



(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 I775442 B

(45)公告日：中華民國 111 (2022) 年 08 月 21 日

(21)申請案號：110118052

(22)申請日：中華民國 106 (2017) 年 03 月 24 日

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

G03F1/26 (2012.01)

G03F7/20 (2006.01)

H01L21/027 (2006.01)

(30)優先權：2016/03/28 日本

2016-064269

(71)申請人：日商HOYA股份有限公司(日本)HOYA CORPORATION (JP)

日本

(72)發明人：池邊洋平 IKEBE, YOHEI (JP)

(74)代理人：林秋琴；何愛文

(56)參考文獻：

TW 201024913A

TW 201028791A

TW 201403213A

JP 2010-80659A

US 2015/0301441A1

US 2015/0331312A1

審查人員：吳彥華

申請專利範圍項數：9 項 圖式數：6 共 40 頁

(54)名稱

反射型遮罩基底、反射型遮罩及半導體裝置之製造方法

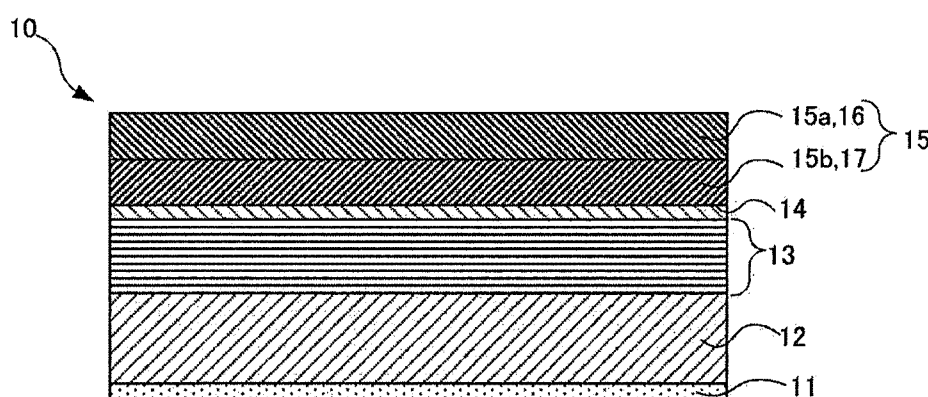
(57)摘要

本發明提供一種具有相位差的膜厚依存性較小之相位轉移膜的反射型遮罩基底。

本發明之反射型遮罩基底係於基板上依序形成有多層反射膜及使 EUV 光的相位轉移之相位轉移膜的反射型遮罩基底，其中該相位轉移膜係具有最上層與最上層以外的下層，並且滿足 $n_2 < n_1 < 1$ ，且 $\lambda/4 \times (2m+1) - \alpha \leq n_1 d_1 \leq \lambda/4 \times (2m+1) + \alpha$ 的關係，其中， n_1 為該最上層在曝光波長 $\lambda=13.5\text{nm}$ 中的折射率， n_2 為該下層在曝光波長 $\lambda=13.5\text{nm}$ 中的折射率， d_1 為該最上層的膜厚(nm)， m 為零以上的整數，以及 $\alpha=1.5\text{nm}$ 。

指定代表圖：

【圖 1】



符號簡單說明：

10:反射型遮罩基底

11:內面導電膜

12:基板

13:多層反射膜

14:保護膜

15:相位轉移膜

15a:第 1 層

15b:第 2 層

16:最上層

17:下層

【發明摘要】

【中文發明名稱】

反射型遮罩基底、反射型遮罩及半導體裝置之製造方法

【中文】

本發明提供一種具有相位差的膜厚依存性較小之相位轉移膜的反射型遮罩基底。

本發明之反射型遮罩基底係於基板上依序形成有多層反射膜及使EUV光的相位轉移之相位轉移膜的反射型遮罩基底，其中該相位轉移膜係具有最上層與最上層以外的下層，並且滿足 $n_2 < n_1 < 1$ ，且 $\lambda/4 \times (2m+1) - \alpha \leq n_1 d_1 \leq \lambda/4 \times (2m+1) + \alpha$ 的關係，其中， n_1 為該最上層在曝光波長 $\lambda = 13.5\text{nm}$ 中的折射率， n_2 為該下層在曝光波長 $\lambda = 13.5\text{nm}$ 中的折射率， d_1 為該最上層的膜厚(nm)， m 為零以上的整數，以及 $\alpha = 1.5\text{nm}$ 。

【英文】

無

【代表圖】

【指定代表圖】圖1。

【代表圖之符號簡單說明】

- 10 反射型遮罩基底
- 11 內面導電膜
- 12 基板
- 13 多層反射膜
- 14 保護膜
- 15 相位轉移膜
- 15a 第1層
- 15b 第2層
- 16 最上層
- 17 下層

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

反射型遮罩基底、反射型遮罩及半導體裝置之製造方法

【技術領域】

本發明關於一種用以製造使用於半導體裝置的製造等之曝光用遮罩而作為原版之反射型遮罩基底及反射型遮罩、以及使用該反射型遮罩之半導體裝置的製造方法。

【先前技術】

半導體製造中之曝光裝置光源的種類有波長 436nm 的 g 線、同 365nm 的 i 線、同 248nm 的 KrF 雷射、同 193nm 的 ArF 雷射，慢慢地縮短波長而進化至今。為了實現更微細的圖案轉印，被提出有一種 EUV 微影技術，係使用 13.5nm 附近來作為光源的波長的超紫外線(EUV: Extreme Ultra Violet)。EUV 微影技術中，由於相對於 EUV 光之材料間吸收率的差較小等，故會使用反射型遮罩。作為反射型遮罩已被提出一種例如，於基板上形成有會反射曝光光線之多層反射膜，且在用以保護該多層反射膜之保護膜上圖案狀地形成有會吸收曝光光線之相位轉移膜。入射至曝光機(圖案轉印裝置)所搭載之反射型遮罩的光線會在有相位轉移膜圖案的部分處被吸收，而在不具相位轉移膜圖案的部分處則會因多層反射膜而被反射，藉此，讓光像透過反射光學系統而被轉印在半導體基板上。入射至相位轉移膜圖案之曝光光線的一部分會與因多層反射膜而被反射之光線具有大約 180 度的相位差而被反射(相位轉移)，藉此獲得對比(解析度)。

上述般之 EUV 微影用的反射型遮罩及用以製作其之遮罩基底的相關技術已被揭示於專利文獻 1~3。

專利文獻 1 中記載將半調式遮罩的原理應用於 EUV 曝光，而為了提高轉印解析性，係使薄膜(相位轉移膜)為 2 層膜。2 層膜的具體

材料記載了 Mo 層與 Ta 層之組合。

專利文獻 2 中記載將半調式遮罩的原理應用於 EUV 曝光，而為了提高轉印解析性，係在以折射率及消光係數作為座標軸的平面座標所顯示之圖式(專利文獻 2 的圖 2)中，從四角框所圍繞之區域來選擇單層膜所構成之半調膜(相位轉移膜)的材料。單層膜的具體材料記載了 TaMo(組成比 1：1)。

專利文獻 3 記載在半調型 EUV 遮罩中，為了反射率選擇性的自由度及具有高洗淨耐受性來降低陰影效應(shadowing effect)，係以 Ta 與 Ru 的化合物作為半調膜的材料，並規定其組成範圍。

此處，陰影效應係指如下述般的現象。例如，在使用反射型遮罩之曝光裝置中，為了使入射光與反射光的光軸不會重疊，係使光相對於遮罩而從垂直方向稍微傾斜地入射。若遮罩的相位轉移膜圖案具有厚度，則會因光的入射方向傾斜，而產生對應於相位轉移膜圖案的厚度之陰影。將該陰影的部分使轉印圖案尺寸改變之現象稱作陰影效應。

專利文獻 4 記載一種半調型 EUV 遮罩，係具備有形成於基板上的高反射部，與形成於該高反射部上之經圖案化後的低反射部，低反射部係具有 Ta(鉭)、Mo(鉬)及 Si(矽)。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

專利文獻 1：日本特開 2004-207593 號公報

專利文獻 2：日本特開 2006-228766 號公報

專利文獻 3：日本專利第 5233321 號

專利文獻 4：日本特開 2009-098611 號公報

【發明內容】

反射型遮罩的相位轉移膜係設計為入射至相位轉移膜圖案之曝光光線的一部分因多層反射膜而反射的光線與不具相位轉移膜圖案

的部分處因多層反射膜而反射的光線乃相對於波長 13.5nm 的光線而具有大約 180 度的相位差。又，相位轉移膜的表面係設置有使用了在檢查光的曝光中之反射率較低材料之反射防止層。2 層以上的膜所構成之相位轉移膜的情況，會因來自相位轉移膜最表面的反射光與來自存在於相位轉移膜下方之多層反射膜的反射光的干涉，而例如圖 3 所示般地於相位差的膜厚依存性產生振動構造。若此振動構造較大，則相位差會相對於相位轉移膜的膜厚變化而大大地變化，故會無法獲得相對於相位轉移膜的膜厚變化為穩定之相位差。

因此，本發明之目的在於提供一種具有相位差的膜厚依存性較小之相位轉移膜之反射型遮罩基底。

本案發明人發現在最上層及其他層所構成的相位轉移膜中，藉由使相位轉移膜具有反射抑制功能，來減弱來自相位轉移膜最上層的反射光與穿透相位轉移膜之光線來自多層反射膜的反射光的干涉，藉此便可抑制相位差的膜厚依存性產生振動構造。本案發明人發現藉由抑制相位差的膜厚依存性產生振動構造，則可獲得具有相位差的膜厚依存性較小之相位轉移膜之反射型遮罩基底，進而完成本發明。

具體來說，係發現在最上層及其他層所構成的相位轉移膜中，當曝光波長 $\lambda=13.5\text{nm}$ 的光線在相位轉移膜內的光線路徑長度(折射率 $n \times$ 膜厚 d)係以 $\lambda/4$ 的奇數倍為中心，而為 $\pm\alpha(\text{nm})$ 的範圍時，相位轉移膜的反射抑制功能會有效地作用，從而可抑制相位差的膜厚依存性產生振動構造。本案發明人藉由光學性模擬發現 $\alpha=1.5\text{nm}$ 為適當的，進而完成本發明。

為解決上述課題，本發明係具有下述構成。本發明為下述構成 1~9 的反射型遮罩基底、下述構成 10 的反射型遮罩、以及下述構成 11 之半導體裝置的製造方法。

(構成 1)

本發明之構成 1 係於基板上依序形成有多層反射膜及使 EUV 光的相位轉移之相位轉移膜之反射型遮罩基底；

該相位轉移膜係具有最上層與最上層以外的下層；

並且滿足下述式(1)及式(2)的關係：

式(1)： $n_2 < n_1 < 1$ ；

式(2)： $\lambda/4 \times (2m+1) - \alpha \leq n_1 \cdot d_1 \leq \lambda/4 \times (2m+1) + \alpha$ ；

其中， n_1 為該最上層在曝光波長 $\lambda = 13.5\text{nm}$ 中的折射率；

n_2 為該下層在曝光波長 $\lambda = 13.5\text{nm}$ 中的折射率；

d_1 為該最上層的膜厚(nm)；

m 為零以上的整數；以及

$\alpha = 1.5\text{nm}$ 。

依據本發明之構成 1，由於可使相位轉移膜表面處的反射率變小，故可獲得具有相位差的膜厚依存性較小之相位轉移膜之反射型遮罩基底。

(構成 2)

