

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5881417号
(P5881417)

(45) 発行日 平成28年3月9日 (2016.3.9)

(24) 登録日 平成28年2月12日 (2016.2.12)

(51) Int.Cl.

F I

GO 3 F 1/60 (2012.01)

GO 3 F 1/84 (2012.01)

GO 1 N 21/23 (2006.01)

GO 3 F 1/60

GO 3 F 1/84

GO 1 N 21/23

請求項の数 7 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2011-290281 (P2011-290281)	(73) 特許権者	000113263
(22) 出願日	平成23年12月29日 (2011.12.29)		H O Y A 株式会社
(65) 公開番号	特開2013-140237 (P2013-140237A)		東京都新宿区中落合 2 丁目 7 番 5 号
(43) 公開日	平成25年7月18日 (2013.7.18)	(74) 代理人	100113343
審査請求日	平成26年11月23日 (2014.11.23)		弁理士 大塚 武史
		(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	赤尾 隼人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マスクブランク用合成石英ガラス基板の複屈折仕様決定方法、マスクブランク用合成石英ガラス基板の製造方法、マスクブランクの製造方法、及び転写用マスクの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複屈折が異なる合成石英ガラス基板を準備し、該複屈折と、円偏光の検査光を使用した透過率とを測定して、前記合成石英ガラス基板における前記複屈折と前記透過率との対応関係を求める工程と、

前記検査光によるマスク欠陥判定の許容透過率変動値を満足するように、前記対応関係から複屈折の許容値を決定する工程と、

を有することを特徴とするマスクブランク用合成石英ガラス基板の複屈折仕様決定方法。

【請求項 2】

合成石英ガラス基板の複屈折と、円偏光の検査光により測定した前記合成石英ガラス基板の透過率との対応関係から、前記検査光によるマスク欠陥判定の許容透過率変動値を満足する前記透過率に対応する前記複屈折を選択する工程と、

前記合成石英ガラス基板とは別の合成石英ガラス基板を準備し、前記別の合成石英ガラス基板の主表面における転写パターン形成領域の複数ポイントで複屈折を測定し、前記測定した複屈折を基に前記許容透過率変動値を満足する合成石英ガラス基板であるかを判定し、前記許容透過率変動値を満足する合成石英ガラス基板を選定する工程と、
を有することを特徴とするマスクブランク用合成石英ガラス基板の製造方法。

【請求項 3】

前記複数ポイントで測定した複屈折の測定データは、測定ポイントの位置情報と対応して記録媒体に保存する工程を有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

合成石英ガラス基板の製造方法。

【請求項 4】

前記記録媒体に保存された位置情報と対応付けされた複屈折の測定データから複屈折の面内ばらつきを算出し、該複屈折の面内ばらつきが仕様を満足する合成石英ガラス基板であるかを判定し、仕様を満足する合成石英ガラス基板を選定する工程を有することを特徴とする請求項 3 に記載のマスクブランク用合成石英ガラス基板の製造方法。

【請求項 5】

請求項 2 乃至 4 のいずれかに記載の製造方法により得られたマスクブランク用合成石英ガラス基板の主表面上に、転写パターンとなる薄膜を形成することを特徴とするマスクブランクの製造方法。

10

【請求項 6】

請求項 5 に記載の製造方法により得られたマスクブランクの前記薄膜をパターンニングして前記合成石英ガラス基板上に転写パターンを形成することを特徴とする転写用マスクの製造方法。

【請求項 7】

前記合成石英ガラス基板上に形成された前記転写パターンを、円偏光の検査光を使用して検査するパターン検査工程を有することを特徴とする請求項 6 に記載の転写用マスクの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、LSI等の半導体装置製造における微細パターン転写に用いられる転写用マスク製造用のマスクブランク用合成石英ガラス基板の複屈折仕様決定方法、マスクブランク用合成石英ガラス基板の製造方法、マスクブランクの製造方法、及び転写用マスクの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

LSI等の半導体装置の製造において、転写用マスクに描かれた微細な回路パターンをウェハ上に縮小投影して転写する露光装置が広く利用されている。回路の高集積化および高機能化に伴い、回路の微細化が進み、高解像度の回路パターンを深い焦点深度でウェハ面上に結像させることが露光装置に求められ、露光光源の短波長化が進められている。露光光源は、従来のg線（波長436nm）やi線（波長365nm）から進んで、KrFエキシマレーザー（波長248nm）やArFエキシマレーザー（波長193nm）が用いられている。

30

【0003】

近年、ArFエキシマレーザーを用いて更なる高解像度を達成するために、露光装置の投影レンズとウェハとの間に液体を満たして露光する液浸露光技術が知られている。露光装置の解像度は、露光波長が短ければ短いほど、また、投影レンズのNA（開口数）が大きければ大きいほど高解像度が得られ、次式で表すことができる。

$$\text{解像度} = k \text{ (プロセス係数)} \times (\text{露光波長}) / \text{NA}$$

40

$$\text{NA} = n \times \sin$$

【0004】

ここで、nは露光光が通過する媒質の屈折率を示し、従来は大気なので $n = 1.0$ であるが、この液浸露光においては媒質に $n = 1.44$ の純水を用いており、これにより、露光装置の更なる高解像度化が可能となる。

【0005】

さらには、様々な偏光方位を持ったランダム偏光で構成されている従来の露光光に対して、光の偏光のうち解像度に悪影響を及ぼす偏光を抑えることで結像コントラストを高め、解像度を向上させる偏光照明技術が知られている。

【0006】

50

このような液浸露光技術や偏光照明技術に用いられる転写用マスクには、通過する露光光に偏光性の乱れを発生させないために、低複屈折であることが要求される。そこで、複屈折を 2 nm/cm 以下としたフォトマスク基板が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特表2003-515192号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0008】

半導体集積回路の製造では、上述のように液浸露光技術や偏光照明技術を利用して、超微細なパターン形成が必要な半導体装置と、その一方で、例えば、半導体集積回路内の集積度の低い配線レイヤーなどでは、液浸露光技術や偏光照明技術を利用せずに半導体装置を製造している。

