



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201719275 A

(43)公開日：中華民國 106 (2017) 年 06 月 01 日

(21)申請案號：106106881

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 03 月 29 日

(51)Int. Cl. : **G03F1/70 (2012.01)**

(30)優先權：2012/03/30 日本

特願 2012-079762

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

其他

(72)發明人：濱本和宏 HAMAMOTO,KAZUHIRO (JP)；折原敏彥 ORIHARA,TOSHIHIKO (JP)；小阪井弘文 KOZAKAI,HIROFUMI (JP)；白井洋一 USUI,YOUICHI (JP)；笑喜勉 SHOKI,TSUTOMU (JP)；堀川順一 HORIKAWA,JUNICHI (JP)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：8 項 圖式數：10 共 71 頁

(54)名稱

光罩基底用基板、附有多層反射膜之基板、透過型光罩基底、反射型光罩基底、透過型光罩、反射型光罩及半導體裝置之製造方法

(57)摘要

一種光罩基底用基板，其係用於微影者，並且其構成為：於使用原子力顯微鏡對上述基板之形成轉印圖案之側之主表面中之 $1\mu\text{m}\times 1\mu\text{m}$ 之區域進行測定而得之承載區(%)與承載深度(nm)之關係中，當將承載區 30%定義為 BA_{30} ，將承載區 70%定義為 BA_{70} ，將與承載區 30%及 70%對應之承載深度分別定義為 BD_{30} 及 BD_{70} 時，上述基板之主表面滿足 $(BA_{70}-BA_{30})/(BD_{70}-BD_{30})\geq 350(\%/nm)$ 之關係式，且最大高度(R_{max}) $\leq 1.2\text{ nm}$ 。



【發明摘要】

【中文發明名稱】

光罩基底用基板、附有多層反射膜之基板、透過型光罩基底、反射型光罩基底、透過型光罩、反射型光罩及半導體裝置之製造方法

【中文】

一種光罩基底用基板，其係用於微影者，並且其構成為：於使用原子力顯微鏡對上述基板之形成轉印圖案之側之主表面中之 $1\ \mu\text{m} \times 1\ \mu\text{m}$ 之區域進行測定而得之承載區(%)與承載深度(nm)之關係中，當將承載區30%定義為 BA_{30} ，將承載區70%定義為 BA_{70} ，將與承載區30%及70%對應之承載深度分別定義為 BD_{30} 及 BD_{70} 時，上述基板之主表面滿足 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30}) \geq 350(\%/nm)$ 之關係式，且最大高度(R_{max}) $\leq 1.2\ \text{nm}$ 。

【指定代表圖】

無

【代表圖之符號簡單說明】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

光罩基底用基板、附有多層反射膜之基板、透過型光罩基底、反射型光罩基底、透過型光罩、反射型光罩及半導體裝置之製造方法

【技術領域】

本發明係關於一種於使用高感度缺陷檢查裝置之缺陷檢查中可抑制基板或膜之表面粗糙度引起之偽缺陷而容易地發現異物或損傷等致命缺陷之光罩基底用基板、附有多層反射膜之基板、透過型光罩基底、反射型光罩基底、透過型光罩、反射型光罩及半導體裝置之製造方法。

【先前技術】

通常於半導體裝置之製造步驟中係使用光微影法形成微細圖案。又，於該微細圖案之形成中通常使用數片稱為光罩之轉印用光罩。該轉印用光罩通常係於透光性玻璃基板上設有包括金屬薄膜等之微細圖案者，於該轉印用光罩之製造中亦係使用光微影法。

於使用光微影法之轉印用光罩之製造中，係使用具有用於在玻璃基板等透光性基板上形成轉印圖案(光罩圖案)之薄膜(例如遮光膜等)的光罩基底。使用該光罩基底之轉印用光罩之製造係包括如下步驟而進行：對形成於光罩基底上之抗蝕劑膜實施所需之圖案描繪之描繪步驟；於描繪後對上述抗蝕劑膜進行顯影而形成所需之抗蝕劑圖案之顯影步驟；將該抗蝕劑圖案作為遮罩而蝕刻上述薄膜之蝕刻步驟；以及將殘存之抗蝕劑圖案剝離除去之步驟。於上述顯影步驟中，在對形成於光罩基底上之抗蝕劑膜實施所需之圖案描繪之後供給顯影液，將可溶於顯影液之抗蝕劑膜部位溶解，形成抗蝕劑圖案。又，於上述蝕刻步驟中，將該抗蝕劑圖案作為遮罩，藉

由乾式蝕刻或濕式蝕刻，將未形成有抗蝕劑圖案之露出薄膜之部位除去，藉此將所需之光罩圖案形成於透光性基板上。如此可製成轉印用光罩。

又，作為轉印用光罩之種類，除了先前之於透光性基板上具有包含鉻系材料之遮光膜圖案之二元型光罩之外，還已知有相位偏移型光罩。該相位偏移型光罩為於透光性基板上具有相位偏移膜之結構，該相位偏移膜具有特定之相位差，例如係使用含有矽化鉬化合物之材料等。又，亦開始使用將包含鉬等金屬之矽化物之材料用作遮光膜之二元型光罩。於本申請案中將該等二元型光罩、相位偏移型光罩統稱為透過型光罩，將用於透過型光罩之作為底版之二元型光罩基底、相位偏移型光罩基底統稱為透過型光罩基底。

又，近年來，於半導體產業中，伴隨著半導體元件之高積體化，開始需要超越先前之使用紫外光之光微影法之轉印極限之微細圖案。為了能形成該種微細圖案，作為使用極紫外(Extreme Ultra Violet，以下稱為「EUV」)光之曝光技術之EUV微影被寄予厚望。此處，EUV光係指軟X射線區域或真空紫外線區域之波長頻帶之光，具體而言係波長為0.2~100 nm左右之光。作為於該EUV微影中使用之轉印用光罩，提出有反射型光罩。該種反射型光罩係於基板上形成反射曝光光之多層反射膜，並於該多層反射膜上將吸收曝光光之吸收體膜形成為圖案狀。

如上所述，對微影步驟中之微細化之要求提高，由此，該微影步驟中之課題日益顯著。該課題之一係於微影步驟中使用之光罩基底用基板等之缺陷資訊之相關問題。

自伴隨近年來之圖案微細化之缺陷品質之提高或轉印用光罩所要求之光學特性之觀點考慮，要求光罩基底用基板為平滑性更高之基板。作為

先前之光罩基底用基板之表面加工方法，例如有如專利文獻1～3所記載之方法。

於專利文獻1中記載有如下一種玻璃基板之研磨方法：使用包含平均一次粒徑為50 nm以下之矽酸膠、酸及水且以pH處於0.5～4之範圍之方式調整而成之研磨漿料，對以SiO₂為主成分之玻璃基板之表面以使用原子力顯微鏡進行測定而得之表面粗糙度Rms為0.15 nm以下之方式進行研磨。

於專利文獻2中記載有一種為了抑制合成石英玻璃基板表面之由高感度缺陷檢查裝置檢測之缺陷之生成而包含抑制膠體溶液及酸性胺基酸之合成石英玻璃基板用研磨劑。

於專利文獻3中記載有如下一種控制石英玻璃基板之表面平坦度之方法：將石英玻璃基板載置於氫自由基蝕刻裝置內，使氫自由基作用於石英玻璃基板而能以亞奈米級控制表面平坦度。

[專利文獻1]日本專利特開2006-35413號公報

[專利文獻2]日本專利特開2009-297814號公報

[專利文獻3]日本專利特開2008-94649號公報

伴隨著使用ArF準分子雷射、EUV(Extreme Ultra-Violet)之微影中之急速之圖案微細化，如二元型光罩或相位偏移型光罩之透過型光罩(亦稱為光學遮罩)或者作為反射型光罩之EUV光罩之缺陷尺寸(Defect Size)亦逐年變得微細，為了發現該種微細缺陷，於缺陷檢查中使用之檢查光源波長逐漸接近曝光光之光源波長。

例如，作為光罩或為其底版之光罩基底及基板之缺陷檢查裝置，檢查光源波長為193 nm之高感度缺陷檢查裝置逐漸普及，作為EUV光罩或為其底版之EUV光罩基底及基板之缺陷檢查裝置，檢查光源波長為266

nm、193 nm、13.5 nm之高感度缺陷檢查裝置已普及或已提出。

此處，先前之用於轉印用光罩之基板之主表面於其製造過程中係根據Rms(均方根粗糙度)及Rmax(最大高度)所代表之表面粗糙度而管理。然而，由於上述高感度缺陷檢查裝置之檢測感度較高，故存在即便自缺陷品質之提高之觀點考慮而以某種程度提高依據Rms及Rmax之平滑性，當進行基板主表面缺陷檢查時，亦會檢測出數個偽缺陷，從而無法實施缺陷檢查至最後為止之問題。

此處所謂之偽缺陷係指不影響圖案轉印之基板表面上之容許凹凸，且係於使用高感度缺陷檢查裝置進行檢查之情形時會被誤判為缺陷者。於缺陷檢查中，若檢測出數個該種偽缺陷，則會導致影響圖案轉印之致命缺陷埋沒於數個偽缺陷中，而無法發現致命缺陷。例如，使用當前逐漸普及之檢查光源波長為266 nm或193 nm之缺陷檢查裝置會檢測出超過100,000個偽缺陷，而無法檢查致命缺陷之有無。缺陷檢查中之致命缺陷之遺漏會於後續之半導體裝置之量產過程中引起不良，招致勞動力浪費及經濟損失。

【發明內容】

關於該種偽缺陷之問題，本發明者等人進行銳意研究，結果發現，除了自先前來得以管理之粗糙度成分之外，藉由對表面粗糙度之承載曲線進行管理以及對承載深度之頻度(%)進行管理，可於使用高感度缺陷檢查裝置之缺陷檢查中大幅抑制偽缺陷之檢測。

本發明係鑒於上述問題點而完成者，其目的在於提供一種可於使用高感度缺陷檢查裝置之缺陷檢查中抑制基板或膜之表面粗糙度引起之偽缺陷檢測而容易地發現異物或損失等致命缺陷之光罩基底用基板、附有多層

反射膜之基板、透過型光罩基底、反射型光罩基底、透過型光罩、反射型光罩及半導體裝置之製造方法。

為了達成上述目的，本發明之一實施形態之光罩基底用基板係用於微影者，並且其構成為：

於使用原子力顯微鏡對上述基板之形成轉印圖案之側之主表面中之 $1\ \mu\text{m} \times 1\ \mu\text{m}$ 之區域進行測定而得之承載區(bearing area)(%)與承載深度(nm)之關係中，當將承載區30%定義為 BA_{30} ，將承載區70%定義為 BA_{70} ，將與承載區30%及70%對應之承載深度分別定義為 BD_{30} 及 BD_{70} 時，上述基板之主表面滿足 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30}) \geq 350 (\%/nm)$ 之關係式，且最大高度(R_{max}) $\leq 1.2\ \text{nm}$ 。

為了達成上述目的，本發明之一實施形態之附有多層反射膜之基板係構成為：於上述本發明之光罩基底用基板之主表面上具有交替積層高折射率層與低折射率層而成之多層反射膜。

為了達成上述目的，本發明之一實施形態之附有多層反射膜之基板係用於微影者，並且其構成為：

上述附有多層反射膜之基板於光罩基底用基板之主表面上具有交替積層高折射率層與低折射率層而成之多層反射膜，

於使用原子力顯微鏡對上述多層反射膜表面中之 $1\ \mu\text{m} \times 1\ \mu\text{m}$ 之區域進行測定而得之承載區(%)與承載深度(nm)之關係中，當將承載區30%定義為 BA_{30} ，將承載區70%定義為 BA_{70} ，將與承載區30%及70%對應之承載深度分別定義為 BD_{30} 及 BD_{70} 時，

上述多層反射膜之表面滿足 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30}) \geq 230 (\%/nm)$ 之關係式，且最大高度(R_{max}) $\leq 1.5\ \text{nm}$ 。

為了達成上述目的，本發明之一實施形態之透過型光罩基底係構成為：於上述本發明之光罩基底用基板之上述主表面上具有作為轉印圖案之遮光性膜。

為了達成上述目的，本發明之一實施形態之反射型光罩基底係構成為：於上述本發明之附有多層反射膜之基板之上述多層反射膜或上述保護膜上具有作為轉印圖案之吸收體膜。

為了達成上述目的，本發明之一實施形態之透過型光罩係構成為：將上述本發明之透過型光罩基底中之上述遮光性膜圖案化而於上述主表面上具有遮光性膜圖案。

為了達成上述目的，本發明之一實施形態之反射型光罩係構成為：將上述本發明之反射型光罩基底之上述吸收體膜圖案化而於上述多層反射膜上具有吸收體圖案。

為了達成上述目的，本發明之一實施形態之半導體裝置之製造方法具有如下步驟：使用上述本發明之透過型光罩，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。

為了達成上述目的，本發明之一實施形態之半導體裝置之製造方法具有如下步驟：使用上述本發明之反射型光罩，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。

【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10之立體圖。圖1(b)係表示本發明之一實施形態之光罩基底用基板10之剖面示意圖。

圖2係表示本發明之一實施形態之附有多層反射膜之基板之構成之一例之剖面示意圖。

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之剖面示意圖。

圖4係表示本發明之一實施形態之反射型光罩之一例之剖面示意圖。

圖5係表示本發明之一實施形態之透過型光罩基底之構成之一例之剖面示意圖。

圖6係表示本發明之一實施形態之透過型光罩之一例之剖面示意圖。

圖7係表示本發明之實施例1～4、比較例1及2之光罩基底用基板之表面粗糙度之承載曲線測定結果之圖。

圖8(a)係表示實施例1之承載曲線測定結果之圖表，圖8(b)係表示將實施例1之承載深度與其頻度(%)之關係作圖而得之度數分佈之圖表。

圖9(a)係表示比較例1之承載曲線測定結果之圖表，圖9(b)係表示將比較例1之承載深度與其頻度(%)之關係作圖而得之度數分佈之圖表。

圖10(a)係表示實施例5之承載曲線測定結果之圖表，圖10(b)係表示將實施例5之承載曲線深度與其頻度(%)之關係作圖而得之度數分佈之圖表。

【實施方式】

・總體性說明

為了達成上述目的，本發明為以下構成。

(構成1)

本發明之構成1係一種光罩基底用基板，其係用於微影者，並且

於使用原子力顯微鏡對上述基板之形成轉印圖案之側之主表面中之 $1\mu\text{m}\times 1\mu\text{m}$ 之區域進行測定而得之承載區(%)與承載深度(nm)之關係中，當將承載區30%定義為 BA_{30} ，將承載區70%定義為 BA_{70} ，將與承載區30%及

70%對應之承載深度分別定義為 BD_{30} 及 BD_{70} 時，上述基板之主表面滿足 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30}) \geq 350 (\%/nm)$ 之關係式，且最大高度(Rmax) $\leq 1.2 \text{ nm}$ 。

根據上述構成1，由於構成上述主表面之凹凸(表面粗糙度)維持非常高之平滑性而為非常整齊之表面形態，故可於缺陷檢查中減少作為偽缺陷之檢測要因之凹凸(表面粗糙度)之不均，因此可抑制使用高感度缺陷檢查裝置之缺陷檢查中之偽缺陷之檢測，進而可實現致命缺陷之顯在化。

(構成2)

本發明之構成2係如構成1之光罩基底用基板，其中於上述主表面中，於將使用上述原子力顯微鏡測定而得之承載深度與所獲得之承載深度之頻度(%)之關係作圖而成之度數分佈圖中，基於根據上述作圖點求出之近似曲線或者上述作圖點中之最高頻度求出的與半值寬之中心對應之承載深度之絕對值小於與上述基板之主表面之表面粗糙度中之最大高度(Rmax)之1/2對應的承載深度之絕對值。

根據上述構成2，其為如下表面形態：於構成基板主表面之凹凸中，相對於基準面而構成凹部之比率多於凸部。因此，當於上述主表面上積層複數個薄膜之情形時，主表面之缺陷尺寸傾向於減小，故於缺陷品質上較佳。尤其當於上述主表面上形成下述多層反射膜之情形時尤其能發揮效果。

(構成3)

本發明之構成3係如構成1或2之光罩基底用基板，其中上述主表面係藉由觸媒基準蝕刻經表面加工之表面。

根據上述構成3，由於係藉由觸媒基準蝕刻自作為基準面之與觸媒表

面接觸之凸部選擇性地進行表面加工，故構成主表面之凹凸(表面粗糙度)維持非常高之平滑性而為非常整齊之表面形態，而且為相對於基準面而構成凹部之比率多於凸部之表面形態。因此，當於上述主表面上積層複數個薄膜之情形時，主表面之缺陷尺寸傾向於減小，故於缺陷品質上較佳。尤其當於上述主表面上形成下述多層反射膜之情形時尤其能發揮效果。又，藉由如上述般對主表面進行利用觸媒基準蝕刻之表面處理，可相對容易地形成為上述構成1或2規定之範圍之表面粗糙度及承載曲線特性之表面。

(構成4)

