

(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2006-267595

(P2006-267595A)

(43) 公開日 平成18年10月5日(2006.10.5)

(51) Int. Cl.		F I			テーマコード(参考)
G03F 1/08 (2006.01)		G03F 1/08		A	2H095
H01L 21/027 (2006.01)		H01L 21/30		502P	

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2005-85976 (P2005-85976)
 (22) 出願日 平成17年3月24日(2005.3.24)

(71) 出願人 000003078
 株式会社東芝
 東京都港区芝浦一丁目1番1号
 (74) 代理人 100109900
 弁理士 堀口 浩
 (72) 発明者 三井 壮一郎
 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
 式会社東芝研究開発センター内
 Fターム(参考) 2H095 BB01

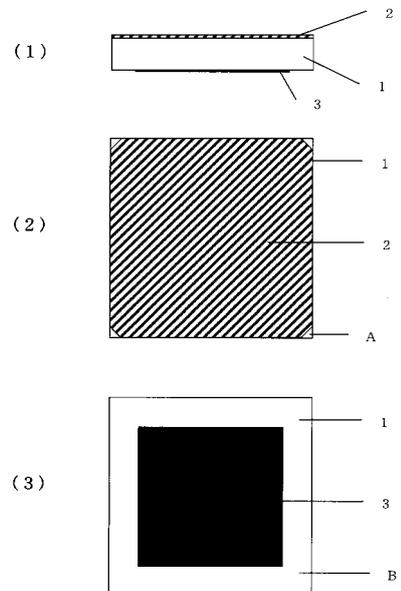
(54) 【発明の名称】 マスクブランクとその製造方法及び使用方法、並びにマスクとその製造方法及び使用方法

(57) 【要約】

【課題】 絶縁体であるガラスマスクブランク及びマスクにおいて、静電チャックの適用を可能とし、発塵がなく、帯電防止とパーティクル付着防止を可能とする。

【解決手段】 マスクブランクに透明性導電膜の付与、若しくは金属イオンのドーピングにより導電層を形成することにより、十分な保持力を有する静電チャックの適用が可能であり、究極的な計測精度でマスクブランクの表裏面形状の同時検査を可能とし、発塵が極めて少なく、帯電防止とパーティクル付着防止が可能なマスクブランクとその製造方法及び使用方法、並びにこれを用いたマスクとその製造方法及び使用方法を提供することができる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

非晶質若しくは結晶性材料を母材とするマスクブランクスにおいて、前記母材が透明且つ導電性を有していることを特徴とするマスクブランクス。

【請求項 2】

前記母材はバルク材料特性として透明であって、前記マスクブランクスの全方位を成す面の表層部分の少なくとも裏面の全面若しくは一部が導電性を有した導電層を具備していることを特徴とする請求項 1 に記載のマスクブランクス。

【請求項 3】

非晶質若しくは結晶性材料を母材とするマスクブランクスにおいて、前記マスクブランクスの表層部分の少なくとも裏面の全面若しくは一部に、透明且つ導電性を有した導電層が形成されていることを特徴とするマスクブランクス。

10

【請求項 4】

非晶質若しくは結晶性材料を母材とするマスクブランクスにおいて、前記マスクブランクスの全方位を成す面のうち、少なくともマスク裏面の全面若しくは一部と、少なくとも側面を部分的に含む表層部分の領域に、透明且つ導電性を有した導電層が形成されていることを特徴とするマスクブランクス。

【請求項 5】

前記導電層は、金属イオンがドーピング、拡散されて形成されていることを特徴とする請求項 3 乃至請求項 4 に記載のマスクブランクス。

20

【請求項 6】

前記金属イオンは、Sn、In、P、As、B、Zn、Ti、Cu、Pb、Ag の金属元素の 1 つないし複数から成ることを特徴とする請求項 3 乃至請求項 5 に記載のマスクブランクス。

【請求項 7】

前記金属イオンがドーピング、拡散された表層部は、表面から約 1 ミクロンの範囲で深さ方向に金属イオンが分布、形成されていることを特徴とする請求項 3 乃至請求項 6 に記載のマスクブランクス。

【請求項 8】

非晶質若しくは結晶性材料を母材とするマスクブランクスにおいて、少なくとも裏面の全面、若しくは一部を含む領域に、透明性導電膜が成膜されていることを特徴とするマスクブランクス。

30

【請求項 9】

非晶質若しくは結晶性材料を母材とするマスクブランクスにおいて、少なくとも裏面の全面若しくは一部、並びに少なくとも側面を部分的に含む領域に、透明性導電膜が成膜されていることを特徴とするマスクブランクス。

【請求項 10】

前記透明性導電膜は、酸化錫膜、酸化インジウム膜、ITO 膜、酸化亜鉛、酸化インジウム亜鉛膜、のいずれかであることを特徴とする請求項 8 乃至請求項 9 に記載のマスクブランクス。

40

【請求項 11】

前記透明性導電膜は貴金属薄膜で構成されており、該薄膜の膜厚は 5 nm ~ 100 nm の範囲であることを特徴とする請求項 8 乃至請求項 9 に記載のマスクブランクス。

【請求項 12】

エキシマレーザー波長可視光帯域を含む電磁波のうち、いずれかの狭帯域の波長に対して、基板厚さ方向に対する光の透過率が 50% 以上であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 または請求項 8 または請求項 9 に記載のマスクブランクス。

【請求項 13】

表面側には少なくとも回路パターン形成用の露光光を所定の範囲で遮光する遮光膜、若しくは所定の範囲で露光光を吸収する吸収体膜を有することを特徴とする請求項 1 乃至請

50

求項 4 または請求項 8 または請求項 9 または請求項 1 2 に記載のマスクブランクス。

【請求項 1 4】

導電層或いは導電膜はマスクブランクスの側面を含んで形成されており、且つ、表面側の遮光膜若しくは吸収体膜は、前記側面の導電層或いは導電膜に接続して形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 または請求項 8 または請求項 9 または請求項 1 2 に記載のマスクブランクス。

【請求項 1 5】

導電層或いは導電膜はマスクブランクスの側面及び表面を含んで形成されており、且つ、表面側の遮光膜若しくは吸収体膜は、前記側面の導電層或いは導電膜の上に形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 または請求項 8 または請求項 9 または請求項 1 2 に記載のマスクブランクス。

10

【請求項 1 6】

前記遮光膜若しくは吸収体膜は、フッ素ダイマーレーザーから発生する電磁波から軟 X 線領域を含む波長帯域のレーザー光のいずれかの帯域の波長を有するレーザー光の少なくとも一部を遮光若しくは吸収して、レーザー光の振幅強度を減じる阻止機能を有していることを特徴とする請求項 1 3 乃至請求項 1 5 に記載のマスクブランクス。

【請求項 1 7】

前記遮光膜若しくは吸収体膜の下層側に、少なくとも、Mo と Si が交互に積層された多層膜が形成されていることを特徴とする請求項 1 3 乃至請求項 1 5 に記載のマスクブランクス。

20

【請求項 1 8】

非晶質若しくは結晶性材料からなる母材が透明性と導電性を有するマスクブランクスに対して、遮光膜若しくは吸収体膜が形成されていないマスクブランクスの製造段階における形状、加工精度、平面度、厚さ等を光学手段により検査を行う工程において、前記マスクブランクスの表面、若しくは裏面の一方向から、検査光を、概略垂直或いは斜め、若しくは広い角度範囲で入射して、その回折光、反射光、干渉光のいずれか若しくは複数の組み合わせにより、検査を行うことを含むことを特徴とするマスクブランクスの製造方法。

【請求項 1 9】

非晶質若しくは結晶性材料からなる母材が透明性と導電性を有するマスクブランクスに対して、遮光膜若しくは吸収体膜が形成されたマスクブランクスの製造段階における形状、加工精度、平面度、厚さ等を光学手段により検査を行う工程において、前記マスクブランクスの遮光膜若しくは吸収体膜が形成されていない面に対して一方向から、検査光を入射して、その回折光、反射光、干渉光のいずれか若しくは複数の組み合わせにより、形状検査を行うことを含むことを特徴とする請求項 1 3 乃至請求項 1 7 に記載のマスクブランクスの製造方法。

30

【請求項 2 0】

請求項 1 から 1 9 に記載のマスクブランクスを使用して、回路原版パターンが形成され、軟 X 線を用いた縮小反射型投影露光用マスクが作製されていることを特徴とするマスク。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、半導体デバイスを製造するためにリソグラフィ工程で使用される回路原版用マスクで使用されるマスクブランク스에係わり、特に、マスクブランクス構造、及びマスクブランクスの製造方法並びに使用方法に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

近年、次世代リソグラフィとして、5 ~ 15 nm の軟 X 線を用いた縮小反射型の投影露光技術である EUVL (Extreme Ultra Violet Lithography) が注目され、世界的規模で開発が進められている。このリソグラフィでは、EU

50

V光領域において屈折光学素子に適した物質（材料）が存在しないために、マスク、照明光学系、投影光学系は全て反射型で構成される。マスクには、EUV光に対して高い反射率を示すMo/Siの多層膜が形成され、遮光体にはCrやTa系などのEUV光に対する吸収体を使用される。同様に、反射光学系の光学要素となる反射型ミラーもMo/Siの多層膜が形成されている。

【0003】

EUV露光装置には、所謂、光スキャナーと同様の方式が採用される計画であり、リング形状の照明光をマスクに対して6°前後の入射角で斜め方向から照射し、縮小率に応じた速度比で、マスクと被露光基板（ウエハ）を投影光学系に対して相対的に走査しながら、マスク面からの反射光を投影縮小してウエハ上にマスクパターンを結像する。このような反射型の露光システムでは、マスク側が非テレセントリックの投影光学系のために、マスク表面の凹凸に起因してパターンの結像位置が水平面内にずれるイメージシフトが問題になる。例えば、あるパターンの形成されている部位のマスクの高さが基準面に対して0.1ミクロンずれている場合、このパターンのウエハ上で投影結像位置は本来の結像位置から約26nmずれる。

10

【0004】

また、通常のフォトマスクと同様に、マスクの弾性変形による位置ずれも問題になり、マスクの自重、各種薄膜（多層膜、吸収体、バッファなど）の応力、温度、保持に起因してパターンの位置ずれが発生する。また、このうち各種薄膜の応力については、EUVマスクは膜構造が複雑であるために、面内の応力不均一によるパターン位置ずれも問題になる。このような投影光学系やマスクの基板変形に起因した位置ずれを低減するためには、マスクの平面度を50nm程度以下の高精度に保つことが必要になる。

