

(21)申請案號：098114039

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 04 月 28 日

(51)Int. Cl. :

*H04R19/00 (2006.01)*

*H04R13/00 (2006.01)*

(30)優先權：2008/05/02 日本 2008-120391

2009/03/11 日本 2009-057263

(71)申請人：佳能股份有限公司 (日本) CANON KABUSHIKI KAISHA (JP)

日本

(72)發明人：張建六 CHANG, CHIENLIU (TW)

(74)代理人：林志剛

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：17 項 圖式數：13 共 59 頁

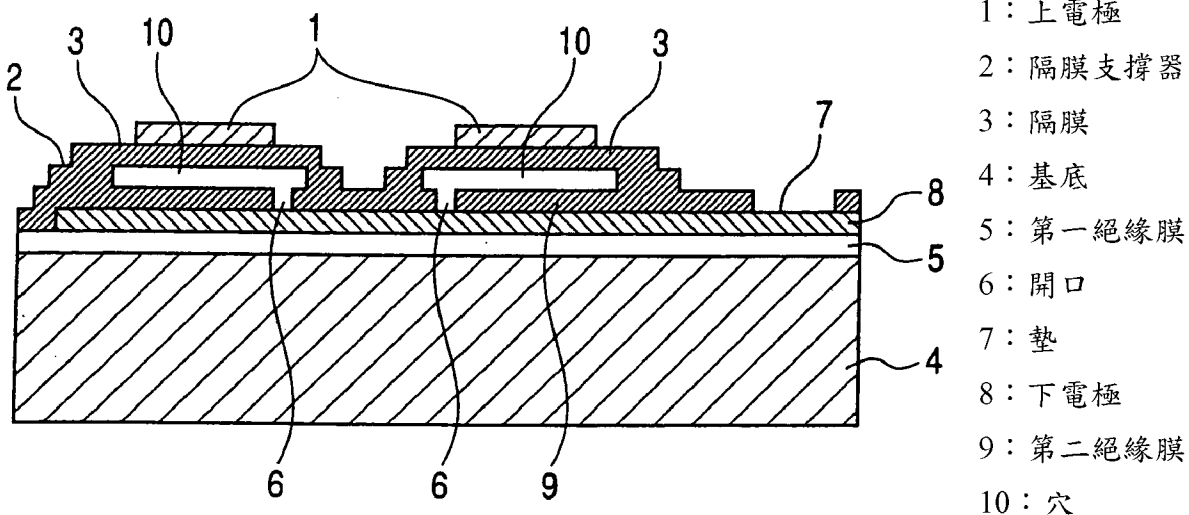
(54)名稱

電容性機電轉換器之製造方法及電容性機電轉換器

METHOD OF MANUFACTURING CAPACITIVE ELECTROMECHANICAL TRANSDUCER AND CAPACITIVE ELECTROMECHANICAL TRANSDUCER

(57)摘要

在電容性機電轉換器之製造方法中，在基底 (4) 上形成第一電極 (8)、在第一電極 (8) 上形成具有通至第一電極的開口 (6) 之絕緣層 (9)、以及在絕緣層上形成犧牲層。在犧牲層上形成具有第二電極 (1) 的隔膜 (3)，以及，在隔膜中設置孔洞以作為蝕刻劑入口。蝕刻犧牲層以形成穴 (10)，然後，密封作為蝕刻劑入口的孔洞。以電解蝕刻執行蝕刻，其中，使流電經由開口 (6) 及隔膜的孔洞而於第一電極 (8) 與外部配置的對立電極之間流動。



- 1：上電極
- 2：隔膜支撐器
- 3：隔膜
- 4：基底
- 5：第一絕緣膜
- 6：開口
- 7：墊
- 8：下電極
- 9：第二絕緣膜
- 10：穴

(21)申請案號：098114039

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 04 月 28 日

(51)Int. Cl. :

*H04R19/00 (2006.01)*

*H04R13/00 (2006.01)*

(30)優先權：2008/05/02 日本 2008-120391

2009/03/11 日本 2009-057263

(71)申請人：佳能股份有限公司 (日本) CANON KABUSHIKI KAISHA (JP)

日本

(72)發明人：張建六 CHANG, CHIENLIU (TW)

(74)代理人：林志剛

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：17 項 圖式數：13 共 59 頁

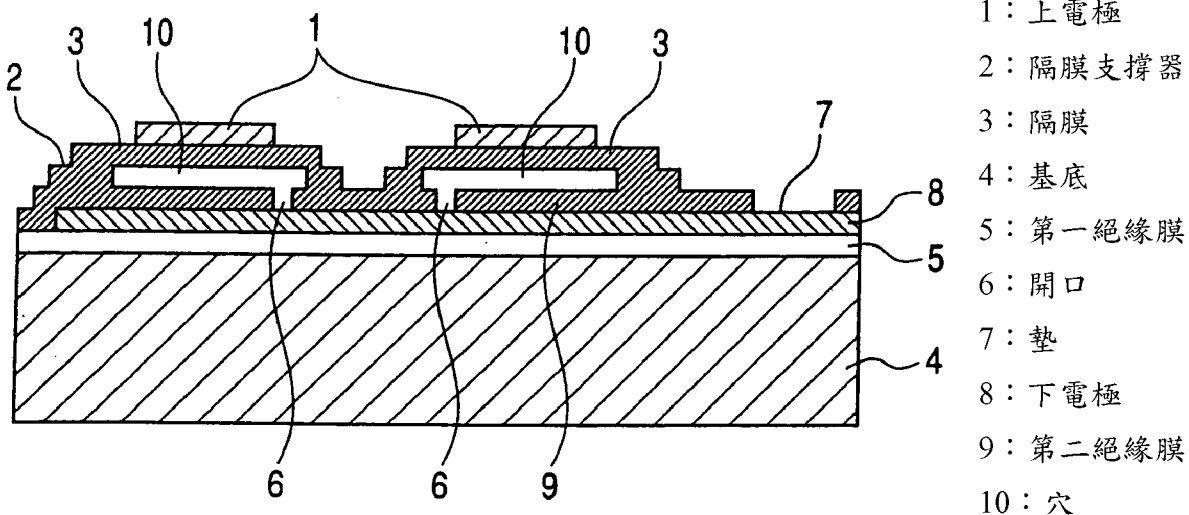
(54)名稱

電容性機電轉換器之製造方法及電容性機電轉換器

METHOD OF MANUFACTURING CAPACITIVE ELECTROMECHANICAL TRANSDUCER AND CAPACITIVE ELECTROMECHANICAL TRANSDUCER

(57)摘要

在電容性機電轉換器之製造方法中，在基底 (4) 上形成第一電極 (8)、在第一電極 (8) 上形成具有通至第一電極的開口 (6) 之絕緣層 (9)、以及在絕緣層上形成犧牲層。在犧牲層上形成具有第二電極 (1) 的隔膜 (3)，以及，在隔膜中設置孔洞以作為蝕刻劑入口。蝕刻犧牲層以形成穴 (10)，然後，密封作為蝕刻劑入口的孔洞。以電解蝕刻執行蝕刻，其中，使流電經由開口 (6) 及隔膜的孔洞而於第一電極 (8) 與外部配置的對立電極之間流動。



## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係關於作為超音波轉換器或類似者之電容性機電轉換器之製造方法，以及，關於電容性機電轉換器。

### 【先前技術】

近年來，大力地研發經由微機電製程製造的電容性機電轉換器（請參見日本專利申請公開號 2006-319712）。一般的電容性機電轉換器具有下電極、膜片（隔膜）、及上電極，膜片受支撐以與下電極保持給定距離，上電極配置於膜片的表面上。舉例而言，這是所知的電容性微機械超音波轉換器（CMUT）。

上述電容性微機械超音波轉換器使用重量輕的隔膜以傳送及接收超音波，以及，容易取得在液體中及空氣中具有優良的頻寬特徵電容性微機械超音波轉換器。CMUT 比傳統的醫療診斷提供更準確的診斷，因而開始引起注意作為可靠的技術。

將說明電容式微機械超音波的操作原理。為了傳送超音波，與微小的 AC 電壓重疊之 DC 電壓施加於下電極與上電極之間。這使得隔膜振盪，藉以產生超音波。當超音波被接收時，隔膜因超音波而變形，且變形造成下電極與上電極之間的電容改變，從電容改變偵測到訊號。

電容性機電轉換器的理論靈敏度與其電極之間的距離（間隙）的平方成反比（請參見 IEEE Ultrasonic

Symposium, 1997, p.1609-1618)。據說需要 100 nm 或更小的間隙以製造高度靈敏的轉換器，以及，CMUT 中的「間隙」近來已製成窄至  $2\ \mu\text{m}$  至 100nm 或更低。

在電容式機電轉換器中形成「間隙」之一般採用的方法包含設置與電極之間間隙一樣厚的犧牲層、在犧牲層的頂部上形成隔膜、然後移除犧牲層。此技術及類似的技術揭示於美國專利號 6,426,582、日本專利申請公開號 2005-027186、日本專利申請公開號 H06-021611、以及 2005 年 12 月出版之 IEEE Transaction on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, Vol. 52, No. 12 (第 2242 頁至 2258 頁)。

## 【發明內容】

如上所述，希望在電極之間設置窄間隙以提高電容性機電轉換器的機電轉換效率。關於如何提高機電轉換效率，上述的美國專利號 6,426,582 及日本專利申請公開號 2005-027186 也提供具體的建議。

但是，由於犧牲層（由例如 Si、SiO<sub>2</sub>、或金屬製成）的移除隨著「間隙」變得更窄而愈來愈困難，所以，在電極之間設定窄間隙並不足夠。舉例而言，如同上述 IEEE Transaction on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, Vol. 52, No. 12 (第 2242 頁至 2258 頁) 中所述般，在低溫下蝕刻製程耗費數日至一週。但是，延長浸泡在蝕刻劑中會損壞電容性機電轉換器的隔膜及降低生產率

。有一相對的方法，其升高溫度以將蝕刻率設得更高。但是，軟（機械強度強度）隔膜會被伴隨高溫蝕刻反應的汽泡打裂，因而可能會降低生產率。

由於蝕刻劑的有限擴散控制，所以，當電極之間的間隙窄時大面積的犧牲層的蝕刻因而生產力低。因此，希望實現高速蝕刻。假使蝕刻移除犧牲層所耗費的時間可以縮短，則轉換器生產的總產量可以增進。

蝕刻犧牲層要求提供入口以使蝕刻劑能夠從外部抵達犧牲層。當蝕刻劑入口尺寸較大且有更多的蝕刻劑入口時，換言之，當犧牲層的曝露表面較大時，蝕刻速率更高。但是，在微機電轉換器中提供大的孔或是很多孔作為蝕刻劑入口不利地影響原始機械結構的性能，且會衝擊轉換器的設計性能、使用壽命、穩定度、及可靠度。舉例而言，在電容性機電轉換器的隔膜中提供大的孔或很多孔會大幅地影響振盪部份的震動質量、應力、振盪部份、振盪節點、振盪位移、等等。因此，希望使電容性機電轉換器中的蝕刻劑的尺寸及數目最小。

在日本專利申請公開號 H06-021611 中揭示犧牲層的另一蝕刻方法，其中，藉由施加垂直方向磁場至蝕刻劑中流動的電流，以蝕刻上與下電極之間的犧牲層。但是，此方法需要犧牲層在其側面上具有大的曝露表面（蝕刻劑入口）以及在很多方向上曝露。當有一些蝕刻劑入口時或蝕刻劑入口的尺寸小時，此方法難以取得顯著的效果。