本發明之構成 2 係如構成 1 之反射型遮罩基底，其中該 m 為 2 以下。

伴隨著圖案的微細化，由於深寬比(圖案膜厚相對於圖案線寬的比)的增加，使得陰影效應的問題變得嚴重。依據本發明之構成 2，藉由使 m 為 2 以下，便可使相位轉移膜薄膜化。因此，可抑制所獲得之反射型遮罩的陰影效應。

(構成 3)

本發明之構成 3 係如構成 1 或 2 之反射型遮罩基底，其中該相位轉移膜的該最上層係由包含有矽化合物之材料所構成，該下層係由包含有鉍化合物之材料所構成。

依據本發明之構成 3，藉由相位轉移膜係包含有特定材料的最上層及下層，便可獲得所欲的相位轉移量。

(構成 4)

本發明之構成 4 係於基板上依序形成有多層反射膜及使 EUV 光的相位轉移之相位轉移膜之反射型遮罩基底；

該相位轉移膜係由包含有 1 層或 2 層以上之依序包含有第 1 層~

第 N 層(N 為 2 以上的整數)的單位薄膜之多層膜所構成，位在距多層反射膜的最遠處之單位薄膜的第 1 層為最上層；

並且滿足下述式(3)的關係：

式(3)：

$$\lambda / 4 \times (2m + 1) - \alpha \leq \sum_{i=1}^N (n_i \cdot d_i) \leq \lambda / 4 \times (2m + 1) + \alpha ;$$

其中，i 為 1~N 的整數；

n_i 為第 i 層在曝光波長 $\lambda = 13.5\text{nm}$ 中的折射率；

d_i 為該第 i 層的膜厚(nm)；以及

$\alpha = 1.5\text{nm}$ 。

依據本發明之構成 4，由於可使相位轉移膜表面處的反射率變小，故可獲得具有相位差的膜厚依存性較小之相位轉移膜之反射型遮罩基底。

(構成 5)

本發明之構成 5 係如構成 4 之反射型遮罩基底，其中 $n_{i+1} < n_i$ ，且 $n_1 < 1$ 。

依據本發明之構成 5，有關曝光波長 $\lambda = 13.5\text{nm}$ 中的折射率，藉由使第 i+1 層的折射率小於第 i 層的折射率，且第 1 層的折射率為小於 1，便可使相位轉移膜表面處的反射更小。

(構成 6)

本發明之構成 6 係如構成 4 或 5 之反射型遮罩基底，其中 $N=2$ 。

依據本發明之構成 6，藉由使 $N=2$ ，便可獲得單位薄膜為 2 層的多層膜所構成之相位轉移膜，從而可在不會損害到蝕刻容易性情況下使相位轉移膜具有反射抑制功能。

(構成 7)

本發明之構成 7 係如構成 4 至 6 中任一者之反射型遮罩基底，其中該第 1 層係包含有至少一種選自 Ta 及 Cr 的金屬材料。

依據本發明之構成 7，藉由第 1 層係包含有至少一種選自 Ta 及 Cr 的金屬材料，便可獲得適當的折射率及消光係數來作為相位轉移膜的第 1 層。

(構成 8)

本發明之構成 8 係如構成 4 至 7 中任一者之反射型遮罩基底，其中該第 2 層係包含有至少一種選自 Mo、Ru、Pt、Pd、Ag 及 Au 的金屬材料。

依據本發明之構成 8，藉由第 2 層係包含有特定的金屬材料，便可獲得適當的折射率及消光係數來作為相位轉移膜的第 2 層。

(構成 9)

本發明之構成 9 係如構成 1 至 8 中任一者之反射型遮罩基底，其中該多層反射膜與該相位轉移膜之間係具有保護膜。

依據本發明之構成 9，藉由於多層反射膜上形成有保護膜，便可抑制使用具多層反射之基板來製造反射型遮罩時對多層反射膜表面的損傷。因此，可使反射型遮罩之相對於 EUV 光的反射率特性良好。

(構成 10)

本發明之構成 10 係具有使如構成 1 至 9 中任一者之反射型遮罩基底中的該相位轉移膜經圖案化後之相位轉移膜圖案。

由於本發明之構成 10 之反射型遮罩的製造中係使用上述反射型遮罩基底，故可獲得具有相位差的膜厚依存性較小之相位轉移膜圖案之反射型遮罩。

(構成 11)

本發明之構成 11 係包含使用如構成 10 之反射型遮罩而於半導體基板上形成圖案之圖案形成工序。

依據本發明之構成 11 的半導體裝置之製造方法，由於可使用具有相位差的膜厚依存性較小之相位轉移膜圖案之反射型遮罩，故可製造具有微細且高精度的轉印圖案之半導體裝置。

藉由本發明，便可提供一種具有相位差的膜厚依存性較小之相位轉移膜之反射型遮罩基底。

又，藉由使用本發明之反射型遮罩基底，便可獲得具有相位差的膜厚依存性較小之相位轉移膜圖案之反射型遮罩。

又，藉由本發明之半導體裝置的製造方法，由於可使用具有相位差的膜厚依存性較小之相位轉移膜圖案之反射型遮罩，故可製造具有微細且高精度的轉印圖案之半導體裝置。

【圖式簡單說明】

圖 1 係用以說明本發明實施型態 1 之 EUV 微影用反射型遮罩基地的概略結構之剖視圖。

圖 2 係用以說明本發明實施型態 2 之 EUV 微影用反射型遮罩基地的概略結構之剖視圖。

圖 3 係顯示藉由模擬所獲得之實施例 1~4 及比較例 1~2 之相位轉移膜厚度與相位差的關係之圖式。

圖 4 為圖 3 所示之實施例 1 及比較例 1 的放大圖，係顯示相位差變化為 10 度(相位差 175 度~185 度)時的膜厚範圍之圖式。

圖 5 係顯示 EUV 光(波長 13.5nm)中，金屬材料的消光係數 k 與折射率 n 的特性之圖表。

圖 6 係顯示藉由模擬所獲得之實施例 5~7 之相位轉移膜厚度與相位差的關係之圖式。

【實施方式】

以下，針對本發明之實施型態，一邊參閱圖式來具體地說明。此外，以下的實施型態係將本發明具體化時的型態，而非將本發明限定於其範圍內。

圖 1 係顯示為本發明實施型態 1 之反射型遮罩基底 10 的剖面示意圖。本實施型態之反射型遮罩基底 10 係於基板 12 上依序形成有多層反射膜 13，以及使 EUV 光的相位轉移之相位轉移膜 15。本實施型態之反射型遮罩基底 10 的相位轉移膜 15 係具有最上層 16 與最上層 16 以外的下層 17。本實施型態之反射型遮罩基底 10 的相位轉移膜 15 滿足下述式(1)及(2)的關係：

式(1)： $n_2 < n_1 < 1$ ；

式(2)： $\lambda/4 \times (2m+1) - \alpha \leq n_1 \cdot d_1 \leq \lambda/4 \times (2m+1) + \alpha$ 。其中，上述式(1)及式(2)中， n_1 為該最上層 16 在曝光波長 $\lambda = 13.5\text{nm}$ 中的折射率， n_2 為下層 17 在曝光波長 $\lambda = 13.5\text{nm}$ 中的折射率， d_1 為最上層 16 的膜厚， m 為零以上的整數， $\alpha = 1.5$ 。圖 1 所示之反射型遮罩基底 10 係具有 1 層的下層 17。

圖 2 係顯示為本發明實施型態 2 之反射型遮罩基底 10 的剖面示意圖。本實施型態之反射型遮罩基底 10 係於基板 12 上依序形成有多層反射膜 13，以及使 EUV 光的相位轉移之相位轉移膜 15。本實施型態之反射型遮罩基底 10 的相位轉移膜 15 係包含有 1 層或 2 層以上之依序包含有第 1 層~第 N 層(N 為 2 以上的整數，圖 2 之例中 $N=2$)的單位薄膜 18。在本說明書中，將單位薄膜 18 的重複數稱作「週期」。本實施型態之反射型遮罩基底 10 中，相位轉移膜 15 之單位薄膜 18 當中，位在距多層反射膜 13 最遠處之單位薄膜 18 的第 1 層 15a 為最上層 16。若單位薄膜 18 具有複數週期的情況，則單位薄膜 18 係層積為各個單位薄膜 18 的第 1 層 15a 會位在距多層反射膜 13 較遠處。本實施型態之反射型遮罩基底 10 的相位轉移膜 15 係滿足下述式(3)的關係：

式(3)：

$$\lambda/4 \times (2m+1) - \alpha \leq \sum_{i=1}^N (n_i \cdot d_i) \leq \lambda/4 \times (2m+1) + \alpha$$

其中，上述式(3)中， i 為 1~N 的整數， n_i 為第 i 層(i 為 1 以上 N 以下的任意整數)在曝光波長 $\lambda = 13.5\text{nm}$ 中的折射率， d_i 為該第 i 層的膜厚(nm)， $\alpha = 1.5\text{nm}$ 。

圖 3 係顯示相位轉移膜 15 的膜厚與相位差的關係。如圖 3 所示，相位轉移膜 15 的膜厚與相位差並非為單純增加的關係。此係因為起因於來自相位轉移膜 15 之最上層 16 的反射光與穿透相位轉移膜 15 之光線之來自多層反射膜 13 的反射光的干涉，而造成相位差產生振動變化(在本說明書中，將此稱作「振動構造」)。本發明之反射型遮罩基底 10 中，藉由使構成相位轉移膜 15 的特定膜係滿足

上述特定折射率及膜厚的關係，便可使相位轉移膜 15 的最上層 16 具有反射抑制功能。藉由使相位轉移膜 15 的最上層 16 具有反射抑制功能，便可減弱來自最上層 16 的反射光與來自多層反射膜 13 的反射光的干涉。其結果，則可抑制相位差的膜厚依存性產生振動構造。具體來說，如圖 3 所示，比較了本發明之實施例與比較例後發現本發明之實施例的振動構造係較比較例的振動構造要來得小。振動構造較小係意指相位差的膜厚依存性較小。因此，如本發明之反射型遮罩基底 10 般，藉由使構成相位轉移膜 15 之特定膜的折射率及膜厚滿足上述式(1)~(3)般的特定關係，便可獲得具有相位差的膜厚依存性較小之相位轉移膜 15 之反射型遮罩基底 10。

本發明之反射型遮罩基底 10 較佳地，上述式(2)或(3)的 m 為 2 以下(即 $m=0$ 、 $m=1$ 或 $m=2$)。藉由使 m 為 2 以下，便可使相位轉移膜 15 薄膜化。因此，可抑制所獲得之反射型遮罩的陰影效應。

本發明之實施型態 2 的反射型遮罩基底 10 較佳地， $n_{i+1} < n_i$ 且 $n_1 < 1$ 。此係因為可使相位轉移膜 15 表面處的反射更小。

本發明之實施型態 2 的反射型遮罩基底 10 較佳地， $N=2$ 。藉由使 $N=2$ ，便可獲得單位薄膜為 2 層之多層膜所構成的相位轉移膜，從而可在不會損害到蝕刻容易性情況下使相位轉移膜具有反射抑制功能。

