

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4100514号
(P4100514)

(45) 発行日 平成20年6月11日(2008.6.11)

(24) 登録日 平成20年3月28日(2008.3.28)

(51) Int.Cl.		F I	
GO3F	1/14 (2006.01)	GO3F	1/14 B
GO1B	11/30 (2006.01)	GO1B	11/30 H
GO1N	21/956 (2006.01)	GO1N	21/956 A
HO1L	21/027 (2006.01)	HO1L	21/30 502P

請求項の数 4 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2004-212026 (P2004-212026)	(73) 特許権者	000113263 HOYA株式会社 東京都新宿区中落合2丁目7番5号
(22) 出願日	平成16年7月20日(2004.7.20)	(74) 代理人	100091362 弁理士 阿仁屋 節雄
(62) 分割の表示	特願平10-370432の分割	(74) 代理人	100090136 弁理士 油井 透
原出願日	平成10年12月25日(1998.12.25)	(74) 代理人	100105256 弁理士 清野 仁
(65) 公開番号	特開2005-31689 (P2005-31689A)	(72) 発明者	田辺 勝 東京都新宿区中落合2丁目7番5号 HOYA株式会社内
(43) 公開日	平成17年2月3日(2005.2.3)	審査官	渡戸 正義
審査請求日	平成16年7月20日(2004.7.20)		
(31) 優先権主張番号	特願平9-368836		
(32) 優先日	平成9年12月26日(1997.12.26)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子デバイス用ガラス基板の製造方法、フォトマスクブランクの製造法及びフォトマスクの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

少なくとも一組の互いに平行な主表面と、該主表面に直交する少なくとも一組の側面と、前記主表面及び前記側面によって挟まれた面取り面とを有するガラス基板であって、前記主表面及び側面が精密研磨されたガラス基板を準備する工程と、

前記精密研磨されたガラス基板を、検査光の光学的変化によって欠陥の有無を判別する検査方法によって検査し、基準設定値を満足しているものを選ぶ検査工程とを有する電子デバイス用ガラス基板の製造方法であって、

前記検査工程における検査方法は、検査光としてレーザー光を用い、前記ガラス基板内の光路が光学的に均一の場合には、該ガラス基板内を伝搬して前記主表面及び前記側面で全反射をし、かつ、少なくとも一組の側面の間で反復するように伝搬し、伝搬することによって、前記主表面、側面及び面取り面で囲まれる被検査領域に前記レーザー光が行き渡るように、前記レーザー光を前記ガラス基板に導入し、前記ガラス基板内の光路に光学的に不均一な部分がある場合に表面から漏出する光の情報を求めて基準設定値と比較する方法であり、

前記光の情報は、CCDを用いて検出された画像情報、光量、輝度、強度分布、及び表面からの深さのうち少なくとも一つの情報であり、

前記電子デバイス用ガラス基板は、その主表面に遮光機能を有する薄膜を形成してフォトマスクブランクを製造する際に用いられるものであり、

前記フォトマスクブランクは位相シフトマスクブランクであり、

前記検査工程における基準設定値は、前記電子デバイス用ガラス基板を用いて製造したフォトマスクブランクの薄膜に所定のパターンを形成してフォトマスクを製造し、そのフォトマスクを用いてパターン転写したときに、前記電子デバイス用ガラス基板内部の不均一部分に起因して前記転写パターンにパターン不良が発生しないような値を選定して設定し、

前記レーザー光を、前記面取り面から導入し、かつ、前記ガラス基板の光路が光学的に均一の場合には、前記面取り面からのみレーザー光が出射するように導入し、

前記レーザー光の導入は、前記ガラス基板に入射してから最初に当たる前記主表面への入射角が、臨界角よりも大きくなるようにし、かつ、前記側面への入射角が臨界角よりも大きくなるように設定することを特徴とする電子デバイス用ガラス基板の製造方法。

10

【請求項2】

少なくとも一組の互いに平行な主表面と、該主表面に直交する少なくとも一組の側面と、前記主表面及び前記側面によって挟まれた面取り面とを有するガラス基板であって、前記主表面及び側面が精密研磨されたガラス基板を準備する工程と、

前記精密研磨されたガラス基板を、検査光の光学的変化によって欠陥の有無を判別する検査方法によって検査し、基準設定値を満足しているものを選ぶ検査工程とを有する電子デバイス用ガラス基板の製造方法であって、

前記検査工程における検査方法は、検査光としてレーザー光を用い、前記ガラス基板内の光路が光学的に均一の場合には、該ガラス基板内を伝搬して前記主表面及び前記側面で全反射をし、かつ、少なくとも一組の側面の間で反復するように伝搬し、伝搬することによって、前記主表面、側面及び面取り面で囲まれる被検査領域に前記レーザー光が行き渡るように、前記レーザー光を前記ガラス基板に導入し、前記ガラス基板内の光路に光学的に不均一な部分がある場合に表面から漏出する光の情報を求めて基準設定値と比較する方法であり、

