



(21)申請案號：100138536

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 10 月 24 日

(51)Int. Cl. : **H01L21/20 (2006.01)**

(30)優先權：2011/04/21 美國 13/091,440

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

新竹市新竹科學工業園區力行六路 8 號

(72)發明人：顏孝聰 YEN, HSIAOTSUNG (TW)；陳煥能 CHEN, HUANNENG (TW)；林佑霖
LIN, YULING (TW)；郭晉璋 KUO, CHINWEI (TW)；陳美秀 CHEN, MEISHOW
(TW)；陳和祥 CHEN, HOHSIANG (TW)；鄭敏祺 JENG, MINCHIE (TW)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

(56)參考文獻：

US 2008/0204183A1

審查人員：張靖輝

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：6 共 24 頁

(54)名稱

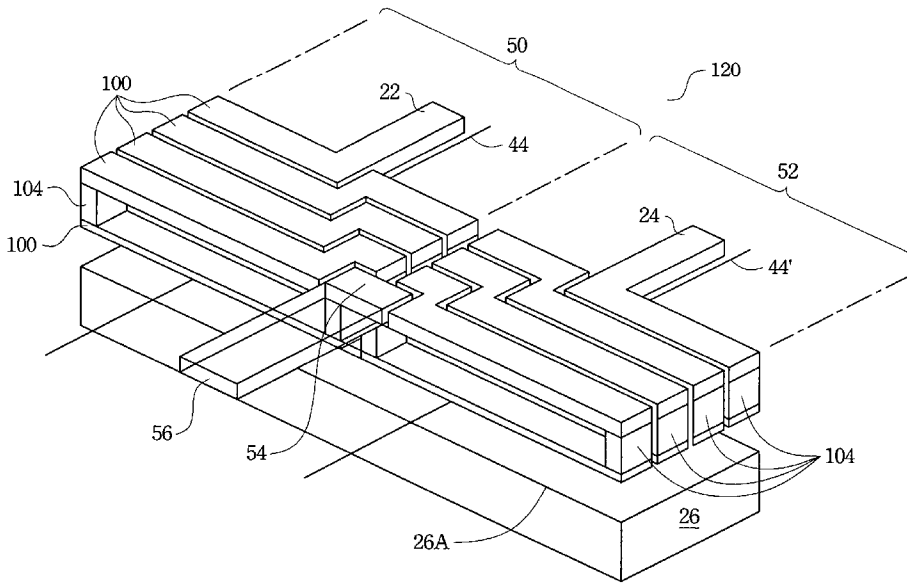
延伸於垂直面之緊密的垂直電感器

COMPACT VERTICAL INDUCTORS EXTENDING IN VERTICAL PLANES

(57)摘要

一種元件包含基材，和位於基材上之垂直電感器。垂直電感器包含由金屬所形成的複數個部分，其中每一個部分係延伸在垂直於基材之一主要表面的複數個平面其中一者中。金屬線內連接垂直電感器之此些部分其中多個相鄰者。

A device includes a substrate, and a vertical inductor over the substrate. The vertical inductor includes a plurality of parts formed of metal, wherein each of the parts extends in one of a plurality of planes perpendicular to a major surface of the substrate. Metal lines interconnect neighboring ones of the plurality of parts of the vertical inductor.



第 6 圖

- 22 . . . 埠
- 24 . . . 埠
- 26 . . . 基材
- 26A . . . 主要表面
- 44 . . . 軸
- 44' . . . 軸
- 50 . . . 電感器
- 52 . . . 電感器
- 54 . . . 金屬線
- 56 . . . 金屬線
- 100 . . . 金屬線/墊
- 104 . . . 金屬行
- 120 . . . 電感器

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：100138536

※申請日：100.10.24 ※IPC 分類：H01L 21/20 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

延伸於垂直面之緊密的垂直電感器

Compact Vertical Inductors Extending in Vertical Planes

二、中文發明摘要：

一種元件包含基材，和位於基材上之垂直電感器。垂直電感器包含由金屬所形成的複數個部分，其中每一個部分係延伸在垂直於基材之一主要表面的複數個平面其中一者中。金屬線內連接垂直電感器之此些部分其中多個相鄰者。

三、英文發明摘要：

A device includes a substrate, and a vertical inductor over the substrate. The vertical inductor includes a plurality of parts formed of metal, wherein each of the parts extends in one of a plurality of planes perpendicular to a major surface of the substrate. Metal lines interconnect neighboring ones of the plurality of parts of the vertical inductor.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(6)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

22：埠	24：埠
26：基材	26A：主要表面
44：軸	44'：軸
50：電感器	52：電感器
54：金屬線	56：金屬線
100：金屬線/墊	104：金屬行
120：電感器	

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本揭露係有關於一種電感器結構的延伸排列方式，且特別係有關於電感器延伸於垂直面的結構排列。

【先前技術】

電感器係許多積體電路中的必要元件，例如：射頻(Radio-Frequency；RF)電路。電感器具有高電感值係常被要求的。然而，因為高電感值需以高晶片面積使用為代價來達成，故在積體電路中難以達成此要求。

為改善電感器的電感值，三維立體的電感器被發展出來，其中一電感器可形成於複數個金屬層中，以形成螺旋形狀，而不同金屬層中電感器的複數個部分係互相內連接。然而，電感器的進一步改良仍受到限制，例如：由於金屬層和各自之半導體基材間之愈來愈小的距離；形成虛擬圖案的要求；和半導體基材中之不受歡迎的渦電流的緣故。

【發明內容】

本發明之目的係提供一種電感器結構的排列方式，藉由延伸於垂直面的結構排列方式，以形成垂直電感器，來改進電感值密度至高於習知螺旋電感器之電感值密度。

依據本發明一實施例，一種緊密垂直電感器元件包含有基材和垂直電感器，且此垂直電感器係位於基材上。

此垂直電感器包含有複數個由金屬形成的部分，其中每一個部分係延伸在垂直於基材之一主要表面的複數個平面其中一者中。金屬線內連接垂直電感器之此些部分其中多個相鄰者。

依據本發明另一實施例，一種緊密垂直電感器元件包含有基材、複數個金屬層和垂直電感器，且此些金屬層係位於基材上。此垂直電感器包含有複數個由金屬形成的部分和位於每一個此些部分中之螺旋金屬特徵。螺旋金屬特徵於複數個金屬層中包含有複數個金屬線，且複數個介層窗內連接此些金屬線。螺旋金屬特徵係沿著垂直於基材主要表面之垂直平面而延伸。複數個金屬線內連接此些部分。

依據本發明又一實施例，一種緊密垂直電感器元件包含有基材和垂直電感器，且此垂直電感器係位於基材上。此垂直電感器包含有由金屬形成之線圈，且線圈之軸係延伸於平行基材之主要表面的方向中。

本發明之優點為，藉由電感器延伸於垂直面的結構以形成垂直電感器，可使其電感值密度高於習知螺旋電感器之電感值密度。並進而結合兩垂直電感器形成對稱之單一電感器，來獲得更高之電感值密度，而滿足積體電路之需求。

