



(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 I444760 B

(45)公告日：中華民國 103 (2014) 年 07 月 11 日

(21)申請案號：099111731

(22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 04 月 15 日

(51)Int. Cl. : G03F1/84 (2012.01)

G03F1/50 (2012.01)

(30)優先權：2009/04/16 日本

2009-100050

(71)申請人：H O Y A 股份有限公司 (日本) HOYA CORPORATION (JP)

日本

(72)發明人：野澤順 NOZAWA, OSAMU (JP) ; 酒井和也 SAKAI, KAZUYA (JP)

(74)代理人：林秋琴；何愛文

(56)參考文獻：

TW 200905375A

JP 2001-312043A

US 2005/0186487A1

審查人員：蔡宏鑫

申請專利範圍項數：16 項 圖式數：5 共 52 頁

(54)名稱

光罩基板、轉印用光罩及膜緻密性評估方法

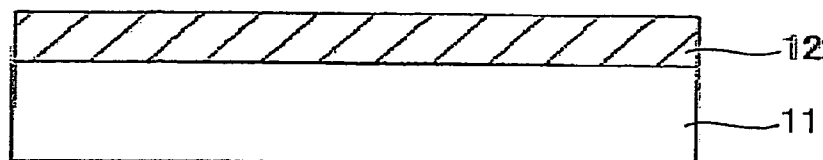
MASK BLANK AND TRANSFER MASK AND METHOD OF EVALUATING FILM DENSENESS

(57)摘要

本發明關於一種光罩基板、轉印用光罩及膜緻密性評估方法，其中係於 MoSi 所構成的遮光膜中，由利用 XRR 法所算出之密度(實際密度)與從材料組成所求得之理論密度來求得以數式相對密度=實際密度/理論密度 $\times 100$ 所表示之相對密度。藉由獲得該相對密度較 94% 要大之緻密薄膜，則可使藉由 MoSi 膜表面的曝光光線所形成之變質層的厚度為 2.0nm 以下，並可縮小轉印圖案的尺寸變化。

In a light-shielding film of MoSi, a density (actual density) is calculated by XRR and a theoretical density is obtained from a material composition. From these values, a relative density represented by [Relative Density] = { [Actual Density] / [Theoretical Density] } $\times 100$ is calculated. By obtaining a dense film having the relative density greater than 94%, the thickness of a modified layer formed on a surface of the MoSi film by exposure light can be reduced to 2.0 nm or less. It is therefore possible to reduce the variation in size of a transfer pattern.

圖 1



11 . . . 透明基板

12 . . . 薄膜

13 . . . 遮光層

14 . . . 表面反射防止層

15 . . . 內面反射防止層

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：99111731

※申請日：99.4.15

※IPC 分類：G03F 1/08 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

G03F 1/00 (2006.01)

光罩基板、轉印用光罩及膜緻密性評估方法

MASK BLANK AND TRANSFER MASK AND METHOD OF
EVALUATING FILM DENSENESS

二、中文發明摘要：

本發明關於一種光罩基板、轉印用光罩及膜緻密性評估方法，其中係於 MoSi 所構成的遮光膜中，由利用 XRR 法所算出之密度(實際密度)與從材料組成所求得之理論密度來求得以數式相對密度=實際密度/理論密度×100 所表示之相對密度。藉由獲得該相對密度較 94% 要大之緻密薄膜，則可使藉由 MoSi 膜表面的曝光光線所形成之變質層的厚度為 2.0nm 以下，並可縮小轉印圖案的尺寸變化。

三、英文發明摘要：

In a light-shielding film of MoSi, a density (actual density) is calculated by XRR and a theoretical density is obtained from a material composition. From these values, a relative density represented by [Relative Density] = { [Actual Density] / [Theoretical Density] } x 100 is calculated. By obtaining a dense film having the relative density greater than 94%, the

thickness of a modified layer formed on a surface of the MoSi film by exposure light can be reduced to 2.0 nm or less. It is therefore possible to reduce the variation in size of a transfer pattern.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖 1。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

- | | |
|----|---------|
| 11 | 透明基板 |
| 12 | 薄膜 |
| 13 | 遮光層 |
| 14 | 表面反射防止層 |
| 15 | 內面反射防止層 |

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種在半導體元件之製造過程中，作為進行微細圖案轉印時的光罩使用之轉印用光罩、作為可藉由實施一定的加工處理來形成轉印用光罩之中間體的光罩基板，以及用以評估形成於該等之薄膜的緻密性之膜緻密性評估方法。

【先前技術】

半導體元件之製造過程中，係利用光微影法來形成微細圖案。又，此微細圖案的形成通常係使用多片被稱為轉印用光罩之基板。該轉印用光罩一般來說係於透光性玻璃基板上設有金屬薄膜等所構成的微細圖案，而在此轉印用光罩之製造中亦使用了光微影法。

利用光微影法來製造轉印用光罩時，係使用具有薄膜(例如遮光膜等)之光罩基板，該薄膜係用來在玻璃基板等透光性基板上形成轉印圖案(光罩圖案)。利用此光罩基板來製造轉印用光罩時，係在塗佈於光罩基板上之光阻膜形成所欲的微細圖案，並依照該光阻圖案來對該薄膜進行蝕刻。因此，形成於作為中間體的光罩基板上之薄膜特性幾乎會直接左右轉印用光罩的性能。

近年來，隨著圖案微細化的進步，所使用之曝光光源的波長，從 KrF 準分子雷射(波長 248nm)進步到 ArF 準分子雷射(波長 193nm)而為短波長化。又，轉印圖案

的微細化亦非常顯著。專利文獻 1 中指出為了對應於光阻膜的薄膜化必須使轉印圖案微細化。又，由於以往作為轉印圖案用薄膜所使用之以鉻為主成分的材料係利用含氧之氟系氣體來進行乾蝕刻，而使得光阻圖案在蝕刻時亦容易受到損傷，因而造成光阻的薄膜化變得困難。再者，可對應於光阻的薄膜化之轉印圖案用薄膜的材料係使用可以氟系氣體來進行乾蝕刻之鈹或鈹矽化物，且亦提出一種對氟系氣體具有高蝕刻選擇性之鉻等的薄膜，即所謂的設有硬遮罩膜之層積構造。由於藉由利用此層積構造，對轉印圖案用薄膜之圖案轉印可以硬遮罩膜來對光罩進行乾蝕刻，故光阻膜的膜厚只要是能夠使圖案轉印在硬遮罩膜之厚度即可。藉由利用此種轉印圖案形成用薄膜與硬遮罩膜的層積構造，可較以光阻膜作為遮罩來直接轉印在以鉻為主成分之薄膜的情況要更能促進光阻的薄膜化，且可獲得相對應的效果。

另一方面，自以往，半調式相位轉移光罩基板中，在光罩之製作時用以形成轉印圖案之膜(相位轉移膜)係廣泛地使用專利文獻 2 所記載之如 MoSiOC 膜般的含有金屬矽化物之材料。另一方面，針對轉印用光罩，為了在晶圓上獲得所欲轉印結果，因此轉印圖案的面內尺寸均勻性非常地重要。國際半導體 Roadmap 委員會所發行之 Roadmap ITRS 2008 update 中，在 DRAM 的半間距未達 45nm 之光微影中，光罩圖案的尺寸均勻性在光罩面內係要求要達到 2.0nm 以下。

專利文獻 1：日本特開 2006-78825 號公報

專利文獻 2：日本特開 2002-156742 號公報

近年來隨著圖案的微細化，由於轉印用光罩的製造成本明顯提高，因而對轉印用光罩的壽命要求更長之需求更增加。

決定轉印用光罩壽命的因素在於會因光罩的重複洗淨而有光罩惡化的問題。由於過去在例如成長性異物(Haze)(以硫化銨為主體而產生在光罩上之異物)產生時係進行洗淨來將 Haze 去除，故無法避免因洗淨所造成的膜厚減少(膜的溶出)，即所謂的洗淨次數會決定轉印用光罩的壽命。

近年來，由於 Haze 的改善而減少了光罩的洗淨次數，因此光罩的重複使用期間延長，對應於其而使得對具有轉印圖案之薄膜的累積曝光時間亦延長。然而，因對薄膜的累積曝光時間延長，接下來相對於 ArF 準分子雷射等短波長的光之耐光性問題便會變得顯著。特別是，使用金屬矽化物之相位轉移膜較其他材料會有耐光性較低之問題。

本發明者們發現當具有金屬矽化物系薄膜之轉印用光罩時，因使曝光光源之 ArF 準分子雷射超過從前的光罩重複使用期間而累積地照射，會有使線寬改變(變寬)的現象發生。又，本發明者們調查了因重複使用而產生線寬改變(變寬)之轉印用光罩中金屬矽化物系薄膜(以金屬與矽為主成分之薄膜)的圖案。其結果發現如圖

5(1)、5(2)所示，在金屬矽化物系薄膜 2(例如 MoSi 系膜)的表層側處會產生含有 Si、O 與若干金屬(例如 Mo)之變質層 2'，此為線寬改變(變寬) Δd ，或透過率及相位差改變的其中一主要原因。由於隨著轉印用光罩的使用次數(利用曝光裝置之 ArF 準分子雷射的照射次數)增加而使得線寬改變一事，會造成轉印用光罩的面內尺寸均勻性降低，故會成為轉印用光罩的長壽命化之重大阻礙因素。

此類變質層產生的理由(機制)被認為如下所述。亦即，由於以往經濺鍍成膜之金屬矽化物系薄膜(例如 MoSi 系膜)在構造上具有間隙，且即使在成膜後實施了退火，而金屬矽化物系薄膜(例如 MoSi 膜)構造的變化仍非常微小，故在光罩的使用過程中，例如大氣中的氧(O_2)或水(H_2O)等會進入該間隙，再者，因大氣中的氧(O_2)與 ArF 準分子雷射發生反應而產生之臭氧(O_3)等會進入該間隙，並與構成金屬矽化物系薄膜(例如 MoSi 系膜)之 Si 或 Mo 發生反應。

亦即，在此種環境下，構成金屬矽化物系薄膜(例如 MoSi 系膜)之 Si 與金屬 M(例如 Mo)當受到曝光光線(特別是 ArF 等短波長的光)的照射時便會被激發而成為過渡狀態，且 Si 會被氧化而膨脹(由於 SiO_2 的體積較 Si 要大)，並且金屬 M(例如 Mo)亦會被氧化而在金屬矽化物系薄膜(例如 MoSi 系膜)的表層側產生變質層。此時，對應於大氣中的水分量(濕度)，所產生之 Si 氧化膜

