

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2022年6月30日(30.06.2022)



(10) 国際公開番号

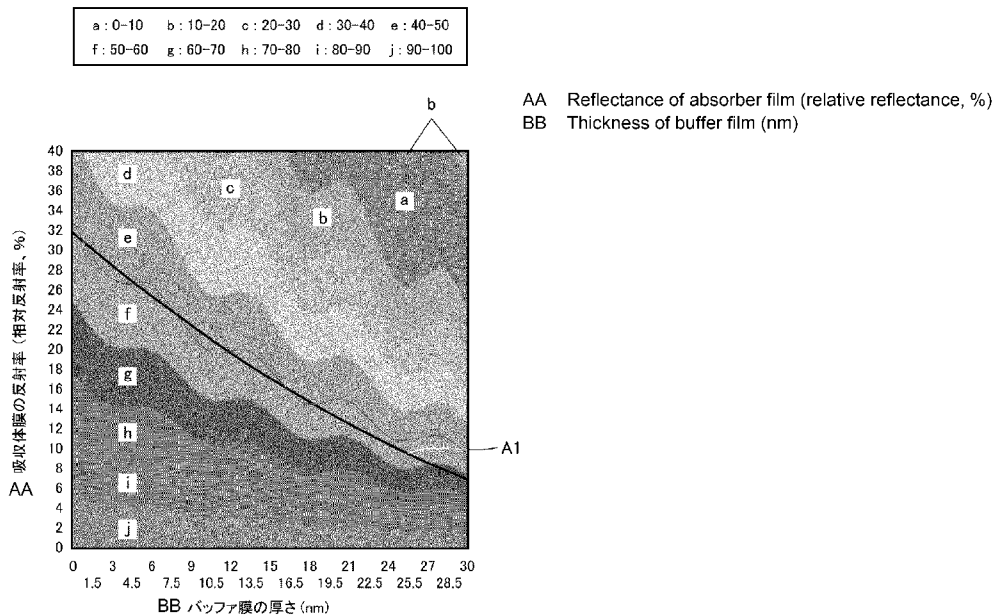
WO 2022/138170 A1

- (51) 国際特許分類:
G03F 1/24 (2012.01) G03F 1/84 (2012.01)
G03F 1/74 (2012.01) C23C 14/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/045162
- (22) 国際出願日: 2021年12月8日(08.12.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2020-212297 2020年12月22日(22.12.2020) JP
- (71) 出願人: H O Y A 株 式 会 社 (HOYA CORPORATION) [JP/JP]; 〒1608347 東京都新宿区西新宿六丁目10番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 池 邊 洋 平 (IKEBE, Yohei); 〒1608347 東京都新宿区西新宿六丁目10番1号 H O Y A株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 永 田 豊, 外 (NAGATA, Yutaka et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目13番3号 虎ノ門東洋共同ビル3階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) Title: REFLECTIVE MASK BLANK, REFLECTIVE MASK, REFLECTIVE MASK MANUFACTURING METHOD, AND SEMICONDUCTOR DEVICE MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称: 反 射 型 マ ス ク ブ ラ ン ク、反 射 型 マ ス ク、反 射 型 マ ス ク の 製 造 方 法、及び半導体デバイスの製造方法

[図3]



(57) Abstract: Provided is a reflective mask blank capable of performing mask inspection with high accuracy while satisfying optical characteristics and a phase shift function required for a reflective-phase shift mask. This reflective mask blank comprises a multilayer reflective film, a first thin film, and a second thin film in this order

NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

on a main surface of a substrate, said reflective mask blank being characterized in that the relationship in formula 1 is satisfied when: the relative reflectance R_2 , of a second thin film with respect to the reflectance of the multilayer reflective film in light having a wavelength of 13.5 nm, is 3% or more; k_1 is the extinction coefficient of the first thin film in light having a wavelength of 13.5 nm; and d_1 [nm] is the thickness of the first thin film. (Formula 1): $21.5 \times k_1^2 \times d_1^2 - 52.5 \times k_1 \times d_1 + 32.1 > R_2$

(57) 要約: 反射型位相シフトマスクに要求される位相シフト機能及び光学特性を満たしつつ、マスク検査を高精度に行うことができる反射型マスクブランクを提供する。基板の主表面上に、多層反射膜、第1の薄膜および第2の薄膜をこの順に備える反射型マスクブランクであって、波長13.5 nmの光における前記多層反射膜の反射率に対する第2の薄膜の相対反射率 R_2 は3%以上であり、波長13.5 nmの光における前記第1の薄膜の消衰係数を k_1 、前記第1の薄膜の厚さを d_1 [nm] としたとき、(式1) の関係を満たすことを特徴とする反射型マスクブランク。(式1) $21.5 \times k_1^2 \times d_1^2 - 52.5 \times k_1 \times d_1 + 32.1 > R_2$

明 細 書

発明の名称：

反射型マスクブランク、反射型マスク、反射型マスクの製造方法、及び半導体デバイスの製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、半導体デバイスの製造などに使用される露光用マスクを製造するための原版である反射型マスクブランク、反射型マスク、反射型マスクの製造方法、及び半導体デバイスの製造方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体デバイスの製造における露光装置は、光源の波長を徐々に短くしながら進化してきている。より微細なパターン転写を実現するため、波長が13.5nm近傍の極端紫外線（EUV：Extreme Ultra Violet。以下、EUV光という場合がある。）を用いたEUVリソグラフィーが開発されている。EUVリソグラフィーでは、EUV光に対して透明な材料が少ないことから、反射型マスクが用いられる。代表的な反射型マスクとして、反射型バイナリーマスクおよび反射型位相シフトマスク（反射型のハーフトーン位相シフトマスク）がある。反射型バイナリーマスクは、EUV光を十分吸収する比較的厚い吸収体パターンを有する。反射型位相シフトマスクは、EUV光を光吸収により減光させ、且つ多層反射膜からの反射光に対して所望の角度で位相が反転した反射光を発生させる比較的薄い吸収体パターン（位相シフトパターン）を有する。反射型位相シフトマスクは、位相シフト効果によって高い転写光学像コントラストが得られるので解像度をより向上させることができる。また、反射型位相シフトマスクの吸収体パターン（位相シフトパターン）の膜厚が薄いことから、精度良く微細な位相シフトパターンを形成できる。

[0003] このようなEUVリソグラフィー用の反射型マスクおよびこれを作製するためのマスクブランクに関連する技術が特許文献1および2に記載されてい

る。

[0004] 特許文献1には、EUV光における吸収体膜の反射率が2%以下であることを意図して、基板上に、多層反射膜、吸収体膜及びエッチングマスク膜をこの順で有する反射型マスクブランクであって、吸収体膜が、バッファ層と、バッファ層の上に設けられた吸収層とを有し、バッファ層が、タンタル（Ta）又はケイ素（Si）を含有する材料からなり、バッファ膜の膜厚が0.5nm以上25nm以下であり、吸収層が、クロム（Cr）を含有する材料からなり、バッファ膜のEUV光に対する消衰係数よりも吸収層の消衰係数が大きく、エッチングマスク膜が、タンタル（Ta）又はケイ素（Si）を含有する材料からなり、エッチングマスク膜の膜厚が0.5nm以上14nm以下である反射型マスクブランクが開示されている。

[0005] 特許文献2には、基板上に、多層反射膜、保護膜及びEUV光の位相をシフトさせる位相シフト膜をこの順で有する反射型マスクブランクであって、位相シフト膜は、第1の層と第2の層とを有し、第1の層は、タンタル（Ta）及びクロム（Cr）のうち少なくとも1以上の元素を含む材料からなり、第2の層は、ルテニウム（Ru）と、クロム（Cr）、ニッケル（Ni）、コバルト（Co）、バナジウム（V）、ニオブ（Nb）、モリブデン（Mo）、タングステン（W）及びレニウム（Re）のうち少なくとも1以上の元素とを含む金属を含む材料からなる反射型マスクブランクが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：国際公開2020/175354号公報

特許文献2：国際公開2019/225737号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] パターンを微細にするほど、およびパターン寸法やパターン位置の精度を

高めるほど半導体デバイスの電気的特性および性能が上がり、また、集積度向上およびチップサイズを低減できる。そのため、EUVリソグラフィーには従来よりも一段高い高精度かつ微細な寸法のパターン転写性能が求められている。現在では、h p 1 6 n m (half pitch 16nm) 世代対応の超微細かつ高精度なパターン形成が要求されている。このような要求に対し、EUV光を露光光として用い、更に位相シフト効果を用いる反射型位相シフトマスクが求められている。

[0008] 反射型マスクブランクを用いて超微細かつ高精度なパターンを備える反射型マスクを製造する際、ドライエッチングによって吸収体膜にパターンを形成する。しかし、吸収体膜に全てのパターンを高精度に形成することは難しく、吸収体膜のパターニング後、エッチングで除去すべき領域の吸収体膜が除去しきれずに残存してしまっている、いわゆる黒欠陥が発生することが避け難くなってきている。このような吸収体パターンの黒欠陥は、欠陥修正技術によって修正できる場合が多い。近年では、黒欠陥の周囲に対して非励起のエッチングガス（フッ素系ガス等）を供給しつつ、黒欠陥に対して電子線等の荷電粒子を照射することで、黒欠陥を揮発させて除去する欠陥修正（EB欠陥修正）が用いられることが多い。しかし、吸収体膜の構成元素によっては、このEB欠陥修正で黒欠陥の修正を行うときに、吸収体膜と保護膜との間での修正レート差が十分に確保できない場合がある。一方、近年、様々な材料が吸収体膜を構成する材料として検討されている。吸収体膜の材料によっては、吸収体膜をパターニングするときのドライエッチングの際、吸収体膜と保護膜との間で十分なエッチング選択性が確保できない場合がある。

[0009] これらの事情から、保護膜と吸収体膜の間に、保護膜と吸収体膜の両方に対して十分なエッチング選択性を有するバッファ膜を設けることがある。このバッファ膜を備える反射型マスクブランクから反射型マスクを製造する工程では、吸収体膜にドライエッチングで転写パターンを形成する工程が行われた後であって、バッファ膜にドライエッチングで転写パターンを形成する工程が行われる前に、吸収体パターンの黒欠陥の有無を含む検査であるマス

