

(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2007-86050

(P2007-86050A)

(43) 公開日 平成19年4月5日(2007.4.5)

(51) Int. Cl.		F I			テーマコード (参考)
GO 1 N 21/958 (2006.01)		GO 1 N	21/958		2 G O 4 3
GO 3 F 1/08 (2006.01)		GO 3 F	1/08	A	2 G O 5 1
GO 1 N 21/64 (2006.01)		GO 1 N	21/64	Z	2 H O 9 5

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2006-42996 (P2006-42996)	(71) 出願人	000113263
(22) 出願日	平成18年2月20日 (2006.2.20)		H O Y A 株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2005-43134 (P2005-43134)		東京都新宿区中落合2丁目7番5号
(32) 優先日	平成17年2月18日 (2005.2.18)	(74) 代理人	100091362
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 阿仁屋 節雄
(31) 優先権主張番号	特願2005-228598 (P2005-228598)	(74) 代理人	100090136
(32) 優先日	平成17年8月5日 (2005.8.5)		弁理士 油井 透
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(74) 代理人	100105256
(31) 優先権主張番号	特願2005-244044 (P2005-244044)		弁理士 清野 仁
(32) 優先日	平成17年8月25日 (2005.8.25)	(72) 発明者	田辺 勝
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		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
		Fターム(参考)	2G043 AA03 CA07 EA01 FA01 KA02
			KA08 KA09 LA03

最終頁に続く

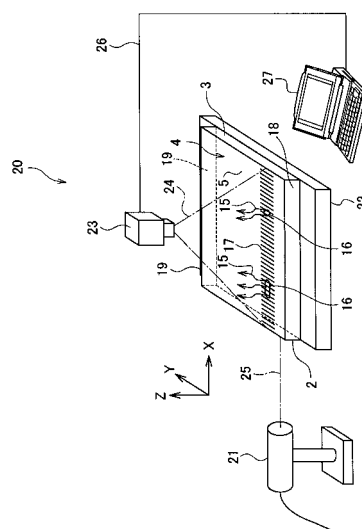
(54) 【発明の名称】 透光性材料からなる透光性物品の検査方法、ガラス基板の欠陥検査方法及び装置、マスクブラン
ク用ガラス基板の製造方法、マスクプランクの製造方法、及び露光用マスクの製造方法、並びに

(57) 【要約】

【目的】 透光性物品における光学的な不均一性の有無を正確に検査できる透光性物品の検査方法を提供する。

【構成】 透光性物品に200nm以下の波長を有する検査光を導入した場合に、該透光性物品内部で前記検査光が伝播する光路に前記局所又は局部的に光学特性が変化する部位がある場合にこの部位から発せられる光であって前記検査光の波長よりも長い光を感知することにより、前記透光性物品における光学的な不均一性の有無を検査する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

光リソグラフィーに使用され、透光性材料からなる透光性物品の内部に、露光光に対して局所又は局部的に光学特性が変化する不均一性の有無を検査する透光性物品の検査方法において、

前記透光性物品に 200 nm 以下の波長を有する検査光を導入した場合に、該透光性物品内部で前記検査光が伝播する光路に前記局所又は局部的に光学特性が変化する部位がある場合にこの部位から発せられる光であって前記検査光の波長よりも長い光を感知することにより、前記透光性物品における光学的な不均一性の有無を検査することを特徴とする透光性物品の検査方法。

10

【請求項 2】

前記局所又は局部的に光学特性が変化する部位から発せられる光の波長が、200 nm 超 600 nm 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の透光性物品の検査方法。

【請求項 3】

前記透光性物品は、光リソグラフィーの際に使用される露光装置の光学部品、又は、光リソグラフィーの際に使用される露光用マスクの基板の何れかであることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の透光性物品の検査方法。

【請求項 4】

前記光学部品、前記露光用マスクの基板は、合成石英ガラスからなることを特徴とする請求項 3 記載の透光性物品の検査方法。

20

【請求項 5】

前記透光性物品に前記検査光を導入する際に、該検査光の導入により前記透光性物品の表面にダメージを生じさせる原因物質を、該透光性物品の周辺の雰囲気から排除した状態で、前記検査光を該透光性物品に導入することを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか一に記載の透光性物品の検査方法。

【請求項 6】

前記検査光は、パルス光であり、1 パルスの単位面積当たりのエネルギーが、 $10 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以上 $50 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか一に記載の透光性物品の検査方法。

【請求項 7】

200 nm 以下の波長を有する検査光を導入する表面を有するマスクブランク用透光性基板を準備する準備工程と、

前記表面の一方から前記検査光を導入した場合に、前記透光性基板内部で前記検査光が伝播する光路に前記局所又は局部的に光学特性が変化する部位がある場合にこの部位から発せられる光であって前記検査光の波長よりも長い光を感知することにより、前記透光性基板における光学的な不均一性の有無を検査する検査工程と、

前記不均一性の有無により、局所又は局部的に光学特性が変化することによる転写パターン欠陥が発生しない透光性基板であるか否かを判別する判別工程と、を有することを特徴とするマスクブランク用透光性基板の製造方法。

30

【請求項 8】

前記局所又は局部的に光学特性が変化する部位から発せられる光の波長が、200 nm 超 600 nm 以下であることを特徴とする請求項 7 記載のマスクブランク用透光性基板の製造方法。

40

【請求項 9】

前記判別工程の後、前記透光性基板の主表面を精密研磨して、マスクブランク用透光性基板を得ることを特徴とする請求項 7 又は 8 記載のマスクブランク用透光性基板の製造方法。

【請求項 10】

前記透光性基板に前記検査光を導入する際に、該検査光の導入により前記透光性基板の表面にダメージを生じさせる原因物質を、該ガラス基板の周辺の雰囲気から削除した状態

50

で、前記検査光を該透光性基板に導入することを特徴とする請求項 7 乃至 9 の何れか一に記載のマスクブランク用透光性基板の製造方法。

【請求項 1 1】

前記検査光を導入する前記表面は、マスクパターンとなる薄膜が形成される透光性基板の主表面と直交する側面であることを特徴とする請求項 7 乃至 10 の何れか一に記載のマスクブランク用透光性基板の製造方法。

【請求項 1 2】

前記検査工程において、前記側面の幅よりも大きなビーム形状を有する検査光を該表面に導入することを特徴とする請求項 1 1 記載のマスクブランク用透光性基板の製造方法。

【請求項 1 3】

前記検査光は、パルス光であり、1 パルスの単位面積当たりのエネルギーが、 $10 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以上 $50 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以下であることを特徴とする請求項 7 乃至 12 の何れか一に記載のマスクブランク用透光性基板の製造方法。

【請求項 1 4】

請求項 7 乃至 13 の何れかに記載のマスクブランク用透光性基板の製造方法によって得られたマスクブランク用透光性基板の主表面上に、マスクパターンとなる薄膜を形成してマスクブランクを製造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 1 5】

請求項 1 4 に記載のマスクブランクにおける薄膜をパターンニングして、マスクブランク用透光性基板の主表面上にマスクパターンを形成し、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。

【請求項 1 6】

請求項 1 5 に記載の露光用マスクの製造方法によって得られた露光用マスクを使用し、露光用マスクに形成されているマスクパターンを半導体基板上に形成されているレジスト膜に転写して半導体装置を製造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】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば、ArFエキシマレーザーやF2エキシマレーザーといった非常に強力なエネルギーを持つ光に対して透光性の性質を有する透光性材料からなる透光性物品の内部に、前記光に対して局所的に光学特性が変化する不均一性の有無を検査する透光性物品の検査方法、及びガラス基板の検査方法及び装置、ガラス基板の内部欠陥を検査した後、マスクブランク用ガラス基板を製造するマスクブランク用ガラス基板の製造方法、このマスクブランク用ガラス基板を用いるマスクブランクの製造方法、このマスクブランクを用いる露光用マスクの製造方法、並びにこの露光用マスクを用いる半導体装置の製造方法に関する。

【0002】

近年では、半導体デバイスに形成されるパターンの微細化により、光リソグラフィ技術において使用される露光光はArFエキシマレーザー（露光波長 193 nm ）、F2エキシマレーザー（露光波長 157 nm ）へと短波長化が進んでいる。上記光リソグラフィ技術において使用される露光用マスクや、この露光用マスクを製造するマスクブランクにあっては、マスクブランク用透光性基板（例えば、ガラス基板）上に形成される、上述の露光光の露光波長に対して光を遮断する遮光膜や、位相を変化させる位相シフト膜の開発が急速に行われ、様々な膜材料が提案されている。

【0003】

また、光リソグラフィ技術において使用される露光装置（例えば、ステッパー）には、レンズなどの光学部品が備えており、これらの光学部品は露光光に対しては、吸収の少ない即ち、透過性の良い材料が使用されている。

【0004】

上記マスクブランク用透光性基板や、このマスクブランク用透光性基板を製造するため

10

20

30

40

50

の透光性物品（例えば、合成石英ガラス基板）や、露光装置に使われるレンズなどの光学部品の内部には、光学的な不均一性（異物や気泡などの欠陥による光学特性の変化）が存在しないことが要求されている。特許文献１には、ガラス基板に対し、He-Neレーザーを入射し、ガラス基板に存在する光学的な不均一性、例えば内部欠陥（異物や気泡など）により散乱された散乱光を検出することで、上記光学的な不均一性を検出する欠陥検出装置及び欠陥検出方法が開示されている。

【特許文献１】特開平８－２６１９５３号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

10

上述のような欠陥検出装置によって光学的な不均一性（例えば、内部欠陥）が存在しないと判定された透光性基板（例えば、合成石英ガラス基板）、マスクブランク用透光性基板（例えば、マスクブランク用ガラス基板）から製造される露光用マスクであっても、露光光であるArFエキシマレーザーを用いて半導体基板に露光用マスクのマスクパターンを転写するパターン転写時に、後述の透光性基板起因による転写パターン欠陥が生じて転写精度が低下する場合がある。また、露光装置に使用するレンズなどの光学部品においても上述と同様に、パターン転写時に光学部品起因による転写パターン欠陥が生じて転写精度が低下する場合がある。

【０００６】

この原因は、He-Neレーザーなどの可視光レーザーを検査光としたときには散乱などの光学的変化が発生しなかったが、ArFエキシマレーザーやF2エキシマレーザーなどの高エネルギーの光を露光光として実際、パターン転写を行う際には、局部的に（又は局所的に）光学特性を変化（例えば、透過率を低下、位相差を変化）させる光学的な不均一性（例えば、局所脈理、内容物、異質物による内部欠陥）が、透光性基板や光学部品中に存在しているからであると考えられる。

20

【０００７】

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、光リソグラフィーの際に使用される露光装置の光学部品や露光用マスクの基板などの透光性物品における、被転写体へのパターン転写に大きな影響を与える光学的な不均一性の有無を正確に検査できる透光性物品の検査方法を提供することにある。

30

【０００８】

本発明の他の目的は、半導体基板へのパターン転写の転写精度を良好にできる半導体装置の製造方法、この半導体装置を製造するための被転写体へのパターン転写の転写精度を良好にできる露光用マスク及びその製造方法、この露光用マスクを製造するためのマスクブランク及びその製造方法、及びこのマスクブランクを製造するためのマスクブランク用透光性基板及びそ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】

【０００９】

上述の課題を解決するための手段として第１の手段は、

光リソグラフィーに使用され、透光性材料からなる透光性物品の内部に、露光光に対して局部的に光学特性が変化する不均一性の有無を検査する透光性物品の検査方法において、前記透光性物品に200nm以下の波長の検査光を導入した場合に、該透光性物品内部で前記検査光が伝播する光路に前記局所又は局部的に光学特性が変化する部位がある場合にこの部位から発せられる光であって前記検査光の波長よりも長い光を感知することにより、前記透光性物品における光学的な不均一性の有無を検査することを特徴とする透光性物品の検査方法ある。

40

【００１０】

第２の手段は、

第１の手段にかかる透光性物品の検査方法において、前記検査光の波長よりも長い光は、該光の波長が200nm超600nm以下であることを特徴とする透光性物品の検査方

50

法である。

【0011】

第3の手段は、

第1又は第2の手段にかかる透光性物品の検査方法において、前記透光性物品は、光リソグラフィの際に使用される露光装置の光学部品、又は光リソグラフィの際に使用される露光用マスクの基板の何れかであることを特徴とする透光性物品の検査方法である。