20

【0005】

このために、マスクの外形形状とマスク保持に使用するチャックの外形形状を規格化し理想的な平面を形成しておき、これらを強制的にチャックすることにより、マスク保持状態におけるマスク表面を理想的に平らに形成することが提案されている。この方法の場合には、45nm世代のEUVL用マスクに要求される平面度は、表面、裏面側で共に空間周波数が150mmの凹凸成分については50nm（p-v）以下、空間周波数が10mmでは3nm（p-v）となっている。チャックについても50nm（p-v、空間周波数150mm）、3nm（p-v、10mm）が要求されている。この形状規格化による解決方法は、平面度が規定されたマスクとチャックを使用してマスクを露光装置に搭載すれば、理想的には十分に凹凸の小さなマスク平面が実現されるので、基板形状変化に伴う位置ずれが生じなくなると考えられたものである。上述の凹凸量に関する要求値は、水平方向の位置ずれが1nm以内になるように定めた数値である。また、強制的にチャックすることにより、マスク保持状態におけるマスク表面を理想的に平らに形成するためには、チャック力は、少なくとも15kPaが必要と考えられている。但し、この15kPaの数値の根拠は、マスクを露光装置に搭載しスキャン露光する際に、ステージ加速度に十分に耐えるための要求値である。つまり、スキャン露光時にマスクの脱落やマスクのずれが生じないために必要な最低限の保持力と認識できる。

30

【0006】

しかしながら、ここに示した方法により理想的な平面度を実現することについては種々の問題がある。例えば、完成したマスクの平面形状（反り方）によっては、15kPaのチャック力では十分に平面矯正できない。

40

【0007】

また、マスクとチャックの接触面間に異物を挟み込むと、想定されたマスク平面が形成されない。通常は、チャック面の接触面積を数%と小さくすることで、確率論的に異物の挟み込みを防止しているが、マスク裏面における完全な異物管理を行うことは極めて困難であり、さらに、接触面積を少なくした場合にはマスクを十分なチャック力で保持できない問題がある。この場合には、マスクの撓み変形を矯正することはもとより、マスクを保持すること自身が困難になる。

50

【0008】

さらに、上述したように、EUVL露光装置では、5～15nmの軟X線を用いるために、マスク、反射光学系、被露光基板を含む周辺の露光雰囲気は全て超高真空状態である必要があり、この場合には、通常の光露光装置で使用されている真空チャックを採用できない。そこで、EUVL露光装置のマスクチャックには、所謂静電チャックが採用されることになる。

【0009】

通常、マスクの母材には、溶融石英ガラスが使用されており、EUVL用マスクにおいても同様にガラス材料が使用されることが提案されている。但し、露光時の温度上昇による熱変形を考慮して、通常の石英ガラスでは、その熱膨張係数が大きいために、熱変形による位置ずれは、要求される位置精度パジェットを満たさない問題がある。そこで、EUVL用マスクのガラス母材には、石英ガラスよりも更に低膨張係数を有するULE(R)やZERODUR(R)なるガラス材料の採用が検討されている。

10

【0010】

しかしながら、静電チャックの場合、ガラス材料に対する保持力は通常のSiウエハに比べて小さく、印加電圧をSiウエハの場合の10倍程度に大きくする必要があり。例えば2から3kVの印加電圧により、はじめて15kPa程度が得られる。さらにチャック力を得るためには印加電圧を大きくすれば良いが、絶縁破壊の耐圧限界の問題や漏れ電流の増大を伴う恐れがあり簡単ではない。従って、チャック力の上限が自ずと決定される。このように、第一に、ガラス基板を保持可能で且つ十分な保持力を有した静電チャック方法を実現することが課題になっていた。

20

【0011】

例えば、「特許文献1」(特開2002-299228公報)では、ガラス基板を保持可能とするためにマスクのチャック面(裏面)に導電性金属膜を形成することを提案しており、Cr、Ni、Ta、その他の金属、合金、半導体などを用いることが記述されている。これは導電膜を通じて十分なチャックを実現するものである。

【0012】

しかしながら、ここに示されている金属膜種は、マスク平面度測定装置で一般的に使用されているレーザー光に対して不透明膜であるために、以下に記述するようなマスクブランク製造工程においては、マスクの検査工程の段階で問題が生じる懸念がある。特に計測精度が不足するために、十分な検査が出来ずに良品歩留まりが低下する課題が生じる。

30

【0013】

マスクブランクの製造方法においては、はじめに、各種膜が形成されていない状態の素ガラス基板の加工、研磨、最終仕上げ、洗浄を実施し、外観、加工寸法、平面度、厚さ、平行度などの検査と欠陥及びパーティクル検査が実施される。この際、平面度、厚さ等の計測は光学手段が使用され、例えば、マスクブランクの表面(或いは裏面)の一方向から検査光を概略垂直(或いは斜め)に入射し、平面度干渉計の原理で計測が実施される。次に、各種膜を形成し、形成の都度、検査、洗浄が行われ検査が行われる。遮光膜若しくは吸収体膜が形成されたマスクブランクの製造工程における基板形状、加工精度、平面度、厚さも光学手段により検査がされる。

40

【0014】

EUVL用マスクのように裏面に検査光に対して不透明な導電膜が形成されている場合には、基板の置き直しを行わなければ、基板の厚さ、平行度、基板表面と裏面の平面度を計測することができない。基板を置き直すと計測精度が、置き直す前と後における基板保持の影響の違いによる計測誤差と2回の計測に伴いランダム誤差が1回のランダム誤差の2倍に増大する。この場合、計測精度が、基板検査仕様を満たさなくなる恐れがある。EUVマスクでは、10mmエリア内の平面度が3nm(p-v)未満であることが仕様値になっているために、計測誤差を可能な限り排除することが要求されている。従って、計測時のマスク保持による僅かな撓みや熱膨張による変形、マスクの置き換えを行い、表面側と裏面側の平面度を別々に計測することは避けることが望ましい。

50

【0015】

通常の写真マスクと同様にEUVマスクにおいても、製造工程におけるパーティクル付着の問題は歩留まりに大きく影響し問題である。電子線描画の工程では、電子線をレジストが塗布されたマスク上に照射してパターンが描画されるために、チャージアップ防止が不十分であると帯電によりパーティクルが付着する問題がある。

【0016】

また、写真マスクでは、マスク周辺部には、特に端部にCr膜が形成されていない場合がある。この上にレジストが塗布されており、周辺部のレジストはエッジカットされて除去されていることもある。このような構造のマスクにおいては、周辺部や端部では絶縁体であるガラスが剥き出しになっている。描画時に電子線がこのガラス部分に照射されると、チャージアップが起こり、表面電位が変化するために電子線の軌道が曲げられる。従って、所定の位置にビームがショットされずに位置精度が低下する問題がある。このような問題を防止する手法として、帯電防止膜（高分子導電膜）をレジスト塗布後にコートして使用する場合がある。また、チャージアップが過度になると放電が生じ、この部分のガラスやレジストが飛散してパーティクルを発生させる。更に、放電破壊が生じ、ガラス母材やCr膜などの損傷、劣化を招くことがある。また、電子線描画だけでなく、マスク製造工程においても、ドライエッチング工程におけるイオン照射によるチャージアップ現象があり、エッチング均一性の劣化やマイクロローディング効果の増大により十分な加工精度が得られない問題がある。電子線を使用したパターン検査や、FIB（Focus Ion Beam）による欠陥修正においても同様に問題が生じる。描画以降の製造工程においては、上述した帯電防止膜のコートでは対策が不十分になる問題がある。

【0017】

そこで、これらの帯電に関連する問題を解決する提案が、例えば、「特許文献2」（特許第2500526号）や「特許文献3」（第2788649号）においてされている。また、「特許文献4」（特開平2-211450公報）には、Crパターン形成後に位相シフター描画時のチャージアップ防止用の透明性導電膜を形成する記述がある。また、各種プロセス装置においてマスクを搬送する際にも、十分な帯電防止がされていない場合には、帯電部分にパーティクルが引き寄せられる問題がある。次にプロセス工程途中や完成マスクの洗浄工程においても、十分な帯電防止がされていない場合には、マスクにパーティクルが付着しマスク自身が集塵機となる問題がある。また、「特許文献5」には、石英ガラス基板とクロム膜との間に透明導電膜（モリブデンシリサイド酸化窒化物）を設けた写真マスク材用基板についての記載がある。この発明は、露光特性を劣化させないように露光波長の436nmの透過率が75%以上の特性を有したモリブデンシリサイド酸化窒化物を使用し、帯電防止を行うことを特徴としている。但し、モリブデンシリサイド酸化窒化物は、石英ガラス基板と遮光膜であるクロム膜の間に設けられており、基板表面側だけに形成されているために、裏面に導電性を持たせ静電チャックを可能にすることはできない。また、将来的に、例えば45nm世代の露光用マスクに文献5の発明を使用するには、モリブデンシリサイド酸化窒化物の193nm程度のエキシマ露光光の透過率が、限りなく100%に近いことが必要であるが、この要求を満足できない問題が懸念される。

【0018】

次に、完成マスクを露光装置に搭載して使用する場合においても、パーティクル付着の観点から帯電防止並びにアースは重要である。特に、高エネルギー線をマスクに照射する場合には、光電効果の影響を考慮する必要があり事情が異なる。例えば、波長13.5nmのEUV光のエネルギーは約92eVであり、金属膜の仕事関数（eVオーダー）に比べて十分に大きいので、光電効果により遮光膜や多層膜の金属膜から光電子が放出されることになる。このために、アースが不十分な状態にマスクがおかれている場合には、これら金属膜中の電荷バランスが崩れるためにマスク表面がプラスに帯電し、露光時にもマスクが集塵機になる懸念がある。

【0019】

10

20

30

40

50

一方、パーティクルの観点だけでなく、電子ビームなどを用いたパターン描画装置においては、高精度のパターン位置精度を実現するために、描画ステージ上に搭載されたマスクの表面電位は均一でなければならない。マスク周辺部や端部に絶縁体であるガラスが剥き出しになっている場合には、電位が均一にならずに、描画位置精度の劣化を引き起こす。従って、帯電防止を行うために確実なアースを取る必要がある。プロセス装置、露光装置においても同様である。しかしながら、マスクの母材部分は絶縁体である石英ガラスであるために、アース機構が不十分な場合には、アース不良の問題が生じる。

