



(21)申請案號：104135977

(22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 11 月 02 日

(51)Int. Cl. : G01L9/12 (2006.01)

(71)申請人：李美燕(中華民國) LEE, MEI YEN (TW)

新竹市建中一路 29 號 10 樓之 1

(72)發明人：范成至 FAN, CHEN CHIH (TW)

(74)代理人：葉信金

(56)參考文獻：

TW 201434737A

審查人員：劉守禮

申請專利範圍項數：18 項 圖式數：9 共 46 頁

## (54)名稱

具有複合腔體的壓力感測器及其製造方法

PRESSURE SENSOR WITH COMPOSITE CHAMBER AND METHOD OF MANUFACTURING SUCH PRESSURE SENSOR

## (57)摘要

一種壓力感測器至少包含：一基底結構，具有一感測電路；一第一電極板，形成於基底結構上或之中；以及一蓋體結構，設置於第一電極板的上方。一腔體形成於蓋體結構與第一電極板之間，蓋體結構具有一第二電極板，蓋體結構受到一流體的壓力而變形，進而改變第二電極板與第一電極板之間的距離，感測電路藉由感測第一電極板與第二電極板之間的電容值變化來感測壓力變化。腔體包含：一中間腔，位於第一電極板與第二電極板之間；及至少一外圍腔，位於中間腔周圍，外圍腔的高度大於中間腔的高度。上述壓力感測器的製造方法亦一併提供。

A pressure sensor comprises: a base structure having a sensing circuit; a first electrode plate formed on or in the base structure; and a cover structure disposed above the first electrode plate. A chamber is formed between the cover structure and the first electrode plate. The cover structure has a second electrode plate and deforms under a fluid pressure to change a distance between the second electrode plate and the first electrode plate. The sensing circuit senses a capacitance change between the first electrode plate and the second electrode plate to sense a pressure change. The chamber comprises: a middle chamber disposed between the first electrode plate and the second electrode plate; and at least one peripheral chamber disposed around the middle chamber. A height of the peripheral chamber is greater than a height of the middle chamber. A method of manufacturing the pressure sensor is also provided.

指定代表圖：

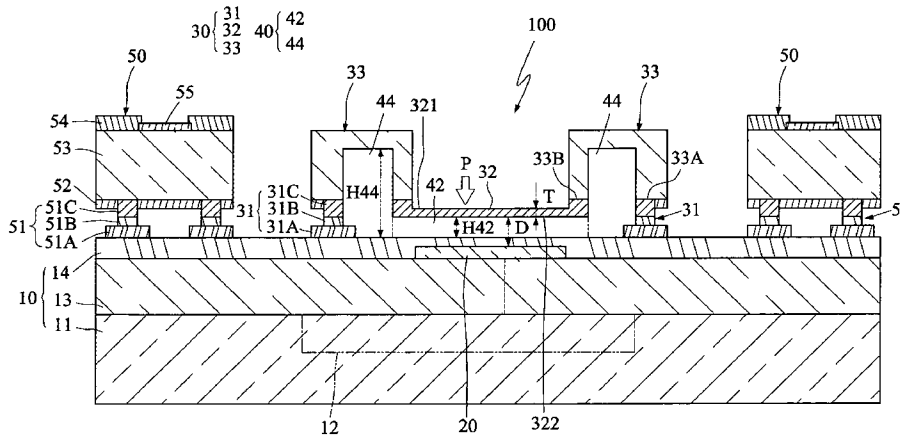


圖1A

符號簡單說明：

- D . . . 距離
- H42 . . . 高度
- H44 . . . 高度
- P . . . 壓力
- T . . . 最小厚度
- 10 . . . 基底結構
- 11 . . . 基板
- 12 . . . 感測電路
- 13 . . . 連線層
- 14 . . . 絕緣層
- 20 . . . 第一電極板
- 30 . . . 蓋體結構
- 31 . . . 支撐結構
- 31A . . . 第一接合層
- 31B . . . 第二接合層
- 31C . . . 多晶矽層
- 32 . . . 第二電極板
- 33 . . . 彎折結構
- 33A . . . 第一端
- 33B . . . 第二端
- 40 . . . 腔體
- 42 . . . 中間腔
- 44 . . . 外圍腔
- 50 . . . 輸入輸出結構
- 51 . . . 支撐結構
- 51A . . . 第一接合層
- 51B . . . 第二接合層
- 51C . . . 多晶矽層
- 52 . . . 下絕緣層
- 53 . . . 半導體層
- 54 . . . 上絕緣層
- 55 . . . 焊墊

I593948

TW I593948 B

100 . . . 壓力感測器

106年3月15日修正本

## 發明摘要

※ 申請案號：104135911

※ IPC 分類：G01L 9/12 (2006.01)

※ 申請日：104.11.2

## 【發明名稱】

具有複合腔體的壓力感測器及其製造方法

PRESSURE SENSOR WITH COMPOSITE CHAMBER AND METHOD  
OF MANUFACTURING SUCH PRESSURE SENSOR

## 【中文】

一種壓力感測器至少包含：一基底結構，具有一感測電路；一第一電極板，形成於基底結構上或之中；以及一蓋體結構，設置於第一電極板的上方。一腔體形成於蓋體結構與第一電極板之間，蓋體結構具有一第二電極板，蓋體結構受到一流體的壓力而變形，進而改變第二電極板與第一電極板之間的距離，感測電路藉由感測第一電極板與第二電極板之間的電容值變化來感測壓力變化。腔體包含：一中間腔，位於第一電極板與第二電極板之間；及至少一外圍腔，位於中間腔周圍，外圍腔的高度大於中間腔的高度。上述壓力感測器的製造方法亦一併提供。

## 【英文】

A pressure sensor comprises: a base structure having a sensing circuit; a first electrode plate formed on or in the base structure; and a cover structure disposed above the first electrode plate. A chamber is formed between the cover structure and the first electrode plate. The cover structure has a second electrode plate and deforms under a fluid pressure to change a distance between the second electrode plate and the first electrode plate. The sensing circuit senses a capacitance change

between the first electrode plate and the second electrode plate to sense a pressure change. The chamber comprises: a middle chamber disposed between the first electrode plate and the second electrode plate; and at least one peripheral chamber disposed around the middle chamber. A height of the peripheral chamber is greater than a height of the middle chamber. A method of manufacturing the pressure sensor is also provided.

**【代表圖】**

**【本案指定代表圖】**：第（1A）圖。

**【本代表圖之符號簡單說明】**：

D：距離

H42：高度

H44：高度

P：壓力

T：最小厚度

10：基底結構

11：基板

12：感測電路

13：連線層

14：絕緣層

20：第一電極板

30：蓋體結構

31：支撐結構

31A：第一接合層

31B：第二接合層

31C：多晶矽層

32：第二電極板

33：彎折結構

33A：第一端

33B：第二端

40：腔體

42：中間腔

44：外圍腔

50：輸入輸出結構

51：支撐結構

51A：第一接合層

51B：第二接合層

51C：多晶矽層

52：下絕緣層

53：半導體層

54：上絕緣層

55：焊墊

100：壓力感測器

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

## 【發明名稱】

具有複合腔體的壓力感測器及其製造方法

PRESSURE SENSOR WITH COMPOSITE CHAMBER AND METHOD  
OF MANUFACTURING SUCH PRESSURE SENSOR

## 【技術領域】

【0001】 本發明是有關於一種壓力感測器及其製造方法，且特別是有關於一種具有複合腔體的壓力感測器及其製造方法。

## 【先前技術】

【0002】 壓力感測器可以用來偵測流體壓力的大小，也可以用來偵測氣壓的大小，氣體壓力感測是工業應用最廣且十分重要的技術，目前已有許多不同類型的產品，其中如布爾登(Bourdon)管型氣壓計、簧片變形計(diaphragm-type strain gauge)等。這些傳統的壓力感測器皆是以氣壓差來產生原件上的相對物理變形或位移量，進而計算轉換成流體壓力的大小，也可以用來偵測氣壓的大小，傳統的氣壓感測器體積龐大而且精確度不高，大部分應用於工業界例如氣體管路壓力的監控。

【0003】 為此，一種利用微機電技術(MEMS)製作的壓阻(piezoresistive)式壓力感測器因應而生，其可以達到微小化及更高的精度，例如達到 100Pa~10Pa 的精度。但是，利用壓阻效應感測技術，對於溫度是敏感的，量測精度因此受限，可應用於胎壓感測(約 100Pa 的靈敏度)，或血壓偵測(約 10Pa 的靈敏度)，但卻不適合應用在譬如手機的移動裝置上來量測高度(小於 1 Pa 的靈敏度)，這應用可以讓使用者

將 2D GPS 定位擴展至 3D 定位，透過應用程式完成各種新型的應用，例如室內導航(in-door navigation)。

【0004】另外，亦有電容式壓力感測器，但是這種感測器通常會受到寄生電容的影響。為解決此問題，通常需要將電容式壓力感測器設計成單石體(monolithic)的結構，才能提供優於壓阻式感測器的精度。

【0005】再者，將壓力感測器電連接到電路板時，其封裝基板與焊接電路板之間利用表面安裝技術製程(Surface Mount Technology (SMT) process)所導致的熱應力也會干擾量測的精度，以上問題都是本發明欲解決的問題。

#### 【發明內容】

【0006】因此，本發明之一個目的是提供一種具有複合腔體的壓力感測器及其製造方法，藉由增大壓力感測器內的腔體的容積，並使腔體維持在接近真空的壓力，來提高感測結果，降低溫度變化對於感測結果的影響。

【0007】本發明之另一目的是提供一種具有複合腔體的壓力感測器及其製造方法，可以有效阻絕電路板焊接的應力傳達至壓力感測單元。

【0008】本發明之又另一目的是提供一種具有複合腔體的壓力感測器及其製造方法，可以利用晶圓級封裝技術來製作，藉以提高產能，降低製造成本。

【0009】為達上述目的，本發明提供一種壓力感測器，至少包含：一基底結構，具有一感測電路；一第一電極板，形成於基底結構上或之中；以及一蓋體結構，設置於第一電極板的上方，其中一腔體形成於蓋體結構與第一電極板之間，蓋體結構具有一第二電極板，蓋體結



構受到一流體的壓力而變形，進而改變第二電極板與第一電極板之間的距離，感測電路藉由感測第一電極板與第二電極板之間的電容值變化來感測壓力變化，其中腔體包含：一中間腔，位於第一電極板與第二電極板之間；及至少一外圍腔，位於中間腔周圍，外圍腔的高度大於中間腔的高度。

**【0010】** 於上述壓力感測器中，基底結構包含：一基板，感測電路形成於基板中；以及一連線層，位於基板與第一電極板之間，並將感測電路電連接至第一電極板。基底結構更包含一絕緣層，形成於連線層及第一電極板上，其中第二電極板透過中間腔以及絕緣層來與第一電極板相對。

**【0011】** 於上述壓力感測器中，蓋體結構之一截面包含：兩個支撐結構，設置於基底結構上；以及至少兩個彎折結構，具有兩個分別連接至兩個支撐結構的第一端，以及兩個共同連接至第二電極板之第二端。各支撐結構包含：一第一接合層，位於基底結構上；及一第二接合層，接合至第一接合層上。各支撐結構更包含一多晶矽層，位於第二接合層上，其中第二電極板與多晶矽層具有相同材料，並位於同一平面上。

**【0012】** 於上述壓力感測器中，第二電極板具有暴露至流體之一上表面及暴露至腔體之一下表面。

**【0013】** 於上述壓力感測器中，蓋體結構之一截面包含：兩個垂直支撐結構，設置於基底結構上；以及一個水平支撐結構，設置於兩個垂直支撐結構上，第二電極板設置於水平支撐結構之一下表面上。各垂直支撐結構包含：一第一接合層，位於基底結構上；一第二接合層，接合至第一接合層上；及一第一多晶矽層，位於第二接合層上。

各平支撐結構包含：一第二多晶矽層，位於第一多晶矽層上。

【0014】於上述壓力感測器中，更包含：一輸入輸出結構，設置於基底結構上，並位於蓋體結構的周圍。輸入輸出結構具有一應力緩衝結構，垂直連接至基底結構，並可於水平方向變形，以吸收外來的應力。輸入輸出結構包含：一第一接合層，位於基底結構上；一第二接合層，接合至第一接合層上；一個半導體層，半導體層位於第二接合層上方；以及多個焊墊，位於半導體層上。此外，外圍腔的高度與中間腔的高度的比值介於 10 與 30 之間，第二電極板的最小厚度介於 2 至 5 微米之間。

【0015】為達上述目的，本發明提供一種壓力感測器的製造方法，包含以下步驟：提供一第一電極結構，具有多個第一接合層、一第一電極板及一感測電路，感測電路電連接至第一電極板；提供一第二電極結構，具有多個第二接合層以及一第二電極板；將此等第一接合層與此等第二接合層接合在一起；移除第二電極結構的一部分，藉以形成一蓋體結構於第一電極板的上方，其中一腔體形成於蓋體結構與第一電極板之間，蓋體結構具有第二電極板，蓋體結構受到一流體的壓力而變形，進而改變第二電極板與第一電極板之間的距離，感測電路藉由感測第一電極板與第二電極板之間的電容值變化來感測壓力變化。腔體包含：一中間腔，位於第一電極板與第二電極板之間；及一外圍腔，位於中間腔周圍，並且不位於第一電極板與第二電極板之間，外圍腔的高度大於中間腔的高度。

