



(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 I725230 B

(45)公告日：中華民國 110 (2021) 年 04 月 21 日

(21)申請案號：106131416

(22)申請日：中華民國 106 (2017) 年 09 月 13 日

(51)Int. Cl. : *H01L21/027 (2006.01)**H01L21/263 (2006.01)**H01L21/3065(2006.01)*

(30)優先權：2016/09/22 美國

62/398,032

2016/12/20 美國

15/384,496

(71)申請人：美商瓦里安半導體設備公司 (美國) VARIAN SEMICONDUCTOR EQUIPMENT ASSOCIATES, INC. (US)

美國

(72)發明人：舍曼 絲特芬 R. SHERMAN, STEVEN R. (US)；哈塔拉 約翰 HAUTALA, JOHN (US)；羅芙爾 賽門 RUFFELL, SIMON (US)

(74)代理人：葉璟宗；鄭婷文；詹富閔

(56)參考文獻：

TW 201207898A

US 6794256B1

US 2004/0266179A1

US 2013/0295755A1

US 2015/0083581A1

審查人員：陳俊宏

申請專利範圍項數：15 項 圖式數：5 共 36 頁

(54)名稱

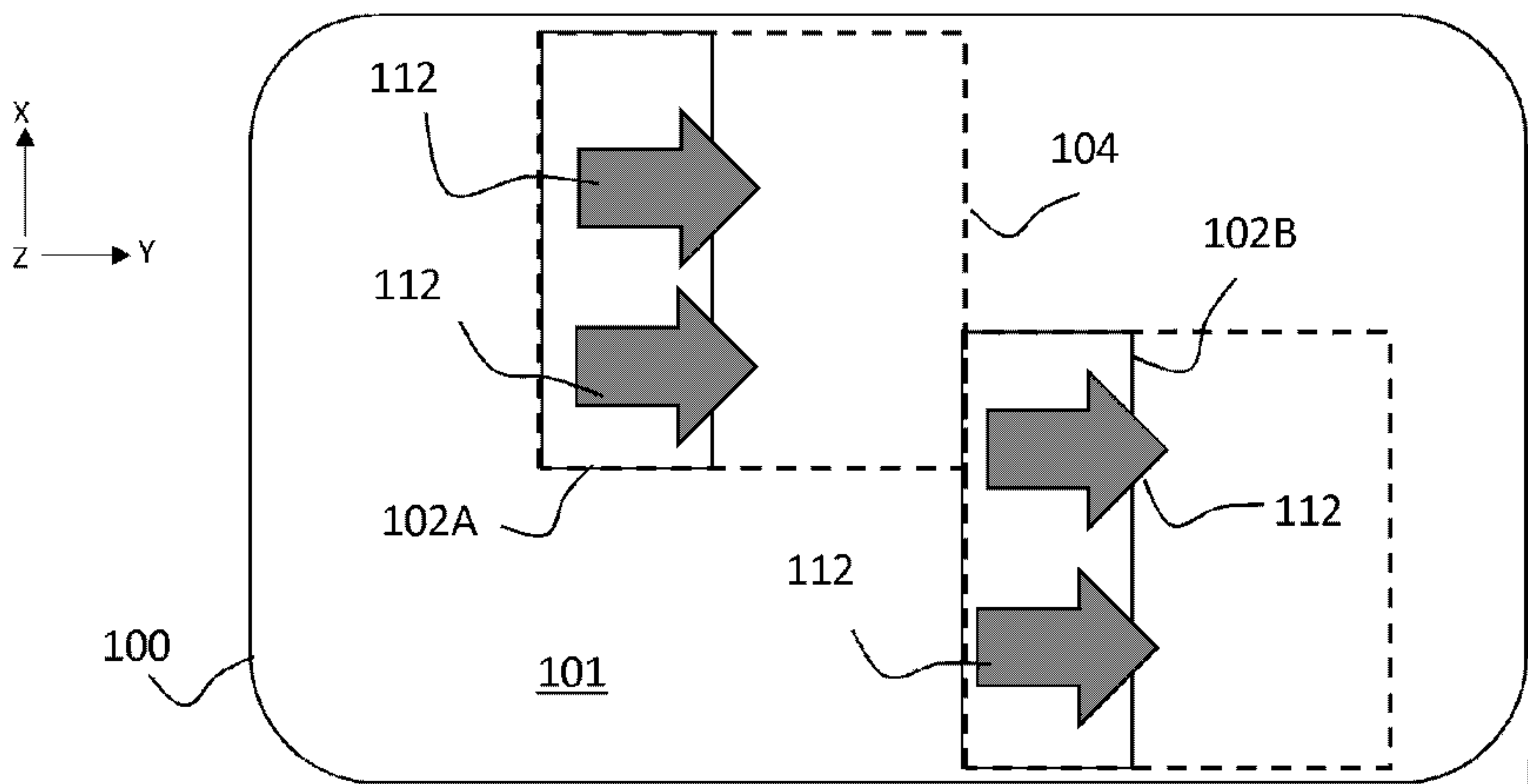
將基底及設置在其上的層圖案化以及形成器件結構的方法

(57)摘要

本發明提供一種將基底及設置在基底上的層圖案化的方法，以及一種形成器件結構的方法。所述方法可包括：在層內以交錯配置形式提供第一表面特徵及第二表面特徵，所述層設置在所述基底上；以及在含有反應性物質的反應性氣氛的存在下，在第一曝光中將第一離子引導至所述第一表面特徵的第一側及所述第二表面特徵的第一側，其中所述第一曝光蝕刻所述第一表面特徵的所述第一側及所述第二表面特徵的所述第一側，其中在所述引導之後，所述第一表面特徵與所述第二表面特徵合併形成第三表面特徵。

A method of patterning a substrate and a layer disposed thereon, and a method of forming a device structure. The method may include: providing a first surface feature and a second surface feature in a staggered configuration within a layer, the layer being disposed on the substrate, and directing first ions in a first exposure to a first side of the first surface feature and a first side of the second surface feature, in a presence of a reactive ambient containing a reactive species, wherein the first exposure etches the first side of the first surface feature and the first side of the second surface feature, wherein after the directing, the first surface feature and the second surface feature merge to form a third surface feature.

指定代表圖：



【圖1B】

符號簡單說明：

- 100:基底
- 101:層
- 102A、102B:表面特徵
- 104:設計形狀
- 112:離子
- X、Y、Z:軸



I725230

【發明摘要】

【中文發明名稱】 將基底及設置在其上的層圖案化以及形成器件結構的方法

【英文發明名稱】 METHOD OF PATTERNING A SUBSTRATE, A LAYER DISPOSED THEREON, AND FORMING A DEVICE STRUCTURE

【中文】 本發明提供一種將基底及設置在基底上的層圖案化的方法，以及一種形成器件結構的方法。所述方法可包括：在層內以交錯配置形式提供第一表面特徵及第二表面特徵，所述層設置在所述基底上；以及在含有反應性物質的反應性氣氛的存在下，在第一曝光中將第一離子引導至所述第一表面特徵的第一側及所述第二表面特徵的第一側，其中所述第一曝光蝕刻所述第一表面特徵的所述第一側及所述第二表面特徵的所述第一側，其中在所述引導之後，所述第一表面特徵與所述第二表面特徵合併形成第三表面特徵。

【英文】 A method of patterning a substrate and a layer disposed thereon, and a method of forming a device structure. The method may include: providing a first surface feature and a second surface feature in a staggered configuration within a layer, the layer being disposed on the substrate, and directing first ions in a first exposure

to a first side of the first surface feature and a first side of the second surface feature, in a presence of a reactive ambient containing a reactive species, wherein the first exposure etches the first side of the first surface feature and the first side of the second surface feature, wherein after the directing, the first surface feature and the second surface feature merge to form a third surface feature.

【指定代表圖】圖1B。

【代表圖之符號簡單說明】

100：基底

101：層

102A、102B：表面特徵

104：設計形狀

112：離子

X、Y、Z：軸

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 將基底及設置在其上的層圖案化以及形成器件結構的方法

【英文發明名稱】 METHOD OF PATTERNING A SUBSTRATE, A LAYER DISPOSED THEREON, AND FORMING A DEVICE STRUCTURE

【0001】 [相關申請]

本申請主張在 2016 年 9 月 22 日提出申請且名稱為「使用方向性離子形成圖案化特徵的技術 (Techniques For Forming Patterned Features Using Directional Ions)」的美國臨時專利申請第 62/398,032 號的優先權，所述美國臨時專利申請全文併入本申請供參考。

【技術領域】

【0002】 本發明是有關於一種裝置加工技術，且特別是有關於一種在裝置製作期間在層中形成複雜形狀。

【先前技術】

【0003】 隨著半導體器件繼續按比例縮放至更小的尺寸，將特徵圖案化的能力變得愈發難以實現。現今的光微影工具 (photolithography tools) 可利用 193 奈米 (nm) 波長的光來將半導體器件圖案化，其中器件的尺寸可小至 10 奈米至 30 奈米。

【0004】 除了對於將相對較簡單的形狀（例如，線、矩形接墊、圓形等）圖案化的挑戰以外，將複雜結構圖案化的能力面臨更多挑戰。由於光學限制（例如衍射等），難以將具有輪廓清晰的（well-defined）邊緣以及尤其是角的特徵圖案化。因此，在現今的技術中許多最小圖案被局限於一維形式，即線及空間，這種特徵僅沿一個方向伸展。這些特徵可如所設計的那樣利用位於第一層上方的額外的層來連接，所述額外的層可具有沿不同方向伸展的線及空間。儘管這種方法能夠實現較小的圖案，然而所述方法也限制了電路設計的靈活性。

【0005】 在其他例子中，已知的用於在單個器件層內的兩個偏置區之間形成電連接的特徵包括「L」形狀、交錯形狀或者其他二維形狀。利用傳統微影技術（lithographic techniques）來印刷這種形狀的能力是有限的。即使用於光學微影（optical lithography）的先進的光學鄰近校正（optical proximity correction，OPC）技術仍可能無法充分地印刷這種形狀。在一種情形中，被設計成具有筆直邊緣的交錯結構在微影加工（lithographic processing）之後可能反而具有被修圓的形狀。這種修圓可導致所產生的用來置放其他特徵的區域比原始設計小，且可另外造成覆蓋邊沿錯誤（overlay margin error），在覆蓋邊沿錯誤情況下，隨後沉積的材料（例如金屬特徵）會與另一金屬特徵發生不期望的重疊。在圖案的尺寸近似為 20 奈米或小於 20 奈米時，這種修圓尤為普遍。

【0006】 因此，儘管產生小的二維圖案的能力會提供更大的設計

靈活性，然而用於實現這種圖案化的製程尚不存在，尤其是對於界定 50 奈米大小以下的圖案化特徵來說。

【0007】 有鑒於這些及其他考慮，提供本公開內容。

【發明內容】

【0008】 在一個實施例中，一種將基底圖案化的方法可包括：在層內以交錯配置形式提供第一表面特徵及第二表面特徵，所述層設置在所述基底上。所述方法還可包括：在含有反應性物質的反應性氣氛的存在下，在第一曝光中將第一離子引導至所述第一表面特徵的第一側及所述第二表面特徵的第一側，其中所述第一曝光蝕刻所述第一表面特徵的所述第一側及所述第二表面特徵的所述第一側。在所述引導之後，所述第一表面特徵與所述第二表面特徵可合併形成第三表面特徵。所述「曝光」係指「反應性離子蝕刻」。

【0009】 在另一實施例中，一種將設置在基底上的層圖案化的方法可包括：以交錯配置形式在所述層內提供第一表面特徵及第二表面特徵。所述方法可進一步包括：使所述第一表面特徵及所述第二表面特徵經歷曝光。所述曝光可包括：在含有反應性物質的反應性氣氛的存在下，將第一離子引導至所述第一表面特徵的第一側及所述第二表面特徵的第一側；以及同時將第二離子引導至所述第一表面特徵的第二側及所述第二表面特徵的第二側。所述曝光可蝕刻所述第一表面特徵的所述第一側及所述第二表面特徵

的所述第一側，並蝕刻所述第一表面特徵的所述第二側及所述第二表面特徵的所述第二側。在所述引導之後，所述第一表面特徵與所述第二表面特徵可合併形成第三表面特徵。

【0010】 在又一實施例中，一種形成器件結構的方法可包括：在第一層內以交錯配置形式提供第一表面特徵及第二表面特徵，所述第一層設置在基底上。所述方法還可包括：在含有反應性物質的反應性氣氛的存在下，在曝光中將第一離子引導至所述第一表面特徵的第一側及所述第二表面特徵的第一側。所述曝光可蝕刻所述第一表面特徵的所述第一側及所述第二表面特徵的所述第一側，其中在所述引導之後，所述第一表面特徵與所述第二表面特徵合併形成第三表面特徵，其中所述第三表面特徵包括凹陷部。所述方法可進一步包括：使用導電材料填充所述第三表面特徵。

【圖式簡單說明】

【0011】 圖 1A 至圖 1C 繪示根據本發明各種實施例的在形成表面特徵時所涉及的各種操作的俯視平面圖。

【0012】 圖 1D 至圖 1E 繪示圖 1B 至圖 1C 的操作的側視圖。

【0013】 圖 1F 繪示根據本發明實施例的提取總成的俯視平面圖。

【0014】 圖 1G 繪示根據本發明實施例形成的器件結構的俯視平面圖。

【0015】 圖 1H 繪示根據本發明實施例形成的另一裝置結構的俯視平面圖。

【0016】 圖 2A 至圖 2C 繪示根據本發明各種額外實施例的在形成表面特徵時所涉及的各種操作的俯視平面圖。

【0017】 圖 2D 繪示圖 2B 的操作的側視圖。

【0018】 圖 2E 繪示根據本發明其他實施例的提取總成的俯視平面圖。

【0019】 圖 3A 至圖 3B 繪示根據本發明其他實施例的用於加工裝置結構的各種操作的俯視平面圖。

【0020】 圖 4 說明根據本發明附加實施例的用於產生複雜表面特徵的例子。

【0021】 圖 5 說明根據本發明附加實施例的製程流程。

【實施方式】

【0022】 在下文中，現在將參考其中示出一些實施例的附圖來更充分地闡述本發明實施例。本發明的主題可實施為許多不同的形式而不應被視為僅限於本文所述的實施例。提供這些實施例是為了使本揭露內容將透徹及完整，且將向所屬領域中的技術人員充分傳達所述主題的範圍。在各圖式中，相同的編號自始至終指代相同的元件。