【0009】

液浸露光技術や偏光照明技術を利用せずにパターン転写を行う転写用マスクにおいては、使用する合成石英ガラス材料として、上述のような特に低複屈折である必要はなく、従来はコストの観点から複屈折の仕様が決められていない合成石英ガラス基板を使用していた。

20

【0010】

また、液浸露光技術、偏光照明技術の使用の有無に限らず、近年のパターンの微細化とともに、転写用マスクで求められる欠陥品質も非常に厳しい要求がなされている。近年の転写用マスク（レチクル）の欠陥検査装置においては、高い解像度と高い欠陥検出率の他に、マスク転写パターンの方向性に依存しにくい照明条件（例えば、円偏光照明条件等）で欠陥検査を行うレチクル欠陥検査装置（例えば、KLA-Tencor社製Teron 600シリーズ等）が開発され、実際、転写用マスク製造で使用され始めている。

【0011】

本発明者の検討によると、上記レチクル欠陥検査装置を用いて、欠陥検出力の高い検査条件で転写用マスクの欠陥検査を行った際に、欠陥が多数検出され検査不能となる転写用マスクが発生した。そこで、実際にレチクル欠陥検査装置の欠陥判定位置での電子顕微鏡観察、分光透過率測定やAIMS（Area Image Measuring System）転写解析（液浸条件や、偏光条件4種（ x 軸方向、 y 軸方向、接線方向、半径方向））を行ったが、異常は確認されなかったため、実際の半導体装置の製造では問題となる可能性は低い、レチクル欠陥検査で検査不能となる潜在化した欠陥が存在していることが判った。

30

【0012】

本発明者がその原因を鋭意究明したところ、レチクル欠陥検査装置の検査光波長における合成石英ガラス基板の複屈折と、レチクル欠陥検査装置で測定した合成石英ガラス基板の透過率との間で相関（対応関係）が得られ、上記のレチクル欠陥検査で検査不能となる原因が、合成石英ガラス基板の複屈折であるとの知見が得られた。

40

【0013】

そこで本発明は、欠陥検出力の高い検査条件で欠陥検査を行うレチクル欠陥検査装置で検査不能とならないマスクブランク用合成石英ガラス基板の複屈折仕様決定方法を提供することを第1の目的とする。

また、本発明は、液浸露光技術や偏光照明技術を利用せずにパターン転写を行う転写用マスクに使用するマスクブランク用合成石英ガラス基板において、欠陥検出力の高い検査条件で欠陥検査を行うレチクル欠陥検査装置で検査不能とならないマスクブランク用合成石英ガラス基板の製造方法、マスクブランクの製造方法、及び転写用マスクの製造方法を提供することを第2の目的とする。

【課題を解決するための手段】

50

【 0 0 1 4 】

本発明者は、上記課題を解決するため、上記のレチクル欠陥検査で検査不能となる原因が合成石英ガラス基板の複屈折であるとの知見に基づき、さらに鋭意研究を続けた結果、本発明を完成するに至ったものである。

すなわち、上記課題を解決するため、本発明は以下の構成を有する。

【 0 0 1 5 】

(構成 1)

複屈折が異なる合成石英ガラス基板を準備し、該複屈折と、偏光状態の変化により前記ガラス基板の透過率が変化する検査光を使用した透過率とを測定して、前記ガラス基板における前記複屈折と前記透過率との対応関係を求める工程と、前記検査光によるマスク欠陥判定の許容透過率変動値を満足するように、前記対応関係から複屈折の許容値を決定する工程と、を有することを特徴とするマスクブランク用合成石英ガラス基板の複屈折仕様決定方法である。

10

【 0 0 1 6 】

構成 1 のように、複屈折が異なる合成石英ガラス基板を準備し、該複屈折と、偏光状態の変化により前記ガラス基板の透過率が変化する検査光を使用した透過率とを測定して、前記ガラス基板における前記複屈折と前記透過率との対応関係を求める工程と、前記検査光によるマスク欠陥判定の許容透過率変動値を満足するように、前記対応関係から複屈折の許容値を決定する工程とを有することにより、偏光状態の変化により前記ガラス基板の透過率が変化する検査光を使用した欠陥検出力の高い検査条件で欠陥検査を行うレチクル欠陥検査装置で検査不能とならないマスクブランク用合成石英ガラス基板の複屈折仕様を決定することができる。

20

【 0 0 1 7 】

(構成 2)

合成石英ガラス基板の複屈折と、偏光状態の変化により前記ガラス基板の透過率が変化する検査光により測定した前記ガラス基板の透過率との対応関係から、前記検査光によるマスク欠陥判定の許容透過率変動値を満足する前記透過率に対応する前記複屈折を選択する工程と、前記ガラス基板とは別の合成石英ガラス基板を準備し、該ガラス基板主表面の転写パターン形成領域における複数ポイントの複屈折を測定し、該測定結果から前記許容透過率変動値を満足する合成石英ガラス基板であるか判定し、前記許容透過率変動値を満足する合成石英ガラス基板を選定する工程と、を有することを特徴とするマスクブランク用合成石英ガラス基板の製造方法である。

30

【 0 0 1 8 】

構成 2 のように、合成石英ガラス基板の複屈折と、偏光状態の変化により前記ガラス基板の透過率が変化する検査光により測定した前記ガラス基板の透過率との対応関係から、前記検査光によるマスク欠陥判定の許容透過率変動値を満足する前記透過率に対応する前記複屈折を選択する工程と、前記ガラス基板とは別の合成石英ガラス基板を準備し、該ガラス基板主表面の転写パターン形成領域における複数ポイントの複屈折を測定し、該測定結果から前記許容透過率変動値を満足する合成石英ガラス基板であるか判定し、前記許容透過率変動値を満足する合成石英ガラス基板を選定する工程とを有することにより、偏光状態の変化により前記ガラス基板の透過率が変化する検査光を使用した欠陥検出力の高い検査条件で欠陥検査を行うレチクル欠陥検査装置で検査不能とならないマスクブランク用合成石英ガラス基板を得ることができる。

