



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公告本

(11) 證書號數：TW I695220 B

(45) 公告日：中華民國 109 (2020) 年 06 月 01 日

(21) 申請案號：106126525

(22) 申請日：中華民國 106 (2017) 年 08 月 07 日

(51) Int. Cl. : **G03F1/26 (2012.01)**

(30) 優先權：2016/08/25 美國 62/379,547

2017/05/17 美國 15/597,992

(71) 申請人：台灣積體電路製造股份有限公司 (中華民國) TAIWAN SEMICONDUCTOR
MANUFACTURING CO., LTD. (TW)

新竹市新竹科學工業園區力行六路 8 號

(72) 發明人：林雲躍 LIN, YUN YUE (TW)；李信昌 LEE, HSIN CHANG (TW)

(74) 代理人：洪澄文；顏錦順

(56) 參考文獻：

JP 06-266090A

JP 2006-084507A

JP 2007-017998A

審查人員：吳彥華

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：12 共 34 頁

(54) 名稱

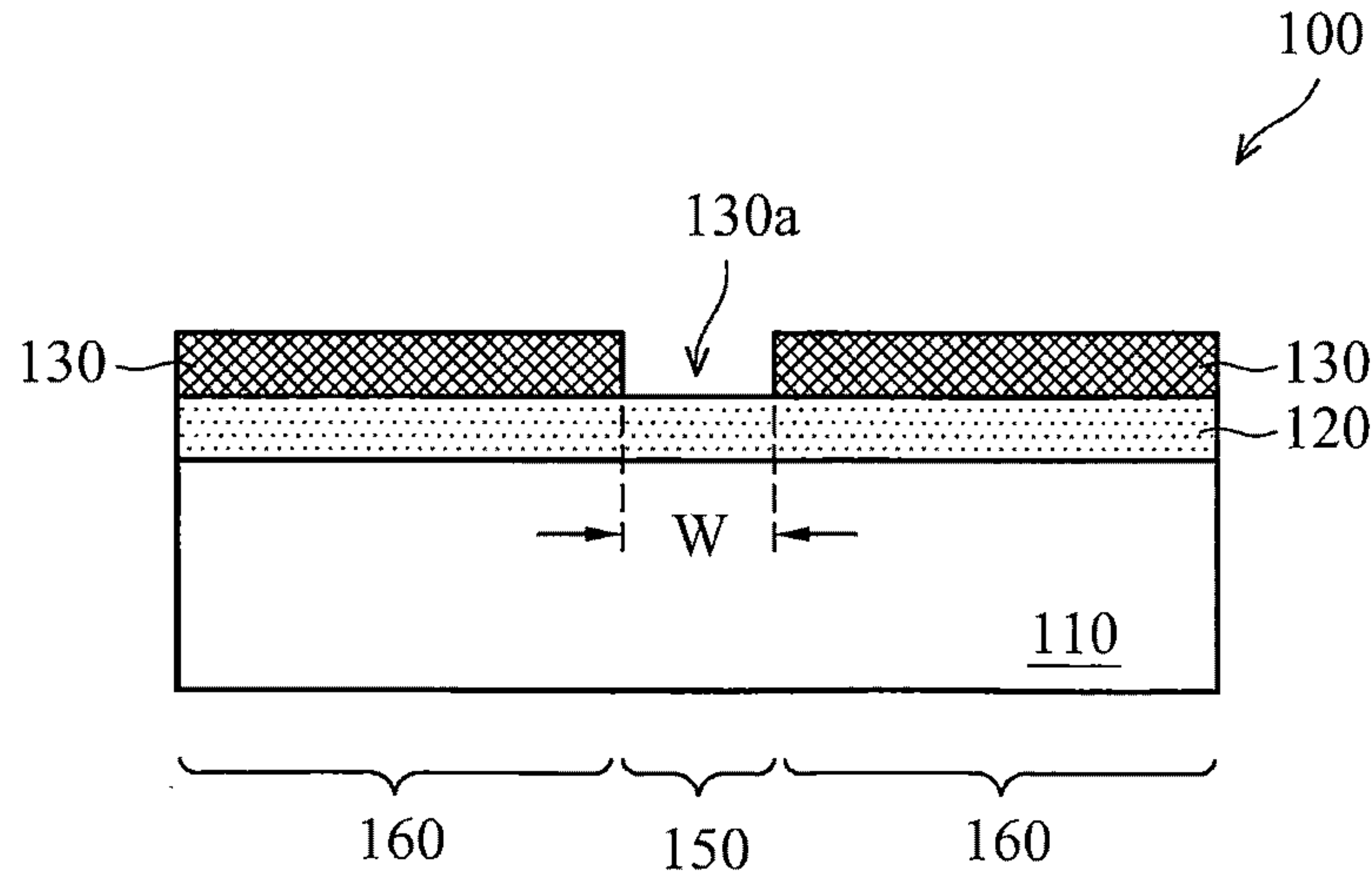
相位移光罩、無鉻的相位移光罩及積體電路的製作方法

(57) 摘要

本發明提供相位移光罩，其包括透光基板、透光基板上的蝕刻停止層、以及蝕刻停止層上的可調的透光材料層。可調的透光材料層圖案化以具有開口，其設計以提供相位移並具有大於 90% 的透光度。

The present disclosure provides a phase shift mask. The phase shift mask includes a transparent substrate; an etch stop layer disposed on the substrate; and a tunable transparent material layer disposed on the etch stop layer and patterned to have an opening, wherein the tunable transparent material layer is designed to provide phase shift and has a transmittance greater than 90%.

指定代表圖：



符號簡單說明：

W:尺寸

100:光罩

110:透光基板

120:蝕刻停止層

130:透光材料層

130a:開口

150:第一區

160:第二區

第4圖

I695220

公告本
發明摘要

108 年 8 月 26 日修正替換本

※ 申請案號：

※ 申請日：

※IPC 分類：

【發明名稱】 相位移光罩、無鉻的相位移光罩及積體電路的製作方法

Phase shift mask, chromeless phase shift mask, and method for integrated circuit fabrication

【中文】

本發明提供相位移光罩，其包括透光基板、透光基板上的蝕刻停止層、以及蝕刻停止層上的可調的透光材料層。可調的透光材料層圖案化以具有開口，其設計以提供相位移並具有大於90%的透光度。

【英文】

The present disclosure provides a phase shift mask. The phase shift mask includes a transparent substrate; an etch stop layer disposed on the substrate; and a tunable transparent material layer disposed on the etch stop layer and patterned to have an opening, wherein the tunable transparent material layer is designed to provide phase shift and has a transmittance greater than 90%.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（4）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

W 尺寸

100 光罩

110 透光基板

120 蝕刻停止層

130 透光材料層

130a 開口

150 第一區

160 第二區

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無。

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】 相位移光罩、無鉻的相位移光罩及積體電路的製作方法

Phase shift mask, chromeless phase shift mask, and method for integrated circuit fabrication

【技術領域】

【0001】 本發明實施例關於半導體結構的形成方法，更特別關於其採用的相位移光罩。

【先前技術】

【0002】 在半導體技術中，光學干擾與其他效應常造成關鍵尺寸的變異。如此一來，對次波長圖案化中較小的結構(特別是是接點孔)之尺寸而言，光罩誤差參數將過高而無法接受。多種技術已用於改善光罩誤差參數，比如採用相位移光罩(如無鉻的相位移光罩)定義電路圖案。在無鉻的相位移光罩中，電路結構定義於透光光罩中，且透明光罩之相鄰的透光區之間具有相位移。如此一來，當成像至半導體基板時，破壞性干涉將產生暗結構。然而習知無鉻的相位移光罩對改善成像品質與其他問題的彈性受限，比如相對於預期相位移的蝕刻製程容忍度。此外，習知無鉻的相位移光罩在形成與使用光罩時，對透光基板的保護有限。如此一來，目前亟需無鉻的相位移光罩結構、其形成方法、與其應用方法以改善上述問題。

【發明內容】

【0003】 本發明一實施例提供之相位移光罩，包括：透光基板；蝕刻停止層，位於透光基板上；以及可調的透光材料層，

位於蝕刻停止層上，且可調的透光材料層圖案化以具有開口，其中蝕刻停止層完全覆蓋開口中的部份透光基板，且可調的透光材料層設計為提供相位移。

【圖式簡單說明】

【0004】

第 1、2、3、與 4 圖係一些實施例中，光罩於多種製程階段中的剖視圖。

第 5 圖係一些實施例中，第 4 圖之光罩的上視圖。

第 6 圖係一些實施例中，光罩的剖視圖。

第 7 圖係一些實施例中，第 6 圖之光罩的上視圖。

第 8 圖係一些實施例中，光罩之形成方法的流程圖。

第 9 圖係一些實施例中，光罩的剖視圖。

第 10 圖係一些實施例中，微影系統的示意圖。

第 11 圖係一些實施例中，採用第 10 圖之微影系統的方法其流程圖。

第 12 圖係一些實施例中，第 10 圖之微影系統中採用的光罩之特性資料。

【實施方式】

【0005】 應理解的是，下述內容提供的不同實施例或實例可實施多種實施例的不同結構。特定構件與排列的實施例係用以簡化本發明而非侷限本發明。此外，本發明之多種例子中可重複標號，但這些重複僅用以簡化與清楚說明，不代表不同實施例及/或設置之間具有相同標號之單元之間具有相同的對應關係。

【0006】 第 1 至 4 圖係本發明一些實施例中，光罩 100 的剖視圖。第 5 圖係一些實施例中，第 4 圖之光罩 100 的上視圖。第 1 至 5 圖描述光罩 100 與其形成方法。光罩 100 定義電路圖案於其上，且可在微影製程中以射線(如光射線)將電路圖案轉移至半導體基板。射線可為紫外線及/或其他射線如離子束、X光、極紫外線、深紫外線、或其他合適射線能量。在下述內容中，多種例子可採用光射線。光罩 100 為相位移光罩，特別是無銘的相位移光罩。無銘的相位移光罩上的多種結構可透光射線，且可經由 180 度的相位移與對應的破壞性干涉，將暗結構與亮結構成像於半導體基板上。光罩 100 可為無銘的相位移光罩，其經由相位移而非吸收定義結構。光罩 100 包含不同區域，其各自具有光學相位。光射線穿過光罩 100 的不同區域，以產生破壞性干涉並形成暗結構於半導體基板上。然而上述光罩 100 經由相位移層或額外的衰減層的有限吸收，以增進成像品質如解析度與對比。

【0007】 如第 1 圖所示，光罩 100 可為製作半導體晶圓所用的光罩之部份。光罩 100 包含透光基板 110(對光射線而言為透明)，比如熔融石英或熔融二氧化矽(較不具缺陷)、氟化鈣、或其他合適材料。

【0008】 光罩 100 包含蝕刻停止層 120 於透光基板 110 上。蝕刻停止層 120 設計以保護透光基板 110，使其免於在製作或使用光罩 100 時損傷。舉例來說，蝕刻停止層 120 之組成與厚度，設計以有效的阻擋施加至光罩 100 的蝕刻或清潔製程。蝕刻停止層 120 位於透光基板 110 上且未經圖案化，因此其可持續覆蓋透

