

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5185888号
(P5185888)

(45) 発行日 平成25年4月17日(2013.4.17)

(24) 登録日 平成25年1月25日(2013.1.25)

(51) Int. Cl. F I
G03F 1/54 (2012.01) GO3F 1/54
G03F 1/80 (2012.01) GO3F 1/80
H01L 21/027 (2006.01) H01L 21/30 502P

請求項の数 7 (全 22 頁)

| | | | |
|--------------|-------------------------------------|-----------|--------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2009-132282 (P2009-132282) | (73) 特許権者 | 000113263 |
| (22) 出願日 | 平成21年6月1日(2009.6.1) | | H O Y A 株式会社 |
| (62) 分割の表示 | 特願2005-200340 (P2005-200340) の分割 | | 東京都新宿区中落合2丁目7番5号 |
| 原出願日 | 平成17年7月8日(2005.7.8) | (74) 代理人 | 100092783 |
| (65) 公開番号 | 特開2009-230151 (P2009-230151A) | | 弁理士 小林 浩 |
| (43) 公開日 | 平成21年10月8日(2009.10.8) | (74) 代理人 | 100095360 |
| 審査請求日 | 平成21年7月1日(2009.7.1) | | 弁理士 片山 英二 |
| (31) 優先権主張番号 | 特願2004-202621 (P2004-202621) | (74) 代理人 | 100114409 |
| (32) 優先日 | 平成16年7月9日(2004.7.9) | | 弁理士 古橋 伸茂 |
| (33) 優先権主張国 | 日本国(JP) | (74) 代理人 | 100104282 |
| | | | 弁理士 鈴木 康仁 |
| | | (72) 発明者 | 小湊 淳志 |
| | | | 東京都新宿区中落合二丁目7番5号 H O Y A 株式会社内 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フォトマスクブランク及びフォトマスク

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

透光性基板上に、薄膜を有するフォトマスクブランクであって、
 前記フォトマスクブランクは、該フォトマスクブランク上に形成されるレジストパターンをマスクにしてドライエッチング処理により、前記薄膜をパターンニングするフォトマスクの作製方法に対応するドライエッチング処理用のフォトマスクブランクであって、
 前記薄膜は、窒素及び酸素を含むクロム系材料からなり、
前記薄膜の窒素の含有量が4～47原子%であり、酸素の含有量が1～66原子%であり、クロムの含有量が30～52原子%であり、

前記薄膜は、前記ドライエッチング処理において、C1₂とO₂の混合ガス(C1₂:O₂=4:1)のドライエッチングガスを用いたときの前記レジストとの選択比が1を超え5以下であり、

前記レジストは、膜厚が200nm以下の化学増幅型レジストであることを特徴とするフォトマスクブランク。

【請求項2】

前記フォトマスクブランクは、バイナリマスク用であり、
 前記レジストの膜厚は、150nm以下であることを特徴とする請求項1に記載のフォトマスクブランク。

【請求項3】

前記フォトマスクブランクは、波長200nm以下の露光光を露光光源とする露光装置

に用いられることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のフォトマスクブランク。

【請求項 4】

前記薄膜の窒素の含有量は、4 ~ 22 原子%であり、酸素の含有量が 32 ~ 66 原子%であり、クロムの含有量が 30 ~ 36 原子%であることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載のフォトマスクブランク。

【請求項 5】

前記ドライエッチングガスを用いたときの前記薄膜のエッチングレートが 0.37 ~ 0.60 nm / 秒であることを特徴とする、請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載のフォトマスクブランク。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載のフォトマスクブランクにおける前記薄膜を、ドライエッチングによりパターンニングする工程を有することを特徴とするフォトマスクの製造方法。

10

【請求項 7】

請求項 6 に記載のフォトマスクの製造方法により得られるフォトマスクを使用して、フォトリソグラフィ法により半導体基板上に回路パターンを形成することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、ドライエッチング用に遮光膜のドライエッチング速度を最適化させたフォトマスクブランク及びフォトマスクの製造方法に関する。特に、波長 200 nm 以下の短波長の露光光を露光光源とする露光装置に用いられるフォトマスクを製造するためのフォトマスクブランク及びフォトマスクの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、半導体装置の製造工程では、フォトリソグラフィ法を用いて微細パターンの形成が行われている。また、この微細パターンの形成には通常何枚ものフォトマスクと呼ばれる基板が使用される。このフォトマスクは、一般に透光性のガラス基板上に、金属薄膜等からなる遮光性の微細パターンを設けたものであり、このフォトマスクの製造においてもフォトリソグラフィ法が用いられている。

30

【0003】

フォトリソグラフィ法によるフォトマスクの製造には、ガラス基板等の透光性基板上に遮光膜を有するフォトマスクブランクが用いられる。このフォトマスクブランクを用いたフォトマスクの製造は、フォトマスクブランク上に形成されたレジスト膜に対し、所望のパターン露光を施す露光工程と、所望のパターン露光に従って前記レジスト膜を現像してレジストパターンを形成する現像工程と、レジストパターンに沿って前記遮光膜をエッチングするエッチング工程と、残存したレジストパターンを剥離除去する工程とを有して行われている。上記現像工程では、フォトマスクブランク上に形成されたレジスト膜に対し所望のパターン露光を施した後に現像液を供給して、現像液に可溶性レジスト膜の部位を溶解し、レジストパターンを形成する。また、上記エッチング工程では、このレジストパターンをマスクとして、ドライエッチング又はウェットエッチングによって、レジストパターンの形成されていない遮光膜が露出した部位を溶解し、これにより所望のマスクパターンを透光性基板上に形成する。こうして、フォトマスクが出来上がる。

40

【0004】

半導体装置のパターンを微細化するに当たっては、フォトマスクに形成されるマスクパターンの微細化に加え、フォトリソグラフィで使用される露光光源波長の短波長化が必要となる。半導体装置製造の際の露光光源としては、近年では KrF エキシマレーザー（波長 248 nm）から、ArF エキシマレーザー（波長 193 nm）、更には F2 エキシマ

50

レーザー（波長157nm）へと短波長化が進んでいる。

その一方で、フォトマスクやフォトマスクブランクにおいては、フォトマスクに形成されるマスクパターンを微細化するに当たっては、フォトマスクブランクにおけるレジスト膜の薄膜化と、フォトマスク製造の際のパターニング手法として、ドライエッチング加工が必要である。

【0005】

しかし、レジスト膜の薄膜化とドライエッチング加工は、以下に示す技術的な問題が生じている。

一つは、フォトマスクブランクのレジスト膜の薄膜化を進める際、遮光膜の加工時間が1つの大きな制限事項となっていることである。遮光膜の材料としては、一般にクロムが用いられ、クロムのドライエッチング加工では、エッチングガスに塩素ガスと酸素ガスの混合ガスが用いられている。レジストパターンをマスクにして遮光膜をドライエッチングでパターニングする際、レジストは有機膜でありその主成分は炭素であるので、ドライエッチング環境である酸素プラズマに対しては非常に弱い。遮光膜をドライエッチングでパターニングする間、その遮光膜上に形成されているレジストパターンは十分な膜厚で残っていなければならない。一つの指標として、マスクパターンの断面形状を良好にするために、ジャストエッチングタイムの2倍（100%オーバーエッチング）程度を行っても残存するようなレジスト膜厚にしなければならない。例えば、一般には、遮光膜の材料であるクロムと、レジスト膜とのエッチング選択比は1以下となっているので、レジスト膜の膜厚は、遮光膜の膜厚の2倍以上の膜厚が必要となることになる。遮光膜の加工時間を短くする方法として、遮光膜の薄膜化が考えられる。遮光膜の薄膜化については、下記特許文献1に提案されている。

【0006】

下記特許文献1には、フォトマスクの製造において、透明基板上のクロム遮光膜の膜厚を薄膜化することにより、エッチング時間を短くでき、クロムパターンの形状を改善することが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開平10-69055号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、遮光膜の膜厚を薄くしようとすると、遮光性が不十分となるため、このようなフォトマスクを使用してパターン転写を行っても、転写パターン不良が発生してしまう。遮光膜は、その遮光性を十分確保するためには、所定の光学濃度（通常3.0以上）が必要となるため、上記特許文献1のように遮光膜の膜厚を薄くするといっても、自ずと限界が生じる。

【0009】

そこで本発明は、従来の問題点を解決するべくなされたものであり、その目的とするところは、第一に、遮光膜のドライエッチング速度を高めることで、ドライエッチング時間が短縮でき、レジスト膜の膜減りを低減する。その結果、レジスト膜の薄膜化（300nm以下）が可能となり、解像性、パターン精度（CD精度）を向上できる。更に、ドライエッチング時間の短縮化により、断面形状の良好な遮光膜のパターンが形成することができるフォトマスクブランク、及びフォトマスクの製造方法を提供することである。

第二に、波長200nm以下の露光光を露光光源とする露光装置に用いることで、遮光膜に必要な遮光性能を有しつつ、遮光膜の薄膜化により、断面形状の良好な遮光膜のパターンが形成することができるフォトマスクブランク、及びフォトマスクの製造方法を提供することである。

第三に、遮光膜のパターン精度を向上させるフォトマスクブランク、及びフォトマスクの

10

20

30

40

50

製造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記課題を解決するため、本発明は以下の構成を有する。

(構成1) 透光性基板上に遮光膜を有するフォトマスクブランクにおいて、前記フォトマスクブランクは、前記遮光膜上に形成されるレジストパターンをマスクにしてドライエッチング処理により、前記遮光膜をパターニングするフォトマスクの作製方法に対応するドライエッチング処理用のマスクブランクであって、前記遮光膜は、前記ドライエッチング処理において、前記レジストとの選択比が1を超える材料で構成したことを特徴とするフォトマスクブランク。

