

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4232018号  
(P4232018)

(45) 発行日 平成21年3月4日(2009.3.4)

(24) 登録日 平成20年12月19日(2008.12.19)

(51) Int.Cl. F I  
**GO3F 1/14 (2006.01)** GO3F 1/14 A  
**HO1L 21/027 (2006.01)** HO1L 21/30 5O2P

請求項の数 3 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2003-280464 (P2003-280464)	(73) 特許権者	000002060 信越化学工業株式会社 東京都千代田区大手町二丁目6番1号
(22) 出願日	平成15年7月25日(2003.7.25)	(73) 特許権者	000004112 株式会社ニコン 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(65) 公開番号	特開2005-43837 (P2005-43837A)	(74) 代理人	100079304 弁理士 小島 隆司
(43) 公開日	平成17年2月17日(2005.2.17)	(74) 代理人	100114513 弁理士 重松 沙織
審査請求日	平成17年4月18日(2005.4.18)	(74) 代理人	100120721 弁理士 小林 克成

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フォトマスクブランク用基板の選定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

フォトマスクブランク用基板の上面に、少なくとも遮光膜若しくは位相シフト膜を含む1層又は2層以上の膜を成膜してフォトマスクブランクを作製し、上記膜をパターン形成してフォトマスクを作製し、これを露光装置に固定した場合について、上記基板に対し、膜成膜前から膜パターンを形成した基板を、露光装置に固定したときのフォトマスクの該露光装置のチャック位置に対応して変化する上面形状をシミュレーションし、上記露光装置への固定時において平坦な上面形状を与える変化前の基板の上面形状を決定して、この上面形状を有する基板を良好な基板として選定することを特徴とするフォトマスクブランク用基板の選定方法。

【請求項2】

フォトマスクブランク用基板の上面に、少なくとも遮光膜若しくは位相シフト膜を含む1層又は2層以上の膜を成膜してフォトマスクブランクを作製し、上記膜をパターン形成してフォトマスクを作製し、これを露光装置に固定した場合について、上記基板に対し、膜成膜前から膜パターンを形成した基板を、露光装置に固定したときのフォトマスクの該露光装置のチャック位置を含む、上記基板の上面の外周縁をなす辺のうち対向する1対の2辺の内側2mmと10mmとの間で、かつ長さ方向両端から2mmの部分を含み、かつ長さ方向両端から2mmの部分を除いた範囲にある1対の帯状領域の形状、又は上記基板の上面のマスクパターンを形成する上面の外周縁をなす各々の辺の内側2mmと10mmとの間の四角リング形状領域の形状に対応して変化する上面形状をシミュレーションし、上記露光装置への固定時において平坦な

上面形状を与える変化前の基板の上面形状を決定して、この上面形状を有する基板を良好な基板として選定することを特徴とするフォトマスクブランク用基板の選定方法。

【請求項3】

上記基板上面のパターン形成領域において、上記露光装置への固定時に与えられる上面形状が、上記基板上面のパターン形成領域の最小自乗平面から上記パターン形成領域への高さの最大値と最小値との差が $0.5\mu\text{m}$ 以下である場合の変化前の基板の上面形状を上記露光装置への固定時に平坦な上面形状とすることを特徴とする請求項1又は2記載のフォトマスクブランク用基板の選定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、半導体デバイス製造等におけるフォトリソグラフィ工程で用いられるフォトマスクの素材となるフォトマスクブランクに用いる基板の選定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体デバイスの高集積化が進むにつれ、フォトリソグラフィ工程での微細化に対する要求が高まっており、既にデバイスの設計ルールは $0.11\mu\text{m}$ にまで微細化し、パターン寸法精度の要求は $10\text{nm}$ 以下にまで達している。その結果、半導体製造プロセスに用いられているフォトリソグラフィ工程での加工精度に多くの課題が生じてきた。

【0003】

20

それら課題のひとつは、パターン形成工程の高精度化にかかわる要因のひとつであるリソグラフィ工程に用いられるフォトマスクの平坦度である。微細化に伴い、レジストが許容する焦点深度はより浅くなってきており、焦点ずれの原因のひとつとなる基板の平坦度が無視できなくなってきた。

【0004】

リソグラフィにおける焦点ずれを軽減するためには、ウェハー露光時に、露光パターンを許容される誤差内で所定の位置と幅で描画できる程度に、原画に当たるマスクパターンを正確に位置させる必要がある。即ち、理想的には、極めて良好な平坦性をもった基板上に遮光膜パターンや位相シフト膜パターン等が形成されていることが望まれる。しかし、フォトマスクをウェハー露光装置内に装着した際に、特開2003-50458号公報(特許文献1)に開示されているように、ウェハー露光装置のマスクステージにフォトマスクを真空チャックによりチャックすることにより、フォトマスクを真空チャックする部分の表面形状に依存してフォトマスクの全体の表面形状が大きく変形してしまう場合がある。

30

【0005】

ところで、フォトマスクは、一般に、透明な基板上に遮光膜、半透明膜、位相シフト膜等を単独又は組み合わせて成膜したフォトマスクブランクを作製し、この上にレジストを塗布してリソグラフィによりレジスト膜を加工し、更にレジスト膜をエッチングマスクとしてマスクパターンを形成した後にレジスト膜を剥離することによって得られる。

