



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I721681 B

(45)公告日：中華民國 110 (2021) 年 03 月 11 日

(21)申請案號：108143988

(22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 12 月 22 日

(51)Int. Cl. : **G03F1/24 (2012.01)****G03F1/32 (2012.01)**

(30)優先權：2014/12/24 日本

2014-260280

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

日本

(72)發明人：浜本和宏 HAMAMOTO, KAZUHIRO (JP)；池邊洋平 IKEBE, YOHEI (JP)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW 201346428A

TW 201423261A

TW 201440120A

WO 2013/146990A1

WO 2014/129527A1

審查人員：吳彥華

申請專利範圍項數：11 項 圖式數：6 共 48 頁

(54)名稱

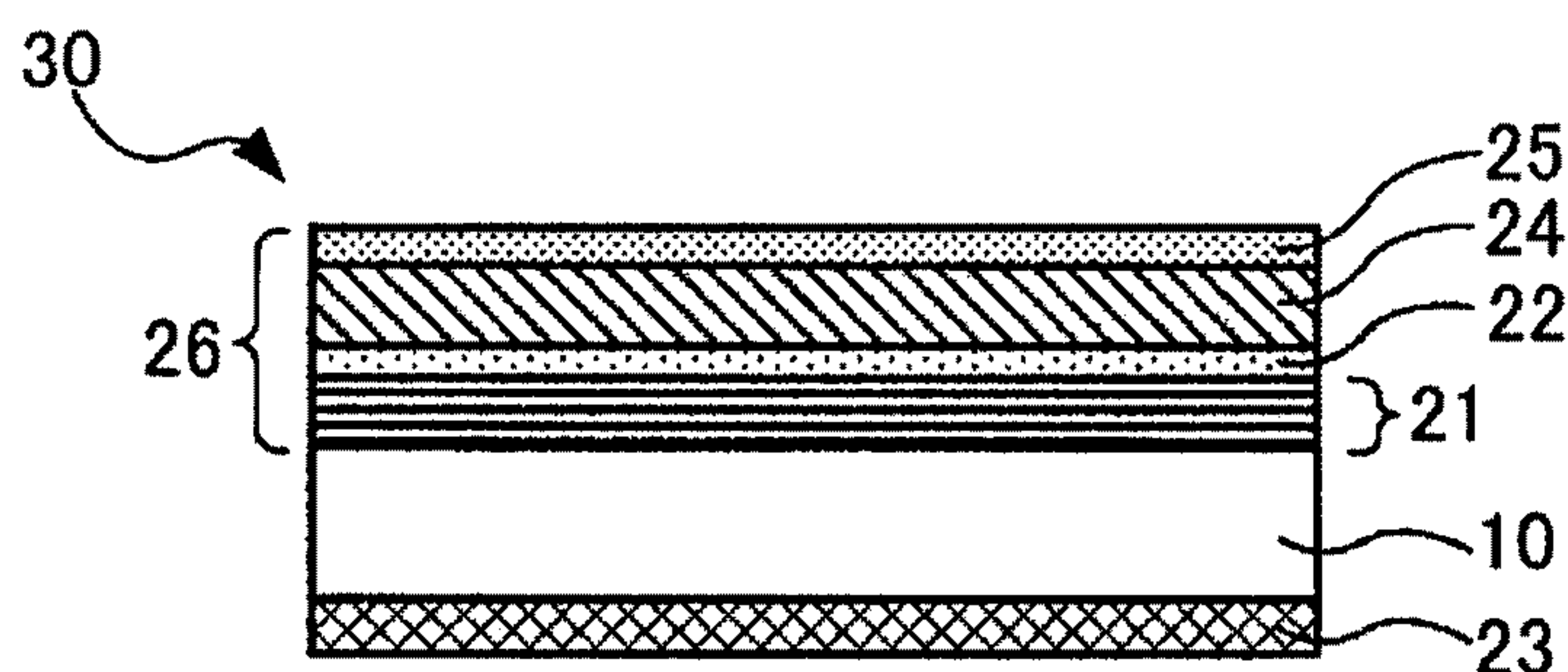
反射型光罩基底、反射型光罩、及半導體裝置之製造方法

(57)摘要

本發明獲得能夠於相位偏移膜圖案之邊緣部獲得較高之對比度之反射型光罩基底。

本發明之反射型光罩基底之特徵在於：其係於基板上依序形成有多層反射膜及使 EUV 光之相位偏移之相位偏移膜者，且於上述相位偏移膜表面中之 $1\mu\text{m}\times 1\mu\text{m}$ 區域，利用原子力顯微鏡測得之均方根粗糙度(Rms)為 0.50 nm 以下，並且空間頻率 $10\sim 100\mu\text{m}^{-1}$ 之功率譜密度為 17nm^4 以下。

指定代表圖：



符號簡單說明：

10:光罩基底用基板

21:多層反射膜

22:保護膜

23:背面導電膜

24:相位偏移膜

25:蝕刻遮罩膜

26:光罩基底用多層膜

30:反射型光罩基底

【圖5】

I721681

【發明摘要】

【中文發明名稱】

反射型光罩基底、反射型光罩、及半導體裝置之製造方法

【中文】

本發明獲得能夠於相位偏移膜圖案之邊緣部獲得較高之對比度之反射型光罩基底。

本發明之反射型光罩基底之特徵在於：其係於基板上依序形成有多層反射膜及使EUV光之相位偏移之相位偏移膜者，且於上述相位偏移膜表面中之 $1\ \mu\text{m}\times 1\ \mu\text{m}$ 區域，利用原子力顯微鏡測得之均方根粗糙度(Rms)為 $0.50\ \text{nm}$ 以下，並且空間頻率 $10\sim 100\ \mu\text{m}^{-1}$ 之功率譜密度為 $17\ \text{nm}^4$ 以下。

【指定代表圖】

圖5

【代表圖之符號簡單說明】

10	光罩基底用基板
21	多層反射膜
22	保護膜
23	背面導電膜
24	相位偏移膜
25	蝕刻遮罩膜
26	光罩基底用多層膜
30	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、反射型光罩、及半導體裝置之製造方法

【技術領域】

本發明係關於一種可用於高積體化之半導體裝置之製造之反射型光罩基底及反射型光罩。又，本發明係關於一種使用上述反射型光罩之半導體裝置之製造方法。

【先前技術】

於半導體產業中，為了應對半導體裝置之高積體化，用於半導體裝置之製造之曝光裝置之光源之曝光波長逐漸變短。具體而言，曝光波長如波長436 nm之g射線、波長365 nm之i射線、波長248 nm之KrF雷射、及波長193 nm之ArF雷射般，逐漸變短。為了實現更細微之圖案轉印，提出有作為使用極紫外(Extreme Ultra Violet，以下稱為「EUV」)光之曝光技術之EUV微影法。此處，所謂EUV光係指軟X射線區域或真空紫外線區域之波段之光。具體而言，所謂EUV光係指波長0.2～100 nm左右之光。作為EUV光，例如可使用波長13.5 nm附近者。

於EUV微影法中，因材料間對EUV光之吸收率之差較小等，而使用反射型光罩。作為反射型光罩，例如提出有如下者：於基板上形成有反射曝光之光之多層反射膜，於用以保護該多層反射膜之保護膜之上，圖案狀地形成有吸收曝光之光之相位偏移膜。入射至搭載於曝光裝置(圖案轉印裝置)之反射型光罩之光於有相位偏移膜圖案之部分被吸收，於無相位偏移膜圖案之部分被多層反射膜反射。其結果，對應

於相位偏移膜圖案之光學影像通過反射光學系統轉印至半導體基板上。於相位偏移膜圖案中入射之曝光之光之一部分以與由多層反射膜反射之光為約180度之相位差被反射(相位偏移)。藉此，於有相位偏移膜圖案之部分與無相位偏移膜圖案之部分獲得對比度。

關於此種EUV微影法用反射型光罩及用以製作其之反射型光罩基底之技術例如揭示於專利文獻1～3中。

又，於專利文獻4中揭示有一種相位偏移光罩基底，其特徵在於：於透明基板上具有光半透過膜，並且該光半透過膜對於曝光之光之入出射面之中心線平均粗糙度(規定於JIS B 0601中，以nmRa表示)為0.1～50 nmRa。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

[專利文獻1]日本專利特開2004-207593號公報

[專利文獻2]日本專利特開2009-212220號公報

[專利文獻3]日本專利特開2010-080659號公報

[專利文獻4]日本專利特開平11-237727號公報

【發明內容】

[發明所欲解決之問題]

於具有用以吸收曝光之光之相位偏移膜之反射型光罩之情形時，180度附近之反轉之相位差之光彼此於相位偏移膜圖案之邊緣部相互干涉，藉此提高投影光學影像之影像對比度。而且，隨著該影像對比度之提高，圖案轉印之解像度亦提高。

為了於相位偏移膜圖案之邊緣部獲得較高之對比度，相位偏移

膜對EUV光之絕對反射率較高者有利。例如能夠以使相位偏移膜對EUV光之絕對反射率成為1~6%之方式進行設計。然而，於在相位偏移膜之表面有凹凸之情形時，會產生反射光於相位偏移膜表面散射，而使絕對反射率降低之問題。再者，相對於絕對反射率，相對反射率係指以EUV光直接入射至多層反射膜而反射之情形時之絕對反射率為基準時之相位偏移膜對EUV光的反射率。

又，關於相位偏移膜之表面之凹凸之控制，若僅使用先前之方法例如專利文獻4所記載般，將光半透過膜對曝光之光之入出射面之中心線平均粗糙度設為特定之範圍之方法，則不足以避免上述絕對反射率之降低。

因此，本發明之目的在於，於以使相位偏移膜對UV(Ultra Violet，紫外)光之絕對反射率成為較高之特定之範圍的方式進行設計之情形時，獲得縮小與設計值之差(偏差)且較高之特定範圍之絕對反射率之相位偏移膜，藉此，能夠獲得能於相位偏移膜圖案之邊緣部獲得較高之對比度之反射型光罩。又，本發明之目的在於獲得一種能夠於相位偏移膜圖案之邊緣部獲得較高之對比度之反射型光罩基底。

又，本發明之目的在於獲得一種用以製造具有轉印至形成於半導體基板等被轉印體上之抗蝕膜之電路圖案等轉印圖案之尺寸準確、細微且高精度之轉印圖案之半導體裝置的製造方法。

[解決問題之技術手段]

為了解決上述問題，本發明者等人進行積極研究，結果發現，因對EUV光之波長之特定之空間頻率(或空間波長)成分之粗糙度之影響，會發生上述相位偏移膜對UV光之絕對反射率之降低。基於該見

解，本發明者等人發現，藉由特定出相位偏移膜之表面上之粗糙度(凹凸)成分中之對上述相位偏移膜對UV光之絕對反射率之降低有影響之粗糙度成分之空間頻率，管理該空間頻率下之振幅強度，而能夠避免上述相位偏移膜對UV光之絕對反射率之降低，從而完成了本發明。

再者，於反射型光罩中，先前，嘗試使其表面粗糙度降低，但全然不知相對於上述相位偏移膜對UV光之絕對反射率之降低，特定之空間頻率(或空間波長)成分之粗糙度會對EUV光之波長產生影響。

因此，為了解決上述課題，本發明具有以下構成。本發明係以下述構成1～4為特徵之反射型光罩基底、及以下述構成5～8為特徵之反射型光罩。

(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：其係於基板上依序形成有多層反射膜及使EUV光之相位偏移之相位偏移膜者，且於上述相位偏移膜表面中之 $1\ \mu\text{m} \times 1\ \mu\text{m}$ 區域，利用原子力顯微鏡測得之均方根粗糙度(Rms)為 $0.50\ \text{nm}$ 以下，並且空間頻率 $10 \sim 100\ \mu\text{m}^{-1}$ 之功率譜密度為 $17\ \text{nm}^4$ 以下。

根據本發明之構成1，於反射型光罩基底之相位偏移膜中，將特定之均方根粗糙度(Rms)及特定之空間頻率之功率譜密度設為特定之範圍，藉此，於以使相位偏移膜對UV光之絕對反射率成為較高之特定之範圍之方式進行設計之情形時，能夠具有縮小與設計值之差(偏差)且對EUV光之絕對反射率為較高之特定範圍之相位偏移膜。其結果，能夠獲得用以製造能於相位偏移膜圖案之邊緣部獲得較高之對比

度之反射型光罩之反射型光罩基底。

(構成2)

本發明之構成2係如構成1之反射型光罩基底，其特徵在於：於上述多層反射膜上形成有保護膜。

根據本發明之構成2，反射型光罩基底於多層反射膜上具有保護膜，藉此，能夠抑制製造轉印用光罩(EUV光罩)時對多層反射膜表面之損傷。因此，使用該反射型光罩基底而製造之反射型光罩對EUV光之反射率特性變得更加良好。

(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：上述相位偏移膜具有含有鈹及氮之鈹系材料層，及於上述鈹系材料層上具有含有鉻及氮之鉻系材料層。

根據本發明之構成3，相位偏移膜具有含有鈹及氮之鈹系材料層，及於上述鈹系材料層上具有含有鉻及氮之鉻系材料層，藉此，能夠獲得具有特定之相位偏移效果，並且對UV光之絕對反射率較高之相位偏移膜。

