



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I770217 B

(45)公告日：中華民國 111 (2022) 年 07 月 11 日

(21)申請案號：107123247

(22)申請日：中華民國 107 (2018) 年 07 月 05 日

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

(30)優先權：2017/07/05 日本

2017-132027

(71)申請人：日商凸版印刷股份有限公司(日本) TOPPAN PRINTING CO., LTD. (JP)
日本

(72)發明人：古溝透 KOMIZO, TORU (JP)；福上典仁 FUKUGAMI, NORIHITO (JP)

(74)代理人：黃政誠；丁國隆

(56)參考文獻：

TW 200532368A

TW 201100950A

TW 201516556A

JP 2010-103463A

審查人員：吳彥華

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：13 共 32 頁

(54)名稱

反射型空白光罩及反射型光罩

(57)摘要

第一態樣的反射型空白光罩(10)具有：基板(1)；形成在基板(1)上的反射層(2)；與形成在反射層(2)上，包含膜厚為 17nm 以上且小於 25.0nm 的氧化錫膜的光吸收層(4)。藉此，抑制或減輕以極紫外線為光源之圖案轉印用的反射型光罩的陰影效應，對半導體基板的轉印性能提升，並且抑制因清洗所造成的圖案崩塌。

指定代表圖：

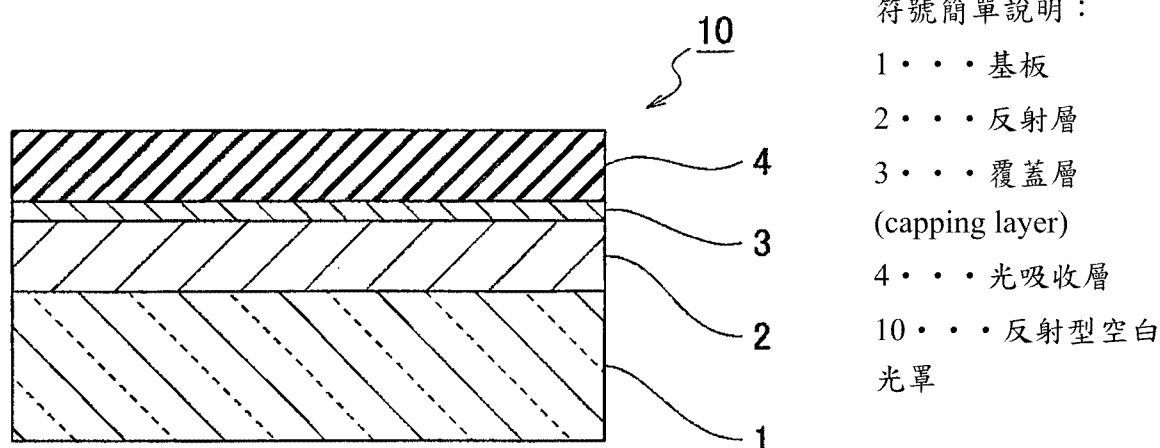


圖 1

發明摘要

【發明名稱】(中文/英文)

反射型空白光罩及反射型光罩

【中文】

第一態樣的反射型空白光罩(10)具有：基板(1)；形成在基板(1)上的反射層(2)；與形成在反射層(2)上，包含膜厚為 17nm 以上且小於 25.0nm 的氧化錫膜的光吸收層(4)。藉此，抑制或減輕以極紫外線為光源之圖案轉印用的反射型光罩的陰影效應，對半導體基板的轉印性能提升，並且抑制因清洗所造成的圖案崩塌。

【英文】

無。

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖 1。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 1 基 板
- 2 反 射 層
- 3 覆 蓋 層 (capping layer)
- 4 光 吸 收 層
- 10 反 射 型 空 白 光 罩

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無。

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

反射型空白光罩及反射型光罩

【技術領域】

【0001】本發明係關於以極紫外線為光源之微影法中使用的反射型光罩、及用於製作其的反射型空白光罩。

【先前技術】

【0002】於半導體裝置的製程，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。光微影法之轉印圖案的最小解像尺寸係大幅取決於曝光光源的波長，波長越短，越能縮小最小解像尺寸。因此，為了實現轉印圖案的進一步微細化，曝光光源正在從以往的ArF準分子雷射(波長 193nm)換成波長 13.5nm 的EUV(Extreme Ultra Violet：極紫外線)。

【0003】EUV 係被幾乎所有的物質高比例地吸收。因此，EUV 微影法不能使用利用光的透射之折射光學系統，也不能使用透射型的光罩。因此，使用反射型的光罩作為 EUV 曝光用的光罩(EUV 遮罩)。

專利文獻 1 揭示藉由下述方式所得到的 EUV 光罩：在玻璃基板上形成包含交替積層有鉬(Mo)層及矽(Si)層的多層膜之光反射層，在其上形成以鉭(Ta)為主要成分之光吸收層，在此光吸收層形成圖案。

【0004】又，作為構成曝光機的光學系統的零件，也不能使用透鏡或透射型的分光器(beam splitter)，而變

成使用鏡子等的反射型零件。因此，不能為使朝向 EUV 遮罩的入射光與來自 EUV 遮罩的反射光在同軸上的設計。因此，EUV 微影法中通常將光軸相對於與 EUV 遮罩面垂直的方向而傾斜 6 度地入射 EUV，使在與入射光為相反的側而傾斜 6 度之光軸的反射光朝向半導體基板。

先前技術文獻

專利文獻

【0005】

專利文獻 1 日本特開 2011-176162 號公報

【發明內容】

發明所欲解決的課題

【0006】如此，EUV 微影法由於使光軸傾斜，因此朝向 EUV 遮罩的入射光產生 EUV 遮罩的遮罩圖案(經圖案化的光吸收層)的陰影。伴隨此陰影的產生而發生的問題被稱為陰影效應(shadowing effect)。此陰影效應係使光軸傾斜的 EUV 微影法之原理上的課題。

【0007】現有的 EUV 空白遮罩係使用膜厚 60~90nm 之以鉬(Ta)為主要成分的膜作為光吸收層。在以使用此空白遮罩製作的 EUV 遮罩進行圖案轉印的曝光的情況下，依據入射方向與遮罩圖案的朝向的關係，有在成為遮罩圖案的陰影的邊緣部分引成對比度降低之虞。伴隨於此，發生半導體基板上的轉印圖案之線緣粗度(line edge roughness)的增加、或線寬無法形成為目標尺寸等問題，有轉印性能惡化的可能性。

又，現有的 EUV 遮罩也存在因製作時的清洗而發生圖案崩塌的問題點。

本發明的課題在於抑制或減輕以極紫外線為光源之圖案轉印用的反射型光罩的陰影效應，提升對半導體基板的轉印性能，並且抑制因清洗所造成的圖案崩塌。

用以解決課題的手段

【0008】為了解決上述課題，本發明的第一態樣係一種反射型空白光罩，其用於製作以極紫外線為光源之圖案轉印用的反射型光罩，該反射型空白光罩具有：基板；形成在基板上的反射層；與形成在反射層上，包含膜厚為 17nm 以上且小於 25.0nm 的氧化錫膜的光吸收層。

