



(21)申請案號：099104691 (22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 02 月 12 日

(51)Int. Cl. : **G03F1/38 (2012.01)** **G03F7/20 (2006.01)**

(30)優先權：2009/02/16 日本 2009-033216  
2009/09/09 日本 2009-207682

(71)申請人：大日本印刷股份有限公司 (日本) DAI NIPPON PRINTING CO., LTD. (JP)  
日本

(72)發明人：長井隆治 NAGAI, TAKAHARU (JP)；高見澤秀吉 TAKAMIZAWA, HIDEYOSHI (JP)；毛利弘 MOHRI, HIROSHI (JP)；森川泰考 MORIKAWA, YASUTAKA (JP)；早野勝也 HAYANO, KATSUYA (JP)

(74)代理人：賴經臣；宿希成

(56)參考文獻：

TW	390977	JP	2001-27798A
US	2005/0058912A1		

審查人員：劉宇軒

申請專利範圍項數：23 項 圖式數：34 共 0 頁

## (54)名稱

光罩及其製造方法暨光罩之修正方法及經修正之光罩

PHOTOMASK AND PRODUCING METHOD OF PHOTOMASK, AND CORRECTING METHOD OF PHOTOMASK AND CORRECTED PHOTOMASK

## (57)摘要

本發明係提供以 ArF 準分子雷射作為曝光光源，且被使用於以變形照明所進行之投影曝光，一邊保持作為輔助圖案之放大焦點深度效果，一邊未將輔助圖案解像，具有可形成主圖案之對比度高之轉印影像的輔助圖案的半色調光罩及其製造方法。

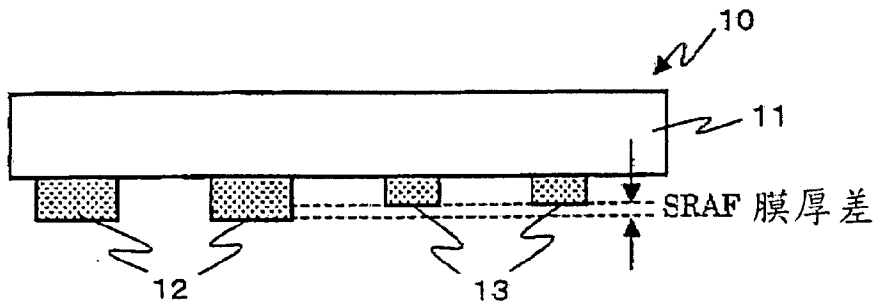
本發明之特徵為，光罩係設置經由投影曝光而轉印至轉印對象面的主要圖案、以及在主要圖案附近形成且未被轉印之輔助圖案者，其中，主要圖案與輔助圖案以相同材料形成的半透明膜所構成，穿透主要圖案的光與穿透透明基板之透明區域的光係產生 180 度的相位差，且穿透輔助圖案的光與穿透透明基板之透明區域的光係產生 70 度~115 度範圍之既定的相位差。

The present invention provides a halftone mask comprising an assist pattern and a producing method of the halftone mask. The halftone mask uses ArF excimer laser as an exposing source, is used for a projection exposure by an off axis illumination, does not resolve an assist pattern while keeping the focal depth magnification effect of the assist pattern, and can form a transferred image having high contrast in a main pattern.

The present invention provides a photomask comprising a main pattern which is transferred to the transfer-target surface by a projection exposure and an assist pattern which is formed nearby the main pattern and not transferred, wherein each of the main pattern and the assist pattern is constituted from a semitransparent film of the same material, a retardation of 180° is generated between the light transmitting

the main pattern and the light transmitting the transparent region of the transparent substrate, and a retardation within the scope of  $70^\circ$  to  $115^\circ$  is generated between the light transmitting the assist pattern and the light transmitting the transparent region of the transparent substrate.

圖 1



10 . . . 半色調光罩

11 . . . 透明基板

12 . . . 主要圖案

13 . . . 輔助圖案

(SRAF)

## 發明專利說明書

公告本

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：099104691

603F 1/01

(2006.01)

※申請日：99/02/12

※IPC 分類：

603F 7/20

(2006.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

光罩及其製造方法暨光罩之修正方法及經修正之光罩  
 PHOTOMASK AND PRODUCING METHOD OF PHOTOMASK, AND  
 CORRECTING METHOD OF PHOTOMASK AND CORRECTED  
 PHOTOMASK

## 二、中文發明摘要：

本發明係提供以 ArF 準分子雷射作為曝光光源，且被使用於以變形照明所進行之投影曝光，一邊保持作為輔助圖案之放大焦點深度效果，一邊未將輔助圖案解像，具有可形成主圖案之對比度高之轉印影像的輔助圖案的半色調光罩及其製造方法。

本發明之特徵為，光罩係設置經由投影曝光而轉印至轉印對象面的主要圖案、以及在主要圖案附近形成且未被轉印之輔助圖案者，其中，主要圖案與輔助圖案以相同材料形成的半透明膜所構成，穿透主要圖案的光與穿透透明基板之透明區域的光係產生 180 度的相位差，且穿透輔助圖案的光與穿透透明基板之透明區域的光係產生 70 度~115 度範圍之既定的相位差。

### 三、英文發明摘要：

The present invention provides a halftone mask comprising an assist pattern and a producing method of the halftone mask. The halftone mask uses ArF excimer laser as an exposing source, is used for a projection exposure by an off axis illumination, does not resolve an assist pattern while keeping the focal depth magnification effect of the assist pattern, and can form a transferred image having high contrast in a main pattern.

The present invention provides a photomask comprising a main pattern which is transferred to the transfer-target surface by a projection exposure and an assist pattern which is formed nearby the main pattern and not transferred, wherein each of the main pattern and the assist pattern is constituted from a semitransparent film of the same material, a retardation of  $180^\circ$  is generated between the light transmitting the main pattern and the light transmitting the transparent region of the transparent substrate, and a retardation within the scope of  $70^\circ$  to  $115^\circ$  is generated between the light transmitting the assist pattern and the light transmitting the transparent region of the transparent substrate.



#### 四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 ( 1 ) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

10	半色調光罩
11	透明基板
12	主要圖案
13	輔助圖案(SRAF)

#### 五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係關於形成半導體元件之圖案所用的準分子雷射曝光裝置等之使用短波長曝光光源之光刻技術所用的光罩及其製造方法、暨光罩之修正方法及經修正之光罩，特別，係關於在主要圖案附近設置輔助圖案之半色調型光罩及其製造方法、暨光罩之修正方法及經修正之光罩。

### 【先前技術】

為了實現中間間距由 65nm 進展成 45nm、更且成 32nm 之半導體元件的高積體化、超微細化，於光刻法中，作為曝光裝置的高解像技術，以提高投影透鏡之開口數的高 NA 化技術、在投影透鏡與曝光對象之間介在高折射率媒體進行曝光的浸液曝光技術、搭載變形照明的曝光技術等已被實用。

作為光刻法中提高光罩(以下，亦記述為光罩)解像度的對策，在通過光之部分與遮光部分所構成之習知技術的二元光罩的微細化、高精度化之同時，使用利用光干擾之相位位移效果以圖謀提高解像度的利文森(Levenson)型(亦稱為澀谷·利文森型)相位位移光罩、以光穿透部分與半穿透部分所構成之半色調型相位位移光罩(以後，單稱為半色調光罩)、未設置鉻等之遮光層的無鉻型相位位移光罩等之相位位移光罩。

於光刻技術中，投影曝光裝置可轉印的最小尺寸(解像



度)，與曝光所用光的波長成比例，且反比於投影光學系的透鏡開口數(NA)，因此隨著對於半導體元件微細化之要求，發展出曝光光線的短波長化以及投影光學系的高 NA 化，但僅以短波長化及高 NA 化，於滿足此要求上有限度。

於是為了提高解像度，近年來提案經由縮小工作常數  $k_1$  ( $k_1 = \text{解像線寬} \times \text{投影光學系之開口數} / \text{曝光光線之波長}$ ) 值，圖謀微細化的超解像技術。作為此類超解像技術，有根據曝光光學系特性對光罩圖案提供輔助圖案和線寬偏移，使光罩圖案最適化的方法、或者以稱為變形照明之方法(亦被稱為斜入射照明法)的方法等。以變形照明之投影曝光上，通常使用利用瞳孔濾光器的輪帶照明(亦稱為 Annular)、使用二極(亦稱為 Dipole)之瞳孔濾光器的二極照明以及使用四極(亦稱為 Cquad)之瞳孔濾光器的四極照明等。

使用輔助圖案之方法，係在轉印至晶圓上之圖案(以後，稱為主要圖案)附近，配置投影光學系之解像界限以下並且未被轉印至晶圓上的圖案(以後，亦稱為輔助圖案)，並且使用具有提高主要圖案之解像度和焦點深度效果之光罩的光刻方法(例如，參照專利文獻 1)。輔助圖案亦被稱為 SRAF(Sub Resolution Assist Feature，次解析輔助圖案)(以後，於本發明中將輔助圖案亦稱為 SRAF)。

但是，隨著半導體元件圖案的微細化，具有輔助圖案的光罩在光罩製作上產生困難點。首先，可列舉輔助圖案如上述

其本身必須不會在晶圓上結像、必須比主要圖案之尺寸更加微小之尺寸。其結果，隨著主要圖案尺寸的微細化，所要求之輔助圖案的線寬尺寸由數 100nm 微小化至更加微小的尺寸，接近製作上的界限區域。例如，於晶圓上形成 65nm 線寬之半導體元件時，其光罩(通常具有 4 倍體圖案的標線)上的主要圖案的線寬尺寸增長接近光效果的校正(OPC)等，以 200nm~400nm 左右形成，相對地，輔助圖案的線寬尺寸變成 120nm 以下，極難製作光罩。如上述，轉印中間間距 65nm 以下圖案的曝光條件中，輔助圖案的尺寸成為光罩製造上的大問題。

更且，作為轉印中間間距 65nm 以下圖案之光罩的轉印特性，如後述，因為半色調光罩多比二元光罩取得更良好的轉印像，故亦強烈期望將具有輔助圖案的光罩作成半色調光罩的構造，且亦已提案具有輔助圖案的半色調光罩(例如，參照專利文獻 2、專利文獻 3、非專利文獻 1)。但是，半色調光罩由於轉印特性，通常，因在光罩圖案尺寸加入負側偏差，因此以半透明膜形成輔助圖案作為半色調光罩的尺寸，要求比僅由遮光膜形成之二元光罩的輔助圖案尺寸更小之值。半導體元件之中間間距由 45nm 至 32nm 的世代中，根據半導體設計和曝光條件而要求光罩線寬 60nm 以下之輔助圖案尺寸。

又，隨著輔助圖案的微細化，於洗淨等之光罩製造步驟



中，或者以曝光裝置將使用中弄髒的光罩予以再洗淨之情況，設置習知技術之輔助圖案之半色調光罩，其輔助圖案的縱橫比(圖案高度/圖案寬度)接近 1，一部分的輔助圖案欠缺，輔助圖案由基板表面剝落，並且亦產生輔助圖案朝向其線寬方向發生倒塌現象的問題。

於專利文獻 2 中，作為因應於半色調光罩之輔助圖案之微細化的對策，提案使穿透半透明圖案之光與穿透透明基板之透明區域之光產生 180 度的相位差，且使穿透半透明輔助圖案之光與穿透透明基板之透明區域之光產生比 50 度更小範圍之既定的相位差，且半透明圖案之聚焦特性平坦的光罩。圖 24 為專利文獻 2 所示之光罩的平面圖(同圖(a))、縱剖面圖(同圖(b))。根據專利文獻 2 之光罩，亦可使主要圖案之線圖案附近設置的輔助圖案以主要圖案相同尺寸形成。

專利文獻 2 所記載之具有輔助圖案的半色調光罩，如圖 24 所示般，係設置主要圖案 1 之半透明圖案線寬在晶圓上為  $0.3\ \mu\text{m}$  之線圖案、半透明輔助圖案 2 與主要圖案 1 之左右相同線寬之線圖案的光罩，且主要圖案 1 在半透明膜 302 上再成膜出透明膜 304 並重疊的 2 層構成，且使穿透 2 層膜所構成之半透明主要圖案 1 的光與穿透透明基板 301 之透明區域的光產生 180 度之相位差，另一方面，使穿透半透明輔助圖案 2 的光與穿透透明基板 301 之透明區域的光產生小於 50 度範圍之既定的相位差，且半透明圖案的聚焦特性平坦

的光罩。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

[專利文獻 1]日本專利特開平 7-140639 號公報

[專利文獻 2]日本專利第 2953406 號

[專利文獻 3]日本專利特開 2003-302739 號公報

[非專利文獻]

[非專利文獻 1]N.V. Lafferty, 等人, Proc. of SPIE Vol. 5377, 381-392(2004)

**【發明內容】**

(發明所欲解決之問題)

但是，專利文獻 2 所記載之具有輔助圖案之半色調光罩，係於曝光光源使用水銀燈的 i 射線(365nm)或 KrF 準分子雷射(248nm)，投影光學系的開口數 NA 小至 0.6，且以晶圓上之圖案尺寸為 0.3~0.35  $\mu\text{m}$  之亞微米單位的半導體元件作為對象之世代的光罩，以目前已發展實用化之 ArF 準分子雷射作為曝光光源，並被使用於 NA 為 1 以上、期望為 1.3~1.35 左右之高 NA 的曝光裝置，且使用作為晶圓上的圖案尺寸為中間間距 65nm 以下、更且為 45nm、32nm 之半導體元件用的光罩，則具有如下之問題。

即，隨著工作常數  $k_1$  變小，為了提高主要圖案的解像性而使用變形照明，但其伴隨具有輔助圖案亦易解像之問題。



更且，經由變形照明之傾斜入射照射，則在光罩基板面，經由垂直方向的光罩厚度以立體效果(光罩的三次元效果)，發生輔助圖案易於轉印對象面上解像的問題。專利文獻 2 所記載之具有輔助圖案的半色調光罩，即使主要圖案的相位差在既定的範圍內，亦經由三次元效果使輔助圖案解像，並且對於散焦的尺寸變動變成非對稱，產生轉印影像品質降低且不適於實用的問題。

又，專利文獻 2、專利文獻 3 及非專利文獻 1 所記載的光罩，僅主要圖案均在透明基板側的下層重疊半透明膜、上層重疊遮光膜或與下層不同材質之半透明膜或透明膜的 2 層構造，於製造具有半透明膜之輔助圖案的光罩中，主要圖案的成膜步驟均需要 2 次，具有製造步驟繁雜的問題。更且，於專利文獻 2 記載之光罩製造中，隨著圖案微細化之同時，於透明基板上所形成之第 1 圖案與其次形成之第 2 圖案的位置配合困難，主要圖案與輔助圖案間的空間必須考慮對準不齊之值(通常，200nm 左右)以上，使輔助圖案寬度與主要圖案寬度相同，則隨著圖案微細化之同時有變為困難之問題。

如上述，隨著半導體元件圖案的微細化，雖然強烈要求設置輔助圖案的半色調光罩，但習知技術之設置輔助圖案的光罩，無法因應於作為中間間距 65nm 以下、更且 45nm、32nm 之半導體元件用光罩的微細化，且具有其製造困難的問題。

於是，本發明為鑑於上述問題點而完成者。即，本發明之

第一目的，在於提供以 ArF 準分子雷射作為曝光光源，且以變形照明之投影曝光所用的光罩，一邊保持作為輔助圖案的放大焦點深度效果，一邊不會使輔助圖案解像，抑制輔助圖案的欠缺和倒塌，具有可形成主要圖案之對比度高之轉印影像之輔助圖案的半色調光罩及其製造方法。

又，如上述，隨著輔助圖案的微細化，於洗淨等之光罩製造步驟中，或者於以曝光裝置將使用中弄髒的光罩予以再洗淨之情況，具有一部分輔助圖案欠缺等問題。

於是，本發明為鑑於上述問題點而完成者。即，本發明之第二目的，在於提供具有抑制發生輔助圖案欠缺等之輔助圖案的半色調光罩。

又，本來，輔助圖案係以不會在轉印對象面解像般設計光罩，故不一定全部複數的輔助圖案被轉印，但發生一部分的輔助圖案，例如，接近主要圖案的輔助圖案或者接近輔助圖案的一部分等解像的問題。

作為上述之輔助圖案或其一部分在轉印對象面上解像的原因，認為有光罩設計塑性之精細度差，使得光罩設計階段不完備之情況、實際所製作之輔助圖案尺寸的誤差大之情況、半導體曝光裝置之光學系具有微妙誤差之情況、以及半導體用光阻特性之問題等各式各樣的要因。

如上述，雖然強烈要求設置輔助圖案的光罩，但隨著半導體元件圖案的微細化，在接近微細圖案界限的區域進行圖案

轉印，故曝光轉印後發生輔助圖案在轉印對象面解像的問題，且為了修正已轉印之輔助圖案的光罩，即使進一步縮小修正輔助圖案線寬欲嘗試不會解像，亦難將光罩線寬例如 60nm 以下之輔助圖案進一步以些微幅度修正，再度，具有必須製造光罩的問題。

於是，本發明為鑑於上述問題點而完成者。即，本發明之第三目的，在於提供以 ArF 準分子雷射作為曝光光源，且具有以變形照明投影曝光所用之輔助圖案的光罩中，將輔助圖案被解像至轉印對象面情況的光罩，以確實且較容易的方法修正輔助圖案之光罩之修正方法及經修正之光罩。

(解決問題之手段)

為了解決上述課題，於本發明中，提供以 ArF 準分子雷射作為曝光光源，且以變形照明投影曝光所用之光罩中，該光罩在透明基板的一主面上，設置經由上述投影曝光轉印至轉印對象面的主要圖案、和在上述主要圖案附近所形成且未被轉印至上述轉印對象面之輔助圖案的光罩，上述主要圖案與上述輔助圖案以相同材料形成的半透明膜所構成，使穿透上述主要圖案之光與穿透上述透明基板之透明區域的光產生 180 度的相位差，且使穿透上述輔助圖案之光與穿透上述透明基板之透明區域的光產生 70 度~115 度範圍之既定相位差為其特徵。

於上述發明中，上述輔助圖案之膜厚比上述主要圖案之膜

厚更薄，且膜厚差為 24nm~40nm 範圍之既定膜厚差為佳。

於上述發明中，上述膜厚差係經由乾式蝕刻所形成為佳。

於上述發明中，上述輔助圖案之曝光光線穿透率為 15%~29% 範圍之既定穿透率為佳。

於上述發明中，上述相同材料形成之半透明膜為單層之半透明膜或 2 層之半透明膜所構成為佳。

於上述發明中，上述單層之半透明膜為矽化鉬系材料的半透明膜，上述 2 層之半透明膜在上述透明基板上依序設置鉻系材料之半透明膜、矽化鉬系材料之半透明膜為佳。

於上述發明中，於上述光罩的外周部形成遮光區域為佳。

於上述發明中，上述單層之半透明膜為矽化鉬系材料的半透明膜，上述 2 層之半透明膜在上述透明基板上依序設置鉻系材料之半透明膜、矽化鉬系材料之半透明膜為佳。

於上述發明中，上述主要圖案及上述輔助圖案均為線圖案，上述主要圖案為獨立圖案或周期圖案為佳。

又，於本發明中，提供以 ArF 準分子雷射作為曝光光源，且被使用於以變形照明之投影曝光，於透明基板之一主面上，設置經由上述投影曝光轉印至轉印對象面的主要圖案、和在上述主要圖案附近形成且未被轉印至上述轉印對象面之輔助圖案之光罩之製造方法，其特徵為包含(a)在上述透明基板之一主面上依序形成半透明膜、遮光膜，作成穿透上述半透明膜之光與穿透上述透明基板之透明區域之光的相



位差大致 180 度之膜厚的步驟、(b)在上述遮光膜上形成第 1 光阻圖案，將上述遮光膜及上述半透明膜依序乾式蝕刻，形成主要圖案部與輔助圖案部的步驟、(c)將上述第 1 光阻圖案剝離，其次於上述遮光膜上形成第 2 光阻圖案，並將上述輔助圖案部的遮光膜予以蝕刻除去之步驟、(d)將上述第 2 光阻圖案剝離，其次將上述透明基板之一主面上全面乾式蝕刻，直到穿透上述輔助圖案之光與穿透上述透明基板之透明區域之光為 70 度~115 度範圍之既定相位差的膜厚為止，將上述輔助圖案部的半透明膜予以乾式蝕刻形成輔助圖案的步驟，和(e)將上述主要圖案部之遮光膜予以乾式蝕刻除去以形成主要圖案，使穿透上述主要圖案之光與穿透上述透明基板之透明區域之光產生 180 度相位差的步驟之光罩之製造方法。

於上述發明中，步驟(b)之上述半透明膜的乾式蝕刻，係在上述半透明膜之膜厚中途的半蝕刻為佳。

又，於本發明中，提供以 ArF 準分子雷射作為曝光光源，且被使用於變形照明之投影曝光，於透明基板之一主面上，設置經由上述投影曝光轉印至轉印對象面的主要圖案、和在上述主要圖案附近形成且未被轉印至上述轉印對象面之輔助圖案之光罩之製造方法，其特徵為包含(a)在上述透明基板之一主面上依序形成半透明膜、遮光膜，上述半透明膜由 2 層半透明膜所構成，上述透明基板側之下層的半透明膜兼

作上層半透明膜的停止蝕刻層，作成穿透上述 2 層半透明膜之光與穿透上述透明基板之透明區域之光的相位差大致 180 度之膜厚的步驟、(b)在上述遮光膜上形成第 1 光阻圖案，將上述遮光膜及上述 2 層半透明膜依序乾式蝕刻，形成主要圖案部與輔助圖案部的步驟、(c)將上述第 1 光阻圖案剝離，其次於上述遮光膜上形成第 2 光阻圖案，並將上述輔助圖案部的遮光膜予以蝕刻除去之步驟、(d)將上述第 2 光阻圖案剝離，其次將上述透明基板之一主面上全面乾式蝕刻，直到穿透上述輔助圖案之光與穿透上述透明基板之透明區域之光為 70 度~115 度範圍之既定相位差的膜厚為止，將上述輔助圖案部的半透明膜予以乾式蝕刻形成輔助圖案的步驟、和(e)將上述主要圖案之遮光膜予以乾式蝕刻除去以形成主要圖案，使穿透上述主要圖案之光與穿透上述透明基板之透明區域之光產生 180 度相位差的步驟之光罩之製造方法。

於上述發明中，上述輔助圖案與上述主要圖案之膜厚差為 24nm~40nm 範圍之既定膜厚差為佳。

於上述發明中，在形成上述輔助圖案之步驟(d)後，進一步包含形成遮光區域用光阻圖案，將上述主要圖案上之遮光膜予以乾式蝕刻除去以形成主要圖案之同時，在上述光罩之外周部形成遮光區域的步驟為佳。

又，於本發明中，提供在透明基板之一主面上，設置經由

投影曝光轉印至轉印對象面的主要圖案、和在上述主要圖案附近形成且未被轉印至上述轉印對象面之輔助圖案的光罩，其特徵為上述主要圖案與上述輔助圖案係以相同材料形成的半透明膜所構成，上述輔助圖案之膜厚比上述主要圖案之膜厚更薄，且膜厚差為 24nm~40nm 範圍之既定膜厚差的光罩。

