



(21)申請案號：110140579

(22)申請日：中華民國 109 (2020) 年 06 月 03 日

(51)Int. Cl. : H01L41/08 (2006.01)

H03H9/25 (2006.01)

(30)優先權：2019/06/12 美國

62/860,426

2020/05/14 美國

16/874,164

(71)申請人：美商特拉華公司 (美國) II-VI DELAWARE, INC. (US)

美國

(72)發明人：許文清 XU, WEN-QING (US)；藍迪 LAN, DI (US)；柯本 克里斯多福 S

KOEPPEN, CHRISTOPHER S. (US)

(74)代理人：黃瑞賢

(56)參考文獻：

US 2013/0099630A1

US 2014/0117815A1

審查人員：廖崑男

申請專利範圍項數：18 項 圖式數：14 共 70 頁

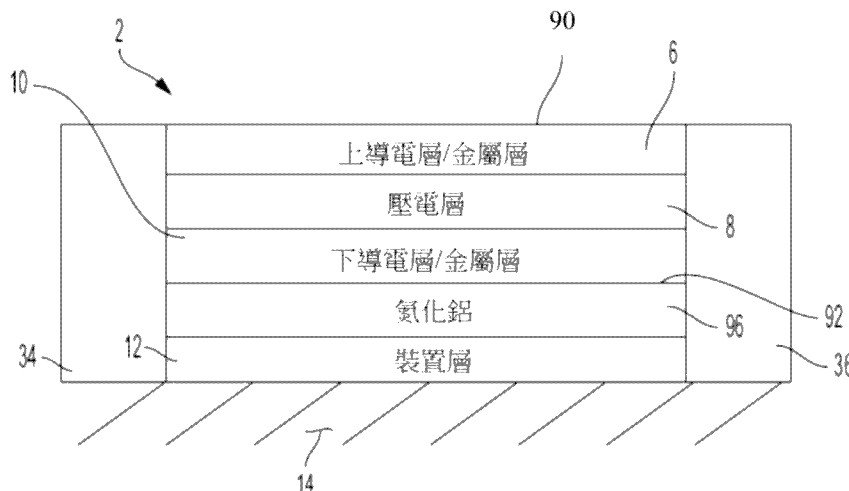
(54)名稱

電極界定未懸掛之聲波共振器

(57)摘要

本發明提供一種可以在體聲波模式操作的體聲波共振器，其包含一安裝在一分隔的載體上之共振器本體，前述載體並非共振器本體的一部分。共振器本體包含一壓電層、一裝置層及一上導電層，前述上導電層係位於前述壓電層上方且前述壓電層之另一側為前述裝置層。前述壓電層為 LiNbO_3 單晶以 $130^\circ \pm 30^\circ$ 之角度切割。前述裝置層中與前述壓電層相反側之表面，用於將前述共振器本體安裝於載體。

指定代表圖：



符號簡單說明：

2:體聲波共振器 (UBAR)

6:上導電層

8:壓電層

10:可選的下導電層

12:裝置層

14:載體

34、36:連接結構

90、92:溫度補償層

96:氮化鋁

【圖 12】



I810698

【發明摘要】

【中文發明名稱】

電極界定未懸掛之聲波共振器

【英文發明名稱】

ELECTRODE-DEFINED UNSUSPENDED ACOUSTIC RESONATOR

【中文】

本發明提供一種可以在體聲波模式操作的體聲波共振器，其包含一安裝在一分隔的載體上之共振器本體，前述載體並非共振器本體的一部分。共振器本體包含一壓電層、一裝置層及一上導電層，前述上導電層係位於前述壓電層上方且前述壓電層之另一側為前述裝置層。前述壓電層為 LiNbO_3 單晶以 $130^\circ \pm 30^\circ$ 之角度切割。前述裝置層中與前述壓電層相反側之表面，用於將前述共振器本體安裝於載體。

【指定代表圖】圖12

【代表圖之符號簡單說明】

2...體聲波共振器(UBAR)

6...上導電層

8...壓電層

10...可選的下導電層

12...裝置層

14...載體

34、36…連接結構

90、92…溫度補償層

96…氮化鋁

【發明說明書】

【中文發明名稱】

電極界定未懸掛之聲波共振器

【英文發明名稱】

ELECTRODE-DEFINED UNSUSPENDED ACOUSTIC RESONATOR

【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種體聲波共振器，特別係關於一種體聲波共振器，其具有一共振器本體，並可選地具有一個或複數個連接結構，前述連接結構可以用來供應電訊號到一個或複數個共振器的傳導層。

【先前技術】

【0002】 無線通訊已經從 1980 年代的「1G」系統進步到 1990 年代的「2G」系統，到 2000 年代的「3G」系統，到目前已在 2012 標準化的「4G」系統。在現有無線通訊中，使用表面聲波(surface-acoustic-wave；SAW)濾波器或體聲波(bulk-acoustic-wave；BAW)濾波器過濾 RF 訊號。

【0003】 薄膜體聲波共振器(film-bulk-acoustic-resonators；FBAR)及固態微型共振器(solid-mounted-resonators；SMR)為兩種 BAW 濾波器，其為壓電驅動的微機電系統(micro-electro-mechanical-system；MEMS)裝置，其跟 SAW 濾波器裝置比，可以使現今的 4G 無線通訊在相對高頻及相對低插入損失下共振。此等 BAW 聲波共振器包含一壓電堆疊，其具有例如：一個壓電材料薄膜夾在一個上電極薄膜及一個下電極薄膜之間。此等壓電

堆疊的共振頻率為厚度基礎或取決於壓電堆疊的薄膜的厚度。隨著壓電堆疊的薄膜的厚度減少而共振頻率增加。共振體的薄膜厚度為關鍵且必須精確控制來得到所需的共振頻率。為了在 FBAR 及 SMR 生產過程的合理收益中實現目標或特定 RF 頻率，使厚度達到一致高程度而修正壓電堆疊的不同區域為困難及費時。

【0004】 正在開發的 5G 無線通訊系統終究將取代前述早期性能較低的通訊系統，前述早期通訊系統的 RF 頻率在幾百 MHz 與 1.8GHz 之間。5G 系統將操作在更高的 RF 頻率，例如：3-6 GHz (6 GHz 以下)或更高至 100 GHz。

【0005】 因頻率的提升，必須藉由減少 5G 應用程式所用之 FBAR 及 SMR-相關 RF 濾波器的薄膜厚度，以增加共振頻率，其為目前技術水平中 BAW 聲波共振器所面臨的其中一個挑戰。壓電薄膜厚度的減少表示壓電堆疊的上電極及下電極之間的距離減少，導致電容上升。電容的上升導致 RF 訊號的更高饋通，並將訊號降低至雜訊比，此現象是非期望的。壓電堆疊(上電極、下電極及在上下電極之間的壓電層)的理想壓電耦合效率可以來自一個理想的組合，其為壓電層的厚度、上電極的厚度、下電極的厚度及壓電結晶的對準與方向。為了實現 5G 通訊所需的高 RF 頻率操作，而減少壓電薄膜厚度可能無法獲得最佳的壓電耦合效率，其導致更高插入損失及更高運動阻抗。電極之厚度，不論上電極、下電極或兩者皆須被減少。電極厚度的減少導致電阻率上升，將導致另一個非期望的限制，即更高插入損失。

【0006】 又，頻率之產品及 FBAR 與 SMR 裝置的品質因子(或 Q

值)一般為不變，代表共振頻率的增加會將低 Q 值。Q 值的降低並非所期望的，特別係 FBAR 的目前技術水平及 SMR 的 Q 即將接近理論極限頻率 2.45 GHz 或更低。因此，將頻率加倍會導致 Q 值降低，將難以製造 RF 裝置，例如：RF 濾波器、RF 共振器、RF 開關及 RF 振盪器等。

【發明內容】

【0007】 有鑑於此，本發明提供一種共振器本體，其可使用體聲波模式操作，理想為側向共振模式。共振器本體之底部可以安裝或偶合在安裝基材或載體上，同時以共振器本體用作 RF 濾波器、RF 共振器、RF 開關及 RF 振盪器等。

【0008】 本發明亦提供一種體聲波共振器，其包含共振器本體及一個或複數個連接結構，其可以使電訊息傳遞到共振器本體之一個或複數個導電層。在一個理想及非限制性的實施型態或例子，前述一個或複數個連接結構可為一體成形及/或以與前述共振器本體相同層之材料形成，因此體聲波共振器可為單一物件。單一物件體聲波共振器之底部可以安裝或偶合在安裝基材或載體，同時以共振器本體用作 RF 濾波器、RF 共振器、RF 開關及 RF 振盪器等。

【0009】 本發明之體聲波共振器，其特徵係其包含：一共振器本體，係包含：一壓電層；一裝置層；及一上導電層，係位於前述壓電層上方且前述壓電層之另一側為前述裝置層；其中前述裝置層中與前述壓電層相反側之全部表面，實質上用於將前述共振器本體安裝於載體並分隔前述共振器本體。

【圖式簡單說明】

【0010】 結合圖式，並藉由下述之描述對本發明進行說明，從而使上述及其他發明目的與技術特徵可更顯見。

【0011】

〔圖 1〕係根據本發明之原理的一個理想及非限制性實施型態或例子之未懸掛的體聲波共振器的側視圖（例如，在此用以說明未懸掛體聲波共振器之第一及第二例子）。

〔圖 2〕係根據本發明之原理的一個理想及非限制性實施型態或例子之未懸掛的體聲波共振器的側視圖。

〔圖 3〕係根據本發明之原理的一個理想及非限制性實施型態或例子之未懸掛的體聲波共振器的側視圖。

〔圖 4A〕係根據本發明之原理的一個理想及非限制性實施型態或例子之指叉電極之分離平面圖，其可以作為未懸掛的體聲波共振器的上導電層、可選的下導電層或兩者。

〔圖 4B〕係根據本發明之原理的一個理想及非限制性實施型態或例子之梳狀電極之分離平面圖，其可以作為未懸掛的體聲波共振器的上導電層、可選的下導電層或兩者。

〔圖 4C〕係根據本發明之原理的一個理想及非限制性實施型態或例子之片狀電極之分離平面圖，其可以作為未懸掛的體聲波共振器的上導電層、可選的下導電層或兩者。

〔圖 5A-5B〕係圖 1 至 3 的理想及非限制性實施型態或例子，沿著 A-A 線及 B-B 線之截面圖。

〔圖 6A-6B〕係圖 1 至 3 的理想及非限制性實施型態或例子，沿著 A-A 線及 B-B 線之截面圖。

〔圖 7A-7B〕係圖 1 至 3 的理想及非限制性實施型態或例子，沿著 A-A 線及 B-B 線之截面圖。

〔圖 7C〕係圖 7A-7B 中理想及非限制性實施型態或例子之未懸掛的體聲波共振器之側視圖，移除第一及第二連接結構與兩邊繫鍊導體上之材料。

〔圖 8A-8B〕係圖 1 至 3 的理想及非限制性實施型態或例子，沿著 A-A 線及 B-B 線之截面圖。

〔圖 8C〕係圖 8A-8B 中理想及非限制性實施型態或例子之未懸掛的體聲波共振器之側視圖，移除第一及第二連接結構與兩邊繫鍊導體上之材料。

〔圖 8D〕係圖 8A-8B 中理想及非限制性實施型態或例子之未懸掛的體聲波共振器之側視圖，移除第一及第二連接結構與兩邊繫鍊導體上之材料。

〔圖 9A-9B〕係圖 1 至 3 的理想及非限制性實施型態或例子，沿著 A-A 線及 B-B 線之截面圖。

〔圖 9C〕係圖 9A-9B 中理想及非限制性實施型態或例子之未懸掛的體聲波共振器之側視圖，移除第一及第二連接結構與兩邊繫鍊導體上之材料。

〔圖 9D〕係圖 9A-9B 中理想及非限制性實施型態或例子之未懸掛的體聲波共振器之側視圖，移除第一及第二連接結構與兩邊繫鍊導體上之材

料。

〔圖 10〕係一共振器本體之頻率對分貝的圖表，前述共振器本體具有片狀電極型態的下導電層與疏狀電極型態的上導電層，其中指間距為 1.8 μm 。

〔圖 11〕係頻率對正規化振福的示例性圖表，特別為模式 3 及模式 4 之共振頻率，其可用以說明在本說明書所記載之未懸掛體聲波共振器之第一至第六例子之頻率反應。

〔圖 12〕係根據本發明之原理的一個理想及非限制性實施型態或例子之未懸掛的體聲波共振器的側視圖（例如，在此用以說明未懸掛體聲波共振器之第三例子）。

〔圖 13〕係根據本發明之原理的一個理想及非限制性實施型態或例子之未懸掛的體聲波共振器的側視圖（例如，在此用以說明未懸掛體聲波共振器之第四及第五例子）。

〔圖 14〕係根據本發明之原理的一個理想及非限制性實施型態或例子之未懸掛的體聲波共振器的側視圖（例如，在此用以說明未懸掛體聲波共振器之第六例子）。

【實施方式】

【0012】 為了下述詳細敘述的目的，應當理解，除非明確地相反指出，否則本發明可以假設各種替代情形及步驟順序。亦應當理解，下述說明書所記載之特定裝置及方法僅為本發明之示例性實施型態、例子、或層面。又，除了在任何操作的例子或有特別說明，本說明書及申請專利範圍

在理想及非限制性實施型態、例子、層面，在所有情況下所提及的成分數量應該理解為詞「約」。因此，除非明確地相反指出，在下述說明書及申請專利範圍所制定的數值參數為大約值，可以會根據本發明獲得的所需性質而變化。因此，每個數值參數應至少根據報告的有效數字的數量並藉由一般普通的捨入技術來解釋。

【0013】 儘管闡述本發明廣泛範圍的數值範圍及參數為近似值，具體實施例中闡述的數值盡可能精確地報告。然而，任何數值固有地包含其各自的測試測量中發現的標準偏差所引起必然的部分誤差。

【0014】 又，應當理解，本發明所記載的任何數值範圍應包含所有歸納在內的次範圍。例如：「1 到 10」的範圍旨在包括所列舉的最小值 1 及所列舉的最大值 10 之間的所有子範圍（並且包括）亦即，最小值等於或大於 1 且最大值等於或小於 10。

【0015】 亦應當理解，圖式及下述說明書中所記載之特定裝置及步驟僅為本發明之示例性實施例、例子或層面。因此，本發明之示例性實施型態、例子或層面並不限於特定尺寸或其他相關物理特徵。本發明之特定理想及非限制性實施例、例子、或層面將藉由圖式中相同的元件代碼對應於相同或功能上等同的元件來描述。

【0016】 本發明中，除非另外特別說明，單數之使用可以包含複數及複數包圍單數。又，在本發明中，除非另外特別說明，使用「或」表示「及/或」，即使「及/或」可能會在特定情況使用。更進一步，在本發明中，使用「一」表示「至少一個」除非另有說明。

【0017】 在下述說明之目的，詞彙「末端」、「上」、「下」、「右」、

「左」、「垂直」、「水平」、「頂部」、「底部」、「橫向」、「縱向」及其衍生物應與圖中的例子相關。然而，應當理解例子可能假設各種替代情形及步驟順序，除非另有特別說明。應當注意，圖式及本說明書所紀載之特定例子，僅為本發明之示例性例子或層面。因此，本文所揭露之示例性例子或層面不應限制在此。

【0018】 如圖 1 所示，在一個理想及非限制的實施型態或例子，根據本發明之原理，未懸掛的體聲波共振器(UBAR)2 可以在體聲波模式中操作，並包含一共振器本體 4，其可以包含從頂部至底部之堆疊層，其堆疊層包含一上導電層 6、一壓電層 8、一可選的下導電層 10 及一裝置層 12。在圖 1 所示之 UBAR 2 例子中，裝置層 12 之底部可以安裝，例如：直接安裝在安裝基材或載體 14。

【0019】 參考圖 2 並接續圖 1，在一個理想及非限制的實施型態或例子中，根據本發明之原理，另一個 UBAR2 例子可以與圖 1 所示之 UBAR2 相似，其中不同處為圖 2 之共振器本體 4 可在裝置層 12 及載體 14 之間包含可選的基材 16。在一個例子中，裝置層 12 之底部可以安裝，例如：直接安裝在基材 16 頂部，及基材 16 之底部可以安裝，例如：直接安裝在載體 14。

【0020】 參考圖 3 並接續圖 1 及 2，在一個理想及非限制的實施型態或例子中，根據本發明之原理，另一個 UBAR2 例子可以與圖 2 所示之 UBAR2 相似，其中不同處為圖 3 之共振器本體 4 可在裝置層 12 及壓電層 8 或可選的下導電層 10 之間包含可選的第 2 基材 16-1，及/或在第 2 基材 16-1 及壓電層 8 或可選的下導電層 10 之間包含第 2 裝置層 12-1。在一個

理想及非限制的實施型態或例子中，若圖 3 之共振器本體 4 可以進一步包含一個或多個額外的裝置層 12(未特別顯示)及/或一個或多個額外的基材 16(未特別顯示)為更佳。另一個例子共振器本體 4 具有數個裝置層 12 及基材 16，並可包含一示例性順序，從壓電層 8 或可選的下導電層 10 到載體 14 依序為：第一裝置層、第一基材、第二裝置層、第二基材；第三裝置層、第三基材等如此接續。在一個理想及非限制的實施型態或例子中，其中共振器本體 4 可包含複數個裝置層 12 及/或複數個基材 16，各裝置層 12 可以由同樣或不同材質所製，各基材 16 可以由同樣或不同材質所製。在一個理想及非限制的實施型態或例子中，裝置層 12 的數目與基材 16 的數目可以不同。在一個例子中，示例性地從壓電層 8 或可選擇的下導電層 10 到載體 14，共振器本體 4 可包含裝置層 12-1、基材 16-1、裝置層 12 作為共振器本體 4 的最下層。可作為各裝置層 12 及各基材 16 的材料例子在下述說明。

【0021】 在一個理想及非限制的實施型態或例子中，如圖 1-3 所示，一個或多個溫度補償層 90、92、94 可以在上導電層 6 之頂部表面；在壓電層 8 或可選擇的下導電層 10 之間，及裝置層 12；及/或在裝置層 12(或 12-1)及基材 16(或 16-1)之間。各溫度補償層可以包含至少矽和氧的其中之一。例如，各溫度補償層可以包含二氧化矽，或一矽元素，及/或一氧元素。一個或多個可選的溫度補償層 90、92、94 可以有助於避免因使用圖 1-3 所示之各例子中的共振器本體 4 所產生的熱而造成共振頻率改變。

【0022】 在平面圖，本發明所描述之共振器本體 4 及/或 UBAR 2 可

以有正方體或長方體形狀。然而，共振器本體 4 及/或 UBAR 2 可以設想具有其他形狀。

【0023】 如圖 4A-4C 所示及接續所有前述圖，在一個理想及非限制的實施型態或例子中，一個或兩個導電層 6 及可選的導電層 10 可以由指叉電極 18 的形式呈現(圖 4A)，其可以包含導電線或彈片 20，由背部 22 支撐，與導電線或彈片 24 叉合，由背部 26 支撐。在一個理想及非限制的實施型態或例子中，一個或兩個導電層 6 及可選的導電層 10 可以由梳狀電極 27 的形式呈現(圖 4B)，其可以包含由第一背部 30 延伸過來的導電線或彈片 28。與第一背部 30 相反側的導電線或彈片 28 之末端可以與可選的第二背部 32 連接(表示於圖 4B 之虛線)。在一個理想及非限制的實施型態或例子中，一個或兩個導電層 6 及可選的導電層 10 可以由導電片狀電極 33 的形式呈現(圖 4C)。各線或彈片 20、24 及 28 以直線呈現。在一個例子中，各線或彈片 20、24 及 28 可以為弧形的線或彈片，螺旋的線或彈片，或其他適合的及/或所欲的形狀。

【0024】 在一個理想及非限制的實施型態或例子中，上導電層 6 可以為指叉電極 18，或梳狀電極 27 或片狀電極 33 的形式呈現。獨立於上導電層 6 的形式，可選的底部導電層 10 可以為指叉電極 18，或梳狀電極 27 或片狀電極 33 的形式呈現。在下文中，僅為了描述目的，在一個理想及非限制性實施型態或示例中，上導電層 6 將被描述為以梳狀電極 27 的形式呈現，其包含第一背部 30 及可選的第二背部 32，及可選的下導電層 10 將被描述以片狀電極 33 的形式呈現。然而，本實施型態並不限定於此，亦可指叉電極 18 或梳狀電極 27 或片狀電極 33 的任何一個作為上導電層

6，與指叉電極 18 或梳狀電極 27 或片狀電極 33 的任何一個作為可選的下導電層 10 相結合。

【0025】 在一個理想及非限制的實施型態或例子中，各例子中至少具有指叉電極 18 或梳狀電極 27 形式的上導電層 6 的共振器本體 4 的共振頻率，不論可選的下導電層 10 的形式可以藉由適當選擇指間距 38 以習知的方式調節或選擇(例：圖 4A-4B)，其中指間距 38=指寬+指縫(相鄰兩指之間)。在一個例子中，主要所欲得到的每一個共振器本體 4 但非全部，在橫向模式中，相對於厚度模式，可以藉由減少指間距 38 來增加共振器本體 4 的共振頻率。在一個例子中，主要所欲得到的每一個共振器本體但非全部，在厚度模式中，相對於橫向模式，可以藉由增加指間距 38 來減少共振器本體 4 的共振頻率。