【實施方式】

以下仔細討論本揭露實施例之製造和使用。然而，應體會到的是，實施例提供許多可應用的發明概念，其

可實施於各式各樣的特定內容中。所討論之特定實施例僅為說明，並不限定本發明之範圍。

根據一實施例，提供一垂直電感器。實施例的變化被接續討論。在各種視圖和說明性實施例的全部內容中，相似的參考符號係被用以指定相似的元件。

第 1 圖係繪示根據一實施例之電感器 20 的透視圖。電感器 20 包含埠 (Port) 22 和埠 24。注入埠 22 之電流 (未繪示) 因而可流至埠 24，且反之亦然。電感器 20 係形成於基材 26 上，基材 26 可為矽基材、介質基材，或其相似物。於所繪示的例示實施例中，電感器 20 包含部分 P1 至部分 P4，且此些部分係經由金屬線而內連接在一起。在另一實施例中，電感器 20 可包含更多或更少的部分。

第 2 圖係繪示如第 1 圖所示之結構的剖面圖，其中此剖面圖係由第 1 圖中之平面跨越線 2-2 所獲得。電感器 20 包含形成於複數個金屬層中之複數個部分，於繪示的實施例中，其係繪示為 M1 (各自晶粒/晶圓中之底金屬層) 至 Mtop (各自晶粒/晶圓中之頂金屬層)。然而，可注意的是，電感器 20 可或不包含於底金屬層 M1 和/或頂金屬層 Mtop 中之部分。

如第 2 圖所示，電感器部分 P1 至 P4 係藉由介電區域 34 而被彼此分開，其中每一個介電區域 34 包含位於複數個介電層中之部分，其中形成金屬層 M1 至金屬層 Mtop。部分 P1 係經由金屬線 36 連接至部分 P2。部分 P2 係經由金屬線 38 連接至部分 P3。部分 P3 係經由金屬線 40 連接至部分 P4。在一實施例中，金屬線 36、38 和 40 係位於不

同的金屬層中，雖然此些金屬線亦可形成於相同的金屬層中。因為此些金屬線可位於與所示之平面不同的平面中，故金屬線 36、38 和 40 係以虛線來繪示。金屬線 36、38 和 40 的縱向係平行於基材 26 的主要表面 26A。

第 3A 圖至第 3D 圖係繪示如第 1 圖所示之結構的剖面圖，其中此些剖面圖係各自從第 1 圖中垂直平面跨越線 3A-3A、3B-3B、3C-3C 和 3D-3D 所獲得。請參照第 3A 圖，假設電流 I_1 係從埠 22 流至埠 24，接著，由埠 22 開始，金屬線/墊 100 和介層窗(Vias)102 形成由外側旋轉至內側之螺旋金屬特徵(請參考箭頭 106)，直至到達金屬線 36。

如第 3A 圖和第 3B 圖所示，經由金屬線 36(請仍參照第 2 圖)，電感器 20 之部分 P1 係連接至部分 P2。類似地，由金屬線 36 開始，金屬線 100 和介層窗 102 形成由內側旋轉至外側之螺旋金屬特徵(請參考箭頭 108)，直至到達金屬線 38。如第 3B 圖和第 3C 圖所示，經由金屬線 38(請仍參考第 2 圖)，電感器 20 之部分 P2 係連接至部分 P3。在一實施例中，金屬線 38 可以作為中心標記(Tab)，其中可形成電性連接器至中心標記 38。

請參照第 3C 圖，由金屬線 38 開始，金屬線 100 和介層窗 102 形成由外側旋轉至內側之螺旋金屬特徵(請參考箭頭 110，假設電流 I_1 係被注入)，直至到達金屬線 40。如第 3D 圖所示，經由金屬線 40(請仍參考第 2 圖)，電感器 20 之部分 P3 係連接至部分 P4。再次，在第 3D 圖中，由金屬線 40 開始，金屬線 100 和介層窗 102 形成由內側旋轉至外側之螺旋金屬特徵(請參考箭頭 112)，直至

到達埠 24。

在第 3A 圖至第 3D 圖中，螺旋金屬特徵是由金屬線/墊 100 和介層窗 102 所形成。每一個螺旋金屬特徵可包含具有一矩形之一外金屬特徵，其具有由電感器 20 之頂層中的金屬線 100 和電感器 20 之底層中的金屬線 100 所形成之此矩形的兩側；和由金屬行(Column)104(例如：第 3A 圖)所形成之此矩形的其餘兩側，而金屬行 104 係進一步由金屬線/墊 100 和介層窗 102 所形成。此矩形有一缺口，故其不形成一個環狀。再者，為形成螺旋形狀，額外的金屬線 100 和介層窗 102 係形成於此矩形中且連接至此矩形。

需注意的是，於一或多個實施例中，每一電感器部分 P1 至 P4 之螺旋金屬特徵(如箭頭 106、108、110、112)具有一螺旋方向(如箭頭所指之方向)，每兩相鄰部份 P1 至 P4 之螺旋金屬特徵之螺旋方向相反。舉例而言，部份 P1 之螺旋方向(如第 3A 圖中箭頭 106 所指之方向)與部份 P2 之螺旋方向(如第 3B 圖中箭頭 108 所指之方向)相反，而部份 P2 之螺旋方向(如第 3B 圖中箭頭 108 所指之方向)與部份 P3 之螺旋方向(如第 3C 圖中箭頭 110 所指之方向)相反。

此種設計用以達成於電感中的電流以同一方向(順時針或逆時針)流動，使電流由部份 P1 之螺旋金屬特徵(如箭頭 106)之外部流至內部，再由部份 P2 之螺旋金屬特徵(如箭頭 108)之內部流至外部，並具有不需浪費額外材料以從外部將電流引至螺旋結構內部之優點，以使電流以同一方向流動。

如此一來，假設電流 I_1 (第 3A 圖和第 3D 圖)係由埠 22 注入，則電流 I_1 於電感器部分 P1 至 P4 中以逆時鐘方向 106/108/110/112 流至埠 24。相反地，若電流 I_1 從埠 24 流至埠 22，則電流 I_1 於每一個部分 P1 至 P4 中以順時鐘方向流動。每一個部分 P1 至 P4 係延伸在垂直於基材 26 之主要表面 26A 的垂直平面中，其中此些垂直平面係繪示為第 2 圖中之平面 Plane1 至 Plane4。因此，電感器 20 被稱為垂直螺旋電感器。再者，假設軸 44(請亦參照第 1 圖至第 3D 圖)係螺旋金屬特徵的軸，則軸 44 係延伸在平行於基材 26 之主要表面 26A 的方向中。

第 4 圖至第 5D 圖係繪示根據又一實施例之電感器 20。除非特定地說明，否則於此些實施例中之參考符號係類似於第 1 圖至第 3D 圖所繪示之實施例中的元件。本實施例係類似於第 1 圖至第 3D 圖所示之實施例，除了在每一個電感器部分 P1 至 P4 中，金屬連接係形成單一近似環結構，而不是形成螺旋金屬特徵，此近似環結構可具有矩形形狀，除了有一缺口於近似環結構中之外。每一個電感器部分 P1 至 P4 係延伸在垂直於基材 26 之主要表面 26A 的垂直平面中。因此，如第 4 圖至第 5D 圖所示之電感器 20 被稱為垂直電感器。部分 P1 至 P4 係內連接在一起以形成一線圈，其中此線圈的軸 44 係延伸於平行基材 26 之主要表面 26A 的方向中。

第 5A 圖至第 5D 圖係繪示如第 4 圖所示之結構的剖面圖，其中此些剖面圖係分別從第 4 圖中之平面跨越線 5A-5A、5B-5B、5C-5C 和 5D-5D 所獲得。請參照第 5A 圖，埠 22 係電性偶合至電感器 20 之頂部金屬層中的金