又，於本發明中，提供在以 ArF 準分子雷射作為曝光光源，且被使用於變形照明之投影曝光，於透明基板之一主面上，具有經由上述投影曝光轉印至轉印對象面的主要圖案、和在上述主要圖案附近形成之輔助圖案的光罩中，經由上述投影曝光使上述輔助圖案被解像至上述轉印對象面時之光罩之修正方法，其特徵為將上述已被解像的輔助圖案表面予以蝕刻或研削，直到上述輔助圖案不被解像至上述轉印對象面為止，使上述被解像之輔助圖案的膜厚變薄之光罩之修正方法。

於上述發明中，上述蝕刻或研削變薄之修正後之上述輔助圖案的膜厚、與修正前之上述輔助圖案之膜厚的膜厚差為 1nm~40nm 之範圍為佳。

於上述發明中，上述蝕刻係使用電子束光罩修正機之電子束的氣體輔助蝕刻(gas-assist etching)，上述研削係使用原子間力顯微鏡之探針的研削。

於上述發明中，上述主要圖案與上述輔助圖案以半透明膜

所構成，上述主要圖案之膜厚為穿透上述主要圖案之光與穿透上述透明基板之透明區域之光產生 180 度相位差之膜厚為佳。

於上述發明中，上述主要圖案由遮光膜所構成，且上述輔助圖案由半透明膜構成為佳。

於上述發明中，上述主要圖案與上述輔助圖案以遮光膜構成為佳。

於上述發明中，上述主要圖案及上述輔助圖案均為線圖案，上述主要圖案為獨立圖案或周期圖案為佳。

又，於本發明中，提供根據上述光罩之修正方法將輔助圖案修正，且修正後之上述輔助圖案的膜厚比修正前之上述輔助圖案的膜厚更薄為其特徵的光罩。

(發明效果)

若根據本發明之光罩，於具有輔助圖案之半色調光罩中，僅將輔助圖案部分薄膜化，則可繼續保持作為輔助圖案之擴大焦點深度效果，並且形成對比度高的轉印影像。即使將輔助圖案尺寸由 56nm 增大至 104nm 亦不會使輔助圖案部解像，且對重複端之主要圖案的擴大焦點深度效果不會造成不良影響，且輔助圖案的尺寸可增大至習知技術尺寸之約 2 倍左右，並且經由降低輔助圖案的縱橫比，可達到抑制輔助圖案欠缺和倒塌的效果。又，本發明之光罩，於半透明膜為單層之情況，可直接使用習知技術所使用的半色調光罩用空

白光罩，不需要變更空白光罩材料，因此相對於未使用輔助圖案之半色調光罩，可確保空白光罩之互換性，可維持光罩品質並降低光罩成本。

根據本發明之光罩之製造方法，因主要圖案及輔助圖案係由相同材料形成的半透明膜所構成，故半透明膜之成膜步驟容易，在半透明膜為單層之情況，可直接使用習知技術所使用的半色調光罩用空白光罩，不需要變更空白光罩材料，因此可減低光罩製造成本。經由輔助圖案寬度小於主要圖案，可作為使主要圖案與輔助圖案間的空間更廣，提高透明基板上形成之第1圖案與其次形成之第2圖案之對準不齊的容許度的製造方法，取得不會提高光罩製造難度以改善圖案轉印特性的光罩。

若根據本發明之光罩，將主要圖案及輔助圖案之膜厚差作成既定範圍，則可抑制發生一部分之輔助圖案欠缺、輔助圖案由基板表面剝離、輔助圖案朝向其線寬方向倒塌的現象。

若根據本發明之光罩之修正方法，在本來未被轉印至轉印對象面的輔助圖案，於轉印對象面解像時之光罩之修正方法中，將被解像之輔助圖案表面予以蝕刻或研削，直到輔助圖案未被解像至轉印對象面為止，將輔助圖案的膜厚變薄下，解決輔助圖案被轉印的問題，可繼續保持作為輔助圖案的擴大焦點深度效果，並且可修正成形成對比度高之轉印影像的光罩。本發明之光罩之修正方法，與習知技術方法之輔助圖

案之線寬方向修正不同，係將輔助圖案於厚度方向薄膜化進行修正的方法，以容易之方法確實修正具有輔助圖案的光罩。

若根據本發明之修正方法的光罩，將輔助圖案被轉印至轉印對象面的光罩，經由在厚度方向上修正輔助圖案，則可達成輔助圖案未被轉印至轉印對象面，具有擴大焦點深度效果，取得可形成對比度高之轉印影像之高品質光罩的效果。

### 【實施方式】

#### A. 光罩

本發明之光罩，係以 ArF 準分子雷射作為曝光光源，並且於以變形照明之投影曝光中所使用的光罩，較佳使用於形成以晶圓上之中間間距為 65nm 以下、更且為 45nm、32nm 之微細半導體元件為對象的光罩。

(習知技術之半色調光罩的轉印特性)

關於本發明，如前述，首先說明關於作為本發明對象之具有輔助圖案的半色調光罩的轉印特性。本發明者將晶圓上具有用以形成中間間距 45nm 以下之細密圖案之輔助圖案的半色調光罩的轉印特性，一邊與使用習知技術之半色調光罩的二元光罩比較，一邊利用模擬實驗進行調查。

以往，光罩圖案之轉印特性的評估，係以光罩圖案的平面特性為主，並且以穿透率和相位差表現之方法進行預測。近年來，在光罩之轉印特性的評估上，使用對比度或

NILS(Normalized Image Log-Slope：正規化影像對數梯度)、以及 MEEF(Mask Error Enhancement Factor：光罩誤差增大因子)等之指標。首先，使用 NILS 和 MEEF 評估光罩的轉印特性。

NILS 以下述數式(1)表示。若 NILS 值大，則光學像變成急峻，光阻圖案的尺寸控制性提高。一般而言，NILS 為 2 以上為佳，但隨著半導體元件之微細化，要求 1.5 左右以上亦可解像的光阻步驟。此處， $W$  為所欲的圖案尺寸、 $I_{th}$  為提供  $W$  的光強度臨限值、 $(dI/dx)$  為空間影像的梯度。

$$NILS = (dI/dx)/(W \times I_{th}) \quad \dots(1)$$

MEEF 以下述數式(2)表示，以晶圓上之圖案尺寸變化量( $\Delta$ 晶圓 CD)相對於光罩尺寸變化量( $\Delta$ 光罩 CD)之比表示。CD 表示光罩和晶圓的重要尺寸(Critical Dimension)。數式(2)之數值 4 為光罩的縮小比，一般例示使用 4 倍光罩之情況。如數式(2)所示般，MEEF 值較小者(1 附近)，光罩圖案根據晶圓圖案忠實轉印，若 MEEF 值變小，則晶圓的製造產率提高，其結果，使用於製造晶圓之光罩製造產率亦提高。

$$MEEF = \Delta \text{晶圓 CD} / \Delta \text{光罩 CD} / 4 \quad \dots(2)$$

於本發明中，作為估計光罩圖案之轉印特性的模擬實驗軟體，係使用 EM-Suite(商品名：Panoramic Technology 公司製)。主要的模擬實驗條件，以 ArF 準分子雷射(193nm)作為照明光源，且 NA 為 1.35，作為變形照明，使用圖 3 所示之

Cquad 瞳孔濾光器 31。同圖(a)為 Cquad 31 的平面示意圖，同圖(b)為對使用 Cquad 31 之光罩 33 照射曝光光線時的立體示意圖。Cquad 31 為扇狀光穿透部的開口角 35 度，外徑 0.9、內徑 0.7(將瞳孔濾光器的半徑視為 1)。作為光罩 33，使用習知技術之一般矽化鉬系之曝光波長 193nm 中之穿透率 6%的半色調光罩(記述為 6%半色調)、和比較用之矽化鉬系的二元光罩。晶圓上之標的線尺寸為 45nm、圖案為間距 90nm(中間間距 45nm)的線/空間重複圖案。

圖 20、圖 21 係示出習知技術之半色調光罩與二元光罩中，根據上述模擬實驗所得之晶圓上之轉印標的尺寸 45nm 中之光罩偏差與轉印特性的關係圖。圖 20 係以 NILS、圖 21 係以 MEEF 示出與光罩 CD 的關係。

於圖 20 所示之 NILS 中，半色調光罩中，將光罩偏差作成於負側，且於線圖案尺寸變細之光罩 CD 32nm~44nm(晶圓上)中，NILS 為表示最大值。另一方面，二元光罩中，將光罩偏差作成於正側，且線圖案尺寸愈粗則示出 NILS 愈提高之傾向。

於圖 21 所示之 MEEF 中，半色調光罩、二元光罩均將光罩偏差作成於負側，且線圖案尺寸愈細，則 MEEF 愈小，但以半色調光罩顯示比二元光罩更小之值，為更佳。

由圖 20、圖 21，半色調光罩中，最大 NILS 與最小 MEEF 的光罩 CD 大致一致。另一方面，二元光罩中，NILS 與 MEEF

具有相反之關係，若欲將一者特性變佳，則可察見另一者特性變差。此情事示出，在中間間距 45nm 以下之圖案形成上，半色調光罩比二元光罩更加適合。因此，如本發明所說明般，使用半色調光罩作為形成中間間距 45nm 以下之圖案用的光罩，為較佳選擇之一。

圖 22 係示出習知技術之半色調光罩與二元光罩之光罩 CD 與曝光容許度(Exposure Latitude、亦稱為曝光寬容度)之圖。曝光容許度係示出用以取得良好光阻尺寸、形狀之曝光邊緣值。此處，曝光容許度以焦點面為 $\pm 50\text{nm}$ 之範圍分岐，且主要圖案光罩 CD 為 $\pm 2.5\text{nm}$ 之範圍分岐之情況，以晶圓轉印 CD 之誤差為 $\pm 3.8\text{nm}$ 以下之條件評估。此處，光罩 CD 係在晶圓上換算，因此示出經轉印之主要圖案的光罩 CD。於圖 22 中，半色調光罩(圖中的點線)於光罩 CD 為 32nm 時曝光容許度顯示最佳值 8.3%，且光罩 CD 為 40nm 時與二元光罩(實線)相同的曝光容許度。另一方面，二元光罩在光罩 CD 為 46nm 時曝光容許度顯示最佳值 7%，若相比於半色調光罩則曝光容許度小。

圖 4 示出本發明中所用之評估圖案(同圖(a))、和評估圖案位置對應之光強度的空間影像圖(同圖(b))。評估圖案，作為主要圖案，中間間距 45nm 之線/空間為 9 根，為了提高端部之主要圖案的解像性，於主要圖案之兩端 SRAF 以加入 2 根(SRAF 的中間間距與主要圖案相同)為一組，並且夾以

400nm 空間的重複圖案。主要圖案、SRAF 均為上述之 6% 半色調。

其次，說明關於具有輔助圖案之半色調光罩中，線/空間圖案端之輔助圖案(SRAF)的轉印性。圖 4 中，橫軸示出主要圖案與 SRAF 一組圖案的位置，縱軸示出以無圖案之穿透部的光強度視為 1 時之規格化的光強度，圖中的橫實線所示的裁剪位準(slice level)，為規格化的光強度臨限值。裁剪位準根據主要光罩圖案的尺寸而變化。圖中以箭頭所示之 SRAF 部的最小光強度若低於裁剪位準，則意指 SRAF 在晶圓上解像。

圖 23 示出根據習知技術使膜厚為一定時之半色調光罩與二元光罩中，相對於晶圓上之 SRAF 的 CD(橫軸)，規格化之光強度臨限值的裁剪位準相對於 SRAF 部之光強度比(縱軸)之圖。半色調光罩(圖中的三角點)示出主要圖案的 CD 為 3 種(於晶圓上 32nm；36nm；40nm)之情況。上述比若為 1 以下，則 SRAF 被轉印，因此必須使 SRAF 不被轉印般將上述之比作成 1 以上。圖中以點線所示之半色調光罩的主要圖案 CD 為 32nm(光罩上 128nm)時，上述曝光容許度顯示最佳值，可知 SRAF 的 CD 若非 14nm(光罩上 56nm)以下，則 SRAF 解像，難以製造光罩。

上述係使用具有 SRAF 之習知技術的 6%半色調光罩時的模擬實驗結果，雖然模擬實驗上判定光罩特性優良，但



SRAF 尺寸極小，實際的光罩製造困難。

(本發明之光罩)

其次，一邊參考上述結果，一邊根據圖式詳細說明關於本發明之光罩及光罩之製造方法的實施形態。於本發明中，除了於後述之主要圖案間具有 SRAF 的情況，於下列之光罩圖案之轉印特性的說明中，使用上述圖 3 所示的 Cquad 瞳孔濾光器 31，並使用 EM-Suite(商品名：Panoramic Technology 公司製)作為模擬軟晶圓。主要的模擬條件，以 ArF 準分子雷射(193nm)作為照明光源，且 NA 為 1.35。評估圖案使用上述圖 4(a)所示之圖案。

[第 1 實施形態]

圖 1 示出本發明光罩之具有輔助圖案之半色調光罩之第 1 實施形態的部分剖面示意圖，例示設置線/空間圖案之情況，於合成石英基板等之透明基板 11 上，設置曝光光線以既定之穿透率穿透且改變相位之單層半透明膜的主要圖案 12，並且於主要圖案 12 附近，形成與主要圖案 12 相同材料形成之單層半透明膜所構成的輔助圖案(SRAF)13 的半色調光罩 10。圖 1 中，主要圖案 12、輔助圖案 13 均為 2 個，且僅例示一部分的光罩圖案，但當然不應限定於此。主要圖案亦可為獨立圖案或周期圖案。

本發明之具有輔助圖案的半色調光罩 10，設定成穿透主要圖案 12 之光與穿透透明基板 11 之無圖案透明區域之光產

生 180 度之相位差，且穿透輔助圖案 13 之光與穿透透明基板 11 之透明區域之光產生 70 度~115 度範圍之既定相位差。經由如上述設定主要圖案 12 與輔助圖案 13 的相位差，使得半色調光罩 10 一邊保持作為輔助圖案的擴大焦點深度效果，一邊不會使輔助圖案 13 解像，形成主要圖案 12 之對比度高的轉印影像。

為了產生上述的相位差，本發明之具有輔助圖案的半色調光罩 10，以輔助圖案 13 之膜厚比主要圖案 12 之膜厚更薄，且膜厚差(以後，稱為 SRAF 膜厚差)為 24nm~40nm 範圍之既定膜厚差。上述既定膜厚差可經由選擇性乾式蝕刻 SRAF 部而形成。

作為具有輔助圖案之半色調光罩 10，例如，若產生 180 度相位差之主要圖案的 ArF 曝光光線穿透率為 6%，則產生上述 70 度~115 度範圍之既定相位差之輔助圖案的 ArF 曝光光線穿透率為 15%~29%範圍的既定穿透率。

作為構成圖 1 所示之本發明之半色調光罩 10 之主要圖案 12 及輔助圖案 13 的半透明膜，其材料並無特別限定，可列舉例如，矽化鉬系材料之矽化鉬氧化膜(MoSiO)、矽化鉬氮化膜(MoSiN)、矽化鉬氧化氮化膜(MoSiON)等之半透明膜。矽化鉬系半透明膜已被實用作為半色調材料，為更佳之材料。

半透明膜 12 之形成，可應用先前公知的方法，例如矽化



鉬氧化膜(MoSiO)之情況，使用鉬與矽的混合標的(Mo：Si=1：2 莫耳%)，並以氫與氧的混合氣體環境氣體，根據反應性濺鍍法則可形成，且成膜為數 10nm 的厚度。

構成主要圖案 12 及輔助圖案 13 的半透明膜，例如於矽化鉬系材料之半透明膜的情況，使用  $CF_4$ 、 $CHF_3$ 、 $C_2F_6$  等之氟系氣體、或者該等之混合氣體、或者於該等之氣體中混合氧氣之氣體作為蝕刻氣體，進行乾式蝕刻，形成圖案。

此處，半透明膜為矽化鉬系材料單層之情況，將半透明膜予以乾式蝕刻以形成光罩圖案時，通常，僅在透明基板表面蝕刻掘入(於圖 1 中未圖示)。於本發明中，無光罩圖案部分之透明基板表面的掘入深度，控制於 0~10nm 範圍的深度為佳。掘入深度若超過 10nm，則產生光罩特性不佳的影響。於是，本發明之半色調光罩，將透明基板表面的蝕刻深度控制於 0~10nm 範圍的既定深度，且預先包含此深度設定相位差。於下列之實施形態中，任何半色調光罩均被蝕刻掘入深度為 4nm，當然若為 0~10nm 之範圍，則亦可使用其他的蝕刻深度。

作為本實施形態之半色調光罩，例如，可示出以膜厚 68nm 之矽化鉬作為半透明膜時，主要圖案(膜厚 68nm)為 ArF 準分子雷射光的穿透率 6%、與透明基板之透明區域的相位差 180 度，以輔助圖案與主要圖案膜厚差 24nm~40nm 範圍之既定膜厚差，與透明基板之透明區域的相位差 70 度~115 度

範圍之既定相位差的半色調光罩。

### [第 2 實施形態]

為了減低上述透明基板表面的掘入，作為本發明之光罩的其他實施形態，示出圖 2 所示之 2 層半透明膜所構成的半色調光罩。主要圖案與輔助圖案以相同材料形成的 2 層半透明膜所構成，透明基板側下層的半透明膜 24，具有上層半透明膜 25 之乾式蝕刻時之停止蝕刻層的機能，且亦具有作為半透明膜的機能。作為上層的半透明膜 25，可例示上述的矽化鉬系材料。此時，作為下層的半透明膜 24，以鉻系材料之氧化鉻膜(CrO)、氮化鉻膜(CrN)、氧化氮化鉻膜(CrON)為佳。上述之鉻系材料薄膜對於曝光光線為半透明，係因對於矽化鉬系材料之乾式蝕刻所用的氟系氣體具有耐性。鉻系材料可根據先前公知的反應性濺鍍法形成，不必要的鉻系材料薄膜可經由氟系氣體進行乾式蝕刻，不會對透明基板造成損傷。上層之半透明膜 25 成膜為數 10nm、下層之半透明膜 24 成膜為數 nm~數 10nm 之厚度。

本發明之半色調光罩，於上述之第 1 及第 2 實施形態中，亦可在光罩的外周部形成遮光區域。通常，對於半導體晶圓的投影曝光中，因為光罩外周部被多重曝光，故使用在光罩外周部設置遮光區域的光罩。因此，於本發明中，亦可在外周部等之所欲區域的半透明膜上，設置遮光膜作成遮光區域。遮光膜將具有遮光性之鉻等金屬膜成膜為數



10nm~200nm 左右的厚度，並且予以圖案化，形成作為遮光區域。

(輔助圖案之轉印性)

其次，說明關於圖 1 所示之本發明之半色調光罩之輔助圖案(SRAF)的薄膜化效果。圖 5 示出晶圓上之主要圖案的 CD 為 32nm 之半色調光罩中，改變 SRAF 的 CD 時，SRAF 膜厚差(橫軸)與 SRAF 之光強度/規格化之光強度臨限值的截剪位準(縱軸)關係圖。SRAF 之光強度/截剪位準若非 1 以上，則顯示 SRAF 在晶圓上解像。

如圖 5 所示般，SRAF 的 CD 微細至 14nm(光罩上 56nm)時，即使 SRAF 膜厚差為 0，即與主要圖案的膜厚(68nm)相同，SRAF 亦未被轉印。SRAF 的 CD 為 22nm(光罩上 88nm)時，若 SRAF 的膜厚差為 24nm 以上，則 SRAF 未被解像且未轉印。同樣地，若 SRAF 的 CD 為 26nm(光罩上 104nm)時，SRAF 的膜厚差 30nm 以上、SRAF 的 CD 為 30nm(光罩上 88nm)時，SRAF 的膜厚差為 34nm 以上，則 SRAF 未被轉印。

如上述圖 23 所說明般，習知技術之主要圖案與輔助圖案(SRAF)為相同材料、相同膜厚所構成的半色調光罩中，若主要圖案的 CD 為 32nm，則僅使用 SRAF 之 CD 為 14nm 以下的 SRAF，如上述，經由使用本發明之薄膜化的 SRAF，即使 SRAF 的 CD 大至習知技術之 2 倍左右尺寸的

26nm~30nm，亦不會使 SRAF 解像轉印供使用。SRAF 的薄膜化，可經由選擇性乾式蝕刻 SRAF 部而輕易。因為可使 SRAF 尺寸大至習知技術的 2 倍左右，故可使用習知技術難以使用於微細化之相同材料形成之具有 SRAF 的半色調光罩。

圖 6 示出改變 SRAF 之 CD 時，晶圓上之主要圖案端之線的 CD 與散焦(Defocus：焦點位置變動)的關係圖。對於各個 SRAF 的 CD，使 SRAF 不會解像般蝕刻且具有主要圖案之膜厚和既定的膜厚差(24nm、32nm、40nm)。如圖 6 所示般，將 SRAF 的 CD 大至 22nm~30nm，且減薄 SRAF 的膜厚，則在加以聚焦時顯示出 SRAF 尺寸間無 CD 變動，且大致相同之傾向。即，以 SRAF 薄膜化對於散焦無不良影響，且取得同樣的尺寸精細度。

如上述，本發明之光罩僅將輔助圖案部分薄膜化，則可一邊保持作為輔助圖案之擴大焦點深度效果，並且可形成對比度高的轉印影像。更且，可將輔助圖案之尺寸大至習知技術之尺寸的約 2 倍左右，且減小輔助圖案的縱橫比，則可取得減低輔助圖案之欠缺和倒塌的效果。又，將本發明之光罩作成矽化鉬系的單層膜時，可直接使用自以往具有使用實績的半色調光罩用空白光罩，且可維持光罩品質，並且可使用具有高精細度之微細圖案的光罩。

## B. 光罩之製造方法

其次，說明關於本發明之光罩之製造方法。如上述，本發明之光罩，其特徵使穿透輔助圖案之光與穿透透明基板之透明區域之光產生 70 度~115 度範圍的既定相位差，為了在輔助圖案產生上述之相位差，使輔助圖案的膜厚比主要圖案更薄，且為 24nm~40nm 範圍的既定膜厚差。作為作出既定膜厚差的方法，有在半透明膜成膜時根據圖案改變成膜膜厚的方法、和在半透明膜成膜後根據圖案將半透明膜蝕刻改變膜厚的方法。本發明之光罩之製造方法，係根據容易製造且取得高精細度光罩之後者的蝕刻方法。

(習知技術之光罩之製造方法)

在說明關於本發明之光罩之製造方法前，敘述關於使用公知之一般製造方法製造本發明光罩時的問題點，其次說明關於本發明之光罩之製造方法。

圖 11 為使用公知之習知技術之製造方法製造本發明之光罩時的步驟剖面示意圖。如圖 11 所示般，於透明基板 111 上形成半透明膜 112，作成穿透半透明膜之光與穿透透明基板之透明區域之光的相位差為 180 度的膜厚，接著，於半透明膜上形成遮光膜 113(圖 11(a))。其次，於遮光膜 113 上形成第 1 光阻圖案 114，並將遮光膜 113 及半透明膜 112 依序乾式蝕刻，形成主要圖案部 115 和輔助圖案部 116(圖 11(b))。其次，剝離第 1 光阻圖案 154，並將露出之圖案部的遮光膜予以蝕刻除去(圖 11(c))。其次以第 2 光阻圖案 117

覆蓋主要圖案部 115，將輔助圖案部的半透明膜予以乾式蝕刻，直到穿透輔助圖案部之光與穿透透明基板之透明區域之光成為既定相位差之膜厚為止，形成輔助圖案 118(圖 11(d))，將第 2 光阻圖案 117 剝離取得半色調光罩 110(圖 11(e))。

