



(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 I486702 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 06 月 01 日

(21)申請案號：103128722

(22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 04 月 15 日

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

G03F1/54 (2012.01)

(30)優先權：2009/04/15 日本

2009-098621

(71)申請人：H O Y A 股份有限公司 (日本) HOYA CORPORATION (JP)

日本

(72)發明人：細谷守男 HOSOYA, MORIO (JP)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW 200844650A

US 2007/0054196A1

WO 2008/093534A1

審查人員：劉宇軒

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：2 共 28 頁

(54)名稱

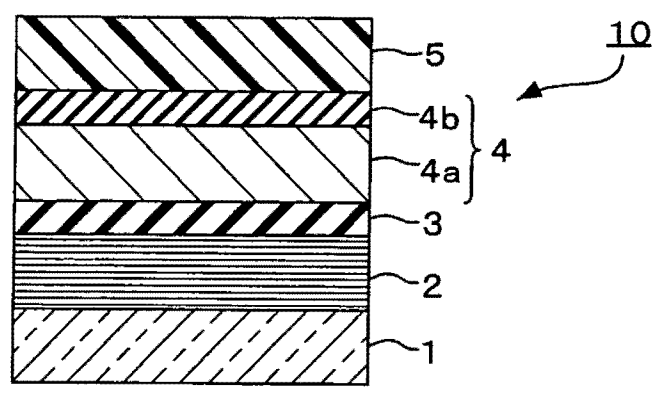
反射型光罩、反射型光罩之製造方法及半導體裝置之製造方法

REFLECTIVE MASK, METHOD OF MANUFACTURING A REFLECTIVE MASK AND METHOD OF MANUFACTURING A SEMICONDUCTOR DEVICE

(57)摘要

本發明之課題在於提供一種可使相對於光罩使用時之 EUV 曝光光之對比度提高，又可使圖案邊緣部分之圖案解像性提高而進行高解像度之圖案轉印的反射型光罩基底及反射型光罩。本發明之反射型光罩基底 10 包括基板 1、於該基板上依序形成之反射 EUV 曝光光之多層反射膜 2、及吸收 EUV 曝光光之吸收體膜 4，且吸收體膜 4 由包含 Ta 之材料而形成，膜密度為 $6.0\sim 16.0\text{g/cm}^3$ 。反射型光罩 20 係將轉印圖案形成於該反射型光罩基底之吸收體膜而獲得。

An object of this invention is to provide a reflective mask blank and a reflective mask that can improve the contrast for EUV exposure light in use of the mask and further can improve the pattern resolution at a pattern edge portion of the mask, thereby enabling high-resolution pattern transfer. A reflective mask blank of this invention has a substrate and, further, a multilayer reflective film adapted to reflect the EUV exposure light and an absorber film adapted to absorb the EUV exposure light, which are formed in this order over the substrate. The absorber film is made of a material containing Ta and has a film density of 6.0 to 16.0g/cm^3 . A reflective mask is obtained by forming a transfer pattern in the absorber film of the reflective mask blank.



- 1 . . . 基板
- 2 . . . 多層反射膜
- 3 . . . 緩衝膜
- 4 . . . 吸收體膜
- 4a . . . 下層
- 4b . . . 最上層
- 5 . . . 抗蝕劑膜
- 10 . . . 反射型光罩
基底

圖 1A

發明摘要

※ 申請案號：

103128722 (由99111856分割)

※ 申請日：

99.4.15

※IPC 分類：G03F 1/24 (2012.01)

G03F 1/54 (2012.01)

【發明名稱】

反射型光罩、反射型光罩之製造方法及半導體裝置之製造方法

REFLECTIVE MASK, METHOD OF MANUFACTURING A

REFLECTIVE MASK AND METHOD OF MANUFACTURING A

SEMICONDUCTOR DEVICE

【中文】

本發明之課題在於提供一種可使相對於光罩使用時之EUV曝光光之對比度提高，又可使圖案邊緣部分之圖案解像性提高而進行高解像度之圖案轉印的反射型光罩基底及反射型光罩。本發明之反射型光罩基底10包括基板1、於該基板上依序形成之反射EUV曝光光之多層反射膜2、及吸收EUV曝光光之吸收體膜4，且吸收體膜4由包含Ta之材料而形成，膜密度為 $6.0\sim 16.0\text{ g/cm}^3$ 。反射型光罩20係將轉印圖案形成於該反射型光罩基底之吸收體膜而獲得。

【英文】

An object of this invention is to provide a reflective mask blank and a reflective mask that can improve the contrast for EUV exposure light in use of the mask and further can improve the pattern resolution at a pattern edge portion of the mask, thereby enabling high-resolution pattern transfer. A reflective mask blank of this invention has a substrate and, further, a multilayer reflective film adapted to reflect the EUV exposure light and an absorber film adapted to absorb the EUV exposure light, which are formed in this order over the substrate. The absorber film is made of a material containing Ta and has a film density of 6.0 to 16.0g/cm³. A reflective mask is obtained by forming a transfer pattern in the absorber film of the reflective mask blank.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（1A）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- | | |
|----|---------|
| 1 | 基板 |
| 2 | 多層反射膜 |
| 3 | 緩衝膜 |
| 4 | 吸收體膜 |
| 4a | 下層 |
| 4b | 最上層 |
| 5 | 抗蝕劑膜 |
| 10 | 反射型光罩基底 |

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】

反射型光罩、反射型光罩之製造方法及半導體裝置之製造方法
REFLECTIVE MASK, METHOD OF MANUFACTURING A
REFLECTIVE MASK AND METHOD OF MANUFACTURING A
SEMICONDUCTOR DEVICE

【技術領域】

本發明係關於一種半導體裝置之製造等所使用之曝光用反射型光罩、及用以製造其之原版即反射型光罩基底。

【先前技術】

近年來，於半導體產業中，隨著半導體元件之高積體化，需要提高光微影法之轉印界限之微細圖案。因此，使用波長更短之極紫外(Extreme Ultra Violet：以下稱為EUV)光之曝光技術即EUV微影被視為有前途。再者，此處，所謂EUV光係指軟X射線區域或真空紫外線區域之波帶之光，具體而言係指波長為0.2~100 nm左右之光。作為該EUV微影中所使用之光罩，例如提出有日本專利特開平8-213303號公報(專利文獻1)中所記載之曝光用反射型光罩。

如此之反射型光罩係於基板上形成有反射曝光光之多層反射膜，且於該多層反射膜上將緩衝膜形成為圖案狀，進而於其上將吸收曝光光之吸收體膜形成為圖案狀者。緩衝膜以保護吸收體膜之圖案形成步驟及修正步驟中之多層反射膜為目的而設置於多層反射膜與吸收體膜之間。入射至搭載於曝光機(圖案轉印裝置)之反射型光罩之光，於存在吸收體膜之部分被吸收，於不存在吸收體膜之部分藉由多層反射膜而反射之光像經由反射光學系統而轉印至半導體基板上。

