

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-78763
(P2006-78763A)

(43) 公開日 平成18年3月23日(2006.3.23)

(51) Int. Cl. F I テーマコード(参考)
G03F 1/08 (2006.01) G O 3 F 1/08 A 2H095
H01L 21/027 (2006.01) H O 1 L 21/30 5O2P

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2004-262511 (P2004-262511)	(71) 出願人	000005223 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(22) 出願日	平成16年9月9日(2004.9.9)	(74) 代理人	100091672 弁理士 岡本 啓三
		(72) 発明者	佐藤 由博 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		Fターム(参考)	2H095 BC04 BD02

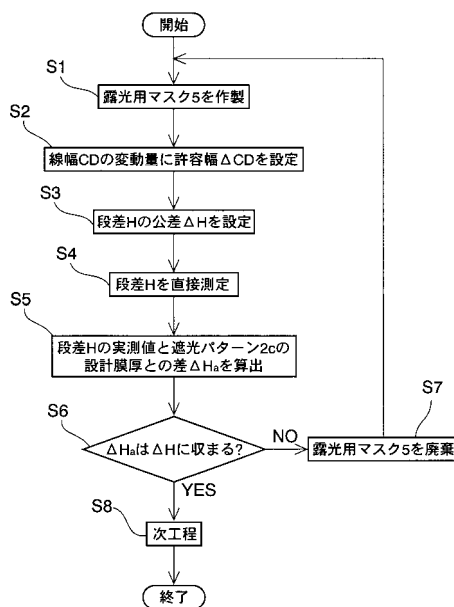
(54) 【発明の名称】 露光用マスクの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 デバイスパターンの寸法変動を容易に保証することができる露光用マスクの製造方法を提供すること。

【解決手段】 石英基板 1 上に形成された遮光膜 2 をパターニングして遮光パターン 2 c を形成するステップ S 1 と、石英基板 1 の表面から遮光パターン 2 c の上面までの段差 H を直接測定して、該段差 H の実測値を得るステップ S 4 と、を有することを特徴とする露光用マスクの製造方法による。

【選択図】 図 7



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

透明基板上に形成された遮光膜をパターンニングして遮光パターンを形成するステップと、
前記透明基板の表面から前記遮光パターンの上面までの段差を直接測定して、該段差の実測値を得るステップと、
を有することを特徴とする露光用マスクの製造方法。

【請求項 2】

デバイスパターンの寸法変動量に許容幅を設定するステップと、
前記デバイスパターンの寸法変動が前記許容幅に収まるように、前記段差に公差を設けるステップと、
前記段差の実測値と前記遮光パターンの設計膜厚との差が前記公差に収まるか否かにより、次の製造工程に進むか否かを判断するステップと、を有することを特徴とする請求項 1 に記載の露光用マスクの製造方法。

【請求項 3】

前記段差の公差を、前記遮光膜の設計膜厚に応じて設定することを特徴とする請求項 2 に記載の露光用マスクの製造方法。

【請求項 4】

前記段差に公差を設けるステップは、
前記段差の変動量と、前記デバイスパターンの寸法変動量との関係を示すグラフを作製し、該グラフを参照しながら、前記デバイスパターンの寸法変動量が前記許容幅に収まるような前記段差の変動量を求め、該変動量を前記公差とすることにより行われることを特徴とする請求項 2 に記載の露光用マスクの製造方法。

【請求項 5】

前記グラフを、前記遮光膜の設定膜厚毎に作製することを特徴とする請求項 4 に記載の露光用マスクの製造方法。

【請求項 6】

前記段差の実測値を得るステップは、AFM(Atomic Force Microscope)装置、又は触針式の段差測定装置を用いて行われることを特徴とする請求項 1 に記載の露光用マスクの製造方法。

【請求項 7】

前記遮光パターンを形成するステップでは、前記透明基板上において、デバイスパターンを投影するデバイス領域に前記遮光パターンを形成すると同時に、前記透明基板上において、前記デバイス領域の周辺領域に孤立パターンを形成し、
前記段差の実測値を得るステップでは、該実測値として、触針式の段差測定装置で測定された前記透明基板の表面から前記孤立パターンの上面までの段差を採用することを特徴とする請求項 1 に記載の露光マスクの製造方法。

【請求項 8】

前記遮光パターンを形成するステップは、前記遮光膜の上にレジストパターンを形成し、該レジストパターンをマスクにして前記遮光膜をプラズマエッチングすることにより行われ、
前記段差の実測値を得るステップは、前記プラズマエッチングによって削れた前記透明基板の削れ量と、前記遮光パターンの膜厚との和を前記段差として採用することにより行われることを特徴とする請求項 1 に記載の露光用マスクの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、露光用マスクの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、半導体装置は微細化の一途を辿っており、デバイスパターンの最小寸法は90nmにまで到達するようになってきている。このように極めて微細なデバイスパターンを形成するには、露光工程において、ArFレーザのような短波長(193nm)の光を露光光として使用するだけでなく、露光用マスクの露光パターンから得られるデバイスパターンの寸法を厳格に管理する必要がある。

【0003】

露光用マスクには様々な種類があり、透明基板の上に単に遮光パターンを形成したものや、隣接する遮光パターン間で露光光の位相をだけ反転させて解像度を向上させた位相シフトマスク等がある。いずれの露光用マスクにおいても、デバイスパターンの微細化を更に推し進めるために、デバイスパターンの寸法を厳格に管理する必要がある。

10

【0004】

なお、特許文献1には、レベンソン型の露光用マスクにおいて、遮光膜に対する位相シフト膜の膜厚比を増加させるために遮光膜の膜厚を薄くする技術が開示されている。

【特許文献1】特開平8-15850号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明の目的は、デバイスパターンの寸法変動を容易に保証することができる露光用マスクの製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

20

【0006】

本発明の一観点によれば、透明基板上に形成された遮光膜をパターンニングして遮光パターンを形成するステップと、前記透明基板の表面から前記遮光パターンの上面までの段差を直接測定して、該段差の実測値を得るステップと、を有する露光用マスクの製造方法が提供される。

【0007】

上記した段差の測定は、工程数の増大等を招いたり、それを行う理由が無い場合、通常は行われない。しかし、本願発明者が行ったシミュレーションによると、その段差の変動がデバイスパターンの寸法変動に影響を与えることが明らかとなった。そのため、段差の実測値を得ることにより、デバイスパターンの寸法変動を保証することができるようになる。