但是，上述之製造方法中，未以第 2 光阻圖案 117 覆蓋的透明基板 111 表面，在輔助圖案部 116 之半透明膜乾式蝕刻時同時被蝕刻，如圖 11(e)所示般，以光阻圖案 117 的邊界面在透明基板 111 表面產生段差 121，使光罩品質降低並且發生無法實用的問題。因此，上述所示之習知技術的光罩製造方法，並無法應用於製造本發明之光罩。

(本發明之光罩之製造方法)

[第 1 實施形態]

於是，本發明之光罩之製造方法，係解決上述問題的製造方法，以 ArF 準分子雷射作為曝光光源，且被使用於以變形照明之投影曝光，並且於透明基板上，設置經由投影曝光轉印至轉印對象面的主要圖案、和在主要圖案附近形成未被轉印至轉印對象面的輔助圖案之光罩之製造方法。

圖 7 為示出製造圖 1 所示之本發明光罩之方法之第 1 實施形態的步驟剖面示意圖。如圖 7(a)所示般，準備在合成石英基板等之透明基板 71 上形成半透明膜 72，且穿透半透明膜 72 之光與穿透透明基板 71 之透明區域之光的相位差大致為

180 度之膜厚，接著在上述之半透明膜 72 上形成遮光膜 73 的空白光罩。

半透明膜 72、遮光膜 73 的形成，可應用先前公知的方法，例如，半透明膜 72 為矽化鉬氧化膜(MoSiO)之情況，使用鉬與矽之混合標的(Mo：Si=1：2 莫耳%)，並以氫與氧之混合氣體環境氣體，利用反應性濺鍍法則可形成。即使遮光膜 73 例如為鉻等金屬膜之情況，亦可以濺鍍法成膜形成既定的膜厚。

將上述之半透明膜 72 的膜厚作成光相位差大致 180 度之膜厚，係根據下列理由。將半透明膜 72 乾式蝕刻形成光罩圖案時，通常，僅透明基板 71 表面被蝕刻。蝕刻深度較佳為 4nm，本發明中將上限定為 10nm。若超過 10nm 則對光罩特性產生不良影響。於是，本發明之半色調光罩，將半透明膜 72 乾式蝕刻時之透明基板 71 表面的蝕刻深度，控制於 0~10nm 範圍的既定深度，且預先包含此深度設定相位差。因此，成膜時之半透明膜的厚度，預先考慮透明基板因蝕刻造成的變動，作成相位差大致 180 度的膜厚，且最終在主要圖案形成後取得 180 度的相位差。於下列之實施形態中，說明上述既定之蝕刻深度為 4nm 之一例。於本發明中，使用原子間力顯微鏡(AFM)測定膜厚，且以相位位移量測定裝置(Laser Tech 公司製：MPM193)進行相位差的測定。

其次，在上述遮光膜 73 上形成第 1 光阻圖案 74，並將遮

光膜 73 及半透明膜 72 依序乾式蝕刻成圖案狀，形成主要圖案部 75 與輔助圖案部 76(圖 7(b))。

其次，將上述第 1 光阻圖案 74 剝離，並在遮光膜上形成第 2 光阻圖案 77，將輔助圖案部 76 的遮光膜 73 蝕刻除去(圖 7(c))。

半透明膜 72，例如為矽化鉬系材料之半透明膜之情況，經由使用  $\text{CF}_4$ 、 $\text{CHF}_3$ 、 $\text{C}_2\text{F}_6$  等之氟系氣體、或該等之混合氣體、或於該等氣體中混合氧氣作為蝕刻氣體，則可進行乾式蝕刻，形成圖案。又，遮光膜 73，例如為鉻之情況，使用  $\text{Cl}_2$  與氧之混合氣體作為蝕刻氣體進行乾式蝕刻，不會對半透明膜 72 及透明基板 71 造成損傷地形成圖案。上述圖 7(c)之步驟中，非以乾式蝕刻，將遮光膜 73 以硝酸第二銻銨鹽之水溶液等予以濕式蝕刻亦可除去。

其次，將第 2 光阻圖案 77 剝離，並將透明基板 71 之一主面上全面以半透明膜 72 的蝕刻條件乾式蝕刻，將輔助圖案部的半透明膜乾式蝕刻，直到穿透輔助圖案之光與穿透透明基板 71 之透明區域之光為 70 度~115 度範圍之既定相位差之膜厚為止，形成輔助圖案 78(圖 7(d))。取得上述相位差之輔助圖案 78 的蝕刻量，相當於與主要圖案部之半透明膜的膜厚差為 24nm~40nm 範圍之既定膜厚差。主要圖案部因被遮光膜 73 所覆蓋故未被蝕刻，保持半透明膜成膜時的膜厚。圖 7(d)之步驟中，經由乾式蝕刻，可對光罩全面進行均

勻且高精細度的蝕刻，並且可將輔助圖案 78 之相位差以高精細度地控制於既定值。

其次，將主要圖案部之遮光膜蝕刻除去以形成主要圖案 79，形成具有輔助圖案，且在穿透主要圖案 79 之光與穿透透明基板 71 之透明區域之光產生 180 度之相位差的半色調光罩 70(圖 7(e))。於圖 7(e)之步驟中，可將遮光膜 73 以乾式蝕刻或濕式蝕刻之任一種方法除去均可。

若根據上述第 1 實施形態之光罩之製造方法，則在透明基板 71 表面不會產生如圖 11 所說明的段差，取得具有輔助圖案 78 之高品質的半色調光罩 70。

例如，將膜厚 68nm 之矽化鉬作成半透明膜之情況，可輕易製造主要圖案(膜厚 68nm)為 ArF 準分子雷射光的穿透率 6%，與透明基板之透明區域的相位差 180 度，輔助圖案與主要圖案以膜厚差 24nm~40nm 範圍之既定膜厚差，且與透明基板之透明區域的相位差 70 度~115 度範圍之既定相位差的高品質半色調光罩。

#### [第 2 實施形態]

圖 8 為示出製造圖 1 所示之本發明光罩之方法之第 2 實施形態的步驟剖面示意圖，同圖 7(a)，準備在透明基板 81 上形成半透明膜 82，且穿透半透明膜 82 之光與穿透透明基板 81 之透明區域之光的相位差大致為 180 度之膜厚，接著在上述之半透明膜 82 上形成遮光膜 83 的空白光罩(圖 8(a))。

其次，在遮光膜 83 上形成第 1 光阻圖案 84，並將遮光膜 83 及半透明膜 82 依序乾式蝕刻，且將半透明膜 82 在半蝕刻中途階段停止蝕刻。於此階段，在透明基板 81 上將被除去的半透明膜 82 薄層，以半蝕刻狀態部分殘留，而主要圖案部 85 與輔助圖案部 86 以殘留半蝕刻部分之狀態形成(圖 8(b))。於此階段中之半蝕刻半透明膜 82 的半蝕刻部分之膜厚，預先設定成以後續步驟將輔助圖案蝕刻時同時被蝕刻除去的膜厚。

其次，將上述之第 1 光阻圖案 84 剝離，在遮光膜上形成第 2 光阻圖案 87，並將輔助圖案部的遮光膜蝕刻除去(圖 8(c))。於圖 8(c)之步驟中，將遮光膜 83 以乾式蝕刻或濕式蝕刻之任一種方法均可除去。

其次，將第 2 光阻圖案 87 剝離，並將透明基板 81 之一主面上全面以半透明膜 82 的蝕刻條件乾式蝕刻，將輔助圖案部的半透明膜乾式蝕刻，直到穿透輔助圖案之光與穿透透明基板 81 之透明區域之光為 70 度~115 度範圍之既定相位差之膜厚為止，形成輔助圖案 88(圖 8(d))。取得上述相位差之輔助圖案 88 的蝕刻量，相當於與主要圖案之膜厚差為 24nm~40nm 範圍之既定膜厚差。此時，被半蝕刻殘存之半透明膜 82 的半蝕刻部分，同時被蝕刻。主要圖案部因被遮光膜 83 覆蓋，故未被蝕刻。

其次，將主要圖案部之遮光膜蝕刻除去形成主要圖案

89，使穿透主要圖案 89 之光與穿透透明基板 81 之透明區域之光產生 180 度之相位差，形成具有輔助圖案 88 的半色調光罩 80(圖 8(e))。於圖 8(e)之步驟中，可將遮光膜 83 以乾式蝕刻或濕式蝕刻之任一種方法除去均可。

若根據上述第 2 實施形態之光罩之製造方法，則在透明基板 81 表面不會產生如圖 11 所說明的段差，取得具有輔助圖案 88 之高品質的半色調光罩 80。

### [第 3 實施形態]

圖 9 為示出製造圖 2 所示之本發明光罩之方法之實施形態的步驟剖面示意圖。如圖 9(a)所示般，準備在合成石英基板等之透明基板 91 上將下層之半透明膜 92a、上層之半透明膜 92 依序成膜，形成 2 層半透明膜。下層之半透明膜 92a，具有對上層之半透明膜 92 乾式蝕刻時之停止蝕刻層的機能，且亦具有作為半透明膜之遮蔽材的機能。作成穿透 2 層半透明膜之光與穿透透明基板 91 之透明區域之光的相位差大致為 180 度的膜厚，接著在上述之 2 層半透明膜上形成遮光膜 93 的空白光罩。

下層之半透明膜 92a、上層之半透明膜 92 及遮光膜 93 的形成，可應用先前公知的方法。例如，使用鉻系材料氧化鉻膜(CrO)、氮化鉻膜(CrN)、氧化氮化鉻膜(CrON)，作為下層之半透明膜 92a。係因上述之鉻系材料之薄膜對於曝光光線呈半透明，且對於矽化鉬系材料之乾式蝕刻所用的氟系氣體

具有耐性。鉻系材料可根據先前公知的反應性濺鍍法形成。作為上層之半透明膜 92，可例示上述的矽化鉬系材料。上層之半透明膜 92 為矽化鉬氧化膜(MoSiO)之情況，使用鉬與矽的混合標的(Mo:Si=1:2 莫耳%)，並以氫與氧的混合氣體環境氣體，根據反應性濺鍍法則可形成。遮光膜 93 為使用鉻，並以濺鍍法，成膜形成既定的膜厚。

其次，在上述遮光膜 93 上形成第 1 光阻圖案 94a，並將遮光膜 93、上層之半透明膜 92 及下層之半透明膜 92a 依序乾式蝕刻成圖案狀，形成主要圖案部 95 與輔助圖案部 96(圖 9(b))。於下層之半透明膜 92a 之蝕刻時，不會損傷透明基板 91。

於圖 9(b)之步驟中，遮光膜 93，例如為鉻之情況，使用  $\text{Cl}_2$  與氧之混合氣體作為蝕刻氣體進行乾式蝕刻，不會對半透明膜及透明基板造成損傷地形成圖案。上層之半透明膜 92，例如為矽化鉬系材料之半透明膜之情況，使用  $\text{CF}_4$ 、 $\text{CHF}_3$ 、 $\text{C}_2\text{F}_6$  等之氟系氣體、或該等之混合氣體、或於該等氣體中混合氧氣之氣體作為蝕刻氣體進行乾式蝕刻，則可形成圖案。下層之半透明膜 92a，例如為氧化氮化鉻膜等之鉻系材料之情況，使用  $\text{Cl}_2$  與氧之混合氣體作為蝕刻氣體進行乾式蝕刻。

其次，將上述之第 1 光阻圖案 94a 剝離，於遮光膜上形成第 2 光阻圖案 94b，並將輔助圖案部 96 的遮光膜 93 予以蝕刻除去(圖 9(c))。遮光膜 93 的蝕刻可為乾式蝕刻，且亦可以硝酸第二銻銨鹽的水溶液等予以濕式蝕刻除去。

其次，將第 2 光阻圖案 94b 剝離，並將透明基板 91 之一主面上全面以上層之半透明膜 92 的蝕刻條件乾式蝕刻，將輔助圖案部的半透明膜乾式蝕刻，直到穿透輔助圖案之光與穿透透明基板 91 之透明區域之光為 70 度~115 度範圍之既定相位差之膜厚為止，形成輔助圖案 98(圖 9(d))。取得上述相位差之輔助圖案 98 的蝕刻量，相當於與主要圖案之膜厚差為 24nm~40nm 範圍之既定膜厚差。主要圖案部因被遮光膜 93 所覆蓋，故未被蝕刻。

其次，將主要圖案部之遮光膜 93 蝕刻除去以形成主要圖案 99，形成具有輔助圖案 98，且在穿透主要圖案 99 之光與穿透透明基板 91 之透明區域之光產生 180 度相位差的半色調光罩 90(圖 9(e))。於圖 9(e)之步驟中，將遮光膜 93 以乾式蝕刻或濕式蝕刻之任一種方法均可除去。

若根據上述第 3 實施形態之光罩之製造方法，則在透明基板 91 表面不會產生如圖 11 所說明的段差，取得可防止光罩面內和圖案間之透明基板之掘入深度偏差的高品質半色調光罩 90。

#### [第 4 實施形態]

圖 10 為示出製造本發明光罩之方法之第 4 實施形態的步驟剖面示意圖。第 4 實施形態，係在上述第 1 實施形態~第 3 實施形態中，使必要之既定處的遮光膜殘留時之光罩之製造方法。

通常，於投影曝光中，因為光罩外周部被多重曝光，故使用在光罩外周部設置遮光區域的光罩。第 4 實施形態，係在光罩外周部設置遮光區域之例，因為直到中途步驟與第 1 實施形態~第 3 實施形態之步驟相同，故以下一邊參照圖 7，一邊根據圖 10 加以說明。圖 10 中與圖 7 相同處使用相同元件符號。

如圖 10(a)所示般，進行製造步驟直到圖 7(d)所示之步驟為止，形成輔助圖案部 108。此時，預先留有作為光罩所必要之既定處的遮光膜。圖 10 中，例示在光罩之外周部殘留作為遮光區域之遮光膜 104 的情況。

其次，如圖 10(b)所示般，在必要之既定處的遮光膜 104 上，形成遮光區域用光阻圖案 105。遮光區域用光阻圖案 105 不僅在遮光膜 104 上，亦可覆蓋輔助圖案 108。其次，將主要圖案上的遮光膜 103 蝕刻除去(圖 10(c))，其次將遮光區域用光阻圖案 105 剝離，形成主要圖案 109 之同時，形成具有輔助圖案 108，且在光罩外周部設置作為遮光區域之遮光膜 104 的半色調光罩 100(圖 10(d))。

若根據上述第 4 實施形態之光罩之製造方法，則在透明基板 101 表面不會產生如圖 11 所說明的段差，可取得在光罩外周部設置遮光區域之具有輔助圖案的高品質半色調光罩。

於本發明之光罩之製造方法之第 2 實施形態及第 3 實施形態中，亦可同樣處理在光罩外周部等之所欲區域設置遮光區

域。

(SRAF 蝕刻量與晶圓上 SRAF 尺寸)

其次，關於本發明之製造方法，進一步詳細說明關於以線/空間圖案改變間距時的實施形態。

為了使 SRAF 不會轉印至晶圓上，如上述，SRAF 光強度/裁剪位準必須為 1 以上。圖 12 為示出在圖 3 所示之 Cquad 照明的實施形態中，察見 10%之容許度且滿足 SRAF 光強度/裁剪位準=1.1 之 SRAF 蝕刻量(光罩上)與 SRAF CD(晶圓上之尺寸)的關係圖。SRAF 的蝕刻量係因應於 SRAF 部之相位差，SRAF 部的蝕刻量愈大，則被轉印至晶圓上的 SRAF 尺寸愈大。SRAF 的蝕刻量表示蝕刻後之 SRAF 膜厚與主要圖案之膜厚(半透明膜之初期膜厚：68nm)的膜厚差。

於圖 12 中，圖中以點線箭頭所示之 SRAF 蝕刻量為 48nm 以上的區域，相當於 SRAF 部之相位差為 50 度以下的區域(上述專利文獻 2 之發明中記載的範圍)。此時，晶圓上的 SRAF CD 為 50nm 以上。但是，晶圓上的 SRAF 尺寸為 50nm(4 倍光罩上為 200nm)以上，主要圖案與 SRAF 的空間在光罩上狹窄至 200nm 以下，於光罩製造步驟中幾乎完全不允許對準不齊的嚴密值。現在之製造光罩的雷射曝光裝置中，通常，考慮對準不齊之圖案間的空間要求為 200nm 以上，因此即使 SRAF 尺寸過大亦難以製造光罩。另一方面，SRAF 蝕刻量未滿 24nm(晶圓上的 SRAF CD 為 20nm)，則無

法充分增大 SRAF 尺寸。因此，圖 12 中，以實線兩箭頭所示之區域係考慮光罩製造之較佳的 SRAF 蝕刻量區域。

(SRAF 蝕刻量誤差對於主要圖案 CD 的影響)

其次，根據圖 13 說明關於 SRAF 之蝕刻量產生誤差時，對於 SRAF 鄰接之主要圖案 CD 所造成的影響。圖 13 為示出在圖 3 所示之 Cquad 照明的實施形態中，SRAF 蝕刻量為 28nm、38nm、48nm 時之蝕刻量誤差相對於晶圓上之主要圖案 CD 誤差，可知 SRAF 蝕刻量愈大，則晶圓上之主要圖案 CD 變動愈大。SRAF 蝕刻量為 48nm 時，些微的蝕刻誤差對於重複端的主要圖案尺寸顯示出大影響。因此，於本發明中，SRAF 蝕刻量 48nm 以上(相當於專利文獻 2 之相位差 50 度以下)在製造步驟上為不佳之範圍。

(SRAF 蝕刻量與對於重複端主要圖案的影響)

說明關於改變 SRAF 蝕刻量時，對於重複端主要圖案 CD 與散焦之影響、以及光強度分佈。

圖 14 為示出在圖 3 所示之 Cquad 照明的實施形態中，SRAF 蝕刻量於 24nm~48nm 範圍以每 4nm 改變時，晶圓上之重複端的主要圖案 CD 與散焦(Defocus)的關係圖。作為參考，亦圖示無 SRAF 本身之情況、無 SRAF 蝕刻之情況。SRAF 蝕刻量 24nm~40nm 之範圍中，主要圖案 CD 之變動相對於散焦之變化係顯示出較為緩和且大致相同的舉動。但是，SRAF 蝕刻量 44nm、48nm 中，主要圖案 CD 相對於散焦之

變化顯示出大變動。

圖 15 為示出在圖 3 所示之 Cquad 照明的實施形態中，SRAF 蝕刻量於 24nm~48nm 範圍以每 4nm 改變時，晶圓上之重複端的主要圖案的光強度分佈。SRAF 蝕刻量 24nm~40nm 之範圍中，光強度分佈之傾斜為顯示較大且大致相同的舉動。但是，SRAF 蝕刻量 44nm、48nm 中，顯示光強度分佈的傾斜變小，主要圖案的解像性變低。

因此，由圖 12 至圖 15 所示之結果，SRAF 蝕刻量 44nm 以上為不適切的範圍，為了提高焦點深度、形成高解像之圖案，SRAF 蝕刻量之較佳範圍為 24nm~40nm。此蝕刻量相當於相位差 115 度~70 度。以上述之相位位移量測定裝置(Laser Tech 公司製：MPM193)進行相位差之測定。

(以主要圖案間 SRAF 的檢證)

其次，關於其他實施形態之主要圖案間具有輔助圖案(SRAF)之情況，檢證本發明。

使用同上述之 EM-Suite(商品名：Panoramic Technology 公司製)作為模擬實驗軟體。主要的模擬條件係以 ArF 準分子雷射(193nm)作為照明光源，且使用 NA 為 1.35、圖 16 所示之 Quasar(註冊商標)瞳孔濾光器 161。同圖(a)為 Quasar 161 的平面示意圖、同圖(b)為使用 Quasar 161 對光罩 163 照射曝光光線時(記述為 Quasar 照明)的立體示意圖、同圖(c)為光罩圖案 164 的平面示意圖。Quasar 為扇狀光穿透部之

開口角 30 度、外徑 0.85、內徑 0.65(瞳孔濾光器之半徑視為 1)。作為光罩，使用矽化鉬系之曝光波長 193nm 中穿透率 6%之具有本發明輔助圖案的半色調光罩(6%半色調)。晶圓上之標的 CD 為 60nm、主要圖案 165 間各有 1 根 SRAF 166，圖案間距係由最小間距 120nm 開始之直通間距。線/空間，SRAF 166 為間距 250nm。

圖 17 為示出圖 16 所示之 Quasar 照明的實施形態中，SRAF 的蝕刻量(光罩上)與 SRAF CD(晶圓上的尺寸)的關係圖。於圖 17 中，同圖 12，圖中以點線箭頭所示之 SRAF 蝕刻量為 48nm 以上的區域，相當於 SRAF 部之相位差為 50 度以下的區域(上述專利文獻 2 之發明中記載的範圍)。於本實施形態之情況中，相比於圖 12 所示之線/空間重複端之主要圖案、Cquad 的條件，本來之 SRAF 尺寸在晶圓上非常小至 9nm(光罩上 36nm)，因此 SRAF 蝕刻量在 48nm 以上之區域，亦不會發生晶圓上之 SRAF 尺寸過大的問題。

圖 18 為示出關於圖 16 所示之 Quasar 照明的實施形態中，光罩上之 SRAF 蝕刻量發生誤差之情況，對於晶圓上之主要圖案 CD 造成影響之圖。同圖 13，示出 SRAF 蝕刻量為 28nm、38nm、48nm 之情況。如圖 18 所示般，晶圓上之主要圖案 CD 誤差相對於 SRAF 的蝕刻量誤差為極小。

圖 19 為示出圖 16 所示之 Quasar 照明之實施形態中，同圖 14，SRAF 蝕刻量於 24nm~48nm 之範圍以每 4nm 改變時，

主要圖案 CD 與散焦(Defocus)的關係圖。作為參考，亦圖示無 SRAF 之情況、無 SRAF 蝕刻之情況。

如圖 19 所示般，相對於無 SRAF，如圖中之實線箭頭所示般，經由設置 SRAF 使焦點深度擴大。但是，即使無 SRAF 蝕刻之情況，對於散焦亦為非對稱。如圖中之點線箭頭所示般，SRAF 的蝕刻量愈增加，則散焦的非對稱性愈擴大，於散焦之負側，晶圓上的主要圖案 CD 上升，於散焦之正側，晶圓上的主要圖案 CD 下降，晶圓上之主要圖案的尺寸變動為非對稱。例如，若增加蝕刻量 48nm 和 SRAF 蝕刻量，則因非對稱性故轉印影像特性變差。由圖 17 至圖 19 所示之結果，於本發明中，將 SRAF 蝕刻量的上限設定為 40nm。因此，主要圖案間 SRAF(Quasar 照明)之情況，亦同主要圖案重複端 SRAF(Cquad 照明)，檢證本發明之光罩所示之效果。

如上述，本發明之光罩之製造方法，因主要圖案與輔助圖案以相同材料形成的半透明膜所構成，故半透明膜的成膜步驟容易。又，經由使穿透輔助圖案之光與穿透透明基板之透明區域之光的相位差為 70 度~115 度範圍之既定相位差，並將輔助圖案之半透明膜乾式蝕刻，作成主要圖案與輔助圖案之膜厚差為 24nm~40nm 範圍之既定膜厚差，即以輔助圖案之蝕刻量求出，則可輕易取得所欲的輔助圖案的相位差。更且，可將主要圖案與輔助圖案間的空間更加擴大，作成提高對準不齊之容許度的製造方法，不會提高光罩製造難度地取