【0016】於上述製造方法中，移除第二電極結構的一部分的步驟包含：於第二電極結構之一第一表面上形成多個焊墊；於第二電極結構之第一表面以及此等焊墊上形成一上絕緣層；移除部分的上絕緣層，

以露出此等焊墊；以上絕緣層作為遮罩來蝕刻第二電極結構的一個半導體層，蝕刻停止於第二電極結構的一下絕緣層上；以及移除露出的下絕緣層，以形成蓋體結構與位於蓋體結構周圍的一輸入輸出結構。

【0017】於上述製造方法中，移除第二電極結構的一部分的步驟更包含：移除半導體層的另一部分以及第二電極板上的下絕緣層，以露出第二電極板。

【0018】於上述製造方法中，提供第二電極結構的步驟包含：於一個半導體基板上形成一圖案化的絕緣層；於圖案化的絕緣層上形成一第二多晶矽層；於第二多晶矽層上形成一圖案化的犧牲絕緣層；於圖案化的犧牲絕緣層上形成一第一多晶矽層；於第一多晶矽層上形成此等第二接合層；以及移除部分的半導體基板，以形成一溝槽來露出犧牲絕緣層，溝槽作為腔體的一部分。

【0019】藉由本發明的上述實施例，可以藉由增大壓力感測器內的腔體的容積，並使腔體維持在接近真空的壓力，來提高感測結果，降低溫度變化對於感測結果的影響。另外，藉由應力阻絕結構，可以有效阻絕電路板焊接的應力傳達至壓力感測單元。再者，這種壓力感測器可以利用晶圓級封裝技術來製作，藉以提高產能，降低製造成本。

【0020】為讓本發明之上述內容能更明顯易懂，下文特舉較佳實施例，並配合所附圖式，作詳細說明如下。

### 【圖式簡單說明】

#### 【0021】

圖 1A 顯示依據本發明第一實施例的壓力感測器的示意圖。

圖 1B 顯示依據本發明第一實施例的壓力感測器與電路板結合的示意圖。

圖 1C 顯示依據本發明第一實施例的壓力感測器的俯視示意圖。

圖 1D 顯示依據本發明第一實施例的壓力感測器的輸入輸出結構的俯視示意圖。

圖 2A 至圖 2F 以及圖 3A 至圖 3F 顯示依據本發明第一實施例的壓力感測器的製造方法的各步驟的結構示意圖。

圖 4A 至圖 4F 以及圖 5A 至圖 5F 顯示依據本發明第二實施例的壓力感測器的製造方法的各步驟的結構示意圖。

圖 6A 至圖 6G 顯示適用於本發明各實施例的第一電極結構的多個例子的示意圖。

圖 7A 至圖 7G 以及圖 8A 至圖 8D 顯示依據本發明第三實施例的壓力感測器的製造方法的各步驟的結構示意圖。

圖 9 顯示依據本發明第四實施例的壓力感測器的局部示意剖面圖。

### 【實施方式】

【0022】本發明的實施例提供一種具有複合腔體的壓力感測器及其製造方法，藉由增大壓力感測器內的腔體的容積，並使腔體維持在接近真空的壓力，來提高感測結果，降低溫度變化對於感測結果的影響。另外本發明的感測器，係以電容感測為原理，相較於壓阻式的感測方式，更進一步降低溫度效應，並且為一種單石體(monolithic)電容壓力感測器，有效降低寄生電容，提高感測精度。另外，本發明提供了一種應力阻絕結構，可以有效阻絕包括元件製造時或者與電路板焊接過程中的熱殘留應力傳達至電容壓力感測單元。再者，本發明更提供一種晶圓級封裝技術，來降低感測器的幾何尺寸並且可以降低製造成本。最後，本發明的晶圓級封裝技術更可以提供一種熱應力阻絕結構，當感測器焊接(譬如使用 SMT)於一電路板上時，該過程(包括 SMT

焊料，例如錫膏/錫球的施加或形成)所產生的熱殘餘應力，可以被有效阻絕。

【0023】圖 1A 顯示依據本發明第一實施例的壓力感測器的示意圖。如圖 1A 所示，本實施例之壓力感測器 100 至少包含一基底結構 10、一第一電極板 20 以及一蓋體結構 30。

【0024】基底結構 10 具有一感測電路 12。第一電極板 20 形成於基底結構 10 上。蓋體結構 30 設置於第一電極板 20 的上方。一腔體 40 形成於蓋體結構 30 與第一電極板 20 之間，蓋體結構 30 具有一第二電極板 32，蓋體結構 30 受到一流體的壓力  $P$  而變形，進而改變第二電極板 32 與第一電極板 20 之間的距離  $D$ ，感測電路 12 藉由感測第一電極板 20 與第二電極板 32 之間的電容值變化來感測壓力變化。

【0025】腔體 40 於製造時設計維持於一低壓的狀態，接近高真空狀態，但是由於製造完成後的放氣(outgassing)效應仍會存在有一些氣體，該殘留氣體會由熱漲冷縮原理，而對量測造成影響。為此，本發明發明有別於傳統的平行板電容壓力感測器設計(其僅有類似圖 1A 的中間腔 42)，本發明有複合式腔體 40 設計，腔體 40 包含一中間腔 42 及一外圍腔 44。中間腔 42 位於第一電極板 20 與第二電極板 32 之間。外圍腔 44 位於中間腔 42 周圍，並且不位於第一電極板 20 與第二電極板 32 之間，外圍腔 44 的高度  $H_{44}$  大於中間腔 42 的高度  $H_{42}$ (其通常為感測電容間隙)。外圍腔 44 的數量可以是一個或多個(參見圖 9 的說明)。高度  $H_{44}$  與高度  $H_{42}$  的比值大約在 5 與 50 之間，較佳是在 10 與 30 之間。這種複合腔體的設計有兩個優點，說明如下，其一是可以維持低的距離  $D$ ，以提高電容感測靈敏度，並且不易受放氣(outgassing)效應改變腔體氣壓的影響(如傳統單一平行板腔體，如果降低  $D$ ，則體

積變小，放氣效應將更明顯)，維持壓力感測器 100 不易受到環境溫度變化(氣體熱漲冷縮)的影響而產生感測值的差異。

【0026】 已知理想氣體方程式為  $pV=nRT$ ，其中  $p$  為理想氣體的壓力， $V$  為理想氣體的體積， $n$  為氣體物質的量， $T$  為理想氣體的熱力學溫度， $R$  為理想氣體常數。因此，本發明的複合腔體加大了  $V$ ，相較於傳統單一平行板腔體，可以得到更低的  $p$ ，所以溫度效應造成的熱漲冷縮對本發明複合腔體感測器的影響較低。

【0027】 於本實施例中，基底結構 10 包含一基板 11 以及一連線層 13。感測電路 12 形成於基板 11 中。連線層 13 包含導體連接線及層間介電層(Inter-Layer Dielectric, ILD)或金屬層間介電層(Inter-Metal Dielectric, IMD)，主要是提供電連接的功能。連線層 13 位於基板 11 與第一電極板 20 之間，並將感測電路 12 電連接至第一電極板 20，熟悉積體電路技術者當知悉此一基底結構可以利用例如習知的 CMOS 技術，亦或者其他習知的半導體積體電路製造技術來製作。

【0028】 此外，本實施例的基底結構 10 更包含一絕緣層 14，形成於連線層 13 及第一電極板 20 上，其中第二電極板 32 透過中間腔 42 以及絕緣層 14 來與第一電極板 20 相對。因此，本實施例的距離  $D$  大於高度  $H_{42}$ 。

【0029】 此外，如圖 1A 所示，蓋體結構 30 之一示意截面包含兩個支撐結構 31 以及至少兩個彎折結構 33(以蓋體結構 30 的立體圖來看，實際為一密封的 3D 結構，藉由支撐結構 31 的環狀布局而形成一密閉的真空空間)。彎折結構 33 在本實施例中為一個倒 U 形結構。兩個支撐結構 31 設置於基底結構 10 上。各彎折結構 33 的材料為半導體材料，譬如矽。兩個彎折結構 33 具有兩個分別連接至兩個支撐結構

31 的第一端 33A，以及兩個共同連接至第二電極板 32 之第二端 33B。值得注意的是，在實體上，支撐結構 31 可以是單一結構，譬如是一個矩形環、圓形環、橢圓形環或其他的環狀結構。此外，彎折結構 33 也可以是單一或多個環狀結構，是因為在截面的呈現上會呈現兩個或多個結構。

**【0030】** 各支撐結構 31 包含一第一接合層 31A、一第二接合層 31B 及一多晶矽層 31C。第一接合層 31A 位於基底結構 10 上。第二接合層 31B 接合至第一接合層 31A 上。第一接合層 31A 與第二接合層 31B 的材料可以是選自於鋁、銅、鍺、金、錫、銮、矽等等所組成的群組。舉例而言，第一接合層 31A 的材料為鋁，而第二接合層 31B 的材料為鍺，其中鋁和鍺可以在約 420°C 形成共晶接合(eutectic bonding)，並且這兩種材料與 CMOS 製程相容，更適合應用於本實施例具有積體電路整合的設計。多晶矽層 31C 位於第二接合層 31B 上。於本實施例中，第二電極板 32 與多晶矽層 31C 具有相同材料，譬如是多晶矽，並位於同一平面上，可以於製作時同時完成。另外有種情況，多晶矽層 31C 不是必要的，多晶矽本身就可以是第二接合層 31B 的材料，而此時第一接合層 31A 可以是金(Au)。另外值得注意的是，本發明的多晶矽層及各彎折結構 33 的材料為半導體材料，以及半導體層 53(說明於後)的半導體材料都是具有高導電性及低阻值特性，因此在本發明中，半導體材料本身就可以做為導電連接，這也是本發明的特色之一，藉由高導電的半導體材料取代傳統金屬的電性連接，才能構成本發明所提出的結構設計，也可以藉此節省多餘的製程，降低成本。

**【0031】** 另一方面，第二電極板 32 具有暴露至流體之一上表面 321 及暴露至腔體 40 之一下表面 322。在本實施力中該倒 U 型僅顯示單一

彎折的蓋體結構 30，但是本發明是可以延伸到更多重的彎折結構。如此，可以形成多重彎折的蓋體結構 30，讓蓋體結構 30 在受微小壓力變化時也會有所改變，提高感測靈敏度，可以參見圖 9 的說明。

【0032】圖 1B 顯示依據本發明第一實施例的壓力感測器與電路板結合的示意圖。如圖 1A 與圖 1B 所示，壓力感測器 100 更包含一輸入輸出結構 50，設置於基底結構 10 上，並位於蓋體結構 30 的周圍。

【0033】輸入輸出結構 50 包含一第一接合層 51A、一第二接合層 51B、一多晶矽層 51C、一下絕緣層 52、一個半導體層 53、一上絕緣層 54 以及多個焊墊 55。第一接合層 51A 位於基底結構 10 上。第二接合層 51B 接合至第一接合層 51A 上。多晶矽層 51C 位於第二接合層 51B 上。下絕緣層 52 局部包圍多晶矽層 51C，但是下絕緣層 52 並非是必要元件，亦可不存在於其他實施例中。半導體層 53 位於下絕緣層 52 與多晶矽層 51C 上。在多晶矽層 31C 不存在的上述情況下，多晶矽層 51C 也不存在。此時，多晶矽本身就可以是第二接合層 51B 的材料，而此時第一接合層 51A 可以是金(Au)，於此情況下，半導體層 53 位於第二接合層 51B 上方。上絕緣層 54 位於半導體層 53 上，但是上絕緣層 54 並非是必要元件，亦可不存在於其他實施例中。焊墊 55 位於半導體層 53 上，熟悉該技藝的人當熟知包括上絕緣層 54 及焊墊 55 並不限定於單一材料，其可以為複合層，例如為了製作錫球 65 於其上，焊墊可以是鎳(Ni)、銅(Cu)、鈀(Pd)、Au 等的組合。於本實施例中，第一接合層 51A、第二接合層 51B 與多晶矽層 51C 的材料分別與第一接合層 31A、第二接合層 31B 與多晶矽層 31C 相同。

【0034】壓力感測器最終是要電連接至電路板，因此，亦可以將電路板視為是壓力感測器 100 的一部分。因此，壓力感測器 100 更包



含一電路板 60，設置於輸入輸出結構 50 上，並電連接至輸入輸出結構 50，電路板 60 與蓋體結構 30 之間具有一間隙 G。於本實施例中，電路板 60 透過多個錫球 65 電連接至輸入輸出結構 50。於其他實施例中，亦可以透過打線接合的方式達成電連接。