40

【 0 0 1 9 】

(構成 3)

前記透過率は、円偏光の検査光を用いて測定を行うことを特徴とする構成 2 に記載のマスクブランク用合成石英ガラス基板の製造方法である。

構成 3 にあるように、前記ガラス基板の透過率は、円偏光の検査光を用いて測定を行うことにより、マスク転写パターンの方向性に依存しにくい照明条件、すなわち円偏光照明条件下で欠陥検査を行うレチクル欠陥検査装置で検査不能とならないマスクブランク用合

50

成石英ガラス基板を製造するのに好適である。

【 0 0 2 0 】

(構成 4)

前記複数ポイントの複屈折の測定データは、測定ポイントの位置情報と対応して記録媒体に保存する工程を有することを特徴とする構成 2 又は 3 に記載のマスクブランク用合成石英ガラス基板の製造方法である。

構成 4 にあるように、複数ポイントの複屈折の測定データは、測定ポイントの位置情報と対応して例えば適当な記録媒体に保存することにより、例えばこの測定データはその合成石英ガラス基板とのセットで、レチクル欠陥検査装置においても検査不能とならないマスクブランク用合成石英ガラス基板として保証することができる。

10

【 0 0 2 1 】

(構成 5)

前記記録媒体に保存された位置情報と対応付けされた複屈折の測定データから複屈折の面内ばらつきを算出し、該複屈折の面内ばらつきが仕様を満足する合成石英ガラス基板であるか判定し、仕様を満足する合成石英ガラス基板を選定する工程を有することを特徴とする構成 4 に記載のマスクブランク用合成石英ガラス基板の製造方法である。

構成 5 にあるように、前記記録媒体に保存された複屈折の測定ポイントの位置情報と対応付けされた複屈折の測定データを用いて、その測定データから複屈折の面内ばらつきを算出することにより、該複屈折の面内ばらつきが仕様を満足する合成石英ガラス基板であるか判定し、仕様を満足する合成石英ガラス基板を選定することができる。

20

【 0 0 2 2 】

(構成 6)

構成 2 乃至 5 のいずれかに記載の製造方法により得られたマスクブランク用合成石英ガラス基板の主表面上に、転写パターンとなる薄膜を形成することを特徴とするマスクブランクの製造方法である。

構成 6 にあるように、本発明により得られるマスクブランク用合成石英ガラス基板を用いてマスクブランクを製造することにより、欠陥検出力の高い検査条件で欠陥検査を行うレチクル欠陥検査装置で検査不能とならないマスクブランクを得ることができる。

【 0 0 2 3 】

(構成 7)

前記転写パターンとなる薄膜は、前記合成石英ガラス基板の複屈折の測定結果に基づき、膜材料を選定することを特徴とする構成 6 に記載のマスクブランクの製造方法である。

構成 7 にあるように、本発明により得られるマスクブランク用合成石英ガラス基板の主表面上に形成する転写パターンとなる薄膜は、前記合成石英ガラス基板の複屈折の測定結果に基づき、膜材料を選定することが好ましい。つまり、複屈折の光減衰効果によるガラス基板の透過率低下分を考慮した膜材料の選定を行うことが好適である。

30

【 0 0 2 4 】

(構成 8)

構成 6 又は 7 に記載の製造方法により得られたマスクブランクの前記薄膜をパターンニングして前記合成石英ガラス基板上に転写パターンを形成することを特徴とする転写用マスクの製造方法である。

40

構成 8 にあるように、本発明により得られるマスクブランクを用いて転写用マスクを製造することにより、欠陥検出力の高い検査条件で欠陥検査を行うレチクル欠陥検査装置で検査不能とならない転写用マスクを得ることができる。

【 0 0 2 5 】

(構成 9)

前記合成石英ガラス基板上に形成された転写パターンを、偏光状態の変化により前記ガラス基板の透過率が変化する検査光を使用して検査するパターン検査工程を有することを特徴とする構成 8 に記載の転写用マスクの製造方法である。

本発明により得られた転写用マスクは、偏光状態の変化により前記ガラス基板の透過率

50

が変化する検査光を使用して検査するパターン検査工程で検査不能とならず、所定のパターン欠陥検査を精度良く行うことができる。

【発明の効果】

【0026】

本発明によれば、複屈折が異なる合成石英ガラス基板を準備し、該複屈折と、偏光状態の変化により前記ガラス基板の透過率が変化する検査光を使用した透過率とを測定して、前記ガラス基板における前記複屈折と前記透過率との対応関係を求める工程と、前記検査光によるマスク欠陥判定の許容透過率変動値を満足するように、前記対応関係から複屈折の許容値を決定する工程とから、欠陥検出力の高い検査条件で欠陥検査を行うレチクル欠陥検査装置で検査不能とならないマスクブランク用合成石英ガラス基板の複屈折仕様を決定することができる。

10

【0027】

また、本発明によれば、合成石英ガラス基板の複屈折と、偏光状態の変化により前記ガラス基板の透過率が変化する検査光により測定した前記ガラス基板の透過率との対応関係から、前記検査光によるマスク欠陥判定の許容透過率変動値を満足する前記透過率に対応する前記複屈折を選択する工程と、前記ガラス基板とは別の合成石英ガラス基板を準備し、該ガラス基板主表面の転写パターン形成領域における複数ポイントの複屈折を測定し、該測定結果から前記許容透過率変動値を満足する合成石英ガラス基板であるか判定し、前記許容透過率変動値を満足する合成石英ガラス基板を選定する工程とを有することにより、液浸露光技術や偏光照明技術を利用せずにパターン転写を行う転写用マスクに使用するマスクブランク用合成石英ガラス基板において、欠陥検出力の高い検査条件で欠陥検査を行うレチクル欠陥検査装置で検査不能とならないマスクブランク用合成石英ガラス基板を製造することができる。