【0012】

第4の手段は、

第3の手段にかかる透光性物品の検査方法において、前記光学部品、前記露光用マスクの基板は、合成石英ガラスからなることを特徴とする透光性物品の検査方法である。

10

【0013】

第5の手段は、

第1乃至第4のいずれかの手段にかかる透光性物品の検査方法において、請求項5に記載の発明に係る透光性物品の検査方法は、請求項1乃至4の何れか一に記載の発明において、前記透光性物品に前記検査光を導入する際に、該検査光の導入により前記透光性物品の表面にダメージを生じさせる原因物質を、該透光性物品の周辺の雰囲気から排除した状態で、前記検査光を該透光性物品に導入することを特徴とする透光性物品の検査方法である。

【0014】

第6の手段は、

第1乃至第5のいずれかの手段にかかる透光性物品の検査方法において、前記検査光は、パルス光であり、1パルスの単位面積当たりのエネルギーが、 10 mJ/cm^2 以上 50 mJ/cm^2 以下であることを特徴とする透光性物品の検査方法である。

20

【0015】

第7の手段は、

200 nm 以下の波長の検査光を導入する表面を有するマスクブランク用透光性基板を準備する準備工程と、前記表面の一方から前記検査光を導入した場合に、前記透光性基板内部で前記検査光が伝播する光路に前記局所又は局部的に光学特性が変化する部位がある場合にこの部位から発せられる光であって前記検査光の波長よりも長い光を感知することにより、前記透光性基板における光学的な不均一性の有無を検査する検査工程と、前記不均一性の有無により、局所又は局部的に光学特性が変化することによる転写パターン欠陥が発生しない透光性基板であるか否かを判別する判別工程と、を有することを特徴とするマスクブランク用透光性基板の製造方法ものである。

30

【0016】

第8の手段は、

第7の手段にかかるマスクブランク用透光性基板の製造方法において、前記判別工程の後、前記透光性基板の主表面を精密研磨して、マスクブランク用透光性基板を得ることを特徴とするマスクブランク用透光性基板の製造方法である。

【0017】

第9の手段は、

第7又は第8の手段にかかるマスクブランク用透光性基板の製造方法において、前記検査光の波長よりも長い光は、該光の波長が 200 nm 超 600 nm 以下であることを特徴とするマスクブランク用透光性基板の製造方法である。

40

【0018】

第10の手段は、

第7乃至第9のいずれかの手段にかかるマスクブランク用透光性基板の製造方法において、前記透光性基板に前記検査光を導入する際に、該検査光の導入により前記透光性基板の表面にダメージを生じさせる原因物質を、該ガラス基板の周辺の雰囲気から削除した状態で、前記検査光を該透光性基板に導入することを特徴とするマスクブランク用透光性基板の製造方法である。

50

【 0 0 1 9 】

第 1 1 の手段は、

第 7 乃至第 1 0 のいずれかの手段にかかるマスクブランク用透光性基板の製造方法において、前記検査光を導入する前記表面は、マスクパターンとなる薄膜が形成される透光性基板の主表面と直交する側面であることを特徴とするマスクブランク用透光性基板の製造方法である。

【 0 0 2 0 】

第 1 2 の手段は、

第 1 1 の手段にかかるマスクブランク用透光性基板の製造方法において、前記検査工程において、前記側面の幅よりも大きなビーム形状を有する検査光を該表面に導入することを特徴とするマスクブランク用透光性基板の製造方法である。 10

【 0 0 2 1 】

第 1 3 の手段は、

第 7 乃至第 1 2 のいずれかの手段にかかるマスクブランク用透光性基板の製造方法において、前記検査光は、パルス光であり、1パルスの単位面積当たりのエネルギーが、 $10 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以上 $50 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以下であることを特徴とするマスクブランク用透光性基板の製造方法である。

【 0 0 2 2 】

第 1 4 の手段は、

第 7 乃至第 1 3 のいずれかの手段にかかるマスクブランク用透光性基板の製造方法によって得られたマスクブランク用透光性基板の主表面上に、マスクパターンとなる薄膜を形成してマスクブランクを製造することを特徴とするマスクブランクの製造法である。 20

【 0 0 2 3 】

第 1 5 の手段は、

第 1 4 の手段にかかるマスクブランクにおける薄膜をパターンニングして、マスクブランク用透光性基板の主表面上にマスクパターンを形成し、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。

【 0 0 2 4 】

第 1 6 の手段は、

第 1 5 の手段にかかる露光用マスクの製造方法によって得られた露光用マスクを使用し、露光用マスクに形成されているマスクパターンを半導体基板上に形成されているレジスト膜に転写して半導体装置を製造することを特徴とする半導体装置の製造方法である。 30

【 0 0 2 5 】

また、上記課題を解決するための具体的手段としては、以下の構成を採用することができる。

【 0 0 2 6 】

(構成 1 - 1)

ガラス基板の表面の一方から露光波長の光を導入し、この導入された露光波長の光によって上記ガラス基板の内部欠陥が発する、露光波長よりも長い波長の光を上記表面の他方から受光し、この受光した光の光量に基づき上記ガラス基板の上記内部欠陥を検出することを特徴とするガラス基板の欠陥検査方法。 40

【 0 0 2 7 】

(構成 1 - 2)

上記ガラス基板に導入される光の波長が、 200 nm 以下であることを特徴とする構成 1 - 1 に記載のガラス基板の欠陥検査方法。

【 0 0 2 8 】

(構成 1 - 3)

ガラス基板の表面の一方から露光波長の光を導入する光導入手段と、この光導入手段により上記ガラス基板内に導入された露光波長の光によって上記ガラス基板の内部欠陥が発する、露光波長よりも長い波長の光を上記表面の他方から受光する受光手段と、この受光 50

手段により受光した光の光量に基づき、上記ガラス基板の上記内部欠陥を検出する検出手段とを有することを特徴とするガラス基板の欠陥検査装置。

【0029】

(構成1-4)

上記光導入手段がガラス基板に導入する光の波長が、200nm以下であることを特徴とする構成1-3に記載のガラス基板の欠陥検査装置。

【0030】

(構成1-5)

露光波長の光を導入する表面を有する合成石英ガラス基板を準備する準備工程と、上記表面の一方から露光波長の光を導入し、当該ガラス基板の内部欠陥が発する露光波長よりも長い波長の光を上記表面の他方から受光し、この受光した光の光量に基づき上記内部欠陥を検出する検出工程とを有し、上記検出工程で内部欠陥が検出されない上記合成石英ガラス基板を用いてマスクブランク用ガラス基板を製造することを特徴とするマスクブランク用ガラス基板の製造方法。

10

【0031】

(構成1-6)

上記合成石英ガラス基板に導入される光の波長が、200nm以下であることを特徴とする構成1-5に記載のマスクブランク用ガラス基板の製造方法。

【0032】

(構成1-7)

上記検出工程の後、合成石英ガラス基板の主表面を精密研磨して、マスクブランク用ガラス基板を得ることを特徴とする構成1-5または構成1-6に記載のマスクブランク用ガラス基板の製造方法。

20

【0033】

(構成1-8)

構成1-5乃至構成1-7のいずれかに記載のマスクブランク用ガラス基板の製造方法によって得られたマスクブランク用ガラス基板の主表面上に、マスクパターンとなる薄膜を形成してマスクブランクを製造することを特徴とするマスクブランクの製造方法。

【0034】

(構成1-9)

構成1-8に記載のマスクブランクにおける薄膜をパターンニングして、マスクブランク用ガラス基板の主表面上にマスクパターンを形成し、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。

30

【0035】

上記構成1-1から構成1-4のいずれかに記載の発明によれば、ガラス基板の表面の一方から露光波長の光を導入し、この導入された露光波長の光によって上記ガラス基板の内部欠陥が発する、露光波長よりも長い波長の光を上記表面の他方から受光し、この受光した光の光量に基づき、ガラス基板の内部欠陥を検出することから、露光波長の光をガラス基板の内部欠陥の検査に用いることによって、パターン転写の際に転写パターン欠陥となる内部欠陥を良好に検出できる。

40

【0036】

ここで、ガラス基板がマスクブランク用ガラス基板を製造するためのものである場合には、このマスクブランク用ガラス基板及びマスクブランクを経て製造される露光用マスクのガラス基板に内部欠陥が存在しないことから、この露光用マスク及び露光光を用いて当該露光用マスクのマスクパターンを被転写体に転写するパターン転写の際に、この露光用マスクには、ガラス基板の内部欠陥により局所的に光学特性が変化(例えば透過率が低下)する領域が存在しないので、パターン転写に悪影響を及ぼして被転写体に転写パターン欠陥が生ずることがなく、転写精度を良好にできる。

【0037】

上記構成1-5または構成1-6に記載の発明によれば、合成石英ガラス基板の一方の

50

表面から露光波長の光を導入し、当該ガラス基板の内部欠陥が発する露光波長よりも長い波長の光を上記表面の他方から受光し、この受光した光の光量に基づき上記内部欠陥を検出し、内部欠陥が検出されない合成石英ガラス基板を用いてマスクブランク用ガラス基板を製造することから、このマスクブランク用ガラス基板からマスクブランクを経て製造される露光用マスクのガラス基板に内部欠陥が存在しない。従って、この露光用マスクを用いて被転写体に当該露光用マスクのマスクパターンを転写するパターン転写の際に、この露光用マスクには、ガラス基板の内部欠陥により局所的に光学特性が変化（例えば透過率が低下）する領域が存在しないので、パターン転写に悪影響を及ぼして転写パターン欠陥が生ずることがなく、転写精度を良好にできる。

【0038】

10

上記構成1-7に記載の発明によれば、マスクブランク用ガラス基板の製造工程の、主表面を精密研磨する前の早い段階で合成石英ガラス基板の内部欠陥を検出することから、内部欠陥の存在しない合成石英ガラス基板に対してのみ主表面を精密研磨し、内部欠陥の存在する合成石英ガラス基板について主表面を精密研磨する無駄を省くことができる。

【0039】

上記構成1-8または構成1-9に記載の発明によれば、構成1-5乃至構成1-7のいずれか記載のマスクブランク用ガラス基板の製造方法によって得られたマスクブランク用ガラス基板を用いてマスクブランクを製造し、このマスクブランクにおける薄膜をパターンニングして露光用マスクを製造することから、この露光用マスクを用いて被転写体に当該露光用マスクのマスクパターンを転写するパターン転写時に、この露光用マスクには、内部欠陥が存在しない合成石英ガラス基板が用いられているので、局所的に光学特性が変化（例えば透過率が低下）する領域が存在せず、パターン転写に悪影響を及ぼして転写パターン欠陥が生ずることがなく、転写精度を良好にできる。

20

【0040】

（構成2-1）

波長が200nm以下の短波長光を導入する表面を有する合成石英ガラス基板を準備する準備工程と、この合成石英ガラス基板の上記表面から上記短波長光を導入し、当該ガラス基板の内部欠陥が発する、上記短波長光よりも長い波長の長波長光を上記表面の他方から受光し、この受光した長波長光に基づき上記内部欠陥を検出する検出工程とを有し、上記検出工程で上記内部欠陥が検出されない上記合成石英ガラス基板を用いてマスクブランク用ガラス基板を製造するマスクブランク用ガラス基板の製造方法であって、上記検出工程において、上記短波長光を上記合成石英ガラス基板に導入する際に、この短波長光の導入により当該ガラス基板の上記表面にダメージを生じさせる原因物質を、当該ガラス基板の周辺の雰囲気から排除した状態で、上記短波長光を当該ガラス基板に導入することの特徴とするマスクブランク用ガラス基板の製造方法。

30

【0041】

（構成2-2）

上記合成石英ガラス基板の周辺の雰囲気から原因物質を排除した状態は、清浄な空気が循環した雰囲気であることを特徴とする構成2-1に記載のマスクブランク用ガラス基板の製造方法。

40

【0042】

（構成2-3）

上記清浄な空気が循環した雰囲気は、清浄度がISOクラス5より高い清浄度の雰囲気であることを特徴とする構成2-1または構成2-2に記載のマスクブランク用ガラス基板の製造方法。