【0035】圖 1C 顯示依據本發明第一實施例的壓力感測器的俯視示意圖。圖 1D 顯示依據本發明第一實施例的壓力感測器的輸入輸出結構的俯視示意圖。圖 1A 的剖面結構相當於是從圖 1C 的基底結構 10 的對角線所剖出(尺寸上不作特別限制)。如圖 1C 與圖 1D 所示，壓力感測器具有譬如四個輸入輸出結構 50，各輸入輸出結構 50 藉由譬如四個多晶矽層 51C、第一接合層 51A 及第二接合層 51B(及相關的電路單元，圖中未示)電性連結於於基底結構 10 上，同時向上透過高導電性的半導體層 53 電性連結至輸入輸出結構 50，當然也可以透過標準的半導體製程的導線(譬如多重連續彎折的導線)或導體層來實施，於此不再贅述。多晶矽層 51C 與半導體層 53(或透過設計可以只有半導體層 53)可以被等效成彈簧結構或是緩衝結構，亦即多晶矽層 51C 與半導體層 53 被垂直蝕刻成具有應力緩衝的結構，而位於該應力緩衝結構的一端為固定於基底結構 10 上方的支撐結構 51，另一端則是懸浮於基底結構 10 上方的輸入輸出結構 50(其間隙約相同於 H42(也可以由設計微調之)，應力緩衝結構垂直連接至基底結構 10，並可於水平方向變形，以吸收外來的應力。如此，在焊墊 55 被焊接至電路板時，熱應力會被彈簧結構或是緩衝結構隔絕在外，而不會傳遞到基底結構 10，至此可以發現，本發明提供了兩種應力削減結構，其一為彎折結構 33 可以削減製程中及支撐結構 31 接合過程中的熱殘餘應力對第二電極板 32 的影響，另外一種結構就是具有應力緩衝結構的輸入輸出結構 50，削

減 SMT 過程中對基底結構 10 的應力影響，結合兩者可以完成最完美的高靈敏度電容式壓力感測器，並且這樣的結構製程都是藉由晶圓級製造方式完成的，而不是單一元件的製造，這種晶圓級感測元件製造同時完成晶圓級封裝技術(元件 51 至 55)，也是本發明重要特色，不僅節省了封裝成本，也讓元件尺寸大幅縮小(因為採用晶圓級晶片封裝(Wafer Level Chip Scale Package, WLCSP))，適合未來輕薄短小應用的需求。

【0036】換言之，輸入輸出結構 50 透過支撐結構 51 而在 Z 方向(垂直於 X 方向與 Y 方向)連結至基底結構 10，多晶矽層 51C 與半導體層 53 被蝕刻成具有削薄的彈性結構(該彈性結構在圖 1D 中僅為說明的一種實施例，任何形狀結構都不受限)而連接至基底結構 10，使得該削薄的彈性結構有在 X 方向與 Y 方向彈性移動的特性，提供應力緩衝的效果，有效阻絕熱殘餘應力對基底結構 10 的影響。

【0037】圖 2A 至圖 2F 以及圖 3A 至圖 3F 顯示依據本發明第一實施例的壓力感測器的製造方法的各步驟的結構示意圖。壓力感測器 100 的製造方法，包含以下步驟。

【0038】如圖 2A 至圖 2F 所示，提供一第二電極結構 120，具有多個第二接合層 51B 以及一第二電極板 32。詳言之，提供一個半導體基板 101，譬如矽基板，如圖 2A 所示。然後，在半導體基板 101 上形成一個圖案化的絕緣層 102，譬如二氧化矽層但不限定於此，如圖 2B 所示。接著，如圖 2C 所示，在絕緣層 102 以及半導體基板 101 上形成一個第二電極層 103，譬如導電多晶矽層，當然也可以包含一化學機械研磨(CMP)製程以控制該多晶矽層表面的平坦，最後位於該絕緣層 102 上方的多晶矽層的厚度(相

當於是第二電極板 32 的最小厚度  $T$ (參見圖 1A))介於 1 至 10 $\mu\text{m}$ (微米)間，較佳實施例為 2 至 5 $\mu\text{m}$  之間，第二電極板 32 為第二電極層 103 的一部分。然後，如圖 2D 所示，在第二電極層 103 上形成多個第二接合層 51B、31B。接著，如圖 2E 所示，移除一部分的第二電極層 103，以露出部分的絕緣層 102。然後，如圖 2F 所示，移除另一部分的第二電極層 103，以露出部分的絕緣層 102，以形成一溝槽 105，該溝槽 105 的深度介於 5 至 50 $\mu\text{m}$  間，較佳實施例為 20 至 40 $\mu\text{m}$ 。

【0039】如圖 3A 與圖 1A 所示，提供一第一電極結構 110，具有多個第一接合層 31A/51A、一第一電極板 20 及一感測電路 12，感測電路 12 電連接至第一電極板 20。在本實施例中，第一電極板 20 也可以是設置於絕緣層 14 上方，且其材料可以為一另外的導電材料，例如氮化鈦(TiN)、鈦(Ti)、Au 等等。

【0040】如圖 3B 所示，將此等第一接合層 51A 與此等第二接合層 51B 接合在一起，以形成多個腔體 106、107 及 40。值得注意的是，本發明係為一晶圓製造流程，亦即複數個相同的第一電極結構 110 與多個第二電極結構 120 一起接合，同時達成晶圓級的元件製造，以及晶圓級的封裝，降低製造成本，這樣的設計及製造是從未出現的，也是本發明的另一特色。

【0041】如圖 3C 至圖 3F 與圖 1A 所示，移除第二電極結構 120 的一部分，藉以形成一蓋體結構 30 於第一電極板 20 的上方，其中腔體 40 形成於蓋體結構 30 與第一電極板 20 之間，蓋體結構 30 具有第二電極板 32，蓋體結構 30 受到一流體的壓力  $P$  而變形，進而改變第二電極板 32 與第一電極板 20 之間的距離  $D$ ，感測電路 12 藉由感測第一電極板 20 與第二電極板 32 之間的電容值來感測距離  $D$ ，來感測壓

力變化。

【0042】詳言之，如圖 3C 所示，將半導體基板 101 磨薄到一定的厚度。然後，如圖 3D 所示，於第二電極結構 120 之一第一表面 121 上形成多個焊墊 55，然後，於第二電極結構 120 之第一表面 121 以及此等焊墊 55 上形成一上絕緣層 54，接著，移除部分的上絕緣層 54，以露出此等焊墊 55。然後，如圖 3E 所示，以上絕緣層 54 作為遮罩來蝕刻第二電極結構 120 的半導體基板 101，蝕刻停止於第二電極結構 120 的絕緣層 102(對應至圖 1A 的下絕緣層 52)上。接著，如圖 3F 所示，移除露出的絕緣層 102，以形成蓋體結構 30 與位於蓋體結構 30 周圍的輸入輸出結構 50，此時腔體 107 已經被破壞掉，腔體 106 也被打通成非密閉空間。圖 3F 的結構即可作為壓力感測器。於此情況下，兩個彎折結構 33 結合形成一 E 形結構，E 形結構與第二電極板 32 之間的空間填滿一絕緣層 36。

【0043】但是，移除第二電極結構 120 的一部分的步驟可以更包含移除半導體基板 101 的另一部分，甚至是第二電極板 32 上的絕緣層 102，以露出第二電極板 32，如圖 1A 所示。當然，於另一例子中，第二電極板 32 上的絕緣層 102 亦可被保留。

【0044】圖 4A 至圖 4F 以及圖 5A 至圖 5F 顯示依據本發明第二實施例的壓力感測器的製造方法的各步驟的結構示意圖。本實施例係類似於第一實施例，不同之處在於絕緣層 102 的圖案不同，而造就不同的壓力感測器的結構。

【0045】如圖 4A 至圖 4F 所示，提供一第二電極結構 120，具有多個第二接合層 51B 以及一第二電極板 32。詳言之，提供一個半導體基板 101，譬如矽基板，如圖 4A 所示。然後，在半導體基板 101 上

形成一個圖案化的絕緣層 102，譬如二氧化矽層，如圖 4B 所示。接著，如圖 4C 所示，在絕緣層 102 以及半導體基板 101 上形成一個第二電極層 103，譬如多晶矽層，第二電極板 32 為第二電極層 103 的一部分。然後，如圖 4D 所示，在第二電極層 103 上形成多個第二接合層 51B。接著，如圖 4E 所示，移除一部分的第二電極層 103，以露出部分的絕緣層 102。然後，如圖 4F 所示，移除另一部分的第二電極層 103，以露出部分的絕緣層 102，以形成一溝槽 105。

【0046】如圖 5A 與圖 1A 所示，提供一第一電極結構 110，此類似於第一實施例，不再贅述。

【0047】如圖 5B 所示，將此等第一接合層 51A 與此等第二接合層 51B 接合在一起，以形成多個腔體 106、107 及 40。值得注意的是，可以將多個第一電極結構 110 與多個第二電極結構 120 一起接合，達成品圓級的封裝，降低製造成本。

【0048】如圖 5C 至圖 5F 所示，移除第二電極結構 120 的一部分，藉以形成一蓋體結構 30 於第一電極板 20 的上方，其中腔體 40 形成於蓋體結構 30 與第一電極板 20 之間，蓋體結構 30 具有第二電極板 32，蓋體結構 30 受到一流體的壓力  $P$  而變形，進而改變第二電極板 32 與第一電極板 20 之間的距離  $D$ ，感測電路 12 藉由感測第一電極板 20 與第二電極板 32 之間的電容值來感測距離  $D$ ，來感測壓力變化。

【0049】詳言之，如圖 5C 所示，將半導體基板 101 磨薄到一定的厚度。然後，如圖 5D 所示，蝕刻第二電極結構 120 的半導體基板 101，蝕刻停止於第二電極結構 120 的絕緣層 102 上。接著，如圖 5E 所示，移除露出的絕緣層 102，以形成蓋體結構 30 與位於蓋體結構 30 周圍的一殘留結構 109，此時腔體 107 與 106 已經被破壞掉。圖 5E 的結構即

可作為壓力感測器。但是，可以更移除半導體基板 101 的另一部分以及絕緣層 102，以露出第二電極板 32，如圖 5F 所示。

【0050】圖 6A 至圖 6G 顯示適用於本發明各實施例的第一電極結構 110 的多個例子的示意圖。如圖 3A 所示，第一電極結構 110 的第一接合層 51A 與第一電極板 20 是位於不同的平面上，且第一電極板 20 被絕緣層 14 所覆蓋。如圖 6A 所示，第一接合層 51A 與第一電極板 20 位於同一平面上，可以是由最頂層的金屬所製成，於此情況下，第一電極板 20 是形成於基底結構 10 之中。如圖 6B 所示，第一電極板 20 與第一接合層 51A 都是位於絕緣層 14 上，在如此所製造出的壓力感測器 100 中，第一電極板 20 直接暴露至腔體 40 中。如圖 6C 所示，第一電極板 20 與第一接合層 51A 位於同一平面上，但是第一電極板 20 的材料(譬如 TiN)不同於第一接合層 51A 的材料(譬如 Al)。圖 6A 至圖 6C 適用於圖 3A 至圖 3F 的製程。圖 6D 至圖 6G 適用於圖 5A 至圖 5F 的製程。圖 6D 的結構類似於圖 6A，圖 6E 的結構類似於圖 3A，圖 6F 的結構類似於圖 6B，圖 6G 的結構類似於圖 6C，不同之處僅在於兩側的第一接合層 51A 的初始圖案。

【0051】圖 7A 至圖 7G 以及圖 8A 至圖 8D 顯示依據本發明第三實施例的壓力感測器的製造方法的各步驟的結構示意圖。本實施例係類似於第一實施例，不同之處在於提供第二電極結構 120 的步驟如下。

【0052】如圖 7A 與圖 7B 所示，於一個半導體基板 130 上形成一圖案化的絕緣層 33B'。如圖 7C 所示，於圖案化的絕緣層 33B' 上形成一第二多晶矽層 33A'，並於第二多晶矽層 33A' 上形成一圖案化的犧牲絕緣層 33C'。如圖 7D 所示，於圖案化的犧牲絕緣層 33C' 上形成一第一多晶矽層 31C'。如圖 7E 所示，於第一多晶矽層 31C' 上形成此等第

二接合層 51B、31B。如圖 7F 所示，移除部分的半導體基板 130，以形成一溝槽 131 來露出犧牲絕緣層 33C'，溝槽 131 作為腔體 40 的一部分。如圖 7G 所示，移除溝槽 131 中的部分的犧牲絕緣層 33C'。值得注意的是，可以使用乾蝕刻技術來移除半導體基板 130 及犧牲絕緣層 33C'，以形成溝槽 131。或者，亦可使用濕蝕刻技術來移除半導體基板 130 及犧牲絕緣層 33C'，以形成溝槽 131，於此情況下，溝槽 131 中不存在有犧牲絕緣層 33C'。

【0053】 然後，如圖 8A 所示，提供一個第一電極結構 110，類似於圖 3A 與圖 5A。如圖 8B 所示，將第一電極結構 110 與第二電極結構 120 接合在一起，類似於圖 3B 與圖 5B。然後，可將第二電極結構 120 磨薄後形成上絕緣層 54 與焊墊 55，類似於圖 3D。接著，移除第二電極結構 120 的一部分，類似於圖 3E 與圖 3F，以形成圖 8D 的結構。

【0054】 如圖 8D 所示，蓋體結構 30'之一截面包含兩個垂直支撐結構 31'以及一個水平支撐結構 33'。兩個垂直支撐結構 31'設置於基底結構 10 上。水平支撐結構 33'設置於兩個垂直支撐結構 31'上，第二電極板 32'設置於水平支撐結構 33'之一下表面 331'上。

【0055】 各垂直支撐結構 31'包含一第一接合層 31A'、一第二接合層 31B'及一第一多晶矽層 31C'。第一接合層 31A'位於基底結構 10 上。第二接合層 31B'接合至第一接合層 31A'上。第一多晶矽層 31C'位於第二接合層 31B'上。

