





# 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】(中文/英文)

MEMS 裝置及製程/ MEMS DEVICES AND PROCESSES

## 【技術領域】

【0001】 本發明涉及微機電系統 (MEMS) 裝置和製程，並且特別涉及與傳感器 (例如電容式麥克風) 相關的 MEMS 裝置和製程。

## 【先前技術】

【0002】 MEMS 裝置變得越來越流行。MEMS 傳感器，特別是 MEMS 電容式麥克風，越來越多地用於便攜式電子設備，例如行動電話和便攜式計算設備。

【0003】 使用 MEMS 製造流程形成的麥克風裝置通常包括一個或多個可移動膜和靜態背板，其中各個電極沉積在膜和背板上，其中一個電極用於讀出/驅動，另一個電極用於偏壓。基板至少支撐膜並且通常也支撐背板。在具有 MEMS 壓力傳感器和麥克風的情況下，讀出通常透過測量膜與背板電極之間的電容來完成。在具有傳感器的情況下，通過在膜和背板電極上提供的電位差驅動 (即偏壓) 裝置。

【0004】 圖 1A 和 1B 分別繪示已知的電容式 MEMS 麥克風裝置 100 的示意圖和立體圖。電容式麥克風裝置 100 包括膜層 101，其形成可撓膜，該膜響應透過聲波產生的壓力差而自由移動。第一電極 102 機械耦合到可撓膜，並且它們一起形成電容式麥克風裝置的第一電容板。第二電極 103 機械耦合到基本上為剛性的結構層或背板 104，它們一起形成電容式麥克風

裝置的第二電容板。在圖 1A 的示例中，第二電極 103 嵌入在背板結構 104 內。

**【0005】** 電容式麥克風形成在基板 105 上，例如可以具有在其上形成的上和下氧化層 106、107 的矽晶圓。基板中與任何上層（下文中稱為基板空腔）中的空腔 108 設置在膜下方，並且可以使用穿過基板 105 的「背蝕刻」來形成。基板空腔 108 連接到位於膜正下方的第一空腔 109。這些空腔 108 和 109 可共同提供聲學體積，從而響應聲學刺激允許膜的移動。介於第一電極 102 與第二電極 103 之間的是第二空腔 110。多個孔（以下稱為排放孔 111）連接第一空腔 109 和第二空腔 110。

**【0006】** 多個聲孔 12 配置在背板 4 中，以允許空氣分子通過背板自由移動，使得第二空腔 10 形成聲學體積的一部分，聲學體積在背板的另一側上具有一空間。膜 11 因此被支撐在兩個體積之間，一個體積包括空腔 9 和基底空腔 8，另一個體積包括空腔 11 和背板上方的任何空間。這些體積的大小使得膜可以響應通過這些體積之其中一者進入的聲波而移動。典型地，入射聲波到達膜的體積被稱為「前體積」，而另一個體積可以大致上被密封，被稱為「後體積」。

**【0007】** 在一些應用中，背板可以配置在前體積中，以使得入射聲音經由背板 104 中的聲孔 112 到達膜。在這種情況下，基板空腔 108 的尺寸可以設定為提供合適的後體積的至少一個重要部分。在其他應用中，麥克風可以被配置為使得聲音可以在使用中經由基板空腔 108 接收，即，基板空腔形成通向膜和前體積的一部分的聲學通道的一部分。在這種應用中，背板 4 形成典型地由一些其他結構（例如合適的封裝）包圍的後體積的一部分。

**【0008】** 還應當注意的是，儘管圖 1A 和 1B 繪示背板被支撐在膜與

基板相反的一側上，但已知這樣的配置，其中背板最靠近基板形成，其中膜層支撐在基板上方。

**【0009】** 在使用中，響應與入射在麥克風上的壓力波對應的聲波，膜從其平衡或靜止位置略微變形。膜電極 102 與背板電極 103 之間的距離相應地改變，引起隨後由電子電路（未示出）檢測到兩個電極之間的電容變化。

**【0010】** 膜層以及因此 MEMS 傳感器的可撓膜通常包括介電材料的薄層—例如晶體或多晶材料的層。實際上，膜層可以由連續步驟中沉積的數層材料形成。因此，可撓膜 101 可以例如由氮化矽  $\text{Si}_3\text{N}_4$  或多晶矽形成。結晶和多晶材料具有高強度和低塑性變形，這兩者在膜的構造中都是非常理想的。MEMS 傳感器的膜電極 102 通常是薄金屬層，例如鋁，其通常位於可撓膜 101 的中心，即位移最大的那部分膜。本領域技術人員將理解，膜電極可以通過例如沉積金屬合金例如鋁—矽來形成。膜電極通常可以覆蓋例如膜的約 40% 的面積，通常在膜的中心區域。

**【0011】** 因此，已知的傳感器膜結構由兩層不同的材料組成—通常是介電層（例如  $\text{SiN}$ ）和導電層（例如  $\text{AlSi}$ ）。

**【0012】** 典型地，如圖 1A 所示，膜層 101 和膜電極 102 可以製造成在靜止位置大致上是平面的，即跨膜之間沒有壓力差。膜層可以形成為在該靜止位置中與背板層大致平行，使得膜電極 102 平行於背板電極 103。然而，隨著時間過去，膜結構可能變形—例如作為相對較高或重複位移的結果—使其不會返回到完全相同的起始位置。

**【0013】** 應當理解，膜和膜電極在製造之後將遭受到固有的機械應力。複合膜和膜電極結構典型地透過在大約攝氏幾百度的高溫下進行的沉積來形成。回到室溫時，由於膜和電極的熱膨脹係數差別很大，兩層收縮

量不同。由於兩層緊密地機械耦合在一起，因此通過獨立的機械收縮防止了應力的消散，所以在膜層和膜電極結構內產生熱引起的機械應力。因此，即使在平衡狀態（當跨膜的壓力差大致上為零）時，由於熱誘導應力，複合結構將傾向變形。這與眾所周知的雙金屬帶恆溫器感測器的操作類似。

**【0014】** 膜和膜電極結構的變形可能由於當結構在金屬電極上施加電壓偏壓時產生的附加應力而進一步惡化。這在圖 2 中示出，其顯示了在不同情況下複合膜結構的平衡或靜止位置。具體而言，圖 2a 繪示在背板結構 104 支撐的背板電極 103 與沈積在膜 101 的頂表面上的膜電極 102 之間的相對配置，當沒有電壓被施加跨這對電極時。應當理解的是，圖 2a 繪示膜電極結構大致上是平面的理想情況。然而，如上所述，即使當跨膜的壓差大致上為零並且沒有被施加偏壓時，由於製造時引起的熱應力，膜和膜電極結構實際上將表現出一些變形。

**【0015】** 圖 2b 示出當電壓偏壓被施加跨這對電極時的膜和膜電極結構。具體而言，如圖 2b 所示，施加電壓偏壓導致複合膜結構的靜電變形。結果電容被定義為傳感器的工作電容  $C_0$ 。

**【0016】** 在圖 2c 中，說明了靜電變形的長期影響。具體而言，可以理解膜結構的靜電變形導致拉伸力施加在金屬電極層上。因此，金屬電極層內會出現額外的拉伸應力，這會導致金屬的延長或伸長。這種伸長或額外的拉伸應力會隨著時間增加膜和膜電極的變形。因此，如圖 2c 所示，背板和膜電極之間的距離隨時間緩慢降低，因此時間  $t$  處的電容 ( $C_t$ ) 將大於初始工作電容  $C_0$ 。這會導致在來自這種傳感器的測量信號中的 DC 偏移，因為靜止位置處的電容不相同。此外，對於 a.c. 音頻信號，電容的變化導致對於給定的聲學刺激（即麥克風的聲電靈敏度信號）電荷的變化。

