



(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 202201110 A

(43)公開日：中華民國 111 (2022) 年 01 月 01 日

(21)申請案號：110102823

(22)申請日：中華民國 110 (2021) 年 01 月 26 日

(51)Int. Cl. : **G03F1/22 (2012.01)** **G03F1/26 (2012.01)**

(30)優先權：2020/06/16 南韓 10-2020-0073145

(71)申請人：南韓商三星電子股份有限公司 (南韓) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. (KR)
南韓(72)發明人：徐煥錫 SEO, HWANSEOK (KR)；金成洙 KIM, SEONGSUE (KR)；丁昶榮 JEONG,
CHANGYOUNG (KR)

(74)代理人：林孟閱；盧珮君；陳怡如

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：9 共 46 頁

(54)名稱

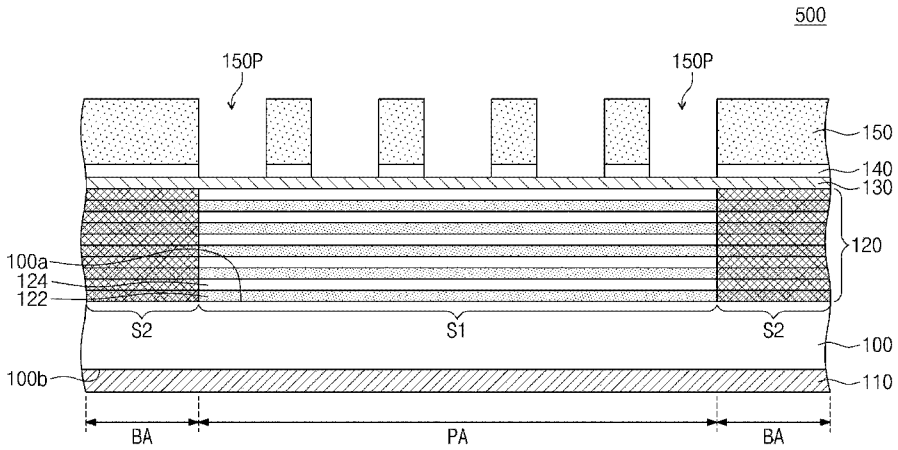
極紫外光微影相移光罩

(57)摘要

一種用於極紫外光微影之相移光罩包括：基板；反射層，位於基板上；頂蓋層，位於反射層上；緩衝圖案，位於頂蓋層上，緩衝圖案包括開口，開口暴露出頂蓋層的表面；以及吸收體圖案，位於緩衝圖案上，吸收體圖案包括較緩衝圖案的折射率小的折射率及較緩衝圖案的厚度大的厚度。緩衝圖案包含相對於吸收體圖案及頂蓋層具有蝕刻選擇性的材料。

A phase shift mask for extreme ultraviolet lithography includes a substrate, a reflective layer on the substrate, a capping layer on the reflective layer, a buffer pattern on the capping layer, the buffer pattern including an opening exposing a surface of the capping layer, and an absorber pattern on the buffer pattern, the absorber pattern including a refractive index less than a refractive index of the buffer pattern and a thickness greater than a thickness of the buffer pattern. The buffer pattern includes a material having an etch selectivity with respect to the absorber pattern and the capping layer.

指定代表圖：



【圖3】

符號簡單說明：

- 100:基板
- 100a:第一表面
- 100b:第二表面
- 110:下部導電層
- 120:反射層
- 122:低折射率層/最下部低折射率層
- 124:高折射率層/最上部高折射率層
- 130:頂蓋層
- 140:緩衝圖案
- 150:吸收體圖案
- 150P:開口
- 500:相移光罩
- BA:邊界區/黑色邊界區
- PA:圖案區
- S1:第一部分
- S2:第二部分

202201110

【發明摘要】

【中文發明名稱】極紫外光微影相移光罩以及使用其製造半導體元件之方法

【英文發明名稱】 PHASE SHIFT MASK FOR EXTREME
ULTRAVIOLET LITHOGRAPHY AND A METHOD OF
MANUFACTURING A SEMICONDUCTOR DEVICE USING THE
SAME

【中文】一種用於極紫外光微影之相移光罩包括：基板；反射層，位於基板上；頂蓋層，位於反射層上；緩衝圖案，位於頂蓋層上，緩衝圖案包括開口，開口暴露出頂蓋層的表面；以及吸收體圖案，位於緩衝圖案上，吸收體圖案包括較緩衝圖案的折射率小的折射率及較緩衝圖案的厚度大的厚度。緩衝圖案包含相對於吸收體圖案及頂蓋層具有蝕刻選擇性的材料。

【英文】 A phase shift mask for extreme ultraviolet lithography includes a substrate, a reflective layer on the substrate, a capping layer on the reflective layer, a buffer pattern on the capping layer, the buffer pattern including an opening exposing a surface of the capping layer, and an absorber pattern on the buffer pattern, the absorber pattern including a refractive index less than a refractive index of the buffer pattern and a thickness greater than a thickness of the buffer pattern. The buffer pattern includes a material having an etch selectivity with respect to the absorber pattern and the capping

layer.

【指定代表圖】圖3。

【代表圖之符號簡單說明】

100:基板

100a:第一表面

100b:第二表面

110:下部導電層

120:反射層

122:低折射率層/最下部低折射率層

124:高折射率層/最上部高折射率層

130:頂蓋層

140:緩衝圖案

150:吸收體圖案

150P:開口

500:相移光罩

BA:邊界區/黑色邊界區

PA:圖案區

S1:第一部分

S2:第二部分

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】極紫外光微影相移光罩以及使用其製造半導體元件之方法

【英文發明名稱】 PHASE SHIFT MASK FOR EXTREME
ULTRAVIOLET LITHOGRAPHY AND A METHOD OF
MANUFACTURING A SEMICONDUCTOR DEVICE USING THE
SAME

【技術領域】

【0001】 本發明概念的實施例是有關於一種用於極紫外光（*extreme ultraviolet*，EUV）微影之相移光罩以及一種使用所述相移光罩製造半導體元件之方法。

[相關申請案的交叉參考]

【0002】 本美國非臨時專利申請案基於 35 U.S.C. § 119 主張優先於在 2020 年 6 月 16 日在韓國智慧財產局提出申請的韓國專利申請案第 10-2020-0073145 號，所述韓國專利申請案的揭露內容特此全文併入供參考。

【先前技術】

【0003】 隨著半導體元件的大小及設計規則已減小，形成更小圖案的技術的需求越來越大。為滿足該些需求，已減小微影製程中所使用的光源的波長。舉例而言，已按照 g 線（436 奈米）、i 線（365

奈米)、氟化氪(krypton fluoride, KrF)雷射(248 奈米)及氟化氬(argon fluoride, ArF)雷射(193 奈米)的次序來發展微影製程中所使用的光源。近來,已提出一種極紫外光(EUV)微影製程,所述極紫外光(EUV)微影製程使用具有 13.5 奈米的半峰全寬(full width at half maximum, FWHM)波長的極紫外光作為光源。

【0004】 然而,極紫外光可被通常用於其它微影製程中的折射光學材料中的大部分吸收,且因此 EUV 微影製程一般而言可使用反射光學系統,而非折射光學系統。

【發明內容】

【0005】 本發明概念的一些示例性實施例可提供一種用於極紫外光微影之相移光罩,所述相移光罩能夠達成高解析度影像。

【0006】 本發明概念的一些示例性實施例亦可提供一種製造半導體元件之方法,所述方法能夠提高生產率。

【0007】 在態樣中,一種用於極紫外光微影之相移光罩可包括:基板;反射層,位於所述基板上;頂蓋層,位於所述反射層上;緩衝圖案,位於所述頂蓋層上,所述緩衝圖案包括開口,所述開口暴露出所述頂蓋層的表面;以及吸收體圖案,位於所述緩衝圖案上,所述吸收體圖案包括較所述緩衝圖案的折射率小的折射率及較所述緩衝圖案的厚度大的厚度。所述緩衝圖案可包含相對於所述吸收體圖案及所述頂蓋層具有蝕刻選擇性的材料。

【0008】 在態樣中,一種用於極紫外光微影之相移光罩可包括:

基板，位於導電層上；反射層，位於所述基板上；頂蓋層，位於所述反射層上；以及吸收體圖案，位於所述頂蓋層上，所述吸收體圖案包括開口，所述開口暴露出所述頂蓋層的表面。所述吸收體圖案可包含氮及鉻。所述吸收體圖案中的所述氮的含量可介於 5 原子%至 70 原子%的範圍內。

【0009】 在態樣中，一種用於極紫外光微影之相移光罩可包括：基板；反射層，位於所述基板上；頂蓋層，位於所述反射層上；緩衝圖案，位於所述頂蓋層上，所述緩衝層包括開口，所述開口暴露出所述頂蓋層的表面；以及吸收體圖案，位於所述緩衝圖案上，所述吸收體圖案包含氮及鉻。所述緩衝圖案可包含相對於所述吸收體圖案具有蝕刻選擇性的材料。所述吸收體圖案中的所述氮的含量根據距所述緩衝圖案的距離而不連續地或者緩慢地改變。

【0010】 在態樣中，一種製造半導體元件之方法可包括：在晶圓上依序地堆疊蝕刻目標層與光阻層；以及使用用於極紫外光微影之相移光罩對所述光阻層實行曝光製程。所述用於極紫外光微影之相移光罩可包括：基板；反射層，位於所述基板上；頂蓋層，位於所述反射層上；緩衝圖案，位於所述頂蓋層上，所述緩衝圖案包括開口，所述開口暴露出所述頂蓋層的表面；以及吸收體圖案，位於所述緩衝圖案上，所述吸收體圖案包括較所述緩衝圖案的折射率小的折射率及較所述緩衝圖案的厚度大的厚度。所述緩衝圖案可包含相對於所述吸收體圖案及所述頂蓋層具有蝕刻選擇

性的材料。

【圖式簡單說明】

【0011】 鑒於附圖及隨附詳細說明，本發明概念將變得更加顯而易見。

【0012】 圖 1 是示出根據本發明概念一些示例性實施例的使用相移光罩的極紫外光（EUV）微影設備的概念圖。

【0013】 圖 2 是示意性地示出根據本發明概念一些示例性實施例的相移光罩的平面圖。

【0014】 圖 3 是示意性地示出根據本發明概念一些示例性實施例的相移光罩的剖視圖。

【0015】 圖 4A 至圖 4C 示出根據本發明概念一些示例性實施例的吸收體圖案的詳細結構。

【0016】 圖 5 是示出根據本發明概念一些示例性實施例的相移光罩的一部分的剖視圖。

【0017】 圖 6A 是示出根據本發明概念一些示例性實施例的歸一化影像對數斜率（Normalized Image Log-Slope，NILS）值隨著相移光罩的吸收體圖案的厚度變化的曲線圖。

【0018】 圖 6B 是示出根據本發明概念一些示例性實施例的透射率及相位差隨著相移光罩的吸收體圖案的厚度變化的曲線圖。

【0019】 圖 6C 是示出根據本發明概念的示例性實施例及比較例的 NILS 值隨著相移光罩中的劑量的量（dose amount）變化的曲線圖。

【0020】 圖 7A 至圖 7C 是示出根據本發明概念一些示例性實施例的製造圖 3 所示相移光罩的製程的剖視圖。

【0021】 圖 8 是示出根據本發明概念一些示例性實施例的相移光罩的剖視圖。

【0022】 圖 9 是示出製造圖 8 所示相移光罩的製程的剖視圖。

【實施方式】

【0023】 在下文中，將參照附圖詳細闡述本發明概念的實施例。

【0024】 當在本說明書中結合數值使用用語「約 (about)」或「實質上 (substantially)」時，其意指相關聯的數值包括相對於規定數值的製造容差 (例如， $\pm 10\%$)。另外，當結合幾何形狀使用措詞「一般而言 (generally)」或「實質上」時，其意指不對幾何形狀的精度作出要求，但對形狀的寬容度亦處於本揭露的範圍內。此外，應理解，不論數值或形狀被修改成「約」還是「實質上」，該些數值及形狀皆應被視為包括相對於規定數值或形狀的製造容差或操作容差 (例如， $\pm 10\%$)。

【0025】 儘管本文中可能使用用語「第一」、「第二」、「第三」等來闡述各種部件 (element)、組件、區、層、及/或區段，然而該些部件、組件、區、層、及/或區段不應受限於該些用語。該些用語僅用於區分各個部件、組件、區、層、或區段。因此，在不背離本揭露的條件下，以下所論述的第一部件、組件、區、層、或區段亦可被稱為第二部件、組件、區、層、或區段。

【0026】 在本文中，為易於說明，可使用例如「向上 (up)」、「向

下 (down)」、「頂部 (top)」、「底部 (bottom)」等空間相對性用語來闡述圖中所例示的一個部件或特徵與另一 (其他) 部件或特徵的關係。應理解，所述空間相對性用語旨在除圖中所繪示的定向外亦囊括元件在使用或操作中的不同定向。所述元件亦可具有其他定向 (例如，旋轉 90 度或處於其他定向)，且本文中所使用的空間相對性描述語將相應地進行解釋。另外，當一部件被稱為位於兩個部件「之間 (between)」時，所述部件可為所述兩個部件之間的唯一部件，或者可存在一或多個其他中間部件。

【0027】 圖 1 是示出根據本發明概念一些示例性實施例的使用相移光罩的極紫外光 (EUV) 微影設備的概念圖。

【0028】 參照圖 1，EUV 微影設備 1000 可包括光源單元 (optical source unit) 10、聚光器單元 (condenser unit) 20、投影單元 40 及控制器 90。

【0029】 光源單元 10 可被配置成產生極紫外光 11 (EUV 光；例如，具有約 13.5 奈米的半峰全寬 (FWHM) 波長的光)。聚光器單元 20 可被配置成引導自光源單元 10 產生的 EUV 光 11，使得 EUV 光 11 被照射至相移光罩 500。聚光器單元 20 可包括聚光器光學裝置 (condenser optics) 22 (例如，透鏡及/或鏡子)。聚光器光學裝置 22 可被配置成聚集及/或反射 EUV 光 11，以將 EUV 光 11 引導至相移光罩 500。EUV 光 11 可藉由聚光器單元 20 傾斜地入射至相移光罩 500。

【0030】 相移光罩 500 可設置於光罩台 (mask stage) 32 上，且

光罩台 32 可被配置成移動相移光罩 500。舉例而言，光罩台可被配置成在與 EUV 光 11 所入射的表面橫向的第一軸線及/或第二軸線上（例如，向前及向後、及/或向左及向右）移動、在與 EUV 光 11 所入射的表面垂直的第三軸線上（例如，向上及向下）移動、及/或圍繞第一軸線、第二軸線及/或第三軸線使相移光罩 500 傾斜（例如，滾動、俯仰（pitch）、及/或偏轉（yaw））。光源單元 10 及光罩台 32 可由控制器 90 控制。控制器 90 可為被配置成控制 EUV 微影設備 1000 的操作的電子控制器，且可例如包括：處理電路系統，例如包括邏輯電路的硬體；硬體/軟體組合，例如執行軟體的處理器；或者其組合。舉例而言，處理電路系統更具體而言可包括但不限於中央處理單元（central processing unit，CPU）、算術邏輯單元（arithmetic logic unit，ALU）、數位訊號處理器、微型電腦、現場可程式閘陣列（field programmable gate array，FPGA）、及可程式邏輯單元、微處理器、專用積體電路（application-specific integrated circuit，ASIC）等。

【0031】相移光罩 500 可被配置成反射 EUV 光 11，且將光罩圖案影像包括至反射的 EUV 光中。相移光罩 500 可入射至投影單元 40。投影單元 40 可被配置成將相移光罩 500 的光罩圖案影像投影於晶圓 50 上。投影單元 40 可包括投影光學裝置（projection optics）42（例如，透鏡及/或鏡子）。投影光學裝置 42 可被配置成使用自相移光罩 500 反射的 EUV 光 11 以預定的（及/或可選地期望的）放大率（例如，1/4、1/6、或 1/8）來縮小相移光罩 500 的光罩圖

案影像，且將縮小後的光罩圖案影像投影至晶圓 50 上。在晶圓 50 上可依序地堆疊有蝕刻目標層 1 與光阻層 2。EUV 光 11 可穿過投影單元 40，且然後可照射至晶圓 50 上，且因此可將與相移光罩 500 的光罩圖案影像對應的圖案轉印至光阻層 2 上。在此曝光製程之後，可實行顯影製程以形成光阻圖案。可使用光阻圖案對蝕刻目標層 1 進行蝕刻。晶圓 50 可裝載於晶圓台 52 上，且晶圓台 52 可被配置成移動晶圓 50 以改變晶圓 50 中的曝光區。舉例而言，晶圓台 52 可被配置成在與投射至晶圓上的 EUV 光 11 所入射的表面橫向的第一軸線及/或第二軸線上（例如，向前及向後、及/或向左及向右）移動、在與投射至晶圓上的 EUV 光 11 所入射的表面垂直的第三軸線上（例如，向上及向下）移動、及/或圍繞第一軸線、第二軸線及/或第三軸線使晶圓台 52 傾斜（例如，滾動、俯仰及/或偏轉）。可藉由例如獨立控制及/或由控制器 90 控制來控制晶圓台 52 的裝載、卸載及移動。可在真空狀態下實行使用相移光罩 500 的曝光製程。

【0032】 圖 2 是示意性地示出根據本發明概念一些示例性實施例的相移光罩的平面圖。圖 3 是示意性地示出根據本發明概念一些示例性實施例的相移光罩的剖視圖。

【0033】 參照圖 2 及圖 3，相移光罩 500 可包括基板 100、反射層 120、頂蓋層 130、緩衝圖案 140、吸收體圖案 150、及下部導電層 110。相移光罩 500 可為反射衰減相移光罩。

【0034】 基板 100 可包含具有低熱膨脹係數的材料。舉例而言，

基板 100 可包含玻璃及/或矽 (Si)。基板 100 可包括圖案區 PA 及邊界區 BA，將被轉印及/或投影至晶圓上的圖案 (例如，光罩圖案影像) 設置於圖案區 PA 上，邊界區 BA 圍繞圖案區 PA。邊界區 BA 可被配置成防止及/或減少來自邊界區 BA 的 EUV 光的反射，且可例如由於缺少反射光而被稱為黑色邊界區。圖案區 PA 可包括主圖案區 102 及子圖案區 104。主圖案區 102 可為被配置成將用於形成積體電路的主圖案轉印及/或投影至晶圓 50 (參見圖 1) 的晶片區上的區，且子圖案區 104 可為被配置成將輔助圖案轉印及/或投影至晶圓 50 (參見圖 1) 的切割道 (scribe line) 區上的區。當在平面圖中觀察時，邊界區 BA 可環繞圖案區 PA。儘管未在圖式中示出，但用於對準圖 1 所示微影設備 1000 中的相移光罩 500 的對準標記及/或用於識別相移光罩 500 的識別標記可設置於邊界區 BA 上。

