



(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 I714672 B

(45)公告日：中華民國 110 (2021) 年 01 月 01 日

(21)申請案號：105138933

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 11 月 25 日

(51)Int. Cl. : **G01T1/24 (2006.01)**

(30)優先權：2015/12/02 世界智慧財產權組織 PCT/CN2015/096192

(71)申請人：中國大陸商深圳幀觀德芯科技有限公司 (中國大陸) SHENZHEN XPECTVISION TECHNOLOGY CO., LTD. (CN)

中國大陸

(72)發明人：曹培炎 CAO, PEIYAN (CN)；劉雨潤 LIU, YURUN (CN)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

CN 1828281B

CN 100407388C

CN 101903802A

US 2008/0070345A1

US 2015/0132950A1

審查人員：涂公遠

申請專利範圍項數：19 項 圖式數：21 共 81 頁

(54)名稱

半導體 X 射線檢測器的封裝方法

(57)摘要

本文公開用於製作適合於檢測 X 射線的裝置的方法，該方法包括：使多個晶片接合到襯底；其中該襯底包括 X 射線吸收層，其包括第一多個電觸點；其中多個晶片中的每個包括電子層，其包括第二多個電觸點和電子系統，其配置成處理或解釋 X 射線吸收層上入射的 X 射線光子產生的信號；使第一多個電觸點與第二多個電觸點對齊；將晶片安裝到襯底使得第一多個電觸點電連接到第二多個電觸點；其中第二多個電觸點配置成將信號饋送到電子系統。

指定代表圖：

符號簡單說明：
110 . . . X 射線吸收
層
120 . . . 電子層

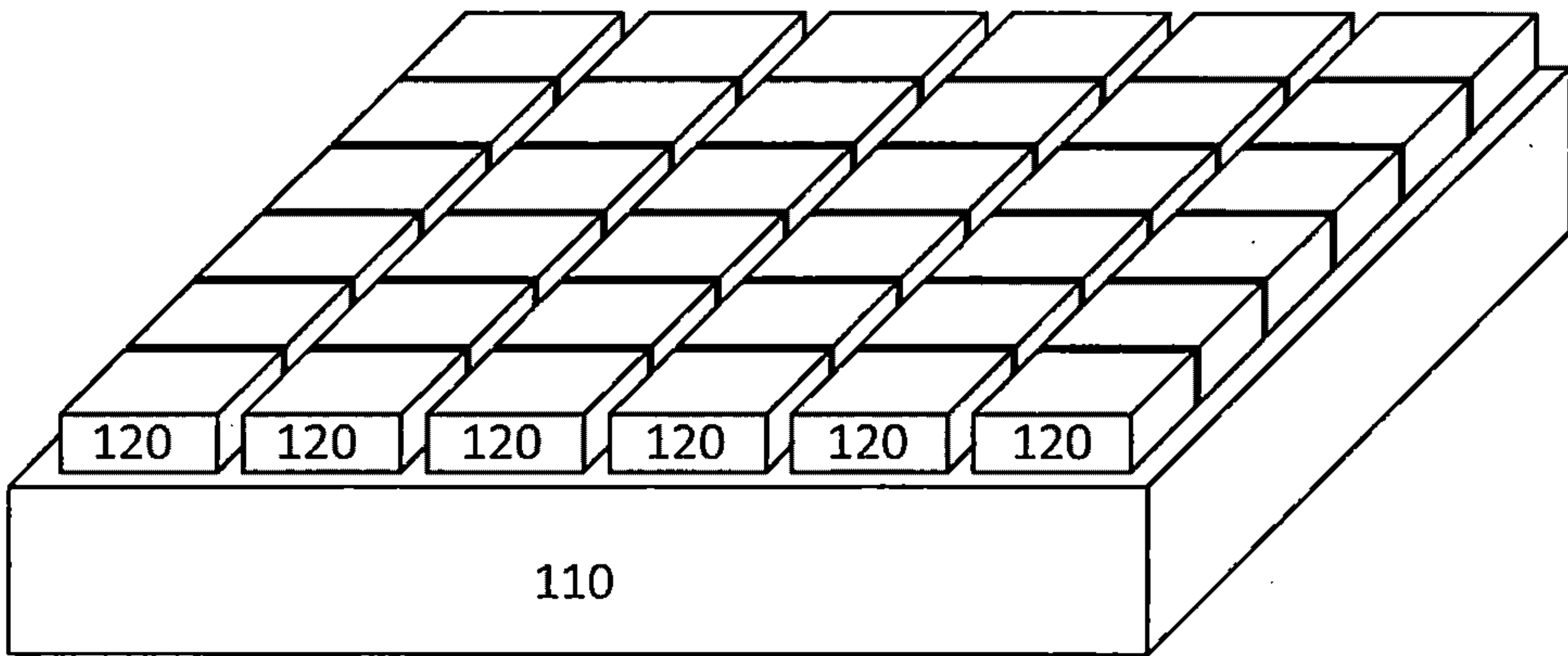


圖 4C

發明摘要

※ 申請案號：105138933

※ 申請日： 105/11/25

※IPC 分類：**G01T 1/24**(2006.01)

【發明名稱】

半導體X射線檢測器的封裝方法

【中文】

本文公開用於製作適合於檢測 X 射線的裝置的方法，該方法包括：使多個晶片接合到襯底；其中該襯底包括 X 射線吸收層，其包括第一多個電觸點；其中多個晶片中的每個包括電子層，其包括第二多個電觸點和電子系統，其配置成處理或解釋 X 射線吸收層上入射的 X 射線光子產生的信號；使第一多個電觸點與第二多個電觸點對齊；將晶片安裝到襯底使得第一多個電觸點電連接到第二多個電觸點；其中第二多個電觸點配置成將信號饋送到電子系統。

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（4C）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

110	X射線吸收層
120	電子層

【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】

半導體X射線檢測器的封裝方法

【技術領域】

本公開涉及 X 射線檢測器，特別涉及用於封裝半導體 X 射線檢測器的方法。

【先前技術】

X 射線檢測器可以用於測量 X 射線的通量、空間分佈、光譜或其他性質的設備。

X 射線檢測器可用於許多應用。一個重要應用是成像。X 射線成像是放射攝影技術並且可以用於揭示組成不均勻和不透明物體（例如人體）的內部結構。

早期用於成像的 X 射線檢測器包括照相底片和照相膠片。照相底片可以是具有感光乳劑塗層的玻璃底片。儘管照相底片被照相膠片取代，由於它們所提供的優越品質和它們的極端穩定性而仍可在特殊情形中使用它們。照相膠片可以是具有感光乳劑塗層的塑膠膠片（例如，帶或片）。

在 20 世紀 80 年代，出現了光激勵螢光板（PSP 板）。PSP 板可包含在它的晶格中具有色心的螢光材料。在將 PSP 板暴露於 X 射線時，X 射線激發的電子被困在色心中直到它們受到在板表面上掃描的雷射光束的激勵。在鐳射掃描板時，捕獲的激發電子發出光，其被光電倍增管收集。收集的光轉換成數位圖像。與照相底片和照相膠片相比，

PSP 可以被重複使用。

另一種 X 射線檢測器是 X 射線圖像增強器。X 射線圖像增強器的部件通常在真空中密封。與照相底片、照相膠片和 PSP 板相比，X 射線圖像增強器可產生即時圖像，即不需要曝光後處理來產生圖像。X 射線首先撞擊輸入螢光體（例如，碘化銫）並且被轉換成可見光。可見光然後撞擊光電陰極（例如，包含銫和銻複合物的薄金屬層）並且促使電子發射。發射電子數量與入射 X 射線的強度成比例。發射電子通過電子光學器件投射到輸出螢光體上並且促使該輸出螢光體產生可見光圖像。

閃爍體的操作與 X 射線圖像增強器有些類似之處在於閃爍體（例如，碘化鈉）吸收 X 射線並且發射可見光，其然後可以被對可見光合適的圖像感測器檢測到。在閃爍體中，可見光在各個方向上傳播和散射並且從而降低空間解析度。使閃爍體厚度減少有助於提高空間解析度但也減少 X 射線吸收。閃爍體從而必須在吸收效率與解析度之間達成妥協。

半導體 X 射線檢測器通過將 X 射線直接轉換成電信號而在很大程度上克服該問題。半導體 X 射線檢測器可包括半導體層，其在感興趣波長吸收 X 射線。當在半導體層中吸收 X 射線光子時，產生多個載荷子（例如，電子和空穴）並且在朝向半導體層上的電觸點的電場下掃過它們。當前可用半導體 X 射線檢測器（例如，Medipix）中需要的繁瑣的熱管理可能使得具有大面積和大量圖元的檢測器難以生產或不可能生產。

【發明內容】

本文公開用於製作適合於檢測 X 射線的裝置的方法，該方法包括：使多個晶片接合到襯底，其中該襯底包括 X 射線吸收層，其包括第一多個電觸點；其中該多個晶片中的每個包括電子層，其包括第二多個電觸點和電子系統，其配置成處理或解釋 X 射線吸收層上入射的 X 射線光子產生的信號；使第一多個電觸點與第二多個電觸點對齊；將晶片安裝到襯底使得第一多個電觸點電連接到第二多個電觸點；其中第二多個電觸點配置成將信號饋送到電子系統。

根據實施例，方法進一步包括使多個晶片附連到支承晶圓。

根據實施例，多個晶片利用粘合劑附連到支承晶圓。

根據實施例，多個晶片在多個晶片安裝到襯底後附連到支承晶圓。

根據實施例，多個晶片安裝到第二襯底。

根據實施例，方法進一步包括去除支承晶圓。

根據實施例，去除支承晶圓包括研磨或蝕刻支承晶圓。

根據實施例，方法進一步包括在基體中封裝多個晶片。

根據實施例，基體包括聚合物或玻璃。

根據實施例，基體填充晶片之間間隙。

根據實施例，方法進一步包括使晶片中的每個的表面暴露。

根據實施例，將晶片安裝到襯底包括安裝已封裝在基體中的晶片。

根據實施例，電子層包括延伸到與 X 射線吸收層相對的表面的通

孔。

根據實施例，方法進一步包括使通孔與插入襯底上的接觸墊對齊，並且使晶片接合到插入襯底使得通孔電連接到接觸墊。

根據實施例，插入襯底包括傳輸線，其電連接到接觸墊並且配置成將接觸墊上的信號路由到插入襯底邊緣上的接合墊。

根據實施例，方法進一步包括將插入襯底安裝到印刷電路板或與印刷電路板並排安置插入襯底。

根據實施例，電子層包括第三多個電觸點，其配置成讀取來自電子系統的輸出或向電子系統提供電力或參考電壓。

根據實施例，X 射線吸收層包括第四多個電觸點，其配置成在晶片安裝到襯底時與第三電觸點連接。

根據實施例，X 射線吸收層進一步包括傳輸線，其配置成將第四多個電觸點處的信號路由到 X 射線吸收層上的接觸墊。

【圖式簡單說明】

圖 1A 示意示出根據實施例的檢測器的橫截面圖。

圖 1B 示意示出根據實施例的檢測器的詳細橫截面圖。

圖 1C 示意示出根據實施例的檢測器的備選詳細橫截面圖。

圖 2 示意示出根據實施例設備可具有圖元陣列。

圖 3 示意示出根據實施例的檢測器中的電子層的橫截面圖。

圖 4A-圖 4C 示意示出根據實施例封裝檢測器 100 的過程。

圖 5A-圖 5F 示意示出根據實施例將多個晶片安裝到襯底上的過程。

圖 6A-圖 6E 示意示出根據實施例將多個晶片安裝到襯底上的過程。

圖 7A-圖 7C 示意示出根據實施例將多個晶片安裝到襯底上的過程。

圖 8A-圖 8E 示意示出根據實施例將多個晶片安裝到襯底上的過程。

圖 8F-8I 示意示出 X 射線吸收層和電子層中的信號的路由。

圖 9 示意示出根據實施適合於醫學成像（例如胸部 X 射線放射攝影、腹部 X 射線放射攝影等）的系統，其包括本文描述的半導體 X 射線檢測器。

圖 10 示意示出根據實施例適合於牙齒 X 射線放射攝影的系統，其包括本文描述的半導體 X 射線檢測器。

圖 11 示意示出根據實施例的貨物掃描或非侵入式檢查（NII）系統，其包括本文描述的半導體 X 射線檢測器。

圖 12 示意示出根據實施例的另一個貨物掃描或非侵入式檢查（NII）系統，其包括本文描述的半導體 X 射線檢測器。

圖 13 示意示出根據實施例的全身掃描器系統，其包括本文描述的半導體 X 射線檢測器。

圖 14 示意示出根據實施例的 X 射線電腦斷層攝影（X 射線 CT）

系統，其包括本文描述的半導體 X 射線檢測器。

圖 15 示意示出根據實施例的電子顯微鏡，其包括本文描述的半導體 X 射線檢測器。

圖 16A 和圖 16B 各自示出根據實施例、圖 1A 或圖 1B 中的檢測器的電子系統的部件圖。

圖 17 示意示出根據實施例流過暴露於 X 射線的 X 射線吸收層的二極體的電極或電阻器的電觸點的電流的時間變化（上曲線）和電極電壓的對應時間變化（下曲線），電流由 X 射線吸收層上入射的 X 射線光子產生的載荷子引起。

圖 18 示意示出根據實施例在採用圖 8 中示出的方式操作的電子系統中雜訊（例如，暗電流）引起的流過電極的電流的時間變化（上曲線）和電極電壓的對應時間變化（下曲線）。

圖 19 示意示出根據實施例在電子系統操作來檢測處於較高速率的入射 X 射線光子時流過暴露於 X 射線的 X 射線吸收層的電極的電流的時間變化（上曲線）和電極電壓的對應時間變化（下曲線），電流由 X 射線吸收層上入射的 X 射線光子產生的載荷子引起。

圖 20 示意示出根據實施例在採用圖 10 中示出的方式操作的電子系統中雜訊（例如，暗電流）引起的流過電極的電流的時間變化（上曲線）和電極電壓的對應時間變化（下曲線）。

圖 21 示意示出根據實施例在採用圖 10 中示出的方式（其中 RST 在 t_e 之前終止）操作的電子系統中由 X 射線吸收層上入射的一系列 X 射線光子產生的載荷子引起的流過電極的電流的時間變化（上曲線）

和電極電壓的對應時間變化（下曲線）。

【實施方式】

圖 1A 示意示出根據實施例的檢測器 100 的橫截面圖。該檢測器 100 可包括 X 射線吸收層 110 和電子層 120（例如，ASIC），用於處理或分析入射 X 射線在 X 射線吸收層 110 中產生的電信號。在實施例中，檢測器 100 不包括閃爍體。X 射線吸收層 110 可包括半導體材料，例如矽、鍺、GaAs、CdTe、CdZnTe 或其組合。半導體對於感興趣的 X 射線能量可具有高的品質衰減係數。

如在圖 1B 中的檢測器 100 的詳細橫截面圖中示出的，根據實施例，X 射線吸收層 110 可包括由第一摻雜區 111、第二摻雜區 113 的一個或多個離散區 114 形成的一個或多個二極體（例如，p-i-n 或 p-n）。第二摻雜區 113 可通過本征區 112（可選）而與第一摻雜區 111 分離。離散部分 114 通過第一摻雜區 111 或本征區 112 而彼此分離。第一摻雜區 111 和第二摻雜區 113 具有相反類型的摻雜（例如，區 111 是 p 型並且區 113 是 n 型，或區 111 是 n 型並且區 113 是 p 型）。在圖 1B 中的示例中，第二摻雜區 113 的離散區 114 中的每個與第一摻雜區 111 和本征區 112（可選）一起形成二極體。即，在圖 1B 中的示例中，X 射線吸收層 110 具有多個二極體，其具有第一摻雜區 111 作為共用電極。第一摻雜區 111 還可具有離散部分。

在 X 射線光子撞擊 X 射線吸收層 110（其包括二極體）時，X 射線光子可被吸收並且通過許多機制產生一個或多個載荷子。一個 X 射線光子可產生 10 至 100000 個載荷子。載荷子可在電場下向二極體中

的一個的電極漂移。場可以是外部電場。電觸點 119B 可包括離散部分，其中的每個與離散區 114 電接觸。在實施例中，載荷子可在多個方向上漂移使得單個 X 射線光子產生的載荷子大致未被兩個不同離散區 114 共用（“大致未被共用”在這裡意指這些載荷子中不到 2%、不到 0.5%、不到 0.1%或不到 0.01%流向與餘下載荷子不同的離散區 114 中的一個）。在這些離散區 114 中的一個的足跡內入射的 X 射線光子產生的載荷子大致未與這些離散區 114 中的另一個共用。與離散區 114 關聯的圖元 150 可以是圍繞離散區 114 的區域，其中由其中入射的 X 射線光子產生的載荷子中的大致全部（超過 98%、超過 99.5%、超過 99.9%或超過 99.99%）流向離散區 114。即，這些載荷子中不到 2%、不到 1%、不到 0.1%或不到 0.01%流到圖元外。

如在圖 1C 中的檢測器 100 的備選詳細橫截面圖中示出的，根據實施例，X 射線吸收層 110 可包括具有半導體材料（例如矽、鍺、GaAs、CdTe、CdZnTe 或其組合）的電阻器，但不包括二極體。半導體對於感興趣的 X 射線能量可具有高的品質衰減係數。

在 X 射線光子撞擊 X 射線吸收層 110（其包括電阻器但不包括二極體）時，它可被吸收並且通過許多機制產生一個或多個載荷子。一個 X 射線光子可產生 10 至 100000 個載荷子。載荷子可在電場下向電觸點 119A 和 119B 漂移。場可以是外部電場。電觸點 119B 包括離散部分。在實施例中，載荷子可在多個方向上漂移使得單個 X 射線光子產生的載荷子大致未被電觸點 119B 的兩個不同離散部分共用（“大致未被共用”在這裡意指這些載荷子中不到 2%、不到 0.5%、不到 0.1%或不到 0.01%流向與餘下載荷子不同的離散區 114 中的一個）。在電觸

點 119B 的這些離散部分中的一個的足跡內入射的 X 射線光子產生的載荷子大致未與電觸點 119B 的這些離散部分中的另一個共用。與電觸點 119B 的離散部分關聯的圖元 150 可以是圍繞離散部分的區域，其中由其中入射的 X 射線光子產生的載荷子中的大致全部（超過 98%、超過 99.5%、超過 99.9% 或超過 99.99%）流向電觸點 119B 的離散部分。即，這些載荷子中不到 2%、不到 0.5%、不到 0.1% 或不到 0.01% 流到與電觸點 119B 的一個離散部分關聯的圖元外。

電子層 120 可包括電子系統 121，其適合於處理或解釋 X 射線吸收層 110 上入射的 X 射線光子產生的信號。電子系統 121 可包括例如濾波網路、放大器、積分器和比較器等類比電路或例如微處理器等數位電路和記憶體。電子系統 121 可包括圖元共用的部件或專用於單個圖元的部件。例如，電子系統 121 可包括專用於每個圖元的放大器和在所有圖元之間共用的微處理器。電子系統 121 可通過通孔 131 電連接到圖元。通孔之間的空間可用填充材料 130 填充，其可使電子層 120 到 X 射線吸收層 110 的連接的機械穩定性增加。在不使用通孔的情況下使電子系統 121 連接到圖元的其他接合技術是可能的。

圖 2 示意示出檢測器 100 可具有圖元 150 的陣列。陣列可以是矩形陣列、蜂窩狀陣列、六邊形陣列或任何其他適合的陣列。每個圖元 150 可配置成檢測其上入射的 X 射線光子、測量 X 射線光子的能量或兩者兼而有之。例如，每個圖元 150 可配置成在一段時間內對其上入射的、能量落在多個倉中的 X 射線光子的數目計數。所有圖元 150 可配置成在相同時段內對其上入射的、能量在多個倉內的 X 射線光子的數目計數。每個圖元 150 可具有它自己的模數轉換器（ADC），其配置

成使代表入射 X 射線光子的能量的類比信號數位化為數位信號。ADC 可具有 10 位或更高的解析度。每個圖元 150 可配置成測量它的暗電流，例如在每個 X 射線光子入射在其上之前或與之併發。每個圖元 150 可配置成從其上入射的 X 射線光子的能量減去暗電流的貢獻。圖元 150 可配置成平行作業。例如，在一個圖元 150 測量入射 X 射線光子時，另一個圖元 150 可等待 X 射線光子到達。圖元 150 可獨立可定址但不必如此。

圖 3 示意示出根據實施例的電子層 120。電子層 120 包括襯底 122，其具有第一表面 124 和第二表面 128。如本文使用的“表面”不一定被暴露，而可以全部或部分被掩埋。電子層 120 包括第一表面 124 上的一個或多個電觸點 125。該一個或多個電觸點 125 可配置成電連接到 X 射線吸收層 110 的一個或多個電觸點 119B。電子系統 121 可在襯底 122 中或襯底 122 上。電子層 120 包括一個或多個通孔 126，其從第一襯底 124 延伸到第二表面 128。

襯底 122 可以是變薄襯底。例如，襯底可具有 750 微米或更少、200 微米或更少、100 微米或更少、50 微米或更少、20 微米或更少或 5 微米或更少的厚度。襯底 122 可以是矽襯底或其他適合的半導體或絕緣體襯底。襯底 122 可通過將較厚襯底研磨到期望厚度而產生。

一個或多個電觸點 125 可以是金屬或摻雜半導體的層。例如，電觸點 125 可以是金、銅、鉑、鈮、摻雜矽等。

通孔 126 經過襯底 122 並且使第一表面 124 上的電部件（例如，電觸點 125 和電子系統 121）電連接到第二表面 128 上的電部件。通孔

126 有時稱為“矽直通孔”，但它們可在除矽以外的材料的襯底中製造。第一表面 124 上的多個電子部件可共用一個通孔 126。

圖 3 進一步示意示出在電觸點 119B 和電觸點 125 處 X 射線吸收層 110 與電子層 120 之間的接合。該接合可以通過適合的技術，例如直接接合或倒裝接合。

直接接合是沒有任何額外中間層（例如，焊料凸點）的晶圓接合工藝。接合工藝基於兩個表面之間的化學接合。直接接合可在升高的溫度下進行但不一定如此。

倒裝接合使用沉積到接觸墊（例如 X 射線吸收層 110 的電觸點 119B，或電觸點 125）上的焊料凸點 199。X 射線吸收層 110 或電子層 120 翻轉並且 X 射線吸收層 110 的電觸點 119B 與電觸點 125 對齊。焊料凸點 199 可熔融以將電觸點 119B 和電觸點 125 焊接在一起。焊料凸點 199 之間的任何空隙空間可用絕緣材料填充。

圖 4A-圖 4C 示意示出根據實施例封裝檢測器 100 的過程。

圖 4A 示意示出獲得多個晶片。晶片中的每個包括電子層 120 和電觸點 125。晶片可通過將晶圓切塊成具有多個裸片而獲得。

圖 4B 示意示出晶片的電觸點 125 與 X 射線吸收層 110 的電觸點 119B 對齊。在該視圖中，電觸點 125 因為它們面對 X 射線吸收層 110 而不可見，但電觸點 119B 可見。

圖 4C 示意示出晶片使用適合的接合方法接合到 X 射線吸收層 110。X 射線吸收層 110 的電觸點 119B 現在電連接到電子層 120 的電觸點 125。

圖 5A-圖 5F 示意示出根據實施例將多個晶片安裝到襯底上的過程。該過程可在安裝圖 4C 中描繪的晶片中使用。

圖 5A 示意示出可獲得晶片 810（例如，晶片包括電子層 120，如在圖 4C 中示出的）並且將其置入陣列或任何其他適合的設置。

圖 5B 示意示出晶片 810 附連到支承晶圓 820。例如，晶片 810 可用粘合劑附連。

圖 5C 示意示出晶片 810 安裝到襯底 830 同時仍附連到支承晶圓 820。襯底 830 可以是圖 4C 中描繪的 X 射線吸收層 110。

圖 5D 示意示出備選方案，其中附連到單個支承晶圓 820 的晶片 810 可安裝到多個襯底 830。

圖 5E 示意示出備選方案，其中晶片 810 安裝到多個襯底 830 但晶片 810 之間的邊界以及襯底 830 之間的邊界可不吻合。即，指定晶片 810 上的電觸點 125 可連接到不同的襯底 830 並且指定襯底 830 上的電觸點 119B 可連接到不同的晶片 810。晶片 810 和襯底 830 都可包括傳輸線和觸點，這些觸點配置成使它們中的傳輸線連接。為了清楚起見，晶片 810 和襯底 830 的一些部件在圖 5E 中被省略。

圖 5F 示意示出去除支承晶圓 820。例如，支承晶圓 820 可以被磨損、蝕刻掉或與晶片 810 分離。

圖 6A-圖 6E 示意示出根據實施例將多個晶片安裝到襯底上的過程。該過程可在安裝圖 4C 中描繪的晶片中使用。

圖 6A 示意示出可獲得晶片 910（例如，晶片包括電子層 120，如

在圖 4C 中示出的)並且將其置入陣列或支承晶圓 920 上任何其他適合的設置。

圖 6B 示意示出在基體 925 中封裝晶片 910。基體 925 靠支承晶圓 920 支承。基體 925 可以是聚合物、玻璃或其他適合的材料。基體 925 可填充晶片 910 之間的間隙。

圖 6C 示意示出去除支承晶圓 920。例如，支承晶圓 920 可被磨損、蝕刻掉或與晶片 910 分離。基體 925 在去除支承晶圓 920 後支承晶片 910。接觸支承晶圓 920 的晶片 910 的表面可通過去除支承晶圓 920 而暴露。

圖 6D 示意示出封裝晶片 910 與襯底 930 對齊。晶片 910 然後可與襯底 930 (例如，圖 4C 中描繪的 X 射線吸收層 110) 或其上的結構 (例如，電觸點) 對齊。

圖 6E 示意示出封裝晶片 910 附連到襯底 930。

圖 7A 示意示出包括電子層 120 的晶片可具有通孔 126，其延伸到與晶片安裝到的 X 射線吸收層 110 相對的表面。

圖 7B 示意示出通孔 126 可與插入襯底 400 (例如，矽晶圓) 上的接觸墊 410 對齊。

圖 7C 示意示出晶片的電子層 120 接合到插入襯底 400。在接合後，通孔 126 是電連接的接觸墊 410。插入襯底 400 可具有掩埋在插入襯底 400 中或插入襯底 400 的表面上的傳輸線。這些傳輸線電連接到接觸墊 410 並且配置成將接觸墊 410 上的信號路由到插入襯底 400 的邊緣上的接觸墊 430。插入襯底 400 安裝到印刷電路板 500。備選地，插入襯底