【0020】

また、搬送やステージでの保持着脱、マスクケース、キャリアからの出し入れにより、物理的にマスクに接触した場合、特に擦った場合に発塵の問題が生じる。例えば、上述したEUVマスクを静電チャックする際に、その着脱において、マスクの接触部分の磨耗、若しくはチャックの磨耗による発塵が問題になる。搬送ロボットのハンドリングにおいても同様である。これらの問題は、膜剥がれや顕著な発塵等の致命的なエラーを引き起こすために、マスク裏面の導電膜の密着性や脆さ等の特性に十分に注意を払う必要がある。その他、導電膜自身の内部応力や成膜時の熱応力により基板が変形する問題があり、成膜方法や条件は、膜種の選択と共に重要な課題である。EUVLマスクの裏面平面度は、上述のようにパターン位置精度の要求から、少なくとも50nmレベルが必要である。従って、成膜時の基板変形は50nm未満が必要であり、許容されるパーティクルサイズも50nm未満になる。

10

【0021】

パターン欠陥や露光特性の観点では、パターンが形成されている表面側においては、更に小さいサイズのパーティクルを防止する必要がある。

20

【0022】

以上の問題点を整理すると、以下ようになる。

【0023】

1) ガラス母材によるチャック力不足の問題

静電チャックによる保持力不足 / 平面度矯正力不足によるパターン精度低下

2) 裏面の導電膜(金属膜)の問題

・マスクブランクス検査精度不足 / 搬送時、チャック時の摩擦、着脱による発塵 / 裏面導電膜形成によるマスク変形

30

3) 帯電の問題

絶縁体ガラス母材の帯電 / 集塵 / 放電破壊 / 表面電位不均一による描画パターン精度の低下 / プロセス問題(エッチング、SEM検査、FIB修正) / 露光時の光電効果

【特許文献1】特開2002-299228公報

【特許文献2】特許第2500526号明細書

【特許文献3】特許第2788649号明細書

【特許文献4】特開平2-211450公報

【特許文献5】特開平4-39660号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0024】

このように、絶縁ガラス母材からなるマスクブランクス或いはマスクの保持について、真空中での使用を考慮した場合に、静電チャックの適用が困難であり、チャック力不足の問題があった。また、裏面に金属膜からなる不透明な導電膜を形成した場合に、究極的な計測精度でマスクブランクス形状を検査することが不可能であり、マスクブランクス或いはマスクのハンドリング、着脱の際に導電膜部分の摩擦による発塵が問題であった。さらに、絶縁ガラス母材のマスクブランクス或いはマスク周辺部の露呈による帯電や露光時の光電効果による帯電の問題があった。

【0025】

本発明は、上記事情を考慮して成されたもので、その目的とするところは、静電チャッ

50

クの適用が可能であり、発塵がなく、帯電防止とパーティクル付着防止が可能なマスクブランクスとマスクを提供することにある。さらに、nmレベルの要求精度に見合うマスクブランクス形状の検査を可能とし、導電膜形成に起因するマスクブランクスの変形を抑制し、高精度な平面形状を実現可能とするマスクブランクス製造方法と使用方法を提供することにある。さらに、本マスクブランクスを用いたマスクとその製造方法と使用方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0026】

上記課題を解決するために本発明は次のような構成を採用している。

【0027】

即ち本発明は、非晶質若しくは結晶性材料を母材とするマスクブランクスを対象とし、このマスクブランクス母材は透明且つ導電性を有していることを特徴とする。

【0028】

また本発明は、母材は、バルク材料特性として透明性を有し、マスクブランクス全方位を成す面の表層部分の裏面の全面若しくは一部が導電性を有した導電層を具備していることを特徴とする。

【0029】

また本発明は、マスクブランクス表層部分の少なくとも裏面の全面若しくは一部に、透明且つ導電性を有した導電層が形成されていることを特徴とする。

【0030】

また本発明は、マスクブランクス全方位を成す面のうち、少なくとも基板裏面の全面若しくは一部と、少なくとも側面を部分的に含む表層部分の領域に、透明且つ導電性を有した導電層が形成されていることを特徴とする。

【0031】

また本発明は、マスクブランクス表層部分の導電層は、金属イオンが注入、拡散されて形成されていることを特徴とする。

【0032】

また本発明は、導電層を形成する金属イオンは、Sn、In、P、As、B、Zn、Ti、Cu、Pb、Agの金属元素の1つないし複数から成ることを特徴とする。

【0033】

また本発明は、金属イオンが注入、拡散された表層部には、表面から約1ミクロンの深さ方向に金属イオンが分布、形成されていることを特徴とする。

【0034】

また本発明は、非晶質若しくは結晶性材料を母材とするマスクブランクスにおいて、少なくとも裏面の全面若しくは一部を含む領域に、透明性導電膜が成膜されていることを特徴とする。

【0035】

また本発明は、非晶質若しくは結晶性材料を母材とするマスクブランクスにおいて、少なくとも裏面の全面若しくは一部、並びに少なくとも側面を部分的に含む領域に、透明性導電膜が成膜されていることを特徴とする。

【0036】

また本発明は、透明性導電膜は、酸化錫膜、酸化インジウム膜、ITO膜、酸化インジウム亜鉛膜のいずれかであることを特徴とする。

【0037】

また本発明は、透明性導電膜は、膜厚が5nm~20nmの貴金属薄膜で構成されていることを特徴とする。

【0038】

また本発明は、エキシマレーザー波長から可視光帯域における電磁波のうち、いずれかの狭帯域の波長に対して、基板厚さ方向に対する光の透過率が30%以上であることを特徴とする。

10

20

30

40

50

【0039】

また本発明は、マスクブランクスにおいて、表面側には少なくとも回路パターン形成用の露光光を所定の範囲で遮光する遮光膜、若しくは所定の範囲で露光光を吸収する吸収体膜を有することを特徴とする。

【0040】

また本発明は、導電層或いは導電膜はマスクブランクスの側面を含んで形成されており、且つ、表面側の遮光膜若しくは吸収体膜は、前記側面の導電層或いは導電膜に接続して形成されていることを特徴とする。

【0041】

また本発明は、導電層或いは導電膜はマスクブランクスの側面及び表面を含んで形成されており、且つ、表面側の遮光膜若しくは吸収体膜は、前記側面の導電層或いは導電膜の上に形成されていることを特徴とする。

10

【0042】

また本発明は、マスクブランクスの製造方法において、遮光膜若しくは吸収体膜が形成されていないマスクブランクスの製造段階における形状、加工精度、平面度、厚さ等を光学手段により検査を行う工程において、マスクブランクスの表面、若しくは裏面の一方向から、検査光を、概略垂直或いは斜め、若しくは広い角度範囲で入射して、その回折光、反射光、干渉光のいずれか若しくは複数の組み合わせにより、検査を行うことを含むことを特徴とする。

【0043】

また本発明は、遮光膜若しくは吸収体膜が形成されたマスクブランクスの製造段階における形状、加工精度、平面度、厚さ等を光学手段により検査を行う工程において、前記マスクブランクスの遮光膜若しくは吸収体膜が形成されていない面に対して一方向から、検査光を入射して、その回折光、反射光、干渉光のいずれか若しくは複数の組み合わせにより、形状検査を行うことを含むことを特徴とする。

20

【0044】

また本発明は、遮光膜若しくは吸収体膜は、フッ素ダイマーレーザーから発生する電磁波から軟X線領域を含む波長帯域のレーザー光のいずれかの帯域の波長を有するレーザー光の少なくとも一部を遮光若しくは吸収して、レーザー光の振幅強度を減じる阻止機能を有していることを特徴とする。

30

【0045】

また本発明は、遮光膜若しくは吸収体膜の下層側に、少なくとも、MoとSiが交互に積層された多層膜が形成されていることを特徴とする。

【0046】

また本発明は、マスクブランクスの製造工程並びに使用工程の少なくとも1つの工程において、静電力を利用した基板保持機構により基板が固定されて処理がされることを特徴とする。

【0047】

また本発明は、軟X線を用いた縮小反射型投影露光用マスクのマスクブランクスであることを特徴とする。

40

【0048】

また本発明は、エキシマレーザーを用いた縮小反射型若しくは投影型露光用マスクのマスクブランクスであることを特徴とする。

【0049】

また本発明は、マスクの製造工程並びに使用工程の少なくとも1つの工程において、静電力を利用した基板保持機構により基板が固定されて処理がされることを特徴とする。

【0050】

また本発明は、マスクブランクスを製造或いは使用するにあたり、前記マスクブランク스에アース手段を接続して、所定の接地をしていることを特徴とする。

【0051】

50

また本発明は、マスクを製造或いは使用するにあたり、前記マスクにアース手段を接続して、所定の接地をしていることを特徴とする。

【0052】

また本発明は、マスクブランクスの上層部分の導電層は、金属イオン及び非金属イオンの少なくとも一方がドーピングされて形成されていることを特徴とする。

【0053】

また本発明は、マスクブランクスの上層部分の導電層は、金属イオンがイオン注入法によってドーピングされて形成されていることを特徴とする。

【0054】

また本発明は、マスクブランクスの上層部分の導電層は、金属元素が熱拡散法によってドーピングされて形成されていることを特徴とする。 10

【0055】

また本発明は、マスクブランクスの上層部分の導電層は、金属元素が固層拡散法によってドーピングされて形成されていることを特徴とする。

【0056】

また本発明は、マスクブランクスの上層部分の導電層は、金属イオンが集束イオンビームによってドーピングされて形成されていることを特徴とする。

【0057】

また本発明は、マスクブランクスの上層部分の導電層は、金属元素がレーザービームによってドーピングされて形成されていることを特徴とする。 20

【発明の効果】

【0058】

以上説明したように、本発明によれば、マスクブランクスに透明性導電膜の付与、若しくは導電層を形成することにより、十分な保持力を有する静電チャックの適用が可能であり、究極的な計測精度でマスクブランクスの上裏面形状の同時検査を可能とし、発塵が極めて少なく、帯電防止とパーティクル付着防止が可能なマスクブランクスとその製造方法及び使用方法、並びにこれを用いたマスクとその製造方法及び使用方法を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0059】

本発明の実施の形態を以下に図面を参照して説明する。 30

【0060】

(第1の実施形態)

