源１の数（図２では１つ）と同じ数の入射端８ａと、投影光学系ＰＬを構成する部分投影光学系の数（図２では５つ）と同じ数の射出端８ｂ～８ｆ（図３では射出端８ｂだけを示す）とを備えている。こうして、ライトガイド８の入射端８ａへ入射した照明光は、その内部を伝播した後、５つの射出端８ｂ～８ｆから射出される。照明系ＩＬＳは、射出端８ｂ～８ｆとマスクＭとの間に配置される複数（ここでは５つ）の部分照明系を有する。
【００２７】
図３において、ライトガイド８の射出端８ｂから射出された発散光束は、部分照明系８１内でコリメートレンズ１０ｂによりほぼ平行な光束に変換された後、フライアイインテグレータ（オプティカルインテグレータ）１１ｂに入射する。フライアイインテグレータ１１ｂは、多数の正屈折力のレンズエレメントをその中心軸線が光軸ＡＸＩに沿って延びるように縦横に且つ稠密に配列したものである。フライアイインテグレータ１１ｂに入射した光束は、多数のレンズエレメントにより波面分割され、その後側焦点面（射出面の近傍の面）である部分照明系８１の瞳面（以下、照明瞳面という。）ＩＰＰに多数の二次光源よりなる面光源を形成する。
【００２８】
照明瞳面ＩＰＰ（又はこの近傍の面）には複数の開口絞りが形成されたスライド可能な開口絞り板１２ｂが配置されている。フライアイインテグレータ１１ｂから射出され、開口絞り板１２ｂ中の一つの開口絞りを通過した照明光は、コンデンサーレンズ系１３ｂを介してマスクＭのパターン面のＹ方向に、フライアイインテグレータの各要素の形状に相

似な細長い概長方形形状の照明領域を照明する。照明瞳面ＩＰＰは、マスクＭのパターン面に対して光学的にフーリエ変換の関係にある。すなわち、照明瞳面ＩＰＰ上の任意の一点を射出した照明光は、概ね平行光となって、マスクＭのパターン面に対して上記任意の一点の位置に応じた入射角をもって入射する。逆に言えば、マスクＭのパターン面上の任意の一点に照射する照明光は、その照明光の照明瞳面ＩＰＰ上における位置に応じた入射角で、マスクＭのパターン面に照射される。開口絞り板１２ｂ中の開口絞りによって、二次光源の形状と、部分照明系８１からマスクＭに入射する光束の最大の開口数ＮＡILの対応する投影光学系（本実施形態では部分投影光学系ＰＬ１）の入射側の開口数ＮＡinに対する比の値であるコヒーレンスファクタ（σ値）（＝ＮＡIL／ＮＡin）と、が決定される。

【００２９】

コリメートレンズ１０ｂからコンデンサーレンズ系１３ｂまでの光学部材を含んで部分照明系８１が構成されている。同様に、図２の射出端８ｃ～８ｆとマスクＭとの間にも部分照明系８１と同じ構成の部分照明系（図２ではそのうちのコンデンサーレンズ系のみを図示している）が配置されている。

図５（Ａ）は、図３の部分照明系８１及び射出端８ｄの後段の部分照明系８３のさらに詳細な構成を示す。図５（Ａ）において、コリメートレンズ１０ｂとフライアイインテグレータ１１ｂとの間に、強度分布設定装置１４ｂが配置されている。図５（Ｂ）は、強度分布設定装置１４ｂを＋Ｙ方向から見た側面図である。図５（Ｂ）において、強度分布設定装置１４ｂは、ＸＺ平面内で楔型の断面形状を持ちＹ方向には一様な２つのプリズム１５Ａ，１５Ｂを光軸ＡＸＩに平行な軸に沿って配置した構成の第１分布設定部１５と、光路長を揃えるための平板状の第２部分設定部１６と、第１分布設定部１５と第２分布設定部１６とを交互に照明光ＩＬの光路に設置するスライド方式の駆動部１７とを備えている。第１分布設定部１５を照明光ＩＬの光路に設置すると、照明光ＩＬはＸ方向に離れた２つの光束ＩＬＡ，ＩＬＢとしてフライアイインテグレータ１１ｂに入射するため、Ｘ軸に平行な軸に沿った４極照明又は２極照明（詳細後述）を行う場合に高い照明効率が得られる。第２分布設定部１６は、通常の照明方式を用いる場合に照明光ＩＬの光路に設置される。

【００３０】

また、第１分布設定部１５の２つのプリズム１５Ａ，１５Ｂの間隔を調整する間隔調整部をさらに備えてもよい。この場合、Ｘ軸に平行な軸に沿った４極又は２極の２次光源の間隔に合わせてプリズム１５Ａ，１５Ｂの間隔を調整することで、さらに高い照明効率が得られる。

また、開口絞り板１２ｂには、図５（Ｃ）に示すように、Ｘ軸に平行な軸に沿って配置される２つの楕円状（それぞれ２つの分離した円形でもよい）の開口１８Ａａ，１８Ａｂを有する開口絞り１８Ａ、Ｘ軸に平行な軸に沿って配置される２つの円形の開口１８Ｂａ，１８Ｂｂを有する開口絞り１８Ｂ、及び円形開口を持つ通常照明用の開口絞り１８Ｃが形成されている。不図示のスライド方式の駆動部によって、開口絞り板１２ｂをＸ方向に移動することで、開口絞り１８Ａ～１８Ｃのうちの任意の開口絞りをフライアイインテグレータ１１ｂの射出面の照明瞳面ＩＰＰに設置できる。なお、開口絞り１８Ａ，１８Ｂの詳細な形状は後述する。また、開口絞り板１２ｂ（特に開口絞り１８Ａ，１８Ｂ）は、露光対象のマスクに形成されているパターンに応じて交換してもよい。

【００３１】

さらに、分布設定部１５，１６等によって、照明瞳面ＩＰＰにおける二次光源の形状を必要な形状に高精度に設定できる場合には、照明瞳面ＩＰＰには必ずしも開口絞りを設定する必要はない。

また、射出端８ｄ側の部分照明系８３も、部分照明系８１と同じく、コリメートレンズ１０ｄ、強度分布設定装置１４ｂと同じ構成の強度分布設定装置１４ｄ、フライアイインテグレータ１１ｄ、開口絞り板１２ｂと同じ構成の開口絞り板１２ｄ、及びコンデンサーレンズ系１３ｄを含んで構成されている。光軸ＡＸＩｄを持つ部分照明系８３も、フライ

アイインテグレータ１１ｄの射出面の照明瞳面ＩＰＰｄにおける二次光源の形状を部分照明系８１と同様に設定する。これは、他の部分照明系も同様である。

【００３２】

なお、プリズム１５Ｂとフライアイレンズ１１ｂの間に、プリズム１５Ａ及び１５Ｂにより分割された２つの照明光束のそれぞれを集光するための集光レンズを設けることで、照明光ＩＬの利用効率を一層高めることもできる。この集光レンズは例えばその中心が、図５（Ｂ）中の２つの光束ＩＬＡ，ＩＬＢの中心とそれぞれ一致するような２つの正屈折力レンズとすればよい。

以上の実施形態においては、照明瞳面ＩＰＰにおける二次光源の形状は、光軸ＡＸＩからＸ方向に離れた２点または４点の近傍において照明光の強度分布が増大しているものとしたが、この方向は上記のＸ方向に限るものではなく、Ｙ方向であってもよく、あるいはＸ方向とＹ方向の中間方向であっても良い。さらには、露光対象のマスクに形成されているパターンに応じて任意の方向に設定可能とすることもできる。

【００３３】

図２の５つの部分照明系は、マスクＭのパターン面（下面）においてＹ方向に２列に並んだ５つの概長方形形状の領域を照明する。なお、上述の例では、照明系ＩＬＳにおいて、光源１からの照明光をライトガイド８を介して５つの照明光に等分割しているが、分割数は任意である。

マスクＭの各照明領域からの照明光は、各照明領域に対応するようにＹ方向に沿って２列に配列された複数（図１では合計で５つ）の部分投影光学系ＰＬ１～ＰＬ５からなる投影光学系ＰＬに入射する。部分投影光学系ＰＬ１～ＰＬ５の構成は、互いに同じである。部分投影光学系ＰＬ１～ＰＬ５の開口数は例えば０．１～０．０７の間である。以下、図４を参照して、各部分投影光学系の構成について説明する。

【００３４】

図４に示す部分投影光学系は、マスクＭからの光に基づいてマスクパターンの一次像を形成する第１結像光学系Ｋ１と、一次像の近傍に配置され、マスクＭにおける部分投影光学系の視野領域（照明領域）及び基板ＰＴにおける部分投影光学系の投影領域（露光領域）を台形形状に規定する視野絞りＦＳと、その一次像からの光に基づいてマスクパターンの正立正像（二次像）を基板ＰＴ上に形成する第２結像光学系Ｋ２とを有する。

【００３５】

第１結像光学系Ｋ１は、マスクＭから－Ｚ方向に入射する光を－Ｘ方向に反射する第１反射面を有する第１直角プリズムＰＲ１と、第１直角プリズムＰＲ１側から順に－Ｘ方向に配列された、正の屈折力を有する第１屈折光学系G1P及び第１凹面反射鏡ＭＩ１とを備えている。第１凹面反射鏡ＭＩ１から＋Ｘ方向に第１直角プリズムＰＲ１に入射した光は、第１直角プリズムＰＲ１の第２反射面によって－Ｚ方向に反射される。

【００３６】

一方、第２結像光学系Ｋ２は、視野絞りＦＳから－Ｚ方向に入射する光を－Ｘ方向に反射する第１反射面を有する第２直角プリズムＰＲ２と、第２直角プリズムＰＲ２側から順に－Ｘ方向に配置された、正の屈折力を有する第２屈折光学系G2P及び第２凹面反射鏡ＭＩ２とを備えている。第２凹面反射鏡ＭＩ２から＋Ｘ方向に第２直角プリズムＰＲ２に入射した光は、第２直角プリズムＰＲ２の第２反射面によって－Ｚ方向に反射されて基板ＰＴに入射する。また、マスクＭのパターン面の近傍、及び視野絞りＦＳの近傍には、それぞれ像シフターとしての平行平面板ＤＰ１及びＤＰ２が配置されている。