**【0017】** 可以理解的是，包含膜和膜電極的膜結構的平衡或靜止位置

受製造時引起的熱界面應力的影響，並且還受到使用傳感器期間產生的附加拉伸應力的影響。這些拉伸應力可能會導致靈敏度隨時間發生漂移。靈敏度漂移的級別或程度通常非常小。然而，MEMS 麥克風的更近期的應用（例如在麥克風的波束形成陣列內使用 MEMS 麥克風）可能需要新的等級的性能穩定性。

**【0018】** 本發明涉及尋求減輕靈敏度發生漂移的 MEMS 傳感器和製程，其也稱為蠕變，例如通過提供與板電極設計相比表現出減小的塑性變形的傳感器，但其也表現出更穩定的靈敏度或性能。具體而言，本文描述的示例提供了尋求實現減低的隨時間靈敏度漂移的膜電極設計。

#### **【發明內容】**

**【0019】** 根據第一態樣的示例實施例，本案提供一種 MEMS 傳感器，包括：可撓膜；形成在可撓膜的第一表面上的膜電極，膜電極包括導電材料層；形成在膜電極中的至少一個開口，其中開口的周圍邊緣的至少一部分設置有多個在膜電極的平面內延伸的不連續。

**【0020】** 因此，根據示例實施例，設置在膜電極中的開口表現出改良的周圍邊緣。具體而言，周圍邊緣或周圍邊緣的至少一部分被改良為包括多個不連續。不連續可包括多個在膜電極的平面內延伸的凸起和/或凹陷。優選地，不連續包括一系列交替的凸起和凹陷。在這種情況下，一系列交替的凸起和凹陷限定了圍繞周圍邊緣的部分的路徑，其中路徑呈現具有在膜電極的平面內變化的幅度的波形形狀。

**【0021】** MEMS 傳感器可更包括背板，背板包括背板電極，背板電極具有與穿過背板的多個背板孔對應的多個孔；其中形成在膜電極內的開口的至少部分區域在垂直於膜的方向上對應於至少一個背板孔的區域。當

沿著垂直於膜的方向投影到膜電極的平面上時，至少一個背板孔的周長大致上映射到膜電極內的開口的概念性周長上。

**【0022】** 因此，在沿著開口的周圍邊緣的部分的多個不同點處，當投影到膜電極的平面上時，開口的周圍邊緣與相應的背板孔的周圍邊緣之間的距離存在變化（例如周期性變化）。

**【0023】** 根據第二態樣的示例實施例，本案提供一種 MEMS 傳感器，包括：可撓膜；形成在可撓膜的第一表面上的膜電極，膜電極包括導電材料層；在膜電極內形成的至少一個開口，開口具有由概念性周長限定的一般形狀，其中開口的周圍邊緣的至少一部分設置有一或多個偏差，偏差在與膜電極平面內的開口的概念性周長垂直的方向上延伸。

**【0024】** 根據第三態樣的示例實施例，本案提供一種 MEMS 傳感器，包括：可撓膜；耦合到可撓膜的第一表面的膜電極，膜電極包括導電材料層並且具有至少一個開口，開口由周圍邊緣限定；包括背板電極的背板，背板電極具有至少一個孔對應於膜電極的至少一個開口；其中在膜電極中的開口的周圍邊緣與垂直於相應的背板孔的中心所畫出的線與開口相交的點之間的距離存在變化。

**【0025】** 根據第四態樣的示例實施例，本案提供一種 MEMS 傳感器，包括：包括導電電極的可撓膜；其中導電電極包括至少一個開口，其中至少一個開口的周圍邊緣的至少一部分設置有在導電電極的平面內延伸的多個不連續。

**【0026】** 可撓膜可包含結晶或多晶材料。可撓膜可包含氮化矽。膜電極可以包含金屬或金屬合金。膜電極可包含鋁。傳感器可包括電容式傳感器。傳感器可包括麥克風。MEMS 傳感器可以進一步包括讀出電路。讀出電路可以包括類比和/或數位電路。傳感器可位於具有聲音端口的封裝內。

傳感器可以配置在封裝內，使得膜層直接面對聲學端口。

### 【圖式簡單說明】

【0027】 為了更好地理解本發明，並且為了顯示如何實現本發明，現在將通過示例的方式參考附圖，在附圖中：

圖 1A 和 1B 以截面和立體圖繪示已知的電容式 MEMS 傳感器；

圖 2a-2c 繪示膜如何變形；

圖 3a 繪示被圖案化以合併開口的先前考慮的膜電極結構的平面圖；

圖 3b 繪示通過圖案化以合併開口的膜電極結構的橫截面；

圖 4 繪示根據第一示例實施例之形成在可撓膜上的膜電極的一部分；

圖 5a 至 5d 繪示多個周圍邊緣部分；

圖 6a 和圖 6b 各自繪示根據另外的示例實施例的膜電極開口；

圖 7a 和圖 7b 繪示膜電極中的開口相對於背板電極中的對應孔的橫向位置的相對側向位置。

### 【實施方式】

【0028】 在由本申請人提交的較早申請中公開了 MEMS 傳感器，其中膜電極包括至少一個開口，其中開口的至少部分區域對應於垂直於膜的方向上的背板孔的區域。換句話說，膜電極中的至少部分開口的區域（在垂直於膜的方向上）與背板孔的至少部分區域對齊。通過在膜電極中提供這種開口，與具有相似直徑但沒有任何這種開口的膜電極相比，可以減少形成膜電極的金屬的總量，即具有開口的膜電極提供較少的可撓膜的覆蓋。

【0029】 圖 3a 和 3b 分別繪示包括形成在可撓膜 301 上的膜電極 302 的這種先前提出的 MEMS 傳感器的平面圖和橫截面圖。膜電極 302 在電極

材料中具有多個開口，即材料空隙 313，其中沒有膜 301 的覆蓋。這些開口（或缺少的區域）313 減少沉積在膜 301 上的電極材料 302 的量（對於給定直徑的電極），因此與沒有這種開口或空隙的電極相比，增加了膜材料對電極材料的比例。這又將導致膜結構 301/302 具有減小的塑性變形。在使用中，此結構 301/302 將預期變形較少，並且與沒有這種空隙或開口的膜電極相比，這改善了 MEMS 傳感器 100 的操作。

**【0030】** 圖 3b 繪示先前提出的傳感器的橫截面的一部分，並另外繪示在膜和膜電極結構上方的平面中的背板結構 304。背板結構包括背板電極 303。穿過背板結構提供聲孔 312。這些聲孔 312 允許膜與背板之間的空腔與膜的另一側（其可以是聲音端口或後體積）之間的聲學連通。如本領域技術人員將認知到的，並且如圖 3b 所示，在被充電/偏壓的平行板電容器中，將存在靜電場分量，此靜電場分量在垂直於板的方向上從一個板到另一個板。

**【0031】** 然而，儘管包含圖案化電極的傳感器不易受到塑性變形的影響，但它們仍然表現出一定程度的變化—或漂移—隨時間變化的靈敏度。這可能至少部分是由於當偏壓施加到傳感器的電極時發生的金屬層的伸長導致的附加的拉伸應變。

**【0032】** 圖 4 繪示根據第一示例實施例的形成在 MEMS 傳感器的可撓膜 401 上的膜電極 402 的一部分。膜 401 和膜電極 402 一起形成膜結構。膜電極 402 由導電材料形成，並且在沒有膜 401 覆蓋的電極材料 342 中設置有多個開口 413。開口，即空隙，通常為六邊形形狀。這些開口（或缺少的區域）413 減少了沉積在膜 401 上的電極材料的量，導致膜結構 401/402 具有減小的塑性變形。可以認為膜電極呈現網格或格子狀結構，其中電極材料條在條之間形成開放空間的圖案。因此，膜電極可以被認為是在導電

層內具有一或多個穿孔或孔隙（即開口）的電連續導電層。

【0033】 由一或多個電極材料條形成的每個開口的邊界或周圍邊緣呈現多個不連續。在本發明的上下文中，用詞「不連續」應該被理解為是指在垂直於開口的概念性周長並且在膜電極（或開口）的平面內延伸的邊緣表面的中斷或偏差。