本發明之構成4係如構成1至3中任一項之光罩基底用基板，其中上述基板係用於EUV微影之光罩基底用基板。

根據上述構成4，藉由作為用於EUV微影之光罩基底用基板，而形成於上述主表面上之多層反射膜表面之表面形態亦為高平滑性，因此相對於EUV光之反射率特性亦良好。

(構成5)

本發明之構成5係如構成4之光罩基底用基板，其中上述基板於包含多成分系玻璃材料之基板之上述主表面上，具有包含金屬、合金或於其中任一種中含有氧、氮、碳之至少一者之材料之薄膜。

通常，在用於EUV微影之光罩基底用基板中要求低熱膨脹特性，因此較佳為使用如下述般之多成分系玻璃材料。多成分系玻璃材料具有相較於合成石英玻璃而難以獲得高平滑性之性質。因此係製成於包含多成分系玻璃材料之基板之上述主表面上形成有包含金屬、合金或於其中任一種中含有氧、氮、碳之至少一者之材料之薄膜的基板。並且，藉由對該種薄膜之表面進行表面加工而可容易地獲得具有上述構成1或2規定之表面形態之

基板。

(構成6)

本發明之構成6係一種附有多層反射膜之基板，其於如構成1至5中任一項之光罩基底用基板之主表面上具有交替積層高折射率層與低折射率層而成之多層反射膜。

根據上述構成6，由於形成於上述主表面上之多層反射膜表面之表面形態亦為高平滑性，故相對於EUV光之反射率特性亦良好。又，亦可充分抑制使用高感度缺陷檢查裝置之多層反射膜表面之缺陷檢查中之偽缺陷之檢測，進而可實現致命缺陷之顯在化。

(構成7)

本發明之構成7係一種附有多層反射膜之基板，其係用於微影者，並且

上述附有多層反射膜之基板於光罩基底用基板之主表面上具有交替積層高折射率層與低折射率層而成之多層反射膜，

於使用原子力顯微鏡對上述多層反射膜表面中之 $1\ \mu\text{m} \times 1\ \mu\text{m}$ 之區域進行測定而得之承載區(%)與承載深度(nm)之關係中，當將承載區30%定義為 BA_{30} ，將承載區70%定義為 BA_{70} ，將與承載區30%及70%對應之承載深度分別定義為 BD_{30} 及 BD_{70} 時，

上述多層反射膜之表面滿足 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30}) \geq 230(\%/nm)$ 之關係式，且最大高度(Rmax) $\leq 1.5\ \text{nm}$ 。

根據上述構成7，由於構成上述多層反射膜表面之凹凸(表面粗糙度)維持非常高之平滑性而為非常整齊之表面形態，故可於缺陷檢查中減少作為偽缺陷之檢測要因之凹凸(表面粗糙度)之不均，因此可抑制使用高感度

缺陷檢查裝置之缺陷檢查中之偽缺陷之檢測，進而可實現致命缺陷之顯在化。

(構成8)

本發明之構成8係如構成6或7之附有多層反射膜之基板，其中上述附有多層反射膜之基板於上述多層反射膜上具有保護膜。

根據上述構成8，藉由上述附有多層反射膜之基板構成為於上述多層反射膜上具有保護膜，可抑制於製造轉印用光罩(EUV光罩)時對多層反射膜表面造成損壞，因此相對於EUV光之反射率特性更良好。又，亦可充分抑制使用高感度缺陷檢查裝置之保護膜表面之缺陷檢查中之偽缺陷之檢測，進而可實現致命缺陷之顯在化。

(構成9)

本發明之構成9係一種透過型光罩基底，其於如構成1至3中任一項之光罩基底用基板之上述主表面上具有作為轉印圖案之遮光性膜。

根據上述構成9，於透過型光罩基底中，構成遮光性膜表面之凹凸(表面粗糙度)為非常整齊之表面形態，因此可於缺陷檢查中減少作為偽缺陷之檢測要因之凹凸(表面粗糙度)之不均，故可抑制使用高感度缺陷檢查裝置之缺陷檢查中之偽缺陷之檢測，進而可實現致命缺陷之顯在化。

(構成10)

本發明之構成10係一種反射型光罩基底，其於如構成7或8之附有多層反射膜之基板之上述多層反射膜或上述保護膜上具有作為轉印圖案之吸收體膜。

根據上述構成10，於反射型光罩基底中，構成吸收體膜表面之凹凸(表面粗糙度)為非常整齊之表面形態，因此可於缺陷檢查中減少作為偽缺

陷之檢測要因之凹凸(表面粗糙度)之不均，故可抑制使用高感度缺陷檢查裝置之缺陷檢查中之偽缺陷之檢測，進而可實現致命缺陷之顯在化。

(構成11)

本發明之構成11係一種透過型光罩，其係將如構成9之透過型光罩基底中之上述遮光性膜圖案化而於上述主表面上具有遮光性膜圖案。

(構成12)

本發明之構成12係一種反射型光罩，其係將如構成10之反射型光罩基底之上述吸收體膜圖案化而於上述多層反射膜上具有吸收體圖案。

根據上述構成11、12，於透過型光罩或反射型光罩中，可抑制使用高感度缺陷檢查裝置之缺陷檢查中之偽缺陷之檢測，進而可實現致命缺陷之顯在化。

(構成13)

本發明之構成13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11之透過型光罩，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。

(構成14)

本發明之構成14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12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。

根據上述構成13、14，於使用高感度缺陷檢查裝置之缺陷檢查中，可使用能排除異物或損傷等致命缺陷之透過型光罩或反射型光罩，因此轉印至半導體基板等被轉印體上所形成之抗蝕劑膜之電路圖案無缺陷，可製造具有微細且高精度之轉印圖案之半導體裝置。

[發明之效果]

根據上述本發明之光罩基底用基板、附有多層反射膜之基板、反射型光罩基底、透過型光罩基底、反射型光罩、透過型光罩，可於使用高感度缺陷檢查裝置之缺陷檢查中抑制基板或膜之表面粗糙度引起之偽缺陷之檢測而容易地發現異物或損傷等致命缺陷。尤其於EUV微影所使用之光罩基底用基板、附有多層反射膜之基板、反射型光罩基底、反射型光罩中，可一方面抑制偽缺陷，一方面使形成於基板主表面上之多層反射膜獲得高反射率。

又，根據上述半導體裝置之製造方法，於使用高感度缺陷檢查裝置之缺陷檢查中，可使用能排除異物或損傷等致命缺陷之反射型光罩或透過型光罩，因此轉印至半導體基板等被轉印體上所形成之抗蝕劑膜之電路圖案等轉印圖案無缺陷，可製造具有微細且高精度之電路圖案之半導體裝置。

・圖示之實施形態之說明

[光罩基底用基板]

首先，以下對本發明中之光罩基底用基板進行說明。

圖1(a)係表示本發明之一實施形態之光罩基底用基板10之立體圖。圖1(b)係表示本實施形態之光罩基底用基板10之剖面示意圖。

光罩基底用基板10(或簡稱為基板10)為矩形狀之板狀體，具有2個對向主表面2及端面1。2個對向主表面2為該板狀體之上表面及下表面，以相互對向之方式形成。又，2個對向主表面2之至少一者係用於形成轉印圖案之主表面。

端面1係該板狀體之側面，與對向主表面2之外緣鄰接。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係將一對向主表面2之邊與另一對向主表面2之邊連接之面，包括側面部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。

於俯視基板10時，曲面狀之端面部分1f係與基板10之角部10a附近鄰接之部分(R部)，包括側面部1c及倒角斜面部1e。此處，俯視基板10係指例如自與對向主表面2垂直之方向觀察基板10。又，基板10之角部10a係指例如對向主表面2之外緣中之2邊之交點附近。2邊之交點亦可指2邊之各延長線之交點。於本例中，曲面狀之端面部分1f係藉由捲曲基板10之角部10a而形成為曲面狀。

為了達成上述目的，本實施形態之特徵在於：至少形成轉印圖案之側之主表面具有一定之表面粗糙度及滿足一定之關係式之承載曲線特性，即如下所述，於透過型光罩基底50中係形成遮光性膜51之側之主表面，於反射型光罩基底30中係形成多層反射膜21、保護膜22、吸收體膜24之側之主表面具有一定之表面粗糙度及滿足一定之關係式之承載曲線特性。

以下，對表示本實施形態之光罩基底用基板10之主表面之表面形態之參數即表面粗糙度(Rmax、Rms)與承載曲線之關係進行說明。

首先，作為代表性的表面粗糙度之指標之Rms(Root means square，均方根)係均方根粗糙度，其係將平均線至測定曲線為止之偏差之平方平均化而得之值之平方根。Rms係由下式(1)表示。

[數1]

$$Rms = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l Z^2(x) dx} \quad \cdot \cdot \cdot (1)$$

於式(1)中， l 係基準長度， Z 係平均線至測定曲線為止之高度。

同樣，作為代表性的表面粗糙度之指標之 $Rmax$ 係表面粗糙度之最大高度，其係粗糙度曲線之峰之高度之最大值與谷之深度之最大值之絕對值之差。

Rms 及 $Rmax$ 自先前來即用於光罩基底用基板之表面粗糙度之管理，於以數值之形式把握表面粗糙度之方面較佳。然而，該等 Rms 及 $Rmax$ 均為高度資訊，並不包括與微細之表面形狀之變化相關之資訊。

相對於此，承載曲線係以任意等高面(水平面)切割基板10之主表面上之測定區域內之凹凸並對該切割面積占測定區域之面積之比率進行作圖者。可藉由承載曲線將基板10之表面粗糙度之不均視覺化及數值化。

承載曲線通常係將縱軸作為承載區(%)且將橫軸作為承載深度(nm)進行作圖。承載區0(%)係表示測定之基板表面之最高點，承載區100(%)係表示測定之基板表面之最低點。因此，承載區0(%)之深度與承載區100(%)之深度之差為上述最大高度($Rmax$)。再者，於本發明中係稱為「承載深度」，但其與「承載高度」同義。於稱為「承載高度」之情形時，與上述相反，承載區0(%)係表示測定之基板表面之最低點，承載區100(%)係表示測定之基板表面之最高點。以下，對本實施形態之光罩基底基板10中之承載曲線之管理進行說明。

為了達成上述目的，本實施形態之光罩基底用基板10係如下構成：

於使用原子力顯微鏡對形成轉印圖案之側之主表面中之 $1\ \mu\text{m}\times 1\ \mu\text{m}$ 之區域進行測定而得之承載區(%)與承載深度(nm)之關係中，當將承載區30%定義為 BA_{30} ，將承載區70%定義為 BA_{70} ，將與承載區30%及70%對應之承載深度分別定義為 BD_{30} 及 BD_{70} 時，基板10之主表面滿足 $(BA_{70} - BA_{30})/(BD_{70} - BD_{30}) \geq 350(\%/nm)$ 之關係式，且最大高度(R_{max}) $\leq 1.2\ \text{nm}$ 。

即，上述 $(BA_{70} - BA_{30})/(BD_{70} - BD_{30})$ (單位： $\%/nm$)係表示承載區30%~70%中之承載曲線之斜度，藉由使該斜度為 $350(\%/nm)$ 以上，承載區以更淺之承載深度(nm)到達100%。亦即，構成基板10之主表面之凹凸(表面粗糙度)維持非常高之平滑性，為非常整齊之表面形態，因此可於缺陷檢查中減少作為偽缺陷之檢測要因之凹凸(表面粗糙度)之不均，故可抑制使用高感度缺陷檢查裝置之缺陷檢查中之偽缺陷之檢測，進而可實現致命缺陷之顯在化。

自抑制偽缺陷之檢測之觀點考慮，基板10之主表面較佳為構成上述主表面之凹凸(表面粗糙度)非常整齊之表面形態，較佳為 $(BA_{70} - BA_{30})/(BD_{70} - BD_{30}) \geq 400(\%/nm)$ ，進而較佳為 $(BA_{70} - BA_{30})/(BD_{70} - BD_{30}) \geq 450(\%/nm)$ ，進而較佳為 $(BA_{70} - BA_{30})/(BD_{70} - BD_{30}) \geq 500(\%/nm)$ ，進而較佳為 $(BA_{70} - BA_{30})/(BD_{70} - BD_{30}) \geq 750(\%/nm)$ ，進而較佳為 $(BA_{70} - BA_{30})/(BD_{70} - BD_{30}) \geq 800(\%/nm)$ ，進而較佳為 $(BA_{70} - BA_{30})/(BD_{70} - BD_{30}) \geq 900(\%/nm)$ 。又，自相同之觀點考慮，較佳為基板10之主表面之表面粗糙度亦具有高平滑性，較佳為最大高度(R_{max}) $\leq 1.1\ \text{nm}$ ，進而較佳為最大高度(R_{max}) $\leq 1.0\ \text{nm}$ ，進而較佳為最大高度(R_{max}) $\leq 0.75\ \text{nm}$ ，進而較佳為最大高度(R_{max}) $\leq 0.5\ \text{nm}$ 。

又，基板10之主表面之表面粗糙度除了藉由上述最大高度(Rmax)進行管理之外，還藉由均方根粗糙度(Rms)進行管理，藉此，例如自提高形成於基板10之主表面上之多層反射膜、保護膜、吸收體膜、遮光性膜之反射率等光學特性之觀點考慮而較佳。基板10之主表面之表面粗糙度較佳為均方根粗糙度(Rms) ≤ 0.12 nm，進而較佳為均方根粗糙度(Rms) ≤ 0.10 nm，進而較佳為均方根粗糙度(Rms) ≤ 0.08 nm，進而較佳為均方根粗糙度(Rms) ≤ 0.05 nm。

又，基板10之主表面較佳為如下表面形態：於將使用原子力顯微鏡測定而得之承載深度與所獲得之承載深度之頻度(%)之關係作圖而成之度數分佈圖中，基於根據上述作圖點求出之近似曲線或者上述作圖點中之最高頻度求出之與半值寬之中心對應之承載深度之絕對值小於與上述基板之主表面之表面粗糙度中之最大高度(Rmax)之1/2(一半)對應之承載深度之絕對值。該表面形態係於構成基板10之主表面之凹凸中相對於基準面而構成凹部之比率多於凸部之表面形態。因此，當於基板10之主表面上積層複數個薄膜之情形時，上述主表面之缺陷尺寸傾向於減小，故於缺陷品質上較佳。尤其當於上述主表面上形成下述多層反射膜之情形時尤其能發揮效果。

又，基板10之主表面較佳為藉由觸媒基準蝕刻經表面加工之表面。觸媒基準蝕刻(Catalyst Referred Etching，以下亦稱為CARE)係指如下一種表面加工方法：以於基板10之主表面與觸媒之間介存有於常態下不表現溶解性之處理流體之狀態使兩者靠近或接觸，藉此利用自吸附於觸媒上之處理液中之分子生成之活性物質將存在於主表面之微小凸部選擇性地除去而使其平滑化。

基板10之主表面藉由觸媒基準蝕刻自作為基準面之與觸媒表面接觸之凸部選擇性地得以表面加工，因此構成主表面之凹凸(表面粗糙度)維持非常高之平滑性，為非常整齊之表面形態，並且為相對於基準面而構成凹部之比率多於凸部之表面形態。因此，當於上述主表面上積層複數個薄膜之情形時，主表面之缺陷尺寸傾向於減小，故於缺陷品質上較佳。尤其當於上述主表面上形成下述多層反射膜之情形時尤其能發揮效果。又，藉由如上述般對主表面進行利用觸媒基準蝕刻之表面處理，可相對容易地形成為上述構成1或2規定之範圍之表面粗糙度及承載曲線特性之表面。

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、過渡金屬及包含其中至少一種之合金組成之群之至少一種材料。又，作為處理液，可使用選自由純水、臭氧水或氫水等功能水、低濃度鹼性水溶液及低濃度酸性水溶液組成之群之至少一種處理液。

如上所述，藉由使基板10之主表面之表面粗糙度及承載曲線特性處於上述範圍，於使用150 nm～365 nm之波長區域之檢查光的高感度缺陷檢查裝置或者使用0.2 nm～100 nm之波長區域之檢查光(EUV光)的高感度缺陷檢查裝置之缺陷檢查中，例如於Lasertec公司製造之EUV曝光用光罩基板/基底缺陷檢查裝置「MAGICS M7360」(檢查光源波長：266 nm)、KLA-Tencor公司製造之掩膜、光學遮罩/基底及EUV光罩/基底之缺陷檢查裝置「Teron 600系列」(檢查光源波長：193 nm)、或者將EUV光用於檢查光源之缺陷檢查裝置(檢查光源波長：13.5 nm)之缺陷檢查中，能大幅抑制偽缺陷之檢測。

再者，上述檢查光源波長並不限定於266 nm、193 nm及13.5 nm。作為檢查光源波長，亦可使用532 nm、488 nm、364 nm、257 nm。

作為使用具有上述檢查光源波長之高感度缺陷檢查裝置進行缺陷檢查之光罩基底用基板，可列舉透過型光罩基底用基板、反射型光罩基底用基板。

又，自形成轉印圖案之側之主表面獲得至少圖案轉印精度及位置精度之觀點考慮，本實施形態之光罩基底用基板10較佳為以達到高平坦度之方式經表面加工。於為EUV反射型光罩基底用基板之情形時，於基板10之形成轉印圖案之側之主表面之132 mm×132 mm之區域或者142 mm×142 mm之區域中，平坦度較佳為平0.1 μm以下，尤佳為0.05 μm以下。又，與形成轉印圖案之側為相反側之主表面係於安裝至曝光裝置時之進行靜電吸附之面，於142 mm×142 mm之區域中，平坦度為1 μm以下，尤佳為0.5 μm以下。於為ArF準分子雷射曝光用之透過型光罩基底所使用之光罩基底用基板10之情形時，於基板之形成轉印圖案之側之主表面之132 mm×132 mm之區域或者142 mm×142 mm之區域中，平坦度較佳為0.3 μm以下，尤佳為0.2 μm以下。