【0006】

40

フォトマスクはこのように長い加工工程を経て得られるが、出発材料である透明基板は、合成石英インゴットをスライスした後、表面を研磨して作られる。従来、この表面研磨は、表面の欠陥を低減するか、又は基板表面を如何にして反りが小さく平坦なものにするかという点のみを考慮して研磨するものであった。そのため、ウェハー基板上に描画するパターンの更なる微細化に対応するために、フォトマスク基板の表面形状をどのようにすればよいか、即ち、フォトマスクを真空チャックしたときの形状を考慮してフォトマスクを真空チャックする部分の表面形状を具体的にどのような形状にすればよいか、また、そのような表面形状をどのような方法で形成すれば、歩留まりよく目的とする表面形状を有する基板を製造することができるか、更には、基板自体の又は基板に起因するフォトマスクの不良の発生をどのように抑制するかについては全く知られていなかった。

50

【 0 0 0 7 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 3 - 5 0 4 5 8 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 8 】

本発明は、上記問題点を解決するためになされたものであり、ウェハー基板上に、微細化されたパターンを精度よく露光することが可能なフォトマスクを与えるフォトマスクブランク用基板の選定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】

【 0 0 0 9 】

本発明者は、上記問題を解決するため鋭意検討を重ねた結果、フォトマスクブランク用基板の上面に、少なくとも遮光膜若しくは位相シフト膜を含む 1 層又は 2 層以上の膜を成膜してフォトマスクブランクを作製し、上記膜をパターン形成してフォトマスクを作製し、これを露光装置に固定した場合について、膜成膜前から露光装置に固定したときへの上記基板上面の形状変化をシミュレーションし、上記露光装置への固定時において平坦な上面形状を与える変化前の基板の上面形状を決定して、この上面形状を有する基板を良好な基板として選定すること、好ましくは上記基板上面のパターン形成領域において、上記露光装置への固定時に与えられる上面形状が、上記基板上面のパターン形成領域の最小自乗平面から上記パターン形成領域への高さの最大値と最小値との差が  $0.5 \mu\text{m}$  以下である場合の変化前の基板の上面形状を上記露光装置への固定時に平坦な上面形状とすることにより、基板上に残存させた膜パターンや、フォトマスク使用時の固定が基板の面形状に与える影響を考慮した基板の面形状の最適化が可能となり、フォトマスクのパターン形成面形状が不良となって所定のパターン露光精度が得られなくなるおそれのある基板を基板製造時において可及的に低減できることを見出し、本発明をなすに至った。

【 0 0 1 0 】

即ち、本発明は、以下のフォトマスクブランク用基板の選定方法を提供する。

請求項 1 :

フォトマスクブランク用基板の上面に、少なくとも遮光膜若しくは位相シフト膜を含む 1 層又は 2 層以上の膜を成膜してフォトマスクブランクを作製し、上記膜をパターン形成してフォトマスクを作製し、これを露光装置に固定した場合について、上記基板に対し、膜成膜前から膜パターンを形成した基板を、露光装置に固定したときのフォトマスクの該露光装置のチャック位置に対応して変化する上面形状をシミュレーションし、上記露光装置への固定時において平坦な上面形状を与える変化前の基板の上面形状を決定して、この上面形状を有する基板を良好な基板として選定することを特徴とするフォトマスクブランク用基板の選定方法。

請求項 2 :

フォトマスクブランク用基板の上面に、少なくとも遮光膜若しくは位相シフト膜を含む 1 層又は 2 層以上の膜を成膜してフォトマスクブランクを作製し、上記膜をパターン形成してフォトマスクを作製し、これを露光装置に固定した場合について、上記基板に対し、膜成膜前から膜パターンを形成した基板を、露光装置に固定したときのフォトマスクの該露光装置のチャック位置を含む、上記基板の上面の外周縁をなす辺のうち対向する 1 対の 2 辺の内側 2 mm と 1 0 mm との間で、かつ長さ方向両端から 2 mm の部分を各々除いた範囲にある 1 対の帯状領域の形状、又は上記基板の上面のマスクパターンを形成する上面の外周縁をなす各々の辺の内側 2 mm と 1 0 mm との間の四角リング形状領域の形状に対応して変化する上面形状をシミュレーションし、上記露光装置への固定時において平坦な上面形状を与える変化前の基板の上面形状を決定して、この上面形状を有する基板を良好な基板として選定することを特徴とするフォトマスクブランク用基板の選定方法。

請求項 3 :

上記基板上面のパターン形成領域において、上記露光装置への固定時に与えられる上面形状が、上記基板上面のパターン形成領域の最小自乗平面から上記パターン形成領域への

10

20

30

40

50

高さの最大値と最小値との差が  $0.5 \mu\text{m}$  以下である場合の変化前の基板の上面形状を上記露光装置への固定時に平坦な上面形状とすることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のフォトマスクブランク用基板の選定方法。

【発明の効果】

【0011】

本発明の選定方法によれば、基板上に残存させた膜パターンや、フォトマスク使用時の固定が基板の上面形状に与える影響を考慮して基板の面形状を最適化したフォトマスクブランク用基板を製造することが可能であり、フォトマスクのパターン形成面形状が不良となって所定のパターン露光精度が得られなくなるおそれのある基板を基板製造時において可及的に低減できることから、フォトマスクの生産性を向上させることができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、本発明について更に詳述する。

本発明のフォトマスクブランク用基板の選定方法は、フォトマスクブランク用基板の上面に、少なくとも遮光膜若しくは位相シフト膜を含む 1 層又は 2 層以上の膜を成膜してフォトマスクブランクを作製し、上記膜をパターン形成してフォトマスクを作製し、これを露光装置に固定した場合について、膜成膜前から露光装置に固定したときへの上記基板上面の形状変化をシミュレーションし、上記露光装置への固定時において平坦な上面形状を与える変化前の基板の上面形状を決定して、この上面形状を有する基板を良好な基板として選定するものである。

