202511858

(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本 (11)公開編號：TW 202511858 A

(43)公開日： 中華民國 114 (2025) 年 03 月 16 日

(21)申請案號：113145212 (22)申請日： 中華民國 108 (2019) 年 05 月 24 日

(51)Int. Cl.： *G03F1/24 (2012.01)* *G03F7/20 (2006.01)*

(30)優先權：2018/05/25 日本 2018-100363

2018/09/04 日本 2018-165248

(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) ；笑喜勉 SHOKI, TSUTOMU (JP)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：3 共 74 頁

(54)名稱

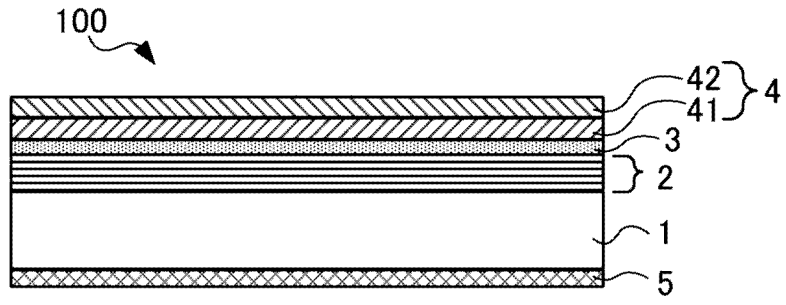
反射型光罩基底及反射型光罩

(57)摘要

本發明提供一種進一步減少反射型光罩之陰影效應並且可形成微細且高精度之相位偏移圖案之反射型光罩基底。

本發明係一種反射型光罩基底，其特徵在於：其係於基板上依序具有多層反射膜及使 EUV 光之相位偏移之相位偏移膜者，且上述相位偏移膜具有第 1 層及第 2 層，上述第 1 層包含含有鉭(Ta)及鉻(Cr)中之至少 1 種以上之元素之材料，上述第 2 層包含含有金屬之材料，上述金屬含有釕(Ru)、以及鉻(Cr)、鎳(Ni)、鈷(Co)、釩(V)、鈮(Nb)、鉬(Mo)、鎢(W)及錸(Re)中之至少 1 種以上之元素。

指定代表圖：



【圖1】

符號簡單說明：

1:基板

2:多層反射膜

3:保護膜

4:相位偏移膜

5:背面導電膜

41:下層

42:上層

100:反射型光罩基底

【發明摘要】

【中文發明名稱】

反射型光罩基底及反射型光罩

【中文】

本發明提供一種進一步減少反射型光罩之陰影效應並且可形成微細且高精度之相位偏移圖案之反射型光罩基底。

本發明係一種反射型光罩基底，其特徵在於：其係於基板上依序具有多層反射膜及使EUV光之相位偏移之相位偏移膜者，且上述相位偏移膜具有第1層及第2層，上述第1層包含含有鉭(Ta)及鉻(Cr)中之至少1種以上之元素之材料，上述第2層包含含有金屬之材料，上述金屬含有釕(Ru)、以及鉻(Cr)、鎳(Ni)、鈷(Co)、釩(V)、鈮(Nb)、鉬(Mo)、鎢(W)及錸(Re)中之至少1種以上之元素。

【指定代表圖】

圖1

【代表圖之符號簡單說明】

1:基板

2:多層反射膜

3:保護膜

4:相位偏移膜

5:背面導電膜

41:下層

42:上層

100:反射型光罩基底

【發明說明書】

【中文發明名稱】

反射型光罩基底及反射型光罩

【技術領域】

【0001】

本發明係關於一種用以製造半導體裝置之製造等所使用之曝光用光罩之原版即反射型光罩基底、反射型光罩、以及反射型光罩及半導體裝置之製造方法。

【先前技術】

【0002】

半導體裝置製造中之曝光裝置之光源之種類如波長436 nm之g線、波長365 nm之i線、波長248 nm之KrF雷射、波長193 nm之ArF雷射般一面使波長慢慢變短，一面進化。為了實現更微細之圖案轉印，對使用波長為13.5 nm附近之極紫外線(EUV：Extreme Ultra Violet)之EUV微影術進行了開發。於EUV微影術中，由於對EUV光呈透明之材料較少，故而使用反射型之光罩。在該反射型光罩中，將於低熱膨脹基板上形成有反射曝光之光之多層反射膜且於用以保護該多層反射膜之保護膜之上形成有所期望之轉印用圖案的光罩構造作為基本構造。又，就轉印用圖案之構成而言，作為代表性者，有二元型反射光罩及相位偏移型反射光罩(半色調相位偏移型反射光罩)。二元型反射光罩具有充分吸收EUV光之相對較厚之吸收體圖案。相位偏移型反射光罩具有藉由光吸收使EUV光減光且產生相對於來自多層反射膜之反射光大致相位反轉(約180度之相位反轉)之反射光的相對較薄之吸收體圖案(相位偏移圖案)。該相位偏移型反射光罩與透過型

光相位偏移光罩同樣地藉由相位偏移效果而獲得較高之轉印光學影像對比度，故而具有解像度提高效果。又，由於相位偏移型反射光罩之吸收體圖案(相位偏移圖案)之膜厚較薄，故而可形成精度良好且微細之相位偏移圖案。

【0003】

於EUV微影術中，因透光率之關係而使用包含多個反射鏡之投影光學系統。並且，針對反射型光罩，使EUV光自斜向入射，而使該等複數個反射鏡不會遮擋投影光(曝光之光)。如今，主流方法為將入射角度相對於反射光罩基板垂直面設為6度。在隨著投影光學系統之數值孔徑(NA)之提高而設為8度左右之更斜入射之角度的方向進行了研究。

【0004】

於EUV微影術中，曝光之光自斜向入射，故而存在被稱為陰影效應之固有之問題。陰影效應係指因曝光之光自斜向入射至具有立體構造之吸收體圖案而產生陰影，從而導致轉印形成之圖案之尺寸或位置發生變化之現象。吸收體圖案之立體構造成為壁而於背陰側產生陰影，而導致轉印形成之圖案之尺寸或位置發生變化。例如，於所配置之吸收體圖案之朝向與斜入射光之方向平行之情形及垂直之情形時，兩者之轉印圖案之尺寸及位置產生差，而降低轉印精度。

【0005】

此種EUV微影術用之反射型光罩及用以製作其之光罩基底之相關技術揭示於專利文獻1至專利文獻3中。又，專利文獻1中亦對陰影效應進行了揭示。藉由使用相位偏移型反射光罩作為EUV微影術用之反射型光罩，而使相位偏移圖案之膜厚較二元型反射光罩之吸收體圖案之膜厚相對更

薄，藉此，謀求由陰影效應所導致之轉印精度之降低之抑制。

【0006】

[專利文獻1]日本專利特開2010-080659號公報

[專利文獻2]日本專利特開2004-207593號公報

[專利文獻3]日本專利特開2009-206287號公報

【發明內容】

【0007】

使圖案變得越微細，及越提高圖案尺寸或圖案位置之精度，半導體裝置之電特性及性能越高，又，可提高積體度或減小晶片尺寸。因此，針對EUV微影術，需求較先前更高之高精度微細尺寸圖案轉印性能。如今，需要應對hp16 nm(半間距(half pitch)16 nm)代之超微細高精度圖案形成。針對此種需要，為了減小陰影效應，需求進而使吸收體膜(相位偏移膜)之膜厚變薄。尤其於EUV曝光之情形時，需要將吸收體膜(相位偏移膜)之膜厚設為未達60 nm、較佳為50 nm以下。

【0008】

如專利文獻1至3所揭示般，自先前以來，使用Ta作為形成反射型光罩基底之吸收體膜(相位偏移膜)之材料。但是，EUV光(例如，波長13.5 nm)中之Ta之折射率n約為0.943。因此，即便利用Ta之相位偏移效果，僅由Ta形成之吸收體膜(相位偏移膜)之膜厚之下限亦以60 nm為界限。為了使膜厚變得更薄，例如，可使用折射率n較小(相位偏移效果較大)之金屬材料。作為波長13.5 nm下之折射率n較小之金屬材料，亦如專利文獻1之例如圖7所記載般，有Mo(n＝0.921)及Ru(n＝0.887)。但是，Mo非常易於氧化且洗淨耐受性令人擔憂，Ru之蝕刻速率較低，加工或修正較困難。

【0009】

本發明鑒於上述方面，目的在於提供一種進一步減少反射型光罩之陰影效應並且可形成微細且高精度之相位偏移圖案之反射型光罩基底及藉此而製作之反射型光罩、以及半導體裝置之製造方法。

【0010】

為了解決上述問題，本發明具有以下之構成。

【0011】

(構成1)

本發明之構成1係一種反射型光罩基底，其特徵在於：其係於基板上依序具有多層反射膜及使EUV光之相位偏移之相位偏移膜者，且

上述相位偏移膜具有第1層及第2層，

上述第1層包含含有鉭(Ta)及鉻(Cr)中之至少1種以上之元素之材料，

上述第2層包含含有金屬之材料，上述金屬含有釕(Ru)、以及鉻(Cr)、鎳(Ni)、鈷(Co)、釩(V)、鈮(Nb)、鉬(Mo)、鎢(W)及錸(Re)中之至少1種以上之元素。

【0012】

根據本發明之構成1，可獲得與來自反射型光罩圖案之開口部之反射光相比，來自相位偏移圖案之反射光為獲得特定之相位差所需之膜厚更薄之相位偏移膜。因此，於反射型光罩中，可進一步減少由相位偏移圖案產生之陰影效應。又，根據本發明之構成1，可獲得較高之相對反射率(將於無相位偏移圖案之部分反射之EUV光設為反射率100%時之相對反射率)之相位偏移膜。又，藉由使用由本發明之構成1之反射型光罩基底製造之反射型光罩，可提高製造半導體裝置時之產出量。

【0013】

(構成2)

本發明之構成2係如構成1所記載之反射型光罩基底，其特徵在於，上述第2層包含含有金屬之材料，上述金屬含有釕(Ru)、以及鉻(Cr)、鎳(Ni)及鈷(Co)中之至少1種以上之元素。

【0014】

根據本發明之構成2，可加速將上述相位偏移膜圖案化時之利用乾式蝕刻氣體之蝕刻速率，故而可使抗蝕膜之膜厚變薄，對相位偏移膜之微細圖案形成有利。

(構成3)

本發明之構成3係如構成1或2之反射型光罩基底，其特徵在於，於上述多層反射膜與上述相位偏移膜之間進而具有保護膜，上述保護膜包含含有釕(Ru)之材料，於上述保護膜之上依序積層有上述第1層及第2層。

【0015】

根據本發明之構成3，藉由在含有釕(Ru)之保護膜及第2層之間配置含有鉭(Ta)及/或鉻(Cr)之第1層，於對相位偏移膜之第1層進行蝕刻時，可使用含有釕(Ru)之保護膜有耐受性之蝕刻氣體。

【0016】

(構成4)

本發明之構成4係如構成1或2之反射型光罩基底，其特徵在於，於上述多層反射膜與上述相位偏移膜之間進而具有保護膜，上述保護膜包含含有矽(Si)及氧(O)之材料，於上述保護膜之上依序積層有上述第2層及第1層。

【0017】

根據本發明之構成4，藉由在含有矽(Si)及氧(O)之保護膜之上配置含有釕(Ru)之第2層，可使用保護膜有耐受性之蝕刻氣體對相位偏移膜之第2層進行蝕刻。

【0018】

(構成5)

本發明之構成5係一種反射型光罩，其特徵在於具有如構成1至4中任一項之反射型光罩基底中之上述相位偏移膜圖案化而成之相位偏移圖案。

【0019】

根據本發明之構成5，反射型光罩之相位偏移圖案可吸收EUV光，又，以與開口部(未形成有相位偏移圖案之部分)特定之相位差反射一部分EUV光，故而藉由將反射型光罩基底之相位偏移膜圖案化，可製造本發明之反射型光罩(EUV光罩)。

【0020】

(構成6)

本發明之構成6係一種反射型光罩之製造方法，其特徵在於：如構成1至4中任一項之反射型光罩基底中之上述第1層包含含有鉭(Ta)之材料，利用包含氯系氣體及氧氣之乾式蝕刻氣體將上述第2層圖案化，並利用包含不含氧氣之鹵素系氣體之乾式蝕刻氣體將上述第1層圖案化，藉此形成相位偏移圖案。

【0021】

含有鉭(Ta)之第1層可藉由包含不含氧氣之鹵素系氣體之乾式蝕刻氣體而蝕刻。另一方面，含有釕(Ru)之第2層對包含不含氧氣之鹵素系氣體

之乾式蝕刻氣體具有耐受性。根據本發明之構成6，藉由分別利用不同之乾式蝕刻氣體對第1層及第2層進行蝕刻，可微細且高精度地將包含第1層及第2層之相位偏移膜圖案化。

【0022】

(構成7)

本發明之構成7係一種反射型光罩之製造方法，其特徵在於：如構成1至4中任一項之反射型光罩基底中之上述第1層包含含有鉻(Cr)之材料，利用包含氧氣之乾式蝕刻氣體將上述第2層圖案化，且利用包含不含氧氣之氯系氣體之乾式蝕刻氣體將上述第1層圖案化，藉此形成相位偏移圖案。

【0023】

含有鉻(Cr)之第1層可藉由包含不含氧氣之氯系氣體之乾式蝕刻氣體而蝕刻。另一方面，含有釕(Ru)之第2層對包含不含氧氣之氯系氣體之乾式蝕刻氣體具有耐受性。根據本發明之構成7，藉由分別利用不同之乾式蝕刻氣體對第1層及第2層進行蝕刻，可微細且高精度地將包含第1層及第2層之相位偏移膜圖案化。

【0024】

(構成8)

本發明之構成8係一種反射型光罩之製造方法，其特徵在於：如構成1至4中任一項之反射型光罩基底中之上述第1層包含含有鉻(Cr)之材料，利用包含氯系氣體及氧氣之乾式蝕刻氣體將上述第2層及上述第1層圖案化，藉此形成相位偏移圖案。

【0025】

根據本發明之構成8，藉由利用特定之一種乾式蝕刻氣體對含有鉻(Cr)之第1層及含有釕(Ru)之第2層進行蝕刻，可利用一次蝕刻步驟將包含第1層及第2層之相位偏移膜圖案化。

【0026】

(構成9)

本發明之構成9係一種半導體裝置之製造方法，其特徵在於具有如下步驟：於具有發出EUV光之曝光光源之曝光裝置設置如構成5之反射型光罩，將轉印圖案轉印至形成於被轉印基板上之抗蝕膜。

【0027】

根據本發明之構成9之半導體裝置之製造方法，可將如下反射型光罩用於製造半導體裝置，該反射型光罩可使相位偏移膜之膜厚變薄，可減少陰影效應，且能以側壁粗糙度較少之穩定之剖面形狀形成微細且高精度之相位偏移圖案。因此，可製造具有微細且高精度之轉印圖案之半導體裝置。