10

(構成2) 透光性基板上に遮光膜を有するフォトマスクブランクにおいて、前記フォトマスクブランクは、前記遮光膜上に形成されるレジストパターンをマスクにしてドライエッチング処理により、前記遮光膜をパターニングするフォトマスクの作製方法に対応するドライエッチング処理用のマスクブランクであって、前記遮光膜は、前記ドライエッチング処理において、前記レジストの膜減り速度よりエッチング速度が速い材料で構成したことを特徴とするフォトマスクブランク。

(構成3) 前記レジスト膜の膜厚が300nm以下とすることを特徴とする構成1又は2記載のフォトマスクブランク。

(構成4) 透光性基板上に遮光膜を有するフォトマスクブランクにおいて、前記フォトマスクブランクは、前記遮光膜上に形成されるレジストパターンをマスクにしてドライエッチング処理により、少なくとも前記遮光膜をパターニングするフォトマスクの作製方法に対応するドライエッチング処理用のマスクブランクであって、前記レジストの膜厚を300nm以下と薄くしても前記遮光膜をパターニングした後に前記遮光膜上にレジストが残存するように、前記遮光膜のドライエッチング速度を速くさせたことを特徴とするフォトマスクブランク。

20

(構成5) 前記遮光膜はクロムを含む材料からなることを特徴とする構成1乃至4の何れかーに記載のフォトマスクブランク。

【0011】

(構成6) 前記レジストの膜減り速度より前記遮光膜のドライエッチング速度が速くなる添加元素の量が制御されていることを特徴とする構成2乃至5の何れかーに記載のフォトマスクブランク。

30

(構成7) 透光性基板上に遮光膜を有するフォトマスクブランクにおいて、前記フォトマスクブランクは、波長200nm以下の露光光を露光光源とする露光装置に用いられるフォトマスクを製造するためのフォトマスクブランクであって、前記遮光膜は、クロムと、クロム単体よりもドライエッチング速度が速くなる添加元素とを含む材料からなり、所望の遮光性を有するように遮光膜の膜厚が設定されていることを特徴とするフォトマスクブランク。

(構成8) 前記遮光膜中に含まれる添加元素は、酸素と窒素の少なくとも一方の元素を含むことを特徴とする構成6又は7に記載のフォトマスクブランク。

(構成9) 前記遮光膜の上層部に、酸素を含む反射防止層を有することを特徴とする構成1乃至8の何れかーに記載のフォトマスクブランク。

40

(構成10) 前記反射防止層には更に炭素が含まれていることを特徴とする構成9記載のフォトマスクブランク。

【0012】

(構成11) 前記遮光膜全体に占める反射防止層の割合を0.45以下とすることを特徴とする構成9又は10記載のフォトマスクブランク。

(構成12) 前記ドライエッチング処理は、プラズマ中で処理されることを特徴とする構成1乃至11の何れかーに記載のフォトマスクブランク。

(構成13) 前記遮光膜をパターニングする際に使用するドライエッチングガスは、塩素系ガス、又は、塩素系ガスと酸素ガスとを含む混合ガスからなることを特徴とする構成1

50

乃至 12 の何れかーに記載のフォトマスクブランク。

(構成 14) 前記レジストは電子線描画用レジストであることを特徴とする構成 1 乃至 13 の何れかーに記載のフォトマスクブランク。

(構成 15) 前記レジストは化学増幅型レジストであることを特徴とする構成 1 乃至 14 の何れかーに記載のフォトマスクブランク。

【0013】

(構成 16) 前記遮光膜の膜厚は、露光光に対して光学濃度 3.0 以上となるように設定されていることを特徴とする構成 1 乃至 15 の何れかーに記載のフォトマスクブランク。

(構成 17) 前記遮光膜の膜厚が 90 nm 以下であることを特徴とする構成 16 記載のフォトマスクブランク。

(構成 18) 前記透光性基板と前記遮光膜との間に、ハーフトーン型位相シフター膜が形成されていることを特徴とする構成 1 乃至 15 の何れかーに記載のフォトマスクブランク。

(構成 19) 前記遮光膜は、前記ハーフトーン型位相シフター膜との積層構造において、露光光に対して光学濃度 3.0 以上となるように設定されていることを特徴とする構成 18 記載のフォトマスクブランク。

(構成 20) 前記遮光膜の膜厚が 50 nm 以下であることを特徴とする構成 19 記載のフォトマスクブランク。

【0014】

(構成 21) 構成 1 乃至 20 の何れかに記載のフォトマスクブランクにおける前記遮光膜を、ドライエッチングによりパターンニングする工程を有することを特徴とするフォトマスクの製造方法。

(構成 22) 前記フォトマスクブランクとして、クロムに少なくとも酸素を含む材料からなる遮光膜を有するフォトマスクブランクを用い、前記ドライエッチングに、塩素系ガスと酸素ガスの混合ガスからなるドライエッチングガスを用いた際に、前記フォトマスクブランクの遮光膜に含まれる酸素の含有量に応じ、前記ドライエッチングガス中の酸素の含有量を低減させた条件において、ドライエッチングを行うことを特徴とする構成 21 記載のフォトマスクの製造方法。

(構成 23) 構成 21 又は 22 に記載のフォトマスクの製造方法により得られるフォトマスクを使用して、フォトリソグラフィ法により半導体基板上に回路パターンを形成することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【0015】

構成 1 にあるように、本発明のフォトマスクブランクは、透光性基板上に遮光膜を有するフォトマスクブランクにおいて、前記フォトマスクブランクは、前記遮光膜上に形成されるレジストパターンをマスクにしてドライエッチング処理により、少なくとも前記遮光膜をパターンニングするフォトマスクの作製方法に対応するドライエッチング処理用のマスクブランクであって、前記遮光膜は、前記ドライエッチング処理において、前記レジストとの選択比が 1 を超える材料で構成している。

遮光膜を、ドライエッチング処理において、レジストとの選択比が 1 を超える材料として、ドライエッチング処理において、レジストよりも遮光膜の方が速くドライエッチングにより除去されるので、遮光膜のパターンニングに必要なレジスト膜の膜厚を薄くすることができ、遮光膜のパターン精度 (CD 精度) が良好になる。また、レジストよりも遮光膜の方が速くドライエッチングにより除去されるので、ドライエッチング時間の短縮化により、断面形状の良好な遮光膜のパターンを形成することができる。

【0016】

また、構成 2 にあるように、本発明のフォトマスクブランクは、透光性基板上に遮光膜を有するフォトマスクブランクにおいて、前記フォトマスクブランクは、前記遮光膜上に形成されるレジストパターンをマスクにしてドライエッチング処理により、前記遮光膜をパターンニングするフォトマスクの作製方法に対応するドライエッチング処理用のマスクブランクであって、前記遮光膜は、前記ドライエッチング処理において、前記レジストの膜減

10

20

30

40

50

り速度よりエッチング速度が速い材料で構成している。

遮光膜を、ドライエッチング処理において、レジストのエッチング速度よりエッチング速度が速い材料としているので、ドライエッチング処理において、レジストよりも遮光膜の方が速くドライエッチングにより除去されるので、遮光膜のパターニングに必要なレジスト膜の膜厚を薄くすることができ、遮光膜のパターン精度(CD精度)が良好になる。また、レジストよりも遮光膜の方が速くドライエッチングにより除去されるので、ドライエッチング時間の短縮により、断面形状の良好な遮光膜のパターンを形成することができる。

【0017】

構成3にあるように、構成1、2において、レジスト膜の膜厚は300nm以下とすることが可能となる。レジスト膜の膜厚を300nm以下とすることにより、設計寸法に対するCDシフト量の変化が小さくなるので、CDリニアリティーが良好になる。尚、レジスト膜の膜厚の下限は、レジストパターンをマスクにして遮光膜をドライエッチングしたときに、レジスト膜が残存するように設定されることが好ましい。

また、構成4にあるように、本発明のフォトマスクブランクは、透光性基板上に遮光膜を有するフォトマスクブランクにおいて、前記フォトマスクブランクは、前記遮光膜上に形成されるレジストパターンをマスクにしてドライエッチング処理により、少なくとも前記遮光膜をパターンニングするフォトマスクの作製方法に対応するドライエッチング処理用のマスクブランクであって、前記レジストの膜厚を300nm以下と薄くしても前記遮光膜をパターンニングした後に前記遮光膜上にレジストが残存するように、前記遮光膜のドライエッチング速度を速くさせている。

遮光膜をドライエッチング処理によってパターンニングする際にレジスト膜の膜減りが起こっても、遮光膜のパターニング終了時点でレジスト膜が残存するように、遮光膜のドライエッチング速度が制御されている。従って、設計どおりの所望の遮光膜パターンを形成することができる。即ち、遮光膜のパターン精度を向上することができる。

【0018】

また、遮光膜のドライエッチング速度を高めることで、レジスト膜の膜減りが低減できるので、遮光膜のパターニングに必要なレジスト膜の膜厚を300nm以下と薄くすることができるので、遮光膜のパターン精度(CD精度)が更に良好となる。

