



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公告本

(11) 證書號數：TW I658986 B

(45) 公告日：中華民國 108 (2019) 年 05 月 11 日

(21) 申請案號：106131811

(22) 申請日：中華民國 106 (2017) 年 09 月 15 日

(51) Int. Cl. : **B81B7/02 (2006.01)****B81C1/00 (2006.01)**

(30) 優先權：2016/09/26 美國

62/399,559

2016/10/31 英國

1618354.3

(71) 申請人：席瑞斯邏輯國際半導體有限公司 (英國) CIRRUS LOGIC INTERNATIONAL SEMICONDUCTOR LTD. (GB)

英國

(72) 發明人：亨金 艾雷克西 瑟傑意維奇 KHENKIN, ALEKSEY SERGEYEVICH (US)；宏可斯特拉 德斯伊爾克 漢斯 HOEKSTRA, TSJERK HANS (NL)

(74) 代理人：李耀馨

(56) 參考文獻：

EP 2145696A1

KR 2003-0075906

US 2016/0066099A1

審查人員：黃孝怡

申請專利範圍項數：19 項 圖式數：9 共 37 頁

(54) 名稱

MEMS 裝置與製程

MEMS DEVICE AND PROCESS

(57) 摘要

本案描述一種 MEMS 傳感器，其包含一基板；一主要膜片，其相對於該基板成一固定關係受支撐；以及一次要膜片，其設置於上覆該主要膜片之一平面中。該次要膜片藉由一實質上剛性之耦接結構而以機械方式耦接至該主要膜片。一剛性支撐板可插入於該主要膜片與該次要膜片之間。

The application describes a MEMS transducer comprising: a substrate; a primary membrane supported in a fixed relation relative to the substrate and a secondary membrane provided in a plane overlying the primary membrane. The secondary membrane is mechanically coupled to the primary membrane by a substantially rigid coupling structure. A rigid support plate may be interposed between the primary and secondary membranes.

指定代表圖：

符號簡單說明：

101 . . . 膜片層

102b、102t . . . 導  
電性元件/膜片電極

103a、103b . . . 支  
撐板電極

104 . . . 背板/剛性  
支撐板

105 . . . 基板

108 . . . 基板空腔

202a、202b . . . 次  
要膜片

203 . . . 耦接結構

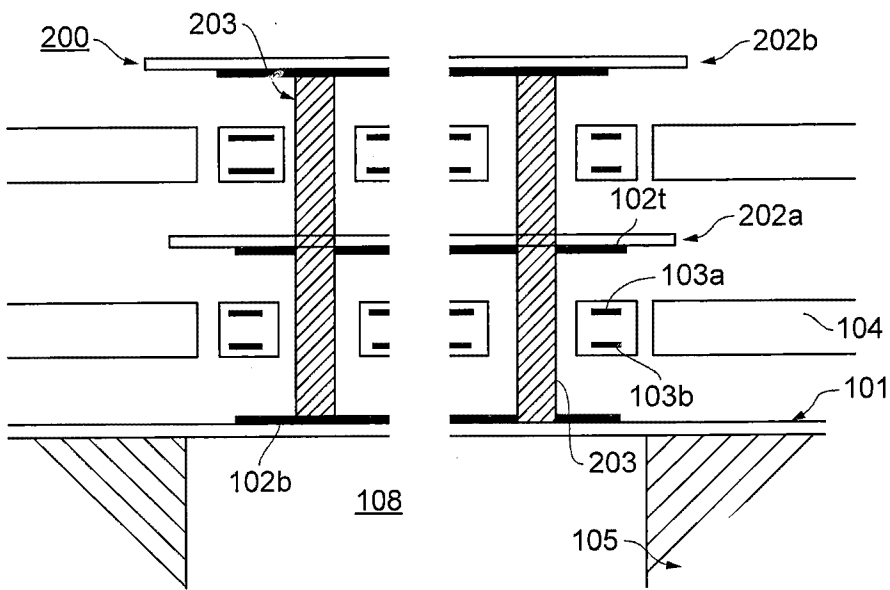


圖3b

# 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】

MEMS 裝置與製程/MEMS DEVICE AND PROCESS

## 【技術領域】

【0001】 本發明係關於微機電系統 (micro-electro-mechanical system, MEMS)裝置與製程，尤其是關於與例如電容式麥克風之傳感器相關的 MEMS 裝置與製程。

## 【先前技術】

【0002】 各種 MEMS 裝置變得愈來愈流行。MEMS 傳感器且尤其 MEMS 電容式麥克風正愈來愈多地用於諸如行動電話及攜帶型計算裝置之攜帶型電子裝置中。

【0003】 使用 MEMS 製造製程形成之麥克風裝置通常包含一或多個膜片，其中用於讀出/驅動之電極沈積於該等膜片及/或一基板上。在 MEMS 壓力感測器及麥克風之狀況下，通常藉由量測一對電極之間的電容來實現讀出，該電容將隨著該等電極之間的距離回應於入射於膜片表面上之聲波進行改變而變化。

【0004】 圖 1a 及圖 1b 分別展示已知電容式 MEMS 麥克風裝置 100 之示意圖及透視圖。電容式麥克風裝置 100 包含膜片層 101，該膜片層形成一可撓性膜片，該可撓性膜片回應於聲波所產生的壓力差而自由移動。第一電極 102 以機械方式耦接至該可撓性膜片，且該兩者一起形成電容式麥克風裝置之第一電容板。第二電極 103 以機械方式耦接至大體上剛性之結構層或背板 104，該兩者一起形成電容式麥克風裝置之第二電容板。在圖 1a 中所示之實例中，第二電極 103 嵌入於背板結構 104 內。

【0005】 電容式麥克風形成於基板 105 (例如，矽晶圓)上，該基板上形成有上部氧化物層 106 及下部氧化物層 107。在基板中且在任何上覆層中之空腔 108 (在下文中被稱作基板空腔)係設置於膜片下方，且可使用穿過基板 105 之「背蝕(back-etch)」而形成。基板空腔 108 連接至位於膜片正下方之第一空腔 109。此等空腔 108 及 109 可共同地提供聲學容積，因此允許膜片回應於聲學刺激而移動。插入於第一電極 102 與第二電極及 103 之間的為第二空腔 110。

【0006】 可在製造製程期間使用第一犧牲層(亦即，使用用以界定第一空腔的可隨後被移除之材料)且在第一犧牲材料上方沈積膜片層 101 來形成第一空腔 109。使用犧牲層來形成第一空腔 109 意謂基板空腔 108 之蝕刻在界定膜片之直徑方面不起任何作用。替代地，膜片之直徑係由第一空腔 109 之直徑(其又由第一犧牲層之直徑界定)結合第二空腔 110 之直徑(其又可由第二犧牲層之直徑界定)而界定。相比使用濕式蝕刻或乾式蝕刻執行之背蝕製程的直徑，可更準確地控制使用第一犧牲層形成之第一空腔 109 的直徑。因此，蝕刻基板空腔 108 將在下伏於膜片 101 之基板的表面中界定開口。

【0007】 下文中被稱作放氣孔 111 之複數個孔連接第一空腔 109 與第二空腔 110。

【0008】 如所提及，可藉由在第一犧牲材料上方沈積至少一個膜片層 101 來形成膜片。以此方式，膜片層之材料可延伸至支撐膜片之支撐結構(亦即，側壁)中。膜片層及背板層可由彼此實質上相同之材料形成，例如，膜片及背板兩者可藉由沈積氮化矽層而形成。膜片層可經尺寸設定以具有所需可撓性，而背板可沈積得較厚且因此為較剛性之結構。另外，可在形成背板 104 時使用各種其他材料層以控制背板之性質。使用氮化矽材料系統

在許多方面係有利的，但可使用其他材料，例如，使用多晶矽膜片之 MEMS 傳感器為已知的。

**【0009】** 在一些應用中，麥克風可經配置為在使用中使得經由背板來接收入射聲音。在此等情況下，另外複數個孔(在下文中被稱作聲學孔 112)係配置於背板 104 中，以便允許空氣分子自由移動，使得聲波可進入第二空腔 110。第一空腔 109 及第二空腔 110 結合基板空腔 108 允許膜片 101 回應於經由背板 104 中之聲學孔 112 進入的聲波而移動。在此等情況下，基板空腔 108 通常被稱為「背部容積(back volume)」，且其可被實質上密封。

**【0010】** 在其他應用中，麥克風可經配置使得可在使用中經由基板空腔 108 來接收聲音。在此等應用中，背板 104 通常仍具備複數個孔，以允許空氣在第二空腔與背板上方的另一容積之間自由地移動。

**【0011】** 亦應注意，儘管圖 1 展示背板 104 正支撐於膜片的與基板 105 對置之側上，但如下配置係已知的：背板 104 係以膜片層 101 支撐於其上方的方式最接近於基板而形成。

**【0012】** 在使用中，回應於與入射於麥克風上之壓力波對應的聲波，膜片自其均衡或靜態位置稍微變形。膜片電極 102 與背板電極 103 之間的距離相應地變更，從而引起兩個電極之間的電容之改變，該改變隨後由電子電路系統(未圖示)來偵測。放氣孔允許第一空腔及第二空腔中之壓力在相對長的時間標度內均衡(就聲頻而言)，此減小(例如)起因於溫度變化及其類似者的低頻壓力變化之效應，但不影響所要聲頻下之敏感度。

**【0013】** MEMS 傳感器之可撓性膜片層大體上包含薄介電材料層，諸如晶體或多晶材料層。實務上，膜片層可由在連續步驟中沈積之若干材料層形成。舉例而言，可撓性膜片 101 可由氮化矽  $\text{Si}_3\text{N}_4$  或多晶矽形成。晶體及多晶材料具有高強度及低塑性變形，該兩種材料在建構膜片時高度理

想。MEMS 傳感器之膜片電極 102 通常為薄金屬層(例如，鋁)，該金屬層通常位於膜片 101 之中心，亦即，膜片之位移最多的部分。熟習此項技術者將瞭解，膜片電極可由諸如鋁矽之合金形成。膜片電極可通常覆蓋(例如)膜片之面積之約 40%，通常在膜片之中心區域中。

**【0014】** 消費型電子裝置不斷地變小，且隨著技術的進步，獲得不斷增強的效能及功能性。此趨勢在消費型電子產品且尤其(但不排除)在攜帶型產品中所使用之技術中清晰易見，攜帶型產品諸如行動電話、音訊播放器、視訊播放器、PDA、行動計算平台(諸如膝上型電腦或平板電腦)及/或遊戲裝置。舉例而言，行動電話行業的要求正驅使組件變得愈來愈小，而功能性愈來愈高，且成本愈來愈低。因此需要將電子電路之功能整合在一起，且使電子電路與諸如麥克風及揚聲器之傳感器裝置相組合。