【0056】 水平支撐結構 33'包含一第二多晶矽層 33A'及一絕緣層 33B'。第二多晶矽層 33A'位於第一多晶矽層 31C'上。絕緣層 33B'位於第二多晶矽層 33A'上。然而，本發明並未受限於此，絕緣層 33B'亦可於最後被去除。輸入輸出結構 50'設置於基底結構 10 上，並位於蓋體

結構 30 的周圍，類似於圖 1A 的輸入輸出結構 50。

【0057】圖 9 顯示依據本發明第四實施例的壓力感測器的局部示意剖面圖。如圖 9 所示，彎折結構 33 為一個連續的多重彎折結構，使得外圍腔 44 具有不同於圖 1 的形狀，因此，外圍腔 44 可以被分為第一部分 44A、第二部分 44B、第三部分 44C、第四部分 44D 及第五部分 44E。因此，可以將外圍腔視為是一個或多個。如此可以得到更加的感測靈敏度及應力阻絕效果。這種結構亦可以被應用至圖 8D 的結構，於此不再贅述。

【0058】藉由本發明的上述實施例，可以藉由增大壓力感測器內的腔體的容積，並使腔體維持在接近真空的壓力，來提高感測結果，降低溫度變化對於感測結果的影響。另外，藉由應力阻絕結構，可以有效阻絕電路板焊接的應力傳達至壓力感測單元。再者，這種壓力感測器可以利用晶圓級封裝技術來製作，藉以提高產能，降低製造成本。

【0059】在較佳實施例之詳細說明中所提出之具體實施例僅用以方便說明本發明之技術內容，而非將本發明狹義地限制於上述實施例，在不超出本發明之精神及以下申請專利範圍之情況，所做之種種變化實施，皆屬於本發明之範圍。

#### 【符號說明】

##### 【0060】

D：距離

G：間隙

H42：高度

H44：高度

P：壓力



- T：最小厚度
- 10：基底結構
- 11：基板
- 12：感測電路
- 13：連線層
- 14：絕緣層
- 20：第一電極板
- 30：蓋體結構
- 31：支撐結構
- 31A：第一接合層
- 31B：第二接合層
- 31C：多晶矽層
- 31C'：第一多晶矽層
- 32：第二電極板
- 33：彎折結構
- 33'：水平支撐結構
- 33A：第一端
- 33A'：第二多晶矽層
- 33B：第二端
- 33B'：絕緣層
- 33C'：犧牲絕緣層
- 36：絕緣層
- 40：腔體
- 42：中間腔

- 44：外圍腔
- 44A：第一部分
- 44B：第二部分
- 44C：第三部分
- 44D：第四部分
- 44E：第五部分
- 50：輸入輸出結構
- 51：支撐結構
- 51A：第一接合層
- 51B：第二接合層
- 51C：多晶矽層
- 52：下絕緣層
- 53：半導體層
- 54：上絕緣層
- 55：焊墊
- 60：電路板
- 65：錫球
- 100：壓力感測器
- 101：半導體基板
- 102：絕緣層
- 103：第二電極層
- 105：溝槽
- 106：腔體
- 107：腔體

110：第一電極結構

120：第二電極結構

121：第一表面

130：半導體基板

131：溝槽

321：上表面

322：下表面

331'：下表面

## 申請專利範圍

1. 一種壓力感測器，至少包含：
  - 一基底結構，具有一感測電路；
  - 一第一電極板，形成於該基底結構上或之中；以及
  - 一蓋體結構，設置於該第一電極板的上方，其中一腔體形成於該蓋體結構與該第一電極板之間，該蓋體結構具有一第二電極板，該蓋體結構受到一流體的壓力而變形，進而改變該第二電極板與該第一電極板之間的距離，該感測電路藉由感測該第一電極板與該第二電極板之間的電容值變化來感測壓力變化，其中該腔體包含：
    - 一中間腔，位於該第一電極板與該第二電極板之間；及
    - 至少一外圍腔，位於該中間腔周圍，該外圍腔的高度大於該中間腔的高度。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述之壓力感測器，其中該基底結構包含：
  - 一基板，該感測電路形成於該基板中；以及
  - 一連線層，位於該基板與該第一電極板之間，並將該感測電路電連接至該第一電極板。
3. 如申請專利範圍第 2 項所述之壓力感測器，其中該基底結構更包含一絕緣層，形成於該連線層及該第一電極板上，其中該第二電極板透過該中間腔以及該絕緣層來與該第一電極板相對。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之壓力感測器，其中該蓋體結構之一截面包含：

兩個支撐結構，設置於該基底結構上；以及  
至少兩個彎折結構，具有兩個分別連接至該兩個支撐結構的第一端，以及兩個共同連接至該第二電極板之第二端。

5. 如申請專利範圍第 4 項所述之壓力感測器，其中各該支撐結構包含：

一第一接合層，位於該基底結構上；及  
一第二接合層，接合至該第一接合層上。

6. 如申請專利範圍第 5 項所述之壓力感測器，其中各該支撐結構更包含一多晶矽層，位於該第二接合層上，其中該第二電極板與該多晶矽層具有相同材料，並位於同一平面上。

7. 如申請專利範圍第 4 項所述之壓力感測器，其中該第二電極板具有暴露至該流體之一上表面及暴露至該腔體之一下表面。

8. 如申請專利範圍第 1 項所述之壓力感測器，其中該蓋體結構之一截面包含：

兩個垂直支撐結構，設置於該基底結構上；以及  
一個水平支撐結構，設置於該兩個垂直支撐結構上，  
該第二電極板設置於該水平支撐結構之一下表面上。

9. 如申請專利範圍第 8 項所述之壓力感測器，其中：  
各該垂直支撐結構包含：

- 一第一接合層，位於該基底結構上；
  - 一第二接合層，接合至該第一接合層上；及
  - 一第一多晶矽層，位於該第二接合層上；以及
- 該水平支撐結構包含：
- 一第二多晶矽層，位於該第一多晶矽層上。
10. 如申請專利範圍第 1 項所述之壓力感測器，更包含：
- 一輸入輸出結構，設置於該基底結構上，並位於該蓋體結構的周圍。
11. 如申請專利範圍第 10 項所述之壓力感測器，其中該輸入輸出結構具有一應力緩衝結構，垂直連接至該基底結構，並可於水平方向變形，以吸收外來的應力。
12. 如申請專利範圍第 10 項所述之壓力感測器，其中該輸入輸出結構包含：
- 一第一接合層，位於該基底結構上；
  - 一第二接合層，接合至該第一接合層上；
  - 一個半導體層，該半導體層位於該第二接合層上方；
  - 以及
  - 多個焊墊，位於該半導體層上。
13. 如申請專利範圍第 1 項所述之壓力感測器，其中該外圍腔的該高度與該中間腔的該高度的比值介於 10 與 30 之間。
14. 如申請專利範圍第 1 項所述之壓力感測器，其中該第二電極板的最小厚度介於 2 至 5 微米之間。
15. 一種壓力感測器的製造方法，包含以下步驟：

提供一第一電極結構，具有多個第一接合層、一第一電極板及一感測電路，該感測電路電連接至該第一電極板；

提供一第二電極結構，具有多個第二接合層以及一第二電極板；

將該等第一接合層與該等第二接合層接合在一起；

移除該第二電極結構的一部分，藉以形成一蓋體結構於該第一電極板的上方，其中一腔體形成於該蓋體結構與該第一電極板之間，該蓋體結構具有該第二電極板，該蓋體結構受到一流體的壓力而變形，進而改變該第二電極板與該第一電極板之間的距離，該感測電路藉由感測該第一電極板與該第二電極板之間的電容值變化來感測壓力變化，其中該腔體包含：