本発明の第1の実施形態に係わるマスクブランクスについて概略構成図を用いて説明する。図1(1)は、マスクブランクスの上層部分の断面図であり、図1(2)、図1(3)はそれぞれ、表面と裏面の構成図である。本マスクブランクスは、所謂6025タイプの外形規格を有し、母材1は、熔融石英ガラスである。表面には、Cr膜が約700(オングストローム)、CrO_x膜が300(オングストローム)程度の厚さで形成された遮光膜2が搭載されている。四隅の未成膜部分Aは、成膜時に基板を保持する際に使用される部分であり、通常、ガラス基板の識別のためのノッチ箇所として使用される。例えば、SEM I P 1 - 9 2 (フォトマスク用ガラス基板の一般必要項目が記載されている)においては、石英ガラスの場合には、対角線上に対面する2隅にノッチが設けられている。裏面には、透明性導電膜3として、ITO膜が約1000(オングストローム)の厚さで形成されている。透明性導電膜3の成膜エリアは約140mmのサイズである。外周部分の未成膜部分Bは、マスクのハンドリングの接触部分として使用される領域であり、未成膜部分である。また、コーナー部分の形状や面取り等は通常の規格通りであり、図示していない。本例のITO膜はSnを5%wtドープしており、DCマグネトロンスパッタ法で成膜形成したものである。電気抵抗率(比抵抗)は約 4×10^{-4} オームcm、シート抵抗は40オーム/であった。従って、この膜の膜厚方向の抵抗値は、 4×10^{-9} オームと極めて小さく十分な導電特性を有している。 40

通常、ITO膜の物理特性、特に比抵抗や光学特性は成膜方法や条件に大きく依存することが知られているが、本例では可視光透過率は平均で93%であった。また、膜の表面粗さは2.0nm(RMS)であり、十分な平滑面が形成されていた。表面粗さ計測は、AFMを使用し、ITO成膜エリア内の5箇所(各々10 μ m)を計測したものである。先の数値はその5箇所の粗さの平均値を示した数値である。

【0061】

本マスクブランクスは、図9の通りである。

【0062】

更に、平滑面を形成するために、化学機械研磨を実施し、0.9nmRMSの表面粗さを得た。研磨は、図9の工程において、裏面成膜後の熱処理、洗浄後に実施したものである。

10

【0063】

(第2の実施形態)

別の実施例として、図2(1)、図2(2)にマスクブランクの概略構成図として、断面図と表面図を示す。この例では、透明性導電膜3がマスクブランクの全方位の面に成膜されており、パターン形成面側に遮光膜2が搭載されているものである。裏面は全面に透明性導電膜が形成されている。

【0064】

(第3の実施形態)

別の実施例として、図3(1)、図3(2)にマスクブランクの概略構成図として、断面図と裏面図を示す。本例は、透明性導電膜3が、表面の全面と側面全面、裏面の一部に形成されたものである。

20

【0065】

(第4の実施形態)

別の実施例として、図4(1)、図4(2)にマスクブランクの概略構成図として、断面図と裏面図を示す。本例は、透明性導電膜3が、側面の一部と裏面の一部に形成されたものである。側面の一部に形成された透明性導電膜3は、表面の遮光膜2と接続している。また、図4(3)に示すように、側面と裏面に形成された透明性導電膜3が接続することも可能であり、この場合には、静電チャック用の導電膜部分と側面の導電部分が同一の接地点となる。

30

【0066】

(第5の実施形態)

別の実施例として、図5(1)、図5(2)にマスクブランクの概略構成図として、断面図と表面図を示す。本例は、遮光膜2の周辺部が1mm程度エッジカットされている場合であり、透明性導電膜3が、側面の一部と裏面の一部に形成され、表面の遮光膜3の一部に透明性導電膜3が接続しているものである。図5(3)は、この接続部分が異なる場合である。遮光膜に接続する透明性導電膜3の形成箇所は、使用する各種装置のアースポイントに依存して最適な位置に形成されているのが望ましい。なお、遮光膜2の周辺部が1mm程度エッジカットされているために、この部分のマスクブランクス母材1に使用される絶縁体の石英ガラス部分は露呈していることになる。このようなマスクブランクスにおいては、プロセス工程中におけるハンドリングや保持などで接触したエッジ部分の遮光膜部分の膜剥がれや発塵が基本的に起きないメリットがある。絶縁体の石英ガラス部分の露呈量は、1mmと少ないので、電子線で描画を行う際の帯電による悪影響も軽度である。

40

【0067】

以上、図1~5に示したマスクブランクス構造の場合には、裏面に透明性導電膜が形成されている。このような構造は、反射投影露光に使用するマスク用のマスクブランクスに適用される。投影露光用マスクに適用する場合には、裏面にある透明性導電膜により厳密には露光の透過率が減衰する問題や、屈折率変化に伴い所定の露光特性が得られなくなる問題を懸念する必要があるためである。

50

【0068】

(第6の実施形態)

次に、別の実施例として、図6(1)、図6(2)にマスクブランクスの概略構成図として、断面図と裏面図を示す。本例は、ITO膜からなる透明性導電膜3が、裏面の一部分に形成されたものである。パターン形成された後の完成マスクを露光装置に保持する際に、この保持形状に相当した部分に透明性導電膜3が設けられている構造を特徴としている。従って、露光装置のマスクステージでは、透明性導電膜3が形成されたマスクの裏面部分を保持する。未成膜領域となるDの部分は、露光光が透過する部分であるので、露光光の減衰や位相変化は起きないので所定の露光特性を得ることが可能になる。本構造のマスクブランクスの場合は、通常の投影露光方式に使用されるマスクを製造する際に好適となる。

10

【0069】

以上説明した実施例において、透明性導電膜にITO膜を使用した、これに限定されるものではなく、酸化錫のドーパ量も5wt%に限定されるものではない。Inをイオン注入したITO膜も使用可能である。一般的に良好な導電性を示す5wt%から10wt%程度が良好な含有量となる。本発明においては、通常得られる比抵抗をもったITO膜であれば導電膜としては十分な特性である。また、Ag微粒子を添加したITO膜の適用も可能であり、高温成膜後に急冷により非晶質化を施しても良い。その他、SnO₂膜にSbをドーパしたアンチモンドープ酸化錫膜やFをドーパしたフッ素ドーパ酸化錫膜、Cd-Sn-O系、Ga-Zn-O系、In-Ga-Zn-O系の導電膜やIn₂O₃-SnO₂系の複合的酸化物積層薄膜の使用も可能である。In₂O₃/ITO/SnO₂の積層薄膜でも構わない。貴金属薄膜や低抵抗TiN薄膜も適用して透明性導電膜として使用することも可能である。その際、貴金属薄膜や低抵抗TiN薄膜は、透明性や導電性を有していれば、その成膜方法や組成は特に限定されるものではない。

20

【0070】

また、これらの透明性導電膜の成膜方法は、必要とする膜特性が得られるものであれば実施例に限定されるものではなく、真空蒸着、マグネトロンスパッタリング法、常圧CVD法、プラズマCVD法、MOCVD法などが使用できる。その他にも、ゾル・ゲル法、イオンプレーティング法、塗布法、スプレーコーティング法などの一般的な手法を適用可能である。但し、特に膜の剥がれや発塵に関係する密着性、耐久性などを確保することが必要であることは言うまでもない。透明性導電膜の形成については、例えば「透明性導電膜の技術」(オーム社、日本学術振興会透明酸化物光・電子材料第166委員会編)など公知の技術を適用することが可能である。

30

【0071】

次に、図1~6に示したマスクブランクスの構造について、裏面の透明性導電膜の剥離テストを行った。これは、静電チャックへの着脱によって、膜の剥がれや発塵の発生があるかをみるためのものである。着脱を繰り返し、パーティクルカウンタを用いて0.3μmサイズ以上のパーティクルの発生量を評価した。着脱回数を100回とし、その発生量を調査した。図2の構造の場合に最も発塵が多く5個となったが1回の着脱当たり0.1個未満であるので、許容範囲と判断した。次に図1、3、4、5の構造では3から5個、図6の構造では2個であった。着脱に伴う発塵数は静電チャックとの接触面積に応じて増加する傾向であるが、描画装置の1回の描画に伴う発塵数の結果と同等の結果となり、特に問題のないことが確認された。通常のITO膜では、使用頻度が経過すると摩擦により膜耐性が劣化してくるが、本例のITO膜は、追加工程で実施した研磨により表面粗さが改善されたために、発塵の頻度が低減していると考えられる。

40

【0072】

(第7の実施形態)

次に、別の実施例として、図7(1)、図7(2)、図7(3)にマスクブランクスの概略構成図として、断面図と表面図と裏面図を示す。この例では、マスクブランクスの母材である石英ガラスに金属イオンの注入を行い、ガラス表層部にキャリアの導入を行った結

50

果、導電性を持たせることが可能になったものである。導電層の電気抵抗率は約 $20 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$ であった。

【0073】

イオン注入は、加速エネルギーによってガラス表面での作用が異なり、低エネルギーの場合には表面粗さを引き起こすことが知られている。通常、数 10 keV 以上のエネルギーであれば、イオンは表面には変化を与えずに内部に注入される。注入したイオン粒子の深さ方向の分布はガウス分布をとり、この分布のピーク位置（飛程）は試料とイオン種に依存し、飛程は、イオンの加速エネルギーによって制御可能である。注入深さとエネルギーの関係は、 100 keV のエネルギーで 100 nm 程度の深さが目安になる。イオンのドーズ量は、 $10^{16} \text{ ions/cm}^2$ 以上が好ましいが、極端に大きな場合には照射

10

【0074】

そこで、本例では、図10に示す工程に従い、イオン注入工程では、Tiイオンを加速エネルギー 50 keV で、ドーズ量を約 $5 \times 10^{16} \text{ ions/cm}^2$ として実施した。更に熱処理を施すことでガラス中に注入されたイオンを所定の基板深さで拡散させて、導電層を形成するようにした。このようにして、イオン注入により、透明性を極端に犠牲にすることなく導電性を付与させた。また、イオン注入によるガラスの屈折率の変化は約 2% であった。石英ガラスの可視光透過率は約 10% 低下した。なお、高ドーズで照射を行った場合に発生した着色を緩和するためには、更に異なる条件でイオン注入を行うことも、熱処理を行うことも有用であり、例えば、 400 程度で1時間程度の熱処理を実施す

20

【0075】

また、図11に示すように、第一のイオン注入処理後に、熱処理を行い、更に第二のイオンの注入処理を行い、表層部分の照射損傷を軽減することを試みた。ここでは、初めの金属イオン注入によるガラス表層部分の粗さを滑らかにするために、第二のイオン注入工程においてNイオンの注入を行ったものである。単なる導電性付与のためのイオン注入だけでなく、表面粗さの改善などを行う目的で複数のイオン注入や熱処理を行うことは当然プロセスに応じて実施可能である。