400 可與印刷電路板 500 並排安置。不只一個插入襯底可安裝到相同印刷電路板。插入襯底 400 與印刷電路板 500 之間的電接觸可利用線接合來進行。

圖 8A 示意示出包括電子層 120 的晶片接合到 X 射線吸收層 110。

圖 8B 示意示出 X 射線吸收層 110 可選地連接到印刷電路板 600。備選地，X 射線吸收層 110 可選地與印刷電路板 600 並排安置。X 射線吸收層 110 與印刷電路板 600 之間的電接觸可利用線接合來進行。

圖 8C 示意示出電子層 120 的第一表面 124 除電觸點 125 外還具有一組電觸點 129。這些電觸點 129 可對電子系統 121 充當 I/O 介面。例如，電觸點 129 可配置成讀取來自電子系統 121 的輸出從而控制電子系統 121，或向電子系統 121 提供電力或參考電壓。

如在圖 8D 和圖 8E 中示意示出的，X 射線吸收層 110 可具有電觸點 119C，其配置成在晶片安裝到 X 射線吸收層 110 後與電觸點 129 連接。X 射線吸收層 110 可具有傳輸線 119E，其配置成將電觸點 119C 處的信號路由到 X 射線吸收層 110 的邊緣附近的接合墊 119D。接合墊 119D 可用於進行到 PCB 或到另一個積體電路的電連接。電觸點 119C 可處於電觸點 119B 中的一些所處的位點處，如在圖 8D 中示出的。電觸點 119C 可位於電觸點 119B 之間的區域中，如在圖 8E 中示出的。

圖 8F-8I 示意示出 X 射線吸收層 110 和電子層 120 中的信號的路由。X 射線吸收層 110 的特徵（例如電觸點 119A 和 119B 以及離散區 114）通常按微米尺度。X 射線吸收層 110 的特徵可通過進行全晶圓光刻來製造。電子層 120 的特徵通常小得多並且可未通過進行全晶圓光

刻來製造。相反，電子層 120 的特徵可通過進行逐裸片光刻來製造。因此，在 X 射線吸收層 110 上製作長距離傳輸線（例如，跨整個 8 英寸晶圓）要比跨裸片之間的邊界製作傳輸線容易得多。

如在圖 8F 中示出的，在這裡包含 X 射線吸收層 110 的多個晶片和包含電子層 120 的多個晶片附連，包含 X 射線吸收層 110 的晶片可包括電觸點 891、接合墊 892、使電觸點 891 連接到接合墊 892 的傳輸線 893；包含電子層 120 的晶片可包括電觸點 894 和在電觸點 894 之間連接的傳輸線 895。傳輸線 895 並未跨越裸片的邊界。電觸點 891 和電觸點 894 可對齊並且連接使得信號跨包含電子層 120 的晶片之間間隙通過傳輸線 893 和跨包含 X 射線吸收層 110 的晶片之間間隙通過傳輸線 895 橋接。

如在圖 8G 中示出的，在這裡包含 X 射線吸收層 110 的多個晶片和包含電子層 120 的晶圓附連，包含 X 射線吸收層 110 的晶片可包括電觸點 891、接合墊 892、使電觸點 891 連接到接合墊 892 的傳輸線 893；包含電子層 120 的晶圓可包括電觸點 894 和在電觸點 894 之間連接的傳輸線 895。傳輸線 895 並未跨越裸片的邊界。電觸點 891 和電觸點 894 可對齊並且連接使得信號跨包含 X 射線吸收層 110 的晶片之間間隙通過傳輸線 895 橋接。

如在圖 8H 中示出的，在這裡包含 X 射線吸收層 110 的晶圓和包含電子層 120 的多個晶片附連，包含 X 射線吸收層 110 的晶圓可包括電觸點 891、接合墊 892、使電觸點 891 連接到接合墊 892 的傳輸線 893；包含電子層 120 的晶片可包括電觸點 894，但不必包括在電觸點 894

之間連接的傳輸線。電觸點 891 和電觸點 894 可對齊並且連接使得信號跨包含電子層 120 的晶片之間間隙通過傳輸線 893 橋接。

如在圖 8I 中示出的，在這裡包含 X 射線吸收層 110 的晶圓和包含電子層 120 的晶圓附連，包含 X 射線吸收層 110 的晶圓可包括電觸點 891、接合墊 892、使電觸點 891 連接到接合墊 892 的傳輸線 893；包含電子層 120 的晶片可包括電觸點 894，但不必包括在電觸點 894 之間連接的傳輸線。電觸點 891 和電觸點 894 可對齊並且連接使得來自電子層 120 的信號通過傳輸線 893 路由。

圖 9 示意示出這樣的系統，其包括本文描述的半導體 X 射線檢測器 100。該系統可用于醫學成像，例如胸部 X 射線放射攝影、腹部 X 射線放射攝影等。系統包括 X 攝影源 1201。從 X 射線源 1201 發射的 X 射線穿過物體 1202（例如，例如胸部、肢體、腹部等人體部位）、由於物體 1202 的內部結構（例如，骨頭、肌肉、脂肪和器官等）而衰減不同程度並且被投射到半導體 X 射線檢測器 100。半導體 X 射線檢測器 100 通過檢測 X 射線的強度分佈來形成圖像。

圖 10 示意示出這樣的系統，其包括本文描述的半導體 X 射線檢測器 100。該系統可用于醫學成像，例如牙齒 X 射線放射攝影。系統包括 X 射線源 1301。從 X 射線源 1301 發射的 X 射線穿過物體 1302，其是哺乳動物（例如，人類）口腔的部分。物體 1302 可包括上顎骨、顎骨、牙齒、下顎或舌頭。X 射線由於物體 1302 的不同結構而衰減不同程度並且被投射到半導體 X 射線檢測器 100。半導體 X 射線檢測器 100 通過檢測 X 射線的強度分佈來形成圖像。牙齒比齲齒、感染和牙

周膜吸收更多的 X 射線。牙科患者接收的 X 射線輻射的劑量典型地是小的（對於全口系列是近似 0.150 mSv）。

圖 11 示意示出貨物掃描或非侵入式檢查（NII）系統，其包括本文描述的半導體 X 射線檢測器 100。系統可用於在例如海運集裝箱、車輛、輪船、行李等傳輸系統中檢查和識別物品。系統包括 X 射線源 1401。從 X 射線源 1401 發射的 X 射線可從物體 1402（例如，海運集裝箱、車輛、輪船等）背散射並且被投射到半導體 X 射線檢測器 100。物體 1402 的不同內部結構可有差異地背散射 X 射線。半導體 X 射線檢測器 100 通過檢測背散射 X 射線的強度分佈和/或背散射 X 射線光子的能量來形成圖像。

圖 12 示意示出另一個貨物掃描或非侵入式檢查（NII）系統，其包括本文描述的半導體 X 射線檢測器 100。系統可用於公交站和機場處的行李篩查。系統包括 X 射線源 1501。從 X 射線源 1501 發射的 X 射線可穿過行李 1502 件、由於行李的內含物而有差異地衰減並且被投射到半導體 X 射線檢測器 100。半導體 X 射線檢測器 100 通過檢測透射的 X 射線的強度分佈來形成圖像。系統可揭示行李的內含物並且識別公共交通上禁用的專案，例如槍支、毒品、鋒利武器、易燃物。

圖 13 示意示出全身掃描器系統，其包括本文描述的半導體 X 射線檢測器 100。該全身掃描器系統可為了安全篩查目的來檢測人體上的物體而不物理脫衣或進行物理接觸。全身掃描器系統可能夠檢測非金屬物體。全身掃描器系統包括 X 射線源 1601。從 X 射線源 1601 發射的 X 射線可從被篩查的人 1602 和其上的物體背散射，並且被投射到

半導體 X 射線檢測器 100。物體和人體可有差異地背散射 X 射線。半導體 X 射線檢測器 100 通過檢測背散射 X 射線的強度分佈來形成圖像。半導體 X 射線檢測器 100 和 X 射線源 1601 可配置成在線性或旋轉方向上掃描人。

圖 14 示意示出 X 射線電腦斷層攝影（X 射線 CT）系統。X 射線 CT 系統使用電腦處理的 X 射線來產生被掃描物體的特定區域的斷層攝影圖像（虛擬“切片”）。斷層攝影圖像在各種醫學學科中可用於診斷和治療目的，或用於缺陷檢測、失效分析、計量、元件分析和逆向工程。X 射線 CT 系統包括本文描述的半導體 X 射線檢測器 100 和 X 射線源 1701。半導體 X 射線檢測器 100 和 X 射線源 1701 可配置成沿一個或多個圓形或螺旋形路徑同步旋轉。

圖 15 示意示出電子顯微鏡。該電子顯微鏡包括電子源 1801（也叫作電子槍），其配置成發射電子。電子源 1801 可具有各種發射機制，例如熱離子、光電陰極、冷發射或等離子體源。發射的電子經過電子光學系統 1803，其可配置成使電子成形、加速或聚焦。電子然後到達樣本 1802 並且圖像檢測器可從其處形成圖像。電子顯微鏡可包括本文描述的半導體 X 射線檢測器 100，用於進行能量色散 X 射線光譜分析（EDS）。EDS 是用於樣本的元素分析或化學表徵的分析技術。當電子入射在樣本上時，它們促使從樣本發射特徵 X 射線。入射電子可激發樣本中原子的內殼層中的電子、從殼層逐出電子，同時在電子所在的地方形成電子空穴。來自外部較高能量殼層的電子然後填充該空穴，並且較高能量殼層與較低能量殼層之間的能量差可採用 X 射線的形式釋放。從樣本發射的 X 射線的數量和能量可以被半導體 X 射線檢測器

100 測量。

這裡描述的半導體 X 射線檢測器 100 可具有其他應用，例如在 X 射線望遠鏡、X 射線乳房攝影、工業 X 射線缺陷檢測、X 射線顯微鏡或顯微放射攝影、X 射線鑄件檢查、X 射線無損檢驗、X 射線焊縫檢查、X 射線數位減影血管攝影等中。可使用該半導體 X 射線檢測器 100 來代替照相底片、照相膠片、PSP 板、X 射線圖像增強器、閃爍體或另一個半導體 X 射線檢測器。

圖 16A 和 16B 各自示出根據實施例的電子系統 121 的部件圖。該電子系統 121 可包括第一電壓比較器 301、第二電壓比較器 302、計數器 320、開關 305、電壓表 306 和控制器 310。

第一電壓比較器 301 配置成將二極體 300 的電極的電壓與第一閾值比較。該二極體可以是由第一摻雜區 111、第二摻雜區 113 的離散區 114 中的一個和本征區 112（可選）形成的二極體。備選地，第一電壓比較器 301 配置成將電觸點（例如，電觸點 119B 的離散部分）的電壓與第一閾值比較。第一電壓比較器 301 可配置成直接監測電壓，或通過使一段時間內流過二極體或電觸點的電流整合來計算電壓。第一電壓比較器 301 可由控制器 310 可控地啟動或停用。第一電壓比較器 301 可以是連續比較器。即，第一電壓比較器 301 可配置成被連續啟動，並且連續監測電壓。配置為連續比較器的第一電壓比較器 301 使系統 121 錯過由入射 X 射線光子產生的信號的機會減少。配置為連續比較器的第一電壓比較器 301 在入射 X 射線強度相對高時尤其適合。第一電壓比較器 301 可以是鐘控比較器，其具有較低功耗的益處。配置為

鐘控比較器的第一電壓比較器 301 可導致系統 121 錯過由一些入射 X 射線光子產生的信號。在入射 X 射線強度低時，錯過入射 X 射線光子的機會因為兩個連續光子之間的時間間隔相對長而較低。因此，配置為鐘控比較器的第一電壓比較器 301 在入射 X 射線強度相對低時尤其適合。第一閾值可以是一個入射 X 射線光子可在二極體或電阻器中產生的最大電壓的 5-10%、10%-20%、20-30%、30-40%或 40-50%。最大電壓可取決於入射 X 射線光子的能量（即，入射 X 射線的波長），X 射線吸收層 110 的材料和其他因素。例如，第一閾值可以是 50mV、100mV、150mV 或 200mV。

第二電壓比較器 302 配置成將電壓與第二閾值比較。第二電壓比較器 302 可配置成直接監測電壓，或通過使一段時間內流過二極體或電觸點的電流整合來計算電壓。第二電壓比較器 302 可以是連續比較器。第二電壓比較器 302 可由控制器 310 可控地啟動或停用。在停用第二電壓比較器 302 時，第二電壓比較器 302 的功耗可以是啟動第二電壓比較器 302 時的功耗的不到 1%、不到 5%、不到 10%或不到 20%。第二閾值的絕對值大於第一閾值的絕對值。如本文使用的，術語實數 x 的“絕對值”或“模數” $|x|$ 是 x 的非負值而不考慮它的符號。即，

$$|x| = \begin{cases} x, & \text{if } x \geq 0 \\ -x, & \text{if } x \leq 0 \end{cases}$$

第二閾值可以是第一閾值的 200%-300%。第二閾值可以是一個入射 X 射線光子可在二極體或電阻器中產生的最大電壓的至少 50%。例如，第二閾值可以是 100mV、150mV、200mV、250mV 或 300mV。第二電壓比較器 302 和第一電壓比較器 301 可以是相同部件。即，系統 121 可具有一個電壓比較器，其可以在不同時間將電壓

與兩個不同閾值比較。

第一電壓比較器 301 或第二電壓比較器 302 可包括一個或多個運算放大器或任何其他適合的電路。第一電壓比較器 301 或第二電壓比較器 302 可具有高的速度以允許系統 121 在高的人射 X 射線通量下操作。然而，具有高的速度通常以功耗為代價。

計數器 320 配置成記錄到達二極體或電阻器的 X 射線光子的數目。計數器 320 可以是軟體部件（例如，電腦記憶體中存儲的數目）或硬體部件（例如，4017 IC 和 7490 IC）。

控制器 310 可以是例如微控制器和微處理器等硬體部件。控制器 310 配置成從第一電壓比較器 301 確定電壓的絕對值等於或超出第一閾值的絕對值（例如，電壓的絕對值從第一閾值的絕對閾值以下增加到等於或超過第一閾值的絕對值的值）的時間啟動時間延遲。在這裡因為電壓可以是負的或正的而使用絕對值，這取決於是使用二極體的陰極還是陽極的電壓或使用哪個電觸點。控制器 310 可配置成在第一電壓比較器 301 確定電壓的絕對值等於或超出第一閾值的絕對值的時間之前保持停用第二電壓比較器 302、計數器 320 和第一電壓比較器 301 的操作不需要的任何其他電路。時間延遲可在電壓變穩定（即，電壓的變化率大致為零）之前或之後終止。短語“電壓的變化率大致為零”意指電壓的時間變化小於 $0.1\%/ns$ 。短語“電壓的變化率大致為非零”意指電壓的時間變化是至少 $0.1\%/ns$ 。

控制器 310 可配置成在時間延遲期間（其包括開始和終止）啟動第二電壓比較器。在實施例中，控制器 310 配置成在時間延遲開始時

啟動第二電壓比較器。術語“啟動”意指促使部件進入操作狀態（例如，通過發送例如電壓脈衝或邏輯電平等信號、通過提供電力等）。術語“停用”意指促使部件進入非操作狀態（例如，通過發送例如電壓脈衝或邏輯電平等信號、通過切斷電力等）。操作狀態可具有比非操作狀態更高的功耗（例如，高 10 倍、高 100 倍、高 1000 倍）。控制器 310 本身可被停用直到第一電壓比較器 301 的輸出電壓的絕對值等於或超出第一閾值的絕對值時才啟動控制器 310。

如果在時間延遲期間第二電壓比較器 302 確定電壓的絕對值等於或超出第二閾值的絕對值，控制器 310 可配置成促使計數器 320 記錄的數目增加一。

控制器 310 可配置成促使電壓表 306 在時間延遲終止時測量電壓。控制器 310 可配置成使電極連接到電接地，以便使電壓重定並且使電極上累積的任何載荷子放電。在實施例中，電極在時間延遲終止後連接到電接地。在實施例中，電極持續有限復位時期地連接到電接地。控制器 310 可通過控制開關 305 而使電極連接到電接地。開關可以是電晶體，例如場效應電晶體（FET）。

在實施例中，系統 121 沒有類比濾波器網路（例如，RC 網路）。在實施例中，系統 121 沒有類比電路。

電壓表 306 可將它測量的電壓作為類比或數位信號饋送給控制器 310。

系統 121 可包括電容器模組 309，其電連接到二極體 300 的電極或電觸點，其中電容器模組配置成從電極收集載荷子。電容器模組可以

包括放大器的回饋路徑中的電容器。如此配置的放大器叫作電容跨阻放大器（CTIA）。CTIA 通過防止放大器飽和而具有高的動態範圍並且通過限制信號路徑中的頻寬來提高信噪比。來自電極的載荷子在一段時間（“整合期”）（例如，如在圖 17 中示出的，在 t_0 至 t_1 或 t_1 - t_2 之間）內在電容器上累積。在整合期終止後，對電容器電壓採樣並且然後由重定開關將其重定。電容器模組可以包括直接連接到電極的電容器。

圖 17 示意示出由二極體或電阻器上入射的 X 射線光子產生的載荷子引起的流過電極的電流的時間變化（上曲線）和電極的電壓的對應時間變化（下曲線）。電壓可以是電流關於時間的整合。在時間 t_0 ，X 射線光子撞擊二極體或電阻器，載荷子開始在二極體或電阻器中產生，電流開始流過二極體的電極或電阻器，並且電極或電觸點的電壓的絕對值開始增加。在時間 t_1 ，第一電壓比較器 301 確定電壓的絕對值等於或超出第一閾值 V_1 的絕對值，並且控制器 310 啟動時間延遲 TD_1 並且控制器 310 可在 TD_1 開始時停用第一電壓比較器 301。如果控制器 310 在 t_1 之前被停用，在 t_1 啟動控制器 310。在 TD_1 期間，控制器 310 啟動第二電壓比較器 302。如這裡使用的術語在時間延遲“期間”意指開始和終止（即，結束）和中間的任何時間。例如，控制器 310 可在 TD_1 終止時啟動第二電壓比較器 302。如果在 TD_1 期間，第二電壓比較器 302 確定在時間 t_2 電壓的絕對值等於或超出第二閾值的絕對值，控制器 310 促使計數器 320 記錄的數目增加一。在時間 t_e ，X 射線光子產生的所有載荷子漂移出 X 射線吸收層 110。在時間 t_s ，時間延遲 TD_1 終止。在圖 17 的示例中，時間 t_s 在時間 t_e 之後；即 TD_1

在 X 射線光子產生的所有載荷子漂移出 X 射線吸收層 110 之後終止。電壓的變化率從而在 t_s 大致為零。控制器 310 可配置成在 TD1 終止時或在 t_2 或中間的任何時間停用第二電壓比較器 302。

控制器 310 可配置成促使電壓表 306 在時間延遲 TD1 終止時測量電壓。在實施例中，在電壓的變化率在時間延遲 TD1 終止後大致變為零之後，控制器 310 促使電壓表 306 測量電壓。該時刻的電壓與 X 射線光子產生的載荷子的數量成比例，該數量與 X 射線光子的能量有關。控制器 310 可配置成基於電壓表 306 測量的電壓確定 X 射線光子的能量。確定能量的一個方式是通過使電壓裝倉。計數器 320 對於每個倉可具有子計數器。在控制器 310 確定 X 射線光子的能量落在倉中時，控制器 310 可促使該倉的子計數器中記錄的數目增加一。因此，系統 121 可能夠檢測 X 射線圖像並且可能夠分辨每個 X 射線光子的 X 射線光子能量。

在 TD1 終止後，控制器 310 在復位期 RST 使電極連接到電接地以允許電極上累積的載荷子流到地面並且使電壓重定。在 RST 之後，系統 121 準備檢測另一個入射 X 射線光子。系統 121 在圖 17 的示例中可以應對的入射 X 射線光子的速率隱式地受限於 $1/(TD1+RST)$ 。如果第一電壓比較器 301 被停用，控制器 310 可以在 RST 終止之前的任何時間啟動它。如果控制器 310 被停用，可在 RST 終止之前啟用它。

圖 18 示意示出在採用圖 17 中示出的方式操作的系統 121 中雜訊（例如，暗電流、背景輻射、散射 X 射線、螢光 X 射線、來自相鄰圖元的共用電荷）引起的流過電極的電流的時間變化（上曲線）和電極

的電壓的對應時間變化（下曲線）。在時間 t_0 ，雜訊開始。如果雜訊未大到足以促使電壓的絕對值超出 V_1 的絕對值，控制器 310 未啟動第二電壓比較器 302。如果在時間 t_1 雜訊大到足以促使電壓的絕對值超出如由第一電壓比較器 301 確定的 V_1 的絕對值，控制器 310 啟動時間延遲 TD_1 並且控制器 310 可在 TD_1 開始時停用第一電壓比較器 301。在 TD_1 期間（例如，在 TD_1 終止時），控制器 310 啟動第二電壓比較器 302。在 TD_1 期間，雜訊不太可能大到足以促使電壓的絕對值超出 V_2 的絕對值。因此，控制器 310 未促使計數器 320 記錄的數目增加。在時間 t_e ，雜訊結束。在時間 t_s ，時間延遲 TD_1 終止。控制器 310 可配置成在 TD_1 終止時停用第二電壓比較器 302。如果在 TD_1 期間電壓的絕對值未超出 V_2 的絕對值，控制器 310 可配置成未促使電壓表 306 測量電壓。在 TD_1 終止後，控制器 310 在復位期 RST 使電極連接到電接地以允許電極上由於雜訊而累積的載荷子流到地面並且使電壓重定。因此，系統 121 在雜訊抑制方面可非常有效。

圖 19 示意示出使用系統 121 操作來檢測處於比 $1/(TD_1+RST)$ 更高速率的入射 X 射線光子時由二極體或電阻器上入射的 X 射線光子產生的載荷子所引起的流過電極的電流的時間變化（上曲線）和電極的電壓的對應時間變化（下曲線）。電壓可以是電流關於時間的整合。在時間 t_0 ，X 射線光子撞擊二極體或電阻器，載荷子開始在二極體或電阻器中產生，電流開始流過二極體的電極或電阻器的電觸點，並且電極或電觸點的電壓的絕對值開始增加。在時間 t_1 ，第一電壓比較器 301 確定電壓的絕對值等於或超出第一閾值 V_1 的絕對值，並且控制器 310 啟動比時間延遲 TD_1 還短的時間延遲 TD_2 ，並且控制器 310 可在 TD_2

開始時停用第一電壓比較器 301。如果控制器 310 在 t_1 之前被停用，在 t_1 啟動控制器 310。在 TD2 期間（例如，在 TD2 終止時），控制器 310 啟動第二電壓比較器 302。如果在 TD2 期間，第二電壓比較器 302 確定在時間 t_2 電壓的絕對值等於或超出第二閾值的絕對值，控制器 310 促使計數器 320 記錄的數目增加一。在時間 t_e ，X 射線光子產生的所有載荷子漂移出 X 射線吸收層 110。在時間 t_h ，時間延遲 TD2 終止。在圖 19 的示例中，時間 t_h 在時間 t_e 之前；即 TD2 在 X 射線光子產生的所有載荷子漂移出 X 射線吸收層 110 之前終止。電壓的變化率從而在 t_h 大致為非零。控制器 310 可配置成在 TD2 終止時或在 t_2 或中間的任何時間停用第二電壓比較器 302。

控制器 310 可配置成從在 TD2 期間作為時間函數的電壓推斷在 t_e 的電壓並且使用推斷的電壓來確定 X 射線光子的能量。

在 TD2 終止後，控制器 310 在復位期 RST 使電極連接到電接地以允許電極上累積的載荷子流到地面並且使電壓重定。在實施例中，RST 在 t_e 之前終止。當 RST 在 t_e 之前終止時，RST 後電壓的變化率可因為 X 射線光子產生的所有載荷子未漂移出 X 射線吸收層 110 而大致為非零。電壓的變化率在 t_e 後大致變為零並且電壓在 t_e 後穩定為殘餘電壓 VR。在實施例中，RST 在 t_e 或 t_e 之後終止，並且 RST 後電壓的變化率可因為 X 射線光子產生的所有載荷子在 t_e 漂移出 X 射線吸收層 110 而大致為零。在 RST 後，系統 121 準備檢測另一個入射 X 射線光子。如果第一電壓比較器 301 被停用，控制器 310 可以在 RST 終止之前的任何時間啟動它。如果控制器 310 被停用，可在 RST 終止之前啟動它。

圖 20 示意示出在採用圖 19 中示出的方式操作的系統 121 中雜訊（例如，暗電流、背景輻射、散射 X 射線、螢光 X 射線、來自相鄰圖元的共用電荷）引起的流過電極的電流的時間變化（上曲線）和電極的電壓的對應時間變化（下曲線）。在時間 t_0 ，雜訊開始。如果雜訊未大到足以促使電壓的絕對值超出 V_1 的絕對值，控制器 310 未啟動第二電壓比較器 302。如果在時間 t_1 雜訊大到足以促使電壓的絕對值超出如由第一電壓比較器 301 確定的 V_1 的絕對值，控制器 310 啟動時間延遲 TD_2 並且控制器 310 可在 TD_2 開始時停用第一電壓比較器 301。在 TD_2 期間（例如，在 TD_2 終止時），控制器 310 啟動第二電壓比較器 302。在 TD_2 期間雜訊不太可能大到足以促使電壓的絕對值超出 V_2 的絕對值。因此，控制器 310 未促使計數器 320 記錄的數目增加一。在時間 t_e ，雜訊結束。在時間 t_h ，時間延遲 TD_2 終止。控制器 310 可配置成在 TD_2 終止時停用第二電壓比較器 302。在 TD_2 終止後，控制器 310 在復位期 RST 使電極連接到電接地以允許電極上由於雜訊而累積的載荷子流到地面並且使電壓重定。因此，系統 121 在雜訊抑制方面可非常有效。

圖 21 示意示出在採用圖 19 中示出的方式（其中 RST 在 t_e 之前終止）操作的系統 121 中由二極體或電阻器上入射的一系列 X 射線光子產生的載荷子所引起的流過電極的電流的時間變化（上曲線）和電極電壓的對應時間變化（下曲線）。由每個入射 X 射線光子產生的載荷子引起的電壓曲線在該光子之前偏移了殘餘電壓。殘餘電壓的絕對值隨每個入射光子而依次增加。當殘餘電壓的絕對值超出 V_1 時（參見圖 21 中的虛線矩形），控制器啟動時間延遲 TD_2 並且控制器 310 可在

TD2 開始時停用第一電壓比較器 301。如果在 TD2 期間在二極體或電阻器上沒有其他 X 射線光子入射，控制器在 TD2 結束時在復位時期 RST 期間使電極連接到電接地，由此使殘餘電壓重定。殘餘電壓從而未促使計數器 320 記錄的數目增加。

儘管本文公開各種方面和實施例，其他方面和實施例對於本領域內技術人員將變得明顯。本文公開的各種方面和實施例是為了說明目的而不意在為限制性的，其真正範圍和精神由下列權利要求指示。