【0028】

根據本發明之反射型光罩基底(由此製作之反射型光罩)，可使相位偏移膜之膜厚變薄，可減少陰影效應，且能以側壁粗糙度較少之穩定之剖面形狀形成微細且高精度之相位偏移圖案。因此，使用該構造之反射型光罩基底製造之反射型光罩可微細且高精度地形成形成於光罩上之相位偏移圖案本身，並且可防止由陰影所導致之轉印時之精度降低。又，藉由使用該反射型光罩進行EUV微影術，可提供微細且高精度之半導體裝置之製造方法。

【圖式簡單說明】

【0029】

圖1係用以說明本發明之反射型光罩基底之概略構成之主要部分剖面模式圖。

圖2(a)～(e)係用主要部分剖面模式圖表示由反射型光罩基底製作反射型光罩之步驟之步驟圖。

圖3係表示相位偏移膜之膜厚與對波長13.5 nm之光之相對反射率及相位差之關係的圖。

【實施方式】

【0030】

以下，一面參照圖式，一面對本發明之實施形態具體地進行說明。再者，以下之實施形態係將本發明具體化時之一形態，並非將本發明限定於其範圍內。再者，於圖中，存在對同一或相當之部分附上同一符號並簡化或省略其說明之情況。

【0031】

＜反射型光罩基底100之構成及其製造方法＞

圖1係用以說明本實施形態之反射型光罩基底100之構成之主要部分剖面模式圖。如圖1所示，反射型光罩基底100具有光罩基底用基板1(亦簡稱為「基板1」)、多層反射膜2、保護膜3、及相位偏移膜4(下層41及上層42)，其等依序積層。多層反射膜2反射形成於第1主面(正面)側之曝光之光即EUV光。保護膜3為了保護該多層反射膜2而設置，由對將下述相位偏移膜4圖案化時所使用之蝕刻劑及洗淨液具有耐受性之材料形成。相位偏移膜4吸收EUV光。又，於基板1之第2主面(背面)側形成有靜電吸盤用之背面導電膜5。

【0032】

於本說明書中，所謂「於光罩基底用基板1之主表面之上具有多層反射膜2」，除了意指多層反射膜2與光罩基底用基板1之正面相接而配置之情形以外，還包含意指在光罩基底用基板1與多層反射膜2之間具有其他膜之情形。關於其他膜，亦同樣。例如，所謂「於膜A之上具有膜B」，除了意指膜A與膜B以直接相接之方式配置以外，還包含在膜A與膜B之間具有其他膜之情形。又，於本說明書中，例如，所謂「膜A與膜B之表面相接而配置」，意指膜A與膜B之間不介隔其他膜，膜A與膜B以直接相接之方式配置。

【0033】

於本說明書中，所謂第2層例如為「包含含有金屬之材料之薄膜，該金屬含有釕(Ru)、及鉻(Cr)」，意指第2層為至少實質上包含含有釕(Ru)、及鉻(Cr)之材料之薄膜。另一方面，所謂第2層為「含有釕(Ru)、及鉻(Cr)之薄膜」，存在意指第2層僅由釕(Ru)及鉻(Cr)構成之情形。又，於任一情形時，均包括不可避免地混入之雜質包含於第2層之情況。

【0034】

以下，針對各層之每一層進行說明。

【0035】

＜＜基板1＞＞

為了防止利用EUV光之曝光時之熱所導致之相位偏移圖案4a之變形，基板1較佳為使用具有0±5 ppb/℃之範圍內之低熱膨脹係數者。作為具有該範圍之低熱膨脹係數之素材，例如可使用SiO_2-TiO_2系玻璃、多成分系玻璃陶瓷等。

【0036】

就至少獲得圖案轉印精度、位置精度之觀點而言，基板1之供形成轉印圖案(下述相位偏移膜4構成該轉印圖案)之側之第1主面以成為高平坦度之方式被進行表面加工。於EUV曝光之情形時，基板1之供形成轉印圖案之側之主表面之132 mm×132 mm之區域中，平坦度較佳為0.1 μm以下，進而較佳為0.05 μm以下，尤佳為0.03 μm以下。又，形成轉印圖案之側之相反側之第2主面係設置於曝光裝置時被靜電吸附之面，於132 mm×132 mm之區域中，平坦度較佳為0.1 μm以下，進而較佳為0.05 μm以下，尤佳為0.03 μm以下。再者，關於反射型光罩基底100中之第2主面側之平坦度，於142 mm×142 mm之區域中，平坦度較佳為1 μm以下，進而較佳為0.5 μm以下，尤佳為0.3 μm以下。

【0037】

又，基板1之表面平滑度之高低亦為極其重要之項目。供形成轉印用相位偏移圖案4a之基板1之第1主面之表面粗糙度以均方根粗糙度(RMS)計較佳為0.1 nm以下。再者，表面平滑度可利用原子力顯微鏡進行測定。

【0038】

進而，基板1為了防止形成於其上之膜(多層反射膜2等)之膜應力所導致之變形，較佳為具有較高之剛性者。尤佳為具有65 GPa以上之高楊氏模數者。

【0039】

＜＜多層反射膜2＞＞

多層反射膜2係於反射型光罩200中賦予反射EUV光之功能者，且係以折射率不同之元素為主成分之各層週期性地積層而成之多層膜。

【0040】

一般而言，將作為高折射率材料之輕元素或其化合物之薄膜(高折射率層)與作為低折射率材料之重元素或其化合物之薄膜(低折射率層)交替地積層40至60週期左右而成之多層膜用作多層反射膜2。多層膜亦可將自基板1側起依序積層高折射率層與低折射率層而成之高折射率層/低折射率層之積層構造作為1週期並積層複數個週期。又，多層膜亦可將自基板1側起依序積層低折射率層與高折射率層而成之低折射率層/高折射率層之積層構造作為1週期並積層複數個週期。再者，多層反射膜2之最表面之層即多層反射膜2之與基板1相反之側之表面層較佳為設為高折射率層。於上述多層膜中，於將自基板1起依序積層高折射率層與低折射率層而成之高折射率層/低折射率層之積層構造作為1週期並積層複數個週期之情形時，最上層成為低折射率層。於此情形時，若低折射率層構成多層反射膜2之最表面，則容易氧化，而反射型光罩200之反射率減少。因此，較佳為於最上層之低折射率層上進而形成高折射率層而製成多層反射膜2。另一方面，於上述多層膜中，於將自基板1側起依序積層低折射率層與高折射率層而成之低折射率層/高折射率層之積層構造作為1週期並積層複數個週期之情形時，最上層成為高折射率層，故而保持不變為宜。

【0041】

於本實施形態中，作為高折射率層，採用含有矽(Si)之層。作為含有Si之材料，除了Si單質以外，亦可使用Si中含有硼(B)、碳(C)、氮(N)、及氧(O)之Si化合物。藉由使用含有Si之層作為高折射率層，可獲得EUV光之反射率優異之EUV微影術用反射型光罩200。又，於本實施形態中，作為基板1，較佳地使用玻璃基板。Si在與玻璃基板之密接性方面亦優異。

又，作為低折射率層，使用選自鉬(Mo)、釕(Ru)、銠(Rh)、及鉑(Pt)之金屬單獨成分、或其等之合金。例如，作為針對波長13 nm至14 nm之EUV光之多層反射膜2，較佳為使用將Mo膜與Si膜交替地積層40至60週期左右而成之Mo/Si週期積層膜。再者，亦可利用矽(Si)形成多層反射膜2之最上層即高折射率層，並於該最上層(Si)與Ru系保護膜3之間形成含有矽及氧之氧化矽層。藉此，可提高光罩洗淨耐受性。

【0042】

此種多層反射膜2之單獨之反射率通常為65%以上，上限通常為73%。再者，多層反射膜2之各構成層之膜厚、週期只要根據曝光波長而適當選擇即可，以滿足布勒格反射之法則之方式選擇。於多層反射膜2中，高折射率層及低折射率層分別存在複數層，但高折射率層彼此、並且低折射率層彼此之膜厚亦可不相同。又，多層反射膜2之最表面之Si層之膜厚可在不降低反射率之範圍內進行調整。最表面之Si(高折射率層)之膜厚可設為3 nm至10 nm。

【0043】

多層反射膜2之形成方法於該技術領域中公知。例如，可藉由利用離子束濺鍍法成膜多層反射膜2之各層而形成。於上述Mo/Si週期多層膜之情形時，例如，藉由離子束濺鍍法，首先使用Si靶於基板1上成膜厚度4 nm左右之Si膜。其後，使用Mo靶成膜厚度3 nm左右之Mo膜。將該Si膜/Mo膜作為1週期，積層40至60週期，而形成多層反射膜2(最表面之層設為Si層)。又，成膜多層反射膜2時，較佳為藉由自離子源供給氪(Kr)離子粒子，並進行離子束濺鍍，而形成多層反射膜2。

【0044】

＜＜保護膜3＞＞

為了保護多層反射膜2免受下述反射型光罩200之製造步驟中之乾式蝕刻及洗淨之影響，可於多層反射膜2之上、或與多層反射膜2之表面相接而形成保護膜3。又，亦兼顧使用電子束(EB)之相位偏移圖案4a之黑點缺陷修正時之多層反射膜2之保護。此處，於圖1中，示出了保護膜3為1層之情形，但亦可設為3層以上之積層構造。保護膜3由對將相位偏移膜4圖案化時所使用之蝕刻劑、及洗淨液具有耐受性之材料形成。藉由在多層反射膜2上形成保護膜3，可抑制使用附多層反射膜之基板製造反射型光罩200(EUV光罩)時之對多層反射膜2之表面之損壞。因此，多層反射膜2對EUV光之反射率特性變得良好。

【0045】

以下，以保護膜3為1層之情形為例進行說明。再者，於保護膜3包含複數層之情形時，在與相位偏移膜4之關係方面，保護膜3之最上層(與相位偏移膜4相接之層)之材料之性質至關重要。

【0046】

於本實施形態之反射型光罩基底100中，作為保護膜3之材料，可選擇對用以將形成於保護膜3之上之相位偏移膜4圖案化之乾式蝕刻中所使用之蝕刻氣體具有耐受性之材料。於相位偏移膜4由複數層形成之情形時，與相位偏移膜4相接之保護膜3(於保護膜3包含複數層之情形時，為保護膜3之最上層)之材料可選擇對用以將形成相位偏移膜4之層之中相位偏移膜4之最下層(與保護膜3相接之層)圖案化之乾式蝕刻中所使用之蝕刻氣體具有耐受性之材料。保護膜3之材料較佳為相位偏移膜4之最下層相對於保護膜3之蝕刻選擇比(相位偏移膜4之最下層之蝕刻速度/保護膜3之蝕刻速度)

為1.5以上、較佳為3以上之材料。

【0047】

例如，於相位偏移膜4之最下層為包含含有金屬之材料(特定之Ru系材料)之薄膜，該金屬含有釕(Ru)、以及鉻(Cr)、鎳(Ni)及鈷(Co)中之至少1種以上之元素，或含有釕(Ru)、以及釩(V)、鈮(Nb)、鉬(Mo)、鎢(W)及錸(Re)中之至少1種以上之元素之情形時，可藉由使用氯系氣體及氧氣之混合氣體、或氧氣之乾式蝕刻氣體，而對相位偏移膜4之最下層進行蝕刻。作為對該蝕刻氣體具有耐受性之保護膜3之材料，可選擇矽(Si)、含有矽(Si)及氧(O)之材料、或含有矽(Si)及氮(N)之材料等矽系材料。因此，於與保護膜3之表面相接之相位偏移膜4之最下層為包含特定之Ru系材料之薄膜之情形時，保護膜3較佳為包含上述矽系材料。上述矽系材料對使用氯系氣體及氧氣之混合氣體、或氧氣之乾式蝕刻氣體具有耐受性，氧之含量越多，耐受性越大。因此，保護膜3之材料更佳為氧化矽(SiO_x，$1 \leqq x \leqq 2$)，進而較佳為x較大者，尤佳為SiO_2。

【0048】

又，於與保護膜3之表面相接之相位偏移膜4之最下層為包含含有鉭(Ta)之材料之薄膜之情形時，可藉由使用不含氧氣之鹵素系氣體之乾式蝕刻，而對相位偏移膜4之最下層進行蝕刻。作為對該蝕刻氣體具有耐受性之保護膜3之材料，可選擇含有釕(Ru)作為主成分之材料。

【0049】

又，於與保護膜3之表面相接之相位偏移膜4之最下層為包含含有鉻(Cr)之材料之薄膜之情形時，可藉由使用不含氧氣之氯系氣體、或氧氣與氯系氣體之混合氣體之乾式蝕刻氣體的乾式蝕刻，而對相位偏移膜4之最

下層進行蝕刻。作為對該蝕刻氣體具有耐受性之保護膜3之材料，與上述將含有鉭(Ta)之材料用於相位偏移膜4之最下層之情形同樣地，可選擇含有釕(Ru)作為主成分之材料。

【0050】

如上所述，相位偏移膜4之最下層為含有鉭(Ta)或鉻(Cr)之材料之情形時可使用之保護膜3之材料為含有釕作為主成分之材料。作為含有釕作為主成分之材料，具體而言，可列舉：Ru金屬單獨成分、Ru中含有選自鈦(Ti)、鈮(Nb)、鉬(Mo)、鋯(Zr)、釔(Y)、硼(B)、鑭(La)、鈷(Co)、及錸(Re)等之至少1種金屬之Ru合金、Ru金屬或Ru合金中含氮之材料。

【0051】

又，保護膜3之材料可由包含金屬之材料形成，該金屬含有與較相位偏移膜4之最下層更靠上之層(例如，上層42)相同之材料即釕(Ru)、以及鈷(Co)、鈮(Nb)、鉬(Mo)及錸(Re)中之至少1種以上之元素。

【0052】

又，作為相位偏移膜4之最下層為含有鉭(Ta)或鉻(Cr)之材料之情形時之保護膜3，例如，可製成將保護膜3之最下層及最上層設為包含上述含有釕作為主成分之材料之層，且於最下層與最上層之間介置有除Ru以外之金屬、或合金之保護膜3。

【0053】

該Ru合金之Ru含有比率為50原子%以上且未達100原子%，較佳為80原子%以上且未達100原子%，進而較佳為95原子%以上且未達100原子%。尤其於Ru合金之Ru含有比率為95原子%以上且未達100原子%之情形時，可一面抑制多層反射膜2之構成元素(矽)於保護膜3中擴散，一面充分

確保EUV光之反射率，並且可兼具光罩洗淨耐受性、對相位偏移膜4進行蝕刻加工時之蝕刻終止功能、及多層反射膜2之經時變化防止之保護膜3之功能。

【0054】

於EUV微影術中，對曝光之光呈透明之物質較少，故而防止異物附著於光罩圖案面之EUV光罩護膜於技術上並不簡單。由於該情況，不使用光罩護膜之無光罩護膜運用成為主流。又，於EUV微影術中，因EUV曝光而導致碳膜沈積於光罩，或氧化膜生長等曝光污染。因此，於將EUV反射型光罩用於半導體裝置之製造之階段，需要屢次進行洗淨而去除光罩上之異物或污染。因此，於EUV反射型光罩中，需求與光微影術用之透過型光罩差別很大之光罩洗淨耐受性。藉由反射型光罩200具有保護膜3，可提高對洗淨液之洗淨耐受性。