<反射型遮罩基底 10 的構成及其製造方法>

圖 1 係用以說明本發明實施型態 1 之 EUV 微影用反射型遮罩基底 10 的構成之剖面示意圖。圖 2 係用以說明本發明實施型態 2 之 EUV 微影用反射型遮罩基底 10 的構成之剖面示意圖。使用圖 1 及圖 2 來針對本發明之反射型遮罩基底 10 加以說明。

如圖 1 及如圖 2 所示，反射型遮罩基底 10 係具備有基板 12、多層反射膜 13、保護膜 14 及相位轉移膜 15。基板 12 係具有形成於基板 12 內面側的主表面上之靜電夾具用的內面導電膜 11。多層反射膜 13 係形成於基板 12 的主表面(與形成有內面導電膜 11 的側為相反側之主表面)上。又，多層反射膜 13 會將作為曝光光線之 EUV

光反射。保護膜 14 係於多層反射膜 13 上而由用以保護多層反射膜 13 的鈦(Ru)為主成分之材料所形成。相位轉移膜 15 係形成於保護膜 14 上。又，相位轉移膜 15 會吸收 EUV 光，並使一部分的 EUV 光反射來使其相位轉移。

本說明書中，例如，「形成於基板 12 的主表面上之多層反射膜 13」之記載除了意指多層反射膜 13 係相接於基板 12 的表面所配置之情況以外，亦包含有意指基板 12 與遮罩基底用多層膜 26 之間係具有其他的膜之情況。有關其他的膜亦相同。又，本說明書中，例如「膜 A 係相接而配置於膜 B 上」係意指膜 A 與膜 B 之間未介隔著其他的膜，膜 A 與膜 B 係配置為直接相接。

以下，說明基板 12 及各層的結構。

為了防止因 EUV 光之曝光時的熱而導致吸收體膜圖案的歪斜，基板 12 較佳係使用具有 $0\pm 5\text{ppb}/^\circ\text{C}$ 範圍內的低熱膨脹係數者。具有此範圍的低熱膨脹係數之材料可使用例如 $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ 系玻璃或多成分系玻璃陶瓷等。

基板 12 的兩主表面當中，形成有會成為反射型遮罩的轉印圖案之相位轉移膜 15 一側的主表面，由至少獲得圖案轉印精度、位置精確度之觀點來看，係經表面加工而成為高平坦度。EUV 曝光的情況，基板 12 之形成有轉印圖案一側的主表面之 $132\text{mm}\times 132\text{mm}$ 的區域中，平坦度較佳為 $0.1\mu\text{m}$ 以下，更佳為 $0.05\mu\text{m}$ 以下，特佳為 $0.03\mu\text{m}$ 以下。又，基板 12 的兩主表面當中，與形成有相位轉移膜 15 一側為相反側的主表面係形成有安裝在曝光裝置時被靜電吸附的內面導電膜 11 之表面。形成有內面導電膜 11 之表面的平坦度在 $142\text{mm}\times 142\text{mm}$ 的區域中，較佳為 $1\mu\text{m}$ 以下，更佳為 $0.5\mu\text{m}$ 以下，特佳為 $0.3\mu\text{m}$ 以下。

此外，本說明書中，平坦度係以 TIR(Total Indecated Reading)來表示而顯示表面的撓曲(變形量)之值。以基板 12 的表面為基準，而以最小平方法所訂定之平面作為焦點面，該值係位在該焦點面的上方之基板 12 表面的最高位置與位在焦點面的下方之基板 12 表面

的最低位置之高低差的絕對值。

又，EUV 曝光的情況，有關作為基板 12 而被要求之表面平滑度，較佳地是基板 12 之形成有會成為轉印圖案的相位轉移膜 15 一側的主表面的表面粗糙度係均方根粗糙度(RMS)為 0.1nm 以下。此外，表面平滑度可以原子間力顯微鏡(AFM)來測量。

再者，為了防止基板 12 因形成於其上之膜(多層反射膜 13 等)的膜應力而變形，較佳為具有高硬度者。特別是，基板 12 較佳為具有 65GPa 以上的高楊氏率者。

多層反射膜 13 在 EUV 微影用反射型遮罩中，係具有將 EUV 光予以反射之功能。多層反射膜 13 係折射率相異的元素週期地層積之多層膜。

一般來說，交互地層積有 40~60 週期左右為高折射率材料之輕元素或其化合物的薄膜(高折射率層)與為低折射率材料之重元素或其化合物的薄膜(低折射率層)之多層膜係作為多層反射膜 13 來使用。多層膜可具有以自基板 12 側依序層積有高折射率層與低折射率層之高折射率層/低折射率層的層積構造作為 1 週期而層積複數週期之構造。又，多層膜可具有以自基板 12 側依序層積有低折射率層與高折射率層之低折射率層/高折射率層的層積構造作為 1 週期而層積複數週期之構造。此外，多層反射膜 13 最表面的層，亦即多層反射膜 13 之與基板 12 為相反側的表面層較佳為高折射率層。上述多層膜中，以自基板 12 側依序層積有高折射率層與低折射率層之高折射率層/低折射率層的層積構造作為 1 週期而層積複數週期之情況，則最上層會成為低折射率層。因此，較佳係於最上層的低折射率層上另形成高折射率層來作為多層反射膜 13。

本發明之反射型遮罩基底 10 中，作為高折射率層，可採用含有 Si 之層。含有 Si 之材料除了 Si 單體以外，可使用於 Si 含有 B、C、N 及/或 O 之 Si 化合物。以含有 Si 之層作為高折射率層來使用，藉此而獲得 EUV 光的反射率優異之 EUV 微影用反射型遮罩。又，本發明之反射型遮罩基底 10 中，較佳係使用玻璃基板來作為基板 12。

Si 與玻璃基板的密著性優異。又，作為低折射率層，係使用選自 Mo、Ru、Rh 及 Pt 之金屬單體，以及該等的合金。作為相對於例如波長 13~14nm 的 EUV 光之多層反射膜 13，較佳係使用交互地層積 Mo 膜與 Si 膜例如 40~60 週期左右之 Mo/Si 週期層積膜。此外，可以矽(Si)來形成為多層反射膜 13 的最上層之高折射率層，並在該最上層(Si)與保護膜 14 之間形成含有矽與氧之矽氧化物層。藉此，便可提高遮罩洗淨耐受性(相位轉移膜圖案的膜剝離耐受性)。

上述般之多層反射膜 13 單獨的反射率例如為 65%以上，較佳地上限通常為 73%。此外，多層反射膜 13 之各構成層的膜厚及週期數係適當地選擇以滿足利用曝光波長之布拉格定律。多層反射膜 13 中係分別存在複數層高折射率層及低折射率層。所有的高折射率層可非為相同膜厚。又，所有的低折射率層亦可非為相同膜厚。又，多層反射膜 13 之最表面 Si 層的膜厚可在不會使反射率降低之範圍內做調整。最表面之 Si(高折射率層)的膜厚可為例如 3~10nm。

多層反射膜 13 的形成方法在該技術領域中為公知。例如，可藉由離子束濺鍍法來成膜多層反射膜 13 的各層而形成。上述 Mo/Si 週期多層膜的情況，係藉由例如離子束濺鍍法，首先使用 Si 靶材而於基板 12 上成膜膜厚 4nm 左右的 Si 膜，之後再使用 Mo 靶材來成膜膜厚 3nm 左右的 Mo 膜。以 Si 膜及 Mo 膜的成膜作為 1 週期，整體地層積 40~60 週期，而形成多層反射膜 13(最上層會成為 Si 層)。

本發明之反射型遮罩基底 10 較佳係於多層反射膜 13 與相位轉移膜 15 之間具有保護膜 14。

如圖 1 及如圖 2 所示，保護膜 14 係為了自後述 EUV 微影用反射型遮罩的製造工序中之乾蝕刻或洗淨液來保護多層反射膜 13，而形成於多層反射膜 13 上。保護膜 14 可由例如含有以 Ru(鈺)為主成分之材料(主成分：50 原子%以上)所構成。含有以 Ru 為主成分之材料可為 Ru 金屬單體；於 Ru 含有 Nb、Zr、Y、B、Ti、La、Mo、Co 及/或 Re 等金屬的 Ru 合金；或是於該等材料含有 N(氮)之材料。又，可使保護膜 14 為 3 層以上的層積構造。此情況之保護膜 14 可為使

最下層與最上層為上述含有 Ru 之物質所構成的層，而在最下層與最上層之間介設有 Ru 以外的金屬或合金之構造。

保護膜 14 的膜厚只要是能夠達成作為保護膜 14 之功能，則未特別限制。由 EUV 光的反射率之觀點來看，保護膜 14 的膜厚較佳為 1.5~8.0nm，更佳為 1.8~6.0nm。

保護膜 14 的形成方法未特別限制，可採用公知的成膜方法。保護膜 14 之形成方法的具體例舉例有濺鍍法及離子束濺鍍法。

如圖 1 及如圖 2 所示，本發明之實施型態 1 的反射型遮罩基底 10 係於多層反射膜 13 上包含有相位轉移膜 15。相位轉移膜 15 可相接地形成於多層反射膜 13 上。又，若形成有保護膜 14 之情況，則可相接地形成於保護膜 14 上。

如圖 1 所示，為本發明實施型態 1 之反射型遮罩基底 10 的相位轉移膜 15 係包含有第 1 層 15a(最上層 16)與第 2 層 15b(下層 17)之多層膜。本發明之實施型態 1 中，第 1 層 15a 及第 2 層 15b 在光波長 $\lambda=13.5\text{nm}$ 中的折射率及膜厚係滿足上述式(1)及式(2)的關係。

如圖 2 所示，為本發明實施型態 2 之反射型遮罩基底 10 的相位轉移膜 15 可具有交互地層積複數的一個第 1 層 15a 與一個第 2 層 15b 之構造。此情況下，係將一對第 1 層 15a 及第 2 層 15b 稱作「單位薄膜 18」。此外，單位薄膜 18 可為第 1 層 15a~第 N 層(N 為 2 以上的整數)的多層膜。此情況下，則一組的第 1 層 15a~第 N 層多層膜便為「單位薄膜 18」。本發明之實施型態 2 中，第 1 層 15a~第 N 層在光波長 $\lambda=13.5\text{nm}$ 中的折射率及膜厚係滿足上述式(3)的關係。又，為了使相位轉移膜 15 表面處的反射更小，較佳宜滿足 $n_{i+1}<n_i$ ，且 $n_1<1$ 的關係。此處， n_i 及 n_1 為第 i 層(i 為 1 以上 N 以下的任意整數)及第 1 層在曝光波長 $\lambda=13.5\text{nm}$ 中的折射率。又，為了同時達成蝕刻容易性與相位轉移膜的反射抑制功能，構成單位薄膜 18 之多層膜的層數 N 較佳為 2。

本發明之反射型遮罩基底 10 較佳地，相位轉移膜 15 的最上層 16(第 1 層 15a)係由含有矽化合物之材料所構成，下層 17(第 2 層 15b)

係由含有鈮化合物之材料所構成。尤其，圖 1 所示之實施型態 1 之反射型遮罩基底 10 的情況，較佳係使用該等材料所構成的最上層 16 及下層 17。最上層 16 係指構成相位轉移膜 15 的層當中，位在距多層反射膜 13 最遠處之層。相位轉移膜 15 藉由包含含有矽化合物之材料所構成的最上層 16 及含有鈮化合物之材料所構成的下層 17，便可獲得所欲的相位轉移量。

