(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3577363号
(P3577363)
(45)発行日　平成16年10月13日(2004.10.13)　(24)登録日　平成16年7月16日(2004.7.16)

(51)Int.Cl.[7]　F I
G03F 1/08　G03F 1/08 A
H01L 21/027　H01L 21/30 502P
H01L 21/30 514C
H01L 21/30 528

請求項の数 1　(全 13 頁)

(21)出願番号　特願平7-149863
(22)出願日　平成7年6月16日(1995.6.16)
(65)公開番号　特開平8-76355
(43)公開日　平成8年3月22日(1996.3.22)
審査請求日　平成14年3月5日(2002.3.5)
(31)優先権主張番号　特願平6-146890
(32)優先日　平成6年6月29日(1994.6.29)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

前置審査

(73)特許権者　503121103
株式会社ルネサステクノロジ
東京都千代田区丸の内二丁目４番１号
(74)代理人　100068504
弁理士　小川　勝男
(72)発明者　長谷川　昇雄
東京都国分寺市東恋ケ窪１丁目２８０番地
株式会社日立製作所中央研究所内
(72)発明者　寺澤　恒男
東京都国分寺市東恋ケ窪１丁目２８０番地
株式会社日立製作所中央研究所内
(72)発明者　福田　宏
東京都国分寺市東恋ケ窪１丁目２８０番地
株式会社日立製作所中央研究所内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】半導体装置の製造方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
（ａ）少なくとも露光光に対して半透明な領域と、透明な領域を含み、
上記半透明な領域と、上記透明な領域を通過する光の位相差が実質的に１８０°であり、投影面において上記透明な領域の周囲の近い順に第１のサブピーク及び第２のサブピークが存在し、
上記透明な領域よりなる主パタンの周囲に、透過光の位相差が上記透明な領域と同じで、かつ、透明な補助パタンが配置され、
上記主パタンの中心又は所望の中心線と上記補助パタンの中心又は所望の中心線との距離Ｄが、上記第１のサブピーク及び第２のサブピークの中間より外側で、第２のサブピーク位置よりも内側である領域であって、かつ、Ｄ＝ｂλ／ＮＡ（但し、ＮＡは露光装置の投影光学系のマスク側の開口数、λは露光波長、ｂは係数で１．３５＜ｂ≦１．９の範囲の値）の関係を満たすホトマスクを準備し、
（ｂ）照明系のコヒーレンシσが、σ≦０．３である上記露光装置の投影光学系により、上記ホトマスクを用いて焦点深度の向上を図るように基板上の感光性材料の薄膜に露光し、
（ｃ）現像により、パタンを形成することを特徴とする半導体装置の製造方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【産業上の利用分野】

本発明は、半導体装置の製造方法に係り、特に半透明位相シフトマスクを用いた半導体装置の製造方法に関する。

【０００２】

【従来の技術】

マスクパタンを転写する露光装置の解像力を向上させる従来技術のひとつとして、特開平０４－１３６８５４には、単一透明パタンの周囲を半透明にして、すなわち、通常のホトマスクの遮光部を半透明にして、かつ、半透明部を通過する僅かな光の位相を、透明パタンを通過する光の位相と反転させるようにしたホトマスクを開示している。このホトマスクは、パタンを転写するレジストの感度以下の光を半透明膜から通過させ、この光と透明パタンを通過してきた光の位相を反転するようにしている。半透明膜を通過した光は、主パタンである透明パタンを通過した光に対して位相が反転しているため、その境界部で位相が反転し、境界部での光強度がゼロに近づく。これにより、相対的に透明パタンを通過した光の強度と、パタン境界部の光強度の比は大きくなり、通常の遮光型マスクに比べ、コントラストの高い光強度分布が得られ、パタン形成の焦点深度も約２倍に拡大する。また、このマスク構造は従来の遮光膜を位相反転機能を持つ半透明膜に変更するだけで実現でき、マスク作製も簡単である。

【０００３】

また、ダイジェスト　オブ　ペーパーズ　マイクロプロセス’９３　４４～４５頁（Ｄｉｇｅｓｔ　ｏｆ　Ｐａｐｅｒｓ　ＭｉｃｒｏＰｒｏｃｅｓｓ　’９３　ｐｐ．４４～４５）には、このような半透明位相シフトマスクの周期性のある複数のパタンの両端に補助パタンを設けることにより、投影されたパタンの形状を改良したことが記載されている。

【０００４】

また、第５５回応用物理学会学術講演会講演要旨集２０ｐ－ＺＰ－６（１９９４、９月１９日）には、半透明位相シフトマスクに補助パタンを設けたときの効果について記載されている。

【０００５】

さらにまた、電子情報通信学会技術研究報告要旨集第８頁～第１１頁（１９９４、１０月１９日）には、半透明位相シフトマスクに補助パタンを設けたときの原理及び効果について記載されている。

【０００６】

【発明が解決しようとする課題】

上記特開平０４－１３６８５４記載の半透明位相シフトマスクを用いた従来の技術は、解像限界付近のパタンの焦点深度が実素子の製造ではなお十分とはいえず、素子微細化に問題があった。

