



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201250929 A1

(43)公開日：中華民國 101 (2012) 年 12 月 16 日

(21)申請案號：101105387

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 02 月 17 日

(51)Int. Cl.：

H01L21/8238(2006.01)

H01L27/092 (2006.01)

H01L29/786 (2006.01)

(30)優先權：	2011/02/17	美國	13/029137
	2011/02/17	美國	13/029138
	2011/02/17	美國	13/029140
	2012/02/14	中國大陸	201210034561.4
	2012/02/14	中國大陸	201210034563.3
	2012/02/14	中國大陸	201210034566.7

(71)申請人：王崇智 (美國) WANG, GARY, CHORNG-JYH (US)

美國

何慶延 (美國) HO, CHING YEN (US)

美國

黃 大衛 (美國) HWANG, WEN JANG (US)

美國

王文生 (美國) WANG, WILSON, WEN-FU (US)

美國

(72)發明人：王崇智 WANG, GARY, CHORNG-JYH (US)；何慶延 HO, CHING YEN (US)；黃大衛 HWANG, WEN JANG (US)；王文生 WANG, WILSON, WEN-FU (US)

(74)代理人：江雪玉

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：77 項 圖式數：46 共 153 頁

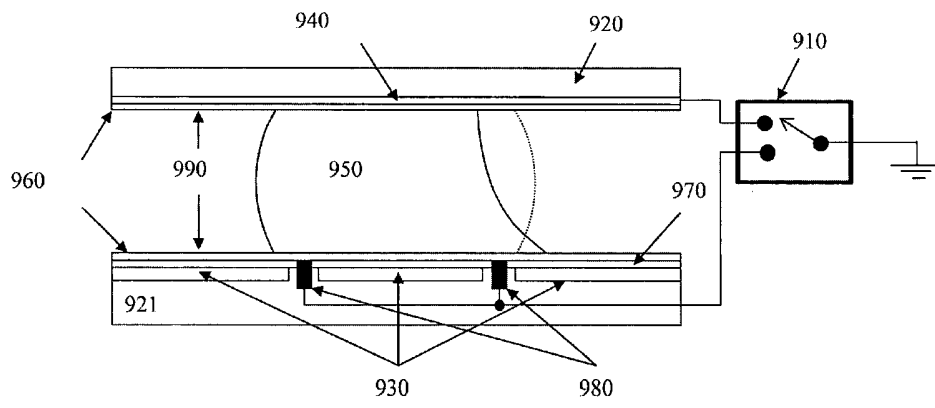
(54)名稱

微電極陣列結構

MICROELECTRODE ARRAY ARCHITECTURE

(57)摘要

本發明公開一種微電極陣列結構，包括：a．底板，包括置於襯底的頂表面上的多個微電極的陣列，所述多個微電極由介電層覆蓋，其中每個所述微電極連接到接地結構中的至少一個接地元件，在所述介電層和所述接地元件的頂部設置有疏水層，以生成具有液滴的疏水表面；b．現場可程式設計結構，用於程式設計一組配置電極，以便以選定的形狀和尺寸產生微流體元件和佈局；以及 c．系統管理單元，包括液滴操縱單元和系統控制單元。





(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201250929 A1

(43)公開日：中華民國 101 (2012) 年 12 月 16 日

(21)申請案號：101105387

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 02 月 17 日

(51)Int. Cl.：

H01L21/8238(2006.01)

H01L27/092 (2006.01)

H01L29/786 (2006.01)

(30)優先權：	2011/02/17	美國	13/029137
	2011/02/17	美國	13/029138
	2011/02/17	美國	13/029140
	2012/02/14	中國大陸	201210034561.4
	2012/02/14	中國大陸	201210034563.3
	2012/02/14	中國大陸	201210034566.7

(71)申請人：王崇智 (美國) WANG, GARY, CHORNG-JYH (US)

美國

何慶延 (美國) HO, CHING YEN (US)

美國

黃 大衛 (美國) HWANG, WEN JANG (US)

美國

王文生 (美國) WANG, WILSON, WEN-FU (US)

美國

(72)發明人：王崇智 WANG, GARY, CHORNG-JYH (US)；何慶延 HO, CHING YEN (US)；黃大衛 HWANG, WEN JANG (US)；王文生 WANG, WILSON, WEN-FU (US)

(74)代理人：江雪玉

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：77 項 圖式數：46 共 153 頁

(54)名稱

微電極陣列結構

MICROELECTRODE ARRAY ARCHITECTURE

(57)摘要

本發明公開一種微電極陣列結構，包括：a．底板，包括置於襯底的頂表面上的多個微電極的陣列，所述多個微電極由介電層覆蓋，其中每個所述微電極連接到接地結構中的至少一個接地元件，在所述介電層和所述接地元件的頂部設置有疏水層，以生成具有液滴的疏水表面；b．現場可程式設計結構，用於程式設計一組配置電極，以便以選定的形狀和尺寸產生微流體元件和佈局；以及 c．系統管理單元，包括液滴操縱單元和系統控制單元。

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明關於微電極陣列結構，更具體地，本發明關於對獨立可控的離散液滴的操縱，包括（但不限於）基於介質上電潤濕的微流體系統和方法。本發明提供基於相同基本微流體單元基構（稱為“微電極”）的陣列的可擴展系統結構。

相關申請的交叉參考

本申請通過參考的方式併入 2011 年 2 月 17 日提交的名稱為 “Droplet Manipulations on EWOD Microelectrode Array Architecture” 的聯合待審美國專利申請 No. 13,029,137、2011 年 2 月 17 日提交的名稱為 “Field-Programmable Lab-on-a-Chip and Droplet Manipulations Based on EWOD Micro-Electrode Array Architecture” 的聯合待審美國專利申請 No. 13,029,138 以及 2011 年 2 月 17 日提交的名稱為 “Microelectrode Array Architecture” 的聯合待審美國專利申請 No. 13,029,140 的全部內容。

【先前技術】

微電極是本發明的基礎元件。微電極類似於 ASIC 設計中的互補金屬氧化物半導體（CMOS）電晶體。微電極是用於建立微流體的開發路徑的標準元件（類似於用於開發數位電子的 CMOS 電晶體），以便將微流體元件組裝到網路中，所述網路執行支援多種應用組合的流體操作。

本發明關於具有用於建立數位微流體系統的現場可程式設計能力的結構，所述數位微流體系統至少包括現場可程式設計晶片實驗室（FPLOC）、現場可程式設計永久顯示器和流體微型起重機（Micro-Crane）。

第一代微流體生物晶片包含永久性蝕刻的微型泵、微型閥和微通道，它們的操作是基於連續流體流的原理。與連續流微流體

生物晶片相比，數位微流體生物晶片提供基於相同基本單元基構的二維微流體陣列的可擴展系統結構，其中液體被分成獨立可控的離散液滴。離散液滴可通過各種激勵方法（包括熱學、表面波、靜電、介電電泳以及最常見的電潤濕）移動。對於電潤濕激勵，介質上電潤濕（EWOD）的配置由於其可逆操作而成為用於水液的選擇。

諸如晶片實驗室（LOC）之類的數位微流體通常是指利用 EWOD 技術的液滴操縱。常規的基於 EWOD 的裝置通常包括兩個平行玻璃板。底板包含單獨可控電極的圖案化陣列，頂板塗覆有連續的地電極。優選地通過類似氧化銦錫（ITO）的材料形成電極，使其在薄層中具有導電性和透光性的組合特徵。塗覆有疏水膜的介電絕緣體被添加到板上，以降低表面的潤濕性並增加在液滴與控制電極之間的電容。含有生物化學樣品的液滴和填充媒介夾在板之間，同時液滴在填充媒介內部移動。為了移動液滴，向鄰近於液滴的電極施加控制電壓，同時在液滴正下方的電極被去除激勵。

在過去的幾年，基於通過直接電控制對各毫微升尺寸的液滴的操縱，已經利用不同的方式對微流體技術作出了改進。這種系統的例子可在下述文獻中找到：Pamula 等的在 2005 年 6 月 28 日公告的名稱為 “Apparatus for Manipulating Droplets by Electrowetting-Based Techniques” 的美國專利 No. 6, 911, 132 B2；Pamula 等的在 2009 年 8 月 4 日公告的名稱為 “Methods for manipulating droplets by electrowetting-based techniques” 的美國專利 No. 7, 569, 129 B2；Pamula 等在 2009 年 10 月 9 日提交的名稱為 “Apparatuses and methods for manipulating droplets” 的美國專利申請 No. 12/576, 794；Pamula 等的在 2010 年 10 月 19 日公告的名稱為 “Droplet microactuator system” 的美國專利 No. 7, 815, 871 B2；Pamula 等在 2006 年 1 月 30 日提交的名稱為 “Apparatuses and Methods for Manipulating Droplets on a Printed Circuit Board” 的美國專利申請 No. 11/343, 284；Shenderov 等的在 2004 年 8 月 10 日公告的名稱

為“Electrostatic Actuators for Microfluidics and Methods for Using same”的美國專利 No. 6, 733, 566；Shenderov 等的在 2003 年 5 月 20 日公告的名稱為“Actuators for Microfluidics Without Moving Parts”的美國專利 No. 6, 565, 727；Adachi 等在 2006 年 5 月 10 日提交的名稱為“Device for transporting liquid and system for analyzing”的美國專利申請 No. 11/430, 857，這些文獻的公開內容通過參考併入本文。這些技術在如上所述的數位微流體範例的實施中提供了很多優勢，但是當前用於生產這些微流體晶片的製造技術仍然依賴於很複雜且昂貴的製造技術。這些微流體晶片中的一些當前基於通常在積體電路（IC）製造行業中使用的半導體加工技術，利用昂貴的加工步驟在微細加工鑄造廠中生產。除了用於半導體製造技術的較高成本，半導體鑄造廠也不容易進入。一些利用印刷電路板技術，並且通常要求具有如 24 小時那樣快的製成品或原型周轉時間。

不利的是，至今所建立的採用 EWOD 技術的常規微流體系統仍然高度專用於特定的應用。很多當前的晶片實驗室（包括連續流和數位微流體裝置）是相對不靈活的，其被設計為僅用於執行單一測定或較小組的非常類似的測定。微流體系統開發（包括連續流和數位微流體裝置）的進展由於標準商業元件的缺少而受到了遏制。此外，由於當前微流體晶片的固定佈局，需要為每個應用進行新的晶片設計，由此使得開發新應用非常昂貴。此外，很多這些裝置是利用源自半導體積體電路製造的昂貴微細加工技術來製造的。結果，由於開發用於每個專門應用的新裝置所需的成本和努力，用於微流體裝置的應用的擴展較為緩慢。儘管批量生產使得微細加工裝置在大規模生產時成本較低，但是新裝置的開發由於與製造技術相關聯的高原型成本和長周轉時間而可能過於昂貴和耗時。為了拓寬在醫學、藥品發現、環境和食物監測以及其它領域中包含消費類電子產品的微流體的應用和影響範圍，對用於提供更加可重新配置、更靈活和更集成的裝置的微流體方式以及用於以更低成本更快速地開發和製造這些晶片的技術存在長期

需求。

此外，隨著在 LOC 上同時執行更多生物測定以及對資源管理的更複雜的控制，可預期系統集成度和設計複雜度會急劇增加。為了建立與數位電子電路的開發類似的、用於數位微流體的開發路徑，需要定義用於將微流體元件組裝到網路中的體系和執行概念，所述網路執行支援多種應用組合的流體操作。實際上，需要分級集成數位微流體設計方式來促進用於很多生物醫療應用的可擴展設計。但是，比在平臺內提供被驗證微流體元件的完整組合更重要的是，所有元件都需要為可修改的以使用於已被建立完善的製造技術這一事實。分級方式的困難之處在於：缺少標準的製造技術和數位微流體裝置類比庫，這使得分級設計方式難以實現。微電極陣列結構提供了稱為“微電極”的基礎元件，微電極是用於建立數位微流體的開發路徑的標準元件（類似於用於開發數位電子電路的 CMOS 電晶體），以便將微流體元件組裝到執行微流體操作的網路中。此外，微電極可利用已被建立完善的製造技術比如 CMOS 或薄膜電晶體（TFT）製造技術來實現。並且，由於微電極可通過軟體程式設計到用以完成 LOC 設計的所有必需數位微流體元件中，因此“空白（blank）”晶片的批量生產可使得微細加工裝置在大規模生產時成本較低。

本領域存在對用於減少與產生數位微流體系統相關聯的人力和成本的系統和方法的需要。本領域期望使 LOC 設計提升到應用級，以減輕 LOC 設計者在手動優化生物測定、耗時的硬體設計、昂貴的測試和維護程式方面的負擔。通過微電極陣列結構的現場可程式設計性，基於微陣列結構來程式設計“空白”晶片，由此可在數小時內實現新裝置的開發。因此，原型也將是容易和廉價的。

本領域存在新結構的需要，所述新結構有助於產生操縱液滴的數位微流體系統和新應用的可擴展設計。本領域能夠完成分級集成數位微流體設計方式，其提供將同一等級的電腦輔助設計（CAD）支援交付給生物晶片設計者的路徑，這是現今半導體行業

認為理所應當的。

本領域還存在對改進常規數位微流體結構的需要，使得可以實現超出 LOC 設計的應用，比如現場可程式設計永久顯示器和流體微型起重機系統。

可以相信，微電極陣列結構可以提供具有優於常規數位微流體系統的大量優點的滿足上述需要的解決方案。

可通過包括（但不限於）EWOD 的不同的數位微流體技術來使用微電極陣列結構。如果基於 EWOD 技術來實現這種結構，則稱為 EWOD 微電極陣列結構。

【發明內容】

本發明公開一種微電極陣列結構裝置，包括：a·底板，包括置於襯底的頂表面上的多個微電極的陣列，所述多個微電極由介電層覆蓋，其中每個所述微電極連接到接地結構中的至少一個接地元件，在所述介電層和所述接地元件的頂部設置有疏水層，以生成具有液滴的疏水表面；b·現場可程式設計結構，用於程式設計一組配置電極，以便以選定的形狀和尺寸產生微流體元件和佈局；以及 c·系統管理單元，包括液滴操縱單元和系統控制單元。

在另一實施方式中，一種採用 CMOS 技術製成品的微電極陣列結構裝置包括：a·CMOS 系統控制塊，包括：控制器塊，用於提供處理器單元、記憶體空間、介面電路和軟體程式設計能力；晶片佈局塊，用於存儲配置電極配置資料以及微電極陣列結構佈局資訊和資料；液滴位置地圖，用於存儲液滴的實際位置；和流體操作管理器，用於將所述佈局資訊、所述液滴位置地圖以及來自所述控制器塊的微電極陣列結構應用轉譯成液滴的物理激勵；以及 b·多個流體邏輯塊，包括：一個微電極，位於 CMOS 襯底的頂表面上；一個記憶體地圖資料存儲單元，用於保持所述微電極的激勵資訊；以及控制電路塊，用於管理控制邏輯。

在又一實施方式中，一種採用薄膜電晶體 TFT 技術製成品的微電極陣列結構裝置包括：a·TFT 系統控制塊，包括：控制器塊，

用於提供處理器單元、記憶體空間、介面電路和軟體程式設計能力；晶片佈局塊，用於存儲配置電極配置資料以及微電極陣列結構佈局資訊和資料；液滴位置地圖，用於存儲液滴的實際位置；和流體操作管理器，用於將來自所述佈局資訊、所述液滴位置地圖以及微電極陣列結構應用的資料轉譯成用於激勵微電極的物理液滴激勵資料，所述微電極陣列結構應用來自所述控制器塊，其中所述物理液滴激勵資料包括以逐幀的方式發送給有源矩陣塊的對配置電極的成組、激勵和去除激勵；以及 b·有源矩陣塊，包括：用於單獨激勵每個微電極的有源矩陣面板，包含柵極匯流排、源極匯流排、薄膜電晶體、存儲電容器和微電極；有源矩陣控制器，包含源極驅動器和柵極驅動器，用於通過將驅動資料發送給驅動晶片，利用來自 TFT 系統控制塊的資料來驅動 TFT 陣列；和 DC/DC 轉換器，用於向所述源極驅動器和所述柵極驅動器施加驅動電壓。

在又一實施方式中，一種自上而下程式設計和設計微電極陣列結構裝置的方法包括：a·通過硬體描述語言設計晶片實驗室、永久顯示器或微型起重機的功能；b·依據硬體描述語言產生排序圖模型；c·通過硬體描述語言執行類比以驗證晶片實驗室、永久顯示器或微型起重機的功能；d·根據所述排序圖模型利用體系級合成來產生具體執行過程；e·將來自微流體模組庫和來自設計規範的設計資料登錄到合成處理中；f·產生晶片上資源的測定操作的映射檔、測定操作的時間表檔以及來自合成處理的內置自測試檔；g·利用設計規範的輸入執行幾何級合成，以產生生物晶片的二維物理設計；h·根據結合有具體物理資訊的生物晶片的二維物理設計，產生三維幾何模型，所述具體物理資訊來自所述微流體模組庫；i·通過使用三維幾何模型執行物理級類比和設計驗證；以及 j·將晶片實驗室、永久顯示器或微型起重機的設計載入到空白微電極陣列裝置中。

在又一實施方式中，一種包括微電極陣列的現場可程式設計永久顯示器系統包括：a·透明頂蓋，用於保護液體；b·位於所述頂蓋下方的顯示器，包括所述微電極陣列；c·多種顏色的液體，

用於形成文本和圖形；d·自所述顯示器的微電極陣列配置的墨水框架貯液器，用於儲存所述多種顏色的液體；以及 e·顯示控制器，用於對包括多個微電極的多個配置電極進行激勵和去除激勵，以將所述多種顏色的液體輸送到所述顯示器上的選定位置。

在又一實施方式中，一種自下而上程式設計和設計微電極陣列結構裝置的方法包括：a·擦除所述微電極陣列結構的記憶體；b·配置具有選定形狀和尺寸的一組配置電極的微流體元件，所述一組配置電極包括在現場可程式設計結構中以陣列形式佈置的多個微電極，所述微流體組件包括貯液器、電極、混合室、檢測視窗、廢棄物貯存器、液滴路徑以及指定功能電極；c·配置所述微流體元件的物理分配；以及 d·設計用於樣品製備、液滴操縱和檢測的微流體操作。

在又一實施方式中，一種晶片上系統裝置用於基於微電極陣列結構來集成微流體和微電子，所述晶片上系統裝置包括：a·在所述晶片上系統裝置內部的多個流體邏輯塊，包括：一個微電極，位於 CMOS 襯底的頂表面上；一個記憶體地圖資料存儲單元，用於保持所述微電極的激勵資訊；以及控制電路塊，用於管理控制邏輯，其中所述流體邏輯塊是用於微流體和微電子的集成的單元；以及 b·多個微電子電路，包括控制器、記憶體以及其它邏輯門，其中通過利用晶片上系統微電子製造技術以及設計/類比工具可產生流體邏輯塊和微電子電路的集成，所述設計/模擬工具用於使多個流體邏輯塊成為用於設計微電子電路的標準庫。

在另一實施方式中，微電極陣列結構可應用於諸如基於介電電泳（DEP）的技術之類的其它數位微流體技術，但是下文為了討論的目的，將使用 EWOD 技術來說明本發明的各種實施方式。

公開了微電極陣列結構的各種實施方式。在一個實施方式中，微電極是本發明的基礎元件。微電極類似於 ASIC 設計中的 CMOS 電晶體。微電極是用於建立數位微流體的開發路徑的標準元件（類似於用於開發數位電子的 CMOS 電晶體），以便將微流體元件組裝到網路中，所述網路執行支援多種應用組合的流體操作。

微電極可利用已被建立完善的製造技術比如 CMOS 或薄膜電晶體 (TFT) 製造技術來實現。為了有助於數位微流體系統的可擴展設計，可使用微電極陣列結構來完成分級集成的數位微流體設計方式。

另一實施方式是微電極陣列結構的現場可程式設計能力。本發明的現場可程式設計性採用“點矩陣印刷機”的概念，其中，根據客戶需要，多個微電極（例如“點”）成組並且被同時激勵以形成不同形狀和尺寸的電極。微流體系統用於不同的應用和功能，其中所有電極（每個可由多個微電極構成）都可通過軟體程式設計並重新配置。在配置或程式設計之後，通過控制和操縱配置電極，實現數位微流體系統中的流體操作。

在其它實施方式中，微電極陣列結構的液滴操縱可基於共面結構，其中 EWOD 激勵可發生在不具有蓋板的單板配置中。此外，所有的 EWOD 流體操作都可利用共面結構執行。尤其是，對於常規的共面 EWOD 來說不可行的液滴切割步驟，現在也可通過本發明的單一板來執行。

在另一實施方式中，以如下方式來設計單個微電極：所有的邏輯和類比（高壓驅動器）電路都隱藏在金屬微電極的正下方。

在另一實施方式中，微電極和系統控制電路的互連以菊鏈的配置方式來佈置，以最小化所需互連的數量。互連的數量將成為縮小微電極尺寸以及擴大微電極總數的瓶頸。

在又一實施方式中，在微電極陣列結構中可採用無源頂蓋板、用作地端（ground）的有源頂蓋板或作為頂蓋板的另一共面微電極陣列。無源蓋板是指在板上沒有電路，並且它可以只是密封測試表面的透明蓋，用以保護流體操作或者為了保護測試媒介具有更長的上架保存壽命的目的。甚至常規的包括兩個有源平行板的雙平面結構（雖然不是非常期望）仍可在微電極陣列結構中採用。在這種情況下，頂板被塗覆有連續地電極，該連續地電極在薄層中具有導電性和透光性的組合特徵。此外，通過上下翻轉（upside down）的另一共面微電極陣列，可實現更為先進的頂蓋

板。在所有情況下，當在設置有頂蓋板的微電極陣列結構中操縱液滴時，在頂板與底板之間的距離（稱為“間隙”）是可調節的。微電極陣列結構的這種能力尤其有用，能對共面結構下的液滴操縱提供更高的靈活性。

在一個實施方式中，微電極陣列結構將二維常規數位微流體結構擴展成三維結構。三維結構是兩個面對面的共面板與靈活的間隙調節能力的組合。這種三維結構將通過流體微型起重機的例子而清楚地說明。

在一個實施方式中，微電極陣列結構可用於實現現場可程式設計 LOC (FPLOC)。FPLOC 的現場可程式設計性通過減輕 LOC 設計者在手動優化生物測定、耗時的硬體設計、昂貴的測試和維護程式方面的負擔，可顯著減少與數位微流體系統的產生相關聯的勞力和成本。FPLOC 類似於 ASIC 設計中的 FPGA。自訂硬連線 LOC (類似於 ASIC) 的修改周轉時間需要幾個月，而 FPLOC (類似於 FPGA) 的設計修改周轉時間僅需幾分鐘至幾小時。

在一個實施方式中，通過微電極陣列結構實現現場可程式設計永久顯示器。現場可程式設計永久顯示器是這樣的顯示器，其可通過軟體程式設計，但在程式設計之後，連接到顯示器的電力可被斷開，並且顯示將會永久性地保持。現場可程式設計永久顯示器的低能耗以及不需要維持電力的特點是相比其它顯示技術的一大優勢。很多應用可採用現場可程式設計永久顯示器的發明。利用現場可程式設計永久顯示器的顯示作為記錄，可容易地顯說明基於相同微電極陣列結構的 FPLOC 的測試結果。顯而易見的應用包括現場可程式設計報紙或書刊，或海報、看板、圖片、記號等。

在另一實施方式中，使用基於 EWOD 微電極陣列結構的流體微型起重機系統來操縱液滴，以形成精確的化合物或生長組織細胞。單獨的細胞需要在營養培養基、受控的溫度、濕度和二氧化碳/一氧化碳的條件下生長。基於液滴的流體微型起重機系統是滿足這些需要的最佳解決方案。先進的流體微型起重機系統最終可

用於印刷活組織。

【實施方式】

微電極陣列結構可應用於諸如基於介電電泳 (DEP) 的技術之類的其它數位微流體技術，但是下文為了討論的目的，將使用 EWOD 技術來說明本發明的各種實施方式。

基於 EWOD 的裝置通常用於通過利用相鄰電極之間的間隙上的介面張力梯度激勵液滴來操縱液滴。電極的設計包括每個電極的期望形狀、尺寸以及各兩個電極之間的間隙。在基於 EWOD 的 LOC 佈局設計的液滴操縱中，液滴路徑通常由連接設計的不同區域的多個電極構成。

在圖 1A 中說明常規的電潤濕微激勵器結構（僅為了例示的目的，以較小尺寸說明）。基於 EWOD 的數位微流體裝置包括兩個相互平行的玻璃板 120 和 121。底板 121 包含單獨可控電極 130 的圖案化陣列，頂板 120 塗覆有連續的地電極 140。優選地通過諸如氧化銦錫 (ITO) 之類的材料形成電極，使其在薄層中具有導電性和透光性的組合特徵。將塗覆有諸如聚四氟乙烯 AF 之類的疏水膜 160 的介電絕緣體 170（例如聚對二甲苯 C）添加到板上，以降低表面的潤濕性並增加在液滴與控制電極之間的電容。含有生物化學樣品的液滴 150 和諸如矽油或空氣之類的填充媒介夾在板之間，以有助於液滴 150 在填充媒介內部的輸送。為了移動液滴 150，向鄰近於液滴的電極 180 施加控制電壓，同時在液滴 150 正下方的電極被去除激勵。

圖 1B 是概括說明在二維電極陣列 190 上的常規 EWOD 的頂視圖。液滴 150 從電極 130 移動到被激勵的電極 180 中。電極 180 呈黑色表明施加有控制電壓。EWOD 作用使得電荷積聚在液滴/絕緣體介面中，導致在相鄰電極 130 和 180 之間的間隙 135 上產生介面張力梯度，由此實現液滴 150 的輸送。通過改變沿著線性電極陣列的電位，可利用電潤濕來沿著此電極線移動毫微升體積的液滴。可通過在 0-90V 的範圍內調節控制電壓來控制液滴的速率，

並且液滴可以以高達 20cm/s 的速度移動。液滴 151 和 152 也可在無需微型泵和微型閥的條件下，通過二維電極陣列以使用者限定的圖案在時鐘電壓控制下輸送。

在一個實施方式中，可如圖 2 所示構建用於操縱介電液滴的雙平面 DEP 裝置。在底部襯底 245 上圖案化多個微電極 261。每個配置電極 260 包括多個微電極 261。頂板 240 包含未被圖案化的參考電極 220。一層低表面能材料（比如聚四氟乙烯）210 塗覆在兩個板上，以減小液滴 250 與固體表面之間的介面力，這有助於可再現的液滴處理並消除操作期間的介電液體殘留物。間隙高度或液滴厚度 270 由間隔物的厚度確定。通過在參考電極 220 與一個驅動微電極之間施加電壓，將介電液滴泵到處於激勵狀態的微電極上，如圖 2 中的箭頭所示。在間隙高度為 150mm 的平行板裝置中測試介電液滴（癸烷介電液滴（350V_{DC}）、十六烷介電液滴（470V_{DC}）以及矽油介電液滴（250V_{DC}））的激勵。所施加的 DC 電壓的極性對液滴驅動沒有影響，同時，經測試達到 1kHz 頻率的 AC 信號成功地激勵介電液滴。

LDEP 和 EWOD 激勵機制之間的差別在於激勵電壓和頻率。因此在 EWOD 和 DEP 之間共用物理雙平面電極結構以及配置是可行的。通常在 EWOD 激勵中，施加通常小於 100V 的 DC 或低頻 AC 電壓，優選地驅動電壓在 DC 到 10kHz 的 AC 的範圍並且小於 150V；而 LDEP 需要更高的激勵電壓（200-300V_{rms}）以及更高的頻率（50-200kHz），優選地驅動電壓在 50kHz 到 200kHz 的 AC 的範圍並且具有 100-300V_{rms}。在下文對本發明的描述中，將利用 EWOD 技術來解釋本發明的實施方式，但是在大多數情況下通過適當改變激勵電壓和頻率，本發明也涵蓋 DEP 激勵。

本發明採用了“點矩陣印刷機”的概念，即，微電極陣列結構中的每個微電極是可用於形成所有微流體元件的“點”。換言之，微電極陣列中的每個微電極可被配置為以不同的形狀和尺寸形成各種微流體元件。根據客戶的需求，多個微電極可被視為成組的（grouped）並且可被同時激勵以形成不同配置電極並執行微

流體操作的“點”。“激勵”指的是向電極施加所需的電壓，從而 EWOD 作用使得電荷積聚在液滴/絕緣體介面中，導致在相鄰電極之間的間隙上產生介面張力梯度，由此實現液滴的輸送；或者 DEP 作用使得液體變得可極化並朝著較強電場強度的區域流動。

“去除激勵”指的是去除施加到電極的電壓。

圖 3 說明本發明的由微電極形成不同配置電極的微電極陣列結構技術的一個實施方式。在本實施方式中，微電極陣列 300 包括多個（30×23 個）同樣的微電極 310。此微電極陣列 300 是基於標準微電極規範（這裡表示為微電極 310）以及獨立於最終的 LOC 應用和具體微流體操作規範的製造技術製造的。換言之，此微電極陣列 300 是“空白”或“預配置”LOC。然後，基於應用需要，此微電極陣列可被配置或軟體程式設計到期望的 LOC 中。如圖 3 所示，每個配置電極 320 包括 100 個微電極 310（即 10×10 個微電極）。“配置電極”指的是 10×10 個微電極 310 組合在一起以用作集成電極 320，並且將一起被同時激勵或去除激勵。通常來說，配置資料存儲在非易失性記憶體（比如 ROM）中，並且可“在場中”被修改，而無需拆解裝置或將裝置返回其製造商。圖 3 說明液滴 350 位於中心配置電極 320。

如圖 3 所示，本發明配置電極的尺寸和形狀可基於應用需要而設計。尺寸受到控制的配置電極的例子是配置電極 320 和 340。配置電極 320 具有 10×10 個微電極的尺寸，而配置電極 340 具有 4×4 個微電極的尺寸。除了配置電極尺寸的配置，還可通過利用微電極陣列來配置所述配置電極的不同形狀。盡配置管電極 320 是方形的，配置電極 330 是包括 2×4 個微電極的矩形。配置電極 360 是左側齒狀的方形，而配置電極 370 是圓形。

此外，如圖 3 所示，液滴 350 的體積與配置電極 320 的尺寸成比例。換言之，通過控制配置電極 320 的尺寸，液滴 350 的體積也被限制以與配置電極 320 的設計尺寸相適應，因此“配置電極”的形狀和尺寸的現場可程式設計性指的是對液滴體積的控制。不同的 LOC 應用和微流體操作將需要不同的液滴體積，並且

對於 LOC 設計者來說，液滴體積的動態可程式設計控制是高度期望的功能。

如圖 3A 所示，本發明配置電極的形狀可基於應用需要而設計。配置電極的形狀可由多個微電極產生。根據設計需要，一組微電極作為組被配置和激勵，以形成期望形狀的配置電極。在本發明中，配置電極的形狀可以是方形、具有齒狀邊緣的方形、六邊形或任何其它形狀。參照圖 3A，輸送路徑 340、檢測視窗 350 和混合室 360 的配置電極的形狀為方形。貯液器 330 是確定形狀的大尺寸配置電極。廢棄物貯存器 320 是四角形。

圖 3B 說明貯液器 330 和配置電極 370 的放大部分。還說明在常規物理蝕刻的結構與場程式設計結構之間的比較。永久性蝕刻的貯液器 331 和四個永久性蝕刻的電極 371 在圖 3B 中說明。同時，作為比較，在圖 3B 中說明通過組合微電極 310 與四個相同形狀和尺寸（4x4 個微電極）的“配置電極”而得到的類似形狀的“配置貯液器” 330。

圖 4B 和 4C 說明圖 4A 中的貯液器 430 的放大版本。圖 4B 說明通過常規 LOC 系統製造的物理蝕刻的貯液器結構 431。其元件顯示為永久性蝕刻的貯液器 431 和四個永久性蝕刻的電極 471。與圖 4B（常規設計）相比，圖 4C 說明場程式設計 LOC 結構，其具有類似尺寸的配置貯液器 432 以及成組的電極 472。配置貯液器 432 可通過將多個微電極 411 組合成期望的尺寸和形狀以製作這種貯液器元件來製造。成組的電極 472 包含 4x4 個微電極 411。

在設定了所需微流體組件的形狀和尺寸之後，還很重要的是設定微流體元件的位置以及如何將這些微流體元件連接在一起作為線路或網路。圖 4A 說明這些微流體元件所處的物理位置以及這些微流體元件如何連接在一起以用作功能 LOC。這些微流體組件為：配置電極 470、貯液器 430、廢棄物貯存器 420、混合室 460、檢測視窗 450 以及連接 LOC 的不同區域的輸送路徑 440。如果是現場可程式設計 LOC，則在佈局設計之後，會有一些未使用的微電極 410。在 FPLC 被充分檢驗合格之後，設計者可以嘗試硬連線版本

以節約成本，然後未使用的微電極 410 可被移除。

微電極陣列結構中的微電極的形狀可以不同的方式物理地實現。在本發明的一個實施方式中，圖 5A 說明多個方形微電極的陣列，並且其中的一個微電極被突出顯示為 501。6x6 個微電極構成配置電極 502。圖 5A 總共有 3x2 個配置電極。在另一實施方式中，圖 5B 說明多個六邊形微電極的陣列，並且其中的一個微電極被突出顯示為 503。6x6 個微電極構成配置電極 504，圖 5B 中有 3x2 個配置電極。六邊形微電極的交叉指型邊緣在沿著配置電極之間的間隙移動液滴時具有優勢。在又一實施方式中，圖 5C 說明佈置在牆磚佈局中的多個方形微電極的陣列，其中的一個微電極被突出顯示為 505。6x6 個微電極構成配置電極 506，圖 5C 中有 3x2 個配置電極。六邊形微電極的交叉指型邊緣在沿著配置電極之間的間隙移動液滴時具有優勢，但這只發生在 x 軸上。還可實現很多其它形狀的微電極，而不僅限於這裡所討論的三種形狀。

對於基於 EWOD 技術適當起作用的微電極陣列結構，微電極必須在 Lippmann-Young 方程的限制內操作。這種縮放框架提供了微電極陣列結構的基礎。但是，在 EWOD 中的液滴運動的精確建模和模擬很複雜。通過認真研究微電極陣列結構，我們相信離散微電極之間的間隙代表結構的最大不確定性。當液滴與固體表面接觸時，液滴、周圍流體和固體的分子之間的交互作用可產生吸引（潤濕）或排斥（非潤濕）淨力。毛細力的大小僅由接觸線的有效長度來確定，即，它通常獨立於接觸線的形狀，如果電極 540 是固體電極，則意味著此電極不是由微電極構成的配置電極。因此與圖 5 所示的電極 540 接觸的兩個不同形狀的液滴 510 和 520 具有相同的有效長度 530 並且在液滴上具有相同的毛細力。

但是，由於微電極之間的間隙，接觸線的形狀確實對微電極陣列產生影響。典型地，當縱橫比降低時，液滴的形狀變得更方正。圖 5E 說明與被激勵的六邊形微電極配置電極 555 接觸的更方正液滴 550。毛細力的大小僅由接觸線 553 的有效長度 552 來確定，並且六邊形微電極之間的間隙產生在有效長度 552 中的間隙。

在有效長度 552 中的間隙意味著更短的有效長度，並且還意味著在液滴上的更小的毛細力。圖 5F 說明與被激勵的方形微電極配置電極 565 接觸的相同液滴 550。在接觸線 563 的有效長度 562 內的間隙更大，因為接觸線 563 的前部落在微電極的間隙內。與圖 5E 中的整個有效長度 552 相比，圖 5F 中的有效長度 562 短得多，這意味著圖 5F 中的配置電極 565 的驅動能力小於圖 5E 中的配置電極的驅動能力。圖 5G 說明與被激勵的方形微電極配置電極 575 接觸的相同液滴 550，但是處於牆磚佈局中。接觸線 573 的有效長度 572 短於圖 5E 中的有效長度 552，但長於圖 5F 中的有效長度 562。

接觸線的有效長度對於將液滴從其起始電極移動到期望電極中尤其重要。可實施其它方式（比如採用配置電極的交叉指型邊緣或者減小間隙寬度）來補償由於微電極之間的間隙造成的毛細力的損失。儘管如此，如果配置電極的驅動能力是最為關心的，則應當採用如圖 5B 所示的六邊形微電極陣列。

微電極陣列結構的微電極結構可基於現今通用的 EWOD 晶片配置，利用縮小的雙平面結構來設計。基於雙平面 EWOD 的微電極結構（僅為了例示的目的，以小尺寸說明）在圖 1A 中說明。在圖中說明三個微電極 130 和兩個平行板 120 和 121。底板 121 包含單獨可控電極 130 的圖案化陣列，頂板 120 塗覆有連續的地電極 140。將塗覆有疏水膜 160 的介電絕緣體 170 添加到板上，以降低表面的潤濕性並增加在液滴與控制電極之間的電容。含有生物化學樣品的液滴 150 和諸如矽油或空氣之類的填充媒介夾在板之間，以有助於液滴 150 在填充媒介內部的輸送。

在本發明的一個實施方式中，採用微電極陣列結構技術的 LOC 裝置是基於共面結構，其中激勵可發生在不具有頂板的單板配置中。共面設計可適應更寬範圍的不同體積尺寸的液滴，而不受頂板的限制。雙平面結構在頂板之間具有固定間隙，並且在適應寬範圍的體積尺寸的液滴方面存在限制。在又一實施方式中，採用微電極陣列結構技術的基於共面結構的 LOC 裝置仍可以增加用於密封測試表面的無源頂板，以保護流體操作或者為了保護測試媒

介具有更長的上架保存 (shelf storage) 壽命的目的。

在本發明中，微電極板結構可以以很多方式尤其在共面結構中物理地實現。圖 6A 說明“接地網”共面微電極結構，其包括一個驅動微電極 610、地線 611 以及在驅動微電極 610 與地線 611 之間的間隙 615。當電極被激勵時，驅動微電極 610 由 DC 或方波驅動電壓充電。地線 611 與驅動微電極 610 處於相同的板上以實現共面結構。間隙 615 用以確保在 610 與 611 之間無垂直重疊。

圖 6B 說明常規液滴操作單元，其包括永久性蝕刻的電極 620 和 621、地線 631 (在垂直和水準方向上)。這兩個蝕刻的電極 620 和 621 分別由水準和垂直方向上的地線 631 分離。液滴 640 位於電極 620 中。如圖 6B 所示，液滴 640 太小以至於不能接觸周圍的地線 631，並且不能執行液滴 640 的激勵。這可能是在常規液滴系統中經常觀察到的液滴操縱中的潛在問題。通常的補救措施是裝載更大尺寸的液滴 650，但是往往難以手動控制期望的液滴尺寸。此外，受常規系統中的地線 631 的限制，電極 620 和 621 不能具有用於改善液滴操縱的交叉指型周邊。

圖 6C 說明在共面結構中的本發明的改進的液滴操作單元。配置電極 620' 包括多個現場可程式設計微電極 610。配置電極可根據液滴的尺寸通過軟體程式設計。在此實例中，配置電極 620' 包括 9 個 (3×3 個) 微電極 610。在圖 6C 中，液滴 641 位於配置電極 620' 上。為了比較的目的，液滴 641 類似於液滴 640 (圖 6B) 的尺寸。在圖 6C 中，配置電極 620' 包括多條具有橫截面的地線 611。在本發明中，由於液滴 641 與配置電極 620' 和多條地線 611 物理重疊，因此可實現有效的液滴操縱。

圖 7A 說明“接地焊盤”共面微電極的另一實施方式。驅動微電極 710 位於中部，接地焊盤 711 位於四個角處，並且間隙 715 位於 710 與 711 之間。代替圖 5A 中所示的實施方式中的地線，本實施方式使用接地焊盤來實現共面結構。與常規的實施方式相比，從根本上講，本發明提供了群組接地 (group grounding) (在圖 7B 中有 21 個接地焊盤 711 與液滴 751 重疊)，其比常規實施方

式的基本一對一的關係更為可靠。如果一個液滴僅依賴一個接地焊盤，則液滴的尺寸對於確保可靠的液滴操縱來說很關鍵，因為在液滴與接地焊盤之間的重疊是必需的。大量的接地焊盤不存在這種限制；不管液滴的尺寸如何，很多接地焊盤將與液滴發生重疊，如圖 7B 所示。用於液滴的驅動力基本與在偏置的激勵電極和接地焊盤上積聚的電荷成比例。通常，電荷積聚也與電極和接地焊盤的表面積成比例。小尺寸接地焊盤將對驅動力產生顯著的降低作用，除非應用接地焊盤的專門處理以改善其它物理參數，這將使製造工藝複雜化。在本發明中，可容易地調節一組接地焊盤，以優化接地焊盤的整個表面積。此外，用於共面結構的液滴的驅動力最終將在接地焊盤和驅動電極的中點附近達到均衡。因此，存在液滴永遠也不能到達第二接地焊盤以導致不可靠的液滴操縱的可能性。這尤其體現在較小的液滴上。本發明利用群組接地，由此接地焊盤、微電極和液滴的一致重疊保證了可靠的液滴操作。此外，在本發明中，微型微電極（通常小於 $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ ）超出了 PCB 技術的可行性，因此需要源自半導體積體電路製造的微細加工技術。

圖 8A 說明“程式設計接地焊盤”共面微電極結構的另一實施方式。在與微電極相同的板上不具有地線或接地焊盤。而是，一些微電極用作接地焊盤以實現共面電極結構。圖 8A 說明 4×4 個同樣的方形微電極 810，在微電極之間具有間隙 815。在本實施方式中，任一個微電極 810 可被配置為通過物理連接為電性接地而用作地電極。在本實施方式中，四個角的微電極 810 被配置為地電極 811。相比常規實施方式中的一對一的電極和接地結構，本發明具有群組接地的優點。此外，現場可程式設計性以及微型微電極對“配置電極”以及“配置接地焊盤”的動態配置提供了更高的靈活性和更高的細微性。如圖 8B 所示，由於現有技術中的一對一的電極和接地結構，液滴 850 只能在 y 軸方向上移動。在這種常規共面結構配置中，由於在電極 820 與接地焊盤之間的積聚電荷的分佈，液滴 850 將位於被激勵的電極 820 與標記為黑色的地

電極之間的中心。移動液滴 850 的唯一方式是對電極 820 去除激勵，並對相鄰電極 830 進行激勵；以這種方式，液滴 850 將被拉到沿著箭頭 840 所示的線的方向上。與此相對照，液滴 852 位於採用微電極陣列結構的共面表面上，並且可以在任何方向上移動，如圖 8C 所示。當“配置電極”860 被激勵時，液滴 852 向上移動。同樣地，當“配置電極”861 被激勵時，液滴 852 向左移動。當臨時“配置電極”862 被激勵時，液滴 852 沿對角線移動，“配置電極”863 的激勵（以及“配置電極”862 的去除激勵）將液滴 852 沿對角線拉到“配置電極”863 上。為了例示的目的，每個“配置電極”890 具有在四個角上的地微電極，但這不是固定佈局。可以實施包括對地電極或激勵電極的改變的臨時步驟，以達到液滴操縱的最佳結果。

在本發明的另一實施方式中，採用微電極陣列結構技術的 LOC 裝置是基於混合結構，其中激勵可發生在共面配置或雙平面配置中。圖 9 說明開關 910，其可被控制為在共面模式和雙平面模式之間切換微電極結構。在共面模式中，在蓋板 920 上的連續地電極 940 連接到地，在電極板 921 上的接地網 980 與地斷開連接。另一方面，在雙平面模式中，電極板 921 上的接地網 980 連接到地，而在蓋板 620 上的地電極 940 與地斷開連接。在另一實施方式中，“接地網”可被如前面的段落中描述的“接地焊盤”或“程式設計接地焊盤”代替。此外，在一個實施方式中，共面接地方案可以不斷開連接，只要額外的接地不會給雙平面結構操作帶來任何問題即可。

在另一實施方式中，在微電極陣列結構技術的混合結構中採用可拆卸的、可調節的和透明的頂板，以優化在如圖 10 所示的頂板 1010 與電極板 1020 之間的間隙距離。電極板 1020 通過微電極陣列結構技術來實現，其中用於液滴 1030 的配置電極的側視圖包括三個微電極（顯示為黑色）。用於液滴 1040 的配置電極包括六個微電極，用於液滴 1050 的配置電極包括十一個微電極。本實施方式在諸如現場可程式設計 LOC 之類的應用中尤其有用。儘管微

電極陣列結構在配置所述配置電極的形狀和尺寸時提供了現場可程式設計性，但是仍然高度需要能夠適應最寬範圍的尺寸和體積的液滴的系統結構。這是因為現場可程式設計 LOC 可適應的液滴尺寸和體積的範圍越寬，就可實現越多的應用。優化的間隙距離可被調節為適合期望尺寸的液滴。在本發明中，優化的間隙可通過三種方式實現：首先，所有的液滴可在不接觸頂板 1010 的條件下被操縱。這種方式通常應用於共面結構中。在第二種方式中，所有的液滴可通過接觸頂板 1010 被操縱，其中液滴夾在頂板 1010 與電極板 1020 之間。第二種方式通常應用於雙平面結構中。第三種方式或混合方式合併了共面結構以及在頂蓋 1010 與共面電極板 1020 之間的可調節間隙的功能。這種混合方式可用於提供具有最寬範圍的液滴。如圖 10 所示，位於間隙內的液滴 1030 和液滴 1040 可在不接觸頂板 1010 的條件下被操縱。液滴 1050 被操縱為夾在頂板 1010 與電極板 1020 之間。本發明不限於微電極陣列結構技術，也可在液滴尺寸的可應用範圍可被限制的同時應用於其它常規的電極板。

本發明的一個實施方式是基於共面結構，其中在樣品或反應物裝載到 LOC 上之後可添加蓋，因而不需要固定的輸入埠。這對於微電極陣列結構尤其重要，因為該結構的現場可程式設計性能夠動態地配置貯液器的形狀、尺寸和位置，而固定的輸入埠限制了系統的靈活性。圖 11A 說明通過針 1160 將樣品 1150 直接裝載到共面電極板 1170 上。樣品的裝載不必非常精確，因為貯液器的位置可根據需要動態地調節，以補償物理裝載偏差。圖 11B 表示在裝載樣品 1150 之後放置無源蓋 1180。

在又一實施方式中，所有的典型微流體操作可通過配置並控制微電極陣列結構下的“配置電極”來執行。“微流體操作”指的是在液滴微激勵器上的液滴的任何操縱。例如，微流體操作可以包括：將液滴裝載到液滴微激勵器中；從源液滴分配一個或多個液滴；分裂、分離或分割一個液滴為兩個或更多個液滴；將液滴沿任何方向從一個位置輸送到另一位置；將兩個或更多個液滴

合併或組合為單個液滴；稀釋液滴；混合液滴；攪拌液滴；將液滴變形；將液滴保持在適當的位置上；培育 (incubating) 液滴；佈置液滴；將液滴輸送出液滴微激勵器；本文所述的其它微流體操作；和/或上述的任何組合。

在又一實施方式中，除了“配置電極”的用以執行典型微流體操作的常規控制之外，微電極的具體控制順序 (sequence) 能夠提供在操縱液滴時的先進的微流體操作。基於微電極陣列結構的先進的微流體操作可包括：沿對角線或沿任何方向輸送液滴；利用“臨時橋接”技術經物理間隙輸送液滴；利用電極列激勵輸送液滴；洗刷殘留液滴 (dead volume)；在較低驅動電壓的情形下輸送液滴；以受控的低速度輸送液滴；執行精確的切割；執行對角線切割；執行共面切割；沿對角線合併液滴；使液滴變形以加速混合；通過不均勻往復混合器改進混合速度；通過迴圈混合器改進混合速度；通過多層混合器改進混合速度；本文所述的其它先進的微流體操作；和/或上述的任何組合。

本發明的用以在微電極陣列結構下進行樣品製備的一個實施方式如圖 12A 的頂視圖所示，其中液滴 1250 和懸浮顆粒分別利用 EWOD 和 DEP 通過方形配置電極 (1210、1211、1212 和 1213) 和條形配置電極 (1220、1221、1222、1223、1224、1225 和 1226) 被激勵。“配置 (configured)”是指圖 12B 和 12C 是橫截面視圖，其中通過從左到右 (從 1220 到 1226) 在條形電極上施加高頻信號 (VHF) 1230，液滴內部的非均勻電場 1256 利用 DEP 將顆粒驅動到右側。通過在方形電極 1221 和 1222 上施加低頻信號 (VLF) 1235，利用 EWOD 獲取具有不同顆粒濃度的兩個子液滴 1251 和 1252。作為例子，從左到右在條形電極之一上施加 2MHz 和 60Vrms 信號 1230 時，通過正性 DEP 吸引顆粒。在細胞聚集到液滴中的右側之後，通過在兩個方形配置電極上施加 80Vrms 和 1kHz，利用 EWOD 將液滴分裂成兩個子液滴。結果，通過激勵從左到右單一迴圈的條形電極，細胞被聚集 (右側子液滴 1251) 或稀釋 (左側子液滴 1251)，如圖 12D 所示。

圖 13 說明利用液滴等分技術在微電極陣列結構下的樣品製備的另一實施方式。共用樣品製備步驟之一是從全血中去除血細胞，以獲取用於免疫測定的血漿。如圖 13 所示，經由微電極 1340 利用液滴等分技術，產生更小的液滴（此液滴太小以至於不能承載一些或任一血細胞 1380），然後經由小尺寸的垂直間隙 1370 移動小液滴 1345，以形成期望液滴 1350。液滴等分技術和小間隙 1370 的組合可有效地將小液滴 1345 從貯液器/液滴 1360 經通道 1370 移動，以形成更大的液滴 1350，同時阻擋血細胞 1380。這裡的物理阻擋主要用於說明液滴等分技術，並且可以採用除了方形之外的不同形狀來利用微電極產生更小的液滴。它並不用作去除血細胞的主要原因。通過利用液滴等分技術，此樣品製備發明不僅能從液滴去除顆粒，而且能夠製備用於診斷測試的合適尺寸的液滴。

在另一實施方式中，微電極陣列結構具有自調節所裝載的樣品或反應物相對於貯液器的位置的能力。這意味著可以避免對精確定位輸入埠的需要以及避免經輸入埠將樣品和反應物傳遞到貯液器的困難操作。圖 14A 說明裝載的樣品斷開成液滴 1420 和液滴 1430，它們都未精確定位在貯液器 1440 的頂部。液滴 1420 甚至與貯液器 1440 不具有任何重疊。對於常規的 LOC，難以將液滴 1420 重定位到貯液器 1440 中。而即使樣品液滴 1420 被裝載為偏離了貯液器，通過激勵臨時配置電極 1460 以將液滴 1420 拉到與貯液器 1440 重疊的位置，也可實現本發明的這種自定位實施方式。隨後對臨時配置電極 1460 去除激勵並且對貯液器 1440 進行激勵，以將樣品準確地定位到貯液器中，如圖 14B 所示。

圖 15 表示微電極陣列結構下的液滴產生過程的一個實施方式。常規地，必須要用專門形狀的貯液器 1530 以及疊置電極 1535 來產生液滴。在本發明中，貯液器 1530 的形狀可以是方形（方形貯液器 1515），並且不需要疊置電極 1535。在另一實施方式中，貯液器 1515 的形狀可以通過設計微電極陣列根據設計需要而為任何其它形狀。如圖 15 所示，液滴的產生是指從方形貯液器 1515

擠出液滴 1550 的過程。為了啟動液滴產生過程，首先激勵臨時電極 1530 作為拉回 (pull-back) 電極，然後激勵另一臨時電極 1535 以擠壓液體。隨後，通過激勵相鄰序號的配置電極 1540，從貯液器 1515 擠出液體指狀物 (liquid finger)，最終產生液滴 1550。每個配置電極 1540 包括配置的 4x4 個微電極，因而為方形。在本發明中，配置電極 1540 的尺寸可以在從幾十微米到幾毫米的範圍，但不限於此範圍。配置電極的形狀可以為方形或其它形狀。在本發明中，貯液器可以是方形、圓形或其它具體形狀。

圖 16 說明本發明的稱為“液滴等分”的具體液滴產生過程的實施方式。液滴等分是使用微電極陣列結構首先通過微電極或小尺寸的配置電極從貯液器 1610 產生更小的液滴 1615，然後通過激勵配置電極 1620 將更小的液滴 1615 收集在一起，以形成更大的液滴 1630。常規地，液滴尺寸近似於電極的尺寸，並不存在用以控制液滴體積的更精確的方式。本發明中，液滴等分可用於實現對液滴體積的更精確的控制。此外，以反向方式，此技術可用於通過計算從液滴 1630 可產生多少個更小的液滴 1615 來測量更大液滴 1630 的體積，如圖 16 所示。

圖 17 是說明微電極陣列結構下的液滴輸送實施方式的圖。如圖所示，有 9 個相鄰的配置電極 1731 到 1739。每個配置電極包括配置的 10x10 個微電極，因而為方形。液滴 1750 位於中心配置電極 1735 的頂部 (或上面)。在常規的微流體輸送操作中，液滴 1750 在這種方形電極設置下只能沿南北和東西方向由配置電極 1735 激勵。例如，通過激勵配置電極 1734 並對配置電極 1735 去除激勵，將使液滴從配置電極 1735 移動到配置電極 1734 上。但是，這種常規操作將不能夠使液滴 1735 從配置電極 1735 沿對角線移動到任一個配置電極 1731、1733、1737 或 1739 上，因為這四個配置電極與液滴 1750 不具有物理重疊。這種液滴不覆蓋四個角的限制總是存在於從典型液滴產生過程產生液滴的情況中。為了沿對角線移動液滴，本發明的一個實施方式是作為臨時步驟激勵配置電極 1760，然後激勵期望的配置電極 1733 並對臨時配置電極 1760

去除激勵，因而可將液滴 1750 沿對角線移動到期望的配置電極 1733 中。如圖 17 所示，基於本發明，液滴 1750 可在方形電極設置中沿所有 8 個方向移動。此外，液滴的輸送不限於 8 個方向。如果相鄰配置電極處於這 8 個方向之外，則仍可激勵臨時配置電極以將液滴輸送到目的地。

常規地，LOC 具有用以連接 LOC 的不同部分以輸送液滴的輸送路徑電極 440，如圖 4A 所示。本發明中，微電極陣列結構下的 LOC 的液滴路由的一個實施方式不需要用於輸送液滴的固定輸送路徑，如圖 18 所示。而是利用液滴路由將多個液滴從多個起始位置同時移動到目的地。很明顯，這種路由處理將非常不同於常規的微流體設計並且比常規的微流體設計更為有效，因為通過激勵不同的微電極，基本上可沿包括對角線在內的任何方向移動。液滴 1850、1851 和 1852 處於它們的起始位置，如圖 18 所示。液滴 1850 和液滴 1852 將在配置電極 1810 處混合，並且液滴 1851 將輸送到配置電極 1820。與傳統的 VLSI 路由問題不同，除了路由路徑選擇，生物晶片路由問題需要解決在由流體屬性施加的實際限制以及合成結果的時序限制下的液滴時間表安排的問題。如果不考慮污染，則可通過選擇路線 1860 使液滴 1851 首先移動，並且可通過選擇路線 1840 使液滴 1852 移動。這裡所需要考慮的是安排液滴 1851 和 1852 的輸送時序，使得它們在移動到它們的目的地的同時不會碰撞在一起。如果考慮污染，則 1851 可以選擇路線 1861 以避免液滴移動路線上的任何重疊。此外，對於要在配置電極 1810 處合併的兩個液滴 1850 和 1852，可能需要考慮安排液滴激勵的時序，因此路線 1830 和路線 1840 的長度差可成為考慮因素，從而具有最佳的混合效果。當在微電極陣列結構裝置上執行的應用越來越複雜時，將需要自上而下的設計自動化，以限定裝置上的液滴的路由和時序。在定義了生物醫療微流體功能之後，利用體系級（architectural-level）合成來向 LOC 資源提供微流體功能並且將微流體功能映射到激勵的時間步驟中。

本發明在微電極陣列結構下輸送和移動液滴的稱為“臨時橋

接技術”的另一實施方式如圖 19A-19C 所示。液滴切割和蒸發有時會使液滴變得太小，液滴不能由電極可靠地激勵。圖 19A 表示由間隙 1960 彼此分離的兩個配置電極 1930 和 1940。液滴 1950 位於左側配置電極 1930 上。在兩個配置電極 1930 與 1940 之間的時間隙 1960 足夠寬，以便能隔離兩個配置電極 1930 和 1940，使得位於左側配置電極 1930 上的液滴 1950 不會接觸下一個相鄰配置電極 1940。圖 19A 說明在常規的液滴輸送中，液滴 1950 從配置電極 1930 到配置電極 1940 中的移動通常失敗，因為配置電極 1940 與液滴 1950 不具有用以改變其表面張力的物理重疊。圖 19B 說明來自圖 19A 的液滴 1950 輸送到期望的配置電極 1940 中。在這個過程中，由“齒狀”區域 1970 覆蓋的微電極被激勵。齒狀配置電極 1970 局部覆蓋左側配置電極 1930、間隙 1960 以及整個下一個配置電極 1940。如圖 19B 所示，“齒狀”配置電極 1970 與液滴 1950 具有物理重疊，並且如圖 19B 所示，配置電極 1970 的激勵將使液滴 1950 在配置電極 1970 的頂部移動。圖 19C 說明完成向期望的配置電極 1940 的液滴輸送。在液滴 1950 移動到期望的配置電極 1970 之後，“齒狀”配置電極 1970 被去除激勵，下一個配置電極 1940 被激勵，以將液滴 1950 佈置和定位到期望的方形配置電極 1940 中。

本發明在微電極陣列結構下輸送和移動液滴的又一實施方式稱為“電極列激勵”。液滴切割和蒸發有時會使液滴變得太小，液滴不能由電極可靠地激勵。如圖 20A 所示，有時液滴 2050 變得太小以至於小於電極 2010 並且與相鄰的電極 2011 不具有物理重疊。在這種情形下，即使電極 2011 被激勵，液滴 2050 也不會移動到電極 2011 中，液滴會粘留在系統中。沖走粘留液滴的一種有效方式是利用電極列激勵。激勵電極佈置成多列以執行電極列激勵，如圖 20B 所示。這裡，每列配置電極列 2020 包括 1×10 個微電極，三列配置電極列組合在一起以執行電極列激勵，如圖 20B 中標記為黑色的部分所示。默認的列寬度是一個微電極，但是取決於應用也可以是其它數量。最有效的電極列激勵是具有一組電

極列，其寬度稍大於液滴的半徑。這就是為什麼在這裡將三列組合在一起的原因。列的長度取決於應用，通常情況下越長越好。對於用以移動液滴 2050 的這種三列配置，在首位的配置電極列 2022 之前，配置電極列 2021 被激勵，尾隨的配置電極列 2022 被去除激勵。以這種方式，不管液滴的尺寸如何，三列配置電極列總是提供最大有效長度的接觸線。結果，液滴能夠有效、平滑地移動，因為液滴上的毛細力是一致的並且被最大化。因此，液滴能在比常規液滴操作中的驅動電壓低得多的驅動電壓下移動。這種電極列驅動技術可用於通過在低得多的驅動電壓下的平滑移動來輸送液滴。此外，由於這種技術的一致的毛細力，通過以低速推進配置電極列，可以實現對液滴速度（尤其在低速情形中）的控制。實驗表明：在臨界驅動電壓下，電極列激勵的這種平滑、有效的驅動能力更為明顯。已經觀察到：在低於 8Vp-p 1kHz 方波驅動電壓並且具有 80 μm 的間隙的條件下，在 10cSt 矽油中緩慢但平穩地移動 DI 水滴（1.1mm 直徑）。長度可以被配置為 LOC 的總長度，使得電極列激勵的單次沖刷可以洗刷掉 LOC 中的所有無效液滴(dead droplet)。圖 20C 說明小液滴 2050 移出配置電極 2010。

在微電極陣列結構下使用三個配置電極來切割液滴。本發明用於執行微電極陣列結構下的液滴的典型三電極切割的一個實施方式如圖 21A-21C 所示。使用三個配置電極，並且待切割的液滴位於如圖 21A 所示內部配置電極 2111 的頂部並與外部配置電極 2110 和 2112 具有部分重疊。在切割期間，外部的兩個配置電極 2110 和 2112 被激勵，並且內部配置電極 2111 被去除激勵，液滴 2150 擴展開來從而潤濕外部兩個電極。通常而言，兩個外部配置電極 2110 和 2112 引發的親水力拉伸液滴，同時中央的疏水力將液體夾斷為兩個子液滴 2151 和 2152，如圖 21C 所示。

本發明用以實現類似於三電極切割的精確切割的一個實施方式如圖 22A-22C 所示。精確切割也起始於待切割的液滴位於內部配置電極的頂部。但是代替使用外部的兩個配置電極 2210 和 2212 來切割液滴，利用電極列激勵技術來朝著配置電極 2210 和 2212

緩慢但穩固地拉動液滴 2250，如圖 22A 所示。這裡，使用兩組 5 列配置電極列 2215 和 2216(在圖 22A 中標記為黑色)來拉開液滴。圖 22B 說明通過一次推進一個微電極列，使得兩組電極列組保持相分離地移動。兩組電極列組 2215 和 2216 引發的親水力拉伸液滴。當電極列組 2215 和 2216 到達配置電極 2210 和 2212 的外緣時，所有配置電極列被去除激勵，並且配置電極 2210 和 2212 被激勵，以將液體夾斷為兩個子液滴 2251 和 2252，如圖 22C 所示。

圖 23A-23C 說明本發明用以執行對角線切割的實施方式。對角線切割起始於將待切割液滴移動到臨時配置電極 2312 上，其中臨時配置電極 2312 位於四個配置電極 2310、2311、2313 和 2314 的接合角 (joint corner) 的中心。在液滴完全位於四個配置電極的接合角的中心之後，臨時配置電極 2312 被去除激勵，並且配置電極 2310 和配置電極 2311 被激勵，液滴 2350 被拉伸到液體柱中，如圖 23B 所示。為了將液體夾斷為兩個子液滴，需要將配置電極 2310 和 2311 的內角去除激勵，以在液滴 2350 的中部產生必要的疏水力。圖 23C 說明 L 形臨時配置電極 2315 和 2316 被激勵，以進一步拉伸液滴使其間僅具有薄的頸部，在中部的疏水力隨後有助於將液滴 2350 夾斷為兩個子液滴 2351 和 2352。最後，配置電極 2310 和 2311 被再次激勵，以將液滴 2351 和 2352 中心定位到配置電極 2310 和 2311 中，如圖 23D 所示。

圖 24A-24C 說明在微電極陣列結構下的開放表面上的液滴切割過程。圖 24A 說明液滴 2450 位於左側配置電極 2440 上。液滴 2450 將被切割成兩個子液滴 2470，如圖 24C 所示。液滴切割過程大致包括下面兩個過程。首先，通過在適當的電壓下激勵配置電極 2430，將待切割液滴 2450 拉伸為薄的液體柱 2460。這可以從圖 24B 中看出。這種“薄的”液體柱通常是指具有小於起始液滴直徑的寬度的液體柱。接下來，激勵兩個預選的配置電極 2440 和 2420，以切割液滴 2470 並將其中心定位到這兩個配置電極 2440 和 2420 中，如圖 24C 所示。共面切割的關鍵在於在液滴與外部的兩個配置電極之間具有足夠的重疊，以便具有足夠的毛細力來克

服液滴的曲率以執行切割。在一個實施方式中，當液體柱 2460 由於水動力不穩定性而被切割成多個液滴時，發生被動切割。在另一實施方式中，被動和主動切割都被本發明採用。在液滴被拉伸成薄的液體柱的同時，可利用被動力或主動力來將起始液滴斷開成兩個更小的液滴。當利用被動力時，對液體柱長度的計算很重要。當利用主動力時，優化的長度並不重要。不管是被動切割還是主動切割，在切割過程的最後步驟，配置電極 2440 和 2420 被正常地激勵，以便將液滴定位到期望的配置電極中。在另一實施方式中，被動或主動切割過程在微電極陣列結構下的開放表面結構下進行。圖 24C 說明當液滴 2450 被切割成兩個液滴 2470 時完成切割。

其它的應用可能只是需要將著色液滴移動到某些位置上以形成文本或圖形。本發明的一個實施方式是基於微電極陣列結構的顯示器，其基於本文描述的微電極的尺寸和數量來定義顯示器的“解析度”。在基於微電極陣列結構的顯示器與常規顯示器之間的明顯結構差別在於：基於微流體液滴的顯示器可根據需要將“多個點”顯示為離散的點，也可以形成連續的線或區域以便具有更佳的可讀性。為了形成連續的線或區域，微電極被組合成期望的配置電極，並作為組被激勵。為了形成離散的點，使每個點以預定義的方式單獨地移動到適當的位置，以避免意外合併。如圖 25 所示，液滴 2580 是一個連續液滴，它由包括 2x4 個微電極的配置電極操縱。並且，存在 8 個由 2x4 個單獨微電極形成的離散液滴 2570。通過激勵配置電極形成一個連續環 2540，並且在圖 25 中顯示了一個帶點的環 2550。此外，說明連續的“E” 2560 和帶點的“E” 2530。在另一實施方式中，為了防止液體列由於水動力不穩定性而斷開成多個液滴，不管結構類型（雙平面、共面或混合）為何，有必要為基於微電極陣列結構的顯示器設置具有低縱橫比的蓋板。

本發明用於執行微電極陣列結構下的基本合併或混合操作的一個實施方式如圖 26A-26B 所示，其中兩個液滴 2650 和 2651 被

組合成單個液滴 2653。在本發明中，術語“合併”和“混合”可互換地使用，用以表示兩個或更多個液滴的組合。這是因為合併兩個液滴並不總是直接或立即地導致初始分離的液滴的成分的完全混合。在圖 26A 中，兩個液滴 2650 和 2651 初始位於配置電極 2610 和 2612 上，並由至少一個其間的配置電極 2611 分離。兩個液滴 2650 和 2651 與配置電極 2611 至少都具有部分重疊。如圖 26B 所示，外部的兩個配置電極 2610 和 2612 被去除激勵，中心配置電極被激勵，由此液滴 2650 和 2651 沿著中心配置電極 2611 相互牽引，以合併成一個更大的液滴 2653，如圖 26B 中的箭頭所示。

圖 27A-27C 說明通過用以產生微電極陣列結構下的渦流的不均勻幾何運動來實施液滴操縱的有效混合過程。通過激勵配置電極 2751 和 2771，使液滴 2750 和 2770 變形，如圖 27B 所示；由此使液滴 2750 變高，使液滴 2770 變胖。然後，中心配置電極 2760 被激勵，以將液滴 2750 和 2770 拉到混合配置電極 2760（標記為黑色）中，如圖 27C 所示。在圖 27B 中，黑色區域表示兩個被激勵的配置電極 2751 和 2771 不僅使兩個液滴 2750 和 2770 變形，並且將它們局部牽引到中心配置電極 2760 中。圖 27B 所示的這種臨時激勵步驟也有助於兩個液滴的平滑混合移動。圖 27B-27C 中的黑色區域和變形液滴的形狀僅為例示的目的。在本發明中，這些形狀根據需要可以為任意類型。

圖 28A 和 28B 說明用於改進混合速度的微電極陣列混合器。在一個實施方式中，可使用不均勻往復混合器來加速液滴混合。這可通過激勵一組微電極以產生不可逆轉圖案來實現，其中不可逆轉圖案破壞了兩個迴圈的對稱性以改進混合速度。初始狀態在圖 28A 中說明，其中液滴 2850 包含樣品和反應物，並位於配置電極 2840 的頂部。用於不均勻往復混合的第一個步驟是激勵配置電極 2860 以使液滴 2850 朝著圖 28B 中所示的箭頭方向變形。然後，配置電極 2860 被去除激勵，並且配置電極 2840 被激勵以將液滴拉回到圖 28A 所示的初始位置。往復混合可執行多次，以實現優化的混合效果。此外，圖 28A 和 28B 中的配置電極 2840 和變形液

