

(19)日本国特許庁 ( J P )

# (12) 公開特許公報 ( A )

(11)特許出願公開番号

## 特開2002 - 75857

( P 2 0 0 2 - 7 5 8 5 7 A )

(43)公開日 平成14年3月15日(2002.3.15)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコード <sup>*</sup> (参考)
H01L 21/027		G03F 1/08	A 2H095
G03F 1/08		7/26	511 2H096
7/26	511	H01L 21/30	514 A 5F046
			573

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

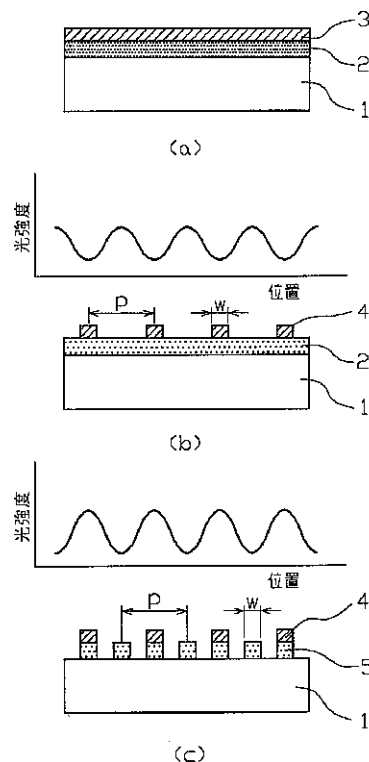
(21)出願番号	特願2001 - 175821( P 2001 - 175821)	(71)出願人	390033950 学校法人東京電機大学 東京都千代田区神田錦町 2 の 2
(22)出願日	平成13年 6 月11日(2001.6.11)	(72)発明者	堀内 敏行 東京都千代田区神田錦町 2 - 2 学校法人 東京電機大学内
(31)優先権主張番号	特願2000 - 216647(P2000 - 216647)	(74)代理人	100083806 弁理士 三好 秀和 (外 8 名)
(32)優先日	平成12年 6 月14日(2000.6.14)	F タ-ム(参考)	2H095 BB03 2H096 AA00 AA25 EA02 EA05 EA12 KA02 5F046 AA13 AA25 NA01 NA11
(33)優先権主張国	日本 ( J P )		

### (54) 【発明の名称】レジストパターン形成方法

#### (57) 【要約】

【課題】 従来の3分の2乃至は2分の1のピッチおよび線幅を有する微細パターンを形成する。

【解決手段】 露光フィールド内のパターンを2群のパターン群に分割し、下層レジスト膜および上層レジスト膜からなる2層レジストを用い、上層レジスト膜だけが感光する波長帯の露光光線により上層レジスト膜を前記の分割した第1のパターン群に対応した形状に露光し、現像を行って、上層レジストパターンを形成した後、該上層レジストパターンをほとんど透過できず、下層レジスト膜が感光する短波長露光光線により、前記上層レジストパターン間に露出した下層レジスト膜を前記の分割した第2のパターン群に対応するパターン形状に露光し、現像を行う。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 露光フィールド内のパターンを 2 群のパターン群に分割し、分割した各群のパターンを露光および現像する工程を順次行う、2 段階のパターン形成工程を含むレジストパターン形成方法において、基板上または被膜付き基板上に形成した下層レジスト膜および上層レジスト膜からなる 2 層レジストを用い、下層レジスト膜が感光せず上層レジスト膜だけが感光する波長帯の露光光線により上層レジスト膜を前記の分割した第 1 のパターン群に対応した形状に露光し、前記露光の後、現像を行って、該第 1 のパターン群に対応した上層レジストパターンを形成する第 1 のレジストパターン形成工程を有し、前記第 1 のレジストパターン形成工程で形成した上層レジストパターンをほとんど透過できず、かつ、下層レジスト膜が感光し、第 1 のレジストパターン形成工程で用いる露光光線よりも短波長帯の露光光線により、前記上層レジストパターン中の任意のパターンと該任意のパターンに隣接するパターンとの間に露出した下層レジスト膜を前記の分割した第 2 のパターン群に対応するパターン形状に露光し、該露光の後、現像を行って、上層レジストパターンの直下および前記第 2 のパターン群に対応するパターン形状露光の際の暗部に、下層レジストパターンを形成する第 2 のレジストパターン形成工程を有することを特徴とするレジストパターン形成方法。

【請求項 2】 第 1 のレジストパターン形成工程において形成するレジストパターンの中心線間の間隔を該レジストパターンの最小線幅の 3 . 5 倍以上となし、第 2 のレジストパターン形成工程においてレチクルまたはマスクによって形成するレジストパターンの中心線間の間隔を該レジストパターンの最小線幅の 3 . 5 倍以上とすることを特徴とする、請求項 1 記載のレジストパターン形成方法。