【0026】 在一個理想及非限制的實施型態或例子中，各例子的共振器本體 4 可以在厚度模式、橫向模式或厚度模式及橫向模式組合之混合/複合模式。對於厚度模式共振，聲波在壓電層 8 的厚度方向上共振，共振頻率基於壓電層 8 的厚度，及上導電層 6 與可選的下導電層 10 的厚度。壓電層 8、可選的下導電層 10 及上導電層 6 的組合可以稱為壓電疊層。在此描述的各例子之共振器本體 4 的共振頻率所決定的聲速為壓電疊層的複合聲速。在一個例子中，共振頻率 f 可以藉由將複合聲速 V_a 除以兩倍的壓電疊層厚度 τ 來計算。

【0027】 對於橫向模式共振，聲波在壓電層 8 的橫向 (x 或 y 方向) 共振，並且可以藉由將壓電疊層的複合聲速 V_a 除以指間距 38 的兩倍來得到共振頻率， $f = V_a/2$ (指間距)。當指間距從大間距尺寸 δ_L 減小到小

間距尺寸 δ_s 時，頻率增加的百分比， $PFI_{\text{計算}}$ ，在一個例子中，可以由下述公式計算

$$PFI_{\text{Calculated}} = (\delta_L - \delta_s) / \delta_s.$$

在一個例子中，當指間距 38 從 $2.2 \mu\text{m}$ 減小到 $1.8 \mu\text{m}$ 時，橫向模式的 $PFI_{\text{計算}}$ 為 22.2%。在另一個例子中，當指間距 38 從 $1.8 \mu\text{m}$ 減小到 $1.4 \mu\text{m}$ 時，橫向模式的 $PFI_{\text{計算}}$ 為 28.5%。

【0028】 複合模式共振可包括厚度模式共振的部分及橫向模式共振的部分。在複合模式共振中橫向模式共振的部分 L 可以藉由改變指間距 38 從大間距尺寸 δ_L 至小間距尺寸 δ_s ，得到增加頻率的實際比率或測量百分比（ $PFI_{\text{測量}}$ ）與增加頻率的計算比率（ $PFI_{\text{計算}}$ ），二者之間的比例來定義。如果存在一個或多個不受控制或不可預見的變化，則橫向模式共振 L 值可以大於 100%。在一例子中，共振器本體 4 可以在厚度模式、橫向模式或複合模式共振。在複合模式共振的例子中，橫向模式共振的部分 L 可以 $\geq 20\%$ 。在複合模式共振的另一個例子中，橫向模式共振的部分 L 可以 $\geq 30\%$ 。在複合模式共振的另一個例子中，橫向模式共振的部分 L 可以 $\geq 40\%$ 。

【0029】 在一個理想及非限制的實施型態或例子中，一個共振器本體 4 具有以片狀電極 33 的形式呈現之可選的下導電層 10 及以梳狀電極 27 的形式呈現之上導電層 6，其中 $2.2 \mu\text{m}$ 的指間距 38 可以在複合模式中共振，其具有下述模式共振頻率：模式 1 共振頻率= 1.34 GHz；模式 2 共振頻率= 2.03 GHz；及模式 4 共振頻率= 2.82 GHz。

【0030】 在一個例子中，一個共振器本體 4 具有以片狀電極 33 的形式呈現之可選的下導電層 10 及以梳狀電極 27 的形式呈現之上導電層 6，其中 $1.8 \mu\text{m}$ 的指間距 38 可以在複合模式中共振，其具有下述模式共振頻率：模式 1 共振頻率= 1.49 GHz；模式 2 共振頻率= 2.38 GHz；及模式 4 共振頻率= 3.05 GHz。在此例子，複合模式共振的橫向模式共振 L 百分比可以分別為：L 模式 1 = 53%；L 模式 2 = 78%；及 L 模式 4 = 27%。亦參見圖 10，其為該例子中共振器本體 4 的頻率與 dB 的關係圖。在圖 10 中，每個共振頻率 82、84 及 88 表示共振器本體 4 對不同模式的反應，模式 1 共振頻率= 1.49GHz；模式 2 共振頻率= 2.38 GHz；及模式 4 共振頻率= 3.05 GHz。

【0031】 在一個例子中，模式 1 共振頻率可以或替代性的被認為或與一個表面聲波(SAW)相關；模式 2 共振頻率可以或替代性的被認為或與 S_0 (或擴充 Extensional)模式相關；及模式 4 共振頻率可以或替代性的被認為或與 A_1 (或撓曲 Flexural)模式相關。此外，模式 3 共振頻率(在下述說明)可以或替代性的被認為或與切變(Shear)模式相關。SAW、 S_0 模式、擴充模式、 A_1 模式、切變模式及撓曲模式為通常知識者所知悉，在此不會進一步說明。

【0032】 在一個例子中，一個共振器本體 4 具有可選的下導電層 10 以片狀電極 33 的形式呈現及上導電層 6 以梳狀電極 27 的形式呈現，其中 $1.4 \mu\text{m}$ 的指間距 38 可以在複合模式中共振，其具有下述模式共振頻率：模式 1 共振頻率= 1.79 GHz；模式 2 共振頻率= 2.88 GHz；及模式 4 共振頻率= 3.36 GHz。此例子的共振器本體 4，複合模式共振 L 的橫向模式共

振百分比可以為：L 模式 1 = 70%；L 模式 2 = 74%；及 L 模式 4 = 35%。

【0033】 在一個例子中，前述之共振器本體 4 在厚度模式、橫向模式、或複合模式可以應用於圖 1-3 所示之每個 UBAR 2 例子，其可包含一個共振器本體 4 與一個或多個連接結構 34 及 36 結合，細節將在下述說明。

【0034】 接著，參照圖 1-3，在一個理想及非限制的實施型態或例子中，圖 1-3 所示最底層的各共振器本體 4 可以使用任何適合及/或所欲得到的安裝技術直接安裝在載體 14，例如：共晶安裝、黏著劑等。在此「直接安裝」、「在…直接安裝」及相似片語可以理解為在圖 1-3 所示各共振器本體 4 之最底層，以任何適合及/或所欲得到的方式緊臨於載體 14 放置及接合於載體 14，例如：在一個例子為安裝、連接，及/或藉由適合及/或所欲得到的方法，例如：在一個例子為共晶鍵結、導電黏著劑、非導電黏著劑等。在一個理想及非限制的實施型態或例子中，載體 14 可作為封裝之表面，例如傳統的積體電路(IC)封裝。在共振器本體 4 的最底層安裝到前述封裝的表面之後，共振器本體 4，以及一般而言，UBAR 2 以習知方法密封在前述封裝中以保護共振器本體 4，更一般而言為針對外部環境狀況保護 UBAR 2。在一個例子中，封裝使用來自日本商 NTK Ceramic Co., Ltd.的傳統陶瓷 IC 封裝，用於安裝 UBAR。然而，這不應被解釋為具有限制意義，因為可以設想共振器本體 4 及/或 UBAR 2 可以安裝在現在習知或以後開發的任何適合/或所欲得到的封裝中。

【0035】 在另一個例子中，載體 14 可以作為基材的表面，例如，陶瓷片、傳統的印刷電路板材料片材等。在此描述各基材例子中圖 1-3 的共

振器本體 4 及/或 UBAR 2 的最底層可安裝並僅用於說明目的，而不應被解釋為具有限制性。而載體 14 可以由任何適合的及/或所欲得到的材料製成，該材料可與圖 1-3 中所示的各共振器本體 4 及/或 UBAR 2 的最底層材料相容，且能以習知的方法使用共振器本體 4 及/或 UBAR 2。載體 14 可以具有所屬領域具有通常知識者認為適合及/或所欲得到的任何形式。因此，本說明書有關安裝基材或載體 14 並不具有限制性。

【0036】 接著，參照圖 1-3，在一個理想及非限制的實施型態或例子中，各 UBAR 2 可包含一個或多個可選的連接結構 34 及/或 36，其有助於將電訊號應用到共振器本體 4 的上導電層 6 及可選的下導電層 10。然而，在一個理想及非限制的實施型態或例子中，一個或多個可選的連接結構 34 及/或 36 可被排除(例如沒有提供)，其中電訊號可以直接應用到共振器本體 4 的上導電層 6 及可選的下導電層 10。因此，在一個例子中，UBAR 2 可包含共振器本體 4，不含連接結構 34 及 36。在另一個例子中，UBAR 2 可包含共振器本體 4 及一單獨連接結構 34 或 36。僅為了詳細說明本發明中，在下述說明 UBAR 2 包含共振器本體 4 及連接結構 34 及 36 之一個理想及非限制的實施型態或例子。

【0037】 各連接結構 34 及 36 可以由任何適合及/或所欲得到的形式呈現，可以由任何適合及/或所欲得到的方法形成，並可以由任何適合的及/或所欲得到的材料製成，該等材料可以助於對上導電層 6 及可選的下導電層 10 提供獨立的電訊號。在一個例子中，其中上導電層 6 以僅具有一背部 30 或 32 之梳狀電極 27 的形式呈現，並且可選的下導電層 10 為僅具有一背部 30 或 32、或片狀電極 33 之梳狀電極 27 的形式，電訊號可以藉由

單個連接結構 34 或 36 提供給各上導電層 6 及可選的下導電層 10，該單個連接結構 34 或 36 可以被配置為分別對上導電層 6 及可選的下導電層 10 提供電訊號。

【0038】 在另一個例子中，其中上導電層 6 或可選下導電層 10 中的至少一個具有指叉電極 18 或梳狀電極 27 的形式並具有兩個背部 30 及 32，藉由個別的連接結構 34 及 36 而可分別提供一個或多個電訊號至指叉電極 18 的背部 22 及 26，及/或梳狀電極 27 的背部 30 及 32。上導電層 6 及可選的下導電層 10 的形式以及對上導電層 6 及可選的下導電層 10 提供電信號的方式不應具有限制性。

【0039】 在一個理想及非限制的實施型態或例子中，而不受任何特定的描述、例子或理論約束，第一及第二連接結構 34 及 36 的例子可以與圖 1-3 所示的 UBARs 2 例子一起使用，將在下述說明。

【0040】 在一個理想及非限制的實施型態或例子中，僅為了詳細說明本發明，如圖 1-3 所示，各連接結構 34 及 36 將被描述為具有各種層及/或基材的延伸部分形成共振器本體 4 之多種例子。然而，此將不具有限制性，因可以設想各連接結構 34 及 36 可以具有任何適合及/或所欲得到的形式及/或結構，其能夠對上導電層 6 及可選的下導電層 10 提供一個或多個個別的電訊號。

【0041】 在一個理想及非限制的實施型態或例子中，如圖 5A-5B 所示，其為在任一或全部圖 1-3 中沿著 A-A 及 B-B 的線上之代表圖，圖 5A 表示在壓電層 8 頂部上以梳狀電極 27 形式呈現的上導電層 6，包含背部 30 及可選的背部 32。在一個例子中，上導電層 6 可選擇以指叉電極 18 形

式呈現。在一個理想及非限制的實施型態或例子中，圖 5B 表示在壓電層 8 之下可選的下導電層 10 以片狀電極 33 形式呈現(如圖 5B 之虛線所示)。在一個例子中，可選的下導電層 10 可選擇以指叉電極 18 或梳狀電極 27 形式呈現。下述僅為示例，上導電層 6 及可選的下導電層 10 將分別被敘述為以梳狀電極 18 的形式呈現，包含背部 30 及可選的背部 32，以及以片狀電極 33 的形式呈現。然而，此將不具有限制性。

【0042】 在一個理想及非限制的實施型態或例子中，連接結構 34 及 36 可包含接觸片狀電極 33 之底部金屬層 40 及 44(圖 5B)，該片狀電極 33 形成為共振器本體 4 之可選的下導電層 10。各底部金屬層 40 及 44 可以為片狀並以壓電層 8 覆蓋。在一個例子中，各底部金屬層 40 及 44 可作為片狀電極 33 的延伸並同時形成。在另一個例子中，各底部金屬層 40 及 44 可以分別從片狀電極 33 形成，並與片狀電極 33 為相同或不同材質。在一個例子中，連接結構 34 及 36 亦可以包含在壓電層 8 頂部上之頂部金屬層 42 及 46 以及分別接觸形成為共振器本體 4 之上導電層 6 之梳狀電極 27 之背部 30 及背部 32。

【0043】 在一個例子中，底部金屬層 40 及 44 可以藉由在壓電層 8 中形成的導電通孔 50 連接到第一與第二連接結構 34 及 36 的頂部表面上的接觸墊 48，導電通孔 50 在前述接觸墊 48 及底部金屬層 40 及 44 之間延伸。例如，各頂部金屬層 42 及 46 可以具有片狀，並與相應的接觸墊 48 隔開一間隙（未標號）。各頂部金屬層 42 及 46 亦可包含一接觸墊 58。各接觸墊 48 可以相連，視需要各接觸墊 48 可以連接到適合的訊號源（未圖示），該訊號源可以用以任何適合及/或所欲得到的方式電驅動/偏壓可選的

下導電層 10。相同地，各接觸墊 58 可以相連，視需要各接觸墊 58 可以連接到適合的訊號源（未圖示），該訊號源可以用以任何適合及/或所欲得到的方式電驅動/偏壓上導電層 6。

【0044】 如圖 5A-5B 中元件代碼 18 及 27 所示，上導電層 6 亦可以為指叉電極 18 的形式，並且可選的下導電層 10 亦可以為梳狀電極 27 或指叉電極 18 的形式。

【0045】 如圖 6A-6B 所示，其為在任一或全部圖 1-3 中沿著 A-A 及 B-B 的線上之代表圖，在一個理想及非限制的實施型態或例子中，圖 6A-6B 中的例子與圖 5A-5B 中的例子相似，除了至少下述不同處。底部金屬層 40 和 44 各可以為一對隔開的導體 52 形式（相對於圖 5A-5B 中所示的導電片），其藉由橫向導體 54 及繫鏈導體 56 連接到片狀電極 33 形式的可選的下導電層 10。頂部金屬層 42 及 46 可各為導體 60 之形式。各導體 60 可以藉由繫鏈導體 62 連接到形成為上導電層 6 之梳狀電極 27 的背部 30 或背部 32。繫鏈導體 62 可以與繫鏈導體 56 垂直對齊並且藉由壓電層 8 與繫鏈導體 56 隔開。在一個例子中，如圖 6A-6B 所示，繫鏈導體 62 的寬度可以比導體 60 的寬度少，且繫鏈導體 56 的寬度可以與繫鏈導體 62 的寬度大約相同。

【0046】 如圖 7A-7B 所示，其為在任一或全部圖 1-3 中沿著 A-A 及 B-B 的線上之代表圖，在一個理想及非限制的實施型態或例子中，圖 7A-7B 中的例子與圖 6A-6B 中的例子相似，除了至少下述不同處。繫鏈導體 62 及 56 兩側之各連接結構 34 及 36 之部分或全部材料中，前述連接結構部分可以被移除，從而形成槽溝，其可在前述連接結構的剩餘部分及共振

器本體 4 之間，在前述繫鏈導體的兩側從 UBAR 2 的頂部延伸到底部部分或全部距離。在一個例子中，在前述連接結構的繫鏈導體的兩側上移除各連接結構 34 及 36 的部分或所有材料定義為繫鏈結構 76，該繫鏈結構 76 可以包含繫鏈導體 62 及 56 且壓電層 8 的一部分與繫鏈導體 62 垂直對齊。

【0047】 參照圖 7C 及持續參照圖 7A-7B，在一個理想及非限制的實施型態或例子中，在繫鏈導體 62 及 56 的兩側上移除各連接結構 34 及 36 的部分或所有材料，前述連接結構可用於圖 1-3 中任一 UBAR 2 例子使用。例如：圖 7C 為圖 1 中 UBAR 2 例子的側視圖，在繫鏈導體 62 及 56 的兩側上第一及第二連接結構 34 及 36 的材料中，如圖 7A-7B 所示移除前述連接結構部分。可以從圖 7A-7C 理解，在前述連接結構的繫鏈導體 62 及 56 的兩側上，移除各連接結構 34 及 36 的該材料可以包含上導電層 6、壓電層 8、可選的下導電層 10 及裝置層 12 的部分，因此，在圖 7A-7B 中在前述連接結構的繫鏈導體 62 及 56 的兩側上移除各連接結構 34 及 36 所形成的溝槽中沒有可見的材料。在圖 7A-7C 所示的例子中，各繫鏈結構 76 可以包含由上至下為：繫鏈導體 62、壓電層 8 與繫鏈導體 62 垂直對齊之部分、可選的繫鏈導體 56（當存在下導電層 10 時），以及裝置層 12 與繫鏈導體 62 垂直對齊的部分。

【0048】 在另一個例子，其中 UBAR 2 包含基材 16(圖 2)，表示於圖 7C 之虛線及可選地一個或多個附加的裝置層 12-1 及/或基材 16-1(圖 3)，在繫鏈導體 62 及 56 的兩側上各附加裝置層 12-1 及/或基材 16-1(圖 3)及基材 16 的形成材料中，亦可移除各連接結構 34 及 36 部分，因此在圖

7A-7B 中在前述連接結構的繫鏈導體 62 及 56 的兩側上移除各連接結構 34 及 36 所形成的溝槽中沒有可見的材料。

【0049】 在一個例子中，圖 7A-7B 為圖 2 中 UBAR 2 例子的圖，各繫鏈結構 76 可包含由上至下為：繫鏈導體 62、壓電層 8 與繫鏈導體 62 垂直對齊之部分、可選的繫鏈導體 56（當存在可選的下導電層 10 時）、裝置層 12 與繫鏈導體 62 垂直對齊的部分，以及基材 16 與裝置層 12 垂直對齊的部分。在另一個例子中，圖 7A-7B 為圖 3 中 UBAR 2 例子的圖，各繫鏈結構 76 可包含由上至下為：繫鏈導體 62、壓電層 8 與繫鏈導體 62 垂直對齊的部分、可選的繫鏈導體 56（當存在可選的下導電層 10 時）、裝置層 12 及 12-1 與繫鏈導體 62 垂直對齊的部分，以及基材 16 及 16-1 與繫鏈導體 62 垂直對齊的部分。

【0050】 如圖 8A-8B 所示，其為在任一或全部圖 1-3 中沿著 A-A 及 B-B 的線上之代表圖，在一個理想及非限制的實施型態或例子中，圖 8A-8B 中的例子與圖 7A-7B 中的例子相似，除了至少下述不同處。亦即，形成各連接結構 34 及 36 的至少一個裝置層 12 或 12-1 的全部或部分的材料保留在前述連接結構的繫鏈導體 62 及 56 的兩側，因此前述至少一個裝置層 12 或 12-1 的材料於前述連接結構的繫鏈導體 62 及 56 的兩側溝槽可見。在一個例子中，圖 8A-8C 為圖 1 中 UBAR 2 例子的圖，各繫鏈結構 76 可包含由上至下為：繫鏈導體 62、壓電層 8 與繫鏈導體 62 垂直對齊之部分、可選的繫鏈導體 56（當存在可選的下導電層 10 時）。在此例中，裝置層 12 被保留在溝槽中並可見於圖 8A-8B。

【0051】 在另一個例子中，圖 8A-8B 為圖 2 中 UBAR 2 例子的圖，

各繫鏈結構 76 可包含由上至下為：繫鏈導體 62、壓電層 8 與繫鏈導體 62 垂直對齊之部分、可選的繫鏈導體 56（當存在可選的下導電層 10 時）、裝置層 12 與繫鏈導體 62 垂直對齊的部分。在此例中，裝置層 12 被保留在溝槽中並可見於圖 8A-8B，裝置層 12 底下之基材 16 亦被保留(表示於圖 8C 的虛線)，但不可見於圖 8A-8B 之溝槽。

【0052】 在另一個例子中，圖 8A-8B 為圖 3 中 UBAR 2 例子的圖，各繫鏈結構 76 可包含由上至下為：繫鏈導體 62、壓電層 8 與繫鏈導體 62 垂直對齊之部分、可選的繫鏈導體 56（當存在可選的下導電層 10 時）、裝置層 12 與繫鏈導體 62 垂直對齊的部分。在一個例子中，裝置層 12 被保留並可見於在圖 8A-8B 的溝槽中，裝置層 12 底下之基材 16 亦被保留，但不可見於圖 8A-8B 的溝槽中，各繫鏈結構 76 亦包含裝置層 12-1 及基材 16-1 與繫鏈導體 62 垂直對齊的部分。在另一個例子中，裝置層 12-1 被保留並可見於圖 8A-8B 的溝槽中，基材 16、16-1 及裝置層 12 亦被保留但不可見於圖 8A-8B 之溝槽。

【0053】 另一個例子如圖 8D 所示，圖 1 或 2 中 UBAR 2 例子的圖，各繫鏈結構 76 可包含由上至下為：繫鏈導體 62、壓電層 8 與繫鏈導體 62 垂直對齊的部分、可選的繫鏈導體 56（當存在可選的下導電層 10 時）、裝置層 12 之本體與繫鏈導體 62 垂直對齊的部分，藉由部分移除在各連接結構 34 及 36 的繫鏈導體 62 及 56 的兩側上之裝置層 12 而暴露裝置層 12 之本體與繫鏈導體 62 垂直對齊的部分。其中圖 8D 的例子為圖 2 中所示之 UBAR 2，基材 16(如圖 8D 所示之虛線)可被保留在裝置層 12 之下但不可見於圖 8A-8B。

