

請求の範囲

[請求項1] 透光性基板上に、エッチングストッパー膜と位相シフト膜がこの順に積層された構造を備えるマスクブランクであって、

前記位相シフト膜は、ケイ素および酸素を含有する材料からなり、

前記位相シフト膜は、波長193nmの光に対する屈折率 n_1 が1.5以上であり、かつ波長193nmの光に対する消衰係数 k_1 が0.1以下であり、

前記エッチングストッパー膜は、波長193nmの光に対する屈折率 n_2 が2.5以上3.1以下、かつ波長193nmの光に対する消衰係数 k_2 が0.4以下であり、さらに前記屈折率 n_2 および消衰係数 k_2 が(条件1)から(条件5)のうちの1以上の条件を満たすことを特徴とするマスクブランク。

(条件1) $k_2 \leq 1.333 \times n_2 - 3.564$ かつ $k_2 \leq -0.200 \times n_2 + 0.998$

(条件2) $k_2 \leq 1.212 \times n_2 - 3.073$ かつ $k_2 \leq -0.174 \times n_2 + 0.841$

(条件3) $k_2 \leq 1.143 \times n_2 - 2.783$ かつ $k_2 \leq -0.194 \times n_2 + 0.839$

(条件4) $k_2 \leq 1.070 \times n_2 - 2.520$ かつ $k_2 \leq -0.182 \times n_2 + 0.755$

(条件5) $k_2 \leq 0.978 \times n_2 - 2.220$ かつ $k_2 \leq -0.154 \times n_2 + 0.640$

[請求項2] 透光性基板上に、エッチングストッパー膜と位相シフト膜がこの順に積層された構造を備えるマスクブランクであって、

前記位相シフト膜は、ケイ素および酸素を含有する材料からなり、

前記位相シフト膜は、波長193nmの光に対する屈折率 n_1 が1.5以上であり、かつ波長193nmの光に対する消衰係数 k_1 が0.1以下であり、

前記エッチングストッパー膜は、波長 193 nm の光に対する屈折率 n_2 が 2.3 以上 3.1 以下、かつ波長 193 nm の光に対する消衰係数 k_2 が 0.4 以下であり、さらに前記屈折率 n_2 および消衰係数 k_2 が（条件 1）から（条件 8）のうちの 1 以上の条件を満たすことを特徴とするマスクブランク。

（条件 1） $k_2 \leq 1.333 \times n_2 - 3.564$ かつ $k_2 \leq -0.200 \times n_2 + 0.998$

（条件 2） $k_2 \leq 1.212 \times n_2 - 3.073$ かつ $k_2 \leq -0.174 \times n_2 + 0.841$

（条件 3） $k_2 \leq 1.143 \times n_2 - 2.783$ かつ $k_2 \leq -0.194 \times n_2 + 0.839$

（条件 4） $k_2 \leq 1.070 \times n_2 - 2.520$ かつ $k_2 \leq -0.182 \times n_2 + 0.755$

（条件 5） $k_2 \leq 0.978 \times n_2 - 2.220$ かつ $k_2 \leq -0.154 \times n_2 + 0.640$

（条件 6） $k_2 \leq 0.899 \times n_2 - 1.964$ かつ $k_2 \leq -0.138 \times n_2 + 0.569$

（条件 7） $k_2 \leq 1.133 \times n_2 - 2.462$ かつ $k_2 \leq -0.186 \times n_2 + 0.657$

（条件 8） $k_2 \leq -0.201 \times n_2 + 0.665$

[請求項 3] 前記エッチングストッパー膜は、前記消衰係数 k_2 が 0.05 以上であることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のマスクブランク。

[請求項 4] 前記位相シフト膜は、前記屈折率 n_1 が 1.6 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マスクブランク。

[請求項 5] 前記透光性基板は、波長 193 nm の光に対する屈折率 n_3 が 1.5 以上 1.6 以下であり、かつ、波長 193 nm の光に対する消衰係数 k_3 が 0.1 以下であ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マスクブランク。