【請求項 3】 周辺の光強度が中心の光強度より高い照明 2 次光源により原図基板を照明する投影露光法を用いて上層レジストパターンを形成する第 1 のレジストパターン形成工程および / または周辺の光強度が中心の光強度より高い照明 2 次光源により原図基板を照明する投影露光法を用いて下層レジストパターンを形成する第 2 のレジストパターン形成工程を有することを特徴とする、請求項 1 および請求項 2 記載のレジストパターン形成方法。

【請求項 4】 シフトエッジ型位相シフトマスクを用いて上層レジストパターンを形成する第 1 のレジストパターン形成工程および / またはシフトエッジ型位相シフトマスクを用いて下層レジストパターンを形成する第 2 のレジストパターン形成工程を有することを特徴とする、請求項 1 および請求項 2 記載のレジストパターン形成方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体集積回路等の製造時に用いる、微細なレジストパターンの形成方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来、半導体集積回路等の微細パターンは、レチクル、マスク等の原図基板上的微細パターンを半導体ウェハ等の被露光基板上に形成したレジストに転写したレジストパターンを基にして製造する。すなわち、前記原図基板を短波長可視光、紫外光、遠紫外光、真空紫外光、極端紫外光などの露光光線によって照明し、投影露光、近接露光、密着露光などの各種露光手段によって前記被露光基板上に形成したレジスト膜を前記原図基板上の微細パターン形状または該微細パターン形状と関連のある形状に露光する。露光後、前記レジスト膜に現像処理を加えると露光強度分布に応じてレジスト膜の一部が除去され、所望のレジストパターンが得られる。このように、露光と現像を組み合わせてレジストパターンを形成するプロセスをリソグラフィと称している。

【0003】半導体集積回路や半導体素子、光エレクトロニクス素子、マイクロマシン用微細部品等のパターンの最小寸法は、リソグラフィにより形成するレジストパターンを如何に微細にできるかにより決まってしまう。そのため、上記の回路や素子や部品のパターンを微細化するには、リソグラフィで形成できるレジストパターン寸法を極力小さくする必要がある。

【0004】ところで、とくにパターンの微細化が急務となっている半導体集積回路や半導体素子用パターンの形成には、レンズやミラー、またはそれらを組み合わせた投影露光光学系を用いて原図基板上的微細パターンを被露光基板上に投影露光する、投影露光法が主として用いられている。投影露光法により転写可能なレジストパターンの最小寸法、すなわち解像度を決定している主要因は、投影露光に使用する露光装置の投影露光光学系の開口数 NA と露光波長 である。

【0005】無収差の投影露光光学系を仮定すると、解像度 R は露光波長 に比例し、投影露光光学系の開口数 NA に反比例する。したがって、短波長で露光する程、また、大きい開口数の投影露光光学系を用いて露光する程高解像となり、より微細なパターンが転写される。

【0006】しかしながら、露光波長 を短くすること、あるいは、投影露光光学系の開口数 NA を大きくすることはそれぞれ技術的に相当困難であり、いずれも現状技術の限界に達している。

【0007】低収差の投影露光光学系を実現するには、レンズを用いた投影露光光学系が好ましいが、200nm 以下の波長の光に対し高透過率を有して安定で安価なレンズ材料はほとんど存在しない。一方、ミラーを用いる投影露光光学系は空間的に配置する時の制約から使用できる面の数が限られてしまい、装置も大型化してしまうため、極微細レジストパターンを転写できる実用的な低収差投影露光光学系はまだ開発されていない。したがって、露光波長 を短くするには限界があり、現状ですでにほぼその限界に達している。

【0008】また、実用的な大きさの露光フィールドを仮定すると、開口数NAを大きくとるには投影露光光学系の口径を大きくとることが必要であり、収差の補正も難しくなることから、開口数NAを大幅に大きくすることも難しく、現状ですでに可能な限りの高開口数化が図られている。

【0009】これに対し、近接露光や密着露光では、露光波長を、原図基板と被露光基板との間隙を $z$ とする時、解像度 $R$ は $z$ の平方根に比例する。すなわち、近接露光や密着露光の場合には、露光波長と原図基板・被露光基板間隙 $z$ が解像度を決定する主要因である。

【0010】したがって、解像度を上げるためには、露光波長を短くして原図基板と被露光基板との間隙 $z$ を狭くすれば良い。しかし、近接露光や密着露光では、基本的に原図基板と同じ寸法の微細パターンしか転写できないため、原図基板上に極微細パターンを作ること自体が困難となってきた。加えるに露光波長を短くすると原図基板の露光光線透過率が低下し、光の吸収による原図基板の伸縮が問題になる。また、原図基板・被露光基板間隙 $z$ を小さくしたり、両者を接触あるいは密着させたりすると、原図基板の汚染や被露光基板に形成したレジスト膜の損傷等が懸念される。したがって、露光波長や原図基板・被露光基板間隙 $z$ を大幅に改善することは、事実上非常に困難である。

