

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6093117号
(P6093117)

(45) 発行日 平成29年3月8日(2017.3.8)

(24) 登録日 平成29年2月17日(2017.2.17)

(51) Int.Cl.

G03F 1/28 (2012.01)

F 1

G03F 1/28

請求項の数 8 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2012-126114 (P2012-126114)
 (22) 出願日 平成24年6月1日 (2012.6.1)
 (65) 公開番号 特開2013-250478 (P2013-250478A)
 (43) 公開日 平成25年12月12日 (2013.12.12)
 審査請求日 平成26年11月25日 (2014.11.25)

前置審査

(73) 特許権者 000113263
 HOYA株式会社
 東京都新宿区西新宿六丁目10番1号
 (74) 代理人 110001508
 特許業務法人 津国
 (72) 発明者 今敷 修久
 東京都新宿区中落合2丁目7番5号 HOYA株式会社内

審査官 今井 彰

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】フォトマスク、フォトマスクの製造方法及びパターンの転写方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一辺が300～1800mmの透明基板上に、少なくとも露光光の一部を遮光する遮光部と、前記透明基板が露出した透光部とを含む、ラインアンドスペースパターンからなる転写用パターンが形成されたフラットパネルディスプレイ製造用のフォトマスクであって、

前記遮光部が、前記遮光部の外周に沿って所定幅に形成されたエッジ領域と、前記遮光部において前記エッジ領域以外の部分に形成された中央領域とを有し、

前記中央領域は、前記透光部を透過する前記露光光に含まれる代表波長の光に対して略180度の位相シフト量を有するとともに、前記代表波長に対する透過率が40～80%となる位相シフト膜が形成されてなり、 10

前記エッジ領域は、前記代表波長の光に対する位相シフト量が、前記中央領域より小さく、かつ、±90度以内となるとともに、前記代表波長の光に対して30～50%の透過率であって、前記中央領域の透過率より低い透過率を有する光学膜が形成されてなり、

前記光学膜は、前記位相シフト膜と、前記代表波長の光に対して80%以下の透過率を有する透過調整膜とが積層されたものであることを特徴とするフォトマスク。

【請求項 2】

前記位相シフト膜の前記代表波長の光に対する透過率が、40～70%であることを特徴とする、請求項1に記載のフォトマスク。

【請求項 3】

前記透過調整膜は、前記代表波長の光に対して 90 ~ 270 度の位相シフト量をもつ、請求項 1 ~ 2 のいずれか 1 項に記載のフォトマスク。

【請求項 4】

前記遮光部又は前記透光部の幅が、3 μ m 以下であることを特徴とする、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載のフォトマスク。

【請求項 5】

開口数 NA が 0.06 ~ 0.15 の範囲の露光装置を用いて露光するためのフォトマスクであることを特徴とする、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載のフォトマスク。

【請求項 6】

i 線、h 線、及び g 線を含む光源で露光するためのフォトマスクであることを特徴とする、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載のフォトマスク。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載のフォトマスクを用い、i 線、h 線、及び g 線を含む光源、及び開口数 NA として 0.06 ~ 0.15 をもつ露光装置を用いて前記転写用パターンを被転写体上に転写することを特徴とする、パターン転写方法。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載のフォトマスクを用い、i 線、h 線、及び g 線を含む光源、及び開口数 NA として 0.06 ~ 0.15 をもつ露光装置を用いて前記転写用パターンを被転写体上に転写する工程を含む、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】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、高精度に微細な転写用パターンを転写可能なフォトマスク、それを用いたパターン転写方法、及びフラットパネルディスプレイの製造方法に関する。また、本発明は、フラットパネルディスプレイの製造に用いるフォトマスクとなすための、フォトマスクブランクに関する。

【背景技術】

【0002】

液晶表示装置に代表されるフラットパネルディスプレイの製造においては、より微細なパターンを形成することで、画質の向上を図るニーズがある。

30

【0003】

特許文献 1 には、液晶表示装置製造に用いられている露光条件において、従来解像できなかつた微細なパターンを解像し、より精細な転写像を得るためのフォトマスクが記載されている。

【0004】

特許文献 2 には、遮光膜をパターニングし、i 線に対して 180 度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。

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0005】

【特許文献 1】特開 2009 - 42753 号公報

【特許文献 2】特開 2011 - 13283 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

近年、フラットパネルディスプレイの配線パターンの微細化が望まれている。そしてこうした微細化は、フラットパネルディスプレイの明るさの向上、反応速度の向上といった画像品質の高度化のみならず、省エネルギーの観点からも、有利な点があることに関係する。これに伴い、フラットパネルディスプレイの製造に用いられるフォトマスクにも微細

50

な線幅精度の要求が高まることとなる。しかし、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、フラットパネルディスプレイの配線パターンを微細化しようすることは容易では無い。

【0007】

フォトマスクに形成される転写用パターンを微細化していくと、以下の問題があることが本発明者らにより見出された。例えば、透光部と遮光部とを備えた、いわゆるバイナリマスクのパターンを微細化するとともに、遮光部、透光部の寸法（線幅）が小さくなると、透光部を介して被転写体上に形成されたレジスト膜に照射される透過光の光量が低下してしまう。この状態を、図1に示す。

【0008】

ここでは図1(a)に示す、遮光膜によってなるラインアンドスペースパターンを例とし、ピッチ幅Pを次第に小さく（これに応じて、ライン幅M_Lとスペース幅M_Sが次第に小さく）していく際に、被転写体上に形成したレジスト膜上に生じる、透過光の光強度分布を示す（図1(b)）。ピッチ幅8μm（ライン幅4.8μm、スペース幅3.2μm）から、ピッチ幅4μm（ライン幅2.8μm、スペース幅1.2μm）まで次第に微細化したときは、光強度分布の波型曲線のピーク位置が、著しく低下していることがわかる。尚、ここでは、ライン幅M_Lとスペース幅M_Sを、それぞれピッチ幅Pに対して、P/2+0.8μm、P/2-0.8μmに設定した。

【0009】

このとき、被転写体上のレジスト膜が形成するレジストパターンの断面形状を、図2に示す。この場合、ピッチPが5μm（ライン幅3.3μm、スペース幅1.7μm）に達した時点で、レジストパターンにラインアンドスペースパターン形状を形成するための光量が不足し、後工程におけるエッチングマスクとするためのレジストパターンが形成できなくなつたことが理解できる（図2(d)参照）。

