



(21)申請案號：112128416

(22)申請日：中華民國 112 (2023) 年 07 月 28 日

(51)Int. Cl. : **G03F1/24 (2012.01)** **G03F1/52 (2012.01)**  
**G03F1/54 (2012.01)** **G03F1/60 (2012.01)**

(30)優先權：2022/08/03 日本 2022-124350

(71)申請人：日商 A G C 股份有限公司 (日本) AGC INC. (JP)  
日本

(72)發明人：岡東健 OKATO, TAKESHI (JP)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：18 項 圖式數：7 共 34 頁

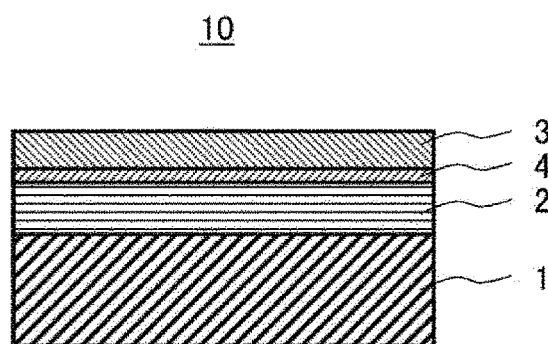
## (54)名稱

反射型光罩基底及反射型光罩

## (57)摘要

本發明提供一種能夠在微細之線狀圖案中形成尺寸精度較高之轉印圖案的 EUV 微影用反射型光罩、及用於其之反射型光罩基底。本發明之反射型光罩基底係於基板 1 上自基板 1 側起依序積層有反射 EUV 光之多層反射膜 2、及吸收 EUV 光之吸收層 3 的 EUV 微影用反射型光罩基底 10，吸收層 3 之波長 13.5 nm 之 EUV 光之折射率為 0.930 以下，且消光係數為 0.025 以上，對於波長 13.5 nm 之 EUV 光之入射光的來自上述多層反射膜之表面之反射光與來自上述吸收層之表面之反射光的相位差為  $220 \sim 280^\circ$ ，且本發明之反射型光罩於吸收層 3 形成有光罩圖案。

指定代表圖：



符號簡單說明：

1:基板

2:多層反射膜

3:吸收層

4:保護膜

10:反射型光罩基底

【圖1】

## 【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】

本發明提供一種能夠在微細之線狀圖案中形成尺寸精度較高之轉印圖案的EUV微影用反射型光罩、及用於其之反射型光罩基底。本發明之反射型光罩基底係於基板1上自基板1側起依序積層有反射EUV光之多層反射膜2、及吸收EUV光之吸收層3的EUV微影用反射型光罩基底10，吸收層3之波長13.5 nm之EUV光之折射率為0.930以下，且消光係數為0.025以上，對於波長13.5 nm之EUV光之入射光的來自上述多層反射膜之表面之反射光與來自上述吸收層之表面之反射光的相位差為 $220\sim 280^\circ$ ，且本發明之反射型光罩於吸收層3形成有光罩圖案。

### 【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:吸收層
- 4:保護膜
- 10: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】 本發明係關於一種半導體製造等中之極紫外線(EUV；Extreme Ultraviolet)微影中使用之反射型光罩基底、以及使用其之反射型光罩。

### 【先前技術】

【0002】 EUV微影中使用之反射型光罩於反射波長13.5 nm左右之短波長EUV光的多層反射膜之上設置有由吸收EUV光之吸收層形成之光罩圖案。關於反射型光罩，若吸收層較厚，則會導致傾斜(通常以 $6^\circ$ 之入射角)入射之EUV光及其反射光被遮擋，即所謂遮蔽，因此轉印圖案容易產生尺寸誤差。

【0003】 為了抑制此種遮蔽所導致之尺寸誤差，正在研究儘可能減小光罩之吸收層之膜厚。又，亦正在推進一種藉由吸收層來提高轉印圖案之邊緣部之解像度的相位偏移光罩之技術開發，該吸收層吸收EUV光，並且形成為使反射光之相位與來自多層反射膜之反射光不同。

【0004】 且說，透過型相位偏移光罩係對光罩圖案之透過部賦予折射率或透過率與該透過部不同之物質或形狀，改變該部分之透過光之相位，而提高解像度者。在相位發生變化之區域中，具有相位差之透過繞射光彼此相互干涉，而導致光強度降低。藉此，轉印圖案之對比度提高，結果使得轉印時之焦深擴大，並且轉印精度提高。

半色調型光罩係透過型相位偏移光罩之一種，其於透過光之相位發

生變化之部分形成有對曝光之光呈半透過性之薄膜。半色調型光罩使透過率衰減至數%左右(通常，相對於基板透過光為2.5~15.0%左右)，與此同時改變相位，而提高圖案邊緣部之解像度，藉此能夠提高轉印精度。

再者，相位差在原則上最佳為 $180^\circ$ ，但已知只要實質上為 $175\sim 185^\circ$ 左右，就能夠獲得解像度之提高效果。

**【0005】** 認為在EUV微影用反射型光罩中，藉由相位偏移效應提高解像度之原理亦相同，只要將透過型光罩中之「透過率」替換成「反射率」即可。即，認為較理想為吸收層中之EUV光之反射率為2.5~15.0%，且來自反射層之EUV光之反射光與來自吸收層之EUV光之反射光之相位差(以下，亦簡稱為「相位差」)為 $175\sim 185^\circ$ 。

因此，先前之反射型光罩中之相位偏移光罩一般設計成相位差為 $180^\circ$ 左右(大致反轉)(例如，參照專利文獻1)。

**【0006】** 另一方面，反射型光罩不同於光垂直透過之透過型光罩，光傾斜入射，因此，近年來亦有最佳相位差為 $216^\circ (= 1.2\pi)$ 之報告。

先前技術文獻

專利文獻

**【0007】** 專利文獻1：日本專利特開2011-29334號公報

**【發明內容】**

[發明所欲解決之問題]

**【0008】** 因此，反射型光罩之吸收層設計成基於構成材料之折射率(以下，有時亦表示為 $n$ )及消光係數(以下，有時亦表示為 $k$ )，以相位差成為 $180^\circ$ 或 $216^\circ$ 之方式設定膜厚，但吸收層之反射率或相位差、膜厚之最佳值會根據曝光條件或轉印圖案形狀等而不同，難以一概而定。

【0009】 另一方面，伴隨著半導體元件等之微細化，圖案之微細化需求進一步提高，圖案形成步驟更加複雜化。可充分適應該情況之吸收層之改良還不可謂充分。例如，微細加工中之線狀圖案之尺寸通常採用轉印圖案之半間距(線寬與線間隔之合計長度之 $1/2$ ；以下，簡稱為HP)作為代表值，於HP為16 nm以下之情形時，即便在EUV微影中使用如上所述之相位偏移光罩，亦難以提高解像度。

尤其是，LSI(large-scale integration，大規模積體電路)之圖案伴隨著積體密度之上升而更加複雜化，具有正交之線狀圖案複雜地交織在一起之構造，光罩圖案亦需要應對此種複雜之構造。

【0010】 於EUV微影用反射型光罩中，HP越小，越容易受到遮蔽之影響，尤其是在曝光之光之入射面與線寬平行之方向上。因此，為了形成轉印精度優異之光罩圖案，需要開發一種具備預先獲得最佳反射率或相位差之吸收層的相位偏移光罩。

【0011】 本發明係鑒於此種情況而成者，目的在於提供一種能夠在微細之線狀圖案中形成尺寸精度較高之轉印圖案的EUV微影用反射型光罩、及用於其之反射型光罩基底。

[解決問題之技術手段]

【0012】 本發明係基於如下見解：在EUV微影中之微細之線狀圖案中，於由吸收層所產生之相位差較先前大之情形時，能夠以高尺寸精度形成轉印圖案。

【0013】 本發明提供以下之方法。

[1]一種反射型光罩基底，其係於基板上自上述基板側起依序積層有反射EUV光之多層反射膜、及吸收EUV光之吸收層的EUV微影用反射型

光罩基底，上述吸收層之波長13.5 nm之EUV光之折射率為0.930以下，且消光係數為0.025以上，對於波長13.5 nm之EUV光之入射光的來自上述多層反射膜之表面之反射光與來自上述吸收層之表面之反射光的相位差為220~280°。

[2]如[1]所記載之反射型光罩基底，其中上述相位差為225~280°。

[3]如[1]或[2]所記載之反射型光罩基底，其中於上述吸收層形成包含彼此之線方向正交之第1線狀圖案及第2線狀圖案的光罩圖案。

[4]如[3]所記載之反射型光罩基底，其中由上述第1線狀圖案及上述第2線狀圖案形成之轉印圖案之半間距為16 nm以下。

[5]如[1]至[4]中任一項所記載之反射型光罩基底，其中上述吸收層包含選自銱(Ir)、銻(Re)、鐵(Os)、鈦(Ru)、鉑(Pt)、鈀(Pd)、金(Au)及銀(Ag)中之1種以上之金屬元素。

[6]如[1]至[4]中任一項所記載之反射型光罩基底，其中上述吸收層包含選自鉑(Pt)、鈀(Pd)、金(Au)及銀(Ag)中之1種以上之金屬元素。

[7]如[1]至[6]中任一項所記載之反射型光罩基底，其中上述吸收層之波長13.5 nm之EUV光之消光係數為0.025~0.040。

[8]如[1]至[7]中任一項所記載之反射型光罩基底，其中上述吸收層係積層2層以上之膜而成。

[9]如[1]至[8]中任一項所記載之反射型光罩基底，其中上述吸收層之總厚度為60 nm以下。

[10]如[1]至[9]中任一項所記載之反射型光罩基底，其中於上述多層反射膜與上述吸收層之間形成有保護上述多層反射膜之保護膜。

**【0014】** [11]一種反射型光罩，其係於基板上自上述基板側起依序

積層有反射EUV光之多層反射膜、及吸收EUV光之吸收層的EUV微影用反射型光罩，上述吸收層之波長13.5 nm之EUV光之折射率為0.930以下，且消光係數為0.025以上，對於波長13.5 nm之EUV光之入射光的來自上述多層反射膜之表面之反射光與來自上述吸收層之表面之反射光的相位差為220~280°，且於上述吸收層形成有光罩圖案。

[12]如[11]所記載之反射型光罩，其中上述相位差為225~280°。

[13]如[11]或[12]所記載之反射型光罩，其中上述光罩圖案包含彼此之線方向正交之第1線狀圖案及第2線狀圖案。

[14]如[13]所記載之反射型光罩，其中在將曝光之光之入射面垂直於線寬之線狀圖案之圖像的歸一化對數斜率表示為 $N_v$ ，將曝光之光之入射面平行於線寬之線狀圖案之圖像的歸一化對數斜率表示為 $N_H$ 時，滿足所有下述式(1)~(3)。

$$N_v \geq 2.80 \quad (1)$$

$$N_H \geq 2.80 \quad (2)$$

$$|N_v - N_H| / \min\{N_v, N_H\} < 0.060 \quad (3)$$

[15]如[13]或[14]所記載之反射型光罩，其中上述反射型光罩之由第1線狀圖案及第2線狀圖案形成之轉印圖案之半間距為16 nm以下。

[16]如[11]至[15]中任一項所記載之反射型光罩，其中上述吸收層包含選自銱(Ir)、銻(Re)、銱(Os)、鈦(Ru)、鉑(Pt)、鈀(Pd)、金(Au)及銀(Ag)中之1種以上之金屬元素。

[17]如[11]至[15]中任一項所記載之反射型光罩，其中上述吸收層包含選自鉑(Pt)、鈀(Pd)、金(Au)及銀(Ag)中之1種以上之金屬元素。

[18]如[11]至[17]中任一項所記載之反射型光罩，其中上述吸收層之

波長13.5 nm之EUV光之消光係數為0.025~0.040。

[發明之效果]

【0015】 根據本發明，提供一種能夠在微細之線狀圖案中形成尺寸精度較高之轉印圖案的EUV微影用反射型光罩、及用於其之反射型光罩基底。

【圖式簡單說明】

【0016】

圖1係模式性地表示本發明之實施方式之反射型光罩基底之概略剖視圖。

圖2係線與間距圖案之轉印圖案之概略俯視圖，(a)表示第1線狀轉印圖案，(b)表示第2線狀轉印圖案。

圖3係模式性地表示本發明之實施方式之反射型光罩之概略剖視圖。

圖4係用以說明轉印圖案中之光強度分佈之概略圖。

圖5係關於EUV微影中之轉印圖案之模擬計算結果( $NA = 0.33$ ， $HP = 20[nm]$ )，(a)係用等高線表示 $\min\{N_V, N_H\}$ 相對於 $n$ 及 $k$ 之分佈之圖，(b)係用等高線表示根據此時之 $d$ 、 $n$ 及 $k$ 之值所計算之相位差之圖。

圖6係關於EUV微影中之轉印圖案之模擬計算結果( $NA = 0.55$ ， $HP = 12[nm]$ )，(a)係用等高線表示 $\min\{N_V, N_H\}$ 相對於 $n$ 及 $k$ 之分佈之圖，(b)係用等高線表示根據此時之 $d$ 、 $n$ 及 $k$ 之值所計算之相位差之圖。

圖7係基於關於EUV微影中之轉印圖案之模擬計算結果( $NA = 0.33$ ， $HP = 16[nm]$ ， $n = 0.90$ )來表示 $k$ 與 $|N_V - N_H|/\min\{N_V, N_H\}$ 之關係之圖。

【實施方式】

【0017】 首先，對本說明書中之表述進行說明。

所謂基板上、層上及膜上(以下，簡稱為膜等上)，意指不僅包括與膜等之上表面相接之情形，亦包括不與膜等之上表面相接之上方。例如，「膜A上之膜B」可以指膜A與膜B相接，亦可指於膜A與膜B之間介置其他膜等。又，此處所言之「上」不一定限於意指鉛直方向上較高之位置之情形，而表示相對位置關係。

所成膜之膜等之厚度可藉由穿透式電子顯微鏡或X射線反射率法來進行測定。

較佳之數值範圍可將較佳之下限值與上限值各者任意組合。

#### 【0018】 [反射型光罩基底]

以下，參照圖式對本發明之實施方式進行說明。

圖1中模式性地示出了本實施方式之反射型光罩基底之剖面。圖1所示之反射型光罩基底10於基板1上自基板1側起依序積層有反射EUV光之多層反射膜2、及吸收EUV光之吸收層3。