光基板 110 的上表面，如第 1 圖所示。

【0009】 在一實施例中，蝕刻停止層 120 為鈣膜。在另一實施例中，蝕刻停止層 120 為氮氧化鉻膜。在一些其他實施例中，蝕刻停止層 120 包含鈣、鉻、鋁、鎢、矽、鈦、上述之氧化物、上述之氮化物、上述之氮氧化物、或上述之組合。蝕刻停止層 120 的形成方法可包含化學氣相沉積、物理氣相沉積、原子層沉積、旋轉塗佈、其他合適製程、或上述之組合。在一些實施例中，蝕刻停止層 120 的厚度介於 0.1nm 至 100nm 之間。在一些例子中，蝕刻停止層 120 的厚度可介於 1nm 至 20nm 之間。

【0010】 在一些其他實施例中，蝕刻停止層 120 設計為讓光射線有限的衰減。蝕刻停止層 120 的衰減可在微影曝光製程中調整，以增進光罩 100 的成像。在此實施例中，蝕刻停止層 120 的組成與厚度設計為讓射線的透光度大於 98%。蝕刻停止層 120 摻雜有合適的摻質，以調整其透光度與抗蝕刻性。在一些實施例中，除了上述的主要組成外，蝕刻停止層 120 更摻雜有摻質如硼、磷、鈣、鈉、鋁、或上述之組合。舉例來說，蝕刻停止層 120 之主要組成可為氧化鈣，其可進一步摻雜鈣。在另一例中，蝕刻停止層 120 之組成可為摻雜鈉的氮化鎢。在又一例中，蝕刻停止層可為摻雜硼的氮化鈦。摻雜製程可包含離子佈植或臨場摻雜，比如在化學氣相沉積製程中採用前驅物，其包含具有摻質的化學品。在多種實施例中，蝕刻停止層 120 中的主要組成占 80 原子% 至 100 原子% 之間。綜上所述，蝕刻停止層 120 中的摻質占 0 至 20 原子% 之間。

【0011】 光罩 100 包含透光材料層 130 於蝕刻停止層 120

上，且可依據電路設計佈局圖案化。透光材料層 130 的組成與厚度，設計為使射線產生 180 度的相位移。更特別的是，透光材料層 130 的厚度可為約 $\lambda/[2(n-1)]$ ，其中 λ 為光微影製程中投射至光罩 100 上的射線波長，而 n 為透光材料層 130 相對於射線的折射率。在其他實施例中，透光材料層 130 的厚度可為約 $m\lambda/[2(n-1)]$ ，其中 m 為奇數。實際上，相位移實質上為 180 度。換言之，相位移為約 180 度，比如 170 度至 190 度之間。

【0012】 特別的是，射線實質上可透過透光材料層 130，且透光材料層 130 對射線的吸收有限。藉由選擇透光材料層 130 的材料，可調整受限的吸收度，進而在採用光罩 100 的微影曝光製程時增進成像解析度。如此一來，透光材料層 130 亦可稱作可調的透光材料層。在此實施例中，可調的透光材料層 130 對射線的透光度大於 90%。在進一步的實施例中，透光度可調整為介於 90% 至 99% 之間。

【0013】 在一些實施例中，可調的透光材料層 130 包含摻雜碳或其他摻質的氧化矽。可改變碳(或其他摻質)的濃度，以調整可調的透光材料層 130 之透光度。在進一步的實施例中，可改變矽濃度與碳濃度以調整透光度。在一些例子中，可調的透光材料層包含 30 原子%至 60 原子%的矽、30 原子%至 60 原子%的氧、以及 0 至 10 原子%的碳。可調的透光材料層 130 可進一步包含添加劑如氮、磷、硼、或上述之組合，其添加方式可為離子佈植、臨場摻雜、或其他合適技術。在一些例子中，可調的透光材料層 130 包含 30 原子%至 60 原子%的矽、30 原子%至 60 原子%的氧、0 至 10 原子%的碳、0 至 5 原子%的氮、0 至 5 原子%的磷、

以及 0 至 5 原子 % 的硼，使可調的透光材料層 130 具有適當的透光度以達所需的成像解析度。在其他實施例中，可調的透光材料層 130 如前述，其形成方法可為旋轉塗佈的玻璃、化學氣相沉積、或濺鍍。

【0014】 在一些實施例中，可調的透光材料層 130 包含矽酸鹽玻璃以及分散其中的發色團。藉由改變發色團濃度，可調整可調的透光材料層 130 的透光度。在一些例子中，可調的透光材料層 130 之形成方法，為旋轉塗佈後進行回火製程(回火溫度可介於 130°C 至 150°C 之間)以硬化。在一些實施例中，可調的透光材料層 130 的形成方法為化學氣相沉積(可採用四乙氧基矽烷($\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$))，或其他合適製程。

【0015】 在一些實施例中，可調的透光材料層 130 包含溶膠-凝膠矽酸鹽膜，其形成方法為溶膠-凝膠製程。在一些例子中，可調的透光材料層 130 包含氧化矽凝膠，其形成方法為溶膠-凝膠聚合適當前驅物(如四乙氧基矽烷或其他合適的化學品)。在溶膠-凝膠製程中，可採用酸或鹼作為催化劑。在一些實施例中，溶膠-凝膠矽酸鹽膜的形成方法可包含在溶液中聚合四乙氧基矽烷，並搭配催化劑進行溶劑-凝膠轉換。在一些實施例中，溶膠-凝膠矽酸鹽膜的形成方法可包含聚合、水解、與縮合。溶膠-凝膠矽酸鹽膜可經由多種參數調整其透光度。在形成溶膠-凝膠矽酸鹽膜的製程中，可改變多種步驟與參數以調整可調的透光材料層其透光度。舉例來說，可改變聚合時間以調整透光材料層的透光度。

【0016】 依據電路設計佈局，圖案化可調的透光材料層

130。圖案化可調的透光材料層之方法，可包含微影製程與蝕刻。微影製程包含塗佈(如旋轉塗佈)光阻層 140 於可調的透光材料層 130 上，如第 1 圖所示。在一些實施例中，光阻層 140 可具有三層結構，比如下方層、下方層上的中間層、以及中間層上的光敏層。在一些實施例中，光阻層 140 可為化學放大光阻材料，其包含光酸產生劑。在一些實施例中，光阻層 140 可為正型光阻(顯影劑可移除其曝光部份)，或負型光阻(顯影劑可移除其未曝光的部份)。

【0017】 微影製程亦包含曝光與顯影，以形成第 2 圖所示之圖案化的光阻層 140。圖案化的光阻層 140 包含一或多個開口 140a，且開口 140a 露出可調的透光材料層 130。微影製程亦可包含其他步驟，比如曝光後烘烤。

【0018】 接著可經由圖案化的光阻層 140 之開口 140a，施加蝕刻製程至可調的透光材料層 130。藉由蝕刻製程可圖案化可調的透光材料層 130。特別的是，定義於光阻層 140 中的圖案轉移至可調的透光材料層 130，如第 3 圖所示。舉例來說，蝕刻製程後形成開口 130a 於可調的透光材料層 130 中。施加至可調的透光材料層 130 的蝕刻製程可包含乾蝕刻、濕蝕刻、或上述之組合。舉例來說，蝕刻製程可包含採用氫氟酸作為蝕刻品的濕蝕刻製程。在另一例中，蝕刻製程可包含採用含氟電漿作為蝕刻品的乾蝕刻製程。

【0019】 在蝕刻製程後，以濕式剝除或電漿灰化移除圖案化的光阻層 140，如第 4 圖所示。在其他實施例中，可採用硬遮罩，因此圖案化的光阻層之圖案先經由第一蝕刻轉移至硬遮

罩，再經由第二蝕刻轉移至可調的透光材料層。由於蝕刻停止層 120 保護透光基板 110，上述蝕刻製程與濕式剝除(或電漿灰化)將不會損傷透光基板 110。除此之外，損傷的基板可能造成預料之外的相位移，這會劣化光罩 100 及採用光罩 100 之微影曝光製程的成像品質。

【0020】 光罩 100 為無鉻的相位移光罩，其以相位移定義電路結構。特別的是在雙重強度光罩中，係以強度差異定義電路結構。換言之，在光罩上的第一區中的電路結構，以及圍繞電路結構的第二區具有不同的透光度。第一區與第二區中的一者透光，而另一者不透光。在其他種類的相位移光罩中，亦採用類似的透光度差異(透光與不透光)定義電路結構，而相位移可增加對比並改善成像品質。在無鉻的相位移光罩中，第一區與第二區均透光。在上述光罩 100 中，第一區與第二區為透光或實質上透光(透光度大於 90%)。如第 4 圖所示，光罩 100 包含第一區 150 與第二區 160。第一區 150 定義於可調的透光材料層 130 之開口 130a 中，且不具有可調的透光材料。第二區 160 為具有可調的透光材料之區域。各自穿過第一區 150 與第二區 160 的第一光束與第二光束，具有相位差(實質上為 180 度)。第一光束與第二光束之間的破壞性干涉將產生對應開口 130a 的暗區。

【0021】 在第 5 圖中，以第一區 150 定義電路結構。此外，可調的透光材料層 130 具有可調的透光度，用以增進微影曝光製程的解析度。透光度的調整將詳述於下。第一光束 B1 穿過第一區 150。第二光束 B2 穿過第二區 160，且穿過第二區 160 的部份第二光束 B2' 繞射至第一區 150。若第一光束 B1 與部份的第二

光束 B2' 的強度相同，破壞性干涉將使兩者互相抵消，造成開口 130a 的暗影像 (即零強度)。然而第一光束 B1 與部份的第二光束 B2' 因為多種因素 (比如開口 130a 的尺寸 W) 而無法相同。如此一來，調整可調的透光材料層 130 的透光度，可讓第一光束 B1 與部份的第二光束 B2' 之強度匹配。綜上所述，第一光束 B1 與部份的第二光束 B2' 之間的破壞性干涉可產生對應開口 130a 的暗結構，其具有增進的對比與解析度。在沉積透光材料層 130 之前，即可依據電路設計佈局調整透光度，比如使電路設計佈局的結構尺寸平均化。

【0022】 在光罩 100 中，蝕刻停止層 120 夾設於透光基板 110 與可調的透光材料層 130 之間。蝕刻停止層 120 覆蓋第一區 150 與第二區 160，且由第一區 150 連續地延伸至第二區 160。電路結構定義於可調的透光材料層 130 之開口 130a 中。在多種例子中，電路結構可為金屬線路、閘極、或鰭狀主動區。

【0023】 在一些實施例中，藉由可調的透光材料層之島狀物定義電路結構，如第 6 與 7 圖所示。第 6 圖係一些實施例之光罩 200 的剖視圖，而第 7 圖係光罩 200 的上視圖。用以形成光罩 200 的方法，與形成光罩 100 的對應方法類似。舉例來說，方法包含形成蝕刻停止層 120 於透光基板 110 上、形成可調的透光材料層 130、以及依據電路設計佈局圖案化可調的透光材料層 130。蝕刻停止層 120 與可調的透光材料層 130 與光罩 100 中的類似單元，具有類似的形成方法、組成、與相位移。然而可調的透光材料層 130 被圖案化，因此以可調的透光材料層 130 的島狀物 130b 定義電路設計佈局的電路結構。特別的是，光罩 200 包