本發明的第二態樣係一種反射型光罩，其具有：基板；形成在基板上的反射層；與形成在反射層上，包含膜厚為 17nm 以上且小於 25.0nm 的氧化錫膜，並形成有圖案的光吸收圖案層。

發明的效果

【0009】若依據本發明，則能夠期待抑制或減輕以極紫外線為光源之圖案轉印用的反射型光罩的陰影效應，對半導體基板的轉印性能提升，並且抑制因清洗所造成的圖案崩塌。

【圖式簡單說明】

【0010】

圖 1 係顯示本發明的實施形態之反射型空白光罩的剖面圖。

圖 2 係顯示本發明的實施形態之反射型光罩的剖面圖。

圖 3 係顯示在 EUV 波長下的各金屬材料的光學常數的圖表(graph)。

圖 4 係顯示氧化錫膜中所含的氧相對於錫的比(O/Sn)與熔點之關係的圖表。

圖 5 係顯示在光吸收層為氧化錫(SnO_x)膜及鉭(Ta)膜的情況下計算的結果所得到的光吸收層的膜厚與 EUV 反射率之關係的圖表。

圖 6 係顯示在光吸收層為氧化錫(SnO_x)膜及鉭(Ta)膜的情況下計算的結果所得到的光吸收層的膜厚與 OD 值之關係的圖表。

圖 7 係顯示在光吸收層為氧化錫(SnO_x)膜及鉭(Ta)膜的情況下計算的結果所得到的光吸收層的膜厚與藉由光罩所轉印的圖案的 HV 偏差值之關係的圖表。

圖 8 係顯示在光吸收層為氧化錫(SnO_x)膜及鉭(Ta)膜的情況下所得到的 OD 值為 1.0、2.0 之 HV 偏差值的計算結果的圖表。

圖 9 係顯示在光吸收層為氧化錫(SnO_x)膜及鉭(Ta)膜的情況下計算的結果所得到的光吸收層的膜厚與藉由光罩所轉印的圖案的 NILS(X 方向及 Y 方向上的各值)之關係的圖表。

圖 10 係顯示實施例的反射型空白光罩的剖面圖。

圖 11 係說明使用實施例的反射型空白光罩之反射型光罩的製作方法的一步驟的剖面圖。

圖 12 係針對使用實施例的反射型空白光罩之反射型光罩的製作方法，說明圖 11 的下一步驟的剖面圖。

圖 13 係顯示實施例所得到的反射型光罩的剖面圖。

【實施方式】

用以實施發明的形態

【0011】

[實施形態]

以下，針對本發明的實施形態進行說明，但本發明不限定於以下所示的實施形態。以下所示的實施形態係爲了實施本發明而在技術上作較佳的限定，但此限定並非本發明的必須要件。

如圖 1 所示，本實施形態的反射型空白光罩 10 具有：基板 1；形成在基板 1 上的反射層 2；形成在反射層 2 上的覆蓋層(capping layer)3；與形成在覆蓋層 3 上的光吸收層 4。光吸收層 4 包含膜厚爲 17nm 以上且小於 25.0nm 的氧化錫膜。作爲基板 1，可使用包含低膨脹性的合成石英等的基板。

【0012】如圖 2 所示，本實施形態的反射型光罩 20 具有：基板 1；形成在基板 1 上的反射層 2；形成在反射層 2 上的覆蓋層 3；與形成在覆蓋層 3 上的光吸收圖案層 41。光吸收圖案層 41 包含膜厚爲 17nm 以上且小於 25.0nm 的氧化錫膜。光吸收圖案層 41 係反射型空白光罩 10 的光吸收層 4 經圖案化者。

【0013】

[直到本發明為止的考察]

(關於吸收膜的光吸收性)

反射型空白光罩的光吸收層(以下，也簡稱為「吸收層」)係在被乾式蝕刻而形成為既定的曝光轉印圖案之際，吸收所照射的 EUV 者。為了減少成為課題的陰影效應，需要將吸收層減薄，但在僅將現在一般所使用的材料之 Ta(鉭)減薄的情況下，EUV 的吸收性並不充分，吸收層區域中的反射率會變高。因此，為了同時達成吸收層的薄膜化與 EUV 的光吸收性，需要比既有的吸收層材料具有更高的對 EUV 的光吸收性的材料。

【0014】

(關於高吸收材料的缺點)

圖 3 係顯示各金屬材料在 EUV 區域的波長下的光學常數者，橫軸表示折射率 n ，縱軸表示消光係數(extinction coefficient) k 。作為消光係數 k 高的材料，有 Ag、Ni、Sn、Te 等。這些材料的消光係數位於 0.07 至 0.08 的範圍內，為以往的吸收層材料之 Ta 的消光係數 0.041 的約 2 倍。即，這些材料具有高的光吸收性。但是，這些高吸收材料由於乾式蝕刻性差(這些元素的鹵化物的揮發性低)而無法圖案化，或者由於熔點低而無法耐受光罩製作時、EUV 曝光時的熱，因此幾乎為缺乏作為光罩的光吸收層材料的實用性者。

【0015】

(關於氧化錫膜的熔點及與耐藥液性的關係)

爲了迴避這樣的缺點，考慮將反射型空白光罩及反射型光罩的光吸收層設爲氧化錫膜。Sn 單體係熔點爲 230℃ 附近而爲低者，有熱穩定性與耐清洗性的問題，但藉由使其成爲氧化錫膜，如圖 4 所示，能夠使熔點爲 1000℃ 以上。藉此，若爲氧化錫膜，則對光罩製作時、EUV 曝光時的熱具有充分的耐性，且藉由 Sn 與 O 的化學鍵而在化學上亦穩定，因此能夠對光罩製作時的清洗液(酸或鹼)具有充分的耐性。

又，氧化錫膜在化學上穩定，另一方面，使用氯系氣體的乾式蝕刻係可能的，因此能夠圖案化。其理由係因爲 Sn 與 Cl 的化合物之 SnCl_4 的揮發性比 Sn 以外的高吸收材料與 Cl 之化合物更高的緣故。

【0016】

(關於氧化錫膜的 O/Sn 比與光吸收性的關係)

對 EUV 的光學常數(消光係數、折射率)，在 O/Sn 比爲 1.0 以上 2.0 以下的氧化錫與錫單體中幾乎沒有變化。因此，藉由將反射型空白光罩及反射型光罩的光吸收層設爲 O/Sn 比爲 1.0 以上 2.0 以下的氧化錫膜，能夠維持與光吸收層爲 Sn 單體的情況相同的光吸收性。

【0017】實際上，若製作複數個在 O/Sn 比爲 1.0 以上 2.0 以下的範圍內使氧的含量變化之氧化錫膜樣品，並測定在波長 13.5nm(EUV 區域)下的光學常數，則皆可得到折射率 $n=0.930\sim0.940$ 、消光係數 $k=0.0714\sim0.0728$ 這樣的值。此爲接近圖 3 所示的 Sn 單體的值之值。即，O/Sn 比爲 1.0 以上 2.0 以下的氧化錫與 Sn 單體係光學常數幾乎相同。