得改善圖案之轉印特性的光罩。

### C. 光罩

本發明之光罩，係在透明基板之一主面上，設置經由投影曝光被轉印至轉印對象面的主要圖案、和在上述主要圖案附近形成且未被轉印至上述轉印對象面之輔助圖案的光罩，其特徵為上述主要圖案與上述輔助圖案以相同材料形成之半透明膜所構成，上述輔助圖案之膜厚比上述主要圖案之膜厚更薄，且膜厚差為 24nm~40nm 範圍之既定膜厚差。

若根據本發明之光罩，經由將主要圖案及輔助圖案之膜厚差作成既定範圍，則可抑制發生輔助圖案之一部分欠缺、輔助圖案由基板表面剝離、輔助圖案朝向其線寬方向倒塌的現象。

作為本發明之光罩，可例示與上述圖 1 及圖 2 所示之光罩相同者。

又，本發明之光罩，使用短波長之曝光光源作為曝光光源為佳。作為此類短波長之曝光光源，可列舉例如，Ar 準分子雷射、KrF 準分子雷射等之準分子雷射、及水銀燈之 i 射線等，其中，亦以準分子雷射為佳，特別以 Ar 準分子雷射為佳。

更且，本發明之光罩亦可為通常照明曝光所用的光罩，且亦可為變形照明投影曝光所用的光罩。另外，關於光罩之構件、以及關於其他技術性特徵之說明，因為與上述「A.光罩」

以及上述「B.光罩之製造方法」記載之內容相同，故在此處省略記載。

#### D. 光罩之修正方法

本發明之光罩之修正方法的對象光罩，係以 ArF 準分子雷射作為曝光光源，並且被使用於以變形照明之投影曝光的光罩，較佳為被使用於形成晶圓上之中間間距為 65nm 以下、更且為 45nm、32nm 之微細半導體元件為對象之具有輔助圖案的光罩。

(具有輔助圖案之光罩的轉印特性)

敘述關於本發明之修正方法前，首先，以半色調光罩為例，說明關於具有輔助圖案之光罩的轉印特性。本發明者將晶圓上具有用以形成中間間距 45nm 以下之細密圖案之輔助圖案的半色調光罩的轉印特性，一邊與二元光罩比較，一邊利用模擬實驗進行調查。

於模擬實驗中，作為估計光罩圖案之轉印特性的模擬實驗軟體，係使用 EM-Suite(商品名：Panoramic Technology 公司製)。主要的模擬實驗條件，與使用上述圖 3 說明的內容相同。

圖 4 為示出模擬實驗中所用的評估圖案(同圖(a))、與評估圖案位置對應之光強度的空間影像圖(同圖(b))。關於評估圖案之內容，與使用上述圖 4 說明的內容相同。

又，於上述具有輔助圖案之半色調光罩中，關於線/空間

圖案端之輔助圖案(SRAF)的轉印性如上述。

圖 23 為示出根據上述模擬實驗所得之主要圖案與輔助圖案(SRAF)膜厚相同時之半色調光罩與二元光罩中，相對於晶圓上之 SRAF CD(橫軸)，規格化之光強度臨限值之初線程度相對於 SRAF 部之光強度比(縱軸)之圖、半色調光罩(圖中的三角點)示出主要圖案之 CD 為 3 個(晶圓上 32nm;36nm;40nm)之情況。上述比若為 1 以下，則 SRAF 被轉印，故必須使上述比為超過 1 之值使 SRAF 不被轉印。圖中以點線表示之半色調光罩的主要圖案 CD 為 32nm(光罩上為 128nm)時，若 SRAF 的 CD 非 14nm(光罩為 56nm)以下，則 SRAF 解像。

上述為使用具有 SRAF 之 6%半色調光罩時之模擬實驗結果，可知半色調光罩之主要圖案 CD 微細至 32nm 時，SRAF 尺寸變得極小，實際之光罩製造困難。

#### <本發明之光罩之修正方法>

其次，一邊參照上述之結果，一邊根據圖式詳細說明本發明之光罩之修正方法的實施形態。於下列之光罩圖案之轉印特性的說明中，使用上述圖 3 所示之 Cquad 瞳孔濾光器 31，並使用 EM-Suite(商品名：Panoramic Technology 公司製)作為模擬實驗軟體。主要的模擬實驗條件，以 ArF 準分子雷射(193nm)作為照明光源，且 NA 為 1.35。評估圖案使用上述圖 4(a)所示之圖案。



圖 25 為示出具有本發明之輔助圖案之光罩之修正方法的一實施形態之步驟概要的剖面示意圖，例示設置線/空間圖案之半色調光罩的情況。圖 25(a)為修正前之光罩的剖面示意圖，在合成石英基板等之透明基板 11 上，設置曝光光線以既定穿透率穿透且改變相位的主要圖案 12，主要圖案 12 以單層之半透明膜 14 所構成，在主要圖案 12 之附近，形成以主要圖案 12 相同材料且相同膜厚之半透明膜所構成之輔助圖案(SRAF)13 的半色調光罩 10。圖 25 中，主要圖案 12、輔助圖案 13 均為 2 個，且僅示出一部分的光罩圖案，當然不被限定於此。又，主要圖案亦可為獨立圖案或周期圖案。

具有本實施形態之輔助圖案的半色調光罩 10，設定成穿透主要圖案 12 之曝光光線與穿透透明基板 11 之無圖案之透明區域的曝光光線產生 180 度的相位差。以相位位移量測定裝置(例如，Laser Tech 公司製：MPM193)進行相位差的測定。

此處，圖 25(a)所示之半色調光罩 10，以 ArF 準分子雷射作為曝光光源，經由變形照明投影曝光在晶圓上轉印光罩圖案時，接近主要圖案 12 之輔助圖案 13a 及 13b，在轉印對象面之晶圓上被解像的光罩。

圖 25(b)為示出上述晶圓上輔助圖案 13a 及 13b 被解像之光罩修正中狀態的剖面示意圖。在上述轉印對象面被解像的輔助圖案 13a 及 13b，與光罩上本來不准之不必要的多餘缺

陷，所謂的「黑缺陷」之缺陷為不同性質者，對於在晶圓上形成光罩圖案而言為必須且不可或缺的區域。被解像至光罩上之轉印對象面的輔助圖案 13a 及 13b，在檢測出黑缺陷之習知技術的光罩缺陷檢查裝置中無法以缺陷型式檢測。被解像之輔助圖案 13a 及 13b 的檢測，例如，使用 Aerial Image 測定系統(Aerial Image Measurement System：Carltoos 公司製、以 AIMS(註冊商標)簡稱。以後，亦記述為 AIMS)等之微影模擬顯微鏡之檢證、以及以實際之曝光裝置進行曝光試驗。

於本發明之修正方法中，將相當於被解像至轉印對象面的輔助圖案 13a 及 13b 的區域表面予以蝕刻或研削，直到輔助圖案 13a 及 13b 不被解像至轉印對象面之晶圓上為止，減薄相當於輔助圖案 13a 及 13b 區域的膜厚。圖 25(b)例示利用電子束光罩修正裝置，將晶圓上被解像之輔助圖案 13a 區域予以蝕刻減薄膜厚進行修正之情況之一例。

於修正中，並非必定將 1 線或多線的輔助圖案全面予以蝕刻薄膜化，若僅將解像之輔助圖案區域予以蝕刻減薄膜厚即可。當然，於 1 線之輔助圖案全面被轉印之情況，若將 1 線全面的膜厚減薄即可，於多線之輔助圖案全面被轉印之情況，若將多線全面的膜厚減薄即可。

將上述轉印對象面被解像的輔助圖案 13a 及 13b 表面予以蝕刻或研削之步驟中，必須將輔助圖案 13a 蝕刻或研削除去

的膜厚，可預先利用模擬實驗求出。

圖 25(c)為示出將解像至轉印對象面之輔助圖案 13a 及 13b 表面蝕刻減薄膜厚之以輔助圖案 13a'、13b'型式修正後之光罩狀態的剖面示意圖。修正處，比利用蝕刻僅以膜厚差 T 修正前之膜厚更薄。

於本發明中，作為將被解像至上述轉印對象面之輔助圖案區域之膜厚減薄的方法，可應用習知技術修正光罩上之黑缺陷所用的各種方法。例如，使用集束離子束(FIB)修正光罩裝置之利用離子束的氣體輔助蝕刻方法、或如上述圖 25(b)所示般，使用電子束(EB)修正光罩裝置之電子束(EB)的氣體輔助蝕刻方法、或使用原子間力顯微鏡(AFM)之探針予以物理研削具有缺陷之輔助圖案的方法、或在光罩上形成光罩圖案僅使輔助圖案的缺陷區域露出，並且利用乾式蝕刻將缺陷區域的膜厚選擇性減薄之方法等。

但是，上述方法中，以 FIB 修正光罩裝置之氣體輔助蝕刻方法，經由通常使用作為離子束之鎔穿入透明基板之鎔染色現象，使修正部位的透光率降低，或者在修正部位周邊的透明基板因過度蝕刻而發生所謂河床(river bed)之透明基板的掘入現象。又，形成光阻圖案之方法，必須有塗佈光阻、描畫圖案、光阻剝膜之步驟，產生修正步驟變長的問題。

另一方面，以 EB 修正光罩裝置之氣體輔助蝕刻方法，其一例如圖 25(b)所示般，由具有缺陷之輔助圖案 13a 中捲入

掃描之電子束 16 附近的氣體管嘴 15，吐出最適於蝕刻的輔助氣體，並附著至氣體分子欲修正的輔助圖案 13a 表面，經由電子束引起化學反應，將輔助圖案材料改變成揮發性物質進行蝕刻的方法，係適於微細圖案，不會對修正處造成損傷的方法。以 EB 修正光罩裝置具備的 SEM 進行修正處的確認。作為上述之 EB 修正光罩裝置。例如，為 MeRiT 65(Carl Touis 公司製)等。

又，以 AFM 探針研削的方法，係對金剛石針等之硬探針加以一定的加重，直接削除缺陷的方法，於懸臂前端安裝探針，並且使用原子間力顯微鏡的原理控制懸臂。修正處之確認，以 AFM 中具備的 SEM 進行，以探針掃描具有欲修正缺陷之輔助圖案表面，其次以探針削除此缺陷的方法。係適於微細圖案之修正，且適於削除面積、膜厚小之情況的方法。作為使用上述 AFM 探針之修正光罩裝置，例如，RAVENm 650(RAVE 公司製)等。

因此，於本發明中，作為將形成微細圖案之輔助圖案的膜厚減薄的方法，以上述之 EB 光罩修正裝置之氣體輔助蝕刻方法或者以 AFM 之探針研削的方法為更佳。

於本發明中，如圖 25(c)所示般，蝕刻或研削減薄之修正後輔助圖案 13a'、13b' 之膜厚、與修正前之輔助圖案 13a、13b 之膜厚的膜厚差 T(圖中的 SRAF 膜厚差)為 1nm~40nm 之範圍為佳。膜厚之測定可以原子間力顯微鏡(AFM)進行。

輔助圖案，本來，以不會解像至轉印對象面般進行光罩設計而製作，故被轉印至晶圓上之輔助圖案的一部分多，且將修正的膜厚非常薄即可的情況多。因此，將修正的膜厚亦有些微之情況，本發明中將修正之膜厚下限定為可修正的1nm。因修正膜厚未滿1nm，則無法確認修正效果。另一方面，於輔助圖案之特性上，將修正之膜厚上限定為40nm。若將修正之膜厚為超過40nm，則經由SRAF提高主要圖案解像度之效果和擴大焦點深度效果等SRAF本來的機能減低或消滅。

(可應用本發明之修正方法的光罩)

本發明之光罩之修正方法，若為具有輔助圖案之光罩，則半色調光罩、二元光罩之任一者光罩均可使用，並無特別限定，圖26中，一邊例示具有輔助圖案之半色調光罩及二元光罩的代表性光罩一邊說明。於圖26中，於示出相同部位之情況使用相同元件符號。當然本發明之光罩之修正方法不應被限定於圖26所示的光罩。

圖26(a)至圖26(d)示出可應用本發明之修正方法且主要圖案與輔助圖案以半透明膜所構成之半色調光罩例的部分剖面示意圖。圖26(a)至圖26(d)之光罩，在透明基板41上設置主要圖案42和輔助圖案43，任一種光罩，均以穿透主要圖案42之曝光光線與穿透透明基板41之透明區域的曝光光線產生180度相位差之膜厚，設定主要圖案42的膜厚。

更且，圖 26(a)為主要圖案 42 與輔助圖案 43 以相同之半透明膜且以相同膜厚構成的半色調光罩。圖 26(b)為主要圖案 42 與輔助圖案 43 以相同之半透明膜構成，且使穿透輔助圖案 43 之曝光光線與穿透透明基板 41 之透明區域之曝光光線產生 70 度~115 度範圍之既定相位差的光罩，輔助圖案 43 之膜厚比主要圖案 42 之膜厚更薄的光罩。圖 26(c)之主要圖案 42 以透明膜/半透明膜之 2 層所構成，且輔助圖案 43 由半透明膜所構成的光罩，半透明膜層的膜厚以主要圖案 42 與輔助圖案 43 均相同。圖 26(d)之主要圖案 42 以半透明膜/半透明膜之 2 層所構成，且輔助圖案 43 由半透明膜所構成的光罩，連接至透明基板 41 之半透明膜層的膜厚，以主要圖案 42 與輔助圖案 43 均相同。

上述圖 26(a)至圖 26(d)所示之具有輔助圖案的光罩為代表例，作為可應用本發明修正方法的光罩，以主要圖案與輔助圖案為半透明膜/半透明膜 2 層所構成的光罩等均可應用。

圖 26(e)及圖 26(f)為示出主要圖案以遮住曝光光線的遮光膜所構成的二元光罩例的部分剖面示意圖。圖 26(e)為透明基板 41 上主要圖案 42 以遮光膜/半透明膜之 2 層所構成，且輔助圖案 43 由半透明膜所構成的光罩，半透明膜層之膜厚，以主要圖案 42 與輔助圖案 43 均相同。圖 26(f)為主要圖案 42 與輔助圖案 43 以相同遮光膜且以相同膜厚所構成的光罩。



如上述，應用本發明修正方法之光罩中的主要圖案及輔助圖案的半透明膜，意指曝光光線以既定之穿透率穿透的半透明薄膜，薄膜為半透明的單層膜、或者亦可為半透明膜與透明膜或與穿透率不同之其他半透明膜之 2 層膜以上之構成。又，應用本發明修正方法之光罩中的主要圖案及輔助圖案的遮光膜，意指將曝光光線遮光的薄膜，薄膜為遮光膜的單層膜、或者亦可具有遮光膜與半透明膜之 2 層膜以上之構成。

於本發明之光罩之修正方法中，作為構成圖 26(a)至圖 26(e)所示光罩之主要圖案 42 及輔助圖案 43 的半透明膜，其材料無特別限定，可列舉例如，矽化鉬系材料之矽化鉬氧化膜(MoSiO)、矽化鉬氮化膜(MoSiN)、矽化鉬氧化氮化膜(MoSiON)等之半透明膜、鉻系材料之氧化鉻膜(CrO)、氮化鉻膜(CrN)、氧化氮化鉻膜(CrON)等之半透明膜、氧化錫(SnO<sub>2</sub>)等之半透明膜。矽化鉬系半透明膜被實用作為半色調光罩材料，為較佳之材料。作為構成圖 26(c)所示之主要圖案 42 的透明膜，可列舉氧化矽膜(SiO<sub>2</sub>)等。作為構成圖 26(e)所示之主要圖案 42 的遮光膜、及構成圖 26(f)所示之光罩的主要圖案 42 及輔助圖案 43 的遮光膜，可列舉鉻膜(Cr)等之金屬薄膜、矽化鉬(MoSi)等之金屬矽化物薄膜。

於使用圖 25(b)所示之電子束修正光罩機之電子束的氣體輔助蝕刻步驟中，構成主要圖案 42 及輔助圖案 43 的半透明

膜，例如於矽化鉬系材料之半透明膜的情況，使用  $\text{CF}_4$ 、 $\text{CHF}_3$ 、 $\text{C}_2\text{F}_6$  等之氟系氣體、或該等之混合氣體、或於該等氣體中混合氧之氣體作為輔助氣體進行選擇性蝕刻，可將輔助圖案的膜厚選擇性減薄。又，構成主要圖案 42 及輔助圖案 43 的遮光膜，例如為鉻之情況，使用  $\text{Cl}_2$  與氧之混合氣體作為輔助氣體進行選擇性蝕刻，可將輔助圖案的膜厚選擇性減薄。

(修正後之輔助圖案的轉印性)

其次，說明關於根據圖 25 所示之本發明之光罩之修正方法，將輔助圖案(SRAF)表面蝕刻或研削，將輔助圖案之膜厚減薄修正的薄膜化效果。作為光罩，其一例，以圖 26(a) 所示之部分剖面示意圖之形狀，以膜厚 68nm 之矽化鉬作為半透明膜，主要圖案(膜厚 68nm)為 ArF 準分子雷射光(193nm) 的穿透率 6%，與透明基板之透明區域的相位差 180 度，修正前之輔助圖案膜厚亦為 68nm 之半色調光罩為例說明。

作為模擬實驗軟體，使用 EM-Suite(商品名：Panoramic Technology 公司製)。主要的模擬實驗條件為照明光源 ArF 準分子雷射(193nm)、NA1.35，使用 Cquad 瞳孔濾光器作為變形照明，Cquad 21 為扇狀光穿透部之開口角 35 度、外徑 0.9、內徑 0.7(以瞳孔濾光器的半徑視為 1)。於光罩，使用上述半色調光罩值。

圖 5 為根據模擬實驗所得之結果，示出晶圓上之主要圖案

的 CD 為 32nm 之上述半色調光罩中，改變 SRAF 之 CD 時，SRAF 膜厚差(橫軸)與 SRAF 之光強度/規格化之光強度臨限值的裁剪位準(縱軸)之關係圖。於圖 5 中，示出 SRAF 之光強度/裁剪位準若非 1 以上，則 SRAF 在晶圓上解像。

如圖 5 所示般，SRAF 之 CD 微細至 14nm(光罩上為 56nm)時，即使修正後之 SRAF 膜厚差與 0 相同(與未被修正之情況相同)，SRAF 之光強度/裁剪位準亦為 1 以上，變成本來的 SRAF 未被轉印。其次，SRAF 之 CD 為 22nm(光罩上為 88nm)時，若修正後之 SRAF 的膜厚差為 24nm 以上，則表示 SRAF 未被解像且未轉印。同樣地，SRAF 之 CD 為 26nm(光罩上為 104nm)時，若修正後之 SRAF 的膜厚差 30nm 以上、SRAF 之 CD 為 30nm(光罩上為 88nm)時，若修正後之 SRAF 的膜厚差為 34nm 以上，則 SRAF 未被轉印。

如上述圖 5 及圖 23 所說明般，主要圖案與輔助圖案(SRAF)為相同材料、相同膜厚所構成的半色調光罩中，若主要圖案之 CD 為 32nm，則使用 SRAF 之 CD 僅 14nm 以下的 SRAF，如上述，經由將轉印的 SRAF 薄膜化應用本發明之修正方法，即使 SRAF 的 CD 大至 26nm~30nm 的 2 倍左右大的尺寸，亦不會使 SRAF 解像且未轉印供使用。根據本發明之修正方法，先前微細化難使用之具有 SRAF 的半色調光罩的可使用性變廣。

其次，敘述關於 SRAF 經由修正變薄時的影響。圖 6 為示

出根據模擬實驗所得之 SRAF 的 CD 改變時，晶圓上之主要圖案端線的 CD 與散焦(Defocus：焦點位置變動)的關係圖。對於各個 SRAF 的 CD，以 SRAF 不會解像般經由蝕刻修正減薄膜厚，具有與修正前膜厚之膜厚差(SRAF 膜厚差：24nm、32nm、40nm)。如圖 6 所示般，SRAF 的 CD 大至 22nm~30nm(晶圓上)，將 SRAF 的膜厚變薄進行修正，使焦點偏向時之各 SRAF 尺寸間的 CD 無變動，顯示出大致相同之傾向。即，以本發明修正方法之 SRAF 的薄膜化，對於散焦無不良影響，顯示出取得與未修正之 SRAF 之 CD14nm 情況相同的尺寸精度。

於上述之實施形態中，作為具有輔助圖案(SRAF)之光罩，以主要圖案兩端具有 SRAF 之形態為例說明，但本發明不應限定於此，於主要圖案間具有 SRAF 的光罩形態、或主要圖案為獨立圖案的光罩形態等，亦可應用本發明之光罩之修正方法。

若根據本發明之光罩之修正方法，於輔助圖案在轉印對象面解像轉印時之光罩之修正方法中，將輔助圖案表面蝕刻或研削，直到輔助圖案不被解像至轉印對象面為止，減薄輔助圖案的膜厚，解決輔助圖案解像轉印的問題，且，繼續保持作為輔助圖案之擴大焦點深度效果，並且可修正形成對比度高之轉印影像的光罩。本發明之光罩之修正方法，與輔助圖案之線寬方向修正光罩圖案之習知技術的光罩之修正方法



不同，係在輔助圖案之厚度方向上修正光罩圖案的方法，可以確實且較容易之方法修正具有輔助圖案的光罩。

#### E. 經修正的光罩

##### <本發明之經修正的光罩>

本發明之經修正的光罩，係經由上述光罩之修正方法將輔助圖案修正的光罩，其一例，如圖 25(c)所示般，具備蝕刻或研削減薄之修正後的輔助圖案 13a'及 13b'，具有與修正前之輔助圖案膜厚之膜厚差(圖中之 SRAF 膜厚差：T)。本發明之光罩，經由將輔助圖案解像轉印至轉印對象面之光罩，於膜厚之厚度方向上修正輔助圖案，則可使輔助圖案不被解像轉印至轉印對象面，繼續保持擴大焦點深度效果，形成對比度高的轉印影像。

以下，根據實施例說明本發明。

##### [實施例]

製作具有輔助圖案之 MoSi 系於 193nm 中之穿透率 6% 的半色調光罩，作為 ArF 準分子雷射(波長 193nm)用光罩。晶圓上之標的線尺寸為 45nm、圖案為間距 90nm(光罩上間距 360nm)之線/空間重複圖案，形成圖 4 所示之圖案。於晶圓上，主要圖案之中間間距 45nm 之線/空間為 9 根，為了提高端部之主要圖案的解像性，乃在主要圖案的兩端加入 2 根 SRAF(SRAF 的間距 90nm)。主要圖案、SRAF 均以上述之 6% 半色調所構成，光罩上之圖案膜厚均為 68nm。光罩上之

主要圖案的 CD 及 SRAF 的 CD 均為 128nm。

使用上述之半色調光罩進行 ArF 準分子雷射曝光。曝光系之 NA 為 1.35，使用圖 3 所示之 Cquad 瞳孔濾光器作為變形照明。但是，發生必須轉印至晶圓上的 SRAF 圖案已在晶圓上解像的問題。

於是，將 SRAF 蝕刻或研削減薄膜厚，預先利用模擬實驗進行轉印特性的估計。又，將微影模擬顯微鏡 AIMS 45-193i (Carltoous 公司製) 以上述曝光系相同之曝光條件，進行 SRAF 之膜厚減薄時對於晶圓之轉印特性的檢證。