【符號說明】

100	檢測器
110	X射線吸收層
111	第一摻雜區
112	本征區
113	第二摻雜區
114	離散區
119A	電觸點
119B	電觸點
119C	電觸點
119D	接合墊
119E	傳輸線
120	電子層
121	電子系統
122	襯底
124	第一表面
125	電觸點

126	通孔
128	第二表面
129	電觸點
130	填充材料
131	通孔
150	圖元
199	焊料凸點
300	二極體
301	第一電壓比較器
302	第二電壓比較器
305	開關
306	電壓表
309	電容器模組
310	控制器
320	計數器
400	襯底
410	接觸墊
430	接觸墊
500	印刷電路板
600	印刷電路板
810	晶片
820	支承晶圓
830	襯底
891	電觸點
892	接合墊

893	傳輸線
894	電觸點
895	傳輸線
910	晶片
920	支承晶圓
925	基體
930	襯底
1201	X射線源
1202	物體
1301	X射線源
1302	物體
1401	X射線源
1402	物體
1501	X射線源
1502	行李
1601	X射線源
1602	人
1701	X射線源
1801	電子源
1802	樣本
1803	電子光學系統
RST	復位期
t0、t1、t2、te、th、ts	時間
TD1	時間延遲
TD2	時間延遲

V1	第一閾值
V2	第二閾值
VR	殘餘電壓

申請專利範圍

1. 一種用於製作適合於檢測 X 射線的裝置的方法，所述方法包括：

使多個晶片接合到襯底；

其中所述襯底包括 X 射線吸收層，其包括第一多個電觸點；

其中所述多個晶片中的每個包括電子層，其包括第二多個電觸點和電子系統，其配置成處理或解釋所述 X 射線吸收層上入射的 X 射線光子產生的信號；

使所述第一多個電觸點與所述第二多個電觸點對齊；

將所述晶片安裝到所述襯底使得所述第一多個電觸點電連接到所述第二多個電觸點；

其中所述第二多個電觸點配置成將所述信號饋送到所述電子系統。

2. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其進一步包括使所述多個晶片附連到支承晶圓。

3. 如申請專利範圍第 2 項之方法，其中所述多個晶片利用粘合劑附連到支承晶圓。

4. 如申請專利範圍第 2 項之方法，其中所述多個晶片在所述多個晶片安裝到所述襯底後附連到所述支承晶圓。

5. 如申請專利範圍第 2 項之方法，其中所述多個晶片安裝到第二襯

底。

6. 如申請專利範圍第 2 項之方法，其中所述方法進一步包括去除所述支承晶圓。

7. 如申請專利範圍第 6 項之方法，其中去除所述支承晶圓包括研磨或蝕刻所述支承晶圓。

8. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其進一步包括在基體中封裝所述多個晶片。

9. 如申請專利範圍第 8 項之方法，其中所述基體包括聚合物或玻璃。

10. 如申請專利範圍第 8 項之方法，其中所述基體填充所述充晶片之間的間隙。

11. 如申請專利範圍第 8 項之方法，其進一步包括使所述晶片中的每個的表面暴露。

12. 如申請專利範圍第 11 項之方法，其中將所述晶片安裝到所述襯底包括安裝已封裝在基體中的晶片。

13. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中所述電子層包括延伸到與所述 X 射線吸收層相對的表面的通孔。

14. 如申請專利範圍第 13 項之方法，其進一步包括使所述通孔與插入襯底上的接觸墊對齊，並且使所述晶片接合到所述插入襯底使得所述通孔電連接到所述接觸墊。

15. 如申請專利範圍第 14 項之方法，其中所述插入襯底包括傳輸線，其電連接到所述接觸墊並且配置成將所述接觸墊上的信號路由到所述

插入襯底邊緣上的接合墊。

16. 如申請專利範圍第 15 項之方法，其進一步包括將所述插入襯底安裝到印刷電路板或與印刷電路板並排安置所述插入襯底。

17. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中所述電子層包括第三多個電觸點，其配置成讀取來自所述電子系統的輸出或向電子系統提供電力或參考電壓。

