

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：f311163f

※ 申請日期：f)-4-26

※IPC 分類：

H01L²¹/027
G03F7/20

一、發明名稱：(中文/英文)

使用光罩之圖案形成方法以及用於光罩之遮罩資料產生方法
PHOTOMASK, PATTERN FORMATION METHOD USING
PHOTOMASK AND MASK DATA CREATION METHOD FOR
PHOTOMASK

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

日商松下電器產業股份有限公司

MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.

代表人：(中文/英文)

中村 邦夫

NAKAMURA, KUNIO

住居所或營業所地址：(中文/英文)

日本國大阪府門真市大字門真1006番地

1006, OAZA KADOMA, KADOMA-SHI, OSAKA 571-8501, JAPAN

國籍：(中文/英文)

日本 JAPAN

三、發明人：(共 1 人)

姓名：(中文/英文)

三坂 章夫

MISAKA, AKIO

住居所或營業所地址：(中文/英文)

日本國大阪府吹田市原町4-28-5-602

4-28-5-602, HARA-CHO, SUITA-SHI, OSAKA, JAPAN

國籍：(中文/英文)

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；2003年06月24日；特願2003-179146

2.

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1.

2.

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。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於在製造半導體積體電路裝置時所使用之具有精細圖案形式的光罩，以及關於使用該光罩的圖案形成方法以及用於產生該光罩之遮罩資料的方法。

【先前技術】

近年來，電路圖案研磨的需求與日俱增，如此方能進一步提高由半導體所組成之大型積體電路裝置(下文中稱為LSI)的整合程度。因此，電路中所使用之互連線路圖案的研磨或是用於互連複數層多層互連線路(兩線路間具有一絕緣層)之接觸孔圖案(下文稱為接觸圖案)的研磨已經變得非常重要。

現在將假設運用正光阻製程來說明利用一慣用光學曝光系統所進行的互連線路圖案研磨作業。於正光阻製程中，一直線圖案對應的係利用一光罩及後續顯影進行曝光之後相應於光阻之未曝光區所殘留的線型光阻膜(光阻圖案)。另外，一間隔圖案對應的係相應於該光阻之已曝光區的光阻移除部份(光阻移除圖案)。再者，一接觸圖案對應的係一孔形光阻移除部份，並且可視為一非常精細的間隔圖案。請注意，當運用負光阻製程來取代正光阻製程時，上述的直線圖案及間隔圖案的定義便會相互置換。

一般來說，已經有人導入被稱為超解析曝光法的精細圖案成形法(其利用的係傾斜入射曝光(偏軸照明))來研磨一互連線路圖案。利用此法來研磨對應於光阻之未曝光區的

光阻圖案的效果極佳，而且具有改良週期性密集排列之密集圖案之聚焦深度的效果。不過，此傾斜入射曝光實質上並無任何研磨一疏離光阻移除部份的效果，相反地，當對疏離光阻移除部份採用此傾斜入射曝光時還會損及一影像(光學影像)的對比及聚焦深度。所以，在光阻移除部份的維度大於光阻圖案的圖案成形(例如閘極圖案成形)中採用該傾斜入射曝光會具有正面的效果。

相反地，吾人已知可以有效地利用一小型光源(其不含任何傾斜入射光成份且具有很低的同調度)來形成一疏離精細光阻移除部份(例如精細接觸圖案)。於此情況中，利用一衰減式相移遮罩可更有效地形成該圖案。於一衰減式相移遮罩中，會利用一相移器來取代一完全遮蔽部份，作為一遮蔽圖案，用以包圍對應於一接觸圖案的透明部份(一開口)。該相移器讓曝光用之光透過的透射率非常低，約3至6%，並且可讓該曝光用之光相對於穿過該開口之光反相180度。

此處，除非另外提及，否則該透射率所指的係假設一透明基板的透射率為100%所獲得之有效透射率。另外，一完全遮蔽膜(一完全遮蔽部份)所指的係一有效透射率低於1%的遮蔽膜(遮蔽部份)。

現在將參考圖32A至32G來說明利用衰減式相移遮罩之慣用圖案成形法的原理。

圖32A為一光罩的平面圖，其中會在形成於該遮罩表面上作為一完全遮蔽部份的鉻膜中形成一對應於一接觸圖案的

開口，而圖32B所示的係在對應於已經穿過圖32A之光罩之光之直線AA'的位置中所獲得的振幅強度。圖32C為一光罩的平面圖，其中會在形成於該遮罩表面上的相移器中形成一對應於一接觸圖案的鉻膜，而圖32D所示的係在對應於已經穿過圖32C之光罩之光之直線AA'的位置中所獲得的振幅強度。圖32E為一光罩的平面圖，其中會在形成於該遮罩表面上的相移器中形成一對應於一接觸圖案的開口(換言之，係一衰減式相移遮罩)，而圖32F及32G所示的則係在分別對應於已經穿過圖32E之光罩之光之直線AA'的位置中所獲得的振幅強度以及光強度。

如圖32B、32D及32F所示，已經穿過圖32E之衰減式相移遮罩之光的振幅強度係已經穿過圖32A及32C之光罩之光的振幅強度和。換言之，於圖32E之衰減式相移遮罩中，不僅會形成作為遮蔽部份的相移器，以便於低透射率來傳送光，還會相對於穿過該相移器之光於穿過該開口之光中造成180度的光學路徑差(相差)。所以，如圖32B及32D所示，穿過該相移器之光的振幅強度分佈會與穿過該開口之光具有相反的相位。因此，當相互合成圖32B的振幅強度分佈及圖32D的振幅強度分佈時，便會因如圖32F所示之相位變化結果而獲得一具有0(零)振幅強度的相位邊界。結果，如圖32G所示，在對應於該相位邊界之開口的一末端處(下文中稱為相位末端)，光強度(以振幅強度的平方值來表示)為0(零)，因此會形成一非常暗的部份。所以，於已經穿過圖32E之衰減式相移遮罩之光的影像中，該開口附近的對比會

非常地高。不過，在垂直進入該遮罩之光(更明確地說，係從一具有低同調度之小型光源進入該遮罩的光)中才會獲得此經改良的對比。相反地，在採用傾斜入射曝光(例如稱為環狀照明之排除垂直入射光成份(從該光源中心沿著該遮罩之垂直方向進入的照明成份)的曝光)中，即使是在該開口附近(換言之，在造成相位變化的相位邊界附近)仍然無法獲得此經改良的對比。再者，相較於利用具有低同調度之小型光源來實施曝光的情況，當採用傾斜入射曝光時，還會產生聚焦深度比較小的缺點。

另外，為補償傾斜入射曝光(例如環狀照明)中該衰減式相移遮罩的缺點，已經有人提出於該衰減式相移遮罩之開口(對應於一疏離接觸圖案)附近形成一未被解析之小型開口(換言之為一輔助圖案)的方法(舉例來說，參見日本專利特許公開案第5-165194號)。因此便可獲得一週期性光強度分佈，從而改良該聚焦深度。

如上述，於欲利用正光阻製程來形成一精細光阻移除圖案(例如接觸圖案)的情況中，必須結合一衰減式相移遮罩及一具有低同調度(約0.5以下)之小型光源(也就是，僅具有垂直入射成份的照明)來實施曝光。此方法可非常有效地形成一精細疏離接觸圖案。

根據最近半導體裝置之整合度的提昇，已經不僅要形成互連線路圖案，還必須形成接觸圖案、疏離圖案、以對應於該波長之間距密集排列的圖案。於此情況中，為於形成密集排列之接觸圖案中實現很大的聚焦深度，可如同形成

密集排列之互連線路圖案般地有效運用該傾斜入射曝光。

換言之，對密集互連線路圖案及密集接觸圖案而言，傾斜入射曝光係不可或缺的；但是，當採用傾斜入射曝光時，疏離接觸圖案及互連線路之間的疏離間隔圖案的對比及聚焦深度便會受到很大的損害。當利用衰減式相移遮罩來改良解析度時，對比及聚焦深度受到損害的情形會更為嚴重。

相反地，當利用一具有低同調度之小型光源來形成疏離精細接觸圖案及互連線路之間的疏離精細間隔圖案時，其缺點係，很難形成密集圖案及精細直線圖案。

據此，在疏離精細間隔圖案的最佳照明條件和密集排列圖案或精細直線圖案的最佳照明條件之間便會具有倒數關係。所以，為同時形成精細光阻圖案以及精細光阻移除圖案，必須於垂直入射成份的效應及該光源之傾斜入射成份的效應之間進行取捨。因此，必須使用一具有中等同調度(約0.5至0.6)之小型光源。不過，於此情況中，該垂直入射成份的效應及該傾斜入射成份的效應便會被抵消，如此便很難藉由同時研磨疏離直線圖案或密集圖案以及疏離間隔圖案來達成半導體裝置更高的整合度。

請注意，前述的輔助圖案的位置必須與對應一接觸圖案之開口的相隔距離至少相當於一光源(曝光之光)的波長。所以，於開口的排列間距範圍介於該波長及該波長兩倍之間的情況中，便不必使用該輔助圖案。換言之，前述使用輔助圖案的方法並不能套用於開口排列間距實質對應於該波長至開口為疏離的所有排列情況。

【發明內容】

就上述慣用缺點而言，本發明的目的係同時研磨疏離間隔圖案及疏離直線圖案或密集圖案。

為達成此目的，本發明的光罩係位於一透明基板之上，該光罩包括一半遮蔽部份，其具有相對於曝光用之光的傳送特性；一透明部份，其係被該半遮蔽部份包圍並且具有相對於該曝光用之光的傳送特性，並且；以及一輔助圖案，其係被該半遮蔽部份包圍並且位於該透明部份周圍。該半遮蔽部份及該透明部份會以彼此同相的方式來傳送該曝光用之光，而該輔助圖案則會以與該半遮蔽部份及該透明部份反相的方式來傳送該曝光用之光，並且不會經由曝光被轉移。

於本發明的光罩中，該透明部份之形狀較佳的係側邊小於 $(0.8 \times \lambda \times M)/NA$ ，其中 λ 表示的係該曝光用之光的波長，而 M 及 NA 則分別表示一投影準直器之縮小投影光學系統的放大倍數及數值孔徑。於此情況中，該輔助圖案較佳的係一直線形狀圖案，而且其中心線的位置與該透明部份之中心的相隔距離不小於 $(0.3 \times \lambda \times M)/NA$ 且不大於 $(0.5 \times \lambda \times M)/NA$ 。再者，該輔助圖案的寬度不小於 $(0.05 \times \lambda \times M)/(NA \times T^{0.5})$ 且不大於 $(0.2 \times \lambda \times M)/(NA \times T^{0.5})$ ，其中 T 表示該輔助圖案相對於該透明部份的相對透射率。或者，該輔助圖案較佳的係一直線形狀圖案，而且其中心線的位置與該透明部份之中心的相隔距離不小於 $(0.365 \times \lambda \times M)/NA$ 且不大於 $(0.435 \times \lambda \times M)/NA$ 。於此情況中，該輔助圖案的寬度不

小於 $(0.1 \times \lambda \times M) / (NA \times T^{0.5})$ 且不大於 $(0.15 \times \lambda \times M) / (NA \times T^{0.5})$ ，其中T表示該輔助圖案相對於該透明部份的相對透射率。

於本發明的光罩中，該透明部份之形狀較佳的係一條直線，其寬度小於 $(0.65 \times \lambda \times M) / NA$ ，其中 λ 表示的係該曝光用之光的波長，而M及NA則分別表示一投影準直器之縮小投影光學系統的放大倍數及數值孔徑。於此情況中，該輔助圖案較佳的係一直線形狀圖案，而且其中心線的位置與該透明部份之中心的相隔距離不小於 $(0.25 \times \lambda \times M) / NA$ 且不大於 $(0.45 \times \lambda \times M) / NA$ 。再者，該輔助圖案的寬度不小於 $(0.05 \times \lambda \times M) / (NA \times T^{0.5})$ 且不大於 $(0.2 \times \lambda \times M) / (NA \times T^{0.5})$ ，其中T表示該輔助圖案相對於該透明部份的相對透射率。或者，該輔助圖案較佳的係一直線形狀圖案，而且其中心線的位置與該透明部份之中心的相隔距離不小於 $(0.275 \times \lambda \times M) / NA$ 且不大於 $(0.425 \times \lambda \times M) / NA$ 。於此情況中，該輔助圖案的寬度不小於 $(0.1 \times \lambda \times M) / (NA \times T^{0.5})$ 且不大於 $(0.15 \times \lambda \times M) / (NA \times T^{0.5})$ ，其中T表示該輔助圖案相對於該透明部份的相對透射率。

於本發明的光罩中，該輔助圖案較佳的係包括一第一輔助圖案，其係位於一分隔著特定或較小距離其間夾放著該半遮蔽部份的不同的輔助圖案旁邊；以及一第二輔助圖案，其並非位於一分隔著該特定或較小距離其間夾放著該半遮蔽部份的不同的輔助圖案旁邊，而且該第一輔助圖案的寬度較佳的係小於該第二輔助圖案。於此情況中，該第

一輔助圖案較佳的係包括一第一圖案，其和該相鄰的不同輔助圖案的相隔距離為G1；以及一第二圖案，其和該相鄰的不同輔助圖案的相隔距離為G2，而且於 $(0.5 \times \lambda \times M)/NA > G1 > G2$ 的情況中，該第二圖案的寬度較佳的係小於該第一圖案，其中 λ 表示的係該曝光用之光的波長，而M及NA則分別表示一投影準直器之縮小投影光學系統的放大倍數及數值孔徑。再者，於此情況中，該第一圖案之寬度及該第二圖案之寬度間的差異較佳的係和距離G1和距離G2間的差異成正比。

於本發明的光罩中，於該透明部份之形狀為一側邊小於 $(0.8 \times \lambda \times M)/NA$ 之矩形的情況中，該光罩較佳的係於該透明基板上進一步包括一第二透明部份，其係位於該透明部份旁邊，並且間隔著特定或較小距離；而且該輔助圖案較佳的係包括一第一輔助圖案，其係位於夾在該透明部份及該第二透明部份間之區域中；以及一第二輔助圖案，其係位於另一區域中，而該第一輔助圖案的面積較佳的係小於該第二輔助圖案。於此情況中，該特定距離較佳的係 $(1.3 \times \lambda \times M)/NA$ 。

於本發明的光罩中，於該透明部份之形狀為一寬度小於 $(0.65 \times \lambda \times M)/NA$ 之直線的情況中，該光罩較佳的係於該透明基板上進一步包括一第二透明部份，其係位於該透明部份旁邊，並且間隔著特定或較小距離；而且該輔助圖案較佳的係包括一第一輔助圖案，其係位於夾在該透明部份及該第二透明部份間之區域中；以及一第二輔助圖案，其

係位於另一區域中，而該第一輔助圖案的寬度較佳的係小於該第二輔助圖案。於此情況中，該特定距離較佳的係 $(1.15 \times \lambda \times M)/NA$ 。

於本發明的光罩中，於該透明部份之形狀為一寬度小於 $(0.65 \times \lambda \times M)/NA$ 之直線的情況中，該光罩較佳的係於該透明基板上進一步包括一第二透明部份，其係位於該透明部份旁邊，並且間隔著特定或較小距離；而且該輔助圖案較佳的係包括一第一輔助圖案，其係位於夾在該透明部份及該第二透明部份間之區域中；以及一第二輔助圖案，其係位於另一區域中，而該第一輔助圖案的面積較佳的係小於該第二輔助圖案。於此情況中，該特定距離較佳的係 $(1.15 \times \lambda \times M)/NA$ 。

於本發明的光罩中，於該透明部份之形狀為一側邊小於 $(0.8 \times \lambda \times M)/NA$ 之矩形的情況中，該透明部份較佳的係至少於第一方向中靠近一間隔著一特定範圍距離的不同的透明部份，而且至少於第二方向中不會靠近一間隔著該特定範圍距離的不同的透明部份，該輔助圖案較佳的係包括一第一輔助圖案，其係沿著該第一方向位於該透明部份附近，以及一第二輔助圖案，其係沿著該第二方向位於該透明部份附近，而且該第一輔助圖案與該透明部份的相隔距離較佳的係大於該第二輔助圖案。於此情況中，該特定範圍較佳的係介於 $(1.15 \times \lambda \times M)/NA$ 至 $(1.45 \times \lambda \times M)/NA$ 之間。

於本發明的光罩中，於該透明部份之形狀為一側邊小於

($0.8 \times \lambda \times M$)/NA之矩形的情況中，該透明部份較佳的係至少於第一方向中靠近一間隔著一特定範圍距離的不同的透明部份，而且至少於第二方向中不會靠近一間隔著該特定範圍距離的不同的透明部份，該輔助圖案較佳的係包括一第一輔助圖案，其係沿著該第一方向位於該透明部份附近，以及一第二輔助圖案，其係沿著該第二方向位於該透明部份附近，而且該第一輔助圖案與該透明部份的相隔距離較佳的係小於該第二輔助圖案。於此情況中，該特定範圍較佳的係介於($0.85 \times \lambda \times M$)/NA至($1.15 \times \lambda \times M$)/NA之間。

於本發明的光罩中，於該透明部份之形狀為一寬度小於($0.65 \times \lambda \times M$)/NA之直線的情況中，該透明部份較佳的係至少於第一方向中靠近一間隔著一特定範圍距離的不同的透明部份，而且至少於第二方向中不會靠近一間隔著該特定範圍距離的不同的透明部份，該輔助圖案較佳的係包括一第一輔助圖案，其係沿著該第一方向位於該透明部份附近，以及一第二輔助圖案，其係沿著該第二方向位於該透明部份附近，而且該第一輔助圖案與該透明部份的相隔距離較佳的係大於該第二輔助圖案。於此情況中，該特定範圍較佳的係介於($1.0 \times \lambda \times M$)/NA至($1.3 \times \lambda \times M$)/NA之間。

於本發明的光罩中，於該透明部份之形狀為一寬度小於($0.65 \times \lambda \times M$)/NA之直線的情況中，該透明部份較佳的係至少於第一方向中靠近一間隔著一特定範圍距離的不同的透明部份，而且至少於第二方向中不會靠近一間隔著該特

定範圍距離的不同的透明部份，該輔助圖案較佳的係包括一第一輔助圖案，其係沿著該第一方向位於該透明部份附近，以及一第二輔助圖案，其係沿著該第二方向位於該透明部份附近，而且該第一輔助圖案與該透明部份的相隔距離較佳的係小於該第二輔助圖案。於此情況中，該特定範圍較佳的係介於 $(0.7 \times \lambda \times M)/NA$ 至 $(1.0 \times \lambda \times M)/NA$ 之間。

於本發明的光罩中，該透明部份的形狀較佳的係一條直線，該輔助圖案的位置較佳的係沿著該透明部份之直線方向平行該透明部份，而且該透明部份之直線末端較佳的係會沿著該直線方向突出該輔助圖案外面特定或更大的維度。於此情況中，該特定維度較佳的係 $(0.03 \times \lambda \times M)/NA$ ，其中 λ 表示的係該曝光用之光的波長，而M及NA則分別表示一投影準直器之縮小投影光學系統的放大倍數及數值孔徑。

於本發明的光罩中，該透明部份的形狀較佳的係一條直線，該輔助圖案較佳的係包括一對第一輔助圖案，其係沿著該透明部份之直線方向平行該透明部份，並且其間夾著該透明部份的中心線部份；以及一對第二輔助圖案，其係沿著該直線方向平行該透明部份，並且其間夾著該透明部份的直線末端部份，而且該對第二輔助圖案之間的距離較佳的係比該對第一輔助圖案之間的距離大於特定或更大的維度。於此情況中，該對第二輔助圖案中每一者較佳的係於該直線方向中都具有長度 $(0.03 \times \lambda \times M)/NA$ 以上，其中 λ 表示的係該曝光用之光的波長，而M及NA則分別表示一投

影準直器之縮小投影光學系統的放大倍數及數值孔徑。同樣地，該特定大小為 $(0.03 \times \lambda \times M)/NA$ 。

於本發明的光罩中，該透明部份較佳的係藉由曝光該透明基板而形成的；該輔助圖案較佳的係藉由於該透明基板上沉積一第一相移膜而形成的，該第一相移膜可於該曝光用之光中產生和該透明部份相反相位的相差；以及該半遮蔽部份較佳的係藉由於該第一相移膜上沉積一第二相移膜而形成的，該第二相移膜可於該曝光用之光中產生和該第一相移膜相反相位的相差。

於本發明的光罩中，該透明部份較佳的係藉由曝光該透明基板而形成的；該輔助圖案較佳的係藉由於該透明基板中挖鑿出一深度而形成的，該深度可於該曝光用之光中產生和該透明部份相反相位的相差；以及該半遮蔽部份較佳的係藉由於該透明基板上沉積一半遮蔽膜而形成的，該半遮蔽膜可以和該透明部份相同的相位來傳送該曝光用之光。

於本發明的光罩中，該透明部份較佳的係藉由曝光該透明基板而形成的；該輔助圖案較佳的係藉由於該透明基板中挖鑿出一深度而形成的，該深度可於該曝光用之光中產生和該透明部份相反相位的相差；以及該半遮蔽部份較佳的係藉由於該透明基板上沉積一金屬薄膜而形成的，該金屬薄膜可以和該透明部份相同的相位來傳送該曝光用之光。

於本發明的光罩中，該輔助圖案較佳的係藉由曝光該透

明基板而形成的；該透明部份較佳的係藉由於該透明基板中挖鑿出一深度而形成的，該深度可於該曝光用之光中產生和該輔助圖案相反相位的相差；以及該半遮蔽部份較佳的係藉由於該透明基板上沉積一相移膜而形成的，該相移膜可於該曝光用之光中產生和該輔助圖案相反相位的相差。

本發明的圖案形成方法會使用本發明的光罩，而且該圖案形成方法包括下面步驟：於一基板上形成一光阻膜；透過該光罩利用曝光用之光來照射該光阻膜；以及於利用曝光用之光進行照射之後，藉由顯影該光阻膜來形成一光阻圖案。

本發明的遮罩資料產生方法可用於產生光罩用之遮罩資料，其包括形成於一透明基板上的遮罩圖案以及該透明基板中未形成該遮罩圖案的透明部份。明確地說，該遮罩資料產生方法包括下面步驟：以透過該光罩利用曝光用之光照射該光阻所形成之光阻的預期已曝光區為基礎決定輪廓移位器的內部距離及寬度；於該等輪廓移位器內提供該透明部份；將該透明部份設為一CD調整圖案；提供一半遮蔽部份，用以與該透明部份相同相位的方式來傳送該曝光用之光，其方式係讓該半遮蔽部份包圍該透明部份及該等輪廓移位器；將該輪廓移位器設為相移器，用以與該透明部份相反相位的方式來傳送該曝光用之光；經由模擬來預測利用包含該等相移器及該半遮蔽部份在內之遮罩圖案所形成之光阻圖案的維度；以及當所預測之光阻圖案的維度不

符預期維度時，便藉由改變CD調整圖案的形狀來改變該遮罩圖案的形狀。於此方法中，決定該等輪廓移位器的內部距離及寬度的步驟較佳的係包括根據該等輪廓移位器間之距離來改變該等輪廓移位器之寬度的子步驟。再者，決定該等輪廓移位器的內部距離及寬度的步驟較佳的係包括根據預期的已曝光區間之接近關係來改變該等輪廓移位器之內部距離的子步驟。

根據本發明，可利用穿過一透明基板之光及穿過一輔助圖案之光間的相互干涉來突顯該透明基板及該輔助圖案間之光強度分佈的對比。同樣地，於利用傾斜入射曝光之正光阻製程來形成與該透明部份相對應之精細疏離間隔圖案的情況中，亦可達到此突顯對比的效果。據此，便可採用傾斜入射曝光同時研磨一疏離間隔圖案及一疏離直線圖案或密集圖案。再者，即使在複雜間隔圖案及精細間隔圖案彼此非常靠近的情況中，亦可形成令人滿意之具有預期維度的圖案。

此處，相對於曝光用之光的傳送特性意謂著具有足以敏感化一光阻的透射率；而相對於曝光用之光的遮蔽特性則意謂著透射率過低而無法敏感化一光阻。再者，相同相位意謂著相差不低於 $(-30 + 360 \times n)$ 度且不大於 $(30 + 360 \times n)$ 度；而相反相位則意謂著相差不低於 $(150 + 360 \times n)$ 度且不大於 $(210 + 360 \times n)$ 度(n 為整數)。

【實施方式】

(前提)

首先將說明用於說明本發明之較佳具體實施例的前提。

因為一光罩通常會用於縮小投影型準直器中，所以，必須於討論該遮罩上之圖案維度時必須先考量縮小比。不過，為避免發生混淆，在下面每項具體實施例的說明中，當提及一遮罩上的圖案維度與欲形成之預期圖案(例如光阻圖案)相符時，除非特別提及，否則使用的係藉由縮小比(放大倍數)來轉換該圖案維度後所獲得的數值。明確地說，在 $1/M$ 縮小投影系統中利用寬度 $M \times 100\text{nm}$ 之遮罩圖案來形成一寬度 100 nm 之光阻圖案的情況中，該遮罩圖案的寬度及該光阻圖案的寬度皆為 100 nm 。

另外，於本發明的具體實施例中，除非特別提及，否則 M 及 NA 分別表示一準直器之縮小投影光學系統的縮小比及數值孔徑，而 λ 表示的則係該曝光用之光的波長。

再者，每項具體實施例中所述的圖案形成的前提假設係採用正光阻製程來形成對應於一光阻之未曝光區的光阻圖案。於採用負光阻製程來取代正光阻製程的情況中，因為一光阻之未曝光區會於負光阻製程中被移除，所以，該正光阻製程之光阻圖案會被一間隔圖案取代。

再者，每項具體實施例中所述的圖案形成係假設一透射遮罩。於該光罩適用於反射遮罩的情況中，因為透射遮罩的透明區及遮蔽區會分別對應到反射區及非反射區，所以該透射遮罩的透射現象便會被反射現象取代。明確地說，透射遮罩之透明區的透明部份會被反射部份或反射區取代，而遮蔽部份則會被非反射部份取代。此外，透射遮罩

中可部份傳送光的區域會被一可部份反射光的部份取代，而透射率則會被反射率取代。

(輪廓強化方法)

首先，將說明的係利用本案發明人為實現本發明所設計之光罩的解析度改良方法，也就是，用於改良疏離間隔圖案之解析度的「輪廓強化方法」。

下面說明係假設採用正光阻製程來形成一間隔圖案。請注意，不論一圖案之形狀為何，只要該圖案係由該正光阻製程所形成的精細間隔圖案，那麼「輪廓強化方法」的原理便可適用。另外，利用一精細圖案(光阻圖案)來取代該正光阻製程的精細間隔圖案(光阻移除圖案)便同樣可將該「輪廓強化方法」應用於負光阻製程中。

圖1A至1G為用於解釋突顯形成一間隔圖案之曝光中一被轉移之光影像之對比的原理的示意圖。

圖1A為一光罩的平面圖，其中有一對應於一間隔圖案的開口(即透明部份)會被一半遮蔽部份包圍，該半遮蔽部份相對於曝光用之光具有一特定透射率，而圖1B則顯示於對應於已經穿過圖1A之光罩之光的直線AB的位置中所獲得的振幅強度。

圖1C為一光罩的平面圖，其中於一開口附近有一相移器，剩餘部份則有一完全遮蔽部份，而圖1D則顯示於對應於已經穿過圖1C之光罩之光的直線AB的位置中所獲得的振幅強度。因為圖1D所示之振幅強度係由穿過該相移器的光所產生的，所以與圖1B所示之光振幅強度反相。

圖 1E 為一光罩的平面圖，其中有一對應於一間隔圖案的開口及一位於該開口附近的相移器會被一半遮蔽部份包圍，該半遮蔽部份相對於曝光用之光具有一特定透射率，而圖 1F 及 1G 則分別顯示於對應於已經穿過圖 1E 之光罩之光的直線 AB 的位置中所獲得的振幅強度及光強度(其為振幅強度的平方)。圖 1E 的光罩係於圖 1A 的光罩附近提供一相移器而獲得的。於該些光罩中，圖 1E 的光罩係根據本發明的光罩範例(下文稱為輪廓強化遮罩)，其可用於實現「輪廓強化方法」。

於圖 1A 或 1E 的光罩中，穿過該半遮蔽部份之光及穿過該開口之光之間有同相的關係(明確地說，該些光之間的相差關係不低於 $(-30 + 360 \times n)$ 度且不大於 $(30 + 360 \times n)$ 度，其中 n 為整數)。另外，於圖 1E 的光罩中，穿過該相移器之光及穿過該開口之光之間有反相的關係(明確地說，該些光之間的相差關係不低於 $(150 + 360 \times n)$ 度且不大於 $(210 + 360 \times n)$ 度，其中 n 為整數)。

穿過圖 1E 的輪廓強化遮罩的光的轉移影像可經由下面的原理來突顯：圖 1E 的光罩的結構係結合圖 1A 及 1C 的光罩所產生的。據此，如圖 1B、1D 及 1F 所示，結合分別穿過圖 1A 及 1C 之光罩的光的振幅強度便可獲得穿過圖 1E 之光罩的光的振幅強度的分佈。此時，從圖 1F 可以瞭解，穿過位於圖 1E 之光罩中該開口附近之相移器的光便可能會部份抵消個別穿過該開口及該半遮蔽部份的光。據此，當調整穿過該相移器之光的強度以抵消穿過圖 1E 之光罩中該開口周圍的

光時，便會於圖1G所示之光強度分佈中形成一暗部，其中於該開口周圍中所獲得的光強度幾近於0(零)。

於圖1E的光罩中，穿過該相移器之光會大幅地抵消穿過該開口周圍之光，並且略微抵消穿過該開口中心之光。因此，如圖1G所示，可能獲得的效果係該光強度分佈之曲線梯度從該開口中心至該開口周圍的變化情形會提高。據此，穿過圖1E之光罩之光的強度分佈會有陡峭的曲線，從而形成一高對比的影像。

此為根據本發明之光學影像(光強度的影像)的重點原理。明確地說，因為該相移器係位於由低透射率之半遮蔽部份所組成之遮罩的該開口輪廓中，所以，可於利用圖1A之光罩所形成之光強度影像中形成一對應於該開口輪廓的極暗部。據此，所獲得的光強度分佈便可突顯該開口中所獲得之光強度及該開口周圍中所獲得之光強度之間的對比。此處，經由此原理來突顯一影像的方法稱為「輪廓強化方法」，而用於實現此原理的光罩則稱為「輪廓強化遮罩」。

當輪廓強化方法與慣用的衰減式相移器原理(參見圖32A至32G)作比較時，該輪廓強化方法與該慣用原理的不同處在於於該光強度分佈中該開口的周圍中形成該暗部的機制。比較圖1F及圖32F便可瞭解，該振幅強度分佈中的暗部係由慣用衰減式相移器中的相位邊界所形成的。相反地，於輪廓強化方法中，該振幅強度分佈中的暗部則係因同相位的振幅強度的週期性變化所產生的結果。此外，慣用衰

減式相移器中的相位邊界所形成的暗部並無法經由傾斜入射曝光而充份地突顯，所以，該慣用衰減式相移器應該結合採用具有低同調度之小型光源的曝光。相反地，輪廓強化方法中同相位的振幅強度的週期性變化所形成的暗部會等效於利用透明部份及遮蔽部份呈現週期係排列的一般圖案所形成的暗部，所以，結合該輪廓強化方法及該傾斜入射曝光便可突顯該光強度分佈的對比。換言之，當結合該傾斜入射曝光時，該輪廓強化方法的效果會更為明顯。

於輪廓強化遮罩中，該半遮蔽部份之最大透射率較佳的係約15%，以避免光阻的厚度會於圖案形成中縮減；或是以便最佳化該光阻敏感度。換言之，於該輪廓強化遮罩中，該半遮蔽部份的透射率較佳的係約15%以下。再者，該半遮蔽部份並不具有可部份傳送光的特性，並且為了充份達到實質傳送光的效果，該半遮蔽部份的透射率較佳的係至少為3%以上，更佳的係至少為6%以上。據此，該輪廓強化遮罩之半遮蔽部份的最佳透射率便係不低於6%且不超過15%。

雖然已經假設在該半遮蔽部份及被該半遮蔽部份包圍之透明部份(即開口)間的邊界中提供該相移器來說明該輪廓強化方法，不過，並非一定要於該邊界上提供該相移器。明確地說，只要該相移器的位置可促成經由該輪廓強化方法的原理和穿過該透明部份的光產生干涉的話，那麼便可抵消穿過該透明部份周圍的光。據此，舉例來說，該相移器可能係位於與該半遮蔽部份中一矩形開口的每一邊遠離

的位置處，當作一平行每一側邊的圖案。不過，為有效運用該輪廓強化方法，該相移器與該開口的分離距離較佳的係不超過 $0.5 \times \lambda / NA$ ，其為造成光干涉的距離。再者，當於包圍該透明部份之相移器的外面提供該具有充份寬度(不小於 λ/NA)的半遮蔽部份時，那麼便可於該半遮蔽部份外面提供一完全遮蔽部份。

現在，將說明利用以該輪廓強化方法為基礎所獲得之遮罩來實現一預期圖案的每項具體實施例。

具體實施例1

現在將參考附圖來說明本發明之具體實施例1的光罩。

圖2A為具體實施例1之光罩的平面圖(不過，圖中以透視方式來顯示一透明基板，此方式也會套用於下面提及的雷同圖式中)。此具體實施例的光罩係用於形成一精細接觸圖案。

如圖2A所示，可於一透明基板100之上形成一半遮蔽部份101，其會覆蓋非常大的區域。此外，於該半遮蔽部份101中會形成一對應於一透明部份102的開口圖案，其位置係對應於欲經由曝光形成於一晶圓上的預期接觸圖案。再者，於該透明部份102附近會提供對應於複數個相移器103的複數個輔助圖案，其間夾放著該半遮蔽部份101，致使平行該透明部份102之正方形形狀或矩形形狀的個別側邊。換言之，該等相移器103會包圍該透明部份102。

於此具體實施例中，該半遮蔽部份101會部份傳送光，而且穿過該半遮蔽部份101之光及穿過該透明部份102之光之

間有同相的關係(明確地說，該些光之間的相差關係不低於 $(-30 + 360 \times n)$ 度且不大於 $(30 + 360 \times n)$ 度，其中 n 為整數)。此外，該半遮蔽部份101的透射率較佳的係非常的低，而不致於敏感化一光阻，明確地說，該半遮蔽部份101的透射率為15%以下。相反地，為讓該半遮蔽部份101與該透明部份102具有不同的特性，該半遮蔽部份101的透射率較佳的係不低於3%，更佳的係不低於6%。尤其是於形成一接觸孔時，該半遮蔽部份101的最佳透射率約為9%。

相反地，該相移器103會傳送光，而且穿過該相移器103之光及穿過該透明部份102之光之間有反相的關係(明確地說，該些光之間的相差關係不低於 $(150 + 360 \times n)$ 度且不大於 $(210 + 360 \times n)$ 度，其中 n 為整數)。請注意，下面所提及的所有具體實施例(包含本具體實施例在內)中，除非特別提及，否則該相移器可視為和該透明部份(該透明基板)具有相同的透射率，不過，該相移器的透射率並未於本文特別規定。然而，為運用該相移器的特徵來傳送相反相位的光，該相移器的透射率較佳的係大於至少該半遮蔽部份的透射率。此外，為有效實現該輪廓強化方法的原理，該相移器的透射率較佳的係50%以上。

再者，假設利用圖2A之光罩的光學系統的曝光波長為 λ 且數值孔徑為 NA ，於用來形成一精細接觸孔的最佳結構中，彼此面向且中間夾放該透明部份102的該等相移器103的中心線之間的距離為 $0.8 \times \lambda/NA$ ，細述如下。換言之，每個相移器103的最佳位置係該相移器103的中心線與該透明

部份102的中心的相隔距離為 $0.4 \times \lambda/NA$ 。再者，當該相移器103的透射率設為與該透明部份102的透射率相同時，那麼該相移器103的寬度最佳的係設為 $0.15 \times \lambda/NA$ 。