また、ダイジェスト　オブ　ペーパーズ　マイクロプロセス’９３　４４～４５頁に記載の従来技術は、周期性のある複数のパターンに対しては、解像力を向上させることができるが、周期性のない一般的なパタンに対しては、対応できないという問題があった。

【０００７】

本発明の目的は、ホトマスクを用いて、微細なパタンが形成された半導体素子を、良好な製造歩留まりで製造する半導体装置の製造方法を提供することにある。

【０００８】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の半導体装置の製造方法は、（ａ）少なくとも露光光に対して半透明な領域と、透明な領域を含み、半透明な領域と、透明な領域を通過する光の位相差が実質的に１８０°であり、投影面において透明な領域の周囲の近い順に第１のサブピーク及び第２のサブピークが存在し、透明な領域よりなる主パタンの周囲に、透過光の位相差が透明な領域と同じで、かつ、透明な補助パタンが配置され、

主パタンの中心又は所望の中心線と補助パタンの中心又は所望の中心線との距離Ｄが、第１のサブピーク及び第２のサブピークの中間より外側で、第２のサブピーク位置よりも内側である領域であって、かつ、Ｄ＝ｂλ／ＮＡ（但し、ＮＡは露光装置の投影光学系の

マスク側の開口数、λは露光波長、ｂは係数で１．３５＜ｂ≦１．９の範囲の値）の関係を満たすホトマスクを準備し、（ｂ）照明系のコヒーレンシσが、σ≦０．３である露光装置の投影光学系により、ホトマスクを用いて焦点深度の向上を図るように基板上の感光性材料の薄膜に露光し、（ｃ）現像により、パタンを形成するようにしたものである。

【００１８】

上記第１の補助パタンの決定は、主パタンの大きさが所定の大きさ以下であるものを検出し、検出された主パタンについて、上記のように決定を行なうことが好ましい。

【００１９】

【作用】

主パタンの周囲を半透明にして、かつ、半透明部を通過する光の位相を、透明な主パタンを通過する光の位相と反転させるようにしたホトマスクの主パタン周辺の最適化された位置に補助パタンを配置することにより、パタン転写の際、焦点がずれた場合でも主パタンの光強度低下を抑えることができ、焦点ずれによるパタン寸法の縮小や、解像不良を回避することができる。

【００２０】

【実施例】

〈比較例〉

本発明と比較するために、まず、従来例を図２を用いて説明する。図２（ａ）は従来の半透明位相シフト型のホトマスクの断面図であり、１はガラス基板、２は半透明膜、３は位相シフタである。半透明膜２にはＣｒ膜を用い、位相シフタ３には塗布ガラスを用いた。半透明膜２の透過率は、透明部を通過する露光強度に対して９％とした。半透明部の透過率はこれに限らないが、透過率をあげ過ぎると主パタンの周辺でレジストの膜べりが発生しやすくなるため、実用的には２０％以下が望ましい。また、１％未満では半透明とならないので、１％以上であることが望ましい。より望ましくは３％以上２０％以下の範囲である。主パタン４は０．６ミクロン（ここで用いた投影光学系は縮小倍率が１／５であり、実際のマスク上の寸法は５倍の寸法となる。以下、同じ。）径の円形とした。

【００２１】

図２（ｂ）に本マスクで得られるパタン転写面での光強度分布を、シミュレーションで求めた結果を示す。投影光学系のウエハ側の開口数ＮＡｕは０．５２、露光波長は０．３６５ミクロン、照明系のコヒーレンシσは０．２とし、焦点位置ずれが０、０．４、０．８、１．２、１．６ミクロンの場合について求めた。焦点ずれが０ミクロンのときは極めて急峻な強度分布を示すが、焦点位置がずれるに従い、主パタン４中心の光強度が低下し、１．６ミクロンの焦点ずれの場合、ほぼ半分の光強度になることが分かる。

【００２２】

このマスクを用い実際にレジストにパタン転写を行なった。シリコン基板上に通常のポジ型レジストを１ミクロンの厚さで塗布し、通常の方法でパタンを転写した。露光量は焦点ずれが０ミクロンのとき、主パタンが０．３ミクロン径で解像する条件に設定した。同様の露光条件で焦点位置を０．８ミクロンずらして露光した結果、解像パタンの径は約０．２５ミクロンとなった。さらに、焦点位置を１．２ミクロンずらして露光した結果、パタンは転写されなかった。このように、従来型のマスクパタンでは、焦点位置の変化によりパタンサイズが大きく変化し、解像不良も発生することが分かった。

【００２３】

〈実施例１〉

本発明の第１の実施例を図１を用いて説明する。図１（ａ）は本発明のホトマスクの断面図である。マスクの材料構成は比較例と同様である。ガラス基板１上に、半透明膜２としてＣｒ膜を、位相シフタ３として塗布ガラスを設け、その上にポジ型レジストを塗布し、電子線照射、現像によりレジストパタンを形成し、エッチングにより主パタン４、補助パタン５を形成した。比較例のマスクとの相違点は、補助パタン５を付加したことである。投影光学系のＮＡｕを０．５２、露光波長を０．３６５ミクロンとしたとき、ウエハ上に換算して、主パタン４は０．６ミクロン径の円形とし、補助パタンの幅は０．１ミクロン