【0034】 相對於定義開口的整體/一般形狀的「概念性周長」而言，考慮在開口的周圍邊緣中形成的不連續是有助益的。因此，在如圖 4 所示的六邊形開口的情況下，可以在六邊形的頂點之間畫出許多直線（即線性部分），並且這些線性（即直線）部分可以被認為形成了開口的概念性周長。概念性周長可以被認為是定義了一個概念性的路徑軸線（ $x$ ）。由於開口的周圍邊緣的不連續，由開口的周圍邊緣描繪的路徑可以被認為在與概念性路徑軸線正交的方向上變化。根據至少一個示例，被描繪的路徑可以被認為是呈現了非線性或週期性的函數。

【0035】 應當理解的是，開口的周圍邊緣的周長長於概念性的周長。開口的周圍邊緣的周長的增加將取決於許多因素，例如不連續的頻率和振幅。因此，開口表現出具有比概念性周長長 2 至 30 倍的長度的改良周長。

【0036】 應當理解的是，儘管圖 4 所示的每個開口的一般/整體形狀是六邊形的，但是設想了許多其他開口形狀，包括正方形、矩形、圓形或多邊形。

【0037】 凸起可以被認為是膜電極材料在與膜電極的平面中的概念周長正交的第一方向上突出或延伸的區域。凹部可以被認為是開口在膜的平面中在與第一方向相反的方向上延伸超出的區域。因此，不連續可以包括在膜電極材料層的平面內（平衡時）延伸的一系列交替的凸起和凹陷。

【0038】 根據本文描述的示例實施例，設置在膜電極材料層內形成的

開口的周圍邊緣中的不連續可以被認為是描繪圍繞表現出週期性或波形形狀的開口的周長的路徑。因此，波形形狀將具有在電極層的平面內變化的幅度。在圖 4 所示的示例實施例中，周圍邊緣可以被認為是描繪遵循頻率  $f$  的一般曲折形狀的路徑。可能的是，波形形狀將具有沿著周圍邊緣變化的頻率  $f$ ，其可以被代替或者除了具有會變化的幅度的波形形狀之外。

**【0039】** 在圖 5 中繪示具有波形形狀的周圍邊緣的多個部分，其中開口的概念性周長可以被認為與  $x$  軸大致對準，並且凸起和凹陷在  $y$  方向上呈現變化（即，正交於開口的概念性周長並且與處於平衡狀態的膜電極在平面內）。具體而言，如圖 5a 所示，不連續可以是大致正方形/長方形的形狀，使得周圍邊緣將描繪出呈現方波形式的路徑。或者，如圖 5b 所示，不連續可呈現彎曲或弓形形式，使得周圍邊緣將描繪出形成正弦波形的路徑。如圖 5c 所示，不連續的形狀通常可以是三角形的，使得周圍邊緣將描繪出呈現三角波形式的路徑。圖 5d 繪示另一替代設計，其中不連續包括具有相對較大半徑的多個弓形部分。這個示例可以被描述為具有蛇形或折疊形式。

**【0040】** 開口的直徑可以具有  $10\mu\text{m}$  至  $100\mu\text{m}$  範圍內的直徑。在膜電極層中的一或多個開口的周圍邊緣處形成的波狀形狀的振幅可以在  $5\mu\text{m}$  與  $50\mu\text{m}$  之間，可以呈現  $5\mu\text{m}$  與  $50\mu\text{m}$  之間的波長以及  $0.1\mu\text{m}$  與  $10\mu\text{m}$  之間的線寬。

**【0041】** 可以理解的是，波形形狀的頻率和/或振幅可以變化，使得圍繞開口的整個周長描繪的波長的數量變化，例如在 8 個波長和 60 個波長之間。

**【0042】** 如圖 2 所示，當在膜電極與固定的背板電極之間施加電壓偏壓時，可以通過考慮發生的金屬電極的伸長來理解本示例的潛在益處。特

別地，當膜結構響應於施加偏壓而經歷靜電變形時，在開口的周圍邊緣內形成的不連續允許金屬電極更容易拉伸或拉長。換句話說，金屬電極的應力-應變曲線被改變。因此，在  $V_{bias}$  處電極材料內產生的拉伸應力減小，伴隨的有益效果是雙層膜結構的變形程度將隨時間變化較小。因此，有利地，傳感器的靈敏度將不易漂移，並且傳感器的性能將更加穩定。可以認為本文描述的示例表現出膜電極的格狀結構的剛性降低。

**【0043】** 根據其中在膜電極材料層中形成的開口的周圍邊緣中提供的不連續描繪呈現出波狀形狀的路徑的示例，不連續的鬆弛效應特別明顯。參照圖 4，並且考慮金屬電極在  $V_{bias}$  期間的縱向延伸的影響，如箭頭所示，可以理解的是，金屬電極的至少一些邊緣—特別是通常與 X 方向對齊的—將能夠適應伸長，因為波形的相鄰波峰/波谷將能夠分開。因此，與其中膜電極的格子狀結構表現出較高剛性的現有示例相比，在金屬電極內產生的結果拉伸或伸長應力將顯著降低。為了幫助觀察本示例的效果，設置在周圍邊緣上的波峰/波谷的分離和隨後的縮回可以被認為類似於手風琴或手風琴的相鄰皺褶的拉伸和壓縮。

**【0044】** 應當理解的是，根據另一實施例的示例，膜電極層中的開口的周長的僅一部分需要被提供不連續。因此，根據其中設置在膜電極層內的開口是由多個周圍邊緣或周長邊緣限定的多邊形的一個這樣的示例，那些邊緣中的一或多個邊緣可以設置有不連續，而一或多個邊緣描繪開口的相鄰頂點之間的直線路徑。根據其中設置在膜電極層內的開口的形狀大致為圓形的另一示例，開口的周邊的僅一部分可以設置有不連續。考慮到預期的延伸軸線，即在  $V_{bias}$  期間將出現的伸長力的可能方向，可以選擇具有不連續的這個或每個周圍邊緣或周圍邊緣的每個部分的位置。考慮到圖 4，設想了一個替代示例，其中僅大致平行於膜電極的伸長方向的開口的那些

邊緣設置有不連續。根據這個示例，單個開口如圖 6a 所示。圖 6b 繪示根據其中開口大致為圓形的替代示例的單個開口。因此，大致圓形的開口的周邊設置有：第一和第二部分 501 和 502，它們分別設置有多個以在開口的平面內延伸的交替的凸起和凹陷的形式的不連續；以及分別為連續的第三和第四部分 503 和 504，即不具有在開口平面內延伸的交替的凸起和凹陷形式的任何不連續。可以理解的是，如圖 6a 所示，第一部分和第二部分不需要精確地對應於開口的一個周長邊緣的長度，但可以比一個周長邊緣的長度更短或略長。

**【0045】** 包括根據本實施例的示例的膜結構的傳感器將優選地設置有支撐背板電極的背板結構。如前所述，背板和背板電極設有聲孔，以允許空氣分子通過背板自由移動。根據本實施例的優選示例，背板和背板電極內的聲孔的位置對應於膜電極中的開口的位置（或反之亦然）。相應地，意味著從垂直於膜（或背板電極）的方向觀察，膜中的開口的位置將與背板電極中的孔的位置基本相同。因此，背板電極的聲孔在這樣的方向上被投影到膜電極上，然後投影孔的區域將大致映射到在膜電極中的開口的概念性區域（即由概念性周長定義的區域）。

**【0046】** 由於設置在膜電極中的開口將設置有至少一個邊緣或邊緣部分，此邊緣或邊緣部分設置有多個不連續，可以理解的是，膜電極開口以及背板電極內的聲孔的尺寸和/或形狀不完全相同。然而，根據一個優選示例，背板電極中的一或多個孔的周長在尺寸和投影平面位置上對應於膜電極中的一或多個開口的概念性周長。