(構成4)

本發明之構成4係如構成3之反射型光罩基底，其特徵在於：上述鉻系材料層之膜厚具有5 nm以上且30 nm以下。

根據本發明之構成4，藉由將覆蓋鈹系材料層之鉻系材料層之膜厚設為特定之範圍，能夠防止於鈹系材料層之表面形成氧化層(氧化鈹層)。

(構成5)

本發明之構成5係一種反射型光罩，其特徵在於：其係於基板上依序形成有多層反射膜及使EUV光之相位偏移之相位偏移膜圖案者，且於上述相位偏移膜圖案表面中之 $1\ \mu\text{m} \times 1\ \mu\text{m}$ 區域，利用原子力顯微鏡測得之均方根粗糙度(Rms)為 $0.50\ \text{nm}$ 以下，並且空間頻率 $10 \sim 100\ \mu\text{m}^{-1}$ 之功率譜密度為 $17\ \text{nm}^4$ 以下。

根據本發明之構成5，於以使反射型光罩之相位偏移膜對UV光之絕對反射率成為較高之特定範圍之方式進行設計之情形時，具有與設計值之差(偏差)較小且對EUV光之絕對反射率為較高之特定範圍之相位偏移膜，藉此，能夠獲得能於相位偏移膜圖案之邊緣部獲得較高之對比度之反射型光罩。

(構成6)

本發明之構成6係如構成5之反射型光罩，其特徵在於：於上述多層反射膜上形成有保護膜。

反射型光罩基底於多層反射膜上具有保護膜，藉此，能夠抑制製造反射型光罩(EUV光罩)時對多層反射膜表面之損傷。因此，反射型光罩較佳為使用於多層反射膜上具有保護膜之反射型光罩基底而製造者。

(構成7)

本發明之構成7係如構成5或6之反射型光罩，其特徵在於：於上述多層反射膜或上述保護膜表面中之 $1\ \mu\text{m} \times 1\ \mu\text{m}$ 區域，利用原子力顯微鏡測得之均方根粗糙度(Rms)為 $0.15\ \text{nm}$ 以下，並且空間頻率 $10 \sim 100\ \mu\text{m}^{-1}$ 之功率譜密度為 $7\ \text{nm}^4$ 以下。

根據本發明之構成7，於多層反射膜或保護膜表面中之特定區

域，將特定之均方根粗糙度(Rms)及特定之空間頻率之功率譜密度設為特定之範圍，藉此，能夠獲得對UV光之絕對反射率為更高值之相位偏移膜。因此，若使用此種反射型光罩，能夠增大用以製造半導體裝置之曝光時之曝光之光之強度。因此，能夠提高半導體裝置之製造時之產出量。

(構成8)

本發明之構成8係如構成5至7中任一項之反射型光罩，其特徵在於：上述相位偏移膜圖案表面之功率譜密度與上述多層反射膜或上述保護膜表面中之功率譜密度之差為 10 nm^4 以下。

根據本發明之構成8，特定之功率譜密度之差為特定之範圍，藉此，能夠進一步確實地獲得能於相位偏移膜圖案之邊緣部獲得較高之對比度之反射型光罩。

本發明之構成9係一種半導體裝置之製造方法，其具有如下步驟：使用如構成5至8中任一項之反射型光罩，進行使用曝光裝置之微影製程，於被轉印體上形成轉印圖案。

根據本發明之構成9之半導體裝置之製造方法，能夠使用能於相位偏移膜圖案之邊緣部獲得較高之對比度之反射型光罩，故而能夠製造具有轉印至形成於半導體基板等被轉印體上之抗蝕膜之電路圖案等轉印圖案之尺寸準確、細微且高精度之轉印圖案的半導體裝置。

[發明之效果]

根據本發明，於以使相位偏移膜對UV光之絕對反射率成為較高之特定之範圍之方式進行設計之情形時，能夠獲得縮小與設計值之差(偏差)且較高之特定範圍之絕對反射率之相位偏移膜，故而能夠獲得

能於相位偏移膜圖案之邊緣部獲得較高之對比度之反射型光罩。又，根據本發明，能夠獲得能於相位偏移膜圖案之邊緣部獲得較高之對比度之反射型光罩基底。

又，根據本發明，能夠獲得用以製造具有轉印至形成於半導體基板等被轉印體上之抗蝕膜之電路圖案等轉印圖案之尺寸準確、細微且高精度之轉印圖案之半導體裝置的製造方法。

【圖式簡單說明】

圖1(a)係表示本發明之一實施形態之光罩基底用基板之立體圖。

圖1(b)係表示本實施形態之光罩基底用基板之剖視模式圖。

圖2係表示本發明之一實施形態之附多層反射膜之基板之構成之一例的剖視模式圖。

圖3係表示本發明之一實施形態之反射型光罩基底之構成之一例的剖視模式圖。

圖4係表示本發明之一實施形態之反射型光罩之一例的剖視模式圖。

圖5係表示本發明之一實施形態之反射型光罩基底之構成之另一例的剖視模式圖。

圖6係表示對本發明之實施例3及比較例1之反射型光罩基底之相位偏移膜表面進行功率譜分析所得之結果的曲線圖。

【實施方式】

本發明係於光罩基底用基板之主表面之上具有交替地積層高折射率層與低折射率層而成之多層反射膜及相位偏移膜之反射型光罩基底。

圖5係表示本發明之反射型光罩基底30之一例之模式圖。本發明之反射型光罩基底30於光罩基底用基板10之主表面之上具有包含多層反射膜21及相位偏移膜24之光罩基底用多層膜26。於本說明書中，所謂光罩基底用多層膜26係於反射型光罩基底30中於光罩基底用基板10之主表面之上積層形成之包含多層反射膜21及相位偏移膜24的複數個膜。光罩基底用多層膜26可進而包含形成於多層反射膜21及相位偏移膜24之間之保護膜22、及/或形成於相位偏移膜24之表面之蝕刻遮罩膜25。於圖5所示之反射型光罩基底30之情形時，光罩基底用基板10之主表面之上之光罩基底用多層膜26具有多層反射膜21、保護膜22、相位偏移膜24、及蝕刻遮罩膜25。

於本說明書中，所謂「於光罩基底用基板10之主表面之上具有光罩基底用多層膜26」不僅包含意指光罩基底用多層膜26與光罩基底用基板10之表面相接而配置之情況，亦包含意指於光罩基底用基板10與光罩基底用多層膜26之間具有其他膜之情況。即，若用英語表達，則該情形時之「(主表面之)上」包含「on」及「above」兩種意思，係指「on and/or above」。又，於本說明書中，例如「膜A與膜B之表面相接而配置」係指於膜A與膜B之間不介隔其他膜，而以膜A與膜B直接相接之方式配置。

圖3係表示本發明之反射型光罩基底30之另一例之模式圖。於圖3之反射型光罩基底30之情形時，光罩基底用多層膜26具有多層反射膜21、保護膜22、及相位偏移膜24，但不具有蝕刻遮罩膜25。

本發明之反射型光罩基底30係於基板上依序形成有多層反射膜及使EUV光之相位偏移之相位偏移膜之反射型光罩基底。本發明之反

射型光罩基底30於相位偏移膜24表面中之1 $\mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$ 區域，利用原子力顯微鏡測得之均方根粗糙度(Rms)為0.50 nm以下，並且空間頻率10 $\sim 100 \mu\text{m}^{-1}$ 之功率譜密度為17 nm^4 以下。

藉由使用本發明之反射型光罩基底30，於以使相位偏移膜24對UV光之絕對反射率成為較高之特定之範圍之方式進行設計之情形時，能夠獲得與設計值之差(偏差)較小且較高之特定範圍之絕對反射率之相位偏移膜24，故而能夠製造能於相位偏移膜圖案27之邊緣部獲得較高之對比度之反射型光罩40。

其次，以下，對作為表示相位偏移膜24之表面形態之參數之表面粗糙度(Rmax、Rms)及功率譜密度(Power Spectrum Density，PSD)進行說明。

作為代表性之表面粗糙度之指標之Rms(Root means square，均方根)係均方根粗糙度，係將自平均線至測定曲線之偏差之平方進行平均所得之值之平方根。Rms由下式(1)表示。

$$\begin{aligned} & \text{[數1]} \\ & Rms = \sqrt{\frac{1}{L} \int_0^L Z^2(x) dx} \end{aligned} \quad (1)$$

式(1)中，L為基準長度，Z為自平均線至測定曲線之高度。

同樣地，作為代表性之表面粗糙度之指標之Rmax係表面粗糙度之最大高度，係粗糙度曲線之頂峰之高度之最大值與凹谷之深度之最大值之絕對值的差(最高之頂峰與最深之凹谷之差)。

Rms及Rmax自先前以來使用於光罩基底用基板10之表面粗糙度之管理，於能夠以數值掌握表面粗糙度之方面優異。然而，該等Rms及Rmax均為高度之資訊，並不包含關於細微之表面形狀之變化之資

訊。

對此，藉由將所獲得之表面之凹凸轉換成空間頻率區域，以於空間頻率之振幅強度表示之功率譜分析能夠將細微之表面形狀數值化。若將 $Z(x, y)$ 設為 x 座標、 y 座標中之高度之資料，則其傅立葉變換由下式(2)給出。

[數2]

$$F(u, v) = \frac{1}{N_x N_y} \sum_{u=0}^{N_x-1} \sum_{v=0}^{N_y-1} Z(x, y) \exp \left[-i2\pi \left(\frac{ux}{N_x} + \frac{vy}{N_y} \right) \right] \quad (2)$$

此處， N_x 、 N_y 係 x 方向與 y 方向之資料之數。 $u = 0、1、2 \dots N_x - 1$ ， $v = 0、1、2 \dots N_y - 1$ ，此時，空間頻率 f 由下式(3)給出。

[數3]

$$f = \left\{ \left[\frac{u}{(N_x-1)d_x} \right]^2 + \left[\frac{v}{(N_y-1)d_y} \right]^2 \right\}^{1/2} \quad (3)$$

此處，式(3)中， dx 係 x 方向之最小解析度， dy 係 y 方向之最小解析度。

此時之功率譜密度PSD由下式(4)給出。

[數4]

$$P(u, v) = |F(u, v)|^2 \quad (4)$$

該功率譜分析於如下方面優異：將反射型光罩基底30之相位偏移膜24之表面狀態之變化不僅作為單純之高度之變化，而且能夠作為於其空間頻率下之變化而掌握。功率譜分析係分析以原子等級之微觀之反應等對表面之影響之方法。

於藉由功率譜分析評價反射型光罩基底30之相位偏移膜之表面狀態之情形時，可使用功率譜密度(PSD)之積分值 I 。所謂積分值 I 係

指如圖6所例示般功率譜密度(PSD)相對於空間頻率之值所描繪出之特定之空間頻率之範圍之面積，以式(5)之方式而定義。

[數5]

$$I = \sum_i (f_{i+1} - f_i) P(f_i) \quad (5)$$

[數6]

$$f_i = \frac{i}{X'}, i = 1, 2, \dots, \frac{N'}{2} \quad (6)$$

空間頻率 f 以式(3)之方式而定義，功率譜密度係作為由 u 及 v 之值決定之空間頻率之函數而被唯一地計算。此處，為了針對離散之空間頻率計算功率譜密度，當測定區域及資料點數於 x 方向及 y 方向相等時，以式(6)之方式定義空間頻率 f_i 。此處， X' 及 N' 係測定區域及資料點數。 $P(f_i)$ 係空間頻率 f_i 時之功率譜密度。

於本發明之反射型光罩基底30中，為了達成上述目的，而以如下方式設定相位偏移膜24之表面：使用上述表面粗糙度(Rms)、功率譜密度，使利用原子力顯微鏡測定 $1\ \mu\text{m} \times 1\ \mu\text{m}$ 之區域所得之均方根粗糙度(Rms)成為 $0.50\ \text{nm}$ 以下，並且空間頻率 $10 \sim 100\ \mu\text{m}^{-1}$ 之功率譜密度成為 $17\ \text{nm}^4$ 以下。

於本發明中，相位偏移膜24之表面之上述 $1\ \mu\text{m} \times 1\ \mu\text{m}$ 之區域只要為轉印圖案形成區域之任意之部位即可。轉印圖案形成區域於光罩基底用基板10為6025尺寸($152\ \text{mm} \times 152\ \text{mm} \times 6.35\ \text{mm}$)之情形時，例如可設為反射型光罩基底30之表面之除周緣區域以外之 $142\ \text{mm} \times 142\ \text{mm}$ 之區域、 $132\ \text{mm} \times 132\ \text{mm}$ 之區域、或 $132\ \text{mm} \times 104\ \text{mm}$ 之區域，又，關於上述任意之部位，例如可設為反射型光罩基底30之表面之中心之區域。

又，於本發明中，上述 $1\ \mu\text{m}\times 1\ \mu\text{m}$ 之區域可設為相位偏移膜24之膜表面之中心之區域。例如，於反射型光罩基底30之相位偏移膜24之膜表面呈長方形之形狀之情形時，所謂上述中心係指上述長方形之對角線之交點。即，上述交點與上述區域中之中心(區域之中心亦與上述膜表面之中心相同)一致。

