

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4963830号
(P4963830)

(45) 発行日 平成24年6月27日 (2012.6.27)

(24) 登録日 平成24年4月6日 (2012.4.6)

(51) Int. Cl.		F I		
HO 1 L	21/027	(2006.01)	HO 1 L	21/30 5 1 4 A
GO 3 F	7/20	(2006.01)	GO 3 F	7/20 5 2 1
GO 3 F	1/68	(2012.01)	HO 1 L	21/30 5 1 6 D
			GO 3 F	1/08 A

請求項の数 4 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2005-361831 (P2005-361831)	(73) 特許権者	302062931
(22) 出願日	平成17年12月15日 (2005.12.15)		ルネサスエレクトロニクス株式会社
(65) 公開番号	特開2007-165704 (P2007-165704A)		神奈川県川崎市中原区下沼部 1 7 5 3 番地
(43) 公開日	平成19年6月28日 (2007.6.28)	(74) 代理人	100064746
審査請求日	平成20年10月3日 (2008.10.3)		弁理士 深見 久郎
		(74) 代理人	100085132
			弁理士 森田 俊雄
		(74) 代理人	100083703
			弁理士 仲村 義平
		(74) 代理人	100096781
			弁理士 堀井 豊
		(74) 代理人	100109162
			弁理士 酒井 将行
		(74) 代理人	100111246
			弁理士 荒川 伸夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パターン形成方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電界効果トランジスタのゲート電極部であり第 1 最小寸法を有する第 1 パターンと、前記ゲート電極部と同層の配線部であり第 2 最小寸法を有する第 2 パターンとを含むパターン形成方法であって、

レバントン型マスクを用いて前記第 1 パターンを露光する第 1 露光工程と、

ハーフトーン型マスクを用いて前記第 2 パターンを露光する第 2 露光工程と

を含み、

前記第 2 最小寸法が前記第 1 最小寸法の 1 . 3 倍以上になる場合に、前記第 2 露光工程の露光量が前記第 1 露光工程の露光量以下になるように行ない、前記第 1 露光工程の露光量は、前記第 2 露光工程の露光量の 1 . 0 倍以上 1 . 2 倍以下であり、前記配線部は、前記ゲート電極部を接続するための部分を含み、

前記第 2 最小寸法が前記第 1 最小寸法の 1 . 0 倍以上 1 . 1 倍以下になる場合に、前記第 2 露光工程の露光量が前記第 1 露光工程の露光量よりも大きくなるように行ない、前記第 2 パターンは、複数の前記第 1 パターンに挟まれた分離領域上の配線部を含む、パターン形成方法。

【請求項 2】

前記第 2 最小寸法が前記第 1 最小寸法の 1 . 3 倍以上になる場合であって、前記第 2 露光工程は、前記第 1 露光工程の露光量よりも少ない露光量となる透過率を有する前記ハーフトーン型マスクを用いて行なう、請求項 1 に記載のパターン形成方法。

【請求項3】

65 nm以下の設計基準に基づく半導体装置の製造に用いられるパターン形成方法であって、

以下の式により求められるILS値が3.4以上になるように行なう、請求項2に記載のパターン形成方法。

$$ILS \text{ 値} = (1 / I_s) \times (I / \lambda) \cdots (1)$$

(ただし、 I_s は、線状パターンの幅80 nmのスライス値、 (I / λ) は、光強度線におけるスライス値となる点の勾配である。)

【請求項4】

前記レベンソン型マスクおよび前記ハーフトーン型マスクのうち少なくとも一方のマスクに、光学近接効果補正を有するように形成したものをを用いる、請求項1から3のいずれかに記載のパターン形成方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、パターン形成方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体集積回路などの半導体装置において、電極や配線などの形成にフォトリソグラフィ技術が用いられる場合がある。フォトリソグラフィ工程においては、フォトマスクを介してレジストに所定の形状に露光される露光工程が行なわれる。レジストは、たとえば感光性樹脂で形成され、露光工程の後に現像を行なうことにより所定の形状に成型される。

【0003】

露光工程において用いられるマスクは、透光部および遮光部を有する。フォトマスクには、解像度を上げるために透光部を透過する光の位相を変化させる位相シフトマスクがある。位相シフトマスクには、レベンソン型マスクやハーフトーン型マスクが含まれる。これらのフォトマスクは、光の干渉作用を利用して解像度を上げることができる。

【0004】

レベンソン型マスクは、たとえばポジ型のレジストにおいて、基板の表面に配置されたレジストを所定の形状に加工する際に、一の部分の両側において、一方の側に光を透過させる透光部を形成する。他方の側に一方の透光部の光の位相に対して、位相を反転させる透光部を形成する。レベンソン型マスクは、一の部分の両側の光の位相を互いに反転するように形成することにより、一の部分において、解像度を向上させることができるフォトマスクである。

【0005】

ハーフトーン型マスクは、基板の表面に配置されたレジストを所定の形状に加工する際に、一の部分または一の部分の周りのうち一方に形成された透光部に対して、他方に形成された遮光部において光の一部を透過させると共に位相を反転させることにより、上記一の部分において、解像度を向上させるフォトマスクである。

【0006】

特開2002-229181号公報においては、透光性基板上に、孤立パターン要素形成用の遮光部と、周期パターン要素を形成するための複数の遮光部とを形成するためのレベンソン型マスクが開示されている。このレベンソン型マスクは、孤立パターン要素形成用の遮光部の両側に、位相シフト部と透光部とを配置する。周期パターン要素を形成するための遮光部の両側に、位相シフト部と透光部とを配置する。透光性基板の残部を遮光部で覆う。孤立パターン要素形成用の位相シフト部の幅と周期パターン要素を形成するための位相シフト部の幅とをほぼ等しくすることが開示されている。

【0007】

特開2003-168640号公報においては、位相シフトマスクで形成する微細線パターンと一定範囲内で隣接するシフトパターンの位相が、互いに反転する位相を割当て

10

20

30

40

50

ようにする半導体装置の製造方法が開示されている。好ましくは、位相エッジで形成する微細線パターンを中央に挟んで、少なくとも4つのシフトパターンを設け、隣接したシフトパターン同士は必ず逆位相になるように配置することが開示されている。

【0008】

フォトリソグラフィ法においては、基板の表面に微細な部分を形成するために露光を複数回行なう方法が知られている。

【0009】

たとえば、特開平11-283904号公報においては、フォトレジスト層に対し、線幅制御性が厳しい箇所のパターンを位相シフトパターンを用いて転写する高解像度露光と、高解像度露光により既にパターン転写されたフォトレジスト層の部分をマスクパターンの遮光部により保護しながら、フォトレジスト層に対し線幅制御性が緩い箇所のパターンを、位相シフトパターンを用いることなく転写する通常露光とを含む露光方法が開示されている。

10

【0010】

また、米国特許第5858580号明細書においては、2つのマスクプロセスを用いることが開示されている。第1のマスクは位相シフトマスクであり、第2のマスクは、単一位相構造のマスクである。単一位相構造のマスクは、位相シフトの領域を消さないように露光が行なわれる。単一位相構造のマスクにおいては、位相シフトマスクにより形成された部分以外の領域において、所望しない部分に形成されないように露光が行なわれることが開示されている。

20

【0011】

さらに、特開平1-283925号公報においては、第1の領域は、密にパターンニングし、第2の領域は第1の領域よりも粗にパターンニングする露光方法であって、第1の領域は、露光の位相を反転させる位相シフトパターンを有するマスクパターンで露光し、第2の領域は光透過領域と非透過領域からなるマスクパターンで露光する露光方法が開示されている。

【0012】

また、特開2004-247606号公報においては、ゲート電極およびゲート配線からなるゲートを形成するに際して、第1マスクとしてのバイナリマスクまたはハーフトーンマスクと、第2マスクとしてのレベンソン型マスクを用いた二重露光処理により、ゲート電極パターンのみを形成した後に、第3マスクとしてのバイナリマスクまたはハーフトーンマスクを用いた露光処理によりゲート配線パターンを形成する半導体装置の製造方法が開示されている。

30

【特許文献1】特開2002-229181号公報

【特許文献2】特開2003-168640号公報

【特許文献3】特開平11-283904号公報

【特許文献4】米国特許第5858580号明細書

【特許文献5】特開平1-283925号公報

【特許文献6】特開2004-247606号公報

【発明の開示】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

上記のように、位相シフトマスクを用いたり、複数回の露光を行ったりすることにより、最小寸法が小さな部分を含むパターンを形成することができる。しかしながら、たとえば半導体装置においては、微細化はさらに進む傾向にあり、より微細なパターンを寸法精度よく形成することが所望されている現状にある。

【0014】

レベンソン型マスクにおいては、透光板の表面に、たとえばクロム膜などの遮光膜が配置される。遮光膜には、光を透過するための開口部が形成される。開口部は、同位相開口部と反転位相開口部に大別される。同位相開口部は、光の位相を変化させずに透過させる

50

領域であり、透光板の主表面によって構成される。反転位相開口部においては、透光板に凹部が形成されたり、シフトが配置されたりする。反転位相開口部を通る光は、位相が反転する。

【0015】

反転位相開口部として、透光板に凹部が形成されたレベンソン型マスクには、凹部が、遮光膜の端部の下側まで広がるように形成されたアンダーカット部を有するものがある。このレベンソン型マスクにおいては、反転位相開口部が互いに隣り合うと、アンダーカット部が互いに隣り合う。半導体装置の微細化が進むと、アンダーカット部同士の距離が小さくなる。この結果、透光板の表面に配置された遮光膜と透光板との接触面積が小さくなって、遮光膜が剥がれることがあるという問題があった。

10

【0016】

本発明は、微細なパターンを形成できるパターン形成方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0017】

本発明におけるパターン形成方法は、電界効果トランジスタのゲート電極部であり第1最小寸法を有する第1パターンと、ゲート電極部と同層の配線部であり第2最小寸法を有する第2パターンとを含むパターン形成方法であって、レベンソン型マスクを用いて第1パターンを露光する第1露光工程と、ハーフトーン型マスクを用いて第2パターンを露光する第2露光工程とを含む。上記第2最小寸法が上記第1最小寸法の1.3倍以上になる場合に、上記第2露光工程の露光量が上記第1露光工程の露光量以下になるように行なう。第1露光工程の露光量は、第2露光工程の露光量の1.0倍以上1.2倍以下である。配線部は、ゲート電極部を接続するための部分を含む。第2最小寸法が第1最小寸法の1.0倍以上1.1倍以下になる場合に、第2露光工程の露光量が第1露光工程の露光量よりも大きくなるように行ない、第2パターンは、複数の第1パターンに挟まれた分離領域上の配線部を含む。

20

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、微細なパターンを形成できるパターン形成方法を提供することができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

(実施の形態1)