【0035】 反射層 120 可位於基板 100 的第一表面 100a 上。反射層 120 可位於圖案區 PA 上且可延伸至邊界區 BA 上。反射層 120 可被配置成反射入射至反射層 120 的光 (例如，圖 1 所示 EUV 光 11)。反射層 120 可包括布拉格 (Bragg) 反射器。舉例而言，反射層 120 可包括其中交替且重複地堆疊有低折射率層 122 與高折射率層 124 的多層式結構。舉例而言，低折射率層 122 與高折射率層 124 可交替地堆疊約 40 次至約 60 次。低折射率層 122 可包含例如鉬 (Mo)，且高折射率層 124 可包含例如矽 (Si)。在一些實施例中，最下部低折射率層 122 可與反射層 120 的最下部層對

應，且最上部高折射率層 124 可與反射層 120 的最上部層對應。

【0036】 根據一些實施例，反射層 120 可包括第一部分 S1 及第二部分 S2。第一部分 S1 可包括其中在圖案區 PA 上交替地堆疊有低折射率層 122 與高折射率層 124 的多層式結構，且第二部分 S2 可包括其中在邊界區 BA 上低折射率層 122 與高折射率層 124 彼此混雜的結構。舉例而言，在邊界區 BA 上的反射層 120 的第二部分 S2 中，交替堆疊的低折射率層 122 與高折射率層 124 之間的邊界及/或介面可能未被良好地界定及/或不平整；且可在介面處形成包含包括低折射率層 122 及高折射率層 124 的材料梯度的複合物 (composite)。舉例而言，在其中低折射率層 122 及高折射率層 124 分別包含 Mo 及 Si 的示例性實施例中，矽化鉬 (如 MoSi_2) 可包括於層之間及/或混雜於層之間。可藉由混雜結構來減少入射至反射層 120 的第二部分 S2 的光 (例如，圖 1 所示 EUV 光 11) 的反射率，且因此第二部分 S2 可用作黑色邊界區。

【0037】 下部導電層 110 可位於基板 100 的第二表面 100b 上，第二表面 100b 與基板 100 的第一表面 100a 相對。下部導電層 110 可利用插置於下部導電層 110 與反射層 120 之間的基板 100 與反射層 120 間隔開。下部導電層 110 可包含導電材料 (例如，CrN)。下部導電層 110 可被配置用於靜電卡盤的操作，且可例如用於加載光罩台 (例如，圖 1 所示光罩台 32) 上的用於 EUV 微影的相移光罩 (例如，圖 1 所示相移光罩 500)。

【0038】 頂蓋層 130 可位於反射層 120 上。舉例而言，反射層 120

可插置於頂蓋層 130 與基板 100 之間。頂蓋層 130 可位於圖案區 PA 上且可延伸至邊界區 BA 上。頂蓋層 130 可被配置成保護反射層 120 且防止反射層 120 的表面被氧化。頂蓋層 130 可包含金屬（例如，鈦（Ru））。

【0039】 吸收體圖案 150 可位於頂蓋層 130 上。舉例而言，頂蓋層 130 可插置於反射層 120 與吸收體圖案 150 之間。吸收體圖案 150 可位於圖案區 PA 及邊界區 BA 上，且吸收體圖案 150 中所包括的結構之間的開口 150P 可暴露出頂蓋層 130 的頂表面。

【0040】 緩衝圖案 140 可插置於頂蓋層 130 與吸收體圖案 150 之間。緩衝圖案 140 中的每一者可插置於頂蓋層 130 與吸收體圖案 150 中的每一者之間。開口 150P 可在緩衝圖案 140 中所包括的結構之間延伸，以暴露出頂蓋層 130 的頂表面。

【0041】 緩衝圖案 140 可包含與頂蓋層 130 及/或吸收體圖案 150 中所包含的材料不同的材料。舉例而言，緩衝圖案 140 可包含相對於頂蓋層 130 及吸收體圖案 150 具有蝕刻選擇性的材料。緩衝圖案 140 可被稱為蝕刻停止圖案。緩衝圖案 140 可包含含矽材料、含金屬材料、金屬氮化物、及/或金屬氧化物。緩衝圖案 140 可包含例如以下中的至少一者：矽（Si）、氮化矽（SiN）、氧化矽（SiO₂）、氮氧化矽（SiON）、硼酸鈦（TaBO）、氧化鈦（TaO）、氮氧化鈦（TaON）、氮化鈦（TaN）、氮化硼化鈦（TaBN）、氮化鈦（TiN）、鈮（Nb）、及/或鈦（Ta）。

【0042】 可暴露出吸收體圖案 150 的頂表面。舉例而言，吸收體

圖案 150 可為相移光罩 500 的上部層且被暴露出而未被任何物覆蓋。吸收體圖案 150 可被稱為相移圖案。吸收體圖案 150 可包含氮（原子）及鉻（原子）。吸收體圖案 150 可更包含氧（原子）。吸收體圖案 150 可包含例如氮化鉻（CrN）及/或氮氧化鉻（CrON）中的至少一者。吸收體圖案 150 的折射率及消光係數可端視吸收體圖案 150 的氮含量、密度、及/或沈積條件而改變。舉例而言，吸收體圖案 150 中的氮（原子）的含量可介於 5 原子%至 70 原子%的範圍內。吸收體圖案 150 相對於 EUV 光的折射率可介於例如 0.925 至 0.935 的範圍內，且吸收體圖案 150 相對於 EUV 光的消光係數可介於 0.03 至 0.04 的範圍內。

【0043】 根據距頂蓋層 130 的頂表面的距離，可逐步、不連續地、逐漸地及/或連續地改變吸收體圖案 150 中的氮含量。舉例而言，吸收體圖案 150 可具有其中氮與鉻的組成在各處是均勻的單層式結構，及/或吸收體圖案 150 可具有包括具有氮與鉻的不同組成的二或更多個層的多層式結構。以下將參照圖 4A 及圖 4B 闡述多層式結構。

【0044】 圖 4A 至圖 4C 示出根據本發明概念一些示例性實施例的吸收體圖案的詳細結構。

【0045】 參照圖 4A，吸收體圖案 150 可包括第一吸收體部分 150a 及位於第一吸收體部分 150a 上的第二吸收體部分 150b。第一吸收體部分 150a 及第二吸收體部分 150b 可各自包含氮及鉻。第一吸收體部分 150a 的氮含量可不同於第二吸收體部分 150b 的氮含

量。舉例而言，第一吸收體部分 150a 的氮含量可大於第二吸收體部分 150b 的氮含量。儘管示出為不同的部分，但第一吸收體部分 150a 與第二吸收體部分 150b 之間的介面可能由於例如介面處氮及/或鉻含量的一些遷移而為可見的、不可見的及/或不清晰的。

【0046】 參照圖 4B，吸收體圖案 150 可更包括位於第二吸收體部分 150b 上的第三吸收體部分 150c。第一吸收體部分 150a、第二吸收體部分 150b 及第三吸收體部分 150c 可包含氮及鉻。第一吸收體部分 150a 的氮含量可大於第三吸收體部分 150c 的氮含量且可小於第二吸收體部分 150b 的氮含量。第一吸收體部分 150a、第二吸收體部分 150b 及第三吸收體部分 150c 之間的邊界部分可為可見的、不可見的及/或不清晰的。在圖 4A 及圖 4B 中，第一吸收體部分 150a、第二吸收體部分 150b 及/或第三吸收體部分 150c 中的一者可更包含氧。第一吸收體部分 150a、第二吸收體部分 150b 及/或第三吸收體部分 150c 可分別被稱為第一子吸收體層、第二子吸收體層及第三子吸收體層。換言之，吸收體圖案 150 可包括依序堆疊的第一子吸收體層 150a、第二子吸收體層 150b 及第三子吸收體層 150c，且第一子吸收體層 150a、第二子吸收體層 150b 及第三子吸收體層 150c 中的氮含量可彼此不同。

【0047】 作為另外一種選擇，如圖 4C，吸收體圖案 150 中的氮含量可隨著距頂蓋層 130 的頂表面的距離增加而逐漸且連續地增加，及/或吸收體圖案 150 中的氮含量可隨著距頂蓋層 130 的頂表面的距離增加而逐漸且連續地減少。

【0048】 圖 5 是示出根據本發明概念一些示例性實施例的相移光罩的一部分的剖視圖。

【0049】 參照圖 5，頂蓋層 130 可在與基板 100 的第一表面 100a 垂直的方向上具有第一厚度 T1。緩衝圖案 140 可在與基板 100 的第一表面 100a 垂直的方向上具有第二厚度 T2。吸收體圖案 150 可在與基板 100 的第一表面 100a 垂直的方向上具有第三厚度 T3。第三厚度 T3 可大於第一厚度 T1 及第二厚度 T2。吸收體圖案 150 可具有較真空的折射率 n_1 小的折射率 n_2 。舉例而言，在以真空的折射率 n_1 歸一化的折射率標度（scale）中，折射率 n_2 可小於 1。吸收體圖案 150 的折射率 n_2 可小於緩衝圖案 140 的折射率。吸收體圖案 150 的消光係數可大於頂蓋層 130 的消光係數及緩衝圖案 140 的消光係數。

【0050】 當吸收體圖案 150 由氮化鉻形成且具有例如約 10 原子%的氮含量時，藉由菲涅耳（Fresnel）方程式計算的氮化鉻的折射率的實驗值（ n ）被確定為約 0.927，且氮化鉻的消光係數被確定為約 0.039。當緩衝圖案 140 由矽形成時，緩衝圖案 140 的折射率可為約 1。當緩衝圖案 140 由 TaBN 形成時，緩衝圖案 140 的折射率可為約 0.949。

【0051】 參照圖 5，第一 EUV 光 IL1 及第二 EUV 光 IL2 可入射至基板 100 的第一表面 100a。第一 EUV 光 IL1 及第二 EUV 光 IL2 可具有例如第一波長 λ_1 （例如，約 13.5 奈米的第一 FWHM 波長）。第一 EUV 光 IL1 可穿行過開口 150P，且然後可自反射層 120 的表

面被反射，進而被形成為第一反射 EUV 光 RL1。第二 EUV 光 IL2 可穿行過吸收體圖案 150，且然後可自反射層 120 的表面被反射，進而被形成為第二反射 EUV 光 RL2。第二 EUV 光 IL2 的一部分可在吸收體圖案 150 中被吸收，且因此第二反射 EUV 光 RL2 的振幅（amplitude）可小於第二 EUV 光 IL2 的振幅。

【0052】 吸收體圖案 150 可被配置成吸收第二 EUV 光 IL2 的一部分。因此，入射至吸收體圖案 150 的第二 EUV 光 IL2 的反射率可小於入射至開口 150P 的第一 EUV 光 IL1 的反射率。入射至吸收體圖案 150 的第二 EUV 光 IL2 的反射率可端視吸收體圖案 150 的材料的消光係數（ k ）及/或吸收體圖案 150 的厚度而改變。舉例而言，入射至吸收體圖案 150 的第二 EUV 光 IL2 的反射率可隨著吸收體圖案 150 的材料的消光係數（ k ）減小及/或隨著吸收體圖案 150 的厚度減小而增加。

【0053】 吸收體圖案 150 可被配置成對第二反射 EUV 光 RL2 的相位進行移位。舉例而言，穿過材料的光的波長可隨著材料的折射率降低而增加。由於吸收體圖案 150 的折射率小於真空的折射率，因此真空中的第二 EUV 光 IL2 的第一波長 λ_1 可被增加至吸收體圖案 150 中的第二波長 λ_2 。由於吸收體圖案 150 中的波長的改變，因此經由吸收體圖案 150 發出的第二反射 EUV 光 RL2 的相位可不同於第一反射 EUV 光 RL1 的相位。此相位差可隨著吸收體圖案 150 的材料的折射率降低及/或隨著吸收體圖案 150 的厚度增加而增加。

【0054】 頂蓋層 130 的第一厚度 T1 及緩衝圖案 140 的第二厚度 T2 可小於第一波長 λ_1 。因此，頂蓋層 130 及緩衝圖案 140 可對第二反射 EUV 光 RL2 的相移具有相對弱的影響。吸收體圖案 150 的第三厚度 T3 可大於第一波長 λ_1 。因此，吸收體圖案 150 可主要影響第二反射 EUV 光 RL2 的相移。

【0055】 在一些示例性實施例中，第一厚度 T1 及第二厚度 T2 中的每一者可介於 EUV 光 IL1 或 IL2 的第一波長 λ_1 的約 29%至約 75%的範圍內。第三厚度 T3 可介於 EUV 光 IL1 及/或 IL2 的第一波長 λ_1 的約 296%至約 408%的範圍內。舉例而言，當例如 EUV 光 IL1 或 IL2 的第一波長 λ_1 為約 13.5 奈米時，第一厚度 T1 及第二厚度 T2 可各自獨立地介於約 4 奈米至約 10 奈米的範圍內，且第三厚度 T3 可介於約 40 奈米至約 55 奈米的範圍內。由於吸收體圖案 150 具有第三厚度 T3，因此第二反射 EUV 光 RL2 可相對於第一反射 EUV 光 RL1 具有約 170 度至約 235 度的相位差。

【0056】 藉由相位差，在第二反射 EUV 光 RL2 與第一反射 EUV 光 RL1 之間可能出現相消干涉。當對圖 1 所示光阻層 2 實行使用相移光罩 500 的曝光製程時，照射至與吸收體圖案 150 對應的光阻層的區的 EUV 光的強度可藉由反射的 EUV 光 RL1 與反射的 EUV 光 RL2 之間的相消干涉而降低。舉例而言，投影於光阻層上的影像可具有高的歸一化影像對數斜率 (NILS)，且因此可容易地在光阻層上達成高解析度影像。

【0057】 圖 6A 是示出根據本發明概念一些示例性實施例的歸一

化影像對數斜率（NILS）值隨著相移光罩的吸收體圖案的厚度變化的曲線圖。

【0058】 參照圖 6A，製備樣本，在樣本中將具有 4 奈米的厚度的包含鈦的層用作頂蓋層 130，將具有 4 奈米的厚度的包含 TaBO 的層用作緩衝圖案 140，且將包含氮化鉻（CrN）的層用作吸收體圖案 150。此處，在整個吸收體圖案 150 中，氮含量均勻地固定至約 10 原子%。在一個樣本中，吸收體圖案 150 具有節距為 36 奈米（1x）的線與間距（line-and-space，L/S）圖案形狀（例如，線圖案的寬度為 18 奈米且線圖案之間間距為 18 奈米）。在另一樣本中，吸收體圖案 150 具有節距相同的接觸孔結構圖案形狀。模擬出 NILS 值隨著樣本中的吸收體圖案 150 的厚度變化，且模擬結果示出於圖 6A 中。在圖 6A 中，當由氮化鉻（CrN）形成的吸收體圖案的厚度為約 48.5 奈米時，L/S 圖案及孔結構圖案二者示出最大 NILS 值（例如，L/S 圖案的 NILS 值為約 2.75）。另外，當吸收體圖案的厚度為約 42 奈米時示出非常高的 NILS 值（例如，L/S 圖案的 NILS 值為約 2.70）。總體而言，當吸收體圖案 150 的厚度介於約 40 奈米至約 55 奈米的範圍內時示出極佳的 NILS 值（例如，L/S 圖案的 NILS 值介於 2.35 至約 2.75 的範圍內）。因此，根據圖 6A，具有處於約 40 奈米至約 55 奈米之間的厚度的由氮化鉻（CrN）形成的吸收體圖案 150 可表現出極佳的 NILS 值。

【0059】 圖 6B 是示出根據本發明概念一些示例性實施例的透射率及相位差隨著相移光罩的吸收體圖案的厚度變化的曲線圖。

【0060】 參照圖 6B，模擬出在與圖 6A 相同的條件下，相移光罩中的透射率及相位差隨著具有 L/S 圖案形狀的吸收體圖案的厚度變化，且模擬結果示出於圖 6B 中。此處，透射率可為相對於反射層 120 的相對反射率（例如，透射率= $R_{\text{ABS}}/R_{\text{ML}}$ ，其中 R_{ABS} 表示吸收體圖案 150 的反射率且 R_{ML} 表示反射層 120 的反射率）。根據圖 6B，隨著吸收體圖案的厚度增加，透射率可能降低，但相位差可能增加。當吸收體圖案 150 的厚度介於約 40 奈米至約 55 奈米的範圍內時，相位差可介於約 170 度至約 235 度的範圍內，且透射率可介於約 0.8%至約 7.5%的範圍內。當由氮化鉻（CrN）形成的吸收體圖案的厚度為約 48.5 奈米時，相位差可為約 216 度，且透射率可為約 3.5%。具有帶有約 48.5 奈米的厚度的由氮化鉻（CrN）形成的吸收體圖案的相移光罩 500 可抑制當鈦及/或鉬被施加至吸收體圖案時出現的旁瓣缺陷（sidelobe defect）。因此，可將相移光罩 500 應用於製造包括邏輯元件的所有半導體元件的製程。

【0061】 圖 6C 是示出根據本發明概念的示例性實施例及比較例的 NILS 值隨著相移光罩中的劑量的量變化的曲線圖。

【0062】 參照圖 6C，類似於圖 6A 的條件，根據本發明概念示例性實施例的相移光罩被設定為包括具有 4 奈米的厚度的鈦層作為頂蓋層 130、具有 4 奈米的厚度的 TaBO 的層作為緩衝圖案 140、以及具有 48.5 奈米的厚度的氮化鉻（CrN）層作為吸收體圖案 150。此處，吸收體圖案具有 L/S 圖案形狀。另外，根據比較例的相移光罩被設定為包括具有 54.5 奈米的厚度的 TaBN 的層作為吸

收體圖案，且根據比較例的相移光罩的其他結構與根據上述包含 CrN 的示例性實施例的相移光罩的對應結構相同。模擬出 NILS 值隨著相移光罩中的光源的劑量的量變化，且模擬結果示出於圖 6C 中。如圖 6C 中所示，根據本發明概念實施例的相移光罩的 NILS 值總體上高於根據比較例的相移光罩的值。舉例而言，在約 67 兆焦耳的劑量的量下，比較例的 NILS 值為約 2.5，但在相同劑量的量（67 兆焦耳）下，實施例的 NILS 值為約 2.725。換言之，與比較例相比，示例性實施例的 NILS 值可增加約 9%。另外，示例性實施例可能需要約 50 兆焦耳的劑量的量以具有與比較例相同的 NILS 值（約 2.5），且因此劑量的量可減少約 25%。因此，當使用根據示例性實施例的相移光罩 500 時，可藉由提高通量（throughput）來提高生產率。另外，可提高圖案化品質。舉例而言，可降低線邊緣粗糙度（line edge roughness，LER）、局部臨界尺寸均勻性（local critical dimension uniformity，LCDU）、單線開路（single line open，SLO）及/或缺失接觸（missing contact）。因此，當使用相移光罩 500 對光阻層實行曝光製程時，可形成具有精細節距及精確形狀的光阻圖案。可使用光阻圖案對蝕刻目標層進行蝕刻。由於使用光阻圖案實行圖案化製程，因此可提供及/或達成製造半導體元件的方法，所述方法能夠減少製程缺陷且提高生產率。