【0018】

(Ta 膜與氧化錫膜之反射率、OD、及膜厚的比較)

基於氧化錫膜的光學常數(折射率 $n=0.936$ ，消光係數 $k=0.0721$)，算出使用包含氧化錫的光吸收層的情況的 EUV 反射率。又，使用下述的(1)式，計算表示遮罩的基本性能之 OD 值(光學密度(Optical Density): 吸收層部與反射層部的對比度)。

$$OD = -\log(R_a/R_m) \dots (1)$$

在(1)式中， R_m 係來自反射層區域的反射光強度， R_a 係來自光吸收層區域的反射光強度。

【0019】當然，在 EUV 微影法中，OD 值越高越好。此外，此計算係將空白遮罩的構成作成下述的構成，使用這些各層的光學常數(折射率、消光係數)，並改變光吸收層的膜厚來進行：在吸收層下存在有厚度 2.5nm 的基於 Ru 的覆蓋層(保護層)，進一步在其下存在有 40 對基於 Si 與 Mo 的反射層，在其下存在有平坦的合成石英製的基板，在基板的背面存在有包含 CrN 的導電層。

【0020】如由圖 5 可知，相對於 Ta 膜，氧化錫(SnO_x)膜例如在相同膜厚的情況下，能夠使反射率降低至一半以下，在相同反射率的情況下，能夠使膜厚減少至一半以下。如此，氧化錫膜可有效地作為光吸收膜。

如由圖 6 可知，例如，為了得到 $OD \geq 1.0$ ，相對於 Ta 膜至少需要 40nm 以上的厚度，氧化錫(SnO_x)膜只要約 17nm 的厚度。因此可知，從 OD 這樣的觀點來看，氧化錫膜亦可有效地作為能夠減少膜厚的光吸收膜。

【0021】又，爲了得到 $OD=2.0$ ，相對於 Ta 膜至少需要 70nm 以上的厚度，氧化錫膜只要 26nm 的厚度，可知於 $OD=2$ ，氧化錫膜亦可有效地作爲能夠減少膜厚的光吸收層。

如此，藉由使用氧化錫膜，變得可在維持表示遮罩的基本性能之 OD 值下，將光吸收層減薄。

【0022】

(於 Ta 膜與氧化錫膜之 HV 偏差(bias)的比較)

接著，爲了評價陰影效應的影響，分別於 Ta 膜與氧化錫膜，藉由使用利用 FDTD(時域差分)法的模擬器之模擬來比較在變更膜厚時 HV 偏差值如何變化。此外，模擬條件係光源的波長設爲 13.5nm(EUV 波長)，NA 設爲 0.33，入射角設爲 6 度，照明使用四扇形(Quasar)。

HV 偏差值係指取決於遮罩圖案的朝向之轉印圖案的線寬差，即 H(水平(Horizontal))方向的線寬與 V(垂直(Vertical))方向的線寬的差。所謂的 H 方向的線寬係表示與入射光及反射光作出的面爲平行朝向的線寬，所謂的 V 方向的線寬係表示相對於入射光及反射光作出的面而爲垂直朝向的線寬。

【0023】受陰影效應影響者爲水平的圖案尺寸，發生其轉印圖案的邊緣部的對比度降低、線寬(Y 方向)減少。受到陰影效應的影響的圖案，轉印後的線寬變小，因此垂直的轉印圖案尺寸與水平的轉印圖案尺寸產生線寬差(所謂的 HV 偏差)。

【0024】本模擬中使用的圖案，係以在半導體基板上成爲 16nm 的 LS(線條(Line)與間隔(Space)爲 1：1)的尺寸而設計遮罩圖案者。因此，由於 EUV 微影法通常爲四分之一的縮小投影曝光，而 EUV 遮罩上的圖案尺寸成爲 64nm 的 LS 圖案。如圖 7 所示，可知：Ta 膜、氧化錫膜皆爲吸收層的膜厚越厚，此轉印圖案的 HV 偏差值變得越大。

【0025】此處，比較成爲 OD=2 左右之 Ta 膜(膜厚 70nm)與氧化錫膜(膜厚 26nm)各自的 HV 偏差值，結果 Ta 膜爲 10.5nm 而非常大，但氧化錫膜能夠大幅地減少爲 3.3nm 而改善(圖 8)。再者，即使於成爲 OD=1 之 Ta 膜(40nm)與氧化錫膜(17nm)，HV 偏差於 Ta 膜成爲 3.2nm，於氧化錫膜成爲 2.1nm。

如此，可知：藉由將氧化錫用於反射型空白光罩及光罩的光吸收層材料，能夠大幅地減少陰影效應的影響(HV 偏差)。

【0026】

(於 Ta 膜與氧化錫膜之 NILS 的比較)

陰影效應的影響也出現在被稱作 NILS(正規化影像對數斜率(Normalized Image Log Slope))的圖案對比度(pattern contrast)上。NILS 係從轉印圖案的光強度分布表示亮部與暗部的斜率的特性值，值越大，圖案轉印性(解像性、線緣粗度等)越好。使用構成光吸收層的 Ta 與氧化錫的光學常數，藉由計算(與上述相同的模擬)來評價 NILS。將其結果顯示於圖 9。

【0027】如圖 9 所示，在 Ta 膜的情況下，於 OD 成爲 2 附近的膜厚 70nm，X(垂直的線寬方向的 NILS)成爲 1.5，Y(水平的線寬方向的 NILS)成爲 0.2。即，受到陰影效應的影響的水平的線寬方向(Y 方向)的 NILS 大幅惡化。如上所述，這樣的 X 方向與 Y 方向的圖案對比度(NILS)的巨大差別造成 Ta 膜巨大的 HV 偏差值。

另一方面，在氧化錫膜的情況下，於 OD 成爲 2 附近的膜厚 26nm，成爲 X=1.4、Y=0.9，Y 方向的 NILS 大幅改善，因此 HV 偏差值也變小。

【0028】原本，Y 方向的 NILS(圖案對比度)降低不僅影響 HV 偏差，也與轉印圖案的線緣粗度的增大有關，在最差的情況下變得無法解像亦爲大問題。

而且，如圖 9 所示，只要是膜厚爲 17nm 以上 36nm 以下的氧化錫膜，則能夠使 Y 方向的 NILS 比任何膜厚的 Ta 膜更高。

(圖案崩塌與膜厚的關係)

調查光吸收層的膜厚、與因光罩的清洗所造成的圖案崩塌的關係，結果可知：在氧化錫膜的情況下，若膜厚爲 25.0nm 以上，則容易發生圖案崩塌。

【0029】

[關於本發明的第一態樣及第二態樣]

本發明的第一態樣的反射型空白光罩及第二態樣的反射型光罩具有包含膜厚爲 17nm 以上且小於 25.0nm 的氧化錫膜的光吸收層。

【0030】本發明的第一態樣的反射型空白光罩及第二態樣的反射型光罩所具有的光吸收層包含膜厚為 17nm 以上且小於 25.0nm 的氧化錫膜，因此與具有包含 Ta 膜的光吸收層的反射型空白光罩及反射型光罩相比，能夠大幅地改善陰影效應的影響(圖案解像性惡化、線緣粗度增加)。