30

【0008】

その保証方法は特に限定されないが、デバイスパターンの寸法変動量に許容幅を設定するステップと、デバイスパターンの寸法変動が上記許容幅に収まるように、上記の段差に公差を設けるステップと、段差の実測値と遮光パターンの設計膜厚との差が上記公差に収まるか否かにより、次の製造工程に進むか否かを判断するステップとを行うのが好ましい。

【0009】

これによれば、段差の実測値と遮光パターンの設計膜厚との差が上記公差に収まるか否かにより、デバイスパターンの寸法変動量が許容幅に収まるかどうかを判断することができ、それによりデバイスパターンの寸法を保証することが可能となる。

40

【0010】

また、上記した段差の公差は、遮光膜の設計膜厚に応じて設定されるのが好ましい。

【0011】

更に、段差に公差を設けるステップは、段差の変動量と、デバイスパターンの寸法変動量との関係を示すグラフを作製し、該グラフを参照しながら、デバイスパターンの寸法変動量が前記許容幅に収まるような段差の変動量を求め、該変動量を上記公差とするのが好ましい。

【0012】

段差を測定する方法は限定されないが、AFM(Atomic Force Microscope)装置、又は触針

50

式の段差測定装置を用いて段差を測定するのが好ましい。

【0013】

このうち、触針式の段差測定装置を用いる場合は、隣り合う遮光パターンの間隔が密だと、装置のプロブでパターン間の透明基板を走査するのが困難となる。そこで、この場合は、透明基板の周辺領域に孤立パターンを設け、その孤立パターンとその近傍の透明基板をプロブで走査し、その測定値を上記の実測値とするのが好ましい。これによれば、デバイスの微細化に対応するために遮光パターンを高密度に形成しても、孤立パターンにおける段差は容易に測定できるので、その段差を基にしてデバイスパターンの寸法変動を管理することが可能となる。

【0014】

また、本発明の別の観点によれば、透明基板と、前記透明基板上において、デバイスパターンを投影するデバイス領域に形成された遮光パターンと、前記透明基板上において、前記デバイス領域の周辺領域に形成された孤立パターンと、を有する露光用マスクが提供される。

10

【0015】

そして、本発明の更に別の観点によれば、透明基板の上に遮光パターンを形成してなる露光用マスクと、前記透明基板の表面から前記遮光パターンの上面までの段差の実測値が記載された検査成績表と、を有する露光用マスクの梱包体が提供される。

【0016】

上記の検査成績表に記載された段差の実測値は、段差を直接測定して得られたものなので、石英基板の全面に形成されて膜厚の実測が困難な遮光膜の設計膜厚で段差を代用する場合と比較して、段差を精度良く保証することが可能となる。

20

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、透明基板の表面から遮光パターンの上面までの段差を直接測定して該段差の実測値を得るので、その実測値を基にしてデバイスパターンの寸法変動を保証することができる。

【0018】

更に、上記の段差に公差を設け、段差の実測値と遮光パターンの設計膜厚との差がその公差に収まるか否かにより、デバイスパターンの寸法変動量が許容幅に収まるかどうかを判断することができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

以下に、本発明を実施するための最良の形態について、添付図面を参照しながら詳細に説明する。

【0020】

(1) 予備的事項の説明

本発明の実施の形態について説明する前に、本発明の予備的事項について説明する。

【0021】

図1(a)~(d)は、一般的に行われている露光用マスクの製造途中の断面図である。

40

【0022】

最初に、図1(a)に示す断面構造を得るまでの工程について説明する。

【0023】

まず、不図示のスパッタチャンバ内に石英基板(透明基板)1を入れ、そのチャンバ内で予め加熱されているステージ上に石英基板1を載せることにより、石英基板1を所定温度に加熱する。次いで、スパッタガスとしてAr(アルゴン)をスパッタチャンバ内に導入した後、ステージとCr(クロム)ターゲットとの間に直流電圧を印加し、スパッタリングにより石英基板1の上にクロム層2aを約73nmの厚さに形成する。

【0024】

50

引き続き、チャンバ内に O_2 （酸素）を供給し、Arと O_2 との混合ガスでCrターゲットをスパッタリングする。これにより、スパッタガス中の O_2 とターゲットのCrとが反応して気相中に酸化クロムが生成され、それにより石英基板1上に酸化クロム層2bが約30nmの厚さに形成される。このようなスパッタ法は、反応性スパッタ法とも呼ばれる。

【0025】

以上により、クロム層2aと酸化クロム層2bとで構成される厚さ約103nmの遮光膜2が形成されたことになる。その遮光膜2を構成する酸化クロム層2bは、完成後の露光用マスクにおいて、露光光の反射を防止する反射防止膜として機能する。

【0026】

また、遮光膜2を構成する材料は、クロムと酸化クロムに限定されず、金属、該金属の酸化物、窒化物、及び酸窒化物のいずれかの材料で遮光膜2を構成してもよい。

10

【0027】

そのような遮光膜2と石英基板1は、それらを合わせてブランク3を構成する。

【0028】

この後に、フォトレジスト4としてポジ型化学増幅型レジストを遮光膜2上に厚さ約400nmに塗布し、それをバークする。非化学増幅型レジストと比較して、ポジ型化学増幅型レジストは、酸発生剤の添加量が少ないため光透過性に優れているので、微細なパターンを形成するのに好適である。但し、パターンの微細化があまり要求されないデバイスに対しては、非化学増幅型レジストをフォトレジスト4として使用してもよい。更に、ネガ型化学増幅型レジストをフォトレジスト4として形成してもよい。

20

【0029】

ここまでの工程はブランク3の製造メーカーが行うものであり、現在市場に供給されているブランク3の遮光膜2の厚さは、最も薄いものでも上記の103nm程度である。そして、半導体装置の製造メーカーは、図1(a)のようにブランク3にフォトレジスト4が塗布されたものをブランクの製造メーカーから購入し、それに対して以下の工程を行うことになる。

【0030】

まず、図1(b)に示すように、フォトレジスト4を露光した後、そのフォトレジスト4に対してPEB(Post Exposure Bake)を行い、レジスト中の酸の発生を促進させる。その後、フォトレジスト4を現像してレジストパターン4aとする。