【0063】 圖 7A 至圖 7C 是示出根據本發明概念一些示例性實施例的製造圖 3 所示相移光罩的製程的剖視圖。

【0064】 參照圖 7A，可提供基板 100。基板 100 可包含具有低熱膨脹係數的材料。舉例而言，基板 100 可包含玻璃及/或矽（Si）。基板 100 可包括圖案區 PA 及黑色邊界區 BA，如參照圖 2 所述。

【0065】 可在基板 100 的第二表面 100b 上形成下部導電層 110。下部導電層 110 可包含例如 CrN，且可使用濺鍍沈積製程形成。

【0066】 可在基板 100 的第一表面 100a 上形成反射層 120。反射層 120 的形成可包括在基板 100 的第一表面 100a 上交替且重複地形成低折射率層 122 與高折射率層 124。低折射率層 122 與高折射率層 124 可例如交替地堆疊約 40 次至約 60 次，且可使用例如濺鍍沈積製程形成。在一些示例性實施例中，反射層 120 的形成可包括對邊界區 BA 上的反射層 120 的第二部分 S2 實行雷射退火製程。因此，可藉由雷射退火製程將第二部分 S2 的低折射率層 122 與高折射率層 124 彼此混雜。因此，反射層 120 可包括第一部分 S1 以及第二部分 S2，在第一部分 S1 中，低折射率層 122 與高折射率層 124 交替地堆疊於圖案區 PA 上，在第二部分 S2 中，低折射率層 122 與高折射率層 124 在邊界區 BA 上彼此混雜。

【0067】 可在反射層 120 上形成頂蓋層 130。頂蓋層 130 可包含例如鈣，且可使用濺鍍沈積製程形成。頂蓋層 130 可被形成為具有第一厚度 T1，如參照圖 5 所述。

【0068】 可在頂蓋層 130 上形成緩衝層 140L。緩衝層 140L 可被形成為具有第二厚度 T2，如參照圖 5 所述。緩衝層 140L 可包含相對於頂蓋層 130 具有蝕刻選擇性的材料。緩衝層 140L 可被稱為

蝕刻停止層。另外，緩衝層 140L 可包含相對於稍後將闡述的吸收體層 150L 具有蝕刻選擇性的材料。舉例而言，緩衝層 140L 可包含 Si、SiN、SiO₂、SiON、TaBO、TaO、TaON、TaN、TaBN、TiN、Nb、及/或 Ta 中的至少一者。可例如基於在後續製程中用於形成吸收體圖案 150 的蝕刻氣體的種類來選擇緩衝層 140L 的材料。可使用例如化學氣相沈積（chemical vapor deposition，CVD）製程及/或濺鍍沈積製程來形成緩衝層 140L。

【0069】 可在緩衝層 140L 上形成吸收體層 150L。吸收體層 150L 可被形成為具有第三厚度 T3，如參照圖 5 所述。可使用例如化學氣相沈積（CVD）製程及/或濺鍍沈積製程來形成吸收體層 150L。吸收體層 150L 可被形成為包含氮及鉻。吸收體層 150L 可更包含氧。吸收體層 150L 可由其中氮與鉻的組成在各處是均勻的單個層形成及/或吸收體層 150L 可由其中氮與鉻的組成端視高度而改變的多個層形成。吸收體層 150L 可被形成為具有參照圖 4A、圖 4B 及/或圖 4C 闡述的氮含量分佈。為達成該結果，當沈積吸收體層 150L 時，可改變包含氮的氣體的流動速率及/或濺鍍條件。吸收體層 150L 可更包含氧。吸收體層 150L 可包含氮化鉻（CrN）及/或氮氧化鉻（CrON）中的至少一者。

【0070】 參照圖 7B，可向邊界區 BA 上的反射層 120 的第二部分 S2 照射雷射，且因此第二部分 S2 可被退火以形成混雜結構。

【0071】 參照圖 7B 及圖 7C，可在吸收體層 150L 上形成光罩圖案 MK。光罩圖案 MK 可由與緩衝層 140L 相同的材料及/或與緩衝

層 140L 的材料不同的材料形成。舉例而言，光罩圖案 MK 可為光阻圖案。作為另外一種選擇，光罩圖案 MK 可為硬光罩圖案，且光罩圖案 MK 可包含含矽材料、含金屬材料、金屬氮化物、及/或金屬氧化物。舉例而言，光罩圖案 MK 可包含 SiN、SiO₂、SiON、TaBO、TaO、TaON、TaN、TaBN、TiN、Nb、及/或 Ta 中的至少一者。可例如基於在後續製程中吸收體圖案 150 的形成中將使用的蝕刻氣體的種類來選擇光罩圖案 MK 的材料。

【0072】 可使用光罩圖案 MK 作為蝕刻光罩來對吸收體層 150L 進行蝕刻，以形成吸收體圖案 150 及開口 150P，開口 150P 暴露出吸收體圖案 150 中所包括的結構之間的緩衝層 140L 的頂表面。對吸收體層 150L 進行蝕刻可包括使用蝕刻氣體，例如包含氟的氟系蝕刻氣體及/或包含氯的氯系蝕刻氣體。氟系蝕刻氣體可為例如 SF₆、CF₄、及/或 CHF₃。氯系蝕刻氣體可為例如 Cl₂。當吸收體層 150L 被氟系蝕刻氣體蝕刻時，光罩圖案 MK 及緩衝層 140L 可包含例如 SiN、SiO₂、SiON、TaBO、TaO、及/或 TaON。當吸收體層 150L 被氯系蝕刻氣體蝕刻時，光罩圖案 MK 及緩衝層 140L 可包含例如 TaN、TaBN、TiN、Nb、及/或 Ta。

【0073】 參照圖 7C 及圖 3，可實行非等向性蝕刻製程來移除光罩圖案 MK。此時，緩衝層 140L 亦可被蝕刻以形成緩衝圖案 140 且暴露出頂蓋層 130 的頂表面。頂蓋層 130 可相對於緩衝層 140L 具有極佳的蝕刻選擇性，且因此頂蓋層 130 在非等向性蝕刻製程中可能幾乎不會被損壞。因此，可製造出圖 3 所示相移光罩 500。

【0074】 隨後，可對相移光罩 500 進行清潔，且可實行檢查製程以查看相移光罩 500 的表面處是否存在被蝕刻損壞的部分。當存在被蝕刻損壞的所述部分時，可實行修復製程。可使用包括氙(Xe)及/或氟(F)氣體的修復氣體來實行修復製程。

【0075】 同時，若緩衝層 140L 不存在，則頂蓋層 130 的頂表面可能由於在例如吸收體層 150L 的氮化鉻與頂蓋層 130 的鈦之間可能幾乎不存在蝕刻選擇性而被形成吸收體圖案 150 的蝕刻製程損壞。在此種情形中，頂蓋層 130 的鈦可能不與修復製程中所使用的修復氣體發生反應，且因此可能難以修復頂蓋層 130 的頂表面的被損壞的所述部分。然而，根據本發明概念的一些示例性實施例，可使用相對於頂蓋層 130 及吸收體層 150L 具有極佳的蝕刻選擇性的緩衝層 140L 來防止對頂蓋層 130 的頂表面的蝕刻損壞，且因此，可製造能夠減少製程缺陷且提高生產率的高品質相移光罩。

【0076】 若吸收體圖案 150 由不同的材料（例如，鈦、鉬、鈮、銻、鉑、及/或銀），而非氮化鉻(CrN)及/或氮氧化鉻(CrON)形成，則可能難以使用包含氟及/或氯的蝕刻氣體實行蝕刻製程。因此，製程缺陷可能增加，且生產率可能降低。因此，在本發明概念的一些示例性實施例中，可使用具有高可行性的氮化鉻作為吸收體圖案 150，且因此可提高生產率。

【0077】 圖 8 是示出根據本發明概念一些示例性實施例的相移光罩的剖視圖。

【0078】 參照圖 8，在根據本實施例的相移光罩 501 中，緩衝層

140L 可直接位於反射層 120 上。舉例而言，反射層 120 的整個頂表面可與緩衝層 140L 直接接觸。此處，緩衝層 140L 可由含矽層形成。舉例而言，緩衝層 140L 可包含 Si、SiN、SiO₂、及/或 SiON 中的至少一者。吸收體圖案 150 可具有與參照圖 3 至圖 5 所闡述相同的材料及結構。吸收體圖案 150 可位於緩衝層 140L 上。舉例而言，吸收體圖案 150 可直接位於緩衝層 140L 上。緩衝層 140L 可在形成吸收體圖案 150 時用作蝕刻停止層且亦可用作防止反射層 120 的蝕刻損壞及/或保護反射層 120 的頂蓋層。舉例而言，緩衝層 140L 可防止反射層的氧化。在本實施例中，緩衝層 140L 可被稱為蝕刻停止層及/或頂蓋層。緩衝層 140L 可具有參照圖 5 闡述的第二厚度 T2。吸收體圖案 150 可具有參照圖 5 闡述的第三厚度 T3。第二厚度 T2 及第三厚度 T3 可與上述相同。緩衝層 140L 的折射率可大於吸收體圖案 150 的折射率。緩衝層 140L 的頂表面可藉由吸收體圖案 150 中所包括的結構之間的開口 150P 暴露出。其他結構可與參照圖 3 至圖 5 所闡述相同/相似。

【0079】 圖 9 是示出製造圖 8 所示相移光罩的製程的剖視圖。為避免冗餘，將省略與製造具有相同參考編號的組件的製程相關聯的附加說明，且將主要闡述製程之間的不同之處。

【0080】 參照圖 9，可在基板 100 的第二表面 100b 上形成下部導電層 110。可在基板 100 的第一表面 100a 上依序地形成反射層 120、緩衝層 140L 及吸收體層 150L。此時，可省略頂蓋層 130。可例如利用雷射照射反射層 120，以在反射層 120 的第二部分 S2

中形成混雜結構。可在吸收體層 150L 上形成光罩圖案 MK。光罩圖案 MK 可由相對於吸收體層 150L 及緩衝層 140L 二者具有蝕刻選擇性的材料形成。舉例而言，光罩圖案 MK 可為光阻圖案。作為另外一種選擇，光罩圖案 MK 可包含 TaBO、TaO、TaON、TaN、TaBN、TiN、Nb、及/或 Ta 中的至少一者。可使用光罩圖案 MK 作為蝕刻光罩來蝕刻吸收體層 150L，以形成吸收體圖案 150 且藉由吸收體圖案 150 中所包括的結構之間的開口 150P 暴露出緩衝層 140L 的頂表面。接下來，參照圖 8，可選擇性地移除光罩圖案 MK 以暴露出吸收體圖案 150 的頂表面。

【0081】 可在根據本實施例的相移光罩 501 中省略由釐形成的頂蓋層 130（參見圖 3），且因此可簡化製程且可提高良率。

【0082】 根據本發明概念的用於 EUV 微影的相移光罩可包括包含鉻及氮的吸收體圖案，且因此可達成高解析度影像。吸收體圖案可具有相較於緩衝圖案更小的折射率及更大的厚度，且因此可增加 EUV 光的相移度。因此，可使用相移光罩容易地達成高解析度影像。另外，當將含矽層用作緩衝層時，可省略由釐形成的頂蓋層。在此種情形中，可簡化結構及製程。因此，可提供用於 EUV 微影的相移光罩，所述相移光罩能夠達成高解析度影像。

【0083】 根據本發明概念的製造半導體元件的方法可使用用於 EUV 微影的相移光罩來減少製程缺陷且提高生產率。

【0084】 在製造用於 EUV 微影的相移光罩的方法中，根據本發明概念的一些示例性實施例，緩衝層及光罩圖案可由相對於吸收

體圖案及頂蓋層具有極佳的蝕刻選擇性的材料形成。因此，可減少製程缺陷且可提高生產率。

【0085】 儘管已參照一些示例性實施例闡述了本發明概念，然而對熟習此項技術者而言將顯而易見的是，在不背離本發明概念的精神及範圍的條件下，可作出各種改變及修改。因此，應理解，以上實施例並非限制性的，而為例示性的。因此，本發明概念的範圍將由以下申請專利範圍及其等效範圍所許可的最廣範圍的解釋來確定，而不應受上述說明約束或限制。

【符號說明】

【0086】

- 1:蝕刻目標層
- 2:光阻層
- 10:光源單元
- 11:極紫外光/EUV 光
- 20:聚光器單元
- 22:聚光器光學裝置
- 32:光罩台
- 40:投影單元
- 42:投影光學裝置
- 50:晶圓
- 52:晶圓台
- 90:控制器

100:基板

100a:第一表面

100b:第二表面

102:主圖案區

104:子圖案區

110:下部導電層

120:反射層

122:低折射率層/最下部低折射率層

124:高折射率層/最上部高折射率層

130:頂蓋層

140:緩衝圖案

140L:緩衝層

150:吸收體圖案

150a:第一吸收體部分/第一子吸收體層

150b:第二吸收體部分/第二子吸收體層

150c:第三吸收體部分/第三子吸收體層

150L:吸收體層

150P:開口

500、501:相移光罩

1000:EUV 微影設備/微影設備

BA:邊界區/黑色邊界區

IL1:第一 EUV 光/EUV 光

IL2:第二 EUV 光/EUV 光

MK:光罩圖案

n1、n2:折射率

PA:圖案區

RL1:反射的 EUV 光/第一反射 EUV 光

RL2:反射的 EUV 光/第二反射 EUV 光

S1:第一部分

S2:第二部分

T1:第一厚度

T2:第二厚度

T3:第三厚度

λ_1 :第一波長

λ_2 :第二波長

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種相移光罩，用於極紫外光微影，包括：

基板；

反射層，位於所述基板上；

頂蓋層，位於所述反射層上；

緩衝圖案，位於所述頂蓋層上，所述緩衝圖案包括開口，所述開口暴露出所述頂蓋層的表面；以及

吸收體圖案，位於所述緩衝圖案上，所述吸收體圖案包括較所述緩衝圖案的折射率小的折射率及具有較所述緩衝圖案的厚度大的厚度，

其中所述緩衝圖案包含相對於所述吸收體圖案及所述頂蓋層具有蝕刻選擇性的材料。

【請求項2】 如請求項 1 所述的相移光罩，其中所述吸收體圖案包含氮化鉻（CrN）或氮氧化鉻（CrON）中的至少一者。

【請求項3】 如請求項 2 所述的相移光罩，其中所述吸收體圖案中的氮（N）的含量介於 5 原子%至 70 原子%的範圍內。

【請求項4】 如請求項 1 所述的相移光罩，其中所述吸收體圖案包括依序堆疊的第一子吸收體層與第二子吸收體層，且

所述第一子吸收體層中的氮的含量不同於所述第二子吸收體層中的氮的含量。

【請求項5】 如請求項 1 所述的相移光罩，其中所述吸收體圖案的所述厚度介於 40 奈米至 55 奈米的範圍內，且

所述緩衝圖案的所述厚度介於 4 奈米至 10 奈米的範圍內。

【請求項6】 如請求項 1 所述的相移光罩，其中所述緩衝圖案包含以下中的至少一者：矽（Si）、氮化矽（SiN）、氧化矽（SiO₂）、氮氧化矽（SiON）、硼酸鉭（TaBO）、氧化鉭（TaO）、氮氧化鉭（TaON）、氮化鉭（TaN）、氮化硼化鉭（TaBN）、氮化鈦（TiN）、鈮（Nb）、或鉭（Ta）。

【請求項7】 如請求項 1 所述的相移光罩，其中所述吸收體圖案被配置成使經由所述吸收體圖案反射的極紫外光相對於經由所述開口反射的極紫外光包括 170 度至 235 度的相位差。

【請求項8】 一種相移光罩，用於極紫外光微影，包括：

基板，位於導電層上；

反射層，位於所述基板上；

頂蓋層，位於所述反射層上；以及

吸收體圖案，位於所述頂蓋層上，所述吸收體圖案包括開口，所述開口暴露出所述頂蓋層的表面，

其中所述吸收體圖案包含氮及鉻，且

其中所述吸收體圖案中的氮的含量介於 5 原子%至 70 原子%的範圍內。

【請求項9】 如請求項 8 所述的相移光罩，其中所述頂蓋層包含相對於所述吸收體圖案具有蝕刻選擇性的材料，且

所述吸收體圖案的厚度大於所述頂蓋層的厚度。

【請求項10】 如請求項 9 所述的相移光罩，其中所述頂蓋層包

含矽 (Si)、氮化矽 (SiN)、氧化矽 (SiO₂)、或氮氧化矽 (SiON) 中的至少一者。

【請求項11】 如請求項 8 所述的相移光罩，其中所述吸收體圖案更包含氧。

【請求項12】 如請求項 8 所述的相移光罩，其中所述吸收體圖案中的所述氮的含量根據高度而不連續地或者緩慢地改變。

【請求項13】 如請求項 8 所述的相移光罩，更包括：
緩衝圖案，位於所述頂蓋層與所述吸收體圖案之間，
其中所述緩衝圖案包含相對於所述吸收體圖案具有蝕刻選擇性的材料。

【請求項14】 如請求項 13 所述的相移光罩，其中所述緩衝圖案包含以下中的至少一者：矽 (Si)、氮化矽 (SiN)、氧化矽 (SiO₂)、氮氧化矽 (SiON)、硼酸鉭 (TaBO)、氧化鉭 (TaO)、氮氧化鉭 (TaON)、氮化鉭 (TaN)、氮化硼化鉭 (TaBN)、氮化鈦 (TiN)、鈮 (Nb)、或鉭 (Ta)，且

