

(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2015-102608  
(P2015-102608A)

(43) 公開日 平成27年6月4日(2015.6.4)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)	
<b>G03F</b>	<b>1/76</b>	<b>(2012.01)</b>	G03F 1/76	2H095
<b>G03F</b>	<b>1/80</b>	<b>(2012.01)</b>	G03F 1/80	2H195
<b>G03F</b>	<b>1/29</b>	<b>(2012.01)</b>	G03F 1/29	5F146
<b>H01L</b>	<b>21/027</b>	<b>(2006.01)</b>	H01L 21/30	569F

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2013-241485 (P2013-241485)  
(22) 出願日 平成25年11月22日 (2013.11.22)

(71) 出願人 000113263  
H O Y A 株式会社  
東京都新宿区中落合2丁目7番5号  
(74) 代理人 110001508  
特許業務法人 津国  
(74) 代理人 100078662  
弁理士 津国 肇  
(74) 代理人 100131808  
弁理士 柳橋 泰雄  
(74) 代理人 100135873  
弁理士 小澤 圭子  
(74) 代理人 100146031  
弁理士 柴田 明夫  
(74) 代理人 100125106  
弁理士 石岡 隆

最終頁に続く

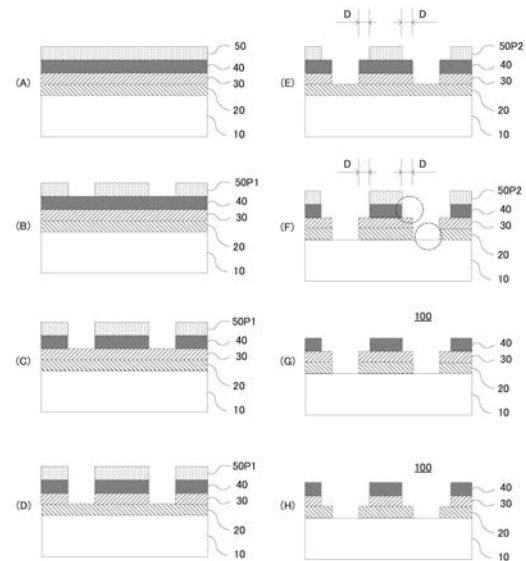
(54) 【発明の名称】 フォトマスクの製造方法、フォトマスク、パターン転写方法及び表示装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 微細かつ高精度な転写用パターンを備えるフォトマスクを製造する。

【解決手段】 本発明のフォトマスクの製造方法は、透明基板の上に、下層膜、中間膜、上層膜、及びフォトレジスト膜が形成されたフォトマスクブランクを用意する工程と、フォトレジスト膜に描画及び予備現像を施して、第1レジストパターンを形成する工程と、第1レジストパターンをマスクとして上層膜をエッチングし、更に、第1レジストパターン又はエッチングされた上層膜をマスクとして、中間膜をエッチングする、予備エッチング工程と、第1レジストパターンに対して、追加現像を施すことにより、第2レジストパターンを形成する工程と、第2レジストパターンをマスクとして、上層膜に追加のエッチングを施し、かつ、エッチングされた中間膜をマスクとして、下層膜をエッチングする、後エッチング工程と、を有する。

【選択図】 図4



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

透明基板上に、転写用パターンを備えたフォトマスクの製造方法であって、  
透明基板上に、下層膜、中間膜、及び上層膜が積層し、更に表面にフォトレジスト膜が形成されたフォトマスクブランクを用意する工程と、

前記フォトレジスト膜に描画及び予備現像を施して、第 1 レジストパターンを形成する工程と、

前記第 1 レジストパターンをマスクとして前記上層膜をエッチングし、更に、前記第 1 レジストパターン又はエッチングされた前記上層膜をマスクとして、前記中間膜をエッチングする、予備エッチング工程と、

前記第 1 レジストパターンに対して、追加現像を施すことにより、第 2 レジストパターンを形成する工程と、

前記第 2 レジストパターンをマスクとして、前記上層膜に追加のエッチングを施し、かつ、エッチングされた前記中間膜をマスクとして、前記下層膜をエッチングする、後エッチング工程と、

を有することを特徴とする、フォトマスクの製造方法。

## 【請求項 2】

前記下層膜は、前記上層膜のエッチング剤によってエッチングされる材料からなり、

前記中間膜は、前記上層膜のエッチング剤に対し、エッチング耐性をもつ材料からなり、かつ、

前記後エッチング工程においては、前記上層膜の追加エッチングと前記下層膜のエッチングが同時に進行することを特徴とする、請求項 1 に記載のフォトマスクの製造方法。

## 【請求項 3】

前記後エッチングのあと、表面が露出している部分の中間膜を、エッチング除去する工程を有することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のフォトマスクの製造方法。

## 【請求項 4】

前記下層膜は、前記フォトマスクの露光に用いる露光光を一部透過する半透光膜であり、前記上層膜が、前記露光光を遮光する遮光膜であることを特徴とする、請求項 1 ~ 3 のいずれか記載のフォトマスクの製造方法。

## 【請求項 5】

前記転写用パターンは、

透明基板の表面が露出した透光部と、

透明基板上に少なくとも遮光膜が形成された遮光部と、

前記透明基板上に少なくとも前記半透光膜が形成されることにより露光光を一部透過し、かつ、前記遮光部のエッジに隣接して所定幅に形成された半透光部と

を含むことを特徴とする、請求項 4 に記載のフォトマスクの製造方法。

## 【請求項 6】

前記半透光膜は、前記フォトマスクの露光に用いる露光光に含まれる代表波長に対する透過率が、1 ~ 30 % であり、かつ、前記代表波長の光に対する位相シフト量が、120 ~ 240 度であることを特徴とする、請求項 5 に記載のフォトマスクの製造方法。

## 【請求項 7】

前記半透光膜は、前記フォトマスクの露光に用いる露光光に含まれる代表波長に対する透過率が、1 ~ 60 % であり、かつ、前記代表波長の光に対する位相シフト量が、90 度以下であることを特徴とする、請求項 5 に記載のフォトマスクの製造方法。

## 【請求項 8】

透明基板上に、遮光部、透光部、及び半透光部を含む転写用パターンが形成された、表示装置製造用フォトマスクであって、

前記透光部は、前記透明基板の表面が露出してなり、

前記遮光部は、前記透明基板上に、下層膜、中間膜、及び上層膜が、前記透明基板側からこの順に積層されてなり、

10

20

30

40

50

前記半透光部は、前記透明基板上に、下層膜が形成されてなるか、又は、下層膜と中間膜とが積層されてなり、かつ、前記遮光部のエッジに隣接して形成された所定幅  $D$  ( $\mu\text{m}$ ) の部分を有し、 $D > 1.0$ であることを特徴とする、表示装置製造用フォトマスク。

【請求項 9】

前記下層膜は、前記フォトマスクの露光に用いる露光光を一部透過する半透光膜であり、

前記上層膜は、前記露光光を遮光する遮光膜であり、

前記中間膜は、前記上層膜のエッチング剤に対し、エッチング耐性をもつ材料からなることを特徴とする、請求項 8 に記載の表示装置製造用フォトマスク。

【請求項 10】

前記転写用パターンにおいて、任意の遮光部が有する 2 つの対向するエッジにそれぞれ隣接する 2 つの半透光部の幅を、それぞれ  $D_1$  ( $\mu\text{m}$ ) 及び  $D_2$  ( $\mu\text{m}$ ) とするとき、 $D_1$  と  $D_2$  の差が  $0.1$  以下であることを特徴とする、請求項 8 又は 9 に記載の表示装置製造用フォトマスク。

【請求項 11】

前記下層膜は、前記上層膜のエッチング剤によってエッチングされる材料からなることを特徴とする、請求項 8 ~ 10 のいずれかに記載の表示装置製造用フォトマスク。

【請求項 12】

前記半透光部は、前記透明基板上に半透光膜が形成されてなり、前記半透光膜は、前記フォトマスクの露光に用いる露光光に含まれる代表波長に対する透過率が、 $1 \sim 30\%$  であり、かつ、前記代表波長の光に対する位相シフト量が、 $150 \sim 210$  度であることを特徴とする、請求項 8 ~ 11 のいずれかに記載の表示装置製造用フォトマスク。

【請求項 13】

前記半透光部は、前記透明基板上に半透光膜が形成されてなり、前記半透光膜は、前記フォトマスクの露光に用いる露光光に含まれる代表波長に対する透過率が、 $2 \sim 60\%$  であり、かつ、前記代表波長の光に対する位相シフト量が、 $90$  度以下であることを特徴とする請求項 8 ~ 11 のいずれかに記載の表示装置製造用フォトマスク。

【請求項 14】

請求項 8 ~ 13 のいずれかに記載のフォトマスクを用意する工程と、

露光装置を用い、被転写体上に前記転写用パターンを転写する工程を有する、パターン転写方法。

【請求項 15】

請求項 8 ~ 13 のいずれかに記載のフォトマスクを用意する工程と、

露光装置を用い、被転写体上に前記転写用パターンを転写する工程を有する、表示装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被転写体へのパターン転写に用いるフォトマスクの製造方法、フォトマスク、それを用いたパターン転写方法及び表示装置の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

液晶表示装置に代表される表示装置の製造においては、より微細なパターンを形成することで、画質や動作性能の向上を図るニーズがある。

【0003】

特許文献 1 には、遮光膜をパターンニングし、 $i$  線に対して  $180^\circ$  の位相差をもたせる膜厚の位相シフト層を、遮光膜を被覆するように形成した位相シフトマスクが記載されており、これによって微細かつ高精度なパターン形成が可能になるとしている。

【0004】

特許文献 2 には、透明基板上に、下層膜、上層膜が積層して形成されたフォトマスクブ

10

20

30

40

50

ランクを用意し、上層膜の上に形成されたレジストパターンをマスクとして上層膜をエッチングする上層膜予備エッチング工程と、少なくともエッチングされた前記上層膜をマスクとして下層膜をエッチングし、下層膜パターンを形成する下層膜パターンニング工程と、少なくとも前記レジストパターンをマスクとして前記上層膜をサイドエッチングし、上層膜パターンを形成する上層膜パターンニング工程と、を有するフォトマスクの製造方法が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2011-13283号公報

【特許文献2】特開2013-134435号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

現在、液晶表示装置には、VA (Vertical alignment) 方式やIPS (In Plane Switching) 方式などが採用されている。これらの採用により、明るく、かつ省電力であるとともに、高精細、高速表示、広視野角といった表示性能の向上が望まれている。

【0007】

例えば、これらの方式を適用した液晶表示装置において、画素電極に、ラインアンドスペースパターン状に形成した透明導電膜が適用され、表示装置の表示性能を高めるためには、こうしたパターンの益々の微細化が要望されている。例えば、ラインアンドスペースパターンのピッチ幅P (ライン幅Lとスペース幅Sの合計) を、6  $\mu\text{m}$  から5  $\mu\text{m}$  へ、さらに5  $\mu\text{m}$  から4  $\mu\text{m}$  へと狭くすることが望まれている。この場合、ライン幅L、スペース幅Sは、少なくともいずれかが3  $\mu\text{m}$  未満となる場合が多い。例えば、 $L < 3 \mu\text{m}$ 、或いは $L \leq 2 \mu\text{m}$ 、又は $S < 3 \mu\text{m}$ 、或いは $S \leq 2 \mu\text{m}$ となる場合が少なくない。

