

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5153998号
(P5153998)

(45) 発行日 平成25年2月27日 (2013. 2. 27)

(24) 登録日 平成24年12月14日 (2012. 12. 14)

(51) Int. Cl.

F I

G O 3 F 1/50 (2012. 01)

G O 3 F 1/50

H O 1 L 21/027 (2006. 01)

H O 1 L 21/30 5 O 2 P

請求項の数 15 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2005-50936 (P2005-50936)
 (22) 出願日 平成17年2月25日 (2005. 2. 25)
 (65) 公開番号 特開2006-235321 (P2006-235321A)
 (43) 公開日 平成18年9月7日 (2006. 9. 7)
 審査請求日 平成19年10月25日 (2007. 10. 25)

(73) 特許権者 000113263
 H O Y A 株式会社
 東京都新宿区中落合2丁目7番5号
 (74) 代理人 100091362
 弁理士 阿仁屋 節雄
 (74) 代理人 100090136
 弁理士 油井 透
 (74) 代理人 100105256
 弁理士 清野 仁
 (72) 発明者 田辺 勝
 東京都新宿区中落合2丁目7番5号 H O
 Y A 株式会社内

審査官 新井 重雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マスクブランク用透明基板の製造方法、マスクブランクの製造方法、露光用マスクの製造方法、及び半導体デバイスの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

主表面が精密研磨された透明基板を準備する準備工程と、

露光装置のマスキングステージに当接する前記透明基板の前記主表面における所定領域内に設けられた複数の測定点の基準面からの高さ情報を、当該主表面の表面形態情報として取得する表面形態情報取得工程と、

この表面形態情報取得工程で得た表面形態情報と、当該透明基板の前記主表面に当接する領域を含む前記マスキングステージの形状情報とに基づき、当該透明基板を前記露光装置にセットしたときにおける複数の前記測定点の基準面からの高さ情報をシミュレーションして得るシミュレーション工程と、

このシミュレーション工程により得た基準面からの高さ情報に基づき、露光用マスクの転写領域を含む所定領域における最大値と最小値との差を求めて、露光装置に当該透明基板をセットしたときの当該透明基板の平坦度を算出する平坦度算出工程と、

この平坦度算出工程で算出した平坦度が仕様に適合するか否かを判定する判定工程と、を有し、

前記シミュレーション工程で得られた前記透明基板を前記露光装置にセットしたときにおける複数の前記測定点の基準面からの高さ情報は、材料力学における撓み微分方程式を用いたシミュレーションによって算出されるものであり、

前記撓み微分方程式は、前記表面形態情報取得工程で取得した高さ情報に係る項と、前記透明基板が前記マスキングステージにセットされたときに生じる、前記露光装置のマスキ

10

20

テージを支点としたマスクステージの長手方向に直交する方向に沿う前記透明基板の反りに係る項と、マスクステージの長手方向に直交する方向に沿う前記透明基板の重力による撓みに係る項と、前記透明基板がマスクステージに当接するマスクステージの長手方向に沿う方向に沿う領域で前記透明基板が有する高さ情報の平均値に係る項と、を有することを特徴とするマスクブランク用透明基板の製造方法。

【請求項 2】

前記表面形態情報取得工程で表面形態情報を取得する主表面の所定領域は、露光装置のマスクステージが前記主表面に当接する領域を含むように設定したものであることを特徴とする請求項 1 に記載のマスクブランク用透明基板の製造方法。

【請求項 3】

前記表面形態情報取得工程で表面形態情報を取得する主表面の所定領域は、透明基板の面取面から 0 mm を超え 3 mm 以下の周縁部領域を除いた領域とすることを特徴とする請求項 2 に記載のマスクブランク用透明基板の製造方法。

【請求項 4】

主表面が精密研磨された透明基板を準備する準備工程と、

露光装置のマスクステージに当接する前記透明基板の前記主表面における所定領域内に設けられた複数の測定点の基準面からの高さ情報を、当該主表面の表面形態情報として取得する表面形態情報取得工程と、

この表面形態情報取得工程で得た表面形態情報と、当該透明基板の前記主表面に当接する領域を含む前記マスクステージの形状情報とに基づき、当該透明基板を前記露光装置にセットしたときにおける複数の前記測定点の基準面からの高さ情報をシミュレーションして得るシミュレーション工程と、

このシミュレーション工程により得た基準面からの高さ情報に基づき、露光用マスクの転写領域を含む所定領域における最大値と最小値との差を求めて、露光装置に当該透明基板をセットしたときの当該透明基板の平坦度を算出する平坦度算出工程と、

この平坦度算出工程で算出した平坦度が仕様に適合するか否かを判定する判定工程と、

前記主表面の平坦度が仕様に適合すると判定された前記透明基板の当該主表面上にマスクパターンとなる薄膜を形成する薄膜形成工程と、
を有し、

前記シミュレーション工程で得られる前記透明基板を前記露光装置にセットしたときにおける複数の前記測定点の基準面からの高さ情報は、材料力学における撓み微分方程式を用いたシミュレーションによって算出されるものであり、

前記撓み微分方程式は、前記表面形態情報取得工程で取得した高さ情報に係る項と、前記透明基板が前記マスクステージにセットされたときに生じる、前記露光装置のマスクステージを支点としたマスクステージの長手方向に直交する方向に沿う前記透明基板の反りに係る項と、マスクステージの長手方向に直交する方向に沿う前記透明基板の重力による撓みに係る項と、前記透明基板がマスクステージに当接するマスクステージの長手方向に沿う方向に沿う領域で前記透明基板が有する高さ情報の平均値に係る項と、を有することを特徴とするマスクブランクの製造方法。

【請求項 5】

前記表面形態情報取得工程で表面形態情報を取得する主表面の所定領域は、露光装置のマスクステージが前記主表面に当接する領域を含むように設定したものであることを特徴とする請求項 4 に記載のマスクブランクの製造方法。

【請求項 6】

前記表面形態情報取得工程で表面形態情報を取得する主表面の所定領域は、透明基板の面取面から 0 mm を超え 3 mm 以下の周縁部領域を除いた領域とすることを特徴とする請求項 5 に記載のマスクブランクの製造方法。

【請求項 7】

前記薄膜形成工程の実施時および／または実施後に、薄膜の膜応力を低減させる膜応力制御工程を実施することを特徴とする請求項 4 乃至 6 のいずれかに記載のマスクブランク

10

20

30

40

50

の製造方法。

【請求項 8】

前記膜応力制御工程は、前記薄膜を 150 以上に加熱処理することで実施することを特徴とする請求項 7 に記載のマスクブランクの製造方法。

【請求項 9】

前記透明基板における薄膜が形成される側の主表面の表面形状は、この主表面の高さが当該主表面の中心領域から周縁部へ向かって漸次低くなる形状であることを特徴とする請求項 4 乃至 8 のいずれかに記載のマスクブランクの製造方法。

【請求項 10】

請求項 4 乃至 9 のいずれかに記載のマスクブランクの製造方法によって得られたマスクブランクにおける薄膜をパターンニングして透明基板上に薄膜パターンを形成して露光用マスクを製造することを特徴とする露光用マスクの製造方法。

10

【請求項 11】

請求項 10 に記載の露光用マスクによって得られた露光用マスクを露光装置のマスキングステージにセットし、半導体基板に形成されているレジスト膜に前記露光用マスクの薄膜パターンを転写することにより、半導体デバイスを製造することを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