【００３７】

部分投影光学系において、第１結像光学系Ｋ１はＸ方向における横倍率が＋１倍、Ｙ方向おける横倍率が－１倍の一次像を形成し、第２結像光学系Ｋ２はＸ方向における横倍率が＋１倍、Ｙ方向おける横倍率が－１倍の一次像を形成する。従って、各部分投影光学系を介して基板ＰＴに形成されるマスクパターンの像は等倍の正立正像である。また、各部分投影光学系は、ほぼ両側にテレセントリックな光学系である。なお、各部分投影光学系の構成は任意であり、各部分投影光学系を屈折系から構成してもよい。

【００３８】
図２において、基板ＰＴの表面において各照明領域に対応するようにＹ方向に２列に並んだ複数の台形状の露光領域には、マスクパターンの等倍の正立像が形成される。また、図３のマスクステージＭＳには、このステージを走査方向であるＸ方向に沿って移動させるための長いストロークを有する走査駆動系（不図示）が設けられている。また、マスクステージＭＳを非走査方向（Ｙ方向）に沿って微小量だけ移動させるとともにＺ軸に平行な軸の回りに微小量だけ回転させるための一対の駆動系（不図示）が設けられている。そして、マスクステージＭＳの位置座標が移動鏡を用いたレーザー干渉計ＭＩＦによって計測され、この計測結果によりマスクステージＭＳの位置制御が行われる。
【００３９】
同様のステージ駆動系が、図４の基板ステージＰＳにも設けられている。即ち、基板ステージＰＳを走査方向（Ｘ方向）に沿って移動させるための長いストロークを有する走査駆動系（不図示）と、基板ステージＰＳを非走査方向（Ｙ方向）に沿って微小量だけ移動させるとともにＺ軸に平行な軸の回りに微小量だけ回転させるための一対の駆動系（不図示）とが設けられている。そして、基板ステージＰＳの位置座標が移動鏡を用いたレーザー干渉計ＰＩＦによって計測され、この計測結果による基板ステージＰＳの位置制御が行われる。
【００４０】
さらに、図２において、マスクＭと基板ＰＴとをＸＹ平面に沿って相対的に位置合わせするための手段として、一対の例えば画像処理方式のアライメント系ＡＬがマスクＭの上方に配置されている。
こうして、マスクステージＭＳ側の走査駆動系及び基板ステージＰＳ側の走査駆動系により、複数の部分投影光学系ＰＬ１～ＰＬ５からなる投影光学系ＰＬに対してマスクＭと基板ＰＴとを一体的に同一方向（Ｘ方向）に沿って移動させることによって、マスクＰのパターン領域の全体の像が順次、基板ＰＴの各パターン形成領域の全面に転写（走査露光）される。なお、複数の台形状の露光領域の形状及び配置、ひいては複数の概長方形形状の照明領域の形状及び配置については、たとえば特開平７－１８３２１２号公報などに詳細な説明が記載されている。
【００４１】
次に、図１（Ａ）の液晶表示素子２０のＴＦＴ側のガラス基板２１Ａに微細な周期的な構造としての格子パターン２４Ａ等を形成するために、図６に示す素子用パターンが形成されたマスクＭ１が露光装置ＥＸの投影光学系ＰＬの物体面（マスクステージＭＳの上面）に配置される。マスクＭ１のパターン領域には、Ｘ方向及びＹ方向に所定間隔でＩ行×Ｊ列（Ｉ，Ｊはそれぞれ例えば数１００～１０００程度の整数）に配置された複数の位置Ｐ（ｉ，ｊ）（ｉ＝１～Ｉ，ｊ＝１～Ｊ）を中心としてそれぞれ液晶表示素子２０の各表示画素に対応する画素領域３０が配置されている。なお、これらの複数の画素領域３０は、一つの液晶表示素子（液晶表示パネル）用の素子用パターンであり、マスクＭ１のパターン領域は、Ｘ方向及びＹ方向に所定間隔で複数個の液晶表示素子用の素子用パターンが形成されている。
【００４２】
図６は、その複数の画素領域３０のうちの位置Ｐ（ｉ，ｊ）～Ｐ（ｉ＋１，ｊ－１）にある２行×２列分の画素領域３０の拡大図を示す。図６において、Ｘ軸及びＹ軸はそれぞれ液晶表示素子２０の偏光膜２６Ａ，２６Ｂによる図１（Ｂ）の光吸収軸Ｐ及びＡに対応する方向にそれぞれ平行に設定されている。この場合、各画素領域３０は、それぞれＸ軸に平行な２辺及びＹ軸に平行な２辺で囲まれたほぼＹ方向に細長い長方形の領域であり、＋Ｙ方向で－Ｘ方向の角部にＴＦＴ形成用の凹部が設けられている。各画素領域３０には、それぞれ光透過部を背景として互いに同じ形状の周期的なパターン３１が形成されている。
【００４３】
パターン３１は、Ｘ軸に時計回りに角度θで交差する方向Ｓ１（第１方向）に平行にピ

ッチＰ１で形成されたライン・アンド・スペースパターン（以下、Ｌ＆Ｓパターンという。）よりなる第１の周期的パターン３１Ｓと、Ｘ軸に反時計回りに角度θで交差する方向Ｒ１（第２方向）に平行にピッチＰ１で形成されたＬ＆Ｓパターンよりなる第２の周期的パターン３１Ｒと、Ｘ軸に平行であって、周期的パターン３１Ｓの各ラインパターン３１Ｓａと周期的パターン３１Ｒの対応するラインパターン３１Ｒａとをそれぞれ連結するＸ方向に周期Ｐ０の連結部３１Ｃとから構成されている。言い換えると、第１の周期的パターン３１Ｓは、方向Ｓ１に直交する方向に延在し、かつ方向Ｓ１の線幅がほぼＰ１／２の薄膜よりなる多数のラインパターン３１Ｓａを方向Ｓ１に平行にピッチＰ１で配置したものである。同様に、第２の周期的パターン３１Ｒは、方向Ｒ１に直交する方向に延在し、かつ方向Ｒ１の線幅がほぼＰ１／２の薄膜よりなる多数のラインパターン３１Ｒａを方向Ｒ１に平行にピッチＰ１で配置したものである。

【００４４】

この場合、第１の周期的パターン３１Ｓが図１（Ａ）の第１の格子パターン２４Ａを形成するためのパターンであり、第２の周期的パターン３１Ｒが、第２の格子パターン（不図示）を形成するためのパターンである。また、周期的パターン３１Ｓの周期方向（方向Ｓ１）と周期的パターン３１Ｒの周期方向（方向Ｒ１）とがなす角度は２θであり、方向Ｓ１と方向Ｒ１との中間方向はＸ軸に平行な方向である。また、角度θは（０°＜θ＜９０°）の範囲内で任意の値を取ることが可能であるが、本実施形態では、角度θは４５°である。従って、方向Ｓ１と方向Ｒ１とは直交している。なお、方向Ｓ１がＸ軸に対して時計回りになす角度をθ１、方向Ｒ１がＸ軸に対して反射時計回りになす角度をθ２として、角度θ１と角度θ２とが異なっていてもよい。さらに、方向Ｓ１と方向Ｒ１とはともにＸ軸に対して時計回り（又は反時計回り）で異なる角度に設定することも可能である。

【００４５】

図６において、連結部３１ＣのＸ方向（方向Ｄ３）のピッチＰ０は、周期的パターン３１Ｓ，３１Ｒのピッチ Ｐ１に対して次の関係にある。

Ｐ０＝Ｐ１／ｃｏｓθ＞Ｐ１　…（１）

本実施形態の投影光学系ＰＬの倍率βは等倍であるため、ピッチＰ１は、格子パターン２４Ａ等のピッチと同じであり、ピッチＰ１の好ましい範囲は３～５μｍである。なお、投影光学系ＰＬの倍率βが等倍でないときには、ピッチＰ１は、格子パターン２４Ａ等のピッチの１／β倍に設定される。

【００４６】

また、露光装置ＥＸでマスクＭ１のパターンを投影光学系ＰＬを介して基板ＰＴに投影する場合、照明系ＩＬＳの図５（Ａ）の部分照明系８１の照明瞳面ＩＰＰにおける照明光ＩＬの光量分布は、図７（Ａ）の斜線を施した４つの円形の領域４３Ａ，４３Ｂ及び４５Ａ，４５Ｂでの光量（積分値）がそれ以外の領域の光量（積分値）よりも大きくなるように設定される。他の全部の部分照明系８３等の照明瞳面における光量分布も、照明瞳面ＩＰＰにおける照明光ＩＬの光量分布と同じ分布に設定される。

【００４７】

図７（Ａ）において、Ｘ軸及びＹ軸の原点を部分照明系８１の光軸ＡＸＩに設定している。また、部分照明系８１の照明瞳面ＩＰＰとマスクのパターン面は光学的なフーリエ変換の関係にあるので、照明瞳面ＩＰＰにおいて光軸ＡＸＩから所定の方向ＤＩＬＳに離れた位置を通過する光束は、マスク（例えばマスクＭ１）のパターン面に対して方向ＤＩＬＳに応じた方向ＤＭに傾斜して入射する。言い換えると、その光束のパターン面に対する射影は方向ＤＭに平行である。以下では、このような関係にあるマスクのパターン面上の方向ＤＭと、照明瞳面ＩＰＰ上の方向ＤＩＬＳとを互いに対応する関係にあるという。

【００４８】

図５（Ａ）の部分照明系８１では、照明瞳面ＩＰＰとマスクのパターン面との間にはコンデンサーレンズ系１３ｂのみがあるため、マスクのパターン面の所定方向に対応する照明瞳面ＩＰＰ上の方向は、その所定方向に平行である。従って、マスクのパターン面のＸ軸に平行な方向に対応する照明瞳面ＩＰＰ上の方向はＸ軸に平行である。照明瞳面ＩＰＰ