如同所述，爲了增進轉換器的性能，電容性機電轉換器需要形成薄且面積相當大的犧牲層。但是，此犧牲層的移除效率不佳且解決移除效率與轉換器的性能、穩定度、產量、等等之間的代價關係是重要的目的。本發明提供電容性機電轉換器的製造方法，以此方法，當「間隙」相當窄時，可以相當高速地蝕刻犧牲層，以及，提供構造成滿足該目的之電容性機電轉換器。

慮及上述問題，根據本發明，製造電容性機電轉換器的第一方法具有下述特點。第一電極形成於基底上，絕緣層形成於第一電極上，絕緣層具有通至第一電極的開口，犧牲層形成於絕緣層上，具有第二電極的隔膜形成於犧牲層上，以及，孔洞設置於隔膜中作爲蝕刻劑入口。然後，將犧牲層蝕刻以形成穴。然後，將作爲蝕刻劑入口的孔洞密封。此外，藉由電解蝕刻以執行蝕刻，在電解蝕刻中，使電流經由開口、犧牲層、及孔洞而在第一電極與外部設置的對立電極之間流動。

此外，慮及上述問題，根據本發明，製造電容性機電轉換器的第二方法具有下述特點。第一電極形成於基底上，絕緣層形成於第一電極上，犧牲層形成於絕緣層上，隔膜形成於犧牲層上，包含作爲蝕刻劑入口的孔洞之多個孔洞設於隔膜中，以及，第二電極設於隔膜上。然後，蝕刻犧牲層以形成穴，以及，密封作爲蝕刻劑的孔洞。此外，藉由電解蝕刻以執行蝕刻，在電解蝕刻中，使電流經由通至第二電極的隔膜之多個孔洞中至少之一、犧牲層、及作

為蝕刻劑入口的孔洞而在第二電極與外部設置的對立電極之間流動。

此外，慮及上述問題，根據本發明，第一電容性機電轉換器包含：基底；第一電極，形成於基底上；隔膜，由配置於基底上的支撐器支撐，離第一電極一距離，於隔離與第一電極之間形成穴；以及，第二電極，配置於隔膜上。此外，第一電極與第二電極中至少之一由絕緣層遮蓋，設置通至隔膜中的穴之孔洞，然後密封，以作為密封部，以及，在絕緣層中形成通至形成的第一電極及第二電極之一的孔洞。

此外，慮及上述問題，根據本發明，第二電容性機電轉換器包含多個轉換器部，每一轉換器部包含：基底；第一電極，形成於基底上；隔膜，由配置於基底上的支撐器支撐，離第一電極一距離，於隔膜與第一電極之間形成穴；以及，第二電極，配置於隔膜上。然後，第一電極與第二電極中至少之一由絕緣層遮蓋，設置通至多個轉換器部之中的一轉換器部的隔膜中的穴之孔洞然後密封，以作為密封部。此外，在不同於第一轉換器部的第二轉換器部的絕緣層中形成通至第一電極及第二電極之一的孔洞，以及，第一轉換器部的穴與第二轉換器部的穴經由設在第一轉換器部與第二轉換器部之間的連接埠而相連。

根據本發明的製造方法，其中，形成如上所述的孔洞，以相當高的速度蝕刻犧牲層而不視有限擴散控制而定，以及，以較佳方式形成穴。更具體而言，經由第一電極或

第二電極的陽極電極而不用顯著地增加開口或孔洞的尺寸或數目，蝕刻速率即可以穩定地保持固定，或固定在高水準。如此，即使在大面積電容性機電轉換器（舉例而言，CMUT）及具有多個轉換器部的陣列電容性機電轉換器中，仍能增進生產力（舉例而言，縮短的製造時間、良率）及性能（舉例而言，轉換器性能的均勻性、增強的轉換器靈敏度）。

此外，從參考附圖的舉例說明的實施例之下述說明，將清楚本發明進一步的特點。

## 【實施方式】

於下，將說明本發明的實施模式。圖 1 是剖面視圖，顯示根據本發明的實施模式之電容性機電轉換器的基本結構。

在基底 4 上，設置第一絕緣膜 5，接著，配置具有低電阻的下電極 8。形成於下電極 8 上的隔膜支撐器 2 支撐隔膜 3，並經由含有開口 6 之第二絕緣膜 9 而固定至基底 4。形成由基底 4、隔膜 3、及隔膜支撐器 2 圍繞的穴（空間）10。下電極 8 經由開口 6 曝露至穴 10。製造經過墊 7 之對下電極 8 的電連接。

上電極 1 配置於隔膜 3 的頂表面上或內部。上電極 1 形成為面對下電極 8 及形成本實施例的電容性機電轉換器。上電極 1 的墊未顯示於圖 1 中。

通常為了提升電容性機電轉換器的機電轉換器係數，

當轉換器操作時，DC 偏壓電壓需要施加於上電極 1 與下電極 8 之間。DC 偏壓電壓的作用造成靜電吸力以拉動上電極 1，造成在隔膜 3 的中心向下位移。但是，一旦 DC 偏壓電壓超過給定電壓，則隔膜 3 造成及成爲與第二絕緣膜 9 接觸（亦即崩潰），降低抗原始意圖之機電轉換係數。此給定電壓稱爲崩潰電壓。偏壓電壓被調整以避免崩潰。

如上所述，本實施模式的電容性機電轉換器包含基底 4、下電極 8、隔膜 3、及上電極 1，下電極 8 是形成於基底上的第一電極，隔膜 3 由形成於基底上的支撐器 2 支撐，離第一電極一距離，以及，含有形成於其中的穴 10，上電極 1 是配置於隔膜上的第二電極。第一電極 8 與第二電極 1 中至少之一由絕緣層（由代號 3 或 9 表示）遮蓋。隔膜 3 設有密封部，藉由設置通至穴 10 之孔洞並接著密封而設置密封部。通至第一電極或第二電極的孔洞形成於絕緣層中。在圖 1 的模式中，通至第一電極 8 的開口 6 形成於絕緣層 9 中。在稍後說明之包含圖 5A 及 5B 中所示的實施例之多個實施例中，通至第二電極 1 的孔洞 24 形成於隔膜 3 中，隔膜 3 是絕緣層。

藉由下述製造方法，製造如上所述構造的電容性機電轉換器。第一電極 8 形成於基底 4 上。絕緣層 9 形成在第一電極上，在絕緣層 9 中，通至第一電極的開口 6 是開通的。犧牲層形成於絕緣層上。具有第二電極 1 的隔膜 3 形成於犧牲層上。在隔膜中設置孔洞作爲蝕刻劑入口。蝕刻

犧牲層以形成穴 10，以及，密封作為蝕刻劑入口的孔洞。以電解蝕刻，執行上述蝕刻，在電解蝕刻中，使電流經由開口 6、犧牲層、及孔洞而在第一電極 8 與外部配置的對立電極之間流動。開口 6 及孔洞希望儘可能彼此遠離。

也可以採用下述製造方法（請參見圖 5A 及 5B）。第一電極 8 形成於基底 4 上。絕緣層 9 形成於第一電極上。犧牲層形成於絕緣層上。包含作為蝕刻劑入口的孔洞之多個孔洞 24 在隔膜中是開通的。第二電極 1 設於隔膜上。蝕刻犧牲層以形成穴 10，以及，密封作為蝕刻劑入口的孔洞以形成密封部 20。以電解蝕刻，執行上述蝕刻，在電解蝕刻中，使電流經由隔膜中開通且通至第二電極的孔洞 24、犧牲層、及作為蝕刻劑入口的孔洞，而於第二電極 1 與外部配置的對立電極之間流動。而且，在此方法中，通至第二電極 1 的孔徑及作為蝕刻劑入口的孔洞希望儘可能彼此遠離。

如圖 1 所示，電容性機電轉換器可以構造成包含多個轉換器部。每一轉換器部具有基底 4、第一電極 8、隔膜 3、及第二電極 1，第一電極 8 形成於基底上，隔膜 3 由形成於基底上的支撐器 2 支撐，離第一電極一距離，以及，含有穴 10，第二電極 1 配置於隔膜上。第一電極 8 與第二電極 1 中至少之一由絕緣層遮蓋（以代號 3 或 9 表示）。如圖 10A 及 10B 所示，第一轉換器部的隔膜設有密封部 20，藉由設置通至穴 10 的孔洞並接著將其封閉而設置密封部 20。在與第一轉換器部分開的第二轉換器部的

絕緣層中形成通至第一電極或第二電極之孔洞（以代號 6 或 24 表示）。第一轉換器部的穴與第二轉換器部的穴經由設在轉換器部之間的連接埠 25 而彼此連接。

以下述製造方法，製造電容性機電轉換器，其構造成包含多個裝置部。經由通至第一電極或第二電極的孔洞、經由形成為圍繞第一及二轉換器部中的穴及圍繞連接埠 25 之犧牲層、以及經由作為蝕刻劑入口的孔洞，執行電解蝕刻。在此電解蝕刻中，使電流在第一電極或第二電極與外部配置的對立電極之間流動，以及，蝕刻犧牲層以總體地形成第一轉換器部的穴及第二轉換器部的穴。而且，在此方法中，通至第一電極或第二電極的孔洞及作為蝕刻劑入口的孔洞希望彼此儘可能遠離。

根據本實施模式的製造方法，藉由電解蝕刻，以相當高的速度蝕刻犧牲層而不用視有限擴散控制而定，以及，以較佳方式，將穴形成為足夠薄。更具體而言，經由第一電極或第二電極的陽極電壓但未增加開口或孔洞的尺寸或數目很多，蝕刻速率即可以穩定地保持固定、或固定在高水準。如此，即使在大面積電容性機電轉換器及陣列電容性機電轉換器中，仍然可以達成縮短的製造時間、均勻的轉換器性能、增強的轉換器靈敏度、及增進的良率。

（實施例）

於下，將參考圖式，說明本發明的實施例。

圖 2A 至 2N 是剖面視圖，用於說明根據本發明的第

一實施例之電容性機電轉換器製造方法的步驟。為了使下述說明簡明起見，「圖型化製程」意指以所述次序執行之從包含塗敷光阻於基底上、乾燥、曝光、及顯影之微影製程至蝕刻製程、光阻移除、基底清洗、及乾燥製程之所有製程步驟。本實施例以基底 4 為 Si 之情形為例說明，但可以使用它材料作為基底。舉例而言，可以使用 SiO<sub>2</sub> 基底或藍寶石基底。

首先，在本實施例的製造方法中，如圖 2A 所示般，製備及清洗 Si 基底 4。接著，如圖 2B 所示，將基底 4 置於熱氧化爐中以形成矽氧化物膜，矽氧化物膜形成第一絕緣膜 5。為了使機電轉換器中的寄生電容保持低，第一絕緣膜 5 的厚度較佳地為 100 nm 或更厚，更佳地，500 nm 或更厚，以及，最佳地為 2,000 nm 或更厚。形成第一絕緣膜 5 的氧化矽膜可以由其它絕緣方法取代。舉例而言，可以形成氮化物膜，或者，可以設定用於逆向偏壓的 PN 接面井。