含第一區 210 與第二區 220。第一區 210 定義於可調的透光材料層 130 之島狀物 130b 中。第二區 220 不具有可調的透光材料。各自穿過第一區與第二區的射線具有相位移。電路結構定義於第一區 210 中。與光罩 100 類似，蝕刻停止層 120 夾設於透光基板 110 與可調的透光材料層 130 之間。此外，蝕刻停止層 120 覆蓋第一區 210 與第二區 220，並自第一區 210 連續地延伸至第二區 220。在多種例子中，電路結構可為金屬線路、閘極、或鰭狀主動區。可調的透光材料層 130 之厚度可調整為增進電路結構的成像效應，並藉由可調的透光材料層 130 之島狀物 130b 定義電路結構。

【0024】 第 8 圖係一些實施例中，用以形成無銘的相位移光罩(如光罩 100 或光罩 200)之方法 800 的流程圖。方法 800 一開始的步驟 802 接收透光基板 110，比如熔融石英或其他合適的透光基板。方法 800 包含的步驟 804 形成蝕刻停止層 120 於透光基板 110 上。在一些實施例中，蝕刻停止層 120 包含鈉或氮氧化鈉。在一些實施例中，蝕刻停止層 120 包含鈉、鎢、鋁、矽、鈦、上述之氧化物、上述之氮化物、上述之氮氧化物、或上述之組合。蝕刻停止層 120 的形成方法可為物理氣相沉積、化學氣相沉積、原子層沉積、或其他合適技術。

【0025】 方法 800 包含的步驟 806 形成可調的透光材料層 130 於蝕刻停止層 120 上。在一些實施例中，可調的透光材料層 130 包含摻雜碳的氧化矽。變化碳濃度(或額外變化矽濃度)可調整可調的透光材料層 130 之透光度。在一些實施例中，可調的透光材料層 130 包含矽酸鹽玻璃與分散其中的發色團。可變化

發色團濃度以調整可調的透光材料層 130 之透光度。在多種例子中，可調的透光材料層 130 之形成方法可為旋轉塗佈、化學氣相沉積、或其他合適技術。在一些實施例中，可調的透光材料層 130 為溶膠-凝膠的矽酸鹽膜，其形成方法為溶膠-凝膠製程。舉例來說，可調的透光材料層包含氧化矽凝膠，其形成方法為溶膠-凝膠聚合適當的前驅物（如四乙氧基矽烷， $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ ）或其他合適的化學品。

【0026】 特別的是，調整透光度可增進微影曝光製程時的成像對比與光罩解析度。在一些實施例中，方法 800 在形成可調的透光材料層 130 之步驟 806 之前更包含步驟 808，其依據所需的相位移與透光度，一併考慮可調的透光材料層 130 之組成與厚度。如前所述，厚度的主要考量為所需的相位移（180 度），其採用方程式 $m\lambda/[2(n-1)]$ 。組成的主要考量為透光材料層 130 的衰減係數與厚度，其採用方程式如 Beer-Lambert 定律 ($T=e^{-\mu l}$)。T 為可調的透光材料層之透光度， μ 為可調的透光材料層之衰減係數，而 l 為可調的透光材料層之厚度。衰減係數 μ 可先取決於電路設計佈局的平均結構尺寸，或取決於工程師經驗或製程資料。組成與厚度一併取決於上述方程式。

【0027】 如此一來，步驟 806 沉積可調的透光材料層 130 於蝕刻停止層 120 上，且可調的透光材料層 130 具有預定的組成與厚度。

【0028】 方法 800 亦包含步驟 810，其依據電路設計佈局圖案化可調的透光材料層 130。此圖案化步驟包含微影製程與蝕刻。

【0029】 多種實施例中無銘的相位移光罩與其形成方法已說明如上。其他實施例亦可存在。舉例來說，無銘的相位移光罩可具有混合結構，其為光罩 100 與光罩 200 的組合。在混合光罩中，以可調的透光材料層 130 之開口定義一些電路結構，並以可調的透光材料層 130 之島狀物定義一些其他電路結構。

【0030】 上述之光罩 100 或 200 中，提供例示性的電路結構。此外亦可具有或添加其他結構。舉例來說，可添加一或多個虛置結構以改善光罩的成像品質或增進晶圓製程。在一些實施例中，可添加光學鄰近修正結構以改善解析度。下述內容將說明一例。

【0031】 第 9 圖係一些實施例中，無銘的相位移光罩 900 的剖視圖。在光罩 900 中，圖案化可調的透光材料層 130 以形成多種電路結構 910 與 920。電路結構 910 與 920 定義於可調的透光材料層 130 之島狀物中。此外，新增光學鄰近修正結構 130d 至光罩 900。在此例中，光學鄰近修正結構 130d 形成於電路結構 910 中。光學鄰近修正結構 130d 為次解析度結構，其尺寸小於微影曝光製程的解析度。如此一來，在採用光罩 900 的微影曝光製程中，光學鄰近修正結構 130d 將不會成像，但光學鄰近修正結構將改變射線強度。這將使微影曝光製程時，電路結構 910 的圖案成像為一暗結構。同樣地，電路結構 920 亦包含次解析度結構 130c，其增進解析度的機制與前述相同。

【0032】 第 10 係一些實施例中，微影系統 1000 的示意圖。微影系統 1000 與前述無銘的相位移光罩，可用以對半導體晶圓進行微影曝光製程。微影系統 1000 包含射線源 1010 以提供射

線。射線源 1010 可為任何合適光源。在多種實施例中，射線源 1010 可包含紫外線源、深紫外線源、或其他合適的射線源。舉例來說，射線源 1010 可為放射波長為 436nm(G 線)或 365nm(I 線)的汞燈、放射波長為 248nm 的氟化氬準分子雷射、放射波長為 193nm 的氟化氬準分子雷射、放射波長為 157nm 的氟氣準分子雷射、或放射所需波長如 13.5nm 的其他光源。

【0033】 微影系統 1000 亦包含光學次系統，其自射線源接收射線，以光罩 1020 調整射線，再將射線能量導至塗佈於半導體基板 1030 上的光阻層。在一些實施例中，光學次系統設計為具有折射機制。在此情況下，光學次系統包含多個折射構件如透鏡。

【0034】 在一些特定實施例中，微影系統 1000 包含照射模組 1040(如聚光器)。照射模組 1040 包含單一透鏡、具有多個透鏡的透鏡模組、及/或其他透鏡構件。舉例來說，照射模組 1040 可包含微透鏡陣列、蔭罩、及/或其他結構，其設計以輔助射線自射線源 1010 導至光罩 1020 上。

【0035】 光罩 1020 為方法 800 製作之無鉻的相位移光罩，比如光罩 100、光罩 200、或光罩 900。半導體基板 1030 承載於微影系統 1000 中，並固定於微影系統 1000 的光罩站點 1050 上。光罩站點 1050 可設計並設置以進行傳輸與旋轉等操作。

【0036】 微影系統包含投射模組 1060。投射模組 1060 包含單一透鏡單元或多個透鏡單元，其設置以提供適當的照射至塗佈於半導體基板 1030 上的光阻層。照射模組 1040 與投射模組 1060 一併稱作成像模組(或成像光學件)。成像透鏡可進一步包

含額外構件，比如入射光瞳與出射光瞳，其設置以將光罩 1020 成像至半導體基板 1030 上。

【0037】 微影系統 1000 亦可包含基板站點 1070，其可固定半導體基板 1030 並以傳輸與旋轉等模式移動半導體基板 1030，以在微影曝光製程中對準及掃描半導體基板 1030。

【0038】 微影系統 1000 中的基板站點 1070 固定半導體基板 1030。光阻層或其他射線敏感層可塗佈於半導體基板 1030 上。在一些實施例中，半導體基板 1030 包含半導體晶圓，其具有半導體元素如結晶矽、多晶矽、非晶矽、鍺、或鑽石；半導體化合物如碳化矽或砷化鎵；半導體合金如 SiGe、GaAsP、AlInAs、AlGaAs、或 GaInP；或上述之組合。

【0039】 微影系統 1000 可依射線源與其他參數的不同性質而具有不同設計。在一些實施例中，射線為極紫外線，而光學次系統設計以具有反射機制。在此狀況下，光學次系統包含多種反射式構件如反射鏡。在一例中，射線源 1010 包含放射波長為約 13.5nm 的極紫外線源。綜上所述，光罩 1020 設計為反射式光罩。在此例中，光罩的基板包含反射式的多層結構。

【0040】 採用光罩 1020 的微影系統 1000 中，對半導體基板 1030 施加微影曝光製程。由於光罩 1020 為無鎢的相位移光罩，且其可調的透光材料層可調整以增進解析度，可讓塗佈於半導體基板 1030 上的光阻層在曝光後具有改良的成像品質。此外在製作與使用光罩時，蝕刻停止層 120 可保護光罩 1020 免於或減少損傷。

【0041】 第 11 圖係一些實施例中，採用無鎢的相位移光罩

1020的方法1100之流程圖。方法1100將搭配第10與11圖說明。方法1100一開始的步驟為接收無銘的相位移光罩1020，並將無銘的相位移光罩1020固定於微影系統1000的光罩站點1050上。方法1100包含的步驟1104接收半導體基板1030，並將半導體基板1030固定於基板站點1070上。方法1100亦包含步驟1106，以微影系統1000對半導體基板1030進行微影曝光製程。在微影曝光製程時，以無銘的相位移光罩1020調整射線，再以調整後的射線曝光塗佈於半導體基板1030上的光阻層。方法1100亦可包含其他步驟。舉例來說，方法1100包含的步驟1108顯影曝光後的光阻層，以形成圖案化的光阻層。方法1100在步驟1108前亦可包含其他步驟如曝光後烘烤。方法1100亦可包含步驟1100，其採用圖案化的光阻層作為蝕刻遮罩，對半導體基板1030進行蝕刻製程。在一些實施例中，步驟1110可改為以圖案化的光阻層作為佈植遮罩，對半導體基板1030進行離子佈植製程。

【0042】 本發明提供無銘的相位移光罩、其製作方法、以其應用方法。無銘的相位移光罩包含蝕刻停止層於透光基板上，以及可調的透光材料層於蝕刻停止層上。可調的透光材料層可依據電路設計佈局圖案化。此外，可調的透光材料層設計為具有可調的透光度，其材質可為摻雜碳的氧化矽、具有發色團分散其中的矽酸鹽玻璃、或溶膠-凝膠矽酸鹽。可調的透光材料層設計以提供透光度所需的彈性，其可介於適當範圍如90%至99%之間。蝕刻停止層包含鈣、氮氧化鉻、或其他合適材料。