とマスクの間に折り曲げミラーが配置された場合には、ミラーによる反転作用により、この対応する関係が、単純な空間的な関係に対して変化することはいうまでもない。

図７（Ａ）において、光軸ＡＸＩを中心とする円周４６は、射出される照明光の開口数が対応する部分投影光学系ＰＬ１の入射側の開口数ＮＡｉｎと同じになる領域である。従って、円周４６は、コヒーレンスファクタ（σ値）が１の領域である。また、図６のマスクＭ１の２つの周期的パターン３１Ｓ，３１Ｒの周期方向である方向Ｓ１及びＲ１に対応する照明瞳面ＩＰＰ上の方向がそれぞれ方向Ｓ２及びＲ２である。この場合、図６の方向Ｓ１及びＲ１の中間方向（Ｘ方向）に対応する照明瞳面ＩＰＰ上の方向は同じくＸ方向である。従って、図７（Ａ）において、方向Ｓ２はＸ軸に対して時計回りに角度θで交差し、方向Ｒ２はＸ軸に対して反時計回りに角度θで交差する。

【００４９】

また、照明瞳面ＩＰＰにおいて、光軸ＡＸＩから方向Ｓ２に沿って距離Ｄ２の点を通り方向Ｓ２に直交する２つの対称な直線４０Ｓ及び４０ＳＢを想定し、直線４０Ｓ及び４０ＳＢとＸ軸との交点４２Ａ及び４２Ｂを中心とする所定の半径ｒの円周で囲まれた領域４３Ａ及び４３Ｂが光量の大きい領域である。この場合、照明光の波長をλとして、照明光（照明系ＩＬＳ又は部分照明系８１）の開口数を単位として、図６の周期的パターン３１Ｓ，３１Ｒのピッチ Ｐ１、又は連結部３１Ｃのピッチ Ｐ０を用いて距離Ｄ２は次のように設定される。

【００５０】

$$D2=\lambda/(2\cdot P1)=\lambda/(2\cdot P0\cdot\cos\theta) \quad \cdots(2)$$

また、方向Ｓ２とＸ軸とがなす角度はθであるため、中心４２Ａ，４２Ｂと光軸ＡＸＩとの距離Ｄ１は次のようになる。

$$D1=D2/\cos\theta=\lambda/(2\cdot P1\cdot\cos\theta)$$
$$=\lambda/(2\cdot P0\cdot\cos^2\theta)>D2 \quad \cdots(3)$$

また、Ｘ軸上において光軸ＡＸＩから対称に距離Ｄ０の点４４Ａ及び４４Ｂを取り、点４４Ａ及び４４Ｂを中心とする所定の半径ｒの円周で囲まれた領域４５Ａ及び４５Ｂも光量の大きい領域である。図６の連結部３１Ｃのピッチ Ｐ０を用いて、距離Ｄ０は次のように設定される。

【００５１】

$$D0=\lambda/(2\cdot P0) \quad \cdots(4)$$

本実施形態では、光軸ＡＸＩを通るＸ軸に沿って配置された４つの領域４３Ａ，４３Ｂ及び４５Ａ，４５Ｂにおける光量が大きいため、この照明条件を仮に一直線に沿った４極照明と呼ぶことができる。また、一例として、領域４３Ａ，４３Ｂ及び領域４５Ａ，４５Ｂの半径ｒは、σ値が１の半径を単位として、次のように０．２～０．３に設定されることが好ましい。

【００５２】

$$r=0.2\sim0.3 \quad \cdots(5)$$

この場合、半径ｒが大きいときには、図７（Ａ）に示すように、－Ｘ方向の領域４３Ａ，４５Ａ及び＋Ｘ方向の領域４３Ｂ，４５Ｂはそれぞれ連結されて一つのほぼ楕円状の領域となるため、照明条件は実質的にＸ軸に沿った２極照明となる。なお、外側の領域４３Ａ，４３Ｂのうちで円周４６からはみ出る部分については、照明光の光量はほぼ０である。一方、半径ｒが小さいときには、領域４３Ａ，４５Ａ及び領域４３Ｂ，４５Ｂはそれぞれ分離した２つの領域となってもよい。

【００５３】

一例として、領域４３Ａ，４３Ｂ及び領域４５Ａ，４５Ｂ内の光量分布はそれぞれ均一な同じ光量であり、かつ円周４６内を通過する照明光の光量のうちで、領域４３Ａ，４３Ｂ及び領域４５Ａ，４５Ｂ内を通過する照明光の光量の積分値が９０％程度以上で、それ以外の領域を通過する照明光の光量の積分値が１０％程度以下であることが好ましい。また、例えば式（５）を満たす範囲内で、領域４３Ａ，４３Ｂの半径と領域４５Ａ，４５Ｂの半径とが異なってもよい。

【００５４】
なお、領域４３Ａ，４３Ｂ，４５Ａ，４５Ｂの代わりに、領域４３Ａ，４３Ｂ，４５Ａ，４５Ｂとほぼ同じ面積の小さい楕円状、矩形、又は扇型等の領域で光量が大きくなるような照明条件を用いてもよい。
図７（Ａ）の照明瞳面ＩＰＰの光量分布を持つ照明光で、図６のマスクＭ１の多数のパターン３１（周期的パターン３１Ｓ，３１Ｒ及び連結部３１Ｃ）を照明すると、対応する開口数ＮＡの部分投影光学系ＰＬ１の瞳面ＰＰ（射出瞳と共役な面）における回折光の分布は図７（Ｂ）のようになる。他の部分投影光学系ＰＬ２～ＰＬ５の瞳面における回折光の分布も図７（Ｂ）と同じである。なお、部分投影光学系ＰＬ１は等倍であるため、入射側の開口数ＮＡｉｎと射出側の開口数ＮＡとは等しい。また、瞳面ＰＰは照明瞳面ＩＰＰと光学的に共役であるため、照明瞳面ＩＰＰ上のＸ軸及びＹ軸に対応する瞳面ＰＰ上の座標軸をそれぞれＸ軸及びＹ軸としている。
【００５５】
図７（Ｂ）の瞳面ＰＰにおいて、円周４６Ｐは、照明瞳面ＩＰＰの円周４６（σ＝１）と共役な開口数がＮＡの照明光が通過する領域である。また、円周４６Ｐ内で光軸ＡＸを通るＸ軸上の対称な点を中心とする２つの円形の領域（領域４３Ａ，４３Ｂと共役な領域）を、図７（Ａ）の領域４３Ａ，４３Ｂから射出されて図６の周期的パターン３１Ｓ，３１Ｒを通過した０次光４３Ａ０及び４３Ｂ０が通過する。
また、０次光４３Ａ０及び４３Ｂ０からＸ軸に時計回りに角度θで交差する方向に、それぞれ開口数を単位として距離λ／Ｐ１の点を中心とする領域を、図７（Ａ）の領域４３Ａ，４３Ｂから射出された光束の図６の第１の周期的パターン３１Ｓによる１次回折光４３ＡＳ及び４３ＢＳが通過する。
【００５６】
また、０次光４３Ａ０及び４３Ｂ０からＸ軸に反時計回りに角度θで交差する方向に、それぞれ開口数を単位として距離λ／Ｐ１の点を中心とする領域を、図７（Ａ）の領域４３Ａ，４３Ｂから射出された光束の第２の周期的パターン３１Ｒによる１次回折光４３ＡＲ及び４３ＢＲが通過する。この場合、式（２）及び式（３）の条件が満たされているため、１次回折光４３ＡＲ及び４３ＢＲは１次回折光４３ＡＳ及び４３ＢＳと同じＹ軸上の位置を通過する。そして、２つの０次光４３Ａ０及び４３Ｂ０と、４つの一次回折光４３ＡＳ，４３ＢＳ，４３ＡＲ，４３ＢＲは、瞳面ＰＰにおいて、すべて光軸ＡＸからほぼ等距離の位置を通り、すなわち、ほぼ等しい入射角で、基板ＰＴの表面に入射する。
図６の多数のパターン３１中の第１の周期的パターン３１Ｓから発生する回折光の主成分は０次光と一次回折光４３ＡＳ，４３ＢＳであるため、０次光と一次回折光との干渉により、周期的パターン３１Ｓの像が高いコントラストで基板ＰＴの表面に形成される。一方、図６の多数のパターン３１中の第２の周期的パターン３１Ｒから発生する回折光の主成分は０次光と一次回折光４３ＡＲ，４３ＢＲであるため、周期的パターン３１Ｒの像も高いコントラストで基板ＰＴの表面に形成される。そして、０次光および一次回折光が、いずれもほぼ等しい入射角で基板ＰＴの表面に入射するため、周期的パターン３１Ｒ及び３１Ｓの像は、大きな焦点深度を有することになる。
【００５７】
図７（Ｂ）の瞳面ＰＰにおいて、光軸ＡＸを通るＸ軸上の対称な点を中心とする２つの円形の領域（領域４５Ａ，４５Ｂと共役な領域）を、図７（Ａ）の領域４５Ａ，４５Ｂから射出されて図６の周期的パターン３１Ｓ，３１Ｒを通過した０次光４５Ａ０及び４５Ｂ０が通過する。
さらに、０次光４５Ａ０及び４５Ｂ０に対してＸ軸に沿った逆方向にそれぞれ開口数を単位として距離λ／Ｐ０の点を中心とする領域を、図７（Ａ）の領域４５Ａ，４５Ｂから射出された光束の図６の連結部３１Ｃによる１次回折光４５ＡＤ及び４５ＢＤが通過する。この際に式（４）の条件が成立しているため、０次光４５Ａ０及び４５Ｂ０の位置と１次回折光４５ＡＤ及び４５ＢＤの位置とは同じであり、光軸ＡＸからの距離がほぼ等しい。従って、図６の連結部３１Ｃの像も高いコントラストで、かつ大きな焦点深度をもって

基板ＰＴの表面に形成される。

【００５８】

また、図８（Ｂ）は、部分投影光学系ＰＬ１によって結像される角度θが４５°の周期的パターン３１Ｓのピッチ Ｐ１が最も小さい場合の、瞳面ＰＰにおける０次光４３Ａ０，４３Ｂ０及び１次回折光４３ＡＳ，４３ＢＳの位置を示す。図８（Ｂ）において、０次光４３Ａ０及び１次回折光４３ＡＳはそれぞれ半径が開口数ＮＡの円周４６Ｐ上にあるため、距離λ／Ｐ１は次のようになる。