如圖 2B 所示，以低壓化學汽相沈積 (LPCVD)，在第一絕緣膜 5 (氧化矽膜) 上形成摻雜的多晶矽膜。經過摻雜的多晶矽膜作為下電極 8，下電極 8 是本轉換器的第一電極。下電極 8 藉由第一絕緣膜 5 而與基底 4 電絕緣。較佳地降低下電極 8 的電位降，以在稍後步驟中的犧牲層之電解蝕刻期間，將蝕刻速率保持固定在高水準。下電極 8 的片電阻因而較佳地為 20.0 Ω / □ 或更低、更佳地為 5.0 Ω / □ 或更低、最佳地為 1.0 Ω / □ 或更低。在本實施例中

，下電極 8 是第一電極，其因而為形成於基底表面上的導電膜。

接著，如圖 2C 所示，使用  $\text{CF}_4$  氣體電漿或氟氣電漿，以乾蝕刻將下電極 8（經過摻雜的多晶矽）圖型化。

接著，如圖 2D 所示，以 LPCVD、或電漿增強化學汽相沈積（PECVD）、或濺射法，形成  $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜作為第二絕緣膜 9。下電極 8 的材料不限於經過摻雜的多晶矽，可以是其它低電阻材料。其它部份的實施例包含經過摻雜的單晶矽基底、經有摻雜的井區作為下電極之單晶矽基底、經過摻雜的非晶矽、氧化物半導體、及允許相對於稍後說明的犧牲層 11 為選擇性蝕刻的金屬（舉例而言，抗蝕刻金屬）。

接著，如圖 2E 所示，藉由使用  $\text{CF}_4$  氣體電漿之乾蝕刻，將作為第二絕緣膜 9 的  $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜圖型化，藉以在第二絕緣膜 9 中形成通至下電極 8 之開口 6。開口 6 設於本實施例中稍後說明的穴之端部上，但是，如稍後所述般，可以採用其它配置。

接著，如圖 2F 所示，形成及圖型化犧牲層 11。較佳地降低犧牲層 11 中的電位降，以在後續之犧牲層 11 的電解蝕刻期間，將蝕刻速率穩定地保持固定。考慮到目前的微機械技術所能製造的轉換器的尺寸，犧牲層 11 的電阻率較佳地為  $10^{-1} \Omega \cdot \text{cm}$  或更低，更佳地為  $10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$  或更低，以及，最希望為  $10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$  或更低。因此，金屬是最受喜好之犧牲層 11 的材料。

本實施例使用濺射法形成的 Cu 膜作為犧牲層 11。以濕蝕刻來圖型化 Cu 膜。可以用於此圖型化的銅蝕刻劑是含有  $\text{FeCl}_3$ （舉例而言，Transene 公司製造的 CE-200 蝕刻劑）的蝕刻劑、或是含有  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ （舉例而言，Transene 公司製造的 ASP-100 蝕刻劑）的蝕刻劑。為了增強犧牲層 11 的黏著性，較佳地，正好在形成銅膜之前，形成厚度約 2 nm 至 15 nm 的 Ti 膜。

犧牲層 11 的厚度決定此結構之最後的電極間距離（下述上電極 8 與上電極之間的距離）。當犧牲層 11 變薄時，轉換器的機電轉換係數變高。但是，太短的電極間距離增加崩潰危險。因此，犧牲層 11 的厚度較佳地從 5 nm 至 4,000 nm，更佳地從 10 nm 至 1,000 nm，最佳地，從 20 nm 至 500 nm。

接著，如圖 2G 所示，以 PECVD 形成  $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜作為隔膜 3。由於開口 6 及犧牲層 11 提供水平差，所以，當形成隔膜 3 時，同時形成隔膜支撐器 2 及隔膜 3 的凹部 23。從圖 2G 中可見，隔膜 3 的凹部 23 形成於開口 6 的右上方而無例外。在隔膜 3 具有介電物質之情形中，可以從例如  $\text{Si}_x\text{N}_y$  膜、 $\text{Si}_x\text{O}_y$  膜、 $\text{SiN}_x\text{O}_y$  膜、 $\text{Y}_2\text{O}_3$  膜、 $\text{HfO}$ 、及  $\text{HfAlO}$  等介電材料中選擇至少一型式以用於隔膜 3。

如圖 2H 所示，上電極 1 形成於隔膜 3 上並圖型化。在本實施例中，上電極 1 是由選自金屬、低電阻非晶矽、及低電阻氧化物半導體中的一型式的材料所形成的膜。

接著，如圖 2I 所示，藉由電漿增強化學汽相沈積（

PECVD)，形成  $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜作為第三絕緣膜 12。形成第三絕緣膜 12 以保護轉換器。因此，作為第三絕緣膜 12 的  $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜可以由  $\text{SiO}_2$  膜、 $\text{SiO}_x\text{N}_y$  聚合物樹脂膜（舉例而言，聚二甲基矽氧烷（PDMS）膜或聚對二甲苯膜）或類似者所取代。

接著，如圖 2J 所示，藉由使用  $\text{CF}_4$  氣體電漿的乾蝕刻，蝕刻作為隔膜 3 的  $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜、第二絕緣膜 9、及第三絕緣膜 12。如此，形成蝕刻劑入口 13 及下電極 8 的墊 7，蝕刻劑入口 13 是隔膜 3 的孔洞。藉由  $\text{CF}_4$  氣體電漿，微小的乾蝕刻是可能的，以及，可以形成下電極 8 的墊 7 而不會損害下電極 8。以犧牲層 11 作為蝕刻阻擋層，藉由  $\text{CF}_4$  氣體電漿蝕刻，形成蝕刻劑入口 13。

接著，如圖 2K 所示，藉由使用導電環氧樹脂或打線接合，在下電極 8 的墊 7 上設置電耦合器 15。電耦合器 15 的外表面由要與外部絕緣的矽樹脂遮蓋。接著，電壓源 17 經由電線 16 而將電壓施加於電解蝕刻劑中的對立電極 18（陰極）與下電極 8 之間。對立電極 18 的較佳材料是 Pt、Ni、C 或類似者。犧牲層 11 在此點經由開口 6 而電連接至下電極 8。犧牲層 11（Cu）是低電阻材料，其電位降相當小。犧牲層 11 的電位與下電極 8 的電位因而具有相同的值。因而建立犧牲層 11 和下電極 8 為陽極而對立電極 18 為陰極的電路。

注意，藉由省略例如參考電極、電流計、電壓計、庫侖計、及可變電阻等通常用以穩定電解蝕刻條件的的構件

，以簡化圖 2K。

在建立上述電路結構之後，如圖 2K 及 2L 所示，當轉換器浸於電解蝕刻劑中之後，電解蝕刻反應從蝕刻劑入口 13 開始。在犧牲層 11 薄且由濕蝕刻蝕刻而未使用電解反應的情形中，有限擴散控制立即停止蝕刻。但是，根據本實施例的電解蝕刻方法，可以在相當短的時間內移除向下達到開口 6 之犧牲層 11 (Cu)，開口 6 通至下電極 8。電解蝕刻劑條件顯示於下述表 1 中：

表 1

成份	份量
$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2.5\text{H}_2\text{O}$	0.5 g
$\text{NH}_4\text{OH}$ (濃度比:14.8 N)	20 ml
$\text{H}_2\text{O}$	30 ml

上述電解蝕刻劑可以其它中性電解液替代，例如 NaCl 溶液。

為了降低電解蝕刻製程中產生的汽泡，由電壓源 17 施加於犧牲層 11 與對立電極 18 之間的電壓的平均電壓值較佳地從 1V 至 10V，更佳地從 3V 至 5V。此電壓的頻率較佳地從 DC 至 10 MHz，更佳地從 100 Hz 至 100 kHz。

為了防止犧牲層 11 再沈積，施加於犧牲層 11 與對立電極 18 之間的電壓的最低值較佳地為 -2V 或更高，更佳地為 0V 或更高。

在完成上述電解蝕刻之後，以去離子水清洗基底以及

將其乾燥。在此階段電壓源 17 與電耦合器 15 及部份電線 16 可以移除，或者，在後續步驟未包含在 200°C 或更高溫度下執行的製程之情形中，可以留在原地。本實施例說明電耦合器 15 及部份電線 16 被移除的情形。

接著，如圖 2M 所示，以 PECVD 形成  $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜。此  $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜密封蝕刻劑入口 13 以形成密封部 20。密封製程可以替代地使用選自 CVD 或物理汽相沈積（PVD）所形成的氮化物膜、氧化物膜、氮氧化物膜、及聚合物樹脂膜中的一型式的膜。此製程所使用的膜被視為第三絕緣膜 12 的一部份。

密封部 20 將穴 10 密封，因此，密封  $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜的厚度較佳地為犧牲層 11 的厚度的一半或更厚，更佳地，等於犧牲層 11 的厚度或更厚。經由此密封製程，形成緊密地密封的穴 10。

在 PECVD 製程中的壓力通常從 0.1 托（Torr）至數托。在使用 PECVD 形成的  $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜來密封之情形中，大氣壓力向下施壓至隔膜 3，以及，使隔膜 3 變形成凹狀。藉由 PECVD 膜形成裝置的點火電極配置、放電頻率、氣體成份、及溫度，可以調整 PECVD 形成的  $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜上的應力。當此應力具有壓縮特性時，可能使隔膜 3 成為凸狀。圖 2M 中所示的隔膜 3 是水平的。

密封  $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜可以由  $\text{SiO}_2$  膜、 $\text{SiO}_x\text{N}_y$  膜、或聚合物樹脂膜取代。特別地，可以在低溫下形成例如聚二甲基矽氧烷（PDMS）膜或聚對二甲苯膜等聚合物樹脂膜，因而

允許電耦合器 15 及部份電線 16 留在原地。

最後，如圖 2N 所示，再度圖型化下電極 8 的墊 7，以完成本實施例的電容性機電轉換器製程。為了使圖 2N 簡明起見，也是在此點藉由圖型化而形成的上電極 1 的墊未顯示於圖 2N 中。

藉由將絕緣  $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜用於圖 2G 的隔膜 3、圖 2I 的第三絕緣膜 12、及形成密封部 20 之圖 2M 的密封膜，以使本實施例的說明簡明。當相同的絕緣材料用於隔膜 3 及第三絕緣膜 12 時，整合成一體的隔膜 3 及第三絕緣膜 12 可以整體地被視為隔膜。

圖 7A 是立體平面視圖，顯示由上述製造方法製造的本實施例之之電容性機電轉換器的結構實施例。圖 7A 中所示的穴 10 是長方形的，但是，穴 10 可以替代地具有方形、圓形、或多邊形。在任一情形中，在本實施例中，通至下電極 8 的第二絕緣膜 9 的開口 6 置於穴及蝕刻劑入口 13 的一端，或者，密封部 20 設置於穴的另一端。陽極（下電極 8）與犧牲層 11 之間的接點位於離蝕刻劑入口（或入口組）最遠處或是足夠遠處，因此，蝕刻遍及整個犧牲層均勻地進行。

圖 7B 及圖 8 是透視平面視圖，顯示當穴 10 是圓形時本實施例的電容性機電轉換器的結構實施例。在圖 7B 的實施例中，蝕刻劑入口 13 或密封部 20 設置於穴的中心，以及，通至下電極 8 之第二絕緣膜 9 的開口 6 配置為橫越穴的週圍。此配置在圖 8 的實施例中相反。在這些實施例

