

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：96112710

※ 申請日期：96/04/11

※IPC 分類：G03B 27/52 (2006.01)

G03F 7/20 (2006.01)

H01L 21/02 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

繞射光學元件及具備該元件之曝光裝置

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

大日本印刷股份有限公司

DAI NIPPON PRINTING CO., LTD. (大日本印刷株式会社)

代表人：(中文/英文)

赤田正典 / Masanori AKADA

住居所或營業所地址：(中文/英文)

日本國東京都新宿區市谷加賀町一丁目1番1號

1-1, Ichigaya-Kagacho 1-Chome, Shinjuku-Ku, TOKYO 162-8001 JAPAN

國 籍：(中文/英文)

日本 / Japan

三、發明人：(共 2 人)

姓 名：(中文/英文)

(1) 登山伸人 / Nobuhito TOYAMA

(2) 堀口龍二 / Ryuji HORIGUCHI (堀口竜二)

國 籍：(中文/英文)

(1)~(2) 日本 / Japan

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項 ☐ 第一款或 ☐ 第二款規定之事實，其事實

發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 日本；2006/04/12；2006-109723

2.

3.

4.

5.

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

五、中文發明摘要：

本發明之目的在於提供一種可獲得下述效果之光瞳過濾器等之照明光學系統中所使用之光瞳過濾器等之照明光光量的減少；提高半導體曝光之效率；減低施以利用光接近效果之修正時之負荷；不會有藉由光罩圖案間距而成像在晶圓上之圖案尺寸變動；能取得安定之高解析光學像。

作為本發明之解決手段，為一種光瞳過濾器等形成用之繞射光學元件，係在經由照明光學系統將由光源所發出之光照至光罩上，再經由投影光學系統將光罩上之圖案往被曝光基板上進行投影曝光之曝光裝置的照明光學系統中所使用者，其特徵在於：藉由上述繞射光學元件所形成之光瞳過濾器等為具備2個光穿透部之雙光瞳，上述2個光穿透部係形成為從上述光瞳過濾器等中心距離指定距離而對稱之扇狀形狀，上述2個光穿透部之間係由光低穿透率區域所構成，上述2個光穿透部及上述光低穿透率區域之外側為遮光部。

六、英文發明摘要：

七、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：

- | | |
|------------|---------|
| 11 | 光穿透部 |
| 12 | 光低穿透率區域 |
| 13 | 遮光部 |
| σi | 光穿透部之內徑 |
| σo | 光穿透部之外徑 |
| θ | 開口角 |

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於使用在半導體元件等之圖案形成中所使用之投影曝光裝置之光瞳過濾器(pupil filter)形成用的繞射光學元件及具備該繞射光學元件之曝光裝置。

【先前技術】

在半導體元件等之電路圖案形成方面，一般必要的是稱為光微影技術之步驟。關於此步驟，通常係採用將光罩(亦稱為標線(reticle)。以下，僅記載為光罩)圖案轉印於半導體晶圓等被曝光基板上的方法。在被曝光基板上，塗佈有感光性光阻劑，對應於光罩圖案之圖案形狀，電路圖案被轉印至光阻劑上。然後，於投影曝光裝置，描繪在光罩上之應轉印電路圖案的像經由投影光學系統而投影、曝光在被曝光基板(晶圓)上。

於光微影技術中，在投影曝光裝置所可轉印之最小尺寸(解析度)係與曝光所用光波長成比例，與投影光學系統之開口數(NA)成反比，故而伴隨著近年來的半導體元件之細微化要求，曝光之光的短波長化及投影光學系統的高 NA 化亦隨之進展，但僅以短波長化及高 NA 化來滿足該要求係有其極限。

於是，為了提高解析度，而在近年來提案有：藉由縮小製程常數 k_1 ($k_1 = \text{解析線寬度} \times \text{投影光學系統之開口數} / \text{曝光之光的波長}$) 之數值，以謀求細微化之超解析技術。作為此類超解析技術，係有：對應於曝光光學系統特性來對

光罩圖案給予輔助圖案及線寬度偏差(offset)，以將光罩圖案最佳化之方法；或者是稱為變形照明法(亦稱為斜向入射照明法、多重照明法)之方法等。關於變形照明法，通常是採用使用光瞳過濾器之輪帶照明、雙重(亦稱為二重或雙極(dipole))照明、四重(亦稱為四重或四極)照明等。

圖 9 係半導體用投影曝光裝置之曝光系統的概略構成示意圖，係配置 ArF 準分子雷射等光源 91 與作為變形照明手段之光瞳過濾器 92，照明光 93 係經由投影光學系統之透鏡 97 而成像於被曝光基板之晶圓 98 上。此處所說的「光瞳過濾器」係照明光學系統之光瞳過濾器，被配置在光罩 95 上之聚光透鏡 94 上。

圖 10 係表示先前技術之光瞳過濾器之形狀例的俯視示意圖，畫有斜線之部份表示遮光部，沒有畫斜線之部份表示光穿透部。圖 10(a)係通常在光瞳過濾器處，圓形光瞳之大部份由使發自光源之光穿透的光穿透部 101 所構成，周邊部為遮光部 102。圖 10(b)係變形照明用之光瞳過濾器的形狀例，中央部係被遮光作為遮光部 104，在對稱於光瞳過濾器中心之位置上具有 2 個扇狀光穿透部 103。

在如圖 10(a)所示之一般圓形光瞳過濾器之情形下，來自光罩之繞射光的繞射角(t)係透過光罩之圖案間距(d)與光之波長(L)來決定，以下式所示(其中， n 係繞射次數)。因此，於使用特定光源之情形，因光罩圖案之間距

而繞射光之繞射角(t)不同。

$$\text{Sin}(t)=n \times L/d$$

圖 11 係表示光罩圖案之間距與通過光瞳過濾器後之照明光之繞射光之關係的說明圖。

圖 11(a)係表示相對於曝光波長時之光罩 115a 之圖案間距較大之情形，照明光 113a 係在晶圓面上成像而可獲得良好影像。然而，隨著半導體元件之細微化，光罩圖案之間距亦變得越來越小。圖 11(b)係表示相對於曝光波長時之光罩 115b 之圖案間距較小之情形，照明光 113b 係在晶圓面上沒有成像，無法得到良好影像。圖 11(c)係以相同於圖 11(b)之條件下從傾斜方向入射光之情形(斜向入射照明法)，照明光 113c 係可在晶圓上成像。如此，藉由半導體元件之細微化，光罩圖案之間距亦變小，而成為能夠使用斜向入射之曝光方法。

為了實現上述圖 11(c)所示之斜向入射照明法，可以例如將光瞳過濾器之光瞳形狀從習知型之圖 10(a)所示圓形光瞳改設為圖 10(b)所示雙重扇狀光瞳，透過對光瞳過濾器之中央部進行遮光，可使斜向成分之光入射，而能夠提高解析力。

然而，將照明用光瞳過濾器從圖 10(a)做成為圖 10(b)，經此而產生下述問題。

首先，作為第 1 問題，當利用隙孔(aperture)(一般為金屬板加工)來實現圖 10(b)所示光瞳過濾器，則有下述問題：穿透圖 10(b)之光瞳過濾器的照明光光量減少，曝

光時間變長，半導體曝光之效率變得非常差，導致半導體製造成本增加。因此，為了減少上述光量之損失，而提案有繞射光學元件之使用（例如，參照專利文獻 1、專利文獻 2）。

其次，相對於圖 10(a)之光瞳過濾器，圖 10(b)之光瞳過濾器係因照明光之穿透面積小，故而射出於光瞳過濾器之光變成干涉性非常高之光，經此而產生下述第 2 問題。

圖 12 係表示光罩圖案之間距之圖案的俯視示意圖，黑色部份為遮光部，圖 12(a)係表示間距小之情形，圖 12(b)係表示間距大之情形。圖 13 係以光罩圖案間距為橫軸，以光學像之對比度為縱軸，為光罩圖案之間距與射出於光瞳過濾器之照明光之干涉性之關係的說明圖。圖 13 之曲線(a)係圓形光瞳之情形，圖 13 之曲線(b)係扇狀光瞳之情形。

在光罩上，當光罩圖案間距變小變窄時，則如圖 13 之曲線(a)所示，關於使用圓形光瞳之一般照明，對比度急劇降低且解析力降低。惟，間距變大變寬之結果係對比度安定。

另一方面，如圖 13 之曲線(b)所示，關於使用扇狀光瞳之變形照明，直到光罩圖案間距之較小處，對比度係偏高維持著。但是當圖案間距改變，則對比度進行規則性變化，對比度無法安定。此係意指藉由光罩圖案間距來使成像於晶圓上之圖案尺寸變動，關於修正此變動，而需要光接近效果修正(OPC: Optical Proximity Correct)等強力