【００５９】

λ／Ｐ１＝$2^{1/2}$×ＮＡ、即ち　Ｐ１＝λ／（$2^{1/2}$×ＮＡ）　…（６）

これに対して、通常の照明条件では、０次光４７０の中心は光軸ＡＸ上にあり、１次回折光４７Ｓの中心は円周４６Ｐ上にあるため、周期的パターン３１Ｓのピッチを Ｐ１’とすると、次のようになる。

λ／Ｐ１’＝ＮＡ、即ち　Ｐ１’＝λ／ＮＡ　…（７）

式（６）と式（７）とを比較することによって、本実施形態の照明条件を用いることによって、同じ部分投影光学系ＰＬ１を用いても、通常照明に比べて転写できる周期的パターン３１Ｓ，３１Ｒのピッチ Ｐ１を１／$2^{1/2}$、即ちほぼ１／１．４１倍に微細化できることが分かる。

【００６０】

また、一例として、照明光の波長λを０．３６５μｍ、部分投影光学系ＰＬ１の開口数ＮＡを０．１とすると、式（６）より転写可能な周期的パターン３１Ｓ，３１Ｒのピッチ Ｐ１の最小値はほぼ２．６μｍとなる。従って、部分投影光学系ＰＬ１の開口数ＮＡを０．１より大きくするか、及び／又は照明光の波長λをより短波長化することが可能であれば、転写可能な周期的パターン３１Ｓ，３１Ｒのピッチ Ｐ１を２．６μｍより小さくできる。

【００６１】

なお、図６のマスクＭ１のパターン３１において、周期的パターン３１Ｓの角度θ１と周期的パターン３１Ｒの角度θ２とが異なっている場合には、照明瞳面ＩＰＰにおける光量分布は、図８（Ａ）に示すように、方向Ｓ２及び方向Ｒ２の中間方向の角度がＸ軸に対して反時計回りに（θ２－θ１）／２となる。従って、Ｘ軸及びＹ軸を光軸ＡＸＩの回りに反時計回りに角度（θ２－θ１）／２だけ回転した新たな座標系のＸ’軸及びＹ’軸を設定し、図７（Ａ）の場合と同様に、Ｘ’軸上に光量が大きくなる領域４３Ａ，４３Ｂ及び４５Ａ，４５Ｂを設定すればよい。

【００６２】

また、図７（Ａ）の光量分布を使用する照明条件は、図９に示すように、隣接する画素領域３０のパターン３１がそれぞれ連結部３２で連結されている素子パターンが形成されたマスクＭ２を投影光学系ＰＬの物体面に配置する場合にも使用できる。この場合には、図１（Ａ）の格子パターン２４Ａは、隣接する表示画素間で連結されることになる。また、連結部３２は、パターン３１の連結部３１Ｃと同様にＸ方向にピッチＰ０のパターンであるため、図７（Ａ）の照明瞳面ＩＰＰの内側の領域４５Ａ，４５Ｂからの照明光で高いコントラストで結像可能である。

【００６３】

一方、図１（Ａ）において、第１の格子パターン２４Ａと第２の格子パターン（不図示）とが分離されている場合、格子パターン２４Ａ等を形成するためには、図１０に示すように、各画素領域３０にそれぞれ第１の周期的パターン３１Ｓ及び第２の周期的パターン３１Ｒを離して配置した形状のパターン３１Ａが形成されたマスクＭ３を使用すればよい。マスクＭ３のパターンを照明する場合、部分照明系８１の開口絞りとしては、図５（Ｃ）の２つの円形開口が形成された開口絞り１８Ｂを使用すればよい。

【００６４】

この場合の部分照明系８１（他の部分照明系も同様）の照明瞳面ＩＰＰにおける光量分布は、図１１（Ａ）に示すように、図７（Ａ）の４つの領域のうちの外側の２つの円形の

領域４３Ａ，４３Ｂのみで光量が大きくなればよい。この照明条件は、Ｘ軸に沿った２極照明と呼ぶことができる。領域４３Ａ，４３Ｂの中心は、方向Ｓ２に直交し、光軸ＡＸＩからの距離がＤ２の直線４０Ｓ，４０ＳＢとＸ軸との交点である。また、領域４３Ａ，４３Ｂの中心と光軸ＡＸＩとの距離Ｄ１は式（３）で表される。

【００６５】

この照明条件を用いて図１０のマスクＭ３を照明すると、図１１（Ｂ）に示す部分投影光学系ＰＬ１の瞳面ＰＰにおいて、周期的パターン３１Ｓ又は３１Ｒからの１次光４３ＡＳ，４３ＢＳ又は４３ＡＲ，４３ＢＲは、それぞれＹ軸上を通過し、２つの０次光と４つの１次光のそれぞれの光軸ＡＸからの距離がほぼ等しいため、微細な周期的パターン３１Ｓ及び３１Ｒの像をそれぞれ高いコントラストで、すなわち高い解像度で、かつ大きな焦点深度で形成できる。

次に、本実施形態の露光装置ＥＸを用いて図１（Ａ）の液晶表示素子２０を製造する工程の一例につき図１６のフローチャートを参照して説明する。また、製造過程の液晶表示素子の構造を図１２～図１５を参照して説明する。説明の便宜上、図１２～図１５では、図１（Ａ）のＴＦＴ側のガラス基板２１Ａをガラス基板ＴＧ、格子パターン２４Ａ，２４Ｃを格子パターンＬＳ１，ＬＣ１、カラーフィルター側のガラス基板２１Ｂをガラス基板ＦＧ、液晶層２２を液晶層ＬＣ、対向電極２３Ｂを対向電極ＣＥとして、画素電極２３Ａを表示画素別に画素電極ＰＥ１，ＰＥ２，…として説明する。また、分子配向膜２５Ａ，２５Ｂ及び偏光膜２６Ａ，２６Ｂは説明を省略するとともに、図１２、図１３では、偏光膜２６Ａ，２６Ｂによる図１（Ｂ）の光吸収軸Ｐ及びＡにそれぞれ平行にＸ軸及びＹ軸を取って説明する。

【００６６】

図１２は、製造中の液晶表示素子のＴＦＴ側のガラス基板ＴＧの複数の画素領域を含む要部をＴＦＴパターンの形成された側から見た拡大図である。図１２において、ガラス基板ＴＧの上面には、Ｙ方向に多数本の信号線（信号電極）ＳＬ１，ＳＬ２，ＳＬ３，…が延び、Ｘ方向に多数本の選択線（走査電極）ＧＬ１，ＧＬ２，…が延びている。各信号線ＳＬ１，ＳＬ２，…と各選択線ＧＬ１，ＧＬ２，…との交点にはＴＦＴよりなるトランジスタＴＲ１，ＴＲ２，…が形成される。そして、トランジスタＴＲ１，ＴＲ２，…によって各表示画素を規定する画素電極ＰＥ１，ＰＥ２，…に印加される電位が決定され、各表示画素の明るさ（透過率）が決定される。

【００６７】

まず、図１６のパターン形成工程４０１では、ガラス基板ＴＧに回路パターンを形成することによって、ＴＦＴ側のガラス基板ＴＧが製造される。この製造工程について、図１４を用いて説明する。

図１４（Ａ）、（Ｃ）、（Ｅ）、（Ｇ）は、それぞれ図１２中のトランジスタＴＲ５付近の拡大図を示し、図１４（Ｂ）、（Ｄ）、（Ｆ）、（Ｈ）は、図１２中のトランジスタＴＲ５付近におけるＡ－Ａ’部分での断面図を示す。

【００６８】

始めに、図１４（Ａ）及び図１４（Ｂ）に示すように、ガラス基板ＴＧの上面にタンタル等の金属膜を成膜し、露光装置（例えば図２の露光装置ＥＸでもよい）を用いたリソグラフィー工程により所定部分に上記金属膜による選択線ＧＬ２及びゲート電極ＴＧ５を形成する。その後、例えば上記金属膜を陽極酸化することにより、選択線ＧＬ２及びゲート電極ＴＧ５の表面に金属酸化膜（不図示）を形成する。

【００６９】

ここにおいて、選択線ＧＬ２及びゲート電極ＴＧ５の線幅は、それぞれ１０μｍ程度とすることが好ましい。

次に、図１４（Ｃ）及び図１４（Ｄ）に示すように、ガラス基板ＴＧの上面にアモルファスシリコン膜を成膜し、リソグラフィー工程により、ゲート電極ＴＧ５を跨ぐように上記アモルファスシリコンによるトランジスタＴＲ５を形成する。そして、その上に、アルミニウム等の金属又は導電性の高い半導体を成膜し、リソグラフィー工程によりトランジ

スタＴＲ５上の所定領域にソース電極ＴＳ５及びドレイン電極ＴＤ５を形成する。

【００７０】

この状態において、ソース電極ＴＳ５とドレイン電極ＴＤ５との間隙は、３μｍ程度とすることが好ましい。

続いて、図１４（Ｅ）及び図１４（Ｆ）に示すように、上記のＴＦＴ側のガラス基板ＴＧの上面に、アルミニウム等の金属を成膜し、リソグラフィー工程により、ソース電極ＴＳ５と整合する位置に信号線ＳＬ２を形成する。その後、ガラス基板ＴＧの上面に、たとえば有機物質からなる透明な絶縁膜ＰＶを形成し、リソグラフィー工程により、ドレイン電極ＴＤ５と整合する位置の絶縁膜ＰＶに開口（ホール）を形成する。そして、その上に、ＩＴＯ又はＩＺＯによる透明電極を成膜し、リソグラフィー工程により、この透明電極を各表示画素に対応する透明な画素電極ＰＥ５等に分離する。

【００７１】

次に、図１４（Ｇ）及び図１４（Ｈ）に示すように、上記の透明な画素電極ＰＥ５等の表面に、リソグラフィー工程によって本実施形態の特徴事項である微細な格子パターンＬＳ１を形成する。この工程を詳細に説明すると、図１６のステップ３０１において、コータ・デベロッパ（不図示）において、ガラス基板ＴＧの画素電極ＰＥ５等を含む表面に誘電体としてのポジ型のフォトレジストを塗布する。次のステップ３０２において、図２の露光装置ＥＸの投影光学系ＰＬの物体面（マスクステージの上面）に、図６の多数の画素領域３０毎に周期的なパターン３１が形成されたマスクＭ１をロードする。これとほぼ並行してステップ３０３において、露光装置ＥＸの照明系ＩＬＳ（部分照明系８１等）の照明条件を、照明瞳面ＩＰＰ等での光量分布が図７（Ａ）の状態になる一直線上の４極照明に設定する。