ク検査（欠陥検査）が行われる。このマスク検査では、検査光に対する吸収体膜が存在する領域からの反射光と、吸収体膜が除去されてバッファ膜が露出した領域からの反射光との間のコントラストから、基板上に吸収体膜が存在している領域を検出する。このため、高精度な欠陥検査を行うためには、検査光に対して吸収体膜の反射光とバッファ膜の反射光との間で十分なコントラストを確保する必要がある。それに加え、反射型マスク用のマスクブランクは、吸収体膜とバッファ膜と吸収体膜の積層構造で転写パターンを構成するため、光学的な制約がある。特に、反射型位相シフトマスクの場合、バッファ膜と吸収体膜の積層構造の転写パターン全体で所望の位相シフト機能を発揮する必要がある。これらの事情から、反射型マスクに要求されるEUV光に対する光学特性を満たしつつ、マスク検査を高精度に行うことができる反射型マスクブランクを提供することが求められている。

[0010] そこで、本発明は、反射型マスクに要求される光学特性を満たしつつ、マスク検査を高精度に行うことができる反射型マスクブランクを提供することを目的とする。

[0011] また、本発明は、上記反射型マスクブランクを用いて製造される反射型マスク及びその製造方法を提供すること、並びにその反射型マスクを用いる半導体デバイスの製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0012] 上記課題を解決するため、本発明は以下の構成を有する。

[0013] （構成1）

基板の主表面上に、多層反射膜、第1の薄膜および第2の薄膜をこの順に備える反射型マスクブランクであって、

波長 13.5 nm の光における前記多層反射膜の反射率に対する第2の薄膜の相対反射率 R_2 は3%以上であり、

波長 13.5 nm の光における前記第1の薄膜の消衰係数を k_1 、前記第1の薄膜の厚さを d_1 [nm] としたとき、（式1）の関係を満たすことを特徴とする反射型マスクブランク。

$$(式1) \quad 2.1 \times 10^{-5} \times k_1^2 \times d_1^2 - 5.2 \times 10^{-5} \times k_1 \times d_1 + 3.2 \times 10^{-1} > R_2$$

[0014] (構成2)

前記相対反射率 R_2 は、32%以下であることを特徴とする構成1記載の反射型マスクブランク。

[0015] (構成3)

前記第1の薄膜の消衰係数 k_1 は、0.05以下であることを特徴とする構成1または2に記載の反射型マスクブランク。

[0016] (構成4)

前記第1の薄膜の厚さ d_1 は、1nm以上30nm以下であることを特徴とする構成1から3のいずれかに記載の反射型マスクブランク。

[0017] (構成5)

前記第1の薄膜は、金属元素と、酸素および窒素のうち少なくともいずれかの元素とを含有していることを特徴とする構成1から4のいずれかに記載の反射型マスクブランク。

[0018] (構成6)

前記第2の薄膜は、金属元素を含有していることを特徴とする構成1から5のいずれかに記載の反射型マスクブランク。

[0019] (構成7)

前記多層反射膜と前記第1の薄膜の間に保護膜を備えることを特徴とする構成1から6のいずれかに記載の反射型マスクブランク。

[0020] (構成8)

前記保護膜は、ルテニウムを含有することを特徴とする構成7記載の反射型マスクブランク。

[0021] (構成9)

構成1から構成8のいずれかに記載の反射型マスクブランクの前記第1の薄膜および前記第2の薄膜に転写パターンが形成されていることを特徴とする反射型マスク。

[0022] (構成10)

構成 1 から構成 8 のいずれかに記載の反射型マスクブランクを用いる反射型マスクの製造方法であって、

前記第 2 の薄膜に転写パターンを形成する工程と、

前記転写パターンが形成された第 2 の薄膜に対し、波長 13.5 nm の光を含む検査光を用いて前記転写パターンの欠陥検査を行う工程と、

前記欠陥検査で検出された第 2 の薄膜の転写パターンに存在する欠陥に対し、フッ素を含有する物質を供給しつつ荷電粒子を照射する欠陥修正を行う工程と、

前記欠陥修正後、前記第 1 の薄膜に転写パターンを形成する工程とを有することを特徴とする反射型マスクの製造方法。

[0023] (構成 1 1)

構成 9 記載の反射型マスクを用い、半導体基板上のレジスト膜に転写パターンを露光転写する工程を備えることを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

[0024] (構成 1 2)

構成 10 記載の反射型マスクの製造方法によって製造された反射型マスクを用い、半導体基板上のレジスト膜に転写パターンを露光転写する工程を備えることを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

発明の効果

[0025] 本発明によれば、反射型マスクに要求される光学特性を満たしつつ、マスク欠陥検査を高精度に行うことができる反射型マスクブランクを提供することができる。

[0026] また、本発明によれば、上記反射型マスクブランクを用いて製造される反射型マスク及びその製造方法を提供すること、並びにその反射型マスクを用いる半導体デバイスの製造方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0027] [図1]本発明の実施形態の反射型マスクブランクの概略構成の一例を説明するための要部断面模式図である。

[図2]反射型マスクブランクから反射型マスクを作製する工程を要部断面模式図で示した工程図である。

[図3]バッファ膜をTaBO材料で構成した場合の、波長13.5nmの光における、バッファ膜の厚さ、吸収体膜の相対反射率、コントラストの関係を示したグラフである。

[図4]バッファ膜をCrN材料で構成した場合の、波長13.5nmの光における、バッファ膜の厚さ、吸収体膜の相対反射率、コントラストの関係を示したグラフである。

発明を実施するための形態

[0028] 以下、本発明の実施形態について説明するが、まず本発明に至った経緯について説明する。本発明者は、反射型マスクに要求される光学特性を満たしつつ、パターン欠陥修正を行うことができる手段について、鋭意検討を行った。ここでは、特に、反射型バイナリーマスクよりも光学特性の制約が大きい反射型位相シフトマスクの場合について、詳細な検討を行った。まず、所望の位相シフト機能を発揮させるためには、EUV露光光における多層反射膜に対する位相シフト機能を有する吸収体膜（以下、単に「吸収体膜」という）の相対反射率が3%以上であることが求められることに着目した。

[0029] 一方、近年、検査用のEUV光を検査光に用いた検査装置が実用化されてきている。この検査装置は、EUVリソグラフィーの露光装置で用いられているEUV光（以下、これをEUV露光光という場合がある。）と同じ波長の光（13.5nmの光）を用いて検査を行うため、他の波長を用いる検査装置に比して、露光の際に問題となりうる欠陥を把握できる点で好ましい。しかしながら、バッファ膜を残した状態で吸収体パターン（位相シフトパターン）の欠陥修正を行う場合、バッファ膜での吸収や減衰が生じてしまう。

[0030] この点につき検討した結果、本発明者は、吸収体膜とバッファ膜との間で、コントラストが40%を超えることが、バッファ膜が存在している状態であっても、マスク検査を良好に行うために必要となることを見出した。ここで、コントラストは、以下の式で算出される値である。また、本明細書中に

において、「相対反射率」とは多層反射膜の反射率 [%] を 100 としたときの相対反射率のことをいう。

$$\left(\left(\text{バッファ膜の相対反射率} [\%] - \text{吸収体膜の相対反射率} [\%] \right) / \left(\text{バッファ膜の相対反射率} [\%] + \text{吸収体膜の相対反射率} [\%] \right) \right) \times 100$$

[0031] そして、所望のコントラストを得るための条件について検討したところ、吸収体膜の相対反射率、バッファ膜の厚さおよび消衰係数 k が主要因となっていることがわかった。

この知見に基づき、本発明者は、波長 13.5 nm の光における、バッファ膜の厚さおよび消衰係数 k 、吸収体膜の相対反射率の値をそれぞれ変化させて、所望のコントラストを得るための条件を、シミュレーションにより求めた。その一例を、図 3、図 4 にそれぞれ示す。

[0032] 図 3 は、バッファ膜を TaB₂O₅ で構成した場合の、波長 13.5 nm の光における、バッファ膜の厚さ、吸収体膜の相対反射率、コントラストの関係を示したグラフである。図 3 においては、消衰係数 k_1 を 0.022、屈折率 n_1 を 0.955 として、バッファ膜の厚さを 0 ~ 30 nm、吸収体膜の相対反射率を 0 ~ 40 % まで変化させて、コントラストについてのシミュレーションを行っている。

[0033] 図 4 は、バッファ膜を CrN で構成した場合における、バッファ膜の厚さ、吸収体材料の相対反射率、コントラストの関係を示したグラフである。図 4 においては、消衰係数 k_1 を 0.039、屈折率 n_1 を 0.928 として、バッファ膜の厚さを 0 ~ 30 nm、吸収体膜の相対反射率を 0 ~ 40 % まで変化させて、コントラストについてのシミュレーションを行っている。

[0034] また、図 3、図 4 において、領域 a、b、… j は、コントラストが 0 - 10、10 - 20、… 90 - 100 の領域をそれぞれ示している。

本発明者は、このような様々なシミュレーションを行って検討を重ねた結果、以下の式を満たす範囲の領域であれば、40 % を超える所望のコントラストが得られることを見出した。

$$(式1) \quad 21.5 \times k_1^2 \times d_1^2 - 52.5 \times k_1 \times d_1 + 32.1 > R_2$$

[0035] ここで、 k_1 はバッファ膜の消衰係数、 d_1 はバッファ膜の厚さ、 R_2 は吸収体膜の相対反射率である。図3における曲線A1、図4における曲線A2が式1の等号部分に対応している。すなわち、図3においては、曲線A1よりも下の領域であれば、40%を超える所望のコントラストが得られる。また、図4においては、曲線A2よりも下の領域であれば、40%を超える所望のコントラストが得られる。なお、反射型バイナリマスクの場合においても、上記（式1）の条件を満たすのであれば、40%を超える所望のコントラストが得られる。

本発明は、以上のような鋭意検討の結果、なされたものである。なお、本実施形態においては、バッファ膜を第1の薄膜、吸収体膜を第2の薄膜としたが、これに限定されるものではない。

[0036] 以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら具体的に説明する。なお、以下の実施形態は、本発明を具体化する際の形態であって、本発明をその範囲内に限定するものではない。なお、図中、同一または相当する部分には同一の符号を付してその説明を簡略化ないし省略することがある。