**【0047】** 圖 7a 和 7b 繪示膜電極中的開口 713a 的相對橫向位置(x / y 坐標)—其周長或周圍邊緣在圖 7a 中由實線 702a 繪示出一相對於背板電極中相應孔的橫向位置 (x / y 坐標)—其周邊在圖 7a 中由虛線 712a 繪示出。

虛線 712a 也代表膜電極開口的概念性周長。為了考慮相對橫向位置，當投影到膜電極的上表面的相同  $x/y$  平面上時，考慮背板電極的位置（特別是設置在背板電極內的聲孔）是有用的，如圖 7a 所示。圖 7a 還繪示膜電極中的相鄰開口的周圍邊緣 702b 的一部分以及對應的相鄰背板電極孔的突出的周圍邊緣 712b 的一部分，即空隙 713b。如圖所示，背板電極設置有由 6 條直邊限定的六邊形孔。膜電極設置有開口，此開口通常也是六邊形形狀，如由開口的概念性周長定義的，並且具有大致對應於背板電極孔的位置（儘管在不同的平面中）。膜電極開口的周圍邊緣呈現出一系列交替的凸起和凹陷，在此特定實施例中，此凸起和凹陷定義了具有在開口 713a 的平面內變化的幅度的波狀或彎曲的形狀。

**【0048】** 在圖 7b 中，示意性地繪示通過圖 7a 中所示的線 A、B、C 和 D 截取的一系列橫截面圖，以便說明由每個橫截面剖解的膜電極材料的部分相對於覆蓋的背板電極的變化位置。由每個橫截面 A 至 D 剖解的背板電極材料的細長部分的投影 ( $x/y$ ) 位置將不會改變，並且因此由虛線 712a 和 712b 方便地表示。還指出了膜電極中的相鄰開口的中心  $O_{713a}$  和  $O_{713b}$  的投影位置。

**【0049】** 從圖 7b 可以理解，由於膜電極開口 713a 的周圍邊緣的不連續，在開口 713 的周圍邊緣 702 上的每個點  $P_A$  到  $P_D$  之間的距離 ( $d_A$ 、 $d_B$ 、 $d_C$  和  $d_D$ ) 相對於始終與 712a 重合的覆蓋背板開口的相應邊緣上的對應點的投影位置的變化。還可以在每個點與開口的中心  $O_{713a}$  之間的距離  $Y$  中測量到變化。

**【0050】** 因此，根據本發明實施例的 MEMS 傳感器的至少一個示例，在沿著開口的周圍邊緣的部分的多個不同點處，開口的周圍邊緣與相應的背板孔的周圍邊緣之間的距離當投影到膜電極的平面上時變化。

【0051】 圖案化具有一或多個開口的 MEMS 傳感器的膜電極可有利於減少膜電極的總量，其減輕由於膜和膜電極的機械耦合而產生的界面應力—其由具有不同熱膨脹係數的材料形成。此外，通過設計和/或改良開口的至少一部分的周圍邊緣形狀，就降低雙層結構內隨時間變形或蠕變的可能性而言，可獲得進一步的益處。

【0052】 可撓膜可以包含結晶或多晶材料，例如一或多層氮化矽  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ，膜電極可以包括金屬，例如鋁、鈦、金或銅或其合金。

【0053】 MEMS 傳感器通常與用於處理由兩個電極之間測量到的電容變化所產生的電信號的電路相關。因此，為了處理來自麥克風的電輸出信號，傳感器晶粒/裝置可以具有在傳感器基板上使用標準 CMOS 製程整合製造的電路區域。

【0054】 可以使用諸如離子佈植、光遮罩、金屬沉積和蝕刻的標準處理技術在 CMOS 矽基板中製造電路區域。電路區域可以包括可操作以與 MEMS 麥克風對接並處理相關信號的任何電路。例如，一個電路區域可以是被連接以放大來自麥克風的輸出信號的前置放大器。此外，另一個電路區域可以是電荷泵，其用以在跨兩個電極之間產生偏壓，例如 12 伏特。這具有如下效果：電極間隔（即，麥克風的電容板）的變化改變 MEMS 麥克風電容；假設恆定電荷，跨電極的電壓相應地改變。使用優選具有高阻抗的前置放大器來檢測這種電壓變化。

【0055】 電路區域可以可選地包括類比數位轉換器（ADC），以將麥克風的輸出信號或前置放大器的輸出信號轉換為相應的數位信號，並且可選地包括數位信號處理器，以處理或部分處理這樣的數位信號。此外，電路區域還可以包括適用於無線通信的數位類比轉換器（DAC）和/或發射器/接收器。然而，本領域技術人員將理解，可以設想可操作以與 MEMS 傳

感器信號和/或相關聯的信號對接的許多其他電路配置。

**【0056】** 還應理解的是，可選地，麥克風裝置可以是混合裝置（例如，其中電子電路完全位於單獨的積體電路上，或者其中電子電路部分地位於與麥克風相同的裝置上並且部分地位於單獨的積體電路上）或單片裝置（例如，其中電子電路完全整合在與麥克風相同的積體電路內）。

**【0057】** 這裡描述的示例可以在一定範圍的不同的材料系統中有效地實現，然而，這裡描述的示例對於具有包括氮化矽的膜層的 MEMS 傳感器是特別有利的。

**【0058】** 注意到，上述示例實施例可以用於一定範圍的裝置，包括但不限於：類比麥克風、數位麥克風、壓力傳感器或超音波傳感器。示例實施例還可以用於許多應用中，包括但不限於消費者應用、醫療應用、工業應用和汽車應用。例如，典型的消費應用包括便攜式音頻播放器、筆記型電腦、行動電話、PDA 和個人電腦。示例實施例也可以用於語音激活或語音控制裝置。典型的醫療應用包括助聽器。典型的工業應用包括主動噪聲消除。典型的汽車應用包括免持裝置、聲音碰撞感測器和主動噪聲消除。

**【0059】** 任何給定態樣或示例實施例的特徵可以與任何其他態樣或示例實施例的特徵組合，並且在此描述的各种特徵可以在給定實施例中以任何組合來實現。

**【0060】** 為每個示例實施例提供了製造 MEMS 傳感器的相關方法。

**【0061】** 應當理解的是，在本說明書中使用的上、下等各種相關用語不應以任何方式被解釋成限制到任何特定傳感器在任何製造步驟中的取向和/或在任何封裝中的取向，或者實際上封裝在任何裝置中的取向。因此，相關用詞應相應地解釋。

**【0062】** 在上述示例中，注意到對傳感器的參照可以包括各種形式的

傳感器元件。例如，傳感器通常可以安裝在晶粒上並且可以包括單個膜和背板的組合。在另一個示例中，傳感器晶粒包括多個單獨傳感器，例如多個膜/背板的組合。傳感器元件的各個傳感器可以是相似的，或者可以不同地配置，使得它們對於不同的聲學信號作出響應，例如，元件可能有不同的靈敏度。傳感器元件還可以包括不同的單獨傳感器，其被設置用以接收來自不同聲學通道的聲學信號。

**【0063】** 注意，在本文所述的示例中，傳感器元件可以包括例如麥克風裝置，麥克風裝置包括具有用於讀出/驅動沉積在膜和/或基板或背板上的電極的一或多個膜。在具有 MEMS 壓力傳感器和麥克風的情況下，電輸出信號可以透過測量與電極之間的電容相關的信號來獲得。這些示例還包括作為電容式輸出傳感器的傳感器元件，其中通過改變施加在跨電極的電位差而產生的靜電力來移動膜，包括使用 MEMS 技術製造壓電元件的輸出傳感器的示例與壓電元件被刺激而引起可撓部件動作。