的品質會大大不同，當濕度愈高則會形成密度低的 Si 氧化膜。在形成有低密度 Si 氧化膜之環境中，當重複使用轉印用光罩而受到曝光光線的累積照射時，Si 的氧化及膨脹會更加進行，且在主體(bulk)與變質層界面處被氧化之金屬 M(例如 Mo)會在變質層中擴散，並在表面析出，而成為例如金屬 M 的氧化物(例如 MoO_3)且昇華，並成為變質層的密度更加降低且容易被氧化之狀態。其結果被認為變質層的厚度會愈來愈厚(金屬矽化物系薄膜(例如 MoSi 膜)中之變質層所占的比例變大)。

另一方面，雖未如金屬矽化物的薄膜般地嚴重，但以鈿為主成分之薄膜亦有發生耐光性問題之情況，而成為轉印用光罩之長壽命化的障礙。該以鈿等金屬為主成分之薄膜的情況，亦會在薄膜表層側形成金屬氧化膜，其被推測為係因與 ArF 準分子雷射之反應所產生的臭氧(O_3)等進入薄膜間隙的緣故。

【發明內容】

本發明係鑑於上述情事所發明者，其目的在於提供一種即使是連續照射 ArF 曝光光線，光罩圖案的面內尺寸變化仍然很小，且對 ArF 曝光光線的耐光性高，光罩壽命長，並且可提高度生產性之光罩基板。

本發明另一目的在於提供一種利用上述光罩基板所製作之轉印用光罩。

本發明再一目的在於提供一種適合評估上述光罩

基板或轉印用光罩上的薄膜的緻密性之膜緻密性評估方法。

為解決上述問題，本發明者們經過詳細評估的結果，著眼於即使是金屬矽化物薄膜或以鈦為主成分之薄膜，臭氧(O_3)等仍會進入薄膜構造上的微小間隙而造成氧化進行，或在構造上間隙較大之金屬矽化物薄膜中變質層的形成會非常顯著，而構造上間隙較小之鈦薄膜則變質層的形成較少，為了使臭氧(O_3)等不會進入薄膜內部，發現利用緻密且空孔較少之遮光膜來形成圖案的話，則在利用 ArF 準分子雷射來進行曝光時，便可縮小轉印圖案的面內尺寸變化。

首先考慮可使用薄膜密度來作為薄膜的緻密度指標。薄膜密度可利用 XRR(X-Ray Reflectivity; X-Ray 繞射)法等來求得。然而，發現對 ArF 曝光光線具有充分耐光性之薄膜密度的下限，即使是相同金屬矽化物系的材料仍會因膜組成而改變，因此必須針對各膜組成來了解薄膜密度的下限，而使得作為指標的汎用性非常地低。有鑑於上述情事，本發明者們以各種金屬矽化物材料並以各種組成來探討薄膜密度的下限後的結果，發現將某個膜組成的薄膜之對 ArF 曝光光線具有耐光性之薄膜密度的下限值，變換成除以其相同組成之材料的理論密度所算出之相對密度後，即使是相異膜組成的薄膜，該等相對密度的下限值仍會有達到特定值以上的傾向。

又，雖然相對密度的下限值與金屬矽化物系的材料不同，但即使是以鈮為主成分之薄膜，當將對 ArF 曝光光線具有耐光性之薄膜密度的下限值變換成相對密度時，則即使是相異膜組成的薄膜，該等相對值的下限值仍會有達到特定值以上的傾向。

亦即，本發明具有以下結構。

(結構 1)

一種光罩基板，係用以製作使用 ArF 曝光光線之轉印用光罩，並具有於透明基板上形成轉印圖案用的薄膜；其中

該薄膜係由以鈮(Ta)為主成分之材料所構成；並且使該薄膜的實際密度為 d_1 ，而由該薄膜的膜組成所算出之理論密度為 d_2 時，以數式 $d=(d_1/d_2) \times 100$ 所表示之該薄膜的相對密度 d 係較 83% 要大。

(結構 2)

如結構 1 所記載之光罩基板，其中該薄膜係由主成分為鈮(Ta)與選自硼(B)、碳(C)、氮(N)、氧(O)之一種以上的元素所組成之材料所構成。

(結構 3)

一種光罩基板，係用以製作使用 ArF 曝光光線之轉印用光罩，並具有於透明基板上形成轉印圖案用的薄膜；其中

該薄膜係由以矽(Si)與過渡金屬為主成分之材料所構成；並且

使該薄膜的實際密度為 d_1 ，而由該薄膜的膜組成所算出之理論密度為 d_2 時，以數式 $d=(d_1/d_2) \times 100$ 所表示之該薄膜的相對密度 d 係較 94% 要大。

(結構 4)

如結構 3 所記載之光罩基板，其中該薄膜係由矽(Si)與選自鈦(Ti)、釩(V)、鈮(Nb)、鉬(Mo)、鋯(Zr)、鈦(Ru)、銑(Rh)、鉻(Cr)、鎳(Ni)、鈦(Hf)、鉭(Ta)及鎢(W)之一種以上的過渡金屬所構成。

(結構 5)

如結構 1~4 任一項所記載之光罩基板，其中該薄膜的實際密度 d_1 為利用 XRR 法所算出之 XRR 算出密度。

(結構 6)

如結構 1~5 任一項所記載之光罩基板，其中該薄膜為將曝光光線遮蔽之遮光膜；

該遮光膜為自該透明基板側依序積層有遮光層及表面反射防止層之構造。

(結構 7)

如結構 6 所記載之光罩基板，其中該遮光膜係於該透明基板與該遮光層與之間具有內面反射防止層。

(結構 8)

一種轉印用光罩，係於結構 1~7 任一項所記載之光罩基板的該薄膜處形成有轉印圖案。

(結構 9)

一種膜緻密性評估方法，係透明基板上具有薄膜之

光罩基板的該薄膜的緻密性評估方法；其中

使該薄膜的實際密度為 d_1 、由該薄膜的材料組成所算出之理論密度 d_2 ，並從該實際密度 d_1 與該理論密度 d_2 而利用數式 $d=(d_1/d_2) \times 100$ 來算出相對密度 d ，以藉由該相對密度 d 來評估薄膜的緻密性。

(結構 10)

如結構 9 之膜緻密性評估方法，其中該薄膜的實際密度 d_1 為利用 XRR 法所算出之 XRR 算出密度。

本發明之結構 1 為一種具有薄膜之光罩基板，其中該薄膜係用以形成以鉭(Ta)為主成分之材料所構成的轉印圖案，藉由使薄膜的實際密度為 d_1 、由薄膜的膜組成所算出之理論密度為 d_2 ，而以數式 $d(\text{相對密度})=(d_1/d_2) \times 100$ 所表示之薄膜的相對密度 d 較 83%要大，則可獲得緻密性高的薄膜。由於藉由獲得緻密性的高薄膜，便可消除因曝光光線的照射所造成之薄膜的變質，因此薄膜的實際厚度不會產生變化。亦即，可獲得能縮小因 ArF 曝光光線的照射所造成薄膜表面被氧化所引起的圖案尺寸變化而壽命長的光罩基板，且作為光罩基板高具有可靠度。

又，本發明藉由設有稱為相對密度之評估指標，則即使是不同組成的薄膜仍可定量地評估緻密性，且可使該相對密度與光罩基板壽命的關係更加明確。可獲得長壽命且可靠度高的光罩基板。

如結構 2 之光罩基板，其中該薄膜係由主成分為鉭

(Ta)與選自硼(B)、碳(C)、氮(N)、氧(O)之一種以上的元素所組成之材料所構成，特別是可適當地利用相對密度 d 與光罩基板壽命的關係。

根據本發明之結構 3 的具有薄膜之光罩基板，其中該薄膜係用以形成以矽(Si)與過渡金屬為主成分之材料所構成的轉印圖案，藉由使薄膜的實際密度為 d_1 、由薄膜的膜組成所算出之理論密度為 d_2 ，而以數式 $d(\text{相對密度})=(d_1/d_2) \times 100$ 所表示之薄膜的相對密度 d 較 94% 要大，則可消除因曝光光線的照射所造成之薄膜的變質，因此薄膜的實際厚度不會產生變化。亦即，可獲得能縮小因 ArF 曝光光線的照射所造成薄膜表面被氧化所引起的圖案尺寸變化而壽命長的光罩基板，且作為光罩基板高具有可靠度。

又，結構 3 的發明亦藉由設有稱為相對密度之評估指標，則即使是不同組成的薄膜仍可定量地評估緻密性，且可使該相對密度與光罩基板壽命的關係更加明確。可獲得長壽命且可靠度高的光罩基板。

根據本發明之結構 4 的光罩基板，其中該薄膜係由矽(Si)與選自鈦(Ti)、釩(V)、鈮(Nb)、鉬(Mo)、鋯(Zr)、鈦(Ru)、銑(Rh)、鉻(Cr)、鎳(Ni)、鈪(Hf)、鉭(Ta)及鎢(W)之一種以上的過渡金屬所構成，特別是可適當地利用相對密度 d 與光罩基板壽命的關係。

又，如結構 5 之光罩基板，其中藉由使該薄膜的實際密度 d_1 為利用 XRR 法所算出之 XRR 算出密度，則

即便是如光罩基板的薄膜般膜厚非常地薄，仍可高精確度地算出薄膜密度，故為一較佳實施例。

根據本發明之結構 8，藉由相對密度 d 可定量地評估薄膜的緻密性，且可使相對密度與光罩基板壽命的關係更加明確。又，藉由利用此評估方法，可成為可靠度評估的指標，並提高生產性。

【實施方式】

實施例：

針對本發明之光罩基板加以說明。圖 1 係顯示本發明光罩基板的實施例之剖面圖。

如圖 1 所示，本實施例之光罩基板係具有用以在透明基板 11 上形成轉印圖案的薄膜 12，而被用來製作轉印用光罩。此光罩基板可利用濺鍍法等而於透明基板 11 上形成並獲得例如 Ta_xB_y 、 Ta_xN_y 、 Mo_xSi_y 或 Ta_xSi_y 所構成的薄膜 12。此薄膜 12 係利用光微影法並藉由圖案加工而作為轉印用光罩的遮光膜來發揮功能。透明基板 11 係使用縱及寬的尺寸為約 $152mm \times 152mm$ ，厚度為 $6.35mm$ 的合成石英玻璃基板。

以下，針對薄膜為 Ta_xB_y 、 Ta_xN_y 、 Mo_xSi_y 及 Ta_xSi_y 時，利用比較例來說明相對密度與變質層厚度的關係。

(實施例 1： Ta_xB_y 膜時)