屬線 100。金屬行 104(其亦係由金屬線/墊 100 和介層窗 102 所形成)連接埠 22 至電感器 20 之底層中的金屬線 100。經由又一金屬行 104，此連接橫越接回至金屬線 100，金屬線 100 係位於與埠 22 相同之金屬層中。經由金屬線 36，電感器 20 之部分 P1 係連接至部分 P2，如第 5B 圖所示。

請參照第 5B 圖，在部分 P2 中，金屬線 36 係電性偶合至電感器 20 之底層中的金屬線 100，且此連接橫越接回至電感器 20 之頂層中的金屬線 38。經由金屬線 38，電感器 20 之部分 P2 係連接至部分 P3，如第 5C 圖所示。

如第 5C 圖所示，在部分 P3 中，金屬線 38 係經由金屬行 104 電性偶合至電感器 20 之底層中的金屬線 100，而金屬行 104 更經由另一金屬行 104 和電感器 20 之頂層中的金屬線 100 偶合至金屬線 40。如第 5D 圖所示，經由金屬線 40，電感器 20 之部分 P3 係連接至部分 P4，其中金屬線 40 進一步經由電感器 20 之頂層及底層中之金屬線 100，和金屬行 104 電性偶合至埠 24。可觀察到，若電流 I_2 係被注入至埠 22，電流 I_2 以順時鐘的方向流動於每一個部分 P1 至 P4 中，直至其流至埠 24。相反地，若電流係被注入至埠 24，電流將以逆時鐘的方向流動於每一個部分 P1 至 P4 中。

相較第 3A 圖至第 3D 圖和第 5A 圖至第 5D 圖，可觀察到所有之第 3A 圖至第 3D 圖和第 5A 圖至第 5D 圖可包含於各別之電感器的部分中之近似環結構。近似環結構係由電感器 20 之頂層與底層中之金屬線和其間之金屬行所形成。因此，如第 3A 圖至第 3D 圖和第 5A 圖

至第 5D 圖所示，每一個電感器部分 P1 至 P4 中可包含有矩形金屬特徵，而此矩形金屬特徵包含有兩金屬線所形成之此矩形的兩側，和金屬行 104 所形成之此矩形的其餘兩側。

如第 4 圖所示之電感器 20 係不對稱之電感器，其中埠 22 和埠 24 係延伸於不同之方向中。第 6 圖繪示出對稱之電感器 120 的透視圖，其包含內連接在一起以形成電感器 120 之電感器 50 和電感器 52。電感器 50 之結構實質上可相似於如第 4 圖所示之電感器 20。電感器 52 之結構可或可不為電感器 50 的鏡射。電感器 52 可具有軸 44'，其係平行於電感器 50 之軸 44，且平行於基材 26 之主要表面 26A。金屬線 54 係內連接電感器部分 50 和 52。在此實施例中，需要一中心標記，金屬線 54 可作為中心標記，而金屬線 56 係連接至金屬線 54。

藉由形成垂直電感器，可改進電感值密度至高於習知螺旋電感器的電感值密度，習知螺旋電感器之平面(其中有各自的匝/半匝)係平行於各自之半導體基材的主要表面。模擬結果顯示出：在 $50 \times 100 \mu\text{m}^2$ 的晶片面積中，若採用第 1 圖所示之實施例，可達成具有電感值約 0.6 nH 之電感器。若採用第 4 圖和第 6 圖中之實施例，則電感值可分別高達約 0.45 nH(於 $50 \times 100 \mu\text{m}^2$ 的晶片面積中)和約 0.9 nH(於 $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ 的晶片面積中)。相較之下，要達到約 0.6 nH，習知螺旋電感器實質需要 $50 \times 200 \mu\text{m}^2$ 。因此，此實施例已改進電感值密度。可體會的是，依照本流程所得之電感值密度可具有稍微不同於以上本發明實施例之結果。

模擬結果亦指出：繪示於第 1 圖中之實施例的 Q 值 (Q value) 約為 7。因此，繪示於第 1 圖中之結構具有高電感值和適度的 Q 值，且其適合於高頻應用。若需要更高的 Q 值，可採用第 4 圖和第 6 圖中之實施例，其中各別的 Q 值可達到約 16 至 17。

雖然已詳述本發明之實施例和其優點，應理解的是，在不偏離後附申請專利範圍所界定之本發明的精神與範圍下，當可在此進行各種改變、取代以及修正。此外，本申請案之範圍並非意圖限制在說明書所描述之製程、機械、製造、物質成分、手段、方法以及步驟的特定實施例中。任何在此技術領域中具有通常知識者，將可輕易從本發明之揭露中了解到，現存或日後所發展出之可與上述之對應的實施例執行實質相同之功能、或達到實質相同之結果的製程、機械、製造、物質成分、手段、方法或步驟，可依據本發明來加以應用。因此，所附之申請專利範圍係用以將這類製程、機械、製造、物質成分、手段、方法或步驟涵括在其範圍內。另外，每一個申請專利範圍構成一個各別的實施例，且各申請專利範圍和實施例的合併並不超出本發明之範圍。

【圖式簡單說明】

為了對本發明之實施例及其優點有更完整之理解，現請參照以上之說明並配合相應之圖式。相關圖式內容說明如下。

第 1 圖係繪示根據一實施例之垂直螺旋電感器的透

視圖。

第 2 圖及第 3A 圖至第 3D 圖係第 1 圖中之垂直螺旋電感器的剖面圖。

第 4 圖係繪示根據另一實施例之垂直電感器的透視圖。

第 5A 圖至第 5D 圖係第 4 圖中之垂直電感器的剖面圖。

第 6 圖係繪示由兩鏡像部分組成之垂直電感器的透視圖，其中每一個部份具有第 4 圖至第 5D 圖所示之結構。

【主要元件符號說明】

20：電感器	22：埠
24：埠	26：基材
26A：主要表面	34：介電區域
36：金屬線	38：金屬線
40：金屬線	44：軸
44'：軸	50：電感器
52：電感器	54：金屬線
56：金屬線	100：金屬線/墊
102：介層窗	104：金屬行
106：電流方向	108：電流方向
110：電流方向	112：電流方向
120：電感器	I1：電流
I2：電流	M1：底金屬層

Mtop：頂金屬層

P1：部分

P2：部分

P3：部分

P4：部分

Plane1：垂直平面

Plane2：垂直平面

Plane3：垂直平面

Plane4：垂直平面

七、申請專利範圍：

1. 一種緊密垂直電感器元件，包含：

一基材；

一垂直電感，位於該基材上，並包含：

由金屬所形成之複數個部分，其中每一該些部分係延伸在垂直於該基材之一主要表面之複數個平面其中一者中，每一該些部分包含一螺旋金屬特徵，該螺旋金屬特徵具有一螺旋方向，每兩相鄰部份之螺旋金屬特徵之螺旋方向相反；以及

複數個金屬線，內連接該些部分其中複數個相鄰者。

2. 如請求項 1 所述之元件，其中每一該些部分包含：

一第一金屬線，位於一第一金屬層中；

一第二金屬線，位於一第二金屬層中，其中該第二金屬層係位於該第一金屬層上且垂直重疊於第一金屬線；以及

二金屬行(Columns)，內連接該第一金屬線和該第二金屬線，且與該第一金屬線和該第二金屬線形成一近似環結構，其中該近似環結構包含有一缺口於其中，該螺旋金屬特徵之複數個外部分係圍繞該螺旋金屬特徵之複數個內部分。

