



(21) 申請案號：111122353

(22) 申請日：中華民國 111 (2022) 年 06 月 16 日

(51) Int. Cl. : G03F1/24 (2012.01)

G03F1/32 (2012.01)

(30) 優先權：2021/06/17 日本

2021-100675

(71) 申請人：日商凸版光掩模有限公司 (日本) TOPPAN PHOTOMASK CO., LTD. (JP)
日本

(72) 發明人：宮脇大輔 MIYAWAKI, DAISUKE (JP)；合田步美 GODA, AYUMI (JP)；中野秀亮 NAKANO, HIDEAKI (JP)；市川顯二郎 ICHIKAWA, KENJIRO (JP)；山形悠斗 YAMAGATA, YUTO (JP)

(74) 代理人：王彥評；黃政誠

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：7 項 圖式數：11 共 35 頁

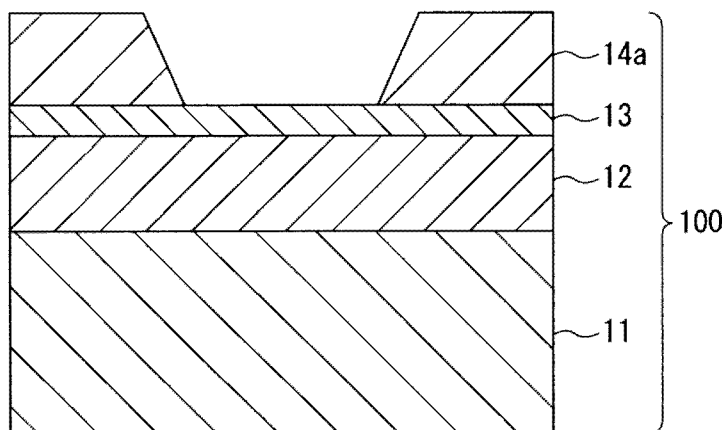
(54) 名稱

反射型光罩及反射型光罩之製造方法

(57) 摘要

本發明的目的在於提供一種可以減少陰影效應的反射型光罩及反射型光罩之製造方法。本發明的一態樣的反射型光罩(100)的特徵為具備：基板(11)；形成在基板(11)上的具有多層膜構造的反射 EUV 光的反射層(12)；形成在反射層(12)上，保護反射層(12)的保護層(13)；和形成在保護層(13)上，形成有圖案的吸收 EUV 光的吸收圖案層(14a)，吸收圖案層(14a)係以對 EUV 光的消光係數 k 大於 0.041 的材料構成，吸收圖案層(14a)的側壁與基板(11)所形成的側壁角的大小 θ 小於 90° 。

指定代表圖：



符號簡單說明：

11: 基板

12: 反射層

13: 保護層

14a: 吸收圖案(吸收圖案層)

100: 反射型光罩

【圖 1】

【發明摘要】

【中文發明名稱】

反射型光罩及反射型光罩之製造方法

【中文】

本發明的目的在於提供一種可以減少陰影效應的反射型光罩及反射型光罩之製造方法。本發明的一態樣的反射型光罩(100)的特徵為具備：基板(11)；形成在基板(11)上的具有多層膜構造的反射 EUV 光的反射層(12)；形成在反射層(12)上，保護反射層(12)的保護層(13)；和形成在保護層(13)上，形成有圖案的吸收 EUV 光的吸收圖案層(14a)，吸收圖案層(14a)係以對 EUV 光的消光係數 k 大於 0.041 的材料構成，吸收圖案層(14a)的側壁與基板(11)所形成的側壁角的大小 θ 小於 90° 。

【指定代表圖】圖 1。

【代表圖之符號簡單說明】

11:基板

12:反射層

13:保護層

14a:吸收圖案(吸收圖案層)

100:反射型光罩

【特徵化學式】

無。

【發明說明書】

【中文發明名稱】

反射型光罩及反射型光罩之製造方法

【技術領域】

【0001】本發明係關於反射型光罩及反射型光罩之製造方法。

【先前技術】

【0002】於半導體裝置的製程中，隨著半導體裝置的微細化，對光微影技術的微細化的要求提高。光微影法中的轉印圖案的最小顯影尺寸係大幅取決於曝光光源的波長，波長越短，越能縮小最小解析尺寸。因此，尖端半導體裝置的製程中的曝光光源正在從以往的波長193nm的ArF準分子雷射光換成波長13.5nm的EUV(Extreme Ultra Violet)。

【0003】幾乎所有的物質都對EUV具有高光吸收性，因此不能使用以往的利用光的透射的折射光學系統，因此曝光機的光學系統構件不是透鏡，而是成為鏡子。光罩也從以往的透射型變成反射型的EUV光罩。不能將朝向EUV光罩的入射光和反射光設計在同軸上，因此EUV微影法通常採用以下的手法：將光軸從EUV光罩的垂直方向傾斜 6° 地入射EUV光，將以負 6° 的角度反射的反射光照射於半導體基板。但是，由於使光軸傾斜，因此發生入射EUV光罩的EUV光造成EUV光罩的圖案(吸收層圖案)的陰影，因而轉印性能惡化的被稱為所謂的陰影效應(shadowing effect)的問題。由此，

減少陰影效應、提高轉印性能成為課題。

【0004】 對於此課題，有人提出了如下的反射型光罩：吸收層使用消光係數 k 高的材料以抑制 EUV 反射率，從而可以形成膜厚比以前薄的吸收層圖案，減少陰影效應[例如，參照專利文獻 1]。

但是，專利文獻 1 僅著眼於基於材料的光學常數和膜厚的性能提高，並未考慮圖案形狀給轉印性帶來的影響。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0005】

[專利文獻 1]國際公開第 2018/159785 號

【發明內容】

[發明欲解決之課題]

【0006】 本發明的目的在於提供一種可以減少陰影效應的反射型光罩及反射型光罩之製造方法。

[用以解決課題之手段]

【0007】 為了解決上述課題，本發明的一態樣的反射型光罩的特徵為具備：基板；形成在前述基板上的具有多層膜構造的反射 EUV 光的反射層；形成在前述反射層上，保護該反射層的保護層；和形成在前述保護層上，形成有圖案的吸收 EUV 光的吸收圖案層，前述吸收圖案層係以對 EUV 光的消光係數 k 大於 0.041 的材料構成，前述吸收圖案層的側壁與前述基板所形成的側壁角的大小 θ 小於 90° 。

[發明之效果]

【0008】若為本發明的一態樣的反射型光罩的話，便可以減少陰影效應。

【圖式簡單說明】

【0009】

圖 1 係示意地顯示本實施形態的反射型光罩的一構成例的剖面圖。

圖 2 係顯示在 EUV 光的波長下的各金屬的光學常數的圖表 (graph)。

圖 3 係示意地顯示本實施形態的反射型光罩的一構成例的剖面圖。

圖 4 係顯示本實施形態的反射型光罩的製造步驟的概略剖面圖。

圖 5 係顯示本實施形態的反射型光罩的製造步驟的概略剖面圖。

圖 6 係顯示本實施形態的反射型光罩的製造步驟的概略剖面圖。

圖 7 係顯示本實施形態的反射型光罩的製造步驟的概略剖面圖。

圖 8 係表示本發明的實施例的反射型光罩的設計圖案的概略平面圖。

圖 9 係顯示本發明的實施形態的反射型光罩的 NILS 的圖表。

圖 10 係示意地顯示本實施形態的變形例的反射型光罩的構成的剖面圖。

圖 11 係顯示本發明的實施例的反射型光罩的反射率的圖表。

【實施方式】

[用以實施發明的形態]

【0010】針對本發明的一實施形態，一邊參照圖式一邊進行說明。

此處，圖式所示的構成係示意的構成，厚度和平面尺寸的關係、各層的厚度的比率等係與實物不同。此外，以下所示的實施形態係例示供將本發明的技術性思想具體化用的構成的實施形態，本發明的技術性思想係構成構件的材質、形狀、構造等不限於下述者。本發明的技術性思想能夠在申請專利範圍所記載的請求項規定的技術性範圍內增加各種改變。