首先，當薄膜為 Ta_xB_y 時，針對實施例及比較例加以說明。

(實施例 1-1)

於透明基板上，利用鉭(Ta)與硼(B)的混合標靶(混合比 Ta : B=80 原子% : 20 原子%)，並在氬(Ar)氣氣氛下，使氣壓為 0.062Pa，DC 電源的電功率為 1.5kW，而藉由反應性濺鍍(DC 濺鍍)來形成膜厚 50nm 之鉭及硼所構成的 Ta_xB_y 膜。

(實施例 1-2)

與上述實施例 1-1 同樣地於透明基板上形成 Ta_xB_y 膜。與上述實施例 1-1 之相異點在於係改變成膜裝置內的氣壓來製作。利用鉭(Ta)與硼(B)的混合標靶(混合比 Ta : B=80 原子% : 20 原子%)，並在氬(Ar)氣氣氛下，使氣壓為 0.303Pa，DC 電源的電功率為 1.5kW，而藉由反應性濺鍍(DC 濺鍍)來形成膜厚 50nm 之鉭及硼所構成的 Ta_xB_y 膜。

(實施例 1-3)

與上述實施例 1-1 同樣地於透明基板上形成 Ta_xB_y 膜。與上述實施例 1-1 之相異點在於係改變成膜裝置內的氣壓來製作。利用鉭(Ta)與硼(B)的混合標靶(混合比 Ta : B=80 原子% : 20 原子%)，並在氬(Ar)氣氣氛下，使氣壓為 0.562Pa，DC 電源的電功率為 1.5kW，而藉由反應性濺鍍(DC 濺鍍)來形成膜厚 50nm 之鉭及硼所構成的 Ta_xB_y 膜。

(比較例 1)

與上述實施例 1-1 同樣地於透明基板上形成 Ta_xB_y

膜。與上述實施例 1-1 之相異點在於係改變成膜裝置內的氣壓來製作。利用鉭(Ta)與硼(B)的混合標靶(混合比 Ta:B=80 原子%:20 原子%)，並在氬(Ar)氣氣氛下，使氣壓為 0.911Pa，DC 電源的電功率為 1.5kW，而藉由反應性濺鍍(DC 濺鍍)來形成膜厚 50nm 之鉭及硼所構成的 Ta_xB_y 膜。

(實施例 1~4)

與上述實施例 1-1 同樣地於透明基板上形成 Ta_xB_y 膜。與上述實施例 1-1 之相異點在於係改變成膜裝置內的濺鍍氣體種類來製作。利用鉭(Ta)與硼(B)的混合標靶(混合比 Ta:B=80 原子%:20 原子%)，並在氙(Xe)氣氣氛下，使氣壓為 0.060Pa，DC 電源的電功率為 1.5kW，而藉由反應性濺鍍(DC 濺鍍)來形成膜厚 50nm 之鉭及硼所構成的 Ta_xB_y 膜。

(實施例 1-5)

與上述實施例 1~4 同樣地於透明基板上形成 Ta_xB_y 膜。與上述實施例 1-1 之相異點在於係改變濺鍍氣體的種類和氣壓來製作。利用鉭(Ta)與硼(B)的混合標靶(混合比 Ta:B=80 原子%:20 原子%)，並在氙(Xe)氣氣氛下，使氣壓為 0.193Pa，DC 電源的電功率為 1.5kW，而藉由反應性濺鍍(DC 濺鍍)來形成膜厚 50nm 之鉭及硼所構成的 Ta_xB_y 膜。

接著，求取實施例 1-1~實施例 1-5 及比較例 1 的相對密度 d。

(1) 利用 XRR(X 射線反射率)法來算出 Ta_xB_y 膜的實際密度(g/cm^3)。將 X 射線以極淺角度入射至試料表面，並測量反射在其入射角對鏡面方向的 X 射線強度分佈。將利用此測量所獲得的結果與模擬結果相比較，並藉由將模擬參數最佳化來求得 XRR 算出密度(實際密度)d1。

(2) 從文獻值來算出理論密度 d2。當 Ta_xB_y 膜所含有的 Ta 較 33 原子%要多時，便假設為 TaB_2 (Ta : B=33 : 67)與 Ta 的混合體。又，相反地，當 Ta_xB_y 膜所含有的 Ta 未達 33 原子%時，則假設為 TaB_2 (Ta : B=33 : 67)與 B 的混合體。將計算時所使用的文獻值記載於表 1。

此處，用以求得 Ta_xB_y 膜的實際組成之分析方法係使用 XPS(X 射線光電子光譜法；X-ray Photoelectron Spectroscopy)、AES(原子放射光譜法；Atomic Emission Spectrometry)、RBS(拉塞福背向散射光譜法；Rutherford Backscattering Spectrometry)。以上任一者皆需使用 XRF(X 射線螢光分析儀；X-Ray Fluorescence Spectroscopy)或 ICP-MS(感應耦合電漿質譜儀；Inductively coupled plasma mass spectroscopy)的分析值來進行補正。利用 XRF 或 ICP-MS 來進行補正之材料係使用在理論密度之計算中所使用的穩定存在的合金組成(TaB_2 (Ta : B=33 : 67))。以下之實施例亦相同。由藉由上述分析所獲得之 Ta_xB_y 膜的組成來算出 Ta 與 TaB_2 的重量混合比及沉積混合比，再利用表 1 的數值來算出

Ta_xB_y 膜的理論密度。

(3) 求得相對密度 $d = (\text{XRR 算出密度 } d1 / \text{理論密度 } d2) \times 100$ 。表 2 中係顯示 XRR 算出密度(實際密度) $d1$ 、理論密度 $d2$ 及相對密度 d 。

(表 1)

混合物質	原子量	密度[g / cm ³]
TaB ₂	202.57	11.15
Ta	180.95	16.60
B	10.81	2.34

(表 2)

膜材料 Ta _x B _y	模組成 [at%]		重量混合比 [wt%]		體積混合比 [vol%]		理論密度 d2 [g / cm ³]	XRR 算出密度 d1 [g / cm ³]	相對密度 d [%]
	Ta	B	Ta	TaB ₂	Ta	TaB ₂			
實施例 1-1	80	20	86.2	13.8	80.8	19.2	15.55	14.85	95.5
實施例 1-2	80	20	86.2	13.8	80.8	19.2	15.55	14.78	95.1
實施例 1-3	80	20	86.2	13.8	80.8	19.2	15.55	14.44	92.9
實施例 1-4	80	20	86.2	13.8	80.8	19.2	15.55	15.22	97.8
實施例 1-5	80	20	86.2	13.8	80.8	19.2	15.55	13.77	88.5
比較例 1	80	20	86.2	13.8	80.8	19.2	15.55	12.37	79.6

(實施例 2：Ta_xN_y 膜)

接著，針對薄膜為 Ta_xN_y 時之實施例及比較例加以說明。

(實施例 2-1)

於透明基板上，利用 Ta 標靶，並在氙(Xe)與氮(N₂)的混合氣體氣氛(氣體流動量比 Xe：N₂=71：29)下，使氣壓為 0.076Pa，DC 電源的電功率為 1.5kW，而藉由反應性濺鍍(DC 濺鍍)來形成膜厚 50nm 的 Ta_xN_y 膜。

(實施例 2-2)

與上述實施例 2-1 同樣地於透明基板上形成 Ta_xN_y 膜。與上述實施例 2-1 之相異點在於係改變氙氣與氮氣的流量比來製作。利用 Ta 標靶，並在氙(Xe)與氮(N₂)的混合氣體氣氛(氣體流動量比 Xe：N₂=55：45)下，使氣壓為 0.076Pa，DC 電源的電功率為 1.5kW，而藉由反應性濺鍍(DC 濺鍍)來形成膜厚 50nm 的 Ta_xN_y 膜。

(實施例 2-3)

與上述實施例 2-1 同樣地於透明基板上形成 Ta_xN_y 膜。與上述實施例 2-1 之相異點在於係改變氙氣與氮氣的流量比來製作。利用 Ta 標靶，並在氙(Xe)與氮(N₂)的混合氣體氣氛(氣體流動量比 Xe：N₂=44：56)下，使氣壓為 0.075Pa，DC 電源的電功率為 1.5kW，而藉由反應性濺鍍(DC 濺鍍)來形成膜厚 50nm 的 Ta_xN_y 膜。

(比較例 2-1 Ta_xN_y 膜)

與上述實施例 2-1 同樣地於透明基板上形成 Ta_xN_y 膜。與上述實施例 2-1 之相異點在於係改變氙氣與氮氣的流量比來製作。利用 Ta 標靶，並在氙(Xe)與氮(N_2)的混合氣體氣氛(氣體流動量比 $Xe:N_2=38:62$)下，使氣壓為 0.075Pa，DC 電源的電功率為 1.5kW，而藉由反應性濺鍍(DC 濺鍍)來形成膜厚 50nm 的 Ta_xN_y 膜。

(比較例 2-2 Ta 膜)

與上述實施例 2-1 之相異點在於濺鍍氣體係僅使用稀有氣體(氙氣)而於透明基板上形成 Ta 膜。利用 Ta 標靶，並在氙(Xe)氣氛下，使氣壓為 0.075Pa，DC 電源的電功率為 1.5kW，而藉由反應性濺鍍(DC 濺鍍)來形成膜厚 50nm 的 Ta_xN_y 膜。

與上述實施例 1 同樣地求得上述實施例 2-1~實施例 2-3 及比較例 2-1、比較例 2-2 的相對密度 d 。

(1) 利用 XRR(X 射線反射率)法來求得 Ta_xN_y 膜的 XRR 算出密度(實際密度) d_1 。

(2) 從文獻值來算出理論密度 d_2 。當 Ta_xN_y 膜所含有的 Ta 未達 50 原子%時，便假設為 TaN(Ta:N=1:1)與 Ta 的混合體。將計算時所使用的文獻值記載於表 3。

與實施例 1 的情況同樣地，由藉由上述分析所獲得之 Ta_xN_y 膜的組成來算出 Ta 與 TaN 的重量混合比及沉積混合比，再利用表 3 的數值來算出 Ta_xN_y 膜的理論密度。

(3) 求得相對密度 $d=(XRR \text{ 算出密度 } d_1/\text{理論密度})$

$d_2 \times 100$ 。表 4 中係顯示其算出結果。

(表 3)

混合物質	原子量	密度 $[g/cm^3]$
TaN	194.96	16.30
Ta	180.95	16.60

(表 4)