20

前記光の情報は、CCDを用いて検出された画像情報、光量、輝度、強度分布、及び表面からの深さのうち少なくとも一つの情報であり、

前記電子デバイス用ガラス基板は、その主表面に遮光機能を有する薄膜を形成してフォトマスクブランクを製造する際に用いられるものであり、

前記検査工程における基準設定値は、前記電子デバイス用ガラス基板を用いて製造したフォトマスクブランクの薄膜にウエットエッチングにより所定のパターンを形成する際、このパターンにパターン欠陥が生じないような値を選定して設定し、

30

前記レーザー光を、前記面取り面から導入し、かつ、前記ガラス基板の光路が光学的に均一の場合には、前記面取り面からのみレーザー光が出射するように導入し、

前記レーザー光の導入は、前記ガラス基板に入射してから最初に当たる前記主表面への入射角が、臨界角よりも大きくなるようにし、かつ、前記側面への入射角が臨界角よりも大きくなるように設定することを特徴とする電子デバイス用ガラス基板の製造方法。

【請求項3】

請求項1または2のいずれか1項に記載の前記電子デバイス用ガラス基板の製造法によって得られた前記電子デバイス用ガラス基板の主表面に、少なくとも遮光機能を有する薄膜を形成することを特徴とするフォトマスクブランクの製造方法。

40

【請求項4】

請求項1または2のいずれか1項に記載の前記電子デバイス用ガラス基板の製造法によって得られた前記電子デバイス用ガラス基板の主表面に、パターンニングされた少なくとも遮光機能を有する薄膜パターンを形成することを特徴とするフォトマスクの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、高精度のパターンニングが可能な電子デバイス用（特に、フォトマスクや位相シフトマスク用等）ガラス基板、並びにこのガラス基板を用いたフォトマスクブランク（位相シフトマスクブランクを含む。）及びフォトマスク（位相シフトマスクを含む。）に

50

関するものである。

【背景技術】

【0002】

半導体集積回路、フォトマスクなどの製造工程において、微細パターンの形成には、フォトリソグラフィ法が用いられている。例えば、半導体集積回路を製造する際には、高精度に研磨され鏡面仕上げされた透明基板上に遮光性膜（例えばクロム膜）によりパターンが形成されたフォトマスクを用いてパターン転写している。

【0003】

近年においてはパターンの高密度化に伴い、高精度に研磨され鏡面仕上げされた透明基板そのものの微小な欠陥（表面上の異物、傷、脈理等）についても厳しい要求がなされている。この透明基板の微小な欠陥を取り除くための検査方法として、特開昭58 162038号公報などがあった。これは、パターン面の微小な領域に光を集め、パターン面からの反射出力、透過出力を比較して基板の面状態を検査するものである。しかし、上述した方法では、ある一定方向に光を照射した時における反射出力、透過出力だけを比較して検査しているので、最新の検査装置をもってしても、ガラス基板表面上のある特定の方向性を持った微小な傷を確実に検出することは非常に困難であり、また、ガラス基板内部にある脈理といった欠陥を検査することは全くできなかった。

10

【0004】

このある特定の方向性を持った傷は、ガラス基板の研磨工程の際、望ましくない異物などが混入されたことによって異物が通った軌跡によって形成されたり、ガラス基板を搬送する際、保持ケースの挿入時にできる傷や、研磨終了後、ガラス基板を把持するとき形成されたもので、通常の検査方法、検査装置では、検出することは困難であった。

20

【0005】

また、ガラス基板表面上のある特定の方向性を持った傷の大きさを、長軸方向の長さ、この長軸方向に対し垂直方向の短軸方向の長さで表したとき、この傷を前記表面に対し垂直な断面で切ったときの前記表面における短軸方向の長さが $1\mu\text{m}$ といった傷を確実に検出できなかった（不確かではあるが、短軸方向の長さが最小で $0.3\mu\text{m}$ 程度の傷を検出するのが限界であった）。なお、これより以降の主表面に存在する凹部の大きさといった場合、「長軸方向の長さ、長軸方向に対し垂直方向の短軸方向の長さ」で表すものとし、各長軸方向、短軸方向の長さは、前記凹部を主表面に対し垂直な断面で切ったときの主表面における長さを指すものとする。

30

【0006】

そこで、本発明者は、ガラス基板の傷や、脈理といった透光性物質の不均一性の検査が可能、検査方法及び検査装置を発明した（特願平9 192763号）。この検査方法は、透光性物質の光路が光学的に均一の場合には、鏡面仕上げされた透光性物質基板表面で、全反射が起こるように透光性物質内に光を導入し、透光性物質内に導入され伝播する光の光路中に不均一部分が存在するときに、前記表面から光が漏出することから透光性物質の不均一性を検出するようにしたものである。