図1から図9を参照して、本発明に基づく実施の形態1におけるパターン形成方法について説明する。本実施の形態においては、半導体装置の製造方法を例に採りあげて説明する。本実施の形態においては、位相シフトマスクのうちレベンソン型マスクとハーフトーン型マスクとを用いる。それぞれの位相シフトマスクを用いて、複数回の露光を行なう。

【0023】

図1に、本実施の形態における被処理物の表面に配置されたパターンの概略平面図を示す。本実施の形態においては、被処理物としての基板9の表面にレジストパターン10が形成されている。本実施の形態における基板9は、シリコンウェハの表面にポリシリコン膜などの導電膜を配置している。さらに、ポリシリコン膜の表面に有機反射防止膜を膜厚80nmで成膜している。本実施の形態においては、この有機反射防止膜上に配置されるレジストのパターニングを行なう。レジストパターン10は、基板9の表面に形成されたフォトレジストである。本実施の形態においては、ポジ型レジストを用いている。

40

【0024】

レジストパターン10は、第1パターン部10aと第2パターン部10bとを含む。第1パターン部10aは、たとえば電界効果トランジスタのゲート電極の部分である。第2パターン部10bは、たとえばゲート電極を接続するための配線部の部分である。第1パターン部10aは、微細線や寸法精度が要求される部分のパターンである。第2パターン

50

部 1 0 b は、第 1 パターン部 1 0 a よりも寸法が大きかったり、第 1 パターン部 1 0 a よりも寸法精度が緩かったりするパターンである。

【 0 0 2 5 】

本発明において、最小寸法とは、目的とするパターンの寸法のうち最小となる径（橋渡し）の寸法である。第 1 パターン部 1 0 a は、第 1 最小寸法 D_{min1} を有する。本実施の形態における第 1 最小寸法は、第 1 パターン部 1 0 a の延びる方向に垂直な幅である。第 2 パターン部 1 0 b は、第 2 最小寸法 D_{min2} を有する。本実施の形態における第 2 最小寸法は、第 1 パターン部 1 0 a から延在する部分の幅である。本実施の形態においては、第 1 最小寸法が第 2 最小寸法よりも小さくなるように形成されている。

【 0 0 2 6 】

このような形状を有するフォトリソグロウを形成するために、フォトリソグラフィ工程が行なわれる。フォトリソグラフィ工程においては、たとえば、感光性樹脂のレジスト膜を基板上の被加工膜としての導電膜の表面に均一に配置して、露光を行なった後に現像することにより、所望の形状の部分にレジストを残すことができる。さらに、残ったレジストをマスクとして、被加工膜をエッチングすることにより被加工膜を所望の形状にパターンニングすることができる。

【 0 0 2 7 】

本実施の形態においては、第 1 パターン部 1 0 a を形成するための露光をレベンソン型マスクで行なう。第 2 パターン部 1 0 b を形成するための露光をハーフトーン型マスクで行なう。

【 0 0 2 8 】

図 2 に、本実施の形態におけるレベンソン型マスクの概略平面図を示す。図 3 に、図 2 における I I I - I I I 線に関する矢視断面図を示す。

【 0 0 2 9 】

レベンソン型マスクは、たとえば、石英ガラスなどで形成された透光板 1 9 を備える。透光板 1 9 の表面には、光を遮るための遮光膜 1 が配置されている。遮光膜 1 は、たとえば、Cr 膜で形成されている。

【 0 0 3 0 】

遮光膜 1 は、光を通すための透光領域として開口部を有する。本実施の形態においては、開口部は、同位相開口部 1 a および反転位相開口部 1 b を有する。同位相開口部 1 a および反転位相開口部 1 b は、第 1 パターン部 1 0 a（図 1 参照）に対応する部分の両側に配置されている。

【 0 0 3 1 】

同位相開口部 1 a において、透光板 1 9 の表面は平面状に形成されている。レベンソン型マスクの透光領域のうち同位相領域は、透光板 1 9 の主表面で構成されている。反転位相開口部 1 b においては、透光板 1 9 の表面に凹部 2 4 が形成されている。レベンソン型マスクの透光領域のうち反転位相領域は、透光板 1 9 の表面に形成された凹部 2 4 で構成されている。凹部 2 4 は、反転位相開口部 1 b を通る光の位相が反転するように形成されている。たとえば、凹部 2 4 は、反転位相開口部 1 b を通る光が、同位相開口部 1 a を通る光と比較して、位相が 180° ずれるように形成されている。

【 0 0 3 2 】

本実施の形態における凹部 2 4 は、寸法精度を向上させるために形成されたアンダーカット部 2 4 a を有する。アンダーカット部 2 4 a は、遮光膜 1 の反転位相開口部 1 b における端部において、端部の内側まで延びるように形成されている。すなわち、遮光膜 1 は、反転位相開口部 1 b において庇となる部分を有する。

【 0 0 3 3 】

本実施の形態におけるレベンソン型マスクは、光の位相を反転させるために、透光板に凹部が形成されているが、特にこの形態に限られず、たとえば、反転位相開口部の透光板の表面に位相を反転させるためのシフトなどが配置されていても構わない。

【 0 0 3 4 】

10

20

30

40

50

図4に、本実施の形態におけるハーフトーン型マスクの概略平面図を示す。ハーフトーン型マスクは、透光板19の表面に遮光部5aが形成されている。遮光部5aは、光を完全に遮るように形成されている。遮光部5aは、たとえば、Cr膜で形成されている。遮光部5aは、レベソソ型マスクにおいて露光される部分に露光が行なわれないように形成されている。遮光部5aは、レベソソ型マスクの開口部に対応して形成されている。透光板19の表面には、レジストパターン10の第2パターン部10b(図1参照)を形成するためのハーフトーン部5bが配置されている。ハーフトーン部5bは、レジストパターンの第2パターン部10bの形状に対応して形成されている。

【0035】

本実施の形態におけるハーフトーン部5bは、露光される光の一部を透過するように形成されている。ハーフトーン部5bは、透過する光の位相が反転するように形成されている。本実施の形態におけるハーフトーン部5bは、透光板19の表面に配置された位相シフトを含む。ハーフトーン部としては、位相シフトの配置に限られず、露光される光の一部を透過して、さらに位相が反転するように形成されていなければならない。

【0036】

図1を参照して、本実施の形態においては、第1パターン部10aの第1最小寸法 D_{min1} が第2パターン部10bの第2最小寸法 D_{min2} よりも小さくなるように露光を行なう。本実施の形態においては、第2最小寸法 D_{min2} が、第1最小寸法 D_{min1} の1.3倍以上になるように、レジストパターン10を形成する。第1パターン部10aの第1最小寸法 D_{min1} が70nmのレジストパターン10を形成する。

【0037】

はじめに、有機反射防止膜の表面に感光性樹脂としてのアクリル系ポジレジストを膜厚180nmで塗布する。このレジスト膜に対して露光前加熱処理を行なう。

【0038】

次に、第1パターン部10aを形成するための第1露光工程を行なう。第1露光工程は、レベソソ型マスクを用いて露光を行なう。第1露光工程においては、同位相開口部1aと反転位相開口部1bとを有するレベソソ型マスク(図2参照)を用いて行なう。

【0039】

本実施の形態における第1露光工程では、ArFエキシマレーザー(波長193nm)を用いてレジスト膜に露光を行なう。本実施の形態におけるレベソソ型マスクの遮光膜1の同位相開口部1aの幅および反転位相開口部1b(図2参照)の幅は、それぞれ140nmである。同位相開口部1aと反転位相開口部1bとの距離は、140nmである。このレベソソ型マスクを、NA(Numerical Aperture)が0.82、Conv.(=0.40)の条件で露光を行なう。ここで、NAは開口率である。Conv.は通常照明の円形開口絞りである。また、は基板(ウェハ)の側から見たときの照明光学NAと投影レンズ系NAの比である。

【0040】

次に、第2パターン部10bを形成するための第2露光工程を行なう。第2露光工程は、ハーフトーン型マスクを用いて露光を行なう。第2露光工程においては、遮光部5aとハーフトーン部5bとを有するハーフトーン型マスク(図4参照)を用いて行なう。

【0041】

第2露光工程においては、図4における遮光部5aの部分が遮光される。すなわち、第2露光工程は、第1露光工程で露光が行なわれた範囲に、再度露光が行なわれないように行なう。図4に示すハーフトーン部5bにおいては、光の一部が透過するとともに、光の位相が反転する。

【0042】

本実施の形態においては、透過率が6%のハーフトーン部を有するマスクを用いる。第2露光工程においては、NAが0.80、Conv.(=0.85)の条件で露光を行なった。第2露光工程におけるレジストへの露光量が第1露光工程におけるレジストへの露光量よりも小さくなるように行なっている。すなわち、ハーフトーン型マスクを用いて

10

20

30

40

50

レジストなどの被照射物に対して行なわれる露光量は、レベンソン型マスクを用いて行なう露光量以下になるように露光工程を行なっている。

【0043】

第1露光工程および第2露光工程の後に、レジスト膜の現像を行なって、図1に示すパターンを形成した。本実施の形態においては、第1露光工程の後に第2露光工程を行なっているが、第2露光工程を先に行なっても構わない。すなわち、ハーフトーン型マスクによる露光を先に行なっても構わない。

【0044】

第1露光工程において、同位相開口部1aを通った光は、位相が変わらずに露光が行なわれる。反転位相開口部1bを通った光は位相が反転する。第1パターン部10aの部分では光の干渉が生じる。このため、第1パターン部10aの部分が露光されることを抑制でき、第1パターン部10aにおける寸法精度を向上させることができる。または、微細な第1パターン部10aを形成することができる。

10

【0045】

本実施の形態においては、レジストパターン10のうち、第1パターン部10aをレベンソン型マスクによって露光を行ない、第2パターン部10bをハーフトーン型マスクによって露光を行なう多重露光法を採用している。多重露光法においては、はじめに露光を行なった部分の潜像は、後に露光を行なったときの光の被りによって影響を受ける場合がある。

【0046】

20

たとえば、本実施の形態においては、図1を参照して、レジストパターン10の第1パターン部10aの潜像は、後にハーフトーン型マスクを用いて露光を行なうときに影響を受ける。たとえば、ハーフトーン型マスクを用いて露光を行なう第2露光工程の露光量が多すぎると、第1パターン部10aの寸法精度が悪化する場合がある。

【0047】

図5に、本実施の形態における露光試験の結果のグラフを示す。図5は、本実施の形態におけるレジストパターンの第1パターン部10a(図1参照)における合成光学像のグラフである。横軸は、第1パターン部10aの幅方向の中心から、幅方向の外側に向かった距離を示している。0の位置は、第1パターン部の幅方向の中心である。縦軸は、レベンソン型マスクおよびハーフトーン型マスクによる光強度を示している。

30

【0048】

露光試験においては、レベンソン型マスクとハーフトーン型マスクとの露光量の比率を、それぞれ変化させて露光を行なった。また、レベンソン型マスクのみを用いて露光を行なった場合についても試験を行なった。