[0037] <反射型マスクブランク100の構成およびその製造方法>

図1は、本実施形態の反射型マスクブランク100の構成を説明するための要部断面模式図である。図1に示されるように、反射型マスクブランク100は、基板1と、多層反射膜2と、保護膜3と、バッファ膜（第1の薄膜）4と、吸収体膜（第2の薄膜）5とを有し、これらがこの順で積層した構造を有する。多層反射膜2は、第1主面（表側表面）側に形成され、露光光であるEUV光を高い反射率で反射する。保護膜3は、多層反射膜2を保護するために設けられ、後述するバッファ膜4をパターニングする際に使用するエッチャントおよび洗浄液に対して耐性を有する材料で形成される。バッファ膜4および吸収体膜5は、EUV光を吸収するとともに位相シフト機能を有する。また、基板1の第2主面（裏側表面）側には、静電チャック用の導電膜（不図示）が形成される。なお、吸収体膜5の上にエッチングマスク膜を有するようにしてもよい。

[0038] 本明細書において、「基板1の主表面の上に、多層反射膜2を有する」とは、多層反射膜2が、基板1の表面に接して配置されることを意味する場合の他、基板1と、多層反射膜2との間に他の膜を有することを意味する場合も含む。他の膜についても同様である。例えば「膜Aの上に膜Bを有する」とは、膜Aと膜Bとが直接、接するように配置されていることを意味する他、膜Aと膜Bとの間に他の膜を有する場合も含む。また、本明細書において、例えば「膜Aが膜Bの表面に接して配置される」とは、膜Aと膜Bとの間に他の膜を介さずに、膜Aと膜Bとが直接、接するように配置されていることを意味する。

[0039] 以下、本実施形態を、各層ごとに説明をする。

[0040] <<基板1>>

基板1は、EUV光による露光時の熱による吸収体パターン（転写パターン）5a（図2参照）の歪みを防止するため、 $0 \pm 5 \text{ ppb}/^\circ\text{C}$ の範囲内の低熱膨張係数を有するものが好ましく用いられる。この範囲の低熱膨張係数を有する素材としては、例えば、 $\text{SiO}_2\text{--TiO}_2$ 系ガラス、多成分系ガラスセラミックス等を用いることができる。

[0041] 基板1の転写パターン（後述のバッファパターン4aおよび吸収体パターン5aがこれに対応する。）が形成される側の第1主面は、少なくともパターン転写精度、位置精度を得る観点から高平坦度となるように表面加工されている。EUV露光の場合、基板1の転写パターンが形成される側の主表面（第1主面）の $132 \text{ mm} \times 132 \text{ mm}$ の領域において、平坦度が $0.1 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、更に好ましくは $0.05 \mu\text{m}$ 以下、特に好ましくは $0.03 \mu\text{m}$ 以下である。また、転写パターンが形成される側と反対側の第2主面は、露光装置にセットするときに静電チャックされる面であって、 $132 \text{ mm} \times 132 \text{ mm}$ の領域において、平坦度が $0.1 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、更に好ましくは $0.05 \mu\text{m}$ 以下、特に好ましくは $0.03 \mu\text{m}$ 以下である。なお、反射型マスクブランク100における第2主面側の平坦度は、 $142 \text{ mm} \times 142 \text{ mm}$ の領域において、平坦度が $1 \mu\text{m}$ 以

下であることが好ましく、更に好ましくは $0.5\ \mu\text{m}$ 以下、特に好ましくは $0.3\ \mu\text{m}$ 以下である。

[0042] また、基板1の表面平滑度の高さも極めて重要な項目である。基板1の第1主面の表面粗さは、二乗平均平方根粗さ(RMS)で $0.1\ \text{nm}$ 以下であることが好ましい。なお、表面平滑度は、原子間力顕微鏡で測定することができる。

[0043] 更に、基板1は、その上に形成される膜(多層反射膜2など)の膜応力による変形を抑制するために、高い剛性を有していることが好ましい。特に、基板1は、 $65\ \text{GPa}$ 以上の高いヤング率を有していることが好ましい。

[0044] <<多層反射膜2>>

多層反射膜2は、反射型マスク200において、EUV光を反射する機能を付与するものであり、屈折率の異なる元素を主成分とする各層が周期的に積層された多層膜である。

[0045] 一般的には、高屈折率材料である軽元素またはその化合物の薄膜(高屈折率層)と、低屈折率材料である重元素またはその化合物の薄膜(低屈折率層)とが交互に40から60周期程度積層された多層膜が、多層反射膜2として用いられる。多層膜は、基板1側から高屈折率層と低屈折率層をこの順に積層した高屈折率層/低屈折率層の積層構造を1周期として複数周期積層してもよい。また、多層膜は、基板1側から低屈折率層と高屈折率層をこの順に積層した低屈折率層/高屈折率層の積層構造を1周期として複数周期積層してもよい。なお、多層反射膜2の最表面の層、すなわち多層反射膜2の基板1と反対側の表面層は、高屈折率層とすることが好ましい。上述の多層膜において、基板1から高屈折率層と低屈折率層をこの順に積層した高屈折率層/低屈折率層の積層構造を1周期として複数周期積層する場合は、最上層が低屈折率層となる。この場合、低屈折率層が多層反射膜2の最表面を構成すると容易に酸化されてしまい、反射型マスク200の反射率が減少する。そのため、最上層の低屈折率層上に、高屈折率層を更に形成して多層反射膜2とすることが好ましい。一方、上述の多層膜において、基板1側から低屈

折率層と高屈折率層をこの順に積層した低屈折率層／高屈折率層の積層構造を1周期として複数周期積層する場合は、最上層が高屈折率層となるので、そのままでもよい。

[0046] 本実施形態において、高屈折率層としては、ケイ素（Si）を含む層が採用される。Siを含む材料としては、Si単体の他に、Siに、ホウ素（B）、炭素（C）、窒素（N）、および酸素（O）を含むSi化合物を用いることができる。Siを含む層を高屈折率層として使用することによって、EUV光の反射率に優れたEUVリソグラフィー用反射型マスク200が得られる。また、本実施形態において基板1としてはガラス基板が好ましく用いられる。Siはガラス基板との密着性においても優れている。また、低屈折率層としては、モリブデン（Mo）、ルテニウム（Ru）、ロジウム（Rh）、および白金（Pt）から選ばれる金属単体、またはこれらの合金が用いられる。例えば波長13nmから14nmのEUV光に対する多層反射膜2としては、好ましくはMo膜とSi膜を交互に40から60周期程度積層したMo／Si周期積層膜が用いられる。なお、多層反射膜2の最上層である高屈折率層をケイ素（Si）で形成してもよい。

[0047] 多層反射膜2の単独での反射率は、通常65%以上であり、上限は通常73%である。なお、多層反射膜2の各構成層の膜厚および周期は、露光波長により適宜選択すればよく、ブラッグ反射の法則を満たすように選択される。多層反射膜2において高屈折率層および低屈折率層はそれぞれ複数存在するが、高屈折率層同士、そして低屈折率層同士の膜厚が同じでなくてもよい。また、多層反射膜2の最表面のSi層の膜厚は、反射率を低下させない範囲で調整することができる。最表面のSi層（高屈折率層）の膜厚は、3nmから10nmの範囲にすることができる。

[0048] 多層反射膜2の形成方法は当該技術分野において公知である。例えばイオンビームスパッタリング法により、多層反射膜2の各層を成膜することで形成できる。上述したMo／Si周期積層膜の場合、例えばイオンビームスパッタリング法により、先ずSiターゲットを用いて厚さ4nm程度のSi膜

を基板 1 上に成膜する。その後 M o ターゲットを用いて厚さ 3 n m 程度の M o 膜を成膜する。この S i 膜 / M o 膜を 1 周期として、4 0 から 6 0 周期積層して、多層反射膜 2 を形成する（最表面の層は S i 層とする）。なお、例えば、多層反射膜 2 を 6 0 周期とした場合、4 0 周期より工程数は増えるが、E U V 光に対する反射率を高めることができる。また、多層反射膜 2 の成膜の際に、イオン源からクリプトン（K r）イオン粒子を供給して、イオンビームスパッタリングを行うことにより多層反射膜 2 を形成することが好ましい。

[0049] <<保護膜 3>>

本実施形態の反射型マスクブランク 1 0 0 は、多層反射膜 2 とバッファ膜 4 の間に保護膜 3 を備えることが好ましい。

[0050] 後述する反射型マスク 2 0 0 の製造工程におけるドライエッチングおよび洗浄から多層反射膜 2 を保護するために、多層反射膜 2 の上に、または多層反射膜 2 の表面に接して保護膜 3 を形成することができる。保護膜 3 は、バッファ膜 4 をパターニングする際に使用するエッチャント、および洗浄液に対して耐性を有する材料で形成される。多層反射膜 2 の上に保護膜 3 が形成されていることにより、多層反射膜 2 および保護膜 3 を有する基板 1 を用いて反射型マスク 2 0 0（E U V マスク）を製造する際の、多層反射膜 2 の表面へのダメージを抑制することができる。そのため、多層反射膜 2 の E U V 光に対する反射率特性が良好となる。

[0051] 保護膜 3 は、ルテニウムを含有することが好ましい。保護膜 3 の材料は、R u 金属単体でもよいし、R u にチタン（T i）、ニオブ（N b）、モリブデン（M o）、ジルコニウム（Z r）、イットリウム（Y）、ホウ素（B）、ランタン（L a）、コバルト（C o）、及びレニウム（R e）などから選択される少なくとも 1 種の金属を含有した R u 合金であってよく、窒素を含んでいても構わない。このような保護膜 3 は、特に、バッファ膜 4 を、塩素系ガス（C l 系ガス）のドライエッチングでパターニングする場合に有効である。保護膜 3 は、塩素系ガスを用いたドライエッチングにおける保護膜 3

に対するバッファ膜4のエッチング選択比（バッファ膜4のエッチング速度／保護膜3のエッチング速度）が1.5以上、好ましくは3以上となる材料で形成されることが好ましい。ここで、図1では保護膜3が1層の場合を示しているが、3層以上の積層構造とすることもできる。例えば、最下層と最上層を、Ruを含有する物質からなる層とし、最下層と最上層との間に、Ru以外の金属、若しくは合金を介在させた保護膜3としても構わない。一方、保護膜3は、ケイ素（Si）、ケイ素（Si）および酸素（O）を含む材料、ケイ素（Si）および窒素（N）を含む材料、ケイ素（Si）、酸素（O）および窒素（N）を含む材料などのケイ素系材料から選択した材料を使用することもできる。