首先，以試驗試料進行 SRAF 蝕刻條件的確認。圖案在光罩上以間距 360nm(晶圓上 90nm)之線/空間圖案，並於主要圖案兩端設置 2 根 SRAF。圖 27 為使用 EB 修正光罩裝置 MeRiT 65(Carltoous 公司製)，以  $CF_4$  作為輔助氣體，進行氣體輔助蝕刻，將石英基板上之 MoSi 薄膜的 SRAF 部(S1 與 S2)予以部分蝕刻 30nm 後之 SEM 平面照片。圖 27 虛線內之區域係經由蝕刻予以薄膜化處理的部分，蝕刻區域，於微視上雖與未蝕刻之區域於 SEM 照片上察見些微差異，但示出良好的表面狀態。

圖 28 為示出以上述之試驗試料將 SRAF 部(S1 與 S2)予以部分蝕刻 30nm 後之平版照相模擬顯微鏡 AIMS (AIMS45-193i; Carltoous 公司製)之檢證影像，於晶圓上光強度分佈的平面狀態。圖 28 之虛線內相當於經由蝕刻予以薄

膜化處理的 SRAF 部分，示出此部分的光強度提高，光阻圖案未解像。

使用 AIMS 之模擬實驗檢證轉印特性之結果示於圖 29 至圖 34。圖 29 為示出對應於減薄 SRAF 前之光罩圖案位置之光強度的空間影像圖，示出一組圖案兩端片側的 SRAF(S1、S2)與一部分的主要圖案。圖 29 中，於橫軸示出一部分主要圖案與 SRAF 之一組圖案位置，於縱軸示出無圖案之穿透部之光強度為 1 時之規格化的光強度。光強度圖以複數表示者，係示出為了察見 SRAF 之效果而改變聚焦(焦點深度)之情況。如圖 29 所示般，光強度為 0.25~0.57 之範圍中，任何處之裁剪位準，均示出 SRAF 中的 S1 在晶圓上解像，更且，若裁剪位準為 0.4 以上，則 S2 亦解像。

圖 30 為圖 29 的部分放大圖，示出改變聚焦時之重複端主要圖案與輔助圖案 S1 之 SRAF 薄膜化處理前之圖案位置與光強度關係之空間影像圖。線/空間重複部之主要圖案的 CD 為 45nm 之光強度臨限值為 0.42。圖 30 中，如圖 29 所示般，示出為了察見 SRAF 之效果而改變聚焦時之 5 根光強度圖。如圖 30 所示般，SRAF 中之 S1 無關於聚焦而解像。

此處，圖 31 為圖 30 的比較參考，示出無 SRAF 情況之重複端的主要圖案與輔助圖案 S1 之圖案位置與光強度關係的空間影像圖。如圖 31 所示般，若無 SRAF 則重複端的主要圖案幾乎完全未解像。

其次，根據模擬實驗估計 SRAF 經由修正薄膜化時的轉印特性。圖 32 為根據模擬實驗估計轉印特性的結果，示出對應於 SRAF 減薄 30nm 後之光罩圖案位置之光強度的空間影像圖。經由將 SRAF 薄膜化，使得 SRAF 之光量擴大，且 SRAF 之光強度的最小值變大，於 0.25~0.55 範圍中示出 SRAF 圖案未解像，光強度之裁剪位準的選定容許度擴大。又，即使將 SRAF 薄膜化，亦確認主要圖案的光學像未降低。

圖 33 為示出圖 27、圖 28 虛線部內的狀況，為圖 32 的部分放大圖，係示出重複端主要圖案與輔助圖案 S1 之 SRAF 薄膜化處理後之圖案位置與光強度關係的空間影像圖。圖 33 中，示出為了察見 SRAF 之效果而改變聚焦時之光強度圖。如圖 33 所示般，經由將 SRAF 薄膜化，使得 SRAF 的 S1 未解像。

圖 34 為示出 SRAF 薄膜化處理後之重複端主要圖案之焦點深度圖。如上述，線/空間重複部之主要圖案的 CD 為 45nm，光強度[a.u.]臨限值為 0.42。為了比較，亦圖示無 SRAF 之情況。無 SRAF 之情況(no)為解像之聚焦範圍狹窄，但在設置薄膜化之 SRAF 之情況(thin)，顯示出解像之聚焦範圍廣。又，示出一邊不會使 SRAF 解像，一邊保持作為 SRAF 的效果。

根據上述之蝕刻試驗結果及模擬實驗結果，修正晶圓上解像具有 SRAF 圖案之上述半色調光罩的 SRAF 部。根據與上

述試驗試料相同的蝕刻條件，將 1 組主要圖案端兩側各 2 根的 SRAF 表面全面蝕刻，薄膜化直到與初期膜厚之膜厚差為 30nm 為止。

使用將上述 SRAF 膜厚薄膜化修正的半色調光罩，再度，進行 ArF 準分子雷射曝光時，SRAF 完全未解像，僅主要圖案在晶圓上以高解像轉印。又，亦取得曝光時之擴大焦點深度效果。

### 【圖式簡單說明】

圖 1 為示出具有本發明之輔助圖案之半色調光罩之一實施形態的部分剖面示意圖。

圖 2 為示出具有本發明之輔助圖案之半色調光罩之其他實施形態的部分剖面示意圖。

圖 3 為本發明之半色調光罩(或具有輔助圖案之光罩)評估中所用之 Cquad 瞳孔濾光器，該圖(a)為 Cquad 的平面示意圖，該圖(b)為使用 Cquad 對光罩照射曝光光線時的立體示意圖。

圖 4 為示出本發明之半色調光罩(或具有輔助圖案之光罩)中所用之評估圖案、與評估圖案之位置與光強度之關係的空間影像圖。

圖 5 為示出改變 SRAF 之 CD 時，SRAF 膜厚差與 SRAF 之光強度/裁剪位準之關係圖。

圖 6 為示出改變 SRAF 之 CD 時，晶圓上之主要圖案端的

線 CD 與散焦之關係圖。

圖 7 為示出本發明之光罩之製造方法的第 1 實施形態的步驟剖面示意圖。

圖 8 為示出本發明之光罩之製造方法的第 2 實施形態的步驟剖面示意圖。

圖 9 為示出本發明之光罩之製造方法的第 3 實施形態的步驟剖面示意圖。

圖 10 為示出本發明之光罩之製造方法的第 4 實施形態的步驟剖面示意圖。

圖 11 為示出習知之光罩之製造方法的一實施形態的步驟剖面示意圖。

圖 12 示出圖 3 所示之實施形態中，SRAF 之蝕刻量(光罩上)與 SRAF CD(晶圓上之尺寸)的關係圖。

圖 13 示出圖 3 所示之實施形態中，SRAF 蝕刻量誤差對於主要圖案 CD 造成影響之圖。

圖 14 示出圖 3 所示之實施形態中，改變 SRAF 蝕刻量時，晶圓上之重複端的主要圖案與散焦(Defocus)的關係圖。

圖 15 示出圖 3 所示之實施形態中，改變 SRAF 蝕刻量時，晶圓上之重複端的主要圖案的光強度分佈圖。

圖 16 為模擬實驗中所用之 Quasar 瞳孔濾光器的平面示意圖(a)、使用 Quasar 對光罩照射曝光光線時之立體示意圖(b)、與光罩圖案 194 的平面示意圖(c)。

圖 17 示出圖 16 所示之實施形態中，SRAF 之蝕刻量(光罩上)與 SRAF CD(晶圓上之尺寸)的關係圖。

圖 18 示出圖 16 所示之實施形態中，光罩上之 SRAF 的蝕刻量誤差對於晶圓上之主要圖案 CD 誤差的影響圖。

圖 19 示出圖 16 所示之實施形態中，改變 SRAF 蝕刻量時之主要圖案 CD 與散焦的關係圖。

圖 20 示出習知之半色調光罩與二元光罩中，光罩 CD 與 NILS 的關係。

圖 21 示出習知之半色調光罩與二元光罩中，光罩 CD 與 MEEF 的關係。

圖 22 示出習知之半色調光罩與二元光罩中，光罩 CD 與曝光容許度之圖。

圖 23 示出習知之半色調光罩與二元光罩中，相對於晶圓上之 SRAF 的 CD，光強度臨限值之裁剪位準相對於 SRAF 部光強度比之圖。

圖 24 為專利文獻 2 記載之習知之具有半透明輔助圖案之光罩的平面圖及縱剖面圖。

圖 25 為示出具有本發明之輔助圖案之光罩之修正方法之一實施形態的剖面示意圖。

圖 26 為示出具有可應用本發明之修正方法之輔助圖案的光罩例的部分剖面示意圖。

圖 27 為實施例中以試驗試料之 SRAF 部分之薄膜化處理

後的 SEM 照片。

圖 28 為示出以試驗試料將 SRAF 部予以部分蝕刻後，以微影模擬顯微鏡示出晶圓上光強度分佈的平面狀態之影像。

圖 29 為示出實施例中之 SRAF 部分的薄膜化處理前之圖案位置與光強度關係的空間影像圖。

圖 30 為圖 29 之部分放大圖，示出重複端主要圖案與輔助圖案 S1 之 SRAF 薄膜化處理前之圖案位置與光強度關係的空間影像圖。

圖 31 為相對於圖 30 的比較參考圖，係示出無 SRAF 時之重複端的主要圖案與輔助圖案 S1 之圖案位置與光強度關係的空間影像圖。

圖 32 示出實施例中之 SRAF 部分的薄膜化處理後之圖案位置與光強度關係的空間影像圖。

圖 33 示出圖 27、圖 28 虛線部內的狀況，為圖 32 之部分放大圖，係示出重複端主要圖案與輔助圖案 S1 之 SRAF 薄膜化處理後之圖案位置與光強度關係的空間影像圖。

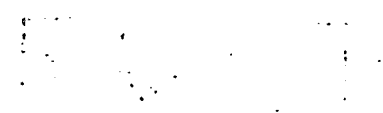
圖 34 為示出經由 SRAF 薄膜化處理之重複端主要圖案的焦點深度圖。

#### 【主要元件符號說明】

1	主要圖案
2	半透明輔助圖案
10、20	半色調光罩

11、21	透明基板	
12、22	主要圖案	
13、13a、13a'、13b、13b'、23		輔助圖案(SRAF)
14	半透明膜	
15	氣體管嘴	
16	電子束	
24	下層之半透明膜(停止蝕刻層)	
25	上層之半透明膜	
31、161	瞳孔濾光器	
32、162	照明光	
33、163	光罩	
41	透明基板	
42	主要圖案	
43	輔助圖案(SRAF)	
70、80、90、100	半色調光罩	
71、81、91、101	透明基板	
72、82、102	半透明膜	
73、83、93、103	遮光膜	
74、84	第1光阻圖案	
75、85、95	主要圖案部	
76、86、96	輔助圖案部	
77、87	第2光阻圖案	

78、88、98	輔助圖案
79、89、99	主要圖案
92	上層之半透明膜
92a	下層之半透明膜(停止蝕刻層)
94a	第1光阻圖案
94b	第2光阻圖案
94c	第3光阻圖案
104	遮光膜
105	遮光區域用光阻圖案
110	習知技術製造法之半色調光罩
111	透明基板
112	半透明膜
113	遮光膜
114	第1光阻圖案
115	主要圖案部
116	輔助圖案部
117	第2光阻圖案
118	輔助圖案
119	主要圖案
121	透明基板表面之段差
164	光罩圖案
165	主要圖案



- 166 SRAF
- 301 透明基板
- 302 半透明膜
- 304 透明膜

## 七、申請專利範圍：

1.一種光罩，其係在以 ArF 準分子雷射作為曝光光源，且被使用於以變形照明進行之投影曝光的光罩中，該光罩在透明基板之一主面上，設置經由上述投影曝光而轉印至轉印對象面的主要圖案、和在上述主要圖案附近形成且未被轉印至上述轉印對象面的輔助圖案者，其中，

上述主要圖案與上述輔助圖案由相同材料形成的半透明膜所構成；

使穿透上述主要圖案之光與穿透上述透明基板之透明區域之光產生 180 度的相位差，且使穿透上述輔助圖案之光與穿透上述透明基板之透明區域之光產生 70 度~115 度範圍之既定相位差。

2.如申請專利範圍第 1 項之光罩，其中，上述輔助圖案之膜厚比上述主要圖案之膜厚更薄，且膜厚差為 24nm~40nm 範圍之既定膜厚差。

3.如申請專利範圍第 2 項之光罩，其中，上述膜厚差係利用乾式蝕刻而形成。

4.如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之光罩，其中，上述輔助圖案之曝光光線穿透率為 15%~29% 範圍之既定穿透率。

5.如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之光罩，其中，上述由相同材料形成的半透明膜係由單層的半透明膜或 2 層

2017年7月17日 修訂頁  
劃線

的半透明膜形成。

6.如申請專利範圍第5項之光罩，其中，上述單層之半透明膜為矽化鉬系材料的半透明膜，上述2層的半透明膜係在上述透明基板上依序設置鉻系材料之半透明膜、矽化鉬系材料之半透明膜。

7.如申請專利範圍第1至3項中任一項之光罩，其中，在上述光罩的外周部形成遮光區域。

8.如申請專利範圍第1至3項中任一項之光罩，其中，上述主要圖案及上述輔助圖案均為線圖案，上述主要圖案為獨立圖案或周期圖案。

9.一種光罩之製造方法，該光罩係以ArF準分子雷射作為曝光光源，被使用於以變形照明進行之投影曝光，且在透明基板之一主面上，設置經由上述投影曝光轉印至轉印對象面的主要圖案、和在上述主要圖案附近形成且未被轉印至上述轉印對象面的輔助圖案；其特徵為包含：

(a)在上述透明基板之一主面上依序形成半透明膜、遮光膜，作成穿透上述半透明膜之光與穿透上述透明基板之透明區域之光的相位差為大致180度之膜厚的步驟；

(b)在上述遮光膜上形成第1光阻圖案，將上述遮光膜及上述半透明膜依序予以乾式蝕刻，形成主要圖案部與輔助圖案部的步驟；

(c)將上述第1光阻圖案剝離，其次於上述遮光膜上形成

第 2 光阻圖案，並將上述輔助圖案部的遮光膜予以蝕刻除去  
的步驟；

(d)將上述第 2 光阻圖案剝離，其次將上述透明基板之一  
主面上全面乾式蝕刻，將上述輔助圖案部的半透明膜予以乾  
式蝕刻，直到穿透上述輔助圖案之光與穿透上述透明基板之  
透明區域之光為 70 度~115 度範圍之既定相位差的膜厚為  
止，以形成輔助圖案的步驟；以及

(e)將上述主要圖案部之遮光膜予以蝕刻除去而形成主要  
圖案，使穿透上述主要圖案之光與穿透上述透明基板之透明  
區域之光產生 180 度相位差的步驟。

10.如申請專利範圍第 9 項之光罩之製造方法，其中，步  
驟(b)之上述半透明膜的乾式蝕刻係進行至上述半透明膜之  
膜厚中途為止的半蝕刻。

11.一種光罩之製造方法，該光罩係以 ArF 準分子雷射作  
為曝光光源，被使用於以變形照明進行之投影曝光，且在透  
明基板之一主面上，設置經由上述投影曝光轉印至轉印對象  
面的主要圖案、和在上述主要圖案附近形成且未被轉印至上  
述轉印對象面的輔助圖案；其特徵為包含：

(a)在上述透明基板之一主面上依序形成半透明膜、遮光  
膜，上述半透明膜由 2 層之半透明膜構成，上述透明基板側  
之下層半透明膜兼作上層半透明膜的停止蝕刻層，作成穿透  
上述 2 層半透明膜之光與穿透上述透明基板之透明區域之

光的相位差為大致 180 度之膜厚的步驟；

(b)在上述遮光膜上形成第 1 光阻圖案，將上述遮光膜及上述 2 層半透明膜依序予以乾式蝕刻，形成主要圖案部與輔助圖案部的步驟；

(c)將上述第 1 光阻圖案剝離，其次於上述遮光膜上形成第 2 光阻圖案，並將上述輔助圖案部的遮光膜予以蝕刻除去之步驟；

(d)將上述第 2 光阻圖案剝離，其次將上述透明基板之一主面上全面予以乾式蝕刻，將上述輔助圖案部的半透明膜予以乾式蝕刻，直到穿透上述輔助圖案之光與穿透上述透明基板之透明區域之光為 70 度~115 度範圍之既定相位差的膜厚為止，以形成輔助圖案的步驟；以及

(e)將上述主要圖案部之遮光膜予以蝕刻除去以形成主要圖案，使穿透上述主要圖案之光與穿透上述透明基板之透明區域之光產生 180 度相位差的步驟。

12.如申請專利範圍第 9 至 11 項中任一項之光罩之製造方法，其中，上述輔助圖案與上述主要圖案之膜厚差為 24nm~40nm 範圍之既定膜厚差。

13.如申請專利範圍第 9 至 11 項中任一項之光罩之製造方法，其中，在形成上述輔助圖案之步驟(d)後，進一步包含形成遮光區域用光阻圖案，將上述主要圖案上的遮光膜予以乾式蝕刻並除去，以形成主要圖案，同時在上述光罩之外周

部形成遮光區域的步驟。

14.如申請專利範圍第12項之光罩之製造方法，其中，在形成上述輔助圖案之步驟(d)後，進一步包含形成遮光區域用光阻圖案，將上述主要圖案上的遮光膜予以乾式蝕刻並除去，以形成主要圖案，同時在上述光罩之外周部形成遮光區域的步驟。

15.一種光罩，其係在透明基板之一主面上設置經由投影曝光而轉印至轉印對象面的主要圖案、和在上述主要圖案附近形成且未被轉印至上述轉印對象面之輔助圖案者，其特徵為，

上述主要圖案與上述輔助圖案係由相同材料形成的半透明膜所構成；

上述輔助圖案之膜厚比上述主要圖案之膜厚更薄，且膜厚差為24nm~40nm範圍之既定膜厚差。

16.一種光罩之修正方法，其係在以ArF準分子雷射作為曝光光源，且被使用於以變形照明進行之投影曝光，於透明基板之一主面上具有經由上述投影曝光而轉印至轉印對象面的主要圖案、和在上述主要圖案附近形成之輔助圖案的光罩中，經由上述投影曝光使上述輔助圖案被解像至上述轉印對象面的情況之光罩之修正方法，其特徵為，

將上述被解像的輔助圖案之表面予以蝕刻或研削，使上述被解像之輔助圖案的膜厚變薄，直到上述輔助圖案不被解像

至上述轉印對象面為止。

17.如申請專利範圍第 16 項之光罩之修正方法，其中，上述蝕刻或研削變薄之修正後之上述輔助圖案之膜厚、與修正前之上述輔助圖案之膜厚的膜厚差，為 1nm~40nm 之範圍。

18.如申請專利範圍 16 或 17 項之光罩之修正方法，其中，上述蝕刻係使用電子束光罩修正機之電子束的氣體輔助蝕刻，上述研削係使用原子間力顯微鏡之探針的研削。

19.如申請專利範圍第 16 或 17 項之光罩之修正方法，其中，上述主要圖案與上述輔助圖案係以半透明膜所構成，上述主要圖案之膜厚為穿透上述主要圖案之光與穿透上述透明基板之透明區域之光產生 180 度相位差的膜厚。