所述頂蓋層包含鈣。

【請求項15】 如請求項 13 所述的相移光罩，其中所述吸收體圖案的厚度介於 40 奈米至 55 奈米的範圍內，且

所述緩衝圖案的厚度介於 4 奈米至 10 奈米的範圍內。

【請求項16】 如請求項 8 所述的相移光罩，其中所述基板包括邊界區及圖案區，

所述反射層包括交替堆疊的低折射率層與高折射率層，且

所述邊界區上的所述低折射率層與所述高折射率層彼此混雜。

【請求項17】 一種相移光罩，用於極紫外光微影，包括：

基板；

反射層，位於所述基板上；

頂蓋層，位於所述反射層上；

緩衝圖案，位於所述頂蓋層上，所述緩衝圖案包括開口，所述開口暴露出所述頂蓋層的表面；以及

吸收體圖案，位於所述緩衝圖案上，所述吸收體圖案包含氮及鉻，

其中所述緩衝圖案包含相對於所述吸收體圖案具有蝕刻選擇性的材料，且

其中所述吸收體圖案中的氮的含量根據距所述緩衝圖案的距離而不連續地或者緩慢地改變。

【請求項18】 如請求項 17 所述的相移光罩，其中所述吸收體圖案的折射率小於所述緩衝圖案的折射率，且

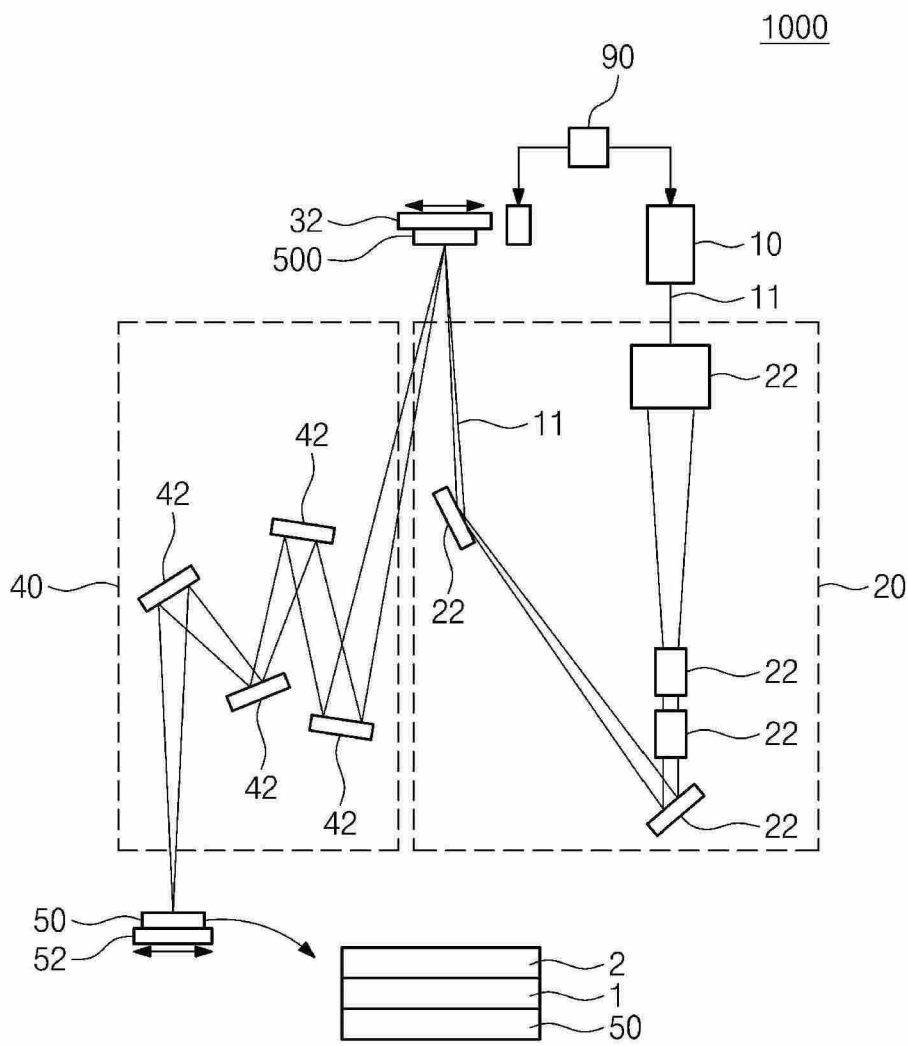
所述吸收體圖案的厚度大於所述緩衝圖案的厚度。

【請求項19】 如請求項 17 所述的相移光罩，其中所述吸收體圖案的厚度大於極紫外光的半峰全寬波長，且所述緩衝圖案的厚度小於所述極紫外光的所述半峰全寬波長。

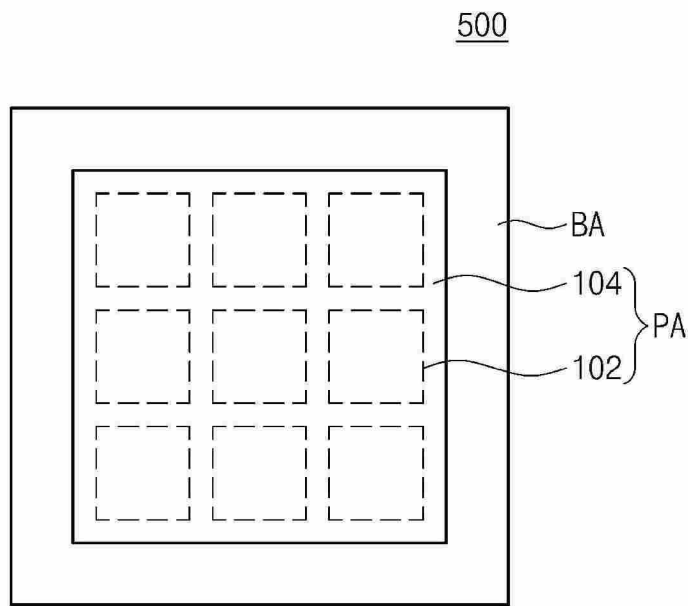
【請求項20】 如請求項 17 所述的相移光罩，其中所述緩衝圖案包含以下中的至少一者：矽(Si)、氮化矽(SiN)、氧化矽(SiO₂)、

氮氧化矽 (SiON)、硼酸鉭 (TaBO)、氧化鉭 (TaO)、氮氧化鉭 (TaON)、氮化鉭 (TaN)、氮化硼化鉭 (TaBN)、氮化鈦 (TiN)、鈮 (Nb)、或鉭 (Ta)。