【0023】 本發明實施例提供將基底圖案化的新穎技術，且具體來說，提供形成設置在基底上的特徵（例如表面特徵）的新穎技術。本文所使用的用語“基底”可指例如半導體晶片、絕緣晶片、陶瓷及設置在其上的任意層或結構等實體。因此，表面特徵、層、

一系列層或其他實體可被視為設置在基底上，其中所述基底可表示例如矽晶片、氧化物層等結構的組合。另外，用語“將基底圖案化”可被理解為包括將設置在基底上的一個層或多個層圖案化，包括將設置在基底上的層內的表面特徵圖案化。

【0024】 在各種實施例中，表面特徵可用於任何目的，包括提供其他特徵之間的連接、將設置在表面特徵下面的層圖案化或其他目的。表面特徵的例子包括在本文中所稱的複雜二維特徵或「複雜 2-D (2-dimensional) 特徵」。在各種實施例中，複雜二維特徵可具有下文所闡述的複雜二維形狀，其中複雜二維特徵的最小尺寸小於 100 奈米，且在一些情況下小於 30 奈米。在各種實施例中，複雜二維特徵可為在基底內形成的凹陷部或在設置在基底內的其他層上的層內形成的凹陷部。複雜二維特徵的形狀的例子包括 L 形狀、大寫 T 形狀、小寫 t 形狀、之字形狀或其他形狀（例如參照圖式所公開的形狀）。簡單形狀的例子包括線形狀、圓形狀、正方形形狀、矩形形狀或其他簡單形狀。在各種實施例中，提供技術及設備來產生所具有的複雜二維形狀具有輪廓清楚的角的凹陷部等特徵。

【0025】 現在轉向圖式，圖 1A 至圖 1C 繪示根據本發明各種實施例的在形成表面特徵時所涉及的各種操作的俯視平面圖。圖 1D 至圖 1E 繪示圖 1B 至圖 1C 的操作沿圖 1A 的截面 A-A 所示的側視剖視圖。可在基底 100 中形成器件結構（圖中未明確示出），其中基底 100 可表示任何數目的層及其他特徵。器件結構可由將在基底

100 的層（在這種情況下，被示出為層 101）中形成的表面特徵形成。舉例來說，根據本發明實施例且如圖 1C 所示，可在層 101 中形成被示出為表面特徵 120 的凹陷結構。表面特徵 120 可被表徵為具有由沿公共邊緣的一部分彼此相鄰的兩個矩形形成的之字形狀，其中矩形還相對於彼此沿一個方向偏置。可通過使用導電材料填充在表面特徵 120 中而將這種表面特徵例如用作複雜的電互連體。

【0026】 圖 1G 繪示根據本發明實施例形成的器件結構 150 的俯視平面圖。在這一例子中，可使用導電性材料（示出為材料 127）來填充表面特徵 120，從而形成互連體 126，其中互連體 126 具有表面特徵 120 的複雜二維形狀。如圖所示，互連體 126 可用於將金屬線 130A 電連接到另一金屬線 130D，其中金屬線 130A 與金屬線 130D 可形成於器件結構 150 的不同層中或不同水平面中，如在所屬領域中所知。具體來說，可沿如圖所示的笛卡爾座標系的 Z 軸形成導通孔 140A 及導通孔 140B，以分別將互連體 126 的不同部分接合到金屬線 130A 及金屬線 130D。同時，通過形成具有銳角的輪廓清晰的形狀，可以沒有導電材料與金屬線 130C 或金屬線 130B 重疊的方式來放置互連體 126。當金屬線形成于與互連體 126 相同的水平面中時，或當互連體 126 的水平面與含有金屬線的水平面之間的分隔微小時，這種放置可為有利的。通過避免重疊，可避免出現穿過層的潛在短路路徑、或不期望的電場、或者其他所不期望的效應。

【0027】 返回圖 1A，其示出其中在層 101 中形成表面特徵 102A 及表面特徵 102B 的第一實例。所述表面特徵 102A 及表面特徵 102B 可為在層 101 內形成的凹陷特徵，也如圖 1D 所示。舉例來說，可根據已知微影（lithography）技術及蝕刻（etching）技術來形成表面特徵 102A 及表面特徵 102B。表面特徵 102A 及表面特徵 102B 可具有簡單矩形形狀，其中所述簡單矩形形狀可印刷在合適的微影介質中，且在一些情況下被轉移另一層（例如層 101）中。儘管並無限制，然而在各種實施例中，層 101 可為已知的矽氧碳（silicon-oxygen-carbon，SiOC）材料或已知的矽氧氮（silicon-oxygen-nitrogen，SiON）材料、矽材料（包括非晶矽）、已知的氧化物（例如原矽酸四乙酯（tetraethyl orthosilicate，TEOS）氧化物）或其他材料。此外，基底 100 的下伏層（例如層 106）的第一材料可為與層 101 的第二材料不同的材料。舉例來說，層 106 可為已知的氧化矽、氮化矽、氮化鈦、矽或其他材料。實施例並不僅限於此上下文。

【0028】 由於表面特徵 102A 及表面特徵 102B 具有簡單形狀，因此可根據所設計的形狀利用已知微影技術忠實地形成這些特徵。這種簡單形狀包括簡單矩形，在這種情況下，即使在最小尺寸的方向上（例如沿 Y 軸）尺寸小至 10 奈米至 30 奈米，仍可忠實地形成所述矩形。

【0029】 如圖 1A 所示，第一表面特徵（表面特徵 102A）與第二表面特徵（表面特徵 102B）形成下文更詳細闡述的交錯配置形式。

簡單地說，交錯配置形式是指相對於第二表面特徵的至少一個端部，第一表面特徵的至少一個端部沿第一軸線偏置的情形。這種情形被具體繪示為相對於表面特徵 102B 的頂端 162，表面特徵 102A 的頂端 160 沿 X 軸偏置。另外，在圖 1A 所示具體例子中，表面特徵 102A 的底端 164 相對於表面特徵 102B 的底端 166 偏置。可利用新穎蝕刻製程來利用不同表面特徵的這種交錯配置形式，以形成如下詳述的複雜二維特徵。其中兩個不同表面特徵的兩個相對的端部沿著給定軸線彼此相互對齊的配置形式並不構成本文所述的「交錯配置形式」。舉例來說，當頂端 160 沿 X 軸與頂端 162 對齊且底端 164 沿 X 軸與底端 166 對齊時，所得配置形式不是交錯配置形式。應注意，在其中表面特徵 102B 比表面特徵 102A 短、且其中頂端 160 不與頂端 162 對齊的實施例中，儘管底端 164 與底端 166A 對齊，然而後面的這種配置形式也可被視為交錯配置形式。

【0030】 如圖 1A 進一步示出，第二表面特徵（表面特徵 102B）在基底平面（X-Y 平面）內相對於第一表面特徵（表面特徵 102A）沿由 Y 軸表示的第二軸線偏置。具體來說，表面特徵 102A 相對於表面特徵 102B 的偏置可以下列方式進行解釋。第一表面特徵（表面特徵 102A）可沿第一軸線（示出為 X 軸）從第一位置 P1 延伸至第二位置 P2。根據各種實施例，在完成加工而形成表面特徵 120 之後，至少在所得表面特徵的一部分中，可保留第一位置 P1 與第二位置 P2 之間的距離，如圖 1C 所示。如圖 1A 進一步示

出，第二表面特徵（表面特徵 102B）可沿第一軸線（示出為 X 軸）從第三位置 P3 延伸至第四位置 P4。根據各種實施例，在完成加工而形成表面特徵 120 之後，至少在所得表面特徵的一部分中，也可保留第三位置 P3 與第四位置 P4 之間的距離，如圖 1C 所示。另外，至少一個位置（第一位置 P1 或第二位置 P2，表示表面特徵 102A 的沿 X 軸的相對的端部）可相對於表面特徵 102B 中的對應位置（第三位置 P3 或第四位置 P4）偏置。由此，沿 X 軸在表面特徵 102A 的至少一個端部與表面特徵 102B 的至少一個端部之間提供偏置。如下所詳述，可利用本發明實施例的新穎技術來利用這種偏置，以製作如上所述的複雜二維形狀。

【0031】 應注意，表面特徵 102A 與表面特徵 102B 彼此隔離，這意味著在表面特徵 102A 與表面特徵 102B 之間設置有層 101 的材料。具體來說，表面特徵 102A 也相對於表面特徵 102B 沿 Y 軸移位或偏置。舉例來說，表面特徵 102A 及表面特徵 102B 可被印刷為線段，其中所述線段之間沿 Y 軸的間距等於所述線段沿 Y 軸的寬度。實施例並不僅限於此上下文。對於介於降至 10 奈米至 30 奈米範圍的尺寸來說，形成這種線/間距圖案很好地處於利用已知微影技術進行製作的能力範圍內。

【0032】 現在轉向圖 1B 及圖 1D，其示出其中使表面特徵 102A 及表面特徵 102B 經歷第一曝光的後續操作，其中第一曝光對層 101 的材料產生蝕刻。具體來說，參考圖 1B 及圖 1D，第一曝光涉及將第一離子（示出為離子 112）作為方向性離子（具體來說，以單

向方式)引導至表面特徵 102A 及表面特徵 102B，其中幾何特徵的細節在下文進行闡述。簡單來說，通過在反應性氣氛(示出為反應性物質 122)的存在下提供離子 112 作為單向離子，第一曝光具有對表面特徵 102A 及表面特徵 102B 進行蝕刻以合併形成第三表面特徵的效果。在這種情況下，第三表面特徵的目標形狀或設計形狀為具有複雜形狀的複雜二維特徵，其在圖 1B 中被示出為設計形狀 104 且在圖 1C 中由最終經加工特徵(表面特徵 120)表示。具體來說，將離子 112 引導至表面特徵 102A 的第一表面(由側 114 表示)，同時還將離子 112 引導至表面特徵 102B 的第一表面(也被示出為側 114)。

【0033】詳細來說，離子 112 的離子軌跡大體由圖中的單向箭頭的方向表示。如在圖 1A 的俯視平面圖中所觀察，離子 112 的離子軌跡可沿第一方向延伸，其中離子 112 的離子軌跡在基底平面(X-Y 平面)內的投影平行於 Y 軸。因此，離子 112 在俯視平面圖中表現為平行于 Y 軸行進。如圖 1D 所示，離子 112 的離子軌跡可相對於基底平面(X-Y 平面)的垂線 121 形成非零入射角(示出為 θ)，其中垂線 121 在這種情況下沿 Z 軸延伸。應注意， θ 的值可大於零且小於 90 度。在具體實施例中，非零入射角可依據表面特徵 120 的沿 Y 軸的寬度及表面特徵 120 的沿 Z 軸的高度而介於 15 度與 75 度之間。

【0034】如在圖 1A 中進一步示出，離子 112 的軌跡在平面圖中平行於側 115 延伸，其中側 115 形成表面特徵 102A 沿 X 軸的端部及

表面特徵 102B 沿 X 軸的端部。因此，離子 112 可不撞擊側 115。由此，這種單向製程可引起對側 114 的選擇性蝕刻而不會蝕刻側 115。這種選擇性蝕刻可產生最終結構（表面特徵 120），其中沿 X 軸保留了表面特徵 102A 及表面特徵 102B 的尺寸及位置，同時表面特徵 102A 與表面特徵 102B 合併成如圖所示的一個複雜特徵。本發明人已成功地在平面內在第一方向上對初始尺寸介於 20 奈米至 100 奈米之間的表面特徵執行了單向蝕刻。具體來說，對於這種特徵，實現了沿第一方向對材料進行蝕刻以使表面特徵的尺寸沿第一方向增大 1 奈米至 40 奈米，而沿與第一方向垂直的第二方向未觀察到明顯的材料。因此，再次參考圖 1C，由於避免了沿 X 軸的蝕刻，因此僅沿 Y 軸進行蝕刻以形成表面特徵 120 會使得沿 X 軸保留表面特徵 102A 及表面特徵 102B 的邊緣的位置（第一位置 P1、第二位置 P2、第三位置 P3 及第四位置 P4）。換句話說，當對第一表面特徵及第二表面特徵進行蝕刻來形成第三表面特徵時，第三表面特徵可保留第一表面特徵及第二表面特徵的某些邊緣的位置。具體來說，複雜二維特徵（表面特徵 120）具有沿 X 軸位於與形成表面特徵 120 時所使用的表面特徵相同的位置（第一位置 P1、第二位置 P2、第三位置 P3 及第四位置 P4）處的一組邊緣。

【0035】 轉向圖 1G 及圖 1H，其示出根據本發明實施例形成的另一器件結構（器件結構 180）的俯視平面圖。當不存在金屬線 130B 及 130C 時，這種幾何特徵大體反映於圖 1H 所示的配置中。在圖 1H 所示幾何特徵中以及在用於形成器件結構的各種額外的實施例

中，在第一表面特徵及第二表面特徵得到蝕刻而在第一層中形成第三表面特徵之後，可形成第二層。第二層可設置在第一層上方且可包括至少兩條導電線。在一個具體實施例中，可以其中第三表面特徵與第一金屬線及第二金屬線重疊的方式在第二層中形成第一金屬線（例如金屬線 130A）及第二金屬線（例如金屬線 130B），如圖 1H 所示。因此，這些實施例可對設置在第一層中的複雜二維特徵與設置在第二層中的多條線提供精確的對齊，其中第二層中的線彼此交錯。