【0008】

一方、液晶表示装置やEL表示装置に用いられる薄膜トランジスタ (Thin Film Transistor、"TFT") で言えば、TFTを構成する複数のパターンのうち、パッシベーション (絶縁層) に形成されたコンタクトホールが、絶縁層を貫き、その下層側にある接続部に導通する構成が採用されている。この際、上層側と下層側のパターンが正確に位置決めされ、かつ、コンタクトホールの形状が確実に形成されていなければ、表示装置の正しい動作が保証されない。そして、ここでも、表示性能の向上とともに、デバイスパターンの高集積化が必要になり、パターンの微細化が求められている。すなわち、ホールパターンの径も、3  $\mu\text{m}$  を下回るものが必要になってきている。例えば、径が2.5  $\mu\text{m}$  以下、更には、径が2.0  $\mu\text{m}$  以下のホールパターンが必要となり、近い将来、これを下回る1.5  $\mu\text{m}$  以下の径をもつパターンの形成も望まれると考えられる。

【0009】

このような背景から、ラインアンドスペースパターンやコンタクトホールの微細化に対応できる表示装置製造用のフォトマスクのニーズが高まっている。

【0010】

ところで、半導体 (LSI等) 製造用フォトマスクの分野では、解像性を得るために、高NA (例えば0.2以上) の光学系とともに、位相シフト作用を利用した位相シフトマスクを開発してきた経緯がある。位相シフトマスクは、単一波長の、波長の短い光源 (KrFやArFのエキシマレーザーなど) とともに用いられている。これによって、各種素子等の高集積化及びそれに伴うフォトマスクのパターンの微細化に対応してきた。

【0011】

その一方、表示装置製造用のリソグラフィ分野では、解像性向上や焦点深度拡大の為に、上記のような手法が適用されることは、一般的ではなかった。この理由としては、表示装置において求められる、パターンの集積度や、微細さが半導体製造分野ほどではなかったことが挙げられる。実際、表示装置製造用の露光装置 (一般にはLCD露光装置、或い

10

20

30

40

50

は液晶露光装置などとして知られる)に搭載される光学系や光源も、半導体製造用のものとは異なり、解像性や焦点深度より、生産効率(例えば、光源の波長域を広げて大きな照射光量を得て、生産タクトを短縮するなど)が重視されてきた。

【0012】

フォトマスクの転写用パターンが微細化すると、これを正確に被転写体(エッチング加工しようとする薄膜等、被加工体ともいう)に転写する工程の実施は困難になる。表示装置の製造における転写の工程に現実に使用されている上述の露光装置の解像限界は3 $\mu$ m程度であるが、表示装置に必要な転写用パターンの中には、上述のように、CD(Critical Dimension、線幅)が、既にこれに近づくか、あるいはこれを下回る寸法のものが必要となっているからである。

10

【0013】

更に、表示装置製造用マスクは、半導体製造用マスクに比べて面積が大きいため、実生産上、3 $\mu$ m未満のCDをもつ転写用パターンを面内均一に転写することには大きな困難があった。

【0014】

このように表示装置製造用のマスクを用いたのでは、3 $\mu$ m未満のCDといった微細なパターンの転写には困難が伴うので、これまで半導体装置製造の目的で開発されてきた、解像性向上のための各種手法を表示装置製造の分野にも適用することが考えられる。

【0015】

しかしながら、表示装置製造に前記の手法をそのまま適用することには、いくつかの問題がある。例えば、高NA(開口数)をもつ高解像度の露光装置への転換には、大きな投資が必要になるが、表示装置の価格を上げることは困難であるため、大きな投資に見合う収益が得られにくいという問題がある。或いは、露光波長の変更(ArFエキシマレーザのような短波長を、単一波長で用いる)については、比較的大面積をもつ表示装置への適用が困難であったり、製造タクトが延長しやすい問題のほか、やはり相当の投資を必要とする点で不都合である。

20

【0016】

そこで、表示装置製造用フォトマスクが備える転写用パターンの工夫によって、微細パターンの転写性を向上させることができれば、極めて意義が大きい。

但し、フォトマスクの転写用パターンを単純に微細化することによって、FPDの配線パターンを微細化し、その線幅(CD)精度を得ることは容易ではない。

30

【0017】

特許文献1に記載の位相シフトマスクの製造方法は、透明基板10上の遮光層をパターンニングし、この遮光層を被覆するように透明基板上に位相シフト層を形成し、この位相シフト層をパターンニングするというものである。特許文献1に開示された製造工程を図1に示す。

【0018】

まず、透明基板10上に遮光層11が形成され(図1(A))、次に、遮光層11の上にフォトレジスト層12が形成される(図1(B))。

続いて、フォトレジスト層12を露光(描画)及び現像することで、遮光層11の上にレジストパターン12P1が形成される(図1(C))。

40

レジストパターン12P1をエッチングマスクとして用い、遮光層11が所定のパターン形状にエッチングされる。これにより、透明基板10上に所定形状にパターンニングされた遮光層パターン11P1が形成される(図1(D))。レジストパターン12P1を除去した後(図1(E))、位相シフト層13が形成される。位相シフト層13は、透明基板10の上に遮光層パターン11P1を被覆するように形成される(図1(F))。

【0019】

続いて、位相シフト層13の上にフォトレジスト層14が形成される(図1(G))。次に、フォトレジスト層14を露光(描画)及び現像することで、位相シフト層13の上にレジストパターン14P1が形成される(図1(H))。レジストパターン14P1を

50

エッチングマスクとして用い、位相シフト層 13 が所定のパターン形状にエッチングされる。これにより、透明基板 10 上に所定形状にパターンニングされた位相シフト層パターン 13 P 1 が形成される (図 1 (I))。

【0020】

位相シフト層パターン 13 P 1 の形成後、レジストパターン 14 P 1 は除去される (図 1 (J))。以上のようにして、遮光層パターン 11 P 1 の周囲に位相シフト層パターン 13 P 1 が形成された位相シフトマスク 1 が製造される。

【0021】

しかしながら、本発明者らの検討によると、この方法で高精度のフォトマスクを製造しようとするとき、以下のような課題が生じることがある。すなわち、フォトレジスト層 12 の露光 (つまり第 1 の描画工程 (図 1 (C))) と、フォトレジスト層 14 の露光 (つまり第 2 の描画工程 (図 1 (H))) との間において、相互のアライメントずれをゼロとすることは不可能である。このため、遮光層パターン 11 P 1 と位相シフト層パターン 13 P 1 との間にアライメントずれが発生してしまうことがある。

【0022】

図 2 は、図 1 (J) に記載した位相シフトマスク 1 の部分拡大図 (点線の円で囲んだ部分の拡大図) である。上記のアライメントずれが発生した場合、図 2 に示す寸法 A と寸法 B とが異なってしまう。すなわち、線幅方向において、位相シフト層の機能が非対称となってしまう。場合によっては、このパターンにおいて、線幅方向の一方には位相シフト効果が強く現われ、他方には位相シフト効果が殆ど現れない転写像 (フォトマスクを透過した光による光強度分布) が生じてしまうことがある。このような転写用パターンを持つフォトマスクを用いて表示装置を製造すると、線幅の制御が失われ、精度の高い回路パターンが得られなくなってしまう。

【0023】

一般に、FPD用フォトマスクの製造には、FPD用、或いは表示装置製造用として製造された描画装置であって、主としてレーザーを描画光源とするものを用いる。但し、こうした描画装置においては、一回の描画工程中に生じる理想座標からのずれ成分をゼロとすることは不可能である。このため、一回の描画中に現われる理想座標からのずれ成分が、複数の描画による重ね合わせによって合成されるずれは、最大  $\pm 0.5 \mu\text{m}$  程度生じてしまうリスクがあることが、発明者の検討によって明らかになった。

【0024】

もちろん、複数回のフォトリソグラフィ工程を経て製造されるフォトマスクにおいて、複数回のパターンニングを共通のアライメントマーク等を参照しながら行うことにより、極力ずれを排除する努力を行うことができる。しかしながら、上記のとおりアライメントずれを常に  $0.5 \mu\text{m}$  以下とすることは容易ではない。このようなアライメントずれによる線幅のばらつきは、微細線幅 (例えば  $1.0 \mu\text{m}$  以下) のパターンにおいては極めて深刻であるし、 $0.5 \mu\text{m}$  以下の線幅をもつパターンは安定して形成することができない状況となる。

【0025】

その一方、前述の理由により、微細な CD 精度が求められるフォトマスクは益々ニーズが高まり、今後より注目されるものとなる。

【0026】

特許文献 2 には、上記課題を解消する方法として、一回の描画工程で描画したレジストパターンを用いて、2 つの膜パターンを形成する方法を提案している。特許文献 2 の工程を、図 3 に示す。

特許文献 2 の方法によれば、複数回のフォトリソグラフィ工程によるずれ成分を、実質的にゼロとすることが可能である。しかし、上層膜と下層膜との間に、エッチング選択性が必要であるため、膜素材の選択には一定の制約がある。本発明者は、2 つの膜パターンを形成するための膜材料に、エッチング選択性の制約がなく、より自由な膜材料の選択が行えることにより、更に、優れた転写特性のフォトマスクが得られることに注目し、鋭意

10

20

30

40

50

検討を行った。

【 0 0 2 7 】

以上のような事情に鑑み、本発明の目的は、微細かつ高精度な転写用パターンを備えるフォトマスク、その製造方法、フォトマスクを用いたパターン転写方法、及び表示装置の製造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 2 8 】

前述の課題を解決するために、本発明は次の構成を有する。

(構成 1)

透明基板上に、転写用パターンを備えたフォトマスクの製造方法であって、

透明基板上に、下層膜、中間膜、及び上層膜が積層し、更に表面にフォトレジスト膜が形成されたフォトマスクブランクを用意する工程と、

前記フォトレジスト膜に描画及び予備現像を施して、第 1 レジストパターンを形成する工程と、

前記第 1 レジストパターンをマスクとして前記上層膜をエッチングし、更に、前記第 1 レジストパターン又はエッチングされた前記上層膜をマスクとして、前記中間膜をエッチングする、予備エッチング工程と、

前記第 1 レジストパターンに対して、追加現像を施すことにより、第 2 レジストパターンを形成する工程と、

前記第 2 レジストパターンをマスクとして、前記上層膜に追加のエッチングを施し、かつ、エッチングされた前記中間膜をマスクとして、前記下層膜をエッチングする、後エッチング工程と、

を有することを特徴とする、フォトマスクの製造方法。

【 0 0 2 9 】

(構成 2)