又，關於上述所說明之 $1\ \mu\text{m}\times 1\ \mu\text{m}$ 之區域、轉印圖案形成區域、及任意之部位，根據不同情況，於光罩基底用基板10及附多層反射膜之基板20中亦可應用。

又，可將於反射型光罩基底30之相位偏移膜24之表面，利用原子力顯微鏡測定 $1\ \mu\text{m}\times 1\ \mu\text{m}$ 之區域所得之空間頻率 $10\sim 100\ \mu\text{m}^{-1}$ 之功率譜密度設為 $17\ \text{nm}^4$ 以下。較理想為，較佳為空間頻率 $10\sim 100\ \mu\text{m}^{-1}$ 之功率譜密度設為 $14\ \text{nm}^4$ 以下，更佳為空間頻率 $10\sim 100\ \mu\text{m}^{-1}$ 之功率譜密度設為 $10\ \text{nm}^4$ 以下。

又，較理想為，上述均方根粗糙度(Rms)為 $0.50\ \text{nm}$ 以下，較佳為 $0.45\ \text{nm}$ 以下，更佳為 $0.40\ \text{nm}$ 以下，進而較佳為 $0.36\ \text{nm}$ 以下。又，較理想為，最大高度(Rmax)較佳為 $5\ \text{nm}$ 以下，進而較佳為 $4.5\ \text{nm}$ 以下，進而較佳為 $4\ \text{nm}$ 以下，進而較佳為 $3.5\ \text{nm}$ 以下。

又，於本發明之反射型光罩基底30中，為了達成上述目的，進而較佳為，將於光罩基底用多層膜26之表面，利用原子力顯微鏡測定 $1\ \mu\text{m}\times 1\ \mu\text{m}$ 之區域所得之空間頻率 $10\sim 100\ \mu\text{m}^{-1}$ 之功率譜密度之積分值I設為 $360\ \text{nm}^3$ 以下。較理想為，上述積分值I進而較佳地設為 $300\ \text{nm}^3$ 以下。較理想為，上述積分值I尤佳地設為 $250\ \text{nm}^3$ 以下。

藉由使用本發明之反射型光罩基底30，於以使相位偏移膜24對

UV光之絕對反射率成為較高之特定範圍之方式進行設計之情形時，能夠獲得縮小與設計值之差(偏差)且較高之特定範圍之絕對反射率之相位偏移膜24。因此，藉由使用本發明之反射型光罩基底30，能夠製造能於相位偏移膜圖案27之邊緣部獲得較高之對比度之反射型光罩40。

其次，對本發明之反射型光罩基底30進行具體說明。

[光罩基底用基板10]

首先，以下，對可用於本發明之反射型光罩基底30之製造之光罩基底用基板10進行說明。

圖1(a)係表示可用於本發明之反射型光罩基底30之製造之光罩基底用基板10之一例的立體圖。圖1(b)係圖1(a)所示之光罩基底用基板10之剖視模式圖。

光罩基底用基板10(或者，有時簡稱為「基板10」或「玻璃基板10」)係矩形狀之板狀體，具有2個對向主表面2及端面1。2個對向主表面2係該板狀體之上表面及下表面，以相互對向之方式而形成。又，2個對向主表面2中之至少一者係應形成轉印圖案之主表面。

端面1係該板狀體之側面，鄰接於對向主表面2之外緣。端面1具有平面狀之端面部分1d及曲面狀之端面部分1f。平面狀之端面部分1d係連接一對向主表面2之邊與另一對向主表面2之邊之面，包含側面部1a及倒角斜面部1b。側面部1a係平面狀之端面部分1d中之與對向主表面2大致垂直之部分(T面)。倒角斜面部1b係側面部1a與對向主表面2之間之倒角部分(C面)，形成於側面部1a與對向主表面2之間。

曲面狀之端面部分1f係當俯視基板10時鄰接於基板10之角部10a

附近之部分(R部)，包含側面部1c及倒角斜面部1e。此處，所謂俯視基板10例如係指自與對向主表面2垂直之方向觀察基板10。又，所謂基板10之角部10a例如係指對向主表面2之外緣中之2邊之交點附近。所謂2邊之交點亦可為2邊之各者之延長線之交點。於本例中，曲面狀之端面部分1f係藉由使基板10之角部10a變成圓弧，而形成為曲面狀。

為了進一步確實地達成本發明之目的，用於本發明之反射型光罩基底30之光罩基底用基板10之主表面、及附多層反射膜之基板20之多層反射膜21之表面較佳為具有特定之表面粗糙度。

又，光罩基底用基板10之主表面較佳地設為藉由觸媒基準蝕刻而被表面加工之表面。所謂觸媒基準蝕刻(Catalyst Referred Etching，以下亦稱為CARE)係指如下之表面加工方法：將被加工物(光罩基底用基板)與觸媒配置於處理液中，或對被加工物與觸媒之間供給處理液，使被加工物與觸媒接觸，此時，藉由自吸附於觸媒上之處理液中之分子生成之活性物質對被加工物進行加工。再者，於被加工物包含玻璃等固體氧化物之情形時，將處理液設為水，於水之存在下使被加工物與觸媒接觸，使觸媒與被加工物表面相對運動等，藉此，自被加工物表面去除水解產生之分解產物而進行加工。

光罩基底用基板10之主表面藉由觸媒基準蝕刻，自與作為基準面之觸媒表面接觸之凸部選擇性地被表面加工。因此，構成主表面之凹凸(表面粗糙度)維持非常高之平滑性，並且成為非常整齊之表面形態，而且，成為相對於基準面，構成凹部之比率較凸部多之表面形態。因此，於在上述主表面上積層複數個薄膜之情形時，成為主表面

之缺陷尺寸變小之傾向，故而就缺陷品質之方面而言，較佳為藉由觸媒基準蝕刻進行表面處理。尤其是，於在上述主表面上形成下述多層反射膜21之情形時尤其發揮效果。又，藉由以如上方式對主表面進行利用觸媒基準蝕刻之表面處理，能夠相對容易地形成上述特定範圍之表面粗糙度及特定之功率譜密度之表面。

再者，於基板10之材料為玻璃材料之情形時，作為觸媒，可使用選自由鉑、金、過渡金屬及含有其等中之至少一種之合金所組成之群中之至少一種材料。又，作為處理液，可使用選自由純水、臭氧水及氫水等功能水、低濃度之鹼性水溶液、以及低濃度之酸性水溶液所組成之群中之至少一種處理液。

用於本發明之反射型光罩基底30之光罩基底用基板10就至少獲得圖案轉印精度、位置精度之觀點而言，較佳為以使供形成轉印圖案之側之主表面成為高平坦度之方式對其進行表面加工。於EUV之反射型光罩基底用基板10之情形時，於基板10之供形成轉印圖案之側之主表面之132 mm×132 mm之區域或142 mm×142 mm之區域中，平坦度較佳為0.1 μm以下，尤佳為0.05 μm以下。進而較佳為，於基板10之供形成轉印圖案之側之主表面132 mm×132 mm之區域中，平坦度為0.03 μm以下。又，與供形成轉印圖案之側為相反側之主表面係安放至曝光裝置時被靜電吸附之面。該主表面之平坦度於142 mm×142 mm之區域中，較佳為1 μm以下，尤佳為0.5 μm以下。

作為EUV曝光用之反射型光罩基底用基板10之材料，可為任何具有低熱膨脹之特性者。例如可使用具有低熱膨脹之特性之SiO₂-TiO₂系玻璃(二元系(SiO₂-TiO₂)及三元系(SiO₂-TiO₂-SnO₂等))、例如SiO₂-

$\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Li}_2\text{O}$ 系結晶化玻璃等所謂之多成分系玻璃。又，除上述玻璃以外，亦可使用矽或金屬等基板。作為上述金屬基板之例，可列舉因瓦合金(Fe-Ni系合金)等。

如上所述，於EUV曝光用之光罩基底用基板10之情形時，對基板要求低熱膨脹之特性，故而使用多成分系玻璃材料。然而，多成分系玻璃材料與合成石英玻璃相比存在不易獲得較高之平滑性之問題。為了解決該問題，於包含多成分系玻璃材料之基板上，形成包含含有金屬或合金之材料、或於其等之任一者中含有氧、氮、碳之至少一種之材料的薄膜。而且，藉由對此種薄膜表面進行鏡面研磨、表面處理，能夠相對容易地形成上述範圍之表面粗糙度之表面。

作為上述薄膜之材料，例如較佳為Ta(鉭)、含有Ta之合金、或於其等之任一者中含有選自氧、氮、及碳中之至少一種之Ta化合物。作為Ta化合物，例如可應用TaB、TaN、TaO、TaON、TaCON、TaBN、TaBO、TaBON、TaBCON、TaHf、TaHfO、TaHfN、TaHfON、TaHfCON、TaSi、TaSiO、TaSiN、TaSiON、及TaSiCON等。該等Ta化合物中，更佳為含有氮(N)之TaN、TaON、TaCON、TaBN、TaBON、TaBCON、TaHfN、TaHfON、TaHfCON、TaSiN、TaSiON、及TaSiCON。再者，就薄膜表面之高平滑性之觀點而言，較理想為上述薄膜較佳地設為非晶結構。薄膜之晶體結構可藉由X射線繞射裝置(XRD)而測定。

再者，於本發明中，用以獲得上述所規定之表面粗糙度之加工方法並無特別限定。

[附多層反射膜之基板20]

其次，以下，對可用於本發明之反射型光罩基底30之附多層反射膜之基板20進行說明。

圖2係表示可用於反射型光罩基底30之附多層反射膜之基板20之一例之模式圖。

本實施形態之附多層反射膜之基板20係設為於上述所說明之光罩基底用基板10之供形成轉印圖案之側之主表面上具有多層反射膜21之構造。該多層反射膜21係於EUV微影法用反射型光罩40中賦予反射EUV光之功能者，採用折射率不同之元素週期性地積層而成之多層反射膜21之構成。

多層反射膜21只要反射EUV光，其材質並無特別限定。多層反射膜21之單獨之反射率(絕對反射率)通常為65%以上，上限通常為73%。一般而言，此種多層反射膜21可設為使包含高折射率之材料之薄膜(高折射率層)與包含低折射率之材料之薄膜(低折射率層)交替地積層40～60週期左右而成之多層反射膜21。

例如，作為針對波長13～14 nm之EUV光之多層反射膜21，較佳設為將Mo膜與Si膜交替地積層40週期左右而成之Mo/Si週期多層膜。此外，作為於EUV光之區域所使用之多層反射膜21，可使用Ru/Si週期多層膜、Mo/Be週期多層膜、Mo化合物/Si化合物週期多層膜、Si/Nb週期多層膜、Si/Mo/Ru週期多層膜、Si/Mo/Ru/Mo週期多層膜、及Si/Ru/Mo/Ru週期多層膜等。

多層反射膜21之形成方法於該技術領域中為公知，例如可藉由利用磁控濺鍍法及離子束濺鍍法等成膜各層而形成。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10上成膜厚度數nm左右之Si膜。其後，使用Mo靶，成膜厚度數nm左右之Mo膜。將該Si膜及Mo膜作為一週期，積層40～60週期，而形成多層反射膜21。

當製造本發明之反射型光罩基底30時，多層反射膜21較佳為對高折射率材料之濺鍍靶及低折射率材料之濺鍍靶交替地照射離子束，藉由離子束濺鍍法而形成。藉由利用特定之離子束濺鍍法形成多層反射膜21，可獲得對EUV光之反射率特性良好之多層反射膜21。

本發明之反射型光罩基底30較佳為光罩基底用多層膜26進而包含和多層反射膜21之表面中之與光罩基底用基板10為相反側之表面相接而配置之保護膜22。即，本發明之反射型光罩基底30較佳為於多層反射膜21上形成有保護膜22。

為了於EUV微影法用反射型光罩40之製造步驟中保護多層反射膜21不受乾式蝕刻及濕式清洗影響，亦可於以如上方式形成之多層反射膜21之上形成保護膜22(參照圖3)。以此方式，於光罩基底用基板10上具有多層反射膜21及保護膜22之形態亦可設為本發明中之附多層反射膜之基板20。

再者，作為上述保護膜22之材料，例如可使用Ru、Ru-(Nb、Zr、Y、B、Ti、La、Mo)、Si-(Ru、Rh、Cr、B)、Si、Zr、Nb、La、及B等材料，若應用其等中之含有鈹(Ru)之材料，則多層反射膜21之反射率特性變得更加良好。具體而言，保護膜22之材料較佳為Ru或Ru-(Nb、Zr、Y、B、Ti、La、Mo)。此種保護膜22尤其於將相位偏移膜24設為Ta系材料，利用Cl系氣體之乾式蝕刻將該相位偏移膜24圖案化之情形時有效。

再者，於上述附多層反射膜之基板20中，較理想為，可將於多層反射膜21或保護膜22之表面，利用原子力顯微鏡測定 $1\ \mu\text{m}\times 1\ \mu\text{m}$ 之區域所得之空間頻率 $10\sim 100\ \mu\text{m}^{-1}$ 之功率譜密度設為 $7\ \text{nm}^4$ 以下，較佳為 $6.5\ \text{nm}^4$ 以下。藉由設為此種構成，能夠使其後形成之相位偏移膜24之表面為特定之空間頻率之特定功率譜密度。