作為用於ArF準分子雷射曝光之透過型光罩基底用基板之材料，只要對曝光波長具有透光性，則可為任意材料。通常使用合成石英玻璃。作為其他材料，亦可為鋁矽酸鹽玻璃、鈉鈣玻璃、硼矽酸玻璃、無鹼玻璃。

又，作為用於EUV曝光之反射型光罩基底用基板之材料，只要具有低熱膨脹特性，則可為任意材料。可使用例如具有低熱膨脹特性之SiO₂-TiO₂系玻璃(二元系(SiO₂-TiO₂)及三元系(SiO₂-TiO₂-SnO₂等))、例如SiO₂-Al₂O₃-Li₂O系結晶化玻璃等所謂之多成分系玻璃。又，除了上述玻璃之外，亦可使用矽或金屬等之基板。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，於用於EUV曝光之光罩基底用基板之情形時，由於對基板要求具有低熱膨脹特性，因此使用多成分系玻璃材料，但存在相較於合成石英玻璃而難以獲得高平滑性之問題。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金屬、合金或包含於其中任一種中含有氧、氮、碳之至少一者之材料之薄膜。然後，藉由對該種薄膜表面進行鏡面研磨及表面處理，可相對容易地形成為上述範圍之表面粗糙度及承載曲線特性之表面。

作為上述薄膜之材料，例如較佳為Ta(鉭)、含Ta之合金或者於其中任一種中含有氧、氮、碳之至少一者之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、TaSiCON等。更佳為該等Ta化合物中之含氮(N)之TaN、TaON、TaCON、TaBN、TaBON、TaBCON、TaHfN、TaHfON、TaHfCON、TaSiN、TaSiON、TaSiCON。再者，自薄膜表面之高平滑性之觀點考慮，上述薄膜較佳為非晶結構。薄膜之結晶結構可藉由X射線繞射裝置(X Ray Diffraction，XRD)進行測定。

再者，於本發明中，用於獲得上述規定之表面粗糙度及承載曲線特性之加工方法並無特別限定。本發明之特徵在於對光罩基底用基板之表面粗糙度之承載曲線及承載深度之頻度進行管理，該種表面粗糙度例如可藉由如下述實施例1~3例示之加工方法實現。

[附有多層反射膜之基板]

繼而，以下對本發明之一實施形態之附有多層反射膜之基板20進行說明。

圖2係表示本實施形態之附有多層反射膜之基板20之示意圖。

本實施形態之附有多層反射膜之基板20係構成為於上述說明之光罩基底用基板10之形成轉印圖案之側之主表面上具有多層反射膜21。該多層反射膜21係用於賦予在EUV微影用反射型光罩中反射EUV光之功能者，係採取折射率不同之元素週期性地積層而成之多層膜之構成。

多層反射膜21只要反射EUV光，則其材質並無特別限定，其獨自之反射率通常為65%以上，上限通常為73%。該種多層反射膜21通常為將包含高折射率材料之薄膜(高折射率層)與包含低折射率材料之薄膜(低折射率層)以40～60個週期左右交替積層而成之多層反射膜。

例如，作為相對於波長為13～14 nm之EUV光之多層反射膜21，較佳為將Mo膜與Si膜以40個週期左右交替積層而成之Mo/Si週期積層膜。此外，作為EUV光區域使用之多層反射膜，可為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。

多層反射膜21之形成方法於該技術領域中已為公知，例如可藉由利用磁控濺鍍法或離子束濺鍍法等形成各層而形成。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靶於基板10上形成厚度為數nm左右之Si膜，然後使用Mo靶形成厚度為數nm左右之Mo膜，將此作為一個週期，以40～60個週期進行積層，形成多層反射膜21。

為了保護多層反射膜21不受EUV微影用反射型光罩之製造步驟中之乾式蝕刻或濕式清洗，於以上述方式形成之多層反射膜21上亦可形成保護膜22(參照圖3)。如此，於光罩基底用基板10上具有多層反射膜21及保護

膜22之形態亦可為本發明中之附有多層反射膜之基板。

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、B等材料，但是，若應用其中之含鈦(Ru)之材料，則多層反射膜之反射率特性更良好。具體而言較佳為Ru、Ru-(Nb、Zr、Y、B、Ti、La、Mo)。該種保護膜尤其於吸收體膜為Ta系材料而藉由Cl系氣體之乾式蝕刻將該吸收體膜圖案化之情形時較為有效。

再者，於上述附有多層反射膜之基板20中，上述多層反射膜21或上述保護膜22之表面較佳為：於使用原子力顯微鏡對 $1\ \mu\text{m} \times 1\ \mu\text{m}$ 之區域進行測定而得之承載區(%)與承載深度(nm)之關係中，當將承載區30%定義為 BA_{30} ，將承載區70%定義為 BA_{70} ，將與承載區30%及70%對應之承載深度分別定義為 BD_{30} 及 BD_{70} 時，上述表面滿足 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30}) \geq 230(\%/nm)$ 之關係式，且最大高度(R_{max}) $\leq 1.5\ \text{nm}$ 。藉由為該種構成，於藉由使用上述列舉之檢查光源波長之高感度缺陷檢查裝置進行附有多層反射膜之基板20之缺陷檢查之情形時，可大幅抑制偽缺陷之檢測。又，多層反射膜21或保護膜22之表面之平滑性提高，表面粗糙度(R_{max})減小，因此亦具有可獲得高反射率之效果。

多層反射膜21或保護膜22之表面較佳為 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30}) \geq 250(\%/nm)$ ，進而較佳為 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30}) \geq 300(\%/nm)$ 、 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30}) \geq 350(\%/nm)$ ，進而較佳為 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30}) \geq 400(\%/nm)$ ，進而較佳為 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30}) \geq 450(\%/nm)$ ，進而較佳為 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30}) \geq 500(\%/nm)$ 。又，自相同之觀點考慮，上述多層反射膜及保護膜之表面粗

糙度較佳為最大高度(Rmax) ≤ 1.3 nm，進而較佳為最大高度(Rmax) ≤ 1.2 nm，進而較佳為最大高度(Rmax) ≤ 1.1 nm，進而較佳為最大高度(Rmax) ≤ 1.0 nm。

為了保持上述範圍之基板10之主表面之表面形態而使多層反射膜21或保護膜22之表面獲得上述範圍之表面粗糙度及承載曲線特性，能以相對於基板10之主表面之法線傾斜地堆積高折射率層與低折射率層之方式，藉由濺鍍法成膜而獲得多層反射膜21。更具體而言，為了保持基板10之主表面之表面形態而使多層反射膜21或保護膜22之表面獲得上述範圍之表面粗糙度及承載曲線特性，且使多層反射膜12及保護膜13具有良好的反射率特性，係以相對於基板10之主表面之法線，用於形成構成多層反射膜21之低折射率層之濺鍍粒子之入射角度大於用於形成高折射率層之濺鍍粒子之入射角度之方式，使用離子束濺鍍法形成。更詳細而言，較佳為以用於形成Mo等低折射率層之濺鍍粒子之入射角度為40度以上且未達90度並且用於形成Si等高折射率層之濺鍍粒子之入射角度為0度以上且60度以下之方式成膜。又，為了改善基板10之主表面之表面形態而使多層反射膜21或保護膜22之表面獲得上述範圍之表面粗糙度及承載曲線特性，較佳為以相對於基板10之主表面之法線而構成多層反射膜21之低折射率層及高折射率層之濺鍍粒子之入射角度為0度以上30度以下之方式成膜。進而，形成於多層反射膜21上之保護膜22較佳為於多層反射膜21之形成後亦以相對於基板10之主表面之法線傾斜地連續堆積保護膜22之方式藉由離子束濺鍍法而形成。

又，於附有多層反射膜之基板20中，為了靜電吸附之目的，亦可於基板10之與多層反射膜21所接觸之面為相反側之面上形成背面導電膜

23(參照圖3)。如此，於光罩基底用基板10上之形成轉印圖案之側具有多層反射膜21及保護膜22且於與多層反射膜21所接觸之面為相反側之面上具有背面導電膜23之形態亦可為本發明中之附有多層反射膜之基板20。再者，背面導電膜23所要求之電氣特性(薄層電阻)通常為 $100\ \Omega/\square$ 以下。背面導電膜23之形成方法已為公知，例如可藉由磁控濺鍍法或離子束濺鍍法而使用Cr、Ta等金屬或合金之靶形成。

又，作為本實施形態之附有多層反射膜之基板20，亦可於基板10與多層反射膜21之間形成基礎層。基礎層可根據基板10之主表面之平滑性提高之目的、缺陷減少之目的、多層反射膜21之反射率增強效果之目的以及多層反射膜21之應力減少之目的而形成。

[反射型光罩基底]

繼而，以下對本發明之一實施形態之反射型光罩基底30進行說明。

圖3係表示本實施形態之反射型光罩基底30之示意圖。

本實施形態之反射型光罩基底30係構成為於上述說明之附有多層反射膜之基板20之保護膜22上形成有作為轉印圖案之吸收體膜24。

上述吸收體膜24之材料並無特別限定。例如為具有吸收EUV光之功能之材料，較佳為使用Ta(鉭)單體或將Ta作為主成分之材料。將Ta作為主成分之材料通常為Ta之合金。自平滑性及平坦性之方面考慮，該種吸收體膜之結晶狀態較佳為具有非晶狀或微晶之結構。作為以Ta為主成分之材料，例如可使用包含Ta及B之材料、包含Ta及N之材料、包含Ta及B且進而包含O及N之至少一者之材料、包含Ta及Si之材料、包含Ta、Si及N之材料、包含Ta及Ge之材料、包含Ta、Ge及N之材料等。又例如，藉由於Ta中添加B、Si、Ge等而可容易地獲得非晶結構，可提高平滑性。進而，

若向Ta中添加N、O，則相對於氧化之耐性提高，因此可提高經時性的穩定性。

再者，上述吸收體膜24之表面較佳為：於使用原子力顯微鏡對 $1\ \mu\text{m} \times 1\ \mu\text{m}$ 之區域進行測定而得之承載區(%)與承載深度(nm)之關係中，當將承載區30%定義為 BA_{30} ，將承載區70%定義為 BA_{70} ，將與承載區30%及70%對應之承載深度分別定義為 BD_{30} 及 BD_{70} 時，上述表面滿足 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30}) \geq 350(\%/nm)$ 之關係式，且最大高度(R_{max}) $\leq 1.2\ \text{nm}$ 。

進而較佳為 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30}) \geq 400(\%/nm)$ ，進而較佳為 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30}) \geq 450(\%/nm)$ ，進而較佳為 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30}) \geq 500(\%/nm)$ 。又，吸收體膜24之表面粗糙度較佳為最大高度(R_{max}) $\leq 1.1\ \text{nm}$ ，進而較佳為最大高度(R_{max}) $\leq 1.0\ \text{nm}$ 。

為了保持上述範圍之基板10或附有多層反射膜之基板20之表面形態而使吸收體膜24之表面獲得上述範圍之表面粗糙度及承載曲線特性，較佳為使吸收體膜24為非晶結構。關於結晶結構，可藉由X射線繞射裝置(XRD)進行確認。

再者，本發明之反射型光罩基底並不限定於圖3所示之構成。例如亦可於上述吸收體膜24上形成作為用於將吸收體膜24圖案化之遮罩之抗蝕劑膜，附有抗蝕劑膜之反射型光罩基底亦可為本發明之反射型光罩基底。再者，形成於吸收體膜24上之抗蝕劑膜可為正型，亦可為負型。又，既可用於電子束描繪，亦可用於雷射描繪。進而亦可於吸收體膜24與上述抗蝕劑膜之間形成所謂之硬質遮罩(蝕刻遮罩)膜，該態樣亦可為本發明中之反射型光罩基底。

[反射型光罩]

繼而，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之示意圖。

本實施形態之反射型光罩40之構成為：將上述反射型光罩基底30中之吸收體膜24圖案化而於上述保護膜22上形成有吸收體圖案27。當藉由EUV光等曝光光進行曝光時，於光罩表面由具有吸收體膜24之部分吸收曝光光，於除此以外之已除去吸收體膜24之部分由露出之保護膜22及多層反射膜21反射曝光光，藉此可將本實施形態之反射型光罩40用作微影用之反射型光罩40。

[透過型光罩基底]

繼而，以下對本發明之一實施形態之透過型光罩基底50進行說明。

圖5係表示本實施形態之透過型光罩基底50之示意圖。

本實施形態之透過型光罩基底50係構成為：於上述說明之光罩基底用基板10之形成轉印圖案之側之主表面上形成有作為轉印圖案之遮光性膜51。

作為透過型光罩基底50，可列舉二元型光罩基底、相位偏移型光罩基底。於上述遮光性膜51中，除了包括具有將曝光光遮斷之功能之遮光膜以外，還包括使曝光光衰減且進行相位偏移之所謂之半色調膜等。

二元型光罩基底係於光罩基底用基板10上形成有將曝光光遮斷之遮光膜者。將該遮光膜圖案化而形成所需之轉印圖案。遮光膜例如可列舉Cr膜、於Cr中選擇性地包含氧、氮、碳、氟之Cr合金膜、其等之積層膜、MoSi膜、於MoSi中選擇性地包含氧、氮、碳之MoSi合金膜、其等之積層膜等。再者，亦可於遮光膜之表面包含具有抗反射功能之抗反射層。

又，相位偏移型光罩基底係於光罩基底用基板10上形成有使曝光光之相位差變化之相位偏移膜者。將該相位偏移膜圖案化而形成所需之轉印圖案。作為相位偏移膜，除了僅具有相位偏移功能之 SiO_2 膜以外，還可列舉：具有相位偏移功能及遮光功能之金屬矽氧化物膜、金屬矽氮化物膜、金屬矽氮氧化物膜、金屬矽碳氧化物膜、金屬矽碳氮氧化物膜(金屬：Mo、Ti、W、Ta等過渡金屬)、CrO膜、CrF膜、SiON膜等半色調膜。於該相位偏移型光罩基底中，亦包含於相位偏移膜上形成有上述遮光膜之態樣。

再者，本發明之透過型光罩基底並不限定於圖5所示之構成。例如亦可於上述遮光性膜51上形成作為用於將遮光性膜51圖案化之遮罩之抗蝕劑膜，附有抗蝕劑膜之透過型光罩基底亦可為本發明之透過型光罩基底。再者，與上述相同，形成於遮光性膜51上之抗蝕劑膜既可為正型，亦可為負型。又，既可用於電子束描繪，亦可用於雷射描繪。進而亦可於遮光性膜51與上述抗蝕劑膜之間形成所謂之硬質遮罩(蝕刻遮罩)膜，該態樣亦可為本發明中之透過型光罩基底。

再者，上述遮光性膜51之表面較佳為：於使用原子力顯微鏡對 $1\ \mu\text{m} \times 1\ \mu\text{m}$ 之區域進行測定而得之承載區(%)與承載深度(nm)之關係中，當將承載區30%定義為 BA_{30} ，將承載區70%定義為 BA_{70} ，將與承載區30%及70%對應之承載深度分別定義為 BD_{30} 及 BD_{70} 時，上述表面滿足 $(\text{BA}_{70} - \text{BA}_{30})/(\text{BD}_{70} - \text{BD}_{30}) \geq 350(\%/nm)$ 之關係式，且最大高度(R_{max}) $\leq 1.2\ \text{nm}$ 。

進而較佳為 $(\text{BA}_{70} - \text{BA}_{30})/(\text{BD}_{70} - \text{BD}_{30}) \geq 400(\%/nm)$ ，進而較佳為 $(\text{BA}_{70} - \text{BA}_{30})/(\text{BD}_{70} - \text{BD}_{30}) \geq 450(\%/nm)$ ，進而較佳為 $(\text{BA}_{70} -$

$BA_{30})/(BD_{70} - BD_{30}) \geq 500(\%/nm)$ 。又，遮光性膜51之表面粗糙度較佳為最大高度(Rmax) ≤ 1.1 nm，進而較佳為最大高度(Rmax) ≤ 1.0 nm。

再者，為了保持上述範圍之基板10之表面形態而使遮光性膜51之表面獲得上述範圍之表面粗糙度及承載曲線特性，較佳為使遮光性膜51為非晶結構。關於結晶結構，可藉由X射線繞射裝置(XRD)進行確認。

[透過型光罩]