修正技術。然而，因為射出於光瞳過濾器之照明光的干涉性高，所以必須適用此 OPC 之範圍寬廣，導致資料處理成為較大負擔，而有 OPC 修正變得困難之問題產生。

[專利文獻 1] 日本專利特開 2001-174615 號公報

[專利文獻 2] 日本專利特開 2005-243953 號公報

【發明內容】

(發明所欲解決之問題)

本發明係鑑於上述問題而完成者。亦即，提供一種光瞳過濾器，其係可防止穿透在半導體用曝光裝置等之照明光學系統所使用之光瞳過濾器之照明光光量的減少，提高半導體曝光之效率，甚至是可減低利用光接近效果施以修正時之負擔，不會因光罩圖案間距而變動成像在晶圓上之圖案尺寸，能獲得安定之高解析像的光學像。

(解決問題之手段)

為了解決上述問題，申請專利範圍第 1 項之光瞳過濾器形成用之繞射光學元件係在經由照明光學系統將由光源所發出之光照射至光罩上，再經由投影光學系統將上述光罩上之圖案往被曝光基板上進行投影曝光之曝光裝置的上述照明光學系統中所使用者，其特徵在於：藉由上述繞射光學元件所形成之光瞳過濾器為具備 2 個光穿透部之雙光瞳，上述 2 個光穿透部係形成為從上述光瞳過濾器中心距離指定距離而對稱之扇狀形狀，上述 2 個光穿透部之間由光低穿透率區域所構成，上述 2 個光穿透部及上述光低穿透率區域之外側為遮光部。

申請專利範圍第 2 項之光瞳過濾器形成用之繞射光學元件係如申請專利範圍第 1 項之光瞳過濾器形成用之繞射光學元件，其中，上述光低穿透率區域係形成為約略橢圓形狀。

申請專利範圍第 3 或 4 項之光瞳過濾器形成用之繞射光學元件係如申請專利範圍第 1 或 2 項之光瞳過濾器形成用之繞射光學元件，其中，在將上述 2 個光穿透部之內徑設為 σ_i 、將外徑設為 σ_o 、將上述 2 個光穿透部形成上述光瞳過濾器中心之開口角設為 θ 、將上述光瞳過濾器之半徑設為 1 時， σ_i 、 σ_o 及 θ 為下述範圍，於將穿透過上述光低穿透率區域之光的強度設為 c_i 、將穿透過上述 2 個光穿透部之光的強度設為 100%、將形成上述約略橢圓形狀之光低穿透率區域之長徑設為 R 、將短徑設為 r 時， c_i 及 R/r 為下述範圍，

$$0.65 < \sigma_i < 0.75$$

$$0.8 < \sigma_o < 0.9$$

$$40^\circ < \theta < 50^\circ$$

$$5\% < c_i < 10\%$$

$$1.5 < R/r < 1.9$$

申請專利範圍第 5 項之光瞳過濾器形成用之繞射光學元件係如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之光瞳過濾器形成用之繞射光學元件，其中，上述繞射光學元件係計算機全像元件(hologram element)。

申請專利範圍第 6 至 7 項之曝光裝置係經由照明光學系

統將由光源所發出之光照射至光罩上，再經由投影光學系統將上述光罩上之圖案往被曝光基板上進行投影曝光之曝光裝置，其特徵在於：具備有申請專利範圍第 1 至 4 項中任一項之光瞳過濾器形成用之繞射光學元件。

[發明效果]

本發明之繞射光學元件係利用繞射光學元件來實現光瞳過濾器，故而可任意形成光瞳過濾器之光強度分佈，照明光之穿透效率高，能提高曝光步驟中之半導體生產效率。

本發明之繞射光學元件係因光學像之對比度安定性高，所以能夠減低對於半導體電路圖案利用光接近效果施以修正時之負擔。又，不會因光罩圖案間距而變動成像在晶圓上之圖案尺寸，能獲得高解析像之安定光學像，使更細微之加工成為可能。在半導體方面，可利用高生產性來實現小面積、高速、低電力之元件。

因此，透過將本發明之繞射光學元件使用在具備有照明光學系統之投影用曝光裝置，則可實現高品質、低成本之半導體元件，適合於半間距 65nm 以下之半導體元件的製造。

【實施方式】

以下，參照圖式，針對本發明之繞射光學元件及使用其所形成之光瞳過濾器、曝光裝置之實施形態進行說明。

(繞射光學元件)

在本發明中，為了解決上述問題，係未使用隙孔

(aperture)，而使用繞射光學元件來形成於隙孔之位置處具有所期望之光強度分佈的光瞳過濾器形狀者。作為此類繞射光學元件，較佳的是由使雙重扇狀光瞳之所期望光強度分佈之光圖案產生在隙孔位置處，由預先設計之計算機全像(CGH：Computer Generated Hologram)元件等所形成者。計算機全像元件係透過計算利用物體光與參考光之干涉所獲得者之干涉條紋圖案而求取，並將其結果直接藉由描繪裝置輸出而所製作之全像。作為再生光而得到所期望光強度分佈用之干涉條紋形狀係可使用電腦之反覆計算來進行最佳化而求得。計算機全像元件係基於上述干涉條紋形狀，而能階段性對透明合成石英基板進行多段蝕刻加工而製作得，為實現如光瞳過濾器般之集光的繞射光學元件。

以下，針對藉由本發明之繞射光學元件所形成之光瞳過濾器進行說明。

(光瞳過濾器)

藉由本發明之繞射光學元件所形成之光瞳過濾器係如圖 1 所示，為具備有 2 個光穿透部 11 之雙重(雙極)光瞳，其特徵在於：2 個光穿透部 11 係形成為從光瞳過濾器中心距離指定距離而於光瞳過濾器直徑上對稱之扇狀形狀，此 2 個光穿透部 11 之間由光低穿透率區域 12 所構成，上述 2 個光穿透部 11 及上述光低穿透率區域 12 之外側為遮光部 13(斜線部份)。

關於本發明之繞射光學元件，將所形成之光瞳過濾器做

成為雙重(雙極)光瞳之原因係雙光瞳相較於四重(四極)光瞳，其具有解析力高、容易設計之優點。在四光瞳之情形，設計變得複雜，而且光瞳過濾器中央部成為圓形，解析力降低，較雙光瞳難以顯現高性能。

又，關於本發明之繞射光學元件，將所形成之光瞳過濾器形狀做成為扇狀形狀之原因係扇狀形狀之雙光瞳具有高於圓形形狀之雙光瞳之解析力的優點。

藉由本發明之繞射光學元件所形成之光瞳過濾器係光瞳過濾器之 2 個扇狀光穿透部 11 之間形成為光低穿透率區域 12。作為光低穿透率區域 12 之形狀，可有圓形、矩形、約略橢圓形等，約略橢圓形之光低穿透率區域係相較於圓形或矩形，在光學像之對比度、安定性之觀點方面，效果較大而優異，故而較佳。

上述 2 個扇狀光穿透部 11 係因使照明光有效穿透，故較佳的是可做成接近 100%之穿透率。於本發明中，進一步對扇狀光穿透部 11 之內部進行部份性光穿透率調整，使具有局部性調階為可能，此時，設計變得複雜，光學像之安定性效果並不充分。

接著，針對藉由本發明之繞射光學元件所形成之光瞳過濾器的各部份詳細進行說明。

(光瞳過濾器之各部份)

針對光瞳過濾器各部份之較佳條件範圍進行說明。

在本發明中，藉由繞射光學元件所形成之光瞳過濾器各部份的最佳條件係可透過模擬來求得。關於模擬，係使用

KLA-Tencor 公司製之軟體 Prolith 9.2，於模擬中之共通條件為曝光波長：193nm、無偏光、NA：0.9、圖案寬度：65nm(圖案間距 130nm)、二次光罩(binary mask)。於模擬中，改變光瞳過濾器各部份之條件，評估光罩圖案之間距所影響的光學像之解析力(對比度)與對比度之安定性，求取各部份之較佳範圍。

如上所述，於本發明中，在光微影實用上之評估基準上，係使用光學像之解析力與對比度之安定性。解析力係光學像分離之可見程度，解析力係以最小光罩圖案間距與此時之光學像對比度所表示，對比度越高則解析力提升。在本發明中，作為解析力之指標，係採用對比度。亦即，關於對比度，係就光罩圖案為 130nm 間距(圖案寬度：65nm)之下，設定光學像之對比的評估基準必須為 0.35 以上。

對比度之安定性係以相對於光罩圖案間距之光學像的對比度變動範圍(記載為對比度範圍)來表示。在對比度波峰之寬廣間距的對比度變動寬度為 0.06 以下之情形下具有安定性時，設定評估基準。對比度範圍之數值越小，則對比度變動小、安定性高、光罩圖案之修正處理(OPC)的負擔小即可。

(扇狀光穿透部之內徑)