20.如申請專利範圍第 16 或 17 項之光罩之修正方法，其中，上述主要圖案係由遮光膜所構成，上述輔助圖案係由半透明膜形成。

21.如申請專利範圍第 16 或 17 項之光罩之修正方法，其中，上述主要圖案與上述輔助圖案係以遮光膜所構成。

22.如申請專利範圍第 16 或 17 項之光罩之修正方法，其中，上述主要圖案及上述輔助圖案均為線圖案，上述主要圖案為獨立圖案或周期圖案。

23.一種光罩，其特徵為根據申請專利範圍第 16 或 17 項之光罩之修正方法而修正輔助圖案，修正後之上述輔助圖案的膜厚比修正前之上述輔助圖案的膜厚更薄。

八、圖式：

圖1

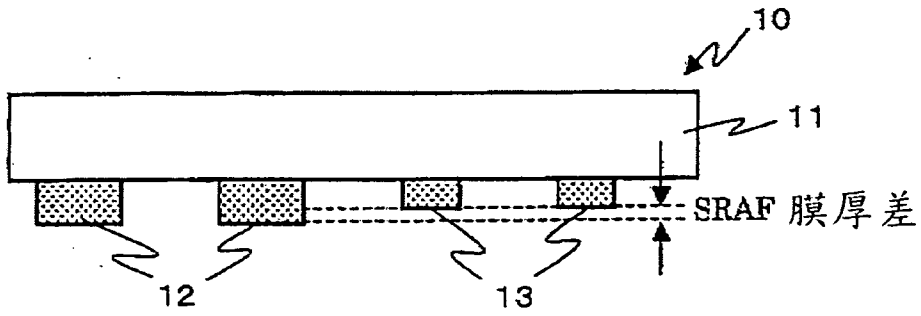


圖2

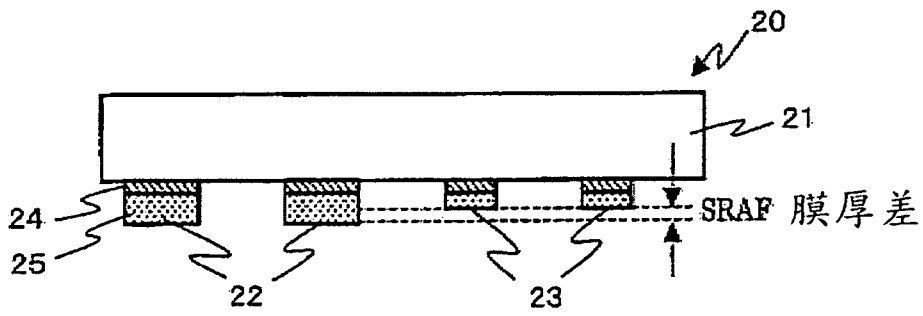


圖3

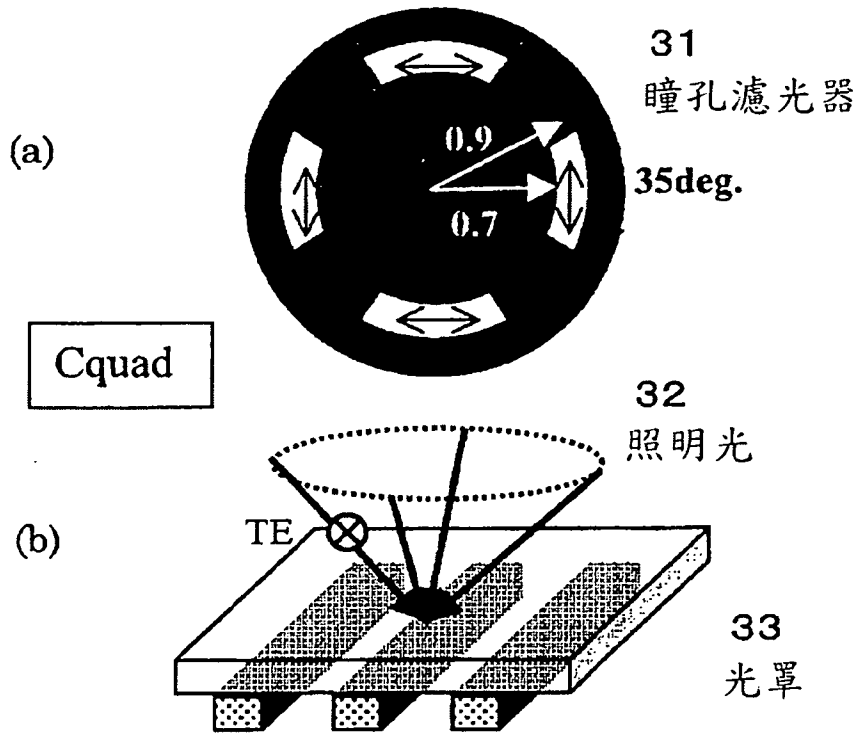


圖4

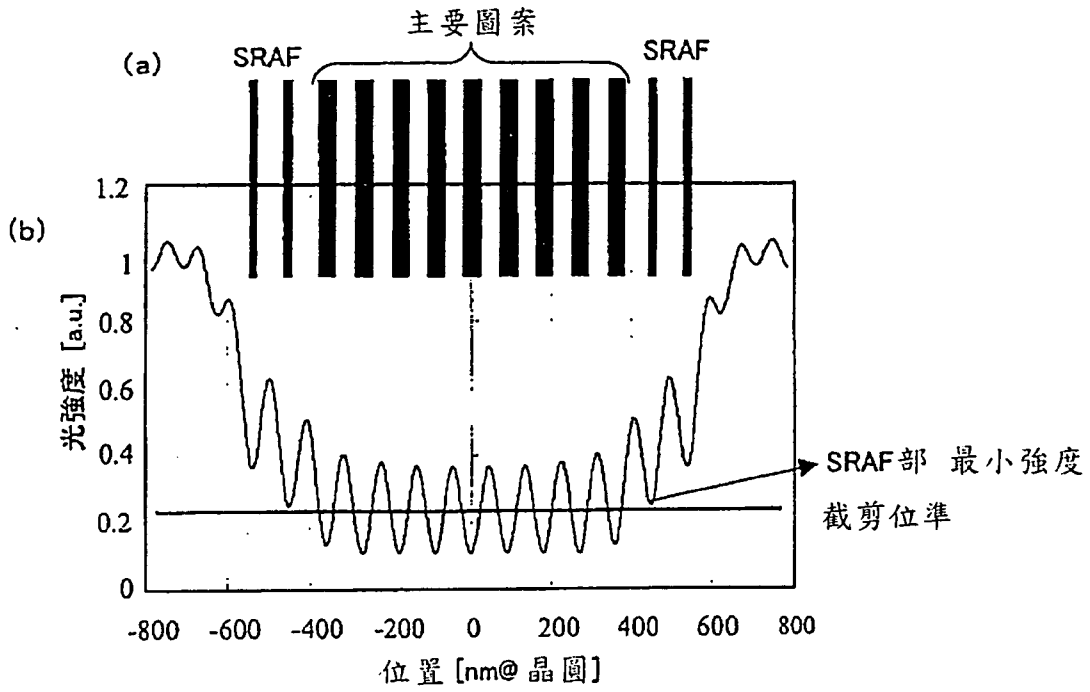


圖5

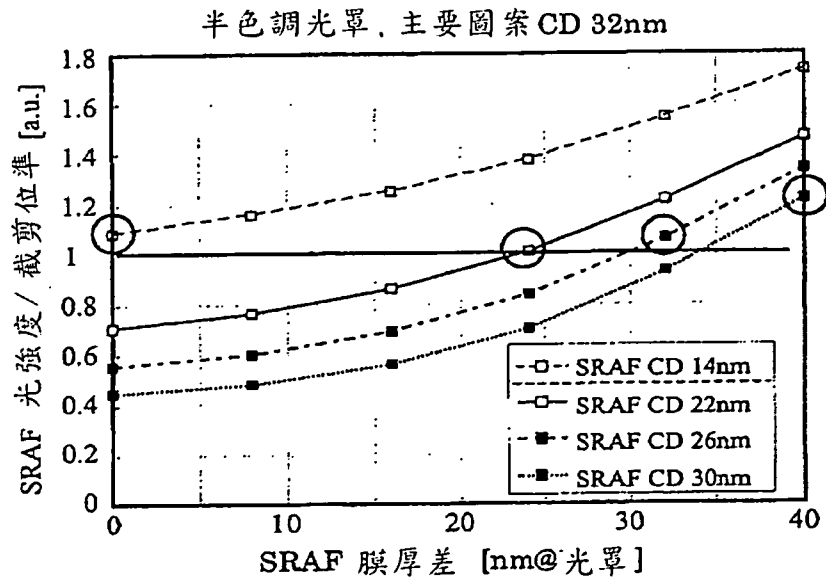


圖 6

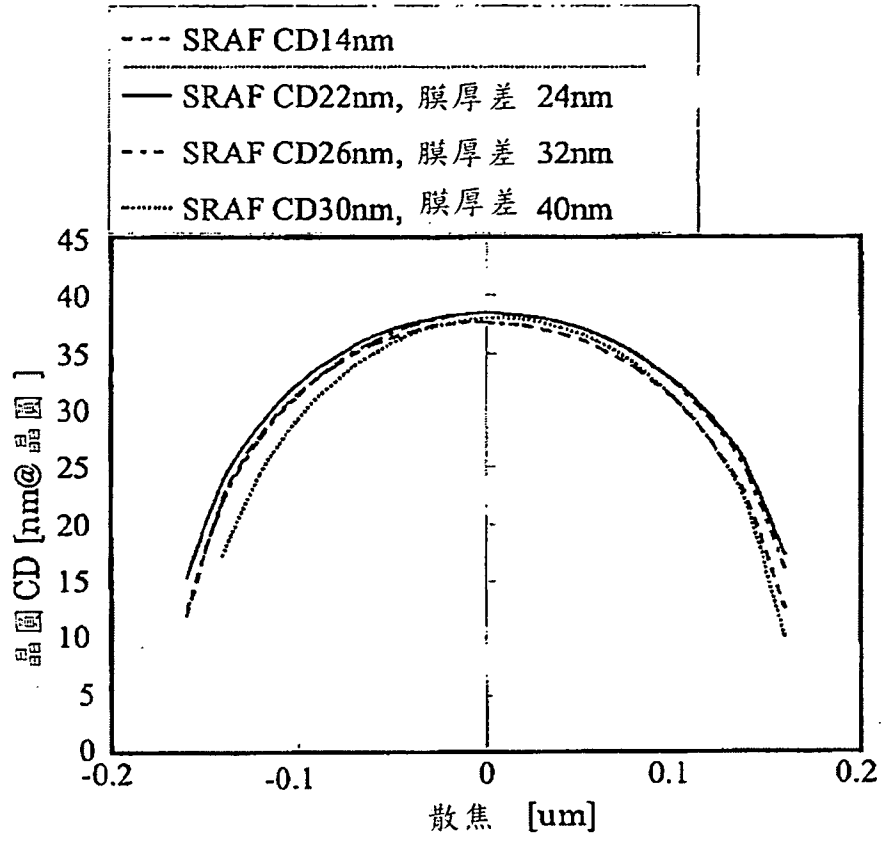


圖 7

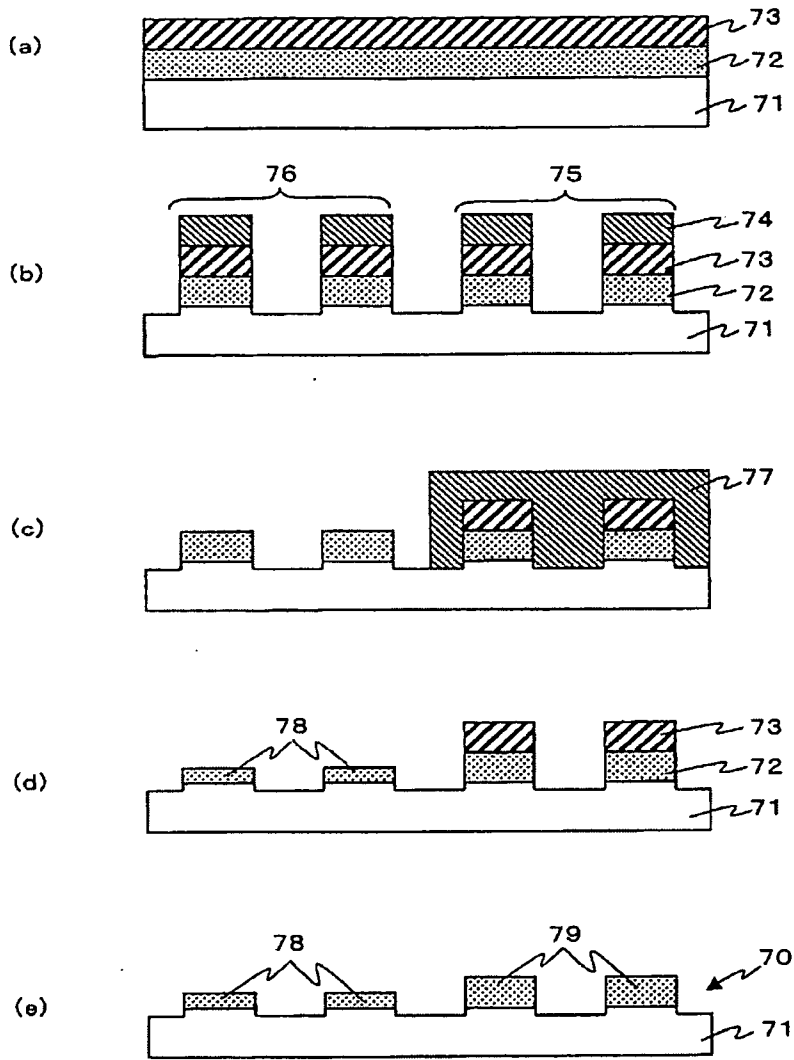


圖 8

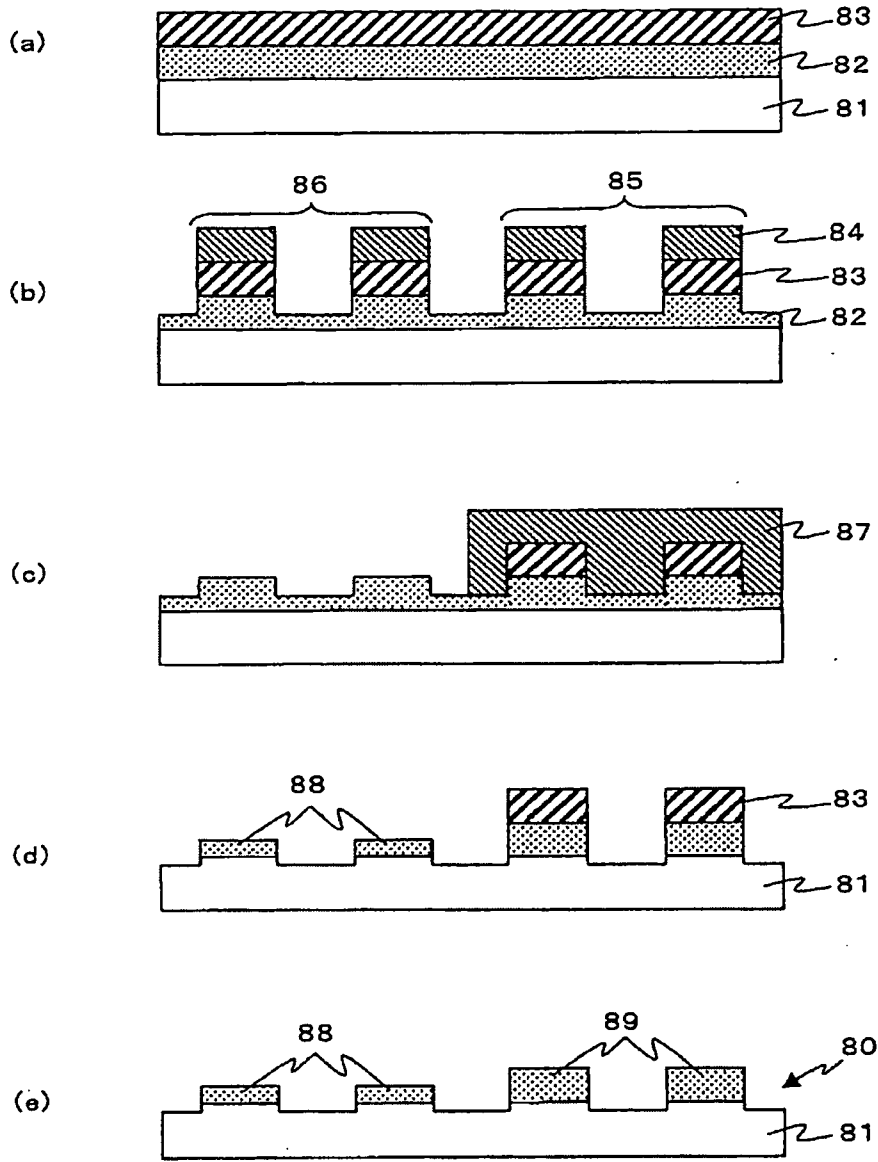