繼而，以下對本發明之一實施形態之透過型光罩60進行說明。

圖6係表示本實施形態之透過型光罩60之示意圖。

本實施形態之透過型光罩60之構成為：將上述透過型光罩基底50中之遮光性膜51圖案化而於上述光罩基底用基板10上形成有遮光性膜圖案61。於二元型光罩中，當藉由ArF準分子雷射光等曝光光進行曝光時，於光罩表面由具有遮光性膜51之部分遮斷曝光光，於除此以外之已將遮光性膜51除去之部分，曝光光透過露出之光罩基底用基板10，藉此可將本發明之透過型光罩60用作微影用之透過型光罩60。又，於作為相位偏移型光罩之一之半色調型相位偏移光罩中，當藉由ArF準分子雷射光等曝光光進行曝光時，於在光罩表面已將遮光性膜51除去之部分，曝光光透過露出之光罩基底用基板10，於具有遮光性膜51之部分，曝光光以已衰減之狀態且具有特定之相位偏移量地透過，藉此可用作微影用之透過型光罩60。又，作為相位偏移型光罩，並不限定於上述半色調型相位偏移光罩，亦可為交替型相位偏移光罩等利用各種相位偏移效果之相位偏移光罩。

[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或透過型光罩60及曝光裝置之微影製程，於半導體基板等被轉印體上所形成之抗蝕劑膜上，轉印基於上述

反射型光罩40之吸收體圖案27或上述透過型光罩60之遮光性膜圖案61的電路圖案等轉印圖案，並經過其他各種步驟，藉此製造於半導體基板上形成有各種圖案等之半導體裝置。

再者，可於上述光罩基底用基板10、附有多層反射膜之基板20、反射型光罩基底30、透過型光罩基底50上形成基準標記，並對該基準標記及利用上述高感度缺陷檢查裝置檢測出之致命缺陷之位置進行座標管理。於製作反射型光罩40或透過型光罩60時，基於所獲得之致命缺陷之位置資訊(缺陷資料)，以根據上述缺陷資料及被轉印圖案(電路圖案)資料於存在致命缺陷之位置形成吸收體圖案27或遮光性膜圖案61之方式修正描繪資料，可減少缺陷。

・實施例

以下，一面參照圖7～10，一面對包括本發明之用於EUV曝光之光罩基底用基板、附有多層反射膜之基板、反射型光罩基底、反射型光罩之實施形態之實施例1～3及實施例5～7、相對於其等之比較例1及2以及包括本發明之用於ArF準分子雷射曝光之光罩基底用基板、透過型光罩基底、透過型光罩之實施形態之實施例4進行說明。

[實施例1]

首先對與本發明之用於EUV曝光之光罩基底用基板、附有多層反射膜之基板、EUV曝光用反射型光罩基底、反射型光罩相關之實施例1進行說明。

<光罩基底用基板之製作>

作為光罩基底用基板10，準備大小為152.4 mm×152.4 mm且厚度為6.35 mm之SiO₂-TiO₂系玻璃基板，於使用雙面研磨裝置藉由氧化鈣研磨

粒或矽酸膠研磨粒對該玻璃基板之表背面階段性地進行研磨之後，使用低濃度氟矽酸進行表面處理。使用原子力顯微鏡測定藉此獲得之玻璃基板表面之表面粗糙度，結果均方根粗糙度(Rms)為0.15 nm。

藉由使用波長調變雷射之波長偏移干涉儀測定該玻璃基板之表背面中之148 mm×148 mm之區域之表面形狀(表面形態、平坦度)及TTV(板厚偏差)。其結果，玻璃基板之表背面之平坦度為290 nm(凸狀)。將玻璃基板表面之表面形狀(平坦度)之測定結果作為相對於位於每一測定點之基準面之高度之資訊而保存於電腦中，並且與玻璃基板所需之表面平坦度之基準值50 nm(凸狀)及背面平坦度之基準值50 nm進行比較，使用電腦計算其差量(必需除去量)。

繼而，針對每一個需加工玻璃基板面內之點狀區域設定與必需除去量相應之局部表面加工之加工條件。預先使用虛設基板以與實際加工相同之方式使基板於一定時間不移動地以點形式對虛設基板進行加工，使用與測定上述表背面之表面形狀之裝置相同之測定機測定其形狀，算出每單位時間內之點加工體積。並且，按照點資訊及根據玻璃基板之表面形狀資訊獲得之必需除去量，決定對玻璃基板進行光柵掃描時之掃描速度。

根據設定之加工條件，利用使用磁氣流體之基板完工裝置，藉由磁氣黏彈性流體研磨(Magneto Rheological Finishing, MRF)加工法，以玻璃基板之表背面平坦度達到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包含鐵成分，研磨漿料為鹼性水溶液+研磨劑(約2 wt%)，研磨劑：氧化鈾。然後，於將玻璃基板在加入有濃度為約10%之鹽酸水溶液(溫度約25℃)之清洗槽中浸漬約10分鐘後，進行利用純水之沖洗及異丙醇(Isopropyl Alcohol, IPA)乾

燥。

測定所獲得之玻璃基板表面之表面形狀(表面形態、平坦度)，結果表背面之平坦度為約40~50 nm。又，使用原子力顯微鏡於轉印圖案形成區域(132 mm×132 mm)之任意位置之1 μm ×1 μm 之區域中測定玻璃基板表面之表面粗糙度，結果均方根粗糙度(Rms)為0.37 nm，為相較於MRF局部表面加工前之表面粗糙度更粗糙之狀態。

因此，按照維持或改善玻璃基板表面之表面形狀之研磨條件使用雙面研磨裝置對玻璃基板之表背面進行雙面研磨。該完工研磨係按照以下研磨條件進行。

加工液：鹼性水溶液(NaOH)+研磨劑(濃度：約2 wt%)

研磨劑：矽酸膠；平均粒徑：約70 nm

研磨壓盤轉速：約1~50 rpm

加工壓力：約0.1~10 kPa

研磨時間：約1~10分鐘

然後，使用鹼性水溶液(NaOH)清洗玻璃基板，獲得用於EUV曝光之光罩基底用基板10。

測定所獲得之光罩基底用基板10之表背面之平坦度及表面粗糙度，結果表背面平坦度為約40 nm，使用雙面研磨裝置之加工前之狀態得以維持或改善，較為良好。又，關於所獲得之光罩基底用基板10，使用原子力顯微鏡測定轉印圖案形成區域(132 mm×132 mm)之任意位置之1 μm ×1 μm 之區域，結果均方根粗糙度(Rms)為0.13 nm，最大高度(Rmax)為1.2 nm。

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

述磁氣黏彈性流體研磨加工法。亦可為使用氣體簇離子束(Gas Cluster Ion Beams, GCIB)或局部電漿之加工方法。

繼而，於上述光罩基底用基板10之主表面上藉由DC(Direct Current, 直流)磁控濺鍍法形成TaBN膜。使TaB靶與光罩基底用基板之主表面相對向，於Ar + N₂氣體環境中進行反應性濺鍍。藉由拉塞福逆散射譜法(Rutherford Back Scattering Spectroscopy)測定TaBN膜之元素組成，結果Ta：80原子%，B：10原子%，N：10原子%。又，TaBN膜之膜厚為150 nm。再者，藉由X射線繞射裝置(XRD)測定上述TaBN膜之結晶結構，結果為非晶結構。

繼而，使用單面研磨裝置對TaBN膜之表面進行超精密研磨。該超精密研磨係按照以下研磨條件進行。

加工液：鹼性水溶液(NaOH) + 研磨劑(矽酸膠之平均研磨粒為50 nm，濃度：5 wt%)

加工壓力：50 g/cm²

研磨時間：約1~10分鐘。

然後，使用氫氟酸水溶液(HF：濃度0.2 wt%)清洗TaBN膜之表面428秒鐘，獲得用於EUV曝光之光罩基底用基板。

關於藉由本實施例1獲得之用於EUV曝光之光罩基底用基板10之TaBN膜表面，使用原子力顯微鏡測定轉印圖案形成區域(132 mm×132 mm)之任意位置之1 μm×1 μm之區域，結果其表面粗糙度之均方根粗糙度(Rms)為0.085 nm，最大粗糙度(Rmax)為1.1 nm。又，用圖7及圖8(a)之圖表中之濃實線「實施例1」表示本實施例1之TaBN膜表面之承載曲線測定結果。各圖之縱軸為承載區(%)，橫軸為承載深度(nm)。

於該等圖式中，使用原子力顯微鏡測定本實施例1之TaBN膜表面中之 $1\ \mu\text{m}\times 1\ \mu\text{m}$ 之區域，結果與承載區30%(BA₃₀)對應之承載深度BD₃₀為0.322 nm。又，與承載區70%(BA₇₀)對應之承載深度BD₇₀為0.410 nm。若將該值代入 $(\text{BA}_{70} - \text{BA}_{30})/(\text{BD}_{70} - \text{BD}_{30})$ ，則 $(70 - 30)/(0.410 - 0.322) = 455(\%/nm)$ 。因此，本實施例1之TaBN膜表面之表面粗糙度滿足 $(\text{BA}_{70} - \text{BA}_{30})/(\text{BD}_{70} - \text{BD}_{30}) \geq 350(\%/nm)$ 且最大高度(Rmax) $\leq 1.2\ \text{nm}$ 。

此處，關於本實施例1之TaBN膜表面，對使用原子力顯微鏡測定轉印圖案形成區域(132 mm×132 mm)之任意位置之 $1\ \mu\text{m}\times 1\ \mu\text{m}$ 之區域而得之承載深度與其頻度之關係進行作圖而成之度數分佈圖係示於圖8(b)之圖表中。圖表之縱軸為頻度(%), 橫軸為承載深度(nm)。

於該圖(b)之度數分佈圖中，關於本實施例1之TaBN膜表面中之測定區域內之凹凸中的最高頻度(最高頻度)f_{max}之值，頻度(Hist.)為1.118%，與其對應之承載深度(Depth)為0.361 nm。據此特定與 $1/2f_{\text{max}}$ ($0.5f_{\text{max}}$)對應之2個承載深度(BD₁、BD₂)，求出與半值寬FWHM(full width at half maximum)之中心對應之承載深度(BD_M)。用圖中之一點鏈線表示與該半值寬FWHM之中心對應之承載深度(BD_M)。又，用圖中之虛線表示本實施例1之最大高度(Rmax)之1/2(一半)所對應之承載深度($1/2R_{\text{max}} = 0.5R_{\text{max}}$)。若將該等一點鏈線與虛線進行比較，則與半值寬FWHM之中心對應之承載深度(BD_M)相較於與 $1/2R_{\text{max}}$ 對應之承載深度而位於圖中更左側。更具體而言，與半值寬FWHM之中心對應之承載深度為0.34 nm，與最大高度(Rmax)之1/2(一半)對應之承載深度為0.56 nm。因此，本實施例1之TaBN膜表面滿足與半值寬FWHM之中心對應之承載深度之絕對值小於與最大高度(Rmax)之1/2(一半)對應之承載深度之條件。

使用檢查光源波長為193 nm之高感度缺陷檢查裝置(KLA-Tencor公司製「Teron600系列」)，按照能以等效體積球直徑SEVD(Sphere Equivalent Volume Diameter)檢測20 nm以下之缺陷之檢查感度條件，對本實施例1之TaBN膜表面中之132 mm×132 mm之區域進行缺陷檢查。其結果，包括偽缺陷之缺陷檢測個數為合計18,789個，相較於先前之缺陷檢測個數超過100,000個，偽缺陷得以大幅抑制。依據合計18,789個左右之缺陷檢測個數，則可容易檢查異物或損傷等致命缺陷之有無。再者，等效體積球直徑SEVD可藉由於將缺陷之面積設為(S)且將缺陷之高度設為(h)時 $SEVD = 2(3S/4\pi h)^{1/3}$ 之式算出(以下實施例及比較例亦相同)。缺陷之面積(S)及缺陷之高度(h)可藉由原子力顯微鏡(Atomic Force Microscopy, AFM)進行測定。

又，使用檢查光源波長為266 nm之高感度缺陷檢查裝置(Lasertec公司製「MAGICS M7360」)，按照最高檢查感度條件，對本實施例1之TaBN膜表面中之132 mm×132 mm之區域進行缺陷檢查，結果缺陷檢測個數之合計值均低於100,000個，可進行致命缺陷之檢查。

<附有多層反射膜之基板之製作>

藉由離子束濺鍍法於上述用於EUV曝光之光罩基底用基板10之TaBN膜之表面形成交替積層高折射率層與低折射率層而成之多層反射膜21及保護膜22，製作附有多層反射膜之基板20。

多層反射膜21係將膜厚為4.2 nm之Si膜與膜厚為2.8 nm之Mo膜作為一對而形成40對(膜厚合計280 nm)。進而於該多層反射膜21之表面形成膜厚為2.5 nm之包含Ru之保護膜22。再者，多層反射膜21係以相對於基板主表面之法線而Si膜之濺鍍粒子之入射角度為5度且Mo膜之濺鍍粒子之入

射角度為65度之方式藉由離子束濺鍍法形成。

關於所獲得之附有多層反射膜之基板之保護膜表面，使用原子力顯微鏡測定轉印圖案形成區域(132 mm×132 mm)之任意位置之1 μm×1 μm之區域，結果其表面粗糙度之均方根粗糙度(Rms)為0.141 nm，最大粗糙度(Rmax)為1.49 nm。

使用原子力顯微鏡測定本實施例1之保護膜表面中之1 μm×1 μm之區域，結果與承載區30%(BA₃₀)對應之承載深度BD₃₀為0.575 nm。又，與承載區70%(BA₇₀)對應之承載深度BD₇₀為0.745 nm。若將該值代入 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30})$ ，則 $(70 - 30) / (0.745 - 0.575) = 235(\%/nm)$ 。因此，本實施例1之附有多層反射膜之基板之表面粗糙度滿足 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30}) \geq 230(\%/nm)$ 且最大高度(Rmax)≤1.5 nm。

使用檢查光源波長為193 nm之高感度缺陷檢查裝置(KLA-Tencor公司製「Teron600系列」)，按照能以等效體積球直徑SEVD(Sphere Equivalent Volume Diameter)檢測20 nm以下之缺陷之檢查感度，對本實施例1之附有多層反射膜之基板20之保護膜表面中之132 mm×132 mm之區域進行缺陷檢查。其結果，包括偽缺陷之缺陷檢測個數為合計19,132個，相較於先前之缺陷檢測個數超過100,000個，偽缺陷得以大幅抑制。又，測定相對於EUV光之反射率，結果獲得達65%之良好結果。

又，使用檢查光源波長為266 nm之高感度缺陷檢查裝置(Lasertec公司製「MAGICS M7360」)以及檢查光源波長為13.5 nm之高感度缺陷檢查裝置，對本實施例1之多層反射膜表面中之132 mm×132 mm之區域進行缺陷檢查，結果缺陷檢測個數之合計值均低於100,000個，可檢查致命缺陷。再者，使用檢查光源波長為266 nm之高感度缺陷檢查裝置(Lasertec

公司製「MAGICS M7360」)係按照最高檢查感度條件進行缺陷檢查，使用檢查光源波長為13.5 nm之高感度缺陷檢查裝置係按照可檢測等效體積球直徑為20 nm以下之缺陷之檢查感度條件進行缺陷檢查。

再者，對於本實施例1之附有多層反射膜之基板20之保護膜22及多層反射膜21，藉由聚焦離子束於轉印圖案形成區域(132 mm×132 mm)之外側4處形成用於對上述缺陷之位置進行座標管理之基準標記。

<EUV曝光用反射型光罩基底之製作>

藉由DC磁控濺鍍法於上述附有多層反射膜之基板20之未形成有多層反射膜21之背面形成背面導電膜23。該背面導電膜23係使Cr靶與附有多層反射膜之基板20之背面相對向而於Ar+N₂氣體(Ar：N₂=90%：10%)環境中進行反應性濺鍍而成。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。

進而，藉由DC磁控濺鍍法於上述附有多層反射膜之基板20之保護膜22之表面形成包括TaBN膜之吸收體膜24，製作反射型光罩基底30。該吸收體膜24係使附有多層反射膜之基板20之吸收體膜24與TaB靶(Ta：B=80：20)相對向而於Xe+N₂氣體(Xe：N₂=90%：10%)環境中進行反應性濺鍍而成。藉由拉塞福逆散射譜法測定吸收體膜24之元素組成，結果Ta：80原子%，B：10原子%，N：10原子%。又，吸收體膜24之膜厚為65 nm。再者，藉由X射線繞射裝置(XRD)測定吸收體膜24之結晶結構，結果其為非晶結構。

藉由旋轉塗佈法於上述吸收體膜24之表面塗佈抗蝕劑，且經過加熱及冷卻步驟，形成膜厚為150 nm之抗蝕劑膜25。繼而，經過所需之圖案

之描繪及顯影步驟，形成抗蝕劑圖案。將該抗蝕劑圖案作為遮罩，藉由 $\text{Cl}_2 + \text{He}$ 氣體之乾式蝕刻進行作為吸收體膜24之TaBN膜之圖案化，於保護膜22上形成吸收體圖案27。然後除去抗蝕劑膜25，進行與上述相同之化學清洗，製作反射型光罩40。再者，於上述描繪步驟中，係基於以上述基準標記為基礎而製成之缺陷資料，以根據缺陷資料及被轉印圖案(電路圖案)資料於存在致命缺陷之位置上配置吸收體圖案27之方式修正描繪資料，製作反射型光罩40。使用高感度缺陷檢查裝置(KLA-Tencor公司製「Teron600系列」)對所獲得之反射型光罩40進行缺陷檢查，結果未確認缺陷。