【0054】 在另一個例子中，圖 3 所指之 UBAR 2 例子，各繫鏈結構 76 可包含由上至下為：繫鏈導體 62、壓電層 8 與繫鏈導體 62 垂直對齊之部分、可選的繫鏈導體 56（當存在可選的下導電層 10 時）、裝置層 12 之本體或裝置層 12-1 與繫鏈導體 62 垂直對齊的部分，藉由部分移除在各連接結構 34 及 36 的繫鏈導體 62 及 56 的兩側上之裝置層 12 或裝置層 12-1（類似圖 8D 部分移除裝置層 12）而暴露裝置層 12 之本體或裝置層 12-1 與繫鏈導體 62 垂直對齊的部分。在一個例子中，當移除圖 3 所示之 UBAR 2 之裝置層 12 本體的一部分（類似圖 8D 部分移除裝置層 12），圖 3 中 UBAR 2 之裝置層 12 的形成材料內部部分在圖 8A-8B 中的溝槽中可見，各繫鏈結構 76 亦可包含裝置層 12-1 及基材 16-1 與繫鏈導體 62 垂直對齊的部分。在此例中，基材 16 被保留，亦即沒有任何基材 16 的部分被移除，將不會顯示在圖 8A-8B 中。

【0055】 在另一個例子中，當移除圖 3 所示之 UBAR 2 之裝置層 12-1 本體的一部分（類似圖 8D 裝置層 12 部分移除），裝置層 12-1 的形成材料內部部分在圖 8A-8B 中的溝槽中可見，各繫鏈結構 76 亦可包含裝置層 12-1 與繫鏈導體 62 垂直對齊的部分。在此例中，基材 16、16-1 及裝置層 12 被保留，亦即沒有任何基材 16、16-1 及裝置層 12 的部分被移除，將不會顯示在圖 8A-8B 中。

【0056】 參照圖 9A-9B，其為在任一或全部圖 1-3 中沿著 A-A 及 B-B 的線上之代表圖，圖 2 的 UBAR 2 在一個理想或非限制的實施型態或例子，圖 9A-9B 所示之例子與圖 8A-8B 的例子相似，除了至少下述例外。各繫鏈結構 76 可包含裝置層 12 之部分形成材料，其中如圖 9A-9C 所示，

基材 16 之部分可見於在各連接結構 34 及 36 的繫鏈導體 62 及 56 的兩側所形成的溝槽中。在此例中，基材 16 被保留且各繫鏈結構 76 可包含由上至下為：繫鏈導體 62、壓電層 8 與繫鏈導體 62 垂直對齊之部分、可選的繫鏈導體 56（當存在可選的下導電層 10 時）、及裝置層 12 與繫鏈導體 62 垂直對齊之部分。

【0057】 接著，參照圖 9A-9B，圖 3 所示之 UBAR 2 在一個理想及非限制的實施型態或例子中，裝置層 12 及基材 16、16-1 被保留如圖 9A-9B 所示，基材 16-1 可見於在各連接結構 34 及 36 的繫鏈導體 62 及 56 的兩側所形成的溝槽中。在此例中，各繫鏈結構 76 可包含由上至下為：繫鏈導體 62、壓電層 8 與繫鏈導體 62 垂直對齊之部分、可選的繫鏈導體 56（當存在可選的下導電層 10 時）、及裝置層 12-1 與繫鏈導體 62 垂直對齊之部分。

【0058】 在另一個例子中，圖 3 所示之 UBAR 2，其中基材 16 被保留，在圖 9A-9B 中基材 16 可見於在各連接結構 34 及 36 的繫鏈導體 62 及 56 的兩側所形成的溝槽中，各繫鏈結構 76 可包含由上至下為：繫鏈導體 62、壓電層 8 與繫鏈導體 62 垂直對齊之部分、可選的繫鏈導體 56（當存在可選的下導電層 10 時）、裝置層 12-1 與繫鏈導體 62 垂直對齊之部分、基材 16-1 與繫鏈導體 62 垂直對齊之部分、及裝置層 12 與繫鏈導體 62 垂直對齊之部分。

【0059】 在圖 9D 所示的另一個例子中，圖 2 所示的 UBAR 2 的例子中，在基材 16 及裝置層 12 的介面，可以在共振器本體 4 及連接結構 34 及 36 的下方橫向移除基材 16 本體的部分形成材料，其中如圖 9D 所示，

連接結構 34 及 36 的底部 64 及 70 被暴露、共振器本體 4 的底部 66 及 68 被暴露、及基材 16 本體的表面 72 及 74 被暴露。在此例中，基材 16 本體被移除的部分形成材料可以延伸至圖 9D 的平面並基材 16 的材料部分與各繫鏈結構 76 垂直對齊。在此例中，各繫鏈結構 76 可包含由上至下為：繫鏈導體 62、壓電層 8 與繫鏈導體 62 垂直對齊之部分、可選的繫鏈導體 56（當存在可選的下導電層 10 時）、裝置層 12 與繫鏈導體 62 垂直對齊之部分、及基材 16 與繫鏈導體 62 垂直對齊並貼近裝置層 12 之部分。在此例中，表面 72 及 74 可見於圖 9A-9B 的溝槽中。

【0060】 在另一個替代的例子中，圖 3 所示之 UBAR 2 例子中，可以在共振器本體 4 及連接結構 34 及 36 的下方橫向移除基材 16-1 或 16 的部分形成材料，類似移除圖 9D 中基材 16 的形成材料，其中基材 16-1 或 16 的形成材料表面(如表面 72 及 74)被暴露並可見於圖 9A-9B 的溝槽中。

【0061】 在一個例子中，當圖 3 之 UBAR 2 例子之基材 16-1 的形成材料表面(如表面 72 及 74)被暴露並可見於圖 9A-9B 的溝槽中，各繫鏈結構 76 亦可包含裝置層 12-1 與繫鏈導體 62 垂直對齊之部分及基材 16-1 形成材料與繫鏈導體 62 垂直對齊之部分並貼近裝置層 12-1。在此例中，只移除基材 16-1 本體之部分以形成各溝槽，且裝置層 12 及基材 16 被保留，亦即，沒有任何裝置層 12 及基材 16 的部分被移除，並不可見於圖 9A-9B 中。

【0062】 在另一個例子中，當圖 3 中 UBAR 2 的例子之基材 16 的形成材料表面(如表面 72 及 74)被暴露，並可見於圖 9A-9B 所示之溝槽中，各繫鏈結構 76 亦可包含裝置層 12-1 與繫鏈導體 62 垂直對齊的部分、基材

16-1 與繫鏈導體 62 垂直對齊的部分、裝置層 12 與繫鏈導體 62 垂直對齊的部分、基材 16 形成材料與繫鏈導體 62 垂直對齊並貼近裝置層 12 的部分。在此例中，只移除基材 16-1 本體的部分以形成各溝槽。

【0063】 在一個理想及非限制的實施型態或例子中，當前述討論之例子中沒有下導電層 10 時，不需要存在連接結構 34 及 36 的底部金屬層 40 及 44。

【0064】 在一個理想及非限制的實施型態或例子中，前述各繫鏈結構 76 可包含至少繫鏈導體 62、可選的繫鏈導體 56（當存在可選的下導電層 10 時）、僅壓電層 8 與繫鏈導體 62 垂直對齊的部分。在另一個理想及非限制的實施型態或例子中，各繫鏈結構 76 可包含下列一個或多個與繫鏈導體 62 垂直對齊之部分：裝置層 12、基材 16、裝置層 12-1、及/或基材 16-1。然而，在此不具有限制性。

【0065】 在一個理想及非限制的實施型態或例子中，圖 1-3 所示各例子中的共振器本體 4，至少上導電層 6、可選的下導電層 10、及上導電層 6 下方之壓電層 8 部分的寬度可為相同。亦即或者，在一個例子中，裝置層 12、基材 16、裝置層 12-1、及/或基材 16-1 的寬度可以與上導電層 6、可選的下導電層 10、及壓電層 8 的寬度及/或尺寸相同。

【0066】 在一個理想及非限制的實施型態或例子中，圖 1-3 所示任一例子中的共振器本體 4 的任一或複數個表面及/或任一或複數個連接結構 34 及/或 36 之一個或全部表面，可依適合及/或所欲進行適當地蝕刻，期望將圖 1-3 中任何 UBAR 2 例子的品質因子及/或插入損失情形優化。例如，可蝕刻圖 1-3 所示之任一例子中的共振器本體 4 的上表面及下表面。亦即

或者，圖 1-3 所示各例子中的共振器本體 4 的任一或複數個側面可被蝕刻，其中前述側面與平面垂直。

【0067】 在一個理想及非限制的實施型態或例子中，其中上導電層 6、可選的下導電層 10、或兩者，其為指叉電極 18 之形式，前述指叉電極 18 的一背部 22 或 26 可由一個適合的訊號源連接並驅動，而另一個背部 22 或 26 可以不與訊號源相連。在另一個理想及非限制的實施型態或例子中，其中上導電層 6、可選的下導電層 10、或兩者，其為指叉電極 18 之形式，前述指叉電極 18 的一背部 22 可由一個訊號源連接並驅動，且前述指叉電極 18 的一背部 26 可由第二訊號源連接並驅動。在一個例子中，第二訊號源可以與第一訊號源相同或不同。

【0068】 在一個理想及非限制的實施型態或例子中，各裝置層 12(或 12-1)的例子之聲阻抗可為 $\geq 60 \times 10^6 \text{ Pa-s/m}^3$ 。在另一個例子中，各裝置層 12(或 12-1)的例子之聲阻抗可為 $\geq 90 \times 10^6 \text{ Pa-s/m}^3$ 。在另一個例子中，各裝置層 12(或 12-1)的例子之聲阻抗可為 $\geq 500 \times 10^6 \text{ Pa-s/m}^3$ 。在一個理想及非限制的實施型態或例子中，各基材 16 的聲阻抗可為 $\leq 100 \times 10^6 \text{ Pa-s/m}^3$ 。在另一個例子中，各基材 16 的聲阻抗可為 $\leq 60 \times 10^6 \text{ Pa-s/m}^3$ 。

【0069】 在一個理想及非限制的實施型態或例子中，裝置層 12、壓電層 8、或可選的下導電層 10 之介面的聲波反射率(R)可以大於 50%。在另一個例子中，裝置層 12、壓電層 8、或可選的下導電層 10 之介面的聲波反射率(R)可以大於 70%。在另一個例子中，裝置層 12、壓電層 8、或可選的下導電層 10 之介面的聲波反射率(R)可以大於 90%。

【0070】 在一個理想及非限制的實施型態或例子中，裝置層 12 或

12-1、及壓電層 8、或可選的下導電層 10 之介面的聲波反射率(R)可以大於 70%。在一個例子中，任兩層 6 與 8；8 與 10；8 或 10 與 12 或 12-1；或 12 或 12-1 與 16 或 16-1 的介面反射率 R，或裝置層 12 或 12-1 與基材 16 或 16-1 的介面反射率 R 可以藉由下述方程式計算：

$$\text{【0071】 } R = |(Z_b - Z_a) / (Z_a + Z_b)|$$

【0072】 其中 Z_a = 第一層之聲阻抗，例如：壓電層 8 或可選的下導電層 10，其位於第二層之上；及

【0073】 Z_b = 第二層之聲阻抗，例如：裝置層 12。

【0074】 第一層及第二層的其他例子可以包含裝置層 12 或 12-1 在基材 16 或 16-1 之上的例子。

【0075】 在一個理想及非限制的實施型態或例子中，圖 1-3 所示的共振器本體 4 的任何例子的整體反射率(R)可為 > 90%。

【0076】 在一個理想及非限制的實施型態或例子中，裝置層 12 可為以先前技術形成之鑽石層或 SiC。在一個例子中，基材 16 可以由矽形成。

【0077】 在一個理想及非限制的實施型態或例子中，鑽石所形成的裝置層 12 可以藉由基材 16 或 16-1 或犧牲性基材(未圖示)上鑽石的化學氣相沉積成長得到。在一個理想及非限制的實施型態或例子中，可選的下導電層 10、壓電層 8、上導電層 6 可以沉積在裝置層 12 上，並視需要圖案化(例如：梳狀電極 27 或指叉電極 18)，其利用的傳統半導體製作技術在此不多做說明。

【0078】 在此，各溫度補償層 90、92、94 可以包含矽或氧之至少一者。例如：各溫度補償層可包含二氧化矽、或矽元素、及/或氧元素。

【0079】 在一個理想及非限制的實施型態或例子中，圖 1-3 所示之各 UBAR 2 可以具有無負載品質因子 ≥ 100 。在另一個例子，圖 1-3 所示之各 UBAR 2 可以具有無負載品質因子 ≥ 50 。在一個理想及非限制的實施型態或例子中，圖 1-3 所示各共振器本體 4 例子之壓電層 8、各裝置層 12 及基材 16 的厚度可選擇以任何適合及/或期望的方式，優化共振器本體 4 的性能。相同地，在一個例子中，圖 1-3 所示的各例子共振器本體 4 之尺寸可根據目標性能做選擇，不具限制性地舉例：插入損失、功率承載能力、及熱耗散。在一個理想及非限制的實施型態或例子中，當鑽石作為裝置層 12 的材料使用時，前述鑽石層的表面在下層 12 的介面可以用光學方法完成及/或其物理上為密集。在一個例子中，形成裝置層 12 的鑽石材料可以為未摻雜或摻雜，例如：P 型或 N 型。該鑽石材料可以為多晶體、奈米晶體或超奈米晶體。在一個例子中，當矽用作各基材 16 例子的材料時，前述矽可以為未摻雜或摻雜，例如：P 型或 N 型，及單晶體或多晶體。形成裝置層的鑽石材料可以有拉曼半高峰寬 $\leq 20 \text{ cm}^{-1}$ 。

【0080】 在一個理想及非限制的實施型態或例子中，壓電層 8 可以由 ZnO、AlN、InN、鹼金屬或鹼土金屬鉍酸鹽、鹼金屬或鹼土金屬鈦酸鹽、鹼金屬或鹼土金屬鉭鐵礦，GaN，AlGaN，銦鈦酸鉛（PZT）、任何前述材料所形成之聚合物或摻雜型態。

【0081】 在一個理想及非限制的實施型態或例子中，裝置層 12 可以由任何適合及/或期望的高聲阻抗材料所形成。例如：一個材料具有在 10^6 Pa-s/m^3 與 $630 \times 10^6 \text{ Pa-s/m}^3$ 之間或高於 $630 \times 10^6 \text{ Pa-s/m}^3$ 的聲阻抗可以視為高聲阻抗材料。可以使用的典型高聲阻抗材料之部分非限制的例子，例

如形成任何在此所述之裝置層 12，可包含：鑽石($\sim 630 \times 10^6 \text{ Pa-s/m}^3$)；W ($\sim 99.7 \times 10^6 \text{ Pa-s/m}^3$)；SiC；一種凝相材料如金屬，例如 Al、Pt、Pd、Mo、Cr、Ir、Ti、Ta；週期表中 3A 或 4A 族的元素；週期表中 1B、2B、3B、4B、5B、6B、7B 或 8B 族的過渡元素；陶瓷；玻璃及聚合物。此高聲阻抗材料之非限制性清單並不限於此。

【0082】 在一個理想及非限制的實施型態或例子中，基材 16 可以由任何適合及/或期望的低聲阻抗材料所形成。例如：一個材料具有在 10^6 Pa-s/m^3 與 $30 \times 10^6 \text{ Pa-s/m}^3$ 之間的聲阻抗可以視為低聲阻抗材料。可以使用的典型低聲阻抗材料之部分非限制例子，例如形成在此所述之任一基材 16，可包含下述至少一種：陶瓷；具有在 10^6 Pa-s/m^3 與 $30 \times 10^6 \text{ Pa-s/m}^3$ 之間的聲阻抗之金屬、玻璃、水晶、礦物質；象牙($1.4 \times 10^6 \text{ Pa-s/m}^3$)；氧化鋁/藍寶石($25.5 \times 10^6 \text{ Pa-s/m}^3$)；鹼金屬 K($1.4 \times 10^6 \text{ Pa-s/m}^3$)；二氧化矽及矽($19.7 \times 10^6 \text{ Pa-s/m}^3$)。此低聲阻抗材料之非限制性清單並不限於此。

【0083】 在一個理想及非限制的實施型態或例子中，取決於各例子共振器本體 4 的形成材料選擇，通常被認為是高聲阻抗材料的一種或多種材料可以用作共振器本體 4 的低聲阻抗材料。例如：當使用鑽石或 SiC 作為裝置層 12 的材料時，可以使用 W 作為基材 16 的材料。因此，藉由達成兩層介面或共振器本體 4 所期望的反射率 R(如上所述)，可以決定哪些材料可作為高聲抗阻及哪些作為低聲抗阻。

【0084】 在一個理想及非限制的實施型態或例子中，一體聲波共振器，根據本發明之原理可以包含共振器本體 4。該共振器本體 4 可以包含壓電層 8；裝置層 12；上導電層 6，係位於前述壓電層 8 上方且前述壓電

層之另一側為前述裝置層 12。前述裝置層 12 中與前述壓電層 8 相反側之全部表面，實質上用於將前述共振器本體 4 安裝於分隔於前述共振器本體 4 之載體 14。在此例中，期望但非必要前述裝置層與前述壓電層相反側之全部表面用來作為將整個共振器本體安裝於載體。在此例中，期望但非必要體聲波共振器可以包含連接結構 34 或 36 以傳導訊號到上導電層。在一個例子中，裝置層可包含鑽石或 SiC。在一個例子中，上導電層 6 可包含複數個含間格的導電線或彈片。在一個例子中，前述共振器本體 4 可以進一步包含可選的下導電層 10，係位在壓電層 8 及裝置層 12 之間。

【0085】 在一個理想及非限制的實施型態或例子中，共振器本體 4 可以進一步包含基材 16，係連接於前述裝置層 12 且前述裝置層之另一側為前述壓電層 8。在一個例子中，前述裝置層 12 之表面可整個安裝進前述基材 16。在一個例子中，面向前述載體 14 之基材 16 的表面可整個直接安裝進前述載體 14。

【0086】 在一個理想及非限制的實施型態或例子中，面向前述載體 14 之前述裝置層 12 之表面可整個安裝進前述基材 16。在一個例子中，面向前述載體 14 之前述裝置層 12 之表面可整個安裝進前述載體 14。

【0087】 在一個理想及非限制的實施型態或例子中，共振器本體 4 可進一步包含第二裝置層 12-1，其位於基材 16 與壓電層 8 之間；或第二基材 16-1，其位於基材 16 與壓電層 8 之間；或包含兩者。

【0088】 在一個理想及非限制的實施型態或例子中，在此使用「整個安裝」可以表示直接安裝一層或基材，或間接安裝另一層或基材。在一個例子中，在此使用「整個安裝」可以表示或取代性為在一層或基材與另

一層或基材之間沒有刻意預留的空間或間隔。在另一個例子中，在此使用「整個安裝」可以表示或取代性包含一層或基材與另一層或基材之間自然產生的空間，其為自然產生並非刻意製造。

【0089】 UBAR 之部分非限制的實施型態或例子已說明，在此將說明第一至第六的 UBAR 例子。

【0090】 第一 UBAR 例子：一個啟用裝置層之模式 3 及或模式 4 共振且具有溫度補償層。

【0091】 參照圖 1，在部分非限制性的實施型態或例子中，一個第一 UBAR2 例子（如圖 1 所示）可包含由頂端至載體 14 為：包含間格的導電線或彈片 20 或 28 之上導電層 6（如圖 4A 至 4B 所示）、由 LiNbO_3 所形成的壓電層 8、由 SiO_2 所形成的溫度補償層 92 及由鑽石或 SiC 所形成的裝置層 12。在一個例子中，指間距 38（如圖 4A 至 4B 所示）為 $0.6\mu\text{m}$ 及壓電層 8 的厚度為 $0.6\mu\text{m}$ 。

【0092】 在整個本發明中，變數「 λ 」值可以基於由上導電層 所界定之圖案或特徵之一個或多個尺寸，或基於壓電層 8 之厚度。在部分非限制性的實施型態或例子中， λ 值可以為指間距 38 之 2 倍或壓電層 8 厚度之 2 倍（此例為 $1.2\mu\text{m}$ ）。然而，這不應被解釋為具有限制意義，因 λ 值可以基於在此所述各 UBAR 例子中一層或更多層之厚度及/或一個或更多圖案或特徵之任何其他適合及/或所期望的尺寸。在此例子中，壓電層 8 之切割角度為 0° (或 180°)，有時稱為 Y 切割或 YX 切割。在部分非限制性的實施型態或例子中，可預想壓電層 8 之切割角度為 0° (或 180°) $\pm 20^\circ$ 。在此，除非另有說明，壓電層 8 之切割角度為參照相對於 X 軸旋轉之切割角度。

【0093】 在部分非限制性的實施型態或例子中，為了塑模第一 UBAR2 例子，針對由 SiO₂ 所形成的溫度補償層 92 厚度的多個或複數個不同示例性的值，在第一 UBAR2 例子進行示例性的電刺激頻率掃描(例如：1 GHz 至 6.2 GHz)以確認頻率反應(頻率 vs.振福)。在一個塑模例子，SiO₂ 所形成的溫度補償層 92 厚度介於 $(9/16)\lambda$ 及 $(1/64)\lambda$ ，各不同厚度值中，在第一 UBAR2 例子進行示例性的電刺激頻率為至少在 1 GHz 至 6.2 GHz 間。在一個例子中，在至少 1 GHz 至 6.2 GHz 間做頻率掃描可確定溫度補償層 92 厚度如 $(9/16)\lambda$ 之頻率 vs.振福的第一圖表、圖或關係。在一個例子中，在至少 1 GHz 至 6.2 GHz 間做頻率掃描可確定溫度補償層 92 厚度如 $(3/64)\lambda$ 之頻率 vs.振福的另一個圖表、圖或關係。在溫度補償層 92 的不同厚度做頻率掃描可確定額外的頻率 vs.振福的圖表、圖或關係。