【0036】 如圖 1D 所示且根據各種實施例，在反應性物質（示出為反應性物質 122 且由黑點示出）的存在下，可將離子 112 引導至表面特徵 102A 及表面特徵 102B。可通過能夠向基底提供反應性物質並同時提供離子束的合適設備來提供離子 112 及反應性物質 122。這種設備的例子包括具有提取系統的等離子體式設備，所述提取系統通過提取開孔（**extraction aperture**）來提取離子並將所述離子引導至基底。圖 1D 及圖 1F 說明提取總成 133 的例子，提取總成 133 包括用於從等離子體 134 提取離子 112 的提取開孔 132。可在與提取總成 133 相鄰的等離子體室中形成等離子體 134，其中等離子體 134 是通過任何已知技術來形成。

【0037】 可通過控制已知等離子體系統的參數來控制離子 112 相對於垂線 121 的非零入射角 θ ，所述參數包括等離子體功率、氣體壓力、開孔大小及提取板的不同部分之間的位移等因素。在一些例子中，可提取軌跡彼此平行或相互間偏差 $\pm 5^\circ$ 度的離子。這種

幾何特徵使得能夠將離子 112 作為平行的離子束沿目標方向引導。在圖 1A 所示例子中，提取總成可包括板 130 及板 131，其中板 130 與板 131 相對於彼此沿 Z 軸偏置。這種幾何特徵可趨於形成以產生離子 112 的方式進行取向的等離子體彎月面（meniscus），其中離子 112 在離開等離子體 134 時被沿箭頭所示的軌跡引導。板 130 與板 131 可彼此接合，且可界定提取開孔 132，如在圖 1F 的平面圖中所示。在其他實施例中，單個板可包括大體如圖所示將離子 112 引導至基底 100 的開孔。

【0038】 圖 1F 具體說明提取總成 133 的變型。在這一變型中，提取開孔 132 沿平行於 X 軸的第二方向伸長，這意味著提取開孔 132 的沿 X 軸的尺寸大於提取開孔 132 的沿 Y 軸的尺寸。在一些例子中，提取開孔 132 的沿 X 軸的尺寸可大於 100 毫米（mm），而提取開孔 132 的沿 Y 軸的尺寸小於 30 毫米，且可窄至 1 毫米至 3 毫米。實施例並不僅限於此上下文。離子 112 可相應地形成沿 X 軸具有高的均勻度的帶狀束（ribbon beam），其中離子 112 的軌跡如圖所示沿 Y 軸具有高的對齊度（degree of alignment）。換句話說，離子 112 可形成帶狀束，所述帶狀束具有平行於第一軸線（X 軸）的長軸 117 及平行於第二軸線（Y 軸）的短軸，其中第二軸線垂直於第一軸線。通過相對於提取開孔 132 沿方向 140 掃描基底 100，可將基底 100 的大部分或全部曝光至帶狀束（換句話說，曝光至離子 112）。

【0039】 另外，可將反應性物質 122 以中性粒子（neutral）、離子、

自由基，或者中性粒子、離子及自由基的組合形式直接地或經由提取開孔 132 提供至基底 100。離子 112 自身可為惰性離子（例如氫、氮、氖等），或可包括反應性物質。離子 112 與反應性物質 122 的組合可包含用於對材料執行反應性離子蝕刻的已知配方（**recipe**），所述材料包括氧化矽層、SiON 層、SiOC 層、氮化矽層、矽層、碳層及其他材料體系。實施例並不僅限於此上下文。

【0040】 當與反應性物質 122 相結合地使用離子 112（其中所述反應性物質被設計成促進反應性離子蝕刻）時，這種配置形式能夠實現新穎的「一維反應性離子蝕刻」製程。所述一維反應性離子蝕刻製程涉及將反應性離子蝕刻限制至基底表面上的目標特徵而不影響其他特徵。一維反應性離子蝕刻可不同于傳統反應性離子蝕刻，在傳統反應性離子蝕刻中，所引導的離子可沿垂直方向及沿基底的與所述垂直方向垂直的平面內的多於一個方向來蝕刻材料。舉例來說，在對形成於層內的通孔結構進行的傳統反應性離子蝕刻（例如灰化）中，通孔結構的直徑可沿 X 方向及 Y 方向以非選擇性方式增大。

【0041】 在圖 1B 及圖 1D 所示例子中，如上所述，可對在層 101 中所提供的表面特徵的選擇表面進行蝕刻。另外，由於離子 112 及反應性物質 122 形成用於反應性離子蝕刻的氣氛，因此圖 1B 及圖 1D 所示蝕刻並非僅對表面特徵 102A 及表面特徵 102B 的不同表面具有選擇性，而是也對其他材料的表面具有選擇性。具體來說，反應性物質 122 中的至少一些可為中性粒子。如此一來，反

應性物質可穿過提取開孔 132 而不具有特定方向性，且可射在層 101 的各個表面以及表面特徵 102A 及表面特徵 102B 內的層 106 的被暴露表面 125 上。如上所述且根據各種實施例，離子 112 可被限制成射在側 114 上，而不射在側 115 上。另外，離子 112 可射在層 101 的頂表面 124 上。至於被暴露表面 125，離子 112 及反應性物質 122 可被設計成相對於層 106 的材料來選擇性地蝕刻層 101 的材料，這意味著層 101 的材料的蝕刻速率大於層 106 的蝕刻速率。在一個具體例子中，層 106 可為氧化矽且層 101 可為氮化矽。因此，儘管離子 112 及反應性物質 122 可射在被暴露表面 125 上，然而在圖 1B 及圖 1D 所示情景中可在表面特徵 102A 或表面特徵 102B 內發生很少的或不發生對層 106 的蝕刻。因此，在如圖 1B 及圖 1D 所示向離子 112 進行第一曝光之後，層 101 的材料被蝕刻而產生表面特徵 120，同時被暴露表面 125 保持不被蝕刻。應注意，由於層 101 的頂表面 124 被離子 112 及反應性物質 122 撞擊，因此層 101 的厚度也可減小，這是因為離子 112 與反應性物質 122 的組合被設計成對層 101 的材料進行選擇性地蝕刻。舉例來說，可通過調整 θ 的值來控制層 101 的相對於沿 Y 軸的蝕刻速率的平行於 Z 軸的相對蝕刻速率。另外，層 101 可被提供成沿 Z 軸具有足夠的初始厚度，以使得在用於形成表面特徵 120 的蝕刻製程完成之後，層 101 的材料仍有剩餘，如圖 1E 所示。因此，在暴露至離子 112 期間層 101 的厚度損失可為可接受的，只要保持足以在後續加工中根據具體情況在表面特徵 120 內形成結構或者

將下伏層（例如層 106）圖案化的厚度即可。另外，由於層 101 的材料是通過反應性離子蝕刻製程來移除，因此層 101 的材料一旦被蝕刻便可保持揮發，且可不重新沉積在器件結構 150 的其他表面上，從而使器件結構 150 具有清潔及準確的形狀，如圖 1G 所示。

【0042】 圖 2A 至圖 2C 繪示根據本發明各種附加實施例在形成表面特徵時所涉及的各種操作的俯視平面圖。圖 2D 繪示圖 2B 的操作沿圖 2A 的截面 A-A 所示的側視圖。圖 2D 及圖 2E 還分別繪示根據本發明其他實施例的提取總成的剖視圖及俯視平面圖。轉向圖 2A，可如以上針對圖 1A 所述在基底 100 中提供表面特徵的初始配置形式。轉向圖 2B 及圖 2D，其示出後續一個或一組加工操作，其中將離子 202 及離子 204 引導至表面特徵 102A 及表面特徵 102B 的側 114 及側 116。同時，可將離子 202 及離子 204 的軌跡配置成不撞擊側 115，如圖所示。由此，可大體如以上針對圖 1B 及圖 1D 所述進行表面特徵 102A 及表面特徵 102B 的蝕刻，不同之處在於沿 Y 軸（在這種情況下是朝右及朝左）出現蝕刻的幾何特徵。

【0043】 如圖 2D 具體所示，提取總成 220 可用於執行圖 2B 的操作，其中提取總成 220 包括平的提取板（示出為提取板 222），且包括平的開孔（示出為提取開孔 224）。提取總成 220 可進一步包括束阻擋器 206，其中束阻擋器 206 設置在提取開孔 224 上方的區內，且可具有細長形狀，如圖 2E 所示。由此，束阻擋器 206 及

提取開孔 224 可產生一對等離子體彎月面（示出為彎月面 232 及彎月面 234），所述彎月面繼而分別產生離子 202 及離子 204 作為一對帶狀離子束。應注意，離子 202 與離子 204 是同時產生，因而基底 100 同時被離子 202 及離子 204 蝕刻。

【0044】 由此，利用一對併發離子束來執行一維反應性離子蝕刻，所述併發離子束所具有的離子軌跡在 X-Y 平面內的投影平行於公共軸線（例如 Y 軸）。如圖 2D 進一步示出，第一離子束及第二離子束（如由離子 202 及離子 204 所表示）可關於 X-Z 平面形成鏡像（mirror image），因而離子 202 及離子 204 同時衝撞相對的側（側 114 及側 116）。

【0045】 具體來說，儘管離子 202 可具有以上針對離子 112 所述沿第一方向延伸的性質及軌跡，然而第二離子（離子 204）可具有第二離子軌跡。在這種情況下，第二離子軌跡沿由圖 2B 及圖 2D 中的箭頭所示的第二方向延伸。第二離子軌跡在基底平面（X-Y 平面）內的第二方向的投影也可平行於 Y 軸，如圖 2B 所示。離子 204 的第二離子軌跡也可相對於垂線 121 形成非零入射角（示出為 $-\theta$ ）。離子 204 的第二方向可被視為與離子 202 的第一方向相反，這意味著例如離子 204 的軌跡在 X-Y 平面內的投影與離子 202 的軌跡在 X-Y 平面內的投影相反，如圖 2B 所示。根據一些實施例， θ 的值可等於 $-\theta$ 的值。

【0046】 根據圖 2B 及圖 2D 的操作形成的最終結構可相似于或相同於圖 1C 所示結構，在這種情況下，也被示出為表面特徵 120。

儘管在圖 2D 具體示出的實施例中，離子 202 及離子 204 在單次曝光中被同時引導至基底 100 處，然而在其他實施例中，離子 202 及離子 204 可在單獨的操作中被連續地引導至基底 100。在各種實施例中，可在第一曝光中將第一離子引導至第一表面特徵的第一側及第二表面特徵的第一側處，而在第一曝光之後以基底平面的垂線為中心對基底進行旋轉。隨後，在第二曝光中，在含有反應性物質的反應性氣氛的存在下，可將第二離子引導至所述第一表面特徵的第二側及第二表面特徵的第二側。由此，可使用第一曝光與第二曝光的組合來形成如由表面特徵 120 表示的第三表面特徵。舉例來說，可在第一曝光中使用提取總成 133 將離子 202 引導至第一側（基底 100 的側 114）。隨後，通過在第一曝光與第二曝光之間在 X-Y 平面內將基底旋轉 180 度，可在第二曝光中使用提取總成 133 將離子 204 引導至第二側（側 116）。

【0047】 儘管以上實施例說明了形成具有交錯形狀或之字形狀的最終二維表面特徵，然而本發明實施例可用于形成具有許多其他類型的形狀的表面特徵。圖 3A 至圖 3B 繪示根據本發明其他實施例的用於加工器件結構的各種操作的俯視平面圖，其中示出設計形狀 302。為了產生這種二維設計形狀，以交錯配置形式提供呈正方形形狀的表面特徵 304 及呈矩形形狀的表面特徵 306。在這一例子中，表面特徵 304 的頂端與表面特徵 306 的頂端可沿 X 軸在點 P5 處對齊。可根據以上大體闡述的技術在反應性氣氛中使用離子 112 來加工表面特徵，以形成形狀為設計形狀 302 的最終表面特徵

310。

【0048】 在再一些實施例中，可根據上述技術來加工三個或更多個隔離的表面特徵，以產生最終的複雜二維結構。圖 4 說明其中在基底 100 中產生三個隔離的表面特徵（示出為表面特徵 102A、表面特徵 102B 及表面特徵 102C）的例子，所述三個隔離的表面特徵相對於彼此沿 X 軸偏置，且被使用離子 112 沿 Y 軸進行蝕刻以產生階梯形狀（示出為表面特徵 402）。

【0049】 圖 5 說明根據本發明附加實施例的製程流程 500。在方塊 502 處，在基底上提供層。在一些實施例中，所述層可為已知的矽氧碳（SiOC）材料或已知的矽氧氮（SiON）材料、矽材料（包括非晶矽）、已知的氧化物（例如原矽酸四乙酯（TEOS）氧化物）或其他材料。此外，基底的下伏層的第一材料可為與所述層的第二材料不同的材料。在非限制性例子中，基底的材料可為已知氧化矽、氮化矽、氮化鈦、矽或其他材料。

【0050】 在方塊 504 處，可在層內以交錯配置形式提供第一表面特徵及第二表面特徵。交錯配置形式的例子為第一表面特徵的至少一個端部相對於第二表面特徵的至少一個端部沿第一軸線偏置的情形。在方塊 506 處，在含有反應性物質的氣氛的存在下，在曝光中將第一離子引導至第一表面特徵的第一側及第二表面特徵的第一側。所述曝光可具有適當的持續時間，其中所述曝光蝕刻第一表面特徵的第一側及第二表面特徵的第一側，以將第一表面特徵與第二表面特徵合併形成第三表面特徵。

【0051】 本發明實施例提供優於傳統加工的各種優點以在基底中界定複雜二維特徵。一個優點在於在不增大多個凹陷特徵的長度的同時增大所述多個凹陷特徵的寬度的能力。這一優點引出以下相關優點：能夠通過利用方向性蝕刻製程將兩個原本隔離的特徵合併以選擇性地僅沿一個方向增大特徵的大小來形成複雜的特徵。另一優點在於在基底層內形成複雜二維形狀的能力，從而能夠忠實地產生結構的目標形狀，例如亞 50 奈米尺寸的複雜互連結構。