**【0015】** 微機電系統(MEMS)傳感器(諸如，MEMS 麥克風)正應用於此等裝置中之許多者中。因此亦存在對減小 MEMS 裝置之大小及成本的持續不斷動力。此外，熟習此項技術者將瞭解，MEMS 傳感器通常在經單一化之前形成於晶圓上。傳感器及任何相關聯電路系統所需之區域之佔據面積將判定有多少裝置可形成於給定晶圓上，且因此會影響 MEMS 裝置之成本。因此，通常希望減小在晶圓上製造 MEMS 裝置所需之佔據面積。

**【0016】** 然而，隨著 MEMS 傳感器變得愈來愈小，感測器電容將減小。此導致較低信號電荷且因此導致相對高的電子噪音連同其他影響，從而引起效能(例如，信號對雜訊比)之惡化。

#### **【發明內容】**

**【0017】** 本發明係關於 MEMS 傳感器與製程，其設法減輕前述缺點中之一些，詳言之藉由提供展現增強之電容，而裝置之佔據面積大小無對應增加的 MEMS 傳感器來實現。

**【0018】** 根據第一態樣，提供一種 MEMS 傳感器，其包含：

- 一基板，其具有一空腔；
- 一主要膜片，其相對於該基板受支撐；以及
- 一次要膜片，其設置於上覆該主要膜片之一平面中，其中該次要膜片耦接至該主要膜片。

**【0019】** 根據此配置，經由該基板空腔接收之聲波可入射於該主要膜片上。該主要膜片較佳相對於該基板成一固定關係懸掛，例如，藉由將該主要膜片之周邊附接至該基板及/或該傳感器之側壁及/或該傳感器之另一結構層。因此，回應於由於入射聲波而在該主要膜片上產生之壓力差動，該主要膜片可撓曲，以使得該主要膜片的遠離該該主要膜片附接所在之區域自其均衡或靜態位置移位。

**【0020】** 一次要膜片被設置於上覆該主要膜片之一平面中。替代地，複數個次要膜片可設置成與該主要膜片之距離依次增大。

**【0021】** 該或每一次要膜片經耦接(直接地或間接地)至該主要膜片。因此，根據設置有複數個次要膜片之實例，一「較高」次要膜片可直接耦接至該主要膜片及/或一「下部」次要膜片並不直接地耦接至該主要膜片(且因此間接地耦接至該主要膜片)。

**【0022】** 較佳地，主要膜片與次要膜片之間的耦接足夠剛性，以確保整個多膜片結構之最低諧振頻率至少比麥克風之最高興趣頻率(例如，20 kHz)高一個數量級。

**【0023】** 較佳地，該次要膜片藉由一實質上剛性之耦接結構而耦接至該主要膜片。較佳地，該次要膜片借助於一或多個平面間耦接結構而耦接至該主要膜片，該一或多個平面間耦接結構在該次要膜片與該主要膜片之間延伸。實質上剛性之耦接結構可有利地提供該主要膜片與該/每一次要膜

片之間的一實質上固定距離，因此允許該次要膜片跟隨該主要膜片之移動而移動。與該主要膜片相比，該次要膜片較佳為自身不相對於該基板(或傳感器之其他結構層)懸掛，而是僅經由該主要膜片以機械方式耦接至該基板。該次要膜片可被視為「標靶(drone)膜片」，此係因為該次要膜片之移動實質上由於該主要膜片而發生，而非由該次要膜片對聲波之任何回應引起。有利地，由於該次要膜片僅經由該主要膜片以機械方式耦接，因此標靶膜片並不顯著地更改膜片結構之安裝的剛性或靈活性。換言之，傳感器對入射壓力波之機械回應度不因為次要膜片而受顯著影響，且因此裝置之敏感度有利地未受損。

**【0024】** 舉例而言，耦接結構可包含導電材料，諸如用以形成傳感器電極之材料。另外或替代地，耦接結構可包含非導電材料，諸如用以形成主要及/或次要膜片之材料，或聚醯亞胺。

**【0025】** 根據一個實例，一實質上剛性之支撐板設置於插入於該主要膜片與該次要膜片之間的一平面中。

**【0026】** 為了形成電容式感測裝置，該剛性支撐板通常具備形成至少一個支撐板電極之一或多個導電性元件，該支撐板電極為結合設置於該主要及/或該次要膜片上之另一電極(膜片電極)的一對電容式電極中之一者。因此，該主要膜片可具備一或多個導電性元件，該一或多個導電性元件與相關聯於該剛性支撐板之一或多個導電性元件形成一電容器。類似地，該次要膜片可具備一或多個導電性元件，該一或多個導電性元件與相關聯於該剛性支撐板之導電性元件中之一或多者形成一電容器。

**【0027】** 根據包含複數個次要膜片之實例，一剛性支撐板可設置於該主要膜片與該第一次要膜片之間，以及鄰近的次要膜片之間。

**【0028】** 具有單一膜片之已知 MEMS 傳感器通常包含一剛性結構層



或所謂的「背板」，其支撐一固定電極且形成傳感器裝置之電容式板中之一者。因此，可認為實質上剛性之支撐板形成與已知 MEMS 傳感器裝置之背板類似的功能。然而，由於設置了兩個或更多個膜片，根據較佳實例，該剛性支撐板係插入於該主要膜片與該次要膜片之間。此配置係有利的，因為實質上剛性之支撐板 104 亦充當機械止動件，其限制該主要及該次要膜片兩者之移動。由於支撐板係插入於主要膜片與次要膜片之間，因此設計允許膜片偏轉在兩個方向上受限制，藉此在(例如)高壓事件期間保護傳感器。

**【0029】** 應瞭解，在上覆該主要膜片之一平面中設置一次要膜片顯著地增大了每單位面積的傳感器裝置之電容。此外，由於該(或每一)次要膜片係經由該主要膜片僅以機械方式耦接且較佳地不相對於該基板成一固定關係受支撐，例如，不存在該次要膜片在其周邊至例如該傳感器之側壁的附接，因此設置第二膜片不會顯著更改傳感器裝置之剛性/順應性。此配置之一優點在於裝置之敏感度較佳不被更改，儘管設置了複數個膜片。將瞭解，裝置之移動或致動較佳實質上由僅該主要膜片對聲學信號之機械回應度判定。

**【0030】** 根據又一態樣，提供一種製造一 MEMS 傳感器之方法，該 MEMS 傳感器包含：

- 一基板；
- 一主要膜片，其相對於該基板受支撐；以及
- 一次要膜片，其設置於上覆該主要膜片之一平面中，其中該次要膜片耦接至該主要膜片。

**【0031】** 在例如電容式麥克風之情況下，一空腔可形成於該基板中且該主要膜片經形成以便覆疊該基板空腔。

**【0032】** 根據又一態樣，提供一種形成具有一基板之一 MEMS 傳感器之方法，該方法包含：

- i)在該基板之一上部表面中形成一空腔；
- ii)將一聚醯亞胺層塗覆至該基板之該上部表面，以便填充該空腔；
- iii)對該聚醯亞胺層進行平坦化以得到一平坦表面；以及
- iv)在該平坦表面上形成一第一層膜片材料。

**【0033】** 該方法可進一步包含以下步驟：

- v)將一第二層聚醯亞胺塗覆至該層膜片材料；
- vi)對該第二層聚醯亞胺進行平坦化；
- vii)在該平坦表面上形成一實質上剛性之支撐板。

**【0034】** 此階段之釋放蝕刻移除聚醯亞胺層，且產生具有剛性背板之單一平坦膜片結構，該結構可有效地用於許多 MEMS 傳感器設計中。由於膜片形成為與基板之上部表面成直線，而非膜片自下部由作為已知傳感器結構之典型的複數個支柱支撐，所得結構受益於增強的穩固性，特定言之對高壓或衝擊事件之穩固性。

**【0035】** 為了製造具有耦接在一起之主要膜片及次要膜片之 MEMS 傳感器，該方法可進一步包含：

- viii)塗覆一第三層聚醯亞胺以覆蓋該剛性支撐板；
- ix)對該第三層聚醯亞胺進行平坦化；
- x)蝕刻貫穿該聚醯亞胺以形成複數個平面間空腔，該複數個平面間空腔延伸至該層膜片材料之一上部表面；
- xi)沈積膜片材料以在該等平面間空腔內形成側壁；
- xii)用聚醯亞胺填充該等平面間空腔且進行平坦化；以及
- xi)在該平坦表面上形成一第二層膜片材料。

【0036】 該傳感器可為一電容式感測器，諸如一麥克風。該傳感器可包含讀出(亦即，放大)電路系統。該傳感器可位於具有一聲音埠(亦即，一聲學埠)之一封裝內。該傳感器可實施於電子裝置中，該電子裝置可為以下各者中之至少一者：攜帶型裝置；電池供電式裝置；音訊裝置；計算裝置；通信裝置；個人媒體播放器；行動電話；平板電腦裝置；遊戲裝置；以及語音控制式裝置。

【0037】 任何給定態樣之特徵可與任何其他態樣之特徵組合，且本文中所描述之各種特徵可以任何組合實施於給定實例中。

【0038】 針對以上態樣中之每一者提供製造 MEMS 傳感器之相關聯方法。

#### 【圖式簡單說明】

【0039】 為了更好地理解本發明以及展示可如何實現本發明，現將以實例方式參看附圖，在附圖中：

圖 1a 及圖 1b 以截面圖及透視圖說明已知電容式 MEMS 傳感器；

圖 2a 展示第一實例結構之截面圖；

圖 2b 展示第二實例結構之透視正視圖；

圖 3a 及圖 3b 展示穿過其他實例結構之部分截面；

圖 3c 展示傳感器具備 N 個膜片之實例之示意性說明；

圖 4a 展示第一電氣組態之實體佈局；

圖 4b 展示圖 4a 中所示之電氣組態之電氣示意圖；

圖 5 展示第二電氣組態之實體佈局；

圖 5b 展示圖 5a 中所示之電氣組態之電氣示意圖；

圖 6a 展示第三電氣組態之實體佈局；

圖 6b 展示圖 6a 中所示之電氣組態之電氣示意圖；

圖 7a 至圖 7g 說明用於形成單一膜片傳感器之步驟序列；

圖 7h 至圖 7n 說明用於形成雙膜片傳感器之又一步驟序列；

圖 8 說明傳感器結構之又一實例；以及

圖 9 展示圖 8 中之傳感器結構之偏轉。

類似於其他圖中的特徵之任何特徵在整個本說明書中被給予相同的參考數字。

### 【實施方式】

【0040】 將描述關於呈 MEMS 電容式麥克風形式之 MEMS 傳感器之實例，其中主要膜片相對於設置於基板中之空腔成一固定關係受支撐。然而，應瞭解，本發明同樣適用於其他類型之 MEMS 傳感器，包括其他電容型傳感器。