前記下層膜は、前記上層膜のエッチング剤によってエッチングされる材料からなり、

前記中間膜は、前記上層膜のエッチング剤に対し、エッチング耐性をもつ材料からなり、かつ、

前記後エッチング工程においては、前記上層膜の追加エッチングと前記下層膜のエッチングが同時に進行することを特徴とする、構成 1 に記載のフォトマスクの製造方法。

【 0 0 3 0 】

(構成 3)

前記後エッチングのあと、表面が露出している部分の中間膜を、エッチング除去する工程を有することを特徴とする構成 1 又は 2 に記載のフォトマスクの製造方法。

【 0 0 3 1 】

(構成 4)

前記下層膜は、前記フォトマスクの露光に用いる露光光を一部透過する半透光膜であり、前記上層膜が、前記露光光を遮光する遮光膜であることを特徴とする、構成 1 ~ 3 のいずれか記載のフォトマスクの製造方法。

【 0 0 3 2 】

(構成 5)

前記転写用パターンは、

透明基板の表面が露出した透光部と、

透明基板上に少なくとも遮光膜が形成された遮光部と、

前記透明基板上に少なくとも前記半透光膜が形成されることにより露光光を一部透過し、かつ、前記遮光部のエッジに隣接して所定幅に形成された半透光部と

を含むことを特徴とする、構成 4 に記載のフォトマスクの製造方法。

【 0 0 3 3 】

(構成 6)

前記半透光膜は、前記フォトマスクの露光に用いる露光光に含まれる代表波長に対する

10

20

30

40

50

透過率が、1～30%であり、かつ、前記代表波長の光に対する位相シフト量が、120～240度であることを特徴とする、構成5に記載のフォトマスクの製造方法。

【0034】

(構成7)

前記半透光膜は、前記フォトマスクの露光に用いる露光光に含まれる代表波長に対する透過率が、1～60%であり、かつ、前記代表波長の光に対する位相シフト量が、90度以下であることを特徴とする、構成5に記載のフォトマスクの製造方法。

【0035】

(構成8)

透明基板上に、遮光部、透光部、及び半透光部を含む転写用パターンが形成された、表示装置製造用フォトマスクであって、

10

前記透光部は、前記透明基板の表面が露出してなり、

前記遮光部は、前記透明基板上に、下層膜、中間膜、及び上層膜が、前記透明基板側からこの順に積層されてなり、

前記半透光部は、前記透明基板上に、下層膜が形成されてなるか、又は、下層膜と中間膜とが積層されてなり、かつ、前記遮光部のエッジに隣接して形成された所定幅 $D$  ( $\mu\text{m}$ )の部分を有し、 $D < 1.0$ であることを特徴とする、表示装置製造用フォトマスク。

【0036】

(構成9)

前記下層膜は、前記フォトマスクの露光に用いる露光光を一部透過する半透光膜であり、

20

前記上層膜は、前記露光光を遮光する遮光膜であり、

前記中間膜は、前記上層膜のエッチング剤に対し、エッチング耐性をもつ材料からなることを特徴とする、構成8に記載の表示装置製造用フォトマスク。

【0037】

(構成10)

前記転写用パターンにおいて、任意の遮光部が有する2つの対向するエッジにそれぞれ隣接する2つの半透光部の幅を、それぞれ $D_1$  ( $\mu\text{m}$ )及び $D_2$  ( $\mu\text{m}$ )とするとき、 $D_1$ と $D_2$ の差が0.1以下であることを特徴とする、構成8又は9に記載の表示装置製造用フォトマスク。

30

【0038】

(構成11)

前記下層膜は、前記上層膜のエッチング剤によってエッチングされる材料からなることを特徴とする、構成8～10のいずれかに記載の表示装置製造用フォトマスク。

【0039】

(構成12)

前記半透光部は、前記透明基板上に半透光膜が形成されてなり、前記半透光膜は、前記フォトマスクの露光に用いる露光光に含まれる代表波長に対する透過率が、1～30%であり、かつ、前記代表波長の光に対する位相シフト量が、150～210度であることを特徴とする、構成8～11のいずれかに記載の表示装置製造用フォトマスク。

40

【0040】

(構成13)

前記半透光部は、前記透明基板上に半透光膜が形成されてなり、前記半透光膜は、前記フォトマスクの露光に用いる露光光に含まれる代表波長に対する透過率が、2～60%であり、かつ、前記代表波長の光に対する位相シフト量が、90度以下であることを特徴とする構成8～11のいずれかに記載の表示装置製造用フォトマスク。

【0041】

(構成14)

構成8～13のいずれかに記載のフォトマスクを用意する工程と、

露光装置を用い、被転写体上に前記転写用パターンを転写する工程を有する、パターン

50



転写方法。

【0042】

(構成15)

構成8～13のいずれかに記載のフォトマスクを用意する工程と、露光装置を用い、被転写体上に前記転写用パターンを転写する工程を有する、表示装置の製造方法。

【発明の効果】

【0043】

本発明によれば、微細かつ高精度な転写用パターンを備えるフォトマスク、その製造方法、フォトマスクを用いたパターン転写方法、及び表示装置の製造方法を提供することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0044】

【図1】従来のフォトマスクの製造方法1

【図2】図1(J)の部分拡大図

【図3】従来のフォトマスクの製造方法2

【図4】本発明のフォトマスクの製造方法

【図5】本発明のフォトマスクの製造方法

【図6】本発明のフォトマスクの転写用パターン(ラインアンドスペースパターン)

【図7】本発明のフォトマスクの転写用パターン(ホールパターン)

20

【図8】従来の製造方法による転写用パターン(ラインアンドスペースパターン)

【図9】従来の製造方法による転写用パターン(ホールパターン)

【図10】本発明のフォトマスク(第1のフォトマスク)

【図11】本発明のフォトマスク(第2のフォトマスク)

【図12】バイナリマスク

【図13】本発明の位相シフトマスクの転写用パターン(ラインアンドスペースパターン)

【図14】図13の転写用パターンによる、透過光の光強度分布曲線

【図15】本発明の透過補助型フォトマスクの転写用パターン(ラインアンドスペースパターン)

30

【発明を実施するための形態】

【0045】

本発明のフォトマスクは、透明基板上に転写用パターンを備えている。転写用パターンは、例えば図6、図7に示すように、遮光部102、透光部103、半透光部101a、101bを含むものとすることができる。また、本発明のフォトマスク100の断面を図10と図11に例示する。

【0046】

すなわち、透明基板上に、遮光部、透光部、及び半透光部を含む転写用パターンが形成された、表示装置製造用フォトマスクであって、

前記透光部は、前記透明基板の表面が露出してなり、

40

前記遮光部は、前記透明基板上に、下層膜、中間膜、及び上層膜が、前記透明基板側からこの順に積層されてなり、

前記半透光部は、前記透明基板上に、下層膜が形成されてなるか、又は、下層膜と中間膜とが積層されてなり、かつ、前記遮光部のエッジに隣接して形成された所定幅D(μm)の部分有する

【0047】

好ましくは、

前記下層膜は、前記フォトマスクの露光に用いる露光光を一部透過する半透光膜であり、

前記上層膜が、前記露光光を遮光する遮光膜であり、

50

前記中間膜は、前記上層膜のエッチング剤に対し、エッチング耐性をもつ材料からなる。

【0048】

本発明のフォトマスクの製造方法について、以下に、図4、図5を用いて説明する。  
(図4のフォトマスクの製造方法)

図4(A)

まず、フォトマスクブランクを用意する。これは透明基板10上に下層膜20、中間膜30、上層膜40を積層させ、更に最表面にフォトレジスト膜50を形成したものである。

【0049】

ここで、透明基板10としては、表面を研磨した石英ガラス基板などが用いられる。大きさは特に制限されず、当該マスクを用いて露光する基板(例えば表示装置用基板など)や、用途に応じて適宜選定される。例えば一辺300mm以上の矩形基板が用いられる。

【0050】

また、この態様では、下層膜20は、フォトマスクを露光するとき用いる露光光の一部を透過する、半透光膜とする。この半透光膜については更に後述する。半透光膜の膜厚は、例えば、50~2000とすることができる。

【0051】

また、上層膜40は、単独で上記露光光を実質的に遮光するか、又は、フォトマスクとなったときに、他の膜と積層することで遮光する、遮光膜とすることができる。この遮光膜についても、更に後述する。遮光膜の膜厚は、例えば、500~2000とすることができる。

【0052】

ここで、下層膜20と上層膜40のエッチング特性に、特に制約は無い。但し、下層膜20は、上層膜40のエッチング剤によってエッチングされる材料からなることが好ましい。すなわち、下層膜20と上層膜40は共通のエッチング剤によってエッチングされることが望ましい。例えば、上層膜40と下層膜20とは、共通の金属を含有する膜とすることができる。本態様では、例としていずれもCrを含有する膜を使用した態様で説明する。

【0053】

一方、中間膜30は、上層膜40及び下層膜20の少なくとも一方のエッチング剤に対し、エッチング耐性をもつ材料からなることが好ましい。好ましくは、上層膜40及び下層膜20の双方に対してエッチング選択性を有する材料からなるものとする(この場合、中間膜30をエッチングストップ膜ともいう)。本態様では、中間膜30は、Cr以外の元素によって構成される。中間膜30の膜厚は、例えば、10~500、より好ましくは25~200とすることができる。

【0054】

上層膜40の上には、フォトレジスト膜50(以下、レジスト膜、又はレジストともいう)が塗布により形成されている。フォトレジスト膜50の膜厚は、例えば、8000~10000とすることができる。ここでは、ポジ型のフォトレジスト膜を用いた場合について説明する。

【0055】

図4(B)

次に、上記フォトマスクブランクを描画装置にセットして、所定のパターンを描画する。描画装置は、FPDマスク用のものを用い、レーザー描画を適用する。その後、レジスト膜50を現像する。現像剤としては、公知のものが使用でき、例えば、KOH、NaOHといった無機のアルカリ性現像剤が好適に使用できる。尚、この現像によって形成される第1レジストパターン50P1は、後段で更に追加現像することで形状変化を施すものであるため、図4(B)の段階での現像を予備現像ともいう。

【0056】

10

20

30

40

50

## 図 4 ( C )

予備現像によって形成された第 1 レジストパターン 50 P 1 をマスクとして、上層膜用のエッチング剤を用い、上層膜 40 をエッチングする ( 予備エッチング 1 )。エッチングはドライエッチングでもウェットエッチングでも良いが、本態様ではウェットエッチングを適用する。この第 1 レジストパターン 50 P 1 は、後工程において、再度形状を変化させて第 2 レジストパターン 50 P 2 とした後に再度マスクとして使用するため、エッチングによるレジストパターンの損傷や膜減りが殆ど生じないウェットエッチングは有利に適用できる。