一中間腔，位於該第一電極板與該第二電極板之間；及

一外圍腔，位於該中間腔周圍，並且不位於該第一電極板與該第二電極板之間，該外圍腔的高度大於該中間腔的高度。

16. 如申請專利範圍第 15 項所述之壓力感測器的製造方法，其中移除該第二電極結構的一部分的步驟包含：

於該第二電極結構之一第一表面上形成多個焊墊；

於該第二電極結構之該第一表面以及該等焊墊上形成一上絕緣層；

移除部分的該上絕緣層，以露出該等焊墊；

以該上絕緣層作為遮罩來蝕刻該第二電極結構的一個半導體層，蝕刻停止於該第二電極結構的一下絕緣層上；以及

移除露出的該下絕緣層，以形成該蓋體結構與位於該蓋體結構周圍的一輸入輸出結構。

17. 如申請專利範圍第 16 項所述之壓力感測器的製造方法，其中移除該第二電極結構的一部分的步驟更包含：

移除該半導體層的另一部分以及該第二電極板上的該下絕緣層，以露出該第二電極板。

18. 如申請專利範圍第 15 項所述之壓力感測器的製造方法，其中提供該第二電極結構的步驟包含：

於一個半導體基板上形成一圖案化的絕緣層；

於該圖案化的絕緣層上形成一第二多晶矽層；

於該第二多晶矽層上形成一圖案化的犧牲絕緣層；

於該圖案化的犧牲絕緣層上形成一第一多晶矽層；

於該第一多晶矽層上形成該等第二接合層；以及

移除部分的該半導體基板，以形成一溝槽來露出該犧牲絕緣層，該溝槽作為該腔體的一部分。



圖式

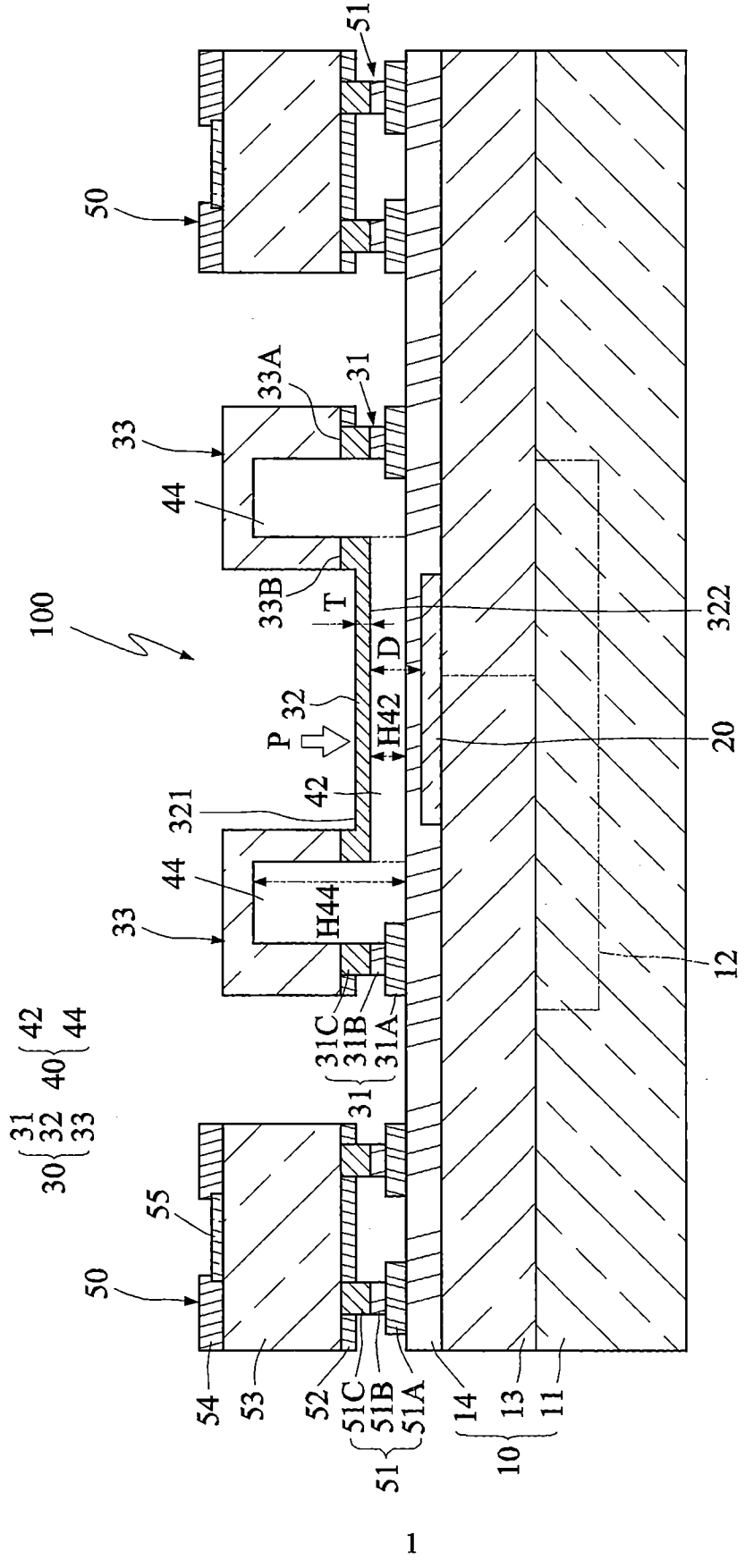


圖1A

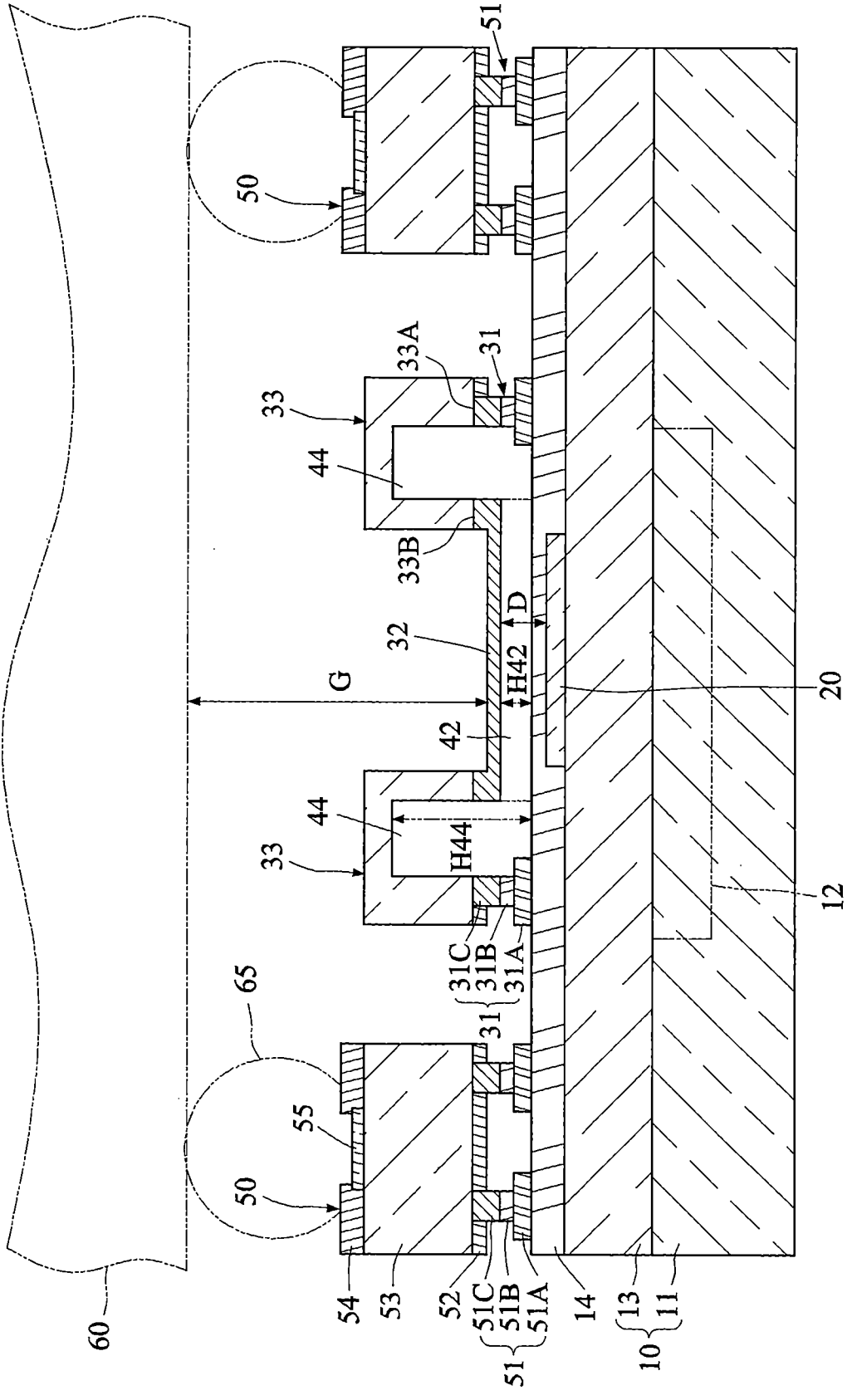


圖1B