【0007】

この発明の検査方法によって、今まで確実に検出できなかったガラス基板表面上のある特定の方向性をもった傷や、内部の脈理といった、不均一性をも確実に検査することが可能となった。特に、ガラス基板表面に存在する傷としては、短軸方向の長さが $1\mu\text{m}$ の傷をも確実に発見することができるばかりでなく、ガラス基板内部に存在する脈理といった不均一性の検査が可能となった。このようなガラス基板の不均一性が確認されたことで、下記に示すような問題・課題が明らかとなった。

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

図4は、ガラス基板11の主表面に、前述で規定した短軸方向の長さが $1.2\mu\text{m}$ の凹部（傷など）14のあるガラス基板を使ってフォトマスクを作製した場合を示す。通常フ

50

フォトマスクは、ガラス基板 1 1 (図 4 (a)) 上に、遮光機能を有するクロム膜 1 2 を形成し (図 4 (b)) 、更にレジスト膜 1 3 を形成した後 (図 4 (c)) 、このレジスト膜 1 3 に対して電子線露光及び現像を行って所望のレジストパターン 1 3 ' を形成する (図 4 (d)) 。次に、このレジストパターン 1 3 ' をマスクとして、例えば硝酸第 2 セリウムアンモニウムと過酸素塩とに純水を加えたエッチング液によってウェットエッチングを施して、クロム膜パターン 1 2 ' を形成する (図 4 (e)) 。尚、このウェットエッチングは、通常クロム膜パターン 1 2 ' の断面を垂直にするためにオーバーエッチングにするが、その際、クロム膜パターン 1 2 ' が形成されている領域から形成されていない領域に跨った傷 1 4 がガラス基板 1 1 表面に存在すると、その傷 1 4 からエッチング液がクロム膜に浸透して図 4 (f) に示すようなクワレ 1 5 が発生してしまうという問題点があった

10

【 0 0 0 9 】

また、図 5 は、ガラス基板内部に脈理 (透過率は同じで屈折率だけが違う欠陥) 2 2 のあるガラス基板 2 1 を使って位相シフトマスク (ハーフトーンマスク) を作製した場合を示す。位相シフトマスクは、図 5 (a) のガラス基板 2 1 上に、遮光機能と位相シフト機能を有するモリブデンシリサイド窒化 (M o S i N) 膜、レジスト膜を形成し、このレジスト膜に対して電子線露光及び現像を行って所望のレジストパターンを形成する (図示せず) 。次に、このレジストパターンをマスクとして、例えば C F 4 と O 2 との混合ガスによるドライエッチングを施し、M o S i N 膜パターン 2 3 を形成して位相シフトマスクを作製する (図 5 (b)) 。この得られた位相シフトマスクを使って半導体ウエハー等の被転写体にパターンを転写すると、図 5 (c) のようにガラス基板 2 1 の内部にある脈理 2 2 の影響で、被転写体上の光強度分布が異常な光強度分布 2 4 となり (2 5 は脈理がない場合の正常な光強度分布) 、所望なパターンが得られないという問題点があった。

20

【 0 0 1 0 】

また、従来の基板表面の微小な領域に光を集め、その反射出力、透過出力を比較して検査する、例えば特開昭 5 8 - 1 6 2 0 3 8 号公報に記載の面状態検査方法によって検査されたガラス基板を使用して、上述のフォトマスクや位相シフトマスクを作製した場合、検査では欠陥がないとされたガラス基板を使用しても、上述のようなクワレや、被転写体にパターンを転写すると所望なパターンが得られないという問題があった。これは、基板表面の傷といった検査光の進行方向に依存性をもった欠陥の場合、その傷がある一定方向の方向性を有しているので、検査光の入射方向によっては検出しないことが原因であり、また、基板内部の脈理といった欠陥の場合、従来の検査方法では反射出力がほとんど検出されないことが原因で、ガラス基板に欠陥がないと判別されたからである。

30

【 0 0 1 1 】

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、高精度のパターニングや投影露光を可能にする電子デバイス用ガラス基板並びにこれを用いたフォトマスクブランク及びフォトマスクを提供することを目的とする。

【 0 0 1 2 】

なお、ここでいうフォトマスクブランク及びフォトマスクとは、クロム膜や M o S i 膜などの遮光機能を有する遮光膜 (パターン) を透明基板上に形成させたいわゆる通常のフォトマスクブランク及びフォトマスクを含むことは勿論、M o S i N 膜や M o S i O N 膜などの遮光機能と位相シフト機能を有する位相シフト膜 (パターン) を透明基板上に形成させた位相シフトマスクブランク及び位相シフトマスクを含むものである。

40

【 課題を解決するための手段 】**【 0 0 1 3 】**

上記目的を達成するために、本発明は以下の構成を有することを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

本発明の電子デバイス用ガラス基板は、
(構成 1) 検査光の光学的変化によって欠陥の有無を判別する方法においてある基準設定

50

値に基づいて選別された電子デバイス用ガラス基板であって、前記ガラス基板に存在する欠陥は、前記検査光の進行方向に依存性を持たないものであることを特徴とするものである。