又，與具有包含不滿足膜厚為 17nm 以上且小於 25.0nm 的氧化錫膜的光吸收層的反射型空白光罩及反射型光罩相比，能夠提高反射型光罩的 Y 方向的 NILS，因此能夠減小陰影效應的影響，並且能夠抑制反射型光罩之因清洗所造成的圖案崩塌。

本發明的第一態樣的反射型空白光罩及第二態樣的反射型光罩，可為具有包含膜厚為 17.0nm 以上且小於 25.0nm 的氧化錫膜的光吸收層者。

在本發明的第一態樣的反射型空白光罩及第二態樣的反射型光罩中，光吸收層中所含的氧化錫膜只要氧相對於錫的原子數比(O/Sn)在 1.0 以上 2.0 以下的範圍內即可。

在本發明的第一態樣的反射型空白光罩及第二態樣的反射型光罩中，形成光吸收層中所含的氧化錫膜的材料較佳為含有合計 80 原子%以上的錫(Sn)與氧(O)。

【0031】這是因為若氧化錫膜中包含錫(Sn)與氧(O)以外的成分，則利用氧化錫膜之 EUV 吸收性降低，但只要該成分小於 20 原子%，則 EUV 吸收性的降低極輕微，作為 EUV 遮罩的光吸收層之性能幾乎沒有降低的緣故。

作為錫與氧以外的材料，有因應其目的而混合 Si、In、Te、Ta、Pt、Cr、Ru 等金屬、或氮或碳等輕元素的情形。

【0032】例如，藉由將 In 加入氧化錫膜，變得可一邊確保透明性一邊對膜賦予導電性，因此在使用波長 190~260nm 的 DUV 光之遮罩圖案檢查中，變得可提高檢查性。或者，在將氮或碳混合於氧化錫膜的情況下，變得可提高氧化錫膜的乾式蝕刻之際的蝕刻速度。

【0033】本發明的第一態樣的反射型空白光罩及第二態樣的反射型光罩，若將來自反射層的反射光強度設為 R_m ，將來自光吸收層的反射光強度設為 R_a ，則以下述的(1)式所規定的 OD(Optical Density：光學密度)較佳為 1 以上。

$$OD = -\log(R_a/R_m) \dots (1)$$

以 OD 成為小於 1 的氧化錫膜(膜厚小於 17nm)進行曝光模擬，結果查明光吸收層部與反射層部的對比度不足，無法形成轉印圖案。Ta 膜的情況也一樣，在 OD 小於 1 的情況下無法形成轉印圖案。

【0034】如上所述，若依據本發明的第一態樣的反射型空白光罩及第二態樣的反射型光罩，則藉由具有包含膜厚為 17nm 以上且小於 25.0nm 的氧化錫膜的光吸收層，能夠減少陰影效應的影響。又，與具有包含 Ta 膜的光吸收層的現有品相比，在轉印圖案的 Y 方向上可得到高的 NILS。因此，能夠實現轉印圖案的解像性提升、線緣粗度的減少。又，X 方向與 Y 方向的 NILS 接近，因

此也能夠減少 HV 偏差值，可得到忠於遮罩圖案的轉印圖案。

[實施例]

【0035】以下，說明本發明的實施例。

(反射型空白光罩的製作)

藉由以下的程序製作複數個樣品作為圖 10 所示的層構造的反射型空白光罩 100。

首先，在合成石英製的基板 11 上形成包含 40 對 Si 與 Mo(合計膜厚 280nm)的多層構造的反射層 12，在反射層 12 上，以 2.5nm 的膜厚形成包含 Ru 膜的覆蓋層 13。接著，在覆蓋層 13 上形成光吸收層 14。接著，在基板 11 的背面，以 100nm 的膜厚形成包含 CrN 的導電層 15。

【0036】在各樣品中，光吸收層 14 係如表 1 所示地改變材料(Ta 或氧化錫)及膜厚而形成。氧化錫膜係以 26nm、25.0nm、24.5nm、17nm、及 16nm 的各膜厚形成 O/Sn 比為 1 的 SnO 膜(在表 1 中表示為「SnO1」)、與 O/Sn 比為 2 的 SnO₂ 膜(在表 1 中表示為「SnO2」)。Ta 膜係以 70nm 與 40nm 的膜厚形成。

各層的成膜係使用濺鍍裝置進行。氧化錫膜係藉由利用反應性濺鍍法，並控制在濺鍍中導入腔室的氧的量，而以 O/Sn 比成為 1.0 或 2.0 的方式成膜。各層的膜厚係藉由透射電子顯微鏡進行測定，氧化錫膜的 O/Sn 比係以 XPS(X 射線光電子光譜測定法)進行測定。

【0037】

(反射率測定與 OD 的算出)

以利用 EUV 的反射率測定裝置測定 Ta 膜及氧化錫膜之在反射層區域的反射率 R_m 、與在光吸收層區域的反射率 R_a 。從其結果計算遮罩特性的 OD。

【0038】

(反射型光罩的製作)

使用所得到的反射型空白光罩 100 的各樣品，藉由以下的程序製作反射型光罩。

首先，在反射型空白光罩 100 的光吸收層 14 上，以 170nm 的膜厚塗布正型化學增幅阻劑 (chemical amplification resist)(SEBP9012：信越化學公司製)。接著，對此阻劑膜，以電子束描繪機(JBX3030：日本電子公司製)描繪既定的圖案(40nm 的 1：1 線條與間隔圖案(line-and-space pattern))。接著，進行 110℃、10 分鐘的預烘烤處理後，使用噴霧顯影機(SFG3000：Sigmameltec 公司製)進行顯影處理。藉此，如圖 11 所示，在光吸收層 14 上形成阻劑圖案 16。

【0039】接著，藉由以阻劑圖案 16 為蝕刻遮罩的乾式蝕刻來進行光吸收層 14 的圖案化。光吸收層 14 為 Ta 膜的樣品係使用以氟系氣體為主體的蝕刻氣體，光吸收層 14 為氧化錫膜的樣品係使用以氯系氣體為主體的蝕刻氣體。藉此，如圖 12 所示，將光吸收層 14 作成光吸收圖案層 141。

【0040】接著，剝離阻劑圖案 16。藉此，如圖 13 所示，得到下述的反射型光罩 200 的各樣品：在合成石

英製的基板 11 的表面，依序具有包含 40 對 Si 與 Mo(合計膜厚 280nm)的多層構造的反射層 12、包含 2.5nm 的 Ru 膜的覆蓋層 13、及光吸收圖案層 141，且在合成石英製的基板 11 的背面形成有導電層 15。

【0041】

(晶圓曝光)

使用所得到的反射型光罩 200 的各樣品，藉由使用 EUV 曝光裝置(ASML 公司製的 NXE3300B)的曝光，將光吸收圖案層 141 的圖案轉印於形成在晶圓上的 EUV 用正型化學增幅阻劑膜。

(轉印圖案的評價：HV 偏差與線緣粗度)