【0011】

(反射型光罩的構成)

圖 1 係顯示本發明的實施形態的反射型光罩 100 的構造的概略剖面圖。如圖 1 所示，本發明的實施形態的反射型光罩 100 具備：基板 11；形成在基板 11 上的反射層 12；形成在反射層 12 上的保護層 13；和形成在保護層 13 上的吸收圖案層 14a。以下，針對各層詳細地進行說明。

【0012】

(基板)

本發明的實施形態的基板 11，例如，能夠使用平坦的 Si 基板、合成石英基板等。此外，基板 11 能夠使用

添加了鈦的低熱膨脹玻璃，但本發明不限於它們，若為熱膨脹率小的材料即可。

此外，如後述的圖 6 所示，能夠在基板 11 的沒有形成反射層 12 的面形成背面導電膜 15。背面導電膜 15 係供在將反射型光罩 100 設置於曝光機時利用靜電吸盤 (chuck) 的原理進行固定用的膜。

【 0013 】

(反射層)

本發明的實施形態的反射層 12，若為反射曝光光的 EUV 光(極紫外光)者即可，可以是由對 EUV 光的折射率差異甚大的材料的組合所形成的多層反射膜(即，具有多層膜構造的 EUV 光反射膜)。包含多層反射膜的反射層 12，例如，可以是藉由將鉬(Mo)和矽(Si)、或鉬(Mo)和鈹(Be)這種組合的層重複積層 40 周期左右來形成者。

【 0014 】

(保護層)

本發明的實施形態的保護層 13，係在藉由蝕刻來形成吸收圖案層 14a 之際，發揮作為防止對反射層 12 造成損傷的蝕刻阻擋物的功能的層。又，依反射層 12 的材質、蝕刻條件，即使沒有保護層 13 也無妨。保護層 13 係以對在形成後述的圖 4 所示的吸收層 14 的圖案之際所進行的乾式蝕刻具有耐性的材質形成。

【 0015 】

(吸收層及吸收圖案層)

如圖 4 所示，吸收層 14，係形成在保護層 13 上的

層，在反射型光罩 100 中吸收曝光光的 EUV 光的層。此外，吸收層 14 係形成供進行轉印用的微細圖案的吸收圖案層(轉印圖案)14a 的層。即，藉由將反射型空白光罩 200 的吸收層 14 的一部分除去，即藉由將吸收層 14 進行圖案化，來形成圖 1 所示的反射型光罩 100 的吸收圖案(吸收圖案層 14a)。

【0016】在 EUV 微影法中，EUV 光係傾斜地入射，被反射層 12 反射，但因吸收圖案層 14a 妨礙光路的陰影效應，而有對晶圓(半導體基板)上的轉印性能惡化的情形。

已知此轉印性能的惡化能夠藉由使吸收 EUV 光的吸收圖案層 14a 的厚度變薄來減少，但可藉由使吸收圖案層 14a 的側壁角的大小變小來進一步減少。

【0017】以下，針對供使吸收圖案層 14a 的厚度變薄用的材料進行說明。

為了使吸收圖案層 14a 的厚度變薄，較佳為應用對 EUV 光的吸收性比以往的材料高的材料，即對波長 13.5nm 的消光係數 k 高的材料。

以往的吸收圖案層 14a 的主要材料的鈿(Ta)的消光係數 k 為 0.041。吸收圖案層 14a 的主要材料，若為具有大於鈿(Ta)的消光係數 k 的化合物材料的話，便可以使吸收圖案層 14a 的厚度變得比以前薄，能夠減少陰影效應。

【0018】圖 2 係顯示各金屬材料對 EUV 光的波長 13.5nm 的光學常數的圖表。圖 2 的圖表的橫軸表示折射

率 n ，縱軸表示消光係數 k 。由圖 2 可知，本實施形態的「第 1 材料群的材料」係各自的消光係數 k 比以往所使用的材料的鉭 (Ta) 大，因此能夠藉由使用第 1 材料群來減少陰影效應。又，第 1 材料群係錫 (Sn)、銦 (In)、碲 (Te)、及鈷 (Co) 以及它們的氧化物、氮化物、及氮氧化物。

【0019】此處，針對表示反射層 12 和吸收層 14 (吸收圖案層 14a) 的光強度的對比度的指標的光學濃度 (OD: Optical Density) 值進行說明。在將來自反射層 12 的反射光的強度設為 R_m ，將來自吸收層 14 (吸收圖案層 14a) 的反射光的強度設為 R_a 時，OD 值係由以下的式 (1) 規定。

$$OD = -\log(R_a/R_m) \dots (\text{式 } 1)$$

OD 值越大，對比度越佳，可得到高轉印性。在反射型光罩 100 中就圖案轉印而言 OD 值必須是 1 以上，更佳為 $OD > 1$ ，但為了得到比包含鉭 (Ta) 作為主要材料的以往的膜高的轉印性能，若 OD 值為 1.5 以上，則是更佳的。此處，上述「主要材料」係指包含相對於整體吸收層 14 (吸收圖案層 14a) 的原子數為 50at% 以上的材料 (成分)。

【0020】吸收層 14 (吸收圖案層 14a) 的膜厚較佳為 50nm 以下。在吸收層 14 (吸收圖案層 14a) 的膜厚為 50nm 以下的情況下，與以往的 Ta 系吸收膜相比，能夠充分地減少陰影效應，使轉印性能提高。

此外，為了得到 $OD > 1$ ，吸收層 14 (吸收圖案層 14a)

的膜厚較佳為 17nm 以上。

【0021】若為構成第 1 材料群的材料的話，則對 EUV 光的消光係數 k 比以往的材料的鈹 (Ta) 高，能夠應用於吸收層 14。藉由將構成第 1 材料群的材料應用於吸收層 14，能夠將吸收層 14 進行薄膜化，減少陰影效應，能夠期待轉印性提高。為了將陰影效應減少得比包含鈹 (Ta) 作為主要材料的以往的膜低，理想的是吸收層 14 (吸收圖案層 14a) 包含合計 50 原子% 以上的從第 1 材料群所選出的一種以上的元素以及其氧化物、氮化物、及氮氧化物。

【0022】若為包含構成第 1 材料群的錫 (Sn)、銮 (In)、碲 (Te)、及鈷 (Co) 中的至少一種的材料的話，便可以進行使用腐蝕性氣體的氟系氣體或氯系氣體的乾式蝕刻加工。在第 1 材料群中，錫 (Sn) 的氧化物或者是銮 (In) 的氧化物、錫 (Sn) 的氮化物或者是銮 (In) 的氮化物、錫 (Sn) 的氮氧化物或者是銮 (In) 的氮氧化物係熔點高，是較佳的。在這些材料中，從容易處理來看，錫 (Sn) 的氧化物是最佳的。

【0023】此外，在吸收層 14 (吸收圖案層 14a) 係以至少一層以上構成的情況下，若在吸收層 14 (吸收圖案層 14a) 中的至少一層中，包含合計 50 原子% 以上的從上述的第 1 材料群所選出的一種以上的元素以及其氧化物、氮化物、及氮氧化物的話即可。

在吸收層 14 (吸收圖案層 14a) 係以二層以上構成的情況下，任一層都可以包含合計 50 原子% 以上的從上述

的第 1 材料群所選出的一種以上的元素及其氧化物、氮化物、及氮氧化物，例如，可以在吸收層 14(吸收圖案層 14a)的最下層(最靠近保護層 13 的層)中，包含合計 50 原子%以上的從上述的第 1 材料群所選出的一種以上的元素及其氧化物、氮化物、及氮氧化物。

【0024】此外，在吸收層 14(吸收圖案層 14a)係以三層構成的情況下，在吸收層 14(吸收圖案層 14a)的最下層中，包含有合計 50 原子%以上的從上述的第 1 材料群所選出的一種以上的元素及其氧化物、氮化物、及氮氧化物，可以使從第 1 材料群所選出的一種以上的元素等的含量從該最下層向最上層(離保護層 13 最遠的層)分階段地變少。