とした。主パタンの中心と補助パタンの距離は１．１ミクロンとした。図１（ｂ）に透過光の振幅分布を示すように、この補助パタン５を透過した光の位相と主パタン４を通過した光の位相は同じにした。

【００２４】

このマスクで得られる光強度分布をシミュレーションで求めた結果を図１（ｃ）に示す。照明系のコヒーレンシσは０．１とし、焦点位置ずれが０、０．４、０．８、１．２、１．６ミクロンの場合について光強度分布を求めた。焦点位置が０．４及び０．８ミクロンずれた場合は、焦点ずれが０ミクロンのときと同じ光強度分布であり、焦点位置が１．６ミクロンずれた場合でも、焦点ずれが０ミクロンのときとほぼ同じ光強度分布となっており、極めて大きな焦点深度が得られることが分かる。

【００２５】

このマスクを用い実際にレジストにパタン転写を行なった。シリコン基板上に通常のポジ型レジストを１ミクロンの厚さで塗布し、通常の方法でパタンを転写した。露光量は焦点ずれが０ミクロンの時、主パタンが０．３ミクロン径で解像する条件に設定した。同様の露光条件で焦点位置を０．８ミクロンずらして露光した結果、解像パタンの径は約０．３ミクロンとなり、さらに焦点位置を１．６ミクロンずらし場合でも約０．２８ミクロン径の穴パタンが形成でき、極めて大きい焦点深度が得られた。

【００２６】

上記実施例は、半透明位相シフト部を半透明膜と位相シフタの２層構造としたが、これに限らず、位相反転と、半透明の特性を１層の膜で実現することも可能であり、例えば、Ｃｒの酸化膜や窒化膜、ＭｏＳｉの酸化膜や窒化膜、ＷＳｉの酸化膜や窒化膜、或はＳｉの窒化膜等種々の膜を用いることができる。このことは以下の実施例でも同じである。

【００２７】

〈実施例２〉

本発明の第２の実施例を図３、図４及び図５を用いて説明する。図３は用いたマスクの平面図である。マスクの材料構成は実施例１と同様である。６は半透明位相シフト部であり、透過部の主パタン４の直径は、ウエハ上に換算して０．５ミクロン、補助パタン５の幅は０．１ミクロンとした。主パタン４の中心からの補助パタン５の中心線までの距離はＤとし、Ｄを変えてマスクを作成した。このマスク用いてポジ型レジストへのパタン転写を行なった。投影光学系のＮＡｕは０．５２、露光波長は０．３６５ミクロン、照明系のコヒーレンシσは０．２とした。

【００２８】

露光量は焦点位置ずれがない条件でレジストの穴径が０．３ミクロンになる条件で行なった。Ｄが０．９、１．０、１．１、１．２、１．４ミクロンのそれぞれのマスクについて、焦点位置を変えてパタン転写を行ない、パタン寸法の変化を求めた。その結果を図４に示す。主パタン４の中心からの補助パタン５の中心線までの距離Ｄが１．０～１．１ミクロンのとき、最も焦点深度が拡大することが分かった。

【００２９】

また、ＮＡ及びλが異なる投影光学系で同様の検討を行なった結果、例えば、主パタン４の中心から補助パタン５の中心までの距離ＤはＤ＝ｂλ／ＮＡで表わされることが分かった。但し、投影光学系のマスク側の開口数をＮＡ、露光波長をλとし、ｂは係数でｂ＝１．４９である。図が煩雑になるので他の値の例は図示しないが、これらの値から逆算して、補助パタンの効果が得られる好ましい条件は１．３５＜ｂ≦１．９であった。

【００３０】

この範囲は、投影像で次ぎのような領域に対応する。焦点ずれがほとんどない状態で投影された主パタンの周囲には、複数のサブピークが存在する。主パタンのピークに近い方から第１のサブピーク、第２のサブピークとすると、第１のサブピークのピーク位置はｂが約０．９の位置、第２のサブピークのピーク位置はｂが約１．８の位置である。よって、ｂが上記の範囲は、第１のサブピークと第２のサブピークの中間より外側で、第２のサブピークのピーク位置よりやや外側の位置より内側の領域に対応する。