20

【0028】

またさらに、上記の合成石英ガラス基板を用いてマスクブランク及び転写用マスクを製造することにより、欠陥検出力の高い検査条件で欠陥検査を行うレチクル欠陥検査装置で検査不能とならずに済む。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】本発明に係るマスクブランクの構成を示す断面図である。

30

【図2】ガラス基板主表面の転写パターン形成領域を説明するためのガラス基板の平面図である。

【図3】ガラス基板主表面の転写パターン形成領域を説明するためのガラス基板の平面図である。

【図4】合成石英ガラス基板の複屈折と、偏光状態の変化により前記ガラス基板の透過率が変化する検査光により測定した前記ガラス基板の透過率との対応関係の一例を示す図である。

【図5】実施例の合成石英ガラス基板の複屈折分布を示す図である。

【図6】他の合成石英ガラス基板の複屈折分布を示す図である。

【図7】他の合成石英ガラス基板の複屈折分布を示す図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0030】

以下、本発明の実施の形態を詳述する。

[マスクブランク用合成石英ガラス基板の複屈折仕様決定方法]

まず、本発明に係るマスクブランク用合成石英ガラス基板の複屈折仕様決定方法について説明する。

【0031】

本発明に係るマスクブランク用合成石英ガラス基板の複屈折仕様決定方法は、上記構成1にあるように、

複屈折が異なる合成石英ガラス基板を準備し、該複屈折と、偏光状態の変化により前記

50

ガラス基板の透過率が変化する検査光を使用した透過率とを測定して、前記ガラス基板における前記複屈折と前記透過率との対応関係を求める工程（工程I）と、

前記検査光によるマスク欠陥判定の許容透過率変動値を満足するように、前記対応関係から複屈折の許容値を決定する工程（工程II）と、
を有することを特徴とするものである。

【0032】

上記工程Iは、複屈折が異なる合成石英ガラス基板における複屈折と透過率との対応関係を求める工程である。このような対応関係を求める際に使用する「複屈折が異なる合成石英ガラス基板」は、1枚の合成石英ガラス基板の基板面内の複数領域において複屈折が異なる基板であっても、あるいは複屈折が異なる複数枚の合成石英ガラス基板であってもよい。また、合成石英ガラス基板上に転写パターンとなる薄膜が形成された薄膜付き合成石英ガラス基板や、薄膜パターンが形成された薄膜パターン付き合成石英ガラス基板であってもよい。

10

【0033】

本発明では、合成石英ガラス基板を用いるが、この合成石英ガラス基板は、ArFエキシマレーザー（波長193nm）又はそれよりも短波長の領域で透明性が高いので、近年の半導体装置の回路パターンの微細化、高解像度化に対応できるマスクブランク用基板として好適である。

上記合成石英ガラス基板の複屈折は、レチクル欠陥検査装置の検査光波長における複屈折の測定が可能な、複屈折測定装置を用いて測定することができる。例えば、レチクル欠陥検査装置の検査波長が193nmの場合、複屈折測定装置の光源としては重水素ランプや、He-Neレーザー（波長632.8nm）等を使用して前記ガラス基板の複屈折を測定することができる。また、上記合成石英ガラス基板の、偏光状態の変化により前記ガラス基板の透過率が変化する検査光を使用した透過率は、例えば円偏光照明が可能なレチクル欠陥検査装置を使用して測定することができる。例えば、半導体装置を製造する際の露光光の波長が波長193nmの場合、レチクル欠陥検査装置の光源としては、193nmの光を生成することができる光源を使用して前記ガラス基板の透過率を測定することができる。図4は、上記合成石英ガラス基板の波長193nmにおける複屈折と透過率の対応関係の一例を示すもので、後述の実施例において求めた対応関係である。図4に示すように、合成石英ガラス基板の複屈折が大きくなるに従って、複屈折による光減衰効果が大きくなり、透過率が低下していることがわかる。

20

30

【0034】

上記工程IIは、前記検査光によるマスク欠陥判定の許容透過率変動値を満足するように、前記対応関係から複屈折の許容値を決定する工程である。例えば上記レチクル欠陥検査装置は、上記ガラス基板のガラス部が露出した部分の透過率を100%基準として、例えば透過率が10%減衰（低減）した時に欠陥と判定する。従って、合成石英ガラス基板の複屈折が、レチクル欠陥検査装置の透過率が基準（100%）から所定値（例えば10%）減衰（低減）した透過率（例えば90%）に対応する複屈折を超えた場合はすべて欠陥と判定されることになる。従って、例えば上記レチクル欠陥検査装置の検査光によるマスク欠陥判定の許容透過率変動値（例えば-10%以内）を満足するように、前記対応関係（例えば図4の対応関係）から複屈折の許容値を決定すればよい。

40

【0035】

以上説明した本発明のマスクブランク用合成石英ガラス基板の複屈折仕様決定方法によれば、例えば偏光状態の変化により前記ガラス基板の透過率が変化する検査光を使用した欠陥検出力の高い検査条件で欠陥検査を行うレチクル欠陥検査装置で、複屈折による潜在化した欠陥によって検査不能とならないマスクブランク用合成石英ガラス基板の複屈折仕様を決定することができる。

【0036】

[マスクブランク用合成石英ガラス基板の製造方法]

次に、本発明に係るマスクブランク用合成石英ガラス基板の製造方法について説明する

50

。

本発明に係るマスクブランク用合成石英ガラス基板の製造方法は、上記構成 2 にあるように、

合成石英ガラス基板の複屈折と、偏光状態の変化により前記ガラス基板の透過率が変化する検査光により測定した前記ガラス基板の透過率との対応関係から、前記検査光によるマスク欠陥判定の許容透過率変動値を満足する前記透過率に対応する前記複屈折を選択する工程（工程 a）と、