首先，求取藉由本發明之繞射光學元件所形成之圖 1 所示雙光瞳過濾器之 2 個扇狀光穿透部 11 的內徑(本發明中係表示半徑) σ_i 之最佳範圍。

在圖 2(a)中，以光罩圖案之間距為橫軸，以光學像之

對比度為縱軸，表示出求取 2 個扇狀光穿透部 11 內徑之最佳範圍的結果。於本發明中，以 2 個扇狀光穿透部 11 之內徑為 σ_i ，以光瞳過濾器之半徑為 1，表示每次增加 0.08 以使內徑 σ_i 從 0.3 增加至 0.86 為止之情形。

接下來，以圖 2(a)為基準，在圖 2(b)中，以光穿透部之內徑 σ_i 為橫軸，以光學像之 130nm 間距之對比度為縱軸，表示出解析力。又，於圖 2(c)中，以光穿透部之內徑 σ_i 為橫軸，以光學像之對比度範圍為縱軸，表示出光學像之安定性。

如圖 2(a)~(c)所示，在本發明中，就光學像之解析力及安定性之觀點而言，內徑 σ_i 係以 $0.65 < \sigma_i < 0.75$ 之範圍為佳。當內徑 σ_i 在 0.65 以下時，對比度變低，解析力下降，解析力在內徑 $\sigma_i = 0.7$ 左右處成為波峰，另一方面，當內徑 σ_i 為 0.75 以上時，對比度下降。增加內徑 σ_i ，則對比度範圍變小，安定性變大，但如上所述，解析力會下降。

(扇狀光穿透部之外徑)

求取藉由本發明之繞射光學元件所形成之圖 1 所示雙光瞳過濾器之 2 個扇狀光穿透部 11 的外徑(本發明中係表示半徑) σ_o 之最佳範圍。

在圖 3(a)中，以光罩圖案之間距為橫軸，以光學像之對比度為縱軸，表示出求取 2 個扇狀光穿透部 11 外徑 σ_o 之最佳範圍的結果。於本發明中，以 2 個扇狀光穿透部 11 之外徑為 σ_o ，以光瞳過濾器之半徑為 1，表示每次增

加 0.02 以使外徑 σ_0 從 0.72 增加至 0.94 為止之情形。

接下來，以圖 3(a)為基準，在圖 3(b)中，以光穿透部之外徑 σ_0 為橫軸，以光學像之 130nm 間距之對比度為縱軸，表示出解析力。又，於圖 3(c)中，以光穿透部之外徑 σ_0 為橫軸，以光學像之對比度範圍為縱軸，表示出光學像之安定性。

如圖 3(a)~(c)所示，在本發明中，就光學像之解析力及安定性之觀點而言，外徑 σ_0 係以 $0.8 < \sigma_0 < 0.9$ 之範圍為佳。當外徑 σ_0 在 0.8 以下時，對比度變低，解析力下降，另一方面，當增加外徑 σ_0 時，雖然解析力變高，但在 0.85 以上時，解析力幾乎飽和。對比度範圍係在外徑 σ_0 為 0.7 以下時，呈現不安定，而在外徑 σ_0 為 0.77 左右時最小，安定性佳，進一步增大外徑 σ_0 時，對比度範圍亦變大，於 0.9 以上時，呈現不安定。

(扇狀光穿透部之開口角)

求取藉由本發明之繞射光學元件所形成之圖 1 所示雙光瞳過濾器之 2 個扇狀光穿透部 11 與光瞳過濾器中心所成開口角 θ 之最佳範圍。

在圖 4(a)中，以光罩圖案之間距為橫軸，以光學像之對比度為縱軸，表示出求取 2 個扇狀光穿透部 11 與光瞳過濾器中心所成開口角 θ 之最佳範圍的結果。於本發明中，將 2 個扇狀光穿透部與光瞳過濾器中心所成開口角設為 θ ，表示每次增加 3.5° 以使開口角 θ 從 25° 增加至 60° 為止之情形。

接下來，以圖 4(a)為基準，在圖 4(b)中，以開口角 θ (角度)為橫軸，以光學像之 130nm 間距之對比度為縱軸，表示出解析力。又，於圖 4(c)中，以開口角 θ (角度)為橫軸，以光學像之對比度範圍為縱軸，表示出光學像之安定性。

如圖 4(a)~(c)所示，在本發明中，就光學像之解析力及安定性之觀點而言，開口角 θ 係以 $40^\circ < \theta < 50^\circ$ 之範圍為佳。對比度係在開口角 θ 為 45° 左右時具有波峰，於 39° 以下及 53° 以上時，對比度降低。對比度範圍係在開口角 θ 小之區域中為小，安定性高，而當開口角 θ 變大時，對比度範圍亦變大，於 50° 以上時呈現不安定。

(光低穿透率區域之光強度)

求取穿透過藉由本發明之繞射光學元件所形成之圖 1 所示雙光瞳過濾器形成為約略橢圓形之光低穿透率區域 12 的光強度之最佳範圍。

在圖 5(a)中，以光罩圖案之間距為橫軸，以光學像之對比度為縱軸，表示穿透過光低穿透率區域 12 之光強度 (設為 c_i) 之最佳範圍的結果。於本發明中，將穿透過光低穿透率區域 12 之光強度設為 c_i ，將穿透過 2 個扇狀光穿透部 11 之光強度設為 100%，表示每次增加 2.5% 以使光強度 c_i 從 0% 增加至 25% 為止之情形。

接下來，以圖 5(a)為基準，在圖 5(b)中，以光強度 c_i 為橫軸，以光學像之 130nm 間距之對比度為縱軸，表示出解析力。又，於圖 5(c)中，以光強度 c_i 為橫軸，以光學

像之對比度範圍為縱軸，表示出光學像之安定性。

如圖 5(a)~(c)所示，在本發明中，就光學像之解析力及安定性之觀點而言，光強度 c_i 係以 $5\% < c_i < 10\%$ 之範圍為佳，進一步以 $7\% < c_i < 10\%$ 之範圍為佳。在光強度 c_i 為 5% 以下時，對比度之安定性變低，另一方面，當光強度 c_i 為 10% 以上時，則對比度低，解析力下降。

(約略橢圓形狀部之長徑/短徑)

求取藉由本發明之繞射光學元件所形成之圖 1 所示雙光瞳過濾器形成為約略橢圓形之光低穿透率區域 12 的橢圓長徑與短徑之比之最佳範圍。

在圖 6(a)中，以光罩圖案之間距為橫軸，以光學像之對比度為縱軸，表示求取形成為約略橢圓形之光低穿透率區域 12 之橢圓長徑與短徑之比之最佳範圍的結果。於本發明中，將形成為約略橢圓形之光低穿透率區域 12 之長徑設為 R ，將短徑設為 r ，表示每次增加 0.1 以使長徑與短徑之比 R/r 從 1 增加至 2 為止之情形。

接下來，以圖 6(a)為基準，在圖 6(b)中，以橢圓長徑與短徑之比 R/r 為橫軸，以光學像之 130nm 間距之對比度為縱軸，表示出解析力。又，於圖 6(c)中，以橢圓長徑與短徑之比 R/r 為橫軸，以光學像之對比度範圍為縱軸，表示出光學像之安定性。

如圖 6(a)~(c)所示，在本發明中，就光學像之解析力及安定性之觀點而言，長徑與短徑之比 R/r 係以 $1.5 < R/r < 1.9$ 之範圍為佳。在長徑與短徑之比 R/r 為 1.5

以下時，對比度降低，解析力下降，另一方面，當長徑與短徑之比 R/r 為 1.9 以上時，則對比度範圍變大，對比度之安定性變低。

(繞射光學元件之製造)

關於本發明之繞射光學元件中所使用之計算機全像元件的製造，可應用先前習知之製造方法，例如，如日本專利特開 2002-350623 號公報所記載，採用光罩之製造技術，並使用光微影技術來對透明合成石英基板等進行多段蝕刻(例如 2 段、4 段、8 段)，以使具有細微間距凹凸之繞射光學元件的製造成為可能。

圖 7 係表示加工石英基板所製作之計算機全像元件例之擴大俯視相片圖。圖 7 所示計算機全像元件之圖案形狀係可採用電腦之反覆計算予以最佳化而求得。在圖 7 中，係表示於改變作為計算機全像元件之射出角度(α)及間距之情形、以及改變蝕刻段數來製作 2 段、4 段、8 段時之計算機全像元件之情形。於圖 7 中，2 段、4 段、8 段時之照明光的集光效率係依序為 45%、80%、90%。

因此，針對曝光裝置之照明光學系統，若光瞳過濾器形成用之繞射光學元件係使用本發明之 4 段或 8 段的全像元件來作為繞射光學元件的話，則能夠獲得集光效率高至 80% 以上，且可得到安定之高解析光學像之光瞳過濾器。

圖 8 係使用圖 7 所示全像元件，使用波長 193nm 之 ArF 準分子雷射照射照明光之情形的說明圖。入射於計算機全像元件 81 之光束係表示在計算機全像元件 81 不進行振幅