【0041】 圖 2a 展示穿過包含主要膜片 101 之實例結構之截面，該主要膜片在其周邊處相對於基板 105 受支撐，在此實例中，該基板具有形成於其中之空腔 108。因此，主要膜片相對於基板懸掛且上覆於基板空腔 108。主要膜片借助於複數個耦接結構 203 而耦接至次要膜片 202。次要膜片 202 設置於大體上平行於主要膜片之一平面中。空腔 108 因此形成第一聲學容積，該第一聲學容積可借助於例如放氣孔而連接至主要膜片上方之第二聲學容積。

【0042】 傳感器可通常經配置以在使用中經由基板空腔在主要膜片之下部表面上接收入射聲波。然而，在一些應用中，傳感器可經配置以在次要膜片上接收入射聲波。在任一情況下，入射聲波可引起主要及次要膜片中之一者或兩者上的壓力差動。舉例而言，主要膜片 101 上之向上力可由  $(P1 - P2)A_x$  給出，其中 P1 為施加於主要膜片之底面上之壓力，P2 為施加於主要膜片之上部側上之壓力，且  $A_x$  為主要膜片之面積。類似地，次要

膜片 202 上之向上力可由 $(P3 - P4)A_y$  給出，其中  $P3$  為施加於次要膜片之底面上之壓力， $P4$  為施加於次要膜片之上部側上之壓力，且  $A_y$  為次要膜片之面積。次要膜片上產生之任何淨力將經由耦接結構 203 傳輸至主要膜片且疊加在主要膜片上產生之任何淨力上。因此，假定  $A_x = A_y = A$  且  $P2 = P3$  (亦即，主要膜片與次要膜片之間的間隙係聲學透明的)，總的淨向上力將為  $(P1 - P2 + P3 - P4)A = (P1 - P4)A$ 。

【0043】 應瞭解，不同於主要膜片，次要膜片自身並不相對於傳感器結構懸掛。因此，次要膜片由於在其周邊處成一固定關係順應地受支撐而不受張力影響。次要膜片上產生之淨力將經由耦接結構 203 傳輸至主要膜片，且因此，雙膜片結構之實際偏轉將取決於相對於傳感器結構之基板安裝主要膜片之順應性。

【0044】 圖 2b 展示根據一個實例之雙膜片結構之正視圖，該雙膜片結構包含借助於複數個耦接結構 203 而耦接至次要膜片 202 之主要膜片。為簡單起見，未展示基板，該基板相對於其成固定關係而支撐主要膜片。

【0045】 圖 3a 展示穿過包含主要膜片 101 之實例結構之部分截面，該主要膜片在其周邊處相對於基板 105 受支撐。因此，主要膜片可被視為相對於傳感器結構之側壁懸掛，以便覆疊基板中之空腔 108。主要膜片借助於複數個耦接結構 203 而耦接至次要膜片 202。次要膜片 202 設置於大體上平行於主要膜片之一平面中。提供支撐板 104，其插入於主要膜片與次要膜片之間。僅出於說明目的，圖 3a 未展示結構之中心區且僅展示結構之周邊，主要膜片及支撐板在周邊處相對於基板受支撐。

【0046】 支撐板 104 較佳為實質上剛性之結構。支撐板之關鍵功能之一為為支撐一固定電極，該固定電極將與設置於主要或次要膜片上之電極形成一電容對。應瞭解，固定電極(其通常由一層導電材料形成)可沈積於支

撐板上或嵌入於支撐板內。在相對簡單之組態中，支撐板可包含形成單一固定電極之單一導電性元件或導電性元件之集合，該單一固定電極與設置於主要膜片上之電極及設置於次要膜片上之電極均形成電容器。支撐板可較佳地為聲學透明的(例如，藉由在支撐板中設置複數個穿孔)，以確保支撐板上方及下方之壓力實質上相等。

【0047】 替代地，如圖 3a 中所示，支撐板可具備複數個導電性元件 103t、103b 以提供第一及第二電極。因此，設置於更接近次要膜片之一平面中之一或多個導電性元件 103t 與設置於次要膜片上之一或多個導電性元件 102t 形成電容器  $C_t$ 。此外，設置於更接近主要膜片之一平面中之一或多個導電性元件 103b 與設置於主要膜片上之一或多個導電性元件 102b 形成電容器  $C_b$ 。

【0048】 回應於入射於主要膜片上之聲學壓力波，且由於主要膜片 101 (其順應地/靈活地附接至傳感器結構)上之壓力差動，主要膜片將自其均衡或靜態位置移位。因此，耦接至主要膜片之次要膜片 202 將以類似方式移位。因此，主要膜片之向上偏轉將引起導電性元件 102b 與 103b 之間的距離之減小，因此導致電容  $C_b$  之增大。主要膜片之向上偏轉將引起次要膜片中之對應偏轉，該對應偏轉將導致導電性元件 102t 與 103t 之間的距離之增大，因此導致電容  $C_t$  之減小。

【0049】 圖 3b 展示穿過包含主要膜片 101 之又一實例結構之部分截面，該主要膜片在其周邊處相對於基板 105 受支撐。在此實例中，主要膜片借助於複數個耦接結構 203 而耦接至兩個次要膜片 202a 及 202b。該等次要膜片各自設置於大體上平行於主要膜片之一平面中，其中第一次要膜片設置成最接近主要膜片。該等次要膜片中之每一者可經穿孔。提供第一支撐板 104，其插入於主要膜片與次要膜片之間。提供第二背板，且插入於鄰

近的次要膜片 202a 與 202b 之間。

**【0050】** 應瞭解，在傳感器結構具有複數個次要膜片，其中鄰近次要膜片可被視為形成次要膜片對之情況下，剛性支撐板將較佳設置於每一對之鄰近次要膜片之間。因此，設想傳感器經設置成具有數目  $N$  個膜片之實例，在該等膜片中，一個膜片為主要膜片  $M1$  且  $N-1$  個膜片為次要膜片。傳感器亦將包含  $N-1$  個支撐板，每一支撐板安置於一對鄰近膜片之間。因此，傳感器可被視為以所謂的蜂巢驅動致動器之方式動作，在所謂的蜂巢驅動致動器中，複數個剛性支撐板提供固定電極，該等固定電極間雜在複數個可移動膜片電極之間。以此方式，由傳感器可達成之電容對於給定佔據面積面積極大地增強，且將隨著膜片數目  $M$  而增加。此外，由於次要膜中之每一者經由主要膜片而僅耦接至傳感器結構，因此裝置之總靈活性及因此敏感度不會顯著受損。此概念將在圖 3c 中示意性地說明。

**【0051】** 應瞭解，存在許多方法，藉此，具有主要及次要膜片之傳感器結構之電極可經電連接以提供來自兩個電容器  $C_t$  及  $C_b$  之輸出，例如如圖 3a 及圖 3b 中所說明。

**【0052】** 圖 4a 展示第一電氣組態之實體佈局。如所說明，兩個電極 103t 及 103b 分別設置於支撐板 104 之頂部及底部處。該等支撐板電極與次要膜片之電極 102t 形成頂部電容器  $C_t$  且與主要膜片之電極 102b 形成底部電容器  $C_b$ 。

**【0053】** 在此實例中，支撐板電極 103t 及 103b 係電分離的，而膜片電極 102t 及 102b 係電連接的。

**【0054】** 如圖 4b 中所示之相關聯電氣示意圖中所說明，在一些實施例中，支撐板電極 103t 及 103b 可分別維持在  $+V_S$  及  $-V_S$ ，且膜片電極 102t 及 102b 兩者之電壓  $V_m$  以  $0\text{ V}$  偏壓。

【0055】 讀出電路具有  $C_t/C_b$  節點，且因此連接至讀出電路之輸入端之  $V_m$  與高值偏壓電阻器  $R_{bias}$  一起被接地。利用  $C_t$ 、 $C_b$  以及  $R_{bias}$  達成之大時間常數允許  $V_m$  以音訊頻率進行調變，同時建立  $0V$  之直流偏壓條件。

【0056】 膜片之向上偏轉使次要膜片至支撐板之距離增大，此使頂部電容器  $C_t$  減小。同時，向上偏轉使主要膜片至支撐板之距離減小，此使底部電容器  $C_b$  增大。為了維持恆定電荷  $Q$ ，需要  $C_t$  上之電壓增大，同時需要  $C_b$  上之電壓減小。淨效應為產生電壓  $V_m$  之下降。

【0057】 圖 5a 展示具有圖 5b 中所示之相關聯電氣示意圖的第二電氣組態之實體佈局。

【0058】 此配置與圖 4a 及圖 4b 中所示之組態的不同之處在於，支撐板之頂部及底部現在電連接，以使得第一及第二支撐板電極電連接，同時主要及次要膜片電極 102b 及 102t 現在電分離。

【0059】 如圖 5b 中所示之相關聯電氣示意圖中所說明，在一些實施例中，支撐板電極 103t 及 103b 可經電連接且處於  $V_{sp} = 0 V$ ，且膜片電極 102b 及 102t 分別處於  $V_{mt} = +V_S$  及  $V_{mb} = -V_S$ 。

【0060】 此結構之功能類似於組態 1 中之功能，但仍需要  $C_t$  及  $C_b$  上之電壓變化以支援恆定電荷，此係因為偏轉使  $C_t$  增大且使  $C_b$  減小。

【0061】 讀出電路現自  $C_t/C_b$  節點接收  $V_{sp}$ 。

【0062】 圖 6a 展示具有圖 6b 中所示之相關聯電氣示意圖的第三電氣組態之實體佈局。

【0063】 根據此實例組態，該等支撐板電極經電連接，但在此情況下， $C_t$  與  $C_b$  之接合點保持在  $V_{sp} = +V_S$ 。處於  $V_{mt}$  的  $C_t$  之另一側經饋送至差動放大器之非反相端子，而處於  $V_{mb}$  的  $C_b$  之另一側轉至差動放大器之反相端子。偏壓電阻器經連接以使差動放大器之非反相及反相端子偏壓



至接地或某一其他便利參考電壓。

【0064】 在操作中，膜片及相關聯電極 102 及 103 之偏轉將導致  $V_{mt}$  及  $V_{mb}$  之變化，此構成將由差動放大器放大之差動信號。可饋送至感測線中之共模信號及雜訊將視放大器之共模抑制比(common mode rejection ratio, CMRR)藉由差動放大器之動作而衰減或被抑制。

