



(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 I881160 B

(45)公告日：中華民國 114 (2025) 年 04 月 21 日

(21)申請案號：110131993 (22)申請日：中華民國 110 (2021) 年 08 月 30 日

(51)Int. Cl. : **H01L21/02 (2006.01)** **H01L21/311 (2006.01)**
H01L21/768 (2006.01)

(30)優先權：2020/09/01 美國 63/073,047
2020/12/17 美國 17/125,609

(71)申請人：日商東京威力科創股份有限公司(日本) TOKYO ELECTRON LIMITED (JP)
日本

(72)發明人：富爾福德 丹尼爾 FULFORD, DANIEL (US)；墨菲 邁克爾 MURPHY, MICHAEL
(US)；格熱希科維亞克 約迪 GRZESKOWIAK, JODI (US)；史密斯 傑佛瑞
SMITH, JEFFREY (US)

(74)代理人：周良謀；周良吉

(56)參考文獻：

TW	201705245A	TW	201710801A
TW	202024221A	US	2016/0300756A1
US	2017/0255103A1		

審查人員：王安邦

申請專利範圍項數：21 項 圖式數：12 共 66 頁

(54)名稱

處理半導體基板的方法

(57)摘要

在一些實施例中，一種處理半導體基板的方法包含在具有界定複數凹陷部之複數微製造結構的基板上沉積樹脂膜。該樹脂膜係填充該等凹陷部並覆蓋該等微製造結構。本方法係包含使用以基於光酸產生劑(PAG)的製程執行對樹脂膜的局部移除，以將樹脂膜移除至該等凹陷部中之相應第一深度，該等相應第一深度中至少兩者為不同的深度。本方法係包含使用以基於熱酸產生劑(TAG)的製程重複執行對該樹脂膜之剩餘部分的均勻移除直到達成預定條件，以移除該等凹陷部中該樹脂膜之大致均勻的深度。

In certain embodiments, a method for processing a semiconductor substrate includes depositing a resin film on a substrate that has microfabricated structures defining recesses. The resin film fills the recesses and covers the microfabricated structures. The method includes performing, using a photoacid generator (PAG)-based process, a localized removal of the resin film to remove the resin film to respective first depths in the recesses, at least two depths of the respective first depths being different depths. The method includes repeatedly performing, using a thermal acid generator (TAG)-based process and until a predetermined condition is met, a uniform removal of a remaining portion of the resin film to remove a substantially uniform depth of the resin film in the recesses.

指定代表圖：

符號簡單說明：

- 100:基板
- 102:製程
- 104i:階段
- 106:基部
- 108:微製造結構
- 110:凹陷部
- 120:填充材料
- 120b:去保護部分
- 121:目標高度
- 122:保護膜
- 126:溶解度改變劑
- 127:熱能

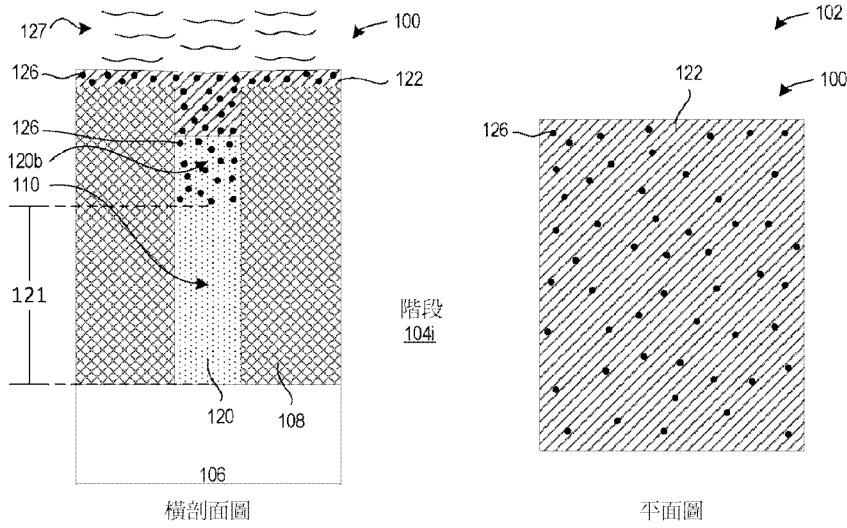


圖 11



公告本

I881160

【發明摘要】

【中文發明名稱】處理半導體基板的方法

【英文發明名稱】METHOD FOR PROCESSING A SEMICONDUCTOR

SUBSTRATE

【中文】

在一些實施例中，一種處理半導體基板的方法包含在具有界定複數凹陷部之複數微製造結構的基板上沉積樹脂膜。該樹脂膜係填充該等凹陷部並覆蓋該等微製造結構。本方法係包含使用以基於光酸產生劑(PAG)的製程執行對樹脂膜的局部移除，以將樹脂膜移除至該等凹陷部中之相應第一深度，該等相應第一深度中至少兩者為不同的深度。本方法係包含使用以基於熱酸產生劑(TAG)的製程重複執行對該樹脂膜之剩餘部分的均勻移除直到達成預定條件，以移除該等凹陷部中該樹脂膜之大致均勻的深度。

【英文】

In certain embodiments, a method for processing a semiconductor substrate includes depositing a resin film on a substrate that has microfabricated structures defining recesses. The resin film fills the recesses and covers the microfabricated structures. The method includes performing, using a photoacid generator (PAG)-based process, a localized removal of the resin film to remove the resin film to respective first depths in the recesses, at least two depths of the respective first depths being different depths. The method includes repeatedly performing, using a thermal acid generator (TAG)-based process and until a predetermined condition is met, a

uniform removal of a remaining portion of the resin film to remove a substantially uniform depth of the resin film in the recesses.

【指定代表圖】 圖11

【代表圖之符號簡單說明】

100: 基板

102: 製程

104i: 階段

106: 基部

108: 微製造結構

110: 凹陷部

120: 填充材料

120b: 去保護部分

121: 目標高度

122: 保護膜

126: 溶解度改變劑

127: 熱能

【發明說明書】

【中文發明名稱】處理半導體基板的方法

【英文發明名稱】METHOD FOR PROCESSING A SEMICONDUCTOR

SUBSTRATE

【技術領域】

【0001】本揭露內容係大致關於半導體製造，且在一些實施例中係關於控制半導體膜厚度。

【0002】[相關申請案]本申請案係主張於2020年9月1日申請之美國專利臨時申請案第63/073,047號以及於2020年12月17日申請之美國專利非臨時申請案第17/125,609號的優先權，其內容係合併於此以作為參考。

【先前技術】

【0003】建構電路係涉及在各種特徵或結構上沉積大量分層材料，以及圖案化、蝕刻及填充製程。隨著下一代電晶體的設計創新轉向更小尺寸及垂直架構，對精確控制晶片內及整個晶圓上薄膜厚度之技術的需求也在增加。可以定時進行蝕刻製程以移除薄膜的一部分而沒有終點；然而，這種製程對位置的控制不佳且變化很大。

【發明內容】

【0004】在某些實施例中，一種處理半導體基板的方法包含接收具有界定凹陷部之微製造結構的基板，且於基板上沉積樹脂膜。該樹脂膜係填充凹陷部並覆蓋微製造結構，且其對以溶劑顯影具有初始抗性。該方法係包含於基板

第1頁，共33頁(發明說明書)

上沉積第一保護膜。第一保護膜係包含回應於光化輻射而產生第一溶解度改變劑的第一試劑產生成分。該方法係包含將第一保護膜暴露至第一充分光化輻射，以在第一保護膜內產生第一溶解度改變劑。該方法係包含將第一溶解度改變劑擴散至樹脂膜中至第一預定深度，致使樹脂膜之第一部分變成可溶於第一溶劑，並使用第一溶劑將第一保護膜及樹脂膜之第一部分顯影。該方法係包含於基板上沉積第二保護膜。第二保護膜係包含回應於光化輻射而產生第一溶解度改變劑之第一試劑產生成分。該方法係包含將第二保護膜暴露至第二充分光化輻射，以在第二保護膜內產生第一溶解度改變劑。該方法係包含將第一溶解度改變劑擴散至樹脂膜中至第二預定深度，致使樹脂膜之第二部分變成可溶於第一溶劑，並使用第一溶劑將第二保護膜及樹脂膜之第二部分顯影，使得樹脂膜下凹至凹陷部中之相應第一合併深度。

【0005】 在某些實施例中，一種處理半導體基板的方法包含接收具有界定凹陷部之微製造結構的基板，並於基板上沉積樹脂膜。樹脂膜係填充凹陷部並覆蓋微製造結構，且樹脂膜係對以第一溶劑顯影具有初始抗性。該方法包含於基板上沉積第一保護膜。第一保護膜係包含回應於光化輻射而產生第一溶解度改變劑的第一試劑產生成分。該方法包含將第一保護膜暴露至充分光化輻射，以在第一保護膜內產生第一溶解度改變劑。該方法包含將第一溶解度改變劑擴散至樹脂膜中至第一預定深度，致使樹脂膜之第一部分變成可溶於第一溶劑，並使用第一溶劑將樹脂膜之第一部分顯影。該方法包含於基板上沉積第二保護膜。第二保護膜係包含回應於加熱基板而產生第二溶解度改變劑之第二試劑產生成分。該方法包含充分烘烤基板，以在第二保護膜內產生第二溶解度改變劑，並將第二溶解度改變劑擴散至樹脂膜中至第二預定深度，致使樹脂膜之第二部分變成可溶於第一溶劑。該方法包含使用第一溶劑將樹脂膜之第二部分顯影，使得樹脂膜下凹至該等凹陷部中之相應合併深度。

【0006】 在某些實施例中，一種處理半導體基板的方法係包含於基板上沉積樹脂膜，該基板係具有界定凹陷部之微製造結構。該樹脂膜係填充凹陷部並覆蓋微製造結構。該方法係包含使用基於光酸產生劑(PAG)的製程執行對樹脂膜的局部移除，以將樹脂膜移除至凹陷部中之相應第一深度處，該等相應第一深度中至少兩者為不同的深度。該方法包含使用基於熱酸產生劑(TAG)的製程重複執行對樹脂膜之剩餘部分的均勻移除直到達成預定條件，以移除凹陷部中樹脂膜之大致均勻的深度。

【圖式簡單說明】

【0007】 為了更完整地理解本揭露內容及其優點，現結合附圖並參考以下描述，其中：

【0008】 圖 1A-1J 顯示在處理基板之示例性製程期間示例性半導體基板的橫剖面圖及平面圖；

【0009】 圖 2A-2I 顯示在處理基板之示例性製程期間示例性半導體基板的橫剖面圖及平面圖；

【0010】 圖 3 說明了溶解度改變劑擴散到填充材料中之不同深度的示例性效果；

【0011】 圖 4A-4H 顯示在處理基板部分之示例性製程期間具有預圖案化特徵之示例性基板部分的橫剖面圖；

【0012】 圖 5A-5C 圖示了在處理基板部分之部分示例性製程期間具有預圖案化特徵之示例性基板部分的橫剖面圖；

【0013】 圖 6 圖示了用於處理半導體基板的示例性方法；

【0014】 圖 7 圖示了用於處理半導體基板的示例性方法；

【0015】 圖 8 圖示了用於處理半導體基板的示例性方法；

【0016】 圖 9A-9C 說明了可用於保護膜之示例性 PAG 及 TAG；

【0017】 圖 10A-10B 圖示了保護膜及/或填充材料之溶解度的示例性修改；

【0018】 圖 11 說明了堆疊電晶體架構之示例，這些架構可以受益於精確的膜高度控制，以選擇性地生長 n 型及 p 型矽鍺 (SiGe)；以及

【0019】 圖 12A-12B 說明自對準區塊(SAB)製程流程中的步驟可受益於特定膜(例如旋塗碳)的部分凹陷。

【實施方式】

【0020】 在與形成半導體裝置相關聯的沉積、圖案化及移除製程中，出於諸多原因可能需要控制沉積膜的高度。例如可能需要移除沉積膜的一部分（例如在溝槽中）以在溝槽內達到沉積膜的特定高度。用於移除部分沉積層的傳統移除製程(例如定時濕式或乾式蝕刻製程)通常難以控制並且會遇到例如平面化問題的其他問題。隨著特徵尺寸在處理之半導體晶圓表面上不斷的縮小或變化，這些問題變得更加普遍。

【0021】 本揭露內容的實施例提供控制半導體基板之膜厚度的技術。基板可以具有預先圖案化的特徵，其包含例如界定凹陷部的結構。受控制的膜可以是填充材料(例如聚合物樹脂)而沉積在預圖案化的特徵上，填充凹陷部並覆蓋結構。在包含基板的整個半導體晶圓上，可能需要精確且可重複地將填充材料減少到凹陷部內的特定目標高度（厚度），且這些目標高度可能因凹陷部而異。某些實施例係在不使用蝕刻停止層或與期望控制膜高度之傳統蝕刻技術一起使用的其他定時蝕刻製程的情況下實現此膜厚度控制。

【0022】對於藉由用來移除一部分填充材料之溶劑（例如顯影劑）的移除（例如顯影），填充材料係具初始抗性。某些實施例使用循環製程，其包含沉積含有試劑產生劑的保護膜，該試劑產生劑係回應於刺激而在保護膜中產生試劑。接著將試劑擴散到填充材料中至預定深度，使得一部分的填充材料相對於溶劑而變得去保護（可移除/可顯影）。接著使用溶劑移除保護膜及填充材料的去保護部分。這個製程可以重複進行直到凹陷部中的填充材料達到一或多個相應的目標高度。

【0023】某些實施例使用基於 PAG 的製程來降低基板凹陷部中至少一部分的樹脂膜高度。例如保護膜中的試劑產生劑可以是回應於光化輻射而活化的光活化試劑產生劑(例如 PAG)。這種基於 PAG 的製程可以重複適當次數直到達到目標膜高度（例如在凹陷部內）。

【0024】某些實施例使用基於 TAG 的製程來降低基板凹陷部中至少一部分的樹脂膜高度。例如保護膜中的試劑產生劑可以是回應於熱而被活化的熱活化試劑產生劑（例如 TAG）。這種基於 TAG 的製程可以重複適當次數直到達到目標膜高度（例如在凹陷部內）。

【0025】某些實施例將基於 PAG 的製程之一或多次迭代與基於 TAG 的製程之一或多次迭代合併，以在樹脂膜中建立高度變化而均勻地進一步降低膜高度厚度直到達到目標膜高度（例如在凹陷部內）。

【0026】也就是說，藉由自保護膜(overcoat)產生酸並將酸擴散到酸去保護樹脂中，接著顯影，實施例係在整個晶圓上的位置提供對膜厚度及輪廓的調節。酸去保護進入樹脂膜的深度可以由上覆保護膜中所產生及擴散之酸的量來定義。可以使用包含保護膜的光酸及/或熱酸產生劑來實現位置高度控制。實施例可以與背面覆蓋控制技術以及用於正面處理之基於位置的臨界尺寸最佳化器平台一起使用。

【0027】 某些實施例還提供改進的平面度。例如，某些傳統蝕刻技術會引入或加劇平面化問題，尤其是當基板結構之間間距或那些結構的寬度發生變化時。本揭露內容的某些實施例能夠將填充材料的移除控制到目標高度，而幾乎不受或不受因基板之不同形貌引入的影響。

【0028】 圖 1A-1J 顯示根據某些實施例中於處理基板 100 之示例性製程 102 期間的示例性半導體基板 100 的橫剖面圖及平面圖。製程 102 包含階段 104a-104j，但是如果適當，製程 102 可以包含更多或更少的階段。基板 100 可以是較大半導體裝置的一部分，例如較大半導體晶圓的一部分。在某些實施例中，製程 102 包含重複執行基於 PAG 的製程以從基板 100 之凹陷部移除填充材料，直到填充材料在凹陷部內達到預定高度。

【0029】 如圖 1A 中的階段 104a 所示，基板 100 包含基部 106 及形成在基部 106 上的微製造結構 108。結構 108 界定了凹陷部 110。本揭露內容考慮將結構 108 圖案化成任何適當的特徵。例如雖然本揭露內容主要描述「凹陷部」，但使用本揭露內容的實施例，其他適當的特徵可以形成在半導體基板中或上，包含（無論是否被視為「凹陷部」）線、孔、溝槽、通孔及/或其他適當的結構。結構 108 及凹陷部 110 可以使用傳統的光刻製程及/或其他適當的沉積及蝕刻製程形成。基部 106 及結構 108 可酌情包含相同或不同的材料（或材料的組合）。

【0030】 基板 100 一般是指根據本揭露內容之實施例處理中的工件。基板 100 可以包含裝置的任何材料部分或結構，尤其是半導體或其他電子裝置，並且可以例如是基礎基板結構，例如半導體晶圓、光縮片或者在基礎基板結構上或覆蓋在基礎基板結構上之例如薄膜的層。因此，基板 100 不限於任何特定的基礎結構、下伏層或上覆層、圖案化或未圖案化，而是可以包含任何這樣的

層或基礎結構以及層及/或基礎結構的任何組合。基板 100 可以是大塊基板，例如大塊矽基板、絕緣體上矽基板或各種其他半導體基板。

【0031】結構 108 具有各自的頂面 112，且凹陷部 110 具有底表面 113。在某些實施例中，結構 108 及凹陷部 110 在高度上相對於彼此是不同的。例如在某些實施例中，凹陷部具有高度 114（在 z 方向上從基部 106 的底部到凹陷部 110 的底表面 113），且結構 108 具有第二高度 116（在 z 方向上從基部 106 的底部到結構 108 的頂面 112）。在某些實施例中，結構 108 及凹陷部 110 相對於彼此的高度差可以介於 10 nm 及 100 nm 之間（例如大於 50 nm）。在其他實施例中，例如在深開口/溝槽的情況下，高度差可以大於 5 微米。結構 108 係由間隙(例如由凹陷部 110 界定)隔開，對於給定的應用，間隙可以具有任何適當的寬度 118。

【0032】如圖 1B 在階段 104b 所示，填充材料 120 已經沉積在基板 100 上。填充材料 120 可以以任何適當的方式沉積。例如可以使用旋塗沉積（或旋塗）、噴塗、輥塗、化學氣相沉積（CVD）或任何其他適當的沉積技術來沉積填充材料 120。填充材料 120 係填充了凹陷部 110 並覆蓋結構 108。在隨後的光刻步驟中，可能需要藉由光刻顯影技術將填充材料 120 下凹至凹陷部 110 中，使得填充材料 120 在凹陷部 110 內具有特定高度。

【0033】在某些實施例中，填充材料 120 為例如聚合物樹脂的樹脂膜。填充材料 120 可以具有光去保護特性，且在沉積時可以抵抗不被給定溶劑（其也可以稱為顯影劑）溶解。然而如稍後階段將描述的，在暴露於特定酸之後，填充材料 120 會經歷溶解度變化，在此之後填充材料 120（或其部分）便不再是受到保護不受溶劑影響而是將溶解在溶劑中。例如在某些實施例中，填充材料 120 為酸可去保護的聚合物，且聚合物的一部分將與特定物質（例如酸）反應而分解，以改變填充材料 120 的溶解度，使得如果以特定方式去掉保護，填

填充材料 120 將會溶解或以其他方式被洗掉。作為特定示例，填充材料 120 可以是由多種類型之單體組成的共聚物或三元共聚物，其中至少一種單體能夠在強酸的存在下分解以產生更極性的基團(如羧酸端基)，使得填充材料 120 將更易溶於水性介質。作為特定示例，填充材料 120 可以包含多種單體類型，其含有例如丙烯酸叔丁酯或甲基丙烯酸金剛烷基酯的酸敏感單體。

【0034】 在某些實施例中，填充材料 120 包含例如正型、負型或混合調性光阻的光敏材料。在一例中，填充材料 120 包含酚醛樹脂或重氮萘醌基樹脂(diazo-naphthoquinone based resin)。在某些實施例中，填充材料 120 可以包含化學放大抗蝕劑。在其他實施例中，填充材料 120 可以包含非化學放大的抗蝕劑材料，例如聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)或氫倍半矽氧烷(Hydrogene SilsesQuioxance(HSQ))。

【0035】 可能需要移除填充材料 120 的一部分，包含在凹陷部 110 內的，使得填充材料在凹陷部 110 內具有預定的目標高度 121。在此例中，目標高度 121 係顯示為從凹陷部 110 的底表面 113 開始測量;然而，凹陷部 110 內之填充材料 120 的目標高度可以從任何適當的位置測量，例如從基部 106 的底部。目標高度 121 也可以視為是填充材料 120 的目標厚度。填充材料 120 最初係對以一或多種溶劑進行顯影具抗性，這些溶劑將在後續製程中使用以移除部分填充材料 120。

【0036】 如圖 1C 所示的階段 104c，保護膜 122 已經沉積在基板 100 上。保護膜 122 可以以任何適當的方式沉積，包含旋塗沉積(或旋塗)、噴塗、輥塗、CVD 或任何其他適當的沉積技術。保護膜 122 係包含光活化劑產生劑，其係回應光化輻射而產生用於將另一種材料(例如保護膜 122 及/或填充材料 120 的材料)之溶解度改變的溶解度改變劑，該另一種材料係可溶於欲用在後續移

除製程中的一或多種溶劑中。在某些實施例中，光活化劑產生劑為 PAG 且溶解度改變劑為酸。

【0037】除了光活化劑產生劑之外，保護膜 122 可以包含或可以不包含與填充材料 120 相同的材料或相似的材料。在某些實施例中，除了光活化劑產生劑之外，保護膜 122 可以包含具有與去保護之填充材料 120 在同一溶劑（之後將用於移除凹陷部 110 中之填充材料 120 之去保護部分）中之溶解度相似的聚合物樹脂，使得填充材料 120 之去保護部分以及保護膜 122 可以在一個步驟中移除。在某些實施例中，保護膜 122 的光活化劑產生劑係預先配製在保護膜 122 的材料（例如樹脂）中。

【0038】如圖 1D 在階段 104d 所示，保護膜 122 係暴露於光化輻射 124 持續一段適當的時間。具體而言，保護膜 122 係暴露於充分的光化輻射 124 以引起保護膜 122 中的光活化劑產生劑(例如 PAG)在保護膜 122 內產生溶解度改變劑 126(例如酸)，使得保護膜 122 現在包含溶解度改變劑 126。溶解度改變劑 126 使保護膜 122 變得可溶，使得保護膜 122 現在可溶於一或多種溶劑以用於隨後的移除製程。

【0039】光化輻射 124 可以包含適當波長及具有其他適當特性的光，以活化保護膜 122 中的光活化劑產生劑(例如 PAG)，使得保護膜 122 中的光活化劑產生劑於保護膜 122 內產生溶解度改變劑 126(例如酸)。可影響保護膜 122 中之光活化劑產生劑是否被活化以在保護膜 122 內產生溶解度改變劑 126(以及數量)之光化輻射 124 的特性係包含保護膜 122 的含量、光活化劑產生劑的類型、光化輻射 124 的波長、保護膜 122 暴露於光化輻射 124 的時間段以及其他適當的因素。

【0040】預定的光活化劑產生劑(例如 PAG)可能對預定波長或預定波長範圍敏感，從而允許使用多種曝光源。僅作為一例，光化輻射 124 的波長可以在

大約 170 nm 到大約 405 nm 的範圍內，且曝光時間可以是大約 10 秒到大約一分鐘（對於圖 1A- 1J 所示之部分為晶圓的一部分）。填充材料保護膜 122 的聚合物對於預定波長可以是透明的或接近透明的。

【0041】然而吾人應當理解，這些值及光化輻射源僅提供作為示例。在某些實施例中，如下文參考圖 4B 及 4F 所述，基板 100 是較大基板的一部分，而光化輻射 124 是導向位於較大基板上之保護膜（其中保護膜 122 是其一部分）的光化輻射之較大圖案的一部分。光化輻射（例如光）的曝光可以藉由使用基於遮罩之曝光的掃描器來執行，或者藉由直接寫入曝光步驟，或泛光曝光來執行，此處僅提出幾個例子。也可以使用物理光刻曝光步進器或掃描器。在另一例中，可以使用相對簡單的掃描雷射系統，該系統可以在整個晶圓表面於空間上改變曝光能量。適用於給定實施方式的光化輻射 124 之特定波長及暴露時間可能受所使用工具的影響，包含雷射的強度。

【0042】如圖 1E 在階段 104e 所示，為了將填充材料 120 的至少一部分改性為可溶於稍後移除製程中使用的溶劑，溶解度改變劑 126 已經擴散到填充材料 120 中，導致一部分(填充材料 120 之去保護部分 120a)變得可溶於稍後移除製程中使用的溶劑。去保護部分 120a 通常顯示為溶解度改變劑 126 已擴散到填充材料 120 中的部分。溶解度改變劑 126 擴散到填充材料 120 中會導致在填充材料 120 內之溶解度改變反應達到溶解度改變劑 126 擴散到填充材料 120 中的深度，進而得出去保護部分 120a。接著填充材料 120 之去保護部分 120a 變得可溶於一或多種特定溶劑，其也可稱為顯影劑。因溶解度改變劑 126 擴散到填充材料 120 之一部分（產生去保護部分 120a）中所引起之去保護反應可以是填充材料 120 之該部分內的去交聯反應。類似的反應可以發生在保護膜 122 內，以使保護膜 122 變得可溶解。