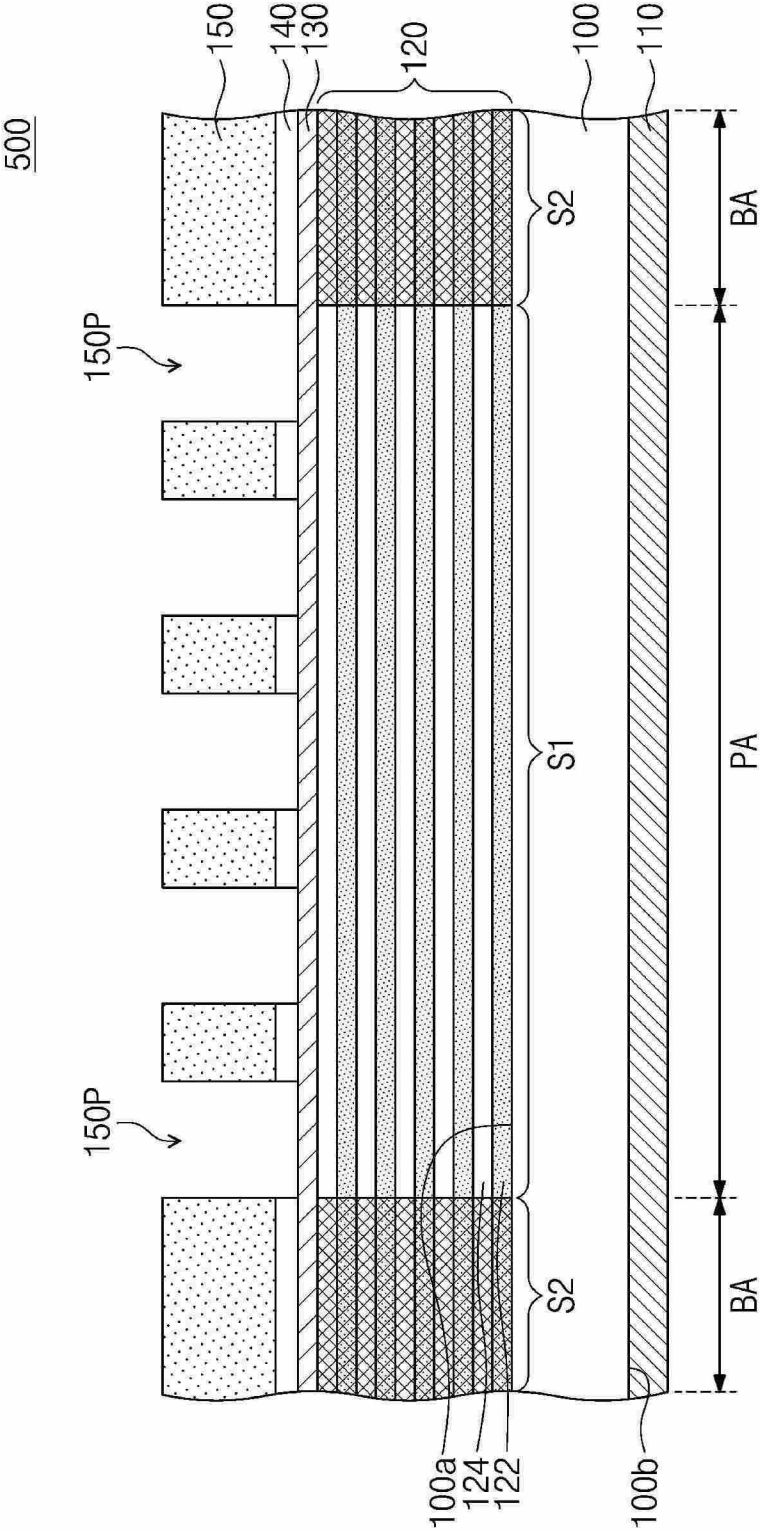
【發明圖式】



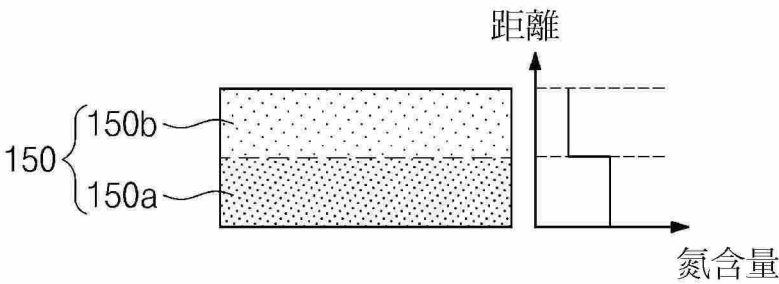
【圖1】



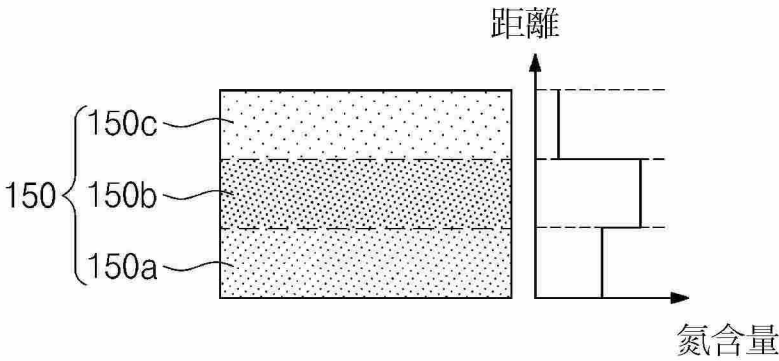
【圖2】



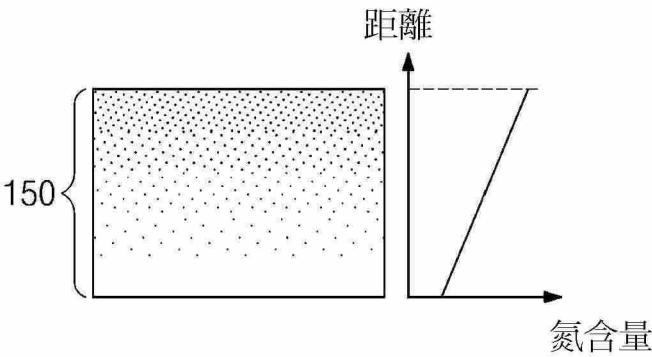
【圖3】



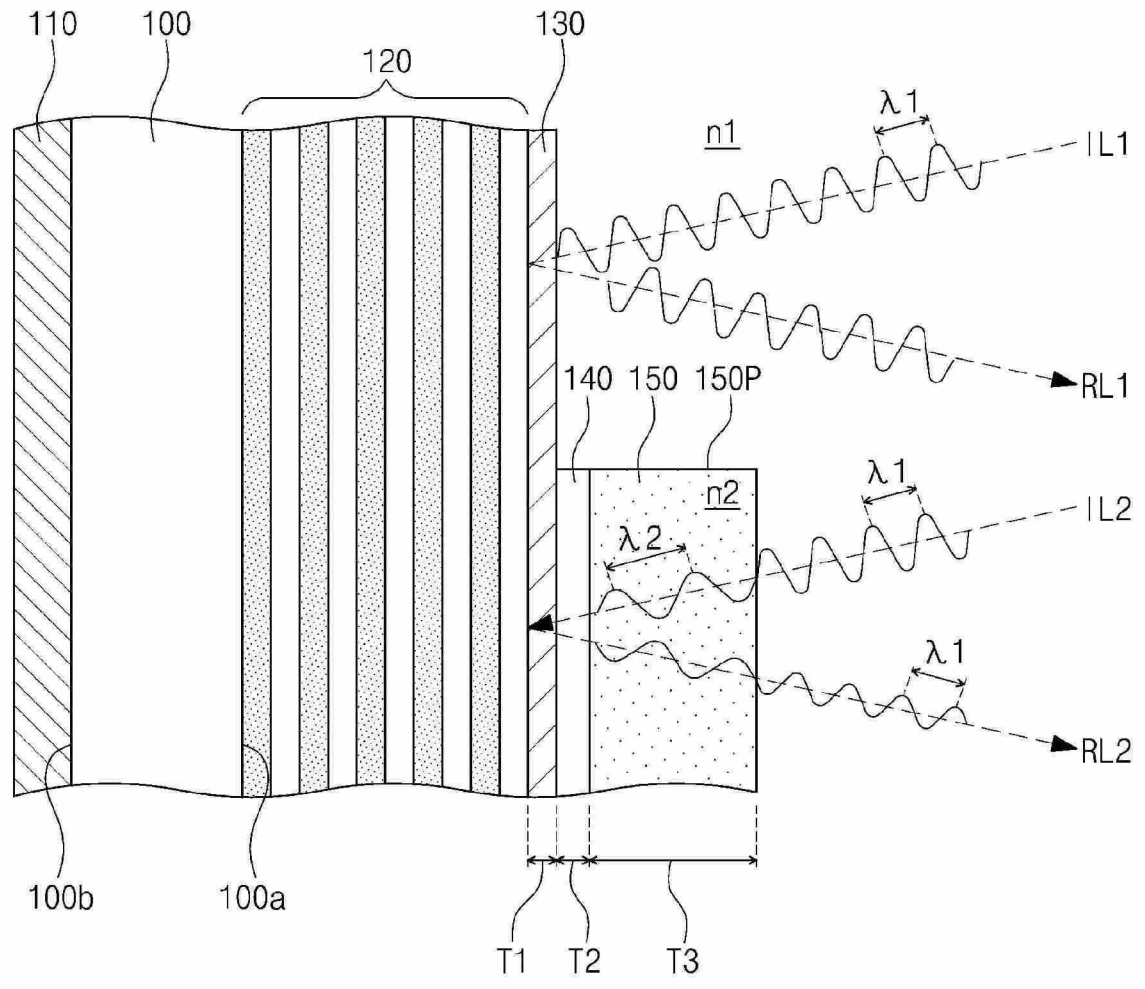
【圖4A】



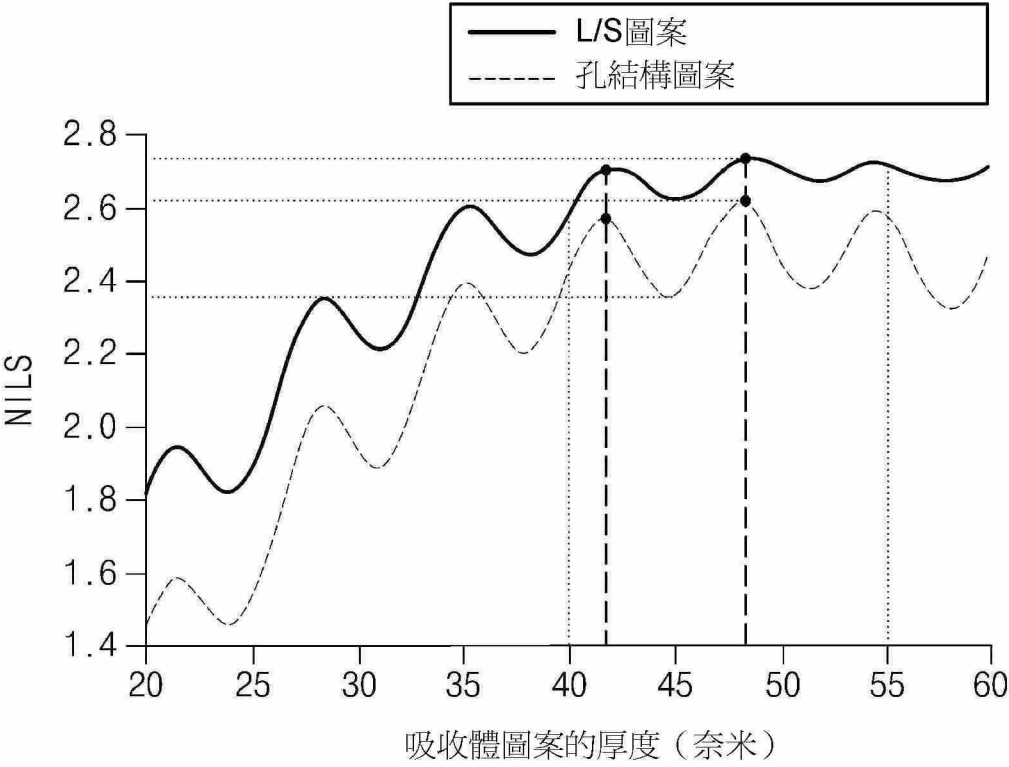
【圖4B】



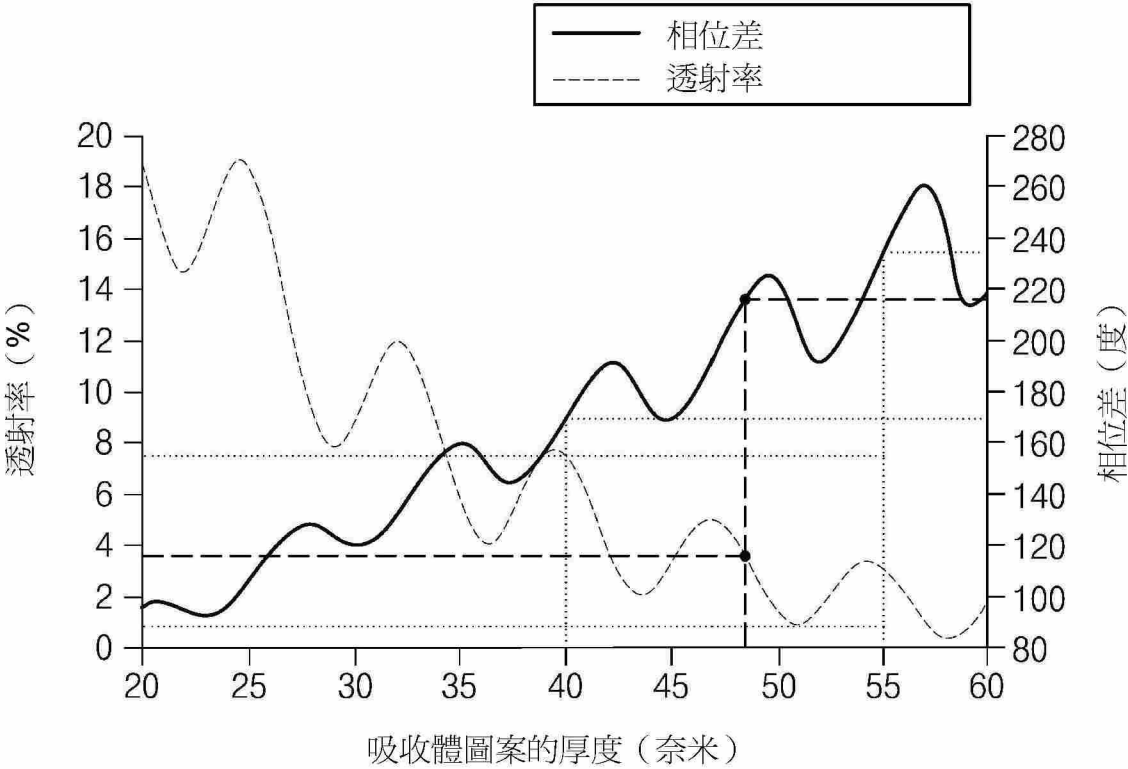
【圖4C】



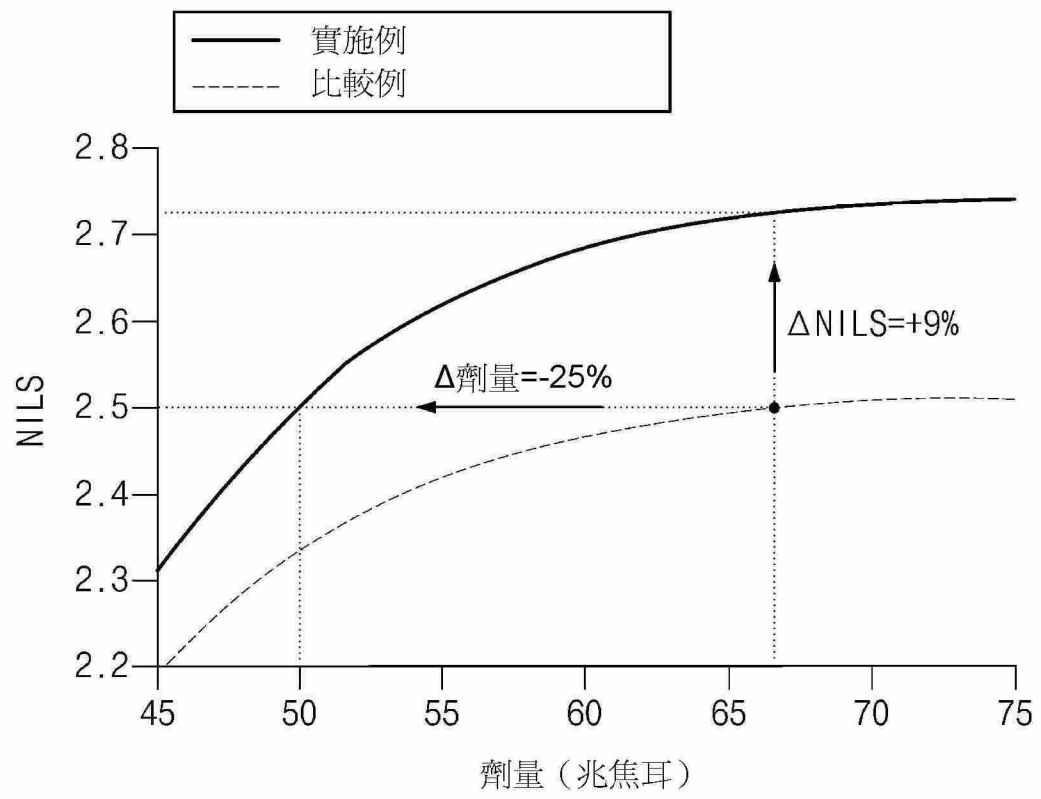
【圖5】



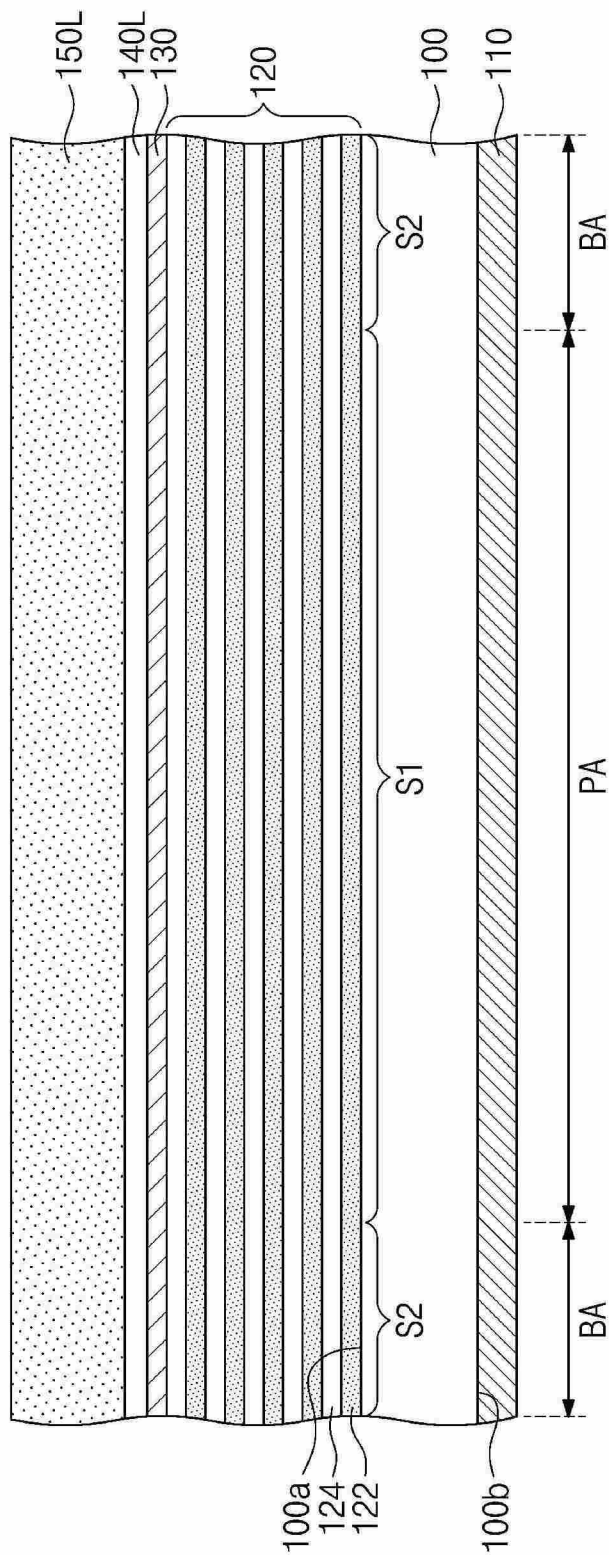
【圖6A】



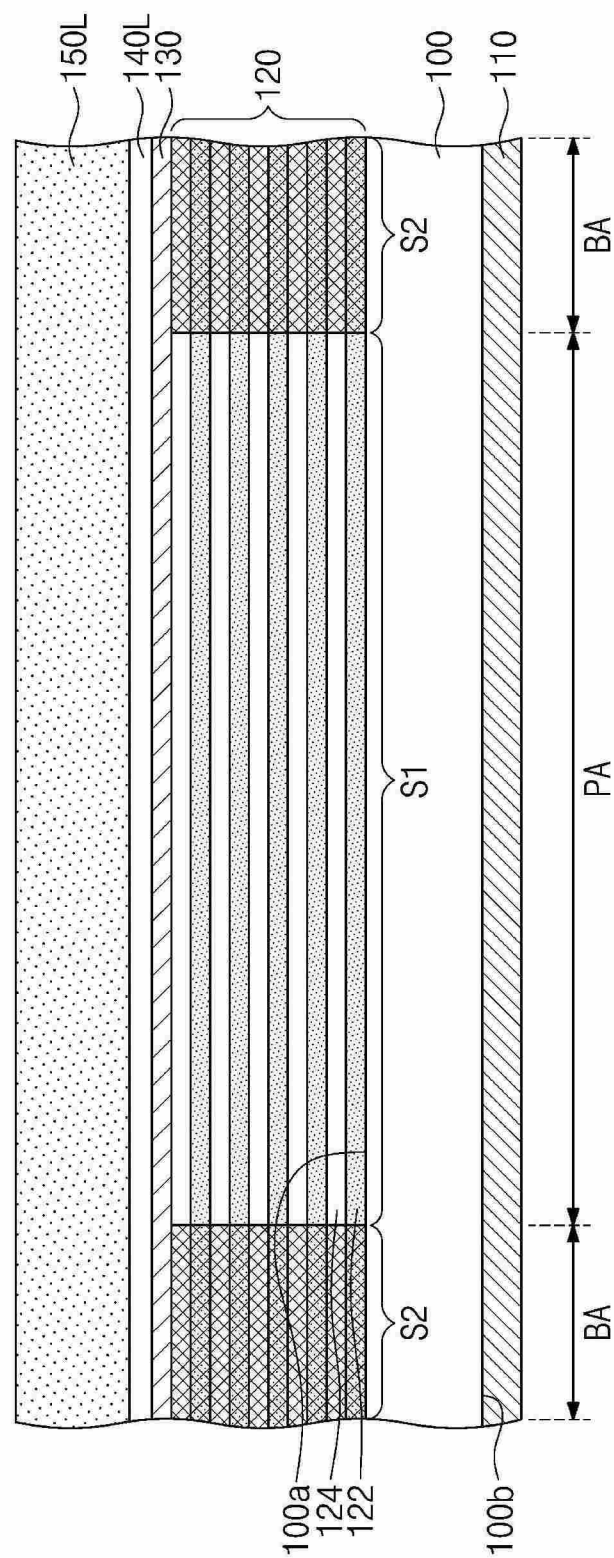
【圖6B】



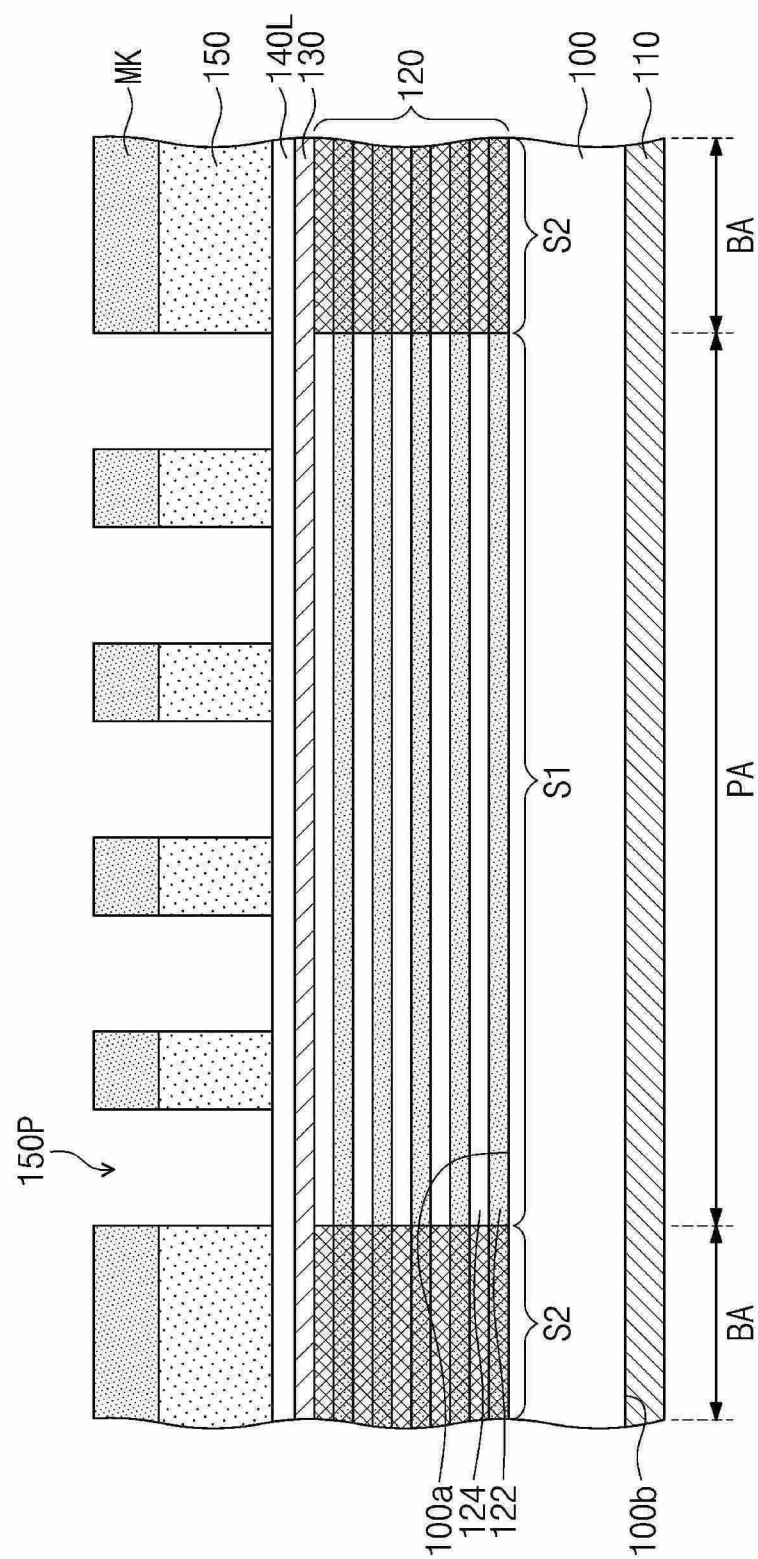
【圖6C】



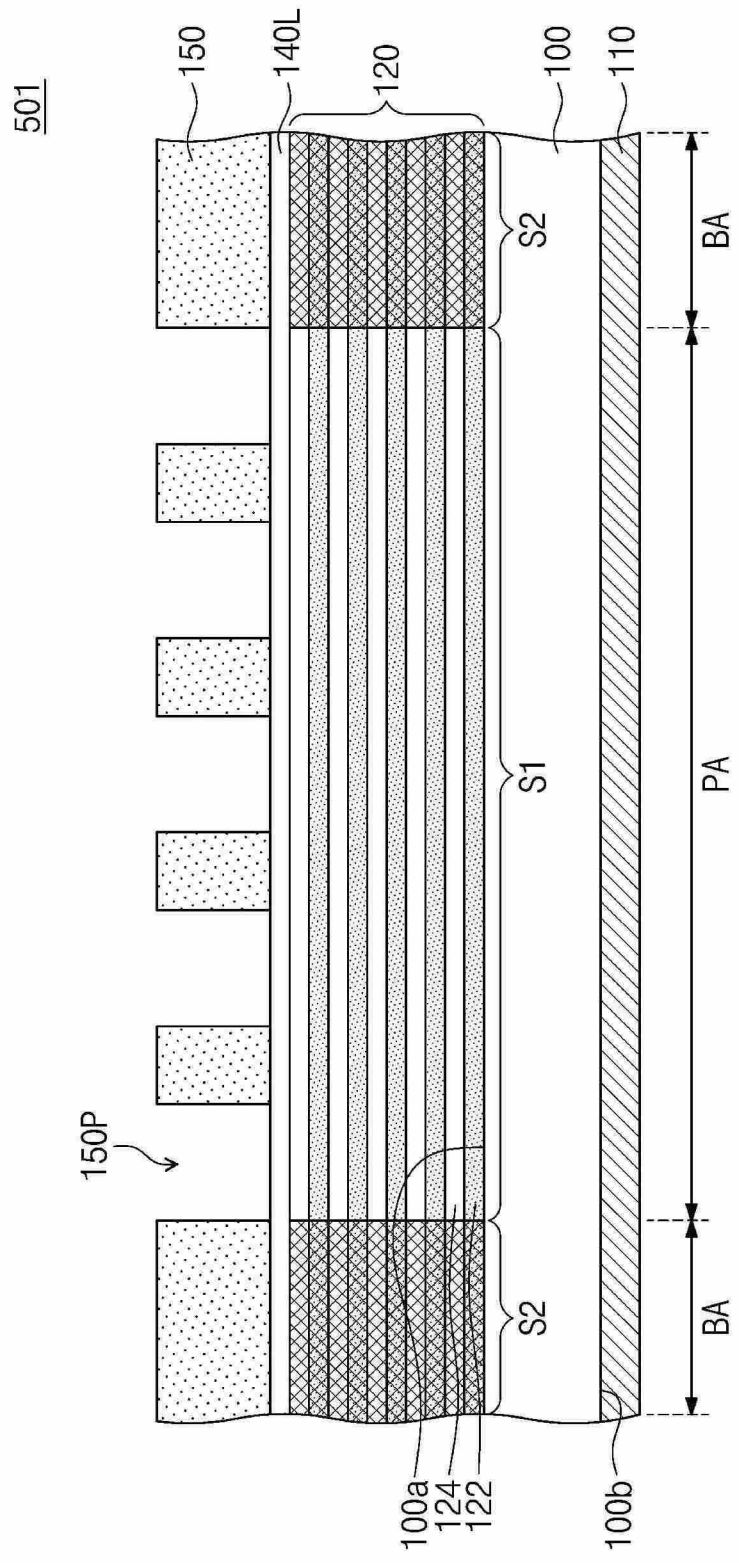
【圖7A】



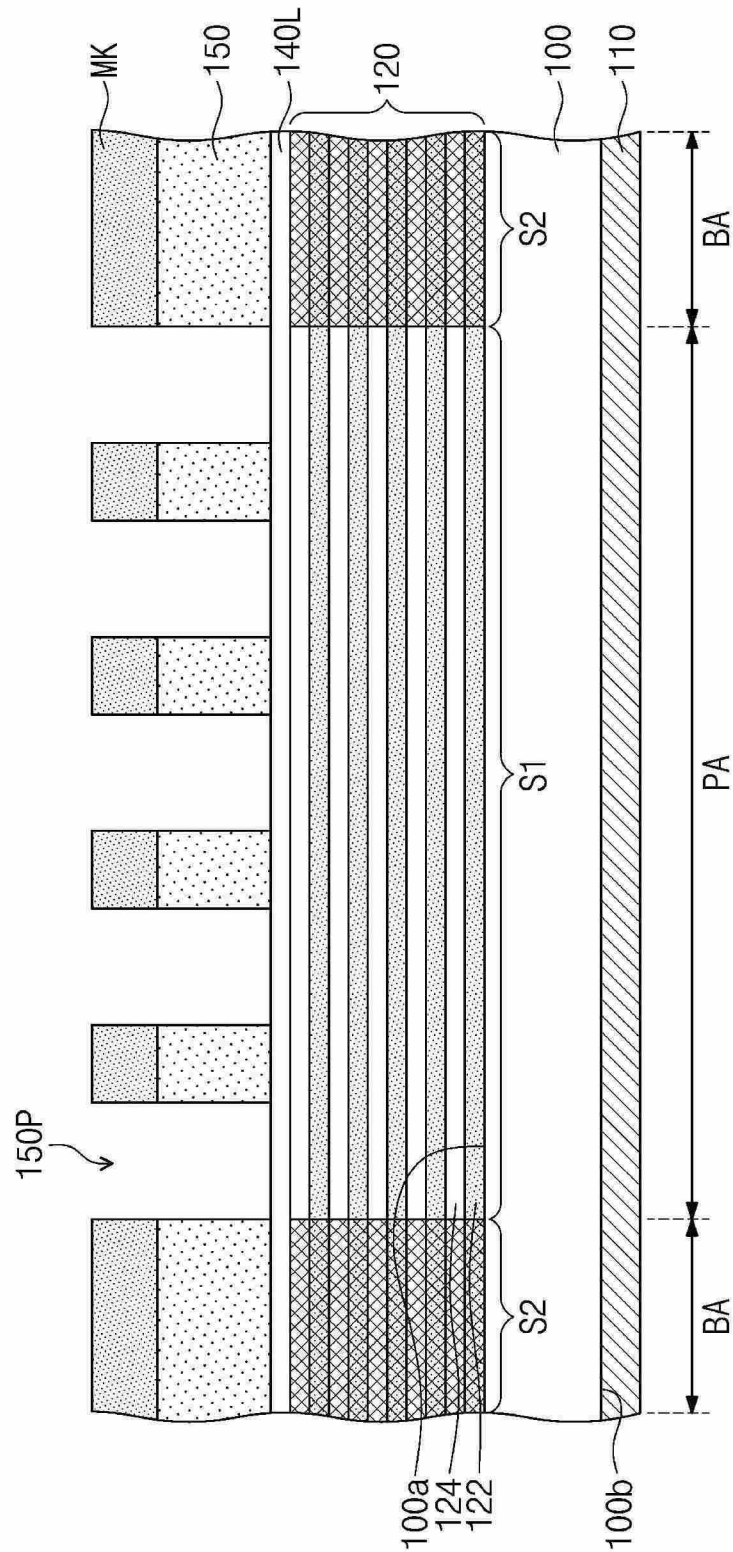
【圖7B】



【圖7C】



【圖8】



【圖9】



【發明摘要】

【中文發明名稱】極紫外光微影相移光罩

【英文發明名稱】PHASE SHIFT MASK FOR EXTREME

ULTRAVIOLET LITHOGRAPHY

【中文】一種用於極紫外光微影之相移光罩包括：基板；反射層，位於基板上；頂蓋層，位於反射層上；緩衝圖案，位於頂蓋層上，緩衝圖案包括開口，開口暴露出頂蓋層的表面；以及吸收體圖案，位於緩衝圖案上，吸收體圖案包括較緩衝圖案的折射率小的折射率及較緩衝圖案的厚度大的厚度。緩衝圖案包含相對於吸收體圖案及頂蓋層具有蝕刻選擇性的材料。

【英文】A phase shift mask for extreme ultraviolet lithography includes a substrate, a reflective layer on the substrate, a capping layer on the reflective layer, a buffer pattern on the capping layer, the buffer pattern including an opening exposing a surface of the capping layer, and an absorber pattern on the buffer pattern, the absorber pattern including a refractive index less than a refractive index of the buffer pattern and a thickness greater than a thickness of the buffer pattern. The buffer pattern includes a material having an etch selectivity with respect to the absorber pattern and the capping layer.

【指定代表圖】圖3。

【代表圖之符號簡單說明】

100:基板

100a:第一表面

100b:第二表面

110:下部導電層

120:反射層

122:低折射率層/最下部低折射率層

124:高折射率層/最上部高折射率層

130:頂蓋層

140:緩衝圖案

150:吸收體圖案

150P:開口

500:相移光罩

BA:邊界區/黑色邊界區

PA:圖案區

S1:第一部分

S2:第二部分

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】極紫外光微影相移光罩

【英文發明名稱】PHASE SHIFT MASK FOR EXTREME

ULTRAVIOLET LITHOGRAPHY

【技術領域】

【0001】 本發明概念的實施例是有關於一種用於極紫外光（extreme ultraviolet，EUV）微影之相移光罩以及一種使用所述相移光罩製造半導體元件之方法。

[相關申請案的交叉參考]

【0002】 本專利申請案主張優先於在 2020 年 6 月 16 日在韓國智慧財產局提出申請的韓國專利申請案第 10-2020-0073145 號，所述韓國專利申請案的揭露內容特此全文併入供參考。

【先前技術】

【0003】 隨著半導體元件的大小及設計規則已減小，形成更小圖案的技術的需求越來越大。為滿足該些需求，已減小微影製程中所使用的光源的波長。舉例而言，已按照 g 線（436 奈米）、i 線（365 奈米）、氟化氬（krypton fluoride，KrF）雷射（248 奈米）及氟化氬（argon fluoride，ArF）雷射（193 奈米）的次序來發展微影製程中所使用的光源。近來，已提出一種極紫外光（EUV）微影製程，所述極紫外光（EUV）微影製程使用具有 13.5 奈米的半峰全

寬（full width at half maximum，FWHM）波長的極紫外光作為光源。

【0004】 然而，極紫外光可被通常用於其它微影製程中的折射光學材料中的大部分吸收，且因此 EUV 微影製程一般而言可使用反射光學系統，而非折射光學系統。

【發明內容】

【0005】 本發明概念的一些示例性實施例可提供一種用於極紫外光微影之相移光罩，所述相移光罩能夠達成高解析度影像。

【0006】 本發明概念的一些示例性實施例亦可提供一種製造半導體元件之方法，所述方法能夠提高生產率。

【0007】 在態樣中，一種用於極紫外光微影之相移光罩可包括：基板；反射層，位於所述基板上；頂蓋層，位於所述反射層上；緩衝圖案，位於所述頂蓋層上，所述緩衝圖案包括開口，所述開口暴露出所述頂蓋層的表面；以及吸收體圖案，位於所述緩衝圖案上，所述吸收體圖案包括較所述緩衝圖案的折射率小的折射率及較所述緩衝圖案的厚度大的厚度。所述緩衝圖案可包含相對於所述吸收體圖案及所述頂蓋層具有蝕刻選擇性的材料。

【0008】 在態樣中，一種用於極紫外光微影之相移光罩可包括：基板，位於導電層上；反射層，位於所述基板上；頂蓋層，位於所述反射層上；以及吸收體圖案，位於所述頂蓋層上，所述吸收體圖案包括開口，所述開口暴露出所述頂蓋層的表面。所述吸收體圖案可包含氮及鉻。所述吸收體圖案中的所述氮的含量可介於 5

原子%至 70 原子%的範圍內。

【0009】 在態樣中，一種用於極紫外光微影之相移光罩可包括：基板；反射層，位於所述基板上；頂蓋層，位於所述反射層上；緩衝圖案，位於所述頂蓋層上，所述緩衝圖案包括開口，所述開口暴露出所述頂蓋層的表面；以及吸收體圖案，位於所述緩衝圖案上，所述吸收體圖案包含氮及鉻。所述緩衝圖案可包含相對於所述吸收體圖案具有蝕刻選擇性的材料。所述吸收體圖案中的所述氮的含量根據距所述緩衝圖案的距離而不連續地或者緩慢地改變。

【0010】 在態樣中，一種製造半導體元件之方法可包括：在晶圓上依序地堆疊蝕刻目標層與光阻層；以及使用用於極紫外光微影之相移光罩對所述光阻層實行曝光製程。所述用於極紫外光微影之相移光罩可包括：基板；反射層，位於所述基板上；頂蓋層，位於所述反射層上；緩衝圖案，位於所述頂蓋層上，所述緩衝圖案包括開口，所述開口暴露出所述頂蓋層的表面；以及吸收體圖案，位於所述緩衝圖案上，所述吸收體圖案包括較所述緩衝圖案的折射率小的折射率及較所述緩衝圖案的厚度大的厚度。所述緩衝圖案可包含相對於所述吸收體圖案及所述頂蓋層具有蝕刻選擇性的材料。

【圖式簡單說明】

【0011】 鑒於附圖及隨附詳細說明，本發明概念將變得更加顯而易見。

【0012】 圖 1 是示出根據本發明概念一些示例性實施例的使用相移光罩的極紫外光（EUV）微影設備的概念圖。

【0013】 圖 2 是示意性地示出根據本發明概念一些示例性實施例的相移光罩的平面圖。

【0014】 圖 3 是示意性地示出根據本發明概念一些示例性實施例的相移光罩的剖視圖。

【0015】 圖 4A 至圖 4C 示出根據本發明概念一些示例性實施例的吸收體圖案的詳細結構。

【0016】 圖 5 是示出根據本發明概念一些示例性實施例的相移光罩的一部分的剖視圖。

【0017】 圖 6A 是示出根據本發明概念一些示例性實施例的歸一化影像對數斜率（Normalized Image Log-Slope，NILS）值隨著相移光罩的吸收體圖案的厚度變化的曲線圖。

【0018】 圖 6B 是示出根據本發明概念一些示例性實施例的透射率及相位差隨著相移光罩的吸收體圖案的厚度變化的曲線圖。