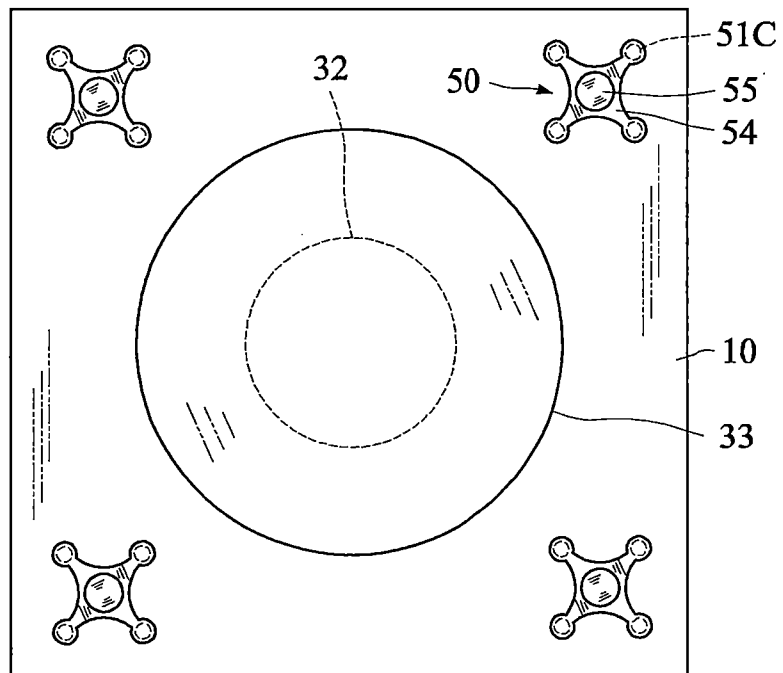


圖1C

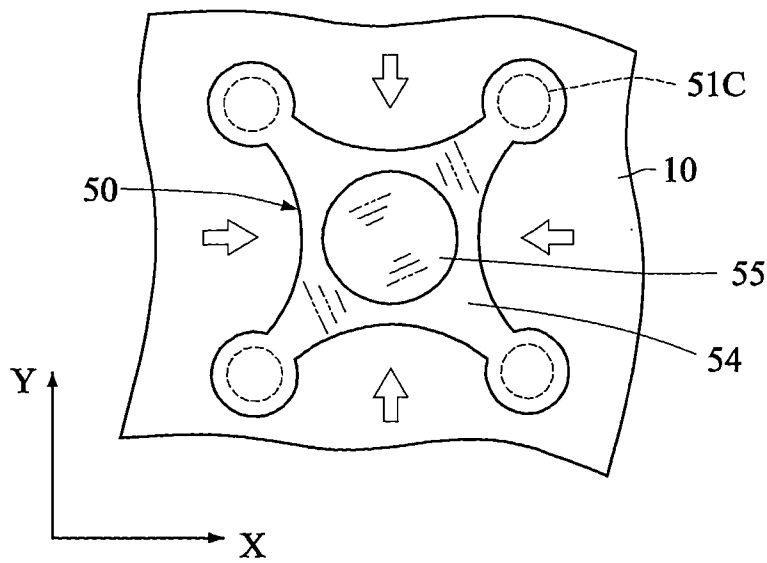


圖1D



圖2A

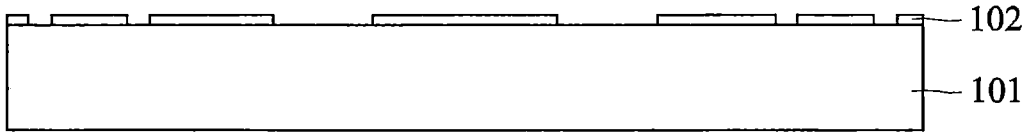


圖2B

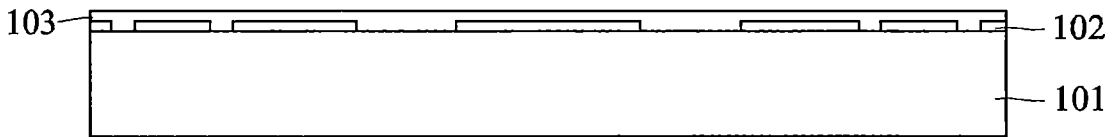


圖2C

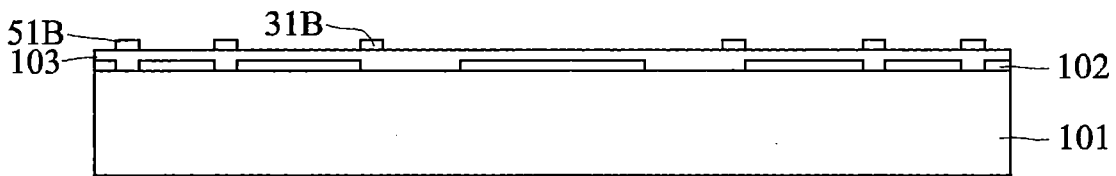


圖2D

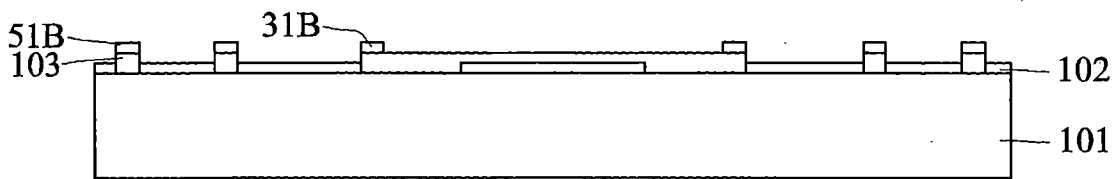


圖2E

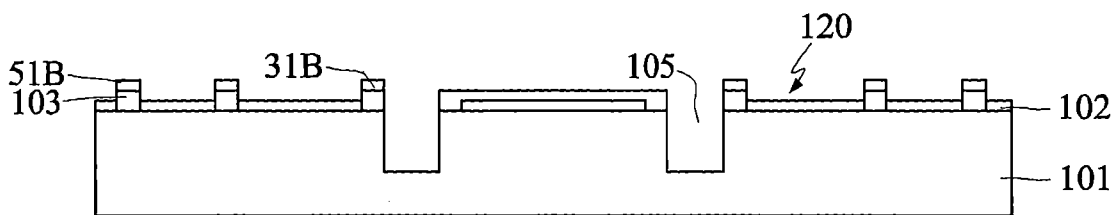


圖2F

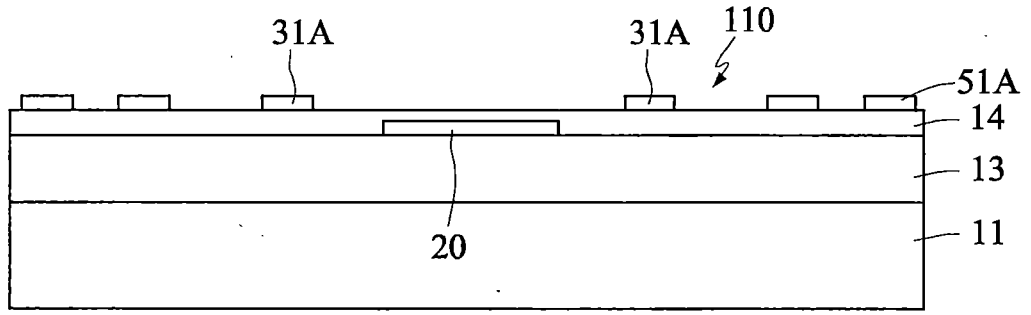


圖3A

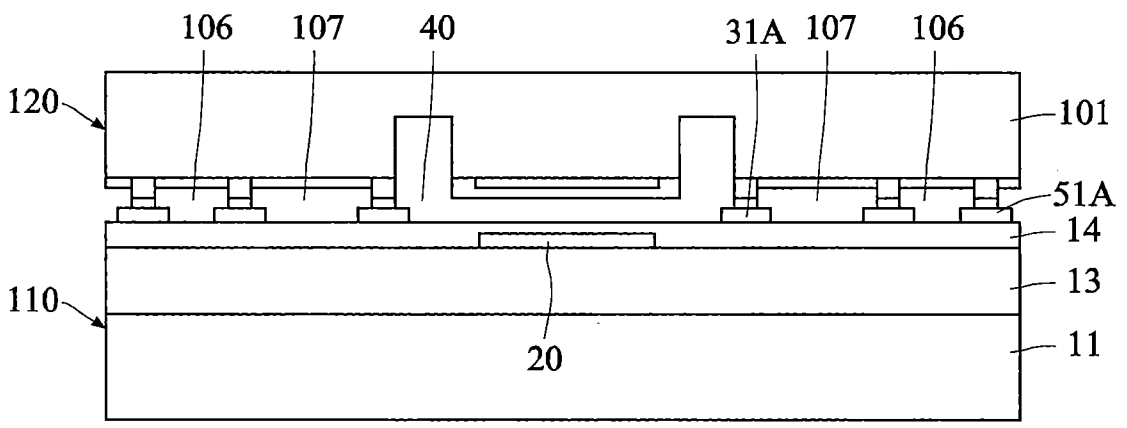


圖3B

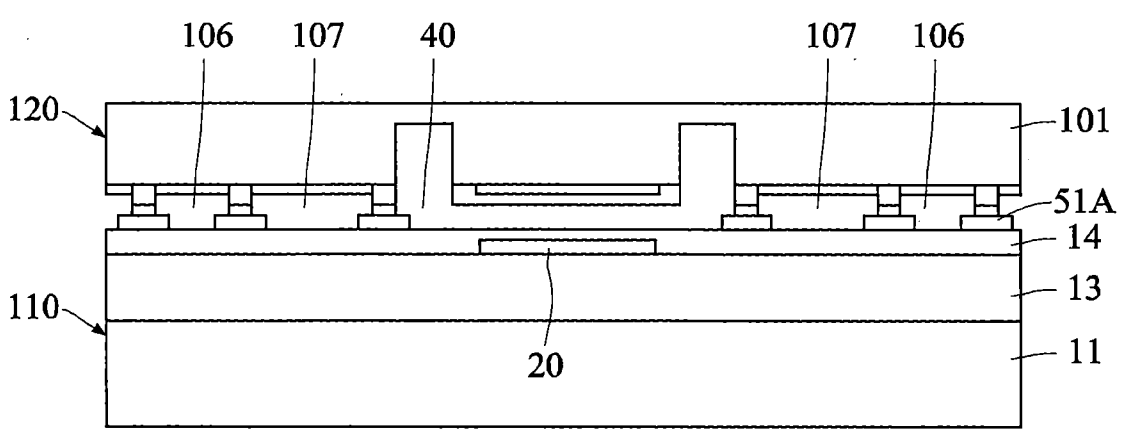


圖3C

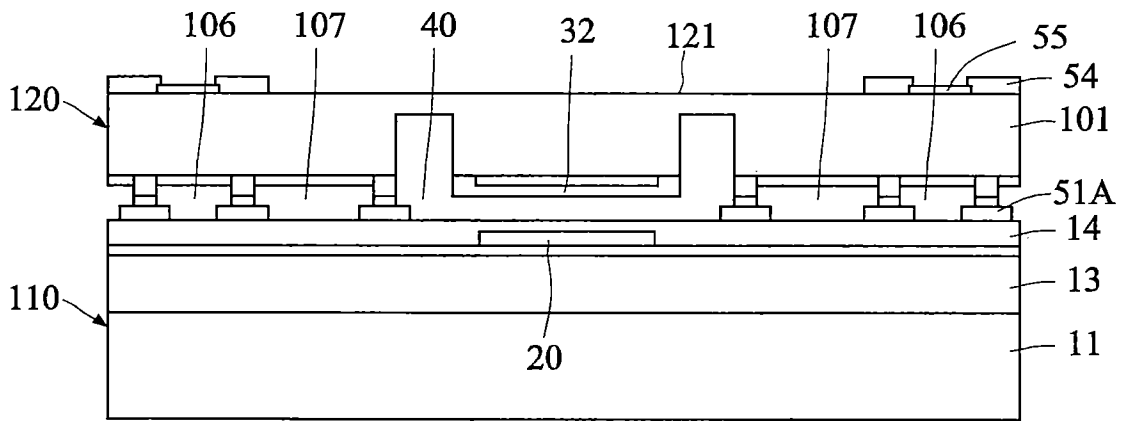


圖3D

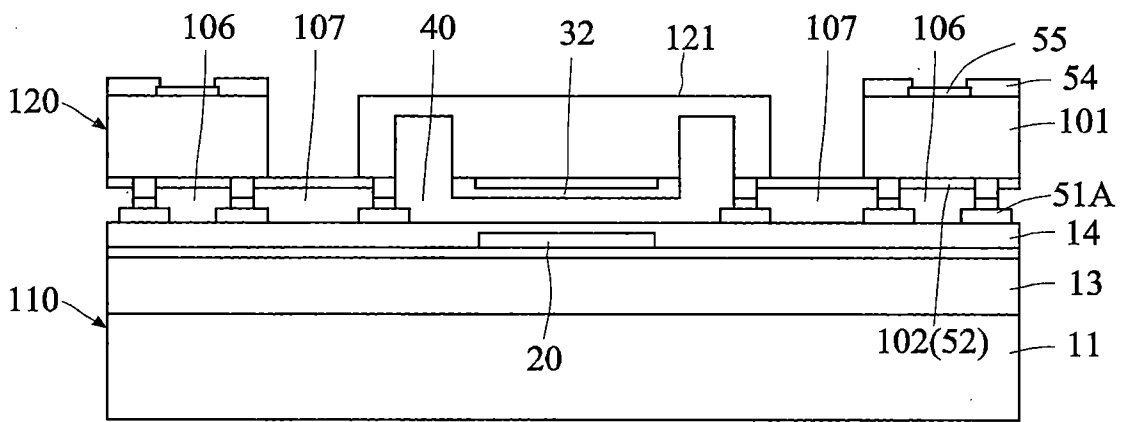


圖3E

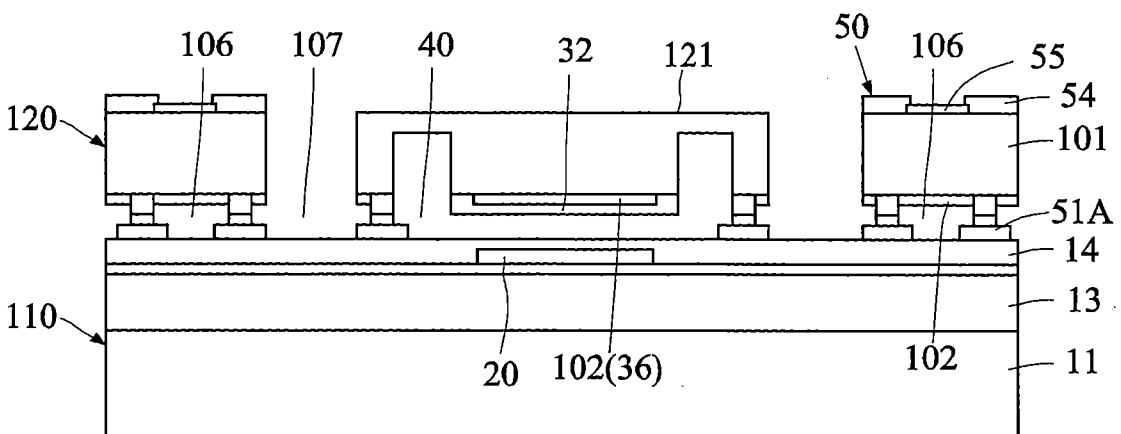


圖3F



圖4A

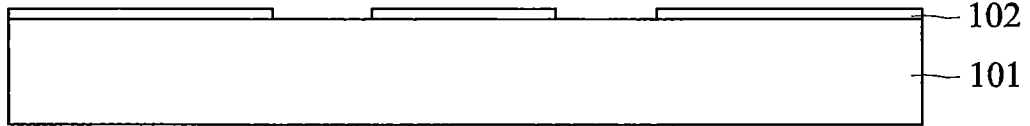


圖4B