【0010】

そこで、転写時の解像度を上げ、より微細なパターニングを行う方法としては、従来LSI製造用の技術として開発されてきた、露光機の開口数拡大、单一波長、かつ短波長を使用した露光が考えられる。しかし、これらの技術を適用する場合には、莫大な投資と技術開発を必要とし、市場に提供される液晶表示装置の価格との整合性が取れなくなる。

【0011】

ところで、図1(b)に示されるように、光強度分布の波型曲線のピーク位置が、著しく低下している現象に対して、この光量不足を補うための方法として、露光装置の照射光量を増加させることができると考えられる。照射光量が増加すれば、スペース部を透過する光量が増大するため、レジストパターンの形状を良化する、すなわち、ラインアンドスペースパターンの形状に分離させることができると考えられる（図2(e)参照）。但し、このために、露光装置の光源を大光量に変更することは現実的でなく、露光時の走査露光時間を大幅に増加させなければならない。実際には、図2(e)に示すようにレジストパターンを分離させるために、1.5倍の照射光量が必要であることがわかる。

【0012】

ところで上記特許文献1には、透明基板上に形成した半透光膜をパターニングすることによって所定のパターンを形成した、透光部と半透光部とを有するフォトマスクであって、該フォトマスクを透過した露光光によって、被転写体上に線幅3μm未満の転写パターンを形成するフォトマスクにおいて、前記透光部又は前記半透光部の少なくとも一方が3μm未満の線幅の部分を有する、前記透光部と前記半透光部とからなるパターンを含むフォトマスクが記載されている。

【0013】

上記フォトマスクによれば、図1(b)において顕著に生じていた透光部のピーク位置の低下が抑止され、ラインアンドスペースパターン形状のレジストパターンが形成できる。これは、透明基板上に形成した半透光膜のパターンが、透光部を含む、転写用パターン全体の透過光量を補助し、レジスト（ここではポジレジストP/R）がパターニングされ

10

20

30

40

50

うる必要光量に到達させることができたことを意味する。

【0014】

このように、上記特許文献1のフォトマスクによると、従来のLCD (Liquid Crystal Display) 用露光機において解像できなかった3 μm未満のパターンが形成できるようになったが、更にこのパターニング安定性や精度を高めるニーズが生じた。

【0015】

特許文献2に記載のフォトマスクによれば、位相の反転作用により光強度が最小となる領域を形成して、露光パターンをより鮮明にすると記載されている。但し、発明者らの検討によると、LCD用露光装置によって被転写体上に得られる光強度分布によると、レジスト膜を感光させるための十分な露光光量の確保や、コントラストの向上の点において、改善の余地があり、この点はパターンが微細化するほど重要であることが見出された。

【0016】

以上のような事情に鑑み、本発明の目的は、微細パターンを確実に精緻に転写可能なフォトマスク、転写方法、及びフラットパネルディスプレイの製造方法を提案しようとするものである。

【課題を解決するための手段】

【0017】

本発明は、下記の構成1～8であることを特徴とするフォトマスク、下記の構成9であることを特徴とするパターン転写方法、下記の構成10であることを特徴とするフラットパネルディスプレイの製造方法、及び下記の構成11であることを特徴とするフォトマスクブランクである。

【0018】

(構成1)

本発明は、透明基板上に、少なくとも露光光の一部を遮光する遮光部と、前記透明基板が露出した透光部とを含む転写用パターンが形成されたフォトマスクであって、前記遮光部が、前記遮光部の外周に沿って所定幅に形成されたエッジ領域と、前記遮光部において前記エッジ領域以外の部分に形成された中央領域とを有し、前記中央領域は、前記透光部を透過する前記露光光に含まれる代表波長の光に対して略180度の位相シフト量を有するように形成され、前記エッジ領域は、前記代表波長の光に対する位相シフト量が、前記中央領域より小さくなるように形成され、かつ、前記エッジ領域には、前記代表波長の光に対して50%以下の透過率を有する光学膜が形成されることを特徴とするフォトマスクである。

【0019】

本発明のフォトマスクは、上記の構成1に、下記の構成2～8を適宜組み合わせることができる。

【0020】

(構成2)

本発明のフォトマスクでは、前記中央領域にも光学膜が形成され、前記中央領域の光学膜が、前記代表波長の光に対して略180度の位相シフト量を有する位相シフト膜であることを特徴とすることができる。

【0021】

(構成3)

本発明のフォトマスクでは、前記エッジ領域の光学膜が、前記代表波長の光に対して略180度の位相シフト量を有する位相シフト膜と、前記代表波長の光に対して80%以下の透過率を有する透過調整膜とが積層された光学膜であることを特徴とすることができる。

【0022】

(構成4)

本発明のフォトマスクでは、前記透過調整膜の前記代表波長の光に対する透過率が、0

10

20

30

40

50

. 1 % 以上であり、かつ、前記代表波長の光に対して 90 ~ 270 度の位相シフト量をもつことができる。

【0023】

(構成 5)

本発明のフォトマスクでは、前記透過調整膜の前記代表波長の光に対する透過率が 0 . 1 % 未満であることができる。

【0024】

(構成 6)

本発明のフォトマスクでは、前記位相シフト膜の前記代表波長の光に対する透過率が、 20 % 以上であることを特徴とすることができる。

10

【0025】

(構成 7)

本発明のフォトマスクでは、前記遮光部又は前記透光部の幅が、 3 μ m 以下であることを特徴とすることができる。

【0026】

(構成 8)

本発明のフォトマスクでは、前記転写用パターンが、 ラインアンドスペースパターンであることを特徴とすることができる。

【0027】

(構成 9)

本発明は、上記構成 1 ~ 8 のいずれか 1 つに記載のフォトマスクを用い、露光装置を用いて前記転写用パターンを被転写体上に転写することを特徴とする、パターン転写方法である。

20

【0028】

(構成 10)

本発明は、本発明は、構成 9 に記載の転写方法を用いることを特徴とする、フラットパネルディスプレイの製造方法である。

【0029】

(構成 11)

本発明は、フラットパネルディスプレイの製造に用いるフォトマスクとなすための、フォトマスクブランクであって、透明基板上に、前記フォトマスクを露光する際の露光光に含まれる代表波長の光に対して、 20 % 以上の透過率及び略 180 度の位相シフト量を有する位相シフト膜と、前記代表波長の光に対して、 80 % 以下の透過率及び 90 ~ 270 度の位相シフト量を有する透過調整膜とが積層されていることを特徴とする、フォトマスクブランクである。