20

【0013】

基板の上に形成される遮光膜等の膜は応力もち、膜を形成すると、応力のために基板が変形する。膜の応力による基板の変形は主に基板のそりに変化を与えるため、基板上面の形状に変化を与える。このため、基板上面の形状を決定するとき、予め、遮光膜等を形成する前の基板の段階で、成膜される膜の応力や、ウェハー露光機にフォトマスクをチャックして固定したときの形状を予測できれば、更に歩留まりよくマスクを製造することができる。

【0014】

膜の応力は上述したような膜の種類、その組成、更には製造方法によっても異なる。例えば、Cr系では引っ張り応力を生じ、MoSi系では圧縮応力となる。膜の応力による基板上面の変形は、あらかじめ基板上面の形状や高さを測定してある基板に所定の膜を成膜し、成膜後の基板上面の形状や高さを測定解析することで求めることができる。従って、基板上面の各位置における成膜前後の変形量を測定し、応力と変形の度合いを予め測定し、これを基に、逆に成膜していない基板の形状からシミュレーションにより、成膜後の基板の形状を予測し、さらにこの予測した形状をもとに露光機にクランプした時の形状を求めることが可能である。この場合、フォトマスクとしてマスクパターンを形成したときの、基板上面上の膜（パターン形成部）の被覆率（占有率）をさらに考慮すると、より精度の高いシミュレーションが可能である。従って、フォトマスクブランク用基板の上面に、少なくとも遮光膜若しくは位相シフト膜を含む 1 層又は 2 層以上の膜を成膜してフォトマスクブランクを作製し、上記膜をパターン形成してフォトマスクを作製し、これを露光装置に固定した場合について、膜成膜前から露光装置に固定したときへの上記基板上面の形状変化をシミュレーションし、上記露光装置への固定時において平坦な上面形状を与える変化前の基板の上面形状を決定して、この上面形状を有する基板を良好な基板として選定すれば、基板上に成膜する膜の種類等、膜による基板上面の形状の変化に応じて基板上面の形状や高さを変えて、より高い歩留まりで、フォトマスク使用時に良好な平坦性を与えることができる基板を製造することができる。

30

40

【0015】

本発明においては、特に、上記基板上面のパターン形成領域において、上記露光装置への固定時に与えられる上面形状が、上記基板上面のパターン形成領域の最小自乗平面から上記パターン形成領域への高さの最大値と最小値との差が  $0.5 \mu\text{m}$  以下である場合の変

50

化前の基板の上面形状を上記露光装置への固定時に平坦な上面形状とすることが好ましい。

【0016】

本発明において、シミュレーションにより選定する良好な基板としては、特に限定されないが、以下のような基板を挙げることができる。

【0017】

例えば、選定される好適なフォトマスクブランク用基板としては、基板のマスクパターンを形成する上面の外周縁をなす辺のうち対向する1対の2辺の内側2mmと10mmとの間で、かつ長さ方向両端から2mmの部分を各々除いた範囲にある1対の帯状領域において、この帯状領域が、その少なくとも幅方向中間部から基板外周縁部に向かって各々下向きに傾斜していると共に、上記上面の帯状領域の最小自乗平面から上記帯状領域への高さの最大値と最小値との差が0.5 $\mu$ m以下であるのものが挙げられる。

10

【0018】

ここで、帯状領域とは、図1(A)に示すように、基板をフォトマスクブランク又はフォトマスクとしたときに遮光性を有する膜等の膜又はその膜パターンが形成される面を基板上面1としたとき、上面の外周縁をなす辺のうち対向する1対の2辺の内側2mmと10mmとの間で、かつ長さ方向両端から2mmの部分を各々除いた範囲を1対の帯状領域2、2とするものであり、この場合は、この帯状領域の形状及び高さを上述した所定の形状や値とするものである。この場合、膜パターン(マスクパターン)は帯状領域2の間に挟まれた上面の外周縁をなす各々の辺から内側10mmより内側の部分であるパターン形成領域4に形成される。このような基板を用いてフォトマスクを製造し、これをウェハー露光装置のマスクステージに例えば真空チャックにより対向する1対の2辺の近傍で固定する場合、真空チャック位置はこの帯状領域内に含まれることになるため、この帯状領域の形状が、ウェハー露光時の基板の上面全体、即ち、マスクパターンが形成される土台となっている基板上面全体の形状を左右することとなる。つまり、パターンの位置と幅を正確に露光するためには、パターン露光時に、基板の上面の形状、特にパターン形成領域の形状が、マスクパターンを傾かせることなく露光光に対して平行に配置できる形状になる必要がある。そのため、この選定方法によれば、基板上面全体、特にパターン形成領域の形状を主に左右する帯状領域の形状及び高さを上述のように最適化することができる。

20

【0019】

なお、この場合、帯状領域を上面の外周縁をなす辺のうち対向する1対の2辺の内側2mmと10mmとの間で、かつ長さ方向両端から2mmの部分を各々除いた範囲としたが、帯状領域が上述した所定の形状や値の範囲を満たしているものであれば、真空チャック位置(基板保持部)においても上述した形状や値の範囲を満たしていることになり、これによりフォトマスク使用時の平坦性を確保することができる。または、すくなくとも真空チャック位置又は基板保持部において上述した形状や値を満たしていればよい。

30

【0020】

この帯状領域は、帯状領域全体が基板外周に向かって各々下向きに傾斜している形状ことが好ましい。一方、帯状領域に挟まれたパターン形成領域は、特に限定されるものではなく、平面形状、凸面形状、凹面形状等の形状をとり得る。