## 【 0057 】

## 図 4 ( D )

次いで、中間膜エッチング用のエッチング剤を使用して、中間膜 30 をエッチングする ( 予備エッチング 2 )。このエッチングもドライエッチングでもウェットエッチングでも良いが、ウェットエッチングがより好ましい。ドライエッチングを適用する場合には、第 1 レジストパターン 50 P 1 がマスクとなるが、ここではウェットエッチングを適用するので、エッチングされた上層膜 40 がマスクとなる。これによって、下層膜の一部が露出する。

## 【 0058 】

## 図 4 ( E )

次いで、第 1 レジストパターン 50 P 1 に対して、追加現像を施すことにより、第 2 レジストパターン 50 P 2 を形成する。予備現像の段階では、十分に感光したレジストが現像により溶出し、第 1 レジストパターン 50 P 1 が形成されたが、そのエッジ部分は、現像の閾値に達しない不十分な光量の露光を受けている。この不十分な露光は、第 1 レジストパターン 50 P 1 のエッジに沿って一定の幅で生じていることを利用し、追加現像を行うことによって、一定の寸法  $D$  (  $\mu\text{m}$  ) 分、第 1 レジストパターン 50 P 1 のエッジ部分を後退させることができる。後退させる幅 ( つまり第 1 レジストパターン 50 P 1 の消失する幅 )  $D$  (  $\mu\text{m}$  ) は、 $1$  (  $\mu\text{m}$  ) 以下、より好ましくは、 $0.1 \sim 1$  (  $\mu\text{m}$  ) である場合に、本発明の効果が顕著である。これにより、第 1 レジストパターン 50 P 1 に被覆されていた上層膜 40 のエッジ部分が  $D$  (  $\mu\text{m}$  ) の幅で露出する。

## 【 0059 】

本態様では、第 1 レジストパターン 50 P 1 のエッジから  $D = 0.5 \mu\text{m}$  分のレジストを溶出させて、エッジを後退させる。これは、最終的に完成したフォトマスクにおいて、その転写用パターンの、遮光部の周縁部分に隣接する、幅  $0.5 \mu\text{m}$  の半透光部からなる縁取り部分 ( リムともいう ) を形成しようとする場合である。

## 【 0060 】

リムの幅を制御するためには、追加現像の進行速度を予め把握し、得ようとするフォトマスクの設計から決定された、半透光部の幅に合わせて現像時間を調整すればよい。

## 【 0061 】

尚、追加現像を施すにあたり、第 1 レジストパターン 50 P 1 の表層部分に難溶化層が形成されており、これが追加現像の支障となる場合には、オゾン水や、プラズマアッシングによって、第 1 レジストパターン 50 P 1 のごく浅い表層部分のみを除去する処理を施しても良い。

## 【 0062 】

## 図 4 ( F )

形成された第 2 レジストパターン 50 P 2 をマスクとし、再度、上層膜用のエッチング剤を用いてエッチングを行う。これにより、上層膜 40 のエッジ部分の  $D$  (  $\mu\text{m}$  ) 相当の幅がエッチング除去され、この除去された部分に被覆されていた中間膜 30 のエッジ部分が露出する。

## 【 0063 】

また、前述の予備エッチングによって露出した、下層膜 20 の露出部分をエッチング除去する。

10

20

30

40

50

このように上層膜 40 を追加エッチングし、また下層膜 20 の露出部分をエッチングする工程を、上述の予備エッチングに対して、後エッチングという。

尚、後エッチングにおいても、ドライエッチング、ウェットエッチングのいずれを適用しても良いが、ウェットエッチングを適用することがより好ましい。これにより、上層膜 40 により被覆されていた中間膜 30 のエッジ部分が、 $D$  ( $\mu\text{m}$ ) の幅で露出する。また、下層膜 20 に被覆されていた透明基板 10 の表面が、一部露出する。このように、透光部 103、遮光部 102、半透光部 101a、101b が形成される。

#### 【0064】

後エッチング工程においては、前記第 2 レジストパターン 50P2 をマスクとして、上層膜 40 に追加のエッチングを施した後に、エッチングされた前記中間膜 30 をマスクとして、下層膜 20 をエッチングしてもよく、また、その逆でも良い。但し、上層膜 40 と下層膜 20 の材料を、同一のエッチング剤によってエッチング可能である材料とし、この二膜に対して同時にエッチングを進行させることが好ましい(図 4 (F) に点線の丸で示す)。

10

#### 【0065】

すなわち、本発明の方法によれば、上層膜 40 と下層膜 20 の相互のエッチング特性が異なる(互いにエッチング選択性がある)場合のみでなく、エッチング特性が共通である場合であっても、支障なくパターンングが可能であり、また、効率的にパターンングを行うことができる。

#### 【0066】

20

##### 図 4 (G)

次いで、第 2 レジストパターン 50P2 を剥離すれば、図 11 に示す、本発明のフォトマスク 100 が完成する。

このフォトマスク 100 は、透明基板 10 が露出して透光部 103 を成し、透明基板 10 上に下層膜 20 と中間膜 30 とが積層して半透光部 101a、101b を成し、透明基板 10 上に下層膜 20、中間膜 30、及び上層膜 40 が積層して、遮光部 102 をなすものとなる。

#### 【0067】

##### 図 4 (H)

尚、この後、中間膜用のエッチング剤を適用し、更に中間膜 30 の露出部分をエッチング除去することができる。これにより、図 10 に示す、本発明のフォトマスク 100 が完成する。

30

このフォトマスク 100 は、透明基板 10 が露出して透光部 103 を成し、透明基板 10 上に下層膜 20 が形成されて半透光部 101a、101b を成し、透明基板 10 上に下層膜 20、中間膜 30、及び上層膜 40 が積層して、遮光部 102 をなすものとなる。

#### 【0068】

##### 図 5 のフォトマスクの製造方法

次に、本発明のフォトマスクの製造方法のうち、他の方法につき、図 5 を用いて説明する。

図 5 においては (A) ~ (F) まだが、図 4 と同様である。

40

但し、図 4 (G) では、第 2 レジストパターン 50P2 を剥離するのに対して、図 5 (G') では、中間膜用のエッチング剤を用いて中間膜 30 のエッチングを行う。次いで、第 2 レジストパターン 50P2 の剥離を行う(図 5 (H'))。この方法によって、図 10 に示す、本発明のフォトマスク 100 が完成する。

#### 【0069】

本発明のフォトマスクについて更に説明する。

下層膜は、本実施形態のフォトマスクを露光装置に搭載して露光する際に、その露光光を一部透過する半透光膜であることが好ましい。

下層膜単独で(図 10 のフォトマスク)、又は下層膜と中間膜との積層で(図 11 のフォトマスク)、所望の露光光の透過率と、位相シフト量とを有することが好ましい。

50

## 【0070】

一方上層膜は、単独で、又は、下層膜や中間膜との積層で、露光光を実質的に遮光する、遮光膜とすることができる。上層膜は、好ましくは、単独で光学濃度OD3以上をもつことができる。

## 【0071】

下層膜と上層膜とは、共通のエッチング剤によってエッチングされるものであることが好ましい。このため、下層膜と上層膜とは、例えば同一の金属を含有する膜とすることができる。同一の金属は、クロム、タンタル、タングステン、モリブデンなどから選択することができる。

## 【0072】

下層膜の具体的な材料を例示すると、Cr化合物(Crの酸化物(CrO<sub>x</sub>)、窒化物(CrN<sub>x</sub>)、炭化物(CrC<sub>x</sub>)、酸化窒化物(CrO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>)、窒化炭化物(CrC<sub>x</sub>N<sub>y</sub>)、酸化炭化物(CrO<sub>x</sub>C<sub>y</sub>)、酸化窒化炭化物(CrO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>C<sub>z</sub>)、フッ化物(CrF<sub>x</sub>)など)、Si化合物(SiO<sub>2</sub>、SiOG)、金属シリサイド化合物(TaSi、MoSi、WSi又はそれらの窒化物、酸窒化物など)等を挙げることができる。

## 【0073】

一方、上層膜の材料は、クロム、モリブデンのほか、上記下層膜と同様の材料が使用できる。

上記の材料を用いることにより、下層膜を半透光膜、上層膜を遮光膜とすることができる。

好ましくは、下層膜(半透光膜)と上層膜(遮光膜)が、いずれもCrを含有する材料で形成される。

## 【0074】

Crを含有する膜のエッチングには、クロム用エッチャントとして知られる硝酸第2セリウムアンモニウムを含むエッチング液を使用できる。ドライエッチングを適用する場合には、塩素系ガスのエッチングガスを用いることができる。

## 【0075】

膜の材料が金属シリサイド、例えば、MoSi系の材料である場合には、弗化水素酸、珪弗化水素酸、弗化水素アンモニウムなどのフッ素化合物に、過酸化水素、硝酸、硫酸などの酸化剤を添加したエッチング液を使用することができる。なお、フッ素系のエッチングガスを用いたドライエッチングを適用しても構わない。

## 【0076】

上層膜、中間膜、及び下層膜は、積層した状態で、露光光を実質的に透過しない(光学濃度ODが3以上)ものとするのが好ましいが、フォトマスク100の用途によっては、露光光の一部を透過する(例えば透過率20%)ものとすることもできる。本発明においては、一例として、上層膜40は光学濃度(OD)3以上の遮光膜であり、下層膜20は露光光の一部を透過する半透光膜であるものとして説明する。なお、下層膜20の好ましい透過率範囲、及び位相シフト特性については後述する。

## 【0077】

なお、本発明の効果を妨げない範囲で、上記の上層膜、中間膜、及び下層膜の他に、これらの上、下、または間に、他の膜が形成されてもよい。例えば、上層膜の上に、反射防止機能をもつ膜が形成されてもよい。

## 【0078】

中間膜の材料としては、上層膜及び下層膜とのエッチング選択性のあるものを使用することが好ましい。例えば、中間膜の材料としては、アルミニウム(Al)、コバルト(Co)、タングステン(W)、モリブデン(Mo)、バナジウム(V)、チタン(Ti)、マンガン(Mn)、鉄(Fe)、ニッケル(Ni)、ジルコニウム(Zr)、マグネシウム(Mg)、銅(Cu)、イットリウム(Y)、硫黄(S)、インジウム(In)、スズ(Sn)、タンタル(Ta)、ハフニウム(Hf)、ニオブ(Nb)、及びシリコン(Si)のうちいずれか一つ以上の物質を含む材料を使用することができる。前記材料として

10

20

30

40

50

、具体的には、前記物質の窒化物、酸化物、炭化物、酸化窒化物、炭化窒化物、酸化炭化物、酸化炭化窒化物が挙げられる。

【0079】

例えば、上層膜及び下層膜を、いずれもCrを含有する膜とすることができる。中間膜の材料として、モリブデン(Mo)、シリコン(Si)、タンタル(Ta)、ハフニウム(Hf)、アルミニウム(Al)、及びチタン(Ti)のうちいずれか一つ以上を含む材料を用いることができる。

【0080】

例えば中間膜の材料として、チタンを含有する材料を使用する場合には、チタン酸化物、チタン窒化物、あるいはチタン酸窒化物を使用することができる。その場合、エッチング液としては、酸化カリウム及び過酸化水素の混合水溶液を使用することができる。