【0094】 在各頻率 vs.振福的圖表、圖或關係觀察到至少模式 4 共振頻率 88(圖 10 及 11)。在第一 UBAR 例子中，然而意外地在 5.2 GHz 觀察到模式 4 共振頻率 88(圖 11)相對於在 3.05 GHz 觀察到模式 4 共振頻率 88(圖 10)，以及在 3.13 GHz 觀察到模式 3 共振頻率 86(圖 11)。

【0095】 在圖 11 中，為了簡潔表示，將模式 1 及模式 2 之共振頻率 82 及 84(如圖 10 所示)省略在模式 3 共振頻率 86 之左邊。然而，應當理解在頻率掃描介於至少 1 GHz 及 6.2 GHz 時，除了模式 3 及模式 4 的共振頻率 86 及 88 之外，亦可以有模式 1 及模式 2 的共振頻率 82 及 84(如圖 10 所示)。

【0096】 在部分非限制性的實施型態或例子中，如圖 11 所示，頻率 vs.振福的各個圖表、圖或關係中，模式 3 共振頻率 86 包含正峰值 f_{s1} 及負

峰值 f_{p1} ，模式 4 共振頻率 88 包含正峰值 f_{s2} 及負峰值 f_{p2} 。

【0097】 僅為說明目的，在此所記載之「大約」一特定頻率所觀察到的「共振頻率」，對於模式 3 共振頻率 86 可以為正峰值 f_{s1} 及負峰值 f_{p1} 中任一代表頻率，對於模式 4 共振頻率 88 可以為正峰值 f_{s2} 及負峰值 f_{p2} 中任一代表值。因此，在此所記載之「大約」一特定頻率之任何共振頻率不應被限制。

【0098】 在部分非限制性的實施型態或例子中， SiO_2 所形成的溫度補償層 92 之厚度為 $(1/16)\lambda$ 時，模式 3 及模式 4 的共振頻率 86 及 88 之模式 3 耦合效率(M3CE)及模式 4 耦合效率(M4CE)可以分別藉由下述方程式 EQ1 及 EQ2 確定：

$$\text{EQ1：模式 3 耦合效率(M3CE)} = (\pi^2/4)((f_{p1} - f_{s1})/f_{p1})$$

$$\text{EQ2：模式 4 耦合效率(M4CE)} = (\pi^2/4)((f_{p2} - f_{s2})/f_{p2})$$

其中，當 f_{p1} 及 f_{s1} 示例性的值分別為 3.738 GHz 及 3.13 GHz，M3CE = 40.093%；及

當 f_{p2} 及 f_{s2} 示例性的值分別為 5.442 GHz 及 5.172 GHz，M4CE = 12.229%。

【0099】 然而，因 M3CE 之值 $\geq 8\%$ 、 $\geq 11\%$ 、 $\geq 14\%$ 、 $\geq 17\%$ 或 $\geq 20\%$ 為可令人滿意、適合及/或所期望的，此例中前述 M3CE 值不應具有限制性。此外或取代性地，因 M4CE 之值 $\geq 3\%$ 、 $\geq 4\%$ 、 $\geq 6\%$ 、 $\geq 8\%$ 或 $\geq 10\%$ 為可令人滿意、適合及/或所期望的，此例中前述 M4CE 值不應具有限制性。

【0100】 在部分非限制性的實施型態或例子中，當所期望一個特定的 M3CE 值如 $\geq 8\%$ 、 $\geq 11\%$ 、 $\geq 14\%$ 、 $\geq 17\%$ 或 $\geq 20\%$ 時，則壓電層 8 之切割

角度可以延伸超過上述 0° (或 180°) $\pm 20^\circ$ ，例如：切割角度為 0° (或 180°) $\geq \pm 20^\circ$ 、 $\geq \pm 30^\circ$ 、 $\geq \pm 40^\circ$ 、 $\geq \pm 50^\circ$ 等。在部分非限制性的實施型態或例子中，壓電層 8 不具限制性例如為 LiNbO_3 晶體，生產自 Z 切割或 X 切割之期望的切割角度亦可能足以得到 M3CE 之特定期望值。

【0101】 在部分非限制性的實施型態或例子中，當所期望一個特定的 M4CE 值如 $\geq 3\%$ 、 $\geq 4\%$ 、 $\geq 6\%$ 、 $\geq 8\%$ 或 $\geq 10\%$ 時，則壓電層 8 之切割角度可以延伸超過上述 $130^\circ \pm 30^\circ$ (有時稱作 Y 切割 130 ± 30 或 YX 切割 130 ± 30)，例如切割角度為： $130^\circ \geq \pm 30^\circ$ 、 $\geq \pm 40^\circ$ 、 $\geq \pm 50^\circ$ 等。在部分非限制性的實施型態或例子中，壓電層 8 不具限制性例如 LiNbO_3 晶體，生產自 Z 切割或 X 切割之期望的切割角度亦可能足以得到 M4CE 之特定期望值。

【0102】 在部分非限制性的實施型態或例子中，使用方程式 EQ1 及 EQ2 及上述所確定的頻率 vs. 振福的圖表、圖或關係，得到溫度補償層 92 之多個厚度值，由 SiO_2 所形成的溫度補償層 92 並用於優化模式 3 及模式 4 共振頻率的多個厚度值分別決定為 $(3/64)\lambda$ 及 $(1/32)\lambda$ 。然而，因 SiO_2 所形成的溫度補償層 92 厚度可以為任何適合及/或期望且不具限制性的厚度，如 $\leq 1\lambda$ 、 $\leq (1/2)\lambda$ 、 $\leq (3/8)\lambda$ 、 $\leq (1/4)\lambda$ 或 $\leq (1/8)\lambda$ ，該厚度值不應具有限制性。

【0103】 第二 UBAR 例子：一個啟用裝置層之模式 3 及或模式 4 共振且不具有溫度補償層。

【0104】 在部分非限制性的實施型態或例子中，為了比較及/或塑模目的，在第二 UBAR2 例子進行示例性的電刺激頻率掃描(例如：1 GHz 至 6.2 GHz)以確認頻率反應，第二 UBAR2 例子各層面與上述第一 UBAR2 例子相似(如圖 1 所示)，唯獨第二 UBAR2 例子不包含溫度補償層 92。進

行頻率掃描以確認頻率 vs.振幅的圖表、圖或關係。

【0105】 使用方程式 EQ1 及 EQ2 及頻率掃描所確認的頻率 vs.振幅的圖表、圖或關係，第二 UBAR2 例子之模式 3 及模式 4 共振頻率 86 及 88 的耦合效率 M3CE 及 M4CE 可確認為：

f_{p1} 及 f_{s1} 的值分別為 3.738 GHz 及 3.13 GHz 時，M3CE = 40.093%；

f_{p2} 及 f_{s2} 的值分別為 6.194 GHz 及 5.96 GHz 時，M4CE = 9.312%。

【0106】 然而，因 M3CE 值 $\geq 8\%$ 、 $\geq 11\%$ 、 $\geq 14\%$ 、 $\geq 17\%$ 或 $\geq 20\%$ 為可令人滿意、適合及/或所期望的，此例之前述 M3CE 值不應具有限制性。此外或取代性地，因 M4CE 值 $\geq 3\%$ 、 $\geq 4\%$ 、 $\geq 6\%$ 、 $\geq 8\%$ 或 $\geq 10\%$ 為可令人滿意、適合及/或所期望的，此例之前述 M4CE 值不應具有限制性。

【0107】 在部分非限制性的實施型態或例子，當所期望一個特定 M3CE 值時，例如 $\geq 8\%$ 、 $\geq 11\%$ 、 $\geq 14\%$ 、 $\geq 17\%$ 或 $\geq 20\%$ ，壓電層 8 之切割角度可延伸超過前述切割角度 0° (或 180°) $\pm 20^\circ$ ，例如切割角為 0° (或 180°) $\geq \pm 20^\circ$ 、 $\geq \pm 30^\circ$ 、 $\geq \pm 40^\circ$ 、 $\geq \pm 50^\circ$ 等。在部分非限制性的實施型態或例子，壓電層 8 不具限制性的例如為 LiNbO_3 晶體，生產自 Z 切割或 X 切割的期望切割角度亦可能得到期望的特定 M3CE 值。

【0108】 在部分非限制性的實施型態或例子，當所期望一個特定 M4CE 值時，例如 $\geq 3\%$ 、 $\geq 4\%$ 、 $\geq 6\%$ 、 $\geq 8\%$ 或 $\geq 10\%$ ，壓電層 8 之切割角度可以延伸超過 $130^\circ \pm 30^\circ$ (有時稱作 Y 切割 130 ± 30 或 YX 切割 130 ± 30)，例如切割角度為： $130^\circ \geq \pm 30^\circ$ 、 $\geq \pm 40^\circ$ 、 $\geq \pm 50^\circ$ 等。在部分非限制性的實施型態或例子中，壓電層 8 不具限制性例如 LiNbO_3 晶體，生產自 Z 切割或 X 切割之期望的切割角度亦可能足以得到 M4CE 之特定期望值。

【0109】 從 UBAR2 具有及不具有上述溫度補償層 92 的 M4CE 值可以理解 UBAR2 具有由 SiO₂ 所形成的溫度補償層 92 時，其耦合效率較大，相反地，UBAR2 不具有由 SiO₂ 所形成的溫度補償層 92 時，其耦合效率較小。在部分非限制性的實施型態或例子，一般而言，較期望得到越大數值的耦合效率。

【0110】 第三 UBAR 例子：一個啟用裝置層之模式 3 及或模式 4 共振且並具有溫度補償層及氮化鋁層。

【0111】 參照圖 12 並接續參照圖 11，在部分非限制性的實施型態或例子中，為了比較及/或塑模之目的，在第三 UBAR2 例子(如圖 12 所示)進行示例性的電刺激頻率掃描(例如：1 GHz 至 6.2 GHz)以確認頻率反應，第三 UBAR2 例子各層面與上述第一 UBAR2 例子相似，唯獨第三 UBAR2 至少在下述除外：亦即，第三 UBAR2 例子在由鑽石或 SiC 所形成的裝置層 12 與由 SiO₂ 所形成的溫度補償層 92 之間包含一層氮化鋁 AlN 96，溫度補償層 92 於氮化鋁 96 之上(如圖 12 所示)，氮化鋁 96 厚度為 $(7/16)\lambda$ ，由 SiO₂ 所形成的溫度補償層 92 厚度為 $(11/128)\lambda$ ，由鑽石或 SiC 所形成的裝置層 12 厚度為 $(90/16)\lambda$ 。在此例中， λ 相當於 1.6 μm 。接著進行頻率掃描以確認頻率 vs. 振福的圖表、圖或關係。

【0112】 使用方程式 EQ1 及 EQ2 以及由頻率掃描所確認之頻率 vs. 振福的圖表、圖或關係，圖 12 中第三 UBAR2 例子的模式 3 及模式 4 共振頻率 86 及 88 之耦合效率 M3CE 及 M4CE 確認為：

f_{p1} 及 f_{s1} 的值分別為 3.608 GHz 及 3.032 GHz 時，M3CE = 39.351%；

f_{p2} 及 f_{s2} 的值分別為 5.02 GHz 及 4.8 GHz 時，M4CE = 10.802%。

【0113】 然而，此例中前述的 M3CE 值不具有限制性，因 M3CE $\geq 8\%$ 、 $\geq 11\%$ 、 $\geq 14\%$ 、 $\geq 17\%$ 或 $\geq 20\%$ 可為令人滿意的、適合及/或所期望的。此外或取代性地，此例中前述的 M4CE 值不具有限制性，因 M4CE $\geq 3\%$ 、 $\geq 4\%$ 、 $\geq 6\%$ 、 $\geq 8\%$ 或 $\geq 10\%$ 可為令人滿意的、適合及/或所期望的。

【0114】 在部分非限制性的實施型態或例子中，當所期望一個特殊 M3CE 值如 $\geq 8\%$ 、 $\geq 11\%$ 、 $\geq 14\%$ 、 $\geq 17\%$ 或 $\geq 20\%$ ，壓電層 8 之切割角度可延伸超過前述切割角度 0° (或 180°) $\pm 20^\circ$ ，例如切割角為 0° (或 180°) $\geq \pm 20^\circ$ 、 $\geq \pm 30^\circ$ 、 $\geq \pm 40^\circ$ 、 $\geq \pm 50^\circ$ 等。在部分非限制性的實施型態或例子，壓電層 8 不具限制性的例如為 LiNbO_3 晶體，生產自 Z 切割或 X 切割的期望切割角度亦可能得到期望的特定 M3CE 值。

【0115】 在部分非限制性的實施型態或例子，當所期望一個特定 M4CE 值時，例如 $\geq 3\%$ 、 $\geq 4\%$ 、 $\geq 6\%$ 、 $\geq 8\%$ 或 $\geq 10\%$ ，壓電層 8 之切割角度可以延伸超過 $130^\circ \pm 30^\circ$ (有時稱作 Y 切割 130 ± 30 或 YX 切割 130 ± 30)，例如切割角度為： $130^\circ \geq \pm 30^\circ$ 、 $\geq \pm 40^\circ$ 、 $\geq \pm 50^\circ$ 等。在部分非限制性的實施型態或例子中，壓電層 8 不具限制性例如 LiNbO_3 晶體，生產自 Z 切割或 X 切割之期望的切割角度亦可能足以得到 M4CE 之特定期望值。

【0116】 在上述第一至第三例子，確認以 0° (或 180°)切割之 LiNbO_3 晶體所形成的壓電層 8 之 UBARs、M3CE 及 M4CE 值。在部分非限制性的實施型態或例子，申請人發現由 LiNbO_3 晶體所形成的壓電層 8 以 130° (有時稱作 YX 切割 130° 或 Y 切割 130°)切割可以增強或優化模式 4 共振頻率 88 之耦合效率 M4CE。在一個例子中，由 LiNbO_3 晶體所形成的

壓電層 8 之切割角度可以為 $130^\circ \pm 30^\circ$ ，例如在 100° 至 160° 之範圍內；理想為 $130^\circ \pm 20^\circ$ ，例如在 110° 至 150° 範圍內；最理想為 $130^\circ \pm 10^\circ$ ，例如在 120° 至 140° 範圍內。然而，此 \pm 值或範圍不具有限制性。

【0117】 此外，在部分非限制性的實施型態或例子中，申請人發現當 UBAR2 形成時，在壓電層 8（由 LiNbO_3 晶體所形成並以約 130° ($\pm 30^\circ$ 、或 $\pm 20^\circ$ 、或 $\pm 10^\circ$)之角度切割) 與裝置層 12(當基材 16 省略)或基材 16(當裝置層 12 省略)或同時有裝置層 12 及基材 16 兩者之間，具有交替的低與高聲抗阻層可以增強或優化模式 4 共振頻率 88 之耦合效率 M4CE。在部分非限制性的實施型態或例子中，UBAR2 具有交替的低與高聲抗阻層可包含由鑽石、SiC、W、Ir 或 AlN 所形成的裝置層 12 以及由矽所形成的基材 16。在部分非限制性的實施型態或例子中，UBAR2 具有交替的低與高聲抗阻層可包含由矽所形成的基材 16，但可排除裝置層 12。

【0118】 第四 UBAR 例子：一個堆疊啟用的撓曲模式(模式 4)包含至少一個低聲抗阻層及一個高聲抗阻層，及可選地含一個裝置層。

【0119】 參照圖 13 並持續參照圖 11，在部分非限制性的實施型態或例子中，一個第四 UBAR2 例子(如圖 13 所示)由交替的低及高聲抗阻材料層所組成，可包含：在壓電層 8（由 LiNbO_3 晶體所形成並以約 130° ($\pm 30^\circ$ 、 $\pm 20^\circ$ 、 $\pm 10^\circ$)之角度切割) 與(可選的)裝置層 12 或基材 16 間，具有第一低聲抗阻層 100、第一高聲抗阻層 102、第二低聲抗阻層 104、第二高聲抗阻層 106 及第三低聲抗阻層 108。在此例中，上導電層 6 中含間格的導電線或彈片 20 或 28(如圖 4A 及 4B 所示)之指間距 38 為 $1.2 \mu\text{m}$ 、 λ 值為 $2.4 \mu\text{m}$ 、壓電層厚度為 $\lambda/2$ 、若有裝置層 12 其厚度為 4λ 、基材 16 厚度為

20 μm 。在此例中，為了塑模之目的，壓電層 8 之切割角度可為 100° 至 160° 。

【0120】 在部分非限制性的實施型態或例子中，各低聲抗阻層 100、104 及 108 可形成自二氧化矽(SiO_2)、各高聲抗阻層 102 及 106 可形成自金屬，如鎢(W)，裝置層 12 可形成自鑽石或 SiC，基材 16 可形成自矽。在一個例子中，裝置層 12 為可選的，其中第三低聲抗阻層 108 可以直接接觸基材 16 及第二高聲抗阻層 106。

【0121】 在部分非限制性的實施型態或例子中，為了塑模之目的，在數個第四 UBARs 2 例子進行示例性的電刺激頻率掃描(例如：1 GHz 至 6.2 GHz)以確認頻率反應(頻率 vs. 振幅)，在分別具有及不具有裝置層 12 的情況下、在壓電層 8 從 100° 至 160° 多個不同切割角度、在低聲抗阻層 100、104 及 108 之不同示例性厚度、在高聲抗阻層 102 及 106 之不同示例性厚度，例如以前述第一 UBAR2 之方式進行。換句話說，在數個第四 UBARs 2 例子進行示例性的電刺激頻率掃描(例如：1 GHz 至 6.2 GHz)以確認頻率反應(頻率 vs. 振幅)，前述 UBARs 2 例子有不同組合：(1)具有裝置層 12 或不具有裝置層 12；(2)壓電層 8 從 100° 至 160° 多個不同切割角度；(3)低聲抗阻層 100、104 及 108 之不同厚度；(4)高聲抗阻層 102 及 106 之不同厚度。

【0122】 在部分非限制性的實施型態或例子中，壓電層 8 之各切割角度、各低聲抗阻層 100、104 及 108 之厚度定在相同值(第一個值)、各高聲抗阻層 102 及 106 之厚度定在相同值(第二個值)、在第四 UBARs 2 例子進行示例性的電刺激頻率掃描，頻率例如 1 GHz 至 6.2 GHz，並記錄第四

UBARs 2 例子掃描之頻率反應。接著，僅改變低聲抗阻層之厚度(第一個值)或高聲抗阻層之厚度(第二個值)，重複頻率掃描，並記錄第四 UBARs 2 例子之反應頻率。為了表徵第四 UBARs 2 例子低聲抗阻層及高聲抗阻層不同厚度值之頻率反應，該過程針對不同低聲抗阻層及高聲抗阻層不同厚度值重複數次。在部分非限制性的實施型態或例子中，各低聲抗阻層及/或高聲抗阻層不同厚度值可以為相同或不同。在部分非限制性的實施型態或例子中，鑽石、SiC、W、Ir、AlN 等可被用作高聲抗阻材料。各頻率掃描中確認頻率 vs. 振幅之圖表、圖、或關係。

【0123】 藉由方程式 EQ2 及第四 UBAR2 例子所做之頻率掃描進而確認頻率 vs. 振幅之圖表、圖、或關係，圖 13 中第四 UBAR2 例子之模式 4 共振頻率 88 之理想耦合效率 M4CE 在具有及不具有裝置層 12 的情況下為：

對於 f_{p2} 及 f_{s2} 分別為 5.43 GHz 及 5.08 GHz 時， $M4CE = 15.888\%$

例如：壓電層 8 之切割角度為 130° ，各低聲抗阻層 100、104、108 厚度為 $(1/16)\lambda$ ，各高聲抗阻層 102、106 厚度為 $(1/16)\lambda$ 。

【0124】 因 M4CE 值 $\geq 3\%$ 、 $\geq 4\%$ 、 $\geq 6\%$ 、 $\geq 8\%$ 或 $\geq 10\%$ 可為令人滿意、適合的及/或所期望的，此例中前述 M4CE 值不應具有限制性。在一個例子中，M4CE 值 $\geq 3\%$ 、 $\geq 4\%$ 、 $\geq 6\%$ 、 $\geq 8\%$ 或 $\geq 10\%$ 可以藉由調整壓電層 8 之切割角度 \pm 一個適合及/或所期望的值如前述之 $130^\circ \pm 30^\circ$ 而達成。在部分非限制的實施型態及例子中，壓電層 8 不具限制性的如 LiNbO₃ 晶體產自 Z 切割或 X 切割的期望切割角度亦可能得到期望的特定 M4CE 值。

【0125】 此外，各低聲抗阻層及/或各高聲抗阻層之前述厚度不應具有限制性，因各低聲抗阻層及/或各高聲抗阻層之前述厚度可為適合的及/或所期望的厚度，不具限制性地例如可為 $\leq 1\lambda$ 、 $\leq (1/2)\lambda$ 、 $\leq (3/8)\lambda$ 、 $\leq (1/4)\lambda$ 或 $\leq (1/8)\lambda$ 。各低聲抗阻層及/或各高聲抗阻層之厚度可與任一其他低聲抗阻層及/或各高聲抗阻層之厚度不同（或相同）。因此，在此低聲抗阻層之厚度相同、高聲抗阻層之厚度相同或低聲抗阻層之厚度與高聲抗阻層之厚度相同時皆不具限制性。