更に、遮光膜のドライエッチング速度を高めることで、ドライエッチング時間の短縮化により、断面形状の良好な遮光膜のパターンを形成することができる。

構成5にあるように、本発明において遮光膜は、クロムを含む材料とすることが好ましい。

構成6にあるように、遮光膜のドライエッチング速度を、レジストのドライエッチング速度(膜減り速度)よりも速くなるように、遮光膜中にドライエッチング速度が速くなる添加元素を添加し、その添加元素の含有量を制御することにより、容易に本発明の効果が得られるので好ましい。

【0019】

構成7にあるように、本発明のフォトマスクブランクは、透光性基板上に遮光膜を有するフォトマスクブランクにおいて、前記フォトマスクブランクは、波長200nm以下の露光光を露光光源とする露光装置に用いられるフォトマスクを製造するためのフォトマスクブランクであって、前記遮光膜は、クロムと、クロム単体よりもドライエッチング速度が速くなる添加元素とを含む材料からなり、所望の遮光性を有するように遮光膜の膜厚が設定されている。

本発明においては、遮光膜の膜厚をできるだけ薄くするという従来の考え方ではなく、遮光膜の材料をドライエッチング速度が速くなる材料に変更することで、ドライエッチング時間を短くできる。ところで、ドライエッチング速度が速い材料は、従来露光装置において使用されている波長であるi線(365nm)やKrFエキシマレーザー(248nm)においては、吸収係数が小さいため、所望の光学濃度を得るには膜厚が厚くする必要があり、ドライエッチング時間の短縮は望めなかった。本発明者は、露光波長が200nm

10

20

30

40

50

以下の、例えばArFエキシマレーザー（193nm）やF2エキシマレーザー（157nm）においては、ドライエッチング速度が速くなる材料においても、ある程度の吸収係数を有するようになり、膜厚を特に厚くしなくてもある程度の薄膜で所望の光学濃度を得ることができることを見出した。

【0020】

すなわち、本発明においては、波長200nm以下の露光光を露光光源とする露光装置に用いられるフォトマスクを製造するためのフォトマスクブランクであって、遮光膜をある程度の薄膜で、かつドライエッチング速度の速い材料で形成することによって、ドライエッチング時間の短縮化を図ったものである。そして、このドライエッチング時間の短縮化により、断面形状の良好な遮光膜のパターンを形成することができる。

10

本発明では、遮光膜は、クロムと、クロム単体よりもドライエッチング速度が速くなる添加元素とを含む材料からなる。

【0021】

構成8にあるように、上記構成6、7における遮光膜中に含まれるドライエッチング速度を速くする前記添加元素は、酸素と窒素の少なくとも一方の元素を含むものである。クロムとこれらの添加元素とを含む材料からなる遮光膜は、クロム単体からなる遮光膜よりもドライエッチング速度が速くなり、ドライエッチング時間の短縮化を図ることができる。また、このようなクロム系材料の遮光膜は、200nm以下の露光波長においては、膜厚を特に厚くしなくてもある程度の薄膜で所望の光学濃度を得ることができる。

20

【0022】

構成9にあるように、前記遮光膜は、酸素を含む反射防止層を有することができる。このような反射防止層を有することにより、露光波長における反射率を低反射率に抑えることができるので、フォトマスク使用時の定在波の影響を低減することが出来る。また、フォトマスクブランクやフォトマスクの欠陥検査に用いる波長（例えば257nm、364nm、488nm等）に対する反射率を低く抑えることができるので、欠陥を検出する精度が向上する。

【0023】

構成10にあるように、前記反射防止層には更に炭素が含むことにより、特に、欠陥検査に用いる検査波長に対する反射率を更に低減することができる。好ましくは、検査波長に対する反射率が20%以下となる程度、反射防止層に炭素を含むことが好ましい。

30

反射防止層に炭素が含まれる場合、ドライエッチング速度が低下する傾向にあるので、本発明の効果を最大限に発揮するためには、構成11にあるように、遮光膜全体に占める反射防止層の割合を0.45以下とすることが望ましい。

【0024】

構成12にあるように、本発明の遮光膜は、ドライエッチング処理として、プラズマ中で処理される場合、即ち、レジスト膜がプラズマにさらされて膜減りされる環境において、特に効果が発揮される。

構成13にあるように、遮光膜をパターンングする際に使用するドライエッチングガスには、塩素系ガス、又は、塩素系ガスと酸素ガスとを含む混合ガスからなるドライエッチングガスを用いることが本発明にとって好適である。本発明におけるクロムと酸素、窒素等の元素とを含む材料からなる遮光膜に対しては、上記のドライエッチングガスを用いてドライエッチングを行うことにより、ドライエッチング時間の短縮化を図ることができる。

40

構成14にあるように、本発明において使用するレジストは、電子線描画用レジストとすることにより、レジスト膜の薄膜化が可能となり、遮光膜のパターン精度（CD精度）を向上することができるので好ましい。

【0025】

構成15にあるように、前記レジストは、化学増幅型レジストであることが望ましい。遮光膜上に形成するレジストとして化学増幅型レジストとすることにより、高解像性が得られる。従って、半導体デザインルールで65nmノードや45nmノードといった微細パターンを必要とする用途にも充分対応できる。また、化学増幅型レジストは、高分子型レ

50

ジストに比べてドライエッチング耐性が良いので、レジスト膜厚をさらに薄膜化することができる。よって、CDリニアリティーが向上する。

【0026】

構成16にあるように、バイナリマスク用フォトマスクブランクにおいては、前記遮光膜の膜厚は、露光光に対して光学濃度3.0以上となるように設定される。具体的には、構成17にあるように、遮光膜の膜厚は90nm以下であることが本発明には好適である。遮光膜の膜厚を90nm以下とすることにより、ドライエッチング時のグローバルローディング現象及びマイクロローディング現象(大きなパターン部分に比べ、微細なパターン部分のエッチングレートが小さくなる現象)による線幅エラーを低減することができる。また、本発明における遮光膜は、200nm以下の露光波長においては、膜厚を90nm以下の薄膜としても所望の光学濃度を得ることができる。尚、遮光膜の膜厚の下限については特に制約はない。所望の光学濃度が得られる限りにおいては遮光膜の膜厚は薄くすることができる。

10

【0027】

また、構成18にあるように、透光性基板と遮光膜との間に、ハーフトーン型位相シフター膜を形成しても良い。その場合、構成19にあるように、遮光膜は、ハーフトーン型位相シフター膜との積層構造において、露光光に対して光学濃度3.0以上となるように設定される。具体的には、構成20にあるように、遮光膜の膜厚が50nm以下とすることができる。よって、上述と同様に遮光膜の膜厚を50nm以下とすることにより、ドライエッチング時のグローバルローディング現象及びマイクロローディング現象(大きなパターン部分に比べ、微細なパターン部分のエッチングレートが小さくなる現象)による線幅エラーを更に低減することができる。

20

構成21にあるように、構成1乃至17の何れかに記載のフォトマスクブランクにおける遮光膜をドライエッチングを用いてパターンニングする工程を有するフォトマスクの製造方法によれば、ドライエッチング時間を短縮でき、断面形状の良好な遮光膜パターンが精度良く形成されたフォトマスクを得ることができる。

【0028】

構成22にあるように、フォトマスクブランクとして、クロムに少なくとも酸素を含む材料からなる遮光膜を有するフォトマスクブランクを用い、ドライエッチングには、塩素系ガスと酸素ガスの混合ガスからなるドライエッチングガスを用いた際に、フォトマスクブランクの遮光膜に含まれる酸素の含有量に応じ、ドライエッチングガス中の酸素の含有量を低減させた条件において、ドライエッチングを行うことにより、ドライエッチング時のレジストパターンへのダメージを防止できるため、遮光膜のパターン精度の向上したフォトマスクが得られる。

30

クロム系材料からなる遮光膜のドライエッチングにおいては、最も一般的には、塩素系ガスを用いて、塩化クロミル(CrCl_2O_2)を生成させることで行われるため、基本的にエッチングガスには酸素が必要となり、通常は塩素系ガスに酸素ガスを混合したドライエッチングガスが用いられる。しかし、エッチングガス中の酸素は、レジストパターンにダメージを与えることが知られており、そのため、形成される遮光膜のパターン精度に悪影響を与える。そこで、フォトマスクブランクとして、クロムに少なくとも酸素を含む材料からなる遮光膜を有するフォトマスクブランクを用いた場合、遮光膜中の酸素とクロムと塩素系ガスとの反応により塩化クロミルが生成されるため、ドライエッチングガス中の酸素の量を低減もしくはゼロとすることが出来る。その結果、レジストパターンに悪影響を与える酸素の量を低減することが出来るため、ドライエッチングにより形成される遮光膜のパターン精度が向上する。従って、特にサブミクロンレベルのパターンサイズの微細パターンが高精度で形成されたフォトマスクを得ることが可能になる。

40

【0029】

構成23にあるように、構成21又は22により得られるフォトマスクを使用して、フォトリソグラフィ法により半導体基板上にパターン精度の良好な回路パターンを形成した半導体装置が得られる。

50

【発明の効果】

【0030】

本発明によれば、遮光膜のドライエッチング速度を高めることで、ドライエッチング時間が短縮でき、レジスト膜の膜減りを低減することができる。その結果、レジスト膜の薄膜化(300nm以下)が可能となり、パターンの解像性、パターン精度(CD精度)を向上することができる。更に、ドライエッチング時間の短縮化により、断面形状の良好な遮光膜パターンが形成できるフォトマスクブランクを提供することができる。また、本発明によれば、波長200nm以下の露光光を露光光源とする露光装置に用いることで、遮光膜に必要な遮光性能を有しつつ、遮光膜の薄膜化により、断面形状の良好な遮光膜のパターンが形成することができるフォトマスクブランク、フォトマスクの製造方法を提供する