前記ガラス基板とは別の合成石英ガラス基板を準備し、該ガラス基板主表面の転写パターン形成領域における複数ポイントの複屈折を測定し、該測定結果から前記許容透過率変動値を満足する合成石英ガラス基板であるか判定し、前記許容透過率変動値を満足する合成石英ガラス基板を選定する工程（工程 b）と、
を有することを特徴とするものである。

10

【0037】

上記工程 a は、合成石英ガラス基板の複屈折と透過率との対応関係から、前記検査光によるマスク欠陥判定の許容透過率変動値を満足する前記透過率に対応する前記複屈折を選択する工程である。合成石英ガラス基板の複屈折と透過率との対応関係は、上述の複屈折仕様決定方法において求められる対応関係と同様にして求めることができる。

【0038】

また、上記ガラス基板の透過率は、例えば円偏光の検査光を用いて測定を行うことにより、マスク転写パターンの方向性に依存しにくい照明条件、すなわち円偏光照明条件下で欠陥検査を行うレチクル欠陥検査装置で検査不能とならないマスクブランク用合成石英ガラス基板を製造するのに好適である。

20

【0039】

また、マスク欠陥判定の許容透過率変動値は、マスクの用途等に応じて適宜設定することができ、欠陥検査に使用する例えばレチクル欠陥検査装置の設定により適宜変更することができる。

【0040】

上記工程 b は、上記複屈折と透過率の対応関係を求める際に使用する合成石英ガラス基板とは別の合成石英ガラス基板を準備し、該ガラス基板主表面の転写パターン形成領域における複数ポイントの複屈折を測定し、該測定結果から前記許容透過率変動値を満足する合成石英ガラス基板であるか判定し、前記許容透過率変動値を満足する合成石英ガラス基板を選定する工程である。

30

【0041】

上記転写パターン形成領域は、図 2 に示すように、例えば 6 インチ角（152 mm × 152 mm）のガラス基板の場合、一般に 132 mm × 132 mm の範囲の A 領域である。また、図 3 に示すように、132 mm × 104 mm の範囲の B 領域、または 104 mm × 132 mm の範囲の C 領域を転写パターン形成領域とすることもある。勿論、これらは一例であって、マスクに応じて適宜設定することができる。

【0042】

上記ガラス基板主表面の転写パターン形成領域における複屈折の測定ポイントは任意に設定することができるが、所定の複屈折の許容値を満足する合成石英ガラス基板であるかの判定を正確に行うためには、測定ポイントを多くする方が望ましい。例えば上記の 132 mm × 132 mm の転写パターン形成領域において 100 点（10 × 10 点）以上とすることが好適である。特に 121 点（11 × 11 点）以上とすることが望ましい。なお、複屈折の測定は、前記と同様、複屈折測定装置を使用して測定することができる。

40

【0043】

そして、以上の複屈折の測定結果から、マスク欠陥判定の許容透過率変動値を満足する前記透過率に対応する前記複屈折（の許容値）を満たすガラス基板であるか判定を行う。上記ガラス基板主表面の転写パターン形成領域における全ての測定ポイントにおいて複屈折の許容値を満たす場合は、そのガラス基板は、レチクル欠陥検査装置で検査不能となら

50

ないガラス基板と選定することができる。一方、複屈折の許容値を満たさない領域が存在している場合は、そのガラス基板は、レチクル欠陥検査装置で検査不能となるガラス基板と判定し、欠陥検出力の高い検査条件での欠陥検査を要求されないような用途で使用するガラス基板とすることもできる。

【 0 0 4 4 】

但し、後者の例えば 1 3 2 m m × 1 3 2 m m の転写パターン形成領域では複屈折の許容値を満たさない領域が存在しているガラス基板であっても、例えば 1 0 4 m m × 1 3 2 m m の転写パターン形成領域（前述の図 3 を参照）では複屈折の許容値を満足している場合は、そのガラス基板は、転写用マスクを作製する上で基板の向きは限定されるが、1 0 4 m m × 1 3 2 m m の転写パターン形成領域内では、レチクル欠陥検査装置で検査不能とならないガラス基板に選定することもできる。

10

【 0 0 4 5 】

以上説明した本発明のマスクブランク用合成石英ガラス基板の製造方法によれば、例えば偏光状態の変化により前記ガラス基板の透過率が変化する検査光を使用した欠陥検出力の高い検査条件で欠陥検査を行うレチクル欠陥検査装置で、複屈折による潜在化した欠陥によって検査不能とならないマスクブランク用合成石英ガラス基板を得ることができる。

【 0 0 4 6 】

また、上記複数ポイントの複屈折の測定データは、測定ポイントの位置情報と対応して記録媒体に保存する工程を有してもよい。複数ポイントの複屈折の測定データは、測定ポイントの位置情報と対応して例えば適当な記録媒体に保存することにより、例えばこの測定データはその合成石英ガラス基板とのセットで、レチクル欠陥検査装置においても検査不能とならないマスクブランク用合成石英ガラス基板として保証することができる。

20

【 0 0 4 7 】

また、上記記録媒体に保存された位置情報と対応付けされた複屈折の測定データから複屈折の面内ばらつきを算出し、該複屈折の面内ばらつきが仕様を満足する合成石英ガラス基板であるか判定し、仕様を満足する合成石英ガラス基板を選定する工程を有してもよい。記録媒体に保存された複屈折の測定ポイントの位置情報と対応付けされた複屈折の測定データを用いて、その測定データから複屈折の面内ばらつきを算出することにより、該複屈折の面内ばらつきが仕様を満足する合成石英ガラス基板であるか判定し、仕様を満足する合成石英ガラス基板を選定することができる。

30

【 0 0 4 8 】

[マスクブランクの製造方法]

本発明は、上記構成のマスクブランク用合成石英ガラス基板の主表面上に、転写パターンとなる薄膜を形成するマスクブランクの製造方法についても提供する。

本発明により得られるマスクブランク用合成石英ガラス基板を用いてマスクブランクを製造することにより、欠陥検出力の高い検査条件で欠陥検査を行うレチクル欠陥検査装置で検査不能とならないマスクブランクを得ることができる。