【００７２】

次のステップ３０４において、露光装置ＥＸにおいて、マスクＭ１のパターンの像をガラス基板ＴＧのフォトレジスト層に走査露光する。次のステップ３０５において、コータ・デベロッパ（不図示）において、ガラス基板ＴＧのフォトレジストを現像することによって、複数の表示画素の画素電極ＰＥ５等の表面に図６の周期的パターン３１Ｓの像としての格子パターンＬＳ１及び周期的パターン３１Ｒの像としての格子パターンＬＳ２（図１３参照）及び連結部３１Ｃの像としての格子パターンＬＳ１，ＬＳ２の連結部が高精度に形成される。

【００７３】

図１３は、微細な格子パターンＬＳ１，ＬＳ２の形成が終了した状態における本実施形態のＴＦＴ側のガラス基板ＴＧの複数の画素領域（それぞれ画素電極ＰＥ１，ＰＥ２，…が形成されている）を含む要部の拡大図を示す。一例として、格子パターンＬＳ１，ＬＳ２のラインパターンの線幅は２μｍ程度、ピッチは４μｍ程度であるが、露光装置ＥＸの部分投影光学系ＰＬ１～ＰＬ５（投影光学系ＰＬ）の開口数ＮＡが０．１より大きいのであれば、格子パターンＬＳ１，ＬＳ２のピッチはもっと細かくても良い。

【００７４】

次に、ステップ４０２において、カラーフィルター側のガラス基板ＦＧが製造される。

図１５は、本実施形態における完成した液晶表示素子の複数の表示画素を示す拡大断面図であり、かつ図１５は、図１３におけるＢ－Ｂ’部分の断面図を表している。図１５に示すように、完成した液晶表示素子においては、ＴＦＴ側のガラス基板ＴＧとカラーフィルター側のガラス基板ＦＧとが対向して配置され、その間に液晶層ＬＣが挟み込まれている。

【００７５】

カラーフィルター側のガラス基板ＦＧの底面のＴＦＴ側のガラス基板ＴＧの各画素電極ＰＥ５，ＰＥ６，ＰＥ１０に対向する部分には、一般的なカラーフィルター側のガラス基板と同様に、リソグラフィー工程で形成されたブラックマトリクス層ＭＢ２，ＭＢ３，ＢＭ４、及び赤色カラーフィルターＣＲ、緑色カラーフィルターＣＧ、青色カラーフィルターＣＢが形成されている。そして、これらの表面（下面）を覆うように、透明な絶縁膜Ｐ

Ｖ２、及びＩＴＯやＩＺＯによる対向電極ＣＥが形成されている。

【００７６】

さらに、本実施形態におけるカラーフィルター側のガラス基板ＦＧでは、対向電極ＣＥの表面（図１５の下面）の格子パターンＬＳ１及びＬＳ２（図１５では不図示）に対向する領域に、それぞれリソグラフィー工程によって本実施形態の特徴事項である微細な第１の格子パターンＬＣ１及び第２の格子パターン（不図示）が形成されている。

なお、格子パターンＬＣ１等は、図２の露光装置ＥＸにおいて、図６と同様なマスクＭ１（又は周期的パターン３１Ｓ，３１Ｒに対して位相が１８０°異なる周期的パターンが形成されたマスクでもよい）を用いて、ステップ３０１～３０５と同様の工程を実施することによって形成できる。

【００７７】

そして、カラーフィルター形成工程４０２の後に、セル組み立て工程４０３が実行される。セル組み立て工程４０３では、パターン形成工程４０１にて得られたＴＦＴ側のガラス基板ＴＧ、及びカラーフィルター形成工程４０２にて得られたカラーフィルター側のガラス基板ＦＧとの間に液晶を注入して、液晶表示素子（液晶セル）を製造する。

その後、モジュール組み立て工程４０４にて、組み立てられた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、露光装置ＥＸを用いて、微細な格子パターンＬＳ１，ＬＣ１等が形成された極めて応答速度の高い液晶表示素子をスループット良く得ることができる。

【００７８】

本実施形態の効果等は以下の通りである。

（１）本実施形態の露光装置ＥＸを用いた液晶表示素子の製造方法は、ピッチＰ１を有し互いに異なる方向Ｓ１（第１方向）及び方向Ｒ１（第２方向）にそれぞれ配列された周期的パターン３１Ｓ（第１パターン）及び周期的パターン３１Ｒ（第２パターン）と、周期的パターン３１Ｓと周期的パターン３１Ｒとを方向Ｓ１及び方向Ｒ１の中間方向（Ｘ方向）に直交する方向に連結する連結部３１Ｃとを含むパターン３１（素子用パターン）が形成されたマスクＭ１を露光装置ＥＸの投影光学系ＰＬの物体面側に配置するステップ３０２を含む。さらにその製造方法は、波長λの照明光（露光光）でマスクＭ１を照明する照明系ＩＬＳの部分照明系８１の照明瞳面ＩＰＰ（又はこの近傍の面でもよい）における照明光の光量分布を、光軸ＡＸＩを通り、方向Ｓ１と方向Ｒ１との中間方向に対応する方向に伸びるＸ軸（第１直線）上にあって、光軸ＡＸＩからそれぞれ反対の方向にあり光軸ＡＸＩとの距離Ｄ１が互いに等しい交点４２Ａ（第１点）及び交点４２Ｂ（第２点）を含む領域４３Ａ（第１領域）及び領域４３Ｂ（第２領域）と、交点４２Ａ，４２Ｂよりも光軸ＡＸＩに近く、かつ光軸ＡＸＩに関して対称に配置された中心４４Ａ（第３点）及び中心４４Ｂ（第４点）を含む領域４５Ａ（第３領域）及び領域４５Ｂ（第４領域）とにおける光量が他の領域における光量よりも大きくなるようにして、マスクＭ１の素子用パターンを投影光学系ＰＬを介して液晶表示素子のガラス基板ＴＧに転写するステップ３０３，３０４と、その素子用パターンが転写されたガラス基板ＴＧのフォトレジストを現像して処理するステップ３０５とを含んでいる。

【００７９】

本実施形態の製造方法によれば、照明瞳面ＩＰＰの領域４３Ａ，４３Ｂからの光束がマスクＭ１の周期的パターン３１Ｓ（又は３１Ｒ）に照明されると、投影光学系ＰＬの瞳面（部分投影光学系ＰＬ１の瞳面ＰＰ）において、周期的パターン３１Ｓ（又は３１Ｒ）からの０次光４３Ａ０，４３Ｂ０が領域４３Ａ，４３Ｂと共役な位置（光軸ＡＸから離れた位置）を通過し、周期的パターン３１Ｓ（又は３１Ｒ）からの１次回折光４３ＡＳ，４３ＢＳ（又は４３ＡＲ，４３ＢＲ）が、０次光４３Ａ０，４３Ｂ０の位置から方向Ｓ１又は方向Ｒ１に対応する方向にλ／Ｐ１だけ離れた位置を通過する。そして、

各０次光と各１次回折光が、瞳面ＰＰにおいて光軸からほぼ等距離の位置を通り、ガラス基板ＴＧにほぼ等しい角度傾いて入射する。従って、ガラス基板ＴＧ上に周期的パターン

３１Ｓ，３１Ｒの像がそれぞれ高いコントラストで形成されるとともに、通常の照明方式を用いる場合に比べて、転写できる周期的パターン３１Ｓ，３１Ｒのピッチ Ｐ１を例えば１／$2^{1/2}$倍（ほぼ１／１．４１倍）に微細化でき、さらに大きな焦点深度を得ることができるため、ガラス基板ＴＧに形成する微細な格子パターンＬＳ１のピッチをより小さくできる。

【００８０】

さらに、照明瞳面ＩＰＰの内側の領域４５Ａ，４５Ｂからの照明光によって、連結部３１Ｃの像が高いコントラストでガラス基板ＴＧに投影できる。このため、マスクＭ１の各パターン３１の全部の像を高い解像度で、かつ大きな焦点深度をもってガラス基板ＴＧに転写でき、視野角が広く応答速度が向上した液晶表示素子を製造できる。

（２）なお、ステップ３０２において、図１０に示すように、連結部３１Ｃが除去された周期的パターン３１Ｓ，３１Ｒからなるパターン３１Ａが形成されたマスクＭ３を露光装置ＥＸの投影光学系ＰＬの物体面に配置してもよい。マスクＭ３のパターンを露光するためには、ステップ３０３，３０４において、照明系ＩＬＳの部分照明系８１の照明瞳面ＩＰＰにおける光量分布は、図１１に示すように、外側の領域４３Ａ，４３Ｂのみで光量が大きくなるようにすればよい。この場合には、領域４３Ａ，４３Ｂを通過した照明光によって、投影光学系ＰＬを介して周期的パターン３１Ｓ，３１Ｒの像が、高い解像度で、かつ大きな焦点深度をもってガラス基板ＴＧに転写できる。

【００８１】

（３）また、マスクＭ１の周期的パターン３１Ｓ，３１Ｒは、ガラス基板ＴＧの表面の誘電体膜としてのフォトレジストをパターニングするためのパターンである。なお、誘電体膜としてはフォトレジスト以外の物質も使用可能である。

（４）また、本実施形態で製造される液晶表示素子２０は、１つのＴＦＴに対応する画素電極内に２つのドメインを有するマルチドメイン型のＶＡ方式であるが、本発明は、例えば、４つのＴＦＴに対応する画素電極に４つ以上のドメインを有するマルチドメイン型のＶＡ方式の液晶表示素子を製造する場合にも適用可能である。この場合、マスクＭ１の周期的パターン３１Ｓ，３１Ｒは、表示画素中のマルチドメインに含まれる各ドメインをそれぞれ形成するためのパターンとして使用可能である。また、本発明は、１つの画素電極を２つ以上の画素電極に分割する方式のマルチドメイン型のＶＡ方式の液晶表示素子を製造する場合にも適用可能である。さらに、本発明は、ＶＡ方式に限らず、画素電極に微細なＬ＆Ｓパターンが要求される場合には、ＩＰＳ方式の液晶表示素子の製造に適用することも可能である。