[實施例2]

<光罩基底用基板之製作>

與實施例1相同，準備大小為152.4 mm×152.4 mm且厚度為6.35 mm之 $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ 系玻璃基板作為用於EUV曝光之光罩基底用基板10，與實施例1相同，對玻璃基板之表背面實施使用雙面研磨裝置之研磨至使用磁氣黏彈性流體研磨加工法之局部表面加工處理為止之步驟。

然後，對玻璃基板之表背面實施非接觸研磨作為局部表面加工處理之完工研磨。於本實施例2中，係進行EEM(Elastic Emission Machining，彈性發射加工)作為非接觸研磨。該EEM係按照以下加工條件進行。

加工液(第1階段)：鹼性水溶液(NaOH) + 微細粒子(濃度：5 wt%)

加工液(第2階段)：純水

微細粉末粒子：矽酸膠；平均粒徑：約100 nm

旋轉體：聚胺基甲酸酯輥

旋轉體轉速：10～300 rpm

工件支架轉速：10～100 rpm

研磨時間：5～30分鐘

於藉由本實施例2獲得之用於EUV曝光之光罩基底用基板10之主表面中，使用原子力顯微鏡測定轉印圖案形成區域(132 mm×132 mm)之任意位置之1 μm×1 μm之區域，結果均方根粗糙度(Rms)為0.10 nm，最大高度(Rmax)為0.92 nm。又，用圖7之圖表中之短濃虛線「實施例2」表示所獲得之用於EUV曝光之光罩基底用基板10之主表面之承載曲線測定結果。

於該圖中，使用原子力顯微鏡測定本實施例2之用於EUV曝光之光罩基底用基板10之主表面中之1 μm×1 μm之區域，結果與承載區30%(BA₃₀)對應之承載深度BD₃₀為0.388 nm。又，與承載區70%(BA₇₀)對應之承載深度BD₇₀為0.499 nm。若將該值代入 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30})$ ，則 $(70 - 30) / (0.499 - 0.388) = 364(\%/nm)$ 。因此，本實施例2之光罩基底用基板10之主表面滿足 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30}) \geq 350(\%/nm)$ 且最大高度(Rmax)≤1.2 nm。

又，雖未圖示，但於與實施例1相同地使承載深度與其頻度之關係作圖而成之度數分佈圖中，對於本實施例2之光罩基底用基板之主表面，求出與半值寬FWHM之中心對應之承載深度以及與最大高度(Rmax)之1/2(一半)對應之承載深度，結果與半值寬FWHM之中心對應之承載深度為0.44 nm，與最大高度(Rmax)之1/2(一半)對應之承載深度為0.46 nm。因此，本實施例2之光罩基底用基板之主表面滿足與半值寬FWHM之中心對應之承載深度之絕對值小於與最大高度(Rmax)之1/2(一半)對應之承載

深度之條件。

使用檢查光源波長為193 nm之高感度缺陷檢查裝置(KLA-Tencor公司製「Teron600系列」)，按照能以等效體積球直徑SEVD(Sphere Equivalent Volume Diameter)檢測20 nm以下之缺陷之檢查感度條件，對本實施例2之用於EUV曝光之光罩基底用基板10之主表面中之132 mm×132 mm之區域進行缺陷檢查。其結果，包括偽缺陷之缺陷檢測個數為合計29,129個，相較於先前之缺陷檢測個數超過100,000個，偽缺陷得以大幅抑制。依據合計29,129個左右之缺陷檢測個數，則可容易地檢查異物或損傷等致命缺陷之有無。

又，使用檢查光源波長為266 nm之高感度缺陷檢查裝置(Lasertec公司製「MAGICS M7360」)，按照最高檢查感度條件，對本實施例2之用於EUV曝光之光罩基底用基板之主表面中之132 mm×132 mm之區域進行缺陷檢查，結果缺陷檢測個數之合計值均低於100,000個，可檢查致命缺陷。

<附有多層反射膜之基板之製作>

於上述用於EUV曝光之光罩基底用基板10之主表面上，形成與實施例1相同之交替積層Si膜與Mo膜而成之膜厚為280 nm之多層反射膜21，並於其表面形成膜厚為2.5 nm之包含Ru之保護膜22。再者，多層反射膜21之離子束濺鍍條件與實施例1相同。

關於所獲得之附有多層反射膜之基板之保護膜表面，使用原子力顯微鏡測定轉印圖案形成區域(132 mm×132 mm)之任意位置之1 μm×1 μm之區域，結果其表面粗糙度之均方根粗糙度(Rms)為0.143 nm，最大粗糙度(Rmax)為1.50 nm。

使用原子力顯微鏡測定本實施例2之保護膜表面中之 $1\ \mu\text{m}\times 1\ \mu\text{m}$ 之區域，結果與承載區30%(BA₃₀)對應之承載深度BD₃₀為0.612 nm。又，與承載區70%(BA₇₀)對應之承載深度BD₇₀為0.785 nm。若將該值代入 $(\text{BA}_{70} - \text{BA}_{30})/(\text{BD}_{70} - \text{BD}_{30})$ ，則 $(70 - 30)/(0.785 - 0.612) = 231(\%/nm)$ 。因此，本實施例2之附有多層反射膜之基板之表面粗糙度滿足 $(\text{BA}_{70} - \text{BA}_{30})/(\text{BD}_{70} - \text{BD}_{30}) \geq 230(\%/nm)$ 且最大高度(Rmax) $\leq 1.5\ \text{nm}$ 。

使用檢查光源波長為193 nm之高感度缺陷檢查裝置(KLA-Tencor公司製「Teron600系列」)，按照能以等效體積球直徑SEVD(Sphere Equivalent Volume Diameter)檢測20 nm以下之缺陷之檢查感度條件，對本實施例2之附有多層反射膜之基板20之保護膜表面中之 $132\ \text{mm}\times 132\ \text{mm}$ 之區域進行缺陷檢查。其結果，包括偽缺陷之缺陷檢測個數為合計30,011個，相較於先前之缺陷檢測個數超過100,000個，偽缺陷得以大幅抑制。

又，使用檢查光源波長為266 nm之高感度缺陷檢查裝置(Lasertec公司製「MAGICS M7360」)以及檢查光源波長為13.5 nm之高感度缺陷檢查裝置，對本實施例2之保護膜表面中之 $132\ \text{mm}\times 132\ \text{mm}$ 之區域進行缺陷檢查，結果缺陷檢測個數之合計值均低於100,000個，可檢查致命缺陷。再者，使用檢查光源波長為266 nm之高感度缺陷檢查裝置(Lasertec公司製「MAGICS M7360」)係按照最高檢查感度條件進行缺陷檢查，使用檢查光源波長為13.5 nm之高感度缺陷檢查裝置係按照能以等效體積球直徑SEVD(Sphere Equivalent Volume Diameter)檢測20 nm以下之缺陷之檢查感度條件進行缺陷檢查。

以與上述實施例1相同之方式製作反射型光罩基底30及反射型光罩

40。使用高感度缺陷檢查裝置(KLA-Tencor公司製「Teron600系列」)對所獲得之反射型光罩40進行缺陷檢查，結果未確認缺陷。

[實施例3]

<光罩基底用基板之製作>

於本實施例3中，與實施例1及2相同，準備大小為152.4 mm×152.4 mm且厚度為6.35 mm之SiO₂-TiO₂系玻璃基板作為用於EUV曝光之光罩基底用基板10，經過與實施例2大致相同之步驟，製作用於EUV曝光之光罩基底用基板10。但是，於本實施例3中，省略了於實施例2之局部表面加工處理之完工研磨中在加工液中使用純水之第2階段之EEM加工。除此以外以與實施例2相同之方式製作光罩基底用基板10

於藉由本實施例3獲得之用於EUV曝光之光罩基底用基板10之主表面中，使用原子力顯微鏡測定轉印圖案形成區域(132 mm×132 mm)之任意位置之1 μm×1 μm之區域，結果均方根粗糙度(Rms)為0.11 nm，最大高度(Rmax)為0.98 nm。又，用圖7之圖表中之長濃虛線「實施例3」表示所獲得之用於EUV曝光之光罩基底用基板10之主表面之承載曲線測定結果。

於該圖中，使用原子力顯微鏡測定本實施例3之用於EUV曝光之光罩基底用基板10之主表面中之1 μm×1 μm之區域，結果與承載區30%(BA₃₀)對應之承載深度BD₃₀為0.480 nm。又，與承載區70%(BA₇₀)對應之承載深度BD₇₀為0.589 nm。若將該值代入 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30})$ ，則 $(70 - 30) / (0.589 - 0.480) = 367(\%/nm)$ 。因此，本實施例3之光罩基底用基板10之主表面滿足 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30}) \geq 350(\%/nm)$ 且最大高度(Rmax)≤1.2 nm。

又，雖未圖示，於與實施例1相同地使承載深度與其頻度之關係作圖而成之度數分佈圖中，對於本實施例3之光罩基底用基板之主表面，求出與半值寬FWHM之中心對應之承載深度以及與最大高度(Rmax)之1/2(一半)對應之承載深度，結果與半值寬FWHM之中心對應之承載深度為0.53 nm，與最大高度(Rmax)之1/2(一半)對應之承載深度為0.49 nm。因此，本實施例3之光罩基底用基板之主表面不滿足與半值寬FWHM之中心對應之承載深度之絕對值小於與最大高度(Rmax)之1/2(一半)對應之承載深度之條件。

使用檢查光源波長為193 nm之高感度缺陷檢查裝置(KLA-Tencor公司製「Teron600系列」)，按照能以等效體積球直徑SEVD(Sphere Equivalent Volume Diameter)檢測20 nm以下之缺陷之檢查感度條件，對本實施例3之用於EUV曝光之光罩基底用基板10之主表面中之132 mm×132 mm之區域進行缺陷檢查。其結果，包括偽缺陷之缺陷檢測個數為合計36,469個，相較於先前之缺陷檢測個數超過100,000個超，偽缺陷得以大幅抑制。依據合計36,469個左右之缺陷檢測個數，則可容易地檢查異物或損傷等致命缺陷之有無。

又，使用檢查光源波長為266 nm之高感度缺陷檢查裝置(Lasertec公司製「MAGICS M7360」)，按照最高檢查感度條件，對本實施例3之用於EUV曝光之光罩基底用基板之主表面中之132 mm×132 mm之區域進行缺陷檢查，結果缺陷檢測個數之合計值均低於100,000個，可檢查致命缺陷。

<附有多層反射膜之基板之製作>

於上述用於EUV曝光之光罩基底用基板10之主表面上形成與實施例1

相同之交替積層Si膜與Mo膜而成之膜厚為280 nm之多層反射膜21，並於其表面形成膜厚為2.5 nm之包含Ru之保護膜22。再者，多層反射膜21之離子束濺鍍條件與實施例1相同。

關於所獲得之附有多層反射膜之基板之保護膜表面，使用原子力顯微鏡測定轉印圖案形成區域(132 mm×132 mm)之任意位置之1 μm×1 μm之區域，結果其表面粗糙度之均方根粗糙度(Rms)為0.146 nm，最大粗糙度(Rmax)為1.50 nm。

使用原子力顯微鏡測定本實施例3之保護膜表面中之1 μm×1 μm之區域，結果與承載區30%(BA₃₀)對應之承載深度BD₃₀為0.648 nm。又，與承載區70%(BA₇₀)對應之承載深度BD₇₀為0.821 nm。若將該值代入 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30})$ ，則 $(70 - 30) / (0.821 - 0.648) = 231(\%/nm)$ 。因此，本實施例3之附有多層反射膜之基板之表面粗糙度滿足 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30}) \geq 230(\%/nm)$ 且最大高度(Rmax)≤1.5 nm。

使用檢查光源波長為193 nm之高感度缺陷檢查裝置(KLA-Tencor公司製「Teron600系列」)，按照能以等效體積球直徑SEVD(Sphere Equivalent Volume Diameter)檢測20 nm以下之缺陷之檢查感度條件，對本實施例3之附有多層反射膜之基板20之保護膜表面中之132 mm×132 mm之區域進行缺陷檢查。其結果，包括偽缺陷之缺陷檢測個數為合計38,856個，相較於先前之缺陷檢測個數超過100,000個，偽缺陷得以大幅抑制。

又，使用檢查光源波長為266 nm之高感度缺陷檢查裝置(Lasertec公司製「MAGICS M7360」)以及檢查光源波長為13.5 nm之高感度缺陷檢查裝置，對本實施例3之保護膜表面中之132 mm×132 mm之區域進行缺陷

檢查，結果缺陷檢測個數之合計值均低於100,000個，可檢查致命缺陷。再者，使用檢查光源波長為266 nm之高感度缺陷檢查裝置(Lasertec公司製「MAGICS M7360」)係按照最高檢查感度條件進行缺陷檢查，使用檢查光源波長為13.5 nm之高感度缺陷檢查裝置係按照能以等效體積球直徑SEVD(Sphere Equivalent Volume Diameter)檢測20 nm以下之缺陷之檢查感度條件進行缺陷檢查。

以與上述實施例1相同之方式製作反射型光罩基底30及反射型光罩40。使用高感度缺陷檢查裝置(KLA-Tencor公司製「Teron600系列」)對所獲得之反射型光罩40進行缺陷檢查，結果未確認缺陷。

對附有多層反射膜之基板之保護膜表面之缺陷檢測個數相對於上述實施例1、2、3之光罩基底用基板主表面之缺陷檢測個數之增加進行調查，結果實施例1增加343個，實施例2增加882個，實施例3增加2387個。認為其原因為：由於係於構成實施例1、2之光罩基底用基板主表面之凹凸中相對於基準面而構成凹部之比率多於凸部之表面形態，故當於基板主表面上積層有多層反射膜或保護膜之情形時，存在於基板主表面上之缺陷尺寸傾向於減小，因此缺陷數之增加得以抑制。另一方面認為：實施例3之光罩基底用基板主表面係於構成其主表面之凹凸中相對於基準面而構成凸部之比率多於凹部之表面形態，故當於基板主表面上積層有多層反射膜或保護膜之情形時，存在於基板主表面上之缺陷尺寸傾向於增大，故缺陷數之增加變多。

根據上述結果，作為用於EUV曝光用反射型光罩基底之基板，可謂實施例1、2為最佳基板。

再者，作為實施例2、3中之局部表面加工處理之完工研磨的非接觸

研磨並不限定於上述EEM。例如可應用浮動拋光(Float Polish)或觸媒基準蝕刻法(Catalyst Referred Etching)。為了獲得於構成光罩基底用基板主表面之凹凸中相對於基準面而構成凹部之比率多於凸部之表面形態，玻璃基板之主表面之最終完工研磨較佳為使用水或純水之非接觸研磨。

[比較例1]

<光罩基底用基板之製作>

於比較例1中，與實施例2相同，準備大小為152.4 mm×152.4 mm且厚度為6.35 mm之SiO₂-TiO₂系玻璃基板作為用於EUV曝光之光罩基底用基板10。

然後，於比較例1中，與實施例2不同，進行使用單面研磨裝置之超精密研磨作為局部表面加工處理之完工研磨，該單面研磨裝置係使用包含調整為pH：0.5～4之酸性之矽酸膠(平均粒徑50 nm、濃度5 wt%)之研磨漿料，然後，以清洗時間200秒進行使用濃度為0.1 wt%之氫氧化鈉(NaOH)之清洗。

於藉由比較例1獲得之用於EUV曝光之光罩基底用基板10之主表面中，使用原子力顯微鏡測定轉印圖案形成區域(132 mm×132 mm)之任意位置之1 μm×1 μm之區域，結果均方根粗糙度(Rms)為0.11 nm，最大高度(Rmax)為1.18 nm。又，用圖7及圖9(a)之圖表中之淡實線「比較例1」表示比較例1之光罩基底用基板10之主表面之承載曲線測定結果。

於該等圖式中，使用原子力顯微鏡測定比較例1之光罩基底用基板10之主表面中之1 μm×1 μm之區域，結果與承載區30%(BA₃₀)對應之承載深度BD₃₀為0.520 nm。又，與承載區70%(BA₇₀)對應之承載深度BD₇₀為0.652 nm。若將該值代入 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30})$ ，則 $(70 -$

$30)/(0.652 - 0.520) = 303(\%/nm)$ 。因此，比較例1之TaBN膜表面之表面粗糙度不滿足 $(BA_{70} - BA_{30})/(BD_{70} - BD_{30}) \geq 350(\%/nm)$ 。

此處，關於比較例1之光罩基底用基板10之主表面，對使用原子力顯微鏡測定轉印圖案形成區域(132 mm×132 mm)之任意位置之1 μm×1 μm之區域所得之承載深度與其頻度之關係進行作圖而成之度數分佈圖示於圖9(b)之圖表中。圖表之縱軸係頻度(%), 橫軸係承載深度(nm)。

於該圖(b)之度數分佈圖中，關於比較例1之光罩基底用基板10之主表面中之測定區域內之凹凸中的最高頻度(最高頻度) f_{max} 之值，頻度(Hist.)為0.809%，與其對應之承載深度(Depth)為0.58 nm。據此特定與 $1/2f_{max}(0.5f_{max})$ 對應之2個承載深度(BD_3 、 BD_4)，求出與半值寬FWHM之中心對應之承載深度(BD_m)。用圖中之一點鏈線表示與該半值寬FWHM之中心對應之承載深度(BD_m)。又，其與比較例1之最大高度(Rmax)之1/2(一半)對應。