10

【0031】

さらに、本発明によれば、ドライエッチング時のレジストパターンへのダメージを防止し、遮光膜のパターン精度を向上させるフォトマスクブランク、フォトマスクの製造方法を提供することができる。

さらに、本発明によれば、本発明により得られるフォトマスクを使用して、フォトリソグラフィにより半導体基板上にパターン精度の良好な回路パターンを形成した半導体装置が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】本発明のフォトマスクブランクの一実施の形態を示す断面図である。

【図2】フォトマスクブランクを用いたフォトマスクの製造工程を示す断面図である。

【図3】各実施例の遮光膜の分光カーブを示す図である。

【図4】実施例12に係るフォトマスクブランク及びこのフォトマスクブランクを用いたフォトマスクの製造工程を示す断面図である。

【図5】実施例12の遮光膜の表面反射率カーブを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0033】

以下、図面を参照して、本発明の実施の形態を詳述する。

図1は本発明のフォトマスクブランクの第一の実施の形態を示す断面図である。

図1のフォトマスクブランク10は、透光性基板1上に遮光膜2を有する形態のものである。ここで、透光性基板1としては、ガラス基板が一般的である。ガラス基板は、平坦度及び平滑度に優れるため、フォトマスクを使用して半導体基板上へのパターン転写を行う場合、転写パターンの歪み等が生じないで高精度のパターン転写を行える。

30

【0034】

上記遮光膜2は、その上に形成されるレジストパターンをマスクにしてドライエッチングによってパターンニングする際にレジスト膜の膜減りが起こっても、遮光膜のパターンニング終了時点でレジスト膜が残存するように、レジスト膜の膜厚と、遮光膜のドライエッチング速度が制御される。具体的な遮光膜2の材料としては、クロムと、クロム単体よりもドライエッチング速度が速くなる添加元素とを含む材料からなる。このようなクロム単体よりもドライエッチング速度が速くなる添加元素としては、酸素及び/又は窒素を少なくとも含むことが好ましい。遮光膜2中に酸素を含む場合の酸素の含有量は、5~80原子%の範囲が好適である。酸素の含有量が5原子%未満であると、クロム単体よりもドライエッチング速度が速くなる効果が得られ難い。一方、酸素の含有量が80原子%を超えると、波長200nm以下の例えばArFエキシマレーザー(波長193nm)における吸収係数が小さくなるため、所望の光学濃度を得るためには膜厚を厚くする必要が生じてしまう。また、ドライエッチングガス中の酸素の量を低減するという観点からは、遮光膜2中の酸素の含有量を特に60~80原子%の範囲とするのが好ましい。

40

【0035】

また、遮光膜2中に窒素を含む場合の窒素の含有量は、20~80原子%の範囲が好適で

50

ある。窒素の含有量が20原子%未満であると、クロム単体よりもドライエッチング速度が速くなる効果が得られ難い。また、窒素の含有量が80原子%を超えると、波長200nm以下の例えばArFエキシマレーザー（波長193nm）においての吸収係数が小さくなるため、所望の光学濃度を得るためには膜厚を厚くする必要が生じてしまう。

また、遮光膜2中に酸素と窒素の両方を含んでもよい。その場合の含有量は、酸素と窒素の合計が10～80原子%の範囲とするのが好適である。また、遮光膜2中に酸素と窒素の両方を含む場合の酸素と窒素の含有比は、特に制約はされず、吸収係数等の兼ね合いで適宜決定される。

なお、酸素及び/又は窒素を含む遮光膜2は、他に炭素、水素等の元素を含んでもよい。

【0036】

上記遮光膜2の形成方法は、特に制約する必要はないが、なかでもスパッタリング成膜法が好ましく挙げられる。スパッタリング成膜法によると、均一で膜厚の一定な膜を形成することが出来るので、本発明には好適である。透光性基板1上に、スパッタリング成膜法によって上記遮光膜2を成膜する場合、スパッタターゲットとしてクロム(Cr)ターゲットを用い、チャンパー内に導入するスパッタガスは、アルゴンガスに酸素、窒素もしくは二酸化炭素等のガスを混合したものをを用いる。アルゴンガスに酸素ガス或いは二酸化炭素ガスを混合したスパッタガスを用いると、クロムに酸素を含む遮光膜を形成することができ、アルゴンガスに窒素ガスを混合したスパッタガスを用いると、クロムに窒素を含む遮光膜を形成することができる。

【0037】

上記遮光膜2の膜厚は、90nm以下であることが好ましい。その理由は、近年におけるサブミクロンレベルのパターンサイズへのパターンの微細化に対応するためには、膜厚が90nmを超えると、ドライエッチング時のパターンのマイクロローディング現象等によって、微細パターンの形成が困難となる場合が考えられるためである。膜厚をある程度薄くすることによって、パターンのアスペクト比（パターン幅に対するパターン深さの比）の低減を図ることができ、グローバルローディング現象及びマイクロローディング現象による線幅エラーを低減することができる。さらに、膜厚をある程度薄くすることによって、特にサブミクロンレベルのパターンサイズのパターンに対し、パターンへのダメージ（倒壊等）を防止することが可能になる。本発明における遮光膜2は、200nm以下の露光波長においては、膜厚を90nm以下の薄膜としても所望の光学濃度（通常3.0以上）を得ることができる。遮光膜2の膜厚の下限については、所望の光学濃度が得られる限りにおいては薄くすることができる。

【0038】

また、上記遮光膜2は、単層であることに限られず、多層でもよいが、何れの膜にも酸素及び/又は窒素を含むことが好ましい。例えば、遮光膜2は、表層部（上層部）に反射防止層を含むものであってもよい。その場合、反射防止層としては、例えばCrO、Cr₂O₃、CrNO、CrCON等の材質が好ましく挙げられる。反射防止層を設けることによって、露光波長における反射率を例えば20%以下、好ましくは15%以下に抑えることが、フォトマスク使用時の定在波の影響を低減する上で望ましい。さらに、フォトマスクブランクやフォトマスクの欠陥検査に用いる波長（例えば257nm、364nm、488nm等）に対する反射率を例えば30%以下とすることが、欠陥を高精度で検出する上で望ましい。特に、反射防止層として炭素を含む膜とすることにより、露光波長に対する反射率を低減させ、且つ、上記検査波長（特に257nm）に対する反射率が20%以下とすることができるので望ましい。具体的には、炭素の含有量は、5～20原子%とすることが好ましい。炭素の含有量が5原子%未満の場合、反射率を低減させる効果が小さくなり、また、炭素の含有量が20原子%超の場合、ドライエッチング速度が低下し、遮光膜をドライエッチングによりパターンニングする際に要するドライエッチング時間が長くなり、レジスト膜の薄膜化することが困難となるので好ましくない。但し、反射防止層として炭素を含む場合、ドライエッチング速度が低下する傾向にあるので、本発明の効果を最大限に発揮するためには、遮光膜全体に占める反射防止層の割合を0.45以下、さらに

10

20

30

40

50

好ましくは0.30以下、さらに好ましくは0.20以下とすることが望ましい。尚、反射防止層は裏面（ガラス面）側にも設けてもよい。また、遮光膜2は、表層部の反射防止層と、それ以外の層で段階的、又は連続的に組成傾斜した組成傾斜膜としても良い。

【0039】

また、上記遮光膜2の上に、非クロム系反射防止膜を設けてもよい。このような反射防止膜としては、例えば SiO_2 、 $SiON$ 、 $MSiO$ 、 $MSiON$ （Mはモリブデン等の非クロム金属）等の材質が挙げられる。

また、フォトマスクブランクとしては、後述する図2（a）にあるように、上記遮光膜2の上に、レジスト膜3を形成した形態であっても構わない。レジスト膜3の膜厚は、遮光膜のパターン精度（CD精度）を良好にするためには、できるだけ薄い方が好ましい。本実施の形態のような所謂バイナリマスク用フォトマスクブランクの場合、具体的には、レジスト膜3の膜厚は、300nm以下が好ましい。さらに好ましくは、200nm以下、さらに好ましくは150nm以下とすることが望ましい。レジスト膜の膜厚の下限は、レジストパターンをマスクにして遮光膜をドライエッチングしたときに、レジスト膜が残存するように設定される。また、高い解像度を得るために、レジスト膜3の材料はレジスト感度の高い化学増幅型レジストが好ましい。また、化学増幅型レジストは、従来EB描画で一般に使用されていた高分子型レジストに比べてドライエッチング耐性が良く、レジスト膜厚をさらに薄膜化することができる。よって、CDリニアリティーが向上する。また、高分子型レジストの平均分子量は10万以上で、このような分子量が大きいレジストは、一般に、ドライエッチング中に分子量が小さくなる割合が多いため、ドライエッチング耐性は悪い。従って、レジストの平均分子量が10万未満、好ましくは5万未満のレジストとすることがドライエッチング耐性を良くすることができるので好ましい。

【0040】

また、本発明の遮光膜は、ドライエッチング処理において、レジストとの選択比が1を超える材料とする。選択比は、ドライエッチング処理に対するレジストの膜減り量と遮光膜の膜減り量の比（=遮光膜の膜減り量/レジストの膜減り量）で表される。好ましくは、遮光膜パターンの断面形状の悪化防止や、グローバルローディング現象を抑える点から、遮光膜は、レジストとの選択比が1を超え10以下、更に好ましくは、1を超え5以下とすることが望ましい。