【0043】

（構成2-4）

上記清浄な空気が循環した雰囲気は、空気がケミカルフィルタを通過することに生成されることを特徴とする構成2-1乃至構成2-3のいずれかに記載のマスクブランク用ガラス基板の製造方法。

50

【 0 0 4 4 】

(構成 2 - 5)

上記短波長光が導入される合成石英ガラス基板の表面は、最大高さ (R m a x) が 0 . 5 μ m 以下であることを特徴とする構成 2 - 1 乃至構成 2 - 4 のいずれかに記載のマスクブランク用ガラス基板の製造方法。

【 0 0 4 5 】

(構成 2 - 6)

構成 2 - 1 乃至構成 2 - 5 いずれかに記載のマスクブランク用ガラス基板の製造方法によって得られたマスクブランク用ガラス基板の主表面上に、マスクパターンとなる薄膜を形成してマスクブランクを製造することを特徴とするマスクブランクの製造方法。

10

【 0 0 4 6 】

(構成 2 - 7)

構成 2 - 6 に記載のマスクブランクにおける薄膜をパターンニングして、マスクブランク用ガラス基板の主表面上にマスクパターンを形成し、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。

【 0 0 4 7 】

上記構成 2 - 1 乃至構成 2 - 5 のいずれかの発明によれば、合成石英ガラス基板に波長が 2 0 0 n m 以下の短波長光を導入して、この短波長光を合成石英ガラス基板 (マスクブランク用ガラス基板) の内部欠陥の検査に用いることから、このガラス基板から製造される露光用マスクと露光光を用いたパターン転写の際に転写パターン欠陥となる内部欠陥を良好に検出できる。

20

【 0 0 4 8 】

検査用の光である短波長光を合成石英ガラス基板に導入する際に、この短波長光の導入により当該ガラス基板の表面にダメージを生じさせる原因物質 (例えば大気浮遊物) 等を、このガラス基板の周辺の雰囲気から排除した状態で、短波長光を当該ガラス基板に導入することから、この合成石英ガラス基板の表面に付着した付着物や堆積物が短波長光を吸収して、当該表面を局所的に高温状態とすることで生ずる当該表面のダメージを防止することができる。特に、検査用の光を導入する合成石英ガラス基板の表面を、最大高さ (R m a x) が 0 . 5 μ m 以下になるようにすることにより、ダメージを生じさせる原因物質が付着しにくくなるので、上記表面のダメージを更に防止することができる。

30

【 0 0 4 9 】

上記構成 2 - 6 または構成 2 - 7 によれば、構成 2 - 1 乃至構成 2 - 5 のいずれか記載のマスクブランク用ガラス基板の製造方法によって得られたマスクブランク用ガラス基板を用いてマスクブランクを製造し、このマスクブランクにおける薄膜をパターンニングして露光用マスクを製造する。従って、この露光用マスクを用いて被転写体に当該露光用マスクのマスクパターンを転写するパターン転写時に、この露光用マスクには、内部欠陥が存在せず、且つ表面にダメージが存在しない合成石英ガラス基板が用いられているので、上記内部欠陥または上記ダメージに起因して局所的に光学特性が変化 (例えば透過率が低下) する領域が存在せず、パターン転写に悪影響を及ぼして転写パターン欠陥が生ずることがなく、転写精度を向上させることができる。

40

【 0 0 5 0 】

(構成 3 - 1)

波長が 2 0 0 n m 以下の短波長光を導入する一端面を含む表面を有する合成石英ガラス基板を準備する準備工程と、上記一端面から上記短波長光を導入し、当該ガラス基板の内部欠陥が発する、上記短波長光よりも長い波長の長波長光を上記表面の他方から受光し、この受光した長波長光に基づき上記内部欠陥を検出する検出工程とを有し、上記検出工程で内部欠陥が検出されない上記合成石英ガラス基板を用いてマスクブランク用ガラス基板を製造するマスクブランク用ガラス基板の製造方法であって、上記検出工程において、上記一端面の幅よりも大きなビーム形状を有する上記短波長光を、当該一端面に導入することを特徴とするマスクブランク用ガラス基板の製造方法。

50

【 0 0 5 1 】

(構成 3 - 2)

上記端面は、マスクパターンとなる薄膜が形成されるガラス基板の主表面と直交する側面、及び当該側面と上記主表面との間の面取面であることを特徴とする構成 3 - 1 に記載のマスクブランク用ガラス基板の製造方法。

【 0 0 5 2 】

(構成 3 - 3)

上記短波長光の単位面積当たりのエネルギー (1 パルス当たり) は、 10 mJ/cm^2 以上 50 mJ/cm^2 以下であることを特徴とする構成 3 - 1 または構成 3 - 2 に記載のマスクブランク用ガラス基板の製造方法。

10

【 0 0 5 3 】

(構成 3 - 4)

上記短波長光を、合成石英ガラス基板の一端面において、当該一端面の長手方向に走査することを特徴とする構成 3 - 1 乃至構成 3 - 3 のいずれかに記載のマスクブランク用ガラス基板の製造方法。

【 0 0 5 4 】

(構成 3 - 5)

構成 3 - 1 乃至構成 3 - 4 のいずれかに記載のマスクブランク用ガラス基板の製造方法によって得られたマスクブランク用ガラス基板の主表面上に、マスクパターンとなる薄膜を形成してマスクブランクを製造することを特徴とするマスクブランクの製造方法。

20

【 0 0 5 5 】

(構成 3 - 6)

構成 3 - 5 に記載のマスクブランクにおける薄膜をパターニングして、マスクブランク用ガラス基板の主表面上にマスクパターンを形成し、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。

【 0 0 5 6 】

上記構成 3 - 1 または構成 3 - 2 によれば、合成石英ガラス基板に波長が 200 nm 以下の短波長光を導入して、この短波長光を合成石英ガラス基板 (マスクブランク用ガラス基板) の内部欠陥の検査に用いることから、上記ガラス基板から製造される露光用マスク及び露光光を用いたパターン転写の際に転写パターン欠陥となる内部欠陥を良好に検出できる。

30

【 0 0 5 7 】

また、短波長光のビーム形状が、この短波長光が導入される合成石英ガラス基板の一端面の幅よりも大きく設定されたことから、一端面における単位面積当たりの短波長光のエネルギー (1 パルス当たり) が強くなり過ぎないので、この一端面においてプラズマの発生を回避できる。この結果、一端面に付着した汚れや異物等がプラズマにより当該一端面にダメージを与える事態を防止できる。

【 0 0 5 8 】

上記構成 3 - 3 によれば、合成石英ガラス基板の一端面に導入される短波長光の単位面積当たりのエネルギー (1 パルス当たり) が、 10 mJ/cm^2 以上 50 mJ/cm^2 以下であることから、この短波長光による一端面でのプラズマの発生を回避できると共に、当該短波長光の導入により内部欠陥が発する長波長光の強度も充分確保されるので、欠陥検出精度の信頼性を保持できる。

40

【 0 0 5 9 】

上記構成 3 - 4 によれば、短波長光を、合成石英ガラス基板の一端面において当該一端面の長手方向に走査することから、この一端面に接する両主表面の全域にも短波長光が照射されることになる。このため、これらの両主表面に付着したパーティクルや汚染物を上記短波長光により除去することができる。

【 0 0 6 0 】

上記構成 3 - 5 または構成 3 - 6 によれば、構成 3 - 1 乃至構成 3 - 4 のいずれか記載

50

のマスクブランク用ガラス基板の製造方法によって得られたマスクブランク用ガラス基板を用いてマスクブランクを製造し、このマスクブランクにおける薄膜をパターニングして露光用マスクを製造する。従って、この露光用マスクを用いて被転写体に当該露光用マスクのマスクパターンを転写するパターン転写時に、この露光用マスクには、内部欠陥が存在しない合成石英ガラス基板が用いられているので、上記内部欠陥に起因して局所的に光学特性が変化（例えば透過率が低下）する領域が存在せず、パターン転写に悪影響を及ぼして転写パターン欠陥が生ずることがなく、転写精度を向上させることができる。

【発明の効果】

【0061】

第1乃至第4のいずれかの手段によれば、光リソグラフィーに使用され、透光性材料からなる透光性物品の内部に、露光光に対して局所又は局部的に光学特性が変化する不均一性の有無を検査する透光性物品の検査方法において、

前記透光性物品に200nm以下の波長の検査光を導入した場合に、該透光性物品内部で前記検査光が伝播する光路に前記局所又は局部的に光学特性が変化する部位がある場合にこの部位から発せられる光であって前記検査光の波長よりも長い光を感知することにより、前記透光性物品における光学的な不均一性の有無を検査することによって、被転写体へのパターン転写に大きな影響を与える内部欠陥の有無を正確に検査することができる。

【0062】

ここで、上記透光性物品に200nm以下の波長の光を導入した場合に、該透光性物品内部で前記検査光が伝播する光路に前記局所又は局部的に光学特性が変化する部位（例えば、200nm以下の露光波長において、転写パターン欠陥となる透過率の低下を引き起こす欠陥等）がある場合に、この部位から前記検査光の波長よりも長い光が発せられるという現象が起こることは、本願発明者がはじめて発見したものである。上記解決手段は、この発見された現象に基づいている。この現象は、200nm以下の波長の光を、例えば、合成石英ガラス等の内部に導入した場合、この石英ガラス内部に後述する局所脈理その他の欠陥等があると、その欠陥等の部位からその欠陥等の種類に応じた蛍光その他のさまざまな光が発せられるといった現象である。そして、特に、この発せられる光は、波長が200nmを超えるが、600nm以下のものを多く含むものであった。なお、上述の通り、上記欠陥等は、上記蛍光等を発すると同時に、この透光性物品が露光用マスクのガラス基板である場合にはおいては、200nm以下の露光波長において転写パターン欠陥となる透過率の低下を引き起こすものである。また、この発せられる光は、欠陥等の大きさが非常に微細であっても、又逆にかなり大きなものであっても、十分に感知可能なものであることがわかった。

【0063】

上記手段による検査を通過した透光性物品が、光リソグラフィーの際に使われる露光装置の光学部品や、光リソグラフィーの際に使われる露光用マスクの基板（マスクブランク用透光性基板）を製造するためのものである場合には、この露光用マスクの基板及びマスクブランクを経て製造される露光用マスクや、露光装置の光学部品には局所又は局部的に光学的に不均一な領域が存在しないことから、この露光用マスクや光学部品と露光光を用いて当該露光用マスクのマスクパターンを被転写体に転写するパターン転写の際に、この露光用マスクや光学部品には、光学的に不均一性により局所又は局部的に光学特性が変化（例えば透過率が低下）する領域が存在しないので、パターン転写に悪影響を及ぼして被転写体に転写パターン欠陥が生ずることがなく、転写精度を良好にできる。

【0064】

第5の手段によれば、透光性物品の表面のダメージを防止しつつ、被転写体へのパターン転写に大きな影響を与える光学的な不均一性の有無を正確に検査することができる。

【0065】

検査光を透光性物品に導入する際に、検査光の導入により当該透光性物品の表面にダメージを生じさせる原因物質（例えば大気浮遊物）等を、この透光性物品の周辺の雰囲気から排除した状態で、検査光を当該透光性物品に導入することから、この透光性物品の表面

10

20

30

40

50

に付着した付着物や堆積物が検査光を吸収して、当該表面を局所又は局部的に高温状態とすることで生ずる当該表面のダメージを防止することができる。

【0066】

第5の手段によれば、透光性物品の表面に導入される検査光の単位面積当たりのエネルギーが、1パルス当たり 10 mJ/cm^2 以上 50 mJ/cm^2 以下であることから、この検査光による透光性物品表面でのプラズマの発生を回避できると共に、当該検査光の導入により光学的な不均一性が発する検査光よりも長い波長の光の強度も充分確保されるので、不均一性の検出精度を高く維持できる。

【0067】

請求項7又は8の発明によれば、 200 nm 以下の波長の検査光を導入する表面を有するマスクブランク用透光性基板を準備する準備工程と、前記表面の一方から前記検査光を導入し、前記透光性基板内部で前記検査光が伝播する光路において、局所又は局部的に発する前記波長よりも長い光を感知することにより、前記透光性基板における光学的な不均一性の有無を検査する検査工程と、前記不均一性の有無により、局所又は局部的に光学特性が変化することによる転写パターン欠陥が発生しない透光性基板であるか否かを判別する判別工程と、を有する工程を経てマスクブランク用透光性基板を製造することから、このマスクブランク用透光性基板からマスクブランクを経て製造される露光用マスクの透光性基板には、光学的な不均一性により局所又は局部的に光学特性が変化（例えば透過率が低下）する領域が存在しないので、パターン転写に悪影響を及ぼして転写パターン欠陥が生ずることがなく、転写精度を良好にできる。