中，第二絕緣膜 9 的開口 6 或是延著穴 10 的週圍設置之蝕刻劑入口 13 不限於圖 7B 及圖 8B 中所示的數目及形狀，以及，應設計成適於各別情形。

圖 9A 及 9B 是透視平面視圖，顯示結構實施例，其中，上述電容性機電轉換器形成轉換器部，以及，多個轉換器部配置成陣列。此處，顯示三個相鄰的穴 10。在圖 9A 的實施例中，蝕刻劑入口 13 或密封部 20 設置於結構的中心，以致於共用蝕刻劑入口 13 或密封部 20，對最遠離結構中心的點處之每一穴 10，設置通至下電極 8 的第二絕緣膜 9 的開口 6。在圖 9B 中此配置相反。

在圖 9A 的實施例中，藉由電解蝕刻穿過共用的蝕刻劑入口 13，在製程中蝕刻多個轉換器部的犧牲層 11。在圖 9B 的實施例中，藉由電解蝕刻穿過各別的蝕刻劑入口 13，在製程中蝕刻多個轉換器部的犧牲層 11，而通至下電極 8 的第二絕緣膜 9 中的開口 6 由三個共用。

根據本實施例的製造方法，開口或通孔形成於足夠距離處，藉由電解蝕刻，相當高速地蝕刻薄的犧牲層，但不用視有限擴散控制而定且不用顯著地增加開口或孔洞的尺寸及數目。因而以較佳方式形成薄穴。更具體而言，經由第一電極的陽極電壓，可以將蝕刻速率穩定地保持固定或固定在高水準。

## 第二實施例

圖 3A 是剖面視圖，顯示根據本發明的第二實施例之

電容性機電轉換器的結構。在本實施例中，基底 4 作為下電極 8。本實施例的轉換器製造大部份與第一實施例相同，但是，由於未安裝第一實施例的下電極 8（第一電極）及第一絕緣膜 5，所以更簡單。

在基底 4 本身作為下電極 8 的本實施例中，轉換器電路中的串聯電阻應降低以升高轉換器的偵測電流。因此，作為下電極 8 的基底 4 之片電阻較佳地為  $1.0 \Omega / \square$  或更低，更佳地為  $0.1 \Omega / \square$  或更低，最佳地為  $0.02 \Omega / \square$  或更低。圖 3A 未顯示作為下電極 8 的特定區。此基底 4 可以由用於轉換器的電隔離之深反應離子蝕刻（DRIE）所蝕刻。在本實施例中，至少在表面上是低電阻的基底也作為第一電極。

雖然圖 3A 顯示下電極 8 的墊 7 由穴 10 配置之實施例，但是，下電極 8 的墊 7 可以置於基底 4 的後表面上。其餘的與第一實施例相同。

### 第三實施例

圖 3B 是剖面視圖，顯示根據本發明的第三實施例之電容性機電轉換器的結構。在本實施例中，設置穿透基底 4 之穿透導線導電部 22。本實施例的轉換器製程大部份與第一實施例相同。

以同於熱氧化形成之第一絕緣膜 5 的方式，形成穿透導線導電部 22 的絕緣部 21。類似於下電極 8，以 LPCVD，從經過摻雜的多晶矽形成穿透導線導電部 22。如圖 3B

所示，下電極 8 的墊 7 因而被外引至基底 4 的後表面。

雖然顯示本實施例的圖 3B 顯示穿透導線導電部 22 連接至下電極 8 之模式，但是，可以採用不同的佈線模式，其中，穿透導線導電部 22 未與下電極 8 接觸但連接至上電極 1。其餘部份與第一實施例相同。

#### 第四實施例

圖 4A 是剖面視圖，顯示根據本發明的第四實施例之電容性機電轉換器的結構。在本實施例中，通至下電極 8 之第二絕緣膜 9 中的開口 6 是在穴 10 的中心，以及，密封部 20 或蝕刻劑入口是在穴 10 的週圍上。本實施例的轉換器製程大部份與第一實施例相同。

從顯示本實施例的圖 4A 中可見，隔膜 3（包含保護膜 12）的凹部 23 自然地形成於通至下電極 8 的第二絕緣膜 9 中的開口 6 的右方上。

圖 8 是透視平面視圖，顯示本實施例的電容性機電轉換器的結構實施例。在本實施例中，置於穴 10 的週圍上的密封部 20 或蝕刻劑入口 13 不限於圖 8 中所示的數目及形狀，以及，應設計成適於各別情形。其餘部份與第一實施例中相同。

#### 第五實施例

圖 4B 是剖面視圖，顯示根據本發明的第五實施例之電容性機電轉換器的結構。在本實施例中，通至下電極 8

之第二絕緣膜 9 的開口 6 是在穴 10 的週圍上，以及，密封部 20 或蝕刻劑入口是在穴 10 的中心上。本實施例的轉換器製程大部份與第一實施例相同。

圖 7B 是透視平面視圖，顯示本實施例的電容性機電轉換器的結構實施例。在本實施例中，置於穴 10 的週圍上的第二絕緣膜 9 中的開口 6 不限於圖 7B 中所示的數目及形狀，以及，應設計成適於各別情形。其餘部份與第一實施例中相同。

#### 第六實施例

圖 5A 是剖面視圖，顯示根據本發明的第六實施例之電容性機電轉換器的結構。在本實施例中，密封部 20 或蝕刻劑入口是置於穴 10 的一端上，以及，通至上電極 1 之開口 24 是設於穴 10 的另一端上。當在隔膜 3 的側上形成通至上電極 1 的開口 24 時，開口 24 由同於用於構成第一實施例的第二絕緣膜 9 之氮化物膜的圖型化製程圖型化。

在本實施例的結構中，上電極 1 的墊 14 也電耦合至上電極 1，而能夠電解蝕穿上電極墊 14。爲了使圖式簡明，在上電極 1 與上電極墊 14 之間的電線未顯示於圖 5A 中。

本實施例的下電極 8 由第二絕緣膜 9 遮蓋。本實施例中的密封部 20 是如同第一實施例中蝕刻劑入口 13 被密封的部份。其餘部份與第一實施例相同。

### 第七實施例

圖 5B 是剖面視圖，顯示根據本發明的第七實施例之電容性機電轉換器的結構。在本實施例中，通至上電極 1 的隔膜 3 中的開口 24 在穴 10 的中心。本實施例的轉換器的製程大部份與第六實施例相同。爲了使圖式簡明起見，圖 5B 也未顯示上電極 1 與上電極墊 14 之間的電線。

圖 8 是透視平面視圖，顯示本實施例的電容性機電轉換器的結構實施例。在本實施例中，設於穴 10 的週圍上的密封部 20 或蝕刻劑入口 13 未限於圖 8 中所示的數目及形狀，以及，應被設計成適於各別情形。其餘部份與第一實施例相同。

### 第八實施例

圖 6 是剖面視圖，顯示根據本發明的第八實施例之電容性機電轉換器的結構。在本實施例中，通至上電極 1 的隔膜 3 中的開口 24 在穴 10 的週圍上。本實施例的轉換器的製程大部份與第六實施例相同。爲了使圖式簡明起見，圖 6 也未顯示上電極 1 與上電極墊 14 之間的電線。

圖 7B 是透視平面視圖，顯示本實施例的電容性機電轉換器之結構實施例。在本實施例中，設於穴 10 的週圍上及通至上電極 1 的隔膜 3 中的開口 24 不限於圖 7B 中所示的數目及形狀，以及，應設計成適於各別情形。其餘部份與第一實施例相同。

雖然上述圖 1 至 6 顯示圍繞二相鄰的轉換器部之穴 10 的結構，藉由在基底上規律地或週期地配置那些圖式中所示的各別結構原理的轉換器部份，在每一實施例中，也可以製造大面積轉換器陣列。陣列的結構及製造方法基本上與上述相同，以及，從上述說明中顯然可知。

圖 9A 及 9B 是類似的結構實施例的透視平面視圖，顯示三相鄰的轉換器部的穴 10。在這些結構實施例中，也藉由在基底上規律地或週期地配置上述圖式中所示的各別結構原理的轉換器部，以製造大面積轉換器陣列。

在上述實施例中的振盪部是疊層膜，疊層膜含有隔膜 3、上電極 1、第三絕緣膜 12、密封膜、及其它。雖然例如保護膜 12 在上述實施例中為了容易說明而被說明為與隔膜 3 分開的膜，但是，正好在上電極 1 之下的膜可以被視為絕緣膜，以第三絕緣膜 12 及其它作為隔膜 3 的一部份。因此，在說明中能夠將隔膜 3 的與第三絕緣膜 12 的空間配置相反。舉例而言，圖 3A 及 3B 中的代號 3 代表第三絕緣膜，而圖 3A 及 3B 中的代號 12 代表隔膜。

#### 第九實施例

圖 10A 及 10B 是透視平面視圖，顯示根據本發明的第九實施例之電容性機電轉換器的結構實施例。此處，轉換器部的穴 10 配置成陣列以及連接埠 25 設於相鄰穴 10 之間。換言之，含有連接埠連接第一穴與第二穴之結構。

如圖 10A 及 10B 所示，密封部 20 或蝕刻劑入口 13

置於轉換器陣列的一端，而絕緣層開口 6 或 24 置於轉換器陣列的另一端，以及，孔洞或連接埠 25 形成於轉換器部的隔膜支撐器 2 中。

根據本實施例，當轉換器部平行地配置於基底上時（圖 10A 的實施例）或串列配置時（圖 10B 的實施例），建立從蝕刻劑入口 13 至通至電極（陽極）的絕緣膜開口 6 或 24 之蝕刻劑通道。因此，可以高速穩定地蝕刻犧牲層。舉例而言，所造成的效果是形成於隔膜 3 中的孔洞數目減少並因而造成電容性機電轉換器更穩定的機械特徵。

在製造大面積轉換器陣列時，多個轉換器部份的配置不限於圖 10A 及 10B 的配置實施例，以及，轉換器部可以可撓地配置以適合各別情形。其餘部份與第一實施例相同。

#### 第十實施例

圖 11A 至 11C 是透視平面視圖，顯示根據本發明的第十實施例之電容性機電轉換器的結構實施例。圖 11A 顯示一結構，其中，如第九實施般，連接埠 25 設於相鄰穴 10 之間，以及轉換器部的多個穴 10 以單列配置。換言之，含有連接埠連接第一穴與第二穴之結構。與第九實施例不同之處在於相較於第九實施例每列有更多相鄰的穴，以及，均包含這些多個穴的多個穴列 26 形成為彼此相鄰。

如圖 11A 所示，密封部 20 或蝕刻劑入口 13 設於轉

換器列的一端，而絕緣層開口 6 或 24 設於轉換器陣列的另一端，以及，孔洞或連接埠 25 形成於轉換器部的隔膜支撐器 2 中。

如圖 11B 所示，由上述連接流路鏈結之均具有穴的穴列 26 彼此平行地配置。

在設計轉換器時，如圖 11B 所示之平行配置的穴列 26 之聚集稱為單一元件 27。構成單一元件的轉換器的上電極製成電氣上彼此共通，而轉換器的下電極類似地製成彼此共通。如此結構，單一元件在超音波影像中作為單一像素。這些元件二維地配置成多列以由取自元件集合的電訊號形成超音波影像。在圖 11B 中，較佳地，單一集合體 26 是由上述連接埠（也稱為流路）鏈結的多個穴的組，每一單一集合體 26 各別地使用流路。但是，以連接埠連接相鄰的穴列 26，也能夠建立遍及單一元件的共同流路。

圖 11C 是概念圖，其中，圖 11B 的單一元件配置成陣列，具有二維地配置的第  $n$  個元件 28 及第  $(n+1)$  個元件 29。本發明又能夠具有由元件陣列形成的 3D（三維）超音波影像。