【發明內容】

為了使用反射型光罩，將微細圖案以高精度進行對半導體基板等之圖案轉印，重要的是使相對於EUV光等之曝光光之光罩對比度提高。

為此，必須使吸收體膜中之EUV光等之曝光光之吸收性能提高而提高遮光性。又，亦重要的是抑制相對於吸收體膜之表面之曝光光之表面反射。

因此，本發明之目的在於：第一，提供一種使相對於光罩使用時之曝光光之對比度提高之反射型光罩基底及使用其製造之反射型光罩，第二，提供一種可使圖案邊緣部分之圖案解像性提高而進行高解像度之圖案轉印之反射型光罩基底及使用其製造之反射型光罩。

為了解決上述課題，本發明具有以下構成。

(構成1)一種反射型光罩基底，其特徵在於：其包括：基板；多層反射膜，其形成於該基板上且反射曝光光；及吸收體膜，其形成於該多層反射膜上且吸收曝光光；且於使EUV光為曝光光之EUV微影中使用，上述吸收體膜由包含鉭(Ta)之材料而形成，膜密度為 $6.0\sim 16.0\text{ g/cm}^3$ 。

根據構成1之反射型光罩基底，由包含鉭(Ta)之材料而形成之吸收體膜之膜密度為特定之範圍，藉此可獲得使相對於光罩使用時之EUV光之對比度提高之反射型光罩。

(構成2)如構成1之反射型光罩基底，其中上述吸收體膜為包括最上層與除此以外之下層之積層構造，上述最上層由包含鉭(Ta)之氧化物、氮化物、氮氧化物、或碳化物之任一者之材料而形成，膜密度為 $6.0\sim 11.0\text{ g/cm}^3$ ，上述下層由包含鉭(Ta)之材料而形成，膜密度為 $11.0\sim 16.0\text{ g/cm}^3$ 。

根據構成2之反射型光罩基底，吸收體膜形成為包括最上層與除

此以外之下層之積層構造，上述最上層由包含鉭(Ta)之氧化物、氮化物、氮氧化物、或碳化物之任一者之材料而形成，且選定膜密度低之、EUV光容易透過之材料，上述下層由包含鉭(Ta)之材料而形成，且選定膜密度特別高之材料，藉此可主要於下層確保相對於EUV光之充分的遮光性能，且可於最上層抑制相對於曝光光之表面反射。其結果為，可獲得使相對於EUV光之光罩對比度提高之反射型光罩。

又，使最上層之膜密度低於下層之膜密度，提高最上層之EUV光之透過率，藉此可於通過最上層、由下層而反射之EUV光與由多層反射膜而反射之EUV光之間提高干擾效果，且可產生吸收體膜之圖案邊緣部分之相位偏移效果，而使圖案邊緣部分之圖案解像性提高。其結果為，可獲得能夠進行高解像度之圖案轉印之反射型光罩。

(構成3)如構成2之反射型光罩基底，其中上述吸收體膜之下層進而含有硼(B)與氮(N)之中至少1種以上之元素。

於本發明中，如構成3之反射型光罩基底般，上述吸收體膜之下層可進而含有硼(B)與氮(N)之中至少1種以上之元素。再者，藉由含有B，可更加提高吸收體膜之非晶性、表面平滑性。又，藉由含有N，而降低吸收體膜之膜應力，又與吸收體膜之下之緩衝膜或多層反射膜之密著性良好。

(構成4)如構成2之反射型光罩基底，其中上述吸收體膜之最上層進而含有硼(B)。

於本發明中，如構成2之反射型光罩基底般，上述吸收體膜之最上層可進而含有硼(B)。再者，藉由含有B，可更加提高吸收體膜之非晶性、表面平滑性。

(構成5)如構成1之反射型光罩基底，其中於上述多層反射膜與上述吸收體膜之間，具有由包含鉻(Cr)之氮化物之材料而形成、膜密度為 $5.0\sim 9.0\text{ g/cm}^3$ 之緩衝膜。

根據構成5之反射型光罩基底，除了上述各效果以外，可防止吸收體膜之圖案形成時、及圖案修正時之蝕刻所引起之多層反射膜之損害。再者，包含Cr之氮化物之緩衝膜之膜密度為 $5.0\sim 9.0\text{ g/cm}^3$ ，藉此可提高緩衝膜對於EUV光之吸收效果，因此，可實現吸收體膜之薄膜化。EUV微影係自從相對於多層反射膜面之垂線方向傾斜數度之角度使EUV曝光光入射，因此與吸收體膜之圖案側壁高度成比例，藉由遮蔽效應而轉印至轉印對象物(半導體晶圓上之抗蝕劑等)時圖案之線寬變粗。若實現吸收體膜之薄膜化，則發揮可降低轉印至轉印對象物時之圖案線寬粗度之效果。

(構成6)一種反射型光罩之製造方法，其特徵在於：於如構成1至5之任一項之反射型光罩基底之上述吸收體膜上，形成成為相對於被轉印體之轉印圖案之吸收體膜圖案。

如構成6般，使用上述構成1至5之反射型光罩基底製造反射型光罩，藉此可獲得能夠使相對於光罩使用時之EUV光之光罩對比度提高，又可進行高解像度之圖案轉印之反射型光罩。

根據本發明，可提供一種使相對於光罩使用時之EUV曝光光之光罩對比度提高之反射型光罩基底及使用其製造的反射型光罩。又，根據本發明，可提供一種能夠使圖案邊緣部分之圖案解像性提高而進行高解像度之圖案轉印之反射型光罩基底及使用其製造的反射型光罩。

【圖式簡單說明】

圖1A~1D係表示反射型光罩基底之一實施形態之構成及使用該光罩基底製造反射型光罩之步驟的剖面圖。

圖2係表示搭載有反射型光罩之圖案轉印裝置之概略構成之圖。

【實施方式】

以下，藉由實施形態而詳細說明本發明。

首先，對本發明之反射型光罩基底之構造、構成材料及製造方

法之概略進行說明。

本發明之反射型光罩基底之特徵在於：其包括：基板；多層反射膜，其形成於該基板上且反射曝光光；及吸收體膜，其形成於該多層反射膜上且吸收曝光光；且於使EUV光為曝光光之EUV微影中使用，上述吸收體膜由包含鉭(Ta)之材料而形成，膜密度為 $6.0\sim 16.0\text{ g/cm}^3$ 。

根據如此之本發明之反射型光罩基底，由包含鉭(Ta)之材料而形成之吸收體膜之膜密度為上述特定之範圍，藉此可獲得使相對於光罩使用時之EUV曝光光之光罩對比度提高之反射型光罩基底及使用其製造之反射型光罩。