また、同様に、本発明の遮光膜は、ドライエッチング処理において、レジストの膜減り速度より、遮光膜のエッチング速度が速い材料とする。レジストの膜減り速度と、遮光膜のエッチング速度の比（レジストの膜減り速度：遮光膜のエッチング速度）のは、遮光膜パターンの断面形状の悪化防止や、グローバルローディング現象を抑える点から、1：1を超え1：10以下、更に好ましくは、1：1を超え1：5以下とすることが望ましい。

【0041】

次に、図1に示すフォトマスクブランク10を用いたフォトマスクの製造方法を説明する。

このフォトマスクブランク10を用いたフォトマスクの製造方法は、フォトマスクブランク10の遮光膜2を、ドライエッチングを用いてパターンニングする工程を有し、具体的には、フォトマスクブランク10上に形成されたレジスト膜に対し、所望のパターン露光を施す露光工程と、所望のパターン露光に従って前記レジスト膜を現像してレジストパターンを形成する現像工程と、レジストパターンに沿って前記遮光膜をエッチングするエッチング工程と、残存したレジストパターンを剥離除去する工程とを有する。

【0042】

図2は、フォトマスクブランク10を用いたフォトマスクの製造工程を順に示す断面図である。

図2（a）は、図1のフォトマスクブランク10の遮光膜2上にレジスト膜3を形成した状態を示している。尚、レジスト材料としては、ポジ型レジスト材料でも、ネガ型レジスト材料でも用いることができる。

次に、図2（b）は、フォトマスクブランク10上に形成されたレジスト膜3に対し、所

10

20

30

40

50

望のパターン露光を施す露光工程を示す。パターン露光は、電子線描画装置又はレーザー描画装置などを用いて行われる。上述のレジスト材料は、電子線又はレーザーに対応する感光性を有するものが使用される。

次に、図2(c)は、所望のパターン露光に従ってレジスト膜3を現像してレジストパターン3aを形成する現像工程を示す。該現像工程では、フォトマスクブランク10上に形成したレジスト膜3に対し所望のパターン露光を施した後に現像液を供給して、現像液に可溶性レジスト膜の部位を溶解し、レジストパターン3aを形成する。

【0043】

次いで、図2(d)は、上記レジストパターン3aに沿って遮光膜2をエッチングするエッチング工程を示す。本発明ではドライエッチングを用いることが好適である。該エッチング工程では、上記レジストパターン3aをマスクとして、ドライエッチングによって、レジストパターン3aの形成されていない遮光膜2が露出した部位を溶解し、これにより所望の遮光膜パターン2a(マスクパターン)を透光性基板1上に形成する。

このドライエッチングには、塩素系ガス、又は、塩素系ガスと酸素ガスとを含む混合ガスからなるドライエッチングガスを用いることが本発明にとって好適である。本発明におけるクロムと酸素、窒素等の元素とを含む材料からなる遮光膜2に対しては、上記のドライエッチングガスを用いてドライエッチングを行うことにより、ドライエッチング速度を高めることができ、ドライエッチング時間の短縮化を図ることができ、断面形状の良好な遮光膜パターンを形成することができる。ドライエッチングガスに用いる塩素系ガスとしては、例えば、 Cl_2 、 $SiCl_4$ 、 HCl 、 CCl_4 、 $CHCl_3$ 等が挙げられる。

【0044】

クロムに少なくとも酸素を含む材料からなる遮光膜の場合、遮光膜中の酸素とクロムと塩素系ガスとの反応により塩化クロミルが生成されるため、ドライエッチングに塩素系ガスと酸素ガスの混合ガスからなるドライエッチングガスを用いる場合、遮光膜に含まれる酸素の含有量に応じ、ドライエッチングガス中の酸素の含有量を低減させることができる。このように酸素の量を低減させたドライエッチングガスを用いてドライエッチングを行うことにより、レジストパターンに悪影響を与える酸素の量を低減することができ、ドライエッチング時のレジストパターンへのダメージを防止できるため、遮光膜のパターン精度の向上したフォトマスクが得られる。なお、遮光膜に含まれる酸素の含有量によっては、ドライエッチングガス中の酸素の量をゼロとした酸素を含まないドライエッチングガスを用いることも可能である。

【0045】

図2(e)は、残存したレジストパターン3aを剥離除去することにより得られたフォトマスク20を示す。こうして、断面形状の良好な遮光膜パターンが精度良く形成されたフォトマスクが出来上がる。

尚、本発明は以上説明した実施の形態には限定されない。即ち、透光性基板上に遮光膜を形成した、所謂バイナリマスク用フォトマスクブランクに限らず、例えば、ハーフトーン型位相シフトマスク或いはレベンソン型位相シフトマスクの製造に用いるためのフォトマスクブランクであってもよい。この場合、後述する第2の実施の形態に示すように、透光性基板上のハーフトーン位相シフト膜上に遮光膜が形成される構造となり、ハーフトーン位相シフト膜と遮光膜とを合わせて所望の光学濃度(好ましくは3.0以上)が得られればよい。遮光膜自体の光学濃度は例えば3.0よりも小さい値とすることもできる。

【0046】

次に、図4(a)を用いて本発明のフォトマスクブランクの第二の実施の形態を説明する。

図4(a)のフォトマスクブランク30は、透光性基板1上に、ハーフトーン型位相シフター膜4とその上の遮光層5と反射防止層6とからなる遮光膜2を有する形態のものである。透光性基板1、遮光膜2については、上記第1の実施の形態で説明したので省略する。

上記ハーフトーン型位相シフター膜4は、実質的に露光に寄与しない強度の光(例えば、

10

20

30

40

50

露光波長に対して1%~20%)を透過させるものであって、所定の位相差を有するものである。このハーフトーン型位相シフター膜4は、該ハーフトーン型位相シフター膜4をパターンングした光半透過部と、ハーフトーン型位相シフター膜4が形成されていない実質的に露光に寄与する強度の光を透過させる光透過部とによって、光半透過部を透過して光の位相が光透過部を透過した光の位相に対して実質的に反転した関係になるようにすることによって、光半透過部と光透過部との境界部近傍を通過し回折現象によって互いに相手の領域に回りこんだ光が互いに打ち消しあうようにし、境界部における光強度をほぼゼロとし境界部のコントラスト即ち解像度を向上させるものである。

【0047】

このハーフトーン型位相シフター膜4は、その上に形成される遮光膜2とエッチング特性が異なる材料とすることが好ましい。例えば、ハーフトーン型位相シフター膜4としては、モリブデン、タングステン、タンタルなどの金属、シリコン、酸素及び/又は窒素を主たる構成要素とする材料が挙げられる。また、ハーフトーン型位相シフター膜4は、単層でも複数層であっても構わない。

この第2の実施の形態における上記遮光膜2は、ハーフトーン型位相シフト膜と遮光膜とを合わせた積層構造において、露光光に対して光学濃度が3.0以上となるように設定する。そのように設定される遮光膜2の膜厚は、50nm以下であることが好ましい。その理由は、上記第1の実施の形態と同様であって、ドライエッチング時のパターンのマイクロローディング現象等によって、微細パターンの形成が困難となる場合が考えられるからである。また、本実施の形態において、上記反射防止層6上に形成するレジスト膜の膜厚は、250nm以下が好ましい。さらに好ましくは、200nm以下、さらに好ましくは150nm以下とすることが望ましい。レジスト膜の膜厚の下限は、レジストパターンをマスクにして遮光膜をドライエッチングしたときに、レジスト膜が残存するように設定される。また、前述の実施の形態の場合と同様、高い解像度を得るために、レジスト膜の材料はレジスト感度の高い化学増幅型レジストが好ましい。

【0048】

以下、実施例により、本発明の実施の形態を更に具体的に説明する。併せて、実施例に対する比較例についても説明する。

(実施例1~10、比較例1)

石英ガラス基板の上に、枚葉式スパッタ装置を用いて、遮光膜を形成した。スパッタターゲットはクロムターゲットを使用し、スパッタガスの組成は、表1のガス流量比のように変更した。こうして、組成の異なる遮光膜をそれぞれ形成したフォトマスクブランク(実施例1~10、比較例1)を得た。尚、得られたフォトマスクブランクの遮光膜の組成は表1に示したとおりである。また、遮光膜の膜厚についても表1に示したが、波長193nmにおいて、光学濃度(OD:OpticalDensity)が3.0となる膜厚とした。

次に、各フォトマスクブランク上に、化学増幅型レジストである電子線レジスト膜(富士フィルムアーチ(FFA)社製CAR-FEP171)を形成した。レジスト膜の形成は、スピナー(回転塗布装置)を用いて、回転塗布した。なお、上記レジスト膜を塗布後、加熱乾燥装置を用いて所定の加熱乾燥処理を行なった。

【0049】

次に、フォトマスクブランク上に形成されたレジスト膜に対し、電子線描画装置を用いて所望のパターンの描画を行った後、所定の現像液で現像してレジストパターンを形成した。

次に、各フォトマスクブランク上に形成したレジストパターンに沿って、遮光膜のドライエッチングを行った。ドライエッチングガスとして、 Cl_2 と O_2 の混合ガス($Cl_2:O_2=4:1$)を用いた。このときのジャストエッチング時間(エッチングが基板に達した時間)を表1に示した。