【0043】 多種實施例中無鉻的相位移光罩，可具有下述的一些優點。然而應理解不同實施例可提供不同優點，且所有的實施例不必然具有特定優點。舉例來說，可調的透光材料層設計以提供調整透光度的彈性，並增進解析度。在製作或使用光罩時，蝕刻停止層可保護光罩免於損傷。採用上述無鉻的相位移光罩，可改善一或多個成像參數，如第12圖所示。在第12圖中，橫軸指的是定義於無鉻的相位移光罩上的圖案間距(nm)，而縱軸指的是採用無鉻的相位移光罩之微影製程時，光罩圖案成像的最佳焦距(μm)。資料1210對應無鉻的相位移光罩1020之一實施例，而資料1212對應無鉻的相位移光罩1020之另一實施例。與資料1210與資料1212相關的光罩類似，差別只在於結構參數如蝕刻停止層120的膜厚不同。其他兩組資料1214與1216為現有無鉻的相位移光罩之不同例子，其不具有任何蝕刻停止層。上述資料顯示實施例中無鉻的相位移光罩1020，其與現有光罩相較，對應間距的最佳焦距變異縮小。最佳焦距變異的定義為，光罩在特定的間距範圍內，其最佳焦距的最大值與最小值之間的差距。以第12圖為例，資料1210顯示無鉻的相位移光罩1020具有最佳焦距變異 D_{BF1} ，而資料1216顯示現有之無鉻的相位移光罩具有最佳焦距變異 D_{BF2} ，且最佳焦距變異 $D_{BF2} >$ 最佳焦距變異 D_{BF1} 。由最佳焦距變異可知，本發明實施例的光罩的效能優於現有光罩。綜上所述，採用本發明實施例揭露之無鉻的相位移光罩1020可增進微影圖案化的效能。

【0044】 如此一來，本發明實施例提供相位移光罩，其包含透光基板、位於透光基板上的蝕刻停止層、以及位於蝕刻停

止層上的可調的透光材料層，且可調的透光材料層圖案化以具有開口，其中蝕刻停止層完全覆蓋開口中的部份透光基板，且可調的透光材料層設計為提供相位移。

【0045】 在一些實施例中，上述相位移光罩其可調的透光材料層圖案化以定義電路結構，且在微影製程中採用光射線使電路結構成像於半導體基板上。

【0046】 在一些實施例中，上述相位移光罩其可調的透光材料層與透光基板之間隔有蝕刻停止層，且可調的透光材料層設計以提供 90% 至 99% 之間的透光度。

【0047】 在一些實施例中，上述相位移光罩其可調的透光材料層之厚度，使相位移為實質上 180 度。

【0048】 在一些實施例中，上述相位移光罩其透光基板包含熔融石英。

【0049】 在一些實施例中，上述相位移光罩其可調的透光材料層包含摻雜碳的氧化矽。

【0050】 在一些實施例中，上述相位移光罩其可調的透光材料層包含分散有發色團的矽酸鹽玻璃。

【0051】 在一些實施例中，上述相位移光罩其可調的透光材料層為溶膠-凝膠的矽酸鹽膜。

【0052】 在一些實施例中，上述相位移光罩的蝕刻停止層包含鈦與氮氧化鉻中至少一者。

【0053】 在一些實施例中，上述相位移光罩的蝕刻停止層包含下述材料之一：鈦、鎢、鋁、矽、鈦、上述之氧化物、上述之氮化物、上述之氮氧化物、與上述之組合物。

【0054】 在一些實施例中，上述相位移光罩其可調的透光材料層之開口定義電路設計佈局的電路結構。

【0055】 在一些實施例中，上述相位移光罩其可調的透光材料層經圖案化以進一步包含島狀物，且島狀物定義電路設計佈局的電路結構。

【0056】 本發明一些實施例提供無銘的相位移光罩，其包括：透光基板，其具有相鄰的第一區與第二區；位於透光基板上之可調的透光材料層，其圖案化以形成透光結構於第一區中，以及開口於第二區中；以及夾設於可調的透光材料層與透光基板之間的蝕刻停止層，其中蝕刻停止層完全覆蓋第一區與第二區，並自第一區連續地延伸至第二區。

【0057】 在一些實施例中，上述無銘的相位移光罩中透光結構與開口之一者定義電路結構，且電路結構在採用光射線的微影製程中成像於半導體基板上。

【0058】 在一些實施例中，上述無銘的相位移光罩其透光基板包含熔融石英；可調的透光材料層包含的材料係下述之一者：摻雜碳的氧化矽、分散有發色團於其中的矽酸鹽玻璃、或溶膠-凝膠矽酸鹽；以及蝕刻停止層包括鈦。

【0059】 在一些實施例中，上述無銘的相位移光罩之蝕刻停止層包含的材料係下述之一者：鎢、鋁、矽、鈦、上述之氧化物、上述之氮化物、上述之氮氧化物、或上述之組合。

【0060】 在一些實施例中，上述無銘的相位移光罩其可調的透光材料層之厚度與組成設計為在微影製程中，穿透無銘的相位移光罩之第一區的光射線之第一光束，與穿透無銘的相位

移光罩之第二區的光射線之第二光束之間的相位差為約 180 度。

【0061】 在一些實施例中，上述無銘的相位移光罩其蝕刻停止層的組成與厚度，設計為對光射線具有大於 95% 的透光度。

【0062】 在一些實施例中，上述無銘的相位移光罩其蝕刻停止層完全分隔可調的透光材料層與透光基板。

【0063】 本發明一些實施例亦提供積體電路的製作方法。方法包含：提供半導體基板；以及提供光罩，其包含透光基板；位於透光基板上的蝕刻停止層；以及位於蝕刻停止層上之可調的透光材料層，且依據積體電路圖案圖案化可調的透光材料層，其中可調的透光材料層設計以提供相位移，並具有大於 90% 的透光度。此方法亦包含在微影製程中採用光罩，以形成積體電路圖案於半導體基板上。

【0064】 雖然上述內容已詳述本發明實施例，本技術領域中具有通常知識者應理解在未脫離本發明精神與範疇的情況下，可進行多種變化、取代、或置換。綜上所述，上述的變化、取代、與置換均屬本發明實施例的範疇，如下述之申請專利範圍所定義。在申請專利範圍中，手段功能用語用於涵蓋執行功能的結構，不僅僅是結構等位而包含等效結構。

【符號說明】

【0065】

B1 第一光束

B2、B2' 第二光束

D_{BF1} 、 D_{BF2} 最佳焦距變異

W 尺寸

100、200、900、1020 光罩

110 透光基板

120 蝕刻停止層

130 透光材料層

130a、140a 開口

130b 島狀物

130c 次解析度結構

130d 光學鄰近修正結構

140 光阻層

150、210 第一區

160、220 第二區

800、1100 方法

802、804、806、808、810、1102、1104、1106、1108、

1110 步驟

910、920 電路結構

1000 微影系統

1010 射線源

1030 半導體基板

1040 照射模組

1050 光罩站點

1060 投射模組

1070 基板站點

1210、1212、1214、1216 資料

申請專利範圍

1. 一種相位移光罩，包括：
一透光基板；
一蝕刻停止層，位於該透光基板上，其中該蝕刻停止層包含氧化鈣、氮化鎢、和氮化鈦中至少一者，且摻雜有磷、鈣、和鈉中至少一者；以及
一透光材料層，位於該蝕刻停止層上，且該透光材料層圖案化以具有一開口，其中該蝕刻停止層完全覆蓋該開口中的部份該透光基板，且其中該透光材料層設計為提供相位移，進一步設計為提供大於 90% 的透光度，且依據包含該透光材料層的一衰減係數與一厚度來選擇，且其中該相位移光罩對一微影制程中的一光射線實質上透明。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述之相位移光罩，其中該透光材料層圖案化以定義一電路結構，在該微影制程中採用該光射線使該電路結構成像於一半導體基板上，且該透光材料層的該厚度使相位移為實質上 180 度。
3. 如申請專利範圍第 1 項所述之相位移光罩，其中該透光材料層圖案化以進一步包含一島狀物，且該島狀物定義一電路設計佈局的一電路結構，其中該島狀物進一步包含具有次解析度尺寸的穿孔。
4. 如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項所述之相位移光罩，其中該蝕刻停止層中的氧化鈣、氮化鎢、和氮化鈦中至少一者的原子%大於 80 原子%。
5. 如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項所述之相位移光罩，其