【0052】 本發明的範圍不受本文所述具體實施例限制。實際上，通過閱讀以上說明及附圖，除本文所述實施例及潤飾以外的本公開內容的其他各種實施例及對本公開內容的各種潤飾也將對所屬領域中的普通技術人員顯而易見。因此，這些其他實施例及潤飾旨在落于本發明的範圍內。此外，儘管本文已出於特定目的而在特定環境中在特定實作方式的上下文中闡述了本發明，然而所屬領域的普通技術人員將認識到，其適用性並非僅限於此，且可出於任何數目的目的在任何數目的環境中有益地實作本發明。因此，應根據本文所述的本發明的完整範圍及精神來解釋以上所述的權利要求書。

【符號說明】

【0053】

100：基底

- 101、106：層
- 102A、102B、102C、120、304、306、402：表面特徵
- 104、302：設計形狀
- 112、134、202、204：離子
- 114、115、116：側
- 117：長軸
- 121：垂線
- 122：反應性物質
- 124：頂表面
- 125：被暴露表面
- 126：互連體
- 127：材料
- 130、131：板
- 130A、130B、130C、130D：金屬線
- 132、224：提取開孔
- 133、220：提取總成
- 134：等離子體
- 140：方向
- 140A、140B：導通孔
- 150、180：器件結構
- 160、162：頂端
- 164、166、166A：底端

- 206：束阻擋器
- 222：提取板
- 232、234：彎月面
- 310：最終表面特徵
- 500：製程流程
- 502、504、506：操作
- A-A：截面
- P1：第一位置
- P2：第二位置
- P3：第三位置
- P4：第四位置
- P5：點
- X、Y、Z：軸
- θ 、 $-\theta$ ：非零入射角

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種將基底圖案化的方法，包括：

在層內以交錯配置形式提供第一表面特徵及第二表面特徵，
所述層設置在所述基底上；以及

在含有反應性物質的反應性氣氛的存在下，在第一反應性離子蝕刻中將第一離子引導至所述第一表面特徵的第一側及所述第二表面特徵的第一側，

其中所述第一反應性離子蝕刻蝕刻所述第一表面特徵的所述
第一側及所述第二表面特徵的所述第一側，其中在所述引導之
後，所述第一表面特徵與所述第二表面特徵合併形成第三表面特
徵。

【第2項】 如申請專利範圍第1項所述的方法，其中所述第三表面
特徵具有由以下中的一者表徵的形狀：L形狀、大寫字母T形狀、
小寫字母t形狀、之字形狀及階梯形狀。

【第3項】 如申請專利範圍第1項所述的方法，其中所述第三表面
特徵是所述層內的凹陷部。

【第4項】 如申請專利範圍第1項所述的方法，其中所述基底包括
基底平面，其中相對於所述第二表面特徵的至少一個端部，所述
第一表面特徵的至少一個端部沿第一軸線偏置。

【第5項】 如申請專利範圍第4項所述的方法，其中所述基底包括
基底平面，其中所述第一表面特徵的所述第一側及所述第二表面
特徵的所述第一側平行於所述第一軸線延伸。

【第6項】 如申請專利範圍第4項所述的方法，其中所述第一離子包括離子軌跡，其中所述離子軌跡在所述基底平面內的投影平行於所述基底平面內的第二軸線，所述第二軸線垂直於所述第一軸線。

【第7項】 如申請專利範圍第1項所述的方法，其中所述基底包含第一材料，且其中所述層包含第二材料，其中所述離子及所述反應性物質相對於所述基底的所述第一材料而言選擇性地蝕刻所述層的所述第二材料，其中所述第一材料的第一蝕刻速率大於所述第二材料的第二蝕刻速率。

【第8項】 如申請專利範圍第1項所述的方法，其中所述基底包括基底平面，所述方法進一步包括：

以所述基底平面的垂線為中心將所述基底旋轉180度；以及在含有所述反應性物質的所述反應性氣氛的存在下，在第二反應性離子蝕刻中將第二離子引導至所述第一表面特徵的第二側及所述第二表面特徵的第二側，

其中所述第一反應性離子蝕刻與所述第二反應性離子蝕刻的組合形成所述第三表面特徵。

【第9項】 一種將設置在基底上的層圖案化的方法，包括：

以交錯配置形式在所述層內提供第一表面特徵及第二表面特徵；以及

使所述第一表面特徵及所述第二表面特徵經歷反應性離子蝕刻，所述反應性離子蝕刻包括：

在含有反應性物質的反應性氣氛的存在下，將第一離子引導至所述第一表面特徵的第一側及所述第二表面特徵的第一側；以及

同時將第二離子引導至所述第一表面特徵的第二側及所述第二表面特徵的第二側，

其中所述反應性離子蝕刻蝕刻所述第一表面特徵的所述第一側及所述第二表面特徵的所述第一側，並蝕刻所述第一表面特徵的所述第二側及所述第二表面特徵的所述第二側，

其中在所述引導之後，所述第一表面特徵與所述第二表面特徵合併形成第三表面特徵。

【第10項】 如申請專利範圍第9項所述的方法，其中所述基底包括基底平面，其中相對於所述第二表面特徵的至少一個端部，所述第一表面特徵的至少一個端部沿第一軸線偏置。

【第11項】 如申請專利範圍第10項所述的方法，其中所述基底包括基底平面，其中所述第一表面特徵的所述第一側及所述第二側以及所述第二表面特徵的所述第一側及所述第二側平行於所述第一軸線延伸。

【第12項】 如申請專利範圍第10項所述的方法，其中所述第一離子形成第一帶狀束且所述第二離子形成第二帶狀束，所述第一離子及所述第二離子具有與所述第一軸線平行的長軸。

【第13項】 如申請專利範圍第12項所述的方法，進一步包括在所述反應性離子蝕刻期間沿第二軸線掃描所述基底，所述第二軸線垂直於所述第一軸線延伸。

【第14項】 一種形成器件結構的方法，包括：

在第一層內以交錯配置形式提供第一表面特徵及第二表面特徵，所述第一層設置在基底上；

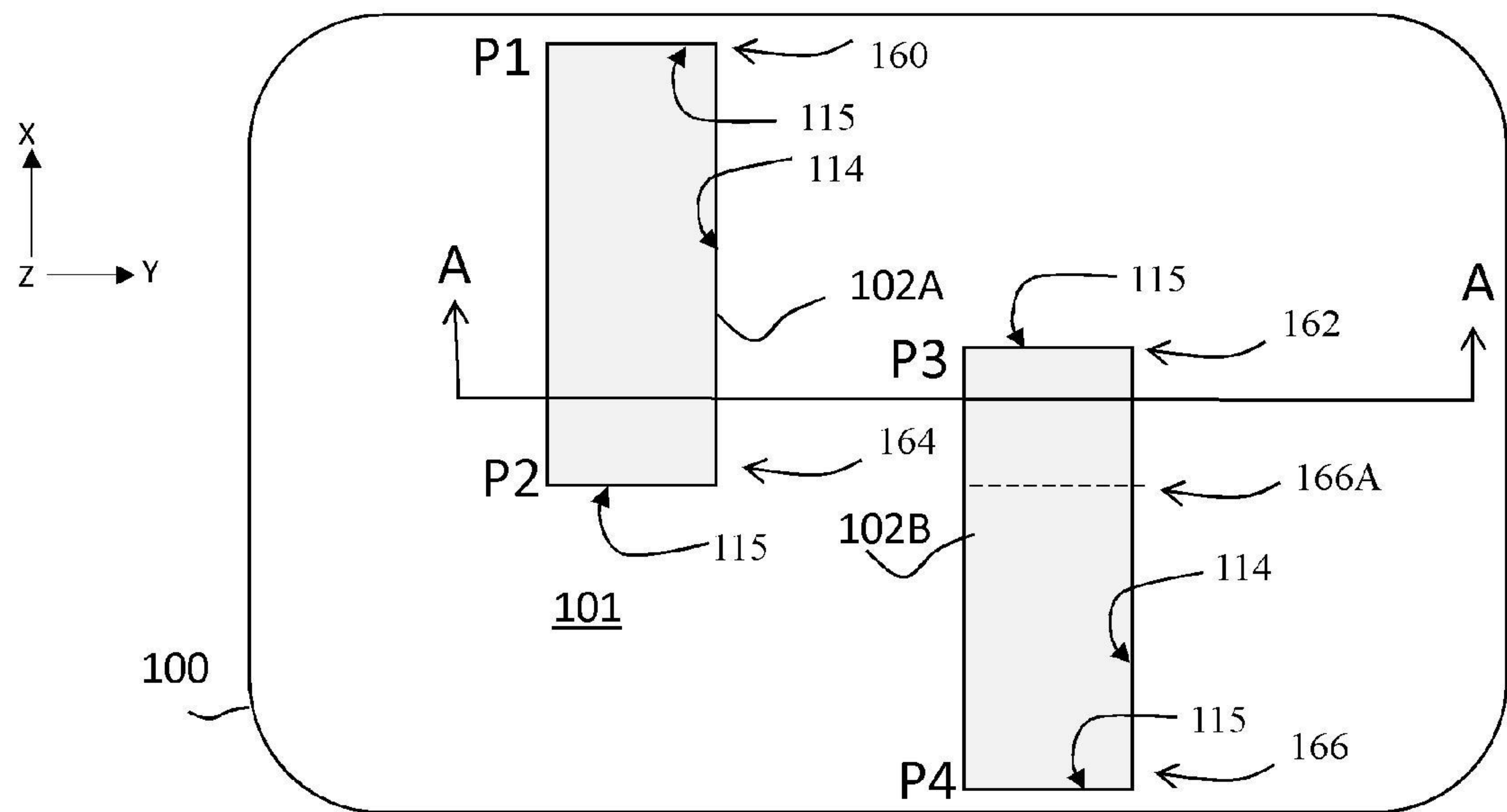
在含有反應性物質的反應性氣氛的存在下，在反應性離子蝕刻中將第一離子引導至所述第一表面特徵的第一側及所述第二表面特徵的第一側，

其中所述反應性離子蝕刻蝕刻所述第一表面特徵的所述第一側及所述第二表面特徵的所述第一側，其中在所述引導之後，所述第一表面特徵與所述第二表面特徵合併形成第三表面特徵，所述第三表面特徵包括凹陷部；以及

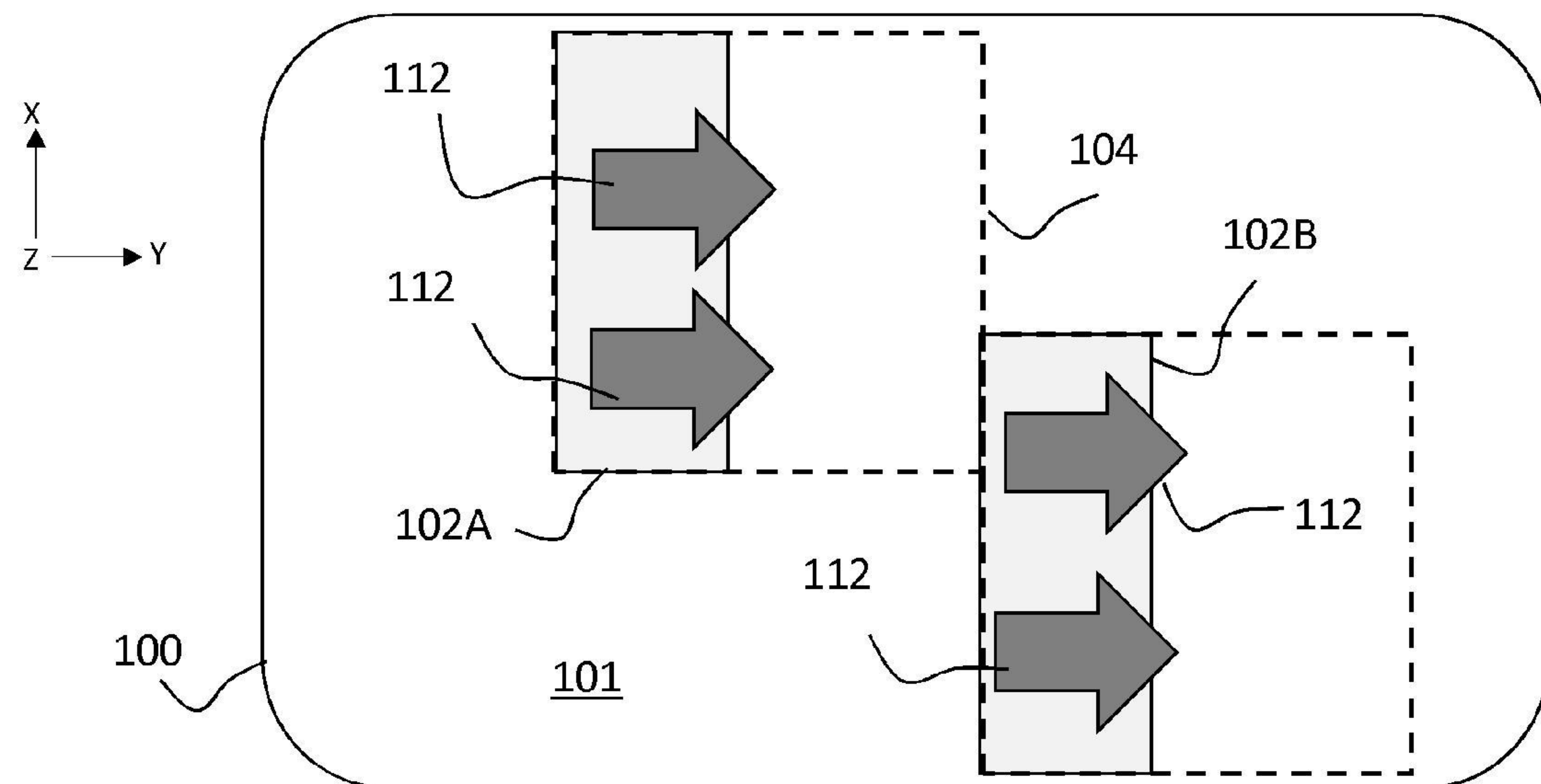
使用導電材料填充所述第三表面特徵。

【第15項】 如申請專利範圍第14項所述的方法，其中所述基底包括基底平面，其中相對於所述第二表面特徵的至少一個端部，所述第一表面特徵的至少一個端部沿第一軸線偏置。