【0065】 此結構允許使用差動放大器作為讀出電路，此受益於差動放大器能夠使共模雜訊衰減或抑制。如將瞭解，差動系統的有利之處在於，該等差動系統允許藉由例如共模抑制來移除自諸如傳感器電力供應器之源產生的電雜訊或自外部電干涉拾取的雜訊，從而將自各別電容變化產生的兩個輸出信號施加至差動放大器的兩個輸入端且減去。

【0066】 根據其他態樣，提供用於製造 MEMS 傳感器之方法。圖 7a 至圖 7g 說明用於形成具有剛性支撐板之單一膜片傳感器之步驟序列。

【0067】 如圖 7a 中所示，提供矽晶圓 701，其將形成預期傳感器裝置之基板。執行矽蝕刻以在基板中形成空腔 702，如圖 7b 中所示。塗覆聚醯亞胺之犧牲層 703 且接著對結構進行平坦化，以得到如圖 7c 中所示的具有所要平坦表面之結構。應瞭解，與基板空腔通常藉由蝕刻貫穿空腔之底面形成的先前考慮之技術相比，根據此方法之基板空腔已自矽晶圓之上部側界定。此技術緩解對考慮貫穿空腔之底面的蝕刻孔與與預期的上覆膜片層之對準的需要。

【0068】 接著在平坦表面上沈積氮化矽層 704 且將該氮化矽層蝕刻至所需厚度，以得到如圖 7d 中所示之結構。該氮化矽層將形成最終 MEMS 傳感器之主要膜片 101 或單一膜片。

【0069】 在圖 7e 中，已塗覆另一聚醯亞胺塗層 705 且再次對上部表面進行平坦化。在經平坦化之表面上沈積許多氮化矽層且視需要將該等氮

化矽層圖案化，以形成如圖 7f 中所示的實質上剛性之支撐板或背板 706。圖 7g 展示經塗覆以包封 SiN 支撐板之另一聚醯亞胺層 707。此階段的用以移除聚醯亞胺層之釋放蝕刻將產生具有剛性背板之單一平坦膜片結構，該結構可有效地用於許多 MEMS 傳感器設計中。由於膜片形成為與基板之上部表面成直線，而非膜片自下部由作為已知傳感器結構之典型的複數個支柱支撐，所得結構受益於增強的穩固性，特定言之對高壓或衝擊事件之穩固性。

【0070】 為了製造具有耦接在一起之主要膜片及次要膜片之 MEMS 傳感器，對圖 7g 中所示之結構進行進一步處理。如圖 7h 中所示，將聚醯亞胺塗層蝕刻降至將形成主要膜片之膜片層的上部表面，以形成具有側壁之複數個平面間通道 708。該等平面間通道將最終有助於形成用於耦接傳感器之最終主要及次要膜片的耦接結構。

【0071】 在該等通道內沈積氮化矽 709，從而產生圖 7i 中所示之結構，且塗覆沈積另一聚醯亞胺塗層 710 以填充該等通道。對聚醯亞胺塗層之上部表面進行平坦化以得到與該等平面間通道之頂部成直線之平坦表面，如圖 7j 中所示。接著在該平坦表面上沈積第二膜片層 711/202，以得到如圖 7k 中所示之結構。

【0072】 如圖 7l 中所示且為了在對基板之底面的後續處理期間保護該結構，塗覆另一聚醯亞胺塗層 712。接著，如圖 7m 中所示，貫穿矽晶圓進行背面蝕刻，直至該聚醯亞胺層。最後，執行聚醯亞胺蝕刻，以釋放圖 7n 中所示之結構，該結構具有相對於基板懸掛之主要膜片 101 及借助於耦接結構 203 剛性地耦接至主要膜片的次要膜片 202。實質上剛性之支撐板 104 併有一或多個導電層(為簡單起見，將自處理步驟序列省略)，該一或多個導電層形成如圖 8 中所示之支撐板電極 103a 及 103b。填充在平面間通道

內之聚醯亞胺可保留以提供增強之結構支撐及/或剛性至耦接結構 203，或視需要移除。

**【0073】** 實質上剛性之支撐板 104 亦充當機械止動件，以便限制主要及次要膜片兩者之移動。由於支撐板係插入於主要膜片與次要膜片之間，因此設計允許膜片偏轉在兩個方向上受限制，藉此在(例如)高壓事件期間保護傳感器。此說明於圖 9 中。

**【0074】** 舉例而言，主要及次要膜片可由氮化矽  $\text{Si}_3\text{N}_4$  或多晶矽形成。晶體及多晶材料具有高強度及低塑性變形，該兩種材料在建構膜片時高度理想。支撐板及/或膜片之導電電極可由導電介電質(諸如氮化鈦、多晶矽、碳化矽、非晶矽或氮化鈮)或金屬(諸如鋁)或金屬合金(鋁矽合金)形成。

**【0075】** 剛性支撐板可通常與膜片由同一材料形成，但設置為較厚層或沈積複數個層，以便賦予所需的結構剛性。因此，剛性支撐板可由氮化矽  $\text{Si}_3\text{N}_4$  或多晶矽形成。熟習此項技術者將瞭解，多晶矽可經局部或全域摻雜以形成導電區。因此，設想膜片及/或支撐板由多晶矽形成之實施例，且其中多晶矽之區經摻雜以形成導電性電極區。因此，在此類實例中，膜片之表面上及/或支撐板上或內不存在特定的電極材料層。實情為，電極係由形成膜片及/或支撐板之多晶矽之摻雜區形成。

**【0076】** 根據此處所描述之實例的 MEMS 傳感器可包含電容式感測器，例如麥克風。

**【0077】** 根據此處所描述之實例的 MEMS 傳感器可進一步包含例如讀出電路系統，其中該讀出電路系統可包含類比及/或數位電路系統，諸如低雜訊放大器、用於提供較高電壓偏壓之電壓參考及電荷泵、類比至數位轉換或輸出數位介面，或更複雜之類比或數位信號處理。因此，可提供包含如本文中之實例中之任一者中所描述的 MEMS 傳感器的積體電路。

【0078】 根據此處所描述之實例之一或多個 MEMS 傳感器可位於封裝內。此封裝可具有一或多個聲音埠。根據此處所描述之實例的 MEMS 傳感器可與包含讀出電路系統之單獨積體電路一起位於封裝內，該讀出電路系統可包含類比及/或數位電路系統，諸如低雜訊放大器、用於提供較高電壓偏壓之電壓參考及電荷泵、類比至數位轉換或輸出數位介面，或更複雜之類比或數位信號處理。

【0079】 根據此處所描述之實例的 MEMS 傳感器可位於具有聲音埠之封裝內。

【0080】 根據另一態樣，提供一種電子裝置，其包含根據本文中所描述之實例中之任一者的 MEMS 傳感器。舉例而言，電子裝置可包含以下各者中之至少一者：攜帶型裝置；電池供電式裝置；音訊裝置；計算裝置；通信裝置；個人媒體播放器；行動電話；遊戲裝置；以及語音控制式裝置。

【0081】 根據另一態樣，提供一種製造如本文中之實例中之任一者中所描述的 MEMS 傳感器的方法。

【0082】 儘管各種實例描述 MEMS 電容式麥克風，但本文中所描述之實例亦適用於除麥克風外的任何形式之 MEMS 傳感器，例如壓力感測器或超音波傳輸器/接收器。

【0083】 實例可有效地實施於一系列不同材料系統中，然而，本文中所描述之實例對具有包含氮化矽之膜片層的 MEMS 傳感器特別地有利。

【0084】 在上文所描述之實例中，應注意，對傳感器元件之提及可包含各種形式之傳感器元件。舉例而言，傳感器元件可包含單一的膜片與背板組合。在另一實例中，傳感器元件包含複數個個別傳感器，例如多個膜片/背板組合。傳感器元件之個別傳感器可類似或以不同方式組態，使得傳感器以不同方式對聲學信號作出回應，例如，該等元件可具有不同敏感度。

傳感器元件亦可包含經定位以自不同聲道接收聲信號之不同的個別傳感器。

**【0085】** 應注意，在本文中所描述之實例中，傳感器元件可包含例如包含一或多個膜片之麥克風裝置，該一或多個膜片具有沈積於膜片及/或基板或背板上的用於讀出/驅動之電極。在 MEMS 壓力感測器及麥克風之情況下，電輸出信號可藉由量測與電極之間的電容相關之信號來獲得。然而，應注意，該等實例亦意欲涵蓋輸出信號係藉由監測壓阻性或壓電性元件或實際上監測光源而導出。該等實例亦意欲涵蓋傳感器元件為電容式輸出傳感器，其中膜片由於藉由改變施加於電極上之電位差產生之靜電力而移動。

**【0086】** 應注意，上文所描述之實例可在一系列裝置中使用，該等裝置包括但不限於：類比麥克風、數位麥克風、壓力感測器或超音波傳感器。本發明亦可用於許多應用中，該等應用包括但不限於消費型應用、醫學應用、工業應用以及汽車應用。舉例而言，典型的消費型應用包括攜帶型音訊播放器、可穿戴裝置、膝上型電腦、行動電話、PDA 以及個人電腦。實例亦可用於語音啟動或語音控制式裝置中。典型的醫學應用包括助聽器。典型的工業應用包括主動雜訊消除。典型的汽車應用包括免提設置、聲學碰撞感測器以及主動雜訊消除。

**【0087】** 應理解，用於本描述中之各種相對術語上部、下部、頂部、底部、底面、上覆、在...之下等不應以任何方式理解為限於傳感器在任何製造階段期間之任何特定定向及/或傳感器在任何封裝體中之定向，或實際上封裝在任何設備中之定向。因此，該等相對術語應相應地理解。

**【0088】** 應注意，上文所提及之實例說明而非限制本發明，且熟習此項技術者將能夠設計許多替代實例而不背離所附申請專利範圍之範疇。詞「包含」不排除除技術方案中所列之元件或步驟以外的元件或步驟之存在，

「一(a)」或「一(an)」不排除複數個，且單一特徵或其他單元可滿足申請專利範圍中所陳述之若干單元的功能。申請專利範圍中之任何參考符號不應視為限制其範疇。

### 【符號說明】

#### 【0089】

100	電容式 MEMS 麥克風裝置	203	耦接結構
101、M1	主要膜片	V <sub>m</sub>	電壓
102	第一電極	R <sub>bias</sub>	偏壓電阻器
102b、102t	導電性元件/膜片電極	C <sub>b</sub> 、C <sub>t</sub>	電容器
103	第二電極	P1	施加於主要膜片之底面上之壓力
103a、103b、103t	支撐板電極/導電性元件	P2	施加於主要膜片之上部側上之壓力
104	背板/剛性支撐板	P3	施加於次要膜片之底面上之壓力
105	基板	P4	施加於次要膜片之上部側上之壓力
106	上部氧化物層	701	矽晶圓
107	下部氧化物層	702	空腔
108	基板空腔	703	聚醯亞胺犧牲層
109	第一空腔	704	氮化矽層
110	第二空腔	705、707、710、712	聚醯亞胺塗層
111	放氣孔	706	背板
112	聲學孔		
202、202a、202b	次要膜片		

708 平面件通道

711 第二膜片層

709 氮化矽

I658986

## 發明摘要

※ 申請案號：106131811

※ 申請日：106/09/15

※IPC 分類：

## 【發明名稱】

MEMS 裝置與製程/MEMS DEVICE AND PROCESS

## 【中文】

本案描述一種 MEMS 傳感器，其包含一基板；一主要膜片，其相對於該基板成一固定關係受支撐；以及一次要膜片，其設置於上覆該主要膜片之一平面中。該次要膜片藉由一實質上剛性之耦接結構而以機械方式耦接至該主要膜片。一剛性支撐板可插入於該主要膜片與該次要膜片之間。

## 【英文】

The application describes a MEMS transducer comprising: a substrate; a primary membrane supported in a fixed relation relative to the substrate and a secondary membrane provided in a plane overlying the primary membrane. The secondary membrane is mechanically coupled to the primary membrane by a substantially rigid coupling structure. A rigid support plate may be interposed between the primary and secondary membranes.