[0052] EUVリソグラフィーでは、露光光に対して透明な物質が少ないので、マスクパターン面への異物付着を防止するEUVペリクルが技術的に簡単ではない。このことから、ペリクルを用いないペリクルレス運用が主流となっている。また、EUVリソグラフィーでは、EUV露光によってマスクにカーボン膜が堆積する、あるいは酸化膜が成長するといった露光コンタミネーションが起こる。そのため、EUV露光用の反射型マスク200を半導体デバイスの製造に使用している段階で、度々洗浄を行ってマスク上の異物やコンタミネーションを除去する必要がある。このため、EUV露光用の反射型マスク200では、光リソグラフィー用の透過型マスクに比べて桁違いのマスク洗浄耐性が要求されている。反射型マスク200が保護膜3を有することにより、洗浄液に対する洗浄耐性を高くすることができる。

[0053] 保護膜3の膜厚は、多層反射膜2を保護するという機能を果たすことができる限り特に制限されない。EUV光の反射率の観点から、保護膜3の膜厚は、好ましくは1.0nm以上8.0nm以下、より好ましくは1.5nm以上6.0nm以下である。

[0054] 保護膜3の形成方法としては、公知の膜形成方法と同様のものを特に制限なく採用することができる。具体例としては、スパッタリング法およびイオンビームスパッタリング法が挙げられる。

[0055] <<バッファ膜（第１の薄膜）および吸収体膜（第２の薄膜）>>

本実施形態の反射型マスクブランク１００では、多層反射膜２の上、または多層反射膜２の上に形成された保護膜３の上に、バッファ膜（第１の薄膜）４および吸収体膜（第２の薄膜）５が形成される。バッファ膜４および吸収体膜５は、反射型マスク２００の状態では、バッファ膜４にバッファパターン４ａが、吸収体膜５に吸収体パターン５ａがそれぞれ形成され、このバッファパターン４ａおよび吸収体パターン５ａが転写パターンを構成するものである。

吸収体膜５における、波長１３．５ｎｍの光（ＥＵＶ露光光または検査用のＥＵＶ光）における多層反射膜２の反射率に対する相対反射率 R_2 は３％以上である。そして、波長１３．５ｎｍの光におけるバッファ膜４の消衰係数を k_1 、バッファ膜４の厚さを d_1 [nm] としたとき、（式１）の関係を満たすものである。

$$(\text{式 } 1) \quad 21.5 \times k_1^2 \times d_1^2 - 52.5 \times k_1 \times d_1 + 32.1 > R_2$$

[0056] 本実施形態の後述する反射型マスク２００において、バッファ膜４および吸収体膜５（バッファパターン４ａおよび吸収体パターン５ａ）が設けられている部分では、ＥＵＶ光を吸収して減光しつつパターン転写に悪影響がないレベルで一部の光を反射させる。一方、開口部（バッファ膜４および吸収体膜５がない部分）では、ＥＵＶ光が、多層反射膜２から（保護膜３がある場合には、保護膜３を介して多層反射膜２から）反射する。バッファ膜４および吸収体膜５が形成されている部分からの反射光は、開口部からの反射光と所望の位相差を形成する。バッファ膜４および吸収体膜５は、バッファ膜４および吸収体膜５からの反射光と、多層反射膜２からの反射光との位相差が、１３０度から２３０度となるように形成される。１８０度近傍または２２０度近傍の反転した位相差の光同士がパターンエッジ部で干渉し合うことにより、投影光学像の像コントラストが向上する。その像コントラストの向上にともなって解像度が上がり、露光量裕度、および焦点裕度等の露光に関する各種裕度が広がる。

以下、それぞれの膜について説明する。

[0057] <<バッファ膜（第1の薄膜）>>

本実施形態の反射型マスクブランク100では、多層反射膜2の上、または多層反射膜2の上に形成された保護膜3の上に、バッファ膜（第1の薄膜）4が形成される。

バッファ膜4は、金属元素を含有していることが好ましい。この金属元素は、広義の金属元素とすることができ、アルカリ金属、アルカリ土類金属、遷移金属、半金属のなかから選択することができる。バッファ膜4は、多層反射膜2とのエッチング選択性（保護膜3が形成されている場合には保護膜3とのエッチング選択性）を有するものであり、上述した（式1）の関係を満たすものであれば、上述の広義の金属元素から選択することができる。

また、バッファ膜（第1の薄膜）4は、金属元素と、酸素および窒素のうち少なくともいずれかの元素とを含有していることが好ましい。酸素や窒素が含有されていることで、消衰係数を低下させることができ、設計自由度を高めることができる。また、酸素や窒素が予め含有されていることで、バッファ膜4に形成されるパターンの酸化による膨張や変形を抑制することができる。

[0058] バッファ膜4の膜さ d_1 は、1nm以上であることが好ましく、3nm以上であるとより好ましい。吸収体パターン5aに対して欠陥修正を行う場合に、多層反射膜2または保護膜3へのダメージを抑制することができるためである。一方、バッファ膜4の膜さ d_1 は、30nm以下であることが好ましく、20nm以下であるとより好ましく、15nm以下であるとさらに好ましい。上記のコントラストを40%よりも大きくするために必要となる吸収体パターン5aの相対反射率の上限値が上がり、吸収体膜5の設計自由度が高くなる。また、吸収体パターン5aに対するダメージやサイドエッチング進行を抑制することができるためである。

[0059] バッファ膜4の材料としては、上述のように特に限定されるものではないが、タンタル系材料やクロム系材料を好ましく用いることができる。タンタ

ル系材料としては、タンタル金属のほか、タンタル（Ta）に窒素（N）、酸素（O）、ホウ素（B）及び炭素（C）から選ばれる一以上の元素を含有させた材料などを適用することが好ましい。なかでも、タンタル（Ta）と、酸素（O）及びホウ素（B）から選ばれる少なくとも一つの元素とを含むものであることが好ましい。また、バッファ膜4をクロムを含有する材料で形成する場合、クロム金属の他、クロム（Cr）に酸素（O）、窒素（N）、炭素（C）、ホウ素（B）およびフッ素（F）から選ばれる1つ以上の元素を含有する材料などを適用することが好ましい。特にクロム（Cr）の窒化物を含む材料が好ましい。

[0060] また、バッファ膜4の屈折率 n_1 は、0.975以下であると好ましく、0.955以下であるとより好ましい。また、バッファ膜4の屈折率 n_1 は、0.890以上であると好ましく、0.910以上であるとより好ましい。の範囲、消衰係数 k_1 が0.016～0.039の範囲であることが好ましい。

バッファ膜4の消衰係数 k_1 は、0.05以下であると好ましく、0.04以下であるとより好ましく、0.03以下であるとさらに好ましい。光学シミュレーションの結果から見て、波長13.5nmの光に対するバッファ膜4からの反射光よりも、多層反射膜2からの反射光の光強度の方が強く、バッファ膜4の消衰係数 k_1 が大きくなるにつれてバッファ膜4の反射光が低下するものと推察される。消衰係数 k_1 を上記の範囲とすることで、バッファ膜4の反射光の低下を抑制することができると推察されるため、好ましい。

<<吸収体膜（第2の薄膜）5>>

本実施形態の反射型マスクブランク100では、バッファ膜4の上に、吸収体膜5が形成される。上述のように、吸収体膜5における、波長13.5nmの光（EUV露光光または検査用のEUV光）における多層反射膜2の反射率に対する相対反射率 R_2 は3%以上である。この相対反射率 R_2 は、吸収体膜5で反射された反射光（厳密には、吸収体膜5の表面で反射された光と、吸収体膜5とバッファ膜4の界面で反射された光の両方を含む。）だけ

でなく、バッファ膜4で反射された反射光（バッファ膜4と保護膜3の界面で反射された光）も含めて算出されるものである。すなわち、この相対反射率 R_2 は、バッファ膜4と吸収体膜5の積層構造での表面反射率と規定することもできる。

また、この相対反射率 R_2 は、32%以下であることが好ましい。波長13.5nmの光に対するマスク検査で十分なコントラストを確保するとともに、露光転写時のパターン像で十分なコントラストを確保するためである。

[0061] パターンや露光条件にもよるが、位相シフト効果を得るために、転写パターン（バッファパターン4aおよび吸収体パターン5a）のEUV光に対する絶対反射率は、4%～27%であることが好ましく、10%～17%であることがより好ましい。

[0062] 本実施形態の吸収体膜5は、金属元素を含有していることが好ましい。特に限定されるものではないが、例えば、吸収体膜5は、ルテニウム（Ru）とクロム（Cr）を含有する材料で形成してもよい。吸収体膜5は、ルテニウム（Ru）およびクロム（Cr）に、窒素（N）、酸素（O）、ホウ素（B）及び炭素（C）から選ばれる少なくとも一つの元素を含有させた材料を用いることがより好ましい。

[0063] 一方、吸収体膜5は、タンタル（Ta）に、テルル（Te）、アンチモン（Sb）、白金（Pt）、ヨウ素（I）、ビスマス（Bi）、イリジウム（Ir）、オスミウム（Os）、タングステン（W）、レニウム（Re）、スズ（Sn）、インジウム（In）、ポロニウム（Po）、鉄（Fe）、金（Au）、水銀（Hg）、ガリウム（Ga）、及びアルミニウム（Al）から選ばれる少なくとも一つの元素を含有させた材料を用いてもよい。さらに、吸収体膜5は、タンタル（Ta）とイリジウム（Ir）を含有する材料で形成してもよい。吸収体膜5は、ルテニウム（Ru）およびクロム（Cr）に、窒素（N）、酸素（O）、ホウ素（B）及び炭素（C）から選ばれる少なくとも一つの元素とを含有させた材料を用いることがより好ましい。

[0064] 吸収体膜5の位相差および反射率は、屈折率 n_2 、消衰係数 k_2 および膜厚

を変えることによって調整することが可能である。吸収体膜5の膜厚は、60 nm以下が好ましく、50 nm以下がより好ましく、45 nm以下が更に好ましい。吸収体膜5の膜厚は、20 nm以上が好ましい。なお、保護膜3を有する場合には、吸収体膜5の位相差および反射率は、保護膜3の屈折率 n 、消衰係数 k および膜厚を考慮して調整することもできる。

波長13.5 nmの光に対する吸収体膜5の屈折率 n_2 は、0.870以上であることが好ましく、0.885以上であることがより好ましい。また、吸収体膜5の屈折率 n_2 は、0.955以下であることが好ましく、0.940以下であることが好ましい。波長13.5 nmの光に対する吸収体膜5の消衰係数 k_2 は、0.01以上であることが好ましく、0.02以上であることが好ましい。また、吸収体膜5の消衰係数 k_2 は、0.05以下であることが好ましく、0.04以下であることが好ましい。