10

20

【0068】

第9の手段によれば、マスクブランク用透光性基板の製造工程の、主表面を精密研磨する前の早い段階で透光性基板の光学的な不均一性を検出することから、光学的な不均一性の存在しない透光性基板に対してのみ主表面を精密研磨し、光学的な不均一性の存在する透光性基板について主表面を精密研磨する無駄を省くことができる。

【0069】

第10又は第11の手段によれば、被転写体へのパターン転写に大きな影響を与える光学的な不均一性のないマスクブランク用透光性基板を、検査光の導入によるマスクブランク用透光性基板の表面のダメージなく得ることができる。

【0070】

30

第12の手段によれば、上記第10又は第11の手段によって得られる効果に加え、マスクブランク用透光性基板の主表面に付着している異物や汚染物を除去する効果がある。

【0071】

第13の手段によれば、被転写体へのパターン転写に大きな影響を与える光学的な不均一性のないマスクブランク用透光性基板を、この検査光によるマスクブランク用透光性基板表面でのプラズマの発生によるダメージなく得ることができる。

【0072】

第14乃至第16の手段によれば、第7乃至第13の手段の何れかの手段にかかるマスクブランク用透光性基板の製造方法によって得られたマスクブランク用透光性基板を用いてマスクブランクを製造し、このマスクブランクにおける薄膜をパターンニングして露光用マスクを製造し、この露光用マスクを用いて半導体装置を製造する。従って、この露光用マスクを用いて被転写体（半導体基板）に当該露光用マスクのマスクパターンを転写するパターン転写時に、この露光用マスクには、光学的な不均一性が存在しないマスクブランク用透光性基板が用いられているので、上記光学的な不均一性に起因して局部的に光学特性が変化（例えば透過率が低下）する領域が存在せず、パターン転写に悪影響を及ぼして転写パターン欠陥が生ずることがなく、転写精度を向上させることができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0073】

以下、透光性物品として、マスクブランク用透光性基板、より具体的にはマスクブランク用ガラス基板を例にとり、マスクブランク用ガラス基板の製造方法、マスクブランクの

50

製造方法、露光用マスクの製造方法について最良の形態を、図面に基づき説明する。尚、以下、露光光及び検査光を、露光波長及び検査光波長が200nm以下のArFエキシマレーザー光(波長:193nm、パルスレーザー)として説明する。

〔A〕マスクブランク用ガラス基板の製造方法

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や、約152.4mm×約152.4mm×約6.85mmに切り出して得られた合成石英ガラス板1(図1(a))に面取り加工を施し、次に、この合成石英ガラス板1の表面である主表面5及び6と対向する端面2及び3(端面は、前記主表面5及び6と直交する側面と、前記主表面と前記側面との間に形成された面取り面(不図示)からなる)とを、露光波長の光でもある検査用の光(ArFエキシマレーザー光)を導入できる程度に鏡面になるように研磨して合成石英ガラス基板4を準備する(図1(b))。この準備工程においては、合成石英ガラス基板4における主表面5及び6の表面粗さRa(算術平均粗さ)は約0.5nm以下であり、端面2、3(側面及び面取り面)の表面粗さRa(算術平均粗さ)は約0.03μm以下とする。

10

【0074】

次に、図2に示すガラス基板の欠陥検査装置20に合成石英ガラス基板4を装着し、ArFエキシマレーザー光を合成石英ガラス基板4の一方の端面2から導入し、この合成石英ガラス基板4中に存在する光学的な不均一性である内部欠陥16が発するArFエキシマレーザー光よりも長い波長の光(蛍光)15を、合成石英ガラス基板4の内部欠陥16以外の領域が発するArFエキシマレーザー光の波長よりも長い波長の光(蛍光)17と共に、この合成石英ガラス基板4の一方の主表面5から受光し、この受光した光15及び17の光量(強度)の相違に基づき、上記内部欠陥16を検出する検査工程を実施する。

20

【0075】

ここで、合成石英ガラス基板4に存在する内部欠陥16のうち、露光波長が200nm超の露光光源(例えば、KrFエキシマレーザー(露光波長:248nm))の場合には問題とならないが、ArFエキシマレーザーのように露光波長が200nm以下の露光光源の場合に問題となる内部欠陥16として局所脈理、内容物、異質物等がある。これらの内部欠陥16は、合成石英ガラス基板4からマスクブランク用ガラス基板7及びマスクブランク9を経て製造された露光用マスク14と、露光波長が200nm以下の上記露光光とを用いて、当該露光用マスク14のマスクパターンを被転写体に転写するパターン転写時に、いずれも局所又は局所的な光学特性の変化(例えば透過率の低下や位相差の変化)を生じさせ、パターン転写に悪影響を及ぼして転写精度を低下させるものとなる。そして最終的には、上記内部欠陥16が原因で、被転写体(例えば、半導体装置)の転写パターン欠陥(半導体装置においては、回路パターン欠陥)となる。

30

【0076】

上記「局所脈理」は、合成石英ガラスの合成時に金属元素が合成石英ガラス中に微量に混入された領域である。露光用マスク14のマスクブランク用ガラス基板7に当該局所脈理が存在すると、パターン転写時に約20~40%の透過率低下が生じ、転写精度を低下させ、最終的には転写パターン欠陥となる。また、上記「内容物」は、金属元素が合成石英ガラス中に、局所脈理の場合よりも多く混入された領域である。露光用マスク14のマスクブランク用ガラス基板7に当該内容物が存在すると、パターン転写時に約40~60%の透過率低下が生じ、転写精度を低下させ、最終的には転写パターン欠陥となる。更に、「異質物」は、合成石英ガラス中に酸素が過剰に混入された酸素過剰領域であり、高エネルギーの光が照射された後は回復しない。露光用マスク14のマスクブランク用ガラス基板7に当該異質物が存在すると、パターン転写時に約5~15%の透過率の低下が生じ、転写精度を低下させ、最終的には転写パターン欠陥となる。パターン転写の際、転写パターン欠陥となる局所的な光学的な不均一性である内部欠陥16は、上記「局所脈理」、「内容物」、「異質物」に限られるものではない。検査光や露光光である200nm以下の波長を有する光をマスクブランク用ガラス基板に導入したとき、基板内部で局所又は局

40

50

部的に発する蛍光による損出が8%/cmを超える光学的な不均一性を、内部欠陥16とするとよい。つまり、マスクブランク用ガラス基板7内部の光の損失が8%/cm以下であるマスクブランク用ガラス基板7を上記検査工程で選定すると良い。特に、位相シフトマスク用に使われるマスクブランク用ガラス基板の場合は、マスクブランク用ガラス基板7内部の光の損失が3%以下であるものを上記検査工程で選定すると良い。

【0077】

上記転写パターン欠陥となる局所又は局所的な光学特性の変化を引き起こす内部欠陥16は、マスクブランク用ガラス基板7にArFエキシマレーザーを導入したときには、ArFエキシマレーザー光の波長よりも長い波長の光(蛍光)15を発することとなる。転写パターン欠陥となる内部欠陥16が発する蛍光15の波長としては、200nm超600nm以下であり、この蛍光15の色としては、紫(波長400~435nm)、青(波長435~480nm)、緑青(480~490nm)、青緑(490~500nm)、緑(500~560nm)、黄緑(500~580nm)、黄(580~595nm)が挙げられる。これらの蛍光による内部欠陥16の特定は目視による光15と光17の色の違いや、分光器による蛍光の分光特性の違い及び/又は光量の違いを検出すること等で行うことができる。

【0078】

前述の検査工程を実施する上記ガラス基板の欠陥検査装置20は、上述の内部欠陥16(パターン転写時に局所的な光学特性の変化を生じさせる局所脈理、内容物、異質物等)を感知または検出するものである。このガラス基板の欠陥検査装置20は、図2に示すように、露光波長の光(つまり、露光波長と同一波長の光)であるArFエキシマレーザー光を合成石英ガラス基板4の端面2から導入する光導入手段としてのレーザー照射装置21と、合成石英ガラス基板4を載置し、レーザー照射装置21から発せられるレーザー光に対して合成石英ガラス基板4をX方向、Y方向、Z方向にそれぞれ移動させるXYZステージ22と、このXYZステージ22に載置された合成石英ガラス基板4の主表面5側に設置され、CCD素子とこのCCD素子の検出範囲を広げるためのレンズ(ともに不図示)とを備え、合成石英ガラス基板4の幅方向(つまり、レーザー照射装置21から照射されるレーザー光の照射方向)全域に渡って検出視野24を有する、受光手段としてのCCDカメラ(ラインセンサカメラ)23と、このCCDカメラ23にUSBケーブル26を用いて接続された検出手段としてのコンピュータ27とを有して構成される。

【0079】

レーザー照射装置21は、XYZステージ22が合成石英ガラス基板4をY方向に移動させている間に、ArFエキシマレーザー光を合成石英ガラス基板4の端面2におけるY方向(つまり端面2の長手方向)の各位置から順次導入する。このレーザー照射装置21は、鏡面研磨された端面2に、例えば端面2の幅よりも大きいビーム形状とし、ビーム形状が7.0mm×4.0mm、1パルス当たりのエネルギーが6mJ、単位面積あたりのエネルギーが21.4mJ/cm²、周波数が50HzのArFエキシマレーザー光を発するのものを使用することができる。また、CCDカメラ23は、合成石英ガラス基板4の端面2におけるY方向の各位置へ入射されたArFエキシマレーザー光(波長1)によって合成石英ガラス基板4が発する、波長1により長い波長の光15及び17を、合成石英ガラス基板4のY方向の各位置毎に、合成石英ガラス基板4の主表面5側から受光して撮影する。本実施の形態では、CCDカメラ23はモノクロカメラであり、光15及び17の明暗を受光して撮影する。

【0080】

コンピュータ27は、CCDカメラ23からの画像を入力して、合成石英ガラス基板4のY方向の各位置毎に画像処理し、この合成石英基板4のY方向の各位置について、CCDカメラ23が受光する光15及び17の光量(強度)を、合成石英ガラス基板4のX方向位置との関係で解析する。つまり、コンピュータ27は、光15及び17の光量が所定閾値以上の局所的な光量を有する場合に、その所定閾値以上の局所的な光量の光15を内部欠陥16が発したと判断して、この内部欠陥16の位置(合成石英ガラス基板4におけ

10

20

30

40

50

る X 方向及び Y 方向の位置)と共に、内部欠陥 16 が発する局所的な光量の光 15 の形状などから内部欠陥 16 の種類(局所脈理、内容物、異質物)を特定して検出する。

【0081】

例えば、合成石英ガラス基板 4 に内部欠陥 16 として局所脈理または内容物が存在する場合には、レーザー照射装置 21 から ArF エキシマレーザー光が合成石英ガラス基板 4 に導入されることによって、上記局所脈理または内容物が図 3 (A) に示すように、所定閾値(1000 counts)以上の局所的な光量の光 15 を発し、合成石英ガラス基板 4 の局所脈理または内容物以外の領域が光 17 を発する。コンピュータ 27 は、CCD カメラ 23 が受光した光 15 及び 17 を画像処理して解析することで、所定閾値以上の局所的な光量の光 15 の形状から内部欠陥 16 を局所脈理または異質物と判断し、且つその所定閾値以上の局所的な光量の光 15 が発する位置に局所脈理または内容物が存在するとして、その局所脈理または内容物をその位置と共に検出する。ここで、図 3 (A) の場合、横軸は合成石英ガラス基板 4 の X 方向位置を、縦軸は光 15 及び 17 の光量(強度)をそれぞれ示す。