18. 如申請專利範圍第 17 項之方法，其中所述 X 射線吸收層包括第四多個電觸點，其配置成在所述晶片安裝到所述襯底時與所述第三電觸點連接。

19. 如申請專利範圍第 18 項之方法，其中所述 X 射線吸收層進一步包括傳輸線，其配置成將所述第四多個電觸點處的信號路由到所述 X 射線吸收層上的接觸墊。

圖式

100 ↗

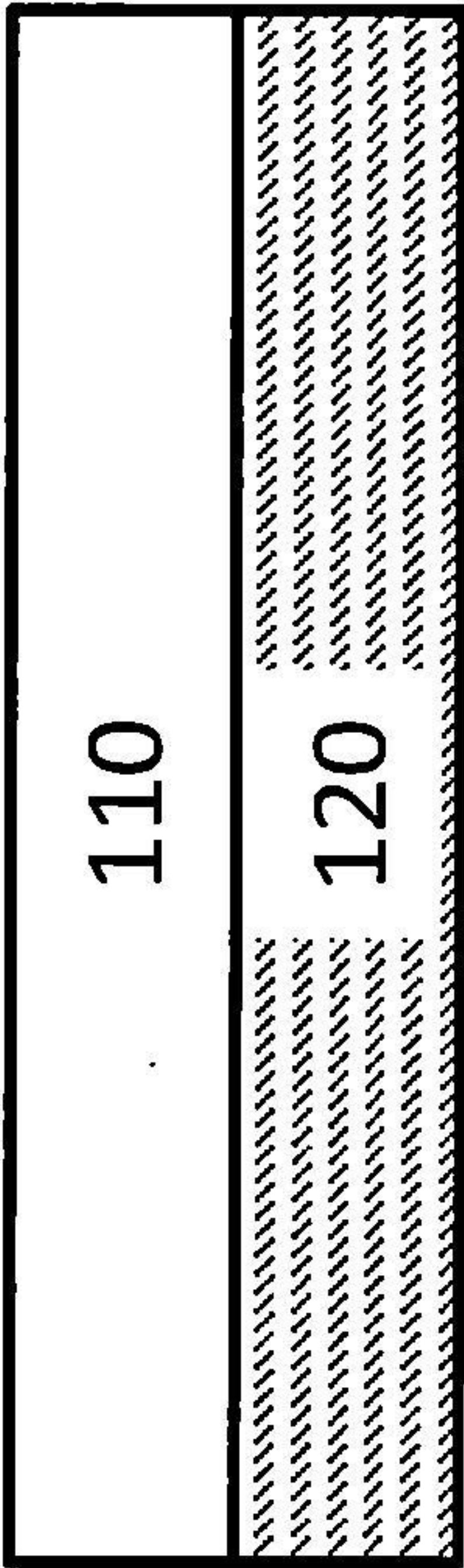


圖 1A

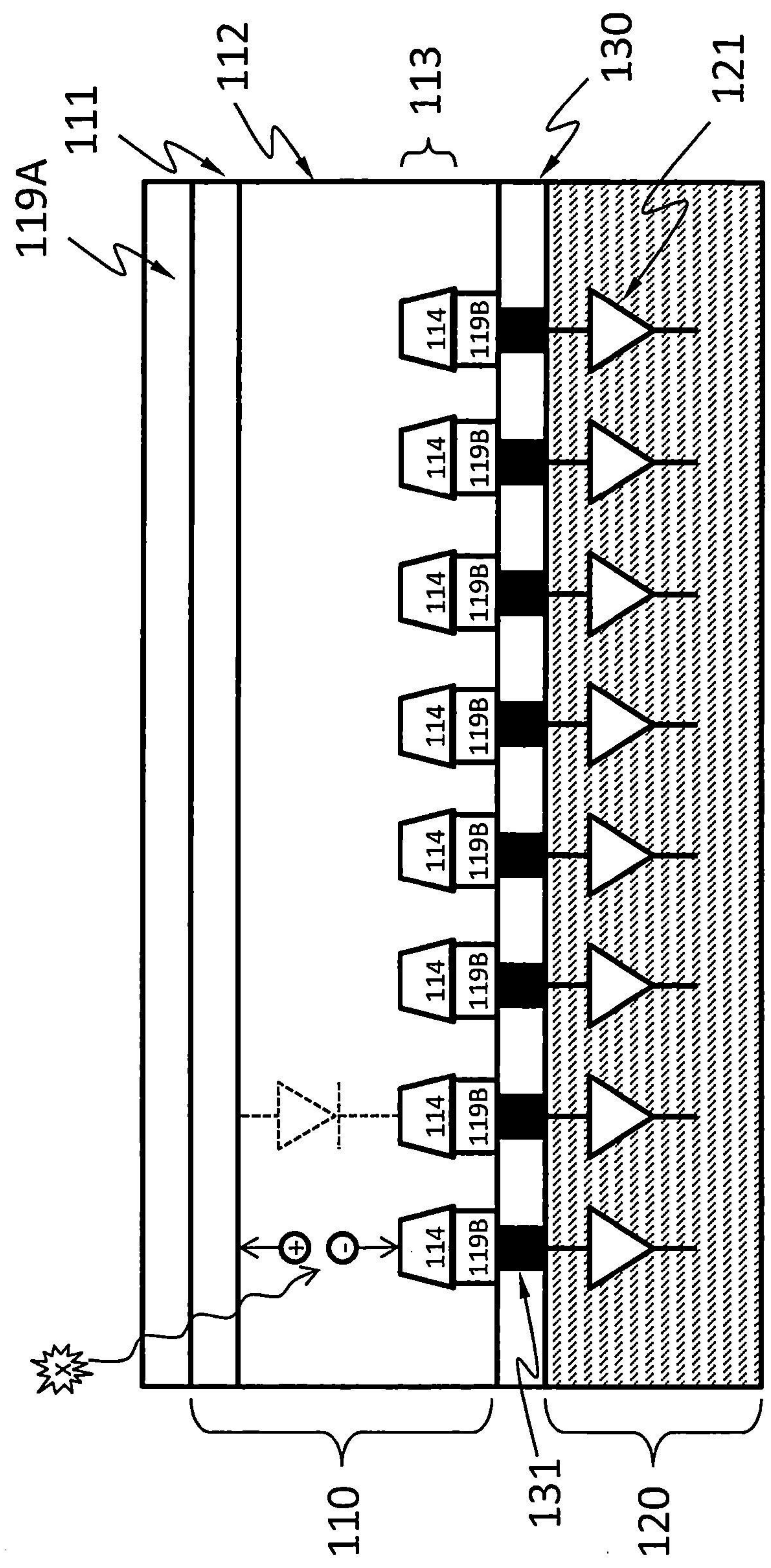


圖 1B

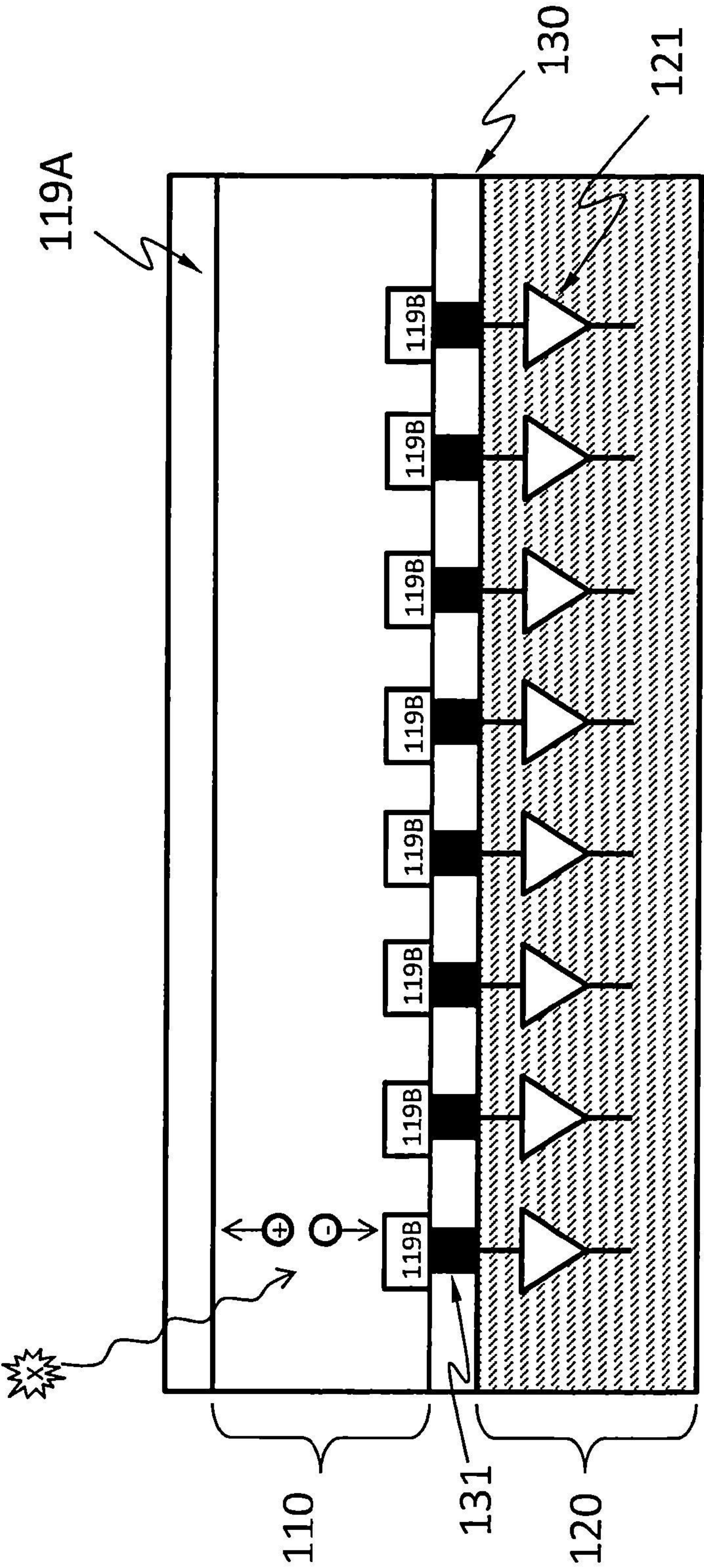


圖 1C

100 ↗

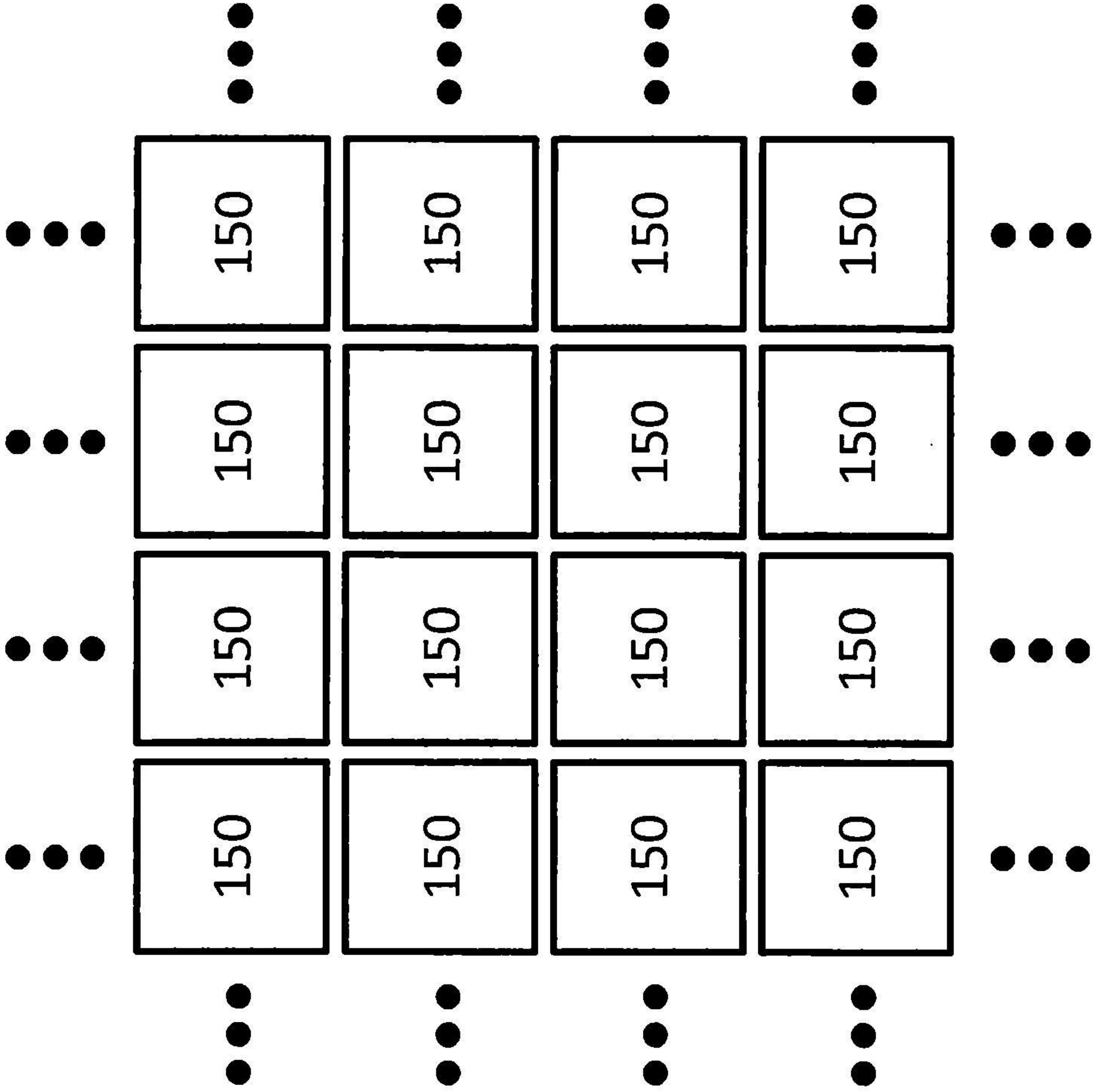


圖 2

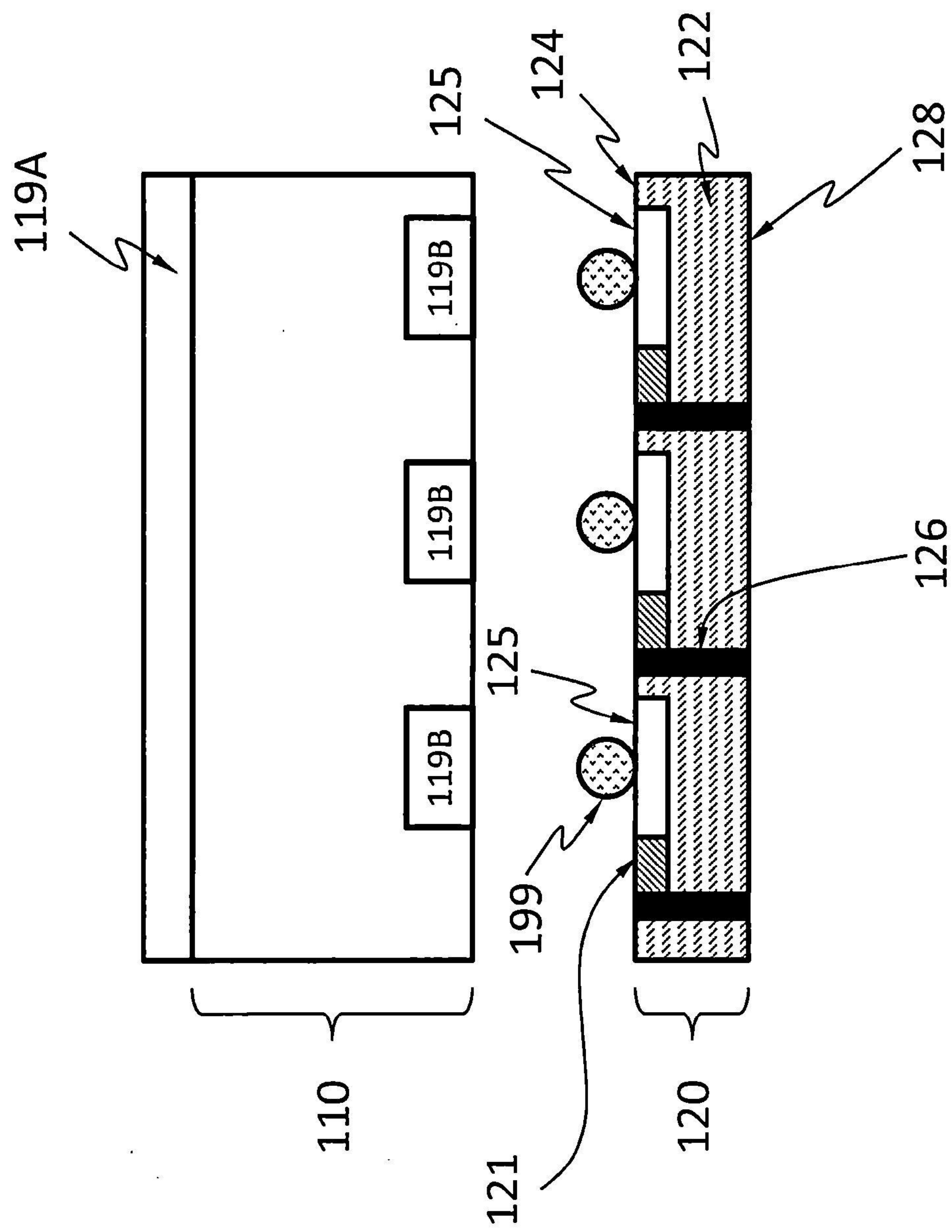


圖 3

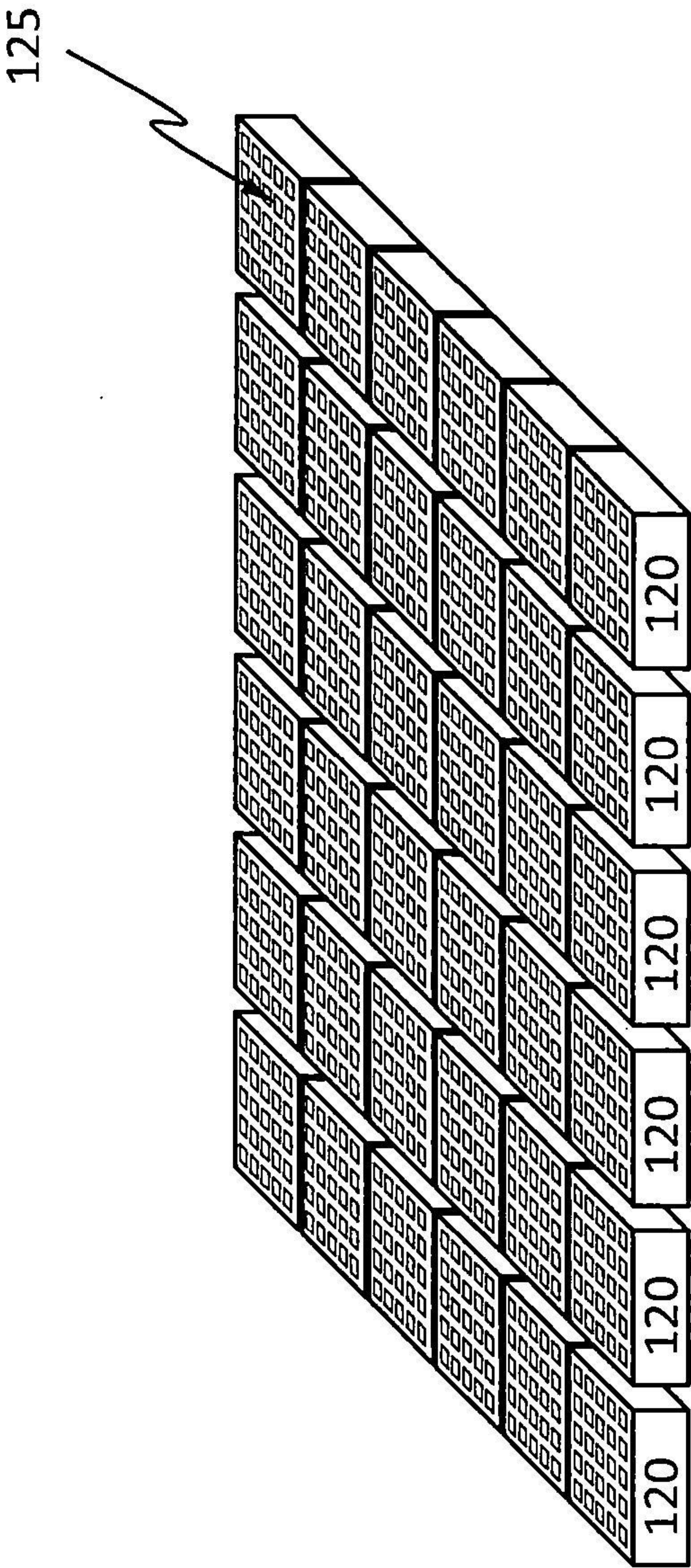


圖 4A

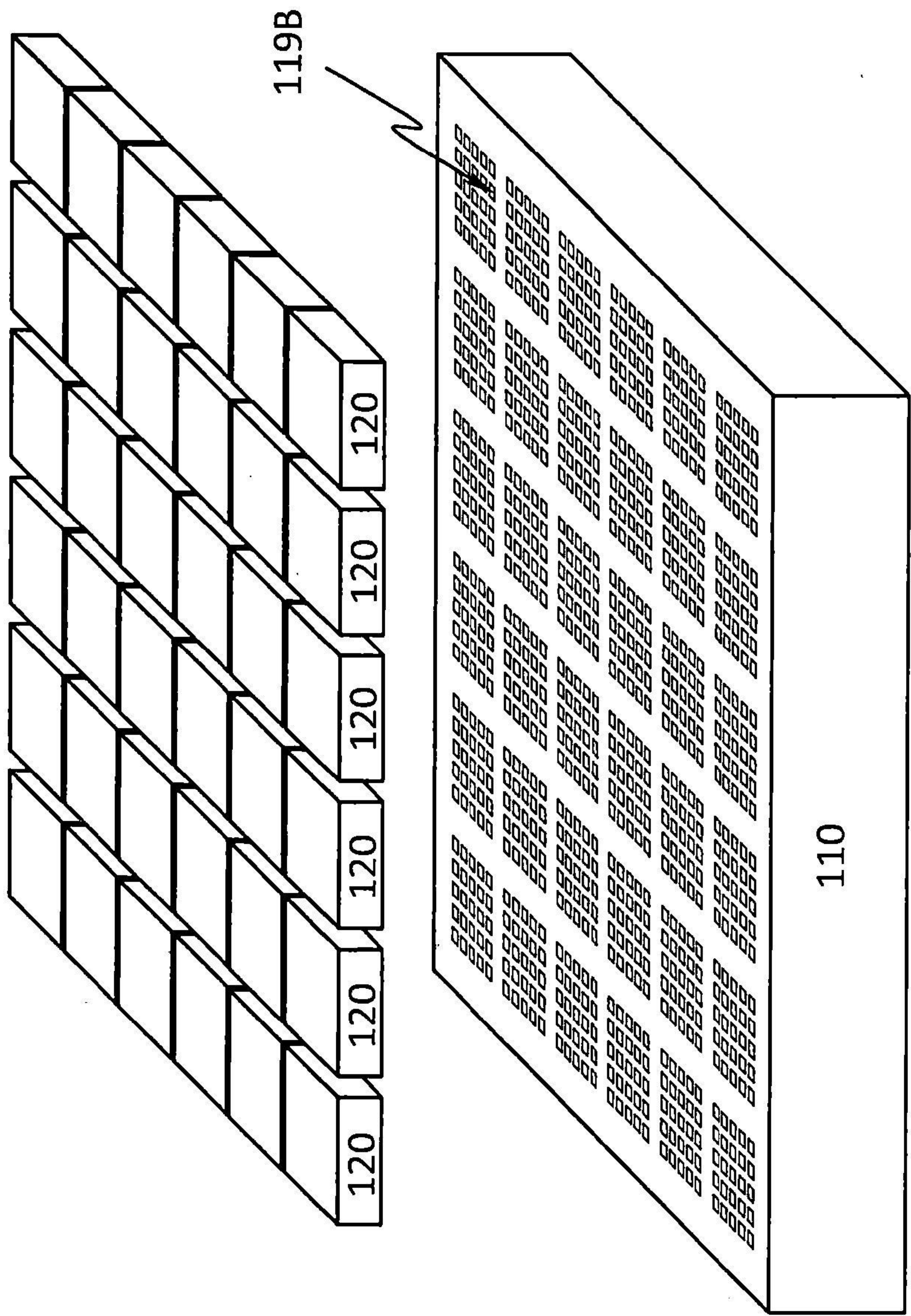


圖 4B

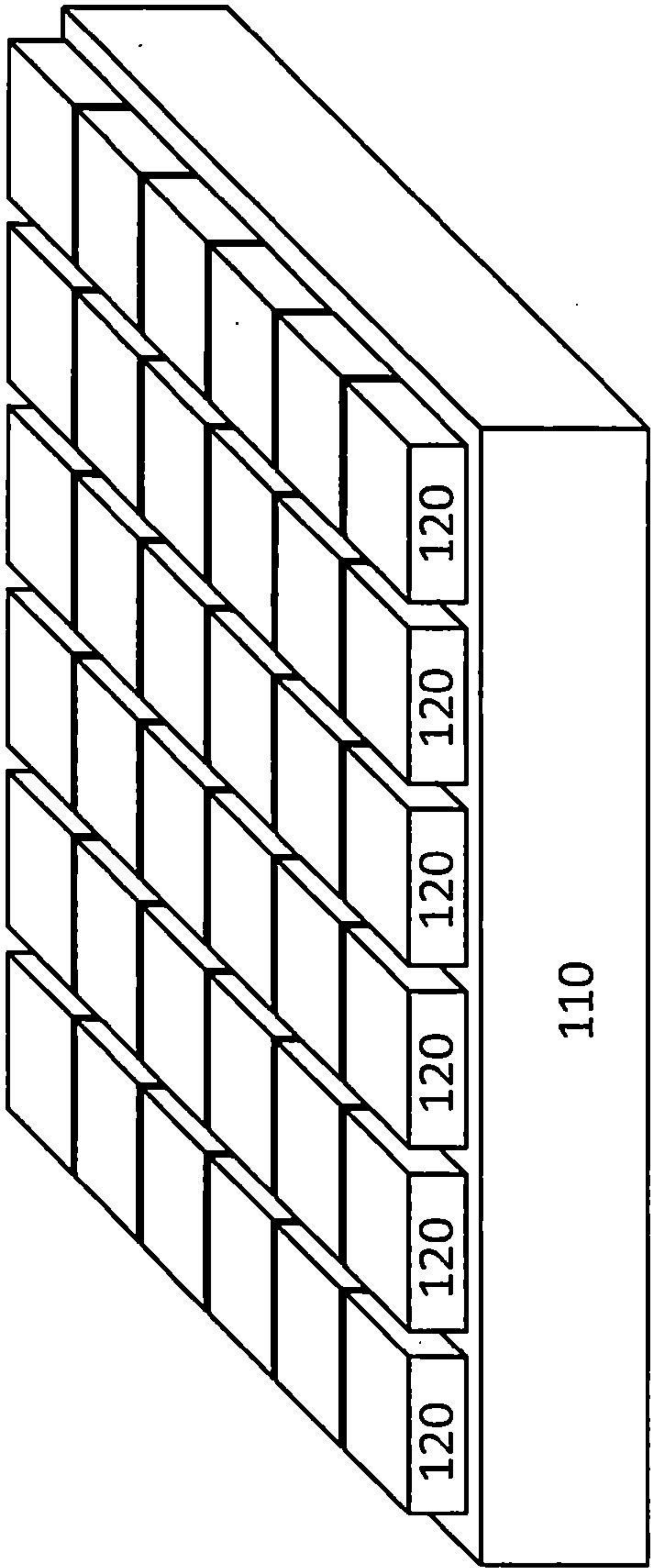