40

【0021】

また、帯状領域の最小自乗平面から上記帯状領域への高さの最大値と最小値との差が0.5 $\mu$ m以下、好ましくは0.3 $\mu$ m以下となるようにすることが好ましい。

【0022】

ここで、最小自乗平面21とは、図2(A)、(B)に示すように、例えば凹面、凸面、凹凸を有する面などの水平でない面22を最小自乗法により算術的に平面近似して得られる仮想平面である。この場合、各々の領域の高さは、基板上面の各々の領域の範囲の最小自乗平面を対象としているが、便宜上、後述する主面領域全体の最小自乗平面を各々の領域に対して用いることもできる。そして、この最小自乗平面21から面22への高さは、この最小自乗平面21に対して直角方向の高さである。図2中、 $h_1$ は高さの最大値で

50

あり最小自乗平面 2 1 の上側に位置する正数、 $h_2$  は高さの最小値であり最小自乗平面 2 1 の下側に位置する負数である。従って、最大値  $h_1$  と  $h_2$  との差は、 $h_1$  及び  $h_2$  の各々の絶対値の和と同じである。

【 0 0 2 3 】

なお、パターン形成部分については、特に限定されるものではないが、パターン形成領域の最小自乗平面からパターン形成領域への高さの最大値と最小値との差が  $0.5 \mu\text{m}$  以下、特に  $0.3 \mu\text{m}$  以下、とりわけ  $0.2 \mu\text{m}$  以下であることが好ましい。

【 0 0 2 4 】

また、選定される好適なフォトマスクブランク用基板としては、基板のマスクパターンを形成する上面の外周縁をなす各々の辺の内側  $2 \text{mm}$  と  $10 \text{mm}$  との間の四角リング形状領域において、この四角リング形状領域が、その少なくとも幅方向中間部から外周縁部に向かって下向きに傾斜していると共に、上記上面の四角リング形状領域の最小自乗平面から上記四角リング形状領域への高さの最大値と最小値との差が  $0.5 \mu\text{m}$  以下であるものも挙げられる。

【 0 0 2 5 】

ここで、四角リング形状領域とは、図 1 ( B ) に示すように、基板をフォトマスクブランク又はフォトマスクとしたときに遮光性を有する膜等の膜又はその膜パターンが形成される面を基板上面 1 としたとき、上面の外周縁をなす各々の辺の内側  $2 \text{mm}$  と  $10 \text{mm}$  との間を四角リング形状領域 3 とするものであり、この場合は、この四角リング形状領域の形状及び高さを上述した所定の形状や値とするものである。この場合、膜パターン ( マスクパターン ) は四角リング形状領域 3 の内周縁の内側である上面の外周縁をなす各々の辺から内側  $10 \text{mm}$  より内側の部分であるパターン形成領域 4 に形成される。このような基板を用いてフォトマスクを製造し、これをウェハ-露光装置のマスクステージに例えば真空チャックにより基板外周縁近傍を全周に亘って固定する場合、また、対向する 1 対の 2 辺の近傍で固定する場合であっても基板の縦横が入れ替わる可能性がある場合、真空チャック位置はこの四角リング形状領域内に含まれることになるため、この四角リング形状領域の形状が、ウェハ-露光時の基板の上面全体、即ち、マスクパターンが形成される土台となっている基板上面全体の形状を左右することとなる。つまり、パターンの位置と幅を正確に露光するためには、パターン露光時に、基板の上面の形状、特にパターン形成領域の形状が、マスクパターンを傾かせることなく露光光に対して平行に配置できる形状になる必要がある。そのため、この選定方法によれば、基板上面全体、特にパターン形成領域の形状を主に左右する 四角リング形状領域 の形状及び高さを上述のように最適化することができる。

【 0 0 2 6 】

なお、この場合、四角リング形状領域を上面の外周縁をなす各々の辺の内側  $2 \text{mm}$  と  $10 \text{mm}$  との間としたが、四角リング形状領域が上述した所定の形状や値の範囲を満たしているものであれば、真空チャック位置においても上述した形状や値の範囲を満たしていることになり、これによりフォトマスク使用時の平坦性を確保することができる。または、すくなくとも真空チャック位置又は基板保持部において上述した形状や値を満たしていればよい。

【 0 0 2 7 】

この四角リング形状領域は、四角リング形状領域全体が基板外周に向かって下向きに傾斜している形状となっていることが好ましい。一方、四角リング形状領域の内側のパターン形成領域は、特に限定されるものではなく、平面形状、凸面形状、凹面形状等の形状をとり得る。

【 0 0 2 8 】

また、四角リング形状領域の最小自乗平面から上記四角リング形状領域への高さの最大値と最小値との差が  $0.5 \mu\text{m}$  以下、好ましくは  $0.3 \mu\text{m}$  以下となるようにすることが好ましい。

【 0 0 2 9 】

10

20

30

40

50

なお、パターン形成部分については、特に限定されるものではないが、パターン形成領域の最小自乗平面からパターン形成領域への高さの最大値と最小値との差が $0.5\ \mu\text{m}$ 以下、特に $0.3\ \mu\text{m}$ 以下、とりわけ $0.2\ \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

【0030】

本発明の方法により選定するフォトマスクブランク用基板においては、更に、四角リング形状領域とこの四角リング形状領域の内周縁の内側に存するパターン形成領域とで構成される主面領域の最小自乗平面から主面領域への高さの最大値と最小値との差が $0.5\ \mu\text{m}$ 以下、特に $0.3\ \mu\text{m}$ 以下であることが特に好ましい。