在製造大面積轉換器陣列時，多個轉換器部的配置不限於圖 11A 至 11C 的配置實施例，以及，可以使用任何配置以符合需求。

第十一實施例

圖 12A 至 12C 是剖面視圖，顯示根據本發明的第十一實施例之電容性機電轉換器的結構。

本實施例顯示之實施例中，以穿透方式設置蝕刻劑入口 13 以從基底的後表面抵達犧牲層。

在本實施例的轉換器製程中，除了在犧牲層 11 被移除前，藉由深反應離子蝕刻（RIE），從基底 4 的後表面形成蝕刻劑入口 13 之外，圖 12A 中所示的第一製程步驟與第六實施例均與圖 5A 相同。

以  $\text{SF}_6$  氣體電漿蝕刻基底 4（舉例而言，Si 晶圓）以及以第一絕緣膜（舉例而言，熱氧化物膜 5）作為蝕刻停止層以停止蝕刻，以形成蝕刻劑入口 13。接著，執行使用  $\text{CHF}_3$  氣體、 $\text{CF}_4$  氣體、等等之電漿蝕刻，以蝕刻第一絕緣膜（舉例而言，熱氧化物膜 5）、下電極（舉例而言，由雜質重度摻雜的矽）、及第二絕緣膜（舉例而言， $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜）直到抵達犧牲層為止（例如銅）。

後續的步驟與第一實施例相同，以及，如圖 12B 所示，藉由電解蝕穿及乾燥蝕刻劑入口 13，移除犧牲層 11。

在執行電解蝕刻製程時，上電極 1 經由上電極墊 14 而連接至電源（恆壓器）的節點。基底 4 接著浸於上述電解蝕刻劑中，以及，藉由從基底 4 的後表面開始之 RIE，電解蝕刻劑流入蝕刻劑入口 13。之後，使電流在上電極 1 以及與外部上的電解蝕刻劑相接觸的對立電極之間流動，以及，與上電極 1 接觸的犧牲層 11 由電解蝕刻所蝕刻。

下電極 8 曝露至電解蝕刻劑，但是，由於沒有電位施

加於下電極 8，所以，不會被蝕刻。

最後，如圖 12C 所示，在基底 4 的後表面上形成具有電絕緣特性的單層作為密封膜 30（舉例而言， $\text{Si}_3\text{N}_4$  或  $\text{SiO}_2$ ），以將穴 10 密封。

為了完全地密封開口，密封膜 30 的厚度較佳地等於犧牲層 11 的厚度或更厚，更佳地，為犧牲層 11 的厚度的 1.2 倍或更厚。

如同本實施例中般在基底的後表面上設置蝕刻劑入口，則不需要在電容性機電轉換器的頂側（特別地，隔膜）上設置密封部。如此，增進前表面上的電容性機電轉換器的平坦度。此外，在隔膜中無密封部之事實大幅地增進轉換器的使用壽命及可靠度。

圖 13A 至 13K 是剖面視圖，說明根據本發明的第十二實施例之電容性機電轉換器的製程步驟。

本實施例的轉換器製程類似於第一實施例的轉換器製程。與第一實施例不同之處在於使用具有絕緣特性的基底（舉例而言，玻璃）以取代導電基底。

如圖 13A 所示，製備及清楚基底 4（舉例而言，具有 4 吋直徑的玻璃基底）。接著，如圖 13B 所示般，設置穿透基底 4 的穿透導線導電部 22。

具有基底穿透導線的基底可為商業上可取得的。舉例而言，當使用感光玻璃（PEG3，HOYA 公司的產品）時，打開基底穿透孔並藉由電鍍而以金屬（Cu 或 Ni）填充。在形成金屬穿透導線之後，以化學機械拋光（CMP）來拋

光基底表面，以形成具有基底穿透導線的基底。對於本發明的電容性轉換器的性能而言，基底的表面粗糙度是非常重要的，以及，平均表面粗糙度 Ra 較佳地為 10 nm 或更小，更佳地為 2 nm 或更小。關於電導線的步階遮蓋，基底穿透導線 22 的曝露表面與基底 4 的表面之間的水平差較佳地為 1  $\mu$  m 或更小，更佳地為 0.2  $\mu$  m 或更小。

替代地，以 DRIE 蝕刻及穿透矽基底，以藉由熱氧化或低壓化學汽相沈積（LPCVD）而形成基底穿透導線導電部 22。在此情形中，藉由熱氧化，形成穿透導線導電部 22，以及，藉由 LPCVD，也從經過摻雜的多晶矽，形成穿透導線導電部 22。本實施例以上述玻璃基底為例說明。

圖 13C 至 13F 的膜形成、圖型化、蝕刻、及其它製程與第一實施例中所述的圖 2A 至 2N 的對應製程相同。接著，如圖 13G 所示，在基底的後表面上形成例如 Ti 的單層以作為導電膜 37（100 nm 厚）。接著使用一側蝕刻工模（未顯示）以形成電連接，以致於基底 4 的後表面上的導電膜 37 與工作電極 34 接觸。之後，如同在第一實施例中，將基底浸於電解液中，藉由電解蝕穿導電膜 37 及基底穿透導線導電部 22，以蝕刻與下電極 8 接觸的犧牲層 11。

後續步驟與第一實施例中相同，以及，如圖 13H 所示，在電解蝕刻之後，執行乾燥製程，以形成通至空氣的穴 10。

下一步驟與第一實施例中相同，以及，如圖 13I 所示，藉由 PECVD，以例如  $\text{SiN}_x$  或  $\text{SiO}_2$  等絕緣膜，密封蝕刻劑入口 13，以形成密封部 20。接著，以 RIE 打開孔洞以形成連接導線部 38，連接導線部 38 連接基底穿透導線及上電極。如圖 13J 所示，藉由形成及圖型化金屬層，形成連接上電極 1 及基底穿透導線 22 之導線部 38。

下一步驟與第一實施例中相同，以及，如圖 13K 所示，在上電極 1 的頂部上設置具有絕緣特性的保護膜 12。最後，將基底 4 的後表面上的導電膜 37 圖型化，以在基底的後表面上形成基底穿透導線墊 39。如圖 13K 所示，下電極 8 及上電極 1 因而可以外引至基底 4 的後表面。特別是在高密度轉換器陣列的製造中，此方法是重要的。

雖然顯示本實施例的圖 13K 顯示穿透導線導電部 22 連接至下電極 8 及上電極 1 之模式，但是，可以採用不同的導線模式，其中，下電極 8 及上電極 1 之一連接至穿透導線連接部 22，而其它電極外引至基底的前表面。

雖然已參考舉例說明的實施例以說明本發明，但是，要瞭解，本發明不限於所揭示的舉例說明的實施例。後述申請專利範圍的範圍應依最寬廣的解釋以涵蓋所有這些修改及均等結構和功能。

#### 【圖式簡單說明】

圖 1 是剖面視圖，顯示根據本發明的實施模式之電容性機電轉換器的結構實施例；

圖 2A、2B、2C、2D、2E、2F、2G、2H、2I、2J、2K、2L、2M 及 2N 是根據本發明的實施模式及實施例的電容性機電轉換器製造方法之製程步驟圖；

圖 3A 是剖面視圖，顯示根據本發明的第二實施例之電容性機電轉換器的結構，圖 3B 是剖面視圖，顯示根據本發明的第三實施例之電容性機電轉換器的結構；

圖 4A 是剖面視圖，顯示根據本發明的第四實施例之電容性機電轉換器的結構，圖 4B 是剖面視圖，顯示根據本發明的第五實施例之電容性機電轉換器的結構；

圖 5A 是剖面視圖，顯示根據本發明的第六實施例之電容性機電轉換器的結構，圖 5B 是剖面視圖，顯示根據本發明的第七實施例之電容性機電轉換器的結構；

圖 6 是剖面視圖，顯示根據本發明的第八實施例之電容性機電轉換器的結構；

圖 7A 及 7B 是透視平面視圖，顯示根據本發明的實施例之電容性機電轉換器的結構實施例；

圖 8 是透視平面視圖，顯示根據本發明的實施例之電容性機電轉換器的結構實施例；

圖 9A 及 9B 是透視平面視圖，顯示根據本發明的實施例之具有多個轉換器部之電容性機電轉換器的結構實施例，其中，穴以陣列配置；

圖 10A 及 10B 是透視平面視圖，顯示根據本發明的第九實施例之具有多個轉換器部之電容性機電轉換器的結構實施例，其中，穴以陣列配置及連接埠設於相鄰的穴之

間；

圖 11A、11B 及 11C 是透視平面視圖，顯示根據本發明的第十實施例之具有多個轉換器部之電容性機電轉換器的結構實施例，其中，穴以陣列配置及連接埠設於相鄰的穴之間；

圖 12A、12B 及 12C 是剖面視圖，顯示根據本發明的第十一實施例之電容性機電轉換器的結構，其中，藉由穿透基底的背面而設置蝕刻劑入口；

圖 13A、13B、13C、13D、13E、13F、13G、13H、13I、13J 及 13K 是剖面視圖，用於說明根據本發明的第十二實施例之電容性機電轉換器的製程步驟。

**【主要元件符號說明】**

- 1：上電極
- 2：隔膜支撐器
- 3：隔膜
- 4：基底
- 5：第一絕緣膜
- 6：開口
- 7：墊
- 8：下電極
- 9：第二絕緣膜
- 10：穴
- 11：犧牲層

- 12 : 第三絕緣膜
- 13 : 蝕刻劑入口
- 14 : 墊
- 15 : 電耦合器
- 16 : 電線
- 17 : 電壓源
- 18 : 對立電極
- 20 : 密封部
- 21 : 絕緣部
- 22 : 穿透導線導電部
- 23 : 凹部
- 24 : 孔洞
- 25 : 連接埠
- 26 : 穴列
- 27 : 單一元件
- 28 : 元件
- 29 : 元件
- 30 : 密封膜
- 34 : 工作電極
- 37 : 導電膜
- 38 : 導線部

# 發明專利說明書

(本申請書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：98114039

H04R 19/00 (2006.01)

※申請日：98年04月28日

※IPC分類：H04R 31/00 (2006.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

電容性機電轉換器之製造方法及電容性機電轉換器

Method of manufacturing capacitive electromechanical transducer and capacitive electromechanical transducer

## 二、中文發明摘要：

在電容性機電轉換器之製造方法中，在基底(4)上形成第一電極(8)、在第一電極(8)上形成具有通至第一電極的開口(6)之絕緣層(9)、以及在絕緣層上形成犧牲層。在犧牲層上形成具有第二電極(1)的隔膜(3)，以及，在隔膜中設置孔洞以作為蝕刻劑入口。蝕刻犧牲層以形成穴(10)，然後，密封作為蝕刻劑入口的孔洞。以電解蝕刻執行蝕刻，其中，使流電經由開口(6)及隔膜的孔洞而於第一電極(8)與外部配置的對立電極之間流動。

三、英文發明摘要：

METHOD OF MANUFACTURING CAPACITIVE ELECTROMECHANICAL  
TRANSDUCER AND CAPACITIVE ELECTROMECHANICAL TRANSDUCER

In a method of manufacturing a capacitive electromechanical transducer, a first electrode (8) is formed on a substrate (4), an insulating layer (9) which has an opening (6) leading to the first electrode is formed on the first electrode (8), and a sacrificial layer is formed on the insulating layer. A membrane (3) having a second electrode (1) is formed on the sacrificial layer, and an aperture is provided as an etchant inlet in the membrane. The sacrificial layer is etched to form a cavity (10), and then the aperture serving as an etchant inlet is sealed. The etching is executed by electrolytic etching in which a current is caused to flow between the first electrode (8) and an externally placed counter electrode through the opening (6) and the aperture of the membrane.