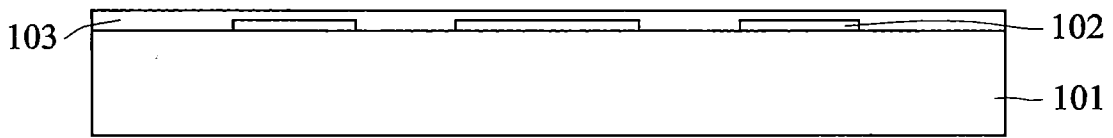


圖4C

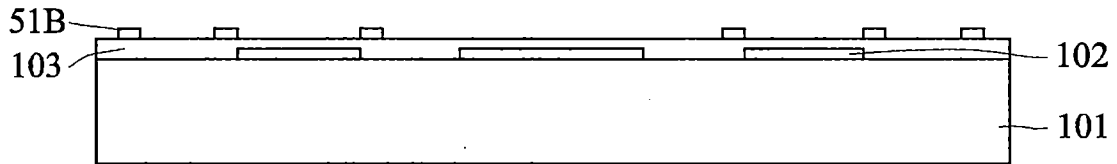


圖4D

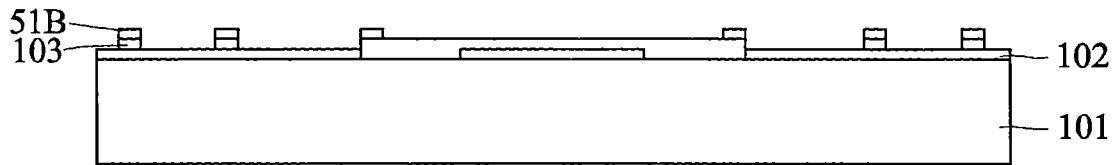


圖4E

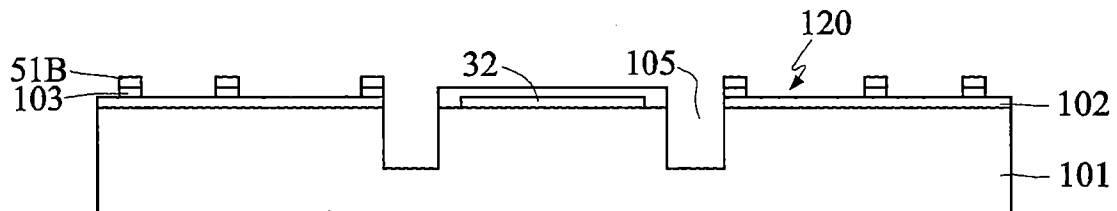


圖4F

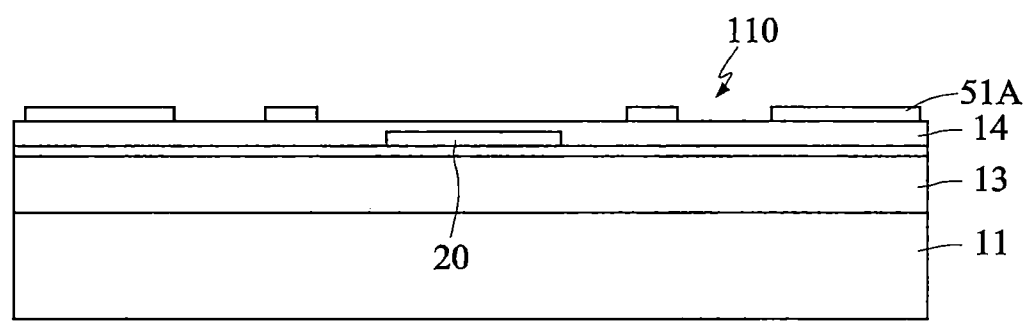


圖5A

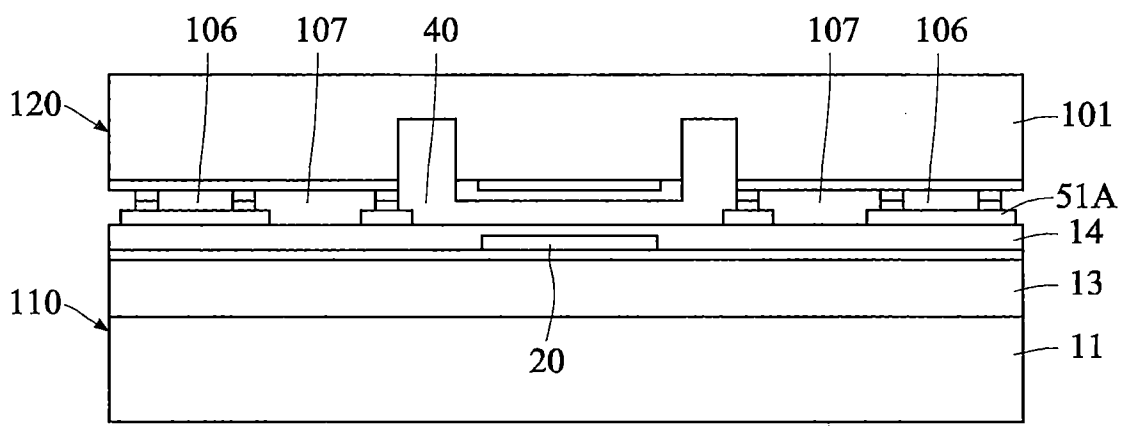


圖5B

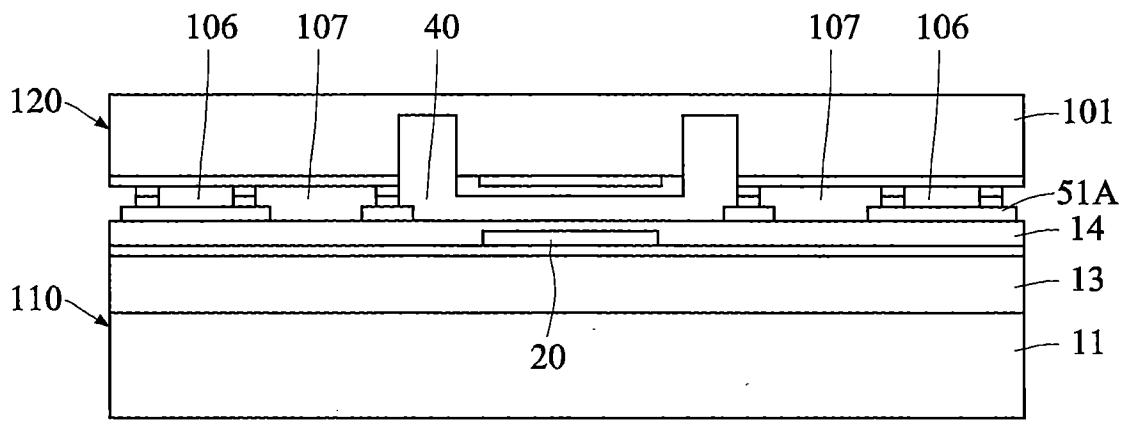


圖5C



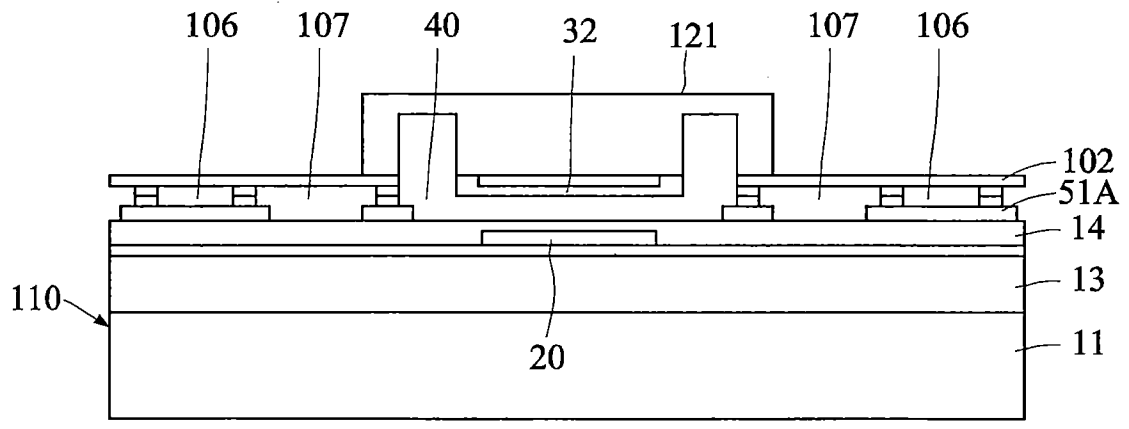


圖5D

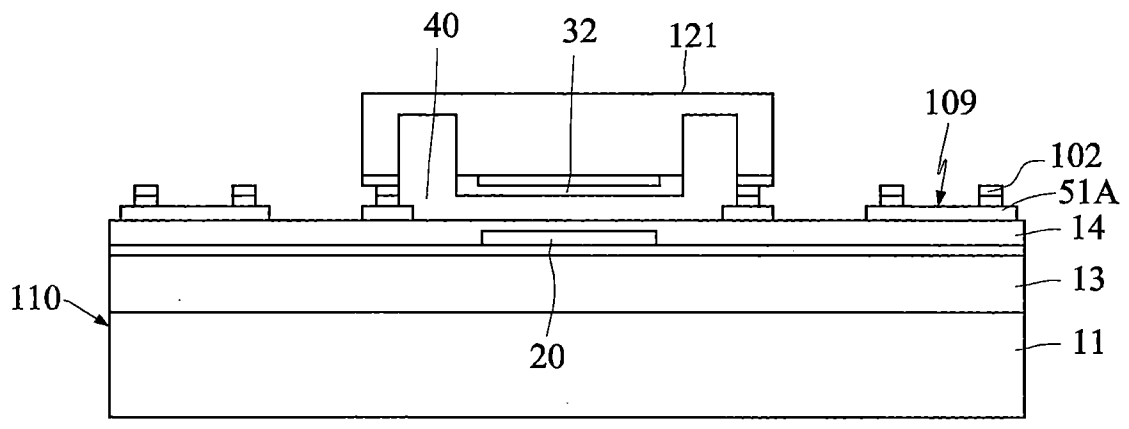


圖5E

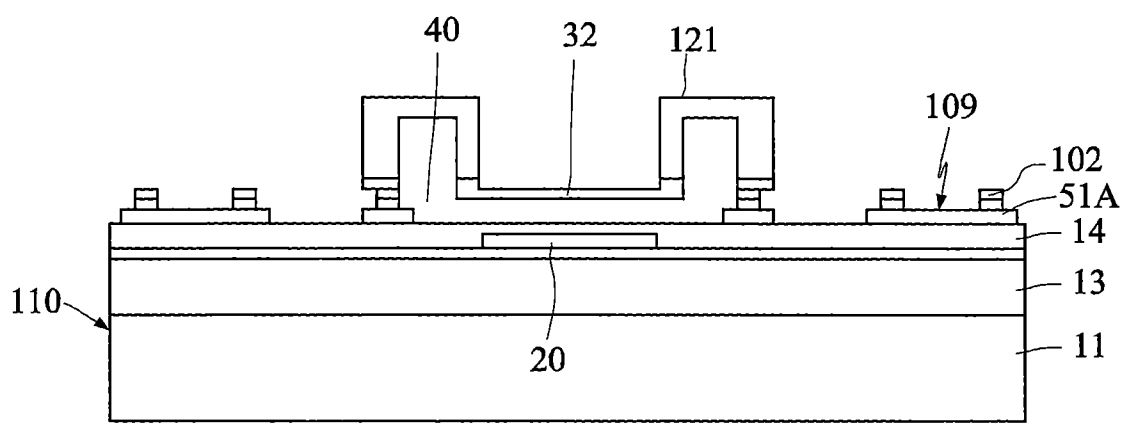


圖5F

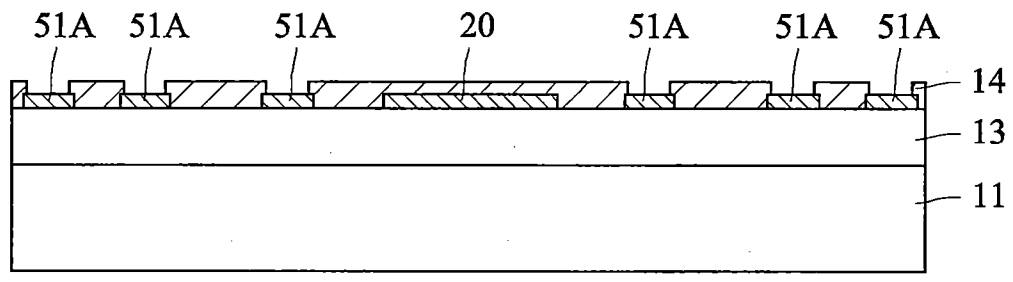


圖6A

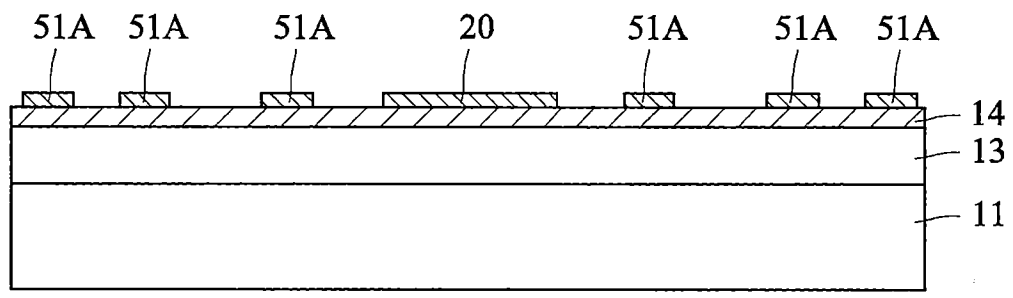


圖6B

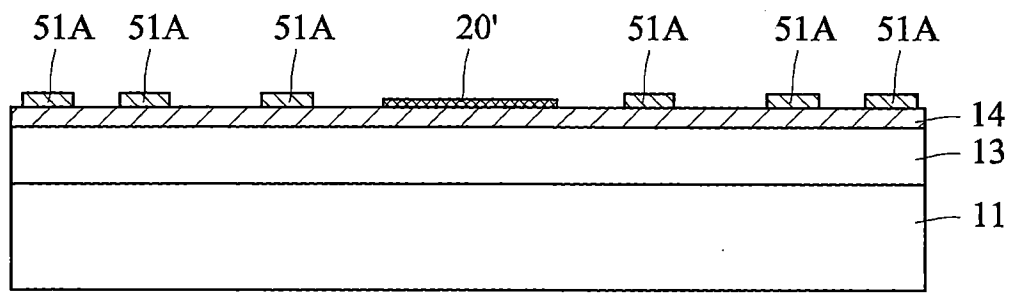


圖6C

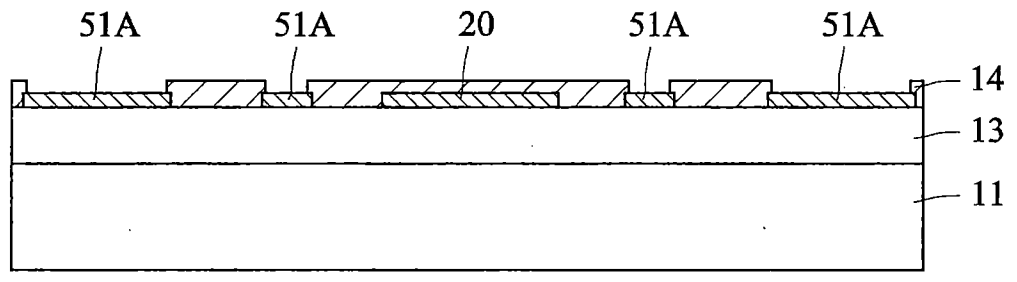


圖6D

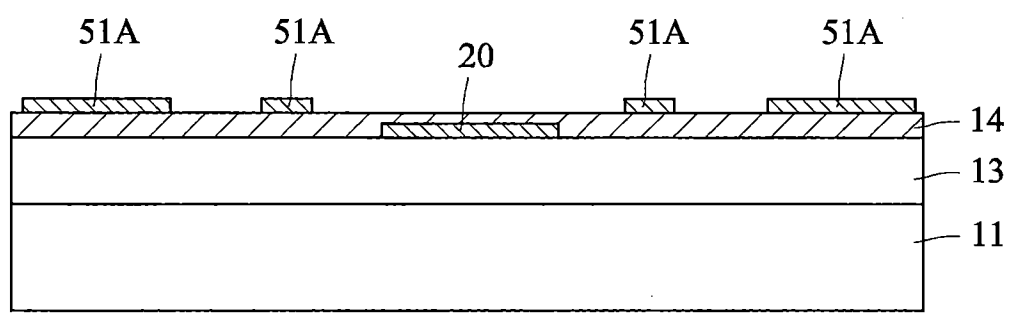


圖6E