【0011】一方、遮光部と透過部とを有する通常のレチクルやマスクの他に、各種位相シフトを適宜配置した位相シフトマスクが開発されている。該位相シフトマスクを用いると、レジスト膜を露光する光線の光強度分布の明暗コントラストが改善させ、同じ開口数NA、同じ露光波長、同じ原図基板・被露光基板間隙 $z$ に対して高解像が得られる。この方法も順次取り入れられて来ており、高解像化の有効な方策となっている。しかし、位相シフトマスクを適用してもなおかつ解像度は不足しており、さらなる解像度の向上が求められる状況にある。

【0012】また、同じ光強度分布のコントラストに対してレジストパタンの形成方法やレジスト膜の構成、材料等を工夫して解像度を上げる試みもなされている。レジストの薄膜化、表面反応レジストプロセス、多層レジスト、コントラストエンハンスメントレイヤ(以下CELと記す。)の適用等が代表例である。

【0013】レジストの膜厚を薄くすると、その膜厚間を露光光線が通過する際の光路長が短くなり、レジスト基板の光強度分布をレジスト表面の光強度分布とあまり変わらないようにできる。また、投影露光時には、レジスト厚さ全体を焦点深度内に収めることができる。そのため、レジスト膜厚が厚い時に比べて、レジスト膜を露光する光線の光強度分布の明暗コントラストが低くても解像する。

【0014】表面反応レジストプロセスは、露光時にレジストの表面だけが反応するようにせしめ、シリル化等

を利用して表面だけが反応した部分の形状を表面反応層の下に設けた材料に移して行く方法である。露光時にレジストの表面だけ感光させれば良いので、レジスト膜を露光する光線の光強度分布の明暗コントラストが低くても解像する。

【0015】多層レジストはレジストを2層または多層に重ねて塗布し、最上層のレジストを薄くして、低コントラストの光強度分布でも該最上層のレジストが原図基板上の微細パターンに対応した形状に解像するようにする。そして、最上層から順次、上層レジストパターンをマスクにその下のレジスト膜をエッチングし、最終的には後続の工程に必要な最下層レジストのパターンを形成する。

【0016】多層レジストを2層レジストの構成とし、エッチングを用いずに上層レジストパターンを遮光部として下層レジスト膜を露光し、露光後現像して上層レジストパタンの形状をそのまま下層レジスト膜に移す方法もたとえば、*Journal of Vacuum Science and Technology Vol. 16, p. 1620 (1979)*等に開示されている。しかしながら、開示されている方法では、下層レジスト膜露光時にはフィールド内全域を一括照射するため、下層レジストには、上層レジストパタンの形状がそのまま転写されるに過ぎない。したがって、下層レジスト膜を露光後、現像して最終的に得られるパタンのピッチは、上層レジストパターンと同じであり、上層レジストパタンのピッチより遥に小さいピッチのレジストパターンを形成することはできない。

【0017】また、CELを用いる方法は、レジスト膜上にCEL膜を形成し、光強度の明暗の差を増強してレジストを感光させる方法である。CEL膜は露光によって感光部の透過率が増すので、露光部と未露光部の感光比率が改善される。このため、CELを用いない時に比べて解像度が向上する。

【0018】これらのレジストプロセスを工夫する方法は、最上層または最上部分の材料を最初に露光する時の光強度分布に対応したパターンを形成する方法であり、以下の層または部分は、最上層または最上部分の材料に形成されたパターン形状を、後続のエッチング等に対する耐性を高めて作り直す目的で使用しているに過ぎない。したがって、解像度は最上層または最上部分の材料を露光する光強度分布でほぼ決まってしまう。また、最上層または最上部分の材料を露光する光強度分布自体が改善される訳ではないので、解像度の改良状況は一般に高々10~20%程度であり、あまり顕著ではない。

【0019】さらに別の解像度改善方法として、露光フィールド内のパターンを2群のパターン群に分割し、分割した各群のパターンを2回に分けて露光する方法が*Digest of Papers, Micro Process '94, pp. 4-5*に開示されている。この方法は、