**七、申請專利範圍：**

1. 一種電容性機電轉換器之製造方法，包括：  
在基底上形成第一電極；  
在該第一電極上形成絕緣層，該絕緣層具有通至該第一電極的開口；  
在該絕緣層上形成犧牲層；  
在該犧牲層上形成隔膜，該隔膜具有第二電極；  
設置從外部通至該犧牲層的孔洞以作為蝕刻劑入口；  
蝕刻該犧牲層以形成穴；及  
密封作為該蝕刻劑入口的孔洞，  
其中，藉由電解蝕刻以執行該蝕刻，在該電解蝕刻中，使電流經由該開口、該犧牲層、及該孔洞而在該第一電極與外部配置的相對電極之間流動。
2. 如申請專利範圍第 1 項之電容性機電轉換器之製造方法，其中，該孔洞形成於該隔膜中。
3. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之電容性機電轉換器之製造方法，其中，該隔膜的該孔洞設於該穴的一端上，而該絕緣層的該開口設於該穴的另一端上。
4. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之電容性機電轉換器之製造方法，其中，該隔膜的孔洞與該絕緣層的該開口之一者設於該穴的中心，而該隔膜的孔洞與該絕緣層的該開口中之另一者設於該穴的週圍上。
5. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之電容性機電轉換器之製造方法，其中，

該穴包括第一穴及第二穴，該第二穴經由連接埠連接至該第一穴；及

從該連接埠，將蝕刻劑導至該第一穴與該第二穴中至少之一，以執行蝕刻。

6. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之電容性機電轉換器之製造方法，其中，該基底包括半導體基底及玻璃基底之一。

7. 一種電容性機電轉換器之製造方法，包括：

在基底上形成第一電極；

在該第一電極上形成絕緣層；

在該絕緣層上形成犧牲層；

在該犧牲層上形成隔膜；

在該隔膜中，設置包含作為蝕刻劑入口的孔洞之多個孔洞；

在該隔膜上設置第二電極；

蝕刻該犧牲層以形成穴；及

密封作為該蝕刻劑入口的孔洞，

其中，藉由電解蝕刻以執行該蝕刻，在該電解蝕刻中，使電流經由通至該第二電極之該隔膜的該多個孔洞中至少之一、該犧牲層、及作為該蝕刻劑入口的該孔洞，而在該第二電極與外部配置的相對電極之間流動。

8. 如申請專利範圍第 7 項之電容性機電轉換器之製造方法，其中，在該隔膜中設置作為該蝕刻劑入口的該孔洞設於該穴的一端上，而通至該第二電極的該隔膜之該多

個孔洞中至少之一設於該穴的另一端上。

9. 如申請專利範圍第 7 項之電容性機電轉換器之製造方法，其中，在該隔膜中設置作為該蝕刻劑入口的該孔洞與通至該第二電極的該隔膜之該多個孔洞中至少之一中之一者設於該穴的中心，而在該隔膜中設置作為該蝕刻劑入口的該孔洞與通至該第二電極的該隔膜之該多個孔洞中至少之一中之另一者設於該穴的週圍上。

10. 如申請專利範圍第 7 至 9 項中任一項之電容性機電轉換器之製造方法，其中，該基底包括半導體基底及玻璃基底之一。

11. 一種電容性機電轉換器，包括：

基底；

第一電極，形成於該基底上；

隔膜，由配置於該基底上的支撐器支撐，離該第一電極一距離，在該隔膜與該第一電極之間形成穴；及

第二電極，配置於該隔膜上，其中：

該第一電極與該第二電極中至少之一由絕緣層遮蓋；

該隔膜包含形成於其中的密封部，由通至該穴以及然後被密封之孔洞設置該密封部；及

該絕緣層包含孔洞，該洞孔通至形成於該絕緣層中的的該第一電極及該第二電極之一。

12. 一種電容性機電轉換器，包括：

基底；

第一電極，形成於該基底上；

隔膜，由配置於該基底上的支撐器支撐，離該第一電極一距離，在該隔膜與該第一電極之間形成穴；及

第二電極，配置於該隔膜上，其中：

該第一電極與該第二電極中至少之一由絕緣層遮蓋；

該多個轉換器部中的第一轉換器部的該隔膜包含形成於其中的密封部，由通至該穴以及然後被密封之孔洞設置該密封部；及

與該第一轉換器部不同的第二轉換器部的該絕緣層包含孔洞，該孔洞通至形成於該絕緣層中的該第一電極與該第二電極之一；及

該第一轉換器部的穴與該第二轉換器部的穴經由設於該第一轉換器部與該第二轉換器部之間的連接埠而彼此連接。

13. 如申請專利範圍第 11 或 12 項之電容性機電轉換器，其中，該隔膜也作為該絕緣層。

14. 如申請專利範圍第 11 或 12 項之電容性機電轉換器，其中，該基底包括半導體基底與玻璃基底中之一。

15. 一種製造申請專利範圍第 12 項之電容性機電轉換器之方法，包括：

執行電解蝕刻，在該電解蝕刻中，使電流於該第一電極及該第二電極之一者與外部配置的相對電極之間流動其間經由通至該第一電極與該第二電極之該一者之設置於該

絕緣層中的該孔洞，經由形成為圍繞該第一轉換器部的該穴、該第二轉換器部的該穴、及圍繞該連接埠之該犧牲層、以及經由通至該穴及作為該蝕刻劑入口之該孔洞；以及蝕刻該犧牲層以形成該第一轉換器部中的該穴與該第二轉換器部中的該穴。

16. 一種製造電容性機電轉換器之方法，包括下述步驟：

在基底上形成第一電極；

在第一基底上形成犧牲層，以致於該犧牲層中的至少一部份與該第一電極保持接觸；

在該犧牲層上形成隔膜；

在該隔膜上形成第二電極；及

當設置作為從外部通至該犧牲層的蝕刻劑入口之蝕刻開口浸於電解蝕刻劑中時，使電流在作為電解蝕刻的電極之一的第一電極與作為與該電解蝕刻劑接觸的另一電極之外部配置的電極之間流動，以及，以該電解蝕刻來蝕刻該犧牲層，以在該犧牲層已被移除之處形成穴。