【0049】

図5を参照すると、レベンソン型マスクの露光量の比率が小さいほど、合成光学像の傾きが小さくなって潜像が劣化することがわかる。すなわち、レベンソン型マスクの露光量の比率が低いほど、ハーフトーン型マスクの露光の影響を受けやすくなり、寸法精度が悪化する。

【0050】

40

たとえば、第1パターン部の中心からの距離が略0.03 μm よりも大きい範囲において(レジストパターンの第1パターン部の線幅が0.06 μm よりも大きい領域において)、レベンソン型マスクのみを用いた場合とほぼ同じの傾きの合成光学像を得るためには、ハーフトーン型マスクの露光量に対して、レベンソン型マスクの露光量を少なくとも0.8倍以上にする必要がある。さらに、レベンソン型マスクの露光量を、ハーフトーン型マスクの露光量の1.0倍以上にすることによって、レベンソン型マスクのみを用いた場合と同程度以上の寸法精度を有する潜像を、より確実に得ることができる。

【0051】

次に、露光量比率を定める基準として、ILS(Image Log Slope)値を採用する。ILS値は、像強度の対数の勾配を示し、ILS値 = $(1 / I_s) \times (I / x)$ で定義

50

される。ここで、 I_s はスライス値であり、 (I/x) は、光強度線のスライス値となる点における光強度の勾配を示す。

【0052】

本実施の形態においては、スライス値を算出する線幅の代表値として、 $0.08\ \mu\text{m}$ を用いる。デザインルール（設計基準）が $65\ \text{nm}$ の装置において、電極や配線などの線幅はおおよそ $60\ \text{nm}$ 以上 $70\ \text{nm}$ 以下である。このときのレジスト膜の線幅がおおよそ $80\ \text{nm}$ であることにより、スライス値を算出する線幅の代表値を定めた。すなわち、この線幅は、デザインルールが $65\ \text{nm}$ の半導体装置における汎用的な線幅である。この線幅においては、線幅の中心から $-0.04\ \mu\text{m}$ 以上 $+0.04\ \mu\text{m}$ 以下の位置の範囲がスライス値として採用される。

10

【0053】

図6に、レベンソン型マスクとハーフトーン型マスクとの露光量比率を変化させたときの ILS 値を説明するグラフを示す。横軸が露光量比率を示し、縦軸が ILS 値を示す。レベンソン型マスクの露光量比率を増加させることによって、 ILS 値が増加する。前述の通り、図5のグラフから、レベンソン型マスクとハーフトーン型マスクとの露光量比率が $1:1$ であれば、優れた合成潜像を得ることができる。図6において、露光量比率が $1:1$ になる ILS 値は、レベンソン型マスクのみの ILS 値の約 0.8 倍であり、略 $3/4$ である。すなわち、 ILS 値が略 $3/4$ 以上であれば、合成光学像の露光量の十分な傾きを確保することができ、寸法精度の優れた第1パターン部を形成することができる。または、微細な第1パターン部を形成することができる。

20

【0054】

以上のように、レベンソン型マスクの露光量は、ハーフトーン型マスクの露光量の 1.0 倍以上が好ましい。しかし、ハーフトーン型マスクの露光量比率を下げていくと、ハーフトーン型マスクのハーフトーン部の寸法が小さくなる。この結果、ハーフトーン部がマスク製造限界以下の大きさになる場合があり、マスク製造限界以下の大きさになるとマスクを製造できなくなる。マスクの製造を考慮すると、レベンソン型マスクの露光量は、ハーフトーン型マスクの露光量の 1.0 倍以上 1.2 倍以下がより好ましい。

【0055】

レベンソン型マスクによる露光量をハーフトーン型マスクによる露光量以上にすることは、ハーフトーン型マスクで形成する第2パターン部の最小寸法が、レベンソン型マスクで形成する第1パターン部の最小寸法の 1.3 倍以上になる場合に有用である。露光工程においては、露光装置のフォーカス裕度が問題になる場合がある。すなわち、露光装置のピント合せを変動させたときの寸法変動が、許容範囲に収まらなくなる問題が生じる場合がある。このフォーカス裕度の問題は、第2最小寸法が第1最小寸法の 1.3 倍未満の場合に顕著になる。第2最小寸法が第1最小寸法の 1.3 倍以上の場合は、レベンソン型マスクの露光量をハーフトーン型マスクの露光量以上にすることによって、寸法精度の優れた第1パターン部を形成することができる。または、微細な第1パターン部を形成することができる。さらに、 $65\ \text{nm}$ 以下のデザインルールの半導体装置の製造方法においては、線幅が微細になるために特に有用になる。

30

【0056】

本実施の形態においては、レベンソン型マスクの露光量をハーフトーン型マスクの露光量以上となるように露光を行なうことにより、レベンソン型マスクの部分における潜像のコントラストを向上させることができ、微細な半導体装置を提供することができる。または、寸法精度が向上した半導体装置を提供することができる。

40

【0057】

ハーフトーン型マスクの露光量を小さくするためには、光源の光の強度を弱くすることや露光時間を短くする方法の他に、光学近接効果補正（OPC: Optical Proximity Correction）を採用する方法がある。

【0058】

図7に、露光量を小さくするために、光学近接効果補正を採用したハーフトーン型マス

50

クの概略平面図を示す。透光板 19 の表面に形成するハーフトーン部において、ハーフトーン部 5 b を小さくして、ハーフトーン部 5 c を形成する。このように、ハーフトーン部を小さくするバイアスを設定することにより、被照射物に対する露光量を小さくすることができる。ハーフトーン部のマスクバイアス量の目安としては、たとえば、基準パターンとしてハーフトーン部同士の間隔が 2000 nm 以上で、最小幅寸法が 70 nm となる孤立パターンにおいては、マスクバイアスを片側 5 nm 以上 10 nm 以下に設定する。

【0059】

露光工程においては使用されるレジストの種類によっても光学潜像に影響を受ける。次に、使用するレジストの種類について説明する。

【0060】

図 8 に、レジストの光学近接効果 (OPE: Optical Proximity Effect) の依存性を説明する基準パターンの概略斜視図を示す。基準パターンにおいては、ハーフトーン型マスク 26 を介して、レジスト 27 に露光を行なう。ハーフトーン型マスク 26 は、ハーフトーン部 26 a を有する。

【0061】

ハーフトーン部 26 a は、直線状に形成されている。ハーフトーン部 26 a は、互いに延びる方向が平行になるように形成されている。レジスト 27 の露光領域 27 a は、それぞれ線状になる。このような基準パターンにおいて、ハーフトーン部 26 a 同士の間隔をスペースサイズ S とする。また、ハーフトーン部 26 a の幅を W とする。露光領域 27 a の幅を CD (Critical Dimension) 値とする。本実施の形態においては、スキナタイプ

【0062】

の露光装置を用いており、 CD 値がハーフトーン部 26 a の幅 W のほぼ $1/4$ になる。

【0063】

図 9 に、2 種類のレジストにおける CD 値の特性を説明するグラフを示す。本実施の形態においては、レジスト膜としてアクリル系ポジレジストを用いている。横軸はスペースサイズ S であり、縦軸は CD 値である。スペースサイズ S が小さくなる部分においては、それぞれの CD 値が急激に上昇している。

【0064】

レジストとして OPE 特性の優れたレジストを選択することによって、露光量比率の選択幅を大きくすることができ、製造されるパターンの期待値を変更することなく露光量比率を変更することができる。

【0065】

(実施の形態 2)

図 10 から図 15 を参照して、本発明に基づく実施の形態 2 におけるパターン形成方法について説明する。本実施の形態において、レベンソン型マスクを用いて露光を行なう第 1 露光工程と、ハーフトーン型マスクを用いて露光を行なう第 2 露光工程とを含むことは実施の形態 1 と同様である。また、第 2 パターンの第 2 最小寸法が第 1 パターンの第 1 最小寸法の 1.3 倍以上になるときに、第 2 露光工程の露光量が第 1 露光工程の露光量以下になるように行なうことも実施の形態 1 と同様である。本実施の形態においては、第 2 露光工程において、ハーフトーン部の透過率を下げたハーフトーン型マスクを用いることにより露光を行なう。本実施の形態においては、実施の形態 1 と同様の試験方法により試験を行なった。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 6 】

図 1 0 に、本実施の形態における第 1 試験の結果を説明する第 1 のグラフを示す。図 1 1 に、本実施の形態における第 1 試験の結果を説明する第 2 のグラフを示す。第 1 試験においては、レベンソン型マスクを用いて行なう第 1 露光工程の露光量と、ハーフトーン型マスクを用いて行なう第 2 露光工程の露光量とを 1 : 1 の比率で設定した。ハーフトーン型マスクのハーフトーン部の透過率を 6 % から 0 % まで変化させたときのそれぞれの位置における露光量を求めた。

【 0 0 6 7 】

図 1 0 に、レベンソン型マスクにより形成されるレジストパターンの第 1 パターン（図 1 参照）の合成光学像のグラフを示す。横軸はレベンソン型マスクによって形成される直線状の部分の幅方向の中心からの距離を示し、縦軸は光強度を示す。ハーフトーン型マスクの透過率を下げることによって、位置 0 μm における光強度が 0 に近づく。

【 0 0 6 8 】

図 1 1 に、第 1 試験における I L S 値のグラフを示す。横軸はハーフトーン型マスクのハーフトーン部の透過率を示し、縦軸は I L S 値を示す。ハーフトーン型マスクのハーフトーン部の透過率が 0 % であるマスクはハーフトーン部を有さない遮光した通常のマスクになる。

【 0 0 6 9 】

図 1 1 に示すように、ハーフトーン部の透過率を下げることにより、I L S 値は大きくなる傾向にある。ハーフトーン部の透過率を下げることにより、第 1 パターン部の寸法精度が向上することが分かる。図 1 1 を参照して、レベンソン型マスクの露光量とハーフトーン型マスクの露光量との比が 1 : 1 の場合においては、ハーフトーン型マスクの透過率を 6 % 以下にすることによって、I L S 値を略 3 4 以上にすることができる。

【 0 0 7 0 】

図 1 2 に、本実施の形態における第 2 試験の結果を説明する第 1 のグラフを示す。図 1 3 に、本実施の形態における第 2 試験の結果を説明する第 2 のグラフを示す。第 2 試験においては、第 1 試験よりもレベンソン型マスクの露光量を相対的に少なくする。第 2 試験においては、レベンソン型マスクの露光量とハーフトーン型マスクの露光量との比を 0 . 8 : 1 にして試験を行なった。