通常、レジストは光強度に比例して感光し、現像液に対する溶解性が露光強度に対応して変化するのに対し、感光性や現像液に対する溶解性が露光強度の 2 乗に比例して変化する 2 光子レジストを利用する方法である。2 光子吸収レジストを利用して分割した 2 群のパターンを順次露光すれば、各パターン群露光時の光強度分布の明暗コントラストが低くてもそれを 2 乗した分布のコントラストは十分高くなるので、分割露光したパターンの合成により従来より狭いピッチのパターンを形成できる。但し、この方法では、上記の特別な特性を持つレジストが不可欠であるのに対し、必要とされる実用的な 2 光子吸収レジストは技術の開示後未だに開発されていない。

【0020】

【発明が解決しようとする課題】以上に説明したように、解像度の改善方法は多数あるが、それぞれに様々な制約があり、可能な限り各種の方法を利用してなおかつ所望の解像度が得られず、集積度、微細度を大幅に向上できる新しい方法が囑望されていた。新しい微細パターン形成方法としては、以上に示した従来の高解像化方法と矛盾せず、一緒に適用できて、効果が相乗的に生ずるような方法であることが好ましいことは言う迄もない。

【0021】

【課題を解決するための手段】本発明では、大幅に集積度や微細度を向上させ、また、従来の高解像化手段の多くを本発明と同時に適用できるようにするため、露光フィールド内のパターンを 2 群のパターン群に分割し、分割した各群のパターンを露光および現像する工程を順次行う、2 段階のパターン形成工程を含むようにする。

【0022】そして、第 1 のレジストパターン形成工程においては、基板上または被膜付き基板上に形成した下層レジスト膜および上層レジスト膜からなる 2 層レジストを用い、下層レジスト膜が感光せず上層レジスト膜だけが感光する波長帯の露光光線により上層レジスト膜を前記の分割した第 1 のパターン群に対応した形状に露光し、前記露光の後、現像を行って、該第 1 のパターン群に対応した上層レジストパターンを形成する。

【0023】また、第 2 のレジストパターン形成工程においては、前記第 1 のレジストパターン形成工程で形成した上層レジストパターンをほとんど透過できず、かつ、下層レジスト膜が感光し、第 1 のレジストパターン形成工程で用いる露光光線よりも短波長帯の露光光線により、前記上層レジストパターン中の任意のパターンと該任意のパターンに隣接するパターンとの間に露出した下層レジスト膜を前記の分割した第 2 のパターン群に対応するパターン形状に露光し、該露光の後、現像を行って、上層レジストパターンの直下および前記第 2 のパターン群に対応するパターン形状露光の際の暗部に、下層レジストパターンを形成する。

【0024】パターンを 2 群のパターン群に分割する際には、パターンを一つおきに 2 つのパターン群に分割するなどして、第 1 のレジストパターン形成工程において形成する

レジストパターンの中心線間の間隔を該レジストパターンの最小線幅の 3 . 5 倍以上となし、第 2 のレジストパターン形成工程においてレチクルまたはマスクによって形成するレジストパターンの中心線間の間隔を該レジストパターンの最小線幅の 3 . 5 倍以上とする。

【0025】さらにまた、第 1 のレジストパターン形成工程および/または第 2 のレジストパターン形成工程において、周辺の光強度が中心の光強度より高い照明 2 次光源により原図基板を照明する投影露光法を用いてパターンを形成する。

【0026】また、第 1 のレジストパターン形成工程および/または第 2 のレジストパターン形成工程において、シフトエッジ型位相シフトマスクを用いてレジストパターンを形成する。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、本発明を図面に示す実施の形態に基づいて詳細に説明する。

【0028】図 1 は本発明のレジストパターン形成方法の説明図である。まず、図 1 ( a ) に示すように、半導体ウェハ等の基板 1 に下層レジスト膜 2 を付し、その上に上層レジスト膜 3 を重ねて形成する。このようなレジストの構成を形成するには、たとえば、ヘキサメチルジシラン等の界面活性剤で基板 1 をレジストの塗布性が良くなるように改質した後、スピニングコートを用いて下層レジスト膜 2 を塗布してバークする。そして、その上に上層レジスト膜 3 を塗布し、再びバークする。界面活性剤によるレジストの付着性を改善する処置は、下層レジスト膜 2 が問題なく塗布でき、後述の現像工程においてレジストのはがれや現像むら等を生じなければ省略しても良い。

【0029】なお、基板 1 上には任意の被膜が任意の層形成されていても良い。レジストパターン形成のテストを行うだけの場合には、基板 1 上にレジストを塗布することが多いが、半導体集積回路等を製作する場合には、リソグラフィによりレジストパターンを作るだけが目的ではなく、レジストパターンをマスクにエッチングを行う等してレジストの下の被膜を加工するのが目的であることが多い。したがって、その場合には、基板 1 上に被加工膜となる絶縁膜、金属膜、半導体膜等が形成されている場合が多いが、そのような被膜付きの基板 1 でも良い。被膜の一部が任意のパターン形状に除去されている基板すなわち任意のパターン付きの基板であっても良いことは言う迄もない。