30

(構成 12)

本発明は、フラットパネルディスプレイの製造に用いるフォトマスクとなすための、フォトマスクブランクであって、透明基板上に、位相シフト膜と、透過調整膜とが積層された積層膜を有し、前記位相シフト膜は、前記フォトマスクを露光する際の露光光に含まれる代表波長の光に対して、 20 % 以上の透過率及び略 180 度の位相シフト量を有し、前記積層膜は、前記代表波長の光に対して、 50 % 以下の透過率及び \pm 90 度以内の位相シフト量を有することを特徴とする、フォトマスクブランクである。

40

【発明の効果】

【0030】

本発明により、微細パターンを確実に精緻に転写可能なフォトマスク、転写方法、及びフラットパネルディスプレイの製造方法を得ることができる。具体的には、微細パターン化による、透過光の光量不足を解消し、或いは更に、露光に必要な照射光量を節減し、かつエッチングマスクとしてすぐれた形状のレジストパターンを形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【0031】

50

【図1】(a)はバイナリマスクのラインアンドスペースパターンを示す模式図であり、(b)は、(a)のピッチPを8μmから4μmまで次第に小さくした場合に、被転写体上に形成したレジスト膜上に照射される透過光の光強度分布を示すグラフである。

【図2】(a)～(d)は、図1(b)の光強度分布のうち、ピッチ幅P=8～5μmのラインアンドスペースパターンの透過光によって形成されるレジストパターンの断面形状を示すものである。(e)は、(d)と同じピッチ幅P=5μmで、露光装置の照射光量を1.5倍に増加させたときのレジストパターンの断面形状を示すものである。

【図3】(a)は、本発明のフォトマスクの構成の一例を示す断面模式図である。(b)は、<1>透光部、<2>エッジ領域及び<3>中央領域を透過した透過光の光強度分布成分の説明図である。(c)は、本発明のフォトマスクの光強度分布調整により、光強度分布が改善することを示す説明図である。

【図4】光学シミュレーションに用いた4種類の転写用パターンのフォトマスクの断面模式図である。

【図5】図4に示す、4種類の転写用パターンのフォトマスクによる、透過光の光強度分布曲線の光学シミュレーション結果を示す図である。

【図6】被転写体上のレジストパターンの側面形状の傾斜角を説明するための断面模式図である。

【図7】本発明のフォトマスクの製造方法の一例を示す断面模式図及び平面模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0032】

本発明のフォトマスクは以下の特徴をもつ。すなわち、本発明は、透明基板10上に、少なくとも露光光の一部を遮光する遮光部12と、前記透明基板10が露出した透光部11とを含む転写用パターンが形成されたフォトマスクであって、前記遮光部12が、前記遮光部12の外周に沿って所定幅に形成されたエッジ領域14と、前記遮光部12において前記エッジ領域14以外の部分に形成された中央領域16とを有し、前記中央領域16は、前記透光部11を透過する前記露光光に含まれる代表波長の光に対して略180度の位相シフト量を有するように形成され、前記エッジ領域14は、前記代表波長の光に対する位相シフト量が、前記中央領域16より小さくなるように形成され、かつ、前記エッジ領域14には、前記代表波長の光に対して50%以下の透過率を有する光学膜が形成されることを特徴とするフォトマスクである。

【0033】

上記のように、本発明のフォトマスクは、所望のデバイスを製造するための転写用パターンをもち、この転写用パターンは、遮光部12及び透光部11を有する。この遮光部12及び透光部11のもつ露光光透過率の相違により、被転写体(液晶パネルなど)上のレジスト膜に、転写用パターンに基づいた光強度分布を形成する。そして、この光強度分布に応じて感光したレジスト膜を現像することにより、被転写体をエッチング加工する際のエッチングマスクとなる、レジストパターンの立体形状が得られる。

【0034】

ここで上記レジストパターンは、被転写体上に所定のレジスト残膜を有する部分と有しない部分(現像後に残留する部分と、溶出してしまう部分)とのいわば2段階の階調によって、エッチングマスクとなるものである。換言すれば、本発明のフォトマスクは、少なくとも上記転写用パターン部分においては、2階調(レジスト残膜が有と無)であるといえる。尚、レジスト膜がポジ型でもネガ型でも制約は無いが、本明細書においてはポジ型レジストを用いて説明する。

【0035】

尚、本発明の透光部11と遮光部12とは、両者を透過する露光光が形成する、光強度の分布によって、2段階の階調機能を奏するのであって、遮光部12を構成する基板や光学膜が露光光を完全に遮光するものに限定されないことは、以下の説明により理解されるとおりである。すなわち、遮光部12は、露光光の強度を低下させるための機能を有する

10

20

30

40

50

部分であり、例えば、所定の位相の複数の光が回折による重ね合わせを生じことによって、レジスト膜に到達する露光光の強度を低下するように構成することができる。従って、遮光部12には、所定の位相シフト膜パターン21及び所定の透過調整膜パターン31等の光学膜のパターンを配置することができることはもちろんのこと、遮光部12に、基板の掘り込みなどの位相シフト作用を生じる構造を配置して、露光光の強度を低下させるように構成することもできる。

【0036】

本発明のフォトマスクの構成を、図3(a)に例示する。図3(a)は、被転写体上に、ラインアンドスペースパターンを転写するためのフォトマスクが有する転写用パターンの断面模式図である。

10

【0037】

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(例えばフラットパネルディスプレイ用基板など)や露光1回あたりの面付数に応じて適宜選定される。例えば一辺300~1800mm程度の矩形基板が用いられる。

【0038】

本発明のフォトマスクは、透明基板10上に、少なくとも露光光の一部を遮光する遮光部12と、前記透明基板10が露出した透光部11とを含む転写用パターンを有するものである。図3(a)に示す形態では、光学膜として、露光光の代表波長に対して略180度の位相シフト量を有する膜(以下、位相シフト膜20)と、前記代表波長に対して透過率が80%以下であるような膜(以下、透過調整膜30)を用い、これらに対してそれぞれ適切なパターニングを行うことで位相シフト膜パターン21及び透過調整膜パターン31を形成することによって、透光部11と遮光部12とが形成されている。ここでは、遮光部12がライン部、透光部11がスペース部に対応する。