再者，本發明中所謂「光罩對比度」，係指使EUV光為曝光光之反射型光罩之對比度，亦即，對比度=反射率比=1：由(來自多層反射膜之反射率/來自吸收體膜之反射率)所定義之值。

本發明中之吸收體膜由包含鉭(Ta)之材料而形成，膜密度為 $6.0\sim 16.0\text{ g/cm}^3$ 。於視相對於EUV曝光光之吸收率之觀點為重點之情形時，膜密度為 $11.0\sim 16.0\text{ g/cm}^3$ 之範圍較佳，膜密度為 $11.5\sim 15.5\text{ g/cm}^3$ 之範圍更佳。又，於視轉印對象物之抗蝕劑不感光之程度、透過EUV曝光光而產生相位偏移效果為重點之情形時，膜密度為 $6.0\sim 11.0\text{ g/cm}^3$ 之範圍較佳，膜密度為 $7.0\sim 9.0\text{ g/cm}^3$ 之範圍更佳。再者，若膜密度小於 6.0 g/cm^3 ，則產生EUV曝光光之吸收率大幅降低，導致必須使膜厚變厚，圖案解像性明顯劣化之問題。另一方面，若膜密度高於 16.0 g/cm^3 ，則產生接近Ta純結晶之密度(16.6 g/cm^3)，難以獲得膜之平滑性，又亦難以藉由濺鍍法進行成膜之問題。

本發明中尤其可較佳地使用Ta之單體或以Ta為主成分之材料。以Ta為主成分之材料例如為Ta之合金。如此之吸收體膜之結晶狀態自平滑性、平坦性之點考慮，宜為具有非晶狀或微結晶之構造者。作為以

Ta為主成分之材料，例如可較佳地使用包含Ta與B之材料，包含Ta與N之材料，包含Ta與B、進而包含O與N之至少任一者之材料等。於Ta中添加例如B，藉此可容易地獲得非晶狀之材料，且可使平滑性提高。又，如於Ta中添加N或O，則相對於氧化之耐性提高，因此可獲得能夠使經時性的穩定性提高之效果。

於Ta單體膜之情形時，藉由成膜條件，可獲得 $12.3\sim14.5\text{ g/cm}^3$ 之範圍之膜密度。又，於為包含Ta與B之材料之情形時，根據Ta與B之組成比，可獲得 $11.0\sim16.0\text{ g/cm}^3$ 之範圍之膜密度。又，於為包含Ta與N之材料之情形時，根據Ta與N之組成比，可獲得 $12.5\sim13.8\text{ g/cm}^3$ 之範圍之膜密度。又，於為包含Ta、B與N之材料之情形時，根據Ta、B與N之組成比，可獲得 $12.3\sim14.5\text{ g/cm}^3$ 之範圍之膜密度。再者，該等材料中，除了組成比以外，膜密度亦根據其成膜條件而變動。

於上述如包含Ta與B之材料、包含Ta與N之材料、包含Ta、B與N之材料般以Ta為主成分之材料中，若經成膜之膜之膜密度為 $6.0\sim16.0\text{ g/cm}^3$ 之範圍，則本發明中無需特別限制組成比，但自例如蝕刻加工性之觀點考慮，例如，包含Ta與B之材料中，組成比Ta/B為95/5~50/50(原子百分比)之範圍較佳，包含Ta與N之材料中，組成比Ta/N為95/5~50/50(原子百分比)之範圍較佳，又包含Ta、B與N之材料中，N為10~30原子%，剩餘成分為100時，B為5~30原子%較佳。

上述Ta單體或以Ta主成分之吸收體膜藉由磁控濺鍍等濺鍍法而形成較佳。例如，於TaBN膜之情形時，可使用包含Ta與B之靶材，藉由使用添加有氮之氬氣之濺鍍法而成膜。於藉由濺鍍法而形成之情形時，可藉由使投入至濺鍍靶材之功率或投入氣體壓力變化而控制膜密度或內部應力。又，能夠以室溫左右之低溫而形成，因此可減小熱對多層反射膜等之影響。

關於上述吸收體膜之膜厚，只要為可充分獲得相對於曝光光即

EUV光之遮光性之厚度即可，通常為30~100 nm左右。

又，本發明之反射型光罩基底之更佳的實施形態中，上述吸收體膜為包括最上層與除此以外之下層之積層構造(即，於反射膜上設置有下層，於下層上設置有上層)。一種反射型光罩基底，其中上述最上層由包含鉬(Ta)之氧化物、氮化物、氮氧化物、或碳化物之任一者之材料而形成，膜密度為 $6.0\sim 11.0\text{ g/cm}^3$ ，上述下層由包含鉬(Ta)之材料而形成，膜密度為 $11.0\sim 16.0\text{ g/cm}^3$ 。根據如此之本發明之更佳的實施形態之反射型光罩基底，可獲得具有以下效果之反射型光罩基底及使用其製造之反射型光罩。

(1)亦即，吸收體膜為包括最上層與除此以外之下層之積層構造，上述最上層由包含鉬(Ta)之氧化物、氮化物、氮氧化物、或碳化物之任一者之材料而形成，且選定膜密度低之、EUV曝光光容易透過之材料，上述下層由包含鉬(Ta)之材料而形成，且選定膜密度特別高之材料，藉此可主要於下層確保相對於EUV曝光光之充分的遮光性能，且可於最上層抑制相對於EUV曝光光之表面反射，從而可獲得使相對於EUV曝光光之光罩對比度提高之反射型光罩。即，可提高最上層中之光罩使用時之曝光光透過率且抑制表面反射，並且可使相對於曝光光即EUV光之光罩對比度提高，且可將微細圖案以高精度進行圖案轉印。

(2)使最上層之膜密度低於下層之膜密度，提高最上層之EUV曝光光之透過率，藉此可於通過最上層、由下層而反射之曝光光與由多層反射膜而反射之曝光光之間提高干擾效果，且可產生吸收體膜之圖案邊緣部分之相位偏移效果，而使圖案邊緣部分之圖案解像性提高。其結果為，可獲得能夠進行高解像度之圖案轉印之反射型光罩。

本發明中之上述吸收體膜之最上層由包含鉬(Ta)之氧化物、氮化物、氮氧化物、或碳化物之任一者之材料而形成，膜密度為 $6.0\sim 11.0$

g/cm^3 。尤佳為，膜密度為 $7.0\sim 9.0\text{ g/cm}^3$ 之範圍。再者，若膜密度小於 6.0 g/cm^3 ，則產生與下層之界面之反射變強，與幾乎無法吸收EUV光因此無法獲得對比度之問題。另一方面，若膜密度高於 11.0 g/cm^3 ，則產生EUV曝光光之透過率變低，抑制相對於最上層之曝光光之表面反射之效果降低之問題。