藉由電子束尺寸測定機，觀察如此進行所形成的晶圓上的阻劑圖案，並測定圖案的線寬。

【0042】爲了確認微影特性，測定各阻劑圖案的 X 方向與 Y 方向的尺寸，取差分而確認 HV 偏差。Y 方向的尺寸受到陰影效應的影響。又，亦確認阻劑圖案的 LER(線緣粗度(Line Edge Roughness)：圖案的不平整)。

(遮罩圖案的評價：耐清洗性)

使用以上述方法作成的反射型光罩 200 之用於曝光前的各樣品，進行加速清洗試驗並調查遮罩圖案是否發生崩塌。

加速清洗試驗係藉由利用以下的條件重複 APM(氨水 - 過氧化氫水混合液(ammonium hydrogen-peroxide mixture))清洗 100 次來進行。APM 清洗的條件爲氨：過氧化氫水：水=1：1：5(體積比)、溫度 80℃、浸漬時間 10 分鐘。

以掃描型電子顯微鏡(SEM)觀察加速清洗後的遮罩圖案，調查線條圖案是否發生崩塌。

將這些結果彙整並顯示於表 1。

【 0043】 表 1

材料	材料特性			模擬		遮罩特性	微影特性			加速清洗
	折射率 n	消光係數 k	膜厚	NILS-X	NILS-Y		HV 偏差	解像性	LER	
Ta	0.94	0.041	70nm	1.5	0.2	1.8	11.1	未解像	-	-
			40nm	1.2	0.7	1.1	3.5	OK	4.2	NG
SnO1	0.94	0.072	26nm	1.4	0.9	2.0	3.5	OK	3.6	NG
			25.0nm	1.3	0.9	1.7	3.3	OK	3.7	NG
			24.5nm	1.3	0.9	1.6	3.1	OK	3.6	OK
			17nm	1.0	0.8	1.1	2.1	OK	3.8	OK
			16nm	0.9	0.7	0.9	2.0	一部分未解像	4.2	-
SnO2	0.93	0.071	26nm	1.4	0.9	2.0	3.4	OK	3.7	NG
			25.0nm	1.4	0.9	1.3	3.3	OK	3.7	NG
			24.5nm	1.3	0.9	1.5	3.2	OK	3.6	OK
			17nm	1.0	0.8	1.0	2.1	OK	3.8	OK
			16nm	0.9	0.7	0.9	2.1	一部分未解像	4.3	-

【0044】如表 1 所示，確認：於 Ta 膜在膜厚 70nm(OD=1.8)下為 11.1nm 的 HV 偏差值，於 SnO 膜在膜厚 26nm(OD=2.0)下大幅改善為 3.5nm，於 SnO₂ 膜大幅改善為 3.4nm。

又，可見到：HV 偏差值於 SnO 膜在膜厚 17nm(OD=1.1)下為 2.1nm，於 SnO₂ 膜在膜厚 17nm(OD=1.0)下為 2.1nm，係因薄膜化而減少。同樣地，可見到：HV 偏差值於 Ta 膜在膜厚 40nm(OD=1.1)下為 3.5nm，也因薄膜化而減少，但 HV 偏差值的減少結果係氧化錫膜比 Ta 膜更大。

【0045】又，關於 LER，Ta 膜在膜厚 70nm 下、於受到陰影效應的影響之水平(Horizontal)上，因未解像而無法測量，在膜厚 40nm 下為 4.2nm。相對於此，SnO 膜及 SnO₂ 膜，若為膜厚 16nm，則成為一部分未解像，但只要為膜厚 17nm 以上 26nm 以下，則 LER 為 3.8nm 以下而為良好的。

又，關於遮罩圖案的耐清洗性，在 Ta 膜的情況下、與在 SnO 膜及 SnO₂ 膜係膜厚為 25.0nm 及 26nm 的情況下，因加速清洗試驗而發生圖案崩塌，但在 SnO 膜及 SnO₂ 膜係膜厚為 24.5nm 及 17nm 的情況下，沒有因加速清洗試驗而發生圖案崩塌。

從以上的結果能夠確認：藉由使用本發明的第一態樣的反射型空白光罩及第二態樣的反射型光罩，而實際的遮罩特性(OD 值)、與轉印圖案的微影特性(HV 偏差、解像性、線緣粗度)比以往更提升，並且能夠抑制反射型光罩之因清洗所造成的圖案崩塌。

【符號說明】**【0046】**

1	基板
2	反射層
3	覆蓋層
4	光吸收層
41	光吸收圖案層
11	基板
12	反射層
13	覆蓋層
14	光吸收層
141	光吸收圖案層
15	導電層
16	阻劑圖案
10	反射型空白光罩
20	反射型光罩
100	反射型空白光罩
200	反射型光罩

申請專利範圍

- 1.一種反射型空白光罩，其係用於製作以極紫外線為光源之圖案轉印用的反射型光罩之反射型空白光罩，其具有：
基板；
形成在該基板上的包含多層膜的反射層
形成在該反射層上，包含膜厚為 17nm 以上且小於 25.0nm 的氧化錫膜的光吸收層；與
形成在該光吸收層與該反射層之間的覆蓋層(capping layer)，
該氧化錫膜中所含的錫(Sn)與氧(O)係氧相對於錫的原子數比(O/Sn)為 1.0，
該覆蓋層係由包含 Ru 的膜構成，且其與該反射層及該光吸收層相接，
該光吸收層的最表面構成該反射型空白光罩的最表面。
- 2.如請求項 1 的反射型空白光罩，其中該覆蓋層係僅由 Ru 構成的膜。
- 3.如請求項 1 或 2 的反射型空白光罩，其中形成該氧化錫膜的材料含有合計 80 原子%以上的錫(Sn)與氧(O)。
- 4.如請求項 3 的反射型空白光罩，其中形成該氧化錫膜的材料更含有 Si、Te、Pt、Cr、Ru、N 及 C 之至少 1 種。
- 5.如請求項 1 或 2 的反射型空白光罩，其中若將來自該反射層的反射光強度設為 R_m ，將來自該光吸收層的反射光強度設為 R_a ，則以下述的 (1) 式所規定的 OD(Optical Density：光學密度)為 1 以上；

$$OD = -\log(Ra/Rm) \dots (1)。$$

6. 一種反射型光罩，其具有：

基板；

形成在該基板上的反射層

形成在該反射層上，包含膜厚為 17nm 以上且小於 25.0nm 的氧化錫膜，並形成有圖案的光吸收圖案層；
與

形成在該光吸收圖案層與該反射層之間的覆蓋層，

該氧化錫膜中所含的錫(Sn)與氧(O)係氧相對於錫的原子數比(O/Sn)為 1.0，

該覆蓋層係由包含 Ru 的膜構成，且其與該反射層及該光吸收圖案層相接，

該光吸收圖案層的最表面構成該反射型光罩的最表面。

7. 如請求項 6 的反射型光罩，其中該覆蓋層係僅由 Ru 構成的膜。

8. 如請求項 6 或 7 的反射型光罩，其中形成該氧化錫膜的材料含有合計 80 原子%以上的錫(Sn)與氧(O)。

9. 如請求項 8 的反射型光罩，其中形成該氧化錫膜的材料更含有 Si、Te、Pt、Cr、Ru、N 及 C 之至少 1 種。

10. 如請求項 6 或 7 的反射型光罩，其中若將來自該反射層的反射光強度設為 Rm，將來自該光吸收圖案層的反射光強度設為 Ra，則以下述的(1)式所規定的 OD(Optical Density：光學密度)為 1 以上；