此外，於下述的所有具體實施例每一項中，可將前述說明套用於半遮蔽部份、透明部份以及相移器(輔助圖案)。

現在，將以模擬結果為基礎來說明用於形成一精細接觸孔(更明確地說係形成維度低於 $0.4 \times \lambda/NA$ 的圖案)之具有前述結構的光罩的良好圖案形成特徵。

在模擬中假設透明部份102的形狀為正方形，其側邊維度為 W ；而每個相移器103皆為矩形圖案，寬度為 d ，而且每個相移器103之中心線的位置與透明部份102之中心的相隔距離為圖2A之光罩中的 PW 。換言之，其間夾放該透明部份102的一對相向相移器103之間的距離為 $2 \times PW$ 。此外，假設作為背景的半遮蔽部份101的透射率為9%。於該些條件下，可針對維度 W 、距離 PW 以及寬度 d 的各種組合來模擬光強度。於此模擬中，進行光學計算時會假設利用193 nm的波長 λ 及0.7的數值孔徑 NA 來進行曝光。再者，還假設使用具有0.8同調度之外徑和具有0.53同調度之內徑的2/3環狀照明。

圖2B為利用圖2A之光罩曝光後形成於一晶圓上的光強度分佈(於對應圖2A之直線AB的位置中)示意圖。圖2B之光強度分佈曲線的峰值在對應於該透明部份102之中心的位置中。於此情況中，峰值強度 I_0 必須不低於特定值，方能敏感化對應於該透明部份102之中心的光阻。敏感化該光阻所

需要的峰值強度 I_0 係和所使用的光阻材料相依，而且實驗發現，形成一尺寸為 $0.4 \times \lambda/NA$ 以下之精細接觸孔所需要的峰值強度 I_0 約為0.25。請注意，除非特別提及，否則此處所提及的光強度係在以該曝光用之光的光強度為1的假設下所獲得的相對光強度。

圖3A為結合維度 W 、距離 PW 以及寬度 d ，以便於圖2A之光罩中達到0.25的峰值強度 I_0 的模擬結果關係圖。明確地說，圖3A繪製的係該透明部份102的維度 W 和其間夾放該透明部份102的該對相向相移器103之中心之間的距離 $2 \times PW$ (下文簡稱為相移器中心線距離)的關係，以便達到0.25的峰值強度 I_0 。此外，圖3A還顯示出在該相移器103之寬度 d 為20 nm、30 nm、40 nm、50 nm以及60 nm處所分別獲得的該相移器中心線距離 $2 \times PW$ 及維度 W 之間的關係。換言之，運用圖3A中所示之距離 PW 、維度 W 以及寬度 d 的任何所有組合都可形成峰值強度 I_0 為0.25的光強度分佈。再者，於該些組合中，具有最大聚焦深度或最大曝光限度的組合便相當於係具有良好圖案形成特徵的遮罩結構。

圖3B為聚焦深度的模擬結果關係圖，其中係利用具有圖3A關係圖中所示之距離 PW 、維度 W 以及寬度 d 之組合的遮罩圖案來形成大小為100 nm的接觸孔。圖3B中，橫座標為相移器中心線距離 $2 \times PW$ ，並且利用寬度 d 作為參數於縱座標中繪出該聚焦深度的數值。如圖3B所示，針對所有的寬度 d 值，當該相移器中心線距離 $2 \times PW$ 的數值位於 $0.8 \times \lambda/NA$ (=約220 nm)附近時，該聚焦深度會具有最大值。於此

點處，該聚焦深度的意義係，於形成目標尺寸100 nm的接觸孔時，可獲得該目標尺寸之10%以下維度變動的聚焦位置範圍的寬度。

相同地，圖3C為曝光限度的模擬結果關係圖，其中係利用具有圖3A關係圖中所示之距離PW、維度W以及寬度d之組合的遮罩圖案來形成大小為100 nm的接觸孔。圖3C中，橫座標為相移器中心線距離 $2 \times PW$ ，並且利用寬度d作為參數於縱座標中繪出該曝光限度的數值。如圖3C所示，針對所有的寬度d值，當該相移器中心線距離 $2 \times PW$ 的數值位於 $0.8 \times \lambda/NA$ (=約220 nm)附近時，該曝光限度會具有最大值。於此點處，該曝光限度的意義係，於形成目標尺寸100 nm的接觸孔時，用於獲得該目標尺寸之10%以下維度變動的曝光能量範圍的寬度與用於實現尺寸為100 nm之接觸孔的曝光能量值之百分比比值。

明確地說，於圖2A的光罩中，不論該相移器的寬度d值為何，當用於形成一精細接觸圖案的聚焦深度經過最佳化之後，該相移器中心線距離 $2 \times PW$ 便約為 $0.8 \times \lambda/NA$ 。此外，當該曝光限度經過最佳化之後，該相移器中心線距離 $2 \times PW$ 同樣約為 $0.8 \times \lambda/NA$ 。於此點處，該相移器中心線距離 $2 \times PW$ 的最佳值和該相移器的寬度d不相依的意義為該最佳值亦和該相移器的透射率不相依。

於相移器中心線距離 $2 \times PW$ 為 $0.8 \times \lambda/NA$ 的相移器中，當每個相移器的寬度d約為 $0.15 \times \lambda/NA$ (=40 nm)時，聚焦深度及曝光限度皆會具有很大的數值。以該些結果為基礎，

吾人發現在一該等相移器103彼此相向且中間夾放該透明部份102的遮罩結構中，當每個相移器的寬度 d 為 $0.15 \times \lambda/NA$ 且相移器中心線距離為 $0.8 \times \lambda/NA$ 時會有利於進行精細接觸孔形成作業。

再者，詳細參考圖3B及3C，應該瞭解的係，只要該相移器的寬度不小於 $0.05 \times \lambda/NA$ 且不大於 $0.2 \times \lambda/NA$ ，便可獲得很大的聚焦深度及很大的曝光限度。此外，應該瞭解的係，只要該相移器中心線距離不小於 $0.6 \times \lambda/NA$ 且不大於 λ/NA (換言之，該相移器中心線和該透明部份之中心之間的距離不小於 $0.3 \times \lambda/NA$ 且不大於 $0.5 \times \lambda/NA$)，便可獲得很大的聚焦深度及很大的曝光限度。再者，為獲得近似最大值的聚焦深度及曝光限度，該相移器的寬度 d 較佳的係不小於 $0.1 \times \lambda/NA$ 且不大於 $0.15 \times \lambda/NA$ ，而該相移器中心線距離較佳的係不小於 $0.73 \times \lambda/NA$ 且不大於 $0.87 \lambda/NA$ (換言之，該相移器中心線和該透明部份之中心之間的距離不小於 $0.365 \times \lambda/NA$ 且不大於 $0.435 \times \lambda/NA$)。

圖3B及3C所示之結果係以0.7之數值孔徑的範例所獲得的資料，而圖4A至4D所示的則係0.6及0.8之數值孔徑的模擬結果。圖4A及4B為0.6之數值孔徑的模擬結果關係圖，如該些關係圖所示，當該相移器中心線距離 $2 \times PW$ 約 $0.8 \times \lambda/NA$ (=約250 nm)時，該聚焦深度及該曝光限度會具有最大值。此外，圖4C及4D為0.8之數值孔徑的模擬結果關係圖，如該些關係圖所示，當該相移器中心線距離 $2 \times PW$ 約 $0.8 \times \lambda/NA$ (=約190 nm)時，該聚焦深度及該曝光限度會具有最

大值。因此，前述的最佳遮罩結構和數值孔徑NA並不相依。

再者，圖3B及3C所示之結果係經由該半遮蔽部份的透射率為9%之模擬所獲得的結果，而圖4E及4F所示的則係該半遮蔽部份的透射率為6%的模擬結果。如圖4E及4F所示，和該半遮蔽部份的透射率為9%之情況相同，當該相移器中心線距離 $2 \times PW$ 約 $0.8 \times \lambda/NA$ (=約250 nm)時，該聚焦深度及該曝光限度會具有最大值。因此，前述的最佳遮罩結構和該半遮蔽部份的透射率並不相依。

至此處為止，假設曝光波長為 λ ，該曝光系統的數值孔徑為NA，那麼在下面的結構中便可獲得可用於形成具有最大聚焦深度及最大曝光限度之精細接觸孔圖案的光罩：有一對應於一透明部份的開口位於一半遮蔽部份之中，包圍該開口的每個相移器的寬度d皆為 $0.15 \times \lambda/NA$ ，而且每個相移器的中心線和該透明部份之中心的相隔距離為 $0.4 \times \lambda/NA$ 。請注意，於本具體實施例中，該相移器和該透明部份具有相同的透射率而且該相移器之寬度d的最大值為 $0.15 \times \lambda/NA$ 。於該相移器和該透明部份具有不同透射率的情況中(換言之，該相移器(該輔助圖案)和該透明部份的有效相對透射率並非為1)，該相移器之寬度便會隨著該相對透射率而改變，用以實現等效的透射特性。明確地說，假設相對透射率為T，那麼該相移器的寬度d便可理想地設為 $(0.15 \times \lambda)/(NA \times T^{0.5})$ 。然而，不論該相移器的透射率及寬度為何，該透明部份中心至該相移器中心線的最佳距離都

係 $0.4 \times \lambda/NA$ 。

再者，該相移器的寬度 d 較佳的係不小於 $(0.05 \times \lambda)/(NA \times T^{0.5})$ 且不大於 $(0.2 \times \lambda)/(NA \times T^{0.5})$ ，更佳的係不小於 $(0.1 \times \lambda)/(NA \times T^{0.5})$ 且不大於 $(0.15 \times \lambda)/(NA \times T^{0.5})$ 。

依此方式，依照該輪廓強化方法，作為輔助圖案的相移器的最佳位置(即其中心線的最佳位置)係與該透明部份中心的相隔距離不大於本具體實施例中之曝光用之光的波長 λ 。據此，和慣用技術(其中輔助圖案的位置應一透明部份中心的相隔距離不小於波長 λ)不同的係，運用該輪廓強化方法亦可於複數個密集排列之透明部份(對應於複數個接觸圖案)之間提供一輔助圖案。

換言之，根據此具體實施例，運用穿過該透明部份 102 之光及穿過該相移器 103(即輔助圖案)之光之間的相互干涉，便可突顯該透明部份 102 及該輔助圖案之間的光強度分佈的對比。此外，舉例來說，於利用傾斜入射曝光之正光阻製程來形成對應該透明部份 102 的精細疏離間隔圖案的情況中同樣可達到此突顯對比的效果。據此，可運用傾斜入射曝光來同時薄化一疏離間隔圖案及一疏離直線圖案或密集圖案。再者，即使在複雜間隔圖案及精細間隔圖案相互靠近的情況中，亦可形成令人滿意之具有預期維度的圖案。

於此具體實施例中，該透明部份 102 為正方形或矩形，而且會在該透明部份 102 附近形成該等各為矩形(換言之，直線形狀的圖案)的相移器 103，以便如圖 2A 所示般地平行該

透明部份102的各個側邊。然而，如圖5A所示，該相移器103可能位於包圍整個透明部份102的封閉迴圈形狀之中。於此情況中，該彼此相向且其間夾放著該透明部份102的相移器的一部份的中心線之間的距離 $2 \times PW$ (下文中，一相移器此等部份間的中心線距離亦稱為相移器中心線距離)以及該相移器的寬度 d 也會滿足前述的條件，以便獲得良好的圖案形成特徵。

於本具體實施例，該透明部份102並不必然一定為矩形形狀，舉例來說，如圖5B或5C所示，亦可能為多邊形或圓形。再者，包圍該透明部份102的該(等)相移器103並不必然一定與該透明部份102具有雷同的形狀，反而可能為任何形狀，只要該相移器中心線距離滿足前述條件即可。另外，於個別提供複數個相移器103的情況中，每個相移器103並不必然平行該透明部份102的每一側，不過，如圖5C所示，只要該等相移器103會包圍該透明部份102，便可以任何方式來提供該等相移器103，以滿足該相移器中心線距離的前述條件。該半遮蔽部份101較佳的係夾放在該透明部份102及該相移器103之間，不過，該透明部份102亦可接觸該相移器103，舉例來說，如圖5D所示，只要該相移器中心線距離滿足前述條件即可。然而，於上述的任何遮罩結構中，對應於該輔助圖案的相移器103的最佳位置係讓其中心線和該透明部份102中心的相隔距離為 $0.4 \times \lambda/NA$ ，所以，用於形成一精細接觸圖案所使用的透明部份102較佳的係小於側邊維度為 $0.8 \times \lambda/NA$ 的正方形或矩形。

接著，將說明本具體實施例之光罩的剖面結構。圖6A至6D為沿著圖2A之直線AB的光罩的剖面結構的變化圖。明確地說，平面結構由透明部份102、對應於一遮蔽圖案的半遮蔽部份101、以及對應於該輔助圖案的相移器103所組成的光罩具有如圖6A至6D所示之四種基本剖面結構類型。現在，將說明圖6A至6D的基本剖面結構類型。

首先，於由石英所製成之透明基板100上具有如圖6A所示之剖面結構類型的光罩中，會形成一第一相移膜104，以便於該曝光用之光中造成和該透明部份102相反相位的相差(換言之，相差不小於 $(150 + 360 \times n)$ 度且不大於 $(210 + 360 \times n)$ 度，其中n為整數)。下文中，造成相反相位的相差的意義係造成不小於 $(150 + 360 \times n)$ 度且不大於 $(210 + 360 \times n)$ 度的相差，其中n為整數。再者，於該第一相移膜104之上，會形成一第二相移膜105，以便和該第一相移膜104造成相反相位的相差。該等第一相移膜104及第二相移膜105於一透明部份形成區中都具有複數個開口，而且該第二相移膜105於一相移器形成區中會具有一個開口。因此，會形成由該第二相移膜105及該第一相移膜104之多層結構所組成之半遮蔽部份101，並且形成由該第一相移膜104之單層結構所組成之相移器103。此外，該透明基板100之經曝光部份會對應該透明部份102。

接著，於由石英所製成之透明基板100上具有如圖6B所示之剖面結構類型的光罩中，會形成一半遮蔽膜106，以便於該曝光用之光中造成和該透明部份102相同相位的相差(換

言之，相差不小於 $(-30 + 360 \times n)$ 度且不大於 $(30 + 360 \times n)$ 度，其中 n 為整數)。下文中，造成相同相位的相差的意義係造成不小於 $(-30 + 360 \times n)$ 度且不大於 $(30 + 360 \times n)$ 度的相差，其中 n 為整數。該半遮蔽膜106於一透明部份形成區及一相移器形成區中分別具有複數個開口。此外，該透明基板100之該相移器形成區中一部份會被挖鑿一深度，以便於該曝光用之光中造成和該透明部份102相反相位的相差。因此，該相移器103係由該透明基板100之挖鑿部份100a所形成的。明確地說，於圖6B的光罩中，會對形成於該石英之上且最低限度造成和該透明部份102之相差的半遮蔽膜106會進行處理，致使該半遮蔽部份101可形成用於形成該半遮蔽膜106的部份；該相移器103可形成該透明基板100之挖鑿部份100a，該半遮蔽膜106於該處具有一開口；以及該透明部份102會形成該半遮蔽膜106的另一開口(也就是，該透明基板100的經曝光部份)。

接著，於由石英所製成之透明基板100上具有如圖6C所示之剖面結構類型的光罩中，會形成一薄膜107，其可以該透明部份102為基礎來最小程度改變該曝光用之光的相位。換言之，圖6C之光罩係一屬於圖6B的其中一種特殊光罩。明確地說，可利用厚度30 nm以下的金屬薄膜來形成該薄膜107，以便和該透明部份102造成不小於 $(-30 + 360 \times n)$ 度且不大於 $(30 + 360 \times n)$ 度的相差，其中 n 為整數，而且透射率為15%以下。該薄膜107於一透明部份形成區及一相移器形成區中分別具有複數個開口。再者，該透明基板100之該相

移器形成區中一部份會被挖鑿一深度，以便於該曝光用之光中造成和該透明部份102相反相位的相差。因此，和圖6B之光罩相同，該相移器103係由該透明基板100之挖鑿部份100a所形成的。

於圖6A或6B的光罩類型中，用以造成相反相位之相差的相移膜或用以造成相同相位之相差的半遮蔽膜的厚度應該約為數百個nm，以調整相位。相反地，於圖6C的光罩類型中，使用的則係厚度最多為數十個nm的薄膜107，所以，可於該遮罩製程中輕易地實施用於圖案化的精練處理。可作為薄膜107的金屬材料範例為下面任何的金屬：Cr(鉻)、Ta(鉭)、Zr(鋯)、Mo(鉬)以及Ti(鈦)、以及該些金屬的任何合金。特定的合金範例為Ta-Cr合金、Zr-Si合金、Mo-Si合金、以及Ti-Si合金。當運用圖6C的光罩類型時，因為欲處理的膜係薄膜107，所以，可於該遮罩製程中輕易地實施精練處理。所以，在必須於該透明部份102及該相移器103之間提供一超精細圖案來實現輪廓強化方法的情況中，圖6C的光罩類型具有非常良好的遮罩結構。

最後，於由石英所製成之透明基板100上具有如圖6D所示之剖面結構類型的光罩中，會形成一相移膜108，用以於該曝光用之光中造成和該相移器103相反相位的相差。該相移膜108於一透明部份形成區及一相移器形成區中分別具有複數個開口。再者，為讓穿過該透明部份102之光的相位與穿過該半遮蔽部份101之光的相位一致，該透明基板100之該相移器形成區中一部份會被挖鑿一深度，以便造成和該

相移器103相反相位的相差。明確地說，於圖6D的光罩中，對應於該透明基板100的石英以及用以造成相反相位之相差的相移膜108會個別進行處理，致使該半遮蔽部份101可形成用於形成該相移膜108的部份；該透明部份102可形成該透明基板100之挖鑿部份100a，該相移膜108於該處具有一開口；以及該相移器103會形成該相移膜108的一開口(也就是，該透明基板100的經曝光部份)。於圖6D的光罩中，形成該遮罩上之精細圖案的相移器103會成為該相移膜108的一簡易開口，而對應於一比較大開口的透明部份102則係該石英的經蝕刻部份。所以，可輕易地控制該石英的經蝕刻部份。據此，圖6D的光罩類型具有特別良好的遮罩結構來實現輪廓強化方法。

請注意，圖6A至6D中，雖然該半遮蔽膜、該相移膜以及類似的膜每一者皆為單層膜，不過，理所當然的係，每種膜亦可形成一多層膜。

具體實施例1的修正例

現在將參考附圖來說明根據具體實施例1之修正例的光罩。

圖7A為此修正例的光罩的平面圖。此修正例的光罩係用於形成一精細間隔圖案。明確地說，於此修正例中欲形成之預期圖案為不同於具體實施例1(其中的預期圖案係一接觸孔圖案)的直線形狀間隔圖案。此處，直線形狀圖案意謂著一具有非常大之光學縱向維度的圖案，更明確地說，意謂著一縱向維度為 $2 \times \lambda/NA$ 的圖案。

如圖7A所示，可於一透明基板100之上形成一半遮蔽部份101，以便以與圖2A所示之具體實施例1的光罩相同的方式來覆蓋非常大的區域。此外，於該半遮蔽部份101中對應於欲經由曝光形成於一晶圓之上之預期間隔圖案的位置中提供一對應於一透明部份102的開口圖案。再者，於該透明部份102附近會提供對應於複數個相移器103的複數個輔助圖案，其間夾放著該半遮蔽部份101，致使平行該直線狀透明部份102的個別長邊。換言之，該等相移器103會包夾該透明部份102。於此修正例中，假設該半遮蔽部份101的透射率為6%。明確地說，於形成一直線狀的間隔圖案中，穿過該透明部份102之光的數量大於形成一接觸孔圖案時的數量，所以該半遮蔽部份101之較佳透射率為低於形成一接觸孔圖案時的透射率，因此，較佳透射率約為6%。

假設利用圖7A之光罩的光學系統的曝光波長及數值孔徑分別為 λ 及NA，於用來形成一精細間隔圖案的最佳結構中，成對且彼此面向且中間夾放該透明部份102的該等相移器103的中心線之間的距離為 $0.65 \times \lambda/NA$ ，說明如下。換言之，每個相移器103的最佳位置係該相移器103的中心線與該透明部份102的中心的相隔距離為 $0.325 \times \lambda/NA$ 。再者，當該相移器103的透射率設為與該透明部份102的透射率相同時，那麼該相移器103的寬度最佳的係設為 $0.10 \times \lambda/NA$ 。

現在，將以模擬結果為基礎來說明用於形成一精細間隔圖案(更明確地說係形成寬度低於 $0.4 \times \lambda/NA$ 的直線狀間隔圖案)之具有前述結構的光罩的良好圖案形成特徵。

在模擬中假設透明部份102的形狀係一寬度 W 的直線狀圖案，與該透明部份102的每個長邊平行的每個相移器103皆為矩形圖案(直線狀圖案)，寬度為 d ，而且每個相移器103之中心線的位置與透明部份102之中心的相隔距離為圖7A之光罩中的 PW 。換言之，其間夾放該透明部份102的一對彼此相向之相移器103的中心線之間的距離為 $2 \times PW$ 。此外，假設作為背景的半遮蔽部份101的透射率為6%。於這些條件下，可針對寬度 W 、距離 PW 以及寬度 d 的各種組合來模擬光強度。於此模擬中，進行光學計算時會假設利用193 nm的波長 λ 及0.7的數值孔徑 NA 來進行曝光。再者，還假設使用具有0.8同調度之外徑和具有0.53同調度之內徑的2/3環狀照明。

圖7B為利用圖7A之光罩曝光後形成於一晶圓上的光強度分佈(於對應圖7A之直線 AB 的位置中)示意圖。圖7B之光強度分佈曲線的峰值在對應於該透明部份102之中心的位置中。於此情況中，峰值強度 I_0 必須不低於特定值，方能敏感化對應於該透明部份102之中心的光阻。敏感化該光阻所需要的峰值強度 I_0 係和所使用的光阻材料相依，而且實驗發現，形成一寬度為 $0.4 \times \lambda/NA$ 以下之精細間隔圖案所需要的峰值強度 I_0 約為0.25。

此修正例之光罩的分析結果如圖8A至8C所示，與具體實施例1中的圖3A至3C所示結果雷同。

圖8A為結合寬度 W 、距離 PW 以及寬度 d ，以便於圖7A之光罩中達到0.25的峰值強度 I_0 的模擬結果關係圖。明確地

說，圖8A繪製的係該透明部份102的寬度W和相移器中心線距離 $2 \times PW$ 的關係，以便達到0.25的峰值強度 I_0 。此外，圖8A還顯示出在該相移器103之寬度d為20 nm、30 nm、40 nm以及50 nm處所分別獲得的該相移器中心線距離 $2 \times PW$ 及寬度W之間的關係。換言之，運用圖8A中所示之距離PW、寬度W以及寬度d的任何所有組合都可形成峰值強度 I_0 為0.25的光強度分佈。再者，於該些組合中，具有最大聚焦深度或最大曝光限度的組合便相當於係具有良好圖案形成特徵的遮罩結構。

圖8B為聚焦深度的模擬結果關係圖，其中係利用具有圖8A關係圖中所示之距離PW、寬度W以及寬度d之組合的遮罩圖案來形成寬度為100 nm的間隔圖案。圖8B中，橫座標為相移器中心線距離 $2 \times PW$ ，並且利用寬度d作為參數於縱座標中繪出該聚焦深度的數值。

相同地，圖8C為曝光限度的模擬結果關係圖，其中係利用具有圖8A關係圖中所示之距離PW、寬度W以及寬度d之組合的遮罩圖案來形成大小為100 nm的間隔圖案。圖8C中，橫座標為相移器中心線距離 $2 \times PW$ ，並且利用寬度d作為參數於縱座標中繪出該曝光限度的數值。

如圖8B及8C所示，不論該相移器的寬度d值為何，當該相移器中心線距離 $2 \times PW$ 的數值位於 $0.65 \times \lambda/NA$ (=約180 nm)附近時，該聚焦深度及該曝光限度都具有最大值。該相移器中心線距離 $2 \times PW$ 的最佳值和該相移器的寬度d不相依意謂著該最佳值亦與該相移器的透射率不相依。

再者，於中心線距離 $2 \times PW$ 約 $0.65 \times \lambda/NA$ 的相移器中，當該相移器的寬度 d 約為 $0.10 \times \lambda/NA (=30 \text{ nm})$ 時，該聚焦深度及該曝光限度都具有非常大的數值。

從該些結果可以瞭解，在一該等相移器 103 成對且彼此相向且中間夾放該透明部份 102 的遮罩結構中，當每個相移器的寬度 d 為 $0.10 \times \lambda/NA$ 且相移器中心線距離為 $0.65 \times \lambda/NA$ 時會有利於形成一精細間隔圖案。相較於具體實施例 1，因為於本修正例中該透明部份 102 的形狀為一條直線，所以光干涉效應非常地大，因此，每個相移器 103 的最佳位置比較靠近該透明部份 102 的中心。

再者，詳細參考圖 8B 及 8C，應該瞭解的係，和具體實施例 1 相同，只要該相移器的寬度 d 不小於 $0.05 \times \lambda/NA$ 且不大於 $0.2 \times \lambda/NA$ ，便可獲得很大的聚焦深度及很大的曝光限度。此外，應該瞭解的係，只要該相移器中心線距離不小於 $0.5 \times \lambda/NA$ 且不大於 $0.9 \lambda/NA$ (換言之，該相移器中心線和該透明部份之中心之間的距離不小於 $0.25 \times \lambda/NA$ 且不大於 $0.45 \times \lambda/NA$)，便可獲得很大的聚焦深度及很大的曝光限度。再者，為獲得近似最大值的聚焦深度及曝光限度，該相移器的寬度較佳的係不小於 $0.1 \times \lambda/NA$ 且不大於 $0.15 \times \lambda/NA$ ，而該相移器中心線距離較佳的係不小於 $0.55 \times \lambda/NA$ 且不大於 $0.85 \times \lambda/NA$ (換言之，該相移器中心線和該透明部份之中心之間的距離不小於 $0.275 \times \lambda/NA$ 且不大於 $0.425 \times \lambda/NA$)。

圖 8B 及 8C 所示之結果係以 0.7 之數值孔徑 NA 的範例所獲

得的資料，而模擬可以相同方式假設0.6及0.8之數值孔徑NA來實施。因此，吾人可以確認最佳遮罩結構和該數值孔徑NA的數值不相依。

於此修正例中，該相移器的寬度d的最佳值為 $0.10 \times \lambda/NA$ 係基於假設該相移器的透射率和該透明部份的透射率相同。於該相移器和該透明部份具有不同透射率的情況中(換言之，該相移器(該輔助圖案)和該透明部份的有效相對透射率並非為1)，該相移器之寬度便會隨著該相對透射率而改變，用以實現等效的透射特性。明確地說，假設相對透射率為T，那麼該相移器的寬度d較佳的係設為 $(0.10 \times \lambda)/(NA \times T^{0.5})$ 。然而，不論該相移器的透射率及寬度為何，該透明部份中心至該相移器中心線的最佳距離都係 $0.325 \times \lambda/NA$ 。

再者，該相移器的寬度d較佳的係不小於 $(0.05 \times \lambda)/(NA \times T^{0.5})$ 且不大於 $(0.2 \times \lambda)/(NA \times T^{0.5})$ ，更佳的係不小於 $(0.1 \times \lambda)/(NA \times T^{0.5})$ 且不大於 $(0.15 \times \lambda)/(NA \times T^{0.5})$ 。

依此方式，依照該輪廓強化方法，作為輔助圖案的相移器的最佳位置(即其中心線的最佳位置)係與該透明部份中心的相隔距離不大於本具體實施例中之曝光用之光的波長 λ 。據此，和慣用技術(其中輔助圖案的位置應一透明部份中心的相隔距離不小於波長 λ)不同的係，運用該輪廓強化方法亦可於複數個密集排列之透明部份(對應於複數個間隔圖案)之間提供一輔助圖案。

換言之，根據本修正例，運用穿過該透明部份102之光及穿過該相移器103(即輔助圖案)之光之間的相互干涉，便可

突顯該透明部份102及該輔助圖案之間的光強度分佈的對比。此外，舉例來說，於利用傾斜入射曝光之正光阻製程來形成對應該透明部份102的精細疏離間隔圖案的情況中同樣可達到此突顯對比的效果。據此，可運用傾斜入射曝光來同時薄化一疏離間隔圖案及一疏離直線圖案或密集圖案。再者，即使在複雜間隔圖案及精細間隔圖案相互靠近的情況中，亦可形成令人滿意之具有預期維度的圖案。

於本修正例中，該等相移器103係平行該透明部份102。然而，該等相移器103並不必完全平行該透明部份102。明確地說，即使當一預期圖案係一簡易矩形圖案，用於取得該預期圖案之透明部份的圖案寬度有時候會依照每個小長度單位而於光罩上進行變更。於此情況中，並不必讓該相移器完全遵循該透明部份之輪廓的變更。換言之，該等相移器103實質上係平行該透明部份102。不過，相移器中心線距離的最佳值(即彼此成對且中間夾放該透明部份102的該等相移器103之中心線之間的距離)為 $0.65 \times \lambda/NA$ ，所以，用於形成一精細間隔圖案的透明部份102較佳的係為一寬度小於 $0.65 \times \lambda/NA$ 的直線圖案。

具體實施例2

現在將參考附圖來說明本發明之具體實施例2的光罩。

圖9為具體實施例2之光罩的平面圖。此具體實施例的光罩係用於形成複數個精細接觸圖案。

如圖9所示，可於一透明基板200之上形成一半遮蔽部份201，以便覆蓋非常大的區域。此外，於該半遮蔽部份201

中對應於欲經由曝光形成於一晶圓上的複數個預期接觸圖案的位置中會形成一透明部份202、一對透明部份203及204以及一對透明部份205及206作為複數個開口圖案。於此情況中，該透明部份202係一開口圖案，其對應的係一疏離接觸圖案；該等透明部份203及205每一者都係一開口圖案，其對應的係具有另一密集佈置之接觸圖案的接觸圖案。再者，於該透明部份102附近會提供對應於複數個相移器207的複數個輔助圖案，其間夾放著該半遮蔽部份201，致使平行該透明部份202之正方形形狀或矩形形狀的個別側邊，並且包圍該透明部份202。同樣地，於該等透明部份203至206附近會提供對應於相移器208、209、210或211的複數個輔助圖案，其間夾放著該半遮蔽部份201，致使平行該等透明部份203至206每一者的個別側邊，並且包圍該等透明部份203、204、205或206。

位於該透明部份202附近的該等相移器207的佈置可獲得一有利於形成一疏離接觸圖案的遮罩結構，而且每個相移器207的寬度皆為 d_0 。

透明部份203接近不同的透明部份204。於此情況中，分別位於該等透明部份203及204附近的該等相移器208及209之中，夾放於該等透明部份203及204之間者稱為相移器208a及相移器209a。再者，透明部份205接近不同的透明部份206。於此情況中，分別位於該等透明部份205及206附近的該等相移器210及211之中，夾放於該等透明部份205及206之間者稱為相移器210a及相移器211a。

本具體實施例的特徵為假設相移器 208a 及相移器 209a 的寬度分別為 d_1 及 d_2 而且該等相移器 208a 及 209a 之中心線間的距離為 G_1 ，該光罩的結構中，於距離 G_1 小於 $0.5 \times \lambda/NA$ 的條件下，滿足 $(d_1 + d_2) < 2 \times d_0$ 的關係。換言之，當 $d_1 = d_2$ 時， $d_1 < d_0$ 且 $d_2 < d_0$ 。於此情況中，在包圍透明部份 203 的該等相移器 208 之中，位於不接近該不同透明部份 204 之側邊上的每個相移器 208b 的寬度為 d_0 。

再者，此具體實施例的另一特徵為假設相移器 210a 及相移器 211a 的寬度分別為 d_3 及 d_4 而且該等相移器 210a 及 211a 之中心線間的距離為 G_2 ，該光罩的結構中，於 $G_2 < G_1 < 0.5 \times \lambda/NA$ 的條件下，滿足 $(d_3 + d_4) < (d_1 + d_2) < 2 \times d_0$ 的關係。換言之，當 $d_3 = d_4$ 且 $d_1 = d_2$ 時， $d_3 = d_4 < d_1 = d_2 < d_0$ 。於此情況中，在包圍透明部份 205 的該等相移器 210 之中，位於不接近該不同透明部份 206 之側邊上的每個相移器 210b 的寬度為 d_0 。

明確地說，於此具體實施例中，於包圍其中一透明部份的複數個相移器以及包圍另一透明部份的複數個相移器之間的關係中，在該些透明部份之任何相移器彼此相鄰且接近並且間隔一特定或較小距離的情況中，該些相近的相移器的寬度會小於未具有任何間隔該特定或較小距離之相鄰且接近之相移器的其它相移器的寬度。於此情況中，彼此相鄰且接近並且間隔該特定或較小距離的相移器的寬度較佳的係與該等相移器間的距離(近距離)成正比。或者，於圖 9 之光罩的情況中，相移器 208a 之寬度 d_1 (或相移器 209a 之寬度 d_2) 與相移器 210a 之寬度 d_3 (或相移器 211a 之寬度 d_4) 之

間的差異較佳的係和距離G1及G2間的差異成正比。

根據此具體實施例，運用穿過每個透明部份之光及穿過該透明部份附近之該等相移器(即該等輔助圖案)之光間的相互干涉便可突顯該透明部份及該輔助圖案間之光強度分佈的對比。此外，於利用傾斜入射曝光之正光阻製程來形成與該透明部份相對應之精細疏離間隔圖案的情況中，亦可達到此突顯對比的效果。據此，便可採用傾斜入射曝光同時研磨一疏離間隔圖案及一疏離直線圖案或密集圖案。再者，即使在複雜間隔圖案及精細間隔圖案彼此非常靠近的情況中，亦可形成令人滿意之具有預期維度的圖案。

現在，將以模擬結果為基礎詳細地說明利用此具體實施例來形成令人滿意之一疏離接觸孔及複數個密集排列接觸孔。

圖10A為該模擬中所使用之光罩的平面圖，其係用於確認本具體實施例的效果。如圖10A所示，可於一透明基板250之上形成一半遮蔽部份251，以便覆蓋非常大的區域。此外，於該半遮蔽部份251中對應於欲經由曝光形成於一晶圓上的複數個預期接觸圖案的位置中，會提供複數個彼此相鄰的透明部份252，每個透明部份都是側邊維度為W的正方形。此外，於每個該等透明部份252附近會有複數個相移器(輔助圖案)253，使其中心線的位置和每個透明部份252的中心相隔的距離為PW0。於此情況中，每個相移器253都是寬度d及長度t的矩形。再者，在該等相鄰透明部份252間之區域中該等彼此相鄰且靠近的相移器253之中心線間的距離

(下文稱為相鄰相移器距離)係假設為G。

圖10B為利用圖10A之光罩曝光後所形成的光強度分佈曲線圖。於圖10B中，該透明部份252之中心處所獲得的光強度為 I_p ，該等相鄰透明部份252間之中心處所獲得的光強度為 I_s ，以及該透明部份252之周圍中光強度最小的位置處所獲得的光強度為 I_b 。於此情況中，該等相鄰透明部份252間之中心會對應於該等相鄰相移器253間之中心。此外，該光強度模擬係在曝光波長 λ 為193 nm且數值孔徑NA為0.65的條件下來實施。再者，假設使用的係具有0.8同調度之外徑和具有0.53同調度之內徑的2/3環狀照明。此外，該透明部份201的透射率設為6%。

再者，於圖10A的光罩中，為能於疏離狀態中亦能形成令人滿意的每個接觸圖案，每個相移器253的寬度 d 會設為約 $0.15 \times \lambda/NA$ (=約44 nm)且該相移器253及該透明部份252間之距離 $PW0$ 會設為約 $0.4 \times \lambda/NA$ (=約120 nm)。另外，為將該接觸孔尺寸調整至100 nm的預期尺寸，該透明部份252的側邊維度 W 及該相移器253的長度 t 會設為160 nm。於用以形成令人滿意的一疏離圖案的前述遮罩結構中，經由模擬所算出之該等光強度 I_b 及 I_s 和該相鄰相移器距離 G 的相依性如圖11A的關係圖所示，其中該相鄰相移器距離 G 的數值會以 λ/NA 來正規化。