調變或接受相位調變而進行繞射，形成將計算機全像元件 81 以一定的射出角度 α (例如 $\alpha = 3.5^\circ$ 、 4.0° 、 5.0°) 來射出，於一定距離 (在圖 8 之例，於 $\alpha = 3.5^\circ$ 時為 220mm) 具有所期望之照度分佈之具有雙重扇狀光穿透部之光瞳過濾器 82 (光瞳外徑 $\sigma_0 = 27/2\text{mm}$) 的例子 (在圖 8 中，僅圖示光瞳過濾器 82 之光穿透部，其他部位則省略)。於此，形成計算機全像元件 81 與光瞳過濾器 82 之位置係配置成相互成為傅立葉轉換面之關係。

● (曝光裝置)

本發明之曝光裝置係將由光源所發出之光藉由照明光學系統來照射至光罩上，將光罩上的圖案藉由投影光學系統來往被曝光基板上進行投影曝光的曝光裝置，為具備上述本發明之光瞳過濾器形成用之繞射光學元件者。

● 如果可以使用本發明之光瞳過濾器形成用之繞射光學元件的話，則可使用各種曝光裝置。例如，能使用波長 193nm 之 ArF 準分子雷射、波長 248nm 之 KrF 準分子雷射等來作為曝光光源。

[實施例]

其次，列舉實施例來進一步說明本發明。本實施例係作為繞射光學元件之計算機全像元件的設計樣式為設計成基本繞射晶格之最小間距 4000nm、照明光照射時之射出角度 3.5° 、相位段數 8 段，將透明合成石英基板當作為加工素材而進行製作者。另外，每一段之高度樣式係 193nm。又，針對於具備有形成使用該繞射光學元件所形成之 2 個

扇形形狀的光穿透部之雙光瞳過濾器之各部分數值，亦可以是預先設計。

首先，準備一經過光學研磨之 6 英吋方形之 6.35mm 厚的透明合成石英基板一面上成膜有金屬鉻的光罩用基板，在金屬鉻膜上旋轉塗佈正型 EB 光阻、ZEP7000(日本 ZEON 股份有限公司製造)之後，使用繪圖曝光用之資料，在電子射線繪圖裝置上進行曝光繪圖，並使用指定顯影液來施行顯影處理。

其次，使用氟系氣體針對由光阻的開口部露出之金屬鉻膜進行乾式蝕刻，將該處開口，並使石英表面露出。接下來，將光阻與金屬鉻層當作是耐蝕刻層，使用氟系氣體來進行乾式蝕刻，僅以 1 段份量高度對加工用素材的石英施行蝕刻。

接著，利用指定剝離液去除光阻層之後，將正型 i 射線 THMR-iP3500(東京應化工業股份有限公司製造)旋轉塗佈於加工面側整體之後，採用繪圖曝光用之資料，在具有標記功能之雷射繪圖裝置 ALTA3000(ETEC 公司製造)進行曝光繪圖，並使用指定顯影液來施行顯影處理。接下來，同樣地使用氟系氣體針對由光阻的開口部露出之金屬鉻膜進行乾式蝕刻，將光阻與金屬鉻層當作是耐蝕刻層，使用氟系氣體來進行乾式蝕刻，僅以 2 段份量高度對石英施行蝕刻。

再接下來亦是同樣地，利用指定剝離液去除光阻層之後，將正型 i 射線 THMR-iP3500(東京應化工業股份有限

公司製造)旋轉塗佈於加工面側整體之後，採用繪圖曝光用之資料，在具有標記功能之雷射繪圖裝置 ALTA3000(ETEC 公司製造)進行曝光繪圖，並使用指定顯影液來施行顯影處理。接著，同樣地使用氟系氣體針對由光阻的開口部露出之金屬鉻膜進行乾式蝕刻，將光阻與金屬鉻層當作是耐蝕刻層，使用氟系氣體來進行乾式蝕刻，僅以 4 段份量高度對石英施行蝕刻。

在去除殘存之光阻與金屬鉻膜後，獲得在各段部分之界面處殘存有壁(亦有成為突起狀之情形)之狀態者。其次，在加熱至 70°C 之氫氧化鈉 10 重量%水溶液中浸漬約 40 分鐘，將整體予以濕式蝕刻，去除壁部，得到如圖 7 左下所示之段數 8 段、射出角度 3.5° 、最小間距 4000nm 之作為繞射光學元件的計算機全像元件。

接著，如圖 8 所示，針對上述計算機全像元件照射作為照明光之波長 193nm 的準分子雷射，其結果係所入射之光束在計算機全像元件上進行繞射，以射出角度 3.5° 進行射出，形成於 220mm 距離處之具有扇狀光穿透部的雙光瞳過濾器。此光瞳過濾器係如當初設計，2 個光穿透部係光穿透部外徑在從光瞳過濾器的中心距離 13.5mm 處形成為對稱的扇形形狀，其開口角為 45° ，2 個光穿透部之間係由約略橢圓形之 7.5%光低穿透率區域所構成，2 個光穿透部及光低穿透率區域之外側為遮光部，照明光係被遮住。又，約略橢圓形之長徑與短徑之比係長徑/短徑=1.7。

接下來，將上述計算機全像元件設置在以波長 193nm 之

準分子雷射為光源之半導體用投影曝光裝置之照明光學系統，使用具有最小圖案間距 90nm 之圖案的光罩，在將晶圓上之光阻曝光後，將光阻予以顯影之結果係確認到：最小圖案間距 90nm 之光阻圖案被形成，圖案間距更大之其他圖案亦相同地安定，並形成有光阻圖案。於使用該計算機全像元件之情形係相較於使用先前技術之孔徑之光瞳過濾器之情形，曝光時間被縮短。

【圖式簡單說明】

圖 1 係利用本發明之繞射光學元件所形成之光瞳過濾器的俯視示意圖。

圖 2(a)、(b)及(c)係表示利用本發明之繞射光學元件所形成之光瞳過濾器之 2 個扇狀光穿透部內徑的最佳範圍圖。

圖 3(a)、(b)及(c)係表示利用本發明之繞射光學元件所形成之光瞳過濾器之 2 個扇狀光穿透部外徑的最佳範圍圖。

圖 4(a)、(b)及(c)係表示利用本發明之繞射光學元件所形成之光瞳過濾器之 2 個扇狀光穿透部形成光瞳過濾器中心之開口角的最佳範圍圖。

圖 5(a)、(b)及(c)係表示穿透過利用本發明之繞射光學元件所形成之光瞳過濾器之光低穿透率區域之光強度的最佳範圍圖。

圖 6(a)、(b)及(c)係表示穿透過利用本發明之繞射光學元件所形成之光瞳過濾器形成為約略橢圓形之光低穿

透率區域之橢圓長徑與短徑之比的最佳範圍圖。

圖 7 係表示本發明之計算機全像元件例之擴大俯視相片圖。

圖 8 係表示照明光入射至本發明之計算機全像元件中，而形成雙重扇狀光瞳過濾器例者。

圖 9 係半導體用投影曝光裝置之曝光系統的概略構成示意圖。

圖 10(a)、(b)係表示先前技術之光瞳過濾器之形狀例的俯視示意圖。

圖 11(a)、(b)及(c)係表示光罩圖案之間距與通過光瞳過濾器後之照明光之繞射光之關係的說明圖。

圖 12(a)、(b)係表示光罩圖案之間距之圖案的俯視示意圖。

圖 13 係光罩圖案之間距與射出於光瞳過濾器之照明光之干涉性之關係的說明圖。

【主要元件符號說明】

11	光穿透部
12	光低穿透率區域
13	遮光部
81	計算機全像元件
82	光瞳過濾器
91	光源
92	光瞳過濾器
93	照明光

94	聚光透鏡
95	光罩
96	透鏡
97	透鏡
98	晶圓
101	光穿透部
102	遮光部
103	光穿透部
104	遮光部
113a	照明光
113b	照明光
113c	照明光
115a	光罩
115b	光罩
115c	光罩
σi	光穿透部之內徑
σo	光穿透部之外徑
θ	開口角

十、申請專利範圍：

1. 一種光瞳過濾器 (pupil filter) 形成用之繞射光學元件，其包含：

一雙極光瞳過濾器，具有 2 個光穿透部，

其中該 2 個光穿透部係離該光瞳過濾器中心一指定距離呈扇狀形狀對稱；

一光低穿透率區域係設置在該 2 個光穿透部間且連接該 2 個光穿透部，該 2 個光穿透部具有至少等於該等極之寬度的寬度，以及在該 2 個光穿透部及該光低穿透率區域的外側有一遮光部，