【0055】

保護膜3之膜厚只要可實現保護多層反射膜2之功能，則並無特別限制。就EUV光之反射率之觀點而言，保護膜3之膜厚較佳為1.0 nm至8.0 nm，更佳為1.5 nm至6.0 nm。

【0056】

作為保護膜3之形成方法，可無特別限制地採用與公知之膜形成方法同樣者。作為具體例，可列舉濺鍍法及離子束濺鍍法。

【0057】

＜＜相位偏移膜4＞＞

於保護膜3之上形成有使EUV光之相位偏移之相位偏移膜4。於形成有相位偏移膜4(相位偏移圖案4a)之部分中，以吸收EUV光並減光並且對

圖案轉印無不良影響之程度使一部分光反射。另一方面，於開口部(無相位偏移膜4之部分)中，EUV光經由保護膜3而自多層反射膜2反射。來自形成有相位偏移膜4之部分之反射光與來自開口部之反射光形成所期望之相位差。相位偏移膜4以來自相位偏移膜4之反射光與來自多層反射膜2之反射光之相位差成為160度至200度之方式形成。藉由180度附近之反轉之相位差之光彼此於圖案邊緣部相互干涉，而投影光學影像之影像對比度提高。伴隨著其影像對比度之提高而解像度提高，曝光量裕度、及焦點裕度等關於曝光之各種裕度擴大。亦根據圖案或曝光條件而不同，但一般而言，用以獲得該相位偏移效果之相位偏移膜4之反射率之標準以相對反射率計為2%以上。為了獲得充分之相位偏移效果，相位偏移膜4之反射率以相對反射率計較佳為6%以上。又，於相對反射率較高，為10%以上，更佳為15%以上之情形時，為了進一步提高對比度，亦可將相位差設為130度至160度、或200度至230度。此處，相位偏移膜4(相位偏移圖案4a)之相對反射率係指將無相位偏移圖案4a之部分中之自多層反射膜2(包含附保護膜3之多層反射膜2)反射之EUV光設為反射率100%時之自相位偏移圖案4a反射之EUV光之反射率。再者，於本說明書中，有時將相對反射率簡稱為「反射率」。

【0058】

又，為了獲得充分之相位偏移效果，相位偏移膜4之絕對反射率較佳為9%以上。此處，相位偏移膜4(相位偏移圖案4a)之絕對反射率係指自相位偏移膜4(或相位偏移圖案4a)反射之EUV光之反射率(入射光強度與反射光強度之比)。

【0059】

為瞭解像性之進一步提高及製造半導體裝置時之產出量之提高，相位偏移圖案4a之相對反射率較佳為6%～40%。需求其更佳為6～35%，進而較佳為15%～35%，進而較佳為15%～25%。

【0060】

為瞭解像性之進一步提高及製造半導體裝置時之產出量之提高，相位偏移膜4(或相位偏移圖案4a)之絕對反射率較理想為4%～27%，更佳為10%～17%。

【0061】

本實施形態之相位偏移膜4具有第1層及第2層。第1層包含含有鉭(Ta)及鉻(Cr)中之至少1種以上之元素之材料。第2層包含含有金屬之材料，該金屬含有釕(Ru)、以及鉻(Cr)、鎳(Ni)、鈷(Co)、釩(V)、鈮(Nb)、鉬(Mo)、鎢(W)及錸(Re)中之至少1種以上之元素。

【0062】

本實施形態之反射型光罩基底100之相位偏移膜4藉由包含特定之材料之第1層及第2層，可獲得相對反射率為6%～40%之相位偏移圖案4a。本實施形態之反射型光罩基底100之相位偏移膜4藉由使用特定之材料，可將絕對反射率設為4%～27%。又，關於本實施形態之反射型光罩基底100之相位偏移膜4，為了獲得特定之相位差(來自開口部之反射光與來自相位偏移圖案4a之反射光之相位差)所需之膜厚較薄。因此，於反射型光罩200中，可進一步減少由相位偏移圖案4a產生之陰影效應。又，藉由使用由本實施形態之反射型光罩基底100製造之反射型光罩200，可提高製造半導體裝置時之產出量。

【0063】

對本實施形態之反射型光罩基底100之相位偏移膜4之第1層進行說明。第1層包含含有鉭(Ta)及鉻(Cr)中之至少1種以上之元素之材料。

【0064】

作為含有鉭(Ta)之第1層之材料，可列舉鉭(Ta)中含有選自氧(O)、氮(N)、碳(C)、硼(B)及氫(H)之1個以上之元素之材料。其等之中，第1層之材料尤佳為鉭(Ta)中含有氮(N)之材料。作為此種材料之具體例，可列舉：氮化鉭(TaN)、氮氧化鉭(TaON)、氮化鉭硼(TaBN)、及氮氧化鉭硼(TaBON)等。

【0065】

於第1層含有Ta及N之情形時，Ta及N之組成範圍(原子比率，Ta：N)較佳為3：1至20：1，更佳為4：1至12：1。又，膜厚較佳為2～55 nm，更佳為2～30 nm。

【0066】

作為含有鉻(Cr)之第1層之材料，可列舉鉻(Cr)中含有選自氧(O)、氮(N)、碳(C)、硼(B)及氫(H)之1個以上之元素之材料。其等之中，第1層之材料尤佳為鉻(Cr)中含有碳(C)之材料。作為此種材料之具體例，可列舉：氮化鉻(CrC)、氮氧化鉻(CrOC)、碳氮化鉻(CrCN)、及碳氮氧化鉻(CrOCN)等。

【0067】

於第1層含有Cr及C之情形時，Cr及C之組成範圍(原子比率，Cr：C)較佳為5：2至20：1，更佳為3：1至12：1。又，膜厚較佳為2～55 nm，更佳為2～25 nm。

【0068】

又，相位偏移膜4之相位差為160度～200度之情形之折射率n及消光係數k之範圍如下所述。於相位偏移膜4之相對反射率為6%～40%或絕對反射率為4%～27%之情形時，包含含有鉭(Ta)及鉻(Cr)中之至少1種以上之元素之材料之第1層對EUV光之折射率n較佳為0.930～0.960，消光係數k較佳為0.020～0.041。於相對反射率為6%～35%或絕對反射率為4%～23%之情形時，第1層對EUV光之折射率n較佳為0.930～0.960，消光係數k較佳為0.023～0.041。於相對反射率為15%～35%或絕對反射率為10%～23%之情形時，第1層對EUV光之折射率n較佳為0.930～0.950，消光係數k較佳為0.023～0.033。於相對反射率為15%～25%或絕對反射率為10%～17%之情形時，第1層對EUV光之折射率n較佳為0.935～0.950，消光係數k較佳為0.026～0.033。

【0069】

又，相位偏移膜4之相位差為130度～160度之情形之折射率n及消光係數k之範圍如下所述。於相位偏移膜4之相對反射率為10%～40%或絕對反射率為6.7%～27%之情形時，包含含有鉭(Ta)及鉻(Cr)中之至少1種以上之元素之材料之第1層對EUV光之折射率n較佳為0.930～0.960，消光係數k較佳為0.025～0.046。

【0070】

又，相位偏移膜4之相位差為200度～230度之情形之折射率n及消光係數k之範圍如下所述。於相位偏移膜4之相對反射率為10%～40%或絕對反射率為6.7%～27%之情形時，第1層對EUV光之折射率n較佳為0.930～0.960，消光係數k較佳為0.015～0.036。

【0071】

對本實施形態之反射型光罩基底100之相位偏移膜4之第2層(以下，有時簡稱為「特定之Ru系材料」)進行說明。第2層包含含有金屬之材料，該金屬含有釕(Ru)、以及鉻(Cr)、鎳(Ni)、鈷(Co)、釩(V)、鈮(Nb)、鉬(Mo)、鎢(W)及錸(Re)中之至少1種以上之元素。

【0072】

Ru之折射率n為n＝0.886(消光係數k＝0.017)，作為高反射率之相位偏移膜4之材料較佳。但是，RuO等Ru系化合物易於成為結晶化之構造，又，加工特性亦較差。即，結晶化之金屬之結晶粒子於形成相位偏移圖案4a時側壁粗糙度易於變大。因此，存在形成特定之相位偏移圖案4a時產生不良影響之情況。另一方面，於相位偏移膜4之材料之金屬為非晶形之情形時，可減少形成相位偏移圖案4a時之不良影響。藉由在Ru中添加特定之元素(X)，可將相位偏移膜4之材料之金屬非晶形化，並且可提高加工特性。作為特定之元素(X)，可選擇Cr、Ni、Co、V、Nb、Mo、W及Re中之至少1種以上。

【0073】

再者，Ni之折射率n及消光係數k為n＝0.948及k＝0.073。又，Co為n＝0.933及k＝0.066，Cr為n＝0.932及k＝0.039。又，V之折射率n及消光係數k為n＝0.944及k＝0.025，Nb之折射率n及消光係數k為n＝0.933及k＝0.005，Mo之折射率n及消光係數k為n＝0.923及k＝0.007，W之折射率n及消光係數k為n＝0.933及k＝0.033，Re之折射率n及消光係數k為n＝0.914及k＝0.04。Ru中添加了特定之元素(X)之二元系材料(RuCr、RuNi及RuCo)可使相位偏移膜4之膜厚較作為先前材料之RuTa更薄。又，Ni及Co與Cr相比，消光係數k更大，故而選擇Ni及/或Co作為元素(X)與選擇Cr

相比，可使相位偏移膜4之膜厚變薄。

【0074】

又，相位偏移膜4之相位差為160度～200度之情形之折射率n及消光係數k之範圍如下所述。於相位偏移膜4之相對反射率為6%～40%或絕對反射率為4%～27%之情形時，包含Ru中添加了特定之元素(X)之材料之第2層對EUV光之折射率n較佳為0.860～0.950，消光係數k較佳為0.008～0.095。於相對反射率為6%～35%或絕對反射率為4%～23%之情形時，第2層對EUV光之折射率n較佳為0.860～0.950，消光係數k較佳為0.008～0.095。於相對反射率為15%～35%或絕對反射率為10%～23%之情形時，折射率n較佳為0.860～0.950，消光係數k較佳為0.008～0.050。於相對反射率為15%～25%或絕對反射率為10%～17%之情形時，第2層對EUV光之折射率n較佳為0.890～0.950，消光係數k較佳為0.020～0.050。

【0075】

又，相位偏移膜4之相位差為130度～160度之情形之折射率n及消光係數k之範圍如下所述。於相位偏移膜4之相對反射率為10%～40%或絕對反射率為6.7%～27%之情形時，包含Ru中添加了特定之元素(X)之材料之第2層對EUV光之折射率n較佳為0.860～0.950，消光係數k較佳為0.009～0.095。於相對反射率為15%～35%或絕對反射率為10%～23%之情形時，第2層對EUV光之折射率n較佳為0.860～0.950，消光係數k較佳為0.01～0.073。

【0076】

又，相位偏移膜4之相位差為200度～230度之情形之折射率n及消光係數k之範圍如下所述。於相位偏移膜4之相對反射率為10%～40%或絕對

反射率為6.7%～27%之情形時，第2層對EUV光之折射率n較佳為0.860～0.940，消光係數k較佳為0.008～0.057。於相對反射率為15%～35%或絕對反射率為10%～23%之情形時，第2層對EUV光之折射率n較佳為0.860～0.939，消光係數k較佳為0.009～0.045。

【0077】

相位偏移膜4之相位差及反射率可藉由改變折射率n、消光係數k、第1層之膜厚及第2層之膜厚而進行調整。第1層之膜厚較佳為55 nm以下，更佳為30 nm以下。第1層之膜厚較佳為2 nm以上。又，第2層之膜厚較佳為50 nm以下，更佳為35 nm以下。第2層之膜厚較佳為5 nm以上，更佳為15 nm以上。相位偏移膜4之膜厚(第1層與第2層之合計膜厚)較佳為60 nm以下，更佳為50 nm以下，進而較佳為40 nm以下。相位偏移膜4之膜厚較佳為25 nm以上。再者，於具有保護膜3之情形時，相位偏移膜4之相位差及反射率亦可考慮保護膜3之折射率n、消光係數k及膜厚而進行調整。

【0078】

Ru中添加了特定之元素(X)之二元系材料(RuCr、RuNi及RuCo)與作為先前材料之RuTa相比，加工特性更好。若Ta被氧化，則難以用氯系氣體及氧氣進行蝕刻。尤其是，RuCr可容易地利用氯系氣體及氧氣之混合氣體進行蝕刻，故而加工特性優異。又，關於RuCr，於第1層之材料含有Cr之情形時，可利用相同之乾式蝕刻氣體對第1層及第2層進行加工。

【0079】

Ru中添加了特定之元素(X)之二元系材料(RuCr、RuNi及RuCo)為非晶形構造，又，可藉由氯系氣體及氧氣之混合氣體而容易地進行蝕刻。又，該等材料可利用氧氣進行蝕刻。關於三元系材料(RuCrNi、RuCrCo

及RuNiCo)及四元系材料(RuCrNiCo)，認為亦為同樣。

【0080】

又，除了上述二元系材料以外，Ru中添加了V、Nb、Mo、W或Re之二元系材料(RuV、RuNb、RuMo、RuW及RuRe)與作為先前材料之RuTa相比，加工性亦更好。與RuCr同樣地，RuW、RuMo之加工特性尤其優異。

【0081】

又，Ru中添加了特定之元素(X)之二元系材料(RuV、RuNb、RuMo、RuW及RuRe)為非晶形構造，又，可藉由氯系氣體及氧氣之混合氣體而容易地進行蝕刻。又，該等材料可利用氧氣進行蝕刻。關於三元系之材料及四元系之材料，認為亦為同樣。

【0082】

其次，關於特定之Ru系材料，對Ru與特定之元素(X)之調配比率進行說明。

【0083】

Ru之含量越多，特定之Ru系材料之相對反射率或絕對反射率越高。又，相位偏移膜4之反射光成為來自相位偏移膜4正面之正面反射光與透過相位偏移膜4且在相位偏移膜4之背面(相位偏移膜4與保護膜3或多層反射膜2之界面)上之背面反射光的重疊之光。因此，相位偏移膜4之反射光之強度具有依存於相位偏移膜4之膜厚之週期構造。其結果為，如圖3中一例所示，相位偏移膜4之反射率及相位差亦表現出依存於膜厚之週期構造。再者，圖3係表示於相位偏移膜4包含TaN膜之下層41及RuCr膜之上層42之兩層且RuCr膜之Ru與Cr之原子比率為Ru：Cr＝90：10之情形時，將下

層41(TaN膜)之膜厚固定為15.5 nm並使上層42(RuCr膜)之膜厚變化時之相位偏移膜4之膜厚與EUV光之相對反射率及相位差之關係的圖。相位偏移膜4之材料之折射率n及消光係數k對該週期構造產生影響。另一方面，來自相位偏移圖案4a之反射光需要相對於來自開口部之反射光具有特定之相位差(例如，180度之相位差)。綜上考慮，對相位偏移膜4之相對反射率、特定之Ru系材料之組成及膜厚之關係進行研究，其結果為，如下所述，關於特定之Ru系材料之組成及膜厚，可根據相位偏移膜4之相對反射率而表現出較佳之範圍。如圖3所示，於將相位偏移膜4之下層41設為15.5 nm之TaN膜，將上層42設為RuCr膜(Ru：Cr＝90：10)之情形時，RuCr膜之膜厚為22.8 nm(相位偏移膜4之膜厚為38.3 nm)，相對於多層反射膜(附保護膜)之相對反射率為20.1%(絕對反射率為13.4%)，相位差約為180度。