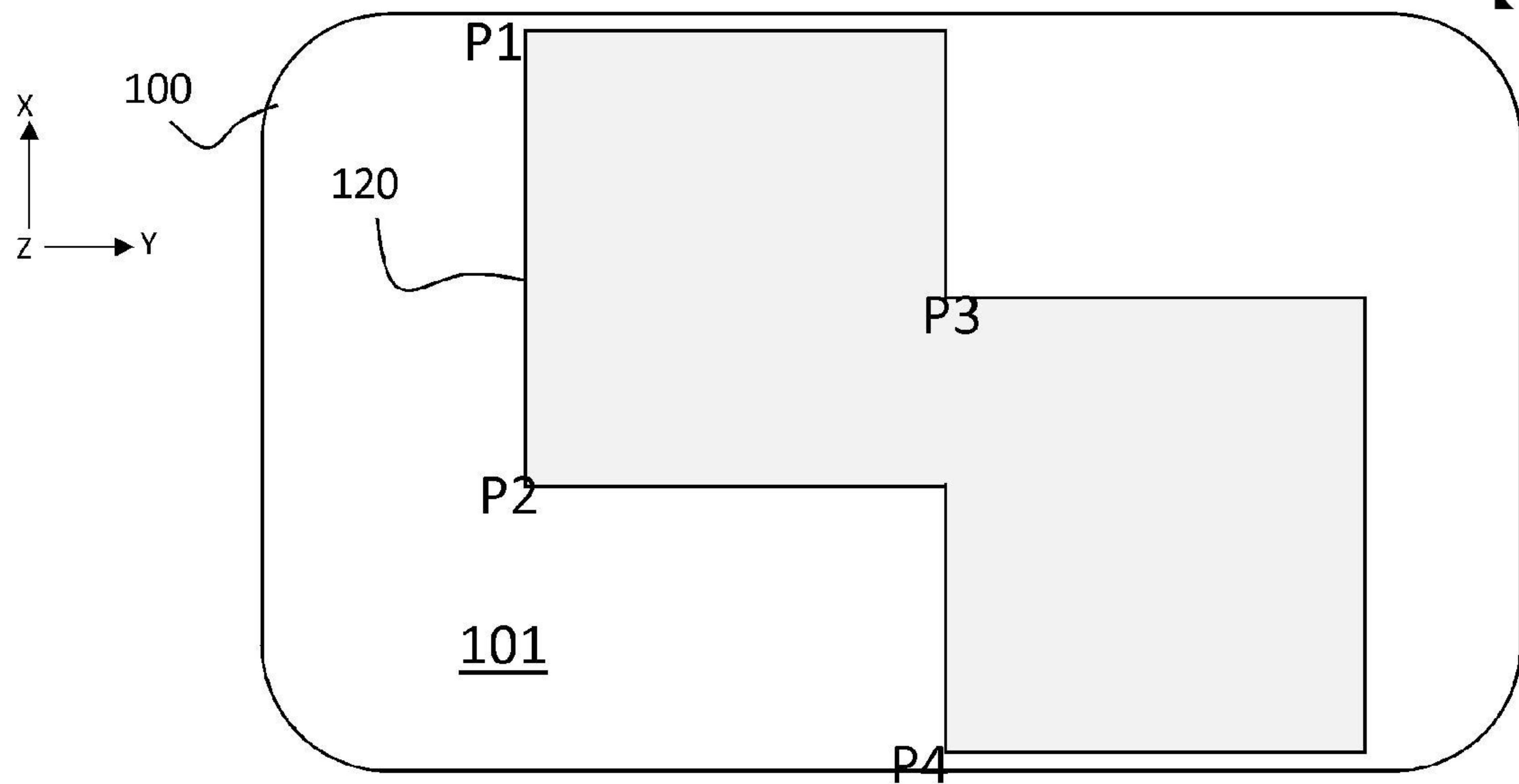
【發明圖式】



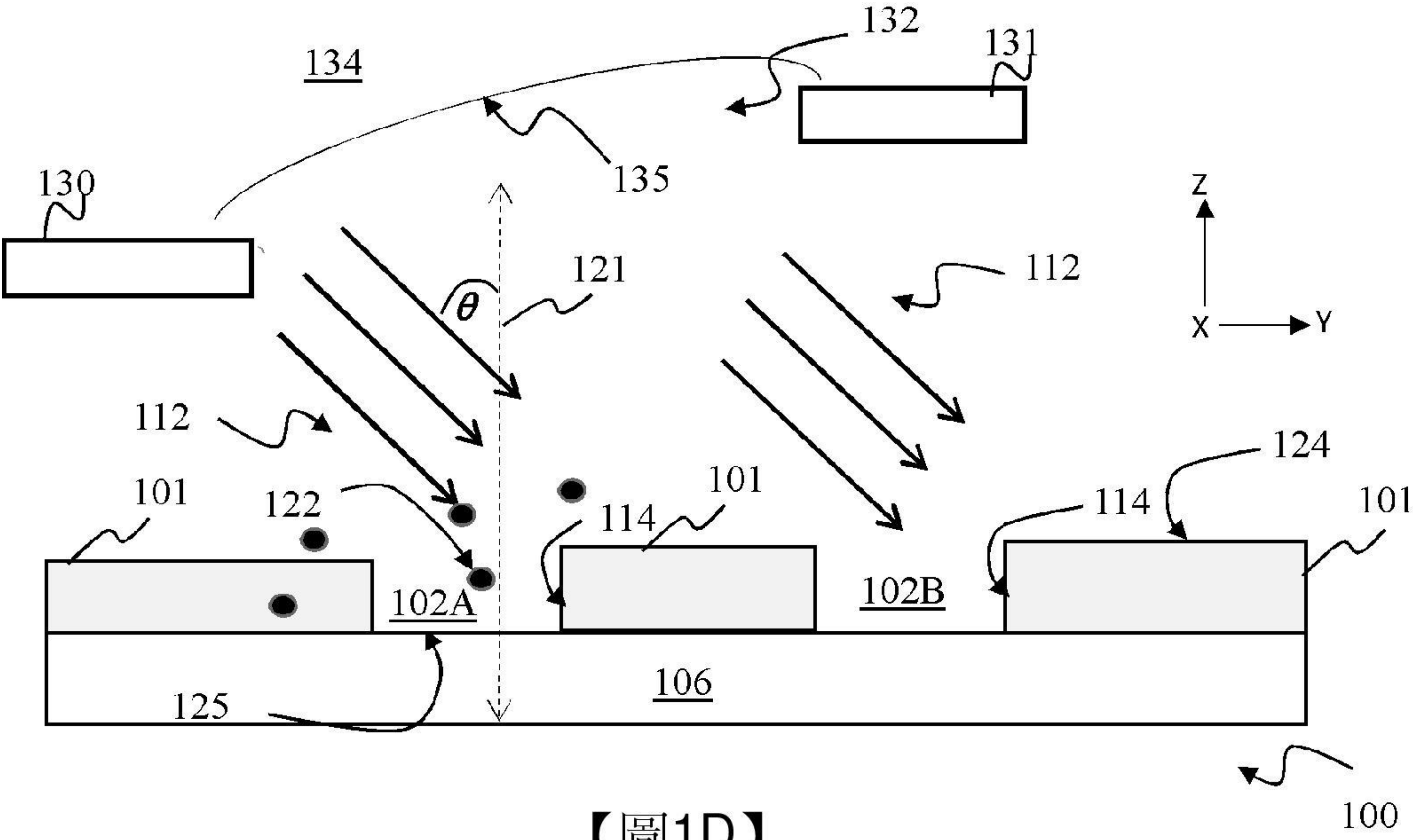
【圖1A】



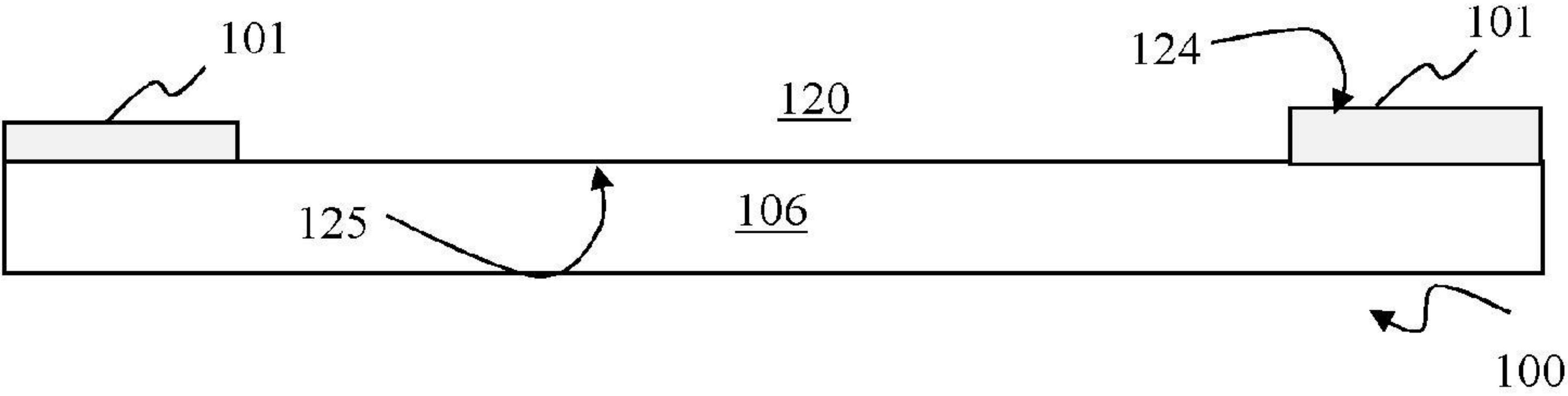
【圖1B】



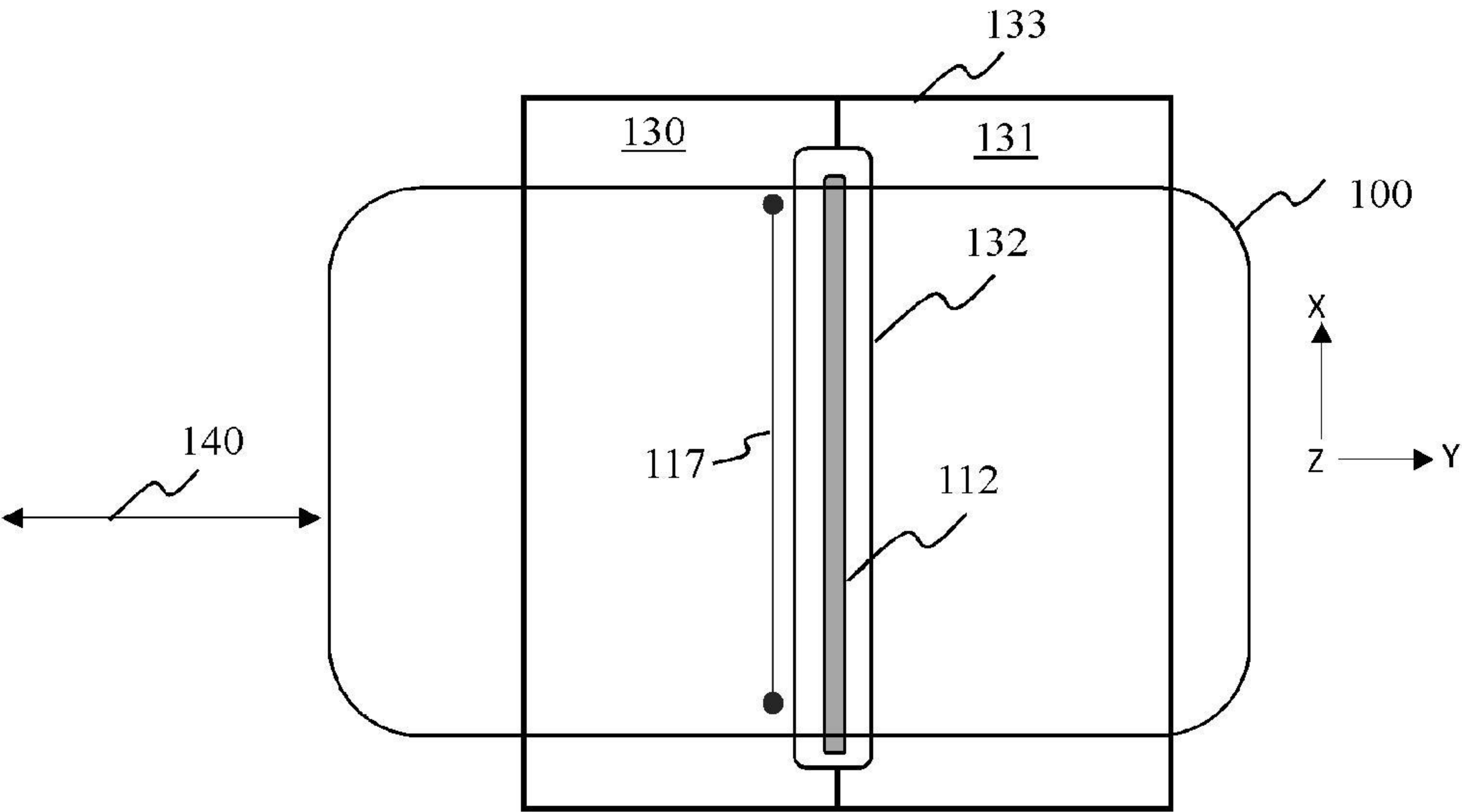
【圖1C】