用圖中之虛線表示承載深度($1/2R_{max} = 0.5R_{max}$)。若對該等一點鏈線與虛線進行比較，則與半值寬FWHM之中心對應之承載深度(BD_m)相較於與 $1/2R_{max}$ 對應之承載深度而位於圖中更右側。更具體而言，與半值寬FWHM之中心對應之承載深度為0.56 nm，與最大高度(Rmax)之1/2(一半)對應之承載深度為0.59 nm。因此，於比較例1之光罩基底用基板10之主表面中，與半值寬FWHM之中心對應之承載深度之絕對值大於與最大高度(Rmax)之1/2(一半)對應之承載深度。

使用檢查光源波長為193 nm之高感度缺陷檢查裝置(KLA-Tencor公司製「Teron600系列」)，按照能以等效體積球直徑SEVD(Sphere Equivalent Volume Diameter)檢測20 nm以下之缺陷之檢查感度條件，對

比較例1之光罩基底用基板10之主表面中之132 mm×132 mm之區域進行缺陷檢查。其結果，包括偽缺陷之缺陷檢測個數超過合計100,000個，無法檢查異物或損傷等致命缺陷之有無。

<附有多層反射膜之基板之製作>

於上述用於EUV曝光之光罩基底用基板10之主表面上，形成與實施例1相同之交替積層Si膜與Mo膜而成之膜厚為280 nm之多層反射膜21，並於其表面形成膜厚為2.5 nm之包含Ru之保護膜22。再者，多層反射膜21之離子束濺鍍條件與實施例1相同。

關於所獲得之附有多層反射膜之基板之保護膜表面，使用原子力顯微鏡測定轉印圖案形成區域(132 mm×132 mm)之任意位置之1 μm ×1 μm 之區域，結果其表面粗糙度之均方根粗糙度(Rms)為0.165 nm，最大高度(Rmax)為1.61 nm。

使用原子力顯微鏡測定比較例1之保護膜表面中之1 μm ×1 μm 之區域，結果與承載區30%(BA₃₀)對應之承載深度BD₃₀為0.703 nm。又，與承載區70%(BA₇₀)對應之承載深度BD₇₀為0.878 nm。若將該值代入 $(\text{BA}_{70} - \text{BA}_{30})/(\text{BD}_{70} - \text{BD}_{30})$ ，則 $(70 - 30)/(0.878 - 0.703) = 229(\%/nm)$ 。因此，比較例1之附有多層反射膜之基板之表面粗糙度不滿足 $(\text{BA}_{70} - \text{BA}_{30})/(\text{BD}_{70} - \text{BD}_{30}) \geq 230(\%/nm)$ 且最大高度(Rmax) ≤ 1.5 nm。

使用檢查光源波長為193 nm之高感度缺陷檢查裝置(KLA-Tencor公司製「Teron600系列」)，按照能以等效體積球直徑SEVD(Sphere Equivalent Volume Diameter)檢測20 nm以下之缺陷之檢查感度條件，對比較例1之附有多層反射膜之基板20之保護膜表面中之132 mm×132 mm之區域進行缺陷檢查。其結果，包括偽缺陷之缺陷檢測個數超過合計

100,000個，無法檢查異物或損傷等致命缺陷之有無。

又，使用檢查光源波長為13.5 nm之高感度缺陷檢查裝置，按照能以等效體積球直徑SEVD(Sphere Equivalent Volume Diameter)檢測20 nm以下之缺陷之檢查感度條件，對比較例1之保護膜表面中之132 mm×132 mm之區域進行缺陷檢查，結果亦相同，缺陷檢測個數之合計值超過100,000個，無法檢查致命缺陷之有無。以與上述實施例1相同之方式製作反射型光罩基底30及反射型光罩40。使用高感度缺陷檢查裝置(KLA-Tencor公司製「Teron600系列」)對所獲得之反射型光罩40進行缺陷檢查，結果確認數十個缺陷，藉由缺陷修正裝置進行缺陷修正，獲得反射型光罩。

[比較例2]

於比較例2中，實施例2與相同，準備大小為152.4 mm×152.4 mm且厚度為6.35 mm之SiO₂-TiO₂系玻璃基板作為用於EUV曝光之光罩基底用基板10。

然後，於比較例2中，與實施例2不同，進行使用單面研磨裝置之超精密研磨作為局部表面加工之完工研磨，該單面研磨裝置係使用包含調整為pH：10之鹼性之矽酸膠(平均粒徑50 nm、濃度5 wt%)之研磨漿料，然後，以清洗時間428秒進行使用濃度為0.2 wt%之氫氟酸(HF)之清洗。

於藉由比較例2獲得之用於EUV曝光之光罩基底用基板10之主表面中，使用原子力顯微鏡測定轉印圖案形成區域(132 mm×132 mm)之任意位置之1 μm×1 μm之區域，結果均方根粗糙度(Rms)為0.15 nm，最大高度(Rmax)為1.18 nm。又，用圖7之圖表中之淡短虛線「比較例2」表示比較例2之光罩基底用基板10之主表面之承載曲線測定結果。

於該圖中，使用原子力顯微鏡測定比較例2之光罩基底用基板10之主

表面中之 $1\ \mu\text{m}\times 1\ \mu\text{m}$ 之區域，結果與承載區30%(BA₃₀)對應之承載深度BD₃₀為0.755 nm。又，與承載區70%(BA₇₀)對應之承載深度BD₇₀為0.900 nm。若將該值代入 $(\text{BA}_{70}-\text{BA}_{30})/(\text{BD}_{70}-\text{BD}_{30})$ ，則 $(70-30)/(0.901-0.756)=276(\%/nm)$ 。因此，比較例1之TaBN膜表面之表面粗糙度不滿足 $(\text{BA}_{70}-\text{BA}_{30})/(\text{BD}_{70}-\text{BD}_{30})\geq 350(\%/nm)$ 。

又，雖未圖示，於與比較例1相同地將承載深度與其頻度之關係作圖而成之度數分佈圖中，對於本比較例2之光罩基底用基板之主表面，求出與半值寬FWHM之中心對應之承載深度以及與最大高度(R_{max})之1/2(一半)對應之承載深度，結果與半值寬FWHM之中心對應之承載深度為0.74 nm，與最大高度(R_{max})之1/2(一半)對應之承載深度為0.59 nm。因此，於本比較例2之光罩基底用基板10之主表面中，與半值寬FWHM之中心對應之承載深度之絕對值大於與最大高度(R_{max})之1/2(一半)對應之承載深度。

使用檢查光源波長為193 nm之高感度缺陷檢查裝置(KLA-Tencor公司製「Teron600系列」)，按照能以等效體積球直徑SEVD(Sphere Equivalent Volume Diameter)檢測20 nm以下之缺陷之檢查感度條件，對比較例2之光罩基底用基板10之主表面中之132 mm×132 mm之區域進行缺陷檢查。其結果，包括偽缺陷之缺陷檢測個數超過合計100,000個，無法檢查異物或損傷等致命缺陷之有無。

<附有多層反射膜之基板之製作>

於上述用於EUV曝光之光罩基底用基板10之主表面形成與實施例1相同之交替積層Si膜與Mo膜而成之膜厚為280 nm之多層反射膜21，並於其表面形成膜厚為2.5 nm之包含Ru之保護膜22。再者，多層反射膜21之離

子束濺鍍條件與實施例1相同。

關於所獲得之附有多層反射膜之基板之保護膜表面，使用原子力顯微鏡測定轉印圖案形成區域(132 mm×132 mm)之任意位置之1 μm×1 μm之區域，結果其表面粗糙度之均方根粗糙度(Rms)為0.173 nm，最大高度(Rmax)為1.56 nm。

使用原子力顯微鏡測定比較例2之保護膜表面中之1 μm×1 μm之區域，結果與承載區30%(BA₃₀)對應之承載深度BD₃₀為0.725 nm。又，與承載區70%(BA₇₀)對應之承載深度BD₇₀為0.903 nm。若將該值代入(BA₇₀－BA₃₀)/(BD₇₀－BD₃₀)，則(70－30)/(0.903－0.725)=225(%/nm)。因此，比較例1之附有多層反射膜之基板之表面粗糙度不滿足(BA₇₀－BA₃₀)/(BD₇₀－BD₃₀)≥230(%/nm)且最大高度(Rmax)≤1.5 nm。

使用檢查光源波長為193 nm之高感度缺陷檢查裝置(KLA-Tencor公司製「Teron600系列」)，按照能以等效體積球直徑SEVD(Sphere Equivalent Volume Diameter)檢測20 nm以下之缺陷之檢查感度條件，對比較例2之附有多層反射膜之基板20之保護膜表面中之132 mm×132 mm之區域進行缺陷檢查。其結果，包括偽缺陷之缺陷檢測個數超過合計100,000個，無法檢查異物或損傷等致命缺陷之有無。

又，使用檢查光源波長為13.5 nm之高感度缺陷檢查裝置，按照能以等效體積球直徑SEVD(Sphere Equivalent Volume Diameter)檢測20 nm以下之缺陷之檢查感度條件，對比較例2之保護膜表面中之132 mm×132 mm之區域進行缺陷檢查，結果亦相同，缺陷檢測個數之合計值超過100,000個，無法檢查致命缺陷之有無。以與上述比較例1相同之方式製作反射型光罩基底30及反射型光罩40。關於所獲得之反射型光罩40，使用高感度

缺陷檢查裝置(KLA-Tencor公司製「Teron600系列」)進行缺陷檢查，結果確認數十個缺陷，藉由缺陷修正裝置進行缺陷修正，獲得反射型光罩。

[實施例4]

繼而，對與本發明之用於ArF準分子雷射曝光之光罩基底用基板、透過型光罩基底、透過型光罩相關之實施例4進行說明。

<光罩基底用基板>

於實施例4中，使用與實施例1~3為相同尺寸之合成石英玻璃基板。除此以外，經過與上述實施例2之<光罩基底用基板之製作>相同之步驟，製作用於ArF準分子雷射曝光之光罩基底用基板10。

於藉由本實施例4獲得之用於ArF準分子雷射曝光之光罩基底用基板10之主表面中，使用原子力顯微鏡測定轉印圖案形成區域(132 mm×132 mm)之任意位置之1 μm×1 μm之區域，結果均方根粗糙度(Rms)為0.11 nm，最大高度(Rmax)為0.98 nm。又，用圖7之圖表中之細虛線「實施例4」表示所獲得之用於ArF準分子雷射曝光之光罩基底用基板10之主表面之承載曲線測定結果。

於該圖中，使用原子力顯微鏡測定本實施例4之用於ArF準分子雷射曝光之光罩基底用基板10之主表面中之1 μm×1 μm之區域，結果與承載區30%(BA₃₀)對應之承載深度BD₃₀為0.389 nm。又，與承載區70%(BA₇₀)對應之承載深度BD₇₀為0.500 nm。若將該值代入 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30})$ ，則 $(70 - 30) / (0.500 - 0.389) = 360(\%/nm)$ 。因此，本實施例4之光罩基底用基板10之主表面滿足 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30}) \geq 350(\%/nm)$ 且最大高度(Rmax)≤1.2 nm。

又，雖未圖示，於與實施例1相同地將承載深度與其頻度之關係作圖

而成之度數分佈圖中，對於本實施例之光罩基底用基板之主表面，求出與半值寬FWHM之中心對應之承載深度以及與最大高度(Rmax)之1/2(一半)對應之承載深度，結果與半值寬FWHM之中心對應之承載深度為0.44 nm，與最大高度(Rmax)之1/2(一半)對應之承載深度為0.49 nm。因此，本實施例4之光罩基底用基板之主表面滿足與半值寬FWHM之中心對應之承載深度之絕對值小於與最大高度(Rmax)之1/2(一半)對應之承載深度之條件。

使用檢查光源波長為193 nm之高感度缺陷檢查裝置(KLA-Tencor公司製「Teron600系列」)，按照能以等效體積球直徑SEVD(Sphere Equivalent Volume Diameter)檢測20 nm以下之缺陷之檢查感度條件，對本實施例4之用於ArF準分子雷射曝光之光罩基底用基板10之主表面中之132 mm×132 mm之區域進行缺陷檢查。其結果，包括偽缺陷之缺陷檢測個數為合計31,056個，相較於先前之缺陷檢測個數超過100,000個，偽缺陷得以大幅抑制。依據合計31,056個左右之缺陷檢測個數，則可容易地檢查異物或損傷等致命缺陷之有無。

<透過型光罩基底之製作>

將上述用於ArF準分子雷射曝光之光罩基底用基板10導入至DC磁控濺鍍裝置，於其主表面形成TaO層。向DC磁控濺鍍裝置內導入Xe + N₂之混合氣體，實施使用Ta靶之濺鍍法。藉此，於該光罩基底用基板10之主表面形成膜厚為44.9 nm之TaN層。

繼而，將DC磁控濺鍍裝置內之氣體替換為Ar + O₂之混合氣體，再次實施使用Ta靶之濺鍍法。藉此於TaN層之表面形成膜厚為13 nm之TaO層，獲得於光罩基底用基板10上形成有包括2層之遮光性膜51之透過型光

罩基底(二元型光罩基底)。

再者，藉由X射線繞射裝置(XRD)測定遮光性膜51之結晶結構，結果其為非晶結構。

使用檢查光源波長為193 nm之高感度缺陷檢查裝置(KLA-Tencor公司製「Teron600系列」)，對本實施例4之光罩基底用基板10上之遮光性膜51中之132 mm×132 mm之區域進行缺陷檢查。其結果，包括偽缺陷之缺陷檢測個數為合計32,021個，相較於先前之缺陷檢測個數超過100,000個，偽缺陷得以大幅抑制。依據合計32,021個左右之缺陷檢測個數，則可容易地檢查異物或損傷等致命缺陷之有無。

<透過型光罩之製作>

藉由旋轉塗佈法於上述遮光性膜51之表面塗佈抗蝕劑，經過加熱及冷卻步驟，形成膜厚為150 nm之抗蝕劑膜25。繼而，經過所需之圖案之描繪及顯影步驟，形成抗蝕劑圖案。於將該抗蝕劑圖案作為遮罩進行使用氟系(CHF_3)氣體之乾式蝕刻將TaO層圖案化之後，繼而藉由氯系(Cl_2)氣體之乾式蝕刻進行Ta₂N層之圖案化，於光罩基底用基板10上形成遮光性膜圖案61。然後，除去抗蝕劑膜25，進行與上述相同之化學清洗，製作透過型光罩60。使用高感度缺陷檢查裝置(KLA-Tencor公司製「Teron600系列」)對所獲得之透過型光罩60進行缺陷檢查，結果未確認缺陷。

[實施例5]

與實施例1相同，準備大小為152.4 mm×152.4 mm且厚度為6.35 mm之SiO₂-TiO₂系玻璃基板作為用於EUV曝光之光罩基底用基板10，與實施例1相同，對玻璃基板之表背面實施使用雙面研磨裝置之研磨至使用磁氣黏彈性流體研磨加工法之局部表面加工處理為止之步驟。

然後，於以表面粗糙度改善為目的而進行使用矽酸膠研磨粒之雙面接觸研磨作為局部表面加工處理之完工研磨之後，進行使用觸媒基準蝕刻法(Catalyst Referred Etching，CARE)之表面加工。該CARE係按照以下加工條件進行。

加工液：純水

觸媒：鉑

基板轉速：10.3轉/分鐘

觸媒壓盤轉速：10轉/分鐘

加工時間：50分鐘

加工压：250 hPa

然後，於對玻璃基板之端面進行擦洗之後，將該基板浸漬於加入有王水(溫度為約65℃)之清洗槽中約10分鐘，然後進行使用純水之沖洗及乾燥。再者，進行複數次使用王水之清洗直至玻璃基板之表背面無作為觸媒之鉑之殘留物為止。

於藉由本實施例5獲得之用於EUV曝光之光罩基底用基板10之主表面中，使用原子力顯微鏡測定轉印圖案形成區域(132 mm×132 mm)之任意位置之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。

又，將本實施例5之光罩基底用基板10之主表面之承載曲線測定結果示於圖10(a)中。

於該圖式中，使用原子力顯微鏡測定本實施例5之用於EUV曝光之光罩基底用基板10之主表面中之1 μm ×1 μm 之區域，結果與承載區30%(BA₃₀)對應之承載深度BD₃₀為0.135 nm。又，與承載區70%(BA₇₀)對

應之承載深度 BD_{70} 為0.177 nm。若將該值代入 $(BA_{70} - BA_{30})/(BD_{70} - BD_{30})$ ，則 $(70 - 30)/(0.177 - 0.135) = 952(\%/nm)$ 。因此，本實施例5之光罩基底用基板10之主表面滿足 $(BA_{70} - BA_{30})/(BD_{70} - BD_{30}) \geq 230(\%/nm)$ 且最大高度 $(R_{max}) \leq 1.5$ nm。