【請求項 12】

露光用マスクを露光装置のマスキングステージにセットし、半導体基板に形成されているレジスト膜に前記露光用マスクの薄膜パターンを転写することにより、半導体デバイスを製造する半導体デバイスの製造方法であって、

20

前記露光用マスクは、マスクブランク用透明基板上に薄膜パターンを備えてなり、

前記マスクブランク用透明基板は、

主表面が精密研磨された透明基板を準備する準備工程と、

露光装置のマスキングステージに当接する前記透明基板の前記主表面における所定領域内に設けられた複数の測定点の基準面からの高さ情報を、当該主表面の表面形態情報として取得する表面形態情報取得工程と、

この表面形態情報取得工程で得た表面形態情報と、当該透明基板の前記主表面に当接する領域を含む前記マスキングステージの形状情報とに基づき、当該透明基板を前記露光装置にセットしたときにおける複数の前記測定点の基準面からの高さ情報をシミュレーションして得るシミュレーション工程と、

30

このシミュレーション工程により得た基準面からの高さ情報に基づき、前記露光用マスクの転写領域を含む所定領域における最大値と最小値との差を求めて、前記露光装置に当該透明基板をセットしたときの当該透明基板の平坦度を算出する平坦度算出工程と、

この平坦度算出工程で算出した平坦度がマスクブランク用透明基板の仕様に適合するか否かを判定する判定工程を有する製造方法で製造されるものであり、

前記シミュレーション工程で得られる前記透明基板を前記露光装置にセットしたときにおける複数の前記測定点の基準面からの高さ情報は、材料力学における撓み微分方程式を用いたシミュレーションによって算出されるものであり、

前記撓み微分方程式は、前記表面形態情報取得工程で取得した高さ情報に係る項と、前記透明基板が前記マスキングステージにセットされたときに生じる、前記露光装置のマスキングステージを支点としたマスキングステージの長手方向に直交する方向に沿う前記透明基板の反りに係る項と、マスキングステージの長手方向に直交する方向に沿う前記透明基板の重力による撓みに係る項と、前記透明基板がマスキングステージに当接するマスキングステージの長手方向に沿う方向に沿う領域で前記透明基板が有する高さ情報の平均値に係る項と、を有することを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

40

【請求項 13】

前記表面形態情報取得工程で表面形態情報を取得する主表面の所定領域は、露光装置のマスキングステージが前記主表面に当接する領域を含むように設定したものであることを特徴とする請求項 12 に記載の半導体デバイスの製造方法。

50

【請求項 1 4】

前記表面形態情報取得工程で表面形態情報を取得する主表面の所定領域は、透明基板の面取面から 0 mm を超え 3 mm 以下の周縁部領域を除いた領域とすることを特徴とする請求項 1 3 に記載の半導体デバイスの製造方法。

【請求項 1 5】

前記透明基板における薄膜が形成される側の主表面の表面形状は、この主表面の高さが当該主表面の中心領域から周縁部へ向かって漸次低くなる形状であることを特徴とする請求項 1 2 乃至 1 4 のいずれかに記載の半導体デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

10

【0 0 0 1】

本発明は、露光波長が 2 0 0 nm 以下の短波長域に適したマスクブランク用透明基板の製造方法、マスクブランクの製造方法及び露光マスクの製造方法に関する。

【背景技術】**【0 0 0 2】**

近年では、半導体デバイスの微細化により、光リソグラフィー技術において使用される露光光源は ArF エキシマレーザー（露光波長 1 9 3 nm）、F2 エキシマレーザー（露光波長 1 5 7 nm）へと短波長化が進んでいる。

露光波長が 2 0 0 nm 以下になると、露光装置の焦点深度が非常に小さくなる。このため、露光用マスクを露光装置に真空吸着などによりセットしたときに、この露光用マスクが変形してその平坦度が低下してしまうと、露光用マスクのマスクパターンを被転写体である半導体基板へ転写する際に焦点位置等がずれて、転写精度が低下する場合がある。

20

【0 0 0 3】

この課題を解決するために、特許文献 1 に記載の発明では、露光用マスクを作製するためのマスクブランクを露光装置にセットしたときの当該マスクブランクの平坦度を、シミュレーションにより算出して予測し、このときの平坦度が良好なマスクブランクから露光用マスクを作製する技術が開示されている。

【0 0 0 4】

つまり、透明基板上に遮光膜を形成してマスクブランクを作製し、このマスクブランクの主表面の表面形状（凸型、凹型、鞍型、かまぼこ型の 4 種類）と、マスクブランクの平坦度（マスクブランクの主表面の、ある基準面に対する最高点と最低点との高さの差）を測定して求める。次に、上述のようにして求めたマスクブランクの平坦度と露光装置のマスクステージの構造とから、有限要素法などを用いて、露光装置のマスクステージにマスクブランクをセットしたときの当該マスクブランクの平坦度を、シミュレーションにより取得する。このシミュレーションにより取得されたマスクブランクの平坦度が仕様に適合している場合に、そのマスクブランクから露光用マスクを作製する。

30

【特許文献 1】特開 2 0 0 4 - 4 6 2 5 9 号公報**【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0 0 0 5】**

40

ところが、上記特許文献 1 の技術では、露光装置にマスクブランクをセットしたときの平坦度を求めるシミュレーションを実施する際のデータが、平坦度（透明基板の主表面の、ある基準面に対する最高点と最小点の高さの差）と、表面形状（凸型、凹型、鞍型、かまぼこ型の 4 種類）である。

【0 0 0 6】

透明基板の主表面を精密研磨した場合、その表面形状は複雑であり、例えばうねりを持っていたり、凸型と凹型とを組み合わせたものなど様々であり、上述の 4 種類の表面形状に当てはまらない場合がある。その主表面の複雑な表面状態を、マスクブランクの平坦度と単純な表面形状（凸型や凹型等）とに当てはめて、露光装置にマスクブランクをセットしたときの当該マスクブランクの平坦度をシミュレーションにより求めても、この平坦度

50

は、マスクブランクから作製される露光用マスクを実際に露光装置にセットしたときの当該露光用マスクの平坦度と一致しない恐れがある。

【 0 0 0 7 】

また、特許文献 1 の技術では、露光装置にセットしたときの平坦度を算出するためのシミュレーションを実施する際のデータ（表面形状や平坦度）が、透明基板上に遮光膜を形成させたマスクブランクである。

【 0 0 0 8 】

透明基板上に遮光膜を形成してマスクブランクを作製した後に、このマスクブランクの平坦度や表面形状を測定すると、遮光膜に非常に多くのパーティクルが付着してしまい欠陥の原因となる。露光波長が 2 0 0 n m 以下の短波長域になると、欠陥のサイズや個数を決めた仕様、光学特性（例えば、透過率等の設計値からのずれや、透過率等の主表面での面内ばらつき）の仕様に余裕度が少なくなり、マスクブランクがこれらの仕様を満たさなくなる恐れがある。

【 0 0 0 9 】

また、マスクブランクの遮光膜の膜応力が大きい場合には、この遮光膜をパターニングして露光用マスクを作製したときに、遮光膜のパターン形状や、透明基板の主表面に占める遮光膜パターンの占有率等によっては、特に遮光膜が少なくなる場合に、シミュレーションにより求めたマスクブランクの平坦度と、露光用マスクを露光装置に実際にセットしたときの当該露光用マスクの平坦度との間に差が生じる場合があり、平坦度を正確に予測できない恐れがある。