滴的形狀僅為例示的目的。在本發明中，這些形狀可以為任意類型的設計，只要它們具有產生渦流的能力，或可選地，具有產生多層的能力。

在基於 PFLOC 液滴的混合過程的又一實施方式中，圖 29 說明用於改進混合速度的迴圈混合器。這可通過激勵更小的微電極組的序列以產生不可逆轉水準迴圈來實現，其中不可逆轉水準迴圈破壞了垂直層迴圈的對稱性以加速混合。如圖 29 所示的一個實施方式是形成包圍液滴 2990 的八個配置電極（2910、2920、2930、2940、2950、2960、2970 和 2980），然後以迴圈的方式順序地逐個激勵配置電極。例如，作為第一個步驟，配置電極 2910 被激勵較短的時間段，以導致表面張力改變並且朝著配置電極 2910 在液滴 2990 的內部產生迴圈。接下來，配置電極 2910 被去除激勵，隨後激勵下一個相鄰配置電極 2920。通過全部八個配置電極（2910 到 2980）重複迴圈激勵過程，以在液滴 2990 內部產生水準迴圈。此迴圈流激勵可根據需要執行多次。此外，迴圈流可按照順時針、逆時針或者這兩種方式的交替混合來執行，以實現最佳混合效果。此外，配置電極 2910 到 2980 以及迴圈的形狀僅為例示的目的。在本發明中，這種迴圈混合可以是任何類型的設計，只要它們具有產生渦流的能力，或可選地，具有產生多層的能力。

多層混合器：本發明以小尺寸（2x2 個配置電極）但有效的混合器產生多層以加速混合的一個實施方式可以如圖 30A-30F 所示。這種多層混合器對於低縱橫比（ <1 ）的情形尤其有用。縱橫比是指電極板和接地板之間的間隙與電極尺寸的比。低縱橫比意味著更難在液滴內部產生渦流，因而產生多層的能力變得更加重要。在此具體混合器中利用對角線混合和對角線切割。在圖 30A 中，在配置電極 3014 處的黑色液滴 3051 與在配置電極 3011 處的白色液滴 3050 混合。臨時配置電極 3010 將成為混合室，並將被激勵以拉入液滴 3051 和 3050。為了啟動多層混合，第一個步驟是沿對角線合併兩個液滴。液滴合併的對角線方向可以是 45 度或 135 度，但是隨後對角線切割的方向需要垂直於合併操作。圖 30B

表示將液滴 3051 和液滴 3050 第一次合併成為黑白液滴 3052。由於低雷諾數和低縱橫比，液滴 3052 具有單純基於擴散的靜態混合，其導致較長的混合時間，因此液滴顯示為一半為白色，一半為黑色。第二個步驟是要對液滴 3052 執行與起始對角線混合呈 90 度的對角線切割，如圖 30C 所示。在臨時配置電極 3010 被去除激勵的同時，配置電極 3012 和 3013 以及其它臨時配置電極被激勵，以將液滴 3052 沿對角線切割成兩個子液滴 3053 和 3054，如圖 30C 所示。對角線切割的細節已在前面的段落中討論。由於低混合率，因此兩個子液滴 3053 和 3054 在對角線切割之後以相同的方位保持黑/白疊層。然後，多層混合的第三個步驟是將兩個液滴移回到起始配置電極上，以重複對角線混合和切割。在圖 30D 中，液滴 3054 從配置電極 3012 移動到配置電極 3011 上，並且液滴 3053 從配置電極 3013 移動到配置電極 3014 上。需要考慮的是在液滴 3053 和 3054 移動的同時避免它們的合併。對配置電極 3012 和 3013 去除激勵以及對配置電極 3011 和 3014 進行激勵的簡單液滴移動操縱可能會導致兩個液滴在移動的同時發生物理接觸，然後兩個液滴可能會合並在一起。因此，臨時配置電極 3015 和 3016 需要首先被激勵，以在兩個液滴之間產生保護區，用以在兩個液滴朝著它們的目的地移動的同時防止出現任何意外合併。在液滴 3053 和 3054 移動到配置電極 3016 和 3015 中之後，徑直向前將兩個液滴移動到配置電極 3011 和 3014 中。第一個步驟到第三個步驟可以重複，以產生用以加速混合的必要數量的多層。作為重複從第一個步驟到將圖 30D 中的液滴 3053 和 3054 沿對角線合併成為液滴 3055 的結果，圖 30E 說明四層液滴 3055。圖 30F 說明在經歷了從多層混合的第一個步驟到第三個步驟的另一迴圈之後得到的八層液滴 3056。

此外，本發明的其它實施方式可將微流體操作拓寬到醫學、藥品發現、環境和食物監測的應用範圍以外。例如，由電極形成的液滴可用作用於化學混合和反應的虛擬室，也可用作顯示圖元或組織細胞的營養培養基容器。

根據應用需要，用於微電極的底層製造技術可以是基於半導體、薄膜電晶體（TFT）陣列、PCB、塑膠或紙張的技術。最終產品的尺寸可以小到指甲大小的 FPLOC，可以為紙張大小的流體微型起重機系統，或者可以大到建築物大小的現場可程式設計看板永久顯示器。材料可以是剛性或柔性並可彎曲的。

通過利用標準 CMOS 製造工藝來製造基於微電極陣列結構的 LOC 的一個實施方式如圖 31 的框圖所示。EWOD 微電極陣列結構的兩個主塊是系統控制塊 3150 和流體邏輯塊（FLB）3110。正常情況下，根據應用和製造技術的限制，系統僅需要一個系統控制塊 3150，但需要多個 FLB3110。

微電極陣列通過以菊鏈方式連接在一起的 FLB 來實現。FLB 的數量由應用以及主要地由製造技術的限制來確定。一個 FLB 包括高壓驅動微電極 3130、一位（one bit）記憶體地圖資料 3120 以及控制電路 3140。高壓驅動微電極 3130 是可通過施加必要的電壓被激勵以產生用以移動液滴的 EWOD 作用的物理微電極。一位元記憶體地圖資料 3120 保持微電極的激勵的邏輯值，典型地，“1”代表對微電極進行激勵而“0”代表對微電極去除激勵。控制電路 3140 管理控制邏輯並形成 FLB 的菊鏈結構。

系統控制 3150 包括四個主塊：控制器 3160、晶片佈局 3170、液滴位置地圖 3180 以及流體操作管理器 3190。控制器 3160 是 CPU，並具有必要的記憶體空間、介面電路和軟體程式設計能力。取決於製造技術，控制器 3160 可被集成作為製成品的一部分，或者可以為附接的外部裝置。晶片佈局塊 3170 是存儲配置電極的配置資料以及 LOC 佈局資訊和資料的記憶體。液滴位置地圖 3180 反映出 LOC 上的液滴的實際位置。通過激勵“配置電極”序列，流體操作管理器 3190 將佈局資訊、液滴位置地圖以及來自控制器 3160 的 LOC 應用轉譯成對液滴實施的物理激勵。

微電極陣列結構可提供現場可程式設計性，使得 LOC 的電極和整體佈局都可通過軟體程式設計。微流體裝置或嵌入系統如果其（存儲在諸如 ROM 之類的非易失性記憶體中的）固件可以“在

場中”被修改，而無需拆解裝置或將裝置返回其製造商，則可以說是現場可程式設計的或現場可程式設計的。LOC 的現場可程式設計性或軟體配置通過系統控制 3150 和 FLB3110 來實現。電極的形狀和尺寸設計以及 LOC 佈局資訊和資料被存儲在晶片佈局塊 3170 內部的非易失性記憶體中，如圖 31 所示。包括臨時電極的被激勵電極的資訊被存儲在液滴位置地圖 3180 中的非易失性記憶體中。然後，軟體配置資料通過一位元記憶體地圖資料 3120 傳遞給每個微電極 3130。一組微電極的成組 (grouping)、激勵、去除激勵實際上通過 FLB3110 的配置來執行。此外，所有的 FLB3110 都是軟體可連接的，並且在物理上為可利用標準製造技術製造的單片集成形式。

圖 31 中的高壓驅動微電極 3130 或物理上的“微電極”可按照很多不同的結構來實現。在一個實施方式中，高壓驅動微電極 3130 採用圖 32 所示的混合結構。混合結構包括在相同板 3221 上的微電極 3230 和接地網 3280，如圖 32 所示。具有連續地電極 3240 的頂蓋板和在電極板 3221 上的接地網 3280 連接到用於選擇結構模式的開關 3210。

圖 33 說明 FLB 陣列 3300 的電學設計的一個實施方式，其中 FLB 陣列 3300 包括以菊鏈配置的很多 FLB3320。菊鏈是在電學工程設計中使用的佈線方式。連接線是串列的，不形成網或回路。在微電極的尺寸持續縮小並且微電極的數量持續增長的同時，對於微電極陣列結構來說，一個不可避免的挑戰就是互連問題。不採用菊鏈配置，互連將呈指數性增多，並將變得太複雜以至於不能管理系統的規模。通過利用菊鏈方式，簡化了每個 FLB3320 之間的連接，並且 FLB 的互連將不會隨著 FLB 的數量增加而增多，由此可實現可擴展的並且更簡潔的佈局設計。每個 FLB3320 包含用於存儲激勵資訊的存儲裝置（比如 D 觸發器 3310）以及用於激勵微電極 3330 的高壓電路。當施加信號 VIN 時，根據觸發器 3310 的輸出值，微電極 3330 將被激勵或去除激勵。SQ 信號控制方波而不是穩態 DC 施加到微電極。在激勵微電極陣列之前，通過資料信

號 ED 中的時鐘來載入觸發器 3320 的值。諸如 D 觸發器 1410 之類的一位元存儲裝置也可以是其它觸發器設計或其它資料存儲應用。

圖 34 說明 FLB 陣列製成品的橫截面。在一個實施方式中，使用了三層金屬層以及一層聚乙烯層 (poly layer)。底層是襯底 3460，它上面的層是控制電路層 3450。控制電路、觸發器和高壓驅動器都包含在位於微電極 3440 和 3470 正下方的 3451 的區域中。三層金屬層用於製作微電極 3440、3470 以及地線 3430。此電極和地線結構的頂視圖如圖 5A 所示。利用電壓來應用被激勵的微電極 3440，並且微電極 3470 是待用的。微電極的頂部是介電層 3410。在本實施方式中，地線 3430 不被介電層 3410 覆蓋，以減小所需的激勵電壓。在最上面，塗覆有疏水膜 3420 以降低表面的潤濕性。如果從頂部觀看，僅能看到微電極陣列，而不會看見隱藏在微電極下麵的電路。這種自包含微電極結構是在製造 FLB 時具有極高可擴展性的關鍵。

通過利用薄膜電晶體 (TFT) 陣列製造工藝來製造基於微電極陣列結構的 LOC 的另一實施方式如圖 35A 中的框圖所示。微電極陣列結構的兩個主塊是系統控制塊 3550 和有源矩陣塊 (AMB) 3500。系統控制塊 3550 包括四個主塊：控制器 3560、晶片佈局 3570、液滴位置地圖 3580 以及流體操作管理器 3590。控制器 3560 是 CPU，並具有必要的記憶體空間、介面電路和軟體程式設計能力。晶片佈局塊 3570 是存儲配置電極的配置資料以及 LOC 佈局資訊和資料的記憶體。液滴位置地圖 3580 反映出 LOC 上的液滴的實際位置。通過激勵“配置電極”序列，流體操作管理器 3590 將佈局資訊、液滴位置地圖以及來自控制器 3560 的 LOC 應用轉譯成對液滴實施的物理激勵。

在一個實施方式中，LOC 的現場可程式設計性或軟體配置由系統控制 3550 來實現。電極的形狀和尺寸設計以及 LOC 佈局資訊和資料被存儲在晶片佈局塊 3570 內部的非易失性記憶體中，如圖 35A 所示。包括臨時電極的被激勵電極的資訊被存儲在液滴位置地

圖 3580 中的非易失性記憶體中。然後，通過一位元記憶體地圖資料 3520 將軟體配置資料傳遞給每個微電極 3530。然後，對配置電極的成組、激勵和去除激勵的資料以逐幀的方式發送給有源矩陣塊 (AMB) 3500。

在另一實施方式中，AMB3500 包括五個主塊：有源矩陣面板 3510、源極驅動器 3520、柵極驅動器 3525、DC/DC 轉換器 3540 以及 AM 控制器 3530，如圖 35A 所示。在有源矩陣面板 3510 中，在共用的基礎上使用柵極匯流排 3515 和源極匯流排 3514，但是每個微電極 3512 通過選擇位於行端部和列端部的兩個適當接觸焊盤而為單獨可定址的，如圖 35B 所示。開關裝置使用由沉積的薄膜製成的電晶體（因此稱為薄膜電晶體 (TFT) 3511）。TFT 陣列襯底包含 TFT3511、存儲電容器 3513、微電極 3512 以及互連佈線 3514 和 3515。在柵極匯流排 3515 和資料信號匯流排 3514 的每個端部製造一組接合焊盤，以附接源極驅動器 IC3520 和柵極驅動器 IC。AM 控制器 3530 利用來自系統控制 3550 的資料 3531 通過驅動電路單元驅動 TFT 陣列，其中驅動電路單元包括一組 LCD 驅動 LC(LDI) 晶片 3520 和 3525。將 DC 電源 3541 施加到 DC/DC 轉換器 3540，DC/DC 轉換器 3540 通過柵極匯流排 3515 向柵極施加正脈衝，以導通 TFT。存儲電容器被充電，並且微電極 3512 上的電壓電平上升達到被施加到源極匯流排 3514 的電壓電平。存儲電容器 3513 的主要功能是保持微電極上的電壓，直到施加下一信號電壓為止。

在一個實施方式中，基於 TFT 陣列的微電極陣列的頂視圖如圖 35C 所示。微電極 3512、TFT3511 以及存儲電容器 3513 在典型的 TFT LCD 佈局中說明。在另一實施方式中，實現如圖 4B 所示的六邊形 TFT 陣列佈局，以減少與在相鄰微電極之間的相對較大的間隙 3516 的碰撞。

在另一實施方式中，基於 TFT 技術的微電極陣列是在如圖 35D 所示的雙平面結構中。TFT3503 是在具有微電極 3504 的玻璃襯底 3501 上製造的，並且添加塗覆有疏水膜 3505 的介電絕緣體 3506，以降低表面的潤濕性，並增加在液滴與微電極之間的電容。在頂

板 3502 上，除了塗覆有疏水膜 3505 的連續地電極 3508 之外，可能還需要由不透明金屬製成的黑色矩陣 (BM) 3507，用以遮擋 a-Si TFT，使其免受雜散光的照射。

微電極陣列以分級的方式構成用以建立整個 LOC 功能的基礎，如圖 36 所示。微電極陣列結構的分級系統結構起始於生物醫療微流體功能層 3610。在這一層，定義 LOC 的應用級功能和用途。例如，一個 LOC 只能執行一個功能，比如葡萄糖讀取或諸如十二合一 (12-in-1) 吸毒檢測之類的多重分析。微流體操作層 3620 是下面一級 (one level down) 的層，用於控制和管理諸如輸送、混合和檢測之類的微流體操作。在定義了生物醫療微流體功能之後，利用體系級合成來向 LOC 資源提供微流體功能，並將微流體功能映射到時間步驟中。理想地，生物醫療微流體功能層和微流體操作層都屬於設計抽象方法學，由此將低級微電極配置和佈局封裝到抽象的微流體呈現 (比如“對角線切割”或“精確切割”) 中。隨著微流體技術的進步，這種自上而下的方法學將負責允許設計者將數位微流體系統從較為簡單的單功能 LOC 擴展到複雜的多功能 LOC。在微流體元件層 3630，通過幾何級合成以幾何級創建 LOC 的最終佈局的物理呈現。最終佈局包括所有微流體組件的位置、微流體組件的形狀和尺寸。LOC 的幾何級合成中的關鍵問題在於：諸如不同類型的混合器和貯液器之類的微流體模組的放置。這一問題可利用微電極陣列結構的 FLB 來非常容易地管理，因為所有的微流體元件 (配置電極) 都由相同的基本 FLB 構成。此外，利用標準元件 FLB，用於數位微流體 LOC 的物理驗證的精確有效設計規則的確定將更容易實現。在一個實施方式中，FLB 是可修改的以便用於已被建立完善的高壓 CMOS 製造技術，其中微流體元件可與微電子元件以單片形式集成在一起。微電極陣列層 3640 管理 LOC 的晶片或集成有微流體和微電子的下一代晶片上系統 (SOC) 的庫、二維佈局、三維幾何建模、物理級類比和物理驗證。

通過使用微電極陣列結構，有至少如下三種主要應用類型的很多實施方式：(1) 現場可程式設計晶片實驗室 (LOC)；(2) 現

場可程式設計永久顯示器；和（3）流體微型起重機系統。

圖 37A 和 37B 說明現場可程式設計晶片實驗室（FPLOC）以及如何根據 FPLOC 來設計應用的一個實施方式。在任何程式設計或配置之前，空白 FPLOC3701 可如圖 37A 所示。這種空白 FPLOC3701 包括多個 FLB3710 的陣列、FPLOC 系統控制 3720 以及 I/O 介面 3730。在本發明的一個實施方式中，I/O 介面 3730 的數量可根據設計需要為單個或多個。在另一實施方式中，I/O 介面 3730 和 FPLOC 系統控制 3720 的放置位置可以是位於 FLB3710 的陣列的下方或者在同一晶片上緊鄰 FLB3710 的陣列（如圖 37A 所示）。FPLOC 系統控制 3720 提供系統分隔、配置、控制、管理和其它系統相關功能。I/O 介面 3730 提供在 FPLOC 和外部裝置之間進行連接以程式設計晶片、顯示測試結果、校準以及資料管理的功能。在另一實施方式中，I/O 介面 3730 也可提供向印表機、USB 記憶體裝置或網路介面的連接。I/O 介面 3730 還提供通往對 FPLOC 供電所需的電源的通路。

設計 FPLOC 的第一個設計步驟（或最低級的工作）是對所有微流體元件（比如貯液器、混合區域、檢測區域以及輸送路徑）的物理位置、尺寸和形狀以及 FPLOC 的整體佈局進行場程式設計。圖 37B 說明對空白 FPLOC3701 進行程式設計以實現配置 LOC 的設計 3702 的一個實施方式。此配置 LOC3702 具有包括電極 3740 和貯液器 3770、廢棄物貯存器 3790、混合室 3760、檢測視窗 3750 以及輸送路徑 3780 的微流體元件，其中輸送路徑 3780 由連接 FPLOC 的不同區域的電極構成。在 FPLOC 的佈局設計之後，在圖 37B 中也存在一些未使用的微電極 3710。設計 FPLOC 的第二個步驟是定義晶片的微流體操作。基本的流體操作包括：產生液滴、輸送、切割和混合。如前面的段落所討論的，基於微電極陣列結構可以實現更多的先進的流體操作。FPLOC 的設計者可以選擇使用基礎建立塊 FLB 來建立包含流體操作的整個 FPLOC。但是為了設計者設計的便利性以及為了能夠擴展 FPLOC 的設計，高度期望用於微流體操作的應用級呈現。

圖 38A-38E 說明現場可程式設計永久顯示器的實施方式。圖 38A 表示基於微電極陣列結構的平面顯示器的一個實施方式，其中黑色墨水（或可見壓模液滴（died droplet））框架 3810 儲存在裝置的邊緣，並且空白微電極 3811 表明沒有文本或圖形。在圖 38B 中，自黑色墨水框架產生的液滴被輸送到多個位置上，以顯示環 3812 和文本字元 3813。空白微電極 3815 成為背景，並且墨水 3814 的量少於圖 38A 中的 3810。為了關閉顯示器，所有液滴都移回到圖 38A 所示的墨水框架。圖 38C 說明顯示器的側視圖。頂蓋 3821 通常是結實的透明塑膠。微電極陣列 3830 在電極板 3820 上製造。液滴 3841 夾在板之間。一組液滴 3840 構成具有離散的點的點線。液滴 3842 構成連續的線。連續的線或區域的形成比點形式具有視覺優勢，這是本發明的一個區別。當通過柔性材料和相關技術製造基於微電極陣列的永久顯示器時，顯示器將是可彎曲的。在本發明的一個實施方式中，圖 38D 表示可彎曲的顯示器。液滴 3870 是線或區域，液滴 3880 是點。

在本發明的一個實施方式中，不需要電力來保持在微電極陣列結構上顯示文本或圖形。當液滴移動到用於文本或圖形的適當位置時，可斷開用於激勵液滴的移動的電力，液滴將夾在頂板和底板之間。由於液滴足夠小，並且在頂板與底板之間的間隙非常小（通常在大約 $70\text{ }\mu\text{m}$ 或更小），如果系統被密封並且使用諸如矽油之類的填充媒介來防止液滴蒸發，則這些液滴將被永久性地限制在精確的位置上。將非常難以通過外部物理力比如重力或正常讀取/移動活動來移動這些受限的液滴。現場可程式設計永久顯示器的最大優點在於它不需要電力來保持顯示。

在本發明的一個實施方式中，基於液滴的微激勵器利用現場可程式設計永久顯示技術來顯示如圖 38A 和 38B 所示的測試結果或其它重要消息。在圖 38A 中，當系統通過對微電極 3811 進行激勵或去除激勵而正在執行其它微流體操作時，顯示墨水不被接觸。在完成測試或目標微流體操作之後，自圖 38B 中的黑色墨水（或其它顏色和液體）框架 3814 產生的液滴移動到右側位置，以

顯示圖形或文本。本實施方式的兩個優點在於：(1) 幾乎沒有用於顯示測試結果或其它消息的額外費用，因為用於測試或其它微流體操作的電極用作顯示圖元；以及(2) 即使電力自微激勵器斷開，顯示也是永久性的，因此可用作測試記錄。在本發明的另一實施方式中，不僅基於微電極陣列結構的 FP 永久顯示技術用於這種測試結果顯示的用途，基於所有液滴的具有透明蓋的微激勵器也可用於疊置測試電極和顯示電極以顯示消息或測試結果。

液滴可通過其它方式染色或著色，以便現場可程式設計永久顯示器可以顯示顏色。在本發明的一個實施方式中，將三基色（紅、綠、藍）珠添加到透明液滴上，以顯示不同的顏色。圖 39A 說明用於存儲不同顏色的珠液體的三個不同框架位置：3910 用於紅珠，3913 用於綠珠，3912 用於藍珠。圖 39B 說明不同顏色的珠（紅珠 3930、綠珠 3920 和藍珠 3940）被混合，以顯示混合色。液滴 3956 僅具有紅珠，並且液滴 3957 中不具有帶顏色的珠。可應用很多顆粒分類技術來通過尺寸、磁力或形狀來分離珠。圖 39C 說明利用磁力和尺寸的組合來分出三種不同顏色的珠，使它們回到它們的框架位置。磁體 3960 將磁性藍珠拉動和分離到頂壁。在綠珠 3970 經通道移動時，更大的紅珠 3980 不能經過其間。不同顏色的珠的組合和這些珠的分離可使場程式設計永久顯示技術能夠顯示顏色。

圖 40 說明用以使現場可程式設計永久顯示器顯示顏色的另一實施方式。多層共面微電極 4020、4021 和 4022 疊置在一起，每個微電極板包含不同顏色的液滴。只要微電極板由透明薄膜製成並且間隙很小，就可從頂部清晰地看到顏色。根據顯示需要，液滴 4030、4040 和 4050 可以處於疊置狀態，或者液滴 4031、4041 和 4051 可被分開地看到。液滴 4032 是連續色彩呈現的例示。

在一個實施方式中，微電極陣列結構將二維常規結構擴展成三維結構。如圖 22 所示，共面微電極陣列 2220 被設計為底板，另一共面微電極陣列 2210 被設計為頂板。微電極陣列的共面結構以及靈活的間隙調節 2270 構成了三維微流體傳遞系統。當通往一

個板上的位置的通道被擋住，或者在僅使用一個板來輸送液滴時可能發生不想要的污染時，這種三維傳遞系統尤其有用。三維結構的另一優點在於：三維模型或組織的逐層（layer-by-layer）構建將成為可能。

圖 22 說明流體微型起重機系統 2200 的一個實施方式。在毫微升到微升範圍內的小液滴的表面張力非常顯著，而重力具有非常小的作用，因此流體微型起重機系統傳遞板可以處於任何方位（向上 2220、向下 2210 或任何角度的側向）。典型地，將需要兩個傳遞板 2210 和 2220 來形成流體微型起重機系統。液滴是化學反應的虛擬室，或者組織的營養培養基容器。在圖 22 中說明不同尺寸和形狀的液滴。在底部傳遞板上的液滴 2240 是由單個電極操縱的最小液滴。在這種情況下的單個電極可以是配置的一組微電極或一個微電極。應當根據應用需要相應地配置電極的尺寸。液滴 2260 表明相同的最小液滴掛在頂部傳遞板上。可以通過激勵相應的電極以使液滴移動在一起而將液滴組合在一起。液滴 2230 和液滴 2250 表明由流體微型起重機系統操縱的更大液滴位於傳遞板 2220 和 2210 上。在頂部傳遞板與底部傳遞板之間的可調節間隙 2270 在系統中起著關鍵的作用，下面的段落將對此進行說明。

圖 42 說明流體微型起重機系統的基本操作。傳遞的第一個步驟，如圖 42A 所示，是將頂板上的一個液滴 4230 移動到電極 4210 的位置，並將底板上的另一液滴 4240 移動到電極 4220 的位置。在頂板與底板之間的間隙 4207 被調節為使得液滴 4230 與 4240 之間存在小間隙 4204。增大一個液滴的尺寸將改變液滴的半徑。由於較小液滴的強表面張力，可通過開放端上的圓來近似液滴的表面曲率。圖 42B 所示的液滴 4260 的半徑增大使得兩個液滴互相接觸。在這種情況下，如果電極 4220 和 4290 被激勵並且電極 4210 被去除激勵，則組合液滴 4270 將會從頂板到底板被向下拉動，如圖 42C 所示。

當兩個板上的液滴在尺寸上不是明顯不同時，可重複地應用這種技術。一旦一個液滴比另一個大很多，則間隙 4207 可被調節

為使得移入液滴 (moved-in-droplet) 4280 接觸目標液滴 4270，如圖 42D 所示。在圖 42A 中的液滴 4230 和液滴 4240 之間具有間隙的預防措施是為了：當液滴較小使得液體表面張力成為明顯的作用力並且合併的液滴可能會被拉到錯誤一端的板時，防止液滴的過早合併。

圖 43 從頂視圖說明工作中的流體微型起重機系統的一個實施方式。優選地，根據本發明，包括第一和第二微陣列結構的生物化學構建系統包括：多個液滴承載裝置，用於輸送生物化學化合物；傳遞系統，用於將初始生物化學元件傳遞到第一微電極陣列上的起始位置；包含多個液滴的多個虛擬室，用於生物化學反應和組織培養；以及在所述第一和第二微電極陣列之間的可調節間隙和容器結構，用於適應生物化學化合物的生長或反應。生長中的組織的初始位置如圖 43A 所示。在底板上形成初始黑色液滴 4310 和白色液滴 4320。黑色和白色表示不同的化合物或組織。當活細胞或化學品被精確地添加到位置上時，液滴 4310 和 4320 的尺寸開始如 43B 所示那樣生長。此外，組織或化合物被液滴 4310 和 4320 罩住。當液滴尺寸持續增大並最終與其它液滴接觸和連接時，它們形成了所需形狀的組織或化合物層，如圖 43C 所示。

圖 43D 說明圖 43C 的側視圖。頂板 4302 被升高以增大間隙 4307 並為下一層組織或化合物的生長留出空間。如果組織或化合物 4310 和 4320 生長到大於液滴能夠有效容納的尺寸，則添加側壁 4308，並且添加諸如營養培養基 4360 之類的液體，使其達到液體表面 4350 的水平面。液滴 4330 沿著頂部傳遞板移動，並且液滴 4340 是與液體表面 4350 接觸並將被向下拉動的累加 (added-up) 液滴。這個過程可以重複，直到形成期望的組織或化合物為止。

用於微電極陣列結構的自上而下設計方法的構架如圖 44 所示。該設計起始於由生物晶片使用者提供的“生物測定協定” 4410。可自用以描述這種測定協議的“高階語言描述” 4412 產生“排序圖模型” 4415。這種模型可用於執行“行為級模擬” 4413

以驗證高級測定功能。接下來，利用“體系級合成” 4420 來根據排序圖模型產生具體的執行過程。“微流體模組庫” 4421 和“設計規範” 4422 也被提供作為合成處理的輸入。這種模組庫，類似於在基於細胞的 VLSI 設計中使用的標準細胞庫，包括諸如混合器和存儲單元之類的不同微流體功能模組。緊湊的模型用於不同的微流體功能模組以及諸如寬度、長度以及裝置類比或實驗室實驗的操作持續時間之類的參數。此外，一些設計規範也被賦予了先驗 (priori)，例如，完成時間的上限、晶片面積尺寸的上限以及不可重新配置的資源（比如晶片上貯液器/分配埠和集成光學檢測器）的組合。合成處理 4420 的輸出包括測定操作到晶片上資源 4442 的映射（或映射檔），測定操作 4423 的時間表（或時間表檔）以及內置自測試 (BIST)（或內置自測試檔）4425。然後，在幾何級 4432 上通過設計規範的輸入，發生幾何級合成 4430。合成處理試圖找到既符合輸入規範又能優化一些品質因數（比如性能和面積）的期望的設計點。在合成之後，生物晶片的二維物理設計 4433（即模組放置和路由）可與來自（與一些製造技術相關聯的）模組庫的具體物理資訊相結合，以獲得三維幾何模型 4440。這種模型可用於執行物理級類比 4445 以及低級設計驗證 4450。在物理驗證之後，可發送生物晶片設計用於製造。

在另一實施方式中，集成有微流體和微電子的下一代晶片上系統 (SOC) 通過微電極陣列結構與現今半導體行業認為理所應當的同一等級的電腦輔助設計 (CAD) 支持的利用相結合來實現。優選地，根據本發明，一種晶片上系統裝置用於基於微電極陣列結構來集成微流體和微電子，並且晶片上系統裝置包括：在晶片上系統裝置內部的多個流體邏輯塊，包括位於 CMOS 襯底的頂表面上的一個微電極、用於保持微電極的激勵資訊的一個記憶體地圖資料存儲單元以及用於管理控制邏輯控制電路塊，其中流體邏輯塊是用於微流體和微電子的集成的單元；以及多個微電子電路，包括控制器、記憶體以及其它邏輯門，其中通過利用晶片上系統微電子製造技術以及設計/類比工具可產生流體邏輯塊和微電子電

路的集成，所述設計/模擬工具用於使多個流體邏輯塊成為用於設計微電子電路的標準庫。在一個實施方式中，為了在下一代 SOC 中集成微流體設計，添加微流體應用級功能描述作為庫。圖 33 所示的每個 FLB3320 可以通過 VHDL（代表 VHSIC 硬體描述語言，相應地 VHSIC 代表極高速積體電路）或 Verilog 來容易地描述。VHDL 和 Verilog 是用於從抽象到詳細級來描述硬體的行業標準語言。EDA 廠商支持在他們的工具（模擬工具、合成工具&驗證工具）內&外都使用 VHDL。初始地，通過創建用於類比系統和觀察結果的測試工作臺來模擬 VHDL 或 Verilog 中的 RTL 描述。然後，在合成引擎已經將設計映射到連線表之後，連線表被轉譯成門級描述，其中重複模擬以確認無差錯地進行合成。最後，設計被佈局（如圖 34 所示，例示為控制電路 3451、微電極 3470 以及地線 3430）在 SOC 中，這時可以添加傳播延遲，並且通過將這些值返回注釋（back-annotated）到連線表上，模擬再次運行。除了現有的 EDA 語言、類比和其它工具之外，如圖 32 所示的包括介電層、疏水層、混合結構和液滴 3250 的微電極結構將需要新的描述添加到 VHDL 和 Verilog 中，以作為微流體裝置類比工具來類比整個設計過程中的不同階段的設計。三維裝置幾何被離散化成一組小細胞或單元（“網（mesh）”），基於此，用於描述相應域的物理（例如水動力、力學或靜電）或關聯的多個域的物理（例如電動力、流體結構交互）的一組偏微分方程（PDE）將通過數位來解開。裝置類比通常在給定的操作條件下提供對裝置行為的高逼真度的預測。

在各種實施方式中，代替基於液滴的微流體操作，微電極陣列結構可執行連續流微流體操作。連續微流體操作在控制上非常簡單，但是能提供實施微流體操作的非常有效的方式。圖 45A-C 說明從貯液器 4510 產生確定體積的液體 4530。如圖 45A 所示，細的微電極線形成了在目標配置電極 4560 與貯液器 4510 之間的橋 4515。當橋 4515 和目標配置電極 4560 被激勵時，使液體從貯液器流到目標配置電極 4560 中。4530 表示液體從橋流到配置電極 4560 中。這裡橋是一條微電極線。這種橋配置具有連續流和基於

液滴的系統的特點。它具有通道的所有優點，即，一旦橋配置電極被激勵，液體就將通過它流動，而無需對激勵時序和速度進行額外控制和考慮。同時它也具有基於液滴的系統的所有優點，即，一旦橋 4515 被去除激勵，則所有的液體都將被拉回到貯液器或者目標配置電極 4560，並且在通道中不存在殘留液滴。一旦目標配置電極 4560 被填滿，則橋 4515 被去除激勵，以將來自貯液器 4510 的液體 4530 切斷，如圖 45B 所示。配置電極 4560 的液體填滿是自動化的，即，一旦橋和配置電極的所有微電極被液體填滿，則將停止從貯液器 4510 流出液體，因此這個過程的時序控制並不重要。可通過激勵適當的微電極 4560 以及橋的中斷點來精確地控制液體 4530 的產生。如圖 45B 所示，通過首先對微電極 4516 去除激勵然後對橋去除激勵，液體 4530 從貯液器 4510 斷開。這個過程將確保形成橋的大部分液體將被拉回到貯液器 4510，並且液體 4530 將通過配置電極 4560 的微電極的數量而被精確地控制。在圖 45B 中，配置電極 4560 包括 10×10 個微電極。可定義配置電極的其它尺寸和形狀以產生不同的液體尺寸和形狀。圖 45C 說明液體橋的消失，並且通過激勵貯液器 4510 和配置電極 4560 產生液體 4530。

在一個實施方式中，可利用液體的相同產生過程來將液體切割成兩種子液體，如圖 45D 所示。在對配置電極 4560 去除激勵之後，橋配置電極 4517 和目標配置電極 4571 被激勵，液體從橋流到 4570 的區域中。對橋配置電極 4517 去除激勵，然後對配置電極 4561 和 4571 進行激勵，使得液體斷裂並形成兩種子液體 4570 和 4530，如圖 45E 所示。只要配置電極 4561 和 4571 的尺寸被預先計算為期望的尺寸，這種切割處理就可產生不同尺寸的兩種子液體。

在另一實施方式中，圖 46A-C 說明通過連續流微流體操作實施的混合過程。圖 46A 說明通過激勵橋 4615 和 4625 以及激勵配置電極 4616 和 4626，液體從貯液器 4610 和 4620 經橋流到混合室 4630 中。這裡，與配置電極 4616 和 4626 相關聯的液體在形狀上

發生改變以便進行更好的混合，此外液體的尺寸也不同以便進行比例混合 (ratio mixing)。在配置電極 4616 和 4626 之間具有間隙，以防止過早混合。一旦液體填滿了配置電極 4616 和 4626，則配置電極 4630 (10x10 個微電極) 被激勵，兩種液體將被混合，如圖 46B 所示。然後，兩個橋電極被去除激勵，如圖 46C 所示。

在這種簡單的混合微流體操作中，實際上所有的基礎微流體操作被解釋為：(1) 產生：液體 4616 和 4626 以精確的方式自貯液器 4610 和 4620 產生；(2) 切割：液體 4616 與液體 4610 被切斷，液體 4626 與液體 4620 被切斷；(3) 輸送：橋 4615 和 4625 將液體輸送到混合室；以及 (4) 混合：液體 4616 和 4626 在 4630 處混合。很明顯，這種連續流技術不僅可用以執行所有的微流體操作，而且可以以更精確的方式執行，因為精度的解析度取決於小尺寸微電極。

儘管已經參考優選實施方式描述了本發明，所屬領域的技術人員將意識到，在不脫離本發明的精神和範圍的條件下可在形式和細節上作出各種改變。

【圖式簡單說明】

圖 1A 是概括說明常規的夾置的 EWOD 系統的橫截面視圖。

圖 1B 是概括說明常規的 EWOD 二維電極陣列的頂視圖。

圖 2 是用於操縱介電液滴的雙平面 DEP 裝置的圖。

圖 3 是說明微電極陣列的圖，其中微電極陣列可被配置成各種形狀和尺寸的配置電極 (configured-electrode)。

圖 4A 是利用微電極陣列結構的 LOC 佈局的圖。

圖 4B 是常規的物理蝕刻的結構的圖。

圖 4C 是配置電極的圖，其中說明貯液器 (reservoir) 和配置電極的放大部分。

圖 5A 說明多個方形微電極的陣列，其中的一個微電極被突出顯示。

圖 5B 說明多個六邊形微電極的陣列，其中的一個微電極被突

出顯示。

圖 5C 說明佈置在牆磚 (wall-brick) 佈局中的多個方形微電極的陣列，其中的一個微電極被突出顯示

圖 5D 是說明來自兩種不同液滴形狀的相同有效長度的圖。

圖 5E、5F 和 5G 是說明方形微電極、六邊形微電極和牆磚微電極的不同有效長度的圖。

圖 6A、6B 和 6C 是“接地網 (ground grid)”共面結構的圖。

圖 7A 和 7B 是“接地焊盤”共面結構的圖。

圖 8A、8B 和 8C 是“程式設計接地焊盤”共面結構的圖。

圖 9 說明混合板結構，其中混合板結構可被控制為在共面模式和雙平面模式之間切換微電極結構。

圖 10 說明混合結構，其中混合結構具有可拆卸的、可調節的並且透明的頂板，用以適應最寬範圍的液滴尺寸和體積。

圖 11A 和 11B 說明樣品的裝載。

圖 12A 說明液滴和懸浮顆粒由分別通過 EWOD 和 DEP 利用方形配置電極和條形配置電極激勵的頂視圖。

圖 12B 和 12C 是說明從左到右施加到條形配置電極的高頻信號；在液滴內部的非均勻電場通過 DEP 將顆粒驅動到右側的橫截面視圖。

圖 12D 說明施加在方形配置電極上以通過 EWOD 產生具有不同顆粒濃度的兩個子液滴的低頻信號。

圖 13 說明利用液滴等分技術的 FPLOC 樣品製備的另一實施方式。

圖 14A 和 14B 說明自調節所裝載的樣品或反應物相對於貯液器的位置的能力。

圖 15 表示 FPLOC 液滴產生過程的一個實施方式。

圖 16 說明稱為“液滴等分”的具體液滴產生過程。

圖 17 是說明 FPLOC 的液滴的輸送的圖。

圖 18 是說明 FPLOC 的液滴路由的圖。

圖 19A、19B 和 19C 是說明利用 FPLOC 的臨時橋接處理輸送液

滴的圖。

圖 20A、20B 和 20C 是說明電極列激勵的圖。

圖 21A、21B 和 21C 是說明 FPLOC 的液滴切割的圖。

圖 22A、22B 和 22C 是說明 FPLOC 的液滴的精確切割的圖。

圖 23A、23B 和 23C 是說明 FPLOC 的液滴的對角線切割的圖。

圖 24A、24B 和 24C 說明在 FPLOC 的開放表面上的液滴切割過程。

圖 25 說明在微電極陣列結構下操縱液滴以具有點顯示和連續顯示。

圖 26A 和 26B 是說明 FPLOC 的基本合併/混合的圖。

圖 27A、27B 和 27C 是說明通過用以加速混合的不均勻幾何運動來實施的液滴操縱的有效混合過程的圖。

圖 28A 和 28B 說明用於加速液滴混合的不均勻往復混合器。

圖 29 是說明基於 EWOD 微電極陣列結構的流體循環混合器的圖。

圖 30A-30F 是說明多層混合器的圖，其中多層混合器對於低縱橫比 (<1) 的情形尤其有效和有用。

圖 31 是說明利用標準 CMOS 製造工藝來製造微電極陣列結構裝置的框圖。

圖 32 說明基於標準 CMOS 製造技術的製成品的微電極結構。

圖 33 說明基於標準 CMOS 製造技術的 FLB 陣列的電學設計。

圖 34 說明基於標準 CMOS 製造技術的 FLB 陣列製成品的橫截面視圖。

圖 35A 是利用薄膜電晶體 (TFT) 陣列製造工藝來製造微電極陣列結構裝置的框圖。

圖 35B 說明有源矩陣塊 (AMB) 的框圖。

圖 35C 是基於 TFT 陣列的微電極陣列的頂視圖。

圖 35D 說明在雙平面結構中基於 TFT 技術的微電極陣列結構裝置製成品的橫截面視圖。

圖 36 是微電極陣列結構的分級系統結構的框圖。

圖 37A 說明在任何程式設計或配置之前的空白微電極陣列結構裝置。

圖 37B 說明基於微電極陣列結構配置 LOC 的設計的實例。

圖 38A 和 38B 說明基於微電極陣列結構的現場可程式設計永久顯示器。

圖 38C 和 38D 是剛性和可彎曲的現場可程式設計永久顯示器的橫截面視圖。

圖 39A 和 39B 說明基於微電極陣列結構的混合帶顏色的珠 (mixing-color-bead) 的現場可程式設計永久顯示器。

圖 39C 說明通過磁力對帶顏色的珠進行分類以及帶顏色的珠的不同尺寸。

圖 40 說明單色現場可程式設計永久顯示器的疊置的多層，用以形成彩色顯示。

圖 41 說明三維流體微型起重機系統。

圖 42A、42B、42C 和 42D 說明流體微型起重機系統的基本操作。

圖 43A、43B、43C 和 43D 說明基於流體微型起重機系統的 3D 生物化學構建系統。

圖 44 說明用於 FPLOC 設計和程式設計的自上而下設計方法的流程圖。

圖 45A、45B 和 45C 說明通過連續流激勵來產生液體。

圖 45D 和 45E 說明通過連續流激勵來切割液體。

圖 46A、46B 和 46C 說明通過連續流激勵來合併/混合液體。

【主要元件符號說明】

120	頂板
121	底板
130	電極
140	電極
150、151、152	液滴

160	疏水膜
170	介電絕緣體
180	電極
190	二維電極陣列
210	低表面能材料
220	參考電極
240	頂板
245	底部襯底
250	液滴
260	電極
261	微電極
270	厚度
300	微電極陣列
310	微電極
320	電極
320	廢棄物貯存器
330	貯液器
340、440	輸送路徑
350、450	檢測視窗
360、460	混合室
370、371	電極
410	微電極
420、430、431、432	貯液器
470、471、472	電極
501、502、503、504、505	電極
506	電極
510、520、530、550	液滴
552、562	有效長度
553、573	接觸線
540、555、562	電極

563	接觸線
565、575	電極
610	微電極
611、631	地線
620、621	電極
640、641、650	液滴
620'	電極
710	微電極
711	接地焊盤
715	間隙
810	微電極
811	地電極
815	間隙
820、830	電極
850、852	液滴
860、861、862、863、890	配置電極
910	開關
920	蓋板
921	電極板
940	電極
980	接地網
1010	頂板
1020	電極板
1150	樣品
1160	針
1170	共面電極板
1180	無源蓋
1210、1211、1212、1213	電極
1220、1221、1222、1223	電極
1224、1225、1226	電極

1230	高頻信號
1250	液滴
1251、1252	子液滴
1256	電場
1340	微電極
1345	小液滴
1350	期望液滴
1360	貯液器
1370	間隙
1380	血細胞
1420、1430	液滴
1440、1514、1515、1530	貯液器
1530、1535、1540	電極
1550	液滴
1610	貯液器
1615、1630	液滴
1620	電極
1731 - 1739	電極
1750	液滴
1760	電極
1810、1820	電極
1850、1851、1852	液滴
1930、1940、1970	電極
1950	液滴
1960	間隙
2010、2011、2012	電極
2020、2021、2022	電極列
2050	液滴
2110、2111、2112	電極
2150	液滴

2151、2152	子液滴
2210、2212	電極
2215、2216	電極列
2250	液滴
2251、2252	子液滴
2310、2311、2312	電極
2313、2314	電極
2350	液滴
2420、2430、2440	電極
2450	液滴
2470	子液滴
2540	連續環
2570、2580	液滴
2610、2611、2612	電極
2650、2651、2653	液滴
2751、2760、2751、2771	電極
2760	電極
2750、2770	液滴
2840、2860	電極
2850	液滴
2910、2920、2930、2940	
2950、2960、2970、2980	電極
3010、3011、3014	電極
3012、3013	電極
3015、3016	電極
3050、3051、3052	液滴
3053、3054	子液滴
3055、3056	液滴
3110	流體邏輯塊
3120	記憶體地圖資料

3130	微電極
3140	控制電路
3150	系統控制塊
3160	控制器
3170	晶片佈局塊
3180	液滴位置地圖
3190	流體操作管理器
3210	開關
3221	相同板
3230	微電極
3280	接地網
3310	觸發器
3320、3330	陣列
3410	介電層
3420	疏水膜
3430	地線
3440	微電極
3450	電路層
3460	襯底
3470	微電極
3500	有源矩陣塊
3501	玻璃襯底
3502	頂板
3503	薄膜電晶體
3504	微電極
3505	疏水膜
3506	介電絕緣體
3507	黑色矩陣
3508	電極
3510	有源矩陣面板

3511	薄膜電晶體
3512	微電極
3513	存儲電容器
3514、3515	線
3516	間隙
3520	源極驅動器
3525	柵極驅動器
3540	DC/DC 轉換器
3530	AM 控制器
3550	系統控制塊
3560	控制器
3570	晶片佈局塊
3580	液滴位置地圖
3590	流體操作管理器
3610	微流體功能層
3630	微流體元件層
3701	現場可程式設計晶片實驗室
3710	陣列
3720	FPLOC 系統控制
3730	I/O 介面
3740	電極
3750	檢測視窗
3760	混合室
3770	貯液器
3780	輸送路徑
3790	廢棄物貯存器
3810	可見壓模液滴框架
3811	微電極
3812	環
3813	文本字元

3814	墨水
3815	微電極
3820	電極板
3821	頂蓋
3830	微電極陣列
3840、3841、3842	液滴
3870、3880	液滴
3910、3930、3980	紅珠
3912、3940	藍珠
3913、3920、3970	綠珠
3956、3957	液滴
3960	磁體
4020、4021、4022	微電極
4030、4040、4050	液滴
4031、4041、4051	液滴
4032	液滴
4204、4207	間隙
4210、4220	電極
4230、4240、4260	液滴
4270、4280	液滴
4290	電極
4302	頂板
4307	間隙
4308	側壁
4310、4320	液滴
4330、4340	液滴
4350	液體表面
4360	培養基
4410	生物測定協定
4412	高階語言描述

4413	行為級模擬
4415	排序圖模型
4420	體系級合成
4421	微流體模組庫
4422	設計規範
4425	內置自測試
4430	幾何級合成
4440	三維幾何模型
4442	映射
4445	物理級類比
4450	低級設計驗證
4510	貯液器
4515	橋
4516	微電極
4517	電極
4560	電極
4530、4570	子液體
4561、4571	電極
4615、4625	橋
4616、4626	電極
4610、4620	貯液器
4630	混合室

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：101105387

※申請日：101.2.17.

※IPC 分類：H01L 21/8238 (2006.01)
H01L 27/092 (2006.01)
H01L 29/186 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

微電極陣列結構/ Microelectrode Array Architecture

二、中文發明摘要：

本發明公開一種微電極陣列結構，包括：a. 底板，包括置於襯底的頂表面上的多個微電極的陣列，所述多個微電極由介電層覆蓋，其中每個所述微電極連接到接地結構中的至少一個接地元件，在所述介電層和所述接地元件的頂部設置有疏水層，以生成具有液滴的疏水表面；b. 現場可程式設計結構，用於程式設計一組配置電極，以便以選定的形狀和尺寸產生微流體元件和佈局；以及 c. 系統管理單元，包括液滴操縱單元和系統控制單元。

三、英文發明摘要：

Disclosed herein is a device A device of the microelectrode array architecture, comprising: (a) a bottom plate comprising an array of multiple microelectrodes disposed on a top surface of a substrate covered by a dielectric layer; wherein each of the microelectrode is coupled to at least one grounding elements of a grounding mechanism, wherein a hydrophobic layer is disposed on the top of the dielectric layer and the grounding elements to make hydrophobic surfaces with the droplets; (b) a field programmability mechanism for programming a group of

configured-electrodes to generate microfluidic components and layouts with selected shapes and sizes; and, (c) a system management unit, comprising: (i) a droplet manipulation unit; and (ii) a system control unit.

七、申請專利範圍：

1. 一種微電極陣列結構裝置，包括：

a. 底板，包括置於襯底的頂表面上的多個微電極的陣列，所述多個微電極由介電層覆蓋，其中每個所述微電極連接到接地結構中的至少一個接地元件，在所述介電層和所述接地元件的頂部設置有疏水層，以生成具有液滴的疏水表面；

b. 現場可程式設計結構，用於程式設計一組配置電極，以便以選定的形狀和尺寸產生微流體元件和佈局；以及

c. 系統管理單元，包括液滴操縱單元和系統控制單元。

2. 如請求項 1 所述的裝置，其中在所述現場可程式設計結構中的配置電極包括：第一配置電極，包含以陣列形式佈置的多個微電極；以及與所述第一配置電極相鄰的至少一個第二相鄰配置電極，液滴置於所述第一配置電極的上面並與所述第二相鄰配置電極的一部分重疊。

3. 如請求項 1 所述的裝置，其中所述系統管理單元執行如下步驟：通過順序地施加用於對一個或多個選定的配置電極進行激勵和去除激勵的驅動電壓，以順序地對選定的配置電極進行激勵/去除激勵從而激勵液滴沿著選定的路線移動，來操縱在多個配置電極之間的一個或多個液滴。

4. 如請求項 3 所述的裝置，其中所述系統管理單元執行如下步驟：操縱所述配置電極的微電極的數量，以大致控制液滴的尺寸和形狀。

5. 如請求項 2 所述的裝置，其中所述配置電極包括至少一個微電極。

6. 如請求項 5 所述的裝置，其中在所述現場可程式設計結構中的一組配置電極的微流體元件包括：貯液器、電極、混合室、檢測視窗、廢棄物貯存器、液滴路徑以及指定功能電極。

7. 如請求項 6 所述的裝置，其中所述微流體組件的佈局包括：輸入/輸出埠、貯液器、電極、混合室、檢測視窗、廢棄物貯存器、液滴路徑、指定功能電極以及電極網路的物理分配。

8. 如請求項 1 所述的裝置，其中所述系統管理單元執行如下步驟：對第一配置電極去除激勵，並對第二相鄰配置電極進行激勵，以將液滴從所述第一配置電極拉到所述第二相鄰配置電極上。

9. 如請求項 8 所述的裝置，其中所述系統管理單元執行通過使用三個配置電極來分裂液滴的步驟，其中在處於中心的第一配置電極上裝載的液滴大致與兩個第二相鄰配置電極重疊，並且所述通過使用三個配置電極來分裂液滴的步驟包括：

a. 配置包括多條微電極線的兩個臨時配置電極，所述多條微電極線覆蓋在所述第一配置電極上裝載的液滴；

b. 激勵所述兩個臨時配置電極；

c. 逐行地激勵以朝著所述兩個第二相鄰配置電極移動，並且對與中心最接近的線去除激勵，以大致朝著所述兩個第二相鄰配置電極拉動液滴；以及

d. 對所述兩個臨時配置電極去除激勵，並且對所述兩個第二

相鄰配置電極進行激勵。

10. 如請求項 8 所述的裝置，其中所述系統管理單元執行通過使用三個配置電極來分裂液滴的步驟，其中液滴裝載在處於中心的第一配置電極上，並且兩個相鄰配置電極不與液滴重疊，所述通過使用三個配置電極來分裂液滴的步驟包括：

a. 配置包括多條微電極線的兩個臨時配置電極，所述多條微電極線覆蓋在所述第一配置電極上裝載的液滴；

b. 激勵所述兩個臨時配置電極；

c. 逐行地激勵以朝著兩個所述第二相鄰配置電極移動，並且對與中心最接近的線去除激勵，以大致朝著兩個所述第二相鄰配置電極拉動液滴；以及

d. 對所述兩個臨時配置電極去除激勵，並且對所述兩個第二相鄰配置電極進行激勵。

11. 如請求項 8 所述的裝置，其中所述系統管理單元執行通過使用三個配置電極來分裂液滴的步驟，其中在處於中心的第一配置電極上設置的液滴與兩個第二相鄰配置電極部分地重疊，所述通過使用三個配置電極來分裂液滴的步驟包括：

a. 對所述第一配置電極去除激勵；以及

b. 激勵兩個所述第二相鄰配置電極，以大致拉動和切割液滴。

12. 如請求項 11 所述的裝置，其中所述系統管理單元執行沿對角線分裂液滴的步驟，包括：

a. 將液滴設置在所述第一配置電極上；

b. 對所述第一配置電極去除激勵，並對與所述第一配置電極重疊的兩個沿對角線佈置的第二相鄰配置電極進行激勵，以朝著兩個沿對角線佈置的所述第二相鄰配置電極拉動液滴；以及

c. 對所述第一配置電極與兩個沿對角線佈置的所述第二相鄰配置電極之間的重疊區域去除激勵，以將液滴夾斷為兩個子液滴。

13. 如請求項 8 所述的裝置，其中所述系統管理單元執行將液滴重定位回所述貯液器中的步驟，包括：

a. 產生臨時配置電極，其中所述臨時配置電極與所述貯液器的一部分重疊，並且液滴的一部分不與所述貯液器重疊；

b. 對所述臨時配置電極進行激勵，以拖動液滴，使液滴與所述貯液器至少部分地重疊；以及

c. 對所述臨時配置電極去除激勵，並對所述貯液器進行激勵，以將液滴大致拉到所述貯液器中。

14. 如請求項 1 所述的裝置，其中所述系統管理單元執行如下步驟：配置第三相鄰配置電極，使所述第三相鄰配置電極不與第一配置電極上的液滴重疊。

15. 如請求項 14 所述的裝置，其中所述第三相鄰配置電極包含以陣列形式佈置的多個微電極。

16. 如請求項 15 所述的裝置，其中所述系統管理單元執行液滴對角線移動的步驟，包括：

a. 產生與一部分液滴重疊的臨時配置電極，以及產生第三相鄰配置電極；

b·通過對所述第一配置電極去除激勵並對所述臨時配置電極進行激勵，將液滴從所述第一配置電極沿對角線輸送到所述第三相鄰配置電極上；以及

c·對所述臨時配置電極去除激勵，並對所述第三相鄰配置電極進行激勵。

17. 如請求項 12 所述的裝置，其中所述系統管理單元執行沿所有方向移動液滴的步驟，包括：

a·產生與一部分液滴重疊的臨時配置電極，以及產生第三相鄰配置電極；

b·通過對所述第一配置電極去除激勵並對所述臨時配置電極進行激勵，將液滴從所述第一配置電極輸送到所述第三相鄰配置電極上；以及

c·對所述臨時配置電極去除激勵，並對所述第三相鄰配置電極進行激勵。

18. 如請求項 8 所述的裝置，其中所述系統管理單元執行共面分裂的步驟，包括：

a·配置與液滴重疊的薄帶式臨時配置電極；

b·對所述第一配置電極去除激勵，並對所述薄帶式臨時配置電極進行激勵；

c·對所述臨時配置電極去除激勵；以及

d·對所述第一配置電極和所述第二相鄰配置電極進行激勵。

19. 如請求項 8 所述的裝置，其中所述系統管理單元執行通

過使用三個配置電極將兩個液滴合併到一起的步驟，其中兩個第一配置電極由所述第二相鄰配置電極分離，所述通過使用三個配置電極將兩個液滴合併到一起的步驟包括：

- a. 對兩個所述第一配置電極去除激勵；以及
- b. 對處於中間的第二相鄰配置電極進行激勵。

20. 如請求項 19 所述的裝置，其中所述系統管理單元執行變形混合的步驟，包括：

- a. 產生兩個臨時配置電極，以改變兩個液滴的形狀；
- b. 對兩個所述第一配置電極去除激勵，並對兩個所述臨時配置電極進行激勵；以及
- c. 對所述兩個臨時配置電極去除激勵，並對處於中間的第二相鄰配置電極進行激勵。

21. 如請求項 8 所述的裝置，其中所述系統管理單元執行通過改變液滴形狀來加速在液滴內部的混合的步驟，包括：

- a. 產生臨時配置電極，以改變液滴的形狀；
- b. 對所述第一配置電極去除激勵，並對所述臨時配置電極進行激勵；
- c. 對所述臨時配置電極去除激勵，並對所述第一配置電極進行激勵；以及
- d. 重複對所述臨時配置電極和所述第一配置電極的去除激勵和激勵。

22. 如請求項 8 所述的裝置，其中所述系統管理單元執行通

過在液滴內部迴圈來加速在液滴內部的混合的步驟，包括：

- a. 產生包圍液滴的多個臨時配置電極；以及
- b. 沿順時針方向一次一個地對每個所述臨時配置電極進行激勵和去除激勵，以在迴圈運動中混合液滴。

23. 如請求項 22 所述的裝置，其中執行沿逆時針方向一次一個地對每個所述臨時配置電極進行激勵和去除激勵的步驟。

24. 如請求項 8 所述的裝置，其中所述系統管理單元執行產生液滴的多層混合的步驟，包括：

- a. 配置 2×2 陣列的配置電極，包括在第一對角位置上的兩個第一配置電極；
- b. 產生位於所述 2×2 陣列的配置電極的中心的臨時配置電極；
- c. 對所述臨時配置電極進行激勵，以合併來自所述兩個第一配置電極的兩個第一液滴；
- d. 對所述臨時配置電極去除激勵，並對在第二對角位置上的兩個配置電極進行激勵；
- e. 對所述臨時配置電極去除激勵，以將液滴切割成兩個第二液滴；
- f. 通過對兩個額外的臨時配置電極進行激勵將兩個所述第二液滴輸送回在所述第一對角位置上的第一配置電極，然後對兩個所述額外的臨時配置電極去除激勵並對在所述第一對角位置上的兩個第一配置電極進行激勵，以完成輸送；
- g. 對所述臨時配置電極進行激勵，以合併來自兩個所述第一

配置電極的兩個第二液滴；以及

h·重複對角線分裂、輸送和對角線合併。

25. 如請求項 8 所述的裝置，其中所述系統管理單元執行產生液滴的步驟，包括：

a·在所述貯液器中配置第一臨時配置電極；

b·自裝載有液體的貯液器配置一條相鄰的配置電極線；

c·產生與所述貯液器中的液體重疊的、並與最近的相鄰配置電極重疊的第二臨時配置電極；

d·對所述第一臨時配置電極進行激勵；

e·對所述第二臨時配置電極進行激勵，並對最近的相鄰配置電極進行激勵；

f·對所述第二臨時配置電極去除激勵；以及

g·對線序列中的後一相鄰配置電極進行激勵，並對前一被激勵的相鄰配置電極去除激勵，直到產生液滴為止。

26. 如請求項 8 所述的裝置，其中所述系統管理單元執行通過利用液滴等分技術來產生液滴的步驟，包括：

a·產生用於期望液滴尺寸的目標配置電極；

b·自裝載有液體的貯液器配置小尺寸相鄰配置電極線，所述液體連接到所述目標配置電極，其中所述小尺寸相鄰配置電極線的兩端與所述貯液器和所述目標配置電極重疊；

c·對所述目標配置電極進行激勵；

d·沿著從貯液器側到所述目標配置電極的路徑，一次一個地

對順序地裝載有微等分液滴的每一個小尺寸相鄰配置電極進行激勵和去除激勵；以及

e·重複小尺寸相鄰配置電極的激勵和去除激勵順序，以在所述目標配置電極中產生期望的液滴。

27. 如請求項 26 所述的裝置，其中執行預先計算所述微等分液滴的數量的步驟。

28. 如請求項 8 所述的裝置，其中所述系統管理單元執行通過利用液滴等分技術來計算裝載在所述第一配置電極上的液滴的體積的步驟，包括：

a·產生存儲配置電極；

b·在所述第一配置電極的內部配置臨時配置電極；

c·自裝載有與所述存儲配置電極連接的液滴的第一配置電極配置小尺寸相鄰配置電極線，其中所述小尺寸相鄰配置電極線的兩端與所述第一配置電極和所述存儲配置電極重疊；

d·對所述臨時配置電極進行激勵；

e·對所述存儲配置電極進行激勵；

f·沿著從第一配置電極側到所述存儲配置電極的路徑，一次一個地對順序地裝載有微等分液滴的每一個小尺寸相鄰配置電極進行激勵和去除激勵；以及

g·重複小尺寸相鄰配置電極的激勵和去除激勵順序，以計算所述微等分液滴的總數。

29. 如請求項 8 所述的裝置，其中所述系統管理單元執行利

用所述第一配置電極和與所述第一配置電極對齊的第三相鄰配置電極之間的橋接來移動液滴的步驟，包括：

a. 產生橋配置電極，所述橋配置電極包括所述第三相鄰配置電極以及與液滴重疊的延伸橋接區域；

b. 對所述第一配置電極去除激勵，並對所述橋配置電極進行激勵；以及

c. 對所述橋配置電極去除激勵，並對所述第三相鄰配置電極進行激勵。

30. 如請求項 8 所述的裝置，其中所述系統管理單元執行通過利用列激勵來移動液滴的步驟，包括：

a. 配置包括多列微電極的列配置電極；以及

b. 通過沿著目標方向對所述列配置電極的子列進行激勵和去除激勵，來沖刷所述列配置電極上的液滴。

31. 如請求項 8 所述的裝置，其中所述系統管理單元執行沖刷電極表面上的殘留液滴的步驟，包括：

a. 配置列配置電極，所述列配置電極包括多列微電極並具有覆蓋所有殘留液滴的長度；以及

b. 通過沿著目標方向對所述列配置電極的子列進行激勵和去除激勵，來沖刷所述列配置電極上的所有殘留液滴。

32. 如請求項 8 所述的裝置，其中所述貯液器裝載有液體。

33. 如請求項 8 所述的裝置，其中所述系統管理單元執行通過利用連續流來產生不同形狀和尺寸的液體的步驟，包括：

a · 配置用於期望液體尺寸和形狀的目標配置電極；

b · 配置橋配置電極，所述橋配置電極包括微電極線並連接到所述貯液器和所述目標配置電極；

c · 對所述橋配置電極和所述目標配置電極進行激勵；以及

d · 通過首先對所述橋配置電極的、與所述目標配置電極最近的一組微電極去除激勵，來對所述橋配置電極去除激勵。

34. 如請求項 8 所述的裝置，其中所述系統管理單元執行通過利用連續流以受控尺寸和分裂比將液體分裂成兩種子液體的步驟，包括：

a · 配置與液體重疊的、具有預定義的第一子液體尺寸和形狀的第一目標配置電極；

b · 配置具有預定義的第二子液體尺寸和形狀的、第二目標配置電極；

c · 配置橋配置電極，所述橋配置電極包括微電極線並連接到所述第一目標配置電極和所述第二目標配置電極；

d · 對所述橋配置電極和所述第二目標配置電極進行激勵；

e · 對所述橋配置電極去除激勵；以及

f · 對所述第一目標配置電極進行激勵。

35. 如請求項 8 所述的裝置，其中所述系統管理單元執行通過利用連續流以受控尺寸、形狀和合併比來合併兩種液體的步驟，包括：

a · 配置混合配置電極；

b·配置與所述混合配置電極重疊的第一目標配置電極和第二目標配置電極；

c·配置第一橋配置電極，所述第一橋配置電極包括微電極線並連接到所述第一目標配置電極和第一液體源；

d·配置第二橋配置電極，所述第二橋配置電極包括微電極線並連接到所述第二目標配置電極和第二液體源；

e·對所述第一橋配置電極和所述第二橋配置電極以及所述第一目標配置電極和所述第二目標配置電極進行激勵；

f·對所述第一橋配置電極和所述第二橋配置電極去除激勵；以及

g·對所述混合配置電極進行激勵。

36. 如請求項 1 所述的裝置，其中所述系統管理單元執行如下步驟：通過利用配置電極形成離散或連續的點、線或區域來顯示文本或圖形。

37. 如請求項 1 所述的裝置，其中所述接地結構在雙平面結構的頂板上製造，所述頂板位於底板上方並且在所述頂板與所述底板之間具有間隙。

38. 如請求項 1 所述的裝置，其中所述接地結構為具有無源頂蓋或不具有頂蓋的共面結構。

39. 如請求項 1 所述的裝置，其中所述接地結構為具有接地網的共面結構。

40. 如請求項 1 所述的裝置，其中所述接地結構為具有接地

焊盤的共面結構。

41. 如請求項 1 所述的裝置，其中所述接地結構為具有程式設計的接地焊盤的共面結構。

42. 如請求項 1 所述的裝置，其中所述接地結構為利用可選擇開關將雙平面結構與共面結構組合的混合結構。

43. 如請求項 1 所述的裝置，其中所述系統管理單元的液滴操縱單元執行將液體裝載到所述貯液器中的步驟，包括：

- a. 將液體裝載到共面結構上；以及
- b. 在液體上放置無源蓋。

44. 如請求項 1 所述的裝置，其中利用間隙距離將液滴夾在頂板與底板之間，所述間隙距離用於適應寬範圍的、具有不同尺寸的液滴，其中所述裝置可執行如下步驟：

- a. 配置在所述頂板與所述底板之間的間隙距離的高度；
- b. 配置所述配置電極的尺寸，以控制液滴的尺寸，使液滴接觸所述頂板和所述底板；以及
- c. 配置所述配置電極的尺寸，以控制液滴的尺寸，使液滴僅接觸所述底板。

45. 如請求項 1 所述的裝置，其中所述微電極可以以陣列形式佈置為大致圓形、方形、六邊蜂窩狀或疊磚形。

46. 如請求項 1 所述的裝置，其中所述系統管理單元的液滴操縱單元可執行樣品製備，包括如下步驟：

- a. 配置包括多個微電極的方形配置電極和條形配置電極；

b·沿從左到右的方向在所述條形配置電極上施加 DEP 驅動電壓；以及

c·在所述方形配置電極上施加 EWOD 驅動電壓，以將液滴切割成具有不同顆粒濃度的兩個子液滴。

47. 如請求項 1 所述的裝置，其中所述系統管理單元的液滴操縱單元可執行樣品製備，包括用於製備樣品並具有附接到頂板的阻擋材料的窄通道，所述樣品製備包括如下步驟：

a·激勵微電極，以產生微尺寸液滴，所述微尺寸液滴太小以至於不能承載顆粒；

b·經所述窄通道將所述微尺寸液滴移動到期望的位置，同時將顆粒留在後面；以及

c·重複所述微尺寸液滴的移動，直到產生期望尺寸的液滴為止。

48. 如請求項 1 所述的裝置，其中所述系統管理單元的液滴操縱單元包括通過激勵配置電極而實現的液滴路由結構，所述液滴路由結構可執行如下步驟：

a·配置用於輸送液滴並包括多個配置電極的至少一個路由路徑；

b·以順序的序列選擇每個路由路徑的激勵和去除激勵的時序；以及

c·對所述路由路徑的選定配置電極進行激勵和去除激勵。

49. 一種採用 CMOS 技術製成品的微電極陣列結構裝置，包括：

a. CMOS 系統控制塊，包括：控制器塊，用於提供處理器單元、記憶體空間、介面電路和軟體程式設計能力；晶片佈局塊，用於存儲配置電極配置資料以及微電極陣列結構佈局資訊和資料；液滴位置地圖，用於存儲液滴的實際位置；和流體操作管理器，用於將所述佈局資訊、所述液滴位置地圖以及來自所述控制器塊的微電極陣列結構應用轉譯成液滴的物理激勵；以及

b. 多個流體邏輯塊，包括：一個微電極，位於 CMOS 襯底的頂表面上；一個記憶體地圖資料存儲單元，用於保持所述微電極的激勵資訊；以及控制電路塊，用於管理控制邏輯。