圖 4C

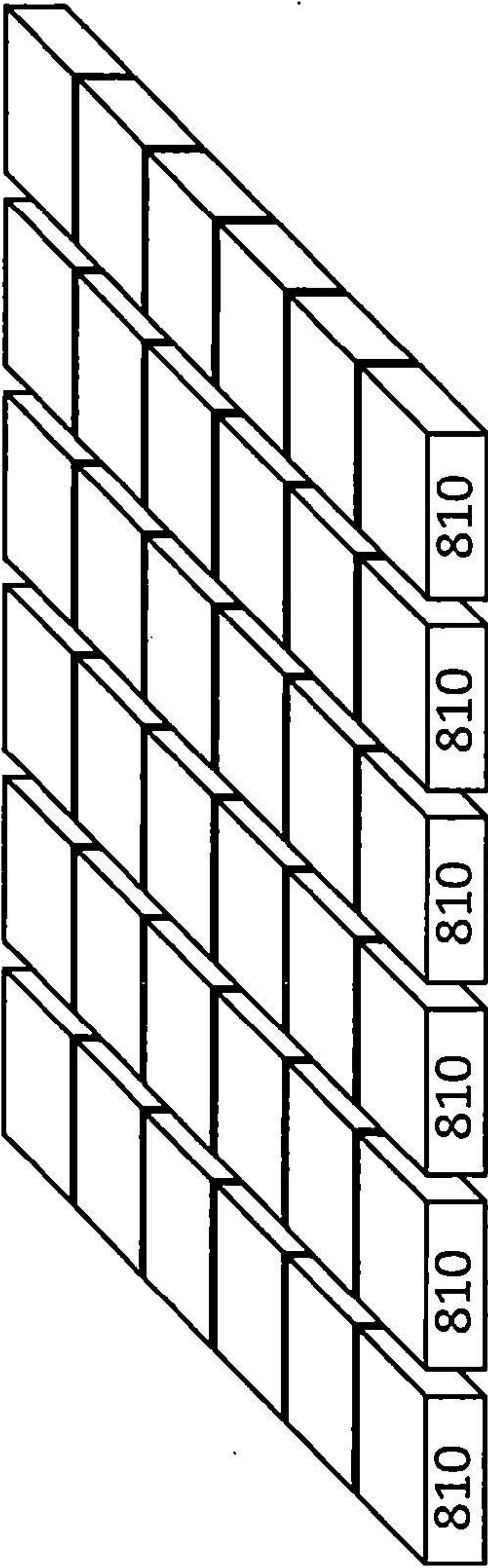


圖 5A

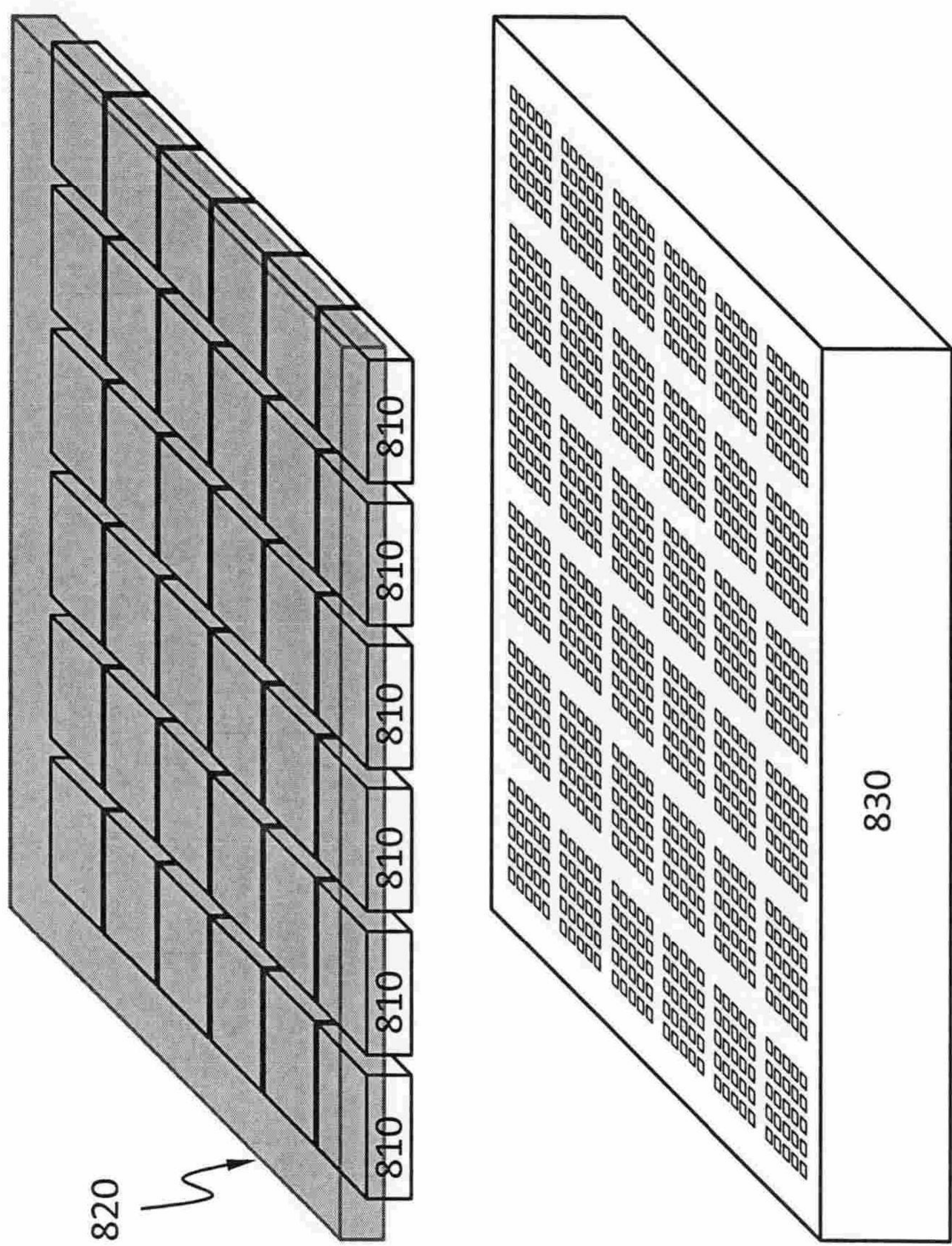


圖 5B

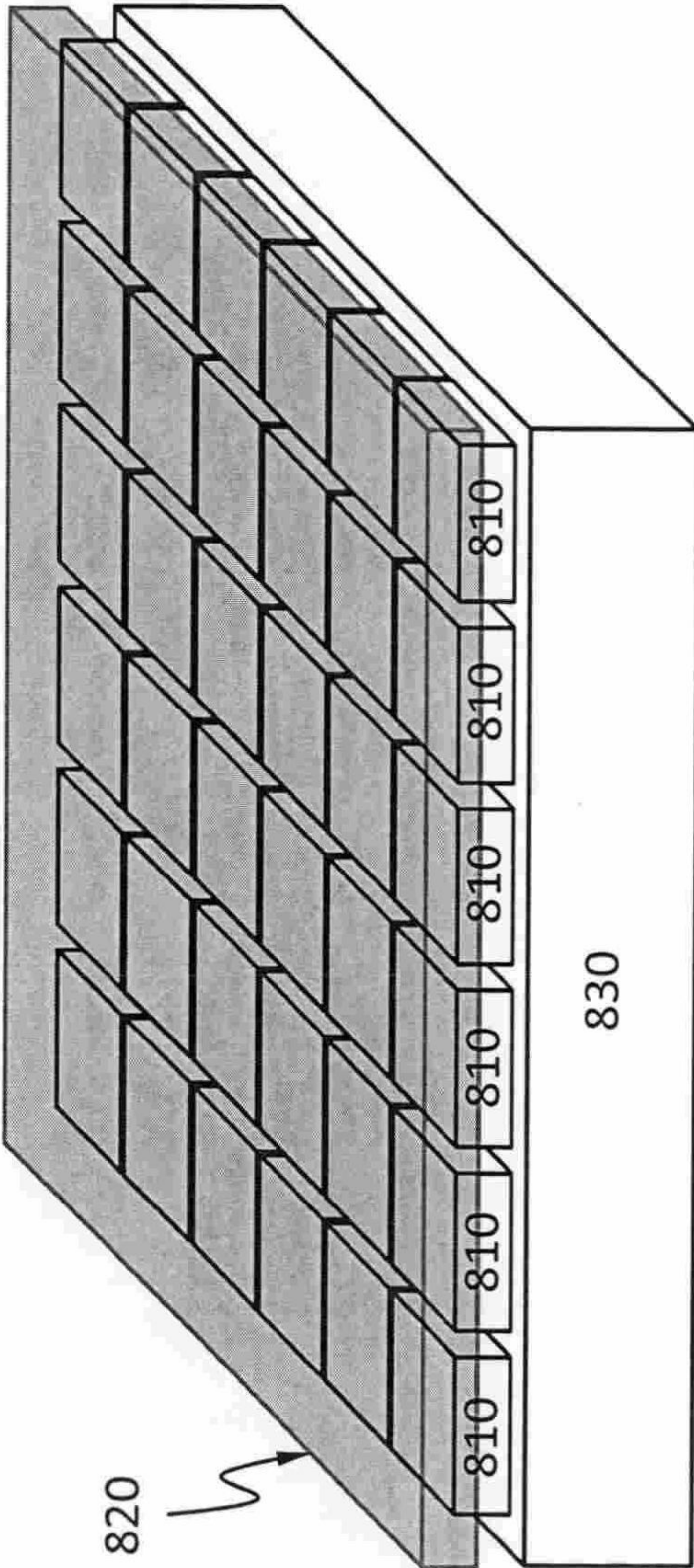


圖 5C

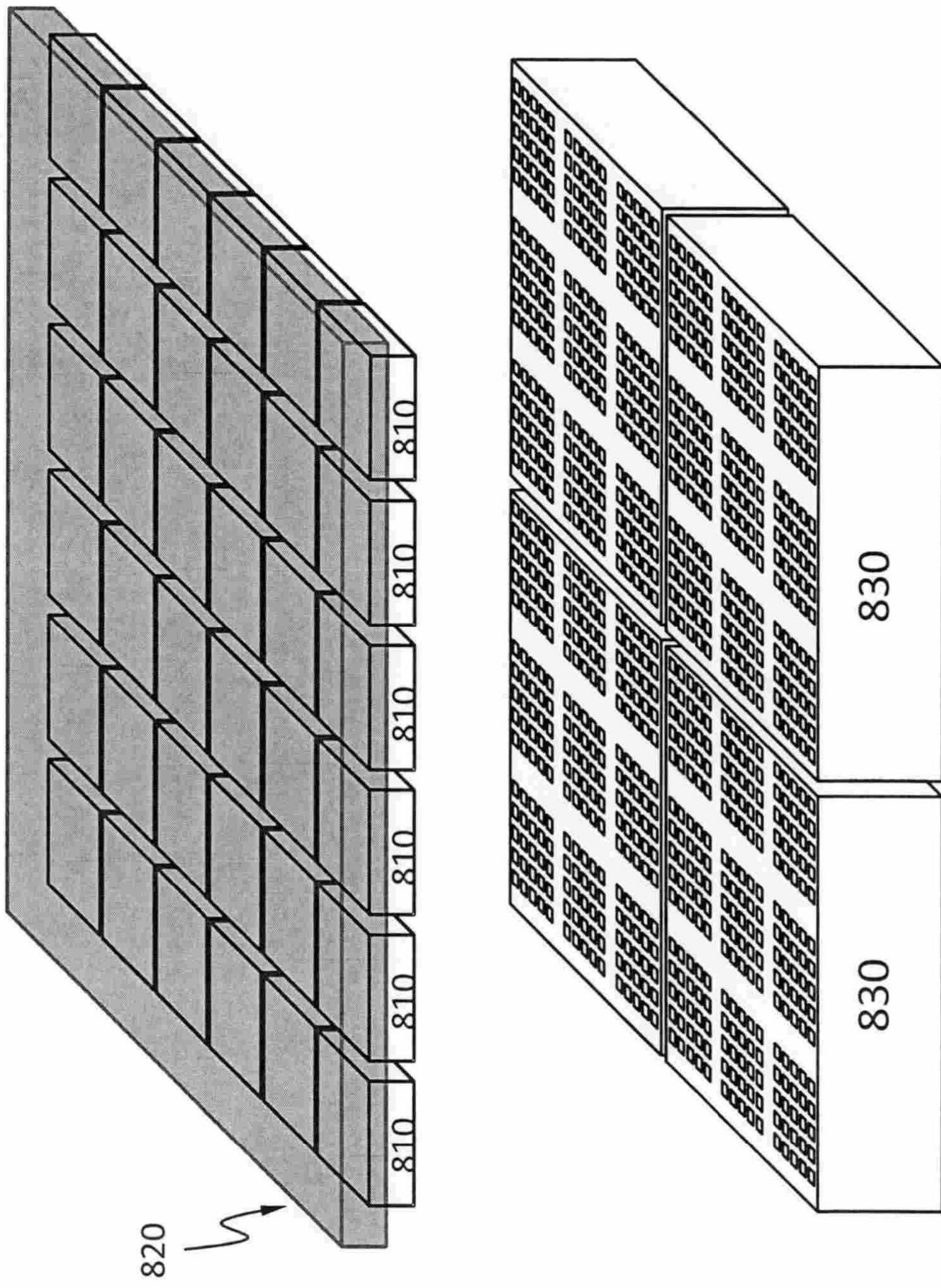


圖 5D

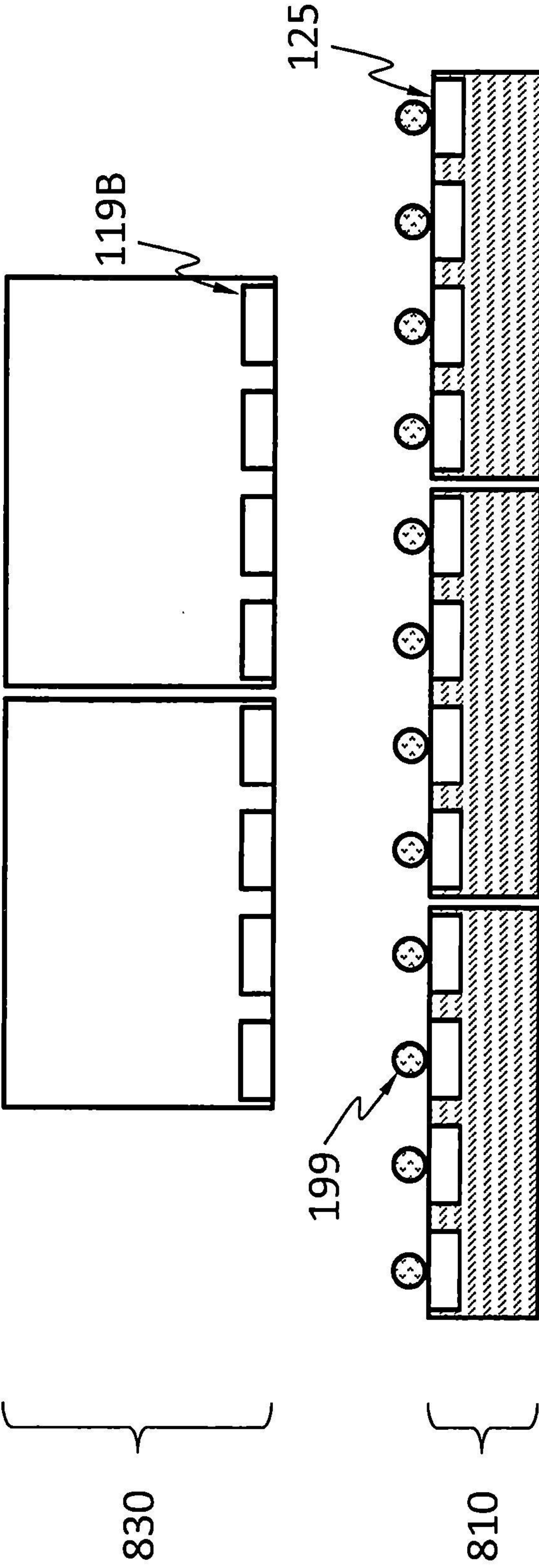


圖 5E

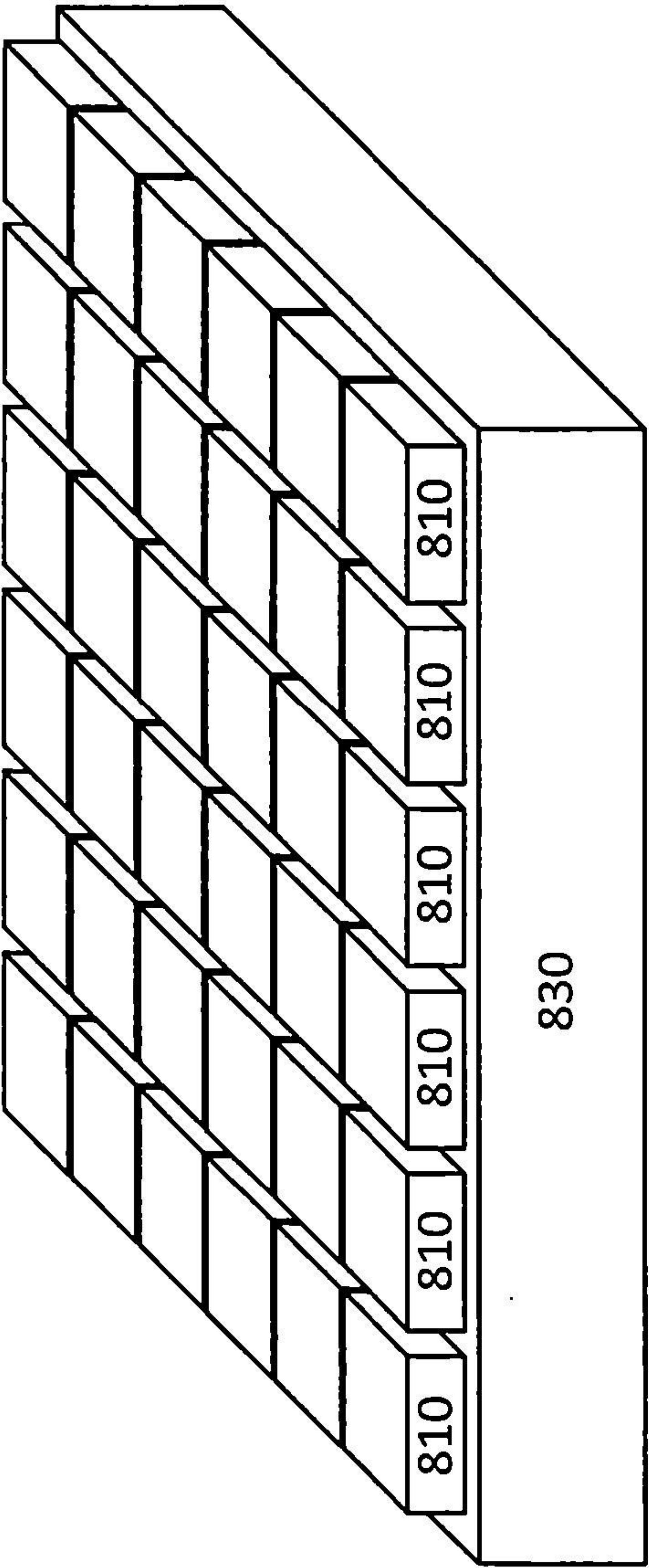


圖 5F

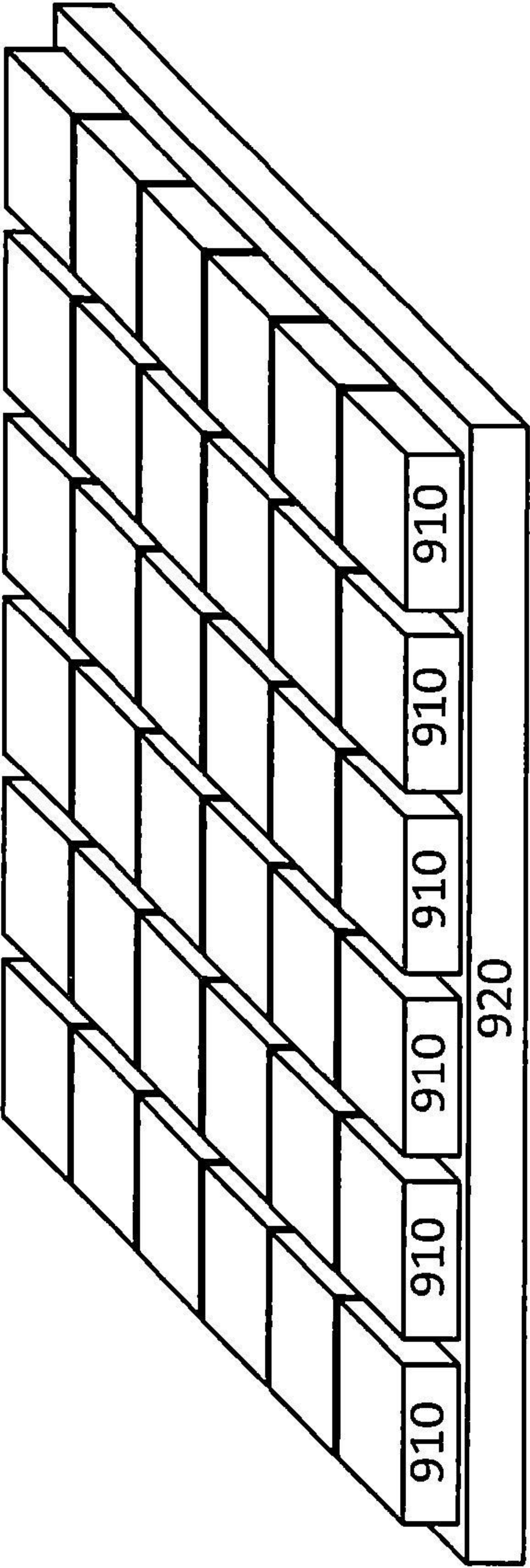


圖 6A

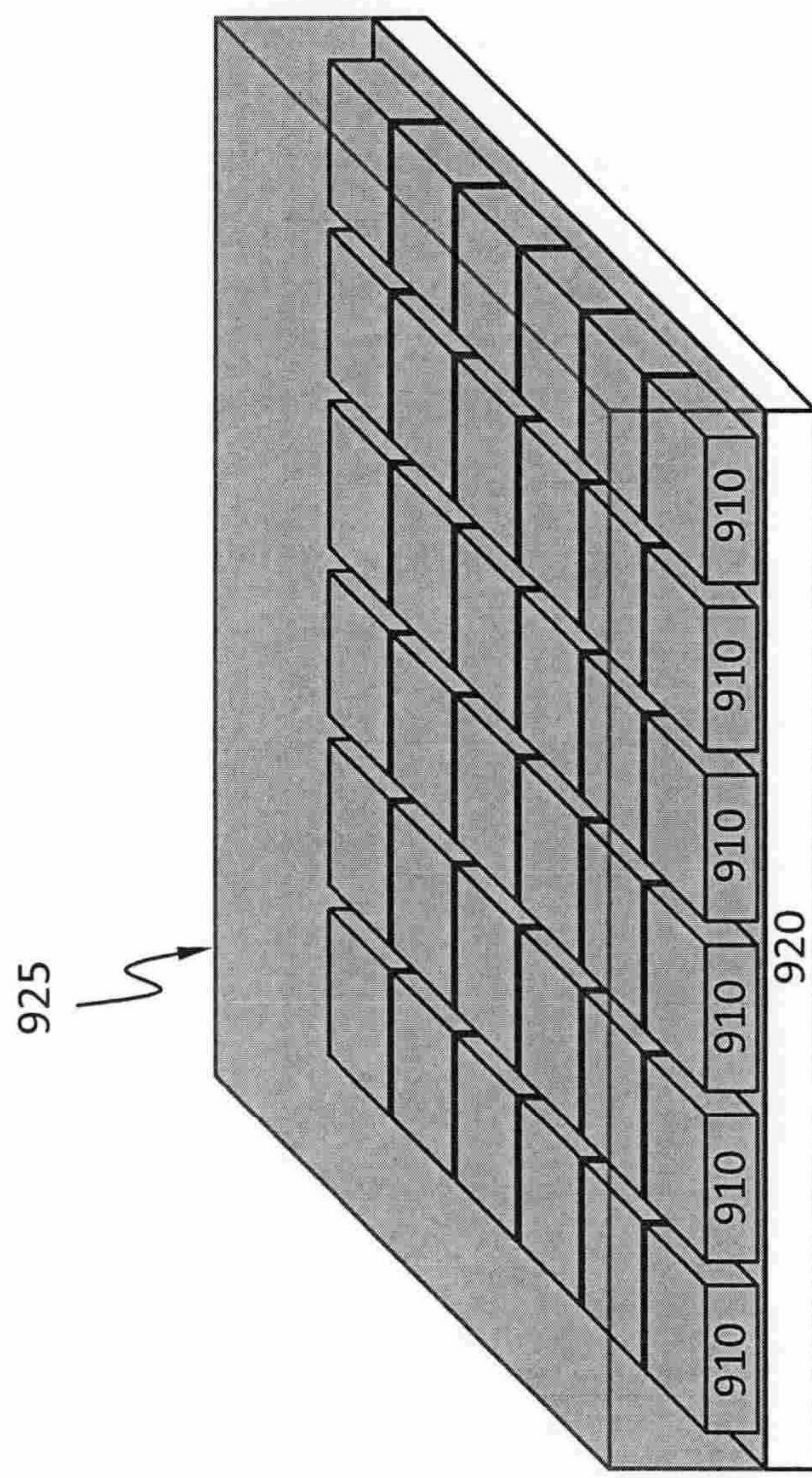


圖 6B

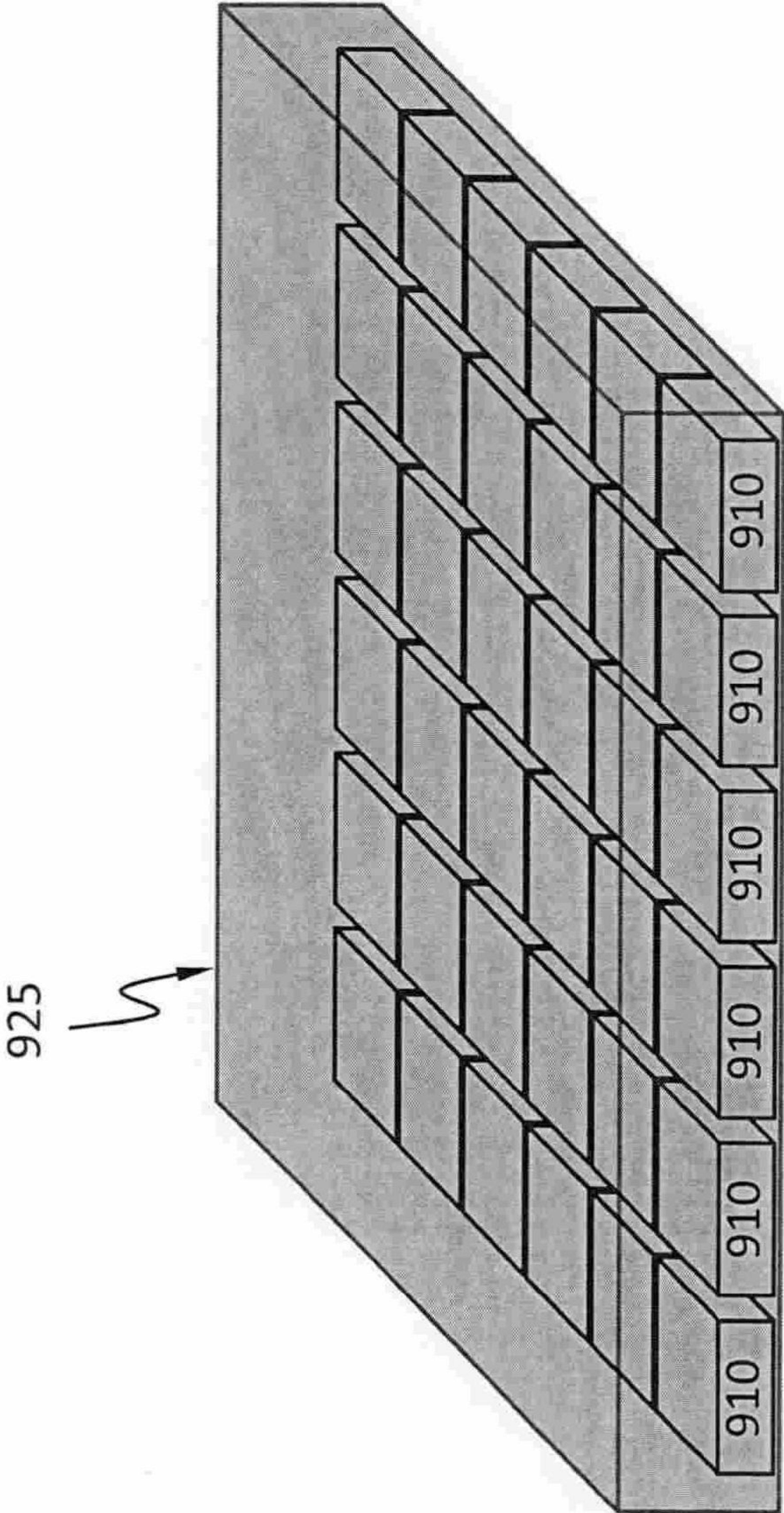


圖 6C

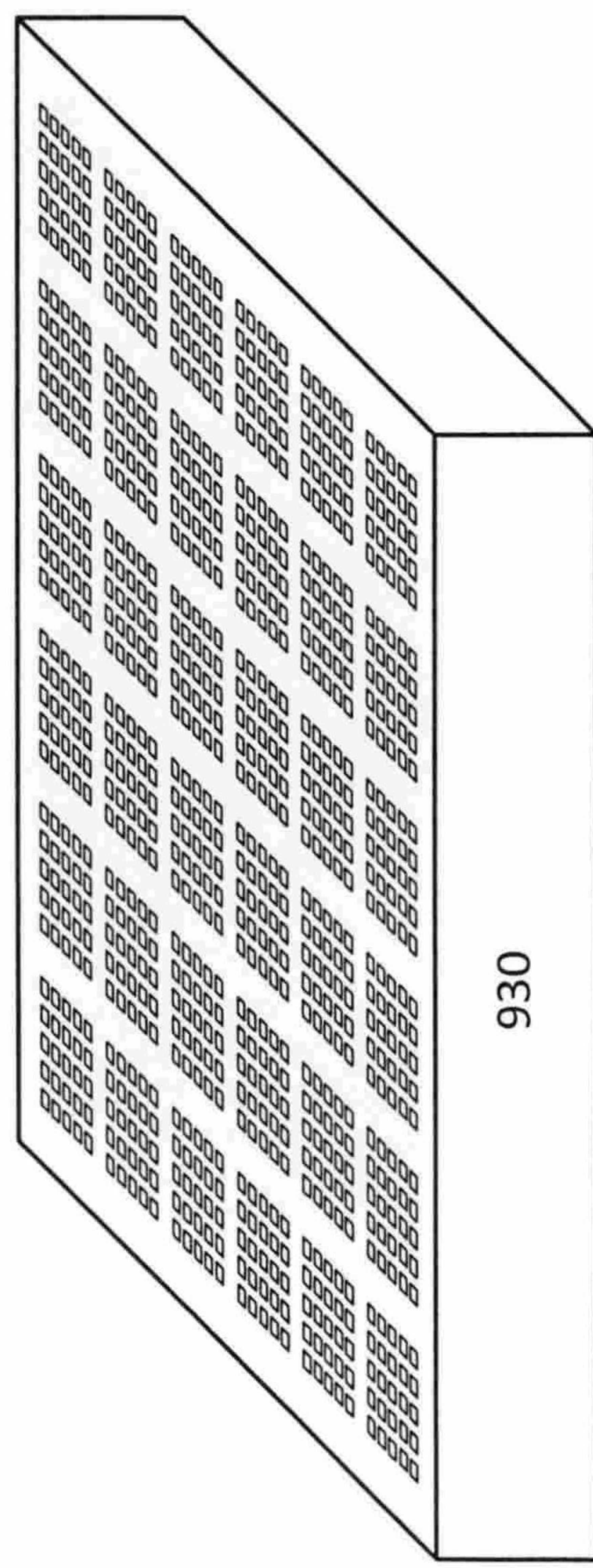
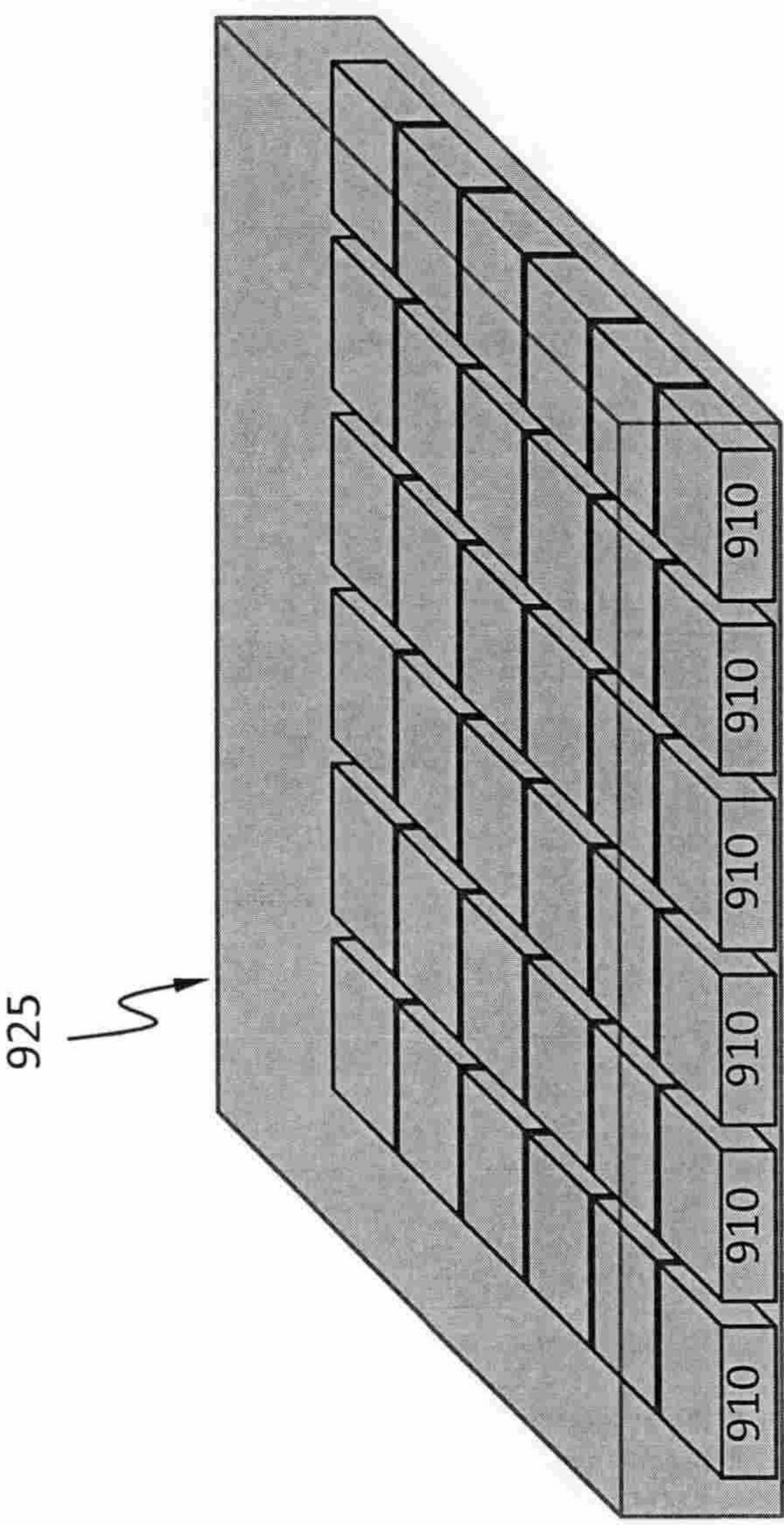