図 1 は、マスクブランクの構成例を示しており、合成石英ガラス基板 1 の主表面上に、転写パターンとなる薄膜 2 を形成したマスクブランク 1 0 である。

【 0 0 4 9 】

40

本発明により得られるマスクブランク用合成石英ガラス基板 1 の主表面上に、薄膜 2 として遮光膜を形成することによりバイナリマスクブランクが得られる。また、上記ガラス基板 1 の主表面上に、薄膜 2 として位相シフト膜、あるいは位相シフト膜及び遮光膜を形成することにより、位相シフト型マスクブランクが得られる。

上記遮光膜は、単層でも複数層（例えば遮光層と反射防止層との積層構造）としてもよい。また、遮光膜を遮光層と反射防止層との積層構造とする場合、この遮光層を複数層からなる構造としてもよい。また、上記位相シフト膜についても、単層でも複数層としてもよい。

【 0 0 5 0 】

このようなマスクブランクとしては、例えば、クロム（C r）を含有する材料により形

50

成されている遮光膜を備えるバイナリマスクブランク、遷移金属とケイ素（Si）を含有する材料により形成されている遮光膜を備えるバイナリマスクブランク、タンタル（Ta）を含有する材料により形成されている遮光膜を備えるバイナリマスクブランク、ケイ素（Si）を含有する材料、あるいは遷移金属とケイ素（Si）を含有する材料により形成されている位相シフト膜を備える位相シフト型マスクブランクなどが挙げられる。

【0051】

上記クロム（Cr）を含有する材料としては、クロム単体、クロム系材料（CrO, CrN, CrC, CrON, CrCN, CrOC, CrOCN等）が挙げられる。

上記タンタル（Ta）を含有する材料としては、タンタル単体のほかに、タンタルと他の金属元素（例えば、Hf、Zr等）との化合物、タンタルにさらに窒素、酸素、炭素及びホウ素のうち少なくとも1つの元素を含む材料、具体的には、TaN, TaO, TaC, TaB, TaON, TaCN, TaBN, TaCO, TaBO, TaBC, TaCON, TaBON, TaBCN, TaBCONを含む材料などが挙げられる。

10

【0052】

上記ケイ素（Si）を含有する材料としては、ケイ素に、さらに窒素、酸素及び炭素のうち少なくとも1つの元素を含む材料、具体的には、ケイ素の窒化物、酸化物、炭化物、酸窒化物（酸化窒化物）、炭酸化物（炭化酸化物）、あるいは炭酸窒化物（炭化酸化窒化物）を含む材料が好適である。

【0053】

また、上記遷移金属とケイ素（Si）を含有する材料としては、遷移金属とケイ素を含有する材料のほかに、遷移金属及びケイ素に、さらに窒素、酸素及び炭素のうち少なくとも1つの元素を含む材料が挙げられる。具体的には、遷移金属シリサイド、または遷移金属シリサイドの窒化物、酸化物、炭化物、酸窒化物、炭酸化物、あるいは炭酸窒化物を含む材料が好適である。遷移金属には、モリブデン、タンタル、タングステン、チタン、クロム、ハフニウム、ニッケル、バナジウム、ジルコニウム、ルテニウム、ロジウム、ニオブ等が適用可能である。この中でも特にモリブデンが好適である。

20

【0054】

また、上記転写パターンとなる薄膜2は、合成石英ガラス基板1の複屈折の測定結果に基づき、膜材料を選定することが好ましい。つまり、複屈折の光減衰効果によるガラス基板の透過率低下分を考慮した膜材料の選定を行うことが好適である。

30

なお、上記遮光膜等の薄膜を形成するための成膜方法は特に制約されない。例えばスパッタリング法、イオンビームデポジション（IBD）法、CVD法などが好ましく挙げられる。

【0055】

〔転写用マスクの製造方法〕

本発明は、上記構成のマスクブランクにおける前記薄膜をパターンニングして転写パターンを形成するマスクの製造方法についても提供する。

本発明により得られるマスクブランクを用いて転写用マスクを製造することにより、欠陥検出力の高い検査条件で欠陥検査を行うレチクル欠陥検査装置で検査不能とならない転写用マスクを得ることができる。

40

【0056】

マスクブランクにおける転写パターンとなる薄膜をパターンニングする方法としては、精度の高いフォトリソグラフィ法が最も好適である。例えば、上述のバイナリマスクブランクにおける遮光膜をパターンニングすることにより、遮光膜パターンを備えるバイナリマスクが得られる。また、上述の合成石英ガラス基板の主表面に、位相シフト膜、あるいは位相シフト膜及び遮光膜を備える構造の位相シフト型マスクブランクにおいても、転写パターンとなる薄膜をパターンニングすることにより、位相シフト型マスクが得られる。

【0057】

また、本発明の転写用マスクの製造方法においては、前記合成石英ガラス基板上に形成された転写パターンを、偏光状態の変化により前記ガラス基板の透過率が変化する検査光

50

を使用して検査するパターン検査工程を有してもよい。本発明により得られた転写用マスクは、偏光状態の変化により前記ガラス基板の透過率が変化する検査光を使用して検査するパターン検査工程で検査不能とならず、所定のパターン欠陥検査を精度良く行うことができる。

【実施例】

【0058】

以下、実施例により、本発明の実施の形態を更に具体的に説明する。

(実施例1)

本実施例では、ArFエキシマレーザー（波長193nm）露光対応マスクブランク用合成石英ガラス基板の複屈折仕様決定方法について説明する。

本実施例においては、サイズ6インチ角、厚さ0.25インチの合成石英ガラス基板であって、その基板面内の複数領域において複屈折が異なる基板を使用した。また、上記合成石英ガラス基板の透過率測定は、円偏光照明の照射が可能なレチクル欠陥検査装置（KLATENCOR社製TERON600シリーズ）を使用し、上記合成石英ガラス基板の複屈折は、HINDS Instruments社製高精度複屈折測定装置（EXICOR）を使用し測定した。