20

【0039】

本形態では、露光光を透過する透光部11においては、透明基板10が露出している。他方、遮光部12においては、透明基板10上に光学膜のひとつとして位相シフト膜20の位相シフト膜パターン21が形成されている。そして、この遮光部12内において、外周に沿った所定幅のエッジ領域14には、更に他の光学膜として、透過調整膜30の透過調整膜パターン31が形成されている。この結果、図3(a)に示すとおり、遮光部12は、該遮光部12の外周に沿って所定幅に形成されたエッジ領域14と、該エッジ領域14以外の部分である、中央領域16(図3(a)では遮光部12の外周から離れて形成された領域)とを有するものとなっている。エッジ領域14には上記のとおり、位相シフト膜パターン21と透過調整膜パターン31とが積層しており、遮光部12のエッジ領域14以外(遮光部12の中央を含む部分)には、位相シフト膜パターン21のみが形成されている。この位相シフト膜パターン21と透過調整膜パターン31との積層順は、任意に選択することができ、図3(a)に示す積層順とは上下逆でもかまわない。

30

【0040】

このような構成により、図3(a)に示すフォトマスクの遮光部12は、透光部11を透過する前記露光光に含まれる前記代表波長に対して略180度の位相シフト量を有するように形成された中央領域16と、前記代表波長に対する位相シフト量が前記中央領域16より小さく、かつ、前記代表波長に対して50%以下の透過率を有する光学膜により形成されたエッジ領域14を備えるものとなっている。

40

【0041】

本発明のフォトマスクの透光部11及び遮光部12の寸法には特に制約は無い。但し、遮光部12と透光部11との幅の和(ラインアンドスペースパターンにおけるピッチ幅P)が5μm以下になったときに、本発明の効果が顕著に得られる。また、透光部11の幅が3μm以下となったときに、発明の効果がより顕著である。ピッチ幅が小さくなり、これに伴って透光部11の寸法が小さくなると、回折の影響が大きくなるとともに、透光部11によって透過する光透過強度分布曲線のピークが下がるため、被転写体のレジスト膜に

50

到達してレジストを感光させるには、光量不足となりやすい。このような現象に対して、本発明のフォトマスクは不都合を解消させるからである。透光部11の幅が2μm以下の場合に、上記効果が更に大きい。

【0042】

更に、透光部11及び遮光部12の幅が、3μm以下である場合に、本発明の効果が高い。更には、透光部11、又は遮光部12のいずれか、又は両方の幅が、2.5μm以下のとき、更には、2.0μm以下の場合に発明の効果が顕著である。

【0043】

更に、このような転写用パターンを用いて、被転写体上にラインアンドスペースパターンを形成する際、被転写体上に、ピッチ幅Pが5μm以下のパターンを形成する場合、又は、幅3μm以下のラインパターン、及び/又は幅3μm以下のスペースパターンを形成する場合に、本発明の効果が顕著に得られる。

【0044】

また、本発明のエッジ領域14は、所定幅に形成され、一定幅であることが好ましい。この所定幅とは、ゼロを超える任意の値の幅であって、被転写体上に得ようとするレジストパターンの形状を基に決定することができる。図3(a)の形態では、エッジ領域14は、遮光部12の両エッジに、対向して、互いに等しい幅で形成されている。エッジ領域14の幅は、用いる露光装置の解像限界以下の寸法とする。また、具体的なエッジ領域14の幅寸法としては、0.1~2μm、好ましくは、0.1~1μmとすることができる。

【0045】

上記のような幅をもつエッジ領域14を設定すると、被転写体上に届く透過光の光強度分布曲線が、エッジ領域14を独立に解像せず(独立したパターン形状を形成せず)、透光部11に対応する光強度のピークと、遮光部12に対応する光強度のボトムとを、なだらかに連結する曲線を描くように設計することができる。

【0046】

本形態において、位相シフト膜20は、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し、透過率を20%以上とすることができる。より好ましくは、位相シフト膜20の代表波長に対する透過率を20~80%、より好ましくは、30~70%、更に好ましくは、40~70%とすることができる。

【0047】

ここで、露光光に含まれる代表波長としては、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、これらの波長のいずれかとすることができます。例えば、i線を代表波長とすることができる。尚、i線、h線、g線のいずれに対しても、本発明の透過率、位相シフト量を充足する形態が、より好ましい。

【0048】

また、ここでいう透過率は、透明基板10の、前記代表波長による透過率を100%とした場合の、位相シフト膜20の透過率である。

【0049】

また、位相シフト膜20は、上記代表波長に対する位相シフト量が、略180度であることが好ましい。ここで、略180度とは、位相シフト膜20に入射する露光光に対する位相反転作用をもち、入射光と同位相の光との干渉することによって、遮光部12に回り込んだ透過光の光強度を低減させるものである。具体的には、位相シフト膜20の上記代表波長に対する位相シフト量は、180±60度の範囲であることができる。ラジアン表記すると、

$$(2n + 2/3) \sim (2n + 4/3) \quad (n: \text{整数})$$

である。より好ましくは、180±30度((2n + 5/6) ~ (2n + 7/6))

(n: 整数)である。

【0050】

尚、後述するように、位相シフト膜20の素材は、透過調整膜30との間に、エッテン

10

20

30

40

50

グ選択性を有することが好ましい。

【0051】

本発明のフォトマスクに用いられる透過調整膜30は、上記代表波長に対する透過率が、80%以下(即ち、0~80%)であることが好ましい。ここで、透過調整膜30には、実質的に光を透過しない(光学濃度OD>3、つまり透過率0.1%未満)ものも含まれる。このような実質的に光を透過しない膜を、本明細書では遮光膜ともいう。

【0052】

また、透過調整膜30は、一部の光を透過するものであってもよい。その場合(透過率が0.1%以上の場合)には、透過率は80%以下であり、好ましい範囲は、10~80%、より好ましくは40~70%である。

10

【0053】

また、透過調整膜30の透過率が0.1%以上の場合、透過調整膜30は上記代表波長に対する位相シフト量が90~270度であることが好ましい。これは、ラジアン表記すると、

$$(2n + 1/2) \sim (2n + 3/2) \quad (n: \text{整数})$$

である。より好ましくは、120~240度((2n + 2/3) \sim (2n + 4/3)) (n: 整数)である。

【0054】

本形態において、エッジ領域14は、上記のとおり、位相シフト膜20と透過調整膜30との積層であり、この積層によって露光光に含まれる代表波長に対する透過率が50%以下となるように形成される。好ましくは、30~50%、より好ましくは35~45%である。