【0031】

このような、基板上面の帯状領域、四角リング形状領域やパターン形成領域の形状や最小自乗平面との高さは、例えば、平坦度測定器を用いて測定解析することができる。

10

【0032】

目的とする形状を得るためには帯状領域又は四角リング形状領域の十分な形状及び高さ測定が必要となる。これまでマスクを作成する際には、パターンを形成する部分についてそりに着目した測定が行われてきたが、チャックエリアを含む帯状領域又は四角リング形状領域については十分な測定が行なわれてこなかったため、チャック後の形状の変化については予測することができなかった。そのため、チャック後の形状の変化を予測することを目的として基板上面の帯状領域又は四角リング形状領域を測定する場合、帯状領域又は四角リング形状領域の測定は以下の条件で測定することが好ましい。

【0033】

20

(1) 基板の形状の測定エリア：上述の帯状領域又は四角リング形状領域を位置情報と共に測定。位置の情報が不十分だと正確に形状予測をすることができないおそれがある。

(2) 測定間隔： $0.05\sim 0.35\ \text{mm}$ 。測定間隔が広すぎると十分な形状予測ができないおそれがあり、また、測定間隔が細かすぎると測定に手間がかかりすぎるおそれがある。

(3) 測定精度(誤差)： $0.01\sim 0.1\ \mu\text{m}$ 。測定誤差が大きすぎると十分な形状予測ができないおそれがあり、また、測定誤差が小さ過ぎても手間がかかるばかりで効率が悪くなるおそれがある。

【0034】

測定は光の干渉を利用するものであり、面の形状及び高さはこの水準面を基にして求められるため、この水準面に十分な精度(例えば、誤差が $0.02\ \mu\text{m}$ 以下、好ましくは $0.01\ \mu\text{m}$ 以下)が必要となる。

30

【0035】

本発明において選定する基板の材質としては合成石英基板等が挙げられる。また基板の大きさは、一辺の長さが6インチ( $152\ \text{mm}$ )以上、好ましくは6インチ( $152\ \text{mm}$ )の四角形、好ましくは正方形のフォトマスクブランク用基板を対象とする。基板の大きさの最大値は、特に限定されるものではないが、ウェハー露光時の基板の重さや、取り扱い性を考慮すると、12インチ以下が好ましい。また、基板の厚さは、特に限定されるものではないが、 $3\sim 10\ \text{mm}$ のものが好適である。

【0036】

40

なお、基板の向きを確認するためのカットマーク等を基板に入れることがある。カットマーク等は通常裏面(下面)に入れるが、上面にカットマークを入れた場合には、カットマーク部分は本発明に関する形状の対象とならないものとする。

【0037】

帯状領域又は四角リング形状領域がこのような形状を有するフォトマスクブランク用基板を用いてフォトマスクブランクを作製し、これを用いてフォトマスクを製造すれば、ウェハー露光機にチャックしたときのパターン形成領域の変形が少ないマスクを歩留まりよく製造することができる。

【0038】

このようなフォトマスクブランク用基板は、例えば、以下の方法で製造できる。

50

基板原板を、まず第1段階の研磨によって特定の間形状とした後、第2段階の研磨を行うものである。この場合、好ましい中間形状を有するものを經由しないと、最終的に好ましい形状を有するものを歩留まり良く得ることが難しい。

【0039】

この場合、研磨方法の組合せにより好ましい中間体が2通りあるため、2通りの方法を取り得る。即ち、まず中心部が速く削れる条件で研磨した後に周縁部が速く削れる条件で研磨する場合（製造方法1）と、まず周縁部が速く削れる条件で研磨した後に中心部が速く削れる条件で研磨を行う場合（製造方法2）の2通りである。

【0040】

この製造方法において、第1段階の研磨は両面研磨の工程である。この工程に使用される研磨装置は、従来からある両面研磨装置を用いることができる。これは上下の研磨面を研磨することによって原料基板の両面が同時に研磨されるものである。従来は、基板の形状、特に上述した帯状領域や四角リング形状領域の形状や高さの制御を目的に研磨されていなかったため、この段階の研磨は特に制御しておらず、得られる基板の上面の帯状領域や四角リング形状領域の形状はばらついていた。

【0041】

これに対し、この方法で基板を製造する場合、製造方法1の場合は中心部が速く削れる条件、製造方法2の場合は周縁部が速く削れる条件で研磨する。具体的には回転数を1～200rpm程度として研磨することが好適である。このように得た研磨中間品は、前述したような方法（装置及び測定基準）で研磨中間品の四角リング形状領域やパターン形成領域の形状及び高さを測定解析することができる。

【0042】

まず、製造方法1の場合について説明する。

〔製造方法1〕

まず、第1段階の研磨で基板上面（研磨面）が下記の間形状1又は2の要件を満たす研磨中間品を作製し、更にこれを研磨条件が異なる第2段階の研磨で研磨することで、特定形状を有する基板を得ることができる。

【0043】

（中間形状1）

主面領域の最小自乗平面から上記主面領域への高さの最大値と最小値との差が1.5μm以下、好ましくは1.0μm以下であり、かつ四角リング形状領域が基板外周に向かって上向きに傾斜しているもの。

（中間形状2）

主面領域の最小自乗平面から上記主面領域への高さの最大値と最小値との差が1.5μm以下、好ましくは1.0μm以下であり、上記最小自乗平面から上記主面領域の四隅（頂点）への高さの最大値と最小値との差（CIR）が0.5μm以下、好ましくは0.3μm以下であり、かつ四角リング形状領域が基板外周に向かって上向きに傾斜しているもの。