【 0 0 1 0 】

本発明の目的は、上述の事情を考慮してなされたものであり、露光装置にセットしたときの透明基板の平坦度をシミュレーションによって高精度に算出（予測）してマスクブランク用透明基板を製造できるマスクブランク用透明基板の製造方法を提供する。

また、本発明の他の目的は、露光装置にセットしたときの透明基板の平坦度をシミュレーションによって高精度に算出（予測）してマスクブランクを製造でき、且つ欠陥の発生を抑制できるマスクブランクの製造方法を提供し、更に、このマスクブランクを用いて露光用マスクを製造する露光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】

【 0 0 1 1 】

本発明における第 1 の態様は、
主表面が精密研磨された透明基板を準備する準備工程と、

露光装置のマスキングステージに当接する前記透明基板の前記主表面における所定領域内に設けられた複数の測定点の基準面からの高さ情報を、当該主表面の表面形態情報として取得する表面形態情報取得工程と、

この表面形態情報取得工程で得た表面形態情報と、当該透明基板の前記主表面に当接する領域を含む前記マスキングステージの形状情報とに基づき、当該透明基板を前記露光装置にセットしたときにおける複数の前記測定点の基準面からの高さ情報をシミュレーションして得るシミュレーション工程と、

このシミュレーション工程により得た基準面からの高さ情報に基づき、露光用マスクの転写領域を含む所定領域における最大値と最小値との差を求めて、露光装置に当該透明基板をセットしたときの当該透明基板の平坦度を算出する平坦度算出工程と、

この平坦度算出工程で算出した平坦度が仕様に適合するか否かを判定する判定工程と、を有し、

前記シミュレーション工程で得られた前記透明基板を前記露光装置にセットしたときにおける複数の前記測定点の基準面からの高さ情報は、材料力学における撓み微分方程式を用いたシミュレーションによって算出されることを特徴とするマスクブランク用透明基板の製造方法である。

本発明における第 2 の態様は、第 1 の態様に記載の発明において、前記表面形態情報取得工程で表面形態情報を取得する主表面の所定領域は、露光装置のマスキングステージが前記

10

20

30

40

50

主表面に当接する領域を含むように設定したものであることを特徴とするものである。

本発明における第3の態様は、第2の態様に記載の発明において、前記表面形態情報取得工程で表面形態情報を取得する主表面の所定領域は、透明基板の面取面から0 mmを超え3 mm以下の周縁部領域を除いた領域とすることを特徴とするものである。

本発明における第4の態様は、第1乃至第3のいずれかの態様に記載の発明において、前記撓み微分方程式は、前記表面形態情報取得工程で取得した高さ情報に係る項と、前記露光装置のマスキングステージを支点としたマスキングステージの長手方向に直交する方向に沿う前記透明基板の反りに係る項と、マスキングステージの長手方向に直交する方向に沿う前記透明基板の重力による撓みに係る項を有することを特徴とするものである。

本発明における第5の態様は、第4の態様に記載の発明において、前記撓み微分方程式は、さらに、前記透明基板がマスキングステージに当接するマスキングステージの長手方向に沿う方向に沿う領域で前記透明基板が有する高さ情報の平均値に係る項を有することを特徴とするものである。

本発明における第6の態様は、

主表面が精密研磨された透明基板を準備する準備工程と、

露光装置のマスキングステージに当接する前記透明基板の前記主表面における所定領域内に設けられた複数の測定点の基準面からの高さ情報を、当該主表面の表面形態情報として取得する表面形態情報取得工程と、

この表面形態情報取得工程で得た表面形態情報と、当該透明基板の前記主表面に当接する領域を含む前記マスキングステージの形状情報とに基づき、当該透明基板を前記露光装置にセットしたときにおける複数の前記測定点の基準面からの高さ情報をシミュレーションして得るシミュレーション工程と、

このシミュレーション工程により得た基準面からの高さ情報に基づき、露光用マスクの転写領域を含む所定領域における最大値と最小値との差を求めて、露光装置に当該透明基板をセットしたときの当該透明基板の平坦度を算出する平坦度算出工程と、

この平坦度算出工程で算出した平坦度が仕様に適合するか否かを判定する判定工程と、

前記主表面の平坦度が仕様に適合すると判定された前記透明基板の当該主表面上にマスクパターンとなる薄膜を形成する薄膜形成工程と、を有し、

前記シミュレーション工程で得られる前記透明基板を前記露光装置にセットしたときにおける複数の前記測定点の基準面からの高さ情報は、材料力学における撓み微分方程式を用いたシミュレーションによって算出されることを特徴とするマスクブランクの製造方法である。

本発明における第7の態様は、第6の態様に記載の発明において、前記表面形態情報取得工程で表面形態情報を取得する主表面の所定領域は、露光装置のマスキングステージが前記主表面に当接する領域を含むように設定したものであることを特徴とするものである。

本発明における第8の態様は、第7の態様に記載の発明において、前記表面形態情報取得工程で表面形態情報を取得する主表面の所定領域は、透明基板の面取面から0 mmを超え3 mm以下の周縁部領域を除いた領域とすることを特徴とするものである。

本発明における第9の態様は、第6乃至第8のいずれかの態様に記載の発明において、前記薄膜形成工程の実施時および/または実施後に、薄膜の膜応力を低減させる膜応力制御工程を実施することを特徴とするものである。

本発明における第10の態様は、第9の態様に記載の発明において、前記膜応力制御工程は、前記薄膜を150℃以上に加熱処理することで実施することを特徴とするものである。

本発明における第11の態様は、第6乃至第10のいずれかの態様に記載の発明において、前記透明基板における薄膜が形成される側の主表面の表面形状は、この主表面の高さが当該主表面の中心領域から周縁部へ向かって漸次低くなる形状であることを特徴とするものである。

本発明における第12の態様は、第6乃至第11のいずれかの態様に記載の発明において、前記撓み微分方程式は、前記表面形態情報取得工程で取得した高さ情報に係る項と、

10

20

30

40

50

前記露光装置のマスクステージを支点としたマスクステージの長手方向に直交する方向に沿う前記透明基板の反りに係る項と、マスクステージの長手方向に直交する方向に沿う前記透明基板の重力による撓みに係る項と、を有することを特徴とするものである。

本発明における第 13 の態様は、第 12 の態様に記載の発明において、前記撓み微分方程式は、さらに、前記透明基板がマスクステージに当接するマスクステージの長手方向に沿う方向に沿う領域で前記透明基板が有する高さ情報の平均値に係る項を有することを特徴とするものである。

本発明における第 14 の態様は、第 6 乃至第 13 のいずれかの態様に記載のマスクブランクの製造方法によって得られたマスクブランクにおける薄膜をパターンニングして透明基板上に薄膜パターンを形成して露光用マスクを製造することを特徴とする露光用マスクの製造方法である。

10

本発明における第 15 の態様は、第 14 の態様に記載の露光用マスクによって得られた露光用マスクを露光装置のマスクステージにセットし、半導体基板に形成されているレジスト膜に前記露光用マスクの薄膜パターンを転写することにより、半導体デバイスを製造することを特徴とする半導体デバイスの製造方法である。

本発明における第 16 の態様は、

露光用マスクを露光装置のマスクステージにセットし、半導体基板に形成されているレジスト膜に前記露光用マスクの薄膜パターンを転写することにより、半導体デバイスを製造する半導体デバイスの製造方法であって、