30

【0031】

続いて、図1(c)に示すように、レジストパターン4aをマスクとしながら、プラズマエッチングによって遮光膜2をエッチングして遮光パターン2cを形成する。

【0032】

このプラズマエッチングは、例えば図2に示されるICP(Inductively Coupled Plasma)プラズマエッチングチャンバを用いて行われる。このエッチングチャンバ20の内部には、石英基板1が載置される下部電極21が設けられており、その下部電極21には、第1高周波電源23によって、周波数が13.56MHzの高周波電力が印加される。更に、チャンバ20の外周には磁場を生成するためのコイル22が設けられる。そして、そのコイル22には、第2高周波電源24によって、周波数が2MHzの高周波電力が印加される。

40

【0033】

また、チャンバ20の上面にはガス供給口20aが設けられており、エッチングガスとなる O_2 と Cl_2 との混合ガスが、このガス供給口20aからチャンバ20内に導入される。

【0034】

このようなエッチングチャンバ20では、下部電極21に印加される高周波電力のパワーを高めることで、エッチング雰囲気中のプラズマが透明基板1に向かって垂直に引き込まれ、エッチングの異方性を高めることができる。

【0035】

また、チャンバ20内でのエッチング速度は、石英基板1の面内において均一ではなく、通常は石英基板1の中心付近と周縁とで異なる値となる。そこで、このエッチングでは

50

、最もエッチング速度が遅い部分に合わせて、全体的にオーバーエッチング気味になるようにエッチング時間が設定される。その結果、図1(c)の点線円内に示すように、遮光膜2cの間に露出する石英基板1の表面1aがプラズマによって僅かに削れることになる。その削れ量は、典型的には10nmよりも小さい。

【0036】

次に、図1(d)に示すように、レジストパターン4aを酸素でアッシングして除去する。但し、プラズマエッチングによって変質した部分のレジストパターン4aはアッシングによって除去されないので、アッシングの後に、ウエット処理によって全てのレジストパターン4aを完全に除去するのが好ましい。

【0037】

以上により、露光用マスク5の基本構造が完成したことになる。

【0038】

この後は、この露光用マスク5を用いた半導体装置の製造工程に移る。

【0039】

図3は、露光用マスク5が使用されるステップ6の構成図であり、図4(a)~(d)は、このステップ6を用いるフォトリソグラフィ工程の工程断面図である。

【0040】

まず、図3に示すように、ステップ6にこの露光用マスク5をセットし、光源7から発せられるArFレーザ光等の露光光を露光用マスク5に通し、ステージ8に載置されたシリコンウエハW上に遮光パターンを露光する。その露光パターンは、レンズ9によって、遮光パターン2cを所定の縮小倍率、例えば1/4の縮小倍率で縮小したパターンである。また、露光光の光束は、照明絞り15によって整形される。

【0041】

そのシリコンウエハWの上には、図4(a)に示されるように、ゲート絶縁膜となる熱酸化膜10と、ゲート電極となるポリシリコン層11とが順に形成されており、更にその上にポリシリコン層11をパターニングするためのフォトレジスト12が形成されている。

【0042】

そして、上記のように露光を行った結果、フォトレジスト12が露光して、感光部12aと未感光部12bとがフォトレジスト12に形成されることになる。

【0043】

その後、図4(b)に示すように、フォトレジスト12を現像することにより感光部12aを除去し、未感光部12bよりなるレジストパターン12cをポリシリコン層11の上に形成する。

【0044】

次いで、図4(c)に示すように、このレジストパターン12cをエッチングマスクとして使用しながら、ポリシリコン層11をエッチングすることにより、デバイスパターン11aとしてポリシリコンよりなるゲート電極を形成する。

【0045】

上記では、デバイスパターン11aの一例としてゲート電極を挙げたが、デバイスパターンはこれに限定されない。本明細書で言うデバイスパターンとは、レジストパターンをエッチングマスクにしてパターニングされた膜のことを言い、ゲート電極の他に、溝やホールが形成された層間絶縁膜、及び金属配線等もある。

【0046】

次に、図4(d)に示すように、酸素アッシングとウエット処理によってレジストパターン12cを除去する。この後は、洗浄工程等に移るが、その詳細については省略する。

【0047】

上記した露光用マスクの製造方法では、図1(c)で説明したように、エッチングチャンバ20の下部電極21にパワーの大きな高周波電力を印加することで、遮光膜2のエッチング異方性を高めている。

10

20

30

40

50

【0048】

しかし、エッチング異方性を高めようとして、上記の高周波電力のパワーを大きくし過ぎると、エッチング雰囲気中のプラズマが高い運動エネルギーを持つようになり、そのプラズマによってレジストパターン4aが膜減りを起こしてしまい、最悪の場合には、遮光膜2のエッチングが終了する前にレジストパターン4aが消失してしまう。

【0049】

このような不都合を解消するために、一般的には、下部電極21へ印加される高周波電力のパワーを弱め、レジストパターン4aが受けるダメージを低減するようにしている。

【0050】

ところが、これでは、エッチング雰囲気中のプラズマの運動方向のうち、透明基板1の横方向への運動成分が大きくなるので、エッチング異方性が小さくなり、図1(c)に示すように、エッチングによって遮光パターン2cの側面が大きく後退してしまう。その後退量Eは、エッチングバイアスとも呼ばれる。

10

【0051】

そのエッチングバイアスEが大きいと、遮光パターン2cの平面形状がレジストパターン4aのそれに追従しなくなるので、設計したとおりの形状の遮光パターン2cを得るのが困難となると共に、遮光パターン2cの寸法精度が悪化する。

【0052】

そこで、エッチング後にもレジストパターン4aを残存させ、且つエッチングバイアスを縮小させる方法として、遮光膜2の厚さを現行の103nmよりも更に薄くすることが考えられる。このようにすると、エッチングバイアスを縮小するために下部電極21に印加する高周波電力のパワーを高めても、遮光膜2の厚さが薄いため、そのエッチングが短時間に終了するので、エッチング中にレジストパターン4aが消失することが無い。

20

【0053】

但し、このように遮光膜2の厚さを現行よりも薄くすると、いままで発見されていなかった現象が起き、それによって新たな不都合が起きる恐れがある。

【0054】

この点に鑑み、本願発明者は次のような光強度シミュレーションを行った。

【0055】

この光強度シミュレーションでは、露光用マスク5に仮想的に露光光を透過させ、遮光パターン2cの像から得られたデバイスパターン11a(図4(d)参照)の線幅(寸法)CDが算出された。そして、その光強度シミュレーションでは、露光用マスク5のモデルとして、表1に示すモデル1~3が想定された。