**【代表圖】**

**【本案指定代表圖】**：第（3b）圖。

**【本代表圖之符號簡單說明】**：

101	膜片層	105	基板
102b、102t	導電性元件/膜片電極	108	基板空腔
103a、103b	支撐板電極	202a、202b	次要膜片
104	背板/剛性支撐板	203	耦接結構

**【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】**：

無

圖式

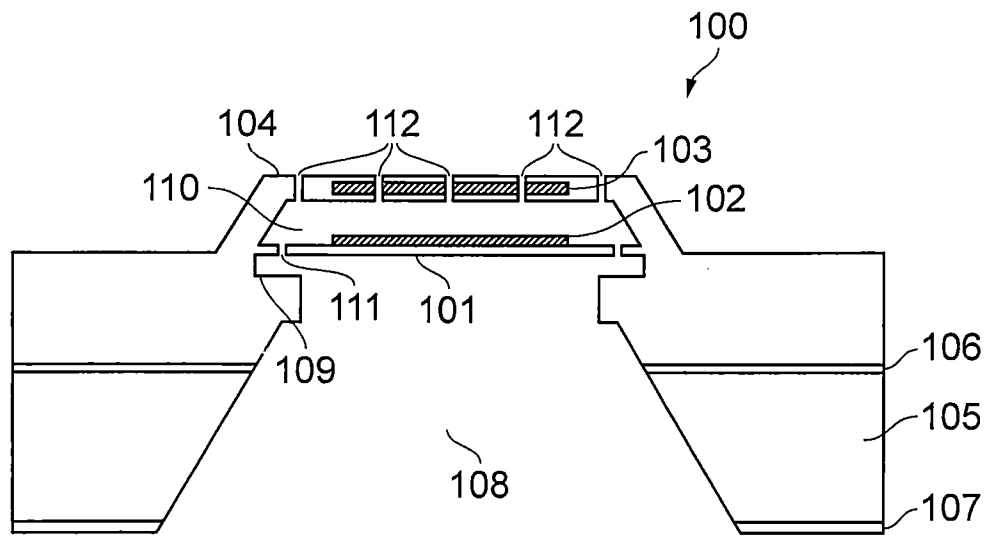


圖 1a

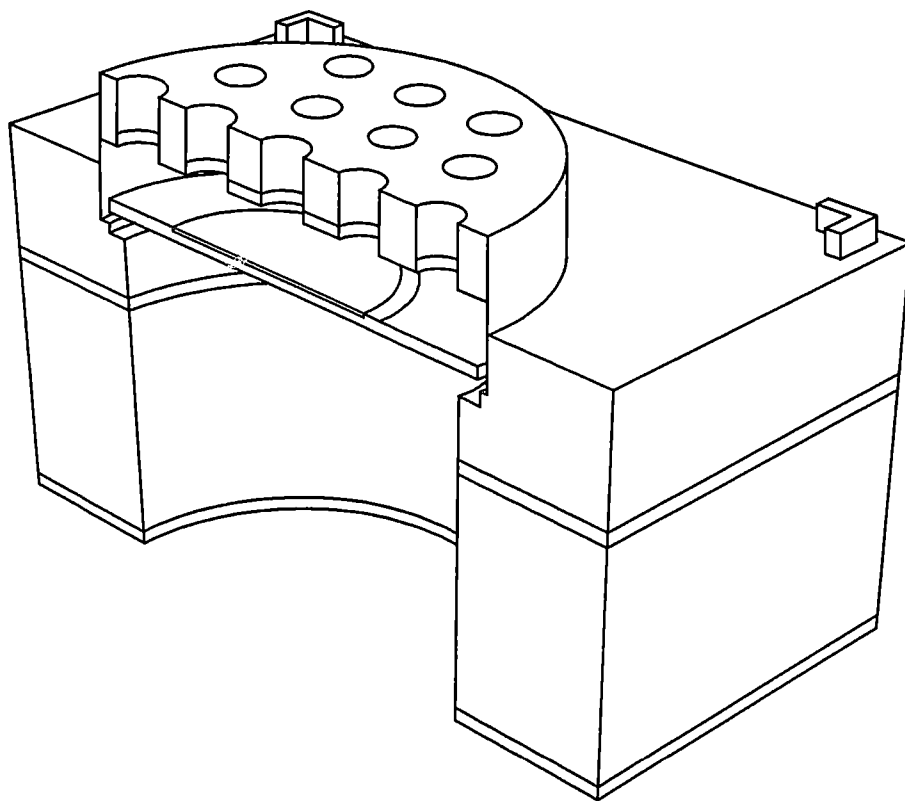


圖 1b

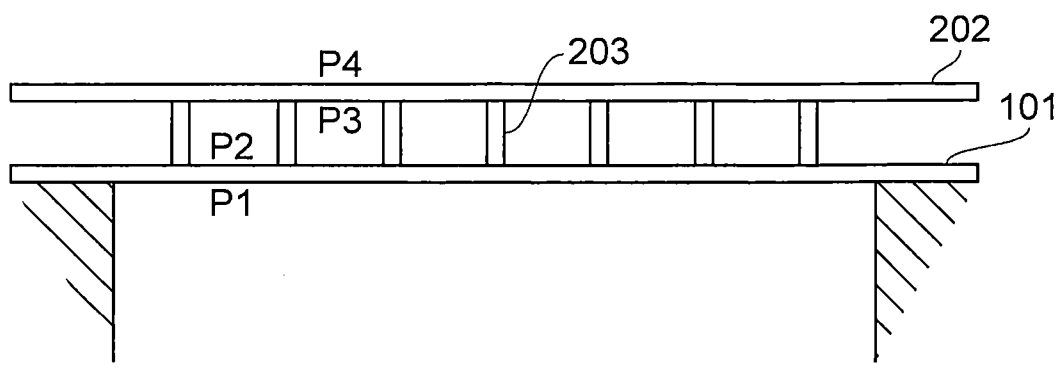


圖2a

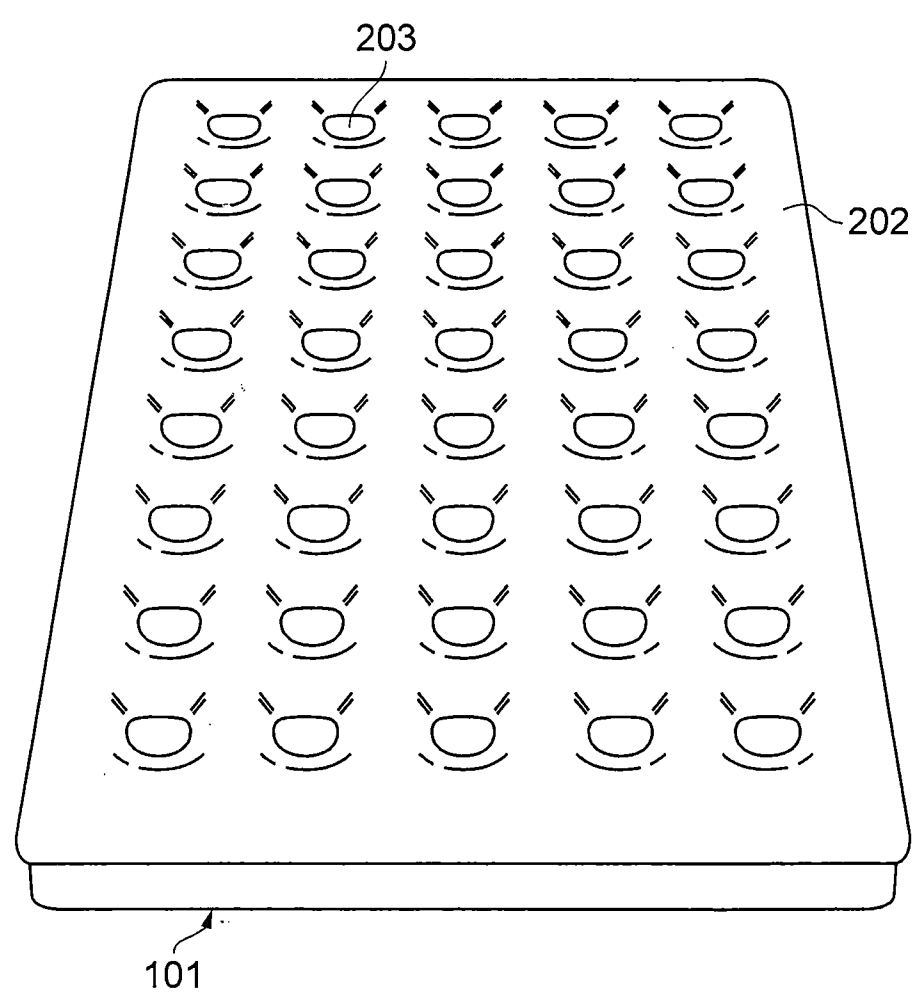


圖2b

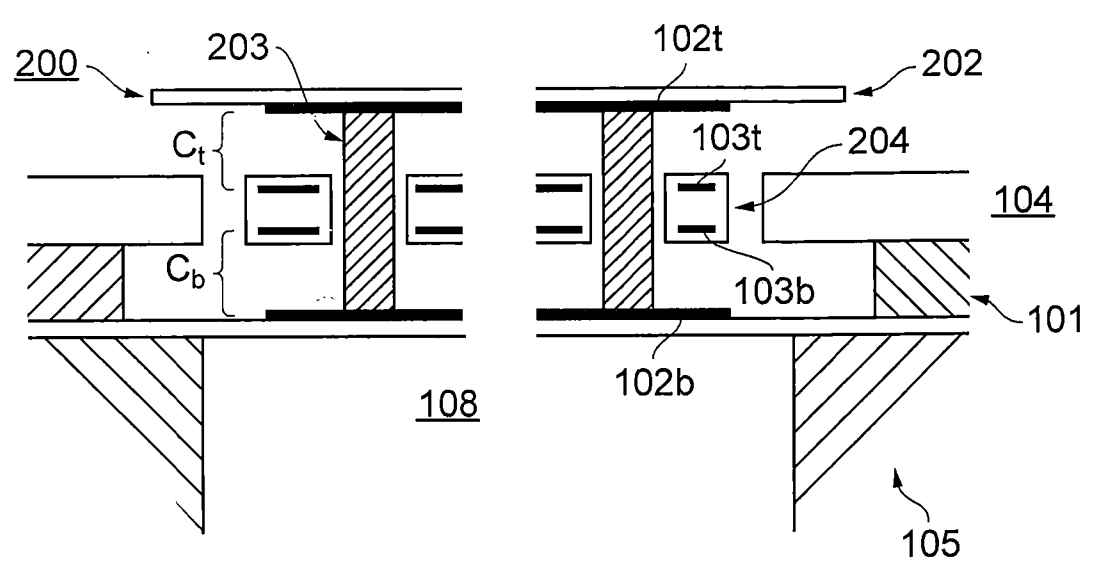


圖3a

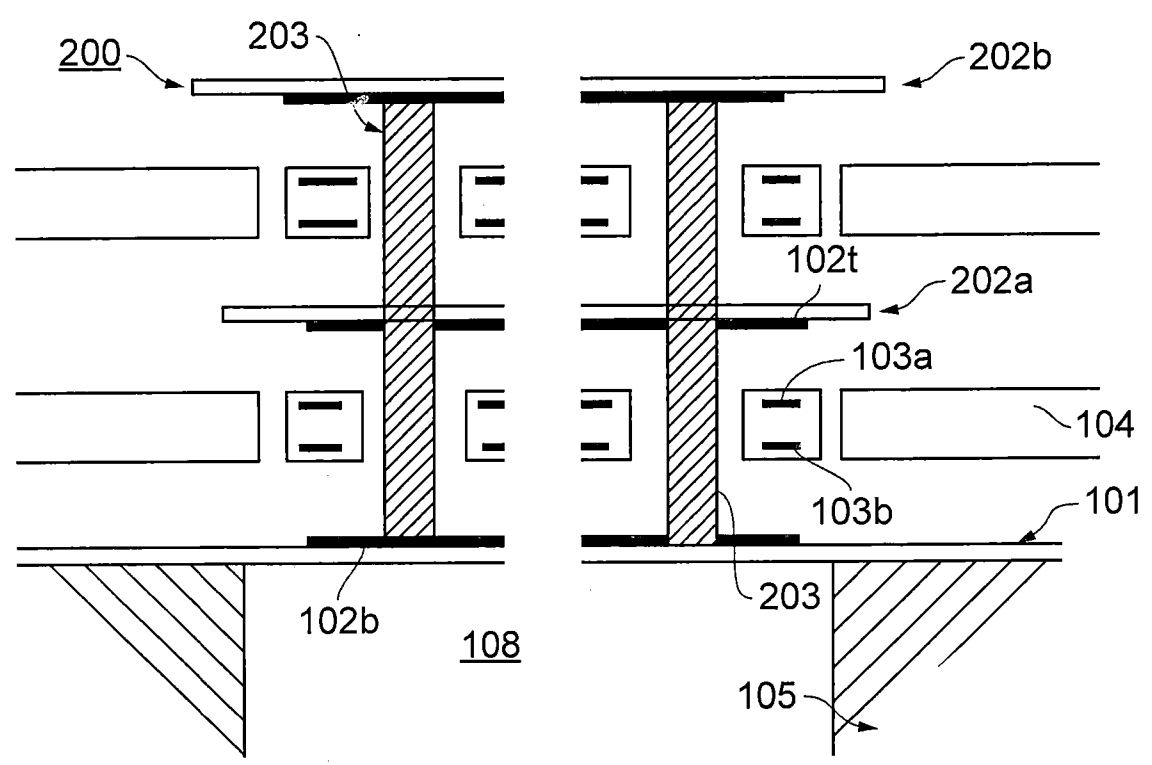


圖3b

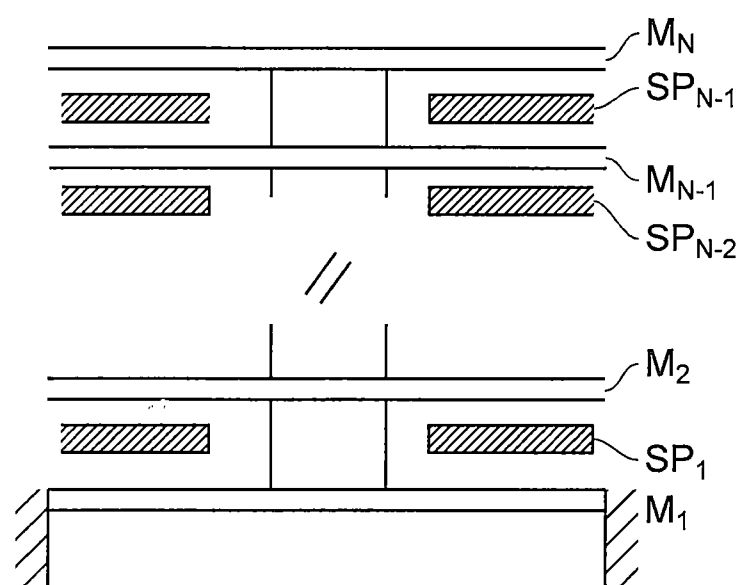


圖 3c

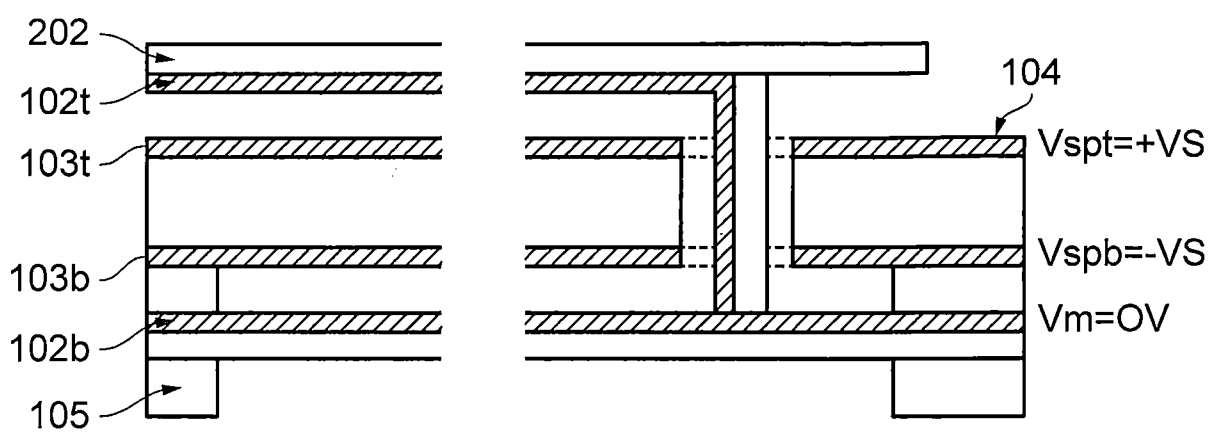


圖 4a

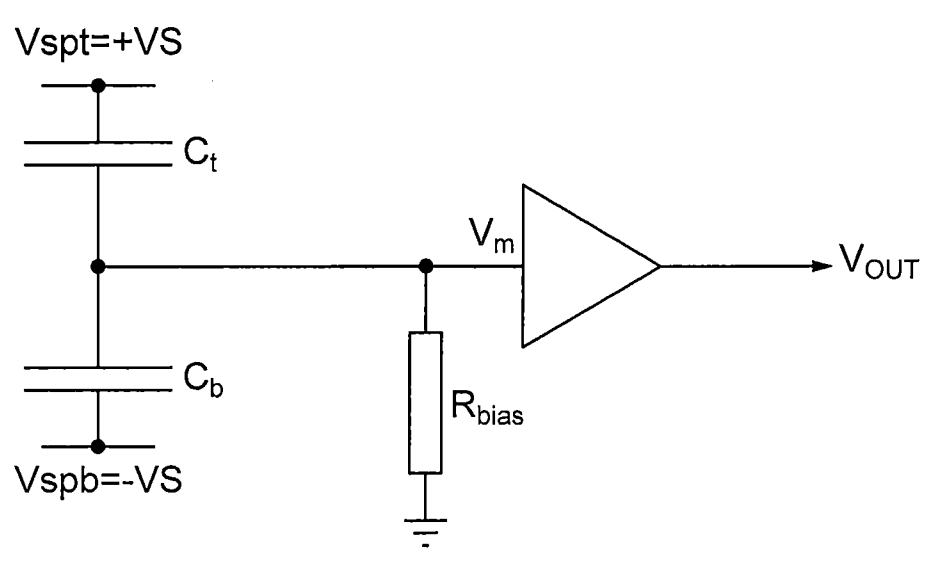


圖 4b

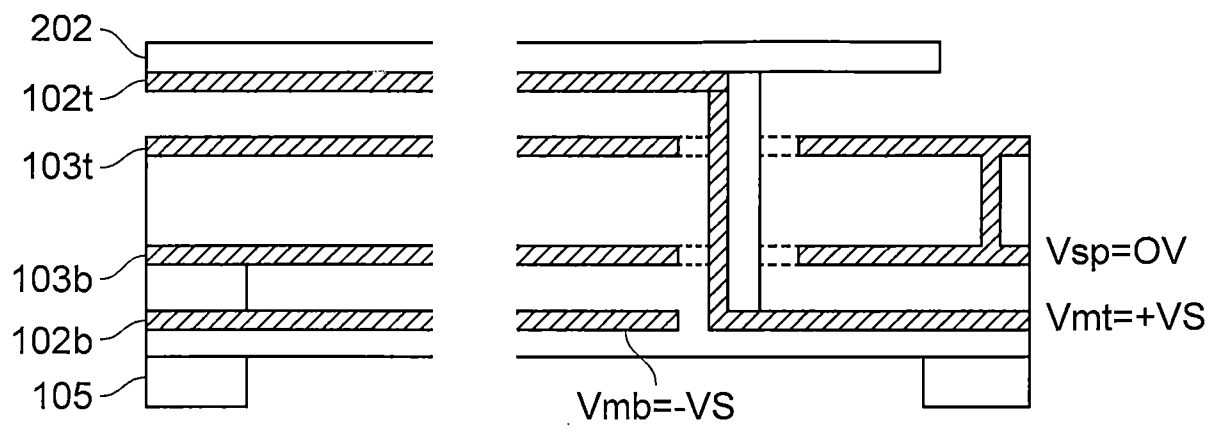


圖 5a

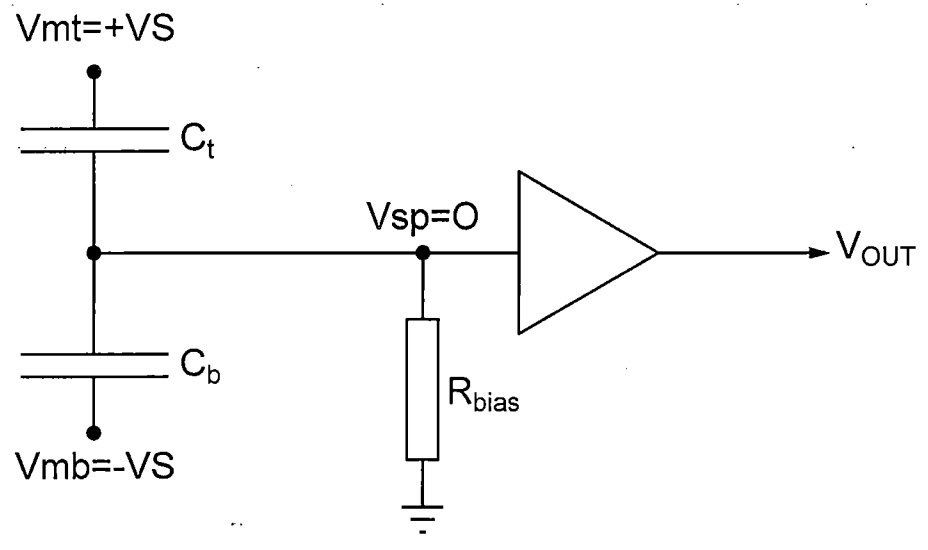


圖 5b

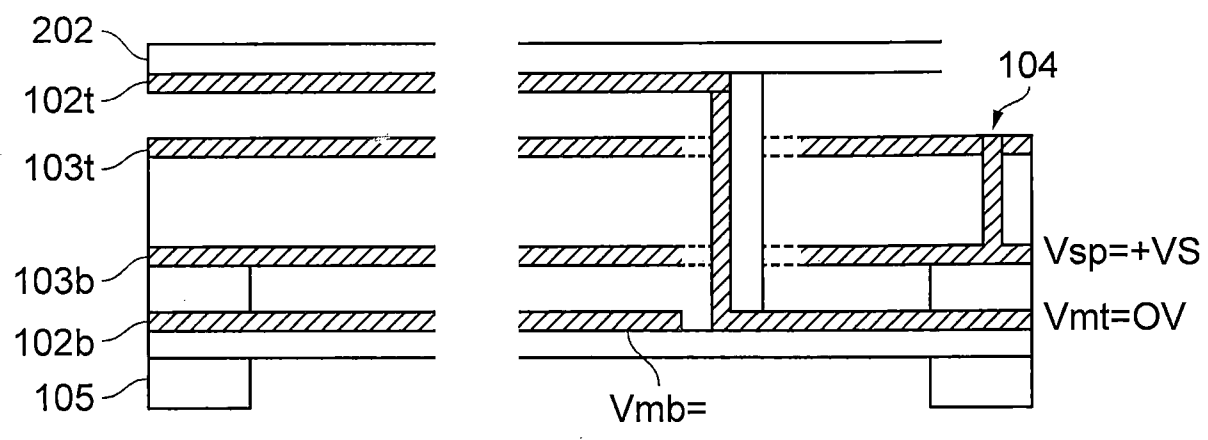