膜材料 Ta_xN_y	模組成 [at%]		重量混合比 [wt%]		體積混合比 [vol%]		理論密度 d_2 [g/cm ³]	XRR 算出密度 d_1 [g/cm ³]	相對密度 d [%]
	Ta	N	Ta	TaN	Ta	TaN			
實施例 2-1	85	15	81.3	18.7	81.0	19.0	16.54	15.56	94.0
實施例 2-2	77	23	68.1	31.9	67.7	32.3	16.50	14.77	89.5
實施例 2-3	70	30	55.3	44.7	54.8	45.2	16.46	13.78	83.7
比較例 2-1	63	37	39.5	60.5	39.1	60.9	16.42	13.38	81.5
比較例 2-2	100	0	100	0	100	0	16.60	12.38	71.6

(實施例 3： Mo_xSi_y 膜)

接著，分別針對薄膜為 Mo_xSi_y 膜時之實施例及比較例加以說明。

(實施例 3-1)

於透明基板上，利用鉬(Mo)與矽(Si)的混合標靶(混合比 Mo:Si=21.3 原子%:78.7 原子%)，並在氬(Ar)氣氣氛下，使氣壓為 0.206Pa，DC 電源的電功率為 2.0kW，而藉由反應性濺鍍(DC 濺鍍)來形成膜厚 50nm 之鉬及矽所構成的 Mo_xSi_y 膜。

(實施例 3-2)

與上述實施例 3-1 之相異點在於濺鍍氣體係使用氬(Ar)與甲烷(CH_4)的混合氣體來於透明基板上形成 Mo_xSi_y 膜。在氬(Ar)與甲烷(CH_4)的混合氣體氣氛(氣體流動量比 Ar: CH_4 =92:8)下，使氣壓為 0.203Pa，DC 電源的電功率為 2.0kW，而藉由反應性濺鍍(DC 濺鍍)來形成膜厚 50nm 之鉬及矽所構成的 Mo_xSi_y 膜。

(比較例 3: Mo_xSi_y 膜)

與上述實施例 3-1 同樣地於透明基板上形成 Mo_xSi_y 膜。與上述實施例 3-1 之相異點在於係改變成膜裝置內的氣壓來製作。在氬(Ar)氣氣氛下，使氣壓為 0.484Pa，DC 電源的電功率為 2.0kW，而藉由反應性濺鍍(DC 濺鍍)來形成膜厚 50nm 之鉬及矽所構成的 Mo_xSi_y 膜。

(實施例 3-3)

與實施例 3-1 同樣地於透明基板上形成 Mo_xSi_y 膜。與實施例 3-1 之相異點在於係改變所使用之濺鍍標靶來製作。利用鉬(Mo)與矽(Si)的混合標靶(混合比 Mo:Si=33 原子%:67 原子%)，並在氬(Ar)氣氣氛下，使氣壓為 0.206Pa，DC 電源的電功率為 2.0kW，而藉由反應

性濺鍍(DC 濺鍍)來形成膜厚 50nm 之鉬及矽所構成的 Mo_xSi_y 膜。

(實施例 3-4)

與實施例 3-1 同樣地於透明基板上形成 Mo_xSi_y 膜。與實施例 3-1 之相異點在於係改變所使用之濺鍍標靶來製作。利用鉬(Mo)與矽(Si)的混合標靶(混合比 Mo:Si=4 原子%:96 原子%)，並在氬(Ar)氣氣氛下，使氣壓為 0.206Pa，DC 電源的電功率為 2.0kW，而藉由反應性濺鍍(DC 濺鍍)來形成膜厚 50nm 之鉬及矽所構成的 Mo_xSi_y 膜。

接著，求得上述實施例 3-1~實施例 3-4 及比較例 3 的相對密度 d 。

(1) 利用 XRR 法來求得 Mo_xSi_y 膜的 XRR 算出密度(實際密度) d_1 。

(2) 從文獻值來算出理論密度 d_2 。當 Mo_xSi_y 膜所含有的 Mo 為 33 原子%以下時，便假設為 MoSi_2 (Mo:Si=33:67)與 Si 的混合體。又，相反地，當 Mo_xSi_y 膜所含有的 Mo 較 33 原子%要多時，則假設為 MoSi_2 與 Mo 的混合體。將計算時所使用的文獻值記載於表 5。與實施例 1 的情況同樣地，由藉由上述分析所獲得之 Mo_xSi_y 膜的組成來算出 MoSi_2 與 Si 的重量混合比及沉積混合比，再利用表 5 的數值來算出 Mo_xSi_y 膜的理論密度。

(3) 求得相對密度 $d=(\text{XRR 算出密度 } d_1/\text{理論密度})$

$d_2 \times 100$ 。表 6 中係顯示其算出結果。

(表 5)

混合物質	原子量	密度[g / cm ³]
MoSi ₂	152.13	6.31
Si	28.09	2.33
Mo	95.95	10.28

(表 6)

膜材料 Mo _x Si _y	模組成 [at%]		重量 混合比 [wt%]		體積 混合比 [vol%]		理論 密度 d ₂ [g/cm ³]	XRR 算出密度 d ₁ [g/cm ³]	相對密度 d [%]
	Mo	Si	MoSi ₂	Si	MoSi ₂	Si			
實施例 3-1	21.3	78.7	88.6	11.4	74.2	25.8	5.28	5.11	96.7
實施例 3-2	21.3	78.7	88.6	11.4	74.2	25.8	5.28	5.16	97.6
實施例 3-3	33	67	100	0	100	0	6.31	5.96	94.5
實施例 3-4	4	96	20.5	79.5	8.7	91.3	2.68	2.60	97.0
比較例 3	21.3	78.7	88.6	11.4	74.2	25.8	5.28	4.91	93.0

(實施例 4：Ta_xSi_y 膜)

接著，就薄膜為 Ta_xSi_y 膜時之實施例及比較例分別進行說明。

(實施例 4-1)

於透明基板上，利用鉭(Ta)與矽(Si)的混合標靶(混合比 Ta:Si=33 原子%:67 原子%)，並在氬(Ar)氣氣氛下，使氣壓為 0.206Pa，DC 電源的電功率為 1.5kW，而藉由反應性濺鍍(DC 濺鍍)來形成膜厚 50nm 之鉭及矽所構成的 Ta_xSi_y 膜。

(比較例 4)

與實施例 4-1 同樣地於透明基板上形成 Ta_xSi_y 膜。與上述實施例 4-1 之相異點在於係改變成膜裝置內的氣壓來製作。利用鉭(Ta)與矽(Si)的混合標靶(混合比 Ta:Si=33 原子%:67 原子%)，並在氬(Ar)氣氣氛下，使氣壓為 0.484Pa，DC 電源的電功率為 1.5kW，而藉由反應性濺鍍(DC 濺鍍)來形成膜厚 50nm 之鉭及矽所構成的 Ta_xSi_y 膜。

接著，求得實施例 4-1 及比較例 4 的相對密度 d 。

(1) 利用 XRR 法來求得 Ta_xSi_y 膜的 XRR 算出密度(實際密度) d_1 。

(2) 從文獻值來算出理論密度 d_2 。當 Ta_xSi_y 膜所含有的 Ta 為 33 原子%以下時，便假設為 TaSi(Ta:Si=33:67)與 Si 的混合體。又，相反地，當 Ta_xSi_y 膜所含有的 Ta 較 33 原子%要多時，則假設為 $TaSi_2$ 與 Ta 的混合體。將計算時所使用的文獻值記載於表 7。

與實施例 1 的情況同樣地，由藉由上述分析所獲得之 Ta_xSi_y 膜的組成來算出 $TaSi_2$ 與 Si 的重量混合比及沉積混合比，再利用表 7 的數值來算出 Ta_xSi_y 膜的理論密

度。

(3) 求得相對密度 $d = (\text{XRR 算出密度 } d1 / \text{理論密度 } d2) \times 100$ 。表 8 中係顯示其算出結果。

(表 7)

混合物質	原子量	密度[g / cm ³]
TaSi ₂	237.11	9.14
Si	28.09	2.33
Ta	180.95	16.60

(表 8)

膜材料 Ta _x Si _y	模組成 [at%]		重量 混合比 [wt%]		體積 混合比 [vol%]		理論密度 d2 [g/cm ³]	XRR 算出密度 d1 [g/cm ³]	相對密度 d [%]
	Ta	Si	TaSi ₂	Si	TaSi ₂	Si			
實施例 4-1	33	67	100	0	100	0	9.14	8.73	95.5
比較例 4	33	67	100	0	100	0	9.14	8.41	92.0

(遮光膜的緻密性評估)

針對上述實施例及比較例所製作之光罩基板，連續照射 ArF 準分子雷射至總照射量達到 30kJ/cm²，並分別測量照射後薄膜表面的變質層厚度。照射量 30kJ/cm²(能量密度為約 25mJ/cm²)係相當於利用轉印用光罩來對 100,000 片份晶圓的光阻進行曝光，在通常的光罩使用

頻率下係相當於使用大約 3 個月。

此處，ArF 準分子雷射照射所造成的圖案尺寸變化係對薄膜進行 ArF 準分子雷射照射，並利用 TEM(Transmission Electron Microscope；穿透型電子顯微鏡)來觀察剖面，而將表面的變質層厚度視為圖案尺寸變化。以下敘述其根據。由於表面之變質為氧化的主要原因，因此會伴隨著膜厚增加與變質層部分的遮光性降低。薄膜的膜厚增加會對應於圖案側壁的圖案尺寸變化，而遮光性降低則被視為曝光中之實質圖案尺寸變化。因此，變質層厚度被認為同等於影響曝光之圖案尺寸變化

又，所謂變質層厚度為 2.0nm 以下，在半間距未達 45nm 之光微影中，可說是滿足了遮罩的尺寸均勻性為 2.4nm 以下之要求。表 9 中顯示各實施例及比較例中的相對密度與變質層厚度。

(表 9)

	膜材料	模組成[at%]					相對密度 [%]	變質層厚度 [nm]
		Ta	B	N	Mo	Si		
實施例 1-1	Ta _x B _y	80	20	0	0	0	95.5	0.5
實施例 1-2	Ta _x B _y	80	20	0	0	0	95.1	0.5
實施例 1-3	Ta _x B _y	80	20	0	0	0	92.9	1.0
實施例 1-4	Ta _x B _y	80	20	0	0	0	97.8	0.5
實施例 1-5	Ta _x B _y	80	20	0	0	0	88.5	2.0
比較例 1	Ta _x B _y	80	20	0	0	0	79.6	3.0