30

【0056】

【表1】

	クロム層2aの膜厚t、 屈折率n、吸収係数k	酸化クロム層2bの膜厚t、 屈折率n、吸収係数k	遮光パターン2cの設計膜厚To
サンプル1	t=73nm, n=1.477, k=1.762	t=30nm, n=1.939, k=0.941	To=103nm
サンプル2	t=55nm, n=1.477, k=1.762	t=18nm, n=1.965, k=1.201	To=73nm
サンプル3	t=39nm, n=1.477, k=1.762	t=20nm, n=1.871, k=1.130	To=59nm

40

表1に示すように、各モデル1~3では、遮光パターン2cの設計膜厚を変えている。

【0057】

また、各モデル1~3の光学定数(屈折率n、及び吸収係数k)は、各モデル1~3の透過率と反射率の実測値から算出された値を用いた。そして、遮光パターン2cの平面形状としては、図5に示すように、ライン(L)とスペース(S)が共に560nmのラインアンドスペースを採用した。更に、露光条件としては、露光波長193nm(ArF)、開口数(NA)0.7、照明絞り()0.7を採用した。

【0058】

そして、上記のような遮光パターン2cの設計膜厚を変動させ、それによりデバイスパ

50

ターン 1 1 a の線幅 CD にどのような影響が見られるかをシミュレーションしたところ、図 6 に示される結果が得られた。

【 0 0 5 9 】

図 6 の横軸は、表 1 に示した各モデル 1 ~ 3 の遮光パターン 2 c の設計膜厚を中心にして、その膜厚を増減させた変動量であり、+ の記号は膜厚を増やしたことを示し、- の記号は膜厚を減らしたことを示す。一方、縦軸は、遮光パターン 2 c の膜厚を変動させた場合の、遮光パターン 2 c の投影像から得られたデバイスパターン 1 1 a の線幅 CD の変動量を示す。

【 0 0 6 0 】

図 6 の結果から、二つの現象が発生しているのが理解される。

10

【 0 0 6 1 】

第 1 の現象は、遮光パターン 2 c の投影像から得られるデバイスパターン 1 1 a の線幅変動が、遮光パターン 2 c の膜厚変動に依存するということであり、この現象は遮光パターン 2 a の設計膜厚 ($t_0=103\text{nm}$ 、 73nm 、 58nm) に関係なく発生する。但し、この設計膜厚 t_0 とは、 blanks メーカーが保証する遮光膜 2 の膜厚のことを言う。また、 blanks メーカーに頼らずに、半導体工場の中で遮光膜 2 を形成する場合には、設計膜厚 t_0 とはデポレート等によって間接的に保証された遮光膜 2 の膜厚のことを言う。

【 0 0 6 2 】

第 2 の現象は、遮光パターン 2 c の膜厚を薄くするにつれ、図 6 のグラフの傾きが増大し、遮光パターン 2 c の膜厚変動がデバイスパターン 1 1 a の線幅変動に与える影響が大きくなるということである。

20

【 0 0 6 3 】

このシミュレーションでは、遮光パターン 2 c の設計膜厚をパラメータとして採用したが、実際の露光用マスク 5 では、図 1 (c) の点線円内に示したように、プラズマエッチングによって石英基板 1 の表面 1 a も若干削れる。そのため、石英基板 1 a の削れ量と遮光パターン 2 c の膜厚とを合わせた段差 H が変動することによっても、上記の第 1、第 2 の現象は発生する。

【 0 0 6 4 】

このように新たに見出された現象に基づき、本願発明者は、以下のような本発明の実施形態に想到した。

30

【 0 0 6 5 】

(2) 第 1 実施形態

次に、本発明の第 1 実施形態に係る露光用マスクの製造方法について説明する。

【 0 0 6 6 】

図 7 は、本実施形態に係る露光用マスクの製造方法を示すフローチャートであり、図 8 は、本実施形態で作成された露光用マスクの断面図である。図 8 において、図 1 (d) で既に説明した要素には図 1 (d) と同じ符号を付し、以下ではその説明を省略する。また、図 9 は、本実施形態で使用される、段差変動量 - デバイスパターンの線幅 (CD) 変動量グラフである。

【 0 0 6 7 】

図 7 に示す全てのステップ S 1 ~ S 8 は、試験用の露光用マスクだけでなく、全ての露光用マスク 5 に対して行われる。

40

【 0 0 6 8 】

そのステップ S 1 では、既述の図 1 (a) ~ (d) に従うことにより、図 8 に示す露光用マスク 5 を作製する。本実施形態では、露光用マスク 5 を構成する石英基板 1 として、平面サイズが $152.4\text{mm} \times 152.4\text{mm}$ で厚さが 6.35mm のものを使用する。

【 0 0 6 9 】

また、遮光パターン 2 c の膜厚も特に限定されず、現行の 103nm 程度の膜厚であってもよいし、或いはそれより厚くてもよい。但し、その膜厚を 50nm 以上 110nm 以下にするのが好適である。膜厚の下限を 50nm としたのは、遮光パターン 2 c の膜厚均一性等が

50

維持される最小の厚さが50nm程度であることによる。また、膜厚の上限を110nmとしたのは、膜厚がこれよりも厚いと、既述のエッチングバイアスE(図1(c)参照)が大きくなり、遮光パターン2cの寸法精度が悪化するためである。

【0070】

本実施形態では、エッチングバイアスEを小さくして遮光パターン2cの寸法精度を向上させるため、遮光パターン2cの設計膜厚として、現行の103nmよりも薄い73nmを採用する。

【0071】

但し、その設計膜厚は、ブランクスメーカーが保証する遮光膜2(図1(a)参照)の膜厚であり、通常は基板面内で数nm程度の誤差がある。この誤差が発生する理由は、メーカーからブランク3が出荷される際、遮光膜2が石英基板1の全面に形成され、膜厚の基準点となる石英基板1の表面が遮光膜2で覆われてしまっているため、その設計膜厚を直接的に測定する手段が無いためである。従って、ブランクスメーカーからではなく、半導体工場内でブランク3を製造する場合にも、上記した遮光膜2の膜厚誤差が発生することになる。

10

【0072】

また、遮光パターン2c(図8参照)を形成する際のプラズマエッチングでは、既述のように石英基板1の表面1aが削れるので、表面1aから遮光パターン2cの上面2dまでの段差Hは、遮光パターン2cの厚さよりも僅かに大きくなる。