【００３１】
さらに効果が得られるより好ましい条件は１．３５＜ｂ≦１．８の範囲であり、これは、第１のサブピークと第２のサブピークの中間より外側で、第２のサブピークのピーク位置より内側である領域に対応する。
【００３２】
補助パタンの幅は、ｂ’＝λ／ＮＡで表わされ（ｂ’は係数）、０．０７≦ｂ’≦０．２５の条件で良好なパタンが形成できた。補助パタンの幅が大きいと補助パタン自体が転写され、小さいと補助パタンとしての効果が弱くなるためである。
【００３３】
また、照明光学系のコヒーレンシを変えて、パタンの解像特性を調べた。図５にその結果を示す。主パタン４の中心からの補助パタン５の中心までの距離Ｄは１．１ミクロンとした。コヒーレンシσは０．１、０．２、０．３、０．４とした。σ＝０．４の場合、従来法よりも焦点深度が低下することが分かった。従って、補助パタンの効果を得るにはσ≦０．３にすることが好ましい。さらに、σ≦０．２の条件では焦点がずれても、この焦点位置範囲では穴パタンがつぶれて解像不能になることはなかった。σはほぼゼロであってもよい。
【００３４】
〈実施例３〉
本発明の第３の実施例を図６を用いて説明する。本実施例ではマスクパタンの形状を変更した。実施例１及び２では主パタンの形状は円、補助パタンも輪帯状にしたが、ここでは、方形パタンを用いた。図６にマスク上パタンの平面形状を示す。主パタン８は、ウエハ上に換算して０．５ミクロン角とし、補助パタン９は長方形とし、幅は０．１ミクロンとした。長さ１０は１．５ミクロンとした。実施例２と同様にパタン間距離Ｄ’を変えてパタン転写を行なった。その結果、図４の結果とほぼ同じ結果が得られた。また、照明系のコヒーレンシσを変えて、パタン転写実験を行なった結果、図５の結果とほぼ同じ結果が得られた。
【００３５】
また、補助パタンの長さ１０を変えて実験した結果、補助パタンの長さ１０は、主パタン８の辺の長さより長いことが望ましく、上下の補助パタンと左右の補助パタンがつながってもよい。但し、補助パタンがつながったコーナ部では光強度がわずかに大きくなるので、互いに接しない程度にすることが望ましい。主パタンの中心線と補助パタンの距離Ｄ’の設定が重要であり、Ｄ’は実施例２のＤとほぼ同等に扱うことができることが分かった。すなわち、マスク上の距離でＤ’＝ｂλ／ＮＡで表わされることが分かった。（但し、投影光学系のマスク側の開口数をＮＡ、露光波長をλ、１．３５＜ｂ≦１．９）なお、ここでは補助パタンの距離を上記のように限定したが、主パタン及び補助パタンの大きさや形状、透過率等によって最適値はわずかに異なる。従って、主パタンに合わせて補助パタン形状及び位置の最適化が必要である。また、補助パタンの形状は長方形に限らず、穴パタンを配列する等特に制限はない。半透明部の透過率も本実施例に限らない。また、マスクの構造及び材料も本実施例に限らない。
【００３６】
〈実施例４〉
本発明の第４の実施例を図７、図８、図９、図１０を用いて説明する。ここでは、主パタンの配列や補助パタンの配置の種々の例を示す。図７は主パタンが横に並んで配列している場合の例を示す。３個の主パタン８は距離Ｄ’の２倍より小さいピッチで配置されているので、各主パタン８の間には補助パタンが配置できない。このような場合は、主パタン群の外周部のみに補助パタン９ｙ、９ｘを配置すればよい。このマスクを用いパタンの転写を行なった結果、中央の主パタンの焦点深度が周辺の主パタンに比べ僅かに低下したが、補助パタンを用いない場合に比べ、焦点深度は向上した。また、このような焦点深度の差をなくしたい場合は、補助パタン９ｙのみを配置すればよい。すなわち、主パタンの一方向のみに補助パタンを配置しても焦点深度向上効果は得られる。