【0076】

一方、図9の工程において、導電膜の成膜後処理（熱処理）と洗浄の間に、イオン注入

30

【0077】

また、金属イオンの注入によるキャリア生成だけでなく、Hイオンを注入してプロトン

40

【0078】

（第8の実施形態）

次に、別の実施例として、図8（1）、図8（2）にマスクブランクス概略構成図として、断面図と表面図を示す。本例は、イオン注入により全方位のガラス表層部にキャリアの導入を行ったものである。本マスクブランクスは、EUV露光用の反射型マスクに使用される構成であり、マスクブランクス母材1に超低膨張ガラスのULE（R）ガラスを

50

使用し、遮光膜 2 には、EUV 光に対して吸収能のある Ta 合金を使用している。また、EUV 光に対して高い反射率を示す Mo/Si の積層から成る多層膜 5 が形成されている。遮光膜と多層膜の中間層には、エッチングストップに使用するバッファ膜や表面酸化を防止するためのキャッピング膜が形成されている（不示図）。注入イオンは、Sb とし、加速電圧 60 keV、ドーズ量を 1×10^{17} ions/cm² とした。導電層の電気抵抗率は約 20 オーム・cm であった。

【0079】

イオン注入領域 4 については、実施例 7 では裏面全面、実施例 8 では全方位面としているが、実施例 1 から 6 に示した透明性導電膜の成膜エリアに相当する形状のように部分的に行うことも、マスクブランクスの用途に応じて当然可能である。これらの場合には母材 1 の表層部分の一部に導電性を付与することになる。イオン注入の領域限定については、アパーチャを用いた通常のシャドウイング手法や、レジスト膜をインプラ用マスクとして使用する方法も可能である。また、イオンビームのスキャンエリアを制御することで注入エリアを限定することも可能である。ドーズ量の制御や面内均一性については、半導体デバイス製造におけるソース、ドレイン形成のように厳密である必要はない。

【0080】

表層部分に形成する導電層や透明性導電膜の電気導電率は、通常半導体シリコンとして使用されている P 型或いは N 型の Si ウエハ程度で十分であり、1 から 100 オーム・cm が適当である。当然、フォトマスクブランク스에使用されている Cr のように 1 マイクロオーム・cm から 1 ミリオーム・cm のオーダーでも良い。これらの導電率の値は、静電チャックを適用する際の目安となる。導電部分の目安としては、シート抵抗値でも構わない。例えば、イオン注入量とシート抵抗値の目安としては、ボロンやリンであれば、 1×10^{14} ions/cm² で約 1 キロオーム/となり、比較的高抵抗値を示す場合であっても、評価の結果からは接地特性上の問題もなく、帯電防止や静電チャックの適用が十分に可能である。

【0081】

なお、静電チャックの吸着原理には、クーロン力とジャンセン・ラーベック力 (J-R 力) を利用した 2 タイプが主流であり、チャック材料の抵抗率に応じて概ね区分される。低抵抗のセラミックを用いた静電チャックでは主として J-R 力になり、Si ウエハ程度の電気導電率を有する基板の保持には、数百 V の印加電圧で数 kgf/cm² の吸着力が実現されている。一方、ガラスのように絶縁材料からなるチャックでは、クーロン力となり、吸着力を得るには数 kV の印加が必要であり、更にガラスを吸着するには十分な吸着力が得られない。しかしながら、本実施例で示したように導電部分を付与したマスクブランクスを使用することにより、通常の静電チャックで十分な保持力を実現可能になるメリットがある。

【0082】

(第 9 の実施形態)

次に、別の実施例として、全方位のガラス表層部にキャリアの導入を行う際に、金属元素を熱拡散法により形成した例を示す。熱拡散法では、金属元素が濃度の高い領域から低い領域へ熱拡散により金属熱平衡状態になるまで移動することを利用するものであり、ここでは、公知の気相拡散法と固層拡散法について説明する。気相拡散法においては、Si ウエハへの不純物ドーピングを行う手法と同様の方法を適用した。全ての反応は、拡散炉を使用し、反応ガスを生成して、マスクブランク스에ドーピングを行っている。初めに、適当な蒸気圧にドーピングする金属元素を気化させ金属ガスを生成させる。本例では、金属元素としてボロン (B) を使用し、キャリアガスに不活性ガス (Cl₂) を使用し、O₂ を加えて反応をさせている。金属ガスをマスクブランクス母材である石英と所定の温度で反応をさせ、金属元素がマスクブランクス母材内部に熱拡散するようにしている。4 BCl₃ + 3 O₂ → 2 B₂O₃ + 6 Cl₂、B₂O₃ + SiO₂ → B₂O₃ · SiO₂ なる反応により、マスクブランクス母材上に、ガラス状の生成物 B₂O₃ · SiO₂ を形成し、これから B を供給している。

10

20

30

40

50

【0083】

次に、固層拡散法により形成する場合には、例えば、ドーピングする金属元素を含んだ拡散用基板ターゲットを用意し、これをガラスマスク母材と対向設置し、拡散炉に設定する。これを所定の温度で加熱することにより、拡散用基板ターゲットより、金属元素を揮発ガスとして発生させ、マスクブランク母材との反応により、金属元素をドーブする。拡散用基板ターゲットとしては、ポロンナイトライド板が汎用的である。ポロンナイトライド板を使うと均一なドーブが可能であり、マスクブランク母材の全方位面に導電性を付与するのに好適である。また、別の固層拡散法として、例えば、イオン注入をしたポリシリコン層を別途マスクブランク母材上に形成し、これを拡散ソースとして使用することも可能である。この場合、拡散処理後にポリシリコン層を剥離して、マスクブランク母材に導電性を付与する製造方法となり、工程は複雑になる。しかしながら、この手法の場合には、表層部分の浅い部分にイオンを分布させることが可能であるために、低抵抗化を実現しやすくなり、更に極表層部分のみが改質されるにとどまるので、母材の屈折率変化や着色、表面粗さ等のイオン注入による影響が極めて小さくなるメリットもある。例えば、100nm厚さのポリシリコンをCVD法でマスクブランク母材に成膜した後、砒素を50keVの加速電圧、ドーズ量 1×10^{16} ions/cm²で注入し、その後、活性化処理として800℃、30分の熱処理を窒素雰囲気下で実施して砒素の拡散を行う工程を用いる。この場合に、SIMS(2次イオン質量分析)測定したところ、マスクブランク母材中の砒素の深さは、約90nm程度であり、ドーブ密度は 10^{20} /cm³台と高密度が得られた。同様に、固層拡散法としては、SOG(spin-on-glass)膜にドーブされた金属イオンを拡散して、マスクブランク母材に導電性を付与することも可能である。この場合には、SOGが透明体であるメリットがある。その他、集束イオンビーム、レーザービームなどの公知の技術を使用しても、本発明における導電性付与を実現できることは言うまでもない。

10

20

【0084】

(第10の実施形態)

次に、上述のように作製したマスクブランクスの表面形状(平面度、厚さむら、平行度)に関する検査に関して、図12から図15を用いて説明をする。本例は、本発明の導電膜若しくは導電層が透明性を有していることにより、高精度な検査を実施できることの説明である。ここでは、図9のマスクブランク製造工程を例として、ガラス母材の形状検査を行う検査1と、裏面導電膜を成膜した後のマスクブランクスの形状検査を行う検査2について説明を行う。はじめに、検査手法について説明する。

30

【0085】

検査1の工程において、成膜前のマスクブランクスの表面形状(加工寸法精度、平面度、厚さむら、平行度)が計測される。次に裏面成膜後に検査2の工程において同じく表面形状が計測される。母材は、何らかのプロセスを経ることにより微視的若しくは巨視的に見て必ず変形を伴うために、検査1において十分な加工精度を有していた母材であっても、成膜若しくはイオン注入などのプロセスが行われた後には必ず検査プロセスを行う必要がある。特に、露光用マスクのマスクブランクとして、光学精度が追求され、平面度や平行度、表面粗さを厳密に管理する必要がある。また、マスクブランクスの母材は、熔融石英ガラスのように露光光に対しても高純度な透明体である必要があり、内部欠陥や屈折率の不均一性についても厳密に管理がされるものである。

40

【0086】

検査工程では、その一例として、図12に示すような、所謂、平面度干渉計を利用する測定装置が多用されている。平面度干渉計では、十分に精度の高い光学平面を有しハーフミラーから成る参照ミラー6に対して、所定の間隔で計測対象物である基板(本例では石英ガラスからなるマスクブランク母材1)を配置し、計測光に使用するレーザー光Rを照射し、各面からの反射光との干渉光を計測することで対象物の平面度が検査される。参照ミラー6の光学平面精度は、計測分解能に依存するが通常計測光の波長/20~計測光の波長/50が使用されている。計測光としてはHe-Neレーザー(波長:632.8

50

n m) が一般的に使用されている。本図では、レーザー光 R を、紙面左より参照ミラー 6 を通して母材 1 に照射する。母材 1 は、紙面左側をパターン形成に使用する表面 (FS) になるように設置している。参照ミラー 6 の反射光 (A) と母材 1 の表面 (FS) からの反射光 (B) とから形成される干渉縞から、参照ミラー 6 を基準面にした母材 1 の表面形状が計測される。同様に、母材 1 の裏面 (BS) の反射光 (B) と表面 (FS) の反射光 (C) による干渉縞から母材 1 の光学厚さムラが計測される。予め、反射光 (A) と反射光 (C) は干渉しないように物理的に距離が調整されている。実際に観察される干渉縞は各々の多重干渉縞や、各面間の干渉縞を含むために、所謂、波長変調によるフリンジスキャンを行い、正確に各干渉縞を分離して各々の面形状が計測される。フリンジスキャンにより各計測点の初期位相を求めることで高精度に形状が計測可能になっている。なお、反射光 (B) が参照ミラー 6 の紙面右側の面との間で多重反射することによって生じる多重干渉縞 (モアレ像) 等についても、同様にフリンジスキャンにより分離することにより計測精度に悪影響を与えないようにしている。

10

【0087】

母材 1 の表面形状は、裏面形状から物理的厚さムラを減じることにより求められる。但し、光学厚さムラは、物理的な厚さムラとガラス媒質 (屈折率) の不均一性と計測器の光学系誤差との和から成るために、算出された母材 1 の表面形状は厳密には近似値にすぎない。しかしながら、母材内部の屈折率などの分布がガラスの製造上均一であることが保証されており、更に屈折率の値を別手段で計測していれば、上述したように光学厚さを物理厚さに換算して見積もることは可能である。この場合には、表面形状と裏面形状を一度の計測で知ることが可能になる。一方、屈折率分布が一様でない場合には、母材 1 の裏面形状を計測するためには、図 13 のように、母材 1 の表裏の配置関係を入れ替えて (図では、左右を入れ替える)、同様の計測を行うことが必要になる。