17. 一種製造申請專利範圍第 16 項之電容性機電轉換器之方法，其中：

在該第一電極與該犧牲層之間形成具有孔洞的絕緣層；及

經由該孔洞，在該第一電極與該犧牲層之間建立電傳導。

圖 1

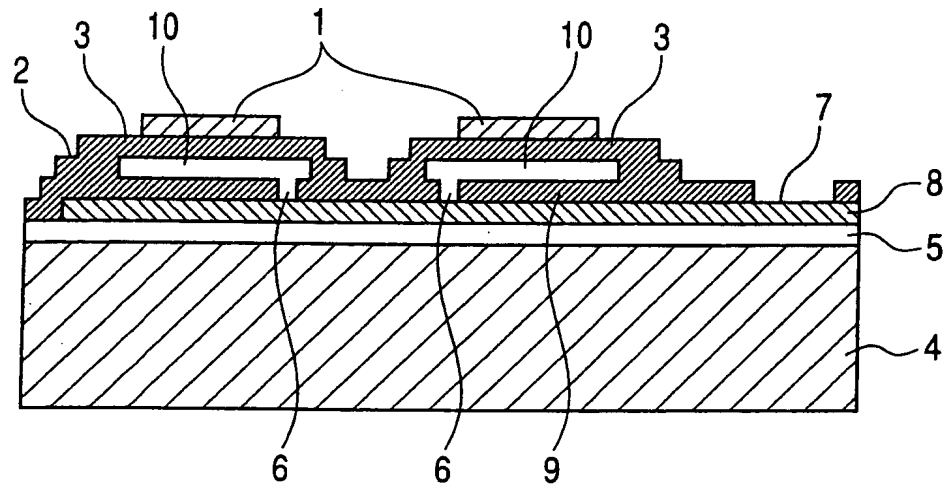


圖 2A

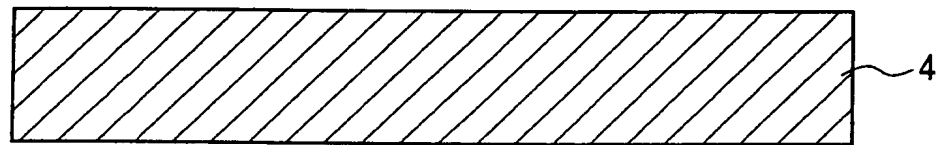


圖 2B

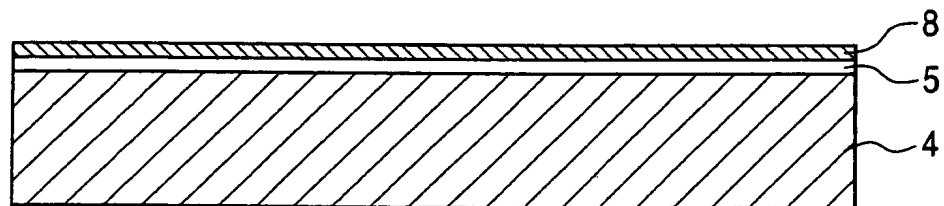


圖 2C

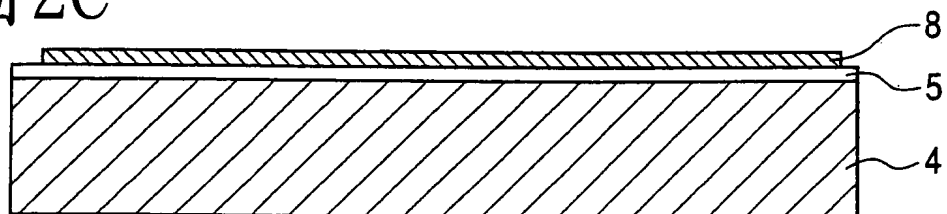


圖 2D

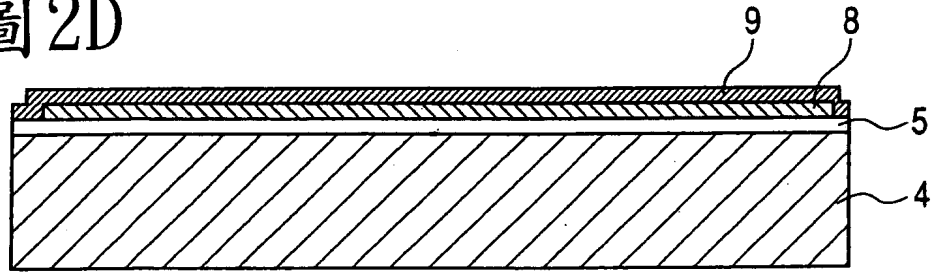


圖 2E

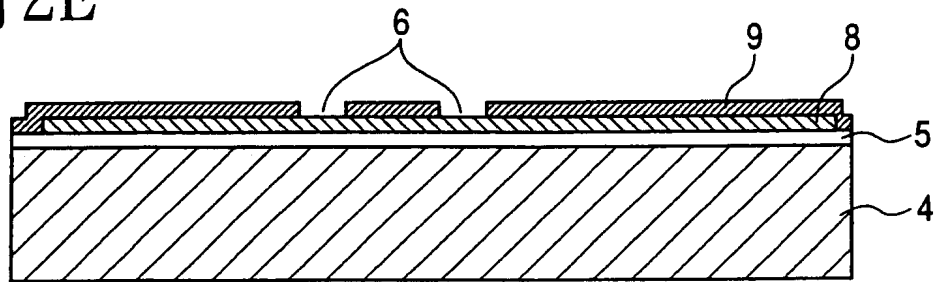


圖 2F

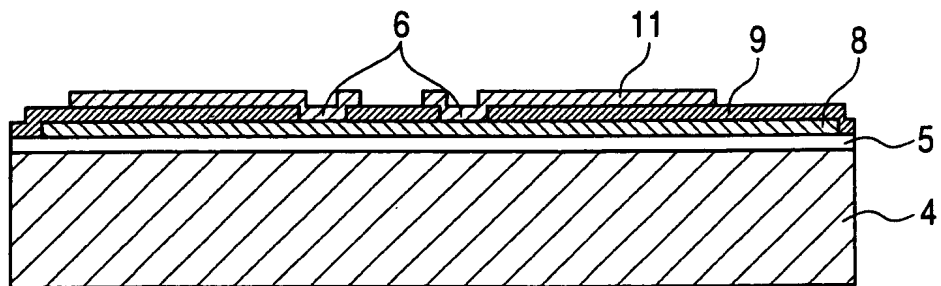


圖 2G

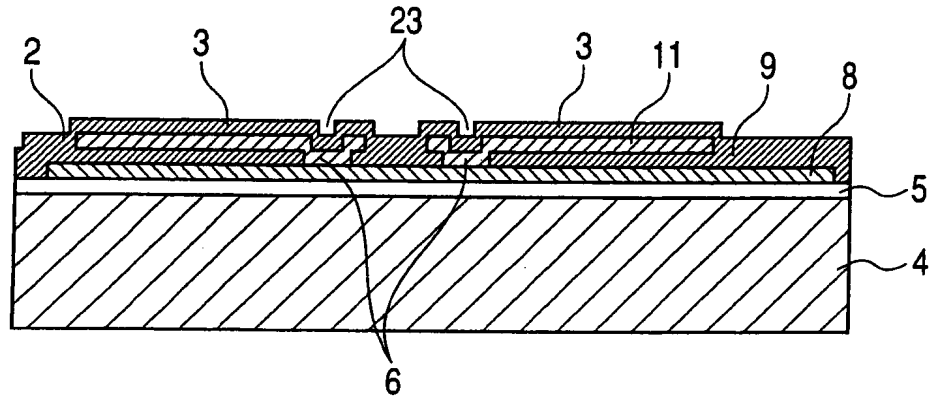


圖 2H

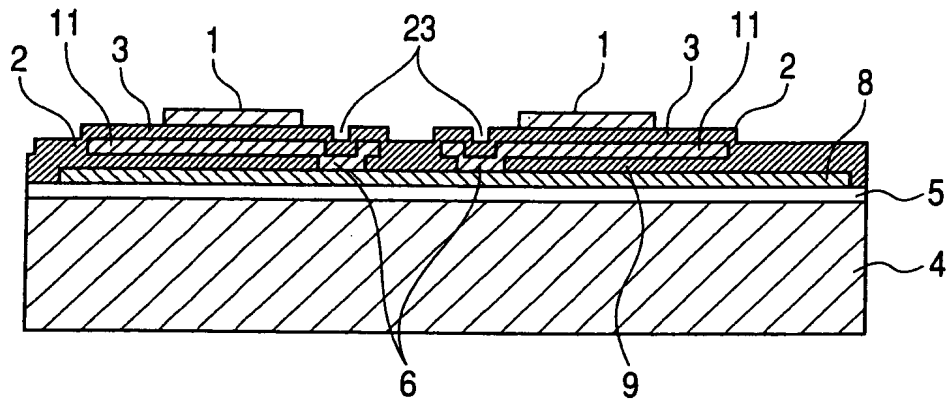


圖 2I

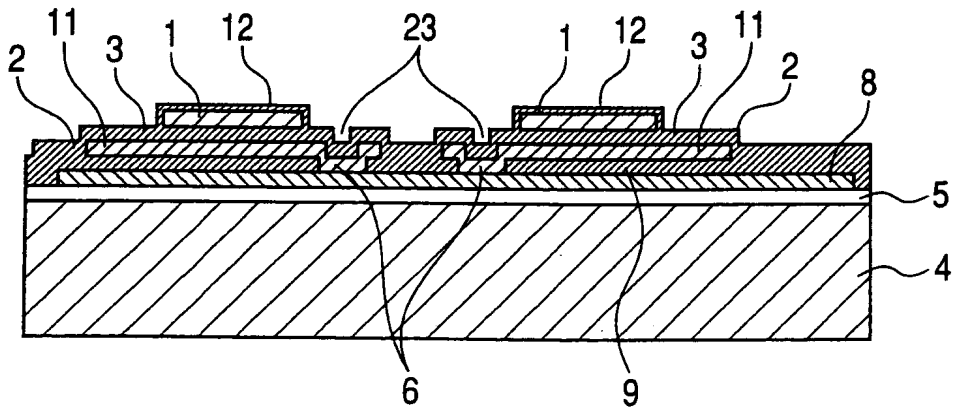


圖 2J