$$OD = -\log(Ra/Rm) \dots (1)。$$

圖式

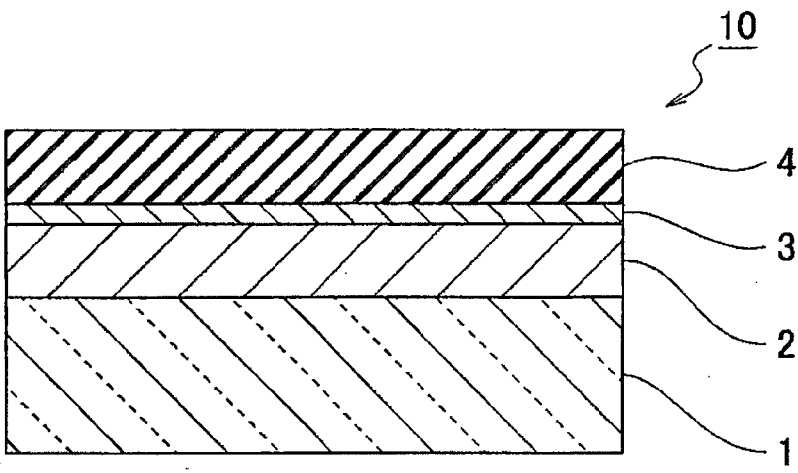


圖 1

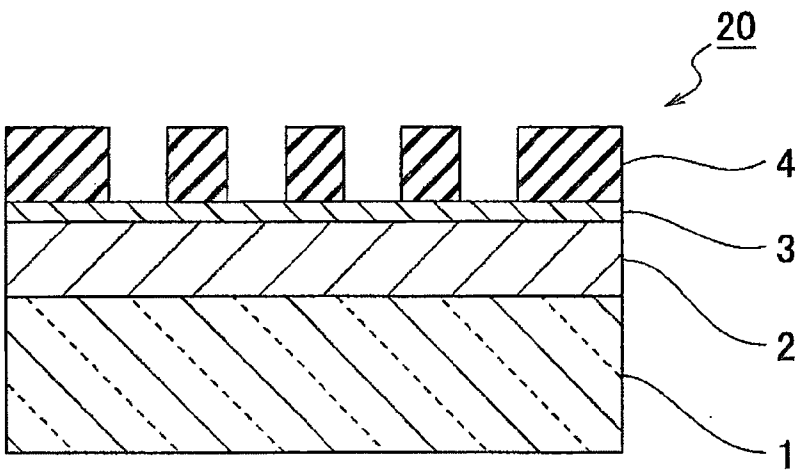


圖 2

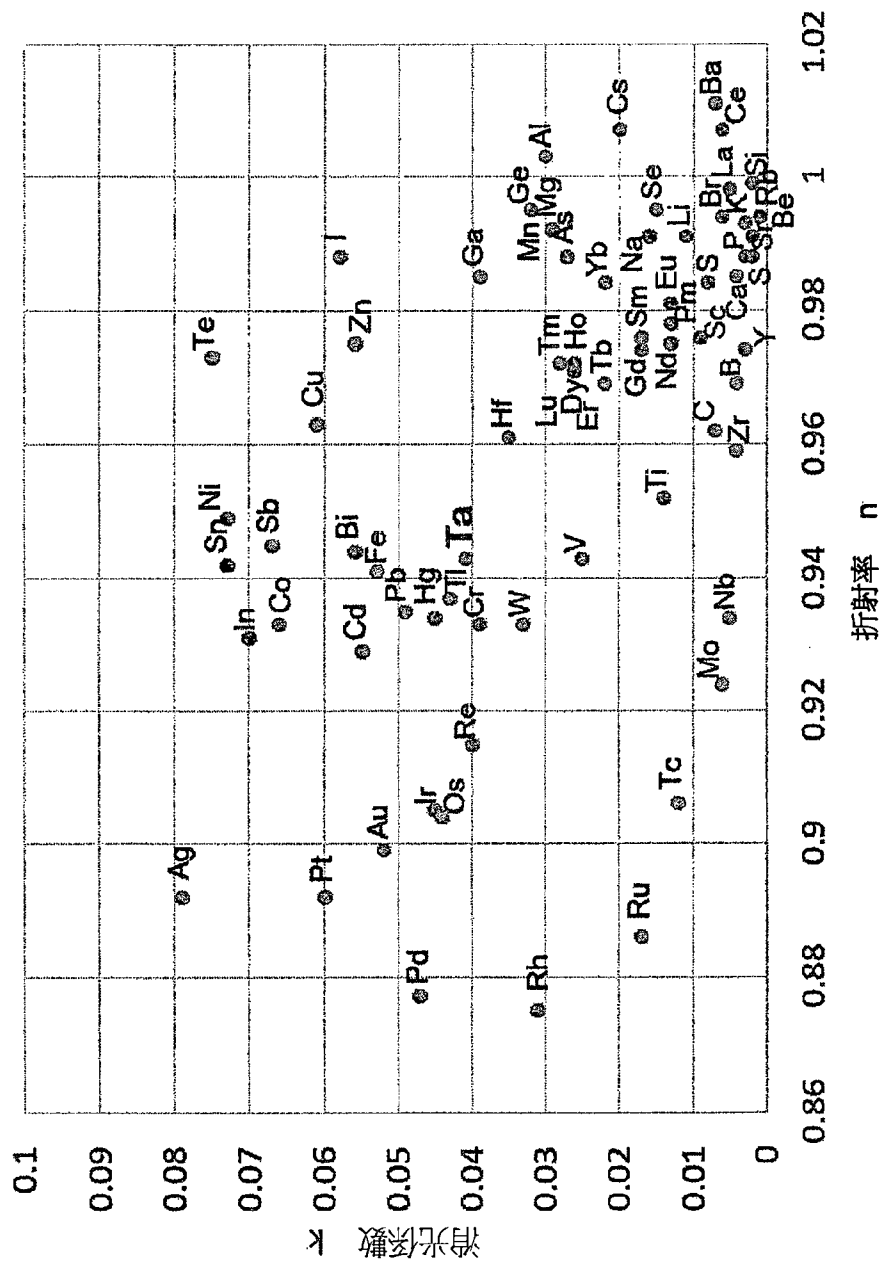


圖 3

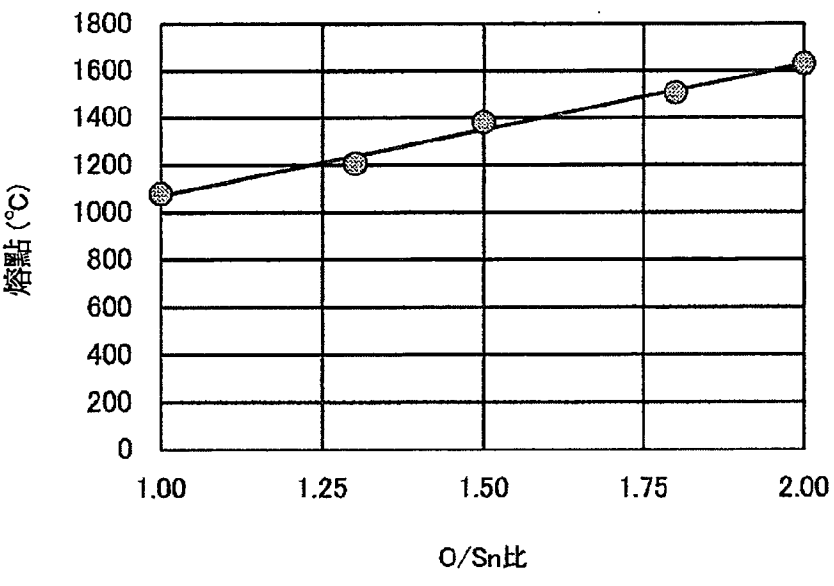