10

【0082】

また、合成石英ガラス基板 4 に内部欠陥 16 として異質物が存在する場合には、レーザー照射装置 21 から ArF エキシマレーザー光が合成石英ガラス基板 4 に導入されることによって、上記異質物が図 3 (B) に示すように、所定の範囲(例えば 50 mm)に所定閾値(1000 counts)以上の局所的な光量の光 15 を発し、合成石英ガラス基板 4 の異質物以外の領域が光 17 を発する。コンピュータ 27 は、CCD カメラ 23 が受光した光 15 及び 17 を画像処理して解析することで、所定閾値以上の局所的な光量の光 15 の形状から内部欠陥 16 を異質物と判断し、且つその所定閾値以上の局所的な光量の光 15 が発生する位置に当該異質物が存在するとして、この異質物をその位置と共に検出する。ここで、図 3 (B) の場合も、横軸は合成石英ガラス基板 4 の X 方向位置を、縦軸は光 15 及び 17 の光量(強度)をそれぞれ示す。

20

【0083】

上記ガラス基板の欠陥検査装置 20 によって内部欠陥 16 が検出されない合成石英ガラス基板 4 に対し、その主表面 5、6 を所望の表面粗さになるように精密研磨し、洗浄処理を実施してマスクブランク用ガラス基板 7 を得る(図 1 (c))。このときの主表面 5、6 の表面粗さは、自乗平均平方根粗さ(RMS)で 0.2 nm 以下が好ましい。

30

【0084】

ところで、上記検査工程において、レーザー照射装置 21 から ArF エキシマレーザー光 25 を合成石英ガラス基板 4 の端面 2 へ導入する際には、この ArF エキシマレーザー光 25 の導入により合成石英ガラス基板 4 の表面(特に主表面 5 及び 6)にダメージを生じさせる原因物質を、当該ガラス基板 4 の周辺の雰囲気から排除した状態とすると良い。

【0085】

つまり、図 4 に示すように、内部欠陥検査装置 20 のレーザー照射装置 21、XYZ ステージ 22 及び CCD カメラ 23、並びに上記 XYZ ステージ 22 に載置された被検査体としての合成石英ガラス基板 4 は、クリーンルーム 41 の内部空間 A に収容される。このクリーンルーム 41 の一方側に、ファン 43 及びフィルタ(例えば活性炭を使用したケミカルフィルタ 44)を備えたフィルタ室 42 が形成されている。

40

【0086】

ファン 43 は、フィルタ室 42 の底部に設置される。また、ケミカルフィルタ 44 は、フィルタ室 42 とクリーンルーム 41 の内部空間 A とを区画する隔壁 45 の上下方向略中央位置に配設される。ファン 43 からケミカルフィルタ 44 を通過した空気は、隔壁 45 に対向する例えば格子形状の対向壁 46 を通過して、クリーンルーム 41 の底部に形成された空気流通路 47 を通りフィルタ室 42 に戻されて循環される。空気がケミカルフィルタ 44 を通過することにより、化学的汚染物質などのような、前述のダメージを生じさせる原因物質が除去されて、クリーンルーム 41 の内部空間 A は、清浄な空気が循環された雰囲気となる。

50

【 0 0 8 7 】

このように清浄な空気が循環された雰囲気となるクリーンルーム 4 1 の内部空間 A は、ISO クラス 5 より清浄度が高い雰囲気、好ましくは ISO クラス 4 より清浄度が高い雰囲気、更に好ましくは ISO クラス 3 より清浄度が高い雰囲気である。尚、上記清浄度が、ISO 14644-1:1999 (Cleanrooms and associated controlled environments-Part1: Classification of air cleanliness) に定められた、クリーンルーム規格とする。

【 0 0 8 8 】

このように、クリーンルーム 4 1 の内部空間 A において化学的汚染物質が除去されるので、XYZ ステージ 2 2 に載置された合成石英ガラス基板 4 の周辺の雰囲気には上記汚染物質が極めて少なくなり、このガラス基板 4 の表面、特に鏡面研磨された主表面 5 及び 6 に上記汚染物質が付着したり堆積することが回避される。このため、この合成石英ガラス基板 4 の表面 (特に鏡面研磨された主表面 5 及び 6) に付着した付着物や堆積物が、高エネルギーの光である ArF エキシマレーザー光 2 5 を吸収して加熱され、上記合成石英ガラス基板 4 の表面を局所的に高温状態として当該表面にダメージを与える不具合が回避される。

【 0 0 8 9 】

また、上述の検査工程においてレーザー照射装置 2 1 から合成石英ガラス基板 4 の端面 2 に導入される ArF エキシマレーザー光 2 5 は、図 4 に示すように、そのビーム形状が上記端面 2 の幅 W よりも大きな形状を有し、この端面 2 の側面 5 1 に対し垂直に導入される。

【 0 0 9 0 】

つまり、ArF エキシマレーザー光 2 5 が導入される端面 2 は、マスクパターンとなる薄膜 (後述のハーフトーン膜 8) が形成される合成石英ガラス基板 4 の主表面 5 または 6 に直交する上記側面 5 1 と、この側面 5 1 と上記主表面 5、6 との間の面取り面 5 2 及び 5 3 とを有して構成される。これらの側面 5 1 の幅 W 1、面取り面 5 2 の幅 W 2 及び面取り面 5 3 の幅 W 3 の和が上記端面 2 の幅 W であり、例えば $W = 6.85 \text{ mm}$ である。また、この端面 2 に導入される ArF エキシマレーザー光 2 5 は、例えばビーム形状が長辺 $a \times$ 短辺 b の四角形 ($a = 7.0 \text{ mm}$ 、 $b = 4.0 \text{ mm}$)、パワーが 6 mJ (従って、単位面積当たりのエネルギー (1 パルス当たり) は 21.4 mJ/cm^2)、周波数が 50 Hz の ArF エキシマレーザー光である。

【 0 0 9 1 】

このような ArF エキシマレーザー光 2 5 がレーザー照射装置 2 1 から合成石英ガラス基板 4 の端面 2 へ導入されると、この端面 2 における単位面積当たりの ArF エキシマレーザー光 2 5 のエネルギーが強くなり過ぎないので、この端面 2 においてプラズマの発生が防止される。しかも、この端面 2 に導入される ArF エキシマレーザー光 2 5 により内部欠陥 1 6 が発生する光 1 5 の強度も、検出可能な程度に充分確保されることになる。上述のようにプラズマの発生を防止し、且つ光 1 5 の強度も充分確保できるに必要な ArF エキシマレーザー光 2 5 の条件は、単位面積当たりのエネルギー (1 パルス当たり) が 10 mJ/cm^2 以上で 50 mJ/cm^2 以下、好ましくは 15 mJ/cm^2 以上で 45 mJ/cm^2 以下、さらに好ましくは、 15 mJ/cm^2 以上で 40 mJ/cm^2 以下である。また、内部欠陥 1 6 を確実に捕らえ検査精度を高めるためには、周波数が 20 Hz 以上、好ましくは 40 Hz 以上、さらに好ましくは 50 Hz 以上であることが好ましい。

【 0 0 9 2 】

また、端面 2 に導入される ArF エキシマレーザー光 2 5 の形状が長辺 $a \times$ 短辺 b の四角形 ($a = 7.0 \text{ mm}$ 、 $b = 4.0 \text{ mm}$) であり、長辺 ($a = 7.0 \text{ mm}$) 側が合成石英ガラス基板 4 における端面 2 の幅 W (6.85 mm) より大きい寸法となっているので、上記 ArF エキシマレーザー光 2 5 は、合成石英ガラス基板 4 の主表面 5 及び 6 に対しても、その面方向に照射されることになる。このため、主表面 5、6 にパーティクルや汚染物 5 5 が付着していた場合にも、これらパーティクルや汚染物 5 5 が ArF エキシマレーザ

10

20

30

40

50

ー光 25 により吹き飛ばされて除去可能とされる。尚、A r F エキシマレーザー光 25 のビーム形状が四角形の場合を述べたが、上記端面 2 の幅 W 以上の直径を有する円形状や楕円形状であっても良い。

【0093】

更に、端面 2 に導入される A r F エキシマレーザー光 25 は、合成石英ガラス基板 4 内またはその外周近傍において、レーザー光のエネルギーによりプラズマが発生しなければ、平行光、ある程度の拡がり角を持った光、ある程度の角度で収束された光であってもよい。好ましくは平行光、或いは僅かながらの拡がり角を持った光が望ましい。この拡がり角は 6 m r a d 以下が好ましい。

【0094】

尚、上述の実施形態では、合成石英ガラス板 1 への A r F エキシマレーザー光の導入を、合成石英ガラス板 1 の表面である主表面 5 及び 6 と、対向する端面 2 及び 3 とを鏡面になるように研磨した合成石英ガラス基板 4 を準備した状態で行ったが、A r F エキシマレーザー光を導入する側の端面 2 のみ鏡面研磨した状態の合成石英ガラス基板 4 であっても良く、または、A r F エキシマレーザー光を導入する側の端面 2 と、この端面 2 に隣接し、内部欠陥 16 が発する光を受光又は感知する側の端面 18 を、A r F エキシマレーザー光が導入でき、内部欠陥 16 が発する光を受光又は感知することができる程度に鏡面研磨した状態の合成石英ガラス基板 4 であっても良い。(図 6 (b) の状態)

つまり、上記合成石英ガラス基板の準備工程において、合成石英ガラス基板 4 の表面のうちの、残りの端面 19 と、互いに対向する主表面 5 及び 6 は鏡面研磨せず、その表面粗さは約 0.5 μ m 程度であるが、上記端面 2 及び 18 の表面粗さは約 0.03 μ m 以下としても良い。

【0095】

上記のように、マスクブランク用ガラス基板の製造工程における合成石英ガラス基板 4 の主表面を精密研磨する前の早い段階(図 6 (b) の段階)で、合成石英ガラス基板 4 の光学的な不均一性、即ち転写パターン欠陥をもたらす内部欠陥 16 を感知または検出することから、A r F エキシマレーザーを合成石英ガラス基板 4 に導入したときに、光学的な不均一性が生じない合成石英ガラス基板 4 に対してのみ主表面及び、その他端面を精密に研磨することができるので、マスクブランク用ガラス基板の製造工程における無駄を省くことができる。

【0096】

上記の合成石英ガラス基板 4 の主表面を鏡面研磨していない状態にて、A r F エキシマレーザー光をもちいて検査工程を行う場合、局所又は局所的な光学的な不均一性を合成石英ガラス基板 4 の端面 18 側から感知または検出するため図 7 に示すような欠陥検査装置で検査工程を行う。尚、図 7 において図 2 と同じ構成のものについては、同じ番号を付与して説明する。

【0097】

図 7 の欠陥検査装置は、露光波長の光(つまり、露光波長と同一の波長の光)である A r F エキシマレーザー光を合成石英ガラス基板 4 の端面 2 から導入する光導入手段としてのレーザー照射装置 21 と、合成石英ガラス基板 4 を載置し、レーザー照射装置 21 から発せられるレーザー光 25 に対して合成石英ガラス基板 4 を X 方向、Y 方向、Z 方向にそれぞれ移動させる X Y Z ステージ 22 と、この X Y Z ステージ 22 に載置された合成石英ガラス基板 4 の端面 3 3 側に設置され、C C D 素子とこの C C D 素子の検出範囲を広げるためのレンズ(ともに不図示)とを備え、合成石英ガラス基板 4 の幅方向(つまり、レーザー照射装置 21 から照射されるレーザー光の照射方向)の略全域に渡って検出視野 24 を有する、受光手段としての C C D カメラ(ラインセンサカメラ) 23 と、この C C D カメラ 23 に U S B ケーブル 26 を用いて接続された検出手段としてのコンピュータ 27 とを有して構成される。

【0098】

レーザー照射装置 21 は、X Y Z ステージ 22 が合成石英ガラス基板 4 を Y 方向に移動

10

20

30

40

50

させている間に、A r Fエキシマレーザー光 2 5 を合成石英ガラス基板 4 の端面 2 における Y 方向（つまり端面 2 の長手方向）の各位置から順次導入する。従って、A r Fエキシマレーザー光 2 5 は、合成石英ガラス基板 4 の端面 2 の長手方向（図 4（A）の方向）に走査されることになる。また、C C Dカメラ 2 3 は、合成石英ガラス基板 4 の端面 2 における Y 方向の各位置へ入射された A r Fエキシマレーザー光（波長 1）によって合成石英ガラス基板 4 が発する、波長 1 よりも長い波長の長波長の光 1 5 及び 1 7 を、合成石英ガラス基板 4 の Y 方向の各位置毎に、合成石英ガラス基板 4 の端面 1 8 側から受光して撮影する。