又，為了使作為附多層反射膜之基板20所必需之反射特性變得良好，於上述附多層反射膜之基板20中，較理想為，於多層反射膜21或保護膜22之表面，利用原子力顯微鏡測定 $1\ \mu\text{m}\times 1\ \mu\text{m}$ 之區域所得之均方根粗糙度(Rms)為 $0.15\ \text{nm}$ 以下，較佳為 $0.12\ \text{nm}$ 以下，更佳為 $0.10\ \text{nm}$ 以下。

為了保持上述範圍之基板10之表面形態，使多層反射膜21或保護膜22之表面為上述範圍之功率譜密度，而於利用濺鍍法成膜多層反射膜21時，能夠以使濺鍍粒子相對於基板10之主表面之法線傾斜地入射之方式，沈積高折射率層與低折射率層。更具體而言，較佳為將Mo等用於低折射率層之成膜之濺鍍粒子之入射角度與Si等用於高折射率層之成膜之濺鍍粒子之入射角度設為超過 0 度且 45 度以下而成膜。較理想為，濺鍍粒子之入射角度更佳為超過 0 度且 40 度以下，進而較佳為超過 0 度且 30 度以下。進而，形成於多層反射膜21上之保護膜22亦較佳為於多層反射膜21之成膜後，連續地以使濺鍍粒子相對於基板10之主表面之法線傾斜地入射而沈積保護膜22之方式，藉由離子束濺鍍法而形成。

又，於附多層反射膜之基板20中，為了進行靜電吸附，可於基板10之與多層反射膜21相接之面之相反側之面形成背面導電膜23(參

照圖3)。以此方式，於光罩基底用基板10上之供形成轉印圖案之側具有多層反射膜21及保護膜22，於與多層反射膜21相接之面之相反側之面具有背面導電膜23之形態亦可設為本發明中之附多層反射膜之基板20。再者，對背面導電膜23要求之電氣特性(薄片電阻)通常為 $100\ \Omega/\square$ 以下。背面導電膜23之形成方法為公知。例如可藉由磁控濺鍍法或離子束濺鍍法，使用Cr、Ta等金屬或合金之靶而形成。

又，作為本實施形態之附多層反射膜之基板20，亦可於基板10與多層反射膜21之間形成基底層。可形成基底層以提高基板10之主表面之平滑性、減少缺陷、增強多層反射膜21之反射率之效果、及修正多層反射膜21之應力。

[反射型光罩基底30]

其次，對本發明之反射型光罩基底30進行說明。

圖3係表示本發明之反射型光罩基底30之一例之模式圖。圖3所示之反射型光罩基底30係設為於上述所說明之附多層反射膜之基板20之保護膜22上形成有成為轉印圖案之相位偏移膜24之構成。

[相位偏移膜]

於多層反射膜21之上或形成於多層反射膜21之上之保護膜22之上，形成相位偏移膜24。相位偏移膜24係吸收EUV光並且使一部分反射而使相位偏移者。即，於相位偏移膜24經圖案化之反射型光罩40中，於殘留有相位偏移膜24之部分，一面吸收EUV光一面以不影響圖案轉印之方式使一部分反射。利用相位偏移膜24反射之EUV光形成與來自多層反射膜21之反射光之相位差。相位偏移膜24係以如下方式形成：對EUV光之絕對反射率成為 $1\sim 6\%$ ，來自相位偏移膜24之反射光

與來自多層反射膜21之反射光之相位差成為170~190度。相位偏移膜24之膜厚係根據所使用之材料及絕對反射率之設計值，並且以成為使相位差處於上述範圍內之條件之方式適當決定。

相位偏移膜24只要具有吸收EUV光之功能，且能夠藉由蝕刻等去除，則其材料並無特別限定。於本實施形態中，就蝕刻選擇性等觀點而言，作為相位偏移膜24，使用鉭單質或含有鉭之鉭系材料。具體而言，鉭系材料可為含有Ta及B之TaB合金、含有Ta及Si之TaSi合金、含有Ta及其他過渡金屬(例如Pt、Pd、Ag)之Ta合金、以及於Ta金屬或其等之合金中添加有N、O、H、及/或C等之鉭系化合物等。

此種包含鉭或鉭化合物之相位偏移膜24可利用公知之方法，例如DC(Direct Current，直流)濺鍍法及RF(Radio Frequency，射頻)濺鍍法等濺鍍法而形成。

又，就平滑性之觀點而言，相位偏移膜24之結晶狀態較佳為非晶狀或微晶。若相位偏移膜24不平滑，則有相位偏移膜圖案之邊緣粗糙度變大，圖案之尺寸精度變差之情況。關於相位偏移膜24之較佳之表面粗糙度，均方根粗糙度(Rms)為0.50 nm以下，更佳為Rms為0.45 nm以下，進而較佳為Rms為0.40 nm以下，進而較佳為Rms為0.36 nm。

Ta之EUV光之吸收係數較大，且能夠容易地利用氯系氣體及氟系氣體進行乾式蝕刻，故而係加工性優異之相位偏移膜材料。進而，藉由對Ta添加B及/或Si、Ge等，能夠容易地獲得非晶狀之材料，從而提高相位偏移膜24之平滑性。又，若對Ta添加N及/或O，則相位偏移膜24對氧化之耐性提高，故而獲得能夠提高經時性之穩定性之效果。

相位偏移膜24不僅係藉由一層鈹系材料層形成者，亦可藉由使鈹系材料層積層複數層而形成。又，相位偏移膜24包含藉由鈹系材料層與其他材料層之積層而形成者。具體而言，作為其他材料層，可使用鉻系材料層及鈦系材料層。該情形時，作為鉻系材料，可使用Cr單質、含有Cr及其他過渡金屬(例如Pt、Pd、及Ag)之Cr合金、以及於Cr金屬及/或Cr合金中添加有N、O、H、及C等之鉻系化合物。鈦系材料可為Ru金屬單質，亦可為於Ru含有Nb、Zr、Y、B、Ti、La、Mo、Co及/或Re等金屬之Ru合金。又，亦可為於Ru金屬或其合金中添加有N、O、H及/或C等之鈦系化合物。於藉由鈹系材料層與其他材料層之積層構造形成相位偏移膜24之情形時(於在鈹系材料層之上積層其他材料層之情形時)，較佳為自成膜開始至成膜結束為止不暴露於大氣中而連續地成膜。藉此，能夠防止於鈹系材料層之表面形成氧化層(氧化鈹層)。該情形時，無需用以去除氧化鈹層之步驟。

相位偏移膜24中之鈹系材料層與鉻系材料層之積層順序、積層數並無特別限定。例如，可為自基板10側起Ta/Cr之雙層構造、Cr/Ta之雙層構造、Ta/Cr/Ta之三層構造、Cr/Ta/Cr之三層構造、Ta/Cr/Ta/Cr之四層構造、Cr/Ta/Cr/Ta之四層構造、Ta/Ta/Cr/Cr之四層構造、或Cr/Cr/Ta/Ta之四層構造等，又，亦可為其他構造。其中，與多層反射膜21或形成於多層反射膜21之上之保護膜22鄰接之材料更佳設為鈹系材料層。又，相位偏移膜24之最表面層可設為鉻系材料層或鈹系材料層(例如TaSi系材料層)。其中，相位偏移膜24之最表面層更佳設為鉻系材料層。其原因在於：藉此，鉻系材料層亦可具有作為對鈹系材料層之抗氧化膜之功能。即，藉由使鉻系材料層為最上層，抑制鈹系材

料層被氧化而降低蝕刻速率。進而，於將鉻系材料層設為相位偏移膜24之最表面層之情形時，就控制相位偏移膜之表面之功率譜密度之觀點而言，較佳為將最表面層之材料設為含氮之材料，具體而言設為CrN、CrON、CrCN、CrCON、CrHN、CrOHN、CrCHN、或CrCONH。又，就光罩清洗時之耐化學品性之觀點而言，更佳為將最表面層之材料設為含碳之材料，具體而言設為CrC、CrCO、CrCN、CrCON、CrCH、CrCOH、CrCHN、或CrCONH。鉻系材料及鈹系材料除包含單金屬以外，亦含有氮化物或氧化物、合金，亦可並非為相同材料、組成。

相位偏移膜24中之鈹系材料層與鈳系材料層之積層順序、積層數亦並無特別限定。例如，可為自基板10側起Ta/Ru之雙層構造、Ta/Ru/Ta之三層構造、Ta/Ru/Ta/Ru之四層構造、或Ta/Ta/Ru/Ru之四層構造等，又，亦可為其他構造。因此，可將相位偏移膜24之最表面層設為鈳系材料層，或鈹系材料層(例如TaSi系材料層)。其中，與多層反射膜21或形成於多層反射膜21之上之保護膜22鄰接之材料更佳設為鈹系材料層，又，更佳為將相位偏移膜24之最表面層設為鈳系材料層。藉此，鈳系材料層亦可具有作為對鈹系材料層之抗氧化膜之功能。鈹系材料及鈳系材料除包含單金屬以外，亦含有氮化物、氧化物、及合金，亦可並非為相同材料、組成。

進而，於相位偏移膜24中，亦可積層鈹系材料層、鈳系材料層、鉻系材料層，積層順序、積層數亦無特別限定。例如，可為自基板10側起Ta/Ru/Cr之三層構造、或Ta/Cr/Ru之三層構造等，又，亦可為其他構造。

本發明之反射型光罩基底30之相位偏移膜24較佳為具有含有鉬及氮之鉬系材料層，以及於鉬系材料層上具有含有鉻及氮之鉻系材料層。藉由使相位偏移膜24具有鉬系材料層及鉻系材料層，能夠獲得具有特定之相位偏移效果，並且對EUV光之絕對反射率較高之相位偏移膜。

再者，鉻系材料層之膜厚較佳為5 nm以上且30 nm以下。藉由將覆蓋鉬系材料層之鉻系材料層之膜厚設為特定之範圍，能夠防止於鉬系材料層之表面形成氧化層(氧化鉬層)。

於本發明之反射型光罩基底30中，於相位偏移膜24包含含有鉬及氮之鉬系材料層之情形時，較理想為，氮之含量較佳為5原子%以上且50原子%以下，更佳為5原子%以上且30原子%以下，進而較佳為5原子%以上且20原子%以下。又，於相位偏移膜24包含含有鉻及氮之鉻系材料層之情形時，較理想為，氮之含量較佳為5原子%以上且50原子%以下，更佳為5原子%以上且30原子%以下，進而較佳為5原子%以上且20原子%以下。

於相位偏移膜24包含含有鉬及氮之鉬系材料層之情形時，藉由使氮之含量為5原子%以上且50原子%以下，相位偏移膜24之表面之均方根粗糙度(Rms)及能夠於1 μm ×1 μm 之區域檢測出之空間頻率10～100 μm^{-1} 之全部糙度成分之振幅強度即功率譜密度成為特定之值之範圍。又，於相位偏移膜24包含含有鉻及氮之鉻系材料層之情形時，氮之含量為5原子%以上且50原子%以下之情形時亦同樣地，上述功率譜密度成為特定之值之範圍。於該等相位偏移膜24之情形時，進而，能夠抑制構成相位偏移膜之結晶粒子之擴大，故而能夠降低將相位偏移

膜24圖案化時之圖案邊緣粗糙度。

於本發明之反射型光罩基底30之情形時，於相位偏移膜24之表面中之 $1\ \mu\text{m} \times 1\ \mu\text{m}$ 之區域，利用原子力顯微鏡測得之均方根粗糙度(Rms)及空間頻率 $10 \sim 100\ \mu\text{m}^{-1}$ 之功率譜密度成為特定之範圍之值。藉由使用具有此種構造之本發明之反射型光罩基底30，於以使相位偏移膜24對EUV光之絕對反射率成為較高之特定範圍之方式進行設計之情形時，能夠獲得縮小與設計值之差(偏差)且較高之特定範圍之絕對反射率之相位偏移膜24。因此，藉由使用本發明之反射型光罩基底30，能夠製造能於相位偏移膜圖案27之邊緣部獲得較高之對比度之反射型光罩40。

再者，本發明之反射型光罩基底30並不限定於圖3所示之構成。例如，亦可於上述相位偏移膜24之上形成成為用以將相位偏移膜24圖案化之光罩之抗蝕膜。該情形時，附抗蝕膜之反射型光罩基底30亦可設為本發明之反射型光罩基底30。再者，形成於相位偏移膜24之上之抗蝕膜可為正型亦可為負型。又，可為電子束繪圖用，亦可為雷射繪圖用。進而，亦可於相位偏移膜24與上述抗蝕膜之間，形成所謂之硬質遮罩膜(蝕刻遮罩膜25)。包含硬質遮罩膜(蝕刻遮罩膜25)之態樣亦可設為本發明中之反射型光罩基底30。

[蝕刻遮罩膜25]

於本發明之反射型光罩基底30中，較佳為光罩基底用多層膜26進而包含和相位偏移膜24之表面中之與光罩基底用基板10為相反側之表面相接而配置之蝕刻遮罩膜25。於圖5所示之反射型光罩基底30之情形時，光罩基底用基板10之主表面之上之光罩基底用多層膜26不僅

具有多層反射膜21、保護膜22、及相位偏移膜24，進而具有蝕刻遮罩膜25。本發明之反射型光罩基底30可於圖5所示之反射型光罩基底30之光罩基底用多層膜26之最表面，進而具有抗蝕膜。