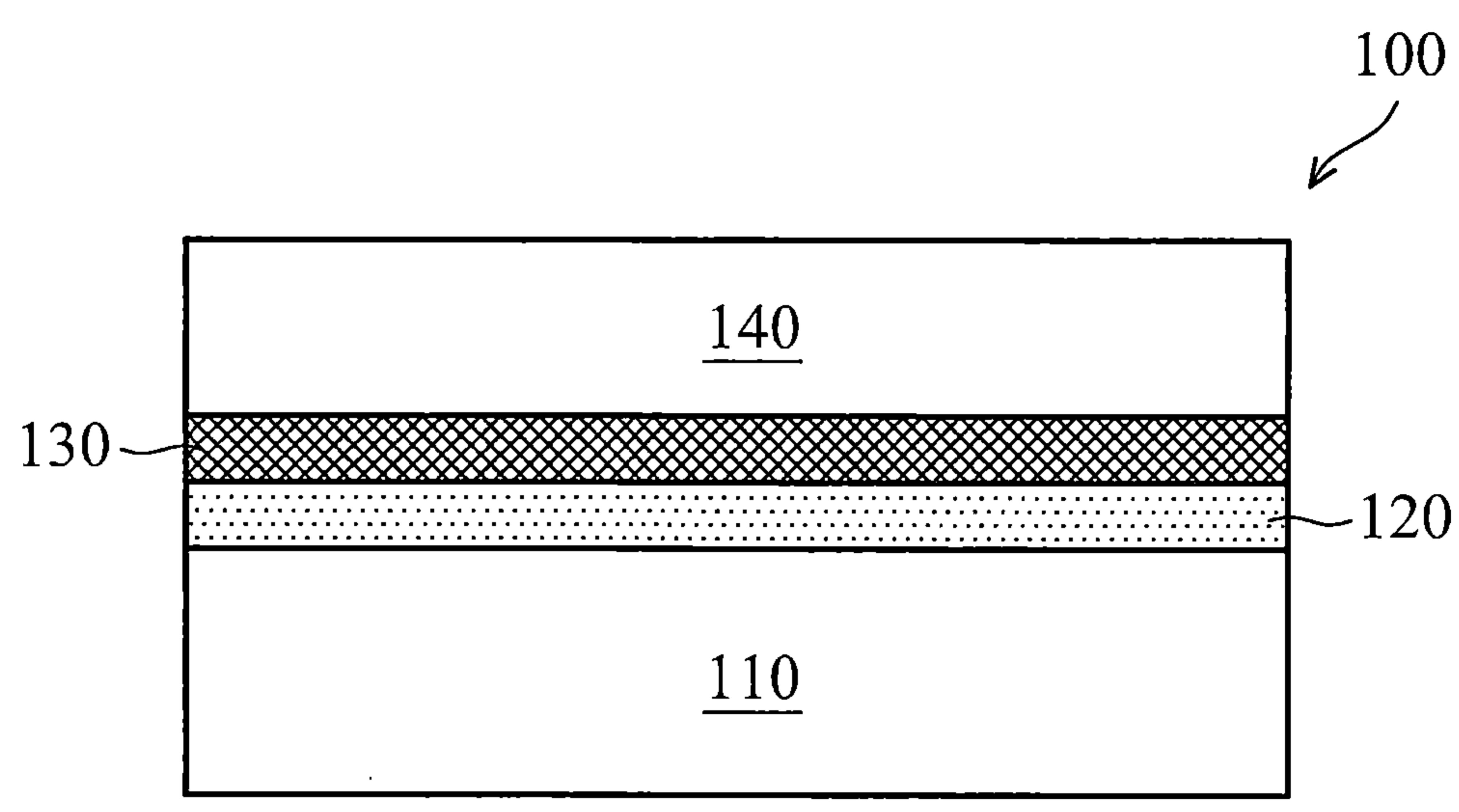
中該蝕刻停止層包含摻雜鈣的氧化鈣、摻雜磷的氮化鈦、或摻雜鈉的氮化鎢。

6. 如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項所述之相位移光罩，其中該透光材料層包含 30 原子%至 60 原子%的矽、30 原子%至 60 原子%的氧、以及低於 10 原子%的碳，且其中該蝕刻停止層包含摻雜鈉的氮化鎢。
7. 一種無鉻的相位移光罩，包括：
 - 一透光基板，具有相鄰的一第一區與一第二區；
 - 一透光材料層，包含矽、氧、碳、氮、磷、和硼，具有大於 90% 的透光度，對一微影制程中一光射線實質上透明，且位於該透光基板上，且圖案化以形成一實質上透光結構於該第一區中，以及一開口於該第二區中，其中依據一衰減係數決定該透光材料層的組成，該衰減係數取決於 Beer-Lambert 定律， T 正比於 $e^{-\mu l}$ ，其中 T 為透光度， l 為厚度，且 μ 為該衰減係數；以及
 - 一蝕刻停止層，夾設於該透光材料層與該透光基板之間，其中該蝕刻停止層包含氧化鈣、氮化鎢、和氮化鈦中至少一者，且摻雜有磷、鈣、和鈉中至少一者，調整以提供大於 98% 的透光度，且該蝕刻停止層完全覆蓋該第一區與該第二區，且自該第一區連續地延伸至該第二區。
8. 如申請專利範圍第 7 項所述之無鉻的相位移光罩，其中該透光基板包含熔融石英；該透光材料層包含的材料為下述的一者：摻雜碳的氧化矽、分散有發色團於其中的矽酸鹽玻璃、和溶膠-凝膠矽酸鹽；以及該蝕刻停止層包含摻雜鈣的

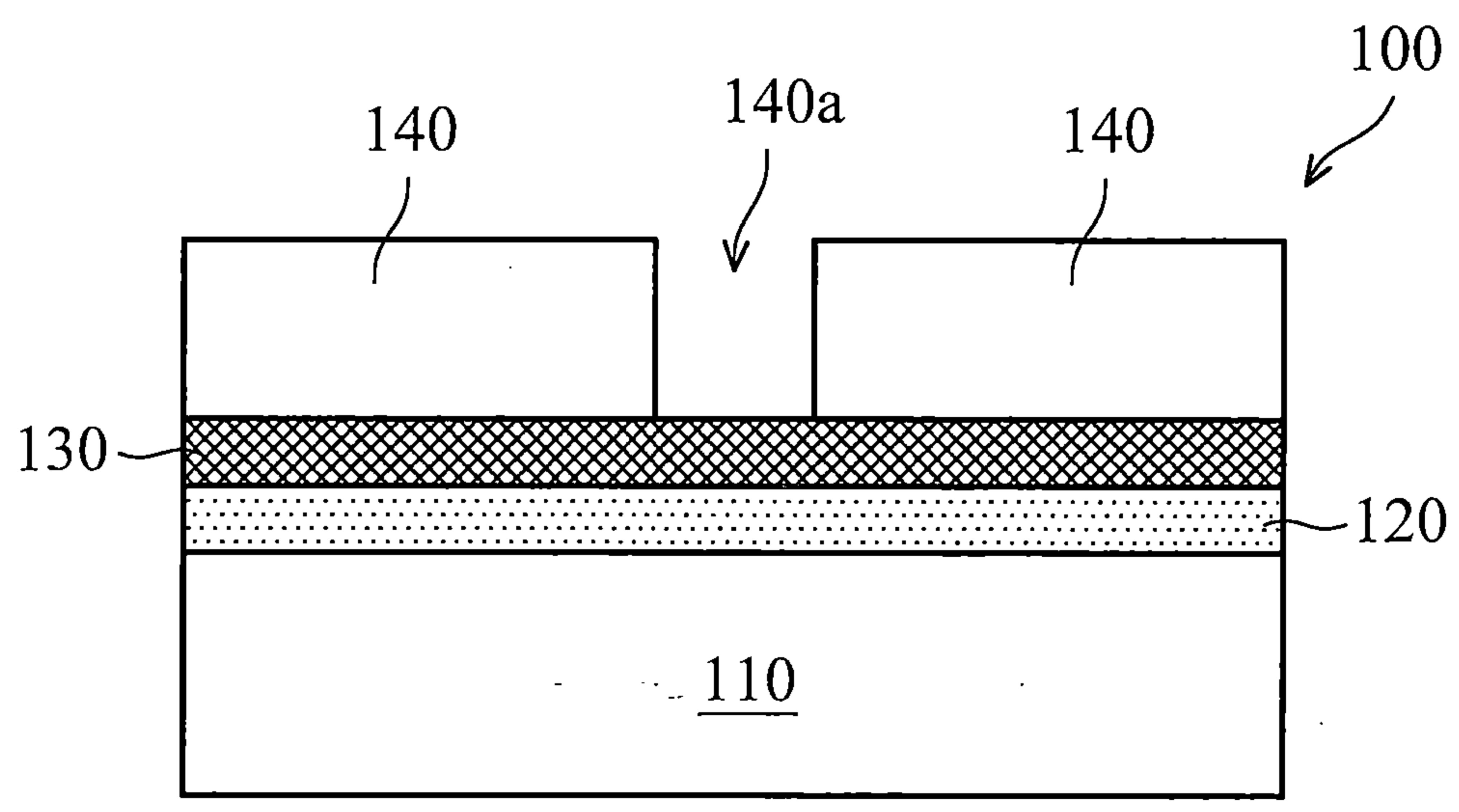
氧化鈦。

9. 如申請專利範圍第 7 或 8 項所述之無銘的相位移光罩，其中該透光材料層的厚度設計為提供在該微影制程中，穿透該無銘的相位移光罩的該第一區的該光射線的一第一光束，與穿透該無銘的相位移光罩的該第二區的該光射線的一第二光束之間的相位差為約 180 度。
10. 一種積體電路的製作方法，包括：
 - 提供一半導體基板；
 - 提供一光阻層於該半導體基板上；
 - 提供一光罩，其包含
 - 一透光基板；
 - 一蝕刻停止層，位於該透光基板上，其中該蝕刻停止層包含氧化鈦、氮化鎢、和氮化鈦中至少一者，且摻雜有磷、鈣、和鈉中至少一者；以及
 - 一透光材料層，對一光射線實質上透明且位於該蝕刻停止層上，且依據一積體電路圖案圖案化該透光材料層，其中該透光材料層設計以提供相位移，且具有大於 90% 的透光度，且至少基於該透光材料層的衰減係數進行優化；以及
 - 在一微影制程中採用該光罩，以形成該積體電路圖案於該半導體基板上，該微影制程包含
 - 採用該光罩對該半導體基板進行一微影曝光制程；以及
 - 顯影該曝光後的光阻層。