【0126】 第五 UBAR 例子：一個堆疊啟用的撓曲模式(模式 4)包含至少一個低聲抗阻層及一個高聲抗阻層，及可選地含一個裝置層。

【0127】 接續參考圖 11 及圖 13，在部分非限制性的實施型態或例子中，相似於前述所記載之第四 UBAR 2 例子之型態，對於壓電層 8 之各個從 100° 至 160° 之不同切割角度，為了塑模之目的，在第五 UBAR 2 例子之低聲抗阻層及高聲抗阻層之不同厚度值進行示例性的電刺激頻率掃描(例如：1 GHz 至 6.2 GHz)以確認頻率反應(頻率 vs. 振幅)，前述第五 UBAR 2 例子在各層面與前述第四 UBAR 2 例子相似（如圖 13 所示）除了下述除外：即省略低聲抗阻層 108。各頻率掃描中確認頻率 vs. 振幅之圖表、圖、或關係。

【0128】 使用方程式 EQ2 及第五 UBAR2 例子所確認的頻率 vs. 振幅之圖表、圖、或關係，第五 UBAR 2 例子之模式 4 共振頻率 88 之理想耦合效率 M4CE 在具有與不具有裝置層 12 的情況下與第四 UBAR 2 例子一致，亦即：

當 f_{p2} 及 f_{s2} 分別為 5.43 GHz 及 5.08 GHz 時， $M4CE = 15.888\%$ 。

當壓電層 8 切割角度為 130° 時，各低聲抗阻層 100 及 104 之厚度為 $(1/16)\lambda$ ，各高聲抗阻層 102 及 106 之厚度為 $(1/16)\lambda$ 。

【0129】 在部分非限制性的實施型態或例子中，各低聲抗阻層之厚度及/或各高聲抗阻層之厚度可為相同或不同。在部分非限制性的實施型態或例子中，鑽石、SiC、W、AlN、Ir 等可以被用做各高聲抗阻層之材料。

【0130】 因當 M4CE 值 $\geq 3\%$ 、 $\geq 4\%$ 、 $\geq 6\%$ 、 $\geq 8\%$ 或 $\geq 10\%$ 時為令人滿意的、適合的及/或所期望的，此例中前述 M4CE 值不應具有限制性。在一個例子中，M4CE 值 $\geq 3\%$ 、 $\geq 4\%$ 、 $\geq 6\%$ 、 $\geq 8\%$ 或 $\geq 10\%$ 可以藉由調整壓電層 8 之切割角度 \pm 一個適合及/或期望的值而達成，如前述 $130^\circ \pm 30^\circ$ 。在部分非限制性的實施型態或例子中，壓電層 8 例如為不具限制性的 LiNbO₃ 晶體，產自 Z 切割或 X 切割之切割角度亦可能得到所期望的特定 M4CE 值。

【0131】 此外，前述各低聲抗阻層及/或各高聲抗阻層之厚度不應具有限制性，因各低聲抗阻層及/或各高聲抗阻層之厚度可以理想為及/或期望、不具限制的為 $\leq 1\lambda$ 、 $\leq (1/2)\lambda$ 、 $\leq (3/8)\lambda$ 、 $\leq (1/4)\lambda$ 或 $\leq (1/8)\lambda$ ，各低及/或高聲抗阻層之厚度可能與任一其他低及/或高聲抗阻層之厚度不同或相同。因此，在此低聲抗阻層之厚度相同、高聲抗阻層之厚度相同或低聲抗阻層之厚度與高聲抗阻層之厚度相同時皆不具有限制性。

【0132】 此結果表示在高聲抗阻層 106 及裝置層 12 或基材 16 或兩者之間具有一個或更多額外低聲抗阻層可能會有少許優點。

【0133】 第六 UBAR 例子：一個堆疊啟用的撓曲模式(模式 4)包含至少一個低聲抗阻層及一個高聲抗阻層，及可選地含一個裝置層。參考圖

14 並持續參考圖 11，在部分非限制實施型態或例子中，第六 UBAR 2 例子(如圖 14 所示)形成自交替的低及高聲抗阻層材料，其自壓電層 8(形成自 LiNbO₃ 晶體，切割角度為 130° (± 30°或± 20°或± 10°))至裝置層 12 可包含：第一低聲抗阻層 100、第一高聲抗阻層 102、第二低聲抗阻層 104、第二高聲抗阻層 106、第三低聲抗阻層 108、第三高聲抗阻層 110、第四低聲抗阻層 112、第四高聲抗阻層 114、第五低聲抗阻層 116、第五高聲抗阻層 118、第六低聲抗阻層 120、第六高聲抗阻層 122、第七低聲抗阻層 124、第七高聲抗阻層 126、第八低聲抗阻層 128、第八高聲抗阻層 130 及第九低聲抗阻層 132。

【0134】 在此例中，上導電層 6 中含間格的導電線或彈片 20 或 28(如圖 4A 及 4B 所示)之指間距 38 為 1.2 μm、λ 值為 2.4 μm、壓電層厚度為(0.2)λ，各低聲抗阻層之厚度為(1/16)λ 及裝置層 12 之厚度為 4λ。

【0135】 為了依壓電層 8 之數個不同自 100°至 160°切割角度塑模第六 UBAR 2 例子，在第六 UBARs 2 例子進行示例性的電刺激頻率掃描(例如：1 GHz 至 6.2 GHz)以確認頻率反應，在高聲抗阻層之不同示例性厚度，例如以前述第四 UBAR2 之方式進行。在此例中，對於各壓電層 8 切割角度及各頻率掃描，各高聲抗阻層皆為相同厚度。各頻率掃描中確認頻率 vs.振幅之圖表、圖、或關係。

【0136】 在部分非限制性的實施型態或例子中，各低聲抗阻層可形成自二氧化矽(SiO₂)，各高聲抗阻層可形成自例如氮化鋁(AlN)，裝置層 12 可形成自鑽石或 SiC 及基材 16 可形成自矽。

【0137】 使用方程式 EQ2 及第六 UBAR 2 例子所確認之頻率反應之

圖表、圖或關係，第六 UBAR 2 例子的模式 4 共振頻率 88 之理想耦合效率 M4CE 可確認為：

當 f_{p2} 及 f_{s2} 值分別等於 5.38 GHz 及 5.09 GHz 時， $M4CE = 13.287\%$ ，
當壓電層 8 具有 130° 之切割角度為 130° 及各高聲抗阻層之厚度為 $(5/16)\lambda$ 時。

【0138】 在部分非限制性的實施型態或例子中，各低聲抗阻層及/或高聲抗阻層之厚度可以相同或不同。在部分非限制的實施型態或例子中，鑽石、SiC、W、AlN 等可作為各高聲抗阻層之材料。

【0139】 因當 M4CE 值 $\geq 3\%$ 、 $\geq 4\%$ 、 $\geq 6\%$ 、 $\geq 8\%$ 或 $\geq 10\%$ 時為令人滿意的、適合的及/或所期望的，此例中前述 M4CE 值不應具有限制性。此外，前述各低聲抗阻層及/或各高聲抗阻層之厚度不應具有限制性，因各低聲抗阻層及/或各高聲抗阻層之厚度可為適合的及/或所期望、不具限制性 $\leq 1\lambda$ 、 $\leq (1/2)\lambda$ 、 $\leq (3/8)\lambda$ 、 $\leq (1/4)\lambda$ 或 $\leq (1/8)\lambda$ ，各低及/或高聲抗阻層之厚度可與任一其他各低及/或高聲抗阻層之厚度不同（或相同）。因此，在此低聲抗阻層之厚度相同、高聲抗阻層之厚度相同或低聲抗阻層之厚度與高聲抗阻層之厚度相同皆不具限制性。

【0140】 在一個例子中，M4CE 值 $\geq 3\%$ 、 $\geq 4\%$ 、 $\geq 6\%$ 、 $\geq 8\%$ 或 $\geq 10\%$ 可以藉由調整壓電層 8 之切割角度 \pm 一個適合及/或期望的值而達成，例如前述 $130^\circ \pm 30^\circ$ 。在部分非限制性的實施型態或例子中，壓電層 8 不具限制性的例如 LiNbO₃ 晶體，並以 Z 切割或 X 切割之特定角度切割，亦可得到特定期望的 M4CE 值。

【0141】 在部分非限制性的實施型態或例子中，前述第一至第六

UBARs 2 例子的塑模是藉由電腦模擬表示，在部分情況，在一個或更多實際範例表示。

【0142】 在部分非限制性的實施型態或例子中，可以藉由前述第一至第六 UBARs 2 例子得知，形成自 LiNbO_3 的壓電層 8 並以 130° 或約略之角度切割可得到理想 M4CE 值。然而，在部分非限制性的實施型態或例子中，形成自 LiNbO_3 的壓電層 8 並以 100° 至 160° 之角度切割亦可得到理想 M4CE 值；形成自 LiNbO_3 的壓電層 8 並以 110° 至 150° 之角度切割可得到更理想 M4CE 值；形成自 LiNbO_3 的壓電層 8 並以 120° 至 140° 之角度切割可進一步得到又更理想 M4CE 值。然而，形成自 LiNbO_3 的壓電層 8 並以 130° 之角度切割可得到最理想(最高)M4CE 值。

【0143】 在此所記載之任一 UBAR 例子，壓電層如 LiNbO_3 之厚度，可為任何適合的及/或所期望的厚度，例如在模式 4 之撓曲模式例子中，厚度為 $\leq 0.5\lambda$ 、 $\leq 0.4\lambda$ 、 $\leq 0.3\lambda$ 或 $\leq 0.2\lambda$ 。

【0144】 在此所記載之任一 UBAR 例子，壓電層如 LiNbO_3 之厚度，可為任何適合的及/或所期望的厚度，例如在模式 3 之切變模式例子中，厚度為 $\leq 2\lambda$ 、 $\leq 1.6\lambda$ 、 $\leq 1.2\lambda$ 或 $\leq 0.8\lambda$ 。

【0145】 在此所記載之任一 UBAR 例子，電極如 Al、Mo、W 等之厚度，可為任何適合的及/或所期望的厚度，例如為 $\geq 0.010\lambda$ 、 $\geq 0.013\lambda$ 、 $\geq 0.016\lambda$ 、 $\geq 0.019\lambda$ 或 $\geq 0.022\lambda$ 。

【0146】 在此所記載之任一 UBAR 例子，裝置層如鑽石、SiC、AlN 等之厚度，可為任何適合的及/或所期望的厚度，例如為 $\geq 50 \text{ nm}$ 、 $\geq 100 \text{ nm}$ 、 $\geq 150 \text{ nm}$ 或 $\geq 200 \text{ nm}$ 。

【0147】 在此所記載之任一 UBAR 例子，低聲抗阻層之厚度可為適合的及/或所期望的厚度，例如為 $\geq 0.05\lambda$ 、 $\geq 0.07\lambda$ 、 $\geq 0.09\lambda$ 、 $\geq 0.11\lambda$ 或 $\geq 0.13\lambda$ 。

【0148】 在此所記載之任一 UBAR 例子，高聲抗阻層之厚度可為適合的及/或所期望的厚度，例如為 $\geq 0.05\lambda$ 、 $\geq 0.07\lambda$ 、 $\geq 0.09\lambda$ 、 $\geq 0.11\lambda$ 或 $\geq 0.13\lambda$ 。

【0149】 在此所記載之任一 UBAR 例子，溫度補償層之厚度可為適合的及/或所期望的厚度，例如為 $\leq 2\lambda$ 、 $\leq 1.5\lambda$ 、 $\leq 1.0\lambda$ 、 $\leq 0.5\lambda$ 或 $\leq 0.3\lambda$ 。理想地，在此所記載之任一 UBAR 例子之一個或更多或全部外表面被可選的鈍化層所保護。該鈍化層可以為一層介電材料，如 AlN、SiN、SiO₂ 等。

【0150】 在此所記載之任一 UBAR 例子之共振頻率可為 $\geq 0.1\text{GHz}$ 、 $\geq 0.5\text{GHz}$ 、 $\geq 1.0\text{GHz}$ 、 $\geq 1.5\text{GHz}$ 或 $\geq 2.0\text{GHz}$ 。

【0151】 在此所記載之任一 UBAR 例子之耦合效率可為 $\geq 3\%$ 、 $\geq 4\%$ 、 $\geq 6\%$ 、 $\geq 8\%$ 或 $\geq 10\%$ 。

【0152】 在此所記載之任一 UBAR 例子會以一個模式共振，其包含一個體聲波，淺體聲波可包含但不限於 S₀ 模式、擴充模式、切變模式、A₁ 模式、撓曲模式等，及複合模式。

【0153】 將在下述編號之實施例說明更多非限制性實施型態或例子。

〔實施例〕

【0154】 實施例 1：一個體聲波共振器包含：一個共振本體，其包

含：一壓電層，前述壓電層為 LiNbO_3 之單晶；一裝置層；及一上導電層，係位於前述壓電層上方且前述壓電層之另一側為前述裝置層；其中前述裝置層中與前述壓電層相反側之全部表面，實質上用於將前述共振器本體安裝於載體並分隔前述共振器本體。

【0155】 實施例 2：如實施例 1 之體聲波共振器，其中 LiNbO_3 之單晶可以 $130^\circ \pm 30^\circ$ 、 $\pm 20^\circ$ 或 $\pm 10^\circ$ 之角度切割。

【0156】 實施例 3：如實施例 1 或 2 之體聲波共振器，其中， LiNbO_3 之單晶可以 $0^\circ \pm 30^\circ$ 、 $\pm 20^\circ$ 或 $\pm 10^\circ$ 之角度切割。

【0157】 實施例 4：如實施例 1 至 3 中任一實施例之體聲波共振器，可包含模式 3 或模式 4 之共振頻率 $\geq 0.1\text{GHz}$ 、 $\geq 0.5\text{GHz}$ 、 $\geq 1.0\text{GHz}$ 、 $\geq 1.5\text{GHz}$ 或 $\geq 2.0\text{GHz}$ 。

【0158】 實施例 5：如實施例 1 至 4 中任一實施例之體聲波共振器，其可包含至少下述其一：模式 3 共振之耦合效率 $\geq 8\%$ 、 $\geq 11\%$ 、 $\geq 14\%$ 、 $\geq 17\%$ 或 $\geq 20\%$ ；及模式 4 共振之耦合效率 $\geq 3\%$ 、 $\geq 4\%$ 、 $\geq 6\%$ 、 $\geq 8\%$ 或 $\geq 10\%$ 。

【0159】 實施例 6：如實施例 1 至 5 中任一實施例之體聲波共振器，其中，模式 4 共振中 LiNbO_3 之單晶厚度可為 $\leq 0.5\lambda$ 、 $\leq 0.4\lambda$ 、 $\leq 0.3\lambda$ 或 $\leq 0.2\lambda$ 。

【0160】 實施例 7：如實施例 1 至 6 中任一實施例之體聲波共振器，其中，模式 3 共振中 LiNbO_3 之單晶厚度可為 $\leq 2\lambda$ 、 $\leq 1.6\lambda$ 、 $\leq 1.2\lambda$ 或 $\leq 0.8\lambda$ 。

【0161】 實施例 8：如實施例 1 至 7 中任一實施例之體聲波共振

器，其進一步包含在壓電層與裝置層之間的導電層，厚度為 $\geq 0.010\lambda$ 、 $\geq 0.013\lambda$ 、 $\geq 0.016\lambda$ 、 $\geq 0.019\lambda$ 或 $\geq 0.022\lambda$ 。

【0162】 實施例 9：如實施例 1 至 8 中任一實施例之體聲波共振器，其中裝置層之厚度可為 $\geq 50\text{ nm}$ 、 $\geq 100\text{ nm}$ 、 $\geq 150\text{ nm}$ 或 $\geq 200\text{ nm}$ 。

【0163】 實施例 10：如實施例 1 至 9 中任一實施例之體聲波共振器，其進一步包含在壓電層及裝置層間的低聲抗阻材料，前述低聲抗阻材料之聲抗阻介於 10^6 Pa-s/m^3 與 $30 \times 10^6\text{ Pa-s/m}^3$ 間，厚度為 $\geq 0.05\lambda$ 、 $\geq 0.07\lambda$ 、 $\geq 0.09\lambda$ 、 $\geq 0.11\lambda$ 或 $\geq 0.13\lambda$ 。

【0164】 實施例 11：如實施例 1 至 10 中任一實施例之體聲波共振器，其進一步包含在壓電層及裝置層間的高聲抗阻材料，前述高聲抗阻材料之聲抗阻介於 10^6 Pa-s/m^3 與 $630 \times 10^6\text{ Pa-s/m}^3$ ，厚度為 $\geq 0.05\lambda$ 、 $\geq 0.07\lambda$ 、 $\geq 0.09\lambda$ 、 $\geq 0.11\lambda$ 或 $\geq 0.13\lambda$ 。

【0165】 實施例 12：如實施例 1 至 11 中任一實施例之體聲波共振器，其進一步包含在壓電層及裝置層間的溫度補償層，前述溫度補償層包含矽及氧，厚度為 $\leq 2\lambda$ 、 $\leq 1.5\lambda$ 、 $\leq 1.0\lambda$ 、 $\leq 0.5\lambda$ 或 $\leq 0.3\lambda$ 。

【0166】 實施例 13：如實施例 1 至 12 中任一實施例之體聲波共振器進一步包含一個鈍化層。

【0167】 實施例 14：如實施例 1 至 13 中任一實施例之體聲波共振器，其中前述上導電層可包含至少一組含間格之導電彈片。前述至少一組含間格之導電彈片其指間距可為 $\leq 70\text{ }\mu\text{m}$ 、 $\leq 20\text{ }\mu\text{m}$ 、 $\leq 10\text{ }\mu\text{m}$ 、 $\leq 6\text{ }\mu\text{m}$ 或 $\leq 4\text{ }\mu\text{m}$ 。

【0168】 實施例 15：如實施例 1 至 14 中任一實施例之體聲波共振

器，其在壓電層與裝置層之間進一步包含複數並交替的溫度補償層及高聲抗阻層。

【0169】 實施例 16：如實施例 1 至 15 中任一實施例之體聲波共振器，其中前述裝置層可進一步包含下述：鑽石；W；SiC；Ir、AlN、Al；Pt；Pd；Mo；Cr；Ti；Ta；元素週期表上 3A 或 4A 族之元素；元素週期表上 1B、2B、3B、4B、5B、6B、7B 或 8B 族之過渡元素；陶瓷；玻璃及聚合物。

【0170】 本發明的目的已經基於目前被認為最理想實用且非限制性實施例、例子或型態詳細描述，但應理解此等細節僅用於該目的且本發明不限於所揭露的理想及非限制性的實施例、例子或型態。相反地，本說明旨在涵蓋其申請專利範圍中精神與範圍內的修改與等同配置。例如：應當理解本發明將盡可能考慮任一或更多理想及非限制性的實施例、例子、型態或所依附申請專利範圍的技術，可以與一個或更多其他理想及非限制性的實施例、例子、型態或所依附申請專利範圍的技術合併。

【符號說明】

【0171】

2...體聲波共振器(UBAR)

4...共振器本體

6...上導電層

8...壓電層

10...可選的下導電層

12...裝置層

- 14…載體
- 16…基材
- 18…指叉電極
- 20、24、28…彈片
- 22、26…背部
- 27…梳狀電極
- 30…第一背部
- 32…第二背部
- 33…片狀電極
- 34、36…連接結構
- 38…指間距
- 40、44 底部金屬層
- 42、46 金屬層
- 48、58…接觸墊
- 50…導電通孔
- 52、60…導體
- 54…橫向導體
- 56、62…繫鏈導體
- 64、66、68、70…底部
- 76…繫鏈結構
- 82、84、88…共振頻率
- 90、92、94…溫度補償層

- 96…氮化鋁
- 100…第一低聲抗阻層
- 102…第一高聲抗阻層
- 104…第二低聲抗阻層
- 106…第二高聲抗阻層
- 108…第三低聲抗阻層
- 110…第三高聲抗阻層
- 112…第四低聲抗阻層
- 114…第四高聲抗阻層
- 116…第五低聲抗阻層
- 118…第五高聲抗阻層
- 120…第六低聲抗阻層
- 122…第六高聲抗阻層
- 124…第七低聲抗阻層
- 126…第七高聲抗阻層
- 128…第八低聲抗阻層
- 130…第八高聲抗阻層
- 132…第九低聲抗阻層

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種體聲波共振器，其特徵係包含：

一共振器本體，係包含：

一壓電層，前述壓電層為LiNbO₃之單晶；

一裝置層，係位於前述壓電層下方；

至少一對一溫度補償層及一高聲抗阻層，係位在前述壓電層及前述裝置層之間，其中，前述溫度補償層接觸並位於前述裝置層及前述高聲抗阻層之間；及

一上導電層，係位於前述壓電層上方且前述壓電層之另一側為前述裝置層；其中前述裝置層中與前述壓電層相反側之全部表面，實質上用於將前述共振器本體安裝於載體並分隔前述共振器本體。

【請求項2】 如請求項1所記載之體聲波共振器，其中，前述LiNbO₃之單晶具一切割角度且具一厚度。

【請求項3】 如請求項2所記載之體聲波共振器，其中，前述LiNbO₃之單晶以 $130^\circ \pm 30^\circ$ 、 $130^\circ \pm 20^\circ$ 、 $130^\circ \pm 10^\circ$ 、 $0^\circ \pm 30^\circ$ 或 $0^\circ \pm 20^\circ$ 角度切割。