其中該光低穿透率區域實質上係呈橢圓形狀，

其特徵在於：

參數 σ_i 、 σ_o 及 θ 係在下述範圍中，以及參數 c_i 及 R/r 係在下述範圍中：

$$0.65 < \sigma_i < 0.75$$

$$0.8 < \sigma_o < 0.9$$

$$40^\circ < \theta < 50^\circ$$

$$5\% < c_i < 10\%$$

$$1.5 < R/r < 1.9。$$

其中 σ_i 與 σ_o 係該 2 個光穿透部之每一者的內徑及外徑； θ 係該 2 個光穿透部對著該光瞳過濾器中心之開口角；該光瞳過濾器之半徑為 1； c_i 係已穿透該光低穿透率區域之光的強度，若已穿透該 2 個光穿透部之光的強度為 100%；以及 R 與 r 係實質上呈橢圓形狀之該光低穿透率區

102 年 09 月 27 日修正補元

域的長徑及短徑。

2. 如申請專利範圍第 1 項之光瞳過濾器形成用之繞射光學元件，其中，上述繞射光學元件係計算機所產生之全像元件(hologram element)。

3. 一種曝光裝置，係經由一照明光學系統將由一光源所發出之光照射至一光罩上，再經由一投影光學系統將該光罩上之圖案往被曝光基板上進行投影曝光者，其特徵在於：具備有申請專利範圍第 1 項之光瞳過濾器形成用之繞射光學元件。

十一、圖式：

圖 1

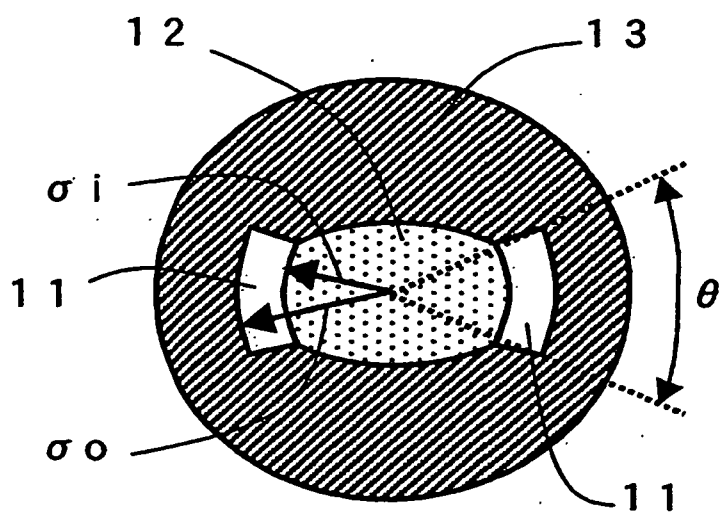


圖 2

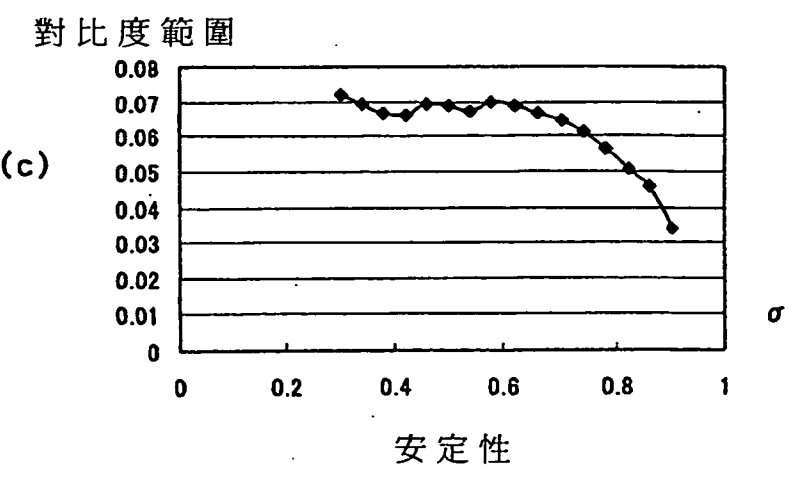
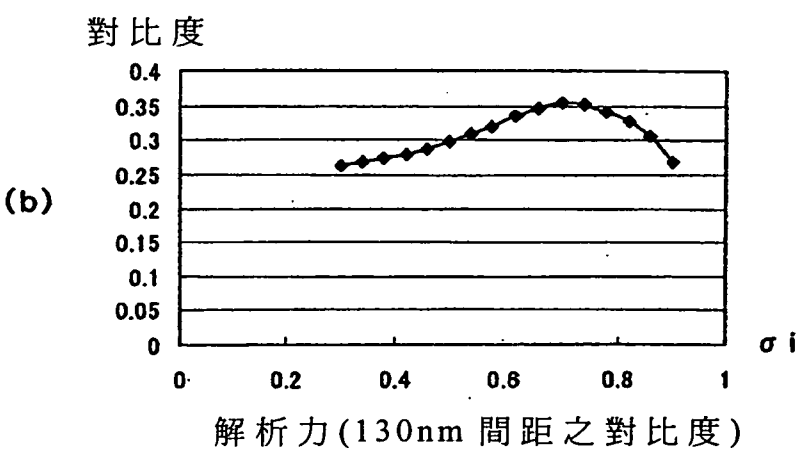
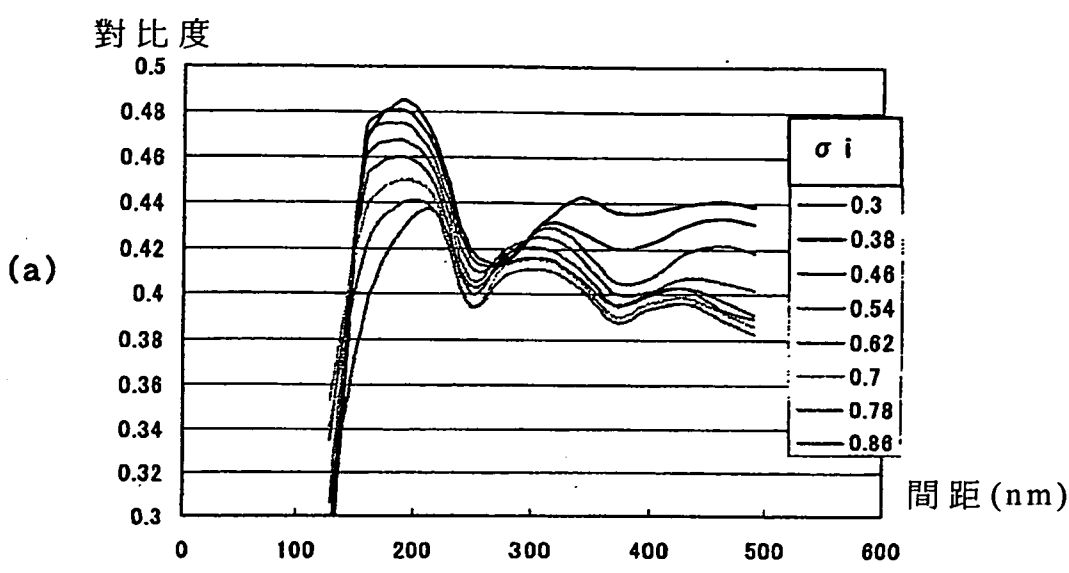