【0030】また、基板 1 の表面からの露光光線の反射が問題になる場合には、基板 1 上に反射防止膜を形成し、その上に下層レジスト膜 2 を付し、その上に上層レジスト膜 3 を重ねて形成しても良い。

【0031】下層レジスト膜 2 上に上層レジスト膜 3 を形成する際、下層レジスト膜 2 はその感光波長帯が上層レジスト膜 3 の感光波長帯より長波長側に存在するレジ

スト膜とし、上層レジスト膜 3 を露光する露光光線には感光しないレジスト膜とする。

【0032】具体例を挙げれば、下層レジスト膜 2 として波長 248 nm の KrF エキシマレーザ露光用レジスト膜または波長 210 ~ 270 nm 程度の遠紫外線露光用レジスト膜を用い、上層レジスト膜 3 として波長 365 nm の i 線露光用レジストまたは波長 436 nm の g 線露光用レジストを使用する。下層レジスト膜 2 を波長 193 nm の ArF エキシマレーザ露光用レジスト膜とし、上層レジスト膜 3 を波長 248 nm の KrF エキシマレーザ露光用レジスト膜または波長 210 ~ 270 nm の遠紫外線露光用レジスト膜あるいは波長 365 nm の i 線露光用レジストまたは波長 436 nm の g 線露光用レジストとしても良い。下層レジスト膜 2 を波長 157 nm のフッ素エキシマレーザ露光用レジスト膜とし、上層レジスト膜 3 を波長 193 nm の KrF エキシマレーザ露光用レジスト膜、波長 248 nm の KrF エキシマレーザ露光用レジスト膜または波長 210 ~ 270 nm の遠紫外線露光用レジスト膜あるいは波長 365 nm の i 線露光用レジストまたは波長 436 nm の g 線露光用レジストとしても良い。

【0033】下層レジスト膜 2 上に上層レジスト膜 3 を形成したならば、次に上層レジスト膜 3 だけが感光し下層レジスト膜 2 が感光しない露光光線を用いて、上層レジスト膜 3 をパタン形状に露光する。この際、上層レジスト膜 3 を露光するパタンは、予め露光フィールド内のパタンを 2 群のパタン群に分割した片方のパタン群とする。

【0034】上記のように、上層レジスト膜 3 を分割した片方のパタン群の形状に露光したならば、引き続いて現像を行って、図 1 ( b ) に示すように、上層レジストパタン 4 を形成する。上層レジストパタン 4 は、レジストパタンの中心線間の間隔  $p$  を該レジストパタンの最小線幅  $w$  の 3 . 5 倍以上とする。上層レジスト膜 3 に微細パタンを転写できるか否かは、該パタンの線幅の微細度にも影響されるが、密集パタンではパタンの周期が最大の決定要因となる。したがって、形成するレジストパタンの中心線間の最小間隔が十分広ければ、パタン自体の線幅は中心線間の最小間隔の 3 . 5 分の 1 以下の細さでも転写可能である。

【0035】上層レジスト膜 3 が化学増幅型レジストの場合等、感度や解像度が露光後現像前のベークすなわちポストベークに依存する場合には、必要に応じてポストベークを行った後に現像を行って上層レジストパタン 4 を形成する。

【0036】上層レジストパタン 4 として下層レジスト膜 2 上に残すパタンの線幅をできるだけ細くするためには、レンズやミラー、またはそれらを組み合わせた投影露光光学系を用いて原図基板上的微細パタンを被露光基板上に投影露光する。投影露光法を用い、原図基板を照

明する照明 2 次光源として、図 2 に例を示すように、周辺の光強度が中心の光強度より高い照明 2 次光源を用いた投影露光を用いるととくに有効である。図 2 においては、斜線部が 2 次光源の発光部 5 を示している。図 2 ( a ) は円環照明または輪帯照明であり、円環または輪帯の幅は任意である。( b ) および ( c ) は 4 点照明であり、大きさおよび形状は任意である。( d ) は連続した光強度分布を有する 2 次光源による照明、( e ) , ( f ) は 2 点照明、2 分割照明であり、ここでも大きさおよび形状は任意である。( d ) の場合に中央部の光強度が 0 であっても良いことは、言う迄もない。