50. 如請求項 49 所述的裝置，其中所述多個流體邏輯塊的控制電路塊以菊鏈結構連接在一起。

51. 如請求項 49 所述的裝置，其中所述流體邏輯塊的微電極可通過施加驅動電壓被激勵。

52. 如請求項 49 所述的裝置，其中所述流體邏輯塊的記憶體地圖資料存儲單元在激勵之前可載入有資料。

53. 如請求項 49 所述的裝置，其中所述微電極陣列結構的流體邏輯塊的製成品包括：

a. 頂部金屬層，用於形成微電極和接地結構；

b. 位於所述頂部金屬層下方的第二層，包括所述控制電路塊、所述記憶體地圖資料存儲單元以及用於激勵所述微電極的高壓驅動器；以及

c. 底部襯底。

54. 如請求項 53 所述的裝置，其中所述控制電路塊、所述記憶體地圖資料存儲單元和所述高壓驅動器都包含在相應微電極正下方的區域中。

55. 一種採用薄膜電晶體 TFT 技術製成品的微電極陣列結構裝置，包括：

a. TFT 系統控制塊，包括：控制器塊，用於提供處理器單元、記憶體空間、介面電路和軟體程式設計能力；晶片佈局塊，用於存儲配置電極配置資料以及微電極陣列結構佈局資訊和資料；液滴位置地圖，用於存儲液滴的實際位置；和流體操作管理器，用於將來自所述佈局資訊、所述液滴位置地圖以及微電極陣列結構應用的資料轉譯成用於激勵微電極的物理液滴激勵資料，所述微電極陣列結構應用來自所述控制器塊，其中所述物理液滴激勵資料包括以逐幀的方式發送給有源矩陣塊的對配置電極的成組、激勵和去除激勵；以及

b. 有源矩陣塊，包括：有源矩陣面板，用於單獨激勵每個微電極，包含柵極匯流排、源極匯流排、薄膜電晶體、存儲電容器和微電極；有源矩陣控制器，包含源極驅動器和柵極驅動器，用於通過將驅動資料發送給驅動晶片，利用來自 TFT 系統控制塊的資料來驅動 TFT 陣列；和 DC/DC 轉換器，用於向所述源極驅動器和所述柵極驅動器施加驅動電壓。

56. 如請求項 55 所述的裝置，其中 TFT 技術的所述微電極陣列結構包括六邊形 TFT 陣列佈局。

57. 如請求項 55 所述的裝置，其中 TFT 技術的所述微電極陣列結構包括雙平面結構，所述雙平面結構包含：

- a. 具有微電極的玻璃襯底；
- b. 塗覆有疏水膜的介電絕緣體；
- c. 塗覆有疏水膜的連續地電極；以及
- d. 由不透明金屬製成的黑色矩陣。

58. 如請求項 1 所述的裝置，其中呈功能塊形式的所述系統控制單元包括：

a. 分級微電極陣列結構晶片級軟體結構，包括：場程式設計管理軟體，用於將所述微電極配置到微流體元件以及用於所述微流體元件的佈局/網路中；和微流體操作程式設計管理軟體，用於控制和管理微流體操作；以及

b. 應用系統管理單元，包括：系統分隔和集成塊，用於分隔所述裝置；檢測和顯示塊，用於獲取、顯示、報告和存儲測定結果；資料管理和轉移塊，用於將所述裝置連接到外部資訊系統；和用於連接到外部系統的週邊管理塊。

59. 如請求項 1 所述的裝置，其中呈功能塊形式的所述系統控制單元包括分級系統結構，所述分級系統結構包括：

a. 生物醫療微流體功能層，用於定義應用級功能和微電極陣列裝置的用途；

b. 位於所述生物醫療微流體功能層下方的微流體操作層，用於控制和管理微流體操作；

c·位於所述微流體操作層下方的微流體組件層，用於創建所述微流體元件的物理配置和佈局；以及

d·位於所述微流體組件層下方的微電極陣列層，用於管理所述微電極的幾何參數。

60. 一種自上而下的程式設計和設計微電極陣列結構裝置的方法，包括：

a·通過硬體描述語言設計晶片實驗室、永久顯示器或微型起重機的功能；

b·依據硬體描述語言產生排序圖模型；

c·通過硬體描述語言執行類比以驗證晶片實驗室、永久顯示器或微型起重機的功能；

d·根據所述排序圖模型利用體系級合成來產生具體執行過程；

e·將來自微流體模組庫和來自設計規範的設計資料登錄到合成處理中；

f·產生晶片上資源的測定操作的映射檔、測定操作的時間表檔以及來自合成處理的內置自測試檔；

g·利用設計規範的輸入執行幾何級合成，以產生生物晶片的二維物理設計；

h·根據結合有具體物理資訊的生物晶片的二維物理設計，產生三維幾何模型，所述具體物理資訊來自所述微流體模組庫；

i·通過使用三維幾何模型執行物理級類比和設計驗證；以及

j. 將晶片實驗室、永久顯示器或微型起重機的設計載入到空白微電極陣列裝置中。

61. 如請求項 3 所述的裝置，所述裝置為 EWOD 裝置，其中驅動電壓在 DC 到 10kHz 的 AC 的範圍並且小於 150V。

62. 如請求項 3 所述的裝置，所述裝置為 DEP 裝置，其中驅動電壓在 50kHz 到 200kHz 的 AC 的範圍並且具有 100-300Vrms。

63. 一種包括微電極陣列的現場可程式設計永久顯示器系統，包括：

- a. 透明頂蓋，用於保護液體；
- b. 顯示器，位於所述頂蓋下方，包括所述微電極陣列；
- c. 多種顏色的液體，用於形成文本和圖形；
- d. 自所述顯示器的微電極陣列配置的墨水框架貯液器，用於儲存所述多種顏色的液體；以及
- e. 顯示控制器，用於對包括多個微電極的多個配置電極進行激勵和去除激勵，以將所述多種顏色的液體輸送到所述顯示器上的選定位置。

64. 如請求項 63 所述的系統，還包括保留區域，所述保留區域包含用於執行晶片實驗室操作的多個微電極。

65. 如請求項 64 所述的系統，其中所述現場可程式設計永久顯示器系統可執行如下步驟：通過利用配置電極形成離散或連續的點、線或區域來顯示文本或圖形。

66. 如請求項 63 所述的系統，其中所述現場可程式設計永久

顯示器系統可執行如下步驟：通過利用配置電極形成離散或連續的點、線或區域來顯示文本或圖形。

67. 如請求項 63 所述的系統，其中所述顯示器是剛性或可彎曲的。

68. 如請求項 64 所述的系統，其中所述顯示器是剛性或可彎曲的。

69. 如請求項 63 所述的系統，其中所述現場可程式設計永久顯示器系統是通過如下步驟產生的彩色顯示器：

- a. 將帶顏色的珠添加到透明液滴中，用以產生三個基色液滴；
- b. 通過以預先計算的比率混合三個基色液滴，配置期望顏色的液體並將期望顏色的液體放置到期望的位置；以及
- c. 通過操縱磁力和帶顏色的珠的尺寸過濾帶顏色的液滴，來重新生成三個基色液滴。

70. 如請求項 64 所述的系統，其中所述現場可程式設計永久顯示器系統是通過如下步驟產生的彩色顯示器：

- a. 將帶顏色的珠添加到透明液滴中，用以產生三個基色液滴；
- b. 通過以預先計算的比率混合三個基色液滴，來配置期望顏色的液體並將期望顏色的液體放置到期望的位置；以及
- c. 通過操縱磁力和帶顏色的珠的尺寸過濾帶顏色的液滴，來重新生成三個基色液滴。

71. 如請求項 63 所述的系統，其中所述現場可程式設計永久顯示器系統是通過多個單基色共面微電極陣列的疊層產生的彩色

顯示器。

72. 如請求項 64 所述的系統，其中所述現場可程式設計永久顯示器系統是通過多個單基色共面微電極陣列的疊層產生的彩色顯示器。

73. 一種三維微流體傳遞系統，包括具有開放表面的、互相面對的兩個共面微電極陣列，在所述兩個共面微電極陣列之間具有可調節間隙。

74. 如請求項 73 所述的系統，所述系統是包括第一和第二微電極陣列的流體微型起重機系統，所述流體微型起重機系統包括：

a. 共面輸送系統，用於控制在所述第一和第二微電極陣列上的液滴輸送；以及

b. 起重機管理單元，用於通過調節所述第一和第二微電極陣列之間的間隙距離以及通過合併、分裂和輸送所述第一和第二微電極陣列上的液滴，來在所述第一和第二微電極陣列之間輸送液滴。

75. 如請求項 74 所述的系統，所述系統是包括第一和第二微電極陣列的生物化學構建系統，所述生物化學構建系統包括：

a. 多個液滴承載裝置，用於輸送生物化學化合物；

b. 傳遞系統，用於將初始生物化學元件傳遞到第一微電極陣列上的起始位置；

c. 包含多個液滴的多個虛擬室，用於生物化學反應和組織培養；以及

d. 在所述第一和第二微電極陣列之間的可調節間隙和容器結構，用於適應生物化學化合物的生長或反應。

76. 一種自下而上程式設計和設計微電極陣列結構裝置的方法，包括：

a. 擦除所述微電極陣列結構的記憶體；

b. 配置具有選定形狀和尺寸的一組配置電極的微流體元件，所述一組配置電極包括在現場可程式設計結構中以陣列形式佈置的多個微電極，所述微流體組件包括貯液器、電極、混合室、檢測視窗、廢棄物貯存器、液滴路徑以及指定功能電極；

c. 配置所述微流體元件的物理分配；以及

d. 設計用於樣品製備、液滴操縱和檢測的微流體操作。

77. 一種晶片上系統裝置，用於基於微電極陣列結構來集成微流體和微電子，所述晶片上系統裝置包括：

a. 在所述晶片上系統裝置內部的多個流體邏輯塊，包括：一個微電極，位於 CMOS 襯底的頂表面上；一個記憶體地圖資料存儲單元，用於保持所述微電極的激勵資訊；以及控制電路塊，用於管理控制邏輯，其中所述流體邏輯塊是用於微流體和微電子的集成的單元；以及