【0025】

(側壁角)

以下，針對吸收圖案層 14a 的側壁角進行說明。

圖 3 係顯示本發明的實施形態的反射型光罩 100 的構造的概略剖面圖。更詳細而言，圖 3(a)係顯示本發明的實施形態的反射型光罩 100 的整體構造的概略剖面圖，圖 3(b)係將本發明的實施形態的反射型光罩 100 的一部分構造放大顯示的概略剖面圖。如圖 3 所示，藉由使吸收圖案層 14a 的側壁與保護層 13 所形成的側壁角度的大小 θ (以下，簡稱為側壁角 θ)小於 90° ，能夠減少陰影效應。

【0026】以下，針對側壁角 θ 的定義進行說明。如圖 3(a)、(b)所示，在將吸收圖案層 14a 的膜厚設為 h 的

情況下，在剖面圖中虛擬地拉出連結側壁的高度 $h/3$ 的部分的點、和側壁的高度 $2h/3$ 的部分的點的直線。此直線(虛擬直線 L1)、和與基板平行的直線(虛擬直線 L2)的夾角為側壁角 θ 。

依上述規定，例如，即使是在吸收圖案層 14a 的下部、上部彎曲成弧形，吸收圖案層 14a 的側壁並非在同一平面上的情況下，也能夠定義側壁角 θ 。

又，在本實施形態中，如圖 3(a)所示，對向的吸收圖案層 14a 的側壁處的側壁角 θ 可以是彼此相同的角度。

【0027】在吸收圖案層 14a 為二層以上的構造的情況下，若至少一層的側壁角 θ 小於 90° 的話即可。

此外，吸收圖案層 14a，例如，可以是全部的層的側壁角 θ 為相同的角度，也可以是在側壁角 θ 小於 90° 的層上，有側壁角 θ 為 90° 的層(上層膜)存在這樣的構造。在此情況下，為了不妨礙利用側壁角 θ 的調整來減少陰影效應的效果，在上層膜係對 EUV 光的透明性低的膜的情況下，理想的是其膜厚為 20nm 以下，更理想的是 10nm 以下。其中，上層膜的透明性高的情況不在此限。

【0028】此處，如圖 8 所示，規定與 EUV 光的入射面平行的 x 方向、和正交的 y 方向。

受陰影效應影響的是 y 方向，發生轉印圖案的邊緣部處的對比度降低、y 方向的線寬減少。藉由使側壁角 θ 變小，陰影效應減少。

若側壁角 $\theta < 90^\circ$ ，則反射光的能量潛像的左右對稱性提高，因此因能量潛像變形所引起的尺寸變化得以減輕。由此，圖 8 所示的 x 方向和 y 方向的尺寸差異的 H-V 偏差值變小。

【0029】本實施形態中的膜厚 h 、側壁角 θ 、及後述的側壁部分的線寬，係構造上受到限制。以下，針對這點進行說明。

如圖 3(a)所示，在吸收圖案層 14a 的膜厚為 $h(\text{nm})$ 時，在吸收圖案層 14a 中側壁的形成有錐角(側壁角 θ)的部分(側壁部分)的線寬 $a(\text{nm})$ 係以

$$a = h / \tan \theta \cdots \text{式 (2)}$$

表示，能夠以吸收圖案層 14a 的膜厚 h 和側壁角 θ 表示。

【0030】如圖 3(a)所示，吸收圖案層 14a 的下部的線寬 $w(\text{nm})$ ，係構造上，大於側壁部分的線寬 a 的 2 倍，因此

$$w > 2 \times a \cdots \text{式 (3)}$$

這樣的不等式成立。

此處，所謂的「吸收圖案層 14a 的下部的線寬 w 」意指吸收圖案層 14a 中的與保護層 13 相接的部分的寬度(線寬)。

【0031】藉由將上述式(2)代入上述式(3)，導出

$$\tan \theta > 2 \times h / w \cdots \text{式 (4)}$$

依此方式操作，吸收圖案層 14a 的側壁角 θ 的下限係由式(4)規定。

【0032】此處，圖 8 所示的 x 方向幾乎沒有受到陰影效應的影響，但若使側壁角 θ 變小，則正錐形的部位係吸收部的厚度變小(即，側壁部分的線寬 a 處的吸收圖案層 14a 的厚度變薄)，反射型光罩 100 整體對比度降低。

圖 9 係 NILS 的圖表。NILS(常態化空間圖像對數斜率)係以

$$\text{NILS} = w \times d \ln(I) / dx \cdots \text{式 (5)}$$

求出，成為反射型光罩 100 的解析性的指標。此處，「w」表示線寬(即，吸收圖案層 14a 中的與保護層 13 相接的部分的寬度)，「I」表示能量潛像的強度。

【0033】如圖 9 所示，在膜厚為 40nm，且以氧化錫(SnO)所形成的吸收圖案層 14a 的側壁角 θ 為 90° 的情況下的 NILS 的值為 1.76。相對於此，在側壁角 θ 為 65° 的情況下的 NILS 的值為 1.46，與側壁角 θ 為 90° 的情況相比，該值減少了約二成。

此外，如圖 9 所示，即使是在吸收圖案層 14a 的膜厚為 33nm 的情況下，在將側壁角 θ 設定為 65° 的情況下的 NILS 的值，與在將側壁角 θ 設定為 90° 的情況下的 NILS 的值相比，減少了約二成。

【0034】此外，如圖 9 所示，即使是在吸收圖案層 14a 的膜厚為 26nm 的情況下，在將側壁角 θ 設定為 65° 的情況下的 NILS 的值，與在將側壁角 θ 設定為 90° 的情況下的 NILS 的值相比，減少了約二成。

由此可知，為了維持充分的對比度，較佳為側壁角

θ 為 65° 以上。

根據以上內容，在本實施形態中側壁角 θ 較佳為 65° 以上小於 90° ，但為了減少陰影效應，同時得到充分的對比度，側壁角 θ 更佳為在 80° 以上小於 90° 的範圍內，再更佳為在 82° 以上 88° 以下的範圍內。

【0035】

(反射型光罩之製造方法)

接著，針對反射型光罩之製造方法，使用圖 4 至圖 8 進行說明。

為了製作本發明的實施形態的反射型光罩 100 所使用的本發明的實施形態的反射型空白光罩 200，係如圖 4 所示，具備有基板 11、形成在基板 11 上的反射層 12、形成在反射層 12 上的保護層 13、和形成在保護層 13 上的吸收層 14。

【0036】首先，以旋轉塗布機，以 120nm 的膜厚，將正型化學增幅型阻劑 (SEBP9012：信越化學工業股份有限公司製) 成膜在反射型空白光罩 200 所具備的吸收層 14 上。之後，在 110°C 下烘烤 10 分鐘，形成阻劑膜 16。

接著，利用電子射線描繪機 (JBX3030：日本電子股份有限公司製) 來對以正型化學增幅型阻劑所形成的阻劑膜 16 描繪既定的圖案。之後，施加 110°C 、10 分鐘的烘烤處理，接著進行噴灑顯影 (SFG3000：Sigmameltec 股份有限公司製)。藉此，如圖 5 所示，形成阻劑圖案 16a。

【0037】接著，如圖 6 所示，以阻劑圖案 16a 為蝕刻

遮罩，藉由以氟系氣體為主體的乾式蝕刻來進行吸收層 14 的圖案化，形成吸收圖案層 14a。此時，以可進行等向性蝕刻的方式，進行壓力、偏壓(施加電壓)的調整，控制吸收圖案層 14a 的側壁角 θ 。又，吸收圖案層 14a 的側壁角 θ 的控制，除了以乾式蝕刻條件進行調整外，例如，還可以在吸收層 14 上形成硬遮罩、改變阻劑種類和膜厚來調整側壁角 θ 。

接著，如圖 7 所示，進行殘留的阻劑圖案 16a 的剝離，使吸收圖案層 14a 露出。

【0038】藉由以上方式，製造本實施形態的反射型光罩 100。在吸收層 14 中所形成的吸收圖案層 14a 係作成線寬 64nmLS(線條和間隔(line-and-space))圖案。此線寬 64nmLS 圖案，為了可容易看到由 EUV 照射所產生的陰影效應的影響，而如圖 8 所示分別設計在 x 方向和 y 方向上。