3. 如請求項 1 所述之元件，其中該些部分包含：

一第一部分，包含一第一螺旋金屬特徵；以及

一 第二部分，相鄰於該第一部分且包含一第二螺旋金屬特徵，其中該第一部分和該第二部分係被配置，以使一相同電流從該第一螺旋金屬特徵之外部流至該第一螺旋金屬特徵之內部，且從該第二螺旋金屬特徵之內部流至該第二螺旋金屬特徵之外部。

4. 一種緊密垂直電感器元件，包含：

一 基材；

複數個金屬層，位於基材上；以及

一 垂直電感器，包含：

由金屬所形成之複數個部分；

一 螺旋金屬特徵，位於每一該些部分中，其中該螺旋金屬特徵包含：

複數個金屬線，位於該些金屬層中；以及

複數個介層窗，內連接該些金屬線；且

其中該些金屬線與該些介電窗以一螺旋方向排列，每兩相鄰部份之螺旋金屬特徵之螺旋方向相反，該螺旋金屬特徵係沿著垂直於該基材之一主要表面的一垂直平面而延伸；以及

複數個金屬線，內連接該些部分。

5. 如請求項 4 所述之元件，其中該些部分之該螺旋金屬特徵的一軸係延伸在平行該基材之一主要表面的一方向中，且該些部分更包含一第一部分和位於該第一部

分之相對側之一第二部分與一第三部分，其中該元件更包含：

一第一金屬線，連接該第一部分至該第二部分；以及

一第二金屬線，連接該第二部分至該第三部分，其中該第一金屬線和該第二金屬線具有平行於該基材之該主要表面之縱向方向。

6. 一種緊密垂直電感器元件，包含：

一基材；以及

一第一垂直電感器，位於基材上包含由金屬所形成之一第一線圈，而該第一線圈之一第一軸係延伸在平行於該基材之一主要表面之一第一方向，其中該第一線圈包含複數個矩形金屬結構，延伸在不同之垂直平面中，該些矩形結構包含位於該矩形結構中之一缺口的一金屬環，且其中每一第一線圈不包含位於該些矩形結構內並電性連接至該矩形結構的複數個部分。