【0015】

従来のある一定方向の検査光を導入し、その反射出力、透過出力を比較して判別された基板の場合、基板表面の傷といった検査光の進行方向に依存性をもった欠陥を確実に除外することができない。即ち、傷に対し、一定方向の光しか通過しないから反射出力が全く検出されない場合もあるからである。それに対し、本発明者が先に出願した特願平9 1 9 2 7 6 3号記載の透光性物質の不均一性検査方法の場合、傷に対し、基板内部から表面に向かってあらゆる方向から光が照射されることになるので、検査光の進行方向に依存性をもった欠陥であっても除外することができる。したがって、本発明の電子デバイス用ガラス基板は、パターニングする際のエッチング等においてパターン欠陥が発生することがなく、高精度のパターニングが可能であり、また、このガラス基板を用いたフォトマスク、位相シフトマスクにより適切な露光が行える。

10

【0016】

ここで、光学的变化とは、例えば、光量の変化、光の進行方向の変化などある光学的特性が変化することをいう。また、基準設定値とは、電子デバイス用ガラス基板において許容できる欠陥（不均一性）に対応して得られる光の情報（画像情報、光量、輝度、強度分布等）をいい、使用者によって各自設定する閾値である。

【0017】

上記構成1の態様として、
（構成2）前記検査光は、前記ガラス基板の光路が光学的に均一の場合には、該ガラス基板の表面で全反射を繰り返して伝播するようにガラス基板内に光を導入したものであることを特徴とするものである。即ち、全反射条件を満足する光をガラス基板内に導入することにより、ガラス基板内の光路が光学的に均一の場合には、あらゆる方向からの光が基板全面及び基板内部の全部を埋め尽くすことになるので、例えば、ガラス基板表面にある特定の方向性をもった凹部（傷）があった場合や、ガラス基板内部に脈理といった欠陥があった場合でも、確実に且つ高精度、高速度に検出することが可能となる。具体的には、後述する構成8に規定する通りである。

20

【0018】

上記構成2の態様として、
（構成3）前記検査光はレーザー光であり、前記ガラス基板の表面は、少なくとも一組の互いに平行な主表面と、該主表面に直交する少なくとも一組の側面と、前記主表面及び前記側面によって挟まれた面取り面とを有するものであって、

前記ガラス基板内の光路が光学的に均一の場合には、該ガラス基板内を伝搬して前記主表面及び前記側面で全反射をし、かつ、少なくとも一組の側面の間で反復するように伝搬し、伝搬することによって、前記主表面、側面及び面取り面で囲まれる被検査領域にレーザー光が行き渡るように、レーザー光を導入するものであることを特徴とする。

30

【0019】

この場合、導入したレーザー光が、主表面、側面で全反射を繰り返してガラス基板内に実質的に閉じこめられた状態になり易く、實際上、ガラス基板の広範囲な領域での検査を同時に行なうことができ、高速検査が可能になるので好ましい。すなわち、導入したレーザー光が全反射を繰り返す主表面への光の入射角は同じになり、また、側面に入射する光の入射角も同じで、それらが一定の関係（主表面における入射角を θ とすると、側面に入射する光の入射角は $90^\circ - \theta$ になる）をもって伝搬するので、ガラス基板に入射してから最初に当たる主表面への入射角が、臨界角よりも大きくなるようにし、かつ、側面への入射角が臨界角よりも大きくなるように設定するだけで、実質的に光閉じ込めが成立するからである。具体的な検査光の導入の方法は、構成4に規定する通りである。

40

【0020】

構成3の態様として、

50

(構成4) 前記レーザー光は、前記面取り面から導入し、ガラス基板の光路が光学的に均一の場合には、前記面取り面からのみレーザー光が出射するように導入することを特徴とする。

【0021】

また、本発明の電子デバイス用ガラス基板は、

(構成5) 電子デバイス用ガラス基板であって、前記ガラス基板のパターンが形成される側の主表面に存在する凹部の大きさを、長軸方向の長さとして、該長軸方向に対し垂直方向の短軸方向の長さで表したとき、前記凹部を主表面に対し垂直な断面で切ったときの主表面における短軸方向の長さが $1\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とするものである。

【0022】

電子デバイス用ガラス基板の主表面の凹部(傷などの表面欠陥)の大きさのうち、短軸方向の長さが $1\mu\text{m}$ 以下の小さなものでは、パターンニングする際のエッチング等においてパターン欠陥が発生することがなく、高精度のパターンニングが可能であり、また、このガラス基板を用いたフォトマスク、位相シフトマスクにより、適切な露光が行える。

【0023】

なお、ガラス基板表面に存在する凹部は、特願平9 192763号記載の透光性物質の不均一性検査方法及び検査装置によって、短軸方向の長さが $0.05\mu\text{m}$ 程度の大きさを有する凹部でも確実に検出することができる。