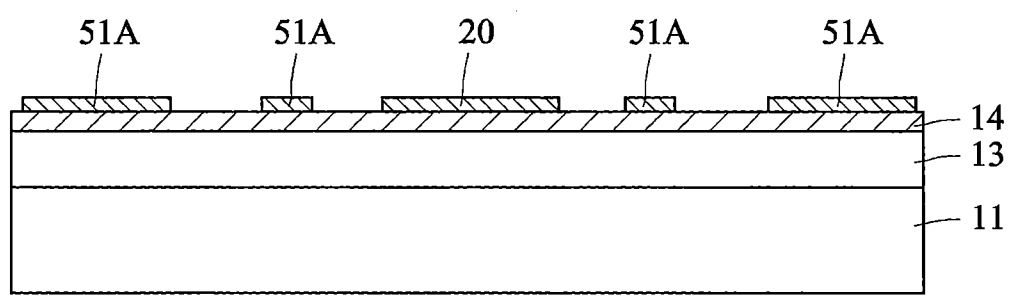


圖6F

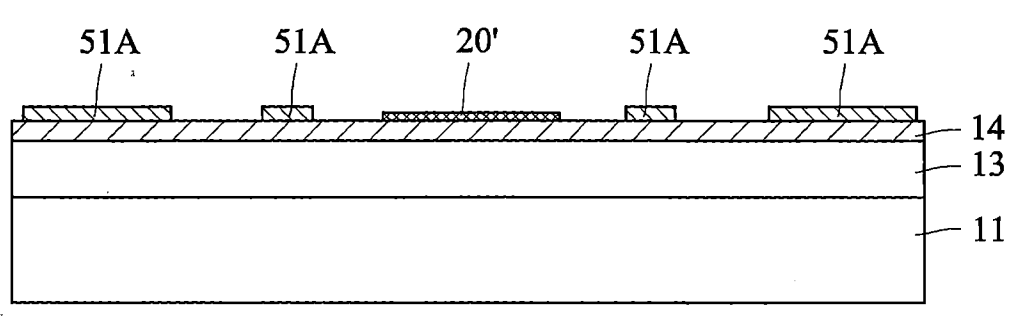


圖6G

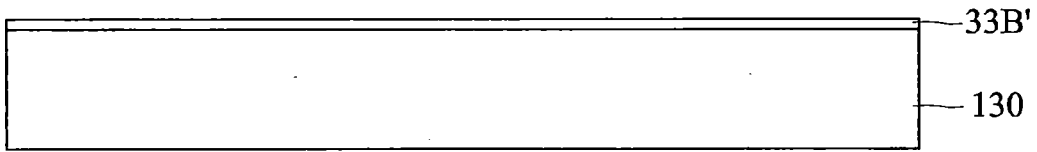


圖7A

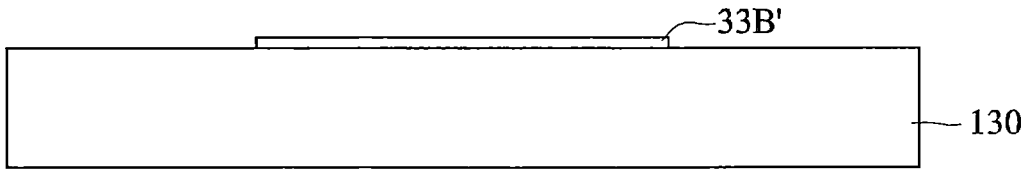


圖7B

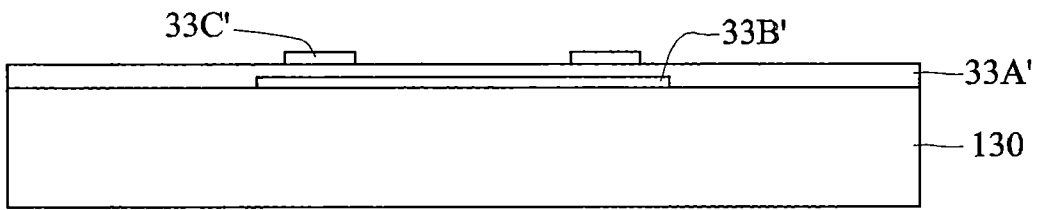


圖7C

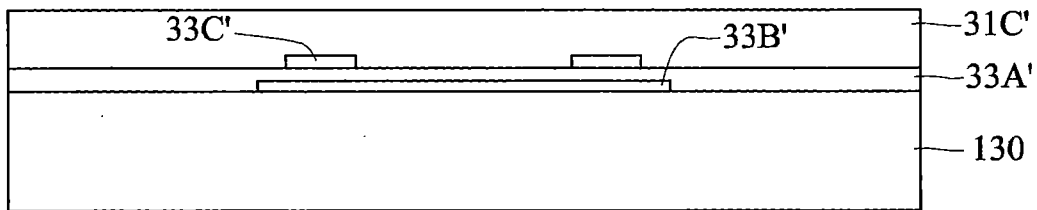


圖7D

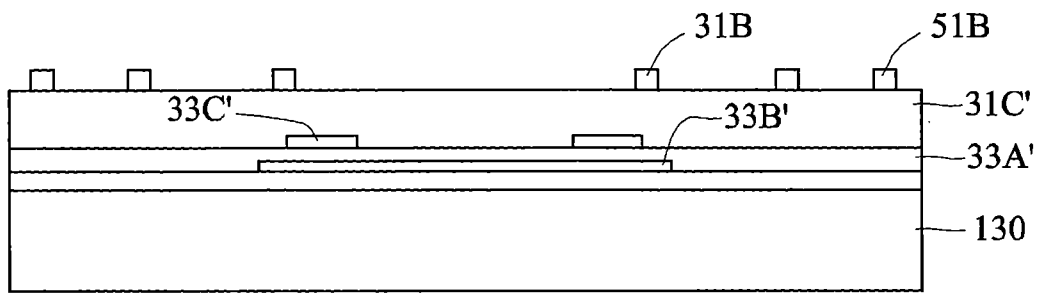


圖7E

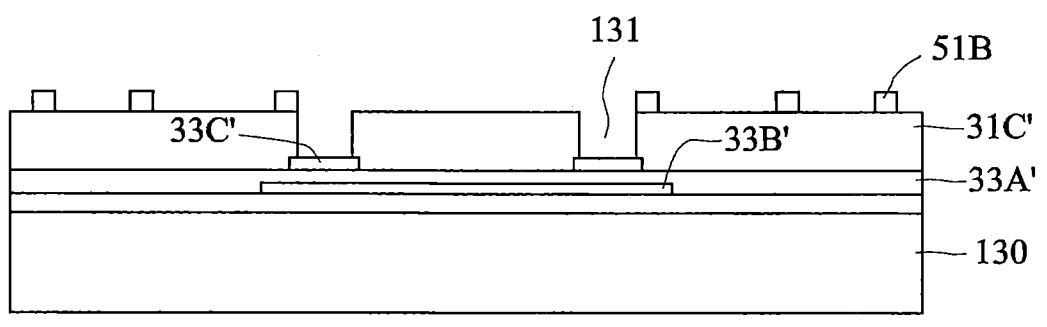


圖7F

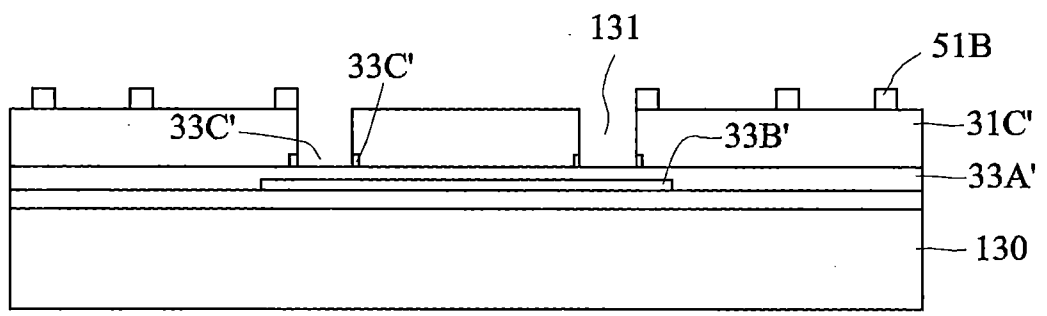


圖7G

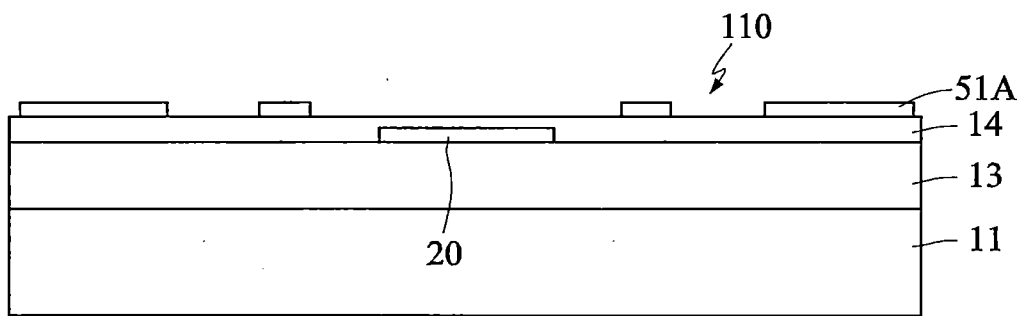


圖8A

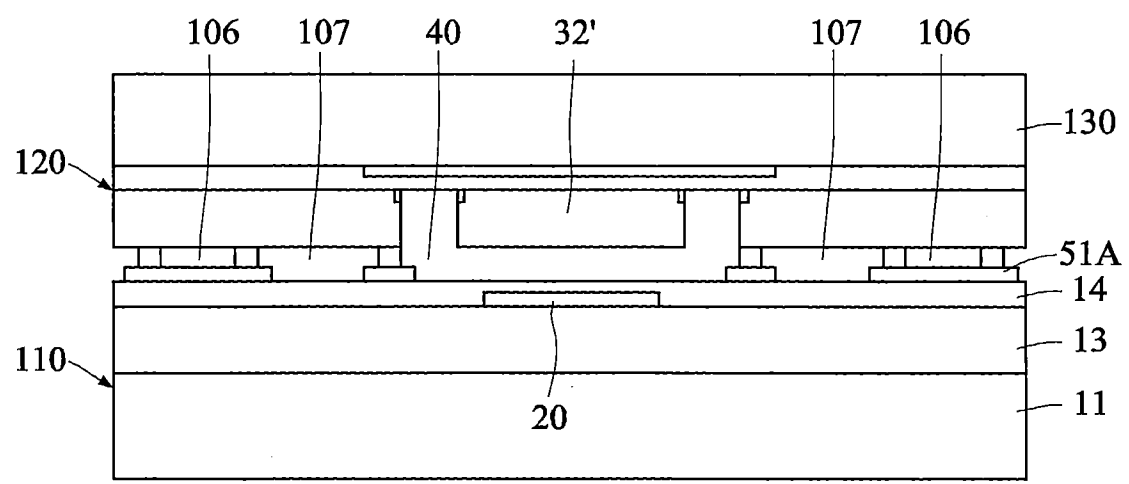


圖8B

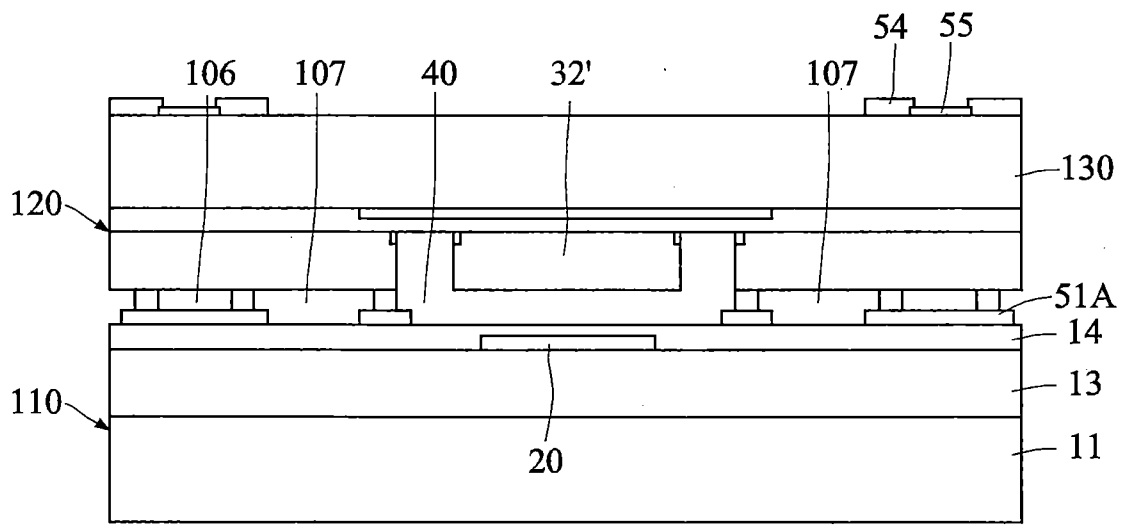


圖8C

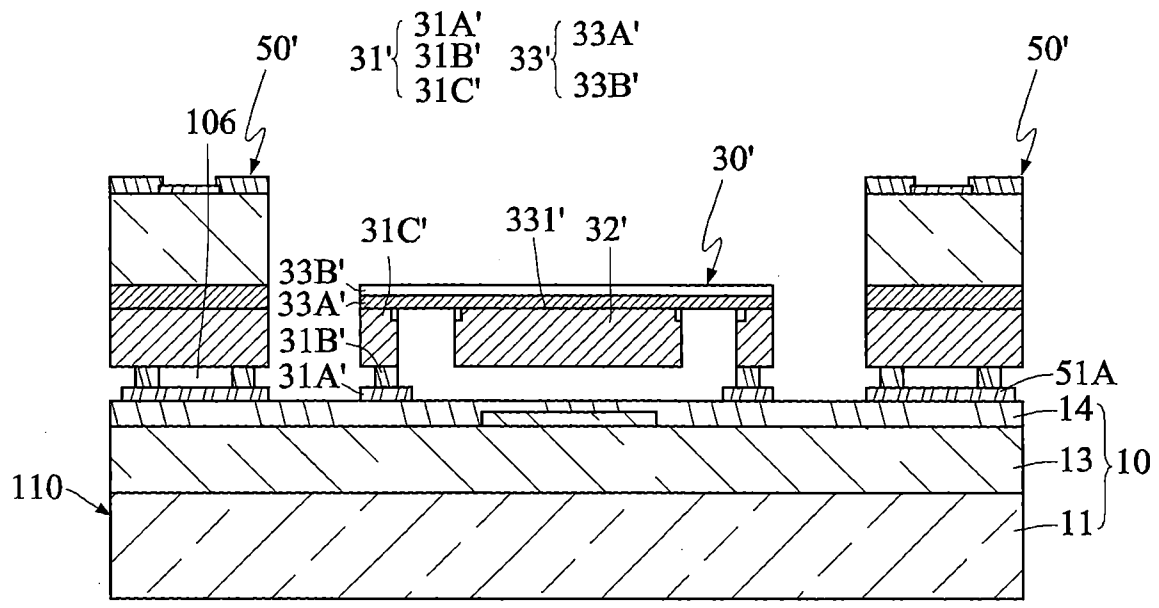


圖8D

44 {  
44A  
44B  
44C  
44D  
44E

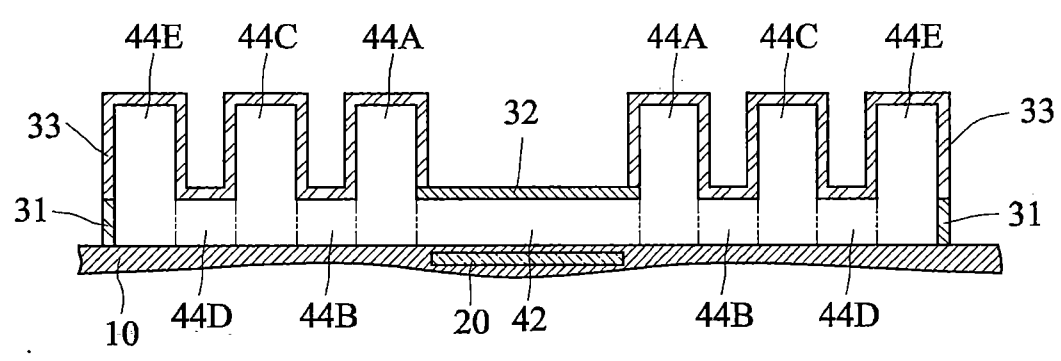


圖 9