【0043】 可使用任何適當的製程將溶解度改變劑 126 擴散到填充材料 120 中。在某些實施例中，係使用熱處理（例如熱能 127）將溶解度改變劑 126 擴散到填充材料 120 的至少一部分中。例如為了施加熱能 127，可以烘烤基板 100，與烘烤基板 100 相關的熱能便引起溶解度改變劑 126 擴散到填充材料 120 的至少一部分中。基板 100 可以藉由適當工具中的基材板、藉由適當工具之基板處理室中的環境熱、前述之組合、或以任何其他適當的方式來進行烘烤。

【0044】 在某些實施例中，溶解度改變劑 126 係擴散至填充材料 120 中的預定深度以將填充材料 120 的溶解度改變到預定深度。預定深度可能足以或可能不足以達到凹陷部 110 中之填充材料 120 的目標高度 121。在所示例子中，階段 104e 的預定深度並不足以使填充材料 120 下凹至凹陷部 110 中之填充材料 120 的目標高度 121。

【0045】 溶解度改變劑 126 擴散到填充材料 120 中的深度可受多種因素影響及/或使用多種因素控制，包含保護膜 122 的含量(包含保護膜 122 中之光活化劑產生劑的類型、保護膜 122 的其他成分及保護膜 122 中光活化劑產生劑的濃度)、光化輻射 124 的特性(例如在階段 104d 或後續階段使用)、填充材料 120 的含量、寬度 118 與高度 116 及 114 之間差異的關係（其可以被稱為凹陷部 110 的深寬比，且其可以影響光化輻射 124 激活光活化劑產生劑以產生溶解度改變劑 126 的能力，尤其是因填充材料 120 已在稍後階段下凹至凹陷部 110 中）、光化輻射 124 的曝光劑量、加熱（例如烘烤）時間及溫度，以及多種其他因素中的任何一個。

【0046】 如圖 1F 在階段 104f 所示，保護膜 122 及填充材料 120 之去保護部分 120a 已經被移除。在某些實施例中，使用溶劑 128 將保護膜 122 及填充材料 120 之去保護部分 120a 顯影，使得保護膜 122 及填充材料 120 之去保護部分 120a 從基板 100 上移除。

【0047】 本揭露內容係設想溶劑 128 包含用於移除保護膜 122 及填充材料 120 之去保護部分 120a 的任何適當物質。僅作為一例，溶劑 128 可以包含能夠溶解酸去保護樹脂(例如填充材料 120 之去保護部分 120a)的四甲基氫氧化銨水溶液。溶劑 128 也可稱為顯影劑。

【0048】 移除保護膜 122 及填充材料 120 之去保護部分 120a 會導致與暴露劑量相稱（例如溶解度改變劑 126 擴散到填充材料 120 中的深度，或填充材料 120 之去保護部分 120a 的深度)之凹陷部 110 中填充材料 120 的高度變化。

【0049】 沉積保護膜 122（階段 104c）、暴露於光化輻射 124（階段 104d）、藉由烘烤一段時間而擴散（階段 104e）以及對填充材料 120 之去保護部分進行顯影（階段 104f）的製程可以重複進行直到填充材料 120 去保護及顯影（移除）的累積深度達到目標高度 121，使得凹陷部 110 中剩餘的填充材料 120 大約在目標高度 121 處。例如圖 1G-1J 顯示第二次迭代此循環製程的結果，在此例中係足以在凹陷部 110 中達到填充材料 120 的目標高度 121。

【0050】 具體而言，圖 1G 顯示階段 104g，其中保護膜 122 再次沉積在基板 100 上。保護膜 122 再次包含光活化劑產生劑(例如 PAG)，其回應於光化輻射而產生溶解度改變劑(例如酸)，該溶解度改變劑係用於改變保護膜 122 及/或填充材料 120 之材料的溶解度，使其可溶於隨後之移除製程中使用的一或多種溶劑。

【0051】 圖 1H 顯示階段 104h，其中保護膜 122 係暴露於光化輻射 124，導致保護膜 122 中之光活化劑產生劑在保護膜 122 內產生溶解度改變劑 126，使得保護膜 122 現在包含溶解度改變劑 126 並導致保護膜 122 變得可溶（可溶於隨後之移除製程中使用的一或多種溶劑）。

【0052】 圖 1I 圖示了階段 104i，其中溶解度改變劑 126 已經擴散到填充材料 120 中，導致填充材料 120 的另一部分（去保護部分 120b）變得可溶於溶

劑（例如溶劑 128）。去保護部分 120b 通常顯示為溶解度改變劑 126 已擴散到填充材料 120 中的該部分。如上所述，溶解度改變劑 126 可以使用熱處理（例如對基板 100 的烘烤）而擴散到填充材料 120 中。在某些實施例中，溶解度改變劑 126 係擴散至填充材料 120 中的預定深度以將填充材料 120 的溶解度改變到預定深度。在此例中，預定深度係足以將填充材料 120 去保護至目標高度 121。

【0053】圖 1J 顯示階段 104j，其中已經移除了保護膜 122 及填充材料 120 之去保護部分 120b。在某些實施例中，使用溶劑 128 使保護膜 122 及填充材料 120 之去保護部分 120b 顯影，導致從基板 100 移除保護膜 122 及填充材料 120 之去保護部分 120b。在此例中，移除保護膜 122 及填充材料 120 之去保護部分 120b 會引起凹陷部 110 中填充材料 120 的高度變化，使得凹陷部 110 中剩餘的填充材料 120 大致上處於目標高度 121。

【0054】儘管在所示例子中，循環製程的兩次迭代足以達成在凹陷部 110 中之填充材料 120 的目標高度 121，但是本揭露內容考慮到足以達到給定應用之目標高度 121 的任何適當迭代次數。例如多於兩次的迭代可能適合移除足夠的填充材料 120 以達到凹陷部 110 中填充材料的目標高度 121。在另一例中，單次迭代（例如在階段 104b-104f）可能足以移除足夠的填充材料 120 以達到凹陷部 110 中填充材料 120 的目標高度 121。此外，溶解度改變劑 126 擴散到填充材料 120 中之預定深度及隨後移除填充材料 120 之去保護部分可以根據特定需要，從一次迭代到下一次（且可能在整個所有迭代）是相同的，或可以從一次迭代到下一次（且可能在整個所有迭代）是不同的。

【0055】隨後可以在半導體基板 100 上執行後續處理。例如可以將製程 102 整合到使用多種沉積及蝕刻製程形成半導體裝置的製程中。

【0056】圖 2A-2I 顯示根據某些實施例在用於處理基板 100 的示例性製程 202 期間基板 100 的橫剖面圖及平面圖。具體而言，製程 202 包含使用一或多次迭代之基於 PAG 的製程(例如製程 102)對填充材料 120 之去保護部分進行定位以及用於填充材料 120 之去保護部分的一或多次後續迭代之基於 TAG 的製程。

【0057】圖 2A-2F 大致上係對應於圖 1A-1F，以上關於圖 1A-1F 描述之未重複的細節係藉由引用而併入。一般而言，圖 2A-2F 圖示了接收基板 100 (階段 204a) 的迭代；在基板 100 上沉積填充材料 120 (填充材料 120 填充凹陷部 110 並覆蓋結構 108，填充材料 120 初始係對溶劑 128 的顯影具抗性) (階段 204b)；在基板 100 上沉積保護膜 122(其包含回應光化輻射 124 而產生溶解度改變劑 126(例如酸)的光活化劑產生劑(例如 PAG)) (階段 204c)；將保護膜 122 暴露至光化輻射 124 以在保護膜 122 內產生溶解度改變劑 126(階段 204d)；將溶解度改變劑 126 擴散 (例如藉由將基板 100 暴露於熱) 到填充材料 120 中之預定深度，導致填充材料 120 的一部分 (例如去保護部分 120a) 變得可溶於溶劑 128 (階段 204e)；以及使用溶劑 128 顯影保護膜 122 及填充材料 120 之去保護部分 120a，導致從基板 100 移除保護膜 122 及填充材料 120 之去保護部分 120a(階段 204f)。即，圖 2A-2F 圖示了基於 PAG 製程的迭代，以用於移除凹陷部 110 中之填充材料 120 的一部分。

【0058】圖 2G-2I 圖示了基於 TAG 的製程，其可以執行一或多次以用於移除凹陷部 110 中之填充材料 120 的額外部分直到達到目標高度 121。如圖 2G 在階段 204g 所示，保護膜 222 已經沉積在基板 100 上。保護膜 222 可以任何適當的方式沉積，包含旋塗沉積 (或旋塗)、噴塗、輥塗、CVD 或任何其他適當的沉積技術。保護膜 222 包含熱活化劑產生劑，其回應於熱而產生溶解度改變劑以改變另一種材料 (例如保護膜 222 及/或填充材料 120 的材料) 的溶解度，

以溶於用於後續之移除製程的一或多種溶劑。在某些實施例中，熱活化劑產生劑為 TAG 且溶解度改變劑為酸。

【0059】除了熱活化劑產生劑之外，保護膜 222 可以包含或可以不包含與填充材料 120 相同或相似的材料。在某些實施例中，除了光活化劑產生劑之外，保護膜 222 可以包含聚合物樹脂，該聚合物樹脂在溶劑中的溶解度（之後會用於移除填充材料 120 的去保護部分）係與去保護填充材料 120 在溶劑中的溶解度相似，使得填充材料 120 的去保護部分及保護膜 222 可以在一個步驟中移除。在某些實施例中，保護膜 222 的熱活化劑產生劑係預先配製在保護膜 222 的樹脂中。

【0060】如圖 2H 在階段 204h 所示，保護膜 222 係持續暴露於熱能 127 一段適當時間。具體而言，保護膜 222 係暴露在足夠的熱能 127 下，使得保護膜 222 中的熱活化劑產生劑(例如 TAG)在保護膜 222 內產生溶解度改變劑 226(例如酸)，俾使保護膜 222 現在包含溶解度改變劑 226。溶解度改變劑 226 會使保護膜 222 變得可溶，使得保護膜 222 現在可溶於用於隨後之移除製程的一或多種溶劑。在某些實施例中，使用熱處理（例如熱能 127）來激活保護膜 222 內的熱活化劑產生劑。例如為了施加熱能 127，可以烘烤基板 100，與烘烤基板 100 相關的熱能便使得熱活化劑產生劑在保護膜 222 內產生溶解度改變劑 226。基板 100 可以藉由適當工具中的基材板、藉由適當工具之基板處理室中的環境熱、這些的組合或以任何其他適當的方式進行烘烤。

【0061】繼續圖 2H 中的階段 204h，除了使保護膜 222 中的熱活化劑產生劑在保護膜 222 內產生溶解度改變劑 226 之外，施加到（例如加熱）基板 100 的熱處理也會導致溶解度改變劑 226 擴散到填充材料 120 中之預定深度。溶解度改變劑 226 擴散到填充材料 120 中會使填充材料 120 的至少一部分（去保護部分 220a）改性為可溶於待使用在後續移除製程中的溶劑。去保護部分 220a

通常顯示為溶解度改變劑 226 已擴散到填充材料 120 中的部分。溶解度改變劑 226 擴散至填充材料 120 中會導致在填充材料 120 內之溶解度改變反應達到溶解度改變劑 226(例如到預定深度)擴散到填充材料 120 的深度，造成去保護部分 220a。填充材料 120 之去保護部分 220a 接著變得可溶於一或多種特定溶劑，其也可稱為顯影劑。由溶解度改變劑 226 擴散到填充材料 120 之一部分（產生去保護部分 220a）所引起的去保護反應可以是填充材料 120 之該部分內的去交聯反應。類似的反應可以在保護膜 222 內發生已使得保護膜 222 變得具可溶性。

【0062】 在某些實施例中，溶解度改變劑 226 係擴散至填充材料 120 中之預定深度，以將填充材料 120 的可溶性改性到預定深度。預定深度可能足以或可能不足以達到凹陷部 110 中填充材料 120 的目標高度 121。在所示例子中，階段 204h 的預定深度係足以使填充材料 120 下凹至凹陷部 110 中填充材料 120 的目標高度 121。在階段 204h 中之預定深度不足以使填充材料 120 下凹至凹陷部 110 中填充材料 120 的目標高度 121 的實施例中，可以執行階段 204g-204i 的一或多次額外迭代。

【0063】 溶解度改變劑 226 擴散至填充材料 120 中的深度可受多種因素影響及/或使用多種因素控制，包含保護膜 222 的含量(包含保護膜中的熱活化劑產生劑的類型)、保護膜 222 中的其他成分、保護膜 222 中熱活化劑產生劑的濃度)、熱能 127 的溫度、基板 100 暴露於熱能 127 的時間長度(例如烘烤的時間段)、填充材料 120 的含量以及多種其他因素中的任何一個。

【0064】 在某些實施例中，如下文參考圖 5A-5C 所描述的，基板 100 為較大基板的一部分，且在跨較大基板的多個(可能是全部)部分施加熱能 127。暴露於熱能 127 可能導致在保護膜 222 內產生大致均勻量的溶解度改變劑 226。此外，暴露於熱能 127 可能導致溶解度改變劑 226 擴散到填充材料 120 中的深度大致均勻。

【0065】如圖 2I 在階段 204i 所示，保護膜 222 及填充材料 120 之去保護部分 220a 已被移除。在某些實施例中，保護膜 222 及填充材料 120 之去保護部分 220a 係使用溶劑 228 顯影，導致從基板 100 移除保護膜 222 及填充材料 120 之去保護部分 220a。

【0066】本揭露內容係設想溶劑 228 包含用於移除保護膜 222 及填充材料 120 之去保護部分 220a 的任何適當物質。僅作為一例，溶劑 228 可以包含四甲基氫氧化銨的水溶液，其能夠溶解酸去保護樹脂(例如填充材料 120 之去保護部分 220a)。在某些實施例中，如果樹脂(例如填充材料 120)係設計成與除了酸產生劑以外的溶解度改變劑相互作用，則可以使用有機溶劑作為溶劑 228。溶劑 228 可以與也可以不與溶劑 128 相同。溶劑 228 也可稱為顯影劑。

【0067】移除保護膜 222 及填充材料 120 之去保護部分 220a 會導致與暴露劑量(例如溶解度改變劑 226 擴散到填充材料 120 中的深度或填充材料 120 之去保護部分 220a 的深度)相稱的凹陷部 110 中之填充材料 120 的高度變化。在此例中，移除保護膜 222 及去保護部分 220a 會導致凹陷部 110 中填充材料 120 的高度變化，使得凹陷部 110 中剩餘的填充材料 120 大致處於目標高度 121。

【0068】重複沉積保護膜 222(階段 204g)、加熱基板 100(階段 204h)及填充材料 120 之去保護部分 220a 的後續顯影(階段 204i)的製程，直到填充材料 120 去保護及顯影的累積深度達到目標高度 121。例如圖 2G-2I 圖示了這種基於 TAG 之循環製程的第一次迭代，在此例中，這足以達到凹陷部 110 中填充材料 120 的目標高度 121。在其他例子中，可以使用基於 TAG 的額外迭代來移除足夠的填充材料 120，以達到凹陷部 110 中填充材料的目標高度 121。

【0069】儘管在圖 2A-2I 的示例中顯示及描述了使用光活化溶解度改變劑產生成分(基於 PAG 的製程)的單次迭代，但根據特定需要，本揭露內容係

考慮包含在使用熱活化劑產生劑（基於 TAG 的製程）進行一或多次迭代之前，先使用光活化溶解度改變劑產生成分之多次迭代的製程 202，以達成凹陷部 110 中填充材料 120 之目標高度 121。且無論是考慮基於 PAG 的製程還是基於 TAG 的製程，溶解度改變劑 126/226 擴散到填充材料 120 中之預定深度及後續移除填充材料 120 之去保護部分可以根據特定需要，從一次迭代到下一次（且可能在整個所有迭代）是相同的，或可以從一次迭代到下一次（且可能在整個所有迭代）是不同的。

【0070】 之後可以在半導體基板 100 上執行後續處理。例如可以將製程 202 整合至使用各種沉積及蝕刻製程形成半導體裝置的製程中。

【0071】 圖 3 顯示根據某些實施例中溶解度改變劑 126/226 擴散到填充材料 120 中之不同深度的示例性效果。通常根據某些實施例，圖 3 說明了隨著溶解度改變劑 126/226(例如酸)擴散到填充材料 120 中的深度增加，在後續的顯影製程中移除之填充材料 120 的量也隨之增加，如此降低了凹陷部 110 中顯影後填充材料 120 的高度。溶解度改變劑 126/226（例如酸）擴散到填充材料 120 中的部分變得可溶於溶劑 128/228，如此當使用溶劑 128/228 顯影填充材料 120 時，便允許溶劑 128/228 移除填充材料 120 的那些部分。示例性實施例係藉由酸擴散到酸溶解度可變之樹脂層中的位置來控制膜高度，其中更大程度的酸擴散會導致每一保護膜循環之膜厚度的更大變化。因此，藉由控制溶解度改變劑 126/226 擴散到填充材料 120 中的深度，便可以控制在之後的移除製程中移除之填充材料 120 的量（例如去保護部分 120a/120b/220a）。可能影響擴散深度的因素已在上面描述。

【0072】 圖 4A-4H 顯示根據某些實施例中在用於處理基板部分 400a-400d 之示例性製程 102(參考圖 1A-1J 之上文描述)期間具有預圖案化特徵的示例性基板部分 400a-400d 的橫剖面圖。為了便於參考，基板部分 400a-400d 可以統稱

為基板 400。基板部分 400a-400d 可以是同一基板 400 的一部分，或者可以是不同基板 400 的一部分。基板 400 可以是更大半導體裝置的一部分，例如較大半導體晶圓的一部分。此外，基板部分 400a-400d 可以是相同半導體晶圓或一或多個不同半導體晶圓的一部分。在某些實施例中，製程 102 係包含重複執行基於 PAG 的製程以從基板 400 之凹陷部 110 移除填充材料，直到填充材料在凹陷部 110 內達到預定高度。在不重複的範圍內，參考圖 1A-1J(或別處)描述之與基板 100 及製程 102 相關的細節係藉由引用併入。

【0073】如圖 4A 所示，除了基部 106 之外，基板 400 還包含界定了多個凹陷部 110 的多個結構 108。雖然結構 108 顯示為通常具有相同的形狀、高度及間距，但是結構 108 可以具有任何適當的形狀、高度及/或間距，包含不同的形狀、高度及/或間距。此外，儘管凹陷部 110 顯示為通常具有相同的形狀及深度，但凹陷部 110 可以具有任何適當的形狀及/或深度，包含變化的形狀及/或深度。本揭露內容考慮將結構 108 圖案化為任何適當的特徵。

【0074】如圖 4A(對應於階段 104c)所示，填充材料 120 已經沉積在基板 400 上，填充材料 120 係填充了凹陷部 110 且覆蓋了結構 108，並且保護膜 122 已經沉積在基板 400 上。在後續的光刻步驟中，吾人可能想要藉由光刻顯影技術而將填充材料 120 下凹至凹陷部 110 中，使得填充材料 120 在凹陷 110 內具有特定高度。針對每一凹陷部 110 係指出使填充材料 120 下凹至凹陷部 110 內的目標高度 121。在此例中，每一凹陷部 110 係期望有不同的目標高度 121，圖 4A 中最右邊的凹陷部 110 則是期望填充材料 120 具有很少或沒有凹陷。然而，本揭露內容係預期對於兩個或更多個（且可能所有）凹陷部 110 期望具有相同的目標高度 121。

【0075】如上所述，保護膜 122 係包含光活化劑產生劑(例如 PAG)，其係回應光化輻射 124 而產生溶解度改變劑 126(例如酸)以改變保護膜 122 及/或填充材料 120 可溶於一或多種溶劑(例如溶劑 128)以用於後續的移除製程。

【0076】如圖 4B(對應於階段 104d)所示，保護膜 122 係暴露於足夠的光化輻射 124 足夠長的時間，以在需要時使保護膜 122 中的光活化劑產生劑(例如 PAG)在保護膜 122 內產生溶解度改變劑 126(例如酸)，使得保護膜 122 現在包含溶解度改變劑 126。在圖 4B 的例子中，光化輻射 124 為導向保護膜 122 的光化輻射圖案。

【0077】如上所述，光化輻射 124 的特性係影響了被活化之保護膜 122 中光活化劑產生劑的量。也就是說，具有某些特性的光化輻射 124 會導致保護膜 122 中更大量的光活化劑產生劑被活化，使得在保護膜 122 的那些區域中產生更大量的溶解度改變劑 126。具有某些其他特性的光化輻射 124 會導致保護膜 122 中較少量的光活化劑產生劑被活化，使得在保護膜 122 的那些區域中產生較少的溶解度改變劑 126。在保護膜 122 之特定區域中之溶解度改變劑 126 的量會影響在後續的加熱步驟中有多少溶解度改變劑 126 可用於擴散到填充材料 120 中。

【0078】因此，可以修改光化輻射 124 的圖案，以活化覆蓋在填充材料 120 之區域上之保護膜 122 中更大量的光活化劑產生劑，於其中期望溶解度改變劑 126 之擴散深度更大且最終移除填充材料，並活化覆蓋在填充材料 120 之區域上之保護膜 122 中更少量的光活化劑產生劑，於其中期望溶解度改變劑 126 之擴散深度較小且最終移除填充材料。儘管描述了使用光化輻射 124 的圖案來改變溶解度改變劑 126 的擴散深度並最終移除填充材料 120，但是光化輻射 124 的圖案可以設計成使保護膜 122 中之光活化劑產生劑產生與保護膜 122

的一或多個部分中大致等量的溶解度改變劑 126，例如在保護膜 122 之該一或多個部分下方的凹陷部 110 中之填充材料 120 的目標高度 121 大致相同時。

【0079】在圖 4B 所示的例子中，光化輻射 124 的圖案係設計成使保護膜 122 中的光活化劑產生劑從基板部分 400a 上的保護膜 122（圖 4A 的左側）到基板部分 400d 上的保護膜 122（圖 4A 的右側）產生減量的溶解度改變劑 126，且在基板部分 400d 的凹陷部 110 上方幾乎沒有或不產生溶解度改變劑 126（因為沒有在基板部分 400d 上施加光化輻射 124）。在某些實施例中，控制保護膜 122 中之光活化劑產生劑的活化及後續的擴散（例如藉由調節光化輻射 124 的曝光劑量）的能力可能受到曝光工具之解析度限制的影響。

【0080】如圖 4C(對應於階段 104e)所示，為了將填充材料 120 的至少一部分改性為可溶於溶劑 128，溶解度改變劑 126 已經擴散到填充材料 120 中，導致一部分(去保護部分 420a)的填充材料 120 變得可溶於溶劑 128。去保護部分 420a 通常顯示為溶解度改變劑 126 已經擴散到填充材料 120 的該部分。在某些實施例中，使用熱處理（例如施加熱能 127 達適當時間段）使溶解度改變劑 126 擴散到填充材料 120 的至少一部分中（產生去保護部分 420a）。在圖 4C 所示的例子中，溶解度改變劑 126 係以不同的預定深度擴散到凹陷部 110 中。此外，此例中的預定深度並不足以使填充材料 120 下凹至凹陷部 110 中填充材料 120 的目標高度 121。

【0081】如圖 4D(對應於階段 104f)所示，保護膜 122 及填充材料 120 之去保護部分 420a 已被移除。在某些實施例中，保護膜 122 及填充材料 120 之去保護部分 420a 係使用溶劑 128 顯影，使得從基板 400 移除保護膜 122 及填充材料 120 之去保護部分 420a。移除保護膜 122 及填充材料 120 之去保護部分 420a 會導致與暴露劑量(例如溶解度改變劑 126 擴散到填充材料 120 中的深度、或填

充材料 120 之去保護部分 420a 的深度)相稱之凹陷部 110 中填充材料 120 的高度變化。

【0082】使沉積保護膜 122、暴露於光化輻射 124、藉由烘烤一段時間的擴散以及後續對填充材料 120 之去保護部分 420a 進行顯影的製程重複，直到每一凹陷部 110 中填充材料 120 之去保護及顯影的累積深度達到相應的目標高度 121。例如圖 4E-4H 顯示此循環製程的第二次迭代，在此例中，這足以實現凹陷部 110 中填充材料 120 的目標高度 121。在特定實施方式中，進行額外或更少的迭代來移除足夠的填充材料 120 以達到凹陷部 110 中填充材料的目標高度 121 可能是適當的。此外，溶解度改變劑 126 擴散到填充材料 120 中的預定深度及填充材料 120 之去保護部分的後續移除可以從一次迭代到下一次（且可能在整個所有迭代）是相同的，或可以根據特定需要，從一次迭代到下一次（且可能在整個所有迭代）是不同的。