具體而言，於相位偏移膜之最上層之材料包含含有鉻之鉻系材料層之情形時，本發明之反射型光罩基底30較佳為成為形成有包含含有鉬之材料之蝕刻遮罩膜25之構造。又，於相位偏移膜24之最上層之材料使用Ta單質或以Ta為主成分之材料之情形時，本發明之反射型光罩基底30較佳為成為於相位偏移膜24上形成有包含含有鉻之材料之蝕刻遮罩膜25之構造。藉由使用此種構造之反射型光罩基底30，當製作反射型光罩40時，於相位偏移膜24形成轉印圖案之後，即便利用使用氯系氣體、氟系氣體、或氯系氣體與氧氣之混合氣體之乾式蝕刻將蝕刻遮罩膜25剝離，亦能夠獲得相位偏移膜圖案27之良好之光學特性。又，能夠製作形成於相位偏移膜24之轉印圖案之線邊緣粗糙度良好之反射型光罩40。

作為形成蝕刻遮罩膜25之含有鉬之材料，可列舉TaN、TaON、TaCON、TaBN、TaBON、TaBCON、TaHfN、TaHfON、TaHfCON、TaSiN、TaSiON、及TaSiCON等。作為形成蝕刻遮罩膜25之含有鉻之材料，例如可列舉於鉻中含有選自氮、氧、碳及硼中之一種以上之元素之材料等。例如可列舉CrN、CrON、CrCN、CrCON、CrBN、CrBON、CrBCN、及CrBOCN等。關於上述材料，亦可於能夠獲得本發明之效果之範圍內，含有鉻以外之金屬。就獲得作為將轉印圖案精度良好地形成於相位偏移膜24之蝕刻遮罩之功能之觀點而言，蝕刻遮罩膜25之膜厚較理想為3 nm以上。又，就使抗蝕膜之膜厚變薄之觀點

而言，蝕刻遮罩膜25之膜厚較理想為15 nm以下。

於本發明之反射型光罩基底30之最表面為蝕刻遮罩膜25之情形時，與反射型光罩基底30之最表面為相位偏移膜24之情形時同樣地，亦可藉由使於蝕刻遮罩膜25之表面之 $1\ \mu\text{m} \times 1\ \mu\text{m}$ 之區域，利用原子力顯微鏡測得之均方根粗糙度(Rms)及空間頻率 $10 \sim 100\ \mu\text{m}^{-1}$ 之功率譜密度成為特定之範圍之值，而管理相位偏移膜之功率譜密度。於具有此種構造之本發明之反射型光罩基底30中，於以使相位偏移膜24對EUV光之絕對反射率成為較高之特定範圍之方式進行設計之情形時，能夠獲得縮小與設計值之差(偏差)且較高之特定範圍之絕對反射率之相位偏移膜24。因此，藉由使用具有此種構造之本發明之反射型光罩基底30，能夠製造能於相位偏移膜圖案27之邊緣部獲得較高之對比度之反射型光罩40。

[反射型光罩基底30之製造方法]

其次，對本發明之反射型光罩基底30之製造方法進行說明。

本發明之反射型光罩基底30於光罩基底用基板10之主表面之上包含交替地積層高折射率層與低折射率層而成之多層反射膜21及相位偏移膜24。本發明之反射型光罩基底30之製造方法包含如下步驟：於光罩基底用基板10之主表面之上，形成多層反射膜21；以及於多層反射膜21之上，形成相位偏移膜24。於本發明之反射型光罩基底30之製造方法中，以於反射型光罩基底30之表面之 $1\ \mu\text{m} \times 1\ \mu\text{m}$ 之區域，利用原子力顯微鏡測得之均方根粗糙度(Rms)成為0.50 nm以下，並且空間頻率 $10 \sim 100\ \mu\text{m}^{-1}$ 之功率譜密度成為 $17\ \text{nm}^4$ 以下之方式，形成相位偏移膜24。

於本發明之反射型光罩基底30之相位偏移膜24之表面，將Rms設為0.50 nm以下(較佳為0.45 nm以下，更佳為0.40 nm以下，進而較佳為0.36 nm以下)，將能夠於1 $\mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$ 之區域檢測出之空間頻率10~100 μm^{-1} 之全部糙度成分之振幅強度即功率譜密度設為17 nm^4 以下(較佳為14 nm^4 以下，更佳為10 nm^4 以下)，藉此，於以使相位偏移膜24對EUV光之絕對反射率成為較高之特定範圍之方式進行設計之情形時，能夠獲得縮小與設計值之差(偏差)且較高之特定範圍之絕對反射率之相位偏移膜24。因此，能夠製造能於相位偏移膜圖案27之邊緣部獲得較高之對比度之反射型光罩40。

於本發明之反射型光罩基底30之製造方法中，較佳為，於形成相位偏移膜24之步驟中，相位偏移膜24藉由使用包含相位偏移膜24所含之材料之濺鍍靶之反應性濺鍍法而形成，以含有反應性濺鍍時之環境氣體所含之成分之方式，形成相位偏移膜24。於利用反應性濺鍍法之成膜時，藉由調節環境氣體之流量，而能夠以使相位偏移膜24之表面之均方根粗糙度(Rms)及能夠於1 $\mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$ 之區域檢測出之空間頻率10~100 μm^{-1} 之全部糙度成分之振幅強度即功率譜密度成為特定之值之範圍之方式進行調節。

於藉由反應性濺鍍法形成相位偏移膜24之情形時，環境氣體較佳為含有惰性氣體及氮氣之混合氣體。該情形時，能夠調節氮氣之流量，故而能夠獲得具有適當之組成之相位偏移膜24。其結果，能夠確實地獲得於相位偏移膜24之表面具有適當之均方根粗糙度(Rms)及功率譜密度之相位偏移膜24。例如，於相位偏移膜24包含TaN層及CrOCN層之情形時，於形成TaN層及形成CrOCN層之兩者之情形時，

調節成膜中之氮氣之流量，藉此能夠確實地獲得具有適當之均方根粗糙度(Rms)及功率譜密度之相位偏移膜24。

於本發明之反射型光罩基底30之製造方法中，相位偏移膜24較佳為使用含有鉬之材料之濺鍍靶而形成。其結果，能夠形成含有鉬且具有適當之對EUV光之吸收率之相位偏移膜24。

本發明之反射型光罩基底30之製造方法較佳為進而包含形成與多層反射膜21之表面相接而配置之保護膜22之步驟。藉由形成保護膜22，能夠抑制製造轉印用光罩(EUV光罩)時對多層反射膜21之表面之損傷，故而對EUV光之反射率特性變得更良好。

保護膜22較佳為藉由對保護膜22材料之濺鍍靶照射離子束之離子束濺鍍法而形成。藉由離子束濺鍍法，獲得保護膜表面之平滑化，故而能夠使形成於保護膜上之相位偏移膜或進而形成於相位偏移膜上之蝕刻遮罩膜之表面平滑化。

本發明之反射型光罩基底30之製造方法較佳為進而包含形成與相位偏移膜24之表面相接而配置之蝕刻遮罩膜25之步驟。藉由形成乾式蝕刻特性與相位偏移膜24不同之蝕刻遮罩膜25，當於相位偏移膜24形成轉印圖案時，能夠形成高精度之轉印圖案。

[反射型光罩40]

接下來，以下，對本發明之一實施形態之反射型光罩40進行說明。

圖4係表示本實施形態之反射型光罩40之模式圖。本發明之反射型光罩40係如下構成：將上述反射型光罩基底30中之相位偏移膜24圖案化，於上述多層反射膜21上或上述保護膜22上形成相位偏移膜圖案

27。若利用EUV光等曝光之光對本實施形態之反射型光罩40曝光，則於光罩表面，於有相位偏移膜24之部分，曝光之光被吸收，於其餘之將相位偏移膜24去除之部分，利用所露出之保護膜22及多層反射膜21反射曝光之光，藉此能夠用作微影法用反射型光罩40。於本發明之反射型光罩40中，於以使相位偏移膜24對EUV光之絕對反射率成為較高之特定範圍之方式進行設計之情形時，能夠獲得縮小與設計值之差(偏差)且較高之特定範圍之絕對反射率之相位偏移膜24。因此，於本發明之反射型光罩40中，能夠於相位偏移膜圖案27之邊緣部獲得較高之對比度。

相位偏移膜24之圖案化能夠以如下方式進行。即，首先，於相位偏移膜24之表面形成抗蝕膜圖案。將該抗蝕膜圖案用作遮罩，實施利用蝕刻氣體之乾式蝕刻，藉此蝕刻相位偏移膜24，形成相位偏移膜圖案。作為此時之蝕刻氣體，可列舉： Cl_2 、 SiCl_4 、 CHCl_3 、及 CCl_4 等氯系氣體；以特定之比率含有該等氯系氣體及 O_2 之混合氣體；以特定之比率含有氯系氣體及 He 之混合氣體；以特定之比率含有氯系氣體及 Ar 之混合氣體； 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 、 F 等氟系氣體；以特定之比率含有該等氟系氣體及 O_2 之混合氣體；以及 O_2 氣體。於相位偏移膜24包含複數種材料之積層構造之情形時，能夠進行複數次利用適合各個材料之蝕刻氣體之蝕刻。

其次，例如，於藉由抗蝕劑剝離液去除抗蝕膜圖案之後，進行使用酸性或鹼性之水溶液之濕式清洗，能夠獲得達成較高之反射率之EUV微影法用反射型光罩40。再者，根據相位偏移膜24之構成，可於對相位偏移膜24之積層構造之內之1層進行蝕刻時，同時去除抗蝕

膜。該情形時，無需僅為了去除抗蝕膜圖案之步驟。又，於設置蝕刻遮罩膜25之情形時，亦存在另行需要去除該蝕刻遮罩膜之步驟之情況。

再者，反射型光罩基底30於多層反射膜21上具有保護膜22，藉此能夠抑制製造反射型光罩40(EUV光罩)時對多層反射膜21表面之損傷。因此，於反射型光罩40中亦較佳為於多層反射膜21上具有保護膜22。其結果，反射型光罩40對EUV光之反射率特性變得良好。

本發明之反射型光罩40較佳為，於多層反射膜21或上述保護膜22表面中之 $1\ \mu\text{m} \times 1\ \mu\text{m}$ 區域，利用原子力顯微鏡測得之均方根粗糙度(Rms)為 $0.15\ \text{nm}$ 以下，並且空間頻率 $10 \sim 100\ \mu\text{m}^{-1}$ 之功率譜密度為 $7\ \text{nm}^4$ 以下。藉由在反射型光罩40之多層反射膜21或保護膜22表面中之特定區域，將特定之均方根粗糙度(Rms)及特定之空間頻率之功率譜密度設為特定之範圍，能夠獲得對EUV光之絕對反射率為更高之值之相位偏移膜。因此，若使用本發明之反射型光罩40，能夠增大用以製造半導體裝置之曝光時之曝光之光的強度。因此，能夠提高半導體裝置之製造時之產出量。

本發明之反射型光罩40較佳為，上述相位偏移膜圖案27表面之功率譜密度與上述多層反射膜21或上述保護膜22表面中之功率譜密度之差為 $10\ \text{nm}^4$ 以下。藉由使特定之功率譜密度之差為特定之範圍，能夠進一步確實地獲得能於相位偏移膜圖案27之邊緣部獲得較高之對比度之反射型光罩40。

[半導體裝置之製造方法]

藉由使用以上說明之反射型光罩40與曝光裝置之微影製程，而

對形成於半導體基板等被轉印體上之抗蝕膜，轉印基於反射型光罩40之相位偏移膜圖案27之電路圖案等轉印圖案，並經由其他各種步驟，藉此能夠製造於半導體基板等被轉印體上形成有各種轉印圖案等之半導體裝置。

根據本發明之半導體裝置之製造方法，能夠使用能於相位偏移膜圖案之邊緣部獲得較高之對比度之反射型光罩40，故而能夠製造具有轉印至形成於半導體基板等被轉印體上之抗蝕膜之電路圖案等轉印圖案之尺寸準確、細微且高精度之轉印圖案的半導體裝置。

[實施例]

其次，將製造本實施形態之反射型光罩基底30及反射型光罩40之例作為實施例進行說明。

首先，於EUV曝光用之光罩基底用基板10之表面，以如下所述之方式成膜多層反射膜21及相位偏移膜24。進而，於光罩基底用基板10之背面成膜背面導電膜23，而製造實施例1～3及比較例1之反射型光罩基底30。因此，實施例1～3及比較例1之反射型光罩基底30具有背面導電膜23/光罩基底用基板10/多層反射膜21/保護膜22/相位偏移膜24之構造。

<光罩基底用基板10之製作>

作為光罩基底用基板10，準備大小為152 mm×152 mm、厚度為6.35 mm之SiO₂-TiO₂系玻璃基板10，使用雙面研磨裝置，藉由氧化鈾研磨粒或膠體氧化矽研磨粒階段性地研磨該玻璃基板10之正背面之後，利用低濃度之氟矽酸進行表面處理。利用原子力顯微鏡測定藉此獲得之玻璃基板10表面之表面粗糙度，結果均方根粗糙度(Rms)為0.5

nm。

利用使用波長調變雷射之波長偏移干涉儀測定該玻璃基板10之正背面中之148 mm×148 mm之區域之表面形狀(表面形態、平坦度)、TTV(板厚不均)。其結果，玻璃基板10之正背面之平坦度為290 nm(凸形狀)。玻璃基板10表面之表面形狀(平坦度)之測定結果作為針對每一測定點而存在之相對於基準面之高度之資訊被保存至電腦，並且與玻璃基板10所需之正面平坦度之基準值50 nm(凸形狀)及背面平坦度之基準值50 nm進行比較，利用電腦計算其差量(必需去除量)。