【0024】

上記構成5の好ましい態様として、

(構成6) 前記凹部の短軸方向の長さが $0.5\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とするものである。 $0.5\mu\text{m}$ 以下とすることにより、パターンニングする際のエッチング等において、パターン欠陥の発生を抑え、高精度のパターンニングが可能となると共に、信頼性が向上する。

【0025】

上記構成5の更に好ましい態様として、

(構成7) 前記凹部の短軸方向の長さが $0.05\sim 0.25\mu\text{m}$ であることを特徴とするものである。凹部の短軸方向の長さを $0.05\mu\text{m}$ 未満とすると、品質上は勿論よいが、歩留まりが悪くなり、製造コストを上昇させることになるので好ましくない。

【0026】

また、本発明の電子デバイス用ガラス基板は、

(構成8) 電子デバイス用ガラス基板内部に、透過光に対する光学特性が不均一な部分が実質的に存在しないことを特徴とするものである。

【0027】

透過光に対する光学特性が不均一な部分がガラス基板内部に実質的に存在しないとは、脈理や気泡等の不均一部分が存在しないか、あるいは、このガラス基板を用いたフォトマスク、位相シフトマスクによって露光を行っても、露光光の被転写体上での光強度分布が所定の許容範囲以内に収まる程度の極めて僅かな不均一性に過ぎないものをいい、特願平9 192763号記載の透光性物質の不均一性検査方法及び検査装置によって脈理等の不均一性が検出されないガラス基板ならば、全く問題なく適合する。

【0028】

上記構成5~7の態様として、

(構成9) 前記電子デバイス用ガラス基板内部に、透過光に対する光学特性が不均一な部分が実質的に存在しないことを特徴とするものである。

【0029】

また、本発明のフォトマスクブランクは、

(構成10) 前記構成1~9記載の電子デバイス用ガラス基板の主表面上に、少なくとも遮光機能を有する薄膜が形成されていることを特徴とするものである。

【0030】

また、本発明のフォトマスクは、

10

20

30

40

50

(構成11)前記構成1~9の電子デバイス用ガラス基板の主表面上に、パターンニングされた少なくとも遮光機能を有する薄膜パターンが形成されていることを特徴とするものである。

【発明を実施するための最良の形態】

【0031】

以下に本発明の実施の形態を図面を用いて説明する。図1(a)は本発明に係る電子デバイス用ガラス基板上にクロム膜が形成されたフォトマスクブランクの一実施形態を、図1(b)は本発明に係る電子デバイス用ガラス基板上にクロム膜パターンが形成されたフォトマスクの一実施形態をそれぞれ示す模式的な断面図である。

【0032】

図1(a)に示すように、フォトマスクブランクは、ガラス基板1と、ガラス基板1上に形成された遮光機能を有するクロム膜2とからなる。ガラス基板1は、基板主表面及び側面が精密研磨された、152.4mm×152.4mm×6.35mmの大きさの石英ガラス材料からなるものである。また、クロム膜2の膜厚は1000オングストロームである。ガラス基板1は、特願平9-192763号の検査方法によって、ガラス基板1内部に脈理がないことを確認し、またガラス基板1表面に傷が存在することがわかったが、原子間力顕微鏡(AFM)で傷の大きさを確認したところ、その短軸方向の長さが1μmより大きな傷でないことが確認されたものである。

【0033】

次に、特願平9-192763号の透光性物質の不均一性検査方法の一例を図3により簡単に説明する。図3は不均一性の検査装置であり、ガラス基板1の表面は、一組の互いに平行な主表面と、この主表面に直交する2組の側面と、主表面及び側面によって挟まれる面取り面とによって構成され、レーザー4からのレーザー光を、ミラー51、52で反射し、ガラス基板1の面取りした一辺A(面取り面)よりガラス基板1内に導入する。ミラー51、52にはガラス基板1に対する入射角度を調整するための入射角度調整手段53が設けられており、レーザー光がガラス基板1の表面(主表面及び側面)で全反射を起こす範囲内で入射角度を変動させて入射される。具体的には、ガラス基板1の面取りした一辺Aからレーザー光を導入し、導入したレーザー光が主表面及び側面で全反射を繰り返して(ガラス基板の光路が光学的に均一の場合に)、前記面取りした一辺A又は、前記一辺Aと同じ角度で面取りされた面からレーザー光が出射するように、ガラス基板1内に導入する。

【0034】

ガラス基板1内に入射したレーザー光は、ガラス基板1の主表面及び側面で全反射を繰り返して、一組の側面の間で違う経路又は同じ経路を通過して反復しながら、ガラス基板1の一辺Bに沿った一平面状(薄板状)の領域内にほぼ閉じ込められたような状態で伝播する。この工程を、駆動装置6によってテーブル7と共にレーザー4、ミラー51、52等をガラス基板1の一辺Aに沿って順次移動させて実施し、ガラス基板1内の全領域にもれなくレーザー光を伝播させる。