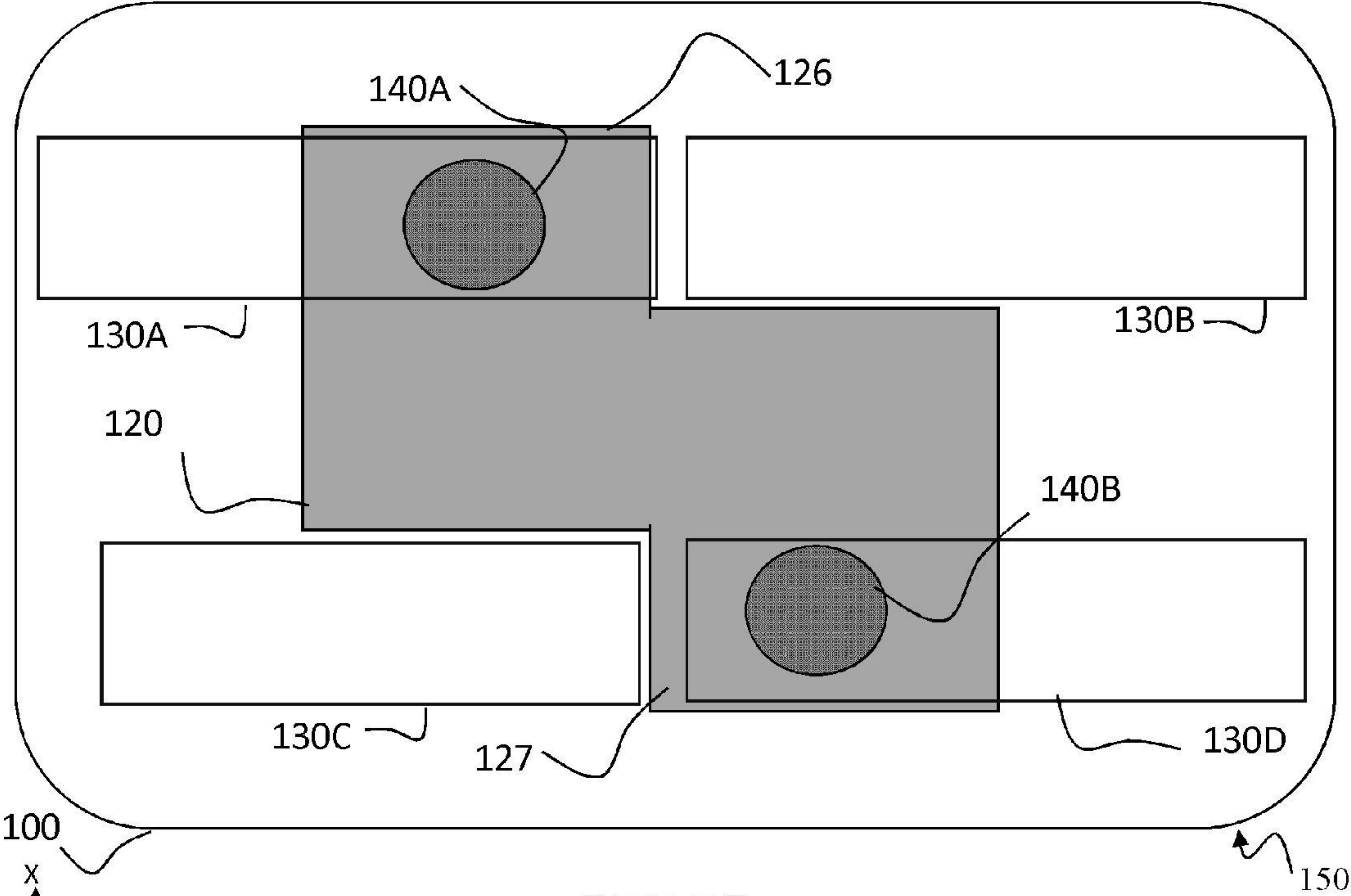
【圖1D】



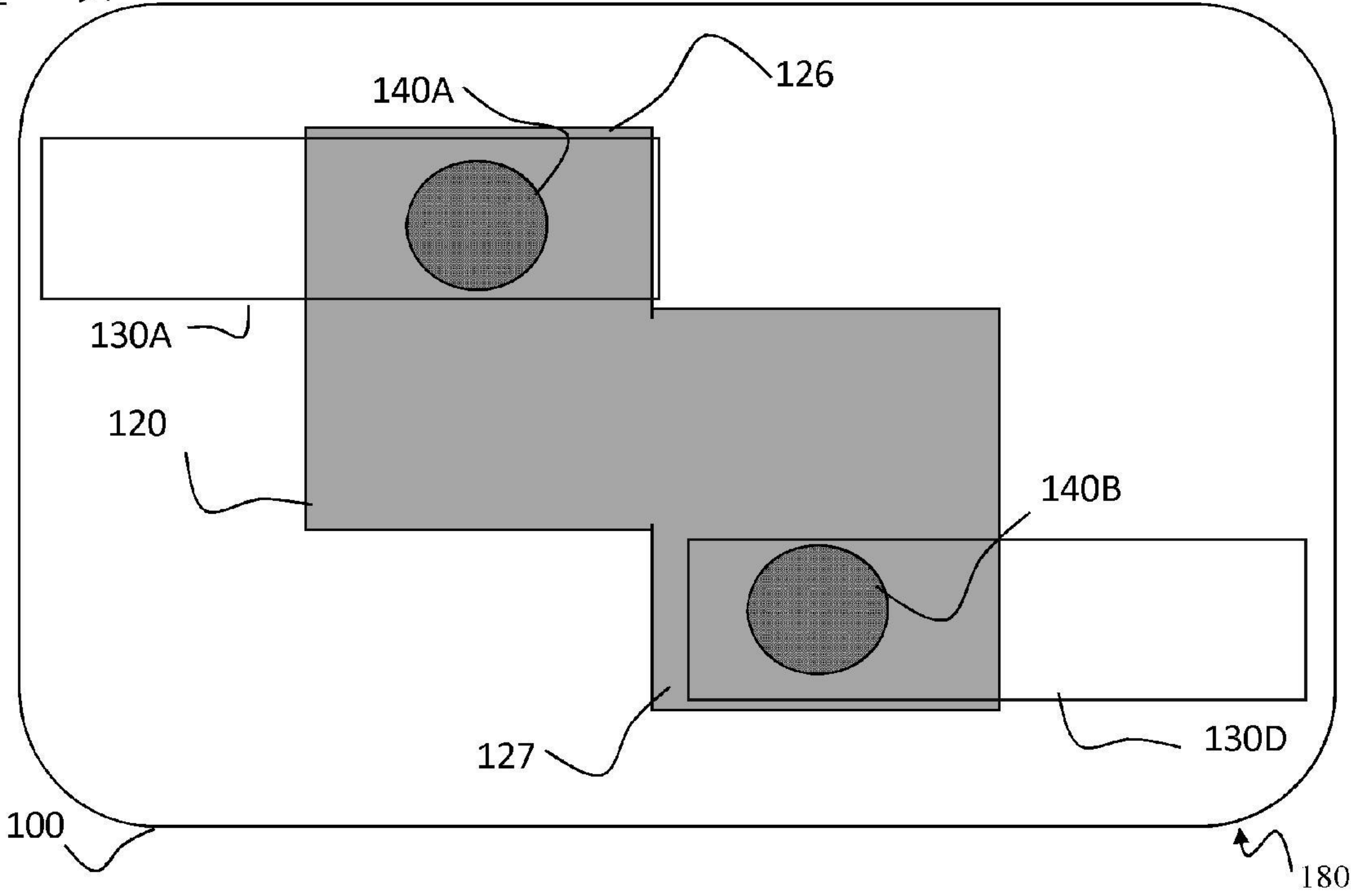
【圖1E】



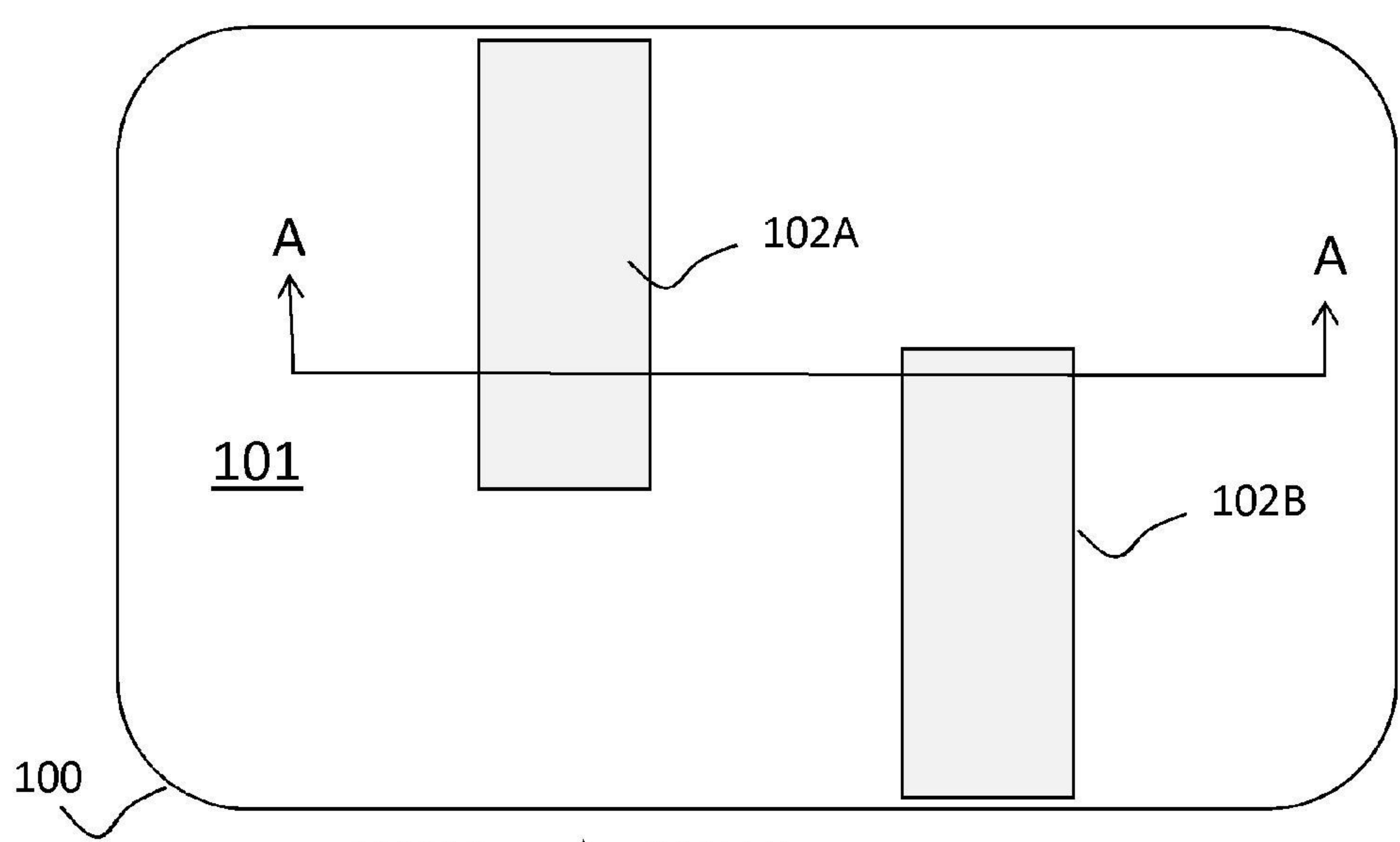
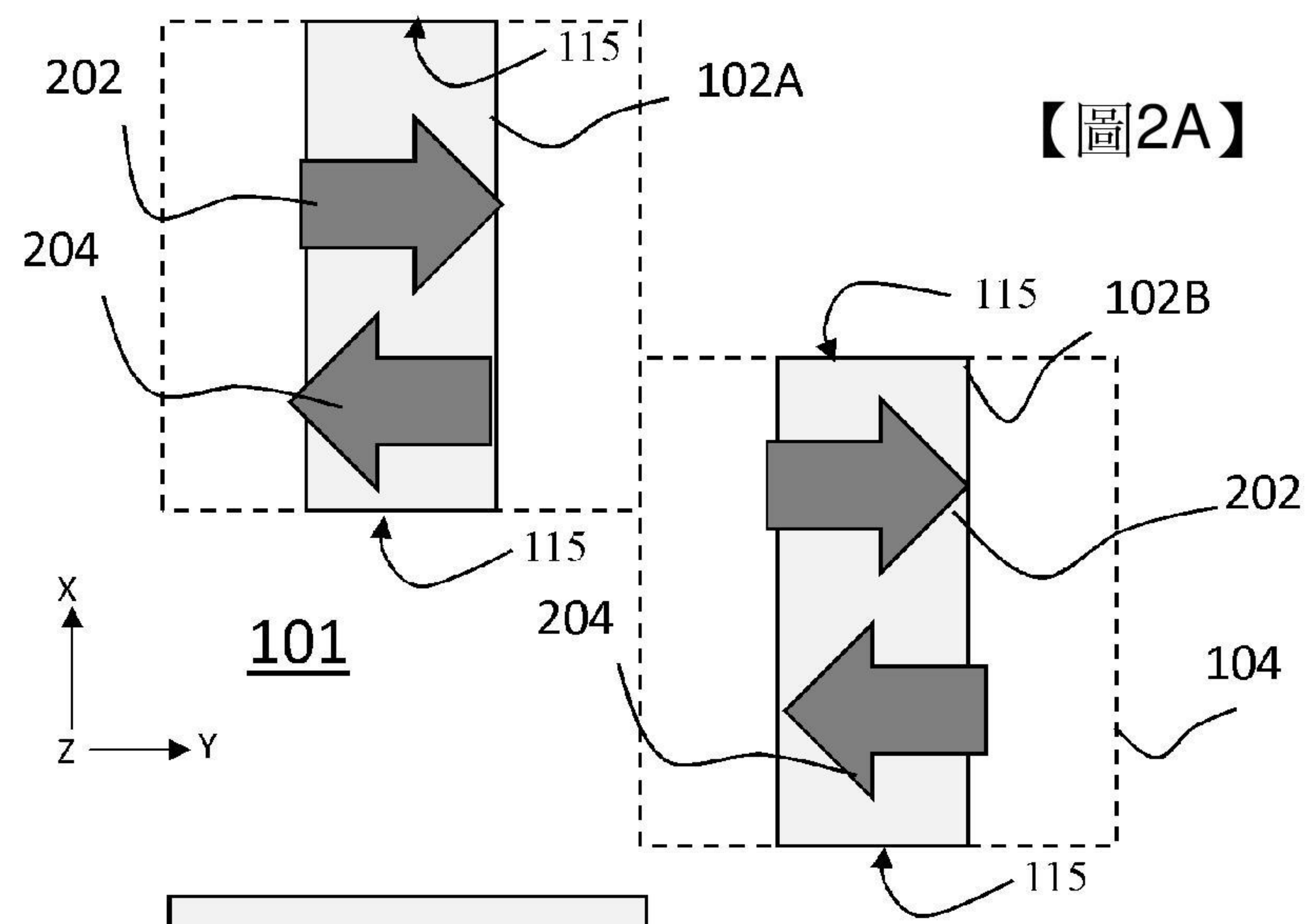
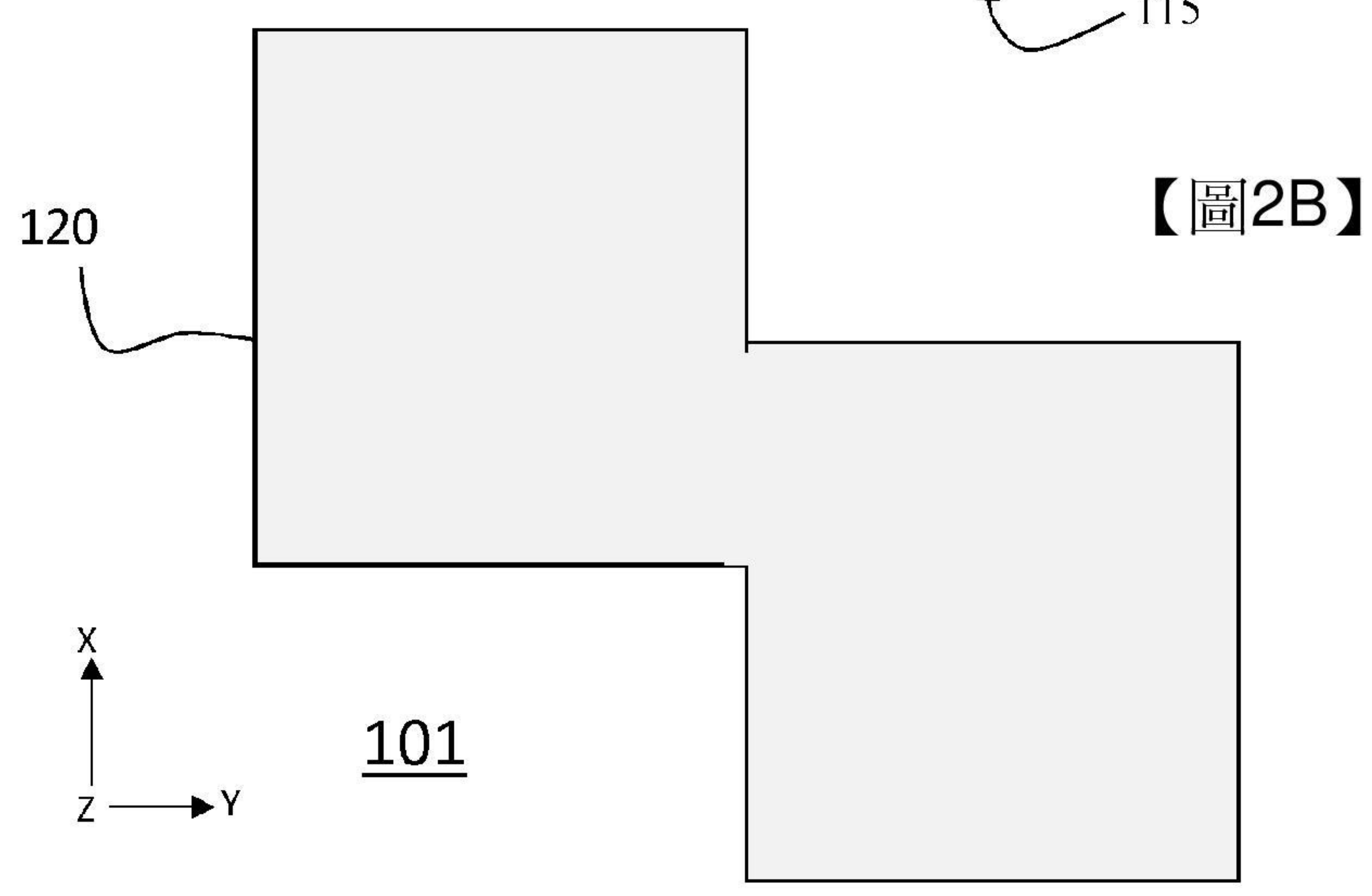
【圖1F】