b. 多個微電子電路，包括控制器、記憶體以及其它邏輯門，

其中通過利用晶片上系統微電子製造技術以及設計/類比工具可產生流體邏輯塊和微電子電路的集成，所述設計/模擬工具用於使多個流體邏輯塊成為用於設計微電子電路的標準庫。

八、圖式：

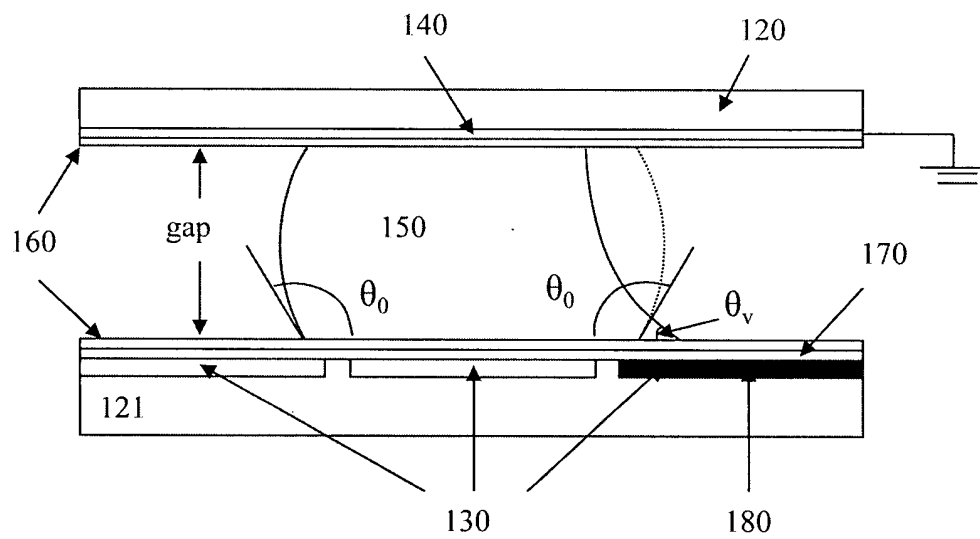


圖 1A

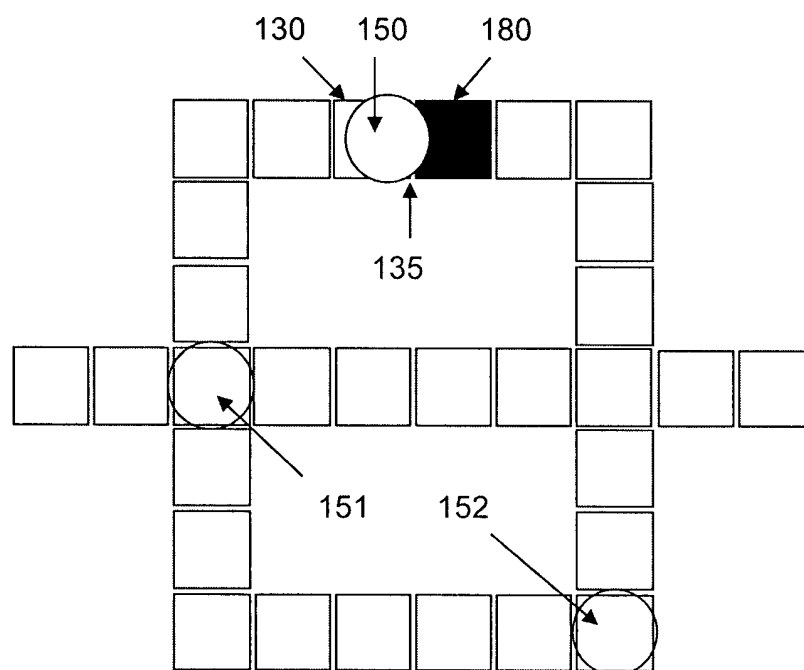


圖 1B

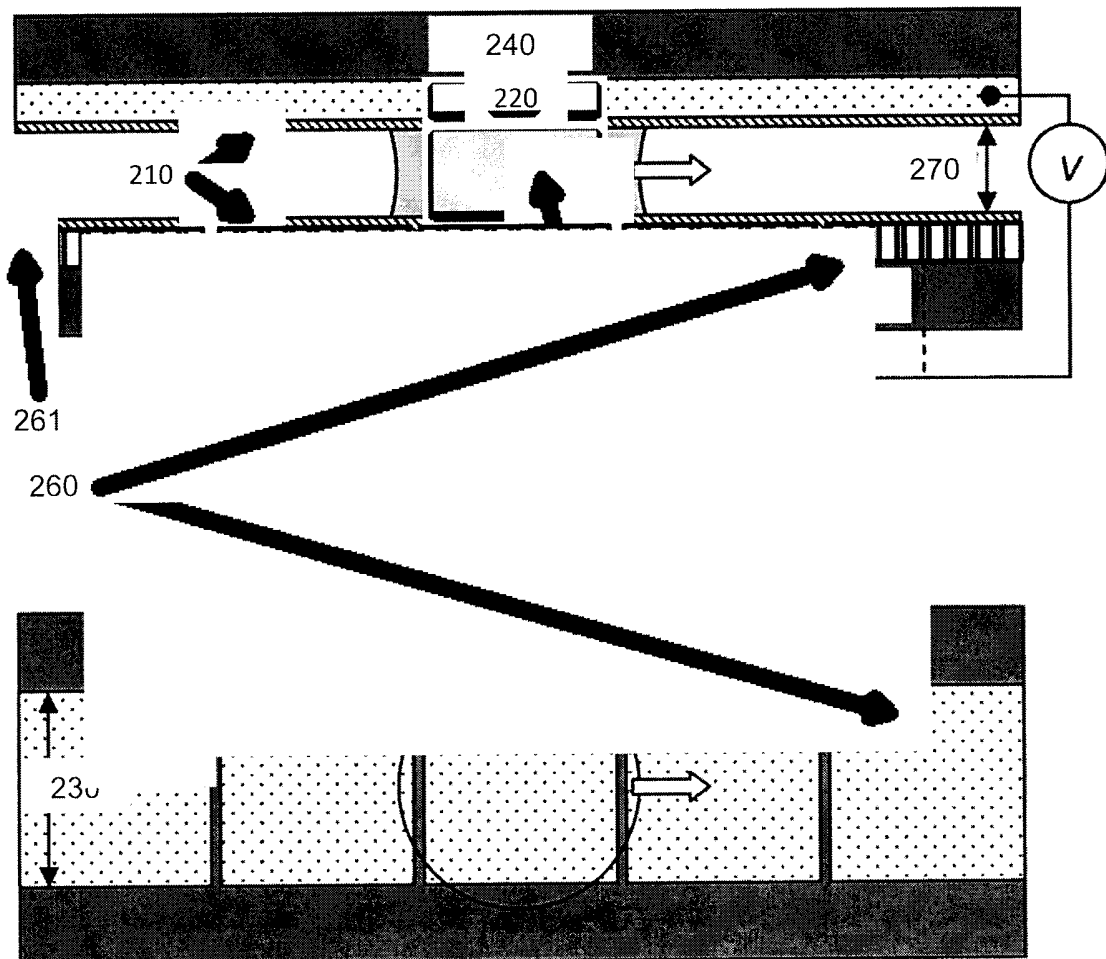


圖 2

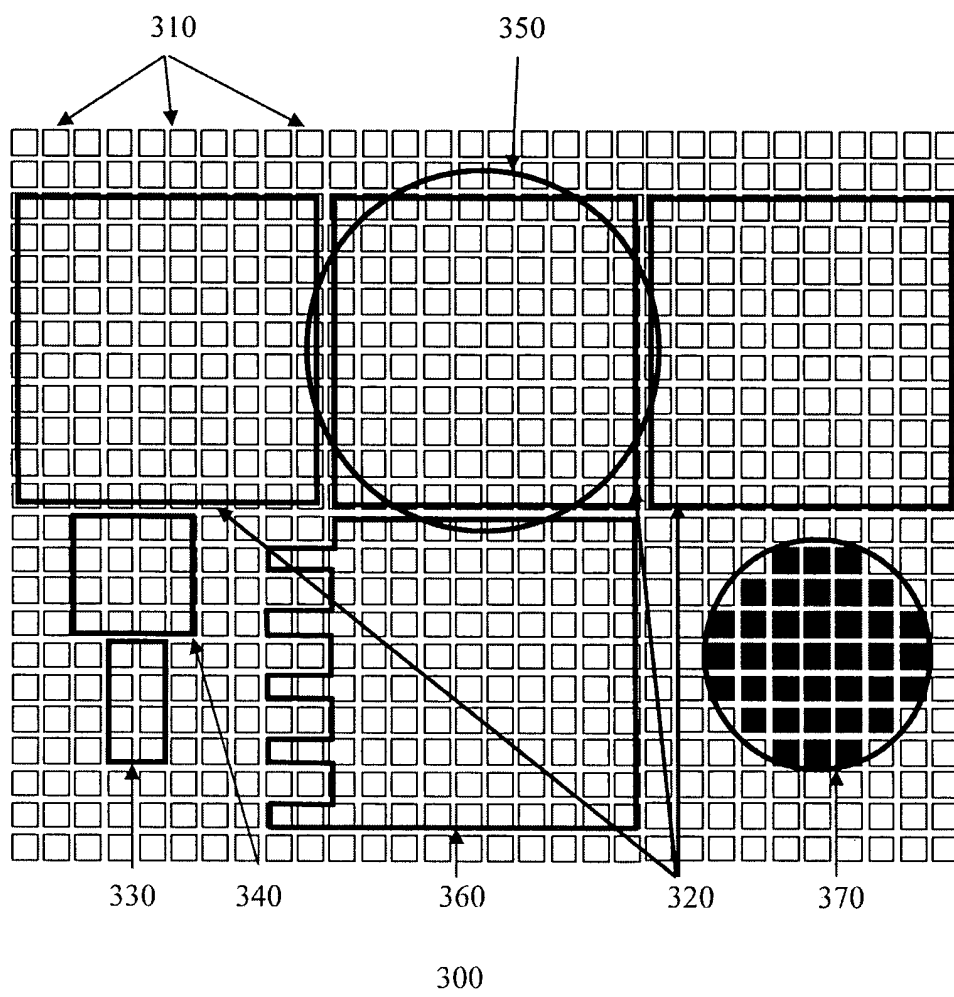


圖 3

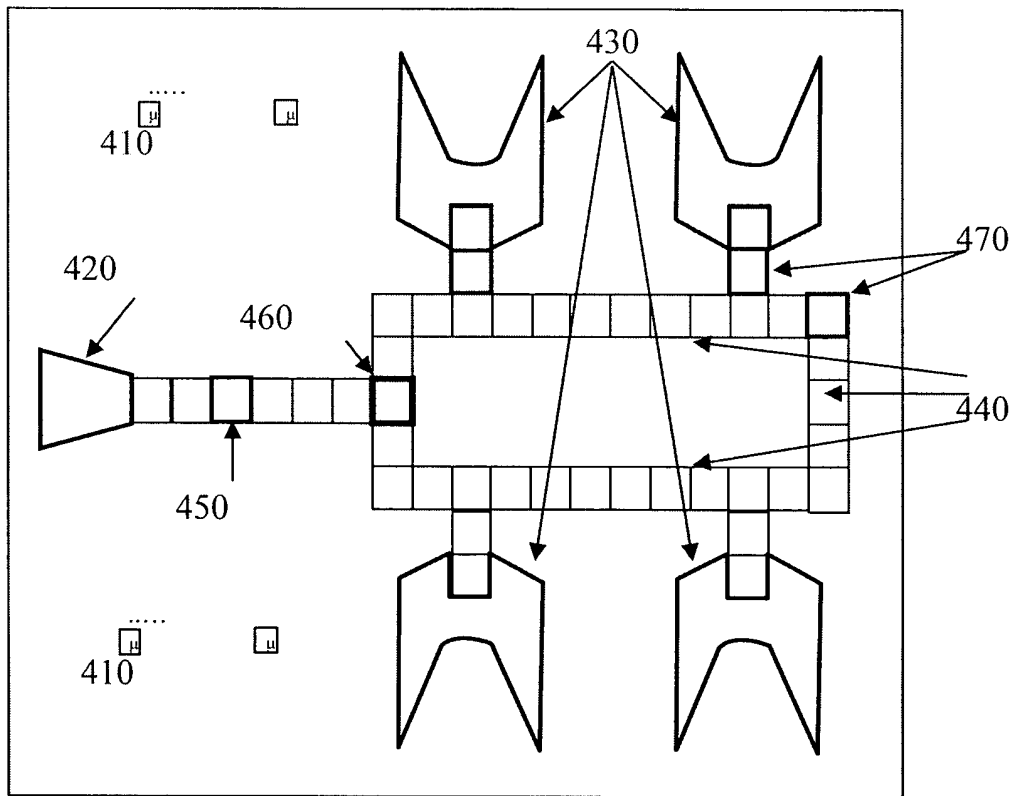


圖 4A

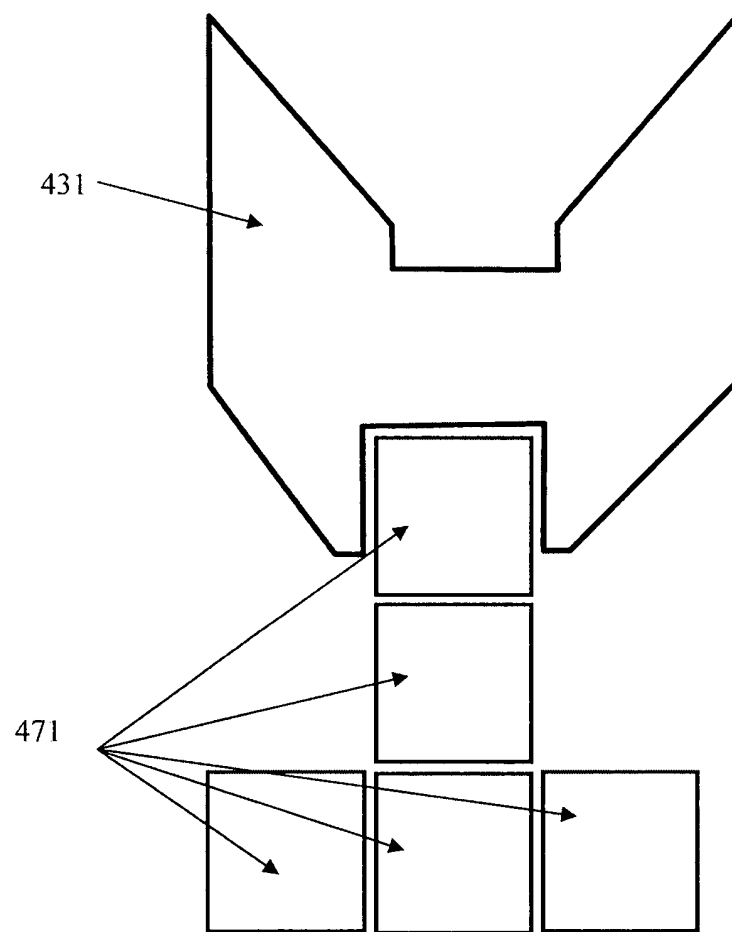


圖 4B

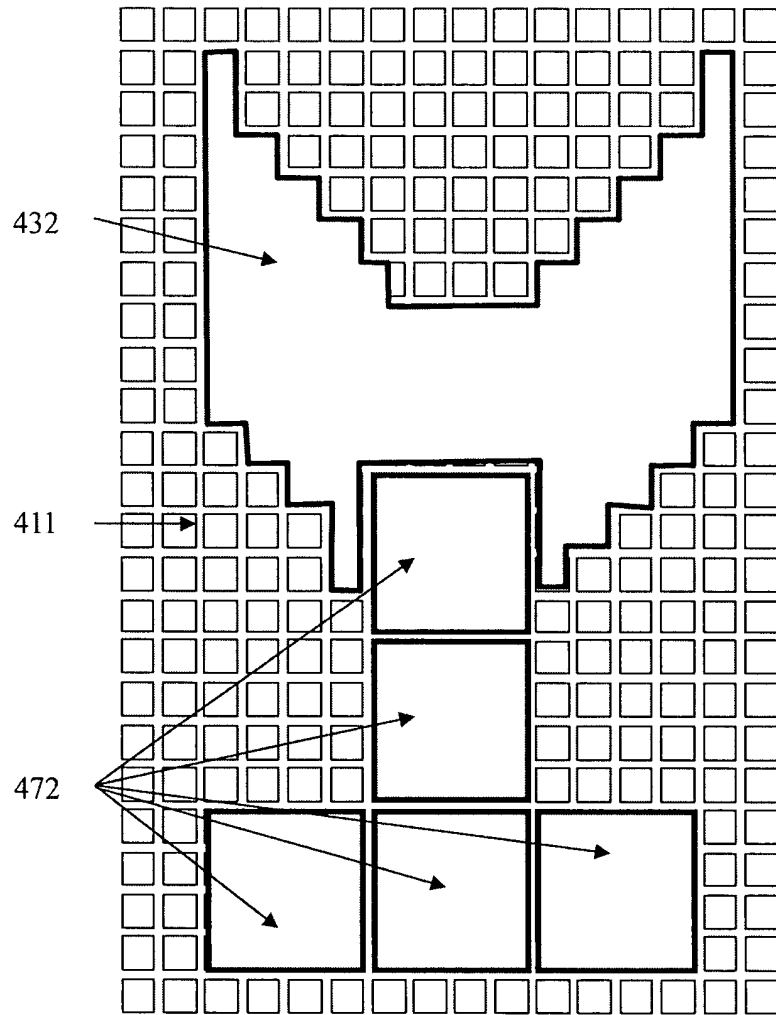


圖 4C

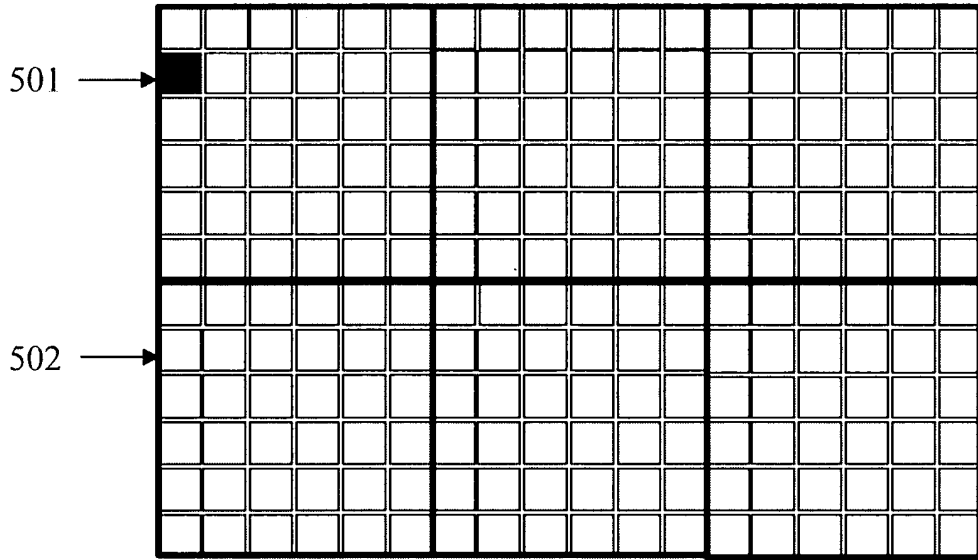


圖 5A

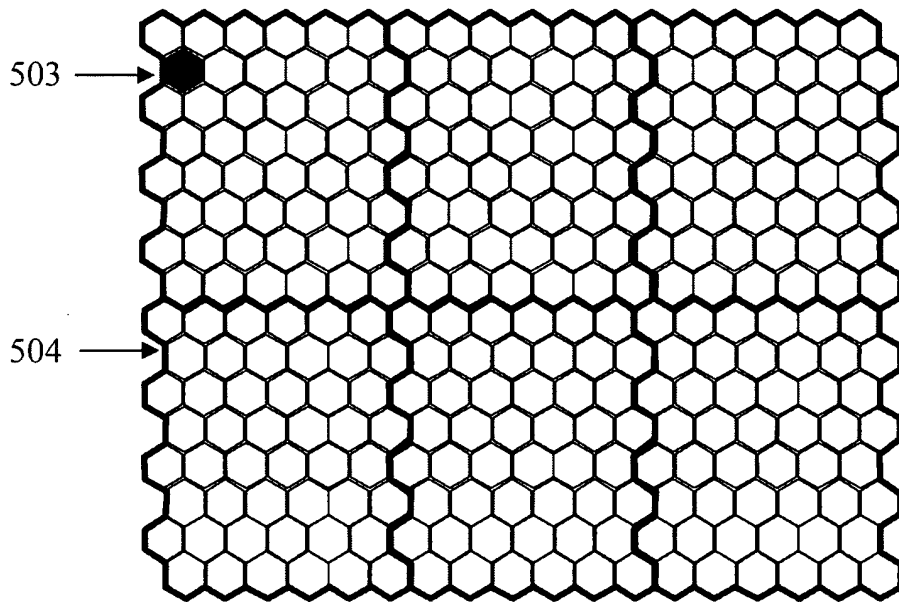


圖 5B

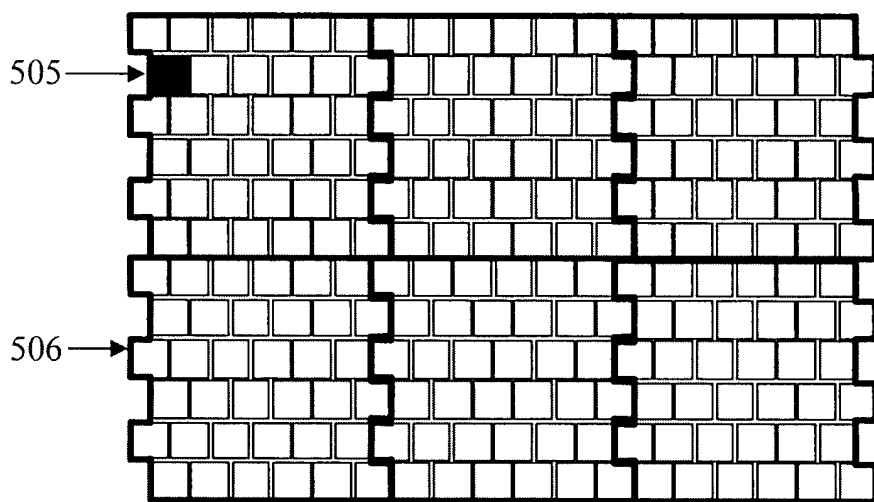


圖 5C

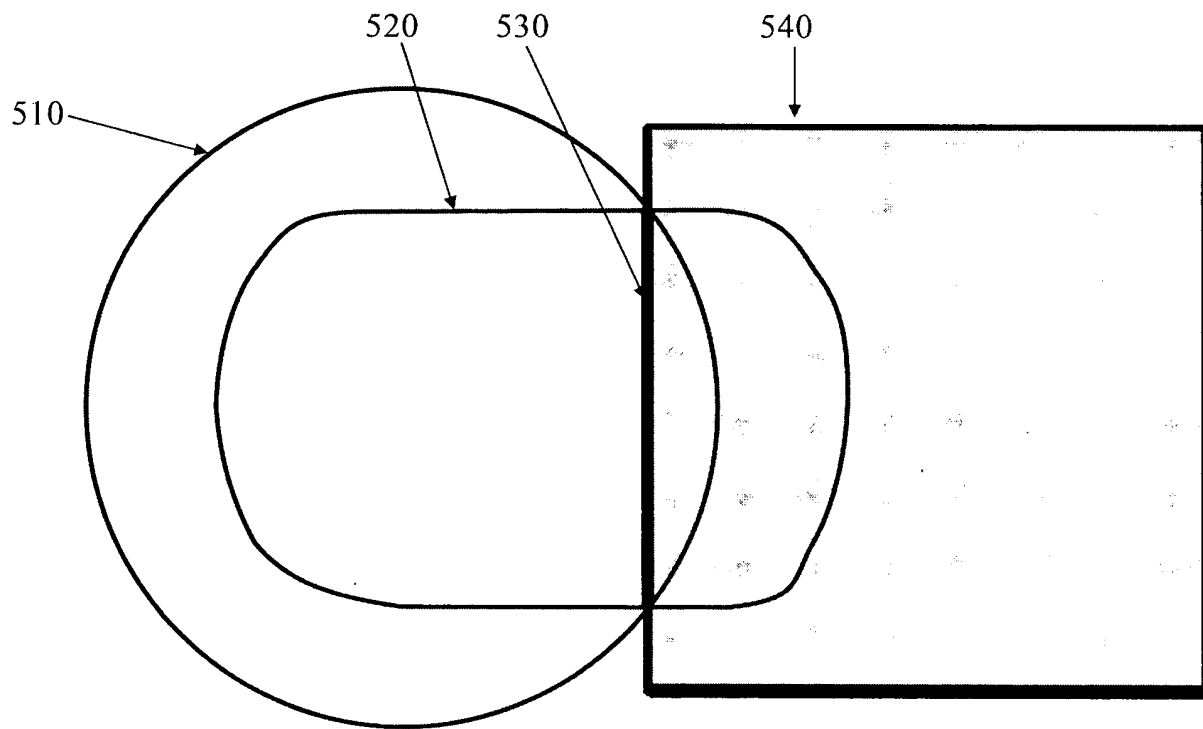


圖 5D

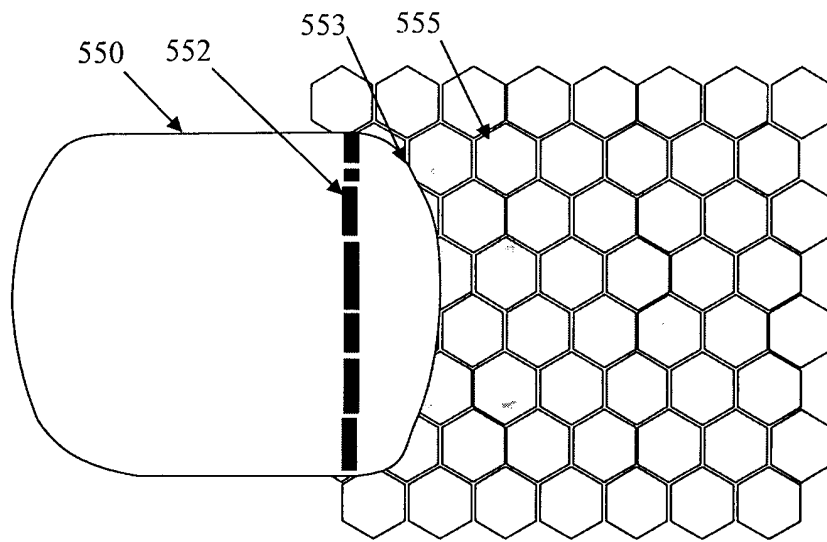


圖 5E

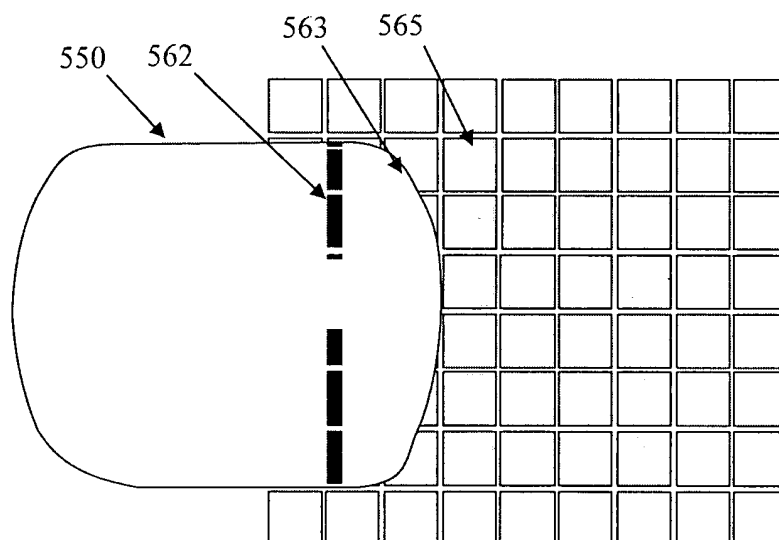


圖 5F

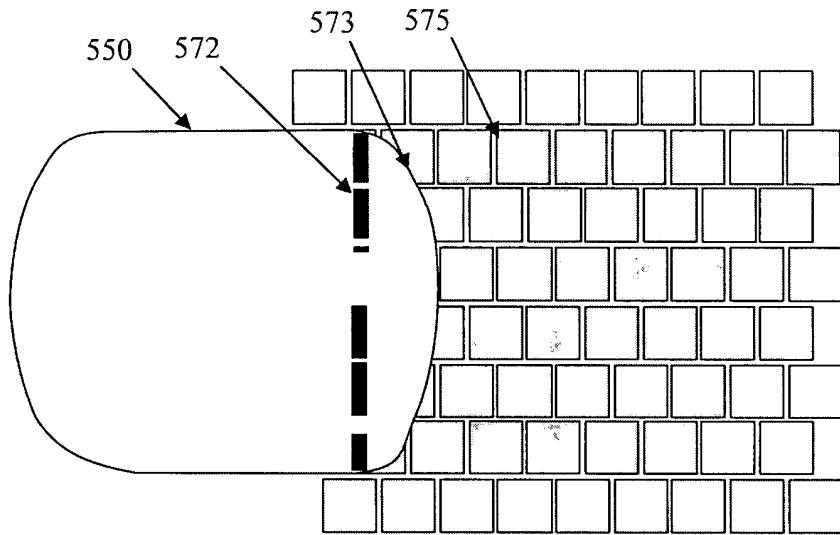


圖 5G

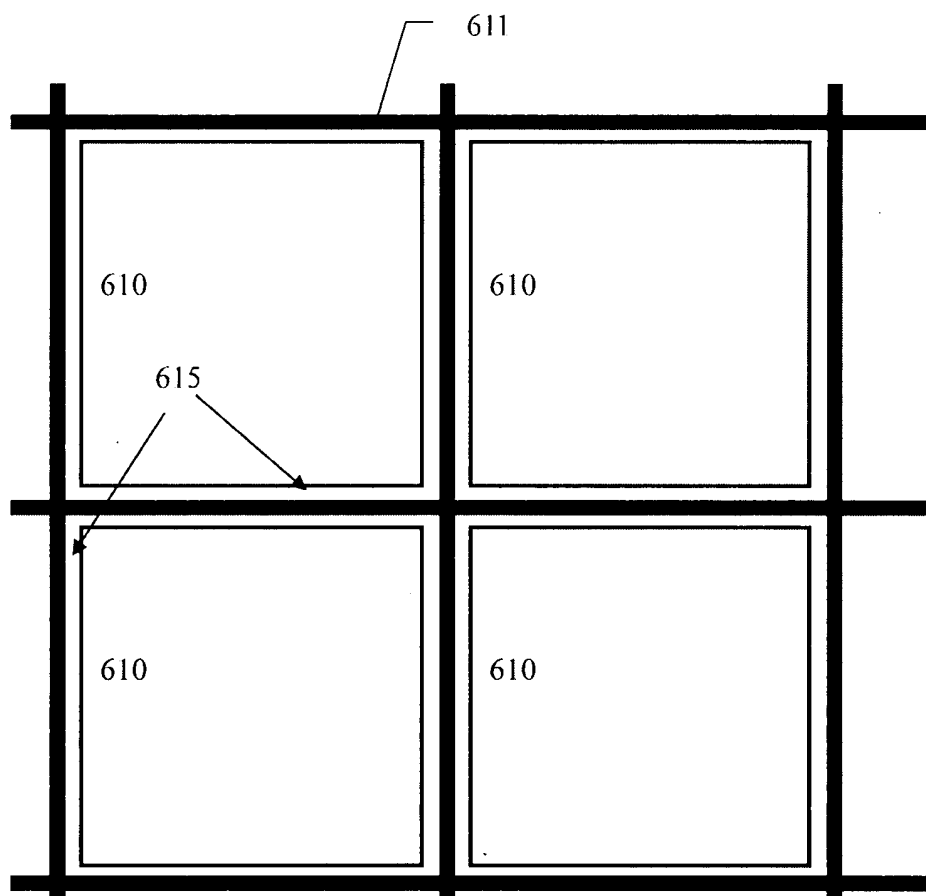


圖 6A

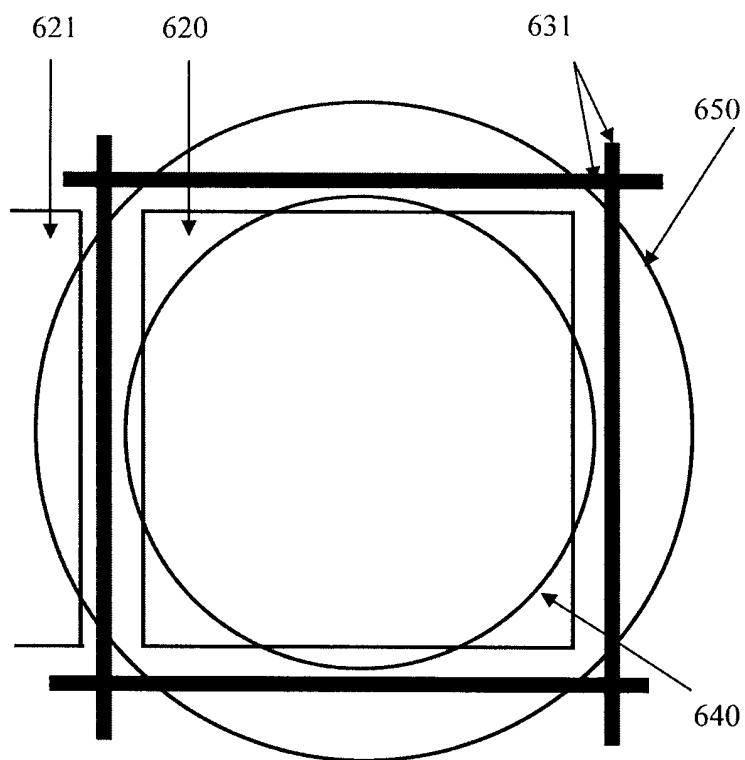


圖 6B

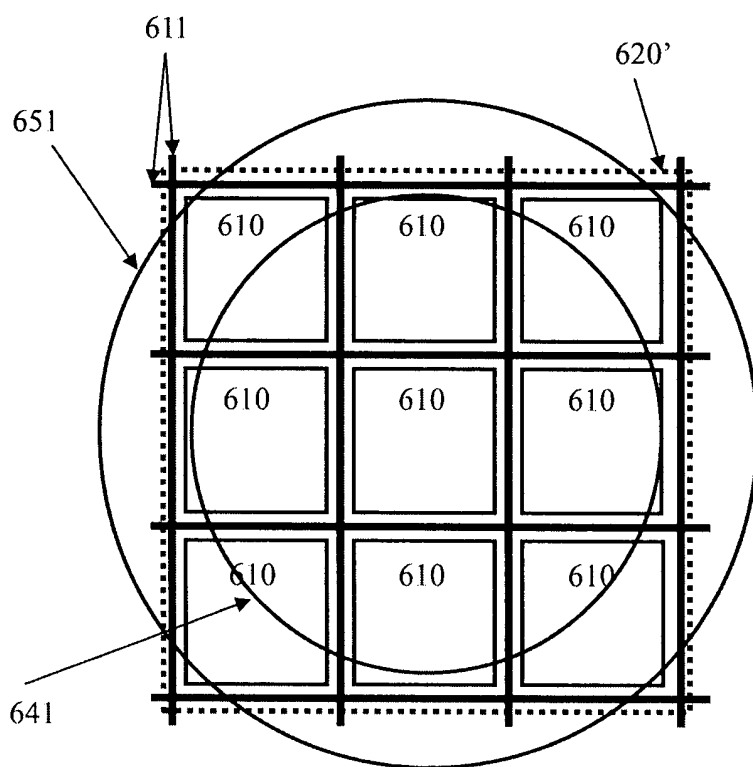


圖 6C

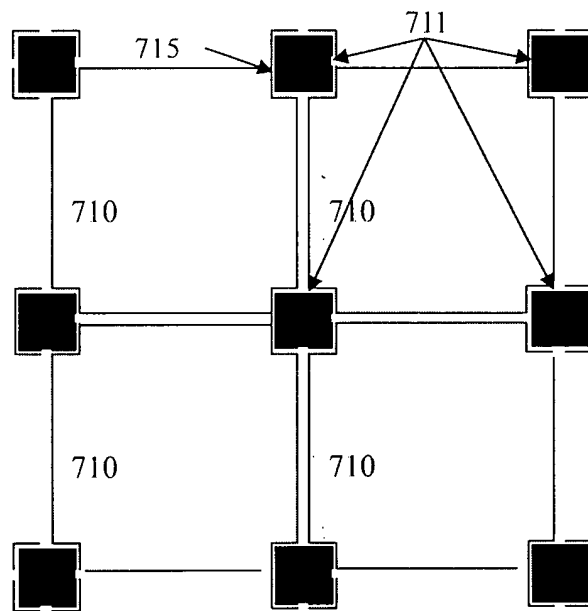


圖 7A

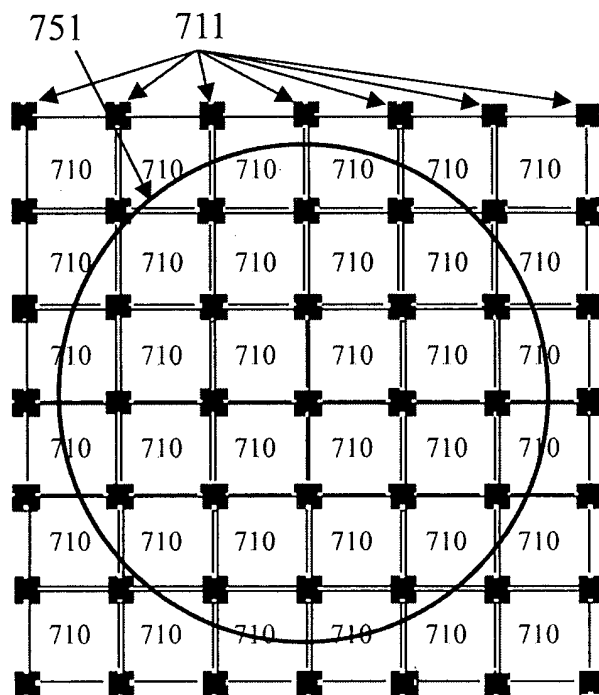


圖 7B

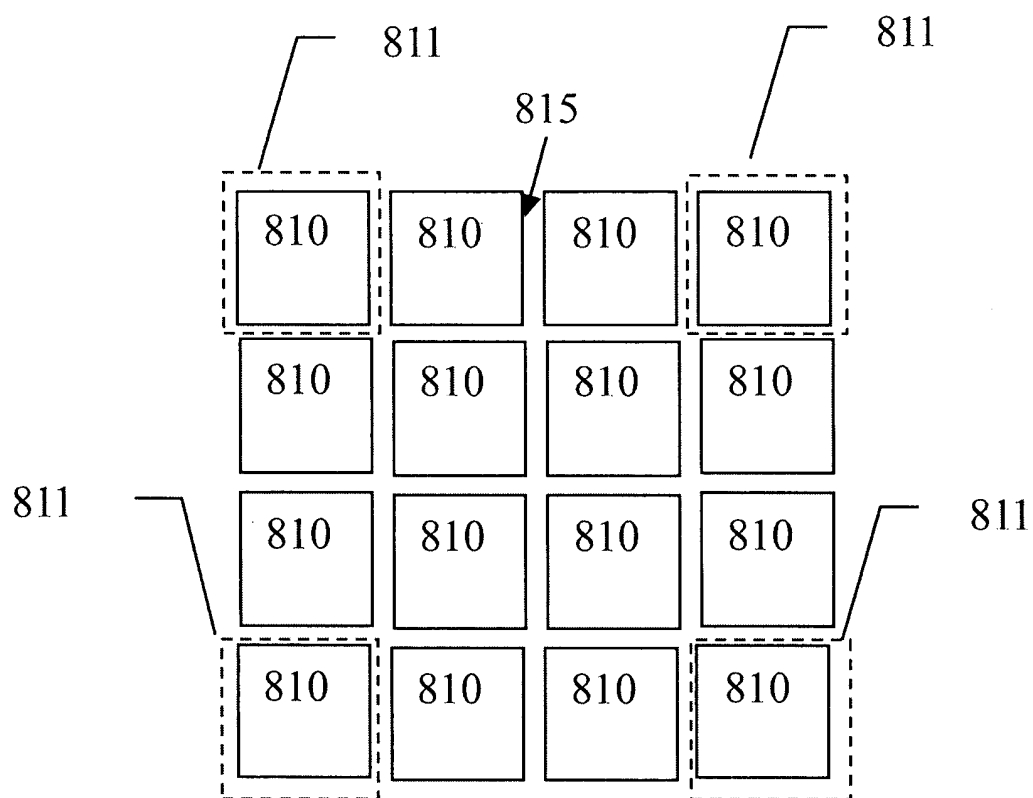


圖 8A

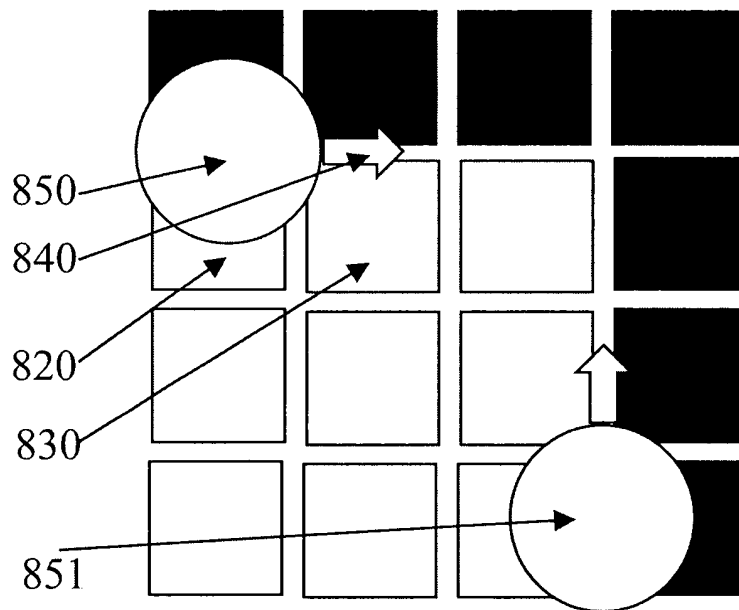


圖 8B

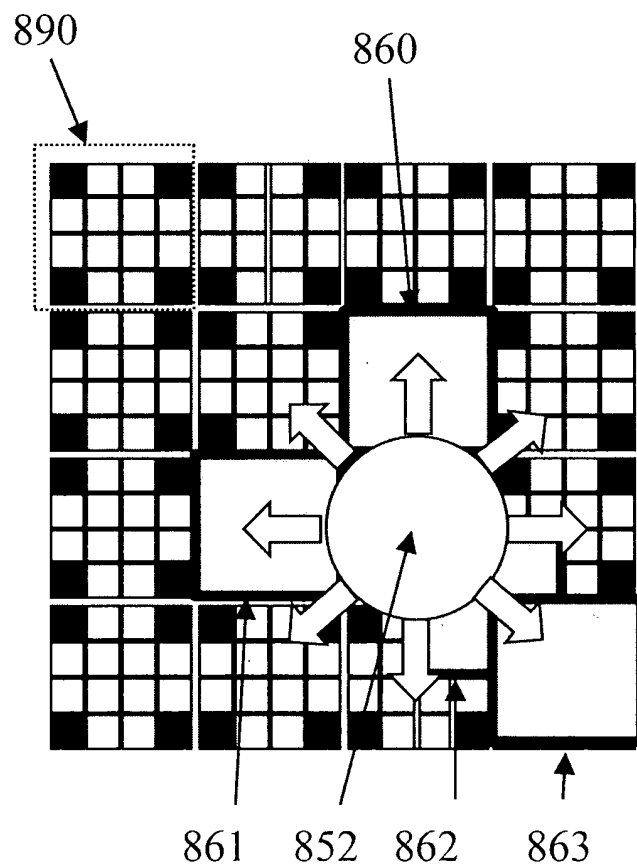


圖 8C

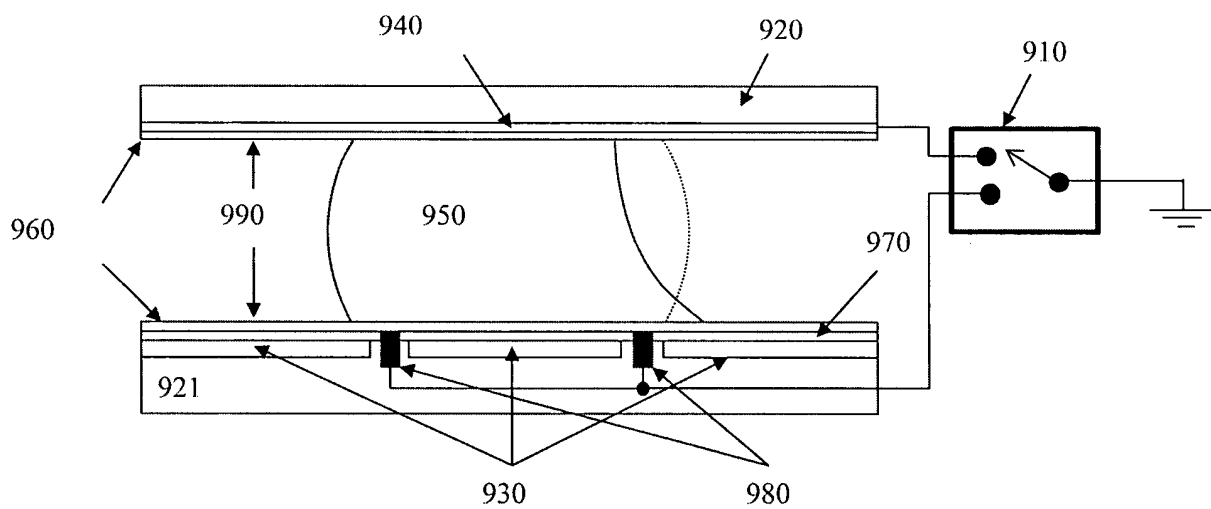


圖 9

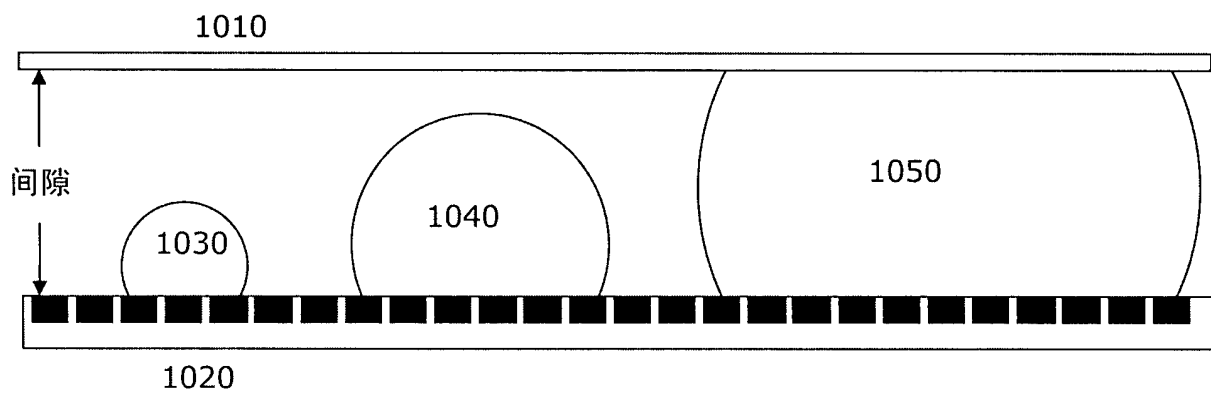


圖 10

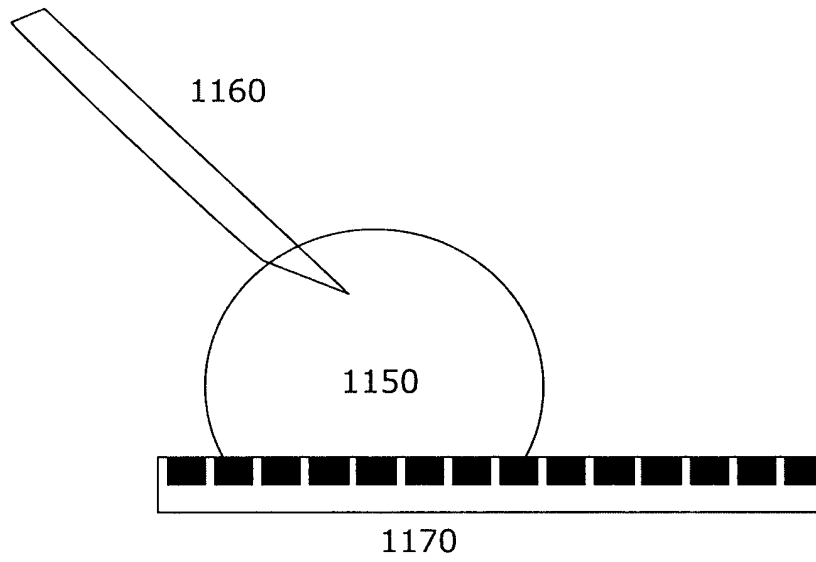


圖 11A

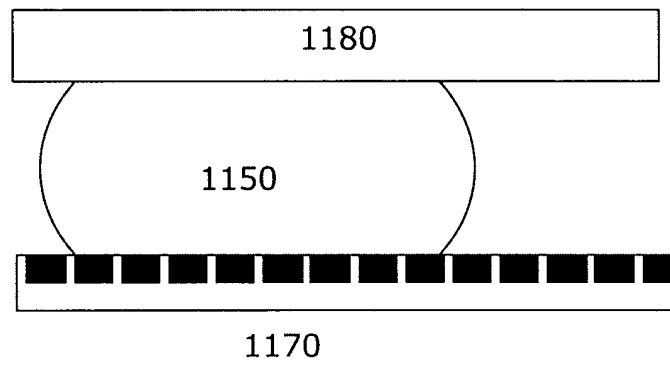


圖 11B

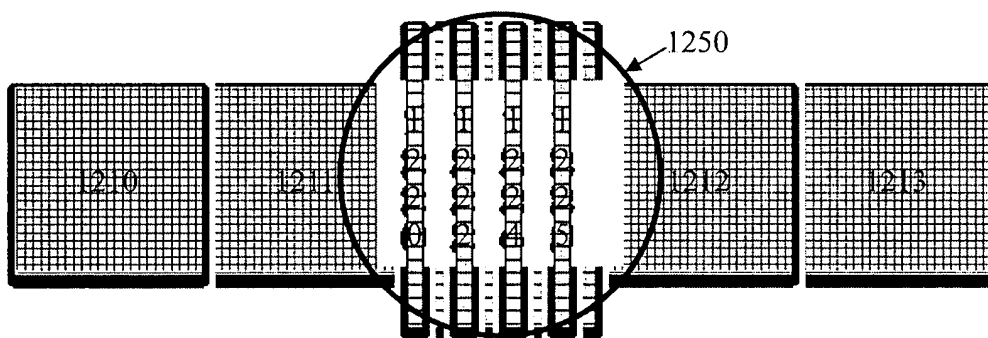


圖 12A

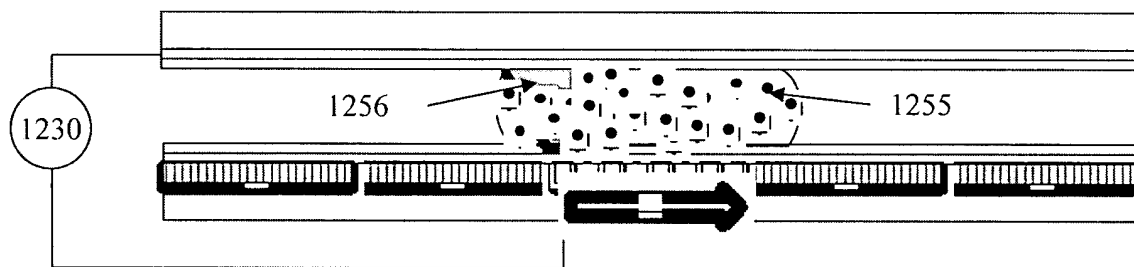


圖 12B

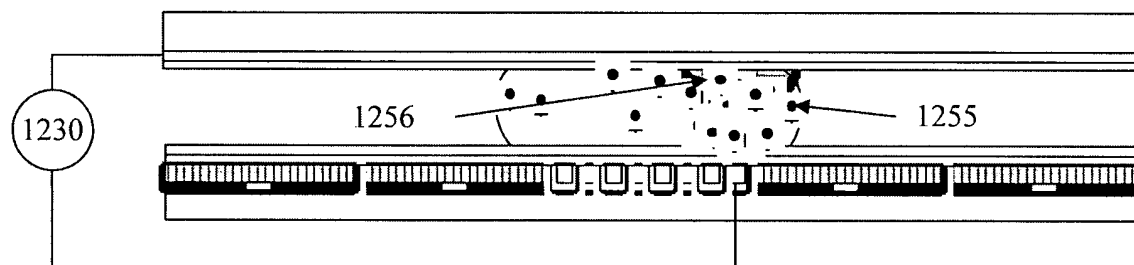


圖 12C

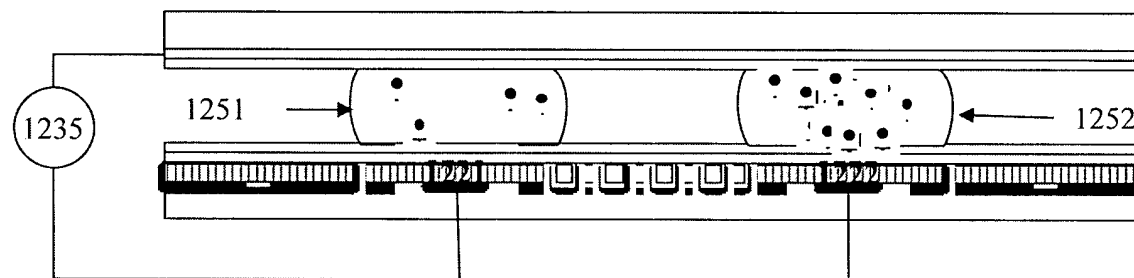


圖 12D

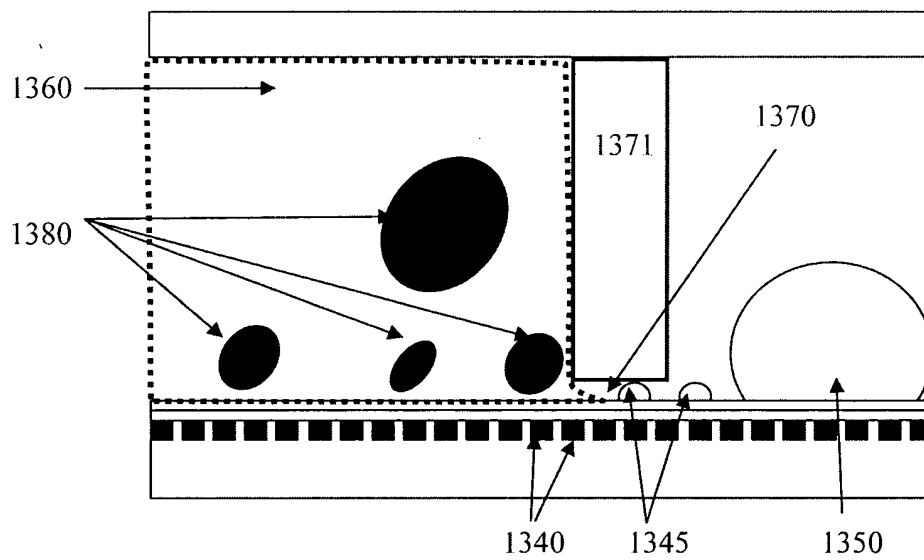


圖 13

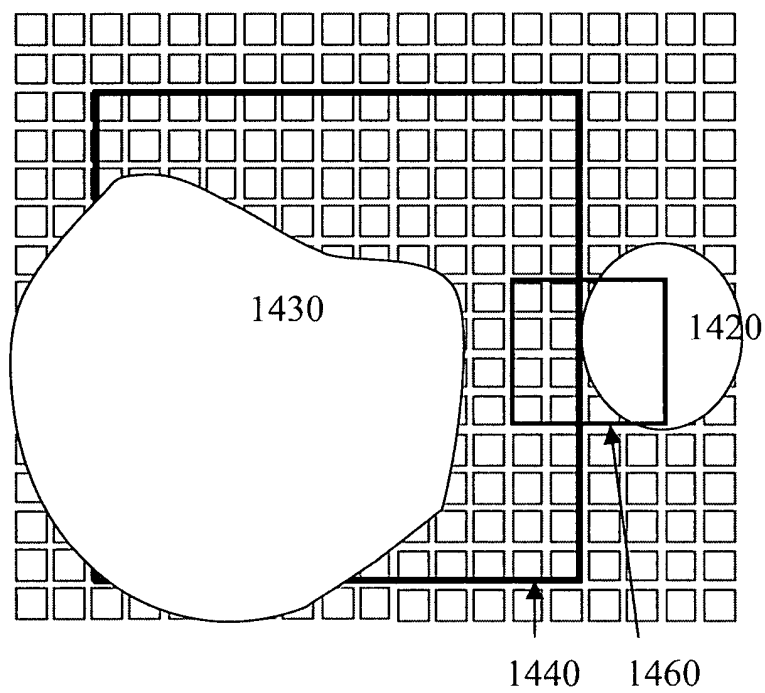


圖 14A

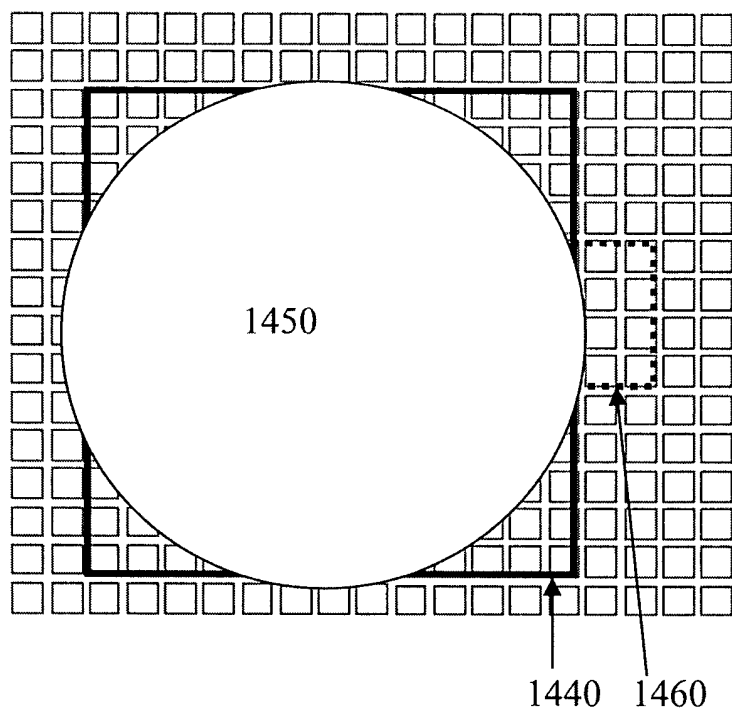


圖 14B

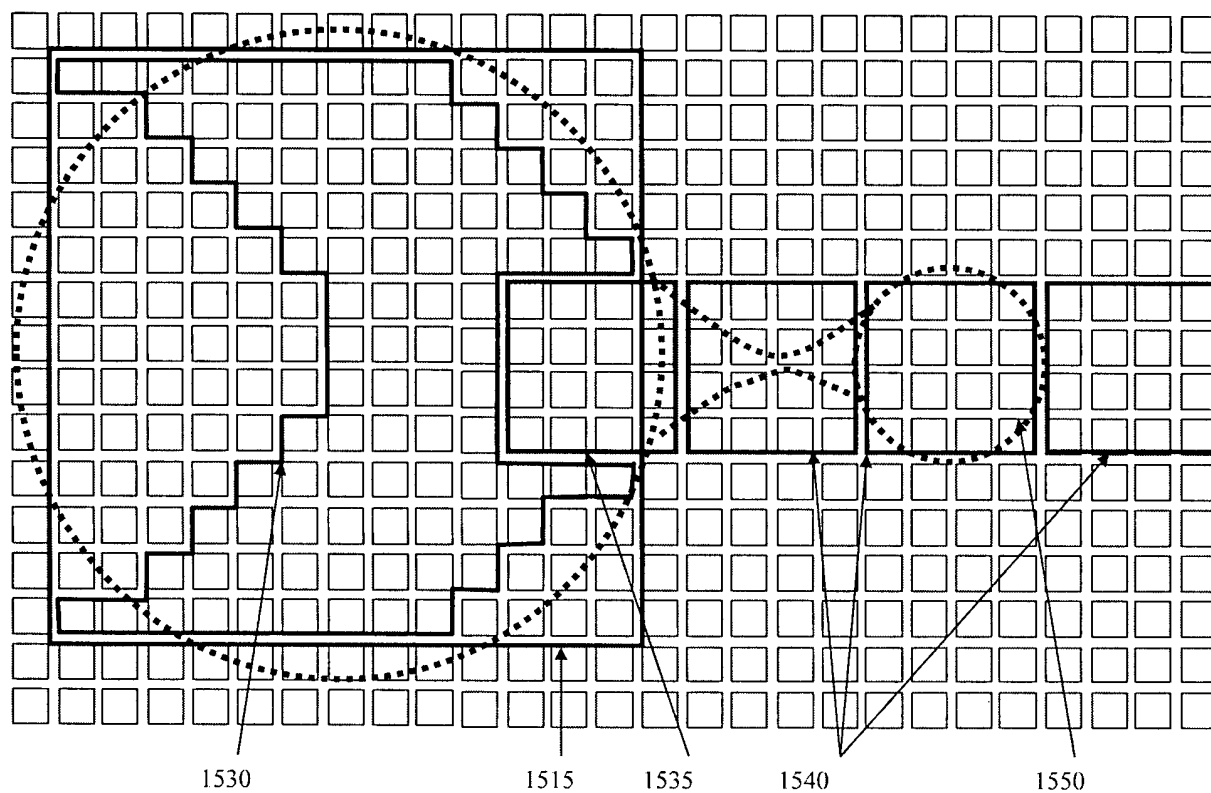


圖 15

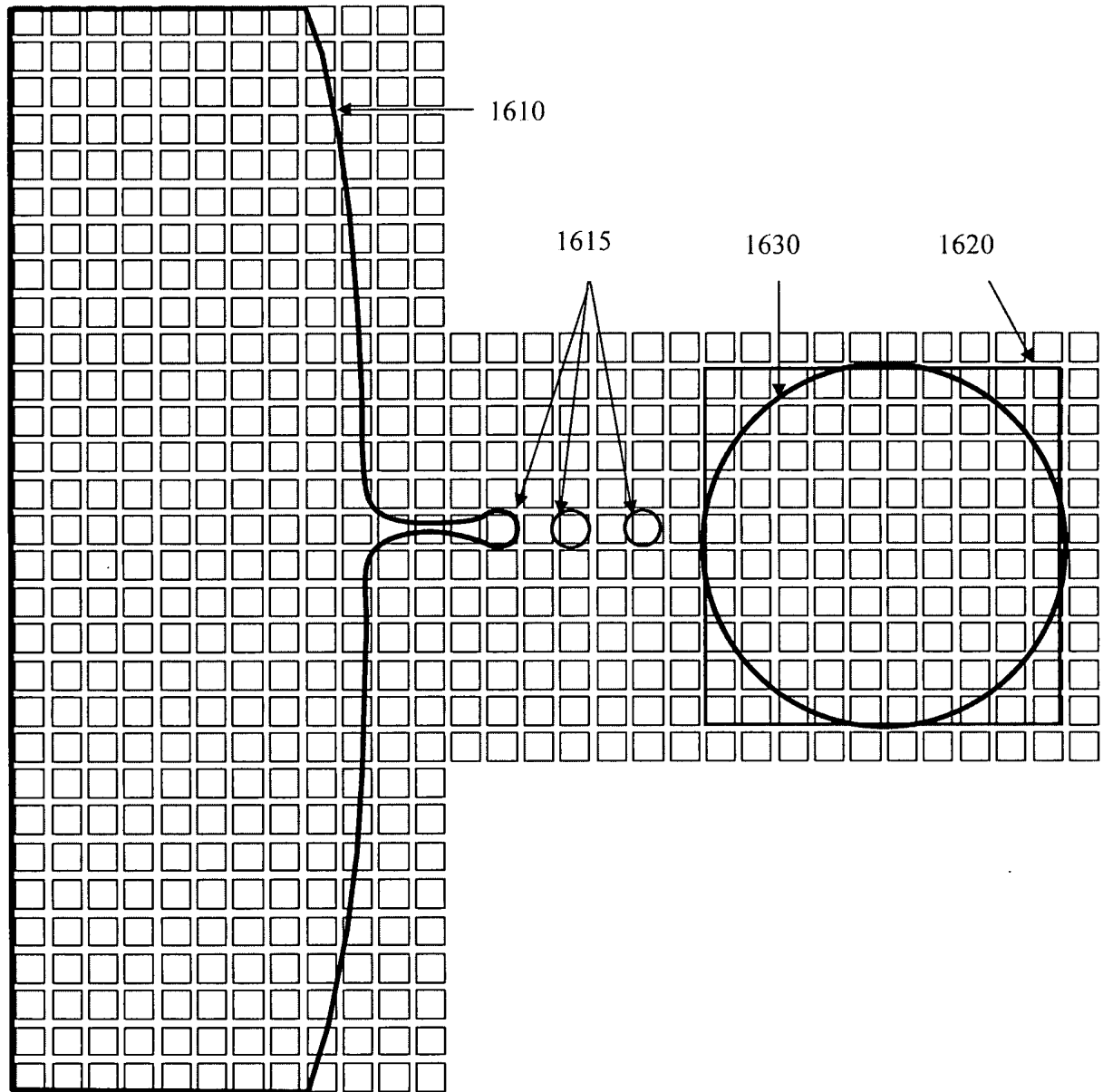


圖 16

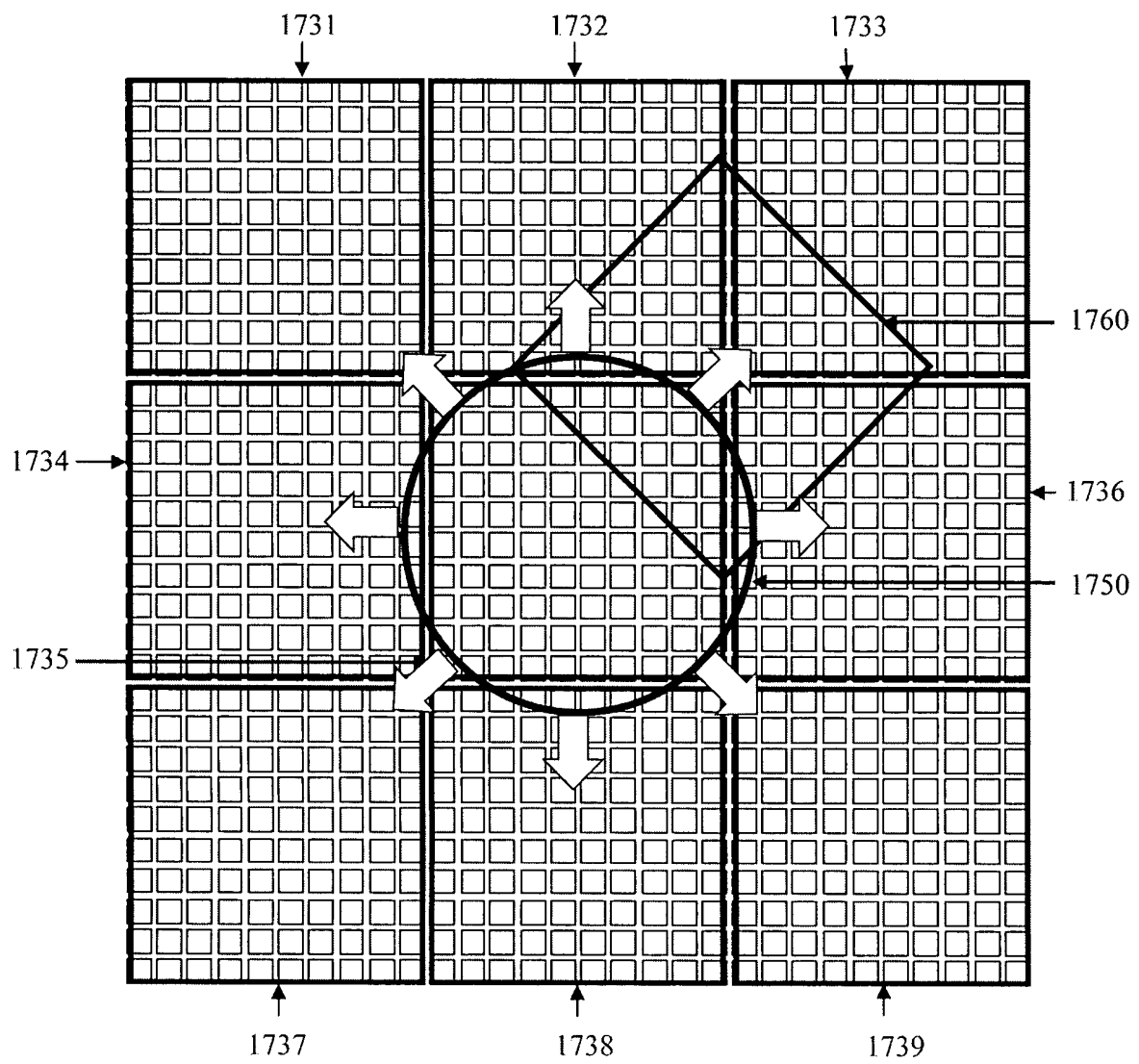


圖 17

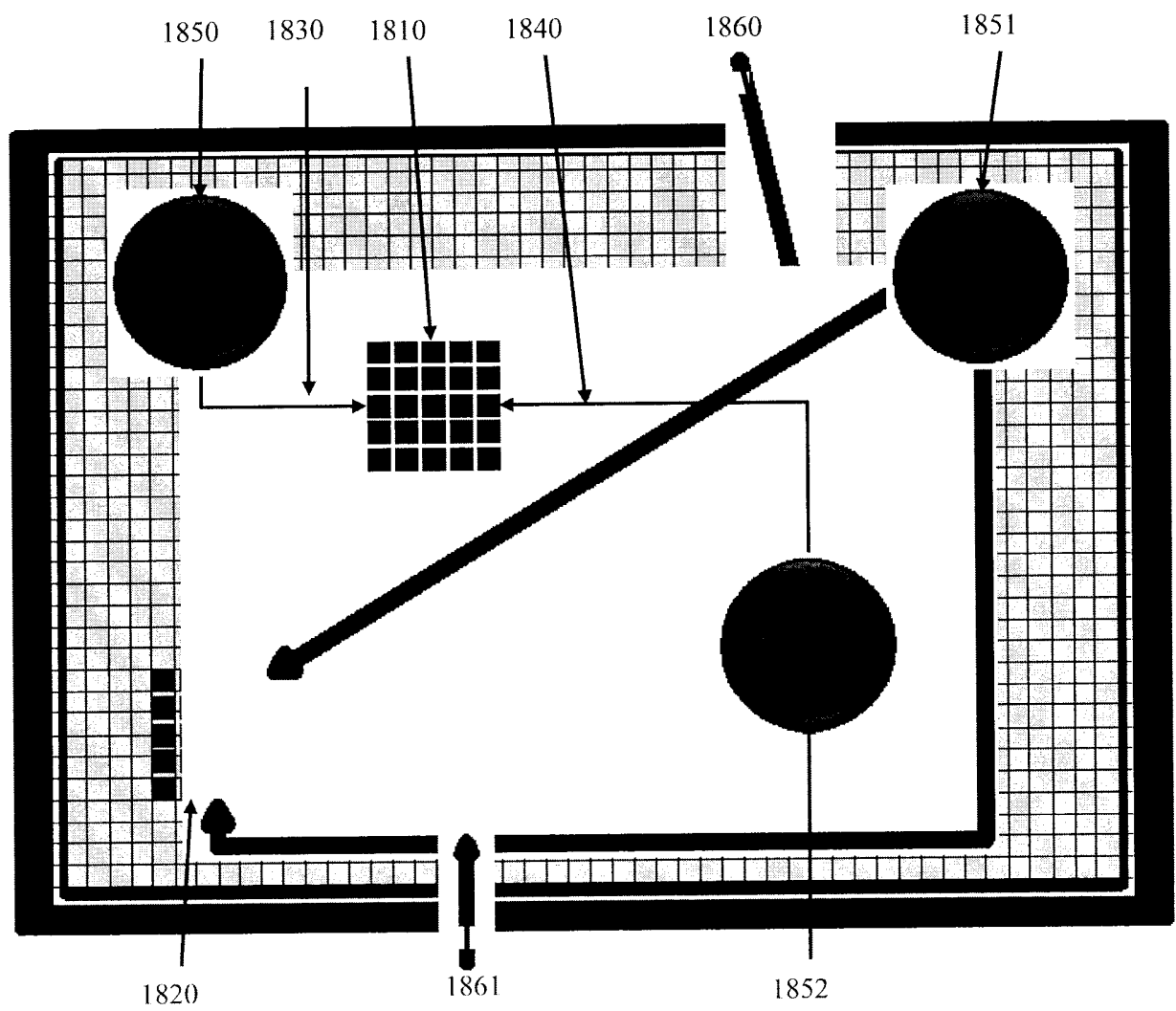


圖 18

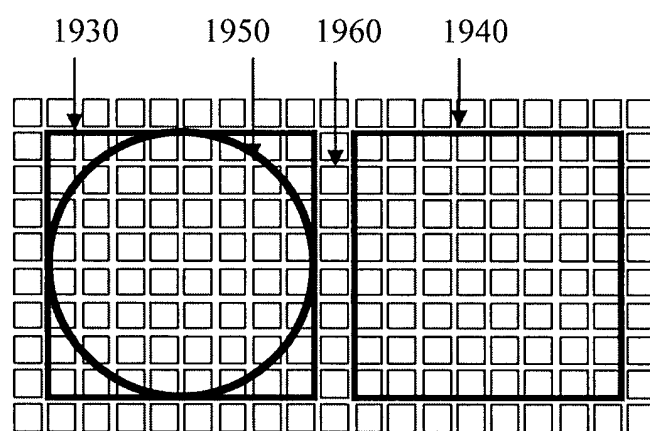


圖 19A

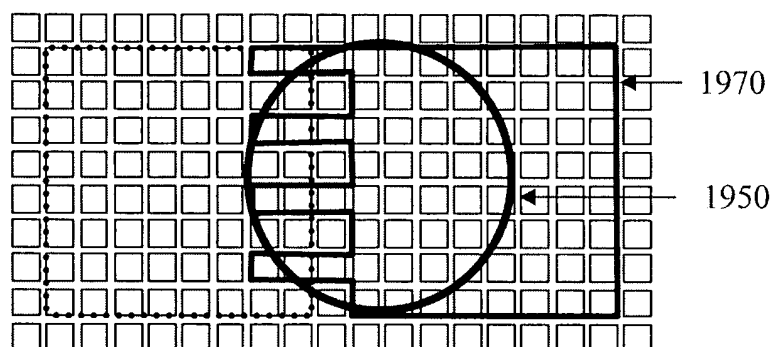


圖 19B

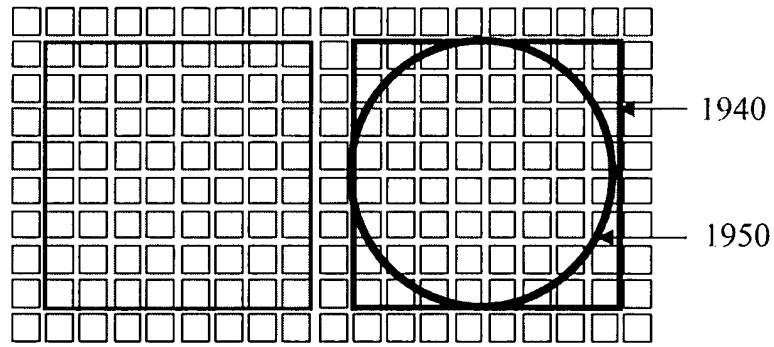


圖 19C

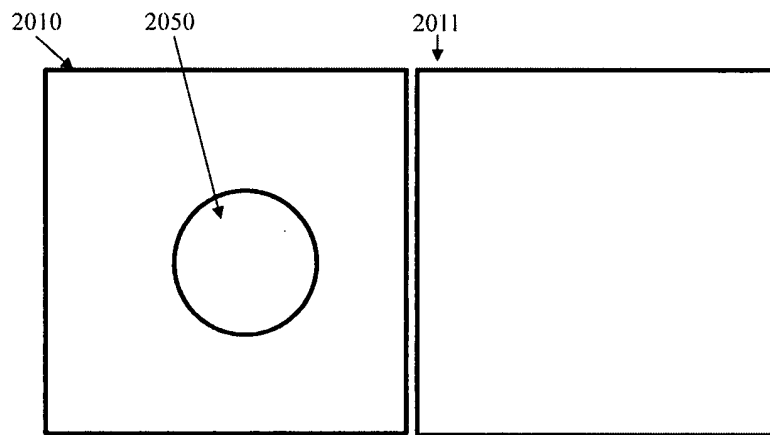


圖 20A

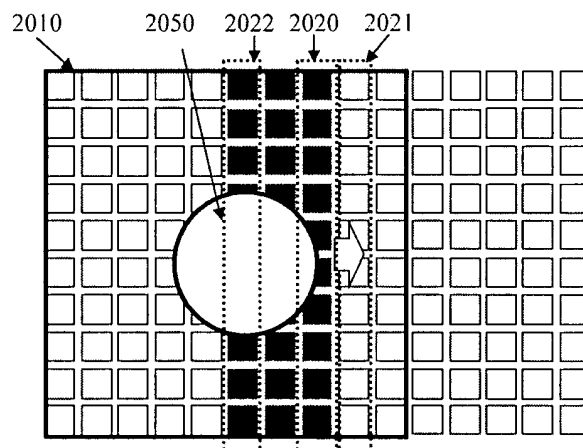


圖 20B

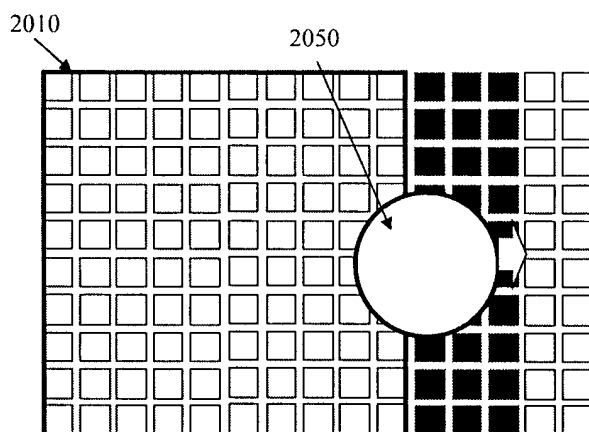


圖 20C

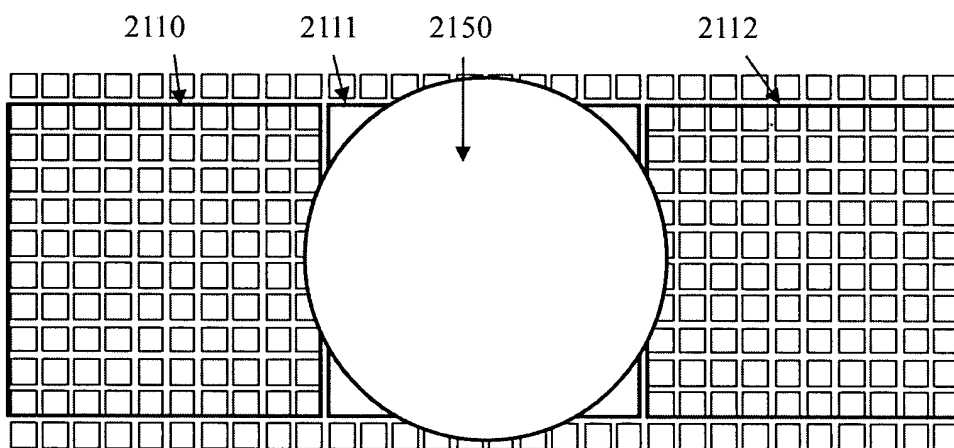


圖 21A

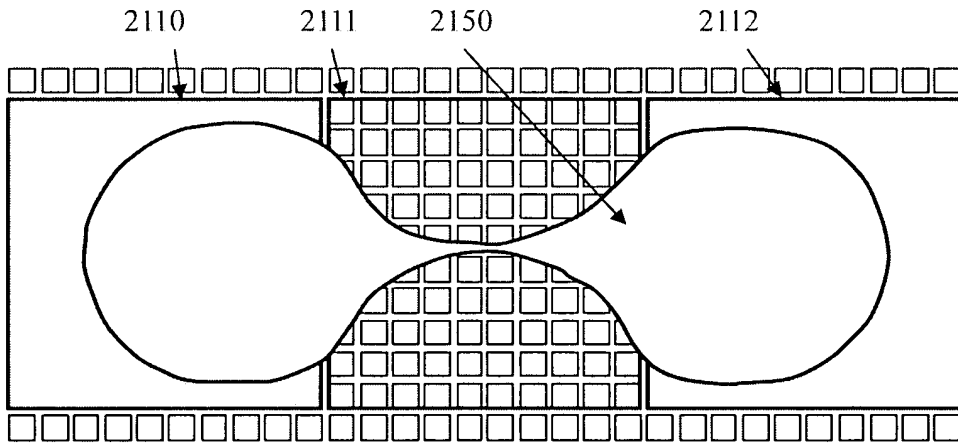


圖 21B

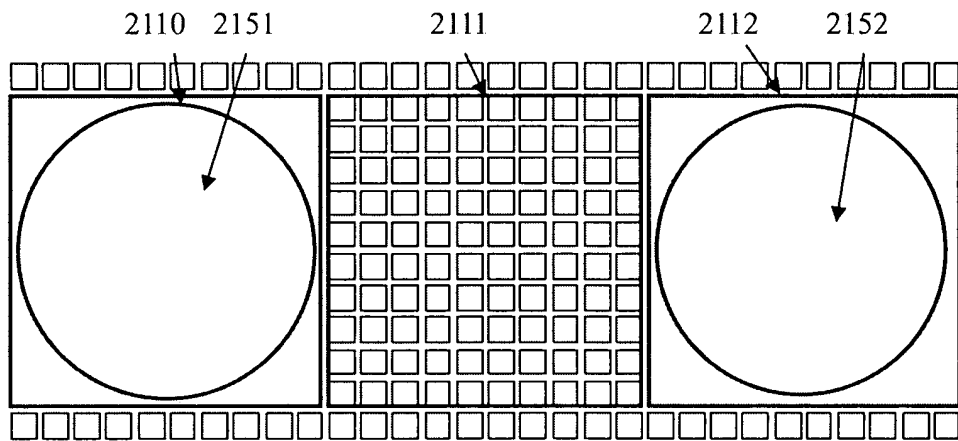


圖 21C

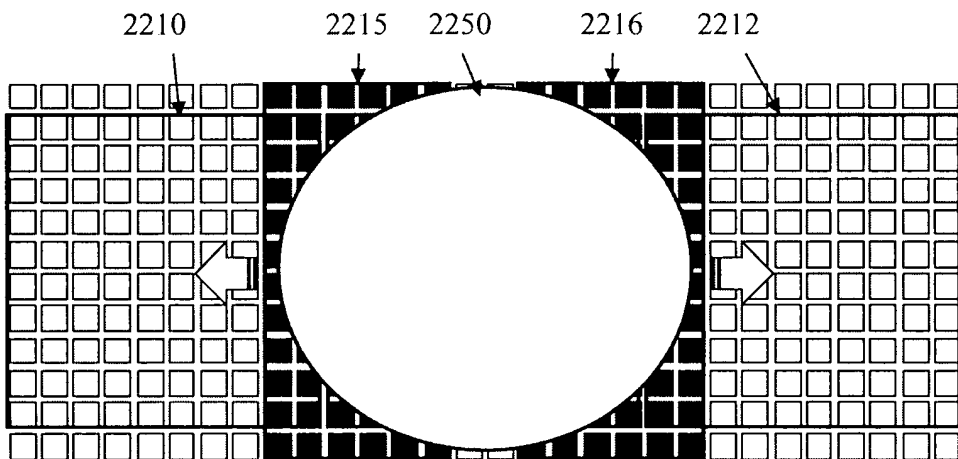


圖 22A

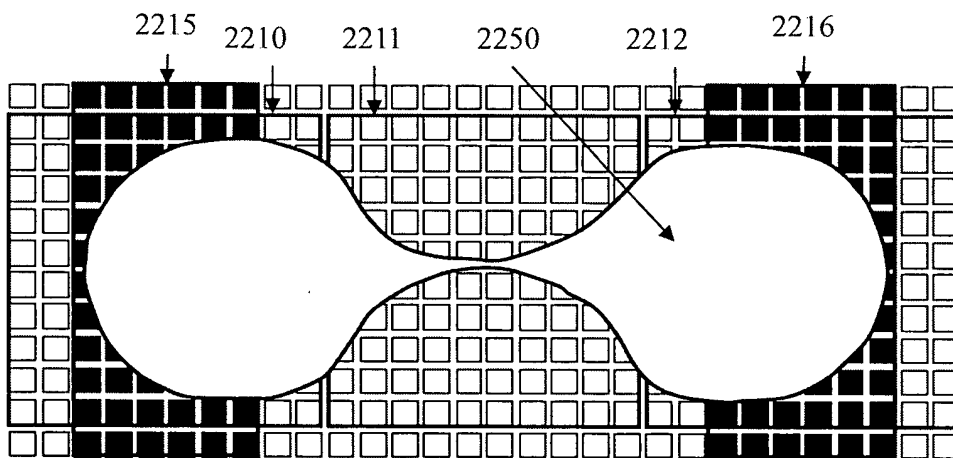


圖 22B

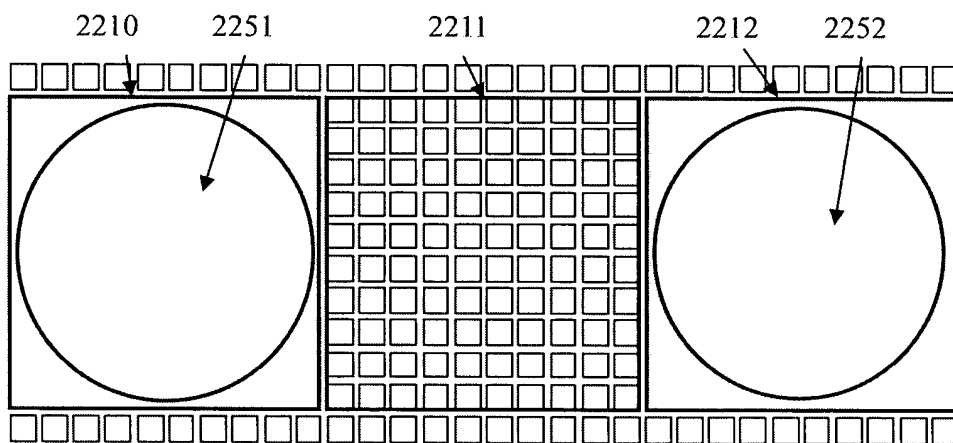


圖 22C

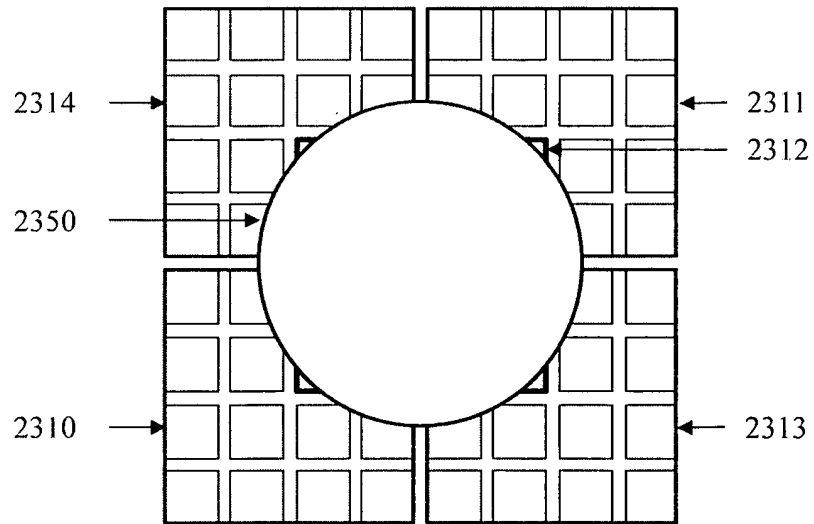


圖 23A

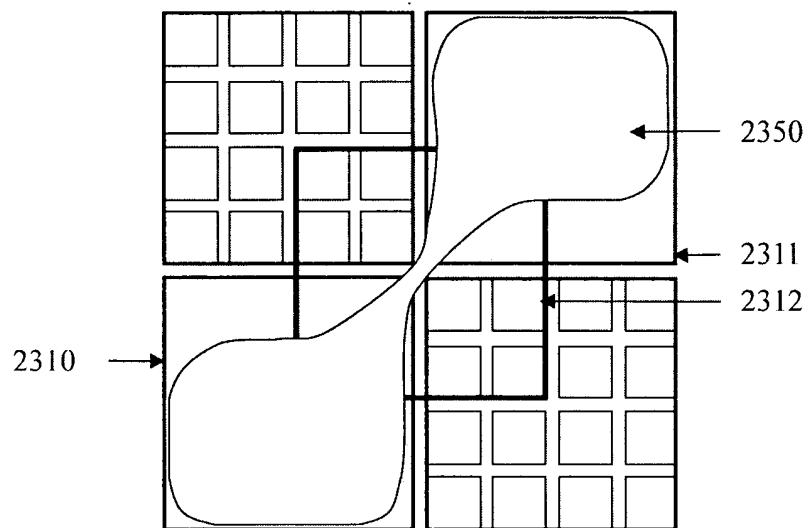


圖 23B

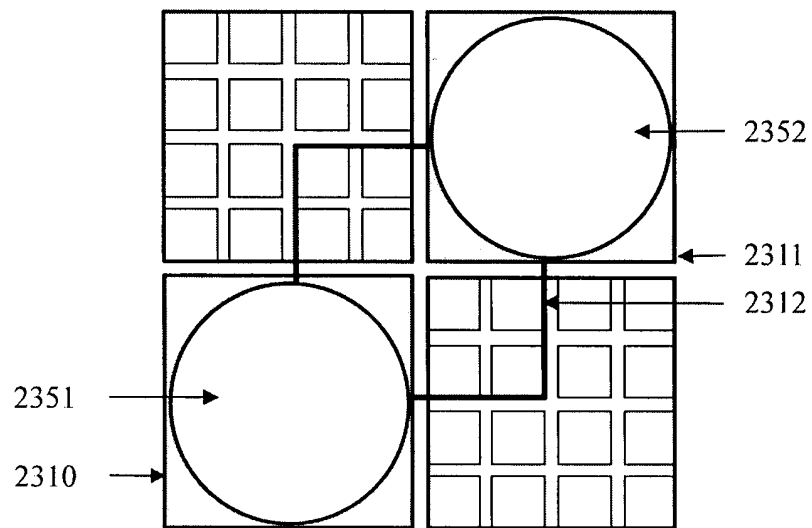


圖 23C

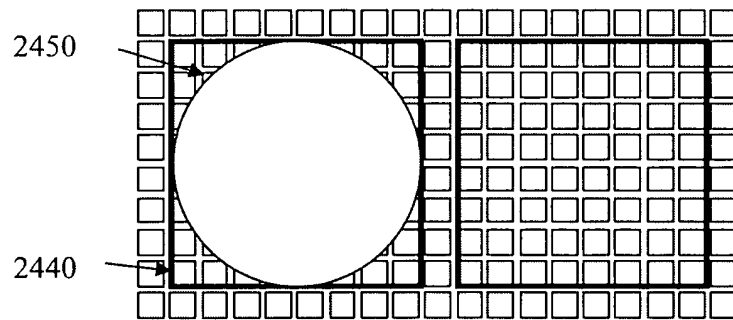