作為Ta之氧化物、氮化物、氮氧化物、或碳化物之代表性的化合物例，例如，可列舉TaO、TaON、TaN、TaCN、TaC等。又，形成上述吸收體膜之最上層之材料，亦可進而含有硼(B)。藉由含有B，可更加提高膜之非晶性、表面平滑性。作為代表性的化合物例，例如，可列舉TaBO、TaBON、TaBC、TaBCN等。

例如，於為包含Ta與O之材料(Ta之氧化物)之情形時，根據Ta與O之組成比，可獲得 $7.0\sim 8.8\text{ g/cm}^3$ 之範圍之膜密度。又，於為包含Ta、B與O之材料之情形時，根據Ta、B與O之組成比，可獲得 $8.5\sim 11.0\text{ g/cm}^3$ 之範圍之膜密度。再者，除了組成比以外，膜密度亦根據變更其成膜條件而變動。

形成上述吸收體膜之最上層之材料，只要經成膜之膜之膜密度為 $6.0\sim 11.0\text{ g/cm}^3$ 之範圍，則本發明中無需特別限制組成比，但自例如蝕刻加工性之觀點考慮，例如，包含Ta與O之材料中，組成比Ta/O為 $30/50\sim 75/15$ (原子百分比)之範圍較佳，又包含Ta、B與O之材料中，O為 $15\sim 72$ 原子%，剩餘成分為100時，B為 $5\sim 30$ 原子%較佳。上述吸收體膜之最上層之膜厚可大概為 $5\sim 20\text{ nm}$ 左右，但為了提高例如相對於EUV曝光光之透過率而使膜厚最佳化較佳。

本發明中之上述吸收體膜之下層由包含鉭(Ta)之材料而形成，膜密度為 $11.0\sim 16.0\text{ g/cm}^3$ 。尤佳為，膜密度為 $12.5\sim 14.5\text{ g/cm}^3$ 之範圍。再者，若下層之膜密度小於 11.0 g/cm^3 ，則產生無法充分獲得相對於EUV曝光光之下層之吸收性能之問題。另一方面，若膜密度高於 16.0

g/cm^3 ，則產生接近Ta純結晶之密度($16.6 \text{ g}/\text{cm}^3$)，難以獲得膜之平滑性，又亦難以藉由濺鍍法進行成膜之問題。

本發明中尤其可較佳地使用Ta之單體或以Ta為主成分之材料。作為以Ta為主成分之材料，例如可較佳地使用包含Ta與B之材料，包含Ta與N之材料，包含Ta與B、進而包含O與N之至少任一者之材料等。如上所述，於Ta中添加例如B，藉此可容易地獲得非晶狀之材料，可使平滑性提高。又，若於Ta中添加N或O，則相對於氧化之耐性提高，因此可獲得能夠使經時性的穩定性提高之效果。

如上所述，於Ta單體膜之情形時，藉由成膜條件，可獲得 $12.3\sim14.5 \text{ g}/\text{cm}^3$ 之範圍之膜密度。又，於為包含Ta與B之材料之情形時，根據Ta與B之組成比，可獲得 $11.0\sim16.0 \text{ g}/\text{cm}^3$ 之範圍之膜密度。又，於為包含Ta與N之材料之情形時，根據Ta與N之組成比，可獲得 $12.5\sim13.8 \text{ g}/\text{cm}^3$ 之範圍之膜密度。又，於為包含Ta、B與N之材料之情形時，根據Ta、B與N之組成比，可獲得 $12.3\sim14.5 \text{ g}/\text{cm}^3$ 之範圍之膜密度。

於將上述如包含Ta與B之材料、包含Ta與N之材料、包含Ta、B與N之材料般以Ta為主成分的材料用於積層構造之吸收體膜之下層之情形時，若經成膜之膜之膜密度為 $11.0\sim16.0 \text{ g}/\text{cm}^3$ 之範圍，則本發明中無需特別限制組成比，但自例如蝕刻加工性之觀點考慮，例如，包含Ta與B之材料中，組成比Ta/B為95/5~70/30(原子百分比)之範圍較佳，包含Ta與N之材料中，組成比Ta/N為90/10~50/50(原子百分比)之範圍較佳，又包含Ta、B與N之材料中，N為10~40原子%，剩餘成分為100時，B為5~30原子%較佳。

關於上述吸收體膜之下層之膜厚，只要為可充分獲得相對於曝光光即例如EUV光之遮光性之厚度即可，通常為30~100 nm左右。於上述積層構造之吸收體膜中，其最上層及下層由磁控濺鍍等之濺鍍法

而形成較佳。例如，於為TaBN膜之情形時，可使用包含Ta與B之靶材，藉由使用添加有氮之氬氣之濺鍍法而成膜。於由濺鍍法而形成之情形時，可藉由使投入至濺鍍靶材之功率或投入氣體壓力變化而控制膜密度或內部應力。又，可以室溫左右之低溫而形成，因此可減小熱對多層反射膜等之影響。

再者，上述單層之吸收體膜、上述積層構造之吸收體膜之最上層、下層均未必整體為均勻的組成，例如亦可以於膜厚方向組成不同之方式而組成傾斜。於組成傾斜之情形時，所含有之元素之組成既可連續不同，或者組成亦可階段性地不同。

又，亦可於上述多層反射膜與吸收體膜之間，形成蝕刻特性與該吸收體膜不同之緩衝膜。藉由形成該緩衝膜，而防止吸收體膜之圖案形成時、及圖案修正時之蝕刻所引起之多層反射膜之損害。尤其，包括含有鉻之鉻系材料之緩衝膜可獲得高平滑性，因此形成於其上之吸收體膜表面亦可獲得高平滑性，從而可減少圖案模糊。

本發明中，作為鉻系緩衝膜之材料，尤其可較佳地列舉包含鉻(Cr)之氮化物之材料。又，緩衝膜之膜密度為 $5.0\sim 9.0\text{ g/cm}^3$ 較佳。包含鉻之氮化物之緩衝膜之膜密度為 $5.0\sim 9.0\text{ g/cm}^3$ ，藉此起到可提高緩衝膜之相對於EUV光之吸收效果，可實現吸收體膜之薄膜化，可降低藉由遮蔽效應而轉印至轉印對象物時之圖案線寬之粗度之效果。