【0035】

ガラス基板1表面に傷等の不均一部分があったり、ガラス基板1内部に脈理等の不均一部分があったりすると、傷や屈折率の違うところで、レーザー光は本来均一ならば通る光路(経路)をはずれ、ガラス基板1表面での全反射条件が満足されなくなり、ガラス基板1の主表面からレーザー光が漏れ出す。この漏れ出したレーザー光をレンズ系8でCCD9に結像して検出する。このように、物理的な臨界現象である全反射を利用しているため、ガラス基板1の不均一部分と均一部分における検査光に対する応答も臨界的となり、不均一性が非常にはっきりとしたコントラストで現れ、微小な傷等の不均一を高感度で検出できる。更に、ガラス基板1表面の不均一のみならず、内部の脈理等の欠陥も検出できる。

【0036】

図1(b)に示すフォトマスクは、図1(a)のフォトマスクブランク上にレジスト膜

10

20

30

40

50

を形成し、このレジスト膜に対して電子線露光及び現像を行って所望のレジストパターンを形成し、次に、このレジストパターンをマスクとして硝酸第2セリウムアンモニウム165gと濃度70%の過酸素塩42mlとに純水を加えて1000mlとしたエッチング液を温度19～20に保持し、このエッチング液によってウェットエッチングを施してクロム膜パターン2'を形成したものである。

【0037】

また、図2(a)に示す位相シフトマスクブランクは、ガラス基板1と、遮光機能、位相シフト機能を有するMoSiN(Mo:13at%、Si:40at%、N:47at%の組成で、屈折率が2.34、波長248nmにおける光透過率が5%、位相シフト量が180°)のハーフトーン膜3とからなる。ガラス基板1は、基板主表面及び側面が精密研磨された、152.4mm×152.4mm×6.35mmの大きさの石英ガラス材料からなるものである。このガラス基板1は図3の検査方法によって、ガラス基板内部に脈理がないことを確認し、さらに、ガラス基板表面に傷が存在していることがわかったが、その傷を原子間力顕微鏡(AFM)で大きさを確認したところ、短軸方向の長さが1μmの傷であることが確認されたものである。またMoSiNのハーフトーン膜3の膜厚は925オングストロームである。

10

【0038】

図2(b)の位相シフトマスクは、図2(a)の位相シフトマスクブランク上にレジスト膜を形成し、このレジスト膜に対して電子線露光及び現像を行って所望のレジストパターンを形成し、次に、このレジストパターンをマスクとしてCF4とO2との混合ガスによるドライエッチングによって、MoSiN膜パターン3'を形成したものである。

20

【0039】

これらのフォトマスク、位相シフトマスクは、丁度発見した傷が、各パターンが形成されない領域から形成された領域にまたがって存在していたが、それぞれのパターンを検査したところ、クワレ等の欠陥がなく、所望のパターンが形成されていることを確認した。また、これらのフォトマスク、位相シフトマスクによって被転写物にパターンを転写したが、パターン転写も良好であった。

【0040】

なお、上記実施形態と同様の152.4mm×152.4mm×6.35mmの大きさの石英ガラス基板の主表面及び側面を精密研磨したものを3枚用意し、これらガラス基板を、図3に示す検査方法によってガラス基板主表面の不均一性を検査した。その検査結果を上記と同様の評価方法により大きさを確認したところ、ある領域において、短軸方向の長さが0.5μm、0.3μm、0.1μmの傷があることが確認された。このガラス基板に上記実施形態と同様の膜を成膜し、パターンングして位相シフトマスクを得た。これらの位相シフトマスクによって被転写物にパターンを転写したが、パターン転写も良好であり、上記1μmの傷の場合と比較して、パターン形成の信頼性を向上できる。

30

【0041】

次に、上記実施形態と比較するための比較例を述べる。ガラス基板を基板主表面及び側面を精密研磨し、152.4mm×152.4mm×6.35mmの大きさの石英ガラス基板を得た。このガラス基板を、図3に示す検査方法によって、ガラス基板主表面の不均一性を検査したところ、ある領域において基板主表面に短軸方向の長さが2μmの傷があることが確認された(傷の長さは原子間力顕微鏡(AFM)で測定した)。なお、この傷は、基板の研磨工程の際、望ましくない異物などが混入されたことにより、異物が通った軌跡によって形成されたものと思われる。このガラス基板を使用し、上述の実施形態と同様にしてフォトマスク、位相シフトマスクをそれぞれ作製した。この得られたフォトマスクのパターンを確認したところ、クワレが発生していた。

40

【0042】

また、図3の検査方法によってガラス基板内部の不均一性を検査したところ、ある領域において、図6に示すような輝点が球状に集まった画像30が検出され、ガラス基板内部に脈理が存在していることが確認された。尚、この脈理は、光学顕微鏡では確認すること

50

はできなかつた。このガラス基板を使用し、上述の実施形態と同様にして位相シフトマスクを作製した。この得られた位相シフトマスクを用いて、半導体ウエハーにパターンを転写したところ、線幅から飛び出したパターンが確認された。これは、ガラス基板内部に存在する脈理の影響で、半導体ウエハ上の光強度分布が設計値から外れ、異常な光強度分布のまま転写されてしまったからである。