【0083】具體而言，如圖 4E(對應於階段 104g)所示，保護膜 122 再次沉積在基板 400 上。保護膜 122 再次包含光活化劑產生劑(例如 PAG)，其回應於光化輻射 124 而產生溶解度改變劑 126（例如酸）以用於改變保護膜 122 及/或填充材料 120 之材料的溶解度以使其可溶於溶劑 128。

【0084】如圖 4F(對應於階段 104h)所示，保護膜 122 係暴露於光化輻射 124 的圖案，導致保護膜 122 中的光活化劑產生劑在保護膜 122 內產生溶解度改變劑 126，使得保護膜 122 現在包含溶解度改變劑 126 並且使保護膜 122 變得可溶(可溶於溶劑 128)。吾人應當理解，圖 4F 中使用的光化輻射 124 的圖案可能與圖 4B 中使用的光化輻射 124 的圖案相同或不同，這取決於在之後的處理步驟中溶解度改變劑 126 擴散到填充材料 120 中的所需預定深度。

【0085】如圖 4G(對應於階段 104i)所示，溶解度改變劑 126 已經擴散到填充材料 120 中，導致填充材料 120 的另一部分(去保護部分 420b)變得可溶於

溶劑 128。去保護部分 420b 大致顯示為溶解度改變劑 126 已擴散到填充材料 120 中的部分。如上所述，溶解度改變劑 126 可以使用熱處理（例如對基板 400 的烘烤）擴散到填充材料 120 中。在某些實施例中，溶解度改變劑 126 係擴散到填充材料 120 中之預定深度以將填充材料 120 的溶解度修改至預定深度，並且在此例中，預定深度係足以解除對填充材料 120 的保護至凹陷部 110 的目標高度 121。

【0086】如圖 4H(對應於階段 104j)所示，保護膜 122 及填充材料 120 之去保護部分 420b 已被移除。在某些實施例中，保護膜 122 及填充材料 120 之去保護部分 420b 係使用溶劑 128 顯影，使得自基板 400 移除保護膜 122 及填充材料 120 之去保護部分 420b。在此例中，移除保護膜 122 及填充材料 120 之去保護部分 420b 會引起凹陷部 110 中填充材料 120 的高度變化，使得凹陷部 110 中剩餘的填充材料 120 大致處於目標高度 121。

【0087】可以在半導體基板 400 上執行後續的處理。例如可以將製程 102 整合到使用各種沉積及蝕刻製程形成半導體裝置的製程中。

【0088】製程 102 可以提供一或多種技術優勢。例如藉由使用由保護膜 122 中之光活化劑所產生的溶解度改變劑 126 來產生填充材料 120 之去保護部分而移除填充材料 120，如此可以提供改變填充材料 120 之高度的精確方式。作為另一例子，將光化輻射圖案 124 導向保護膜 122 的能力可以讓填充材料 120 在一或多個凹陷部 110 內之不同精確深度處被移除，最終允許達到不同的目標高度 121。

【0089】圖 5A-5C 顯示根據某些實施例中，在用於處理基板部分 400a-400d 的部分示例性製程 202(上文參考圖 2A-2I 之描述)期間具有預圖案化特徵之示例性基板部分 400a-400d 的橫剖面圖。在某些實施例中，製程 202 包含執行一或多次迭代之基於 PAG 的製程，以在各個基板部分 400a-400d 上建立填充

材料 120 的潛在變化高度（藉由移除填充材料 120 以改變凹陷部 110 中的深度），以及執行一或多個後續迭代之基於 TAG 的製程，以潛在地均勻移除各個基板部分 400a-400d 上之填充材料 120 的部分。在不重複的範圍內，與參照圖 2A-2I 及/或圖 4A-4H(或別處)所描述之基板 100、製程 202 及基板部分 400a-400d/基板 400 相關的細節係藉由引用併入。

【0090】圖 5A 並非始於製程 202 的階段 204a，而是在類似於圖 2G 的階段 204g 的步驟開始。也就是說，圖 5A 圖示了在至少一次迭代之基於 PAG 的製程之後的基板 400，以移除一部分的填充材料 120，而改變凹陷部 110 內的預定深度，設定凹陷部 110 中剩餘填充材料 120 的不同相對高度。例如在圖 5A 所示之基板 400 的狀態之前，基板 400 可以是處於對應於圖 4D 的狀態。圖 5A-5C 顯示基於 TAG 的製程，該製程可以執行一或多次以移除凹陷部 110 中之填充材料 120 的額外部分直到達到目標高度 121。

【0091】如圖 5A(對應於階段 204g)所示，保護膜 222 已經沉積在基板 400 上。保護膜 222 包含熱活化劑產生劑(例如 TAG)，其係回應於熱而產生溶解度改變劑 226（例如酸）以用於改變另一種材料（例如保護膜 222 及/或填充材料 120 的材料）的溶解度，使其可溶於溶劑 228 而用於之後的移除製程。

【0092】如圖 5B 所示(對應於階段 204h)，保護膜 222 係暴露至足夠的熱能 127 達適當的時間段，以引起保護膜 222 中的熱活化劑產生劑(例如 TAG) 在保護膜 222 內產生溶解度改變劑 226(例如酸)，俾使保護膜 222 現在包含溶解度改變劑 226。施加到基板 400 的熱處理(例如加熱)亦使溶解度改變劑 226 擴散到填充材料 120 的預定深度。溶解度改變劑 226 擴散到填充材料 120 中會使填充材料 120 的至少一部分（去保護部分 520a）改性而可溶於溶劑 228 中。去保護部分 520a 通常顯示為溶解度改變劑 226 已擴散到填充材料 120 中的部分。

【0093】 在某些實施例中，溶解度改變劑 226 係擴散到填充材料 120 中的預定深度以將填充材料 120 的溶解度改變到預定深度。該預定深度可能足以或可能不足以達到在凹陷部 110 中之填充材料 120 的目標高度 121。在圖示的例子中，預定的深度是足以使填充材料 120 下凹到凹陷部 110 中之填充材料 120 的目標高度 121。在預定深度不足以使填充材料 120 下凹到凹陷部 110 中之目標高度 121 的實施例中，可以執行一或多個額外迭代之圖 5A-5C 中所示的製程。

【0094】 在某些實施例中，熱能 127 係施加於整個基板 400 上，且暴露於熱能 127 可能導致在保護膜 222 內會產生大致均勻量的溶解度改變劑 226。此外，暴露於熱能 127 可能導致溶解度改變劑 226 擴散到填充材料 120 中之大致均勻的深度。

【0095】 如圖 5C(對應於階段 204i)所示，保護膜 222 及填充材料 120 之去保護部分 520a 已被移除。在某些實施例中，使用溶劑 228 來顯影保護膜 222 及填充材料 120 之去保護部分 520a，使得從基板 400 移除保護膜 222 及填充材料 120 之去保護部分 520a。在本例中，移除保護膜 222 及填充材料 120 之去保護部分 520a 會引起凹陷部 110 中填充材料 120 的高度變化，使得凹陷部 110 中剩餘的填充材料 120 大致上處於目標高度 121。

【0096】 重複沉積保護膜 222、加熱基板 400 及之後顯影填充材料 120 之去保護部分 520a 的製程，直到在凹陷部 110 中填充材料 120 去保護及顯影的累積深度達到相應的目標高度 121。例如圖 5A-5C 顯示此循環製程的第一次迭代，在此例中，此迭代係足以達成凹陷部 110 中填充材料 120 的目標高度 121。在特定實施方式中，實施額外或更少的迭代可能適合用於移除足夠的填充材料 120 以達到凹陷部 110 中填充材料的目標高度 121。此外，溶解度改變劑 226 擴散至填充材料 120 中的預定深度以及對填充材料 120 之去保護部分的

後續移除可以從一次迭代到下一次(可能跨越所有迭代)是相同的或者可以根據特定需要從一迭代到下一迭代(可能跨越所有迭代)是不同的。

【0097】可以在半導體基板 400 上執行後續的處理。例如可以將製程 202 整合到使用多種沉積及蝕刻製程形成半導體裝置的製程中。

【0098】製程 202 可以提供一或多種技術優勢，這些優勢可以是上述參考製程 102 所描述之優勢的補充。在某些實施例中，凹陷部 110 具有高深寬比(例如高度 116 及高度 114 之間的差異明顯比寬度 118 更大)，這會阻礙到適於激活保護膜 122 中的光活化劑產生劑的光波長(光化輻射 124)到達保護膜 122 中之光活化劑產生劑進行活化的路徑。一般而言，當特徵(例如凹陷部 110)的橫向尺寸遠小於撞擊輻射的波長時，基於 PAG 的製程可能在活化保護膜 122 中之 PAG 開始遇到困難。特徵(例如凹陷部 110)的深寬比越大，藉此在該深度中光化輻射 124 之光子係與保護膜 122 相互作用，在給定尺寸小於光化輻射 124 之入射波長的情況下，特徵內的光子相互作用效率便越低。僅作為一例，結構 108 之間間隙的寬度 118 可以是大約 20 nm 且凹陷部 110 的深度可以是大約其五倍或更多。由熱能 127 而非光化輻射 124 激活之保護膜 222 中的熱活化劑產生劑係不依賴於特定波長的光，且其係回應於足夠的熱能而產生大致均勻量的溶解度改變劑 226。

【0099】在製程 202 中，可以執行基於 PAG 之製程的一或多次迭代以基於凹陷部 110 的位置建立凹陷部 110 中之目標高度 121 的相對差異，同時可以執行基於 TAG 之製程的一或多次後續迭代，以大致上均勻地繼續在凹陷部 110 中下凹填充材料 120 直到達到目標高度 121，並同時使用基於 PAG 之製程的一或多次迭代來維持所建立之目標高度 121 的相對差異。此外，基於 TAG 的製程特別有效，因為用於活化熱活化劑產生劑以產生溶解度改變劑 226 的熱處理

也會使溶解度改變劑 226 擴散到填充材料 120 中的預定深度而不需使用暴露至光化輻射 124 的另外步驟（並且可能是不同的工具）。

【0100】圖 6 顯示根據某些實施例中用於處理半導體基板的示例性方法。通常，參考圖 6 所描述的方法係對應於上面參考圖 1A-1J 及 4A-H 描述的製程 102。

【0101】在步驟 600，接收具有界定凹陷部 110 之微製造結構 108 的基板 100/400。在步驟 602，沉積填充材料 120 在基板 100/400 上，其填充了凹陷部 110 並覆蓋微製造結構 108。填充材料 120 可以是樹脂，且初始對溶劑 128 的顯影具抗性。在步驟 604，沉積保護膜 122 在基板 100/400 上。保護膜 122 係包含回應於光化輻射而產生溶解度改變劑 126(例如酸)的光活化劑產生劑(例如 PAG)。

【0102】在步驟 606，保護膜 122 係暴露於足夠的光化輻射 124 以引起保護膜 122 中的光活化劑產生劑在保護膜 122 內產生溶解度改變劑 126。光化輻射 124 可以是朝向基板 100/400 的光化輻射 124 的圖案，且其係設計用於實現凹陷部 110 中填充材料 120 的預定移除深度（以及最終剩餘高度）的變化。在步驟 608，溶解度改變劑 126 係擴散到填充材料 120 中之預定深度，導致填充材料 120 之去保護部分 120a/420a 變得可溶於溶劑 128。這可以包含整個基板 100/400 之多個不同的預定深度。在某些實施例中，基板 100/400 係經烘烤（或以其他方式加熱）以使溶解度改變劑 126 擴散到填充材料 120 中之預定深度。在步驟 610，保護膜 122 及填充材料 120 的去保護部分 120a/420a 係使用溶劑 128 顯影。

【0103】在步驟 612，判定是否滿足預定條件。一般而言，在步驟 612 做出的判定係涉及是否已經達到凹陷部 110 中之填充材料 120 的目標高度 121。例如，預定條件可以包含判定是否已經執行預定循環數量的步驟 604-610，該

已預先決定之預定循環數量係足以達到凹陷部 110 中之填充材料 120 的目標高度 121。作為另一例，預定條件可以包含基板 100/400 的即時分析以判定是否已經達到凹陷部 110 中之填充材料 120 的目標高度 121。

【0104】如果在步驟 612 判定不滿足預定條件，則該方法返回到步驟 604 以執行另一個循環的步驟 604-610。如果在步驟 612 判定已經滿足預定條件，已經實現了凹陷部 110 中之填充材料 120 的目標高度 121，則該方法進行到步驟 614。在步驟 614，可以執行後續的半導體製造製程。

【0105】圖 7 顯示根據某些實施例中用於處理半導體基板的示例性方法。一般而言，參考圖 7 所描述的方法係對應於上面參考圖 2A-2I 及 5A-5C 所描述的製程 202。

【0106】步驟 700-710 大致對應於關於圖 6 所描述之方法的步驟 600-610；因此，步驟 600-610 的細節便藉由引用併入且不再重複。在步驟 712，判定是否滿足預定條件。例如，預定條件可以包含判定是否已經執行了預定循環數量的步驟 704-710。在某些實施例中，預定條件為是否已經執行了步驟 704-710（例如基於 PAG 的製程）的單個循環；然而，本揭露內容考慮在前進到步驟 714 之前執行多個循環的步驟 704-710（例如基於 PAG 的製程）。

【0107】如果在步驟 712 判定不滿足預定條件，則該方法返回到步驟 704 以執行步驟 704-710（例如基於 PAG 的製程）的另一個循環。如果在步驟 712 判定已經滿足預定條件，則該方法前進到步驟 714。在步驟 714，在基板 100/400 上沉積保護膜 222。保護膜 222 包含熱活化劑產生劑(例如 TAG)，其係回應於熱而產生溶解度改變劑 226(例如酸)。在步驟 716，將基板 100/400 充分烘烤以在保護膜 222 內產生溶解度改變劑 226，並將溶解度改變劑 226 擴散到填充材料 120 中至預定深度，導致一部分的填充材料 120 (例如去保護部分

220a/520a)變得可溶於溶劑 228。在步驟 718，使用溶劑 228 顯影保護膜 122 及填充材料 120 之去保護部分 220a/520a。

【0108】 在步驟 720，判定是否滿足預定條件。一般而言，在步驟 720 做出的判定係關於是否已經達到凹陷部 110 中之填充材料 120 的目標高度 121，且可以是類似於上文在圖 6 之步驟 612 所描述的預定條件。如果在步驟 720 判定不滿足預定條件，則該方法便返回到步驟 714 以執行步驟 714-718 的另一個循環。如果在步驟 720 判定已經滿足預定條件，已經實現了凹陷部 110 中之填充材料 120 的目標高度 121，則該方法便前進到步驟 722。在步驟 722，可以執行後續的半導體製造製程。

【0109】 圖 8 圖示了根據某些實施例中用於處理半導體基板的示例性方法。在步驟 800，填充材料 120 係沉積在基板 100/400 上，填充了基板 100/400 的凹陷部 110 並覆蓋微製造結構 108。在步驟 802，使用基於 PAG 的製程，執行填充材料 120 的局部移除，以移除填充材料 120 至凹陷部 110 中的相應第一深度。在步驟 804，判定是否滿足預定條件。例如，預定條件可以包含判定是否已經執行了預定循環數量的步驟 802。在某些實施例中，預定條件為是否已經執行了步驟 802 的單個循環；然而，本揭露內容係考慮在前進到步驟 806 之前執行步驟 802 的多個循環。如果在步驟 804 判定為不滿足預定條件，則該方法便返回到步驟 802 以執行另一個循環的步驟 802。如果在步驟 804 判定已經滿足預定條件，則該方法便前進到步驟 806。

【0110】 在步驟 806，使用基於 TAG 的製程，對填充材料 120 的剩餘部分進行均勻蝕刻，以移除凹陷部 110 中填充材料 120 的大致均勻深度。在步驟 808，判定是否達到預定條件。一般而言，在步驟 808 做出的判定係關於是否已經達到凹陷部 110 中之填充材料 120 的目標高度 121，且其可以是類似於上述分別在圖 6 及 7 之步驟 612 及 720 所描述的預定條件。如果在步驟 808 判定

為不滿足預定條件，則該方法返回到步驟 806 以執行步驟 806 的另一個循環。如果在步驟 808 判定已經滿足預定條件，已經實現了凹陷部 110 中之填充材料 120 的目標高度 121，則該方法便前進到步驟 810。在步驟 810，可以執行後續的半導體製造製程。

【0111】圖 9A-9C 顯示根據某些實施例中可用於保護膜 122/222 的示例性 PAG 及 TAG。圖 9A 說明了示例性離子型 PAG，其包含三氟甲磺酸三苯基鎊鹽(triphenylsulfonium triflate)及雙(4-第三丁基苯基)碘三氟甲磺酸鹽(Bis(4-tert-butylphenyl) iodonium triflate)，它們可以用來作為保護膜 122 的光活化劑產生劑。圖 9A 還說明了示例性非離子型 PAG，其包含三氟甲磺酸-N-羥基萘二甲醯亞胺鹽(N-Hydroxynaphthalimide triflate)及 N-羥基-5-降冰片烯-2,3-二羧基醯亞胺全氟-1-丁烷磺酸酯(N-Hydroxy-5-norbomene-2,3-dicarboximide perfluoro-1-butanesulfonate)，它們可以用來作為保護膜 122 的光活化劑產生劑。一般而言，無論是離子型還是非離子型，PAG 在暴露於特定波長（或波長範圍）的光時可能會分解而產生強酸。圖 9B 說明了可以用來作為保護膜 122 之光活化劑產生劑的示例性聚合物結合的 PAG。圖 9C 說明了可用來作為保護膜 222 之熱活化劑產生劑的示例性 TAG。這些 TAG 可在升高的溫度下分解而產生強酸。在某些實施例中，TAG 可以包含磺酸酯、鎊鹽或含鹵素的化合物，此處僅舉幾個例子。

【0112】圖 10A-10B 圖示了保護膜 122/222 及/或填充材料 120 之溶解度的示例性修改。具體而言，圖 10A-10B 圖示了聚合物與強酸相互作用的溶解度變化。圖 10A 說明了叔丁氧羰基(t-BOC)去保護化學物質，其可用於某些光阻。材料 t-BOC 可以是構成填充材料 120 及/或保護膜 122/222 之聚合物的幾種單體之一。在本例中，被保護的聚合物為疏水的（叔丁基），去保護的聚合物為氫氧化物、羧酸。圖 10B 說明了乙基醚去交聯，其可用於某些可顯影的底

部抗反射塗層 (dBARC)。在某些實施例中，與強酸的相互作用會導致發生去交聯反應，使膜的反應部分（例如填充材料 120 及/或保護膜 122/222）更易溶於給定的顯影劑（例如溶劑 128/228）。

【0113】 吾人應當理解，上述參考圖 9A-9C 及 10A-10B 所描述之示例性化學物質及系統僅提供作為示例，且本揭露內容係考慮使用任何適當的化學物質及系統。

【0114】 儘管本揭露內容已經在特定微製造製程(在基板 100/400 中的一或多個凹陷部 110 內將填充材料 120 下凹至目標高度 121)的背景中進行描述，但是本揭露內容可以與任何適當的微製造製程一起使用。例如，本揭露內容係考慮使用本文所描述之技術來控制半導體裝置之任何膜或其他結構/特徵的高度，不論這樣的膜或其他結構/特徵是否全部或部分位在凹陷部中。

【0115】 本文實施例之特定示例性應用為三維電晶體架構的構造，其中 n 型場效電晶體(NFET)及 p 型 FET(PFET)係彼此堆疊。這可以包含橫向全閘極式 (GAA) 電晶體的垂直堆疊。摻雜富電子 (n 型) 物種的磊晶矽鍺 (SiGe) 生長可以發生在未覆蓋矽的上層及下層。然而，上矽層可以設計為具有缺電子 (p 型) SiGe。因此，在 n 型 SiGe 生長之後，相應的特徵便填充到會覆蓋下矽層的深度，同時使上矽層露出 (未覆蓋) 以用於 p 型 SiGe 的後續矽蝕刻及再生長。此處使用之膜高度控制的實施例可以提供對膜高度的較佳控制及/或整個晶圓均勻性。圖 11 圖示了堆疊電晶體架構的示例，其可以受益於精確的膜高度控制以選擇性地生長 n 型及 p 型 SiGe。

【0116】 SAB 的製程是一種在高階處理節點上對密集特徵進行圖案化的方法。SAB 製程流程中的一個步驟可以受益於特定膜的部分凹陷，例如圖 12A-12B 中所示的旋塗碳膜。若此薄膜相對於周圍的間隔物為蝕刻過度或蝕刻不足，即使只有很小的幅度，製程流程中的最終圖案也可能無法正確轉移，從

而導致失敗。本文的技術提供了可能在整個晶圓之高度平坦的表面，如此可以改進對 SAB 製程的控制及再現性。

【0117】 此處係已將各個技術以多個離散操作來描述，以幫助理解各個實施例。描述的順序不應被解釋為暗示這些操作必須按順序進行。所描述的操作可以與所描述之實施例不同的順序來執行。在額外的實施例中可以執行各種額外操作及/或可以省略所描述的操作。

【0118】 雖然已經參考說明性實施例來描述本揭露內容，但是本描述並不旨在被解釋為限制性的。在參考本描述後，說明性實施例以及本揭露內容之其他實施例的各種修改及組合對於熟習本技藝者來說將是顯而易見的。因此，所附申請專利範圍係旨在涵蓋任何此類的修改或實施例。

【符號說明】

【0119】

100、400: 基板

102、202: 製程

104a-104j: 階段

106: 基部

108: 微製造結構

110: 凹陷部

112: 頂面

113: 底表面

114: 高度

116: 高度

118: 寬度

120: 填充材料

120a、120b、220a、420a、420b、520a: 去保護部分

121: 目標高度

122、222: 保護膜

124: 光化輻射

126、226: 溶解度改變劑

127: 熱能

128、228: 溶劑

204a-204i: 階段

400: 基板

400a-400d: 基板部分

600-614: 步驟

700-722: 步驟

800-810: 步驟

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種處理半導體基板的方法，其包含：

接收具有界定複數凹陷部之複數微製造結構之一基板；

於該基板上沉積一樹脂膜，該樹脂膜係填充該等凹陷部並覆蓋該等微製造結構，該樹脂膜係對以一第一溶劑顯影具有初始抗性；

於該基板上沉積一第一保護膜，該第一保護膜係包含回應於光化輻射而產生一第一溶解度改變劑之一第一試劑產成分；

將該第一保護膜暴露至第一充分光化輻射，以在該第一保護膜內產生該第一溶解度改變劑；

將該第一溶解度改變劑擴散至該樹脂膜中至一第一預定深度，致使該樹脂膜之一第一部分變成可溶於該第一溶劑；

使用該第一溶劑將該第一保護膜及該樹脂膜之該第一部分顯影；

於該基板上沉積一第二保護膜，該第二保護膜係包含回應於光化輻射而產生該第一溶解度改變劑之該第一試劑產成分；

將該第二保護膜暴露至第二充分光化輻射，以在該第二保護膜內產生該第一溶解度改變劑；

將該第一溶解度改變劑擴散至該樹脂膜中至一第二預定深度，致使該樹脂膜之一第二部分變成可溶於該第一溶劑；以及

使用該第一溶劑將該第二保護膜及該樹脂膜之該第二部分顯影，使得該樹脂膜下凹至該等凹陷部中之相應第一合併深度。

【請求項2】 如請求項1之處理半導體基板的方法，其中將該第一溶解度改變劑擴散至該樹脂膜中至該第一預定深度的步驟係包含加熱該基板。

【請求項3】如請求項1之處理半導體基板的方法，其中：

將該第一溶解度改變劑擴散至該樹脂膜中至該第二預定深度，致使該樹脂膜之該第二部分變成可溶於該第一溶劑的步驟係包含：

將該第一溶解度改變劑擴散至該等凹陷部中之一第一凹陷部的一第一深度；以及

將該第一溶解度改變劑擴散至該等凹陷部中之一第二凹陷部的一第二深度，該第一深度係大於該第二深度；以及

使用該第一溶劑將該樹脂膜之該第二部分顯影，使得該樹脂膜在該第一凹陷部中下凹之該第一合併深度比在該第二凹陷部中之該第一合併深度更深。

【請求項4】如請求項1之處理半導體基板的方法，其中該第一試劑產生成分係包含一光酸產生劑。

【請求項5】如請求項1之處理半導體基板的方法，其中該第一充分光化輻射以及該第二充分光化輻射係具有大致類似特性。

【請求項6】如請求項1之處理半導體基板的方法，其步驟進一步包含：

於該基板上沉積一第三保護膜，該第三保護膜係包含回應於加熱該基板而產生一第二溶解度改變劑之一第二試劑產生成分；

充分加熱該基板，以在該第二保護膜內產生該第二溶解度改變劑，並將該第二溶解度改變劑擴散至該樹脂膜中至一第三預定深度，致使該樹脂膜之一第三部分變成可溶於該第一溶劑；以及