再者，上述反射型光罩基底亦可為具有用以於吸收體膜之上表面形成特定之轉印圖案之抗蝕劑膜者。

作為使用上述反射型光罩基底而獲得之反射型光罩，可列舉如下之態樣。

(1)於形成於基板上之多層反射膜上形成有緩衝膜，於該緩衝膜上形成有具有特定之轉印圖案之吸收體膜圖案之反射型光罩。

(2)於形成於基板上之多層反射膜上，形成有具有特定之轉印圖

案之緩衝膜與吸收體膜之圖案之反射型光罩。

(3)於形成於基板上之多層反射膜上，形成有具有特定之轉印圖案之吸收體膜圖案之反射型光罩。

其次，參照圖1A~圖1D及圖2，對本發明之反射型光罩基底之構造、製造方法及反射型光罩之製造方法進行更詳細說明。

圖1A~圖1D係表示本發明之反射型光罩基底之一實施形態及使用該光罩基底製造反射型光罩之步驟的概略剖面圖。作為本發明之反射型光罩基底10之一實施形態，如圖1A所示，構造為於基板1上形成有多層反射膜2，於其上形成有緩衝膜3，及於緩衝層3上形成有包括依序積層有下層4a與最上層4b之積層構造之吸收體膜4。又，於吸收體膜4之上表面設置有抗蝕劑膜5。

作為基板1，為了防止曝光時之熱所引起之圖案之變形，為具有 $0\pm 1.0\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 之範圍內，更佳為 $0\pm 0.3\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 之範圍內之低熱膨脹係數者較佳。作為具有該範圍之低熱膨脹係數之素材，可使用非晶玻璃、陶瓷、金屬之任一者。例如若為非晶玻璃，則只要係 $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ 系玻璃、石英玻璃、結晶化玻璃，可使用析出有 β 石英固溶體之結晶化玻璃等。作為金屬基板之例，可列舉因瓦合金(Fe-Ni系合金)等。又，亦可使用單結晶矽基板。

又，為了獲得高反射率及高轉印精度，基板1為具備高平滑性與平坦度之基板較佳。尤其，具有Rms為0.2 nm以下之平滑的表面(10 μm 見方區域之平滑性)與100 nm以下之平坦度(142 mm見方區域之平坦度)較佳。又，為了防止形成於基板1上之膜之膜應力所引起之變形，基板1為具有高剛性者較佳。尤其，具有65 GPa以上之高楊氏模量者較佳。

再者，表示平滑性之單位Rms係均方根粗糙度，例如可由原子力顯微鏡測定。又，平坦度係表示以TIR(Total Indicated Reading)來表

示之表面之變形(變形量)的值，且係將以基板表面為基準以最小平方方法規定之平面設為焦平面，位於較該焦平面更上之基板表面之最高位置與位於較焦平面更下之基板表面之最低位置之高低差之絕對值。

多層反射膜2係折射率不同之元素週期性地積層之多層膜，一般而言，使用重元素或其化合物之薄膜與輕元素或其化合物之薄膜交替地積層40~60週期左右而成之多層膜。

例如，作為相對於波長13~14 nm之EUV光之多層反射膜，宜使用將Mo膜與Si膜交替地積層40週期左右而成之Mo/Si週期積層膜。另外，作為EUV光之區域中所使用之多層反射膜，存在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、Si/Ru/Mo/Ru週期多層膜等。可根據曝光波長而適當選擇材質。

多層反射膜2可藉由利用DC(direct current，直流)磁控濺鍍法或離子束濺鍍法等將各層成膜而形成。於為上述Mo/Si週期多層膜之情形時，例如利用離子束濺鍍法，首先使用Si靶材將厚度數nm左右之Si膜成膜，其後使用Mo靶材將厚度數nm左右之Mo膜成膜，將此設為一個週期，積層40~60週期後，最後將Si膜成膜。再者，本發明中，亦可於多層反射膜2與緩衝膜3之間，或者，於多層反射膜2與吸收體膜4之間(不具有緩衝膜3之情形時)，設置包括例如鈦(Ru)或其化合物等之材料之保護膜。藉由具有該保護膜，可防止緩衝膜或吸收體膜之圖案形成時之蝕刻所引起之多層反射膜之損害，且可防止曝光光反射率之降低。再者，作為上述鈦化合物，例如，可列舉RuNb、RuZr等。

作為緩衝膜3，可較佳地使用例如上述鉻系緩衝膜。該緩衝膜3除了可利用DC濺鍍、RF(radio frequency，射頻)濺鍍法以外，還可利用離子束濺鍍等之濺鍍法而形成於上述多層反射膜上。再者，緩衝膜3之膜厚，於進行使用例如聚焦離子束(FIB，focused ion beam)之吸收

體膜圖案之修正之情形時，為20~60 nm左右較佳，於不使用FIB之情形時，可為5~15 nm左右。

其次，吸收體膜4係具有吸收曝光光即例如EUV光之功能者，圖1A~圖1D所示之實施形態中，包括下層4a與最上層4b之積層構造。關於該吸收體膜如上所述。

圖1A~圖1D所示之實施形態中，反射型光罩基底10如上所述而構成，且具有緩衝膜3，但亦可根據向吸收體膜4之圖案形成之方法或經形成之圖案之修正方法，而構成為不設置該緩衝膜3。

其次，說明使用該反射型光罩基底10之反射型光罩之製造步驟。

關於反射型光罩基底10(參照圖1A)之各層之材料及形成方法如上所述。

而且，於該反射型光罩基底10之吸收體膜4上形成特定之轉印圖案。首先，對吸收體膜4上之抗蝕劑膜5(例如公知之電子束描畫用抗蝕劑)，使用電子束描畫機進行特定之圖案描畫，將其顯影，形成特定之抗蝕劑圖案51(參照圖1B)。

將經形成之抗蝕劑圖案51作為光罩，將吸收體膜4之最上層4b及下層4a乾蝕刻，形成具有特定之轉印圖案之吸收體膜圖案(最上層圖案41b與下層圖案41a之積層圖案)(參照圖1C)。於吸收體膜4之最上層4b及下層4a均包括以Ta為主成分之材料之情形時，可使用利用氯氣或氟系氣體之乾蝕刻。再者，使用氧電漿灰化或臭氧水等除去殘留於最上層圖案41b上之抗蝕劑圖案51。

通常，此處，進行吸收體膜圖案(下層圖案41a與最上層圖案41b之積層圖案)是否按照設計而形成之檢查。圖案檢查所使用之檢查光入射至形成有吸收體膜圖案之光罩上，檢測於最上層圖案41b上反射之檢查光與由除去吸收體膜4而露出之緩衝膜3反射之檢查光，觀察其

對比度，藉此進行檢查。

如此，例如，於檢測出除去不應除去之吸收體膜4之針孔缺陷(白缺陷)或藉由蝕刻不足而一部分未被除去而殘留之蝕刻不足缺陷(黑缺陷)之情形時，對其進行修正。針孔缺陷之修正例如存在藉由FIB輔助沈積法而使碳膜等堆積於針孔等之方法。又，蝕刻不足所引起之缺陷之修正存在藉由FIB照射進行不要部分之除去等之方法。此時，緩衝膜3成為保護多層反射膜2免受FIB照射之保護膜。