20

【0088】

しかしながら、測定対象物 (母材 1) を置き直すことによって生じる測定対象物の設置時の保持変形 (マスク自身の自重変形も含む) に伴う計測誤差、計測ノイズ (振動や温度変動の影響を含む) や計測器の光学系誤差、検出誤差が 2 度影響することになり、測定精度が不十分になる恐れがある。例えば、1 度の計測における計測誤差 (不確かさ) が 20 nm (3) であり、誤差要因が全てランダムな事象であると仮定すれば、測定対象物の置き直しにより、この数値のルート 2 倍程度の誤差に増えることになる。よって、一度のセットアップにより計測を行い、測定対象物の置き直しの誤差を排除する計測が良いか、或いは、置き直しを行うかについては、検査 1 の工程における計測精度のスペックに依存する。

30

【0089】

一方、計測精度のスペック要求が高いときには、図 14 に示す方法のように、2 枚の参照ミラー 6、7 を利用することにより、母材 1 の表面と裏面の形状 (平面度) と物理的厚さムラを一度に計測可能とする手法を用いることが好適となる。この手法においては、計測対象物の置きなおしが不要になる。更に、同時に各面形状が計測されるために、ランダムな誤差要因が、個別の面形状の計測結果によって異なることが無いので、理想に近い計測精度が得られるメリットが得られる。図 14 において、参照ミラー 6 はハーフミラーから成り、参照ミラー 7 は通常のオプティカルフラットである。それぞれの面精度は計測光の波長 / 20 ~ 計測光の波長 / 50 であり、両者は予め十分にキャリブレーションされている。また、計測対象物が高反射率を有している場合には原理的に計測が不可能であるが、50% 程度の場合には、検出感度の調整と先に述べたフリンジスキャンによる各干渉縞の分離を併用することにより、十分な精度で計測することが可能になっている。

40

【0090】

図 14 のセットアップにより、母材 1 の表面形状は、参照ミラー 6 の反射光 (AR) と母材 1 の表面 (FS) の反射光 (BR) による干渉縞から計測される。母材 1 の裏面形状は、母材 1 の裏面 (BS) の反射光 (CR) と参照ミラー 7 の反射光 (DR) の干渉縞から計測がされる。

50

【0091】

従って、母材1の物理的厚さムラは、表面と裏面の形状が計測されているので、両者により算出されることになる。但し、ここで計測される物理的厚さムラは、あくまでもムラであって、表面形状と裏面形状の平面度の差をムラとして算出している物理量にすぎず、絶対厚さを計測していることではない。

【0092】

しかしながら、マスクブランクスの形状検査において問題になるのは、物理厚さムラであって絶対的な厚さではないので、本例のような製造工程においては問題にならない。これは、従来技術の項で述べたように、マスク表面の凹凸に起因してパターンの結像位置が水平面内にずれるイメージシフトが問題となる場合に、特にマスクブランク（或いはマスク）の物理的厚さムラが平面度に寄与することから検査すべき物理量になっているためである。絶対厚さについては、例えば、マスクブランク（或いはマスク）の保持の際にレベリングする手法により補償できるので、特に問題にはならず、高々ミクロンレベルで計測がされていれば問題はない。

10

【0093】

以上述べたように、図14のようなセットアップにおいては、表面の一方向から計測光を入射することにより、計測対象の表面と裏面形状、物理的厚さムラを同時に、近似値としてではなく計測できるメリットがある。また、計測対象物を置き換えて、表面を計測した後に、計測対象物を反転設置し、裏面を測定することが不要となり、図12や図13で述べたような、計測対象物の置きなおしに伴う計測精度の劣化や計測不確かさを軽減することができる。従って、十分に高精度な計測が可能になり、製造歩留まりを向上することが可能になる。

20

【0094】

次に、図9の製造工程において、基板裏面導電膜が成膜された後の検査工程2について説明する。ここでは、本発明の導電膜が透明性であることが高精度な検査を実現する上で重要になる。上述したように、例えば図14の手法のように、マスクブランクスの表面の一方向から計測光を入射し、計測対象の表面と裏面形状、物理的厚さムラを同時に計測することが重要であり、これが成立するための条件は、計測対象物が計測光に対して透明性を有していることになる。

【0095】

従って、本発明のように基板裏面の導電膜が透明性を有しているために、図14の手法により高精度な検査を実現することが可能になり、歩留まりを向上することが可能になる。なお、マスクブランク母材に使用される石英ガラスは、可視光透過率が通常99%以上と高いが、本発明における透明性導電膜は、最悪ケースの場合においても80%程度の透過率であるので、検査精度上問題になるレベルではない。図15は、図14において、母材1の表裏を入れ替えて配置したものであり、計測対象の表面と裏面形状、物理的厚さムラを同時に計測する点では、両配置図は等価な関係になっている。

30

【0096】

なお、図11、図12に示すように、金属イオンのドーピングによりマスクブランク母材に導電性を付与する場合においても、イオン注入に伴う透明性の劣化は高々数%程度であり、検査光に対する透過率は計測上問題にならないので、図14若しくは図15の手法において十分な計測が可能になる。また、イオン注入に伴う屈折率の変化も典型的には5%程度であり、計測精度への影響は僅かである。これは、同一に計測光を照射して各面形状を計測するために、影響度が一律になるためである。マスクブランク母材の全方位にイオン注入した場合でも、上述のような計測により十分な精度で検査できる。

40

【0097】

更に、マスクブランク母材として、低膨張ガラスであるULE(R)ガラスやZerodur(R)ガラスを使用した場合にも、同様に高精度な検査を実現可能である。ULE(R)ガラスにおいては、例えば透過率に異方性があるマスクブランク厚さ方向に対して透光性を有するように製造しておくことで、本検査手法が適用可能である。Zerodur

50

dur (R) については、薄い黄着色があるが、透過率の低下は30%程度であるので本手法を適用することは可能である。

【0098】

(第11の実施形態)

次に、マスクブランクスの表面形状の検査に関して、金属膜のような不透明膜が成膜された場合について説明する。ここでは、遮光膜が表面側に成膜された後に実施される検査を対象として説明する。

【0099】

図9において、検査3では、マスクブランクスの表面と裏面、厚さムラを計測する。遮光膜が形成された後のマスクブランクスの微視的若しくは巨視的な形状変形を検査するために実施されるものであり、最終検査について重要な工程になる。 10

【0100】

検査3の工程においては、不透明膜の遮光膜がマスクブランクスマタ材1の表面側に形成されているために、図12(或いは図14)のセットアップでは、図16に示したような配置関係となるのでマスクブランクスマタ材8の表面(FS)の形状が検査されるにすぎない。

【0101】

そこで、最終的なマスクブランクスマタ材としての裏面の形状の検査ができない問題が生じる。裏面形状を検査する場合には、マスクブランクスマタ材を置きなおして行うことは可能ではあるが、置き直しによる計測制度の劣化が懸念される。従って、図13(若しくは図15)のようにマスクブランクスマタ材の裏面側から計測光を入射する手法により実施する方が良い。 20
この場合には、図17のようなセットアップになるので、参照ミラー6の反射光(A)と裏面(BS)の透明導電膜3からの反射光(B)とから形成される干渉縞からマスクブランクスマタ材8の裏面形状が計測される。

同様に、マスクブランクスマタ材8の裏面(BS)の透明導電膜3からの反射光(B)と母材1と遮光膜2の境界面からの反射光(C)による干渉縞から母材1と透明導電膜3の光学厚さムラが計測される。母材1の表面形状は、近似的ではあるが、マスクブランクスマタ材8の裏面形状から光学厚さムラから屈折率を加味して求めた物理的厚さムラを加算することにより求められる。計測された光学厚さムラは、物理的な厚さムラとガラス媒質(屈折率)の不均一性と計測器の光学系誤差との和から成るために、算出された母材1の表面形状は厳密には近似値にすぎない。 30

【0102】

しかしながら、裏面の導電膜が不透明膜である場合には、図18のようになるために、これらの計測手法を適用できないことに比べると、大きなメリットとなる。但し、ここで使用される光学厚さムラは、上述のようにあくまでも遮光膜2と母材1との境界部分の干渉縞から求められたものであるため、厳密にはマスクブランクスマタ材8の表面形状ではない。

【0103】

しかしながら、遮光膜の膜厚は、通常は別途計測しているか、或いは成膜中にIn-Situでモニタしているため、少なくともnmオーダー[通常(オングストローム)オーダー]で管理がされているため、この値を加味すれば、最終的なマスクブランクスマタ材8の表面形状の検査も可能になる。以上のように、本発明のように、裏面の導電膜(若しくは導電層)が透明性を有していることから、マスクブランクスマタ材製造工程において表面側に遮光膜を成膜した後の最終検査工程においても、マスクブランクスマタ材の裏面形状を計測すると共に、近似的ではあるが、遮光膜を形成した表面側の形状についても計測、検査が可能になる。 40

【0104】

(第12の実施形態)

次に、マスクブランクスマタ材を使用してマスクを製造する際に、製造装置にマスクブランクスマタ材を保持する方法について、図19から図21を用いて説明をする。ここでは、パターンをエッチング形成するプロセス中の保持と、完成したマスクを露光装置に搬送する際の保持形態について説明する。 50

【0105】

はじめに、一般的なマスク製造プロセスに従い、図19は、図8の構成のマスクブランクスを使用して、レジストコートによりレジストを塗布、熱処理後に、電子線描画装置にてパターン描画を行った後に現像して得られたレジストパターン9付きのマスクブランクス8である。このマスクブランクスをマグネトロンRIEエッチング装置にて、レジストをエッチングマスクとしてドライエッチングを行った。図20は、このエッチング装置において、静電チャックを有したステージ10でマスクブランクス8を保持した状態を示すものである。ステージ10には、高圧電源から、静電チャック用のケーブルが接続されている(不示図)。

【0106】

ステージ10中に或る、Eは、マスクブランクスと接触する際にゴミを挟まないために設けられた溝であり、Fは、マスクブランクスをステージ10に搬送して設置するために使用される搬送口ポットアームの先端が、ステージと干渉しないために設けられた溝である。マスクブランクス8はアース端子11によりその側壁から接地(FG)がされている。本構成により、マスクブランクス8は、ステージ上の静電チャックで保持がされ、且つエッチングイオンガスがマスクブランクス表面に帯電するチャージをアース端子11からFGで逃がすようになっている。