【００３７】
図８には主パタンが対角方向に配列された場合の補助パタンの配置例を示す。補助パタン９はそれぞれの主パタン８の中心線と補助パタンの中心が距離Ｄ’だけ離れた位置に配置するが、上記のように、一方の主パタンに対する補助パタンが、他方の主パタンから距離Ｄ’以内に配置されるとき、その補助パタンは削除した。この場合、補助パタン９はＬ字状になる場合があるが、前記したように、コーナ部で補助パタンが接しないように離してもよい。
【００３８】
また、補助パタンの異なる配置例として、図９に示すように、主パタン８の中心から距離Ｄだけ離れた位置に補助パタン９の中心位置が来るように主パタンと同位相の四角形の補助パタンを配置してもよい。
また、図１０に示すように、主パタン８の中心から距離Ｄだけ離れた位置に補助パタン９の中心位置が来るように主パタンと同位相のスリット状の補助パタンを８角形状に配置してもよい。このように、本発明では投影する主パタンの周囲に、透過光の位相差が主パタンと同じで、かつ透明な補助パタンを最適な位置に配置すれば目的が達成できる。
【００３９】
〈実施例５〉
本発明の第５の実施例として補助パタンの自動配置について説明する。補助パタンの配置はコンピュータを用いたマスクパタン設計用装置を用いて行なった。補助パタンの配置手順を図１１及び図１２（ａ）、（ｂ）を用いて説明する。用いた装置及び処理動作は図１１に示すように、補助パタン自動発生部及びデータファイル部からなっており、その他の機能、例えばマスクパタン描画用データ変換部等との連結はデータファイルを介して行なうようになっている。まず、Ｓ１ステップにおいて、投影する主パタンを設計者の入力により配置する。データファイルからの入力も可能である。図１２（ａ）の例では、主パタン１１－１～１１－７を配置した。
【００４０】
次に、Ｓ２ステップにおいて、補助パタンが必要なパタンと、不要なパタンを選別する。パタンの大きさが大きいとき、そのパタンの焦点深度が深いので、補助パタンを設けなくとも焦点位置ずれによる光強度への影響は小さいため、そのようなパタンには補助パタンを配置しなくてもよいようにする処理である。ここでは主パタンの短辺の長さがＬ以下の場合、補助パタンを配置した。Ｌは、　$L = b_1 \lambda / NAu$（但し、ＮＡｕ：投影光学系のウエハ側の開口数、λ：露光波長、係数：$b_1$）で表わされ、係数$b_1$は予め設定できる。図１２（ａ）の場合は、主パタン１１－１～１１－６が補助パタンの配置対象となり、主パタン１１－７は対象外であった。主パタン１１－７の短辺の長さが、後述する主パタンの中心と補助パタンの中心間距離Ｄより大きいため、補助パタンを設ける適切な位置が主パタンと重なってしまうためである。なお、本実施例は、所定の大きさ又は長さ以下の主パタンに補助パタンを配置するものであるが、所定の大きさ又は長さを越える主パタンについても、本実施例の方法に従って、或は、他のルールに従って補助パタンを配置しても差し支えない。
【００４１】
次に、Ｓ３ステップにおいて、主パタン１１－７を除いた各主パタンに対し、補助パタンの形状、その仮配置位置１２を決める。図１２（ａ）の例では、主パタンが方形パタンであるので、図６に示した場合と同様に、長方形の補助パタンを仮配置する。仮配置位置１２は、主パタンの中心又は中心線と補助パタンの中心間のマスク上の距離Ｄで決められる。距離Ｄは次式で表され、$D = b_2 \lambda / NA$で（但し、投影光学系のマスク側の開口数をＮＡ、露光波長をλ、係数：$b_2$）係数$b_2$は設計者が設定できる。$b_2$の好ましい値は$1.0 \leqq b_2 \leqq 2.0$の範囲であり、より好ましい値は$1.35 < b_2 \leqq 1.9$の範囲である。補助パタンの幅は予め入力できる。例えば、実施例１に記載した式$b' \lambda / NA$（$0.07 \leqq b' \leqq 0.25$）により係数ｂ’をこの範囲内の所望の値に定めることができる。

【００４２】
方形の主パタンの中心線は、図の縦方向と、横方向の２つを採る。縦方向の中心線に対して、主パタンの左右に補助パタンを仮配置し、横方向の中心線に対して、主パタンの上下に補助パタンを仮配置する。この実施例では、予め適切な形状や中心又は中心線をコンピュータに入力しておき、それに基づいて設定した。例えば、方形パタンであれば、この実施例と同様に設定し、円形パタンであれば、図３に示したように、輪帯状の補助パタンを設定し、また、所定の大きさ以下の方形パタンであれば、図９に示したように、その中心から所定の距離に補助パタン設定するようにする。さらに、矩形パタンであれば、その長手方向の中心線に対して、所定の距離に長方形の補助パタンを設定する。つまり、矩形パタンの長手方向の左右に補助パタンが配置されるようにする。

【００４３】
次に、Ｓ４ステップにおいて、補助パタン配置の矛盾個所の判定を行なう。実際の場合、図１２（ａ）に示すように、主パタンが接近して配置されている場合が存在する。仮配置位置１２が互いに重なったり、隣の主パタンから距離Ｄ以内のエリアに侵入し、矛盾個所１３が発生する。この矛盾個所を判定する。

【００４４】
次に、Ｓ５ステップにおいて、矛盾個所を削除する。また、補助パタンのコーナ部等もパタンを削除する。コーナ部からの削除幅は、例えば、補助パタンの幅の２倍の長さを削除するように予め定め、自動的に行なうようにする。

【００４５】
次に、Ｓ６ステップにおいて、図１２（ｂ）に示すように補助パタン１４を配置する。このようにして補助パタン１４の配置が完了する。なお、この例では、補助パタンは長方形のパタンを用いたが、これに限らない。

【００４６】
本マスクパタン設計用装置の特徴は、各主パタンに対して、それぞれ補助パタンを発生させ、矛盾個所を抽出し、これを除いて、適正位置のみに自動的に補助パタンを発生させることにあり、矛盾個所の抽出方法や、補助パタンの配置ルールは任意設定可能である。