如此，圖案檢查及修正結束後，將露出之緩衝膜3按照吸收體膜圖案除去，於緩衝膜上形成圖案30，製作反射型光罩20(參照圖1D)。此處，於為包括例如Cr系材料之緩衝膜之情形時，可使用包含氯與氧之混合氣體之乾蝕刻。於將緩衝膜除去之部分，作為曝光光之反射區域之多層反射膜2露出。

再者，於即便不將上述緩衝膜除去亦可獲得必要之反射率之情形時，亦可不將緩衝膜加工為與吸收體膜相同之圖案狀，而殘留於多層反射膜上。

最後，進行是否以按照規格之尺寸精度形成有吸收體膜圖案之最終確認之檢查。

再者，使用本發明之反射型光罩基底製造之反射型光罩尤其適合於將EUV光(波長0.2~100 nm左右)用作曝光光之EUV微影，但亦可適當用於其他短波長之曝光光。

(實施例)

以下，根據實施例，更具體地說明本發明之實施形態。

(實施例1)

所使用之基板為SiO₂-TiO₂系之玻璃基板(6英吋(152.4 mm)見方，厚度為6.3 mm)。該基板之熱膨脹係數為 $0.2 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ ，楊氏模量為67 GPa。而且，該玻璃基板藉由機械研磨，而形成為Rms為0.2 nm以下

之平滑表面與100 nm以下之平坦度。

形成於基板上之多層反射膜為了形成為適於13~14 nm之曝光光波段之多層反射膜，而採用Mo膜/Si膜週期多層反射膜。即，多層反射膜係使用Mo靶材與Si靶材，藉由離子束濺鍍於基板上交替地積層而形成。使Si膜為4.2 nm，使Mo膜為2.8 nm，將其設為一個週期，積層40週期後，將Si膜成膜4.2 nm，於其上進而將Ru膜成膜為2.5 nm而作為保護膜。如此獲得帶多層反射膜之基板。測定對該多層反射膜以入射角6.0度入射13.5 nm之EUV光之反射率，反射率為63%。

其次，於如上所述獲得之帶多層反射膜之基板之保護膜上，形成緩衝膜。緩衝膜係將氮化鉻膜形成為20 nm之厚度。使用Cr靶材，使用氬(Ar)與氮(N₂)之混合氣體作為濺鍍氣體藉由DC磁控濺鍍法而成膜。於經成膜之CrN_x膜中，氮(N)為10 at%(x=0.1)。再者，經成膜之CrN_x膜之膜密度為7.0 g/cm³。膜密度之測定係藉由低角EUV反射光強度測定而進行。

其次，於該緩衝膜上，以50 nm之厚度形成包含Ta、B與N之材料作為吸收體膜之下層。即，使用包含Ta及B之靶材，於氬(Ar)中添加氮(N₂)10%，藉由DC磁控濺鍍法而成膜。再者，經成膜之TaBN膜之組成比為，Ta為59 at%，B為21 at%，N為20 at%。

繼而，以20 nm之厚度形成包含Ta、B與O之材料作為吸收體膜之最上層。即，使用包含Ta及B之靶材，於氬(Ar)中添加氧(O₂)10%，藉由DC磁控濺鍍法而成膜。再者，經成膜之TaBO膜之組成比為，Ta為43 at%，B為8 at%，O為49 at%。再者，經成膜之TaBN膜(下層)之膜密度為13.5 g/cm³，經成膜之TaBO膜(最上層)之膜密度為9.2 g/cm³。膜密度之測定藉由上述方法而進行。

又，測定對上述最上層之TaBO膜以入射角6.0度入射13.5 nm之EUV光之透過率，結果為0.8%。

如上所述製作本實施例之反射型光罩基底。

其次，使用該反射型光罩基底，以如下方式製作設計規則為DRAM(Dynamic Random Access Memory，動態隨機存取記憶體) hp32 nm一代之圖案之EUV曝光用反射型光罩。

首先，於上述反射型光罩基底上形成電子束描畫用抗蝕劑膜，使用電子束描畫機進行特定之圖案描畫，描畫後，藉由顯影而形成抗蝕劑圖案。

其次，將該抗蝕劑圖案作為光罩，使用氯氣對吸收體膜之最上層及下層進行乾蝕刻，於吸收體膜上形成包括下層與最上層之積層圖案之轉印圖案。

進而，使用氯與氧之混合氣體，將殘留於反射區域上(無吸收體膜之圖案之部分)之緩衝膜按照吸收體膜之圖案進行乾蝕刻而除去，使表面具備Ru保護膜之多層反射膜露出，獲得反射型光罩。

進行所獲得之反射型光罩之最終確認檢查，結果可確認到可按照設計形成設計規則為DRAM hp32 nm一代之圖案。又，反射區域中之EUV光之反射率幾乎不根據由帶多層反射膜之基板所測定之反射率而改變，為61.8%。

其次，使用所獲得之本實施例之反射型光罩，藉由圖2所示之圖案轉印裝置進行向半導體基板上之EUV光之曝光轉印。

搭載有反射型光罩之圖案轉印裝置50大致包括雷射電漿X射線源31、及縮小光學系統32等。雷射電漿X射線源31包括：雷射光源31a；透鏡31b，其使自雷射光源31a所照射之雷射聚集；靶材31c，其將藉由使由透鏡31b聚集之雷射入射至Xe電漿而放射之X射線(EUV光)聚光・反射；以及反射鏡31d、31e，其將EUV光反射且導向縮小光學系統32。圖2中，縮小光學系統32使用複數個EUV光反射鏡32a。藉由縮小光學系統32，而由反射型光罩20所反射之圖案縮小為通常1/4左

右。再者，作為曝光波長使用13~14 nm之波帶，因此預先設定光路為真空中。

於如此之狀態下，將自雷射電漿X射線源31所獲得之EUV光入射至反射型光罩20，並將此處所反射之光經由縮小光學系統32而轉印至矽晶圓(帶抗蝕劑層之半導體基板)33上。

入射至反射型光罩20之光於存在吸收體膜圖案之部分，由吸收體膜吸收而不反射，另一方面，入射至不存在吸收體膜圖案之部分之光由多層反射膜反射。如此，藉由自反射型光罩20所反射之光而形成之像入射至縮小光學系統32。經由縮小光學系統32之曝光光，將轉印圖案曝光至矽晶圓33上之抗蝕劑層。而且，藉由將該已曝光之抗蝕劑層顯影而於矽晶圓33上形成抗蝕劑圖案。

如上所述進行向半導體基板上之圖案轉印，結果可確認到本實施例之反射型光罩之光罩對比度高，為1：1000，且光罩精度為DRAM hp32 nm一代中之設計規則之要求精度即3.8 nm以下。

(實施例2)