20

上記積層による位相シフト量は、上記代表波長に対して±90度、より好ましくは、±60度以内、更に好ましくは±45度の範囲であることが好ましい。

【0055】

図3(a)に示す、本発明の位相シフト膜20、透過調整膜30はそれぞれ単層で構成されているが、いずれか、又は両方が、複数層の積層により成るものであってもよい。図3(b)に、本発明のフォトマスクが有する各膜の機能を図示する。

【0056】

図3(a)に示すような転写用パターン(例えばラインアンドスペースパターン)をもつフォトマスクを用い、露光装置により、光照射するとき、被転写体上のレジスト膜40が受ける、透過光の光強度分布成分を、図3(b)の<1>、<2>及び<3>により表した。<1>は、透光部11のパターンを透過する光の強度分布である。透光部11のパターンを透過した光は、回折の影響によって、遮光部12に対応する部分にもある程度の回り込みを生じるため、<1>の曲線に示されるように、ある広がりをもつ波型の分布を描く。但し、パターンが微細になり、パターンのピッチが小さくなる(例えば遮光部12のパターン及び/又は透光部11のパターンの幅が3μm以下になる)と、図2(d)に示す状態に近づき、ラインアンドスペースパターンのエッチングを行うためのレジストパターンが形成できなくなる。

30

【0057】

そこで、遮光部12に相当する部分の光強度を有効に低下させるため、本形態では位相シフト膜20を用い、中央領域16を形成する。位相シフト膜20による、中央領域16の透過光の強度分布成分を図3(b)の<3>に示す。この位相シフト膜20は所定の位相シフト量を有しているため、位相シフト膜20を透過した光は、透光部11を透過する露光光のうち、回折によって遮光部12に回り込む成分に対して、干渉によりこれを相殺し、この部分の光強度を下げるに至る。尚、位相シフト膜20の透過光は、位相シフトをすることにより、透光部11を透過する露光光に対して干渉によりこれを相殺することになるため、図3(b)では、<3>の光の強度を、マイナス側の強度として図示している。

40

【0058】

50

尚、本発明のフォトマスクでは、位相シフト膜20を形成する代わりに、同様の作用をもたらすように、透明基板10表面に掘り込みを形成しても良い。この場合は、図3(a)の遮光部12に相当する領域の透明基板10を、得ようとする位相シフト量分の厚みだけ、表面から掘り込み除去することができる。

【0059】

上述の位相シフト膜20等による光強度低減の効果は、やはり回折の影響によって透光部11に及ぶことから、透光部11の光強度分布のピークを下げてしまう懸念がある。そこで本発明では、エッジ領域14において、遮光部12から透光部11に回り込む反転位相の光を更に反転させ、透光部11の透過光と同位相の成分を増加させ、透光部11の光強度ピークを高める。このため、本形態では透過調整膜30を、遮光部12のエッジ付近に配置している。透過調整膜30による、エッジ領域14での透過光の光強度分布成分を図3(b)の<2>に示す。

【0060】

上記のような光強度分布調整を行った結果、図3(c)に示すとおり、バイナリマスクの透過光強度分布に対して、透光部11の光強度ピークを上げ、遮光部12の光強度ボトムをより下げることができる。これにより、光強度分布曲線はコントラストが高くなり、被転写体上に形成されるレジストパターン形状は良好になる。すなわち、その側面形状が改善される(傾斜角が大きくなる)ため、エッティングマスクとして、加工精度の向上に寄与する。

【0061】

尚、エッジ領域は、上記の態様では位相シフト膜20と透過調整膜30との積層であるが、これ以外の構成を採る場合でも、エッジ領域としての透過率は上記と同様に、露光光の代表波長に対する透過率が50%以下、好ましくは、30~50%、より好ましくは35~45%とすることができる。その場合のエッジ領域の位相シフト量は、±90度以内とすることが望ましい。

【0062】

また、上記では位相シフト膜20が透明基板に形成されてなる中央領域について説明したが、それ以外の構成を採る場合においても、透過率を20%以上(より好ましくは、20~80%、より好ましくは、30~70%、更に好ましくは、40~70%)、位相シフト量は、180±60度、より好ましくは、180±30度とすることができる。

【0063】

次に、本発明のフォトマスクの製造方法の例について、図7を参照して、以下に説明する。

(1) 透明基板10上に位相シフト膜20と透過調整膜30がこの順に形成され、更にフォトレジスト膜40が形成されたフォトマスクプランクを用意する。(図7(a))

(2) 描画機を用い、エッジ領域14形成用パターンを描画する。

(3) 現像し、形成されたレジストパターン41をマスクにして、透過調整膜30をエッティングする。(図7(b))

(4) レジストを剥離し、再度、全面にレジスト膜40を形成したのち、遮光部12形成用パターンを描画する。(図7(c)及び(d))

(5) 現像し、形成されたレジストパターン51をマスクにして、位相シフト膜20をエッティングする。(図7(e))

(6) レジストを剥離する。(図7(f))

【0064】

尚、位相シフト膜20及び透過調整膜30のエッティングはドライエッティングでもウェットエッティングでもよい。エッチャントは公知のものを使用できる。

【0065】

位相シフト膜20の材料としては、例えば、金属シリサイド化合物(Ta_xSi_y 、 Mo_xSi_y 、 W_xSi_y 又はそれらの窒化物、酸窒化物など)、Si化合物(SiO_2 、 SiO_xG)、Zr合金($ZrSi_xO_y$ など)、ITO(酸化インジウム錫)、 ZrO_2 (酸

10

20

30

40

50

化ジルコニウム)、 Al_2O_3 (酸化アルミニウム)、 WO_3 (酸化タンゲステン)、 TiO_2 (酸化チタン) 等が挙げられる。

【0066】

透過調整膜30の材料としては、Cr化合物(Crの酸化物、窒化物、炭化物、酸化窒化物、酸化窒化炭化物など)、Si化合物(SiO_2 、 SiO_x)、Zr合金($ZrSi_xO_y$ など)、金属シリサイド化合物(Ta_xSi_y 、 Mo_xSi_y 、 W_xSi_y 又はそれらの窒化物、酸窒化物など)等のほか、上記位相シフト膜20の材料として挙げた、ITO(酸化インジウム錫)、 ZrO_2 (酸化ジルコニウム)、 Al_2O_3 (酸化アルミニウム)、 WO_3 (酸化タンゲステン)、 TiO_2 (酸化チタン) 等を挙げることができる。但し、位相シフト膜20と透過調整膜30の材料が同一だと、相互にエッティング選択性が無いため、異なる材料とすることが好ましい。