【0039】

(反射型光罩的變形例)

在本實施形態中，係如圖 3(a)所示，針對將對向的吸收圖案層 14a 的側壁處的側壁角 θ 設定為彼此相同的角度的情況進行說明，但本發明不限於此。例如，可以如圖 10(a)所示，使對向的吸收圖案層 14a 的側壁中的一側壁的側壁角 θ_1 大於另一側壁的側壁角 θ_2 。即，可以將對向的吸收圖案層 14a 的側壁處的側壁角 θ 設定為彼此不同的角度。在此情況下，使反射光側的吸收圖案層 14a 的側壁處的側壁角 θ 比入射光側的吸收圖案層 14a

的側壁處的側壁角 θ 小，便能夠進一步減少陰影效應，因而較佳。

【0040】此外，在本實施形態中，係如圖 3(a)所示，吸收圖案層 14a 的側壁係由同一平面構成。即，針對吸收圖案層 14a 的側壁處的側壁角 θ 始終不變的情況進行說明，但本發明不限於此。例如，可以如圖 10(b)所示，吸收圖案層 14a 的側壁係以側壁角 θ 從保護層 13 側向吸收圖案層 14a 的最外面側分階段地變小的方式形成。即，吸收圖案層 14a 的側壁處的側壁角 θ ，可以如圖 10(b)所示，成為 $\theta_1 > \theta_2 > \theta_3$ 。

此外，可以如圖 10(c)所示，吸收圖案層 14a 的側壁係以側壁角 θ 從保護層 13 側向吸收圖案層 14a 的最外面側分階段地變大的方式形成。即，吸收圖案層 14a 的側壁處的側壁角 θ ，可以如圖 10(c)所示，成為 $\theta_1 < \theta_2 < \theta_3$ 。

【0041】

[實施例]

以下，藉由實施例更詳細地說明本發明，但實施例對本發明不構成任何限定。

<實施例 1>

使用具有低熱膨脹性的合成石英基板作為基板。在基板上，積層 40 片以矽 (Si) 和鉬 (Mo) 為一對的積層膜而形成作為多層反射膜。多層反射膜的膜厚設為 280nm。

接著，使用鈦 (Ru)，以膜厚成為 3.5nm 的方式將覆蓋層 (保護層) 成膜在多層反射膜上。藉此，在基板上形成了具有多層反射膜及覆蓋層的反射部。

【0042】以膜厚成為 52nm 的方式將包含銀 (Ag) 和矽 (Si) 的吸收層成膜在覆蓋層上。以 XPS (X 線光電子分光法) 測定吸收層中的銀 (Ag) 和矽 (Si) 的原子數比率，結果是 35 : 65。此外，得知：以 XRD (X 線繞射裝置) 測定吸收層的結晶性，結果看到些微結晶性，但仍為非晶質。

【0043】接著，使用氮化鉻 (CrN)，以厚度成為 100nm 的方式將背面導電膜成膜在基板的沒有形成多層反射膜的側。

各膜向基板上的成膜係使用多元濺鍍裝置。各膜的膜厚係以濺鍍時間控制。

接著，以旋轉塗布機，以 120nm 的膜厚將正型化學增幅型阻劑 (SEBP9012：信越化學工業股份有限公司製) 成膜在吸收層上，在 110°C 下烘烤 10 分鐘，形成阻劑膜。

【0044】接著，利用電子射線描繪機 (JBX3030：日本電子股份有限公司製) 來對正型化學增幅型阻劑描繪既定的圖案。

之後，在 110°C 下施加 10 分鐘的烘烤處理，接著使用噴灑顯影機 (SFG3000：Sigmameltec 股份有限公司製) 進行顯影處理。藉此，形成阻劑圖案。

接著，以阻劑圖案為蝕刻遮罩，藉由以氟系氣體為主體的乾式蝕刻來進行吸收層的圖案化，形成吸收圖案層。此時，以側壁角成為 80° 的方式進行氣體壓力、偏壓 (施加電壓) 的調整。

接著，進行殘留的阻劑圖案的剝離。

藉由以上方式，製作實施例 1 的反射型光罩。

【 0045 】

<實施例 2>

將吸收層的材料變更為氧化錫 (SnO) 和矽 (Si) 以 50 : 50 的原子數比率成為均質的混合材料 (SnSiO)。除此之外係以與實施例 1 同樣的方法製作實施例 2 的反射型光罩。

<實施例 3>

將吸收層的膜厚變更為 41nm。除此之外係以與實施例 2 同樣的方法製作實施例 3 的反射型光罩。

<實施例 4>

將吸收層的材料變更為只有氧化錫 (SnO)。此外，將吸收層的膜厚變更為 33nm。除此之外係以與實施例 1 同樣的方法製作實施例 4 的反射型光罩。

【 0046 】

<實施例 5>

將吸收圖案層的側壁角變更為 70°。除此之外係以與實施例 4 同樣的方法製作實施例 5 的反射型光罩。

<實施例 6>

將吸收圖案層的側壁角變更為 60°。除此之外係以與實施例 1 同樣的方法製作實施例 6 的反射型光罩。

<實施例 7>

將吸收層的膜厚變更為 46nm。除此之外係以與實施例 6 同樣的方法製作實施例 7 的反射型光罩。

【 0047 】

<比較例 1>

在比較例 1 中，使用具備以往的以鈿 (Ta) 為主要材料的既有膜的光罩。在比較例 1 中，使用氮化鈿 (TaN) 以成為膜厚 58nm 的方式形成吸收層，使用氧化鈿 (TaO) 以成為膜厚 2nm 的方式形成最表層來製作反射型光罩。吸收圖案層的側壁角為 90°。除此之外係以與實施例 1 同樣的方法製作比較例 1 的反射型光罩。

【0048】

<比較例 2>

將吸收層的材料變更為只有氧化錫 (SnO)。此外，將吸收層的膜厚變更為 33nm。吸收圖案層的側壁角為 90°。除此之外係以與實施例 1 同樣的方法製作比較例 2 的反射型光罩。

【0049】在圖 11 中，顯示各實施例及各比較例的反射型光罩的 EUV 光反射率。相對於具備以往的膜厚 60nm 的鈿 (Ta) 系吸收層的比較例 1 的反射型光罩的反射率為 0.013 (OD=1.68)，膜厚為 52nm、以含有 35% 的銀 (Ag) 的材料所形成的吸收層，即實施例 1 的反射型光罩的反射率為 0.012 (OD=1.74)，膜厚為 41nm、以含有 50% 的氧化錫 (SnO) 的材料所形成的吸收層，即實施例 3 的反射型光罩的反射率為 0.013 (OD=1.68)，膜厚為 52nm、以含有 35% 的銀 (Ag) 的材料所形成的吸收層，即實施例 6 的反射型光罩的反射率為 0.012 (OD=1.74)，膜厚為 46nm、以含有 35% 的銀 (Ag) 的材料所形成的吸收層，即實施例 7 的反射型光罩的反射率為 0.009

(OD=1.86)，係同等良好的。

【0050】此外，膜厚為 52nm、以含有 50%的氧化錫 (SnO)的材料所形成的吸收層，即實施例 2 的反射型光罩的反射率為 0.005(OD=2.11)，膜厚為 33nm、以含有 100%的氧化錫 (SnO)的材料所形成的吸收層，即實施例 4、實施例 5 及比較例 2 的反射型光罩的反射率各自為 0.001(OD=2.67)，係更良好的。

又，對於 OD 值，若為 2.0 以上的話則評價為「◎」，若為 1.5 以上的話則評價為「○」，若為 1.0 以上的話則評價為「△」，若小於 1.0 的話則評價為「×」。