與實施例1同樣地製作帶多層反射膜之基板，於其Ru保護膜上，與實施例1相同地形成氮化鉻膜之緩衝膜。再者，經成膜之CrNx膜之膜密度為7.0 g/cm³。

其次，於該緩衝膜上，以60 nm之厚度形成包含Ta與N之材料，作為吸收體膜之下層。即，使用Ta靶材，於氬(Ar)中添加氮(N₂)10%，藉由DC磁控濺鍍法而成膜。再者，經成膜之Ta₂N₃膜之組成比為，Ta為78 at%，N為22 at%。

繼而，以20 nm之厚度形成包含Ta與O之材料，作為吸收體膜之最上層。即，使用Ta靶材，於氬(Ar)中添加氧(O₂)10%，藉由DC磁控濺鍍法而成膜。再者，成膜Ta₂O₃膜之組成比為，Ta為55 at%，O為45 at%。

再者，經成膜之Ta₂N₅膜(下層)之膜密度為14.2 g/cm³，經成膜之Ta₂O₅膜(最上層)之膜密度為8.5 g/cm³。

又，測定對上述最上層之Ta₂O₅膜以入射角6.0度入射13.5 nm之EUV光之透過率，結果為0.65%。

如上所述製作本實施例之反射型光罩基底。

其次，使用該反射型光罩基底，與實施例1相同，製作具有設計規則為DRAM hp32 nm一代之圖案之EUV曝光用反射型光罩。

進行所獲得之反射型光罩之最終確認檢查，結果可確認到可按照設計形成設計規則為DRAM hp32 nm一代之圖案。又，反射區域中之EUV光之反射率幾乎不根據由帶多層反射膜之基板所測定之反射率而改變，為61.5%。

其次，使用所獲得之本實施例之反射型光罩，與實施例1相同，藉由圖2所示之圖案轉印裝置進行向半導體基板上之EUV光之圖案轉印，結果可確認到本實施例之反射型光罩之光罩對比度高，為1：1000，且光罩精度為DRAM hp32 nm一代中之設計規則之要求精度即3.8 nm以下。

(實施例3)

與實施例1同樣地製作帶多層反射膜之基板，於其Ru保護膜上，與實施例1相同形成氮化鉻膜之緩衝膜。再者，經成膜之CrN_x膜之膜密度為7.0 g/cm³。

其次，於該緩衝膜上，以50 nm之厚度形成Ta膜，作為吸收體膜之下層。即，使用Ta靶材，於氬氣(Ar)中，藉由DC磁控濺鍍法而成膜。

繼而，以20 nm之厚度形成包含Ta與O之材料，作為吸收體膜之最上層。即，使用Ta靶材，於氬(Ar)中添加氧(O₂)10%，藉由DC磁控濺鍍法而成膜。再者，經成膜之Ta₂O₅膜之組成比為，Ta為55 at%，O

為45 at%。

再者，經成膜之Ta膜(下層)之膜密度為 14.4 g/cm^3 ，經成膜之TaO膜(最上層)之膜密度為 8.5 g/cm^3 。

又，測定對上述最上層之TaO膜以入射角6.0度入射13.5 nm之EUV光之透過率，結果為0.78%。

如上所述製作本實施例之反射型光罩基底。

其次，使用該反射型光罩基底，與實施例1相同，製作具有設計規則為DRAM hp32 nm一代之圖案之EUV曝光用反射型光罩。

進行所獲得之反射型光罩之最終確認檢查，結果可確認到可按照設計形成設計規則為DRAM hp32 nm一代之圖案。又，反射區域中之EUV光之反射率幾乎不根據由帶多層反射膜之基板所測定之反射率而改變，為61.7%。

其次，使用所獲得之本實施例之反射型光罩，與實施例1相同，藉由圖2所示之圖案轉印裝置進行向半導體基板上之EUV光之圖案轉印，結果可確認到本實施例之反射型光罩之光罩對比度高，為1：1000，且光罩精度為DRAM hp32 nm一代中之設計規則之要求精度即3.8 nm以下。

(實施例4)

與實施例1相同製作帶多層反射膜之基板，於其Ru保護膜上，與實施例1相同形成氮化鉻膜之緩衝膜。再者，經成膜之CrNx膜之膜密度為 7.0 g/cm^3 。

其次，於該緩衝膜上，以70 nm之厚度形成包含Ta、B與N之材料，作為吸收體膜。即，使用包含Ta及B之靶材，於氬(Ar)中添加氮(N_2)10%，藉由DC磁控濺鍍法而成膜。再者，經成膜之TaBN膜之組成比為，Ta為59 at%，B為21 at%，N為20 at%。

再者，經成膜之TaBN膜之膜密度為 13.5 g/cm^3 。

如上所述製作本實施例之反射型光罩基底。

其次，使用該反射型光罩基底，與實施例1相同，製作具有設計規則為DRAM hp32 nm一代之圖案之EUV曝光用反射型光罩。

進行所獲得之反射型光罩之最終確認檢查，結果可確認到可按照設計形成設計規則為DRAM hp32 nm一代之圖案。又，反射區域中之EUV光之反射率幾乎不根據由帶多層反射膜之基板所測定之反射率而改變，為61.8%。

其次，使用所獲得之本實施例之反射型光罩，與實施例1相同，藉由圖2所示之圖案轉印裝置進行向半導體基板上之EUV光之圖案轉印，結果可確認到本實施例之反射型光罩之光罩對比度高，為1：1000，且光罩精度為DRAM hp32 nm一代中之設計規則之要求精度即3.8 nm以下。

【符號說明】

1	基板
2	多層反射膜
3	緩衝膜
4	吸收體膜
4a	下層
4b	最上層
5	抗蝕劑膜
10	反射型光罩基底
20	反射型光罩
30	圖案
31	雷射電漿X射線源
31a	雷射光源
31b	透鏡

31c	靶材
31d、31e	反射鏡
32	縮小光學系統
32a	EUV光反射鏡
33	矽晶圓
41a	下層圖案
41b	最上層圖案
50	圖案轉印裝置
51	抗蝕劑圖案

申請專利範圍

1. 一種反射型光罩，其特徵在於：其包括：基板；多層反射膜，其形成於該基板上且反射曝光光；及吸收體膜圖案，其形成於該多層反射膜上且吸收曝光光；且於以EUV光為曝光光之EUV微影中使用，

上述吸收體膜圖案由包含鉭(Ta)之材料形成，膜密度為 $6.0\sim 16.0\text{ g/cm}^3$ 。

2. 如請求項1之反射型光罩，其中上述吸收體膜圖案為非晶狀態或具有微結晶構造之狀態。
3. 如請求項1之反射型光罩，其中上述吸收體膜圖案為包括最上層與除此以外之下層之積層構造，