作為使用於相位轉移膜 15 的最上層 16 之矽化合物的薄膜，可舉出 SiO_2 膜。由於 SiO_2 膜在光波長 $\lambda = 13.5\text{nm}$ 中的折射率為 0.978，接近 1，故藉由將 SiO_2 膜使用於相位轉移膜 15 的最上層 16，便可降低來自相位轉移膜 15 的最上層 16 之反射。

作為使用於相位轉移膜 15 的下層 17 之鈮化合物的薄膜，可舉出 TaN 膜。由於 TaN 膜在光波長 $\lambda = 13.5\text{nm}$ 中的折射率為 0.949 左右，接近 SiO_2 膜的折射率，故藉由與最上層 16 的 SiO_2 膜相組合來加以使用，便可降低來自 SiO_2 膜與 TaN 膜的界面之反射。

本發明之反射型遮罩基底 10 的第 1 層 15a 可包含有至少一種選自 Ta 及 Cr 的金屬材料。特別是，圖 2 所示之實施型態 2 之反射型遮罩基底 10 的情況，較佳係使用至少一種選自 Ta 及 Cr 的金屬材料所構成之最上層 16。

圖 5 係顯示金屬材料在波長 13.5nm 中的折射率 n 與消光係數 k 之關係。形成第 1 層 15a 之材料舉例有例如 Ta(波長 13.5nm 中的折射率 $n \approx 0.943$ ，消光係數 $k \approx 0.041$)，或 Cr(其折射率 $n \approx 0.932$ ，消光係數 $k \approx 0.039$)。

例如，Ta 係 EUV 光的消光係數較小，且可以氟系氣體或氯系氣體來容易地乾蝕刻。因此，Ta 係加工性優異之相位轉移膜 15 的材料。再者，藉由於 Ta 添加 B、Si 及/或 Ge 等，便可容易地獲得非晶質狀之材料，從而可提高相位轉移膜 15 的平滑性。又，若於 Ta 添加 N 及/或 O，則可提高相位轉移膜 15 之相對於氧化的耐受性。因此，藉由將於 Ta 添加有 N 及/或 O 之材料使用於相位轉移膜 15 的最上層 16，便可獲得洗淨耐受性優異，及提高經時穩定性之效果。

此外，用以形成第 1 層 15a 之材料較佳宜選擇一種金屬材料，但並未限定於此。用以形成第 1 層 15a 之材料亦可選擇二種以上的金屬材料。

本發明之反射型遮罩基底 10 較佳地，第 2 層 15b 係包含有至少一種選自 Mo、Ru、Pt、Pd、Ag 及 Au 的金屬材料。特別是，實施型態 2 之反射型遮罩基底 10 的情況，較佳係使用該金屬材料所構成的下層 17。該金屬材料所構成的下層 17 更佳地，係與包含有至少一種選自 Ta 及 Cr 的金屬材料之第 1 層 15a 相組合來加以使用。藉由使第 2 層 15b 包含有特定的金屬材料，便可作為相位轉移膜 15 的第 2 層 15b 而獲得適當的折射率及消光係數。

具體來說，形成第 2 層 15b 之金屬材料較佳係由與第 1 層 15a 相異之金屬材料，且波長 13.5nm 中的折射率 n 乃小於形成第 1 層 15a 之材料的折射率 n 之金屬材料來加以選擇。例如，用以形成第 2 層 15b 之金屬材料舉例有 Mo(其折射率 n =約 0.921，消光係數 k =約 0.006)、Ru(其折射率 n =約 0.888，消光係數 k =約 0.017)、Pt(其折射率 n =約 0.891，消光係數 k =約 0.060)、Pd(其折射率 n =約 0.876，消光係數 k =約 0.046)、Ag(其折射率 n =約 0.890，消光係數 k =約 0.079)、或 Au(其折射率 n =約 0.899，消光係數 k =約 0.052)。

例如，Mo 若為單體，則洗淨耐受性會受到疑慮，但藉由與上述含有 Ta 或 Cr 之層相組合來構成多層膜，則可提高其洗淨耐受性。又，Mo 由於在 EUV 光中的折射率 n 小於 0.95，故可以薄膜厚來獲得相位轉移效果。再者，Mo 由於消光係數 k 較小，故 EUV 光的反射率會變高，而為容易藉由相位轉移效果來獲得對比(解析度)之膜材料。

又，Ru 若為單體，則相對於各種蝕刻氣體，蝕刻率低且加工困難性高，但藉由與上述含有 Ta 或 Cr 之層相組合來構成多層膜，則可提高相位轉移膜 15 整體的加工性。又，Ru 由於在 EUV 光中的折射率 n 小於 0.95，故可以薄膜厚來獲得相位轉移效果。又，Ru 由於消光係數 k 小，故 EUV 光的反射率會變高，而為容易藉由相位轉移

效果來獲得對比(解析度)之膜材料。

Pt 及 Pd 為蝕刻率低，而具有加工困難性之膜材料。但由於在 EUV 光中的折射率 n 小於 0.95，故 Pt 及 Pd 可以薄膜厚來獲得相位轉移效果。

此外，用以形成第 2 層 15b 之材料較佳宜選擇一種金屬材料，但並未限定於此。用以形成第 2 層 15b 之材料亦可選擇二種以上的金屬材料。

可作為用以形成第 1 層 15a 及第 2 層 15b 之材料來加以使用之金屬材料較佳為其金屬單體。但若以不會對相位轉移膜 15 之相位轉移效果等特性造成影響作為條件，則可使用含有該金屬之材料。

使用於用以形成第 1 層 15a 的材料之含有 Ta 的材料可使用例如以 Ta 為主成分且含有 B 之 TaB 合金；以 Ta 為主成分且含有 Si 之 TaSi 合金；以 Ta 為主成分且含有其他過渡金屬(例如 Pt、Pd 及 Ag)之 Ta 合金；Ta 金屬；以及於該等合金添加有 N、O、H、C 等之 Ta 系化合物等。含有 Cr 之材料可使用以 Cr 為主成分且含有 Si 之 CrSi 合金；以 Cr 為主成分且含有其他過渡金屬(例如 Pt、Pd、Ag)之 Cr 合金；Cr 金屬；以及於該等合金添加有 N、O、H 及/或 C 等之 Cr 系化合物等。

又，用以形成第 2 層 15b 之含有 Mo 的材料可使用以 Mo 為主成分且含有 Nb、Zr、Y、B、Ti、La、Ru、Co 及/或 Re 等金屬之 Mo 合金等。用以形成第 2 層 15b 之含有 Ru 的材料可使用以 Ru 為主成分且含有 Nb、Zr、Y、B、Ti、La、Mo、Co 及/或 Re 等金屬之 Ru 合金。又，含有 Ru 之材料可使用 Ru 合金；Ru 金屬；或於該等合金添加有 N、H 及/或 C 等之 Ru 系化合物。用以形成第 2 層 15b 之含有 Pt 的材料材料可使用以 Pt 為主成分且含有 Nb、Zr、Y、B、Ti、La、Mo、Co 及/或 Re 等金屬之 Pt 合金等。用以形成第 2 層 15b 之含有 Pd 的材料可使用以 Pd 為主成分且含有 Nb、Zr、Y、B、Ti、La、Mo、Co 及/或 Re 等金屬之 Pd 合金。用以形成第 2 層 15b 之含有 Ag 的材料可使用以 Ag 為主成分且含有 Nb、Zr、Y、B、Ti、La、

Mo、Co 及/或 Re 等金屬之 Ag 合金等。用以形成第 2 層 15b 之含有 Au 的材料可使用以 Au 為主成分且含有 Nb、Zr、Y、B、Ti、La、Mo、Co 及/或 Re 等金屬之 Au 合金等。

使相位轉移膜 15 的最下層及其上的層為含有不會與用以形成其下所形成的保護膜 14 之材料相重複的其他金屬材料之第 2 層 15b(Ru 保護膜\Ru 以外\...)。例如，使相位轉移膜 15 的最下層為含有 Ru 之第 2 層 15b，而由以 Ru 為主成分之材料來形成保護膜 14 的情況(Ru 保護膜\Ru...)，由於兩者係由共通的 Ru 所形成而重複，故應避開此組合。此情況下，藉由使相位轉移膜 15 的最下層為例，相對於保護膜 14 的 Ru 而蝕刻選擇性高之含有 Mo 的第 2 層 15b(Ru 保護膜\Mo...)，便可進行高精細的圖案化，且可抑制對保護膜 14 造成損傷。

使移膜 15 的最上層 16 為含有對應於蝕刻選擇性所決定的金屬材料之最上層 16(第 1 層 15a)。例如，若含有 Ta 或 Cr 之第 1 層 15a 與含有 Mo 之第 2 層 15b 為相位轉移膜 15 的單位薄膜之情況，藉由最上層 16 為含有 Ta 或 Cr 之第 1 層 15a，則可提高相位轉移膜 15 整體之圖案形成前的洗淨耐受性。

於以 Ru 為主成分之保護膜 14 上形成含有 Ta 之第 1 層 15a 與含有 Mo 之第 2 層 15b 來作為相位轉移膜 15 的單位薄膜之情況，可使相位轉移膜 15 的最下層為含有 Mo 之第 2 層 15b，而使相位轉移膜 15 的最上層 16 為含有 Ta 之第 1 層 15a(Ru 保護膜\Mo\Ta...Mo\Ta)。Mo 由於相對於保護膜 14 的 Ru 而蝕刻選擇性高，故可進行高精細的圖案化，並且，可抑制對保護膜 14 造成損傷，且可提高圖案形成前後的洗淨耐受性。

此外，亦可使相位轉移膜 15 的最下層為含有 Ta 之第 1 層 15a(Ru 保護膜 14\Ta\Mo\Ta\Mo...\Ta)。此情況下，除了單位薄膜 18(第 1 層 15a 的 Ta 及第 2 層 15b 的 Mo)，係於保護膜 14 上再另形成含有 Ta 之第 1 層 15a。

構成相位轉移膜 15 之單位薄膜 18 係由 2 層以上的薄膜所形

成。相位轉移膜 15 中之單位薄膜 18 的第 N 層(N 為 2 以上的整數)係由相同的金屬材料所形成。例如，可以含有 Ta 之第 1 層 15a、含有 Mo 之第 2 層 15b、及含有 Ru 之第 3 層(圖中未顯示)來構成相位轉移膜 15(Ru 保護膜 14\Ta\Ru\Mo\Ta···Ru\Mo\Ta)。此外，此情況下，係於 Ru 保護膜 14 上相接地再另形成含有 Ta 之薄膜。此情況下，由於可使相位轉移膜 15 中之 Ta 層的含有比率變少，故可容易獲得相位轉移效果。

相位轉移膜 15 可由離子束濺鍍法等公知的成膜方法來形成。例如，使用離子束濺鍍法的情況，係準備由第 1 層 15a 及第 2 層 15b 之各金屬材料所形成的二個靶材，而在 Ar 氣體等非活性氣體的氛圍下，對二個靶材中的一個個交互地照射離子束，藉此便可形成第 1 層 15a 及第 2 層 15b。