圖 6D

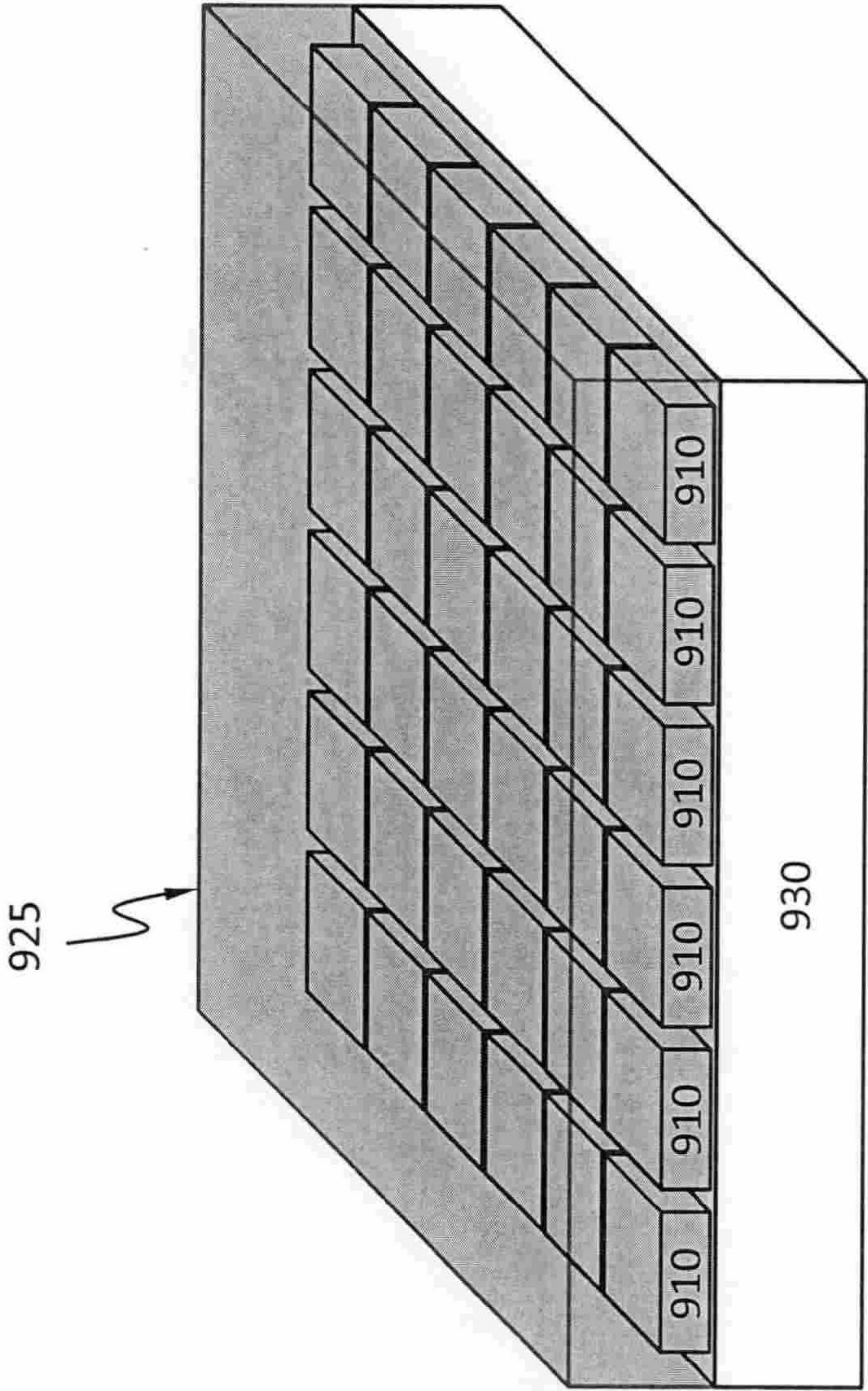


圖 6E

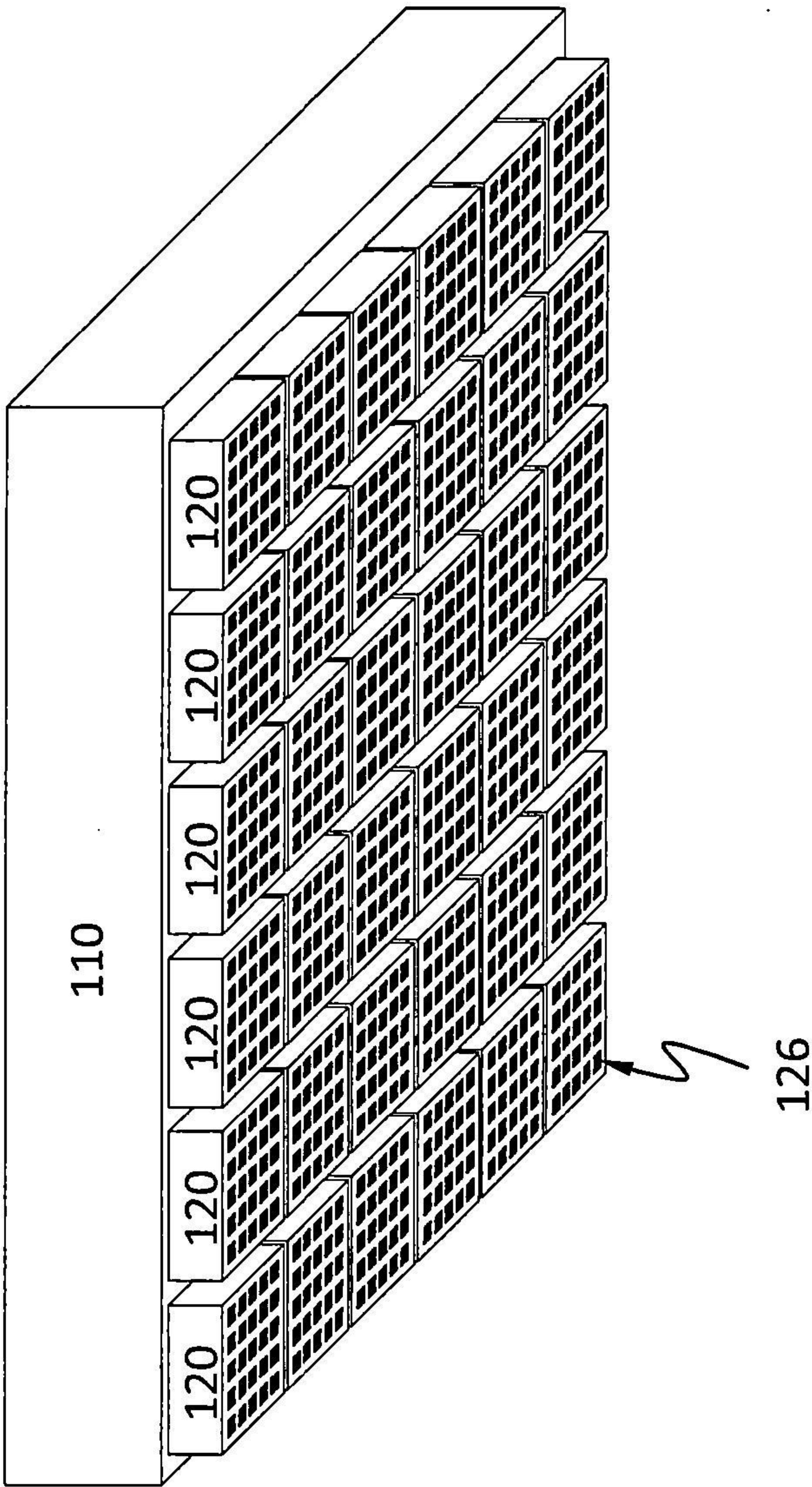


圖 7A

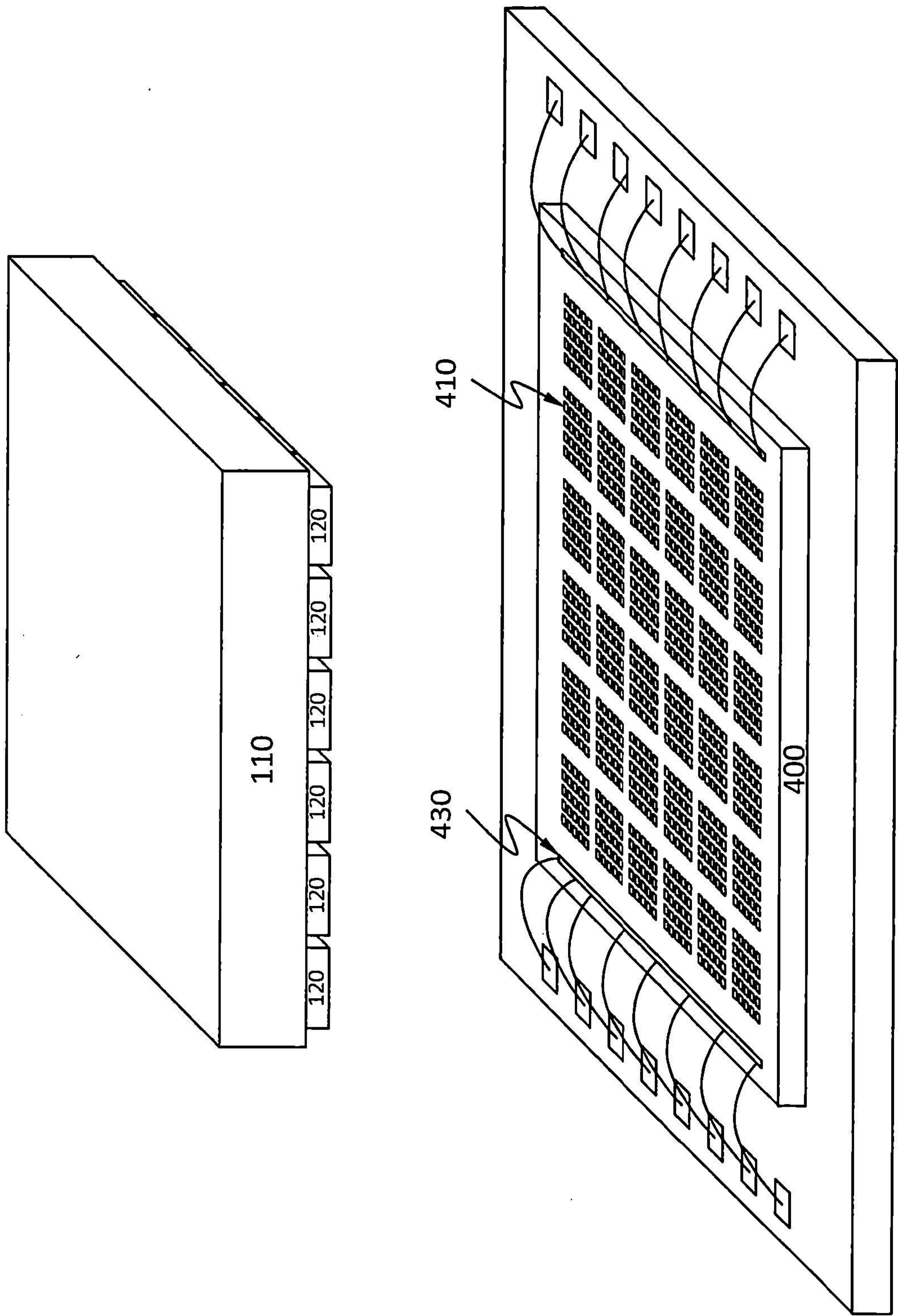


圖 7B

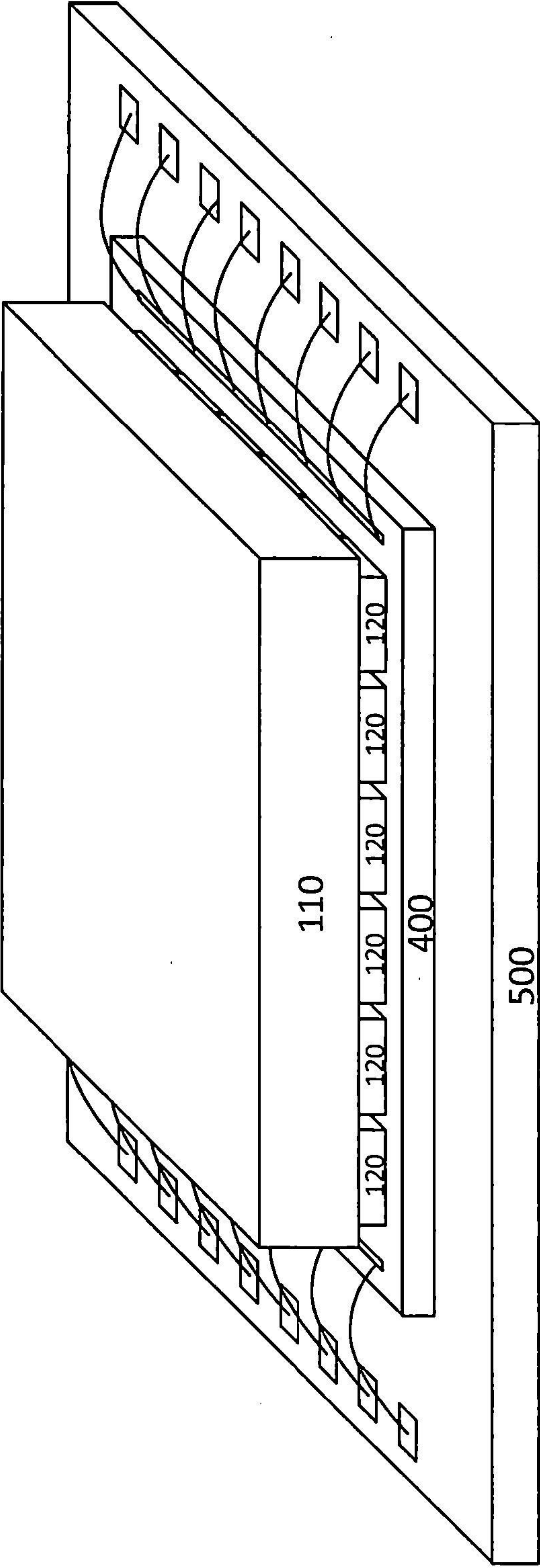


圖 7C

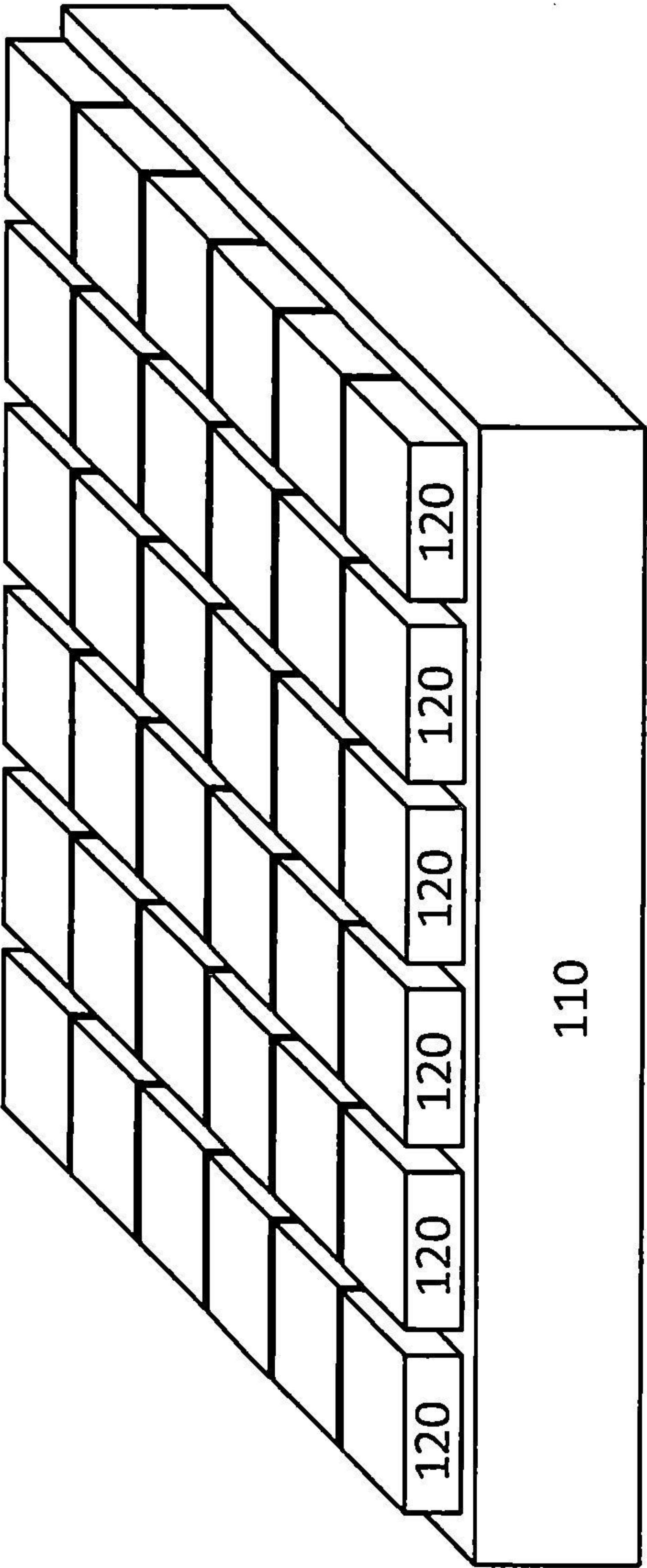


圖 8A

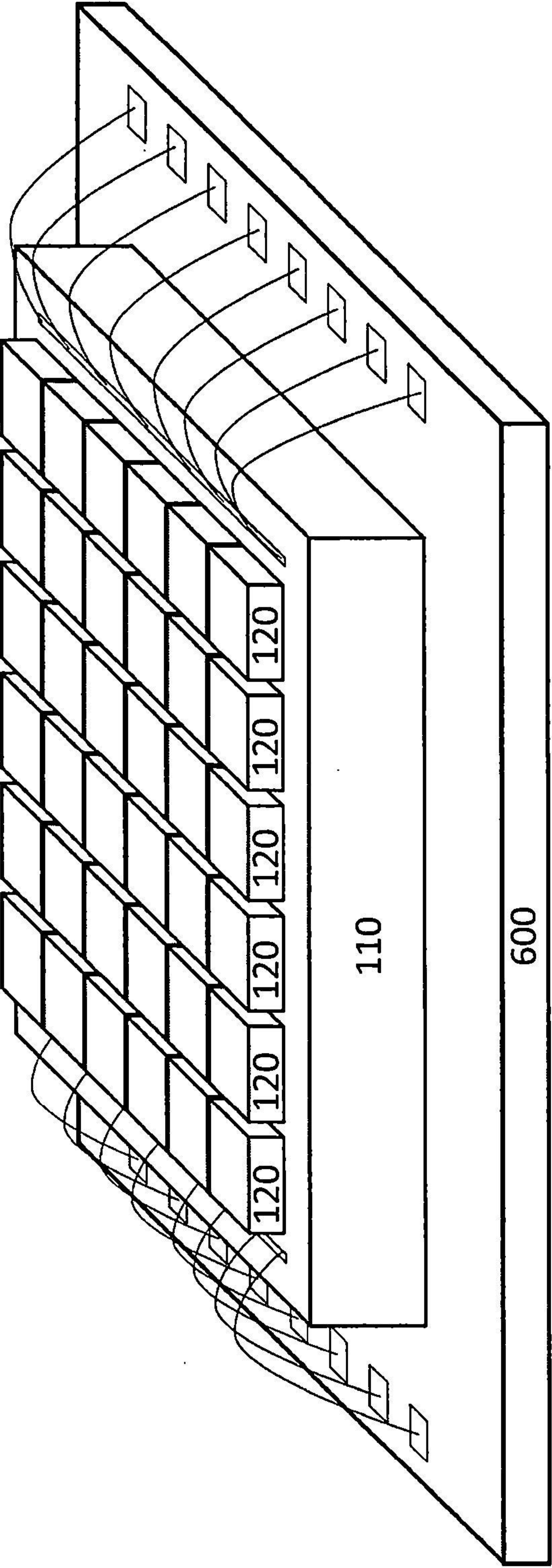


圖 8B

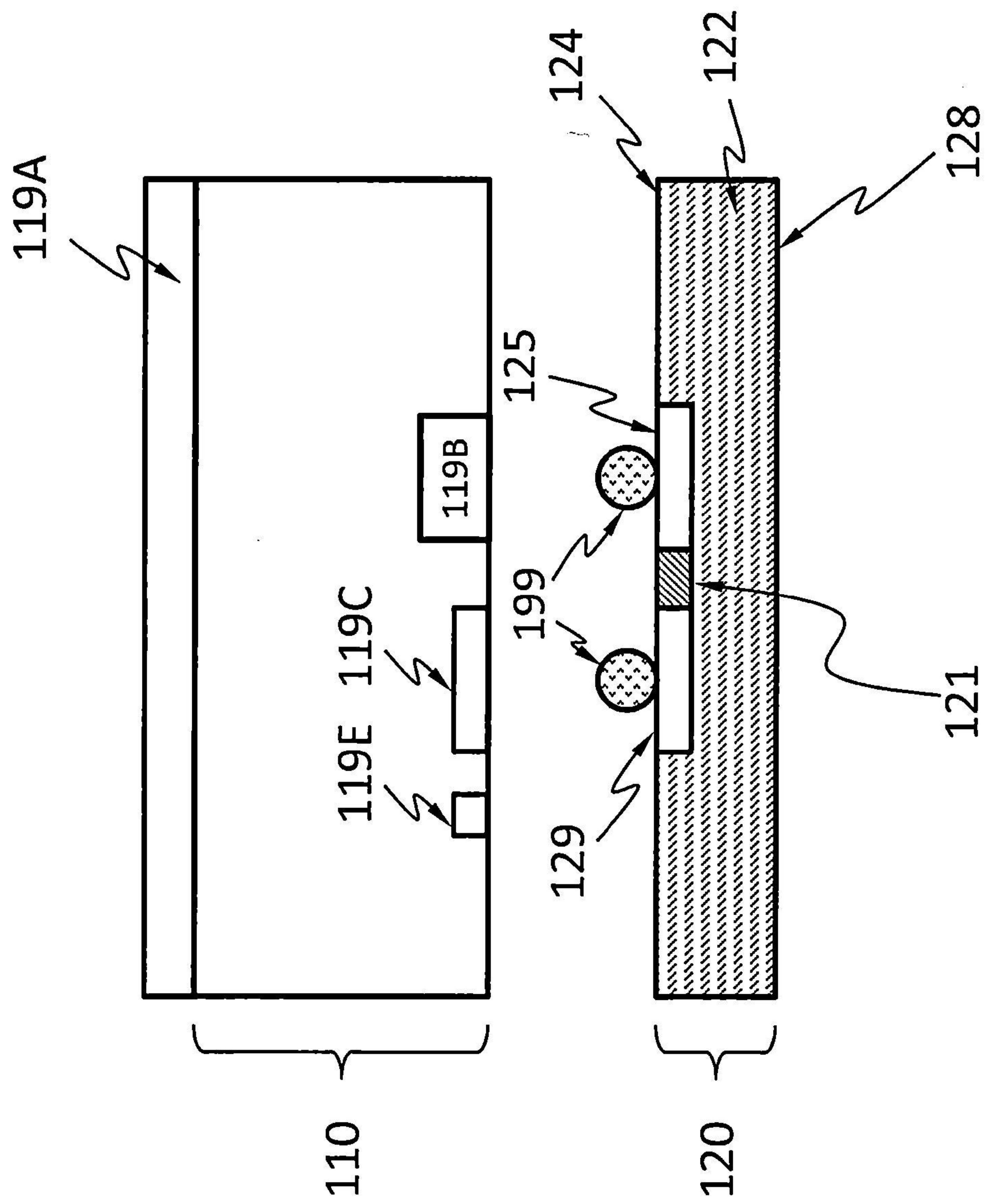


圖 8C

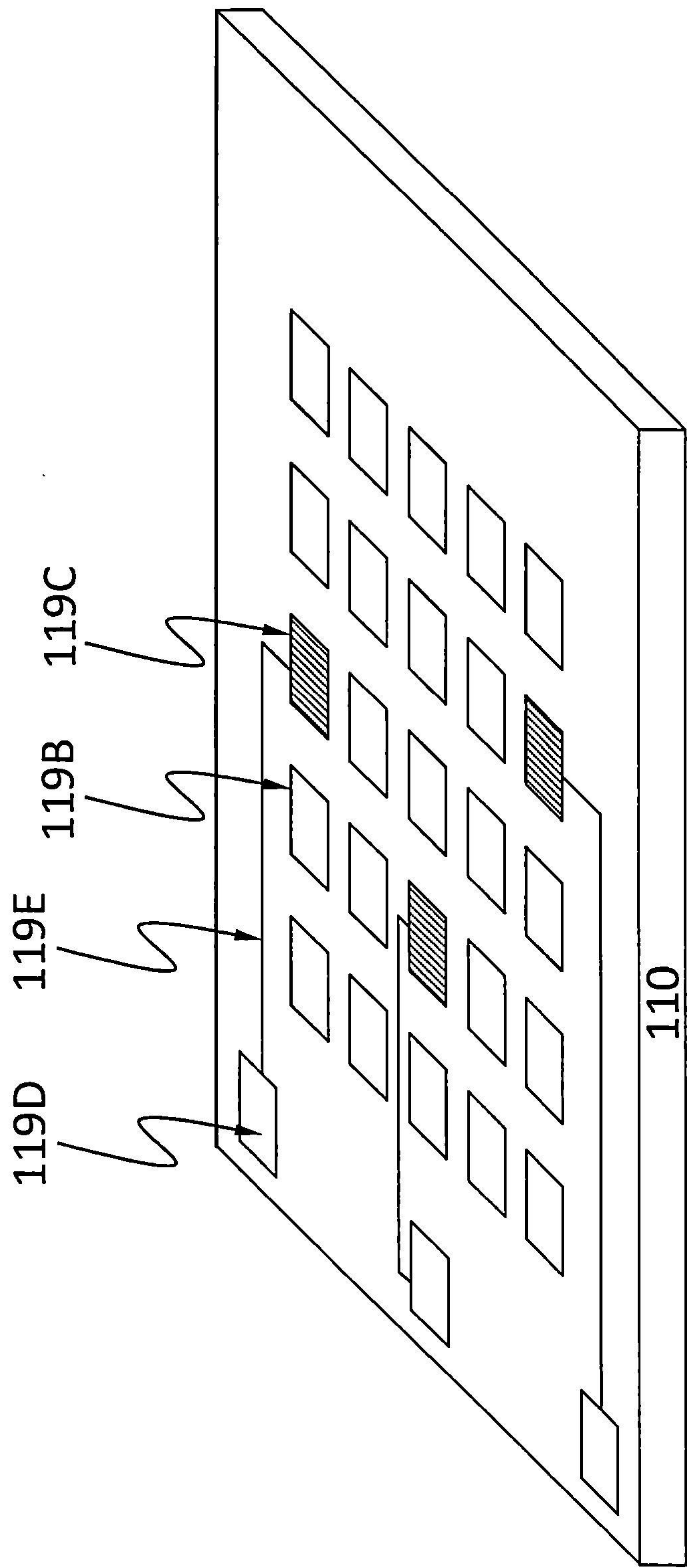


圖 8D

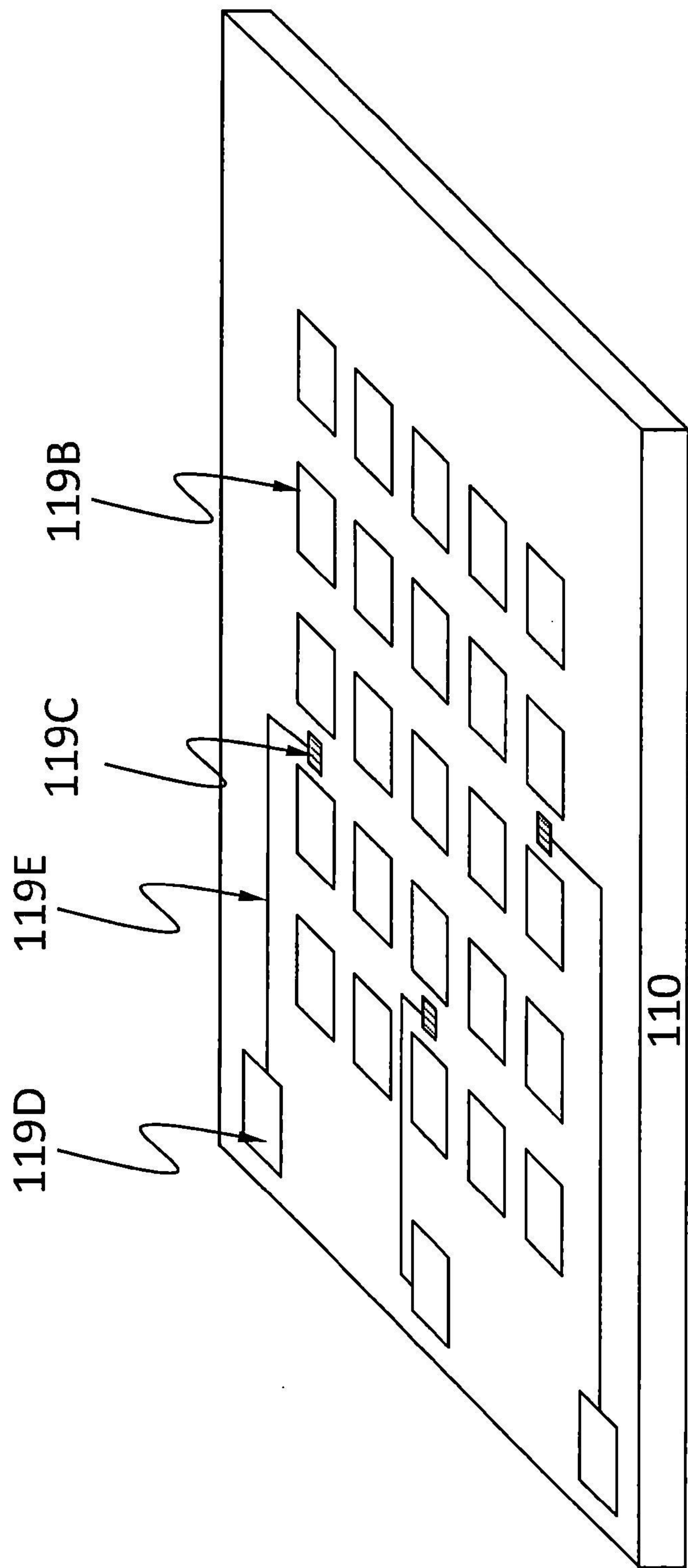


圖 8E