可於多層反射膜2與吸收層3之間形成保護膜4(亦稱為頂蓋層)用來保護多層反射膜2使其免受形成光罩圖案時之乾式蝕刻之影響。進而，便於光罩加工後之圖案缺陷檢查之抗反射膜(未圖示)可形成於吸收層3上。

#### 【0019】 (基板)

就防止EUV曝光時之熱所導致之轉印圖案之變形之觀點而言，基板1較佳為20℃下之熱膨脹係數較低，較佳為 $0 \pm 0.05 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ ，更佳為 $0 \pm 0.03 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 。又，基板1較佳為平滑性優異，平坦度較高，且對反射型光罩之製造工序中使用之洗淨液具有優異之耐性(耐化學品性)。

作為基板1之材料，例如可例舉： $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ 系玻璃、多成分系玻璃陶瓷等，又，亦可使用析出了 $\beta$ -石英固溶體之結晶化玻璃、石英玻璃、

矽、金屬等。

【0020】 就能夠以高反射率且高精度進行圖案轉印之觀點而言，基板1較佳為平滑，其表面粗糙度(RMS)較佳為0.15 nm以下，更佳為0.10 nm以下。就同樣之觀點而言，平坦度(TIR；Total Indicated Reading)較佳為100 nm以下，更佳為50 nm以下，進而較佳為30 nm以下。

【0021】 基板1就防止積層於其上之膜等之應力所導致之變形之觀點而言，較佳為具有高剛性。具體而言，楊氏模數較佳為65 GPa以上。

【0022】 (多層反射膜)

就提高EUV光之反射率之觀點而言，多層反射膜2較佳為週期性地積層以折射率不同之元素作為主成分之複數個層而成的構成。一般地，多層反射膜2具有以高折射率層1層與低折射率層1層之組作為1個週期，積層40~60個週期左右而成的構造。

作為高折射率層/低折射率層，一般為Mo/Si多層反射膜，但並不限定於此，例如亦可例舉：Ru/Si多層反射膜、Mo/Be多層反射膜、Mo化合物/Si化合物多層反射膜、Si/Mo/Ru多層反射膜、Si/Mo/Ru/Mo多層反射膜、MoRu/Si多層反射膜、Si/Ru/Mo多層反射膜、Si/Ru/Mo/Ru多層反射膜等。

【0023】 多層反射膜2中之波長13.5 nm附近之EUV光之入射角 $6^\circ$ 之入射光之反射率較佳為60%以上，更佳為65%以上。

構成多層反射膜2之各膜之厚度及積層之重複週期係根據膜材料及EUV光之所需之反射率等而適當設定。

【0024】 多層反射膜2例如可藉由使用磁控濺鍍法、離子束濺鍍法等公知之成膜方法，使所構成之各膜以所需之厚度成膜而形成。

例如於利用離子束濺鍍法形成Mo/Si多層反射膜之情形時，以氬(Ar)氣(氣壓 $1.3 \times 10^{-2} \sim 2.7 \times 10^{-2}$  Pa)作為濺鍍氣體，於離子加速電壓300~1500 V、成膜速度0.030~0.300 nm/sec之條件下，首先使用Si靶，使Si膜成膜為4.5 nm之厚度，繼而，使用Mo靶，使Mo膜成膜為2.3 nm之厚度。將其作為1個週期，以30~60個週期反覆積層Mo膜/Si膜，藉此可形成Mo/Si多層反射膜。

#### 【0025】 (保護膜)

可於多層反射膜2與吸收層3之間形成保護膜4用來保護多層反射膜2使其免受形成光罩圖案時之乾式蝕刻之影響。保護膜4亦具有防止EUV曝光時多層反射膜2發生氧化以致EUV光之反射率降低之作用。

【0026】 上述乾式蝕刻中之蝕刻氣體對吸收層3與保護膜4之膜厚方向上之蝕刻速度比(吸收層3之蝕刻速度/保護膜4之蝕刻速度)越大，吸收層3之加工性越優異，較佳為10~200，更佳為30~100。

再者，作為蝕刻氣體，通常可使用鹵素系氣體、氧系氣體、或其等之混合氣體。作為鹵素系氣體，例如可例舉：包含選自Cl<sub>2</sub>、SiCl<sub>4</sub>、CHCl<sub>3</sub>、CCl<sub>4</sub>及BCl<sub>3</sub>中之1種以上的氯系氣體；包含選自CF<sub>4</sub>、CHF<sub>3</sub>、SF<sub>6</sub>、BF<sub>3</sub>及XeF<sub>2</sub>中之1種以上的氟系氣體。

【0027】 保護膜4較佳為包含例如選自Ru、Rh及Si中之1種以上之元素。於保護膜4包含Rh之情形時，可為僅由Rh所構成之膜，亦較佳為包含選自Ru、Nb、Mo、Ta、Ir、Pd、Zr、Y及Ti中之1種以上之元素。該等元素之中，就提高對蝕刻氣體、及反射型光罩之洗淨等中所使用之硫酸過氧化氫混合物之耐性之觀點而言，較佳為選自Ru、Ta、Ir、Pd及Y中之1種以上。又，就提高保護膜4之平滑性之觀點而言，亦可包含選自N、

O、C及B中之1種以上之元素。

【0028】保護膜4可為單層，亦可為包含複數層之多層膜。於保護膜4為多層膜之情形時，可形成為保護膜4之下層與多層反射膜2之最上面接觸，保護膜4之上層與吸收層3之最下面接觸。如此，藉由使保護膜4為複層構成，能夠針對每一層使用特定功能優異之材料，而實現保護膜4整體之多功能化。例如，保護膜4於整體之Rh含量為50 at%以上之情形時，亦可具有不含Rh之層。於保護膜4為多層膜之情形時，保護膜4之膜厚意指多層膜之合計膜厚。

【0029】保護膜4之膜厚只要處於能夠充分發揮上述作用而不會妨礙多層反射膜2之反射性能之範圍內即可，較佳為1.0~10.0 nm，更佳為2.0~3.5 nm。

就同樣之觀點而言，保護膜4之均方根粗糙度(RMS)較佳為0.3 nm以下，更佳為0.1 nm以下，較佳為平滑。

【0030】保護膜4例如可藉由使用DC(direct current，直流)濺鍍法、磁控濺鍍法、離子束濺鍍法等公知之成膜方法，以所需之厚度進行成膜而形成。

【0031】進而，用於在乾式蝕刻或缺陷修正時保護多層反射膜2之緩衝層(未圖示)可形成於保護膜4與吸收層3之間。緩衝層之構成材料並無特別限定，例如可例舉以SiO<sub>2</sub>、Cr、Ta等作為主成分之材料等。

【0032】(吸收層)

吸收層3形成為波長13.5 nm之EUV光之折射率為0.930以下，且消光係數為0.025以上，對於波長13.5 nm之EUV光之入射光的來自多層反射膜2之表面之反射光與來自吸收層3之表面之反射光的相位差為220~280°。

本實施方式之反射型光罩基底因吸收層3具有此種特性，而適合作為能夠以高尺寸精度轉印微細之線狀圖案的EUV微影用反射型光罩。

**【0033】** 吸收層3之波長13.5 nm之EUV光之折射率為0.930以下，較佳為0.925以下，更佳為0.920以下。折射率較佳為0.850以上。

藉由使折射率處於上述範圍內，容易增大相位差，且可獲得能夠以高尺寸精度轉印微細之線狀圖案的相位偏移光罩。

**【0034】** 吸收層3之波長13.5 nm之EUV光之消光係數為0.025以上，較佳為0.028~0.065，更佳為0.030~0.050。

藉由使消光係數處於上述範圍內，可獲得能夠以高尺寸精度轉印微細之線狀圖案的相位偏移光罩。

**【0035】** 為了充分發揮作為相位偏移光罩之效果，對於波長13.5 nm之EUV光之入射光的來自多層反射膜2之表面之反射光與來自吸收層3之表面之反射光的相位差為 $220^{\circ}$ ~ $280^{\circ}$ ，較佳為 $225^{\circ}$ ~ $280^{\circ}$ 。

藉由使相位差處於上述範圍內，可獲得能夠以高尺寸精度轉印微細之線狀圖案的相位偏移光罩。

再者，於本發明中，所謂相位偏移光罩中來自多層反射膜2之反射光，意指不透過吸收層3而是通過光罩圖案之開口部並直接入射至(保護膜4及)多層反射膜2之波長13.5 nm之EUV光被多層反射膜2反射後，再次不透過吸收層3而是通過光罩圖案之開口部的反射光。又，所謂來自吸收層3之表面之反射光，意指波長13.5 nm之EUV光之入射光在被吸收層3吸收的同時也透過吸收層3(及保護膜4)，被多層反射膜2反射後，再次在被吸收層3吸收的同時也透過吸收層3的反射光。

**【0036】** 如上所述，就抑制遮蔽之觀點而言，EUV微影用反射型光

罩之吸收層較理想為較薄，亦對構成材料及構造進行了各種研究，又，認為相位差最佳為 $180^\circ$ 或 $216^\circ$ 。在本發明中，相位差係使用藉由光學多層膜模擬計算所得之值，但可粗略地由下述式(4)來表示。

$$\text{【0037】 } \theta = 4\pi \{d/\lambda - d/(\lambda/n)\} \quad (4)$$

在式(4)中， $\theta$ 係相位差， $d$ 係吸收層3之膜厚， $\lambda$ 係入射光之波長， $n$ 係吸收層3之折射率。

於本發明中，由於 $\lambda = 13.5[\text{nm}]$ ， $n < 1$ ，故而吸收層3之膜厚越薄，折射率越大，則相位差越小。

**【0038】** 形成於反射型光罩基底10之吸收層3的微細之線狀圖案之較佳形態例如可例舉：包含彼此之線方向正交之第1線狀圖案及第2線狀圖案的光罩圖案。形成於反射型光罩基底10之吸收層3的光罩圖案較佳為用於進行如下所述之圖案轉印：藉由第1線狀圖案，將如圖2(a)所示之第1線狀轉印圖案L1形成於被轉印面T，又，藉由第2線狀圖案，將如圖2(b)所示之第2線狀轉印圖案L2形成於被轉印面T；即，用於形成線與間距圖案(LS圖案)。

圖2(a)及(b)所示之被轉印面T上之第1線狀轉印圖案L1及第2線狀轉印圖案L2均為線之寬度與間隔全都相等，但亦可使各寬度彼此不同以及各間隔彼此不同，又，使寬度與間隔之間互有不同。又，亦可包含線彼此交叉之部分。

**【0039】** 反射型光罩基底10於由第1線狀圖案及第2線狀圖案形成之轉印圖案包含例如HP為18 nm以下之微細之線狀圖案之情形時較為合適，更佳為HP為16 nm以下。

於HP處於上述範圍內之情形時，可獲得作為尺寸精度較高之相位偏

移光罩之更優異之效果。

EUV微影係縮小投影曝光，轉印圖案相對於光罩圖案之縮小率通常為4倍，因此例如於轉印圖案係HP為16 nm之線寬與線間隔相等之LS圖案之情形時，光罩圖案係HP為64 nm之LS圖案。

再者，於線寬與線間隔不同之LS圖案之情形時，解像極限下之線寬之臨界尺寸(CD；Critical Dimension)可視為相當於HP。

**【0040】** 構成吸收層3之材料並無特別限定，只要可形成如上所述之相位偏移光罩即可，較佳為包含選自Ir、Re、Os、Ru、Pt、Pd、Au及Ag中之1種以上之金屬元素。金屬元素可為單獨1種，亦可為2種以上。又，上述材料可為金屬元素之單一成分，亦可為合金，又，例如可為包含氧(O)、氮(N)、碳(C)、硼(B)、氫(H)等之化合物。

**【0041】** 作為包含2種金屬元素之材料，例如可例舉：PdCr、IrMo、OsRu、RuPt、RuIr、OsRe等合金。包含2種以上之金屬元素時之各金屬之組成比並無特別限定，只要吸收層3之折射率及消光係數滿足上述數值範圍即可。

**【0042】** 例如，於吸收層3之構成材料為PdCr合金之情形時，就抑制吸收層3之結晶化，同時獲得所需之光學特性之觀點而言，Cr含量[at%]相對於Pd含量[at%]之比(Cr/Pd)較佳為0.01~20，更佳為0.1~10，進而較佳為0.2~4。出於控制結晶性之目的，合金可包含B、N、O、C等。

**【0043】** 例如，於吸收層3之構成材料為IrMo合金之情形時，就抑制吸收層3之結晶化，同時獲得所需之光學特性之觀點而言，Mo含量[at%]相對於Ir含量[at%]之比(Mo/Ir)較佳為0.01~4，更佳為0.05~2，進而較佳為0.1~1。出於控制結晶性之目的，合金可包含B、N、O、C等。

【0044】 例如，於吸收層3之構成材料為OsRu合金之情形時，就抑制吸收層3之結晶化，同時獲得所需之光學特性之觀點而言，Ru含量[at%]相對於Os含量[at%]之比(Ru/Os)較佳為0.01~4，更佳為0.05~2，進而較佳為0.1~1。出於控制結晶性之目的，合金可包含B、N、O、C等。

【0045】 例如，於吸收層3之構成材料為RuPt合金之情形時，就抑制吸收層3之結晶化，同時獲得所需之光學特性之觀點而言，Pt含量[at%]相對於Ru含量[at%]之比(Pt/Ru)較佳為0.01~20，更佳為0.1~10，進而較佳為0.2~5。出於控制結晶性之目的，合金可包含B、N、O、C等。

【0046】 例如，於吸收層3之構成材料為RuIr合金之情形時，就抑制吸收層3之結晶化，同時獲得所需之光學特性之觀點而言，Ir含量[at%]相對於Ru含量[at%]之比(Ir/Ru)較佳為0.01~20，更佳為0.2~10，進而較佳為0.4~4。出於控制結晶性之目的，合金可包含B、N、O、C等。

【0047】 例如，於吸收層3之構成材料為OsRe合金之情形時，就抑制吸收層3之結晶化，同時獲得所需之光學特性之觀點而言，Re含量[at%]相對於Os含量[at%]之比(Re/Os)較佳為0.01~20，更佳為0.05~10，進而較佳為0.1~5。出於控制結晶性之目的，合金可包含B、N、O、C等。