【0073】

その後、図7のステップS2に移行し、デバイスパターン11a(図4(d)参照)の線幅CDの変動量に許容幅CDを設定する。その許容幅CDは、線幅CDが設計線幅からどの程度変動しても良いかを示す指標であって、その設定の仕方は特に限定されず、デバイスのデザインルール、品種、或いはプロセスに応じて適切な仕方で設定すればよい。

20

【0074】

本実施形態では、上記の許容幅CDの上限値を+1nm、下限値を-1nmとすることで、CDを2nm(=+1nm-(-1nm))とする。

【0075】

次に、ステップS3に移行し、図9に示す段差変動量-デバイスパターンの線幅(CD)変動量グラフ30を参照する。なお、このグラフ30は、遮光パターン2cの設計膜厚 t_0 毎に複数用意されるが、図9ではそのうちの $t_0 = 73$ nmのグラフのみが示されている。そして、本ステップでは、複数のグラフ30のうち、遮光パターン2cの設計膜厚である73nmと等しいものを参照する。

30

【0076】

グラフ30は、既述の図6と同じようにシミュレーションによって作製してもよいし、実際に実験を行って作製してもよい。また、このグラフ30は、横軸として段差Hの変動量を採用しているため、エッチングによる基板の削れを考慮せずに遮光パターン2cの膜厚変動量だけを採用する図6と比較して、縦軸の線幅(CD)変動の精度が向上されている。

【0077】

また、図6で説明したように、グラフの傾きは、遮光パターン2cの厚さが薄くなるにつれ大きくなる。

40

【0078】

そして、このグラフ30を参照しながら、デバイスパターン11aの線幅変動が上記の許容幅CDに収まるように、段差Hに公差Hを設ける。グラフ30は単調増加なので、公差Hの上限と下限は、グラフ30によって許容幅CDの上限と下限を横軸に移した値となる。今の場合、CDの上限と下限がそれぞれ+1nm、-1nmなので、公差Hの上限と下限はそれぞれ+2.7nm、-2.7nmとなり、 $H = 5.4$ nm(=+2.7nm-(-2.7nm))となる。

【0079】

50

また、その公差 H は、遮光パターン 2 c の設計膜厚 t_0 に応じて設定されるのが好ましい。

【0080】

次に、図 7 のステップ S 4 に移行し、図 8 に示した露光用マスク 5 を AFM (Atomic Force Microscope) 装置内に入れ、石英基板 1 の表面 1 a から遮光パターン 2 c の上面 2 d までの段差 H を直接測定して、該段差 H の実測値を得る。

【0081】

ブランクスのベタ状の遮光膜 2 と異なり、遮光パターン 2 c では、それらの間に段差 H の基準点となる石英基板 1 の表面 1 a が露出しているため、段差 H を直接かつ正確に測定することが可能となる。

【0082】

なお、誤差 H の実測値を得るための測定装置としては、AFM 装置の他に、触針式の段差測定装置もある。

【0083】

段差 H の測定ポイントとその数は特に限定されない。但し、遮光パターン 2 c の膜厚やそれを形成するときのエッチングの不均一性により、段差 H が基板の場所によって異なる値になっており、一箇所だけ段差 H を測定したのでは、測定値の統計的な信頼性に不安がある。

【0084】

そこで、本実施形態では、図 10 の平面図に示すように、露光用マスク 5 の面内 9 点で測定を行うことにする。図 11 は、AFM 装置により実際に測定された段差 H の実測値を示すグラフであり、この例では、段差 H の均一性 (uniformity) は約 1.1 nm となっている。

【0085】

続いて、図 7 のステップ S 5 に移行し、上記の面内 9 点の全てにおいて、段差 H の実測値と遮光パターン 2 c の設計膜厚 (73 nm) との差 H_a を算出する。

【0086】

次いで、ステップ S 6 に移行し、上記の面内 9 点の全てにおいて、ステップ S 5 で算出した差 H_a が、ステップ S 3 で設定した公差 H (図 9 参照) に収まるか否かを判断する。その判断の結果、面内 9 点のうち少なくとも一点において差 H_a が公差 H に収まらない場合 (N0) は、その一点においてデバイスパターンの線幅 CD が許容幅 CD を越えて変動し、デバイスが不良となる危険性がある。

【0087】

そこで、この場合は、次の製造工程に進まずに、ステップ S 7 に移行して露光用マスク 5 を廃棄処分し、その後ステップ S 1 に戻って露光用マスク 5 を再度作製する。

【0088】

一方、ステップ S 6 において、面内 9 点の全てにおいて差 H_a が公差 H に収まっている場合 (YES) は、デバイスパターンの線幅 CD の変動幅を許容幅 CD 内に収めることができ、設計通りの特性のデバイスを作製することができるので、次の製造工程に進むと判断し、ステップ S 8 に移行する。

【0089】

図 11 の例では、差 H_a の最大値が約 1.0 nm であり、公差 5.4 nm に収まっているので、ステップ 8 に移行することができる。

【0090】

そのステップ S 8 では、例えば遮光パターン 2 c の線幅を測定し、その線幅が設計通りになっているかどうかを確認される。

【0091】

以上により、本実施形態に係る露光用マスク 5 の製造方法の主要ステップが終了したことになる。

【0092】

上記した本実施形態によれば、工程数が増えるとして通常は測定されない段差 H を実測

10

20

30

40

50

し、その実測値と遮光パターン2cの設計膜厚との差 H_a が、グラフ30から定まる段差Hの公差 H に収まるか否かを判断する。そして、その判断の結果に基づき、遮光パターン2cの投影像から得られるデバイスパターン11aの線幅CDの変動が、許容幅 CD内に収まるか否かが判断される。

【0093】

そのグラフ30は、遮光パターン2cの設計膜厚 t_0 が薄くなるほどその傾きが大きくなるので、許容幅 CDから決まる段差Hの公差 H は、遮光パターン2cの設計膜厚 t_0 が薄いほど狭くなり、段差Hを厳しく管理することが必要となる。

【0094】

現行の103nmの厚さの遮光パターン2cでは、ブランクスメーカーが保証する遮光膜の膜厚変動量が面内で約 ± 5 nmであるが、実際にはそれよりも少なく約 ± 2.0 nmとなっている。但し、既述したプラズマエッチングによる基板1の削れ(約1~3nm)も考慮すると、現行のマスク5では段差Hの変動量は ± 5 nmになると予測される。