使用該第一溶劑將該樹脂膜之該第三部分顯影，使得該樹脂膜下凹至該等凹陷部中之相應第二合併深度。

【請求項7】 如請求項1之處理半導體基板的方法，其中：

使用該第一溶劑將該第一保護膜及該樹脂膜之該第一部分顯影的步驟係將該第一保護膜及該樹脂膜之該第一部分移除；以及

使用該第一溶劑將該第二保護膜及該樹脂膜之該第二部分顯影的步驟係將該第二保護膜及該樹脂膜之該第二部分移除。

【請求項8】 一種處理半導體基板的方法，其步驟包含：

接收具有界定複數凹陷部之複數微製造結構的一基板；

於該基板上沉積一樹脂膜，該樹脂膜係填充該等凹陷部並覆蓋該等微製造結構，該樹脂膜係對以一第一溶劑顯影具有初始抗性；

於該基板上沉積一第一保護膜，該第一保護膜係包含回應於光化輻射而產生一第一溶解度改變劑之一第一試劑產生成分；

將該第一保護膜暴露至充分光化輻射，以在該第一保護膜內產生該第一溶解度改變劑；

將該第一溶解度改變劑擴散至該樹脂膜中至一第一預定深度，致使該樹脂膜之一第一部分變成可溶於該第一溶劑；

使用該第一溶劑將該樹脂膜之該第一部分顯影；

於該基板上沉積一第二保護膜，該第二保護膜係包含回應於加熱該基板而產生一第二溶解度改變劑之一第二試劑產生成分；

充分烘烤該基板，以在該第二保護膜內產生該第二溶解度改變劑，並將該第二溶解度改變劑擴散至該樹脂膜中至一第二預定深度，致使該樹脂膜之一第二部分變成可溶於該第一溶劑；以及

使用該第一溶劑將該樹脂膜之該第二部分顯影，使得該樹脂膜下凹至該等凹陷部中之相應合併深度。

【請求項9】 如請求項8之處理半導體基板的方法，其步驟更包含循環性地移除該樹脂膜的額外部分，直到該樹脂膜達到該等凹陷部中之一相應預定厚度。

【請求項10】 如請求項8之處理半導體基板的方法，其中：
該等凹陷部中至少一者之一寬度為約20 nm或更小；以及
在沉積該樹脂膜於該基板上之前，該等凹陷部之該至少一者之一深度係至少五倍於該等凹陷部之該至少一者之該寬度。

【請求項11】 如請求項8之處理半導體基板的方法，其中：
該第一試劑產生成分係包含一光酸產生劑；以及
該第二試劑產生成分係包含一熱酸產生劑。

【請求項12】 如請求項8之處理半導體基板的方法，其中：
使用該第一溶劑將該第一保護膜及該樹脂膜之該第一部分顯影的步驟係將該第一保護膜及該樹脂膜之該第一部分移除；以及
使用該第一溶劑將該第二保護膜及該樹脂膜之該第二部分顯影的步驟係將該第二保護膜及該樹脂膜之該第二部分移除。

【請求項13】 一種處理半導體基板的方法，其步驟係包含：
於一基板上沉積一樹脂膜，該基板係具有界定複數凹陷部之複數微製造結構，該樹脂膜係填充該等凹陷部並覆蓋該等微製造結構；
使用一基於光酸產生劑(PAG)的製程執行對該樹脂膜的一局部移除，以將該樹脂膜移除至該等凹陷部中之相應第一深度處，該等相應第一深度中至少兩者係為不同的深度；以及

使用基於一熱酸產生劑(TAG)的製程重複執行對該樹脂膜之一剩餘部分的均勻移除直到達成一預定條件，以移除該等凹陷部中該樹脂膜之一大致均勻的深度。

【請求項14】 如請求項13之處理半導體基板的方法，其中該基於PAG的製程係包含：

於該基板上沉積一第一保護膜，該第一保護膜係包含一PAG；

將該第一保護膜暴露至一第一輻射圖案，以使該PAG根據該第一輻射圖案於該第一保護膜內產生一第一酸；

充分加熱該基板以將該第一酸擴散至該樹脂膜到該等凹陷部中之該相應第一深度，致使該樹脂膜之一第一部分變成可溶於一第一溶劑，該第一部分係延伸至該等凹陷部中之該相應第一深度處；以及

使用該第一溶劑將該第一保護膜及該樹脂膜之該第一部分顯影，以移除該樹脂膜至該等凹陷部中之該相應第一深度處。

【請求項15】 如請求項14之處理半導體基板的方法，其中該基於TAG的製程係包含：

於該基板上沉積一第二保護膜，該第二保護膜係包含一TAG；

充分加熱該基板，以使該TAG於該第二保護膜內產生一第二酸，並將該第二酸擴散至該樹脂膜之剩餘部分到一第二深度，使得該樹脂膜之一第二部分變成可溶於一第二溶劑；以及

使用該第二溶劑將該第二保護膜及該樹脂膜之該第二部分顯影，使得該樹脂膜下凹至由該等微製造結構所界定之該等凹陷部中之一預定深度。

【請求項16】 如請求項15之處理半導體基板的方法，其中該第一溶劑與該第二溶劑係為相同類型的溶劑。

【請求項17】 如請求項13之處理半導體基板的方法，其中使用該基於PAG的製程執行對該樹脂膜的該局部移除以將該樹脂膜移除至該等凹陷部中之該相應第一深度處的步驟係包含重複該基於PAG的製程至少兩次。

【請求項18】 如請求項13之處理半導體基板的方法，其中達成該預定條件之步驟係包含重複一預定次數之該基於TAG的製程。

【請求項19】 如請求項13之處理半導體基板的方法，其中使用該基於TAG的製程重複執行對該樹脂膜之該剩餘部分的該均勻移除直到達成該預定條件的步驟係包含執行一次該基於TAG的製程。

【請求項20】 如請求項13之處理半導體基板的方法，其中達成該預定條件之步驟係包含移除該樹脂膜至該等凹陷部中之相應預定深度處，留下對應於相應預定高度之該等凹陷部中之樹脂膜的相應高度。