[0065] 上述の所定の材料の吸収体膜5は、DCスパッタリング法およびRFスパッタリング法などのスパッタリング法、並びに酸素ガス等を用いた反応性スパッタリング法といった公知の方法で形成することができる。ターゲットは、1種の金属を含むものでもよく、吸収体膜5を2種以上の金属で構成する場合には、2種以上の金属（例えばRuとCr）を含む合金ターゲットを用いることができる。また、吸収体膜5を2種以上の金属で構成する場合には、吸収体膜5を構成する薄膜は、RuターゲットとCrターゲットとを用いるコースパッタリングで成膜することができる。

位相シフト膜4は、2層以上を含む多層膜であってもよい。

[0066] <<エッチングマスク膜>>

吸収体膜5の上に、または吸収体膜5の表面に接して、エッチングマスク膜を形成することができる。エッチングマスク膜の材料としては、エッチングマスク膜に対する位相シフト膜4のエッチング選択比が高くなるような材料を用いる。ここで、「Aに対するBのエッチング選択比」とは、エッチングを行う必要がない層（マスクとなる層）であるAとエッチングを行う必要がある層であるBとのエッチングレートの比をいう。具体的には「Aに対す

るBのエッチング選択比＝Bのエッチング速度／Aのエッチング速度」の式によって特定される。また、「選択比が高い」とは、比較対象に対して、上記定義の選択比の値が大きいことをいう。エッチングマスク膜に対する吸収体膜5のエッチング選択比は、1.5以上が好ましく、3以上が更に好ましい。

[0067] 本実施形態におけるRu系材料で形成された吸収体膜5は、酸素を含む塩素系ガス、または酸素ガスによるドライエッチングによりエッチングが可能である。エッチングマスク膜に対するRu系材料の吸収体膜5のエッチング選択比が高い材料としては、ケイ素（Si）若しくはケイ素化合物の材料を用いることができる。

[0068] エッチングマスク膜に用いることのできるケイ素化合物としては、ケイ素（Si）と窒素（N）、酸素（O）、炭素（C）および水素（H）から選ばれる少なくとも一つの元素とを含む材料、並びに、ケイ素もしくはケイ素化合物に金属を含む金属ケイ素（金属シリサイド）または金属ケイ素化合物（金属シリサイド化合物）などの材料が挙げられる。金属ケイ素化合物としては、金属およびSiと、N、O、CおよびHから選ばれる少なくとも一つの元素とを含む材料が挙げられる。

[0069] エッチングマスク膜の膜厚は、転写パターンを精度よく吸収体膜5に形成するエッチングマスクとしての機能を得る観点から、2nm以上であることが望ましい。また、エッチングマスク膜の膜厚は、レジスト膜の膜厚を薄くする観点から、15nm以下であることが望ましい。

[0070] <<導電膜>>

基板1の第2主面（裏側表面）側（多層反射膜2形成面の反対側）には、一般的に、静電チャック用の導電膜（不図示）が形成される。静電チャック用の導電膜に求められる電気的特性（シート抵抗）は通常100Ω／□（Ω／Square）以下である。導電膜の形成方法は、例えばマグネトロンスパッタリング法またはイオンビームスパッタリング法により、クロム（Cr）およびタンタル（Ta）等の金属および合金のターゲットを使用して形成するこ

とができる。

[0071] 導電膜のクロム（C r）を含む材料は、C rを含有し、更にホウ素（B）、窒素（N）、酸素（O）、および炭素（C）から選択した少なくとも一つを含有したC r化合物であることが好ましい。

[0072] 導電膜のタンタル（T a）を含む材料としては、T a（タンタル）、T aを含有する合金、またはこれらのいずれかにホウ素、窒素、酸素および炭素の少なくとも一つを含有したT a化合物を用いることが好ましい。

[0073] 導電膜の厚さは、静電チャック用としての機能を満足する限り特に限定されない。導電膜の厚さは、通常10nmから200nmである。また、この導電膜はマスクブランク100の第2主面側の応力調整も兼ね備えている。すなわち、導電膜は、第1主面側に形成された各種膜からの応力とバランスをとって、平坦な反射型マスクブランク100が得られるように調整されている。

[0074] <反射型マスク200およびその製造方法>

本実施形態の反射型マスク200は、反射型マスクブランク100のバッファ膜4および吸収体膜5に転写パターン（バッファパターン4a及び吸収体パターン5a）が形成されているものである。転写パターンが形成されたバッファ膜4および吸収体膜5（バッファパターン4a及び吸収体パターン5a）は、上述の本実施形態の反射型マスクブランク100のバッファ膜4および吸収体膜5と同様である。上述の本実施形態の反射型マスクブランク100のバッファ膜4および吸収体膜5をパターニングすることにより、転写パターン（バッファパターン4a及び吸収体パターン5a）を形成することができる。位相シフト膜4のパターニングは、所定のドライエッチングガスによって、行うことができる。反射型マスク200のバッファパターン4a及び吸収体パターン5aは、EUV光を吸収し、また一部のEUV光を開口部（バッファパターン4a及び吸収体パターン5aが形成されていない部分）とは所定の位相差で反射することができる。前記所定のドライエッチングガスは、塩素系ガスおよび酸素ガスの混合ガス、酸素ガス、およびフッ素

系ガスなどを使用することができる。バッファパターン4 a及び吸収体パターン5 aをパターニングするために、必要に応じてバッファパターン4 a及び吸収体パターン5 aの上にエッチングマスク膜を設けることができる。その場合、エッチングマスクパターンをマスクにして、バッファ膜4および吸収体膜5をドライエッチングしてバッファパターン4 a及び吸収体パターン5 aを形成することができる。

[0075] 本実施形態の反射型マスクブランク100を使用して、反射型マスク200を製造する方法について説明する。

[0076] 反射型マスクブランク100を準備して、その第1主面の吸収体膜5の上に、レジスト膜を形成する（反射型マスクブランク100としてレジスト膜を備えている場合は不要）。このレジスト膜に所望の転写パターンを描画（露光）し、更に現像、リンスすることによって所定のレジストパターン6 a（転写パターンを有するレジスト膜）を形成する（図2（a）参照）。

[0077] 次に、このレジストパターン6 aをマスクとして、吸収体膜5をエッチングして吸収体パターン5 a（転写パターンを有する吸収体膜5）を形成する。このエッチングに対し、バッファ膜4は十分なエッチング選択性を有するため、バッファ膜4は全面で残存する。吸収体パターン5 aを形成した後、残存するレジストパターン6 aは除去する（エッチングマスク膜が形成されている場合には、レジストパターン6 aをマスクとしてエッチングマスク膜をエッチングしてエッチングマスクパターンを形成し、このエッチングマスクパターンをマスクとして吸収体パターン5 aを形成し、エッチングマスクパターンを除去する。）。このとき、吸収体パターン5 aには欠陥部分5 bが残存していることがある（図2（b）参照）。この吸収体パターン5 aに対して、波長13.5 nmの光（検査用のEUV光）を用いたマスク検査（欠陥検査）を行い、欠陥部分5 bの検出を行う。

本実施形態における反射型マスクブランク100は、上述のように、波長13.5 nmの光（EUV露光光または検査用のEUV光）における多層反射膜2の反射率に対する相対反射率 R_2 は3%以上である。そして、波長13

、 5 nm の光におけるバッファ膜4の消衰係数を k_1 、バッファ膜4の厚さを $d_1\text{ [nm]}$ としたとき、(式1)の関係を満たすものである。

$$(式1) \quad 2.1 \cdot 5 \times k_1^2 \times d_1^2 - 5.2 \cdot 5 \times k_1 \times d_1 + 3.2 \cdot 1 > R_2$$

このため、吸収体膜5とバッファ膜4との間で40%を上回る好適なコントラストを確保することができ、転写パターンを形成する上で問題となりうる欠陥部分5b(図示のように吸収体膜5が一部削れた状態の欠陥部分も含む)を精度良く検出することが可能となる。

[0078] そして、検出した欠陥部分5bに対し、非励起状態のフッ素系ガス(フッ素を含有する物質)を供給しつつ、その部分に電子線(荷電粒子)を照射することで、欠陥部分5bを除去する(図2(c)参照)。

その後、吸収体パターン5aをマスクとして、バッファ膜4をエッチングしてバッファパターン4a(転写パターンを有するバッファ膜4)を形成する。最後に、酸性やアルカリ性の水溶液を用いたウェット洗浄を行って、本実施形態の反射型マスク200が製造される(図2(d)参照)。

[0079] このように、本実施形態の反射型マスク200の製造方法は、反射型マスクブランク100を用いる反射型マスク200の製造方法であって、第2の薄膜である吸収体膜5に転写パターンを構成する吸収体パターン5aを形成する工程と、吸収体パターン5aに対し、波長 13.5 nm の光を含む検査光を用いて吸収体パターン5aの欠陥検査を行う工程と、欠陥検査で検出された吸収体パターン5aに存在する欠陥部分5bに対し、フッ素を含有する物質を供給しつつ荷電粒子を照射する欠陥修正を行う工程と、欠陥修正後、第1の薄膜であるバッファ膜に転写パターンを構成するバッファパターン4aを形成する工程とを有することを特徴とするものである。

[0080] <半導体デバイスの製造方法>

本実施形態は、上述の反射型マスク200、または上述の反射型マスク200の製造方法によって製造された反射型マスク200を用い、半導体基板上のレジスト膜に転写パターンを露光転写する工程を備える、半導体デバイスの製造方法である。本実施形態の反射型マスク200を、EUV光の露光

光源を有する露光装置にセットし、被転写基板上に形成されているレジスト膜に転写パターンを転写することにより、半導体デバイスを製造することができる。そのため、微細でかつ高精度の転写パターンを有する半導体デバイスを製造することができる。

実施例

[0081] 以下、実施例について図面を参照しつつ説明する。本実施形態はこれらの実施例に限定されるものではない。なお、実施例において同様の構成要素については同一の符号を使用し、説明を簡略化若しくは省略する。

[0082] [実施例 1]

実施例 1 として、反射型マスクブランク 100 の製造方法について説明する。

[0083] 第 1 主面および第 2 主面の両主表面が研磨された 6025 サイズ（約 152 mm×152 mm×6.35 mm）の低熱膨張ガラス基板である SiO_2 - TiO_2 系ガラス基板を準備し基板 1 とした。平坦で平滑な主表面となるように、粗研磨加工工程、精密研磨加工工程、局所加工工程、およびタッチ研磨加工工程よりなる研磨を行った。