【0067】

両膜の組み合わせの例としては、互いにエッティング選択性があれば特に制約は無いが、例えば位相シフト膜20にITOを使用し、透過調整膜30にCr化合物、或いは、位相シフト膜20に ZrO_2 を使用し、透過調整膜30にCr化合物を使用する、などが好適な例として挙げられる。

【0068】

本発明の用途に特に限定は無い。例えば、液晶表示装置(LCD: Liquid Crystal Display)の透明電極パターンなど、フラットパネルディスプレイの領域で、多様な用途に用いられる。このようなラインアンドスペースパターンの形成は、線幅が3μm以下になると難度が高いため、本発明の効果が顕著である。

【0069】

詳細には、転写用パターンがラインアンドスペースパターンであるとき、ピッチ幅P(転写用パターンのライン幅ML、スペース幅MSの合計)が6μm以下、より好ましくは5μm以下のときに発明効果が顕著であり、このとき、MLは、2.8μm以下、より好ましくは2.5μm以下、更に好ましくは2μm以下であるときに、発明の効果がより顕著である。MSについても、2.8μm以下、より好ましくは2.5μm以下、更に好ましくは2μm以下であるときに、発明の効果がさらに顕著である。

【0070】

また、図3(a)では、ラインアンドスペースパターンを転写用パターンとした場合の例を挙げたが、本発明のフォトマスクにおける転写用パターンの形状にも制約は無い。本発明のフォトマスクをホールパターンに適用してもよい。

【0071】

本発明は更に、当該フォトマスクを用いたパターン転写方法を含む。本発明のフォトマスクを用いたパターン転写は、露光装置の照射光量を増加させずに、微細なパターンを転写させることを可能にする。このため、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。

【0072】

本発明の転写方法においては、標準的なLCD用露光装置を用いることができる。この場合、例えば、開口数NAを0.06~0.10、コヒレンスを0.5~1.0の範囲とすることができます。こうした露光装置は、一般に、3μm程度を解像限界としている。露光光源としては、365~436nm(i線~g線)を含む光源を用いることが好ましい。

【0073】

もちろん、本発明は、より広い範囲の露光機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0.06~0.14、又は0.06~0.15の範囲とすることができます。NAが0.08を超える、高解像度の露光機にもニーズが生じており、これらにも適用できる。

【0074】

こうした露光装置は、光源としてi線、h線、g線を含み、これらをすべて含んだ照射

10

20

30

40

50

光（単一光源に対し、プロードな光源であるため、以下プロード光ともいう）を用いることができる。この場合、代表波長とは、i線、h線、g線のいずれとしても良いことは、前述のとおりである。

【0075】

また、本発明は、上記フォトマスクを用いた、フラットパネルディスプレイの製造方法も含む。例えば、本発明のフォトマスクを用いて、TFTの電極パターン形成を行う、或いは、TFTのコンタクトホールパターンの形成を行う、など、その用途には制限は無い。

【0076】

更に、本発明は、パターニングを経て上記フォトマスクとすることができます、フォトマスクブランクを含む。このフォトマスクブランクは、透明基板10上に、前記フォトマスクを露光する際の露光光に含まれる代表波長の光に対して、20%以上の透過率及び略180度の位相シフト量を有する位相シフト膜20と、前記代表波長の光に対して、80%以下の透過率及び90~270度の位相シフト量を有する透過調整膜30とが積層されていることを特徴とする。

【0077】

また、本発明のフォトマスクブランクとしては、以下のものも好適に利用できる。すなわち、透明基板上に、位相シフト膜と、透過調整膜とが積層された積層膜を有し、前記位相シフト膜は、前記フォトマスクを露光する際の露光光に含まれる代表波長の光に対して、20%以上の透過率及び90~270度の位相シフト量を有し、前記積層膜は、前記代表波長の光に対して、50%以下の透過率及び±90度以内の位相シフト量を有することを特徴とする、フォトマスクブランクである。

【0078】

上記各膜の好ましい態様は、上述のとおりである。また、これらの膜は、透明基板10上に、スパッタ法など公知の成膜法によって、形成することができる。

【0079】

以上から明らかなとおり、本発明のフォトマスクは、微細パターン化による、透過光の光量不足を解消し、或いは更に、露光に必要な照射光量を節減し、しかも、エッチングマスクとしてすぐれた形状のレジストパターンを形成することができる。このようなレジストパターンを、従来パターニングが困難であった微細パターンにおいて実現する意義は大きい。特に、液晶表示装置に代表される、フラットパネルディスプレイの製造分野で有利に使用される。本発明のフォトマスクを用いれば、従来のLCD用露光機を用いた場合でも、照射光量を増加することなく、被転写体上のレジスト膜を感光させるための十分な露光光量の確保し、コントラストを向上することができるので、低コストで、転写パターンの微細化を行うことができる。

【実施例】

【0080】

図4に示す、4種類の転写用パターンをもつフォトマスクについて、光強度分布曲線及びそれによる転写体のレジストパターン形状についての光学シミュレーションを行った。シミュレーション条件としては、転写に用いる露光装置の光学条件を考慮して、次のように設定した。

ピッチ幅 4.0 μm (1:1のラインアンドスペースパターン)

開口数NA 0.083

コヒレンス 0.8

各波長の強度比 g:h:i = 1:1:1

位相シフト膜20の位相シフト量 180度 (ここではg=h=iとして設定)

【0081】

図5に、図4に示す、4種類の転写用パターンのフォトマスクによる、上述の光学シミュレーションによって得られた透過光の光強度分布曲線を示す。図5は、図4に示す、4種類の転写用パターンをもつフォトマスクを、露光装置により露光した場合に、レジスト

10

20

50

30

40

50

膜40が受ける光強度分布を示したものである。図4に示す各サンプルにおいて、透過率及び位相シフト量は、代表波長をh線としたものである。

【0082】

図4に示すそれぞれのサンプルA、B、C及びDは、ピッチ幅P = 4 μm (ライン幅ML = スペース幅MS = 2 μm) のラインアンドスペースパターンを転写用パターンとしてもつマスクである。

【0083】

サンプルA (比較例、バイナリマスク)

標準サンプルとしてのバイナリマスク (OD3以上の遮光膜で転写用パターン (ラインアンドスペースパターン) を形成した。ピッチ幅P = 4 μm (ライン幅ML = スペース幅MS = 2 μm))