【００８２】

（５）また、本実施形態では、液晶表示素子を構成するＴＦＴ側のガラス基板ＴＧ上の画素電極、及びカラーフィルター側のガラス基板ＦＧ上の画素電極の両方に対して微細な格子パターンＬＳ１及びＬＣ１を形成しているため、液晶表示素子の応答速度をさらに速くできる。なお、液晶表示素子を構成するＴＦＴ側のガラス基板ＴＧ上の画素電極、及びカラーフィルター側のガラス基板ＦＧ上の画素電極の少なくとも一方にたいして微細な格子パターンＬＳ１又はＬＣ１を形成するのみでもよい。この場合でも、応答速度は速くなる。

【００８３】

（６）また、投影光学系ＰＬは、それぞれマスクＭ１のパターンの一部の像をガラス基板ＴＧ等の表面に形成する複数の部分投影光学系ＰＬ１～ＰＬ５よりなる。従って、全体として小型の投影光学系ＰＬを用いて露光領域を広くできるため、１回の走査露光で、大面積のガラス基板ＴＧに対してマスクＭ１のパターンの像を露光できる。

また、照明系ＩＬＳの射出側の光学系は、複数の部分投影光学系ＰＬ１～ＰＬ５に対応して複数個の部分照明系８１等に分かれている。従って、照明系ＩＬＳも小型化できる。

【００８４】

なお、本発明の液晶表示素子の製造方法は、一つの結像光学系のみからなる投影光学系

を備えた露光装置で露光する場合にも適用可能である。この場合には、照明系ＩＬＳは、全体として一つの照明領域を照明する一つの光学系から構成できる。

（７）また、露光装置ＥＸは走査露光を行っているが、ステッパー型の露光装置で露光する場合にも本発明の液晶表示素子の製造方法が適用可能である。

【００８５】

（８）また、本実施形態の露光装置ＥＸは、照明光ＩＬ（露光光）でマスクＭのパターンを介して基板ＰＴを露光する露光装置において、照明光ＩＬでマスクＭのパターンを照明する部分照明系８１を含む照明系ＩＬＳと、部分照明系８１の照明瞳面ＩＰＰ（又はこの近傍の面でもよい）における照明光の光量分布を、部分照明系８１の光軸ＡＸＩを通り、マスクＭのパターン面において互いに交差するＳ１方向及びＲ１方向との中間方向（Ｘ方向）に対応する方向に伸びるＸ軸（第１直線）上にあって、光軸ＡＸＩからそれぞれ反対の方向にあり光軸ＡＸＩとの距離Ｄ１が互いに等しい交点４２Ａ，４２Ｂを含む領域４３Ａ，４３Ｂにおける光量が他の領域における光量よりも大きくなるように設定可能な強度分布設定装置１４ｂ及び開口絞り板１２ｂ（光量分布設定装置）と、マスクＭのパターンの像を基板ＰＴの表面に形成する複数の部分投影光学系ＰＬ１～ＰＬ５よりなる投影光学系ＰＬと、マスクＭの複数の部分投影光学系ＰＬ１～ＰＬ５に対するＸ方向（所定方向）への移動と、基板ＰＴのその所定方向に対応する方向への移動とを同期して行うステージ系と、を備えるものである。

【００８６】

露光装置ＥＸによれば、照明瞳面ＩＰＰの領域４３Ａ，４３Ｂからの照明光によって、マスクＭ３の周期的パターン３１Ｓ，３１Ｒの像を高い解像度、かつ大きな焦点深度で基板ＰＴに露光できる。従って、基板ＰＴを液晶表示素子のガラス基板とすることによって、ガラス基板に微細な格子パターンＬＣ１，ＬＣ２を形成でき、液晶表示素子の応答速度を速くできる。

【００８７】

（９）また、強度分布設定装置１４ｂ及び開口絞り板１２ｂによって、部分照明系８１の照明瞳面ＩＰＰ（又はこの近傍の面）における照明光の光量分布を、Ｘ軸（第１直線）上で、交点４２Ａ，４２Ｂよりも光軸ＡＸＩに近く、かつ光軸ＡＸＩに関して対称に配置された中心４４Ａ，４４Ｂを含む領域４５Ａ，４５Ｂと、領域４３Ａ，４３Ｂとにおける光量が他の領域における光量よりも大きくなるように設定可能である。

【００８８】

この場合には、周期的パターン３１Ｓ，３１Ｒの他に連結部３１Ｃを含むパターン３１が形成されたマスクＭ１のパターンを基板ＰＴに高い解像度かつ大きな焦点深度で転写できる。従って、液晶表示素子のガラス基板にパターン３１に対応する微細な格子パターンＬＣ１，ＬＣ２及びこの連結部を形成できるため、液晶表示素子の応答速度を向上できる。

【００８９】

（１０）また、強度分布設定装置１４ｂは、光軸方向の間隔が可変の２つのプリズム１５Ａ，１５Ｂを備えている。従って、照明瞳面ＩＰＰの領域４３Ａ，４３Ｂ等で光量を大きくするときに、照明光の利用効率を高めることができる。

（１１）また、照明系ＩＬＳは、複数の部分投影光学系ＰＬ１～ＰＬ５に対応して設けられる複数の部分照明系８１，８３等を有するため、小型の照明系ＩＬＳで複数の照明領域をそれぞれ最適な照明条件で照明できる。なお、例えば部分投影光学系の数が少ない場合には、一つの共通の照明系によって、複数の部分投影光学系の照明領域を照明してもよい。

【００９０】

次に、上記の実施形態の変形例につき図１７を参照して説明する。この変形例では、図１（Ｃ）の液晶表示素子２０ＡのようにＴ ＦＴ側のガラス基板２１Ａ（ＴＧ）上の画素電極２３Ａ（ＰＥ１等）に設けた周期的なカットアウトパターンを微細な格子パターン２４Ｅ（ＬＳ１）として、カラーフィルター側のガラス基板２１Ｂ（ＦＧ）の底面の対向電極

２３Ｂ（ＣＥ）に設けた周期的なカットアウトパターンを微細な格子パターン２４Ｇ（ＬＣ１）とする。その格子パターン２４Ｅを形成するためには、ガラス基板２１Ａに画素電極２３Ａを形成するときに、図１７に示すように、各画素領域３０にそれぞれ遮光膜３３を形成し、かつ各遮光膜３３内に図６の周期的パターン３１Ｓ，３１Ｒと明暗が逆になるように、方向Ｓ１に沿ったピッチＰ１のＬ＆Ｓパターンよりなる周期的パターン３１ＢＳと、方向Ｒ１に沿ったピッチＰ１のＬ＆Ｓパターンよりなる周期的パターン３１ＢＲと、周期的パターン３１ＢＳ，３１ＢＲを連結する連結部３１ＢＣとからなるパターン３１Ｂを形成したマスクＭ４を用いればよい。

【００９１】

この場合、周期的パターン３１ＢＳ（３１ＢＲ）は、方向Ｓ１（Ｒ１）に直交する方向に延在する幅がほぼＰ１／２の開口パターンよりなるラインパターン３１ＢＳａ（３１ＢＲａ）を方向Ｓ１（Ｒ１）にピッチＰ１で配列したものである。マスクＭ４のパターンを照明する照明条件としては、各部分照明系８１等の照明瞳面ＩＰＰ等における光量分布が図７（Ａ）のように一直線上の４極になる条件を使用すればよい。

【００９２】

この変形例では、例えば図１（Ｃ）のガラス基板２１Ａ上に画素電極２３Ａを形成する際、又は図１４（Ｆ）の画素電極ＰＥ５等を形成する際に、ＩＴＯ等の透明な導電膜を基板の全面に形成し、その上にポジ型のフォトレジストを塗布する。その後、露光装置ＥＸによって、図７（Ａ）の照明条件のもとで、図１７のマスクＭ４のパターンの像をそのフォトレジストに転写し、現像及びエッチング処理を施せばよい。同様にして、ガラス基板２１Ｂ（ＦＧ）側の格子パターン２４Ｇ等も形成できる。

【００９３】

なお、上述の実施形態では、光源として超高圧水銀ランプを用いているが、これに限定されることなく、他の適当な光源を用いることができる。即ち、本発明において、露光波長は、ｇ線、ｈ線、ｉ線などに特に限定されるものではない。

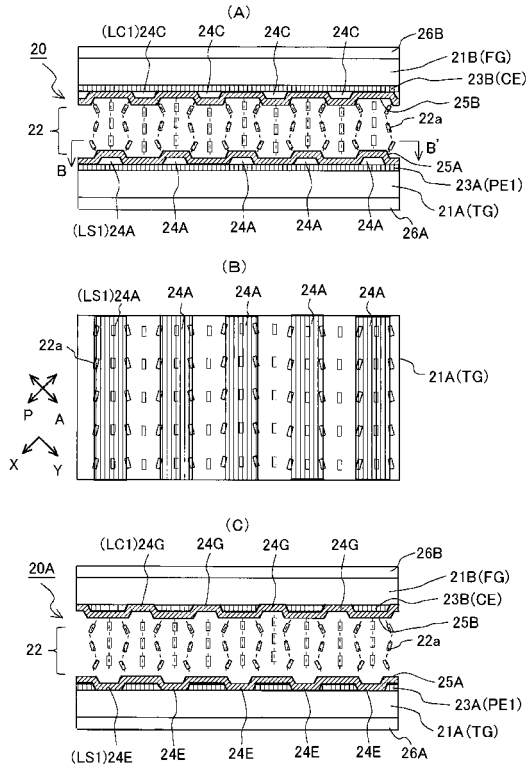
なお、本発明は上述の実施形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