**【0064】** 應當注意的是，上述實施例的說明並不限制本發明，並且本領域技術人員將能夠在不脫離所附請求項的範圍的情況下設計出許多替代實施例。詞語「包括」不排除請求項中列出的元件或步驟以外的元件或步驟的存在，「一」或「一個」不排除多個，並且單個特徵或其他單元可以實現請求項中記載的數個單元的功能。請求項中的任何參考標記不應被解釋為限制其範圍。

#### **【符號說明】**

##### **【0065】**

100：電容式麥克風裝置

101：膜層

- 102：第一電極、膜電極
- 103：第二電極、背板電極
- 104：背板、背板結構
- 105：基板
- 106：上氧化層
- 107：下氧化層
- 108：空腔
- 109：第一空腔
- 110：第二空腔
- 111：排放孔
- 301：可撓膜
- 302：膜電極
- 303：背板電極
- 304：背板結構
- 312：聲孔
- 313：材料空隙
- 401：膜
- 402：膜電極
- 413：開口
- 501：第一部分
- 502：第二部分
- 503：第三部分
- 504：第四部分
- 702a：實線

702b：周圍邊緣

712a：虛線

712b：周圍邊緣

713a：開口

A、B、C、D：線

$d_A$ 、 $d_B$ 、 $d_C$ 、 $d_D$ ：距離

O：中心

$P_A$ 、 $P_B$ 、 $P_C$ 、 $P_D$ ：點

### 【生物材料寄存】

國內寄存資訊【請依寄存機構、日期、號碼順序註記】

國外寄存資訊【請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記】

### 【序列表】(請換頁單獨記載)

## 發明摘要

【發明名稱】(中文/英文)

MEMS 裝置及製程/ MEMS DEVICES AND PROCESSES

【中文】

本案揭露一種具有合併有多個開口或空隙的圖案化膜電極的 MEMS 傳感器。在開口的周圍邊緣的至少一部分設置有多個不連續，例如在膜電極的平面內延伸的凸起和凹陷。

【英文】

The application describes MEMS transducers having a patterned membrane electrode which incorporates a plurality of openings or voids. At least a portion of the peripheral edge of the opening is provided with a plurality of discontinuities e.g. projections and recesses which extend within the plane of the membrane electrode.

**【代表圖】**

**【本案指定代表圖】**：第（ 4 ）圖。

**【本代表圖之符號簡單說明】**：

401：膜

402：膜電極

413：開口

**【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】**：

無。

## 申請專利範圍

- 1、一種 MEMS 傳感器，包括：  
可撓膜；  
形成在該可撓膜的第一表面上的膜電極，該膜電極包括導電材料層；以及  
在該膜電極中形成的至少一個開口，其中該開口的該周圍邊緣的至少一部分設置有多個在該膜電極的該平面內延伸的不連續。
- 2、如請求項 1 所述的 MEMS 傳感器，其中該些不連續包括在該膜電極的該平面中延伸的多個凸起和/或凹陷。
- 3、如請求項 2 所述的 MEMS 傳感器，其中該些不連續包括一系列交替的凸起和凹陷。
- 4、如請求項 3 所述的 MEMS 傳感器，其中該一系列交替的凸起和凹陷定義圍繞該周圍邊緣的該部分的路徑，其中該路徑呈現具有在該膜電極的該平面內變化的振幅和/或頻率的波形形狀。
- 5、如請求項 4 所述的 MEMS 傳感器，其中該波形形狀包括彎曲波、方波、三角波中的一或多個。
- 6、如請求項 1 所述的 MEMS 傳感器，其中該些不連續沿大致垂直於概念性周邊的方向延伸，該概念性周邊定義該膜電極中的該開口的整體形狀。
- 7、如請求項 6 所述的 MEMS 傳感器，其中該開口的周長比該概念性周長

長 1.5%至 15%。

8、如請求項 1 所述的 MEMS 傳感器，其中該至少一個開口呈現大致六邊形、圓形、正方形、矩形或多邊形的形狀。

9、如請求項 1 所述的 MEMS 傳感器，其中一開口設置在該膜電極的該平面內的膜電極材料不存在的區域。

10、如請求項 1 所述的 MEMS 傳感器，其中該膜電極包括包含多個電極材料條的格狀結構，其中該些開口在該些電極材料條之間形成空間圖案。

11、如請求項 1 所述的 MEMS 傳感器，還包括：

包括背板電極的背板，該背板電極具有多個孔對應穿過該背板的多個背板孔；

其中形成在該膜電極中的該開口的至少部分區域在垂直於該膜的方向上對應至少一個背板孔的區域。

12、如請求項 11 所述的 MEMS 傳感器，其中該些不連續沿大致垂直於概念性周邊的方向延伸，該概念性周邊定義該膜電極中的該開口的整體形狀，其中當沿垂直於該膜的方向投影到該膜電極的該平面上時，該至少一個背板孔的該周長大致映射到該膜電極中的該開口的該概念性周長。

13、如請求項 11 或 12 所述的 MEMS 傳感器，其中在沿著該開口的該周圍邊緣的該部分的多個不同點處，當投影到該膜電極的該平面上時，該開

口的該周圍邊緣與對應背板孔的周圍邊緣之間的距離存在變化。

14、如請求項 13 所述的 MEMS 傳感器，其中當投影到該膜電極的該平面上時，該開口的該周圍邊緣與該對應背板孔的該周圍邊緣之間的該距離的該變化是周期性的。

15、如請求項 1 所述的 MEMS 傳感器，其中當在使用中，在該膜電極與該背板電極之間施加電壓偏壓時，該膜電極呈現出該膜電極沿該膜電極經受伸長力的伸長軸線，並且其中該周圍邊緣的該部分被定位成與該延伸軸線大致上對齊。

16、一種 MEMS 傳感器，包括：

可撓膜；

形成在該可撓膜的第一表面上的膜電極，該膜電極包括導電材料層；以及在該膜電極中形成的至少一個開口，該開口具有由概念性周長定義的一般形狀，其中該開口的該周圍邊緣的至少一部分設置有一或多個偏差沿垂直於該膜電極的該平面內的該開口的該概念性周長的方向延伸。

17、一種 MEMS 傳感器，包括：

可撓膜；

耦合到該可撓膜的第一表面的膜電極，該膜電極包括導電材料層並且具有至少一個開口，該開口由周圍邊緣定義；

包括背板電極的背板，該背板電極具有至少一個孔對應於該膜電極的該至少一個開口；

其中在該膜電極中的該開口的該周圍邊緣與垂直於該對應背板孔的該中心所畫出的線與該開口相交的點之間的距離存在變化。

18、如請求項 17 所述的 MEMS 傳感器，其中該膜電極中的該開口的該周圍邊緣與垂直於該對應背板孔的該中心所畫出的線與該開口相交的點之間的距離的變化是周期性的。

19、一種電子裝置，包括如請求項 1 所述的 MEMS 傳感器，其中該裝置為以下中的至少一者：便攜式裝置；電池供電裝置；音頻裝置；計算裝置；通信裝置；個人媒體播放器；行動電話；遊戲裝置；和語音控制裝置。