[0084] 次に、 SiO_2 - TiO_2 系ガラス基板 1 の第 2 主面（裏側表面）に、 CrN 膜からなる導電膜をマグネトロンスパッタリング（反応性スパッタリング）法により下記の条件にて形成した。導電膜は、 Cr ターゲットを用いて、アルゴン（ Ar ）ガスと窒素（ N_2 ）ガスの混合ガス雰囲気、20 nm の膜厚となるように成膜した。

[0085] 次に、導電膜が形成された側と反対側の基板 1 の主表面（第 1 主面）上に、多層反射膜 2 を形成した。基板 1 上に形成される多層反射膜 2 は、波長 13.5 nm の EUV 光に適した多層反射膜 2 とするために、モリブデン（ Mo ）とケイ素（ Si ）からなる周期積層反射膜とした。多層反射膜 2 は、 Mo ターゲットと Si ターゲットを使用し、クリプトン（ Kr ）ガス雰囲気中でイオンビームスパッタリング法により基板 1 上に Mo 層および Si 層を交互に積層して形成した。まず、 Si 膜を 4.2 nm の膜厚で成膜し、続いて

、Mo膜を2.8nmの膜厚で成膜した。これを1周期とし、同様にして40周期積層し、最後にSi膜を4.0nmの膜厚で成膜し、多層反射膜2を形成した。

[0086] 引き続き、Arガス雰囲気中で、Ruターゲットを使用したスパッタリング法により、多層反射膜2の表面にRu膜からなる保護膜3を、3.5nmの膜厚となるように成膜した。

[0087] 次に、DCマグネトロンスパッタリング法（反応性スパッタリング法）により、実施例1におけるバッファ膜4として、タンタル（Ta）と、酸素（O）及びホウ素（B）からなる薄膜（TaBO膜）を形成した。バッファ膜4は、タンタル（Ta）とホウ素（B）の混合ターゲットを用いて、アルゴン（Ar）ガスと酸素（O₂）ガスの混合ガスの雰囲気中で、6nmの厚さで形成した。

[0088] 上記のように形成した実施例1のバッファ膜4（TaBO膜）の波長13.5nmにおける屈折率 n_1 、消衰係数（屈折率虚部） k_1 、相対反射率 R_1 は、それぞれ以下の通りであった。

TaBO膜： $n_1=0.955$ 、 $k_1=0.022$ 、 $R_1=80.1\%$

[0089] 次に、DCマグネトロンスパッタリング法（反応性スパッタリング法）により、吸収体膜5としてルテニウム（Ru）、クロム（Cr）および窒素（N）からなる薄膜（RuCrN膜）を形成した。吸収体膜5は、RuターゲットとCrターゲットを用いて、クリプトン（Kr）ガスと窒素（N₂）ガスの混合ガス雰囲気中で、40.0nmの厚さで形成した。

[0090] 上記のように形成した実施例1の吸収体膜5（RuCrN膜）の波長13.5nmにおける屈折率 n_2 、消衰係数（屈折率虚部） k_2 、相対反射率 R_2 は、それぞれ以下の通りであった。

RuCrN膜： $n_2=0.900$ 、 $k_2=0.021$ 、 $R_2=19.9\%$

[0091] 以上の手順によって、実施例1の反射型マスクブランク100を製造した。

[0092] 実施例1の反射型マスクブランク100におけるバッファ膜4および吸収体

膜5に対して、式1の関係を満たすか否かについて検討したところ、式1の左辺 ($2.1 \times 10^{-5} \times k_1^2 \times d_1^2 - 5.2 \times 10^{-5} \times k_1 \times d_1 + 3.2 \times 10^{-1}$) の値は 2.5×10^{-6} 、右辺 (R_2) の値は 1.9×10^{-9} となり、式1の関係を満たしていた。そして、実施例1における吸収体膜5とバッファ膜4との間のコントラストは 60.2% であり、 40% を超える良好な値であった。

[0093] 次に、上記反射型マスクブランク100を用いて、図2に示す工程に従って実施例1の反射型マスク200を製造した。

図2(b)に示される工程において、実施例1における吸収体パターン5aに対して、波長 13.5 nm の光（検査用のEUV光）を用いたマスク検査（欠陥検査）を行ったところ、転写パターンを形成する上で問題となりうる欠陥部分5bを精度良く検出することができた。これにより、検出した欠陥部分5bに対し、フッ素系ガスを供給しつつ、その部分に電子線を照射することで、欠陥部分5bを除去することができ、良好な吸収体パターン5aを有する反射型マスク200を製造することができた。

[0094] 実施例1で作製した反射型マスク200をEUVスキャナにセットし、半導体基板上に被加工膜とレジスト膜が形成されたウエハに対してEUV露光を行った。そして、この露光済レジスト膜を現像することによって、被加工膜が形成された半導体基板上にレジストパターンを形成した。このレジストパターンをエッチングにより被加工膜に転写し、また、絶縁膜および導電膜の形成、ドーパントの導入、並びにアニールなど種々の工程を経ることで、所望の特性を有する半導体デバイスを製造することができた。

[0095] [実施例2]

実施例2では、バッファ膜4および吸収体膜5を除き、実施例1と同様の構造と方法で、反射型マスクブランク100を製造した。

実施例1と同様に基板1上に多層反射膜2、保護膜3を形成した後に、D Cマグネトロンスパッタリング法（反応性スパッタリング法）により、実施例2におけるバッファ膜4として、クロム（Cr）と窒素（N）からなる薄膜（CrN膜）を形成した。バッファ膜4は、クロム（Cr）ターゲットを

用いて、アルゴン（A r）ガスと窒素（N₂）ガスの混合ガスの雰囲気中で、6 nmの厚さで形成した。

[0096] 上記のように形成した実施例2のバッファ膜4（C r N膜）の波長13.5 nmにおける屈折率 n_1 、消衰係数（屈折率虚部） k_1 、相対反射率 R_1 は、それぞれ以下の通りであった。

C r N膜： $n_1=0.928$ 、 $k_1=0.039$ 、 $R_1=67.4\%$

[0097] 次に、DCマグネトロンスパッタリング法（反応性スパッタリング法）により、吸収体膜5としてイリジウム（I r）、タンタル（T a）および酸素（O）からなる薄膜（I r T a O膜）を形成した。吸収体膜5は、I rターゲットとT aターゲットを用いて、クリプトン（K r）ガスと酸素（O₂）ガスの混合ガス雰囲気中で、40.0 nmの膜厚になるように、反応性スパッタリングにより成膜した。

[0098] 上記のように形成した実施例2の吸収体膜5（I r T a O膜）の波長13.5 nmにおける屈折率 n_2 、消衰係数（屈折率虚部） k_2 、相対反射率 R_2 は、それぞれ以下の通りであった。

I r T a O膜： $n_2=0.927$ 、 $k_2=0.033$ 、 $R_2=5.2\%$

[0099] 以上の手順で、実施例2の反射型マスクブランク100を製造した。

[0100] 実施例2の反射型マスクブランク100におけるバッファ膜4および吸収体膜5に対して、式1の関係を満たすか否かについて検討したところ、式1の左辺（ $21.5 \times k_1^2 \times d_1^2 - 52.5 \times k_1 \times d_1 + 32.1$ ）の値は21.0、右辺（ R_2 ）の値は5.2となり、式1の関係を満たしていた。そして、実施例2における吸収体膜5とバッファ膜4との間のコントラストは85.7%であり、40%を超える良好な値であった。

[0101] 次に、上記反射型マスクブランク100を用いて、図2に示す工程に従って実施例2の反射型マスク200を製造した。

図2（b）に示される工程において、実施例2における吸収体パターン5aに対して、波長13.5 nmの光（検査用のEUV光）を用いたマスク検査（欠陥検査）を行ったところ、転写パターンを形成する上で問題となりう

る欠陥部分 5 b を精度良く検出することができた。これにより、検出した欠陥部分 5 b に対し、フッ素系ガスを供給しつつ、その部分に電子線を照射することで、欠陥部分 5 b を除去することができ、良好な吸収体パターン 5 a を有する反射型マスク 200 を製造することができた。

[0102] 実施例 2 で作製した反射型マスク 200 を E U V スキャナにセットし、半導体基板上に被加工膜とレジスト膜が形成されたウエハに対して E U V 露光を行った。そして、この露光済レジスト膜を現像することによって、被加工膜が形成された半導体基板上にレジストパターンを形成した。このレジストパターンをエッチングにより被加工膜に転写し、また、絶縁膜および導電膜の形成、ドーパントの導入、並びにアニールなど種々の工程を経ることで、所望の特性を有する半導体デバイスを製造することができた。

[0103] [比較例 1]

比較例 1 では、バッファ膜および吸収体膜を除き、実施例 1 と同様の構造と方法で、反射型マスクブランクを製造した。

実施例 1 と同様に基板上に多層反射膜、保護膜を形成した後に、D C マグネトロンスパッタリング法（反応性スパッタリング法）により、比較例 1 におけるバッファ膜として、タンタル（T a）と、酸素（O）及びホウ素（B）からなる薄膜（T a B O 膜）を形成した。バッファ膜は、タンタル（T a）とホウ素（B）の混合ターゲットを用いて、アルゴン（A r）ガスと酸素（O₂）ガスの混合ガスの雰囲気中で、10 nm の厚さで形成した。

[0104] 上記のように形成した比較例 1 のバッファ膜（T a B O 膜）の波長 13.5 nm における屈折率 n_1 、消衰係数（屈折率虚部） k_1 、相対反射率 R_1 は、それぞれ以下の通りであった。

T a B O 膜： $n_1 = 0.955$ 、 $k_1 = 0.022$ 、 $R_1 = 60.8\%$

[0105] 次に、D C マグネトロンスパッタリング法（反応性スパッタリング法）により、吸収体膜としてルテニウム（R u）および窒素（N）からなる薄膜（R u N 膜）を形成した。吸収体膜は、R u ターゲットを用いて、クリプトン（K r）ガスと窒素（N₂）ガスの混合ガス雰囲気中で、40.0 nm の厚さで

形成した。

[0106] 上記のように形成した比較例1の吸収体膜（RuN膜）の波長13.5 nmにおける屈折率 n_2 、消衰係数（屈折率虚部） k_2 、相対反射率 R_2 は、それぞれ以下の通りであった。