如圖11A所示，當該相鄰相移器距離 G 大於 $0.5 \times \lambda/NA$ 時，光強度 I_b 會非常的低。換言之，於此情況中可實現高對比的光強度分佈，所以，利用該光罩可實現良好的圖案

形成作業。然而，當該相鄰相移器距離 G 不大於 $0.5 \times \lambda/NA$ 時，光強度 I_b 會非常大。換言之，對比會減低，因為該接觸圖案形成中並無法於兩個相鄰的接觸圖案間獲得足夠的遮蔽特性。於此情況中便無法實施良好的圖案形成作業。

發生此現象的原因如下：在預期的密集接觸孔中當接觸孔之間的距離很小時，該遮罩上夾放在相移器間的半遮蔽部份的寬度會非常小，致使該半遮蔽部份無法傳送足夠的光。現在將詳細地說明此現象。

開口圖案(透明部份)及半遮蔽部份為以正相來傳送光的區域，而半遮蔽部份則為以負相來傳送光的區域。此外，將已經穿過該相移器之負相光扣除已經穿過該開口圖案及該半遮蔽部份之正相光後便可獲得暗部(該透明部份周圍)中的光強度 I_b 。當正相光與負相光互相抵消時，該暗部中的光強度 I_b 便可能會非常地小。明確地說，當該相鄰相移器距離 G 非常大時，穿過該半遮蔽部份之光量會非常大，所以，光強度 I_s 便會對應於該半遮蔽部份的透射率。然而，當該相鄰相移器距離 G 為 λ/NA 以下時，被夾放在該等相移器間之半遮蔽部份的面積便會因而縮小，所以，穿過該半遮蔽部份之光量便會減低。於圖11A的關係圖中，當該相鄰相移器距離 G 為 λ/NA 以下時，基於光強度 I_s 的數值減低亦可發現此結果。換言之，當在該等相鄰的相移器間夾放面積非常大之半遮蔽部份時，正相光與負相光便會互相抵消；當該半遮蔽部份的面積縮減時，負相光便會過量。當負相光變成更多量時，光強度 I_b 亦會提高，從而降低該光強度

分佈中的對比。

據此，為避免發生此現象，當被夾放在該等相鄰相移器間之半遮蔽部份的面積縮小時，穿過該相移器之光量便必須減低。就此目的的其中一種方法，可縮小該相移器的寬度。

經由詳細的分析模擬結果，本發明發現：假設於該相鄰相移器距離 G 非常大時能夠實現良好圖案形成的相移器的寬度為 d_0 ，那麼當該相鄰相移器距離 G 為 $0.5 \times \lambda/NA$ 以下時，藉由將該相移器的寬度 d 設為 $d_0 \times (0.5+G)/(\lambda/NA)$ 便亦可形成令人滿意的密集接觸孔圖案。

圖11B為和圖10B雷同的模擬結果關係圖，其特別顯示出於對應於圖10A之光罩的直線AB的位置中所形成的光強度分佈。圖11B為假設相鄰相移器距離 G 為 $0.3 \times \lambda/NA$ 且寬度 d 設為寬度 d_0 (約 $0.15 \times \lambda/NA$ (=約44 nm))(其為用於形成一疏離接觸圖案的最佳維度)以及該相移器的寬度 d 縮減為 $0.8 \times d_0$ 時實施光強度分佈模擬的結果。如圖11B所示，縮減該相移器的寬度 d 便可獲得高對比的光強度分佈。

此外，圖11C為和圖10B雷同的模擬結果關係圖，其特別顯示出於對應於圖10A之光罩的直線AB的位置中所形成的光強度分佈。圖11C為假設相鄰相移器距離 G 為 $0.2 \times \lambda/NA$ 且該相移器的寬度 d 設為寬度 d_0 以及該寬度 d 縮減為 $0.7 \times d_0$ 時實施光強度分佈模擬的結果。如圖11C所示，依照該相鄰相移器距離 G 之縮減來縮減該相移器的寬度 d 便可獲得高對比的光強度分佈。

基於該些模擬結果，吾人可以瞭解，當有複數個相移器(輔助圖案)依照該輪廓強化方法來排列時，如果個別對應於複數個相鄰透明部份的複數個相移器彼此平行且其間夾放一半遮蔽部份且該相鄰相移器距離設為 $0.5 \times \lambda/NA$ 以下時，那麼每個相移器之寬度較佳的係與該相鄰相移器距離成比例地縮減。

如圖 12A 所示，一開口(即透明部份 252)中心至一用於形成一精細接觸圖案之相移器 253 的中心線之間的標準距離(最佳距離) $PW0$ 為 $0.4 \times \lambda/NA$ (參見具體實施例 1)。據此，該相鄰相移器距離 G 為 $0.5 \times \lambda/NA$ 以下的情況(也就是，較佳的係可縮減被置放於該等相鄰透明部份間的相移器 253 的距離 d 的情況)便可符合介於相應於複數個相鄰接觸孔之該等透明部份 252 之中心之間的預期距離 $P(=2 \times PW0 + G)$ 為如圖 12B 所示般低於 $1.3 \times \lambda/NA$ 的情況。

據此，於此種遮罩結構中，假設被夾放在該等透明部份 252(開口圖案)(該等透明部份 252 彼此相鄰且其中心間的距離 P 為 $1.3 \times \lambda/NA$ 以下)間之區域中的相移器 253 的寬度為 d ，而位於另一區域(即位於該距離 P 並非為 $1.3 \times \lambda/NA$ 以下的區域)中的另一相移器 253 的寬度為 d_0 ，如圖 13A 所示，那麼該些寬度 d 及 d_0 會設為滿足 $d < d_0$ ，而且不論每個相移器 253 的位置為何，其長度皆為 t 。

於圖 13A 中，會縮減被夾放在該等相鄰透明部份(開口圖案) 252 間之區域中的相移器 253 的寬度，以便減低穿過該相移器 253 的負相光的量。據此，關於位於該等相鄰開口圖案

間的相移器 253 而言，可以圖 13B 所示的一個相移器 253 來取代圖 13A 所示的兩個相移器 253，只要其寬度 d_1 滿足 $d_1 < 2 \times d_0$ 即可。

此外，於圖 13A 中，會縮減被夾放在該等相鄰開口圖案間的相移器 253 的寬度。取而代之的係，該相移器 253 的長度可能會如圖 13C 所示般地縮減。明確地說，假設位於該等開口圖案間的兩個相移器 253 的寬度為 d_2 且長度為 t_2 ，那麼便可將該寬度及長度設為滿足 $t_2 \times d_2 < t \times d_0$ 。

再者，可運用如圖 14A 所示的遮罩結構。明確地說，被夾放在該等相鄰開口圖案間的該等相移器 253 會結合一相移器，並且假設此一相移器的寬度為 d_3 且長度為 t_3 ，那麼便可將該相移器 253 的面積（即 $d_3 \times t_3$ ）設為小於 $2 \times t \times d_0$ 。

另外，可運用如圖 14B 所示的遮罩結構。明確地說，只要介於該等相鄰開口圖案間的相移器 253 的面積小於 $2 \times t \times d_0$ ，該相移器 253 便可為任意形狀。圖 14B 中，有兩個矩形圖案作為該等相鄰開口圖案間的相移器 253，其會沿著該等開口圖案（透明部份）252 排列的方向延伸。於此情況中，假設每個相移器 253 的寬度為 d_4 且長度為 t_4 ，那麼便可將該寬度及長度設為滿足 $t_4 \times d_4 < t \times d_0$ 。雖然圖 14B 中係將兩個矩形圖案排列成該等相移器 253，不過亦可排列三個、四個、或更多的矩形圖案，只要介於該等相鄰開口圖案間的該等相移器 253 的總面積小於 $2 \times d_0 \times t$ 即可。再者，於圖 13B、14A 及 14B 每一者中，當介於該等相鄰開口圖案間的該（等）相移器 253 的面積（圖 14B 中的總面積）相應於該對相鄰透明

部份252而減半時，那麼該減半後的面積會小於位於該等開口圖案間以外之區域中的其它相移器253的面積 $t \times d_0$ 。

至此為止，根據此具體實施例，於形成密集接觸圖案的情況中，會改變對應於密集接觸孔之透明部份間的相移器的形狀，以便減少穿過該些相移器之反相光的量。結果，便可實現具有良好圖案形成效果的光罩。

此外，於此具體實施例中，該光罩的剖面結構可能係具體實施例1中所述之圖6A至6D中所示之任何剖面結構。

具體實施例2的修正例

現在將參考附圖來說明根據本發明之具體實施例2之修正例的光罩。

圖15為此修正例之光罩的平面圖。此修正例的光罩係用於同時形成複數個精細直線狀間隔圖案。明確地說，此修正例中欲形成的預期圖案為精細直線狀間隔圖案，不同於具體實施例2(其預期圖案為接觸孔圖案)。

如圖15所示，可於一透明基板270之上形成一半遮蔽部份271，以便覆蓋非常大的區域。此外，於該半遮蔽部份271中對應於欲經由曝光形成於一晶圓上之該等預期間隔圖案的位置中會形成一透明部份272、一對透明部份273及274以及一對透明部份275及276。於此情況中，該透明部份272係一開口圖案，其對應的係一疏離間隔圖案；該等透明部份273及275每一者都係一開口圖案，其對應的係具有另一密集佈置之間隔圖案的間隔圖案。再者，於該透明部份272附近會提供對應於複數個相移器277的複數個輔助圖案，其

間夾放著該半遮蔽部份271，致使平行該直線狀透明部份272的個別長邊。同樣地，於該等透明部份273至276附近會分別提供對應於相移器278至281的複數個輔助圖案，其間夾放著該半遮蔽部份271，致使平行該等直線狀透明部份273至276每一者的個別長邊。

位於該透明部份272附近的該等相移器277的排列可獲得一有利於形成一疏離精細間隔圖案的遮罩結構，而且每個相移器277的寬度皆為 d_0 。

透明部份273接近不同的透明部份274。於此情況中，分別位於該等透明部份273及274附近的該等相移器278及279之中，夾放於該等透明部份273及274之間者稱為相移器278a及相移器279a。再者，透明部份275接近不同的透明部份276。於此情況中，分別位於該等透明部份275及276附近的該等相移器280及281之中，夾放於該等透明部份275及276之間者稱為相移器280a及相移器281a。

本具體實施例的特徵為假設相移器278a及相移器279a的寬度分別為 d_1 及 d_2 而且該等相移器278a及279a之中心線間的距離為 G_1 ，該光罩的結構中，於距離 G_1 小於 $0.5 \times \lambda/NA$ 的條件下，滿足 $(d_1+d_2) < 2 \times d_0$ 的關係。換言之，當 $d_1=d_2$ 時， $d_1 < d_0$ 且 $d_2 < d_0$ 。於此情況中，在包圍透明部份273的該等相移器278之中，位於不接近該不同透明部份274之側邊上的每個相移器278b的寬度接如同具體實施例2般為 d_0 。

再者，此具體實施例的另一特徵為假設相移器280a及相移器281a的寬度分別為 d_3 及 d_4 而且該等相移器280a及281a

之中心線間的距離為 G_2 ，該光罩的結構中，於 $G_2 < G_1 < 0.5 \times \lambda/NA$ 的條件下，滿足 $(d_3+d_4) < (d_1+d_2) < 2 \times d_0$ 的關係。換言之，當 $d_1=d_2$ 且 $d_3=d_4$ 時， $d_3=d_4 < d_1=d_2 < d_0$ 。於此情況中，在包圍透明部份 27 的該等相移器 280 之中，位於不接近該不同透明部份 276 之側邊上的每個相移器 280b 的寬度為 d_0 。

明確地說，於此修正例中，和具體實施例 2 雷同的係，於包圍其中一透明部份的複數個相移器以及包圍另一透明部份的複數個相移器之間的關係中，在該些透明部份之任何相移器彼此相鄰且接近並且間隔一特定或較小距離的情況中，該些相移器的寬度會小於未具有任何間隔該特定或較小距離之相鄰且接近之相移器的其它相移器的寬度。於此情況中，彼此相鄰且接近並且間隔該特定或較小距離的相移器的寬度較佳的係與該些相移器間的距離(近距離)成正比。或者，於圖 15 之光罩的情況中，相移器 278a 之寬度 d_1 (或相移器 279a 之寬度 d_2) 與相移器 280a 之寬度 d_3 (或相移器 281a 之寬度 d_4) 之間的差異較佳的係和距離 G_1 及 G_2 間的差異成正比。

根據此修正例，和具體實施例 2 雷同的係，運用穿過每個透明部份之光及穿過該透明部份附近之該等相移器(即該等輔助圖案)之光間的相互干涉便可突顯該透明部份及該輔助圖案間之光強度分佈的對比。此外，於利用傾斜入射曝光之正光阻製程來形成與該透明部份相對應之精細疏離間隔圖案的情況中，亦可達到此突顯對比的效果。據此，便可採用傾斜入射曝光同時研磨一疏離間隔圖案及一疏離

直線圖案或密集圖案。再者，即使在複雜間隔圖案及精細間隔圖案彼此非常靠近的情況中，亦可形成令人滿意之具有預期維度的圖案。

據此，於此修正例中還顯示出，於彼此接近且被夾放於相鄰開口圖案(透明部份)之間的一對相移器的情況中，若其間的相鄰相移器距離 G 小於 $0.5 \times \lambda/NA$ 的話，那麼依照與具體實施例2相同的方式，和該相鄰相移器距離 G 成比例地縮減該等相移器的寬度便可實現具有高對比的光強度分佈，即使於形成密集間隔圖案亦然。

於上面的說明中，雖然該等個別的直線狀透明部份皆為獨立的圖案；然而，即使該等直線狀透明部份不是獨立的圖案，仍然可以使用本修正例的遮罩結構，只要於指定區域中採用上述結構即可。換言之，該等個別的透明部份可能會互相連接，以便於指定區域以外的區域中形成其中一個圖案。

一開口圖案中心至一用於形成一精細間隔圖案之相移器的中心線之間的標準距離(最佳距離) $PW0$ 為 $0.325 \times \lambda/NA$ (參見具體實施例1的修正例)。據此，該相鄰相移器距離 G 為 $0.5 \times \lambda/NA$ 以下的情況(也就是，較佳的係可縮減被置放於該等相鄰透明部份間的相移器的距離 d 的情況)便可符合介於相應於複數個相鄰間隔圖案之該等透明部份之間的預期距離 $P(=2 \times PW0+G)$ 低於 $1.15 \times \lambda/NA$ 的情況。

據此，於此種遮罩結構中，假設被夾放在該等透明部份292(開口圖案)(該等透明部份292彼此相鄰且其中心間的距

離 P 為 $1.15 \times \lambda/NA$ 以下)間之區域中的相移器 293 的寬度為 d ，而位於另一區域(即位於該距離 P 並非為 $1.15 \times \lambda/NA$ 以下的區域)中的另一相移器 293 的寬度為 d_0 ，如圖 16A 所示，那麼該些寬度 d 及 d_0 會設為滿足 $d < d_0$ 。

於圖 16A 中，會縮減被夾放在該等相鄰透明部份(開口圖案)292 間之區域中的相移器 293 的寬度，以便減低穿過該相移器 293 的負相光的量。據此，關於位於該等相鄰開口圖案間的相移器 293 而言，可以圖 16B 所示的一個相移器 293 來取代圖 19A 所示的兩個相移器 293，只要其寬度 d_1 滿足 $d_1 < 2 \times d_0$ 即可。

此外，於圖 16A 中，會縮減被夾放在該等相鄰開口圖案間的相移器 293 的寬度。或者，可將被夾放在該等相鄰開口圖案間的相移器 293 如圖 16C 所示般地分成複數個圖案，以便縮小該相移器 293 的面積(也就是，於對應該透明部份 292 之開口圖案的延伸方向中每單位長度的面積)。明確地說，假設被夾放於該等相鄰開口圖案間的相移器 293 被分成複數個圖案，每個圖案的寬度為 d_2 且長度為 t ，而且該些複數個圖案係沿著該等開口圖案的延伸方向以循環週期 TT 來排列，那麼便可將 $d_2 \times t/TT$ 設為小於 $2 \times d_0$ ，不過， TT 較佳的係 $(\lambda/NA)/2$ 以下。其原因如下：於以不大於該曝光系統之解析度限制值 $((\lambda/NA)/2)$ 的循環週期 TT 來分割該相移器 293 的情況中，穿過該相移器 293 的光量會隨著該相移器 293 之面積縮減而成比例地減低，不過，該相移器 293 的分割形狀並不會影響該光強度分佈的形狀。

於圖 16A 至 16C 每一者中，半遮蔽部份 291 都係形成於一透明部份 290 之上，以便覆蓋非常大的區域，而且該對彼此相鄰之直線狀透明部份 292 係位於該半遮蔽部份 291 中對應於欲經由曝光形成於一晶圓上之預期間隔圖案的位置中。

再者，於圖 16A 至 16C 每一者中，當介於該等開口圖案間的該等相移器 293 的面積(圖 16C 中的總面積)相應於該對透明部份 292 而減半時，那麼該減半後的面積會小於位於該等開口圖案間以外之區域中的相移器 293 的面積(對應該等透明部份 292 之開口圖案的延伸方向中每單位長度的面積)。

至此為止，根據此修正例，於形成密集間隔圖案中，會改變對應於該等密集間隔圖案之相鄰透明部份間的相移器的形狀，以便減少穿過該相移器之反相光的量。因此，便可實現具有良好圖案形成效果的光罩。

具體實施例 3

現在將參考附圖來說明本發明之具體實施例 3 的光罩。

圖 17 為具體實施例 3 之光罩的平面圖。此具體實施例的光罩係用於形成複數個精細接觸圖案。

如圖 17 所示，可於一透明基板 300 之上形成一半遮蔽部份 301，以便覆蓋非常大的區域。此外，於該半遮蔽部份 301 中對應於欲經由曝光形成於一晶圓上的預期待接觸圖案的位置處會形成一透明部份 302、一對透明部份 303 及 304 以及一對透明部份 305 及 306，當作開口圖案。於此情況中，該透明部份 302 係一開口圖案，其對應的係一疏離接觸圖案；該等透明部份 303 及 305 每一者都係一開口圖案，其對應的係

具有另一密集佈置之接觸圖案的接觸圖案。再者，於該透明部份302附近會提供對應於複數個相移器307的複數個輔助圖案，其間夾放著該半遮蔽部份301，致使平行該透明部份302之正方形形狀或矩形形狀的個別側邊，並且包圍該透明部份302。同樣地，於該等透明部份303至306每一者附近會提供對應於相移器308、309、310或311的複數個輔助圖案，其間夾放著該半遮蔽部份301，致使平行該等透明部份303至306之正方形形狀或矩形形狀每一者的個別側邊，並且包圍該等透明部份303、304、305或306。

位於該透明部份302附近的該等相移器307的佈置可獲得一有利於形成一疏離接觸圖案的遮罩結構。於此情況中，該相移器307的寬度為 d_0 且該相移器307之中心線與該透明部份302之中心的相隔距離為 PW_0 。

此外，透明部份303於其中一方向中接近不同的透明部份304，而其它方向中則未接近任何的透明部份。於此情況中，在此方向中位於該透明部份303附近的該等相移器308中其中一者稱為相移器308a，而位於其它方向中的其餘相移器308則稱為相移器308b。再者，透明部份305於其中一方向中接近不同的透明部份306，而其它方向中則未接近任何的透明部份。於此情況中，在此方向中位於該透明部份305附近的該等相移器310中其中一者稱為相移器310a，而位於其它方向中的其餘相移器310則稱為相移器310b。

本具體實施例的特徵為假設透明部份303之中心至透明部份304之中心間的距離 P_1 約為 $1.3 \times \lambda/NA$ ，相移器308a之

中心至透明部份303之中心間的距離PW1係設為滿足 $PW1 > PW0$ 。於此情況中，相移器308b之中心至透明部份303之中心間的距離係設為距離PW0。

再者，此具體實施例的另一特徵為假設透明部份305之中心至透明部份306之中心間的距離P2約為 $1.0 \times \lambda/NA$ ，相移器310a之中心至透明部份305之中心間的距離PW2係設為滿足 $PW2 < PW0$ 。於此情況中，相移器310b之中心至透明部份305之中心間的距離係設為距離PW0。

明確地說，於此具體實施例中，從一開口圖案(一透明部份)之中心看見的相移器(輔助圖案)的排列中，若有任何不同開口圖案接近此開口圖案，那麼便可依照該等接近的開口圖案間之距離(近距離)來改變有利於形成一疏離精細接觸孔之相移器的位置。

根據此具體實施例，運用穿過每個透明部份之光及穿過該透明部份附近之該等相移器(即該等輔助圖案)之光間的相互干涉便可突顯該透明部份及該輔助圖案間之光強度分佈的對比。此外，於利用傾斜入射曝光之正光阻製程來形成與該透明部份相對應之精細疏離間隔圖案的情況中，亦可達到此突顯對比的效果。據此，便可採用傾斜入射曝光同時研磨一疏離間隔圖案及一疏離直線圖案或密集圖案。再者，即使在複雜間隔圖案及精細間隔圖案彼此非常靠近的情況中，亦可形成令人滿意之具有預期維度的圖案。

現在，將以模擬結果為基礎詳細地說明能夠形成令人滿意之一疏離接觸孔及複數個密集排列接觸孔的此具體實施

例的光罩。

圖 10A 為該模擬中所使用之光罩的平面結構，其係用於確認本具體實施例的效果(和具體實施例 2 者相同)。如圖 10A 所示，可於一透明基板 250 之上形成一半遮蔽部份 251，以便覆蓋非常大的區域。此外，於該半遮蔽部份 251 中對應於欲經由曝光形成於一晶圓上的複數個預期接觸圖案的位置中，會提供複數個彼此相鄰的透明部份 252，每個透明部份都是側邊維度為 W 的正方形。此外，於每個該等透明部份 252 附近會有複數個相移器(輔助圖案) 253，使其中心線的位置和每個透明部份 252 的中心相隔的距離為 $PW0$ 。於此情況中，每個相移器 253 都是寬度 d 及長度 t 的矩形。再者，在該等相鄰透明部份 252 間之區域中該等彼此相鄰且靠近的相移器 253 之中心線間的距離(下文稱為相鄰相移器距離)係假設為 G 。

圖 10B 為利用圖 10A 之光罩曝光後所形成的光強度分佈曲線圖。於圖 10B 中，該透明部份 252 之中心處所獲得的光強度為 I_p ，該等相鄰透明部份 252 間之中心處所獲得的光強度為 I_s ，以及該透明部份 252 之周圍中光強度最小的位置處所獲得的光強度為 I_b 。於此情況中，該等相鄰透明部份 252 間之中心會對應於該等相鄰相移器 253 間之中心。此外，該光強度模擬係在曝光波長 λ 為 193 nm 且數值孔徑 NA 為 0.65 的條件下來實施。再者，假設使用的係具有 0.8 同調度之外徑和具有 0.53 同調度之內徑的 2/3 環狀照明。此外，該透明部份 201 的透射率設為 6%。

再者，於圖10A的光罩中，為能於疏離狀態中亦能形成令人滿意的每個接觸圖案，每個相移器253的寬度 d 會設為約 $0.15 \times \lambda/NA$ (=約44 nm)且該相移器253及該透明部份252間之距離 $PW0$ 會設為約 $0.4 \times \lambda/NA$ (=約120 nm)。另外，為將該接觸孔尺寸調整至100 nm的預期尺寸，該透明部份252的側邊維度 W 及該相移器253的長度 t 會設為160 nm。經由模擬所算出之圖10B的光強度 I_p (換言之，在該透明部份252之中心處所獲得的光強度)和於前述遮罩結構中該等開口圖案(透明部份)之中心間的距離 $P(=G+2 \times PW0)$ 的變化關係如圖18A的關係圖所示，其中該距離 P 的數值會以 λ/NA 來正規化。

如圖18A所示，當該等開口圖案之中心間的距離 P 小於 $1.5 \times \lambda/NA$ 時，光強度 I_p 會驟降，而且當該距離 P 約為 $1.3 \times \lambda/NA$ 時會變成最小值。再者，當該距離 P 小於 $1.3 \times \lambda/NA$ 時，光強度 I_p 便會開始驟升，並且於該距離 P 約為 λ/NA 時會高於在該透明部份252為疏離時(換言之，當該距離 P 為無限大)所獲得的強度。

如具體實施例2中所述般，當開口圖案(透明部份)彼此接近時，被夾放於該些開口圖案間之區域中的相鄰相移器之間的半遮蔽部份的寬度便會很小，從而減低穿過該光罩的正相光的量。此外，於該開口圖案之中心處所獲得的光強度 I_p 係由正相光所形成的，所以，當如上述般地減低正相光的量時，光強度 I_p 便會降低。再者，因為當相鄰相移器間的距離 G 為 $0.5 \times \lambda/NA$ 時此現象會相當嚴重(參見具體實

施例2)，所以，當彼此接近之開口圖案的中心間的距離 P (下文稱為近開口中心距離)為 $G+2 \times PW0=0.5 \times \lambda/NA+2 \times 0.4 \times \lambda/NA=1.3 \times \lambda/NA$ 時，此現象會相當嚴重。

再者，當其中一個透明部份接近一不同的透明部份時，穿過該光罩的正相光的量便會因穿過該不同透明部份的正相光的關係而再次提高。於此情況中，當該些透明部份的中心間的距離 P (即近開口中心距離)為 λ/NA 時，該不同的透明部份的影響便非常顯著。

至此為止，當該近開口中心距離 P 落在 $1.3 \times \lambda/NA$ 附近時，於該透明部份之中心處所獲得的光強度 I_p 便會降低；不過，當該近開口中心距離 P 落在 λ/NA 附近時，於該透明部份之中心處所獲得的光強度 I_p 則會提高。請注意，當光強度 I_p 降低時，對比會降低，從而會造成無法產生良好的圖案形成效果。再者，當光強度 I_p 提高時，欲形成之接觸孔之尺寸會提高，從而會造成無法產生精細的圖案形成效果。

圖18B為和圖10B雷同的模擬結果，其特別顯示出於對應於圖10A之光罩的直線AB的位置中所形成的光強度分佈。圖18B為將近開口中心距離 P 分別設為450nm(=約 $1.5 \times \lambda/NA$)、390 nm(=約 $1.3 \times \lambda/NA$)、以及300 nm(=約 $1.0 \times \lambda/NA$)時所獲得之光強度分佈曲線的模擬結果。如圖18B所示，當近開口中心距離 P 不同時(也就是，當相鄰開口圖案的接近程度不同時)，對應於該等個別開口圖案之中心的光強度分佈的曲線彼此並不相符，所以，無法均勻地形成精細的接

觸圖案。

相反地，本案發明人發現到一細部模擬結果，不論近開口中心距離 P 為何，依照近開口中心距離 P 來改變從每個開口圖案之中心所看見的相移器位置便可均勻地產生對應於該等開口圖案中心的光強度曲線。明確地說，當用於均勻地產生對應於該等開口圖案中心的光強度曲線的相移器的位置相對於近開口中心距離 P 的位置關係表示為 $PW(P)$ 時，那麼 $\Delta PW(P)$ (其定義為 $(PW(P) - PW_0)/PW_0$ ，即 $PW(P) = PW_0 + \Delta PW(P) \times PW_0$)便可表示成如圖18C之關係圖。明確地說，當近開口中心距離 P 落在 $1.3 \times \lambda/NA$ 附近時，一相移器相對於每個近開口中心距離 P 的最佳位置 $PW(P)$ 較佳的係設為比該相移器的位置 PW_0 大約10%，以便形成令人滿意的疏離接觸圖案。此外，當近開口中心距離 P 落在 λ/NA 附近時，位置 $PW(P)$ 較佳的係設為比該位置 PW_0 小約10%。

此外，圖18D為和圖10B雷同的模擬結果，其特別顯示出於對應於圖10A之光罩的直線AB的位置中所形成的光強度分佈。圖18D為將近開口中心距離 P 分別設為450 nm(=約 $1.5 \times \lambda/NA$)、390 nm(=約 $1.3 \times \lambda/NA$)、以及300 nm(=約 $1.0 \times \lambda/NA$)時，利用其中的相移器位置如圖18C所示的光罩所獲得之光強度分佈曲線的模擬結果。如圖18D所示，相移器的位置如圖18C所示時，便可針對所有前述的近中心線距離 P 的數值，產生彼此相符之對應於該等開口圖案中心的光強度分佈曲線。

基於該些模擬結果，吾人可以瞭解，當有複數個開口圖

案(透明部份)彼此接近且被複數個相移器包圍時，從每個相移器之透明部份的中心看見的位置PW較佳的係依照該近中心線距離P設定如下：

首先，當近開口中心距離P落在 $1.3 \times \lambda/NA$ 附近時，更明確地說，當 $1.15 \times \lambda/NA < P < 1.45 \times \lambda/NA$ 時，假設位於接近另一開口圖案之一開口圖案的一側上的相移器的位置係在從該開口圖案的中心看見的位置PW1處，且位於不接近另一開口圖案之該開口圖案的另一側上的相移器的位置係在從該開口圖案的中心看見的位置PW0處，那麼，位置PW1較佳的係大於位置PW0，而且更佳的係，位置PW1能夠比位置PW0大5%以上。

其次，當近開口中心距離P落在 λ/NA 附近時，更明確地說，當 $0.85 \times \lambda/NA < P < 1.15 \times \lambda/NA$ 時，假設位於接近另一開口圖案之一開口圖案的一側上的相移器的位置係在從該開口圖案的中心看見的位置PW2處，且位於不接近另一開口圖案之該開口圖案的另一側上的相移器的位置係在從該開口圖案的中心看見的位置PW0處，那麼，位置PW2較佳的係小於位置PW0，而且更佳的係，位置PW2能夠比位置PW0小5%以上。

至此為止，根據此具體實施例，於形成密集接觸圖案的情況中，位於對應該等密集接觸孔之區域中的相移器的位置(也就是，該相移器與一透明部份中心間的距離)會隨著接觸圖案之近距離(也就是，近開口中心距離P)而改變。因此，便可實現能夠形成一均勻光強度分佈曲線之光罩，用

以形成任意密度的接觸圖案。據此，便可形成令人滿意的隨意排列的精細接觸孔圖案。

此外，於此具體實施例中，該光罩的剖面結構可能係具體實施例1中所述之圖6A至6D中所示之任何剖面結構。

具體實施例3的修正例

現在將參考附圖來說明本發明之具體實施例3的修正例的光罩。

圖19為此修正例之光罩的平面圖。此修正例的光罩係用於同時形成複數個精細直線狀間隔圖案。明確地說，此修正例中欲形成的預期圖案為精細直線狀間隔圖案，不同於具體實施例3(其預期圖案為接觸孔圖案)。

如圖19所示，可於一透明基板350之上形成一半遮蔽部份351，以便覆蓋非常大的區域。此外，於該半遮蔽部份351中對應於欲經由曝光形成於一晶圓上的預期間隔圖案的位置處會形成一透明部份352、一對透明部份353及354以及一對透明部份355及356。於此情況中，該透明部份352係一開口圖案，其對應的係一疏離間隔圖案；該等透明部份353及355每一者都係一開口圖案，其對應的係具有另一密集佈置之間隔圖案的間隔圖案。再者，於該透明部份352附近會提供對應於複數個相移器357的複數個輔助圖案，其間夾放著該半遮蔽部份351，致使平行該直線狀透明部份352的個別長邊。同樣地，於該等透明部份353至356每一者附近會提供對應於相移器358至361的複數個輔助圖案，其間夾放著該半遮蔽部份351，致使平行該等直線狀透明部份353至

356的個別長邊。

位於該透明部份352附近的該等相移器357的排列可獲得一有利於形成一疏離間隔圖案的遮罩結構，而且每個相移器357的寬度皆為 d_0 且該相移器357之中心線與該透明部份352之中心間的距離為 PG_0 。

透明部份353於其中一方向中接近不同的透明部份354，而其它方向中則未接近另一透明部份。於此情況中，在此方向中位於該透明部份353附近的該等相移器358中其中一者稱為相移器358a，而於其它方向中位於該透明部份353附近的其它相移器358則稱為相移器358b。再者，透明部份355於其中一方向中接近不同的透明部份356，而其它方向中則未接近另一透明部份。於此情況中，在此方向中位於該透明部份355附近的該等相移器360中其中一者稱為相移器360a，而於其它方向中位於該透明部份355附近的其它相移器則稱為相移器360b。

本具體實施例的特徵為假設透明部份353之中心至透明部份354之中心間的距離 P_1 約為 $1.15 \times \lambda/NA$ ，相移器358a之中心至透明部份353之中心間的距離 PG_1 係設為滿足 $PG_1 > PG_0$ 。於此情況中，相移器358b之中心至透明部份353之中心間的距離係設為距離 PG_0 。

再者，此具體實施例的另一特徵為假設透明部份355之中心至透明部份356之中心間的距離 P_2 約為 $0.85 \times \lambda/NA$ ，相移器360a之中心至透明部份355之中心間的距離 PG_2 係設為滿足 $PG_2 < PG_0$ 。於此情況中，相移器360b之中心至透明部份

355之中心間的距離係設為距離PG0。

明確地說，於此修正例中，針對從一開口圖案(一透明部份)之中心看見的相移器(輔助圖案)的位置，當有另一開口圖案接近該開口圖案時，那麼便可如同具體實施例3般的方式依照該些的開口圖案間之距離(近開口中心距離)來改變有利於形成一疏離精細間隔圖案之相移器的位置。

根據此修正例，運用穿過每個透明部份之光及穿過該透明部份附近之該等相移器(即該等輔助圖案)之光間的相互干涉便可突顯該透明部份及該輔助圖案間之光強度分佈的對比。此外，於利用傾斜入射曝光之正光阻製程來形成與該透明部份相對應之精細疏離間隔圖案的情況中，亦可達到此突顯對比的效果。據此，便可採用傾斜入射曝光同時研磨一疏離間隔圖案及一疏離直線圖案或密集圖案。再者，即使在複雜間隔圖案及精細間隔圖案彼此非常靠近的情況中，亦可形成令人滿意之具有預期維度的圖案。

此外，於此修正例中，如具體實施例3中所述般地因接近此開口圖案之另一開口圖案的影響所致，對應於一開口圖案(透明部份)之中心的光強度分佈的曲線會隨著該近開口中心距離而改變。不過，於此具體實施例中，因為該開口圖案對應的並非一接觸圖案，而係對應一直線狀的間隔圖案，所以，該近開口中心距離和該光強度分佈曲線間的關係不同於具體實施例3中所述者。

圖20A為利用和用於取得具體實施例3之圖18A相同的計算方式所獲得之於一開口圖案(透明部份)處所獲得之光強

度 I_p 與近開口中心距離 P 的相依性關係圖。於圖20A中，該近開口中心距離 P 的數值以 λ/NA 來正規化。

如圖20A所示，和具體實施例3不同的係，當該近開口中心距離 P 落在 $1.15 \times \lambda/NA$ 時，光強度 I_p 會係最小值。此外，當該近開口中心距離 P 落在 $0.85 \times \lambda/NA$ 時，光強度 I_p 的值會大於該透明部份為疏離時(換言之，當該近開口中心距離 P 為無限大)所獲得的強度。換言之，當近開口中心距離 P 不同時(也就是，當相鄰開口圖案的接近程度不同時)，對應於該等個別開口圖案之中心的光強度分佈的曲線彼此並不相符，所以，無法均勻地形成精細的接觸圖案。