【００４７】
以下、このデータの基づいて、ホトマスク基板に、実施例１と同様にして、上記主パタンと上記配置すべき補助パタンを形成してホトマスクを製造する。

【００４８】
〈実施例６〉
本発明の第６の実施例として、半導体装置を製造した例を示す。図１３（ａ）～（ｄ）はその工程を示す素子の断面図である。$N^-$ Ｓｉ基板１５に通常の方法でＰ型ウェル層１６、Ｐ型層１７、フィールド酸化膜１８、多結晶　Ｓｉ／$SiO_2$ゲート１９、Ｐ型高濃度拡散層２０、Ｎ型高濃度拡散層２１等を形成した（図１３（ａ））。次に通常の方法でリンガラス（ＰＳＧ）の絶縁膜２２を被着した。その上にホトレジスト２３を塗布し、上記実施例５と同様な方法で補助パタンを形成した半透明位相シフトマスクを用い、露光、現像を行なってホールパタン２４を形成した（図１３（ｂ））。次にホトレジストをマスクにして絶縁膜２２をドライエッチングしてコンタクトホール２５を形成した（図１３（ｃ））。

【００４９】
次に、通常の方法でＷ／ＴｉＮ電極配線２６を形成し、次に層間絶縁膜２７を形成した。次に、ホトレジストを塗布し、本発明の半透明位相シフトマスクを用い、ホールパタン２８を形成した。ホールパタン２８の中はＷプラグで埋込み、Ａｌ第２配線２９を連結した（図１３（ｄ））。以降、従来と同様にパッシベーション工程を行ない半導体装置を製造した。なお、本実施例では主な製造工程のみを説明したが、コンタクトホール形成のリソグラフィ工程で本発明の補助パタンを配置した半透明位相シフトマスクを用いたこと以外は従来法と同じ工程を用いた。

【００５０】

以上の工程によりＣＭＯＳＬＳＩを高歩留まりで製造することができた。本発明のホトマスクを用い半導体装置を作成した結果、焦点深度不足によるホールパタンの解像不良の発生を防止でき、製品の良品歩留が大幅に向上した。また、補助パタンの配置をパタンを転写する基板の段差に対応させ、特に焦点ずれの大きい場所に限定して配置した場合も大きな効果が得られた。さらにまた、パタンの微細化が実現でき、素子面積の縮小化が実現できた。

【００５１】

〈実施例７〉

図１４は、本発明に用いたマスク設計用装置の構成を示すブロック図である。このマスク設計用装置は、ＣＰＵ１４０、ＲＡＭ１４１、記憶装置１４２、キーボード１４８、ディスプレイ等の表示装置１４９、プリンタ１５１等の出力装置１５０から構成される。記憶装置１４２には、オペレーティングシステム格納領域１４３、補助パタン発生プログラム格納領域１４４、各種パラメータ格納領域１４５、入力される主パタンの格納領域１４６、補助パタンの格納領域１４７等が含まれている。

【００５２】

ＲＡＭ１４１は、記憶装置１４２から読み出された各種パラメータや主パタン等を一時的に記憶する領域、補助パタン決定に必要な演算を行う作業領域、決定された補助パタンを一時的に記憶する領域等を有している。

【００５３】

ＣＰＵ１４０に対する種々の指令は、キーボード１４８により行われる。表示装置１４９は、主パタンや決定された補助パタン等の図形、ＣＰＵ１４０への指示に必要なメニュー画面、指示図面等を表示する。また、必要に応じて種々のデータが出力装置１５０から出力される。

【００５４】

このマスク設計用装置の処理動作は、図１１を用いて、実施例５に述べた処理動作と同様である。まず、Ｓ１ステップにおいて、投影する主パタンを設計者の入力により配置又はデータファイルからの入力する。次に、Ｓ２ステップにおいて、補助パタンが必要なパタンと、不要なパタンを選別する。次に、Ｓ３ステップにおいて、不要なパタンを除いた各主パタンに対し、補助パタンの形状、その仮配置位置を決める。次に、Ｓ４ステップにおいて、補助パタン配置の矛盾個所の判定を行なう。次に、Ｓ５ステップにおいて、矛盾個所があったとき、それをを削除する。次に、Ｓ６ステップにおいて、補助パタン１４を決定する。

【００５５】

以下、このデータの基づいて、ホトマスク基板に、実施例１と同様にして、上記主パタンと上記配置すべき補助パタンを形成してホトマスクを製造する。さらに、このホトマスクを用い、実施例６と同様な方法で半導体装置を製造する。

【００５６】

【発明の効果】

本発明のホトマスクを用いてパタン形成を行なうと、パタン転写の焦点深度を大幅に向上でき、解像限界に近いパタンの実素子上での解像が可能となった。さらにこのホトマスクを用いて半導体装置を作成したところ、ホトマスクの解像度向上効果を有効に使うことができ、パタンの微細化が実現でき、素子面積の縮小化が実現できた。また、マスクパタン設計装置を用いて、解像度の向上したホトマスクを設計し、このホトマスクを用いて半導体装置を作成することにより、素子パタンの微細化が実現できた。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の実施例１のホトマスクの断面図、透過光の振幅分布を示す図及び透過光の光強度を示す図。