【請求項21】 如請求項13之處理半導體基板的方法，其中在一保護膜中之TAG的濃度在該基於TAG之製程的一第一次執行上與在該基於TAG之製程的一後續執行不同。

【發明圖式】

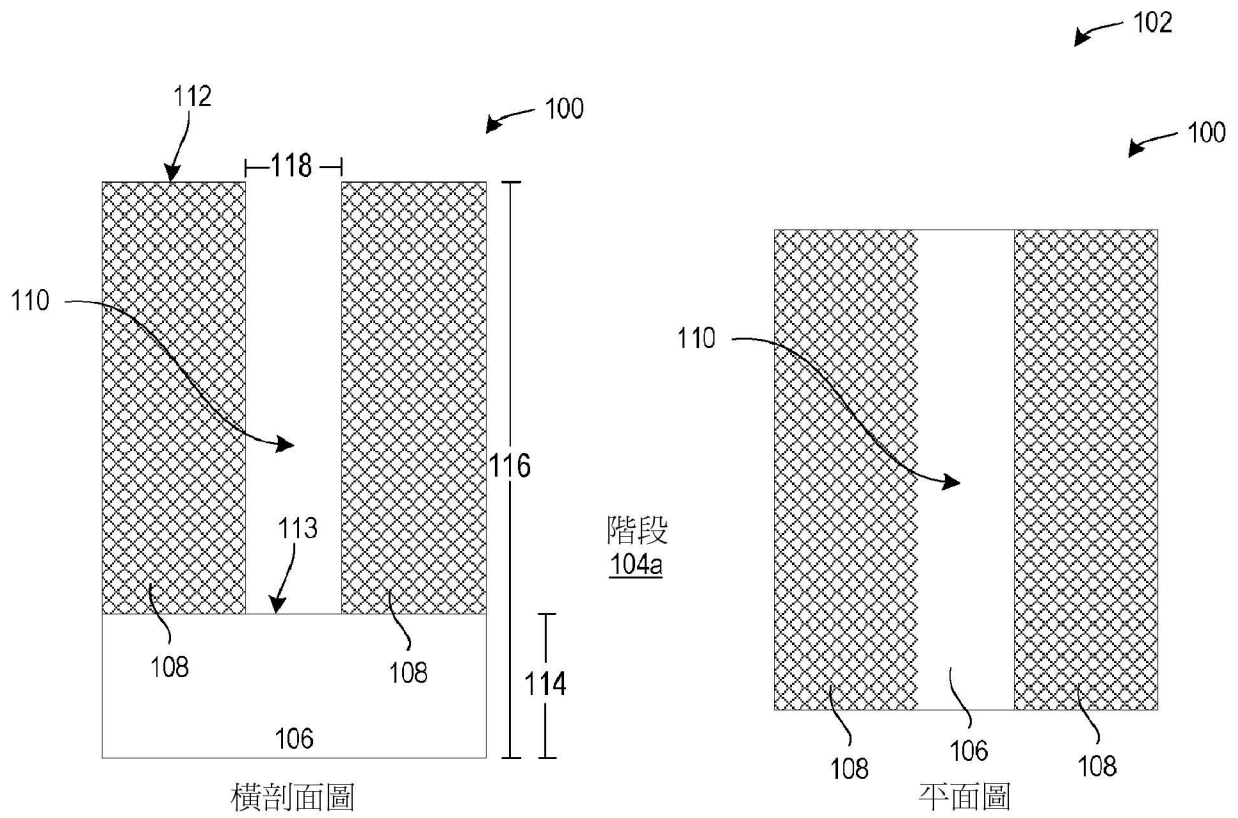


圖 1A

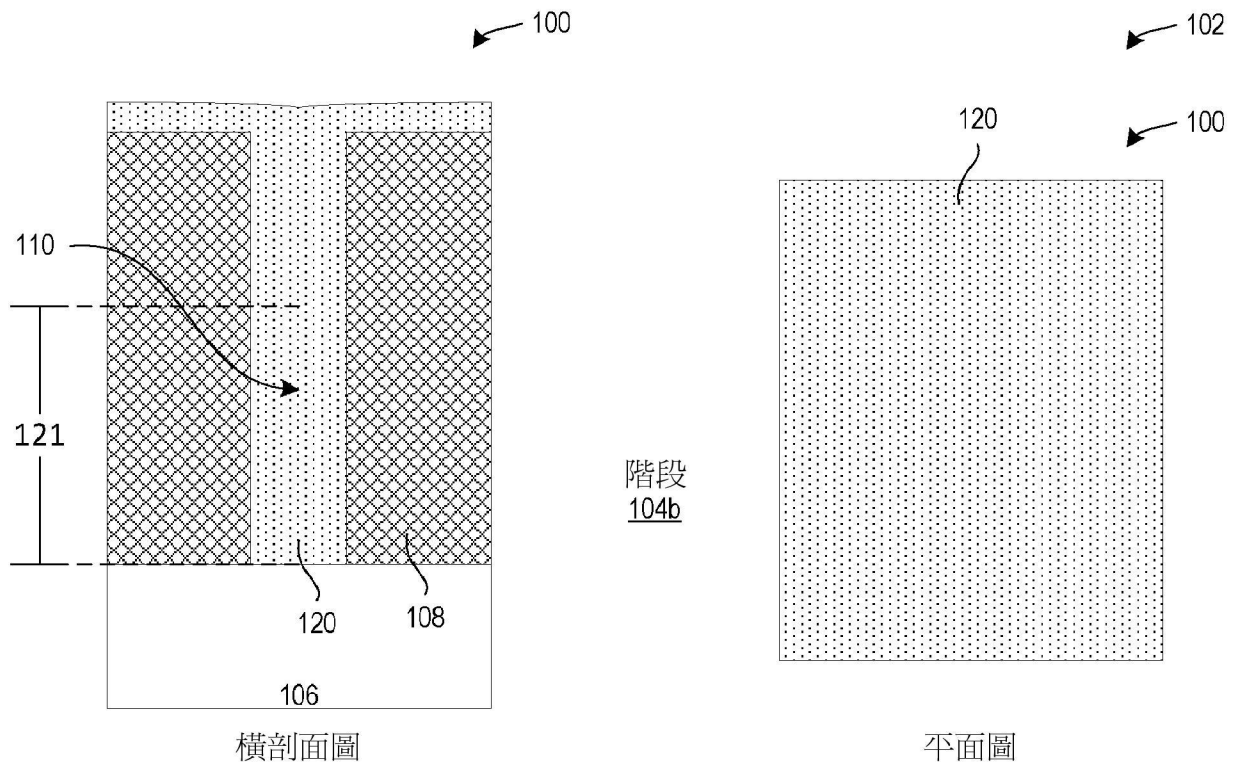


圖 1B

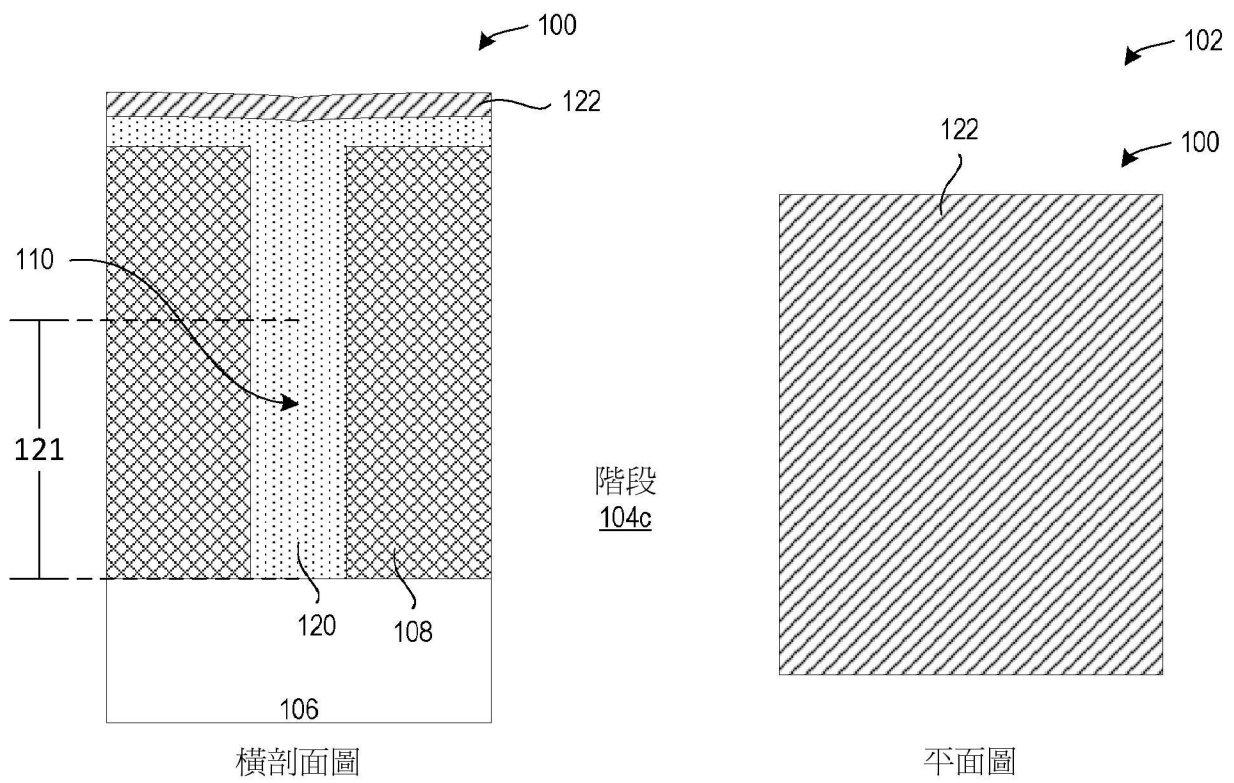


圖 1C

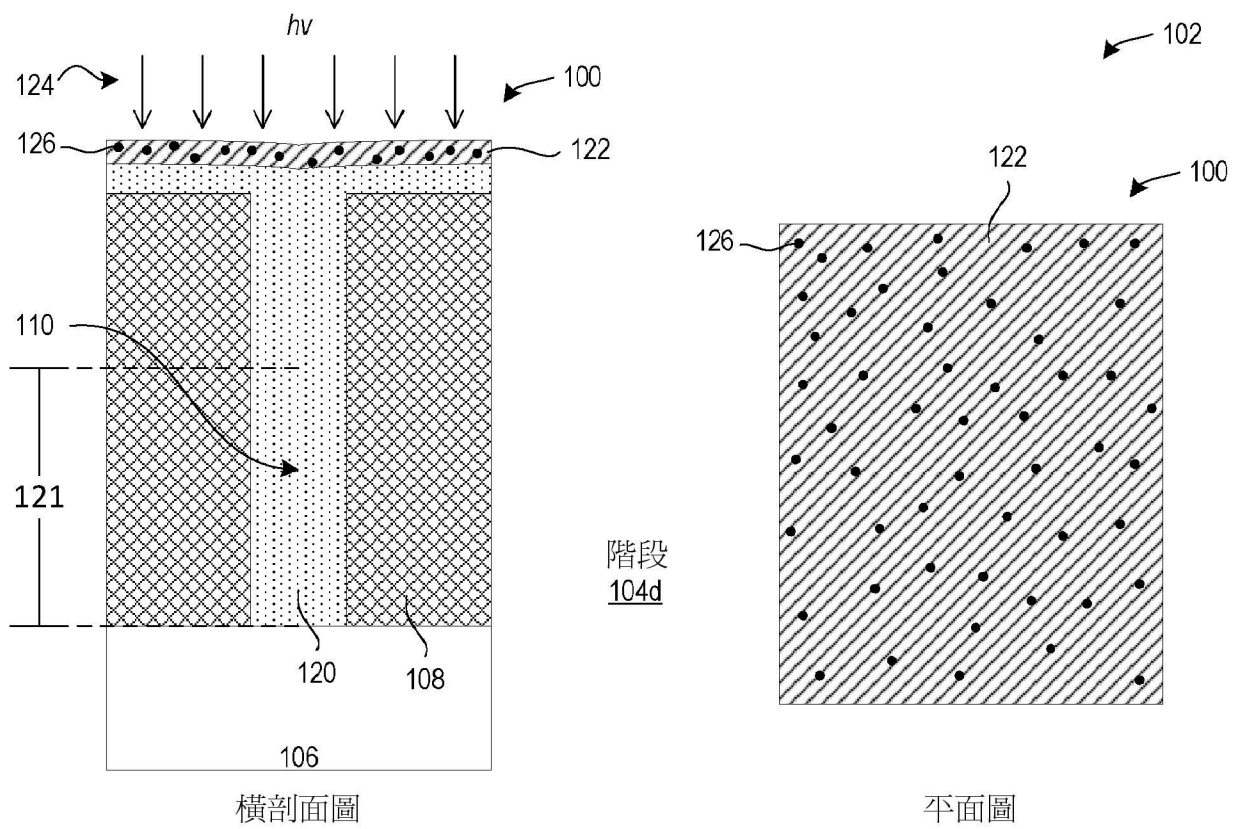


圖 1D

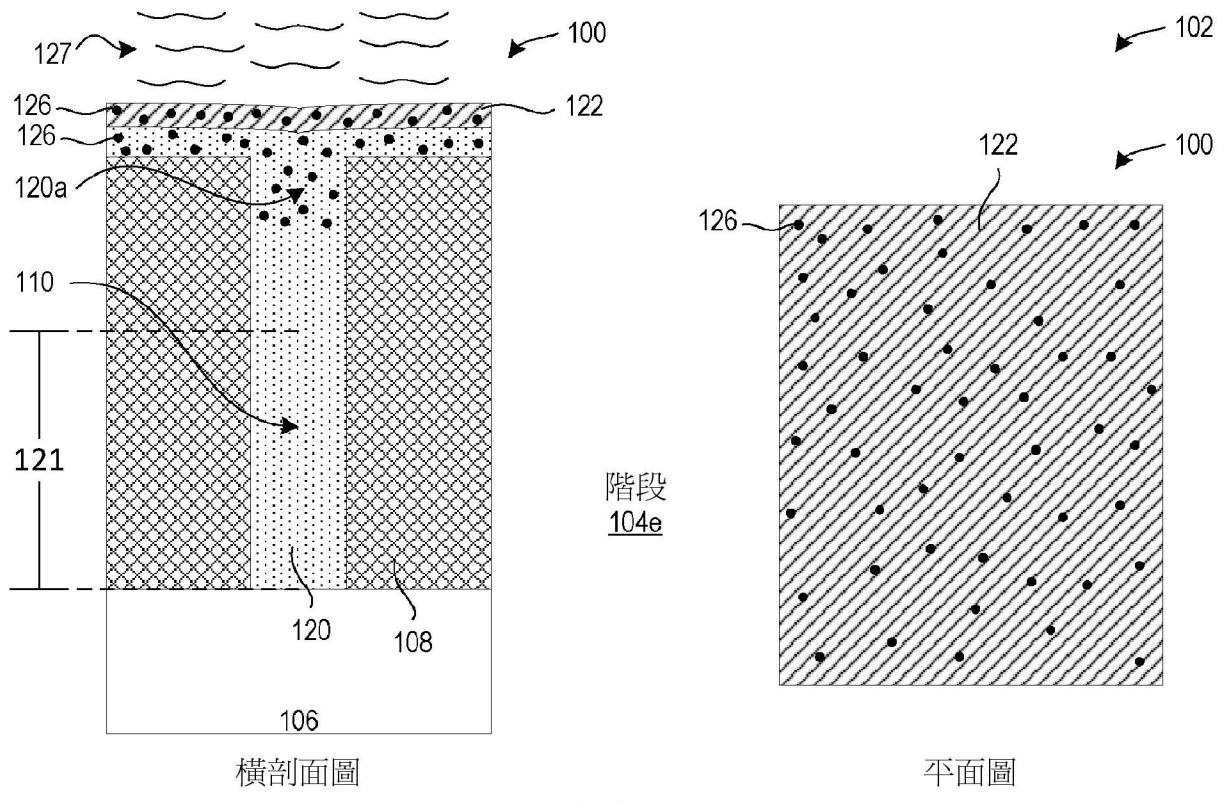


圖 1E

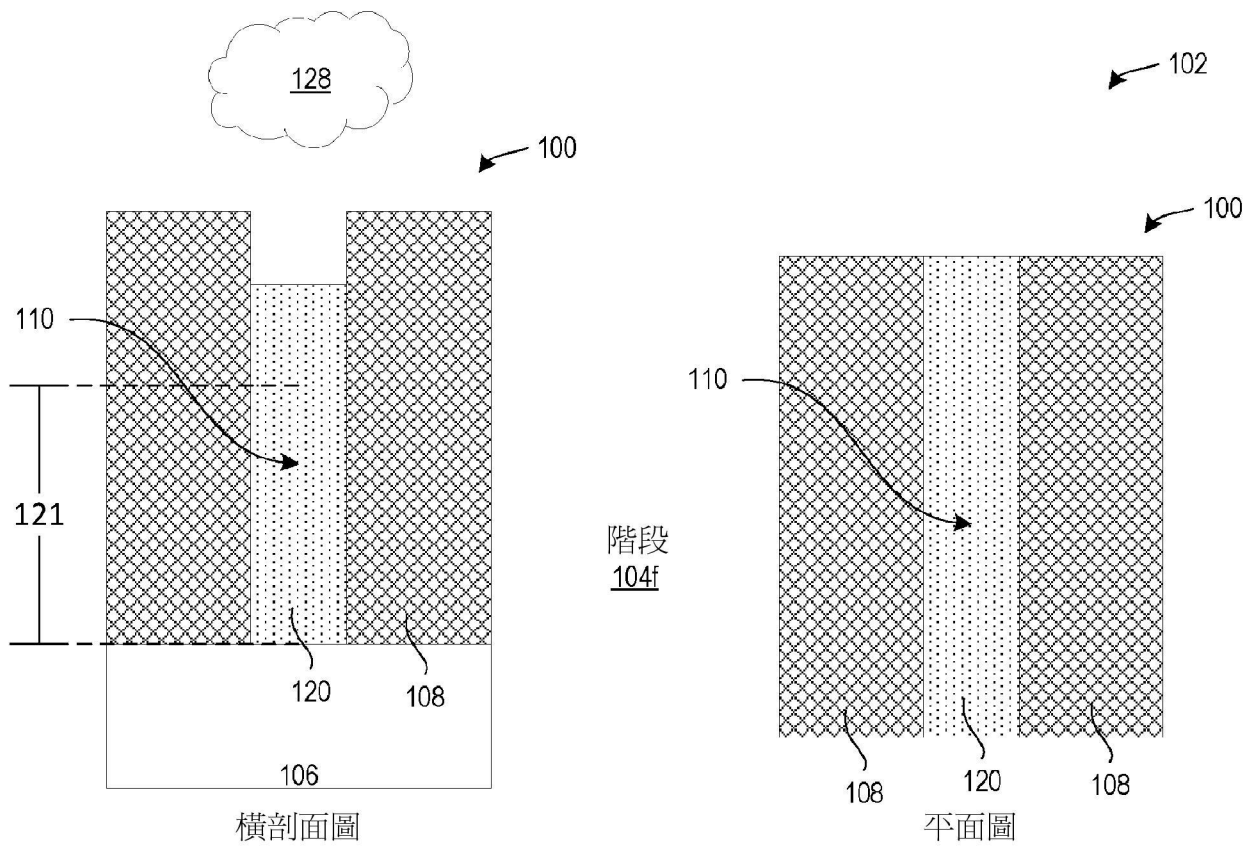


圖 1F

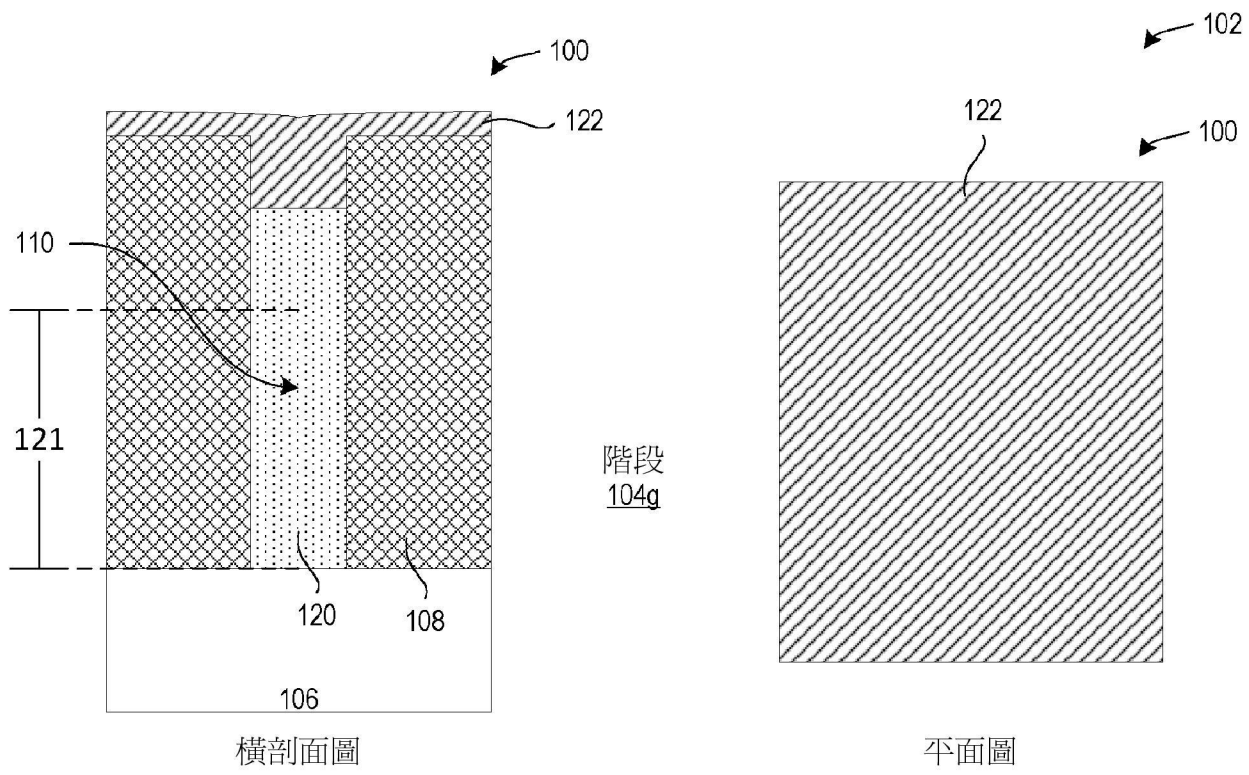


圖 1G

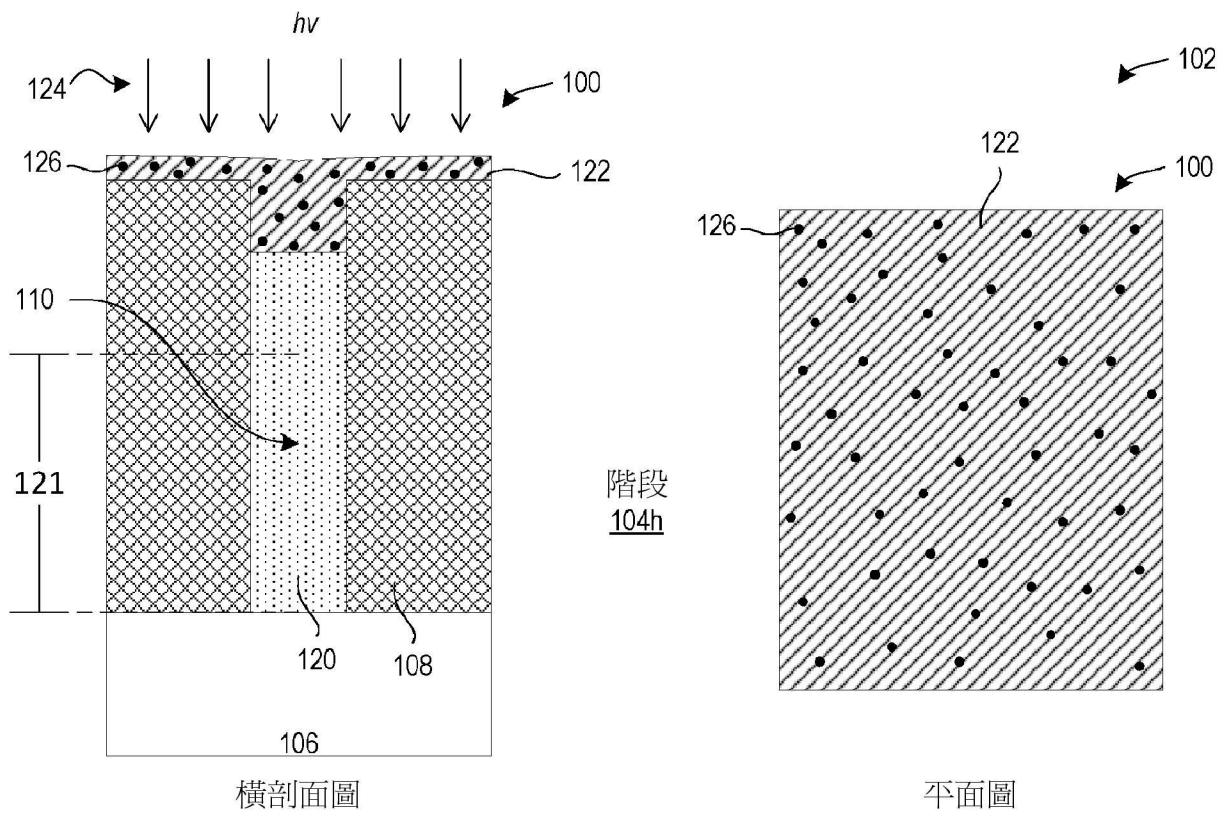
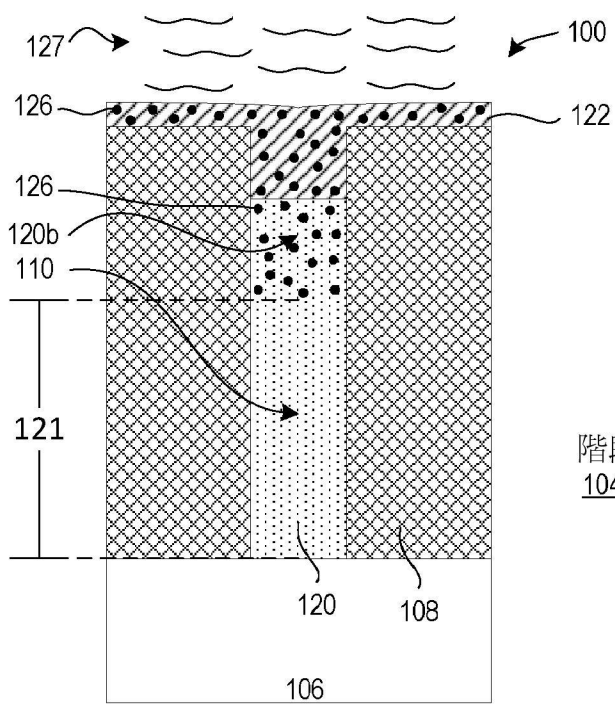
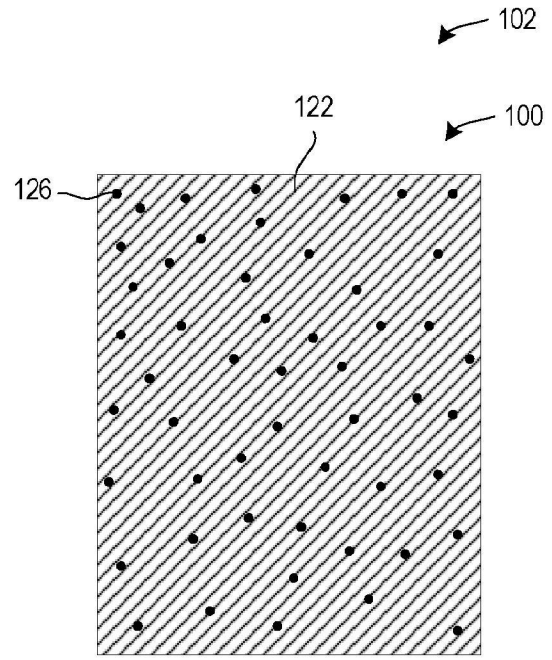


圖 1H

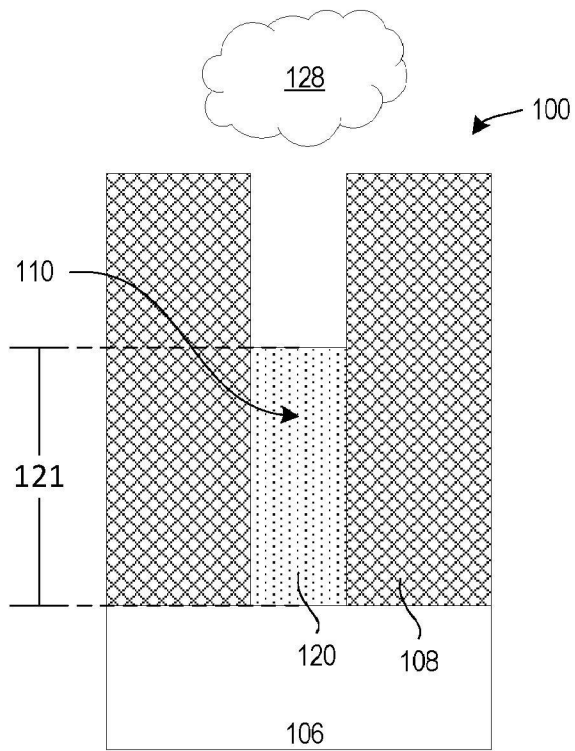


橫剖面圖

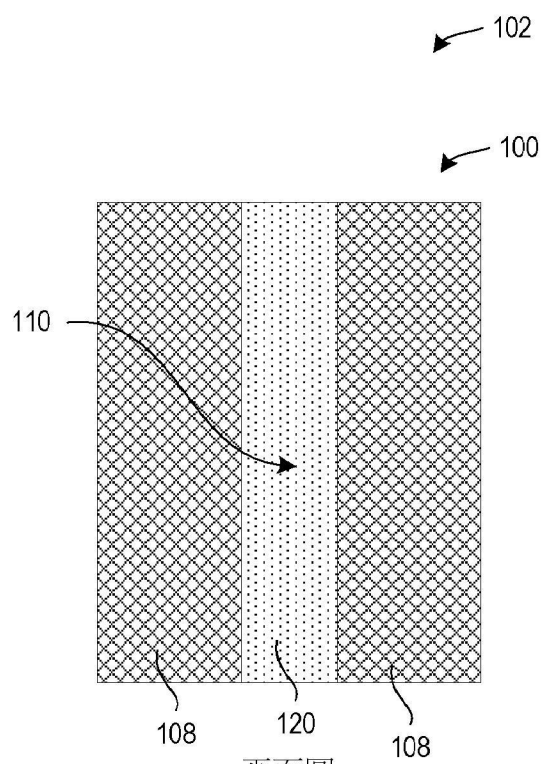


平面圖

圖 1I



橫剖面圖



平面圖

圖 1J

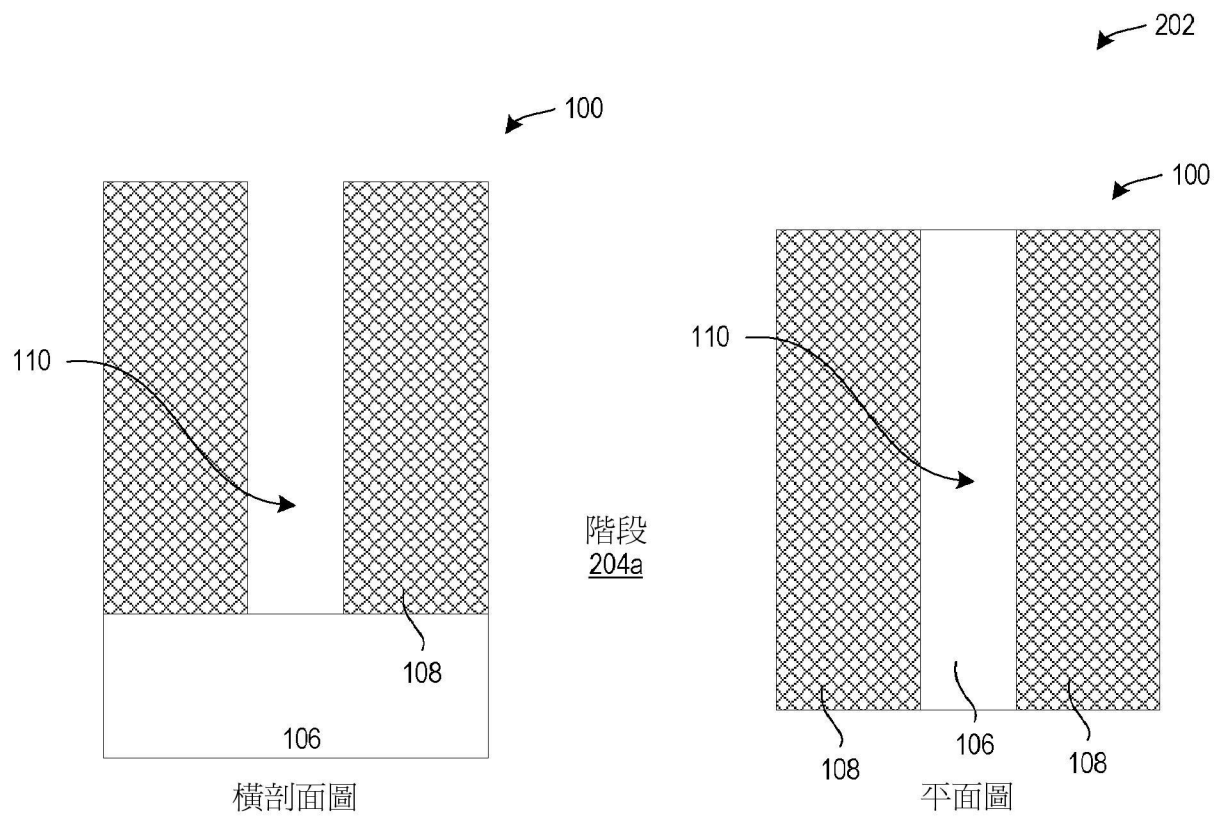


圖 2A

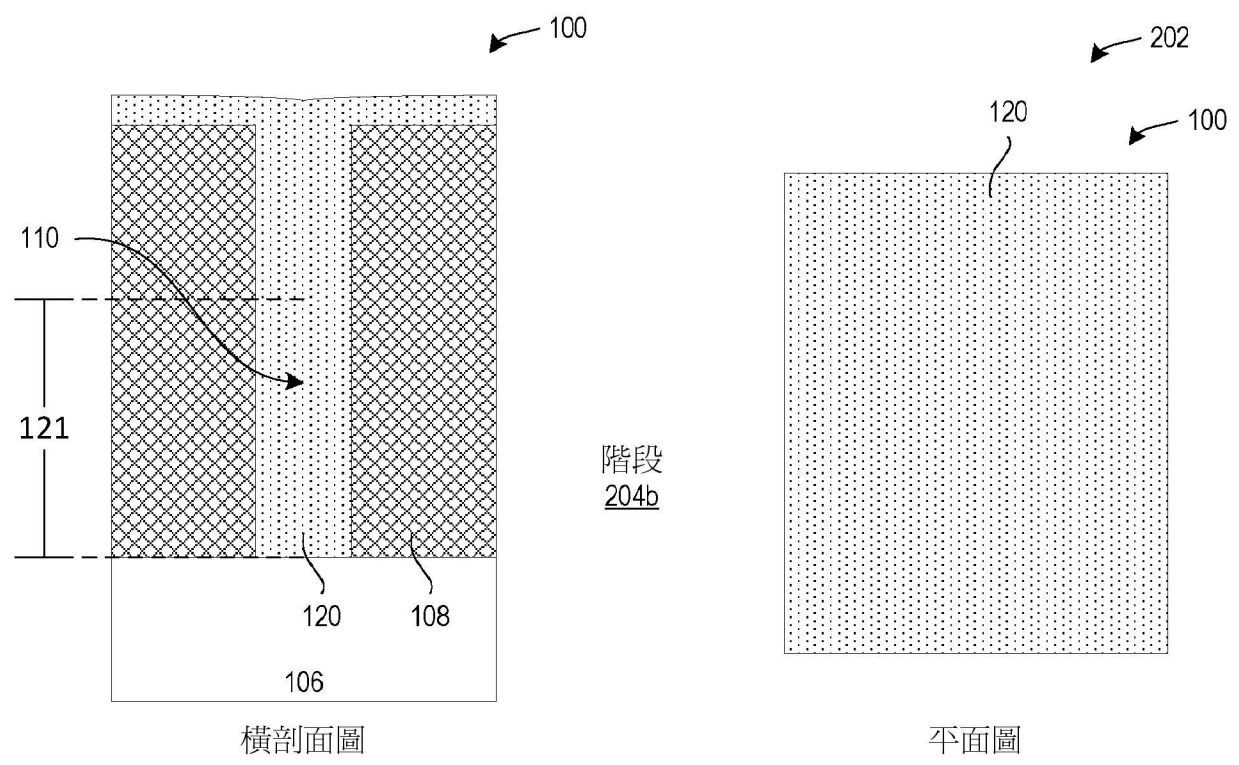


圖 2B

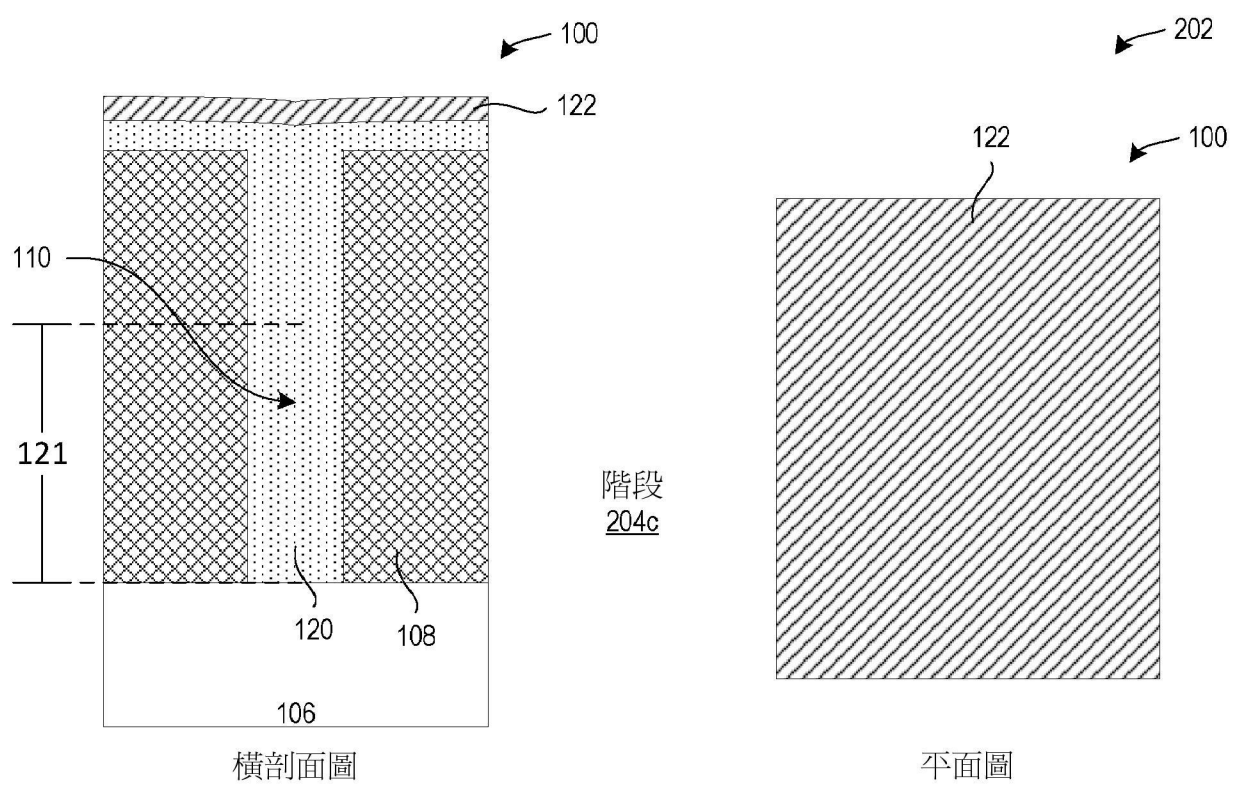


圖 2C

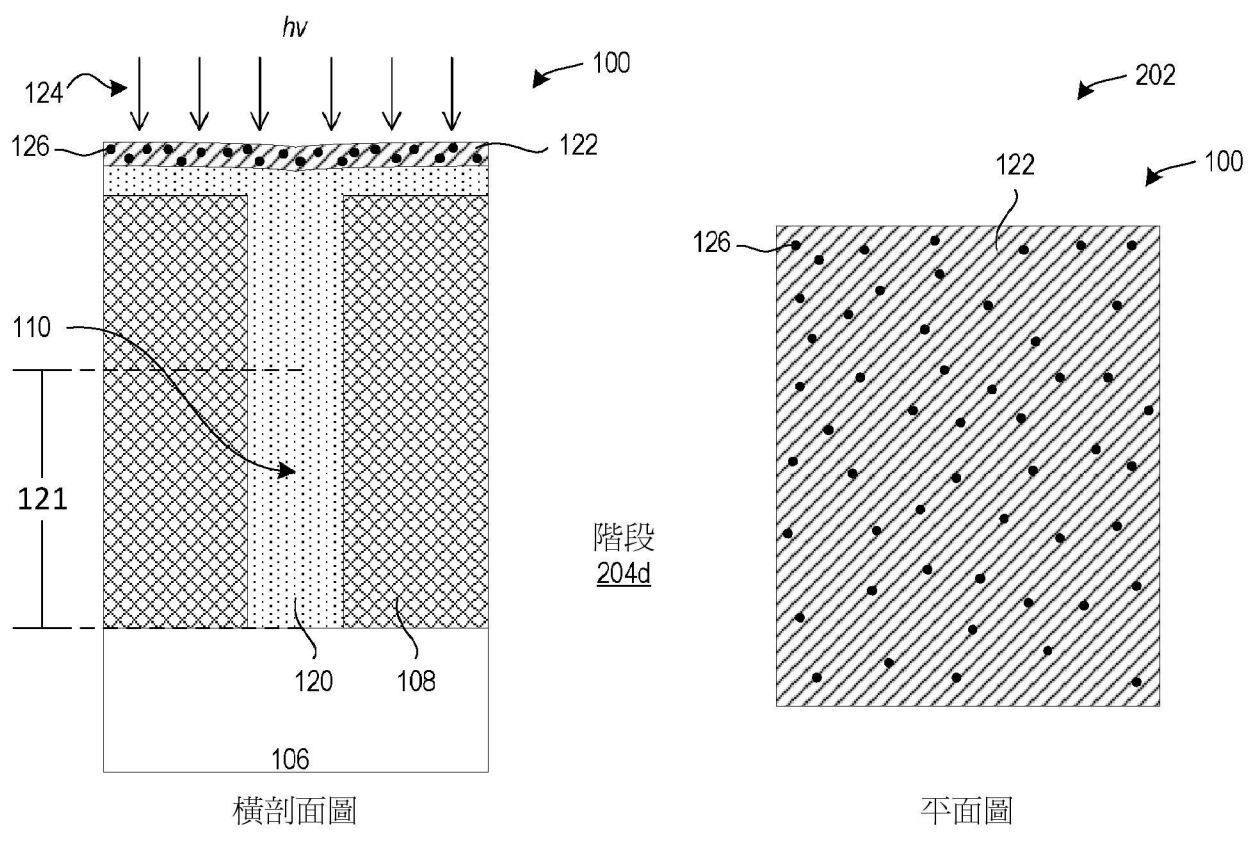
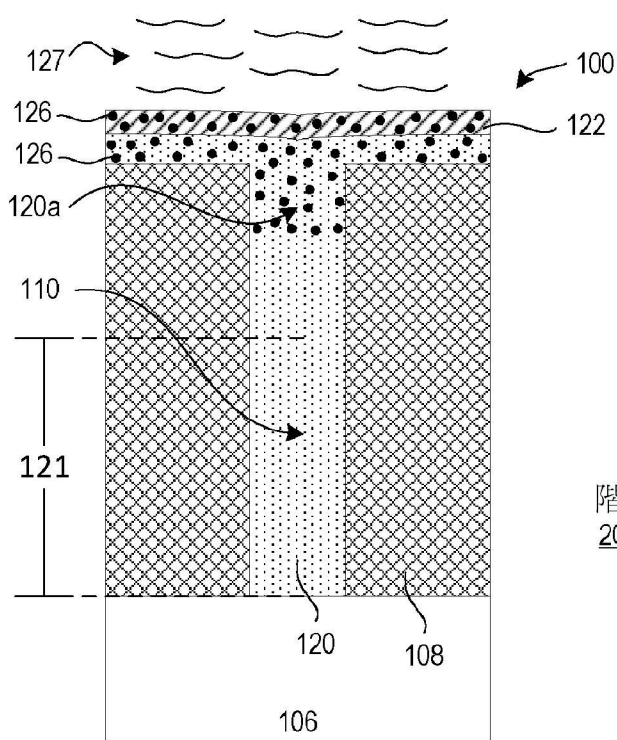
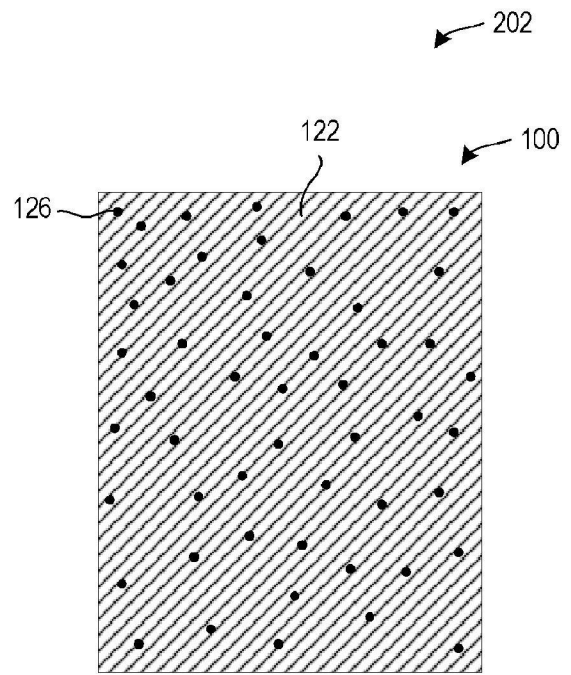