圖 24A

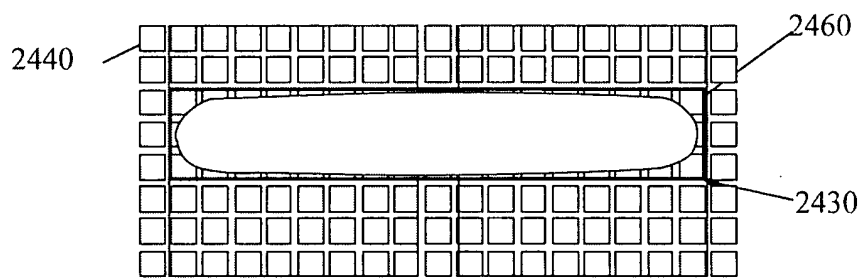


圖 24B

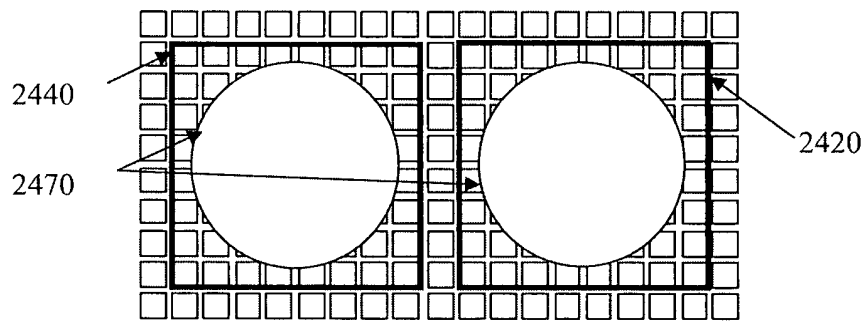


圖 24C

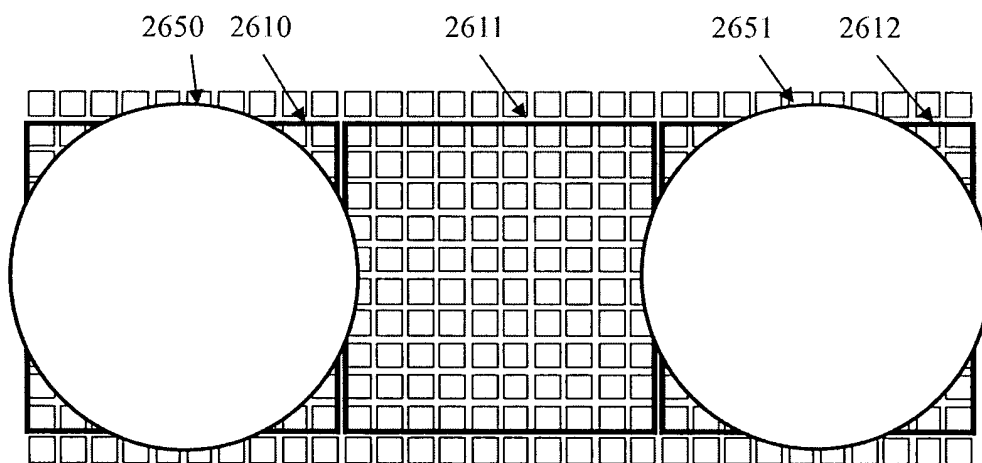


圖 26A

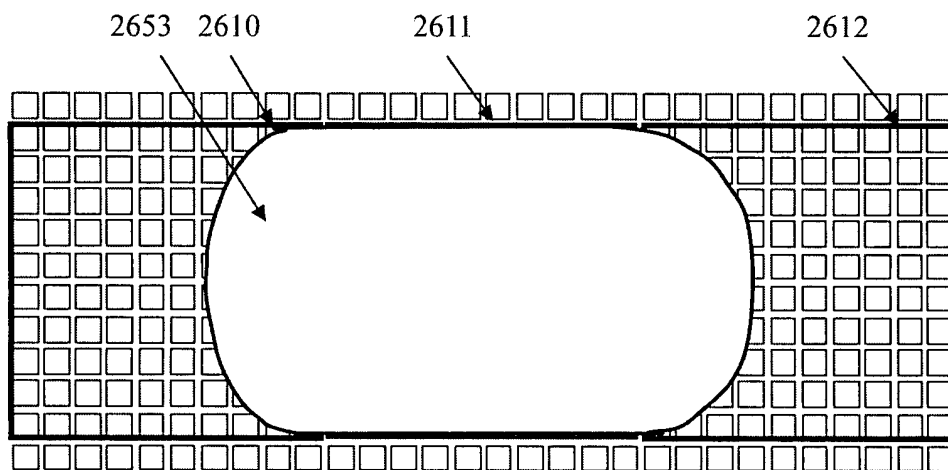


圖 26B

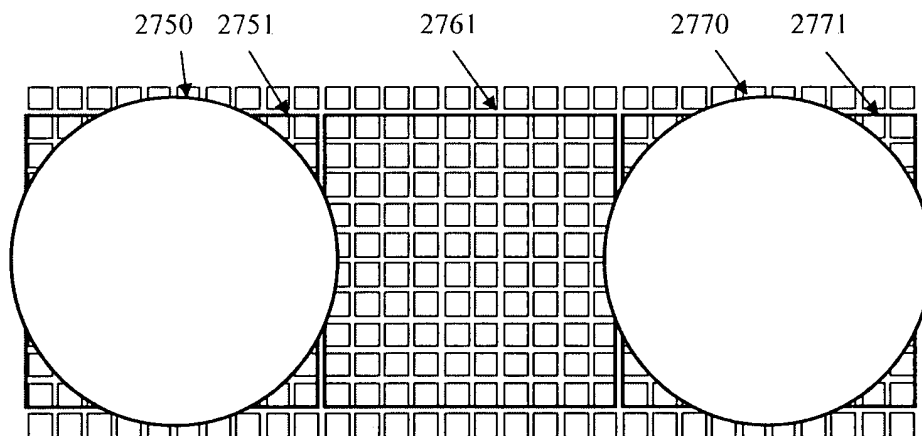


圖 27A

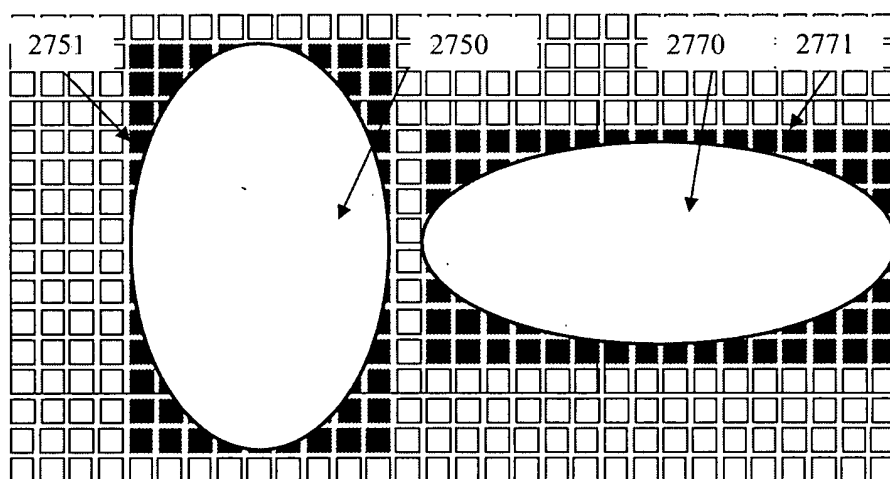


圖 27B

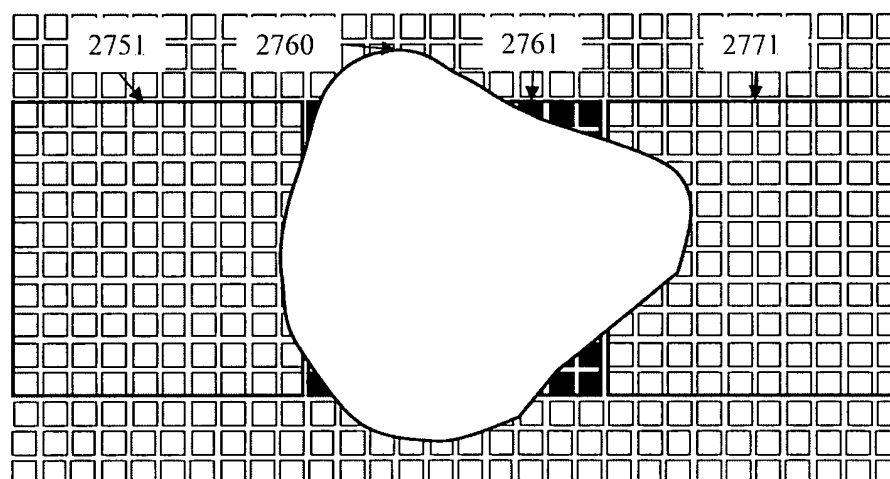


圖 27C

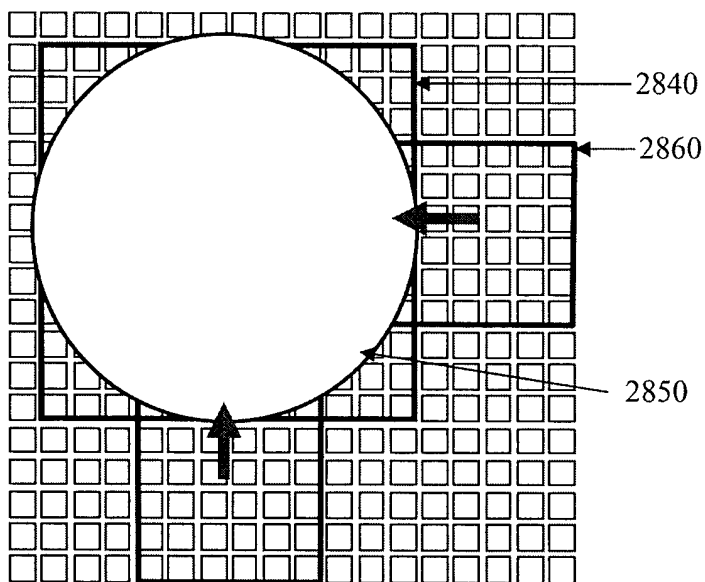


圖 28A

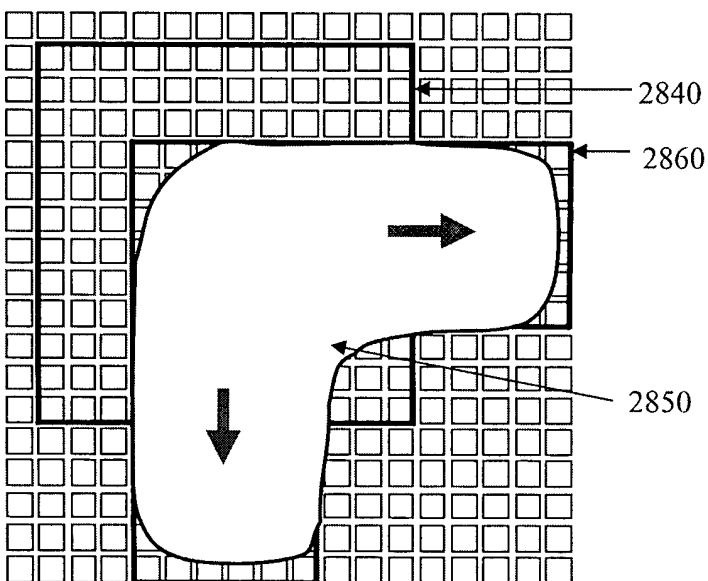


圖 28B

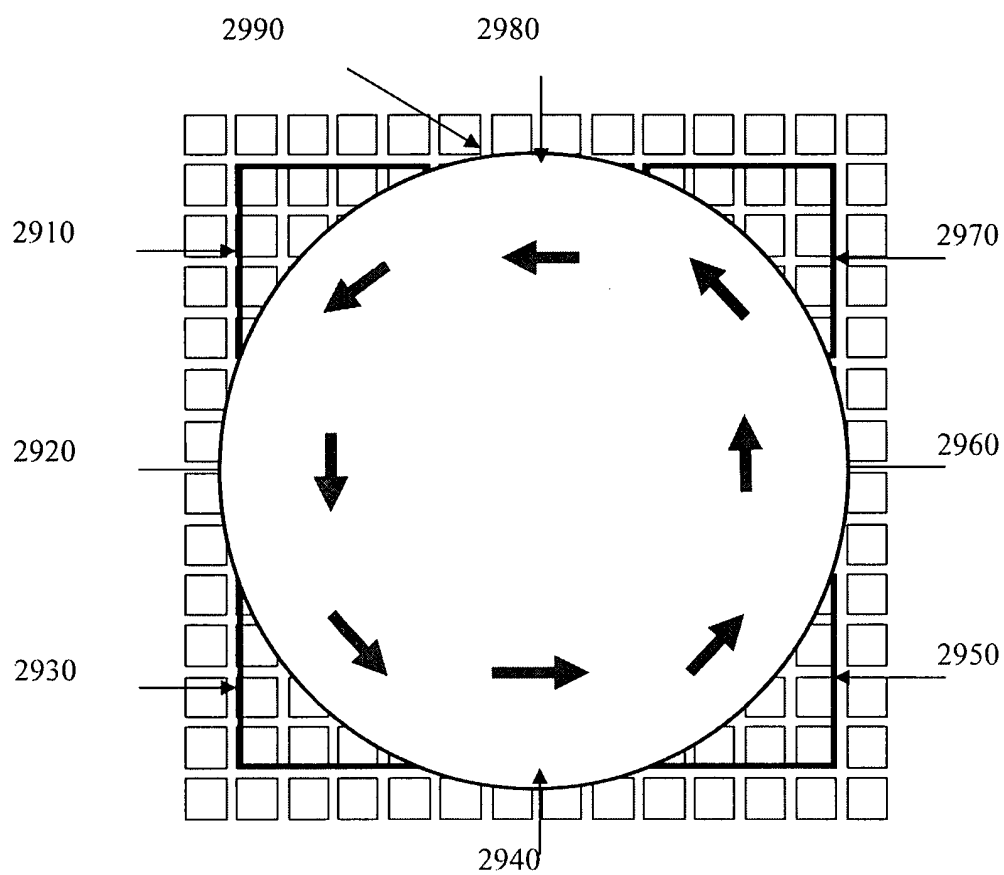


圖 29

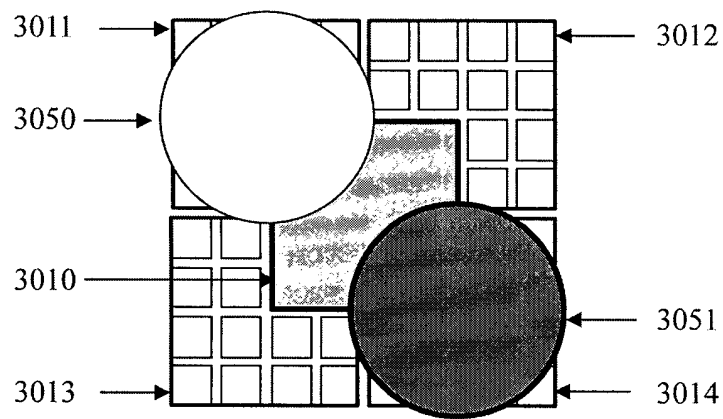


圖 30A

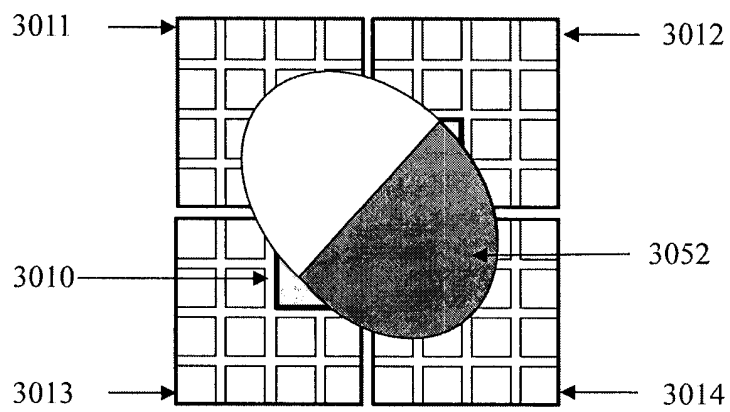


圖 30B

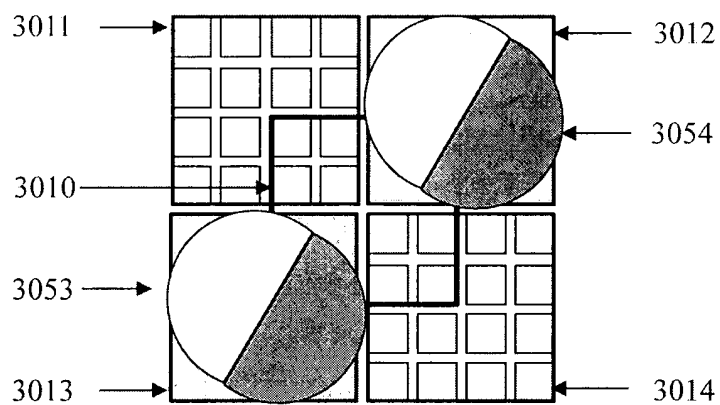


圖 30C

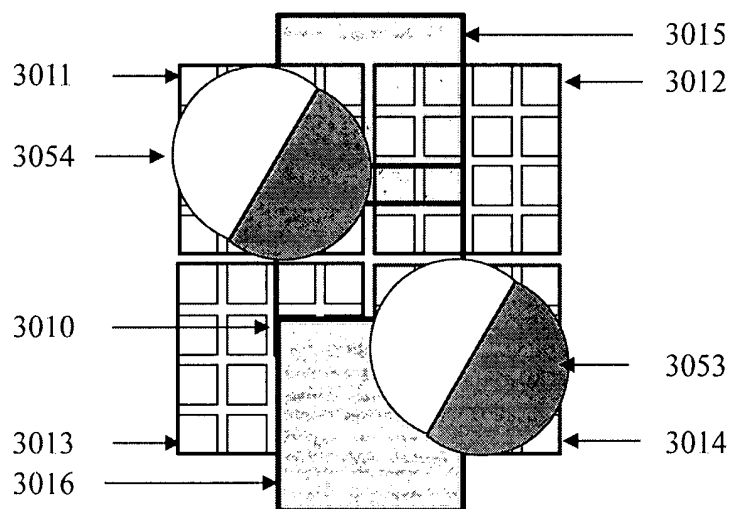


圖 30D

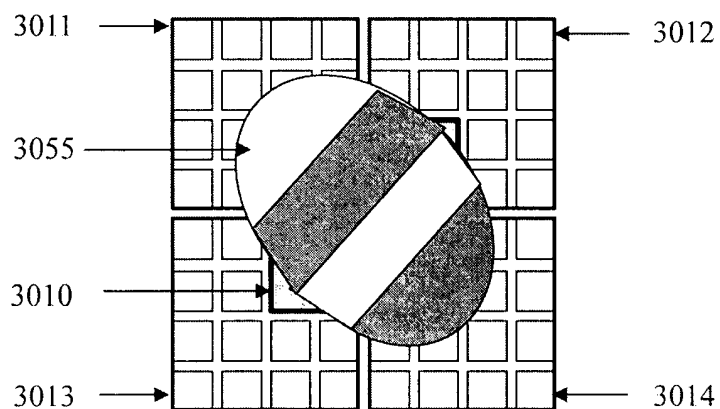


圖 30E

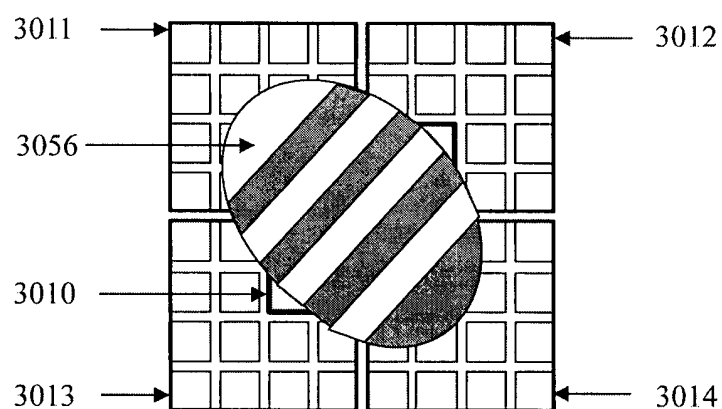


圖 30F

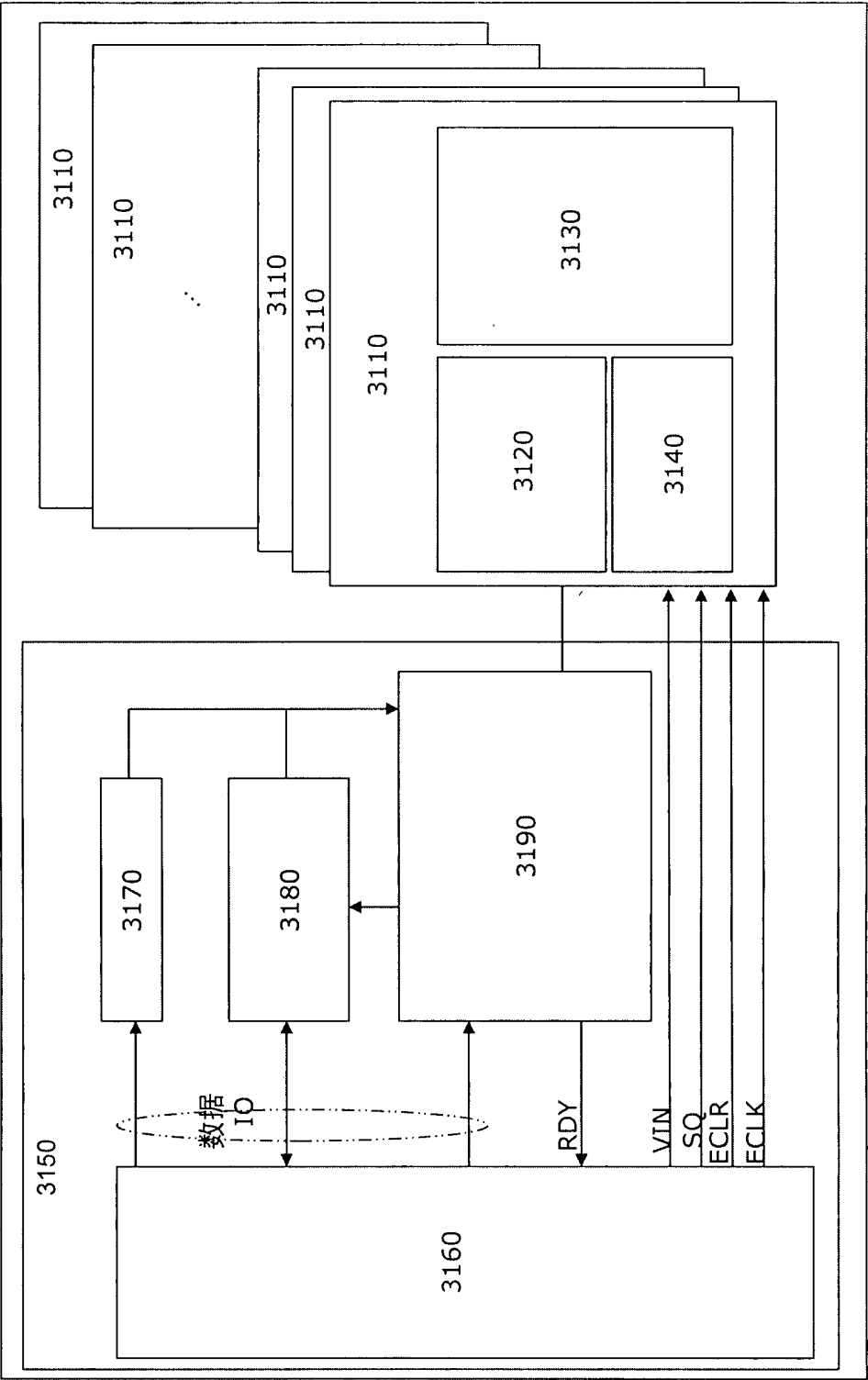


圖 31

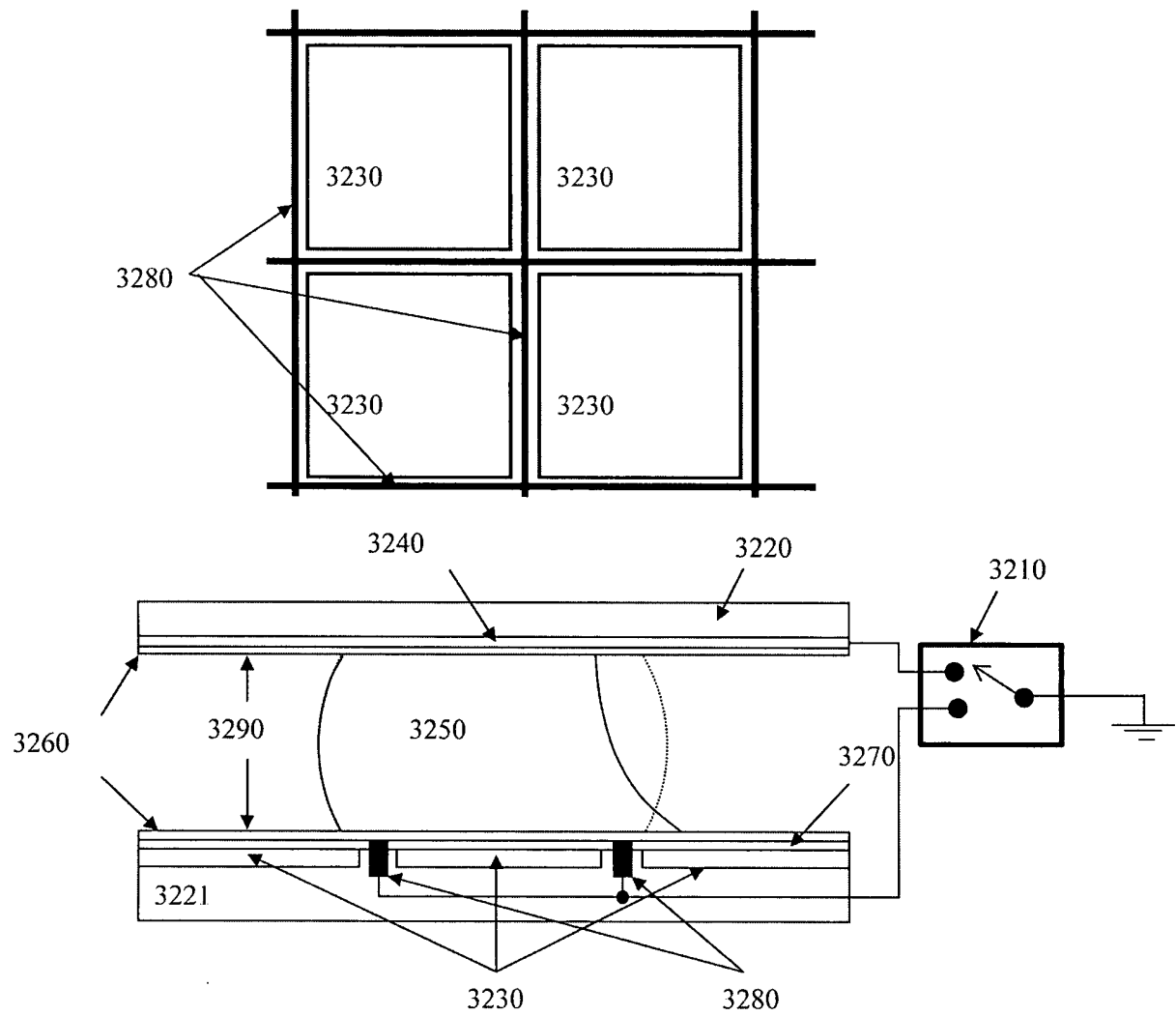


圖 32

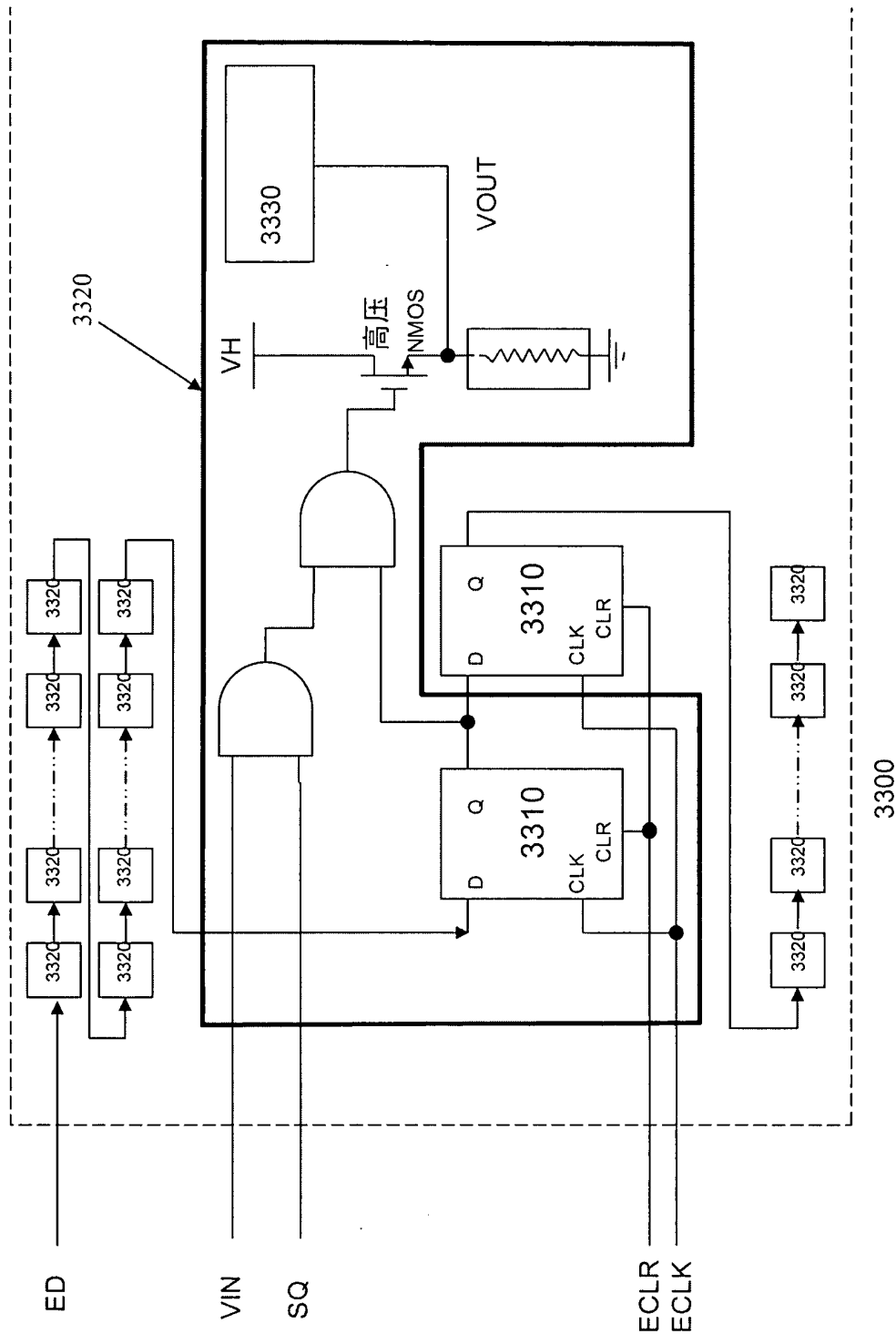


圖 33



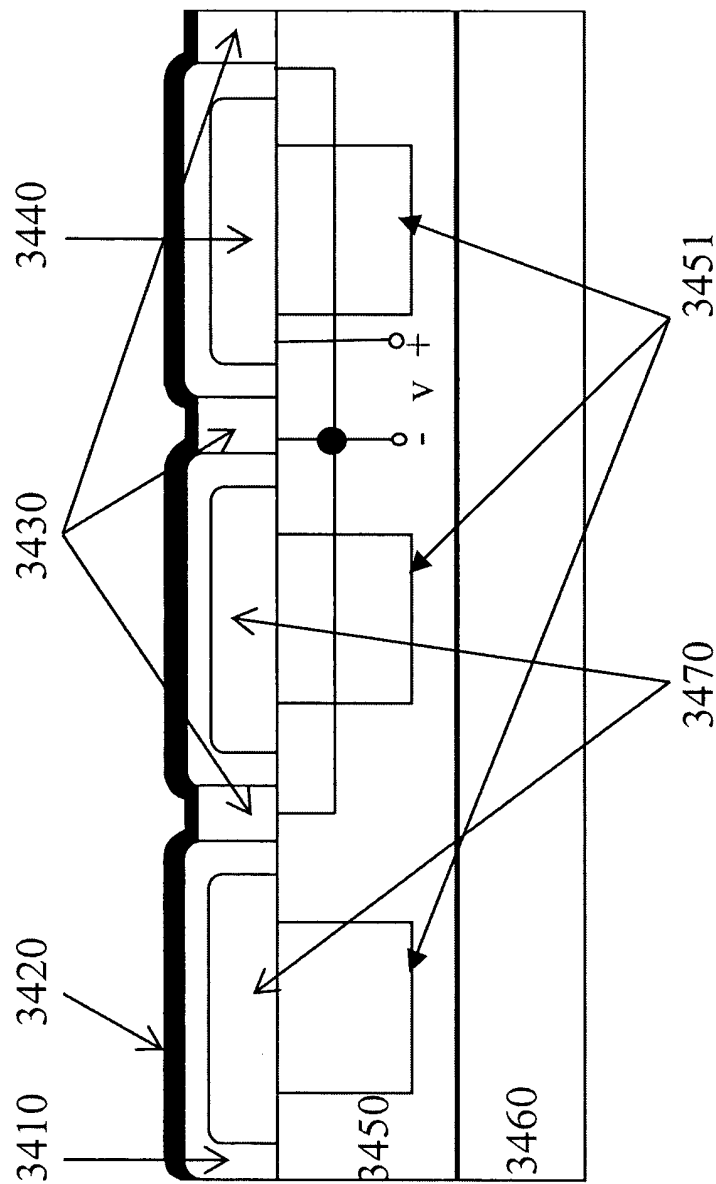


圖 34

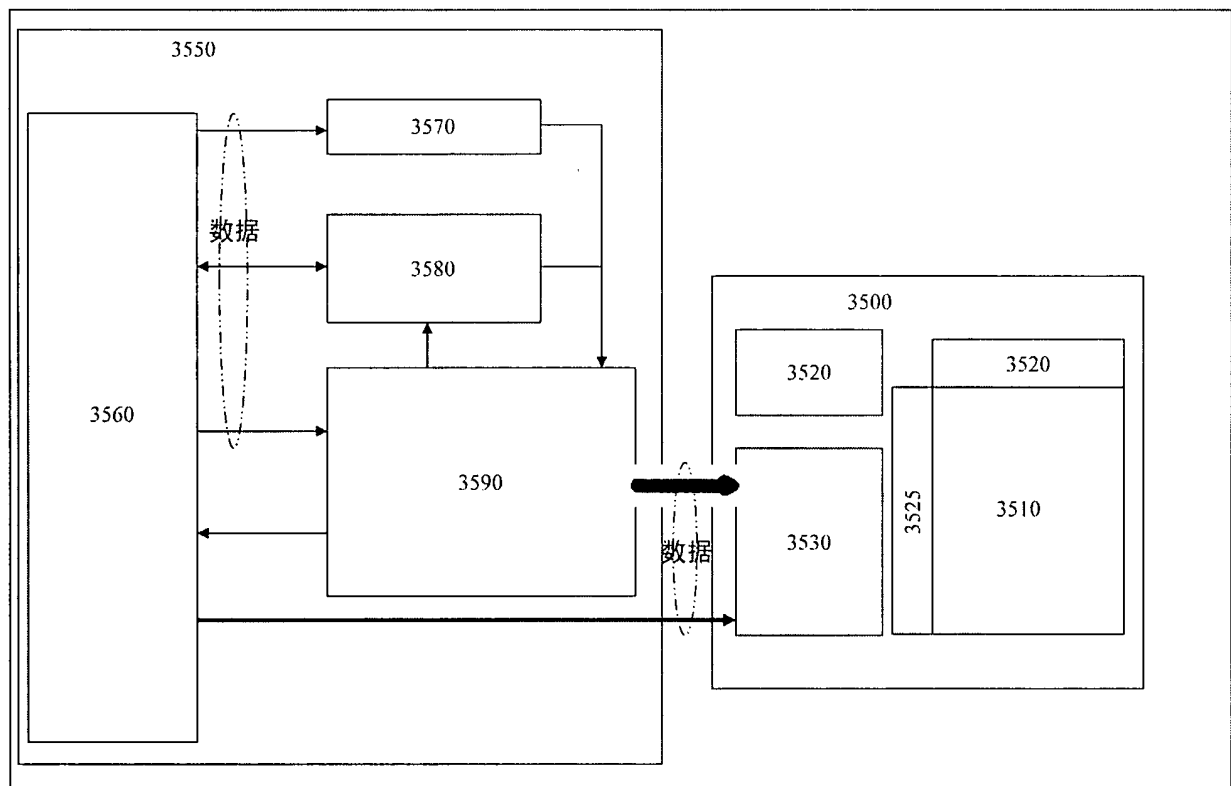


圖 35A



圖 35B

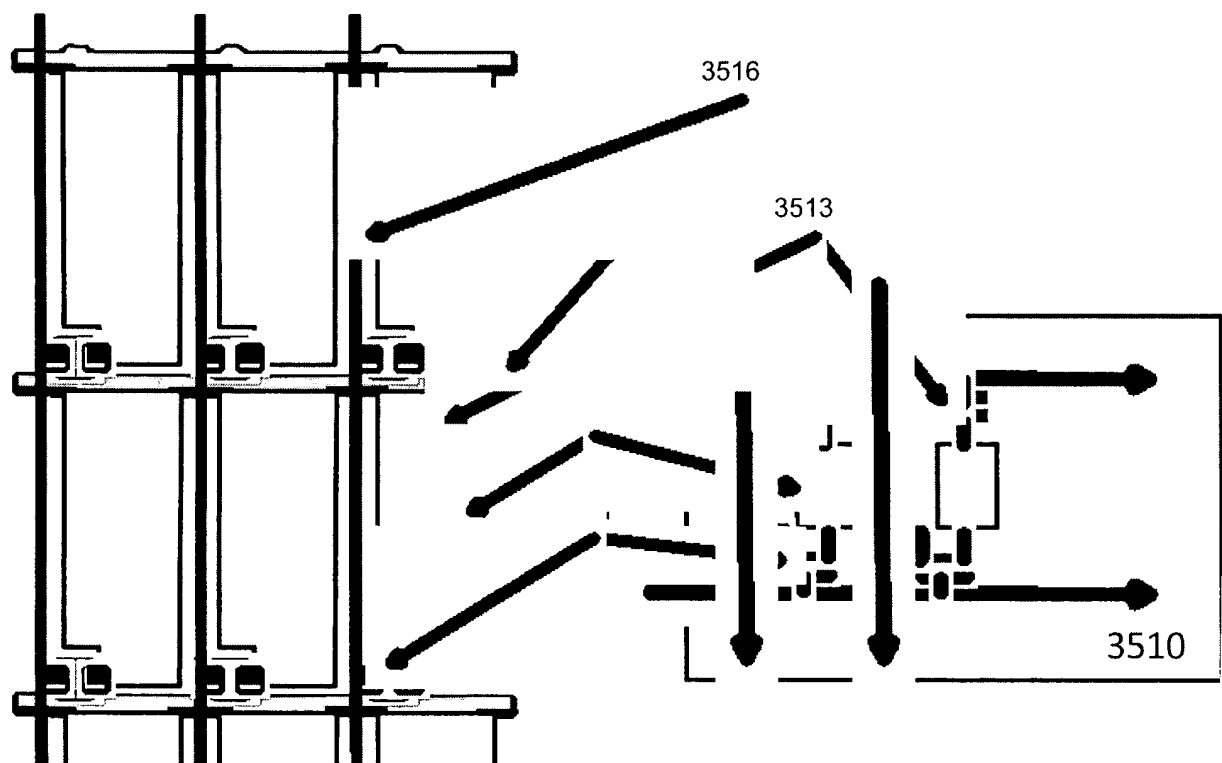


圖 35C

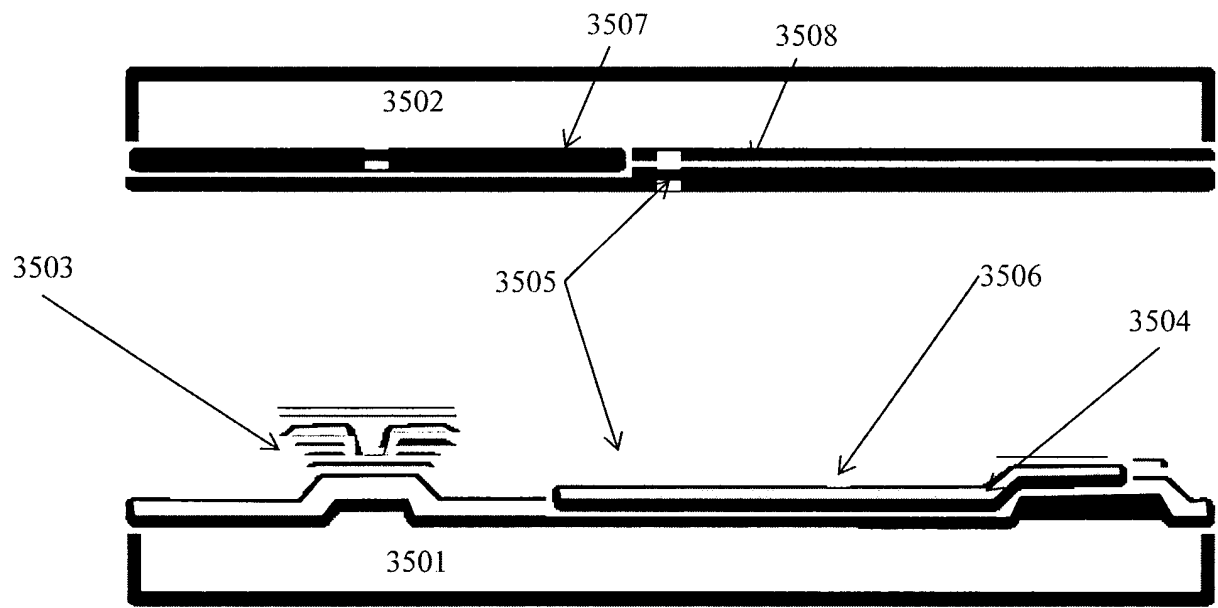


圖 35D

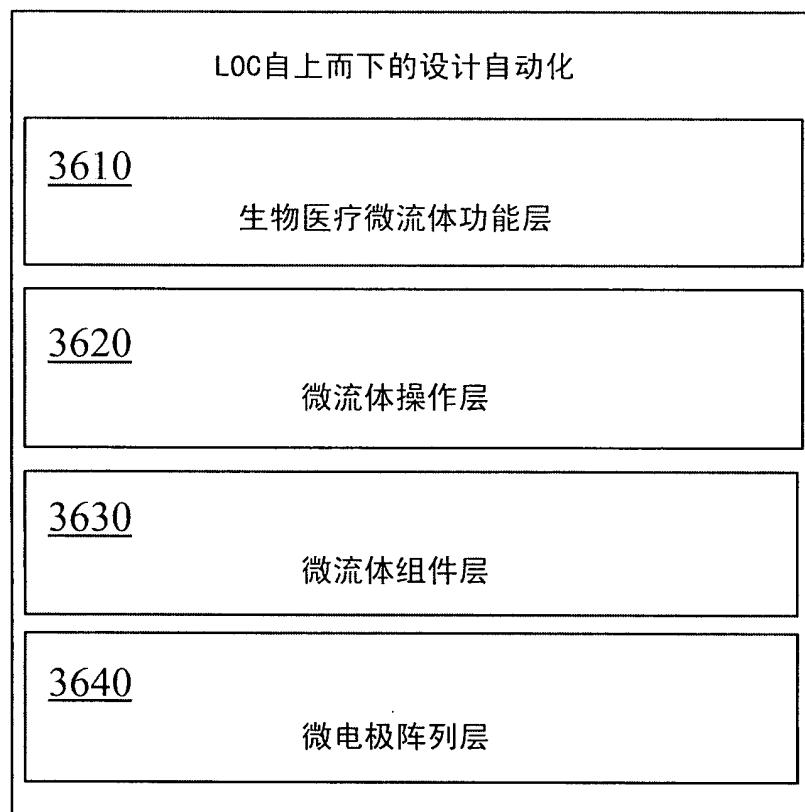


圖 36

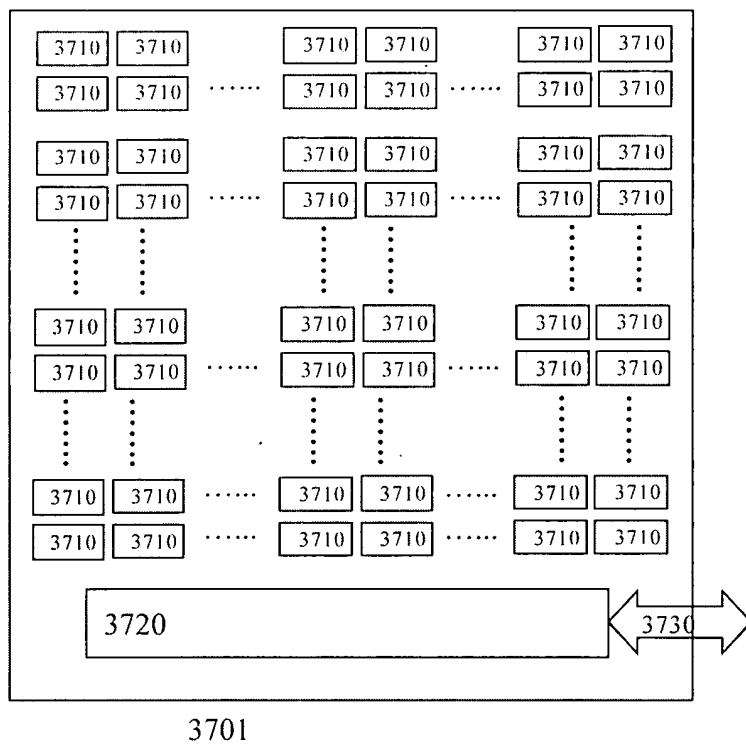


圖 37A

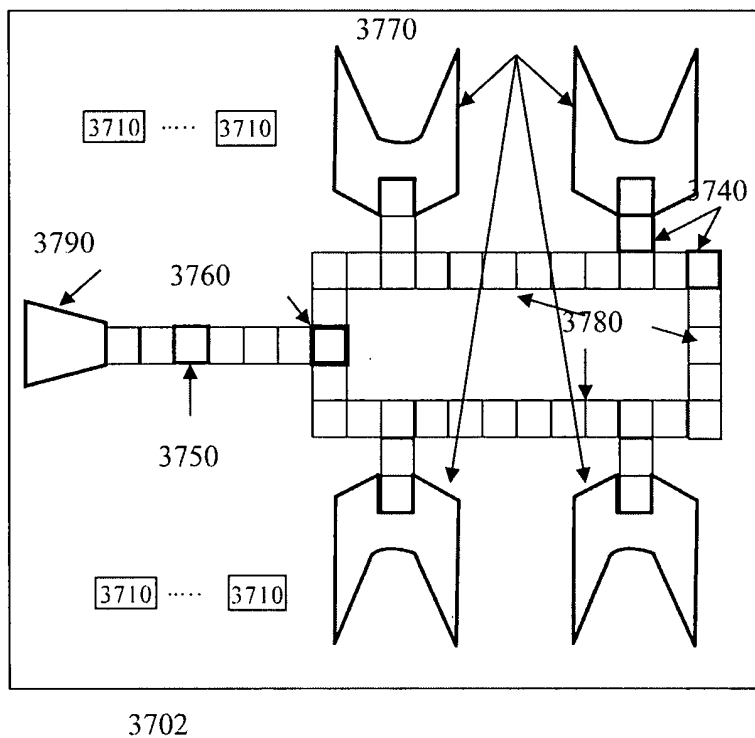


圖 37B

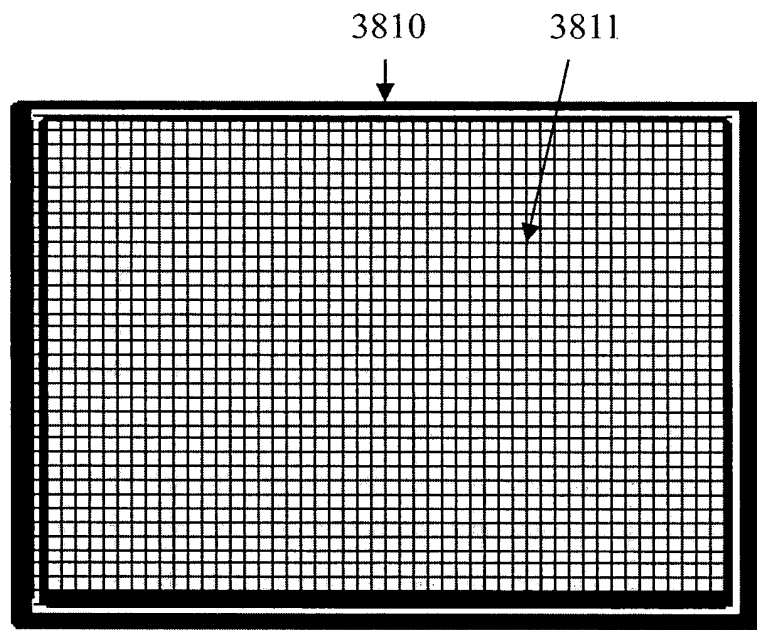


圖 38A

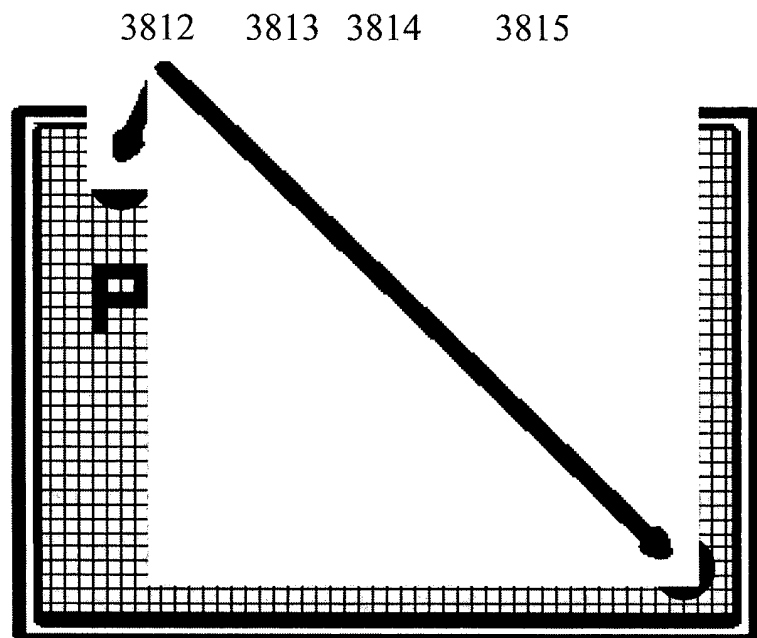


圖 38B

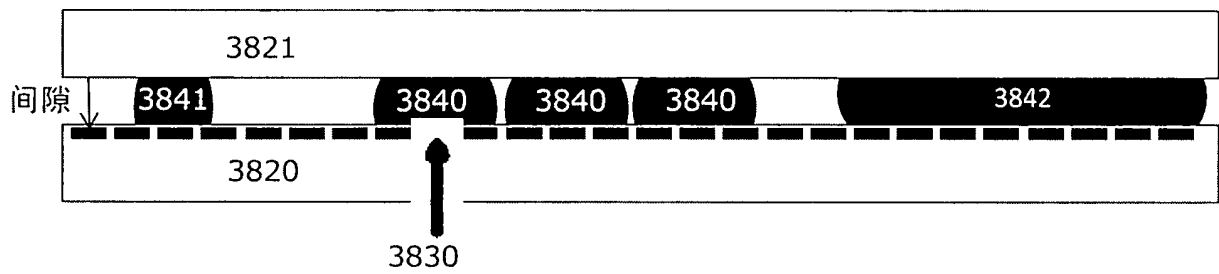


圖 38C

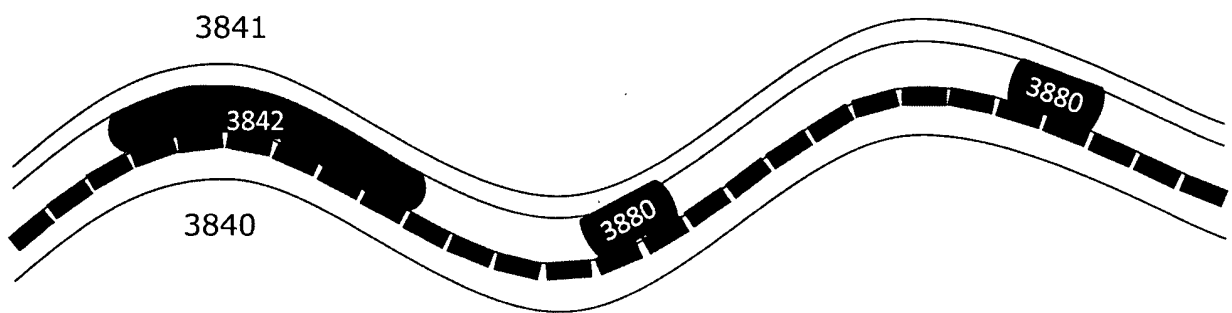


圖 38D

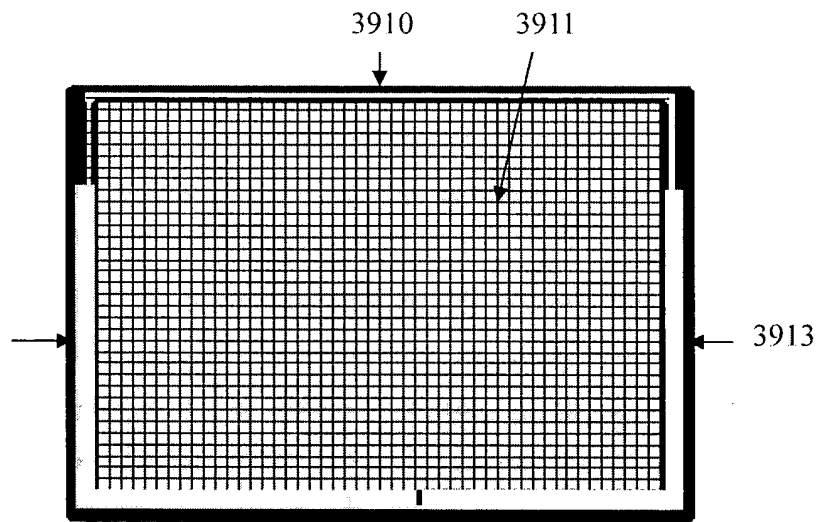


圖 39A

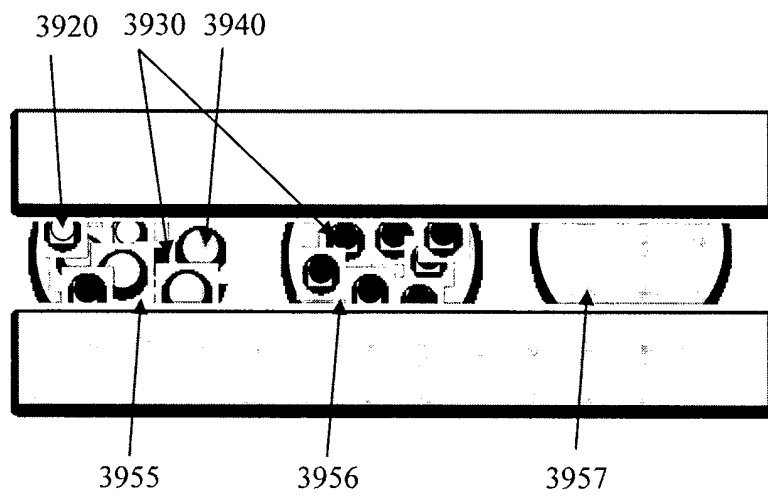


圖 39B

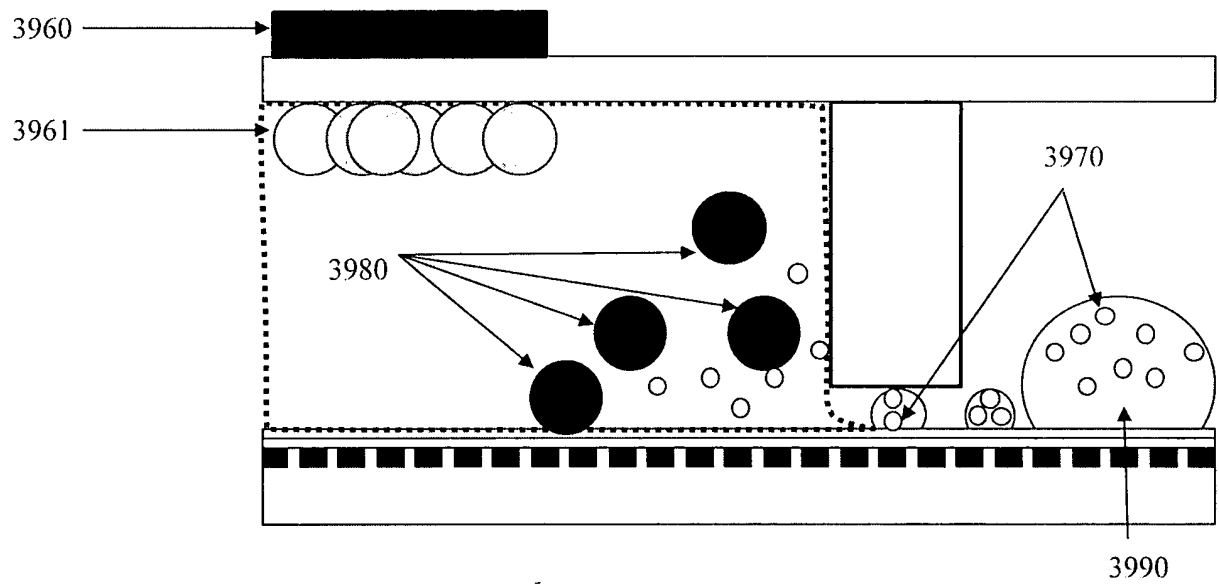


圖 39C

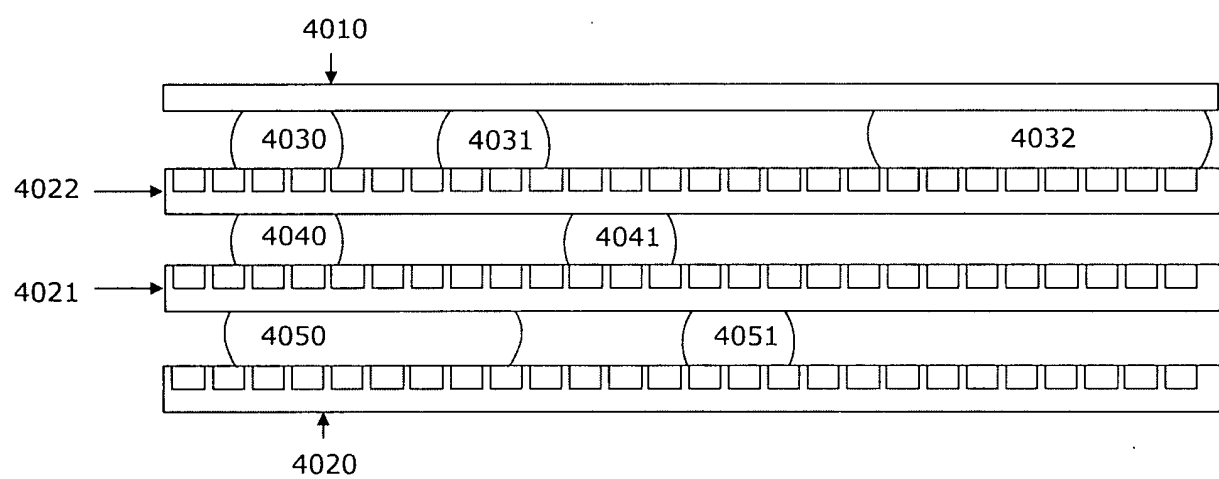


圖 40

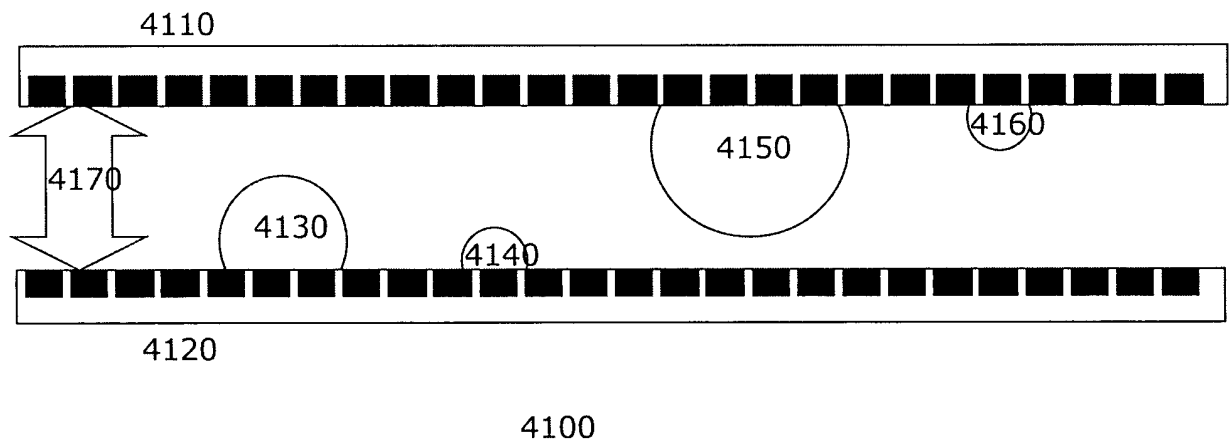


圖 41

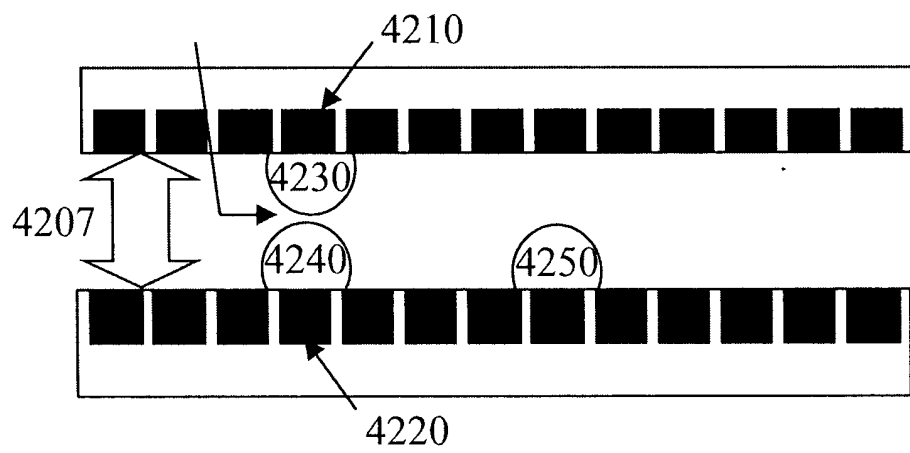


圖 42A

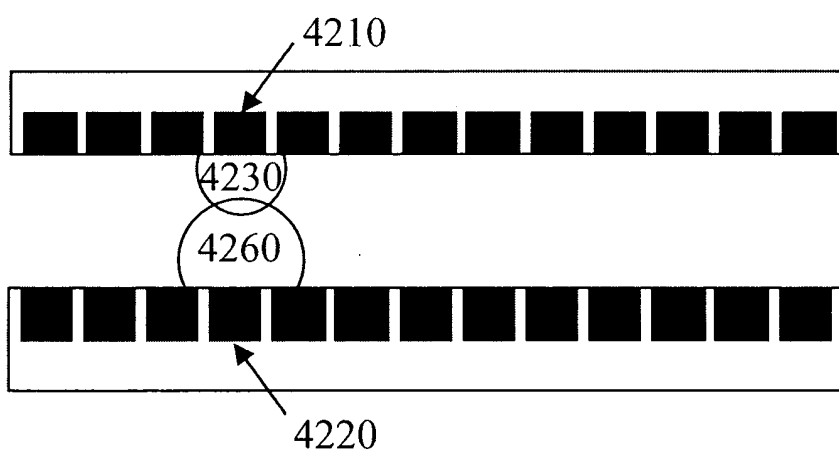


圖 42B

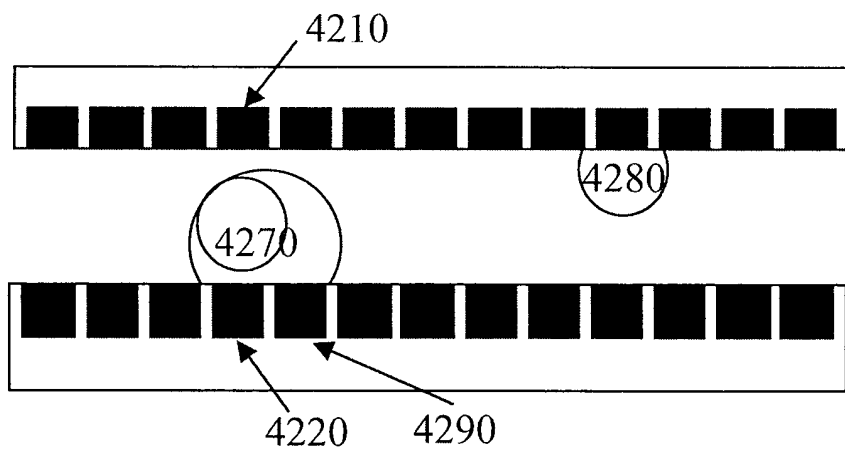


圖 42C

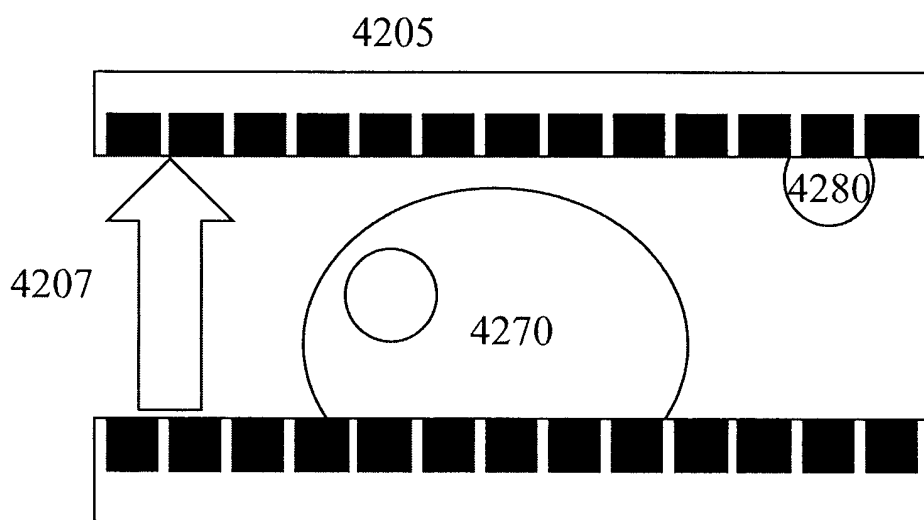


圖 42D

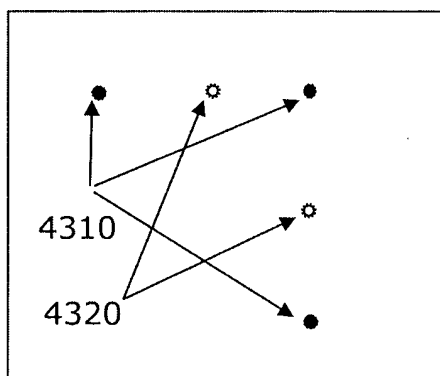


圖 43A

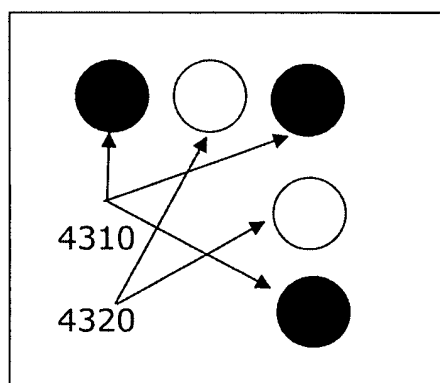


圖 43B

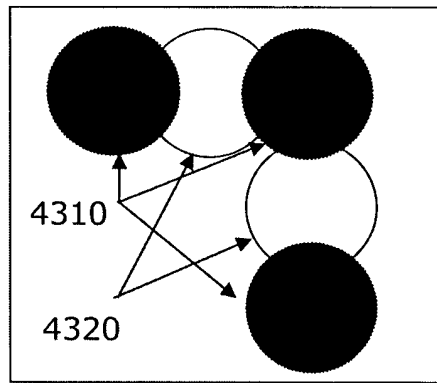


圖 43C

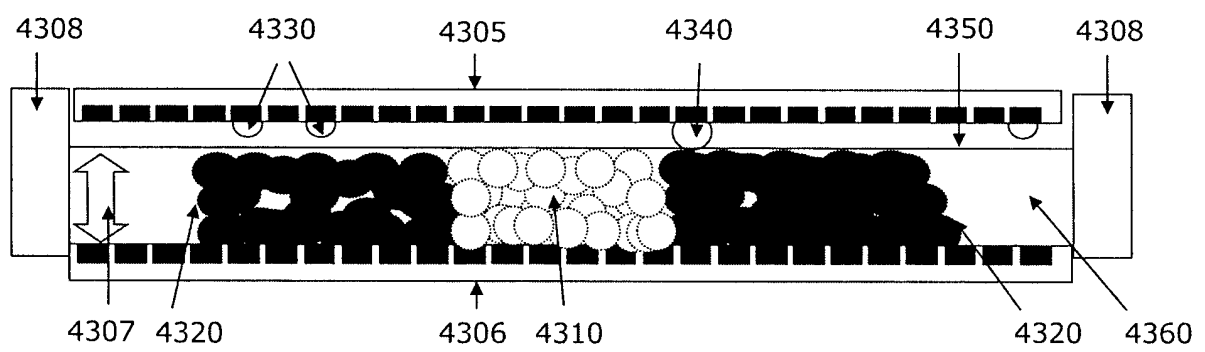


圖 43D

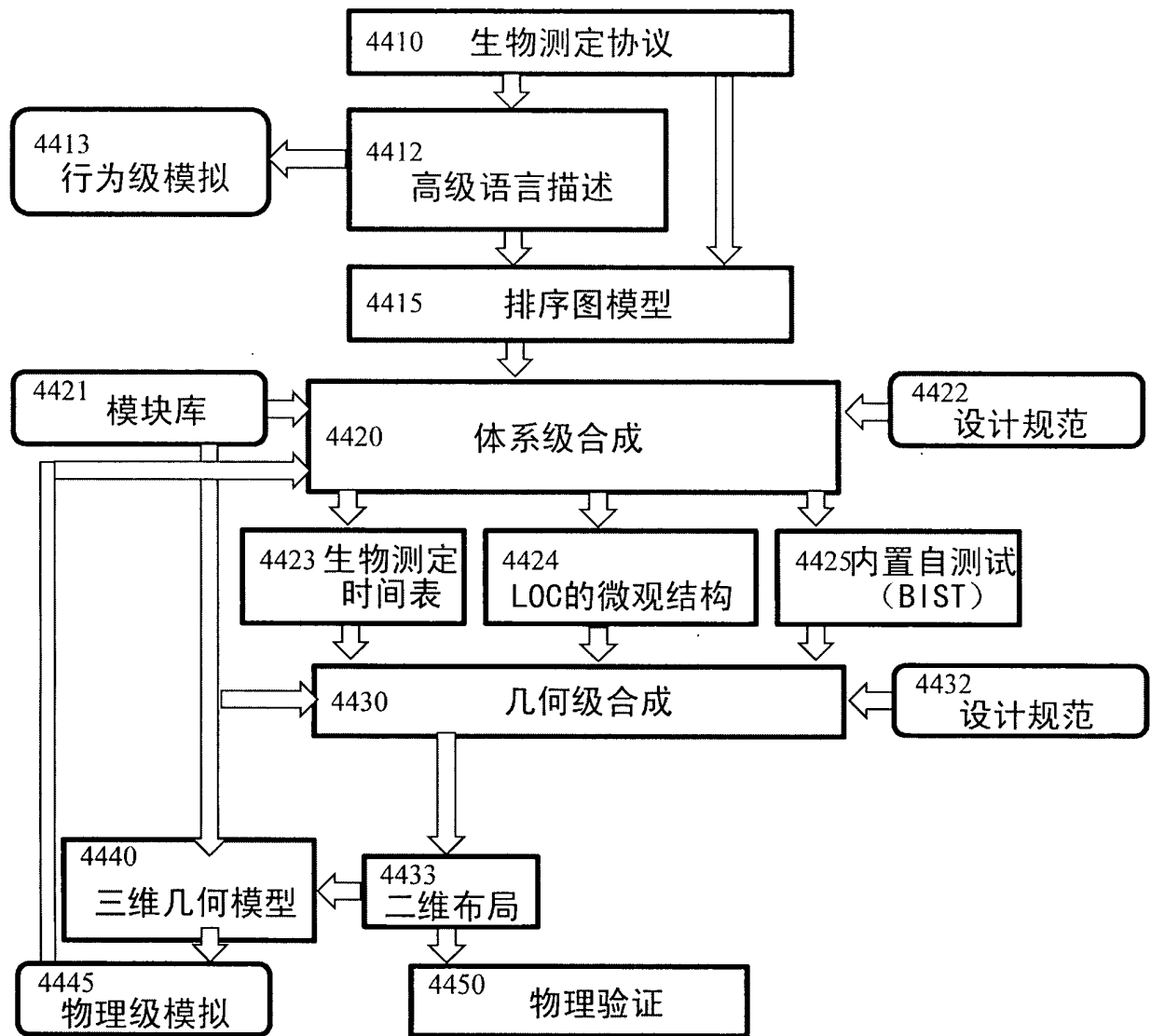


圖 44

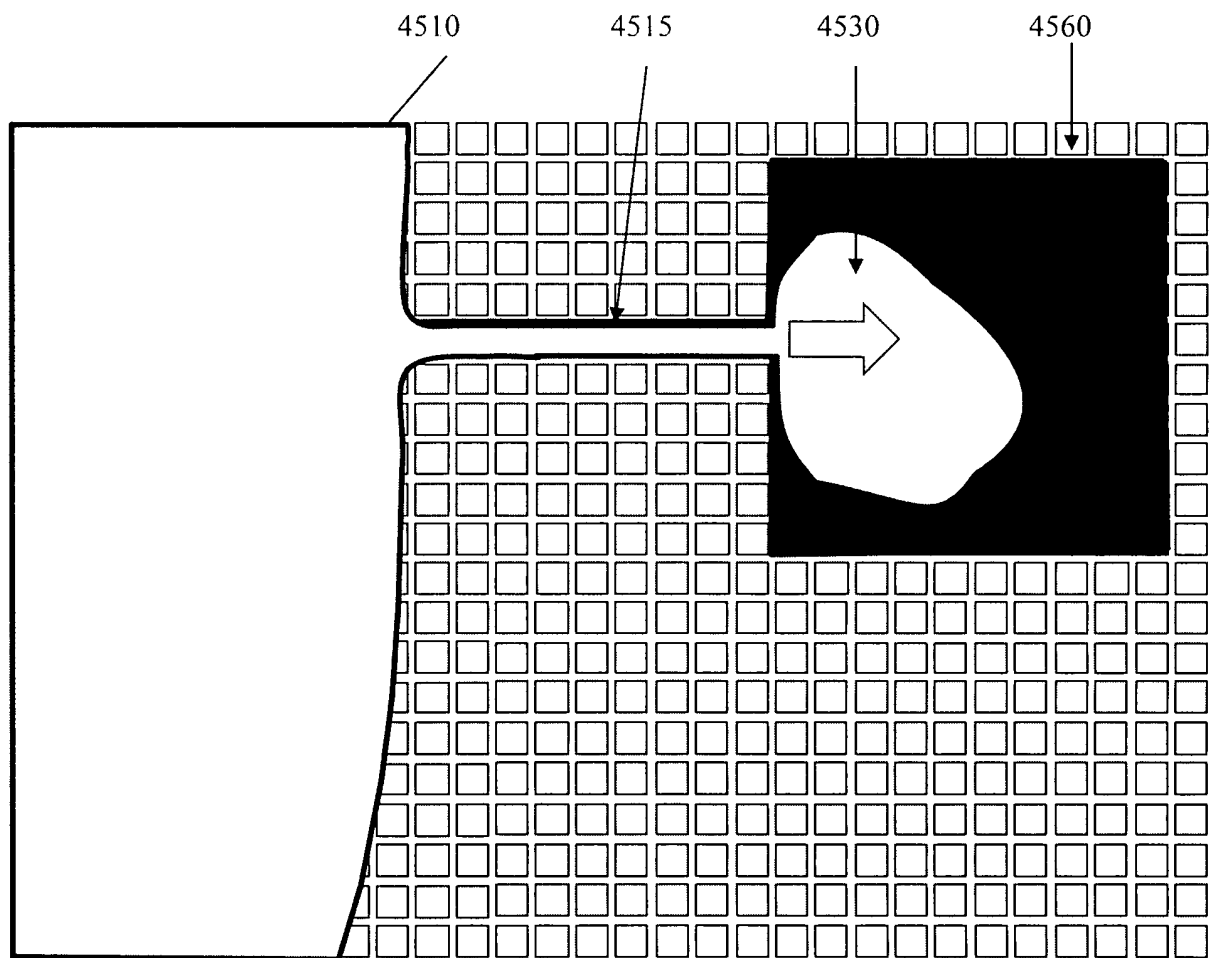


圖 45A

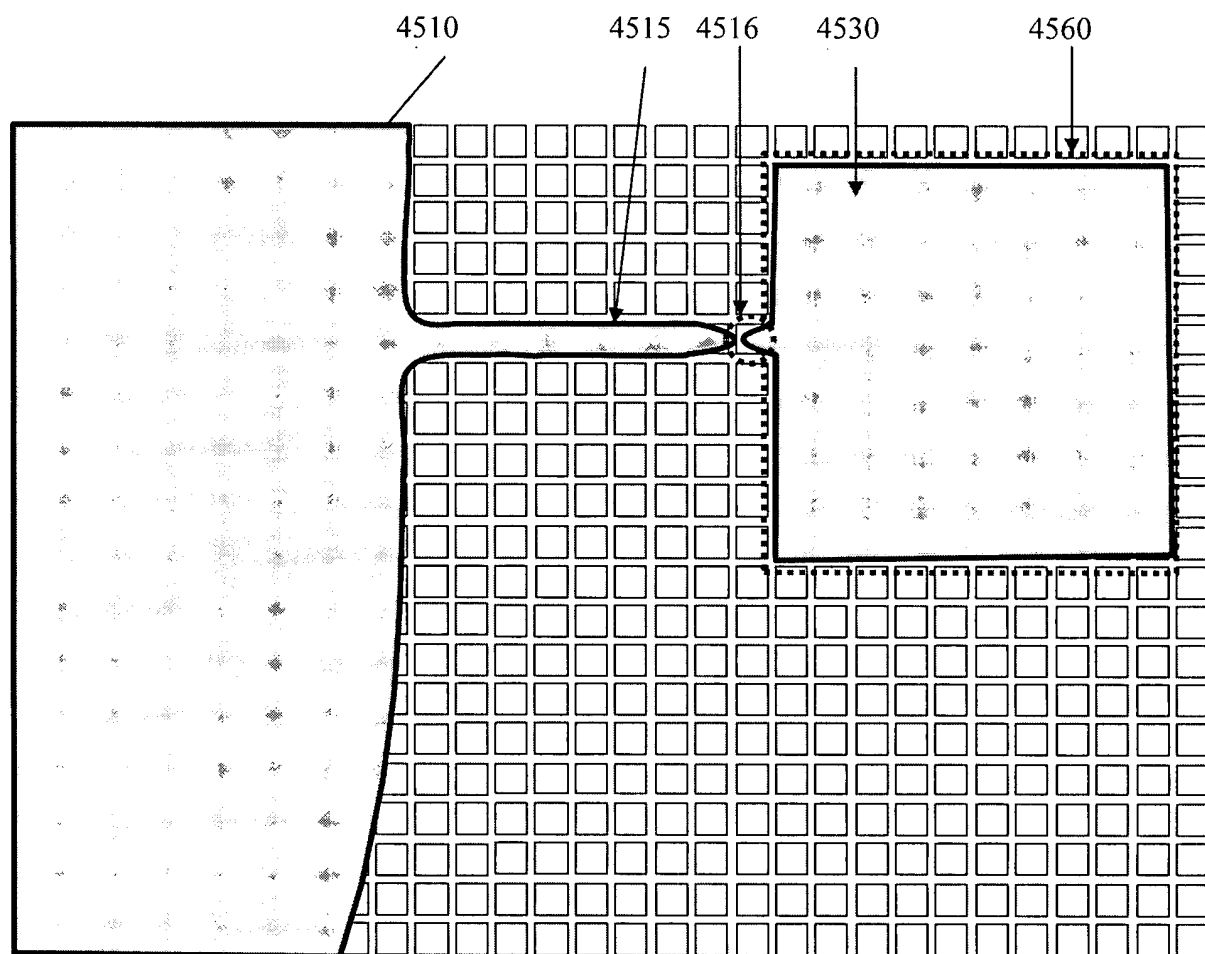


圖 45B

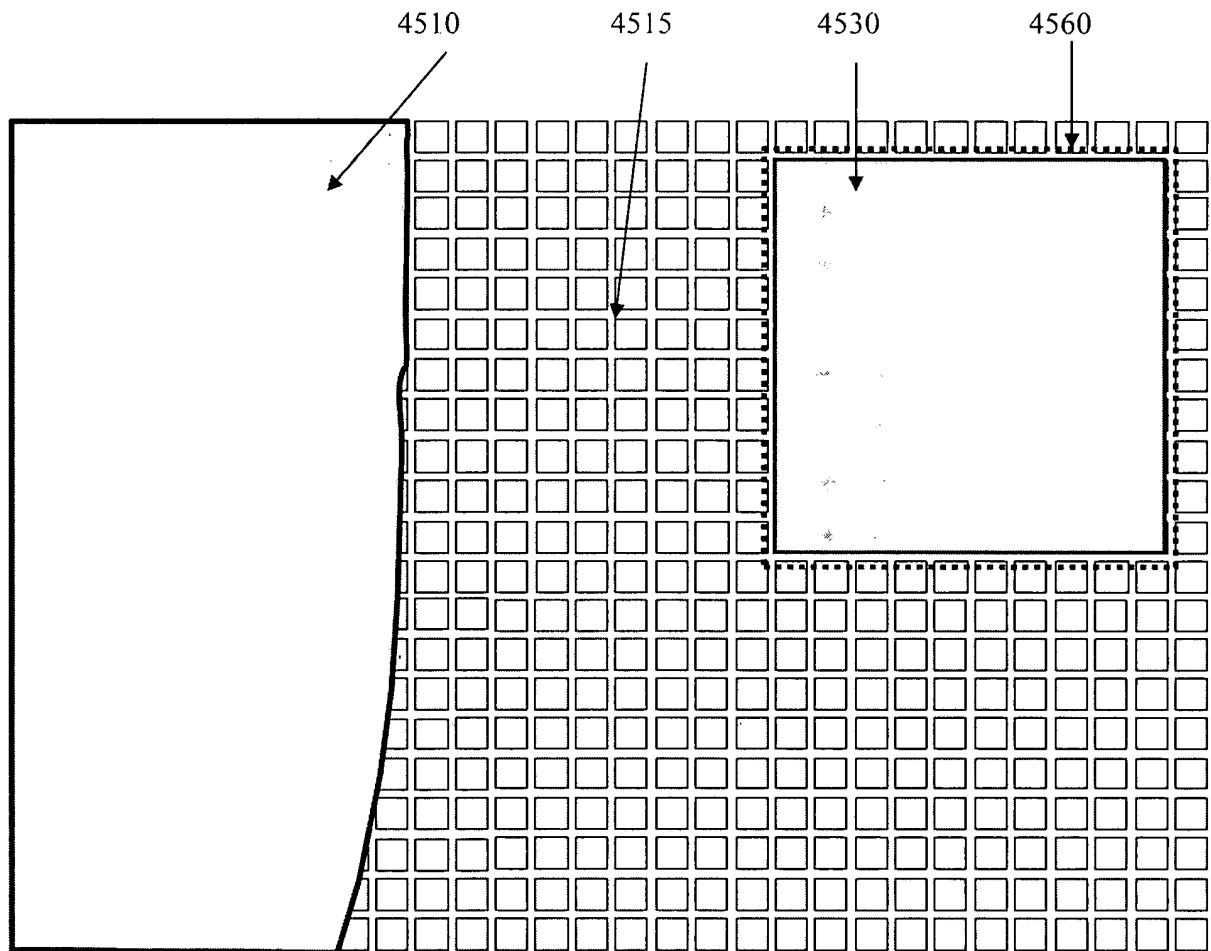


圖 45C

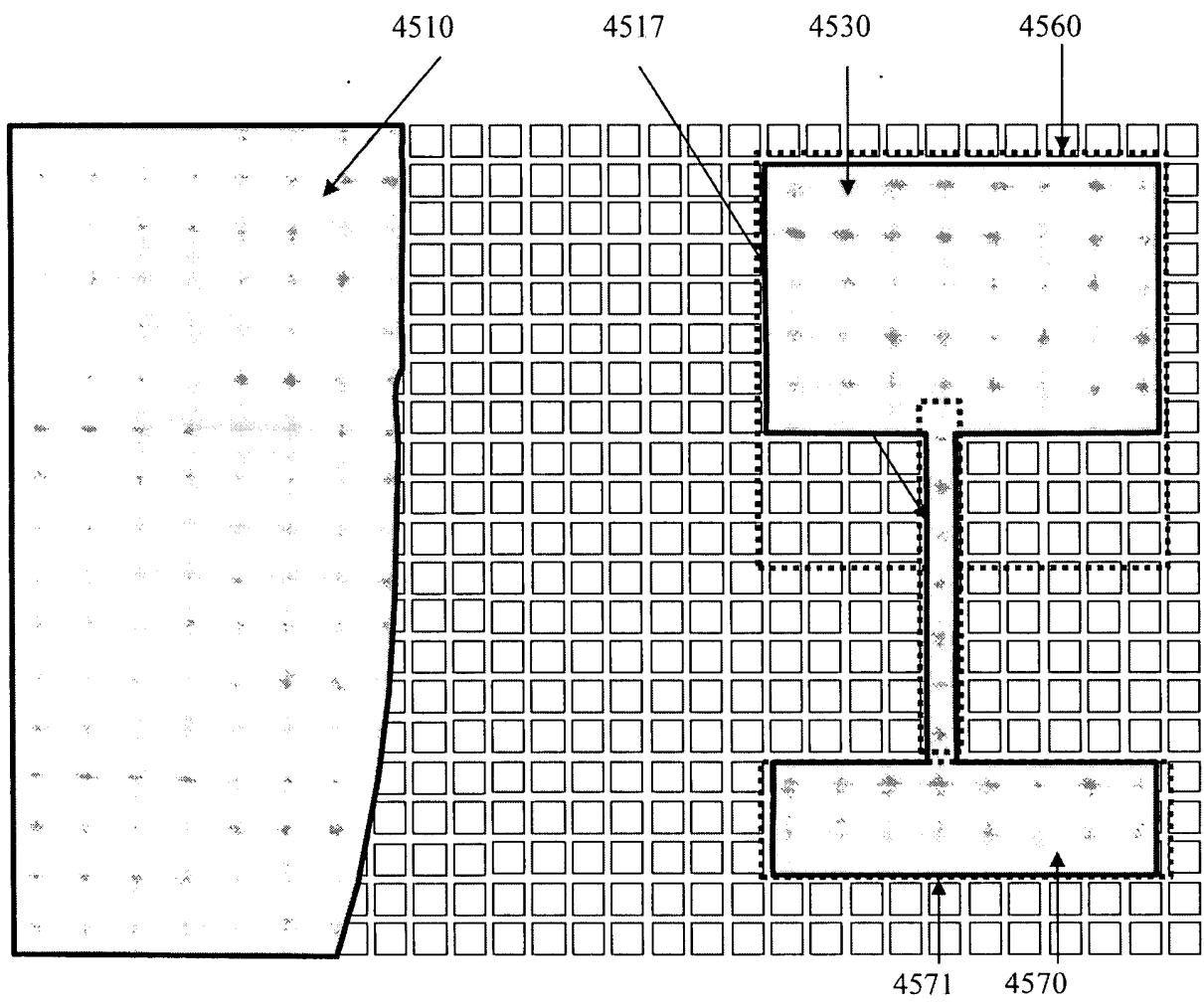


圖 45D

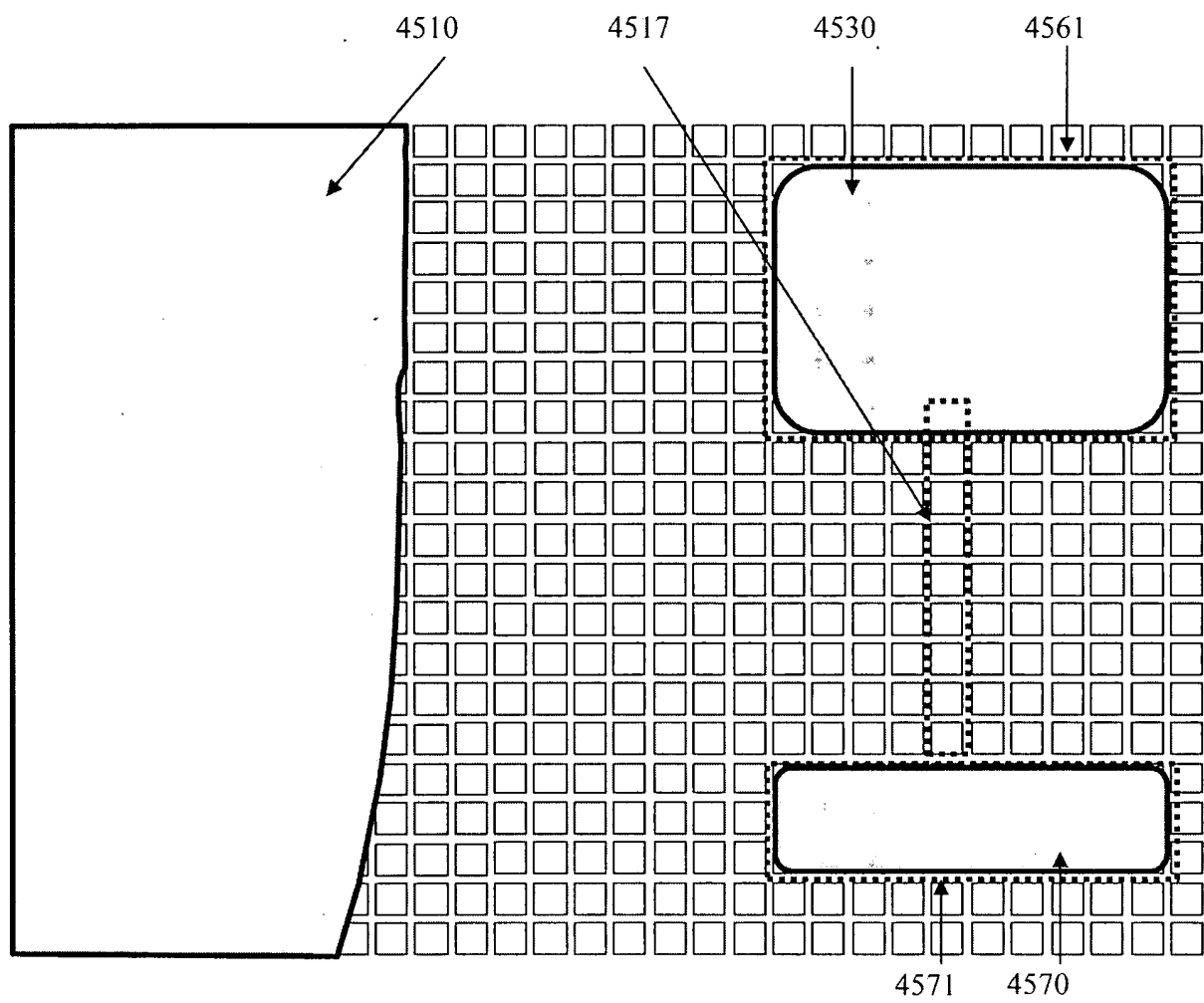


圖 45E

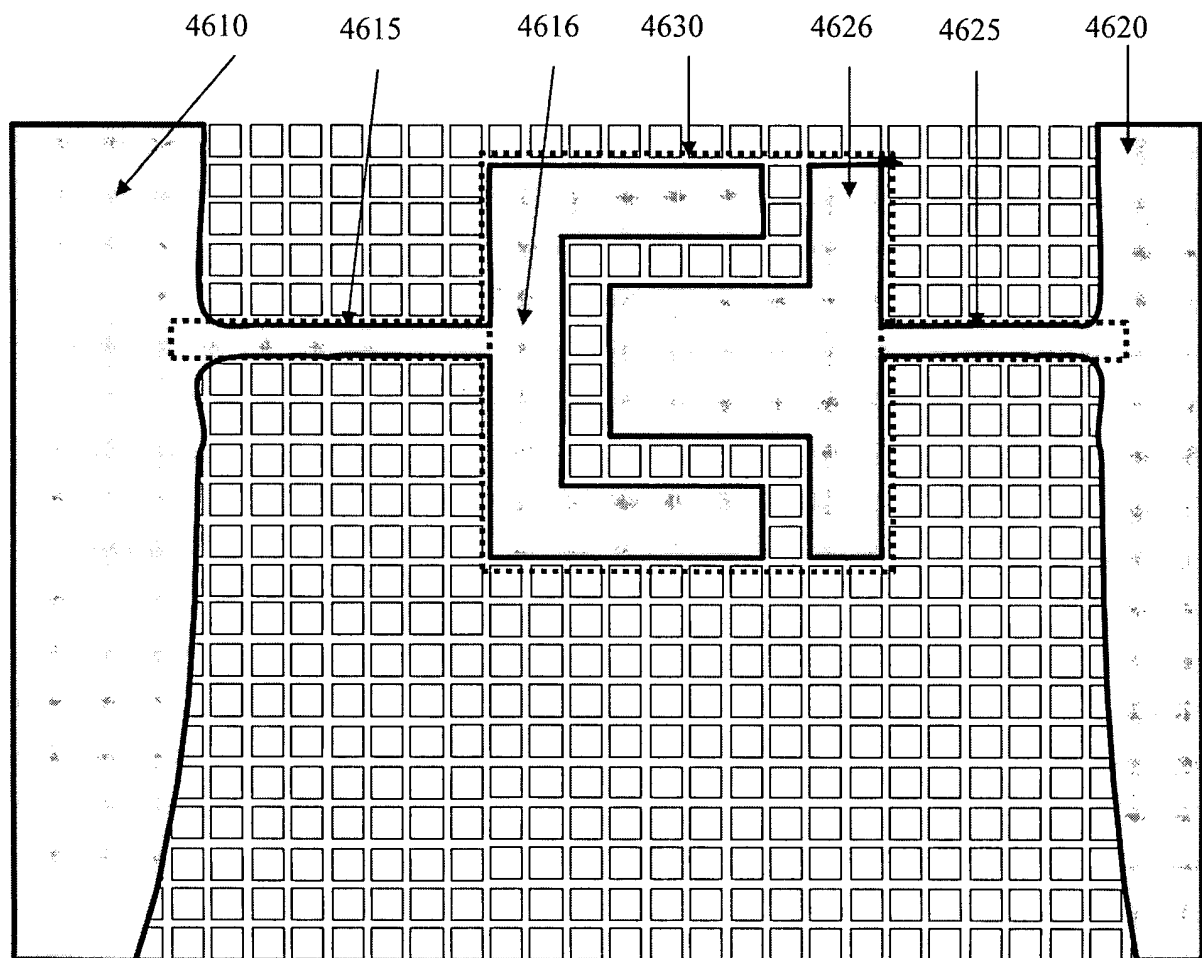


圖 46A

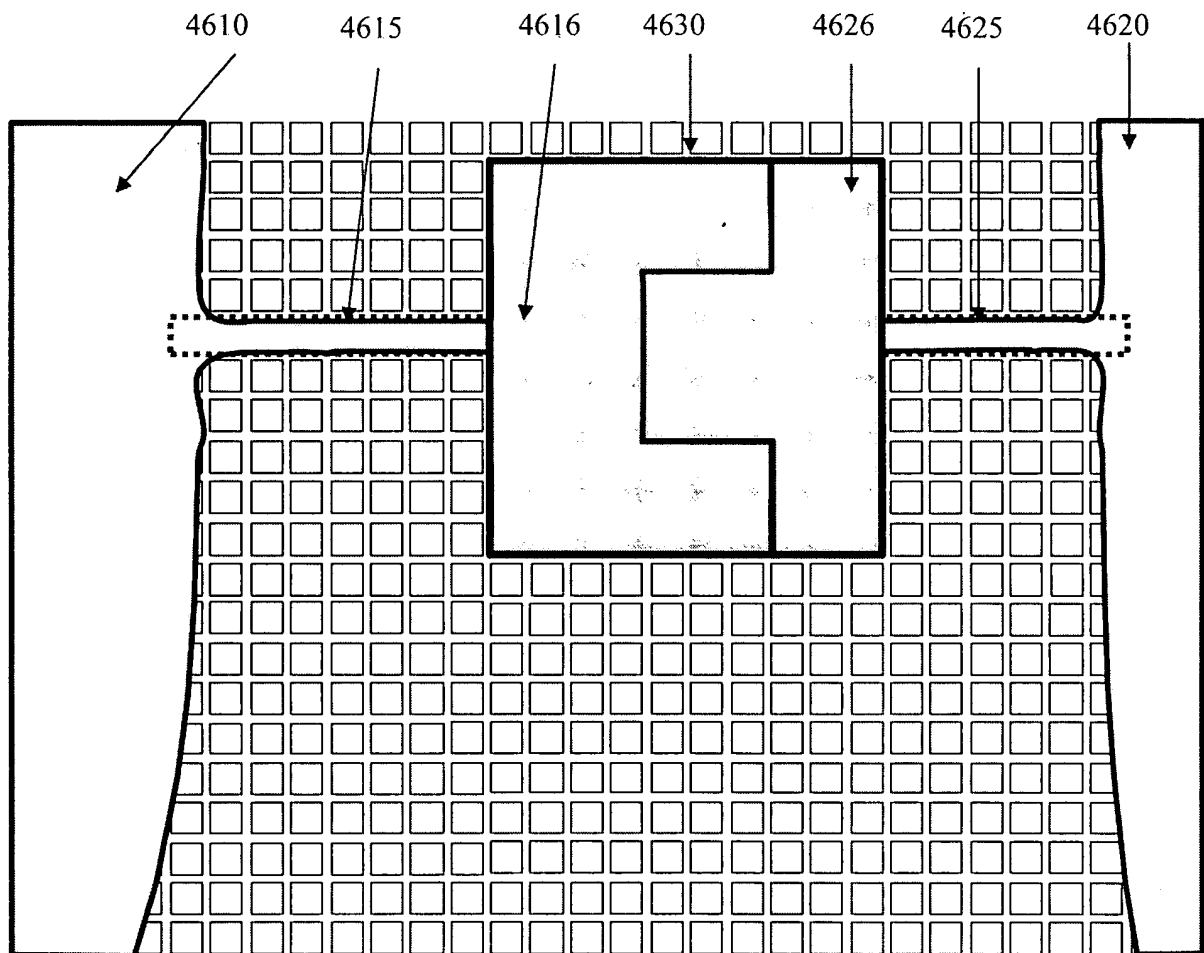


圖 46B

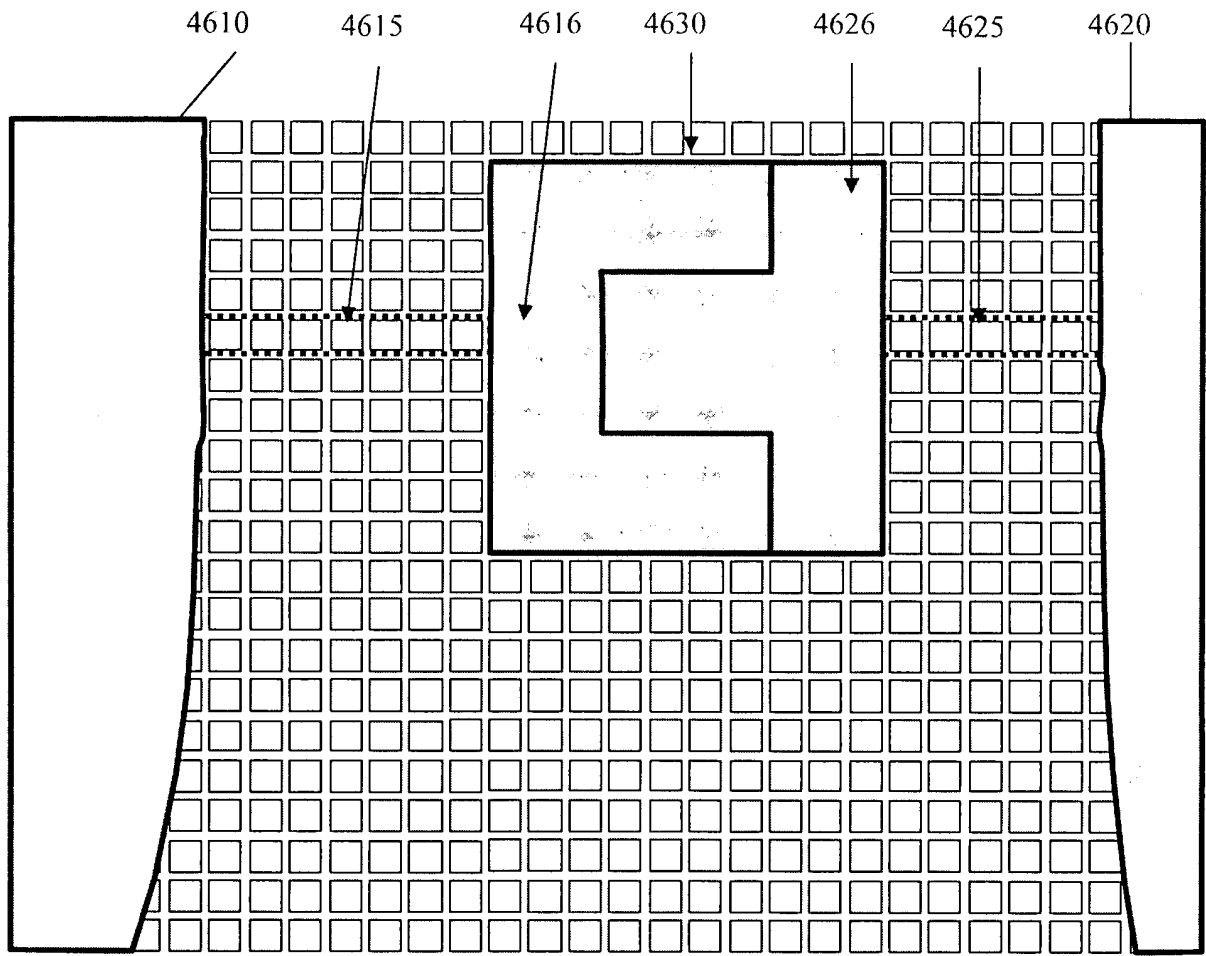


圖 46C

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第（ 9 ）圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