上述般之多層膜所構成的相位轉移膜 15 係形成為會讓相對於 EUV 光之反射率為 1~30%，且來自相位轉移膜 15 的反射光與來自多層反射膜 13 的反射光之相位差成為 170~190 度。

相位轉移膜 15 的膜厚係以對應於各層所使用之金屬材料的種類與 EUV 光之反射率的設計值，並且，折射率及膜厚會滿足特定關係之方式來加以決定。例如，相位轉移膜 15 的膜厚為 100nm 以下，較佳為 30~90nm。若為上述般之薄膜厚所形成的相位轉移膜 15，則例如 EUV 曝光的情況，便可減少陰影效應。又，多層膜所構成的相位轉移膜 15 中之第 1 層 15a 及第 2 層 15b 等分別的膜厚係考量 EUV 光的波長、多層膜的層數、各層材料的種類、其洗淨耐受性及加工性等特性，而以適當膜厚的組合來訂定。

單位薄膜 18 之第 1 層 15a 與第 2 層 15b 的膜厚比係設定為各層的折射率及膜厚會滿足上述式(1)~(3)般的特定關係。第 1 層 15a 與第 2 層 15b 的膜厚比可對應於所使用之金屬材料來適當地決定為會滿足特定關係。例如，Ta：Mo 的情況，較佳為 20：1~1：5。若 Ta 層較厚，而 Mo 層過薄的情況，則會有用以獲得相位轉移效果之相位轉移膜 15 整體的膜厚變厚之問題。又，由於 Mo 容易被氧化，故

若 Ta 層較薄，而 Mo 層過厚的情況，則會有相位轉移膜 15 整體的洗淨耐受性變低之問題。

多層膜所構成之相位轉移膜 15 的形成較佳係從成膜開始到成膜結束而不曝露在大氣中來連續成膜。例如，相位轉移膜 15 較佳係由有助於能夠以非常薄的膜厚來連續成膜其各層(例如第 1 層 15a 及第 2 層 15b)之離子束濺鍍法來形成。然而，亦可由 DC 濺鍍法及 RF 濺鍍法等公知的方法來形成。

此外，例如，使用離子束濺鍍法時，從 MoSi 之多層反射膜 13 的成膜，到 Ru 的保護膜 14 的成膜，再到 Ta\Mo 等之相位轉移膜 15 各層(例如第 1 層 15a 及第 2 層 15b)的成膜為止，皆可不從濺鍍裝置離開而成膜。該等的成膜時，由於不會接觸到大氣，故在可抑制各膜的缺陷個數這一點來說為有利的。

若相位轉移膜 15 的表面等非為平滑，則相位轉移膜圖案的邊緣粗糙度會變大，而有圖案的尺寸精度惡化之情況。因此，成膜後之相位轉移膜 15 的表面粗糙度若以均方根粗糙度(RMS)來表示，較佳為 0.5nm 以下，更佳為 0.4nm 以下，特佳為 0.3nm 以下。

本發明之反射型遮罩基底可於相位轉移膜 15 上另形成蝕刻遮罩膜(圖中未顯示)。蝕刻遮罩膜係相對於多層反射膜 13 的最上層 16 而具有蝕刻選擇性，並且，相位轉移膜 15 的最上層 16 係由可以蝕刻氣體來對第 1 層 15a 進行蝕刻(無蝕刻選擇性)之材料所形成。具體來說，蝕刻遮罩膜係由含有例如 Cr 或 Ta 之材料所形成。作為含有 Cr 之材料舉例有 Cr 金屬單體；以及於 Cr 添加有選自 O、N、C、H 及 B 等元素之一種以上的元素之 Cr 系化合物等。作為含有 Ta 之材料舉例有 Ta 金屬單體；含有 Ta 與 B 之 TaB 合金；含有 Ta 與其他過渡金屬(例如、Hf、Zr、Pt、W)之 Ta 合金；Ta 金屬；以及於該等合金添加有 N、O、H 及/或 C 等之 Ta 系化合物等。此處，若相位轉移膜 15 的最上層 16(第 1 層 15a)含有 Ta 之情況，則作為用以形成蝕刻遮罩膜之材料係選擇含有 Cr 之材料。又，若相位轉移膜 15 的最上層 16(第 1 層 15a)含有 Cr 之情況，則作為用以形成蝕刻遮罩

膜之材料較佳係選擇含有 Ta 之材料。

蝕刻遮罩膜的形成可藉由 DC 濺鍍法及 RF 濺鍍法等公知的方法來進行。

蝕刻遮罩膜的膜厚從確保作為硬遮罩之功能的觀點來看，較佳為 5nm 以上。反射型遮罩的製作工序中，蝕刻遮罩膜較佳係藉由相位轉移膜 15 之蝕刻工序時的氟系氣體，而與相位轉移膜 15 同時被去除。因此，蝕刻遮罩膜較佳為與相位轉移膜 15 大致相等的膜厚。若考慮相位轉移膜 15 的膜厚，則蝕刻遮罩膜的膜厚最好為 5nm 以上 20nm 以下，較佳為 5nm 以上 15nm 以下。

基板 12 的內面側(多層反射膜 13 之形成面的相反側)係如圖 1 及圖 2 所示般地形成有靜電夾具用之內面導電膜 11。靜電夾具用之內面導電膜 11 所要求的電性特性通常為 $100\Omega/\text{sq}$ 以下之片電阻。內面導電膜 11 的形成可使用例如鉻或鈹等金屬或是該等的合金之靶材，而藉由磁控濺鍍法或離子束濺鍍法來進行。例如，以 CrN 來形成內面導電膜 11 的情況，可使用 Cr 靶材並在含有氮氣等的 N 之氣體氛圍下藉由上述濺鍍法來成膜。內面導電膜 11 的膜厚只要是能夠滿足作為靜電夾具用之功能的話則未特別限定，但通常為 10~200nm。

以上，已針對實施型態之反射型遮罩基底 10 的構成，而每一層地加以說明。

此外，本發明之反射型遮罩基底 10 不限於上述般的實施型態。例如，本發明之反射型遮罩基底 10 可於相位轉移膜 15 上具備有具有作為蝕刻遮罩的功能之阻膜。又，本發明之反射型遮罩基底 10 可於多層反射膜 13 上不具保護膜 14，而於多層反射膜 13 上相接地具有相位轉移膜 15。

<反射型遮罩及其製造方法>

本發明之反射型遮罩係具有使上述本發明之反射型遮罩基底 10 中的相位轉移膜 15 經圖案化後之相位轉移膜圖案。可使用上述本發明之反射型遮罩基底 10 來製作本發明之反射型遮罩。對 EUV

微影用反射型遮罩的製造來說，可進行高精細的圖案化之光微影為最佳的。

本實施型態中，有關利用光微影之反射型遮罩的製造方法，係以使用圖 1 所示之反射型遮罩基底 10 的情況為例來加以說明。

首先，於圖 1 所示之反射型遮罩基底 10 的最表面(相位轉移膜 15 的最上層 16)上形成阻膜(圖中未顯示)。阻膜的膜厚可為例如 100nm。接著，於該阻膜描繪所欲的圖案(曝光)，再藉由顯影、沖洗來形成特定的阻劑圖案(圖中未顯示)。

接著，針對多層膜所構成的相位轉移膜 15，以阻劑圖案(圖中未顯示)作為遮罩，並以含有 SF_6 等氟系氣體之蝕刻氣體來實施乾蝕刻，藉此形成相位轉移膜圖案(圖中未顯示)。此工序中，阻劑圖案(圖中未顯示)會被去除。

此處，相位轉移膜 15 的蝕刻率會依形成相位轉移膜 15 之材料，以及蝕刻氣體等的條件而不同。不同材料的多層膜所構成之相位轉移膜 15 的情況，各個不同材料的層其蝕刻率多少會有變化。但由於各層的膜厚很薄，故相位轉移膜 15 整體的蝕刻率應該會大致一定。

藉由上述工序便會形成有相位轉移膜圖案。藉由一種蝕刻氣體來進行乾蝕刻，便可將多層膜所構成之相位轉移膜 15 的各層(例如第 1 層 15a 及第 2 層 15b)連續地蝕刻。此情況可獲得簡化工序之效果。接著，使用酸性或鹼性的水溶液來進行濕式洗淨，而獲得達成高反射率之 EUV 微影用反射型遮罩。

此外，作為蝕刻氣體，除了 SF_6 以外，可使用 CHF_3 、 CF_4 、 C_2F_6 、 C_3F_6 、 C_4F_6 、 C_4F_8 、 CH_2F_2 、 CH_3F 、 C_3F_8 及 F 等氟系氣體，以及以特定比率包含有該等氟氣及 O_2 之混合氣體。在蝕刻多層膜所構成之相位轉移膜 15 的各層(例如第 1 層 15a 及第 2 層 15b)時，若為對加工有用之氣體，則亦可使用其他的氣體。作為其他的氣體，舉例有例如 Cl_2 、 SiCl_4 、 CHCl_3 、 CCl_4 、 BCl_3 等氯系氣體及該等的混合氣體；以特定比率包含有氯系氣體及 He 之混合氣體；以特定比率包含有氯系氣體及 Ar 之混合氣體；包含有選自氟氣、氯氣、溴氣及碘氣中

的至少其中一者之鹵素氣體；以及至少一種選自鹵化氫氣體所構成的群。再者，舉例有包含有該等氣體與氧氣之混合氣體等。

又，若相位轉移膜為最上層 16 與下層 17 之 2 層構造，而以相對於最上層 16 具有蝕刻耐受性之材料來形成下層 17 的情況，則亦可使用上述蝕刻氣體中的 2 種來進行 2 階段之乾蝕刻。

由於本發明之反射型遮罩的製造係使用上述反射型遮罩基底 10，故可獲得具有相位差的膜厚依存性較小之相位轉移膜 15 之反射型遮罩。

<半導體裝置的製造>

本發明係包含有使用上述本發明之反射型遮罩來於半導體基板 12 上形成圖案的圖案形成工序之半導體裝置的製造方法。

使用上述本發明之反射型遮罩且藉由 EUV 微影，便可於半導體基板上形成基於反射型遮罩的相位轉移膜圖案之轉印圖案。之後，經由其他各種工序，便可於半導體基板上製造出形成有各種圖案等之半導體裝置。轉印圖案的形成可使用公知的圖案轉印裝置。

依據本發明之半導體裝置的製造方法，由於可使用具有相位差的膜厚依存性較小之相位轉移膜圖案之反射型遮罩，故可製造具有微細且高精度的轉印圖案之半導體裝置。

[實施例]

以下，依據各實施例來加以說明本發明。

(實施例 1)

<反射型遮罩基底 10 的製作>

以下述方法來製作實施例 1 之反射型遮罩基底 10。實施例 1 之反射型遮罩基底 10 係具有 CrN 內面導電膜\基板 12\MoSi 多層反射膜 13\Ru 保護膜 14\相位轉移膜 15 之構造。

首先，準備 SiO₂-TiO₂ 系玻璃基板 12。

藉由磁控濺鍍法並依以下條件於該基板 12 的內面形成 CrN 所構成的內面導電膜 11。亦即，使用 Cr 靶材，而在 Ar+N₂ 氣體氛圍 (Ar : N₂=90% : N : 10%) 中形成內面導電膜 11 直到成為膜厚 20nm。