又，於圖10(b)之度數分佈圖中，對於本實施例5之光罩基底用基板之主表面，求出與半值寬FWHM之中心對應之承載深度以及與最大高度 (R_{max}) 之1/2(一半)對應之承載深度，結果與半值寬FWHM之中心對應之承載深度為0.157 nm，與最大高度 (R_{max}) 之1/2(一半)對應之承載深度為0.20 nm。因此，本實施例5之光罩基底用基板之主表面滿足與半值寬FWHM之中心對應之承載深度之絕對值小於與最大高度 (R_{max}) 之1/2(一半)對應之承載深度之條件。

使用檢查光源波長為193 nm之高感度缺陷檢查裝置(KLA-Tencor公司製「Teron600系列」)，按照能以等效體積球直徑SEVD(Sphere Equivalent Volume Diameter)檢測20 nm以下之缺陷之檢查感度條件，對本實施例5之用於EUV曝光之光罩基底用基板10之主表面中之132 mm×132 mm之區域進行缺陷檢查。其結果，包括偽缺陷之缺陷檢測個數為合計370個，相較於先前之缺陷檢測個數超過100,000個，偽缺陷得以大幅抑制。依據合計370個左右之缺陷檢測個數，則可容易地檢查異物或損傷等致命缺陷之有無。

<附有多層反射膜之基板之製作>

於上述用於EUV曝光之光罩基底用基板10之主表面上形成與實施例1相同之交替積層Si膜與Mo膜而成之膜厚為280 nm之多層反射膜21，並於其表面形成膜厚為2.5 nm之包含Ru之保護膜22。再者，多層反射膜21之

離子束濺鍍條件與實施例1相同。

關於所獲得之附有多層反射膜之基板之保護膜表面，使用原子力顯微鏡測定轉印圖案形成區域(132 mm×132 mm)之任意位置之1 μm×1 μm之區域，結果其表面粗糙度之均方根粗糙度(Rms)為0.135 nm，最大粗糙度(Rmax)為1.27 nm。

使用原子力顯微鏡測定本實施例5之保護膜表面中之1 μm×1 μm之區域，結果與承載區30%(BA₃₀)對應之承載深度BD₃₀為0.575 nm。又，與承載區70%(BA₇₀)對應之承載深度BD₇₀為0.733 nm。若將該值代入 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30})$ ，則 $(70 - 30) / (0.733 - 0.575) = 253(\%/nm)$ 。因此，本實施例5之附有多層反射膜之基板之表面粗糙度滿足 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30}) \geq 230(\%/nm)$ 且最大高度(Rmax)≤1.5 nm。

使用檢查光源波長為193 nm之高感度缺陷檢查裝置(KLA-Tencor公司製「Teron600系列」)，按照能以等效體積球直徑SEVD(Sphere Equivalent Volume Diameter)檢測20 nm以下之缺陷之檢查感度條件，對本實施例5之附有多層反射膜之基板20之保護膜表面中之132 mm×132 mm之區域進行缺陷檢查。其結果，包括偽缺陷之缺陷檢測個數為合計13,512個，相較於先前之缺陷檢測個數超過100,000個，偽缺陷得以大幅抑制。

又，使用檢查光源波長為266 nm之高感度缺陷檢查裝置(Lasertec公司製「MAGICS M7360」)以及檢查光源波長為13.5 nm之高感度缺陷檢查裝置，對本實施例5之保護膜表面中之132 mm×132 mm之區域進行缺陷檢查，結果缺陷檢測個數之合計值均低於100,000個，可檢查致命缺陷。再者，使用檢查光源波長為266 nm之高感度缺陷檢查裝置(Lasertec公司

製「MAGICS M7360」)係按照最高檢查感度條件進行缺陷檢查，使用檢查光源波長為13.5 nm之高感度缺陷檢查裝置係按照能以等效體積球直徑SEVD(Sphere Equivalent Volume Diameter)檢測20 nm以下之缺陷之檢查感度條件進行缺陷檢查。

以與上述實施例1相同之方式製作反射型光罩基底30及反射型光罩40。使用高感度缺陷檢查裝置(KLA-Tencor公司製「Teron600系列」)對所獲得之反射型光罩40進行缺陷檢查，結果未確認缺陷。

[實施例6]

<附有多層反射膜之基板之製作>

於上述實施例5中，除了將多層反射膜21之成膜條件設為以相對於基板主表面之法線而Si膜之濺鍍粒子之入射角度為30度且Mo膜之濺鍍粒子之入射角度為30度之方式藉由離子束濺鍍法成膜之外，與實施例5相同地製作附有多層反射膜之基板。

關於所獲得之附有多層反射膜之基板之保護膜表面，使用原子力顯微鏡測定轉印圖案形成區域(132 mm×132 mm)之任意位置之1 μm×1 μm之區域，結果其表面粗糙度之均方根粗糙度(Rms)為0.116 nm，最大粗糙度(Rmax)為1.15 nm。

使用原子力顯微鏡測定本實施例6之保護膜表面中之1 μm×1 μm之區域，結果與承載區30%(BA₃₀)對應之承載深度BD₃₀為0.622 nm。又，與承載區70%(BA₇₀)對應之承載深度BD₇₀為0.753 nm。若將該值代入 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30})$ ，則 $(70 - 30) / (0.753 - 0.622) = 305(\%/nm)$ 。因此，本實施例4之附有多層反射膜之基板之表面粗糙度滿足 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30}) \geq 230(\%/nm)$ 且最大高度(Rmax)≤1.5 nm。

使用檢查光源波長為193 nm之高感度缺陷檢查裝置(KLA-Tencor公司製「Teron600系列」)，按照能以等效體積球直徑SEVD(Sphere Equivalent Volume Diameter)檢測20 nm以下之缺陷之檢查感度條件，對本實施例6之附有多層反射膜之基板20之保護膜表面中之132 mm×132 mm之區域進行缺陷檢查。其結果，包括偽缺陷之缺陷檢測個數為合計4,768個，相較於先前之缺陷檢測個數超過100,000個，偽缺陷得以大幅抑制。

又，使用檢查光源波長為266 nm之高感度缺陷檢查裝置(Lasertec公司製「MAGICS M7360」)以及檢查光源波長為13.5 nm之高感度缺陷檢查裝置，對本實施例6之保護膜表面中之132 mm×132 mm之區域進行缺陷檢查，結果缺陷檢測個數之合計值均低於100,000個，可檢查致命缺陷。再者，使用檢查光源波長為266 nm之高感度缺陷檢查裝置(Lasertec公司製「MAGICS M7360」)係按照最高檢查感度條件進行缺陷檢查，使用檢查光源波長為13.5 nm之高感度缺陷檢查裝置係按照能以等效體積球直徑SEVD(Sphere Equivalent Volume Diameter)檢測20 nm以下之缺陷之檢查感度條件進行缺陷檢查。

以與上述實施例1相同之方式製作反射型光罩基底30及反射型光罩40。使用高感度缺陷檢查裝置(KLA-Tencor公司製「Teron600系列」)對所獲得之反射型光罩40進行缺陷檢查，結果未確認缺陷。

[實施例7]

相對於上述比較例1中之用於EUV曝光之光罩基底用基板，藉由上述實施例6之成膜條件(相對於基板主表面之法線而Si膜之濺鍍粒子之入射角度為30度且Mo膜之濺鍍粒子之入射角度為30度)形成多層反射膜21及保護

膜22，製作附有多層反射膜之基板。

關於所獲得之附有多層反射膜之基板之保護膜表面，使用原子力顯微鏡測定轉印圖案形成區域(132 mm×132 mm)之任意位置之1 μm×1 μm之區域，結果其表面粗糙度之均方根粗糙度(Rms)為0.122 nm，最大粗糙度(Rmax)為1.32 nm。

使用原子力顯微鏡測定本實施例7之保護膜表面中之1 μm×1 μm之區域，結果與承載區30%(BA₃₀)對應之承載深度BD₃₀為0.820 nm。又，與承載區70%(BA₇₀)對應之承載深度BD₇₀為0.967 nm。若將該值代入 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30})$ ，則 $(70 - 30) / (0.967 - 0.820) = 272(\%/nm)$ 。因此，本實施例7之附有多層反射膜之基板之表面粗糙度滿足 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30}) \geq 230(\%/nm)$ 且最大高度(Rmax)≤1.5 nm。

使用檢查光源波長為193 nm之高感度缺陷檢查裝置(KLA-Tencor公司製「Teron600系列」)，按照能以等效體積球直徑SEVD(Sphere Equivalent Volume Diameter)檢測20 nm以下之缺陷之檢查感度條件，對本實施例7之附有多層反射膜之基板20之保護膜表面中之132 mm×132 mm之區域進行缺陷檢查。其結果，包括偽缺陷之缺陷檢測個數為合計10,218個，相較於先前之缺陷檢測個數超過100,000個，偽缺陷得以大幅抑制。又，測定相對於EUV光之反射率，結果獲得達65%之良好結果。

又，使用檢查光源波長為266 nm之高感度缺陷檢查裝置(Lasertec公司製「MAGICS M7360」)以及檢查光源波長為13.5 nm之高感度缺陷檢查裝置，對本實施例7之多層反射膜表面中之132 mm×132 mm之區域進行缺陷檢查，結果缺陷檢測個數之合計值均低於100,000個，可檢查致命缺陷。再者，使用檢查光源波長為266 nm之高感度缺陷檢查裝置(Lasertec

公司製「MAGICS M7360」)係按照最高檢查感度條件進行缺陷檢查，使用檢查光源波長為13.5 nm之高感度缺陷檢查裝置係按照能以等效體積球直徑SEVD(Sphere Equivalent Volume Diameter)檢測20 nm以下之缺陷之檢查感度條件進行缺陷檢查。

進而，以與上述實施例1相同之方式製作反射型光罩基底30及反射型光罩40。使用高感度缺陷檢查裝置(KLA-Tencor公司製「Teron600系列」)對所獲得之反射型光罩40進行缺陷檢查，結果未確認缺陷。

<半導體裝置之製造方法>

繼而，使用上述實施例1～7、比較例1～2之反射型光罩、透過型光罩，並使用曝光裝置，對為半導體基板之被轉印體上之抗蝕劑膜進行圖案轉印，然後將配線層圖案化，製作半導體裝置。其結果，於使用實施例1～7之反射型光罩及透過型光罩之情形時，無圖案缺陷，可製作半導體裝置，但是於使用比較例1～2之反射型光罩之情形時，產生圖案缺陷，半導體裝置之不良產生。其原因在於：於光罩基底用基板、附有多層反射膜之基板、反射型光罩基底及反射型光罩之缺陷檢查中，致命缺陷埋沒於偽缺陷中而未能檢測，由此未進行適當之描繪修正、光罩修正，因此於反射型光罩中存在致命缺陷。

再者，於上述附有多層反射膜之基板20、反射型光罩基底30之製作中，係於在光罩基底用基板10之形成轉印圖案之側之主表面上形成多層反射膜21及保護膜22之後，再於與上述主表面為相反側之背面形成背面導電膜23，但並不限定於此。亦可於在光罩基底用基板10之與形成轉印圖案之側之主表面為相反側之主表面上形成背面導電膜23之後，再於形成轉印圖案之側之主表面上形成多層反射膜21或進而形成保護膜22而製作附

有多層反射膜之基板20，進而於保護膜22上形成吸收體膜24而製作反射型光罩基底30。

又，於上述實施例中，於度數分佈圖中，係根據作圖點中之最高頻度 $f_{\max}$ 之值求出與半值寬之中心對應之承載深度 BD_M 、 BD_m ，但並不限定於此。亦可基於根據由度數分佈圖作圖之點求出之近似曲線求出最高頻度 $f_{\max}$ ，從而求出與半值寬之中心對應之承載深度。

【符號說明】

1	端面
1a	側面部
1b	倒角斜面部
1c	側面部
1d	端面部分
1e	倒角斜面部
1f	端面部分
2	對向主表面
10	光罩基底用基板
10a	角部
20	附有多層反射膜之基板
21	多層反射膜
22	保護膜
23	背面導電膜
24	吸收體膜
27	吸收體圖案

30	反射型光罩基底
40	反射型光罩
50	透過型光罩基底
51	遮光性膜
60	透過型光罩
61	遮光性膜圖案

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種透過型光罩基底，其特徵在於其於光罩基底用基板之主表面上具有成為轉印圖案之遮光性膜，並且

於使用原子力顯微鏡對上述遮光性膜之表面中之 $1\ \mu\text{m} \times 1\ \mu\text{m}$ 之區域進行測定而得之承載區(%)與承載深度(nm)之關係中，當將承載區30%定義為 BA_{30} ，將承載區70%定義為 BA_{70} ，將與承載區30%及70%對應之承載深度分別定義為 BD_{30} 及 BD_{70} 時，

上述遮光性膜之表面滿足 $(BA_{70} - BA_{30}) / (BD_{70} - BD_{30}) \geq 350(\%/nm)$ 之關係式，且最大高度(Rmax) $\leq 1.2\ \text{nm}$ 。

【第2項】

如請求項1之透過型光罩基底，其中於上述光罩基底用基板之主表面中，於將使用上述原子力顯微鏡測定而得之承載深度與所獲得之承載深度之頻度(%)之關係作圖而成之度數分佈圖中，基於根據上述作圖而得之點求出之近似曲線或者上述作圖而得之點中之最高頻度求出的與半值寬之中心對應之承載深度之絕對值小於與上述基板之主表面之表面粗糙度中之最大高度(Rmax)之1/2對應的承載深度之絕對值。

【第3項】

如請求項1之透過型光罩基底，其中上述透過型光罩基底係於上述光罩基底用基板上形成有遮斷曝光光之遮光膜之二元型光罩基底。

【第4項】

如請求項1之透過型光罩基底，其中上述透過型光罩基底係於上述光罩基底用基板上形成有使曝光光之相位差變化之相位偏移膜之相位偏移型光罩基底。

【第5項】

如請求項4之透過型光罩基底，其中上述相位偏移型光罩基底係於上述相位偏移膜上形成有遮斷曝光光之遮光膜。

【第6項】

如請求項1之透過型光罩基底，其係於上述遮光性膜上，形成有抗蝕劑膜之附有抗蝕劑膜之透過型光罩基底，該抗蝕劑膜作為用於將該遮光性膜圖案化之遮罩。

【第7項】

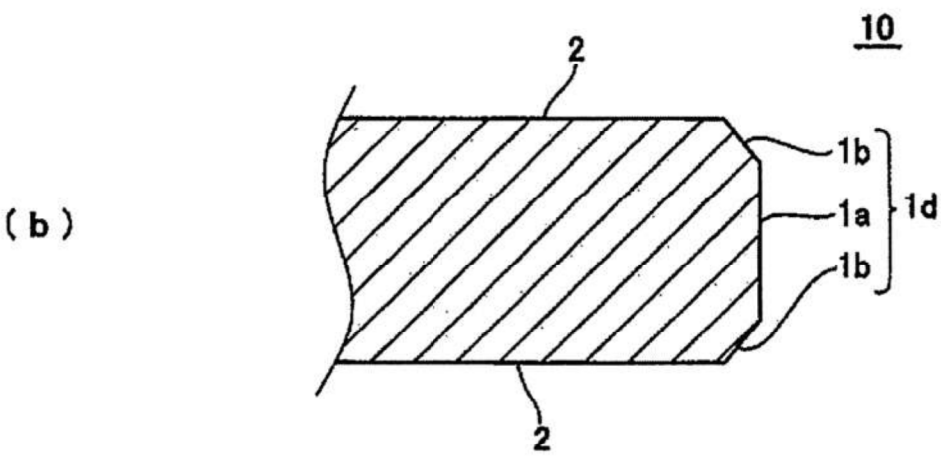
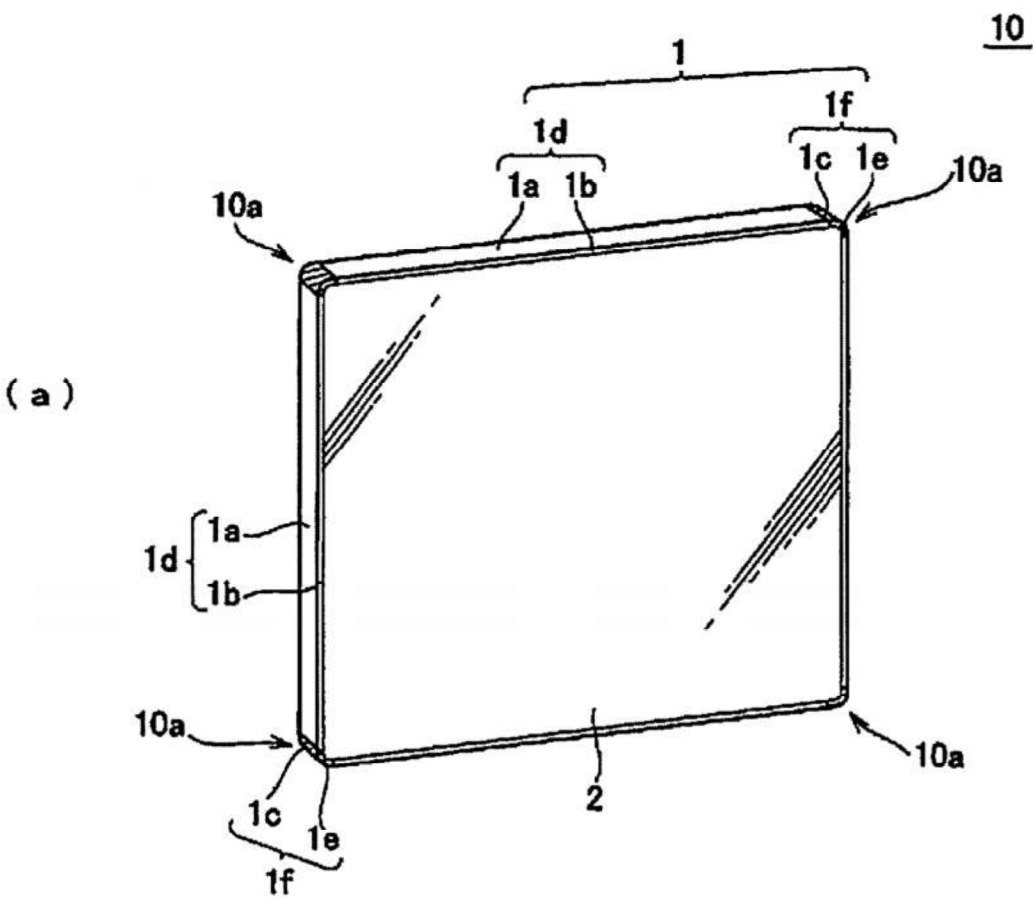
一種透過型光罩，其係將如請求項1之透過型光罩基底中之上述遮光性膜圖案化而於上述主表面上具有遮光性膜圖案。