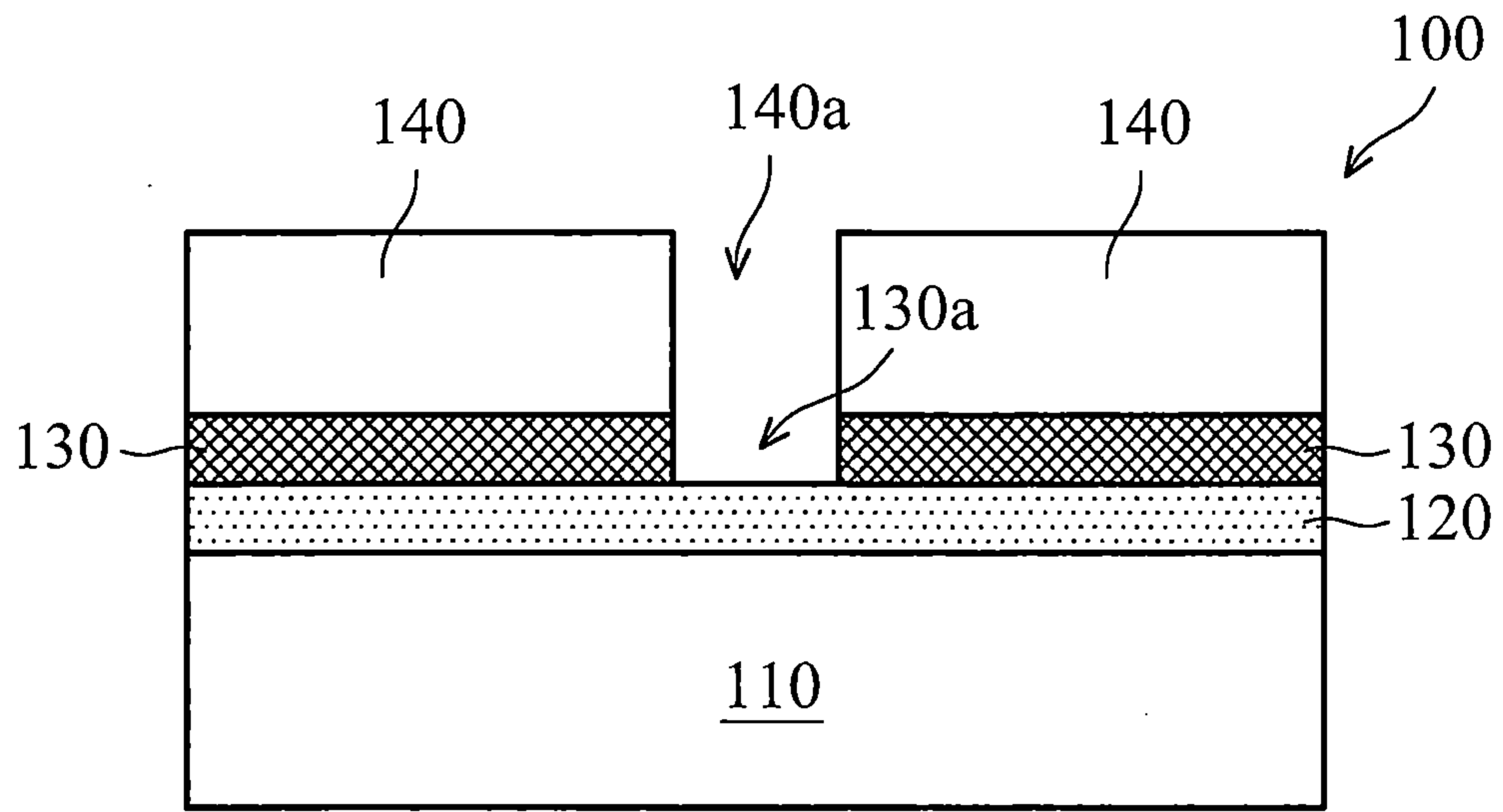
圖式



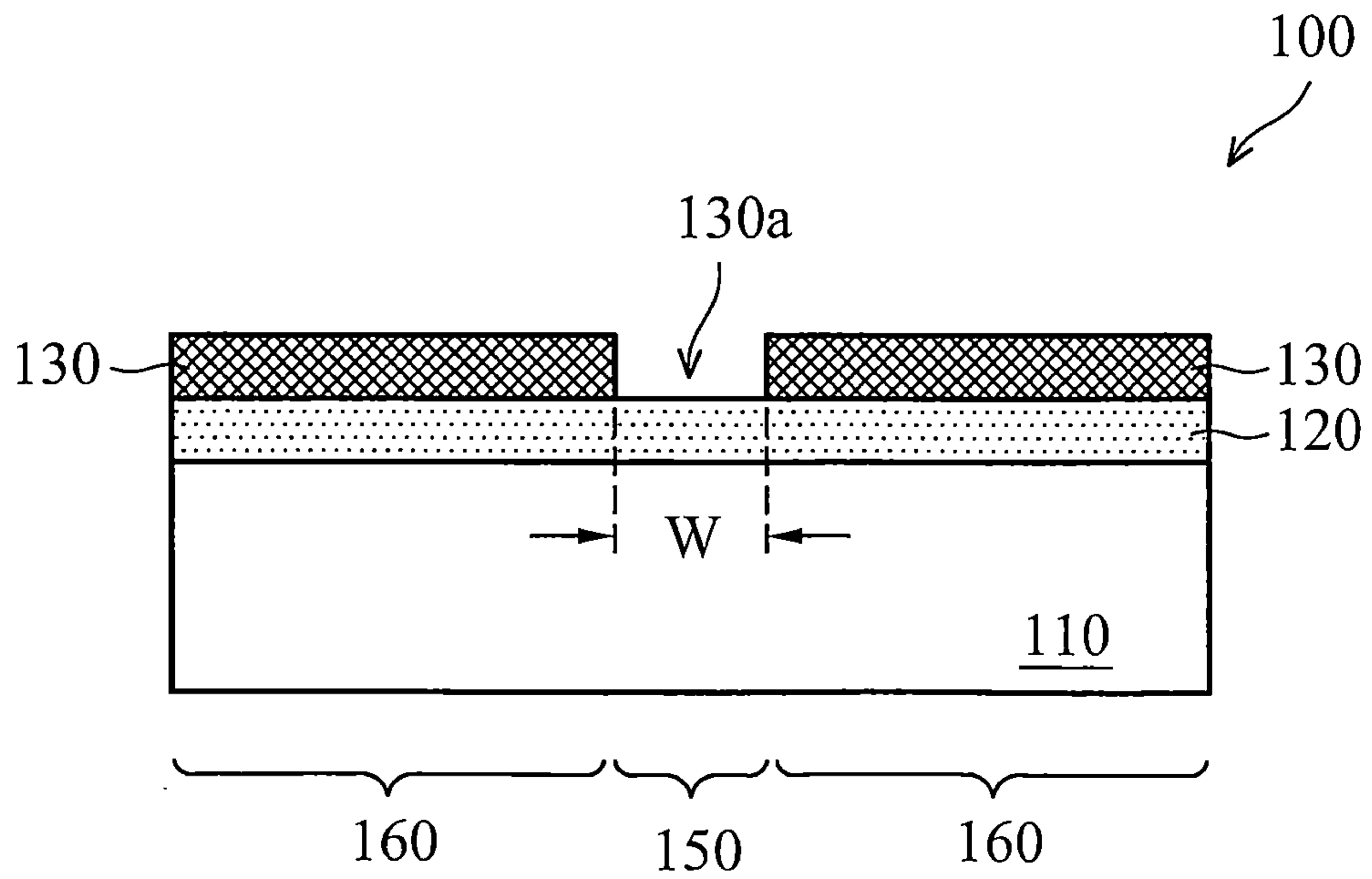
第 1 圖



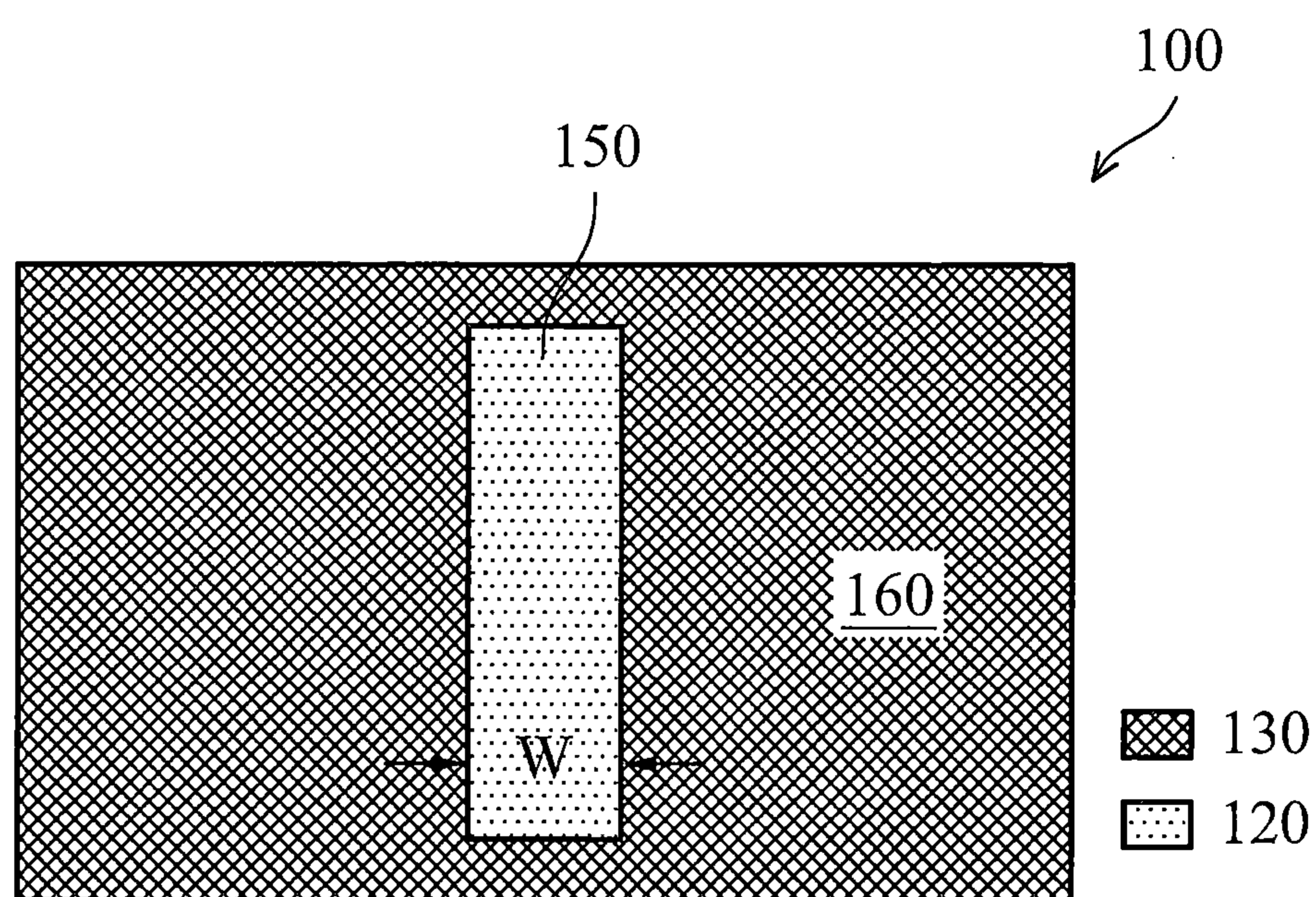
第 2 圖



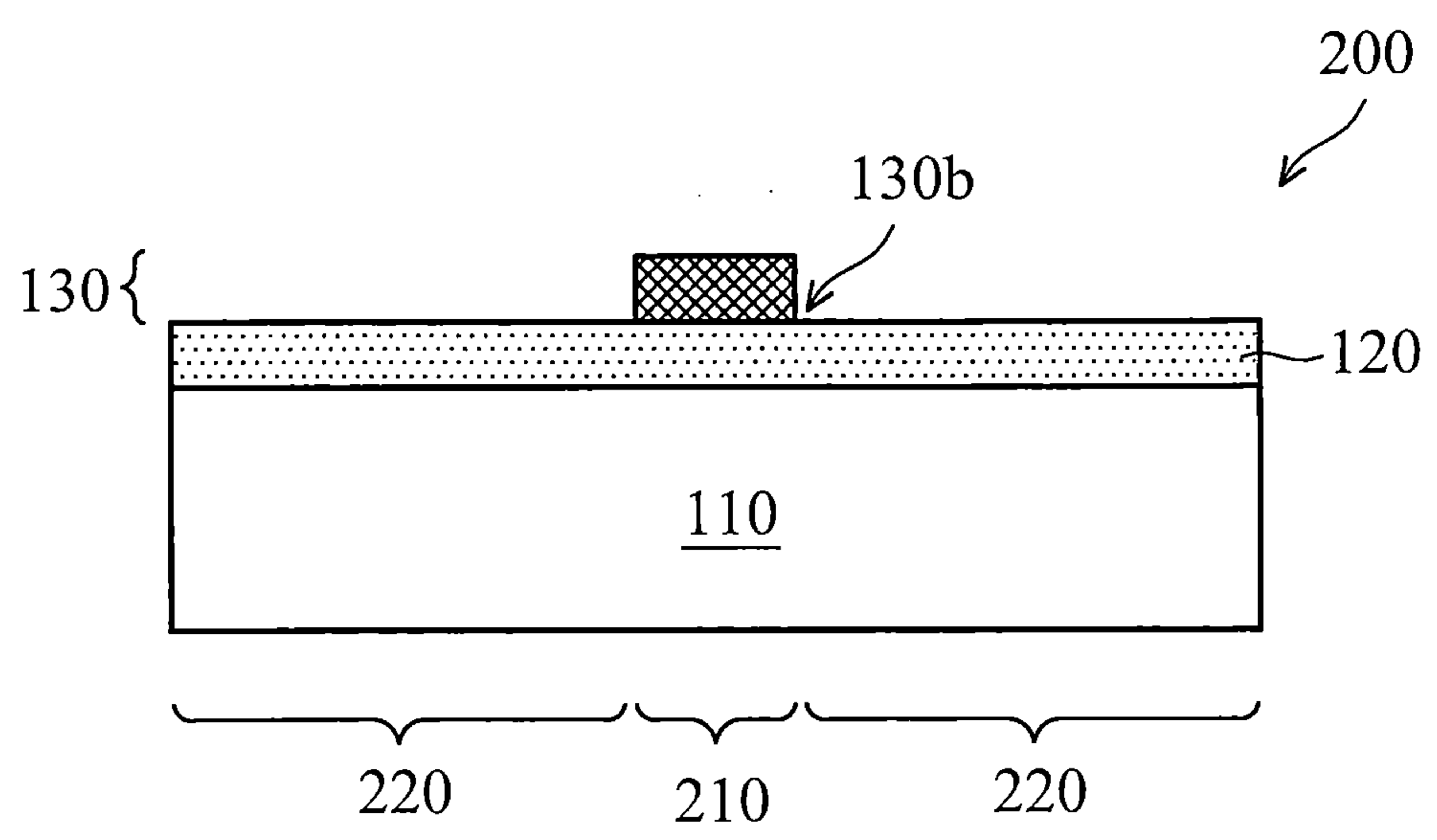