八、圖式：

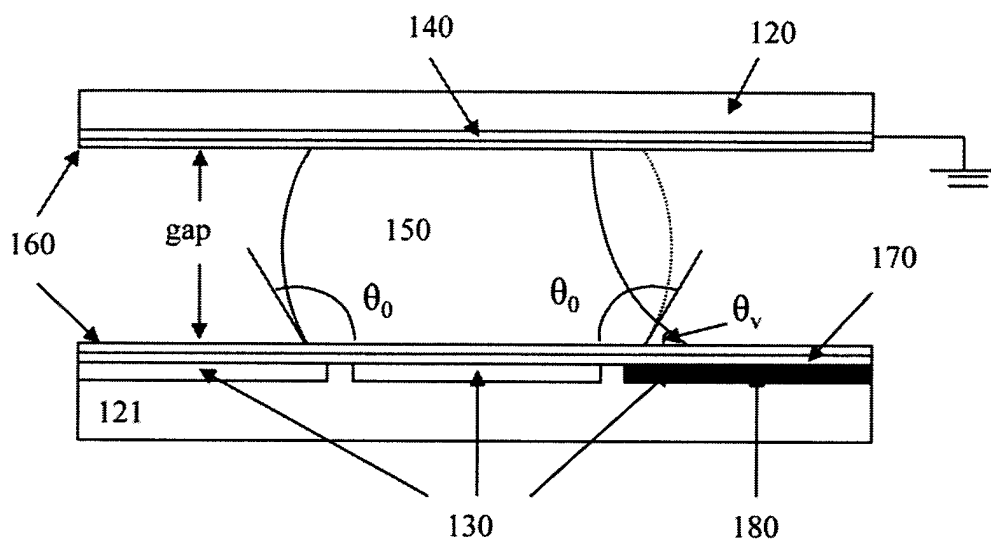


圖 1A

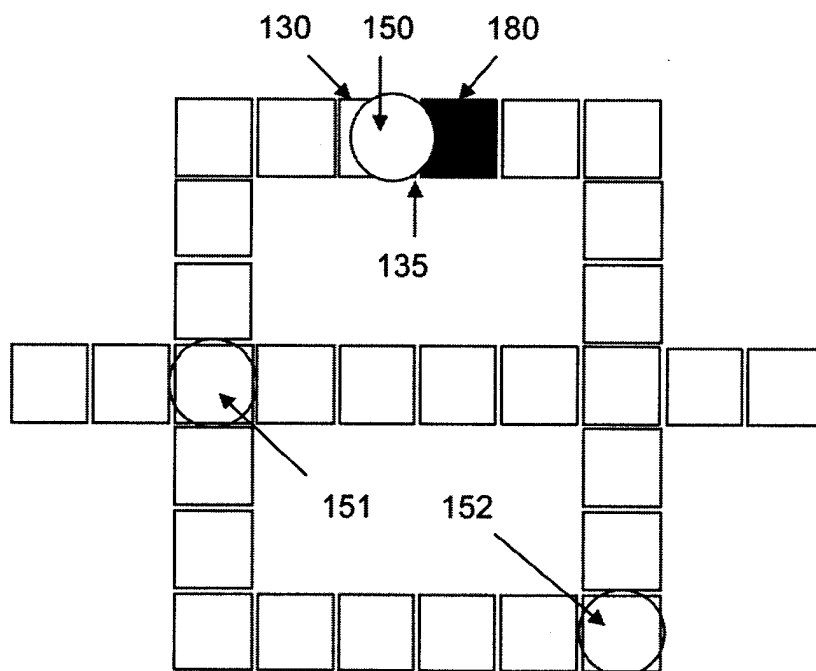


圖 1B

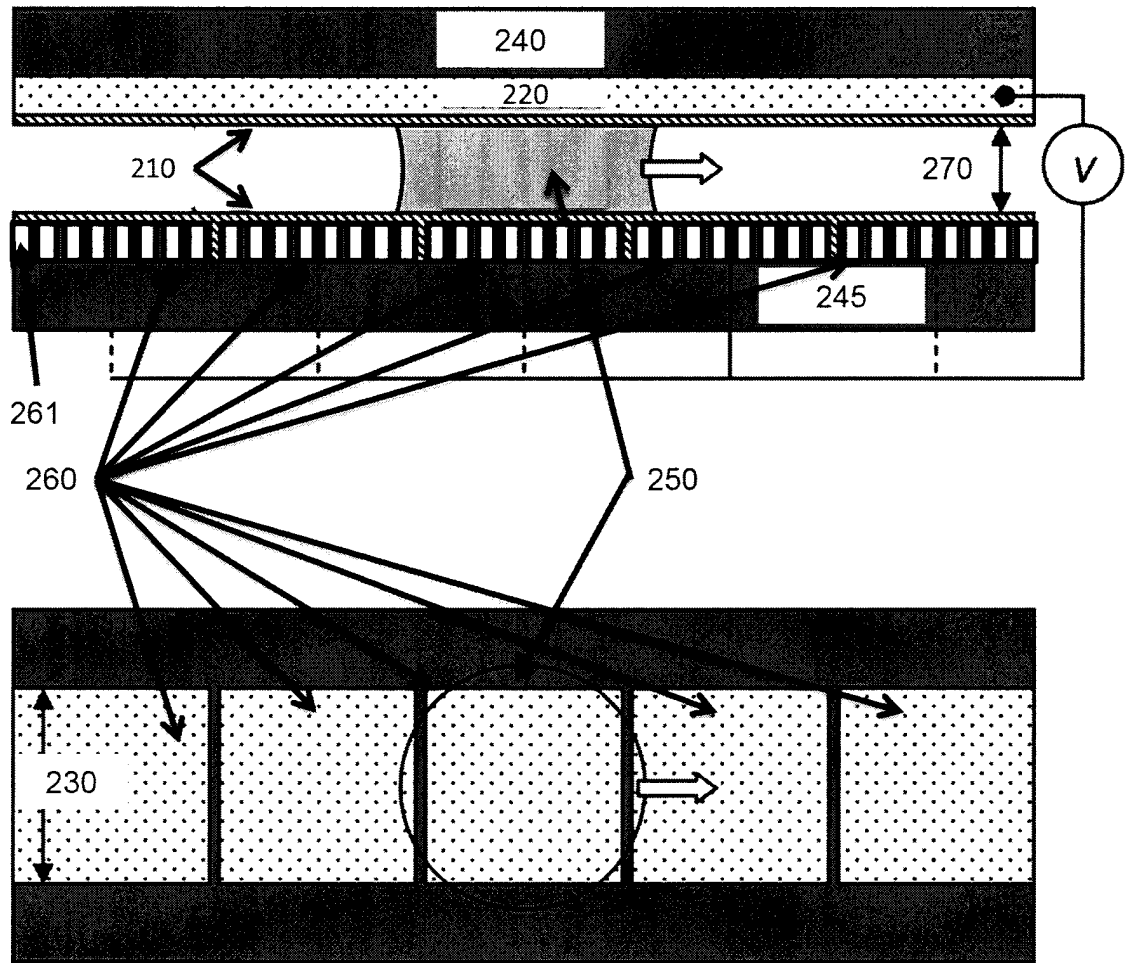


圖 2

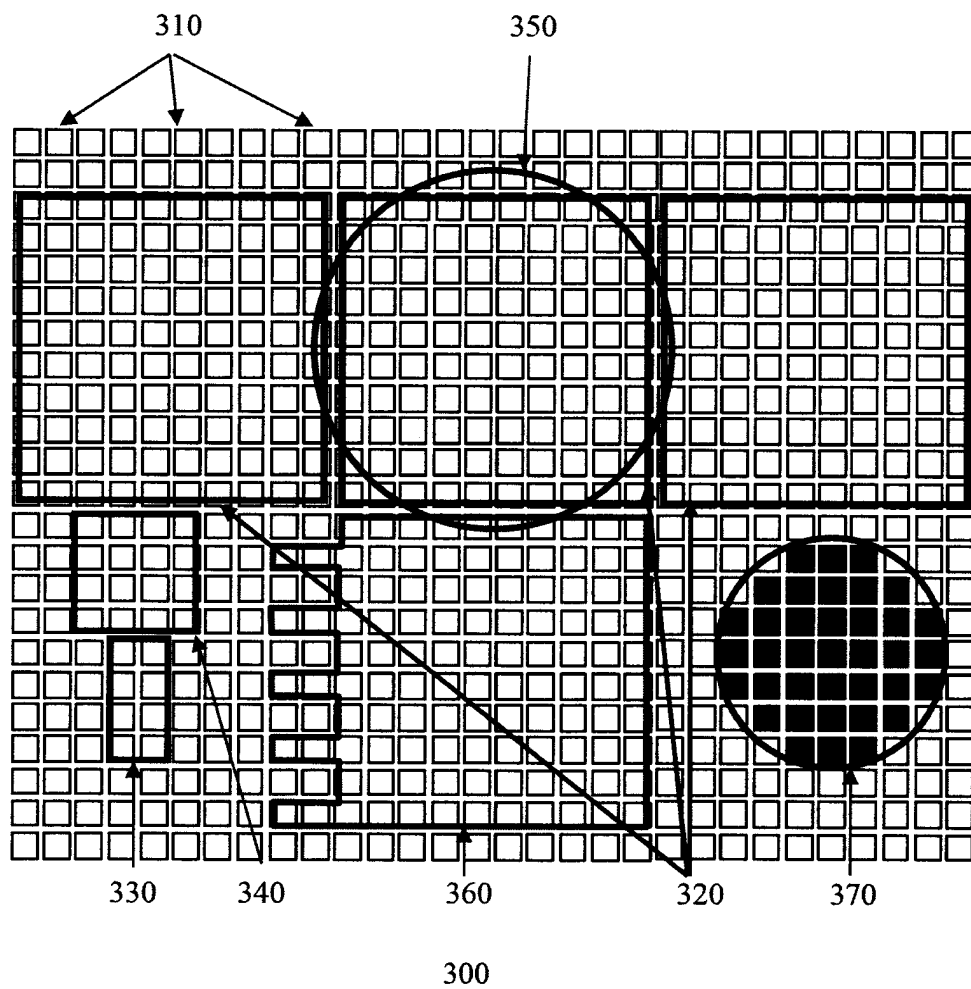


圖 3

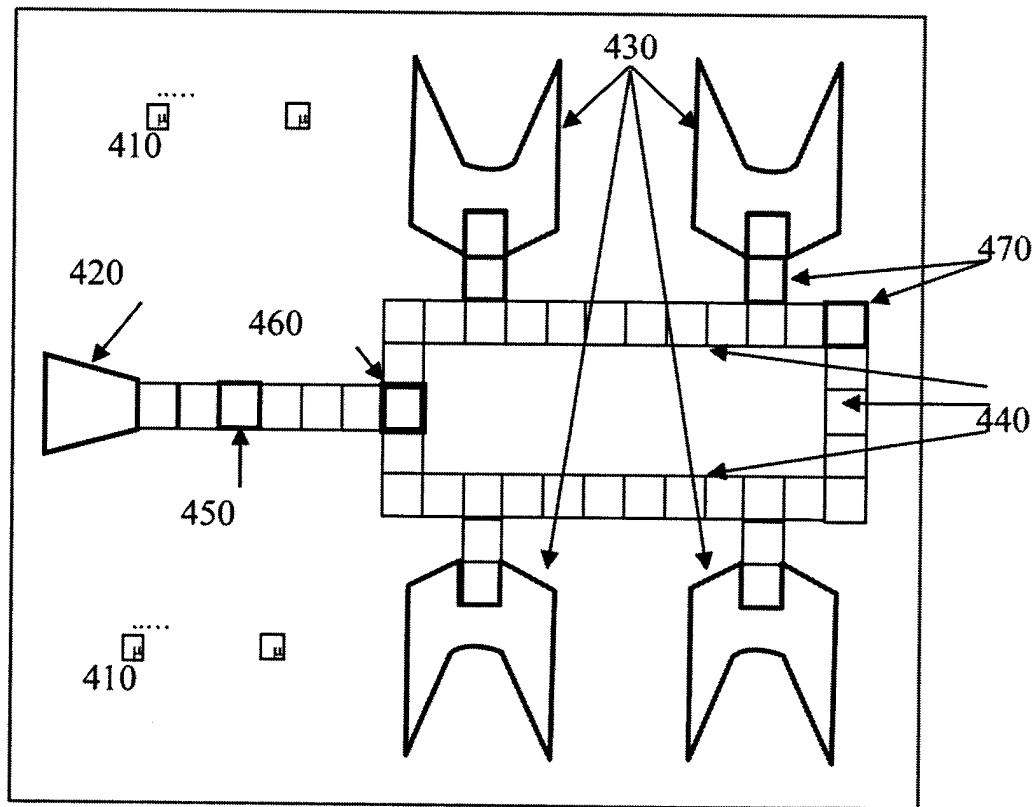


圖 4A

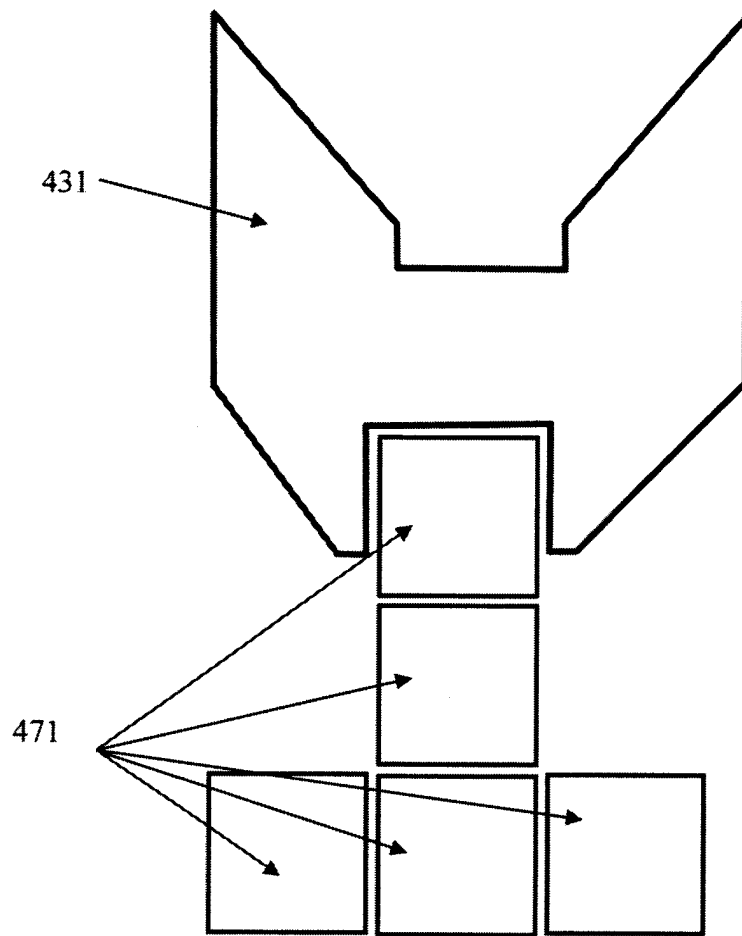


圖 4B

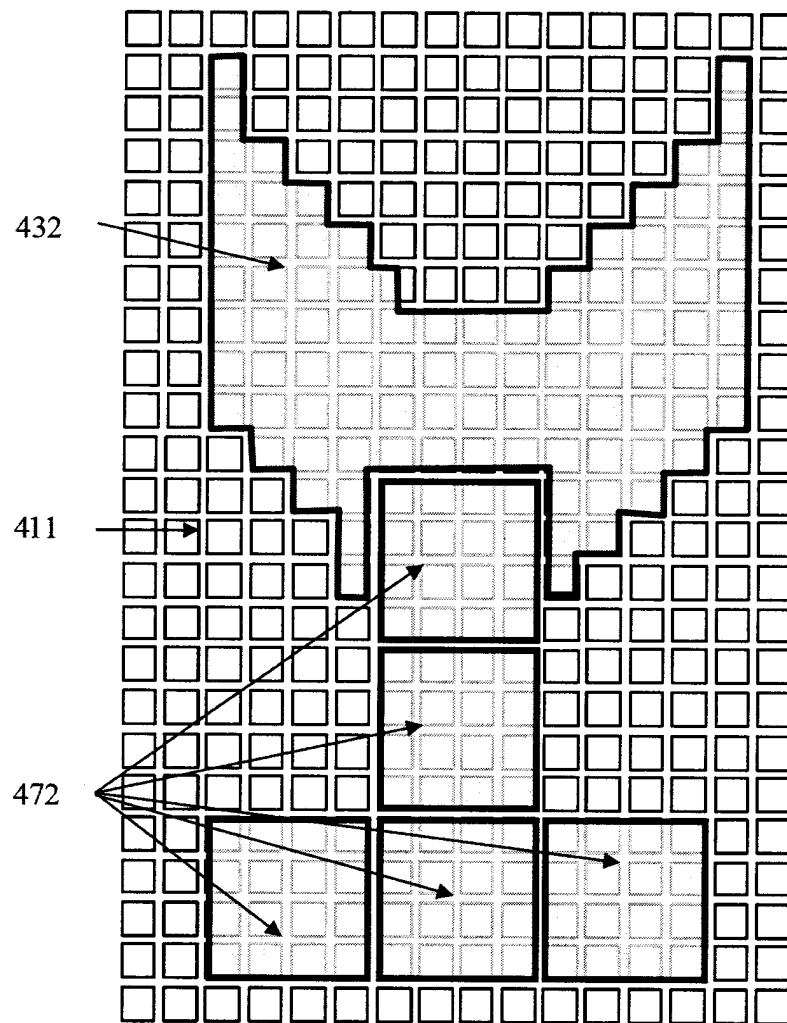


圖 4C

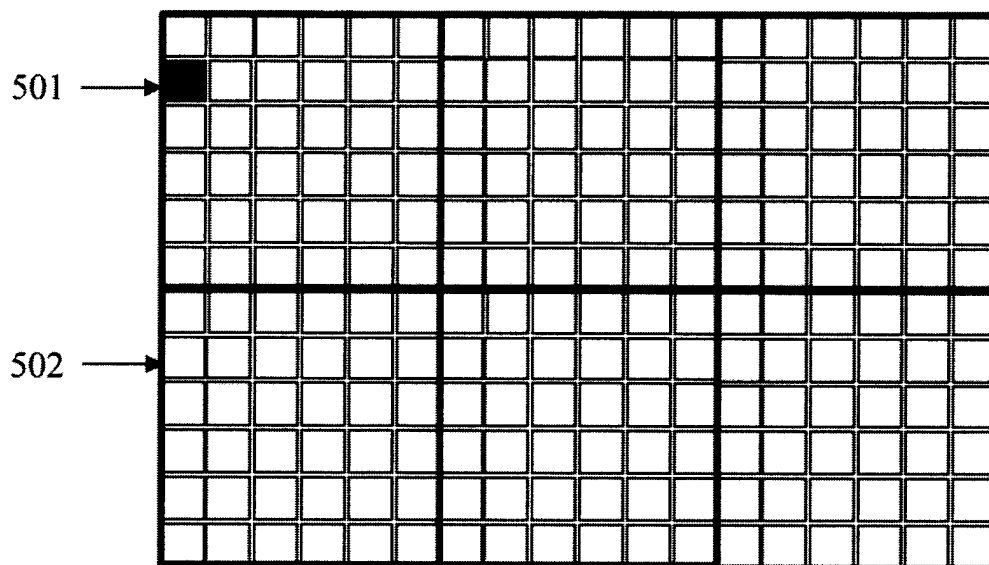


圖 5A

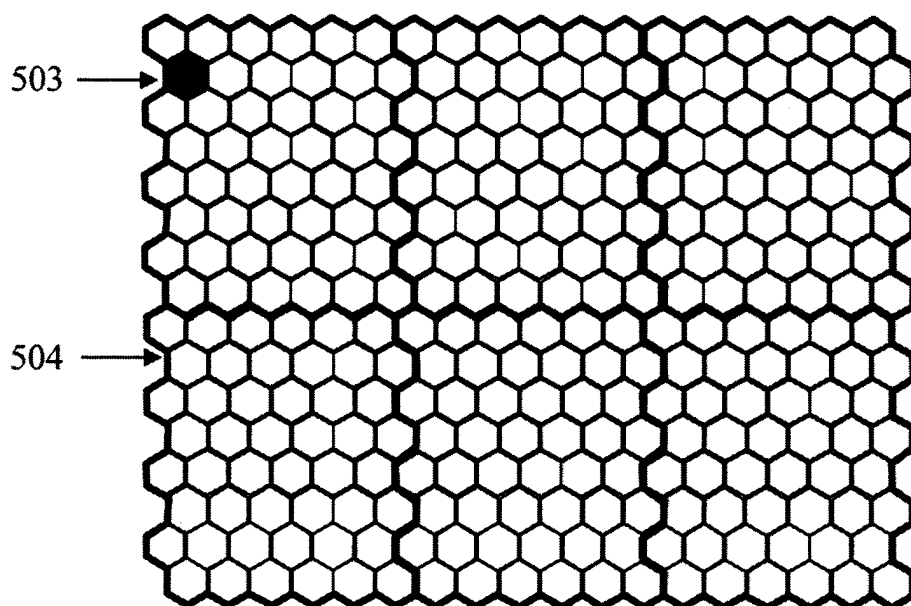


圖 5B

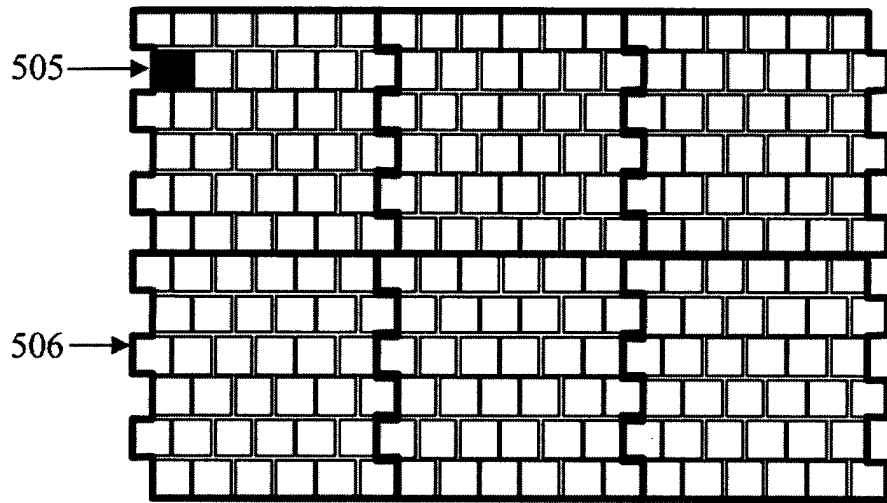


圖 5C

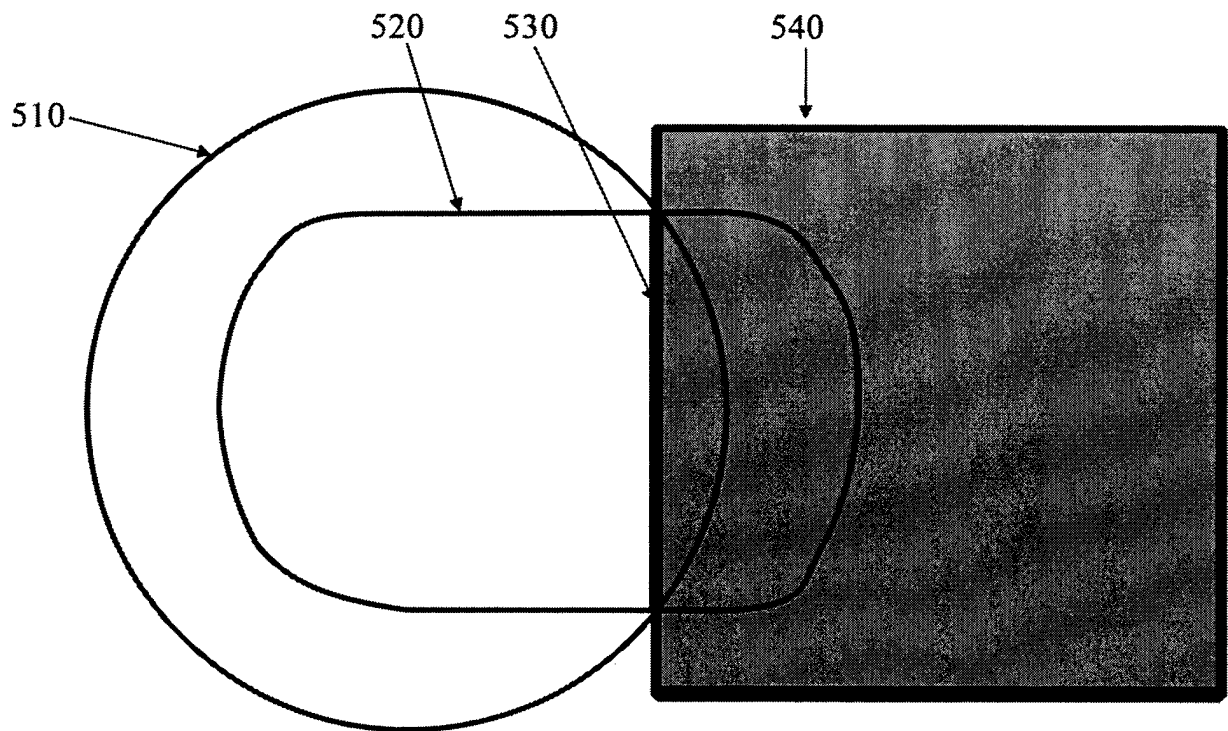


圖 5D

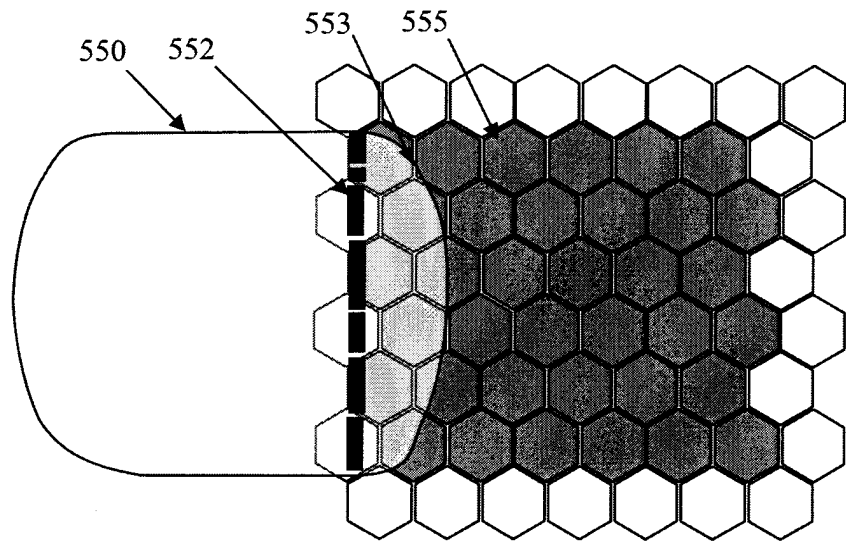


圖 5E

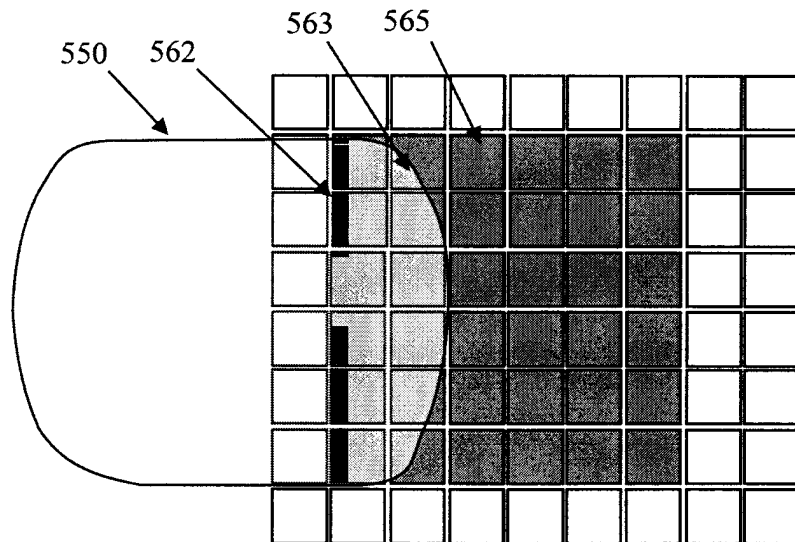


圖 5F

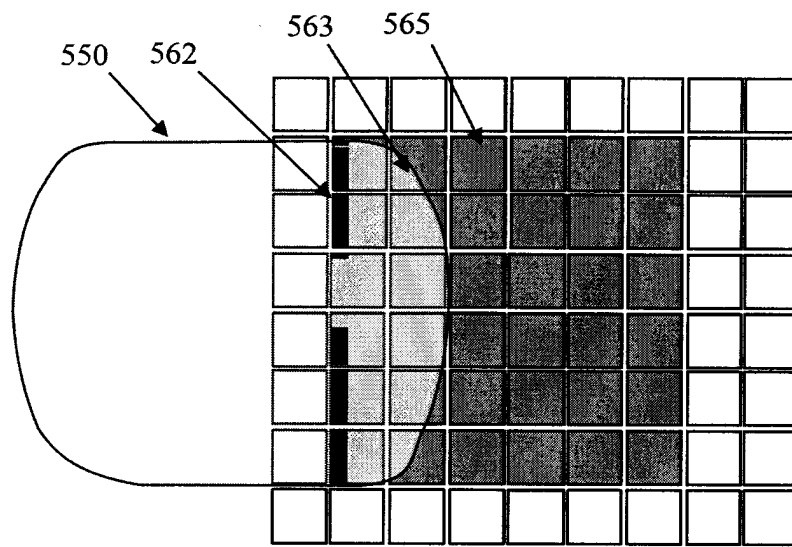


圖 5G

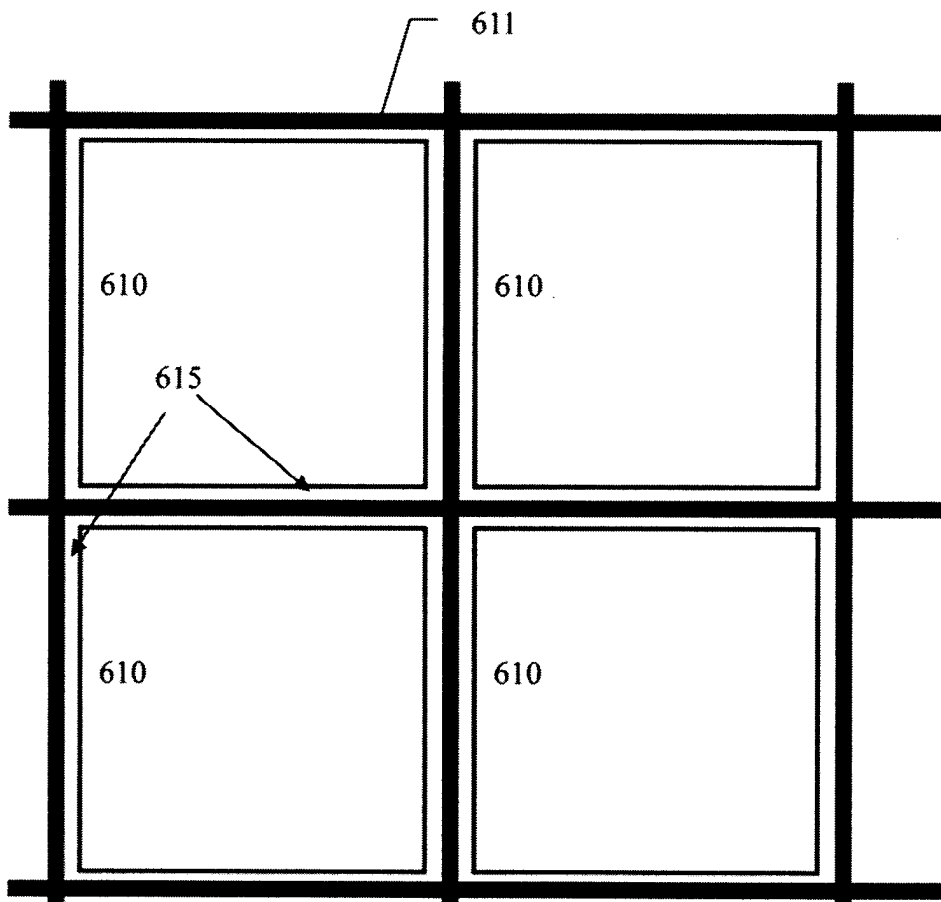


圖 6A

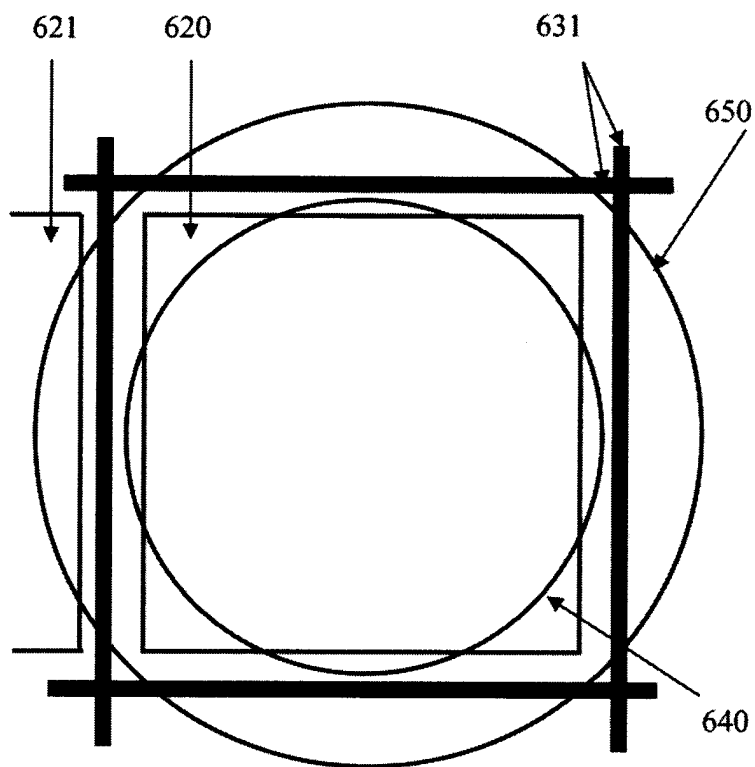


圖 6B

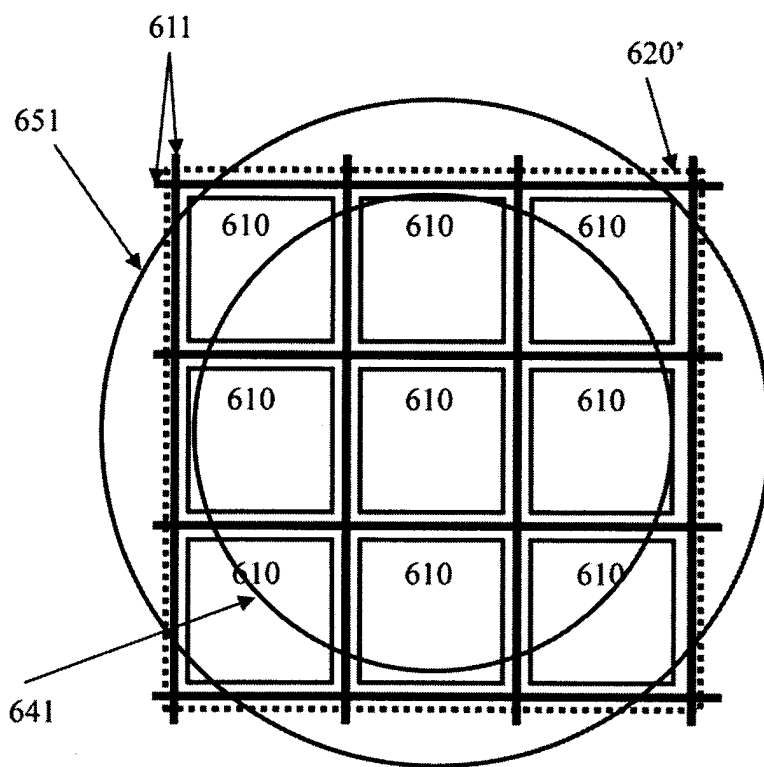


圖 6C

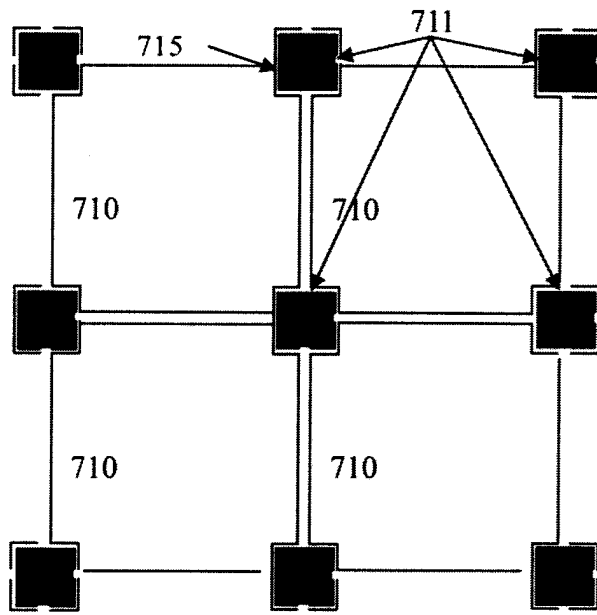


圖 7A

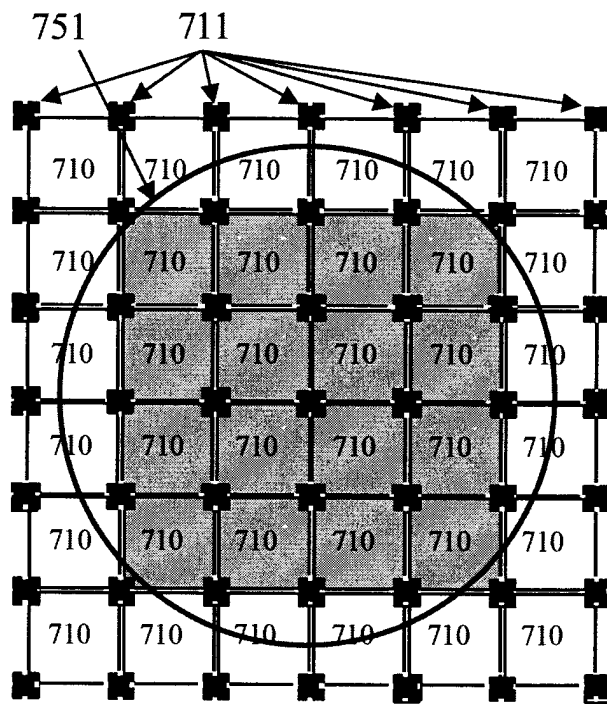


圖 7B

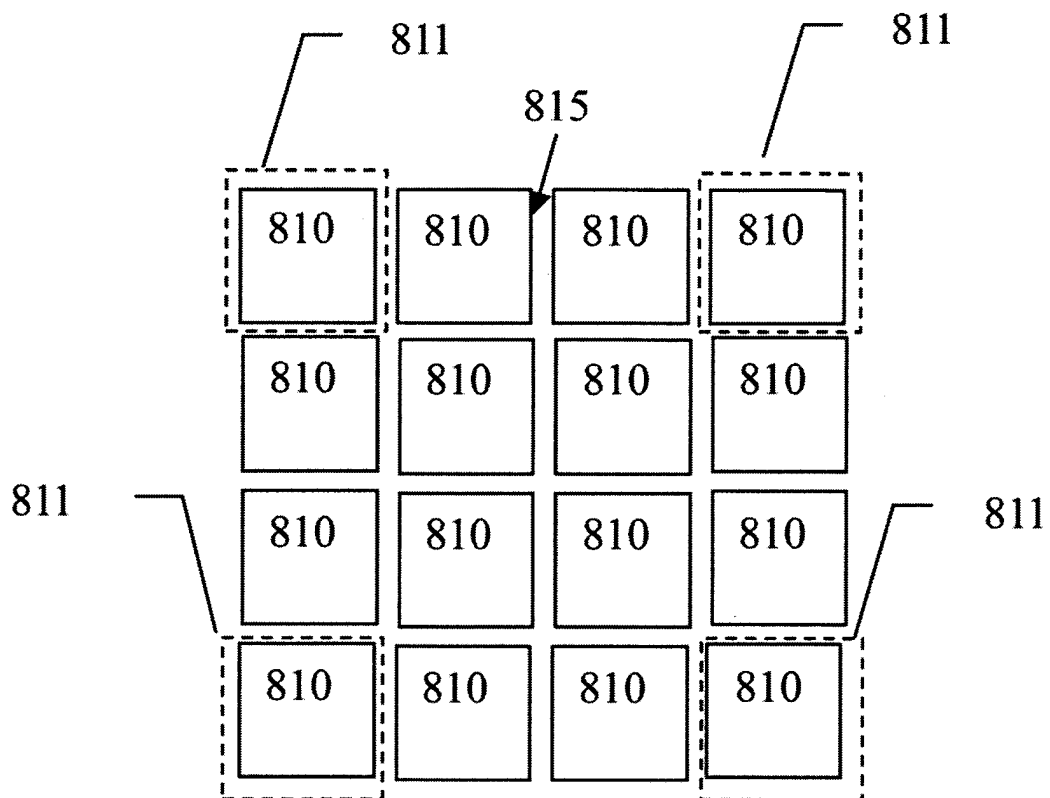


圖 8A

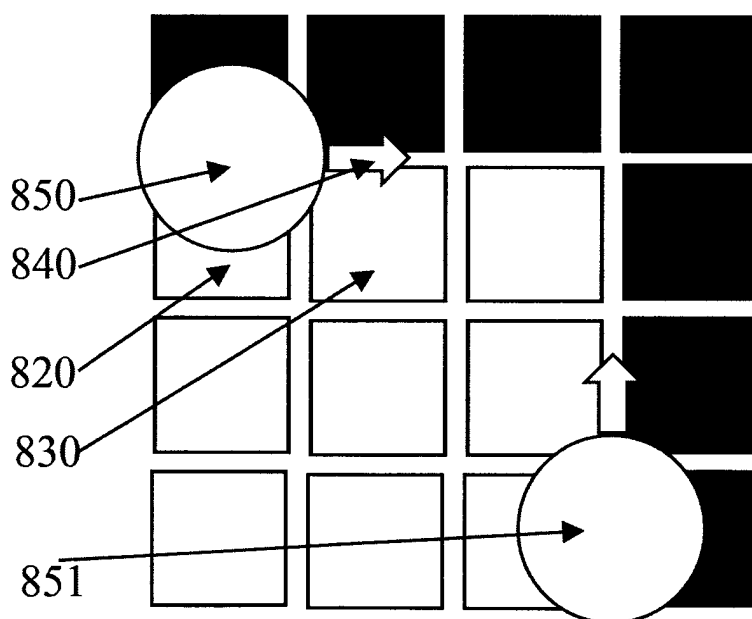


圖 8B

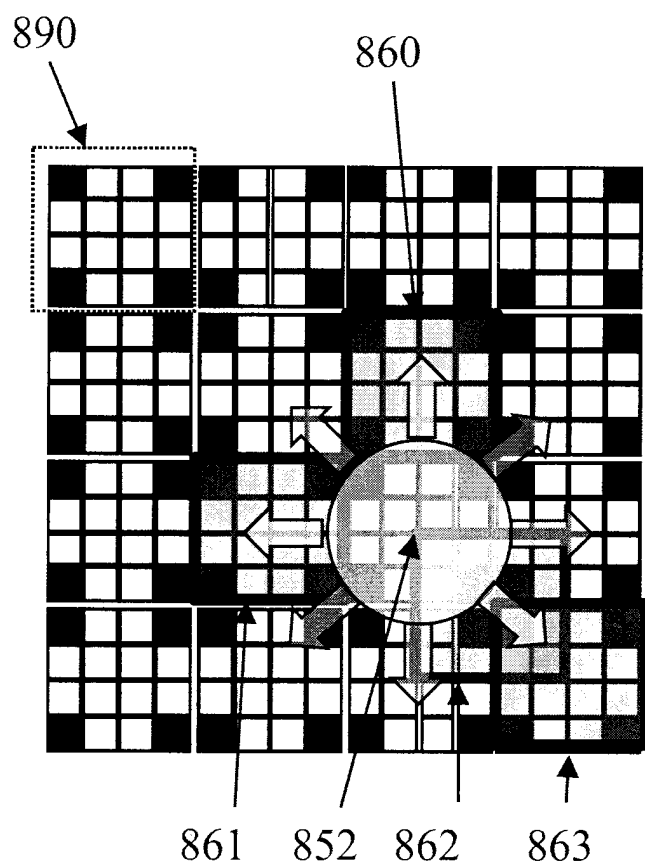


圖 8C

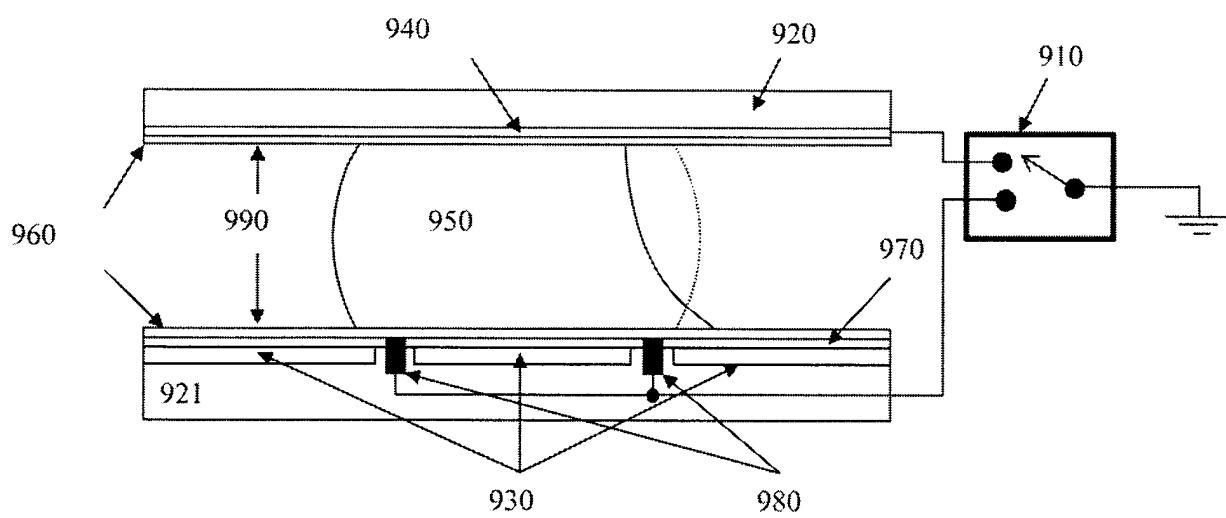


圖 9

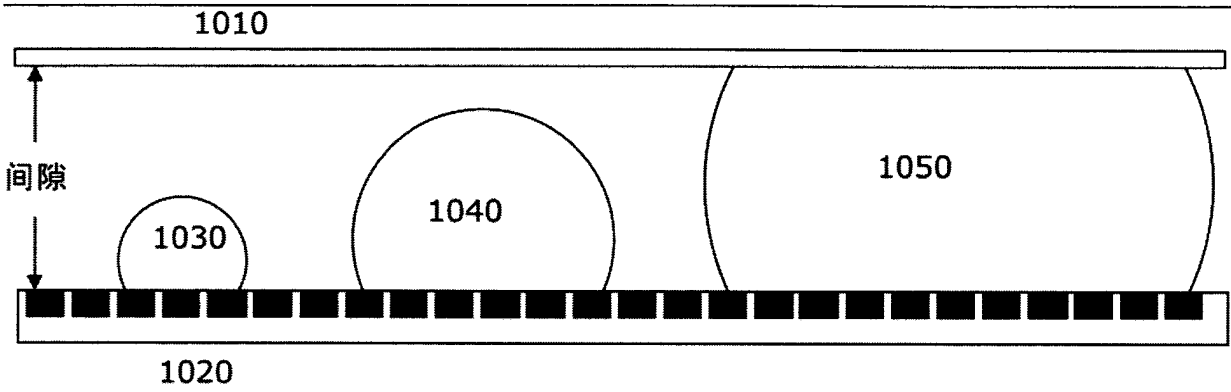


圖 10

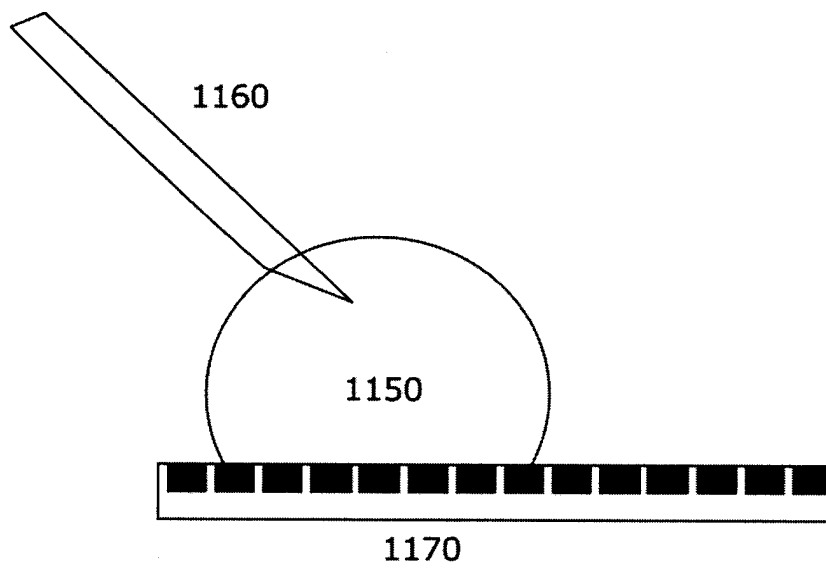


圖 11A

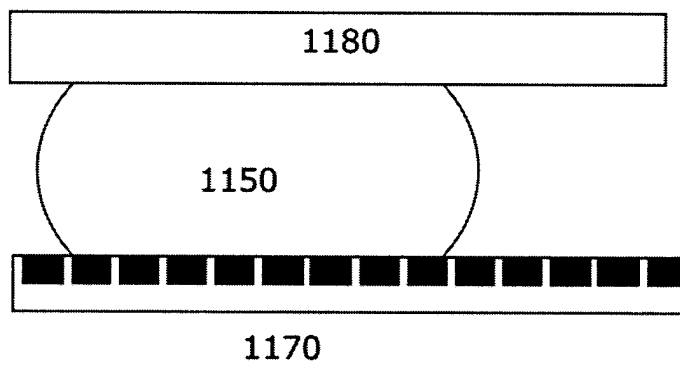


圖 11B

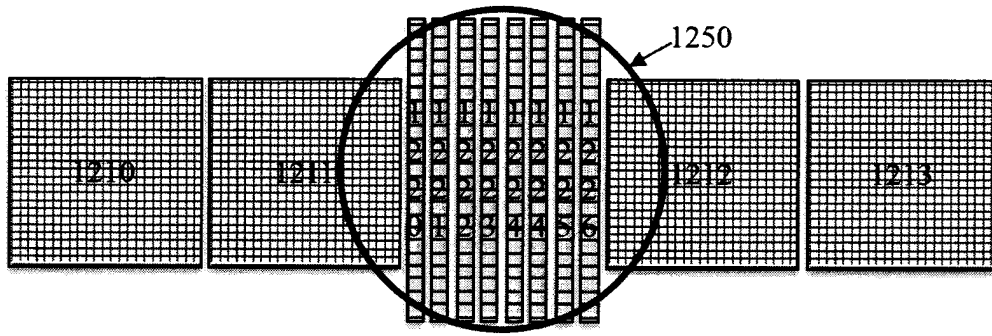


圖 12A

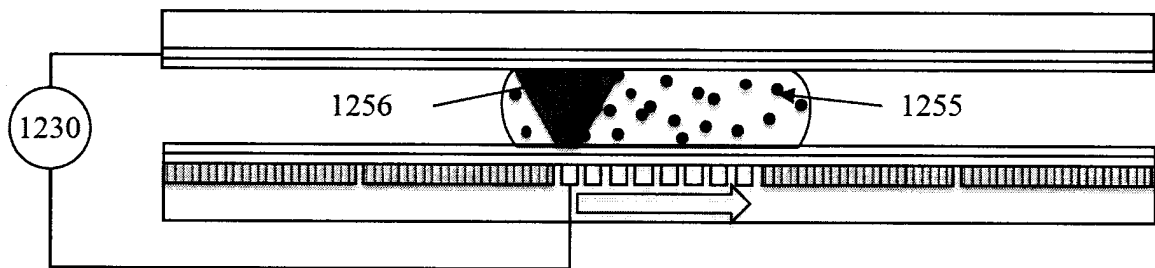


圖 12B

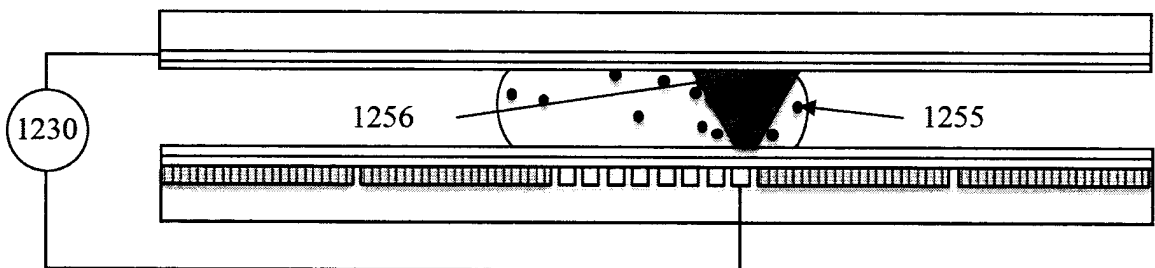


圖 12C

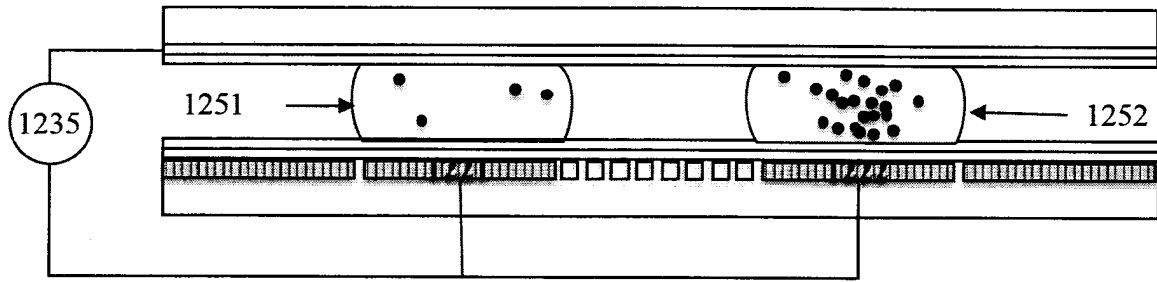


圖 12D

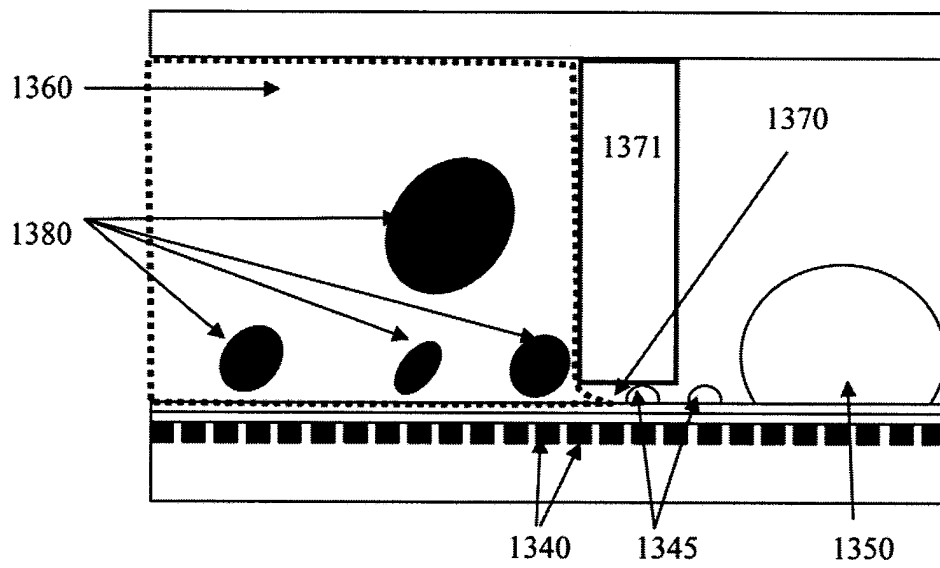


圖 13

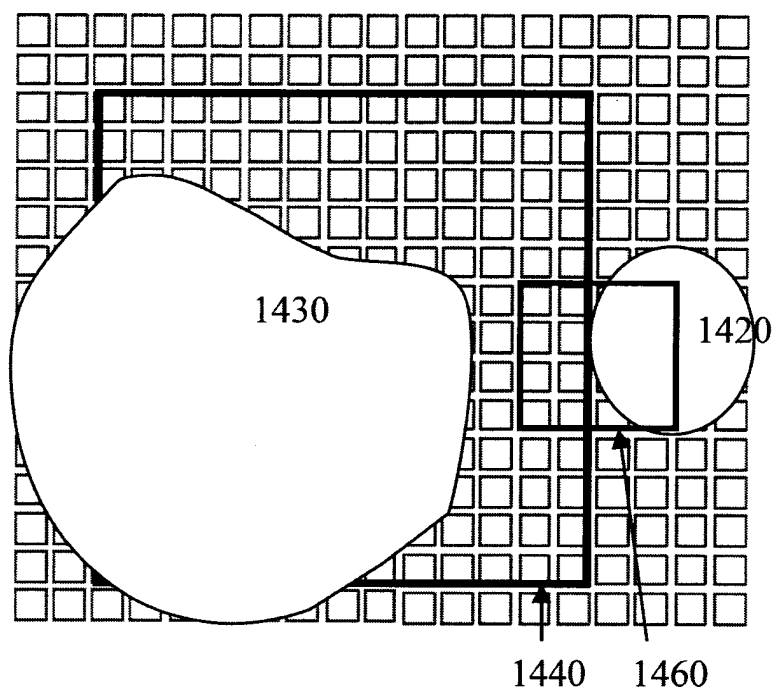


圖 14A

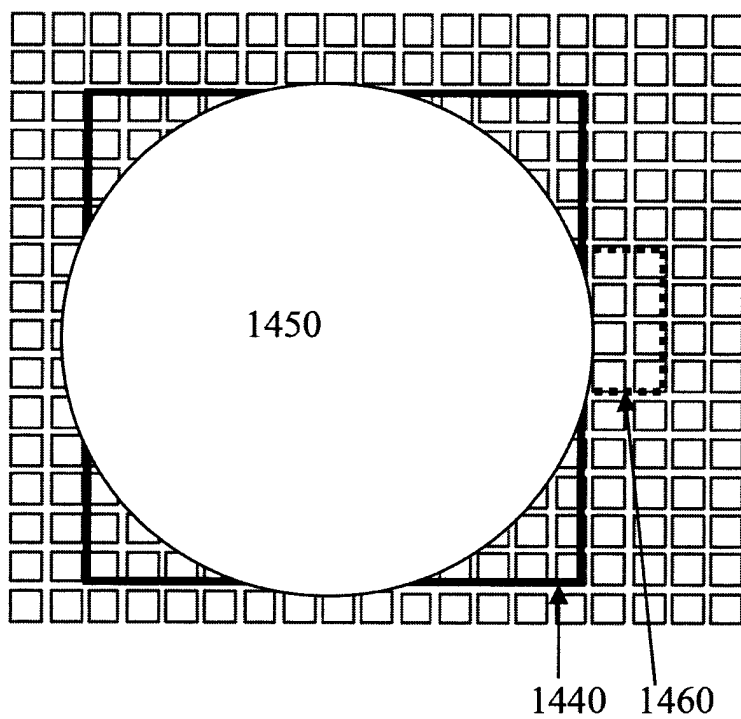


圖 14B

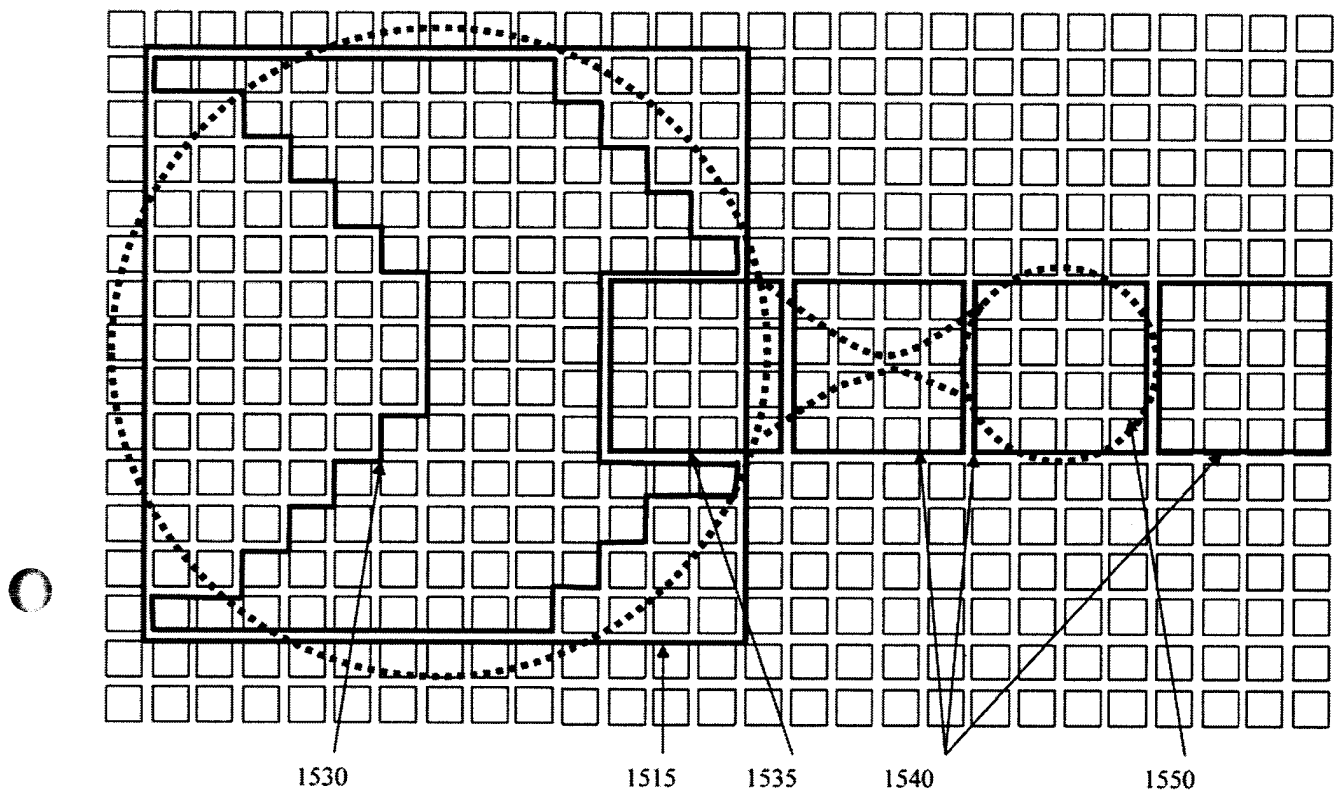


圖 15

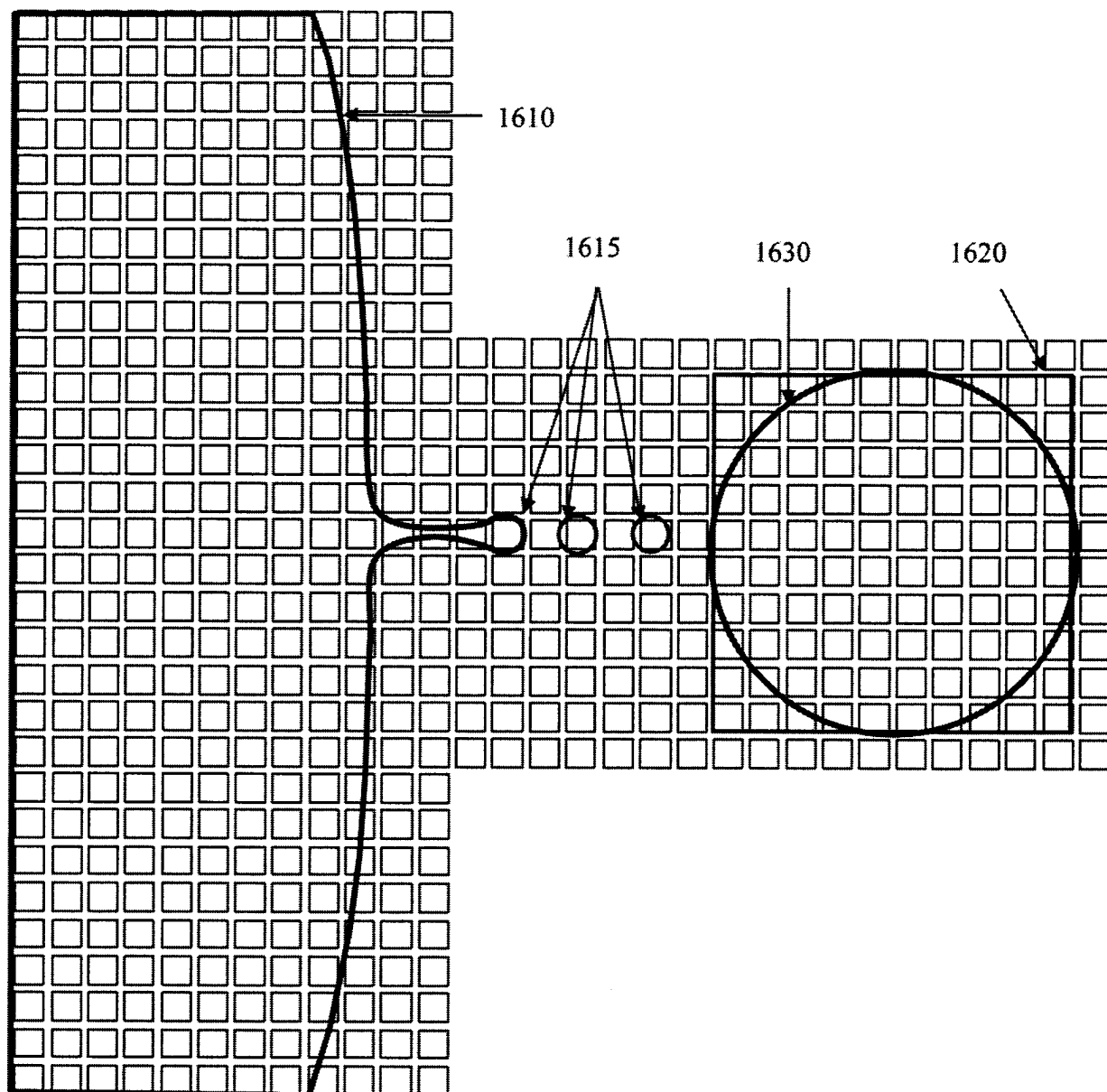


圖 16

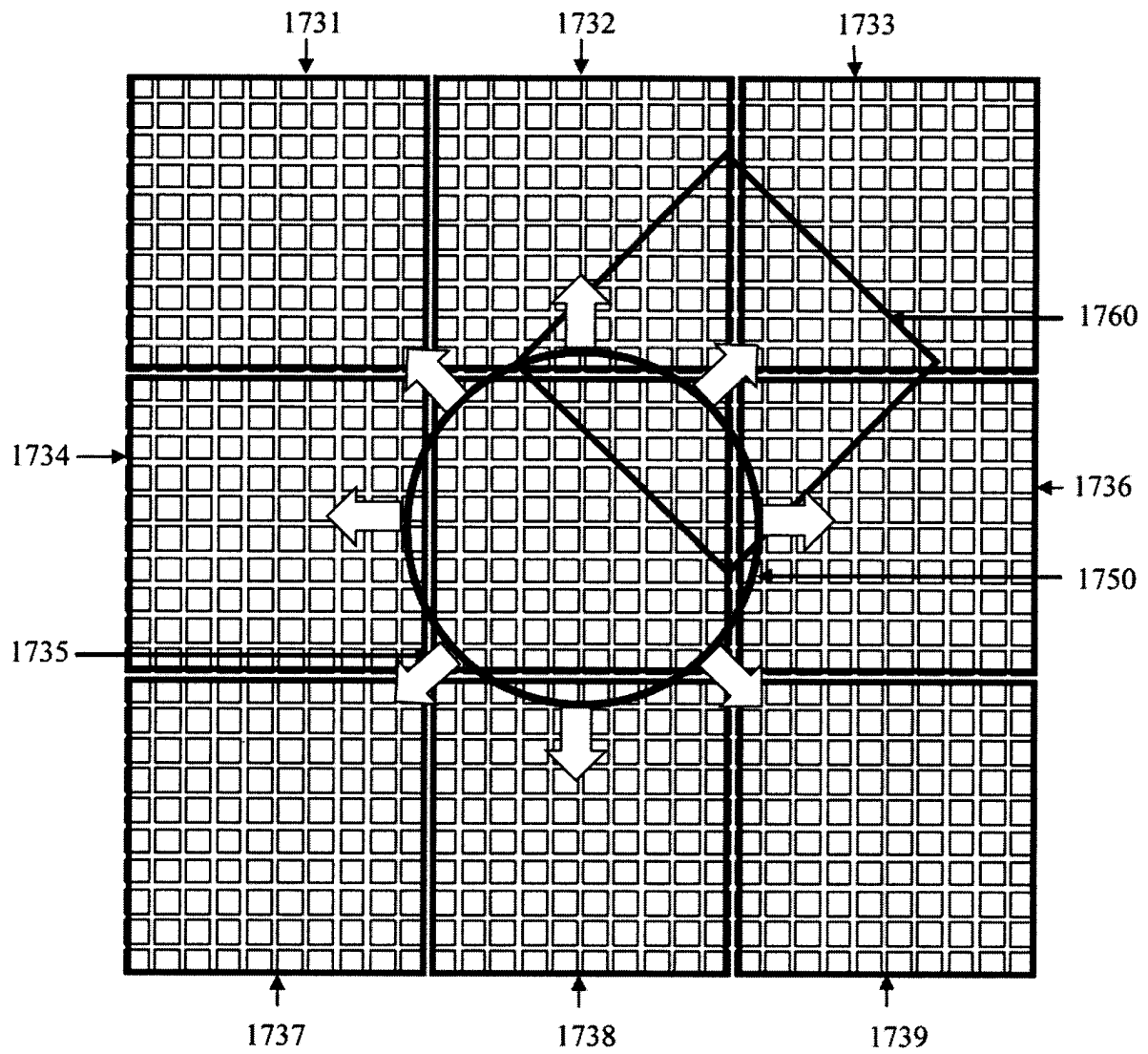