相反地，本案發明人發現到，不論近開口中心距離 P 為何，依照近開口中心距離 P 來改變從該開口圖案之中心所看見的相移器位置便可均勻地產生對應於該等開口圖案中心的光強度曲線。明確地說，當用於均勻地產生對應於該等開口圖案中心的光強度曲線的相移器的位置相對於近開口中心距離 P 的位置關係表示為 $PW(P)$ 時，那麼 $\Delta PW(P)$ (其定義為 $(PW(P) - PW_0)/PW_0$ ，即 $PW(P) = PW_0 + \Delta PW(P) \times PW_0$)便可表示成如圖20B之關係圖。明確地說，當近開口中心距離 P 落在 $1.15 \times \lambda/NA$ 附近時，一相移器相對於每個近開口中心距離 P 的最佳位置 $PW(P)$ 較佳的係設為比該相移器的位置 PW_0 大約10%，以便形成令人滿意的疏離接觸圖案。此外，當近開口中心距離 P 落在 $0.85 \times \lambda/NA$ 附近時，位置 $PW(P)$ 較佳的係設為比該位置 PW_0 小約10%。

基於上面說明，吾人發現，當有複數個直線狀開口圖案

(透明部份)彼此接近時，從該透明部份的中心所看見的位於該開口圖案(透明部份)附近的每個相移器的位置PW較佳的係依照該近開口中心距離P設定如下：

首先，當近開口中心距離P落在 $1.15 \times \lambda/NA$ 附近時，更明確地說，當 $1.0 \times \lambda/NA < P < 1.3 \times \lambda/NA$ 時，假設位於接近另一開口圖案之一開口圖案的一側上的相移器的位置係在從該開口圖案的中心看見的位置PG1處，且位於不接近另一開口圖案之該開口圖案的另一側上的相移器的位置係在從該開口圖案的中心看見的位置PG0處，那麼，位置PG1較佳的係大於位置PG0，而且更佳的係，位置PG1能夠比位置PG0大5%以上。

其次，當近開口中心距離P落在 $0.85 \times \lambda/NA$ 附近時，更明確地說，當 $0.7 \times \lambda/NA < P < 1.0 \times \lambda/NA$ 時，假設位於接近另一開口圖案之一開口圖案的一側上的相移器的位置係在從該開口圖案的中心看見的位置PG2處，且位於不接近另一開口圖案之該開口圖案的另一側上的相移器的位置係在從該開口圖案的中心看見的位置PG0處，那麼，位置PG2較佳的係小於位置PG0，而且更佳的係，位置PG2能夠比位置PG0小5%以上。

至此為止，根據此修正例，於形成密集間隔圖案的情況中，位於對應該等密集間隔圖案之區域中的相移器的位置(也就是，該相移器與一透明部份中心間的距離)會隨著接觸圖案之近距離(也就是，近開口中心距離P)而改變。因此，便可實現能夠形成一均勻光強度分佈曲線之光罩，用以形

成任意密度的間隔圖案。據此，便可形成令人滿意的隨意排列的精細間隔圖案。

具體實施例4

現在將參考附圖來說明本發明之具體實施例4的光罩。

圖21A為此具體實施例4之光罩的平面圖。此具體實施例的光罩係用於形成一精細直線狀間隔圖案。

如圖21A所示，可於一透明基板400之上形成一半遮蔽部份401，以便覆蓋非常大的區域。此外，於該半遮蔽部份401中對應於欲經由曝光形成於一晶圓上的預期間隔圖案的位置處會形成一直線狀開口圖案作為透明部份402。再者，於該透明部份402附近會提供複數個輔助圖案，其對應的係相移器403及404，用以包圍該透明部份402，其間夾放著該半遮蔽部份401。明確地說，提供一對相移器403，以便包夾該透明部份402，並且沿著該透明部份402的長度方向(直線方向)平行該透明部份402，以及提供另一對相移器404，以便包夾該透明部份402，並且沿著該透明部份402的寬度方向平行該透明部份402。

於此情況中，該對相移器403的排列可獲得一有利於形成一疏離間隔圖案的遮罩結構，其方式係讓中間夾放該透明部份402的該等相移器403間的距離(更精確地說係該等相移器403之中心線間的距離)為距離 $PW0 \times 2$ 。

本具體實施例的特徵為，該等相移器403於該透明部份402的直線方向中短於該透明部份402，換言之，該透明部份402的縱向方向中的末端(直線末端)會突出於該等相移器

403的直線末端。面向該透明部份402之直線末端的該等相移器404則可能比該透明部份402的寬度(直線寬度)長或短。

除了上面具體實施例1至3的效果之外，根據具體實施例4還可達成下面的效果：一般來說，於利用開口圖案(透明部份)來形成一直線狀圖案時，穿過該圖案之直線末端的光量會減少，所以，曝光後所形成之該圖案的直線末端便會縮短，從而縮短該直線的長度。相反地，於此具體實施例中，包圍該開口圖案之該等直線末端的該等相移器會有一部份被移除，致使提高穿過該開口圖案的光量。結果，便可避免曝光後所形成之圖案(下文中稱為經轉移圖案)的直線末端縮短。

圖21B為利用圖21A之光罩所實施的圖案形成模擬結果，其中該透明部份402的直線末端突出至該等相移器403的直線末端的維度Z係設在0 nm至100 nm。圖21B的橫座標中，0(零)刻度位置對應的係該透明部份(開口圖案)402的末端。此外，於圖21B中，維度Z為100 nm時所獲得之圖案形狀係以實線來表示，而維度Z為0 nm時所獲得之圖案形狀則係以虛線來表示。如圖21B所示，於平行該開口圖案的該等相移器中，當移除其位於該開口圖案之該等直線末端附近的部份時，便可避免該經轉移圖案(光阻圖案)的該等直線末端縮減。

現在將說明的模擬結果係用於量化欲移除位於該開口圖案之直線末端附近的部份相移器，以避免該經轉移圖案的直線末端縮減。

圖 22A 為該模擬中所使用之光罩的平面圖。於圖 22A 中，相同的符號係用來表示和圖 21A 中相同的元件，致使忽略其說明。

如圖 22A 所示，就一對直線狀透明部份(開口圖案)402 中每一者的寬度皆為 L 且於其直線末端處彼此相向而言，會沿著該透明部份 402 之直線方向提供一對寬度為 d 相移器 403，其間夾放著每個透明部份 402。於此情況中，假設包夾該透明部份 402 的該等相移器 403 之中心線間的距離為 $2 \times PW$ 。此外，還假設於該透明部份 402 之該直線末端附近中被移除的部份相移器 403 的維度為 Z 。

圖 22B 為利用圖 22A 之光罩曝光後所造成的圖案形狀。圖 22B 中，假設對應於該對透明部份 402 之一對經轉移圖案(光阻圖案)的直線末端間的距離為距離 V 。

圖 22C 為將圖 22A 之光罩的寬度 L 設為 110 nm 、距離 $2 \times PW$ 設為 180 nm 以及寬度 d 設為 30 nm 時，針對任何維度 Z (下文稱為相移器移除維度)來計算該等經轉移圖案的直線末端間的距離 V (下文稱為圖案距離)所實施的光強度模擬結果。於此光強度模擬中，係利用 193 nm 的曝光波長 λ 以及 0.7 的數值孔徑 NA 來實施曝光。此外，如圖所示，假設使用的係具有 0.8 同調度之外徑和具有 0.53 同調度之內徑的 $2/3$ 環狀照明。再者，該透明部份 401 的透射率為 6% 。於圖 22C 中，橫座標代表相移器移除維度 Z ，而且該相移器移除維度 Z 的數值會利用 λ/NA 來正規化。此外，縱座標代表圖案距離 V 。

如圖 22C 所示，當相移器移除維度 Z 為 0 (零) 時，圖案距離

V約為160 nm，而且當相移器移除維度Z增加時，圖案距離V便會縮減，換言之，該經轉移圖案之直線末端的後縮情形會降低。於此情況中，當相移器移除維度Z超過 $0.1 \times \lambda/NA$ 時，圖案距離V約為120 nm，而且不會再進一步縮減。再者，當相移器移除維度Z為 $0.03 \times \lambda/NA$ 時，圖案距離V便會縮減至約140 nm。此結果透露出當相移器移除維度Z約為 $0.03 \times \lambda/NA$ 時，亦可達成此具體實施例的效果。

據此，於此具體實施例中，為防止該經轉移圖案之直線末端縮減，較佳的係，所使用的遮罩結構中該直線狀開口圖案之直線末端係突出至平行該開口圖案之相移器以外一特定或較大維度。明確地說，該特定維度較佳的係約 $0.1 \times \lambda/NA$ ，不過，即使當該特定維度約為 $0.03 \times \lambda/NA$ 時，亦可達成此效果。

換言之，該直線狀開口圖案之直線末端突出至該相移器以外的維度較佳的係約 $0.03 \times \lambda/NA$ 以上。然而，為有效地運用該輪廓強化方法的原理，該開口圖案之突出部份的維度Z較佳的係約 $0.5 \times \lambda/NA$ 以下。其原因如下：因為一相移器的位置與一開口圖案的相隔距離約為 $0.5 \times \lambda/NA$ 以下，其對應的係光干涉距離，所以，該開口圖案之直線末端的突出部份的維度(換言之，該相移器未平行該開口圖案的部份的長度)較佳的係 $0.5 \times \lambda/NA$ 以下。

至此為止，根據此具體實施例，於形成直線狀間隔圖案的情況中，在一直線狀開口圖案及該開口圖案附近的複數個相移器間的關係中，該開口圖案之直線末端係突出至沿

著該直線方向平行該開口圖案之相移器的直線末端以外，因此可以防止該直線狀間隔圖案之直線末端後縮。

此外，於此具體實施例中，該光罩的剖面結構可能具有具體實施例1中所述之圖6A至6D中所示之任何剖面結構。

具體實施例4的修正例

現在將參考附圖來說明本發明之具體實施例4的修正例的光罩。

圖23A為具體實施例4之修正例之光罩的平面圖。此修正例的光罩係用於形成一精細直線狀間隔圖案。

如圖23A所示，可於一透明基板400之上形成一半遮蔽部份401，以便覆蓋非常大的區域。此外，於該半遮蔽部份401中對應於欲經由曝光形成於一晶圓上的預期間隔圖案的位置處會形成一直線狀開口圖案作為透明部份402。再者，於該透明部份402附近會提供複數個輔助圖案，其對應的係相移器403及404，用以包圍該透明部份402，其間夾放著該半遮蔽部份401。明確地說，提供一對相移器403，以便包夾該透明部份402，並且沿著該透明部份402的長度方向(直線方向)平行該透明部份402，以及提供另一對相移器404，以便包夾該透明部份402，並且沿著該透明部份402的寬度方向平行該透明部份402。

此修正例的特徵為，沿著該直線方向延伸的每個相移器403都係由一相移器403a(其位置平行該透明部份402的直線中心部份，更精確地說，其為下文所述之直線末端部份以外的部份)及一相移器403b(其位置平行該透明部份402的

直線末端部份，更精確地說，於該直線末端相隔的維度 Z 為 $0.1 \times \lambda/NA$ 的部份)所組成。於此情況中，會排列包夾該透明部份402的直線中心部份的一對相移器403a，以便取得一有利於形成一疏離間隔圖案的遮罩結構，其方式係讓中間夾著該透明部份402的該等相移器403a間的距離(更精確地說係介於該等相移器403a之中心線間的距離)為距離 $PW0 \times 2$ 。另一方面，還會排列包夾該透明部份402的直線中心部份的一對相移器403b，其方式係讓中間夾著該透明部份402的該等相移器403b間的距離(更精確地說係介於該等相移器403b之中心線間的距離)為距離 $PWZ \times 2$ ，而 $PWZ \times 2 > PW0 \times 2$ 。此外，與該透明部份402之直線末端相向的每個相移器404可能會比該透明部份402的寬度(直線寬度)長或短。

具體實施例4中會移除包圍該透明部份402之直線末端的相移器403部份，因此會提高穿過該透明部份402的光量(參見圖21A)。相反地，於此修正例中，包圍該透明部份402之直線末端的相移器403部份(換言之，該等相移器403b)的位置係遠離該透明部份402(開口圖案)，致使會提高穿過該開口圖案的光量，從而會避免經轉移圖案的直線末端後縮。

此修正例可達成和具體實施例4相同的效果。

圖23B為透過模擬所獲得之利用圖23A之光罩曝光後所造成的光阻圖案形狀。於圖23B的橫座標中，刻度0(零)的位置對應的係該透明部份(開口圖案)402的末端。此外，圖23B中，距離 PWZ 等於距離 $PW0$ 時(換言之，相移器403b與

該透明部份402相距不遠)所獲得之圖案形狀係以虛線表示；而距離PWZ設為 $1.2 \times PW0$ 時(換言之，相移器403b與該透明部份402相距甚遠)所獲得之圖案形狀係以實線表示。相移器403b的維度Z係設為 $0.1 \times \lambda/NA$ (=約270 nm)。如圖23B所示，於平行該開口圖案的該等相移器中，當位於該開口圖案之直線末端附近的部份與該開口圖案相距甚遠時，便可避免經轉移圖案(光阻圖案)的直線末端後縮。

現在，將說明該相移器位於該開口圖案之直線末端附近的部份與該開口圖案相距甚遠以避免經轉移圖案的直線末端後縮所實施的量化模擬結果。

圖24A為該模擬中所使用之光罩的平面圖。圖24A中，相同的元件符號係代表和圖23A中所示相同的元件，因而會省略其說明。圖24A的光罩與圖22A中所示之具體實施例4的光罩具有雷同結構，不過其每個相移器403b則係平行與該開口圖案(透明部份)402之直線末端相距維度Z的部份。

於此情況中，包夾該透明部份402之直線末端部份的該對相移器403b的中線間的距離係設為 $2 \times PWZ$ 。此外，包夾該透明部份402之直線中心部份的該對相移器403b的中線間的距離係設為 $2 \times PW$ 。

圖24B為利用圖24A之光罩曝光後所造成的圖案形狀。圖24B中假設對應於該對透明部份402之一對經轉移圖案(光阻圖案)的直線末端間的距離為距離V。

圖24C為將圖24A之光罩的寬度L設為110 nm、距離 $2 \times PW$ 設為180 nm、以及寬度d設為30 nm以及維度Z設為270

nm時，針對任何距離 $2 \times PWZ$ (下文稱為相移器距離)來計算該等經轉移圖案的直線末端間的距離 V (下文稱為圖案距離)所實施的光強度模擬結果。於此光強度模擬中，係利用193 nm的曝光波長 λ 以及0.7的數值孔徑NA來實施曝光。此外，如圖所示，假設使用的係具有0.8同調度之外徑和具有0.53同調度之內徑的2/3環狀照明。再者，該透明部份401的透射率為6%。於圖24C中，橫座標代表 $2 \times (PWZ - PW)$ ，也就是相移器距離 $2 \times PWZ$ 的遞增量，而且會利用 λ/NA 來正規化；而縱座標代表圖案距離 V 。

如圖24C所示，當 $2 \times (PWZ - PW)$ 為0(零)時，圖案距離 V 約為160 nm，而且當 $2 \times (PWZ - PW)$ 增加時，圖案距離 V 便會縮減，換言之，該經轉移圖案之直線末端的後縮情形會降低。於此情況中，當 $2 \times (PWZ - PW)$ 的值超過 $0.1 \times \lambda/NA$ 時，圖案距離 V 約為120 nm，而且不會再進一步縮減。再者，當 $2 \times (PWZ - PW)$ 為 $0.03 \times \lambda/NA$ 時，圖案距離 V 便會縮減至約140 nm。此結果透露出當 $2 \times (PWZ - PW)$ 約為 $0.03 \times \lambda/NA$ 時，亦可達成此修正例的效果。

據此，於此修正例中，為防止經轉移圖案之直線末端後縮，較佳的係，所使用的遮罩結構中平行一直線狀開口圖案之直線末端部份的一對相移器間的距離 $2 \times PWZ$ 會比平行該開口圖案之直線中心部份的一對相移器間的距離 $2 \times PW$ 大了一特定或較大維度。明確地說，該特定維度較佳的係約 $0.1 \times \lambda/NA$ ，不過，即使當該特定維度約為 $0.03 \times \lambda/NA$ 時，亦可達成此效果。

換言之， $2 \times (\text{PWZ-PW})$ 較佳的係約 $0.03 \times \lambda/\text{NA}$ 以上。然而，為有效地運用該輪廓強化方法的原理， $\text{PWZ-L}/2$ 較佳的係約 $0.5 \times \lambda/\text{NA}$ 以下。其原因如下：因為一相移器的位置與一開口圖案的相隔距離約為 $0.5 \times \lambda/\text{NA}$ 以下，其對應的係光干涉距離，所以， $\text{PWZ-L}/2$ (換言之，該相移器與該開口圖案的相隔距離)較佳的係 $0.5 \times \lambda/\text{NA}$ 以下。

於此修正例中，和具體實施例4雷同的係，該維度Z(換言之，該相移器403b的長度)較佳的係不小於約 $0.03 \times \lambda/\text{NA}$ 且不大於約 $0.5 \times \lambda/\text{NA}$ 。

具體實施例5

現在將參考附圖來說明根據本發明具體實施例5的圖案形成方法，更明確地說係利用根據具體實施例1至4(及該些具體實施例的修正例)中任一者之光罩(下文中稱文本光罩)的圖案形成方法。

圖25A至25D為本發明之圖案形成方法中各程序的剖面圖。

首先，如圖25A所示，舉例來說，會於一基板500之上形成一由金屬膜或絕緣膜所製成的目標膜501。而後，如圖25B所示，舉例來說，會於該目標膜501之上形成一正光阻膜502。

接著，如圖25C所示，透過本光罩(例如根據圖2A所示之具體實施例1的光罩，更明確地說係具有圖6C之剖面結構的光罩)利用曝光用之光503來照射該光阻膜502。因此，光阻膜502便會曝露在穿過該光罩的曝光用之光503中。

於圖 25C 所示之程序中所使用的光罩的透明基板 100 之上會形成對應於該半遮蔽部份的半遮蔽膜(薄膜)107，於該半遮蔽膜 107 中則會形成對應於欲經由該曝光來轉移之接觸圖案的開口。再者，於該開口附近的半遮蔽膜 107 中會提供對應複數個相移器形成區的其它複數個開口，而且位於每個該些其它開口下方(在該等圖式上方)的透明基板 100 會被挖鑿，以便形成對應複數個輔助圖案的該等相移器。

於此具體實施例中，在圖 25C 中實施的曝光中，會利用傾斜入射曝光光源來對該光阻膜 502 進行曝光。於此情況中，因為係利用該具有低透射率的半遮蔽部份作為遮蔽圖案，所以整個光阻膜 502 係在微弱能量下進行曝光。然而，如圖 25C 所示，其僅係對應該接觸圖案的光阻膜 502 的潛像部份 502a(換言之，該光罩的開口(透明部份))，其係在非常高的曝光能量下被照射，以允許該光阻可於後續的顯影中進行熔解。

接著，如圖 25D 所示，會顯影該光阻膜 502，以便移除該潛像部份 502a。因此，便可形成一具有精細接觸圖案的光阻圖案 504。

根據具體實施例 5，因為係利用本光罩(更明確地說，根據具體實施例 1 的光罩)來實行圖案形成方法，所以可達到和具體實施例 1 中所述相同的效果。明確地說，其上塗敷該光阻的基板(晶圓)會經由本光罩進行傾斜入射曝光。此時，因此該等相移器係排列在該光罩之上以最大化聚焦深度及曝光限度，所以便可形成具有大聚焦深度及大曝光限度的

精細接觸圖案。

雖然具體實施例5中使用的係根據具體實施例1的光罩，不過，亦可使用根據具體實施例2至4中任一者的光罩，並且可以獲得和該對應具體實施例中所述相同的效果。

雖然具體實施例5中運用的係正光阻製程，不過，運用負光阻製程亦可獲得相同的效果。

於具體實施例5中，在圖25C所示之程序中較佳的係使用傾斜入射曝光(偏軸照明)來照射該光阻膜。因此，便可於圖案形成中改良曝光限度及聚焦限度。換言之，可形成具有良好失焦特徵的精細圖案。

再者，此處的傾斜入射曝光光源意謂著如圖26B至26D中任一者所示的光源，其係藉由從圖26A之一般曝光光源中移除垂直入射成份而獲得的。該傾斜入射曝光光源的標準範例係圖26B的環狀曝光光源以及圖26C的四極曝光光源。於形成一接觸圖案的情況中，以使用環狀曝光光源為宜。或者，於形成一直線狀間隔圖案的情況中，以使用四極曝光光源為宜。再者，於同時形成一接觸圖案及一直線狀間隔圖案的情況中，則以使用圖26D的環狀/四極曝光光源為宜。就環狀/四極曝光光源的特徵而言，假設該該光源中心(一般曝光光源的中心)對應該 \times Y座標系統的原點，那麼當移除該光源中心及 \times 軸與Y軸上的部份時，該環狀/四極曝光光源便具有四極曝光光源的特徵；當該光源的輪廓為圓形形狀時，便具有環狀曝光光源的特徵。

於環狀曝光光源的情況中(換言之，採用環狀照明)，那

麼該光源較佳的係具有0.7以上的外徑。此處，一縮小投影準直器的照明半徑係以經過數值孔徑NA正規化後的單位來表示。此值對應一般照明(一般曝光光源)的干涉結果。現在，將詳細地說明以使用具有0.7以上之外徑的光源為宜的理由。

圖27A至27E為經由模擬所獲得之用於解釋本光罩的曝光特徵和環狀照明直徑的相依關係。

圖27A為該模擬中所使用之平面圖。如圖27A所示，可於一透明基板510之上形成一半遮蔽部份511，其會覆蓋非常大的區域。於該半遮蔽部份511中，在對應於欲經由曝光形成於一晶圓上的預期接觸圖案的位置中會形成一對應於一透明部份512的開口圖案。此外，於該透明部份512附近會提供對應於複數個相移器513的複數個輔助圖案，致使平行該透明部份512之正方形形狀或矩形形狀的個別側邊。

吾人假設該透明部份512的側邊維度W為130 nm，每個相移器513的寬度d為40 nm而包夾透明部份512的一對相移器513之間的距離PG為220 nm。此外，本模擬中係在193 nm曝光波長 λ 及0.7的數值孔徑NA的條件下來實施曝光。換言之，本模擬中設定各種數值以獲取該照明系統的最佳光罩。

圖27B為利用圖27A之光罩的曝光中所使用的環狀照明(環狀曝光光源)。如圖27B所示，該環狀照明的內徑係以S1來表示，其外徑係以S2來表示，而直徑S1及S2皆係利用經過數值孔徑NA正規化後的數值來表示。

圖27C為經由利用圖27A之光罩進行曝光而形成於一晶

圖之上(在對應於圖 27A 之直線 AA' 的位置中)的光強度分佈，其係利用圖 27B 的環狀照明來實施。如圖 27C 所示，在對應圖 27A 之光罩之開口的位置中所獲得的光強度的峰值係以 I_0 來表示。當峰值強度 I_0 越高，便可形成具有較高對比的光學影像。

圖 27D 為繪製經由模擬所獲得之峰值強度 I_0 的數值所得到的關係圖，其中於圖 27B 的環狀照明中， S_2-S_1 係固定在 0.01，而 $(S_1+S_2)/2$ 則會從 0.4 變化到 0.95。如圖 27D 所示，於本光罩中，當該環狀照明的照明區(光源區)分佈於遠離該照明系統(光源)中心的區域中時，對比會比較高。

圖 27E 為繪製經由模擬所獲得之聚焦深度(DOF)的數值所得到的關係圖，其中係利用圖 27A 之光罩來形成一維度為 100 nm 的接觸孔圖案，而於圖 27B 的環狀照明中， S_2-S_1 係固定在 0.01，而 $(S_1+S_2)/2$ 則會從 0.4 變化到 0.95。如圖 27E 所示，於本光罩中，當該環狀照明的照明區分佈於和該照明系統中心相隔 0.7 以上的區域中時，聚焦深度會係最大值。

明確地說，從圖 27D 及 27E 的關係圖所示結果中可以瞭解，該環狀照明的照明區較佳的係包括和該照明系統中心相隔 0.7 以上的區域，以便可同時達成高對比及大聚焦深度。

具體實施例 6

現在將參考附圖來說明根據本發明具體實施例 6 的遮罩資料產生方法。於此具體實施例中會產生根據具體實施例 1

至4中任一者之光罩(下文中稱文本光罩)的遮罩資料。

在說明該遮罩資料產生方法的特定流程之前，將先說明利用本光罩來實現高精確的圖案維度控制。

於本光罩中，曝光後欲形成的圖案維度(即CD(關鍵維度))和相移器(輔助圖案)及透明部份相依。然而，當該透明部份及該相移器任一者固定時，便會決定一可能的圖案維度。

下面的說明係以圖28所示的光罩為例。如圖28所示，可於一透明基板600之上形成一半遮蔽部份601，其會覆蓋非常大的區域。於該半遮蔽部份601中，在對應於欲經由曝光形成於一晶圓上的預期接觸圖案的位置中會形成一對應於一透明部份602的開口圖案。此外，於該透明部份602附近會提供對應於複數個相移器603的複數個輔助圖案，其間夾放該半遮蔽部份601，致使平行該透明部份602之正方形形狀或矩形形狀的個別側邊。吾人假設該透明部份602的寬度 W 。此外，於此具體實施例中，在包圍該透明部份602的該等相移器603之間，彼此成對且中間夾放該透明部份602的相移器603被稱為輪廓移位器，而該等輪廓移位器的距離(內側邊之間的距離)則稱為該等輪廓移位器的內部距離 PG 。

於此光罩中，當該內部距離 PG 固定為數值 PGC 時，便會決定出此光罩可實現的最大 CD 。於此光罩中，該 CD 會隨著寬度 W 成比例地改變，而且該寬度 W 絕不會超過數值 PGC 。據此，當該寬度 W 為數值 PGC 時所達成的 CD 便係可能的最

大CD。此處，當決定該等輪廓移位器的內部距離PG後所決定出來的最大CD便稱為允許的最大CD。

相反地，當該光罩中的寬度W固定為數值WC時，便會決定出該光罩可實現的最小CD。於此光罩中，該CD會隨著內部距離PG成比例地改變，而且該內部距離PG絕不會小於數值WC。據此，當該內部距離PG為數值WC時所達成的CD便係可能的最小CD。此處，當決定該寬度W後所決定出來的最小CD便稱為允許的最小CD。

據此，於此具體實施例中，會於第一階段中決定該內部距離PG，致使以預期CD為基礎所獲得的最大允許CD可能會大於該預期CD，而後可考慮圖案間的精確接近關係非常精確地計算出用於實現該預期CD的寬度W。依此方式，便可實現一能夠非常精確控制圖案維度的遮罩資料產生方法。

現在，將詳細地說明此具體實施例的遮罩資料產生方法的流程。

圖29為此具體實施例之遮罩資料產生方法的基本流程圖。此外，圖30A至30C、31A及31B為此具體實施例之遮罩資料產生方法的個別程序中所形成的示範遮罩圖案的示意圖。

圖30A為欲利用本光罩所形成的預期圖案，更明確地說，其為對應於本光罩之複數個透明部份(開口)的設計圖案範例。明確地說，圖30A中所示之圖案701至703為對應於欲利用本光罩進行曝光而被敏感化的光阻區域的圖案。

請注意，除非特別提及，否則此具體實施例的圖案形成中假設運用的係正光阻製程。換言之，該說明係假設經由顯影移除光阻的已曝光區，而該光阻的未曝光區則保留為光阻圖案。據此，當運用負光阻製程取代正光阻製程時，假設光阻的已曝光區保留為光阻圖案而未曝光區會被移除便可套用雷同的說明。

首先，步驟S1中，會將圖30A的預期圖案701至703輸入至進行遮罩資料產生所使用的電腦中。此時，會分別設定該遮罩圖案中所使用的相移器及半遮蔽部份的透射率。

接著，步驟S2中，會以曝光條件及遮罩參數(例如該相移器及該半遮蔽部份的透射率)為基礎來預估每個該等預期圖案701至703所需要的輪廓移位器的內部距離。此時，可考量該等個別圖案間的接近關係(下文中稱為圖案接近關係)，針對每個圖案(即該光阻中每個預期的已曝光區)來較佳地設定每對輪廓移位器的內部距離。然而，必要條件是對應於該等輪廓移位器之內部距離所決定的允許最大CD要大於該預期CD，所以，舉例來說，藉由均勻地提高該預期CD便可設定該等輪廓移位器之內部距離，反之，該預期CD應該提高一超過CD的數值，而該數值會相依於該圖案接近關係而改變。

接著，步驟S3中會產生該等輪廓移位器。此時，該等輪廓移位器之內部距離PG為步驟S2中所決定者。此外，此時，每個輪廓移位器的寬度較佳的係會依照圖案接近關係而改變，不過如果一圖案形成特徵的限度落在允許的範圍

內的話，則可均勻地設定該寬度。然而，於分別對應於複數個相鄰圖案的複數個輪廓移位器(即相移器)間的距離小於等於一遮罩處理特徵之允許值的情況中，便可組合該些輪廓移位器以產生一相移器。明確地說，如圖30B所示，輪廓移位器711至714係對應於該等預期圖案701至703而產生的。於此情況中，該等輪廓移位器711至713分別係該等預期圖案701至703特有且對應的輪廓移位器。此外，輪廓移位器714則係結合分別對應該等預期圖案702及703之輪廓移位器而產生的。換言之，輪廓移位器714係該等預期圖案702及703間共用的輪廓移位器。

接著，步驟S4中準備的係用於調整該遮罩圖案之維度的處理(換言之，OPC處理)，致使能夠利用本光罩進行曝光形成對應於該光罩之開口圖案(透明部份)的預期維度。於此具體實施例中，因為已經於步驟S3中決定該等相移器(輪廓移位器)，所以於該OPC處理中僅要調整該等透明部份的維度，從而可產生用於實現該預期CD的光罩資料。所以，舉例來說，如圖30C所示，對應該等透明部份的開口圖案721至723會設在於步驟S3中所產生之輪廓移位器711至714的內部，而且該等開口圖案721至723係設為CD調整圖案。此時，該等預期圖案701至703係設為欲形成的目標圖案。此外，該等輪廓移位器711至714不會為該CD調整而變形，僅係設為出現在該遮罩上的圖案，並且作為進行CD預估時作為參考的參考圖案。

接著，步驟S5中，如圖31A所示，用於部份傳送和該等

開口圖案 721 至 723 同相之曝光用之光之半遮蔽部份 750 會被設為該光罩的背景，也就是，設在該等開口圖案 721 至 723 以及該等輪廓移位器 711 至 714 的外面。請注意，該等輪廓移位器 711 至 714 係設為相移器，用於傳送和該等開口圖案 721 至 723 反相之曝光用之光。

而後，步驟 S6、S7 及 S8 中便會實行 OPC 處理(例如模型基礎的 OPC 處理)。明確地說，步驟 S6 中，必要時會經由考量光學原理、光阻顯影特徵、以及蝕刻特徵或類似特徵所實施的模擬來預測利用本光罩所形成的光阻圖案的維度(更嚴格地說係該光阻已曝光區的維度)。而後，步驟 S7 中，會判斷該圖案的預測維度是否符合該預期目標圖案的維度。當該預測維度與該預期維度不符時，於步驟 S8 中便會以該預測維度與該預期維度間的差異為基礎來改變該 CD 調整圖案的形狀，以便改變該遮罩圖案的形狀。

此具體實施例的特徵係，於步驟 S3 中先決定出用於實現該預期 CD 的輪廓移位器，而於步驟 S6 至 S8 中則僅會改變於步驟 S4 中所設定之 CD 調整圖案的形狀，以便取得用於形成具有預期維度之圖案的遮罩圖案。明確地說，步驟 S6 至 S8 的程序中會反覆進行，直到該圖案的預測維度與該預期維度相符為止，以便最後可於步驟 S9 中輸出用於形成具有預期維度之圖案的遮罩圖案。圖 31B 為步驟 S9 中之遮罩圖案輸出的範例。

當使用本光罩(其具有具體實施例 6 之遮罩資料產生方法所產生的遮罩圖案)來曝光其上已經塗敷光阻的晶圓時，位

於該等開口圖案附近的輪廓移位器便會突顯穿過該等開口圖案之光的對比。所以，便可於對應該等開口圖案之光阻區域中形成精細間隔圖案。

再者，因為具體實施例6中可產生一清楚實現一預期CD的輪廓強化遮罩，所以便可以預期的維度精確地形成一精細間隔圖案。

於此具體實施例的步驟S2中，藉由均勻地提高該預期CD來設定該等輪廓移位器的內部距離。然而，如具體實施例3所示，為達成良好圖案形成特徵，一開口圖案之中心至一相移器的距離較佳的係會依照圖案接近關係來改變。明確地說，具體實施例3中，利用該開口圖案之中心至該相移器之中心線間的距離來界定一相移器的較佳位置。據此，於此具體實施例中，當以此距離為基礎計算出該等輪廓移位器之內部距離時，便可產生會呈現出較好精細圖案形成特徵的光罩的遮罩圖案資料。

再者，於此具體實施例的步驟S3中，會均勻地設定該等個別預期圖案附近的該等輪廓移位器的寬度。然而，如具體實施例2所述，更佳的係，該等輪廓移位器的寬度會依照圖案接近關係來改變。明確地說，於此具體實施例中，每個輪廓移位器(即每個相移器)的寬度會如具體實施例2所述般地隨著與相鄰輪廓移位器的相隔距離而改變，因而便可產生會呈現出較好精細圖案形成特徵的光罩的遮罩圖案資料。

雖然具體實施例6中於決定該等輪廓移位器之內部距離

之後才決定該相移器的寬度，不過，亦可於決定該相移器的寬度之後才決定該等輪廓移位器之內部距離。

再者，具體實施例6中雖然針對透射光罩來作說明，不過，其並不限制本發明；利用反射現象來取代曝光用之光的透射現象(舉例來說，以反射率來取代透射率)，那麼本發明便可應用於反射遮罩中。

【圖式簡單說明】

圖1A、1B、1C、1D、1E、1F及1G為用於解釋本發明之輪廓強化方法之原理的示意圖；

圖2A為根據本發明之具體實施例1之光罩的平面圖，而圖2B為利用圖2A之光罩曝光後形成於一晶圓上的光強度分佈示意圖；

圖3A為一模擬結果關係圖，其結合維度 W 、距離 PW 以及寬度 d ，以便於圖2A之光罩中達到0.25的峰值強度 I_0 ，圖3B為聚焦深度的模擬結果關係圖，其中係利用具有圖3A關係圖中所示之距離 PW 、維度 W 以及寬度 d 之組合的遮罩圖案來形成大小為100 nm的接觸孔，而圖3C為曝光限度的模擬結果關係圖，其中係利用具有圖3A關係圖中所示之距離 PW 、維度 W 以及寬度 d 之組合的遮罩圖案來形成大小為100 nm的接觸孔；

圖4A、4C及4E為聚焦深度的模擬結果關係圖，其中係利用本發明具體實施例1之光罩來形成大小為100 nm的接觸孔，而圖4B、4D及4F為曝光限度的模擬結果關係圖，其中係利用本發明具體實施例1之光罩來形成大小為100 nm的

接觸孔；

圖 5A、5B、5C及5D為具體實施例1之光罩的平面結構的變化圖；

圖 6A、6B、6C及6D為具體實施例1之光罩的剖面結構的變化圖；

圖 7A為根據具體實施例1之修正例之光罩的平面圖，而圖 7B為透過圖 7A之光罩曝光後之晶圓上的光強度分佈圖；

圖 8A為一模擬結果關係圖，其係用於獲得一光罩結構，以便於具體實施例1之修正光罩中達到0.25的峰值強度 I_0 ，圖 8B為聚焦深度的模擬結果關係圖，其中係利用具有圖 8A關係圖中所示之結構的光罩來形成寬度為100 nm的間隔圖案，而圖 8C為曝光限度的模擬結果關係圖，其中係利用具有圖 8A關係圖中所示之結構的光罩來形成寬度為100 nm的間隔圖案；