20、一種積體電路，包括如請求項 1 所述的 MEMS 傳感器以及讀出電路。

圖式

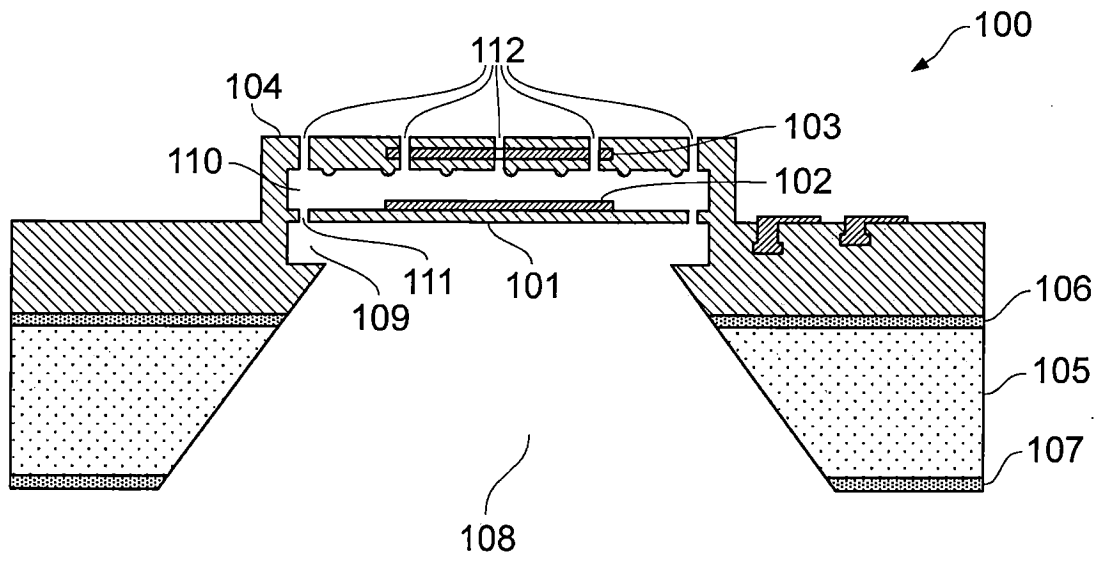


圖1A

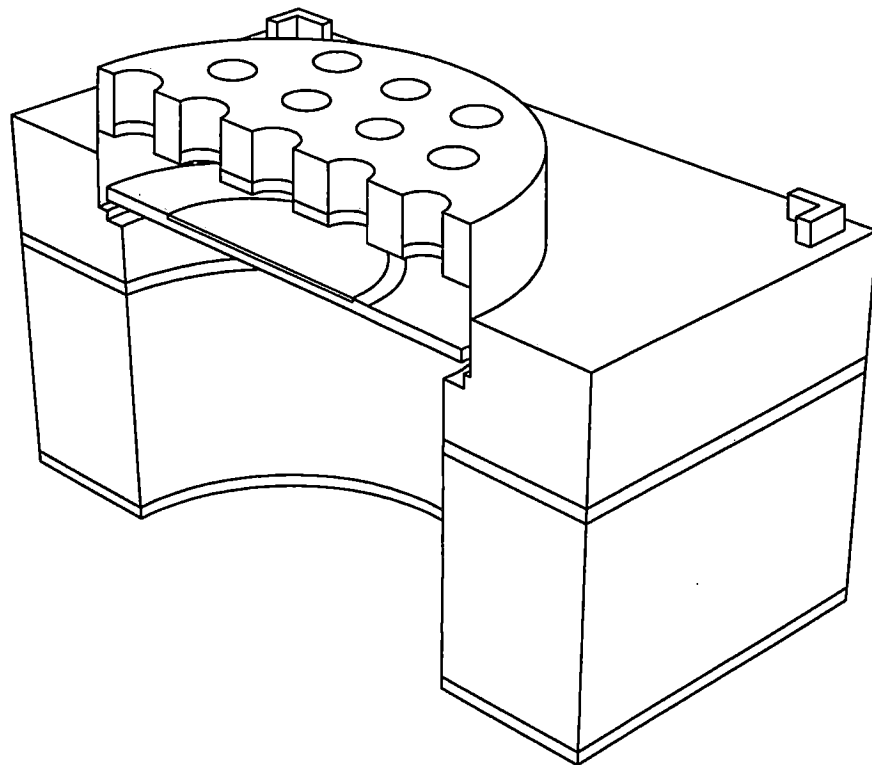


圖1B

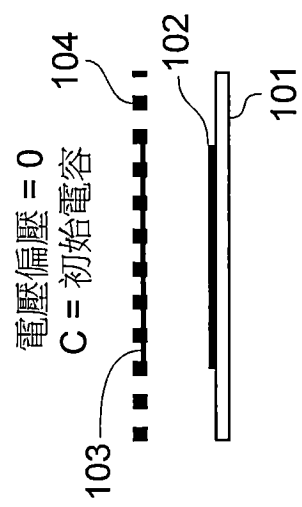


圖2a

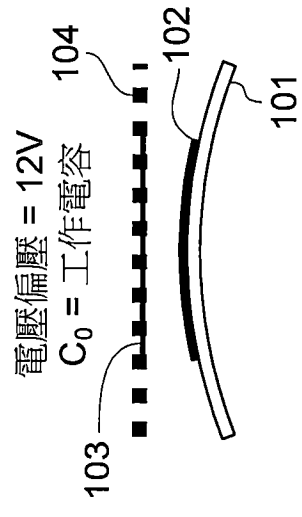


圖2b

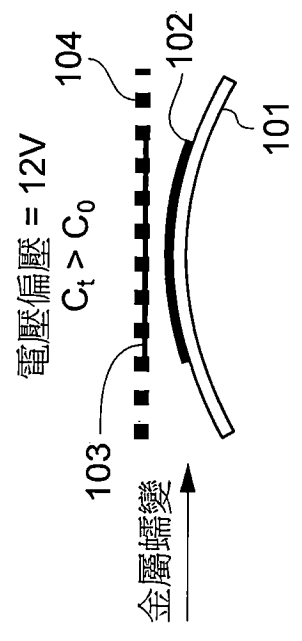