10

【0084】

サンプルB (参考例1)

透過率4%、位相シフト量45度である半透光膜をパターニングすることにより、上記サンプルAと同様の転写用パターンを作成した。

【0085】

サンプルC (実施例)

位相シフト膜20をパターニングすることによってピッチ幅P = 4 μm (ライン幅ML = スペース幅MS = 2 μm) のラインアンドスペースパターンを形成し、更に、そのラインパターン (遮光部12) の両エッジに沿って、それぞれ0.5 μm幅の透過調整膜30を積層した。従って、中央に1 μmの幅で、位相シフト膜20のみの部分がある。位相シフト膜20は、位相シフト量が180度、透過率が70%とし、透過調整膜30は、位相シフト量が180度、透過率57%のものを用いた。

20

【0086】

サンプルD (参考例2)

遮光膜をパターニングすることによって、ピッチ幅4 μm (ライン幅ML = 1 μm、スペース幅MS = 3 μm) のラインアンドスペースパターンを形成し、更に、同ピッチ幅 (ライン幅ML = 2 μm、スペース幅MS = 2 μm) の位相シフト膜 (透過率5%、位相シフト量180度) によるパターンを積層して形成した。2 μm幅のラインパターンの中央部のみが、遮光膜パターンと位相シフト膜パターンの積層構造になっている。

30

【0087】

図5を参照すると、サンプルAに対して、サンプルBは、光強度が全体に高くなっている。従って、上記図1で説明した光量不足の問題をある程度解決できることがわかる。但し、サンプルAの曲線と比べて、曲線のピークに至る傾きはほぼ同じであって、コントラストは高くなっていない。この場合、被転写体上に形成されるレジストパターンの側面形状においても、傾斜角を大きくする方向での改善はほとんど無い。

【0088】

サンプルDにおいては、位相シフト膜の作用によって透過光量が全体に下がってしまい、レジスト膜に対する光量不足は、サンプルAのバイナリマスクよりも深刻となる。また、カーブの傾斜も、サンプルAのバイナリマスクとほぼ同等であり、コントラストの改善はみられない。

40

【0089】

これに対して、サンプルC (本発明のフォトマスク) においては、サンプルAに対してピークの光強度が高くなっているため、レジスト膜40に到達する光の強度不足が解消できる。或いは、これに加えて露光装置による照射光量を低減させることも可能となる。この場合、露光照射光量は走査露光に必要な時間と相關するため、照射光量の低減により、露光時間の短縮、つまり生産効率の向上が可能となる。また、図5から明らかなとおり、光強度分布曲線の傾きも大きくなり、被転写体上のレジストパターンの側面形状が改善することがわかる。

【0090】

50

ここで、傾斜角とは、図6に示すように、被転写体上のレジストパターンの側面形状が被転写体面に垂直である場合を90度（最大）として、表現する。被転写体上のレジストパターンをエッティングマスクとして被加工体をエッティングする際、傾斜角が大きい（90度に近い）ほど、露光光量のばらつき等工程の変動に対する線幅変動が小さい。そのため、傾斜角が大きい（90度に近い）ほど、良好な状態と評価される。

【0091】

尚、本明細書における光強度分布曲線、及びそれによるレジストパターン形状については、光学シミュレーションにより得たものである。シミュレーション条件としては、転写に用いる露光装置の光学条件を考慮して設定したものである。

【0092】

尚、代表波長は、i線、h線、g線のいずれとしても良い。シミュレーションにおいては、単純化のためにこれらの強度比を1:1:1としても良く、又は実際の露光装置の強度比を考慮した比率にしても良い。

【0093】

上記から理解されるとおり、本発明のフォトマスクは、位相シフト膜20による露光光位相の反転作用を、透光部11から透過して回り込む回折光による光強度低減のために用いている。遮光部12に対応する被転写体上の位置であって、本来遮光されるべきところに、透光部11からの回折光の回り込みが存在するので、光の干渉による相殺作用が有効に作用する。その一方、遮光部12のエッジ付近（エッジ領域14）においては、位相シフト膜20の作用は実質的に発現しない。透過調整膜30によって、この部分の位相シフト作用が低減されている（反転していない）からである。

【0094】

公知のいわゆる位相シフトマスクは、パターンエッジにおいて位相を反転させ、透過光のコントラストを上げているが、本発明は、パターンエッジではむしろ位相反転作用を低減させている点で、対照的である。

【0095】

本発明者らによると、このエッジ領域14が存在することにより、遮光部12に対応する領域で有効に光強度を下げるにも関わらず、透光部11に対応する領域の光強度ピークを下げない。むしろ、このエッジ領域14が存在することにより、透光部11に対応する領域の光強度ピークを高めることができる。この意味で、エッジ領域14は、透光部11による光の透過を補助する、透過補助パターンとしても機能する。

【0096】

尚、本発明は、上述の位相シフト膜、透過補助膜に加えて、本発明の作用を妨げない限りにおいて、他の膜や基板構造が併用されることを排除しない。

【符号の説明】

【0097】

- 10 透明基板
- 11 透光部
- 12 遮光部
- 14 エッジ領域
- 16 中央領域
- 20 位相シフト膜
- 21 位相シフト膜パターン
- 30 透過調整膜
- 31 透過調整膜パターン
- 40、50 レジスト膜
- 41、51 レジストパターン