圖 9為根據本發明具體實施例2之光罩的平面圖；

圖 10A為一光罩的平面圖，其係用於確認根據本發明之具體實施例2或3之光罩的效果，而圖 10B為利用圖 10A之光罩曝光後所形成的光強度分佈曲線圖；

圖 11A、11B及11C為模擬結果關係圖，其係用於確認具體實施例2之光罩的效果；

圖 12A及12B為解釋於形成密集穿孔時，減低具體實施例2之光罩中透明部份間之相移器的寬度的原因，其中該等透明部份之中心間的距離為 $1.3 \times \lambda/NA$ 以下；

圖 13A、13B、及13C為具體實施例2之光罩的平面結構的

變化圖；

圖 14A 及 14B 為具體實施例 2 之光罩的平面結構的變化圖；

圖 15 為根據具體實施例 2 之修正例之光罩的平面圖；

圖 16A、16B、及 16C 為具體實施例 2 之修正光罩的平面結構的變化圖；

圖 17 為根據本發明之具體實施例 3 之光罩的平面圖；

圖 18A、18B、18C 及 18D 為模擬結果關係圖，其係用於確認具體實施例 3 之光罩的效果；

圖 19 為根據具體實施例 3 之修正例之光罩的平面圖；

圖 20A 及 20B 為模擬結果關係圖，其係用於確認具體實施例 3 之光罩的效果；

圖 21A 為根據本發明之具體實施例 4 之光罩的平面圖，而圖 21B 為利用圖 21A 之光罩的圖案形成模擬結果關係圖；

圖 22A、22B 及 22C 為模擬結果關係圖，其係用於確認具體實施例 4 之光罩的效果；

圖 23A 為根據具體實施例 4 之修正例之光罩的平面圖；而圖 23B 為利用圖 23A 之光罩的圖案形成模擬結果關係圖；

圖 24A、24B 及 24C 為模擬結果關係圖，其係用於確認具體實施例 4 之修正光罩的效果；

圖 25A、25B、25C 及 25D 為根據本發明具體實施例 5 之圖案形成方法中的程序的剖面圖；

圖 26A 為一般曝光光源之形狀的示意圖，而圖 26B、26C 及 26D 為傾斜入射曝光光源之形狀的示意圖；

圖 27A、27B、27C、27D及27E為解釋本發明之光罩的曝光特徵和環狀照明直徑的相依關係的模擬結果關係圖；

圖 28為用於解釋根據本發明具體實施例6之遮罩資料產生方法所使用的光罩的平面圖；

圖 29為具體實施例6之遮罩資料產生方法的流程圖；

圖 30A、30B及30C為具體實施例6之遮罩資料產生方法的個別程序中所獲得的特定遮罩圖案範例的示意圖；

圖 31A及31B為具體實施例6之遮罩資料產生方法的個別程序中所獲得的特定遮罩圖案範例的示意圖；以及

圖 32A、32B、32C、32D、32E、32F及32G為用於解釋利用衰減式相移遮罩之慣用圖案形成方法之原理的示意圖。

【主要元件符號說明】

100	透明基板
100a	挖鑿部份
101	半遮蔽部份
102	透明部份
103	相移器
104	相移膜
105	相移膜
106	半遮蔽膜
107	薄膜
108	相移膜
200	透明基板
201	半遮蔽部份

202	透明部份
203	透明部份
204	透明部份
205	透明部份
206	透明部份
207	相移器
208a	相移器
208b	相移器
209a	相移器
210a	相移器
210b	相移器
211a	相移器
250	透明基板
251	半遮蔽部份
252	透明部份
253	相移器
270	透明基板
271	半遮蔽部份
272	透明部份
273	透明部份
274	透明部份
275	透明部份
276	透明部份
277	相移器

278a	相移器
278b	相移器
279a	相移器
280a	相移器
280b	相移器
281a	相移器
290	透明基板
291	半遮蔽部份
292	透明部份
293	相移器
300	透明基板
301	半遮蔽部份
302	透明部份
303	透明部份
304	透明部份
305	透明部份
306	透明部份
307	相移器
308a	相移器
308b	相移器
309	相移器
310a	相移器
310b	相移器
311	相移器

350	透明基板
351	半遮蔽部份
352	透明部份
353	透明部份
354	透明部份
355	透明部份
356	透明部份
357	相移器
358a	相移器
358b	相移器
359	相移器
360a	相移器
360b	相移器
361	相移器
400	透明基板
401	半遮蔽部份
402	透明部份
403	相移器
403a	相移器
403b	相移器
404	相移器
500	基板
501	目標膜
502	光阻膜

502a	潛像部份
503	曝光用之光
504	光阻圖案
510	透明基板
511	半遮蔽部份
512	透明部份
513	相移器
600	透明基板
601	半遮蔽部份
602	透明部份
603	相移器
701	圖案
702	圖案
703	圖案
711	輪廓移位器
712	輪廓移位器
713	輪廓移位器
714	輪廓移位器
721	開口圖案
722	開口圖案
723	開口圖案
750	半遮蔽部份

五、中文發明摘要：

本發明的光罩係位於一透明基板之上，該光罩包括一半遮蔽部份，其具有相對於曝光用之光的傳送特性；一透明部份，其具有相對於該曝光用之光的傳送特性，並且係被該半遮蔽部份包圍；以及一輔助圖案，其係被該半遮蔽部份包圍並且位於該透明部份周圍。該半遮蔽部份及該透明部份會以彼此同相的方式來傳送該曝光用之光。該輔助圖案則會以與該半遮蔽部份及該透明部份反相的方式來傳送該曝光用之光，並且不會經由曝光被轉移。

六、英文發明摘要：

The photomask of this invention includes, on a transparent substrate, a semi-shielding portion having a transmitting property against exposing light, a transparent portion having a transmitting property against the exposing light and surrounded with the semi-shielding portion, and an auxiliary pattern surrounded with the semi-shielding portion and provided around the transparent portion. The semi-shielding portion and the transparent portion transmit the exposing light in an identical phase with respect to each other. The auxiliary pattern transmits the exposing light in an opposite phase with respect to the semi-shielding portion and the transparent portion and is not transferred through exposure.

十、申請專利範圍：

1. 一種光罩，其於一透明基板上包括：
 - 一半遮蔽部份，其具有相對於曝光用之光的傳送特性；
 - 一透明部份，其係被該半遮蔽部份包圍並且具有相對於該曝光用之光的傳送特性；以及
 - 一輔助圖案，其係被該半遮蔽部份包圍並且位於該透明部份周圍，其中該半遮蔽部份及該透明部份會以彼此同相的方式來傳送該曝光用之光，以及該輔助圖案會以與該半遮蔽部份及該透明部份反相的方式來傳送該曝光用之光，並且不會經由曝光被轉移。
2. 如申請專利範圍第1項之光罩，
 - 其中該透明部份的形狀為矩形，其側邊小於 $(0.8 \times \lambda \times M)/NA$ ，其中 λ 為該曝光用之光的波長，而M及NA則分別表示一投影準直器之縮小投影光學系統的放大倍數及數值孔徑。
3. 如申請專利範圍第2項之光罩，
 - 其中該輔助圖案係一直線形狀圖案，而且其的位置與該透明部份之中心的相隔距離不小於 $(0.3 \times \lambda \times M)/NA$ 且不大於 $(0.5 \times \lambda \times M)/NA$ 。
4. 如申請專利範圍第3項之光罩，
 - 其中該輔助圖案的寬度不小於 $(0.05 \times \lambda \times M)/(NA \times T^{0.5})$ 且不大於 $(0.2 \times \lambda \times M)/(NA \times T^{0.5})$ ，其中T表示該輔助圖案相對於該透明部份的相對透射率。

5. 如申請專利範圍第2項之光罩，

其中該輔助圖案係一直線形狀圖案，而且其中心的位置與該透明部份之中心的相隔距離不小於 $(0.365 \times \lambda \times M)/NA$ 且不大於 $(0.435 \times \lambda \times M)/NA$ 。

6. 如申請專利範圍第5項之光罩，

其中該輔助圖案的寬度不小於 $(0.1 \times \lambda \times M)/(NA \times T^{0.5})$ 且不大於 $(0.15 \times \lambda \times M)/(NA \times T^{0.5})$ ，其中T表示該輔助圖案相對於該透明部份的相對透射率。

7. 如申請專利範圍第1項之光罩，

其中該透明部份之形狀係一條直線，其寬度小於 $(0.65 \times \lambda \times M)/NA$ ，其中 λ 表示的係該曝光用之光的波長，而M及NA則分別表示一投影準直器之縮小投影光學系統的放大倍數及數值孔徑。

8. 如申請專利範圍第7項之光罩，

其中該輔助圖案係一直線形狀圖案，而且其中心線的位置與該透明部份之中心的相隔距離不小於 $(0.25 \times \lambda \times M)/NA$ 且不大於 $(0.45 \times \lambda \times M)/NA$ 。

9. 如申請專利範圍第8項之光罩，

其中，該輔助圖案的寬度不小於 $(0.05 \times \lambda \times M)/(NA \times T^{0.5})$ 且不大於 $(0.2 \times \lambda \times M)/(NA \times T^{0.5})$ ，其中T表示該輔助圖案相對於該透明部份的相對透射率。

10. 如申請專利範圍第7項之光罩，

其中，該輔助圖案係一直線形狀圖案，而且其中心線的位置與該透明部份之中心的相隔距離不小於 $(0.275 \times \lambda$

$\times M)/NA$ 且不大於 $(0.425 \times \lambda \times M)/NA$ 。

11. 如申請專利範圍第10項之光罩，

其中該輔助圖案的寬度不小於 $(0.1 \times \lambda \times M)/(NA \times T^{0.5})$ 且不大於 $(0.15 \times \lambda \times M)/(NA \times T^{0.5})$ ，其中T表示該輔助圖案相對於該透明部份的相對透射率。

12. 如申請專利範圍第1項之光罩，

其中該輔助圖案包括一第一輔助圖案，其係位於一分隔著特定或較小距離其間夾放著該半遮蔽部份的不同的輔助圖案旁邊；以及一第二輔助圖案，其並非位於一分隔著該特定或較小距離其間夾放著該半遮蔽部份的不同的輔助圖案旁邊；以及

該第一輔助圖案的寬度小於該第二輔助圖案。

13. 如申請專利範圍第12項之光罩，

其中該第一輔助圖案包括一第一圖案，其和該相鄰的不同輔助圖案的相隔距離為G1；以及一第二圖案，其和該相鄰的不同輔助圖案的相隔距離為G2；以及

於 $(0.5 \times \lambda \times M)/NA > G1 > G2$ 的情況中，該第二圖案的寬度小於該第一圖案，其中 λ 表示的係該曝光用之光的波長，而M及NA則分別表示一投影準直器之縮小投影光學系統的放大倍數及數值孔徑。

14. 如申請專利範圍第13項之光罩，

其中該第一圖案之寬度及該第二圖案之寬度間的差異和距離G1和距離G2間的差異成正比。

15. 如申請專利範圍第2項之光罩，於該透明基板上進一步包

括：

一 第二透明部份，其係位於該透明部份旁邊，並且間隔著特定或較小距離；其中

該輔助圖案包括一第一輔助圖案，其係位於夾在該透明部份及該第二透明部份間之區域中，以及一第二輔助圖案，其係位於另一區域中；以及

該第一輔助圖案的面積小於該第二輔助圖案。

16. 如申請專利範圍第15項之光罩，

其中該特定距離係 $(1.3 \times \lambda \times M)/NA$ 。

17. 如申請專利範圍第7項之光罩，於該透明基板上進一步包括：

一 第二透明部份，其係位於該透明部份旁邊，並且間隔著特定或較小距離；

其中該輔助圖案包括一第一輔助圖案，其係位於夾在該透明部份及該第二透明部份間之區域中，以及一第二輔助圖案，其係位於另一區域中，以及

該第一輔助圖案的寬度小於該第二輔助圖案。

18. 如申請專利範圍第7項之光罩，於該透明基板上進一步包括：

一 第二透明部份，其係位於該透明部份旁邊，並且間隔著特定或較小距離；

其中該輔助圖案包括一第一輔助圖案，其係位於夾在該透明部份及該第二透明部份間之區域中，以及一第二輔助圖案，其係位於另一區域中，以及

該第一輔助圖案的面積小於該第二輔助圖案。

19. 如申請專利範圍第17項之光罩，

其中該特定距離係 $(1.15 \times \lambda \times M)/NA$ 。

20. 如申請專利範圍第2項之光罩，

其中該透明部份至少於第一方向中靠近一間隔著一特定範圍距離的不同的透明部份，而且至少於第二方向中不會靠近一間隔著該特定範圍距離的不同的透明部份；

該輔助圖案包括一第一輔助圖案，其係沿著該第一方向位於該透明部份附近，以及一第二輔助圖案，其係沿著該第二方向位於該透明部份附近；以及

該第一輔助圖案與該透明部份的相隔距離大於該第二輔助圖案。

21. 如申請專利範圍第20項之光罩，

其中該特定範圍係介於 $(1.15 \times \lambda \times M)/NA$ 至 $(1.45 \times \lambda \times M)/NA$ 之間。

22. 如申請專利範圍第2項之光罩，

其中該透明部份至少於第一方向中靠近一間隔著一特定範圍距離的不同的透明部份，而且至少於第二方向中不會靠近一間隔著該特定範圍距離的不同的透明部份；

該輔助圖案包括一第一輔助圖案，其係沿著該第一方向位於該透明部份附近，以及一第二輔助圖案，其係沿著該第二方向位於該透明部份附近；以及

該第一輔助圖案與該透明部份的相隔距離小於該第二輔助圖案。

23. 如申請專利範圍第22項之光罩，

其中該特定範圍係介於 $(0.85 \times \lambda \times M)/NA$ 至 $(1.15 \times \lambda \times M)/NA$ 之間。

24. 如申請專利範圍第7項之光罩，

其中該透明部份至少於第一方向中靠近一間隔著一特定範圍距離的不同的透明部份，而且至少於第二方向中不會靠近一間隔著該特定範圍距離的不同的透明部份；

該輔助圖案包括一第一輔助圖案，其係沿著該第一方向位於該透明部份附近，以及一第二輔助圖案，其係沿著該第二方向位於該透明部份附近；以及

該第一輔助圖案與該透明部份的相隔距離大於該第二輔助圖案。

25. 如申請專利範圍第24項之光罩，

其中該特定範圍係介於 $(1.0 \times \lambda \times M)/NA$ 至 $(1.3 \times \lambda \times M)/NA$ 之間。

26. 如申請專利範圍第7項之光罩，

其中該透明部份至少於第一方向中靠近一間隔著一特定範圍距離的不同的透明部份，而且至少於第二方向中不會靠近一間隔著該特定範圍距離的不同的透明部份；

該輔助圖案包括一第一輔助圖案，其係沿著該第一方向位於該透明部份附近，以及一第二輔助圖案，其係沿著該第二方向位於該透明部份附近；以及

該第一輔助圖案與該透明部份的相隔距離小於該第二輔助圖案。

27. 如申請專利範圍第26項之光罩，

其中該特定範圍係介於 $(0.7 \times \lambda \times M)/NA$ 至 $(1.0 \times \lambda \times M)/NA$ 之間。

28. 如申請專利範圍第1項之光罩，

其中該透明部份的形狀係一條直線；

該輔助圖案的位置係沿著該透明部份之直線方向平行該透明部份；以及

該透明部份之直線末端會沿著該直線方向突出該輔助圖案外面特定或更大的維度。

29. 如申請專利範圍第28項之光罩，

其中該特定維度係 $(0.03 \times \lambda \times M)/NA$ ，其中 λ 表示的係該曝光用之光的波長，而M及NA則分別表示一投影準直器之縮小投影光學系統的放大倍數及數值孔徑。

30. 如申請專利範圍第1項之光罩，

其中該透明部份的形狀係一條直線；

該輔助圖案包括一對第一輔助圖案，其係沿著該透明部份之直線方向平行該透明部份，並且其間夾著該透明部份的中心線部份，以及一對第二輔助圖案，其係沿著該直線方向平行該透明部份，並且其間夾著該透明部份的直線末端部份；以及

該對第二輔助圖案之間的距離比該對第一輔助圖案之間的距離大於特定或更大的維度。

31. 如申請專利範圍第30項之光罩，

其中該對第二輔助圖案中每一者於該直線方向中都具有長度 $(0.03 \times \lambda \times M)/NA$ 以上，其中 λ 表示的係該曝光用

之光的波長，而M及NA則分別表示一投影準直器之縮小投影光學系統的放大倍數及數值孔徑。

32. 如申請專利範圍第30項之光罩，

其中該特定大小為 $(0.03 \times \lambda \times M)/NA$ ，其中 λ 表示的係該曝光用之光的波長，而M及NA則分別表示一投影準直器之縮小投影光學系統的放大倍數及數值孔徑。

33. 如申請專利範圍第1項之光罩，

其中該透明部份係藉由曝光該透明基板而形成的；該輔助圖案係藉由於該透明基板上沉積一第一相移膜而形成的，該第一相移膜可於該曝光用之光中產生和該透明部份相反相位的相差；以及