【 0 0 7 1 】

図 1 2 に、レベンソン型マスクにより形成されるレジストパターンの第 1 パターンの部分の合成光学像を示す。図 1 3 に、第 2 試験における I L S 値のグラフを示す。図 1 2 を参照して、ハーフトーン型マスクの透過率を下げることによって、位置 0 μm における光強度が 0 に近づく。図 1 3 を参照して、レベンソン型マスクの露光量とハーフトーン型マスクの露光量との比を 0 . 8 : 1 の場合においては、ハーフトーン型マスクの透過率を 4 % 以下にすることによって、I L S 値を略 3 4 以上にすることができる。

【 0 0 7 2 】

図 1 4 に、本実施の形態における第 3 試験の結果を説明する第 1 のグラフを示す。図 1 5 に、本実施の形態における第 3 試験の結果を説明する第 2 のグラフを示す。第 3 試験においては、第 2 試験よりもレベンソン型マスクの露光量をさらに相対的に少なくする。第 3 試験においては、レベンソン型マスクの露光量とハーフトーン型マスクの露光量との比を 0 . 6 : 1 にして試験を行なった。

【 0 0 7 3 】

図 1 4 に、レベンソン型マスクにより形成されるレジストパターンの第 1 パターンの部分の合成光学像のグラフを示す。図 1 5 に、第 3 試験における I L S 値のグラフを示す。図 1 4 を参照して、ハーフトーン型マスクのハーフトーン部の透過率を下げることによって、位置 0 μm における光強度が 0 に近づく。また、図 1 5 を参照して、レベンソン型マスクの露光量とハーフトーン型マスクの露光量との比を 0 . 6 : 1 の場合においては、ハーフトーン型マスクの透過率を 4 % 以下にすることによって、I L S 値を 3 4 以上にすることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 4 】

このように、レベンソン型マスクとハーフトーン型マスクとの露光量比率を変化させても、ハーフトーン型マスクのハーフトーン部の透過率を対応させて調整することにより、レベンソン型マスクで形成するパターン寸法の精度を向上させることができる。

【 0 0 7 5 】

その他の構成、作用、効果および方法については、実施の形態 1 と同様であるのでここでは説明を繰返さない。

【 0 0 7 6 】

(実施の形態 3)

図 1 6 から図 2 0 を参照して、本発明に基づく実施の形態 3 におけるパターン形成方法について説明する。本実施の形態におけるパターン形成方法において、レベンソン型マスクを用いて露光を行なう第 1 露光工程と、ハーフトーン型マスクを用いて露光を行なう第 2 露光工程とを含むことは実施の形態 1 と同様である。本実施の形態においては、第 2 パターンの第 2 最小寸法が第 1 パターンの第 1 最小寸法の 1 . 0 倍以上 1 . 1 倍以下の場合に、第 2 露光工程の露光量が第 1 露光工程の露光量よりも大きくなるように行なう。

10

【 0 0 7 7 】

図 1 6 は、本実施の形態におけるレジストパターンの概略平面図である。基板 9 の表面に、レジストパターン 1 1 ~ 1 3 を形成する。レジストパターン 1 3 は、レジストパターン 1 1 とレジストパターン 1 2 とに挟まれる位置に配置されている。レジストパターン 1 3 は、ハーフトーン型マスクによって形成される。

20

【 0 0 7 8 】

レジストパターン 1 1 は、第 1 パターン部 1 1 a と第 2 パターン部 1 1 b とを含む。レジストパターン 1 2 は、第 1 パターン部 1 2 a と第 2 パターン部 1 2 b とを含む。第 1 パターン部 1 1 a , 1 2 a は、レベンソン型マスクによって形成される部分である。第 2 パターン部 1 1 b , 1 2 b は、ハーフトーン型マスクによって形成される部分である。

【 0 0 7 9 】

第 1 パターン部 1 1 a , 1 2 a は、たとえば、電界効果トランジスタのゲート電極となる部分である。活性領域 5 0 は、たとえば、基板 9 の表面に不純物が打ち込まれ、電界効果トランジスタのソース領域またはドレイン領域になる領域である。レジストパターン 1 3 の部分は、たとえば配線が形成される。

30

【 0 0 8 0 】

本実施の形態においては、レベンソン型マスクによって形成されるレジストパターンに挟まれるレジストパターン 1 3 に着目する。レジストパターン 1 3 によって形成される基板 9 の表面の配線パターンは、たとえば、直線状の部分の幅 (図 1 6 のレジストパターン 1 3 の幅 L 1 に対応する部分の幅) が 7 0 n m である。

【 0 0 8 1 】

図 1 7 に、本実施の形態におけるレベンソン型マスクの概略平面図を示す。レベンソン型マスクは、遮光膜 2 を含む。遮光膜 2 は、同位相開口部 2 a , 2 c および反転位相開口部 2 b , 2 d を有する。同位相開口部 2 a と反転位相開口部 2 b とが対になることにより、同位相開口部 2 a と反転位相開口部 2 b との間に線パターンであるレジストパターン 1 1 の第 1 パターン部 1 1 a が形成される。同じように、同位相開口部 2 c と反転位相開口部 2 d とが対になることにより、レジストパターン 1 2 の第 1 パターン部 1 2 a が形成される (図 1 6 参照) 。

40

【 0 0 8 2 】

図 1 8 に、本実施の形態におけるハーフトーン型マスクの概略平面図を示す。ハーフトーン型マスクは、透光板 1 9 を含む。透光板 1 9 の表面には、遮光部 6 a , 6 c が形成されている。遮光部 6 a , 6 c は、光をわずかに通すように形成されている。透光板 1 9 の表面には、ハーフトーン部 6 b , 6 d , 6 e が形成されている。遮光部 6 a , 6 c は、レベンソン型マスクの開口部に対応するように形成されている。ハーフトーン部 6 b , 6 d は、レジストパターン 1 1 , 1 2 の第 2 パターン部 1 1 b , 1 2 b にそれぞれ対応するよ

50

うに形成されている。ハーフトーン部 6 e は、レジストパターン 1 3 に対応するように形成されている（図 1 6 参照）。このように、ハーフトーン型マスクで露光を行なうレジストパターン 1 3 の直線状の部分は、レベンソン型マスクで露光を行なうレジストパターン 1 1 , 1 2 の第 1 パターン部 1 1 a , 1 2 a に挟まれている。

【 0 0 8 3 】

これらのレベンソン型マスクとハーフトーン型マスクとを用いて、露光量の比率を 1 : 1 にして露光を行なう場合には、たとえば、レジストパターン 1 3 の幅方向の長さ L_1 に対応するレベンソン型マスクの開口部間に配置され、ハーフトーン型マスクで形成される配線パターンの遮光部幅は 90 nm になる（図 1 6 参照）。

【 0 0 8 4 】

図 1 9 に、レベンソン型マスクとハーフトーン型マスクとの露光量比率が、1 : 1 のときの合成光学像のグラフを示す。横軸は、図 1 6 における A - A 線で切断したときの断面における位置である。縦軸は、合計光学像の光強度を示す。図 1 9 において、A の部分が、図 1 6 におけるレジストパターン 1 3 の部分である。光強度の最小値 I_{min} は、0 . 1 2 3 である。

【 0 0 8 5 】

次に、レベンソン型マスクとハーフトーン型マスクとの露光量比率が 0 . 6 : 1 のときの露光の場合を説明する。すなわち、レベンソン型マスクの露光量を相対的に下げる。この場合には、レジストパターン 1 3 の幅方向の長さ L_1 に対応するレベンソン型マスクの開口部間に配置され、ハーフトーン型マスクで形成される配線パターンの遮光部幅は 1 1 0 nm になる（図 1 6 参照）。

【 0 0 8 6 】

図 2 0 に、レベンソン型マスクとハーフトーン型マスクとの露光量比率を 0 . 6 : 1 にしたときの合成光学像のグラフを示す。A の部分が、図 1 6 におけるレジストパターン 1 3 の部分である。光強度の最小値 I_{min} は、0 . 0 6 3 になり、小さな値を確保することができる。

【 0 0 8 7 】

図 1 9 および図 2 0 を参照して、ハーフトーン型マスクの露光量に対して、レベンソン型マスクの露光量の比率を上げていくと、ハーフトーン型マスクによって形成されるパターンの光強度の最小値 I_{min} を十分に低くできないことが生じる。レベンソン型マスクを用いて第 1 露光工程を行なうと、ハーフトーン型マスクで形成すべき潜像に対して影響を与え、ハーフトーン型マスクで形成すべき線パターンの光強度の最小値 I_{min} が大きくなる。

【 0 0 8 8 】

この結果、たとえば、ハーフトーン型マスクで形成する部分で断線のような不良を引き起こす場合がある。すなわち、第 1 露光工程における露光処理時に、最適条件として露光量とフォーカスを設定するが、このフォーカス（ピント合わせ）が、装置の起因などによる何らかの影響で変動する場合があり、変動した状態で露光が行なわれる場合があり得る。このときに、位相シフト型マスクによって形成される潜像がハーフトーン型マスクによって形成される潜像に影響を与え、ハーフトーン型マスクによって形成されるパターンに不良が生じる場合がある。

【 0 0 8 9 】

この不良は、第 1 最小寸法を有する第 1 パターンと、第 2 最小寸法を有する第 2 パターンとを形成する工程を含み、第 2 最小寸法が第 1 最小寸法の 1 . 1 倍以下になる場合に顕著に生じる。この場合には、ハーフトーン型マスクによる第 2 露光工程の露光量が、レベンソン型マスクによる第 1 露光工程の露光量よりも大きくなるように行なう。この方法により、ハーフトーン型マスクにより形成される第 2 パターンのうち、レベンソン型マスクにより形成される第 1 パターンに隣接するパターンの不良を抑制することができる。特に、第 1 パターンに挟まれる第 2 パターンの不良を抑制することができる。

【 0 0 9 0 】

10

20

30

40

50

たとえば、図16においては、レジストパターン11, 12の第1パターン部11a, 12aに挟まれるレジストパターン13の直線状の部分の断線を抑制することができる。

【0091】

本実施の形態においては、ハーフトーン型マスクで形成する潜像のコントラストを向上させることができ、ハーフトーン型マスクで形成されるパターンの不良を抑制することができる。または、ハーフトーン型マスクを用いる第2露光工程において、露光を行なう際のフォーカス裕度を向上させることができる。

【0092】

次に、本実施の形態に記載のパターン形成方法と実施の形態1および2に記載のパターン形成方法との使用形態について説明する。

10

【0093】

電界効果トランジスタのゲート長のうち最小のゲート長が70nmで設計された半導体装置Aおよび半導体装置Bを形成する。電界効果トランジスタのゲート電極はレベンソン型マスクで形成して、配線部はハーフトーン型マスクで形成する。