【0048】 又，吸收層3可為積層2層以上之膜而成之複層構成。若為複層構成，則能夠使各層為由不同材料形成之特定功能層來設計吸收層3整體，就該方面而言較佳。作為功能層，例如可例舉：為了防止圖案化時反射層所受到之損傷而視需要成膜於反射層與吸收層之間的緩衝層；為了提高光罩圖案檢查時之對比度而視需要形成於吸收層3之最上層的低反射層(光罩圖案之檢查光之波長區域中之低反射層)；為了控制EUV波長下之

反射率而形成之低反射層；為了控制EUV波長下之相位而成膜之相位控制層等。

【0049】 作為複層構成中之層之組合，例如可例舉：Pt/Ru、Ir/Ru、Pt/Ta、Pt/Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Ir/Cr、Ir/Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>等。該等Pt、Ru、Ir、Ta、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Cr等層之構成材料根據光學特性、結晶性、蝕刻性、耐久性等需求特性可為合金、氮化物、氮氧化物、硼化物等。積層順序可為任意，例如，於上述2層構成之情形時，較佳為第1層/第2層之順序。

複層構成之情形時之折射率及消光係數係以各層之折射率及消光係數考慮各厚度後之加權平均值求出。

【0050】 吸收層3例如可藉由使用磁控濺鍍法、離子束濺鍍法等公知之成膜方法，使所構成之各膜以所需之厚度成膜而形成。

【0051】 若為此種吸收層，則吸收層3之總厚度為60 nm以下，能夠發揮可抑制遮蔽，並且以高尺寸精度轉印微細之線狀圖案的相位偏移光罩之效果。吸收層3之總厚度就吸收層3之成膜及光罩圖案形成時之蝕刻之效率之觀點而言，亦較薄為佳，較佳為60 nm以下，更佳為58 nm以下，進而較佳為45 nm以下。又，吸收層3之總厚度就EUV光之吸收效果之觀點而言，較佳為20 nm以上。

#### 【0052】 (抗反射膜)

於在檢查步驟中使用波長190~260 nm之DUV光(深紫外光)之情形時，可於吸收層3上積層防止反射之抗反射膜(未圖示)。

反射型光罩有時要進行光罩檢查來檢查形成於吸收層3之光罩圖案之缺陷。該光罩檢查主要基於檢查光之反射光之光學資料而判斷有無缺陷等，因此，透過光罩之光無法用作檢查光，而使用DUV光。就準確地進

行檢查之觀點而言，較佳為於吸收層3上設置防止檢查光即DUV光之反射之抗反射膜。

**【0053】** 抗反射膜較佳為由DUV光之折射率較吸收層3低之材料形成，以便發揮上述作用。作為抗反射膜之構成材料，例如可例舉：以Ta作為主成分，除Ta以外還包含選自Hf、Ge、Si、B、N、H及O中之1種以上之成分的材料。作為具體例，可例舉：TaO、TaON、TaONH、TaHfO、TaHfON、TaBSiO、TaBSiON等。

**【0054】** 抗反射膜例如可藉由使用磁控濺鍍法、離子束濺鍍法等公知之成膜方法以所需之厚度成膜而形成。

**【0055】** (其他構成)

本實施方式之反射型光罩基底除了設置上述各膜及層以外，還可於反射型光罩基底中設置公知之功能膜。

例如，為了使反射型光罩基底10吸附固定於靜電吸盤之載置部等，可於基板1之與多層反射膜2相反側之面(背面)形成背面導電膜。

背面導電膜較佳為薄片電阻為 $100 \Omega/\square$ 以下，可應用公知之構成。作為背面導電膜之構成材料，例如可例舉：Si、TiN、Mo、Cr、TaSi等。背面導電膜之厚度例如可設為 $10 \sim 1000 \text{ nm}$ 。

背面導電膜例如可藉由使用磁控濺鍍法、離子束濺鍍法、化學氣相沈積法(CVD法)、真空蒸鍍法、電鍍法等公知之成膜方法，以所需之厚度成膜而形成。

**【0056】** 本發明之反射型光罩基底中之EUV光之反射率較佳為 $0.1 \sim 20\%$ ，更佳為 $0.5 \sim 15\%$ ，進而較佳為 $1.0 \sim 10\%$ ，進而更佳為 $1.5 \sim 8.0\%$ 。

**【0057】 [反射型光罩]**

圖3中模式性地示出了本實施方式之反射型光罩之剖面。圖3所示之反射型光罩20係於基板1上自基板1側起依序積層有反射EUV光之多層反射膜2、及吸收EUV光之吸收層3的EUV微影用反射型光罩，吸收層3之波長13.5 nm之EUV光之折射率為0.95以下，且消光係數為0.025以上，對於波長13.5 nm之EUV光之入射光的來自多層反射膜2之表面之反射光與來自吸收層3之表面之反射光的相位差為220~280°，較佳為225~280°，且於吸收層3形成有光罩圖案M。

即，本發明之反射型光罩於本實施方式之反射型光罩基底10之吸收層3形成有光罩圖案M。因此，反射型光罩20之各構成層之說明與上述針對反射型光罩基底10之說明相同，因此省略。

**【0058】** 如上述反射型光罩基底10之說明所述，光罩圖案M可構成為包含彼此之線方向正交之第1線狀圖案及第2線狀圖案作為應對更複雜之圖案者。即，較佳為用於進行包含如圖2(a)及(b)所示之第1線狀轉印圖案L1及第2線狀轉印圖案L2的LS圖案轉印者。

**【0059】** 反射型光罩20之包含第1線狀轉印圖案L1及第2線狀轉印圖案L2之LS圖案如上述反射型光罩基底10之說明所述，於包含微細之線狀圖案之情形時較為合適，例如，HP較佳為18 nm以下，更佳為16 nm以下。

於包含HP處於上述範圍內之線狀圖案之情形時，可獲得作為轉印精度較高之相位偏移光罩之更優異效果。

**【0060】** 於本發明中，可藉由圖像的歸一化對數斜率(NILS：Normalized Image Log Slope)來推定反射型光罩20之轉印精度優異。所謂NILS，係指表示轉印圖案中之光強度之明部與暗部之對比度的特性值。



4倍，與第1線狀轉印圖案L1對應之第1線狀圖案假定為CD之8倍，即，第1線狀轉印圖案之HP之8倍，與第2線狀轉印圖案L2對應之第2線狀圖案假定為CD之4倍，即，第2線狀轉印圖案之HP之4倍。

【0066】 在所假定之各HP之設定值下，使折射率 $n$ 於0.88～0.96之範圍內發生變化，使消光係數 $k$ 於0.015～0.065之範圍內發生變化，使吸收層之膜厚 $d$ 於20～80 nm之範圍內發生變化而反覆進行計算，於特定之 $n$ 及 $k$ 下，求出NILS變得最大時之 $d$ (最佳值)。又，根據此時之 $d$ 、 $n$ 及 $k$ 之值求出相位差之最佳值。

【0067】 關於模擬中之EUV曝光裝置之設定條件如下所示。

<NA = 0.33之情形>

EUV曝光之光： $\lambda = 13.5$ [nm]，入射角 $6^\circ$

光罩圖案之縮小倍率：縱橫均為4倍

HP(=CD) = 13～20[nm]

照明系統：偶極照明；將各HP下之同調因子 $\sigma_{out}$ 及 $\sigma_{in}$ 之最佳值示於表1中。

【0068】 <NA = 0.55之情形>

EUV曝光之光： $\lambda = 13.5$ [nm]，入射角 $5.355^\circ$

光罩圖案之縮小倍率：縱8倍，橫4倍

HP(=CD) = 8～14[nm]

照明系統：偶極照明；將各HP下之同調因子 $\sigma_{out}$ 及 $\sigma_{in}$ 之最佳值示於表1中。

## 【0069】 [表1]

表1

NA	HP[nm]	$\sigma_{out}$	$\sigma_{in}$
0.33	20	0.5	0.3
	18	0.6	0.4
	16	0.7	0.5
	15	0.8	0.6
	14	0.9	0.7
	13	0.9	0.7
0.55	14	0.5	0.3
	13	0.6	0.4
	12	0.7	0.5
	10	0.7	0.5
	9	0.8	0.6
	8	0.9	0.7

【0070】 如圖2所示，第1線狀轉印圖案L1及與其對應之光罩圖案之第1線狀圖案中，線寬與曝光之光I之入射面垂直。另一方面，第2線狀轉印圖案L2及與其對應之光罩圖案之第2線狀圖案中，線寬與曝光之光I之入射面平行。

【0071】 反射型光罩20較佳為在將第1線狀轉印圖案L1之NILS表示為 $N_V$ ，將第2線狀轉印圖案L2之NILS表示為 $N_H$ 時，滿足所有下述式(1)~(3)。

$$N_V \geq 2.80 \quad (1)$$

$$N_H \geq 2.80 \quad (2)$$

$$|N_V - N_H| / \min\{N_V, N_H\} < 0.060 \quad (3)$$

【0072】  $N_V$ 及 $N_H$ 越高越好，就轉印圖案之良好之對比度之觀點而言，兩者均較佳為2.80以上，更佳為2.85以上。

【0073】 圖5中示出了 $NA = 0.33$ 、 $HP = 20$ [nm]之情形時之計算結果之曲線圖。圖5(a)係用等高線表示 $N_V$ 或 $N_H$ 中較低之值，即， $\min\{N_V, N_H\}$ 的分佈圖。意味著 $N_V$ 及 $N_H$ 均為用等高線表示之NILS之值以上。於特定之

$n$ 及 $k$ 下，求出NILS變得最大時之 $d$ (最佳值)。圖5(b)中用等高線表示根據此時之 $d$ 、 $n$ 及 $k$ 之值所計算之相位差。

於 $HP = 20[\text{nm}]$ 之情形時，根據圖5(a)可以說， $n$ 越低，且 $k$ 越高，則NILS越高，但根據圖5(b)可以說，此時之較佳之相位差如公知的那樣，處於 $180 \sim 216^\circ$ 左右之範圍內。

【0074】圖6中示出了 $NA = 0.55$ 、 $HP = 12[\text{nm}]$ 之情形時之計算結果之曲線圖。圖6(a)亦與圖5(a)同樣地用等高線表示 $\min\{N_V, N_H\}$ ，圖6(b)中用等高線表示根據此時之 $d$ 、 $n$ 及 $k$ 之值所計算之相位差。

於 $HP = 12[\text{nm}]$ 之情形時，根據圖6(a)確認，當處於 $n \leq 0.930$ 且 $k \geq 0.025$ 之範圍內時， $NILS \geq 2.80$ 以上，又，根據圖6(b)確認，此時之相位差處於 $220 \sim 280^\circ$ 之範圍內。

【0075】於 $HP$ 之值較小之情形時，NILS達到最大值時之相位差變大的理由考慮如下。

於LS圖案之反射型光罩中，在光罩圖案之間距與線(凹凸)之邊界部處，光之電場連續地發生變化。若 $HP$ 之值變小，則光罩圖案之凹凸之連續週期變短，隨之，光罩圖案之凹凸之邊界部處之光之電場與 $HP$ 之值較大之情形相比，週期縮短。即認為，於 $HP$ 之值與EUV曝光之光之波長(13.5 nm)為相同程度或 $HP$ 之值小於EUV曝光之光之波長之情形時，光罩圖案中之電場之應變變大，結果導致光罩圖案之間距與線之實際之相位差小於預期這一現象發生。因此，於 $HP$ 之值較小之情形時，藉由使用以預先調整吸收層3之厚度等而產生更大之相位差的方式製作之光罩基底，能夠實現相位偏移光罩之效果。

【0076】若NILS根據線狀轉印圖案之方向而產生差，則需要針對光

罩圖案之每個線方向來調整設計HP。因此，就光罩圖案之設計容易性之觀點而言，較佳為N<sub>ILS</sub>之值之差較小而不論線方向如何。即，可以說，N<sub>V</sub>與N<sub>H</sub>之差越小，則不論線狀圖案之方向如何，均能夠以高尺寸精度形成轉印圖案。就此種觀點而言，如式(3)所示， $|N_V - N_H|/\min\{N_V, N_H\}$ 所表示之差之比率較佳為未達0.060，更佳為0.055以下，進而較佳為0.050以下。

【0077】圖7中示出了基於NA = 0.33、HP = 16[nm]、n = 0.90之情形時之計算結果的k與 $|N_V - N_H|/\min\{N_V, N_H\}$ 之關係之圖。由圖7確認，隨著k之值變大， $|N_V - N_H|/\min\{N_V, N_H\}$ 之值變小。由該結果可知，為了使 $|N_V - N_H|/\min\{N_V, N_H\}$ 之值變小，k較佳為0.025以上，更佳為0.028以上，進而較佳為0.030以上。這是因為，N<sub>V</sub>及N<sub>H</sub>中，k之值對N<sub>V</sub>之影響較小，相對於此，N<sub>H</sub>會隨著k變大而變大，而使N<sub>V</sub>與N<sub>H</sub>之差變小。

又，作為當k之值變小時N<sub>H</sub>變小之要因，亦可例舉以下之方面。N<sub>H</sub>係曝光之光I之入射面與線寬方向平行時(參照圖2(b))之N<sub>ILS</sub>，入射至光罩圖案之曝光之光I之一部分對光罩圖案之間距(凹部)之側壁照射。又，來自多層反射膜2之反射光之一部分亦被光罩圖案之凹部之側壁吸收。因此，N<sub>H</sub>會受到光罩圖案之凹凸構造所引起之遮蔽之影響而降低，往往相比於第1線狀之轉印圖案L1，第2線狀之轉印圖案L2之尺寸精度更差。

因此，k之值越高，則吸收層3中之光吸收越大，能夠抑制由遮蔽所導致之散射光之產生等影響。

於NA = 0.55之情形時，亦可獲得相同之結果。

【0078】針對具體由各種材料構成本實施方式之反射型光罩基底10之吸收層3之情形，將由EUV微影所產生之轉印圖案(LS圖案)為特定之HP

時之相位差 $\theta$ 、NILS、及吸收層3之總厚度 $d$ (最佳值)之光學模擬結果示於表3及4中。表2中示出了 $NA = 0.33$ 之情形，表3中示出了 $NA = 0.55$ 之情形。