【0037】周辺の光強度が中心の光強度より高い照明 2 次光源を用いると、斜入射光によって原図基板が照明され、1 次回折光が片方だけ投影露光光学系に取り込まれる。このため、*Japanese Journal of Applied Physics*, Vol. 33, No. 12B, pp. 6823 - 6830 に開示されているように、周期パタンを投影露光すると、2 光束干渉により形成された光強度分布が生じ、通常の強度一様の照明 2 次光源を用いた場合より、遮光パタン部の線幅が細く形成され易い。本発明では、形成するレジストパタンの中心線間の最小間隔を該レジストパタンの最小線幅の 3 . 5 倍以上となし、パタン線幅をスペース幅より小さくすることが必要である。したがって、遮光パタン部の線幅が細く形成され易い、前記の周辺の光強度が中心の光強度より高い照明 2 次光源を用いる投影露光方法がとくに有効である。

【0038】また、上層レジストパタン 4 として下層レジスト膜 2 上に残すパタンの線幅をできるだけ細くするために、上層レジストパタン 4 の形成時に原図基板として図 3 に示すシフトエッジ型の位相シフトレチクルまたは位相シフトマスクを適用することも有効である。図 3 ( a ) の位相シフトレチクルまたは位相シフトマスクは、レチクルまたはマスク基板 6 上に、露光光線の位相をほぼ反転させる位相シフト 7 を設け、該位相シフト 7 のエッジではその両側を通る光が干渉し合って光強度が弱まることを利用する。また、図 3 ( b ) の位相シフトレチクルまたは位相シフトマスクは、位相シフト 7 を付ける代わりにレチクルまたはマスク基板 6 を掘り込んで露光光線の位相をほぼ反転させるものである。また、図 3 ( c ) および ( d ) に示すように、図 3 ( a ) または図 3 ( b ) のシフトエッジ上に細い遮光パタン 8 を配置するとさらに有効である。形成するレジストパタンの中心線間の間隔すなわち、図 3 ( a ) ~ ( d ) の位相シフト 7 の幅または位相シフトを与えるための掘り込み部の幅  $p$  を、形成するレジストパタンの最小線幅の 3 . 5 倍以上とするのであれば、シフトエッジの間隔が十分離れるので、該シフトエッジを非常に細い遮光部として活用することができる。

【0039】次に、下層レジスト膜 2 のプリベーク温度

にて全体を再ベークする。再ベークは必要に応じて行えば良く、下層レジスト膜 2 の再ベークにより、上層レジストパタン 4 が軟化してしまうような場合は省略しても良い。

【0040】この後、下層レジスト膜が感光する露光光線を用いて、下層レジスト膜 2 を露光し、引き続いて現像を行って、図 1 ( c ) に示すように、下層レジストパタン 5 を形成する。この際、下層レジスト膜 2 を露光するパタンは、予め露光フィールド内のパタンを 2 群のパタン群に分割した他方のパタン群とし、たとえば一つおきに形成した上層レジストパタン 4 として形成しなかった残りの一つおきのパタンを上層レジストパタン 4 の間を補充する形で形成する。下層レジストパタン 5 のうち、上層レジストパタン 4 中の任意のパタンと該任意のパタンに隣接するパタンとの間に露出した下層レジスト膜 2 を露光して得るパタンは、図 5 に示すように、パタンの中心線間の間隔  $p$  を該パタンの最小線幅  $w$  の 3 . 5 倍以上とする。

【0041】下層レジスト膜 2 を局部的に露光するには、上層レジスト膜 3 を露光した時と同様、レチクルやマスクを原図基板として、投影露光、近接露光、密着露光等を行えば良い。下層レジスト膜 2 が化学増幅型レジストの場合等、感度や解像度が露光後現像前のベークすなわちポストベークに依存する場合には、必要に応じてポストベークを行った後現像を行って下層レジストパタン 5 を形成する。

【0042】この場合も、下層レジストパタン 5 としてできるだけ細い残しパタンを形成するためには、レンズやミラー、またはそれらを組み合わせた投影露光光学系を用いて原図基板上の微細パタンを被露光基板上に投影露光する、投影露光法を用い、原図基板を照明する照明 2 次光源として、先に上層レジストパタン 4 の形成用として示した周辺の光強度が中心の光強度より高い照明 2 次光源を用いた投影露光を用いるととくに有効である。

【0043】また、原図基板として先に上層レジストパタン 4 の形成用として示したシフトエッジ型の位相シフトレチクルまたは位相シフトマスクを適用することも有効である。

【0044】このとき、下層レジスト膜 2 を露光する光線が、先に形成してある上層レジストパタン 4 をほとんど透過できないように、下層レジスト膜 2 と上層レジスト膜 3 の材料を選択しておく。たとえば、上層レジスト膜 3 として波長 365 nm の  $i$  線露光用レジストや波長 436 nm の  $g$  線露光用レジストを使用する場合には、該  $i$  線露光用レジストまたは  $g$  線露光用レジストとして、ノボラック樹脂をベースレジンとしたレジストを用いれば、波長 250 nm 付近以下の露光光線の透過率を非常に小さくできる。また、上層レジスト膜 3 として波長 248 nm の  $KrF$  エキシマレーザ露光用レジスト膜または波長 210 ~ 270 nm の遠紫外線露光用レジ