【請求項4】 如請求項2所記載之體聲波共振器，其中，前述角度及前述厚度有利於一模式3共振及一模式4共振之一預定耦合效率。

【請求項5】 如請求項4所記載之體聲波共振器，其中，前述LiNbO₃之單晶以 $0^\circ \pm 10^\circ$ 角度切割。

【請求項6】 如請求項5所記載之體聲波共振器，其中包含共振頻率 $\geq 0.1\text{GHz}$ 之前述模式3共振或前述模式4共振。

- 【請求項7】 如請求項4所記載之體聲波共振器，其中包含至少下述之一：
- 具有預定耦合效率 $\geq 8\%$ 之前述模式3共振；及
- 具有預定耦合效率 $\geq 3\%$ 之前述模式4共振。
- 【請求項8】 如請求項7所記載之體聲波共振器，其中，前述模式4共振中，前述LiNbO₃之單晶厚度 $\leq 0.5\lambda$ ，其中 λ 值基於由前述上導電層所界定之圖案或特徵之尺寸，或基於前述LiNbO₃之單晶厚度。
- 【請求項9】 如請求項7所記載之體聲波共振器，其中，前述模式3共振中，前述LiNbO₃之單晶厚度 $\leq 2\lambda$ ，其中 λ 值基於由前述上導電層所界定之圖案或特徵之尺寸，或基於前述LiNbO₃之單晶厚度。
- 【請求項10】 如請求項1所記載之體聲波共振器，進一步包含位於前述壓電層與前述裝置層之間，厚度 $\geq 0.010\lambda$ 的下導電層，其中 λ 值基於由前述上導電層所界定之圖案或特徵之尺寸，或基於前述LiNbO₃之單晶厚度。
- 【請求項11】 如請求項1所記載之體聲波共振器，其中前述裝置層厚度 $\geq 50\text{ nm}$ 。
- 【請求項12】 如請求項1所記載之體聲波共振器，進一步包含位在前述壓電層及前述裝置層之間之一層低聲阻抗材料，其具有在 $10^6\text{ Pa}\cdot\text{s}/\text{m}^3$ 與 $30 \times 10^6\text{ Pa}\cdot\text{s}/\text{m}^3$ 之間的聲阻抗及厚度 $\geq 0.05\lambda$ ，其中 λ 值基於由前述上導電層所界定之圖案或特徵之尺寸，或基於前述LiNbO₃之單晶厚度。
- 【請求項13】 如請求項1所記載之體聲波共振器，其中，前述位在前述壓電層及前述裝置層之間之至少一對中的前述高聲抗阻層，其具有在 10^6

Pa-s/m³ 與 630×10^6 Pa-s/m³之間的聲阻抗及厚度 $\geq 0.05\lambda$ ，其中 λ 值基於由前述上導電層所界定之圖案或特徵之尺寸，或基於前述LiNbO₃之單晶厚度。

【請求項14】 如請求項1所記載之體聲波共振器，其中，前述位在前述壓電層及前述裝置層之間之至少一對中的前述溫度補償層，其包含矽及氧，厚度 $\leq 2\lambda$ ，其中 λ 值基於由前述上導電層所界定之圖案或特徵之尺寸，或基於前述LiNbO₃之單晶厚度。

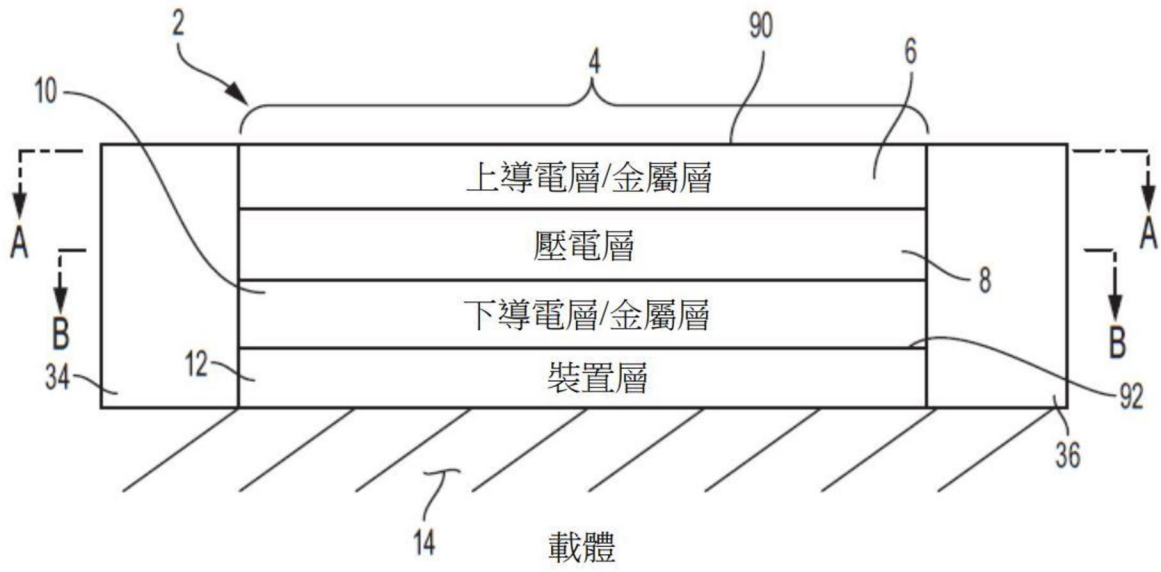
【請求項15】 如請求項1所記載之體聲波共振器，進一步包含一個鈍化層。

【請求項16】 如請求項1所記載之體聲波共振器，其中，前述上導電層至少包含一組含間格的導電彈片。

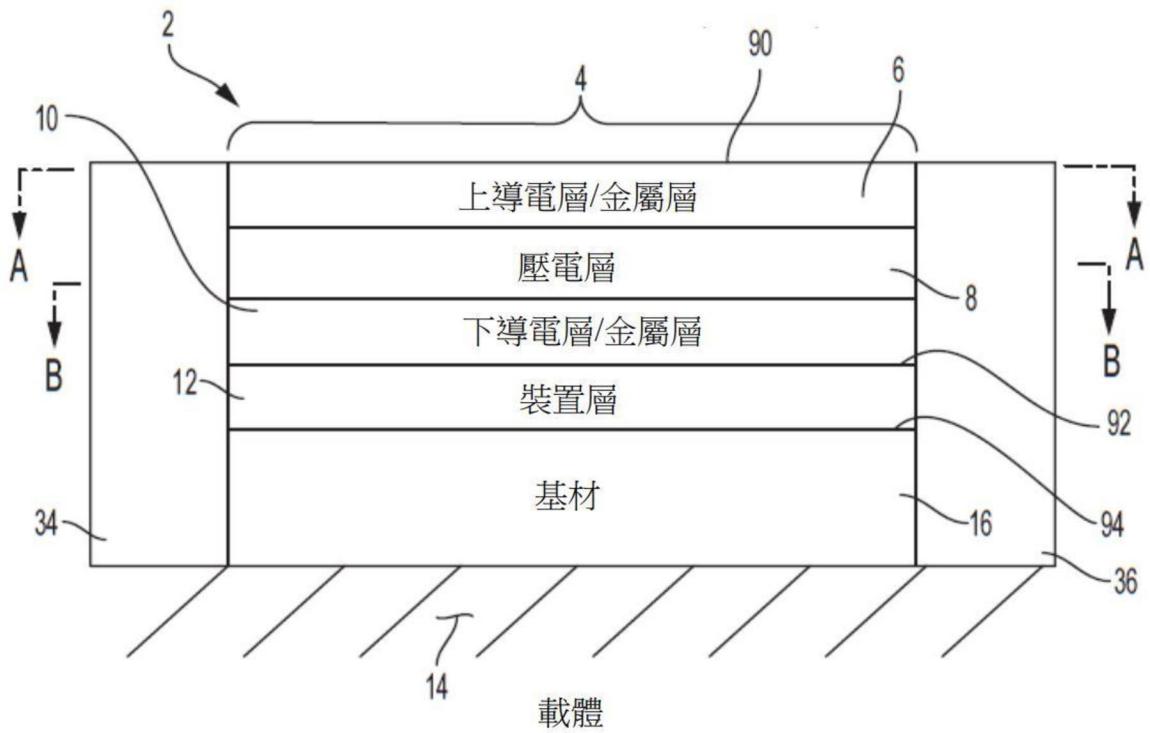
【請求項17】 如請求項1所記載之體聲波共振器，其中，前述位在前述壓電層及前述裝置層之間之至少一對前述溫度補償層及前述高聲抗阻層包含複數個交替的溫度補償層及高聲抗阻層。

【請求項18】 如請求項1所記載之體聲波共振器，其中，前述裝置層包含至少下述之一：鑽石；W；SiC；Ir、AlN、Al、Pt、Pd、Mo、Cr、Ti、Ta；週期表中3A或4A族的元素；週期表中1B、2B、3B、4B、5B、6B、7B或8B族的過渡元素；陶瓷；玻璃及聚合物。