再者，在表3及4所示之吸收層3中，各金屬元素之光學常數( $n$ 、 $k$ )係使用表2所示之值，各合金之組成設為 $Pd_{0.79}Cr_{0.21}$ 、 $Ir_{0.25}Mo_{0.75}$ 、 $Os_{0.14}Ru_{0.86}$ 、 $Ru_{0.5}Pt_{0.5}$ 、 $Ru_{0.3}Ta_{0.7}$ 、 $Ru_{0.55}Ir_{0.45}$ 、 $Os_{0.6}Re_{0.4}$ 。嚴格來說，合金之光學常數亦受到密度或製膜條件之影響，因此使用代表值。又，表3之Ir/Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(10 nm)意指吸收膜3由自基板1側起第1層為Ir膜，第2層為Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>膜(厚度10 nm)之2層構造形成。

【0079】 [表2]

表2

金屬元素	折射率 $n$	消光係數 $k$
Pd	0.876	0.046
Cr	0.932	0.039
Ir	0.905	0.044
Mo	0.924	0.006
Os	0.904	0.043
Ru	0.886	0.017
Pt	0.891	0.060
Ta	0.957	0.034
Re	0.915	0.040

## 【0080】 [表3]

表3

NA=0.33

HP [nm]	吸收層				相位差 [°]	NILS		
	材料	n	k	d(最佳值) [nm]		N <sub>V</sub>	N <sub>H</sub>	$ N_V - N_H  / \min\{N_V, N_H\}$
14	PdCr	0.920	0.040	53	246	2.89	2.97	0.027
15				53	246	2.93	3.02	0.028
16				47	225	2.98	3.03	0.015
18				46	216	3.04	3.10	0.018
14	Ir	0.905	0.044	46	248	2.91	3.00	0.033
15				40	230	2.95	3.02	0.021
16				40	230	2.99	3.06	0.023
18				39	216	3.05	3.10	0.015
14	IrMo	0.910	0.035	47	247	2.88	2.98	0.035
15				48	251	2.91	2.94	0.011
16				49	237	2.95	2.96	0.001
18				45	218	3.12	2.99	0.043
14	OsRu	0.900	0.040	40	237	2.91	3.00	0.031
15				40	237	2.94	3.05	0.039
16				40	237	2.97	3.08	0.034
18				39	223	3.12	3.03	0.031
14	RuPt	0.890	0.030	42	261	2.88	2.91	0.010
15				42	261	2.90	2.97	0.022
16				42	261	2.94	2.98	0.015
18				34	215	3.12	3.12	0.000
14	Ir/Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (10 nm)	0.914	0.041	54	255	2.90	2.91	0.004
15		0.915	0.041	49	229	2.95	2.95	0.001
16		0.915	0.041	50	229	2.98	3.01	0.007
18		0.916	0.041	47	220	3.05	3.07	0.009
15	TaBN	0.951	0.031	60	169	2.78	2.83	0.019
15	RuTa	0.907	0.022	49	251	2.84	3.01	0.060

## 【0081】 [表4]

表4

NA=0.55

HP [nm]	吸收層				相位差 [°]	NILS		
	材料	n	k	d(最佳值) [nm]		N <sub>V</sub>	N <sub>H</sub>	$ N_V - N_H /\min\{N_V, N_H\}$
9	Pt	0.891	0.060	33	230	2.94	2.97	0.011
10				40	273	3.00	3.01	0.003
12				46	273	2.99	2.99	0
13				46	273	2.99	2.99	0.001
9	Ir	0.905	0.044	47	268	2.92	2.95	0.010
10				47	268	3.03	2.97	0.019
12				47	268	3.01	2.94	0.024
13				46	248	3.08	2.94	0.047
9	RuIr	0.900	0.030	48	278	2.90	2.92	0.007
10				48	278	3.02	2.91	0.040
12				47	267	2.99	2.89	0.035
13				46	252	2.99	2.95	0.013
9	OsRe	0.910	0.040	47	252	2.94	2.93	0.004
10				47	252	3.06	2.93	0.046
12				47	252	3.05	2.94	0.035
13				46	237	3.10	2.93	0.058
12	TaBN	0.951	0.031	46	127	2.68	2.42	0.106
12	RuTa	0.907	0.022	48	253	3.07	2.83	0.087

【0082】 由表3及4可知，於折射率高於0.930之TaBN之情形時，即便加厚吸收層，相位差亦小至未達180°，難以獲得對比度較高之轉印圖案。又，於消光係數較低之RuTa之情形時，N<sub>V</sub>與N<sub>H</sub>之差之比率較大，難以獲得尺寸精度較高之轉印圖案。

又，即便折射率為0.930以下，且消光係數為0.025以上，當轉印圖案之HP為18 nm時，相位差未達220°時N<sub>V</sub>及N<sub>H</sub>亦可能較高。另一方面，當HP為16 nm以下時，可以說即便相位差為220~280°且層厚度為60 nm以下，亦可獲得尺寸精度較高之轉印圖案。

【0083】 反射型光罩20可藉由使用反射型光罩基底10，應用公知之微影技術形成光罩圖案M而製造。例如可藉由在反射型光罩基底10之吸收層3上形成光阻劑膜，將其加工成具有所需圖案形狀之抗蝕圖案，利用乾

式蝕刻等對吸收層3實施蝕刻處理後，去除包含抗蝕圖案之不需要之光阻劑，而獲得於吸收層3形成有光罩圖案M之反射型光罩20。

**【符號說明】**

**【0084】**

1:基板

2:多層反射膜

3:吸收層

4:保護膜

10:反射型光罩基底

20:反射型光罩

I:曝光之光

L1:第1線狀轉印圖案

L2:第2線狀轉印圖案

T:被轉印面

M:光罩圖案

## 【發明申請專利範圍】

### 【請求項1】

一種反射型光罩基底，

其係於基板上自上述基板側起依序積層有反射EUV光之多層反射膜、及吸收EUV光之吸收層的EUV微影用反射型光罩基底，

上述吸收層之波長13.5 nm之EUV光之折射率為0.930以下，且消光係數為0.025以上，

對於波長13.5 nm之EUV光之入射光的來自上述多層反射膜之表面之反射光與來自上述吸收層之表面之反射光的相位差為220~280°。

### 【請求項2】

如請求項1之反射型光罩基底，其中上述相位差為225~280°。

### 【請求項3】

如請求項1或2之反射型光罩基底，其中

於上述吸收層形成包含彼此之線方向正交之第1線狀圖案及第2線狀圖案的光罩圖案。

### 【請求項4】

如請求項3之反射型光罩基底，其中由上述第1線狀圖案及上述第2線狀圖案形成之轉印圖案之半間距為16 nm以下。

### 【請求項5】

如請求項1或2之反射型光罩基底，其中上述吸收層包含選自銱(Ir)、銠(Re)、銱(Os)、鈦(Ru)、鉑(Pt)、鈀(Pd)、金(Au)及銀(Ag)中之1種以上之金屬元素。

### 【請求項6】

如請求項1或2之反射型光罩基底，其中上述吸收層包含選自鉑(Pt)、

鈀(Pd)、金(Au)及銀(Ag)中之1種以上之金屬元素。

**【請求項7】**

如請求項1或2之反射型光罩基底，其中上述吸收層之波長13.5 nm之 EUV光之消光係數為0.025~0.040。

**【請求項8】**

如請求項1或2之反射型光罩基底，其中上述吸收層係積層2層以上之膜而成。

**【請求項9】**

如請求項1或2之反射型光罩基底，其中上述吸收層之總厚度為60 nm以下。

**【請求項10】**

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吸收層之間形成有保護上述多層反射膜之保護膜。

**【請求項11】**

一種反射型光罩，

其係於基板上自上述基板側起依序積層有反射EUV光之多層反射膜、及吸收EUV光之吸收層的EUV微影用反射型光罩，

上述吸收層之波長13.5 nm之EUV光之折射率為0.930以下，且消光係數為0.025以上，

對於波長13.5 nm之EUV光之入射光的來自上述多層反射膜之表面之反射光與來自上述吸收層之表面之反射光的相位差為220~280°，且

於上述吸收層形成有光罩圖案。

**【請求項12】**

如請求項11之反射型光罩，其中上述相位差為225~280°。

**【請求項13】**

如請求項11或12之反射型光罩，其中上述光罩圖案包含彼此之線方向正交之第1線狀圖案及第2線狀圖案。

**【請求項14】**

如請求項13之反射型光罩，其中在將曝光之光之入射面垂直於線寬之線狀圖案之圖像的歸一化對數斜率表示為 $N_V$ ，將曝光之光之入射面平行於線寬之線狀圖案之圖像的歸一化對數斜率表示為 $N_H$ 時，滿足所有下述式(1)~(3)：

$$N_V \geq 2.80 \quad (1)$$

$$N_H \geq 2.80 \quad (2)$$

$$|N_V - N_H| / \min\{N_V, N_H\} < 0.060 \quad (3)。$$

**【請求項15】**

如請求項13之反射型光罩，其中上述反射型光罩之由第1線狀圖案及第2線狀圖案形成之轉印圖案之半間距為16 nm以下。

**【請求項16】**

如請求項11或12之反射型光罩，其中上述吸收層包含選自銱(Ir)、銻(Re)、鐵(Os)、鈦(Ru)、鉑(Pt)、鈀(Pd)、金(Au)及銀(Ag)中之1種以上之金屬元素。

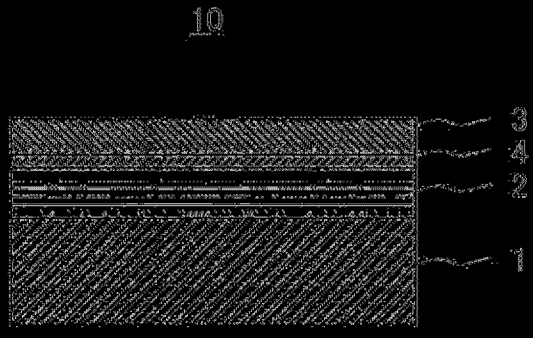
**【請求項17】**

如請求項11或12之反射型光罩，其中上述吸收層包含選自鉑(Pt)、鈀(Pd)、金(Au)及銀(Ag)中之1種以上之金屬元素。

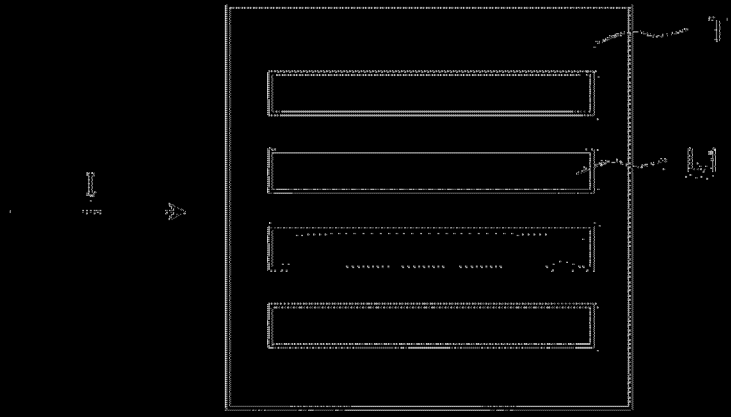
**【請求項18】**

如請求項11或12之反射型光罩，其中上述吸收層之波長13.5 nm之EUV光之消光係數為0.025~0.040。

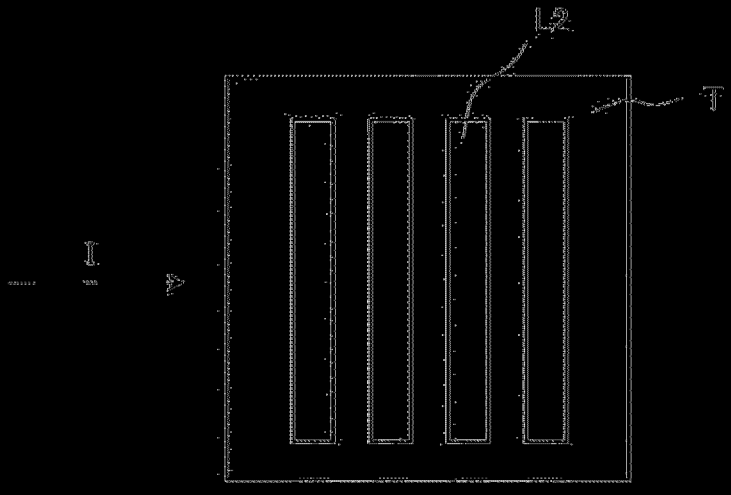
(發明圖式)



(圖1)

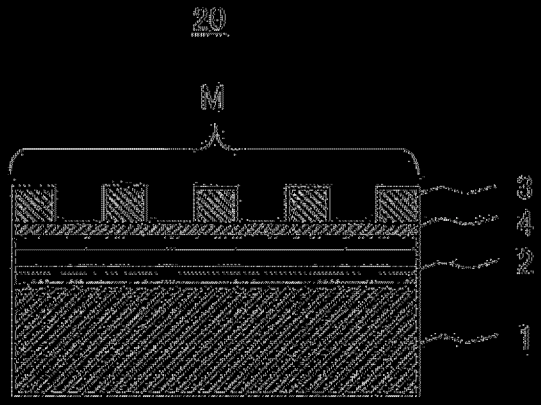


(a)

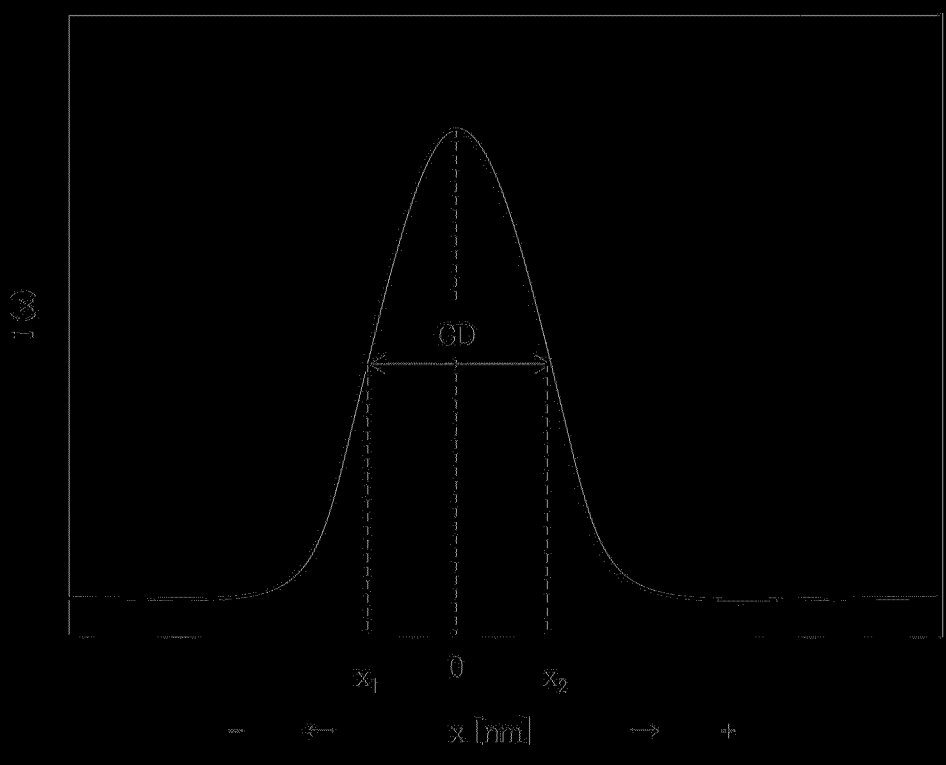


(b)