圖 2D

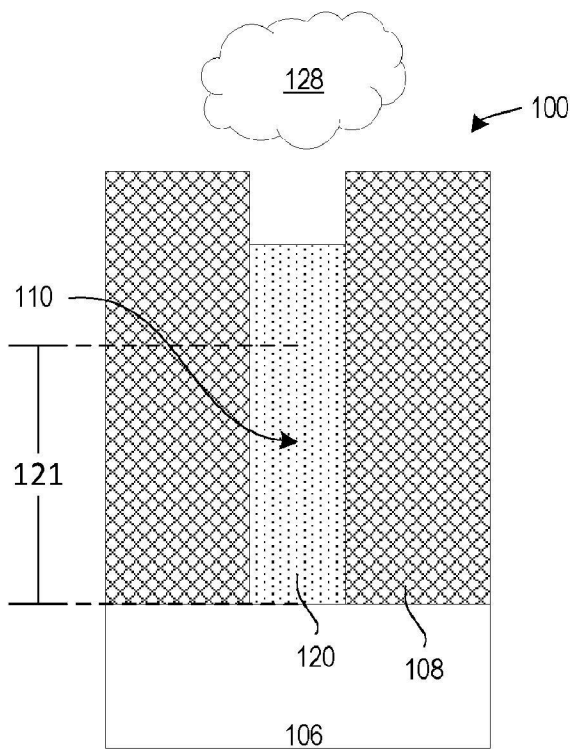


橫剖面圖

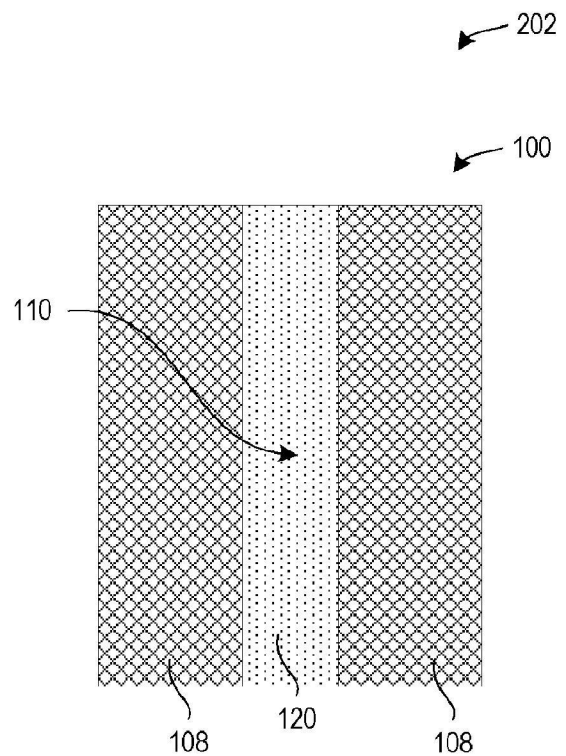


平面圖

圖 2E

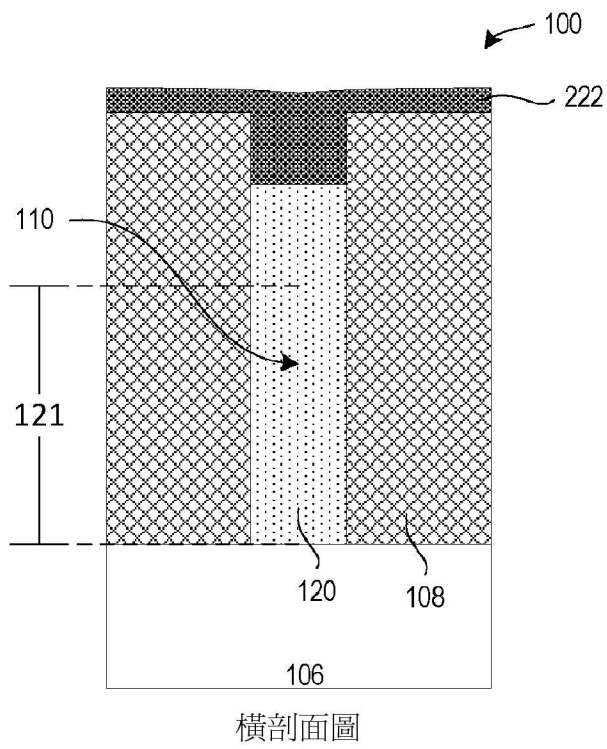


橫剖面圖

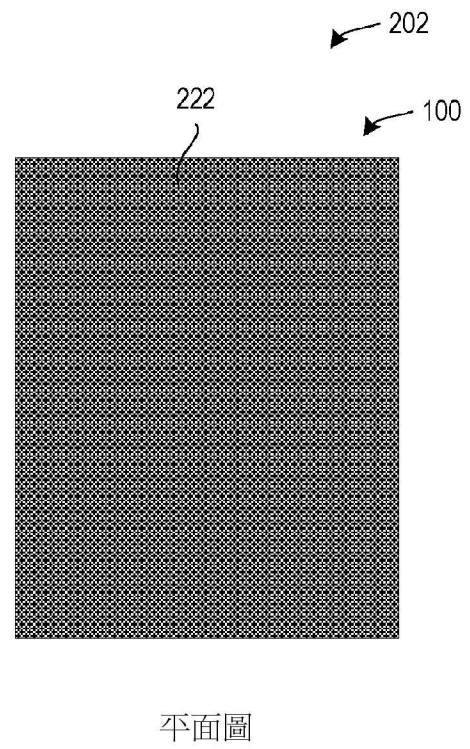


平面圖

圖 2F

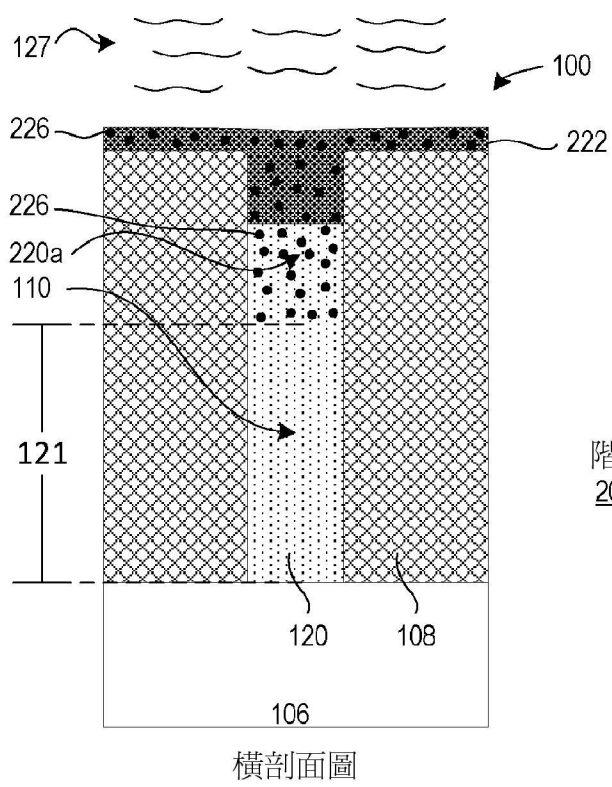


橫剖面圖

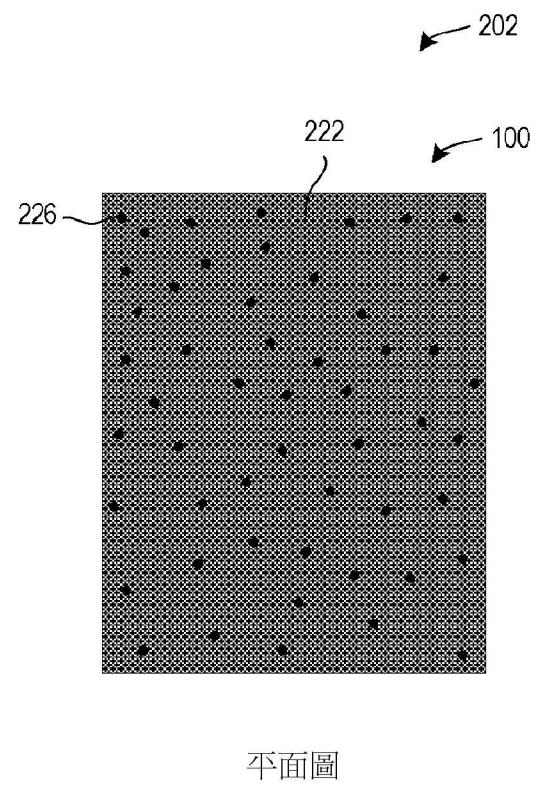


平面圖

圖 2G



橫剖面圖



平面圖

圖 2H

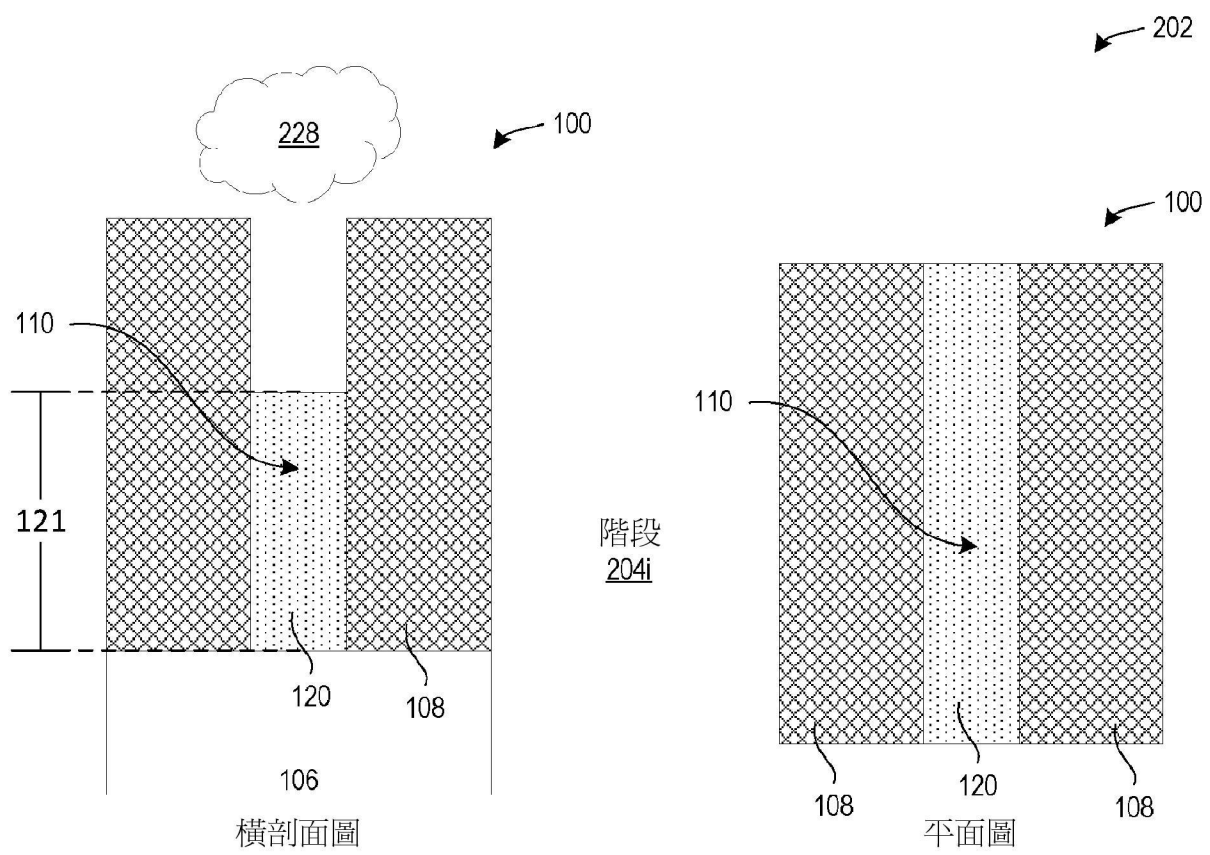


圖 2I

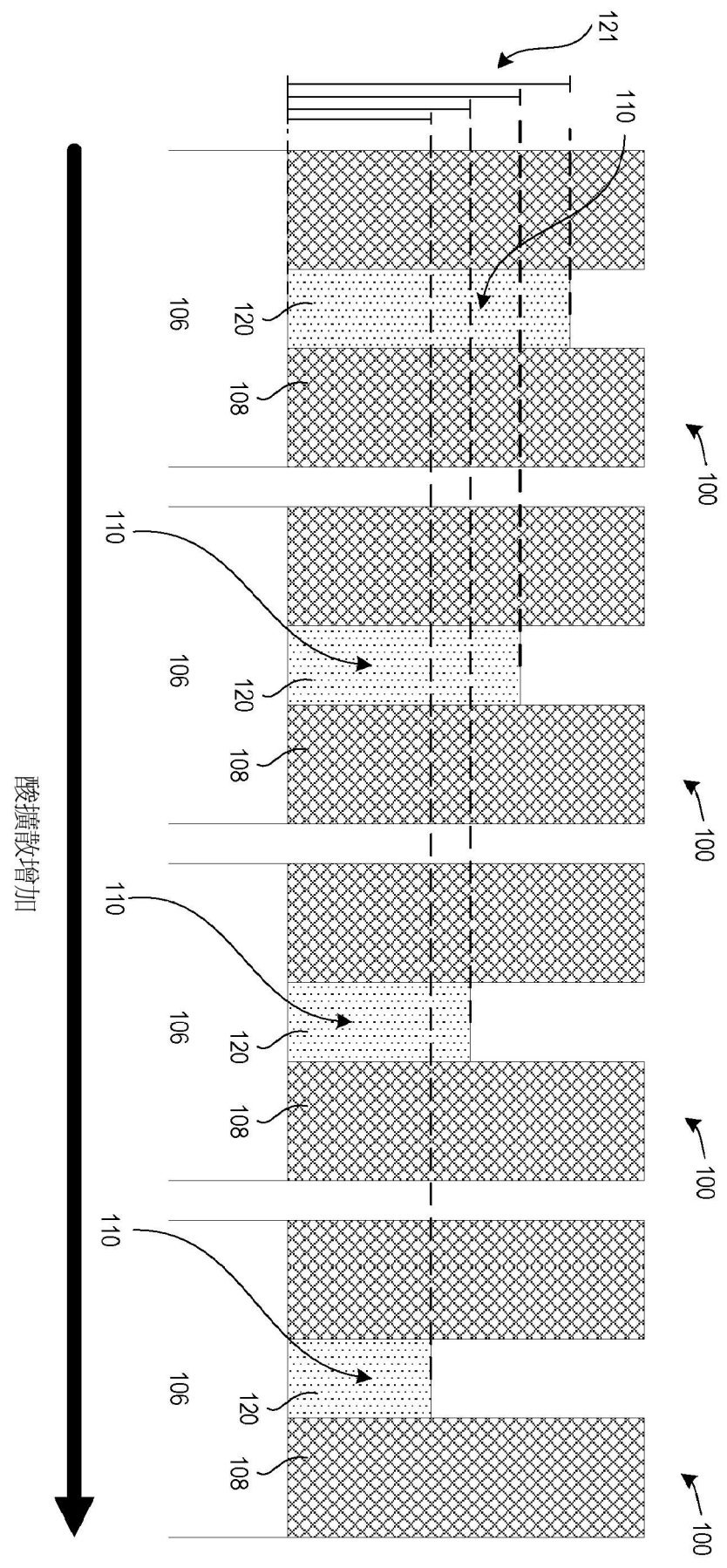


圖 3

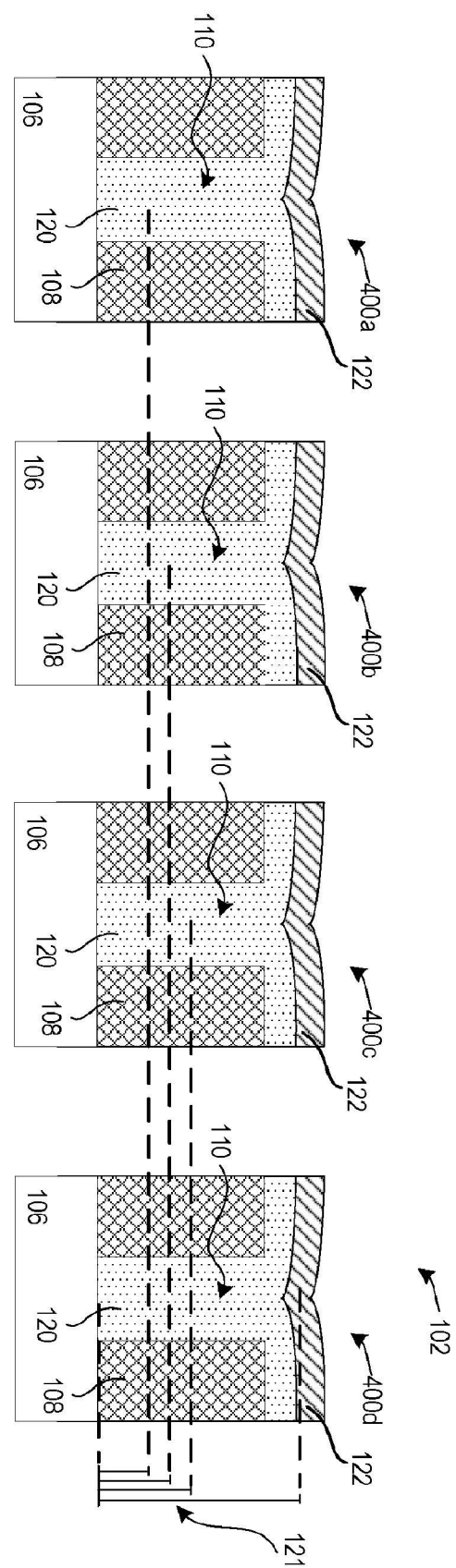


圖 4A

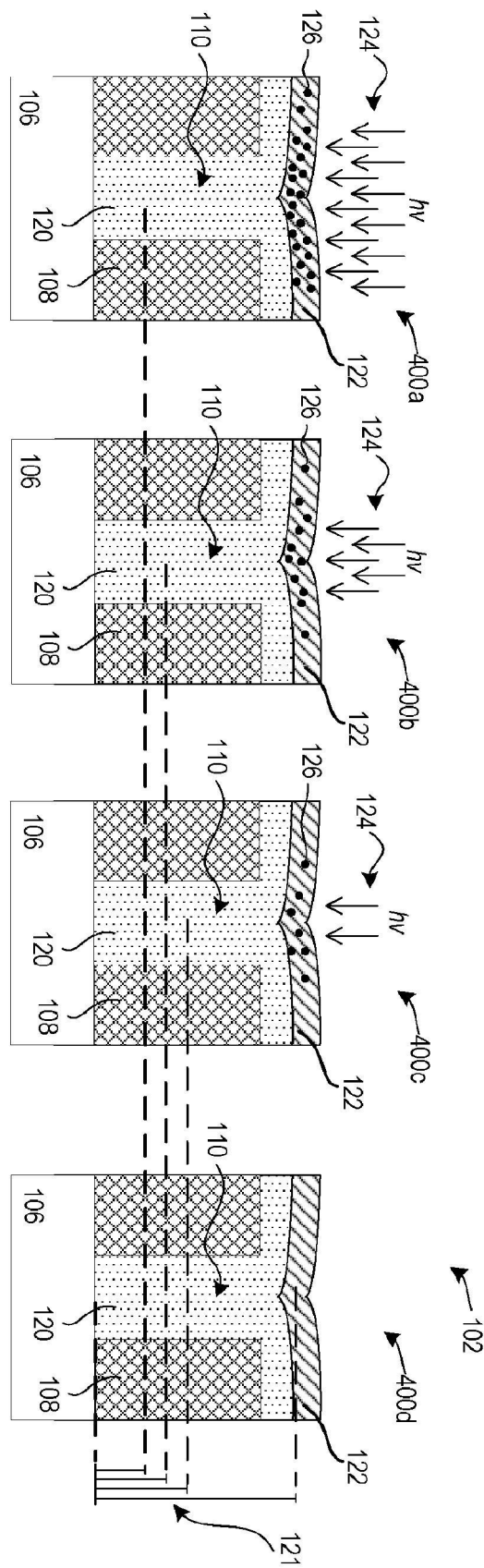


圖 4B

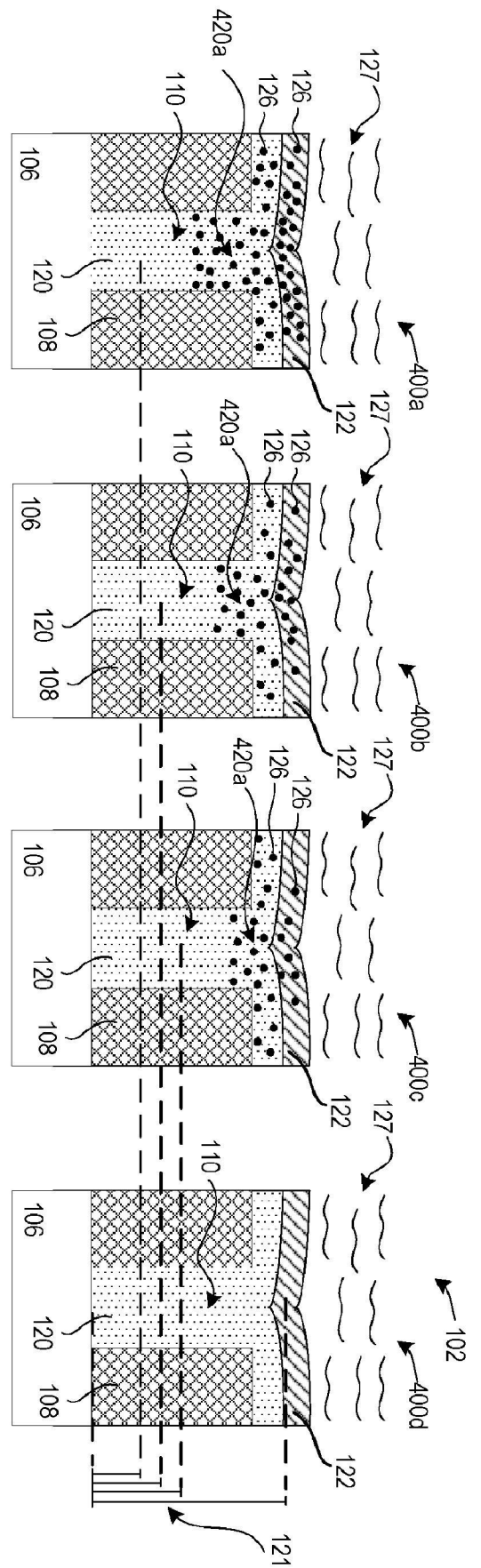


圖 4C