此外，對於 OD 值，若為「△」以上的評價的話，則使用上沒有任何問題，因此設為合格。

【0051】

<評價>

針對在上述的實施例 1~7、比較例 1~2 所得到的反射型光罩，用以下的方法進行轉印性能的評價。轉印性能係利用晶圓曝光評價來確認。此外，解析性係利用 NILS(Normalized Image Log-Slope：常態化空間圖像對數斜率)值來進行評價。

【0052】

[晶圓曝光評價]

使用 EUV 曝光裝置(NXE3300B：ASML 公司製)，將在各實施例、比較例 2 及參考例(比較例 1)製作的反射型光罩的吸收層圖案轉印曝光在塗布了 EUV 正型化

學增幅型阻劑的半導體晶圓上。此時，曝光量係以 x 方向的 LS 圖案按設計轉印的方式進行調節。之後，藉由電子射線尺寸測定機，實施所轉印的阻劑圖案的觀察及線寬測定，確認解析性和 H-V 偏差值，用以下的「◎」、「○」、「△」、「×」的 4 階段進行評價。

<評價基準>

◎：H-V 偏差值小於 3.2nm 的情況

○：H-V 偏差值為 3.2nm 以上且小於 3.7nm 的情況

△：H-V 偏差值為 3.7nm 以上 5.0nm 以下的情況

×：H-V 偏差值超過 5.0nm 的情況

將以上的評價結果顯示於表 1。

又，對於 HV-偏差值，若為「○」以上的評價的話，則使用上沒有任何問題，因此設為合格。

【0053】

[解析性評價]

使用 NILS 值，評價在各實施例、比較例 2 及參考例(比較例 1)製作的反射型光罩的吸收層圖案的解析性。解析性係用以下的「○」、「△」、「×」的 3 階段進行評價。

<評價基準>

○：為 1.4 以上的情況

△：為 1.0 以上小於 1.4 的情況

×：為小於 1.0 的情況

將以上的評價結果顯示於表 1。

又，對於 NILS 值，若為「△」以上的評價的話，
則使用上沒有任何問題，因此設為合格。

【 0054 】 [表 1]

	材料	膜厚(nm)	側壁角(°)	評價項目			評價結果		
				OD 值	H-V 偏差值	NILS 值	OD	H-V 偏差	解析性
實施例 1	AgSi(Si65%)	52	80	1.74	3.6	1.68	○	○	○
實施例 2	SnOSi(Si50%)	52	80	2.11	3.6	1.66	◎	○	○
實施例 3	SnOSi(Si50%)	41	80	1.68	3.1	1.41	○	◎	○
實施例 4	SnO	33	80	2.67	3.0	1.59	◎	◎	○
實施例 5	SnO	33	70	2.67	2.6	1.49	◎	◎	○
實施例 6	AgSi(Si65%)	52	60	1.74	2.3	1.24	○	◎	△
實施例 7	AgSi(Si65%)	46	60	1.86	2.2	1.23	○	◎	△
比較例 1	既有的 Ta	60	90	1.68	5.2	1.74	○	×	○
比較例 2	SnO	33	90	2.67	3.7	1.69	◎	△	○

【0055】如表 1 中所示，從實施例 1~7、比較例 1~2 的評價結果得知，在如實施例 1~7 般吸收圖案層的側壁角為 $\theta < 90^\circ$ 的情況下，與如比較例 1~2 般吸收圖案層的側壁角為 $\theta = 90^\circ$ 的情況相比，H-V 偏差值小，能夠減少陰影效應。

【0056】以下，針對將各實施例及各比較例的各 H-V 偏差值進行比較的結果，具體地進行說明。

具備以往的膜厚 60nm 的鈹 (Ta) 系吸收層的比較例 1 的 H-V 偏差值為 5.2nm，以膜厚 33nm 的氧化錫 (SnO) 形成，側壁角為 90° 的比較例 2 的 H-V 偏差值為 3.7nm。

【0057】相對於此，膜厚為 52nm 的以依原子數比率成為 35 : 65 的方式含有銀 (Ag) 和矽 (Si) 的材料形成、側壁角為 80° 的實施例 1 的 H-V 偏差值為 3.6nm，膜厚為 52nm 的以依原子數比率成為 50 : 50 的方式含有氧化錫 (SnO) 和矽 (Si) 的材料形成、側壁角為 80° 的實施例 2 的 H-V 偏差值為 3.6nm，膜厚為 41nm 的以依原子數比率成為 50 : 50 的方式含有氧化錫 (SnO) 和矽 (Si) 的材料形成、側壁角為 80° 的實施例 3 的 H-V 偏差值為 3.1nm，膜厚為 33nm 的僅以氧化錫 (SnO) 形成、側壁角為 80° 的實施例 4 的 H-V 偏差值為 3.0nm，膜厚為 33nm 的僅以氧化錫 (SnO) 形成、側壁角為 70° 的實施例 5 的 H-V 偏差值為 2.6nm，膜厚為 52nm 的以依原子數比率成為 35 : 65 的方式含有銀 (Ag) 和矽 (Si) 的材料形成、側壁角為 60° 的實施例 6 的 H-V 偏差值為 2.3nm，膜厚為 46nm 的以依原子數比率成為 35 : 65 的方式含有銀 (Ag) 和矽 (Si)

的材料形成、側壁角為 60° 的實施例 7 的 H-V 偏差值為 2.2nm ，與側壁角為 $\theta=90^\circ$ 的情況相比，可知 H-V 偏差值小，能夠減少陰影效應。

【0058】又，本發明的反射型光罩及反射型光罩之製造方法不限於上述的實施形態及實施例，可以在無損發明的特徵的範圍內進行各種變更。

[產業上利用之可能性]

【0059】本發明的反射型空白光罩及反射型光罩，由於能夠在半導體積體電路等的製造步驟中，藉由 EUV 曝光來形成微細的圖案，因此適合使用。

【符號說明】

【0060】

11:基板

12:反射層

13:保護層

14:吸收層

14a:吸收圖案(吸收圖案層)

15:背面導電膜

16:阻劑膜

16a:阻劑圖案

100:反射型光罩

200:反射型空白光罩

【發明申請專利範圍】

【請求項 1】一種反射型光罩，其特徵為具備：

基板；

形成在該基板上的具有多層膜構造的反射 EUV 光的反射層；

形成在該反射層上，保護該反射層的保護層；和

形成在該保護層上，形成有圖案的吸收 EUV 光的吸收圖案層，

該吸收圖案層係以對 EUV 光的消光係數 k 大於 0.041 的材料構成，

該吸收圖案層的側壁與該基板所形成的側壁角的大小 θ 小於 90° 。

【請求項 2】如請求項 1 的反射型光罩，其中該吸收圖案層係以至少一層以上構成，

該吸收圖案層中的至少一層包含合計 50 原子%以上的從第 1 材料群所選出的一種以上的元素以及其氧化物、氮化物、及氮氧化物，

該第 1 材料群係 Sn、In、Te、及 Co。

【請求項 3】如請求項 1 或 2 的反射型光罩，其中該吸收圖案層的膜厚係 50nm 以下，

OD 值 (Optical Density：光學濃度)係 1.0 以上。

【請求項 4】如請求項 1 至 3 中任一項的反射型光罩，其中在將該吸收圖案層的下部的線寬設為 $w(\text{nm})$ ，將該吸收圖案層的膜厚設為 $h(\text{nm})$ 的情況下，