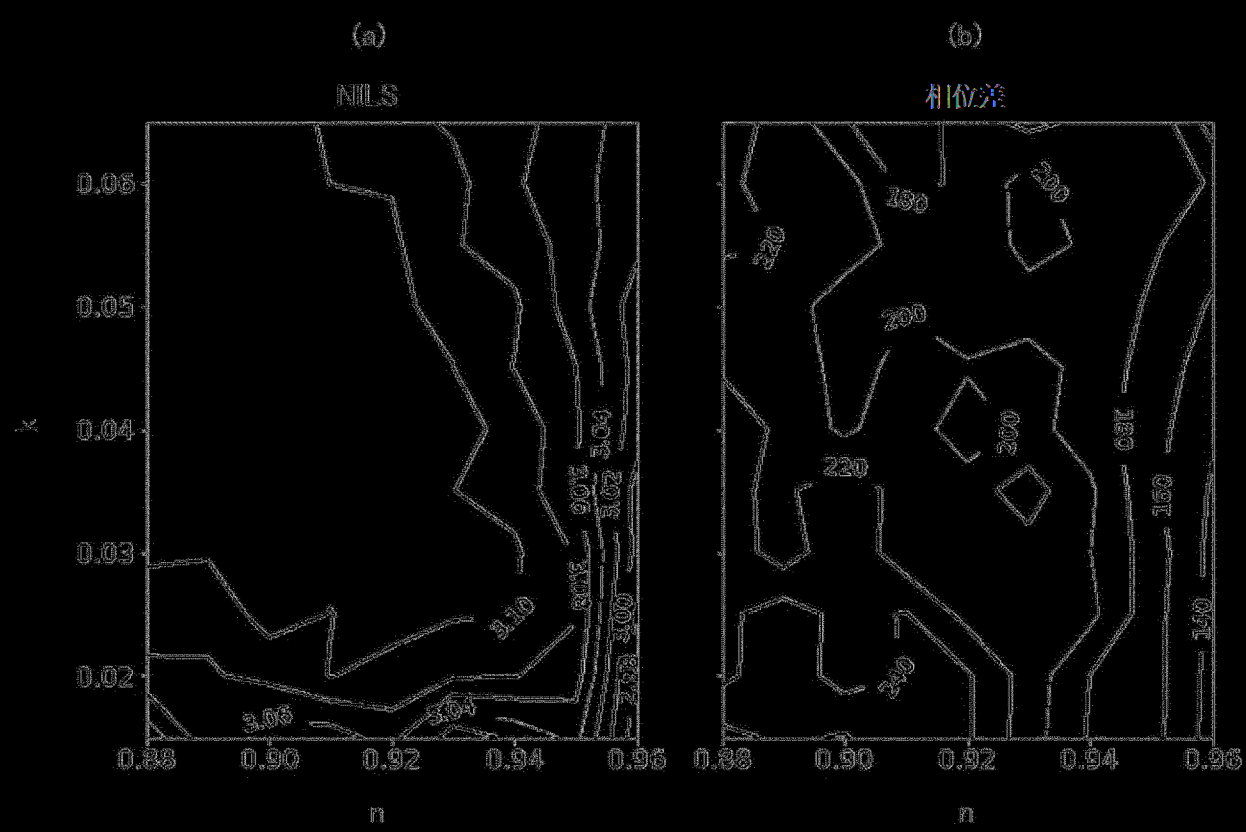
(圖2)



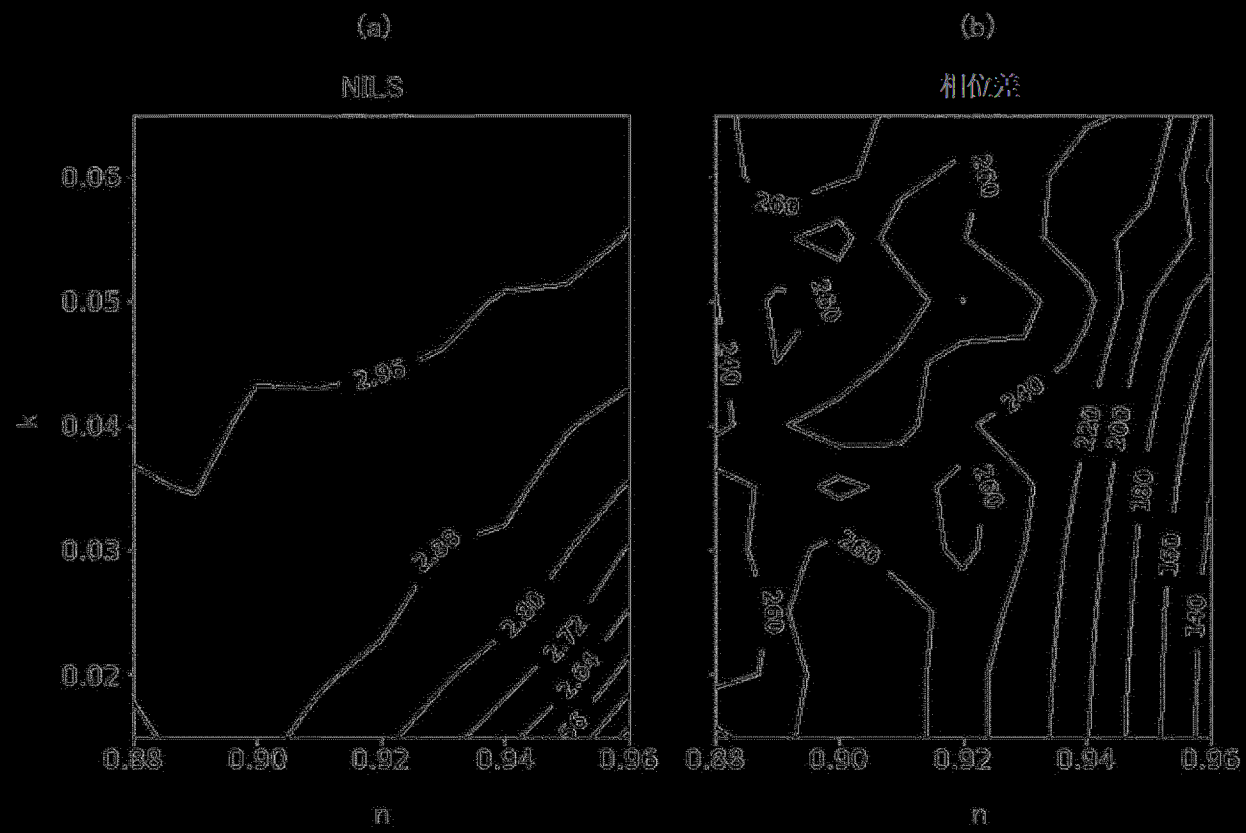
[(圖)3]



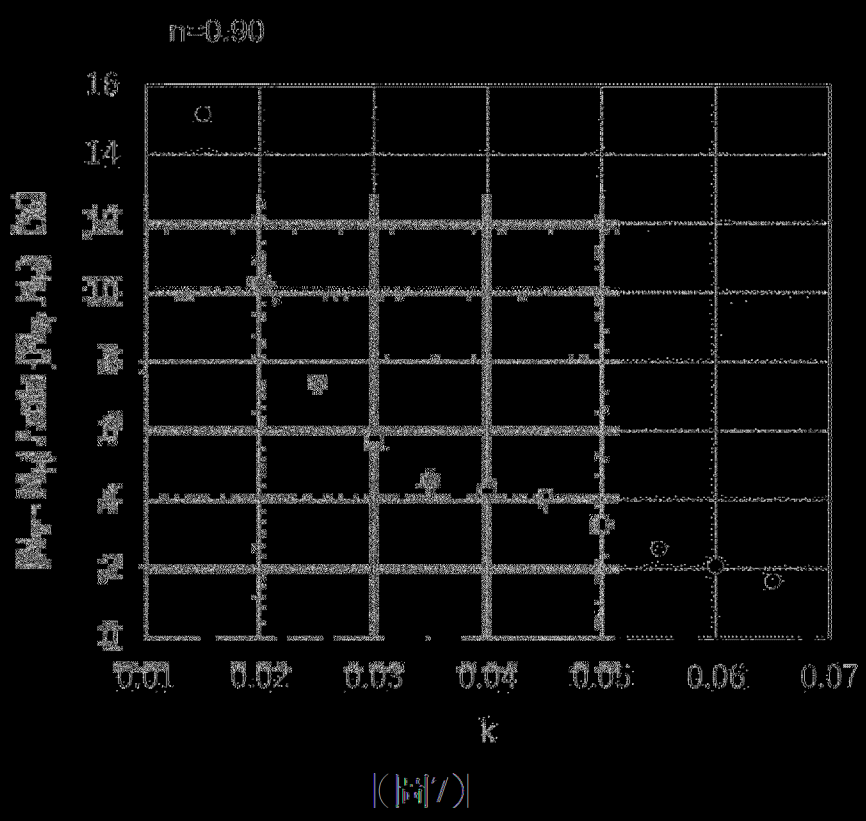
[(圖)4]



(图5)



(图6)



## 【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】 本發明係關於一種半導體製造等中之極紫外線(EUV；Extreme Ultraviolet)微影中使用之反射型光罩基底、以及使用其之反射型光罩。

### 【先前技術】

【0002】 EUV微影中使用之反射型光罩於反射波長13.5 nm左右之短波長EUV光的多層反射膜之上設置有由吸收EUV光之吸收層形成之光罩圖案。關於反射型光罩，若吸收層較厚，則會導致傾斜(通常以 $6^\circ$ 之入射角)入射之EUV光及其反射光被遮擋，即所謂遮蔽，因此轉印圖案容易產生尺寸誤差。

【0003】 為了抑制此種遮蔽所導致之尺寸誤差，正在研究儘可能減小光罩之吸收層之膜厚。又，亦正在推進一種藉由吸收層來提高轉印圖案之邊緣部之解像度的相位偏移光罩之技術開發，該吸收層吸收EUV光，並且形成為使反射光之相位與來自多層反射膜之反射光不同。

【0004】 且說，透過型相位偏移光罩係對光罩圖案之透過部賦予折射率或透過率與該透過部不同之物質或形狀，改變該部分之透過光之相位，而提高解像度者。在相位發生變化之區域中，具有相位差之透過繞射光彼此相互干涉，而導致光強度降低。藉此，轉印圖案之對比度提高，結果使得轉印時之焦深擴大，並且轉印精度提高。

半色調型光罩係透過型相位偏移光罩之一種，其於透過光之相位發

生變化之部分形成有對曝光之光呈半透過性之薄膜。半色調型光罩使透過率衰減至數%左右(通常，相對於基板透過光為2.5~15.0%左右)，與此同時改變相位，而提高圖案邊緣部之解像度，藉此能夠提高轉印精度。

再者，相位差在原則上最佳為 $180^\circ$ ，但已知只要實質上為 $175\sim 185^\circ$ 左右，就能夠獲得解像度之提高效果。

**【0005】** 認為在EUV微影用反射型光罩中，藉由相位偏移效應提高解像度之原理亦相同，只要將透過型光罩中之「透過率」替換成「反射率」即可。即，認為較理想為吸收層中之EUV光之反射率為2.5~15.0%，且來自反射層之EUV光之反射光與來自吸收層之EUV光之反射光之相位差(以下，亦簡稱為「相位差」)為 $175\sim 185^\circ$ 。

因此，先前之反射型光罩中之相位偏移光罩一般設計成相位差為 $180^\circ$ 左右(大致反轉)(例如，參照專利文獻1)。

**【0006】** 另一方面，反射型光罩不同於光垂直透過之透過型光罩，光傾斜入射，因此，近年來亦有最佳相位差為 $216^\circ (= 1.2\pi)$ 之報告。

先前技術文獻

專利文獻

**【0007】** 專利文獻1：日本專利特開2011-29334號公報

**【發明內容】**

[發明所欲解決之問題]

**【0008】** 因此，反射型光罩之吸收層設計成基於構成材料之折射率(以下，有時亦表示為 $n$ )及消光係數(以下，有時亦表示為 $k$ )，以相位差成為 $180^\circ$ 或 $216^\circ$ 之方式設定膜厚，但吸收層之反射率或相位差、膜厚之最佳值會根據曝光條件或轉印圖案形狀等而不同，難以一概而定。

【0009】 另一方面，伴隨著半導體元件等之微細化，圖案之微細化需求進一步提高，圖案形成步驟更加複雜化。可充分適應該情況之吸收層之改良還不可謂充分。例如，微細加工中之線狀圖案之尺寸通常採用轉印圖案之半間距(線寬與線間隔之合計長度之1/2；以下，簡稱為HP)作為代表值，於HP為16 nm以下之情形時，即便在EUV微影中使用如上所述之相位偏移光罩，亦難以提高解像度。

尤其是，LSI(large-scale integration，大規模積體電路)之圖案伴隨著積體密度之上升而更加複雜化，具有正交之線狀圖案複雜地交織在一起之構造，光罩圖案亦需要應對此種複雜之構造。

【0010】 於EUV微影用反射型光罩中，HP越小，越容易受到遮蔽之影響，尤其是在曝光之光之入射面與線寬平行之方向上。因此，為了形成轉印精度優異之光罩圖案，需要開發一種具備預先獲得最佳反射率或相位差之吸收層的相位偏移光罩。