前記露光マスクは、マスクブランク用透明基板上に薄膜パターンを備えてなり、

20

前記マスクブランク用透明基板は、

主表面が精密研磨された透明基板を準備する準備工程と、

露光装置のマスクステージに当接する前記透明基板の前記主表面における所定領域内に設けられた複数の測定点の基準面からの高さ情報を、当該主表面の表面形態情報として取得する表面形態情報取得工程と、

この表面形態情報取得工程で得た表面形態情報と、当該透明基板の前記主表面に当接する領域を含む前記マスクステージの形状情報とに基づき、当該透明基板を前記露光装置にセットしたときにおける複数の前記測定点の基準面からの高さ情報をシミュレーションして得るシミュレーション工程と、

このシミュレーション工程により得た基準面からの高さ情報に基づき、前記露光用マスクの転写領域を含む所定領域における最大値と最小値との差を求めて、前記露光装置に当該透明基板をセットしたときの当該透明基板の平坦度を算出する平坦度算出工程と、

30

この平坦度算出工程で算出した平坦度がマスクブランク用透明基板の仕様に適合するかどうかを判定する判定工程を有する製造方法で製造されるものであり、

前記シミュレーション工程で得られる前記透明基板を前記露光装置にセットしたときにおける複数の前記測定点の基準面からの高さ情報は、材料力学における撓み微分方程式を用いたシミュレーションによって算出されることを特徴とする半導体デバイスの製造方法である。

本発明における第 17 の態様は、第 16 の態様に記載の発明において、前記表面形態情報取得工程で表面形態情報を取得する主表面の所定領域は、露光装置のマスクステージが前記主表面に当接する領域を含むように設定したものであることを特徴とするものである。

40

本発明における第 18 の態様は、第 17 の態様に記載の発明において、前記表面形態情報取得工程で表面形態情報を取得する主表面の所定領域は、透明基板の面取面から 0 mm を超え 3 mm 以下の周縁部領域を除いた領域とすることを特徴とするものである。

本発明における第 19 の態様は、第 16 乃至第 18 のいずれかの態様に記載の発明において、前記透明基板における薄膜が形成される側の主表面の表面形状は、この主表面の高さが当該主表面の中心領域から周縁部へ向かって漸次低くなる形状であることを特徴とするものである。

本発明における第 20 の態様は、第 16 乃至第 19 のいずれかの態様に記載の発明にお

50

いて、前記撓み微分方程式は、前記表面形態情報取得工程で取得した高さ情報に係る項と、前記露光装置のマスキングステージを支点としたマスキングステージの長手方向に直交する方向に沿う前記透明基板の反りに係る項と、マスキングステージの長手方向に直交する方向に沿う前記透明基板の重力による撓みに係る項と、を有することを特徴とするものである。

本発明における第 21 の態様は、第 20 の態様に記載の発明において、前記撓み微分方程式は、さらに、前記透明基板がマスキングステージに当接するマスキングステージの長手方向に沿う方向に沿う領域で前記透明基板が有する高さ情報の平均値に係る項を有することを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0012】

第 1、第 2、第 6 または第 7 の態様に記載の発明によれば、透明基板の主表面における複数の測定点の基準面からの高さ情報等に基づき、当該透明基板を露光装置にセットしたときのシミュレーションを実施して、このときの透明基板における複数の上記測定点の基準面からの高さ情報を取得し、このシミュレーションにより得た高さ情報に基づき、露光装置に透明基板をセットしたときの当該透明基板の平坦度を算出することから、この平坦度を高精度に予測することができる。従って、この高精度に算出された透明基板の平坦度に基づいて製造されたマスクブランクから露光用マスクを製造することにより、この露光用マスクは、平坦度やパターン位置精度などが仕様に適合するものとなるので、この露光用マスクを用いたパターン転写時に、転写精度を向上させることができる。

【0013】

また、透明基板（マスクブランク用透明基板）に薄膜を形成する薄膜形成工程が表面形態情報取得工程、シミュレーション工程及び平坦度算出工程の後に実施されることから、これらの工程において薄膜にパーティクルが付着することがないので、製造されるマスクブランクに欠陥の発生を抑制することができる。

【0014】

第 3 または第 8 の態様に記載の発明によれば、表面形態情報取得工程において表面形態情報を取得する主表面の所定領域が、透明基板の面取面から 0 mm を超え 3 mm 以下の周縁部領域を除いた領域であることから、この所定領域における表面形態情報を高精度に測定することができる。

【0015】

第 9 または第 10 の態様に記載の発明によれば、薄膜形成工程の実施時および／または実施後に、薄膜の膜応力を低減させる膜応力制御工程を実施することから、透明基板（マスクブランク用透明基板）に形成される薄膜に当該透明基板を変形させる膜応力が存在する場合にも、この膜応力を低減できる。この結果、透明基板を露光装置にセットしたときのシミュレーションにより得た複数の測定点の高さ情報から算出した当該透明基板の平坦度と、透明基板（マスクブランク用透明基板）に薄膜を形成してマスクブランクを製造し、このマスクブランクから露光用マスクを製造し、この露光用マスクを露光装置に実際にセットしたときの当該露光用マスクの平坦度とを一致させることができる。

【0016】

第 11 の態様に記載の発明によれば、透明基板における薄膜が形成される側の主表面の表面形状は、この主表面の高さが当該主表面の中心領域から周縁部へ向かって漸次低くなる形状であることから、この形状を有する透明基板（マスクブランク用透明基板）から製造される露光マスクを露光装置にセットしたときに、この露光マスクの平坦度が良好になり、露光マスクに要求される仕様を満たすことができる。

【0017】

第 14 の態様に記載の発明によれば、マスクブランクにおける薄膜をパターンニングして透明基板（マスクブランク用透明基板）上に薄膜パターンを形成し、露光用マスクを製造することから、この露光用マスクは、露光装置にセットされたときの平坦度及びパターン位置精度等が仕様を満たすことができるので、パターン転写時における転写精度を向上させることができる。

10

20

30

40

50

【発明を実施するための最良の形態】**【0018】**

以下、本発明を実施するための最良の形態を、図面に基づき説明する。

図1は、本発明に係るマスクブランクの製造方法における一実施の形態が適用されたハーフトーン型位相シフトマスクブランクの製造方法を示すフローチャートである。

【0019】

この図1に示すマスクブランクの製造方法は、透明基板（合成石英ガラス基板）の準備工程（S1）、表面形態情報取得工程（S2）、シミュレーション工程（S3）、平坦度算出工程（S4）、判定工程（S5）、薄膜形成工程（S6）、レジスト膜形成工程（S8）及び露光用マスクの製造工程（S9）を有する。尚、透明基板上に形成する薄膜に透明基板の変形に寄与する膜応力が存在する場合、この膜応力を低減する目的で、膜応力制御工程（S7）を設けても良い。

10

また、本発明に係るマスクブランク用透明基板の製造方法は、図1における透明基板（合成石英ガラス基板）の準備工程（S1）、表面形態情報取得工程（S2）、シミュレーション工程（S3）、平坦度算出工程（S4）、判定工程（S5）までの工程を有する。上述の各工程を、以下に順次説明する。