【0050】

【表 1】

| | ガス流量比 (%) | | | | 元素比 (%) | | | | 膜厚 (Å) (*) | エッチング時間 (秒) (**) | エッチングレート (Å/秒) |
|--------|-----------|----------------|----------------|-----------------|---------|----|----|----|---------------|---------------------|-------------------|
| | Ar | N ₂ | O ₂ | CO ₂ | Cr | N | O | C | | | |
| 実施例 1 | 93 | | 7 | | 92 | 0 | 8 | 0 | 531 | 240 | 2.2 |
| 実施例 2 | 73 | | 27 | | 40 | 0 | 60 | 0 | 772 | 231 | 3.3 |
| 実施例 3 | 36 | | 64 | | 25 | 0 | 75 | 0 | 1165 | 135 | 8.6 |
| 実施例 4 | 82 | | | 18 | 52 | 0 | 18 | 30 | 648 | 69 | 9.4 |
| 実施例 5 | 64 | | | 36 | 34 | 0 | 42 | 24 | 823 | 207 | 4.0 |
| 実施例 6 | 36 | | | 64 | 27 | 0 | 73 | 0 | 963 | 161 | 6.0 |
| 実施例 7 | 36 | 64 | | | 52 | 47 | 1 | 0 | 645 | 174 | 3.7 |
| 実施例 8 | 36 | 57 | | 7 | 41 | 32 | 14 | 13 | 735 | 185 | 4.0 |
| 実施例 9 | 36 | 48 | | 16 | 36 | 22 | 32 | 10 | 850 | 141 | 6.0 |
| 実施例 10 | 36 | 32 | | 32 | 30 | 4 | 66 | 0 | 913 | 152 | 6.0 |
| 比較例 1 | 100 | | | | 100 | | | | 530 | 257 | 2.1 |

(*)波長 193nm において、OD3となる膜厚

(**)ジ・マトエッチング時間

【0051】

表 1 の結果から、実施例の遮光膜はいずれも、比較例の遮光膜と比較すると、膜厚が同等か或いは厚いにもかかわらず、エッチング時間が短くて済み、エッチング時間を短縮できることがわかる。

尚、遮光膜上に形成されているレジスト膜の膜減り速度は、2.1 / 秒であり、実施例 1 ~ 10 の遮光膜のドライエッチング速度の方が速い。即ち、レジストとの選択比は 1 を超えている。

こうして、ドライエッチングにより、基板上に遮光膜のパターンを形成し、残存するレジストパターンは熱濃硫酸を用いて剥離除去して、各フォトマスクを得た。

尚、参考までに、各実施例の遮光膜の分光カーブを図 3 に纏めて示した。横軸は波長、縦軸は吸収係数である。波長が例えば KrF エキシマレーザー (248 nm) かそれより長くなると、吸収係数が小さくなることが示されている。従って、この波長域では、同じ光学濃度 (例えば 3.0) とするための膜厚が厚くなってしまうことが推測される。

10

20

30

40

50

【0052】

(実施例11)

実施例2と同じフォトマスクブランクについて、レジストパターン形成後、ドライエッチングガスとして、 Cl_2 と O_2 の混合ガス($Cl_2 : O_2 = 20 : 1$)を用いたこと以外は同様にしてドライエッチングを行った。

その結果、エッチング時間は実施例2と同等であったが、形成した遮光膜のパターンのCDロス(CDエラー)(設計線幅に対する実測線幅のずれ)が20nmで、実施例2で形成したパターンのCDロス(CDエラー)が80nmであったのに対し、大幅に低減することができた。即ち、CDリニアリティーが向上した。これは、ドライエッチングガス中の酸素の量を低減したことにより、レジストパターンのダメージを少なくできたことによるものと考えられる。

10

【0053】

(実施例12)

図4は、実施例12に係るフォトマスクブランク及びこのフォトマスクブランクを用いたフォトマスクの製造工程を示す断面図である。本実施例のフォトマスクブランク30は、同図(a)に示すように、透光性基板1上に、ハーフトーン型位相シフター膜4とその上の遮光層5と反射防止層6とからなる遮光膜2からなる。

このフォトマスクブランク30は、次のような方法で製造することができる。

石英ガラスからなる透光性基板上に、枚葉式スパッタ装置を用いて、スパッタターゲットにモリブデン(Mo)とシリコン(Si)との混合ターゲット(Mo:Si=8:92mol%)を用い、アルゴン(Ar)と窒素(N_2)との混合ガス雰囲気(Ar: N_2 =10体積%:90体積%)で、反応性スパッタリング(DCスパッタリング)により、モリブデン、シリコン、及び窒素を主たる構成要素とする単層で構成されたArFエキシマレーザー(波長193nm)用ハーフトーン型位相シフター膜を形成した。尚、このハーフトーン型位相シフター膜は、ArFエキシマレーザー(波長193nm)において、透過率はそれぞれ5.5%、位相シフト量が略180°となっている。

20

【0054】

次に、インライン型スパッタ装置を用いて、スパッタターゲットにクロムターゲットを使用し、アルゴンと窒素の混合ガス雰囲気(Ar:50体積%、 N_2 :50体積%)中で反応性スパッタリングを行い、次にアルゴンとメタン(Ar:89体積%、 CH_4 :11体積%)中で反応性スパッタリングを行うことによって、膜厚39nmの遮光層を形成した。引続き、アルゴンと一酸化窒素の混合雰囲気(Ar:86体積%、NO=3体積%)中で反応性スパッタリングを行うことによって、膜厚7nmの反射防止層を形成した。尚、前記メタンを用いた反応性スパッタリングと、前記一酸化窒素を用いた反応性スパッタリングは、同一チャンパで行ったため、それらの雰囲気の体積%は、Ar+ N_2 +NOで100%となる。ここで、遮光層は、クロム、窒素及び炭素、並びに反射防止層の形成に用いた酸素が若干混入した組成傾斜膜となった。また反射防止層は、クロム、窒素及び酸素、並びに、遮光層形成時に使用した炭素が若干混入した組成傾斜膜となった。このようにして、総膜厚が46nmの遮光層及び反射防止層からなる遮光膜が形成された。尚、遮光膜の総膜厚に占める反射防止層の膜厚の割合は、0.15であった。尚、この遮光膜は、ハーフトーン型位相シフター膜との積層構造において光学濃度(O.D.)が3.0であった。また、図5は、遮光膜の表面反射率カーブを示す。図5に示すように、露光波長193nmにおける反射率を13.5%と低く抑えることができた。さらに、フォトマスクの欠陥検査波長である257nm又は364nmに対しては、それぞれ19.9%、19.7%となり、検査する上でも問題とならない反射率となった。

30

40

【0055】

次に、前記フォトマスクブランク30上に、化学増幅型レジストである電子線レジスト膜(富士フィルムアーチ社製CAR-FEP171)を形成した。レジスト膜の形成は、スピナー(回転塗布装置)を用いて、回転塗布した。なお、上記レジスト膜を塗布後、加熱乾燥装置を用いて所定の加熱乾燥処理を行った。

50

次にフォトマスクブランク 30 上に形成されたレジスト膜に対し、電子線描画装置を用いて所望のパターン描画を行った後、所定の現像液で現像してレジストパターン 7 を形成した (図 4 (b) 参照)。

次に、上記レジストパターン 7 に沿って、遮光層 5 と反射防止層 6 とからなる遮光膜 2 のドライエッチングを行って遮光膜パターン 2 a を形成した (同図 (c) 参照)。ドライエッチングガスとして、 Cl_2 と O_2 の混合ガス ($Cl_2 : O_2 = 4 : 1$) を用いた。このときのジャストエッチング時間は 129 秒、エッチング速度は、遮光膜の総膜厚 / エッチング時間で 3.6 / 秒であり、非常に速いものであった。尚、上記実施例 1 ~ 10 と同様に、レジスト膜の膜減り速度は 2.1 / 秒であり、レジストの膜減り速度 : 遮光膜のドライエッチング速度 = 1 : 1.7 であった。また、遮光膜のレジストとの選択比は 1.7 であった。このように、遮光膜のレジストとの選択比が 1 を超える (レジストの膜減り速度よりも遮光膜のエッチング速度が速く、遮光膜 2 は膜厚が薄い上にエッチング速度が速く) ことにより、エッチング時間も速いことから、遮光膜パターン 2 a の断面形状も垂直形状となり良好となった。また、遮光膜パターン 2 a 上にはレジスト膜が残存していた。

【0056】

次に、上述の遮光膜パターン 2 a 及びレジストパターン 7 をマスクに、ハーフトーン型位相シフター膜 4 のエッチングを行ってハーフトーン型位相シフター膜パターン 4 a を形成した (同図 (d) 参照)。このハーフトーン型位相シフター膜 4 のエッチングにおいては、前記遮光膜パターン 2 a の断面形状が影響するため、遮光膜パターン 2 a の断面形状が良好であるために、ハーフトーン型位相シフター膜パターン 4 a の断面形状も良好となった。

次に、残存するレジストパターン 7 を剥離後、再度レジスト膜 8 を塗布し、転写領域内の不要な遮光膜パターンを除去するためのパターン露光を行った後、該レジスト膜 8 を現像してレジストパターン 8 a を形成した (同図 (e)、(f) 参照)。次いで、ウェットエッチングを用いて不要な遮光膜パターンを除去し、残存するレジストパターンを剥離して、フォトマスク 40 を得た (同図 (g) 参照)。

【0057】

尚、本実施例では、遮光層 5 に、主に窒素を多く含むことによって、遮光膜 2 全体のエッチング速度を速くするようにした。尚、上記遮光層 5 及び反射防止層 6 に含まれた炭素は、反射率を下げる効果、膜応力を低減させる効果、或いは、不要な遮光膜パターンを除去する際にウェットエッチングに対するエッチング速度を速める効果等が考えられる。