【0107】

次に、搬送口ポットにより、露光装置内にて完成したマスク12を搬送する場合について説明する。本例では、搬送口ポットの先端アームとして、2本アームを使用して、マスク裏面の一部を支持するようにしている。図21に示すように、搬送口ポットの先端アーム13をアース(FG)に接続しておき、この先端アームがマスク12の導電部分に接触した状態で搬送するようにしている。この場合、マスク12は、搬送中においても、常に搬送アームに接触している限りにおいては、接地された状態にあり帯電することはない。従って、帯電による電気集塵効果が生じないために、搬送中にマスクにごみが付着することが防止される。

【0108】

以上のように、本発明では、マスクブランクスに透明性導電膜の付与、若しくは金属イオンのドーピングにより導電層を形成することにより、十分な保持力を有する静電チャックの適用を可能とし、更に、絶縁体であるガラスマスクブランクス及びマスクにおいて、導電性を持たせることにより帯電防止を実現し、また、帯電による電気集塵作用によるパーティクル付着防止を可能としている。

【0109】

特に、イオンドーピングにより形成する場合は、ガラスブランクス母材そのものにイオンを注入して、イオンを打ち込んだ深さ範囲のガラス表層部分の物理特性を変化させることにより、導電性を付与していることに特徴があり、従来例にはない効果が得られる。通常、露光装置などで完成したマスクをハンドリングした際にマスクとハンドリング機構との物理的な接触により発生する発塵が問題になり、帯電による集塵作用と同等以上の問題である。この発塵は、遮光膜や反射防止膜などマスクブランクス上に形成された膜が、ハンドリング時の接触により擦れることに起因するものであり、膜の密着性が十分でない場合や、膜自身が脆い場合には、更に発塵の危険性が大きくなる。時として、膜そのものが剥がれる問題になる。膜からの発塵については、透明性導電膜についても同様のことが言え、形成する場所や形成方法によっては発塵源になる懸念がある。しかしながら、ガラスそのものにイオンを注入してガラス表層部分を導電層とした場合には、透明性導電膜を付与した場合に比べて、ガラス母材が発塵しにくく、膜剥がれのような問題も原理的にもないために、このような接触による発塵の懸念がなくなる。

【0110】

また、EUVLマスクにおいては、静電チャックを適用してマスクを保持することが前提となっているが、本発明により、静電チャックの実現を可能にし、且つ、発塵防止と帯電防止を実現したマスクが提供される。特に、EUVリソグラフィにおいては、高エネルギーのE

10

20

30

40

50

UV光を照射するために光電効果によりマスク表面の遮光膜や多層膜から光電子が飛び出し、表面がプラスに帯電する現象が問題になる。このためにEUV露光中のマスクのアースの重要性が高まってくる。しかしながら、EUVLマスクで使用されている多層膜や吸収体膜は膜がもろく、通常のアース機構により接触をさせた場合でも膜からの発塵が問題になっている。特に、マスク表面（パターン形成面）に形成された多層膜や吸収体にアース機構を接触させた場合の発塵は、マスク表面に付着する可能性が高く、結果としてパターン欠陥を招くことになる。したがって、これらの膜にアース機構を接触させないか、接触しても発塵のない接触方法の開発が必要になっている。一方、本発明のマスク構成のように、多層膜や吸収体のないマスク側面のガラス部分に導電性を持たせておき、この部分からアースを取ることによりアース接触時の発塵がパターン面に付着することを低減できる。同様に、本発明のマスク構成として図5に示されるように多層膜や吸収体の成膜されていないマスク表面の外周部の一部からアースを取ることにより、このアース箇所から発塵があった場合でも、発生したごみがパターン面に付着する危険性が低減される。さらに、マスクブランクスへの導電性の付与箇所については、アース接触部分に限定して行うことも可能である。

10

【0111】

また、EUVLマスクにおいては、マスクブランクスの表面と裏面の平面度をnmオーダーで検査をする必要があり、これを実現するには、実施例に記載したように、表面と裏面を同時に計測し、マスクの置き換えによるマスク保持歪の影響を削減しなければならない。本発明により、形成される導電膜或いは、導電層は平面度計測光に対して透明性を有している

20

【0112】

(変形例)

なお、本発明は上述した各実施形態で示した内容に限定されるものではない。透明導電性膜については、材料を複数を組み合わせて形成することも可能であり、マスクブランクスの形成する箇所ごとに異なった膜構成であっても構わない。導電性を所定の箇所に付与できれば構わない。ドーピングにより直接マスクブランクスマタに導電性を付与する箇所についても、図7や図8に限定されること無く、図1から6に示したような透明導電性膜の形成領域と同等のドーピング領域であっても構わない。

【0113】

また、実施形態では、ドーピングに使用したイオンはプラスイオンであるが、マイナスイオンを使用することも出来る。金属イオンのドーピングと透明導電性膜の形成を組み合わせることも可能である。各実施形態で示した遮光膜やガラス母材などのマスク材料は、実施例に記載したものに限定されるものではない。熔融石英ガラスや超低膨張ガラス材料を使用した、結晶性材料からなるフッ化カルシウムガラスや、複合ガラスも使用できる。一般的に結晶性ガラスの場合には、非晶質材料に比べて導電性を付与しやすい。

30

【0114】

マスクブランクスマタ製造工程は実施例に限定されない。マスクブランクスマタの最終工程において導電性を付与することも可能であり、工程の順番に左右されるものではない。特にハーフトーンマスク用マスクブランクスマタや、レベンソン位相シフトマスク用のマスクブランクスマタなど複雑な構造や複数の膜から構成されるマスクについても、これらに対応したマスクブランクスマタに対して本発明を適用できる。マスク、若しくはマスクブランクスマタには、フラットな形状を使用した、一部に凹凸や支持枠のような構造体が付いた基板であっても構わない。例えば、ペリクルが付いたマスクであっても、本発明を適用できることは言うまでも無い。導電性の値も実施例のように規定されるわけではなく、面内の導電性の均一性についてもばらつきがあっても構わない。

40

【0115】

なお、本発明では、マスクブランクスマタとは、パターン形成をする前のマスクを示し、通常、マスク基板、マスクブランク、ブランクマスクなどと称される。マスクについては、パターン形成を行ったものを概して示すものとして記載をしているが、通常は、レチクル

50

、レチクル基板、マスク基板とも称されるものである。

【0116】

その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。

【図面の簡単な説明】

【0117】

【図1】(1)(2)(3)第1の実施形態に係わるマスクブランクス構造

【図2】(1)(2)第2の実施形態に係わるマスクブランクス構造

【図3】(1)(2)第3の実施形態に係わるマスクブランクス構造

【図4】(1)(2)(3)第4の実施形態に係わるマスクブランクス構造

【図5】(1)(2)(3)第5の実施形態に係わるマスクブランクス構造

10

【図6】(1)(2)第6の実施形態に係わるマスクブランクス構造

【図7】(1)(2)(3)第7の実施形態に係わるマスクブランクス構造

【図8】(1)(2)第8の実施形態に係わるマスクブランクス構造

【図9】本発明に係わる第1のマスクブランクス製造工程

【図10】本発明に係わる第2のマスクブランクス製造工程

【図11】本発明に係わる第3のマスクブランクス製造工程

【図12】本発明に係わる第1のマスクブランクス検査のセットアップ

【図13】本発明に係わる第1のマスクブランクス検査のセットアップの変形例

【図14】本発明に係わる第2のマスクブランクス検査のセットアップ

【図15】本発明に係わる第2のマスクブランクス検査のセットアップの変形例

20

【図16】本発明に係わる第3のマスクブランクス検査のセットアップ

【図17】本発明に係わる第3のマスクブランクス検査のセットアップの変形例

【図18】従来 of マスクブランクス検査のセットアップ

【図19】本発明に係わるマスク構造

【図20】本発明に係わるマスク製造プロセス時のマスク保持の例

【図21】本発明に係わる完成マスクの搬送時の使用例

【符号の説明】

【0118】

1・・・マスクブランクス母材(溶融石英ガラス、低膨張ガラス材料等)