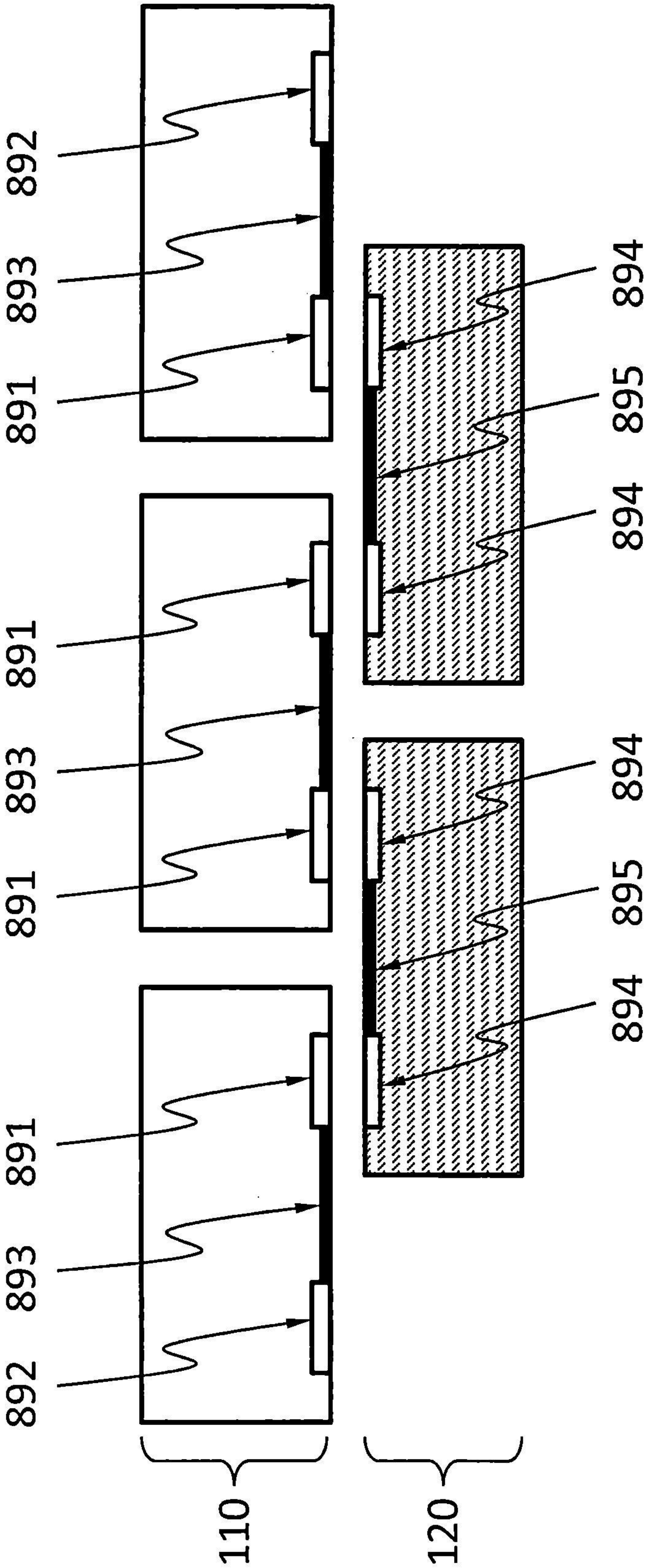


圖 8F

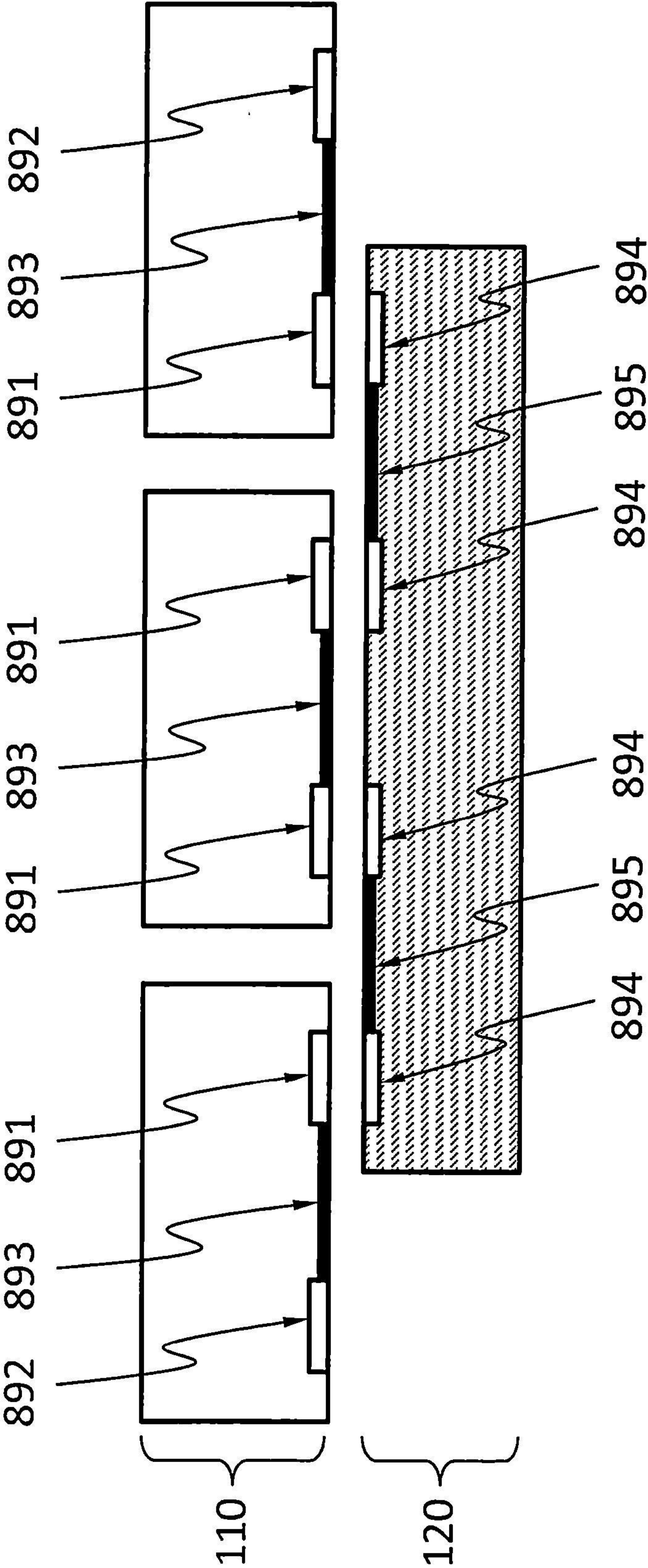


圖 8G

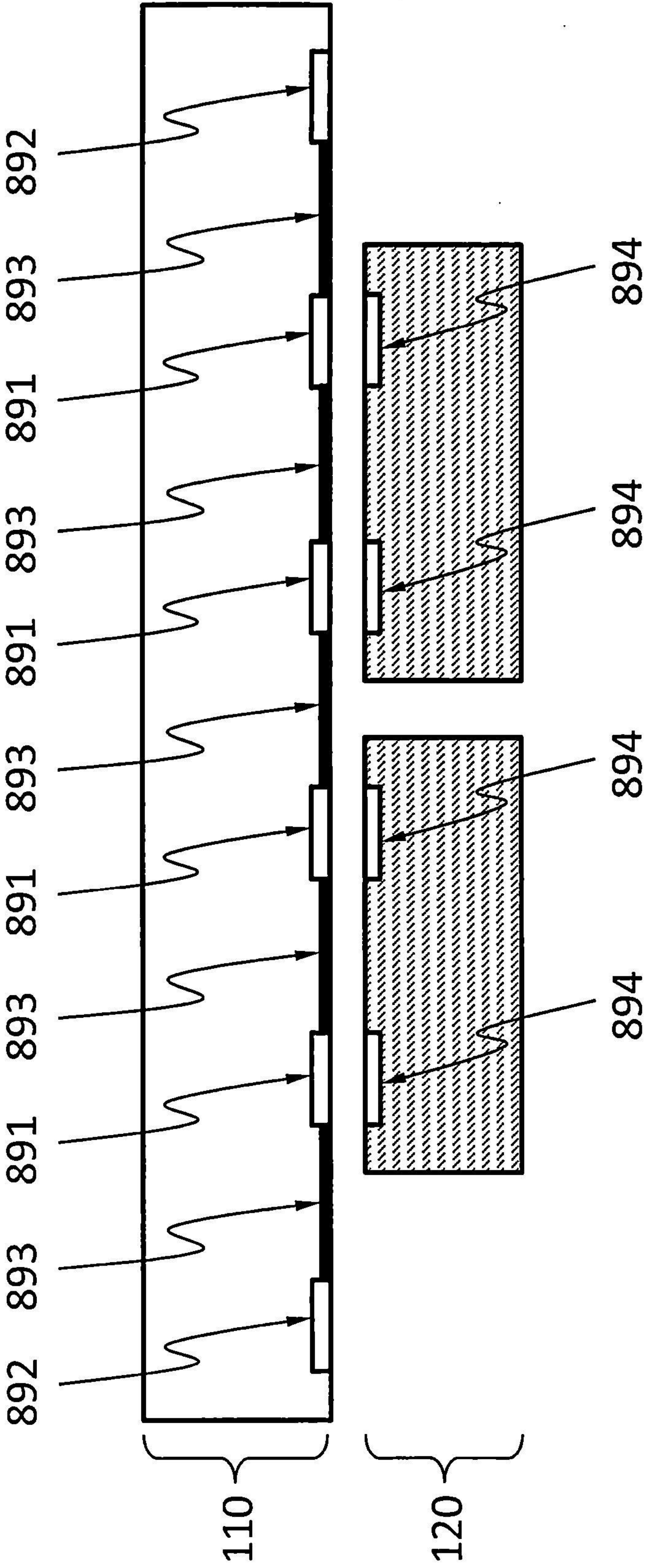


圖 8H

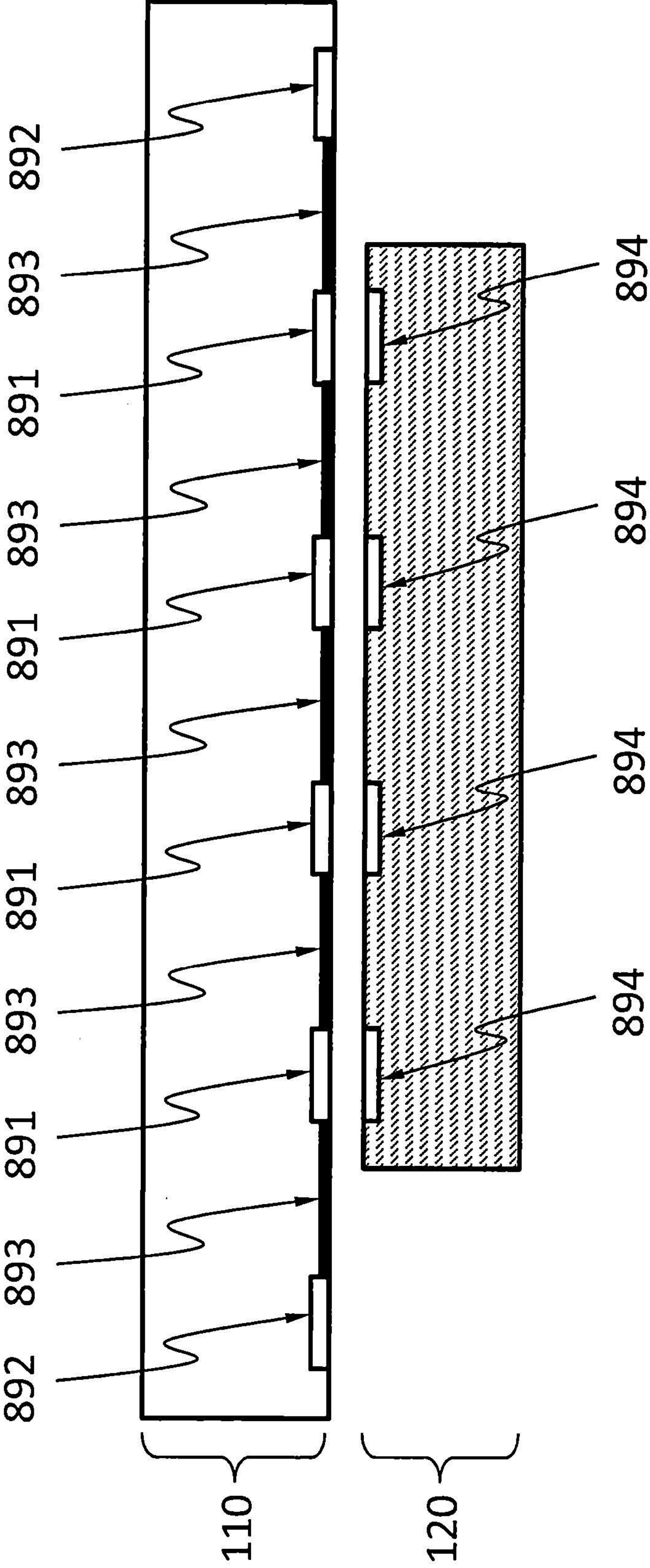


圖 81

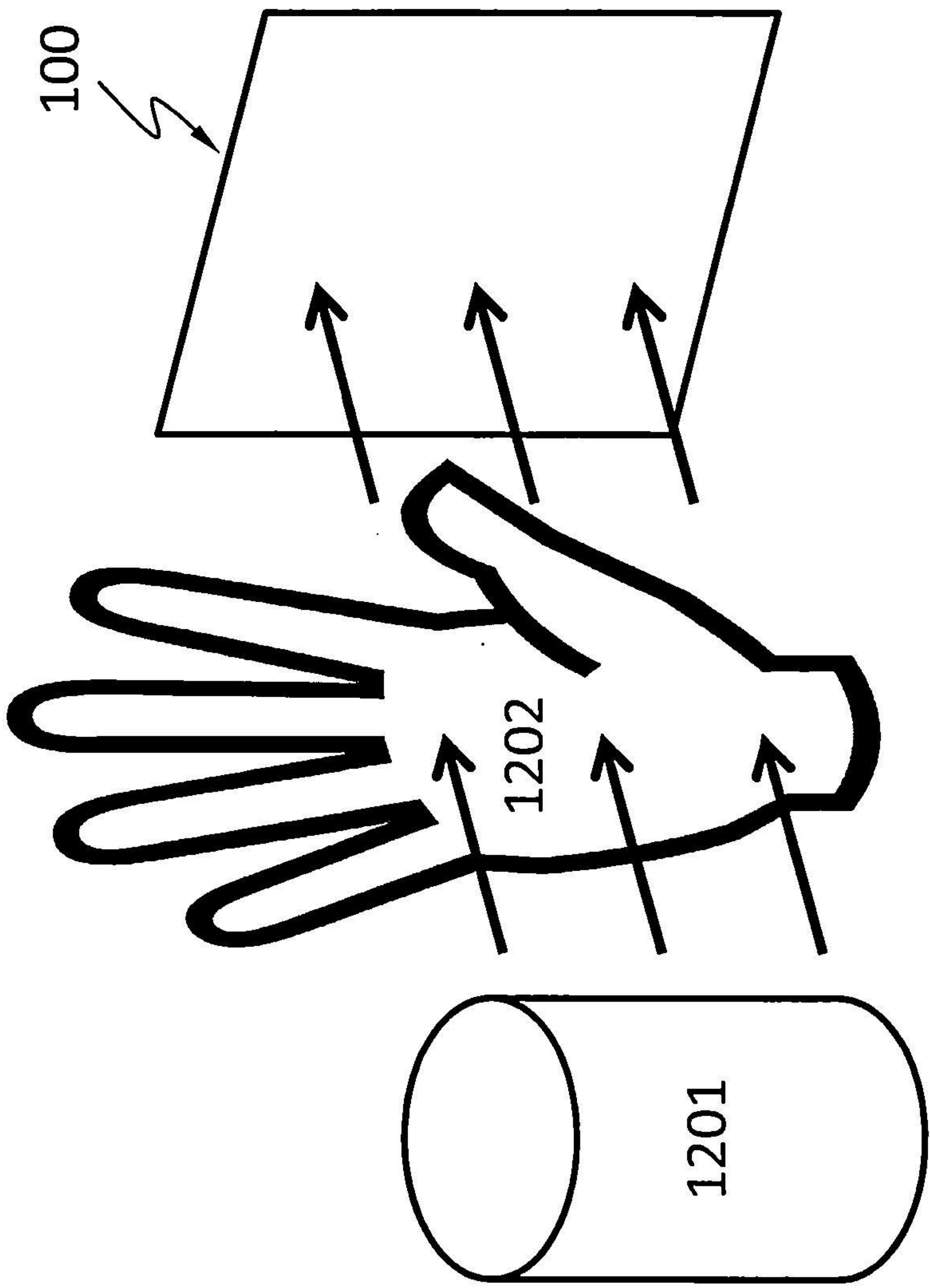


圖 9

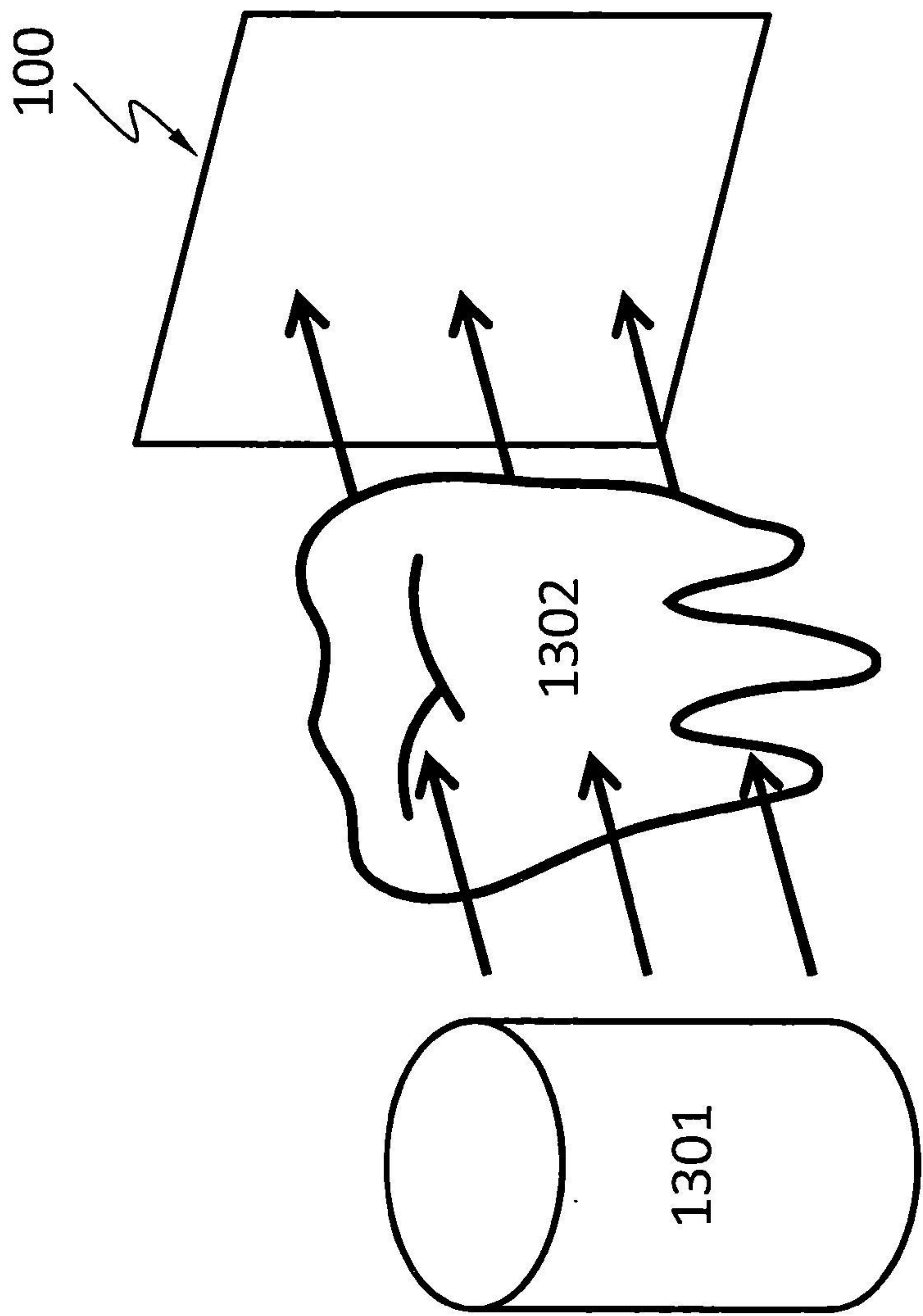


圖 10

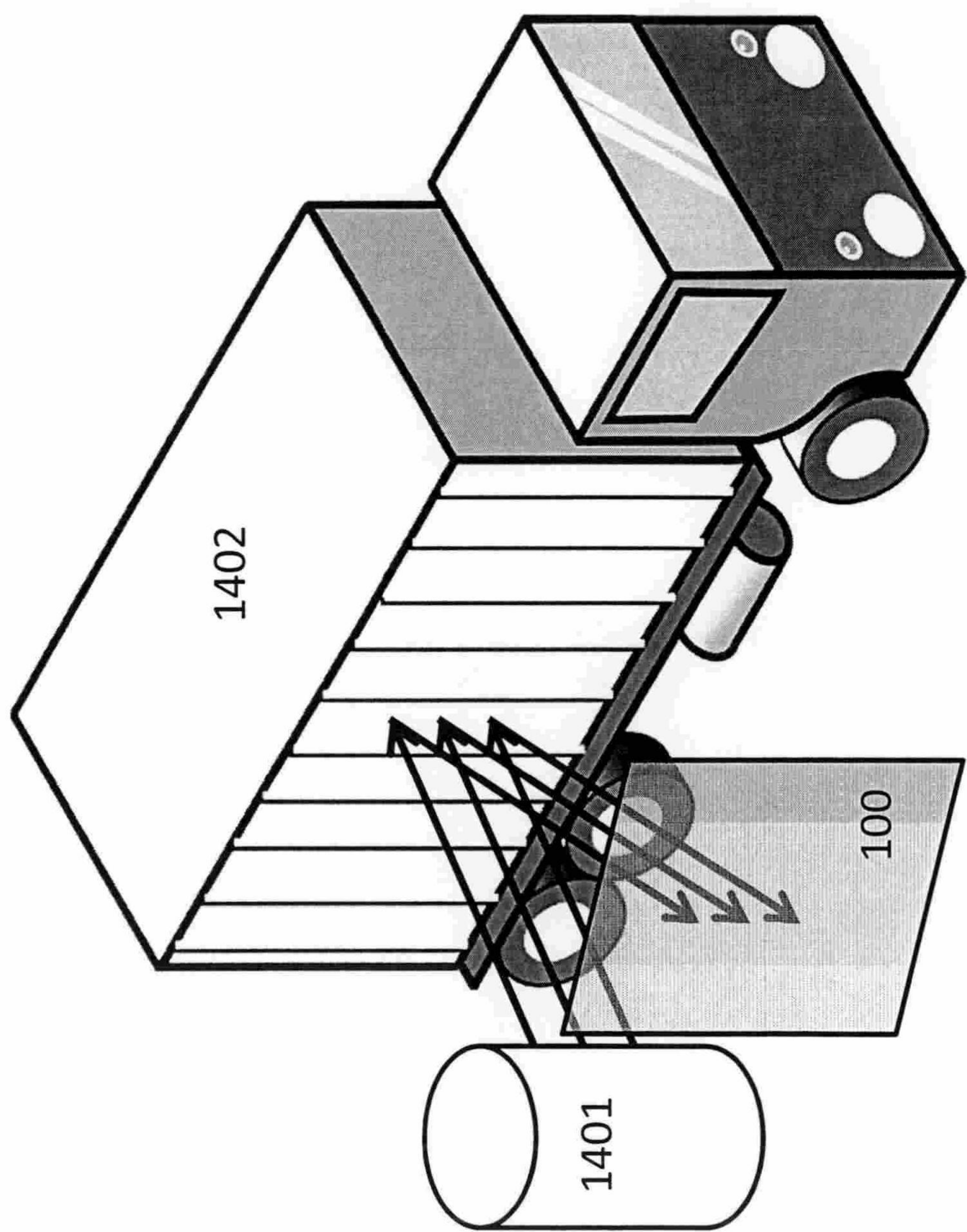


圖 11

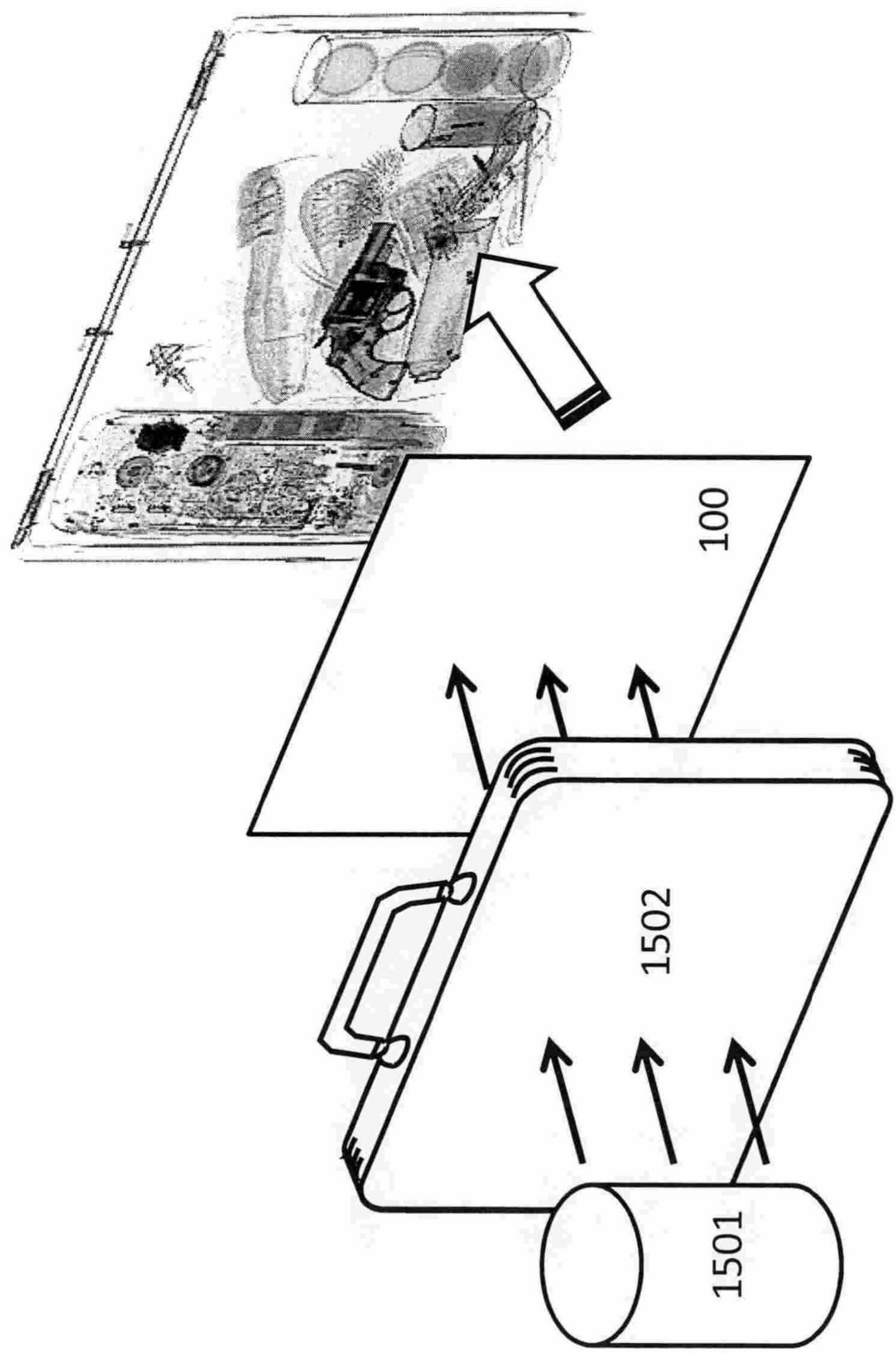


圖 12

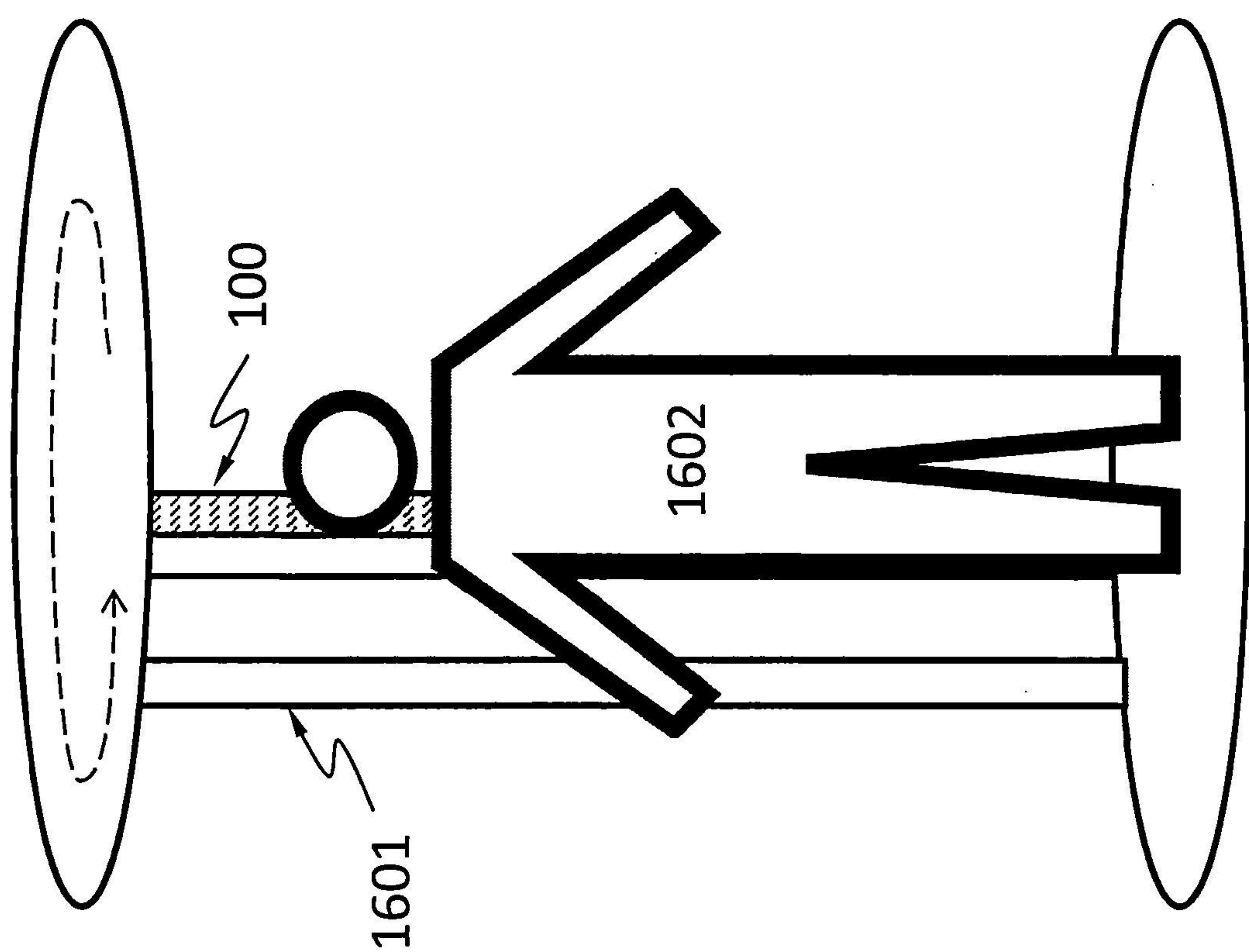
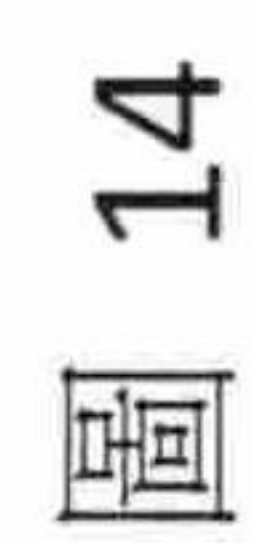