上述最上層由包含鉭(Ta)之氧化物、氮化物、氮氧化物、或碳化物之任一者之材料形成，膜密度為 $6.0\sim 11.0\text{ g/cm}^3$ ，上述下層由包含鉭(Ta)之材料形成，膜密度為 $11.0\sim 16.0\text{ g/cm}^3$ 。

4. 如請求項3之反射型光罩，其中上述最上層之膜密度低於上述下層之膜密度。

5. 如請求項3之反射型光罩，其中上述吸收體膜圖案之下層進而含有硼(B)與氮(N)之中至少1種以上之元素。

6. 如請求項3之反射型光罩，其中上述吸收體膜圖案之最上層進而含有硼(B)。

7. 如請求項1之反射型光罩，其中上述吸收體膜圖案對EUV光具有產生相位偏移效果之功能，且膜密度為 $6.0\sim 11.0\text{ g/cm}^3$ 。

8. 如請求項1之反射型光罩，其中於上述多層反射膜與上述吸收體膜圖案之間具有包括鈦(Ru)膜之保護膜。

9. 一種反射型光罩之製造方法，其特徵在於，其係製造如請求項1

至8中任一項之反射型光罩者，對反射型光罩基底之吸收體膜上之抗蝕劑膜進行圖案描畫，並顯影形成抗蝕劑圖案，

以上述抗蝕劑圖案為遮罩，藉由使用氯氣或氟氣之乾蝕刻，形成具有轉印圖案之吸收體膜圖案。

10. 一種半導體裝置之製造方法，其特徵在於：使用如請求項1至8中任一項之反射型光罩，藉由圖案轉印裝置，以EUV光對半導體基板進行曝光轉印。

圖式

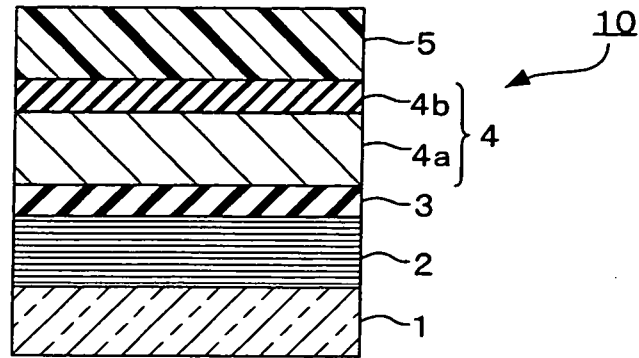


圖 1A

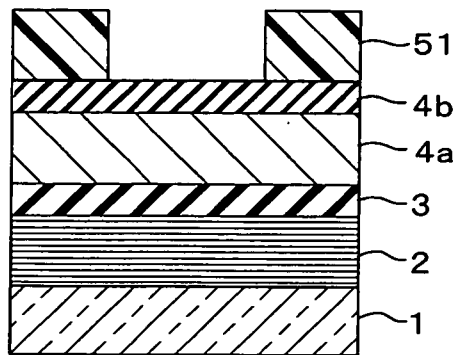


圖 1B

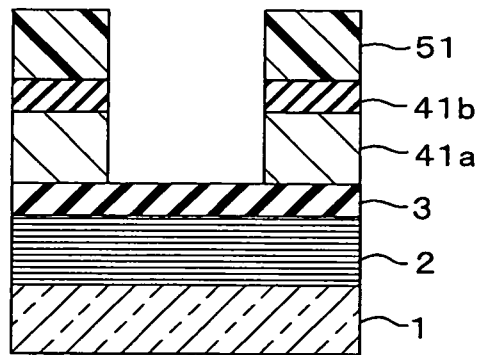


圖 1C

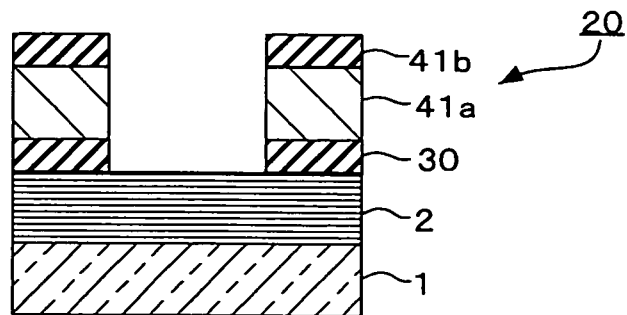


圖 1D

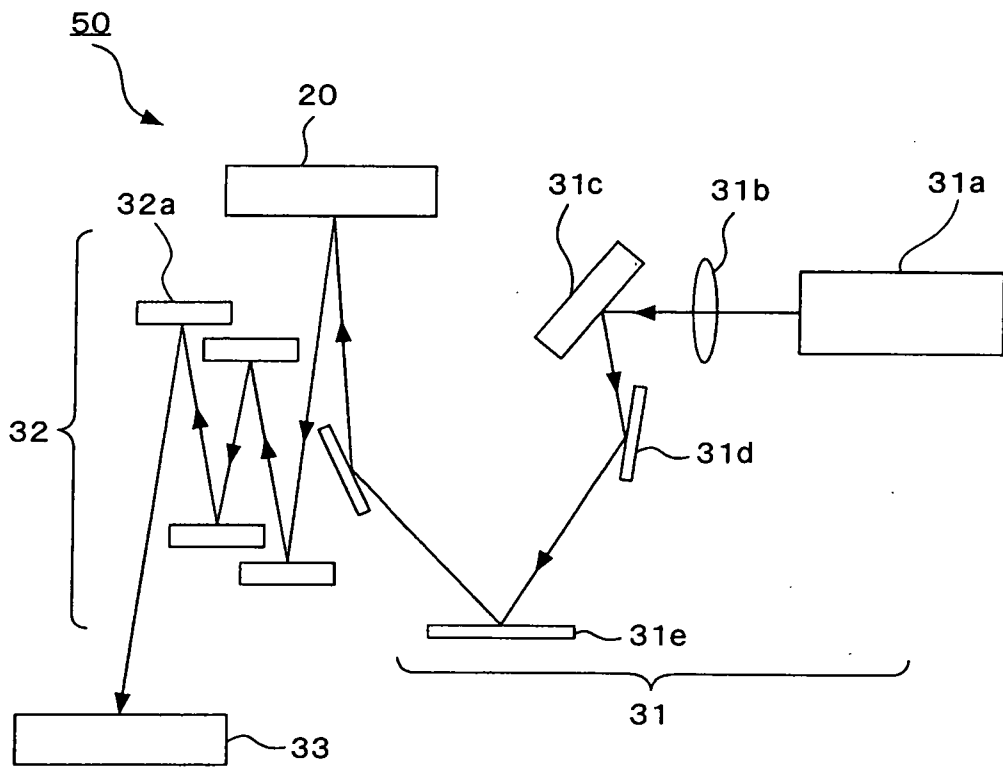


圖 2