圖 17

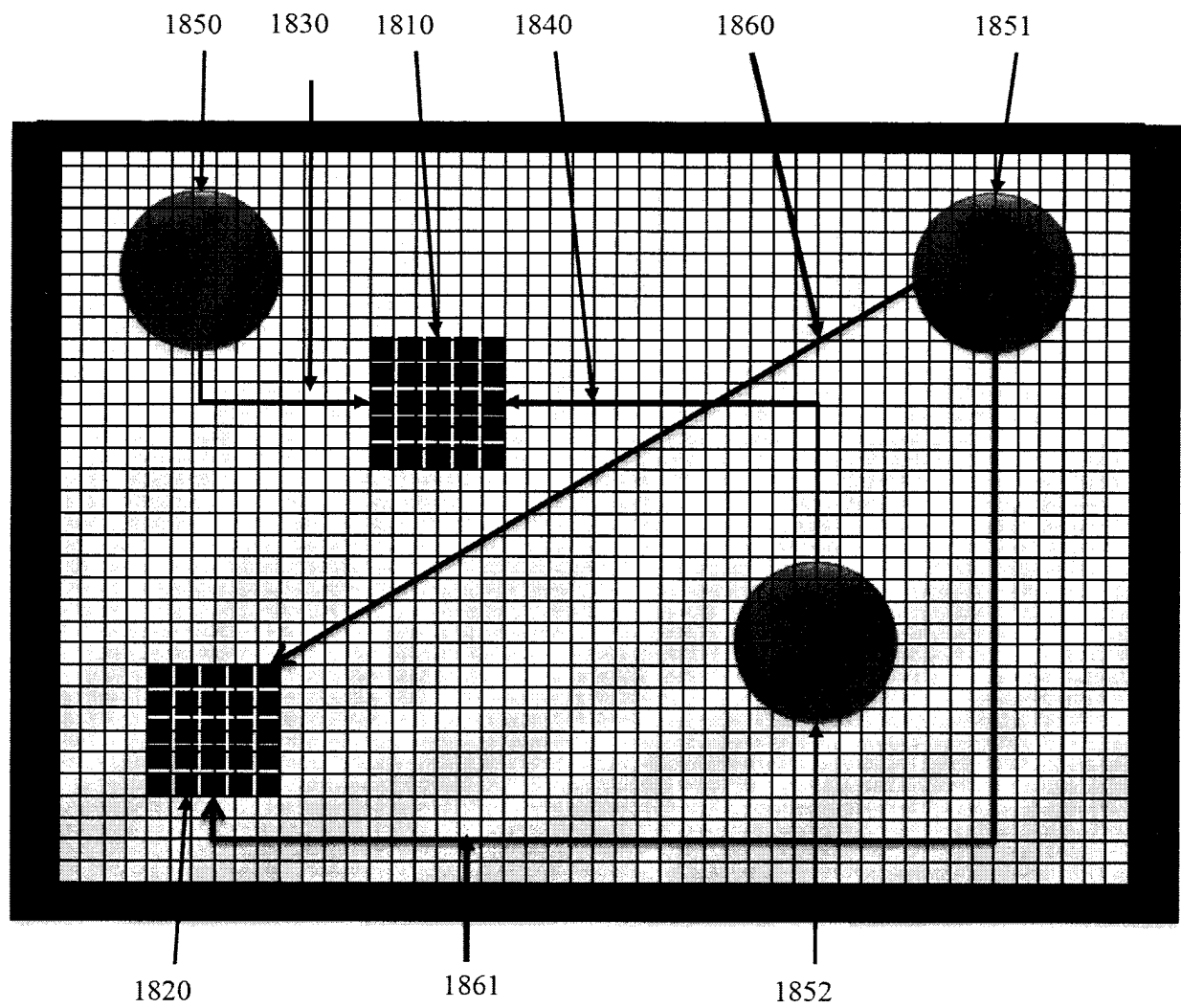


圖 18

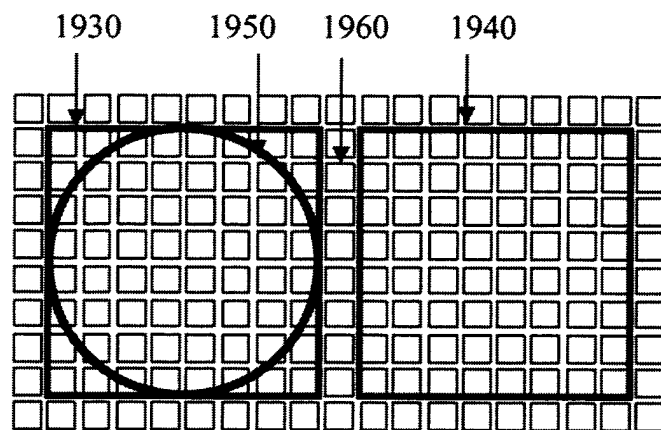


圖 19A

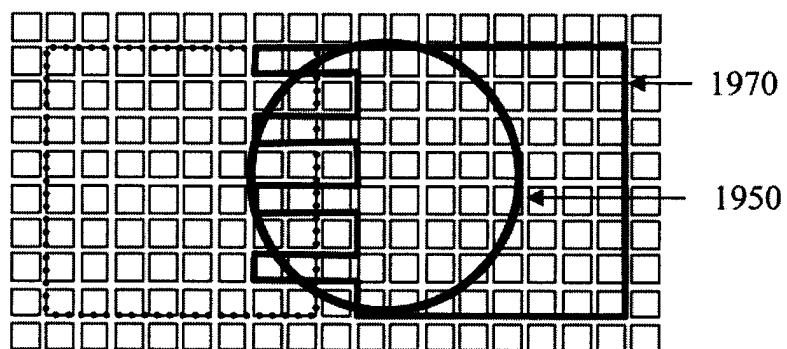


圖 19B

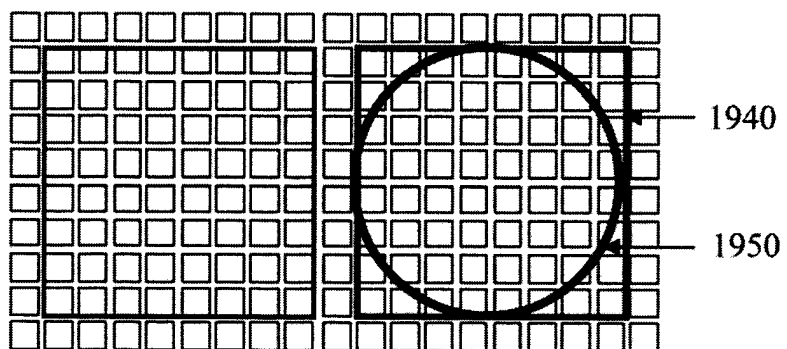


圖 19C

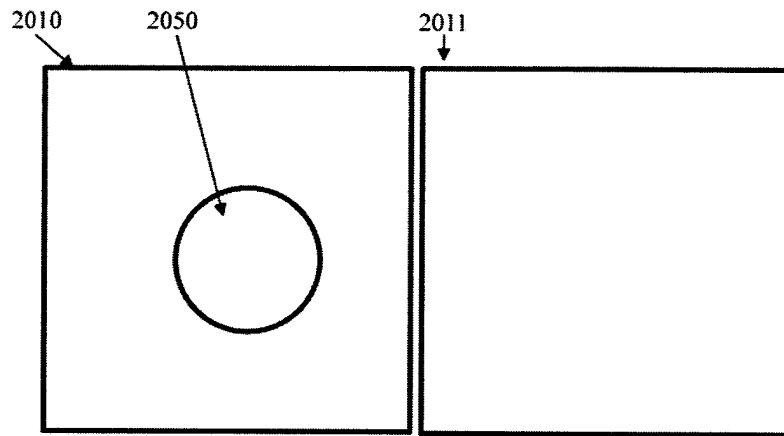


圖 20A

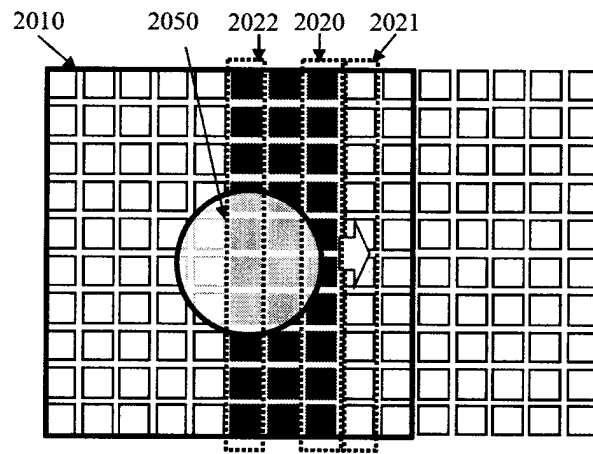


圖 20B

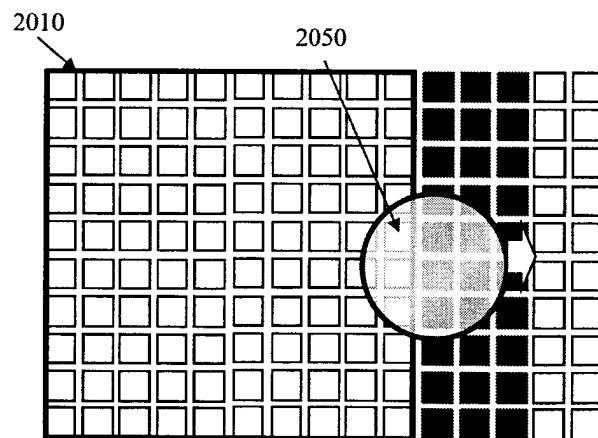


圖 20C

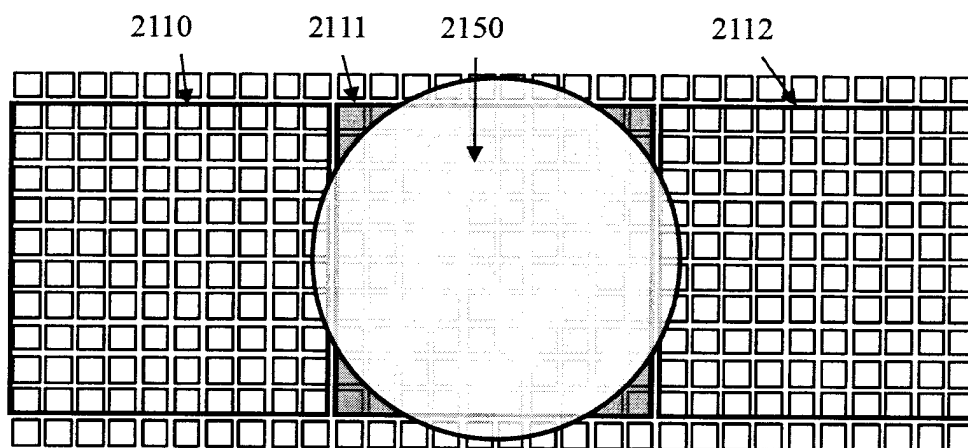


圖 21A

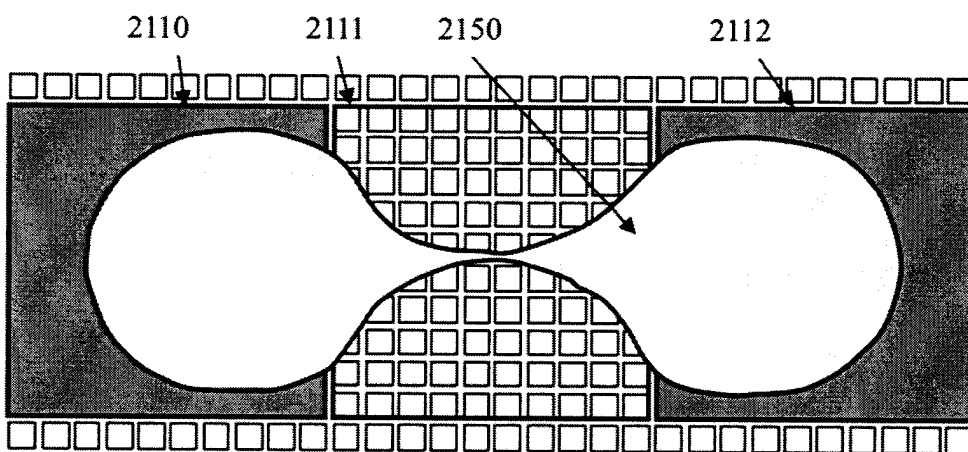


圖 21B

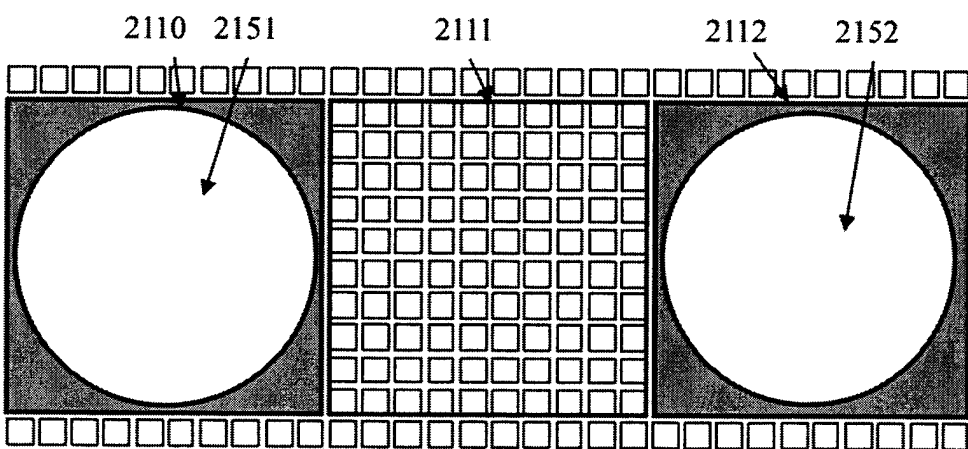


圖 21C

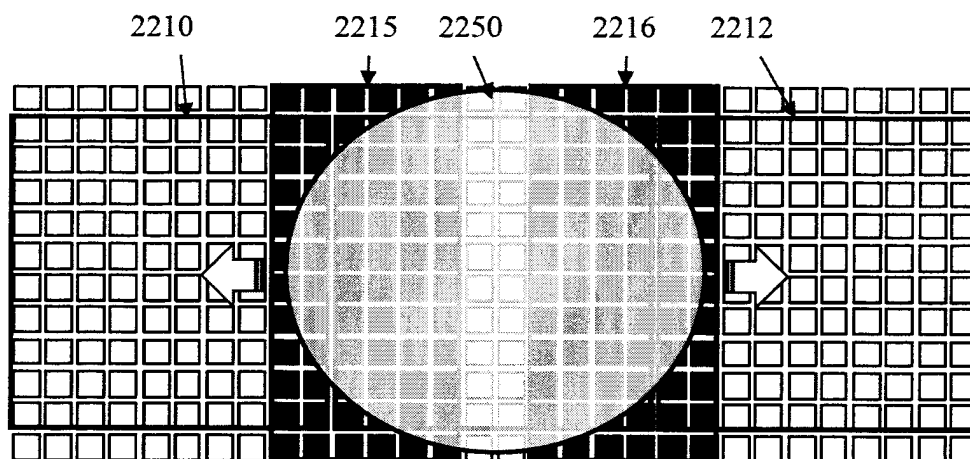


圖 22A

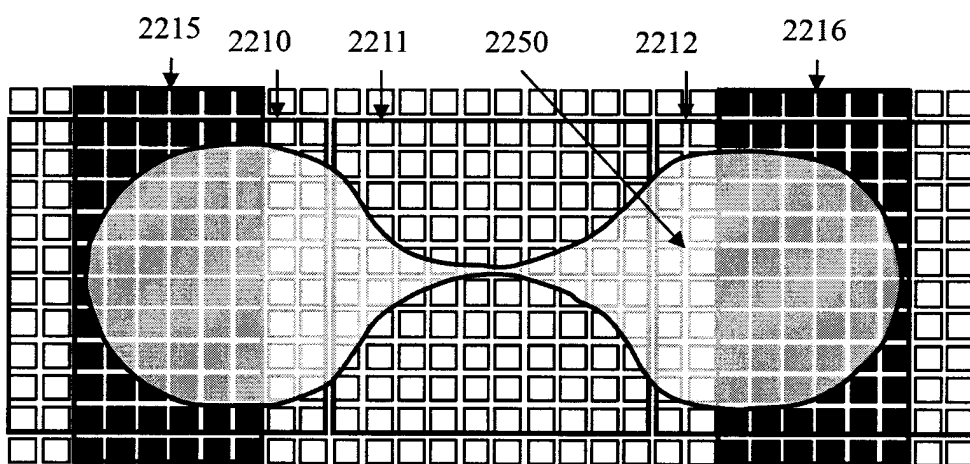


圖 22B

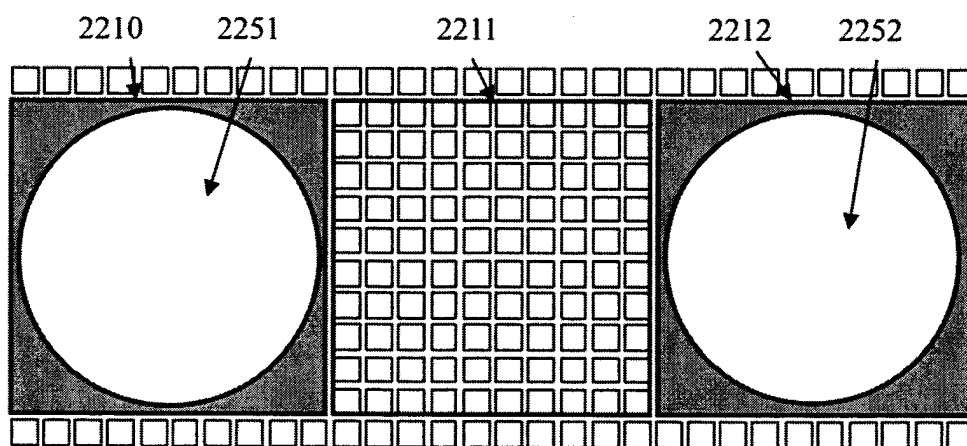


圖 22C

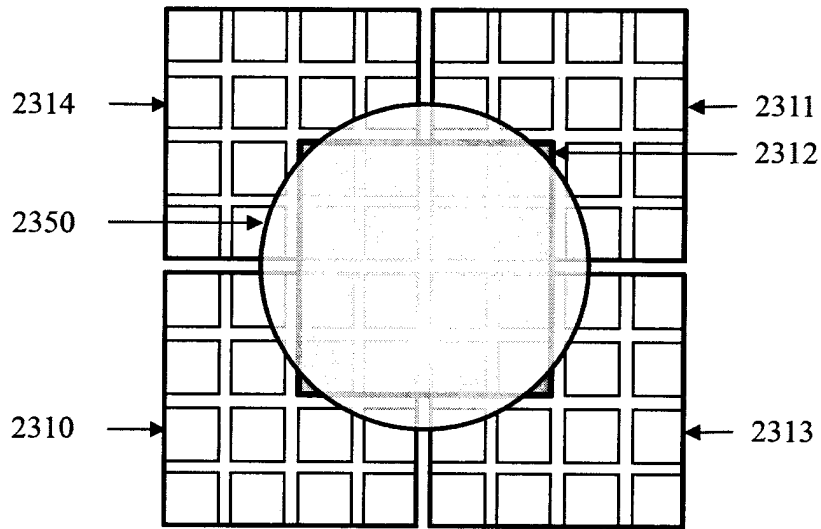


圖 23A

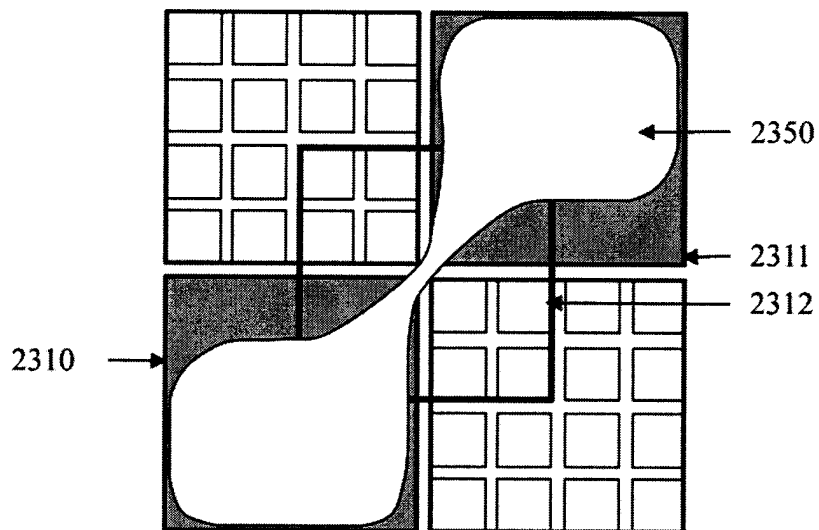


圖 23B

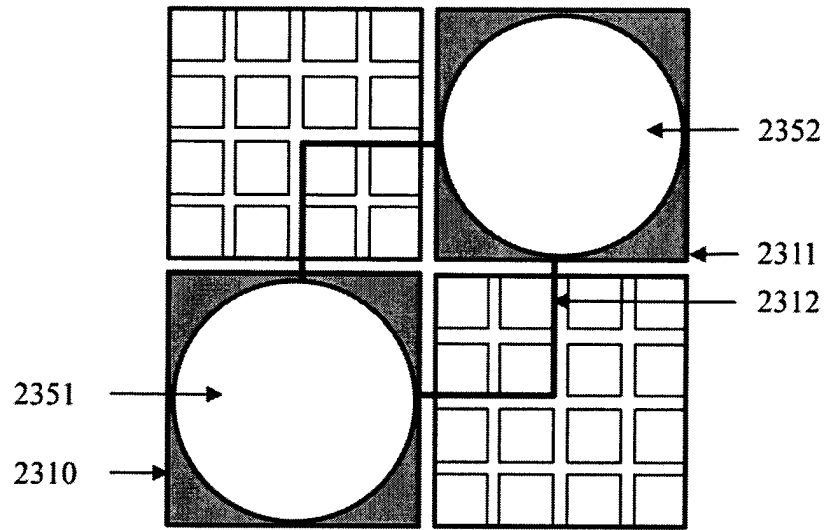


圖 23C

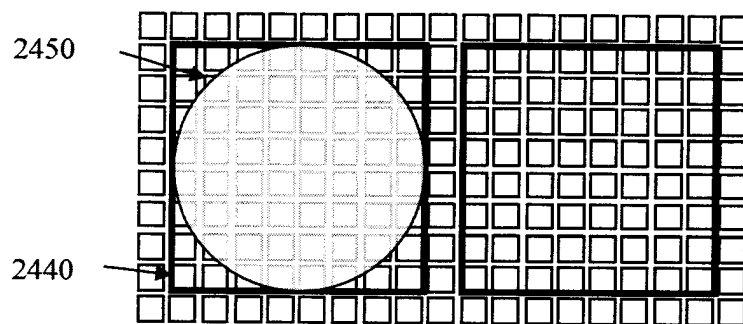


圖 24A

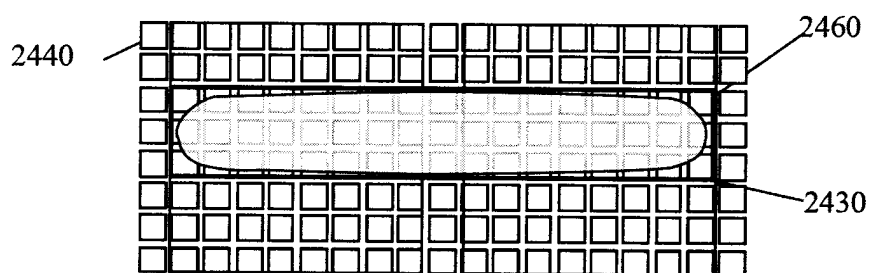


圖 24B

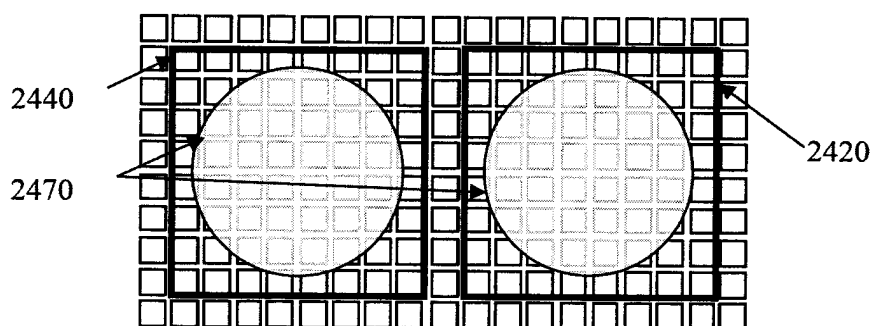


圖 24C

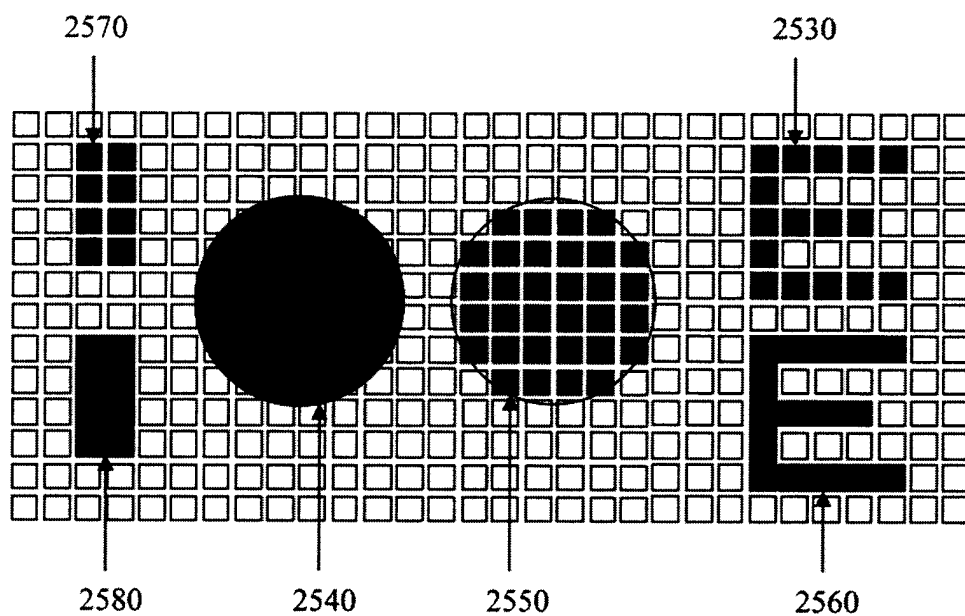


圖 25

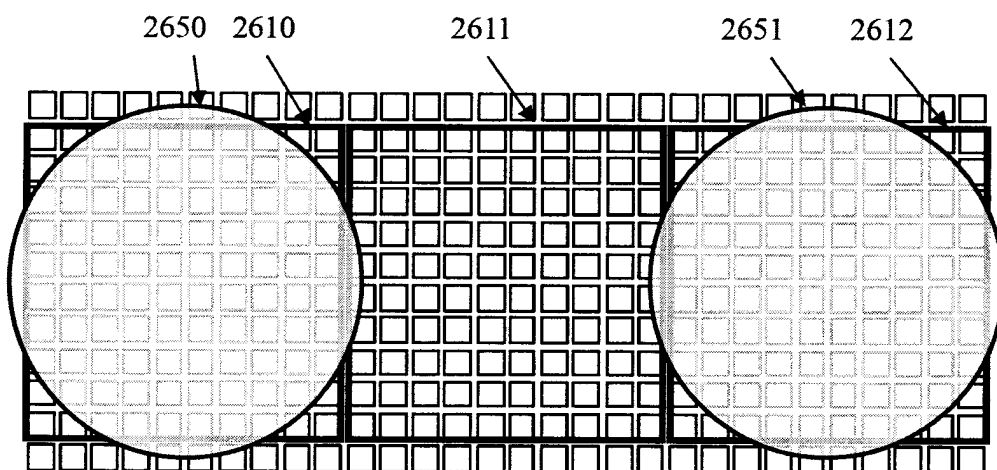


圖 26A

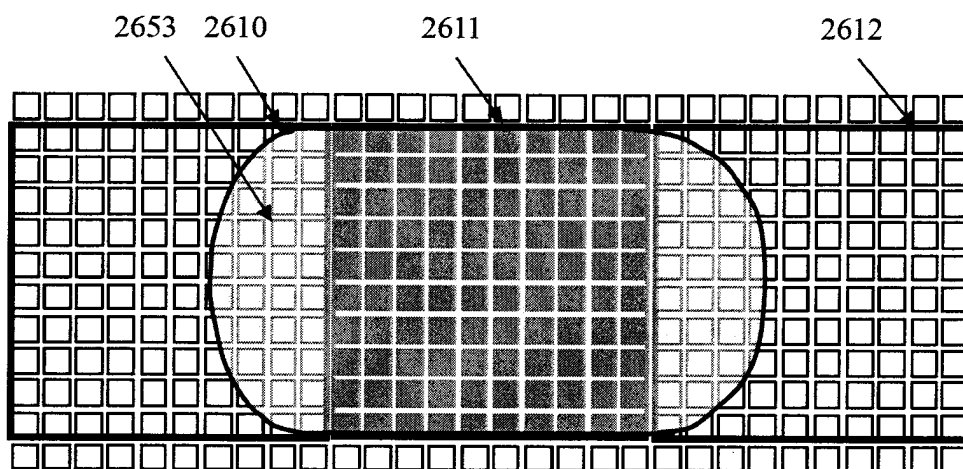


圖 26B

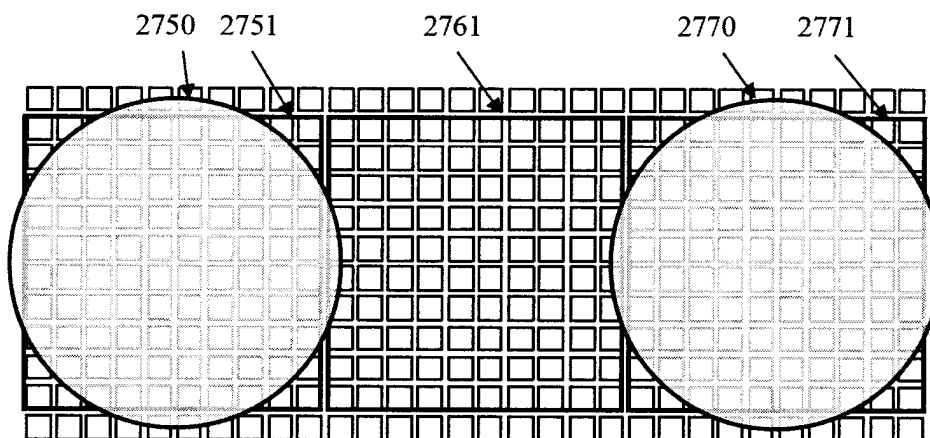


圖 27A

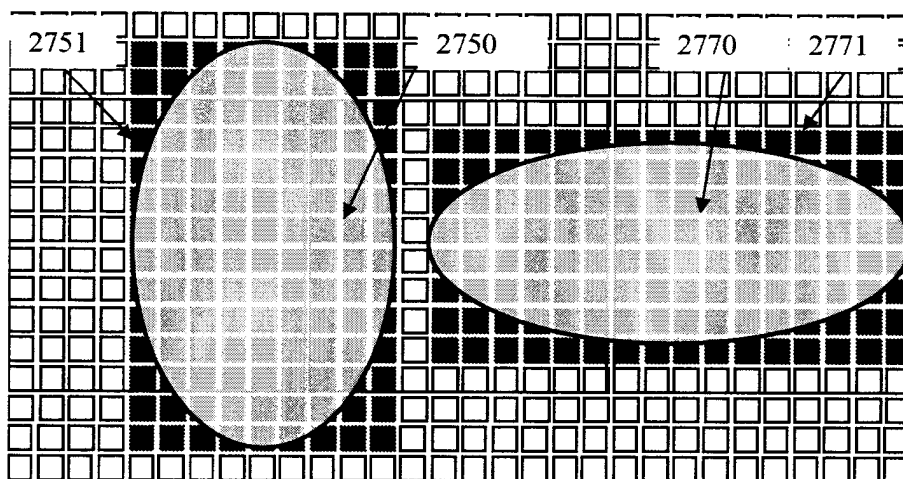


圖 27B

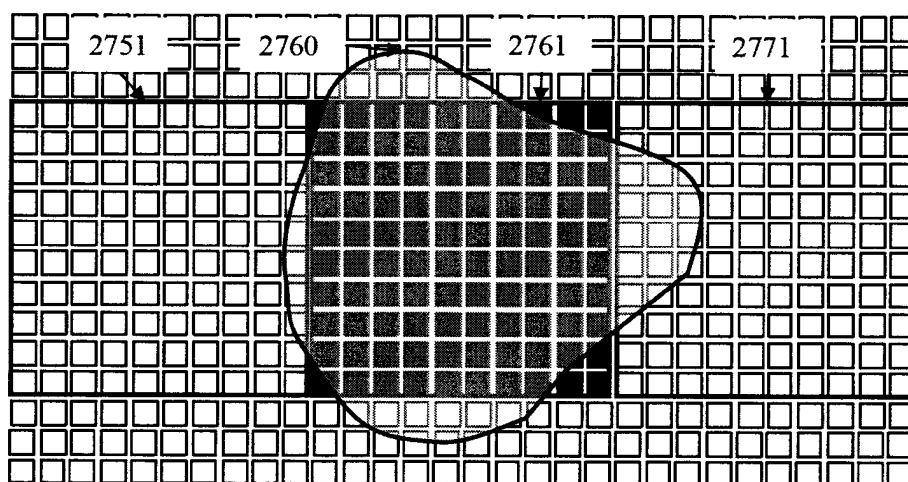


圖 27C

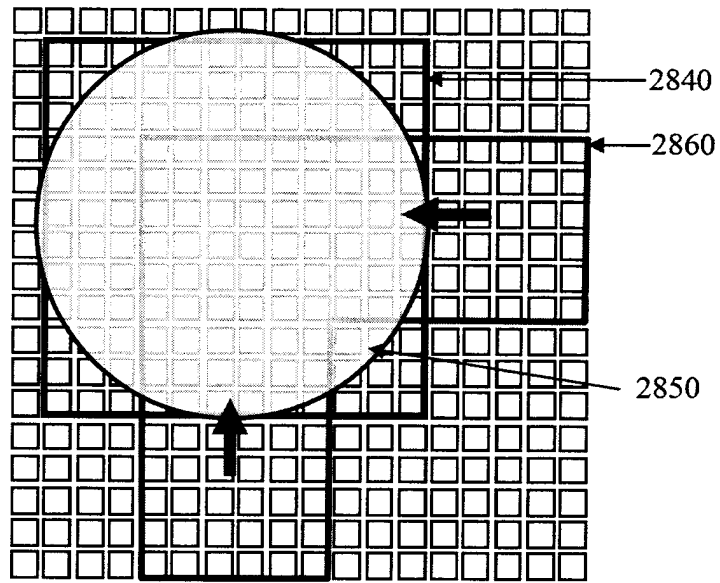


圖 28A

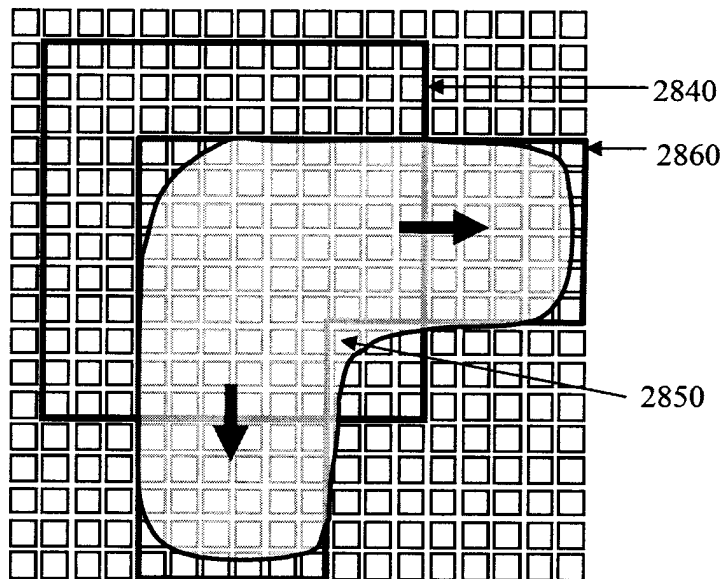


圖 28B

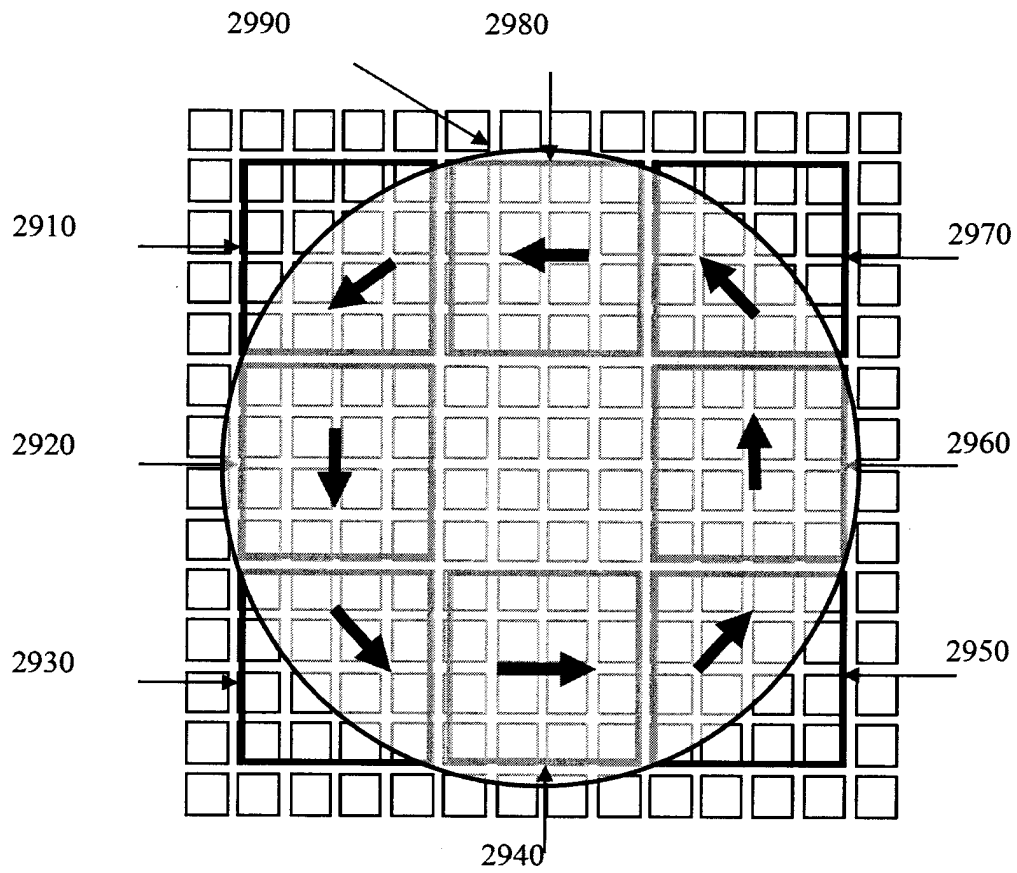


圖 29

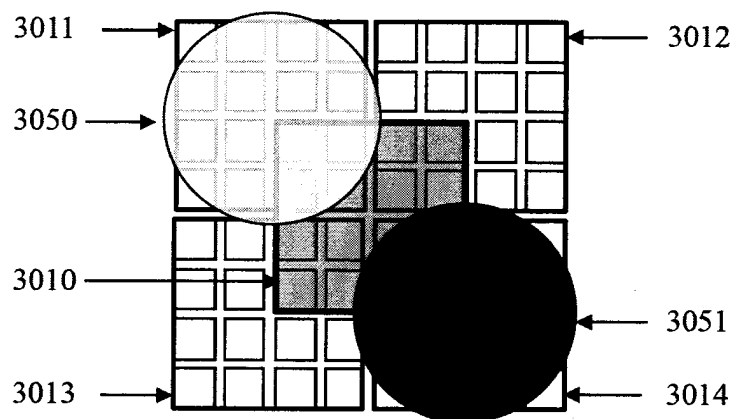


圖 30A

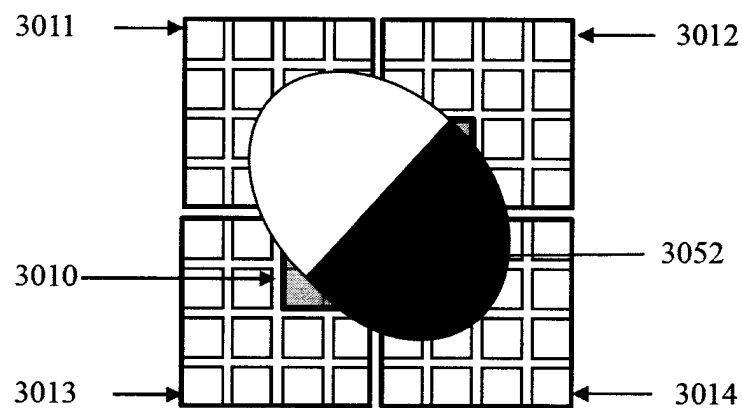


圖 30B

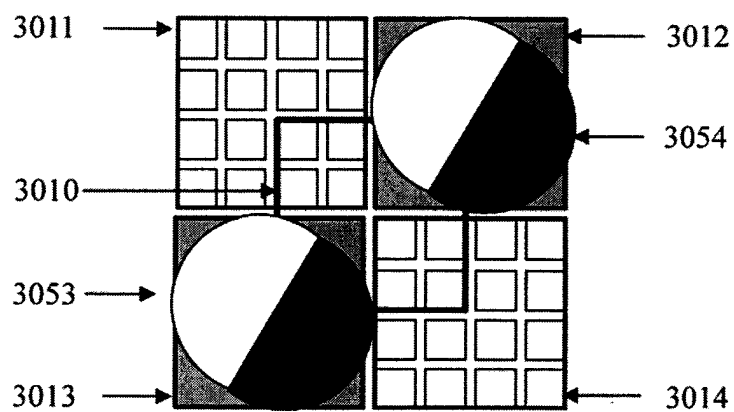


圖 30C

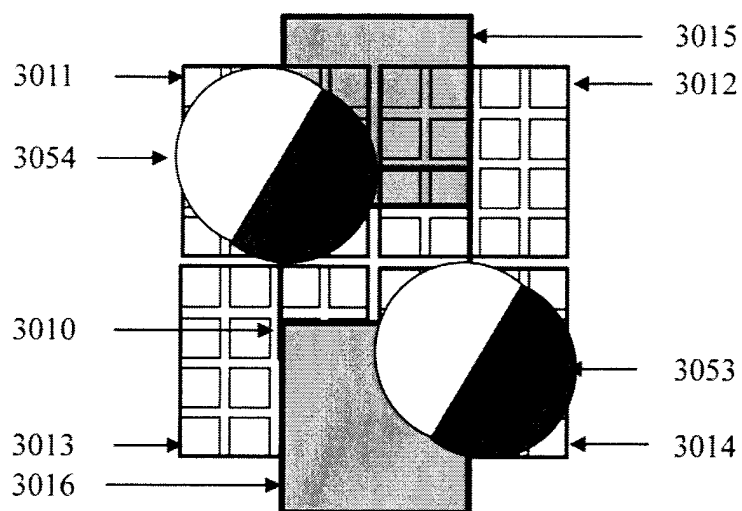


圖 30D

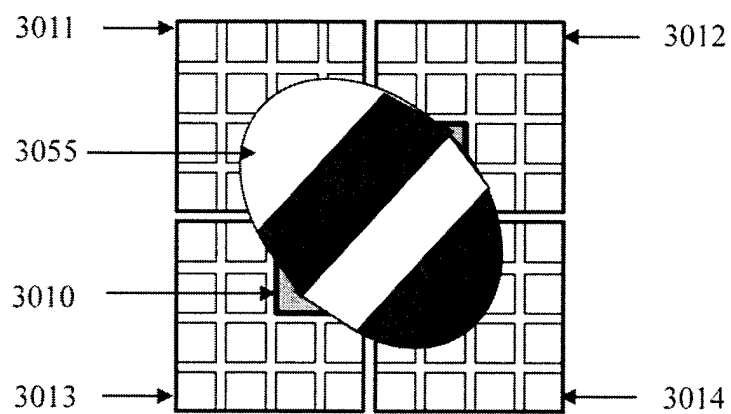


圖 30E

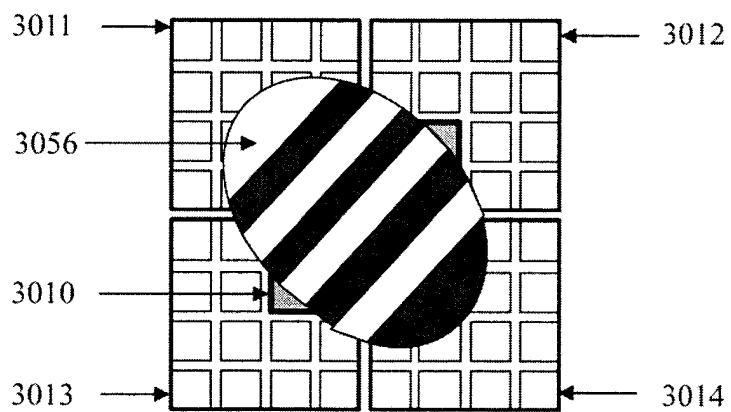


圖 30F

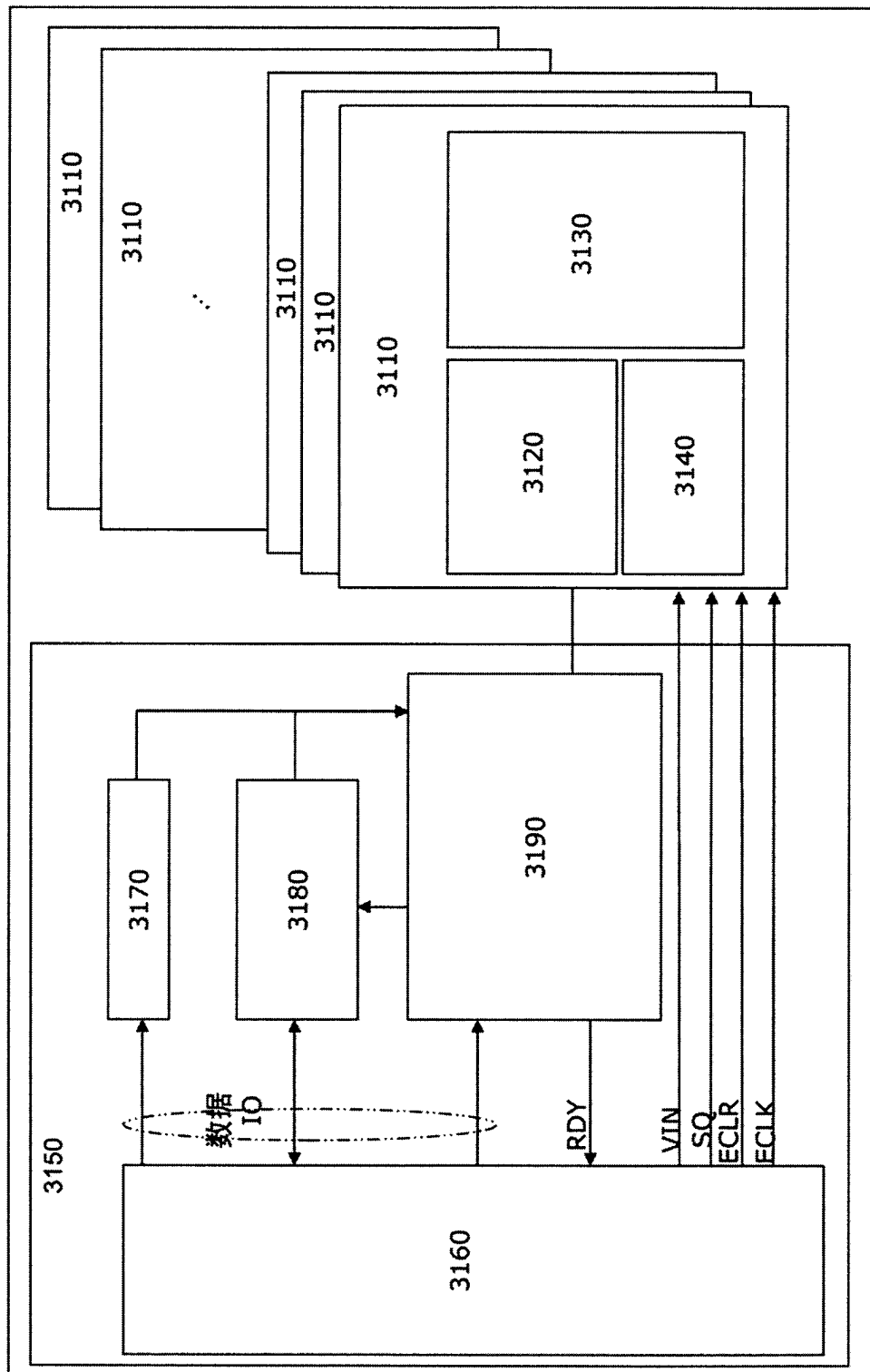