【0058】

(実施例 13)

上記実施例 12 において、化学増幅型レジストである電子線レジストの膜厚を 300 nm、250 nm、200 nm と変化させて遮光膜のパターンを形成した。尚、本発明の遮光膜を採用することによって、遮光膜上のレジストパターンをマスクにして遮光膜のパターンを形成しても、形成された遮光膜のパターン上にレジスト膜が残存させることができ、遮光膜のパターン精度 (CD 精度) を良好にすることができる。尚、CD リニアリティーの評価のため、マスクパターンは、1 : 1 のラインアンドスペースパターン (1 : 1 L / S)、1 : 1 のコンタクトホールパターン (1 : 1 C / H) を形成した。尚、1 : 1 L / S、1 : 1 C / H は、400 nm L / S、400 nm C / H パターンで評価した。その結果、設計寸法に対する CD シフト量を評価したところ、1 : 1 L / S においては、300 nm において、CD シフト量は 23 nm、250 nm において、CD シフト量は 17 nm、200 nm において CD シフト量は 12 nm であった。また、1 : 1 C / H においては、300 nm において CD シフト量は 23 nm、250 nm において CD シフト量は 21 nm、200 nm において CD シフト量は 19 nm であった。以上のように、本発明の遮光膜との組み合わせにより、レジスト膜厚の薄膜化が可能となり、大幅に CD リニアリティーが改善していることがわかる。また、レジスト膜厚が 200 nm において、半導体デザインルール 65 nm で要求される 80 nm のラインアンドスペースパターン

10

20

30

40

50

(80 nm L/S)、300 nmのコンタクトホールパターン(300 nm C/H)はきちんと解像されており、パターン断面形状も良好であった。従って、遮光膜パターンの断面形状が良好であるので、遮光膜パターンをマスクにして形成されたハーフトーン型位相シフター膜パターンの断面形状も良好となった。

【0059】

(実施例14)

上記実施例12において、遮光膜2の光学特性は維持させた状態で、遮光膜2全体に占める反射防止層6の割合と、遮光膜2上に形成するレジスト膜の膜厚を変化させて、フォトマスクを作製した。

遮光膜2全体に占める反射防止層6の割合(反射防止層の膜厚/遮光膜の膜厚)を、0.45、0.30、0.20の2種類のフォトマスクブランクに対して、遮光膜2上にレジスト膜厚が300 nm、250 nm、200 nmと異なるレジスト膜を形成して、レジストパターンをマスクにして遮光膜をドライエッチングによりパターンニングしたときに、遮光膜上に残存しているレジスト膜を観察した。

10

【0060】

その結果、遮光膜全体に占める反射防止層の割合が0.45の場合、遮光膜のパターンを形成した後においても、遮光膜パターン上にレジスト膜を残存させて、半導体デザインルール65 nmノードで要求される遮光膜のパターン精度を達成するには、最低限必要なレジスト膜の膜厚は250 nmであることがわかった。また、遮光膜全体に占める反射防止層の割合が0.30、0.20の場合、レジスト膜の膜厚が200 nmにおいても、遮光膜パターン上にレジスト膜が残存され、半導体デザインルール65 nmノードで要求される遮光膜のパターン精度を達成できた。

20

遮光膜全体に占める反射防止層の割合が0.45の場合、レジスト膜の膜厚が200 nmの場合、要求されるパターン精度が達成できなかったのは、反射防止層に炭素が含まれる場合、ドライエッチング速度が低下される傾向にあるため、遮光膜をパターンニングするのに必要なエッチング時間が長くなるため、レジスト膜の膜減りが進行したためと考えられる。

尚、上記実施例1~11では、遮光膜の表層に反射防止機能を持たせた反射防止層を形成しなかったが、遮光膜の表層に含まれる酸素などの含有量を調整して表層に反射防止層を設けた遮光膜としても構わない。

30

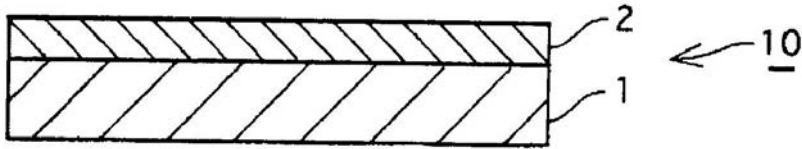
【符号の説明】

【0061】

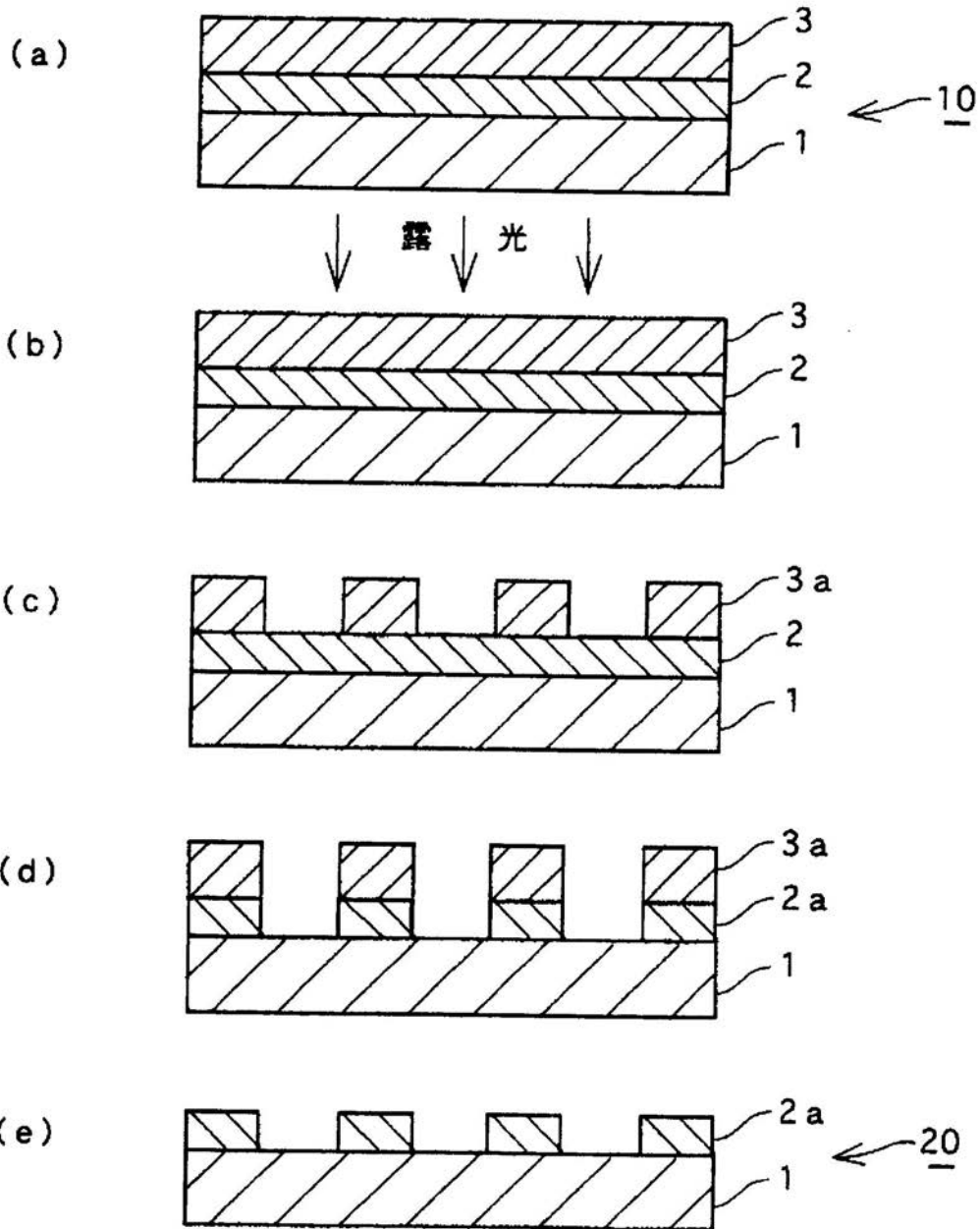
- 1 透光性基板
- 2 遮光膜
- 3 レジスト膜
- 4 ハーフトーン型位相シフター膜
- 5 遮光層
- 6 反射防止層
- 2a 遮光膜のパターン
- 3a レジストパターン
- 10、30 フォトマスクブランク
- 20、40 フォトマスク