【符号の説明】

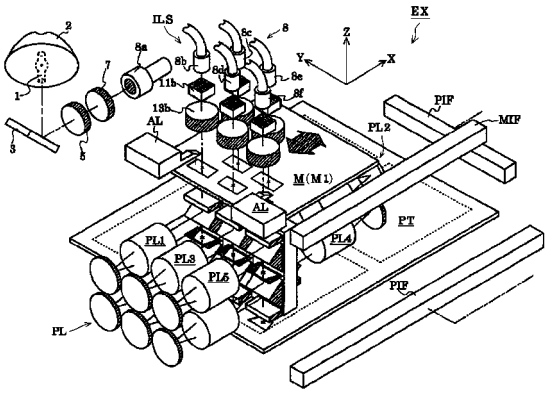
【００９４】

ＩＬＳ…照明装置、ＩＰＰ…照明瞳面、Ｍ１～Ｍ４…マスク、ＰＬ…投影光学系、ＰＴ…基板、２０，２０Ａ…液晶表示素子、２１Ａ（ＴＧ）…ＴＦＴ側のガラス基板、２１Ｂ（ＦＧ）…カラーフィルター側のガラス基板、２４Ａ（ＬＳ１）…格子パターン、２４Ｃ（ＬＣ１）…格子パターン、３１Ｓ…第１の周期的パターン、３１Ｒ…第２の周期的パターン、３１Ｃ…連結部、４３Ａ，４３Ｂ…光量の大きい領域、４５Ａ，４５Ｂ…光量の大きい領域

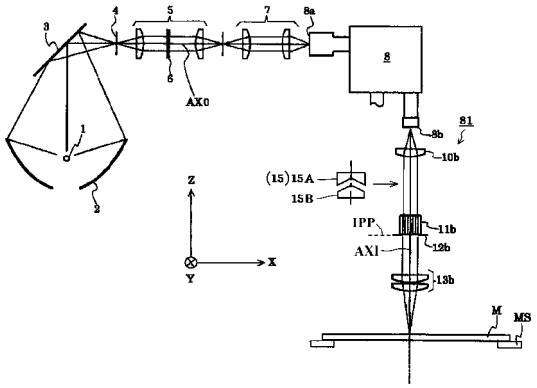
【図１】


(A)
(LC1)24C
24C
24C
24C
26B
20
21B(FG)
23B(CE)
25B
22
22a
B
B'
25A
23A(PE1)
21A(TG)
(LS1)24A
24A
24A
24A
24A
26A
(B)
(LS1)24A
24A
24A
24A
24A
22a
21A(TG)
P
A
X
Y
(C)
(LC1)24G
24G
24G
24G
26B
20A
21B(FG)
23B(CE)
25B
22
22a
25A
23A(PE1)
21A(TG)
(LS1)24E
24E
24E
24E
24E
26A

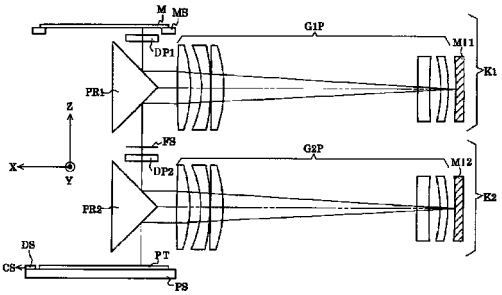
【図２】


EX
ILS
PIF
MIF
AL
PL2
M(M1)
PT
PL1
PL3
PL4
PL5
PL

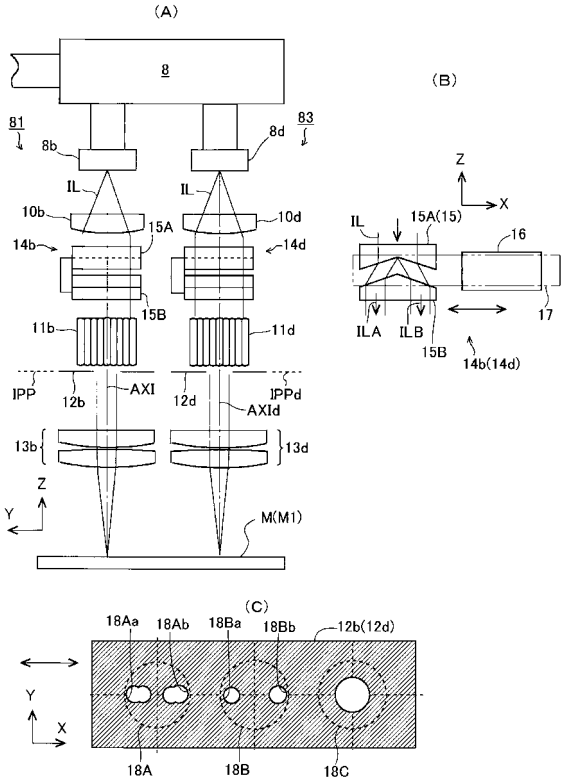
【図３】


AX0
(15)15A
15B
IPP
AXI
M
MS

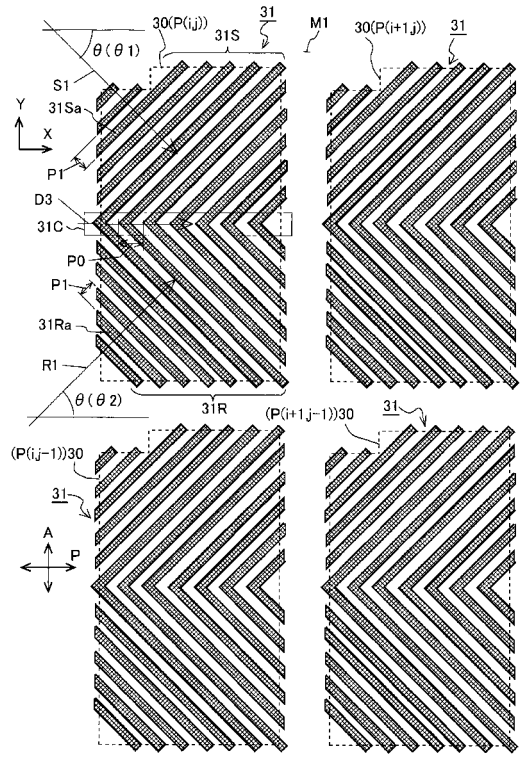
【図４】


M
MS
G1P
M11
K1
DP1
PR1
FS
G2P
M12
K2
DP2
PR2
DS
CS
PT
PS

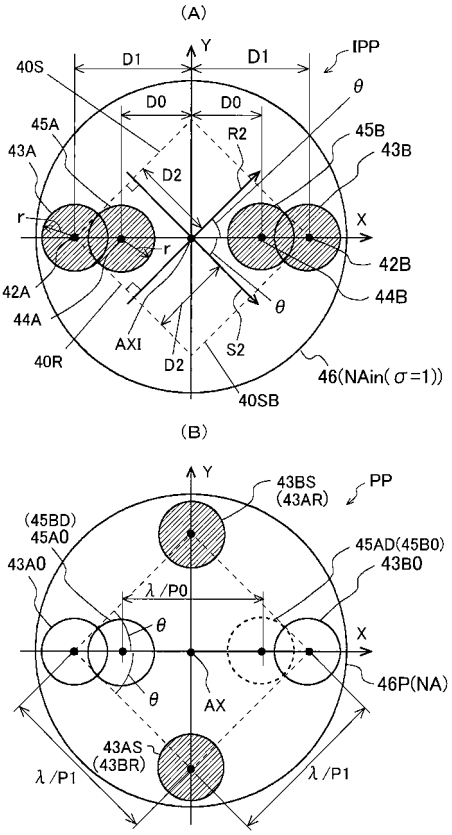
【図５】


(A)
8
81
8b
8d
83
IL
10b
15A
14b
14d
15B
11b
11d
IPP
12b
AXI
12d
IPPd
AXId
13b
13d
M(M1)
(B)
15A(15)
16
ILA
ILB
17
14b(14d)
(C)
18Aa
18Ab
18Ba
18Bb
12b(12d)
18A
18B
18C

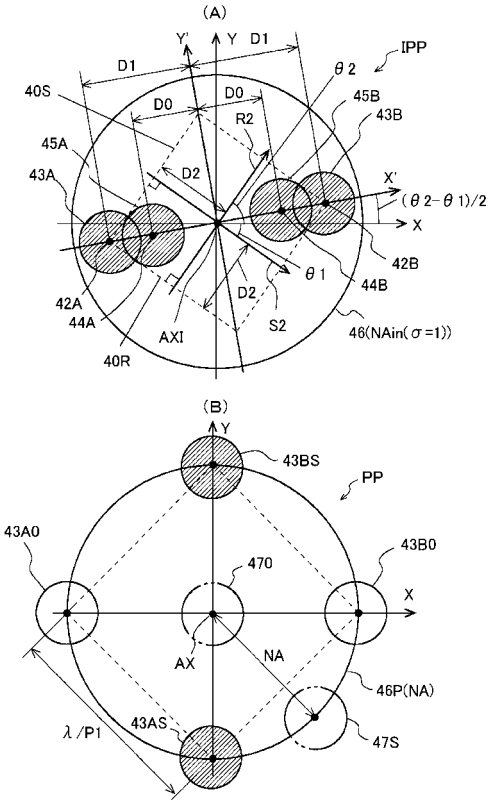
【図６】


30(P(i,j))
31S
31
M1
30(P(i+1,j))
31
θ(θ1)
S1
31Sa
Y
X
P1
D3
31C
P0
P1
31Ra
R1
θ(θ2)
31R
(P(i+1,j−1))30
31
(P(i,j−1))30
31
A
P

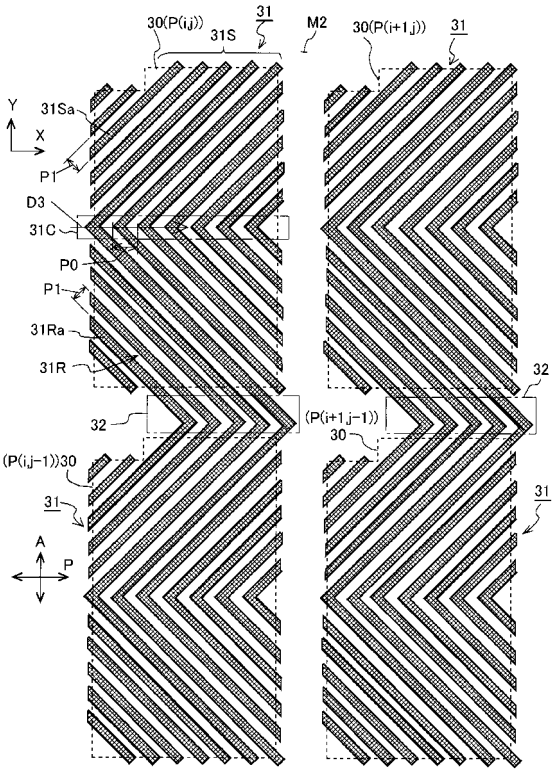
【図７】


(A)
Y
D1
D1
IPP
40S
θ
D0
D0
45A
R2
45B
43A
43B
D2
r
r
X
42B
42A
44B
θ
44A
AXI
S2
40R
D2
40SB
46(NAin(σ=1))
(B)
Y
43BS
(43AR)
PP
(45BD)
45A0
45AD(45B0)
43A0
43B0
λ/P0
θ
X
θ
AX
46P(NA)
43AS
(43BR)
λ/P1
λ/P1