【0084】

具體而言，於相位偏移膜4包含第1層及第2層之2層，相位偏移膜4之第1層包含含有鉭(Ta)及鉻(Cr)中之至少1種以上之元素之材料之情形時，第2層之材料之相對反射率為6%～40%時之特定之Ru系材料之組成(原子比率)及膜厚之關係如下所述。

【0085】

即，於第2層之材料含有Ru及Cr之情形時，Ru及Cr之組成範圍(原子比率)較佳為Ru：Cr＝40：1～1：20，更佳為40：1～3：7。又，膜厚較佳為5～50 nm，更佳為15～35 nm。

【0086】

於第2層之材料含有Ru及Ni之情形時，Ru及Ni之組成範圍(原子比

率)較佳為Ru：Ni＝40：1～1：6，更佳為40：1～1：1。又，膜厚較佳為5～45 nm，更佳為12～33 nm。

【0087】

於第2層之材料含有Ru及Co之情形時，Ru及Co之組成範圍(原子比率)較佳為Ru：Co＝40：1～1：7，更佳為40：1～2：3。又，膜厚較佳為5～40 nm，更佳為10～30 nm。

【0088】

於第2層之材料含有Ru及V之情形時，Ru及V之組成範圍(原子比率)較佳為Ru：V＝40：1～1：20，更佳為40：1～2：7。又，膜厚較佳為5～60 nm，更佳為16～50 nm。

【0089】

於第2層之材料含有Ru及Nb之情形時，Ru及Nb之組成範圍(原子比率)較佳為Ru：Nb＝40：1～5：1，更佳為40：1～9：1。又，膜厚較佳為5～33 nm，更佳為16～33 nm。

【0090】

於第2層之材料含有Ru及Mo之情形時，Ru及Mo之組成範圍(原子比率)較佳為Ru：Mo＝40：1～4：1，更佳為40：1～9：1。又，膜厚較佳為5～33 nm，更佳為15～33 nm。

【0091】

於第2層之材料含有Ru及W之情形時，Ru及W之組成範圍(原子比率)較佳為Ru：W＝40：1～1：20，更佳為40：1～17：33。又，膜厚較佳為5～50 nm，更佳為16～40 nm。

【0092】

於第2層之材料含有Ru及Re之情形時，Ru及Re之組成範圍(原子比率)較佳為Ru：Re＝40：1～1：20，更佳為40：1～9：16。又，膜厚較佳為5～38 nm，更佳為16～33 nm。

【0093】

如上所述，藉由Ru與Cr、Ni、Co、V、Nb、Mo、W及Re之組成比為特定之範圍，可獲得用以在較薄之膜厚下獲得較高之反射率及特定之相位差之相位偏移膜4的第2層。

【0094】

於上述說明中，主要對二元系之特定之Ru系材料進行了說明，但關於三元系材料(RuCrNi、RuCrCo、RuNiCo及RuCrW)及四元系材料(RuCrNiCo及RuCrCoW)，亦具有與二元系之特定之Ru系材料同樣之性質。因此，作為特定之Ru系材料，可使用三元系或四元系之材料。

【0095】

特定之Ru系材料可在不對折射率及消光係數產生較大影響之範圍內含有Ru、以及Cr、Ni、Co、V、Nb、Mo、W及Re中之至少1種以上之元素，且進而含有除此以外之元素。特定之Ru系材料例如可含有氮(N)、氧(O)、碳(C)或硼(B)等元素。例如，若於特定之Ru系材料中添加氮(N)，則可抑制相位偏移膜4之氧化，故而可將相位偏移膜4之性質穩定化。又，於在特定之Ru系材料中添加氮(N)之情形時，不論濺鍍之成膜條件，可容易地使結晶狀態變為非晶形。於此情形時，氮之含量較佳為1原子%以上，更佳為3原子%以上。又，氮之含量較佳為10原子%以下。關於氧(O)、碳(C)及硼(B)等，為了相位偏移膜4之穩定化等，亦可在不對折射率及消光係數產生較大影響之範圍內添加至相位偏移膜4之材料中。於相位偏移膜4

之材料含有Ru、以及Cr、Ni、Co、V、Nb、Mo、W及Re中之至少1種以上之元素、及除此以外之元素之情形時，上述除此以外之元素之含量較佳為10原子%以下，更佳為5原子%以下。

【0096】

上述特定之Ru系材料之相位偏移膜4可利用DC(Direct Current，直流)濺鍍法及RF(Radio Frequency，射頻)濺鍍法等磁控濺鍍法等公知之方法形成。又，靶可使用Ru與Cr、Ni、Co、V、Nb、Mo、W及Re中之至少1種以上之元素之合金靶。

【0097】

又，作為靶，藉由使用Ru靶、以及Cr靶、Ni靶、Co靶、V靶、Nb靶、Mo靶、W靶及/或Re靶，可作為共濺鍍(Co-sputtering)而成膜。共濺鍍具有易於調整金屬元素之組成比之優點，但與合金靶相比，存在膜之結晶狀態易於成為柱狀構造之情況。濺鍍時，藉由以膜中含有氮(N)之方式成膜，可使結晶狀態變為非晶形。

【0098】

於本說明書中，於相位偏移膜4包含兩層之情形時，將與多層反射膜2或保護膜3相接之層稱為下層41，將配置於與多層反射膜2或保護膜3上相反之側之相位偏移膜4之表面之層稱為上層42。於相位偏移膜4包含三層以上之層之情形時，一般而言，下層41配置於較上層42更靠存在多層反射膜2或保護膜3之側之任意之位置。再者，下層41可為相位偏移膜4之最下層(形成相位偏移膜4之層之中與多層反射膜2或保護膜3相接之層)，上層42可為相位偏移膜4之最上層(形成相位偏移膜4之層之中位於最遠離最下層之位置之層)。於以下之說明中，第1層及第2層之各者為上層42或

下層41之任一者。即，於特定之材料之第1層為上層42之情形時，特定之材料之第2層為下層41，於特定之材料之第1層為下層41之情形時，特定之材料之第2層為上層42。

【0099】

相位偏移膜4可僅包含上述第1層及第2層之兩層。又，相位偏移膜4可包含除第1層及第2層以外之膜。於本實施形態中，相位偏移膜4較佳為僅包含上述第1層及第2層之兩層。於相位偏移膜4僅包含第1層及第2層之兩層之情形時，可削減光罩基底製造時之步驟數，故而生產效率提高。

【0100】

又，於相位偏移膜4包含2層以上之膜之情形時，藉由在不改變第1層或第2層之任一者之組成、或第1層及第2層之組成的情況下調整膜厚，可改變反射率及相位差。

【0101】

於相位偏移膜4包含3層以上之膜之情形時，可製成將第1層與第2層交替地積層3層以上之積層構造。藉由調整第1層及第2層之膜厚，可提高相位差及反射率對膜厚變動之穩定性。又，藉由將相位偏移膜4之最上層設為第2層，可提高洗淨耐受性。

【0102】

如上所述，相位偏移膜4亦可包含三層以上之層，但為了方便說明，以相位偏移膜4包含第1層及第2層之兩層之情形為例，對第1層及第2層之配置進行說明。又，以下之例對反射型光罩基底100具有保護膜3之情形進行說明。如以下所說明般，較佳為考慮保護膜3之材料之種類、以及將第1層及第2層中哪一個設為下層41，而適當地進行保護膜3之材料之種類

之選擇、及第1層及第2層之配置。其原因在於，根據材料之種類，可進行乾式蝕刻之乾式蝕刻氣體之種類、及對乾式蝕刻具有耐受性之乾式蝕刻氣體之種類不同。

【0103】

以下，首先，對第1層、第2層及保護膜3之蝕刻特性進行說明。

【0104】

於第1層為含有鉭(Ta)之材料之情形時，可藉由包含不含氧氣之鹵素系氣體之乾式蝕刻氣體將第1層圖案化。

【0105】

於第1層為含有鉻(Cr)之材料之情形時，可藉由氯系之乾式蝕刻氣體將第1層圖案化。氯系之乾式蝕刻氣體可包含氧氣，又，亦可不包含氧氣。

【0106】

作為特定之Ru系材料之第2層可藉由含有氧之乾式蝕刻氣體而圖案化。作為乾式蝕刻氣體，例如可使用氧單質之氣體、以及含有氧氣及氯系氣體之氣體。

【0107】

保護膜3之材料為矽(Si)、含有矽(Si)及氧(O)之材料、或含有矽(Si)及氮(N)之材料之情形時，保護膜3對採用使用氯系氣體及氧氣之混合氣體、或氧氣之乾式蝕刻氣體之乾式蝕刻具有耐受性。再者，藉由該乾式蝕刻氣體，可進行作為特定之Ru系材料之第2層之蝕刻。

【0108】

於保護膜3之材料為含有釕(Ru)作為主成分之材料之情形時，保護膜

3對使用不含氧氣之鹵素系氣體之乾式蝕刻具有耐受性。再者，藉由該乾式蝕刻氣體，可進行含有鉭(Ta)之第1層之蝕刻。

【0109】

於保護膜3之材料為含有釕(Ru)作為主成分之材料之情形時，保護膜3對使用含有不含氧氣或減少了氧氣之氯系氣體之乾式蝕刻氣體之乾式蝕刻具有耐受性。藉由該乾式蝕刻氣體，可進行含有鉻(Cr)之第1層之蝕刻。

【0110】

根據以上所述之第1層、第2層及保護膜3之蝕刻特性，保護膜3之材料之種類、及第1層及第2層之配置較佳為設為如下。

【0111】

於保護膜3包含含有釕(Ru)之材料之情形時，較佳為於保護膜3之上依序積層第1層及第2層。藉由在含有釕(Ru)之保護膜3及第2層之間配置含有鉭(Ta)及/或鉻(Cr)之第1層，對相位偏移膜4之第1層進行蝕刻時，可使用對含有釕(Ru)之保護膜3具有耐受性之蝕刻氣體。

【0112】

於保護膜3為包含含有矽(Si)及氧(O)之材料、或含有矽(Si)及氮(N)之材料之矽系材料之情形時，較佳為於保護膜3之上依序積層第2層及第1層。藉由在含有矽系材料之保護膜3之上配置含有釕(Ru)之第2層，對相位偏移膜4之含有釕(Ru)之第2層進行蝕刻時，可使用對含有矽系材料之保護膜3具有耐受性之蝕刻氣體。

【0113】

於相位偏移膜4之第1層為含有鉭(Ta)之材料之情形時，可藉由包含

不含氧氣之鹵素系氣體之乾式蝕刻氣體將第1層圖案化。又，可藉由含有氯系氣體及氧氣之乾式蝕刻氣體將第2層圖案化。其原因在於，含有鉭(Ta)之第1層之材料對含有氯系氣體及氧氣之乾式蝕刻氣體具有耐受性，第2層之材料對不含氧氣之乾式蝕刻氣體具有耐受性。於此情形時，需要根據第1層及第2層中哪一個與保護膜3之上相接(為下層41)，而適當地選擇保護膜3之材料。即，於第1層為下層41之情形時，作為保護膜3，可使用含有釕(Ru)作為主成分之材料。又，於第2層為下層41之情形時，作為保護膜3，可使用矽系材料、尤其是含有矽(Si)及氧(O)之材料。

【0114】

於相位偏移膜4之第1層為含有鉻(Cr)之材料之情形時，可藉由含有氧氣之乾式蝕刻氣體將第2層圖案化，藉由包含不含氧氣之氯系氣體之乾式蝕刻氣體將第1層圖案化。於此情形時，需要根據第1層及第2層中哪一個與保護膜3之上相接(為下層41)，而適當地選擇保護膜3之材料。即，於第1層為下層41之情形時，作為保護膜3，可使用含有釕(Ru)作為主成分之材料。又，於第2層為下層41之情形時，作為保護膜3，可使用矽系材料、尤其是含有矽(Si)及氧(O)之材料。藉由利用相互不同之乾式蝕刻氣體對含有鉻(Cr)之第1層及含有釕(Ru)之第2層進行蝕刻，可微細且高精度地將相位偏移膜4圖案化。

【0115】

於相位偏移膜4之第1層為含有鉻(Cr)之材料之情形時，可藉由含有氯系氣體及氧氣之乾式蝕刻氣體將第2層及第1層圖案化。於此情形時，可藉由一次蝕刻步驟進行第1層及第2層之兩者之蝕刻。因此，能以適當之產出量將相位偏移膜4圖案化。於此情形時，氯系氣體：氧系氣體之流量比

率較佳為3：1～10：1。

【0116】

作為保護膜3，較佳為使用對氯系氣體及氧氣之混合氣體之乾式蝕刻氣體具有耐受性之矽系材料、尤其是含有矽(Si)及氧(O)之材料。作為保護膜3，亦可使用含有釕(Ru)作為主成分之材料，但於此情形時，需要以保護膜3不被該乾式蝕刻氣體蝕刻之方式減少混合氣體中之氧氣。因此，於此情形時，氯系氣體：氧氣之流量比率較佳為10：1～40：1。

【0117】

再者，保護膜3之材料即便為除上述材料以外之材料，亦可選擇使用特定之乾式蝕刻氣體之乾式蝕刻中之相位偏移膜4相對於保護膜3之蝕刻選擇比(相位偏移膜4之蝕刻速度/保護膜3之蝕刻速度)為1.5以上、較佳為3以上之材料。

【0118】

作為上述乾式蝕刻中使用之鹵素系氣體，可使用氟系氣體及/或氯系氣體。作為氟系氣體，可使用CF_4、CHF_3、C_2F_6、C_3F_6、C_4F_6、C_4F_8、CH_2F_2、CH_3F、C_3F_8、SF_6、及F_2等。作為氯系氣體，可使用Cl_2、$SiCl_4$、$CHCl_3$、CCl_4、及BCl_3等。又，可視需要使用以特定之比率含有氟系氣體及/或氯系氣體、以及O_2之混合氣體。該等蝕刻氣體可視需要進而含有He及/或Ar等惰性氣體。

【0119】

EUV光由於波長較短，故而處於相位差及反射率之膜厚依存性較大之傾向。因此，需求對於相位偏移膜4之膜厚變動之相位差及反射率之穩定性。但是，如圖3所示，對於相位偏移膜4之膜厚，相位差及反射率各自

表現出振動構造。由於相位差及反射率之振動構造不同，故而難以設為使相位差及反射率同時穩定之膜厚。

【0120】

因此，較理想為，即便於相位偏移膜4之膜厚相對於設計值稍微變動(例如，相對於設計膜厚，為±0.5%之範圍)之情形時，關於相位差，面間之相位差不均亦為特定之相位差±2度之範圍(例如，於相位差為180度之情形時，為180度±2度之範圍)，關於反射率，面間之反射率不均亦為特定之反射率±0.2%之範圍(例如，於相對反射率為6%之情形時，為6%±0.2%之範圍)。