【0099】

また、上記実施形態において、レーザー照射装置 2 1 からの A r Fエキシマレーザー光 2 5 が、合成石英ガラス基板 4 の端面における、主表面 5 及び 6 に垂直な側面に垂直に導入される例を挙げた。ところが、合成石英ガラス基板 4 の主表面 5、6 及び側面（例えば、端面 2、3 の側面）を精密研磨した後に、上記側面と主表面 5、6 との間に形成される面取り面の一方から、主表面 5、6 及び側面に全反射する条件で、A r Fエキシマレーザー光 2 5 を合成石英ガラス基板 4 に導入させても良い。この場合、A r Fエキシマレーザー光 2 5 は、合成石英ガラス基板 4 内に実質的に閉じ込められた状態となるが、当該ガラス基板 4 の表面に付着物等が付着していると、全反射条件が崩れて A r Fエキシマレーザー光 2 5 が漏出し、この漏出した A r Fエキシマレーザー光 2 5 が上記付着物に吸収されて合成石英ガラス基板 4 の表面を局所又は、局部的な高温状態とし、ダメージを与えることになる。この場合においては、図 5 にあるような合成石英ガラス基板 4 がクリーンルーム 4 4 の内部空間 A 内で清浄な雰囲気であれば、合成石英ガラス基板 4 の表面に付着物等が付着せず、したがって上記ダメージの発生が防止される。または、合成石英ガラス基板 4 の主表面 5、6 を精密研磨した後に、この主表面 5、6 から A r Fエキシマレーザー光 2 5 を導入しても良い。

【0100】

また、上記実施形態において、A r Fエキシマレーザー光を合成石英ガラス基板 4 の端面 2 から導入する場合において、マスクブランク用ガラス基板である合成石英ガラス基板 4 の四隅のコーナーは、R 面取りされている（丸みを帯びている）ため、R 面取りされた四隅のコーナーに、A r Fエキシマレーザー光が照射されると、R 面によるレンズ効果により、合成石英ガラス基板 4 で集光するため、導入された A r Fエキシマレーザー光のエネルギーが高くなり、焦点位置においてダメージが発生する場合がある。R 面の曲率半径によっては、マスクパターンが形成されるマスクパターン形成領域に、焦点位置がある場合、基板内部のダメージにより、露光光に対する光学特性の変化（たとえば、透過率の低下）が引き起こされ、転写パターン欠陥となるので好ましくない。また、上記 R 面による A r Fエキシマレーザー光の集光により、基板内部のダメージが大きい場合、基板が欠ける場合があるので好ましくない。この場合においては、A r Fエキシマレーザー光が、合成石英ガラス基板の四隅のコーナーに照射されないように、遮蔽手段（図示せず）により遮蔽しておくことが好ましい。そのことにより、R 面でのレンズ効果による A r Fエキシマレーザー光による基板内部のダメージを防止することができる。

【0101】

また、上記実施形態では、検査光を露光光と同じ A r Fエキシマレーザー光を用いたが、必ずしも検査光を露光光と同じである必要はなく、200 nm 以下の波長を有するレーザー光や、200 nm 以下の波長を有する光源であっても良い。好ましくは、マスクブランク用ガラス基板である合成石英ガラス基板に対して透過率が 80 % 以上、更に望ましくは透過率が 85 % 以上となる 200 nm 以下の波長を有する光であることが望ましい。好ましくは波長が 100 nm ~ 200 nm の光であれば良く、F2エキシマレーザーであっても良い。或いは、A r Fエキシマレーザーや F2エキシマレーザーと同じ波長の光を得るために、重水素（D2）ランプ等の光源から光を分光させて中心波長が A r Fエキシマレーザー、F2エキシマレーザーと同じ波長の光を用いても良い。但し、検査光を露光光と同じにすることにより、実際にパターン転写時の環境での光学的な不均一性の検査が行

えるので好ましい。

【0102】

また、上記実施形態では、光学的な不均一性を、受光手段を用いて検出したが、光学的な不均一性の種類、即ち転写パターン欠陥となる内部欠陥16の種類を特定する必要がないなどの場合は、人的に影響がある紫外域の波長をカットできる透明なアクリル材で保護した状態で、局所又は局部的に発する光（蛍光）を目視により感知して、検査工程を行っても良い。また、合成石英ガラス基板4の内部欠陥16及びこの内部欠陥16以外の領域が発する、露光波長の光（検査光）よりも長い波長の光15及び17をCCDカメラ23が受光するものを述べたが、これらの光15及び17を分光器が受光して、内部欠陥16の分光特性（波長及び強度）や、光15及び17の強度（光量）分布を測定して、内部欠陥16を感知または検出して、検査工程を行っても良い。また、CCDカメラ23をカラーカメラとして、合成石英ガラス基板4の内部欠陥16及びこの内部欠陥16以外の領域が発する、露光波長の光（検査光）よりも長い波長の光15及び17を受光して撮影し、コンピュータ27により、このCCDカメラ23の画像を赤、緑、青などの色別に画像処理し、この色別に画像処理した光の強度（光量）分布や光の波長等の情報から内部欠陥16を感知または検出して、検査工程を行っても良い。また、内部欠陥16の検出は、マスクブランク用ガラス基板の製造工程の最終段階で実施しても良い。

10

【0103】

また、上記実施形態では、合成石英ガラス基板4にArFエキシマレーザー光を導入した際に、内部欠陥16による局所又は局部的に発する光と、内部欠陥16以外の領域が発する光を感知または検出する例を挙げたが、これに限られず、ArFエキシマレーザー光を合成石英ガラス基板4に導入しても内部欠陥16以外の領域は光が発せず、内部欠陥16のみ局所又は局部的に発する光を感知または検出して検査工程を行っても良い。

20

【0104】

また、上記実施形態では、露光光源がArFエキシマレーザーとした場合にマスクブランク用透光性基板として使われている合成石英ガラス基板を挙げたが、これに限られず、石英原料を溶融した透明石英ガラスでも良い。また、露光光源がF2エキシマレーザーとした場合には、マスクブランク用透光性基板として弗化カルシウム（CaF₂）基板や、弗素がドーブされたガラス基板であっても良い。

【0105】

また、上記実施形態では、検査対象としてマスクブランク用透光性基板を挙げたがこれに限らず、マスクブランク用透光性基板にする前の状態や、合成石英ガラス基板の場合には、合成石英ガラスを生成した合成石英ガラスインゴットの状態、合成石英ガラスインゴットからブロック状に切り出した状態、ブロック状から板状に切り出した状態を検査対象としても良い。また、検査対象として光リソグラフィーの際に使われる露光装置の光学部品、例えばレンズ、レンズ加工前の状態を検査対象としても良い。

30

〔B〕マスクブランクの製造方法

次に、マスクブランク用ガラス基板7の主表面5上にマスクパターンとなる薄膜（ハーフトーン膜8）をスパッタリング法により形成して、マスクブランク9（ハーフトーン型位相シフトマスクブランク）を作製する（図1(d)）。ハーフトーン膜8の成膜は、例えば、以下の構成を有するスパッタリング装置を使って行う。

40

【0106】

このスパッタリング装置は、図8に示すようなDCマグネトロンスパッタリング装置30であり、真空槽31を有しており、この真空槽31の内部にマグネトロンカソード32及び基板ホルダ33が配置されている。マグネトロンカソード32には、バックキングプレート34に接着されたスパッタリングターゲット35が装着されている。例えば、銃沖バックキングプレート34に無酸素鋼を用い、スパッタリングターゲット35とバックキングプレート34との接着にインジウムを用いる。上記バックキングプレート34は水冷機構により直接または間接的に冷却される。また、マグネトロンカソード32、バックキングプレート34及びスパッタリングターゲット35は電氣的に結合されている。基板ホルダ33に

50

ガラス基板 7 が装着される。

【0107】

上記スパッタターゲット 35 とガラス基板 7 とは、図 9 に示すように、ガラス基板 7 とスパッタリングターゲット 35 の対向する面が所定の角度を有するように配置されている。このようにすることにより、ガラス基板 7 の主表面上に均一にマスクパターンとなる薄膜（ハーフトーン膜 8）が形成されるので、マスクブランクとしての基板面内の透過率が均一になることができる。この場合、例えば、スパッタリングターゲット 35 とガラス基板 7 のオフセット距離は 340 mm、スパッタリングターゲット 35 とガラス基板 7 間の垂直距離（T/S）は 380 mm、スパッタリングターゲットの傾斜角は 15°である。

10

【0108】

図 8 の真空槽 31 は、排気口 37 を介して真空ポンプにより排気される。真空槽 31 内の雰囲気、形成する膜の特性に影響しない真空度に達した後に、ガス導入口 38 から窒素を含む混合ガスを導入し、DC 電源 39 を用いてマグネトロンカソード 32 に負電圧を加え、スパッタリングを行う。DC 電源 39 はアーク検出機能を持ち、スパッタリング中の放電状態を監視する。真空槽 31 の内部圧力は圧力計 36 によって測定される。

〔C〕露光用マスクの製造方法

次に、図 1 に示すように、上記マスクブランク 9（ハーフトーン型位相シフトマスクブランク）のハーフトーン膜 8 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 10 を形成する。（図 1(e)）。

20

【0109】

次に、レジスト膜付きのマスクブランク 11 におけるレジスト膜 10 に所定のパターンを描画・現像処理し、レジストパターン 12 を形成する（図 1(f)）。

【0110】

次に、上記レジストパターン 12 をマスクにして、ハーフトーン膜 8 をドライエッチングしてハーフトーン膜パターン 13 をマスクパターンとして形成する（図 1(g)）。

【0111】

最後に、レジストパターン 12 を除去して、ガラス基板 7 上にハーフトーン膜パターン 13 が形成された露光用マスク 14 を得る（図 1(h)）。

【0112】

尚、上記実施形態では、マスクブランク用ガラス基板上にハーフトーン膜を形成したハーフトーン型位相シフトマスクブランクや、マスクブランク用ガラス基板上にハーフトーン膜パターンを形成したハーフトーン型位相シフトマスクの場合を述べたが、これに限定されるものではない。例えば、マスクブランク用ガラス基板 7 上にハーフトーン膜と、このハーフトーン膜上に遮光膜とを有するハーフトーン型位相シフトマスクブランクであっても良い。そして、このハーフトーン型位相シフトマスクブランクから得られるハーフトーン型位相シフトマスクとして、ハーフトーン膜パターン上の所望の位置に遮光機能を増加させるために遮光膜パターンが形成されたハーフトーン型位相シフトマスクであっても良い。

30

【0113】

また、マスクブランク用ガラス基板 7 上に遮光膜が形成されたフォトマスクブランクや、マスクブランク用ガラス基板 7 上に、該ガラス基板表面をエッチングして所望の深さで基板を掘り込んで凹凸パターンを形成してクロムレスマスクを作製するためのマスクパターン形成用の薄膜が形成されたクロムレスマスク用ブランクであっても良い。

40

【0114】

尚、本発明は、マスクブランク用透光性基板における光学的な不均一性が存在していた場合に、露光光に対する光学特性の変化による転写パターンの影響が大きい位相シフトマスクブランク用透光性基板の検査方法、及び位相シフトマスクブランク用透光性基板の製造方法で、発明の効果がより発揮される。中でも、露光用マスクにおけるマスクパターンの露光光に対する透過率が 10% 以上となる位相シフトマスク（例えば、露光光に対する

50

透過率が10%以上のハーフトーン膜と遮光膜が形成されたトライトーンタイプの位相シフトマスクや、クロムレスタイプの位相シフトマスク)用の透光性基板の検査方法、及び透光性基板の製造方法で、発明の効果がさらに発揮される。

【0115】

尚、これらのハーフトーン型位相シフトマスクブランクやクロムレスマスク用ブランクなどの位相シフトマスクブランク、フォトマスクブランクは、マスクパターンとなる薄膜やマスクパターンを形成するための薄膜上に、レジスト膜を形成したレジスト付きマスクブランクであっても良い。

[D] 半導体デバイスの製造方法

得られた露光用マスク14を露光装置に装着し、この露光用マスク14を使用し、ArFエキシマレーザーを露光光として光リソグラフィ技術を用い、半導体基板(半導体ウエハ)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。