7. 如請求項 6 所述之元件，其中每一該些矩形金屬結構，包含：

一第一金屬線，位於一第一金屬層中，且該第一金屬線形成一矩形之一第一邊；

一第二金屬線，位於一第二金屬層中並形成該矩形之一第二邊，該第二金屬層係位於該第一金屬層上；以及

二金屬行，形成該矩形之一第三邊和一第四邊。

8. 如請求項 7 所述之元件，其中該些矩形金屬結構中之每一對相鄰者僅藉著該些金屬線之其中一者而內連接。

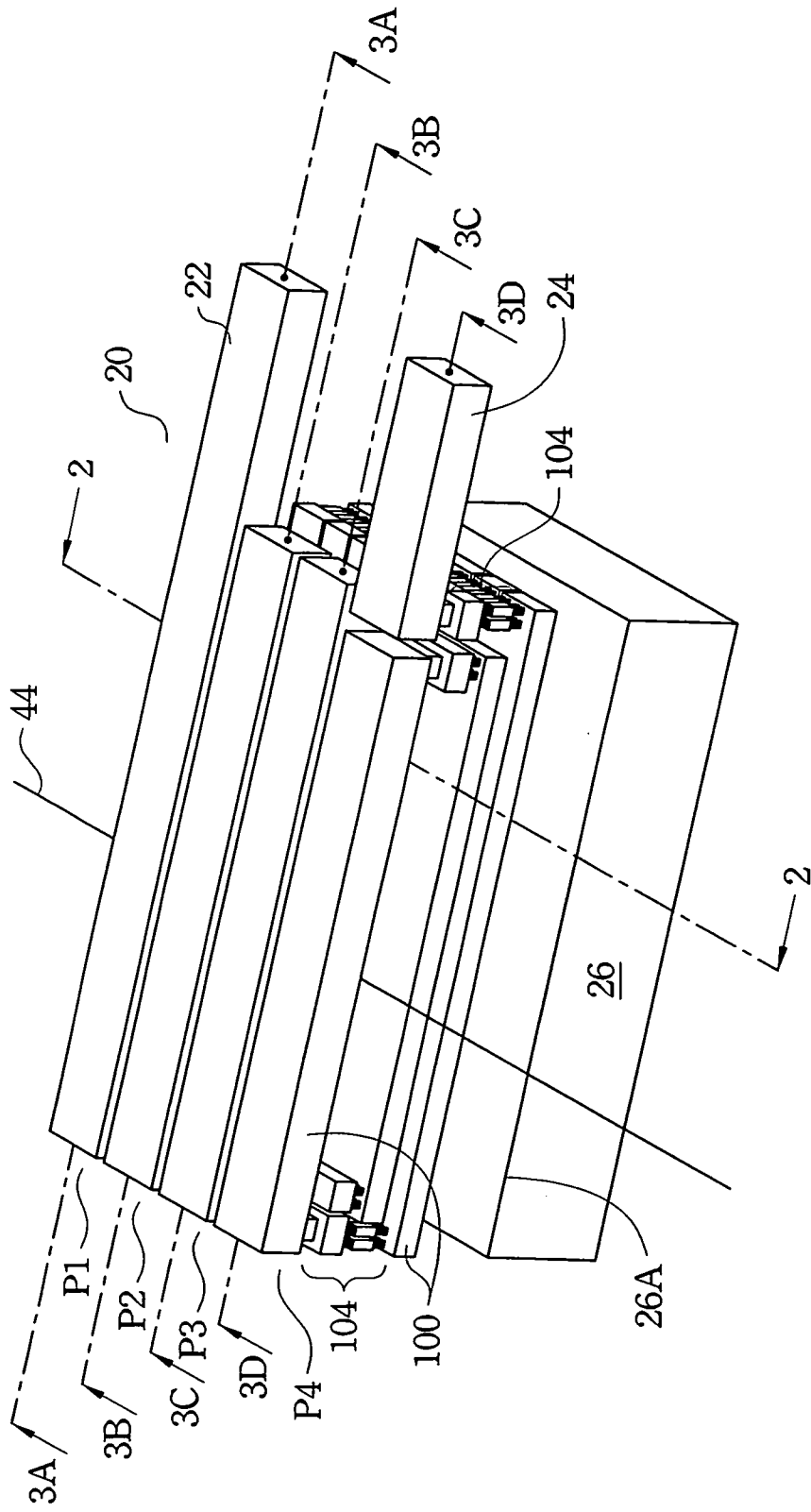
9. 如請求項 6 所述之元件，更包含：

一第二垂直電感器，位於基材上且含由金屬所形成之一第二線圈，該第二線圈之一第二軸係延伸在平行該基材之該主要表面之一第二方向；以及

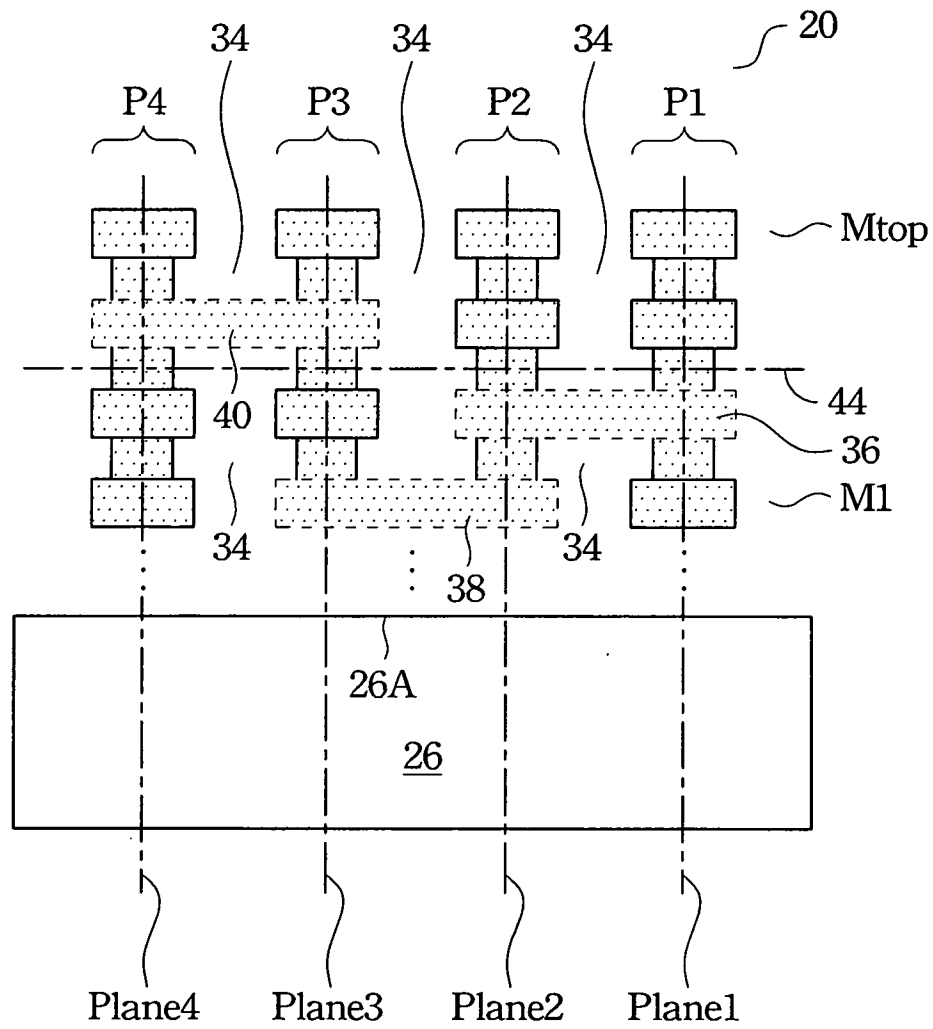
一金屬線，內連接該第一垂直電感器和該第二垂直電感器，以形成一單一電感器，其中該金屬線形成該單一電感器之一中心標記(Tab)。

10. 如請求項 9 所述之元件，其中該第二垂直電感器包含：

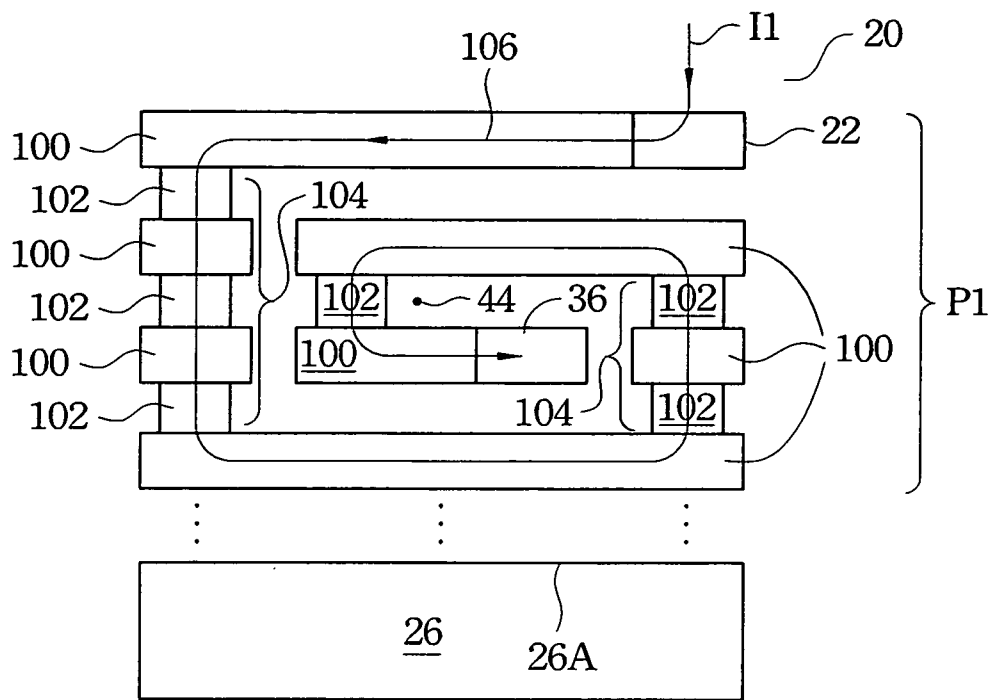
由金屬形成之複數個額外矩形金屬結構，其中每一該些額外矩形金屬結構係延伸在垂直於該基材之該主要表面的複數個額外平面其中一者中；以及
複數個額外的金屬線，內連接該些額外矩形金屬結構其中之複數個相鄰者。