【図２】比較例のホトマスクの断面図及び透過光の光強度を示す図。

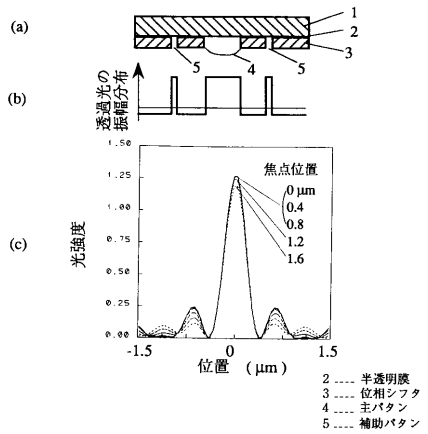
【図３】本発明の第２の実施例のマスクの平面図。

【図４】本発明の第２の実施例の効果を示す図。

【図５】本発明の第２の実施例の効果を示す図。
【図６】本発明の第３の実施例のマスクの平面図。
【図７】本発明の第４の実施例のマスクの平面図。
【図８】本発明の第４の実施例のマスクの平面図。
【図９】本発明の第４の実施例のマスクの平面図。
【図１０】本発明の第４の実施例のマスクの平面図。
【図１１】本発明の第５の実施例の動作手順を示すフローチャート。
【図１２】本発明の第５の実施例のマスクの平面図。
【図１３】本発明の第６の実施例で製造した半導体装置の製造工程図。
【図１４】本発明の第７の実施例に用いるマスク設計用装置のブロック図。
【符号の説明】
１…ガラス基板
２…半透明膜
３…位相シフタ
４、８、１１－１～１１－７…主パタン
５、９、９ｙ、９ｘ、１４…補助パタン
６、７…半透明位相シフト部
１０…長さ
１２…仮配置位置
１３…矛盾個所
１５…$N^-$ Ｓｉ基板
１６…Ｐウェル層
１７…Ｐ層
１８…フィールド酸化膜
１９…多結晶Ｓｉ／$SiO_2$ ゲート
２０…Ｐ高濃度拡散層
２１…Ｎ高濃度拡散層
２２…絶縁膜
２３…ホトレジスト
２４…ホールパタン
２５…コンタクトホール
２６…Ｗ／ＴｉＮ電極配線
２７…層間絶縁膜
２８…ホールパタン
２９…Ａｌ第２配線
Ｄ、Ｄ’…距離
１４０…ＣＰＵ
１４１…ＲＡＭ
１４２…記憶装置
１４８…キーボード
１４９…表示装置
１５１…プリンタ
１５０…出力装置
１４２…記憶装置
１４３…オペレーティングシステム格納領域
１４４…補助パタン発生プログラム格納領域
１４５…各種パラメータ格納領域
１４６…主パタンの格納領域
１４７…補助パタンの格納領域