【0020】**（A）透明基板の準備工程（S1）**

特開平8-31723号公報や特開2003-81654号公報に記載された製造方法により作製された合成石英ガラスインゴットから、約152mm×約152mm×約6.5mmに切り出して得られた合成石英ガラス板に面取り加工を施し、次に、この合成石英ガラス板の表面である主表面1及び2（図2）と端面3と面取り面4とを鏡面研磨し、更に主表面1及び2を精密研磨して透明基板（合成石英ガラス基板）5を準備する。上記主表面1に、薄膜形成工程において薄膜（光半透過膜）が形成される。透明基板5の準備工程においては、透明基板5における両主表面1及び2の表面粗さは、自重平方根粗さ（RMS）で約0.2nm以下であり、端面3及び面取り面4の表面粗さは、算術平均粗さ（Ra）で約0.03μm以下とする。

20

【0021】**（B）表面形態情報取得工程（S2）**

透明基板5の主表面1の表面形態情報を取得する手段としては、公知の光干渉計を利用した平坦度測定装置（不図示）などで得ることができる。透明基板5の自重による撓みなるべく抑えるため透明基板5を垂直又は略垂直に立たせた状態で平坦度を測定できるものがよい。ここにいう表面形態情報とは、図2に示すように、透明基板5の主表面1内に設けられた所定領域（a×a）内における複数の測定点P（Xm、Yn）（但しm、nは整数）における基準面7（最小二乗法により算出される焦平面）からの高さ情報Zk（kは整数）をいう。そして、この高さ情報Zkは、なるべく高精度に測定できるものが良く、nmオーダーで測定できるものが良い。

30

【0022】

表面形態情報を測定する上記所定領域（a×a）は、透明基板5のサイズや平坦度測定装置の測定精度、露光装置（不図示）のマスクステージ8（図3）が透明基板5の主表面1に当接する領域等により適宜選定する。後述するシミュレーションを高精度に行うためには、なるべく透明基板5の主表面1の全面において表面形態情報を取得することが望ましいが、少なくとも露光装置のマスクステージ8が透明基板5の主表面1に当接する領域を含むように設定する。

40

【0023】

また、現存の光干渉計を利用した平坦度測定装置の場合、透明基板5の外周部、つまり、図2（B）に示すように、透明基板5の主表面1と端面3（や面取り面4）との境界近傍で、上記高さ情報Zkを高精度に測定することは難しい。これらの点を考慮すると、表面形態情報を取得する主表面1の所定領域（a×a）は、透明基板5の面取り面4から0mmを超え3mm以下の周縁部領域bを、主表面1の全面から除いた領域とすることが好

50

ましい。特に好ましくは、透明基板 5 の面取り面 4 から 0.5 mm 以上 2.5 mm 以下の周辺部領域 b、さらに好ましくは透明基板 5 の面取り面 4 から 1 mm 以上 2 mm 以下の周辺部領域 b を、それぞれ主表面 1 の全面から除いた領域を表面形態情報を取得する所定領域 ($a \times a$) とすることが望ましい。例えば、透明基板 5 の大きさが 152 mm \times 152 mm である場合、表面形態情報を取得する所定領域 ($a \times a$) を 146 mm \times 146 mm、さらに好ましくは 148 mm \times 148 mm とすることが望ましい。

【0024】

また、後述するシミュレーションを高精度に行うためには、高さ情報 Z_k を取得する測定点 P (X_m, Y_n) をなるべく多くすることが望ましい。しかし、測定点 P (X_m, Y_n) を多くするとより正確なシミュレーション結果が得られるが、シミュレーションの所要時間がかかってしまうので、これらの点を考慮して測定点 P (X_m, Y_n) を決定することが好ましい。例えば、測定点 P (X_m, Y_n) は 256 \times 256 ポイントとすることができる。

10

【0025】

(C) シミュレーション工程 (S3)

このシミュレーション工程では、図 3 に示すように、透明基板 5 を露光装置のマスキステージ 8 にセットした状態をシミュレーションして、透明基板 5 の主表面 1 における複数の測定点 P (X_m, Y_n) で、基準面 7 (図 3) からの高さ情報 Z_{Sk} (但し k は整数) を求める。

【0026】

20

露光装置に透明基板 5 をセットしたときの、透明基板における複数の測定点 P (X_m, Y_n) の高さ情報 Z_{Sk} (図 2 (A)) をシミュレーションして得る際に必要な条件は、上記表面形態情報取得工程で得た透明基板 5 の主表面 1 における複数の測定点 P (X_m, Y_n) の基準面 7 からの高さ情報 Z_k と、露光装置のマスキステージ 8 が透明基板 5 の主表面 1 に当接する領域 (つまり、マスキステージ 8 における X 方向の幅 L_2 及び Y 方向の幅 L_3 を有する領域) を含む当該マスキステージ 8 の形状情報 (上記幅 L_2 、上記幅 L_3 、マスキステージ 8 間の距離 L_1) とである。これらの情報を使い、材料力学における撓み微分方程式によって、露光装置のマスキステージ 8 に透明基板 5 をセットしたときの、透明基板 5 の主表面 1 における複数の測定点 P (X_m, Y_n) での基準面 7 からの高さ情報 Z_{Sk} をシミュレーションして得ることができる。

30

【0027】

上記撓み微分方程式は、重力の方向に Z 軸の正の方向をとり、次のようにして求める。
 (マスキステージにセットしたときの透明基板主表面における高さ情報 Z_{Sk})
 = (表面形態情報取得工程で取得した透明基板主表面における高さ情報 Z_k)
 + (マスキステージを支点とした X 方向に沿う透明基板の反り (てこの効果))
 + (透明基板の重力による X 方向に沿う撓み (基板中心で最大値が 0.1 μm))
 - (透明基板がマスキステージに当接する Y 方向に沿う領域で当該透明基板が有する高さ情報 Z_k の平均値)

ここで、X 方向及び Y 方向は、図 3 (A) におけるものであり、X 方向はマスキステージ 8 の長手方向に直交する方向であり、Y 方向はマスキステージ 8 の長手方向に沿う方向である。また、「透明基板がマスキステージに当接する Y 方向に沿う領域」は、マスキステージ 8 の形状情報としての、マスキステージ 8 が透明基板 5 の主表面 1 に当接する領域から求められる。また、図 3 (B) の透明基板 5 は、実線がマスキステージ 8 へのセット (吸着) 前、破線がマスキステージ 8 へのセット (吸着) 後をそれぞれ示す。

40

【0028】

従って、透明基板 5 の主表面 1 の複雑な表面状態を考慮した上述の表面形態情報 (つまり、複数の測定点 P (X_m, Y_n) における基準面 7 からの高さ情報 Z_k) 等に基づいてシミュレーションを行うので、特許文献 1 にあるような、透明基板の主表面の表面形状と一つの平坦度という単純な条件でシミュレーションを行う場合に比べ、格段に正確なシミュレーション結果が得られる。

50

【 0 0 2 9 】

尚、透明基板 5 の重力変形を一定値 ($0.1 \mu\text{m}$) ではなく、透明基板 5 の中心線 (透明基板 5 の中心を通り、マスクステージ 8 の Y 方向と平行な線) で最大値 ($0.1 \mu\text{m}$) をとる 4 次曲面で予測し、透明基板 5 の X 方向 (図 3) の各位置毎に考慮することによって、より正確なシミュレーション結果を得ることができる。また、上述のマスクステージの形状情報としては、マスクステージ 8 が透明基板 5 の主表面 1 に当接する領域 (X 方向の幅 L_2 及び Y 方向の幅 L_3 を有する領域) に加え、マスクステージ 8 が透明基板 5 の主表面 1 に当接する上記領域 (面) における当該マスクステージ 8 の平坦度の情報を含んでも良い。更に、シミュレーション方法については、上述に限定されるものではなく、一般的な有限要素法を用いたシミュレーションであってもよい。