【0044】

四角リング形状領域が基板外周に向かって上向きに傾斜しているものとしては、図3（A）に示されるような、基板上面中央部のパターン形成領域4が平面で、その外周縁から連続する四角リング形状領域3が上向きに湾曲傾斜しているものや、図3（B）に示されるような、パターン形成領域4から四角リング形状領域3に亘って凹面をなしているもの、即ち、主面領域が凹面をなしているものなどが挙げられる。なお、図3中、5は主面領域を示す。

【0045】

このような中間形状を有する研磨中間品を更に研磨するが、この研磨には、例えば、図4に示すような片面研磨装置を用いることができる。なお、図4において、11は基板、12は下台盤、13はトップリングである。製造方法1の場合、研磨中間品を片面研磨装置に固定し、基板にマスクパターンを形成する面（研磨面）と反対側の面を減圧して研磨

10

20

30

40

50

すると、より効果的に本発明の特定形状を形成することができる。また、下定盤として平板型の定盤を用いてもよいが、凸型の定盤で研磨することで、よりよい形状を有する基板を得ることができる。なお、上面における四角リング形状領域外周縁の外側には、一般に面取りが施される。

**【 0 0 4 6 】**

一方、製造方法 2 の場合は以下のとおりである。

**〔 製造方法 2 〕**

まず、第 1 段階の研磨で基板上面（研磨面）が下記の間形状 3 又は 4 の要件を満たす研磨中間品を作製し、更にこれを研磨条件が異なる第 2 段階の研磨で研磨することで、特定形状を有する基板を得ることができる。

**【 0 0 4 7 】****（ 中間形状 3 ）**

主面領域の最小自乗平面から上記主面領域への高さの最大値と最小値との差が  $1.5 \mu\text{m}$  以下、好ましくは  $1.0 \mu\text{m}$  以下であり、かつ四角リング形状領域が基板外周に向かって下向きに傾斜しているもの。

**（ 中間形状 4 ）**

主面領域の最小自乗平面から上記主面領域への高さの最大値と最小値との差が  $1.5 \mu\text{m}$  以下、好ましくは  $1.0 \mu\text{m}$  以下であり、上記最小自乗平面から上記主面領域の四隅（頂点）への高さの最大値と最小値との差（CIR）が  $0.5 \mu\text{m}$  以下、好ましくは  $0.3 \mu\text{m}$  以下であり、かつ四角リング形状領域が基板外周に向かって下向きに傾斜しているもの。

**【 0 0 4 8 】**

四角リング形状領域が基板外周に向かって下向きに傾斜しているものとしては、図 3（C）に示されるような、基板上面中央部のパターン形成領域が平面で、その外周縁から連続する四角リング形状領域が下向きに湾曲傾斜しているものや、図 3（D）に示されるような、パターン形成領域から四角リング形状領域に亘って凸面をなしているもの、即ち、主面領域が凸面をなしているものなどが挙げられる。

**【 0 0 4 9 】**

製造方法 2 の場合、研磨中間品を図 4 に示すような片面研磨装置に固定し、基板にマスクパターンを形成する面（研磨面）と反対側の面を加圧して研磨すると、より効果的に本発明の特定形状を形成することができる。また、下定盤として平板型の定盤を用いてもよいが、凸型の定盤で研磨することで、よりよい形状を有する基板を得ることができる。なお、上面における四角リング形状領域外周縁の外側には、一般に面取りが施される。

**【 0 0 5 0 】**

このように、上記のような工程を経る段階で研磨することにより、基板上面の所定箇所が特定形状を有する基板を歩留まりよく製造することができる。

**【 0 0 5 1 】**

なお、研磨中間品のパターン形成領域においては、その最小自乗平面からパターン形成領域の高さの最大値と最小値との差が  $0.5 \mu\text{m}$  以下、特に  $0.3 \mu\text{m}$  以下、とりわけ  $0.2 \mu\text{m}$  以下であることが好ましい。なお、パターン形成領域の形状は平面、凸面、凹面等のいずれでもよくこの部分の形状はどのような形状でも特に問題はない。

**【 0 0 5 2 】**

得られた基板には、遮光膜、位相シフト膜等の遮光性を有する膜を使用目的によって適宜選定して成膜し、フォトマスクブランクを得る。遮光膜、ハーフトーン位相シフト膜等の位相シフト膜は一般的にスパッタリング法によって成膜される。本発明において遮光性を有する膜には、ハーフトーン位相シフト膜のような露光光を実質的に遮光する膜が含まれる。

**【 0 0 5 3 】**

バイナリーマスク用のフォトマスクブランクを製造する場合には、本発明の方法により選定した基板の上に、遮光膜として、金属クロム、例えば酸化クロム、窒化クロム、酸化窒

10

20

30

40

50

化クロム、酸化窒化炭化クロム等のクロム化合物、モリブデンシリサイド、チタンシリサイド、ジルコニウムシリサイドやその酸化物、窒化物、酸化窒化物、酸化窒化炭化物等の金属シリサイド化合物が成膜される。一般的にこの遮光膜は、2層以上の屈折率の異なる材料、あるいは材料成分に組成傾斜をかけた材料を用いることによって反射防止機能をもたせるように製造される。これらの膜は応力が小さい方が好ましい。

【0054】

ハーフトーン位相シフトマスク用の位相シフトマスクブランクを製造する場合には、本発明の方法により選定した基板の上に、露光光を、実質的にフォトレジストを感光させない程度まで減衰させると共に、光の位相を180°変化させる機能をもったハーフトーン位相シフト膜が成膜される。これらの材料としては、例えば酸化クロム、窒化クロム、酸化窒化クロム、酸化窒化炭化クロム等のクロム化合物、モリブデンシリサイド、チタンシリサイド、ジルコニウムシリサイドやその酸化物、窒化物、酸化窒化物、酸化窒化炭化物等の金属シリサイド化合物の他、窒化ケイ素、酸化ケイ素等を使用することができる。