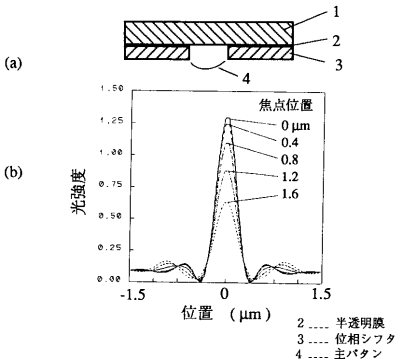
【図１】

図1



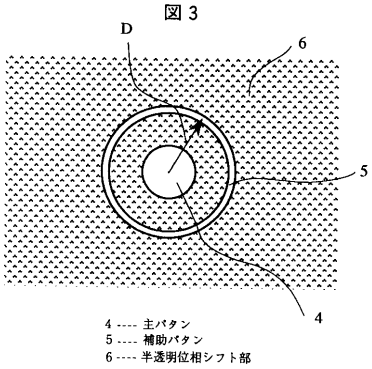

【図２】

図2



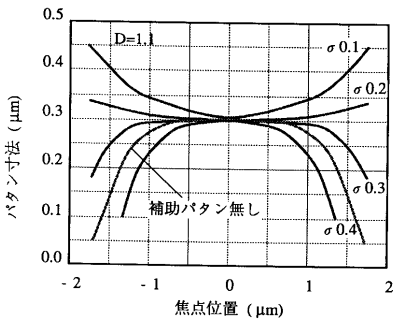

【図３】

図３



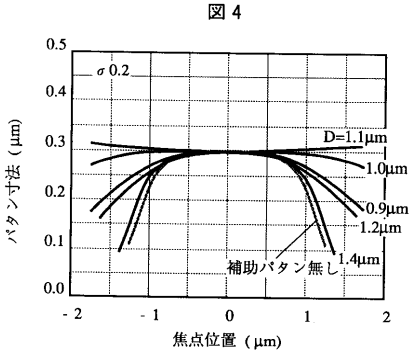

【図５】

図５



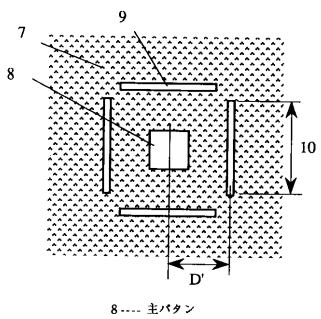

【図４】

図４



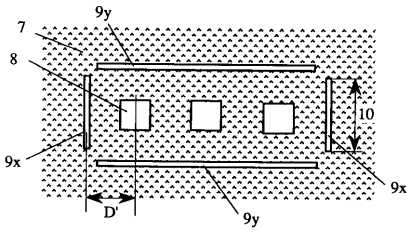

【図６】

図6



【図７】

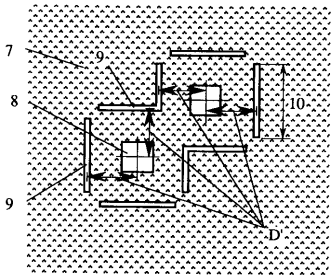
図7




8 ---- 主パタン
9x,9y ---- 補助パタン

【図８】

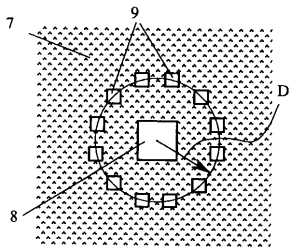
図8




8 ---- 主パタン
9 ---- 補助パタン

【図９】

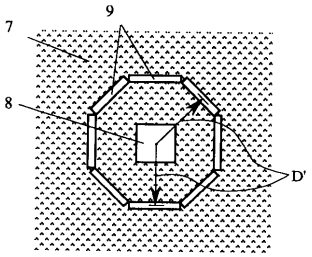
図9




8 ---- 主パタン
9 ---- 補助パタン

【図１０】

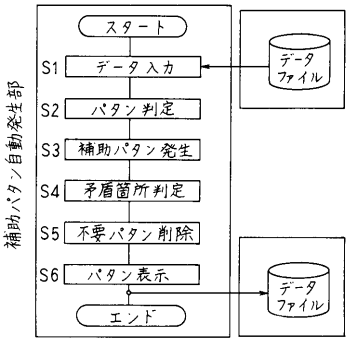
図10




8 ---- 主パタン
9 ---- 補助パタン

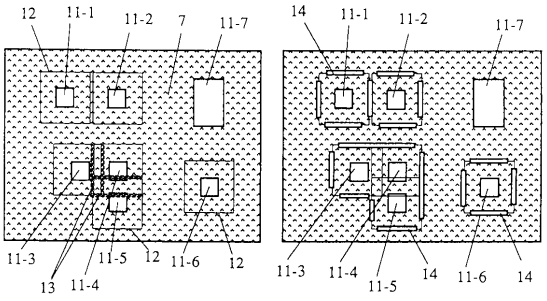
【図１１】

図11




【図１２】

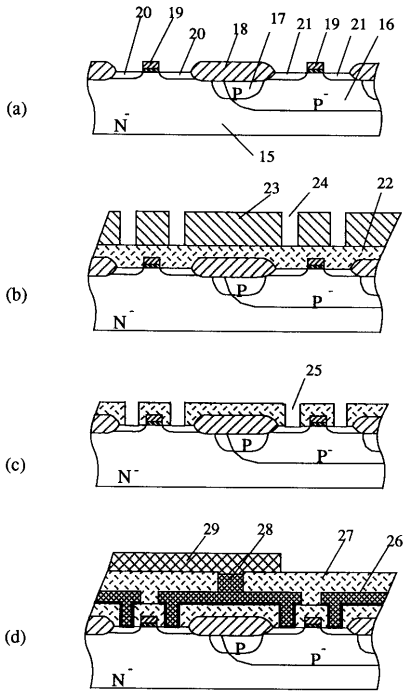
図12




11-1～11-7 ---- 主パタン
12 ---- 補助パタン配置位置
13 ---- 補助パタン配置矛盾位置
14 ---- 補助パタン

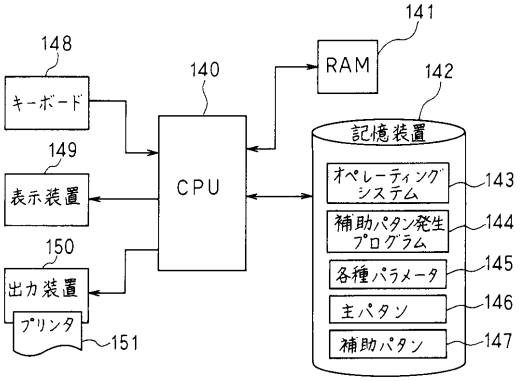
【図１３】

図13




【図１４】

図14



フロントページの続き

(72)発明者　早野　勝也
東京都国分寺市東恋ケ窪１丁目２８０番地　株式会社日立製作所中央研究所内
(72)発明者　今井　　彰
東京都国分寺市東恋ケ窪１丁目２８０番地　株式会社日立製作所中央研究所内

審査官　多田　達也

(56)参考文献　特開平０６－３０１１９２（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－２４８６０６（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－３４７２３８（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－２３４８４７（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－３３５２０４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.$^{7}$，ＤＢ名)
G03F　1/08