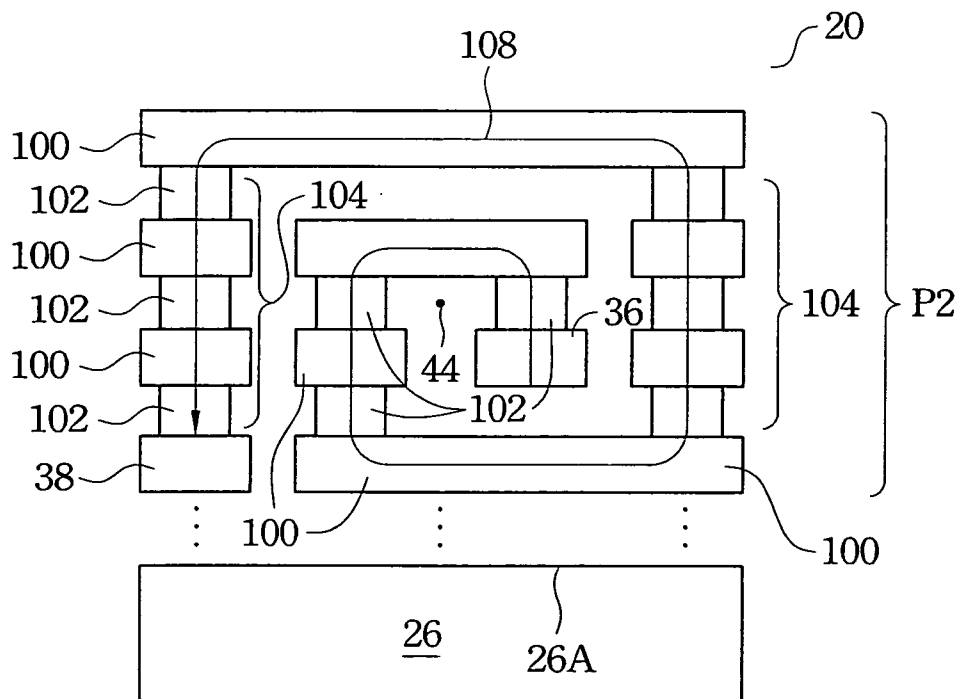
第 1 圖



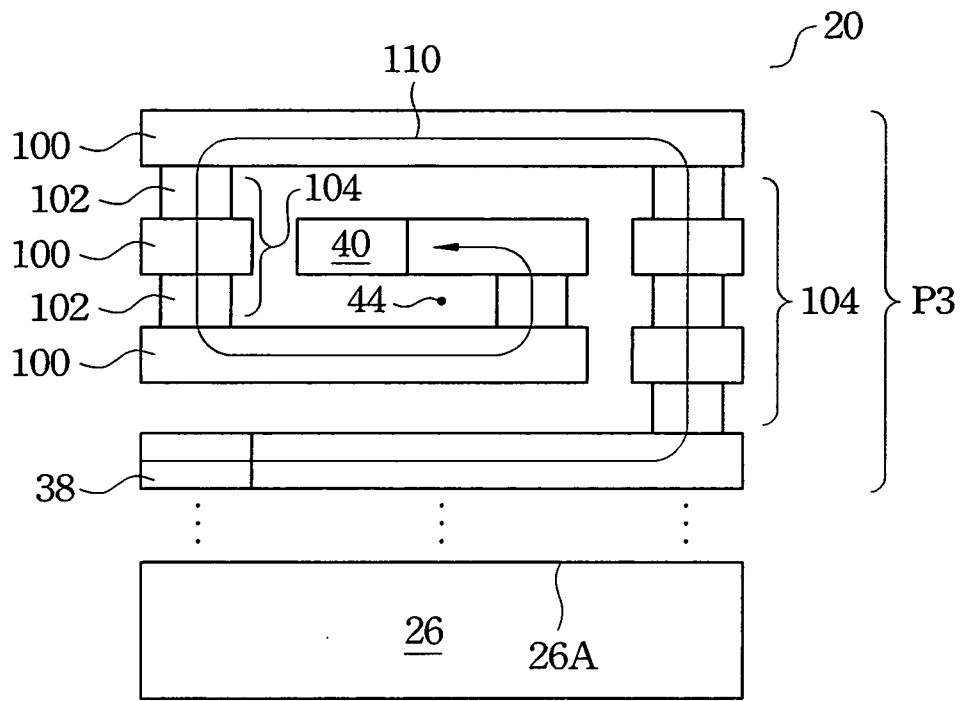
第 2 圖



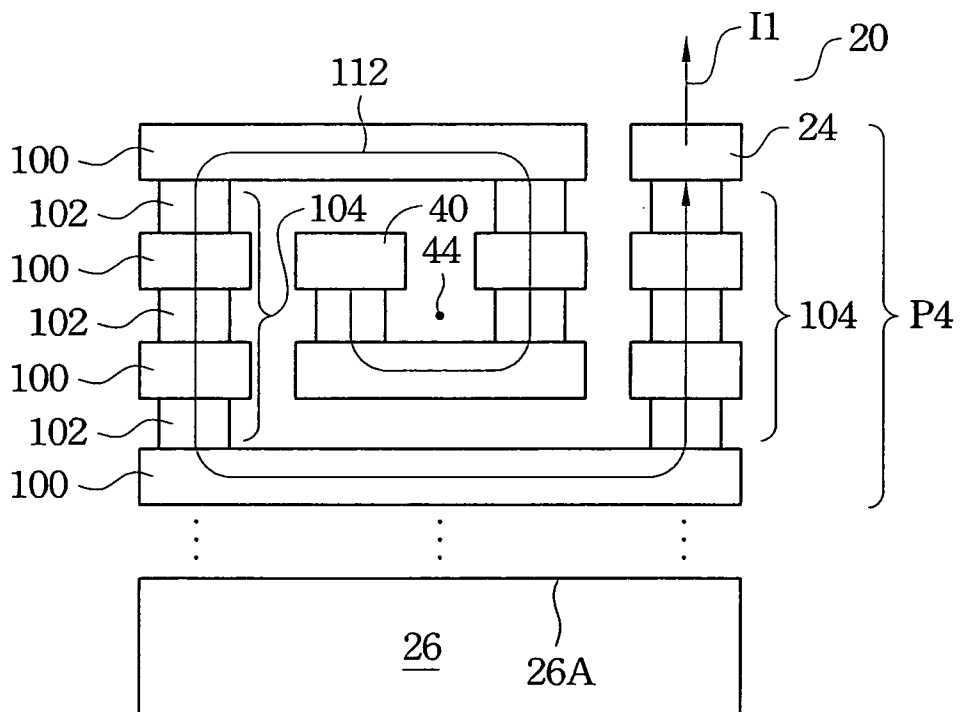
第 3A 圖