【0059】

上記合成石英ガラス基板の複屈折と、円偏光照明条件でのレチクル欠陥検査装置における透過率の測定結果を図4に示す。

なお、図4では、上記合成石英基板の複屈折が略零（ゼロ）の領域における透過率を100%（基準）として、複屈折と透過率をプロットした。

【0060】

図4に示すように、合成石英ガラス基板の複屈折が大きくなるに従って、レチクル欠陥検査装置の検査光における透過率が低下していることがわかる。レチクル欠陥検査装置は、上記ガラス基板のガラス部が露出した部分の透過率を100%基準として、例えば透過率が10%減衰（低減）した時に欠陥と判定する。従って、合成石英ガラス基板の複屈折が、レチクル欠陥検査装置の透過率が基準（100%）から10%減衰（低減）した透過率90%に対応する複屈折（図4の複屈折と透過率の対応関係の場合、約30nm/cm）を超えた場合はすべて欠陥と判定されることになる。従って、上記レチクル欠陥検査装置の検査光によるマスク欠陥判定の許容透過率変動値である-10%以内を満足するように、図4の対応関係から複屈折の許容値を決定すればよい。すなわち、本実施例の場合、合成石英ガラス基板の基板面内の複屈折を30nm/cm未満とすることにより、上記レチクル欠陥検査装置での検査不能を防止することができる。

【0061】

なお、本実施例では、上記マスク欠陥判定の許容透過率変動値を例えば-10%以内であるとして説明したが、勿論、マスク欠陥判定の許容透過率変動値は-10%以内に限られない。マスクの使用目的、用途等に応じて適宜変更することができる。

【0062】

(実施例2)

本実施例では、ArFエキシマレーザー（波長193nm）露光対応マスクブランク用合成石英ガラス基板の製造方法について説明する。

上記実施例1で使用した合成石英ガラス基板とは別の合成石英ガラス基板（サイズ6インチ角、厚さ0.25インチ）を2枚準備し、各々のガラス基板主表面の転写パターン形成領域である132mm×132mmの121点（11×11点）の複屈折を測定した。その結果を図5、図6に示す。なお、複屈折の測定は、実施例1と同様にHINDS Instruments社製高精度複屈折測定装置（EXICOR）を使用し測定した。

【0063】

図5の複屈折分布を持った合成石英ガラス基板の場合、パターン転写領域の132mm×132mm（121点）において、複屈折は20nm/cm以下である。従って、例えば円偏光の検査光を用いたレチクル欠陥検査装置によるマスク欠陥判定の許容透過率変動

値が - 10 % の場合、前述の図 4 の複屈折と透過率の対応関係から、複屈折の許容値を満たすので、レチクル欠陥検査での検査不能となることはない。よって、図 5 の複屈折分布を持った合成石英ガラス基板は、欠陥検出力の高い検査条件で欠陥検査を行うレチクル欠陥検査装置で検査不能とならないガラス基板と選定する。

【 0 0 6 4 】

一方、図 6 の複屈折分布を持った合成石英ガラス基板の場合、パターン転写領域の $132\text{ mm} \times 132\text{ mm}$ のコーナーにおいて、複屈折が 30 nm/cm 以上となる領域が存在している。従って、上記レチクル欠陥検査装置によるマスク欠陥判定の許容透過率変動値が - 10 % の場合、レチクル欠陥検査での検査不能となってしまう。よって、図 6 の複屈折分布を持った合成石英ガラス基板は、レチクル欠陥検査装置で検査不能となり、A r F エキシマレーザー（波長 193 nm ）露光対応マスクブランク用合成石英ガラス基板に適さない合成石英ガラス基板と判定し、上記以外の用途で使用する合成石英ガラス基板とする。

10

【 0 0 6 5 】

なお、図 5、図 6 の複数ポイントの複屈折の測定データは、測定ポイントの位置情報と対応して例えば適当な記録媒体に保存することができる。この測定データはその合成石英ガラス基板とのセットで、レチクル欠陥検査装置においても検査不能とならない A r F エキシマレーザー（波長 193 nm ）露光対応マスクブランク用合成石英ガラス基板として保証することができる。

【 0 0 6 6 】

20

また、 $132\text{ mm} \times 132\text{ mm}$ の転写パターン形成領域において、複屈折が 30 nm/cm 以上となる領域があっても、実際、転写用マスクにおける転写パターン形成領域は、通常 $104\text{ mm} \times 132\text{ mm}$ であるので、転写用マスクを作製する上で基板の向きは限定されるが、例えば図 7 の複屈折分布を持った合成石英ガラス基板の場合、 $104\text{ mm} \times 132\text{ mm}$ の領域内で複屈折が 30 nm/cm 未満の合成石英ガラス基板として A r F エキシマレーザー（波長 193 nm ）露光対応マスクブランク用合成石英ガラス基板に選定することもできる。

【 0 0 6 7 】

（実施例 3）

本実施例は、バイナリマスクブランク及びバイナリマスクの製造方法の具体例である。

30

上記実施例 2 で得られた合成石英ガラス基板（例えば図 5 の複屈折分布を持った合成石英ガラス基板であって、レチクル欠陥検査装置で検査不能とならないガラス基板と選定した基板）の主表面上に、以下のようにして T a N 膜と T a O 膜の積層からなる遮光膜を形成した。

【 0 0 6 8 】

ターゲットにタンタル（T a）ターゲットを用い、キセノン（X e）と窒素（N₂）の混合ガス雰囲気（ガス圧 0.076 Pa 、ガス流量比 X e : N₂ = $11\text{ sccm} : 15\text{ sccm}$ ）で、D C 電源の電力を 1.5 kW とし、反応性スパッタリング（D C スパッタリング）により、T a N 膜を膜厚 44.9 nm で成膜し、引き続いて、T a ターゲットを用い、アルゴン（A r）と酸素（O₂）の混合ガス雰囲気（ガス圧 0.3 Pa 、ガス流量比 A r : O₂ = $58\text{ sccm} : 32.5\text{ sccm}$ ）で、D C 電源の電力を 0.7 kW とし、T a O 膜を膜厚 13 nm で成膜することにより、T a N 膜と T a O 膜の積層からなる A r F エキシマレーザー（波長 193 nm ）用遮光膜を形成して、バイナリマスクブランクを作製した。なお、A r F エキシマレーザーに対する遮光膜の光学濃度は 3.0 、表面反射率は 19.5% であった。