【0094】

ここで、半導体装置Aについては、配線部の最小寸法が100nmで設定されている。半導体装置Aの配線部は、露光における潜像形成のプロセス余裕が大きくなるように配置されている。半導体装置Aのゲート長の要求される寸法精度は、厳しい条件になっている。一方で、半導体装置Bについては、配線部の最小寸法はゲート長の最小寸法と同じ70nmで設定されている。半導体装置Bの配線部は、露光における潜像形成のプロセス余裕が小さい。但し、上記寸法は、製造プロセスのばらつきにより、仕上がりの状態で±10%程度ばらつくことがある。

20

【0095】

このような場合に、半導体装置Aについては、実施の形態1に示したように、ハーフトーン型マスクによる露光量をレベンソン型マスクによる露光量以下にすることによって、配線部の潜像形成のプロセス余裕の範囲内で、高い寸法精度を有するゲート電極を形成することができる。

【0096】

半導体装置Bについては、本実施の形態で示したように、ハーフトーン型マスクによる露光量をレベンソン型マスクによる露光量よりも大きくすることにより、配線部を形成するときの潜像形成のプロセス余裕を確保することができる。

30

【0097】

その他の構成、作用、効果および方法については、実施の形態1および2と同様であるのでここでは説明を繰返さない。

【0098】

(実施の形態4)

図21から図26を参照して、本発明に基づく実施の形態4におけるレベンソン型マスクの製造方法について説明する。

【0099】

図21に、本実施の形態において形成するレジストパターンの概略平面図を示す。本実施の形態においては、レベンソン型マスクおよびハーフトーン型マスクを用いる。基板9の表面には、ポリシリコンなどの導電膜(図示せず)を介してレジストパターン11~13が形成されている。レジストパターン11は、第1パターン部11aと第2パターン部11bを含む。レジストパターン12は、第1パターン部12aと第2パターン部12bとを含む。

40

【0100】

第1パターン部11a, 12aは、レベンソン型マスクを用いて形成される。さらに第1パターン部11a, 12aをマスクとして導電膜をパターンニングすることにより、たとえば、電界効果トランジスタのゲート電極となる。活性領域50は、たとえば、電界効果トランジスタのソース領域やドレイン領域になる。第2パターン部11b, 12bは、ハ

50

ーフトーン型マスクを用いて形成される。レジストパターン 13 は、ーフトーン型マスクを用いて形成される。レジストパターン 13 は、たとえば、配線になる。

【0101】

本実施の形態においては、第1パターン部 11a と、レジストパターン 13 の直線状の部分との距離 L_2 に対応する距離は、160 nm である。たとえば、電界効果トランジスタのゲート電極と配線との距離は、160 nm である。また、本実施の形態においては、第1パターン部 12a とレジストパターン 13 の直線状の部分との距離は、第1パターン部 11a とレジストパターン 13 の直線状の部分との距離と同じである。

【0102】

本実施の形態においては、第1パターン部 11a, 12a の幅 L_3 に対応して形成される線の幅は、60 nm である。また、レジストパターン 13 の直線状の部分の幅に対応して形成される線の幅は、幅 L_3 に対応する幅と同じである。たとえば、電界効果トランジスタのゲート電極の幅は、60 nm である。

10

【0103】

図 22 に、本実施の形態におけるレベンソン型マスクの概略平面図を示す。図 23 に、図 22 における $XXIII-III$ 線に関する矢視断面図を示す。

【0104】

本実施の形態におけるレベンソン型マスクは、透光板 21 の表面に遮光膜 3 を備える。遮光膜 3 は、光を遮断するように形成されている。遮光膜 3 は、同位相開口部 3a, 3c と反転位相開口部 3b, 3d とを有する。本実施の形態においては、同位相開口部 3a, 3c 同士が隣り合うように形成されている。

20

【0105】

図 23 を参照して、透光板 21 の表面には遮光膜 3 が形成されている。同位相開口部 3a, 3c においては、透光板 21 の主表面が配置されている。反転位相開口部 3b, 3d における透光板 21 の表面には、それぞれ凹部 22 が形成されている。凹部 22 は、反転位相開口部 3b, 3d を通る光の位相が半波長ずれるように形成されている。すなわち、波長が反転するように形成されている。凹部 22 は、アンダーカット部 22a を有する。

【0106】

レベンソン型マスクにおいては、形成する線パターンなどのパターンの両側に、同位相開口部および反転位相開口部を配置する必要がある。すなわち、同位相開口部と反転位相開口部とで形成するパターンを挟み込む必要がある。

30

【0107】

レベンソン型マスクの製造工程は、形成するパターンに対して、開口部を設定する必要がある。レベンソン型マスクの製造方法においては、同位相開口部および反転位相開口部を設定する開口部設定工程を含む。1つの同位相開口部と1つの反転位相開口部とが対で設定されることによって、後の露光で1つのパターンが形成される。設定された反転位相開口部に対応する基板の表面には凹部が形成される。本実施の形態においては、同位相開口部および反転位相開口部の対のうち、対同士の距離が近い順に、対同士が対向する開口部の少なくとも一方に、同位相開口部を設定する工程を含む。

【0108】

図 22 を参照して、レジストパターン 11 およびレジストパターン 12 のそれぞれに対応する部分の両側には、開口部が形成されている。ここで、対同士が対向する開口部同士の距離 L_4 を参酌した場合に、他の部分よりも対同士の距離が最も近かつたとする。この場合に、少なくとも一方に同位相開口部を設定する。本実施の形態においては、対同士が対向する開口部の両方に、同位相開口部 3a, 3c を形成している。

40

【0109】

本実施の形態におけるーフトーン型マスクの構成は、実施の形態 3 におけるーフトーン型マスクと同様である（図 18 参照）。

【0110】

図 24 に、本実施の形態における比較例としてのレベンソン型マスクの概略平面図を示

50

す。図 2 5 に、図 2 4 における X X V - X X V 線に関する矢視断面図を示す。

【 0 1 1 1 】

図 2 4 を参照して、比較例としてのレベンソン型マスクは、開口部において、同位相開口部および反転位相開口部の設定方法が異なる。同位相開口部 3 a と反転位相開口部 3 b とが対になっている。また、同位相開口部 3 c と反転位相開口部 3 d とが対になっている。比較例のレベンソン型マスクにおいては、2 つの対同士が対向する開口部が、反転位相開口部 3 b , 3 d に設定されている。レジストパターン 1 3 の両側に対応する開口部が、反転位相開口部 3 b , 3 d に設定されている。

【 0 1 1 2 】

図 2 5 を参照して、同位相開口部 3 a , 3 c には、透光板 2 1 の主表面が構成されている。反転位相開口部 3 b , 3 d には、透光板 2 1 の主表面に凹部 2 3 が形成されている。凹部 2 3 は、アンダーカット部 2 3 a を有する。

【 0 1 1 3 】

レベンソン型マスクの製造工程においては、たとえば透光板の表面に開口部を有する遮光膜を形成する。次にドライエッチングを行なうことによって、透光板の主表面から凹んだ部分を形成する。さらに、ウェットエッチングを行なうことによって、遮光膜の開口部の下側に、アンダーカット部を形成する。

【 0 1 1 4 】

たとえば、比較例においては、反転位相開口部 3 b , 3 d の縁から奥側に 1 0 0 n m のアンダーカット部 2 3 a が形成されている。反転位相開口部 3 b と反転位相開口部 3 d との距離は 4 0 0 n m である。この場合には、遮光膜 3 と透光板 2 1 との接触幅 L 5 は、2 0 0 n m になってしまう。この様に、接触幅 L 5 と反転位相開口部 3 b および反転位相開口部 3 d の距離との比率が 1 / 2 以下になった場合、アンダーカット部が互いに対向すると遮光膜 3 と透光板 2 1 との接触面積が小さくなってしまい、部分的に遮光膜の剥がれが生じる場合がある。特に、線パターンなどの微細化が進んで、開口部同士の距離が小さくなってくると、遮光膜が部分的に剥がれる不具合が顕著に生じる。

【 0 1 1 5 】

開口部を設定する開口部設定工程において、同位相開口部と反転位相開口部との対同士の距離が近い順に対同士が対向する開口部の少なくとも一方に、同位相開口部を設定することにより、対同士が対向する部分において遮光膜が剥がれることを抑制できる。本実施の形態においては、対同士が対向する両側の開口部に同位相開口部を設定している。図 2 3 および図 2 4 を参照して、互いに対向する同位相開口部 3 a と同位相開口部 3 c が設定されている。したがって、同位相開口部 3 a と同位相開口部 3 c とに挟まれる遮光膜 3 の部分と透光板 2 1 との接触面積を大きくすることができ、遮光膜 3 の剥がれを抑制することができる。

【 0 1 1 6 】

レベンソン型マスクの開口部の領域に対して、同位相開口部および反転位相開口部を設定する方法においては、たとえば、シフト配置 D A (Design Automation) システムを採用することができる。シフト配置 D A に本願の開口部の設定方法を適用することにより、レベンソン型マスクの開口部の種類を設定することができる。

【 0 1 1 7 】

図 2 6 に、本実施の形態における開口部の設定方法の例を示す。予め形成するレジストパターンに対して光が透過する開口部の領域を設定しておき、それぞれの開口部の領域について、同位相開口部または反転位相開口部を設定していく。

【 0 1 1 8 】

初めに、同位相開口部と反転位相開口部とを対として見たときに、対同士の距離が最も近い部分を選定する。この部分において、対向する 2 個の対に含まれる 4 個の開口部の領域のうち、互いに対向する 2 個の開口部の領域に同位相開口部を設定する。次に、設定した同位相開口部に対応する対の反転位相開口部を設定する。

【 0 1 1 9 】

10

20

30

40

50

次に、設定した反転位相開口部と他の反転位相開口部との距離が近く、遮光膜の剥がれが生じる恐れがあるか否かを判別する。遮光膜の剥がれが生じる恐れがある場合には、設定した2個の同位相開口部のうち、一方を反転位相開口部に変更して対となる開口部を同位相開口部に変更する。すなわち、設定した反転位相開口部と他の反転位相開口部との距離が非常に近くなる場合には、上記の変更を元に戻して次の工程に進む。

【0120】

次に、同位相開口部および反転位相開口部が設定されていない開口部の領域に対して、同様の操作を繰返す。このように、すべての開口部の領域に対して、同位相開口部および反転位相開口部を設定する。

【0121】

図26に示す例においては、対同士の距離が近い順に同位相開口部を設定したが、この形態に限られず、対同士の距離が所定の値以下のものを選別して、そのうち、対同士の間にハーフトーン型マスクで形成されるパターンが存在する部分について、優先的に同位相開口部を設定しても構わない。

【0122】

また、反転位相開口部には、透光板の表面に凹部が形成される他に、透光板の主表面にシフトが配置されることがある。このため、凹部の形成やシフトの配置において、製造誤差が生じる場合がある。すなわち、レベンソン型マスクの製造誤差に起因する位相差のずれが生じる場合がある。このため、反転位相開口部同士に挟まれた部分に形成されるパターンにおいては、位相差のずれによる影響を受け、寸法精度が悪くなる場合がある。