【0011】 本發明係鑒於此種情況而成者，目的在於提供一種能夠在微細之線狀圖案中形成尺寸精度較高之轉印圖案的EUV微影用反射型光罩、及用於其之反射型光罩基底。

[解決問題之技術手段]

【0012】 本發明係基於如下見解：在EUV微影中之微細之線狀圖案中，於由吸收層所產生之相位差較先前大之情形時，能夠以高尺寸精度形成轉印圖案。

【0013】 本發明提供以下之方法。

[1]一種反射型光罩基底，其係於基板上自上述基板側起依序積層有反射EUV光之多層反射膜、及吸收EUV光之吸收層的EUV微影用反射型

光罩基底，上述吸收層之波長13.5 nm之EUV光之折射率為0.930以下，且消光係數為0.025以上，對於波長13.5 nm之EUV光之入射光的來自上述多層反射膜之表面之反射光與來自上述吸收層之表面之反射光的相位差為220~280°。

[2]如[1]所記載之反射型光罩基底，其中上述相位差為225~280°。

[3]如[1]或[2]所記載之反射型光罩基底，其中於上述吸收層形成包含彼此之線方向正交之第1線狀圖案及第2線狀圖案的光罩圖案。

[4]如[3]所記載之反射型光罩基底，其中由上述第1線狀圖案及上述第2線狀圖案形成之轉印圖案之半間距為16 nm以下。

[5]如[1]至[4]中任一項所記載之反射型光罩基底，其中上述吸收層包含選自銱(Ir)、銻(Re)、鐵(Os)、鈦(Ru)、鉑(Pt)、鈀(Pd)、金(Au)及銀(Ag)中之1種以上之金屬元素。

[6]如[1]至[4]中任一項所記載之反射型光罩基底，其中上述吸收層包含選自鉑(Pt)、鈀(Pd)、金(Au)及銀(Ag)中之1種以上之金屬元素。

[7]如[1]至[6]中任一項所記載之反射型光罩基底，其中上述吸收層之波長13.5 nm之EUV光之消光係數為0.025~0.040。

[8]如[1]至[7]中任一項所記載之反射型光罩基底，其中上述吸收層係積層2層以上之膜而成。

[9]如[1]至[8]中任一項所記載之反射型光罩基底，其中上述吸收層之總厚度為60 nm以下。

[10]如[1]至[9]中任一項所記載之反射型光罩基底，其中於上述多層反射膜與上述吸收層之間形成有保護上述多層反射膜之保護膜。

**【0014】** [11]一種反射型光罩，其係於基板上自上述基板側起依序

積層有反射EUV光之多層反射膜、及吸收EUV光之吸收層的EUV微影用反射型光罩，上述吸收層之波長13.5 nm之EUV光之折射率為0.930以下，且消光係數為0.025以上，對於波長13.5 nm之EUV光之入射光的來自上述多層反射膜之表面之反射光與來自上述吸收層之表面之反射光的相位差為220~280°，且於上述吸收層形成有光罩圖案。

[12]如[11]所記載之反射型光罩，其中上述相位差為225~280°。

[13]如[11]或[12]所記載之反射型光罩，其中上述光罩圖案包含彼此之線方向正交之第1線狀圖案及第2線狀圖案。

[14]如[13]所記載之反射型光罩，其中在將曝光之光之入射面垂直於線寬之線狀圖案之圖像的歸一化對數斜率表示為 $N_V$ ，將曝光之光之入射面平行於線寬之線狀圖案之圖像的歸一化對數斜率表示為 $N_H$ 時，滿足所有下述式(1)~(3)。

$$N_V \geq 2.80 \quad (1)$$

$$N_H \geq 2.80 \quad (2)$$

$$|N_V - N_H| / \min\{N_V, N_H\} < 0.060 \quad (3)$$

[15]如[13]或[14]所記載之反射型光罩，其中上述反射型光罩之由第1線狀圖案及第2線狀圖案形成之轉印圖案之半間距為16 nm以下。

[16]如[11]至[15]中任一項所記載之反射型光罩，其中上述吸收層包含選自銱(Ir)、銻(Re)、銱(Os)、鈦(Ru)、鉑(Pt)、鈀(Pd)、金(Au)及銀(Ag)中之1種以上之金屬元素。

[17]如[11]至[15]中任一項所記載之反射型光罩，其中上述吸收層包含選自鉑(Pt)、鈀(Pd)、金(Au)及銀(Ag)中之1種以上之金屬元素。

[18]如[11]至[17]中任一項所記載之反射型光罩，其中上述吸收層之

波長13.5 nm之EUV光之消光係數為0.025~0.040。

[發明之效果]

【0015】 根據本發明，提供一種能夠在微細之線狀圖案中形成尺寸精度較高之轉印圖案的EUV微影用反射型光罩、及用於其之反射型光罩基底。

【圖式簡單說明】

【0016】

圖1係模式性地表示本發明之實施方式之反射型光罩基底之概略剖視圖。

圖2係線與間距圖案之轉印圖案之概略俯視圖，(a)表示第1線狀轉印圖案，(b)表示第2線狀轉印圖案。

圖3係模式性地表示本發明之實施方式之反射型光罩之概略剖視圖。

圖4係用以說明轉印圖案中之光強度分佈之概略圖。

圖5係關於EUV微影中之轉印圖案之模擬計算結果( $NA = 0.33$ ， $HP = 20[nm]$ )，(a)係用等高線表示 $\min\{N_V, N_H\}$ 相對於 $n$ 及 $k$ 之分佈之圖，(b)係用等高線表示根據此時之 $d$ 、 $n$ 及 $k$ 之值所計算之相位差之圖。

圖6係關於EUV微影中之轉印圖案之模擬計算結果( $NA = 0.55$ ， $HP = 12[nm]$ )，(a)係用等高線表示 $\min\{N_V, N_H\}$ 相對於 $n$ 及 $k$ 之分佈之圖，(b)係用等高線表示根據此時之 $d$ 、 $n$ 及 $k$ 之值所計算之相位差之圖。

圖7係基於關於EUV微影中之轉印圖案之模擬計算結果( $NA = 0.33$ ， $HP = 16[nm]$ ， $n = 0.90$ )來表示 $k$ 與 $|N_V - N_H|/\min\{N_V, N_H\}$ 之關係之圖。

【實施方式】

【0017】 首先，對本說明書中之表述進行說明。

所謂基板上、層上及膜上(以下，簡稱為膜等上)，意指不僅包括與膜等之上表面相接之情形，亦包括不與膜等之上表面相接之上方。例如，「膜A上之膜B」可以指膜A與膜B相接，亦可指於膜A與膜B之間介置其他膜等。又，此處所言之「上」不一定限於意指鉛直方向上較高之位置之情形，而表示相對位置關係。

所成膜之膜等之厚度可藉由穿透式電子顯微鏡或X射線反射率法來進行測定。

較佳之數值範圍可將較佳之下限值與上限值各者任意組合。

#### 【0018】 [反射型光罩基底]

以下，參照圖式對本發明之實施方式進行說明。

圖1中模式性地示出了本實施方式之反射型光罩基底之剖面。圖1所示之反射型光罩基底10於基板1上自基板1側起依序積層有反射EUV光之多層反射膜2、及吸收EUV光之吸收層3。

可於多層反射膜2與吸收層3之間形成保護膜4(亦稱為頂蓋層)用來保護多層反射膜2使其免受形成光罩圖案時之乾式蝕刻之影響。進而，便於光罩加工後之圖案缺陷檢查之抗反射膜(未圖示)可形成於吸收層3上。

#### 【0019】 (基板)

就防止EUV曝光時之熱所導致之轉印圖案之變形之觀點而言，基板1較佳為20℃下之熱膨脹係數較低，較佳為 $0 \pm 0.05 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ ，更佳為 $0 \pm 0.03 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 。又，基板1較佳為平滑性優異，平坦度較高，且對反射型光罩之製造工序中使用之洗淨液具有優異之耐性(耐化學品性)。

作為基板1之材料，例如可例舉： $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ 系玻璃、多成分系玻璃陶瓷等，又，亦可使用析出了 $\beta$ -石英固溶體之結晶化玻璃、石英玻璃、

矽、金屬等。

【0020】 就能夠以高反射率且高精度進行圖案轉印之觀點而言，基板1較佳為平滑，其表面粗糙度(RMS)較佳為0.15 nm以下，更佳為0.10 nm以下。就同樣之觀點而言，平坦度(TIR；Total Indicated Reading)較佳為100 nm以下，更佳為50 nm以下，進而較佳為30 nm以下。

【0021】 基板1就防止積層於其上之膜等之應力所導致之變形之觀點而言，較佳為具有高剛性。具體而言，楊氏模數較佳為65 GPa以上。

【0022】 (多層反射膜)

就提高EUV光之反射率之觀點而言，多層反射膜2較佳為週期性地積層以折射率不同之元素作為主成分之複數個層而成的構成。一般地，多層反射膜2具有以高折射率層1層與低折射率層1層之組作為1個週期，積層40~60個週期左右而成的構造。

作為高折射率層/低折射率層，一般為Mo/Si多層反射膜，但並不限定於此，例如亦可例舉：Ru/Si多層反射膜、Mo/Be多層反射膜、Mo化合物/Si化合物多層反射膜、Si/Mo/Ru多層反射膜、Si/Mo/Ru/Mo多層反射膜、MoRu/Si多層反射膜、Si/Ru/Mo多層反射膜、Si/Ru/Mo/Ru多層反射膜等。

【0023】 多層反射膜2中之波長13.5 nm附近之EUV光之入射角 $6^\circ$ 之入射光之反射率較佳為60%以上，更佳為65%以上。

構成多層反射膜2之各膜之厚度及積層之重複週期係根據膜材料及EUV光之所需之反射率等而適當設定。

【0024】 多層反射膜2例如可藉由使用磁控濺鍍法、離子束濺鍍法等公知之成膜方法，使所構成之各膜以所需之厚度成膜而形成。

例如於利用離子束濺鍍法形成Mo/Si多層反射膜之情形時，以氬(Ar)氣(氣壓 $1.3 \times 10^{-2} \sim 2.7 \times 10^{-2}$  Pa)作為濺鍍氣體，於離子加速電壓300~1500 V、成膜速度0.030~0.300 nm/sec之條件下，首先使用Si靶，使Si膜成膜為4.5 nm之厚度，繼而，使用Mo靶，使Mo膜成膜為2.3 nm之厚度。將其作為1個週期，以30~60個週期反覆積層Mo膜/Si膜，藉此可形成Mo/Si多層反射膜。

#### 【0025】 (保護膜)

可於多層反射膜2與吸收層3之間形成保護膜4用來保護多層反射膜2使其免受形成光罩圖案時之乾式蝕刻之影響。保護膜4亦具有防止EUV曝光時多層反射膜2發生氧化以致EUV光之反射率降低之作用。

【0026】 上述乾式蝕刻中之蝕刻氣體對吸收層3與保護膜4之膜厚方向上之蝕刻速度比(吸收層3之蝕刻速度/保護膜4之蝕刻速度)越大，吸收層3之加工性越優異，較佳為10~200，更佳為30~100。

再者，作為蝕刻氣體，通常可使用鹵素系氣體、氧系氣體、或其等之混合氣體。作為鹵素系氣體，例如可例舉：包含選自Cl<sub>2</sub>、SiCl<sub>4</sub>、CHCl<sub>3</sub>、CCl<sub>4</sub>及BCl<sub>3</sub>中之1種以上的氯系氣體；包含選自CF<sub>4</sub>、CHF<sub>3</sub>、SF<sub>6</sub>、BF<sub>3</sub>及XeF<sub>2</sub>中之1種以上的氟系氣體。

【0027】 保護膜4較佳為包含例如選自Ru、Rh及Si中之1種以上之元素。於保護膜4包含Rh之情形時，可為僅由Rh所構成之膜，亦較佳為包含選自Ru、Nb、Mo、Ta、Ir、Pd、Zr、Y及Ti中之1種以上之元素。該等元素之中，就提高對蝕刻氣體、及反射型光罩之洗淨等中所使用之硫酸過氧化氫混合物之耐性之觀點而言，較佳為選自Ru、Ta、Ir、Pd及Y中之1種以上。又，就提高保護膜4之平滑性之觀點而言，亦可包含選自N、

O、C及B中之1種以上之元素。

【0028】保護膜4可為單層，亦可為包含複數層之多層膜。於保護膜4為多層膜之情形時，可形成為保護膜4之下層與多層反射膜2之最上面接觸，保護膜4之上層與吸收層3之最下面接觸。如此，藉由使保護膜4為複層構成，能夠針對每一層使用特定功能優異之材料，而實現保護膜4整體之多功能化。例如，保護膜4於整體之Rh含量為50 at%以上之情形時，亦可具有不含Rh之層。於保護膜4為多層膜之情形時，保護膜4之膜厚意指多層膜之合計膜厚。

【0029】保護膜4之膜厚只要處於能夠充分發揮上述作用而不會妨礙多層反射膜2之反射性能之範圍內即可，較佳為1.0~10.0 nm，更佳為2.0~3.5 nm。

就同樣之觀點而言，保護膜4之均方根粗糙度(RMS)較佳為0.3 nm以下，更佳為0.1 nm以下，較佳為平滑。

【0030】保護膜4例如可藉由使用DC(direct current，直流)濺鍍法、磁控濺鍍法、離子束濺鍍法等公知之成膜方法，以所需之厚度進行成膜而形成。

【0031】進而，用於在乾式蝕刻或缺陷修正時保護多層反射膜2之緩衝層(未圖示)可形成於保護膜4與吸收層3之間。緩衝層之構成材料並無特別限定，例如可例舉以SiO<sub>2</sub>、Cr、Ta等作為主成分之材料等。

#### 【0032】(吸收層)

吸收層3形成為波長13.5 nm之EUV光之折射率為0.930以下，且消光係數為0.025以上，對於波長13.5 nm之EUV光之入射光的來自多層反射膜2之表面之反射光與來自吸收層3之表面之反射光的相位差為220~280°。