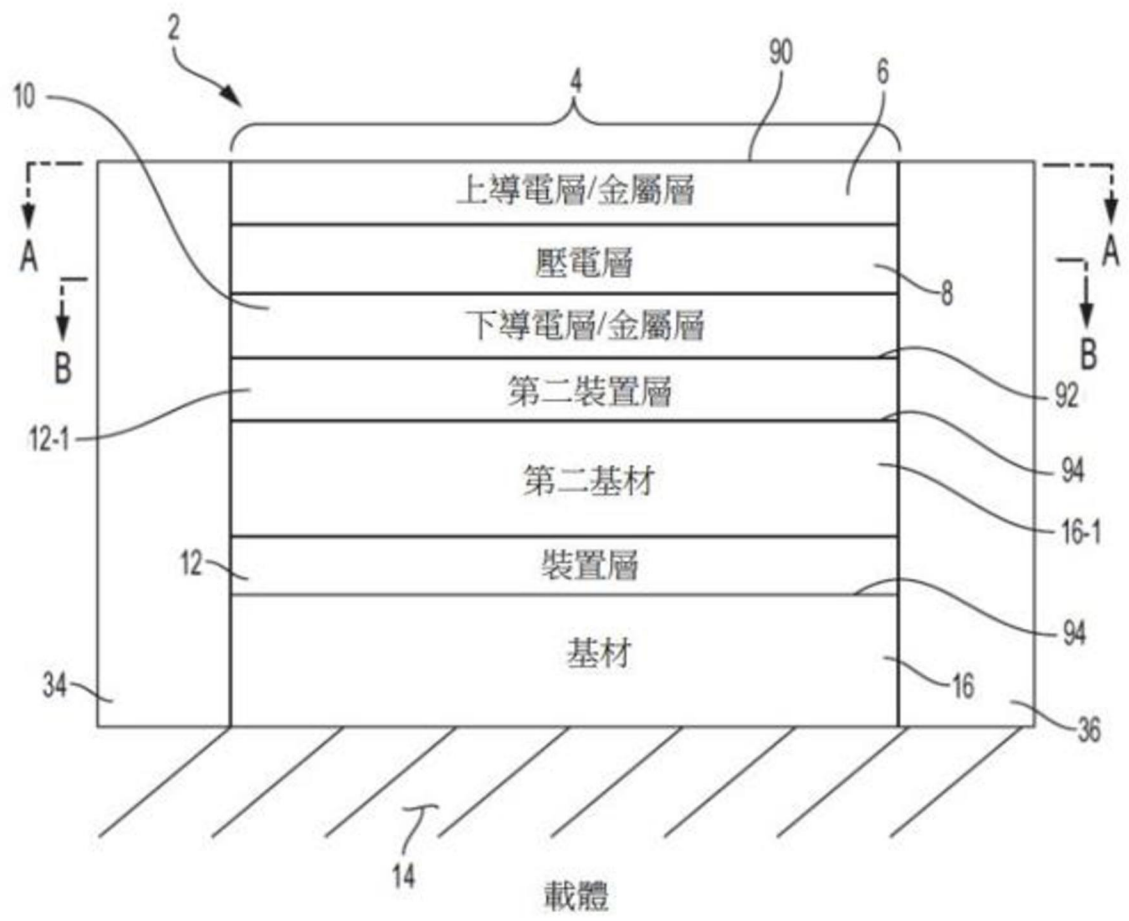
【發明圖式】



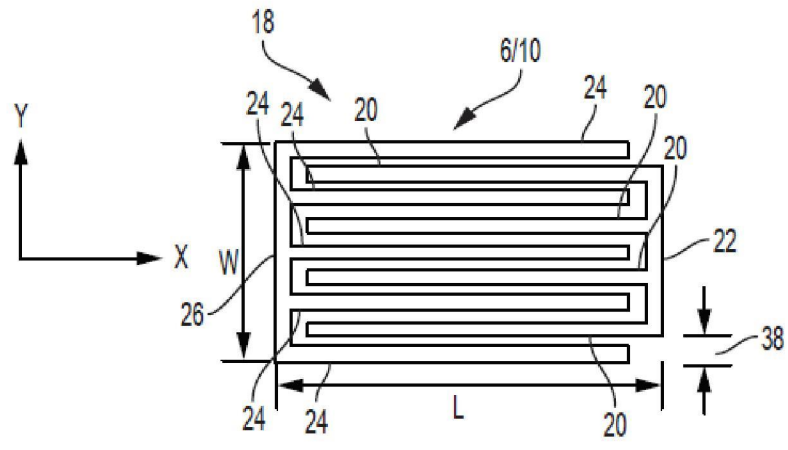
【圖 1】



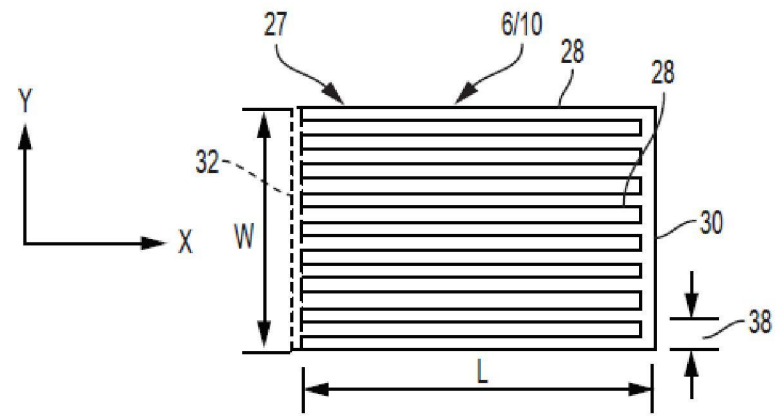
【圖 2】



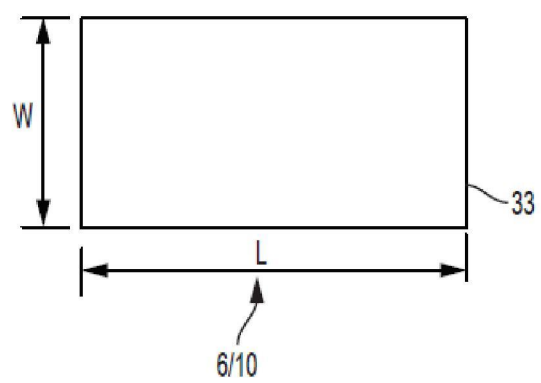
【圖 3】



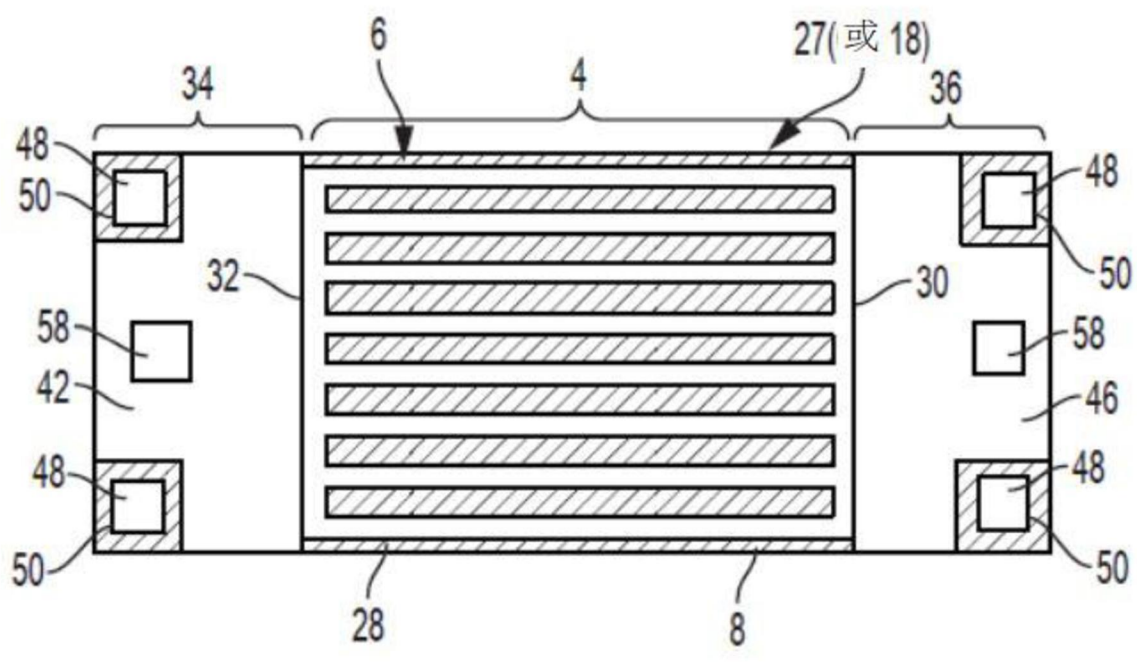
【圖 4A】



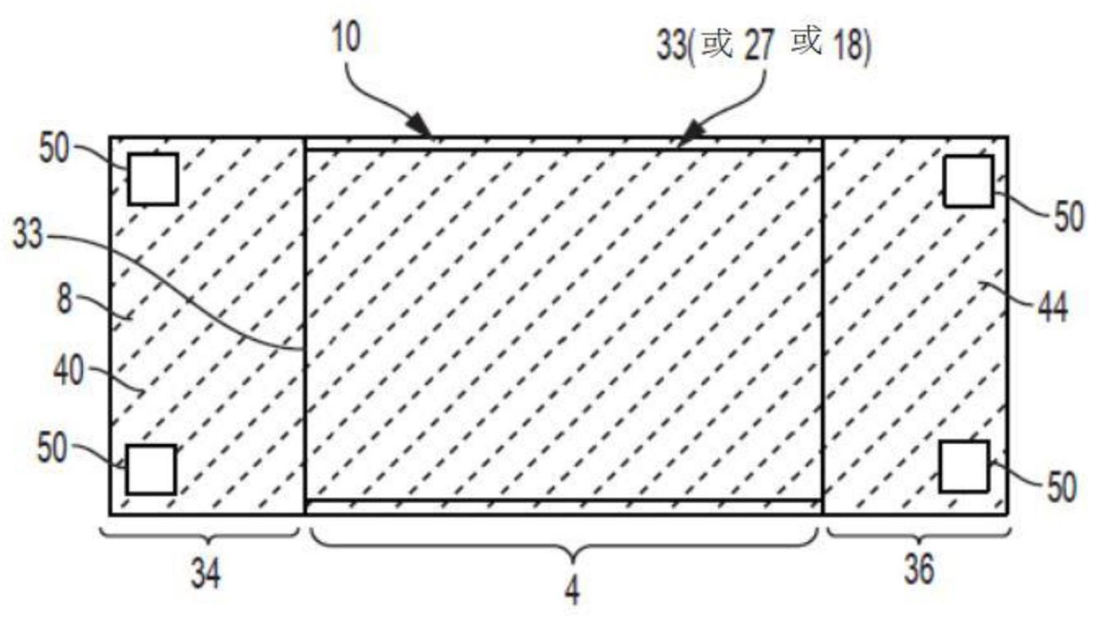
【圖 4B】



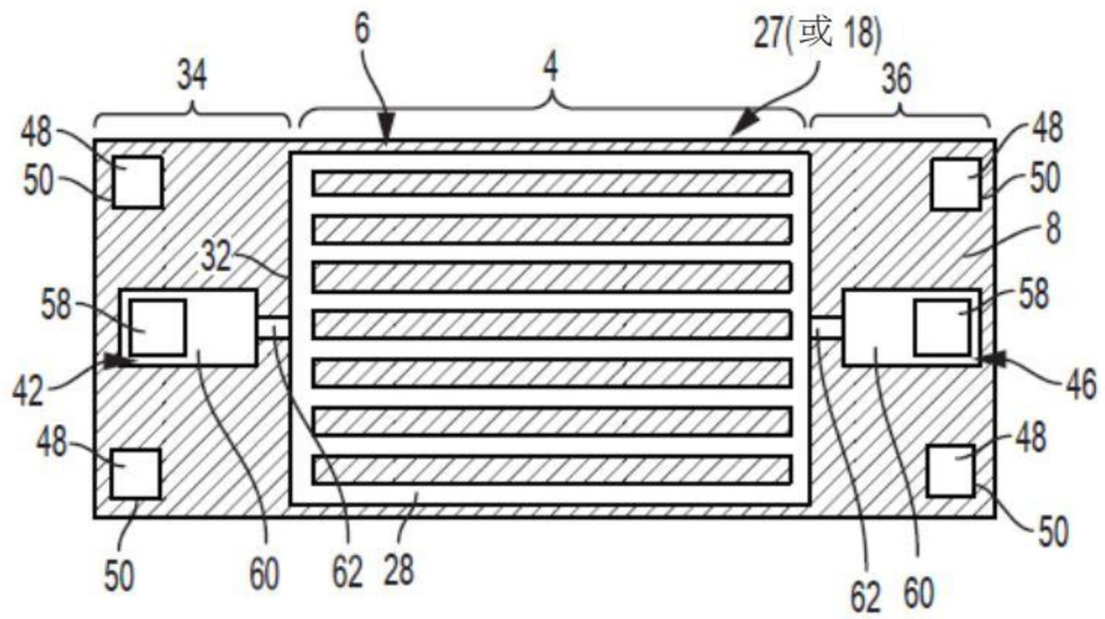
【圖 4C】



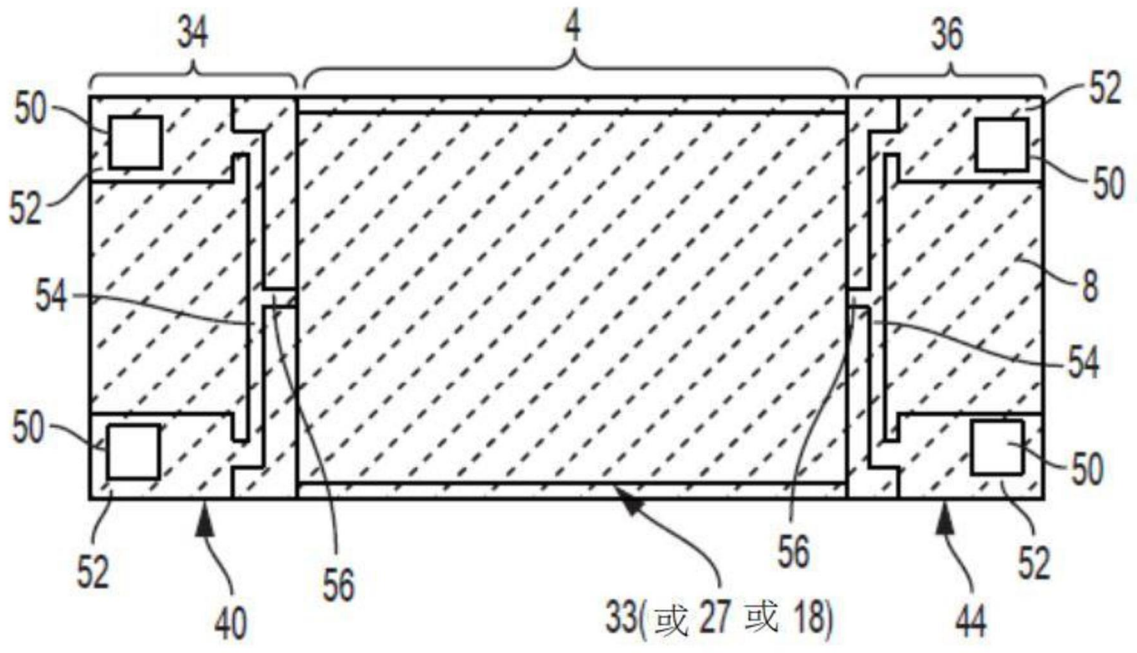
【圖 5A】



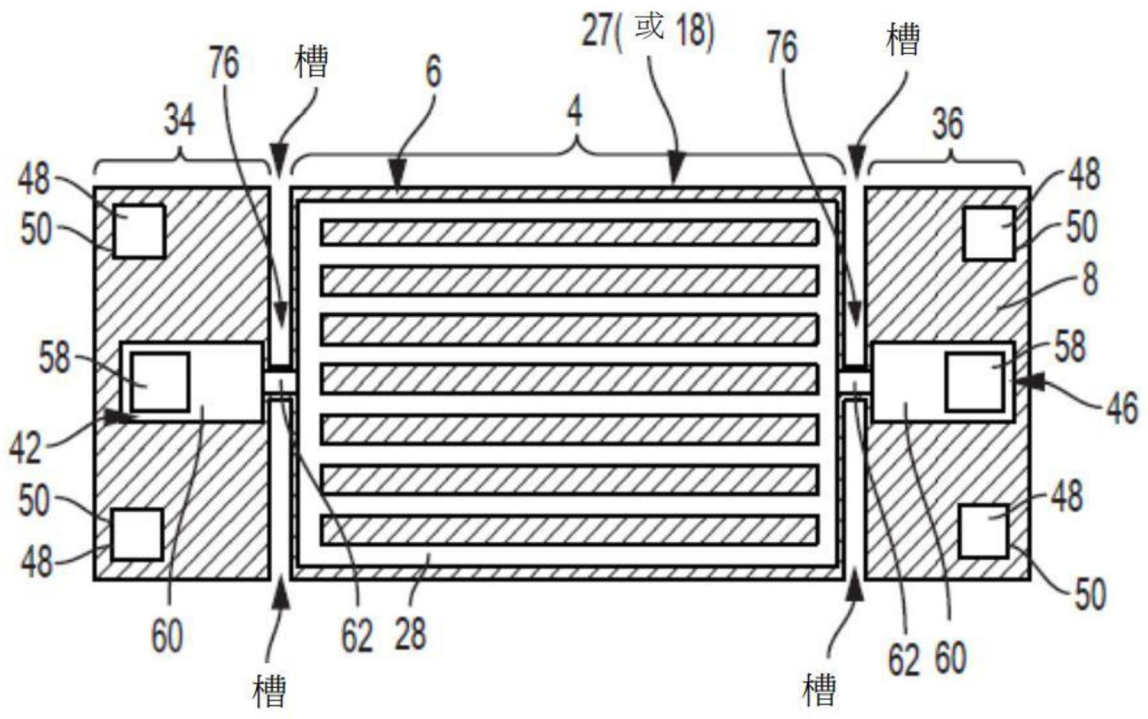
【圖 5B】



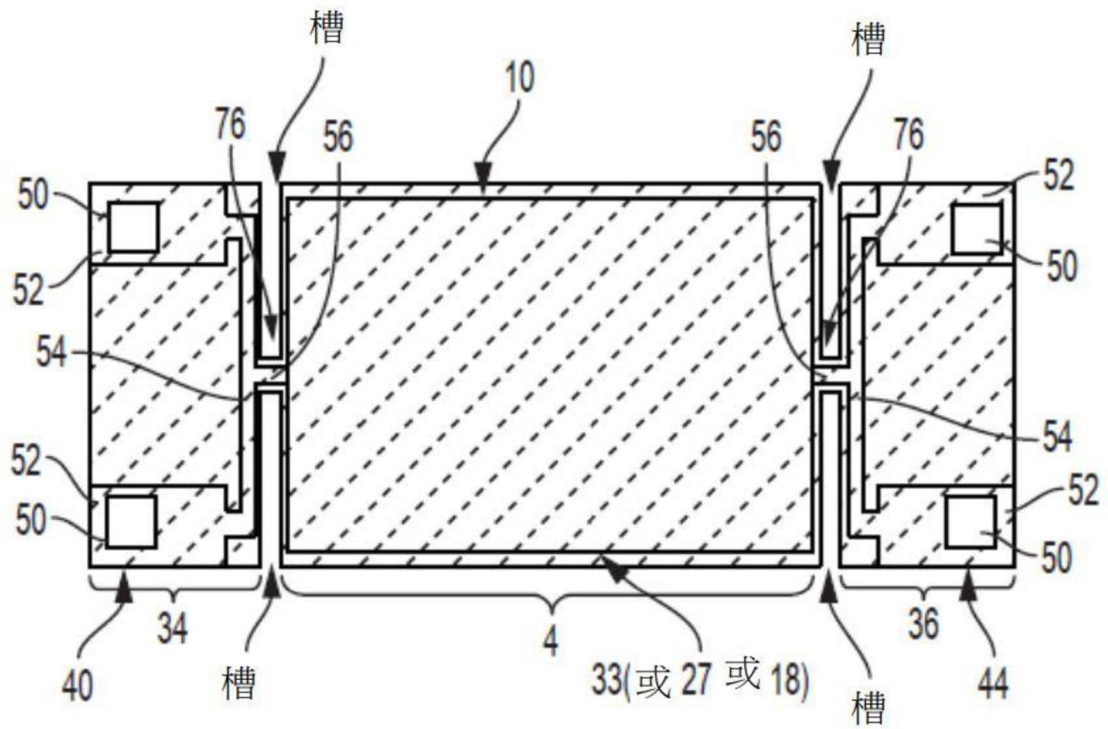
【圖 6A】



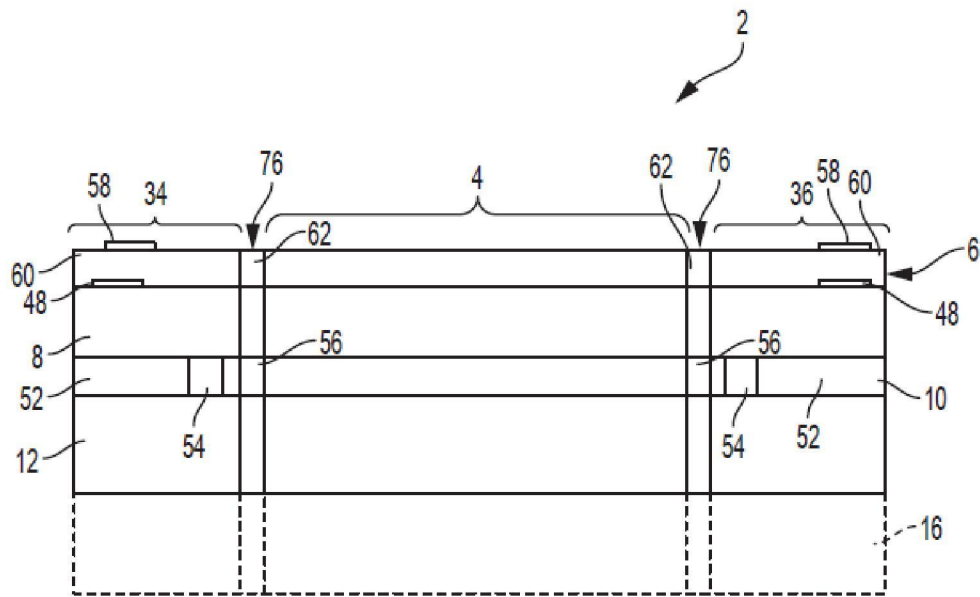
【圖 6B】



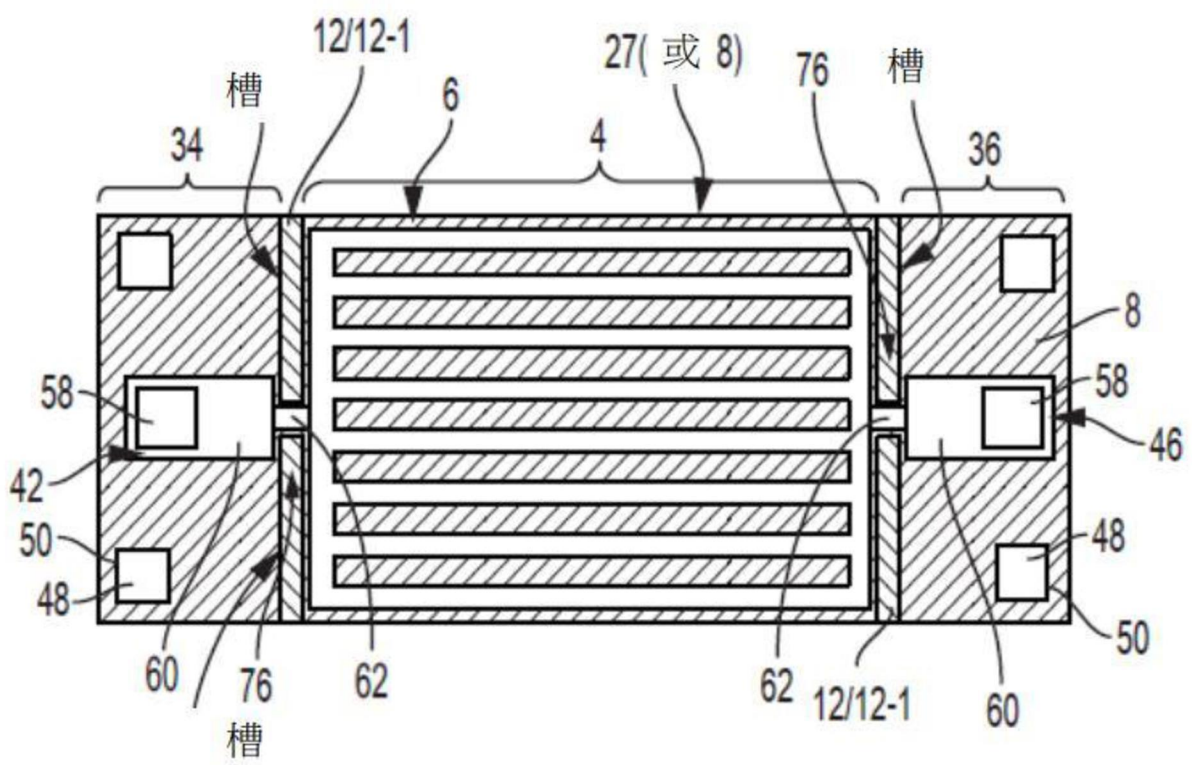
【圖 7A】