圖 6a

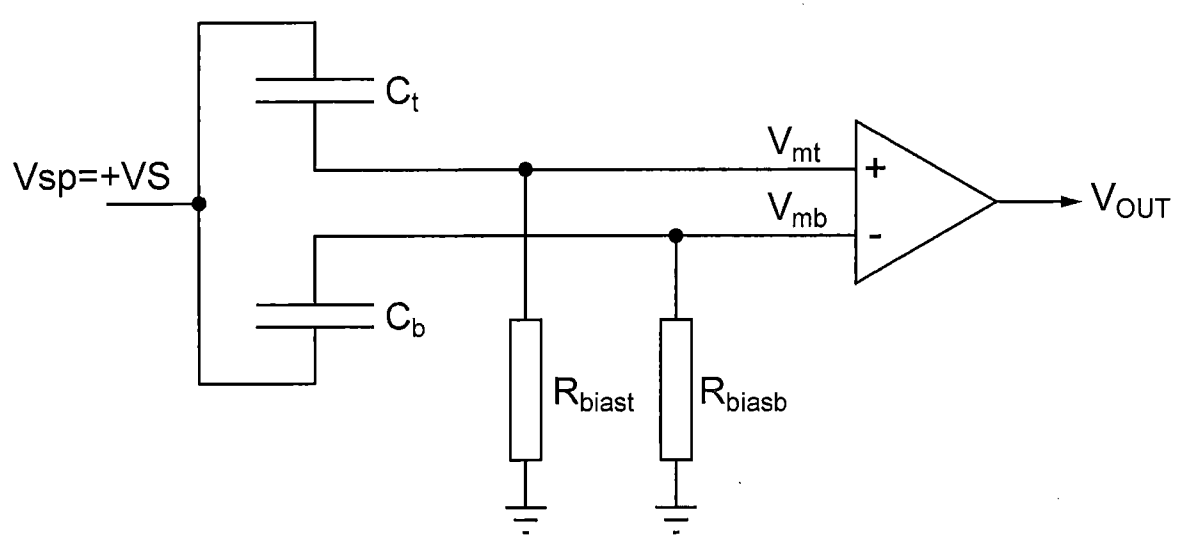


圖 6b



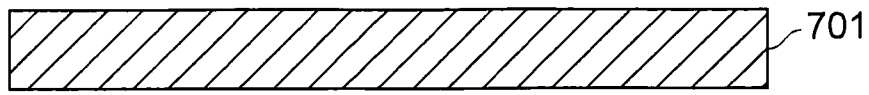


圖7a

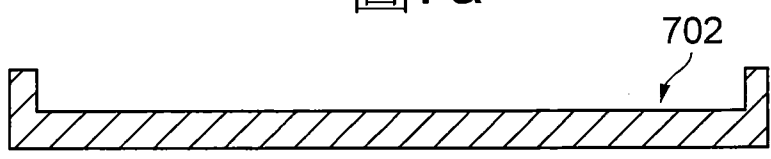


圖7b

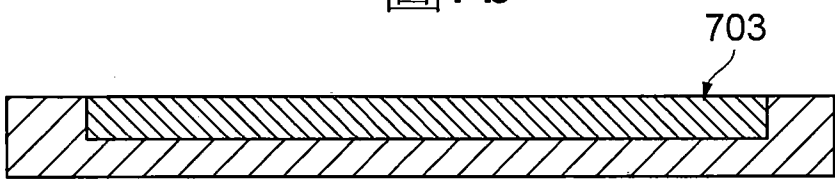


圖7c

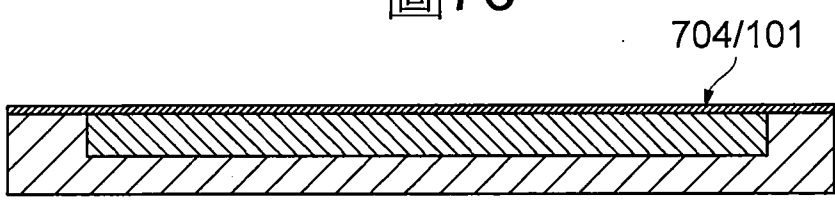


圖7d

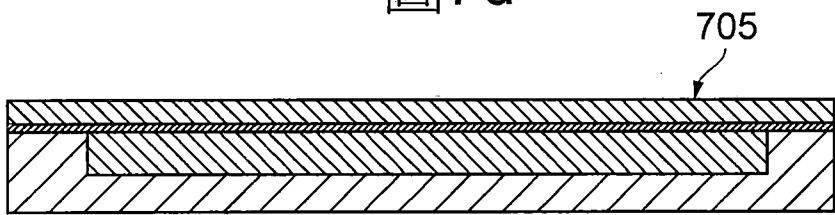


圖7e

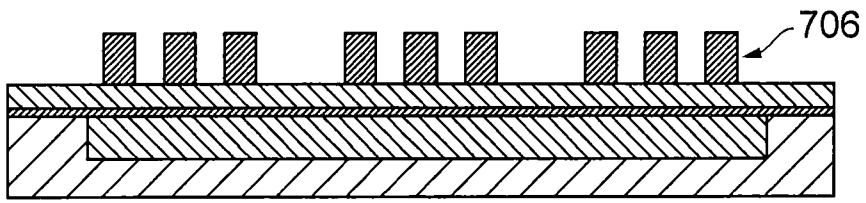


圖7f

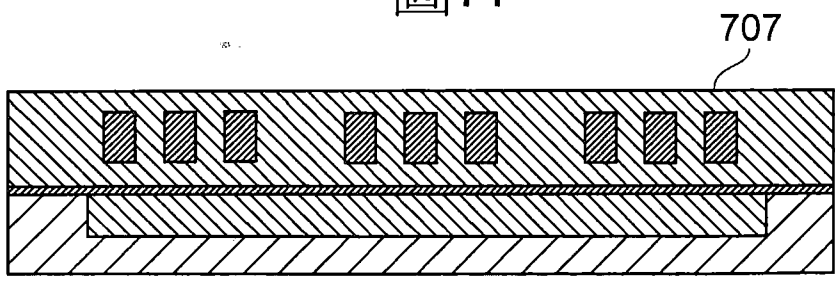


圖7g

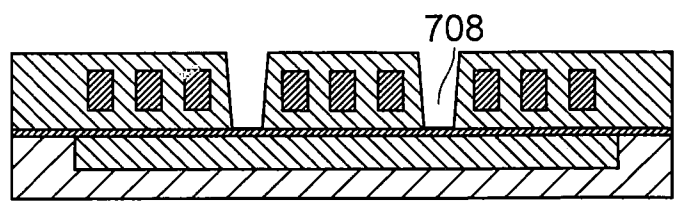


圖 7h

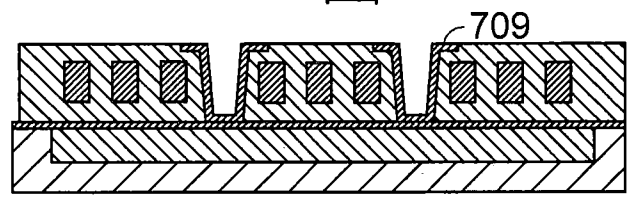


圖 7i

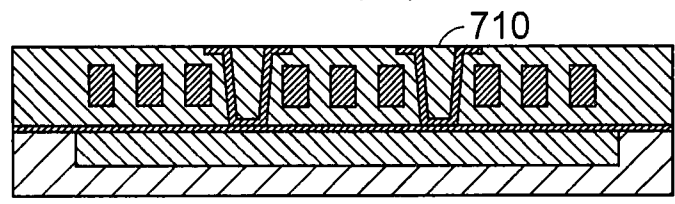


圖 7j

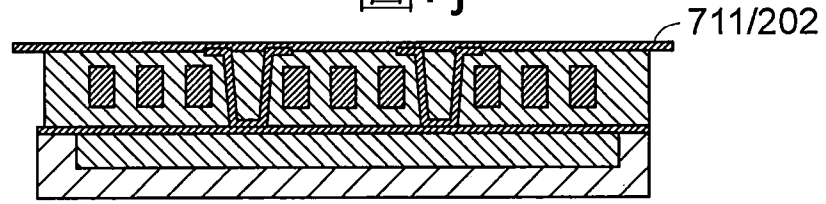


圖 7k

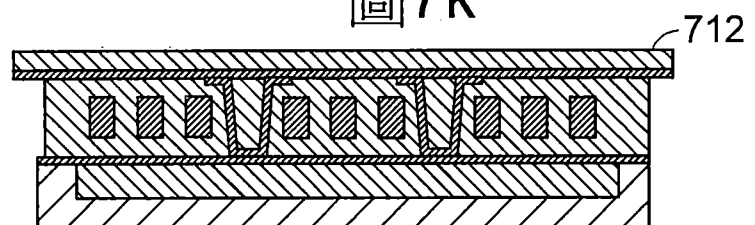


圖 7l

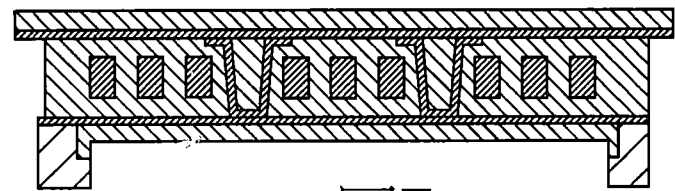


圖 7m

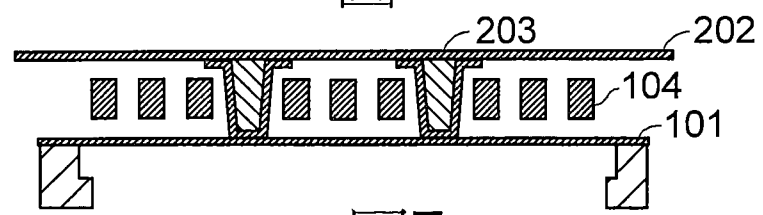


圖 7n

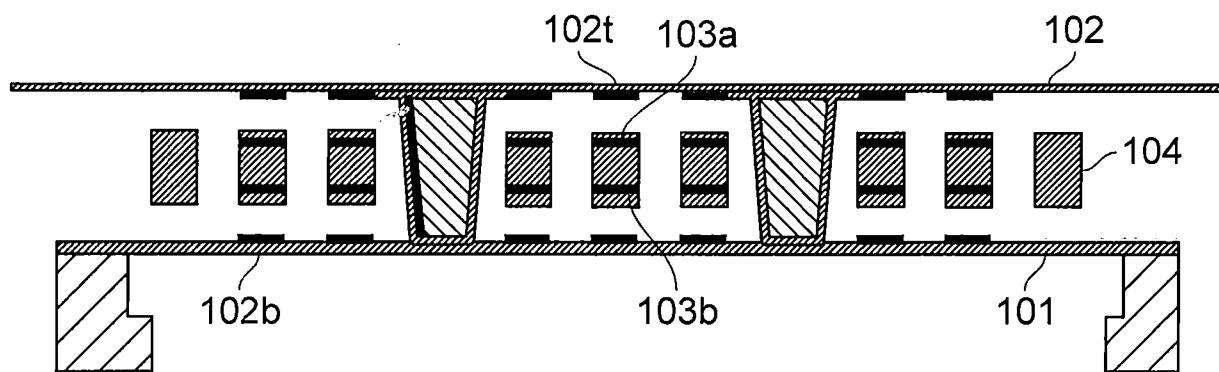


圖 8