繼而，於玻璃基板10面內，針對每一加工點形狀區域，設定根據必需去除量之局部表面加工之加工條件。事先使用虛設基板，與實際之加工同樣地，一定時間地不使基板移動而以點加工虛設基板。利用與上述測定正背面之表面形狀之裝置相同之測量儀測定其形狀，算出每單位時間之點之加工體積。然後，根據自點之資訊與玻璃基板10之表面形狀之資訊獲得之必需去除量，決定對玻璃基板10進行光柵掃描時之掃描速度。

根據所設定之加工條件，使用利用磁性流體之基板精加工裝置，藉由磁性黏彈性流體研磨(Magneto Rheological Finishing, MRF)加工法，以使玻璃基板10之正背面平坦度成為上述基準值以下之方式進行局部表面加工處理，而調整表面形狀。再者，此時使用之磁性黏彈性流體含有鐵成分，研磨漿料係使用含有約2wt%之氧化鈾作為研磨劑之鹼性水溶液。其後，將玻璃基板10浸漬至裝有濃度約10%之鹽酸水溶液(溫度約25℃)之清洗槽約10分鐘之後，進行利用純水之沖洗、異丙醇(IPA)乾燥。

再者，本發明中之光罩基底用基板10之局部加工方法並不限定於上述磁性黏彈性流體研磨加工法。亦可利用使用氣體團簇離子束(Gas Cluster Ion Beams，GCIB)及局部電漿之加工方法。

其後，作為局部表面加工處理之精加工研磨，為了改善表面粗糙度，進行使用膠體氧化矽研磨粒之雙面接觸研磨之後，進行利用觸媒基準蝕刻法(CARE，Catalyst Referred Etching)之表面加工。該CARE係於以下之加工條件下進行。

加工液：純水

觸媒：鉑

基板轉數：10.3轉/分鐘

觸媒定盤轉數：10轉/分鐘

加工時間：50分鐘

加工壓力：250 hPa

其後，擦洗玻璃基板10之端面之後，將該基板浸漬至裝有王水(溫度約65℃)之清洗槽約10分鐘。其後，對該基板進行利用純水之沖洗、乾燥。再者，進行複數次利用王水之清洗，直至於玻璃基板10之正背面無作為觸媒之鉑之殘留物。

於以如上方式獲得之EUV曝光用之光罩基底用基板10之主表面，利用原子力顯微鏡測定轉印圖案形成區域(132 mm×132 mm)之任意部位之1 μm×1 μm之區域，結果均方根粗糙度(Rms)為0.040 nm，最大高度(Rmax)為0.40 nm。

利用原子力顯微鏡測定以如上方式獲得之EUV曝光用光罩基底用基板10之主表面中之1 μm×1 μm之區域所得之空間頻率1 μm⁻¹以上且

$10\ \mu\text{m}^{-1}$ 以下之功率譜密度之最大值為 $5.29\ \text{nm}^4$ ，最小值為 $1.15\ \text{nm}^4$ 。
又，空間頻率 $10\ \mu\text{m}^{-1}$ 以上且 $100\ \mu\text{m}^{-1}$ 以下之功率譜密度之最大值為 $1.18\ \text{nm}^4$ ，最小值為 $0.20\ \text{nm}^4$ 。

＜實施例1～3及比較例1之製作＞

使用Mo靶及Si靶，藉由離子束濺鍍交替積層(積層數40對)Mo層(低折射率層、厚度 $2.8\ \text{nm}$)及Si層(高折射率層、厚度 $4.2\ \text{nm}$)，最後將Si層以 $4.0\ \text{nm}$ 之厚度成膜，於上述玻璃基板10上形成多層反射膜21。
當利用離子束濺鍍法成膜多層反射膜21時，離子束濺鍍中之Mo及Si濺鍍粒子相對於玻璃基板10之主表面之法線之入射角度為30度，離子源之氣體流量設為 $8\ \text{sccm}$ 。

於多層反射膜21之成膜後，進而連續地於多層反射膜21上，藉由離子束濺鍍成膜Ru保護膜22(膜厚 $2.5\ \text{nm}$)，而製成附多層反射膜之基板20。當利用離子束濺鍍法成膜Ru保護膜22時，Ru濺鍍粒子相對於基板之主表面之法線之入射角度為40度，離子源之氣體流量設為 $8\ \text{sccm}$ 。

其次，於上述光罩基底用基板10之主表面上，藉由DC磁控濺鍍法，成膜相位偏移膜24。於實施例1～3及比較例1之情形時，如表1所示，將包含Ta₂N₅層及Cr₂O₃層之兩層之積層膜設為相位偏移膜24。

作為實施例1～3及比較例1之相位偏移膜24，藉由DC濺鍍，積層Ta₂N₅層(鈮系材料層)及Cr₂O₃層(鉻系材料層)，形成相位偏移膜24。
又，於成膜後，藉由X射線光電子分光法(XPS(X-ray Photoelectron Spectroscopy)法)，測定Ta₂N₅層及Cr₂O₃層之元素組成。Ta₂N₅層係使用鈮靶，於Ar氣體與N₂氣體之混合氣體環境下，利用反應性濺鍍法，形

成表1所示之特定膜厚之Ta₂N₃層(Ta：92.5 at%、N：7.5 at%)。CrCON層係使用鉻靶，於Ar氣體與CO₂氣體、N₂氣體之混合氣體環境下，利用反應性濺鍍，形成表1所示之特定膜厚之CrCON層(Cr：45 at%、C：10 at%、O：35 at%、N：10 at%)(自Ta₂N₃膜至CrCON膜之形成，不與大氣接觸而連續成膜)。再者，實施例1～3之Ta₂N₃膜之成膜時之成膜壓力設為0.08 Pa。又，比較例1之Ta₂N₃膜之成膜時之成膜壓力較實施例1～3之情形時高，設為0.12 Pa。又，實施例1～3及比較例1之CrOCN膜之成膜壓力設為0.12 Pa。

構成以如上方式形成之相位偏移膜24之Ta₂N₃層及CrCON層之波長13.5 nm下之折射率n及消光係數k分別如下。

Ta₂N₃層：n = 0.94、k = 0.034

CrCON層：n = 0.93、k = 0.037

再者，上述Ta₂N₃層及CrCON層之膜厚係以於波長13.5 nm下使相位偏移膜24之絕對反射率成為2.4～2.8%、相位差成為180度之方式而設定。

其次，藉由在光罩基底用基板10之背面成膜背面導電膜23，而製造實施例1～3及比較例1之反射型光罩基底30。

背面導電膜23係以如下方式形成。即，於用於實施例1～3及比較例1之附多層反射膜之基板20之未形成有多層反射膜21之背面，藉由DC磁控濺鍍法，形成背面導電膜23。該背面導電膜23係使Cr靶與附多層反射膜之基板20之背面相對向，於Ar及N₂之混合氣體(Ar：N₂ = 90%：10%)環境中進行反應性濺鍍。藉由拉塞福逆散射譜法，測定背面導電膜23之元素組成，結果Cr：90原子%、N：10原子%。又，

背面導電膜23之膜厚為20 nm。以如上方式，製造實施例1～3及比較例1之反射型光罩基底30。

[表1]

	實施例1	實施例2	實施例3	比較例1
相位偏移膜之構造	TaN/CrOCN	TaN/CrOCN	TaN/CrOCN	TaN/CrOCN
CrOCN膜厚(nm)	5	10	25	25
TaN膜厚(nm)	54.3	48.9	33.4	33.4
TaN膜之成膜壓力(Pa)	0.08	0.08	0.08	0.12
反射型光罩基底之相位偏移膜表面之表面粗糙度(均方根粗糙度Rms)(nm)	0.242	0.236	0.355	0.447
反射型光罩基底之相位偏移膜表面之空間頻率10～100 μm ⁻¹ 之PSD最大值(nm ⁴)	9.16	9.68	15.56	21.63
反射型光罩基底之相位偏移膜表面之空間頻率10～100 μm ⁻¹ 之PSD積分值(nm ³)	238.17	236.87	351.38	507.82
(A)反射型光罩製作後之相位偏移膜表面之空間頻率10～100 μm ⁻¹ 之PSD最大值(nm ⁴)	9.16	9.68	15.56	21.63
(B)反射型光罩製作後之多層反射膜(附有保護膜)表面之空間頻率10～100 μm ⁻¹ 之PSD最大值(nm ⁴)	6.46	6.46	6.46	6.46
PSD最大值(A)與(B)之差(A－B、nm ⁴)	2.7	3.22	9.1	15.17
反射型光罩基底之相位偏移膜表面之絕對反射率R _{PSM} 之設計值	2.4%	2.7%	2.8%	2.8%
反射型光罩基底之相位偏移膜表面之絕對反射率R _{PSM} 之測定值(括弧內係與設計值之偏差)	2.4%(0%)	2.5%(-0.2%)	2.0%(-0.8%)	1.7%(-1.1%)
反射型光罩製作後之相位偏移膜表面之絕對反射率R _{PSM} 之測定值	2.4%	2.5%	2.0%	1.7%

針對作為實施例1～3及比較例1而獲得之EUV曝光用光罩基底用基板10之相位偏移膜24之表面，利用原子力顯微鏡測定轉印圖案形成區域(132 mm×132 mm)之任意之部位(具體而言，為轉印圖案形成區域之中心)之1 μm×1 μm之區域。將藉由利用原子力顯微鏡之測定而獲得之表面粗糙度(均方根粗糙度、Rms)、及藉由表面粗糙度之功率譜

分析而求出之空間頻率 $10 \sim 100 \mu\text{m}^{-1}$ 之功率譜密度(PSD)之最大值、積分值示於表1。

為了進行參考，圖6係表示實施例3及比較例1之功率譜分析之結果。如圖6所示，利用原子力顯微鏡測定實施例3之相位偏移膜24表面中之 $1 \mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$ 之區域而獲得之空間頻率 $10 \sim 100 \mu\text{m}^{-1}$ 之功率譜密度之最大值為 15.56 nm^4 ，最小值為 0.69 nm^4 。另一方面，如圖6所示，利用原子力顯微鏡測定比較例1之相位偏移膜24表面中之 $1 \mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$ 之區域而獲得之空間頻率 $10 \sim 100 \mu\text{m}^{-1}$ 之功率譜密度之最大值為 21.63 nm^4 ，最小值為 1.52 nm^4 。

如表1所示，於實施例1～3之相位偏移膜24之表面之 $1 \mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$ 之區域，利用原子力顯微鏡測得之均方根粗糙度(Rms)為 0.50 nm 以下。另一方面，於比較例1之相位偏移膜24之表面之 $1 \mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$ 之區域，利用原子力顯微鏡測得之均方根粗糙度(Rms)為 0.447 nm 。

如表1所示，實施例1～3之相位偏移膜24之表面之空間頻率 $10 \sim 100 \mu\text{m}^{-1}$ 時之功率譜密度之最大值為 17 nm^4 以下。另一方面，比較例1之相位偏移膜24之表面之空間頻率 $10 \sim 100 \mu\text{m}^{-1}$ 時之功率譜密度之最大值大於 17 nm^4 ，為 21.63 nm^4 。

表1係表示實施例1～3及比較例1之反射型光罩製作後之(A)相位偏移膜表面之功率譜密度(PSD)、(B)多層反射膜(附有保護膜)表面之功率譜密度(PSD)、及(A)與(B)之差(A-B)。實施例1～3之(A)與(B)之差(A-B)為 10 nm^4 以下。與此相對，比較例1之(A)與(B)之差(A-B)為 15.17 nm^4 ，超過 10 nm^4 。

又，實施例1～3及比較例1之多層反射膜(附有保護膜)表面之均

方根粗糙度Rms為0.138 nm，為0.15 nm以下。實施例1～3及比較例1之多層反射膜(附有保護膜)表面之空間頻率 $10 \sim 100 \mu\text{m}^{-1}$ 之PSD最大值為 6.46 nm^4 ，為 7 nm^4 以下。

表1中示出實施例1～3及比較例1之相位偏移膜24之絕對反射率 R_{PSM} 之設計值、測定值、及設計值與測定值之差(偏差)。相位偏移膜24之絕對反射率 R_{PSM} 之測定係使用EUV反射率測定(LPR-1016)裝置而進行。此時，作為絕對反射率測定用測定光，使用波長13.5 nm之EUV光。再者，多層反射膜表面之絕對反射率 R_{ML} 為65%。自表1明確可知，實施例1～3之相位偏移膜24之絕對反射率 R_{PSM} 高達2.0%以上，絕對反射率 R_{PSM} 之設計值與測定值之差(偏差)亦小至1.0%以下(0～-0.8%)。與此相對，比較例1之相位偏移膜24之絕對反射率 R_{PSM} 小至1.7%以上，絕對反射率 R_{PSM} 之設計值與測定值之差(偏差)為-1.1%，相對較大。因此，明確可知：實施例1～3之光罩基底對EUV光之絕對反射率較高，與測定值之偏差亦較小。