【0095】

そして、図6で説明したグラフの横軸を上記の段差Hの変動量に読み替えると、線幅CDの変動量の許容幅 CDを本実施形態と同様に ± 1 nmの範囲内に収めるには、段差Hの公差 H を ± 5 nmにすればよい。従って、現行の103nmの厚さの遮光パターン2cでは、線幅CDの変動量が許容幅 CD内に自動的に収まり、本実施形態のように段差Hを実測する必要性が少ない。

【0096】

ところが、遮光パターン2cの設計膜厚として現行よりも薄い膜厚、例えば58nmの膜厚を採用する場合には、図6から段差Hの公差 H を ± 1.3 nmとする必要があり、ブランクスメーカーが保証する遮光膜の膜厚変動量よりも厳しくなる。

【0097】

そのため、このように膜厚が現行よりも薄い遮光パターン2cを採用する場合には、本実施形態を適用することにより、デバイスパターンの線幅変動が許容幅CD内に保証された露光用マスク5を提供することが可能となり、特に最先端のフォトリソグラフィにおいて、微細なデバイスパターンの寸法精度を向上させることが可能となる。

【0098】

(3) 第2実施形態

次に、本発明の第2実施形態に係る露光用マスクについて説明する。

【0099】

図13は、本実施形態に係る露光用マスクの平面図である。

【0100】

第1実施形態では、図7のステップS7において、AFM装置を用いて段差Hの実測値を得た。これに対し、本実施形態では、触針式の段差測定装置により段差Hを測定するのに好適な露光用マスク5について説明する。

【0101】

図12は、触針式の段差測定装置で段差Hを測定する場合の断面図である。

【0102】

同図に示されるように、この装置では、石英基板1や遮光パターン2cの表面にプローブ40の先端を当接させ、この状態でプローブ40を一方向に走査し、走査面の凹凸に応じたプローブ40の上下方向の移動量から、表面の段差を算出している。

【0103】

ところが、隣り合う遮光パターン2c同士の間隔がプローブ40の直径Rよりも小さいと、遮光パターン2cの間にプローブ40が入り込めなくなり、段差を測定できない恐れがある。

【0104】

特に、微細なデザインルールに対応した露光用マスク5では、遮光パターン2c同士の間隔が詰まるため、上記の理由によって段差Hを正確に測定するのが困難となる。

10

20

30

40

50

【0105】

そこで、本実施形態では、図13の平面図のような露光用マスク5を作成する。

【0106】

この露光用マスク5は、平面的にはデバイス用のパターンを投影するデバイス領域Aと、その周囲の周辺領域Bとに大別される。そして、デバイス領域Aには、既述の遮光パターン2cが形成されており、周辺領域Bには孤立パターン2eが形成される。

【0107】

この孤立パターン2eは、遮光パターン2cと同時に同じプロセスで形成されるものであり、周辺領域Bにおいて孤立して設けられる。

【0108】

そして、図7のステップS7において、触針式の段差測定装置を用いて、この孤立パターン2eの上面と、石英基板1の表面との段差Hを測定する。

【0109】

これによれば、段差測定装置のプロブ40を走査するとき、プロブ40の先端が石英基板1の表面に確実に当接するので、デバイス領域Aの遮光パターン2cを直接測定する場合と比較して、上記の段差Hをより正確に測定することが可能となる。

【0110】

(4)第3実施形態

図14は、本実施形態に係る露光用マスクの梱包体の斜視図である。

【0111】

この露光用マスク梱包体50は、第1～第2実施形態で作製した露光用マスク5をプラスチック製の梱包箱52内に収容してなり、運搬時には、梱包箱52に蓋54が被せられる。

【0112】

更に、この梱包体50には、第1～第2実施形態で説明したような、透明基板1の表面から遮光パターン2cの上面までの段差Hの実測値が記載された検査成績表53が付属している。その実測値は、図7のステップS4で測定されたものであり、段差Hを直接測定して得られたものなので、ブランクスメーカーが保証する遮光膜2の設計膜厚で段差Hを代用する場合と比較して、段差Hを精度良く保証することが可能となる。

【0113】

以上、本発明の実施の形態について詳細に説明したが、本発明は上記実施形態に限定されない。上記実施形態では、石英基板1の上に遮光パターン2cを設けただけの露光マスク5について説明したが、本発明は位相シフトマスクにも適用することができる。

【0114】

以下に、本発明の特徴を付記する。

【0115】

(付記1) 透明基板上に形成された遮光膜をパターンニングして遮光パターンを形成するステップと、

前記透明基板の表面から前記遮光パターンの上面までの段差を直接測定して、該段差の実測値を得るステップと、

を有することを特徴とする露光用マスクの製造方法。

【0116】

(付記2) デバイスパターンの寸法変動量に許容幅を設定するステップと、

前記デバイスパターンの寸法変動が前記許容幅に収まるように、前記段差に公差を設けるステップと、

前記段差の実測値と前記遮光パターンの設計膜厚との差が前記公差に収まるか否かにより、次の製造工程に進むか否かを判断するステップと、を有することを特徴とする付記1に記載の露光用マスクの製造方法。

【0117】

(付記3) 前記段差の公差を、前記遮光パターンの設計膜厚に応じて設定することを

10

20

30

40

50

特徴とする付記 2 に記載の露光用マスクの製造方法。

【0118】

(付記 4) 前記段差に公差を設けるステップは、

前記段差の変動量と、前記デバイスパターンの寸法変動量との関係を示すグラフを作製し、該グラフを参照しながら、前記デバイスパターンの寸法変動量が前記許容幅に収まるような前記段差の変動量を求め、該変動量を前記公差とすることにより行われることを特徴とする付記 2 に記載の露光用マスクの製造方法。

【0119】

(付記 5) 前記グラフを、前記遮光膜の設定膜厚毎に作製することを特徴とする付記 4 に記載の露光用マスクの製造方法。

【0120】

(付記 6) 前記段差の実測値を得るステップは、AFM(Atomic Force Microscope)装置、又は触針式の段差測定装置を用いて行われることを特徴とする付記 1 に記載の露光用マスクの製造方法。

【0121】

(付記 7) 前記遮光パターンを形成するステップでは、前記透明基板上において、デバイスパターンを投影するデバイス領域に前記遮光パターンを形成すると同時に、前記透明基板上において、前記デバイス領域の周辺領域に孤立パターンを形成し、