【0123】

しかしながら、本実施の形態のように、対同士の距離が近い部分から順に、ハーフトーン型マスクで形成されるパターンの少なくとも一方を同位相開口部にすることにより、これらのマスク製造時における製造誤差に起因する位相のずれた露光を抑制することができ、寸法精度を向上させることができる。

【0124】

その他の構成、作用、効果および方法については、実施の形態1から3と同様であるのでここでは説明を繰返さない。

【0125】

(実施の形態5)

図27から図31を参照して、本発明に基づく実施の形態5におけるパターン形成方法およびレベンソン型マスクの製造方法について説明する。

【0126】

図27は、本実施の形態におけるレベンソン型マスクで形成するレジストパターンの概略平面図である。基板9の表面には、レジストパターン11~13が形成されている。レジストパターン11とレジストパターン12との間には、レジストパターン13が形成されている。レジストパターン11の第1パターン部11aおよびレジストパターン12の第1パターン部12aは、レベンソン型マスクで形成される部分である。

【0127】

レジストパターン13は、第1パターン部13aおよび第2パターン部13bを含む。本実施の形態においては、第1パターン部13aをレベンソン型マスクで形成する。第2パターン部13bをハーフトーン型マスクで形成する。

【0128】

本実施の形態においては、ポリシリコンなどの導電膜(図示せず)上に形成された、レジストパターン11, 12の第1パターン部11a, 12aを用いて、電界効果トランジスタのゲート電極が形成され、レジストパターン13を用いて配線が形成される。第1パターン部11a, 12aの両側は、電界効果トランジスタのソース領域などが形成される活性領域50である。レジストパターン11, 12は、素子が形成される素子領域51に形成されている。素子分離領域52は、電界効果トランジスタなどの素子が形成されていない領域である。レジストパターン13は、素子分離領域52に形成されている。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 9 】

図 2 8 に、本実施の形態におけるレベンソン型マスクの概略平面図を示す。本実施の形態におけるレベンソン型マスクは、遮光膜 4 に、レジストパターン 1 1 の第 1 パターン部 1 1 a を形成するための同位相開口部 4 a および反転位相開口部 4 b が形成されている。また、レジストパターン 1 2 を形成するための同位相開口部 4 c と反転位相開口部 4 d が形成されている。

【 0 1 3 0 】

本実施の形態においては、レジストパターン 1 3 のうち、直線状の第 1 パターン部 1 3 b についてもレベンソン型マスクで形成する。ここで、レジストパターン 1 1 とレジストパターン 1 2 に挟まれるレジストパターン 1 3 においては、本来はハーフトーン型マスクによって形成される部分である。本実施の形態においては、レジストパターン 1 3 を挟む位置に配置された反転位相開口部 4 b と同位相開口部 4 c との大きさが拡張されている。反転位相開口部 4 b を通る光および同位相開口部 4 c を通る光により、レジストパターン 1 3 の第 1 パターン部 1 3 a が形成される（図 2 7 参照）。

10

【 0 1 3 1 】

図 2 9 に、本実施の形態におけるハーフトーン型マスクの概略平面図を示す。透光板 1 9 の表面に遮光部 7 a が形成されている。遮光部 7 a は、レジストパターン 1 1 の第 1 パターン部 1 1 a、レジストパターン 1 2 の第 1 パターン部 1 2 a およびレジストパターン 1 3 の第 1 パターン部 1 3 a（図 2 7 参照）を覆うように形成されている。遮光部 7 a は、レベンソン型マスクの開口部 4 a ~ 4 d に対応するように形成されている（図 2 8 参照）。

20

【 0 1 3 2 】

ハーフトーン部 7 b、7 c は、レジストパターン 1 1、1 2 の第 2 パターン部 1 1 b、1 2 b に対応するように形成されている。ハーフトーン部 7 d は、レジストパターン 1 3 の第 2 パターン部 1 3 b に対応するように形成されている（図 2 7 参照）。

【 0 1 3 3 】

図 2 7 を参照して、素子分離領域 5 2 に形成されるレジストパターン 1 3 と、レベンソン型マスクの露光領域とが所定の距離以内であるときに、レジストパターン 1 3 の全てをハーフトーン型マスクによる露光で形成すると、レジストパターン 1 3 の第 1 パターン部 1 3 a に対して、反転位相開口部 4 b および同位相開口部 4 c を通って照射される露光の影響が大きくなってしまふ。この結果、レジストパターン 1 3 の第 1 パターン部 1 3 a の寸法が大きく変動してしまふ場合がある。

30

【 0 1 3 4 】

上記の所定の距離内にある場合には、ハーフトーン型マスクで形成されるべき配線パターンの外側に配置される同位相開口部および反転位相開口部の大きさを拡張して、レベンソン型マスクによって配線パターンを形成する。

【 0 1 3 5 】

本実施の形態における半導体装置の製造方法は、素子分離領域に形成されるパターンのうち、ハーフトーン型マスクで形成されるべき第 2 パターンとレベンソン型マスクの開口部を通じて露光される領域との距離が、実質的に第 2 パターンの寸法変動に影響を与える距離である場合に、第 2 パターンの部分をレベンソン型マスクによって形成する工程を含む。

40

【 0 1 3 6 】

すなわち、本実施の形態においては、レベンソン型マスクで形成するべき微細なパターンや寸法精度が要求されるパターン以外のパターンにおいても、レベンソン型マスクで形成されるパターンとの距離が所定の距離以内であればレベンソン型マスクで露光を行なってこのパターンを形成する。

【 0 1 3 7 】

図 3 0 および図 3 1 に、本実施の形態におけるレベンソン型マスクの製造方法のうち、開口部を設定する開口部設定工程を説明する概略平面図を示す。本実施の形態においては

50

、形成するレジストパターンに対応するレベンソン型マスクの開口部を計算機によって設定する。計算機は、レベンソン型マスクの開口部を設定するためのプログラムを含む。

【0138】

図30は、計算機における対応部の説明図である。マスク対応部31に対して、レジストパターン対応部41～43を設定する。ここで、レジストパターン対応部41, 42は、図27におけるレジストパターン11, 12に対応する部分である。レジストパターン対応部43は、図27におけるレジストパターン13に対応する部分である。

【0139】

次に、レジストパターン対応部41, 42の周りに、それぞれ活性領域対応部44を設定する。活性領域対応部44は、図27における活性領域50に対応する部分である。

10

【0140】

次に、レジストパターン対応部41の両側に、同位相開口部31aと反転位相開口部31bとを設定する。また、レジストパターン対応部42の両側に、同位相開口部31cと反転位相開口部31dとを設定する。

【0141】

レジストパターン対応部43は、反転位相開口部31bと同位相開口部31cとに挟まれる。ここで、レジストパターン対応部43と反転位相開口部31bとの距離L6およびレジストパターン対応部43と同位相開口部31cとの距離L7のうち、少なくとも一方が、所定の距離以内であった場合を想定する。すなわち、開口部を通して露光される部分とレジストパターンとの距離の設計値が所定の距離以内であった場合を想定する。本実施の形態における所定の距離は、 $0.3 \times \lambda / NA$ を用いている。λは露光を行なうときの光源の波長であり、NAは開口数である。本実施の形態における所定の距離は、解像限界程度の寸法である。

20

【0142】

本来ハーフトーン型マスクで形成するべきレジストパターンの両側に対応する部分に配置される開口部とレジストパターン対応部との距離が上記の所定の距離以内であった場合において、レジストパターンの両側の開口部が共に同位相開口部である場合には、一方を反転位相開口部に変更してもよい。

【0143】

図31は、計算機における対応部にダミー活性領域を設定する工程の説明図である。本実施の形態においては、レベンソン型マスクの開口部の領域に対して同位相開口部および反転位相開口部を設定するために、シフト配置DA (Design Automation) システムを採用する。

30

【0144】

レジストパターン対応部41, 42に対応する活性領域対応部44がそれぞれ設定される。レジストパターン対応部43は、第1パターン対応部43a、第2パターン対応部43b, 43cを含む。

【0145】

上記の距離L6および距離L7のうち少なくとも一方が、上記の所定の距離内にある場合には、レジストパターン対応部43を形成する領域に、ダミー活性領域45を設定する。レジストパターン対応部43の第1パターン部対応部43aの真下の層に、仮想的に活性領域を形成するように設定する。たとえば、ダミー活性領域45を設定して、第1パターン部対応部43aが、あたかもゲート電極であるかのように設定を行なう。

40

【0146】

ダミー活性領域45を設定することにより、第1パターン対応部43aは、たとえば、ゲート電極が形成されるものと判断され、第1パターン対応部43aがレベンソン型マスクで形成されるべきパターンと識別される。レベンソン型マスクにおいて、第1パターン対応部43aの両側に同位相開口部および反転位相開口部が設定されるべきであると判断される。図30に示す反転位相開口部31bおよび同位相開口部31cを透過する露光によって第1パターン13aが形成されるように、反転位相開口部31bおよび同位相開口

50

部 3 1 c が拡張される。同位相開口部および反転位相開口部のデータに基づいて、図 2 8 に示すレベンソン型マスクが製造される。

【 0 1 4 7 】

本実施の形態においては、レベンソン型マスクの開口部の種類および大きさを設定する計算機プログラムを用いている。素子分離領域に形成されるパターンのうち、レベンソン型マスクによって形成されるパターン同士に挟まれる部分があり、上記の所定の距離内にある場合には、ダミー活性領域を設定して開口部を拡張する。ダミー活性領域を設定することにより、容易に拡張した同位相開口部または反転位相開口部を形成することができる。

【 0 1 4 8 】

本実施の形態においては、計算機のプログラムにより、同位相開口部および反転位相開口部を大きくすべきと判断されて、同位相開口部および反転位相開口部が拡張されている。これらの開口部を拡張する方法としてはこの形態に限られず、まず、第 1 パターン対応部の両側に同位相開口部および反転位相開口部が設定されて、互いに接触する開口部同士が結合されることによって、同位相開口部および反転位相開口部が拡張されていても構わない。

【 0 1 4 9 】

本実施の形態においては、素子分離領域に形成される配線パターンをレベンソン型マスクで形成することにより、上記配線パターンの寸法精度を向上させることができる。また、フォーカス裕度を向上させることができ、高歩留まりの回路パターンを形成することができる。

【 0 1 5 0 】

上述のそれぞれの実施の形態の図において、同一または相当する部分には同一の符号を付している。

【 0 1 5 1 】

なお、今回開示した上記実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではない。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更を含むものである。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 1 5 2 】

【 図 1 】 実施の形態 1 において形成するレジストパターンの概略平面図である。
 【 図 2 】 実施の形態 1 におけるレベンソン型マスクの概略平面図である。
 【 図 3 】 実施の形態 1 におけるレベンソン型マスクの概略断面図である。
 【 図 4 】 実施の形態 1 におけるハーフトーン型マスクの概略平面図である。
 【 図 5 】 実施の形態 1 における露光量を説明するグラフである。
 【 図 6 】 実施の形態 1 における I L S 値を説明するグラフである。
 【 図 7 】 実施の形態 1 におけるハーフトーン型マスクの露光量比率を下げるときの概略平面図である。