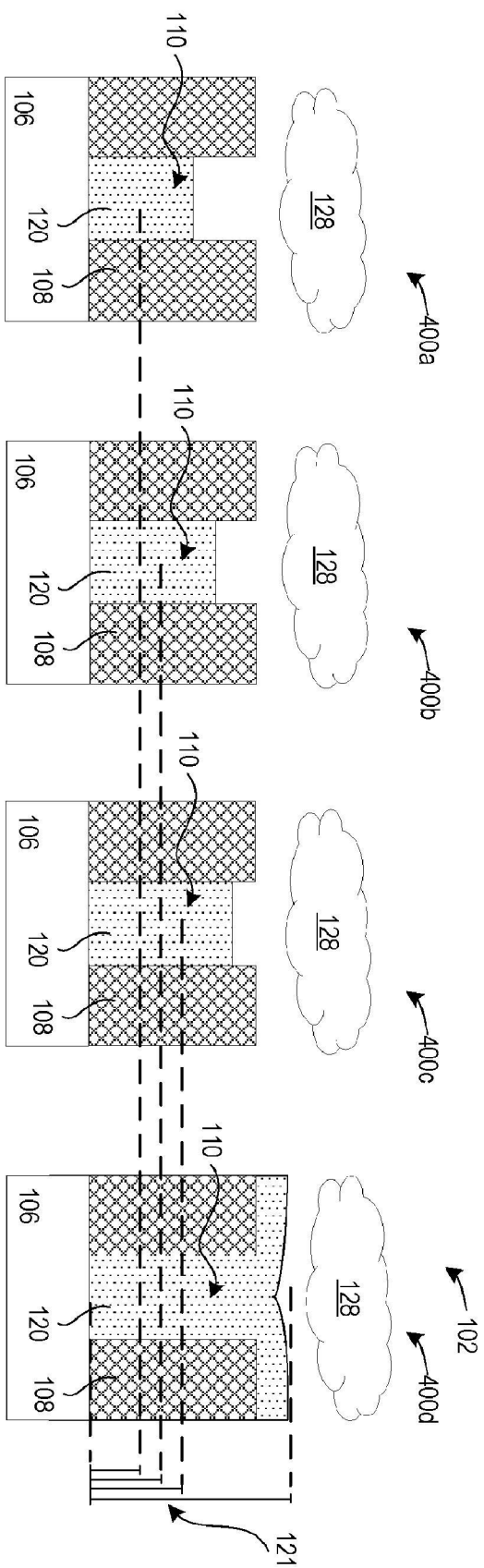


圖 4D

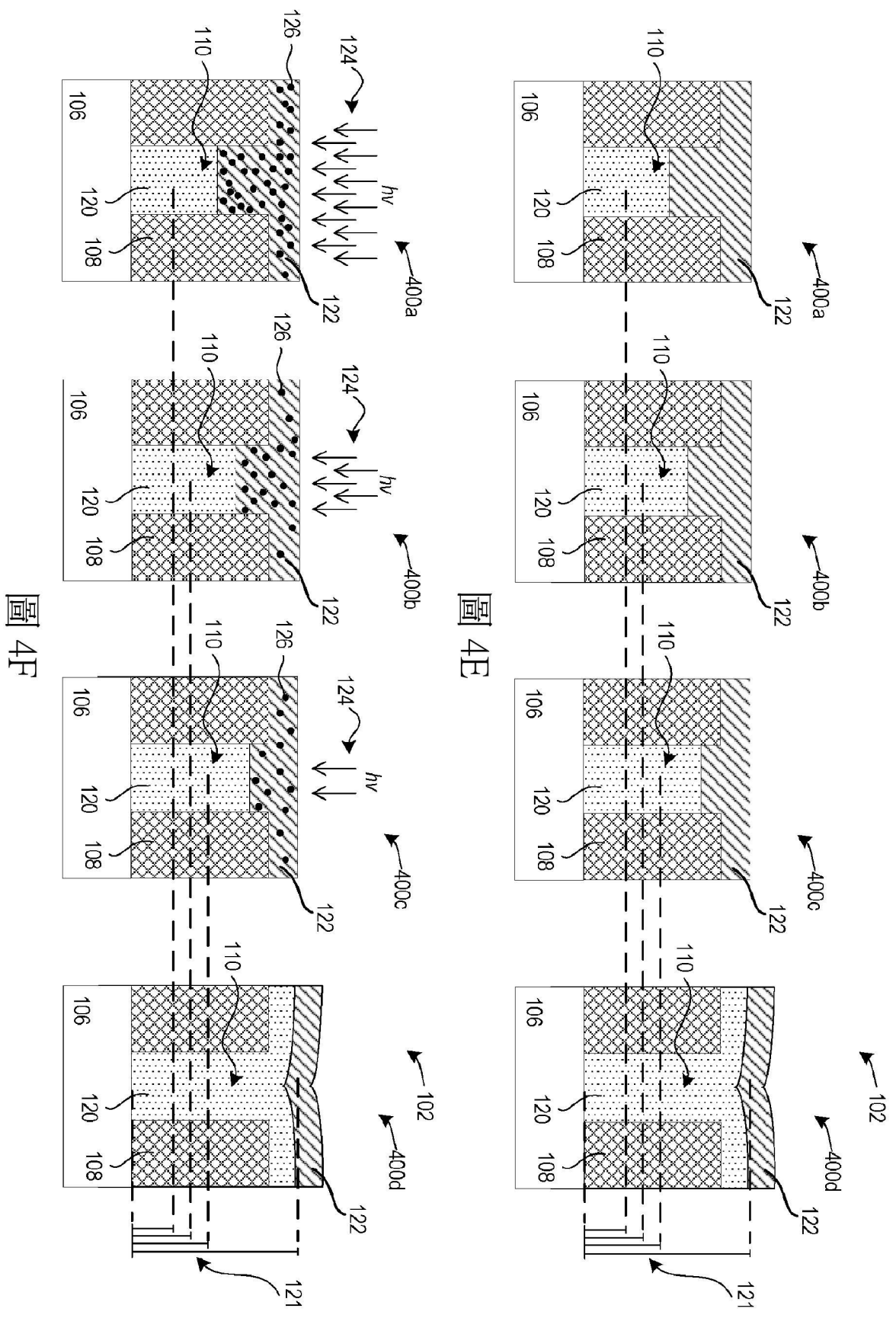


圖 4E

圖 4F

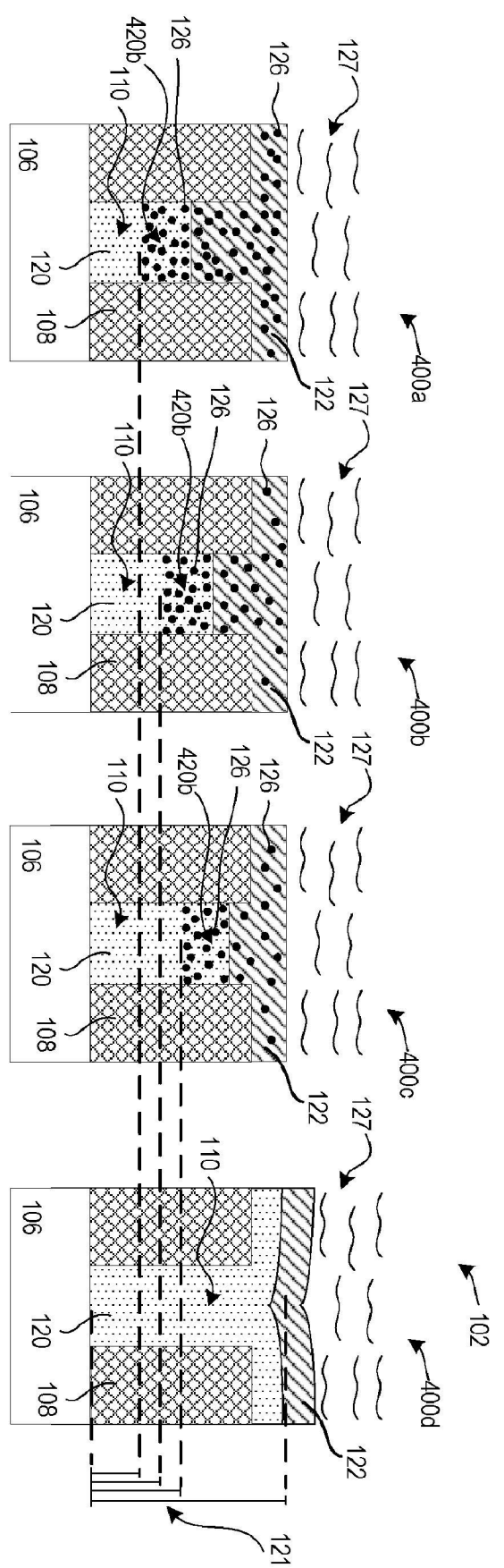


圖 4G

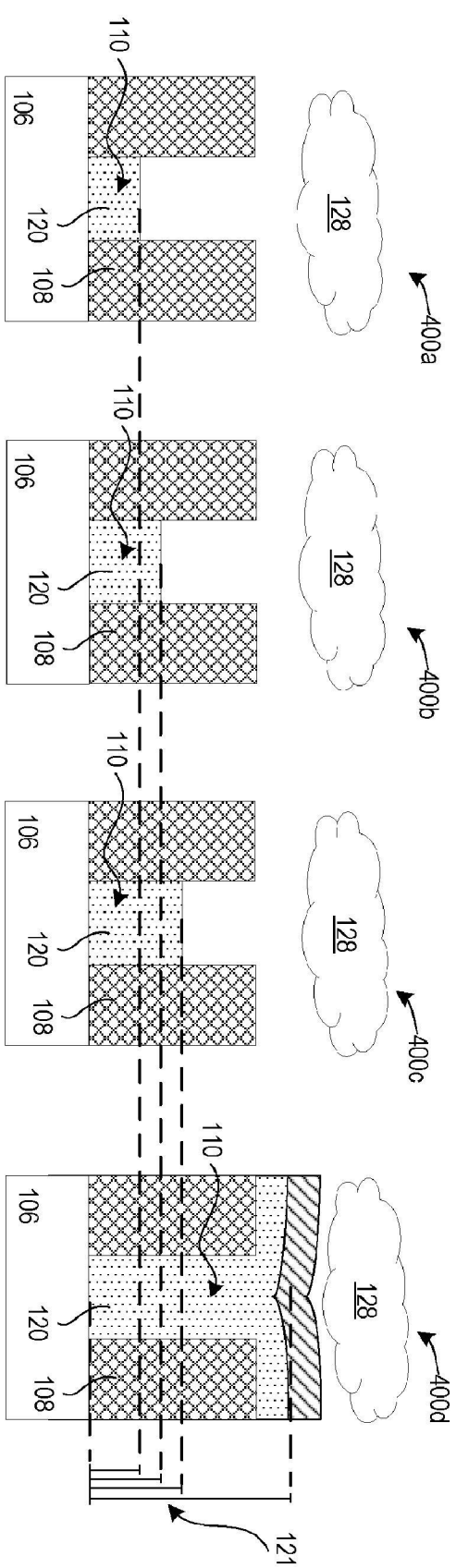


圖 4H

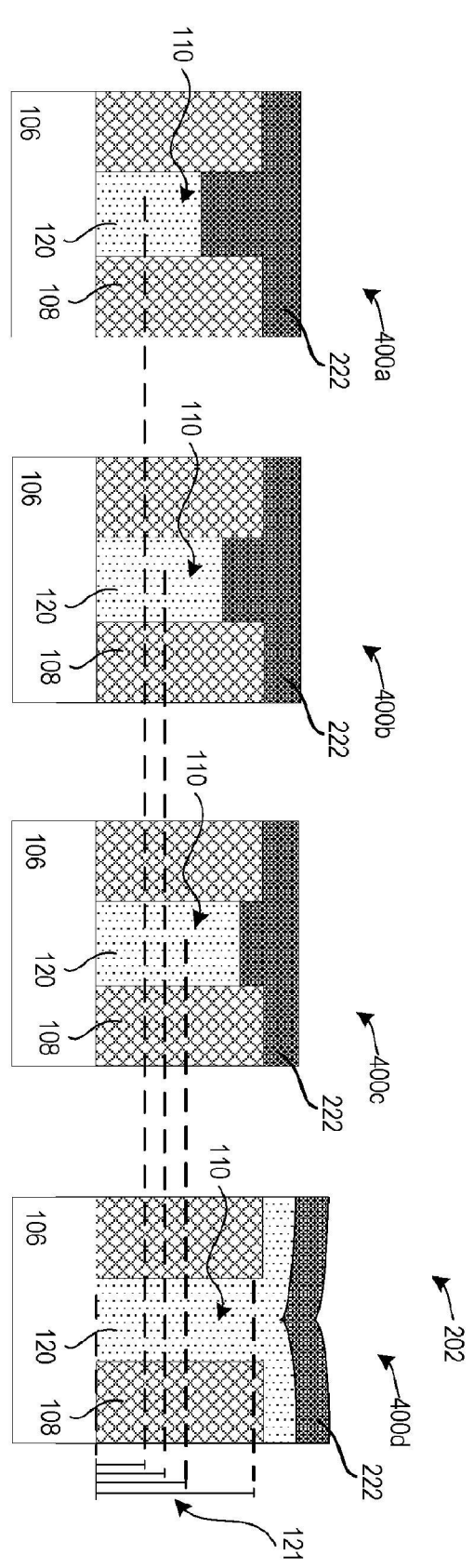


圖 5A

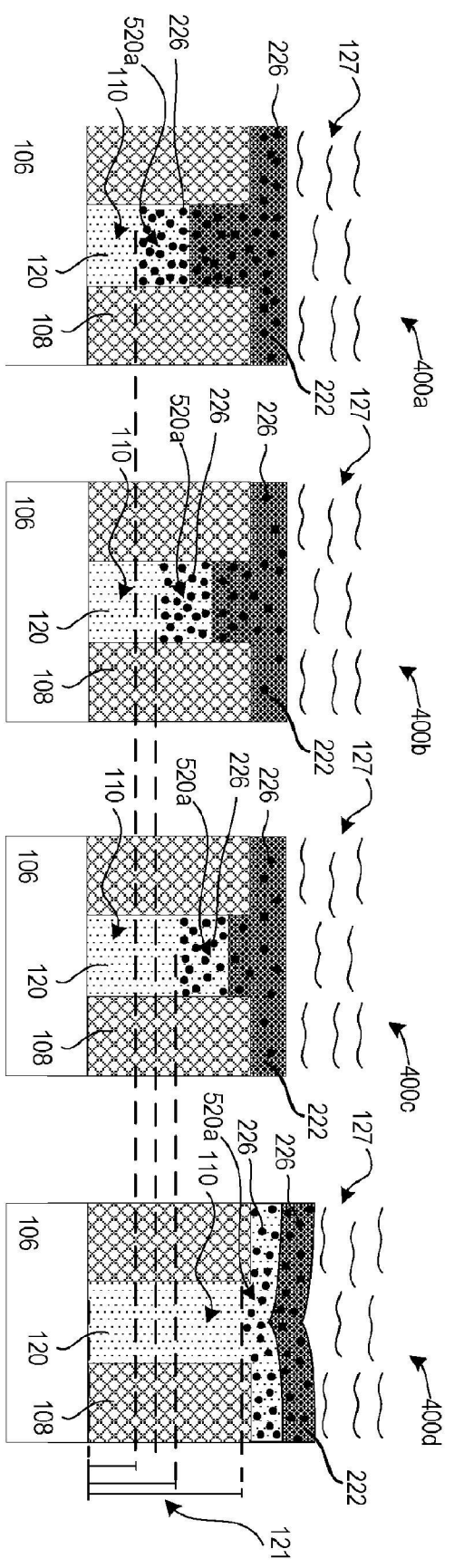


圖 5B

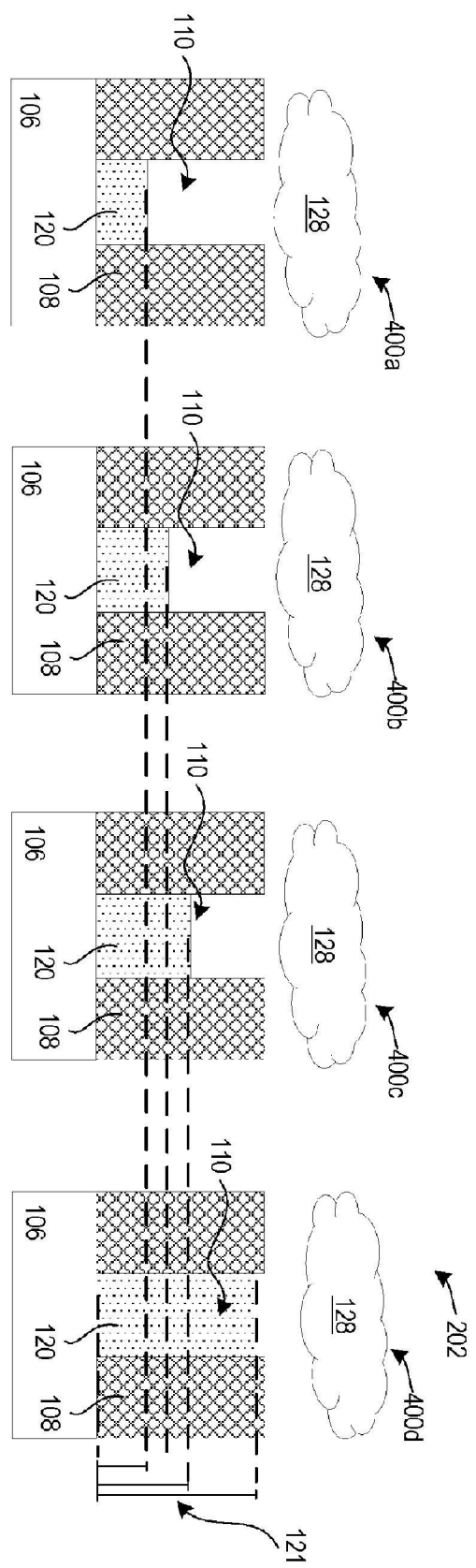


圖 5C

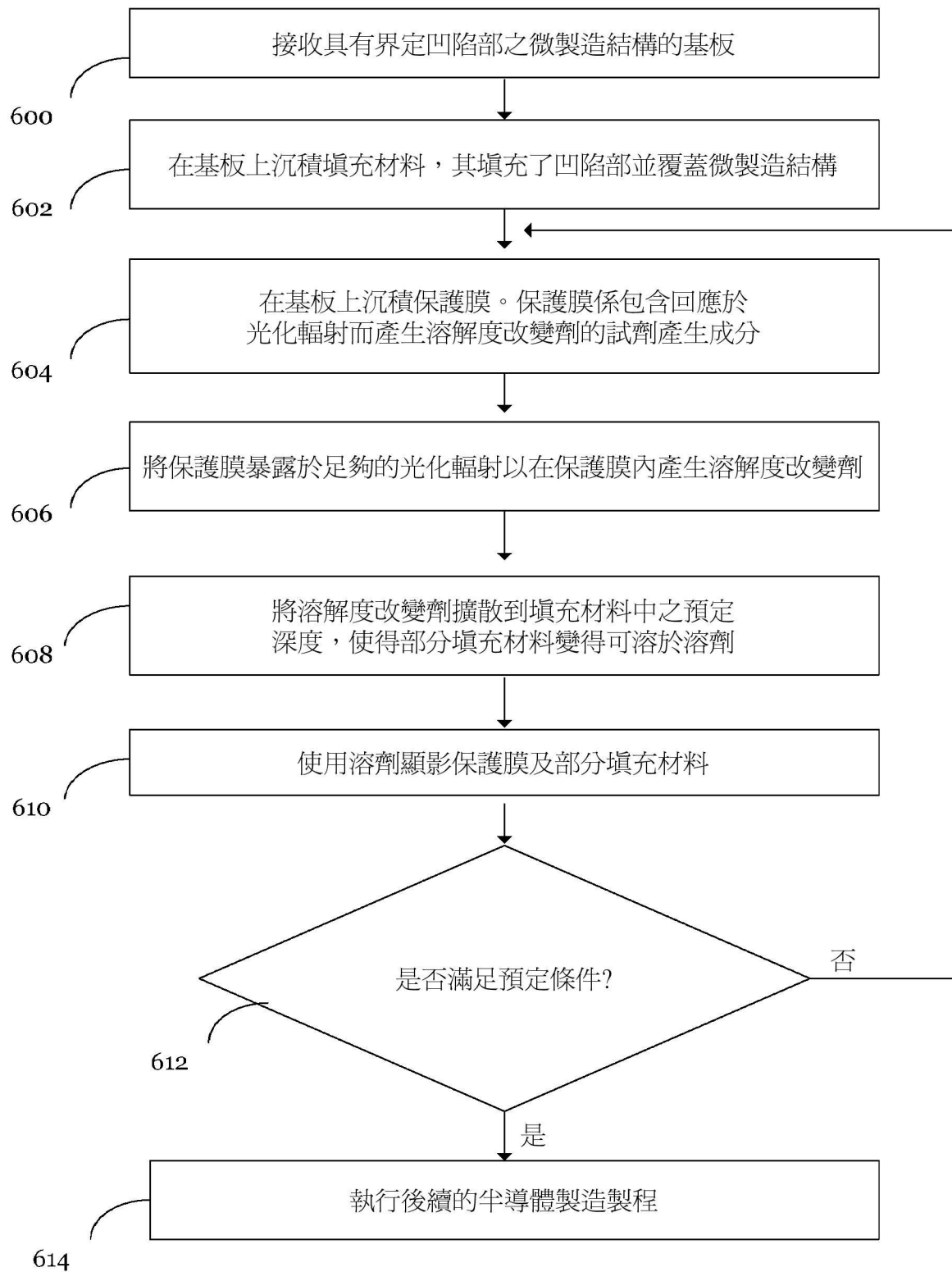


圖 6

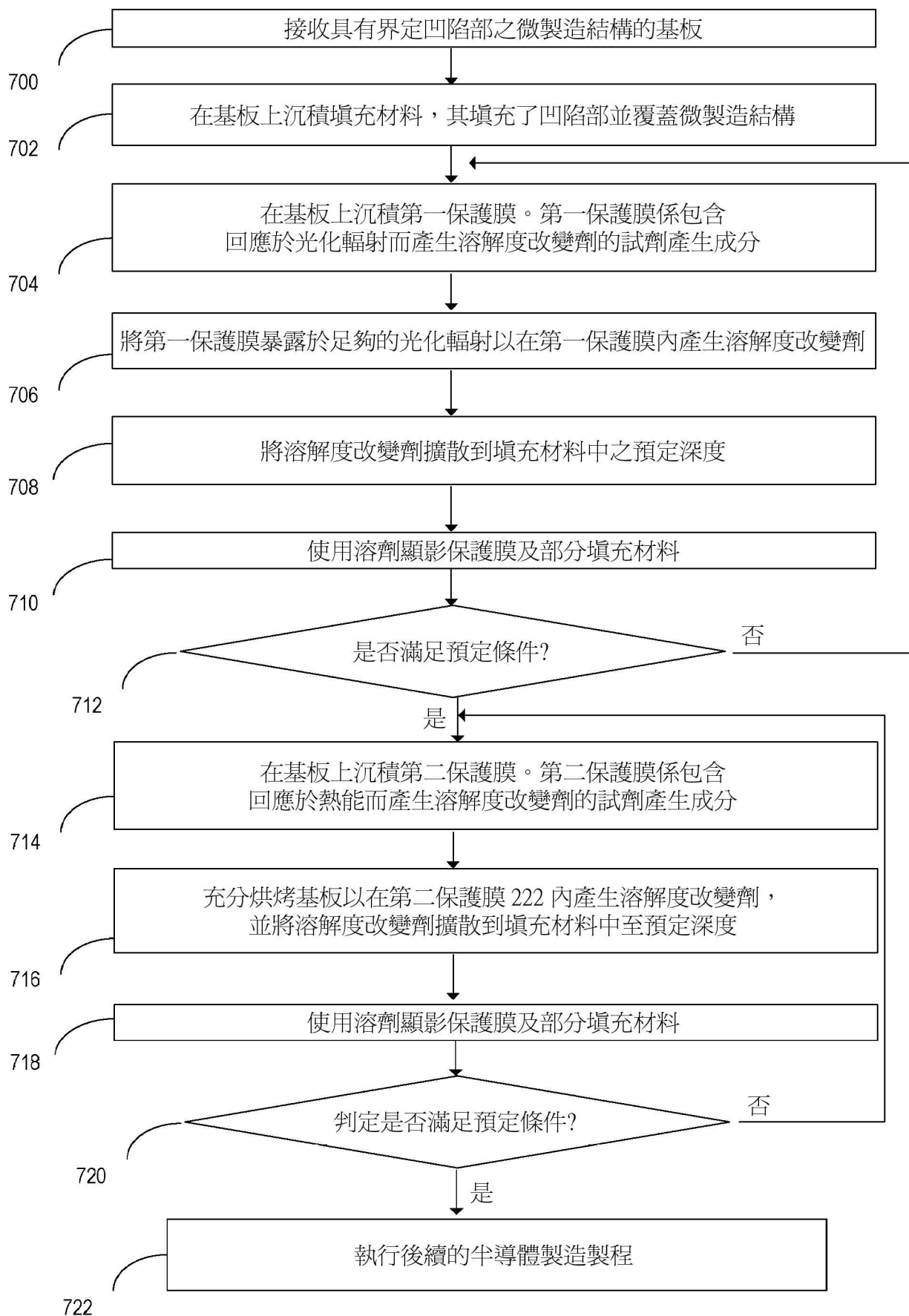


圖 7

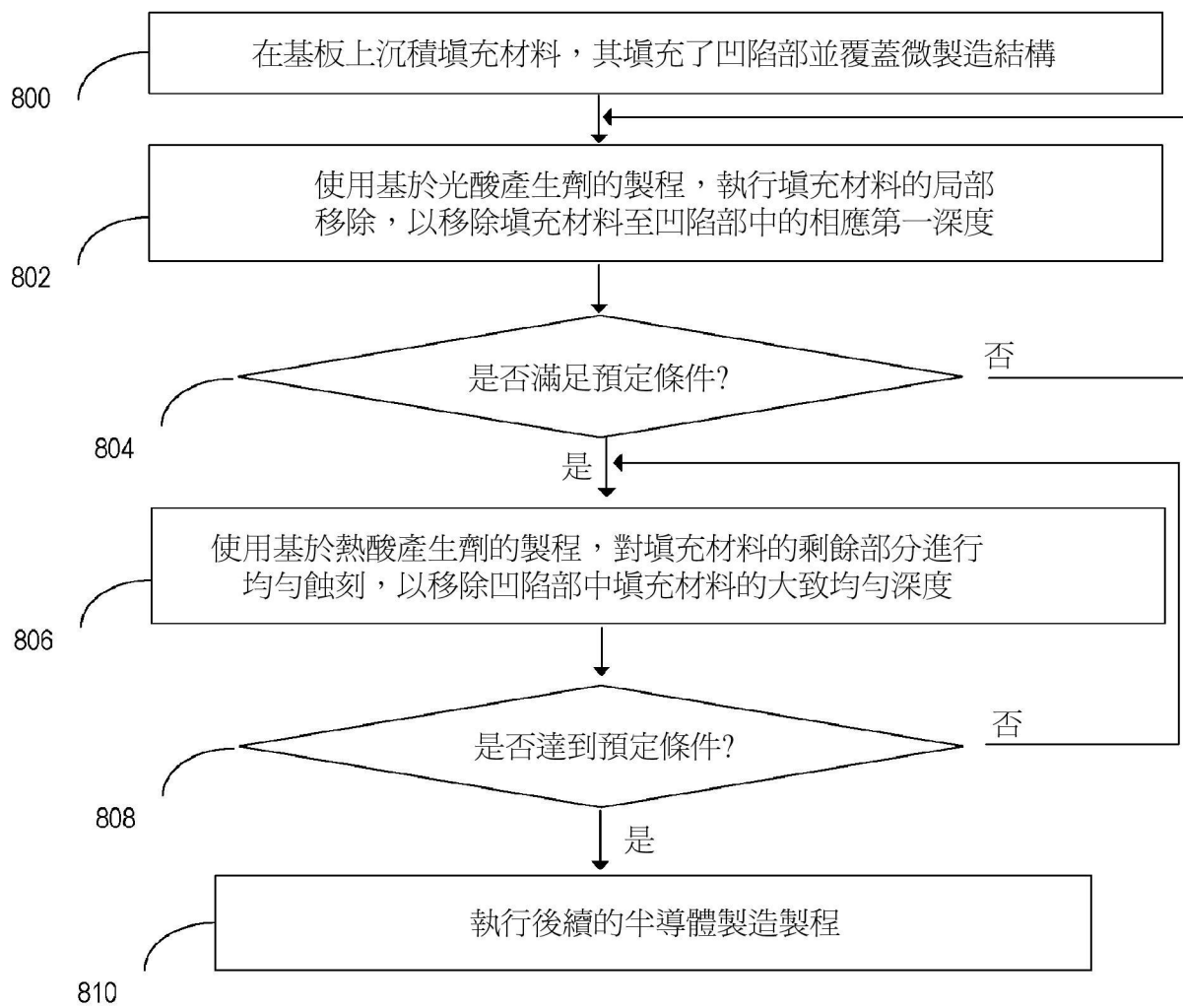


圖 8

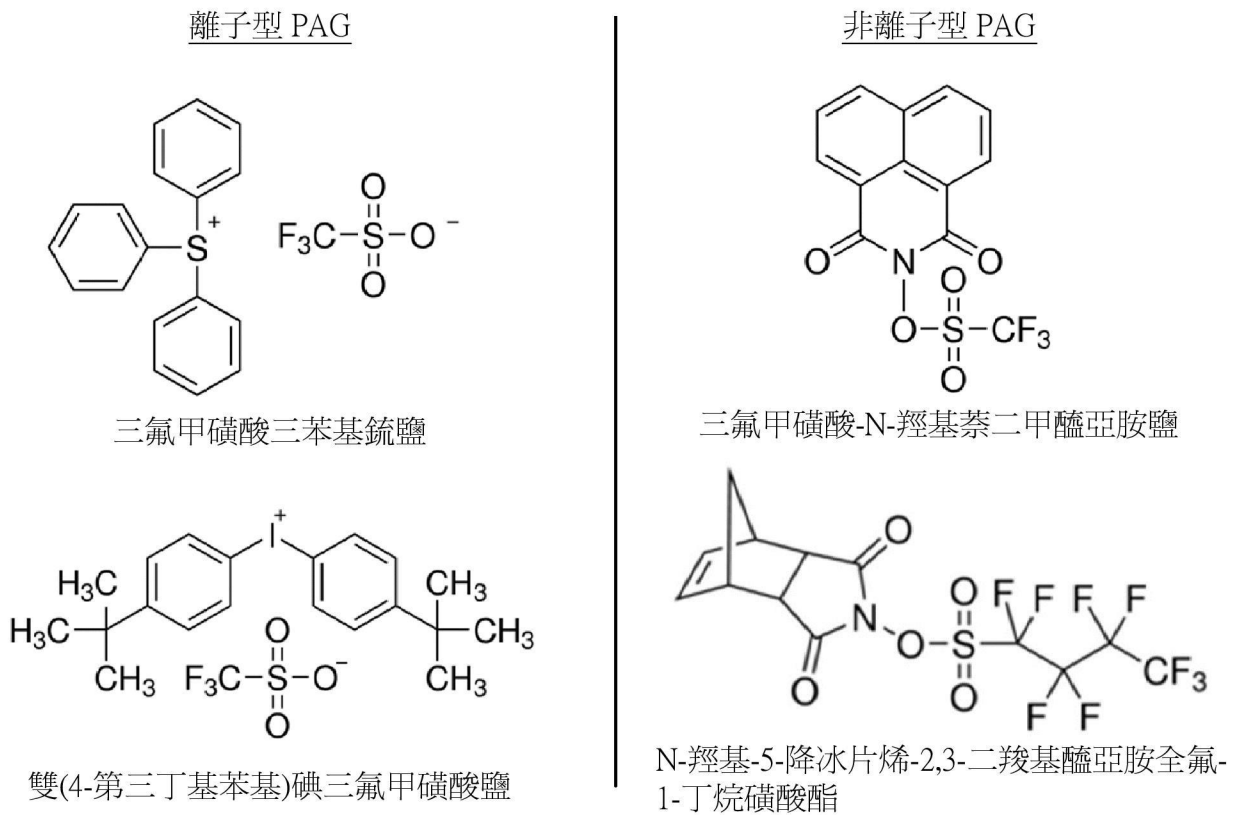


圖 9A

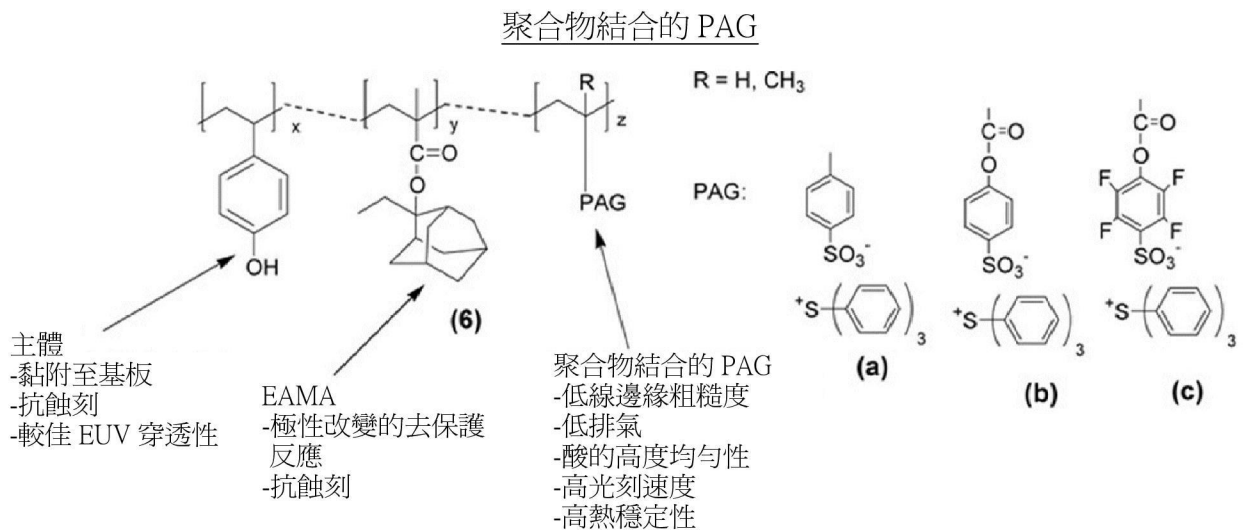


圖 9B

TAGs