【0019】 圖 6C 是示出根據本發明概念的示例性實施例及比較例的 NILS 值隨著相移光罩中的劑量的量（dose amount）變化的曲線圖。

【0020】 圖 7A 至圖 7C 是示出根據本發明概念一些示例性實施例的製造圖 3 所示相移光罩的製程的剖視圖。

【0021】 圖 8 是示出根據本發明概念一些示例性實施例的相移光罩的剖視圖。

【0022】 圖 9 是示出製造圖 8 所示相移光罩的製程的剖視圖。

【實施方式】

【0023】 在下文中，將參照附圖詳細闡述本發明概念的實施例。

【0024】 當在本說明書中結合數值使用用語「約 (about)」或「實質上 (substantially)」時，其意指相關聯的數值包括相對於規定數值的製造容差 (例如， $\pm 10\%$)。另外，當結合幾何形狀使用措詞「一般而言 (generally)」或「實質上」時，其意指不對幾何形狀的精度作出要求，但對形狀的寬容度亦處於本揭露的範圍內。此外，應理解，不論數值或形狀被修改成「約」還是「實質上」，該些數值及形狀皆應被視為包括相對於規定數值或形狀的製造容差或操作容差 (例如， $\pm 10\%$)。

【0025】 儘管本文中可能使用用語「第一」、「第二」、「第三」等來闡述各種部件 (element)、組件、區、層、及/或區段，然而該些部件、組件、區、層、及/或區段不應受限於該些用語。該些用語僅用於區分各個部件、組件、區、層、或區段。因此，在不背離本揭露的條件下，以下所論述的第一部件、組件、區、層、或區段亦可被稱為第二部件、組件、區、層、或區段。

【0026】 在本文中，為易於說明，可使用例如「向上 (up)」、「向下 (down)」、「頂部 (top)」、「底部 (bottom)」等空間相對性用語來闡述圖中所例示的一個部件或特徵與另一 (其他) 部件或特徵的關係。應理解，所述空間相對性用語旨在除圖中所繪示的定向外亦囊括元件在使用或操作中的不同定向。所述元件亦可具有

其他定向（例如，旋轉 90 度或處於其他定向），且本文中所使用的空間相對性描述語將相應地進行解釋。另外，當一部件被稱為位於兩個部件「之間（**between**）」時，所述部件可為所述兩個部件之間的唯一部件，或者可存在一或多個其他中間部件。

【0027】 圖 1 是示出根據本發明概念一些示例性實施例的使用相移光罩的極紫外光（EUV）微影設備的概念圖。

【0028】 參照圖 1，EUV 微影設備 1000 可包括光源單元（**optical source unit**）10、聚光器單元（**condenser unit**）20、投影單元 40 及控制器 90。

【0029】 光源單元 10 可被配置成產生極紫外光 11（EUV 光；例如，具有約 13.5 奈米的半峰全寬（**FWHM**）波長的光）。聚光器單元 20 可被配置成引導自光源單元 10 產生的 EUV 光 11，使得 EUV 光 11 被照射至相移光罩 500。聚光器單元 20 可包括聚光器光學裝置（**condenser optics**）22（例如，透鏡及/或鏡子）。聚光器光學裝置 22 可被配置成聚集及/或反射 EUV 光 11，以將 EUV 光 11 引導至相移光罩 500。EUV 光 11 可藉由聚光器單元 20 傾斜地入射至相移光罩 500。

【0030】 相移光罩 500 可設置於光罩台（**mask stage**）32 上，且光罩台 32 可被配置成移動相移光罩 500。舉例而言，光罩台可被配置成在與 EUV 光 11 所入射的表面橫向的第一軸線及/或第二軸線上（例如，向前及向後、及/或向左及向右）移動、在與 EUV 光 11 所入射的表面垂直的第三軸線上（例如，向上及向下）移動、

及/或圍繞第一軸線、第二軸線及/或第三軸線使相移光罩 500 傾斜（例如，滾動、俯仰（pitch）、及/或偏轉（yaw））。光源單元 10 及光罩台 32 可由控制器 90 控制。控制器 90 可為被配置成控制 EUV 微影設備 1000 的操作的電子控制器，且可例如包括：處理電路系統，例如包括邏輯電路的硬體；硬體/軟體組合，例如執行軟體的處理器；或者其組合。舉例而言，處理電路系統更具體而言可包括但不限於中央處理單元（central processing unit，CPU）、算術邏輯單元（arithmetic logic unit，ALU）、數位訊號處理器、微型電腦、現場可程式閘陣列（field programmable gate array，FPGA）、及可程式邏輯單元、微處理器、專用積體電路（application-specific integrated circuit，ASIC）等。

【0031】相移光罩 500 可被配置成反射 EUV 光 11，且將光罩圖案影像包括至反射的 EUV 光中。相移光罩 500 可入射至投影單元 40。投影單元 40 可被配置成將相移光罩 500 的光罩圖案影像投影於晶圓 50 上。投影單元 40 可包括投影光學裝置（projection optics）42（例如，透鏡及/或鏡子）。投影光學裝置 42 可被配置成使用自相移光罩 500 反射的 EUV 光 11 以預定的（及/或可選地期望的）放大率（例如，1/4、1/6、或 1/8）來縮小相移光罩 500 的光罩圖案影像，且將縮小後的光罩圖案影像投影至晶圓 50 上。在晶圓 50 上可依序地堆疊有蝕刻目標層 1 與光阻層 2。EUV 光 11 可穿過投影單元 40，且然後可照射至晶圓 50 上，且因此可將與相移光罩 500 的光罩圖案影像對應的圖案轉印至光阻層 2 上。在此曝光製程

之後，可實行顯影製程以形成光阻圖案。可使用光阻圖案對蝕刻目標層 1 進行蝕刻。晶圓 50 可裝載於晶圓台 52 上，且晶圓台 52 可被配置成移動晶圓 50 以改變晶圓 50 中的曝光區。舉例而言，晶圓台 52 可被配置成在與投射至晶圓上的 EUV 光 11 所入射的表面橫向的第一軸線及/或第二軸線上（例如，向前及向後、及/或向左及向右）移動、在與投射至晶圓上的 EUV 光 11 所入射的表面垂直的第三軸線上（例如，向上及向下）移動、及/或圍繞第一軸線、第二軸線及/或第三軸線使晶圓台 52 傾斜（例如，滾動、俯仰及/或偏轉）。可藉由例如獨立控制及/或由控制器 90 控制來控制晶圓台 52 的裝載、卸載及移動。可在真空狀態下實行使用相移光罩 500 的曝光製程。

【0032】 圖 2 是示意性地示出根據本發明概念一些示例性實施例的相移光罩的平面圖。圖 3 是示意性地示出根據本發明概念一些示例性實施例的相移光罩的剖視圖。

【0033】 參照圖 2 及圖 3，相移光罩 500 可包括基板 100、反射層 120、頂蓋層 130、緩衝圖案 140、吸收體圖案 150、及下部導電層 110。相移光罩 500 可為反射衰減相移光罩。

【0034】 基板 100 可包含具有低熱膨脹係數的材料。舉例而言，基板 100 可包含玻璃及/或矽（Si）。基板 100 可包括圖案區 PA 及邊界區 BA，將被轉印及/或投影至晶圓上的圖案（例如，光罩圖案影像）設置於圖案區 PA 上，邊界區 BA 圍繞圖案區 PA。邊界區 BA 可被配置成防止及/或減少來自邊界區 BA 的 EUV 光的反

射，且可例如由於缺少反射光而被稱為黑色邊界區。圖案區 PA 可包括主圖案區 102 及子圖案區 104。主圖案區 102 可為被配置成將用於形成積體電路的主圖案轉印及/或投影至晶圓 50（參見圖 1）的晶片區上的區，且子圖案區 104 可為被配置成將輔助圖案轉印及/或投影至晶圓 50（參見圖 1）的切割道（scribe line）區上的區。當在平面圖中觀察時，邊界區 BA 可環繞圖案區 PA。儘管未在圖式中示出，但用於對準圖 1 所示微影設備 1000 中的相移光罩 500 的對準標記及/或用於識別相移光罩 500 的識別標記可設置於邊界區 BA 上。

【0035】 反射層 120 可位於基板 100 的第一表面 100a 上。反射層 120 可位於圖案區 PA 上且可延伸至邊界區 BA 上。反射層 120 可被配置成反射入射至反射層 120 的光（例如，圖 1 所示 EUV 光 11）。反射層 120 可包括布拉格（Bragg）反射器。舉例而言，反射層 120 可包括其中交替且重複地堆疊有低折射率層 122 與高折射率層 124 的多層式結構。舉例而言，低折射率層 122 與高折射率層 124 可交替地堆疊約 40 次至約 60 次。低折射率層 122 可包含例如鉬（Mo），且高折射率層 124 可包含例如矽（Si）。在一些實施例中，最下部低折射率層 122 可與反射層 120 的最下部層對應，且最上部高折射率層 124 可與反射層 120 的最上部層對應。

【0036】 根據一些實施例，反射層 120 可包括第一部分 S1 及第二部分 S2。第一部分 S1 可包括其中在圖案區 PA 上交替地堆疊有低折射率層 122 與高折射率層 124 的多層式結構，且第二部分 S2