[E] 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、次の効果を奏する。
ガラス基板などの透光性物品の欠陥検査装置20にあっては、透光性物品である合成石英ガラス基板4の表面(端面2)から、光導入手段であるレーザー照射装置21によって200nm以下の波長を有する検査光(露光波長の光でもある)であるArFエキシマレーザー光を導入し、この導入されたArFエキシマレーザー光によって、合成石英ガラス基板4の内部欠陥16が発する前記波長よりも長い波長の光15と、合成石英ガラス基板4の内部欠陥16以外の領域が発する前記波長よりも長い波長の光17とを、合成石英ガラス基板4の主表面、又は前記端面2と異なる端面33から、受光手段であるCCDカメラ23が受光し、検出手段であるコンピュータ27が、これらの受光した光15及び17を画像処理し、これらの光15と光17の光量の相違に基づき、合成石英ガラス基板4の内部欠陥16を検出する。このように200nm以下の波長を有する光を、光リソグラフィに使用される透光性物品である合成石英ガラス基板4の内部欠陥16の検査に用いることによって、この内部欠陥16を良好に検出することができる。

【0116】

マスクブランク用透光性基板である合成石英ガラス基板4の端面2から、200nm以下の波長を有する検査光(露光波長の光でもある)であるArFエキシマレーザー光を導入し、当該合成石英ガラス基板4の局所的な光学的な不均一性である内部欠陥16が発する前記波長よりも長い波長の光15と、合成石英ガラス基板4の内部欠陥16以外の領域が発する前記波長よりも長い波長の光17とを、合成石英ガラス基板4の主表面、又は前記端面2と異なる端面33から受光し、この受光した光15及び17の光量の相違に基づき上記内部欠陥16を検出し、内部欠陥16が検出されない合成石英ガラス基板4を用いてマスクブランク用ガラス基板7を製造する。この結果、このマスクブランク用ガラス基板7からマスクブランク9を経て製造される露光用マスク14にガラス基板7の内部欠陥16が存在しない。従って、この露光用マスク14を用いて、被転写体としての半導体ウエハに当該露光用マスク14のマスクパターンを転写するパターン転写の際に、この露光用マスク14には、ガラス基板7の内部欠陥16により局所的に光学特性が変化(例えば、透過率が低下)する領域が存在しないので、パターン転写に悪影響を及ぼして転写パターン欠陥が生ずることがなく、転写精度を良好にできる。

【0117】

マスクブランク用透光性基板であるマスクブランク用ガラス基板7の製造工程の、主表面5及び6を精密研磨する前の早い段階で、合成石英ガラス基板4の内部欠陥16を欠陥検査装置20を用いて検出することから、内部欠陥16が存在しない合成石英ガラス基板4に対してのみ主表面5及び6を精密研磨し、内部欠陥16が存在する合成石英ガラス基板4について主表面5及び6を精密研磨する無駄を省くことができる。

マスクブランク用透光性基板である合成石英ガラス基板4に200nm以下の波長を有する検査光(露光波長の光でもある)を導入して、当該ガラス基板の内部欠陥16の検査を

10

20

30

40

50

行う。このことから、この合成石英ガラス基板 4 からマスクブランク用ガラス基板 7 及びマスクブランク 9 を経て製造される露光用マスク 14 と露光光とを用いたパターン転写の際に、転写パターン欠陥となる内部欠陥 16 を良好に検出できる。この内部欠陥 16 が検出されず、且つ主表面 5、6 にダメージが存在しない合成石英ガラス基板 4 を用いてマスクブランク用ガラス基板 7 を製造することにより、このマスクブランク用ガラス基板 7 を用いた露光用マスク 14 には、ガラス基板の内部欠陥 16、または主表面 5、6 のダメージに起因して局所又は局部的に光学特性が変化（例えば透過率が低下）する領域が存在しなくなるので、転写パターン欠陥が生ずることなく、転写精度を向上させることができる。

【0118】

内部欠陥 16 の検出工程において被検査体である合成石英ガラス基板 4 が、清浄な空気が循環するクリーンルーム 41 の内部空間 A 内に配置されたので、検査用の光である ArF エキシマレーザー光 25 を上記ガラス基板 4 に導入する際に、この ArF エキシマレーザー光 25 の導入により当該ガラス基板 4 の表面（特に主表面 5 及び 6）にダメージを生じさせる原因物質を、この合成石英ガラス基板 4 の周辺の雰囲気から排除した状態で、ArF エキシマレーザー光 25 を当該ガラス基板 4 に導入することができる。この結果、この合成石英ガラス基板 4 の表面（特に主表面 5 及び 6）に付着した付着物や堆積物が ArF エキシマレーザー光 25 を吸収して、当該表面を局所又は局部的に高温状態とすることで生ずる当該表面のダメージを防止することができる。

マスクブランク用透光性基板である合成石英ガラス基板 4 の端面 2 に導入される ArF エキシマレーザー光 25 のビーム形状（長辺 a × 短辺 b の四角形）が、この ArF エキシマレーザー光 25 が導入される端面 2 の幅 W よりも大きく設定されたことから、端面 2 における単位面積当たりのレーザー光 25 のエネルギー（1 パルス当たり）が強くなり過ぎないので、この端面 2 においてプラズマの発生を回避できる。この結果、端面 2 に付着した汚れや異物等がプラズマにより当該端面 2 にダメージを与える事態を防止でき、内部欠陥 16 の検出精度を向上させることができる。

【0119】

マスクブランク用透光性基板である合成石英ガラス基板 4 の端面 2 に導入される ArF エキシマレーザー光 25 の単位面積当たりのエネルギー（1 パルス当たり）が、 $10 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以上 $50 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以下であることから、この ArF エキシマレーザー光 25 による端面 2 でのプラズマの発生を回避できると共に、当該 ArF エキシマレーザー光 5 の導入により合成石英ガラス基板 4 の内部欠陥 16 が発する光 15、17 の強度も検出可能な程度に充分確保されるので、欠陥検出精度の信頼性を保持できる。

マスクブランク用透光性基板である合成石英ガラス基板 4 の端面 2 に導入される ArF エキシマレーザー光 25 が、上記端面 2 の幅 W よりも大きなビーム形状（長辺 a × 短辺 b の四角形）を有し、更にこの ArF エキシマレーザー光 25 を合成石英ガラス基板 4 の端面 2 において、当該端面 2 の長手方向（図 4（A）の方向）に走査することから、この端面 2 に接する両主表面 5、6 にも ArF エキシマレーザー光 25 が照射されることになる。このため、これらの両主表面 5、6 に付着したパーティクルや汚染物 55 を上記 ArF エキシマレーザー光 25 により除去することができる。

（実施例 1）

四塩化珪素等を出発原料として生成された合成石英ガラス母材（合成石英ガラスインゴット）から $152.4 \text{ mm} \times 152.4 \text{ mm} \times 6.85 \text{ mm}$ に切り出して得られた合成石英ガラス板について、形状加工及び面取り加工を施して、検査光である ArF エキシマレーザー光（波長： 193 nm 、パルスレーザー）が導入される端面（薄膜が形成される主表面と直交する側面、及び主表面と側面との間に形成された面取り面）の表面粗さが、最大高さ R_{max} で $0.5 \mu\text{m}$ 以下の合成石英ガラス基板を 10 枚準備した。尚、この準備した合成石英ガラス基板の主表面は、まだ鏡面研磨や精密研磨が施されていないので、すりガラス状になっている。

【0120】

次に、上記実施形態で説明した欠陥検査装置を用いて、この合成石英ガラス基板の端面に対して、合成石英ガラス基板の板厚よりも大きいビーム形状が $7.0\text{ mm} \times 4.0\text{ mm}$ 、1パルス当たりのエネルギーが 6 mJ 、周波数が 50 Hz の ArFエキシマレーザー光を導入して、内部欠陥の検査を行った。

【0121】

合成石英ガラス基板の内部欠陥の観察は、ArFエキシマレーザー光を導入する端面とは異なり、且つ ArFエキシマレーザー光の光路と直交する他端面から目視にて行った。

【0122】

合成石英ガラス基板の内部欠陥検査の結果、10枚中4枚において、点状や、楕円状、又は亀裂の入った層状の、局所又は局部的に光る不均一領域があることが確認された。尚、点状の光は薄い青色の蛍光として、楕円状の光は薄い青色の蛍光や黄色の蛍光として、亀裂の入った層状の光は黄色の蛍光として確認できた。

【0123】

局所又は局部的に光る不均一領域が確認できなかった合成石英ガラス基板に対して、主表面と端面（側面と面取り面）の精密研磨を施して、 $152.4\text{ mm} \times 152.4\text{ mm} \times 6.35\text{ mm}$ のマスクブランク用ガラス基板を得た。

【0124】

得られたマスクブランク用ガラス基板の物性として、該ガラス基板におけるマスクパターン形成領域（ $132\text{ mm} \times 132\text{ mm}$ ）において、波長 193 nm における板厚方向の透過率を面内9箇所、透過率測定装置により測定した。この測定は、上記ガラス基板の一方の主表面から、開口径が 2.0 mm のアパーチャを介して、波長 193 nm の重水素ランプ検査光を導入し、他方の主表面から出射させて測定した。入射光強度を I_i とし、出射光強度を T_i としたとき、透過率は、 $(I_i - T_i) / 100$ である。こうして測定した9箇所の透過率の中における最大透過率と最小透過率との差は2%以内に収まっており、良好であった。なお、もし、上記検査で欠陥が検出された場合、上記透過率測定の9箇所の測定箇所のうち、その欠陥部位を何れかの検査光が通過するように測定箇所を選定し、透過率測定を行った場合において、最大透過率と最小透過率との差が例えば5%超であったとする。この場合においては、最小透過率の箇所が欠陥を通過した箇所であると考えられる。そこで、5%超の透過率差が欠陥によるものとする。そして、その欠陥による単位長さ当たりの光の損失として、上記差の5%を基板の厚さ 0.635 cm で除算して求める。すなわち、 $(5\%) / (0.635\text{ cm}) = 7.9\% / \text{cm}$ を、この欠陥による損失と定義する。そうすれば、この損失を欠陥の程度の評価に用いることができる。

【0125】

該マスクブランク用ガラス基板に対して、ArFエキシマレーザー光に対して透過率が20%、位相差が 180° のハーフトーン膜と、光学濃度が3以上の遮光膜と、レジスト膜を順次形成して高透過率用ハーフトーン型位相シフトマスクブランクと、ArFエキシマレーザー光に対して光学濃度が3以上の遮光膜と、レジスト膜を順次形成してフォトマスクブランクをそれぞれ3枚ずつ作製した。

【0126】

該ハーフトーン型位相シフトマスクブランクからハーフトーン型位相シフトマスクを、フォトマスクブランクからフォトマスクをそれぞれ作製した。

【0127】

作製したハーフトーン型位相シフトマスク及びフォトマスクをそれぞれ露光光源を ArFエキシマレーザー（波長 193 nm ）とする露光装置（ステッパー）に装着し、半導体基板上に回路パターンを光リソグラフィーにより形成し半導体装置を作製した。

【0128】

得られた半導体装置には、回路パターンの欠陥もなくすべて良好であった。

【0129】

上述のように、マスクブランク用ガラス基板の製造工程の、主表面を精密研磨する前の段階において、合成石英ガラス基板内部に存在する透過率が低下する内部欠陥のない合成

10

20

30

40

50

石英ガラス基板を選定して、該選定した合成石英ガラス基板のみ主表面の精密研磨を行いマスクブランク用ガラス基板の製造が行えるので、本発明の検査方法は、内部欠陥の合成石英ガラス基板の精密研磨を行わないで済むので、無駄を省くことができる。

(比較例 1)

一方、上記実施例に対する比較のために、上記検査工程において、局部的に光が発する蛍光が確認された合成石英ガラス基板(主表面及び端面を精密研磨された合成石英ガラス基板)を用いて、上述と同様に、ハーフトーン型位相シフトマスクブランクとフォトマスクブランクを作製した後、ハーフトーン型位相シフトマスク、フォトマスクをそれぞれ作製した。尚、このとき使用した合成石英ガラス基板は、波長 193 nm における板厚方向の透過率の最大透過率と最小透過率との差が 5 % 超であった。該作製したハーフトーン型位相シフトマスクとフォトマスクを使って、上述と同様に光リソグラフィーにより、半導体基板上に回路パターンを形成したところ、回路パターンが形成されないといったパターン欠陥が生じた。