圖 9

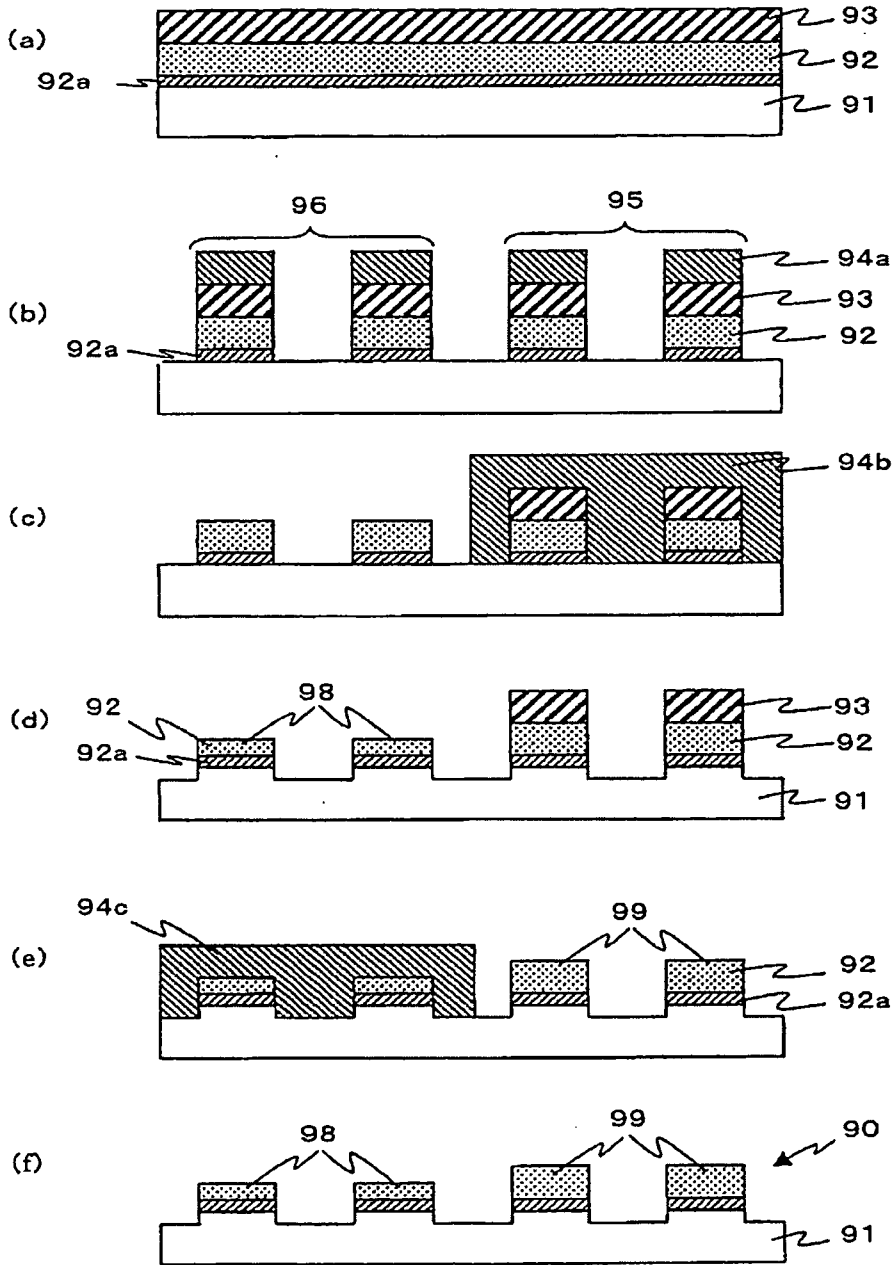


圖 10

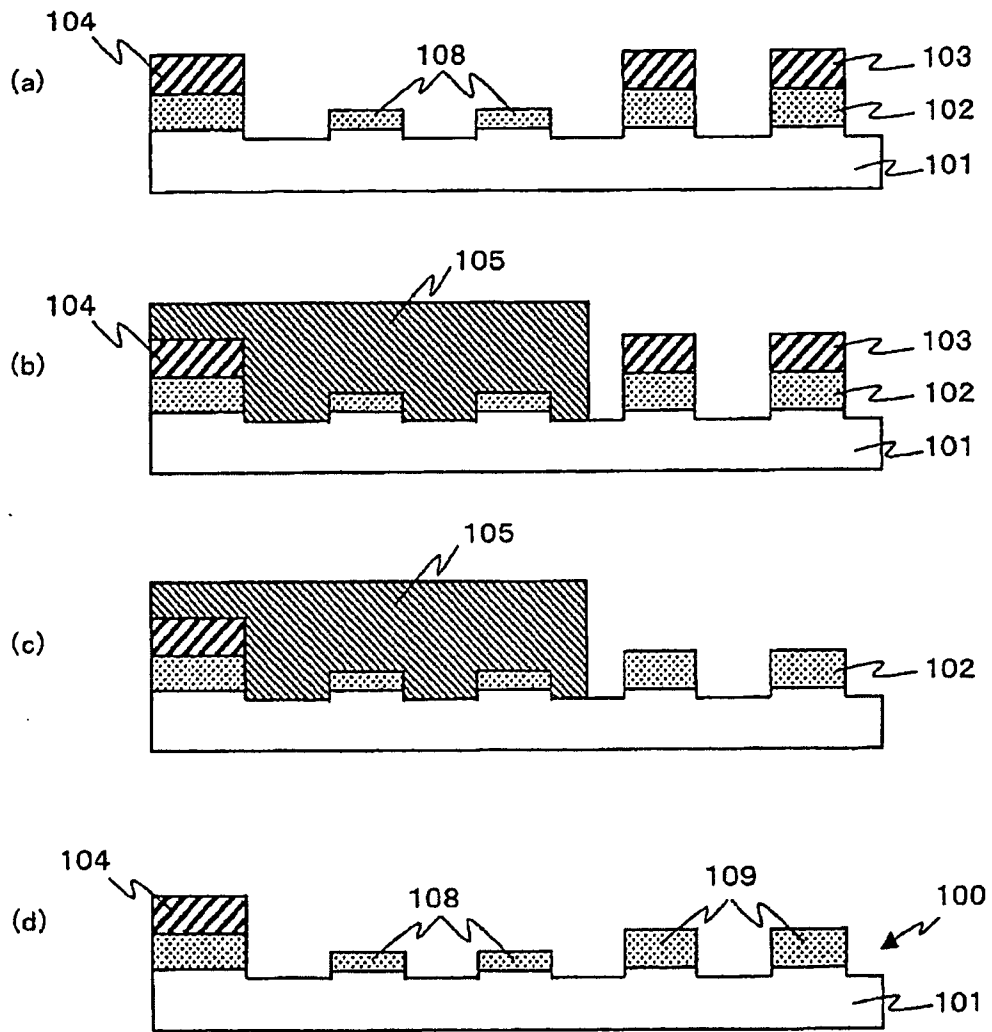


圖 11

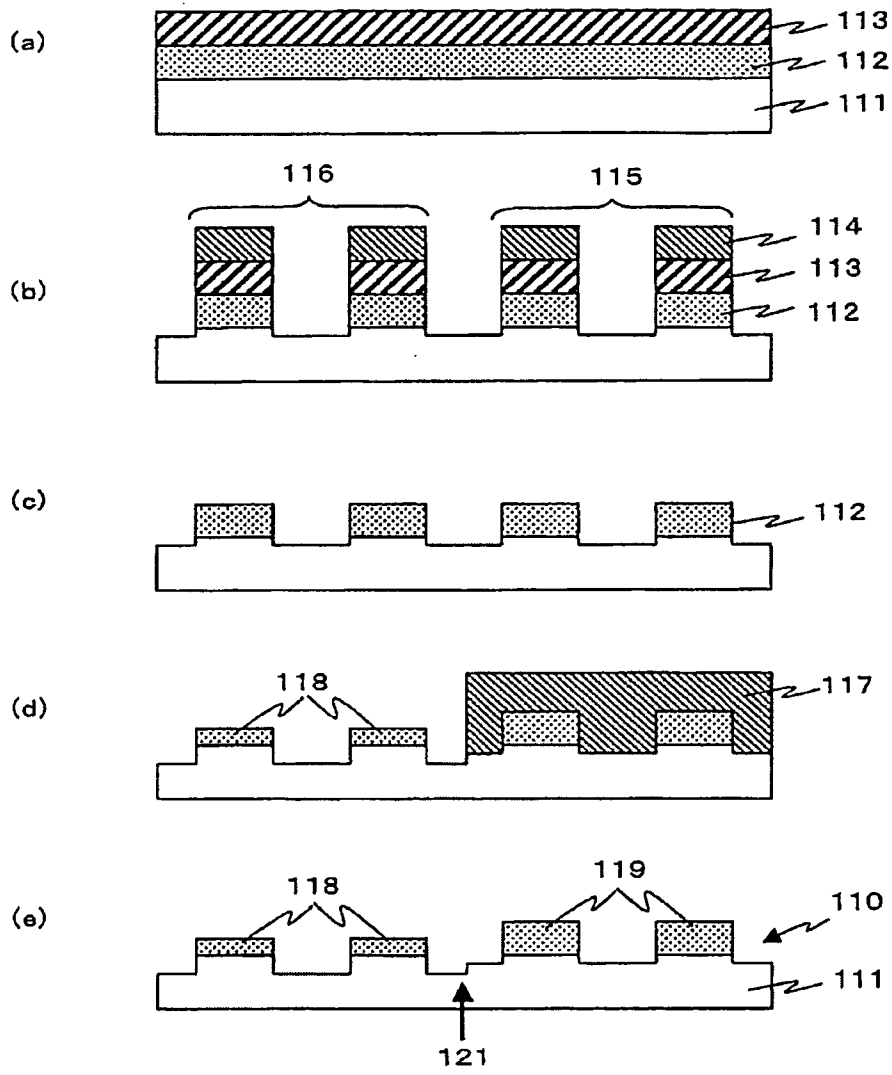


圖12

蝕刻量與SRAF尺寸之關係

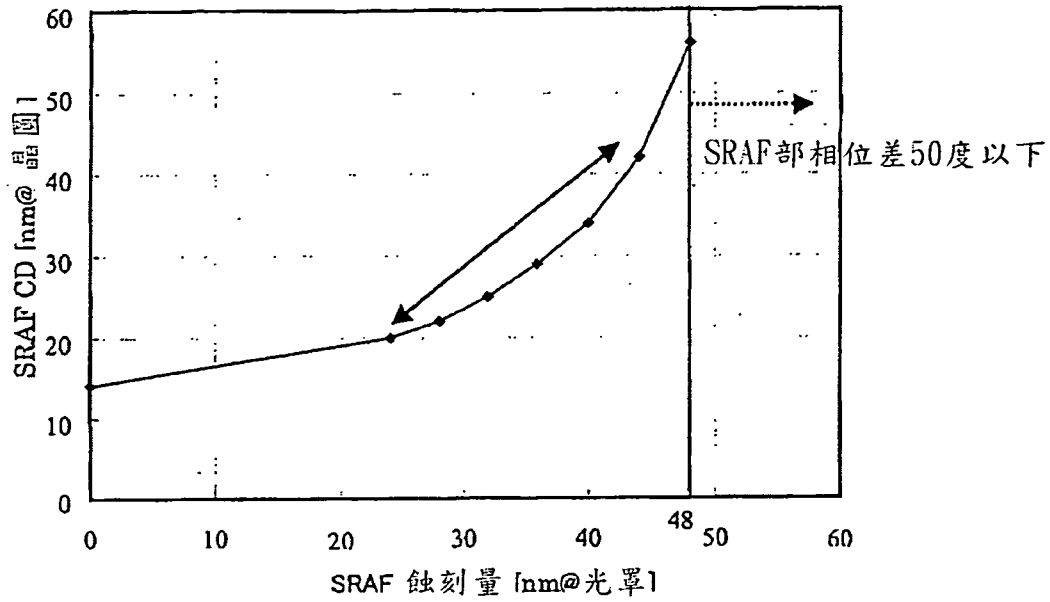


圖13

蝕刻量誤差對於主要圖案CD所造成之影響

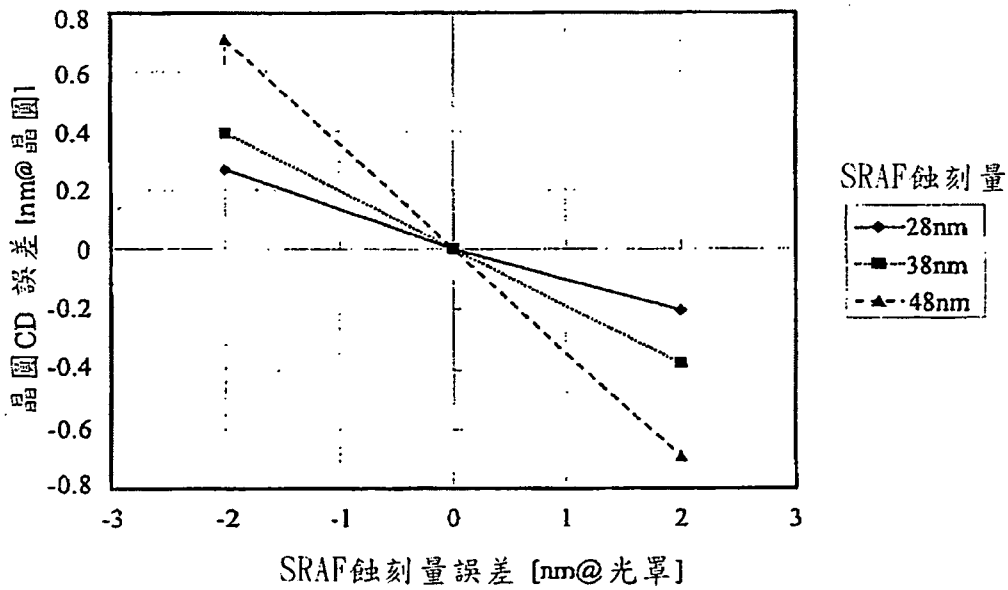


圖 14

重複端主要圖案之CD-散焦

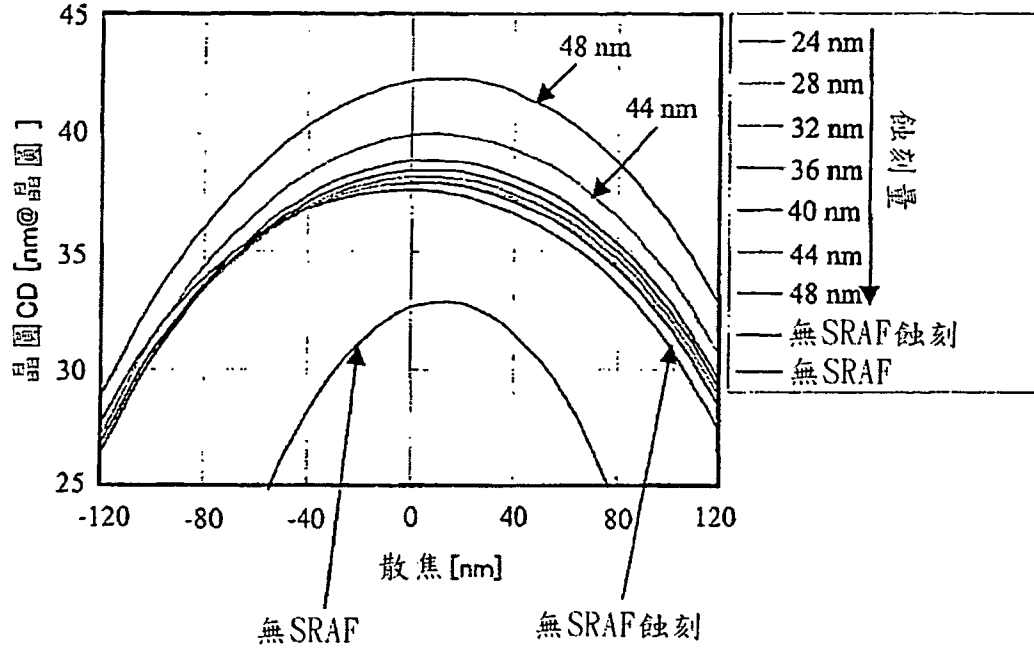


圖 15

重複端主要圖案之光強度分佈

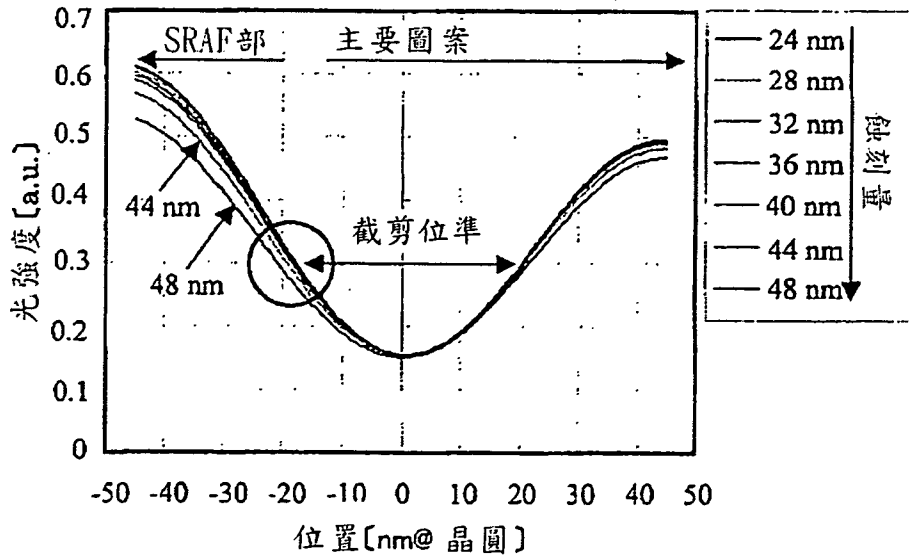


圖16

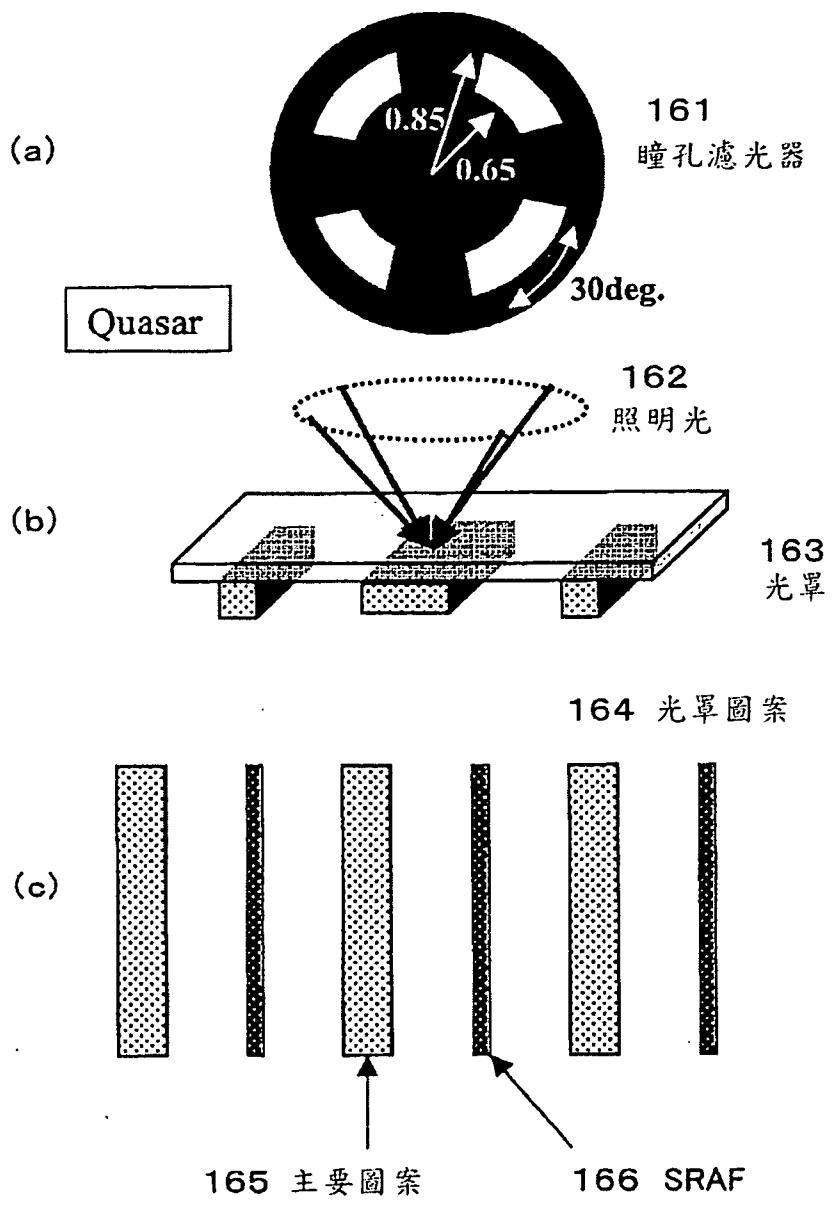


圖 17

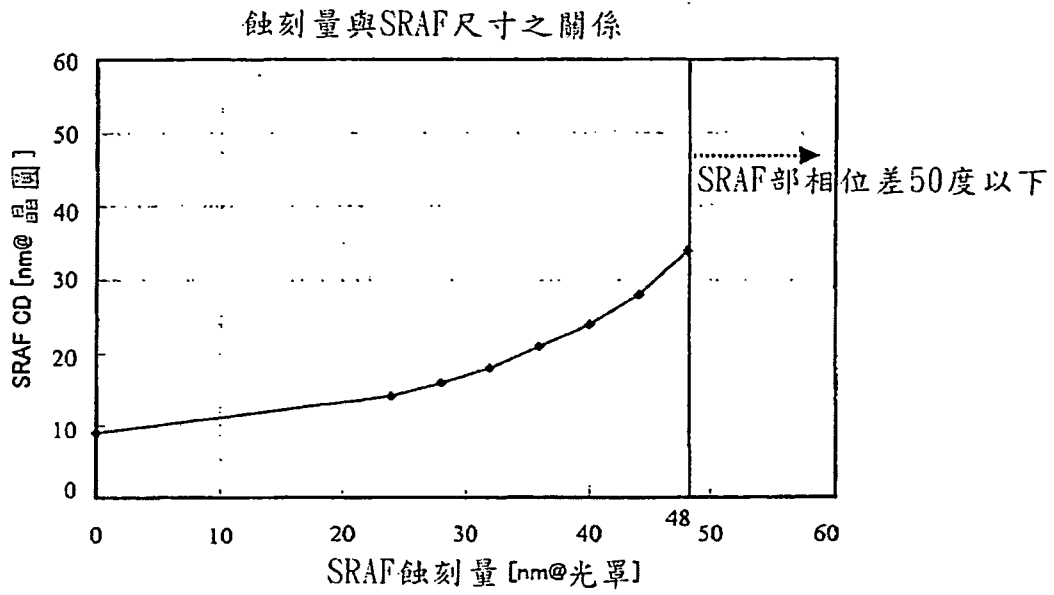


圖 18

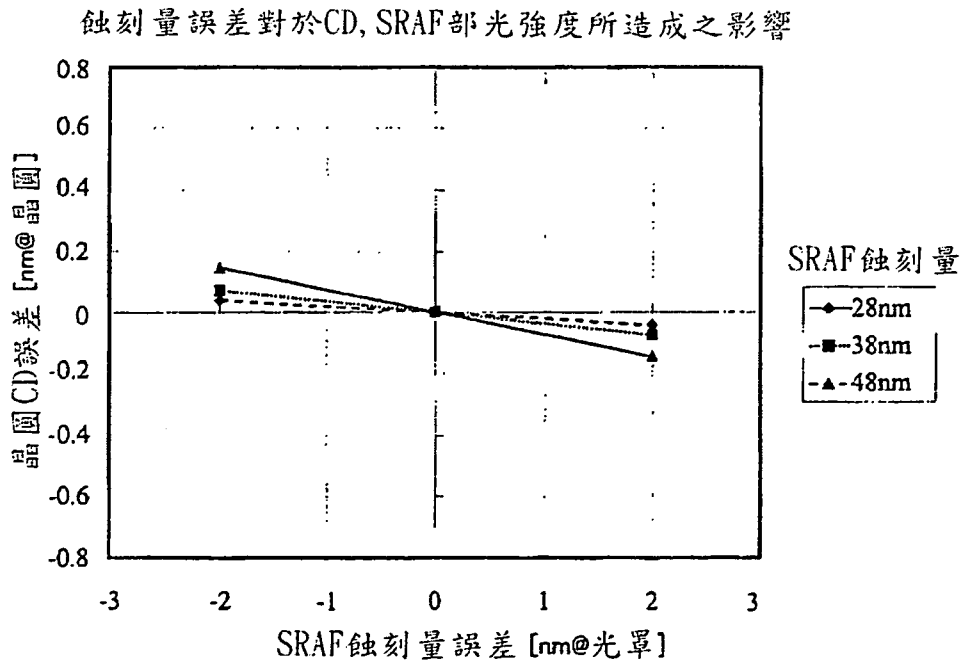


圖 19

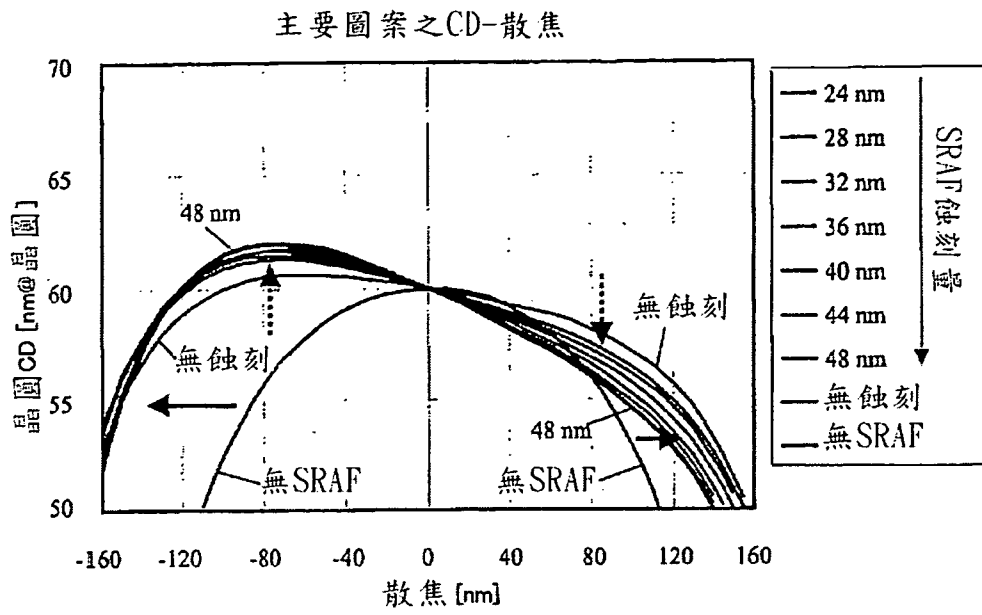


圖 20

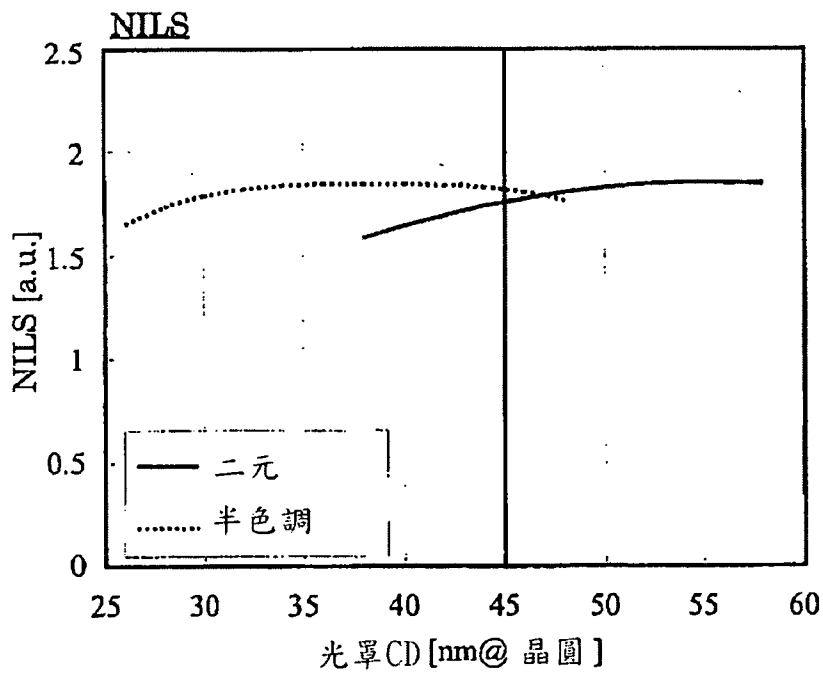


圖 21