【0121】

相位偏移膜4之上層42有抗蝕膜或蝕刻光罩膜之去除及/或洗淨時減膜之可能性，故而於著眼於抑制相位偏移膜4之相位差不均之情形時，較佳為將對相位差之貢獻度較大之第2層配置於下層41。

【0122】

又，於由最上層、上層42及下層41形成相位偏移膜4之情形時，藉由抑制來自最上層之表面之EUV光之反射光，可使振動構造變得平緩，而獲得對於膜厚變動穩定之相位差及反射率。作為此種最上層之材料，較佳為具有大於相位偏移膜4之上層42之折射率之矽化合物或鉭化合物。作為矽化合物，可列舉含有Si、以及選自N、O、C及H中之至少一種元素之材料，可較佳地列舉SiO_2、SiON及Si_3N_4。作為鉭化合物，可列舉含有Ta、以及選自N、O、C、H及B中之至少一種元素之材料，可較佳地列舉含有Ta及O之材料。最上層之膜厚較佳為10 nm以下，更佳為1～6 nm，進而較佳為3～5 nm。於上層42為RuCr膜之情形時，例如，最上層可設為SiO_2

膜、或Ta_2O_5膜。

【0123】

如此，藉由使相位偏移膜4為多層膜，可對各層附加各種功能。

【0124】

本實施形態之反射型光罩基底100之相位偏移膜4之結晶構造較佳為非晶形。藉由相位偏移膜4之結晶構造為非晶形，可減少由金屬等之結晶粒子所導致之形成相位偏移圖案4a時之不良影響。因此，藉由使相位偏移膜4之結晶構造變為非晶形，可加速對相位偏移膜4進行蝕刻時之蝕刻速度，或使圖案形狀變得良好，或提高加工特性。

【0125】

又，於著眼於使相位偏移圖案4a之剖面形狀變得良好之情形時，較佳為將與第2層相比蝕刻速度更快之第1層配置於下層41。

【0126】

＜＜蝕刻光罩膜＞＞

可於相位偏移膜4之上，或與相位偏移膜4之表面相接而形成蝕刻光罩膜。作為蝕刻光罩膜之材料，使用如相位偏移膜4相對於蝕刻光罩膜之蝕刻選擇比變高之材料。此處，所謂「B相對於A之蝕刻選擇比」係指不欲進行蝕刻之層(成為光罩之層)即A與欲進行蝕刻之層即B之蝕刻速率之比。具體而言，藉由「B相對於A之蝕刻選擇比＝B之蝕刻速度/A之蝕刻速度」之式特定出。又，所謂「選擇比較高」係指相對於比較對象而言，上述定義之選擇比之值較大。相位偏移膜4相對於蝕刻光罩膜之蝕刻選擇比較佳為1.5以上，進而較佳為3以上。

【0127】

於第2層(特定之釕(Ru)系材料)為相位偏移膜4之最上層之情形時，可藉由利用含有氧之氯系氣體、或氧氣之乾式蝕刻而對第2層進行蝕刻。作為特定之釕(Ru)系材料之相位偏移膜4相對於蝕刻光罩膜之蝕刻選擇比變高之蝕刻光罩膜之材料，可使用矽(Si)系材料、或鉭(Ta)系材料。

【0128】

於相位偏移膜4之最上層為第2層之情形時，可用於蝕刻光罩膜之矽(Si)系材料為矽或矽化合物之材料。作為矽化合物，可列舉：含有Si、以及選自N、O、C及H中之至少一種元素之材料；以及矽或矽化合物中含有金屬之金屬矽(金屬矽化物)或金屬矽化合物(金屬矽化物化合物)等矽系材料。作為金屬矽化合物，可列舉含有金屬及Si、以及選自N、O、C及H中之至少一種元素之材料。

【0129】

於相位偏移膜4之最上層為第2層之情形時，作為可用作蝕刻光罩膜之鉭(Ta)系材料，可列舉鉭(Ta)中含有選自氧(O)、氮(N)、碳(C)、硼(B)及氫(H)之1個以上之元素之材料。其等之中，作為蝕刻光罩膜之材料，尤佳為使用含有鉭(Ta)及氧(O)之材料。作為此種材料之具體例，可列舉：氧化鉭(TaO)、氮氧化鉭(TaON)、氧化鉭硼(TaBO)、及氮氧化鉭硼(TaBON)等。

【0130】

於第1層為相位偏移膜4之最上層之情形且第1層為含有鉭(Ta)之材料之情形時，作為第1層相對於蝕刻光罩膜之蝕刻選擇比變高之蝕刻光罩膜之材料，可列舉鉻(Cr)系材料及矽(Si)系材料。作為鉻(Cr)系材料，可使用鉻或鉻化合物之材料。作為鉻化合物，可列舉含有Cr、以及選自N、

O、C及H中之至少一種元素之材料。矽化合物可使用與上述第2層為相位偏移膜4之最上層之情形所述者同樣之材料。

【0131】

於第1層為相位偏移膜4之最上層之情形且第1層為含有鉻(Cr)之材料之情形時，作為第1層相對於蝕刻光罩膜之蝕刻選擇比變高之蝕刻光罩膜之材料，可列舉矽(Si)系材料及鉭(Ta)系材料。矽(Si)系材料及鉭(Ta)系材料可使用與上述第2層為相位偏移膜4之最上層之情形所述者同樣之材料。

【0132】

就獲得將轉印圖案精度良好地形成於相位偏移膜4之作為蝕刻光罩之功能之觀點而言，蝕刻光罩膜之膜厚較理想為3 nm以上。又，就使抗蝕膜11之膜厚變薄之觀點而言，蝕刻光罩膜之膜厚較理想為15 nm以下。

【0133】

＜＜背面導電膜5＞＞

一般而言，於基板1之第2主面(背面)側(多層反射膜2形成面之相反側)形成靜電吸盤用之背面導電膜5。靜電吸盤用之背面導電膜5所要求之電特性(薄片電阻)通常為100 Ω/□(Ω/Square)以下。背面導電膜5之形成方法例如可藉由磁控濺鍍法或離子束濺鍍法，並使用鉻及鉭等單獨成分金屬或合金之靶而形成。

【0134】

背面導電膜5之含有鉻(Cr)之材料較佳為含有Cr且進而含有選自硼、氮、氧、及碳中之至少一者之Cr化合物。作為Cr化合物，例如可列舉：CrN、CrON、CrCN、CrCO、CrCON、CrBN、CrBON、CrBCN及CrBOCN等。

【0135】

作為背面導電膜5之含有鉭(Ta)之材料，較佳為使用Ta(鉭)、含有Ta之合金、或其等任一者中含有硼、氮、氧及碳中之至少一者之Ta化合物。作為Ta化合物，例如可列舉：TaB、TaN、TaO、TaON、TaCON、TaBN、TaBO、TaBON、TaBCON、TaHf、TaHfO、TaHfN、TaHfON、TaHfCON、TaSi、TaSiO、TaSiN、TaSiON、及TaSiCON等。

【0136】

作為含有鉭(Ta)或鉻(Cr)之材料，較佳為存在於其表層之氮(N)較少。具體而言，含有鉭(Ta)或鉻(Cr)之材料之背面導電膜5之表層之氮之含量較佳為未達5原子%，更佳為實質上表層中不含有氮。其原因在於：於含有鉭(Ta)或鉻(Cr)之材料之背面導電膜5中，表層之氮之含量較少者之耐磨性提高。

【0137】

背面導電膜5較佳為包含含有鉭及硼之材料。藉由背面導電膜5包含含有鉭及硼之材料，可獲得具有耐磨性及藥液耐受性之背面導電膜5。於背面導電膜5含有鉭(Ta)及硼(B)之情形時，B含量較佳為5～30原子%。背面導電膜5之成膜所使用之濺鍍靶中之Ta及B之比率(Ta：B)較佳為95：5～70：30。

【0138】

背面導電膜5之厚度只要滿足作為靜電吸盤用之功能，則並無特別限定。背面導電膜5之厚度通常為10 nm至200 nm。又，該背面導電膜5亦兼顧光罩基底100之第2主面側之應力調整，以與來自形成於第1主面側之各

種膜之應力取得平衡，而獲得平坦之反射型光罩基底100之方式進行調整。

【0139】

＜反射型光罩200及其製造方法＞

本實施形態係具有上述反射型光罩基底100之相位偏移膜4經圖案化之相位偏移圖案4a之反射型光罩200。相位偏移圖案4a可藉由針對上述反射型光罩基底100之相位偏移膜4，利用特定之乾式蝕刻氣體(例如，含有氯系氣體及氧氣之乾式蝕刻氣體)將相位偏移膜4圖案化而形成。反射型光罩200之相位偏移圖案4a可吸收EUV光，又，以與開口部(未形成有相位偏移圖案之部分)特定之相位差(例如180度)反射一部分EUV光。為了將相位偏移膜4圖案化，亦可視需要於相位偏移膜4之上設置蝕刻光罩膜，將蝕刻光罩膜圖案作為光罩，並對相位偏移膜4進行乾式蝕刻而形成相位偏移圖案4a。

【0140】

使用本實施形態之反射型光罩基底100，對製造反射型光罩200之方法進行說明。此處，僅進行概要說明，其後，於實施例中，一面參照圖式，一面詳細地進行說明。

【0141】

準備反射型光罩基底100，於其第1主面之相位偏移膜4形成抗蝕膜11(於具備抗蝕膜11作為反射型光罩基底100之情形時，不需要進行)。於該抗蝕膜11繪製(曝光)所期望之圖案，進而，進行顯影、沖洗，藉此，形成特定之抗蝕圖案11a。

【0142】

於反射型光罩基底100之情形時，將該抗蝕圖案11a作為光罩，分別使用特定之蝕刻氣體對相位偏移膜4(上層42及下層41)進行蝕刻，而形成相位偏移圖案4a，利用灰化或抗蝕劑剝離液等去除抗蝕圖案11a，藉此，形成相位偏移圖案4a。最後，進行使用酸性或鹼性之水溶液之濕式洗淨。

【0143】

此處，作為相位偏移膜4(上層42及下層41)之蝕刻氣體，需要根據所使用之材料，而如上所述般選擇適當之蝕刻氣體。藉由適當地選擇相位偏移膜4(上層42及下層41)、及保護膜3之材料、以及與其對應之蝕刻氣體，可防止相位偏移膜4之蝕刻時保護膜3之表面變粗糙。

【0144】

藉由以上之步驟，可獲得具有陰影效應較少且側壁粗糙度較少之高精度微細圖案之反射型光罩200。

【0145】

＜半導體裝置之製造方法＞

本實施形態係半導體裝置之製造方法。藉由將本實施形態之反射型光罩200設置於具有EUV光之曝光光源之曝光裝置，並將轉印圖案轉印至形成於被轉印基板上之抗蝕膜，可製造半導體裝置。

【0146】

具體而言，藉由使用上述本實施形態之反射型光罩200進行EUV曝光，可抑制由陰影效應所導致之轉印尺寸精度之降低而於半導體基板上形成反射型光罩200上之基於相位偏移圖案4a之所期望之轉印圖案。又，由於相位偏移圖案4a為側壁粗糙度較少之微細且高精度之圖案，故而可將高尺寸精度且所期望之圖案形成於半導體基板上。藉由除了該微影術步驟以

外，亦經過被加工膜之蝕刻、絕緣膜及導電膜之形成、摻雜劑之導入、以及退火等各種步驟，可製造形成有所期望之電子電路之半導體裝置。

【0147】

更詳細地進行說明，EUV曝光裝置包含產生EUV光之雷射電漿光源、照明光學系統、光罩台系統、縮小投影光學系統、晶圓平台系統、及真空設備等。光源具備碎片捕集器功能以及將除曝光之光以外之長波長之光截止之截止濾光鏡及真空差動排氣用之設備等。照明光學系統及縮小投影光學系統包含反射型鏡。EUV曝光用反射型光罩200被形成於其第2主面之背面導電膜5靜電吸附而載置於光罩台。

【0148】

EUV光源之光經由照明光學系統而以相對於反射型光罩200垂直面傾斜6度至8度之角度照射至反射型光罩200。相對於該入射光之來自反射型光罩200之反射光以與入射相反方向且與入射角度相同之角度反射(單向發射)，並導入至通常具有1/4之縮小比之反射型投影光學系統，而進行載置於晶圓平台上之晶圓(半導體基板)上之對抗蝕劑之曝光。其間，至少將EUV光通過之位置真空排氣。又，於該曝光時，以根據縮小投影光學系統之縮小比之速度使光罩台與晶圓平台同步而進行掃描並經由狹縫進行曝光之掃描曝光成為主流。藉由將該曝光完畢抗蝕膜顯影，可於半導體基板上形成抗蝕圖案。於本實施形態中，使用陰影效應較小之薄膜且具有側壁粗糙度較少之高精度相位偏移圖案之光罩。因此，形成於半導體基板上之抗蝕圖案成為具有高尺寸精度之所期望者。藉由將該抗蝕圖案用作光罩並實施蝕刻等，可於例如半導體基板上形成特定之配線圖案。藉由經過此種曝光步驟或被加工膜加工步驟、絕緣膜或導電膜之形成步驟、摻雜劑導入步

驟、或者退火步驟等其他所需步驟，而製造半導體裝置。

【0149】

根據本實施形態之半導體裝置之製造方法，可將如下反射型光罩200用於製造半導體裝置，該反射型光罩200可使相位偏移膜4之膜厚變薄，可減少陰影效應，且能以側壁粗糙度較少之穩定之剖面形狀形成微細且高精度之相位偏移圖案4a。因此，可製造具有微細且高精度之轉印圖案之半導體裝置。

[實施例]

【0150】

以下，一面參照圖式，一面對實施例進行說明。本發明並不限定於該等實施例。再者，於實施例中，對於同樣之構成要素，使用同一符號，並簡化或省略說明。

【0151】

[實施例1]

圖2係表示由反射型光罩基底100製造反射型光罩200之步驟之主要部分剖面模式圖。

【0152】

反射型光罩基底100具有背面導電膜5、基板1、多層反射膜2、保護膜3、及相位偏移膜4。實施例1之相位偏移膜4具有TaN膜之下層41(第1層)、RuCr膜(第2層)之上層42。並且，如圖2(a)所示，於相位偏移膜4上形成抗蝕膜11。

【0153】

首先，對實施例1之反射型光罩基底100進行說明。

【0154】

準備第1主面及第2主面之兩主表面經研磨之6025尺寸(約152 mm×152 mm×6.35 mm)之低熱膨脹玻璃基板即SiO_2-TiO_2系玻璃基板，並設為基板1。以成為平坦且平滑之主表面之方式進行包含粗研磨加工步驟、精密研磨加工步驟、局部加工步驟、及接觸研磨加工步驟之研磨。