ト膜を使用する場合には、該レジストとしてポリヒドロキシシチレンをベースレジンとしたレジストを用いれば、波長 200 nm 以下の露光光線の透過率を非常に小さくできる。さらに、上層レジスト膜 3 を波長 193 nm の  $ArF$  エキシマレーザ露光用レジスト膜とする場合にも、アクリルやノルボルネン系のポリマーをベースレジンとし、脂環構造を導入したレジストを用いれば、波長 157 nm 以下の露光光線の透過率を非常に小さくできる。

10 【0045】このように下層レジスト膜 2 を露光する光線が、先に形成してある上層レジストパタン 4 をほとんど透過できないようにしておけば、上層レジストパタン 4 の存在する部分は遮光されるので、下層レジスト膜 2 には、下層レジスト膜 2 の露光時に用いる原図基板の遮光パタン部と上層レジストパタン 4 のパタン形状とが合成された形状のパタンが形成される。すなわち、最終的に必要な所期のパタンが形成される。

【0046】なお、図 1 においては、レジスト膜の露光部が現像により除去されるポジ形のレジストを想定して図を描いてあるが、必要に応じて下層レジスト膜 2 および / または上層レジスト膜 3 をネガ形のレジスト膜としても良いことは言う迄もない。

【0047】ところで、上層レジストパタン 4 が一部だけ下層レジストパタン 5 の上に残っていると、パタン形成後エッチングを行う際に、上層レジストパタン 4 がある所と無い所でエッチング耐性が異なり、レジストパタンが見かけ上が均一にできていても、エッチング後得られるパタン線幅にばらつきが生じることがある。また、上層レジストパタン 4 の裏側に回折で光が回り込み、上からの観察では所望の線幅にできているのに、下層レジストパタン 5 の線幅は誤差を有していることがあり、エッチング後得られるパタン線幅にばらつきが生じることもある。したがって、パタン形成後エッチングを行う前の時点では、上層レジストパタン 4 は残っていないことが好ましい場合が多い。

【0048】そのような場合に、上層レジスト膜 3 をポジ形のレジスト膜とした場合には、下層レジストパタン 5 を形成した後、基板全面を上層レジスト露光用の露光光線で露光し、再度、現像を行って上層レジストパタン 4 を除去しても良い。ただし、現像により、下層レジストパタン 5 が損なわれないことが条件である。

【0049】下層レジストパタン 5 が損なわれない上層レジストパタン 4 の剥離液があれば、それを使用しても良いことは言う迄もない。

【0050】また、下層レジストパタン 5 を形成する時に、上層レジスト膜 3 を感光させ得る露光光線を下層レジスト膜 2 を感光させ得る露光光線に混在させ、現像時に上層レジストパタン 4 を溶解除去しても良い。この場合には、上層レジスト膜 3 と下層レジスト膜 2 の現像液が共通でなければならないが、標準的なアルカリ現像液

を用いる上層レジスト膜3と下層レジスト膜2を選択して用いれば可能である。

【0051】なお、以上の説明では、上層レジストパターン4を上層レジスト膜3に直接形成するとして説明した。しかしながら、上層レジストパターン4を形成する際に任意の多層レジストプロセスを使用しても良いことは明らかである。

【0052】たとえば、上層レジストパターン4を2層レジストにより形成し、該2層レジストの上層にパターンを形成した後、前記パターンをマスクとして下層をドライエッチングすることにより、上層レジストパターン4を形成しても良い。

【0053】下層レジスト膜2の下に、さらに別のレジスト膜を形成しておき、下層レジストパターン5をエッチングマスクとして前記別のレジスト膜をエッチングし、該エッチングにより形成されたレジストパターンを最終的に基板1または被膜を形成した基板1上に形成するようになしても良い。

【0054】なお、以上の説明に使用した図1においては、上層レジストパターン4および下層レジストパターン5を周期的に均一に並んだパターンとして描いたが、上層レジストパターン4および下層レジストパターン5とも、周期的に均一に並んだパターンである必要はなく、任意のパターンで良いことは言うまでもない。

#### 【0055】

【発明の効果】このように、本発明によれば、最終的に必要とするパターンを2つの原図基板に分割し、パターンを一つおきにするなどして、転写するレジストパターンの中心線間の最小間隔を該レジストパターンの最小線幅の3.5倍以上とするため、例えば従来のDigest of Papers, Micro Process '94, pp. 4-5に開示されている方法のように2光子吸収レジストといった特別なレジストを用いることなく、上層レジストパターン4も、下層レジストパターン5も原図パターンの配置ピッチを従来の約倍に大きくできる。