圖2c

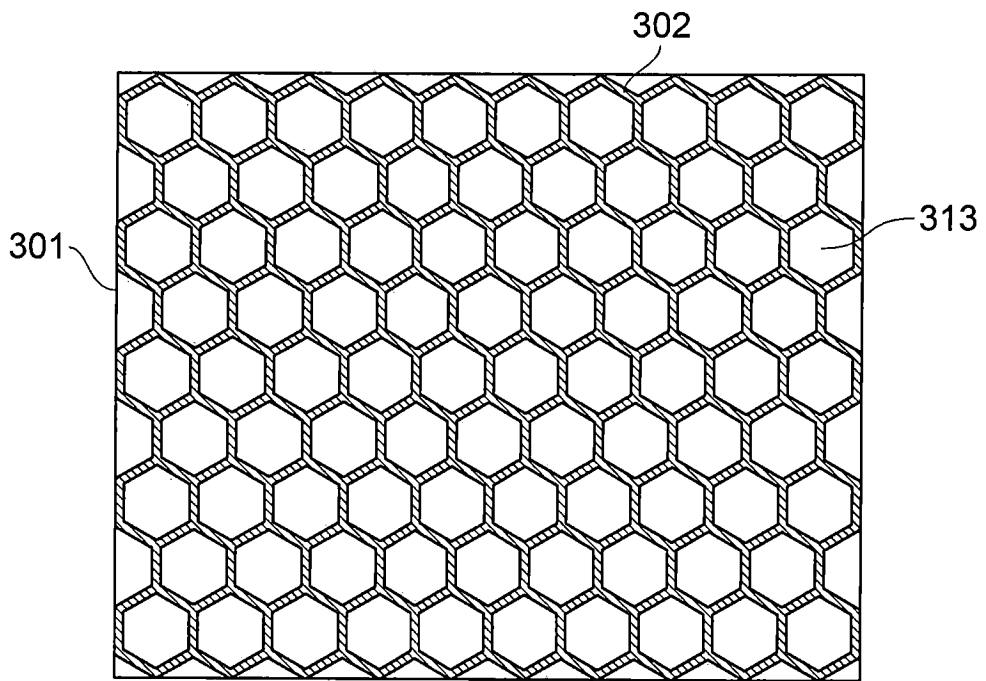


圖3a

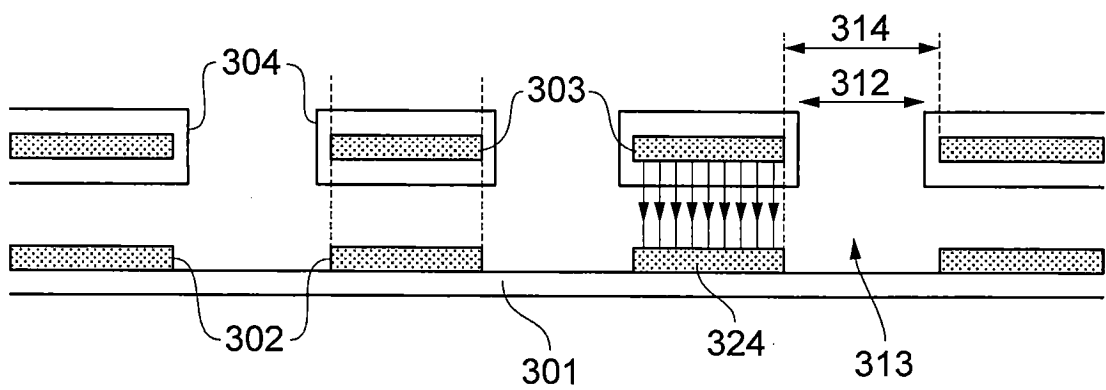


圖3b

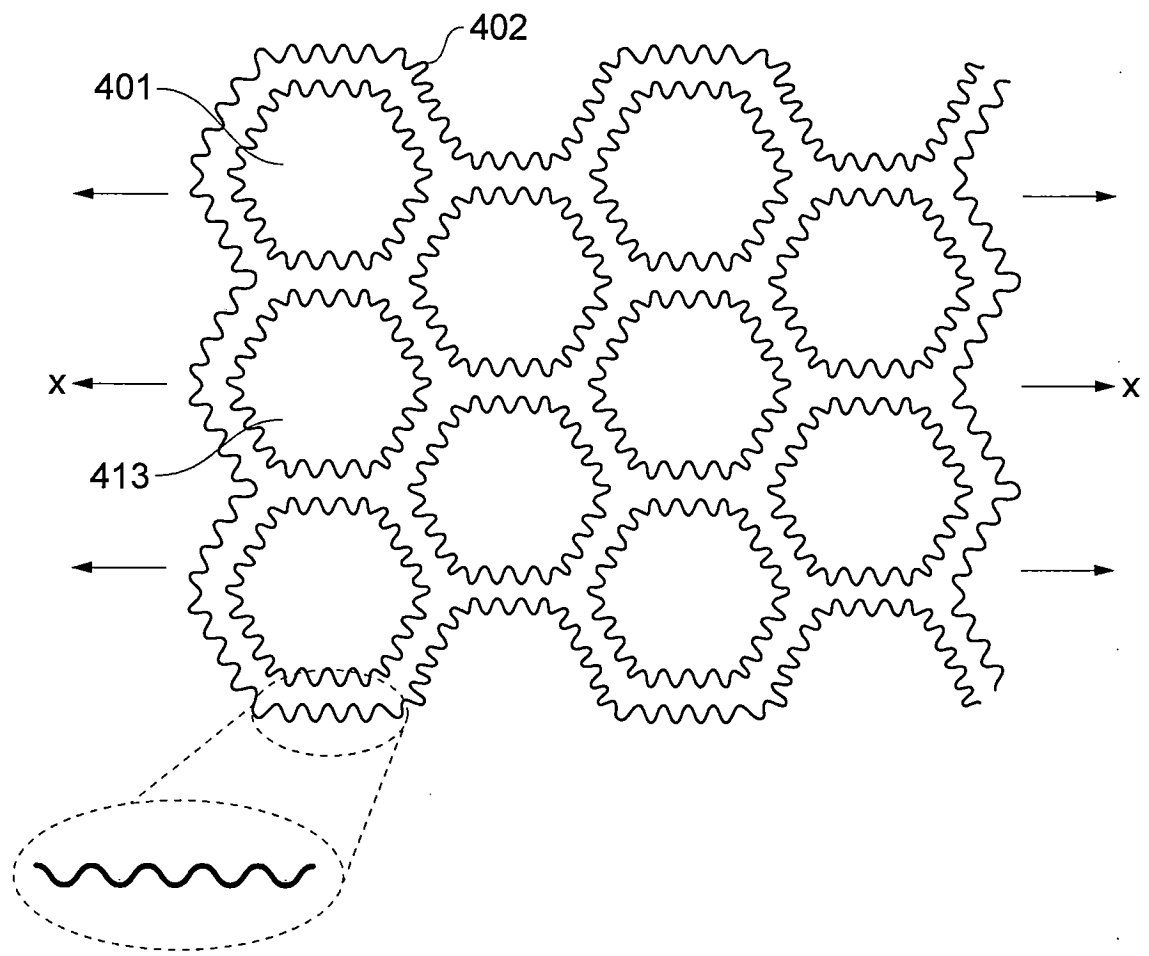


圖4

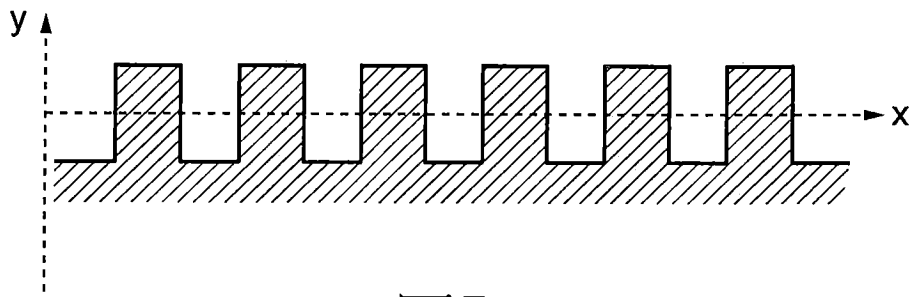


圖5a

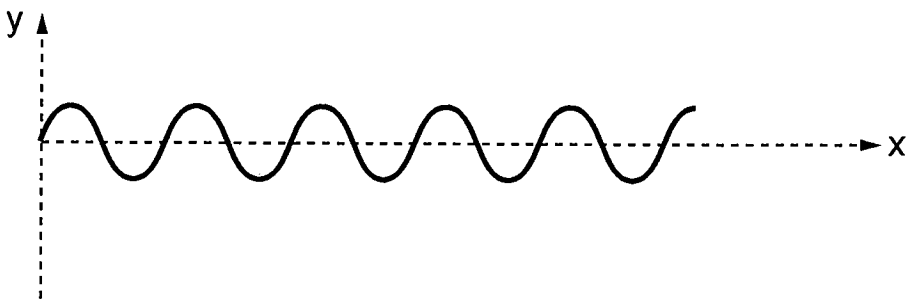


圖5b