接著，於與形成有內面導電膜 11 一側為相反側之基板 12 的主表面上形成多層反射膜 13。作為形成於基板 12 上之多層反射膜 13，係採用適於 13.5nm 的 EUV 光之 Mo/Si 週期多層反射膜 13。多層反射膜 13 係使用 Mo 靶材與 Si 靶材並藉由離子束濺鍍法(Ar 氣體氛圍)，來於基板 12 上交互地層積形成 Mo 層及 Si 層。首先，成膜膜厚 4.2nm 的 Si 膜，接著成膜膜厚 2.8nm 的 Mo 膜。以此為一週期，同樣地層積 40 週期，最後，成膜膜厚 4.0nm 的 Si 膜，而形成多層反射膜 13(總膜厚：284nm)。

接著，藉由使用 Ru 靶材之離子束濺鍍法(Ar 氣體氛圍)，來於多層反射膜 13 之最上層的 Si 膜上成膜膜厚 2.5nm 之含有 Ru 的保護膜 14。

接著，於保護膜 14 上，以下述方法來形成 2 層構造所構成的相位轉移膜 15。

首先，依下述方式形成下層 17。亦即，在 Xe+N₂ 氣體氛圍(Xe：N₂=66%：34%)中進行使用 Ta 靶材之反應性濺鍍，來形成膜厚 63nm 之 TaN 膜所構成的下層 17。接著，依下述方式形成最上層 16。亦即，在 Ar 氣體氛圍中進行使用 SiO₂ 靶材之 RF 濺鍍，而於下層 17 上形成膜厚 4nm 之 SiO₂ 膜所構成的最上層 16。

表 1 係顯示實施例 1 之相位轉移膜 15 的最上層 16(第 1 層 15a)之 SiO₂ 膜的折射率(n_1)及膜厚(d_1)，以及下層 17(第 2 層 15b)之 TaN 膜的折射率(n_2)及膜厚(d_2)。由於實施例 1 之相位轉移膜 15 係由一對最上層 16 及下層 17 所構成，故週期為 1。此外，此週期數在下述實施例 2~4 及比較例 1~2 中亦相同。

(實施例 2)

作為實施例 2，除了使相位轉移膜 15 之最上層 16(SiO₂ 膜)的膜厚 d_1 為 3.375nm，且使下層 17 之 TaN 膜的膜厚 d_2 為 60nm 以外，其他係與實施例 1 同樣地來製作反射型遮罩基底 10。表 1 係顯示實施例 2 之相位轉移膜 15 的最上層 16 之 SiO₂ 膜的折射率(n_1)及膜厚(d_1)，以及下層 17 之 TaN 膜的折射率(n_2)及膜厚(d_2)。

(實施例 3)

作為實施例 3，除了使相位轉移膜 15 之最上層 16(SiO₂ 膜)的膜厚 d_1 為 3.7nm，且使下層 17 之 TaN 膜的膜厚 d_2 為 60nm 以外，其他係與實施例 1 同樣地來製作反射型遮罩基底 10。表 1 係顯示實施例 3 之相位轉移膜 15 的最上層 16 之 SiO₂ 膜的折射率(n_1)及膜厚(d_1)，以及下層 17 之 TaN 膜的折射率(n_2)及膜厚(d_2)。

(實施例 4)

作為實施例 4，除了使相位轉移膜 15 之最上層 16(SiO₂ 膜)的膜厚 d_1 為 18nm，且使下層 17 之 TaN 膜的膜厚 d_2 為 61.5nm 以外，其他係與實施例 1 同樣地來製作反射型遮罩基底 10。表 1 係顯示實施例 4 之相位轉移膜 15 的最上層 16 之 SiO₂ 膜的折射率(n_1)及膜厚(d_1)，以及下層 17 之 TaN 膜的折射率(n_2)及膜厚(d_2)。

(比較例 1)

作為比較例 1，除了未設置相位轉移膜 15 的最上層 16(SiO₂ 膜)，且使下層 17(TaN 膜)的膜厚 d_2 為 65nm 以外，其他係與實施例 1 同樣地來製作反射型遮罩基底 10。表 1 係顯示比較例 1 之相位轉移膜 15 的下層 17 之 TaN 膜的折射率(n_2)及膜厚(d_2)。

(比較例 2)

作為比較例 2，除了使相位轉移膜 15 之最上層 16(SiO₂ 膜)的膜厚 d_1 為 1.5nm，且使下層 17(TaN 膜)的膜厚 d_2 為 65nm 以外，其他係與實施例 1 同樣地來製作反射型遮罩基底 10。表 1 係顯示比較例 2 之相位轉移膜 15 的最上層 16 之 SiO₂ 膜的折射率(n_1)及膜厚(d_1)，以及下層 17 之 TaN 膜的折射率(n_2)及膜厚(d_2)。

(實施例 1~4 及比較例 1~2 之評價)

表 2 係顯示實施例 1~4 之反射型遮罩基底 10 之 n_1 與 d_1 的乘積($n_1 \cdot d_1$)，以及曝光波長 $\lambda = 13.5\text{nm}$ 及 $m=0$ 時之 $\lambda/4 \times (2m+1) - 1.5(\text{nm})$ 及 $\lambda/4 \times (2m+1) + 1.5(\text{nm})$ 的值。由表 2 可知，實施例 1~4 的 n_1 及 n_2 係滿足上述式(1)的關係。又，實施例 1~3 的 $n_1 \cdot d_1$ 係滿足 $m=0$ 情況下上述式(2)的關係。又，實施例 4 的 $n_1 \cdot d_1$ 係滿足 $m=2$ 情況下上述

式(2)的關係。

如表 1 所示，由於比較例 1 之反射型遮罩基底 10 的相位轉移膜 15 僅由 1 層的下層 17 所構成，故無法應用 n_1 及 d_1 的觀念。因此，並未滿足上述式(1)及式(2)的關係。

表 2 係顯示比較例 2 之 n_1 與 d_1 的乘積($n_1 \cdot d_1$)，以及曝光波長 $\lambda = 13.5\text{nm}$ 及 $m=0$ 時之 $\lambda/4 \times (2m+1) - 1.5(\text{nm})$ 及 $\lambda/4 \times (2m+1) + 1.5(\text{nm})$ 的值。由表 2 可知，比較例 2 的 $n_1 \cdot d_1$ 為小於 $m=0$ 情況下上述式(2)的下限 $\lambda/4 \times (2m+1) - 1.5(\text{nm})$ 之值。由於 m 為零以上的整數，故比較例 2 之 n_1 與 d_1 的乘積無法取得滿足上述式之值。因此，比較例 2 並未滿足上述式(2)的關係。

圖 3 係顯示藉由模擬所獲得之實施例 1~4 及比較例 1~2 之相位轉移膜 15 的厚度與相位差的關係。此外，在此所謂相位差係意指在相位轉移膜圖案中入射之曝光光線的一部分因多層反射膜 13 而被反射的光線，與在不具相位轉移膜圖案的部分處入射之曝光光線而被反射的光線之間的相位差。如圖 3 所示，由實施例 1~4 及比較例 1~2 可了解因來自相位轉移膜 15 的最表面之反射光與來自存在於相位轉移膜 15 下的多層反射膜 13 之反射光的干涉，而使相位差的膜厚依存性產生振動構造。

圖 4 係顯示相位差 180 度附近之實施例 1~4 及比較例 1~2 之相位轉移膜 15 的厚度與相位差的關係。圖 4 為圖 3 之實施例 1 及比較例 1 的放大圖。圖 4 係顯示實施例 1 及比較例 1 中，相位差變化為 10 度(175 度~185 度)時的膜厚範圍。實施例 1 中，由於 175 度時的膜厚為 64.9nm，185 度時的膜厚為 69.5nm，故相位差變化為 10 度時的膜厚範圍為 4.6nm。又，比較例 1 中，由於 175 度時的膜厚為 64.6nm，185 度時的膜厚為 65.4nm，故相位差變化為 10 度時的膜厚範圍為 0.8nm。實施例 2~4 及比較例 2 亦同樣地，計算相位差變化為 10 度時的膜厚範圍，會成為表 2 所示之值。此外，相位差變化為 10 度時之膜厚範圍係選擇相位差在 160 度~200 度的範圍內最為良好之區域，亦可包含極限值。

由表 2 可知，實施例 1~4 中，從相位差 160 度~200 度的範圍內所選擇之相位差變化為 10 度時的膜厚範圍為 4.0nm 以上，顯示了較廣的範圍。又，由於實施例 1 在相位差變化為 10 度之區域並未包含極限值，因此是在實施例 1~4 當中相位差變化最穩定者。相對於此，比較例 1 及 2 從相位差 160 度~200 度的範圍內所選擇之相位差變化為 10 度時的膜厚範圍為 0.8nm，顯示了較狹窄的範圍。此表示在實施例 1~4 之反射型遮罩基底 10 的情況，為所欲相位轉移之相位差 160 度~200 度的相位差之膜厚依存性較小。

(實施例 5)(相位轉移膜 15 為多層膜的情況)

接著，作為實施例 5，除了於保護膜 14 上係以下述方法來形成多層膜所構成的相位轉移膜 15 以外，其他係與實施例 1 同樣地來製造反射型遮罩基底 10。

在實施例 5 之相位轉移膜 15 的成膜中，係使用 Mo 靶材與 Ta 靶材並藉由離子束濺鍍法(Ar 氣體氛圍)，首先成膜膜厚 2.4nm 的 Mo 層(第 2 層 15b)，接著成膜膜厚 2.4nm 的 Ta 層(第 1 層 15a)(膜厚比 1:1)。以此為 1 週期，連續成膜 10 週期，而形成最上層 16 為 Ta 層(第 1 層 15a)之總膜厚 48nm 的相位轉移膜 15(膜構成：Mo\Ta\Mo\Ta\...Mo\Ta)。實施例 5 之相位轉移膜 15 係具有 10 週期之 Ta 層(第 1 層 15a)及 Mo 層(第 2 層 15b)所構成的單位薄膜 18 之構造。

表 3 係顯示實施例 5 之相位轉移膜 15 的最上層 16 之 Ta 膜的折射率(n_1)及膜厚(d_1)，以及作為下層 17 所形成之 Mo 膜的折射率(n_2)及膜厚(d_2)。

(實施例 6)

作為實施例 6，除了使相位轉移膜 15 的週期數為 15 以外，其他係與實施例 5 同樣地來製作反射型遮罩基底 10。因此，實施例 5 之相位轉移膜 15 係具有 15 週期之 Ta 層(第 1 層 15a)及 Mo 層(第 2 層 15b)所構成的單位薄膜 18 之構造。表 3 係顯示實施例 6 之相位轉移膜 15 的最上層 16 之 Ta 膜的折射率(n_1)及膜厚(d_1)，以及作為下

層 17 所形成之 Mo 膜的折射率(n_2)及膜厚(d_2)。

(實施例 7)

作為實施例 7，除了使相位轉移膜 15 的週期數為 20 以外，其他係與實施例 5 同樣地來製作反射型遮罩基底 10。因此，實施例 5 之相位轉移膜 15 係具有 20 週期之 Ta 層(第 1 層 15a)及 Mo 層(第 2 層 15b)所構成的單位薄膜 18 之構造。表 3 係顯示實施例 7 之相位轉移膜 15 的最上層 16 之 Ta 膜的折射率(n_1)及膜厚(d_1)，以及作為下層 17 所形成之 Mo 膜的折射率(n_2)及膜厚(d_2)。