【 図 8 】 実施の形態 1 におけるレジスト試験を行なうときの概略斜視図である。

【 図 9 】 実施の形態 1 におけるレジスト試験の結果を示すグラフである。

【 図 1 0 】 実施の形態 2 における第 1 試験の結果を説明する露光量のグラフである。

【 図 1 1 】 実施の形態 2 における第 1 試験の結果を説明する I L S 値のグラフである。

【 図 1 2 】 実施の形態 2 における第 2 試験の結果を説明する露光量のグラフである。

【 図 1 3 】 実施の形態 2 における第 2 試験の結果を説明する I L S 値のグラフである。

【 図 1 4 】 実施の形態 2 における第 3 試験の結果を説明する露光量のグラフである。

【 図 1 5 】 実施の形態 2 における第 3 試験の結果を説明する I L S 値のグラフである。

【 図 1 6 】 実施の形態 3 において形成するレジストパターンの概略平面図である。

【 図 1 7 】 実施の形態 3 におけるレベンソン型マスクの概略平面図である。

【 図 1 8 】 実施の形態 3 におけるハーフトーン型マスクの概略平面図である。

【 図 1 9 】 実施の形態 3 における第 1 試験の結果を説明する露光量のグラフである。

10

20

30

40

50

- 【図20】実施の形態3における第2試験の結果を説明する露光量のグラフである。
- 【図21】実施の形態4において形成するレジストパターンの概略平面図である。
- 【図22】実施の形態4におけるレベンソン型マスクの概略平面図である。
- 【図23】実施の形態4におけるレベンソン型マスクの概略断面図である。
- 【図24】実施の形態4における比較例のレベンソン型マスクの概略平面図である。
- 【図25】実施の形態4における比較例のレベンソン型マスクの概略断面図である。
- 【図26】実施の形態4におけるレベンソン型マスクの開口部の領域に対して同位相開口部と反転位相開口部とを設定する方法の説明図である。
- 【図27】実施の形態5において形成するレジストパターンの概略平面図である。
- 【図28】実施の形態5におけるレベンソン型マスクの概略平面図である。
- 【図29】実施の形態5におけるハーフトーン型マスクの概略平面図である。
- 【図30】実施の形態5におけるレベンソン型マスクの開口部の領域に、同位相開口部および反転位相開口部を設定するときの第1工程説明図である。
- 【図31】実施の形態5におけるレベンソン型マスクの開口部の領域に、同位相開口部および反転位相開口部を設定するときの第2工程説明図である。

10

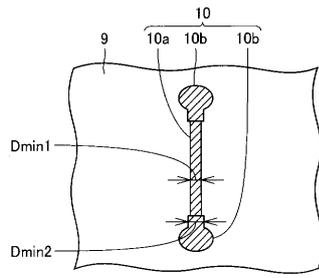
【符号の説明】

【0153】

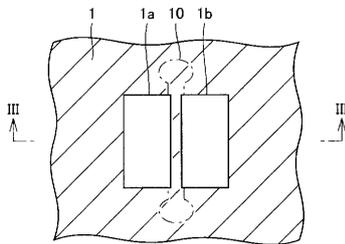
1, 2, 3, 4 遮光膜、1a, 2a, 2c, 3a, 3c, 4a, 4c 同位相開口部、1b, 2b, 2d, 3b, 3d, 4b, 4d 反転位相開口部、5a, 6a, 6c, 7a 遮光部、5b, 5c, 6b, 6d, 6e, 7b, 7c, 7d ハーフトーン部、9 基板、10, 11, 12, 13 レジストパターン、10a, 11a, 12a, 13a 第1パターン部、10b, 11b, 12b, 13b 第2パターン部、19, 21 透光板、22, 23, 24 凹部、22a, 23a, 24a アンダーカット部、25 遮光膜、26 ハーフトーン型マスク、26a ハーフトーン部、27 レジスト、27a 露光領域、31 マスク対応部、31a, 31c 同位相開口部、31b, 31d 反転位相開口部、41, 42, 43 レジストパターン対応部、43a 第1パターン対応部、43b, 43c 第2パターン対応部、44 活性領域対応部、45 ダミー活性領域、50 活性領域、51 素子領域、52 素子分離領域。