10

【0081】

また、中間膜の材料として、金属シリサイドを含有する材料、すなわち、金属とケイ素とを含む材料を使用することもできる。

前記金属の例として、モリブデン(Mo)、タンタル(Ta)、タングステン(W)、チタン(Ti)などの遷移金属が挙げられる。また、金属シリサイドは、例えば、金属シリサイドの窒化物、金属シリサイドの酸化物、金属シリサイドの炭化物、金属シリサイドの酸化窒化物、金属シリサイドの炭化窒化物、金属シリサイドの酸化炭化物、または金属シリサイドの酸化炭化窒化物としてもよい。

【0082】

具体的には、モリブデンシリサイド(MoSi)の窒化物、酸化物、炭化物、酸化窒化物、炭化窒化物、酸化炭化物、および酸化炭化窒化物、タンタルシリサイド(TaSi)の窒化物、酸化物、炭化物、酸化窒化物、炭化窒化物、酸化炭化物、および酸化炭化窒化物、タングステンシリサイド(WSi)の窒化物、酸化物、炭化物、酸化窒化物、炭化窒化物、酸化炭化物、および酸化炭化窒化物、ならびにチタンシリサイド(TiSi)の窒化物、酸化物、炭化物、酸化窒化物、炭化窒化物、酸化炭化物、および酸化炭化窒化物が挙げられる。

20

【0083】

上述のとおり、下層膜、中間膜、及び上層膜のエッチングは、ドライでもウェットでも良いが、ウェットエッチングとするのが好ましい。ウェットエッチングによると、大面積(例えば一辺が300mm以上)で多様なサイズの表示装置製造用フォトマスクのパターニングにおいて、大規模な真空エッチングチャンパーが不要であることに加え、後エッチング時におけるレジストパターンの表面にダメージが殆ど無いことなどにおいて有利である。

30

【0084】

図6に示すように、本実施形態に係るフォトマスク100は、透明基板上の下層膜、中間膜及び上層膜がそれぞれパターニングされて形成された透光部103、遮光部102、及び半透光部101a、101bを含む転写用パターンを備えている。透光部103は、透明基板10が露出してなる。遮光部102は、透明基板10上において、下層膜、中間膜、及び上層膜が積層して形成されてなる。半透光部101a、101bは、透明基板10上に、下層膜、又は下層膜と中間膜が形成されてなる。また、半透光部101a、101bは、遮光部102のエッジに隣接して形成された一定線幅D( $\mu\text{m}$ )の部分の有する。

40

【0085】

なお、上記一定幅Dに特に制約は無いが、Dが1( $\mu\text{m}$ )以下の場合、本発明の効果が顕著である。例えば、Dが0.1~1.0( $\mu\text{m}$ )程度の微細線幅であると有利である。

【0086】

また、図6に示す、本実施形態に係るフォトマスク100は、上層膜(遮光膜)パターンが下層膜(半透光膜)パターンの水平方向中央に位置している。すなわち、図6においては、転写用パターンを平面視したとき、遮光部102と半透光部101a、101bが

50

線対称に配置し、図7においては、これらが回転対称に配置する。そして、上層膜パターンのエッジに隣接して、下層膜パターンの一部が一定の幅で露出している。

【0087】

本発明のフォトマスクは以下の態様を含む。つまり、  
前記透光部は、前記透明基板の表面が露出してなり、  
前記遮光部は、前記透明基板上に、半透光膜、エッチングストップ膜、及び遮光膜が、透明基板側からこの順に積層されてなり、

前記半透光部は、前記透明基板上に半透光膜が形成されてなるか、又は、半透光膜とエッチングストップ膜が積層されてなり、かつ、前記遮光部のエッジに隣接して形成された一定幅 $D$  ( $\mu\text{m}$ )の部分を有し、 $D = 1.0$ である。

10

【0088】

ここで、遮光部102の第1のエッジに隣接して形成された半透光部を第1半透光部101aとし、該遮光部102の第1のエッジに対向する第2のエッジに隣接して形成された半透光部を第2半透光部101bとするとき、それぞれの幅 $D_1$ と $D_2$ の差が、 $0.1 \mu\text{m}$ 以下とすることができる。幅 $D_1$ と $D_2$ の差は、より好ましくは $0.05 \mu\text{m}$ 以下である(図6参照)。

【0089】

すなわち、本発明によると、2回描画によるアライメントずれが生じないため、 $1 \mu\text{m}$ 又はそれよりも微細な幅の半透光部101a、101bにおいて、図8、9に示すような線幅ずれ(非対称な転写用パターン)が生じることを防止できる。

20

【0090】

或いは、透光部103の第1のエッジに隣接して形成された第3半透光部101cと、透光部103の第1のエッジに対向する第2のエッジに隣接して形成された第4半透光部101dと、をそれぞれ有し、それぞれの幅 $D_3$ と $D_4$ の差が $0.1 \mu\text{m}$ 以下とすることができる。幅 $D_3$ と $D_4$ の差は、より好ましくは $0.05 \mu\text{m}$ 以下である(図7参照)。

【0091】

ここで、図10のフォトマスクの場合、転写用パターンの形状、すなわち、上層膜パターンと下層膜パターンの形状は、フォトマスクの用途に応じて決定すれば良い。図11のフォトマスクの場合においても、転写用パターンの形状、すなわち上層膜パターン、中間膜パターン及び下層膜パターンの形状は、フォトマスクの用途に応じて決定すれば良い。

30

例えば、図6のようなラインアンドスペースパターンや、図7のようなホールパターンを転写用パターンとして備えるフォトマスクを製造する際に、本実施形態は有利に適用できる。図6に示すように、ラインアンドスペースパターンの場合は、ラインパターンの中央に遮光部が配置され、ラインパターンのエッジ部分、つまりスペースパターンとの境界部分に、細い一定幅の半透光部が形成されている。図7に示すように、ホールパターンの場合には、遮光部に開口したホールのエッジに、一定幅の半透光部が形成されている。

【0092】

転写用パターンとして特に好ましいのは、ラインアンドスペースパターンである。追加現像の方向が一定(例えばX方向)であるために、CD精度が極めて高く、面内の幅のばらつきを抑止できるからである。

40

【0093】

下層膜パターンの一部が露出している部分の幅は、上層膜パターンの線幅の $1/2$ 以下であれば良い。但し、上述のように、この部分の幅が $0.1 \mu\text{m}$ から $1.0 \mu\text{m}$ であるときに、本実施形態の効果が顕著となる。特に、下層膜パターンの露出部分の幅が $1.0 \mu\text{m}$ 以下の時に、本実施形態の効果が顕著となる(下層膜を半透光膜とするとき、この部分がフォトマスクにおける半透光部の線幅となる)。このような寸法は、上述した先行文献に記載された従来方法では、均一に得ることが難しい寸法だからである。また、この部分の幅が $0.1 \mu\text{m}$ 以上であるときに、フォトマスクの転写用パターンとしての光学的な機能が有利に発揮される。

【0094】

50

本発明のフォトマスクは、遮光部、透光部、及び半透光部を有する。

ここで、半透光部の透過率は、露光光に含まれる代表波長に対して、透明基板の透過率を100%とするととき1~60%とすることが好ましい。

ここで露光光は、一般にLCD露光装置に採用される光源であり、i線、h線、g線のいずれかを含む光を用いることができる。より好ましくは、露光光は、これらすべてを含むものを使用する。本発明では、上記のうちいずれかを代表波長として、露光光の透過率や位相差（又は位相シフト量）を定義する。

【0095】

（本発明のフォトマスクを位相シフト型マスクとして用いる場合）

図10に示す第1のフォトマスクの構成について説明する。

10

下層膜20を位相シフト膜、上層膜40を遮光膜として構成した場合、本実施形態に係るフォトマスク100は位相シフトマスクとして用いることができる。このとき、下層膜20は、露光光に含まれる代表波長に対して2~30%の透過率を有する。下層膜20によって、半透光部が構成される。より好ましくは、下層膜20の透過率は、2~15%、更に好ましくは、3~10%である。また、下層膜20は、前記代表波長に対する位相シフト量が略180°となるような膜とするのが好ましい。略180°とは、 $180 \pm 60$ °であることをいう。より好ましくは、略180°とは、 $180 \pm 30$ °である。

【0096】

また、より好ましくは、位相シフト膜としての下層膜は、i線、h線、g線に対する、位相シフト量の偏差が、30度以下であることが好ましく、より好ましくは20度以下である。

20

【0097】

更に好ましくは、位相シフト膜としての下層膜は、i線、h線、g線に対する、透過率偏差が、10%以下、好ましくは5%以下である。透過率偏差とは、i線、h線、g線に対する半透光膜の透過率をそれぞれTi、Th、Tg(%)とするととき、これらの互いの差のことをいう。

【0098】

図11に示す第2のフォトマスクの構成の場合には、下層膜20と中間膜30が積層した部分が、半透光部となる。この積層部が、所望の露光光透過率と位相シフト量をもつ半透光部となる。具体的には、上記と同様、半透光部は、露光光に含まれる代表波長に対して2~30%の透過率を有する積層膜によって構成される。より好ましくは、積層膜の透過率は、2~15%、更に好ましくは、3~10%である。また、下層膜20と中間膜30の積層膜は、前記代表波長に対する位相シフト量が略180°となるような積層膜とするのが好ましい。略180°とは、 $180 \pm 60$ °であることをいう。より好ましくは、略180°とは、 $180 \pm 30$ °である。

30

【0099】

また、位相シフト膜としての、上記積層膜の透過率偏差及び位相差偏差についても、第1のフォトマスクについて述べたのと同様の範囲であることが好ましい。

【0100】

第2のフォトマスクにおいては、半透光部における積層膜の位相シフト量に対して、下層膜単独の位相シフト量が90%以上であることが好ましい。また、積層膜の透過率は、下層膜単独の透過率の90%以上であることが好ましい。例えば、積層膜の位相シフト量が $180 \pm 60$ °であるとき、下層膜単独の位相シフト量が、 $165 \pm 55$ °であることができる。

40

【0101】

図10に示す第1の位相シフトマスクにおいては、透光部103を透過する光（上記代表波長の光）の位相と、透明基板10上に下層膜20（下層膜パターン20P）が形成されてなる半透光部101a、101bを透過する光（上記代表波長の光）の位相とを、略180°ずらすことで、半透光部101a、101bと透光部103の境界において、光の相互干渉を起こさせることができる。その結果、転写像のコントラストを向上させるこ

50



とができる。上記半透光部 101a、101bを通る光の位相シフト量 (rad) は、そこに使用された下層膜 20 の屈折率 (複素屈折率実部)  $n$  と膜厚  $d$  とに依存し、下記式 (1) の関係が成り立つ。