圖 3

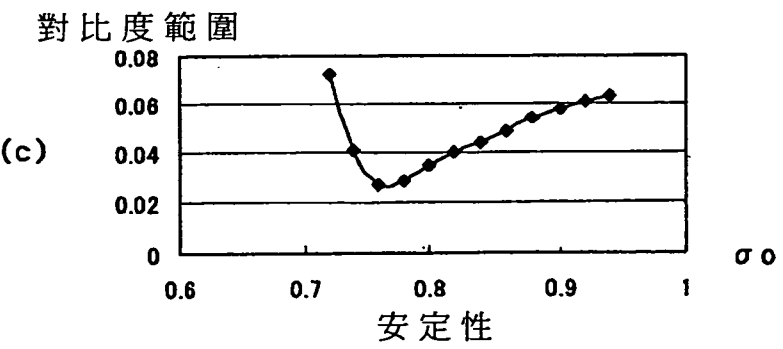
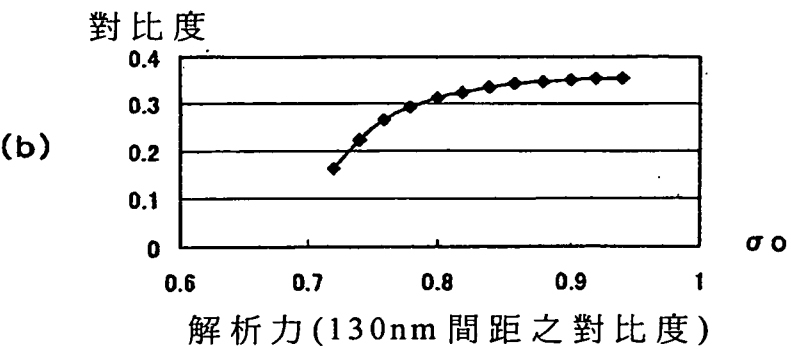
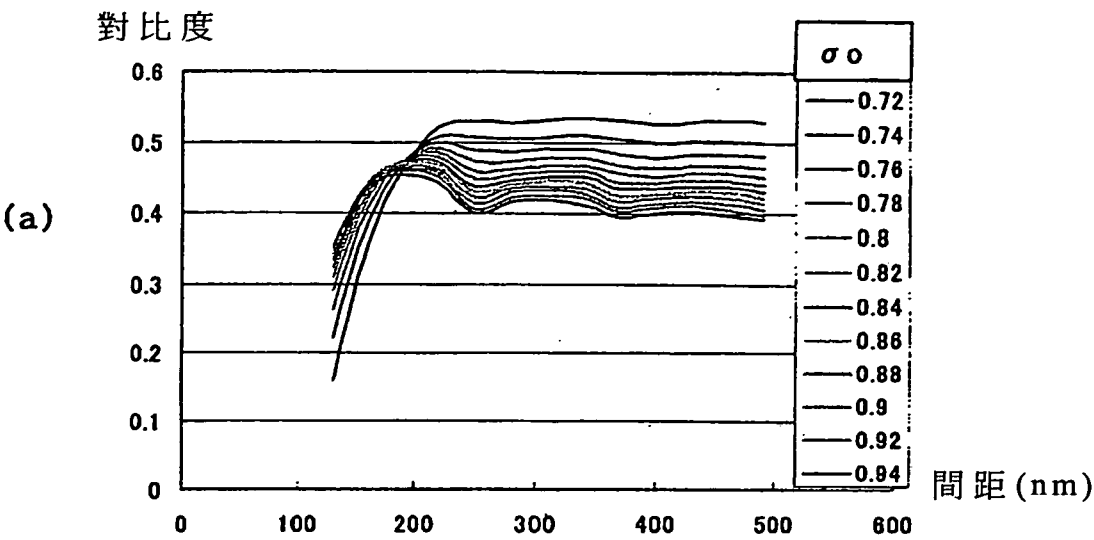


圖 4

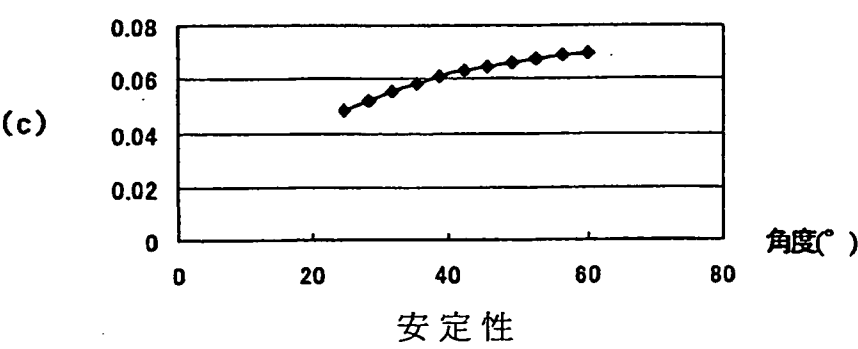
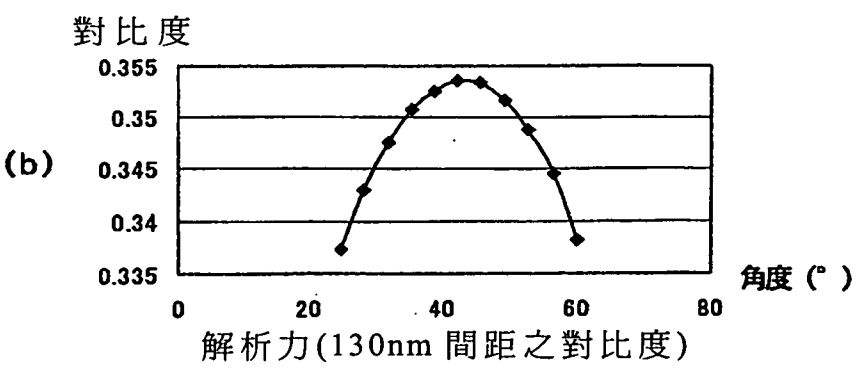
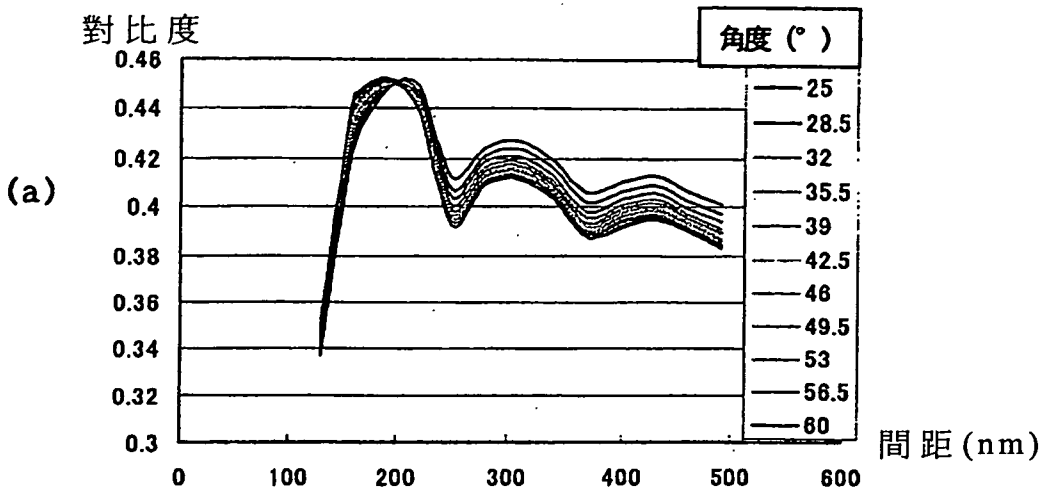


圖 5

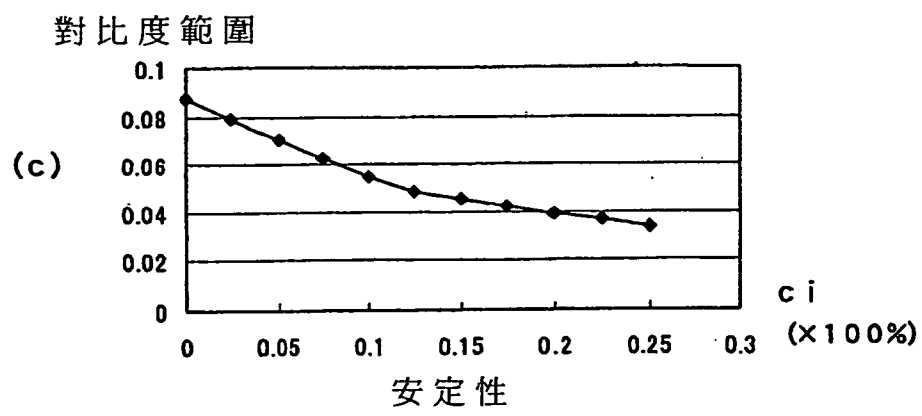
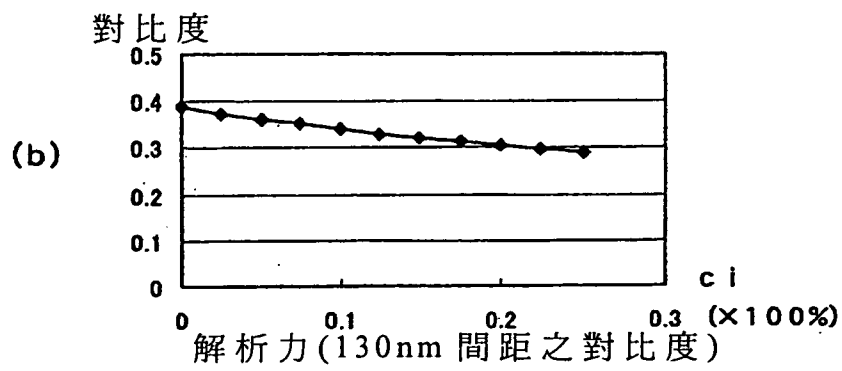
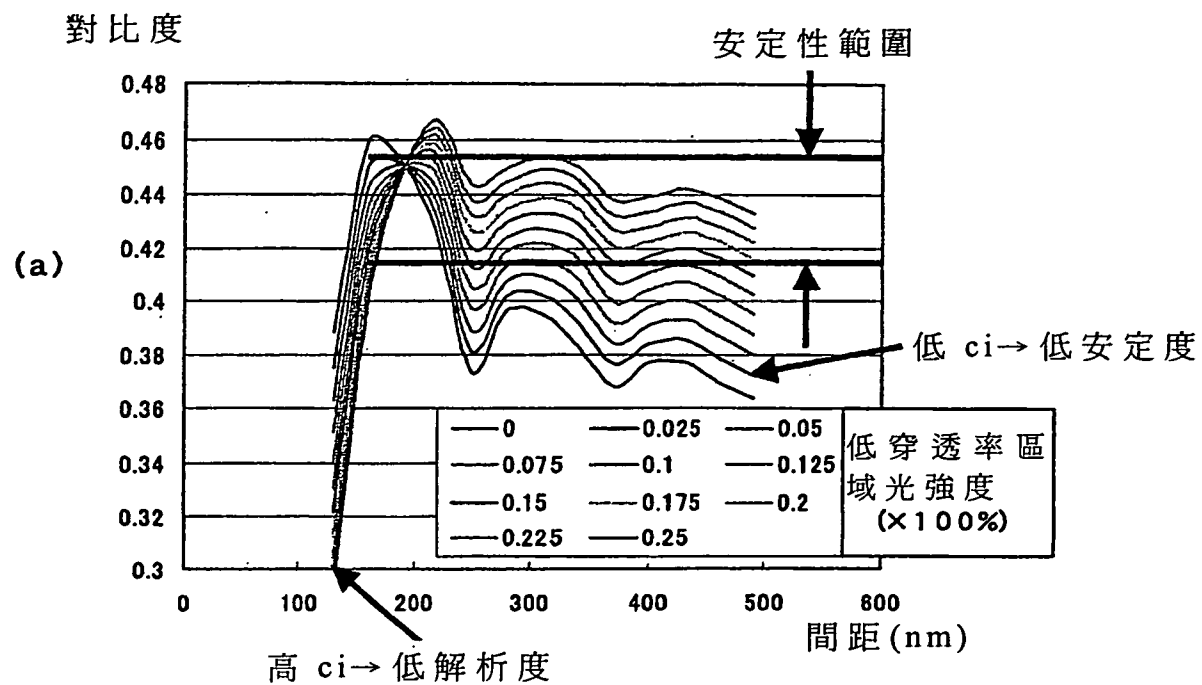