本實施方式之反射型光罩基底因吸收層3具有此種特性，而適合作為能夠以高尺寸精度轉印微細之線狀圖案的EUV微影用反射型光罩。

**【0033】** 吸收層3之波長13.5 nm之EUV光之折射率為0.930以下，較佳為0.925以下，更佳為0.920以下。折射率較佳為0.850以上。

藉由使折射率處於上述範圍內，容易增大相位差，且可獲得能夠以高尺寸精度轉印微細之線狀圖案的相位偏移光罩。

**【0034】** 吸收層3之波長13.5 nm之EUV光之消光係數為0.025以上，較佳為0.028~0.065，更佳為0.030~0.050。

藉由使消光係數處於上述範圍內，可獲得能夠以高尺寸精度轉印微細之線狀圖案的相位偏移光罩。

**【0035】** 為了充分發揮作為相位偏移光罩之效果，對於波長13.5 nm之EUV光之入射光的來自多層反射膜2之表面之反射光與來自吸收層3之表面之反射光的相位差為 $220^{\circ}$ ~ $280^{\circ}$ ，較佳為 $225^{\circ}$ ~ $280^{\circ}$ 。

藉由使相位差處於上述範圍內，可獲得能夠以高尺寸精度轉印微細之線狀圖案的相位偏移光罩。

再者，於本發明中，所謂相位偏移光罩中來自多層反射膜2之反射光，意指不透過吸收層3而是通過光罩圖案之開口部並直接入射至(保護膜4及)多層反射膜2之波長13.5 nm之EUV光被多層反射膜2反射後，再次不透過吸收層3而是通過光罩圖案之開口部的反射光。又，所謂來自吸收層3之表面之反射光，意指波長13.5 nm之EUV光之入射光在被吸收層3吸收的同時也透過吸收層3(及保護膜4)，被多層反射膜2反射後，再次在被吸收層3吸收的同時也透過吸收層3的反射光。

**【0036】** 如上所述，就抑制遮蔽之觀點而言，EUV微影用反射型光

罩之吸收層較理想為較薄，亦對構成材料及構造進行了各種研究，又，認為相位差最佳為 $180^\circ$ 或 $216^\circ$ 。在本發明中，相位差係使用藉由光學多層膜模擬計算所得之值，但可粗略地由下述式(4)來表示。

$$\text{【0037】 } \theta = 4\pi \{d/\lambda - d/(\lambda/n)\} \quad (4)$$

在式(4)中， $\theta$ 係相位差， $d$ 係吸收層3之膜厚， $\lambda$ 係入射光之波長， $n$ 係吸收層3之折射率。

於本發明中，由於 $\lambda = 13.5[\text{nm}]$ ， $n < 1$ ，故而吸收層3之膜厚越薄，折射率越大，則相位差越小。

**【0038】** 形成於反射型光罩基底10之吸收層3的微細之線狀圖案之較佳形態例如可例舉：包含彼此之線方向正交之第1線狀圖案及第2線狀圖案的光罩圖案。形成於反射型光罩基底10之吸收層3的光罩圖案較佳為用於進行如下所述之圖案轉印：藉由第1線狀圖案，將如圖2(a)所示之第1線狀轉印圖案L1形成於被轉印面T，又，藉由第2線狀圖案，將如圖2(b)所示之第2線狀轉印圖案L2形成於被轉印面T；即，用於形成線與間距圖案(LS圖案)。

圖2(a)及(b)所示之被轉印面T上之第1線狀轉印圖案L1及第2線狀轉印圖案L2均為線之寬度與間隔全都相等，但亦可使各寬度彼此不同以及各間隔彼此不同，又，使寬度與間隔之間互有不同。又，亦可包含線彼此交叉之部分。

**【0039】** 反射型光罩基底10於由第1線狀圖案及第2線狀圖案形成之轉印圖案包含例如HP為18 nm以下之微細之線狀圖案之情形時較為合適，更佳為HP為16 nm以下。

於HP處於上述範圍內之情形時，可獲得作為尺寸精度較高之相位偏

移光罩之更優異之效果。

EUV微影係縮小投影曝光，轉印圖案相對於光罩圖案之縮小率通常為4倍，因此例如於轉印圖案係HP為16 nm之線寬與線間隔相等之LS圖案之情形時，光罩圖案係HP為64 nm之LS圖案。

再者，於線寬與線間隔不同之LS圖案之情形時，解像極限下之線寬之臨界尺寸(CD；Critical Dimension)可視為相當於HP。

**【0040】** 構成吸收層3之材料並無特別限定，只要可形成如上所述之相位偏移光罩即可，較佳為包含選自Ir、Re、Os、Ru、Pt、Pd、Au及Ag中之1種以上之金屬元素。金屬元素可為單獨1種，亦可為2種以上。又，上述材料可為金屬元素之單一成分，亦可為合金，又，例如可為包含氧(O)、氮(N)、碳(C)、硼(B)、氫(H)等之化合物。

**【0041】** 作為包含2種金屬元素之材料，例如可例舉：PdCr、IrMo、OsRu、RuPt、RuIr、OsRe等合金。包含2種以上之金屬元素時之各金屬之組成比並無特別限定，只要吸收層3之折射率及消光係數滿足上述數值範圍即可。

**【0042】** 例如，於吸收層3之構成材料為PdCr合金之情形時，就抑制吸收層3之結晶化，同時獲得所需之光學特性之觀點而言，Cr含量[at%]相對於Pd含量[at%]之比(Cr/Pd)較佳為0.01~20，更佳為0.1~10，進而較佳為0.2~4。出於控制結晶性之目的，合金可包含B、N、O、C等。

**【0043】** 例如，於吸收層3之構成材料為IrMo合金之情形時，就抑制吸收層3之結晶化，同時獲得所需之光學特性之觀點而言，Mo含量[at%]相對於Ir含量[at%]之比(Mo/Ir)較佳為0.01~4，更佳為0.05~2，進而較佳為0.1~1。出於控制結晶性之目的，合金可包含B、N、O、C等。

【0044】 例如，於吸收層3之構成材料為OsRu合金之情形時，就抑制吸收層3之結晶化，同時獲得所需之光學特性之觀點而言，Ru含量[at%]相對於Os含量[at%]之比(Ru/Os)較佳為0.01~4，更佳為0.05~2，進而較佳為0.1~1。出於控制結晶性之目的，合金可包含B、N、O、C等。

【0045】 例如，於吸收層3之構成材料為RuPt合金之情形時，就抑制吸收層3之結晶化，同時獲得所需之光學特性之觀點而言，Pt含量[at%]相對於Ru含量[at%]之比(Pt/Ru)較佳為0.01~20，更佳為0.1~10，進而較佳為0.2~5。出於控制結晶性之目的，合金可包含B、N、O、C等。

【0046】 例如，於吸收層3之構成材料為RuIr合金之情形時，就抑制吸收層3之結晶化，同時獲得所需之光學特性之觀點而言，Ir含量[at%]相對於Ru含量[at%]之比(Ir/Ru)較佳為0.01~20，更佳為0.2~10，進而較佳為0.4~4。出於控制結晶性之目的，合金可包含B、N、O、C等。

【0047】 例如，於吸收層3之構成材料為OsRe合金之情形時，就抑制吸收層3之結晶化，同時獲得所需之光學特性之觀點而言，Re含量[at%]相對於Os含量[at%]之比(Re/Os)較佳為0.01~20，更佳為0.05~10，進而較佳為0.1~5。出於控制結晶性之目的，合金可包含B、N、O、C等。

【0048】 又，吸收層3可為積層2層以上之膜而成之複層構成。若為複層構成，則能夠使各層為由不同材料形成之特定功能層來設計吸收層3整體，就該方面而言較佳。作為功能層，例如可例舉：為了防止圖案化時反射層所受到之損傷而視需要成膜於反射層與吸收層之間的緩衝層；為了提高光罩圖案檢查時之對比度而視需要形成於吸收層3之最上層的低反射層(光罩圖案之檢查光之波長區域中之低反射層)；為了控制EUV波長下之

反射率而形成之低反射層；為了控制EUV波長下之相位而成膜之相位控制層等。

【0049】 作為複層構成中之層之組合，例如可例舉：Pt/Ru、Ir/Ru、Pt/Ta、Pt/Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Ir/Cr、Ir/Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>等。該等Pt、Ru、Ir、Ta、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Cr等層之構成材料根據光學特性、結晶性、蝕刻性、耐久性等需求特性可為合金、氮化物、氮氧化物、硼化物等。積層順序可為任意，例如，於上述2層構成之情形時，較佳為第1層/第2層之順序。

複層構成之情形時之折射率及消光係數係以各層之折射率及消光係數考慮各厚度後之加權平均值求出。

【0050】 吸收層3例如可藉由使用磁控濺鍍法、離子束濺鍍法等公知之成膜方法，使所構成之各膜以所需之厚度成膜而形成。

【0051】 若為此種吸收層，則吸收層3之總厚度為60 nm以下，能夠發揮可抑制遮蔽，並且以高尺寸精度轉印微細之線狀圖案的相位偏移光罩之效果。吸收層3之總厚度就吸收層3之成膜及光罩圖案形成時之蝕刻之效率之觀點而言，亦較薄為佳，較佳為60 nm以下，更佳為58 nm以下，進而較佳為45 nm以下。又，吸收層3之總厚度就EUV光之吸收效果之觀點而言，較佳為20 nm以上。

#### 【0052】 (抗反射膜)

於在檢查步驟中使用波長190~260 nm之DUV光(深紫外光)之情形時，可於吸收層3上積層防止反射之抗反射膜(未圖示)。

反射型光罩有時要進行光罩檢查來檢查形成於吸收層3之光罩圖案之缺陷。該光罩檢查主要基於檢查光之反射光之光學資料而判斷有無缺陷等，因此，透過光罩之光無法用作檢查光，而使用DUV光。就準確地進

行檢查之觀點而言，較佳為於吸收層3上設置防止檢查光即DUV光之反射之抗反射膜。

【0053】 抗反射膜較佳為由DUV光之折射率較吸收層3低之材料形成，以便發揮上述作用。作為抗反射膜之構成材料，例如可例舉：以Ta作為主成分，除Ta以外還包含選自Hf、Ge、Si、B、N、H及O中之1種以上之成分的材料。作為具體例，可例舉：TaO、TaON、TaONH、TaHfO、TaHfON、TaBSiO、TaBSiON等。

【0054】 抗反射膜例如可藉由使用磁控濺鍍法、離子束濺鍍法等公知之成膜方法以所需之厚度成膜而形成。

【0055】 (其他構成)

本實施方式之反射型光罩基底除了設置上述各膜及層以外，還可於反射型光罩基底中設置公知之功能膜。

例如，為了使反射型光罩基底10吸附固定於靜電吸盤之載置部等，可於基板1之與多層反射膜2相反側之面(背面)形成背面導電膜。

背面導電膜較佳為薄片電阻為 $100 \Omega/\square$ 以下，可應用公知之構成。作為背面導電膜之構成材料，例如可例舉：Si、TiN、Mo、Cr、TaSi等。背面導電膜之厚度例如可設為 $10 \sim 1000 \text{ nm}$ 。

背面導電膜例如可藉由使用磁控濺鍍法、離子束濺鍍法、化學氣相沈積法(CVD法)、真空蒸鍍法、電鍍法等公知之成膜方法，以所需之厚度成膜而形成。

【0056】 本發明之反射型光罩基底中之EUV光之反射率較佳為 $0.1 \sim 20\%$ ，更佳為 $0.5 \sim 15\%$ ，進而較佳為 $1.0 \sim 10\%$ ，進而更佳為 $1.5 \sim 8.0\%$ 。

**【0057】 [反射型光罩]**

圖3中模式性地示出了本實施方式之反射型光罩之剖面。圖3所示之反射型光罩20係於基板1上自基板1側起依序積層有反射EUV光之多層反射膜2、及吸收EUV光之吸收層3的EUV微影用反射型光罩，吸收層3之波長13.5 nm之EUV光之折射率為0.95以下，且消光係數為0.025以上，對於波長13.5 nm之EUV光之入射光的來自多層反射膜2之表面之反射光與來自吸收層3之表面之反射光的相位差為220~280°，較佳為225~280°，且於吸收層3形成有光罩圖案M。

即，本發明之反射型光罩於本實施方式之反射型光罩基底10之吸收層3形成有光罩圖案M。因此，反射型光罩20之各構成層之說明與上述針對反射型光罩基底10之說明相同，因此省略。

**【0058】** 如上述反射型光罩基底10之說明所述，光罩圖案M可構成為包含彼此之線方向正交之第1線狀圖案及第2線狀圖案作為應對更複雜之圖案者。即，較佳為用於進行包含如圖2(a)及(b)所示之第1線狀轉印圖案L1及第2線狀轉印圖案L2的LS圖案轉印者。

**【0059】** 反射型光罩20之包含第1線狀轉印圖案L1及第2線狀轉印圖案L2之LS圖案如上述反射型光罩基底10之說明所述，於包含微細之線狀圖案之情形時較為合適，例如，HP較佳為18 nm以下，更佳為16 nm以下。

於包含HP處於上述範圍內之線狀圖案之情形時，可獲得作為轉印精度較高之相位偏移光罩之更優異效果。

**【0060】** 於本發明中，可藉由圖像的歸一化對數斜率(NILS：Normalized Image Log Slope)來推定反射型光罩20之轉印精度優異。所謂NILS，係指表示轉印圖案中之光強度之明部與暗部之對比度的特性值。

可以說，NILS之值越高，則轉印圖案之對比度越高，轉印精度越好。NILS可藉由下述式(5)求出。

$$\text{NILS} = \text{CD} \times \frac{\ln I(x)}{x} \quad (5)$$

(0062) 式(5)中， $I(x)$ 表示轉印圖案中之光強度分佈(以最大強度歸一化之強度，無因次量)， $x$ 表示轉印圖案之線寬方向上距峰位置之距離(單位：nm)，CD表示轉印圖案之解像極限下之線寬之臨界尺寸(Critical Dimension)。

(0063) 圖4中示出了光強度分佈 $I(x)$ 之概要。關於NILS，如同4所示，求出 $I(x)$ 之峰部中之寬度( $x_2 - x_1$ )等於CD時之 $\ln I(x)$ ( $I(x)$ 之自然對數)之斜率與CD之積作為NILS。

(0064)  $I(x)$ 係由基於公知之光學成像理論(例如參照松本宏一著，“微影光學”，「光學」，日本光學會，2001年3月，第30卷，第3號，p.40-47)之微影模擬求出。模擬亦可使用市售之軟體(例如，微影模擬器「PROLITH」，KLA-Tencor公司製造；「Sentaurus Lithography」，Synopsis公司製造等)。