實施例 2-1	Ta _x N _y	85	0	15	0	0	94.0	0.5
實施例 2-2	Ta _x N _y	77	0	23	0	0	89.5	1.0
實施例 2-3	Ta _x N _y	70	0	30	0	0	83.7	2.0
比較例 2-1	Ta _x N _y	63	0	37	0	0	81.5	2.5
比較例 2-2	Ta _x N _y	100	0	0	0	0	71.6	2.5
實施例 3-1	Mo _x Si _y	0	0	0	21.3	78.7	96.7	1.5
實施例 3-2	Mo _x Si _y	0	0	0	21.3	78.7	97.6	1.0
實施例 3-3	Mo _x Si _y	0	0	0	33	67	94.5	2.0
實施例 3-4	Mo _x Si _y	0	0	0	4	96	97.0	1.0
比較例 3	Mo _x Si _y	0	0	0	21.3	78.7	93.0	6.0
實施例 4-1	Ta _x Si _y	33	0	0	0	67	95.5	1.5
比較例 4	Ta _x Si _y	33	0	0	0	67	92.0	3.5

(評估：Ta_xB_y 膜)

以鉭為主成分之 Ta_xB_y 膜中，在比較例 1 中，當相對密度 d 為 79.6% 時，相對於變質層厚度為 3.0nm，在實施例 1-1~實施例 1-5 的結果中，即使相對密度 d 最低為 88.5%(實施例 1-5)，而變質層厚度仍有 2.0nm。

(評估：Ta_xN_y 膜)

在 Ta_xN_y 膜中，於比較例 2-1 中，當相對密度 d 為 81.5% 時，相對於變質層厚度為 2.5nm，在實施例 2-1~實施例 2-3 的結果中，即使相對密度 d 最低為 83.7%，變質層厚度仍有 2.0nm。又，得知即使是未進行氮化之 Ta 膜(比較例 2-2)，當相對密度低至 71.6%，而變質層厚度仍有 2.5nm。

(評估：Mo_xSi_y 膜)

在 Mo_xSi_y 膜中，於比較例 3 中，當相對密度 d 為 93.0% 時，變質層厚度會厚達 6.0nm。相對於此，在實施例 3-1~實施例 3-4 中，即使相對密度 d 最低為 94.5%，而變質層厚度仍有 2.0nm。又，由實施例 3-1~實施例 3-4 的結果即可明白得知，所形成之變質層厚度會較膜組成而與相對密度 d 有較大的關聯性。

(評估： Ta_xSi_y 膜)

在 Ta_xSi_y 膜中，於比較例 4 中，當相對密度 d 為 92.0% 時，相對於變質層厚度為 3.5nm，如實施例 4-1 所示，當相對密度為 95.5% 時，變質層厚度為 1.5nm。由實施例 3-1~實施例 3-4 的對比亦可明白得知，當為含矽薄膜時，所形成之變質層厚度會較所含有之過渡金屬的種類而與相對密度 d 有較大的關聯性。

從上述結果，當為以鉭(Ta)為主成分之 TaB 或 TaN 所構成的薄膜時，藉由使相對密度較 83% 要大(更佳為 84% 以上)藉由，則可使變質層厚度為 2.0nm 以下。亦即，可知此種薄膜對目前廣泛地被使用之利用 ArF 準分子雷射所進行之曝光光線的照射具有耐久性。藉此可獲得較長壽命，並獲得高可靠度。

另一方面，當為 MoSi 或 TaSi 所構成的薄膜時，藉由使相對密度較 94% 要大(更佳為 95% 以上)，則可使變質層厚度為 2.0nm 以下。亦即，可知此種薄膜亦對使用 ArF 準分子雷射的曝光光線照射具有耐久性。

上述實施例中，作為以鉭(Ta)為主成分之薄膜雖係

以 TaB 與 TaN 的情況來加以說明，但不限於此，而亦可以主成分為鉭(Ta)與選自硼(B)、碳(C)、氮(N)及氧(O)的 1 種元素所構成的 2 種材料來構成薄膜，同樣地，由於當相對密度較 83% 要大(更佳為 84% 以上)時可獲得高的膜緻密性，故對曝光光線會具有耐光性，且可縮小遮罩尺寸變化。例如，當薄膜為 Ta_xO_y 膜時，假設為 Ta 與 Ta_2O_5 的混合體，並根據各文獻值而以相同於實施例 1 的方法來算出理論密度即可。例如，當薄膜為 Ta_xC_y 膜時，假設為 TaC 與 Ta 或 C 的混合體，並根據各文獻值而以相同於實施例 1 的方法來算出理論密度即可。

又，亦可以主成分為鉭(Ta)與選自硼(B)、碳(C)、氮(N)及氧(O)的 2 種以上的元素所構成之 3 種以上的材料來構成薄膜，且可獲得同樣的效果。此時理論密度 d_2 的算出方法，例如當薄膜為 $Ta_xO_yN_z$ 膜時，係假設為選自 Ta、TaN 及 Ta_2O_5 之 2 種以上的混合體，並根據各文獻值而以相同於實施例 1 的方法來算出即可。例如，當薄膜為 $Ta_xB_yN_z$ 膜時，係假設為選自 Ta、B、 TaB_2 及 TaN 之 2 種以上的混合體，並根據各文獻值而以相同於實施例 1 的方法來算出理論密度即可。

例如，當薄膜為 $Ta_xC_yN_z$ 膜時，係假設為選自 Ta、C、TaC 及 TaN 之 2 種以上的混合體，並根據各文獻值而以相同於實施例 1 的方法來算出理論密度即可。例如，當薄膜為 $Ta_xB_yO_z$ 膜時，係假設為選自 Ta、B、 TaB_2 及 Ta_2O_5 之 2 種以上的混合體，並根據各文獻值而以相

同於實施例 1 的方法來算出理論密度即可。例如，當薄膜為 $Ta_xC_yO_z$ 膜時，係假設為選自 Ta、C、TaC 及 Ta_2O_5 之 2 種以上的混合體，並根據各文獻值而以相同於實施例 1 的方法來算出理論密度即可。

例如，當薄膜為 $Ta_wC_xO_yN_z$ 膜時，係假設為選自 Ta、C、TaC、 Ta_2O_5 及 TaN 之 3 種以上的混合體，並根據各文獻值而以相同於實施例 1 的方法來算出理論密度即可。例如，當薄膜為 $Ta_wB_xO_yN_z$ 膜時，係假設為選自 Ta、B、 TaB_2 、 Ta_2O_5 及 TaN 之 3 種以上的混合體，並根據各文獻值而以相同於實施例 1 的方法來算出理論密度即可。

有關作為含有過渡金屬之材料所構成的薄膜，雖係以 MoSi 及 TaSi 來加以說明，但除此之外，亦可由矽(Si)與選自鈦(Ti)、釩(V)、鈮(Nb)、鋯(Zr)、鈦(Ru)、銑(Rh)、鉻(Cr)、鎳(Ni)、鈪(Hf)及鎢(W)之 1 種過渡金屬的 2 種材料所構成，同樣地，由於當相對密度較 94%要大(更佳為 95%以上)時可獲得高的膜緻密性，因此對曝光光線具有耐光性，且可縮小遮罩尺寸變化。此時理論密度 d_2 的算出方法，例如當薄膜為 Zr_xSi_y 膜時，係假設為選自 Zr、Si 及 $ZrSi_2$ 之 2 種以上的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出即可。例如，當薄膜為 W_xSi_y 膜時，係假設為選自 W、Si 及 WSi_2 之 2 種以上的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。例如，當薄膜為 Ti_xSi_y 膜時，係假設為選自 Ti、Si

及 TiSi_2 選自之 2 種以上的混合體，並根據各文獻值而以相同於實施例 1 的方法來算出理論密度即可。

例如，當薄膜為 Cr_xSi_y 膜時，係假設為選自 Cr、Si 及 CrSi_2 之 2 種以上的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。例如，當薄膜為 Nb_xSi_y 膜時，係假設為選自 Nb、Si 及 NbSi_2 之 2 種以上的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。例如，當薄膜為 Hf_xSi_y 膜時，係假設為選自 Hf、Si 及 HfSi_2 之 2 種以上的混合體，並根據各文獻值而以相同於實施例 1 的方法來算出理論密度即可。

例如，當薄膜為 V_xSi_y 膜時，係假設為選自 V、Si 及 VSi_2 之 2 種以上的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。例如，當薄膜為 Ru_xSi_y 膜時，係假設為選自 Ru、Si 及 RuSi_2 之 2 種以上的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。例如，當薄膜為 Ni_xSi_y 膜時，係假設為選自 Ni、Si 及 NiSi_2 之 2 種以上的混合體，並根據各文獻值而以相同於實施例 1 的方法來算出理論密度即可。

又，薄膜亦可由矽(Si)與選自鈦(Ti)、釩(V)、鈮(Nb)、鋯(Zr)、鈦(Ru)、銑(Rh)、鉻(Cr)、鎳(Ni)、鈦(Hf)、鉭(Ta)、鉬(Mo)、鉭(Ta)及鎢(W)之 2 種以上的過渡金屬所構成，且可獲得同樣的效果。此時，從上述所列舉之過渡金屬矽化物來選擇並假設，且根據各文獻值而以相同於實施例 1 的方法來算出理論密度即可。

再者，含有過渡金屬之材料所構成的薄膜亦可由在矽(Si)與選自鈦(Ti)、釩(V)、鈮(Nb)、鋯(Zr)、鈷(Ru)、銑(Rh)、鉻(Cr)、鎳(Ni)、鈥(Hf)及鎢(W)之 1 種以上的過渡金屬，再加上選自碳(C)、氮(N)及氧(O)之 1 種以上的元素所構成之 3 種以上的材料所構成，且可獲得同樣的效果。此時理論密度 d_2 的算出方法，例如當薄膜為 $\text{Mo}_x\text{Si}_y\text{O}_z$ 膜時，係假設為選自 Mo、Si、 MoSi_2 、 MoO_3 及 SiO_2 的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出即可。例如，當薄膜為 $\text{Mo}_x\text{Si}_y\text{N}_z$ 膜時，係假設為選自 Mo、Si、 MoSi_2 、 MoN 及 Si_3N_4 的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。例如，當薄膜為 $\text{Mo}_w\text{Si}_x\text{O}_y\text{N}_z$ 膜時，係假設為選自 Mo、Si、 MoSi_2 、 MoN 、 Si_3N_4 、 MoO_3 及 SiO_2 的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。