RuN膜： $n_2 = 0.890$ 、 $k_2 = 0.016$ 、 $R_2 = 27.4\%$

[0107] 以上の手順で、比較例1の反射型マスクブランクを製造した。

[0108] 比較例1の反射型マスクブランクにおけるバッファ膜および吸収体膜に対して、式1の関係を満たすか否かについて検討したところ、式1の左辺（ $21.5 \times k_1^2 \times d_1^2 - 52.5 \times k_1 \times d_1 + 32.1$ ）の値は21.7、右辺（ R_2 ）の値は27.4となり、式1の関係を満たすものではなかった。そして、比較例1における吸収体膜とバッファ膜との間のコントラストは37.9%であり、40%を下回る値であった。

[0109] 次に、上記反射型マスクブランクを用いて、図2に示す工程に従って比較例1の反射型マスク200を製造した。

図2（b）に示される工程において、比較例1における吸収体パターンに対して、波長13.5 nmの光（検査用のEUV光）を用いたマスク検査（欠陥検査）を行ったところ、転写パターンを形成する上で問題となりうる欠陥部分を精度良く検出することができなかった。修正すべき欠陥部分を検出しきれず、吸収体パターンおよびバッファパターンに欠陥部分が残存してしまい、良好な吸収体パターンを有する反射型マスクを製造することができなかった。

[0110] 比較例1で作製した反射型マスクをEUVスキャナにセットし、半導体基板上に被加工膜とレジスト膜が形成されたウエハに対してEUV露光を行った。そして、この露光済レジスト膜を現像することによって、被加工膜が形成された半導体基板上にレジストパターンを形成した。このレジストパターンをエッチングにより被加工膜に転写したところ、残存していた欠陥部分が転写されてしまっていた。

そのため、実施例1および2の場合とは異なり、比較例1で作製した反射

型マスクを用いた場合には、所望の特性を有する半導体デバイスを製造することができなかった。

符号の説明

- [0111] 1 基板
- 2 多層反射膜
- 3 保護膜
- 4 バッファ膜（第1の薄膜）
- 4 a バッファパターン（転写パターン）
- 5 位相シフト機能を有する吸収体膜（第2の薄膜）
- 5 a 吸収体パターン（転写パターン）
- 5 b 欠陥部分
- 6 a レジストパターン
- 1 0 0 反射型マスクブランク
- 2 0 0 反射型マスク

請求の範囲

- [請求項1] 基板の主表面上に、多層反射膜、第1の薄膜および第2の薄膜をこの順に備える反射型マスクブランクであって、
- 波長13.5 nmの光における前記多層反射膜の反射率に対する第2の薄膜の相対反射率 R_2 は3%以上であり、
- 波長13.5 nmの光における前記第1の薄膜の消衰係数を k_1 、前記第1の薄膜の厚さを d_1 [nm]としたとき、(式1)の関係を満たすことを特徴とする反射型マスクブランク。
- (式1) $21.5 \times k_1^2 \times d_1^2 - 52.5 \times k_1 \times d_1 + 32.1 > R_2$
- [請求項2] 前記相対反射率 R_2 は、32%以下であることを特徴とする請求項1記載の反射型マスクブランク。
- [請求項3] 前記第1の薄膜の消衰係数 k_1 は、0.05以下であることを特徴とする請求項1または2に記載の反射型マスクブランク。
- [請求項4] 前記第1の薄膜の厚さ d_1 は、1 nm以上30 nm以下であることを特徴とする請求項1から3のいずれかに記載の反射型マスクブランク。
- [請求項5] 前記第1の薄膜は、金属元素と、酸素および窒素のうち少なくともいずれかの元素とを含有していることを特徴とする請求項1から4のいずれかに記載の反射型マスクブランク。
- [請求項6] 前記第2の薄膜は、金属元素を含有していることを特徴とする請求項1から5のいずれかに記載の反射型マスクブランク。
- [請求項7] 前記多層反射膜と前記第1の薄膜の間に保護膜を備えることを特徴とする請求項1から6のいずれかに記載の反射型マスクブランク。
- [請求項8] 前記保護膜は、ルテニウムを含有することを特徴とする請求項7記載の反射型マスクブランク。
- [請求項9] 請求項1から請求項8のいずれかに記載の反射型マスクブランクの前記第1の薄膜および前記第2の薄膜に転写パターンが形成されてい

ることを特徴とする反射型マスク。

[請求項10]

請求項1から請求項8のいずれかに記載の反射型マスクブランクを用いる反射型マスクの製造方法であって、

前記第2の薄膜に転写パターンを形成する工程と、

前記転写パターンが形成された第2の薄膜に対し、波長13.5 nmの光を含む検査光を用いて前記転写パターンの欠陥検査を行う工程と、

前記欠陥検査で検出された第2の薄膜の転写パターンに存在する欠陥に対し、フッ素を含有する物質を供給しつつ荷電粒子を照射する欠陥修正を行う工程と、

前記欠陥修正後、前記第1の薄膜に転写パターンを形成する工程とを有することを特徴とする反射型マスクの製造方法。

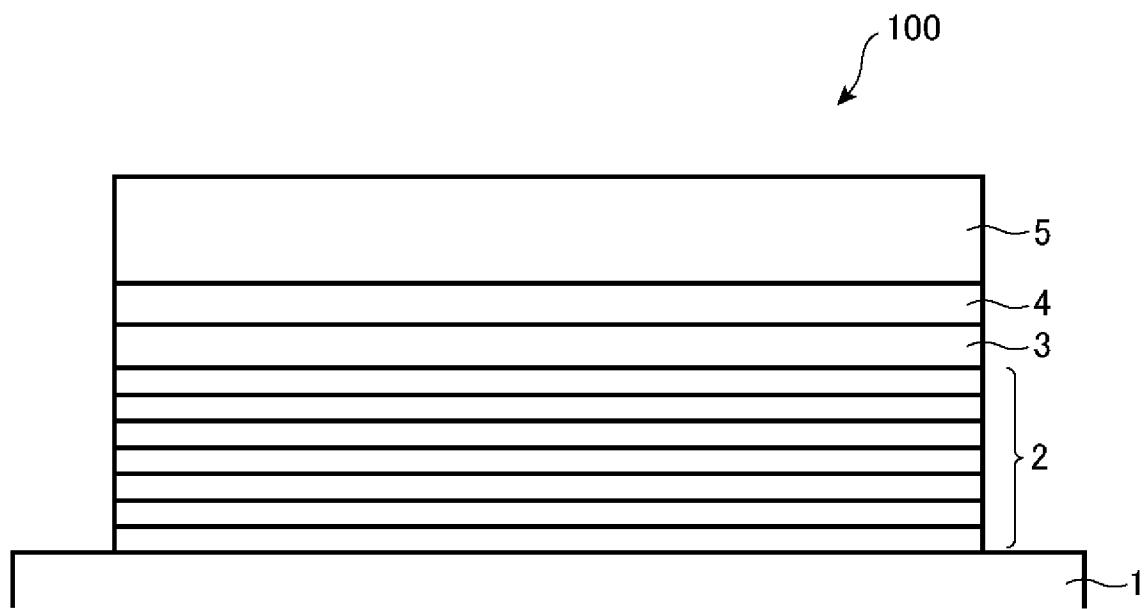
[請求項11]

請求項9記載の反射型マスクを用い、半導体基板上のレジスト膜に転写パターンを露光転写する工程を備えることを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

[請求項12]

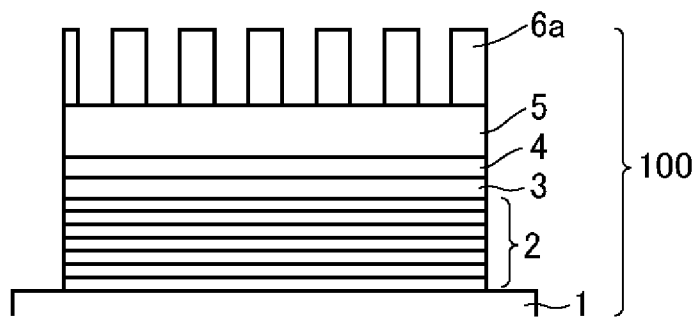
請求項10記載の反射型マスクの製造方法によって製造された反射型マスクを用い、半導体基板上のレジスト膜に転写パターンを露光転写する工程を備えることを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

[図1]

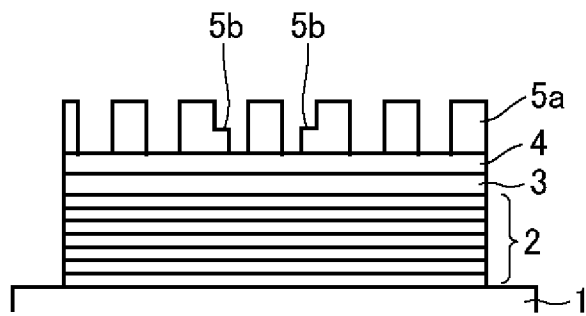


[図2]

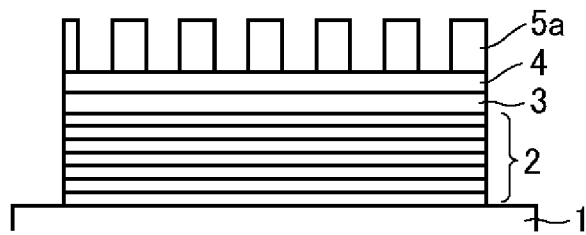
(a)



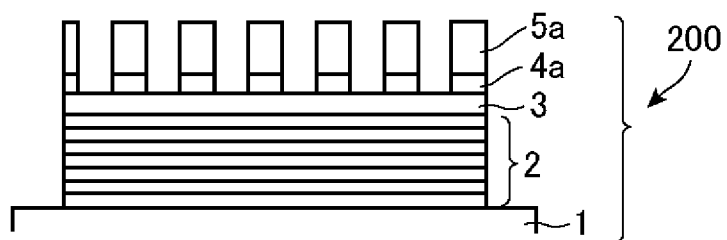
(b)