圖 31

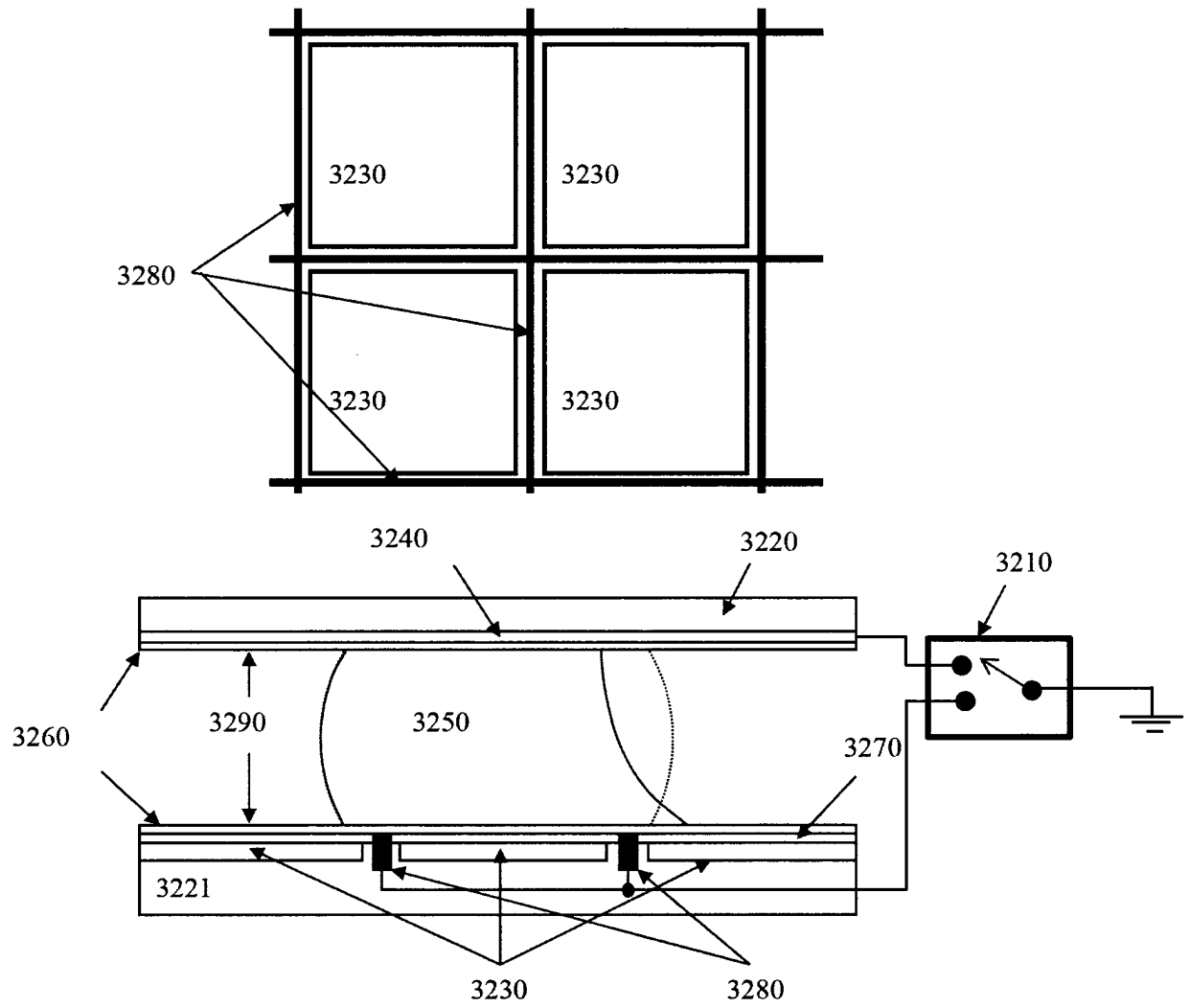


圖 32

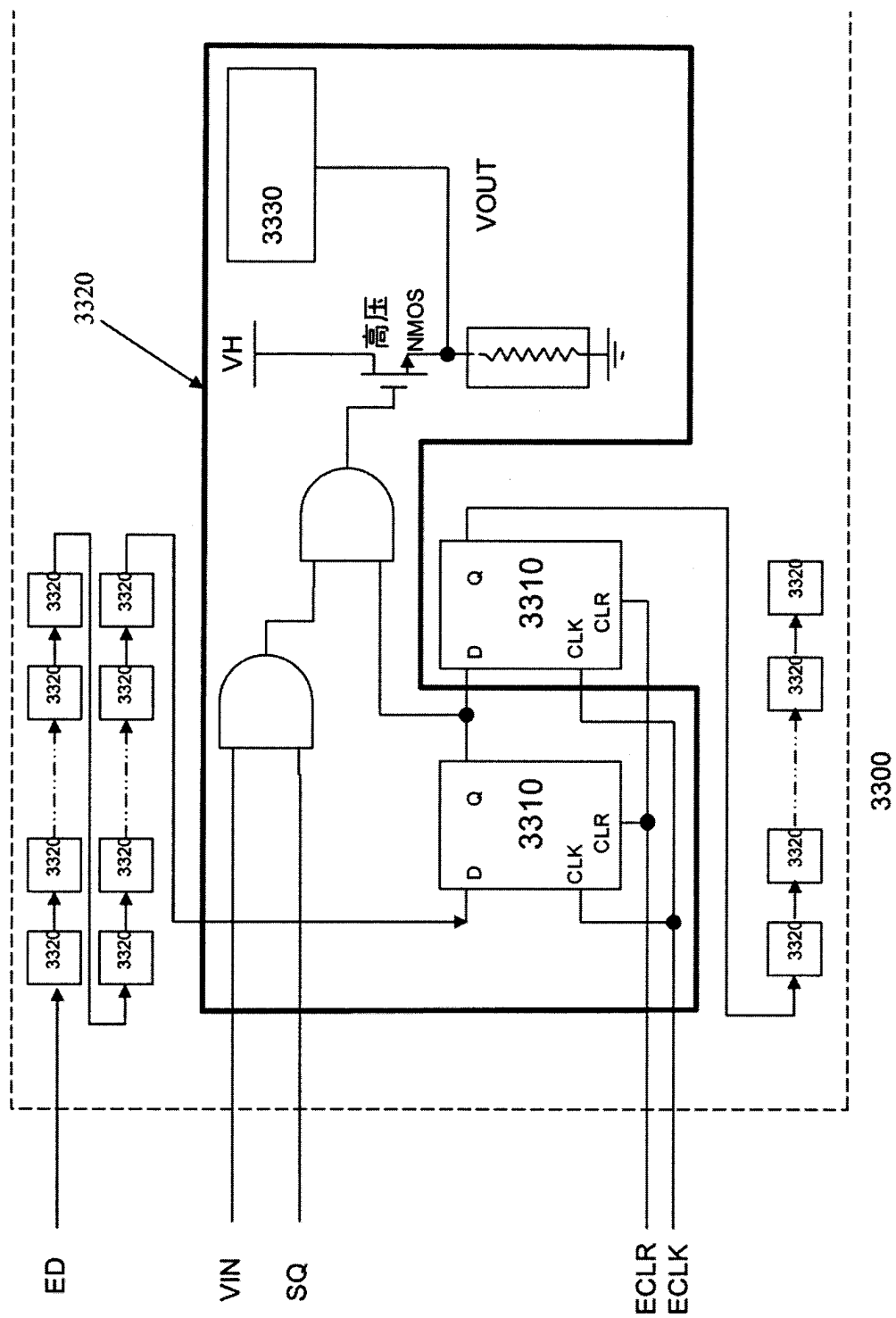


圖 33

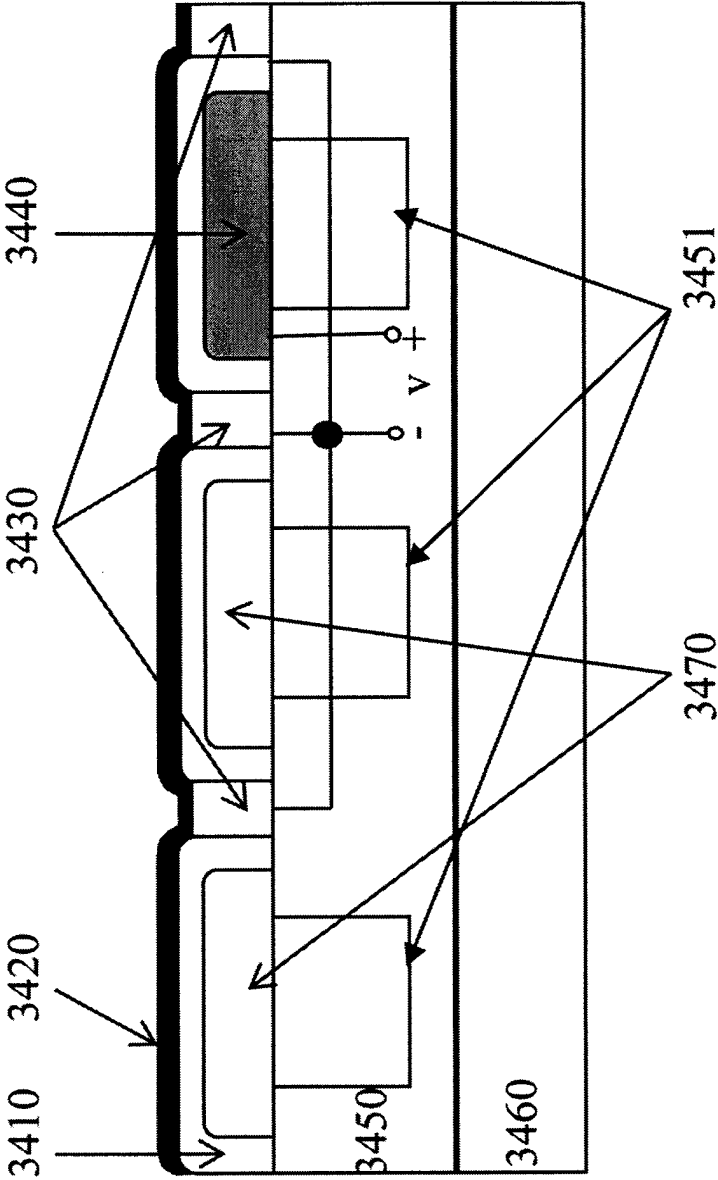


圖 34

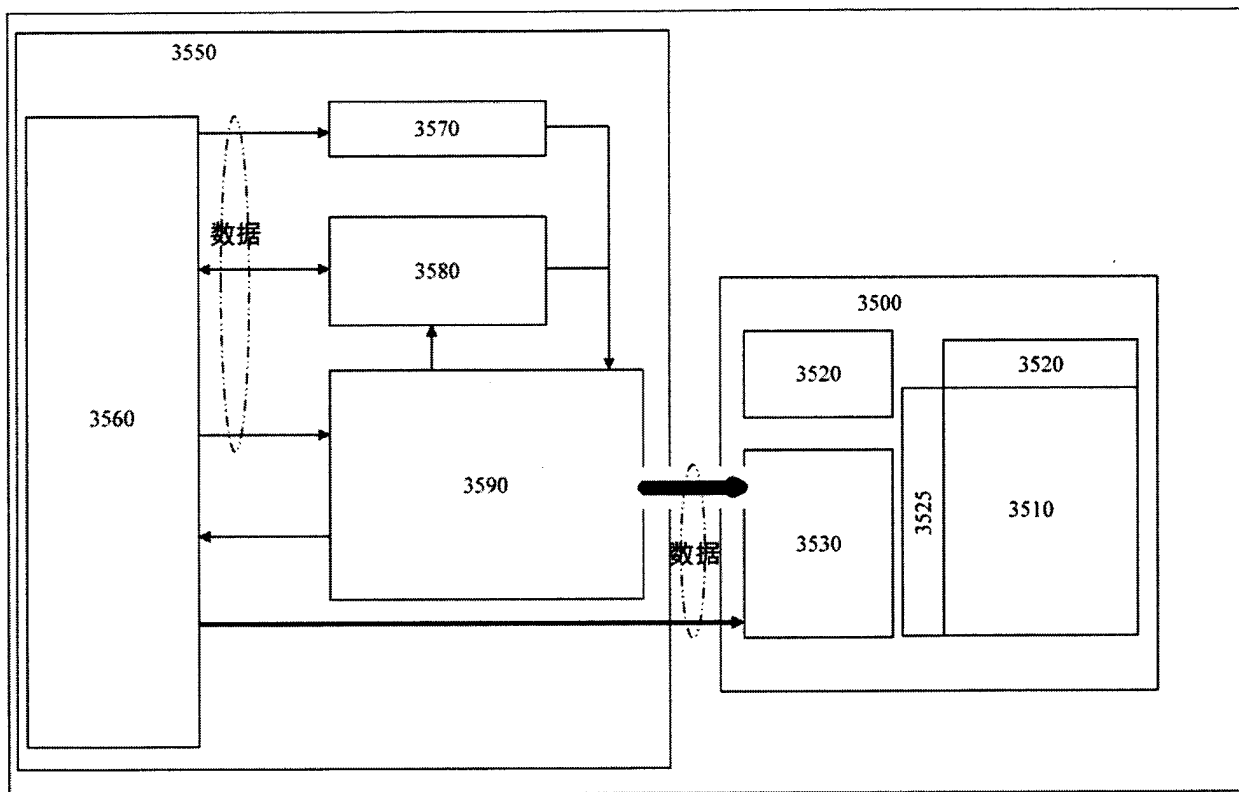


圖 35A

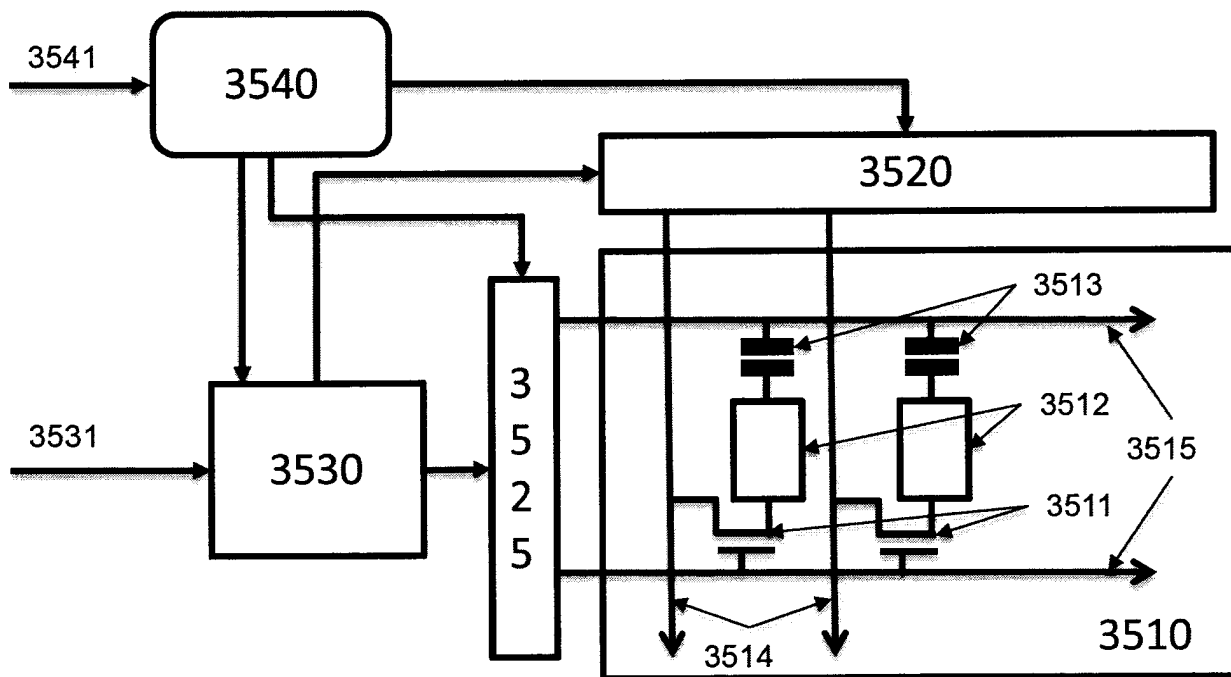


圖 35B

3520

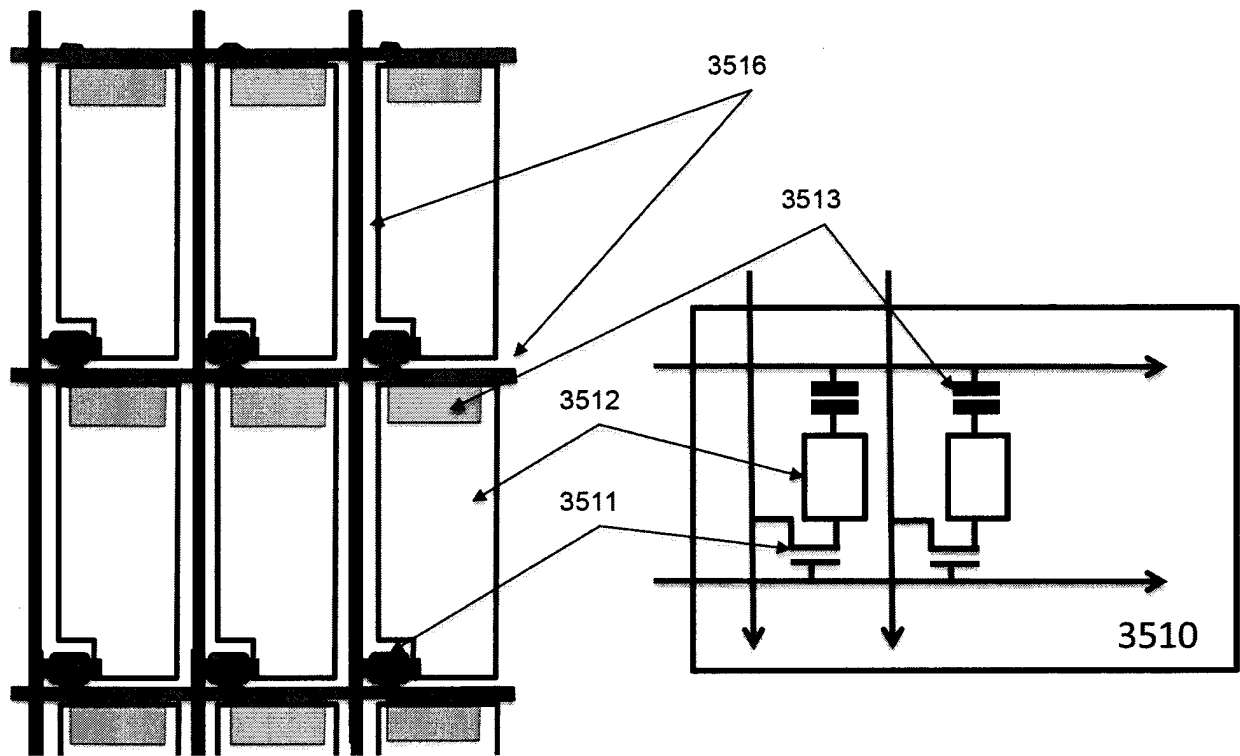


圖 35C

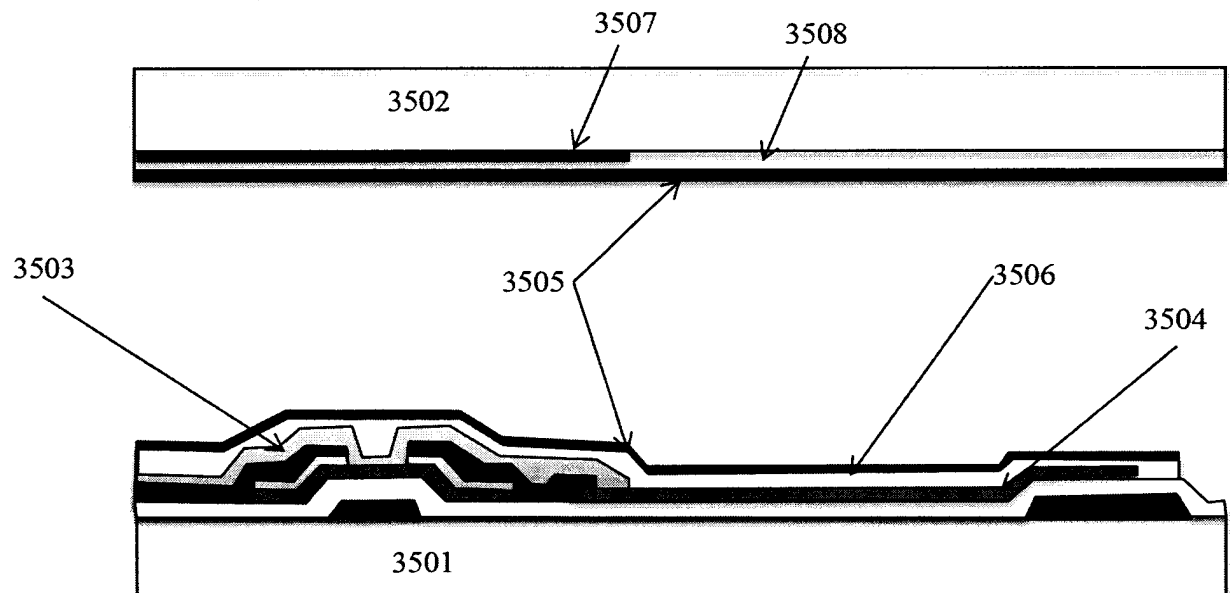


圖 35D



圖 36

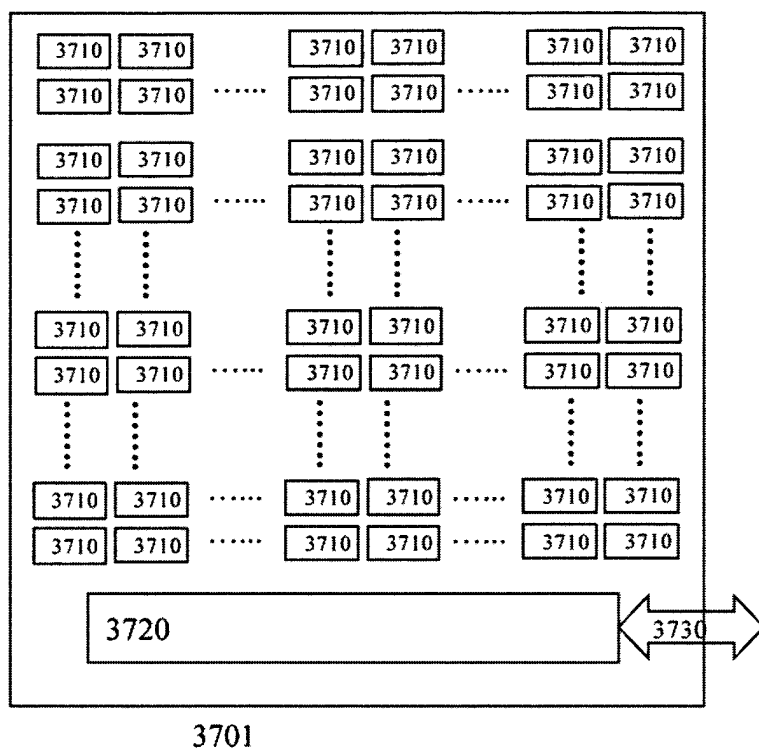


圖 37A

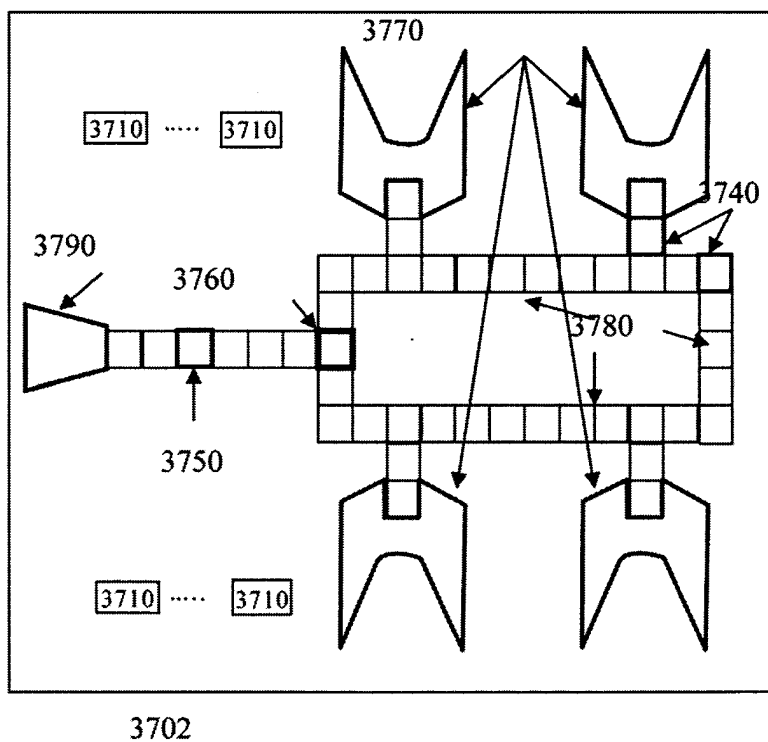


圖 37B

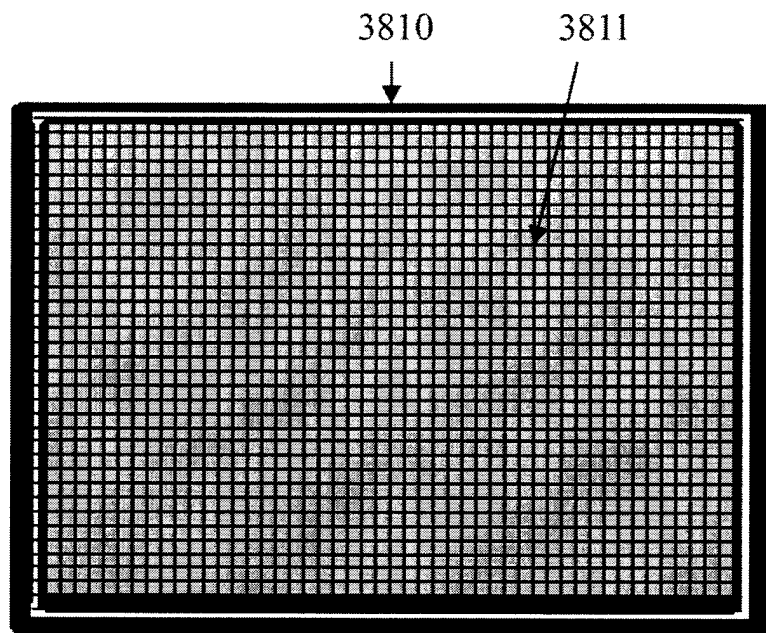


圖 38A

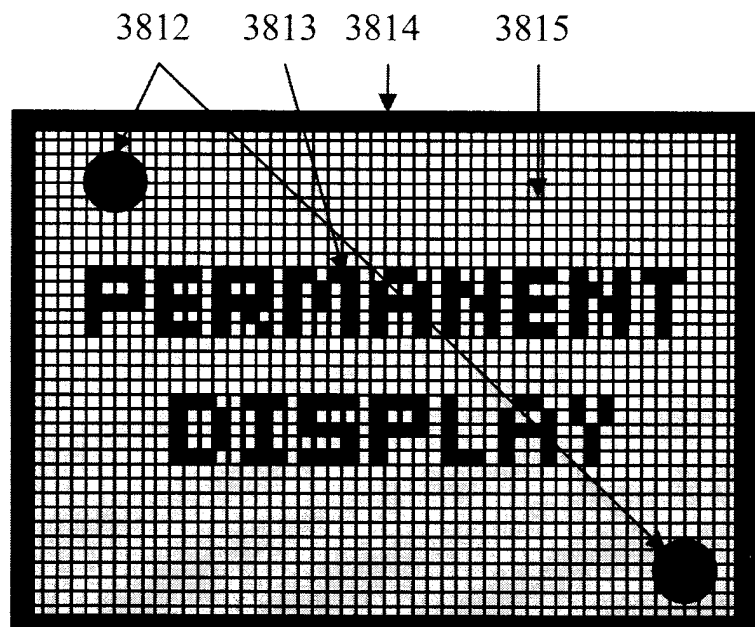


圖 38B

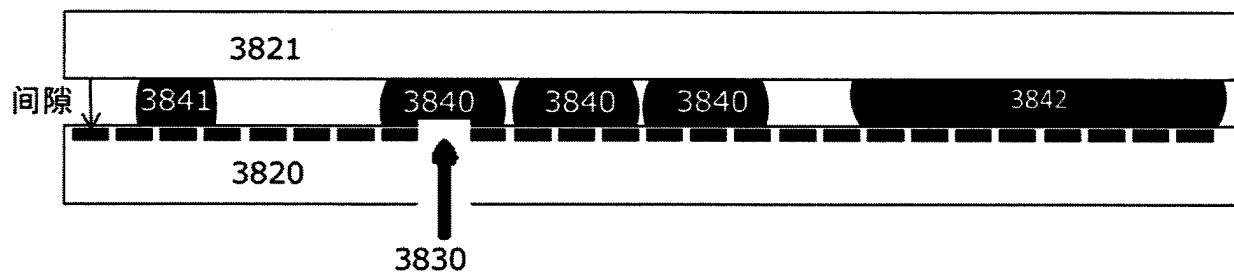


圖 38C

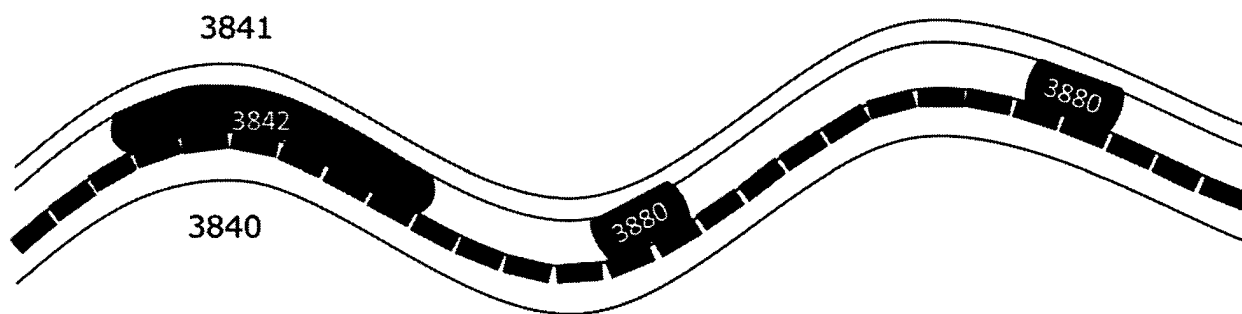


圖 38D

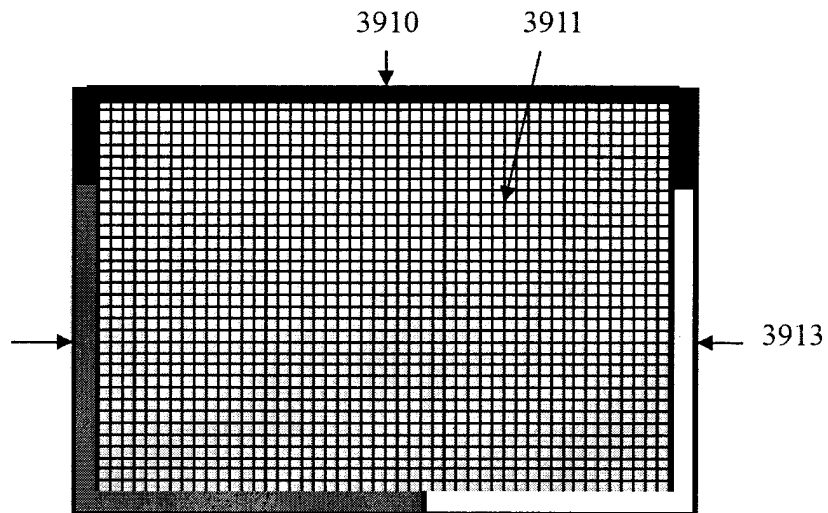


圖 39A

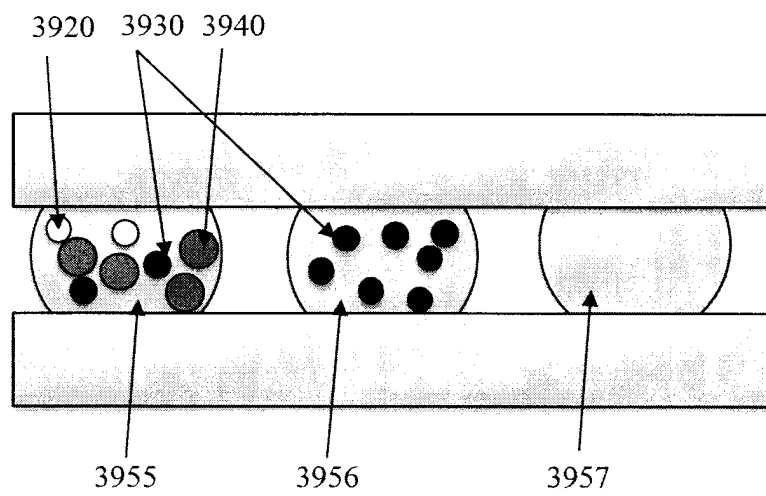


圖 39B

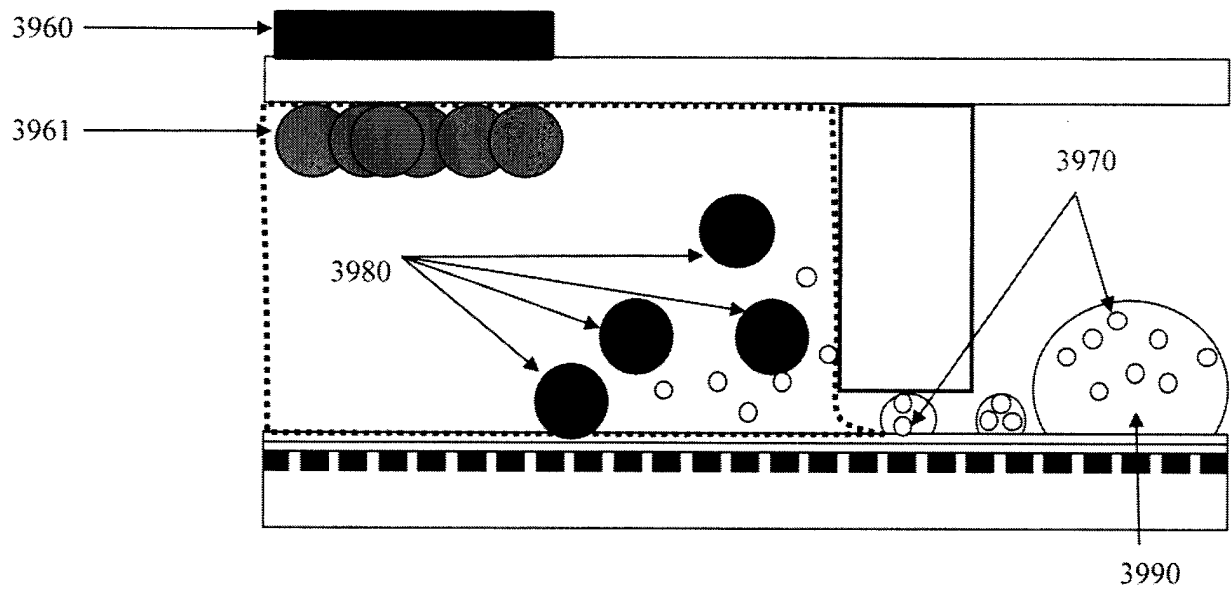


圖 39C

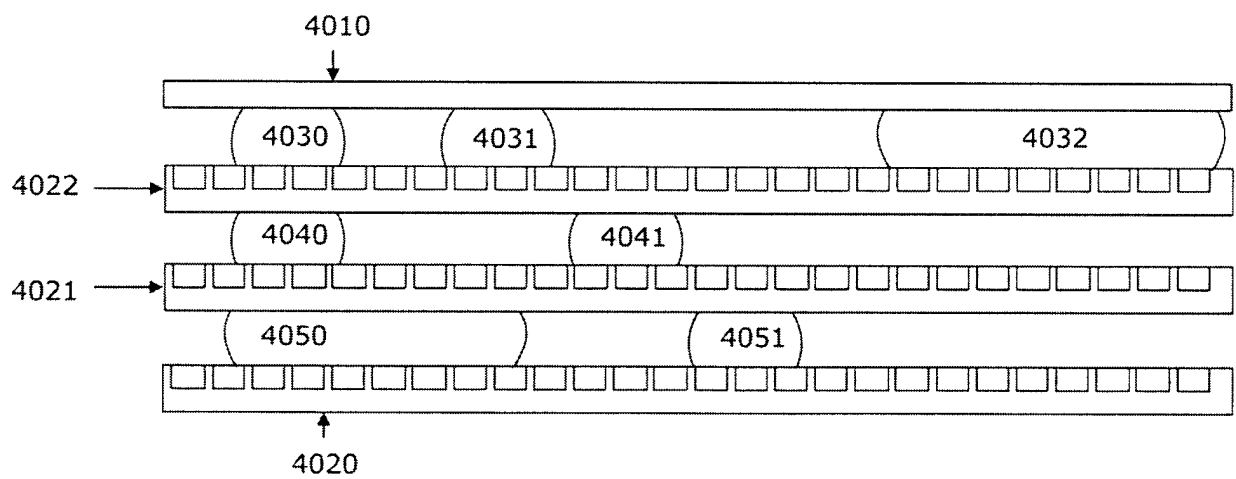


圖 40

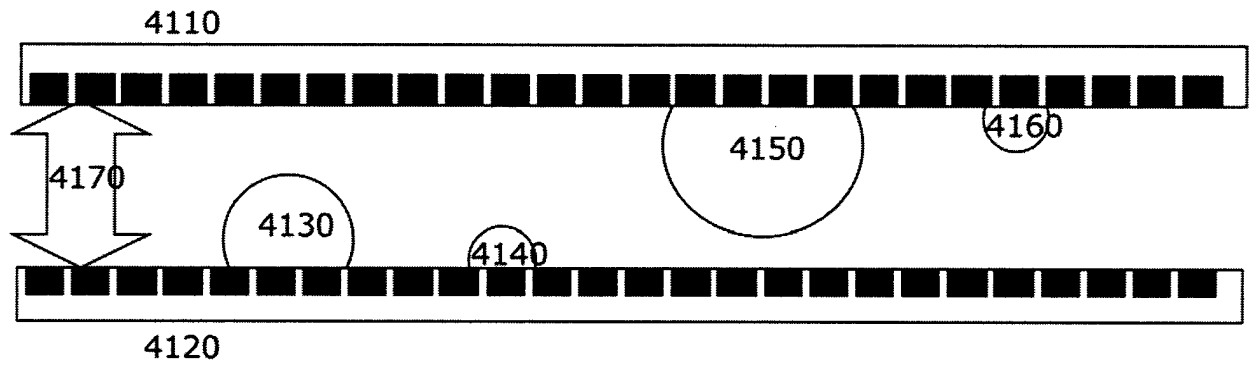


圖 41

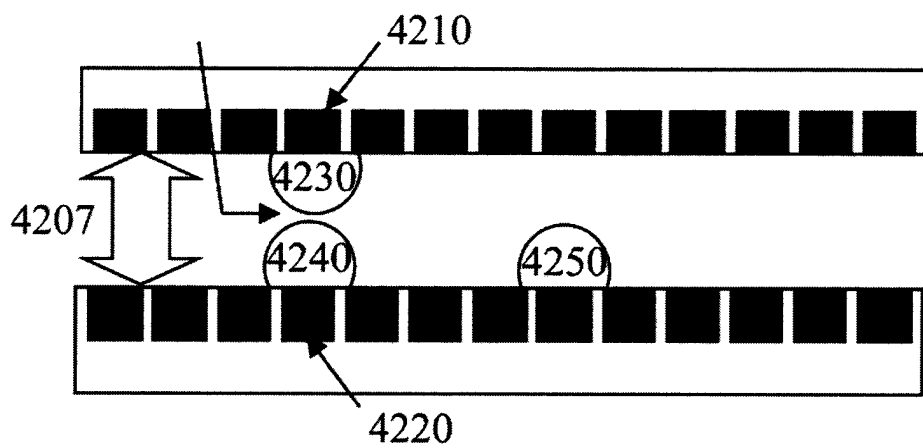


圖 42A

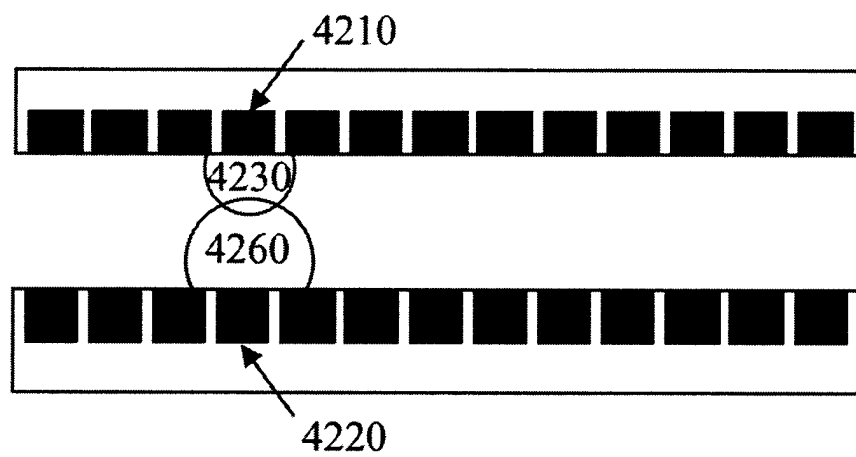


圖 42B

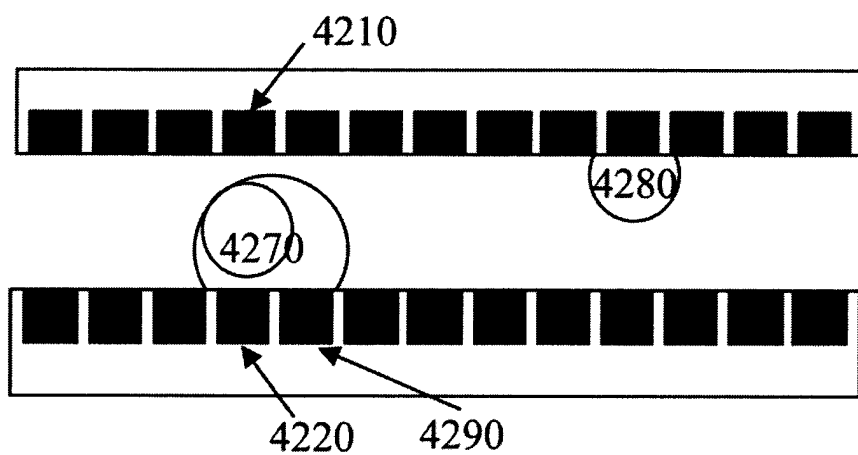


圖 42C

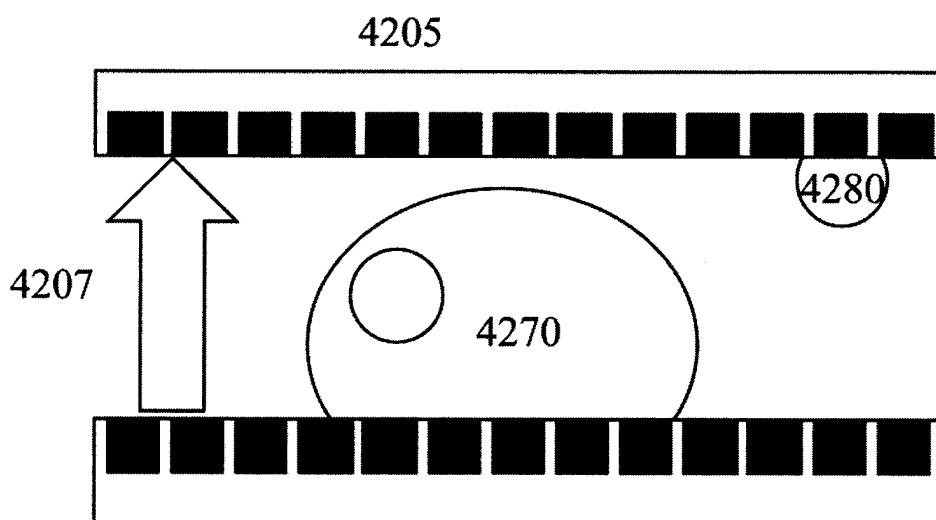


圖 42D

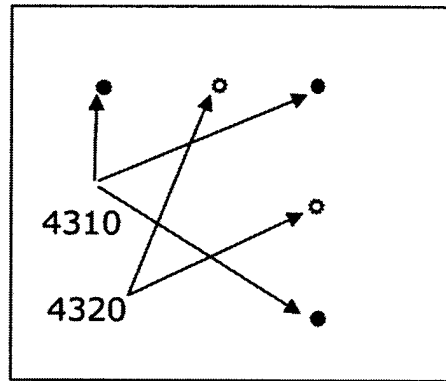


圖 43A

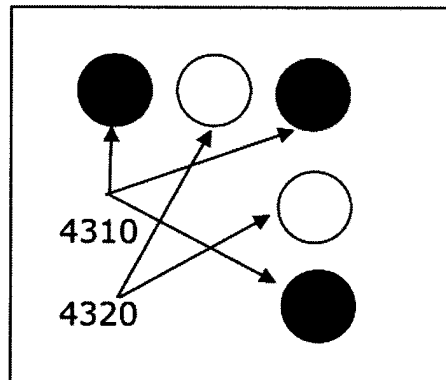


圖 43B

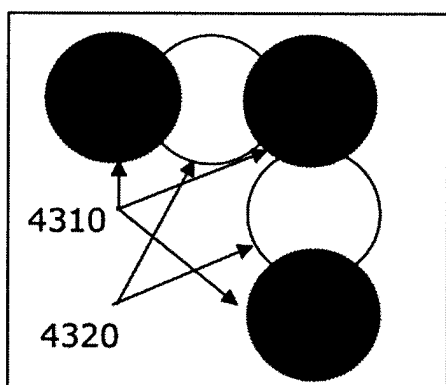


圖 43C

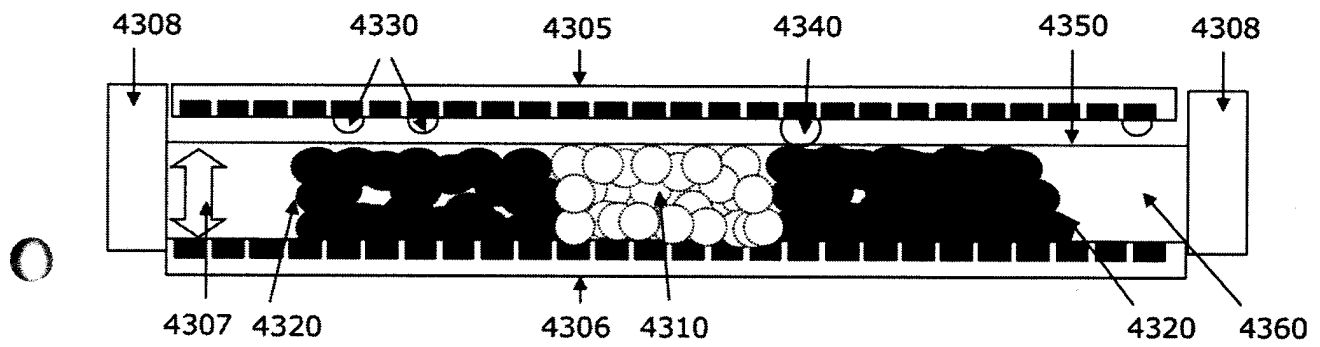


圖 43D

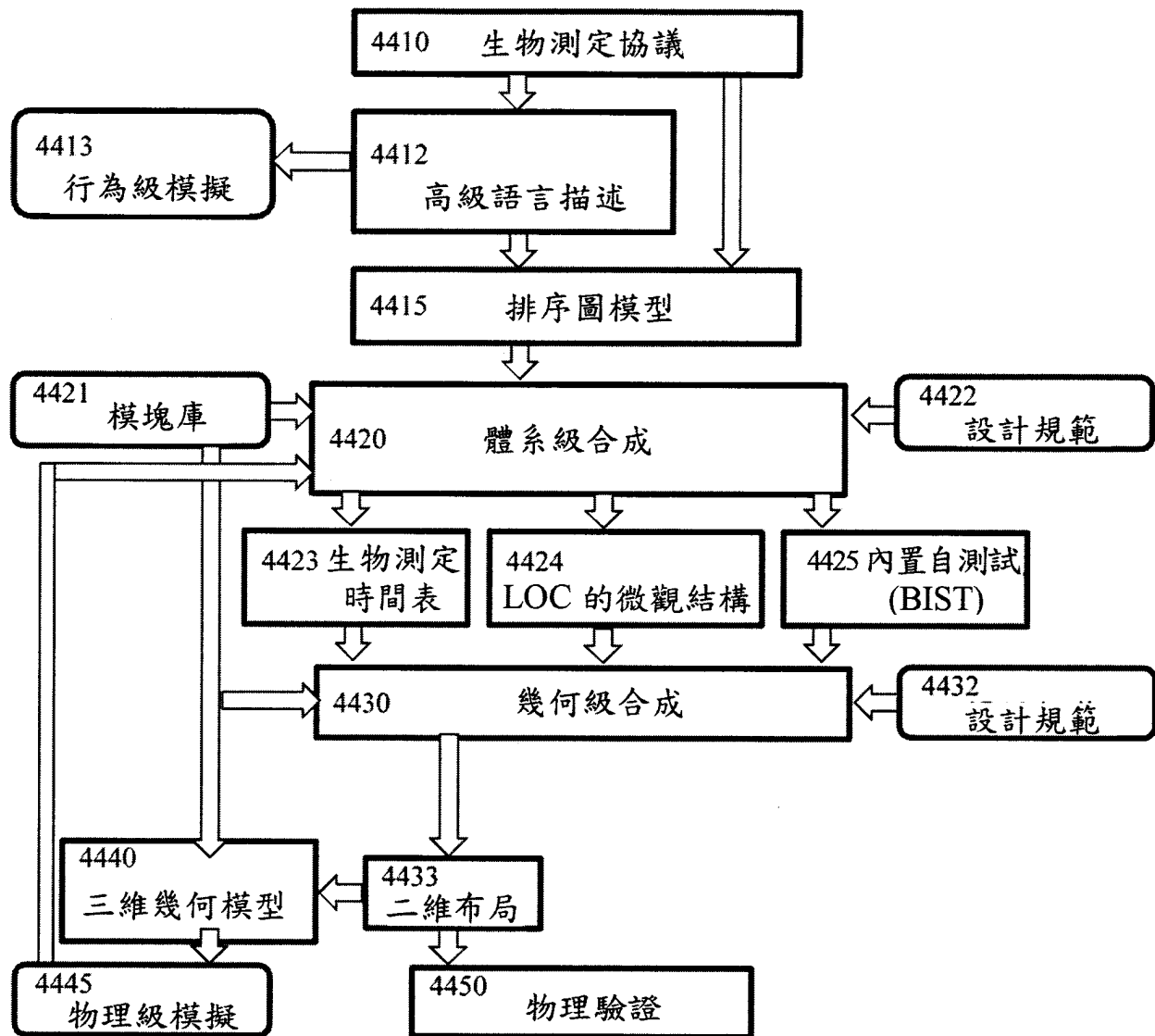


圖 44

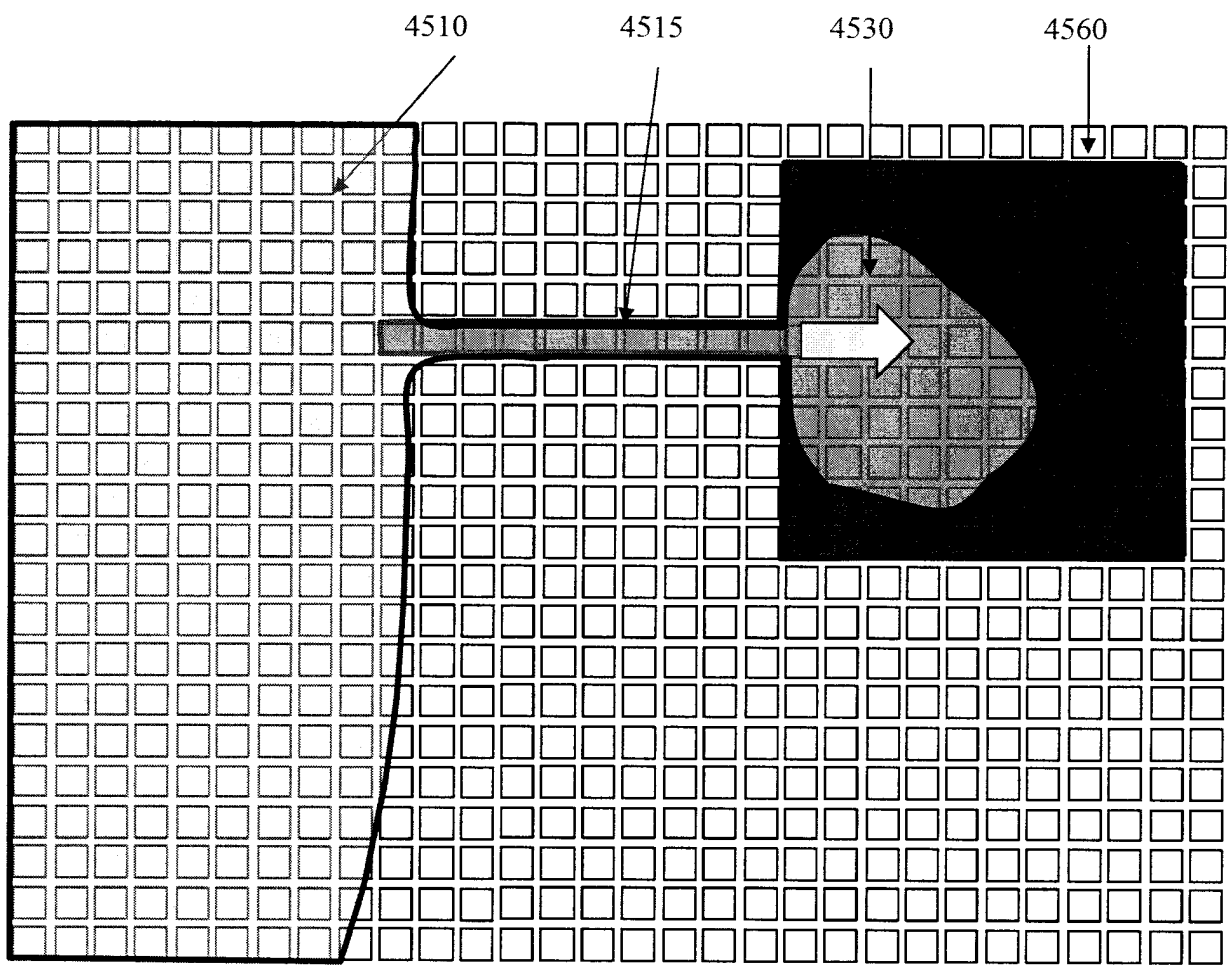


圖 45A

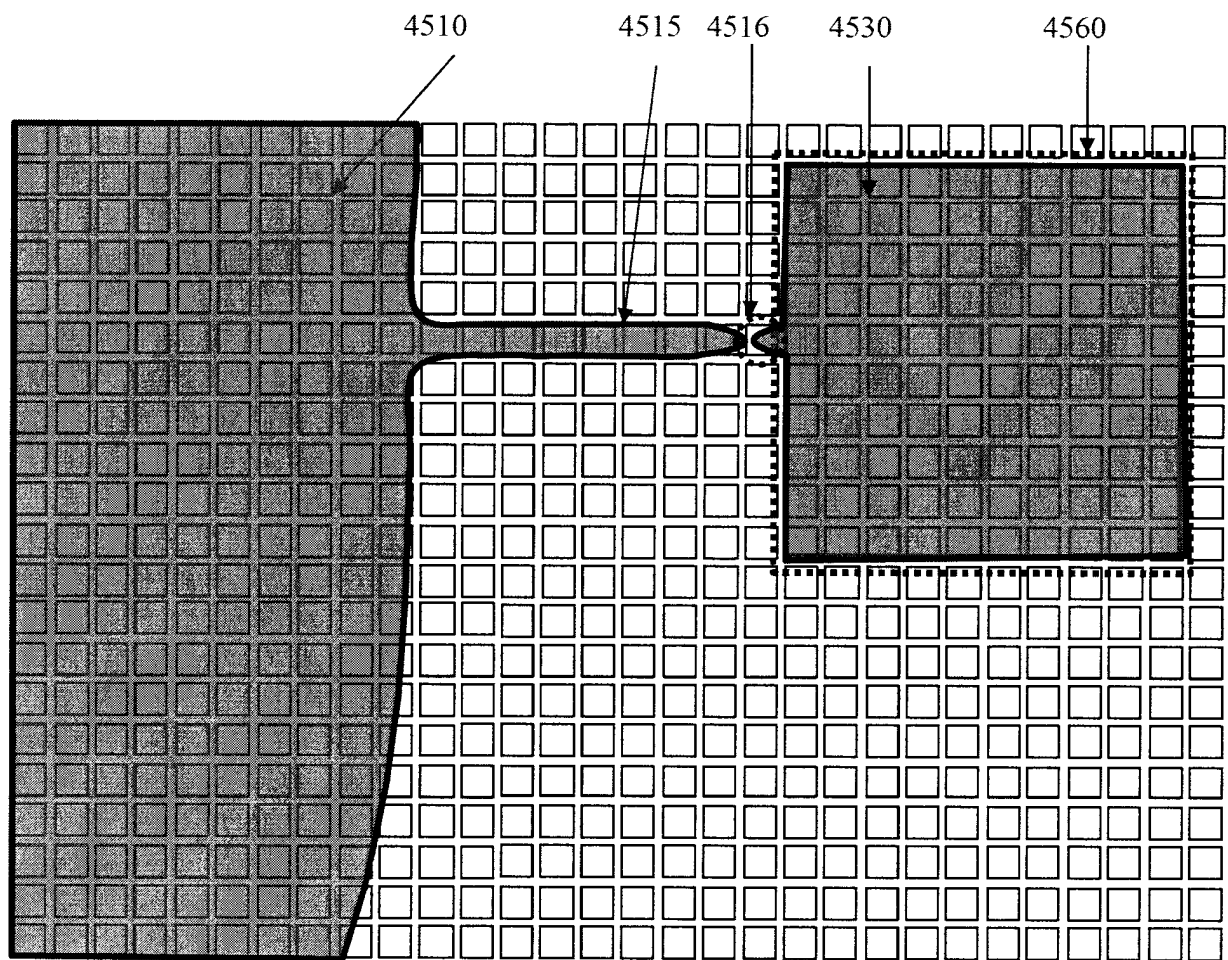


圖 45B

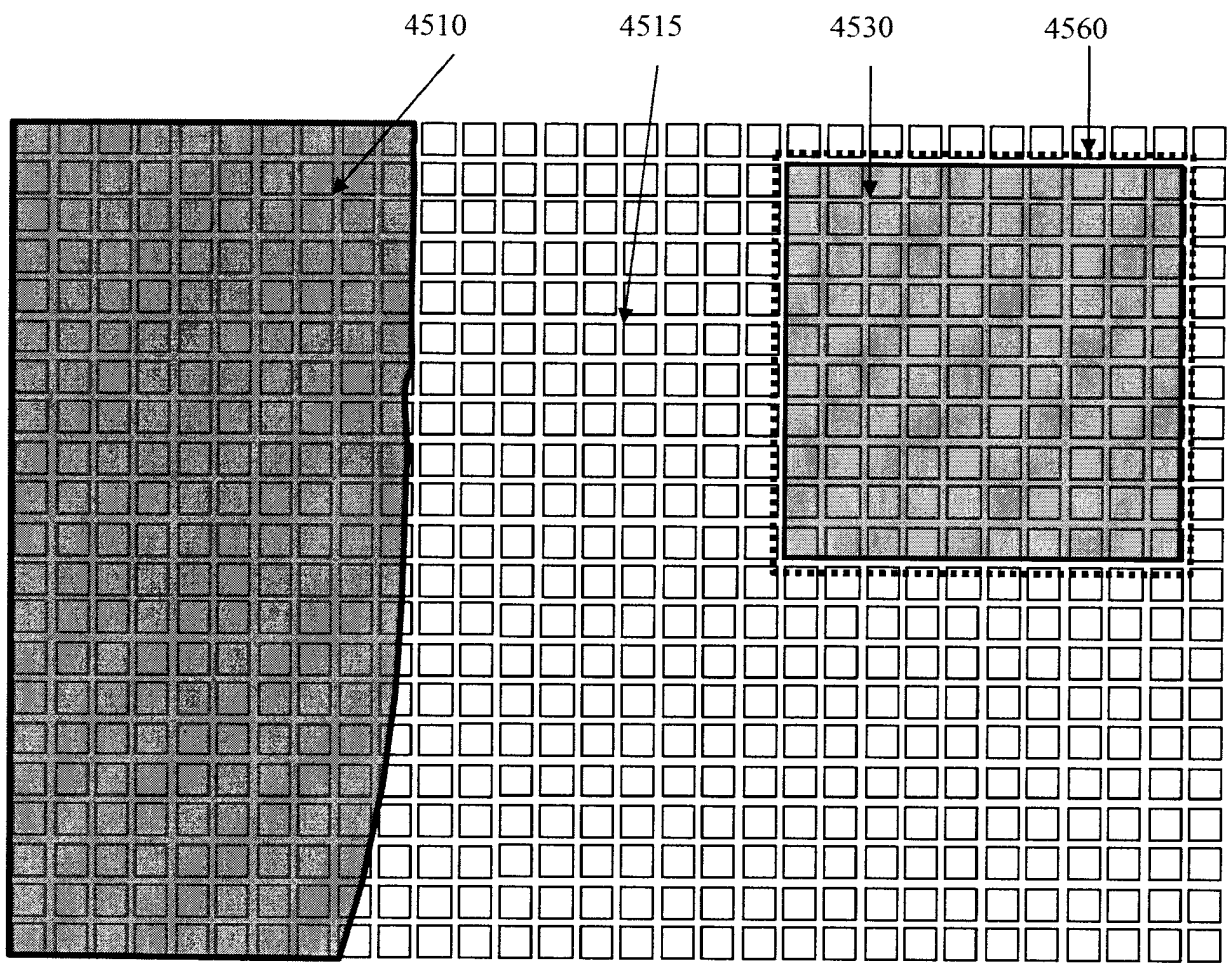


圖 45C

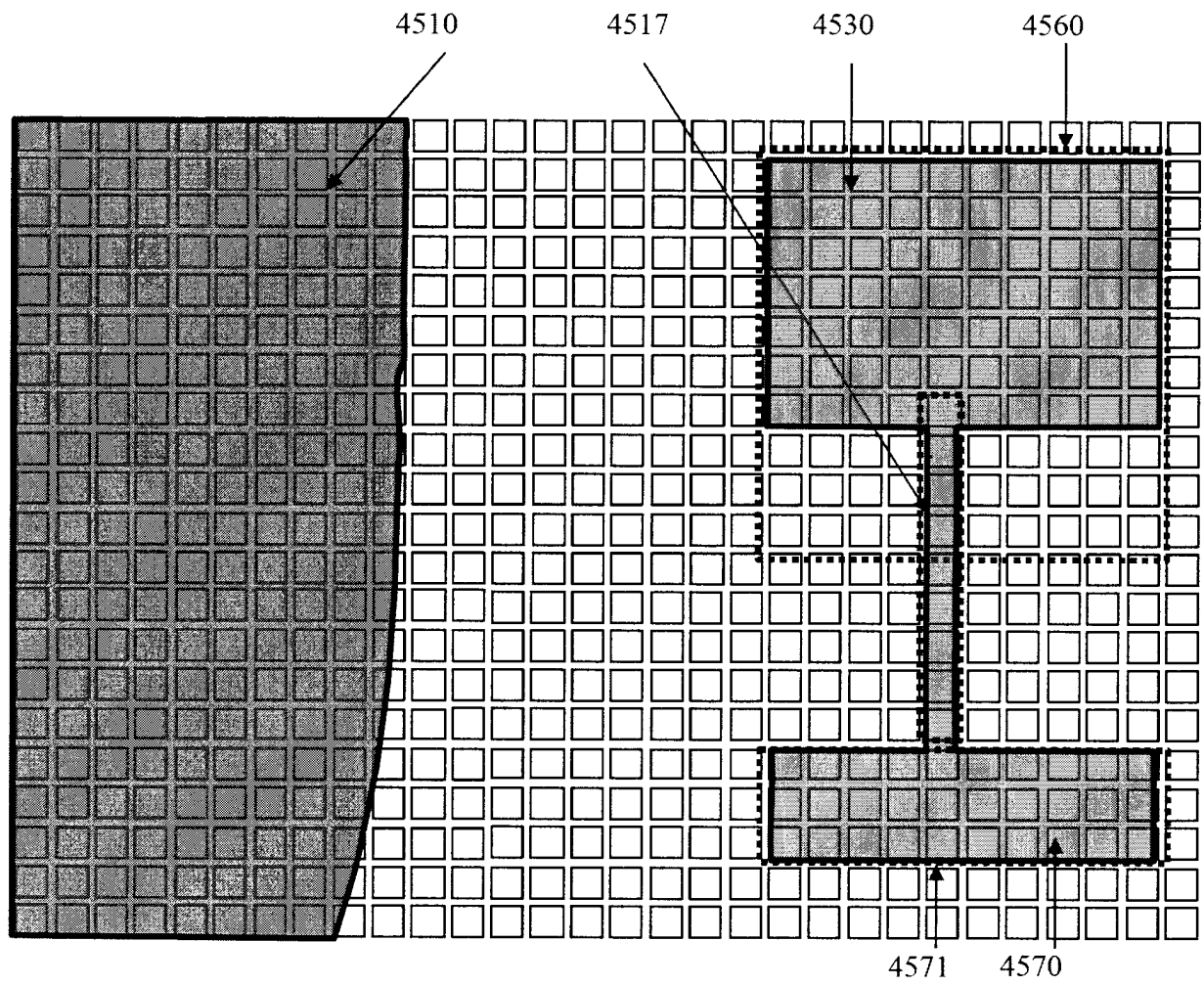


圖 45D

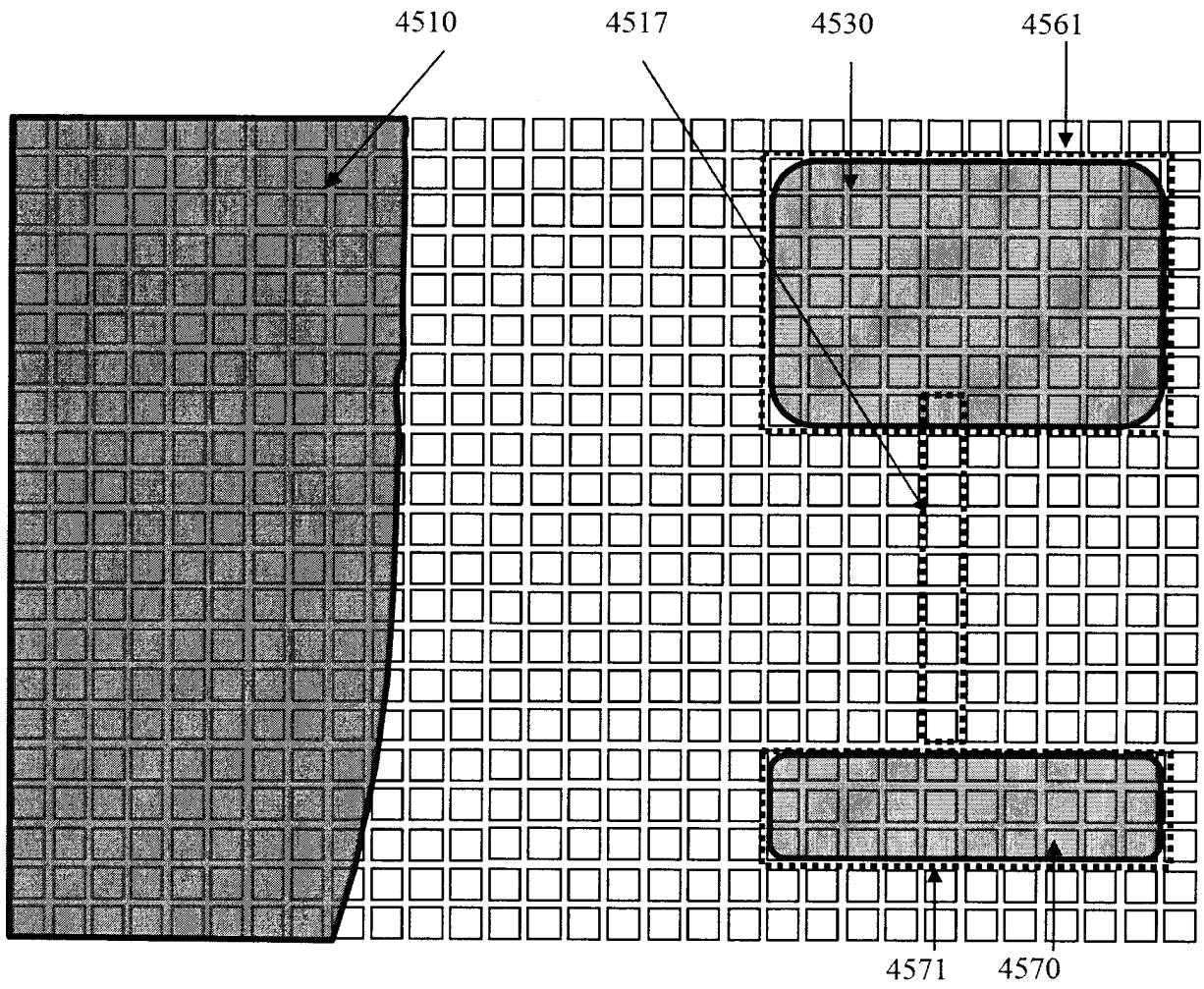


圖 45E

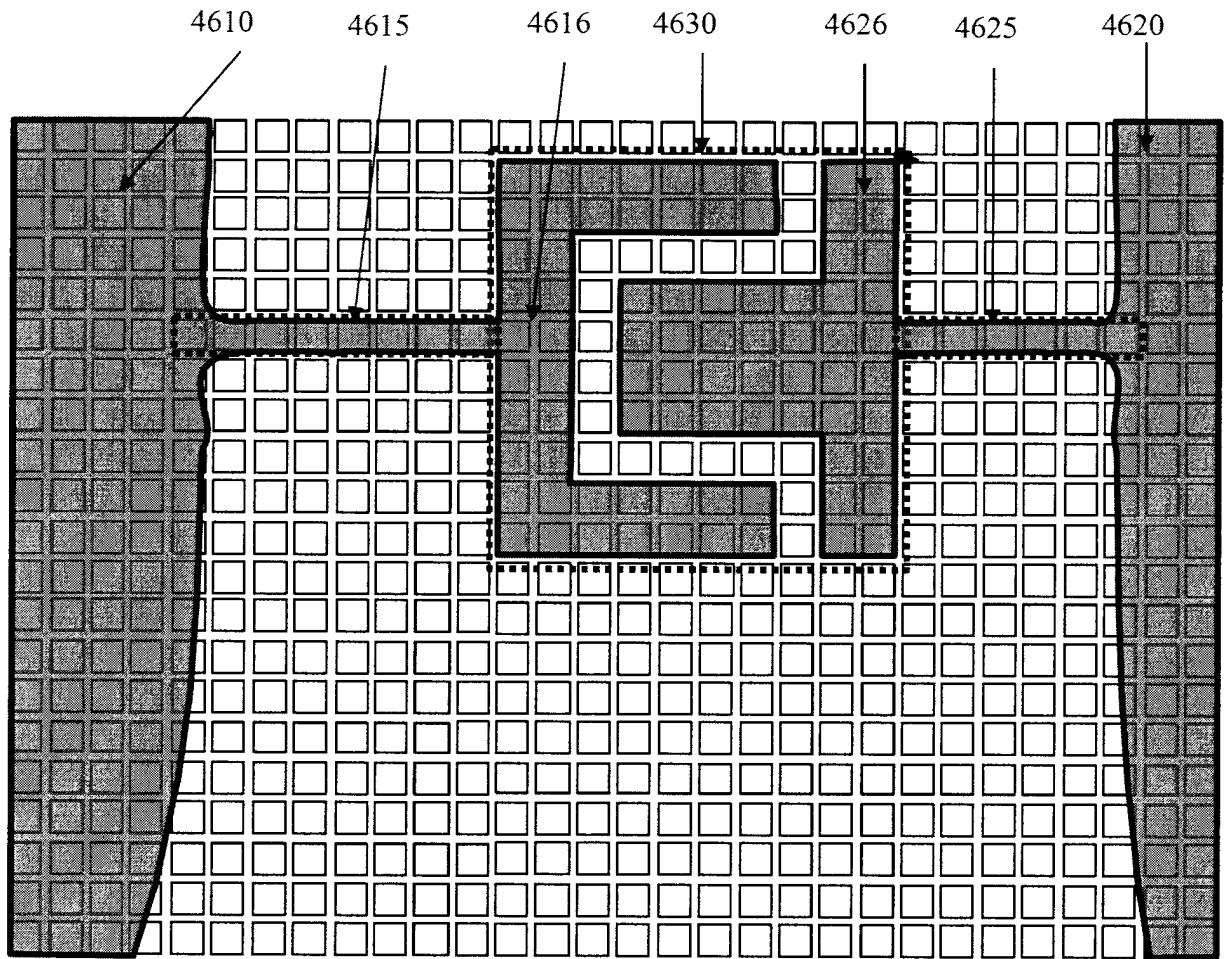


圖 46A

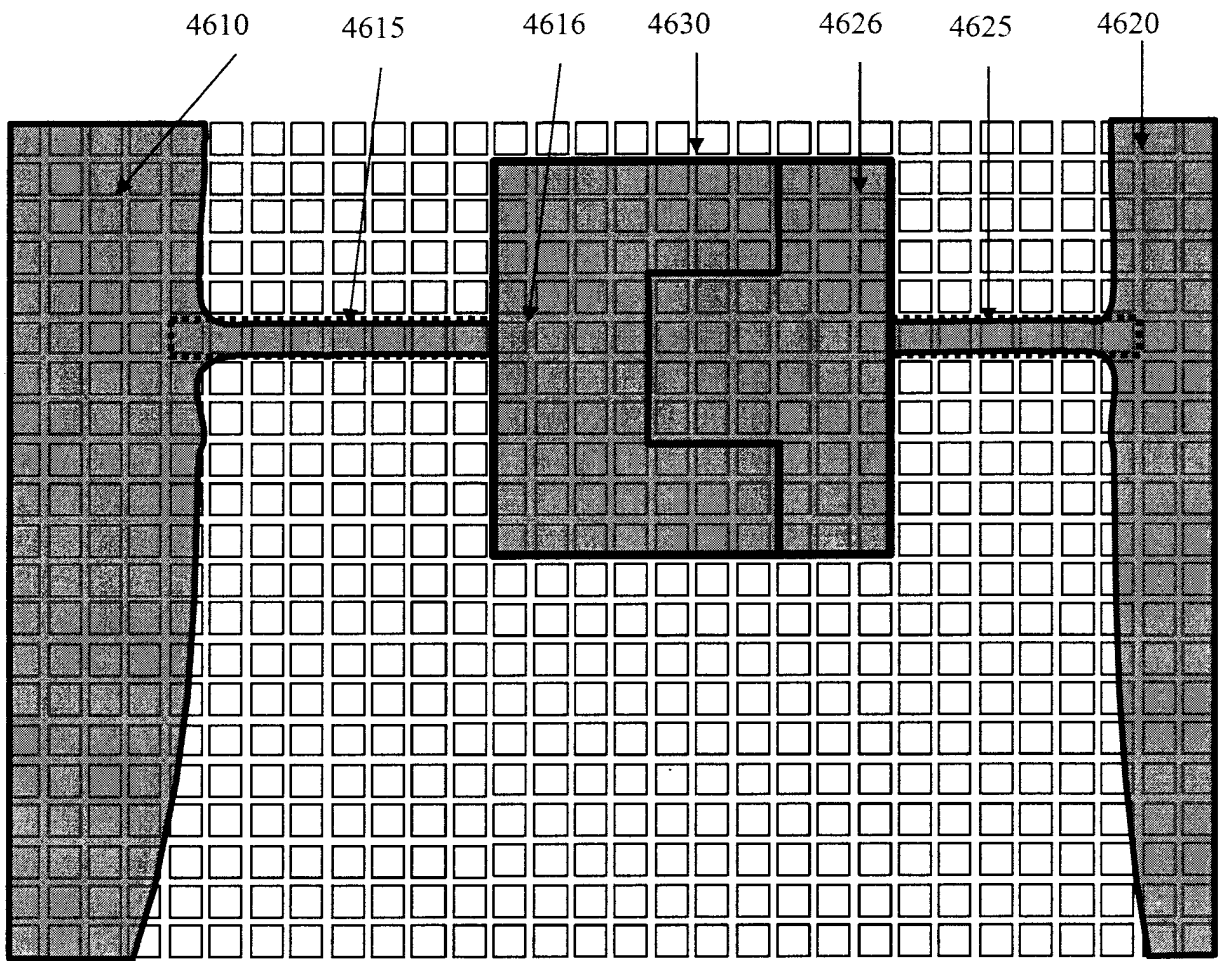


圖 46B

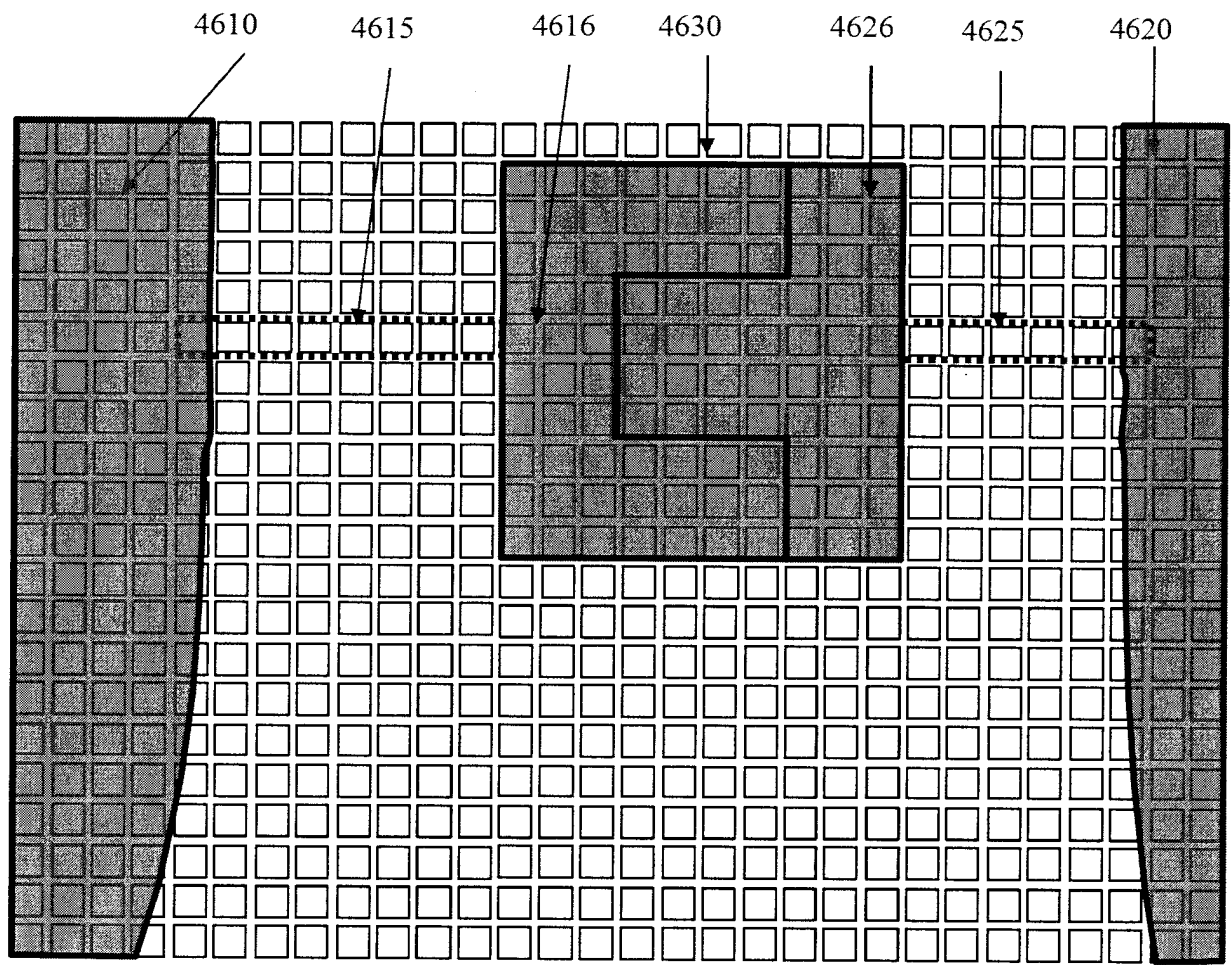


圖 46C