【第8項】

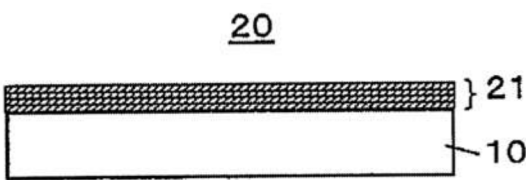
一種半導體裝置之製造方法，其具有如下步驟：

使用如請求項7之透過型光罩，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。

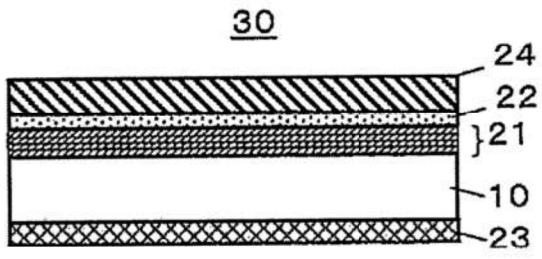
【發明圖式】



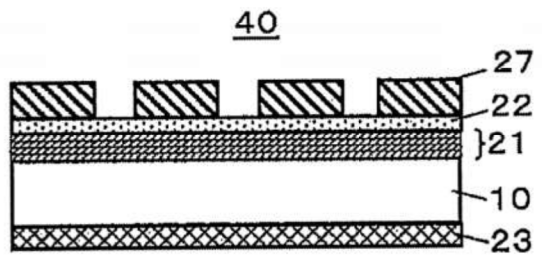
【圖1】



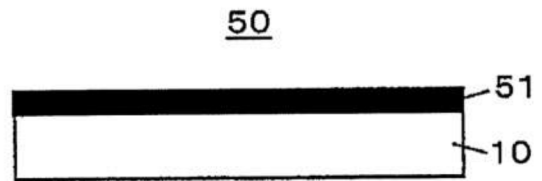
【圖2】



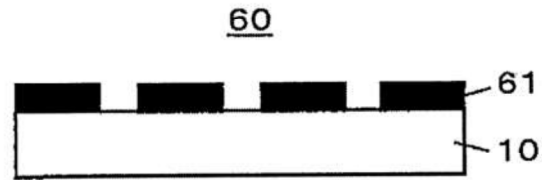
【圖3】



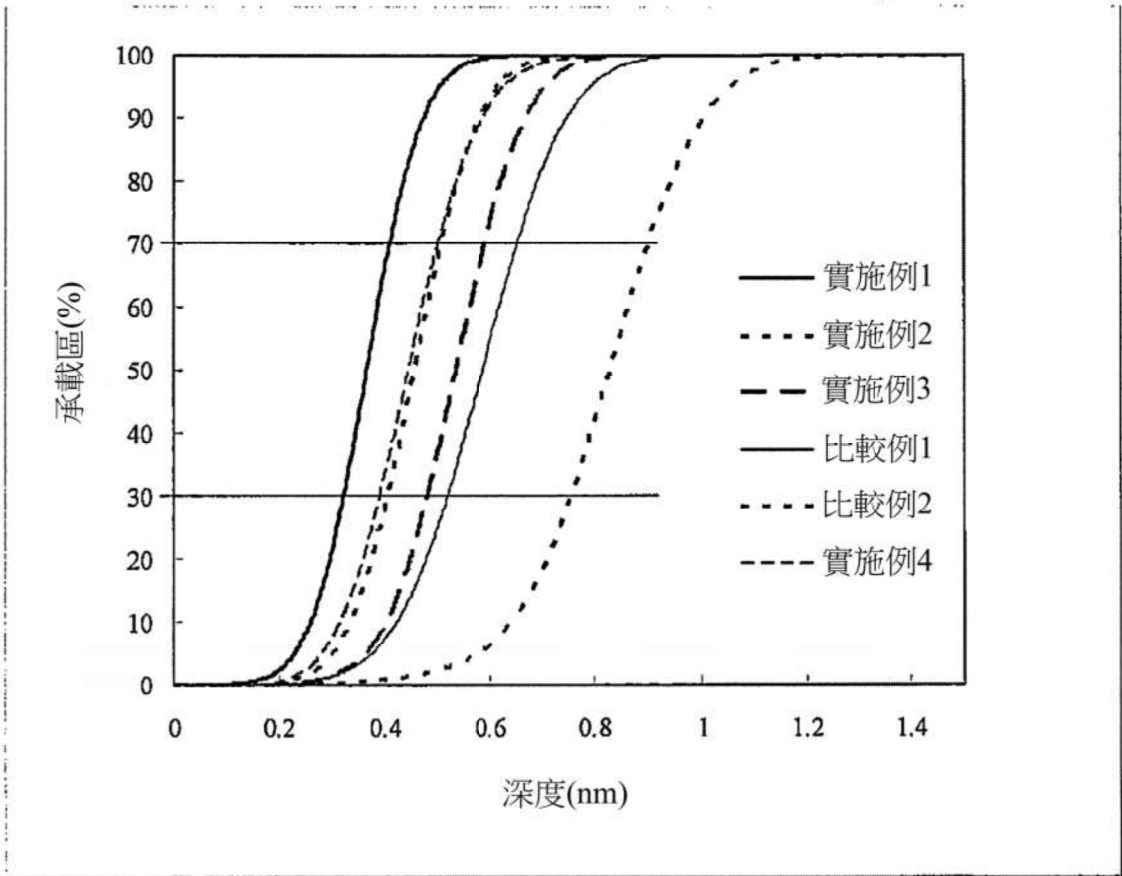
【圖4】



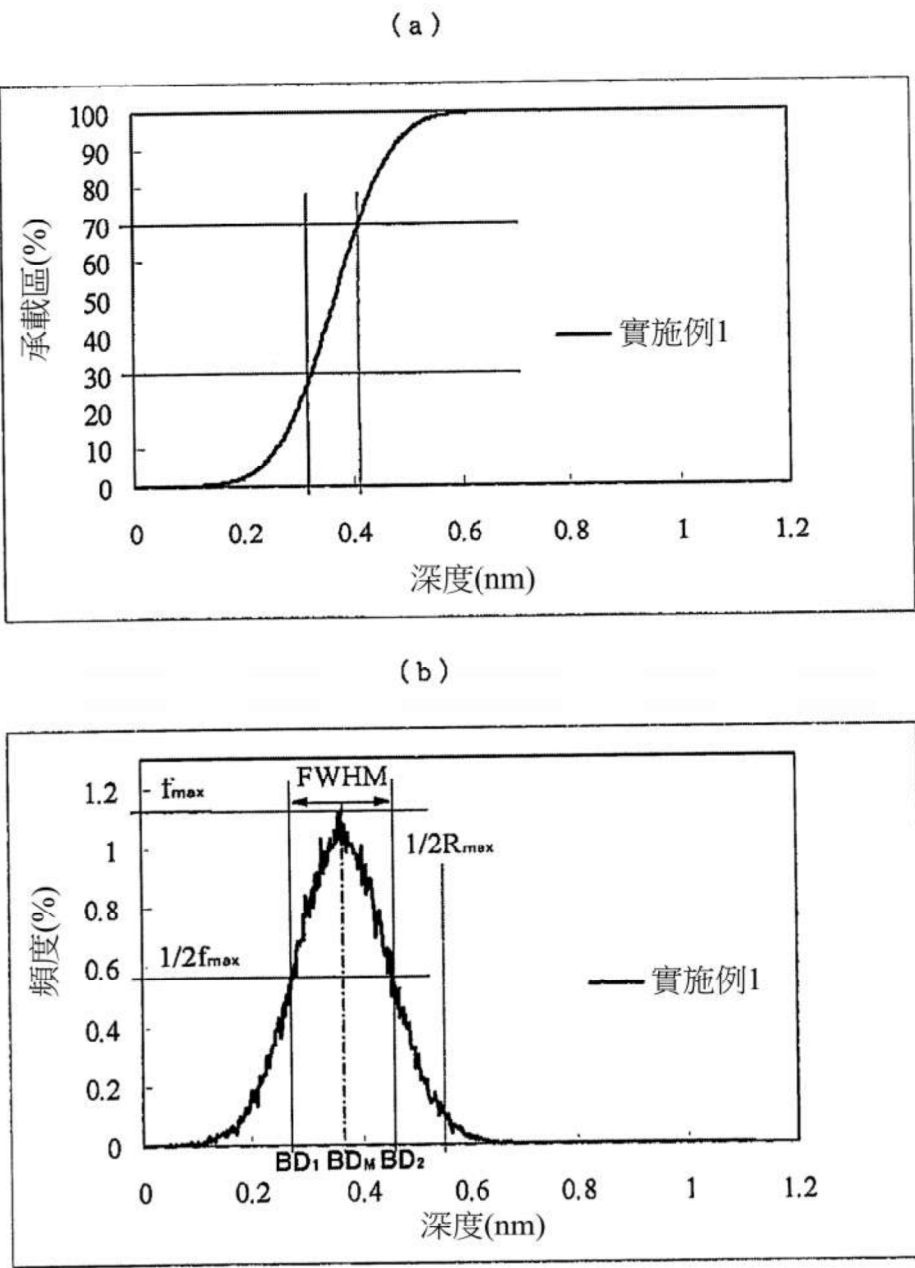
【圖5】



【圖6】

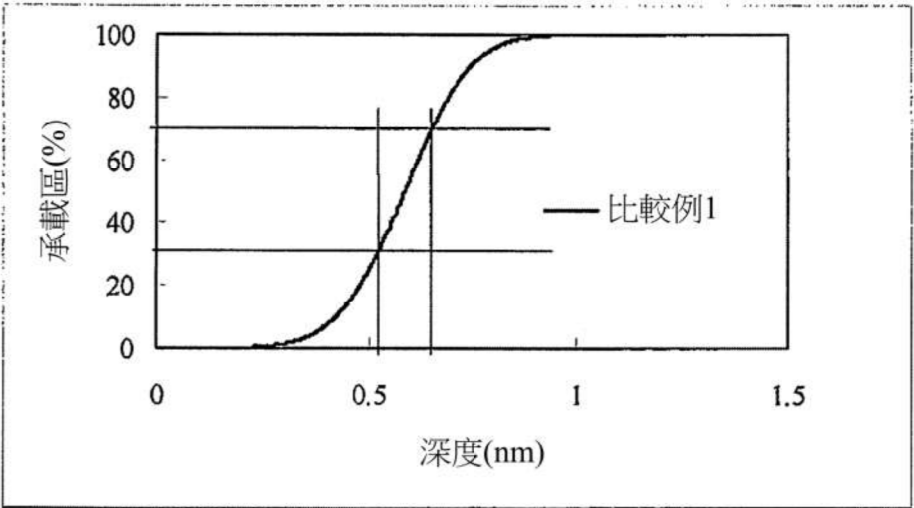


【圖7】

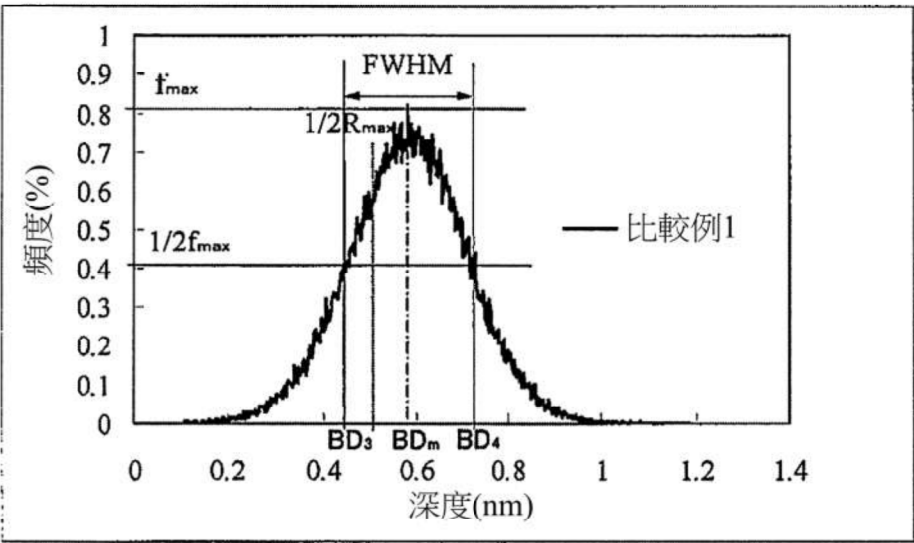


【圖8】

(a)

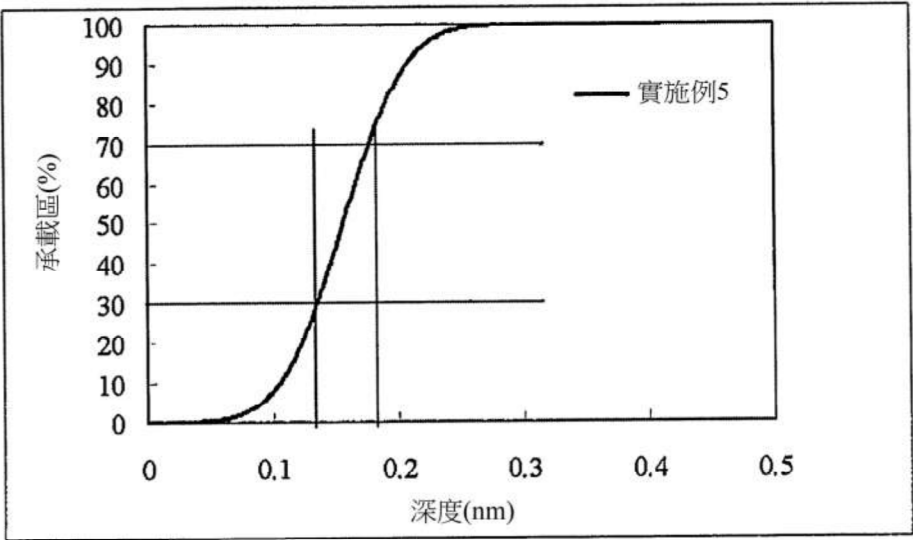


(b)

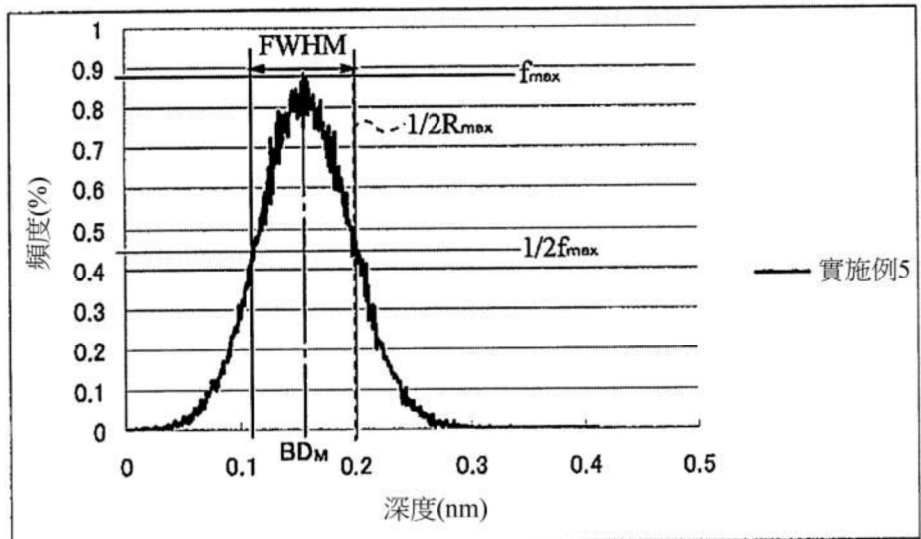


【圖9】

(a)



(b)



【圖10】