圖 13



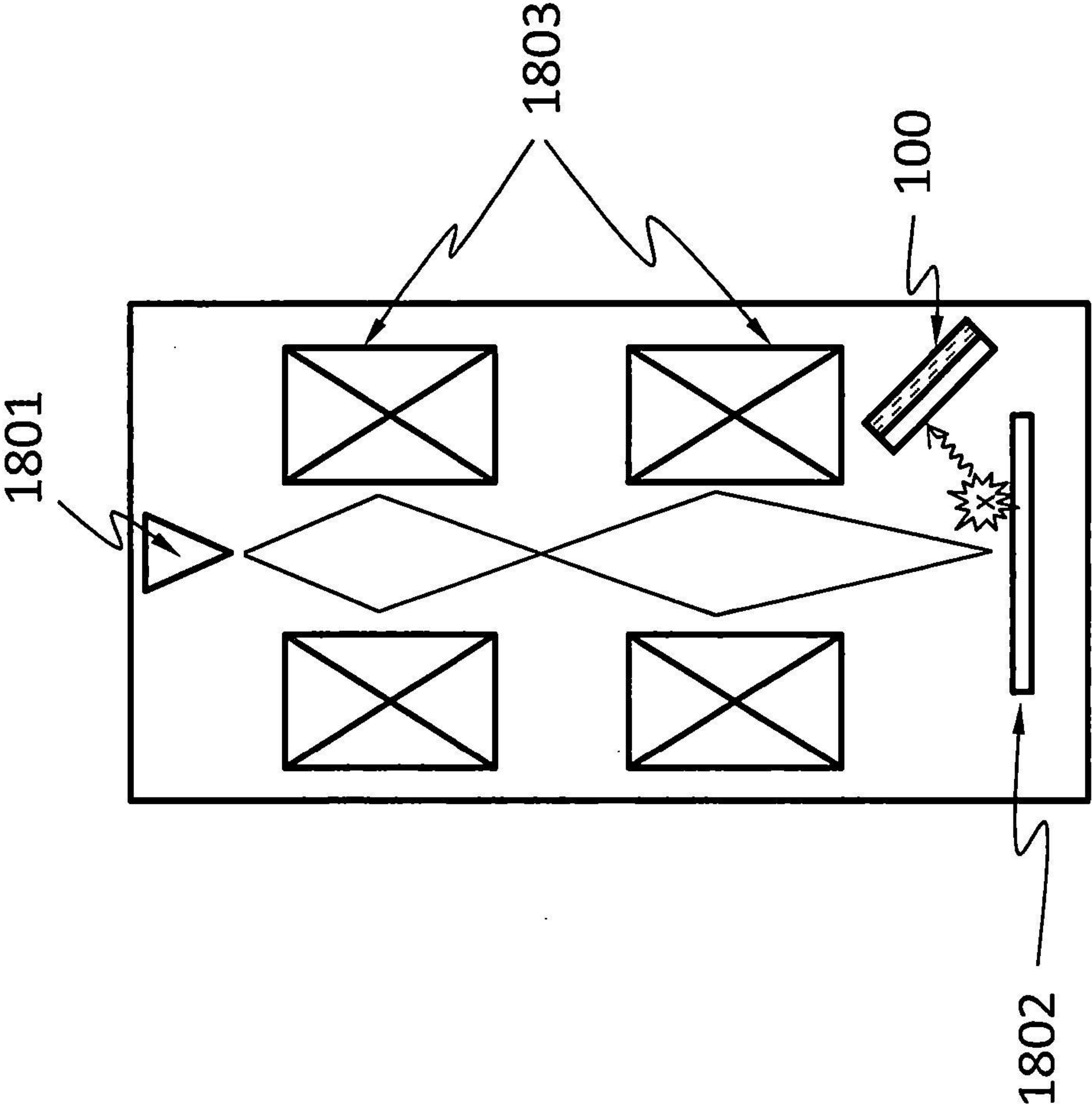


圖 15

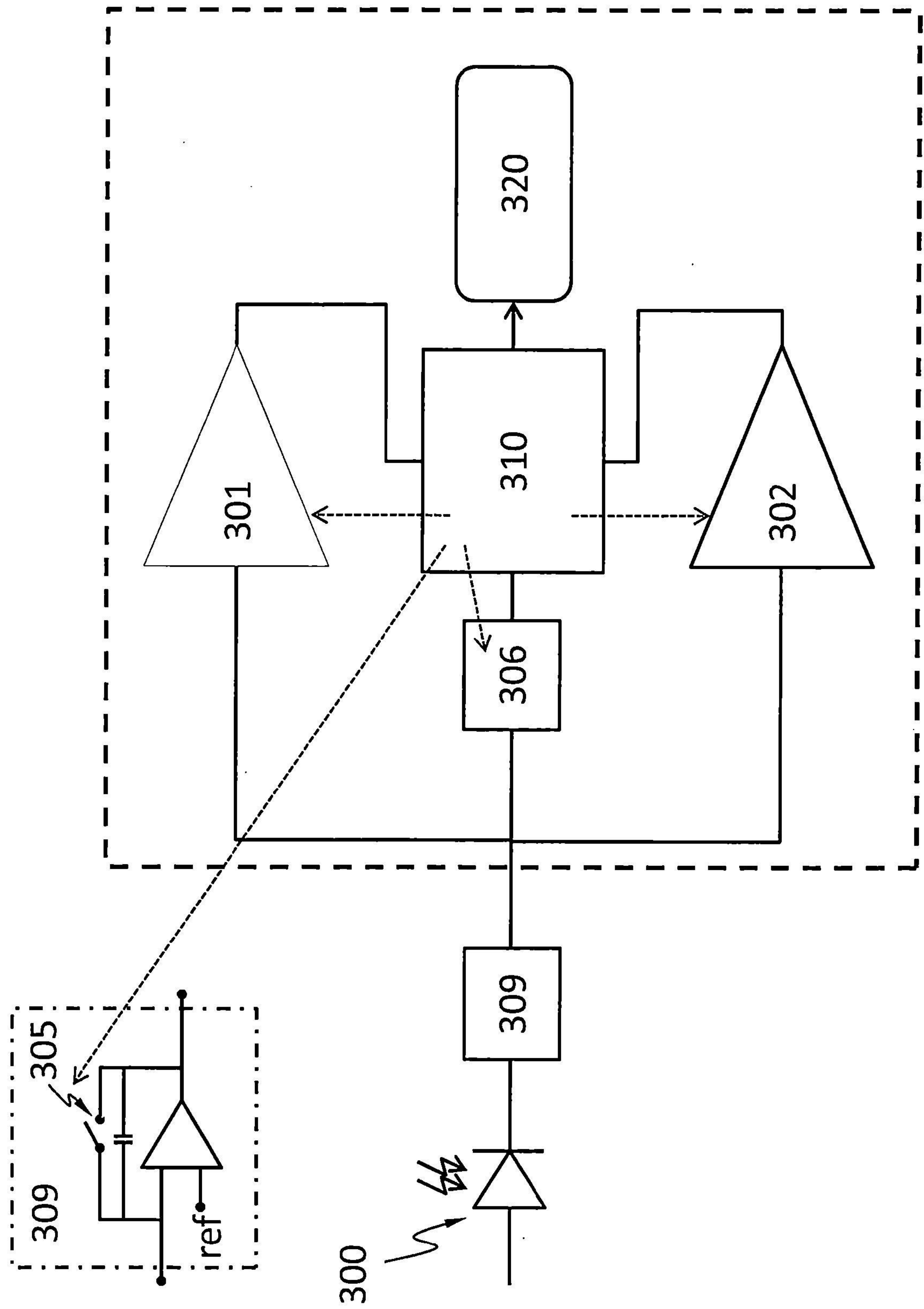


圖 16A

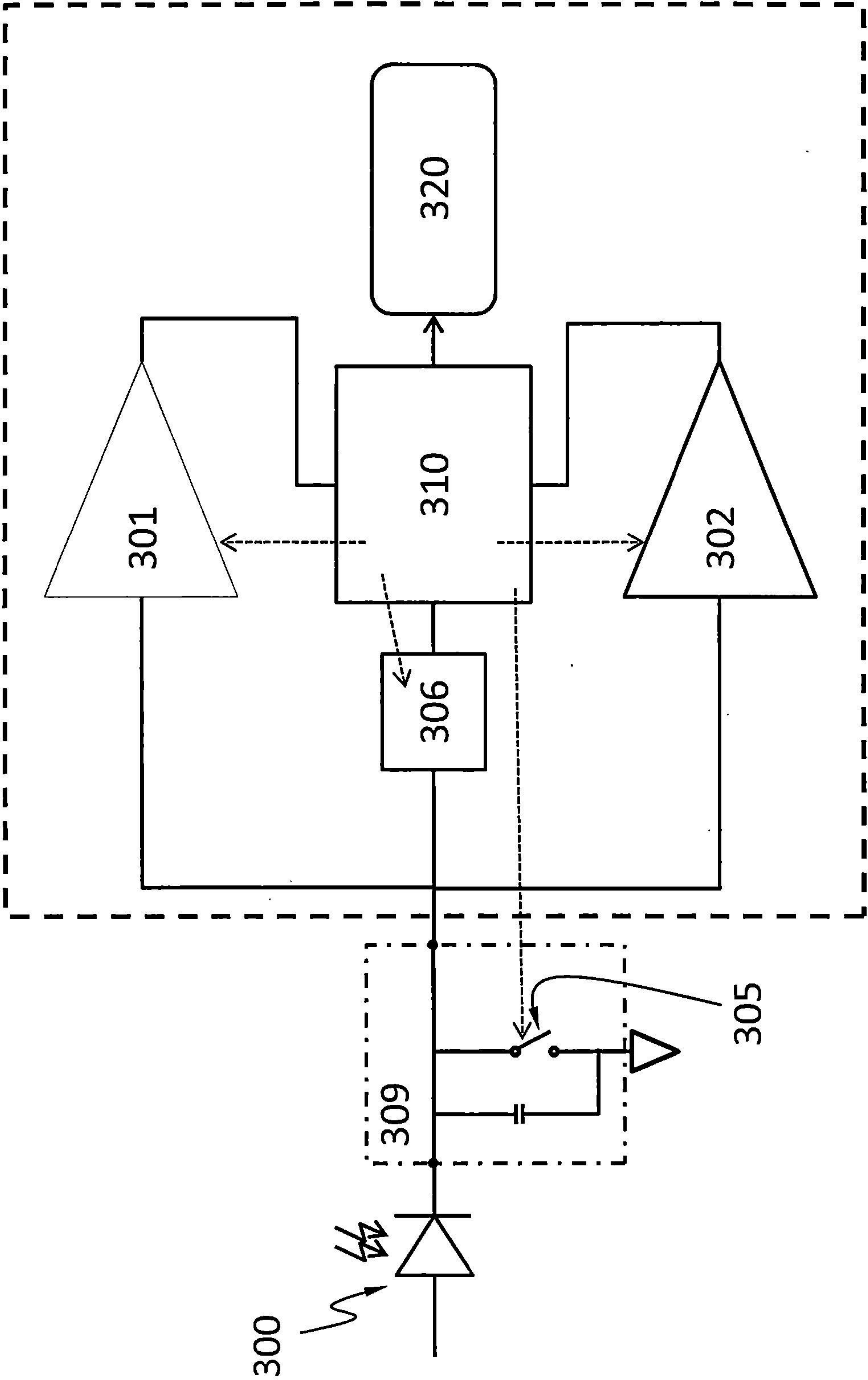


圖 16B

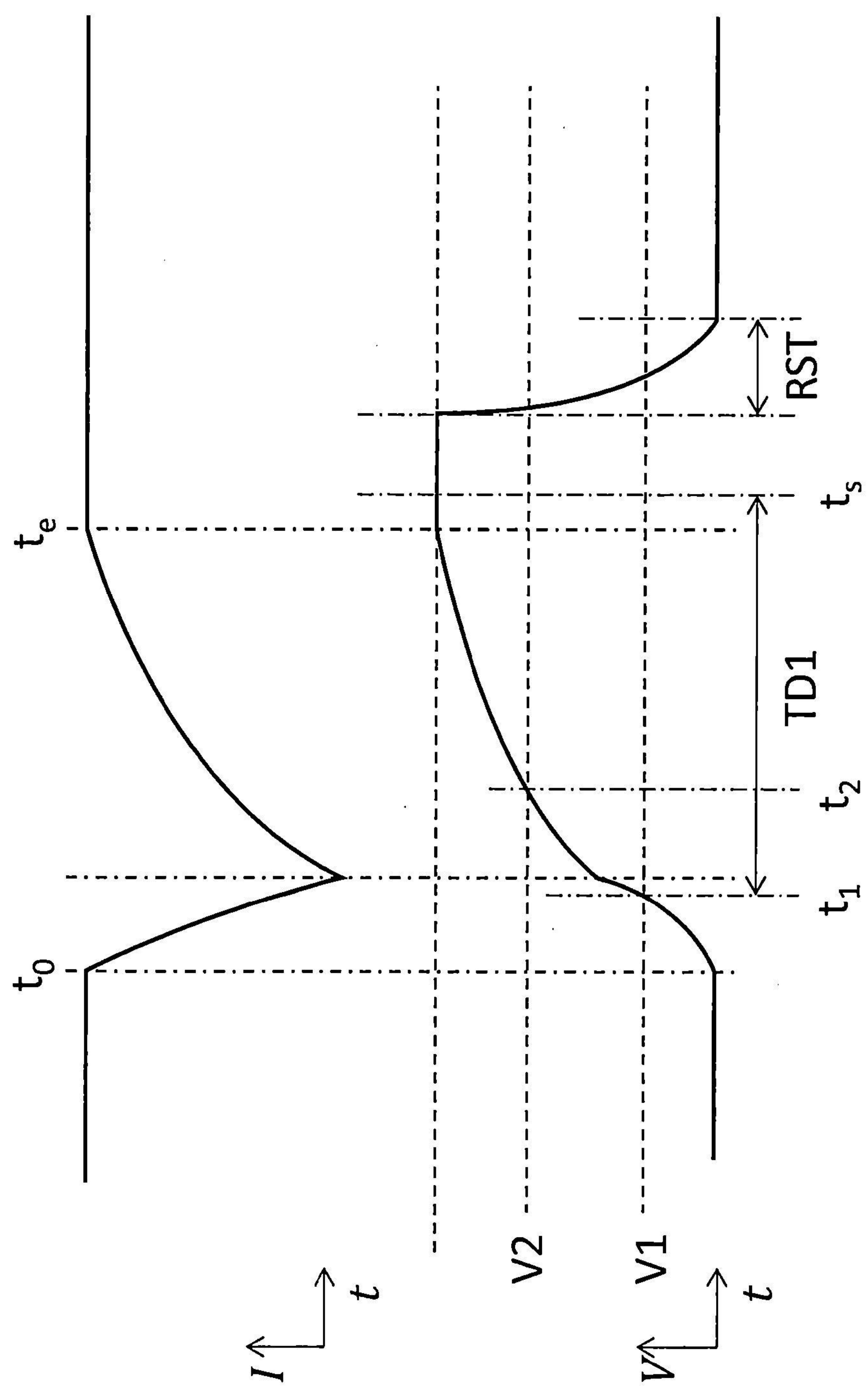


圖 17

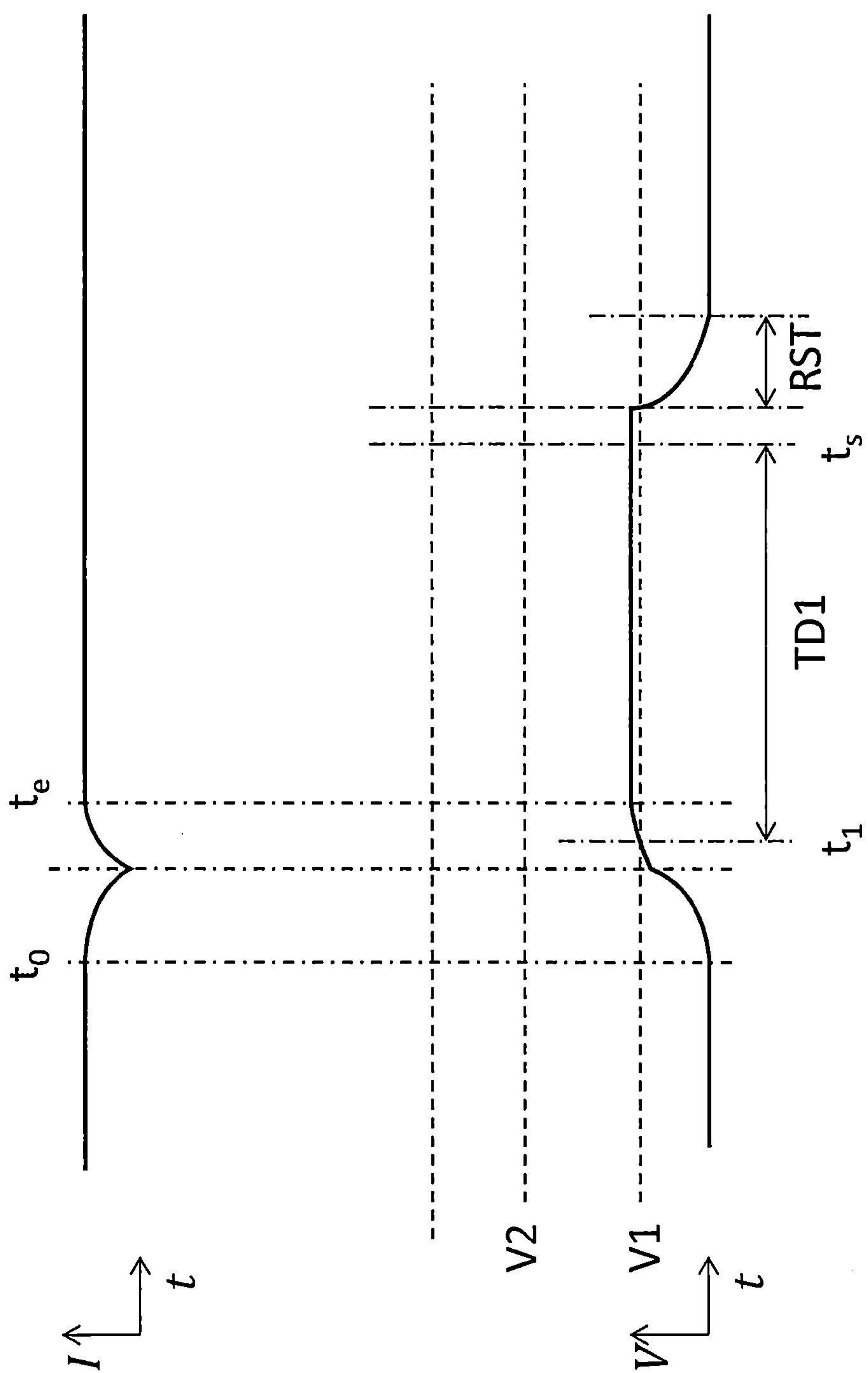


圖 18

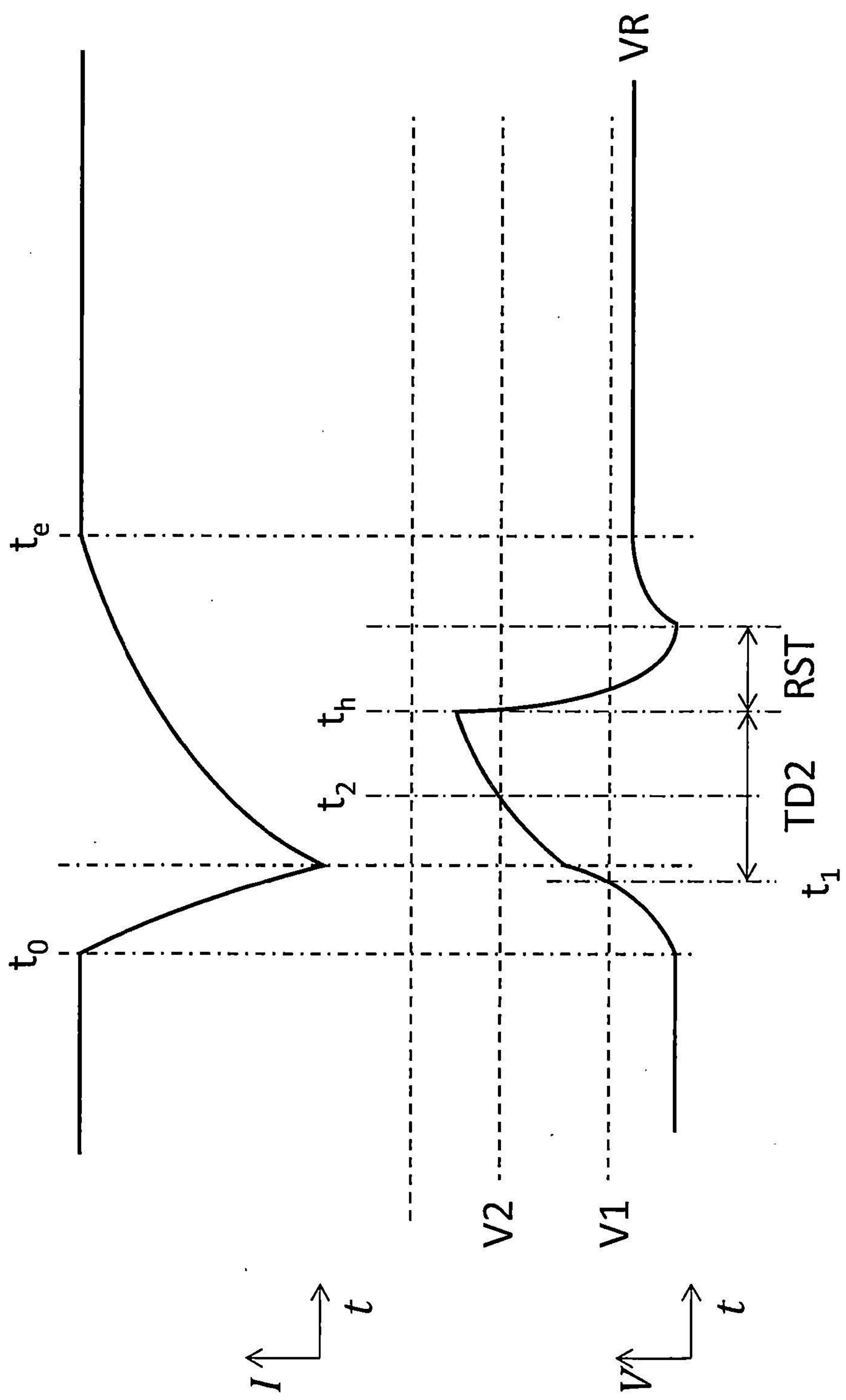


圖 19

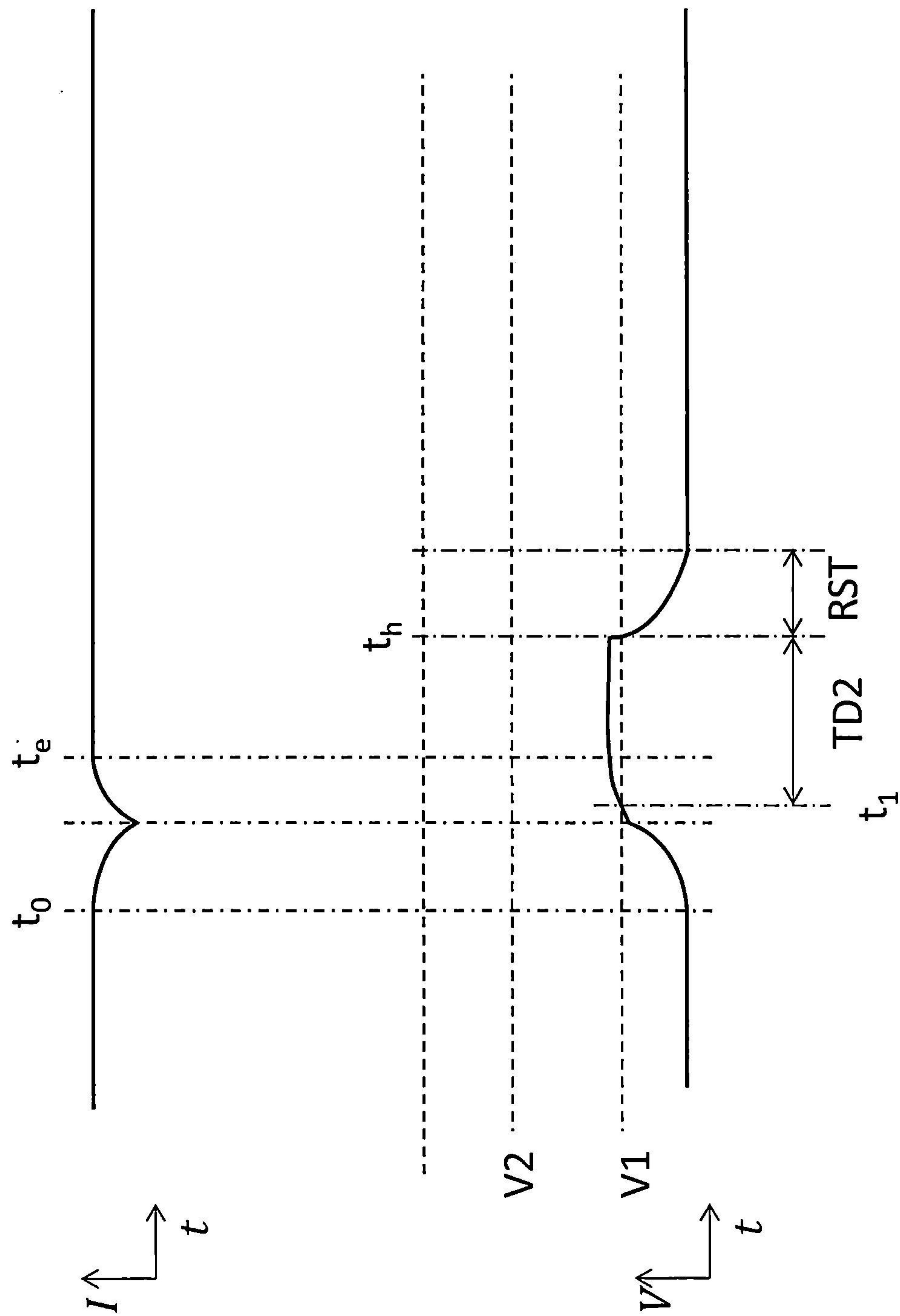


圖 20

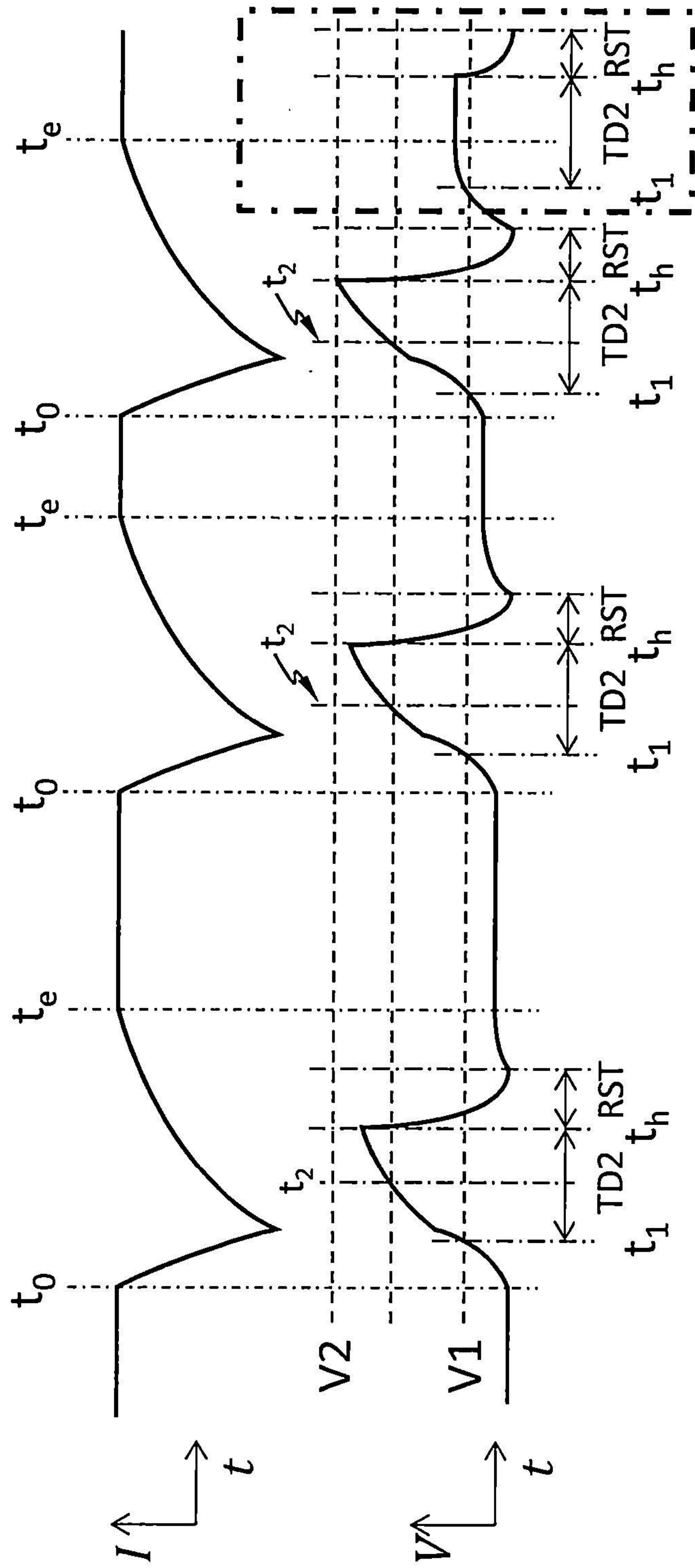


圖 21