【0155】

藉由磁控濺鍍(反應性濺鍍)法，於下述條件下於SiO_2-TiO_2系玻璃基板1之第2主面(背面)形成包含CrN膜之背面導電膜5。

背面導電膜5之形成條件：Cr靶，Ar與N_2之混合氣體氛圍(Ar：90%，N：10%)，膜厚20 nm。

【0156】

其次，於形成有背面導電膜5之側之相反側之基板1之主表面(第1主面)上形成多層反射膜2。形成於基板1上之多層反射膜2為了製成適合波長13.5 nm之EUV光之多層反射膜2，而製成含有Mo及Si之週期多層反射膜。多層反射膜2係使用Mo靶及Si靶，於Ar氣體氛圍中藉由離子束濺鍍法於基板1上交替地積層Mo層及Si層而形成。首先，以4.2 nm之膜厚成膜Si膜，繼而，以2.8 nm之膜厚成膜Mo膜。將其作為1週期，同樣地積層40週期，最後，以4.0 nm之膜厚成膜Si膜，而形成多層反射膜2。此處，設為40週期，但並不限定於此，例如，亦可為60週期。於設為60週期之情形時，雖與40週期相比步驟數增加，但可提高對EUV光之反射率。

【0157】

繼而，於Ar氣體氛圍中，藉由使用Ru靶之離子束濺鍍法而以2.5 nm之膜厚成膜包含Ru膜之保護膜3。

【0158】

其次，藉由DC磁控濺鍍法，形成包含TaN膜之第1層作為相位偏移膜4之下層41。TaN膜係使用Ta靶，於N_2氣體氛圍中利用反應性濺鍍以成為15.5 nm之膜厚之方式成膜。TaN膜之含有比率(原子比)為Ta：N＝88：12。藉由X射線繞射裝置(XRD)對TaN膜之結晶構造進行測定，其結果為，TaN膜為非晶形構造。

【0159】

如上所述般形成之實施例1之TaN膜之波長13.5 nm下之折射率n、消光係數(折射率虛部)k分別如下所述。

TaN膜：n＝0.949，k＝0.032

【0160】

其次，藉由DC磁控濺鍍法，形成包含RuCr膜之第2層作為相位偏移膜4之上層42。RuCr膜係使用RuCr靶，於Ar氣體氛圍中以成為22.8 nm之膜厚之方式成膜。RuCr膜之含有比率(原子比)為Ru：Cr＝90：10。藉由X射線繞射裝置(XRD)對RuCr膜之結晶構造進行測定，其結果為，RuCr膜為非晶形構造。

【0161】

如上所述般形成之實施例1之RuCr膜之波長13.5 nm下之折射率n、消光係數(折射率虛部)k分別如下所述。

RuCr膜：n＝0.890，k＝0.019

【0162】

上述包含TaN膜及RuCr膜之相位偏移膜4之波長13.5 nm下之相對反射率為20.1%。又，相位偏移膜4之合計膜厚為38.3 nm。該膜厚係將相位

偏移膜4圖案化時之相位差相當於180度之膜厚。可較下述比較例1中之TaN膜之相位偏移膜4之膜厚65 nm薄約41%。

【0163】

其次，使用上述反射型光罩基底100，製造反射型光罩200。

【0164】

於反射型光罩基底100之相位偏移膜4之上，以100 nm之厚度形成抗蝕膜11(圖2(a))。然後，於該抗蝕膜11繪製(曝光)所期望之圖案，進而，進行顯影、沖洗，藉此，形成特定之抗蝕圖案11a(圖2(b))。

【0165】

其次，藉由將抗蝕圖案11a作為光罩，並使用Cl_2氣體與O_2氣體之混合氣體(氣體流量比Cl_2：O_2＝4：1)進行RuCr膜(上層42)之乾式蝕刻，而形成上層圖案42a(圖2(c))。

【0166】

其次，藉由將抗蝕圖案11a及上層圖案42a作為光罩，並使用鹵素系氣體進行TaN膜(下層41)之乾式蝕刻，而形成下層圖案41a(圖2(d))。具體而言，使用CF_4氣體對TaN膜之表層之氧化膜進行乾式蝕刻，其後，使用Cl_2氣體對TaN膜進行乾式蝕刻。

【0167】

其後，利用灰化或抗蝕劑剝離液等去除抗蝕圖案11a。最後，進行使用純水(DIW)之濕式洗淨，而製造實施例2之反射型光罩200(圖2(e))。再者，可視需要進行濕式洗淨後光罩缺陷檢查，而適當進行光罩缺陷修正。

【0168】

於實施例1之反射型光罩200中，由於相位偏移膜4為TaN膜及RuCr

膜，故而利用使用特定蝕刻氣體之乾式蝕刻之加工性較好，能以較高之精度形成相位偏移圖案4a。又，相位偏移圖案4a之合計膜厚為38.3 nm，可較先前之由Ta系材料形成之吸收體膜更薄，與比較例1相比，可減少陰影效應。

【0169】

又，實施例1中製作之反射型光罩200由於相位偏移圖案4a之側壁粗糙度較少，剖面形狀亦穩定，故而轉印形成之抗蝕圖案之LER(Line Edge Roughness，線邊緣粗糙度)或尺寸面內不均較少，且具有較高之轉印精度。此外，如上所述，由於相位偏移面之相對反射率(相對於附保護膜3之多層反射膜2之表面之反射率之反射率)為20.1%，故而可獲得充分之相位偏移效果，可進行曝光裕度或焦點裕度較高之EUV曝光。

【0170】

將實施例1中製作之反射型光罩200設置於EUV掃描儀，對在半導體基板上形成有被加工膜及抗蝕膜之晶圓進行EUV曝光。然後，藉由將該曝光完畢抗蝕膜顯影，而於形成有被加工膜之半導體基板上形成抗蝕圖案。藉由蝕刻將該抗蝕圖案轉印至被加工膜，又，經過絕緣膜及導電膜之形成、摻雜劑之導入、以及退火等各種步驟，藉此，可製造具有所期望之特性之半導體裝置。

【0171】

[實施例2]

實施例2係使用CrOC膜(第1層)之下層41、及RuNi膜(第2層)之上層42作為相位偏移膜4，並以成為180度之相位差之方式調節膜厚之情形之實施例，除此以外，與實施例1相同。

【0172】

即，於實施例2中，與實施例1同樣地，於SiO_2-TiO_2系玻璃基板1之第2主面(背面)形成包含CrN膜之背面導電膜5，於相反側之基板1之主表面(第1主面)上形成多層反射膜2，並於多層反射膜2之表面成膜包含Ru膜之保護膜3。

【0173】

其次，藉由DC磁控濺鍍法，形成包含CrOC膜之第1層作為相位偏移膜4之下層41。CrOC膜係使用Cr靶，藉由使用Ar氣體、CO_2氣體及He氣體之混合氣體之反應性濺鍍，以成為13.8 nm之膜厚之方式成膜。CrOC膜之含有比率(原子比)為Cr：O：C＝70：15：15。藉由X射線繞射裝置(XRD)對CrOC膜之結晶構造進行測定，其結果為，CrOC膜為非晶形構造。

【0174】

如上所述般形成之實施例2之CrOC膜之波長13.5 nm下之折射率n、消光係數(折射率虛部)k分別如下所述。

CrOC膜：n＝0.941，k＝0.031

【0175】

其次，藉由DC磁控濺鍍法，形成包含RuNi膜之第2層作為相位偏移膜4之上層42。RuNi膜係使用RuNi靶，於Ar氣體氛圍中，以成為23.5 nm之膜厚之方式成膜。RuNi膜之含有比率(原子比)為Ru：Ni＝90：10。藉由X射線繞射裝置(XRD)對RuNi膜之結晶構造進行測定，其結果為，RuNi膜為非晶形構造。

【0176】

如上所述般形成之實施例2之RuNi膜之波長13.5 nm下之折射率n、消光係數(折射率虛部)k分別如下所述。

RuNi膜：n＝0.891，k＝0.022

【0177】

上述包含CrOC膜及RuNi膜之相位偏移膜4之波長13.5 nm下之相對反射率為20.2%。又，相位偏移膜4之合計膜厚為37.3 nm。該膜厚係將相位偏移膜4圖案化時之相位差相當於180度之膜厚。可較下述比較例1中之TaN膜之相位偏移膜4之膜厚65 nm薄約43%。

【0178】

其次，與實施例1同樣地，使用上述反射型光罩基底100，製造實施例2之反射型光罩200。

【0179】

與實施例1同樣地，於反射型光罩基底100之相位偏移膜4之上，以100 nm之厚度形成抗蝕膜11(圖2(a))。然後，於該抗蝕膜11繪製(曝光)所期望之圖案，進而，進行顯影、沖洗，藉此，形成特定之抗蝕圖案11a(圖2(b))。

【0180】

其次，藉由將抗蝕圖案11a作為光罩，並使用O_2氣體進行RuNi膜(上層42)之乾式蝕刻，而形成上層圖案42a(圖2(c))。

【0181】

其次，藉由將抗蝕圖案11a及上層圖案42a作為光罩，並使用Cl_2氣體進行CrOC膜(下層41)之乾式蝕刻，而形成下層圖案41a(圖2(d))。

【0182】

其後，與實施例1同樣地進行抗蝕圖案11a之去除、及洗淨，而製造實施例2之反射型光罩200(圖2(e))。

【0183】

於實施例2之反射型光罩200中，由於相位偏移膜4為CrOC膜及RuNi膜，故而利用使用特定蝕刻氣體之乾式蝕刻之加工性較好，能以較高之精度形成相位偏移圖案4a。又，相位偏移圖案4a之合計膜厚為37.3 nm，可較先前之由Ta系材料形成之吸收體膜更薄，與比較例1相比，可減少陰影效應。

【0184】

又，實施例2中製作之反射型光罩200由於相位偏移圖案4a之側壁粗糙度較少，剖面形狀亦穩定，故而轉印形成之抗蝕圖案之LER或尺寸面內不均較少，且具有較高之轉印精度。此外，如上所述，由於相位偏移面之相對反射率為20.2%，故而可獲得充分之相位偏移效果，可進行曝光裕度或焦點裕度較高之EUV曝光。

【0185】

與實施例1之情形同樣地，可使用實施例2中製作之反射型光罩200，製造具有所期望之特性之半導體裝置。

【0186】

[實施例3]

實施例3係使用SiO_2膜作為保護膜3，使用RuCo膜(第2層)之下層41、及TaN膜(第1層)之上層42作為相位偏移膜4，以成為180度之相位差之方式調節膜厚之情形之實施例，除此以外，與實施例1相同。

【0187】

即，於實施例3中，與實施例1同樣地，於SiO_2-TiO_2系玻璃基板1之第2主面(背面)形成包含CrN膜之背面導電膜5，並於相反側之基板1之主表面(第1主面)上形成多層反射膜2。

【0188】

繼而，於Ar氣體氛圍中，藉由使用SiO_2靶之RF濺鍍法，於多層反射膜2之表面以2.5 nm之膜厚成膜包含SiO_2膜之保護膜3。

【0189】

其次，藉由DC磁控濺鍍法，形成包含RuCo膜之第2層作為相位偏移膜4之下層41。RuCo膜係使用RuCo靶，於Ar氣體氛圍中，以成為23.2 nm之膜厚之方式成膜。RuCo膜之含有比率(原子比)為Ru：Co＝90：10。藉由X射線繞射裝置(XRD)對RuCo膜之結晶構造進行測定，其結果為，RuCo膜為非晶形構造。

【0190】

如上所述般形成之實施例3之RuCo膜之波長13.5 nm下之折射率n、消光係數(折射率虛部)k分別如下所述。

RuCo膜：n＝0.890，k＝0.021

【0191】

其次，藉由DC磁控濺鍍法，形成包含TaN膜之第1層作為相位偏移膜4之上層42。TaN膜係使用Ta靶，於N_2氣體氛圍中，利用反應性濺鍍以成為13.9 nm之膜厚之方式成膜。TaN膜之含有比率(原子比)為Ta：N＝88：12。藉由X射線繞射裝置(XRD)對TaN膜之結晶構造進行測定，其結果為，TaN膜為非晶形構造。

【0192】

如上所述般形成之實施例3之TaN膜之波長13.5 nm下之折射率n、消光係數(折射率虛部)k分別如下所述。

TaN膜：n＝0.949，k＝0.032

【0193】

上述包含RuCo膜及TaN膜之相位偏移膜4之波長13.5 nm下之相對反射率為19.9%。又，相位偏移膜4之合計膜厚為37.1 nm。該膜厚係將相位偏移膜4圖案化時之相位差相當於180度之膜厚。可較下述比較例1中之TaN膜之相位偏移膜4之膜厚65 nm薄約43%。

【0194】

其次，與實施例1同樣地，使用上述反射型光罩基底100，製造實施例3之反射型光罩200。

【0195】

與實施例1同樣地，於反射型光罩基底100之相位偏移膜4之上，以100 nm之厚度形成抗蝕膜11(圖2(a))。然後，於該抗蝕膜11繪製(曝光)所期望之圖案，進而，進行顯影、沖洗，藉此，形成特定之抗蝕圖案11a(圖2(b))。

【0196】

其次，藉由將抗蝕圖案11a作為光罩，並使用鹵素系氣體，利用蝕刻進行TaN膜(上層42)之乾式蝕刻，而形成上層圖案42a(圖2(c))。具體而言，使用CF_4氣體對TaN膜之表層之氧化膜進行乾式蝕刻，其後，使用Cl_2氣體對TaN膜進行乾式蝕刻。

【0197】

其次，藉由將抗蝕圖案11a及上層圖案42a作為光罩，並使用Cl_2氣體

與O_2氣體之混合氣體(氣體流量比Cl_2：O_2＝4：1)進行RuCo膜(下層41)之乾式蝕刻，而形成下層圖案41a(圖2(d))。

【0198】

其後，與實施例1同樣地，進行抗蝕圖案11a之去除、及洗淨，而製造實施例3之反射型光罩200(圖2(e))。

【0199】

於實施例3之反射型光罩200中，由於相位偏移膜4為TaN膜及RuCo膜，故而利用使用特定蝕刻氣體之乾式蝕刻之加工性較好，能以較高之精度形成相位偏移圖案4a。又，相位偏移圖案4a之合計膜厚為37.1 nm，可較先前之由Ta系材料形成之吸收體膜更薄，與比較例1相比，可減少陰影效應。

【0200】

又，實施例3中製作之反射型光罩200由於相位偏移圖案4a之側壁粗糙度較少，剖面形狀亦穩定，故而轉印形成之抗蝕圖案之LER或尺寸面內不均較少，且具有較高之轉印精度。此外，如上所述，由於相位偏移面之相對反射率為19.9%，故而可獲得充分之相位偏移效果，可進行曝光裕度或焦點裕度較高之EUV曝光。

【0201】

與實施例1之情形同樣地，可使用實施例3中製作之反射型光罩200，製造具有所期望之特性之半導體裝置。

【0202】

[實施例4]

實施例4係使用RuCr膜(第2層)之下層41、及CrOC膜(第1層)之上層

42作為相位偏移膜4，以成為180度之相位差之方式調節膜厚之情形之實施例，除此以外，與實施例3相同。

【0203】

即，於實施例4中，與實施例3同樣地，於SiO_2-TiO_2系玻璃基板1之第2主面(背面)形成包含CrN膜之背面導電膜5，並於相反側之基板1之主表面(第1主面)上形成多層反射膜2及SiO_2膜之保護膜3。