【0056】半導体集積回路などの微細パターンを形成する場合、解像度は主としてパターン密集部のパターンピッチで決まり、パターンピッチさえ大きければ、パターン線幅は露光量の調整によりかなり微細化できる。また、周辺の光強度が中心の光強度より高い照明2次光源を用いた投影露光やシフトエッジを利用した位相シフトマスクを適

用すれば、さらに微細なパターンを形成することができる。したがって、たとえば、上層レジストパターン4および下層レジストパターン5形成時に、それぞれパターンピッチの1/4の線幅のパターンを形成しておけば、最終的に得られる下層レジストパターン5として、上層レジストパターン4および下層レジスト膜2露光時の原図基板上のパターンピッチの倍ピッチの微細パターンを得ることができる。

【0057】形成できるパターン線幅の限界は、上層レジストパターン4および下層レジストパターン5形成時にパターンが形成できる限界寸法となる。一般に、パターン線幅とスペース幅が等しくピッチの1/2であるパターンが最も形成しにくく、十分なピッチがあれば、微細なレジストパターンを比較的容易に形成し易い。本発明では、形成するレジストパターンの中心線間の最小間隔を該レジストパターンの最小線幅の3.5倍以上とするため、ピッチの1/2のパターンが存在する場合の概ね2/3ないしは1/2程度の線幅のパターンが形成可能である。

【0058】また、レジストパターンの中心線間の最小間隔を該レジストパターンの最小線幅の4倍にとれば、下層レジストパターン5として、ピッチの1/2の密集パターンが形成できる。したがって、ピッチの1/2に相当する密集パターンを同時に転写する場合に比して、転写可能な密集パターンの最小パターン線幅およびスペース幅を2/3ないしは1/2に小さくすることができる。

【0059】したがって、本発明を半導体集積回路や光エレクトロニクス素子の製作等に適用すれば、大幅な集積度の向上が図れ、ひいては、性能を大幅に向上させることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のレジストパターン形成方法の説明図。

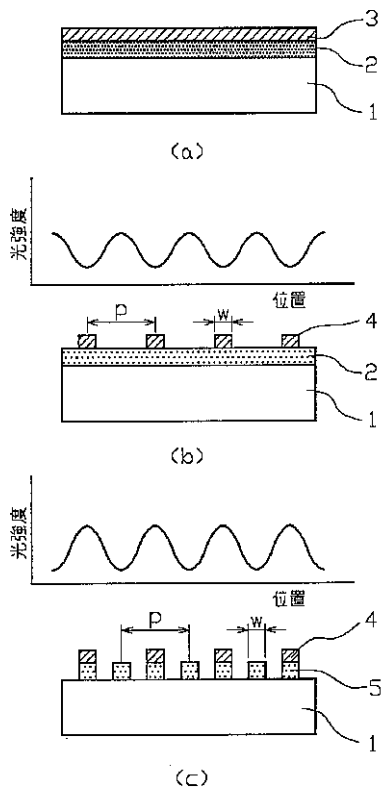
【図2】本発明に有効な照明2次光源形状の例。

【図3】本発明に有効なシフトエッジ型位相シフトマスクの構成例。

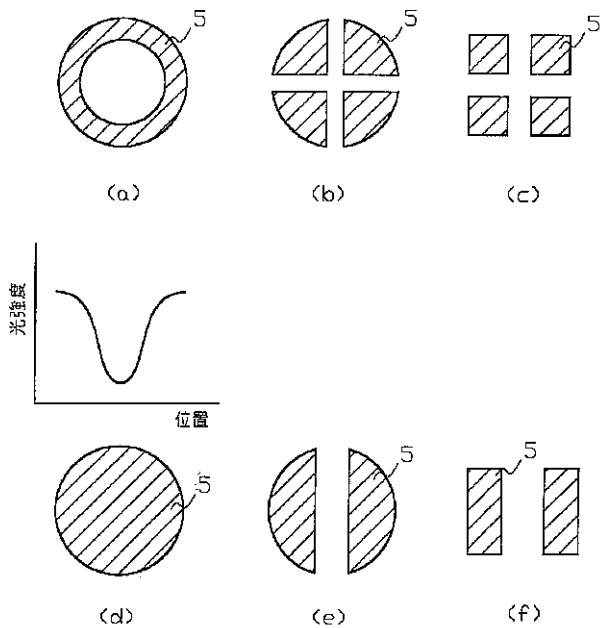
#### 【符号の説明】

- 1 基板
- 2 下層レジスト膜
- 3 上層レジスト膜
- 4 上層レジストパターン
- 5 下層レジストパターン

【圖 1】



【圖 2】



【圖 3】