該半遮蔽部份係藉由於該第一相移膜上沉積一第二相移膜而形成的，該第二相移膜可於該曝光用之光中產生和該第一相移膜相反相位的相差。

34. 如申請專利範圍第1項之光罩，

其中該透明部份係藉由曝光該透明基板而形成的；

該輔助圖案係藉由於該透明基板中挖鑿出一深度而形成的，該深度可於該曝光用之光中產生和該透明部份相反相位的相差；

以及該半遮蔽部份係藉由於該透明基板上沉積一半遮蔽膜而形成的，該半遮蔽膜可以和該透明部份相同的相位來傳送該曝光用之光。

35. 如申請專利範圍第1項之光罩，

其中該透明部份係藉由曝光該透明基板而形成的；

該輔助圖案係藉由於該透明基板中挖鑿出一深度而形成的，該深度可於該曝光用之光中產生和該透明部份相反相位的相差；以及

該半遮蔽部份係藉由於該透明基板上沉積一金屬薄膜而形成的，該金屬薄膜可以和該透明部份相同的相位來傳送該曝光用之光。

36. 如申請專利範圍第1項之光罩，

其中該輔助圖案係藉由曝光該透明基板而形成的；

該透明部份係藉由於該透明基板中挖鑿出一深度而形成的，該深度可於該曝光用之光中產生和該輔助圖案相反相位的相差；以及

該半遮蔽部份係藉由於該透明基板上沉積一相移膜而形成的，該相移膜可於該曝光用之光中產生和該輔助圖案相反相位的相差。

37. 一種利用申請專利範圍第1項之光罩的圖案形成方法，其包括下面步驟：

於一基板上形成一光阻膜；

透過該光罩利用曝光用之光來照射該光阻膜；以及

於利用曝光用之光進行照射之後，藉由顯影該光阻膜來形成一光阻圖案。

38. 如申請專利範圍第37項之圖案形成方法，

其中於利用曝光用之光來照射該光阻膜的步驟中會運用傾斜入射曝光。

39. 一種遮罩資料產生方法，其可用於產生光罩用之遮罩資

料，其包括形成於一透明基板上的遮罩圖案以及該透明基板中未形成該遮罩圖案的透明部份，其包括下面步驟：

以透過該光罩利用曝光用之光照射該光阻所形成之光阻的預期已曝光區為基礎來決定輪廓移位器的內部距離及寬度；

於該等輪廓移位器內提供該透明部份；

將該透明部份設為一CD調整圖案；

提供一半遮蔽部份，用以與該透明部份相同相位的方式來傳送該曝光用之光，其方式係讓該半遮蔽部份包圍該透明部份及該等輪廓移位器；

將該輪廓移位器設為相移器，用以與該透明部份相反相位的方式來傳送該曝光用之光；

經由模擬來預測利用包含該等相移器及該半遮蔽部份在內之遮罩圖案所形成之光阻圖案的維度；以及

當該光阻圖案的該預測維度不符預期維度時，便藉由改變該CD調整圖案的形狀來改變該遮罩圖案的形狀。

40. 如申請專利範圍第39項之遮罩資料產生方法，

其中決定複數個輪廓移位器的內部距離及寬度的步驟包括根據該等輪廓移位器間之距離來改變該等輪廓移位器之寬度的子步驟。

41. 如申請專利範圍第39項之遮罩資料產生方法，

其中決定複數個輪廓移位器的內部距離及寬度的步驟包括根據預期的已曝光區間之接近關係來改變該等輪廓移位器之內部距離的子步驟。

十一、圖式：

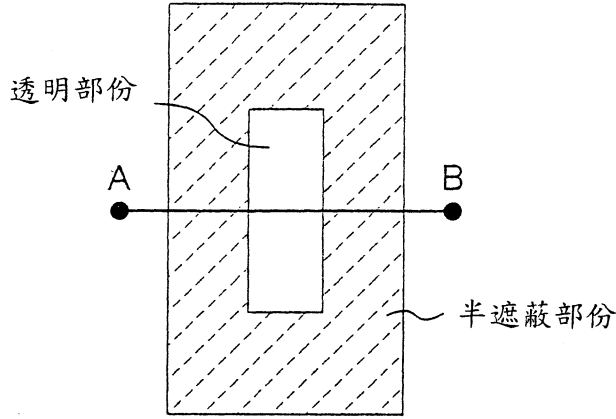


圖1A

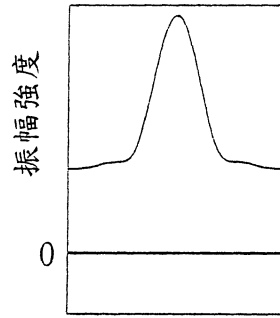


圖1B

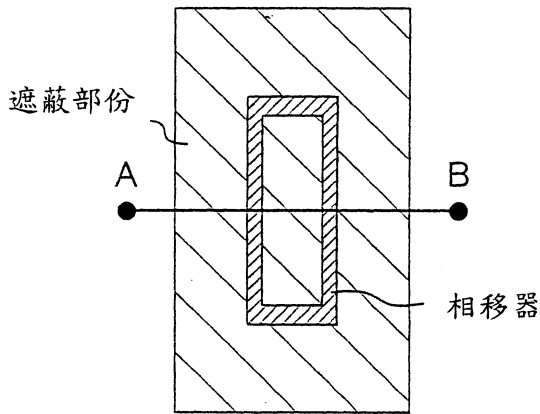


圖1C

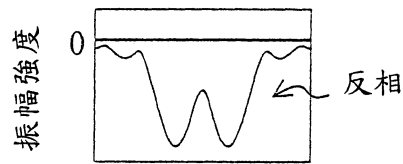


圖1D

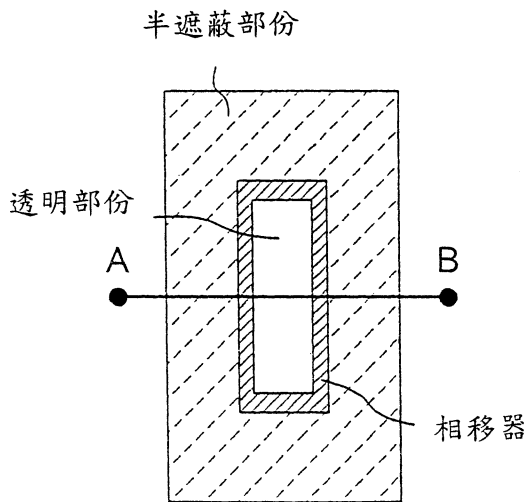


圖1E

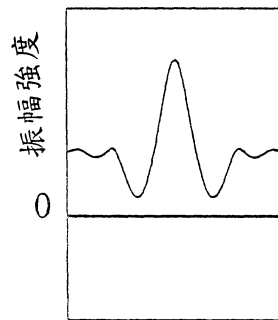


圖1F

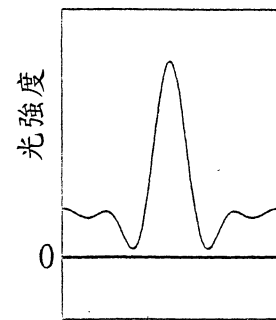


圖1G

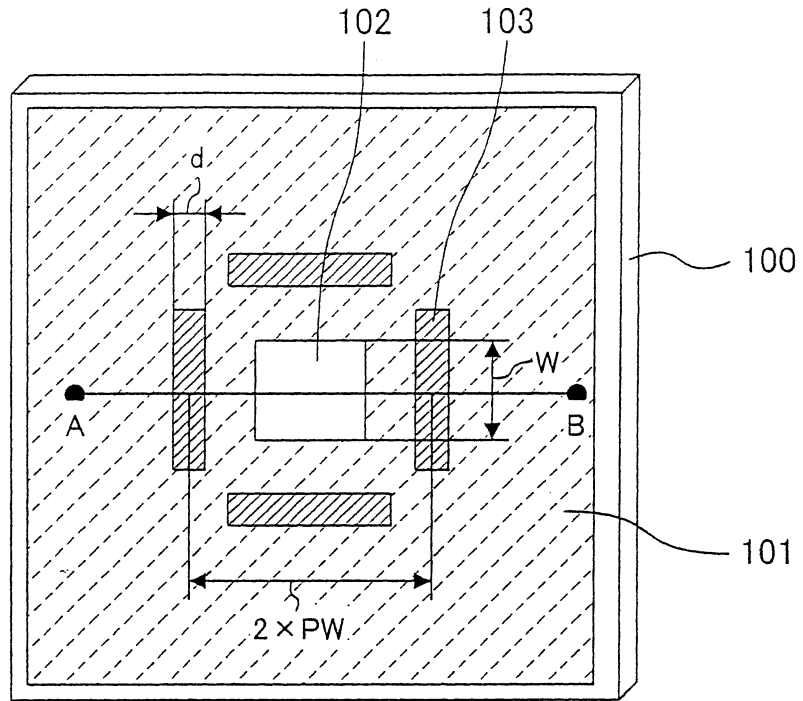


圖2A

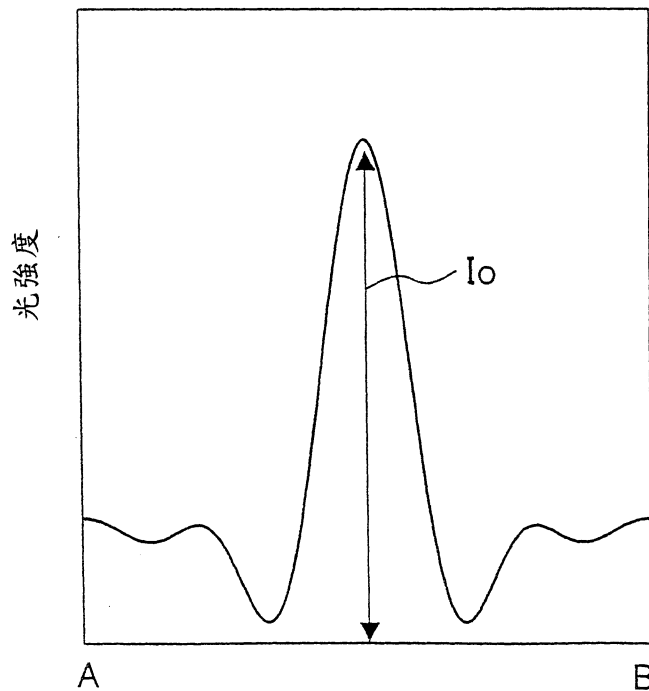


圖2B

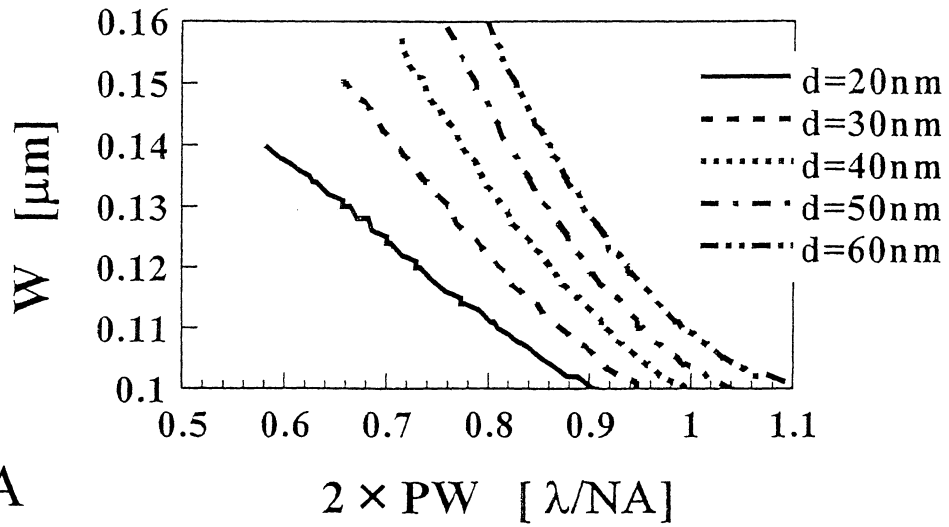


圖3A

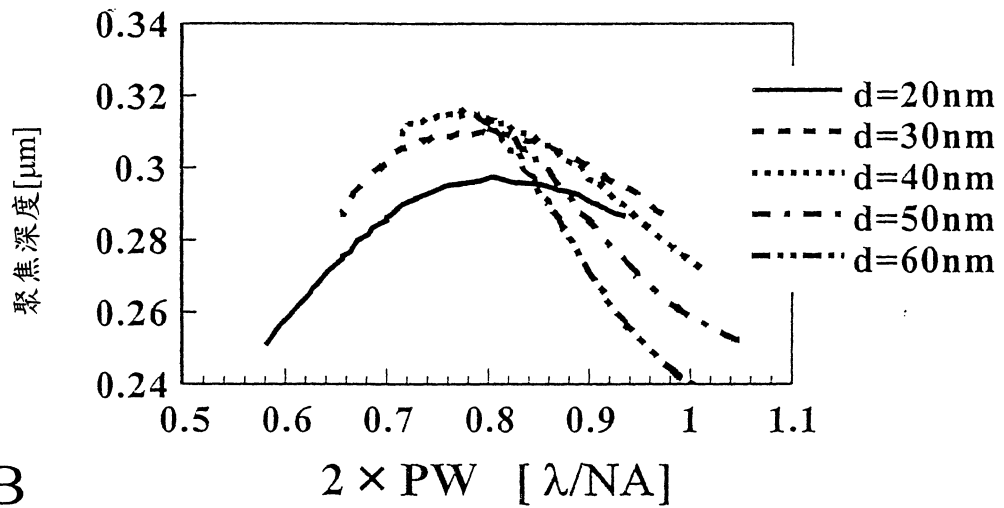


圖3B

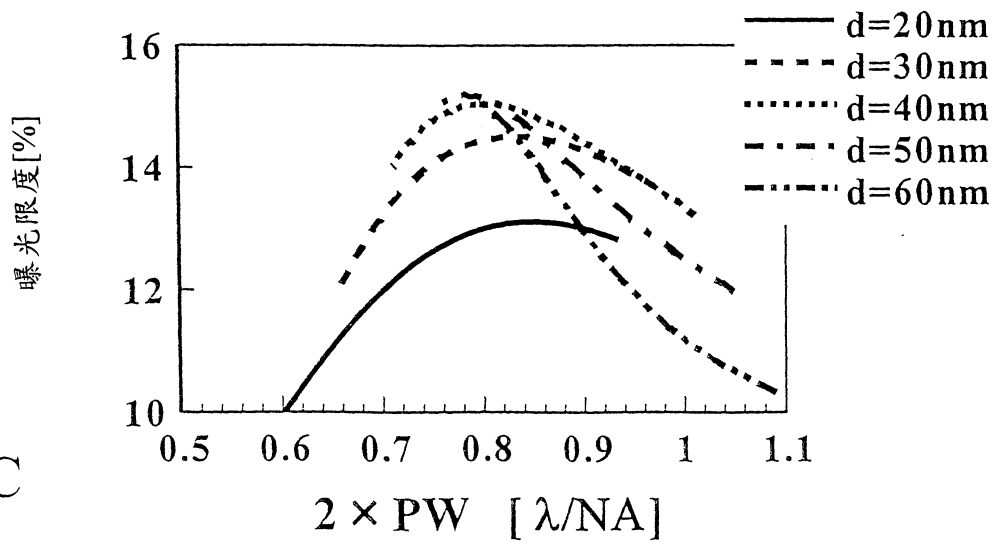


圖3C

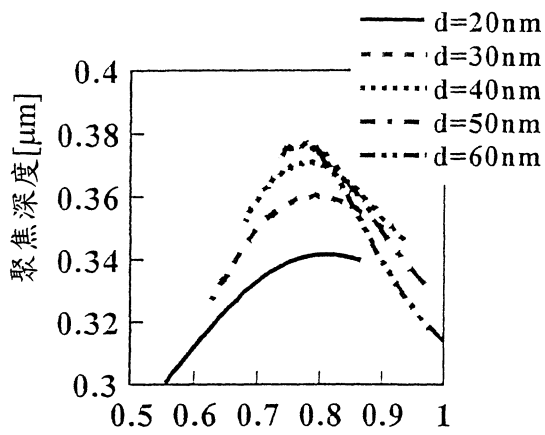


圖 4A $2 \times PW [\lambda/NA]$

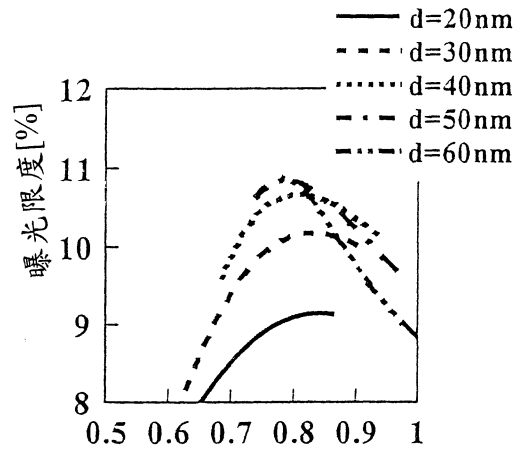


圖 4B $2 \times PW [\lambda/NA]$

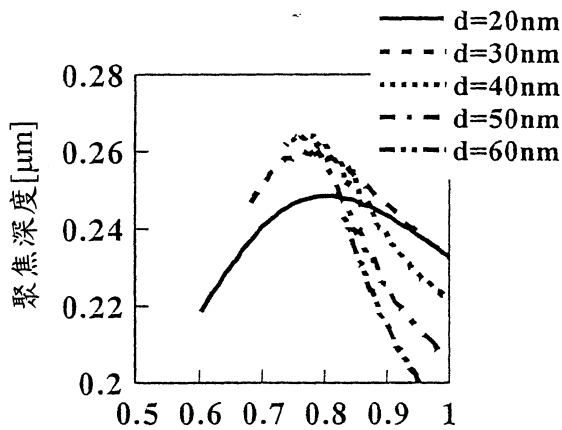


圖 4C $2 \times PW [\lambda/NA]$

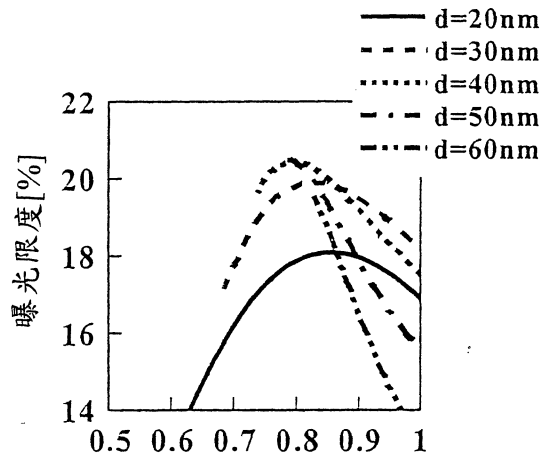


圖 4D $2 \times PW [\lambda/NA]$

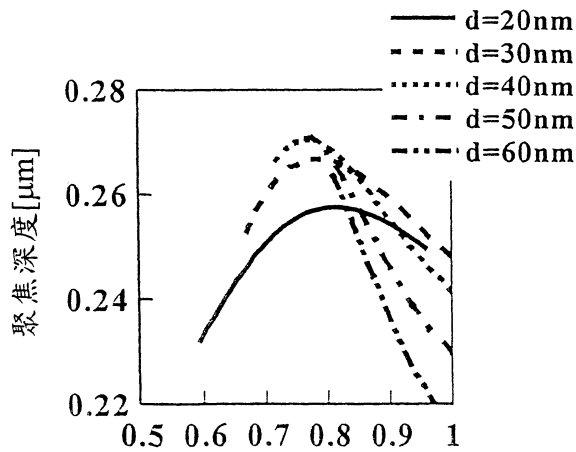


圖 4E $2 \times PW [\lambda/NA]$

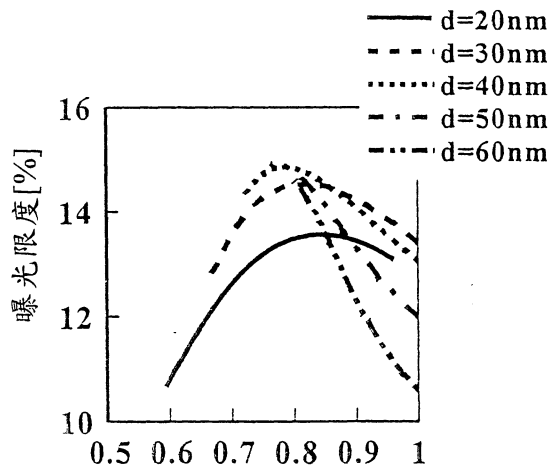


圖 4F $2 \times PW [\lambda/NA]$

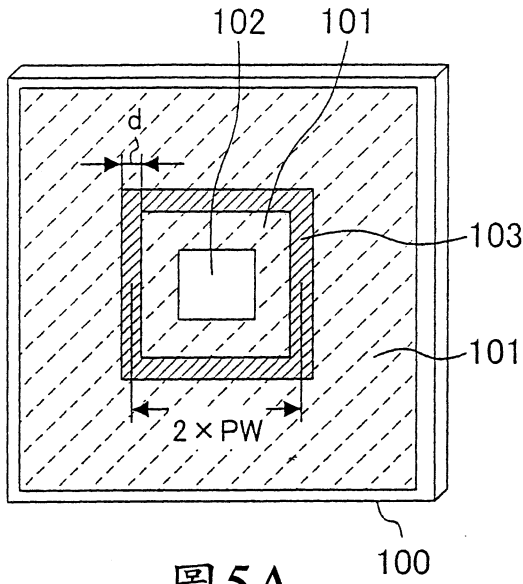


圖 5A

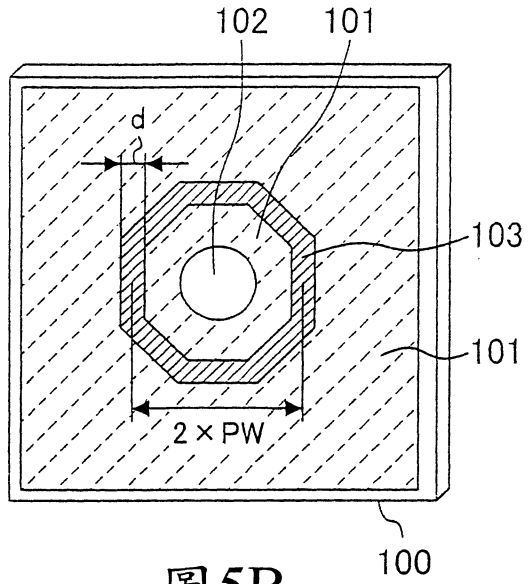


圖 5B

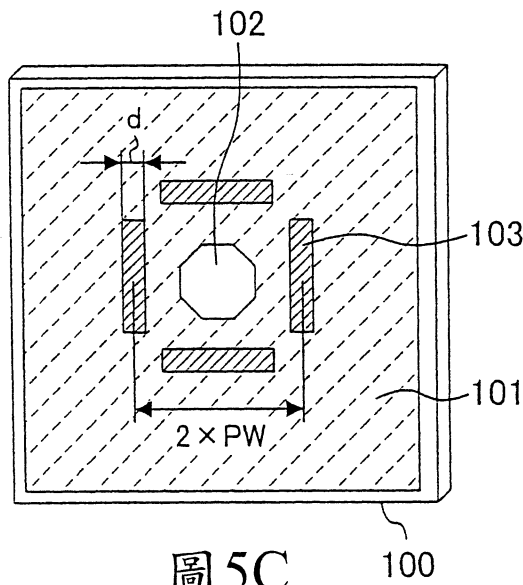


圖 5C

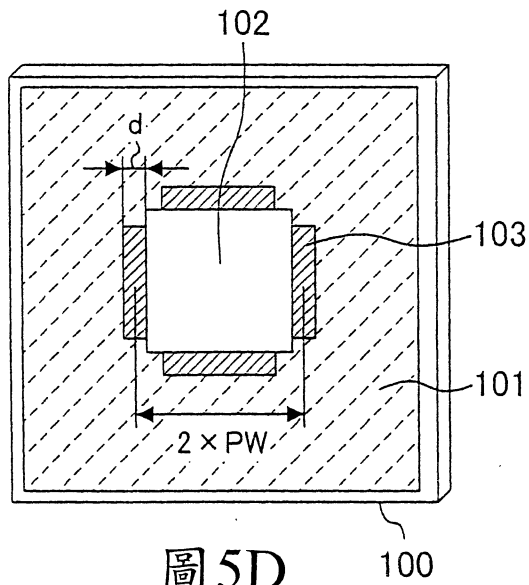


圖 5D

圖 6A

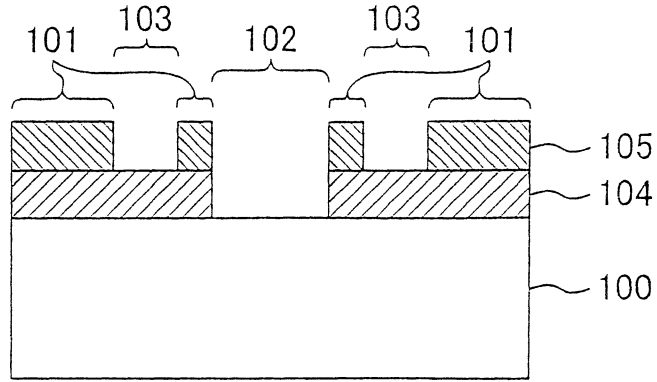


圖 6B

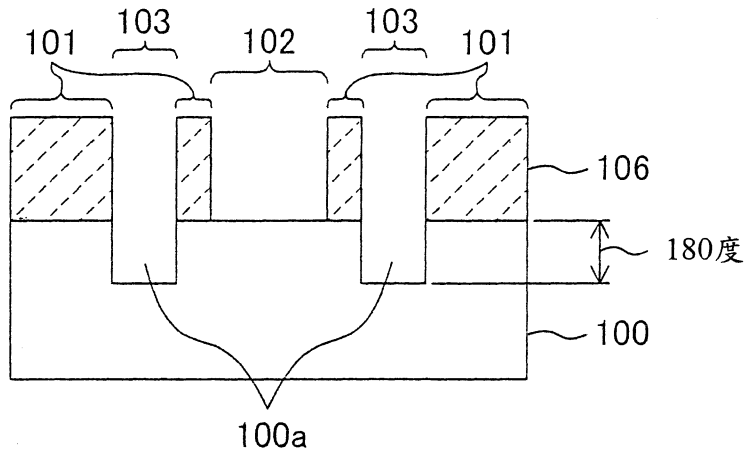


圖 6C

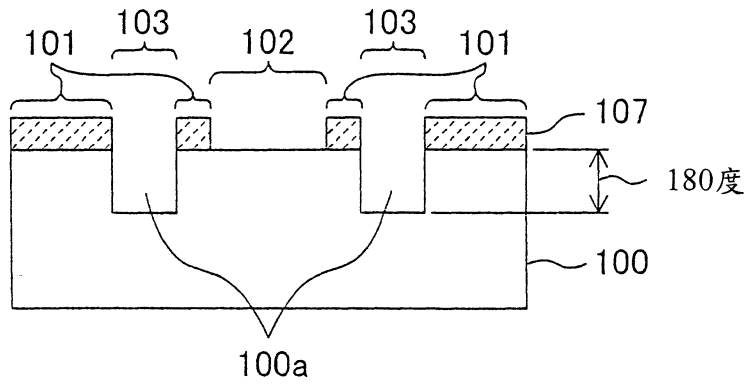
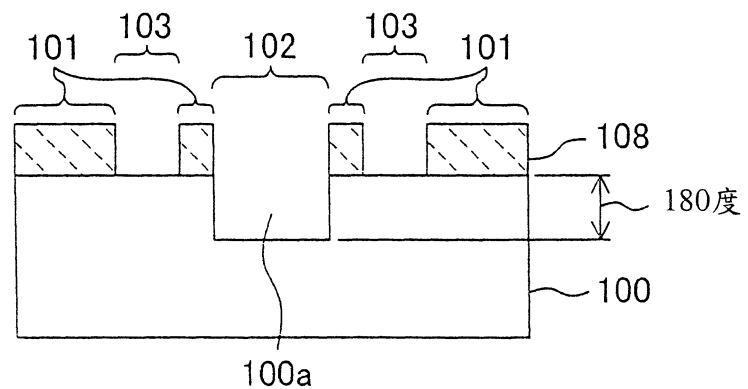


圖 6D



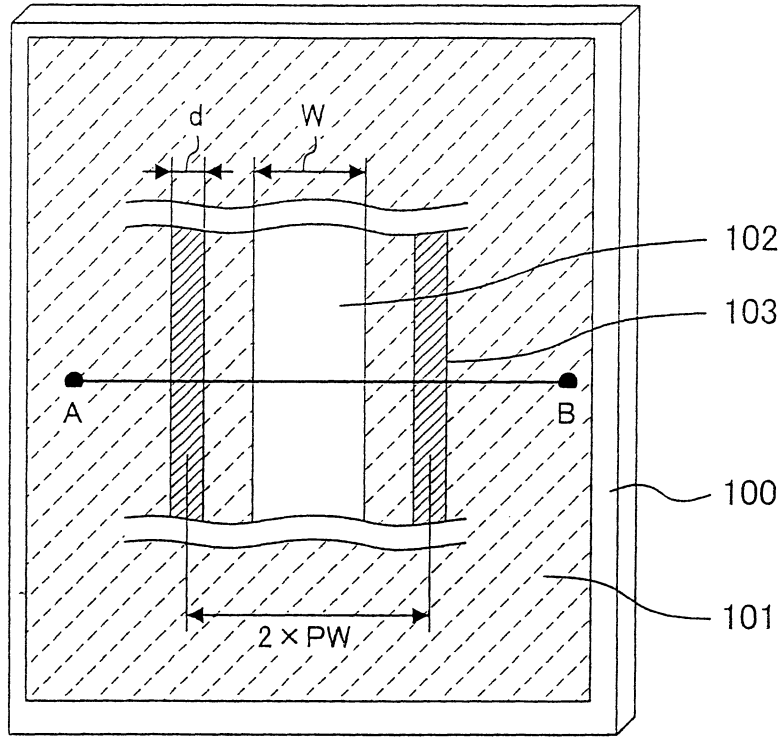


圖7A

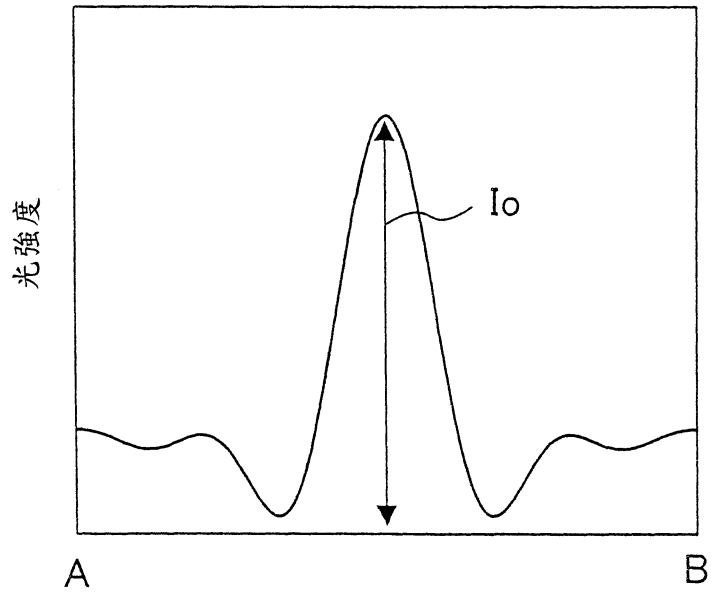


圖7B

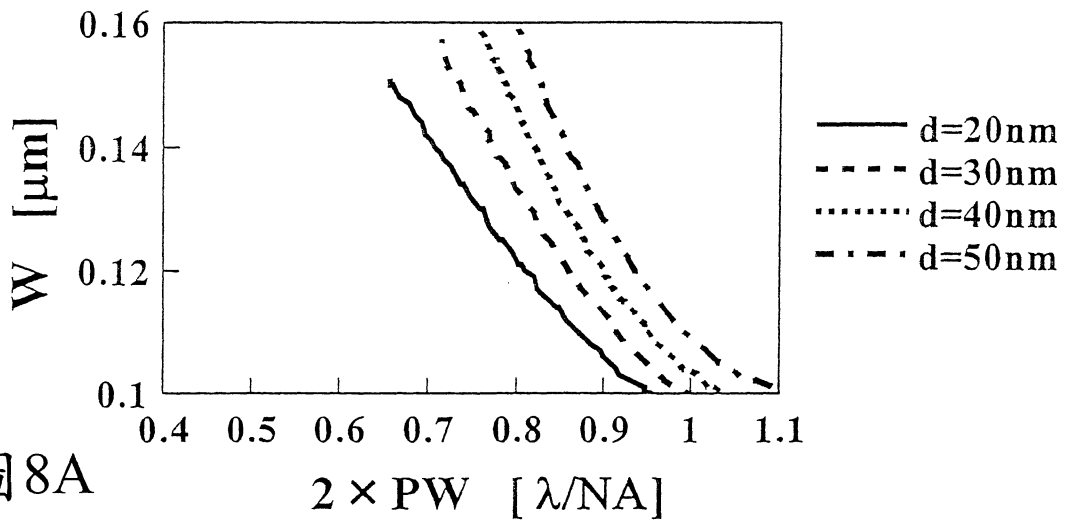


圖 8A

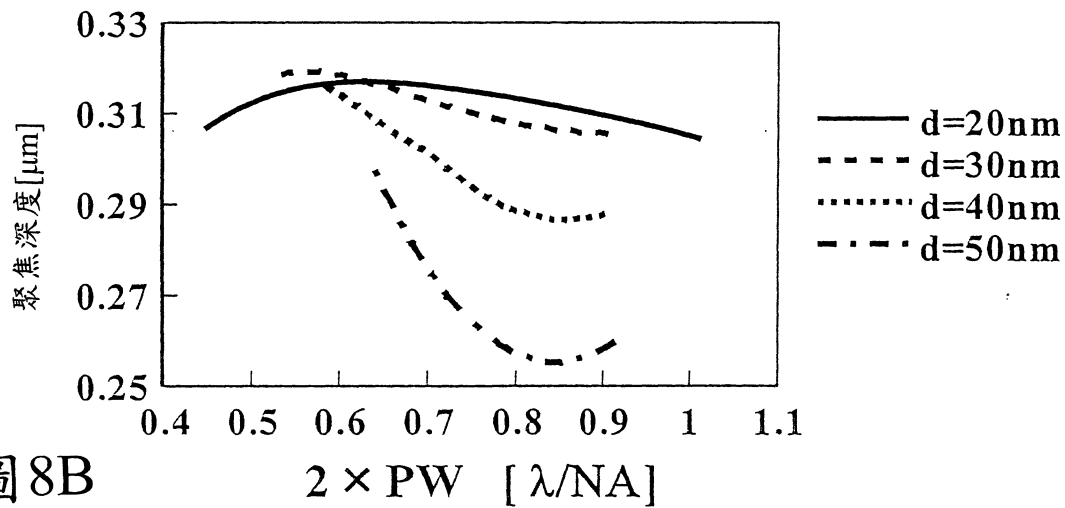


圖 8B

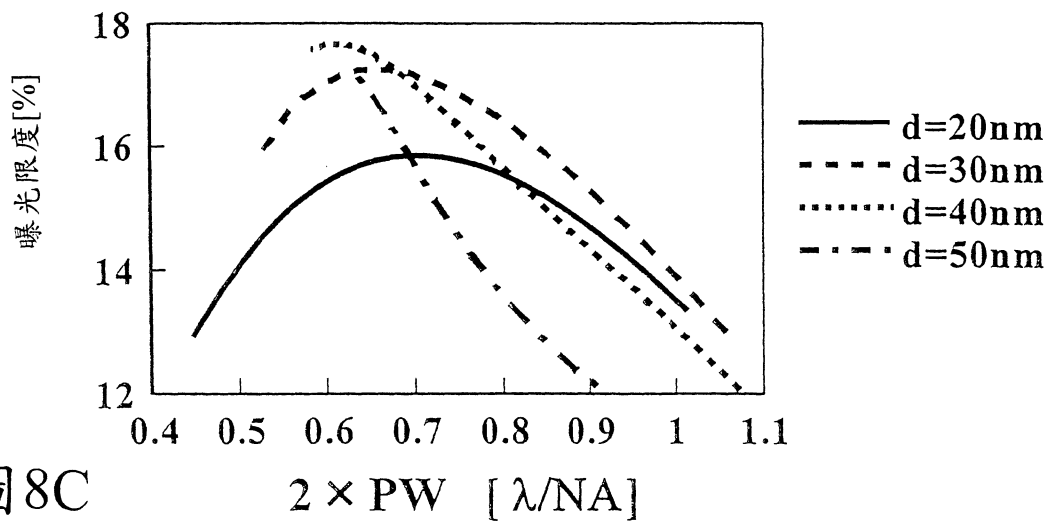


圖 8C

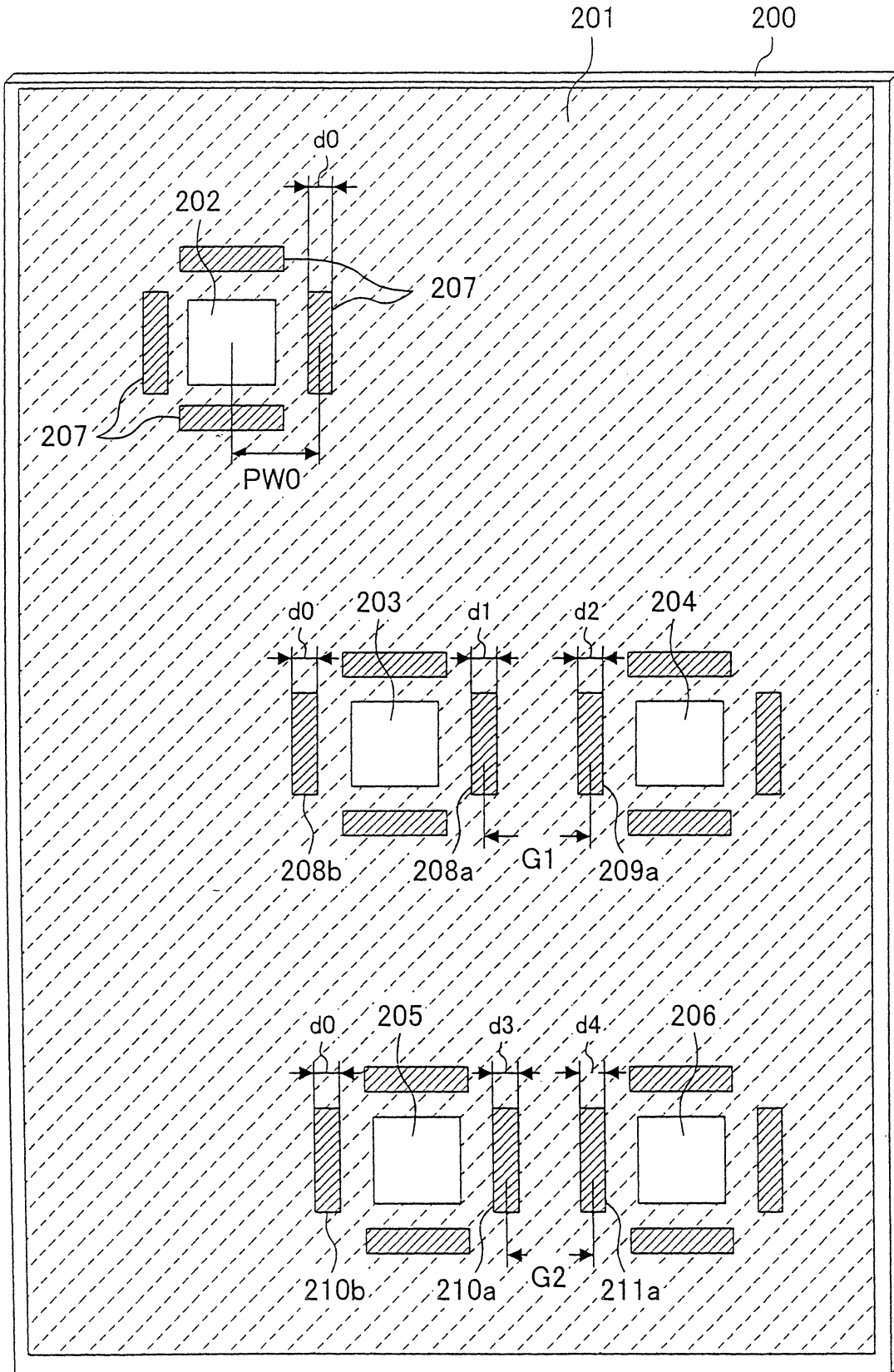


圖9

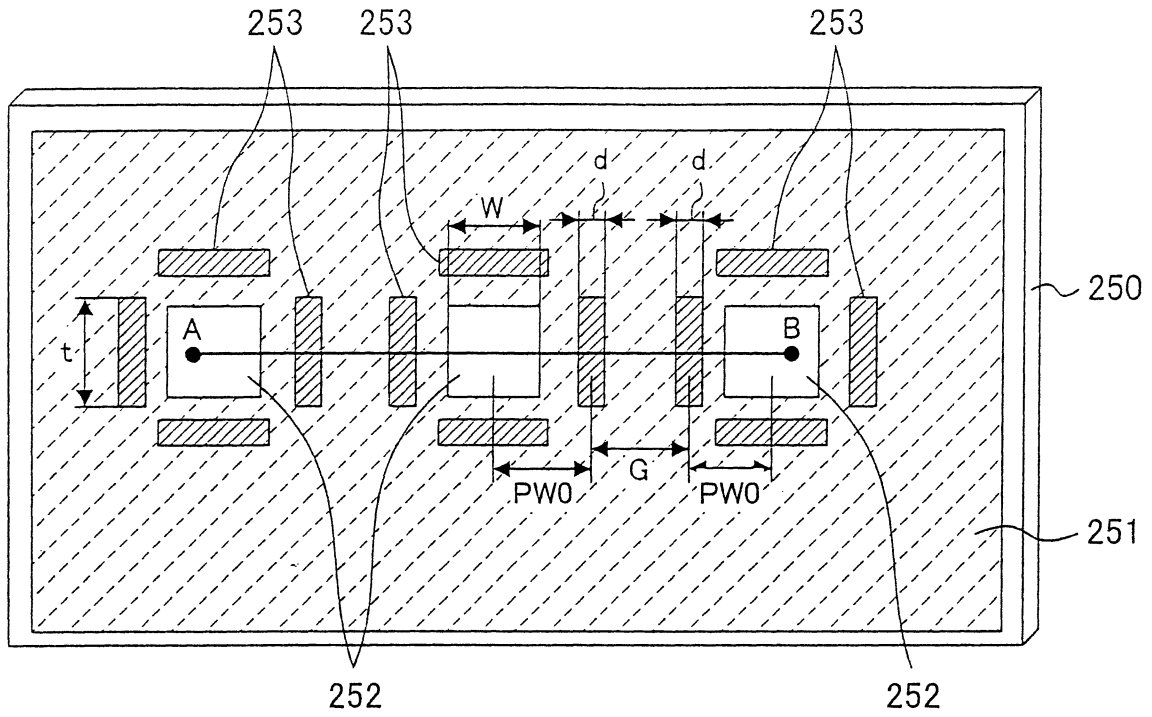


圖 10A

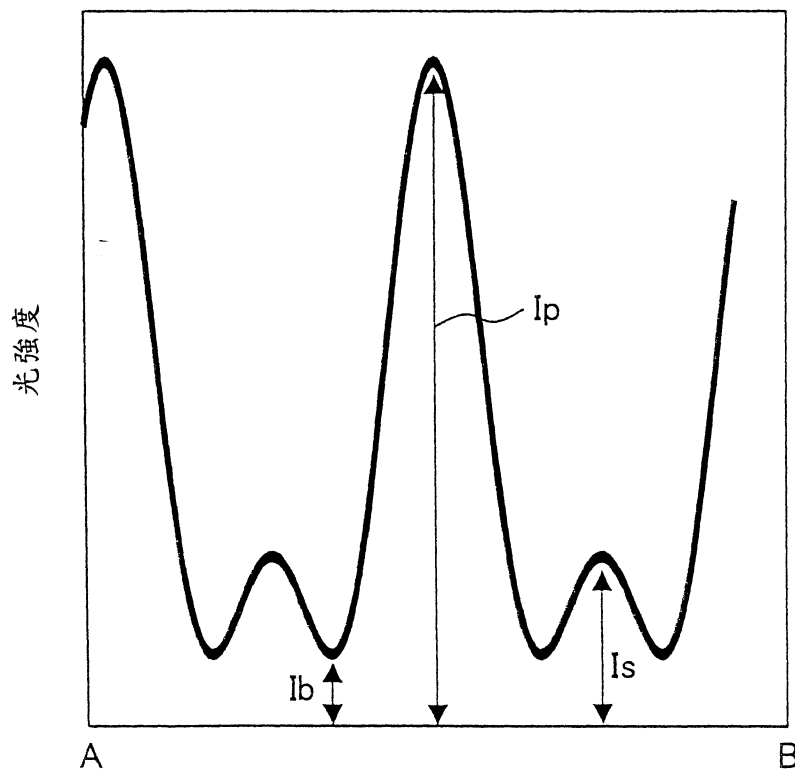
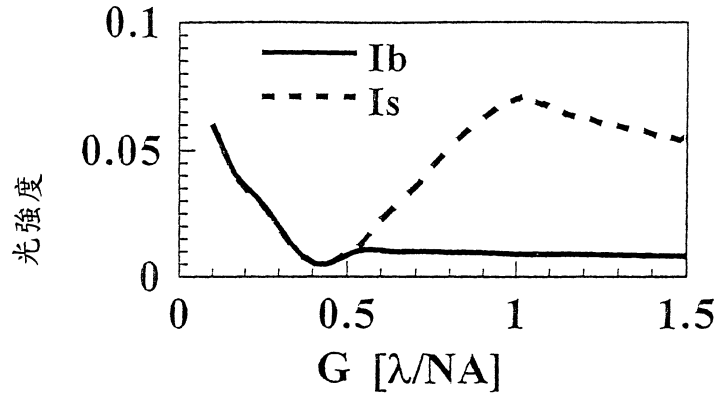


圖 10B



相移器寬度的最佳化 $G < 0.5 \times \lambda/NA$
 $d = d_0 \times (0.5 + G) / (\lambda/NA)$

圖 11A

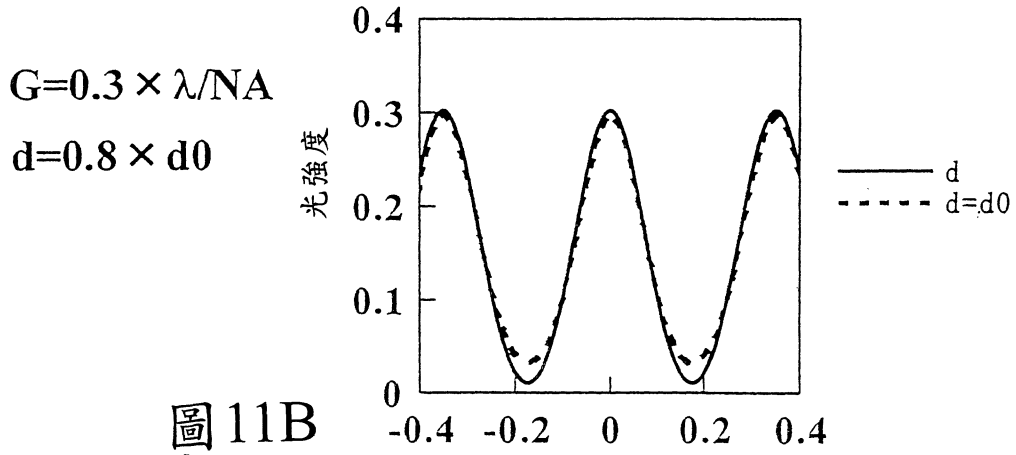


圖 11B

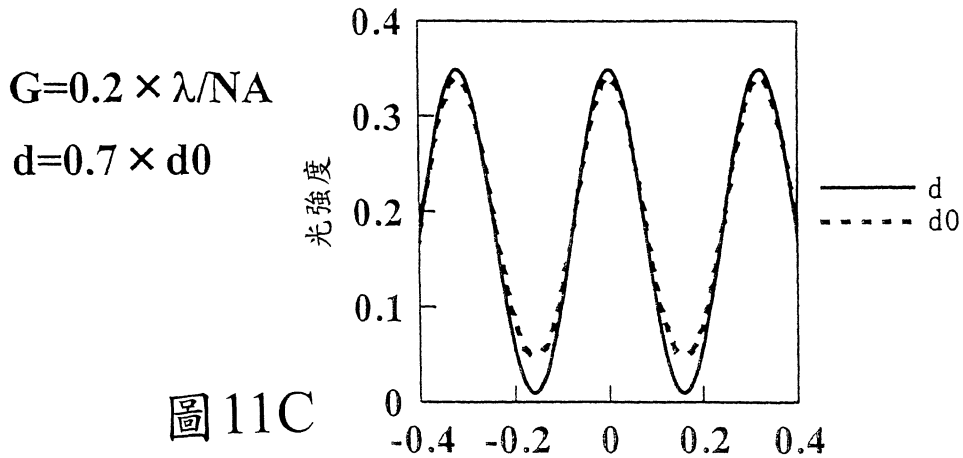
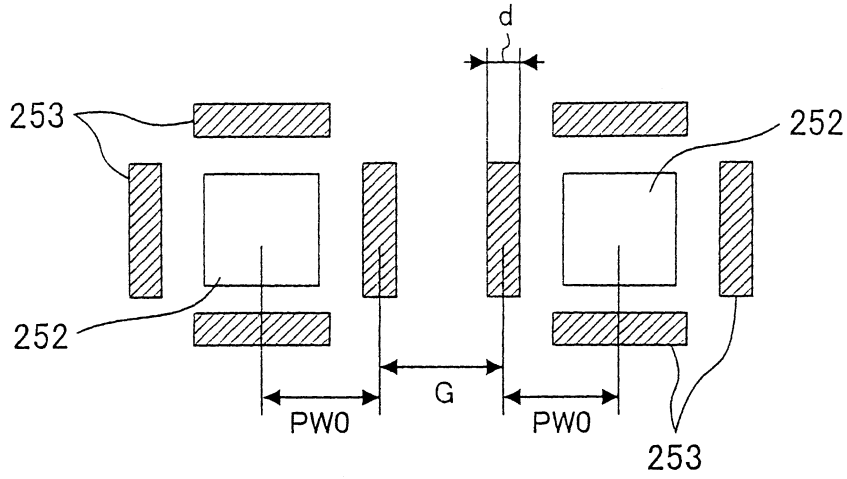
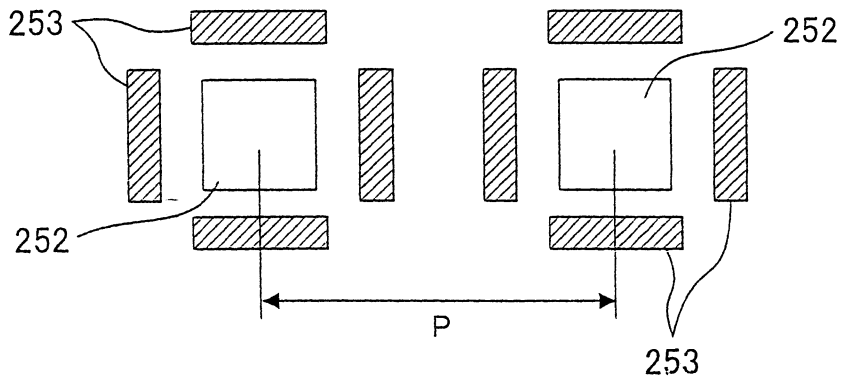


圖 11C



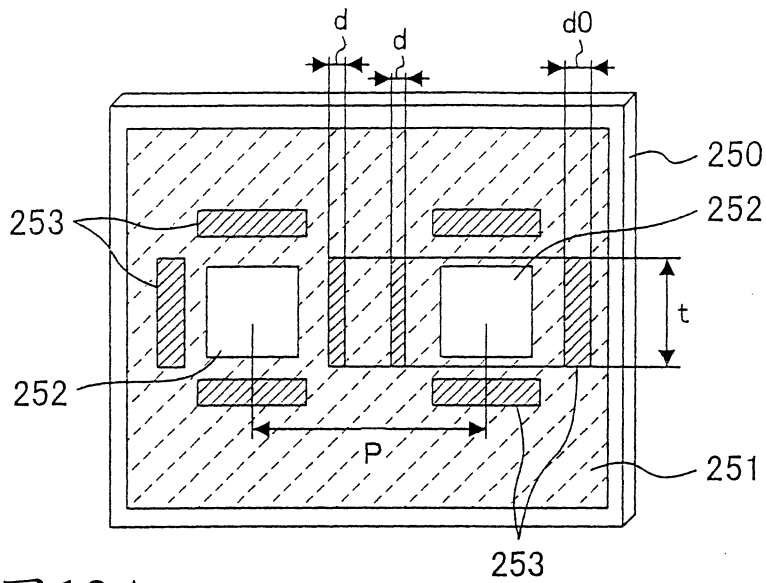
PW0的最佳值：當 $0.4 \times \lambda/NA$ 時所獲得者且
 $G < 0.5 \times \lambda/NA$ ，d設為小值