(實施例 5~7 的評價)

表 4 係顯示實施例 5~7 的反射型遮罩基底之 n_1 與 d_1 的乘積($n_1 \cdot d_1$)、 n_2 與 d_2 的乘積($n_2 \cdot d_2$)、 $n_1 \cdot d_1$ 及 $n_2 \cdot d_2$ 的和，以及曝光波長 $\lambda = 13.5\text{nm}$ 及 $m=2$ 時之 $\lambda/4 \times (2m+1) - 1.5(\text{nm})$ 及 $\lambda/4 \times (2m+1) + 1.5(\text{nm})$ 的值。由表 4 可知，實施例 5~7 之 $n_1 \cdot d_1$ 及 $n_2 \cdot d_2$ 的和係滿足 $m=2$ 情況下上述式(3)的關係。此外，實施例 5~7 亦滿足 $n_{i+1} < n_i$ (亦即， $n_2 < n_1$)，且 $n_1 < 1$ 的關係。

圖 6 係顯示實施例 5~7 之相位轉移膜 15 的厚度與相位差的關係。又，與實施例 1~4 的情況同樣地，針對實施例 5~7 之反射型遮罩基底 10，計算從相位差 160 度~200 度的範圍內所選擇之相位差變化為 10 度時的膜厚範圍。將其結果顯示於表 4。

由表 4 可知，從實施例 5~7 之相位差 160 度~200 度的範圍內所選擇之相位差變化為 10 度時的膜厚範圍為 4.9nm 以上，與實施例 1~4 的情況同樣地顯示較廣的範圍。此係表示實施例 5~7 之反射型遮罩基底 10 的情況，在為所欲相位轉移之相位差 160 度~200 度中之相位差的膜厚依存性較小之意思。又，由於實施例 5~7 在相位差變化為 10 度之區域未包含極限值，故與實施例 1 同樣地為相位差變化特別穩定者。

<反射型遮罩的製作>

接著，於上述方式所製造之實施例 1~7 之反射型遮罩基底 10 的相位轉移膜 15 上形成膜厚 100nm 的阻膜，並藉由描繪、顯影來

形成阻劑圖案。之後，以該阻劑圖案作為遮罩，並使用氟系的 SF_6 氣體來將相位轉移膜 15 乾蝕刻，而形成相位轉移膜圖案。之後，去除阻劑圖案，來製作反射型遮罩。

<半導體裝置的製造>

將使用實施例 1~7 的遮罩基底用基板 12 所製造之反射型遮罩安裝在 EUV 掃描器，再對半導體基板 12 上形成有被加工膜與阻膜之晶圓進行 EUV 曝光。然後，將該已曝光的阻膜顯影，藉此於形成有被加工膜之半導體基板 12 上形成阻劑圖案。

由於使用實施例 1~7 的遮罩基底用基板 120 所製造之反射型遮罩可使用具有相位差的膜厚依存性較小之相位轉移膜 15 之反射型遮罩，故可製造具有微細且高精度的轉印圖案之半導體裝置。

藉由蝕刻來將該阻劑圖案轉印在被加工膜，又，經由絕緣膜、導電膜的形成、摻雜物的導入、或是退火等各種工序，便可以高良率來製造具有所欲特性之半導體裝置。

【表1】

	周期	n_1 (SiO_2 膜)	n_2 (Ta N 膜)	d_1 (SiO_2 膜) (nm)	d_2 (Ta N 膜) (nm)
實施例 1	1	0.978	0.949	4	63
實施例 2	1	0.978	0.949	3.375	60
實施例 3	1	0.978	0.949	3.7	60
實施例 4	1	0.978	0.949	18	61.5
比較例 1	1	-	0.949	0	65
比較例 2	1	0.978	0.949	1.5	65

【表2】

	$n_1 \cdot d_1$ (nm)	m	$\lambda/4 \times (2m+1) - 1.5$ (nm)	$\lambda/4 \times (2m+1) + 1.5$ (nm)	相位差變動 為10度時的 膜厚範圍 (nm)
實施例 1	3.912	0	1.875	4.875	(相位差 175~185度) 4.6
實施例 2	3.301	0	1.875	4.875	(相位差 165~175度) 4.0
實施例 3	3.619	0	1.875	4.875	(相位差 166~176度) 4.0
實施例 4	17.604	2	15.375	18.375	(相位差 175~185度) 6.2
比較例 1	-	-	-	-	(相位差 175~185度) 0.8
比較例 2	1.467	0	1.875	4.875	(相位差 175~185度) 0.8

【表3】

	周期	n_1 (Ta膜)	n_2 (Mo膜)	(Ta膜) (nm)	(Mo膜) (nm)
實施例 5	10	0.943	0.921	2.4	2.4
實施例 6	15	0.943	0.921	1.6	1.6
實施例 7	20	0.943	0.921	1.2	1.2

【表4】

	$n_1 \cdot d_1$ (nm)	$n_2 \cdot d_2$ (nm)	$n_1 \cdot d_1$ + $n_2 \cdot d_2$ (nm)	m	$\lambda/4 \times (2m+1) - 1.5$ (nm)	$\lambda/4 \times (2m+1) + 1.5$ (nm)	相位差變動為10度 (相位差 175~185 度)時的 膜厚範圍 (nm)
實施 例 5	2.263	2.210	4.474	2	1.875	4.875	4.9
實施 例 6	1.509	1.474	2.982	2	1.875	4.875	5.3
實施 例 7	1.132	1.105	2.237	2	1.875	4.875	5.4

【符號說明】

- 10 反射型遮罩基底
- 12 基板
- 13 多層反射膜
- 14 保護膜
- 15 相位轉移膜
- 15a 第 1 層
- 15b 第 2 層
- 16 最上層
- 17 下層
- 18 單位薄膜

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種反射型遮罩基底，係於基板上依序形成有多層反射膜及使 EUV 光的相位轉移之相位轉移膜之反射型遮罩基底；

該相位轉移膜係具有最上層與最上層以外的下層；

該最上層係由包含有矽化合物之材料所構成，該下層係由包含有鉭化合物之材料所構成；

並且滿足下述式(1)及式(2)的關係：

式(1)： $n_2 < n_1 < 1$ ；

式(2)： $\lambda/4 \times (2m+1) - \alpha \leq n_1 \cdot d_1 \leq \lambda/4 \times (2m+1) + \alpha$ ；

其中， n_1 為該最上層在曝光波長 $\lambda=13.5\text{nm}$ 中的折射率；

n_2 為該下層在曝光波長 $\lambda=13.5\text{nm}$ 中的折射率；

d_1 為該最上層的膜厚(nm)；

m 為零以上 2 以下的整數；以及

$\alpha=1.5\text{nm}$ 。

【請求項2】 如申請專利範圍第 1 項之反射型遮罩基底，其中該矽化合物係包括 SiO_2 。

【請求項3】 如申請專利範圍第 1 項之反射型遮罩基底，其中該鉭化合物係包括 TaN。

【請求項4】 如申請專利範圍第 1 項之反射型遮罩基底，其中該最上層的膜厚為 4nm 以下。

【請求項5】 一種反射型遮罩基底，係於基板上依序形成有多層反射膜及使 EUV 光的相位轉移之相位轉移膜之反射型遮罩基底；

該相位轉移膜係由包含有 1 層之依序包含有第 1 層~第 N 層($N=2$)的單位薄膜之多層膜所構成，位在距多層反射膜的最遠處之單位薄膜的第 1 層為最上層；

該第 1 層係由包含有 Ta 之材料所構成，該第 1 層以外的層係由包含有選自 Mo、Pt、Pd、Ag 及 Au 中的至少一種金屬材料之材料所構成；

$n_{i+1} < n_i$ ，且 $n_1 < 1$ ；

並且滿足下述式(3)的關係：

$$\text{式(3): } \lambda / 4 \times (2m + 1) - \alpha \leq \sum_{i=1}^N (n_i \cdot d_i) \leq \lambda / 4 \times (2m + 1) + \alpha ;$$

其中， i 為 $1 \sim N$ 的整數；

n_i 為第 i 層在曝光波長 $\lambda = 13.5\text{nm}$ 中的折射率；

d_i 為該第 i 層的膜厚(nm)；以及

$\alpha = 1.5\text{nm}$ 。

【請求項6】 一種反射型遮罩基底，係於基板上依序形成有多層反射膜及使 EUV 光的相位轉移之相位轉移膜之反射型遮罩基底；

該相位轉移膜係由包含有 1 層之依序包含有第 1 層~第 N 層($N \geq 2$)的單位薄膜之多層膜所構成，位在距多層反射膜的最遠處之單位薄膜的第 1 層為最上層；

該第 1 層係由包含有 Cr 之材料所構成，該第 1 層以外的層係由包含有選自 Mo、Ru、Pt、Pd、Ag 及 Au 中的至少一種金屬材料之材料所構成；

$n_{i+1} < n_i$ ，且 $n_1 < 1$ ；

並且滿足下述式(3)的關係：

$$\text{式(3): } \lambda / 4 \times (2m + 1) - \alpha \leq \sum_{i=1}^N (n_i \cdot d_i) \leq \lambda / 4 \times (2m + 1) + \alpha ;$$

其中， i 為 $1 \sim N$ 的整數；

n_i 為第 i 層在曝光波長 $\lambda = 13.5\text{nm}$ 中的折射率；

d_i 為該第 i 層的膜厚(nm)；以及

$\alpha = 1.5\text{nm}$ 。

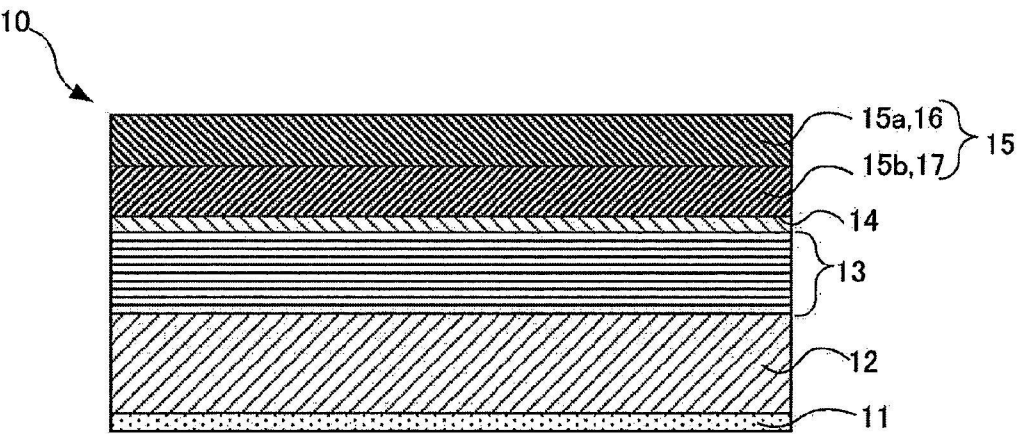
【請求項7】 如申請專利範圍第 1 至 6 項中任一項之反射型遮罩基底，其中該多層反射膜與該相位轉移膜之間係具有保護膜。