例如，當薄膜為 $\text{Mo}_x\text{Si}_y\text{C}_z$ 膜時，係假設為選自 Mo、Si、C、 MoSi_2 、 Mo_2C 及 SiC 的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。例如，當薄膜為 $\text{Mo}_w\text{Si}_x\text{C}_y\text{N}_z$ 膜時，係假設為選自 Mo、Si、C、 MoSi_2 、 MoN 、 Si_3N_4 、 Mo_2C 及 SiC 的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。例如，當薄膜為 $\text{Mo}_v\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{N}_z$ 膜時，係假設為選自 Mo、Si、C、 MoSi_2 、 MoO_3 、 SiO_2 、 MoN 、 Si_3N_4 、 Mo_2C 及 SiC 的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。

再者，例如，當薄膜為 $\text{Zr}_x\text{Si}_y\text{O}_z$ 膜時，係假設為選

自 Zr 、 Si 、 ZrSi_2 、 ZrO_2 及 SiO_2 的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。例如，當薄膜為 $\text{Zr}_x\text{Si}_y\text{N}_z$ 膜時，係假設為選自 Zr 、 Si 、 ZrSi_2 、 ZrN 及 Si_3N_4 的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。例如，當薄膜為 $\text{Zr}_w\text{Si}_x\text{O}_y\text{N}_z$ 膜時，係假設為選自 Zr 、 Si 、 ZrSi_2 、 ZrN 、 Si_3N_4 、 ZrO_2 及 SiO_2 的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。

例如，當薄膜為 $\text{Zr}_x\text{Si}_y\text{C}_z$ 膜時，係假設為選自 Zr 、 Si 、 C 、 ZrSi_2 、 ZrC 及 SiC 的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。例如，當薄膜為 $\text{Zr}_w\text{Si}_x\text{C}_y\text{N}_z$ 膜時，係假設為選自 Zr 、 Si 、 C 、 ZrSi_2 、 ZrN 、 Si_3N_4 、 ZrC 及 SiC 的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。例如，當薄膜為 $\text{Zr}_v\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{N}_z$ 膜時，係假設為選自 Zr 、 Si 、 C 、 ZrSi_2 、 ZrO_2 、 SiO_2 、 ZrN 、 Si_3N_4 、 ZrC 及 SiC 的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。

再者，例如，當薄膜為 $\text{W}_x\text{Si}_y\text{O}_z$ 膜時，係假設為選自 W 、 Si 、 WSi_2 、 WO_3 及 SiO_2 的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。例如，當薄膜為 $\text{W}_x\text{Si}_y\text{N}_z$ 膜時，係假設為選自 W 、 Si 、 WSi_2 、 WN 及 Si_3N_4 的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。例如，當薄膜為 $\text{W}_w\text{Si}_x\text{O}_y\text{N}_z$ 膜時，係假設為選自 W 、 Si 、 WSi_2 、 WN 、 Si_3N_4 、 WO_3 及 SiO_2

的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。

例如，當薄膜為 $W_xSi_yC_z$ 膜時，係假設為選自 W、Si、C、 WSi_2 、 W_2C 及 SiC 的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。例如，當薄膜為 $W_wSi_xC_yN_z$ 膜時，係假設為選自 W、Si、C、 WSi_2 、WN、 Si_3N_4 、 W_2C 及 SiC 的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。例如，當薄膜為 $W_vSi_wO_xC_yN_z$ 膜時，係假設為選自 W、Si、C、 WSi_2 、 WO_3 、 SiO_2 、WN、 Si_3N_4 、 W_2C 及 SiC 的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。

再者，例如，當薄膜為 $Ti_xSi_yO_z$ 膜時，係假設為選自 Ti、Si、 $TiSi_2$ 、 TiO_2 及 SiO_2 的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。例如，當薄膜為 $Ti_xSi_yN_z$ 膜時，係假設為選自 Ti、Si、 $TiSi_2$ 、TiN 及 Si_3N_4 的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。例如，當薄膜為 $Ti_wSi_xO_yN_z$ 膜時，係假設為選自 Ti、Si、 $TiSi_2$ 、TiN、 Si_3N_4 、 TiO_2 及 SiO_2 的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。

例如，當薄膜為 $Ti_xSi_yC_z$ 膜時，係假設為選自 Ti、Si、C、 $TiSi_2$ 、TiC 及 SiC 的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。例如，當薄膜為 $Ti_wSi_xC_yN_z$ 膜時，係假設為選自 Ti、Si、C、 $TiSi_2$ 、TiN、

Si_3N_4 、 TiC 及 SiC 的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。例如，當薄膜為 $\text{Ti}_v\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{N}_z$ 膜時，係假設為選自 Ti 、 Si 、 C 、 TiSi_2 、 TiO_2 、 SiO_2 、 TiN 、 Si_3N_4 、 TiC 及 SiC 的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。

再者，例如，當薄膜為 $\text{Hf}_x\text{Si}_y\text{O}_z$ 膜時，係假設為選自 Hf 、 Si 、 HfSi_2 、 HfO_2 及 SiO_2 的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。例如，當薄膜為 $\text{Hf}_x\text{Si}_y\text{N}_z$ 膜時，係假設為選自 Hf 、 Si 、 HfSi_2 、 HfN 及 Si_3N_4 的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。例如，當薄膜為 $\text{Hf}_w\text{Si}_x\text{O}_y\text{N}_z$ 膜時，係假設為選自 Hf 、 Si 、 HfSi_2 、 HfN 、 Si_3N_4 、 HfO_2 及 SiO_2 的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。

例如，當薄膜為 $\text{Hf}_x\text{Si}_y\text{C}_z$ 膜時，係假設為選自 Hf 、 Si 、 C 、 HfSi_2 、 HfC 及 SiC 的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。例如，當薄膜為 $\text{Hf}_w\text{Si}_x\text{C}_y\text{N}_z$ 膜時，係假設為選自 Hf 、 Si 、 C 、 HfSi_2 、 HfN 、 Si_3N_4 、 HfC 及 SiC 的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。例如，當薄膜為 $\text{Hf}_v\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{N}_z$ 膜時，係假設為選自 Hf 、 Si 、 C 、 HfSi_2 、 HfO_2 、 SiO_2 、 HfN 、 Si_3N_4 、 HfC 及 SiC 的混合體，並根據各文獻值而以同樣的方法來算出理論密度即可。

又，利用濺鍍法來形成薄膜時，會有在薄膜中混入

有氫(H)、氦(He)、氬(Ar)或氙(Xe)等稀有氣體的情況。由於膜中所含有之該等元素的量基本上很少，故即使是忽略該等元素來算出相對密度，仍可作為相對於 ArF 準分子雷射等短波長光之耐光性指標而在使用上並無問題。又，關於薄膜中所含有之其他金屬成分以外的元素，只要該薄膜中的含量非常微小(例如未達 5 原子%)的話，即使是忽略該等元素來算出相對密度，仍可作為相對於 ArF 準分子雷射等短波長光之耐光性指標而在使用上並無問題。

上述實施例中雖係針對透明基板上只設有遮光膜之光罩基板加以記載，但如圖 2 所示，亦可使遮光膜 12 為自透明基板側 11 依序層積有遮光層 13 及表面反射防止層 14 之構造。

又，如圖 3 所示，再者，亦可使遮光膜 12 為在透明基板 11 與遮光層 13 之間設有內面反射防止層 15 之 3 層層積構造。

上述實施例中雖係針對利用具有遮光性之 TaB、TaN、MoSi、TaSi 來作為薄膜的情況加以說明，但亦可利用具有半穿透性之材料(MoSi 或 TaSi 等金屬矽化物的氧化物、氮化物、氮氧化物、碳氧化物、碳氮化物、碳氧氮化物等)來作為薄膜，而為半調式(half-tone)相位轉移光罩或加強式(enhancer)光罩抑或用以製作上述光罩之光罩基板，而可良好地應用於本發明。

(Ta 系遮光膜光罩基板的製造)

接著，針對以 Ta 為主成分之材料來形成遮光的二元式(binary)光罩基板，來加以說明遮光膜的結構，該遮光膜係具有相對於 ArF 曝光光線之表面反射率或內面反射率為特定值以下的特性。

該遮光膜如圖 2 所示，係形成為自透明基板 11 側依序層積有遮光層 13 與表面反射防止層 14 構造的遮光膜 12，遮光層 13 係由 Ta_xN_y 所形成，表面反射防止層 14 係由 Ta_aO_b 所形成。以下說明遮光膜 12 的製造方法。

於透明基板 11 上，利用 Ta 標靶，並在氙氣(Xe)與氮(N_2)的混合氣體氣氛(氣體流動量比 $Xe : N_2 = 44 : 56$)下，使氣壓為 0.075Pa，DC 電源的電功率為 1.5kW，而藉由反應性濺鍍(DC 濺鍍)，來形成膜厚 45nm 的遮光層(Ta_xN_y 膜 Ta : N = 71 原子% : 29 原子%)13。此成膜條件係與實施例 2-3 相同，且膜組成亦相同。接著，於遮光層 13 上，利用 Ta 標靶，並在氬(Ar)與氧(O_2)的混合氣體氣氛(氣體流動量比 $Ar : O_2 = 64 : 36$)下，使 DC 電源的電功率為 0.7kW，而藉由反應性濺鍍(DC 濺鍍)，來形成膜厚 13nm 的表面反射防止層(Ta_aO_b 膜 Ta : O = 42 原子% : 58 原子%)14，以製造具有遮光層 13 與表面反射防止層 14 之層積構造的遮光膜 12 之二元式光罩基板。

此光罩基板對 ArF 曝光光線的光學濃度為 3 以上，而表面反射率為 19.5%，內面反射率為 30.3%，為一種具有充分的光學特性之二元式光罩基板。又，由於表面

反射防止層 14 之 Ta_aO_b 膜原先已氧化，故因 ArF 曝光光線所造成的變質層不容易成長，且不需以相對密度作為指標來調整成膜條件。

(MoSi 系遮光膜光罩基板的製造)

接著，針對利用以 Mo 與 Si 為主成分之材料來形成遮光的二元式光罩基板，來加以說明遮光膜的結構，該遮光膜係具有相對於 ArF 曝光光線之表面反射率或內面反射率為特定值以下的特性。

該遮光膜如圖 3 所示，係形成為自透明基板 11 側依序層積有內面反射防止層 15、遮光層 13 與表面反射防止層 14 構造的遮光膜 12，其中內面反射防止層 15 係由 $\text{Mo}_a\text{Si}_b\text{N}_c$ 所形成，遮光層 13 係由 Mo_xSi_y 所形成，表面反射防止層 14 係由 $\text{Mo}_e\text{Si}_f\text{O}_g\text{N}_h$ 所形成。以下說明遮光膜 12 的製造方法。