可包括其中在邊界區 BA 上低折射率層 122 與高折射率層 124 彼此混雜的結構。舉例而言，在邊界區 BA 上的反射層 120 的第二部分 S2 中，交替堆疊的低折射率層 122 與高折射率層 124 之間的邊界及/或介面可能未被良好地界定及/或不平整；且可在介面處形成包含包括低折射率層 122 及高折射率層 124 的材料梯度的複合物 (composite)。舉例而言，在其中低折射率層 122 及高折射率層 124 分別包含 Mo 及 Si 的示例性實施例中，矽化鉬 (如 MoSi_2) 可包括於層之間及/或混雜於層之間。可藉由混雜結構來減少入射至反射層 120 的第二部分 S2 的光 (例如，圖 1 所示 EUV 光 11) 的反射率，且因此第二部分 S2 可用作黑色邊界區。

【0037】 下部導電層 110 可位於基板 100 的第二表面 100b 上，第二表面 100b 與基板 100 的第一表面 100a 相對。下部導電層 110 可利用插置於下部導電層 110 與反射層 120 之間的基板 100 與反射層 120 間隔開。下部導電層 110 可包含導電材料 (例如，CrN)。下部導電層 110 可被配置用於靜電卡盤的操作，且可例如用於加載光罩台 (例如，圖 1 所示光罩台 32) 上的用於 EUV 微影的相移光罩 (例如，圖 1 所示相移光罩 500)。

【0038】 頂蓋層 130 可位於反射層 120 上。舉例而言，反射層 120 可插置於頂蓋層 130 與基板 100 之間。頂蓋層 130 可位於圖案區 PA 上且可延伸至邊界區 BA 上。頂蓋層 130 可被配置成保護反射層 120 且防止反射層 120 的表面被氧化。頂蓋層 130 可包含金屬 (例如，鈦 (Ru))。

【0039】 吸收體圖案 150 可位於頂蓋層 130 上。舉例而言，頂蓋層 130 可插置於反射層 120 與吸收體圖案 150 之間。吸收體圖案 150 可位於圖案區 PA 及邊界區 BA 上，且吸收體圖案 150 中所包括的結構之間的開口 150P 可暴露出頂蓋層 130 的頂表面。

【0040】 緩衝圖案 140 可插置於頂蓋層 130 與吸收體圖案 150 之間。緩衝圖案 140 中的每一者可插置於頂蓋層 130 與吸收體圖案 150 中的每一者之間。開口 150P 可在緩衝圖案 140 中所包括的結構之間延伸，以暴露出頂蓋層 130 的頂表面。

【0041】 緩衝圖案 140 可包含與頂蓋層 130 及/或吸收體圖案 150 中所包含的材料不同的材料。舉例而言，緩衝圖案 140 可包含相對於頂蓋層 130 及吸收體圖案 150 具有蝕刻選擇性的材料。緩衝圖案 140 可被稱為蝕刻停止圖案。緩衝圖案 140 可包含含矽材料、含金屬材料、金屬氮化物、及/或金屬氧化物。緩衝圖案 140 可包含例如以下中的至少一者：矽 (Si)、氮化矽 (SiN)、氧化矽 (SiO₂)、氮氧化矽 (SiON)、硼酸鉭 (TaBO)、氧化鉭 (TaO)、氮氧化鉭 (TaON)、氮化鉭 (TaN)、氮化硼化鉭 (TaBN)、氮化鈦 (TiN)、鈮 (Nb)、及/或鉭 (Ta)。

【0042】 可暴露出吸收體圖案 150 的頂表面。舉例而言，吸收體圖案 150 可為相移光罩 500 的上部層且被暴露出而未被任何物覆蓋。吸收體圖案 150 可被稱為相移圖案。吸收體圖案 150 可包含氮 (原子) 及鉻 (原子)。吸收體圖案 150 可更包含氧 (原子)。吸收體圖案 150 可包含例如氮化鉻 (CrN) 及/或氮氧化鉻 (CrON)。

中的至少一者。吸收體圖案 150 的折射率及消光係數可端視吸收體圖案 150 的氮含量、密度、及/或沈積條件而改變。舉例而言，吸收體圖案 150 中的氮（原子）的含量可介於 5 原子%至 70 原子%的範圍內。吸收體圖案 150 相對於 EUV 光的折射率可介於例如 0.925 至 0.935 的範圍內，且吸收體圖案 150 相對於 EUV 光的消光係數可介於 0.03 至 0.04 的範圍內。

【0043】 根據距頂蓋層 130 的頂表面的距離，可逐步、不連續地、逐漸地及/或連續地改變吸收體圖案 150 中的氮含量。舉例而言，吸收體圖案 150 可具有其中氮與鉻的組成在各處是均勻的單層式結構，及/或吸收體圖案 150 可具有包括具有氮與鉻的不同組成的二或更多個層的多層式結構。以下將參照圖 4A 及圖 4B 闡述多層式結構。

【0044】 圖 4A 至圖 4C 示出根據本發明概念一些示例性實施例的吸收體圖案的詳細結構。

【0045】 參照圖 4A，吸收體圖案 150 可包括第一吸收體部分 150a 及位於第一吸收體部分 150a 上的第二吸收體部分 150b。第一吸收體部分 150a 及第二吸收體部分 150b 可各自包含氮及鉻。第一吸收體部分 150a 的氮含量可不同於第二吸收體部分 150b 的氮含量。舉例而言，第一吸收體部分 150a 的氮含量可大於第二吸收體部分 150b 的氮含量。儘管示出為不同的部分，但第一吸收體部分 150a 與第二吸收體部分 150b 之間的介面可能由於例如介面處氮及/或鉻含量的一些遷移而為可見的、不可見的及/或不清晰的。

【0046】 參照圖 4B，吸收體圖案 150 可更包括位於第二吸收體部分 150b 上的第三吸收體部分 150c。第一吸收體部分 150a、第二吸收體部分 150b 及第三吸收體部分 150c 可包含氮及鉻。第一吸收體部分 150a 的氮含量可大於第三吸收體部分 150c 的氮含量且可小於第二吸收體部分 150b 的氮含量。第一吸收體部分 150a、第二吸收體部分 150b 及第三吸收體部分 150c 之間的邊界部分可為可見的、不可見的及/或不清晰的。在圖 4A 及圖 4B 中，第一吸收體部分 150a、第二吸收體部分 150b 及/或第三吸收體部分 150c 中的一者可更包含氧。第一吸收體部分 150a、第二吸收體部分 150b 及/或第三吸收體部分 150c 可分別被稱為第一子吸收體層、第二子吸收體層及第三子吸收體層。換言之，吸收體圖案 150 可包括依序堆疊的第一子吸收體層 150a、第二子吸收體層 150b 及第三子吸收體層 150c，且第一子吸收體層 150a、第二子吸收體層 150b 及第三子吸收體層 150c 中的氮含量可彼此不同。

【0047】 作為另外一種選擇，如圖 4C，吸收體圖案 150 中的氮含量可隨著距頂蓋層 130 的頂表面的距離增加而逐漸且連續地增加，及/或吸收體圖案 150 中的氮含量可隨著距頂蓋層 130 的頂表面的距離增加而逐漸且連續地減少。

【0048】 圖 5 是示出根據本發明概念一些示例性實施例的相移光罩的一部分的剖視圖。

【0049】 參照圖 5，頂蓋層 130 可在與基板 100 的第一表面 100a 垂直的方向上具有第一厚度 T1。緩衝圖案 140 可在與基板 100 的

第一表面 100a 垂直的方向上具有第二厚度 T2。吸收體圖案 150 可在與基板 100 的第一表面 100a 垂直的方向上具有第三厚度 T3。第三厚度 T3 可大於第一厚度 T1 及第二厚度 T2。吸收體圖案 150 可具有較真空的折射率 n_1 小的折射率 n_2 。舉例而言，在以真空的折射率 n_1 歸一化的折射率標度 (scale) 中，折射率 n_2 可小於 1。吸收體圖案 150 的折射率 n_2 可小於緩衝圖案 140 的折射率。吸收體圖案 150 的消光係數可大於頂蓋層 130 的消光係數及緩衝圖案 140 的消光係數。

【0050】 當吸收體圖案 150 由氮化鉻形成且具有例如約 10 原子% 的氮含量時，藉由菲涅耳 (Fresnel) 方程式計算的氮化鉻的折射率的實驗值 (n) 被確定為約 0.927，且氮化鉻的消光係數被確定為約 0.039。當緩衝圖案 140 由矽形成時，緩衝圖案 140 的折射率可為約 1。當緩衝圖案 140 由 TaBN 形成時，緩衝圖案 140 的折射率可為約 0.949。

【0051】 參照圖 5，第一 EUV 光 IL1 及第二 EUV 光 IL2 可入射至基板 100 的第一表面 100a。第一 EUV 光 IL1 及第二 EUV 光 IL2 可具有例如第一波長 λ_1 (例如，約 13.5 奈米的第一 FWHM 波長)。第一 EUV 光 IL1 可穿行過開口 150P，且然後可自反射層 120 的表面被反射，進而被形成為第一反射 EUV 光 RL1。第二 EUV 光 IL2 可穿行過吸收體圖案 150，且然後可自反射層 120 的表面被反射，進而被形成為第二反射 EUV 光 RL2。第二 EUV 光 IL2 的一部分可在吸收體圖案 150 中被吸收，且因此第二反射 EUV 光 RL2 的振

幅 (amplitude) 可小於第二 EUV 光 IL2 的振幅。

【0052】 吸收體圖案 150 可被配置成吸收第二 EUV 光 IL2 的一部分。因此，入射至吸收體圖案 150 的第二 EUV 光 IL2 的反射率可小於入射至開口 150P 的第一 EUV 光 IL1 的反射率。入射至吸收體圖案 150 的第二 EUV 光 IL2 的反射率可端視吸收體圖案 150 的材料的消光係數 (k) 及/或吸收體圖案 150 的厚度而改變。舉例而言，入射至吸收體圖案 150 的第二 EUV 光 IL2 的反射率可隨著吸收體圖案 150 的材料的消光係數 (k) 減小及/或隨著吸收體圖案 150 的厚度減小而增加。

【0053】 吸收體圖案 150 可被配置成對第二反射 EUV 光 RL2 的相位進行移位。舉例而言，穿過材料的光的波長可隨著材料的折射率降低而增加。由於吸收體圖案 150 的折射率小於真空的折射率，因此真空中的第二 EUV 光 IL2 的第一波長 λ_1 可被增加至吸收體圖案 150 中的第二波長 λ_2 。由於吸收體圖案 150 中的波長的改變，因此經由吸收體圖案 150 發出的第二反射 EUV 光 RL2 的相位可不同於第一反射 EUV 光 RL1 的相位。此相位差可隨著吸收體圖案 150 的材料的折射率降低及/或隨著吸收體圖案 150 的厚度增加而增加。

【0054】 頂蓋層 130 的第一厚度 T1 及緩衝圖案 140 的第二厚度 T2 可小於第一波長 λ_1 。因此，頂蓋層 130 及緩衝圖案 140 可對第二反射 EUV 光 RL2 的相移具有相對弱的影響。吸收體圖案 150 的第三厚度 T3 可大於第一波長 λ_1 。因此，吸收體圖案 150 可主要

影響第二反射 EUV 光 RL2 的相移。

【0055】 在一些示例性實施例中，第一厚度 T1 及第二厚度 T2 中的每一者可介於 EUV 光 IL1 或 IL2 的第一波長 λ_1 的約 29%至約 75%的範圍內。第三厚度 T3 可介於 EUV 光 IL1 及/或 IL2 的第一波長 λ_1 的約 296%至約 408%的範圍內。舉例而言，當例如 EUV 光 IL1 或 IL2 的第一波長 λ_1 為約 13.5 奈米時，第一厚度 T1 及第二厚度 T2 可各自獨立地介於約 4 奈米至約 10 奈米的範圍內，且第三厚度 T3 可介於約 40 奈米至約 55 奈米的範圍內。由於吸收體圖案 150 具有第三厚度 T3，因此第二反射 EUV 光 RL2 可相對於第一反射 EUV 光 RL1 具有約 170 度至約 235 度的相位差。

【0056】 藉由相位差，在第二反射 EUV 光 RL2 與第一反射 EUV 光 RL1 之間可能出現相消干涉。當對圖 1 所示光阻層 2 實行使用相移光罩 500 的曝光製程時，照射至與吸收體圖案 150 對應的光阻層的區的 EUV 光的強度可藉由反射的 EUV 光 RL1 與反射的 EUV 光 RL2 之間的相消干涉而降低。舉例而言，投影於光阻層上的影像可具有高的歸一化影像對數斜率 (NILS)，且因此可容易地在光阻層上達成高解析度影像。

【0057】 圖 6A 是示出根據本發明概念一些示例性實施例的歸一化影像對數斜率 (NILS) 值隨著相移光罩的吸收體圖案的厚度變化的曲線圖。

【0058】 參照圖 6A，製備樣本，在樣本中將具有 4 奈米的厚度的包含鈦的層用作頂蓋層 130，將具有 4 奈米的厚度的包含 TaBO

的層用作緩衝圖案 140，且將包含氮化鉻（CrN）的層用作吸收體圖案 150。此處，在整個吸收體圖案 150 中，氮含量均勻地固定至約 10 原子%。在一個樣本中，吸收體圖案 150 具有節距為 36 奈米（1x）的線與間距（line-and-space，L/S）圖案形狀（例如，線圖案的寬度為 18 奈米且線圖案之間的間距為 18 奈米）。在另一樣本中，吸收體圖案 150 具有節距相同的接觸孔結構圖案形狀。模擬出 NILS 值隨著樣本中的吸收體圖案 150 的厚度變化，且模擬結果示出於圖 6A 中。在圖 6A 中，當由氮化鉻（CrN）形成的吸收體圖案的厚度為約 48.5 奈米時，L/S 圖案及接觸孔結構圖案二者示出最大 NILS 值（例如，L/S 圖案的 NILS 值為約 2.75）。另外，當吸收體圖案的厚度為約 42 奈米時示出非常高的 NILS 值（例如，L/S 圖案的 NILS 值為約 2.70）。總體而言，當吸收體圖案 150 的厚度介於約 40 奈米至約 55 奈米的範圍內時示出極佳的 NILS 值（例如，L/S 圖案的 NILS 值介於 2.35 至約 2.75 的範圍內）。因此，根據圖 6A，具有處於約 40 奈米至約 55 奈米之間的厚度的由氮化鉻（CrN）形成的吸收體圖案 150 可表現出極佳的 NILS 值。

【0059】 圖 6B 是示出根據本發明概念一些示例性實施例的透射率及相位差隨著相移光罩的吸收體圖案的厚度變化的曲線圖。

【0060】 參照圖 6B，模擬出在與圖 6A 相同的條件下，相移光罩中的透射率及相位差隨著具有 L/S 圖案形狀的吸收體圖案的厚度變化，且模擬結果示出於圖 6B 中。此處，透射率可為相對於反射層 120 的相對反射率（例如，透射率= R_{ABS}/R_{ML} ，其中 R_{ABS} 表示吸

收體圖案 150 的反射率且 R_{ML} 表示反射層 120 的反射率)。根據圖 6B，隨著吸收體圖案的厚度增加，透射率可能降低，但相位差可能增加。當吸收體圖案 150 的厚度介於約 40 奈米至約 55 奈米的範圍內時，相位差可介於約 170 度至約 235 度的範圍內，且透射率可介於約 0.8%至約 7.5%的範圍內。當由氮化鉻 (CrN) 形成的吸收體圖案的厚度為約 48.5 奈米時，相位差可為約 216 度，且透射率可為約 3.5%。具有帶有約 48.5 奈米的厚度的由氮化鉻 (CrN) 形成的吸收體圖案的相移光罩 500 可抑制當鈦及/或鉬被施加至吸收體圖案時出現的旁瓣缺陷 (sidelobe defect)。因此，可將相移光罩 500 應用於製造包括邏輯元件的所有半導體元件的製程。

【0061】 圖 6C 是示出根據本發明概念的示例性實施例及比較例的 NILS 值隨著相移光罩中的劑量的量變化的曲線圖。

【0062】 參照圖 6C，類似於圖 6A 的條件，根據本發明概念示例性實施例的相移光罩被設定為包括具有 4 奈米的厚度的鈦層作為頂蓋層 130、具有 4 奈米的厚度的 TaBO 的層作為緩衝圖案 140、以及具有 48.5 奈米的厚度的氮化鉻 (CrN) 層作為吸收體圖案 150。此處，吸收體圖案具有 L/S 圖案形狀。另外，根據比較例的相移光罩被設定為包括具有 54.5 奈米的厚度的 TaBN 的層作為吸收體圖案，且根據比較例的相移光罩的其他結構與根據上述包含 CrN 的示例性實施例的相移光罩的對應結構相同。模擬出 NILS 值隨著相移光罩中的光源的劑量的量變化，且模擬結果示出於圖 6C 中。如圖 6C 中所示，根據本發明概念實施例的相移光罩的 NILS

值總體上高於根據比較例的相移光罩的值。舉例而言，在約 67 兆焦耳的劑量的量下，比較例的 NILS 值為約 2.5，但在相同劑量的量（67 兆焦耳）下，實施例的 NILS 值為約 2.725。換言之，與比較例相比，示例性實施例的 NILS 值可增加約 9%。另外，示例性實施例可能需要約 50 兆焦耳的劑量的量以具有與比較例相同的 NILS 值（約 2.5），且因此劑量的量可減少約 25%。因此，當使用根據示例性實施例的相移光罩 500 時，可藉由提高通量（throughput）來提高生產率。另外，可提高圖案化品質。舉例而言，可降低線邊緣粗糙度（line edge roughness，LER）、局部臨界尺寸均勻性（local critical dimension uniformity，LCDU）、單線開路（single line open，SLO）及/或缺失接觸（missing contact）。因此，當使用相移光罩 500 對光阻層實行曝光製程時，可形成具有精細節距及精確形狀的光阻圖案。可使用光阻圖案對蝕刻目標層進行蝕刻。由於使用光阻圖案實行圖案化製程，因此可提供及/或達成製造半導體元件的方法，所述方法能夠減少製程缺陷且提高生產率。

【0063】 圖 7A 至圖 7C 是示出根據本發明概念一些示例性實施例的製造圖 3 所示相移光罩的製程的剖視圖。

【0064】 參照圖 7A，可提供基板 100。基板 100 可包含具有低熱膨脹係數的材料。舉例而言，基板 100 可包含玻璃及/或矽（Si）。基板 100 可包括圖案區 PA 及黑色邊界區 BA，如參照圖 2 所述。