該側壁角的大小 θ 滿足

$$\tan\theta > 2 \times h/w$$

所示的關係。

【請求項 5】如請求項 1 至 4 中任一項的反射型光罩，其中該側壁角的大小 θ 滿足

$$65^\circ \leq \theta < 90^\circ。$$

【請求項 6】如請求項 1 至 5 中任一項的反射型光罩，其中該吸收圖案層可以藉由使用氟系氣體或氯系氣體的乾式蝕刻來形成。

【請求項 7】一種反射型光罩之製造方法，其特徵為具備形成基板、反射層、保護層、和吸收圖案層的步驟，

該反射層係形成在該基板上的具有多層膜構造的反射 EUV 光的反射層，

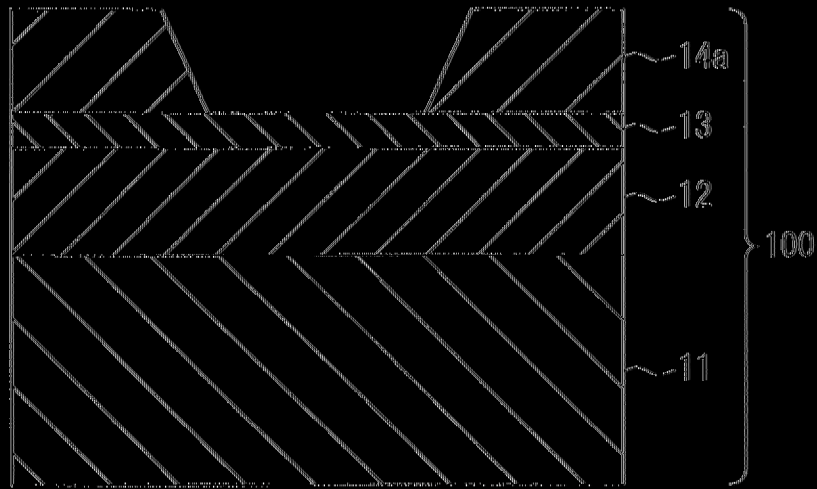
該保護層係形成在該反射層上，保護該反射層的保護層，

該吸收圖案層係形成在該保護層上，形成有圖案的吸收 EUV 光的吸收圖案層，

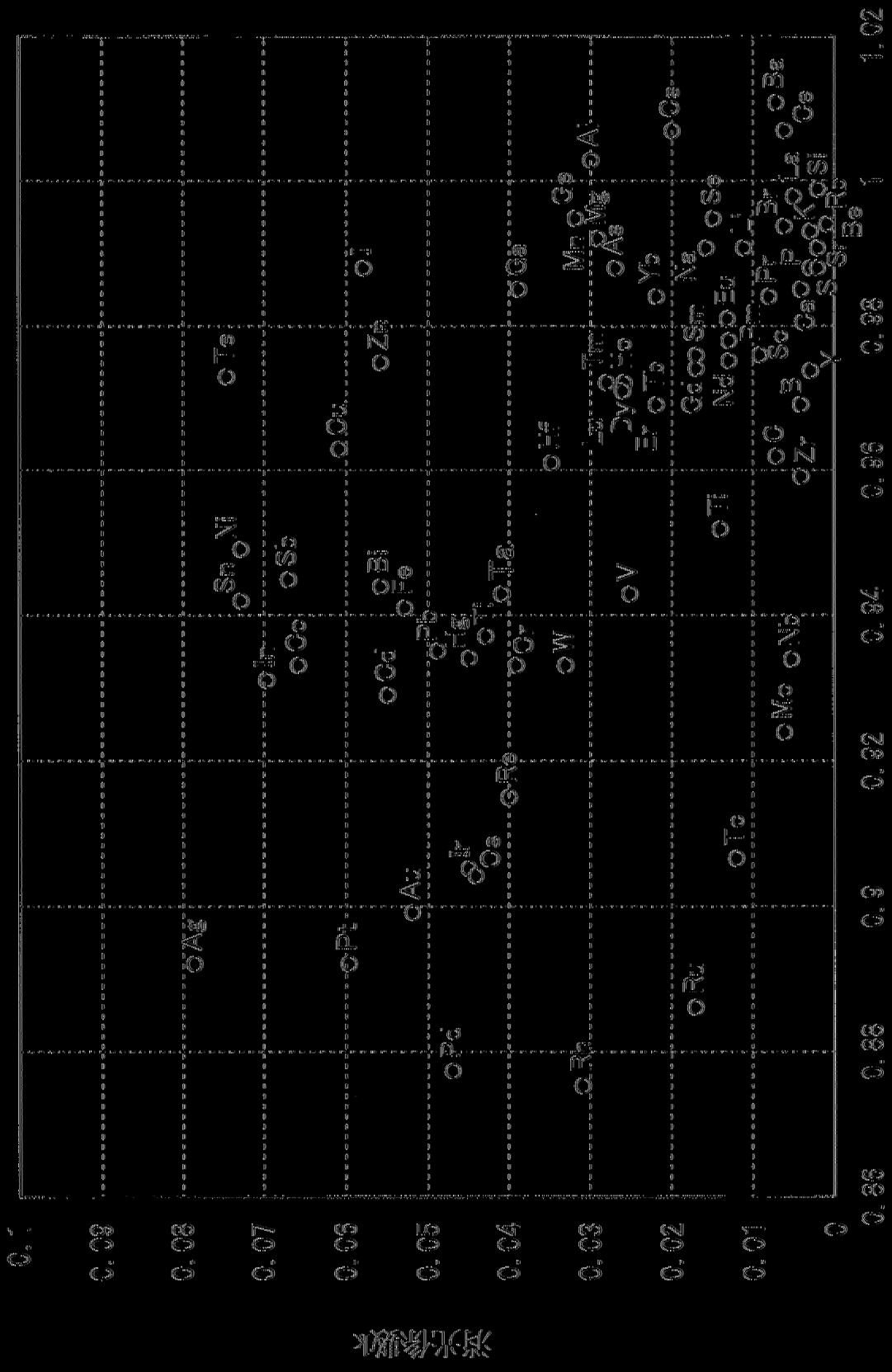
該吸收圖案層係以 EUV 光的消光係數 k 大於 0.041 的材料形成，

該吸收圖案層的側壁與該基板所形成的側壁角的大小 θ 小於 90° 。

|(發明圖式)|



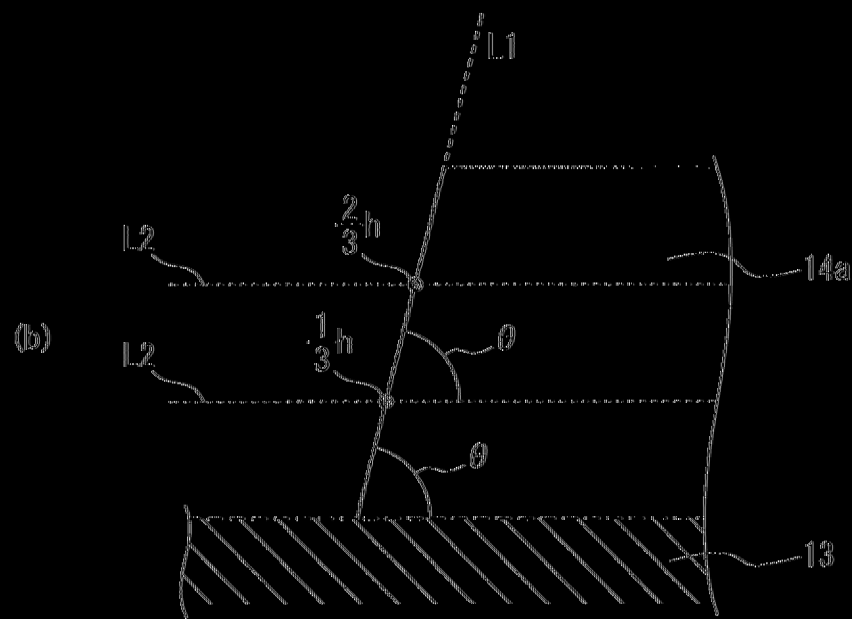
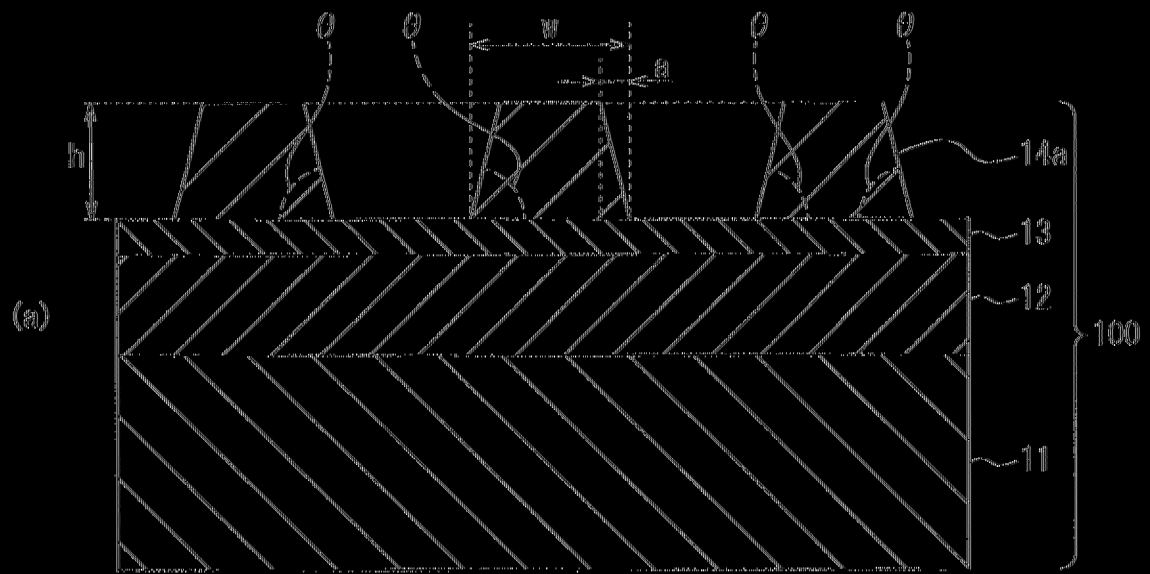
|(圖 1)|