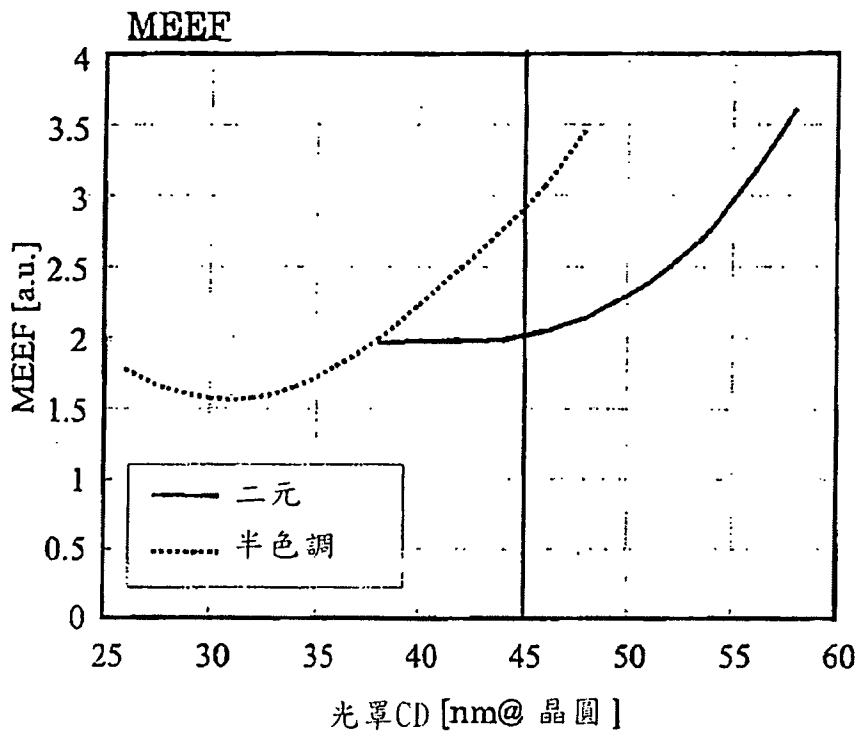


圖 22

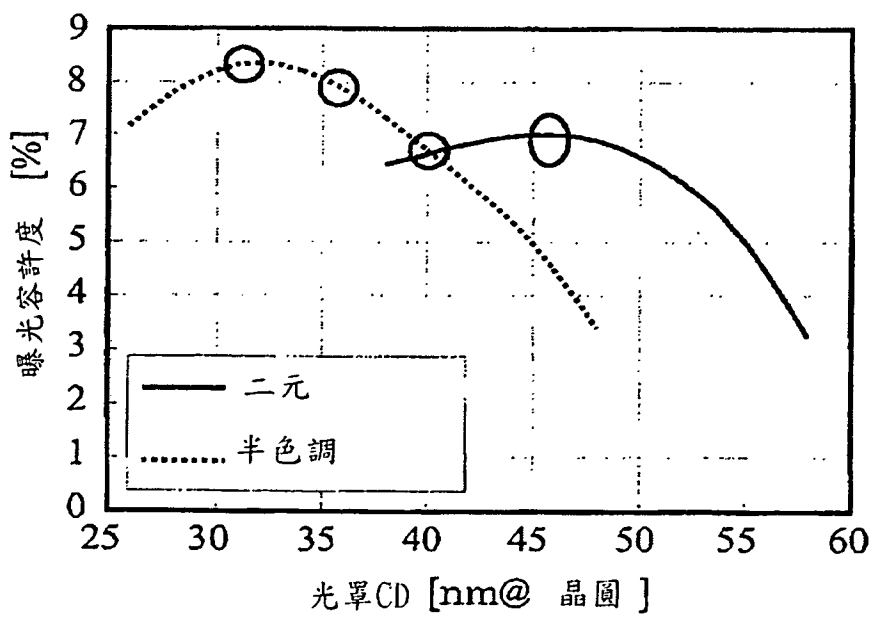


圖 23

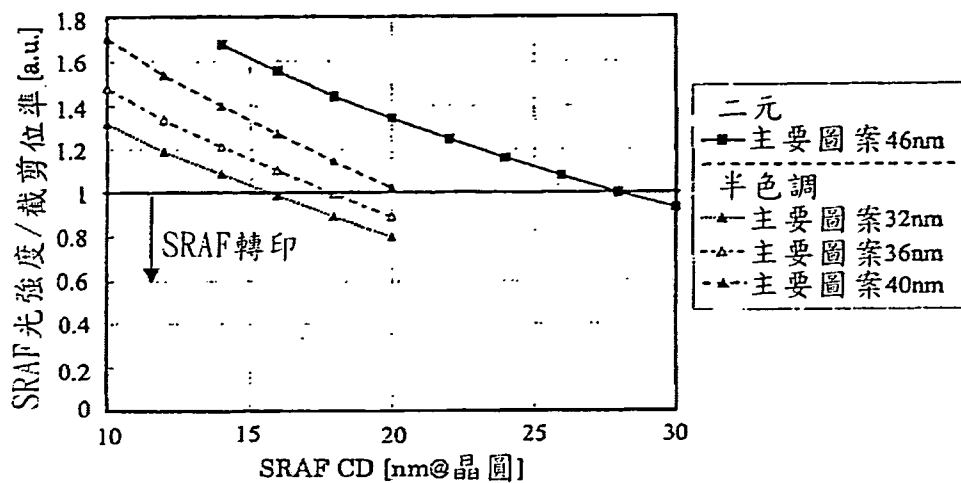


圖 24

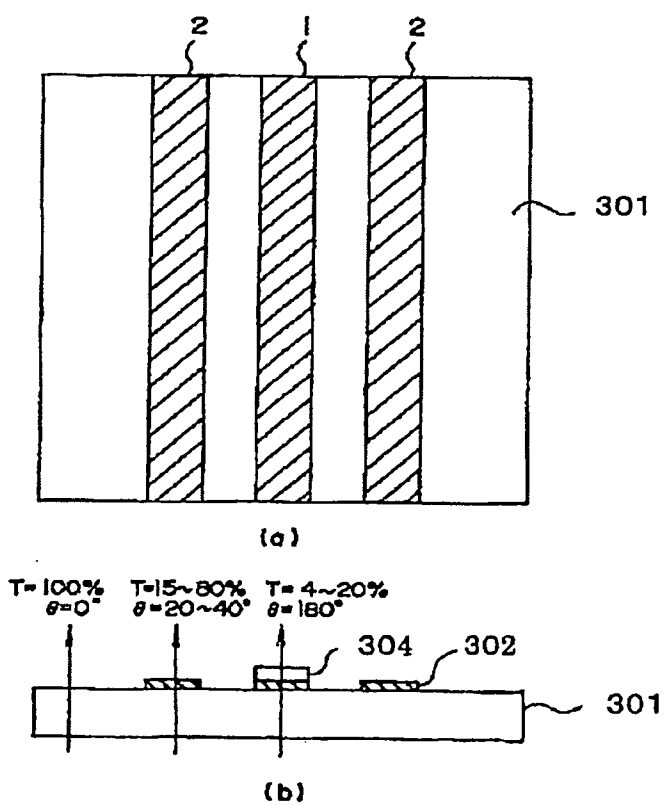


圖 25

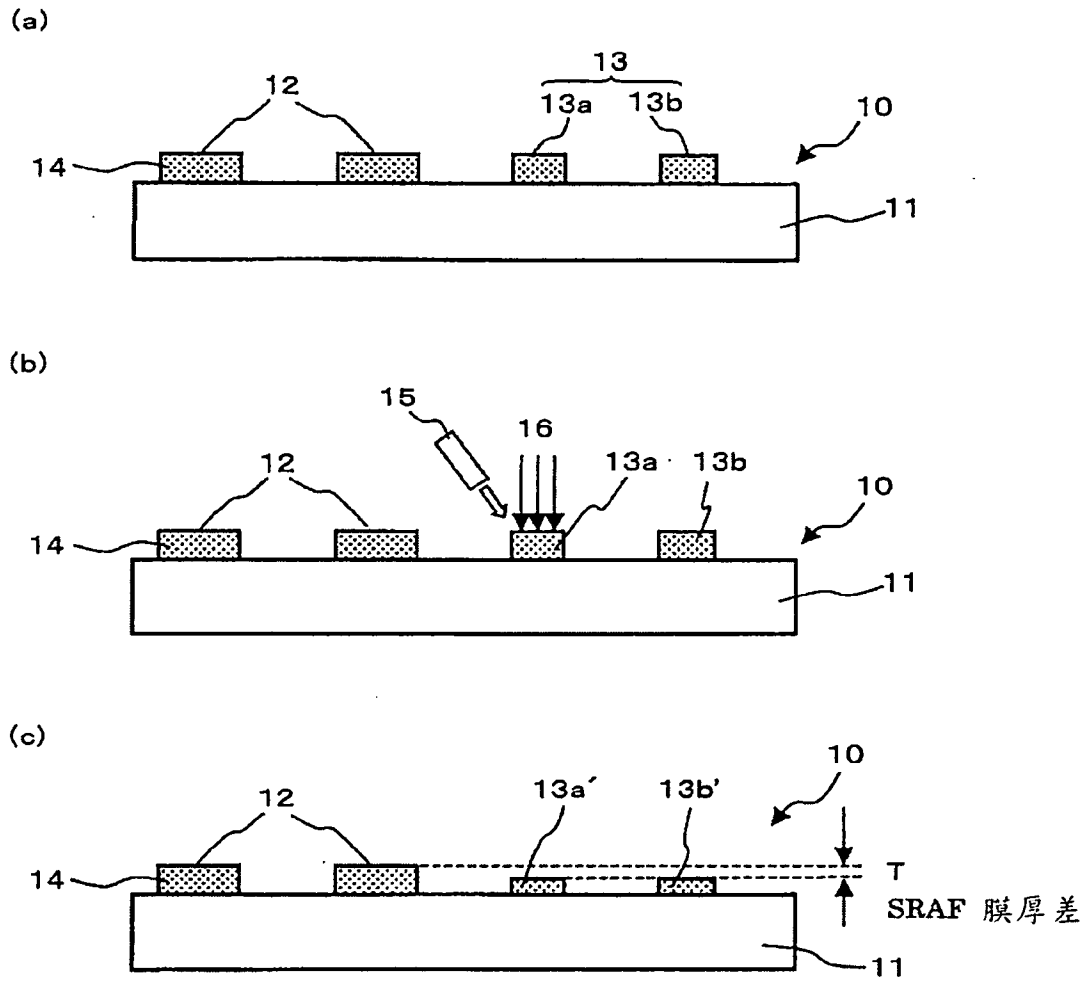


圖 26

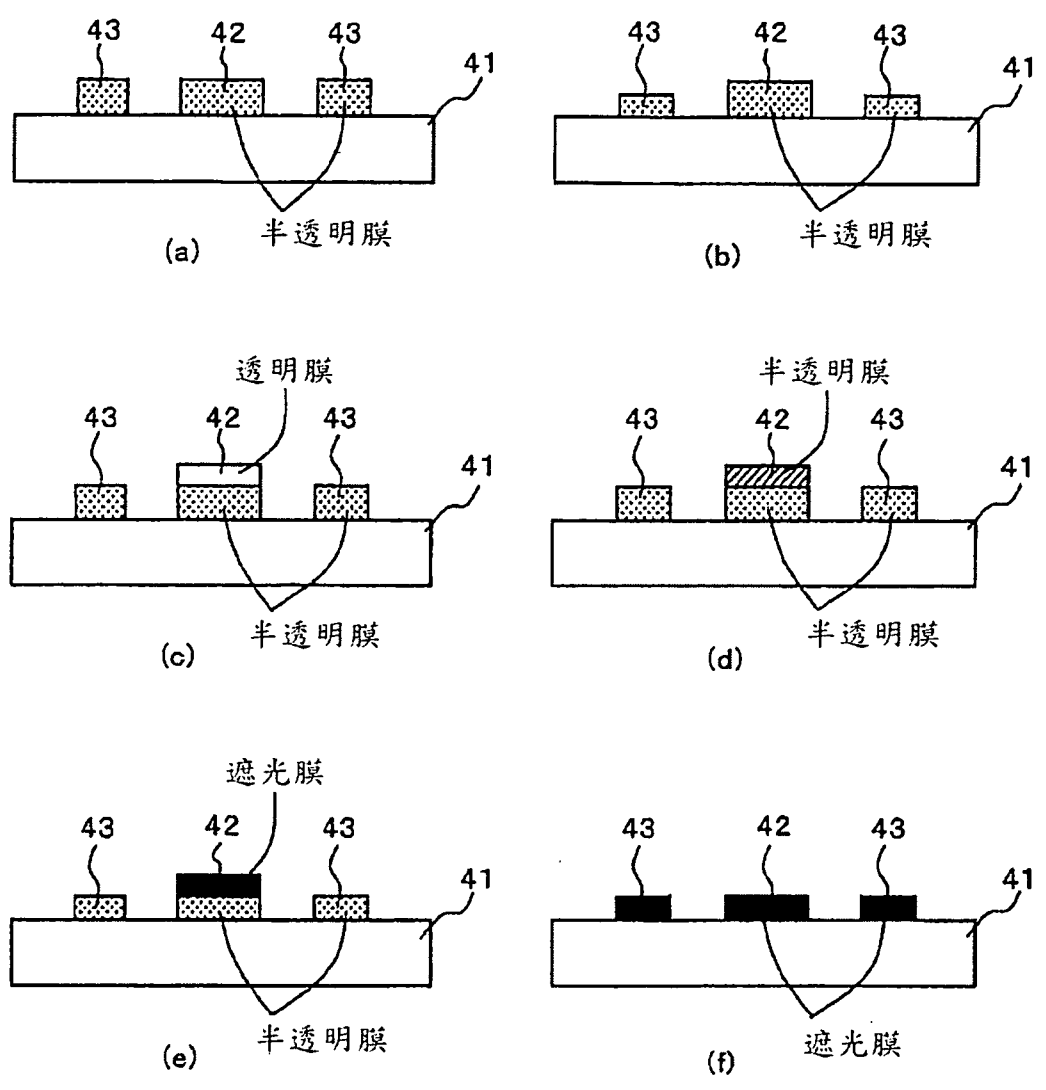


圖27

SRAF部分薄膜後之SEM照片

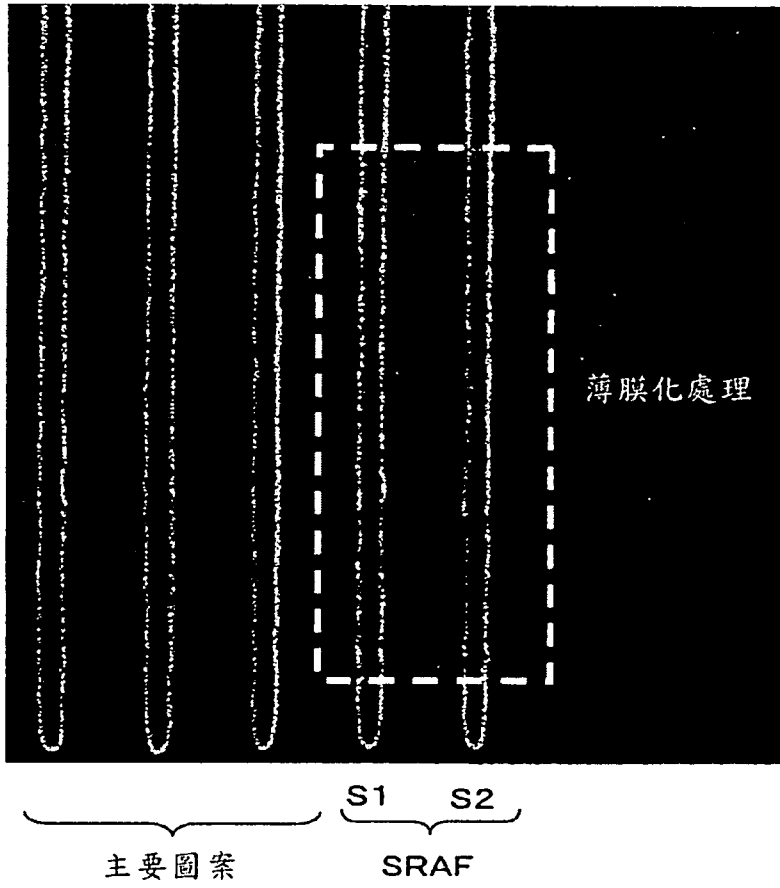


圖28 強度圖

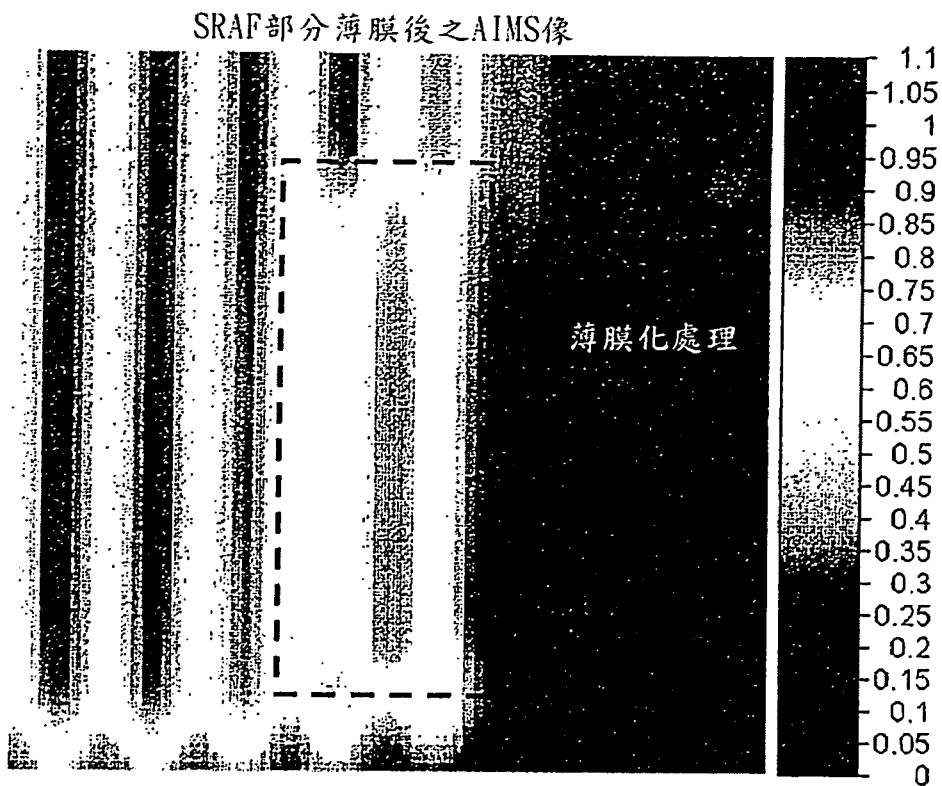


圖29

SRAF薄膜化處理前

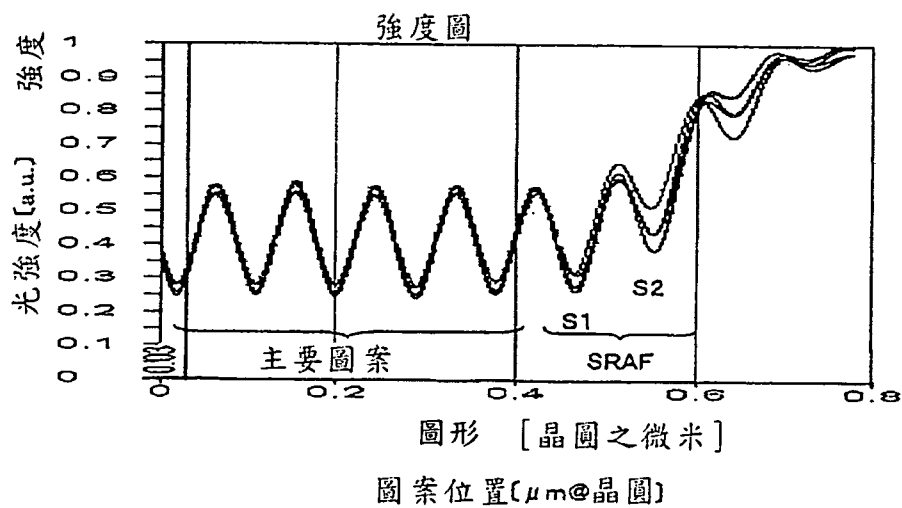


圖30

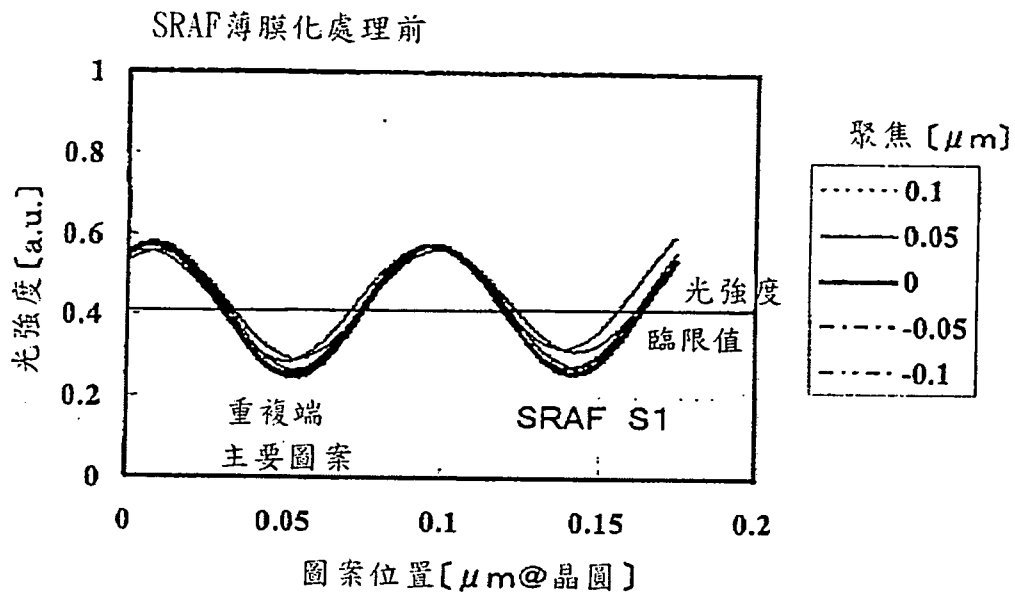


圖31

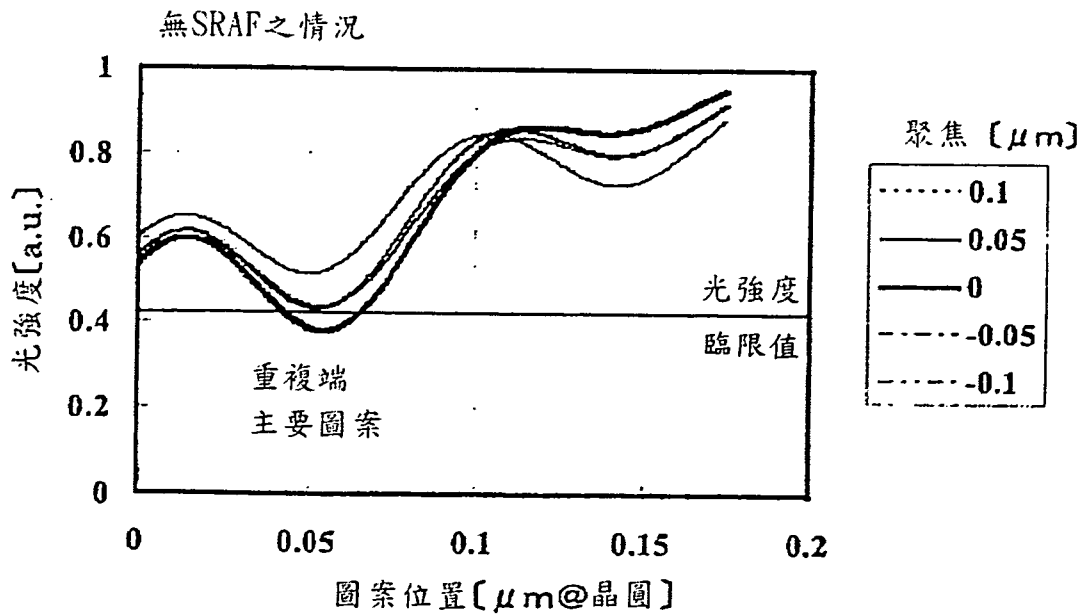


圖32

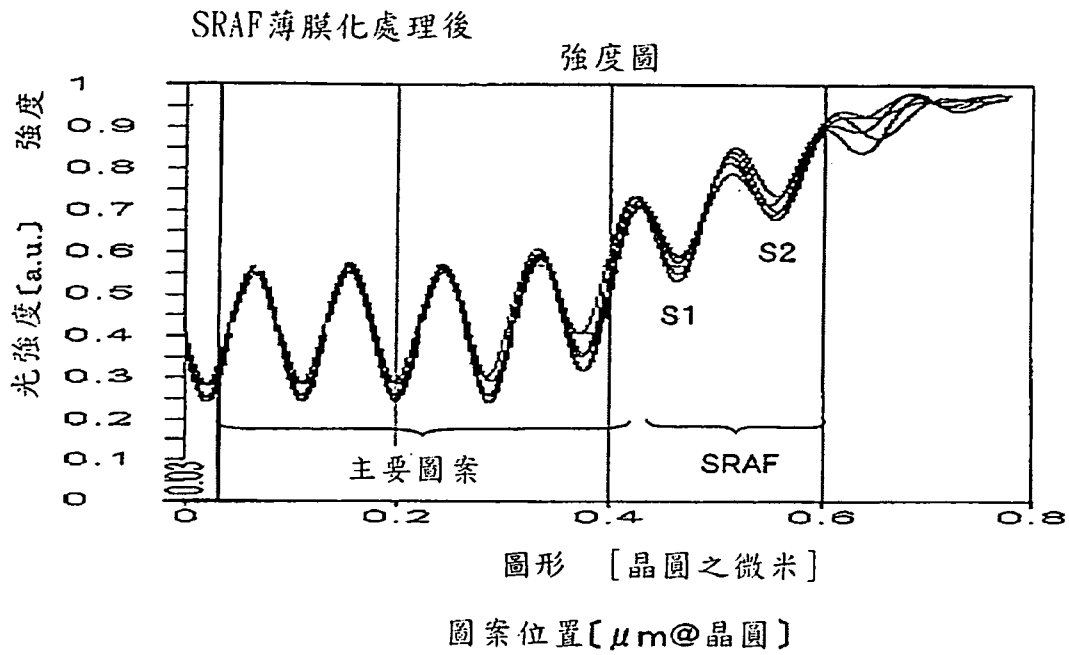


圖33

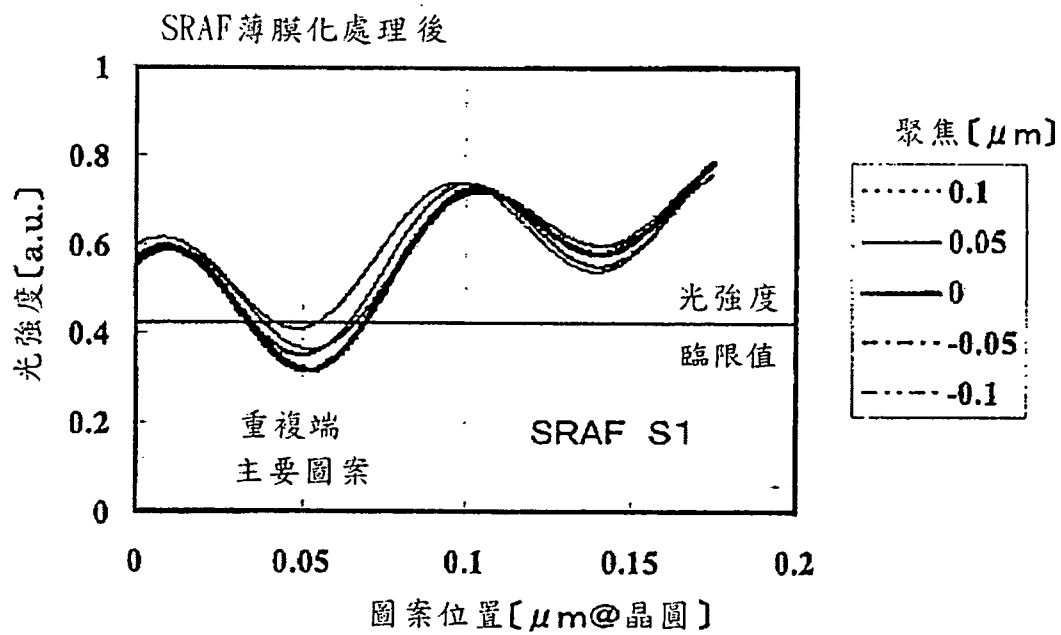


圖 34