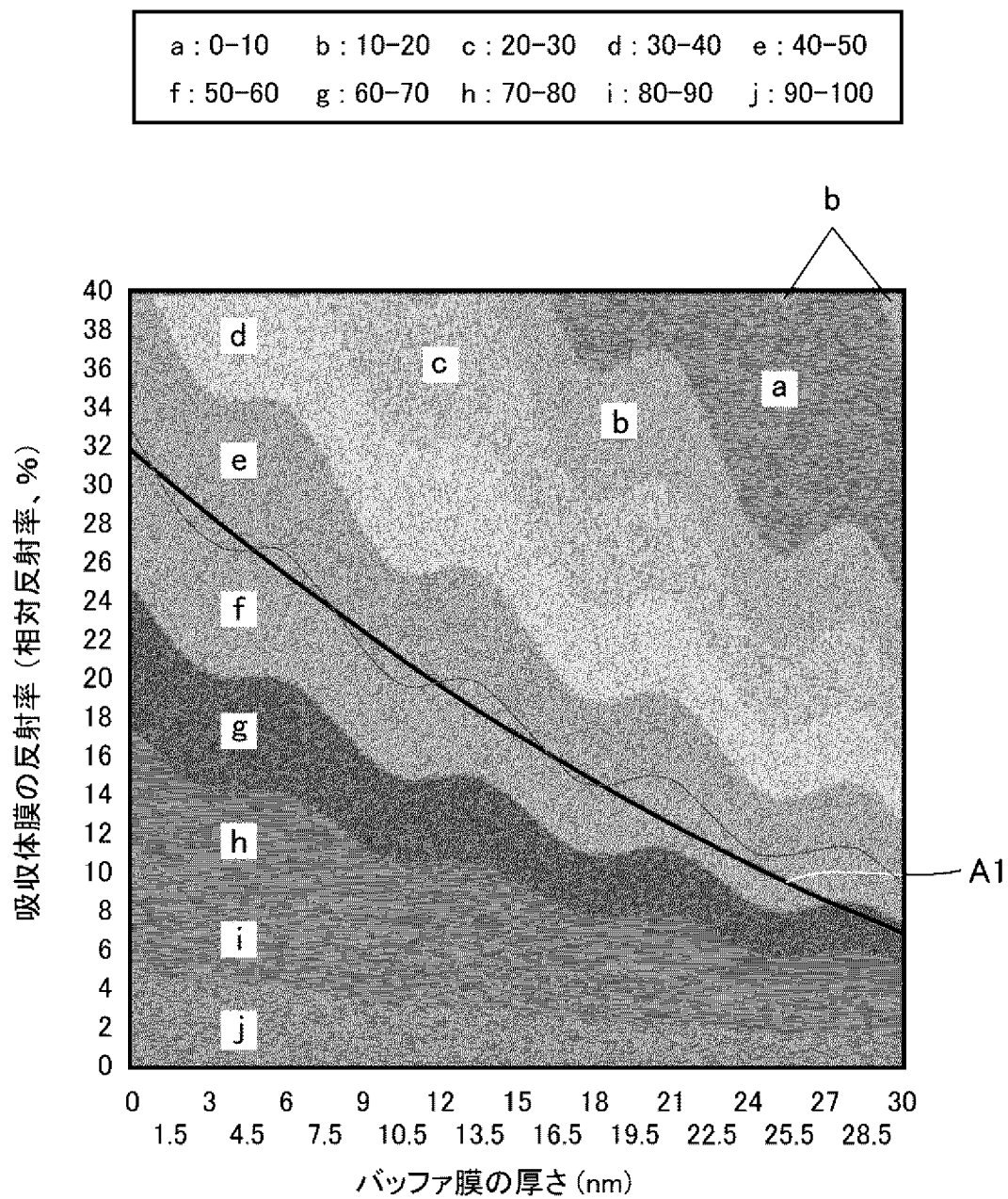
(c)



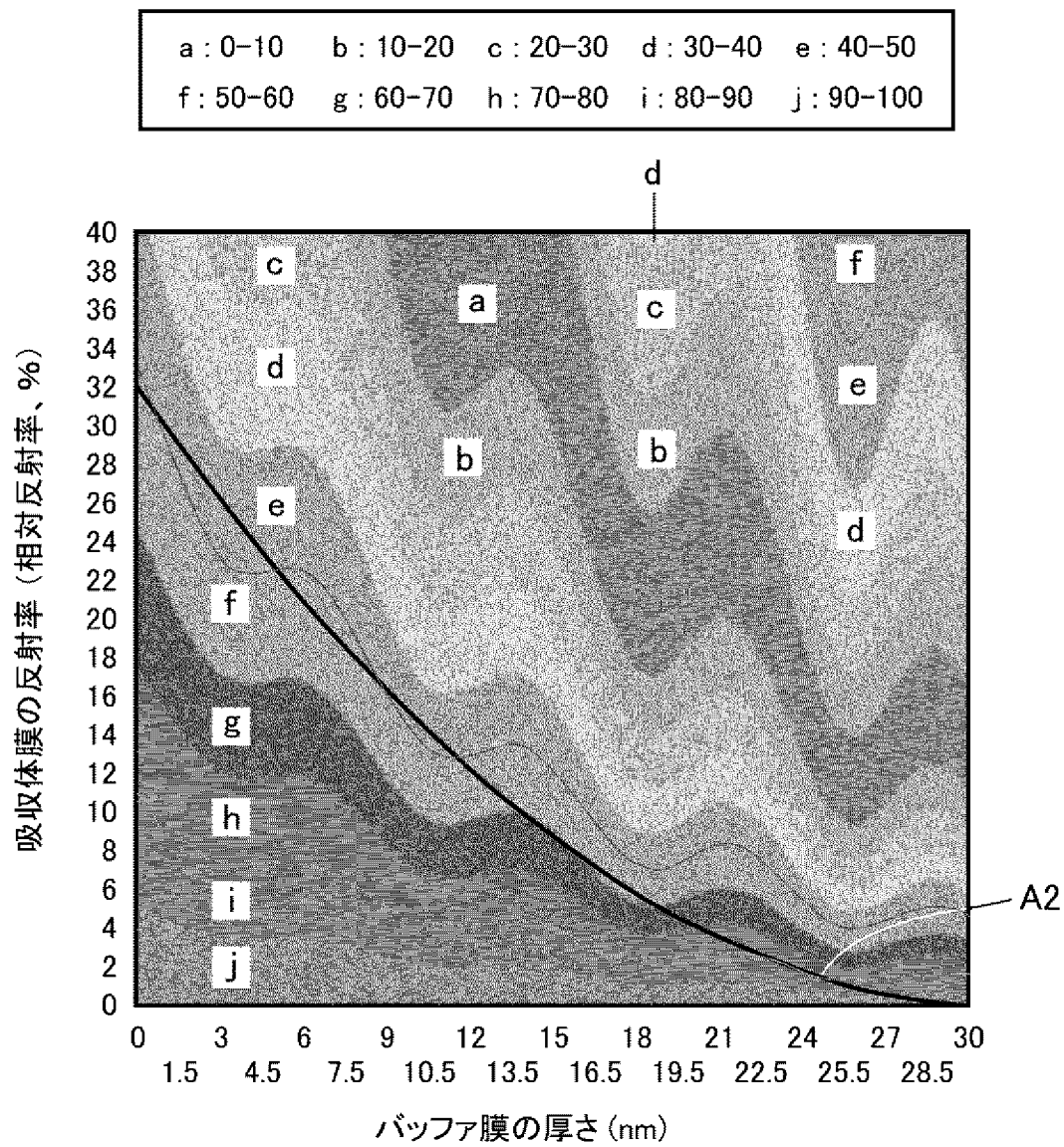
(d)



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/045162

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G03F 1/24**(2012.01)i; **G03F 1/74**(2012.01)i; **G03F 1/84**(2012.01)i; **C23C 14/06**(2006.01)i

FI: G03F1/24; G03F1/84; G03F1/74; C23C14/06 N

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G03F1/24; G03F1/74; G03F1/84; C23C14/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2020/175354 A1 (HOYA CORP) 03 September 2020 (2020-09-03) paragraphs [0051]-[0053], [0151]-[0157], [0186], fig. 1	1-9
Y		10-12
Y	JP 2014-514735 A (KLA-TENCOR CORPORATION) 19 June 2014 (2014-06-19) paragraphs [0013], [0023], [0039]	10-12
Y	JP 2017-151480 A (HOYA CORP) 31 August 2017 (2017-08-31) claims 12-14	10-12
A	WO 2020/235612 A1 (AGC INC) 26 November 2020 (2020-11-26) paragraph [0023]	1-12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 December 2021

Date of mailing of the international search report

11 January 2022

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/045162

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2020/175354	A1	03 September 2020	KR 10-2021-0126592 A paragraphs [0074]-[0077], [0183]-[0190], [0225], fig. 1 TW 202038001 A	
JP	2014-514735	A	19 June 2014	US 2012/0238096 A1 paragraphs [0029], [0039], [0054] WO 2012/125581 A2	
JP	2017-151480	A	31 August 2017	(Family: none)	
WO	2020/235612	A1	26 November 2020	TW 202043908 A paragraph [0023]	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G03F 1/24(2012.01)i; G03F 1/74(2012.01)i; G03F 1/84(2012.01)i; C23C 14/06(2006.01)i FI: G03F1/24; G03F1/84; G03F1/74; C23C14/06 N										
B. 調査を行った分野										
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G03F1/24; G03F1/74; G03F1/84; C23C14/06										
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2021年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2021年	日本国実用新案登録公報	1996-2021年	日本国登録実用新案公報	1994-2021年
日本国実用新案公報	1922-1996年									
日本国公開実用新案公報	1971-2021年									
日本国実用新案登録公報	1996-2021年									
日本国登録実用新案公報	1994-2021年									
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）										
C. 関連すると認められる文献										
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号								
X	WO 2020/175354 A1 (H O Y A株式会社) 03.09.2020 (2020 - 09 - 03) 段落0051-0053, 0151-0157, 0186, 図1	1-9								
Y		10-12								
Y	JP 2014-514735 A (ケーエルエーテンカー コーポレイション) 19.06.2014 (2014 - 06 - 19) 段落0013, 0023, 0039	10-12								
Y	JP 2017-151480 A (H O Y A株式会社) 31.08.2017 (2017 - 08 - 31) 請求項12-14	10-12								
A	WO 2020/235612 A1 (A G C株式会社) 26.11.2020 (2020 - 11 - 26) 段落0023	1-12								
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。										
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献										
国際調査を完了した日 23.12.2021		国際調査報告の発送日 11.01.2022								
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 田中 秀直 2G 3409 電話番号 03-3581-1101 内線 3226								

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/045162

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2020/175354	A1	03.09.2020	KR 10-2021-0126592 A 段落0074-0077, 0183-0190, 0225, 図1 TW 202038001 A	
JP	2014-514735	A	19.06.2014	US 2012/0238096 A1 段落0029, 0039, 0054 WO 2012/125581 A2	
JP	2017-151480	A	31.08.2017	(ファミリーなし)	
WO	2020/235612	A1	26.11.2020	TW 202043908 A 段落0023	