【0204】

其次，藉由DC磁控濺鍍法，形成包含RuCr膜之第2層作為相位偏移膜4之下層41。RuCr膜係使用RuCr靶，於Ar氣體氛圍中，以成為22.2 nm之膜厚之方式成膜。RuCr膜之含有比率(原子比)為Ru：Cr＝90：10。藉由X射線繞射裝置(XRD)對RuCr膜之結晶構造進行測定，其結果為，RuCr膜為非晶形構造。

【0205】

如上所述般形成之實施例4之RuCr膜之波長13.5 nm下之折射率n、消光係數(折射率虛部)k分別如下所述。

RuCr膜：n＝0.890，k＝0.019

【0206】

其次，藉由DC磁控濺鍍法，形成包含CrOC膜之第1層作為相位偏移膜4之上層42。CrOC膜係使用Cr靶，藉由使用Ar氣體、CO_2氣體及He氣體之混合氣體之反應性濺鍍，以成為15.4 nm之膜厚之方式成膜。CrOC膜之含有比率(原子比)為Cr：O：C＝70：15：15。藉由X射線繞射裝置(XRD)對CrOC膜之結晶構造進行測定，其結果為，CrOC膜為非晶形構造。

【0207】

如上所述般形成之實施例4之CrOC膜之波長13.5 nm下之折射率n、消光係數(折射率虛部)k分別如下所述。

CrOC膜：n＝0.941，k＝0.031

【0208】

上述包含RuCr膜及CrOC膜之相位偏移膜4之波長13.5 nm下之相對反射率為20.2%。又，相位偏移膜4之合計膜厚為37.6 nm。該膜厚係將相位偏移膜4圖案化時之相位差相當於180度之膜厚。可較下述比較例1中之TaN膜之相位偏移膜4之膜厚65 nm薄約42%。

【0209】

其次，與實施例1同樣地，使用上述反射型光罩基底100，製造實施例4之反射型光罩200。

【0210】

與實施例1同樣地，於反射型光罩基底100之相位偏移膜4之上，以100 nm之厚度形成抗蝕膜11(圖2(a))。然後，於該抗蝕膜11繪製(曝光)所期望之圖案，進而，進行顯影、沖洗，藉此，形成特定之抗蝕圖案11a(圖2(b))。

【0211】

其次，藉由將抗蝕圖案11a作為光罩，並使用Cl_2氣體與O_2氣體之混合氣體(氣體流量比Cl_2：O_2＝4：1)進行CrOC膜(上層42)之乾式蝕刻，而形成上層圖案42a(圖2(c))。

【0212】

繼而，藉由使用與CrOC膜(上層42)相同之混合氣體(Cl_2氣體與O_2氣

體之混合氣體(氣體流量比Cl_2：O_2＝4：1))進行RuCr膜(下層41)之乾式蝕刻，而形成下層圖案41a(圖2(d))。上層42及下層41之乾式蝕刻連續進行。

【0213】

其後，與實施例1同樣地，進行抗蝕圖案11a之去除、及洗淨，而製造實施例4之反射型光罩200(圖2(e))。

【0214】

於實施例4之反射型光罩200中，由於相位偏移膜4為CrOC膜及RuCr膜，故而利用使用特定蝕刻氣體之乾式蝕刻之加工性較好，能以較高之精度形成相位偏移圖案4a。又，可使用同一蝕刻氣體對CrOC膜及RuCr膜之兩者連續地進行蝕刻，故而生產性較高。又，相位偏移圖案4a之合計膜厚為37.6 nm，可較先前之由Ta系材料形成之吸收體膜更薄，與比較例1相比，可減少陰影效應。

【0215】

又，實施例4中製作之反射型光罩200由於相位偏移圖案4a之側壁粗糙度較少，剖面形狀亦穩定，故而轉印形成之抗蝕圖案之LER或尺寸面內不均較少，且具有較高之轉印精度。此外，如上所述，由於相位偏移面之相對反射率為20.2%，故而可獲得充分之相位偏移效果，可進行曝光裕度或焦點裕度較高之EUV曝光。

【0216】

與實施例1之情形同樣地，可使用實施例4中製作之反射型光罩200，製造具有所期望之特性之半導體裝置。

【0217】

[實施例5]

實施例5係使用RuNb膜作為保護膜3，使用TaN膜(第1層)之下層41、及RuNb膜(第2層)之上層42作為相位偏移膜4，以成為180度之相位差之方式調節膜厚之情形之實施例，除此以外，與實施例1相同。

【0218】

即，於實施例5中，於與實施例1同樣之多層反射膜2之表面形成包含RuNb膜之保護膜3。RuNb膜係使用RuNb靶，於Ar氣體氛圍中，以成為2.5 nm之膜厚之方式成膜。RuNb膜之含有比率(原子比)為Ru：Nb＝80：20。

【0219】

其次，於RuNb膜上形成包含TaN膜之第1層作為相位偏移膜4之下層41。TaN膜係利用與實施例1同樣之成膜方法，以成為16.5 nm之膜厚之方式成膜。TaN膜之波長13.5 nm下之折射率n及消光係數k與實施例1相同。

【0220】

其後，藉由DC磁控濺鍍法，形成包含RuNb膜之第2層作為相位偏移膜4之上層42。RuNb膜係使用RuNb靶，於Ar氣體氛圍中，以成為22.9 nm之膜厚之方式成膜。RuNb膜之含有比率(原子比)為Ru：Nb＝80：20。藉由X射線繞射裝置(XRD)對RuNb膜之結晶構造進行測定，其結果為，RuNb膜為非晶形構造。

【0221】

如上所述般形成之實施例5之RuNb膜之波長13.5 nm下之折射率n、消光係數k分別如下所述。

RuNb膜：n＝0.897，k＝0.014

【0222】

上述相位偏移膜4之波長13.5 nm下之相對反射率為19.6%(絕對反射率為13.1%)。又，相位偏移膜4之合計膜厚為39.4 nm。該膜厚係將相位偏移膜4圖案化時之相位差相當於180度之膜厚。可較下述比較例1中之TaN膜之相位偏移膜4之膜厚65 nm薄約39%。

【0223】

其次，與實施例1同樣地，使用上述反射型光罩基底100，製造實施例5之反射型光罩200。RuNb膜係使用Cl_2氣體與O_2氣體之混合氣體(氣體流量比Cl_2：O_2＝4：1)進行乾式蝕刻。TaN膜係使用CF_4氣體對表層之氧化膜進行乾式蝕刻，其後，使用Cl_2氣體進行乾式蝕刻。

【0224】

於實施例5之反射型光罩200中，由於相位偏移膜4為TaN膜及RuNb膜，故而利用使用特定蝕刻氣體之乾式蝕刻之加工性較好，能以較高之精度形成相位偏移圖案4a。又，相位偏移圖案4a之合計膜厚為39.4 nm，可較先前之由Ta系材料形成之吸收體膜更薄，與比較例1相比，可減少陰影效應。

【0225】

又，實施例5中製作之反射型光罩200由於相位偏移圖案4a之側壁粗糙度較少，剖面形狀亦穩定，故而轉印形成之抗蝕圖案之LER或尺寸面內不均較少，且具有較高之轉印精度。此外，如上所述，由於相位偏移面之相對反射率為19.6%(絕對反射率為13.1%)，故而可獲得充分之相位偏移效果，可進行曝光裕度或焦點裕度較高之EUV曝光。

【0226】

與實施例1之情形同樣地，可使用實施例5中製作之反射型光罩200，製造具有所期望之特性之半導體裝置。

【0227】

[實施例6]

實施例6係使用RuNb膜作為保護膜3，使用CrOC膜(第1層)之下層41、及RuV膜(第2層)之上層42作為相位偏移膜4，以成為180度之相位差之方式調節膜厚之情形之實施例，除此以外，與實施例1相同。

【0228】

即，於實施例6中，於與實施例1同樣之多層反射膜2之表面形成與實施例5同樣之包含RuNb膜之保護膜3。

【0229】

其次，於RuNb膜上形成包含CrOC膜之第1層作為相位偏移膜4之下層41。CrOC膜係利用與實施例2同樣之成膜方法，以成為14.7 nm之膜厚之方式成膜。CrOC膜之波長13.5 nm下之折射率n及消光係數k與實施例2相同。

【0230】

其後，藉由DC磁控濺鍍法，形成包含RuV膜之第2層作為相位偏移膜4之上層42。RuV膜係使用RuV靶，於Ar氣體氛圍中，以成為24 nm之膜厚之方式成膜。RuV膜之含有比率(原子比)為Ru：V＝70：30。藉由X射線繞射裝置(XRD)對RuV膜之結晶構造進行測定，其結果為，RuV膜為非晶形構造。

【0231】

如上所述般形成之實施例6之RuV膜之波長13.5 nm下之折射率n、消光

係數(折射率虛部)k分別如下所述。

RuV膜：n＝0.903，k＝0.020

【0232】

上述相位偏移膜4之波長13.5 nm下之相對反射率為20.1%(絕對反射率為13.4%)。又，相位偏移膜4之合計膜厚為38.7 nm。該膜厚係將相位偏移膜4圖案化時之相位差相當於180度之膜厚。可較下述比較例1中之TaN膜之相位偏移膜4之膜厚65 nm薄約40%。

【0233】

其次，與實施例1同樣地，使用上述反射型光罩基底100，製造實施例6之反射型光罩200。RuV膜係使用Cl_2氣體與O_2氣體之混合氣體(氣體流量比Cl_2：O_2＝4：1)進行乾式蝕刻。CrOC膜係使用Cl_2氣體進行乾式蝕刻。

【0234】

於實施例6之反射型光罩200中，由於相位偏移膜4為CrOC膜及RuV膜，故而利用使用特定蝕刻氣體之乾式蝕刻之加工性較好，能以較高之精度形成相位偏移圖案4a。又，相位偏移圖案4a之合計膜厚為38.7 nm，可較先前之由Ta系材料形成之吸收體膜更薄，與比較例1相比，可減少陰影效應。

【0235】

又，實施例6中製作之反射型光罩200由於相位偏移圖案4a之側壁粗糙度較少，剖面形狀亦穩定，故而轉印形成之抗蝕圖案之LER或尺寸面內不均較少，且具有較高之轉印精度。此外，如上所述，由於相位偏移面之相對反射率為20.1%(絕對反射率為13.4%)，故而可獲得充分之相位偏移

效果，可進行曝光裕度或焦點裕度較高之EUV曝光。

【0236】

與實施例1之情形同樣地，可使用實施例6中製作之反射型光罩200，製造具有所期望之特性之半導體裝置。

【0237】

[實施例7]

實施例7係使用SiO_2膜作為保護膜3，使用RuV膜(第2層)之下層41、及TaN膜(第1層)之上層42作為相位偏移膜4，以成為180度之相位差之方式調節膜厚之情形之實施例，除此以外，與實施例1相同。

【0238】

即，於實施例7中，於與實施例1同樣之多層反射膜2之表面形成與實施例3同樣之包含SiO_2膜之保護膜3。

【0239】

其次，於SiO_2膜上形成包含RuV膜之第2層作為相位偏移膜4之下層41。RuV膜係利用與實施例6同樣之成膜方法，以成為29 nm之膜厚之方式成膜。RuV膜之波長13.5 nm下之折射率n及消光係數k與實施例6相同。

【0240】

其後，形成包含TaN膜之第2層作為相位偏移膜4之上層42。TaN膜係利用與實施例1同樣之成膜方法，以成為9.2 nm之膜厚之方式成膜。TaN膜之波長13.5 nm下之折射率n及消光係數k與實施例1相同。

【0241】

上述相位偏移膜4之波長13.5 nm下之相對反射率為19.9%(絕對反射率為13.3%)。又，相位偏移膜4之合計膜厚為33.2 nm。該膜厚係將相位

偏移膜4圖案化時之相位差相當於180度之膜厚。可較下述比較例1中之TaN膜之相位偏移膜4之膜厚65 nm薄約49%。

【0242】

其次，與實施例1同樣地，使用上述反射型光罩基底100，製造實施例7之反射型光罩200。TaN膜係使用CF_4氣體對表層之氧化膜進行乾式蝕刻，其後，使用Cl_2氣體進行乾式蝕刻。RuV膜係使用Cl_2氣體與O_2氣體之混合氣體(氣體流量比Cl_2：O_2＝4：1)進行乾式蝕刻。

【0243】

於實施例7之反射型光罩200中，由於相位偏移膜4為RuV膜及TaN膜，故而利用使用特定蝕刻氣體之乾式蝕刻之加工性較好，能以較高之精度形成相位偏移圖案4a。又，相位偏移圖案4a之合計膜厚為39.4 nm，可較先前之由Ta系材料形成之吸收體膜更薄，與比較例1相比，可減少陰影效應。

【0244】

又，實施例7中製作之反射型光罩200由於相位偏移圖案4a之側壁粗糙度較少，剖面形狀亦穩定，故而轉印形成之抗蝕圖案之LER或尺寸面內不均較少，且具有較高之轉印精度。此外，如上所述，由於相位偏移面之相對反射率為19.9%(絕對反射率為13.3%)，故而可獲得充分之相位偏移效果，可進行曝光裕度或焦點裕度較高之EUV曝光。

【0245】

與實施例1之情形同樣地，可使用實施例7中製作之反射型光罩200，製造具有所期望之特性之半導體裝置。

【0246】

[實施例8]

實施例8係使用SiO_2膜作為保護膜3，使用RuNb膜(第2層)之下層41、及CrOC膜(第1層)之上層42作為相位偏移膜4，以成為180度之相位差之方式調節膜厚之情形之實施例，除此以外，與實施例1相同。

【0247】

即，於實施例8中，於與實施例1同樣之多層反射膜2之表面形成與實施例3同樣之包含SiO_2膜之保護膜3。

【0248】

其次，於SiO_2膜上形成包含RuNb膜之第2層作為相位偏移膜4之下層41。RuNb膜係利用與實施例5同樣之成膜方法，以成為18.3 nm之膜厚之方式成膜。RuNb膜之波長13.5 nm下之折射率n及消光係數k與實施例5相同。

【0249】

其後，形成包含CrOC膜之第2層作為相位偏移膜4之上層42。CrOC膜係利用與實施例1同樣之成膜方法，以成為20.7 nm之膜厚之方式成膜。CrOC膜之波長13.5 nm下之折射率n及消光係數k與實施例2相同。

【0250】

上述相位偏移膜4之波長13.5 nm下之相對反射率為19.7%(絕對反射率為13.1%)。又，相位偏移膜4之合計膜厚為39 nm。該膜厚係將相位偏移膜4圖案化時之相位差相當於180度之膜厚。可較下述比較例1中之TaN膜之相位偏移膜4之膜厚65 nm薄約40%。

【0251】

其次，與實施例1同樣地，使用上述反射型光罩基底100，製造實施

例8之反射型光罩200。CrOC膜及RuNb膜係使用Cl_2氣體與O_2氣體之混合氣體(氣體流量比Cl_2：O_2＝4：1)進行乾式蝕刻。

【0252】

於實施例8之反射型光罩200中，由於相位偏移膜4為RuNb膜及CrOC膜，故而利用使用特定蝕刻氣體之乾式蝕刻之加工性較好，能以較高之精度形成相位偏移圖案4a。又，相位偏移圖案4a之合計膜厚為39 nm，可較先前之由Ta系材料形成之吸收體膜更薄，與比較例1相比，可減少陰影效應。