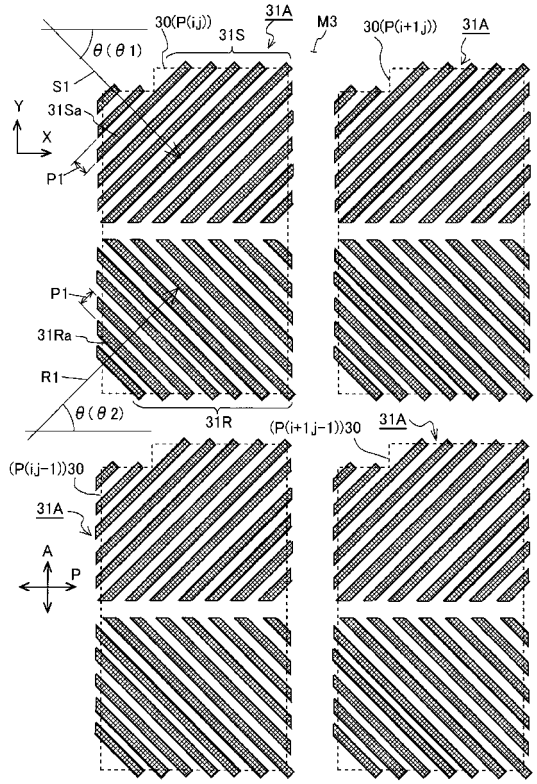
【図８】


(A)
Y'
Y
D1
D1
IPP
θ2
40S
D0
D0
45B
43B
R2
45A
43A
D2
X'
(θ2−θ1)/2
X
θ1
42B
D2
42A
44B
44A
AXI
S2
46(NAin(σ=1))
40R
(B)
Y
43BS
PP
43A0
43B0
470
X
AX
NA
46P(NA)
λ/P1
43AS
47S

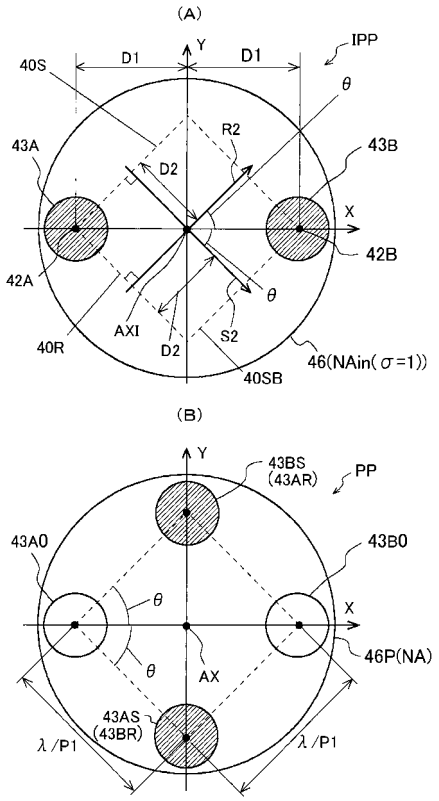
【図９】


30(P(i,j))
31S
31
M2
30(P(i+1,j))
31
Y
31Sa
X
P1
D3
31C
P0
P1
31Ra
31R
32
32
(P(i+1,j−1))
30
(P(i,j−1))30
31
31
A
P

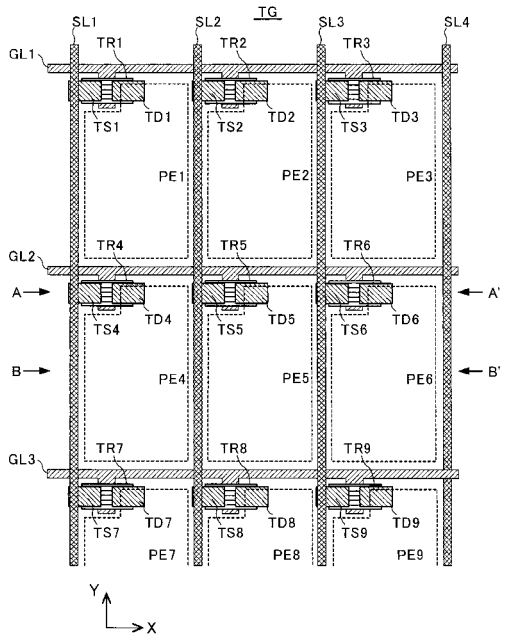
【図１０】



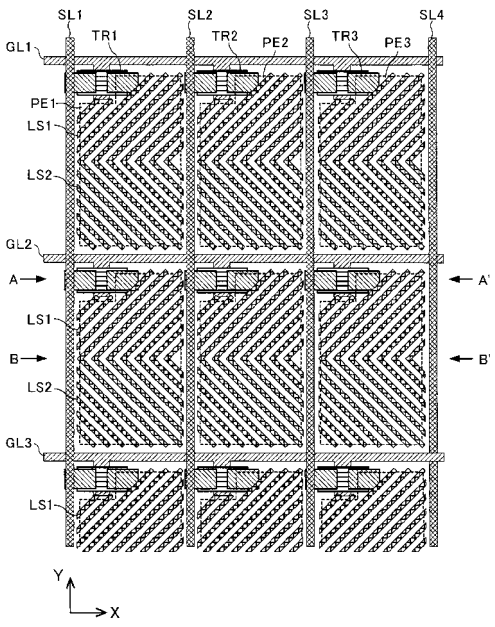
【図１１】



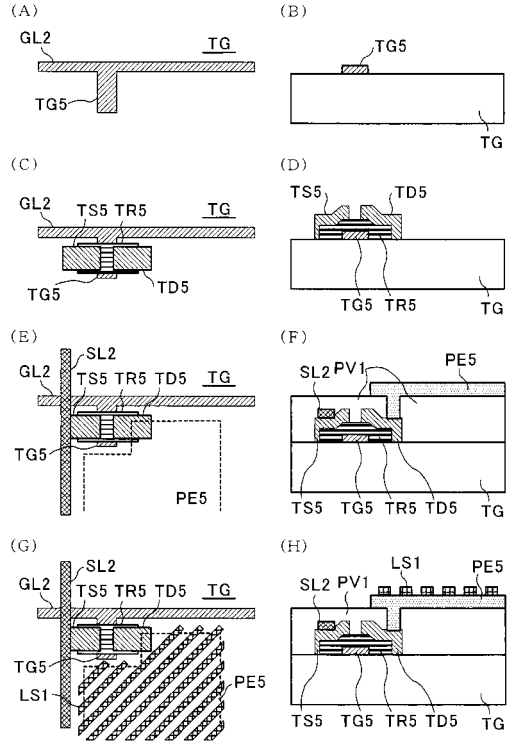
【図１２】



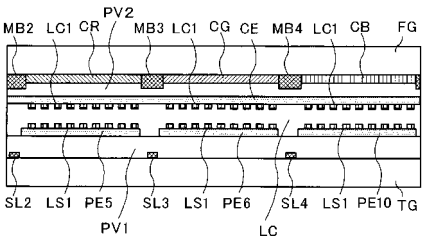
【図１３】



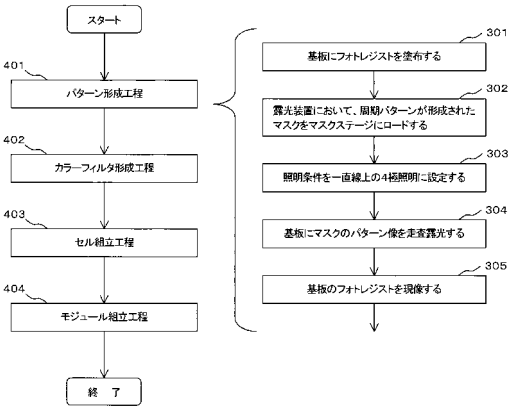
【図１４】



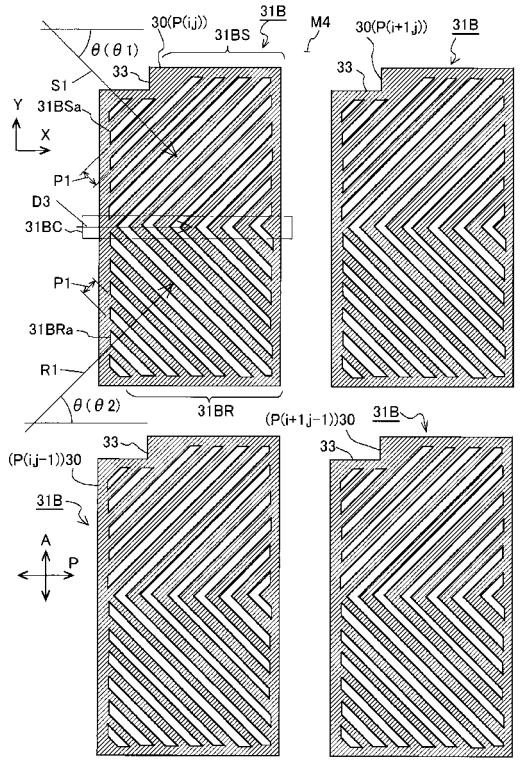
【図１５】



【図１６】



【図１７】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開２０００－２６７１０２（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－３３０９６４（ＪＰ，Ａ）
特表２０１１－５０７２９２（ＪＰ，Ａ）
特開２００９－０９９６２９（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－０９２０７９（ＪＰ，Ａ）
特開２００６－２７８９７９（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０１Ｌ ２１／０２７
Ｇ０３Ｆ ７／２０－ ７／２４
Ｇ０２Ｆ １／１３３３、 １／１３３７