【0065】 可在基板 100 的第二表面 100b 上形成下部導電層 110。

下部導電層 110 可包含例如 CrN，且可使用濺鍍沈積製程形成。

【0066】 可在基板 100 的第一表面 100a 上形成反射層 120。反射層 120 的形成可包括在基板 100 的第一表面 100a 上交替且重複地形成低折射率層 122 與高折射率層 124。低折射率層 122 與高折射率層 124 可例如交替地堆疊約 40 次至約 60 次，且可使用例如濺鍍沈積製程形成。在一些示例性實施例中，反射層 120 的形成可包括對邊界區 BA 上的反射層 120 的第二部分 S2 實行雷射退火製程。因此，可藉由雷射退火製程將第二部分 S2 的低折射率層 122 與高折射率層 124 彼此混雜。因此，反射層 120 可包括第一部分 S1 以及第二部分 S2，在第一部分 S1 中，低折射率層 122 與高折射率層 124 交替地堆疊於圖案區 PA 上，在第二部分 S2 中，低折射率層 122 與高折射率層 124 在邊界區 BA 上彼此混雜。

【0067】 可在反射層 120 上形成頂蓋層 130。頂蓋層 130 可包含例如鈣，且可使用濺鍍沈積製程形成。頂蓋層 130 可被形成為具有第一厚度 T1，如參照圖 5 所述。

【0068】 可在頂蓋層 130 上形成緩衝層 140L。緩衝層 140L 可被形成為具有第二厚度 T2，如參照圖 5 所述。緩衝層 140L 可包含相對於頂蓋層 130 具有蝕刻選擇性的材料。緩衝層 140L 可被稱為蝕刻停止層。另外，緩衝層 140L 可包含相對於稍後將闡述的吸收體層 150L 具有蝕刻選擇性的材料。舉例而言，緩衝層 140L 可包含 Si、SiN、SiO₂、SiON、TaBO、TaO、TaON、TaN、TaBN、TiN、Nb、及/或 Ta 中的至少一者。可例如基於在後續製程中用於形成

吸收體圖案 150 的蝕刻氣體的種類來選擇緩衝層 140L 的材料。可使用例如化學氣相沈積 (chemical vapor deposition, CVD) 製程及/或濺鍍沈積製程來形成緩衝層 140L。

【0069】 可在緩衝層 140L 上形成吸收體層 150L。吸收體層 150L 可被形成為具有第三厚度 T3，如參照圖 5 所述。可使用例如化學氣相沈積 (CVD) 製程及/或濺鍍沈積製程來形成吸收體層 150L。吸收體層 150L 可被形成為包含氮及鉻。吸收體層 150L 可更包含氧。吸收體層 150L 可由其中氮與鉻的組成在各處是均勻的單個層形成及/或吸收體層 150L 可由其中氮與鉻的組成端視高度而改變的多個層形成。吸收體層 150L 可被形成為具有參照圖 4A、圖 4B 及/或圖 4C 闡述的氮含量分佈。為達成該結果，當沈積吸收體層 150L 時，可改變包含氮的氣體的流動速率及/或濺鍍條件。吸收體層 150L 可更包含氧。吸收體層 150L 可包含氮化鉻 (CrN) 及/或氮氧化鉻 (CrON) 中的至少一者。

【0070】 參照圖 7B，可向邊界區 BA 上的反射層 120 的第二部分 S2 照射雷射，且因此第二部分 S2 可被退火以形成混雜結構。

【0071】 參照圖 7B 及圖 7C，可在吸收體層 150L 上形成光罩圖案 MK。光罩圖案 MK 可由與緩衝層 140L 相同的材料及/或與緩衝層 140L 的材料不同的材料形成。舉例而言，光罩圖案 MK 可為光阻圖案。作為另外一種選擇，光罩圖案 MK 可為硬光罩圖案，且光罩圖案 MK 可包含含矽材料、含金屬材料、金屬氮化物、及/或金屬氧化物。舉例而言，光罩圖案 MK 可包含 SiN、SiO₂、SiON、

TaBO、TaO、TaON、TaN、TaBN、TiN、Nb、及/或 Ta 中的至少一者。可例如基於在後續製程中吸收體圖案 150 的形成中將使用的蝕刻氣體的種類來選擇光罩圖案 MK 的材料。

【0072】 可使用光罩圖案 MK 作為蝕刻光罩來對吸收體層 150L 進行蝕刻，以形成吸收體圖案 150 及開口 150P，開口 150P 暴露出吸收體圖案 150 中所包括的結構之間的緩衝層 140L 的頂表面。對吸收體層 150L 進行蝕刻可包括使用蝕刻氣體，例如包含氟的氟系蝕刻氣體及/或包含氯的氯系蝕刻氣體。氟系蝕刻氣體可為例如 SF₆、CF₄、及/或 CHF₃。氯系蝕刻氣體可為例如 Cl₂。當吸收體層 150L 被氟系蝕刻氣體蝕刻時，光罩圖案 MK 及緩衝層 140L 可包含例如 SiN、SiO₂、SiON、TaBO、TaO、及/或 TaON。當吸收體層 150L 被氯系蝕刻氣體蝕刻時，光罩圖案 MK 及緩衝層 140L 可包含例如 TaN、TaBN、TiN、Nb、及/或 Ta。

【0073】 參照圖 7C 及圖 3，可實行非等向性蝕刻製程來移除光罩圖案 MK。此時，緩衝層 140L 亦可被蝕刻以形成緩衝圖案 140 且暴露出頂蓋層 130 的頂表面。頂蓋層 130 可相對於緩衝層 140L 具有極佳的蝕刻選擇性，且因此頂蓋層 130 在非等向性蝕刻製程中可能幾乎不會被損壞。因此，可製造出圖 3 所示相移光罩 500。

【0074】 隨後，可對相移光罩 500 進行清潔，且可實行檢查製程以查看相移光罩 500 的表面處是否存在被蝕刻損壞的部分。當存在被蝕刻損壞的所述部分時，可實行修復製程。可使用包括氙(Xe)及/或氟(F)氣體的修復氣體來實行修復製程。

【0075】 同時，若緩衝層 140L 不存在，則頂蓋層 130 的頂表面可能由於在例如吸收體層 150L 的氮化鉻與頂蓋層 130 的鈣之間可能幾乎不存在蝕刻選擇性而被形成吸收體圖案 150 的蝕刻製程損壞。在此種情形中，頂蓋層 130 的鈣可能不與修復製程中所使用的修復氣體發生反應，且因此可能難以修復頂蓋層 130 的頂表面的被損壞的所述部分。然而，根據本發明概念的一些示例性實施例，可使用相對於頂蓋層 130 及吸收體層 150L 具有極佳的蝕刻選擇性的緩衝層 140L 來防止對頂蓋層 130 的頂表面的蝕刻損壞，且因此，可製造能夠減少製程缺陷且提高生產率的高品質相移光罩。

【0076】 若吸收體圖案 150 由不同的材料（例如，鈣、鋁、鈮、銻、鉑、及/或銀），而非氮化鉻（CrN）及/或氮氧化鉻（CrON）形成，則可能難以使用包含氟及/或氯的蝕刻氣體實行蝕刻製程。因此，製程缺陷可能增加，且生產率可能降低。因此，在本發明概念的一些示例性實施例中，可使用具有高可行性的氮化鉻作為吸收體圖案 150，且因此可提高生產率。

【0077】 圖 8 是示出根據本發明概念一些示例性實施例的相移光罩的剖視圖。

【0078】 參照圖 8，在根據本實施例的相移光罩 501 中，緩衝層 140L 可直接位於反射層 120 上。舉例而言，反射層 120 的整個頂表面可與緩衝層 140L 直接接觸。此處，緩衝層 140L 可由含矽層形成。舉例而言，緩衝層 140L 可包含 Si、SiN、SiO₂、及/或 SiON 中的至少一者。吸收體圖案 150 可具有與參照圖 3 至圖 5 所闡述

相同的材料及結構。吸收體圖案 150 可位於緩衝層 140L 上。舉例而言，吸收體圖案 150 可直接位於緩衝層 140L 上。緩衝層 140L 可在形成吸收體圖案 150 時用作蝕刻停止層且亦可用作防止反射層 120 的蝕刻損壞及/或保護反射層 120 的頂蓋層。舉例而言，緩衝層 140L 可防止反射層的氧化。在本實施例中，緩衝層 140L 可被稱為蝕刻停止層及/或頂蓋層。緩衝層 140L 可具有參照圖 5 闡述的第二厚度 T2。吸收體圖案 150 可具有參照圖 5 闡述的第三厚度 T3。第二厚度 T2 及第三厚度 T3 可與上述相同。緩衝層 140L 的折射率可大於吸收體圖案 150 的折射率。緩衝層 140L 的頂表面可藉由吸收體圖案 150 中所包括的結構之間的開口 150P 暴露出。其他結構可與參照圖 3 至圖 5 所闡述相同/相似。

【0079】 圖 9 是示出製造圖 8 所示相移光罩的製程的剖視圖。為避免冗餘，將省略與製造具有相同參考編號的組件的製程相關聯的附加說明，且將主要闡述製程之間的不同之處。

【0080】 參照圖 9，可在基板 100 的第二表面 100b 上形成下部導電層 110。可在基板 100 的第一表面 100a 上依序地形成反射層 120、緩衝層 140L 及吸收體層 150L。此時，可省略頂蓋層 130。可例如利用雷射照射反射層 120，以在反射層 120 的第二部分 S2 中形成混雜結構。可在吸收體層 150L 上形成光罩圖案 MK。光罩圖案 MK 可由相對於吸收體層 150L 及緩衝層 140L 二者具有蝕刻選擇性的材料形成。舉例而言，光罩圖案 MK 可為光阻圖案。作為另外一種選擇，光罩圖案 MK 可包含 TaBO、TaO、TaON、TaN、

TaBN、TiN、Nb、及/或 Ta 中的至少一者。可使用光罩圖案 MK 作為蝕刻光罩來蝕刻吸收體層 150L，以形成吸收體圖案 150 且藉由吸收體圖案 150 中所包括的結構之間的開口 150P 暴露出緩衝層 140L 的頂表面。接下來，參照圖 8，可選擇性地移除光罩圖案 MK 以暴露出吸收體圖案 150 的頂表面。

【0081】 可在根據本實施例的相移光罩 501 中省略由釘形成的頂蓋層 130（參見圖 3），且因此可簡化製程且可提高良率。

【0082】 根據本發明概念的用於 EUV 微影的相移光罩可包括包含銻及氮的吸收體圖案，且因此可達成高解析度影像。吸收體圖案可具有相較於緩衝圖案更小的折射率及更大的厚度，且因此可增加 EUV 光的相移度。因此，可使用相移光罩容易地達成高解析度影像。另外，當將含矽層用作緩衝層時，可省略由釘形成的頂蓋層。在此種情形中，可簡化結構及製程。因此，可提供用於 EUV 微影的相移光罩，所述相移光罩能夠達成高解析度影像。

【0083】 根據本發明概念的製造半導體元件的方法可使用用於 EUV 微影的相移光罩來減少製程缺陷且提高生產率。

【0084】 在製造用於 EUV 微影的相移光罩的方法中，根據本發明概念的一些示例性實施例，緩衝層及光罩圖案可由相對於吸收體圖案及頂蓋層具有極佳的蝕刻選擇性的材料形成。因此，可減少製程缺陷且可提高生產率。

【0085】 儘管已參照一些示例性實施例闡述了本發明概念，然而對熟習此項技術者而言將顯而易見的是，在不背離本發明概念的

精神及範圍的條件下，可作出各種改變及修改。因此，應理解，以上實施例並非限制性的，而為例示性的。因此，本發明概念的範圍將由以下申請專利範圍及其等效範圍所許可的最廣範圍的解釋來確定，而不應受上述說明約束或限制。

【符號說明】

【0086】

1:蝕刻目標層

2:光阻層

10:光源單元

11:極紫外光/EUV 光

20:聚光器單元

22:聚光器光學裝置

32:光罩台

40:投影單元

42:投影光學裝置

50:晶圓

52:晶圓台

90:控制器

100:基板

100a:第一表面

100b:第二表面

102:主圖案區

104:子圖案區

110:下部導電層

120:反射層

122:低折射率層/最下部低折射率層

124:高折射率層/最上部高折射率層

130:頂蓋層

140:緩衝圖案

140L:緩衝層

150:吸收體圖案

150a:第一吸收體部分/第一子吸收體層

150b:第二吸收體部分/第二子吸收體層

150c:第三吸收體部分/第三子吸收體層

150L:吸收體層

150P:開口

500、501:相移光罩

1000:EUV 微影設備/微影設備

BA:邊界區/黑色邊界區

IL1:第一 EUV 光/EUV 光

IL2:第二 EUV 光/EUV 光

MK:光罩圖案

n1、n2:折射率

PA:圖案區

RL1:反射的 EUV 光/第一反射 EUV 光

RL2:反射的 EUV 光/第二反射 EUV 光

S1:第一部分

S2:第二部分

T1:第一厚度

T2:第二厚度

T3:第三厚度

λ_1 :第一波長

λ_2 :第二波長

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種相移光罩，用於極紫外光微影，包括：

基板；

反射層，位於所述基板上；

頂蓋層，位於所述反射層上；

緩衝圖案，位於所述頂蓋層上，所述緩衝圖案包括開口，所述開口暴露出所述頂蓋層的表面；以及

吸收體圖案，位於所述緩衝圖案上，所述吸收體圖案包括較所述緩衝圖案的折射率小的折射率及具有較所述緩衝圖案的厚度大的厚度，

其中所述緩衝圖案包含相對於所述吸收體圖案及所述頂蓋層具有蝕刻選擇性的材料。

【請求項2】 如請求項 1 所述的相移光罩，其中所述吸收體圖案包含氮化鉻（CrN）及氮氧化鉻（CrON）中的至少一者。

【請求項3】 如請求項 2 所述的相移光罩，其中所述吸收體圖案中的氮（N）的含量介於 5 原子%至 70 原子%的範圍內。

【請求項4】 如請求項 1 所述的相移光罩，其中所述吸收體圖案包括依序堆疊的第一子吸收體層與第二子吸收體層，且

所述第一子吸收體層中的氮的含量不同於所述第二子吸收體層中的氮的含量。

【請求項5】 如請求項 1 所述的相移光罩，其中所述吸收體圖案的所述厚度介於 40 奈米至 55 奈米的範圍內，且

所述緩衝圖案的所述厚度介於 4 奈米至 10 奈米的範圍內。

【請求項6】 如請求項 1 所述的相移光罩，其中所述緩衝圖案包含以下中的至少一者：矽（Si）、氮化矽（SiN）、氧化矽（SiO₂）、氮氧化矽（SiON）、硼酸鉭（TaBO）、氧化鉭（TaO）、氮氧化鉭（TaON）、氮化鉭（TaN）、氮化硼化鉭（TaBN）、氮化鈦（TiN）、鈮（Nb）、及鉭（Ta）。

【請求項7】 如請求項 1 所述的相移光罩，其中所述吸收體圖案被配置成使經由所述吸收體圖案反射的極紫外光相對於經由所述開口反射的極紫外光包括 170 度至 235 度的相位差。

【請求項8】 一種相移光罩，用於極紫外光微影，包括：

基板，位於導電層上；

反射層，位於所述基板上；

頂蓋層，位於所述反射層上；以及

吸收體圖案，位於所述頂蓋層上，所述吸收體圖案包括開口，所述開口暴露出所述頂蓋層的表面，

其中所述吸收體圖案包含氮及鉻，且

其中所述吸收體圖案中的氮的含量介於 5 原子%至 70 原子%的範圍內。

【請求項9】 如請求項 8 所述的相移光罩，其中所述頂蓋層包含相對於所述吸收體圖案具有蝕刻選擇性的材料，且

所述吸收體圖案的厚度大於所述頂蓋層的厚度。

【請求項10】 如請求項 9 所述的相移光罩，其中所述頂蓋層包

含矽 (Si)、氮化矽 (SiN)、氧化矽 (SiO₂)、及氮氧化矽 (SiON) 中的至少一者。

【請求項11】 如請求項 8 所述的相移光罩，其中所述吸收體圖案更包含氧。

【請求項12】 如請求項 8 所述的相移光罩，其中所述吸收體圖案中的所述氮的含量根據高度而不連續地或者緩慢地改變。

【請求項13】 如請求項 8 所述的相移光罩，更包括：
緩衝圖案，位於所述頂蓋層與所述吸收體圖案之間，
其中所述緩衝圖案包含相對於所述吸收體圖案具有蝕刻選擇性的材料。

【請求項14】 如請求項 13 所述的相移光罩，其中所述緩衝圖案包含以下中的至少一者：矽 (Si)、氮化矽 (SiN)、氧化矽 (SiO₂)、氮氧化矽 (SiON)、硼酸鉭 (TaBO)、氧化鉭 (TaO)、氮氧化鉭 (TaON)、氮化鉭 (TaN)、氮化硼化鉭 (TaBN)、氮化鈦 (TiN)、鈮 (Nb)、及鉭 (Ta)，且

所述頂蓋層包含鈣。

【請求項15】 如請求項 13 所述的相移光罩，其中所述吸收體圖案的厚度介於 40 奈米至 55 奈米的範圍內，且

所述緩衝圖案的厚度介於 4 奈米至 10 奈米的範圍內。

【請求項16】 如請求項 8 所述的相移光罩，其中所述基板包括邊界區及圖案區，

所述反射層包括交替堆疊的低折射率層與高折射率層，且

所述邊界區上的所述低折射率層與所述高折射率層彼此混雜。

【請求項17】 一種相移光罩，用於極紫外光微影，包括：

基板；

反射層，位於所述基板上；

頂蓋層，位於所述反射層上；

緩衝圖案，位於所述頂蓋層上，所述緩衝圖案包括開口，所述開口暴露出所述頂蓋層的表面；以及

吸收體圖案，位於所述緩衝圖案上，所述吸收體圖案包含氮及鉻，

其中所述緩衝圖案包含相對於所述吸收體圖案具有蝕刻選擇性的材料，且

其中所述吸收體圖案中的氮的含量根據距所述緩衝圖案的距離而不連續地或者緩慢地改變。

【請求項18】 如請求項 17 所述的相移光罩，其中所述吸收體圖案的折射率小於所述緩衝圖案的折射率，且

所述吸收體圖案的厚度大於所述緩衝圖案的厚度。

【請求項19】 如請求項 17 所述的相移光罩，其中所述吸收體圖案的厚度大於極紫外光的半峰全寬波長，且所述緩衝圖案的厚度小於所述極紫外光的所述半峰全寬波長。

【請求項20】 如請求項 17 所述的相移光罩，其中所述緩衝圖案包含以下中的至少一者：矽(Si)、氮化矽(SiN)、氧化矽(SiO₂)、

氮氧化矽 (SiON)、硼酸鉭 (TaBO)、氧化鉭 (TaO)、氮氧化鉭 (TaON)、氮化鉭 (TaN)、氮化硼化鉭 (TaBN)、氮化鈦 (TiN)、鈮 (Nb)、及鉭 (Ta)。