於透明基板 11 上，利用鉬(Mo)與矽(Si)的混合標靶(Mo：Si=4 原子%：96 原子%)，並在氬(Ar)與氮(N_2)與氦(He)的混合氣體氣氛(氣體流動量比 Ar： N_2 ：He=6：11：16)下，使氣壓為 0.1Pa，DC 電源的電功率為 3.0kW，而藉由反應性濺鍍(DC 濺鍍)，來形成膜厚 12nm 的內面反射防止層($\text{Mo}_a\text{Si}_b\text{N}_c$ 膜 Mo：Si：N=2.3 原子%：56.5 原子%：41.2 原子%)15。接著，於內面反射防止層 15 上，利用鉬(Mo)與矽(Si)的混合標靶(Mo：Si=21.3 原子%：78.7 原子%)，並在氬(Ar)與甲烷(CH_4)的混合氣體氣氛(氣體流動量比 Ar： CH_4 =92：8)下，使氣壓為 0.203Pa，

DC 電源的電功率為 2.0kW，而藉由反應性濺鍍(DC 濺鍍)，來形成膜厚 31nm 的遮光層(Mo_aSi_b 膜)13。此成膜條件係與實施例 3-2 相同。接著，於遮光層 13 上，利用鉬(Mo)與矽(Si)的混合標靶(Mo：Si=4 原子%：96 原子%)，並在氬(Ar)、氧(O_2)、氮(N_2)與氦(He)的混合氣體氣氛(氣體流動量比 Ar： O_2 ： N_2 ：He=6：5：11：16)下，使氣壓為 0.1Pa，DC 電源的電功率為 3.0kW，而藉由反應性濺鍍(DC 濺鍍)，來形成膜厚 15nm 的表面反射防止層($\text{Mo}_e\text{Si}_f\text{O}_g\text{N}_h$ 膜 Mo：Si：O：N=2.6 原子%：57.1 原子%：15.9 原子%：24.4 原子%)14，以製造具有內面反射防止層 15、遮光層 13 與表面反射防止層 14 之 3 層層積構造的遮光膜 12 之二元式光罩基板。

此光罩基板對 ArF 曝光光線的光學濃度為 3 以上，而表面反射率為 18.8%，內面反射率為 9.6%，為一種具有充分的光學特性之二元式光罩基板。又，由於表面反射防止層 14 之 $\text{Mo}_e\text{Si}_f\text{O}_g\text{N}_h$ 膜或內面反射防止層 15 之 $\text{Mo}_a\text{Si}_b\text{N}_c$ 膜的 Mo 含有率低，且已被高度氧化或高度氮化，故因 ArF 曝光光線所造成的變質層不容易成長，且不需以相對密度作為指標來調整成膜條件。

(Ta 系轉印用光罩的製作)

接著，針對利用該 Ta 系遮光膜光罩基板來製作轉印用光罩加以說明。

如圖 4(a)所示，藉由旋轉塗佈來在遮光膜 12 上塗佈光阻膜(電子線描繪用化學增幅型光阻 PRL009：

FUJIFILM Electronic Materials 公司製)23。如圖 2、圖 3 所說明，遮光膜 12 係包含有遮光層 13、表面反射防止層 14。

接著，如圖 4(b)及(c)所示，針對光阻膜 23 進行所欲圖案的曝光後，以特定的顯影液來顯影而形成光阻圖案 23a。

接著，如圖 4(d)所示，以上述光阻圖案 23a 作為遮罩來將遮光膜 12 形成有遮光膜圖案 12a，其中針對表面反射防止層 14 係利用氟系氣體(CHF_3 等)來進行乾蝕刻，針對遮光層 13 係利用氯氣體(Cl_2 等)來進行乾蝕刻。

最後，如圖 4(e)所示，將殘存的光阻圖案剝離而獲得轉印用光罩 20。

本發明之轉印用光罩由於 Ta_xN_y 膜所構成之遮光層的相對密度為 83.7%，且緻密性高，故對於利用 ArF 準分子雷射所進行之曝光光線具有耐久性。從而可獲得光罩的尺寸變化小、壽命長且可靠度高。

(MoSi 系轉印用光罩的製作)

接著，針對利用該 MoSi 系遮光膜光罩基板來製作轉印用光罩加以說明。

如圖 4(a)所示，藉由旋轉塗佈來在遮光膜 12 上塗佈光阻膜(電子線描繪用化學增幅型光阻 PRL009：FUJIFILM Electronic Materials 公司製)23。

接著，如圖 4(b)及(c)所示，針對光阻膜 23 進行所欲圖案的曝光後，以特定的顯影液來顯影而形成光阻圖

案 23a。

接著，如圖 4(d)所示，以上述光阻圖案 23a 作為遮罩，並利用氟系氣體(SF_6 等)來進行乾蝕刻，而將遮光膜 12 形成有遮光膜圖案 12a。

最後，如圖 4(e)所示，將殘存的光阻圖案剝離而獲得轉印用光罩 20。

本發明之轉印用光罩由於 Mo_aSi_b 膜所構成之遮光層的相對密度為 97.6%，且緻密性高，故對於利用 ArF 準分子雷射所進行之曝光光線具有耐久性。從而可獲得光罩的尺寸變化小、壽命長且可靠度高。

又，Ta 系遮光膜光罩基板或 Ta 系轉印用光罩中，表面反射防止層 14 的材料除了上述所說明的以外，亦可使用例如 Ta_xN_y (但為高氮化材料)、 $\text{Ta}_x\text{O}_y\text{N}_z$ 、 $\text{Ta}_x\text{B}_y\text{O}_z$ 、 $\text{Ta}_x\text{B}_y\text{N}_z$ 、 $\text{Ta}_w\text{B}_x\text{O}_y\text{N}_z$ 、 $\text{Ta}_x\text{C}_y\text{N}_z$ 、 $\text{Ta}_x\text{C}_y\text{O}_z$ 、 $\text{Ta}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{N}_z$ 等。

Ta 系遮光膜光罩基板或 Ta 系轉印用光罩中，上述實施例中係針對自透明基板 11 側依序層積有遮光層 13 與表面反射防止層 14 構造的遮光膜來加以說明。然而，遮光膜的構造不限於此，而亦可如圖 3 所示，為在透明基板 11 與遮光層 3 與之間再設置內面反射防止層 15 之遮光膜構造。此時之內面反射防止層 15 的材料從上述表面反射防止層 14 可使用的材料當中來選擇即可。

MoSi 系遮光膜光罩基板或 MoSi 系轉印用光罩中，

表面反射防止層 14 或內面反射防止層 15 的材料除了上述所說明的以外，亦可使用例如 $\text{Mo}_x\text{Si}_y\text{N}_z$ (但為高氮化材料)、 $\text{Mo}_w\text{Si}_x\text{O}_y\text{N}_z$ 、 $\text{Mo}_w\text{Si}_x\text{B}_y\text{O}_z$ 、 $\text{Mo}_w\text{Si}_x\text{ByN}_z$ 、 $\text{Mo}_v\text{Si}_w\text{B}_x\text{O}_y\text{N}_z$ 、 $\text{Mo}_w\text{Si}_x\text{C}_y\text{N}_z$ 、 $\text{Mo}_w\text{Si}_x\text{C}_y\text{O}_z$ 、 $\text{Mo}_v\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{N}_z$ 等。

MoSi 系遮光膜光罩基板或 MoSi 系轉印用光罩中，上述實施例中係針對自透明基板 11 側依序層積有內面反射防止層 15、遮光層 13 與表面反射防止層 14 構造的遮光膜來加以說明。然而，遮光膜的構造不限於此，而亦可如圖 2 所示，為未設置有內面反射防止層 15 之遮光膜構造。但此時遮光層 13 的材料較佳係使用含氮材料，例如 $\text{Mo}_x\text{Si}_y\text{N}_z$ 、 $\text{Mo}_w\text{Si}_x\text{B}_y\text{N}_z$ 、 $\text{Mo}_w\text{Si}_x\text{C}_y\text{N}_z$ 等。

(薄膜的緻密性評估方法)

本發明之薄膜的緻密性評估方法為於透明基板上具有薄膜之光罩基板的薄膜緻密性評估方法，其特徵在於係使薄膜的實際密度為 $d1$ 、由薄膜的材料組成所算出之理論密度為 $d2$ 時，並從實際密度 $d1$ 與理論密度 $d2$ 而利用數式 $d=(d1/d2) \times 100$ 來算出相對密度 d ，以藉由該相對密度 d 來評估薄膜的緻密性。

又，薄膜的實際密度較佳係使用利用 XRR 法所算出之 XRR 算出密度。

藉由使用本發明的相對密度 d ，則可不被薄膜組成左右，且可定量地評估膜緻密性，故在生產管理或可靠

度的提高上非常地有效。

【圖式簡單說明】

圖 1 係顯示本發明光罩基板的實施例之剖面圖。

圖 2 係顯示具有表面反射防止層之本發明光罩基板的實施例之剖面圖。

圖 3 係顯示具有表面反射防止層與內面反射防止層之本發明光罩基板的實施例之剖面圖。

圖 4(a)~圖 4(e)係顯示本發明之轉印用光罩的實施例之剖面圖。

圖 5(1)~圖 5(2)係用以說明因變質層而使得轉印圖案的線寬變粗之概略圖。

【主要元件符號說明】

2	金屬矽化物系薄膜
2'	變質層
11	透明基板
12	薄膜
12a	遮光膜圖案
13	遮光層
14	表面反射防止層
15	內面反射防止層
23	光阻膜
23a	光阻圖案

Δd 線寬變化

七、申請專利範圍：

1. 一種光罩基板，係用以製作使用 ArF 曝光光線之轉印用光罩，並具有於透明基板上形成轉印圖案用的薄膜；其特徵在於：

該薄膜係由含有鉭(Ta)之材料所構成；並且

使該薄膜的實際密度為 d_1 ，而由該薄膜的膜組成所算出之理論密度為 d_2 時，以數式 $d=(d_1/d_2) \times 100$ 所表示之該薄膜的相對密度 d 係較 83% 要大。