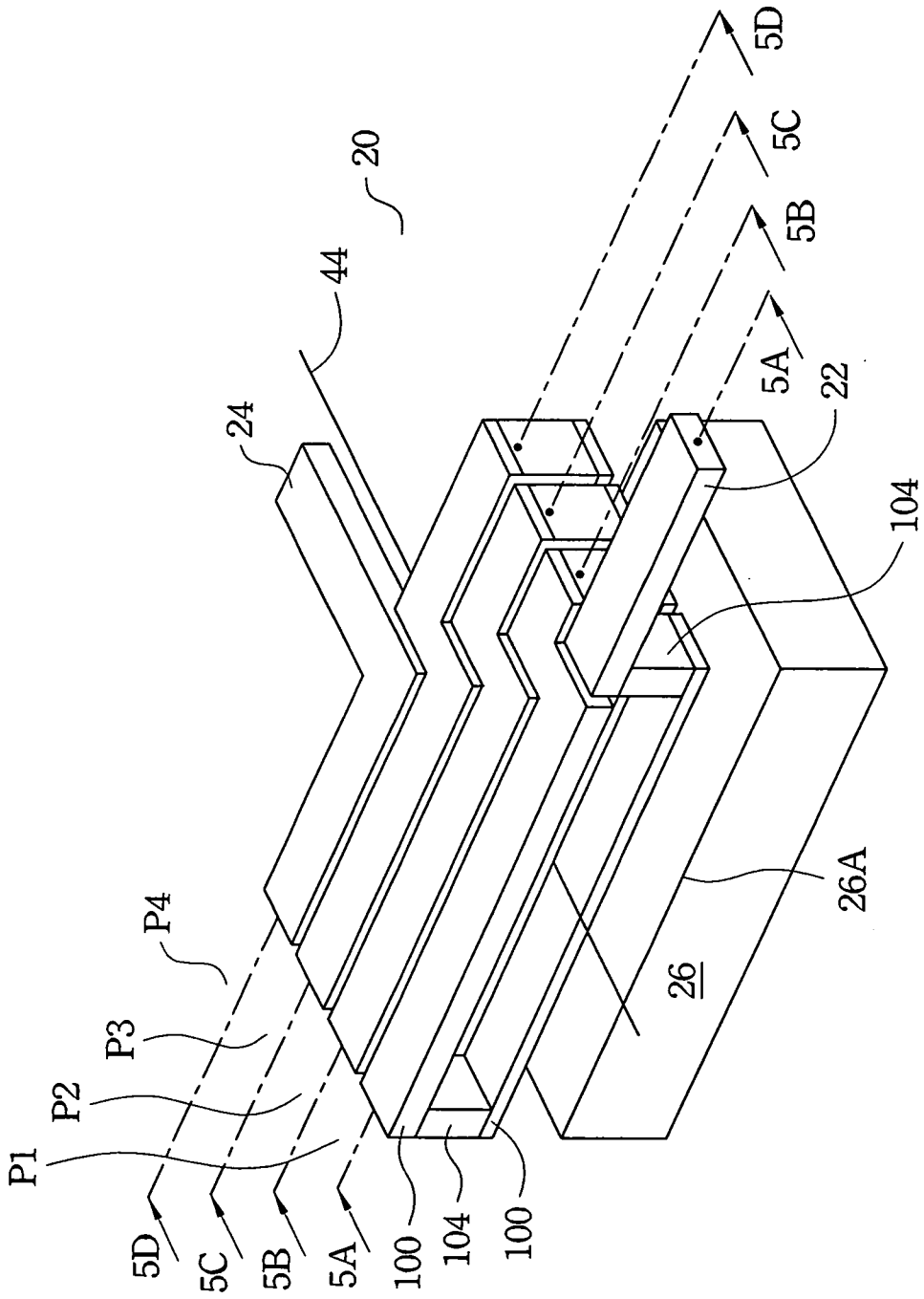
第 3B 圖



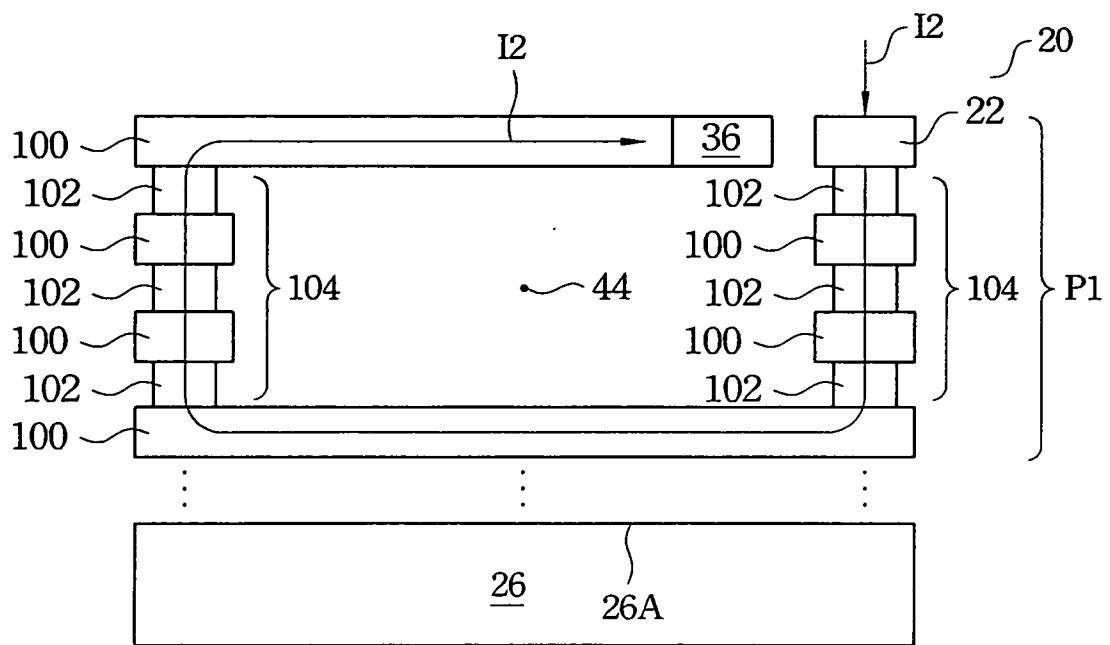
第 3C 圖



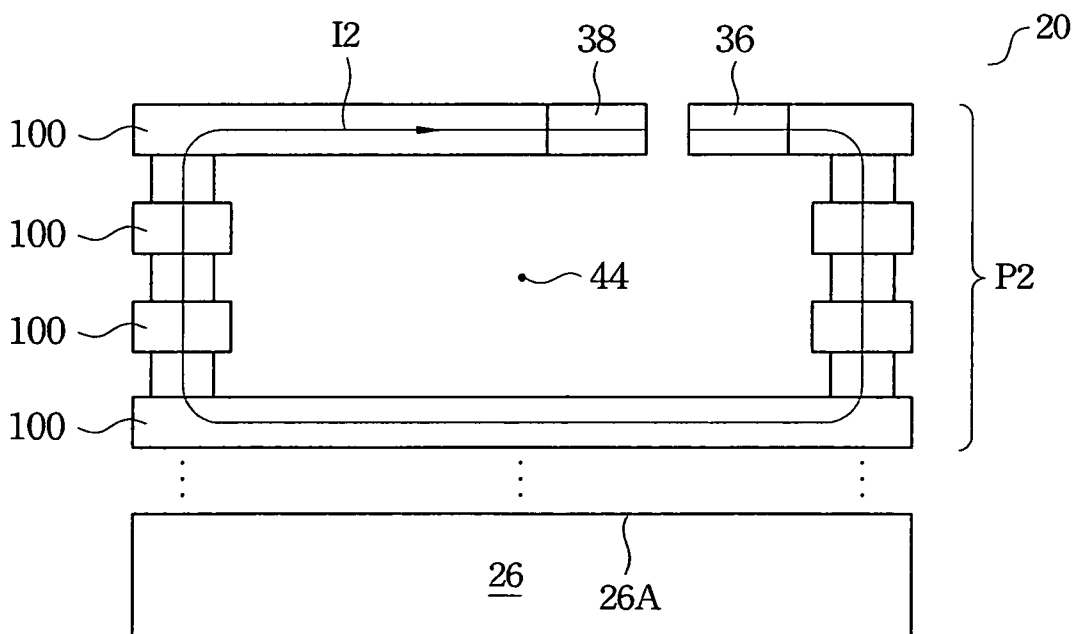
第 3D 圖