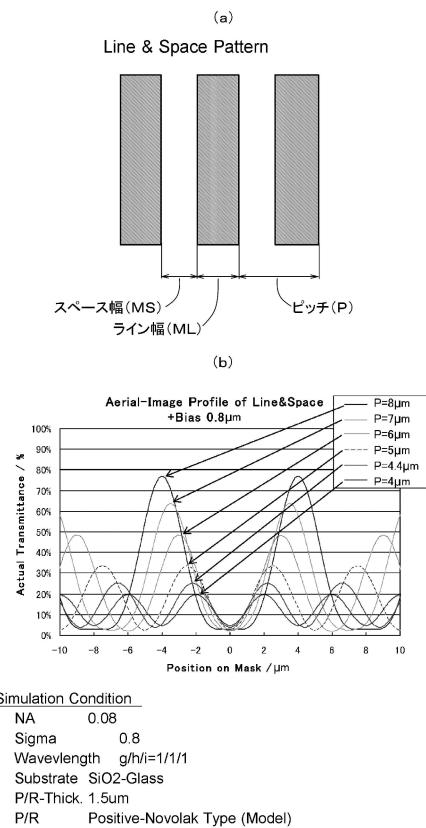
10

20

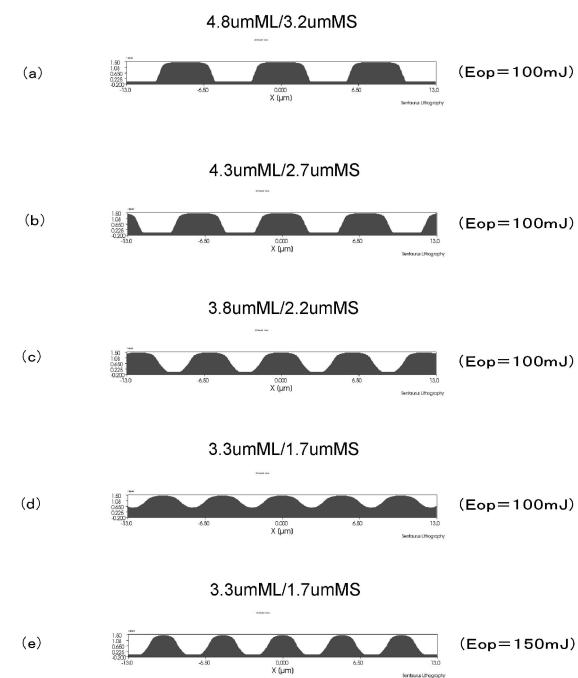
30

40

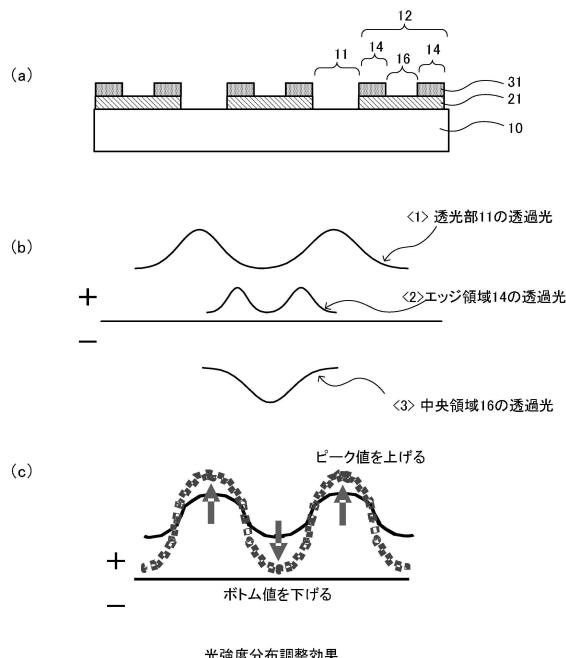
【図1】



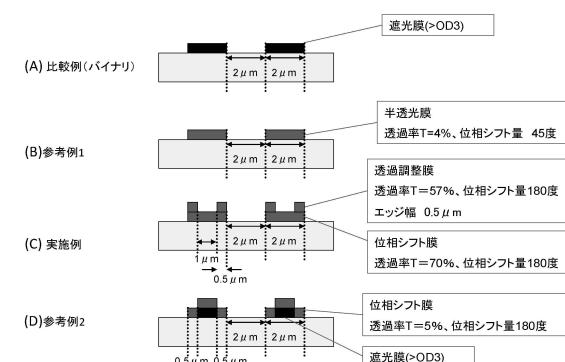
【図2】



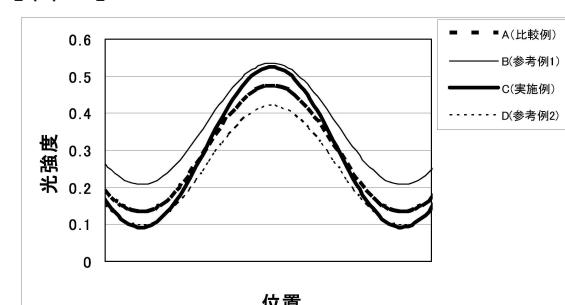
【図3】



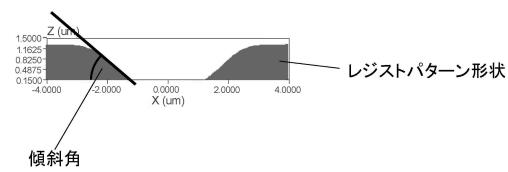
【図4】



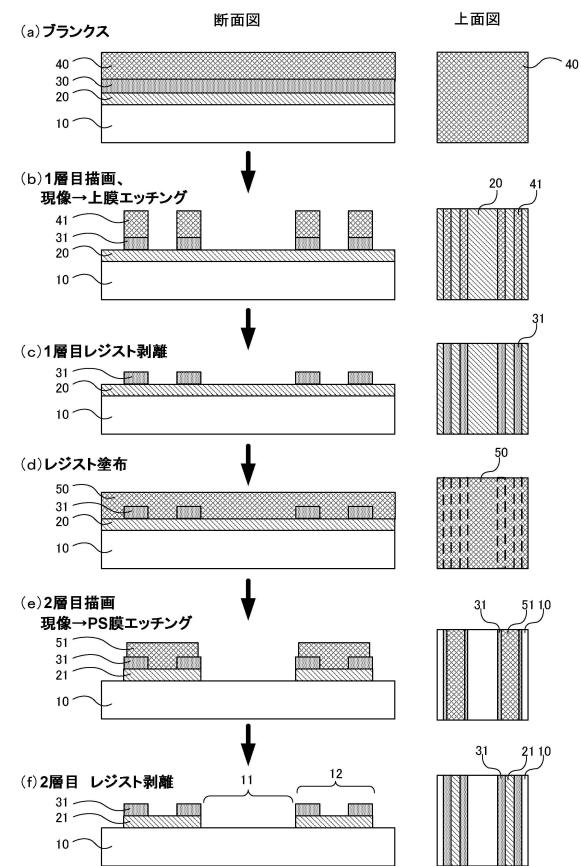
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2007/102337 (WO, A1)

特開2004-272211 (JP, A)

特開平03-011345 (JP, A)

特開平03-177841 (JP, A)

特開2004-279484 (JP, A)

特開2006-171335 (JP, A)

特開2007-293363 (JP, A)

特開2004-309958 (JP, A)

特開2007-299018 (JP, A)

特開2006-091919 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03F 1/00 - 1/86