【0102】

$$= 2 d (n - 1) / \dots (1) \text{ここで } \lambda \text{ は露光光の波長である。}$$

【0103】

したがって、位相を  $180^\circ$  ずらすためには、下層膜 20 の膜厚  $d$  を、下記式 (2) によって決定すればよい。

【0104】

$$d = \lambda / \{ 2 (n - 1) \} \dots (2)$$

10

【0105】

そして、この位相シフトマスクにより、必要な解像度を得るための焦点深度の増大が達成され、露光波長を変えずに、解像度とプロセス適用性とを改善することができる。

【0106】

図 12 に、バイナリマスク (透明基板上に遮光膜パターンのみが形成されたマスク) のラインアンドスペース (L/S) パターンを示す。また、図 13 には、図 12 と同じピッチの L/S パターンであって、ライン部のエッジに一定幅の位相シフト部分を形成したものを示す。なお、図 13 の転写用パターンは、本実施形態の製造方法 (第 1、又は第 2 のフォトマスクのいずれでもよい) により製造することができる。

【0107】

20

図 12 及び図 13 の転写用パターンを、LCD 用露光装置を用いて被転写体上にそれぞれ転写するとき、被転写体が受ける光の強度曲線を図 14 に示す。図 14 の縦軸は光透過強度を、横軸は被転写体上の転写位置を示している。図 14 の点線は、図 13 に記載の位相シフトマスク (実施例) を透過した光の光透過強度を示す。図 14 の実線は、図 12 に記載のバイナリマスク (比較例) を透過した光の光透過強度を示している。図 14 によれば、図 13 の位相シフトマスクにおいては、スペース部とライン部との境界において、逆位相の回折光が干渉することから、コントラストが向上し、優れたパターンニング精度が得られることが分かる。

【0108】

なお、図 13 の転写用パターンが、仮に図 8 に示すようなパターンずれを持っている場合、ラインパターンの両エッジにおいて得られる干渉作用が非対称になることから、被転写体上に形成されるパターンの精度が劣化する。

30

【0109】

図 13 の位相シフトマスクは、本実施形態の下層膜を位相シフト膜で構成し、本実施形態の上層膜を遮光膜で構成することで得られることは、既に述べた通りである (第 1 のフォトマスクの場合)。ここで、位相シフト膜は、好ましくは、露光光の位相を略  $180^\circ$  シフトする。露光光が複数波長を含む場合 (例えば、i 線、h 線、g 線を含む光源を使用する場合) には、位相シフト膜は、好ましくは、代表波長として、これらの波長のいずれかに対して、露光光の位相を略  $180^\circ$  シフトする。

【0110】

40

ここで、例えば位相シフト量  $180^\circ$  とは、透明基板 10 のみを透過する光と、透明基板 10 及び下層膜 20 を透過する光との間の位相差が、 $180^\circ$  となる意味である。ラジアン表記すれば、位相シフト量  $180^\circ$  とは、 $(2n + 1)\pi$  (ここで  $n = 0, 1, 2, \dots$ ) となる。

【0111】

(本発明のフォトマスクを透過補助型マスクとして用いる場合)

更に、本実施形態のフォトマスクの別の態様として、下層膜は、露光光に含まれる代表波長に対し  $2 \sim 60\%$ 、より好ましくは、 $3 \sim 50\%$  の透過率をもち、かつ、前記代表波長に対する位相シフト量が  $0^\circ$  を越え  $90^\circ$  以下であるような膜として構成されていてもよい。この場合の下層膜は、上記の位相シフト作用を発揮させてコントラストを向上させ

50

る機能というよりも、透光部の透過光量を補助する機能をもつ（以下、このような膜を透過補助膜ともいう）。

【0112】

例えば、図10に示す本実施形態に係るフォトマスクにおいて、下層膜パターンをこの透過補助膜パターンとすることにより、透光部の透過光量を補助することができる。又は、図11に示す実施形態に係るフォトマスクにおいて、下層膜と中間膜の積層パターンをこの透過補助膜パターンとすることにより、透光部の透過光量を補助することができる。

【0113】

このようなフォトマスクは、露光装置の照射光量を増加させるのと同様な作用効果を持ち、省エネルギー、或いは露光時間の短縮、生産効率の向上に著しいメリットをもたらす。

10

【0114】

上記光量補助の機能は、透過率があまりにも小さいと十分に発揮できず、透過率が大きすぎると、薄膜化に伴い、透過率の面内均一性が劣化するリスクがあるため、下層膜の透過率は上記の2～60%の範囲とする。なお、下層膜20の透過率の好ましい範囲は10～45%、より好ましくは10～30%、更に好ましくは10～20%である。

【0115】

また、位相シフト量が過度に小さい場合には、下層膜（半透光膜）を構成する素材の選択が容易でないこと、位相シフト量が過度に大きい場合には、逆位相の光の干渉が生じて透過光量の補助効果が損なわれることを考慮して、該膜の素材と膜厚とを選択することが望ましい。下層膜の位相シフト量の範囲は、 $0^\circ$ を越え、 $90^\circ$ 以下（これは、ラジアン表記すると、 $(2n - 1/2) \sim (2n + 1/2)$ （ $n$ は整数）との意味である）とし、好ましくは $5 \sim 60^\circ$ 、更に好ましくは $5 \sim 45^\circ$ である。

20

【0116】

上記光量補助機能をもつフォトマスクの構成例について、図15に上面構成を示す。ここでは、ピッチ $6 \mu\text{m}$ （ライン部 $3 \mu\text{m}$ 、スペース部 $3 \mu\text{m}$ ）のラインアンドスペースパターンを例示する。ライン部の中央は幅 $2 \mu\text{m}$ の遮光部からなり、その両サイドのエッジに隣接してそれぞれ幅 $0.5 \mu\text{m}$ （合計 $1.0 \mu\text{m}$ ）の半透光部が形成されている。このような転写用パターンをLCD用露光装置によって露光すると、同一のピッチをもつバイナリマスクによるラインアンドスペースパターンでは解像されにくい線幅であるにもかかわらず、十分な転写性をもつことが、発明者らにより確認されている。

30

【0117】

このような機能を有するフォトマスクは、特に、パターンの微細化に伴って有利である。透光部の線幅が狭くなるに従い、該部分の透過光量が減少し、被転写体上に形成されたレジスト膜の感光閾値に達しなくなると、レジストパターンが、エッチングマスクとしての機能を奏しにくくなるからである。

【0118】

仮に、上層膜パターンと下層膜パターンとの間に、図8に例示したようなアライメントずれが発生した場合、被転写体上での転写位置（パターン位置）がずれてしまうと共に、透光部のピーク光量が低下して転写精度が損なわれてしまう。本実施形態に係るフォトマスクは、こうした不都合を生じさせない、転写性能に優れたフォトマスクである。

40

【0119】

なお、こうした効果は、ラインアンドスペースパターンに限らず、ホールパターンでも同様に得られることが確認された。

【0120】

すなわち、上層膜の両サイドに露出した下層膜（第1のフォトマスクの場合）による光学的な効果は、それが位相シフト効果であっても、光量補助効果であっても、或いは他の光学的な挙動による効果であっても、設計値に基づき、線幅方向において対称に発生させることが求められる。ここで、上記特許文献1に開示された手法のように、複数回のフォトリソグラフィ工程を利用してフォトマスクを製造する場合には、複数のパターン（上層

50

膜パターンと下層膜パターン)の相互アライメントずれをゼロにすることは不可能であり、 $0.3\ \mu\text{m}$ 程度、或いはそれ以上のアライメントずれが生じてしまう。

【0121】

これに対して、本実施形態においては、1回の描画工程で描画したレジストパターンを用いて、2つの膜パターンを形成する(2つめの膜パターンの際には、追加現象によって、レジストパターンを一定寸法分小さくする)。これにより、上層膜パターンと下層膜パターンとの間のアライメントずれの発生を防止することができる。その結果、位相シフト効果や光量補助効果等の光学的効果を、設計値に基づき、線幅方向において対称に発生させることが可能となる。更に、フォトリソグラフィ工程の回数を1回に減らすことで、生産工程の効率化を図ることもできる。すなわち、上記したような高度な光学的機能を有するフォトマスクを生産性良く得ることができる。

10

【0122】

なお、本実施形態に係るフォトマスク100を用いて被転写体上にパターンを転写する際、使用する露光装置に特に制限は無い。但し、本実施形態に係るフォトマスク100は、例えばi線、h線、g線を含む光源をもつLCD用露光装置であって、開口数NAを $0.06\sim 0.10$ 、コヒーレンスファクタを $0.5\sim 1.0$ の範囲とする、等倍露光の露光装置とともに使用する場合に、発明の効果が顕著である。こうした露光装置は、一般に、i線、h線、g線を含む光を露光光として使用し、 $3\ \mu\text{m}$ 程度を解像限界としている。

20

【0123】

もちろん、本発明は、より広い範囲の露光装置を用いた転写に際して適用することも可能である。例えば、NAが $0.06\sim 0.14$ 、又は $0.06\sim 0.15$ の範囲とすることができる。NAが $0.08$ を超える、高解像度の露光装置にもニーズが生じており、これらにも適用できる。

【0124】

なお、上記の波長のうち、単一波長(例えばi線)のみを使用して露光しても良い。

【0125】

本発明において、フォトマスクの用途に制限はない。例えば、表示装置(例えば、LCD(液晶表示装置)や有機EL(エレクトロルミネッセンス))の、TFT(薄膜トランジスタ)の微細なホールパターンや、画素電極に用いるラインアンドスペースパターンなどには、特に有用である。

30

【0126】

本発明において、パターン形状は、対称性をもつもの(上記態様では、遮光部に対して、そのエッジに半透光部が対称に形成されるパターン)が好ましい。このパターンにおいて、上記リムの幅は、自由に設計できる。これらの理由により、上記用途におけるように、本発明は、ラインアンドスペースパターンやホールパターンに用いることが有利である。また、上記から明らかなように、本発明によると、遮光膜及び半透光膜の素材として、互いにエッチング選択性があるものに限らず、エッチング選択性の無いものを使用できる。したがって、下層膜及び上層膜のそれぞれの材料として、互いにエッチング選択性の無い材料を使用できる自由度がある。

40

【0127】

結果的に、追加エッチングを適用する本発明の方法によると、レジストパターンのエッジの後退を、定量的に、再現性高く正確に実施できるため、サイズの大きなフォトマスクであっても、面内のCD精度(特にリム幅)の均一性を高くすることができる。