<反射型光罩40之製作>

藉由旋轉塗佈法，對實施例1～3及比較例1之反射型光罩基底30之相位偏移膜24之表面塗佈抗蝕劑，經由加熱及冷卻步驟，成膜為膜厚150 nm之抗蝕膜。繼而，經由所需之圖案之繪圖及顯影步驟，形成抗蝕劑圖案。將該抗蝕劑圖案作為遮罩，藉由特定之乾式蝕刻，進行相位偏移膜24之圖案化，於保護膜22上形成相位偏移膜圖案27。再者，作為包含TaN層及CrOCN層之兩層之積層膜之相位偏移膜24可藉由氯(Cl_2)及氧(O_2)之混合氣體(氯(Cl_2)及氧(O_2)之混合比(流量比)為4：1)進行乾式蝕刻。

其後，去除抗蝕膜，進行與上述相同之藥液清洗，而製作實施例1～3及比較例1之反射型光罩40。

＜半導體裝置之製造方法＞

若使用上述實施例1～3及比較例1之反射型光罩40，使用曝光裝置，對作為半導體基板之被轉印體上之抗蝕膜進行圖案轉印，其後，將配線層圖案化，而製作半導體裝置，則於反射型光罩之相位偏移膜圖案之邊緣部獲得較高之對比度，故而能夠製作轉印圖案之尺寸準確之半導體裝置。

再者，於上述附多層反射膜之基板20、反射型光罩基底30之製作時，係於光罩基底用基板10之供形成轉印圖案之側之主表面成膜多層反射膜21及保護膜22之後，於與上述主表面為相反側之背面形成背面導電膜23，但並不限於此。亦可於光罩基底用基板10之與供形成轉印圖案之側之主表面為相反側之主表面形成背面導電膜23之後，於供形成轉印圖案之側之主表面，成膜多層反射膜21，進而成膜保護膜22，於附多層反射膜之基板20，進而於保護膜22上成膜相位偏移膜24，從而製作反射型光罩基底30。

【符號說明】

- 1 端面
- 1a 側面部
- 1b 倒角斜面部
- 1c 側面部
- 1d 平面狀之端面部分
- 1e 倒角斜面部

1f	曲面狀之端面部分
2	對向主表面
10	光罩基底用基板
10a	角部
20	附多層反射膜之基板
21	多層反射膜
22	保護膜
23	背面導電膜
24	相位偏移膜
25	蝕刻遮罩膜
26	光罩基底用多層膜
27	相位偏移膜圖案
30	反射型光罩基底
40	反射型光罩

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種反射型光罩基底，其特徵在於：其係於基板上依序形成有多層反射膜及使EUV光之相位偏移之相位偏移膜者，且

於上述相位偏移膜表面中之 $1\ \mu\text{m}\times 1\ \mu\text{m}$ 區域，利用原子力顯微鏡測得之均方根粗糙度(Rms)為 $0.50\ \text{nm}$ 以下，並且空間頻率 $10\sim 100\ \mu\text{m}^{-1}$ 之功率譜密度之積分值為 $360\ \text{nm}^3$ 以下。

【第2項】

如請求項1之反射型光罩基底，其中上述積分值為 $250\ \text{nm}^3$ 以下。

【第3項】

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之上形成有保護膜。

【第4項】

如請求項1或2之反射型光罩基底，其中上述相位偏移膜之最表面層為鈿系材料層、鉻系材料層或鈺系材料層。

【第5項】

如請求項1或2之反射型光罩基底，其包含和上述相位偏移膜之與上述基板為相反側之表面相接而配置之蝕刻遮罩膜。

【第6項】

一種反射型光罩，其特徵在於：其係於基板上依序形成有多層反射膜及使EUV光之相位偏移之相位偏移膜圖案者，且

於上述相位偏移膜圖案表面中之 $1\ \mu\text{m}\times 1\ \mu\text{m}$ 區域，利用原子力顯微鏡測得之均方根粗糙度(Rms)為 $0.50\ \text{nm}$ 以下，並且空間頻率 $10\sim$

$100\ \mu\text{m}^{-1}$ 之功率譜密度之積分值為 $360\ \text{nm}^3$ 以下。

【第7項】

如請求項6之反射型光罩，其中上述積分值為 $250\ \text{nm}^3$ 以下。

【第8項】

如請求項6或7之反射型光罩，其中於上述多層反射膜之上形成有保護膜。

【第9項】

如請求項6或7之反射型光罩，其中於上述多層反射膜或上述保護膜表面中之 $1\ \mu\text{m}\times 1\ \mu\text{m}$ 區域，利用原子力顯微鏡測得之均方根粗糙度(Rms)為 $0.15\ \text{nm}$ 以下，並且空間頻率 $10\sim 100\ \mu\text{m}^{-1}$ 之功率譜密度為 $7\ \text{nm}^4$ 以下。