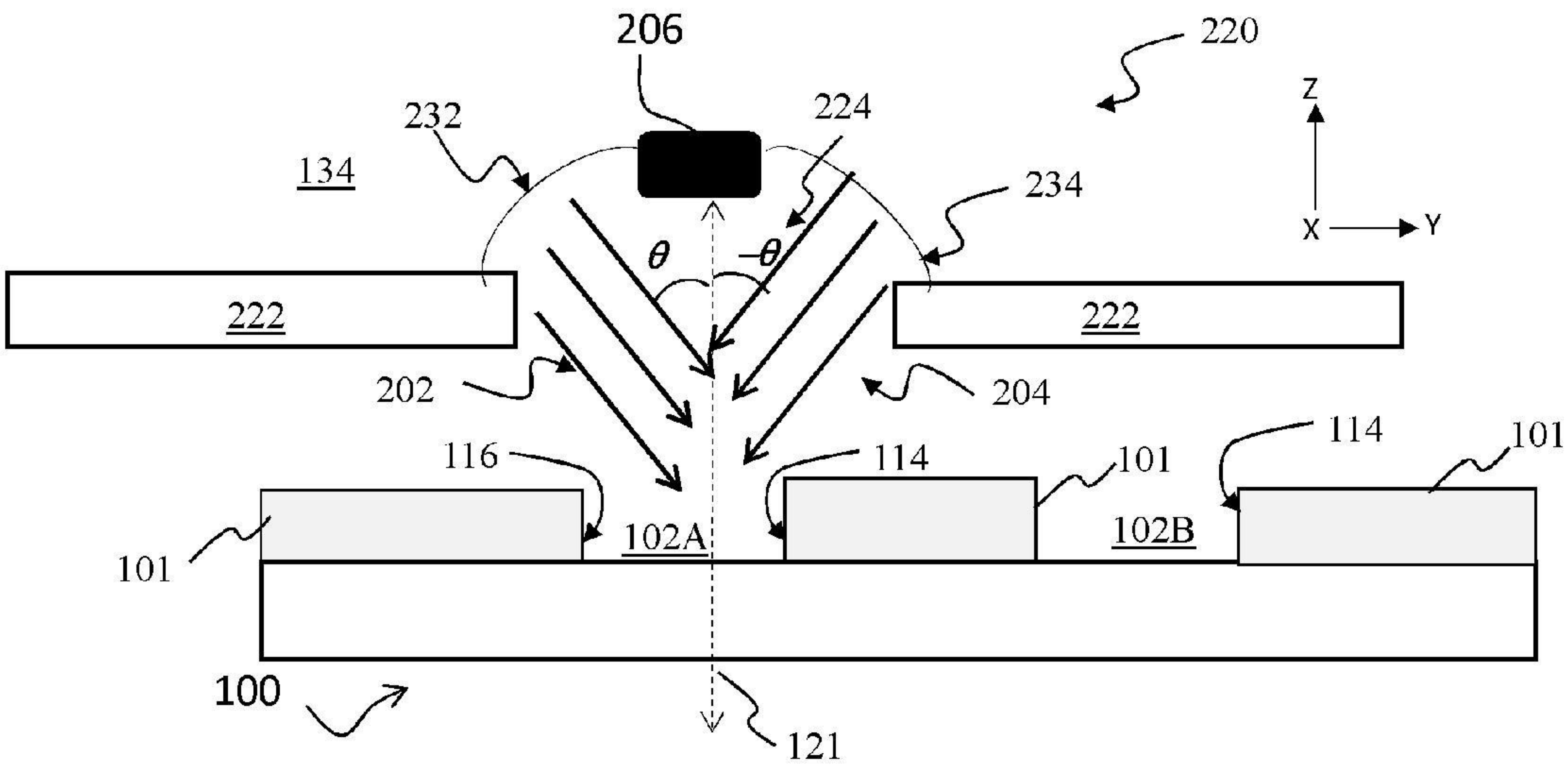
【圖1G】



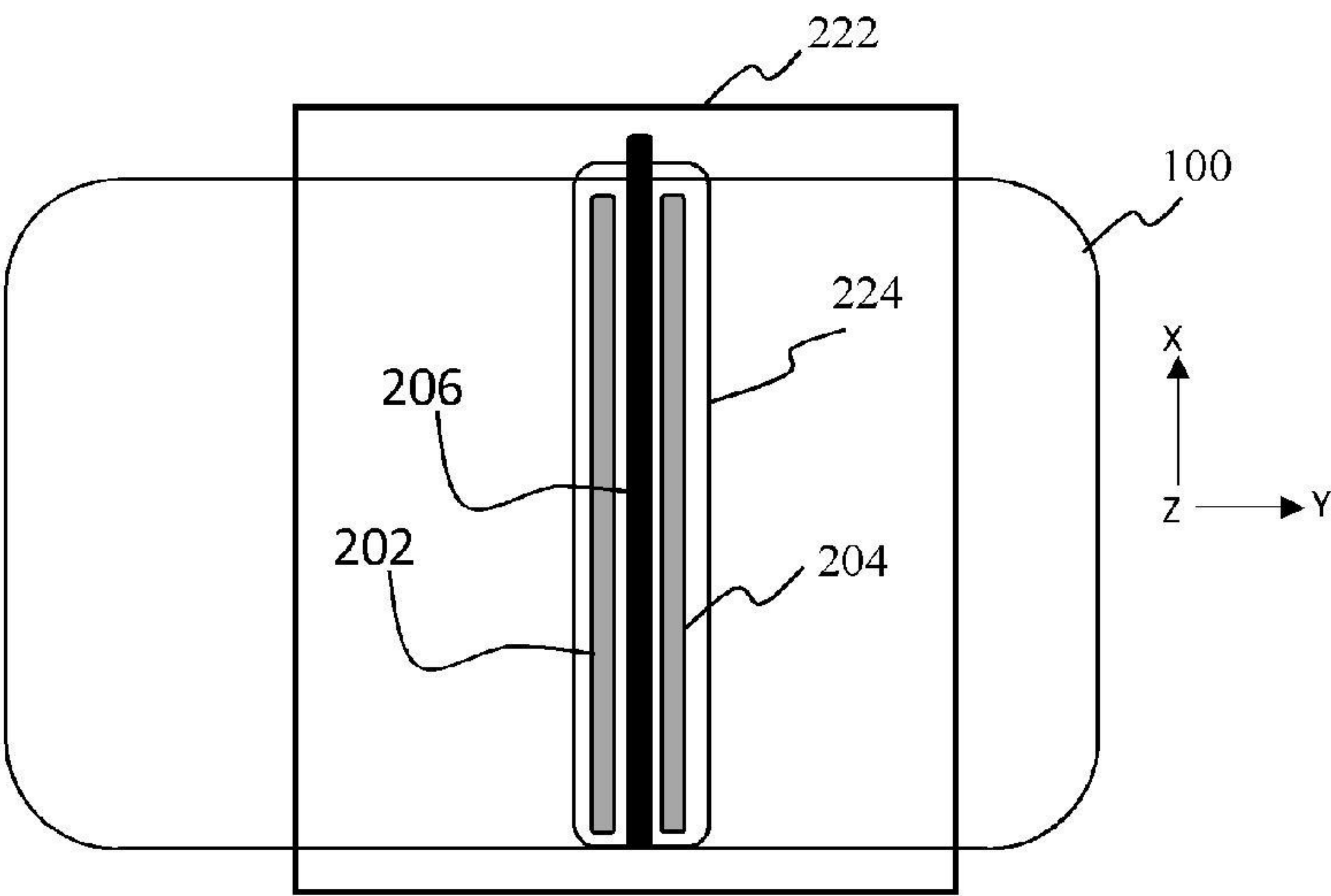
【圖1H】



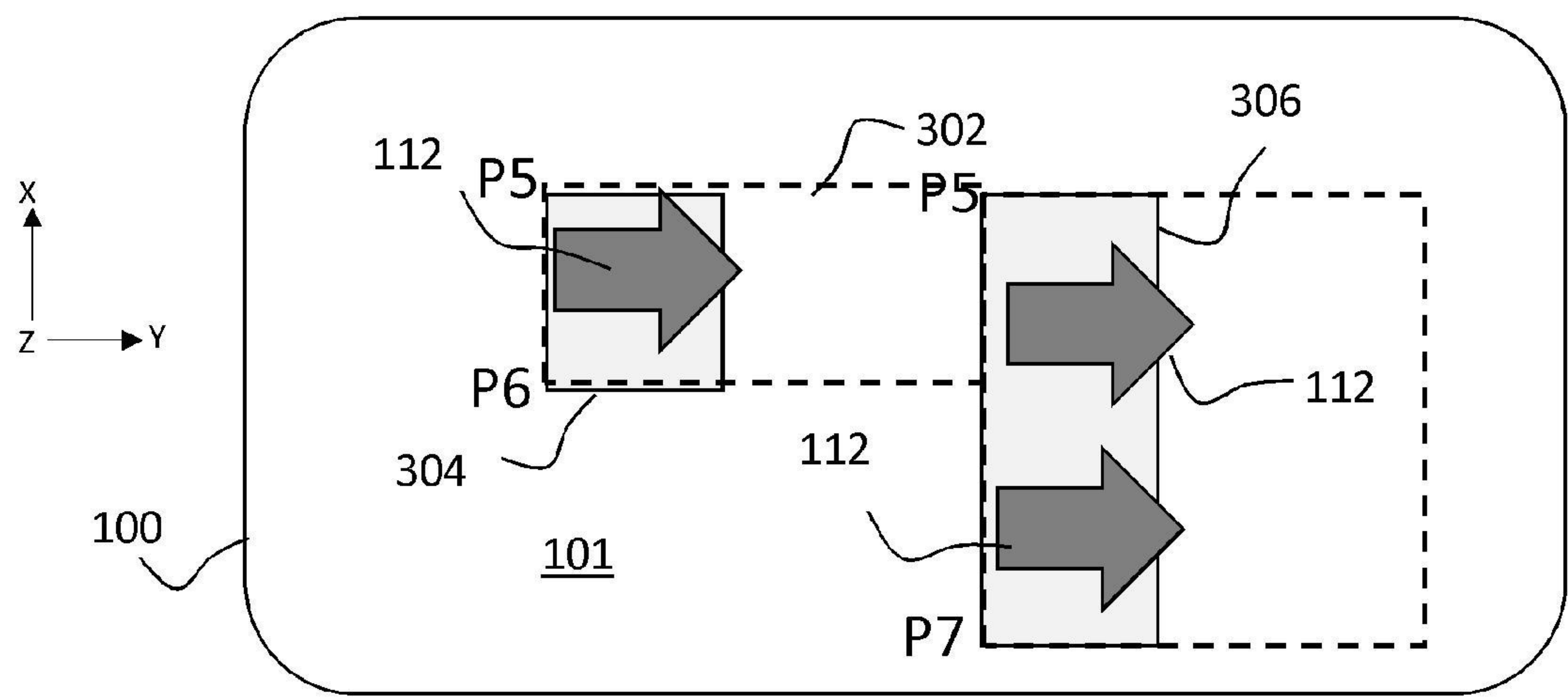
【圖2C】