【符号の説明】

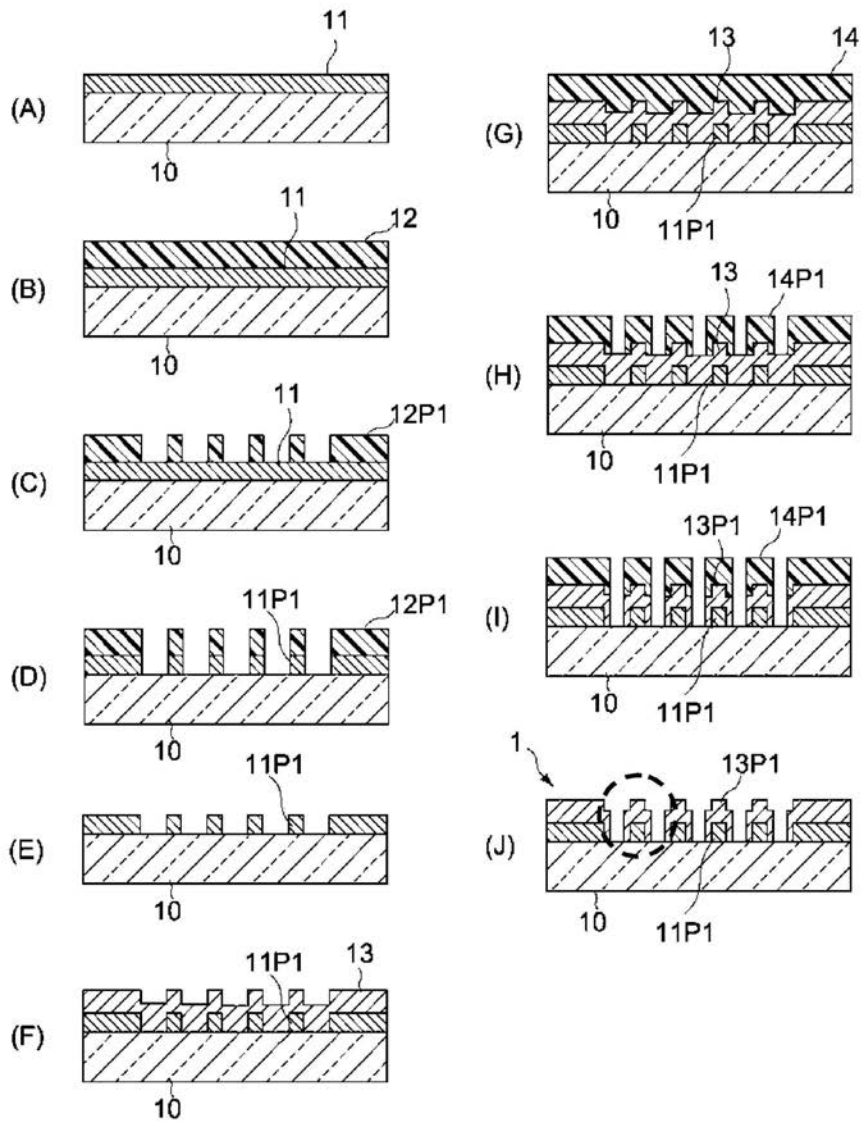
【0128】

- 10 透明基板
- 20 下層膜
- 30 中間膜
- 40 上層膜

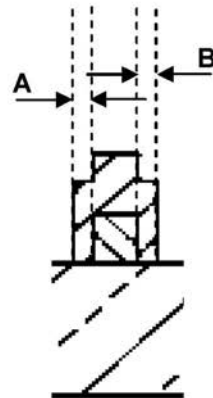
50

- 5 0      フォトレジスト膜
- 1 0 0    フォトマスク
- 1 0 1 a ~ 1 0 1 d      半透光部
- 1 0 2    遮光部
- 1 0 3    透光部

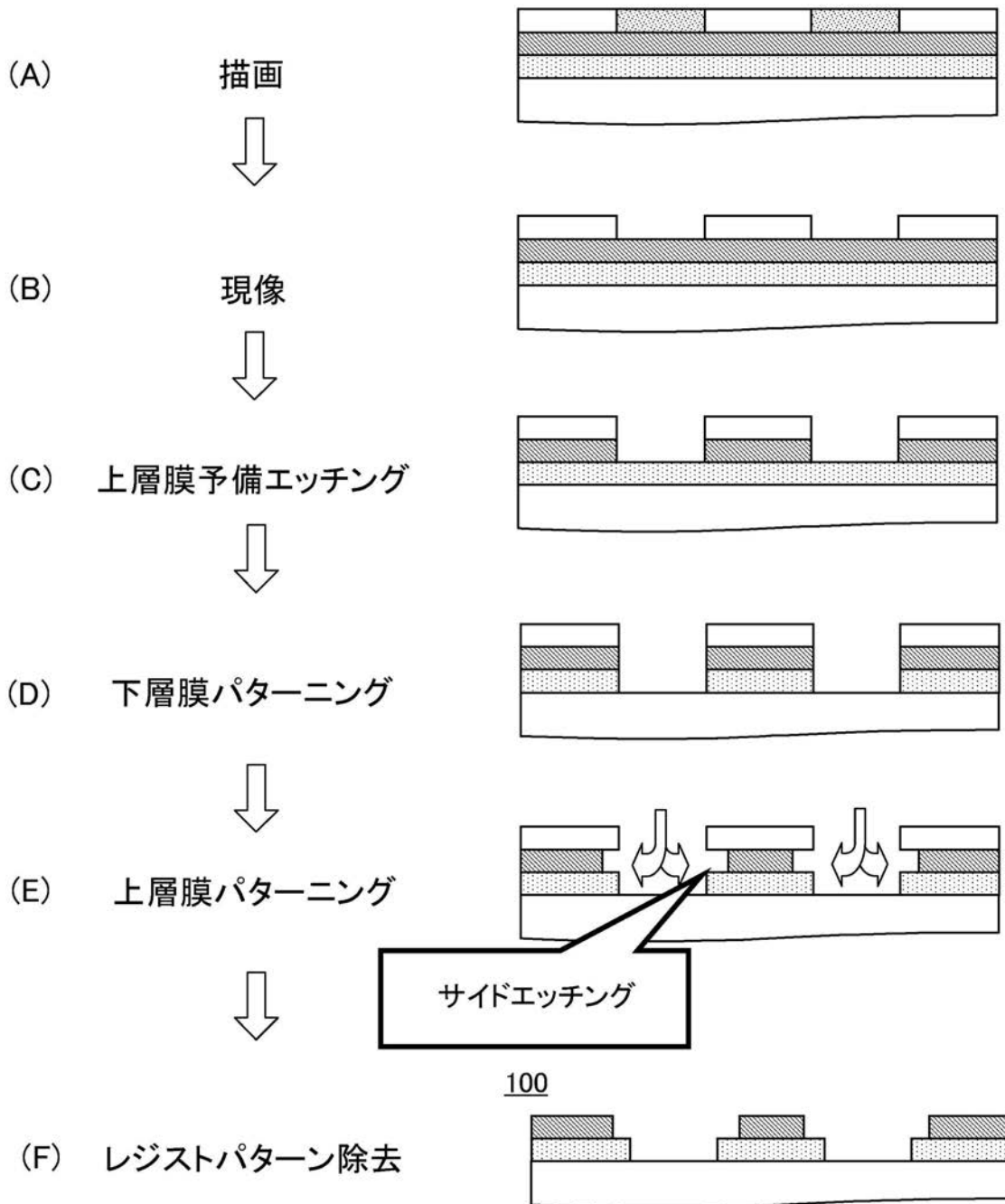
【 図 1 】



【 図 2 】

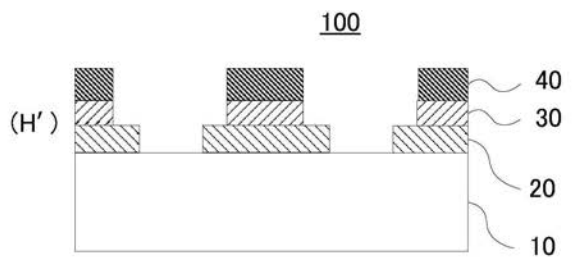
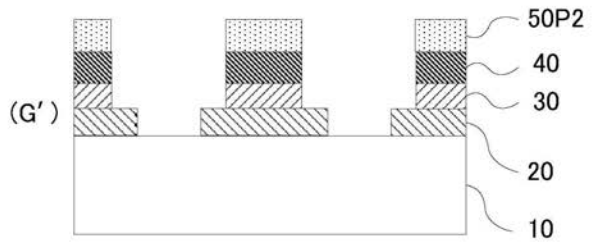
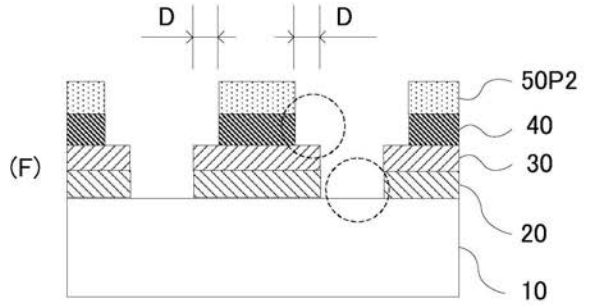
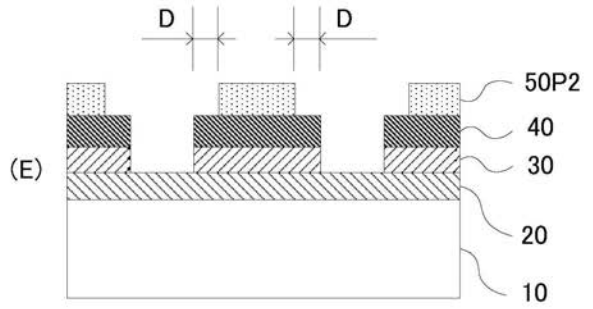
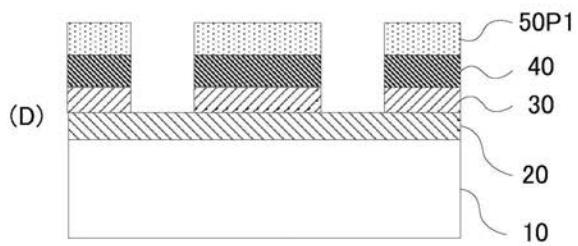
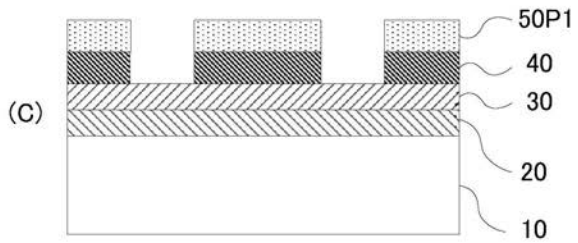
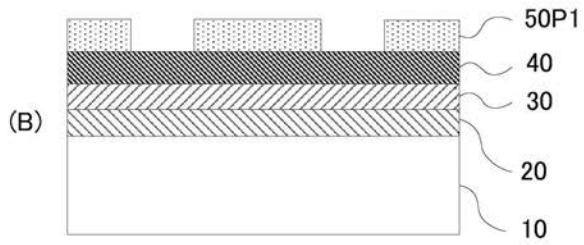