前記段差の実測値を得るステップでは、該実測値として、触針式の段差測定装置で測定された前記透明基板の表面から前記孤立パターンの上面までの段差を採用することを特徴とする付記 1 に記載の露光マスクの製造方法。

【0122】

(付記 8) 前記遮光パターンを形成するステップは、前記遮光膜の上にレジストパターンを形成し、該レジストパターンをマスクにして前記遮光膜をプラズマエッチングすることにより行われ、

前記段差の実測値を得るステップは、前記プラズマエッチングによって削れた前記透明基板の削れ量と、前記遮光パターンの膜厚との和を前記段差として採用することにより行われることを特徴とする付記 1 に記載の露光用マスクの製造方法。

【0123】

(付記 9) 前記遮光膜を構成する材料として、金属、該金属の酸化物、窒化物、及び酸窒化物のいずれかの材料を採用することを特徴とする付記 1 に記載の露光用マスクの製造方法。

【0124】

(付記 10) 前記金属としてクロムを採用することを特徴とする付記 9 に記載の露光用マスクの製造方法。

【0125】

(付記 11) 前記遮光膜の厚さを 50 nm 以上 110 nm 以下とすることを特徴とする付記 1 に記載の露光用マスクの製造方法。

【0126】

(付記 12) 透明基板と、

前記透明基板上において、デバイスパターンを投影するデバイス領域に形成された遮光パターンと、

前記透明基板上において、前記デバイス領域の周辺領域に形成された孤立パターンと、を有することを特徴とする露光用マスク。

【0127】

(付記 13) 透明基板の上に遮光パターンを形成してなる露光用マスクと、

前記透明基板の表面から前記遮光パターンの上面までの段差の実測値が記載された検査成績表と、

を有することを特徴とする露光用マスクの梱包体。

【0128】

10

20

30

40

50

(付記14) 前記段差は、前記遮光パターンの膜厚と、プラズマエッチングによるパターンニングで前記遮光パターンを形成するときに削れた前記透明基板の削れ量との和であることを特徴とする付記13に記載の露光用マスクの梱包体。

【0129】

(付記15) 前記削れ量は10nmよりも小さいことを特徴とする付記14に記載の露光用マスクの梱包体。

【図面の簡単な説明】

【0130】

【図1】図1(a)~(d)は、本発明の実施形態において、一般的に行われている露光用マスクの製造方法を説明するための断面図である。

【図2】図2は、本発明の実施形態において使用されるエッチングチャンバの断面図である。

【図3】図3は、本発明の実施形態で作製された露光用マスクがセットされるステップ6の構成図である。

【図4】図4(a)~(d)は、本発明の実施形態の露光用マスクを使用して行われる半導体装置の製造工程の工程断面図である。

【図5】図5は、本発明の実施形態の光強度シミュレーションで使用された露光用マスクのモデルの平面図である。

【図6】図6は、本発明の実施形態において、遮光パターンの設計膜厚を変動させ、それによりデバイスパターンの線幅にどのような影響が見られるかをシミュレーションして得られたグラフである。

【図7】図7は、本発明の第1実施形態に係る露光用マスクの製造方法を示すフローチャートである。

【図8】図8は、本発明の第1実施形態で作製される露光用マスクの断面図である。

【図9】図9は、本発明の第1実施形態で使用される段差変動量-デバイスパターンの線幅変動量グラフである。

【図10】図10は、本発明の第1実施形態において、露光用マスクの段差Hの測定ポイントを示す平面図である。

【図11】図11は、本発明の第1実施形態において、AFM装置により実際に測定された段差Hの実測値を示すグラフである。

【図12】図12は、本発明の第2実施形態において、触針式の段差測定装置で段差Hを測定する場合の断面図である。

【図13】図13は、本発明の第2実施形態に係る露光用マスクの平面図である。

【図14】図14は、本発明の第3実施形態に係る露光用マスクの梱包体の斜視図である。

【符号の説明】

【0131】

1...石英基板、2...遮光膜、2a...クロム層、2b...酸化クロム層、3... blanks、4、12...フォトリソ、4a、12c...レジストパターン、2c...遮光パターン、5...露光用マスク、6...ステップ、7...光源、8...ステージ、9...レンズ、10...熱酸化膜、11...ポリシリコン層、11a...ゲート電極(デバイスパターン)、12a...感光部、12b...未感光部、15...照明絞、20...エッチングチャンバ、20a...ガス供給口、21...下部電極、22...コイル、23...第1高周波電源、24...第2高周波電源、30...段差変動量-デバイスパターンの線幅(CD)変動量グラフ、40...プローブ、50...露光用マスク梱包体、52...箱、53...検査成績表、54...蓋。