40

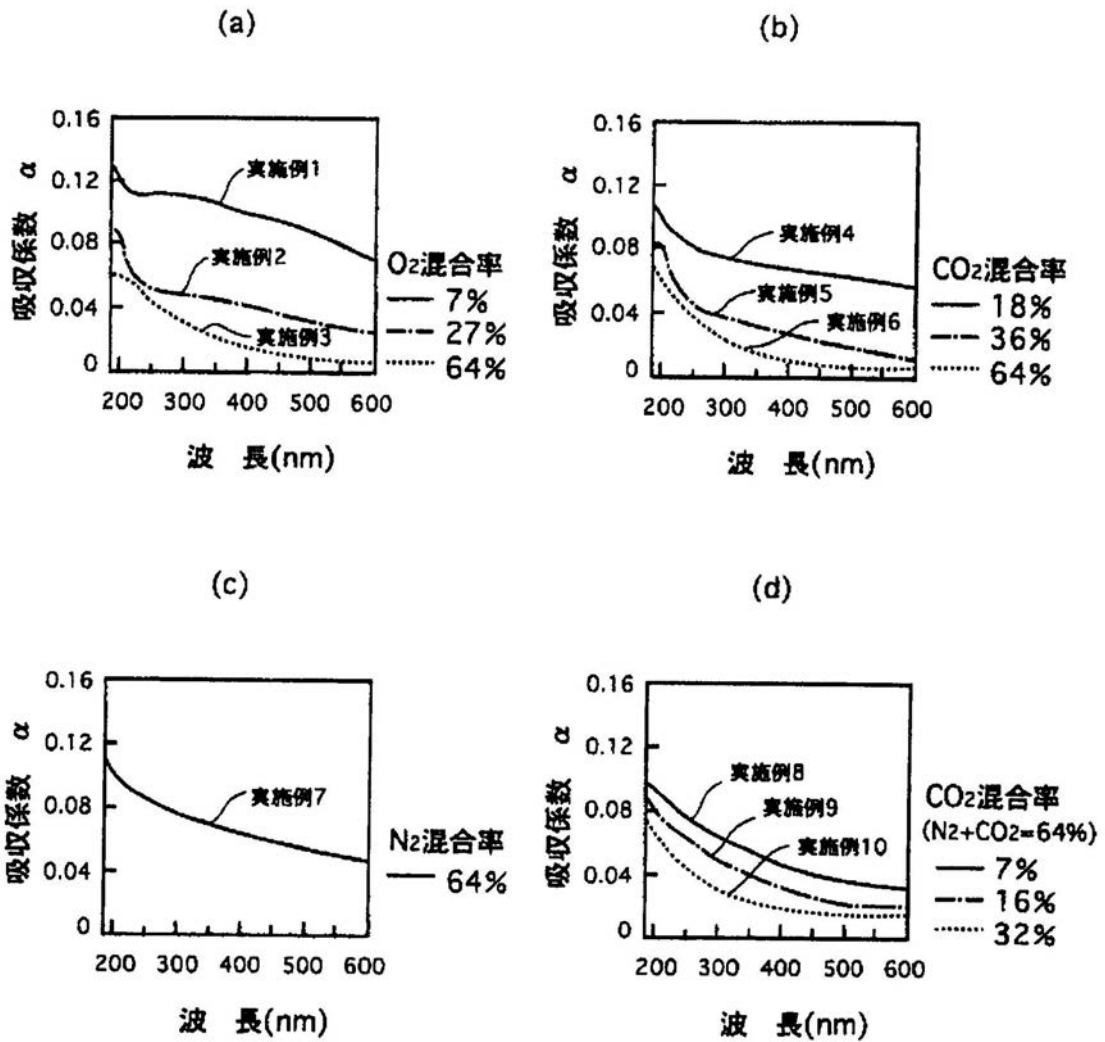
【図1】



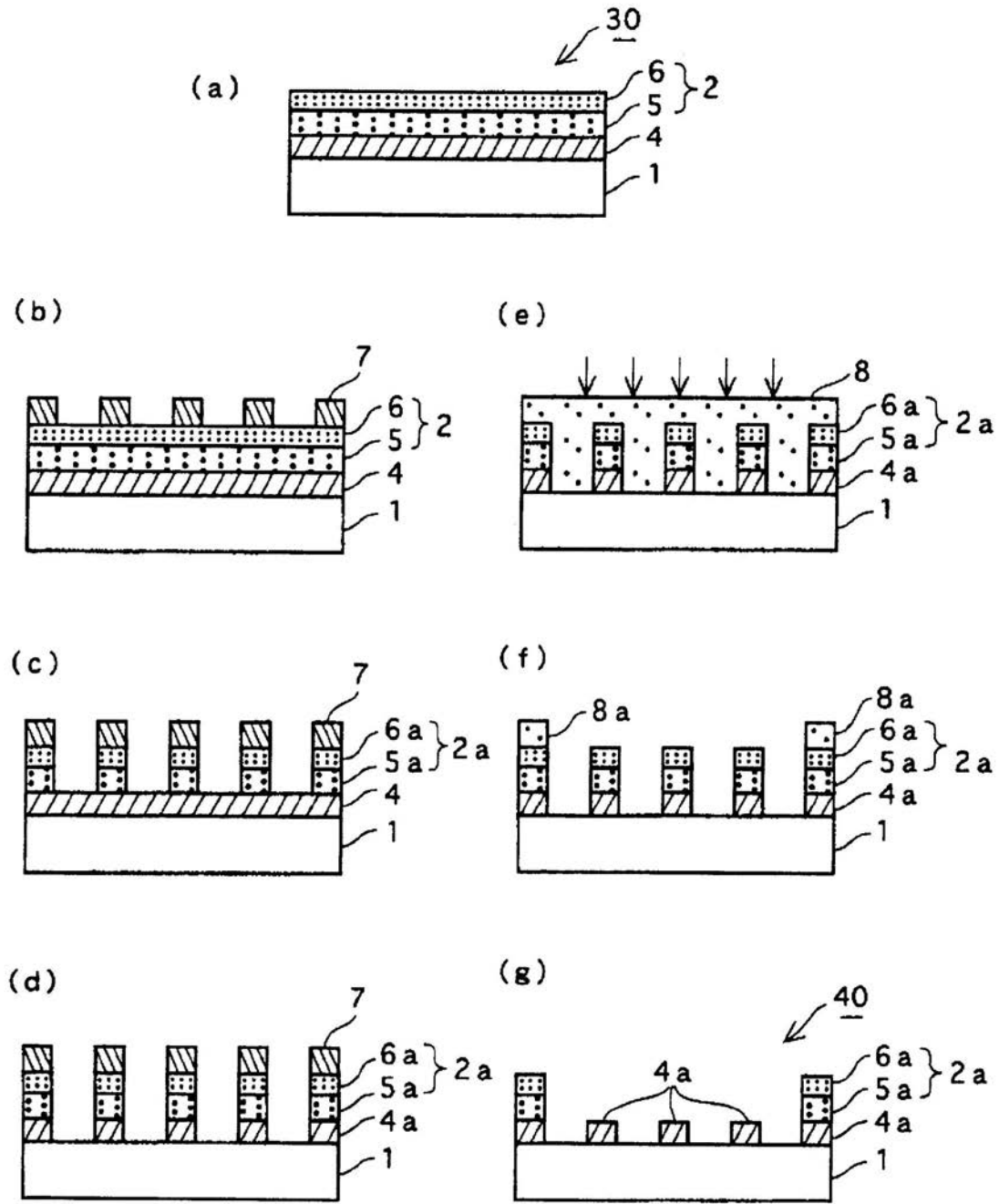
【図2】



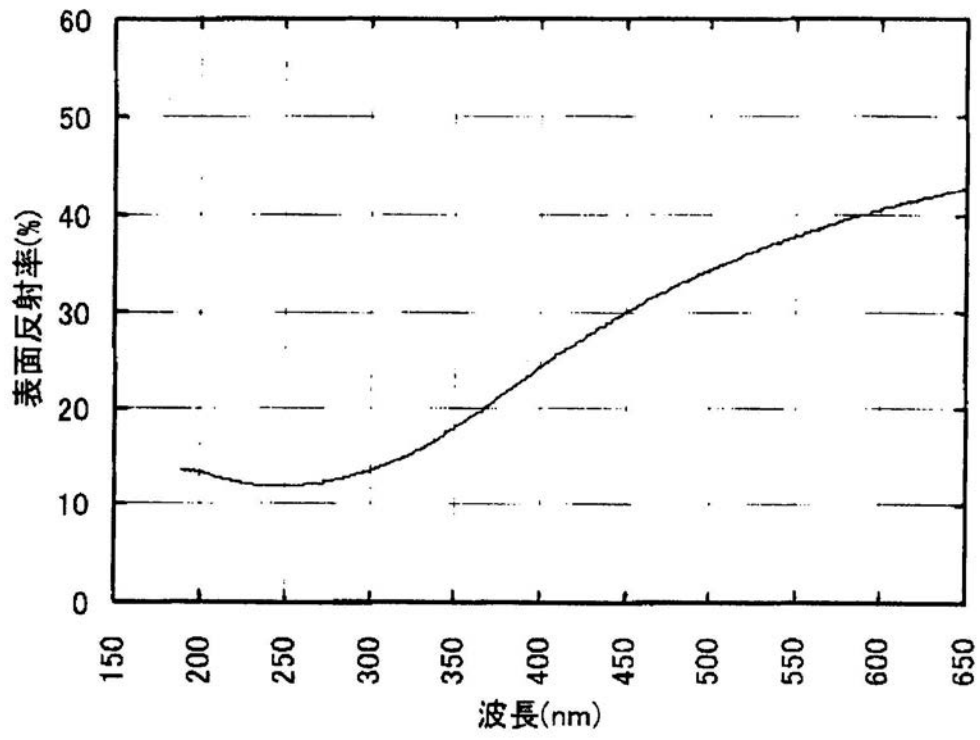
【 図 3 】



【図4】



【 図 5 】



フロントページの続き

- (72)発明者 山田 剛之
東京都新宿区中落合二丁目7番5号 HOYA株式会社内
- (72)発明者 坂本 稔
東京都新宿区中落合二丁目7番5号 HOYA株式会社内
- (72)発明者 橋本 雅広
東京都新宿区中落合二丁目7番5号 HOYA株式会社内

審査官 新井 重雄

- (56)参考文献 特開2003-195479(JP,A)
特開2002-278076(JP,A)
特開2003-295456(JP,A)
特開2003-059805(JP,A)
特開2004-062148(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03F 1/54
G03F 1/80
H01L 21/027