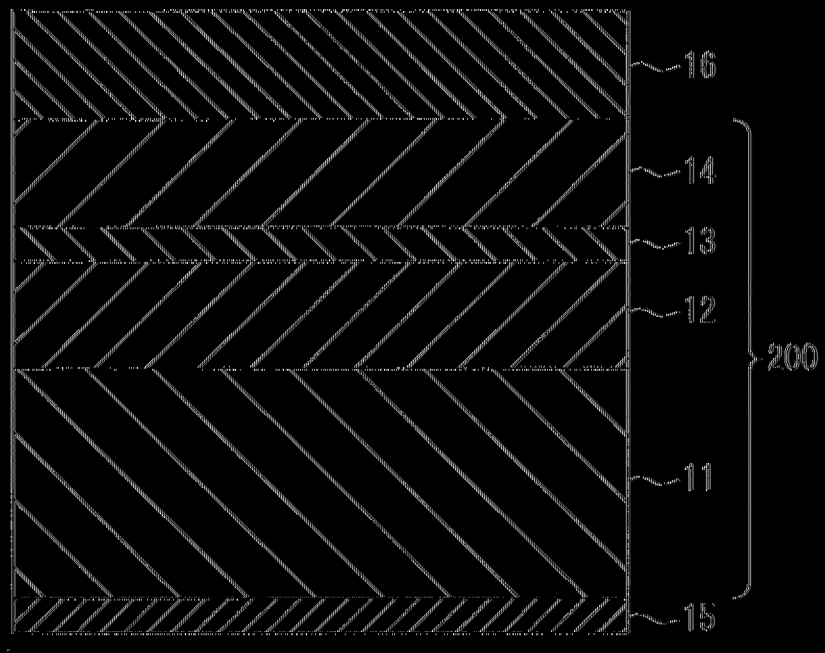
(2) 図

消光係数

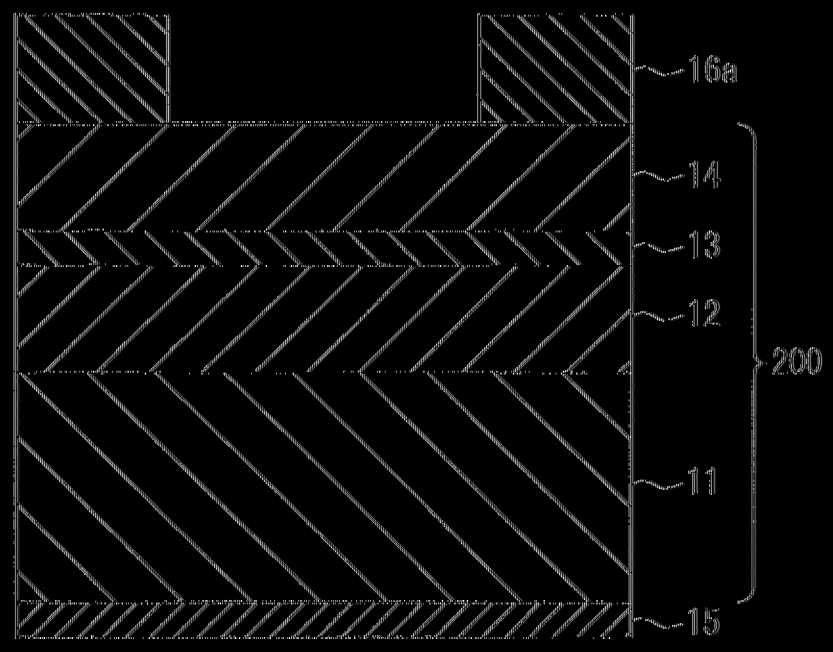
折光率



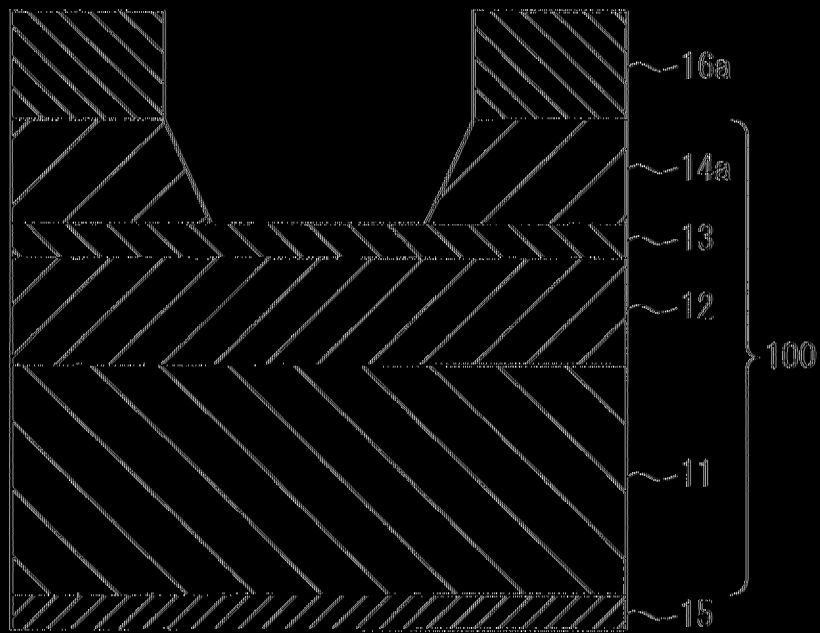
([3])