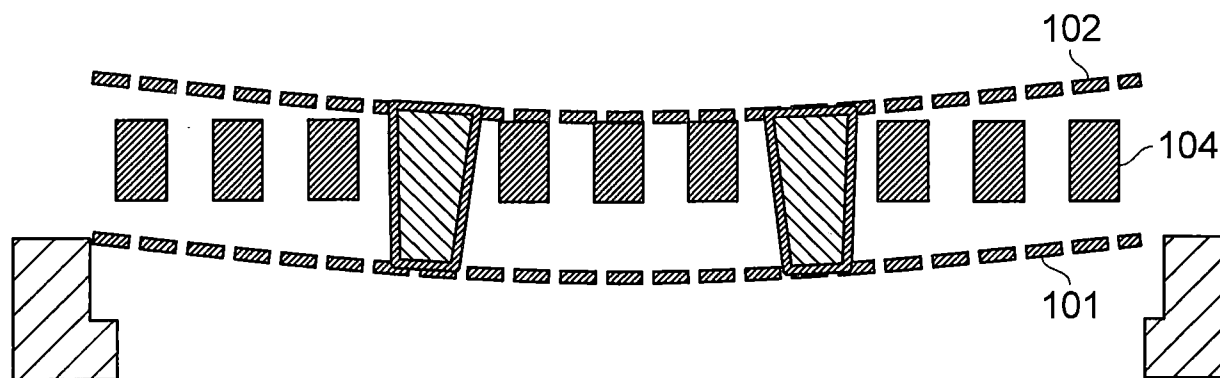


圖9

## 申請專利範圍

1. 一種 MEMS 傳感器，其包含：
  - 一基板，包括一空腔；
  - 一主要膜片，該主要膜片之周邊係相對於該基板成一固定關係受支撐，使該基板覆疊該空腔；
  - 至少一個次要膜片，其設置於上覆該主要膜片之一平面中，其中該次要膜片係以機械方式耦接至該主要膜片，且該次要膜片之周邊不以相對於該基板成一固定關係之方式受支撐。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述之 MEMS 傳感器，其中該次要膜片借助於一實質上剛性之耦接結構而耦接至該主要膜片。
3. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述之 MEMS 傳感器，其中該次要膜片借助於一或多個耦接結構而耦接至該主要膜片，該一或多個耦接結構在該次要膜片與該主要膜片之間延伸。
4. 如申請專利範圍第 1 項所述之 MEMS 傳感器，更包含一支撐結構，該支撐結構插入於該主要膜片與該次要膜片之間。
5. 如申請專利範圍第 4 項所述之 MEMS 傳感器，其中該支撐結構經穿孔以包括複數個孔，該複數個孔自該支撐結構之上部表面延伸至該支撐結構之下部表面。
6. 如申請專利範圍第 4 項或第 5 項所述之 MEMS 傳感器，其中該支撐結構包含形成至少一個支撐板電極之一或多個導電性元件，每一支撐板電極與該主要膜片或該次要膜片之一膜片電極形成一電容器。
7. 如申請專利範圍第 1 項所述之 MEMS 傳感器，其中一第一支撐板電極與該主要膜片之至少一個電極形成一底部電容器，且其中一第二支撐板電極與該次要膜片之至少一個電極形成一頂部電容器。

8. 如申請專利範圍第 7 項所述之 MEMS 傳感器，其中該第一及該第二支撐板電極係電分離的，且其中該主要膜片電極電連接至該次要膜片電極。