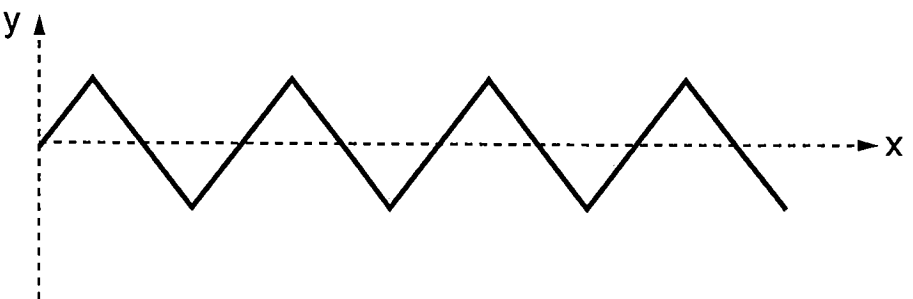


圖5c

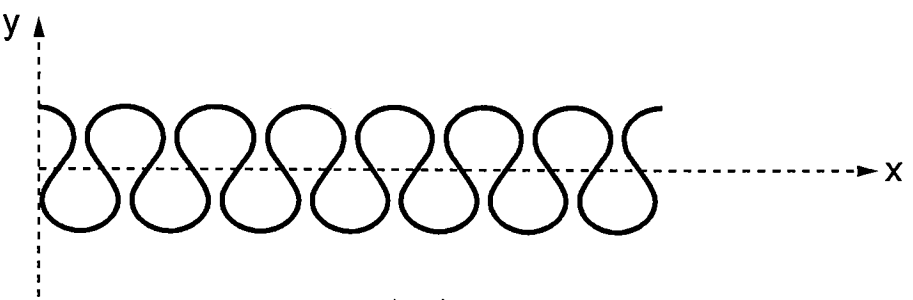


圖5d

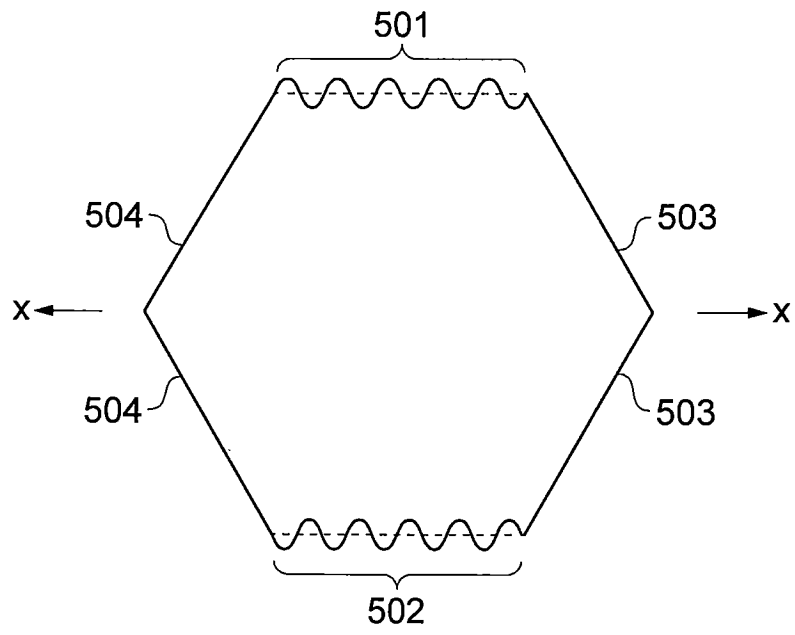


圖6a

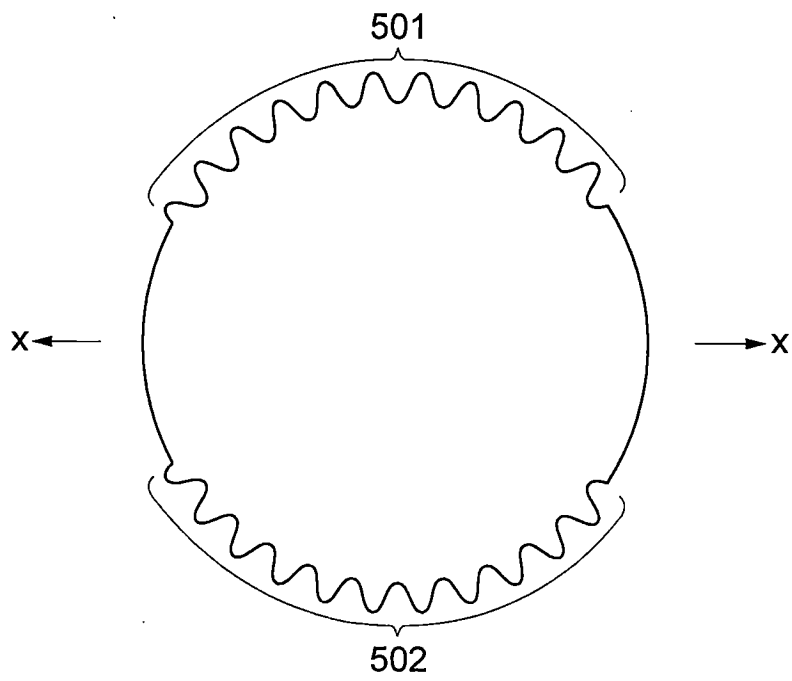


圖6b

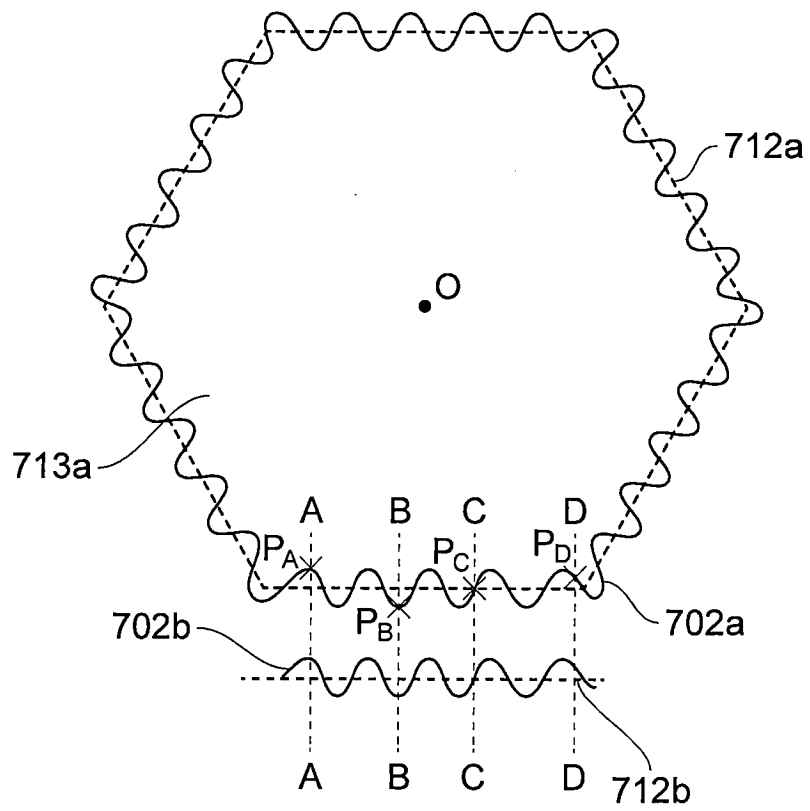


圖 7a

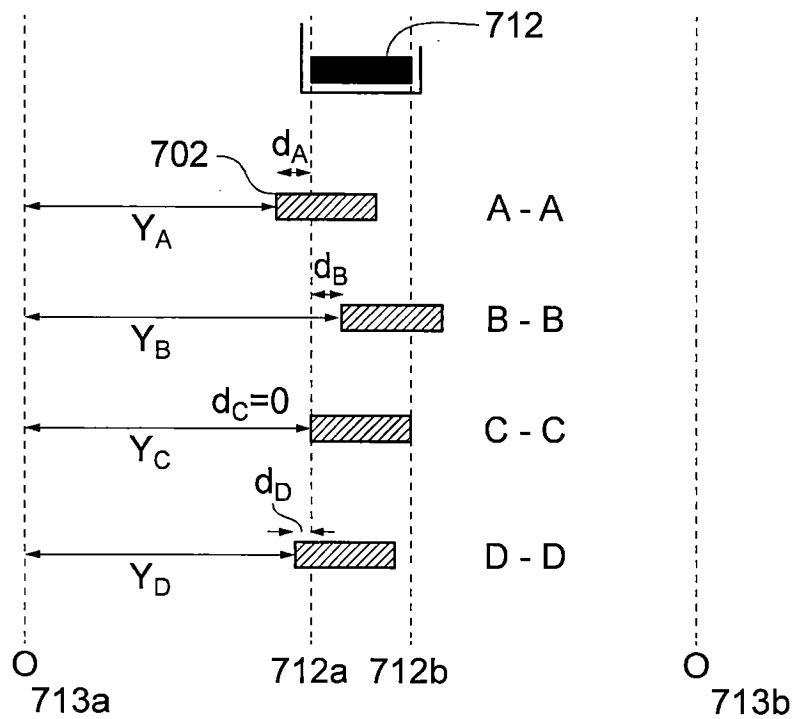


圖 7b