【0253】

又，實施例8中製作之反射型光罩200由於相位偏移圖案4a之側壁粗糙度較少，剖面形狀亦穩定，故而轉印形成之抗蝕圖案之LER或尺寸面內不均較少，且具有較高之轉印精度。此外，如上所述，由於相位偏移面之相對反射率為19.7%(絕對反射率為13.1%)，故而可獲得充分之相位偏移效果，可進行曝光裕度或焦點裕度較高之EUV曝光。

【0254】

與實施例1之情形同樣地，可使用實施例8中製作之反射型光罩200，製造具有所期望之特性之半導體裝置。

【0255】

[比較例1]

於比較例1中，使用單層之TaN膜作為相位偏移膜4，除此以外，利用與實施例1同樣之構造及方法製造反射型光罩基底100、反射型光罩200，又，利用與實施例1同樣之方法製造半導體裝置。

【0256】

單層之TaN膜(相位偏移膜4)形成於實施例1之光罩基底構造之保護膜3之上。該TaN膜之形成方法係將Ta用於靶，於Xe氣體與N_2氣體之混合氣體氛圍中進行反應性濺鍍而成膜TaN膜。TaN膜之膜厚為65 nm，關於該膜之元素比率，Ta為88原子%，N為12原子%。

【0257】

如上所述般形成之TaN膜之波長13.5 nm下之折射率n、消光係數(折射率虛部)k分別如下所述。

TaN膜：n＝0.949，k＝0.032

【0258】

上述包含單層之TaN膜之相位偏移膜4之波長13.5 nm下之相位差為180度。相對於多層反射膜2面，反射率為1.7%。

【0259】

其後，利用與實施例1同樣之方法，將抗蝕膜11形成於包含單層之TaN膜之相位偏移膜4上，進行所期望之圖案繪製(曝光)及顯影、沖洗而形成抗蝕圖案11a。並且，該將抗蝕圖案11a作為光罩，對包含TaN單層膜之相位偏移膜4進行使用氯氣之乾式蝕刻，而形成相位偏移圖案4a。抗蝕圖案11a之去除或光罩洗淨等亦利用與實施例1相同之方法進行，而製造反射型光罩200。

【0260】

相位偏移圖案4a之膜厚為65 nm，無法減少陰影效應。此外，如上所述，由於相位偏移面之相對反射率(相對於附保護膜之多層反射膜面之反射率之反射率)為1.7%，故而無法獲得充分之相位偏移效果，無法進行曝光裕度或焦點裕度較高之EUV曝光。

【0261】

如上所述，實施例1～8之相位偏移膜4之合計膜厚可較比較例1之相位偏移膜4之膜厚65 nm薄約40%以上。因此，顯而易見，於實施例1～8之反射型光罩200中，可減少陰影效應。

【符號說明】

【0262】

1:基板

2:多層反射膜

3:保護膜

4:相位偏移膜

4a:相位偏移圖案

5:背面導電膜

11:抗蝕膜

11a:抗蝕圖案

41:下層

41a:下層圖案

42:上層

42a:上層圖案

100:反射型光罩基底

200:反射型光罩

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種反射型光罩基底，其特徵在於：具有

基板、

上述基板上之多層反射膜、及

上述多層反射膜上之相位偏移膜，且

上述相位偏移膜具有第1層及第2層，

上述第1層包含選自鉭(Ta)及鉻(Cr)中之至少1者，

上述第2層包含釕(Ru)，

上述相位偏移膜之相位差為130度～160度或200度～230度，

當上述相位偏移膜之相位差為130度～160度時，上述第1層對上述EUV光之折射率n為0.930～0.960，消光係數k為0.025～0.046，

當上述相位偏移膜之相位差為200度～230度時，上述第1層對上述EUV光之折射率n為0.930～0.960，消光係數k為0.015～0.036。

【請求項2】

如請求項1之反射型光罩基底，其中上述相位偏移膜之相對反射率為10%～40%。

【請求項3】

如請求項1或2之反射型光罩基底，其中上述第2層包含上述釕(Ru)、以及選自鉻(Cr)、鎳(Ni)、鈷(Co)、釩(V)、鈮(Nb)、鉬(Mo)、鎢(W)及錸(Re)中之至少1者。

【請求項4】

如請求項1或2之反射型光罩基底，其中上述第1層之膜厚為2～55

nm。

【請求項5】

如請求項1或2之反射型光罩基底，其中上述第1層包含上述鉭(Ta)、以及選自氧(O)、氮(N)、碳(C)、硼(B)及氫(H)中之至少1者。

【請求項6】

如請求項1或2之反射型光罩基底，其中上述第1層包含上述鉭(Ta)及氮(N)，原子比率Ta：N為3：1至20：1。

【請求項7】

如請求項1或2之反射型光罩基底，其中上述第1層包含上述鉻(Cr)、以及選自氧(O)、氮(N)、碳(C)、硼(B)及氫(H)中之至少1者。

【請求項8】

如請求項1或2之反射型光罩基底，其中上述第1層設置於上述多層反射膜與上述第2層之間。

【請求項9】

如請求項1或2之反射型光罩基底，其中於上述多層反射膜與上述相位偏移膜之間進而具有保護膜，

上述保護膜包含釕(Ru)。

【請求項10】

如請求項1或2之反射型光罩基底，其中

上述相位偏移膜上具有蝕刻光罩膜，

上述蝕刻光罩膜包含鉭(Ta)、以及選自氧(O)、氮(N)、碳(C)、硼(B)及氫(H)中之至少1者。

【請求項11】

如請求項1或2之反射型光罩基底，其中

上述相位偏移膜上具有蝕刻光罩膜，

上述蝕刻光罩膜包含上述鉻(Cr)、以及選自氮(N)、氧(O)、碳(C)及氫(H)中之至少1者。

【請求項12】

一種反射型光罩，其特徵在於：具有

基板、

上述基板上之多層反射膜、及

相位偏移膜，其具有上述多層反射膜上之圖案，且

上述相位偏移膜具有第1層及第2層，

上述第1層包含選自鉭(Ta)及鉻(Cr)中之至少1者，

上述第2層包含釕(Ru)，

上述相位偏移膜之相位差為130度～160度或200度～230度，

當上述相位偏移膜之相位差為130度～160度時，上述第1層對上述EUV光之折射率n為0.930～0.960，消光係數k為0.025～0.046，

當上述相位偏移膜之相位差為200度～230度時，上述第1層對上述EUV光之折射率n為0.930～0.960，消光係數k為0.015～0.036。

【請求項13】

如請求項12之反射型光罩，其中上述相位偏移膜之相對反射率為10%～40%。

【請求項14】

如請求項12或13之反射型光罩，其中上述第2層包含上述釕(Ru)、以及選自鉻(Cr)、鎳(Ni)、鈷(Co)、釩(V)、鈮(Nb)、鉬(Mo)、鎢(W)及銥

(Re)中之至少1者。

【請求項15】

如請求項12或13之反射型光罩，其中上述第1層之膜厚為2～55 nm。

【請求項16】

如請求項12或13之反射型光罩，其中上述第1層包含上述鉭(Ta)、以及選自氧(O)、氮(N)、碳(C)、硼(B)及氫(H)中之至少1者。

【請求項17】

如請求項12或13之反射型光罩，其中上述第1層包含上述鉭(Ta)及氮(N)，原子比率Ta：N為3：1至20：1。

【請求項18】

如請求項12或13之反射型光罩，其中上述第1層包含上述鉻(Cr)、以及選自氧(O)、氮(N)、碳(C)、硼(B)及氫(H)中之至少1者。

【請求項19】

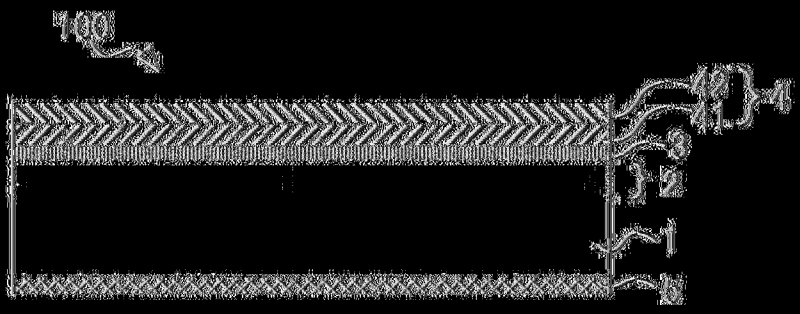
如請求項12或13之反射型光罩，其中上述第1層設置於上述多層反射膜與上述第2層之間。

【請求項20】

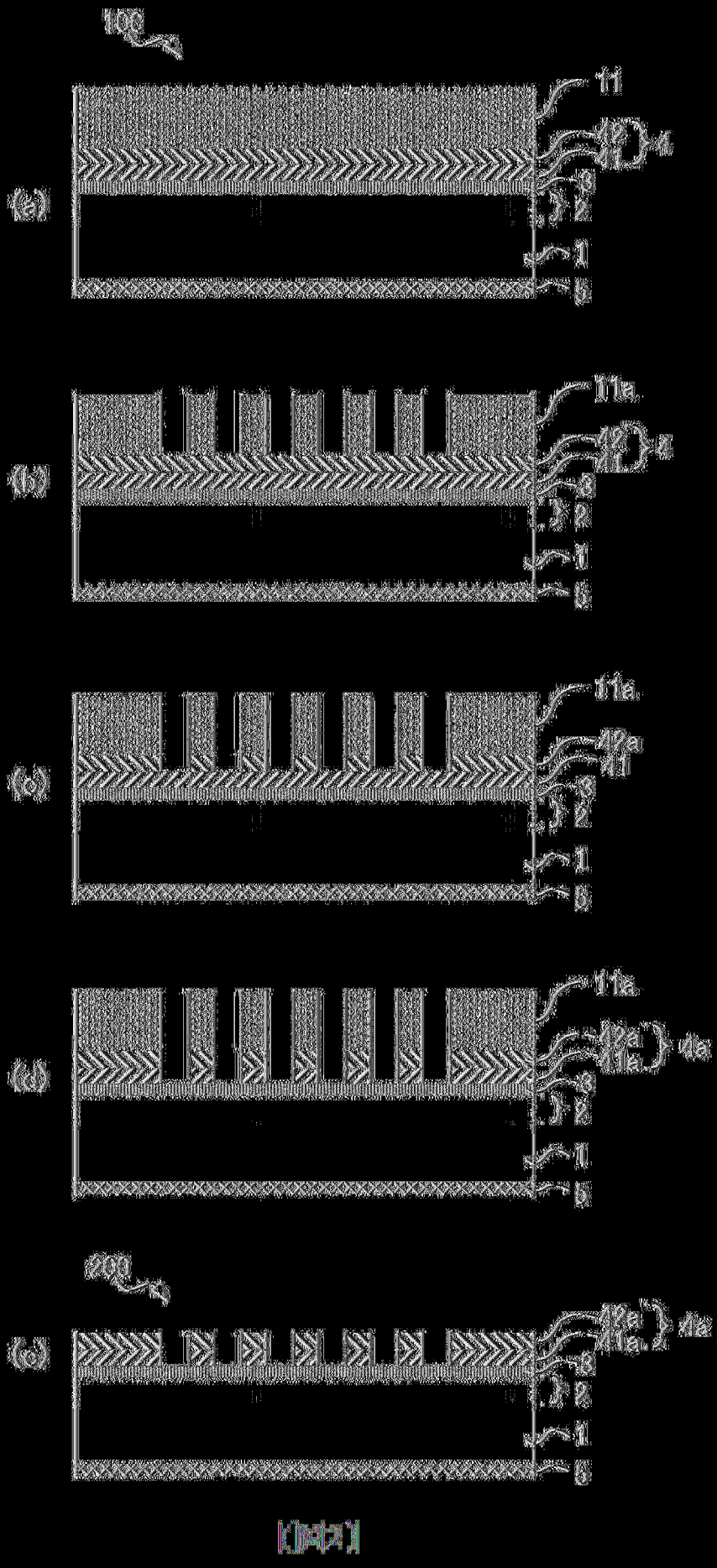
如請求項12或13之反射型光罩，其中於上述多層反射膜與上述相位偏移膜之間進而具有保護膜，

上述保護膜包含釕(Ru)。

【發明圖式】



【圖1】



圖式

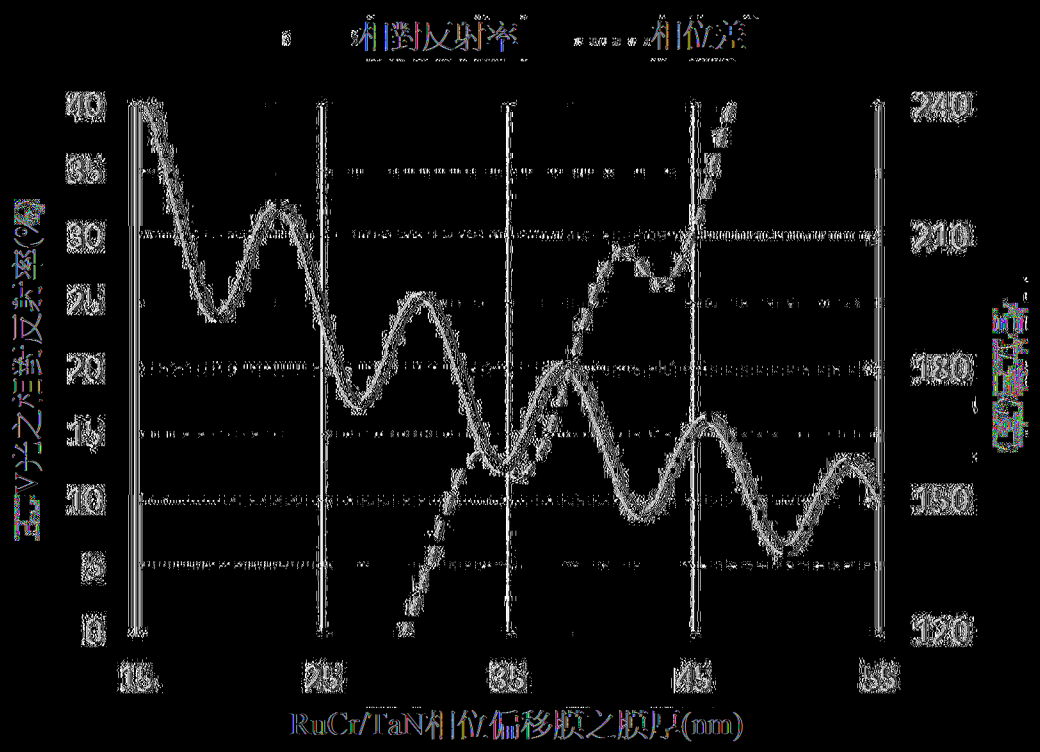

相對反射率
相位差
相對反射率(%)
相位差(度)
40
35
30
25
20
15
10
5
0
240
210
180
150
120
15
25
35
45
55
RuCr/TaN相位偏移膜之膜厚(nm)

圖3