圖 6

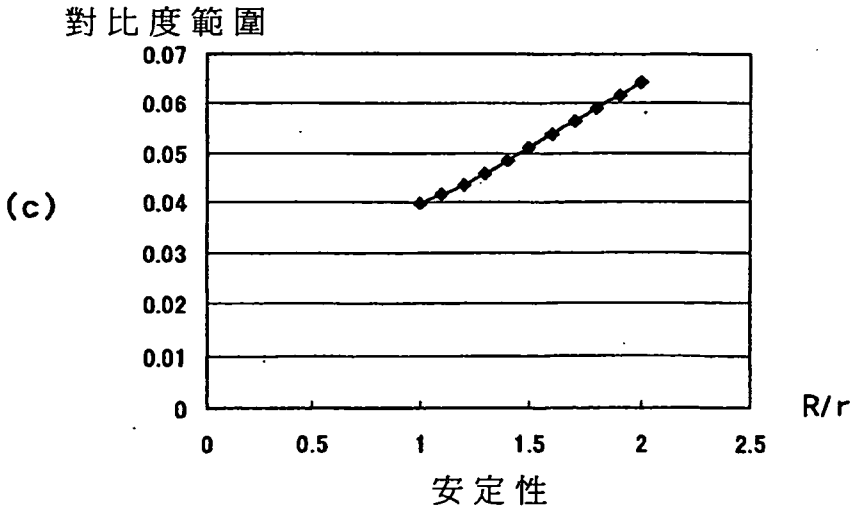
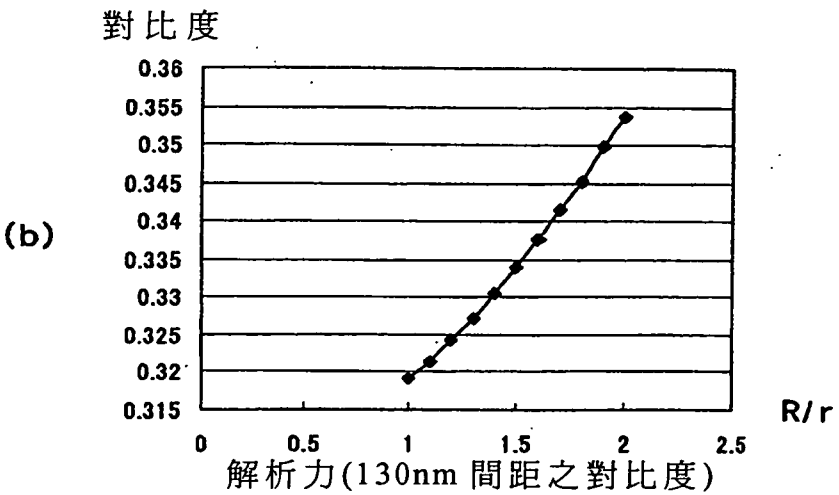
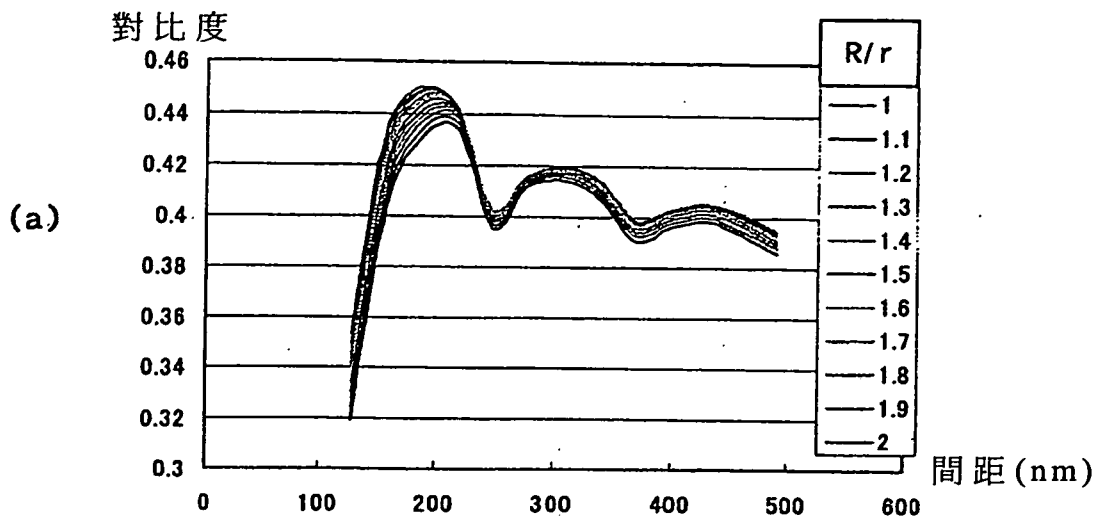