20

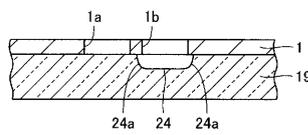
【図1】



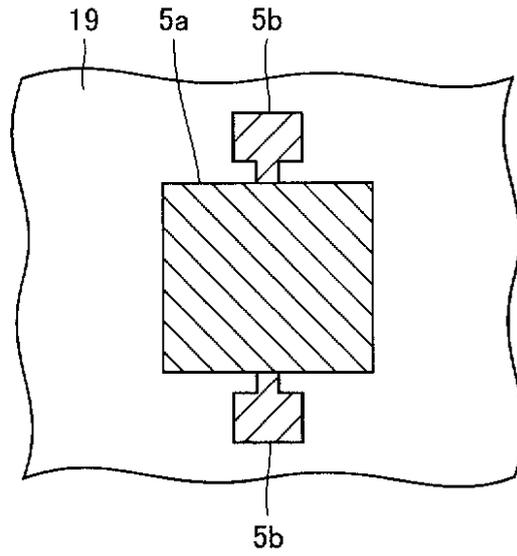
【図2】



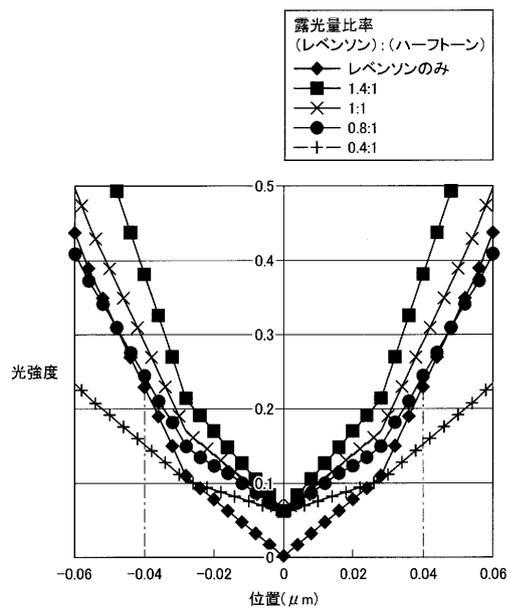
【図3】



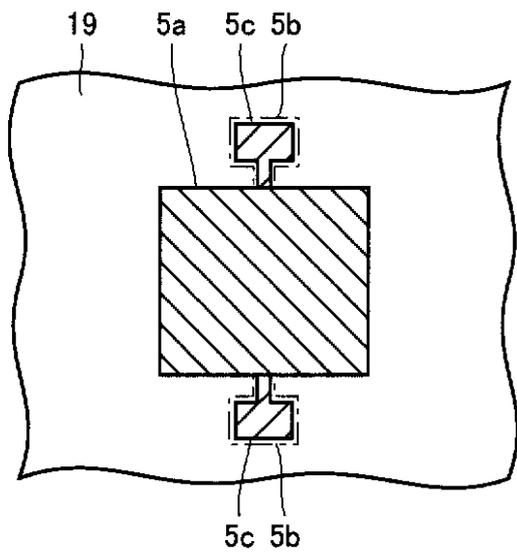
【図4】



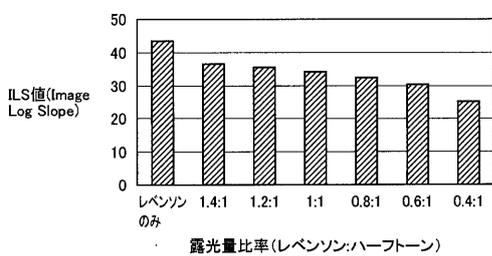
【図5】



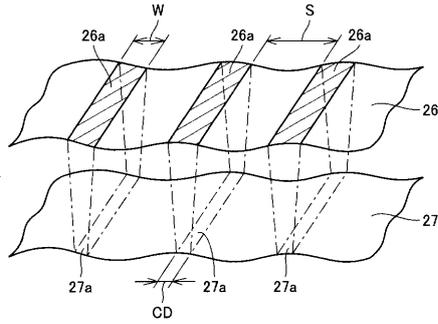
【図7】



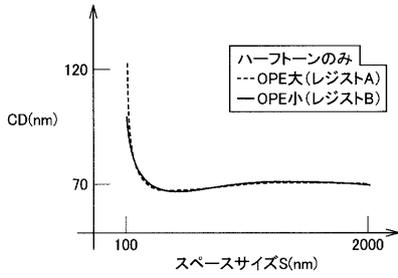
【図6】



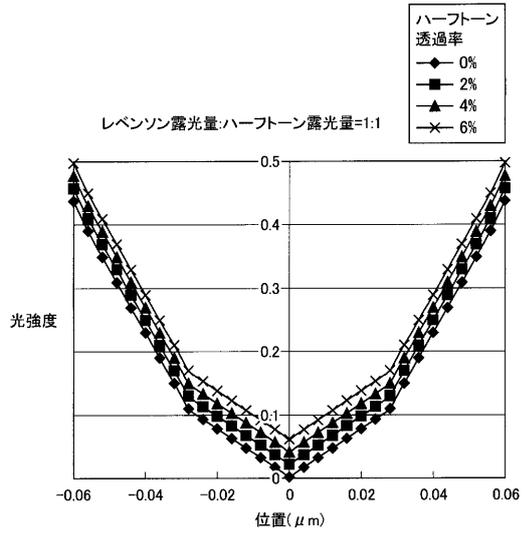
【図8】



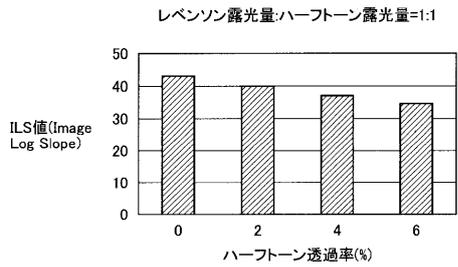
【図9】



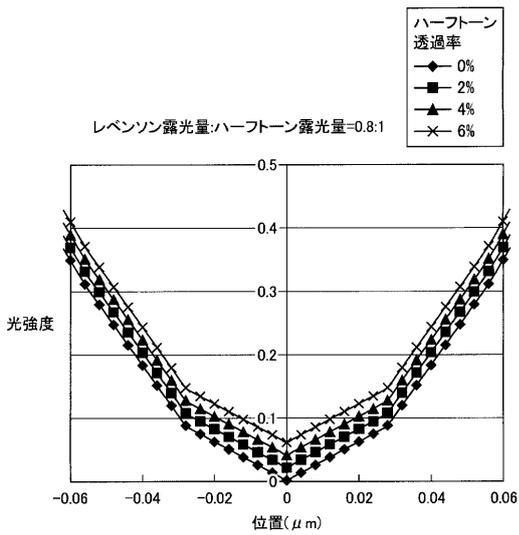
【図10】



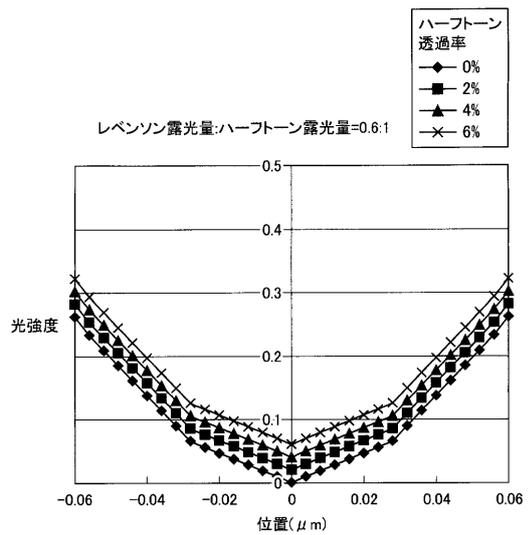
【図11】



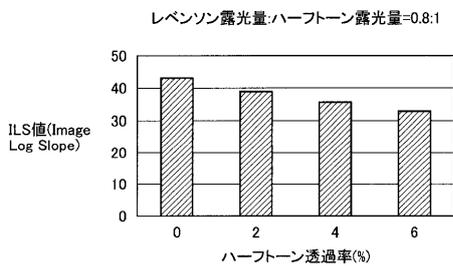
【図12】



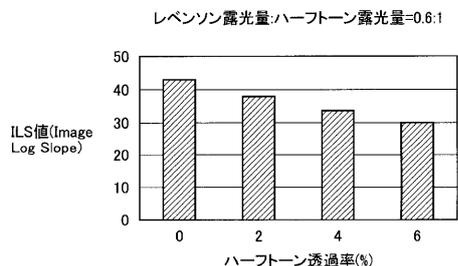
【図14】



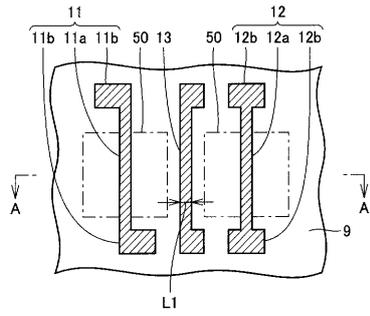
【図13】



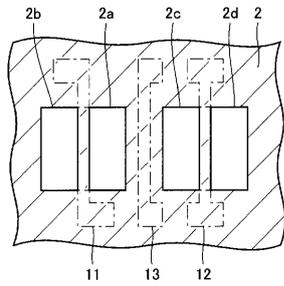
【図15】



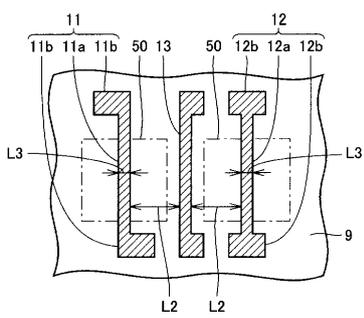
【図16】



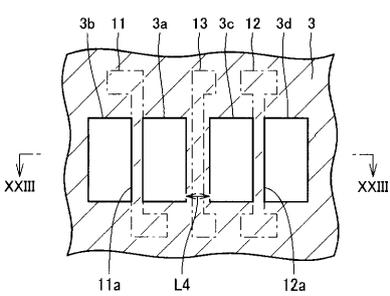
【図17】



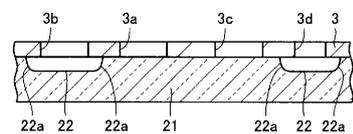
【図21】



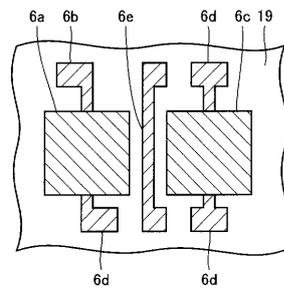
【図22】



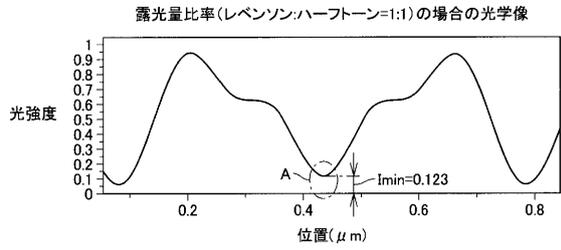
【図23】



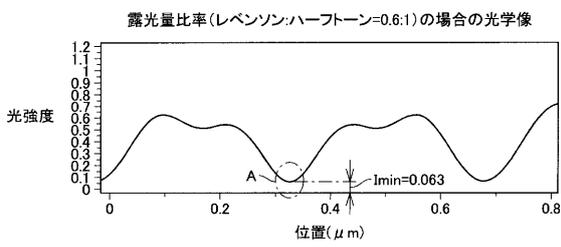
【図18】



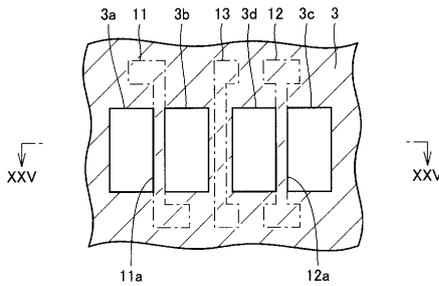
【図19】



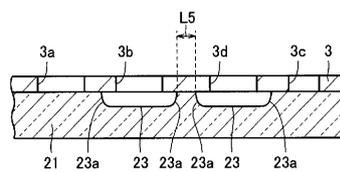
【図20】



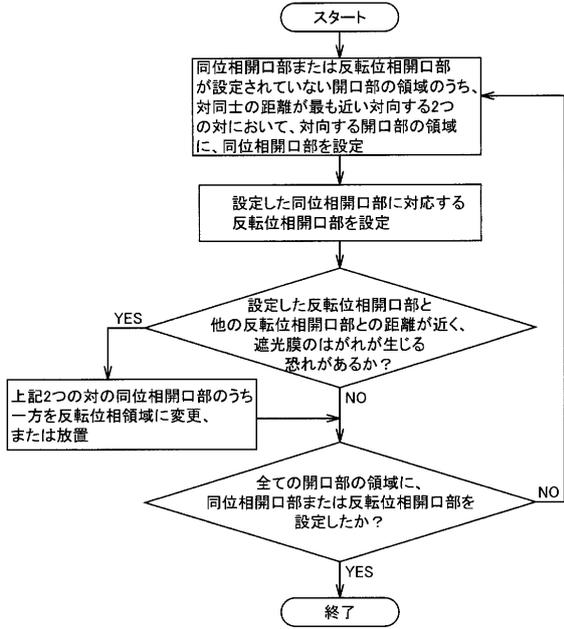
【図24】



【図25】

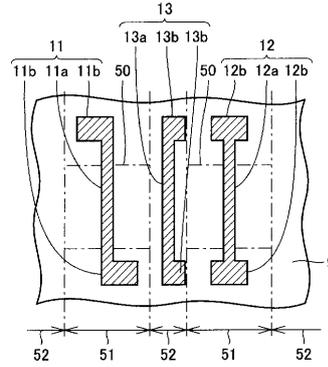


【図 26】

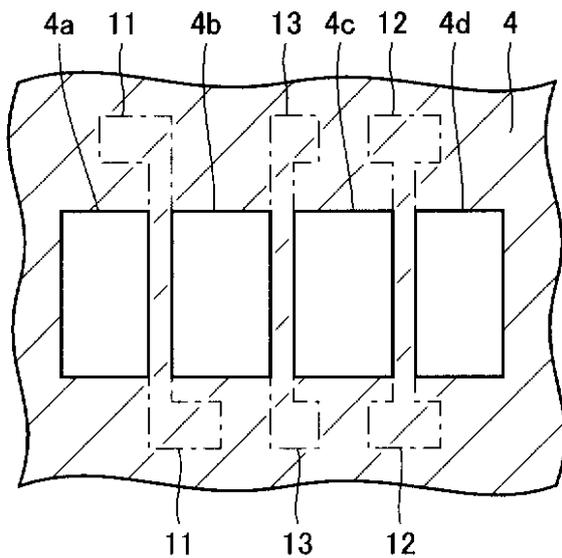


対:1つのパターン形成のために、
1つのパターンの両側に配置される、
1つの同位相開口部と、
1つの反転位相開口部とを示す。

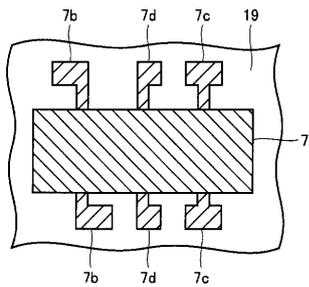
【図 27】



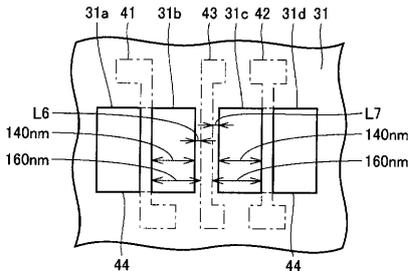
【図 28】



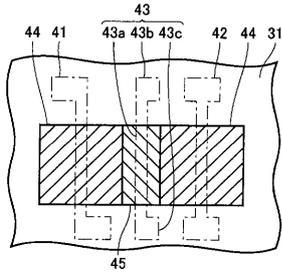
【図 29】



【図 30】



【 図 3 1 】



フロントページの続き

(74)代理人 100124523

弁理士 佐々木 真人

(74)代理人 100098316

弁理士 野田 久登

(72)発明者 奥野 満

東京都千代田区丸の内二丁目4番1号 株式会社ルネサステクノロジ内

(72)発明者 茂庭 明美

東京都千代田区丸の内二丁目4番1号 株式会社ルネサステクノロジ内

審査官 岩本 勉

(56)参考文献 特開2000-260701(JP,A)

特開2003-209049(JP,A)

特開2004-363390(JP,A)

特開平10-010700(JP,A)

特開平11-260699(JP,A)

特開平11-283904(JP,A)

特開平10-326007(JP,A)

特開2005-309202(JP,A)

特開2000-258892(JP,A)

特開2002-229181(JP,A)

米国特許第05858580(US,A)

特開平01-283925(JP,A)

特開2003-168640(JP,A)

特開2004-247606(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

G03F 1/00 - 1/86

G03F 7/20