第 3 圖



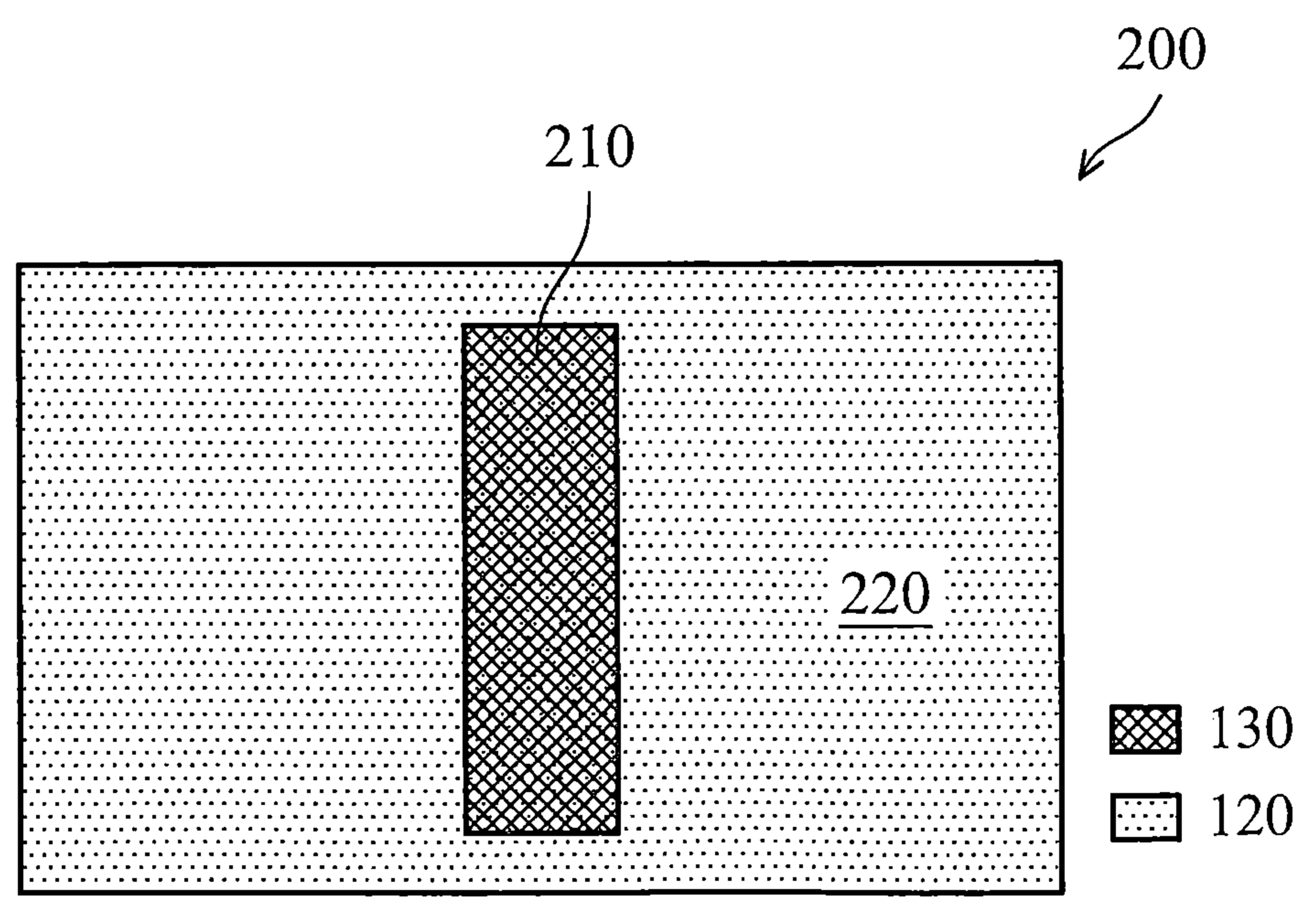
第 4 圖



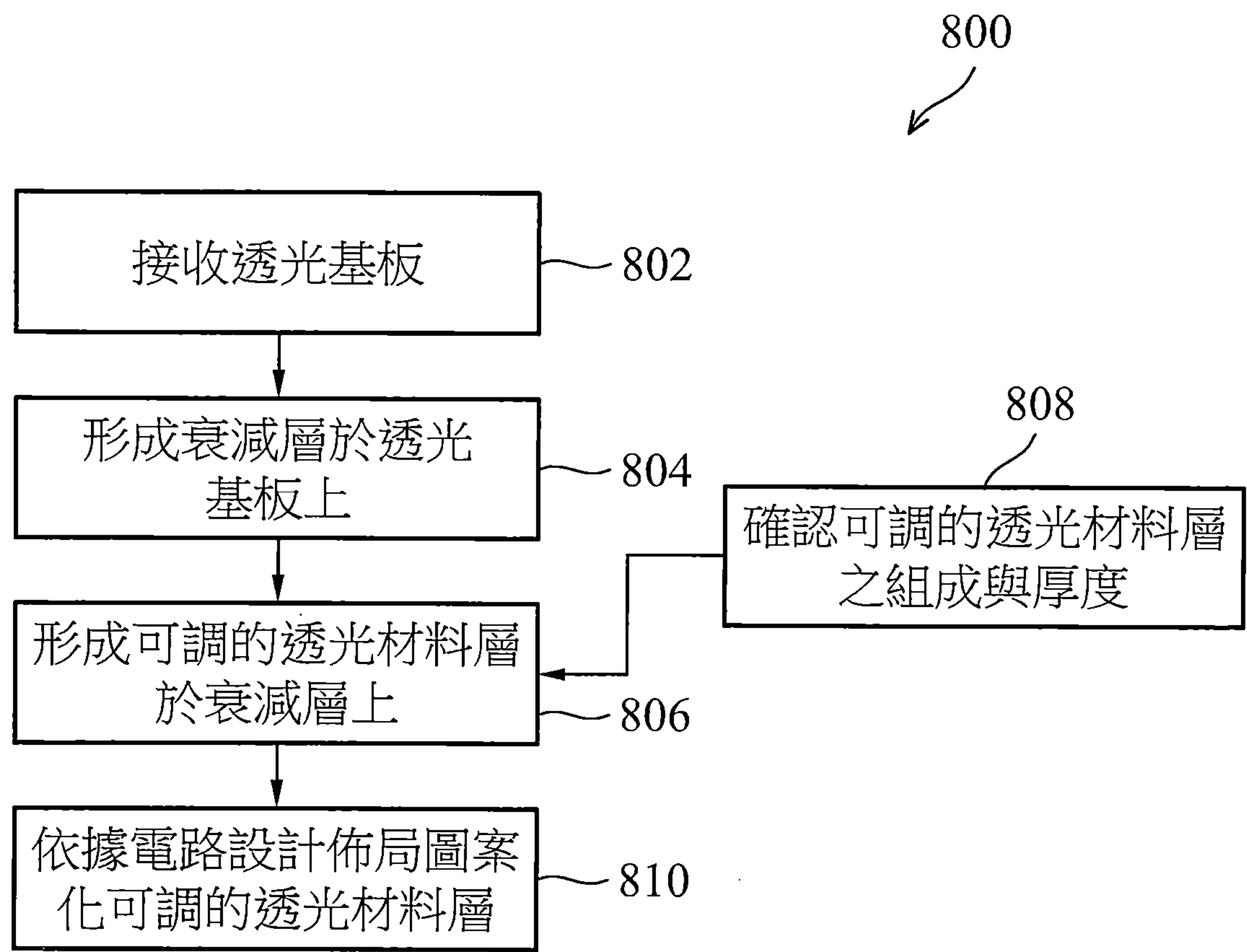
第 5 圖



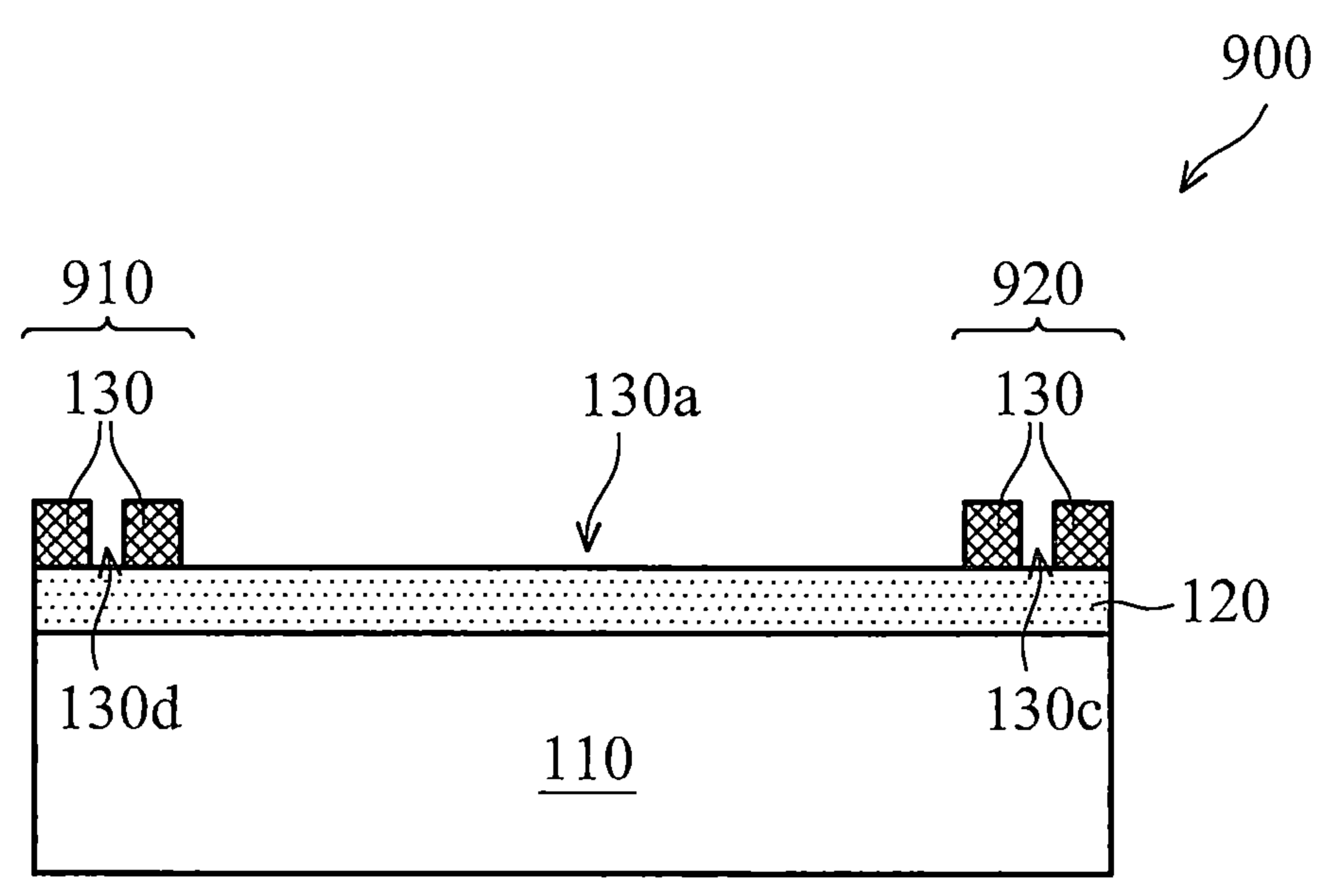
第 6 圖