【図3】



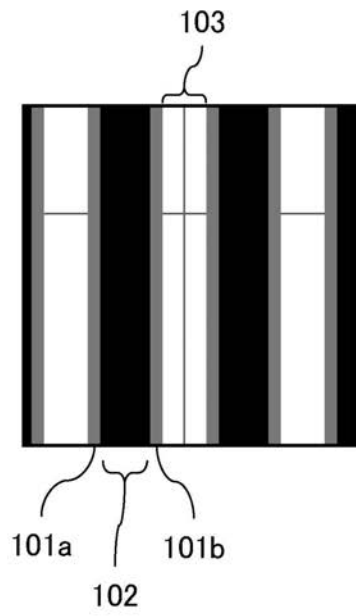


【 図 5 】

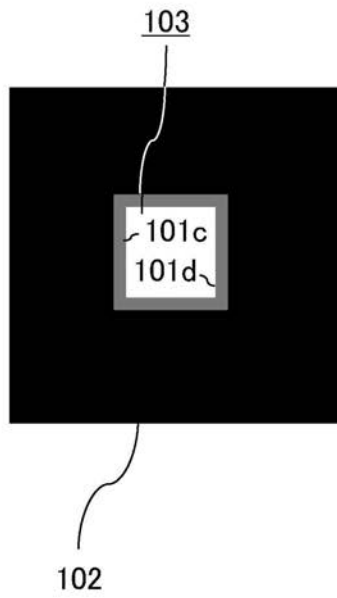




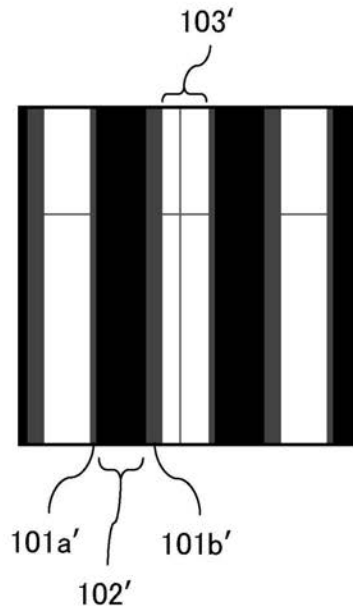
【 図 6 】



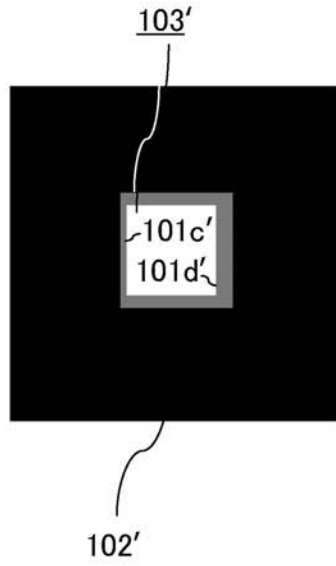
【 図 7 】



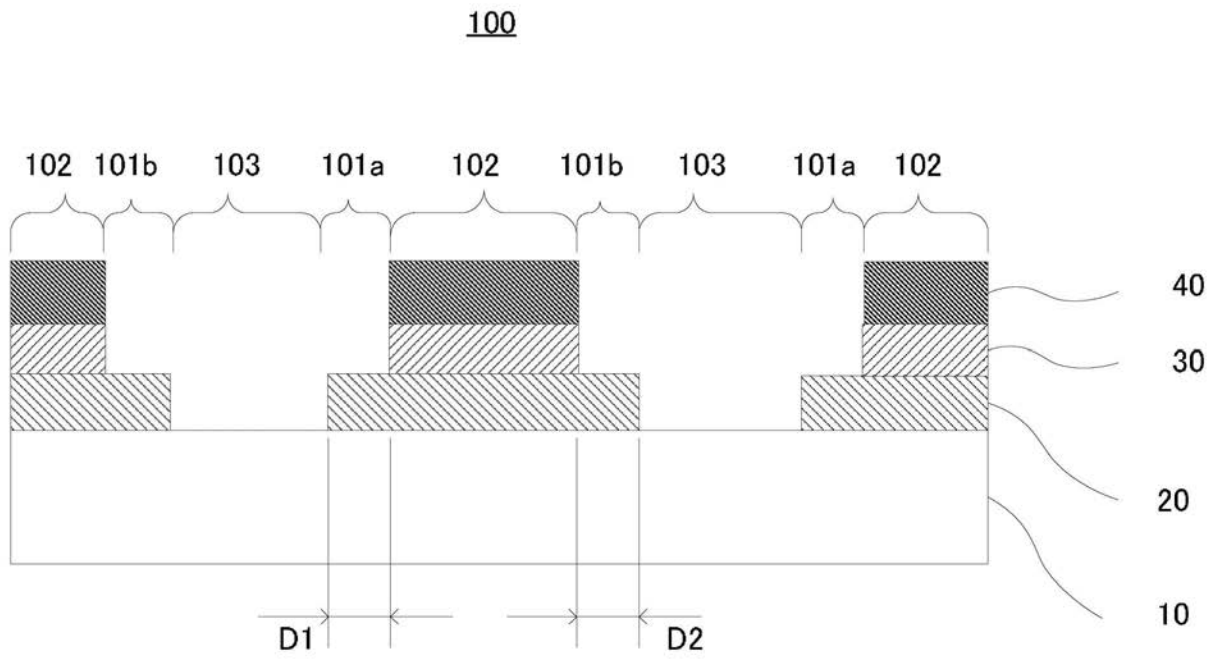
【 図 8 】



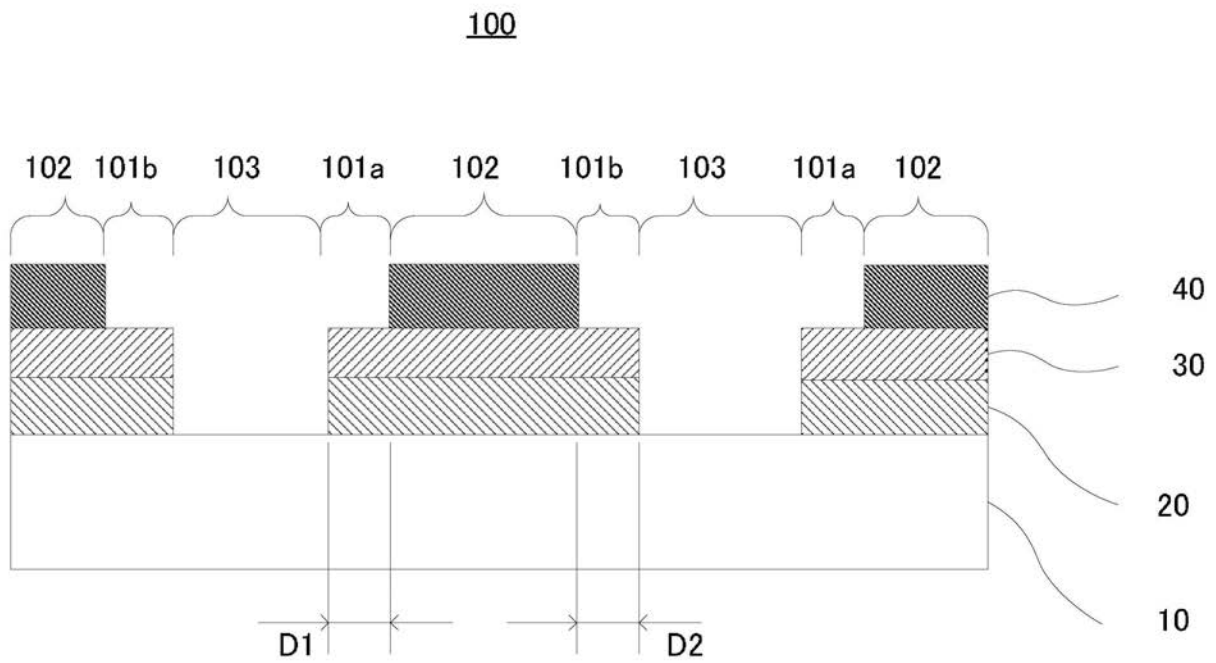
【 図 9 】



【図 10】



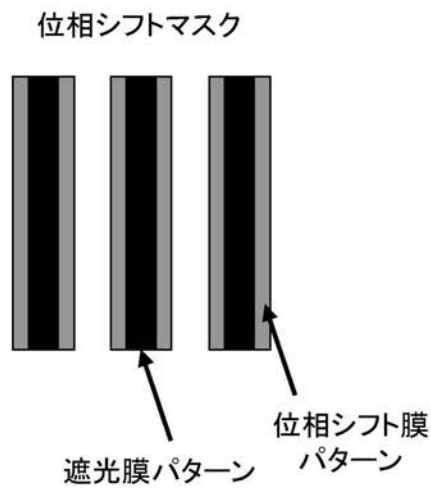
【図 11】



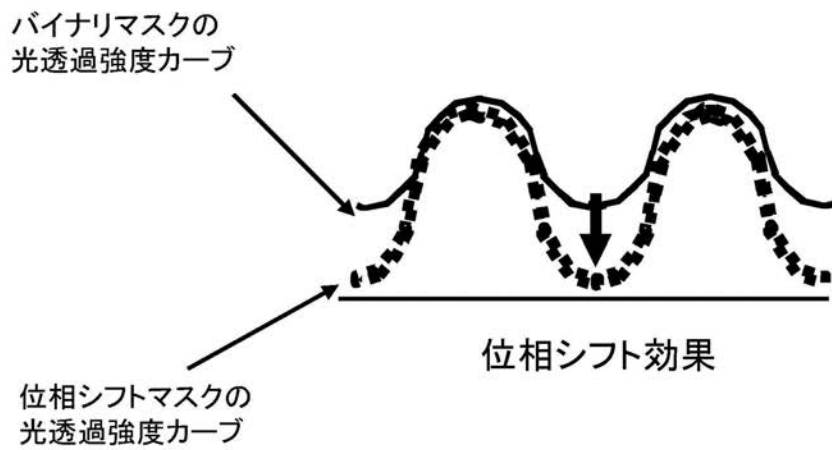
【 図 1 2 】



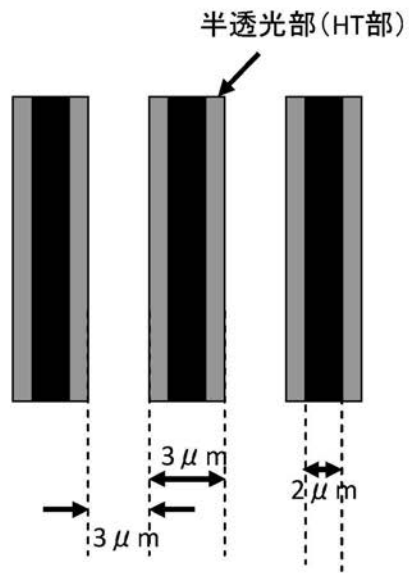
【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



半透光部 (HT部)  
i=10% PS=65deg  
h=13% PS=60deg  
g=15% PS=55deg

---

フロントページの続き

(72)発明者 山口 昇

東京都新宿区中落合 2 丁目 7 番 5 号 HOYA株式会社内

Fターム(参考) 2H095 BB14 BB36 BC24

2H195 BB14 BB36 BC24

5F146 LA14 LA18