圖 12A



因為 $P = 2 \times PW0 + G$ ，所以 $P < 1.3 \times \lambda/NA$
 ，d設為小值

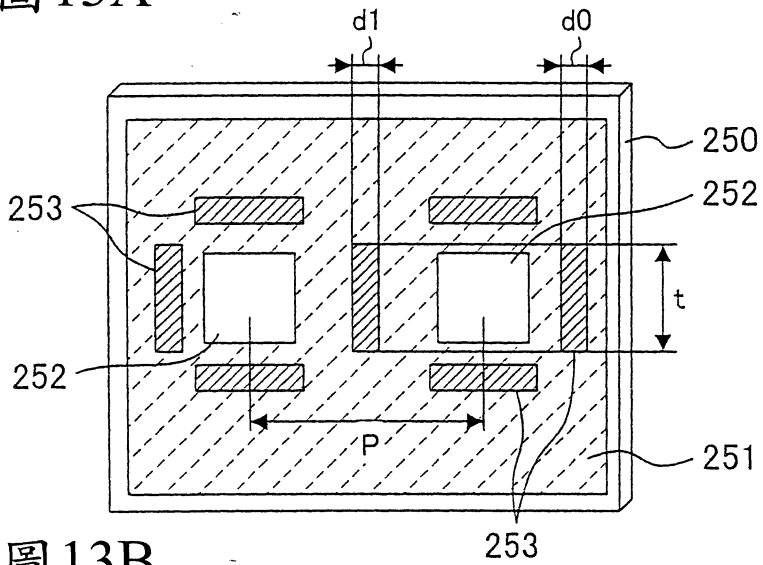
圖 12B



$$P < 1.3 \times \lambda / NA$$

$$d < d_0$$

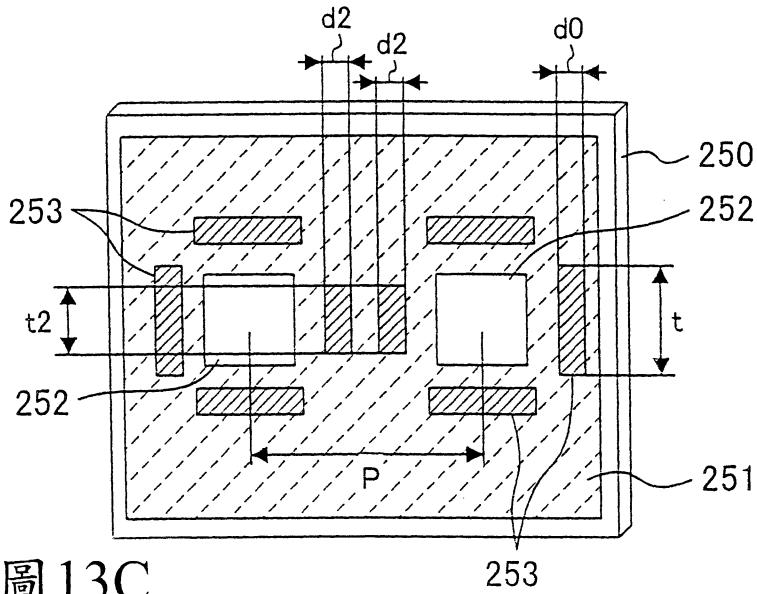
圖 13A



$$P < 1.3 \times \lambda / NA$$

$$d_1 < 2 \times d_0$$

圖 13B



$$P < 1.3 \times \lambda / NA$$

$$t_2 \times d_2 < t \times d_0$$

圖 13C

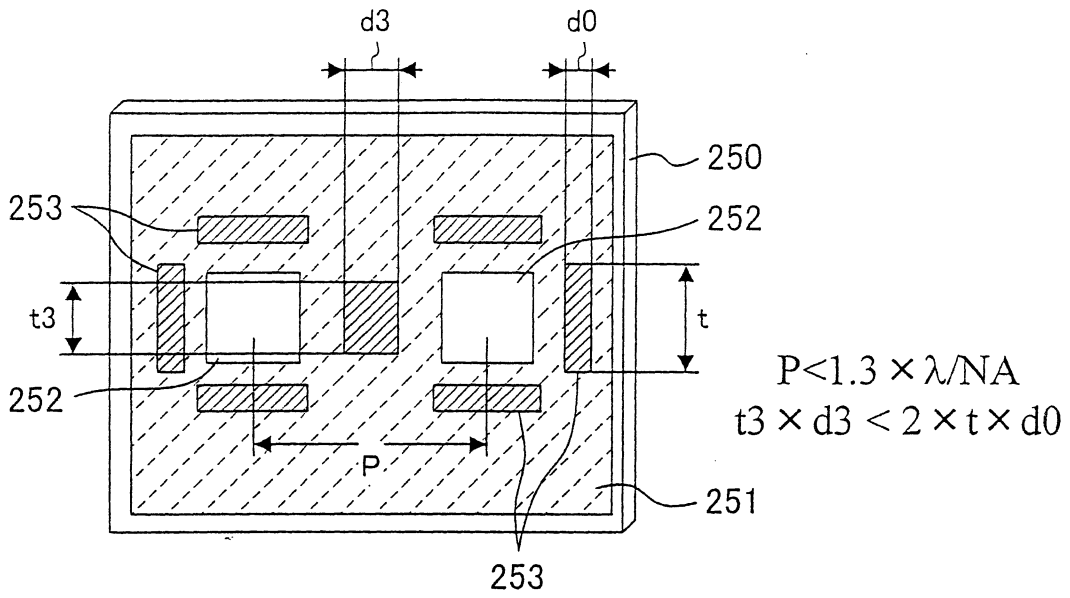


圖 14A

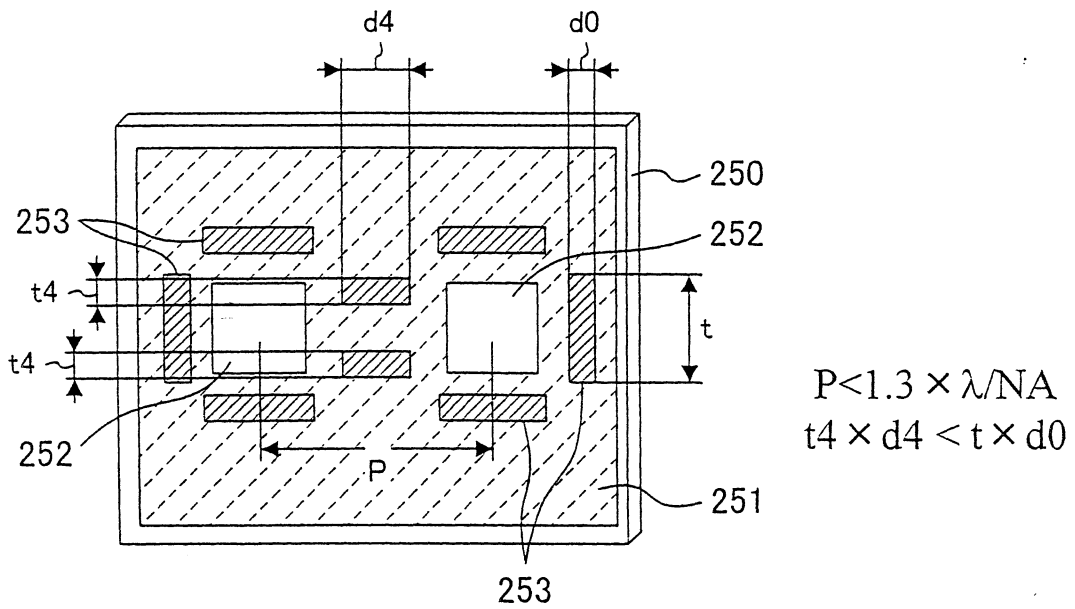


圖 14B

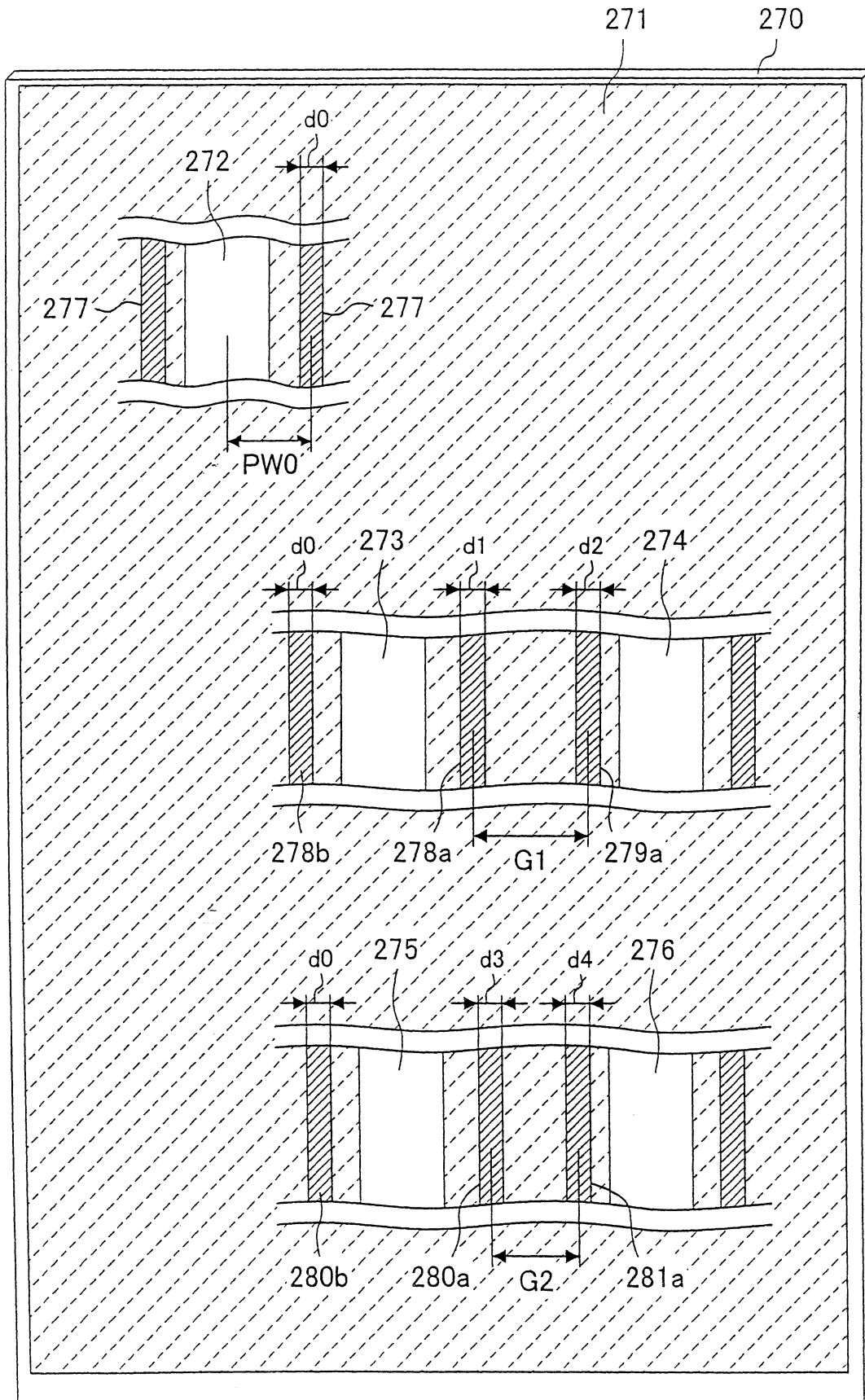
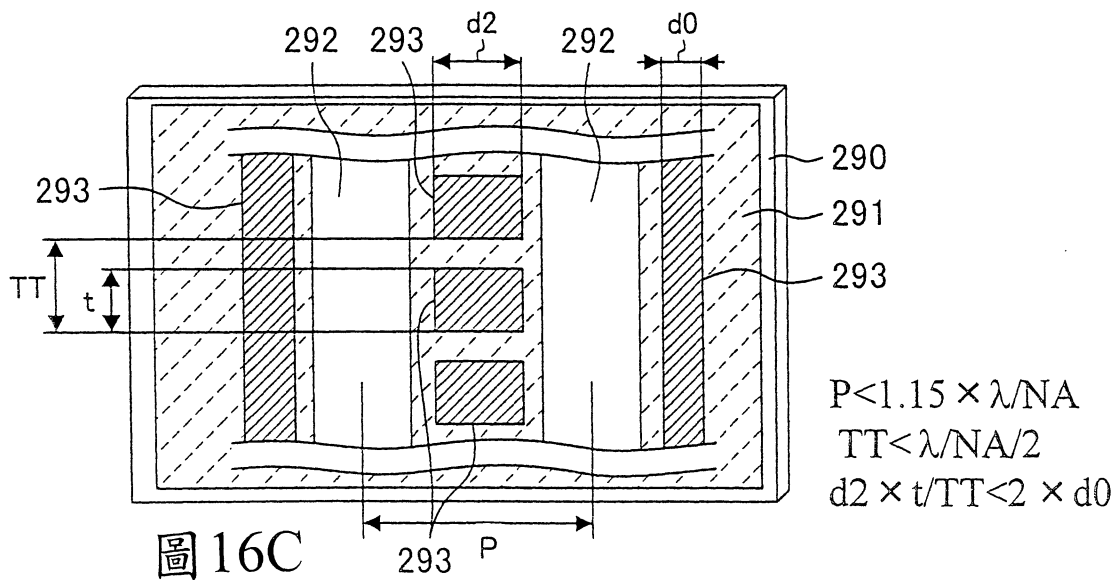
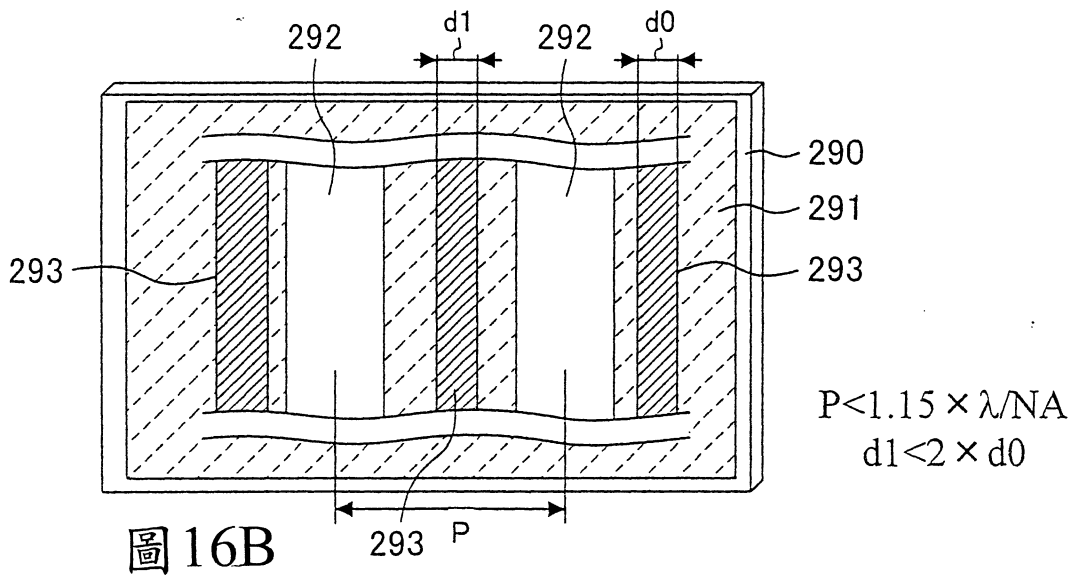
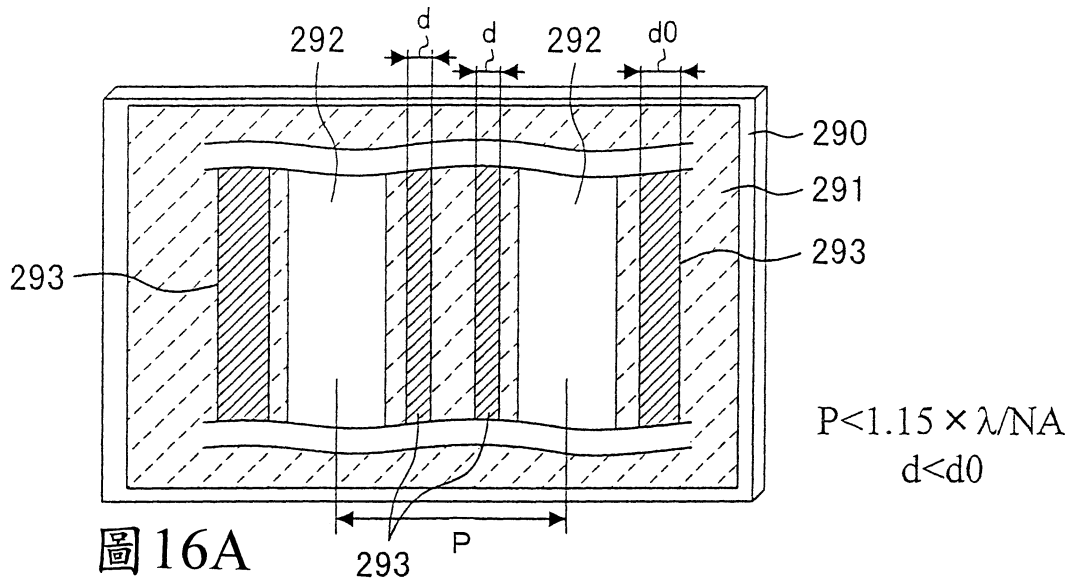