10

【 0 0 3 0 】

(D) 平坦度算出工程 (S 4)

この平坦度算出工程は、図 4 に示すように、上記シミュレーション工程によって得た基準面からの高さ情報 Z_{Sk} から、露光用マスク (不図示) の転写領域を含む所定領域 ($c \times d$) において最大値と最小値を求め、露光装置に上記透明基板 5 をセットしたときの当該透明基板 5 の主表面 1 における平坦度を算出する工程である。この平坦度は、露光装置を用いたパターン転写時に良好な転写パターンの形成に寄与するものである。上記露光マスクの転写領域を含む所定領域 ($c \times d$) は、露光波長や半導体ウエハ上に形成する微細パターン (回路パターン) の種類等によって決められる。例えば、マスクブランクの大きさが $152 \text{ mm} \times 152 \text{ mm}$ の場合、マスクの転写領域を含む所定領域 ($c \times d$) を、 $104 \text{ mm} \times 132 \text{ mm}$ の矩形状や、 $132 \text{ mm} \times 132 \text{ mm}$ の正形状とすることができる。

20

【 0 0 3 1 】

(E) 判定工程 (S 5)

上記平坦度算出工程によって算出した平坦度と予め定めておいた仕様とを比較し、この仕様に適合するか否かを判定する。この仕様に適合すると判定された透明基板 5 がマスクブランク用透明基板 5 A として特定され、このマスクブランク用透明基板 5 A についてのみ、当該透明基板 5 A 上に薄膜を形成する薄膜形成工程を実施し、マスクブランクを作製する。仕様に適合しないと判定された透明基板 5 については、再度、透明基板 5 の主表面 1 を加工して透明基板を準備し、シミュレーションによる平坦度が仕様を満たすようにする。

30

【 0 0 3 2 】

尚、上記仕様は露光波長や、露光装置のマスクステージの基板チャック方式等の相違により、マスクブランク (または露光用マスク) に対して許容できる平坦度を算出して定める。例えば、露光光源が ArF エキシマレーザー (露光波長 : 193 nm) であり、基板チャック方式 (透明基板 5 の支持部構造) が、図 3 (B) に示すように、透明基板 5 の主表面 1 と平行に線状に延伸する 3 本の支持部 9 の間に 2 本の吸着口 10 が形成され、上記支持部 9 に透明基板 5 を当接してチャック (吸着) 支持する構造を有する場合には、上記仕様は、露光用マスクの転写領域を含む所定領域 ($104 \text{ mm} \times 132 \text{ mm}$) において平坦度が $0.24 \mu\text{m}$ 以下となる。

40

【 0 0 3 3 】

また、透明基板 5 を真空チャックにより露光装置のマスクステージにセットしたときに、透明基板 5 がマスクステージ 8 の上方へ向かって変形することを考慮して、前記表面形態情報取得工程により得た高さ情報 Z_k から、薄膜が形成される側、つまりマスクステージ 8 に当接する側の主表面 1 の表面形状は、図 3 (B) の実線に示すように、この主表面 1 の高さが中心領域から周縁部へ向かって漸次低くなる形状のものを選定する。この選定された透明基板 5 についてシミュレーションを行うことにより、この効果による変形が重力による撓み変形と相殺することになるため、露光装置のマスクステージ 8 にセットした後の透明基板 5 の平坦度がより良好な透明基板 5 を得ることができ、露光用マスクに要求される仕様を満たすことができるので好ましい。

50

【 0 0 3 4 】

(F) 薄膜形成工程 (S 6)

上記判定工程で、透明基板 5 が露光装置のマスキステージ 8 にセットされたとき当該透明基板 5 の平坦度が仕様に適合していると判定された場合に、図 5 (A) に示すように、その透明基板 5 (つまりマスクブランク用透明基板 5 A) の主表面 1 上にマスクパターンとなる薄膜 (光半透過膜) 1 1 をスパッタリング法により形成して薄膜付きの透明基板を作製する。この薄膜 (光半透過膜) 1 1 の成膜は、例えば D C マグネトロンスパッタリング装置を使って行う。

【 0 0 3 5 】

(G) 薄応力制御工程 (S 7)

この膜応力制御工程は、例えば、薄膜形成時及び / 又は薄膜形成後に薄膜付きの透明基板を 1 5 0 以上の温度で加熱処理する場合や、図 5 (B) に示すように、マスクブランク用透明基板 5 A 上に形成する薄膜を複数層とし、圧縮応力を有する層 (光半透過膜 1 1) と引張応力を有する層 (例えば遮光膜 1 2) とを積層して、これらの各層の薄膜 1 1 , 1 2 の膜応力を相殺する場合等がある。本実施形態及び実施例では、前者 (加熱処理) の場合について説明する。

【 0 0 3 6 】

(H) レジスト膜形成工程 (S 8)

次に、薄膜 (光半透過膜 1 1) 付きの透明基板における上記光半透過膜 1 1 の表面にレジストを塗布した後、加熱処理してレジスト膜 1 3 を形成し、マスクブランク 1 4 (ハーフトーン型位相シフトマスクブランク) を作製する。このマスクブランク 1 4 について、欠陥検査装置によりマスクブランク 1 4 の欠陥 (ピンホール、パーティクル) を測定する。

【 0 0 3 7 】

(I) 露光用マスクの製造工程 (S 9)

マスクブランク 1 4 におけるレジスト膜 1 3 に所定のパターンを描画・現像処理し、レジストパターン (不図示) を形成する。次に、このレジストパターンをマスクにして、光半透過膜 1 1 をドライエッチングし、マスクパターンとしての光半透過膜パターン (不図示) を形成する。最後に、上記レジストパターン (レジスト膜 1 3) を除去して、マスクブランク用透明基板 5 A 上に光半透過膜パターンが形成された露光用マスク (不図示) を得る。

【 0 0 3 8 】

(J) 半導体デバイスの製造工程

得られた露光用マスクを露光装置のマスキステージにセットし、この露光用マスクを使用し、A r F エキシマレーザを露光光として光リソグラフィー技術を用い、半導体基板に形成されているレジスト膜に露光用マスクのマスクパターン (光半透過膜パターン) を転写して、この半導体基板上に所望の回路パターンを形成し、半導体デバイスを製造する。

【 0 0 3 9 】

(K) 実施の形態の効果

上述のように構成されたことから、上記実施の形態によれば、次の効果 (1) ~ (5) を奏する。

(1) 透明基板 5 の主表面 1 における複数の測定点 P (X_m , Y_n) の基準面 7 からの高さ情報 Z_k 等に基づき、当該透明基板 5 を露光装置のマスキステージ 8 にセットしたときのシミュレーションを実施して、このときの透明基板 5 における複数の測定点 P (X_m , Y_n) の基準面 7 からの高さ情報 Z_{S_k} を取得し、このシミュレーションにより得た高さ情報 Z_{S_k} に基づき、露光装置のマスキステージ 8 に透明基板 5 をセットしたときの当該透明基板 5 の平坦度を算出することから、この平坦度を高精度に予測することができる。従って、この高精度に算出された透明基板 5 の平坦度に基づいてマスクブランク用透明基板 5 A を判定して特定し、このマスクブランク用透明基板 5 A から製造されたマスクブ