10

【0055】

ハーフトーン位相シフト膜は、単層でも多層でも構成することができるが、パターン形成後の化学洗浄等に対する耐性や加工容易性を同時に満たそうとした場合には、表面側と基板側の材料あるいは組成が異なる多層膜、あるいは組成比に傾斜をかけた膜を使用することが好ましい。また、ハーフトーン位相シフト膜についても、遮光膜の場合と同様、応力になるべく小さくなるような材料の組合せを選択することが好ましい。

【0056】

20

更に、ハーフトーン位相シフト膜の上に上述の遮光膜を形成することが一般的に行われる。フォトレジストを成膜したウェハー上の異なる位置に露光を重ねていく場合、本来感光しないように透過率を下げたハーフトーン位相シフトマスクの周縁部の露光が重なることがあり、この場合重なった部分が複数回の露光を受けて感光してしまうことがあるため、これを防ぐ必要がある。このため、一般的にはハーフトーン位相シフトマスクのマスクパターンが書かれていない周縁部には遮光膜を形成した方が好ましい。従って、ハーフトーン位相シフトマスクブランク製造段階で、遮光膜をあらかじめ成膜しておいた方が全体の工程の構成上好ましいことから、このようなマスクを得る場合は、ハーフトーン位相シフトマスクブランク製造段階でハーフトーン位相シフト膜と共に遮光膜が成膜される。また、基板にはレベンソン型に代表されるような透過率の高い位相シフト膜を形成して位相シフトマスクを形成することもでき、上述したいずれかの膜上に、必要に応じて導電性膜、エッチングストッパー膜を積層することもできる。

30

【0057】

本発明の方法により選定した基板に成膜する膜は、特に制約はないが、その膜応力が基板のそり量に換算して0.5μm以下、好ましくは0.3μm以下、更に好ましくは0.2μm以下、特に好ましくは0.1μm以下であることが好ましい。応力が大きいとフォトマスク上の膜(パターン形成部)の被覆率(占有率)によっては、基板の形状が悪化して、所定の平坦性を示さなくなるおそれがある。

【0058】

上述したように、本発明の方法により選定した基板は、これを用いて製造したフォトマスクをウェハー露光機にチャックしたときに、優れた平坦性を与えるものである。従って、マスクパターンを所定の位置に正確に位置させることができることから、ウェハー上に微細な露光パターンを正確な位置と幅で描画することが可能であり、フォトリソグラフィにおけるパターン微細化の要求に十分に対応するものであり、特に、パターンの線幅が0.12μm以下、特に0.10μm以下の微細パターンの露光に用いるフォトマスクの素材となるフォトマスクブランク用の基板として好適である。

40

【実施例】

【0059】

以下、実施例及び比較例を挙げて本発明を具体的に説明するが、本発明は下記実施例に限定されるものではない。

50

## 【 0 0 6 0 】

## [ 実施例 1 ]

主面領域が図 5 ( A ) に示されるような平坦性を有する 1 5 2 m m ( 6 インチ ) 角のフォトマスクブランク用基板に、マスクパターンを形成する上面が水平な場合に、上面をその最小自乗平面から上面への高さの最大値と最小値との差が  $0.25 \mu\text{m}$  の凹面形状とするマスクパターンを形成してウェハ－露光装置のマスクステージにフォトマスクを真空チャックした場合の基板の平坦性をシミュレーションして図 5 ( B ) に示すような基板の上面形状を得た。この上面形状は、上面の最小自乗平面から上面への高さの最大値と最小値との差が  $0.5 \mu\text{m}$  以下であることから、この上面形状を有する基板をフォトマスクとしたときに良好な平坦性を与える良好な基板として選定した。

10

## 【 0 0 6 1 】

そこで、上面形状を選定した上記形状にほぼ合わせた基板を製造し、これに、シミュレーションと同様のマスクパターンを形成してウェハ－露光装置のマスクステージにフォトマスクを真空チャックし、露光機で露光テストをしたところ、良好な結果を得た。

## 【 0 0 6 2 】

## [ 比較例 1 ]

主面領域が図 6 ( A ) に示されるような平坦性を有する 1 5 2 m m ( 6 インチ ) 角のフォトマスクブランク用基板に、マスクパターンを形成する上面が水平な場合に、上面をその最小自乗平面から上面への高さの最大値と最小値との差が  $0.25 \mu\text{m}$  の凹面形状とするマスクパターンを形成してウェハ－露光装置のマスクステージにフォトマスクを真空チャックした場合の基板の平坦性をシミュレーションして図 6 ( B ) に示すような基板の上面形状を得た。この上面形状は、上面の最小自乗平面から上面への高さの最大値と最小値との差が  $0.5 \mu\text{m}$  を超えていることから、この上面形状を有する基板はフォトマスクとしたときに十分な平坦性が得られない基板とした。

20

## 【 0 0 6 3 】

なお、上面形状を上記形状にほぼ合わせた基板を製造し、これに、シミュレーションと同様のマスクパターンを形成してウェハ－露光装置のマスクステージにフォトマスクを真空チャックし、露光機で露光テストをしたところ、焦点のずれが大きく使用不能であった。