40

【 0 0 6 9 】

次に、このバイナリマスクブランクを用いて、バイナリマスクを作製した。

まず、バイナリマスクブランク上に電子線描画用レジストをスピンコーティング法により塗布、ベーキングしてレジスト膜を形成した。

次に、上述のレジスト膜に対して電子線により所望のマスクパターンを描画し、現像を

50

行い、レジストパターンを形成した。

【 0 0 7 0 】

このレジストパターンをマスクとし、フッ素系ガス（ CF_4 ガス）により上層の TaO 膜を、塩素系ガス（ Cl_2 ガス）により下層の TaN 膜をそれぞれエッチングして、遮光膜パターンを形成した。

さらに、遮光膜パターン上に残ったレジストパターンを熱硫酸で除去し、バイナリマスクを得た。

【 0 0 7 1 】

得られたバイナリマスクの転写パターン形成領域について、前記レチクル欠陥検査装置（KLA-Tencor 社製 Teron 600 シリーズ）を使用して欠陥検査を行った結果、検査不能とはならず、所定の欠陥検査を行うことができた。

10

【 0 0 7 2 】

（比較例）

合成石英ガラス基板として、前述の図 6 の複屈折分布を持った合成石英ガラス基板を使用したこと以外は、実施例 3 と同様にして、バイナリマスクブランクを作製し、さらに、このバイナリマスクブランクを用いてバイナリマスクを作製した。

【 0 0 7 3 】

得られたバイナリマスクの転写パターン形成領域について、前記レチクル欠陥検査装置（KLA-Tencor 社製 Teron 600 シリーズ）を使用して欠陥検査を行った結果、欠陥が多数検出され検査不能となってしまった。つまり、前述の欠陥検出力の高い検査条件で欠陥検査を行うレチクル欠陥検査装置で検査不能となる潜在化した欠陥が存在していることが判った。

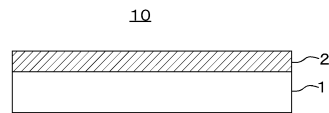
20

【符号の説明】

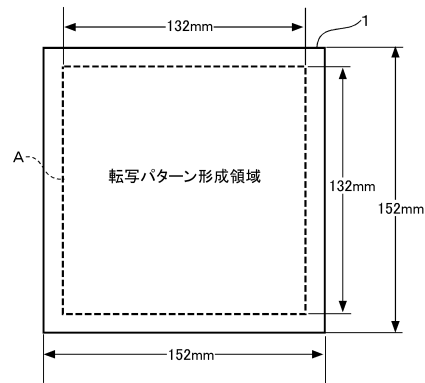
【 0 0 7 4 】

- 1 合成石英ガラス基板
- 2 薄膜
- 10 マスクブランク

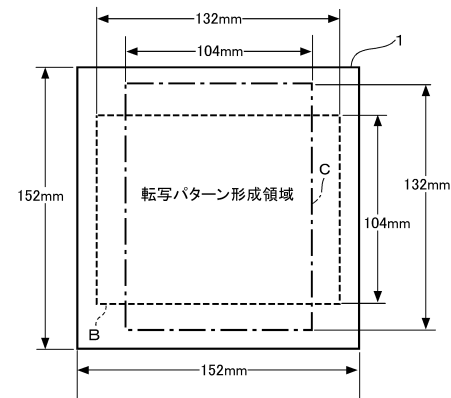
【図 1】



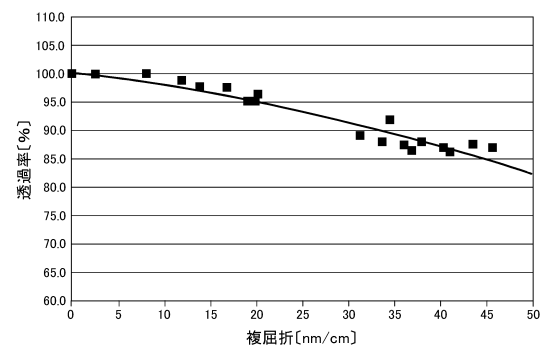
【図 2】



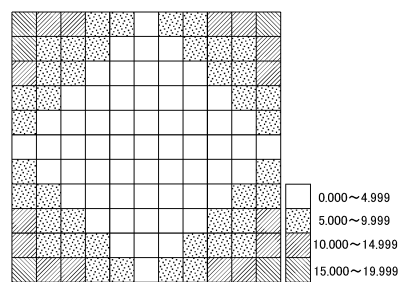
【図 3】



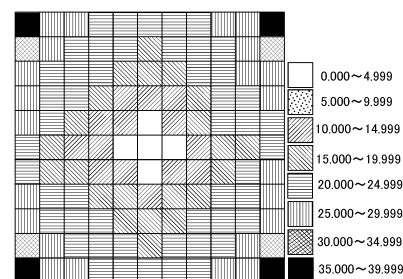
【図 4】



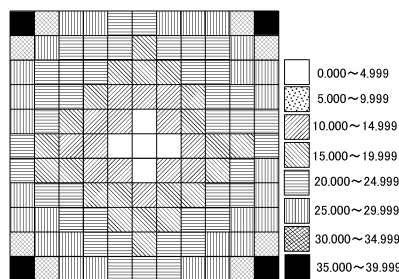
【図 5】



【図 7】



【図 6】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2007-121413(JP,A)
特開2008-070730(JP,A)
特開2006-251781(JP,A)
特開2006-267997(JP,A)
特開2005-255423(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03F 1/00 - 1/86

G01N 21/00 - 21/01、21/17 - 21/61