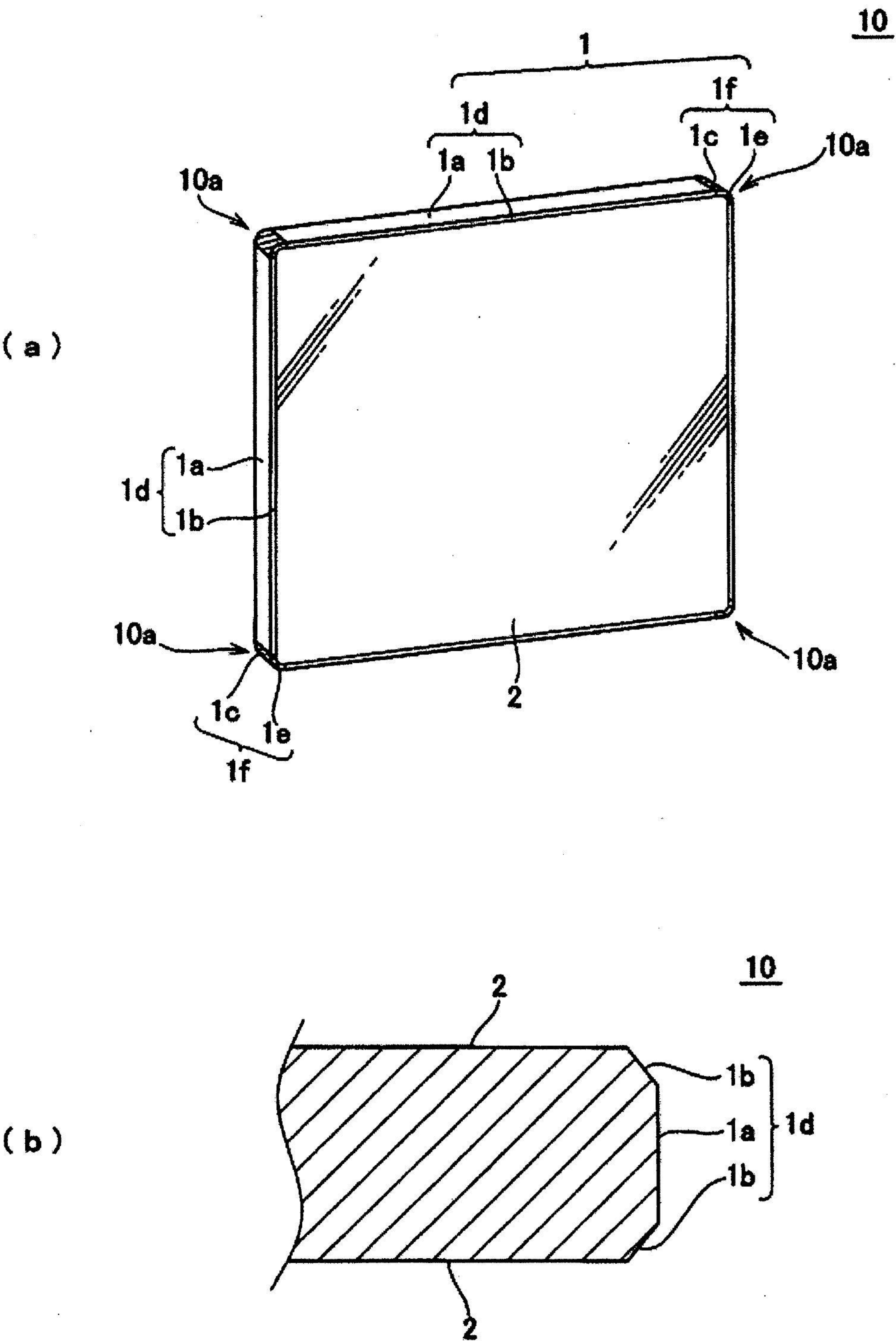
【第10項】

如請求項6或7之反射型光罩，其中上述相位偏移膜圖案之最表面層為鈹系材料層、鉻系材料層或鈦系材料層。

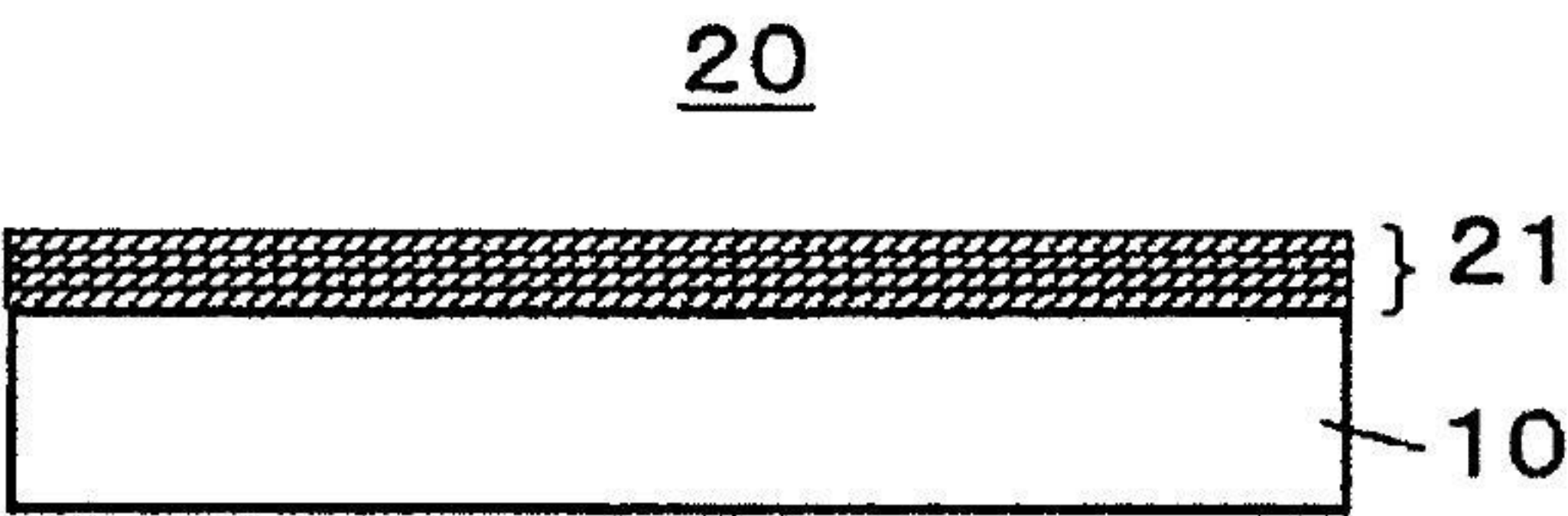
【第11項】

一種半導體裝置之製造方法，其具有如下步驟：使用如請求項6至9中任一項之反射型光罩，進行使用曝光裝置之微影製程，於被轉印體上形成轉印圖案。

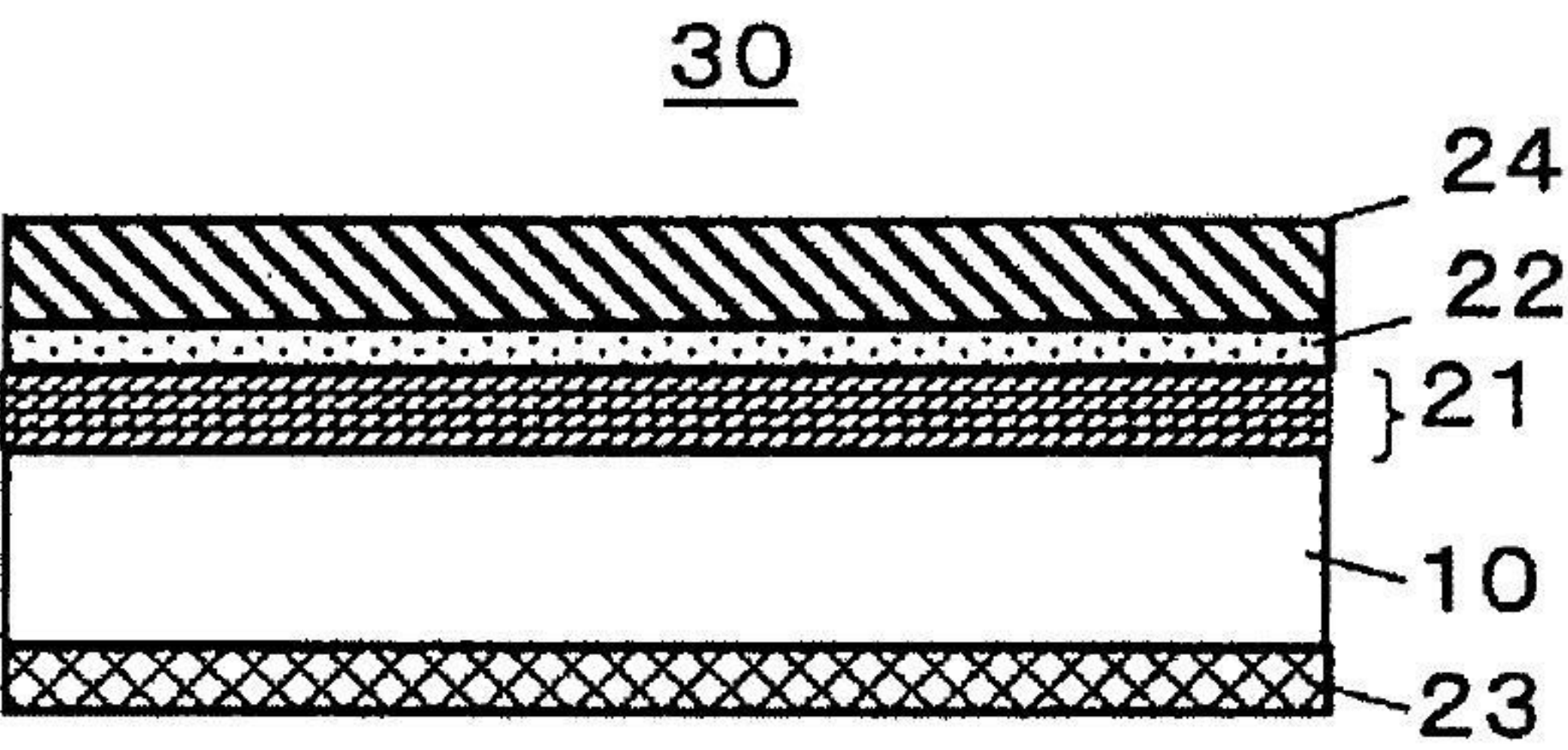
【發明圖式】



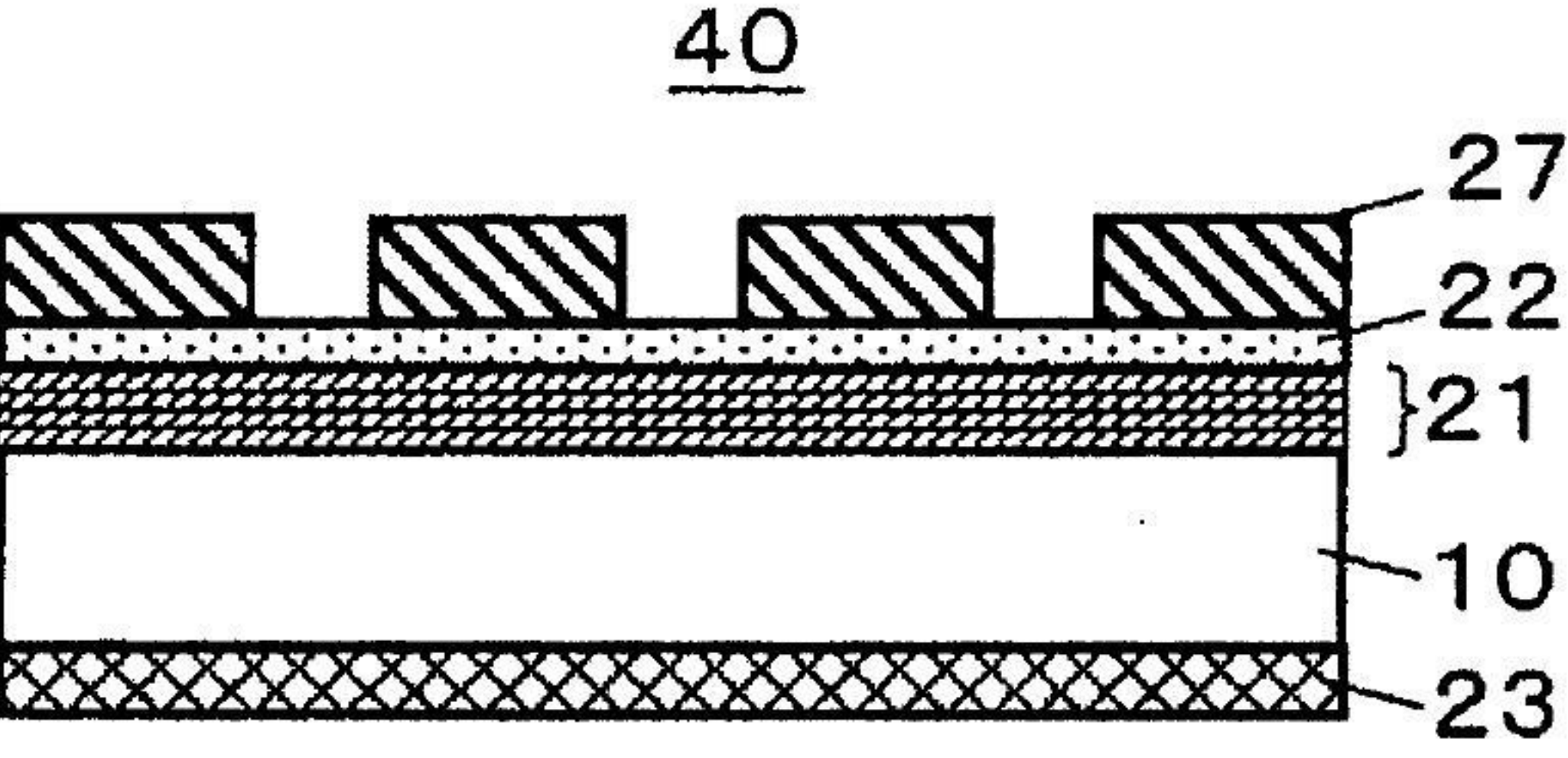
【圖1】



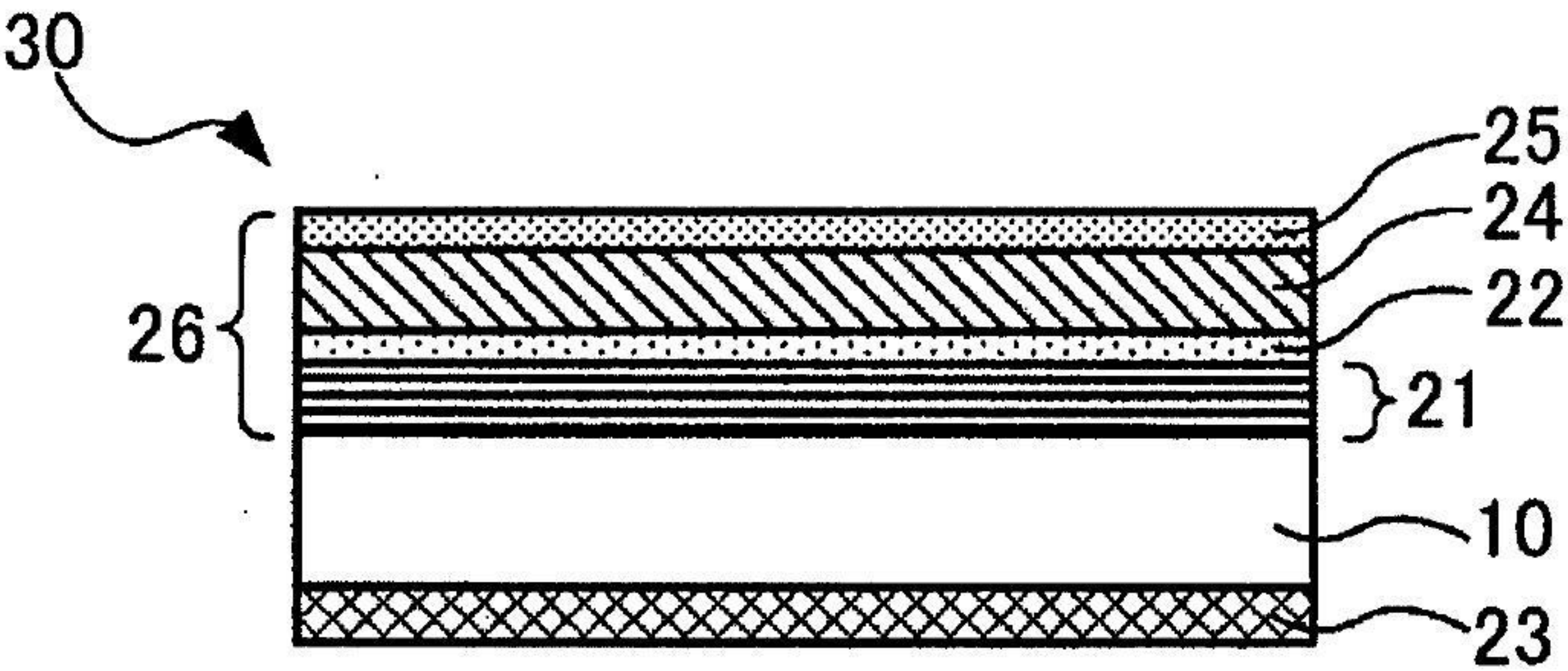
【圖2】



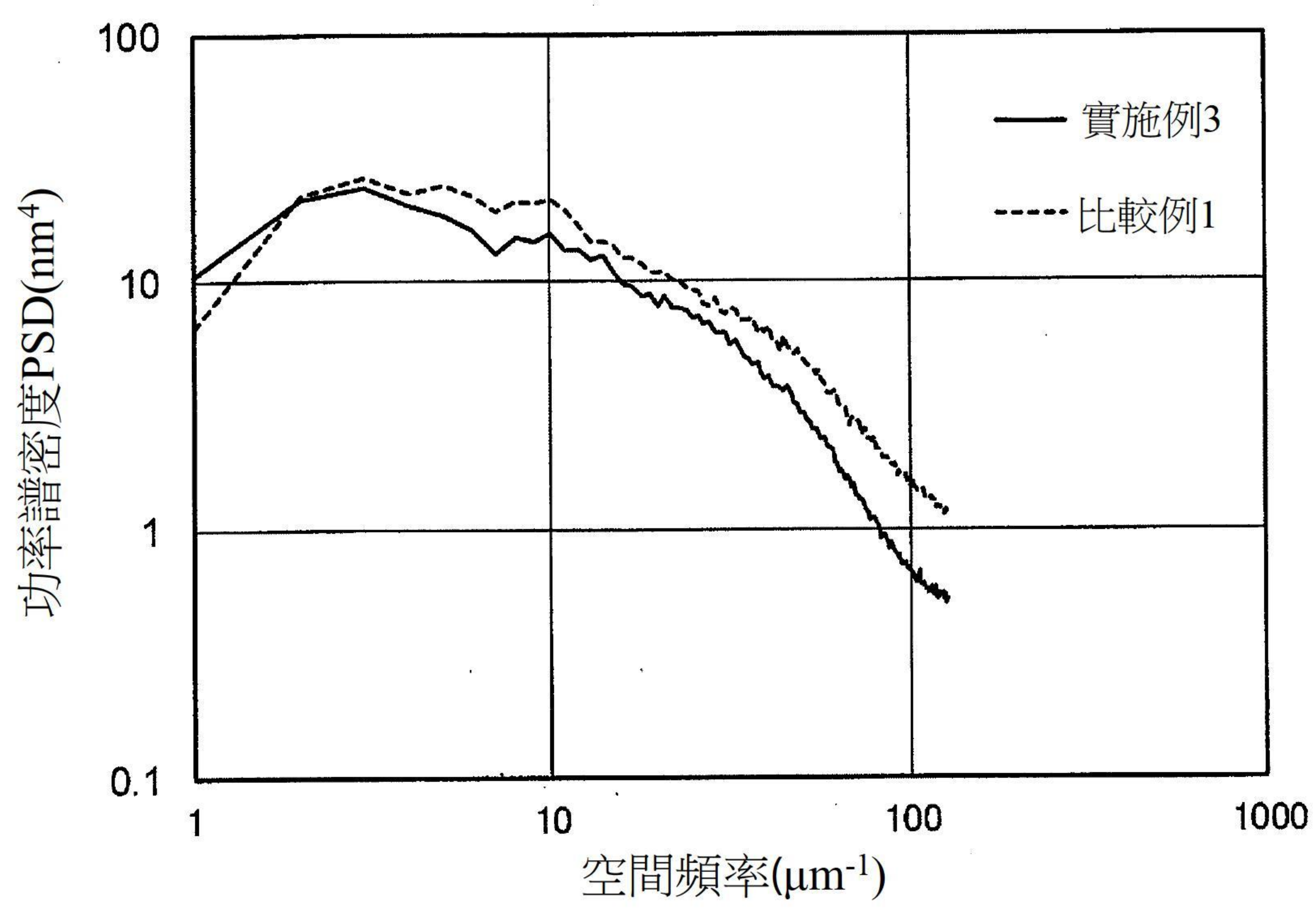
【圖3】



【圖4】



【圖5】



【圖6】