10

【0130】

上記フォトマスクについて、転写特性を評価装置(マイクロリソグラフィー・シミュレーション・マイクロスコプ(Microlithography Simulation Microscopes)AIMS193(カールツァイス社製))を用いて評価したところ、局部的に蛍光として光を発していた領域(数十 μ mから数百 μ m)の領域で、約 5 % から約 40 % 透過率が低下することが確認された。

(実施例 2)

20

上述の実施例 1 において、内部欠陥の検査を、清浄な空気が循環された雰囲気(ISOクラス 4、ケミカルフィルタ使用)内に設置された欠陥検査装置を用いて、合成石英ガラス基板の内部欠陥を検査した以外は、上記実施例 1 と同様にして合成石英ガラス基板の検査方法を行い、更に、主表面の精密研磨を行ってマスクブランク用ガラス基板を得た。その結果、合成石英ガラス基板の内部欠陥の検査を、ArFエキシマレーザー光を導入する端面にダメージを与えることなく行うことができ、局部的に蛍光として光が発しない合成石英ガラス基板を選定することができた。該選定した合成石英ガラス基板を使って、主表面の精密研磨を行ってマスクブランク用ガラス基板を製造し、さらに、ハーフトーン型位相シフトマスク及びフォトマスクを作製して、光リソグラフィーにより半導体装置を作製したところ、回路パターン欠陥は生じなかった。

30

(実施例 3)

上述の実施例 1 において、四塩化珪素等を出発原料として生成された合成石英ガラス母材(合成石英ガラスインゴット)に、ArFエキシマレーザー光を導入すべく導入面を形成し、該導入面からArFエキシマレーザー光を導入して、合成石英ガラス母材内部の内部欠陥を検査した。尚、導入面は、ArFエキシマレーザー光のビーム形状よりも大きいサイズで鏡面状態となるように、合成石英ガラス母材の表面を局部的に鏡面研磨を施して形成した。

【0131】

合成石英ガラス母材にArFエキシマレーザー光を導入したときに、局部的に蛍光として発していなかった領域を特定して、該特定した領域のみ切り出した合成石英ガラスブロックから、ArFエキシマレーザーを露光光源とする露光装置(ステッパー)のレンズ、及びマスクブランク用ガラス基板を作製した。

40

【0132】

得られたレンズ及びマスクブランク用ガラス基板について、ArFエキシマレーザー光における透過率低下の有無について評価したところ、透過率低下はほとんど確認できず極めて良好であり、露光装置(ステッパー)用のレンズ、マスクブランク用ガラス基板として使用する上で問題ないものであった。

(実施例 4)

上述の実施例 1 において、上述の検査工程において選定した合成石英ガラス基板の板厚方向の透過率が、最大透過率と最小透過率の差で 5 % 以内(即ち、ガラス基板の光の損失

50

が 8 % / c m 以下) ガラス基板を使って、該ガラス基板上に A r F エキシマレーザー光に対して光学濃度が 3 以上の遮光膜と、レジスト膜を順次形成してフォトマスクブランクを作製した以外は実施例 1 と同様に、フォトマスク更に半導体装置を作製した。その結果、得られた半導体装置には、回路パターンの欠陥もなくすべて良好であった。

(参考例)

上記実施例 2 において、合成石英ガラス基板の内部欠陥の検査を、清浄度が管理されていない大気中に設置された欠陥検査装置を用いて行った以外は、実施例 2 と同様に合成石英ガラス基板の内部欠陥の検査を行った。

【 0 1 3 3 】

その結果、合成石英ガラス基板の端面に A r F エキシマレーザー光を照射中に、端面近傍でプラズマが発生し、合成石英ガラス基板の端面にダメージが発生した。このダメージは、その後に行われるマスクブランクの製造工程で、端面の精密研磨を行わない場合や、端面の精密研磨を行ったとしてもダメージが深く、端面の精密研磨の取りしろの方が小さい場合は、マスクブランクの製造工程や、マスクブランクを収納容器に収める際や、マスクブランクの搬送時において、発塵の原因となり、マスクパターン欠陥の原因となるので好ましくない。尚、ダメージが浅く、端面の精密研磨の取りしろの方が大きい場合は、上記発塵の原因にはならず問題にはならない。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 1 3 4 】

本発明は、A r F エキシマレーザー (露光波長 1 9 3 n m) 、 F 2 エキシマレーザー (露光波長 1 5 7 n m) 等の短波長の露光光を用いた光リソグラフィ技術において使用される露光用マスクや、この露光用マスクを製造するマスクブランクや、マスクブランク用透光性基板等の製造に利用することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 1 3 5 】

【 図 1 】 本発明に係るマスクブランク用ガラス基板の製造方法、マスクブランクの製造方法、及び露光用マスクの製造方法における一実施の形態を示す製造工程図である。

【 図 2 】 本発明に係るガラス基板の欠陥検査装置における一実施の形態を示す斜視図である。

【 図 3 】 図 2 のコンピュータが画像処理した、受光した光の強度分布を示すグラフである。

【 図 4 】 図 2 のレーザー照射装置から導入される A r F エキシマレーザー光と合成石英ガラス基板とを示し、(A) が正面図、(B) が側面図である。

【 図 5 】 図 2 の欠陥検査装置の全体構成を示す概略正面図である。

【 図 6 】 本発明に係るマスクブランク用ガラス基板の製造方法、マスクブランクの製造方法、及び露光用マスクの製造方法における他の実施の形態を示す製造工程図である。

【 図 7 】 本発明に係るガラス基板の欠陥検査装置における他の実施の形態を示す斜視図である。

【 図 8 】 図 1 のマスクブランクの製造工程において用いられるスパッタリング装置を示す概略側面図である。

【 図 9 】 図 8 のスパッタリングターゲットとマスクブランク用ガラス基板との位置関係を示す側面図である。

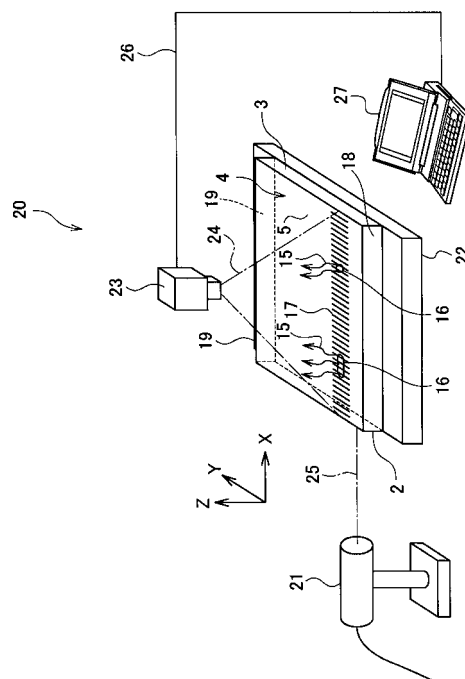
10

20

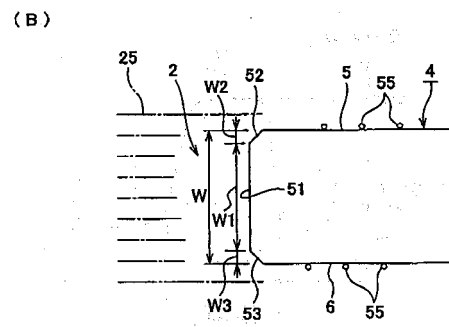
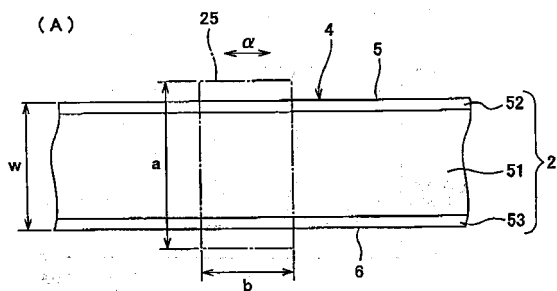
30

40

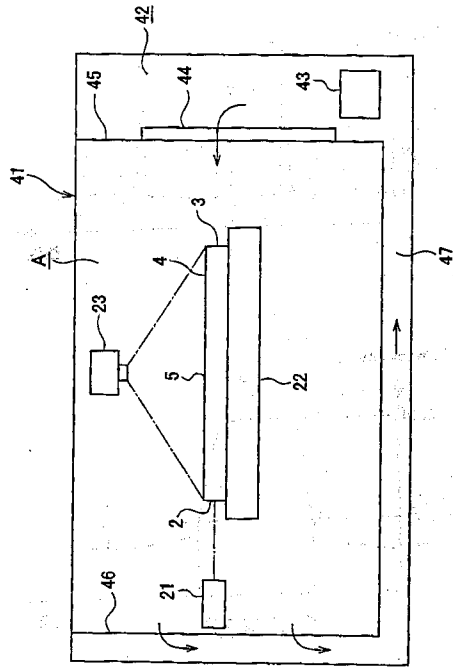
【圖 2】



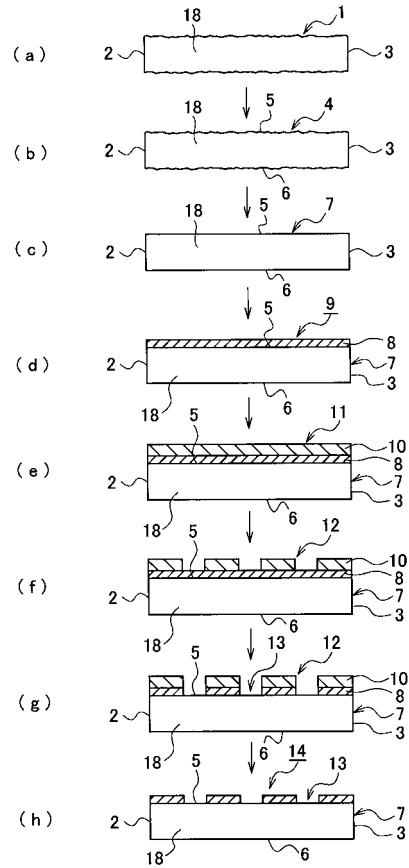
【 図 4 】



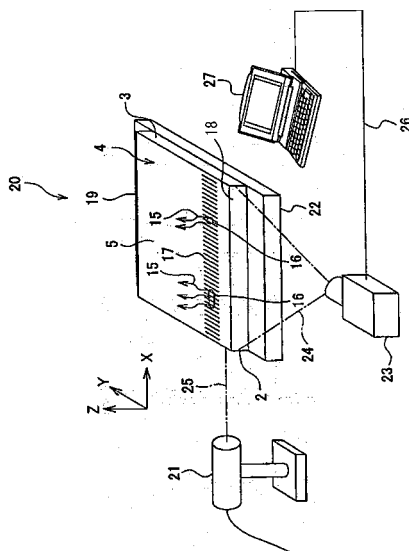
【図 5】



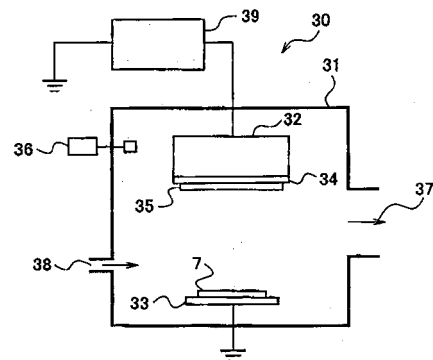
【図 6】



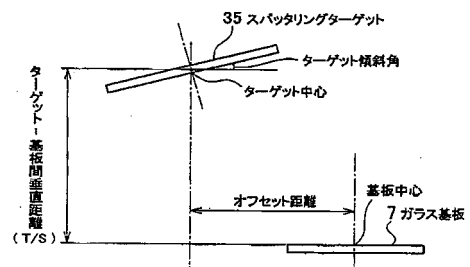
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2G051 AA56 AB06 BA05 BA10 CA04 CB10
2H095 BB01 BB03

- (54)【発明の名称】透光性材料からなる透光性物品の検査方法、ガラス基板の欠陥検査方法及び装置、マスクブランク用ガラス基板の製造方法、マスクブランクの製造方法、及び露光用マスクの製造方法、並びに、マスクブランク用ガラス基板、マスクブランク、露光用マスク、及び半導体装置の製造方法