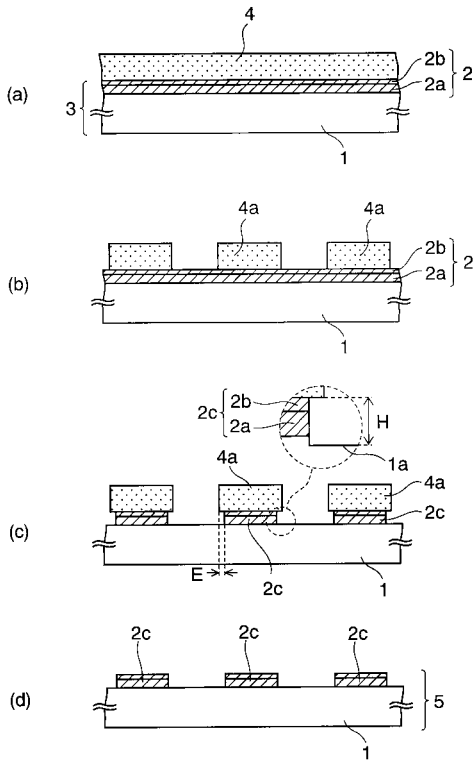
10

20

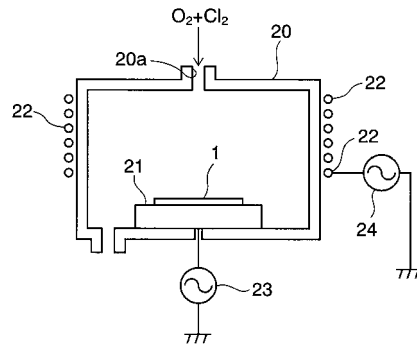
30

40

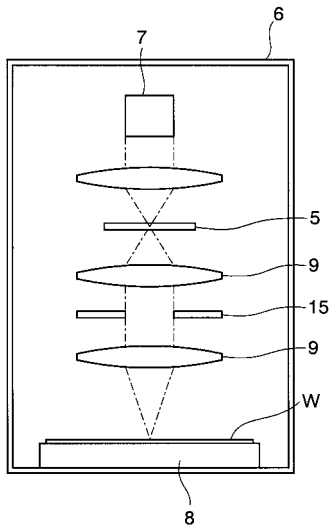
【 図 1 】



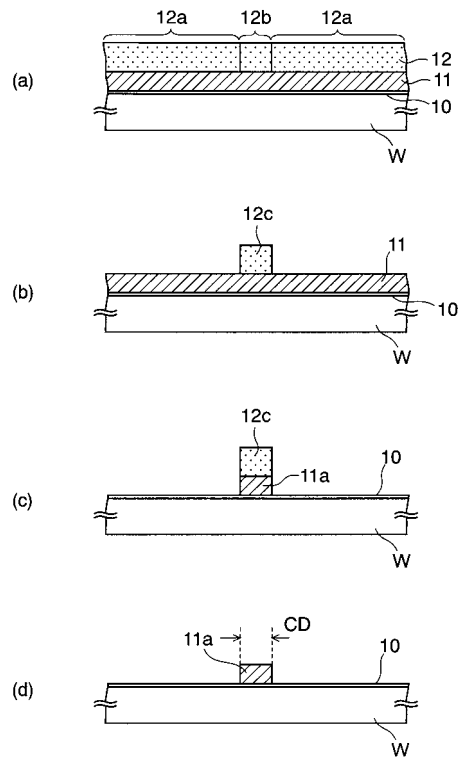
【 図 2 】



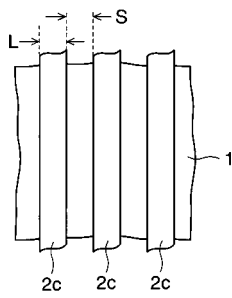
【 図 3 】



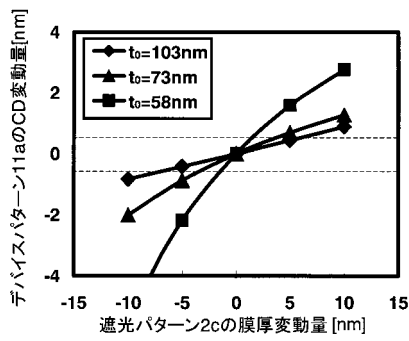
【 図 4 】



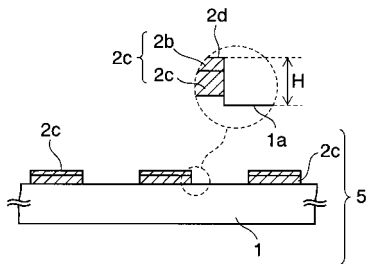
【 図 5 】



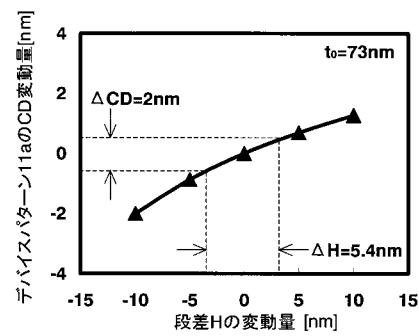
【 図 6 】



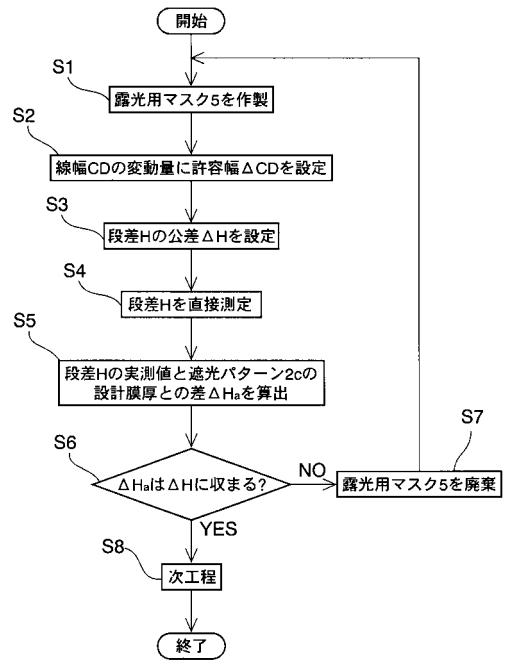
【 図 8 】



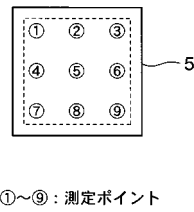
【 図 9 】



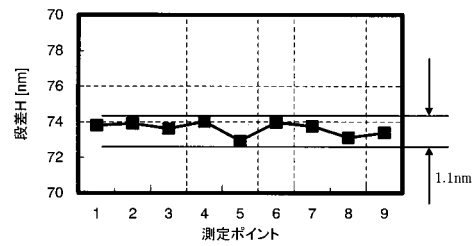
【 図 7 】



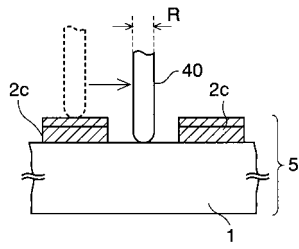
【 図 10 】



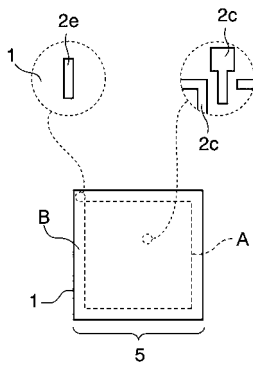
【 図 11 】



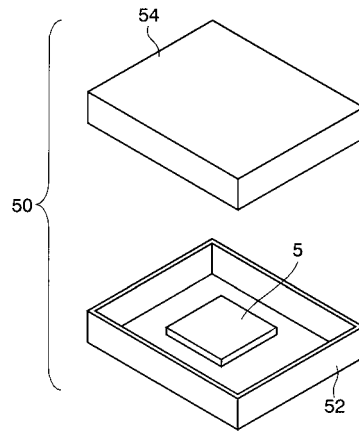
【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



-検査成績表-
段差実測値:
※※nm

53