2. 如申請專利範圍第 1 項之光罩基板，其中該薄膜係由主成分為鉭(Ta)與選自硼(B)、碳(C)、氮(N)、氧(O)之一種以上的元素所組成之材料所構成。

3. 一種光罩基板，係用以製作使用 ArF 曝光光線之轉印用光罩，並具有於透明基板上形成轉印圖案用的薄膜；其特徵在於：

該薄膜係由含有矽(Si)與過渡金屬之材料所構成；並且

使該薄膜的實際密度為 d_1 ，而由該薄膜的膜組成所算出之理論密度為 d_2 時，以數式 $d=(d_1/d_2) \times 100$ 所表示之該薄膜的相對密度 d 係較 94% 要大。

4. 如申請專利範圍第 3 項之光罩基板，其中該薄膜係由矽(Si)與選自鈦(Ti)、鈮(V)、鈮(Nb)、鉬(Mo)、鋯(Zr)、鈦(Ru)、銑(Rh)、鉻(Cr)、鎳(Ni)、鈹(Hf)、

鈹(Ta)及鎢(W)之一種以上的過渡金屬所構成。

5. 如申請專利範圍第 1 項之光罩基板，其中該薄膜的實際密度 d_1 為利用 XRR 法所算出之 XRR 算出密度。
6. 如申請專利範圍第 3 項之光罩基板，其中該薄膜的實際密度 d_1 為利用 XRR 法所算出之 XRR 算出密度。
7. 如申請專利範圍第 1 項之光罩基板，其中該薄膜為將曝光光線遮蔽之遮光膜；

該遮光膜為自該透明基板側依序積層有遮光層及表面反射防止層之構造。

8. 如申請專利範圍第 3 項之光罩基板，其中該薄膜為將曝光光線遮蔽之遮光膜；

該遮光膜為自該透明基板側依序積層有遮光層及表面反射防止層之構造。

9. 一種光罩基板，係用以製作使用 ArF 曝光光線之轉印用光罩，並具有於透明基板上形成轉印圖案用的薄膜；其特徵在於：

該薄膜係具有自透明基板側層積有下層與上層之構造；

該上層係由含有鈹(Ta)與氧(O)之材料所構成；

該下層係由鈹(Ta)與選自硼(B)、碳(C)及氮(N)之一種以上的元素所組成之材料所構成；並且，

使該下層的實際密度為 d_1 ，而由該下層的膜

組成所算出之理論密度為 d_2 時，以數式

$d = (d_1/d_2) \times 100$ 所表示之該下層的相對密度 d 係較 83% 要大。

10. 如申請專利範圍第 9 項之光罩基板，其中該上層係由選自 $Ta_xO_yN_z$ 、 $Ta_xB_yO_z$ 、 $Ta_wB_xO_yN_z$ 、 $Ta_xC_yO_z$ 及 $Ta_wC_xO_yN_z$ 之材料所構成。
11. 如申請專利範圍第 9 項之光罩基板，其中該薄膜的實際密度 d_1 為利用 XRR 法所算出之 XRR 算出密度。
12. 一種光罩基板，係用以製作使用 ArF 曝光光線之轉印用光罩，並具有於透明基板上形成轉印圖案用的薄膜；其特徵在於：

該薄膜係具有自透明基板側層積有下層與上層之構造；

該上層係由選自 $Mo_wSi_xO_yN_z$ 、 $Mo_wSi_xB_yO_z$ 、 $Mo_vSi_wB_xO_yN_z$ 、 $Mo_wSi_xC_yO_z$ 及 $Mo_vSi_wC_xO_yN_z$ 之材料所構成；

該下層係由含有矽(Si)與鉬(Mo)之材料所構成；並且，

使該下層的實際密度為 d_1 ，而由該下層的膜組成所算出之理論密度為 d_2 時，以數式

$d = (d_1/d_2) \times 100$ 所表示之該下層的相對密度 d 係較 94% 要大。

13. 如申請專利範圍第 12 項之光罩基板，其中該薄膜的實際密度 d_1 為利用 XRR 法所算出之 XRR 算出密度。

14. 一種轉印用光罩，係於申請專利範圍第 1 至 13 項中任一項所記載之光罩基板的該薄膜處形成有轉印圖案。
15. 一種膜緻密性評估方法，係透明基板上具有薄膜之光罩基板的該薄膜的緻密性評估方法；其特徵在於：

使該薄膜的實際密度為 d_1 、由該薄膜的材料組成所算出之理論密度 d_2 ，並從該實際密度 d_1 與該理論密度 d_2 而利用數式 $d=(d_1/d_2) \times 100$ 來算出相對密度 d ，以藉由該相對密度 d 來評估薄膜的緻密性。
16. 如申請專利範圍第 15 項之膜緻密性評估方法，其中該薄膜的實際密度 d_1 為利用 XRR 法所算出之 XRR 算出密度。

八、圖式：

圖 1

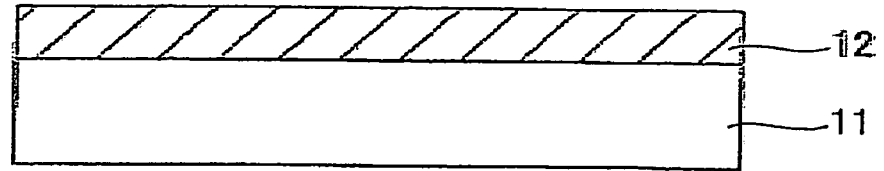


圖 2

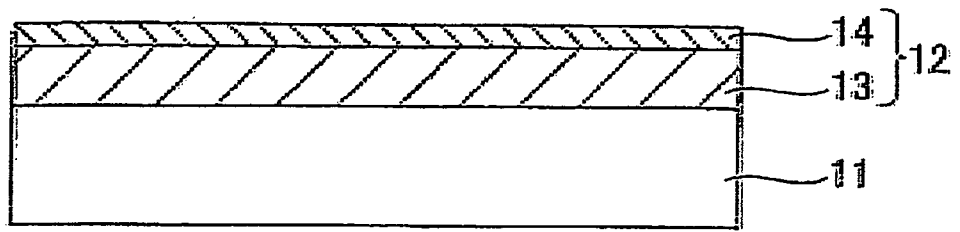


圖 3

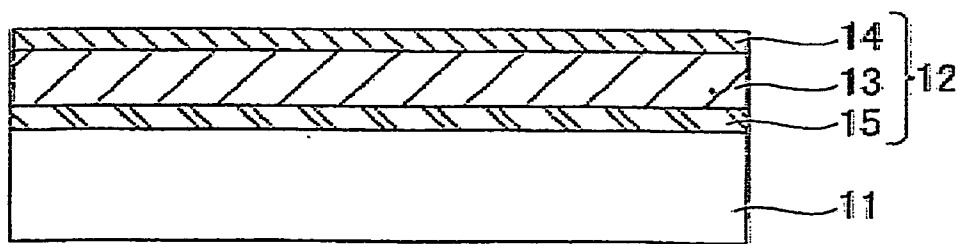


圖 4

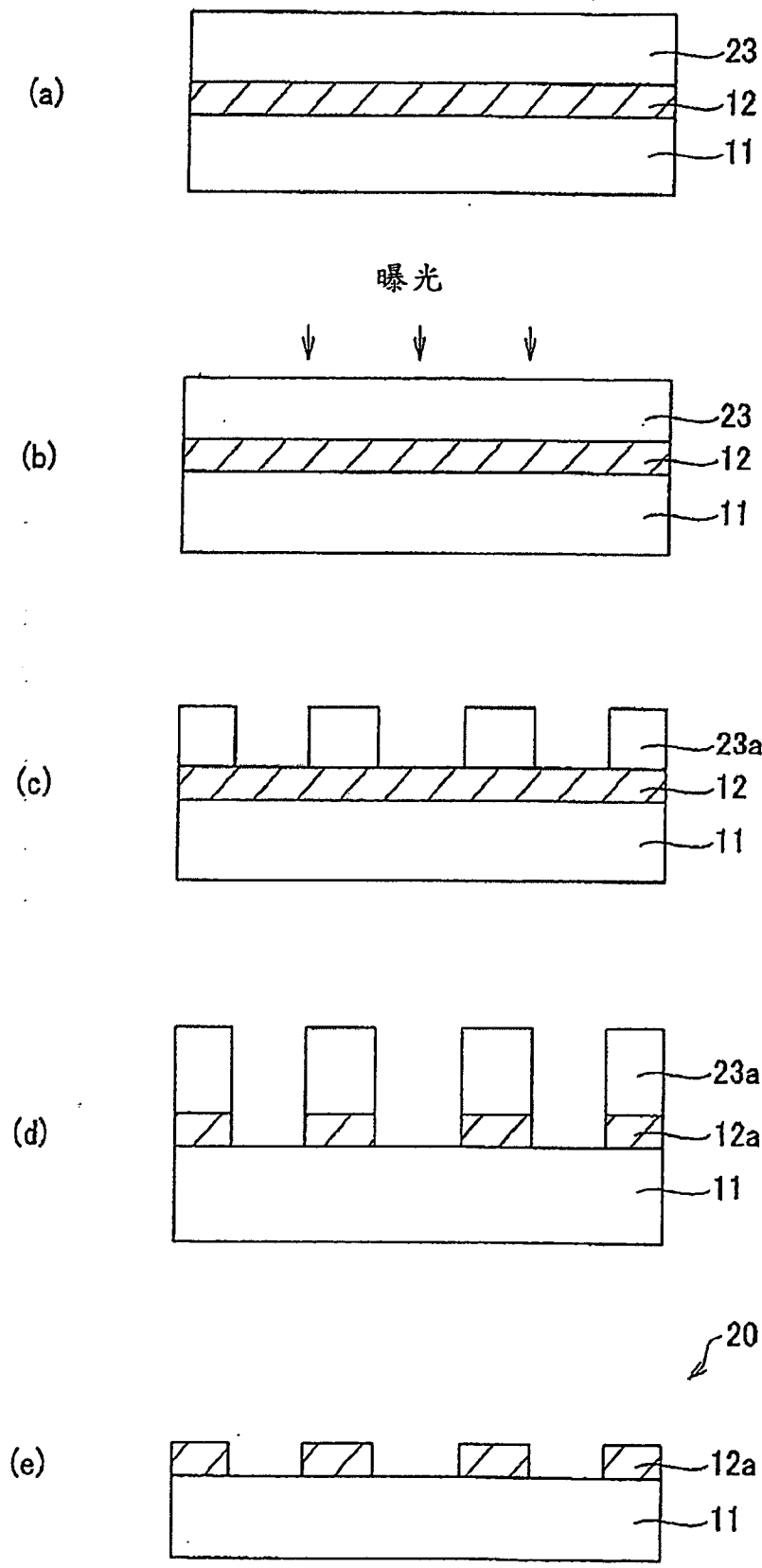


圖 5