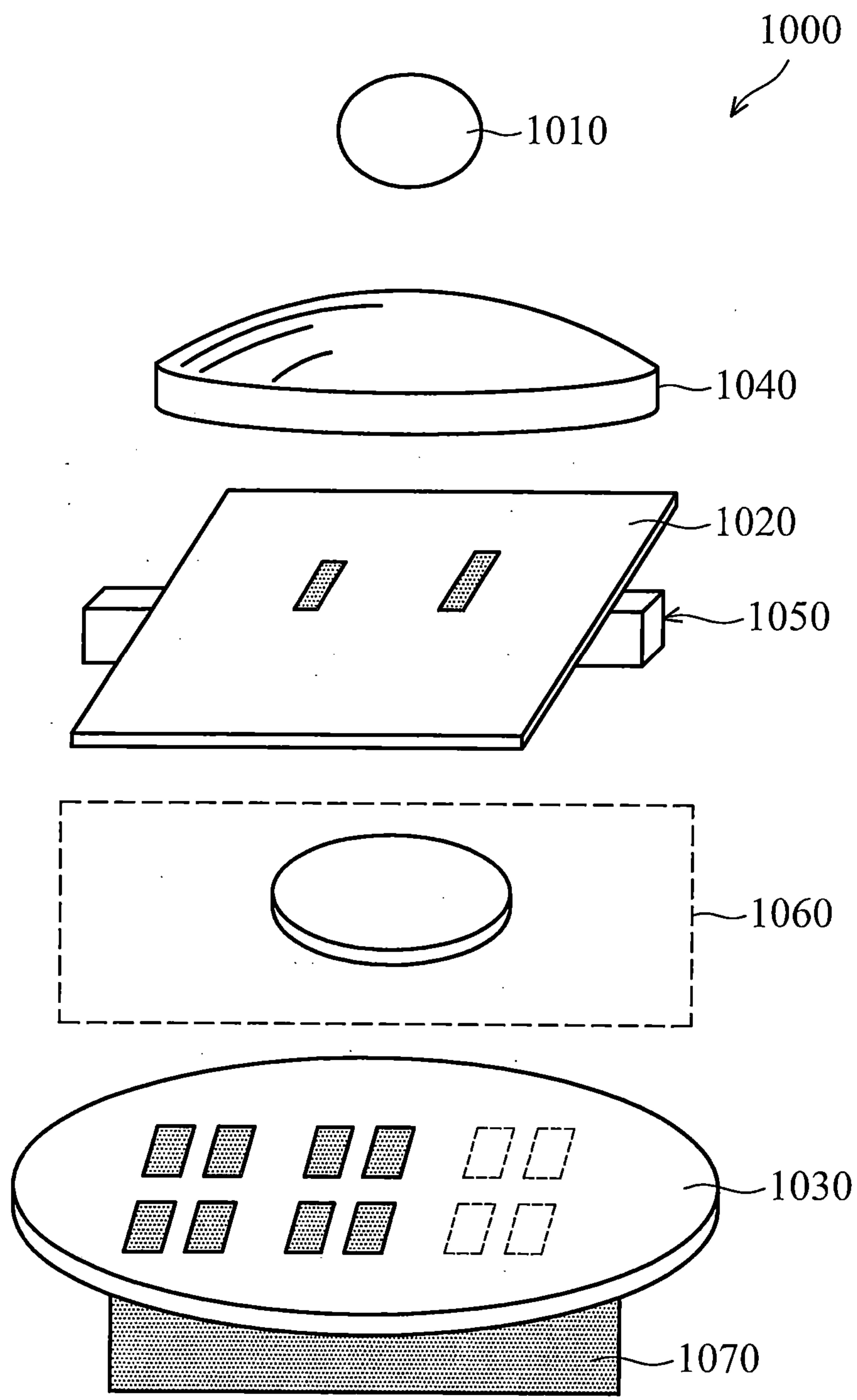
第 7 圖



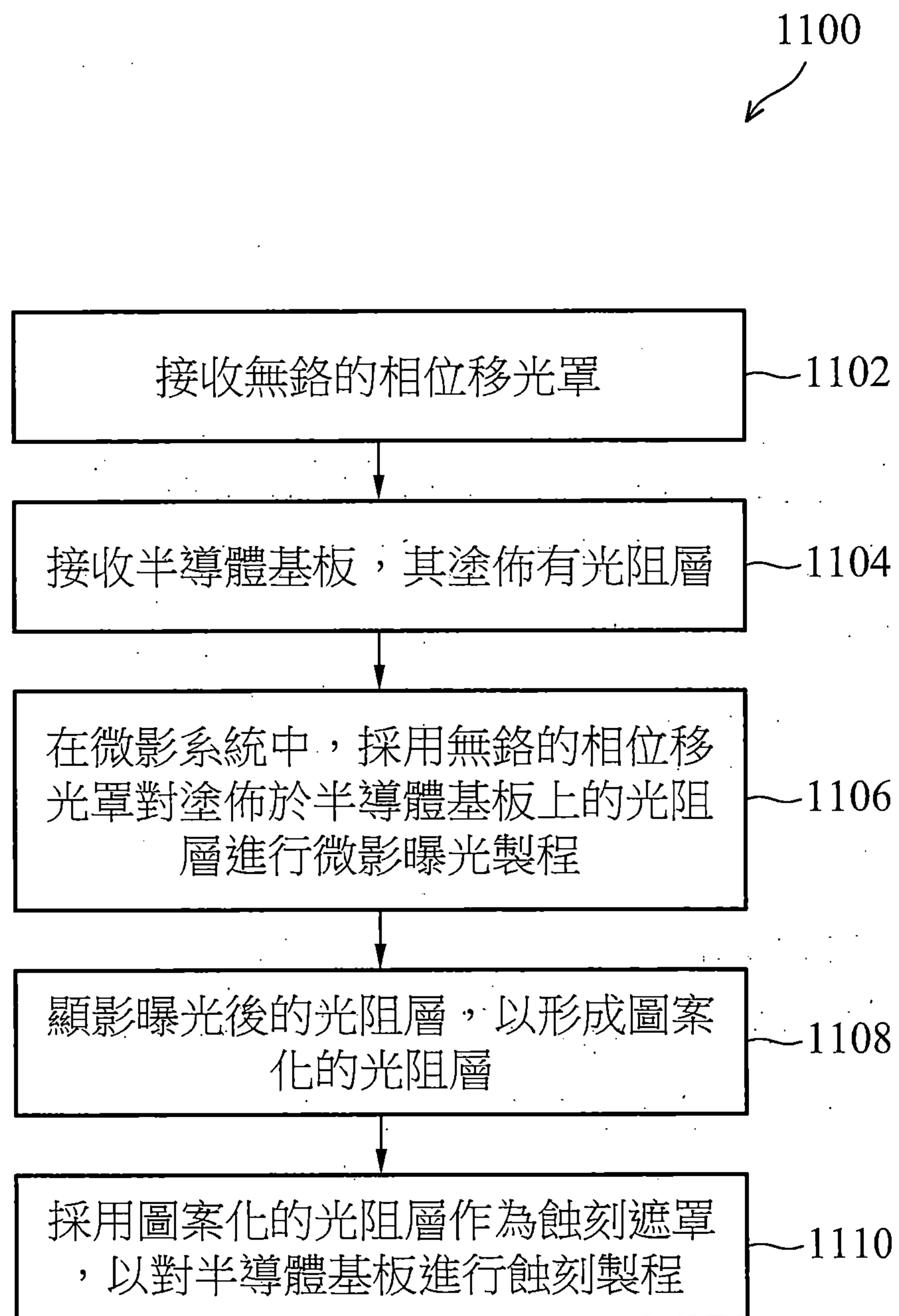
第 8 圖



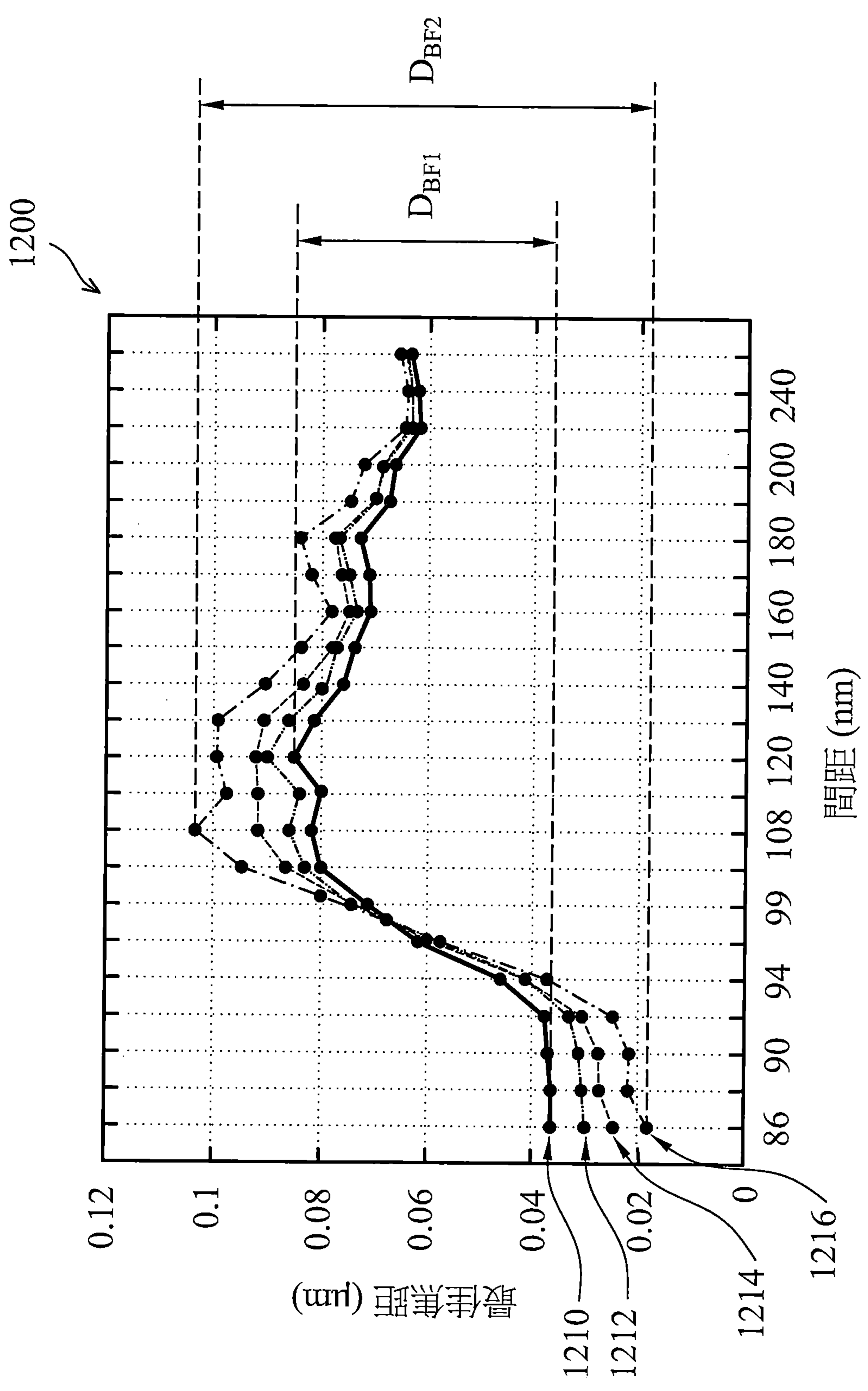
第 9 圖



第 10 圖



第 11 圖



第12圖