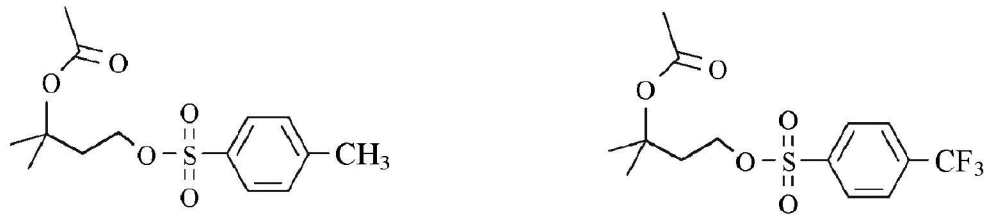


圖 9C

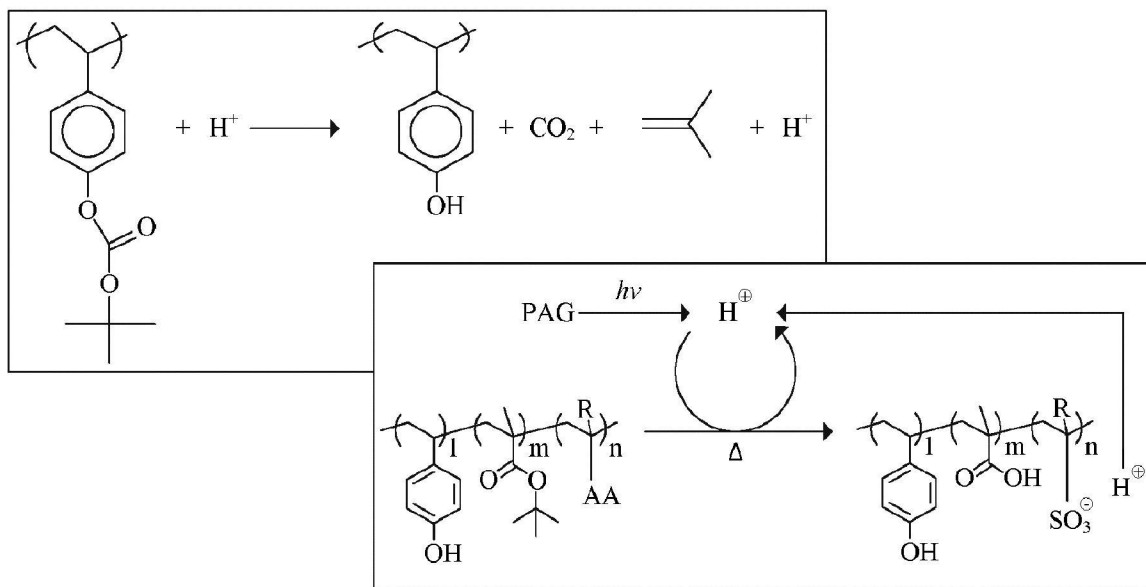


圖 10A

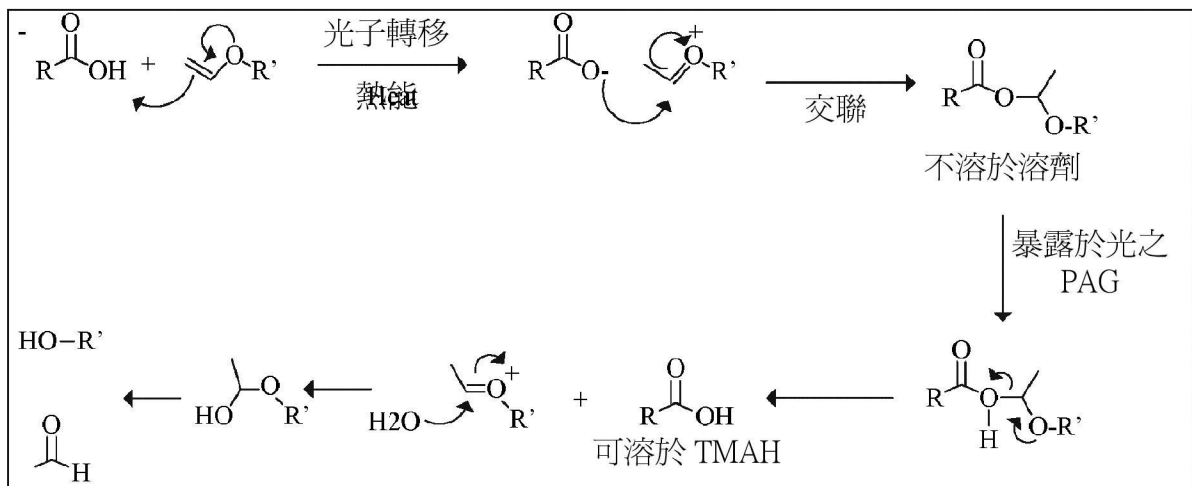


圖 10B

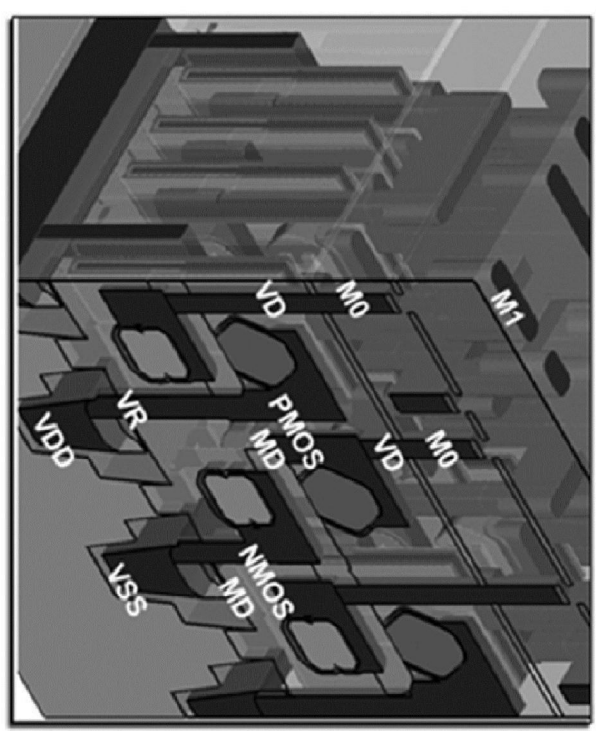
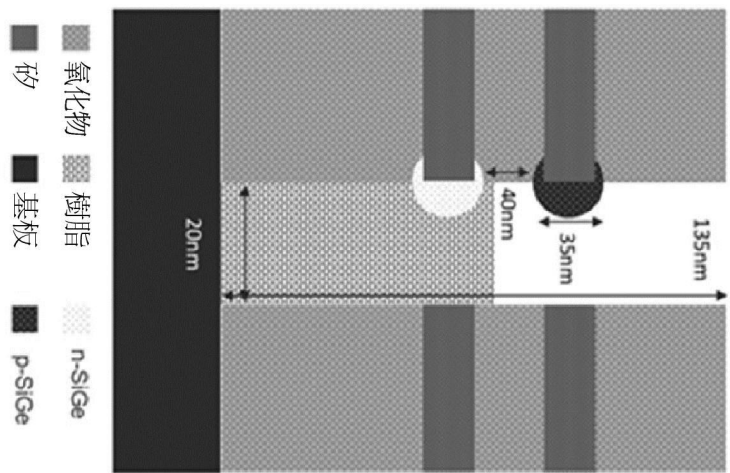
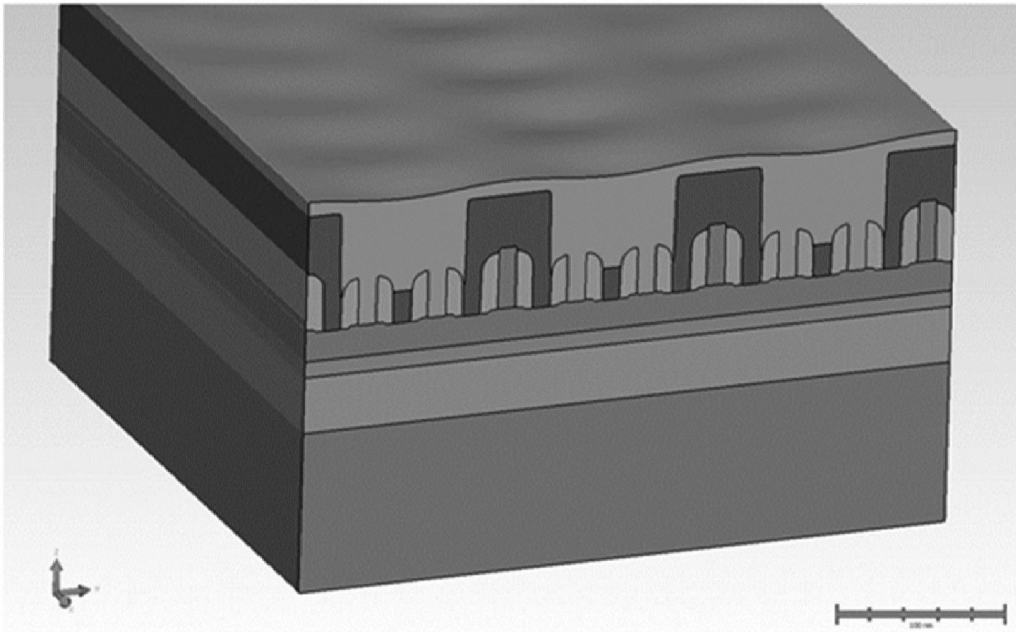
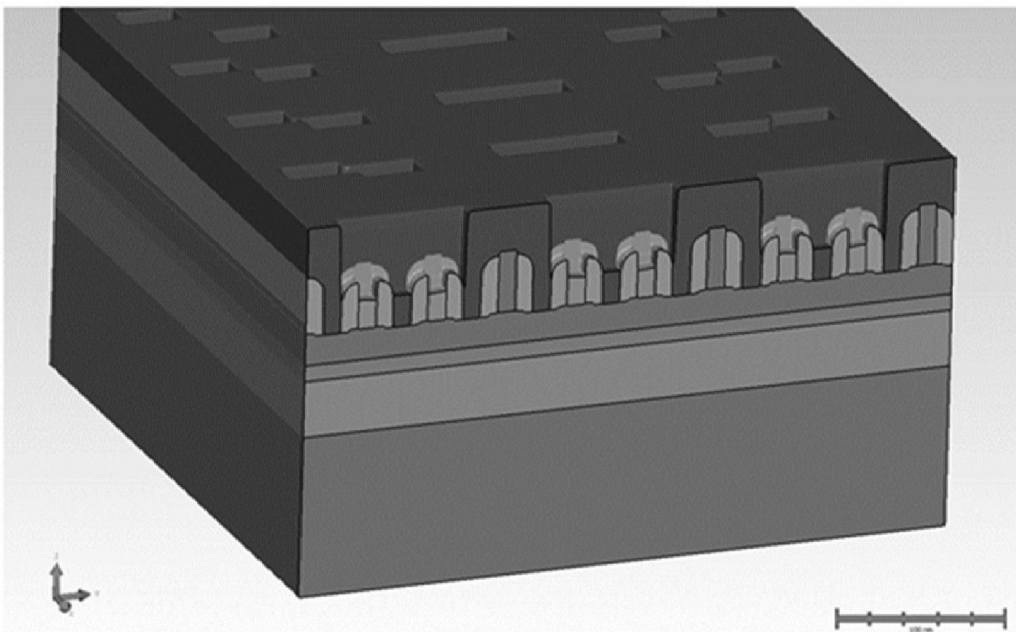


圖 11



- | | | | |
|------|----------|--------|-----|
| 旋塗玻璃 | SiN 主幹 | TEOS 蓋 | 間隔件 |
| 旋塗碳 | TiN 硬式遮罩 | 低-K | |



- | | | | |
|------|----------|--------|-----|
| 旋塗玻璃 | SiN 主幹 | TEOS 蓋 | 間隔件 |
| 旋塗碳 | TiN 硬式遮罩 | 低-K | |

圖 12A

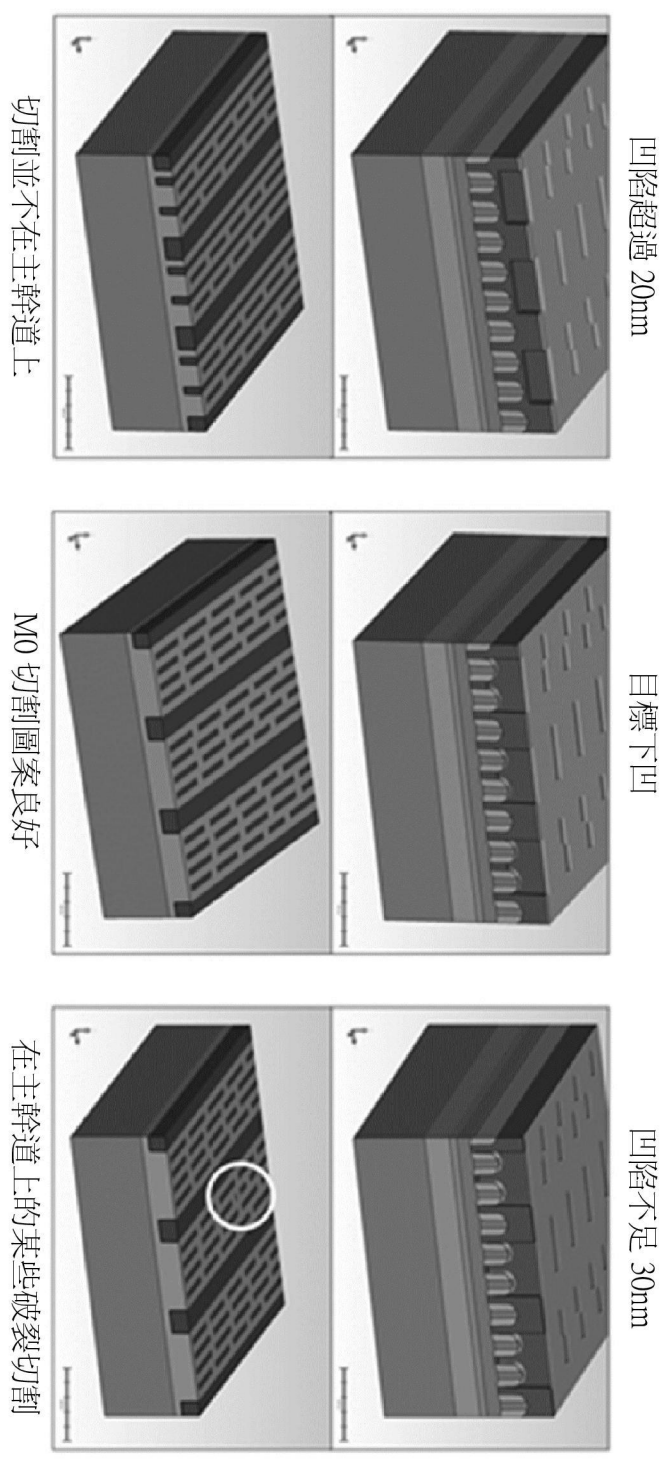


圖 12B