【0043】

次に、他の実施形態について説明する。ガラス基板を基板主表面及び側面を精密研磨し、152.4mm×152.4mm×6.35mmの大きさの石英ガラス基板を得た。このガラス基板を、図3に示す検査方法によって、ガラス基板主表面の不均一性を検査し、良品、不良品を選別した。具体的には、予めガラス基板に存在する不均一性の種類（表面部の傷やクラック、内部の脈理や異物など）や、大きさ（面積、長さ、幅、深さ、領域など）に対して、表面から漏出する光の情報（漏出光の光量、輝度、強度分布、表面からの深さ）の関係（情報）をコンピューター等に蓄積しておき、不均一性の許容範囲に対応した光の情報（基準設定値）と、検査によって検出した光の情報とを比較し、検出した光の情報が、基準設定値を満足しているものを選んだ。この選ばれたガラス基板を使用し、上述の実施形態と同様にしてフォトマスクを作製した。この得られたフォトマスクのパターンを確認したところ、クワレ等の欠陥がなく、所望のパターンが形成されていることを確認した。また、これらのフォトマスク、位相シフトマスクによって被転写物にパターンを転写したが、パターン転写も良好であった。

【0044】

次に、上記実施形態と比較するための比較例を述べる。ガラス基板を基板主表面及び側面を精密研磨し、152.4mm×152.4mm×6.35mmの大きさの石英ガラス基板を得た。このガラス基板表面の微小な領域に光を集め、その反射出力、透過出力を比較して検査する、例えば特開昭58 162038号公報に記載の面状態検査方法で検査し、良品、不良品を選別した。具体的には、透過出力、反射出力を比較し、反射出力がある基準設定値以下であるものを選んだ。このガラス基板を使用し、上述の実施形態と同様にしてフォトマスクを作製した。この得られたフォトマスクのパターンを確認したところ、クワレが発生していた。なお、この良品として選ばれたガラス基板を、図3に示す検査方法によって検査したところ、ガラス基板表面のある領域から漏出した光（欠陥）を検出し、その光が予め設定しておいた基準設定値を越えたものであることを確認した。これは、比較例のガラス基板は、基板表面の傷といった検査光の進行方向に依存性をもった欠陥が含まれているのに対し、実施形態のガラス基板は、検査光の進行方向に依存性をもった欠陥が全く含まれていないからである。

【0045】

以上、実施形態を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではない。例えば、ガラス基板は電子デバイス用ガラス基板を挙げたが、これに限定されず、情報記録媒体用ガラス基板（磁気ディスクや光ディスク）、液晶（ディスプレイ）用ガラス基板にも適用できる。

【0046】

また、例えば、遮光膜は、クロムに限定されず、例えば、クロムと、酸素、窒素、炭素のうちから選ばれる少なくとも一種とを含む材料や、アルミニウム、モリブデンシリサイド（ $MoSi$ ）等の膜や、あるいはこれらに酸素、窒素、炭素のうちから選ばれる少なくとも一種を含ませた材料からなるものであってもよい。また、1層だけでなく、2層以上形成されたものであってもよい。

【0047】

また、半透光膜（ハーフトーン膜）は、モリブデン、シリコン、窒素からなるものに限定されず、例えば、モリブデンとシリコンと酸素、モリブデンとシリコンと酸素と窒素とからなる半透光膜や、タングステン、チタン、タンタル、クロムから選ばれる金属とシリコンと酸素及び/又は窒素とからなる半透光膜であってもよい。

【0048】

また、位相シフトマスクとしては、実施形態に挙げたハーフトーンマスクに限らず、遮光膜パターン間に、位相シフト機能を有する膜（例えば、SiO₂）が形成されたレベンソン型位相シフトマスクのものや、SO₂G膜が形成された2層以上の位相シフト機能を有する膜が形成された位相シフトマスクであってもよい。

【0049】

以上要するに、本発明によれば、電子デバイス用ガラス基板の主表面の凹部（傷などの表面欠陥）の大きさを、長軸方向の長さ、長軸方向に対し垂直方向の短軸方向の長さで表したとき、この凹部を主表面に対し垂直な断面で切ったときの主表面における短軸方向の長さが1 μm以下としたため、パターニング時のエッチング等においてパターン欠陥が発生することがなく、高精度のパターニングが可能である。また、電子デバイス用ガラス基板内部に、透過光に対する光学特性が不均一な部分が実質的に存在しないため、このガラス基板を用いたフォトマスク、位相シフトマスクにより適正な露光が行える。

10

【0050】

また、検査光の光学的変化によって欠陥の有無を判別する方法においてある基準設定値で選別された電子デバイス用ガラス基板であって、前記ガラス基板に存在する欠陥が、前記検査光の進行方向に依存性を持たないものであるため、パターニング時のエッチング等においてパターン欠陥が発生することがなく、高精度のパターニングが可能であるとともに、このガラス基板を用いたフォトマスク、位相シフトマスクにより適正な露光が行える。