圖 4

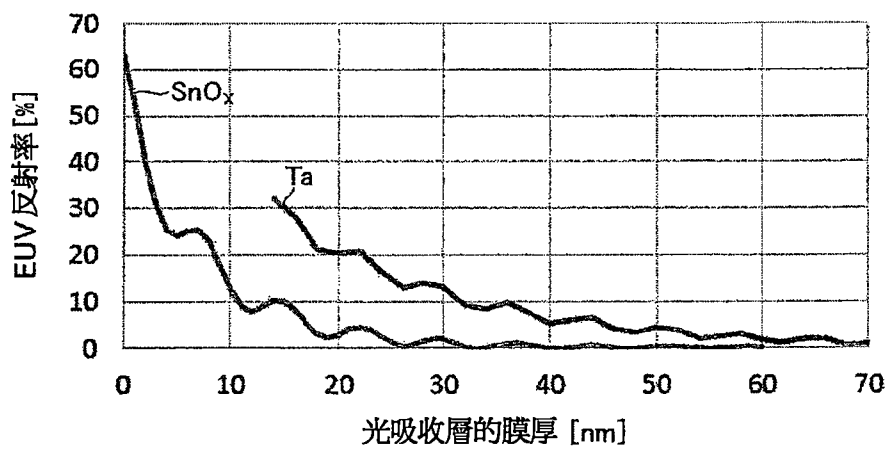


圖 5

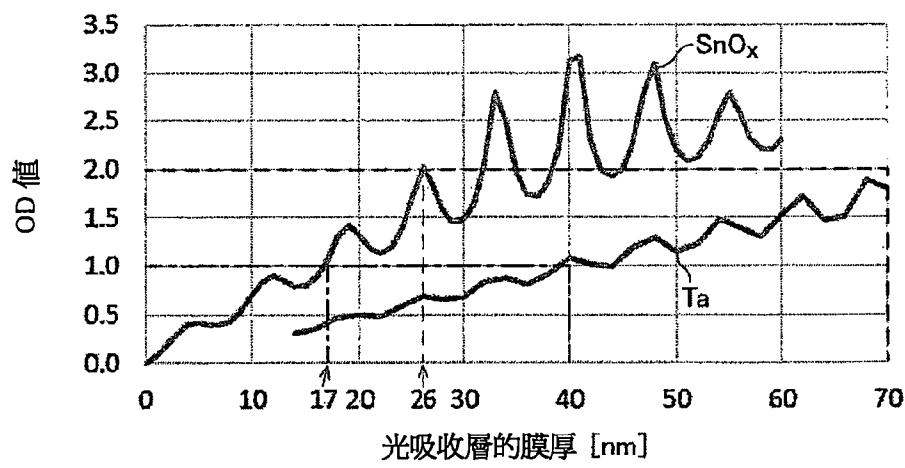


圖 6

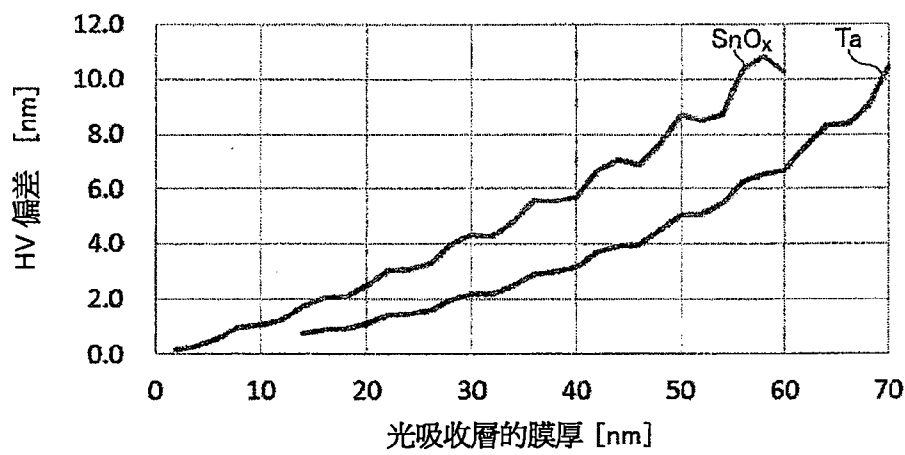


圖 7

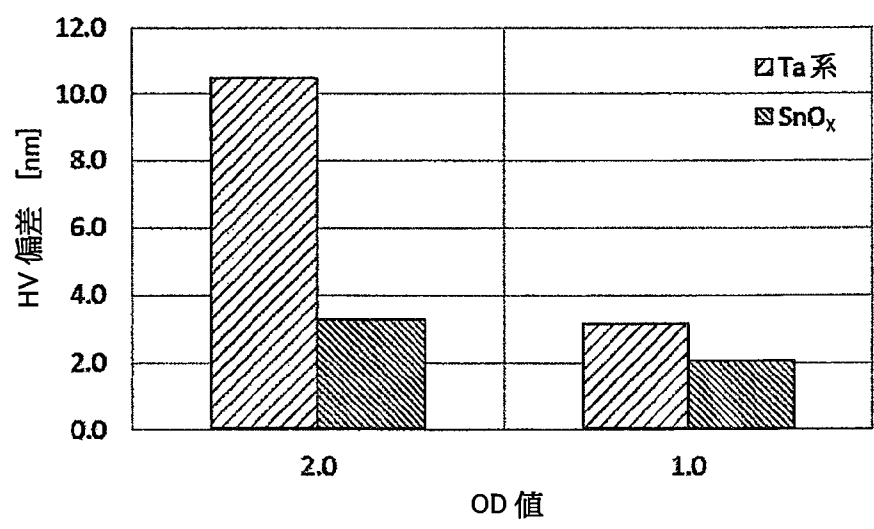


圖 8