【請求項8】 一種反射型遮罩，係具有使如申請專利範圍第 1 至 6 項中任一項之反射型遮罩基底中的該相位轉移膜經圖案化後之相位轉移膜圖案。

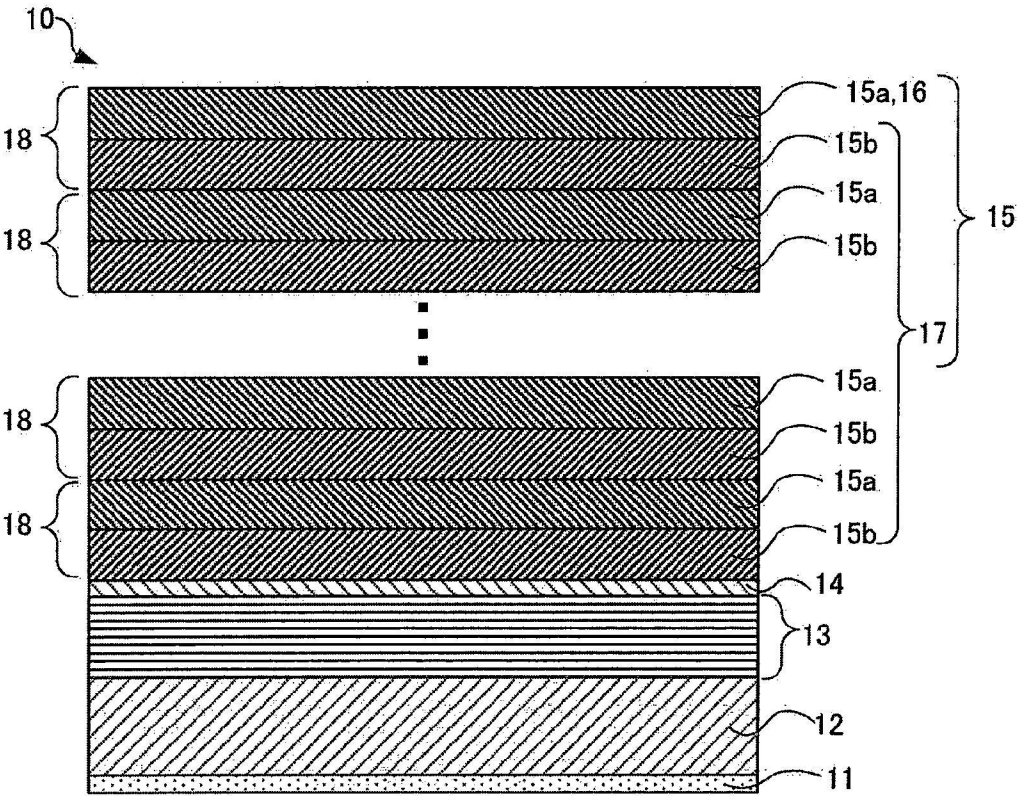
【請求項9】 一種半導體裝置之製造方法，係包含使用如申請專利範圍第 8 項之反射型遮罩而於半導體基板上形成圖案之圖案形成工序。

【發明圖式】

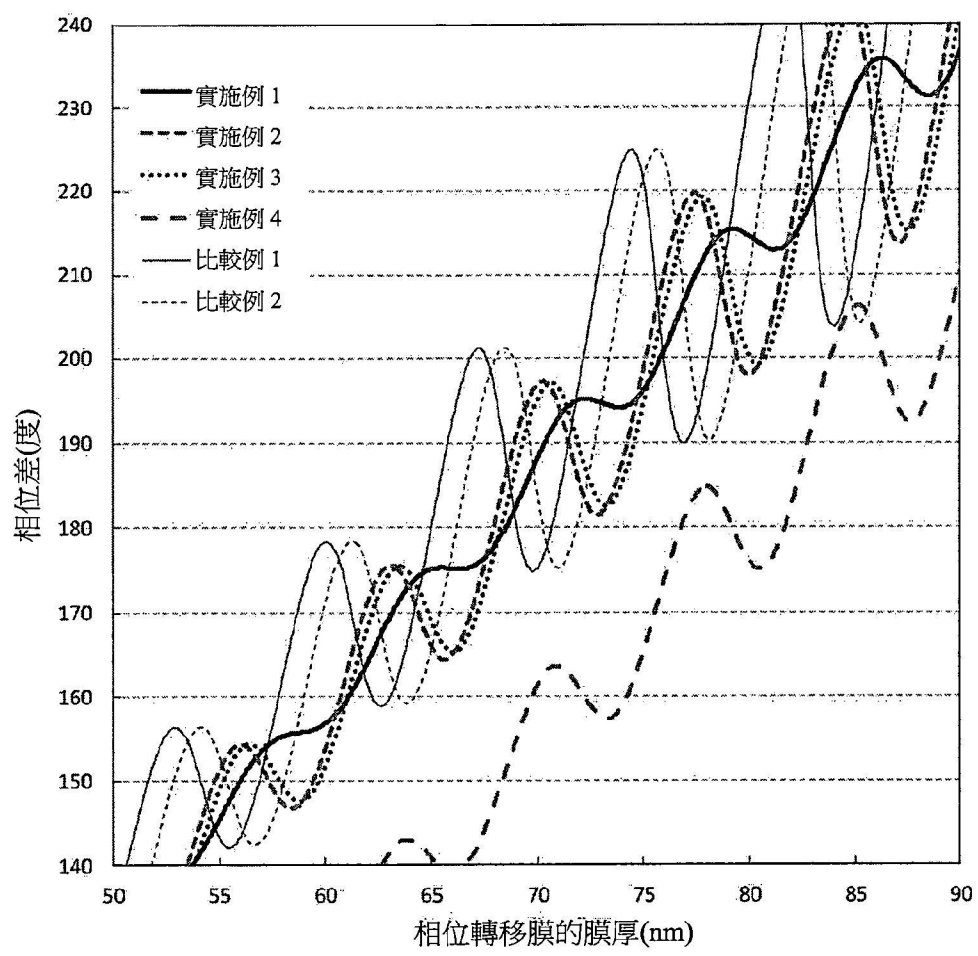
【圖 1】



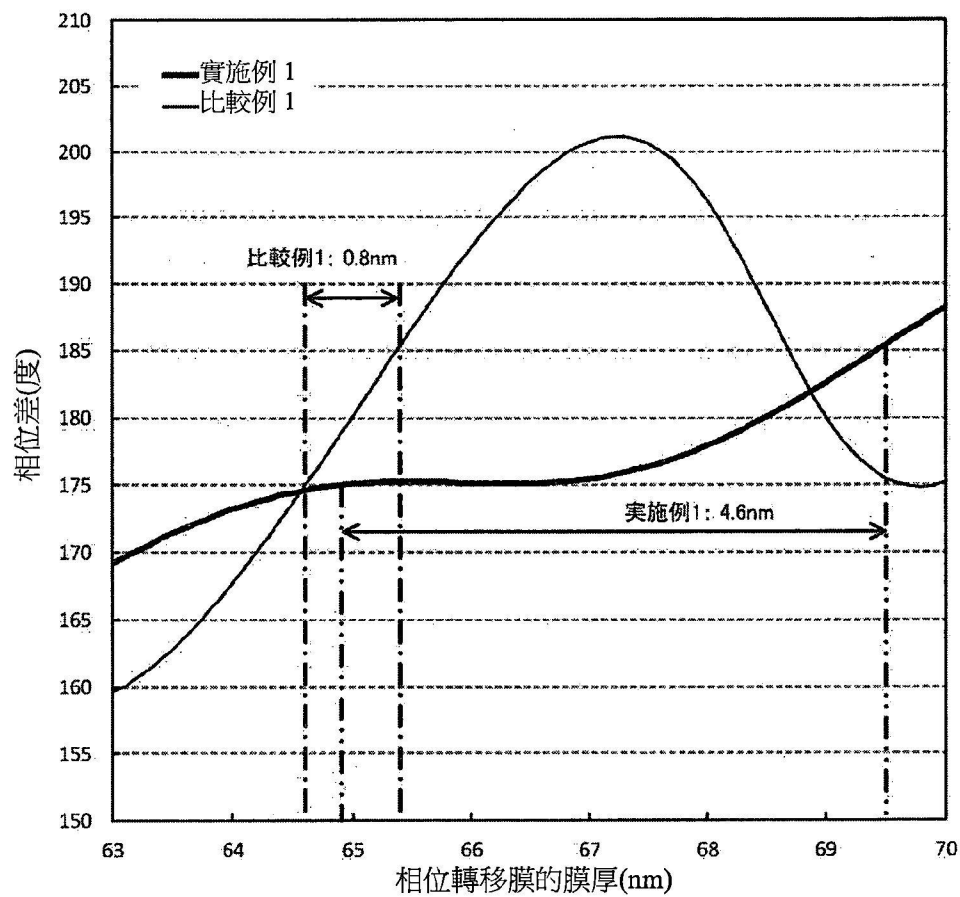
【圖 2】



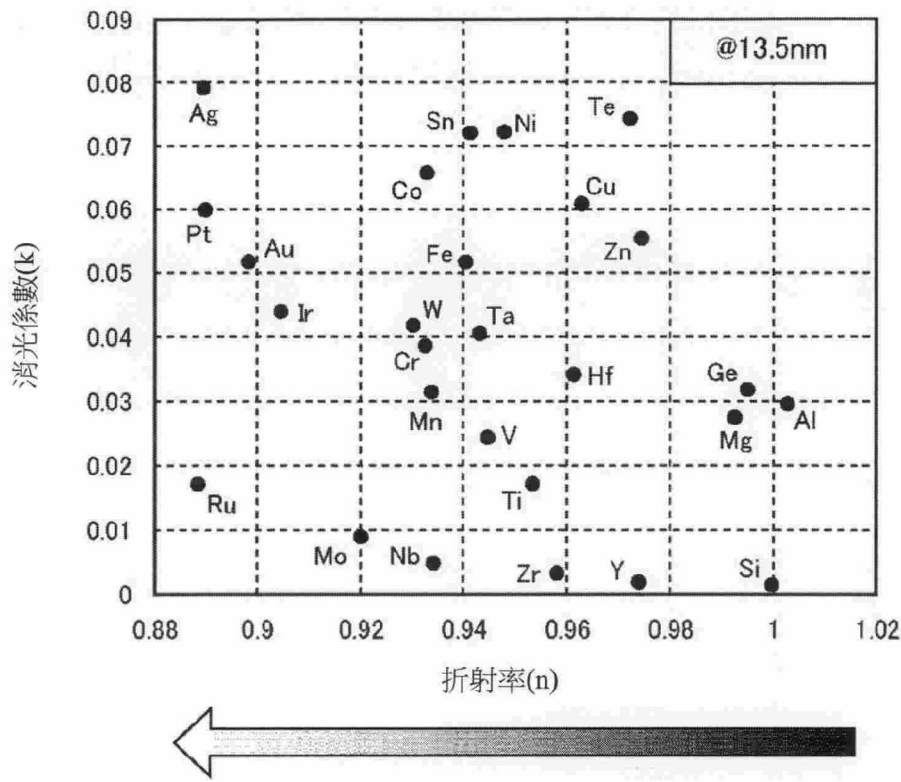
【圖 3】



【圖 4】



【圖 5】



【圖 6】