- [請求項6] 前記エッチングストッパー膜および前記位相シフト膜の積層構造での波長193nmの光に対する透過率が80%以上であ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マスクブランク。
- [請求項7] 前記エッチングストッパー膜および前記位相シフト膜の積層構造での波長193nmの光に対する透過率と、前記エッチングストッパー膜のみでの波長193nmの光に対する透過率との間の差が、5%以上であ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マスクブランク。
- [請求項8] 前記エッチングストッパー膜は、ハフニウムおよび酸素を含有する材料からなることを特徴とする請求項1から7のいずれかに記載のマスクブランク。
- [請求項9] 前記エッチングストッパー膜は、前記透光性基板の主表面に接して形成されていることを特徴とする請求項1から8のいずれかに記載のマスクブランク。
- [請求項10] 前記エッチングストッパー膜は、厚さが2nm以上10nm以下であることを特徴とする請求項1から9のいずれかに記載のマスクブランク。
- [請求項11] 前記位相シフト膜は、前記位相シフト膜を透過した波長193nmの光に対して前記位相シフト膜の厚さと同じ距離だけ空気中を通過した波長193nmの光との間で150度以上210度以下の位相差を生じさせる機能を有することを特徴とする請求項1から10のいずれかに記載のマスクブランク。
- [請求項12] 前記位相シフト膜上に、遮光膜を備えることを特徴とする請求項1から11のいずれかに記載のマスクブランク。
- [請求項13] 前記遮光膜は、クロムを含有する材料からなることを特徴とする請求項12記載のマスクブランク。
- [請求項14] 透光性基板上に、エッチングストッパー膜と位相シフトパターンを有する位相シフト膜がこの順に積層された構造を備える位相シフトマ

スクであって、

前記位相シフト膜は、ケイ素および酸素を含有する材料からなり、
前記位相シフト膜は、波長 193 nm の光に対する屈折率 n_1 が 1.5 以上であり、かつ波長 193 nm の光に対する消衰係数 k_1 が 0.1 以下であり、

前記エッチングストッパー膜は、波長 193 nm の光に対する屈折率 n_2 が 2.5 以上 3.1 以下、かつ波長 193 nm の光に対する消衰係数 k_2 が 0.4 以下であり、さらに前記屈折率 n_2 および消衰係数 k_2 が（条件 1）から（条件 5）のうちの 1 以上の条件を満たすことを特徴とする位相シフトマスク。

（条件 1） $k_2 \leq 1.333 \times n_2 - 3.564$ かつ $k_2 \leq -0.200 \times n_2 + 0.998$

（条件 2） $k_2 \leq 1.212 \times n_2 - 3.073$ かつ $k_2 \leq -0.174 \times n_2 + 0.841$

（条件 3） $k_2 \leq 1.143 \times n_2 - 2.783$ かつ $k_2 \leq -0.194 \times n_2 + 0.839$

（条件 4） $k_2 \leq 1.070 \times n_2 - 2.520$ かつ $k_2 \leq -0.182 \times n_2 + 0.755$

（条件 5） $k_2 \leq 0.978 \times n_2 - 2.220$ かつ $k_2 \leq -0.154 \times n_2 + 0.640$

〔請求項 15〕 透光性基板上に、エッチングストッパー膜と位相シフトパターンを有する位相シフト膜がこの順に積層された構造を備える位相シフトマスクであって、

前記位相シフト膜は、ケイ素および酸素を含有する材料からなり、
前記位相シフト膜は、波長 193 nm の光に対する屈折率 n_1 が 1.5 以上であり、かつ波長 193 nm の光に対する消衰係数 k_1 が 0.1 以下であり、

前記エッチングストッパー膜は、波長 193 nm の光に対する屈折

率 n_2 が 2.3 以上 3.1 以下、かつ波長 193 nm の光に対する消衰係数 k_2 が 0.4 以下であり、さらに前記屈折率 n_2 および消衰係数 k_2 が（条件 1）から（条件 8）のうちの 1 以上の条件を満たすことを特徴とする位相シフトマスク。