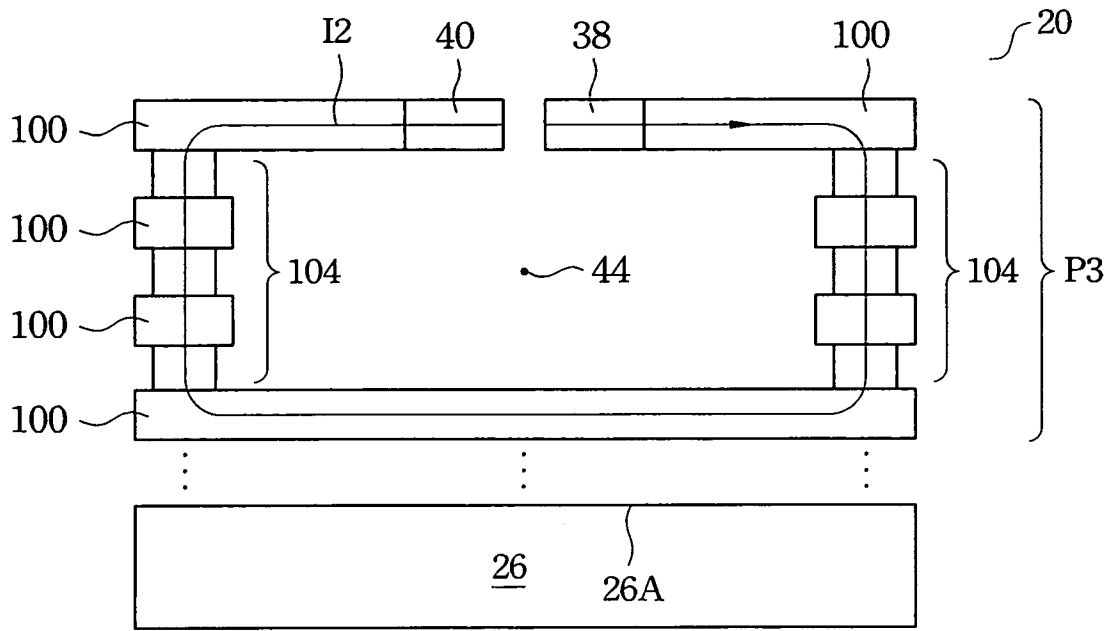
第 4 圖



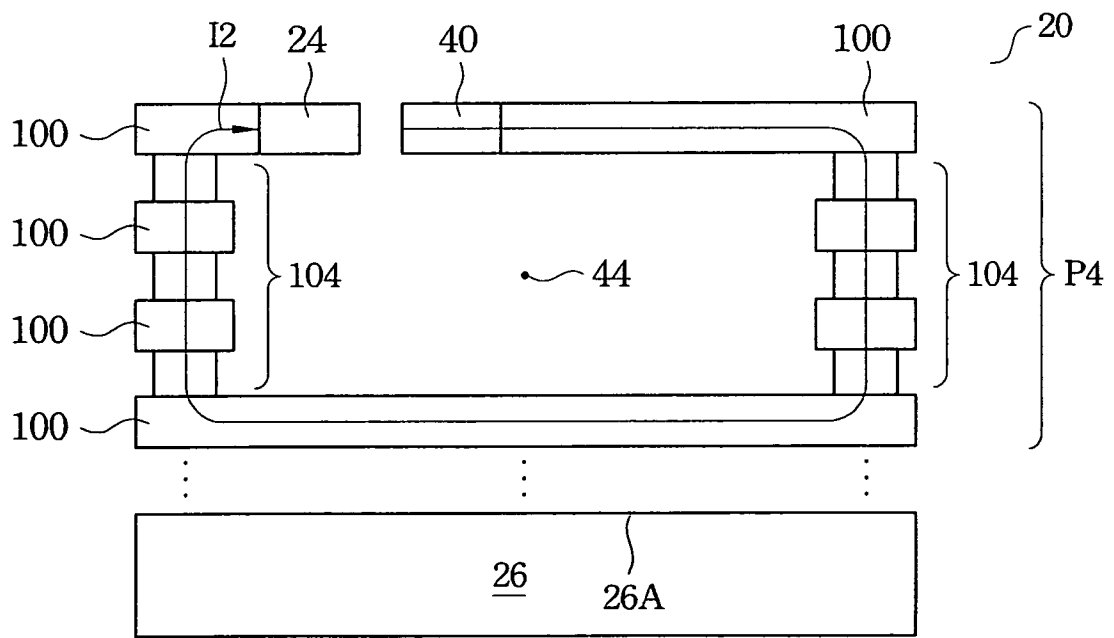
第 5A 圖



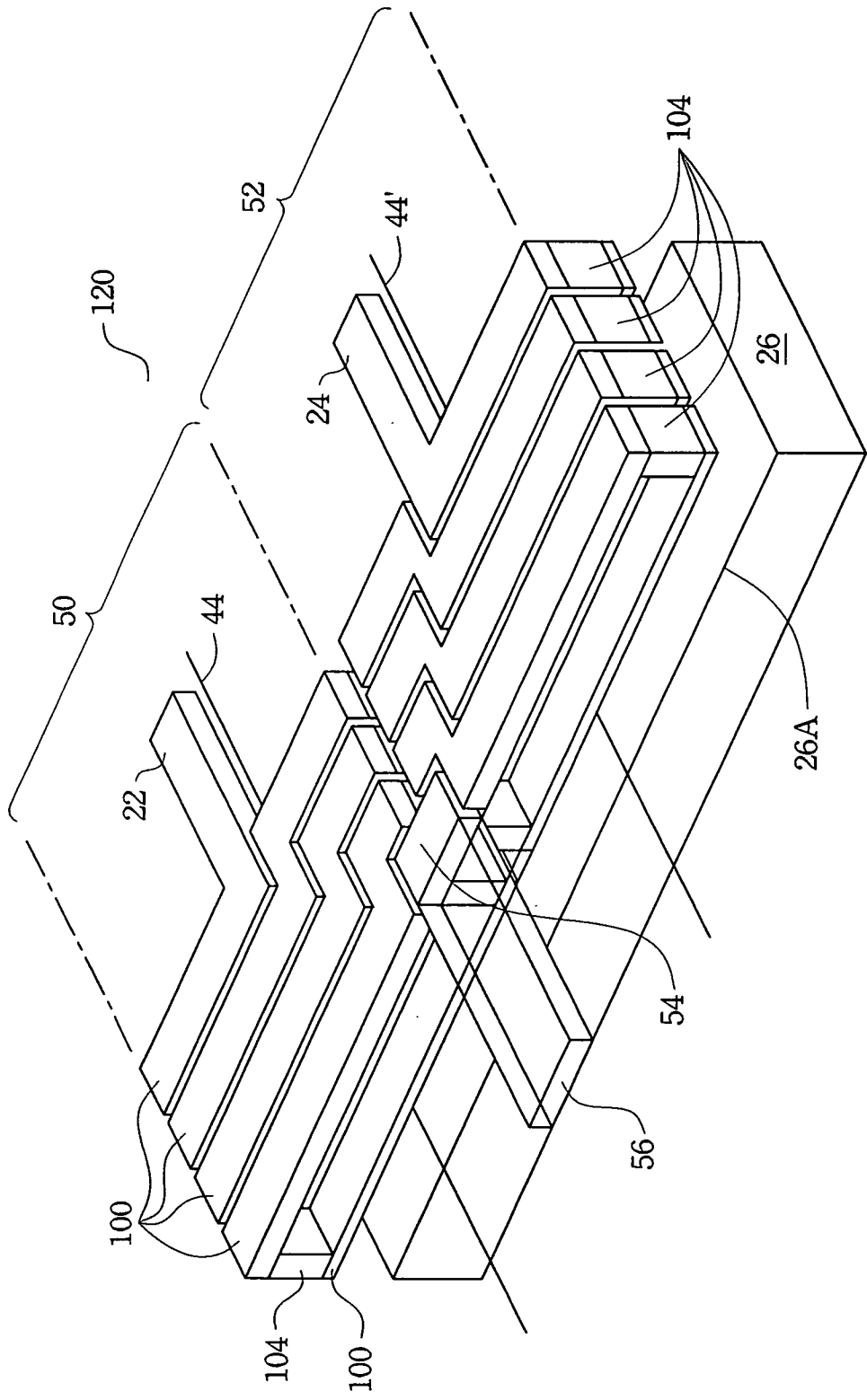
第 5B 圖



第 5C 圖



第 5D 圖



第 6 圖