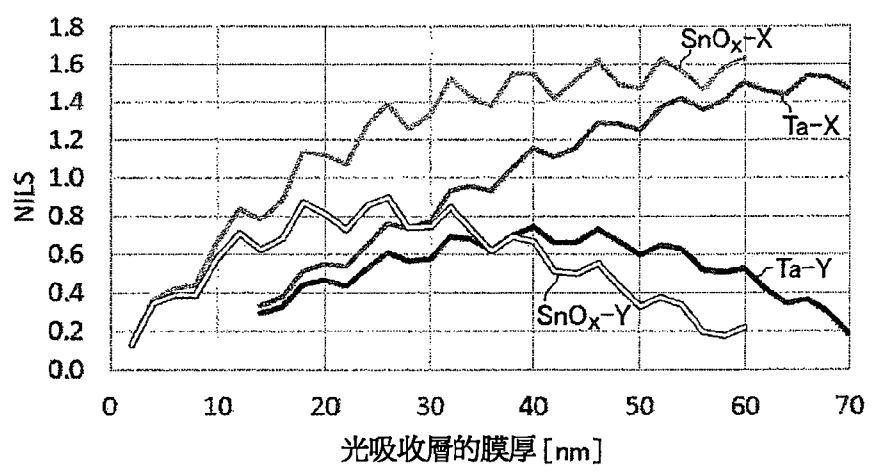


圖 9

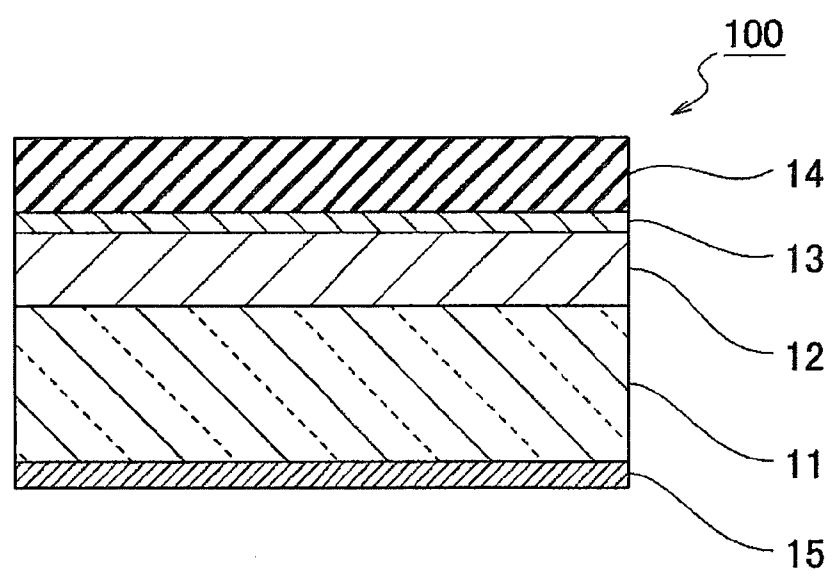


圖 10

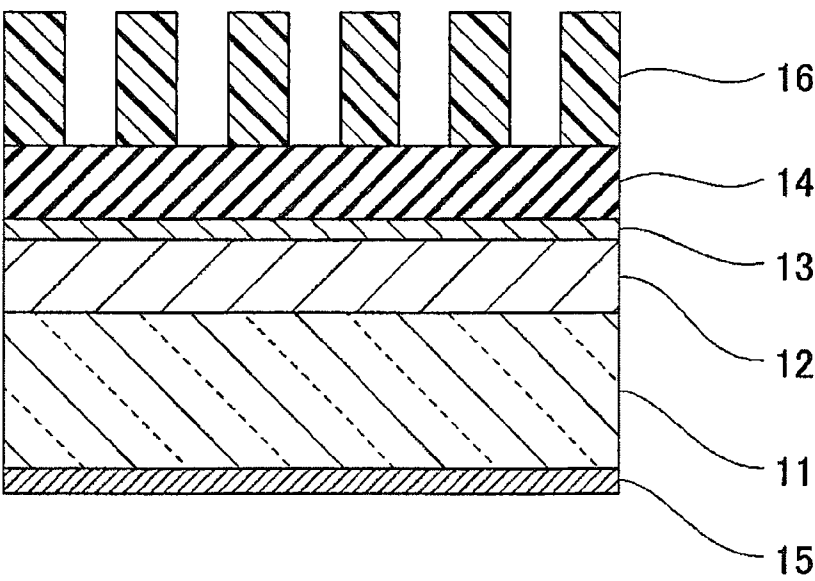


圖 11

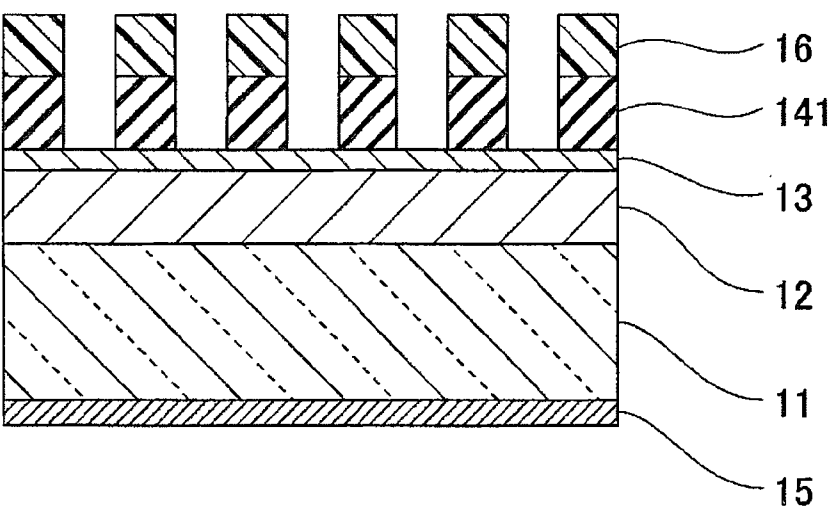


圖 12

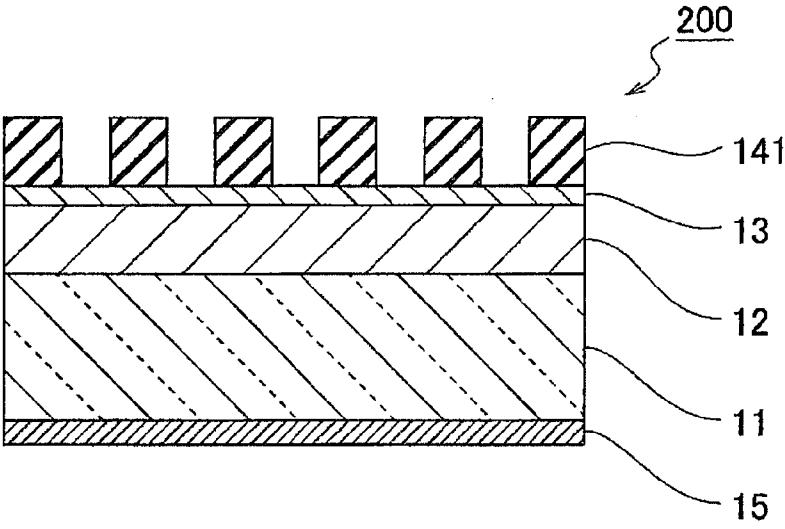


圖 13