圖 15



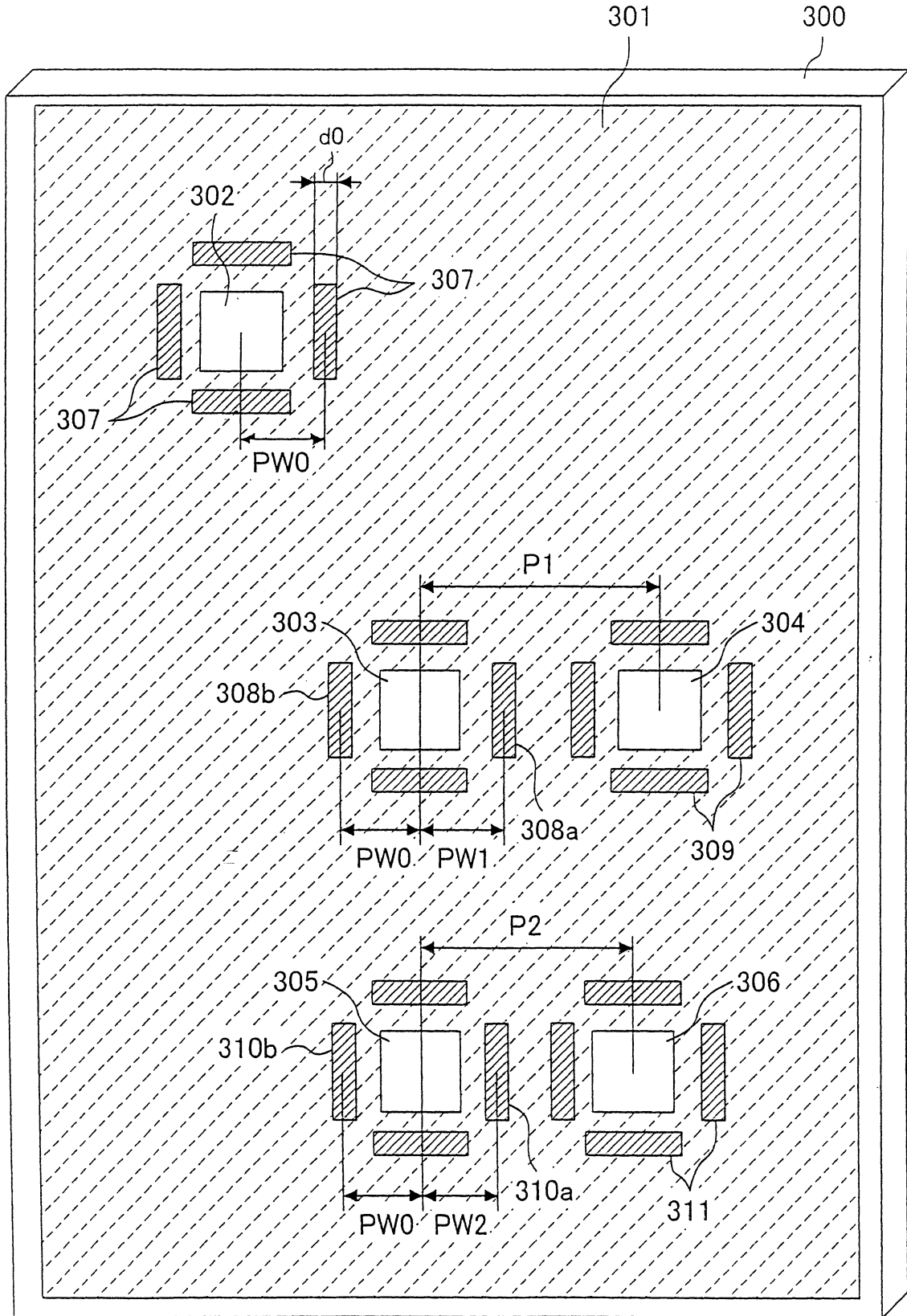


圖 17

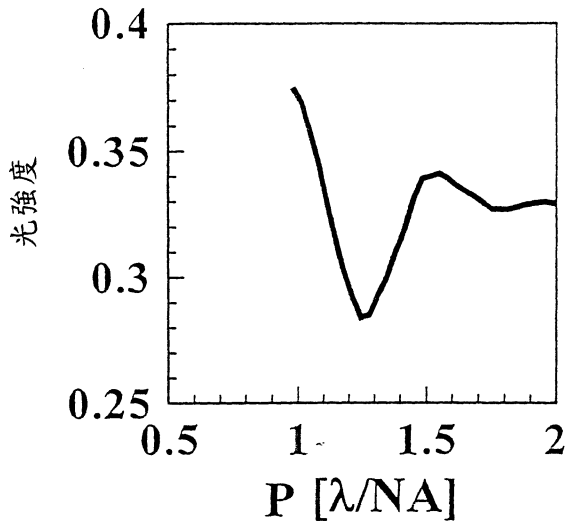


圖 18A

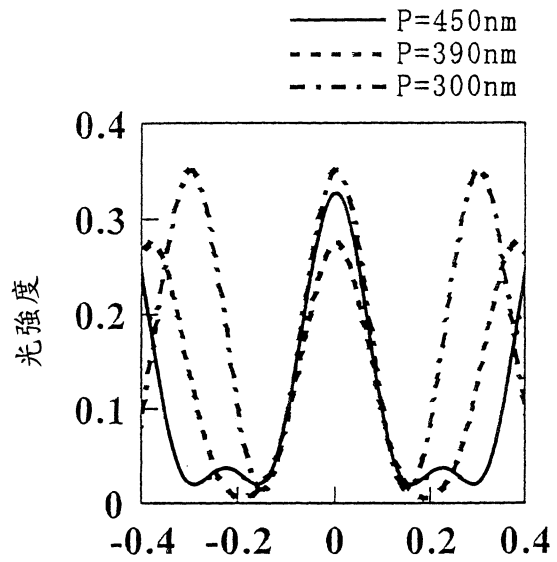


圖 18B

$$PW(P) = PW_0 + \Delta PW(P) \times PW_0$$

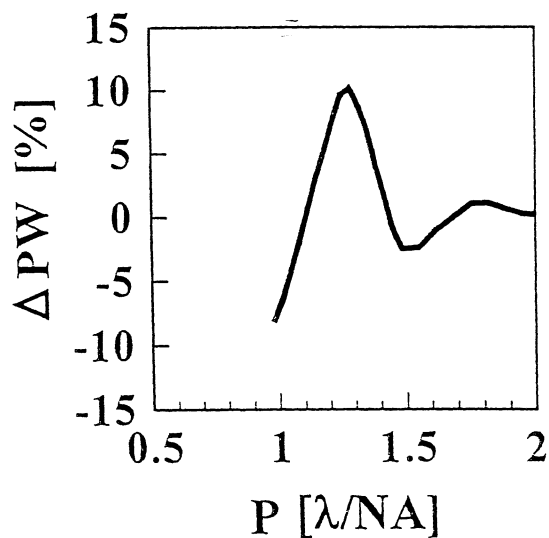


圖 18C

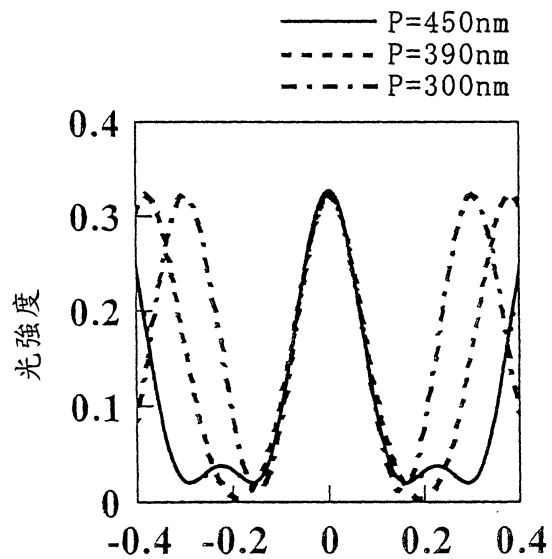


圖 18D

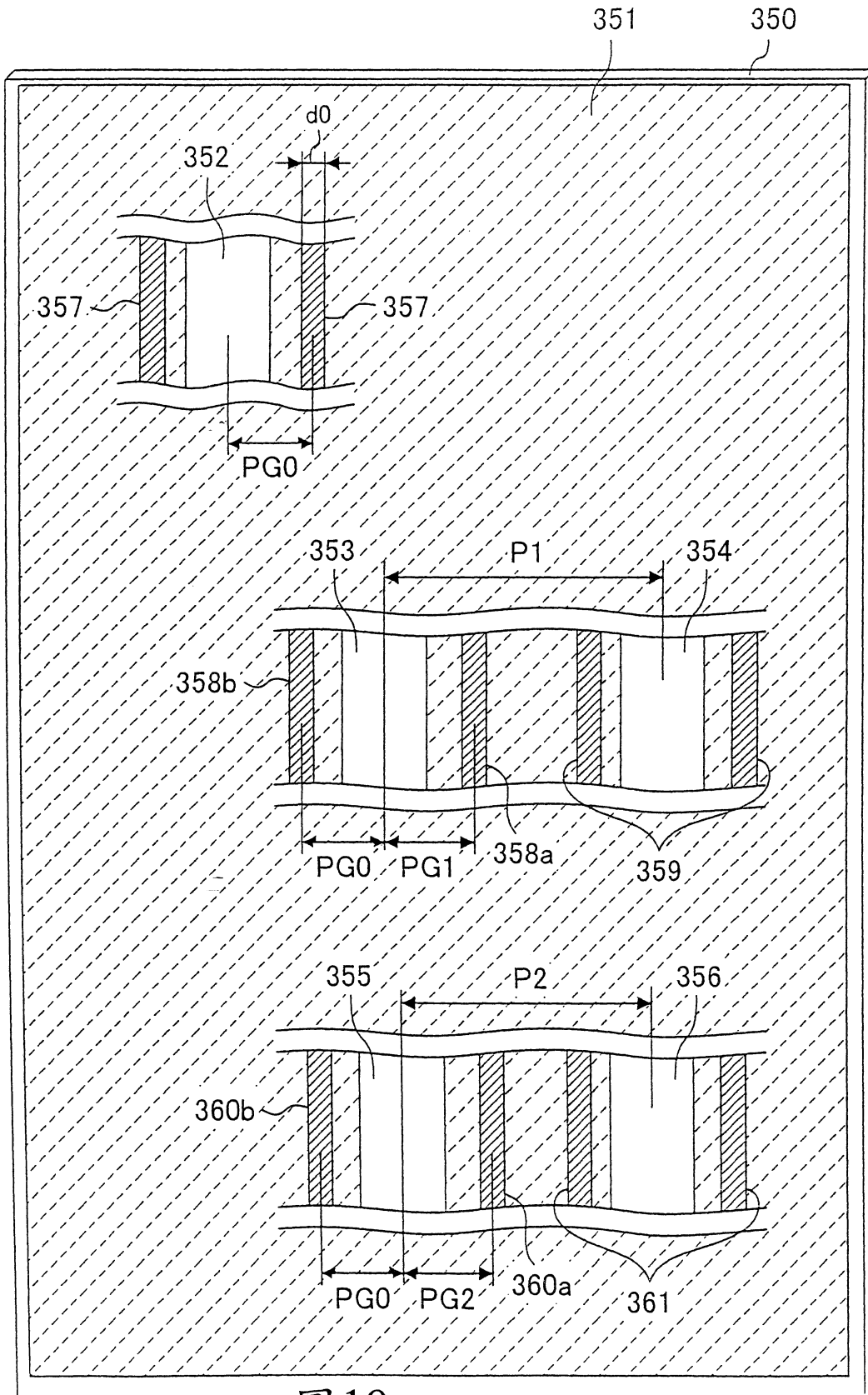


圖 19

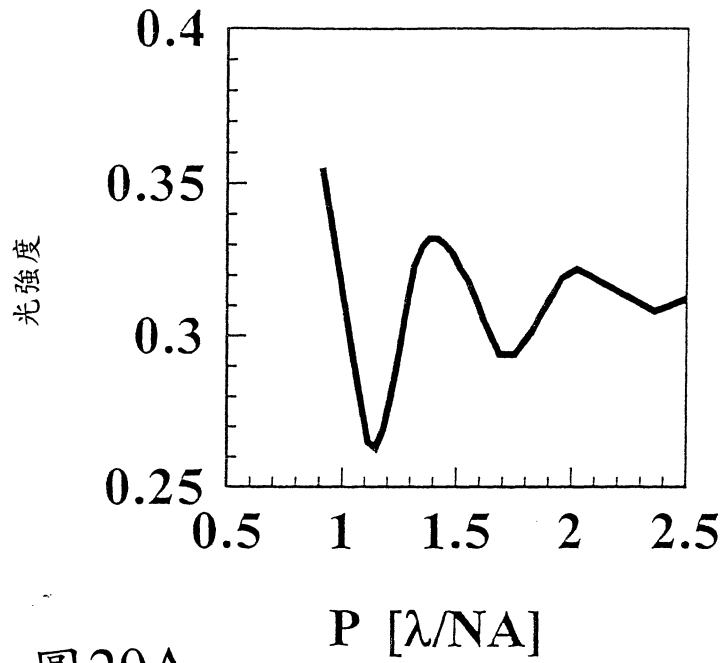


圖 20A

$$PW(P) = PW_0 + \Delta PW(P) \times PW_0$$

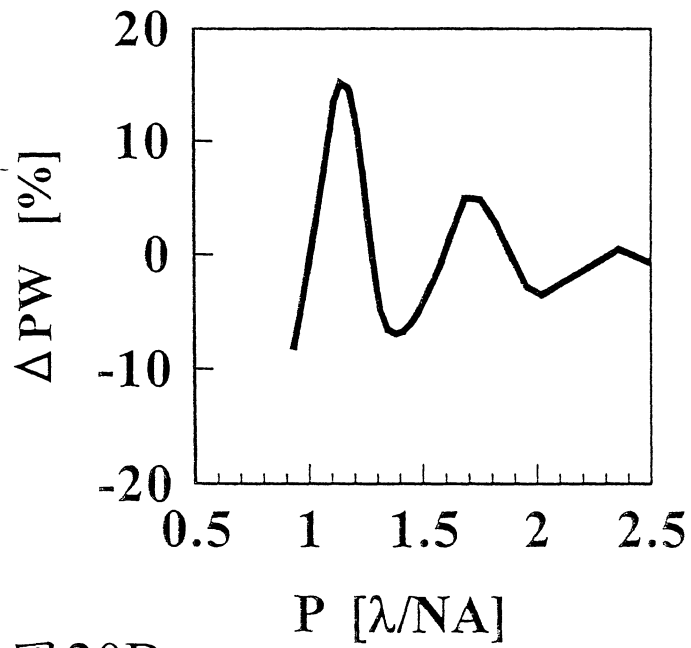


圖 20B

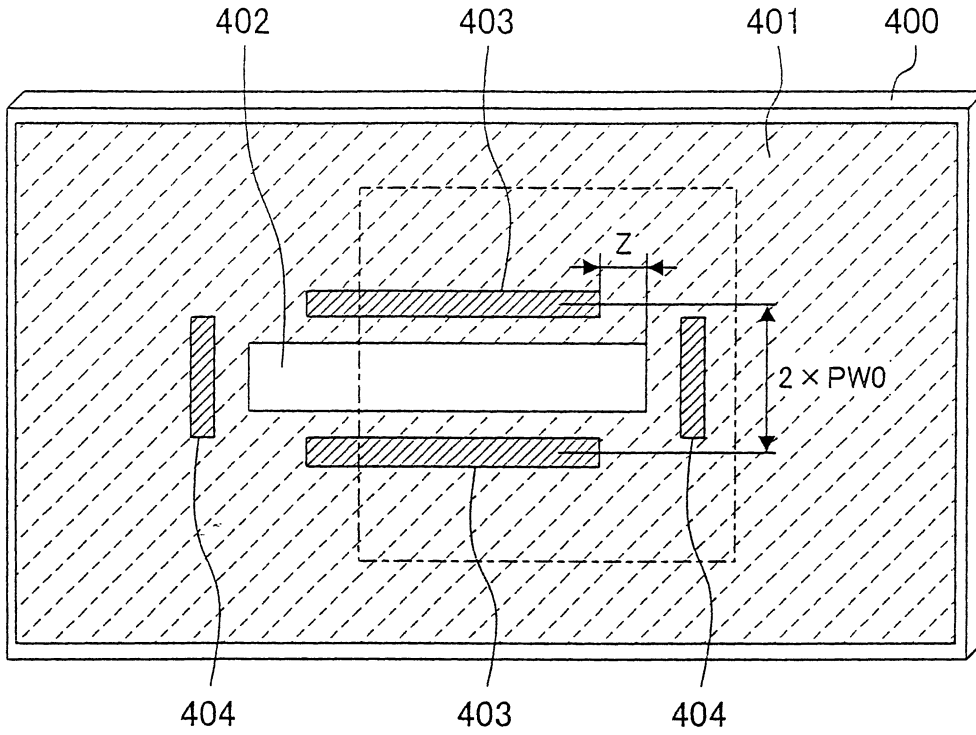


圖21A

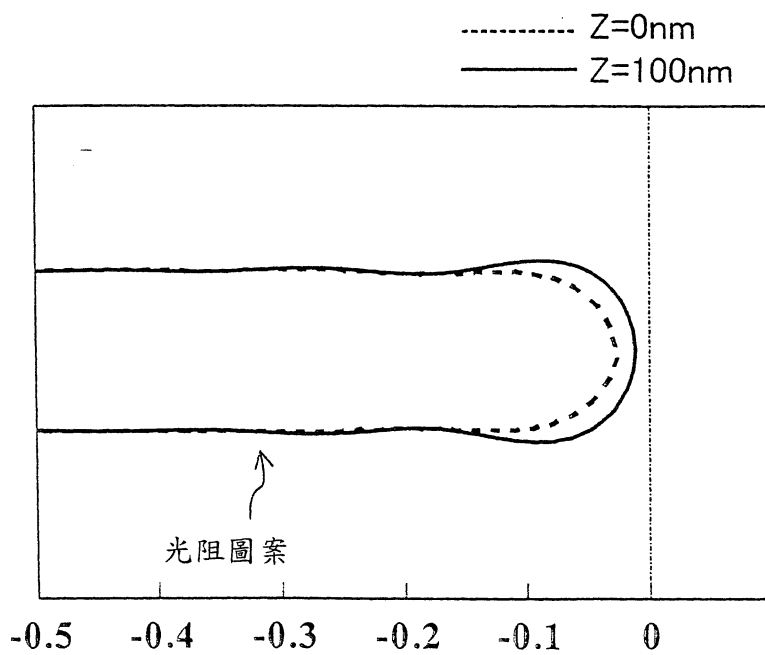


圖21B

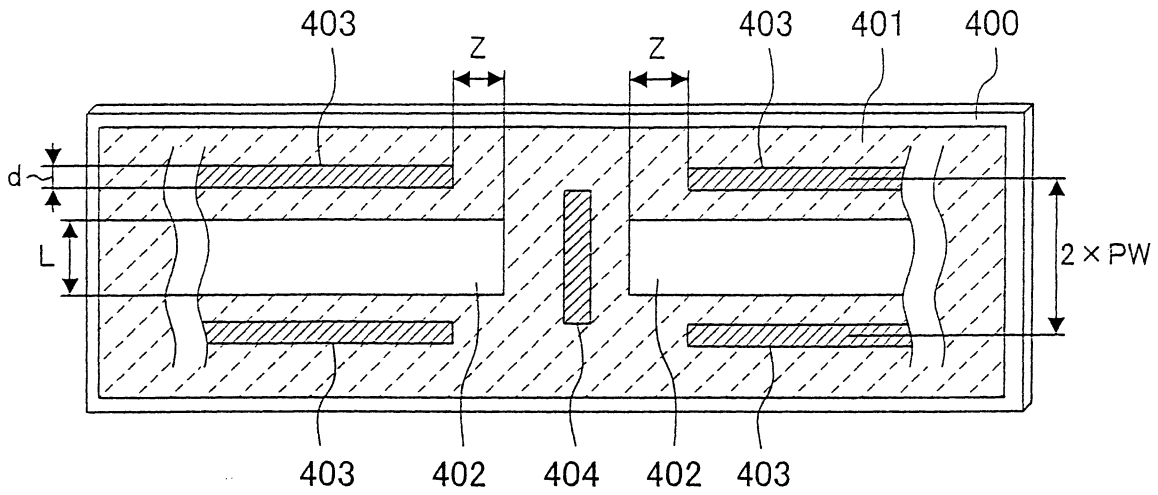


圖 22A

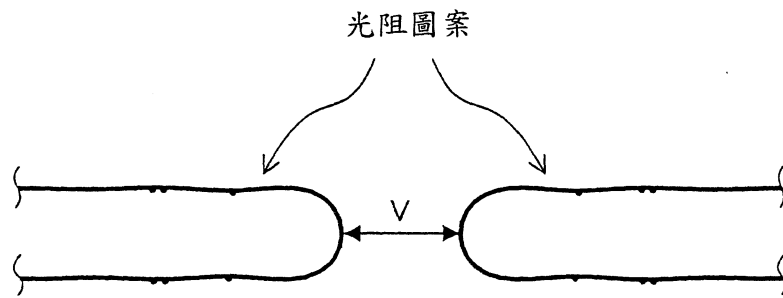


圖 22B

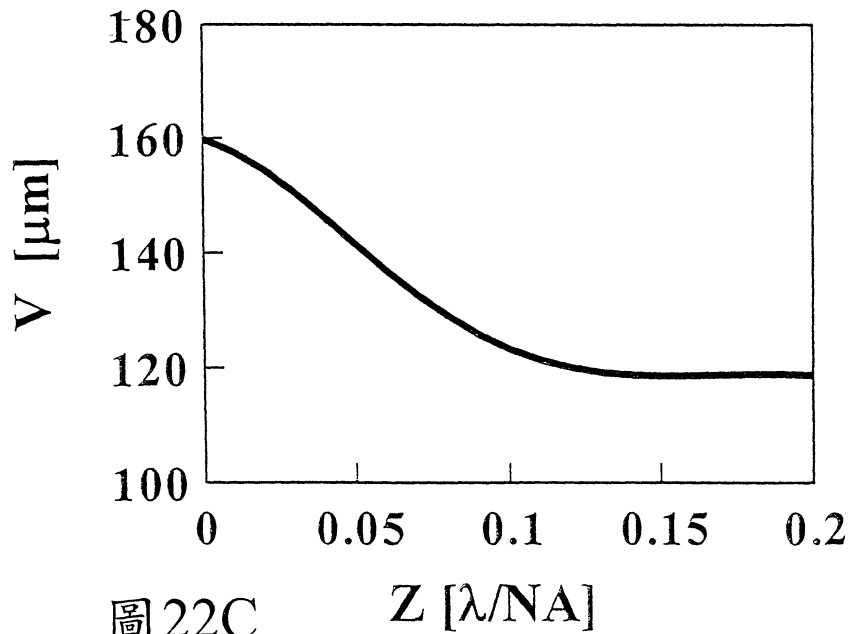


圖 22C

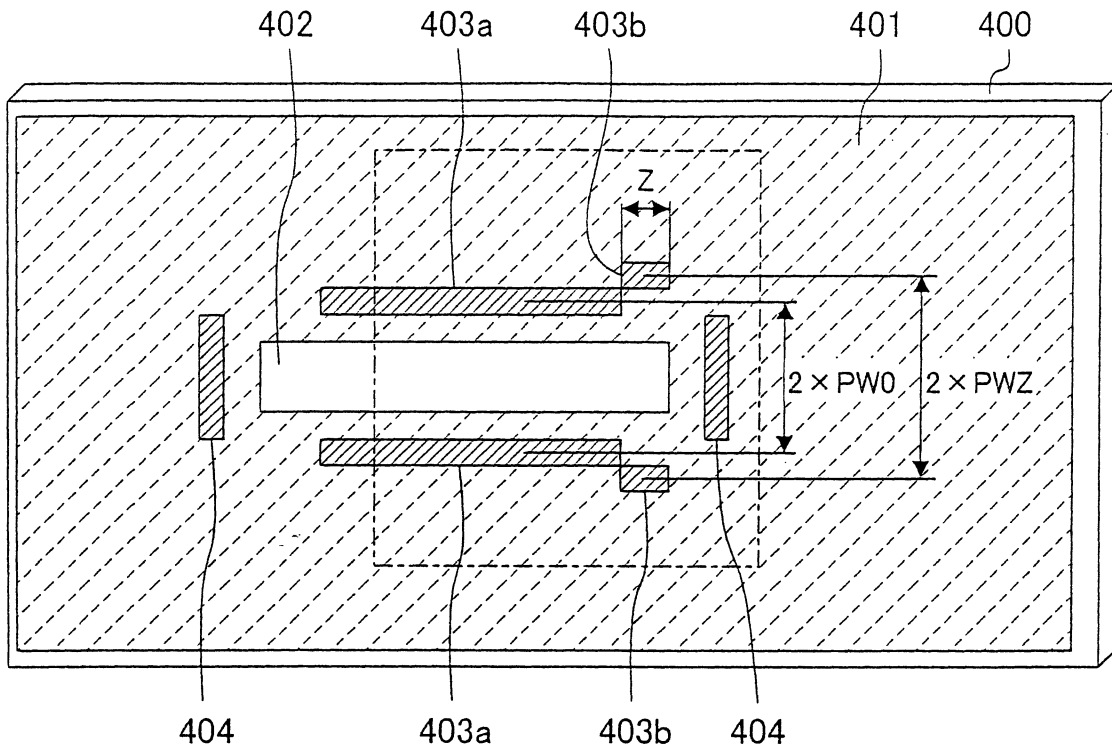
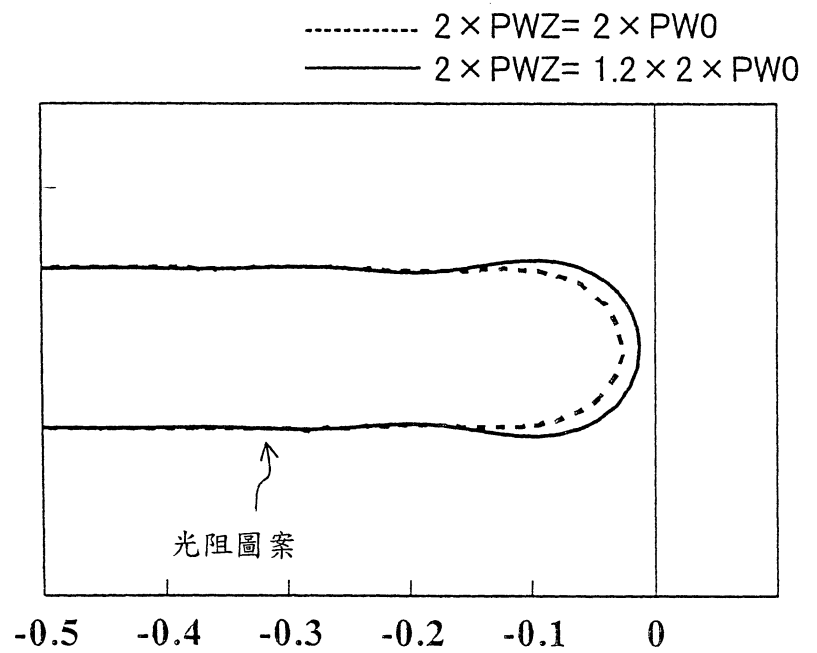


圖 23A



$Z = 270\text{nm} (\approx 0.1 \times \lambda/NA)$

圖 23B

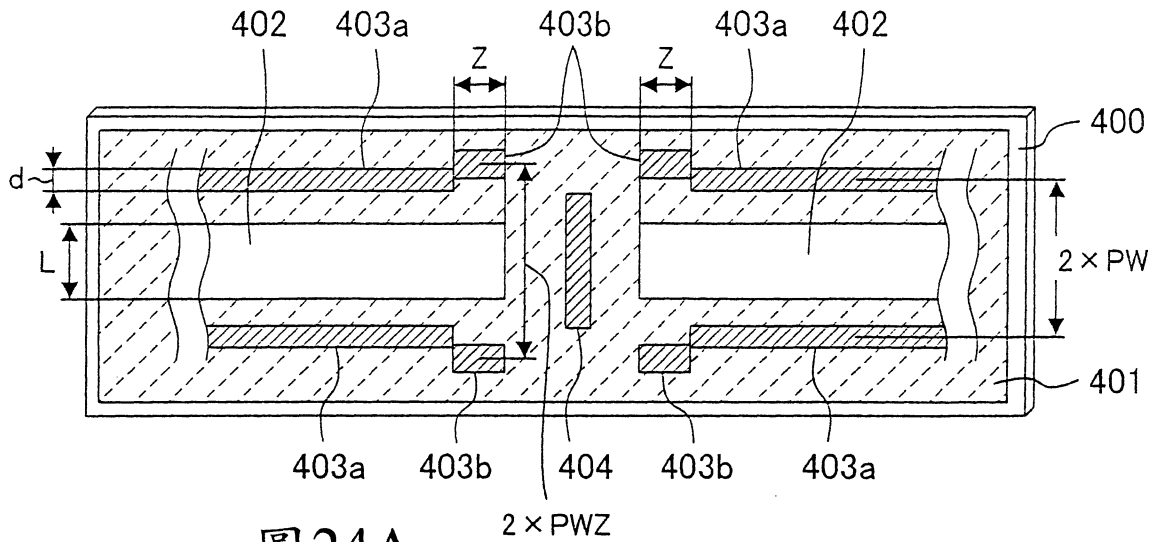


圖 24A

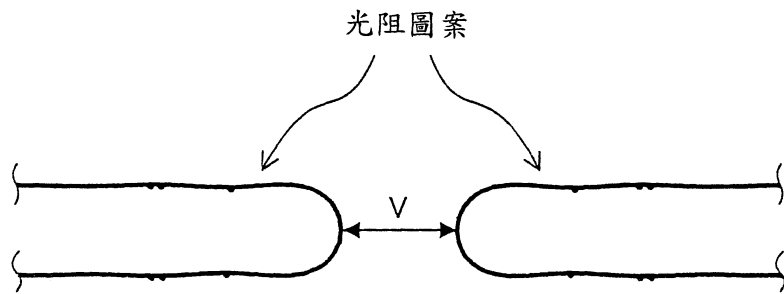


圖 24B

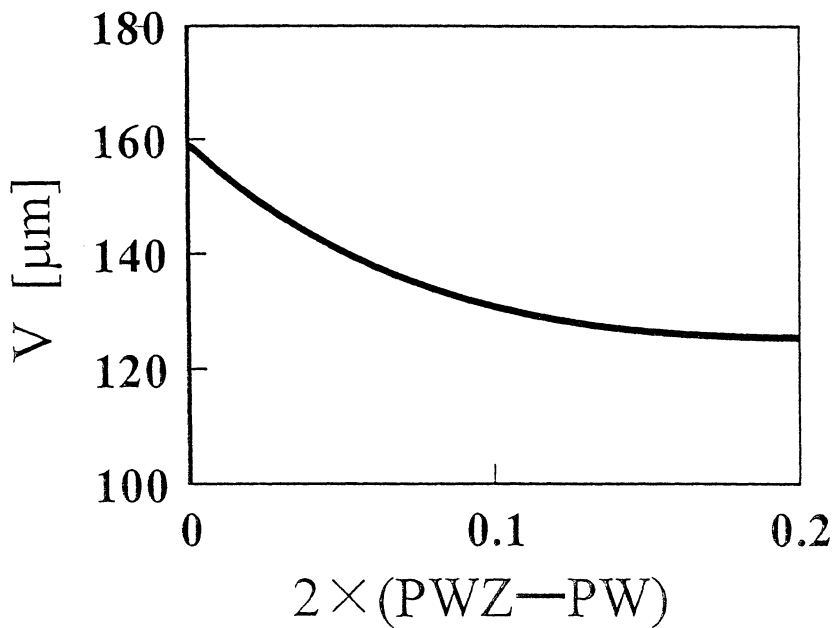


圖 24C

圖 25A

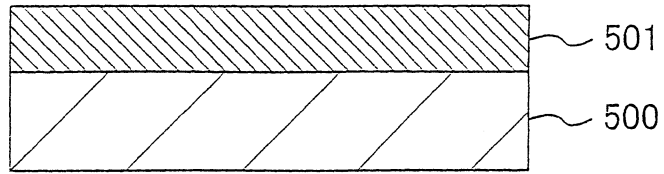


圖 25B

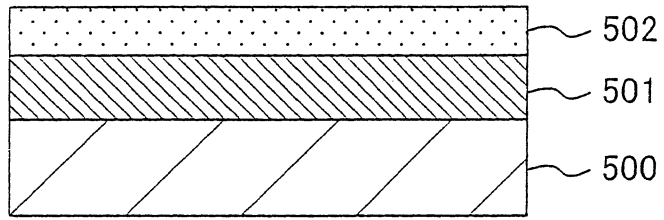


圖 25C

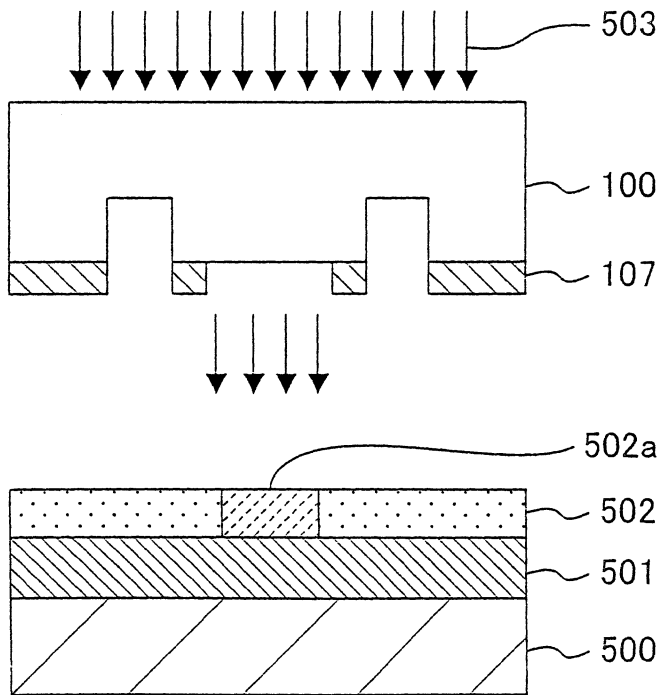
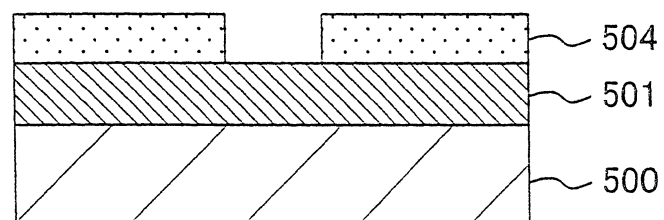
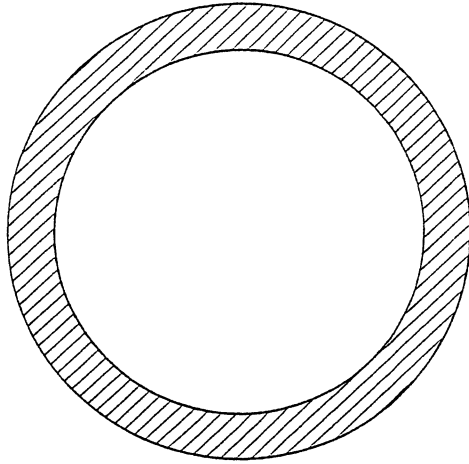


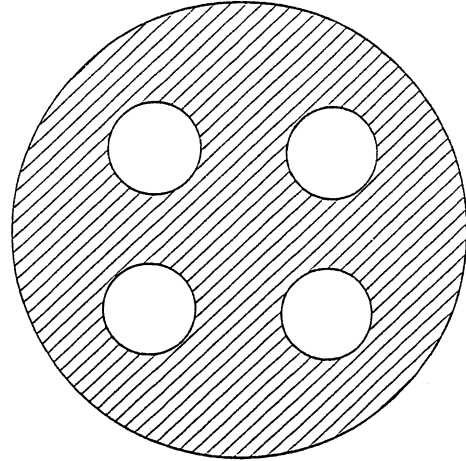
圖 25D





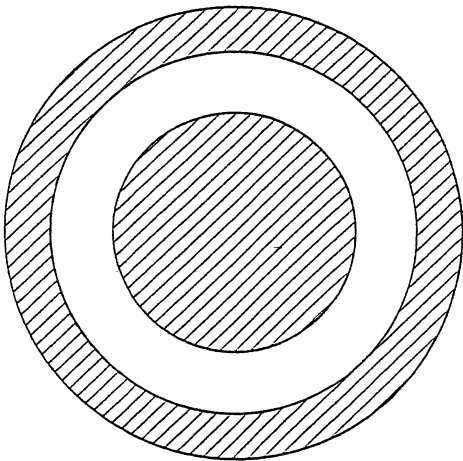
一般曝光光源

圖 26A



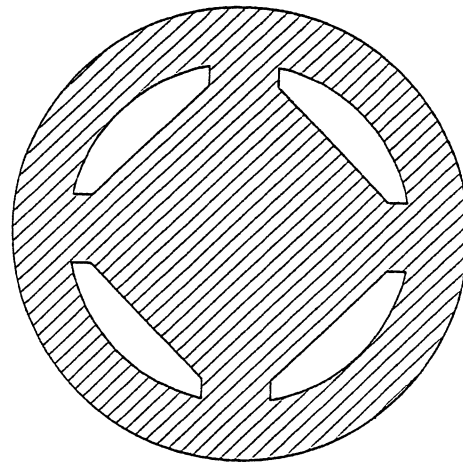
四極曝光光源

圖 26C



環狀曝光光源

圖 26B



環狀/四極曝光光源

圖 26D

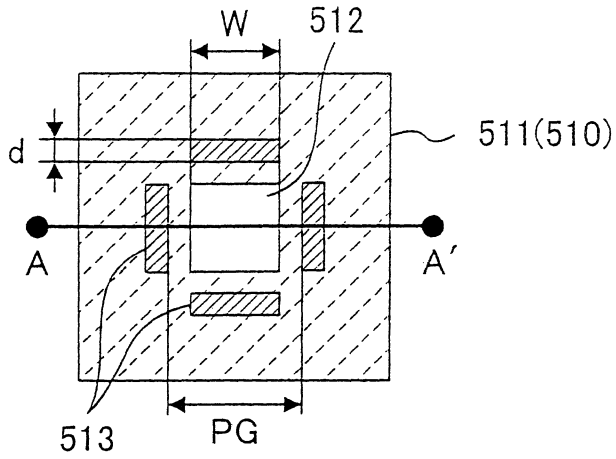


圖 27A

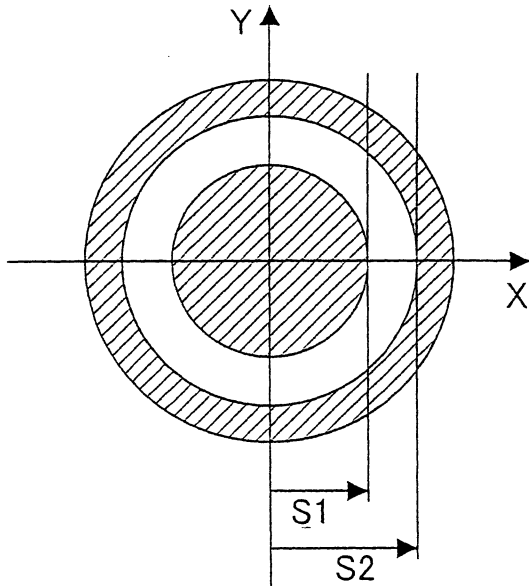


圖 27B

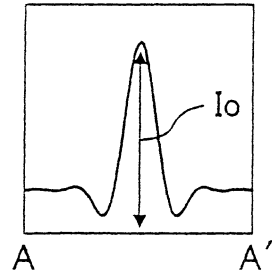


圖 27C

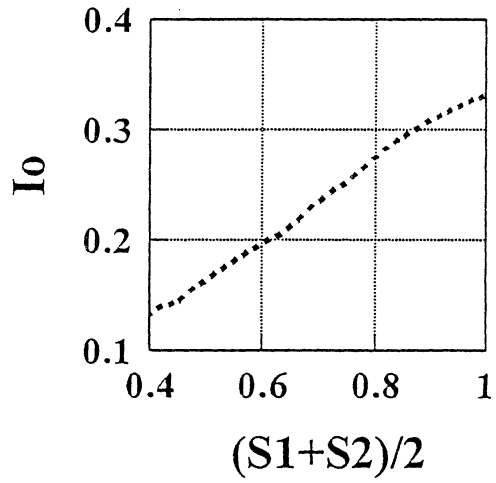


圖 27D

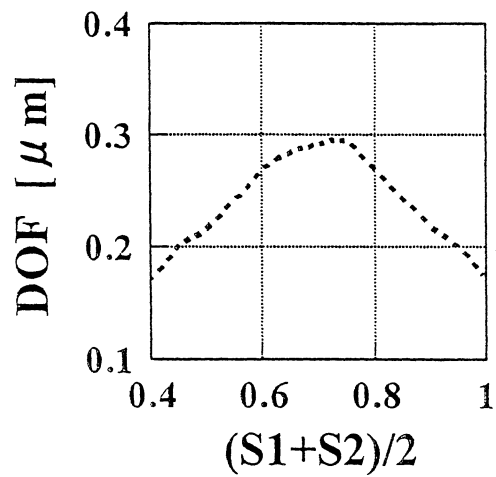


圖 27E

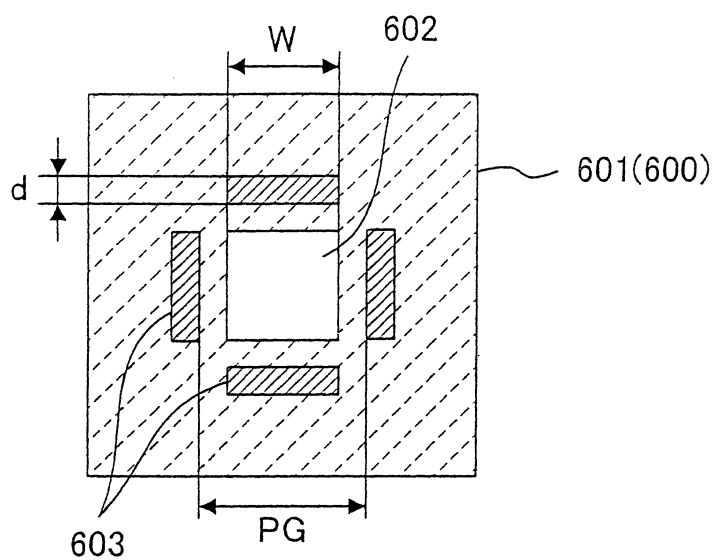


圖 28

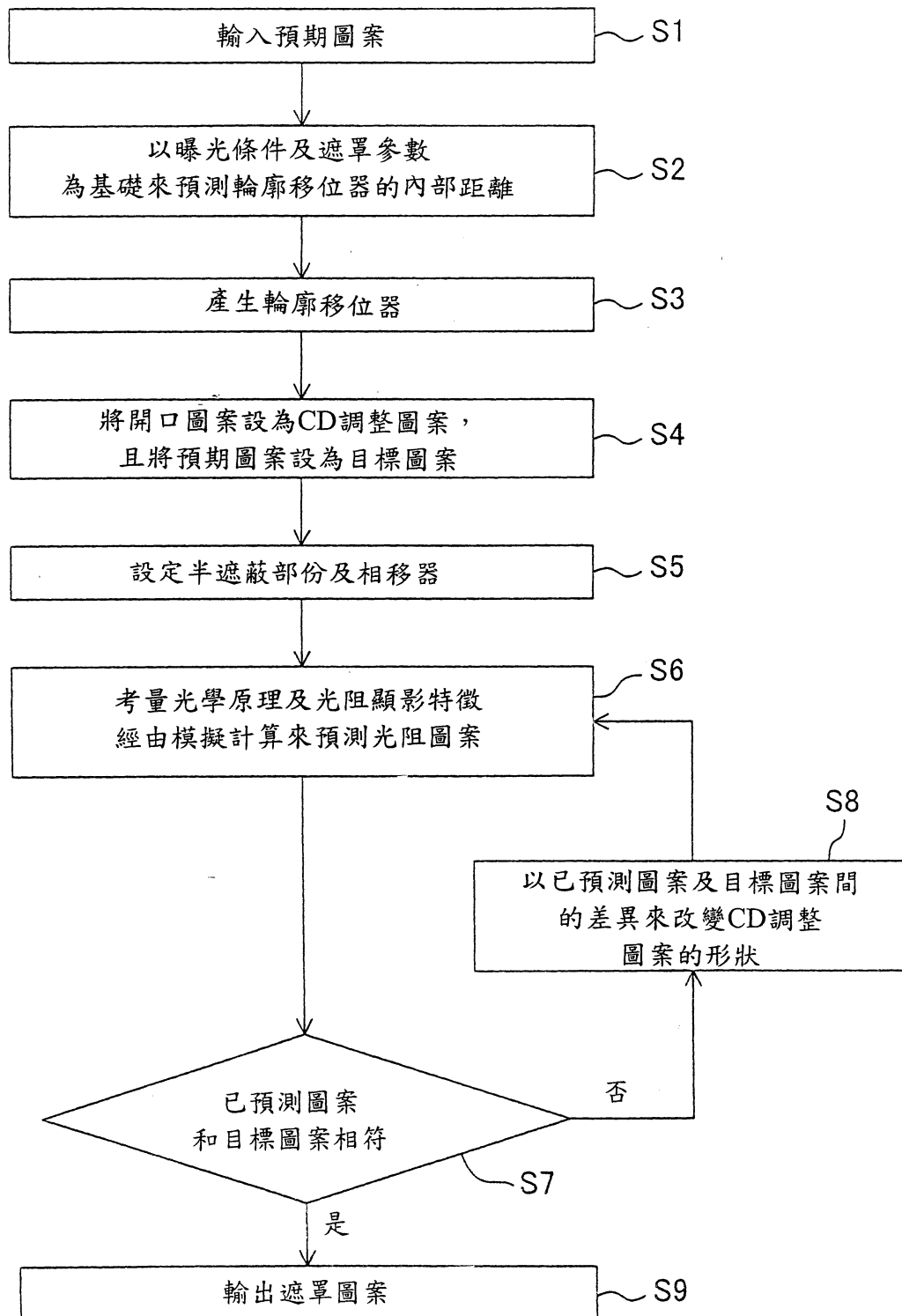


圖 29

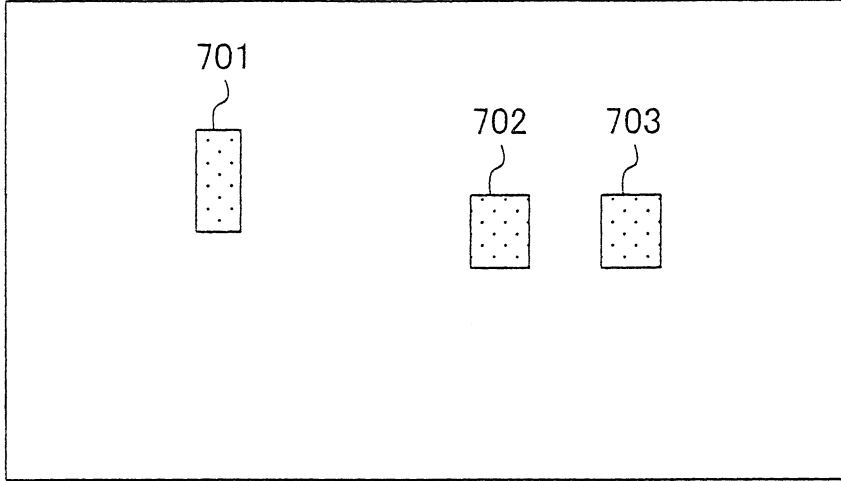


圖 30A

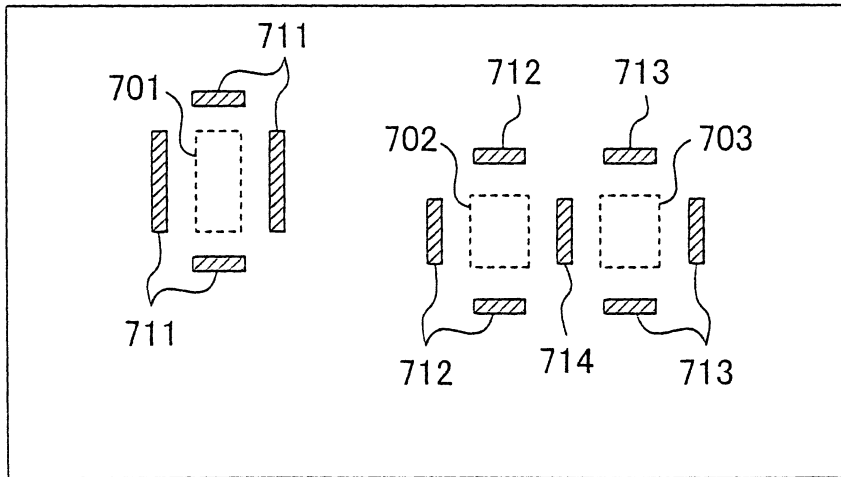


圖 30B

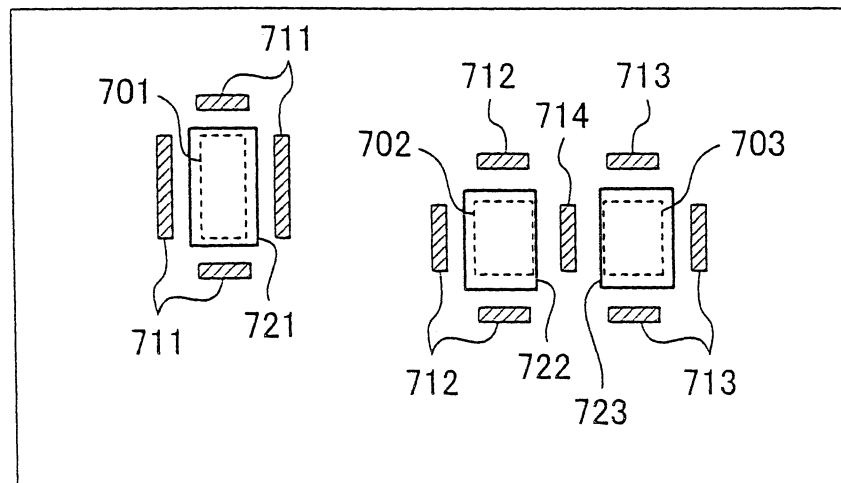


圖 30C

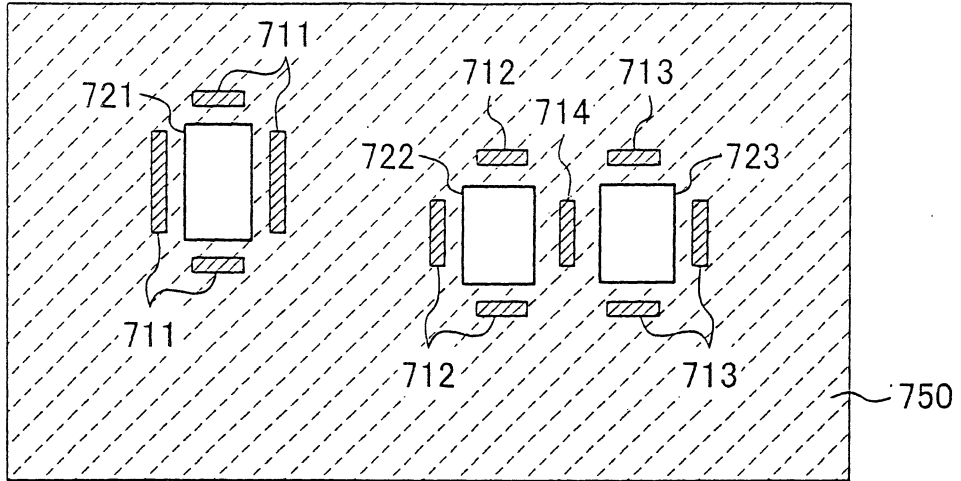


圖31A

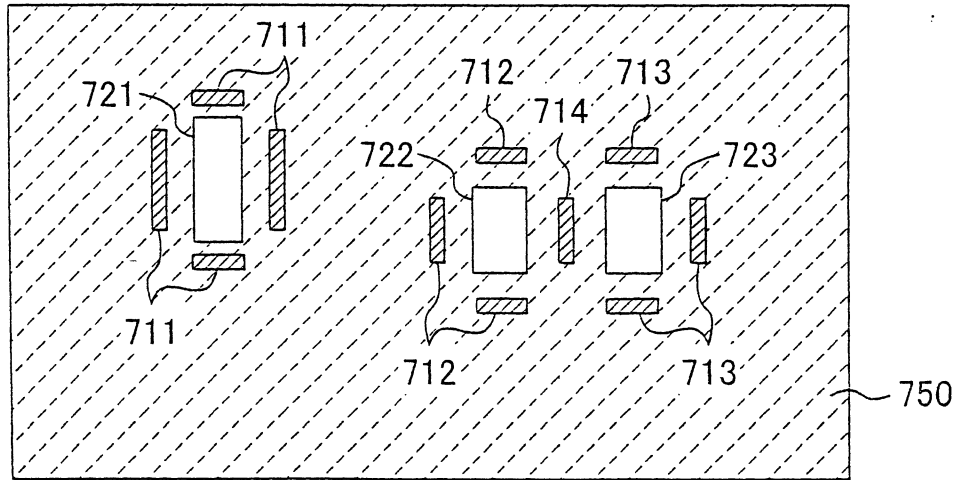


圖31B

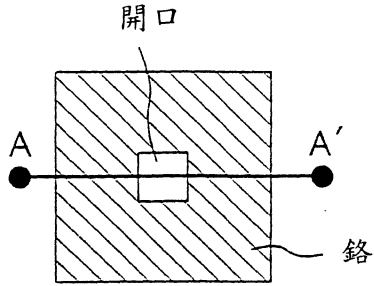


圖32A
先前技術

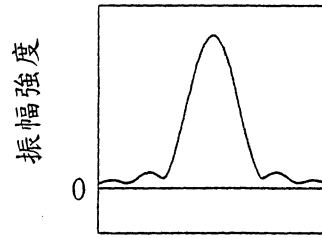


圖32B
先前技術

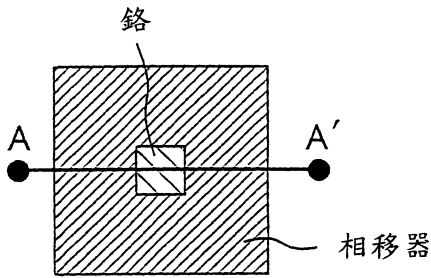


圖32C
先前技術

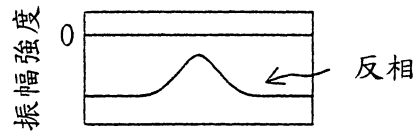


圖32D
先前技術

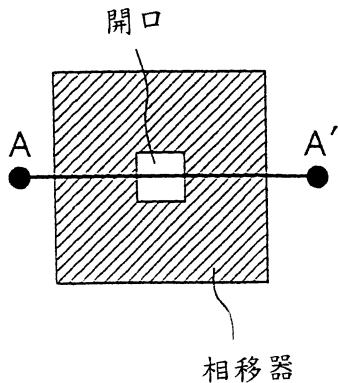
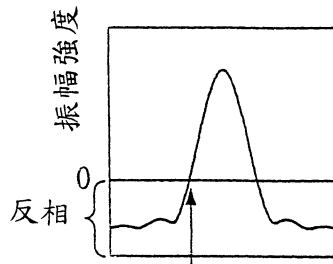
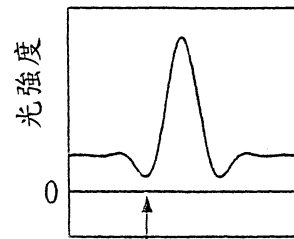


圖32E
先前技術



相位邊界

圖32F
先前技術



相位末端所形成的暗部

圖32G
先前技術

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (2A) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

100	透明基板
101	半遮蔽部份
102	透明部份
103	相移器

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)