2・・・遮光膜

30

3・・・透明性導電膜

4・・・導電層

5・・・多層膜

6・・・参照ミラー

7・・・参照ミラー

8・・・マスクブランクス

9・・・レジストパターン

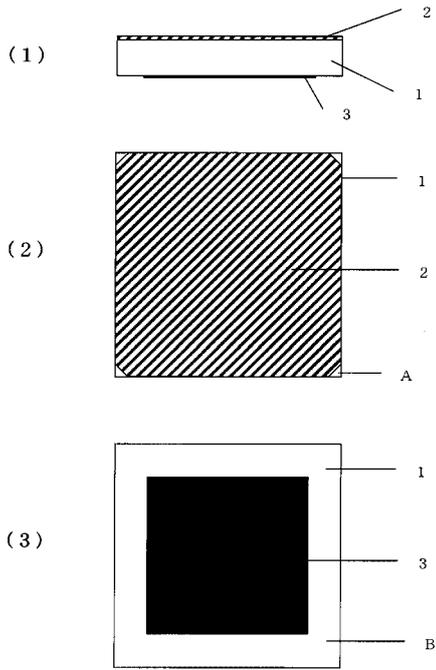
10・・・ステージ

11・・・アース端子

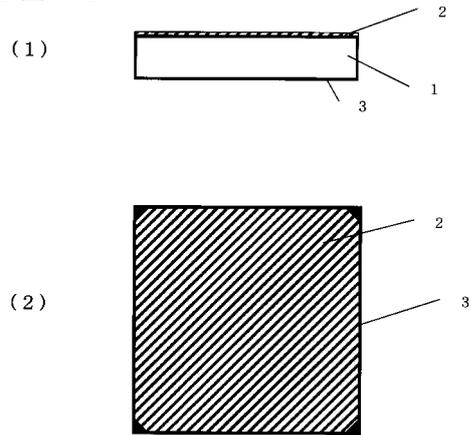
12・・・エンドエフェクタ

40

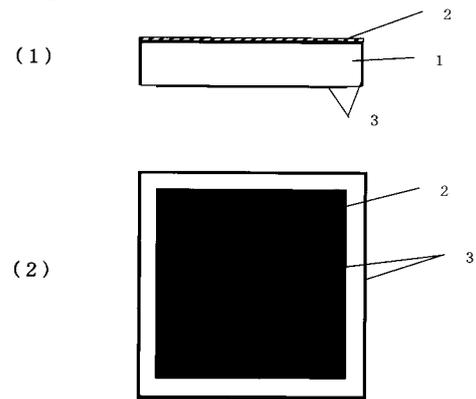
【 図 1 】



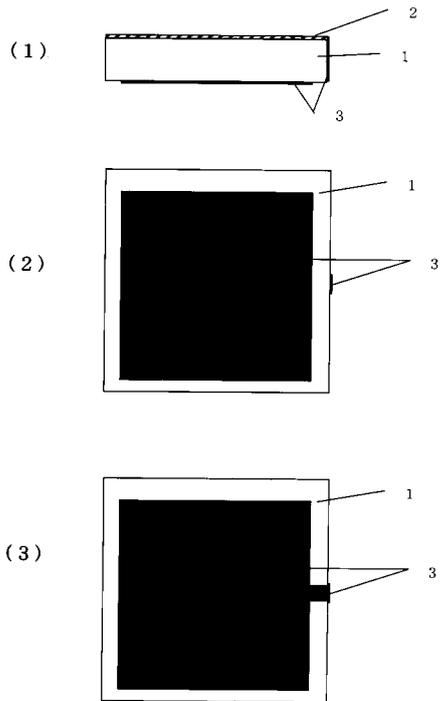
【 図 2 】



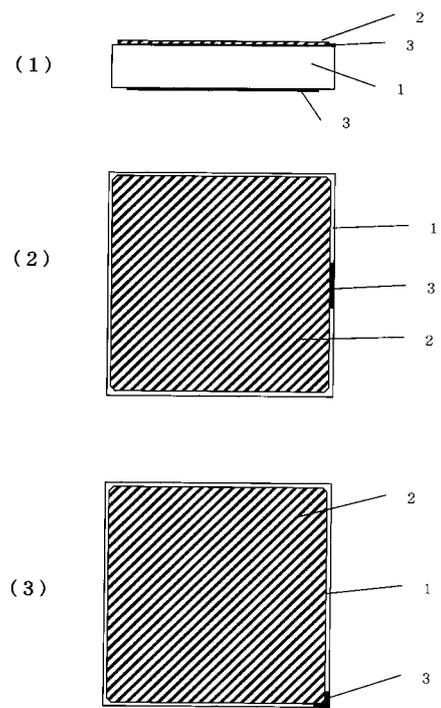
【 図 3 】



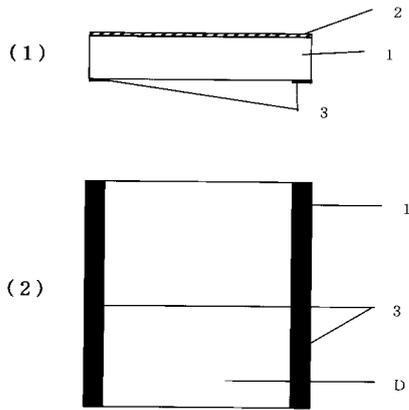
【 図 4 】



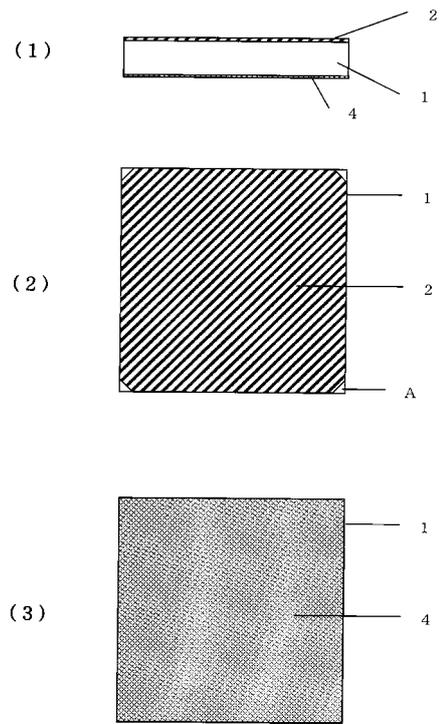
【 図 5 】



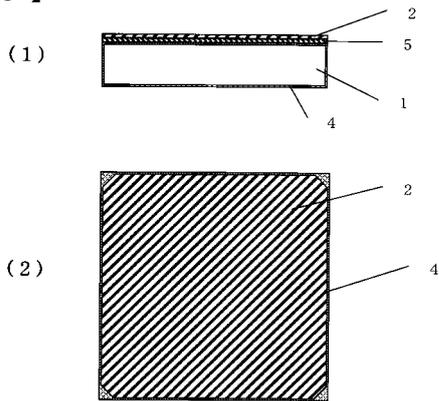
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】

- ガラス基板の切り出し加工、精密加工、研磨
- 洗浄
- 検査1 (加工寸法精度、平面度、厚さむら、平行度、欠陥、他)
- 洗浄
- 成膜前処理
- 基板裏面導電膜成膜
- 成膜後処理 (熱処理)
- 洗浄
- 検査2 (平面度、厚さむら、欠陥、表面粗さ、抵抗率など)
- 成膜前処理
- 表面側 遮光膜の成膜
- 成膜後処理 (熱処理)
- 洗浄
- 検査3 (平面度、厚さ、欠陥、膜厚、反射率、他)
- 最終検査

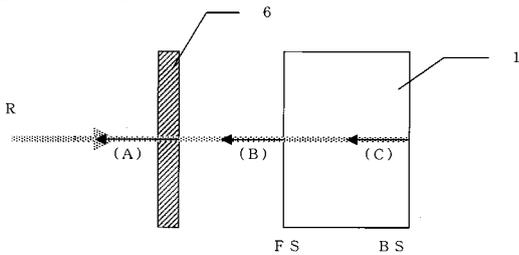
【 図 1 0 】

- ガラス基板の切り出し加工、精密加工、研磨
- 洗浄
- 検査（加工寸法精度、平面度、厚さむら、平行度、欠陥、他）
- 洗浄
- イオン注入前処理
- 基板裏面イオン注入
- イオン注入後処理
- 拡散処理（熱処理）
- 洗浄
- 検査（平面度、厚さむら、欠陥、表面粗さ、抵抗率など）
- 成膜前処理
- 表面側 遮光膜の成膜
- 成膜後処理（熱処理）
- 洗浄
- 検査（平面度、厚さ、欠陥、膜厚、反射率、他）
- 最終検査

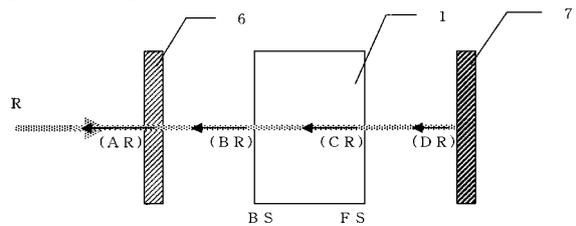
【 図 1 1 】

- ガラス基板の切り出し加工、精密加工、研磨
- 洗浄
- 検査（加工寸法精度、平面度、厚さむら、平行度、欠陥、他）
- 洗浄
- イオン注入前処理
- 基板裏面 第1のイオン注入
- イオン注入後処理
- 拡散処理（熱処理）
- イオン注入前処理
- 基板裏面 第2のイオン注入
- イオン注入後処理
- 拡散処理（熱処理）
- 洗浄
- 検査（平面度、厚さむら、欠陥、表面粗さ、抵抗率など）
- 成膜前処理
- 表面側 遮光膜の成膜
- 成膜後処理（熱処理）
- 洗浄
- 検査（平面度、厚さむら、欠陥、膜厚、反射率、他）
- 最終検査

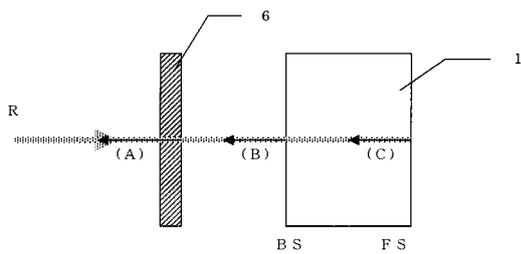
【 図 1 2 】



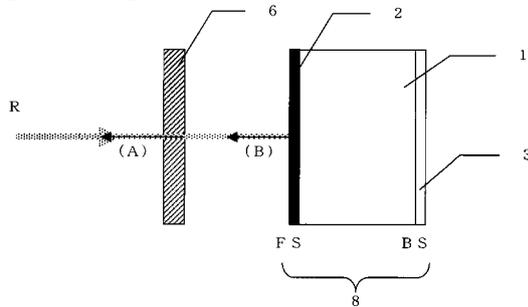
【 図 1 5 】



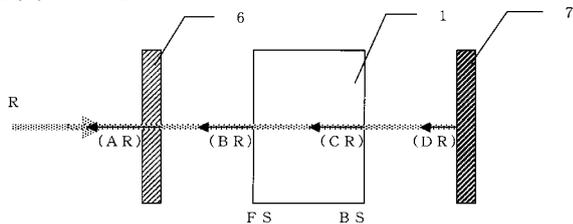
【 図 1 3 】



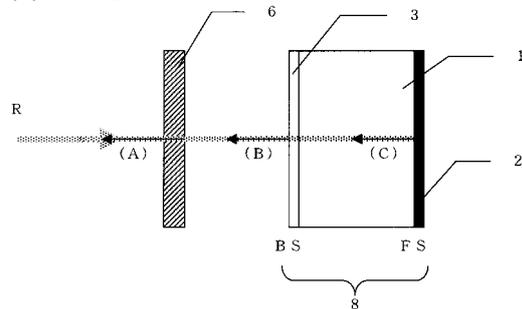
【 図 1 6 】



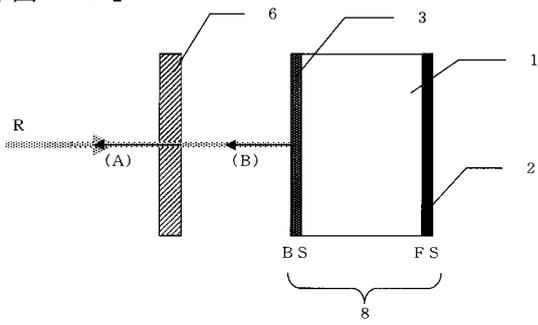
【 図 1 4 】



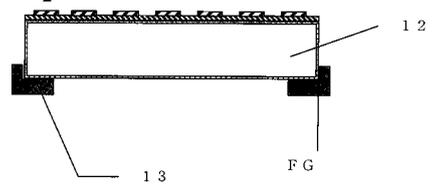
【 図 1 7 】



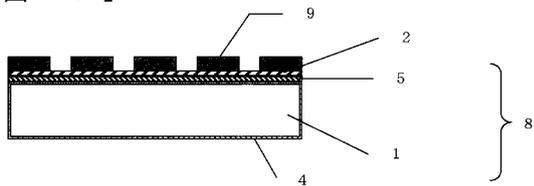
【図 18】



【図 21】



【図 19】



【図 20】