## 【 図面の簡単な説明 】

30

## 【 0 0 6 4 】

【 図 1 】 基板上面の帯状領域、四角リング形状領域及びパターン形成領域を示す図である。

【 図 2 】 最小自乗平面及び最小自乗平面からの高さを説明するための断面図である。

【 図 3 】 基板の上面形状を説明するための断面図である。

【 図 4 】 本発明の方法により選定される表面形状が良好な基板を製造する方法で用いられる片面研磨装置装置の一例を示す概略断面図である。

【 図 5 】 実施例 1 のシミュレーションにおけるフォトマスクブランク用基板の上面形状 ( A ) 及びシミュレーション後の基板の上面形状 ( B ) を示す概念斜視図である。

【 図 6 】 比較例 1 のシミュレーションにおけるフォトマスクブランク用基板の上面形状 ( A ) 及びシミュレーション後の基板の上面形状 ( B ) を示す概念斜視図である。

40

## 【 符号の説明 】

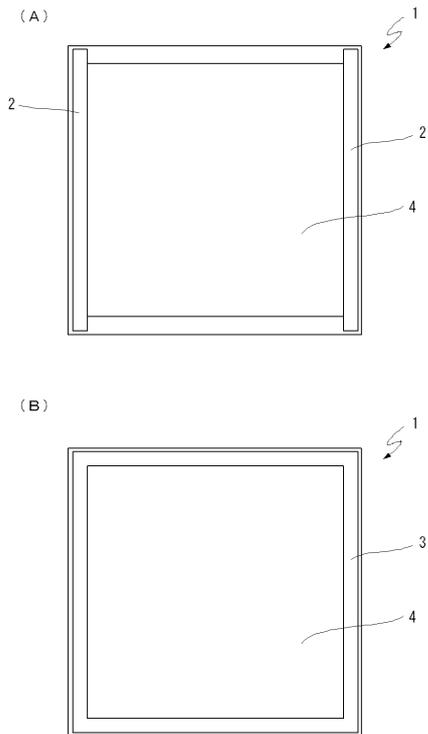
## 【 0 0 6 5 】

- 1 基板上面
- 2 帯状領域
- 3 四角リング形状領域
- 4 パターン形成領域
- 5 主面領域
- 1 1 基板
- 1 2 下定盤

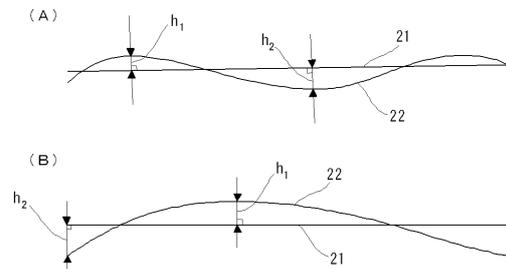
50

- 1 5 ヤトイ
- 2 1 最小自乗平面
- 2 2 面

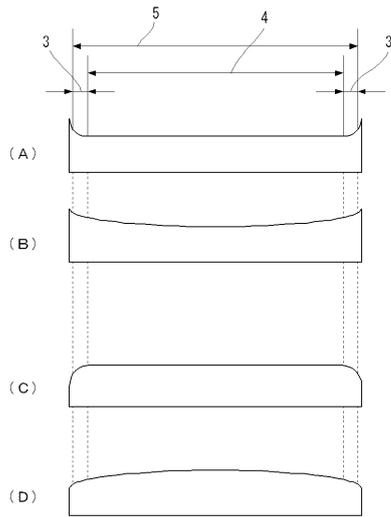
【図 1】



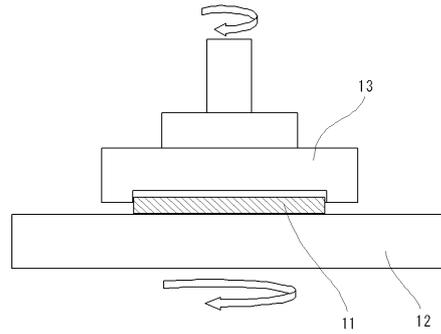
【図 2】



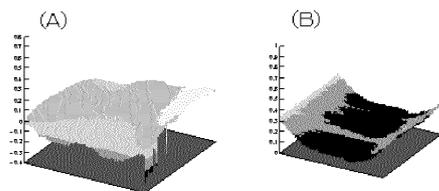
【 図 3 】



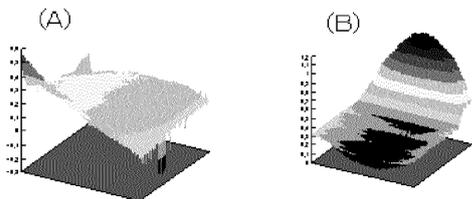
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 中津 正幸  
新潟県中頸城郡頸城村大字西福島 2 8 - 1 信越化学工業株式会社 新機能材料技術研究所内
- (72)発明者 沼波 恒夫  
新潟県中頸城郡頸城村大字西福島 2 8 - 1 信越化学工業株式会社 新機能材料技術研究所内
- (72)発明者 茂木 均之  
新潟県中頸城郡頸城村大字西福島 2 8 - 1 信越化学工業株式会社 新機能材料技術研究所内
- (72)発明者 萩原 恒幸  
東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン内
- (72)発明者 近藤 尚人  
東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン内

審査官 中塚 直樹

- (56)参考文献 特開 2 0 0 3 - 0 5 0 4 5 8 ( J P , A )  
特開平 0 5 - 2 4 1 3 2 2 ( J P , A )  
特開平 0 2 - 1 6 0 2 3 7 ( J P , A )  
特開 2 0 0 5 - 3 0 1 3 0 4 ( J P , A )  
特開 2 0 0 2 - 3 1 8 4 5 0 ( J P , A )

- (58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)  
G 0 3 F 1 / 1 4