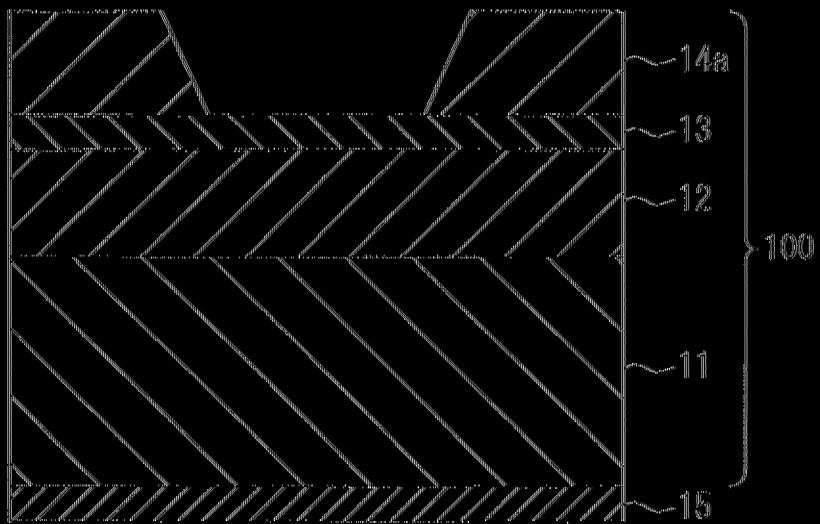
〔圖 4〕



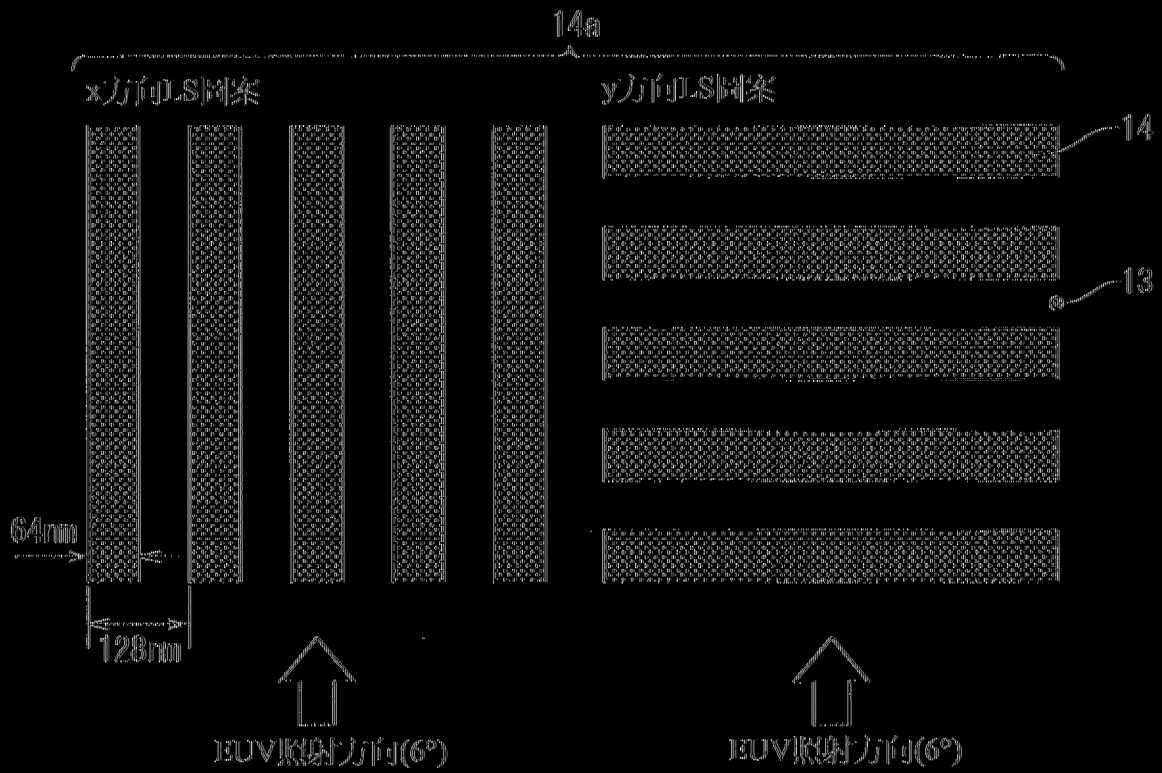
〔圖 5〕



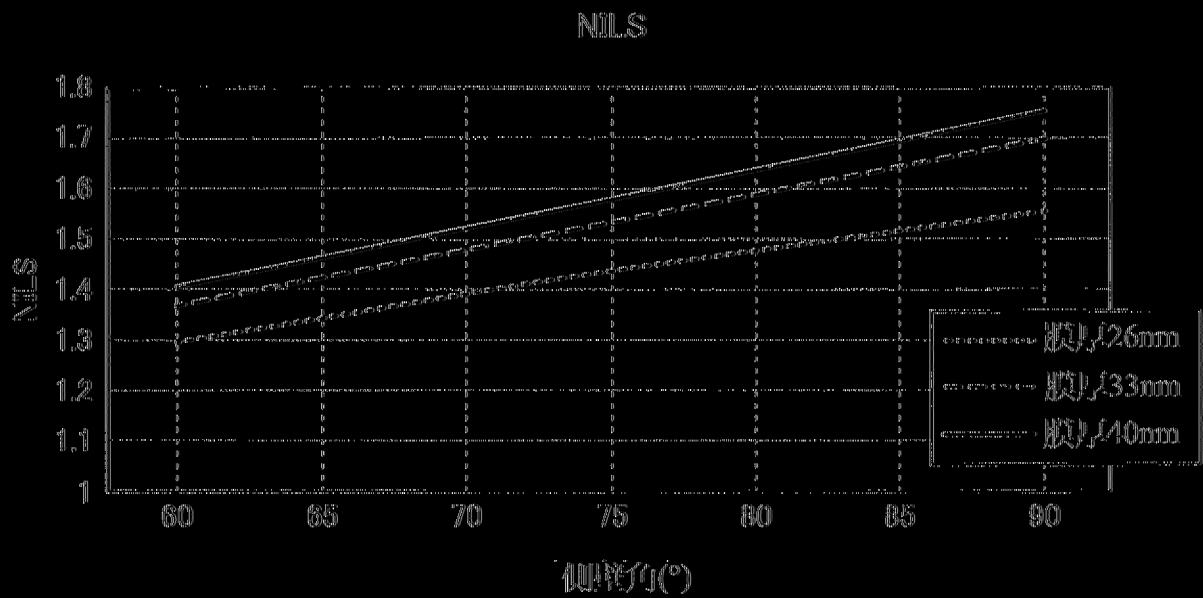
(圖 6)



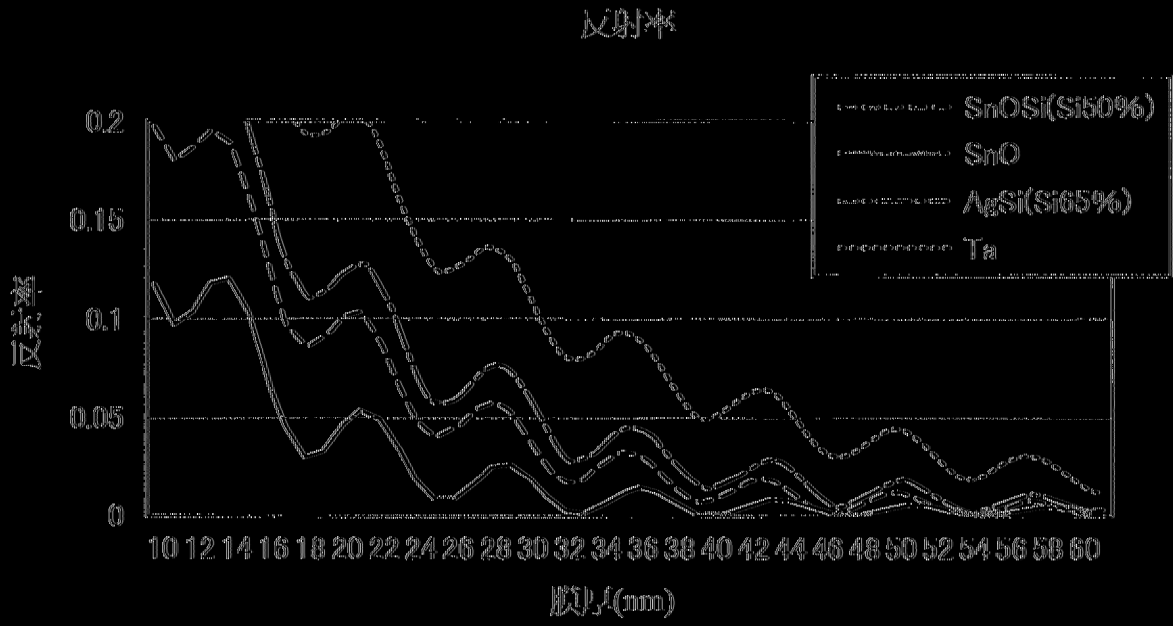
(圖 7)



(图 8)



(图 9)



(图 11)