10

20

30

40

50

ランク 14 を経て露光用マスクを製造することにより、この露光用マスクは、平坦度やパターン位置精度などが仕様に適合するものとなるので、この露光用マスクを用いて被転写体としての半導体基板にパターン転写を実施する際に、転写精度を向上させることができる。

【0040】

(2) マスクブランク用透明基板 5A に薄膜 11 を形成する薄膜形成工程 (図 1 の S6) が、表面形態情報取得工程 (同 S2)、シミュレーション工程 (同 S3) 及び平坦度算出工程 (同 S4) の後に実施されることから、これらの工程において薄膜 11 にパーティクルが付着することがないので、製造されるマスクブランク 14 に欠陥の発生を抑制することができる。

10

【0041】

(3) 表面形態情報取得工程 (図 1 の S2) において表面形態情報を取得する主表面 1 の所定領域 ($a \times a$) が、透明基板 5 の面取り面 4 から 0 mm を超え 3 mm 以下の周縁部領域 b を主表面 1 の全面から除いた領域であることから、この所定領域 ($a \times a$) における表面形態情報 (基準面 7 からの高さ情報 Z_k) を高精度に測定することができる。

【0042】

(4) 薄膜形成工程 (図 1 の S6) の実施時および / または実施後に、薄膜 11 の膜応力を低減させる膜応力制御工程 (同 S7) を実施することから、マスクブランク用透明基板 5A に形成される薄膜 11 に当該マスクブランク用透明基板 5A を変形させる膜応力が存在する場合にも、この膜応力を低減できる。この結果、透明基板 5 を露光装置のマスクステージ 8 にセットしたときのシミュレーションにより得た複数の測定点 P (X_m, Y_n) の高さ情報 Z_{sk} から算出した当該透明基板 5 の平坦度と、マスクブランク用透明基板 5A に薄膜 11 を形成してマスクブランク 14 を製造し、このマスクブランク 14 から露光用マスクを製造し、この露光用マスクを露光装置のマスクステージ 8 に実際にセットしたときの当該露光用マスクの平坦度とを一致させることができる。

20

【0043】

(5) 透明基板 5 における薄膜 11 が形成される側の主表面 1 の表面形状は、この主表面 1 の高さが当該主表面 1 の中心領域から周縁部へ向かって漸次低くなる形状であることから、この形状を有するマスクブランク用透明基板 5A からマスクブランク 14 を経て製造される露光マスクを、露光装置のマスクステージ 8 にセットしたときに、この露光マスクは、マスクステージ 8 の上方へ向かって変形し、重力による撓み変形と相殺することから平坦度が良好になり、露光マスクに要求される仕様を満たすことができる。

30

【0044】

(実施例)

以下、マスクブランクとしてハーフトーン型位相シフトマスクブランクを製造する製造工程について、具体的に説明する。

(I) 透明基板の準備工程

152 mm × 152 mm の大きさを有する正形状の透明基板 (合成石英ガラス基板) の主表面を精密研磨し、洗浄して透明基板を準備した。

【0045】

40

(II) 表面形態情報取得工程

上記透明基板の主表面について、光干渉計を利用した平坦度測定装置 (トロップル社製 UltraFlat 200M) を用いて、透明基板の主表面 (薄膜が形成される主表面) の所定領域 (148 mm × 148 mm) において、256 × 256 の各測定点につき表面形態情報 (最小二乗法により算出される焦平面 (仮想絶対平面) からの高さ情報) を取得し、コンピュータに保存した。尚、この表面形態情報により、透明基板の主表面 (薄膜が形成される主表面) の表面形状は、この主表面の高さが中心領域から周縁部へ向かって漸次低くなる形状であり、148 mm × 148 mm における平坦度は、0.47 μm と良好であった。

【0046】

50

(III) シミュレーション工程

表面形態情報取得工程で得られた表面形態情報と、露光装置のマスキングステージが透明基板の主表面に当接する領域（透明基板の端面から約10mm×132mm）の当該マスキングステージの形状情報とから、前述の撓み微分方程式を用い各測定点について、露光装置に透明基板をセットしたときの基準面からの高さの情報をシミュレーションにより算出した。

【0047】

(IV) 平坦度算出工程・判定工程

上述のシミュレーション結果から、露光用マスクの転写領域を含む所定領域（104mm×132mm）における基準面からの最大値と最小値との差を求めて、この所定領域における平坦度を算出した。その結果、平坦度が0.21μm（104mm×132mm）と良好な結果が得られた。従って、この透明基板が露光装置のマスキングステージにセットされたときの主表面の平坦度は、仕様に適合していると判定でき、マスクブランク用透明基板を得た。

10

【0048】

(V) 薄膜形成工程

表面形態情報を取得し、シミュレーションを行ったマスクブランク用透明基板の主表面上に、窒化されたモリブデン及びシリコンからなる光半透過膜を形成し、光半透過膜付き透明基板を得た。

【0049】

20

(VI) 膜応力制御工程

薄膜形成工程で得られた光半透過膜付き透明基板を熱処理装置に搬入し、300×10分の加熱処理を実施して、上記薄膜（光半透過膜）の膜応力をゼロにした。

【0050】

(VII) レジスト膜形成工程

膜応力がゼロに制御された光半透過膜上にスピンコート法によりレジスト膜を形成し、プリベーク処理して膜厚が400nmのレジスト膜を形成し、ArFエキシマレーザー露光用ハーフトーン型位相シフトマスクブランクを得た。このマスクブランクにおいて、欠陥検査装置によりハーフトーン型位相シフトマスクブランクの欠陥（パーティクル、ピンホール）を測定したところ、0.1μm以上の欠陥は10個以下で非常に良好であった。

30

【0051】

(VIII) ハーフトーン型位相シフトマスクの製造工程

上述のハーフトーン型位相シフトマスクブランクにおけるレジスト膜にパターンを露光し、現像してレジストパターンを形成した。次いで、ドライエッチング（SF₆+Heガス）により、窒化されたモリブデン及びシリコンからなる薄膜の露出部分を除去し、窒化されたモリブデン及びシリコンからなる薄膜のパターン（光半透過部）を得た。レジスト膜の剥離後、100の99%硫酸（H₂SO₄）に15分間浸漬して硫酸洗浄し、純水等でリンスして、ArFエキシマレーザー露光用ハーフトーン型位相シフトマスクを得た。

【0052】

40

(IX) 半導体デバイスの製造工程

得られたハーフトーン型位相シフトマスクを露光装置のマスキングステージにセットし、半導体ウエハ上のレジスト膜にハーフトーン型位相シフトマスクの薄膜パターンを転写し、回路パターンを形成して半導体デバイスを作製した。得られた半導体デバイスを検査したところ回路パターンに欠陥はなく良好であった。

【0053】

(比較例)

152mm×152mmの大きさを有する正形状の透明基板（合成石英ガラス基板）の主表面を精密研磨し、洗浄して透明基板を準備した。得られた透明基板の主表面上に、窒化されたモリブデン及びシリコンからなる光半透過膜を形成し、光半透過膜付き透明基

50

板を得た。

この光半透過膜付き透明基板について、特許文献1の方法と同様にして、平坦度測定装置により平坦度及び表面形状を測定し、得られた情報から有限要素法により露光装置のマスクステージに光半透過膜付き透明基板をセットしたときの、この透明基板の平坦度をシミュレーションした。