9. 如申請專利範圍第 8 項所述之 MEMS 傳感器，其中該第一及該第二支撐板電極之電壓分別保持在 $+V_s$  及 $-V_s$ ，且其中該主要及該次要膜片電極之電壓  $V_m$  以 0V 偏壓。
10. 如申請專利範圍第 6 項所述之 MEMS 傳感器，其中該第一及該第二支撐板電極彼此電連接，且其中該主要及該次要膜片之該等膜片電極係電分離的。
11. 如申請專利範圍第 10 項所述之 MEMS 傳感器，其中該等支撐板電極之該電壓以 0V 偏壓，且該主要及該次要膜片之該電壓分別保持在 $+V_s$  及 $-V_s$ 。
12. 如申請專利範圍第 10 項所述之 MEMS 傳感器，其中該主要及該次要膜片之該等膜片電極經連接至一差動放大器之各別正及負輸入端。
13. 如申請專利範圍第 1 項所述之 MEMS 傳感器，其中該主要及/或該次要膜片包含一晶體或多晶材料，諸如氮化矽。
14. 如申請專利範圍第 1 項所述之 MEMS 傳感器，其中該電極係由鋁及/或鋁矽合金及/或氮化鈦形成。
15. 如申請專利範圍第 1 項所述之 MEMS 傳感器，其中該次要膜片經穿孔。
16. 如申請專利範圍第 1 項所述之 MEMS 傳感器，其中該次要膜片不相對於該基板成一固定關係受支撐。
17. 如申請專利範圍第 1 項所述之 MEMS 傳感器，其中該次要電極僅經由該主要膜片以機械方式耦接至該基板。
18. 如申請專利範圍第 1 項所述之 MEMS 傳感器，其中該傳感器包含一電

容式感測器，諸如一電容式麥克風。

19. 一種電子裝置，其包含如申請專利範圍第 1 項所述之 MEMS 傳感器，其中該裝置為以下各者中之至少一者：一攜帶型裝置；一電池供電式裝置；一音訊裝置；一計算裝置；一通信裝置；一個人媒體播放器；一行動電話；一遊戲裝置；以及一語音控制式裝置。