【図面の簡単な説明】

20

【0051】

【図1】本発明に係るフォトマスクブランク及びフォトマスクの一実施形態を示す模式的な断面図である。

【図2】本発明に係る位相シフトマスクブランク及び位相シフトマスクの模式的な断面図である。

【図3】ガラス基板の不均一性を検査する検査装置の概略構成図である。

【図4】所定値以上の傷があるガラス基板を用いてフォトマスクを作製した場合に、パターンに欠陥が発生することを説明するための工程図である。

【図5】脈理を有するガラス基板を用いて位相シフトマスクを作製した場合に、露光光の強度分布が異常となることを説明するための説明図である。

30

【図6】図3の検査装置を使用して、脈理を有するガラス基板を検査したときに検出される画像を示す図である。

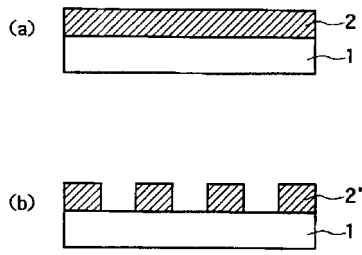
【符号の説明】

【0052】

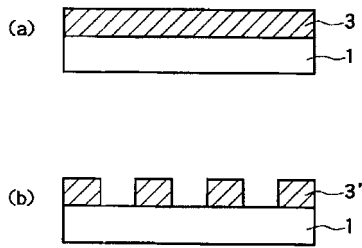
- 1 ガラス基板
- 2 クロム膜
- 2' クロム膜パターン
- 3 MoSiNのハーフトーン膜
- 3' MoSiN膜パターン
- 4 レーザー
- 5 1、5 2 ミラー
- 5 3 入射角度調整手段
- 6 駆動装置
- 7 テーブル
- 8 レンズ系
- 9 CCD
- 1 4 傷
- 2 2 脈理

40

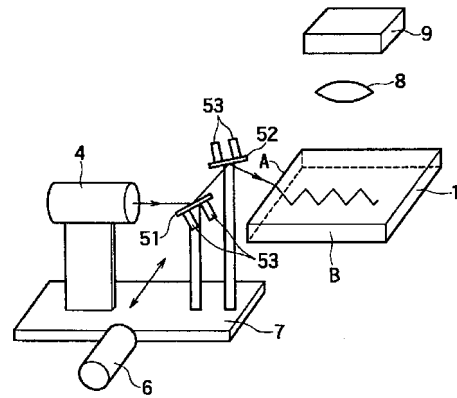
【 図 1 】



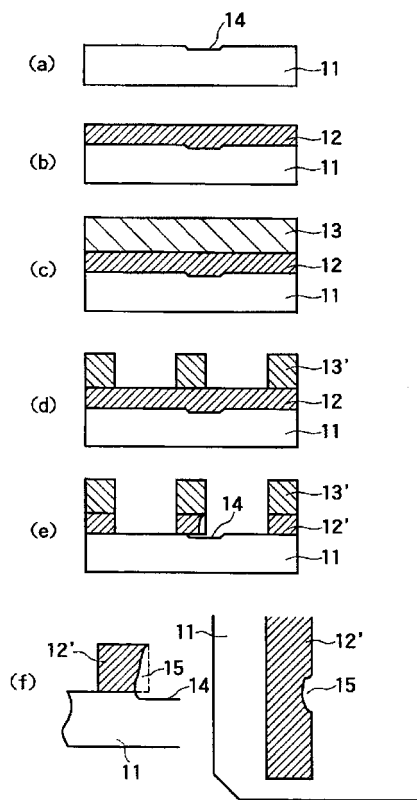
【 図 2 】



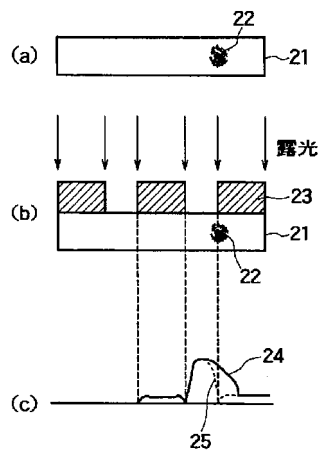
【 図 3 】



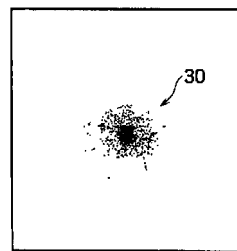
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭63-165738(JP,A)
実開平06-078954(JP,U)
特開昭56-046227(JP,A)
欧州特許第00497649(EP,B1)
特開昭62-257167(JP,A)
特開昭56-017014(JP,A)
特開平07-027702(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B11/00-11/30
G03F 1/00- 1/16
G01N21/00-21/01
21/17-21/74
21/84-21/958