【0054】

この光半透過膜付き透明基板の平坦度は0.24 μm 以下であり、仕様に合うと判定したので、レジスト膜形成工程、ハーフトーン型位相シフトマスクの製造工程、半導体デバイスの製造工程を経て、半導体デバイスを製造した。得られた半導体デバイスを検査したところ、回路パターンの線幅変動欠陥が多く発見され、回路パターンの欠陥（黒欠陥、白欠陥）も多く発見された。

10

回路パターンの線幅変動欠陥は、光半透過膜付き透明基板を露光装置のマスクステージにセットした状態をシミュレーションして得た当該透明基板の平坦度と、露光用マスクを実際にマスクステージにセットしたときの当該露光用マスクの平坦度とが相違したことにより、パターンフォーカス精度が悪化したためと考えられる。また、上記回路パターンの欠陥は、レジスト膜形成後に、光半透過膜表面の欠陥（パーティクル、ピンホール）を欠陥検査装置により測定したときに0.1 μm 以上の欠陥が1000個以上であったが、この欠陥が原因で生じた露光用マスクのパーティクル、ピンホールによるものと考えられる。

【0055】

20

以上、本発明を上記実施の形態に基づいて説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、上記実施例では、薄膜形成工程として、光半透過膜のみを透明基板上に形成した例のみを挙げたが、光半透過膜上にさらに遮光膜を形成しても構わない。

【図面の簡単な説明】

【0056】

【図1】本発明に係るマスクブランクの製造方法における一実施の形態が適用されたハーフトーン型位相シフトマスクブランクの製造方法を示すフローチャートである。

【図2】表面形態情報を取得する際、及びシミュレーションにより高さ情報を算出する際における各測定点を説明するための透明基板の斜視図である。

【図3】露光装置のマスクステージに透明基板をセットしたときを示し、(A)が平面図、(B)が図3(A)のIII-III線に沿う断面図である。

30

【図4】平坦度を算出する際における各測定点を説明するための透明基板の斜視図である。

【図5】マスクブランクの構造を示す断面図である。

【符号の説明】

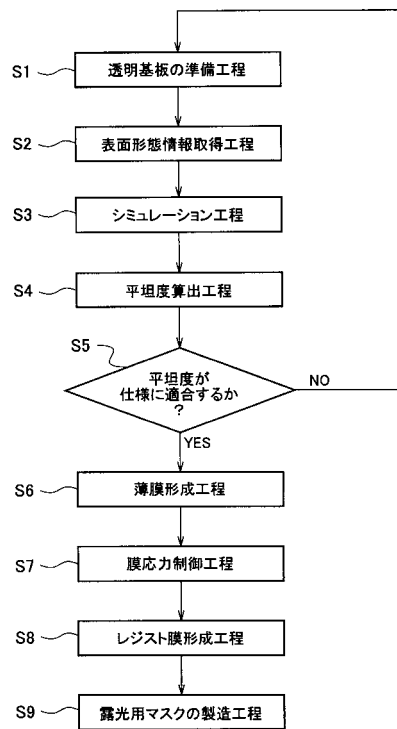
【0057】

- 1 主表面
- 4 面取り面
- 5 透明基板
- 5A マスクブランク用透明基板
- 7 基準面
- 8 マスクステージ
- 11 薄膜
- 14 マスクブランク
- P(Xm、Yn) 測定点
- Zk 高さ情報
- ZSk 高さ情報
- (a×a) 所定領域
- b 周辺部領域
- (c×d) 所定領域

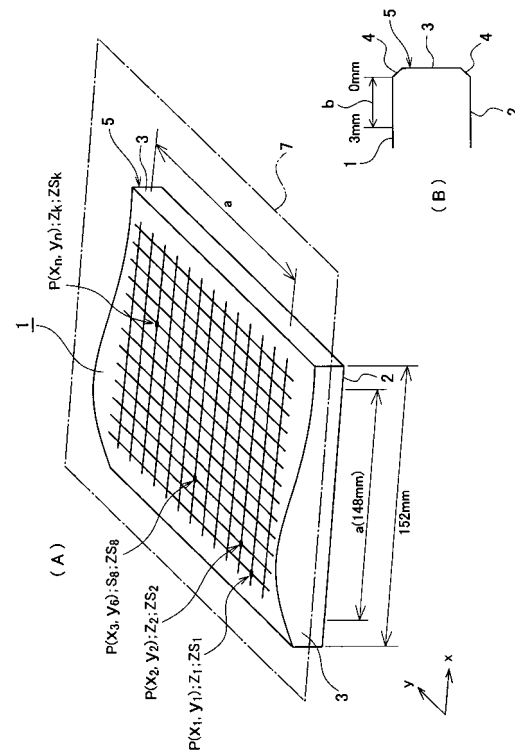
40

50

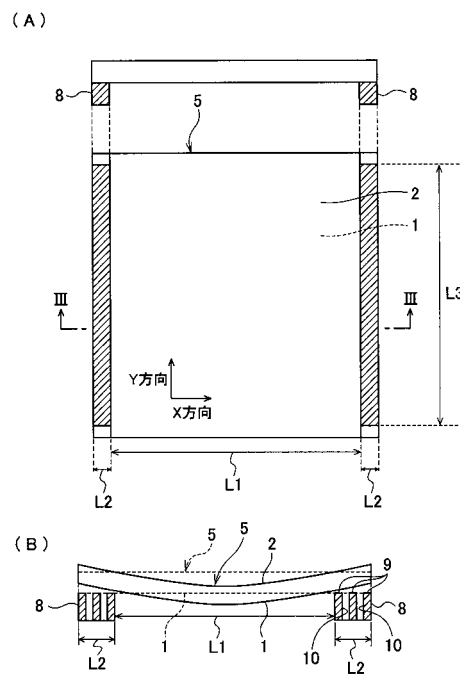
【図 1】



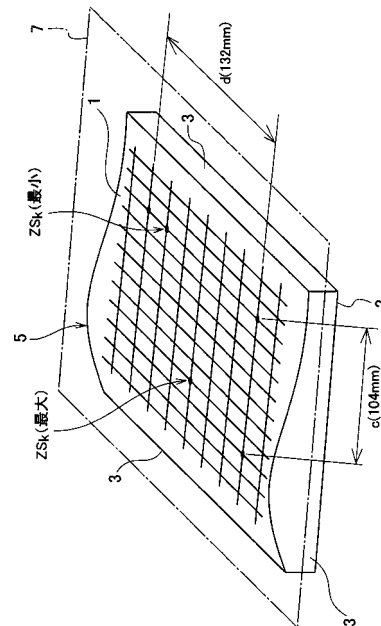
【図 2】



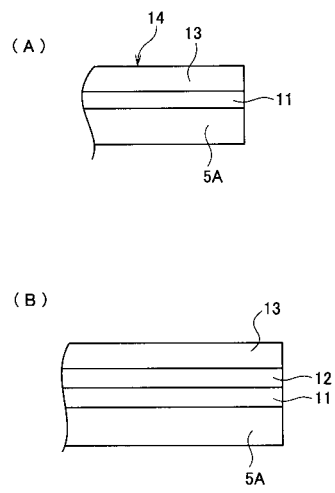
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-043837(JP,A)
特開平08-264431(JP,A)
特開2004-046259(JP,A)
特開2003-315980(JP,A)
国際公開第2004/083961(WO,A1)
特開2003-050458(JP,A)
特開平09-089520(JP,A)
特開平02-304304(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G03F 1/50
H01L 21/027