圖 7

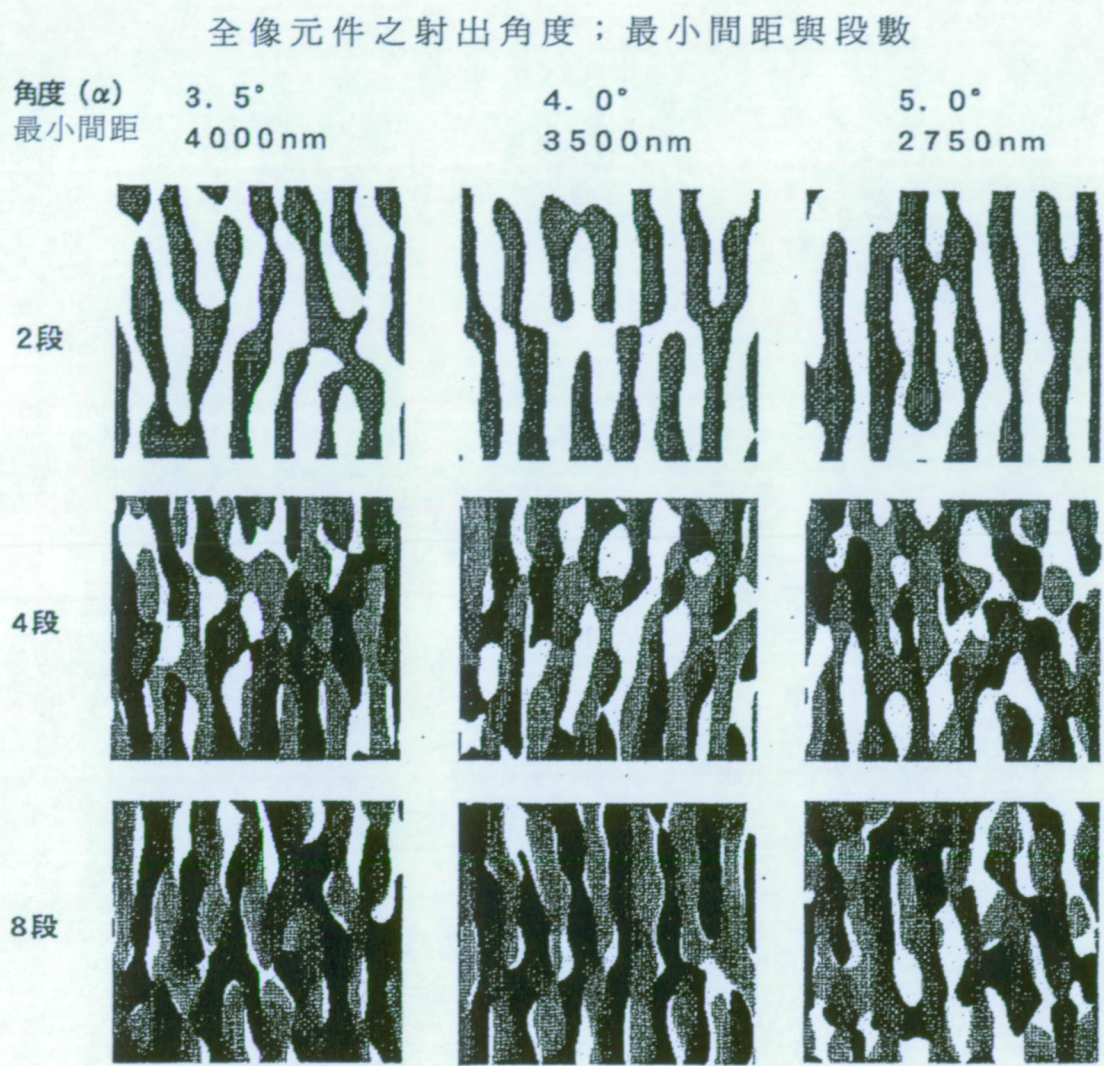


圖 8

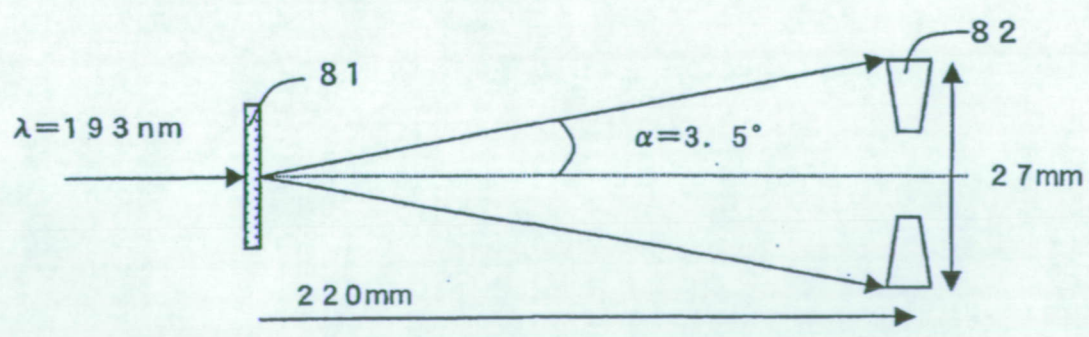


圖 9

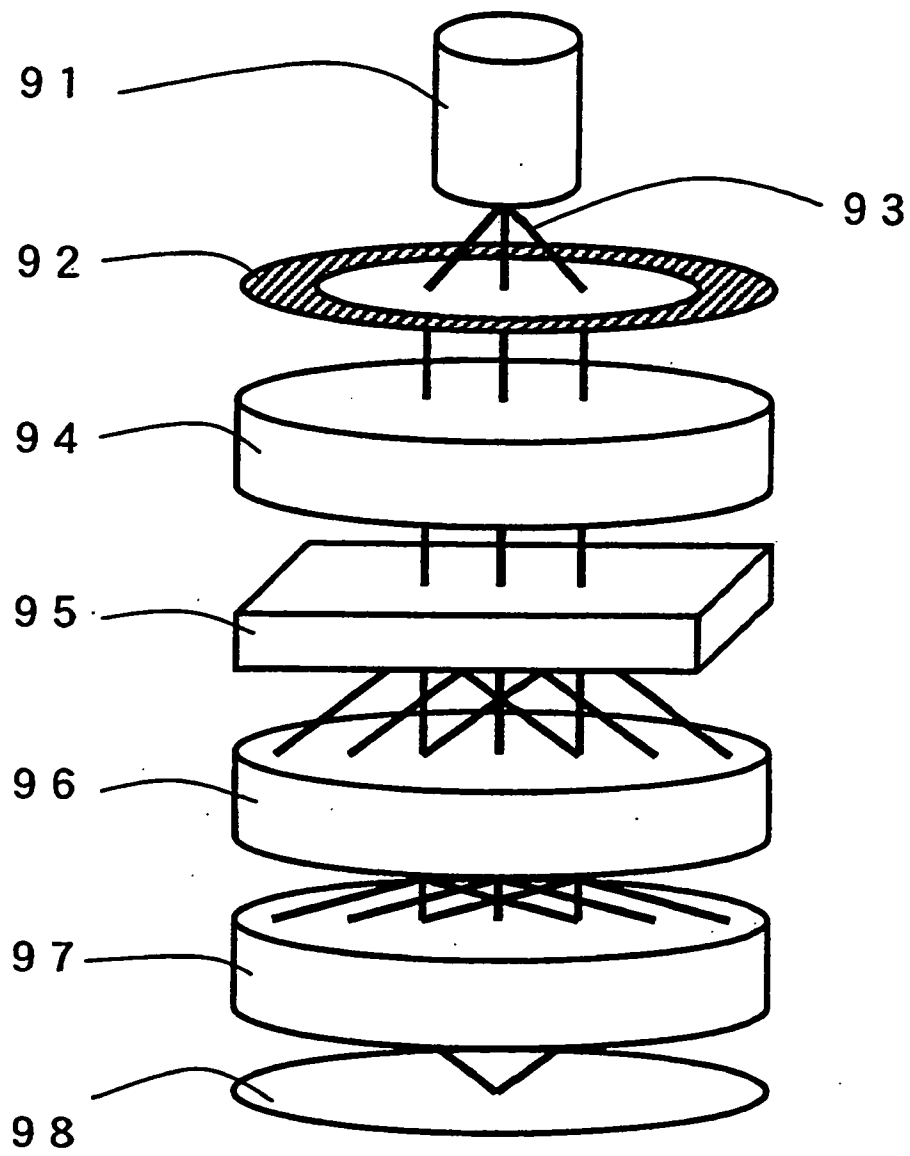
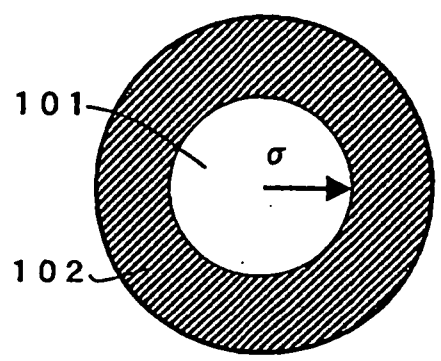


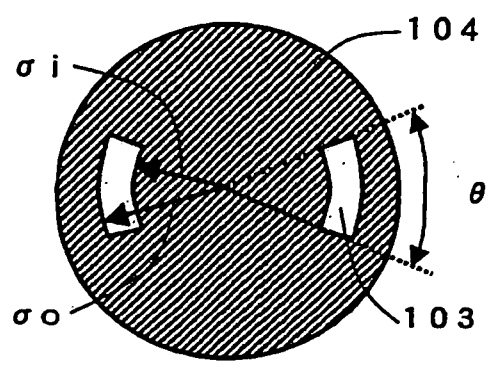
圖 10

通常照明用圓形光瞳過濾器



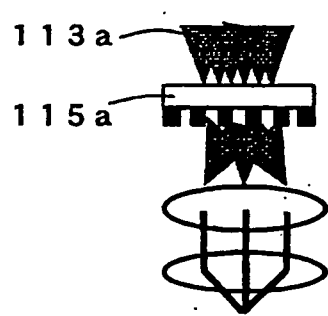
(a)

變形照明用雙光瞳過濾器

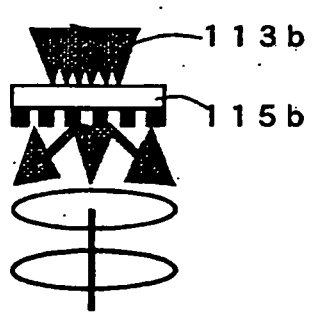


(b)

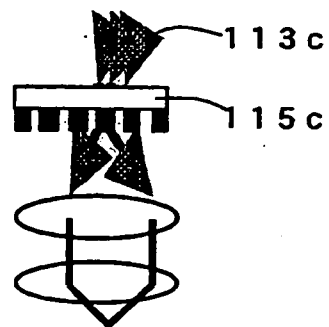
圖 11



(a)



(b)



(c)

圖 12

(a)



(b)



圖 13