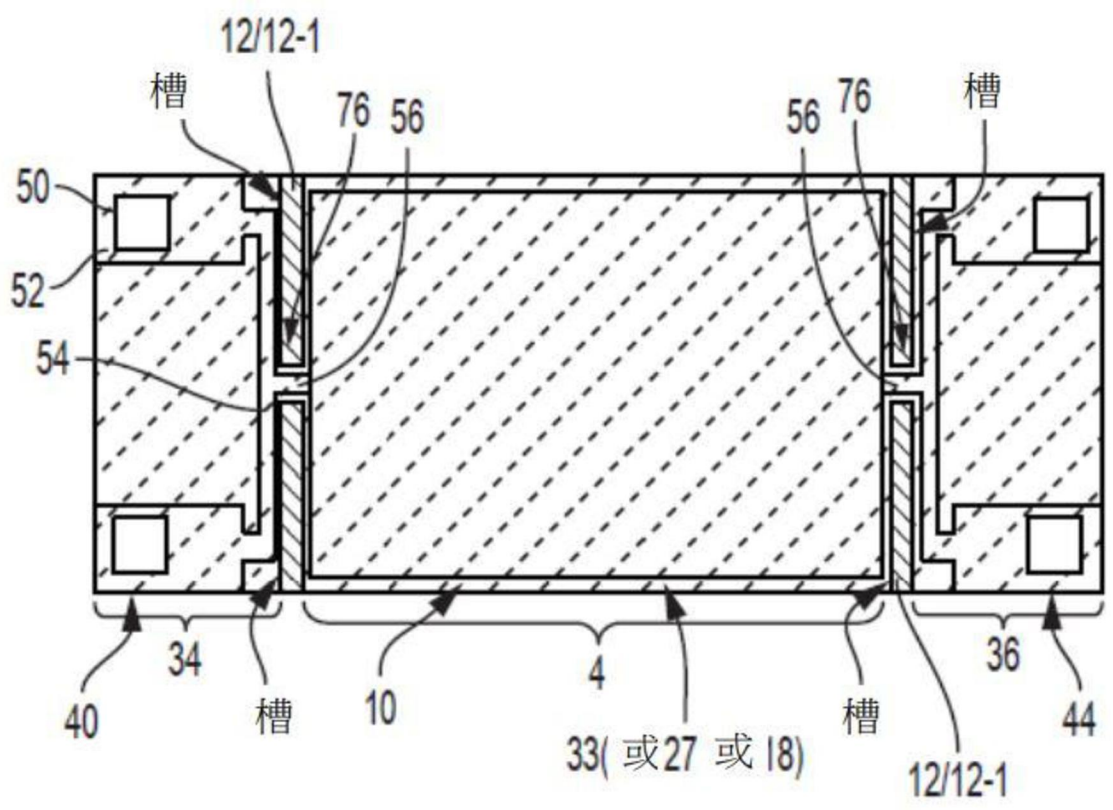
【圖 7B】



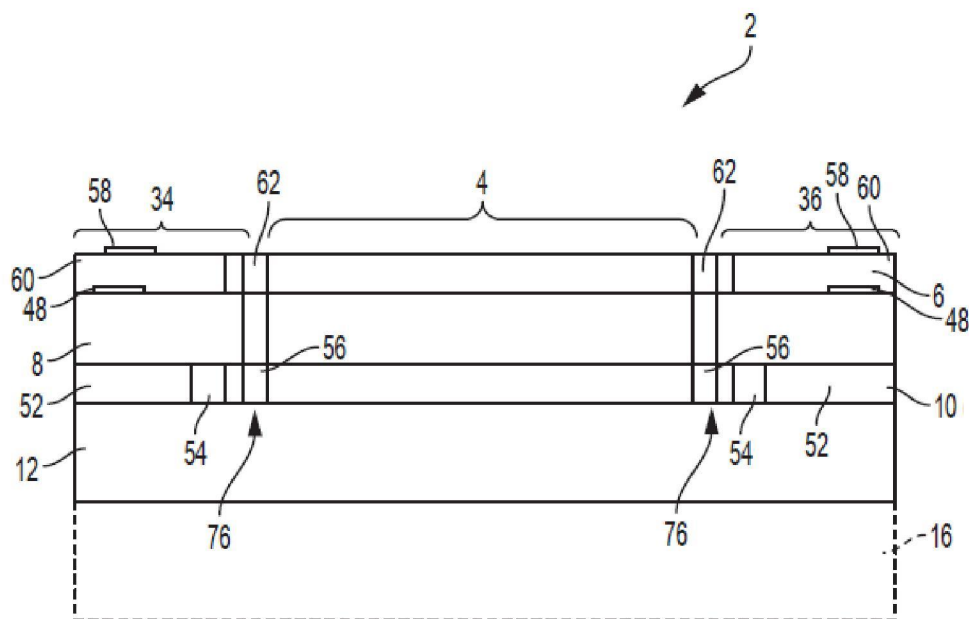
【圖 7C】



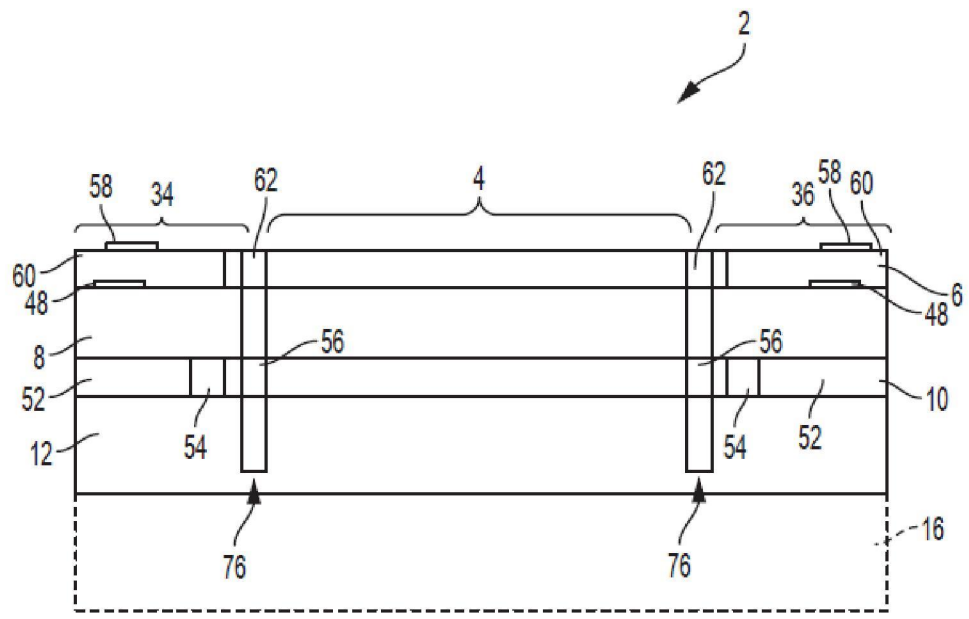
【圖 8A】



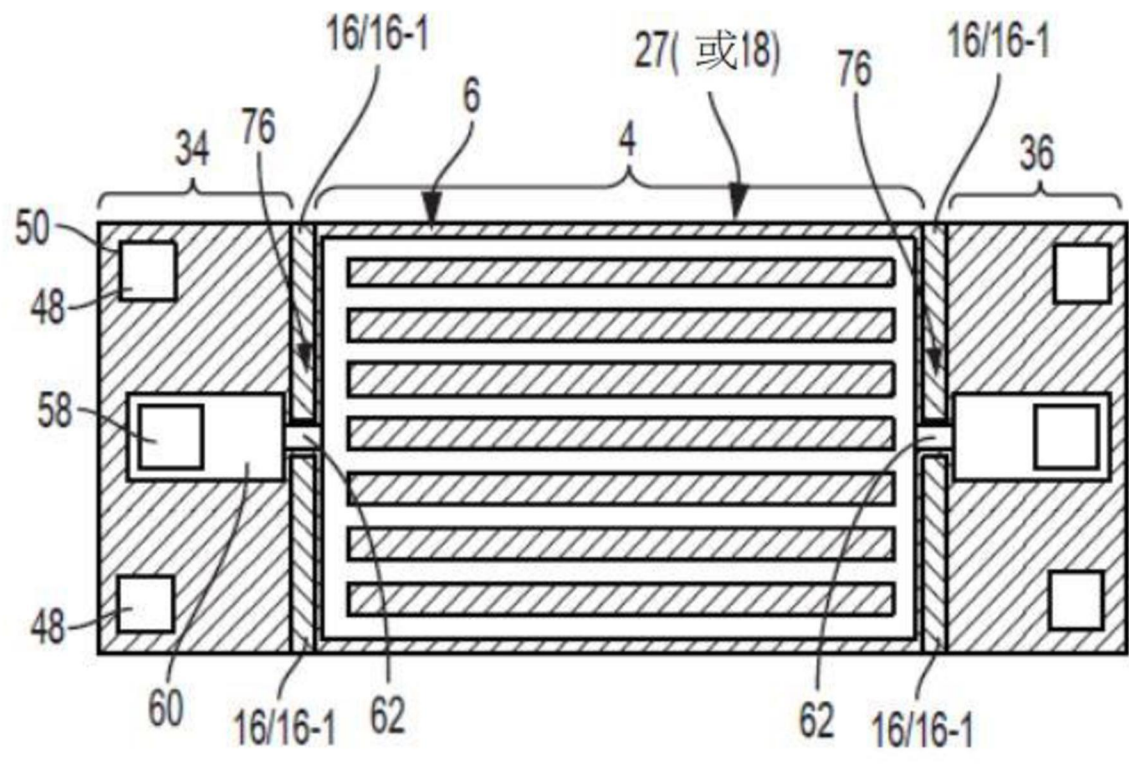
【圖 8B】



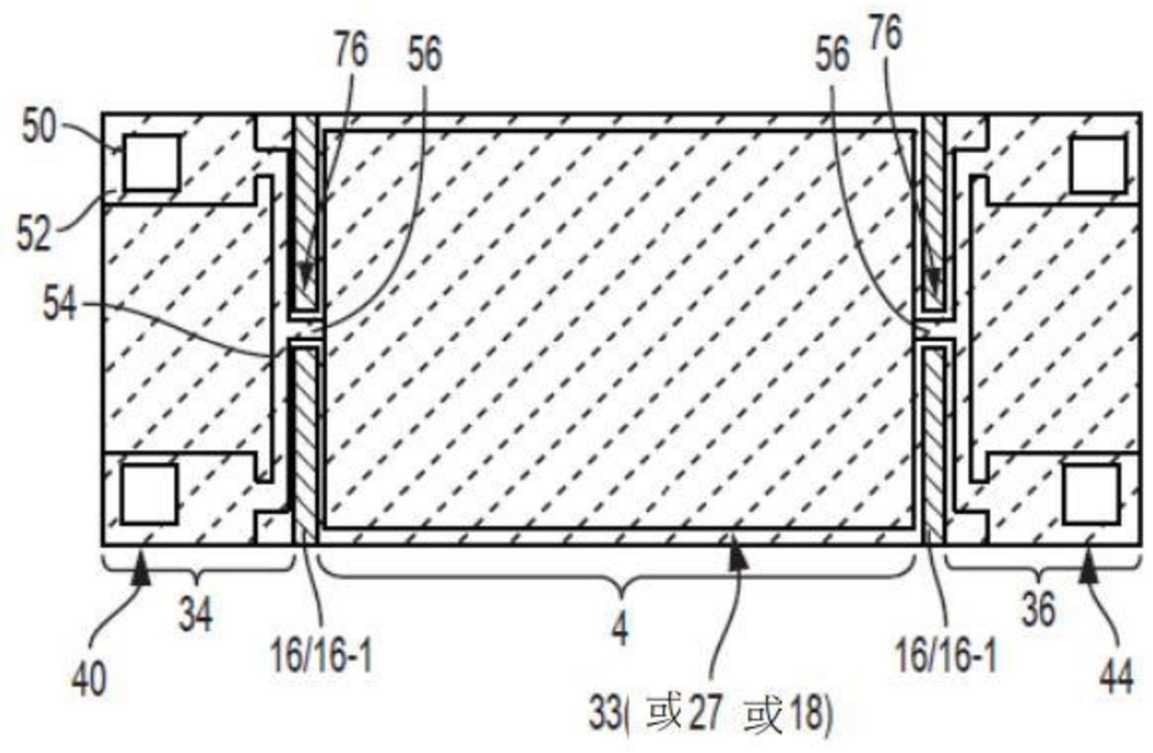
【圖 8C】



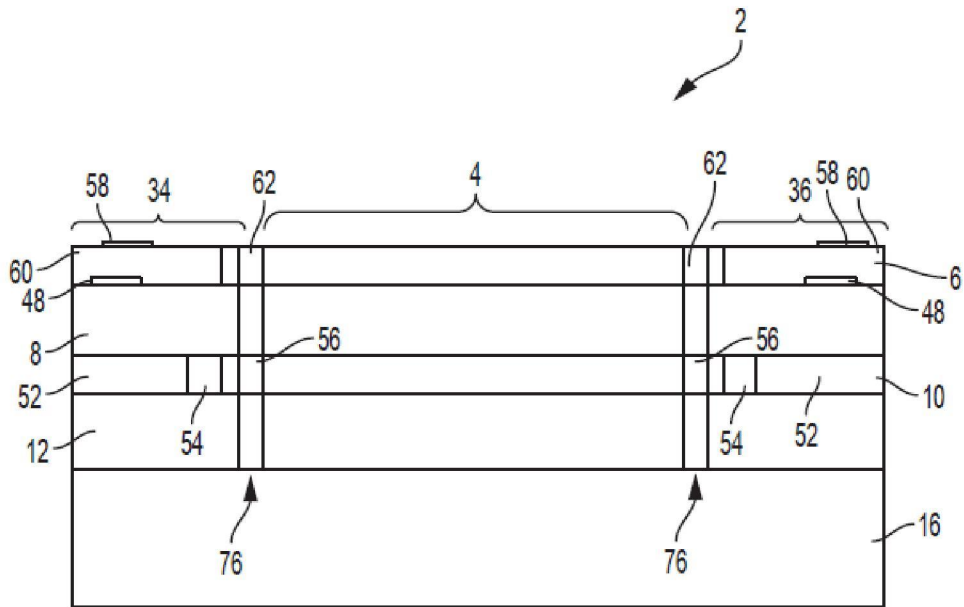
【圖 8D】



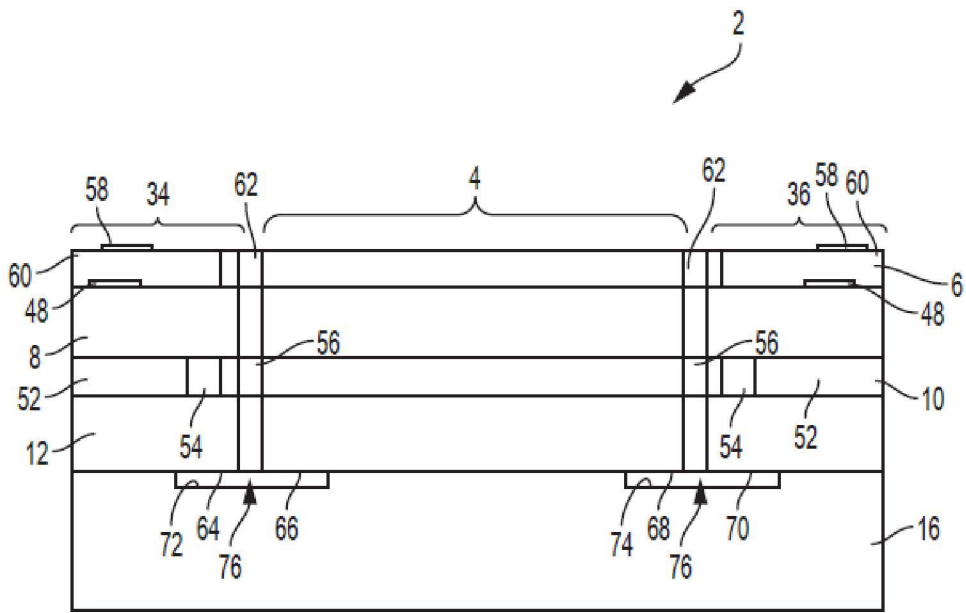
【圖 9A】



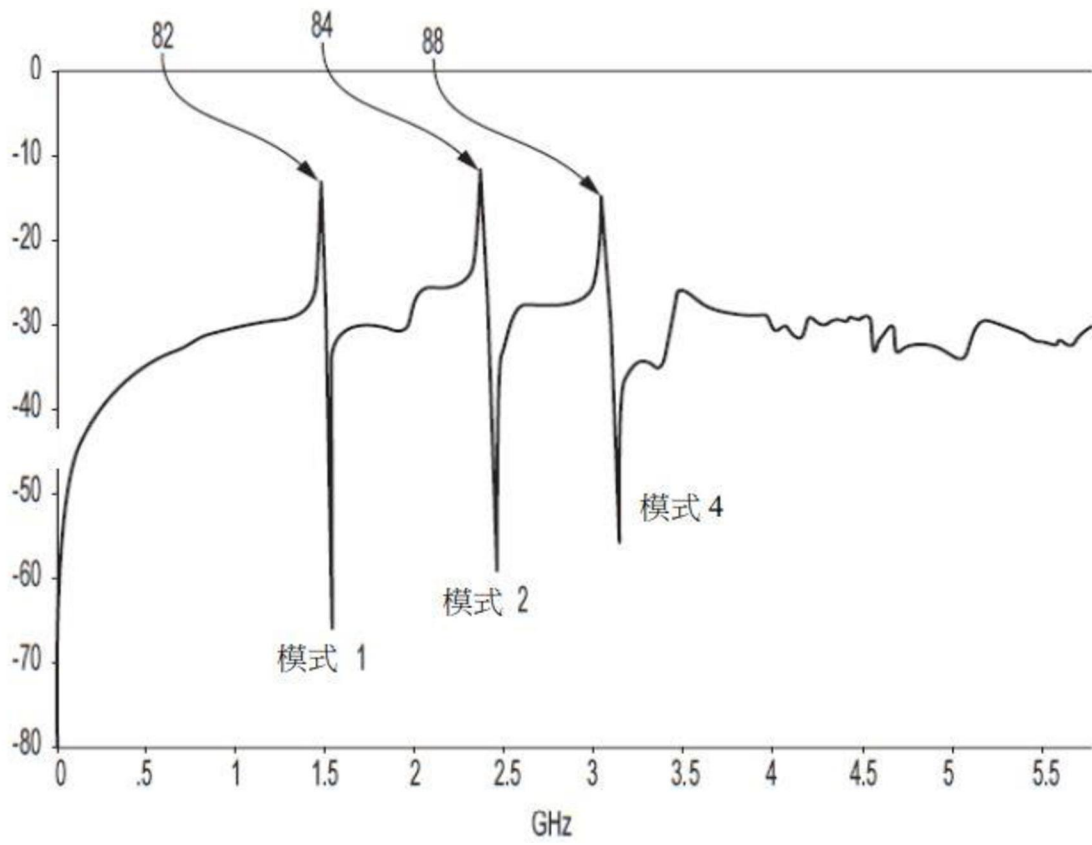
【圖 9B】



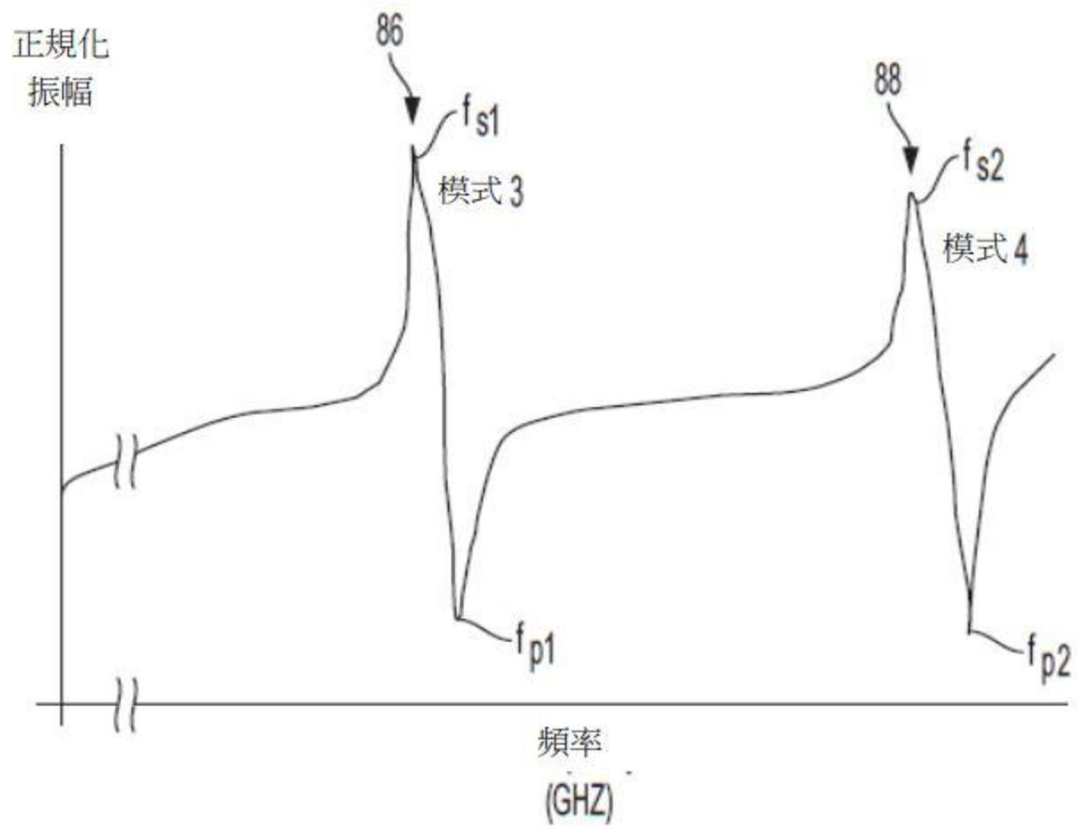
【圖 9C】



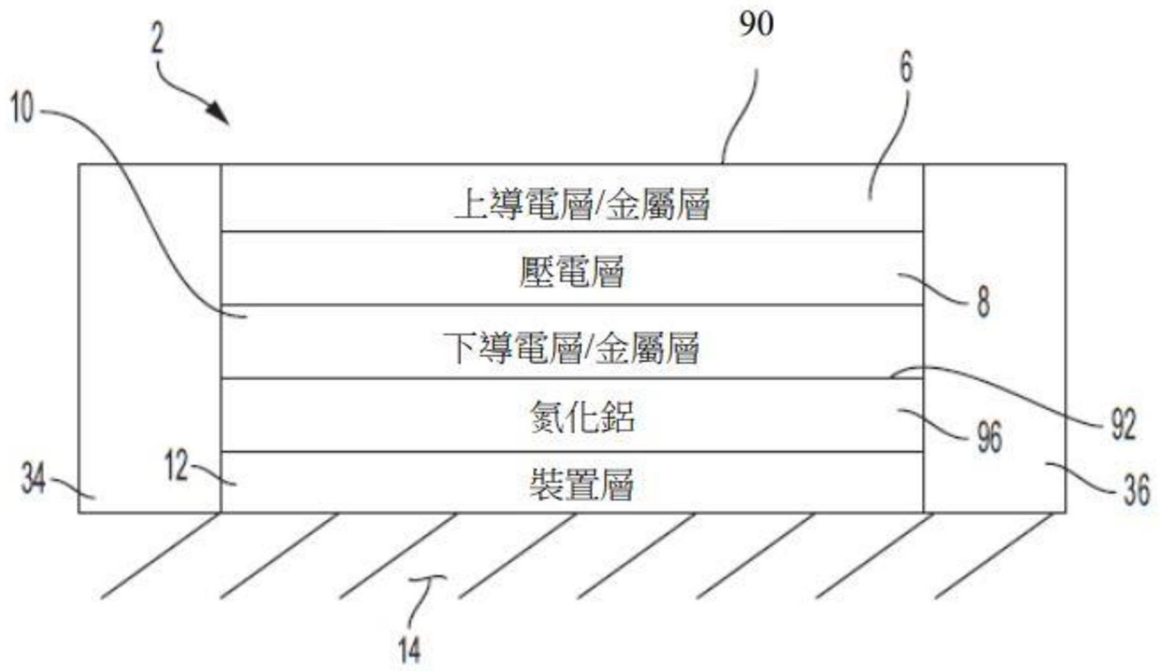
【圖 9D】



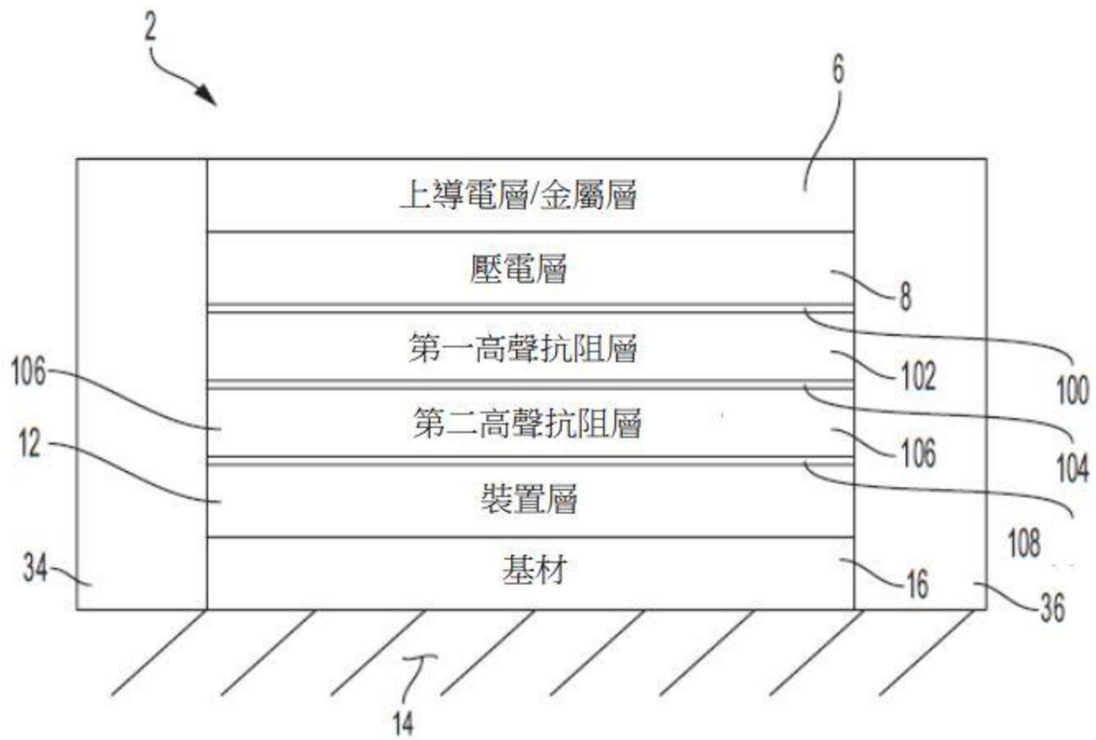
【圖 10】



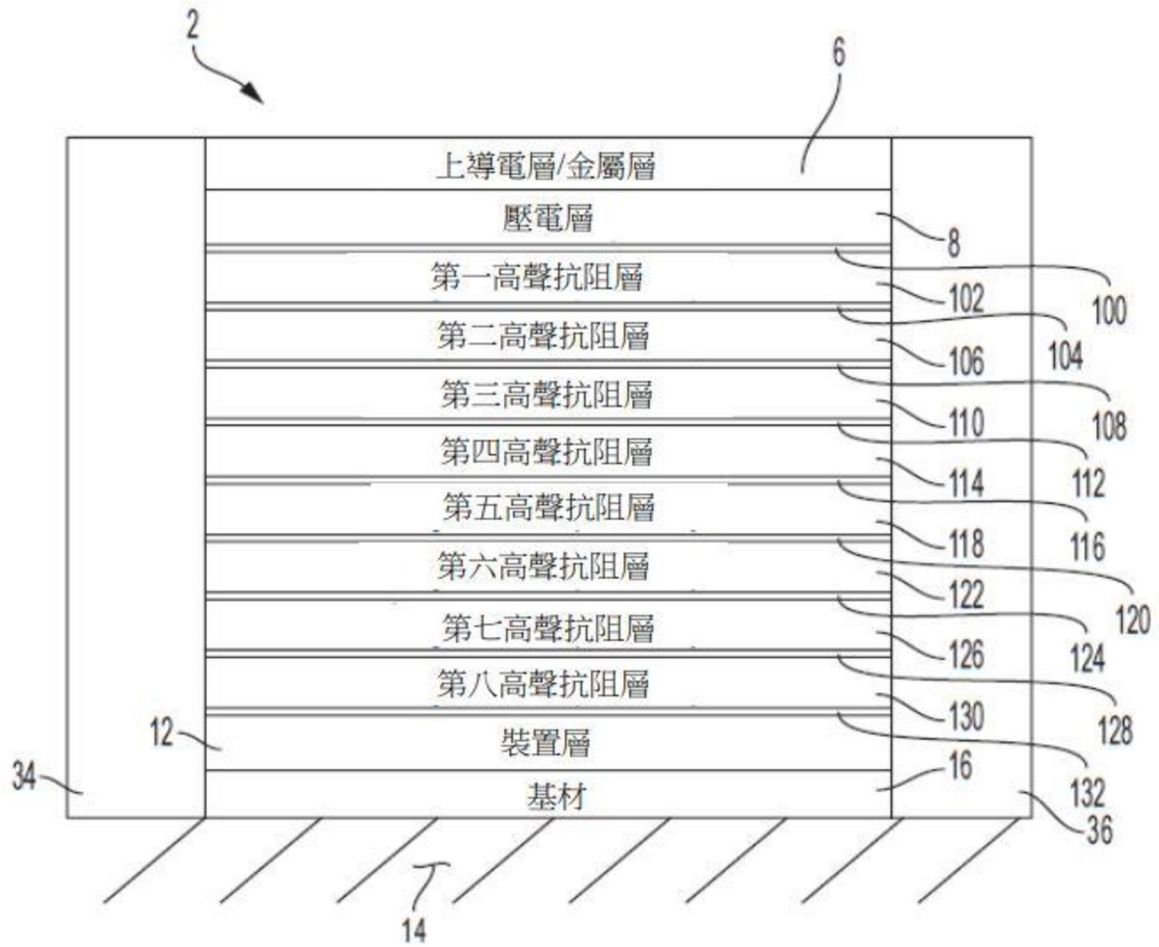
【圖 11】



【圖 12】



【圖 13】



【圖 14】