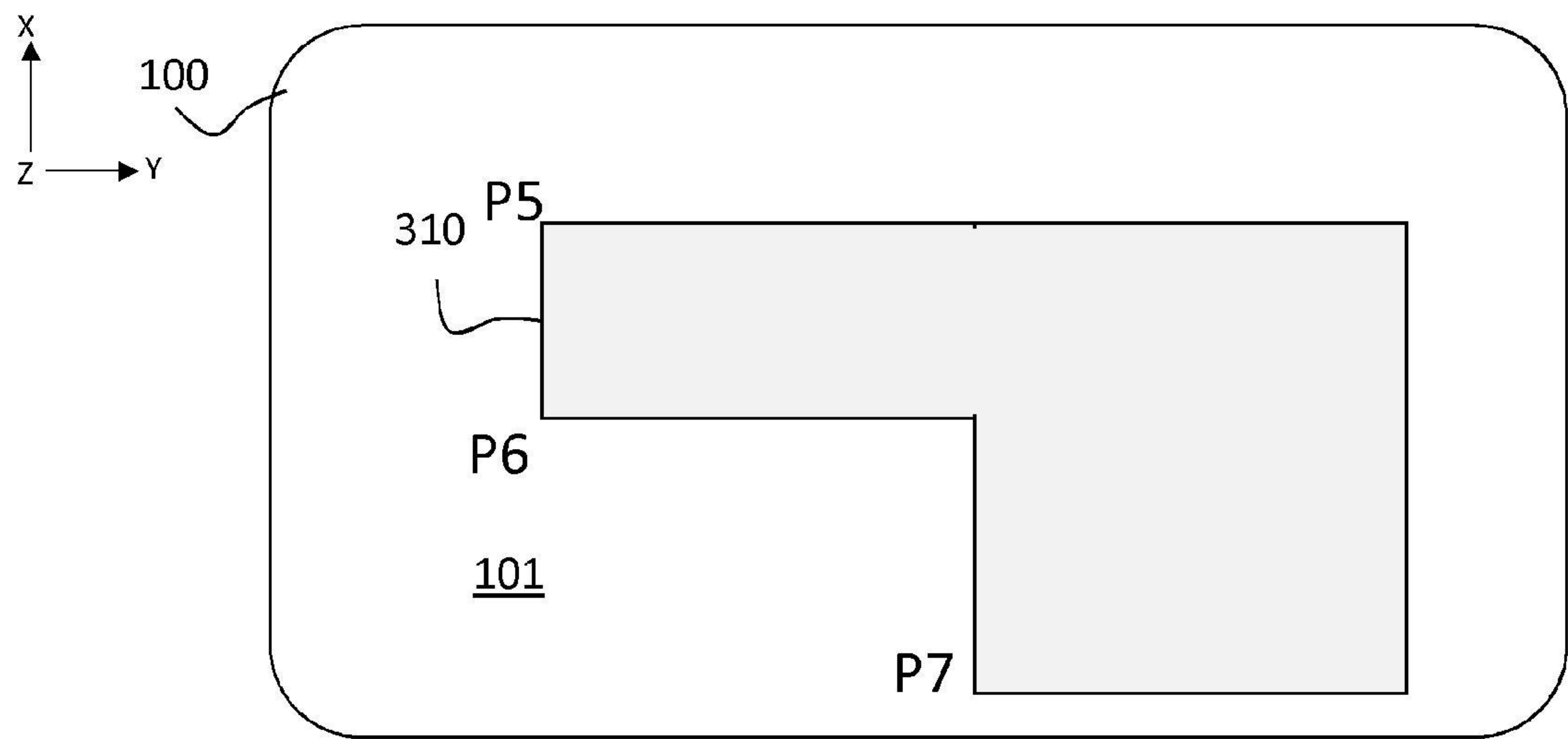
【圖2D】



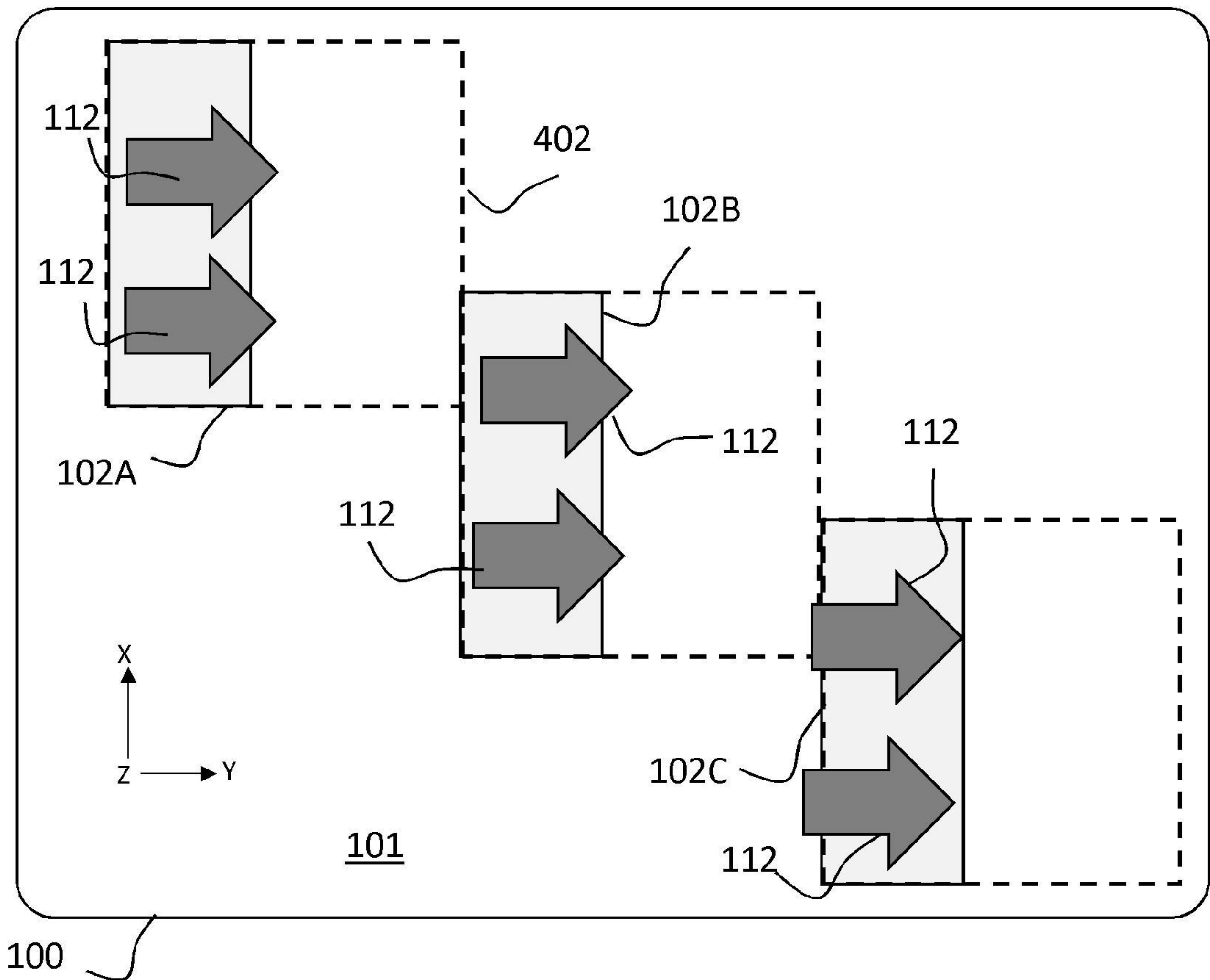
【圖2E】



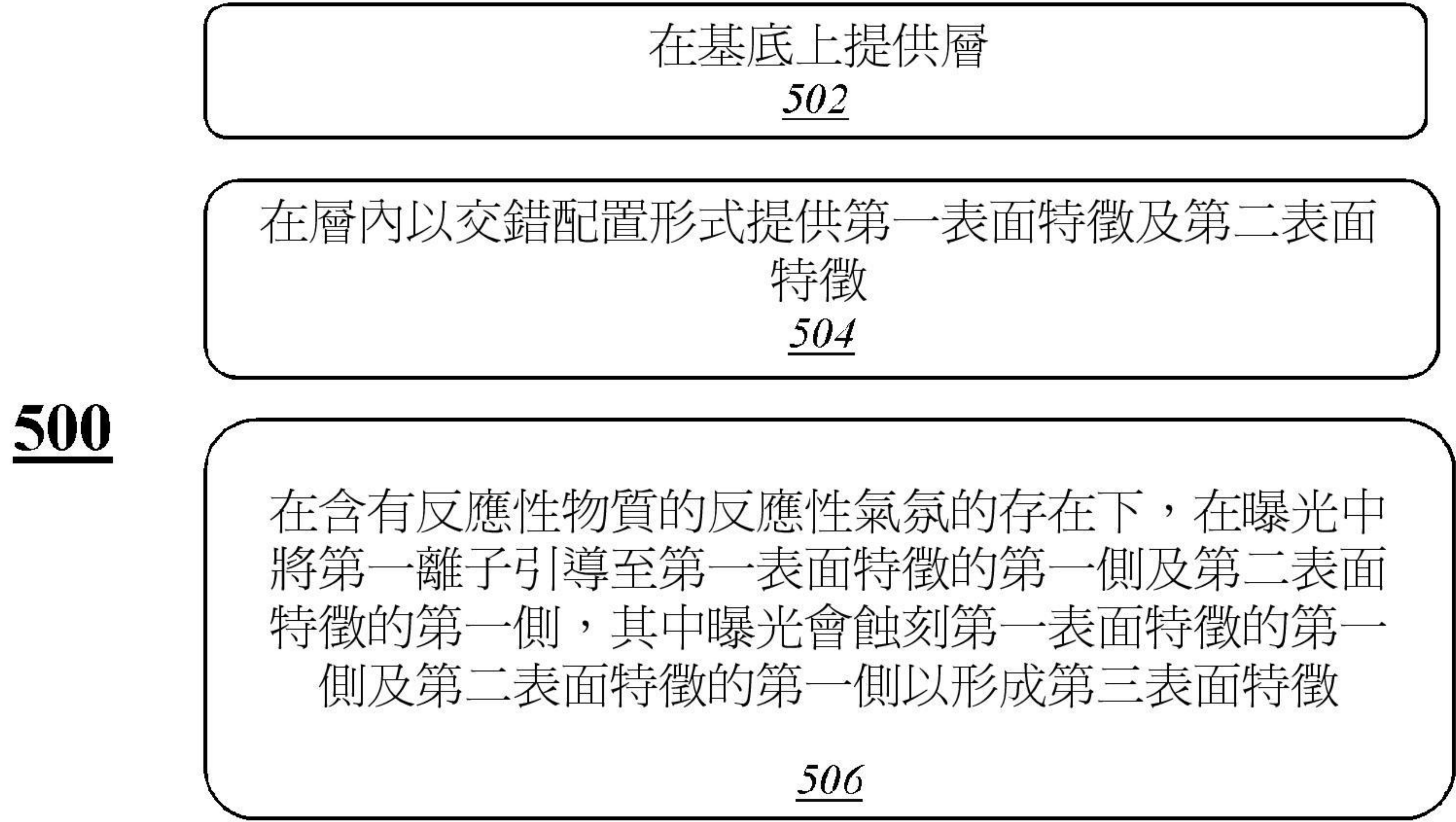
【圖3A】



【圖3B】



【圖4】



【圖5】