（条件 1） $k_2 \leq 1.333 \times n_2 - 3.564$ かつ $k_2 \leq -0.200 \times n_2 + 0.998$

（条件 2） $k_2 \leq 1.212 \times n_2 - 3.073$ かつ $k_2 \leq -0.174 \times n_2 + 0.841$

（条件 3） $k_2 \leq 1.143 \times n_2 - 2.783$ かつ $k_2 \leq -0.194 \times n_2 + 0.839$

（条件 4） $k_2 \leq 1.070 \times n_2 - 2.520$ かつ $k_2 \leq -0.182 \times n_2 + 0.755$

（条件 5） $k_2 \leq 0.978 \times n_2 - 2.220$ かつ $k_2 \leq -0.154 \times n_2 + 0.640$

（条件 6） $k_2 \leq 0.899 \times n_2 - 1.964$ かつ $k_2 \leq -0.138 \times n_2 + 0.569$

（条件 7） $k_2 \leq 1.133 \times n_2 - 2.462$ かつ $k_2 \leq -0.186 \times n_2 + 0.657$

（条件 8） $k_2 \leq -0.201 \times n_2 + 0.665$

[請求項 16] 前記エッチングストッパー膜は、前記消衰係数 k_2 が 0.05 以上であることを特徴とする請求項 14 または 15 に記載の位相シフトマスク。

[請求項 17] 前記位相シフト膜は、前記屈折率 n_1 が 1.6 以下であることを特徴とする請求項 14 から 16 のいずれかに記載の位相シフトマスク。

[請求項 18] 前記透光性基板は、波長 193 nm の光に対する屈折率 n_3 が 1.5 以上 1.6 以下であり、かつ、波長 193 nm の光に対する消衰係数 k_3 が 0.1 以下であることを特徴とする請求項 14 から 17 のいずれかに記載の位相シフトマスク。

- [請求項19] 前記エッチングストッパー膜および前記位相シフト膜の積層構造での波長193nmの光に対する透過率が80%以上であることを特徴とする請求項14から18のいずれかに記載の位相シフトマスク。
- [請求項20] 前記エッチングストッパー膜および前記位相シフト膜の積層構造での波長193nmの光に対する透過率と、前記エッチングストッパー膜のみでの波長193nmの光に対する透過率との間の差が、5%以上であることを特徴とする請求項14から19のいずれかに記載の位相シフトマスク。
- [請求項21] 前記エッチングストッパー膜は、ハフニウムおよび酸素を含有する材料からなることを特徴とする請求項14から20のいずれかに記載の位相シフトマスク。
- [請求項22] 前記エッチングストッパー膜は、前記透光性基板の主表面に接して形成されていることを特徴とする請求項14から21のいずれかに記載の位相シフトマスク。
- [請求項23] 前記エッチングストッパー膜は、厚さが2nm以上10nm以下であることを特徴とする請求項14から22のいずれかに記載の位相シフトマスク。
- [請求項24] 前記位相シフト膜は、前記位相シフト膜を透過した波長193nmの光に対して前記位相シフト膜の厚さと同じ距離だけ空気中を通過した波長193nmの光との間で150度以上210度以下の位相差を生じさせる機能を有することを特徴とする請求項14から23のいずれかに記載の位相シフトマスク。
- [請求項25] 前記位相シフト膜上に、遮光帯を含む遮光パターンを有する遮光膜を備えることを特徴とする請求項14から24のいずれかに記載の位相シフトマスク。
- [請求項26] 前記遮光膜は、クロムを含有する材料からなることを特徴とする請求項25記載の位相シフトマスク。
- [請求項27] 請求項14から26のいずれかに記載の位相シフトマスクを用い、

半導体基板上のレジスト膜に位相シフトマスク上の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。