(0065) 於本發明中，將EUV曝光裝置之透鏡之數值孔徑NA假定為0.33，或者考慮用於使圖案進一步微細化之下一代類型而假定為0.55，而進行模擬。

於NA=0.33之情形時，光罩圖案之縮小倍率係縱橫均為4倍，形成於反射型光罩20之吸收層3之第1線狀圖案及第2線狀圖案均假定為CD之4倍，即，轉印圖案之LS圖案之JEP之4倍。

於NA=0.55之情形時，光罩圖案之縮小倍率係縱(掃描方向)8倍，橫

4倍，與第1線狀轉印圖案L1對應之第1線狀圖案假定為CD之8倍，即，第1線狀轉印圖案之HP之8倍，與第2線狀轉印圖案L2對應之第2線狀圖案假定為CD之4倍，即，第2線狀轉印圖案之HP之4倍。

【0066】 在所假定之各HP之設定值下，使折射率 $n$ 於0.88～0.96之範圍內發生變化，使消光係數 $k$ 於0.015～0.065之範圍內發生變化，使吸收層之膜厚 $d$ 於20～80 nm之範圍內發生變化而反覆進行計算，於特定之 $n$ 及 $k$ 下，求出NILS變得最大時之 $d$ (最佳值)。又，根據此時之 $d$ 、 $n$ 及 $k$ 之值求出相位差之最佳值。

【0067】 關於模擬中之EUV曝光裝置之設定條件如下所示。

<NA = 0.33之情形>

EUV曝光之光： $\lambda = 13.5$ [nm]，入射角 $6^\circ$

光罩圖案之縮小倍率：縱橫均為4倍

HP(=CD) = 13～20[nm]

照明系統：偶極照明；將各HP下之同調因子 $\sigma_{out}$ 及 $\sigma_{in}$ 之最佳值示於表1中。

【0068】 <NA = 0.55之情形>

EUV曝光之光： $\lambda = 13.5$ [nm]，入射角 $5.355^\circ$

光罩圖案之縮小倍率：縱8倍，橫4倍

HP(=CD) = 8～14[nm]

照明系統：偶極照明；將各HP下之同調因子 $\sigma_{out}$ 及 $\sigma_{in}$ 之最佳值示於表1中。

## 【0069】 [表1]

表1

NA	HP[nm]	$\sigma_{out}$	$\sigma_{in}$
0.33	20	0.5	0.3
	18	0.6	0.4
	16	0.7	0.5
	15	0.8	0.6
	14	0.9	0.7
	13	0.9	0.7
0.55	14	0.5	0.3
	13	0.6	0.4
	12	0.7	0.5
	10	0.7	0.5
	9	0.8	0.6
	8	0.9	0.7

【0070】 如圖2所示，第1線狀轉印圖案L1及與其對應之光罩圖案之第1線狀圖案中，線寬與曝光之光I之入射面垂直。另一方面，第2線狀轉印圖案L2及與其對應之光罩圖案之第2線狀圖案中，線寬與曝光之光I之入射面平行。

【0071】 反射型光罩20較佳為在將第1線狀轉印圖案L1之NILS表示為 $N_V$ ，將第2線狀轉印圖案L2之NILS表示為 $N_H$ 時，滿足所有下述式(1)~(3)。

$$N_V \geq 2.80 \quad (1)$$

$$N_H \geq 2.80 \quad (2)$$

$$|N_V - N_H| / \min\{N_V, N_H\} < 0.060 \quad (3)$$

【0072】  $N_V$ 及 $N_H$ 越高越好，就轉印圖案之良好之對比度之觀點而言，兩者均較佳為2.80以上，更佳為2.85以上。

【0073】 圖5中示出了 $NA = 0.33$ 、 $HP = 20$ [nm]之情形時之計算結果之曲線圖。圖5(a)係用等高線表示 $N_V$ 或 $N_H$ 中較低之值，即， $\min\{N_V, N_H\}$ 的分佈圖。意味著 $N_V$ 及 $N_H$ 均為用等高線表示之NILS之值以上。於特定之

$n$ 及 $k$ 下，求出NILS變得最大時之 $d$ (最佳值)。圖5(b)中用等高線表示根據此時之 $d$ 、 $n$ 及 $k$ 之值所計算之相位差。

於 $HP = 20[\text{nm}]$ 之情形時，根據圖5(a)可以說， $n$ 越低，且 $k$ 越高，則NILS越高，但根據圖5(b)可以說，此時之較佳之相位差如公知的那樣，處於 $180 \sim 216^\circ$ 左右之範圍內。

【0074】圖6中示出了 $NA = 0.55$ 、 $HP = 12[\text{nm}]$ 之情形時之計算結果之曲線圖。圖6(a)亦與圖5(a)同樣地用等高線表示 $\min\{N_V, N_H\}$ ，圖6(b)中用等高線表示根據此時之 $d$ 、 $n$ 及 $k$ 之值所計算之相位差。

於 $HP = 12[\text{nm}]$ 之情形時，根據圖6(a)確認，當處於 $n \leq 0.930$ 且 $k \geq 0.025$ 之範圍內時， $NILS \geq 2.80$ ，又，根據圖6(b)確認，此時之相位差處於 $220 \sim 280^\circ$ 之範圍內。

【0075】於 $HP$ 之值較小之情形時，NILS達到最大值時之相位差變大的理由考慮如下。

於LS圖案之反射型光罩中，在光罩圖案之間距與線(凹凸)之邊界部處，光之電場連續地發生變化。若 $HP$ 之值變小，則光罩圖案之凹凸之連續週期變短，隨之，光罩圖案之凹凸之邊界部處之光之電場與 $HP$ 之值較大之情形相比，週期縮短。即認為，於 $HP$ 之值與EUV曝光之光之波長(13.5 nm)為相同程度或 $HP$ 之值小於EUV曝光之光之波長之情形時，光罩圖案中之電場之應變變大，結果導致光罩圖案之間距與線之實際之相位差小於預期這一現象發生。因此，於 $HP$ 之值較小之情形時，藉由使用以預先調整吸收層3之厚度等而產生更大之相位差的方式製作之光罩基底，能夠實現相位偏移光罩之效果。

【0076】若NILS根據線狀轉印圖案之方向而產生差，則需要針對光

罩圖案之每個線方向來調整設計HP。因此，就光罩圖案之設計容易性之觀點而言，較佳為NILS之值之差較小而不論線方向如何。即，可以說， $N_V$ 與 $N_H$ 之差越小，則不論線狀圖案之方向如何，均能夠以高尺寸精度形成轉印圖案。就此種觀點而言，如式(3)所示， $|N_V - N_H|/\min\{N_V, N_H\}$ 所表示之差之比率較佳為未達0.060，更佳為0.055以下，進而較佳為0.050以下。

**【0077】** 圖7中示出了基於 $NA = 0.33$ 、 $HP = 16[\text{nm}]$ 、 $n = 0.90$ 之情形時之計算結果的 $k$ 與 $|N_V - N_H|/\min\{N_V, N_H\}$ 之關係之圖。由圖7確認，隨著 $k$ 之值變大， $|N_V - N_H|/\min\{N_V, N_H\}$ 之值變小。由該結果可知，為了使 $|N_V - N_H|/\min\{N_V, N_H\}$ 之值變小， $k$ 較佳為0.025以上，更佳為0.028以上，進而較佳為0.030以上。這是因為， $N_V$ 及 $N_H$ 中， $k$ 之值對 $N_V$ 之影響較小，相對於此， $N_H$ 會隨著 $k$ 變大而變大，而使 $N_V$ 與 $N_H$ 之差變小。

又，作為當 $k$ 之值變小時 $N_H$ 變小之要因，亦可例舉以下之方面。 $N_H$ 係曝光之光 $I$ 之入射面與線寬方向平行時(參照圖2(b))之NILS，入射至光罩圖案之曝光之光 $I$ 之一部分對光罩圖案之間距(凹部)之側壁照射。又，來自多層反射膜2之反射光之一部分亦被光罩圖案之凹部之側壁吸收。因此， $N_H$ 會受到光罩圖案之凹凸構造所引起之遮蔽之影響而降低，往往相比於第1線狀之轉印圖案L1，第2線狀之轉印圖案L2之尺寸精度更差。

因此， $k$ 之值越高，則吸收層3中之光吸收越大，能夠抑制由遮蔽所導致之散射光之產生等影響。

於 $NA = 0.55$ 之情形時，亦可獲得相同之結果。

**【0078】** 針對具體由各種材料構成本實施方式之反射型光罩基底10之吸收層3之情形，將由EUV微影所產生之轉印圖案(LS圖案)為特定之HP

時之相位差 $\theta$ 、NILS、及吸收層3之總厚度 $d$ (最佳值)之光學模擬結果示於表3及4中。表2中示出了 $NA = 0.33$ 之情形，表3中示出了 $NA = 0.55$ 之情形。

再者，在表3及4所示之吸收層3中，各金屬元素之光學常數( $n$ 、 $k$ )係使用表2所示之值，各合金之組成設為 $Pd_{0.79}Cr_{0.21}$ 、 $Ir_{0.25}Mo_{0.75}$ 、 $Os_{0.14}Ru_{0.86}$ 、 $Ru_{0.5}Pt_{0.5}$ 、 $Ru_{0.3}Ta_{0.7}$ 、 $Ru_{0.55}Ir_{0.45}$ 、 $Os_{0.6}Re_{0.4}$ 。嚴格來說，合金之光學常數亦受到密度或製膜條件之影響，因此使用代表值。又，表3之Ir/Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(10 nm)意指吸收膜3由自基板1側起第1層為Ir膜，第2層為Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>膜(厚度10 nm)之2層構造形成。

【0079】 [表2]

表2

金屬元素	折射率 $n$	消光係數 $k$
Pd	0.876	0.046
Cr	0.932	0.039
Ir	0.905	0.044
Mo	0.924	0.006
Os	0.904	0.043
Ru	0.886	0.017
Pt	0.891	0.060
Ta	0.957	0.034
Re	0.915	0.040

## 【0080】 [表3]

表3

NA=0.33

HP [nm]	吸收層				相位差 [°]	NILS		
	材料	n	k	d(最佳值) [nm]		N <sub>V</sub>	N <sub>H</sub>	$ N_V - N_H  / \min\{N_V, N_H\}$
14	PdCr	0.920	0.040	53	246	2.89	2.97	0.027
15				53	246	2.93	3.02	0.028
16				47	225	2.98	3.03	0.015
18				46	216	3.04	3.10	0.018
14	Ir	0.905	0.044	46	248	2.91	3.00	0.033
15				40	230	2.95	3.02	0.021
16				40	230	2.99	3.06	0.023
18				39	216	3.05	3.10	0.015
14	IrMo	0.910	0.035	47	247	2.88	2.98	0.035
15				48	251	2.91	2.94	0.011
16				49	237	2.95	2.96	0.001
18				45	218	3.12	2.99	0.043
14	OsRu	0.900	0.040	40	237	2.91	3.00	0.031
15				40	237	2.94	3.05	0.039
16				40	237	2.97	3.08	0.034
18				39	223	3.12	3.03	0.031
14	RuPt	0.890	0.030	42	261	2.88	2.91	0.010
15				42	261	2.90	2.97	0.022
16				42	261	2.94	2.98	0.015
18				34	215	3.12	3.12	0.000
14	Ir/Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (10 nm)	0.914	0.041	54	255	2.90	2.91	0.004
15		0.915	0.041	49	229	2.95	2.95	0.001
16		0.915	0.041	50	229	2.98	3.01	0.007
18		0.916	0.041	47	220	3.05	3.07	0.009
15	TaBN	0.951	0.031	60	169	2.78	2.83	0.019
15	RuTa	0.907	0.022	49	251	2.84	3.01	0.060

## 【0081】 [表4]

表4

NA=0.55

HP [nm]	吸收層				相位差 [°]	NILS		
	材料	n	k	d(最佳值) [nm]		N <sub>V</sub>	N <sub>H</sub>	$ N_V - N_H  / \min\{N_V, N_H\}$
9	Pt	0.891	0.060	33	230	2.94	2.97	0.011
10				40	273	3.00	3.01	0.003
12				46	273	2.99	2.99	0
13				46	273	2.99	2.99	0.001
9	Ir	0.905	0.044	47	268	2.92	2.95	0.010
10				47	268	3.03	2.97	0.019
12				47	268	3.01	2.94	0.024
13				46	248	3.08	2.94	0.047
9	RuIr	0.900	0.030	48	278	2.90	2.92	0.007
10				48	278	3.02	2.91	0.040
12				47	267	2.99	2.89	0.035
13				46	252	2.99	2.95	0.013
9	OsRe	0.910	0.040	47	252	2.94	2.93	0.004
10				47	252	3.06	2.93	0.046
12				47	252	3.05	2.94	0.035
13				46	237	3.10	2.93	0.058
12	TaBN	0.951	0.031	46	127	2.68	2.42	0.106
12	RuTa	0.907	0.022	48	253	3.07	2.83	0.087

【0082】 由表3及4可知，於折射率高於0.930之TaBN之情形時，即便加厚吸收層，相位差亦小至未達180°，難以獲得對比度較高之轉印圖案。又，於消光係數較低之RuTa之情形時，N<sub>V</sub>與N<sub>H</sub>之差之比率較大，難以獲得尺寸精度較高之轉印圖案。

又，即便折射率為0.930以下，且消光係數為0.025以上，當轉印圖案之HP為18 nm時，相位差未達220°時N<sub>V</sub>及N<sub>H</sub>亦可能較高。另一方面，當HP為16 nm以下時，可以說即便相位差為220~280°且層厚度為60 nm以下，亦可獲得尺寸精度較高之轉印圖案。

【0083】 反射型光罩20可藉由使用反射型光罩基底10，應用公知之微影技術形成光罩圖案M而製造。例如可藉由在反射型光罩基底10之吸收層3上形成光阻劑膜，將其加工成具有所需圖案形狀之抗蝕圖案，利用乾

式蝕刻等對吸收層3實施蝕刻處理後，去除包含抗蝕圖案之不需要之光阻劑，而獲得於吸收層3形成有光罩圖案M之反射型光罩20。

**【符號說明】**

**【0084】**

1:基板

2:多層反射膜

3:吸收層

4:保護膜

10:反射型光罩基底

20:反射型光罩

I:曝光之光

L1:第1線狀轉印圖案

L2:第2線狀轉印圖案

T:被轉印面

M:光罩圖案