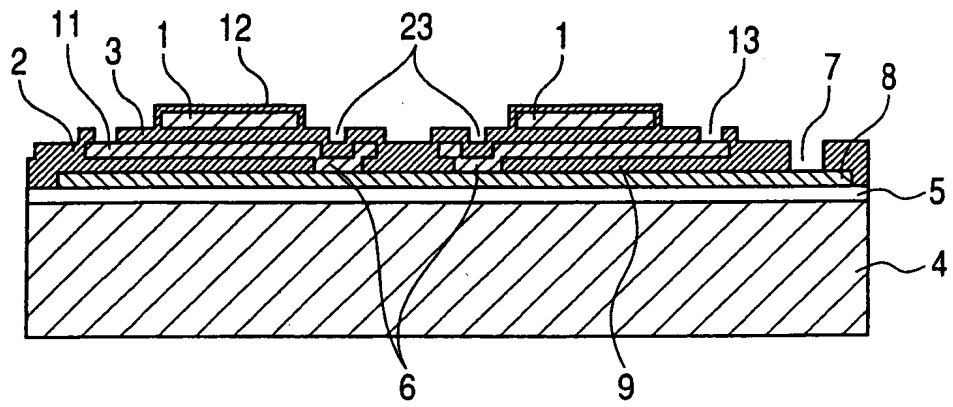


圖 2K

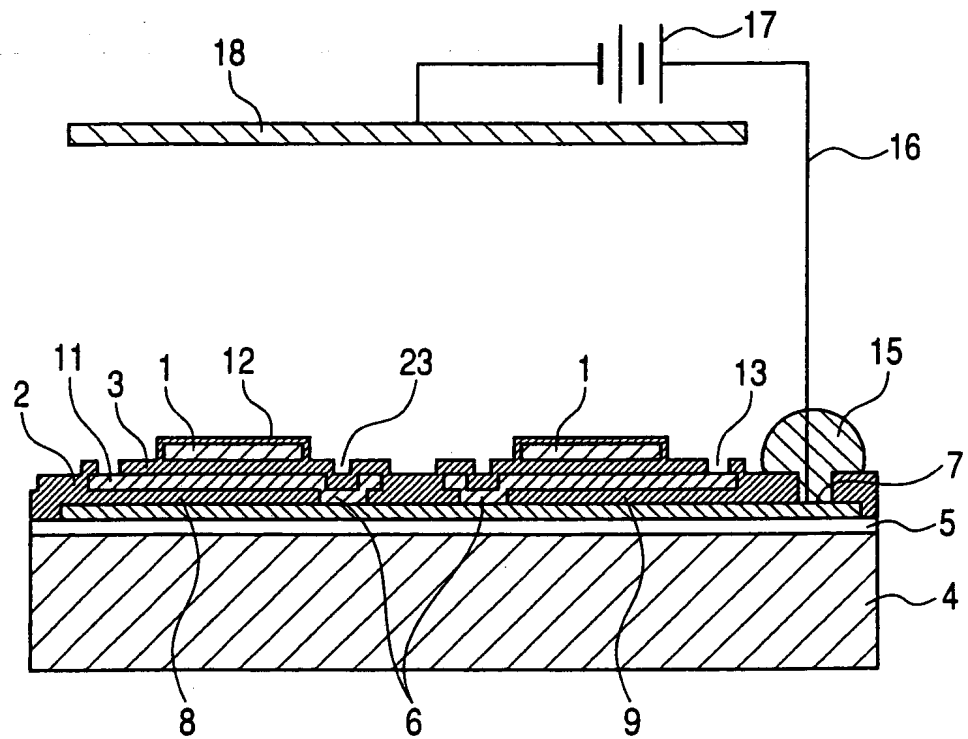


圖 2L

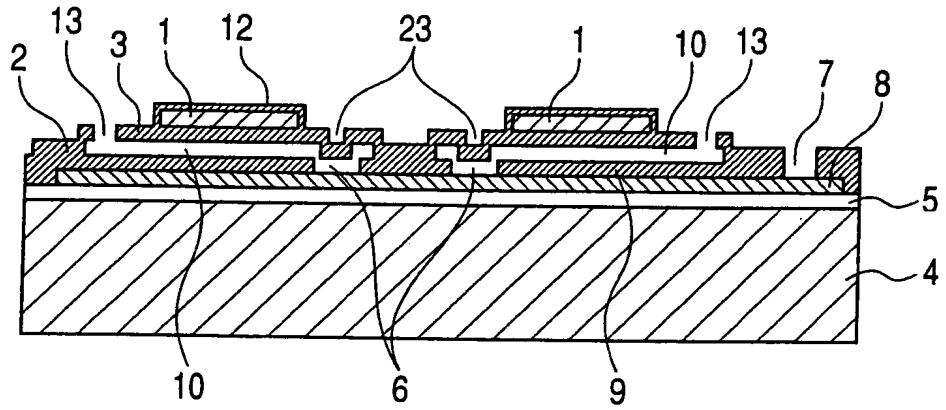


圖 2M

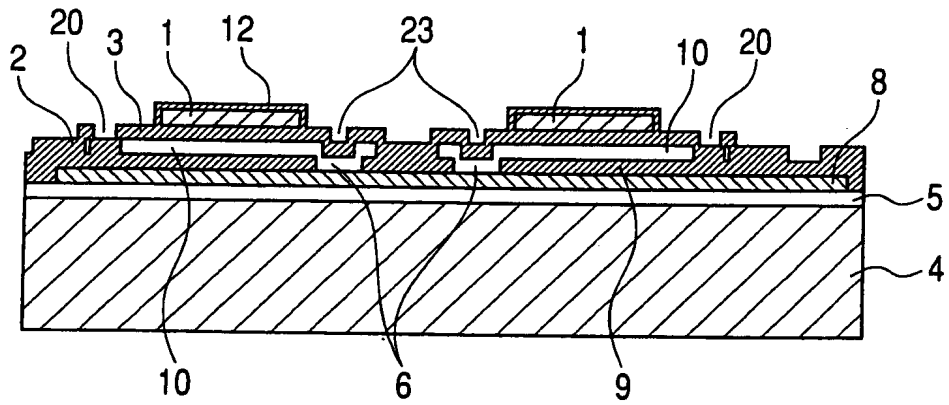


圖 2N

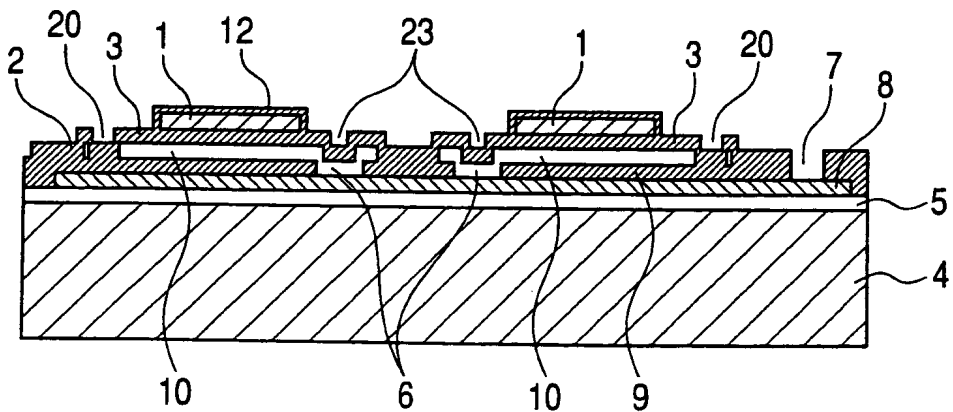


圖 3A

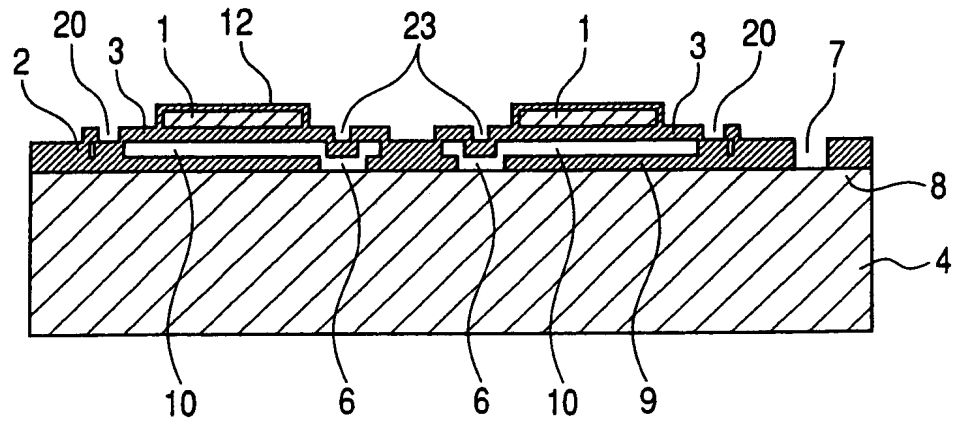


圖 3B

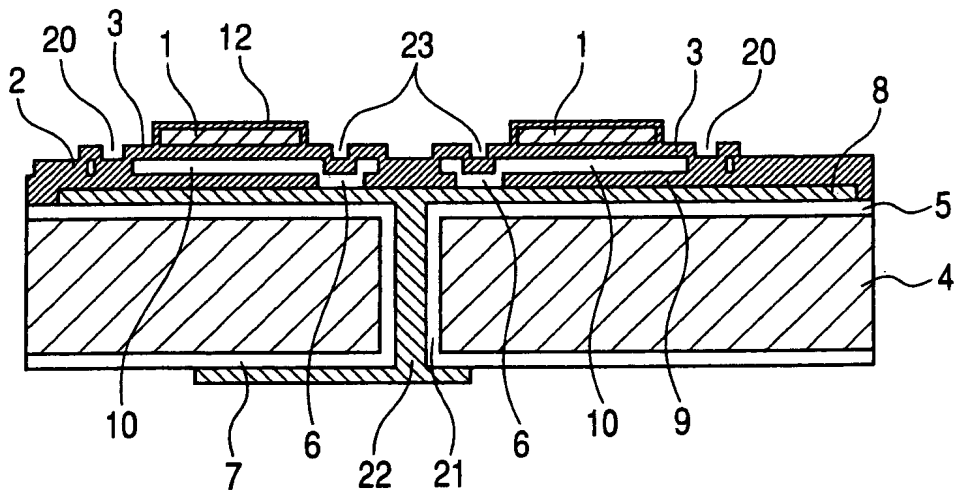


圖 4A

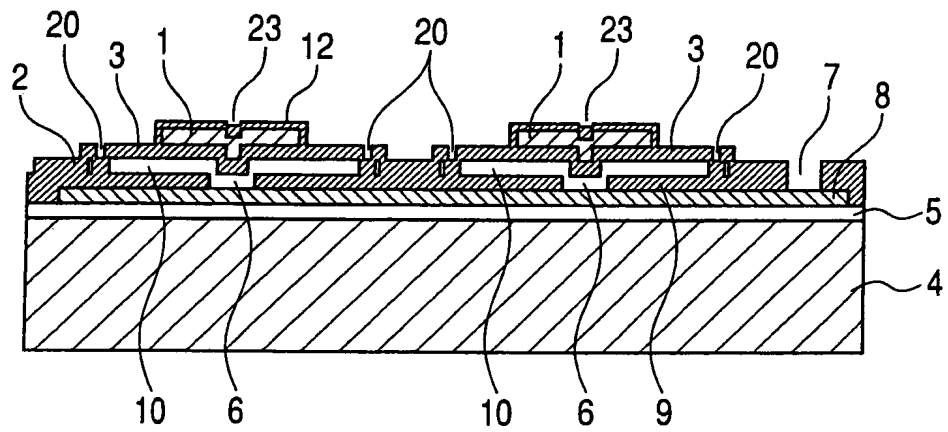


圖 4B

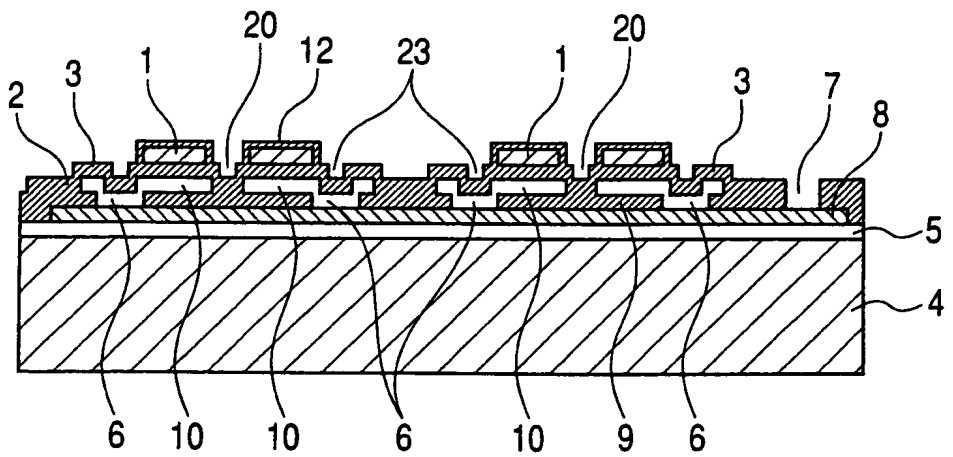


圖 5A

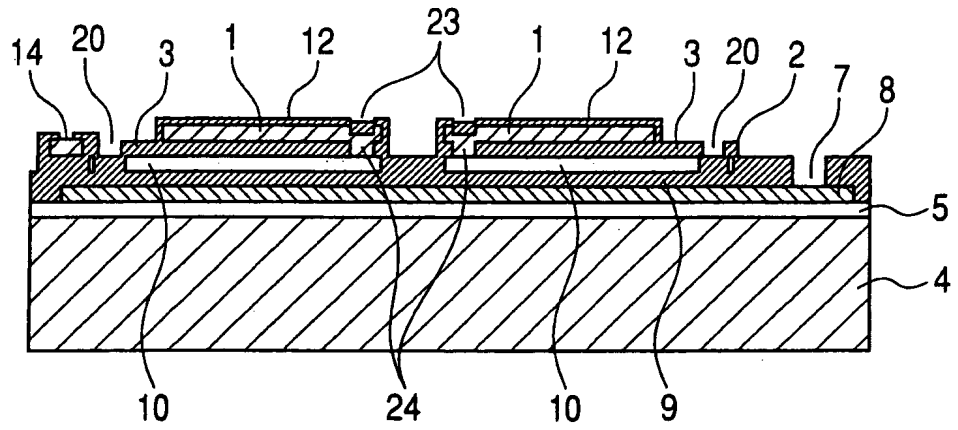


圖 5B

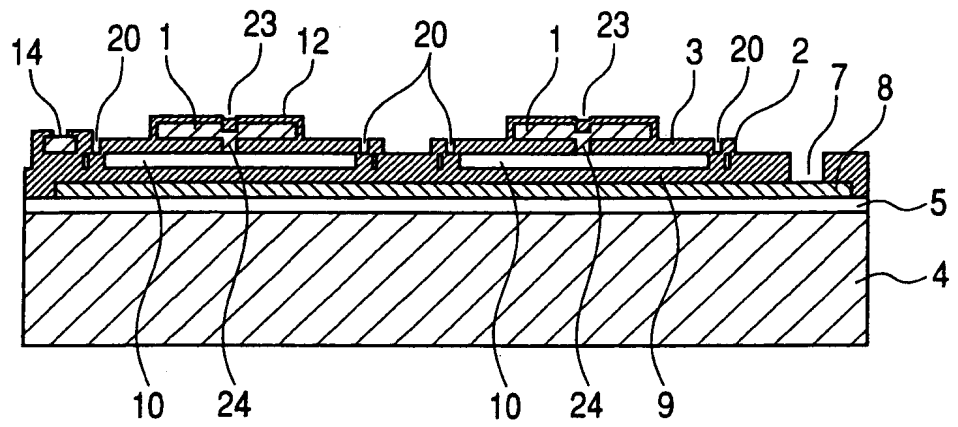


圖 6

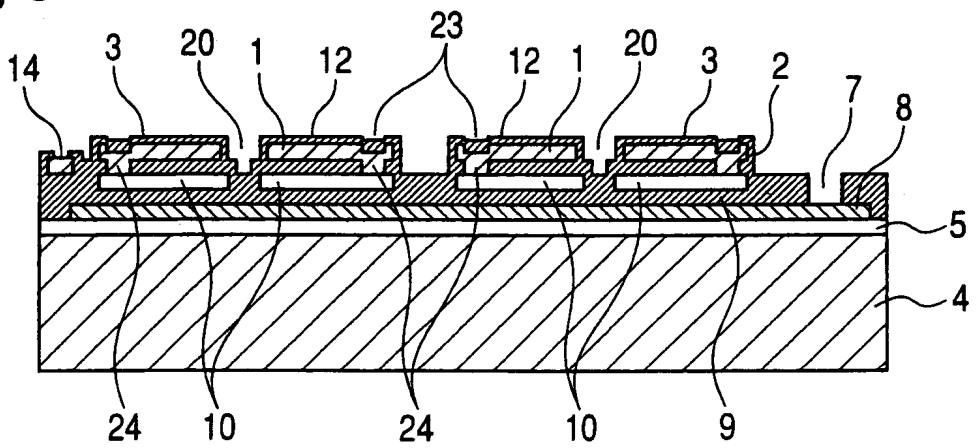


圖7A

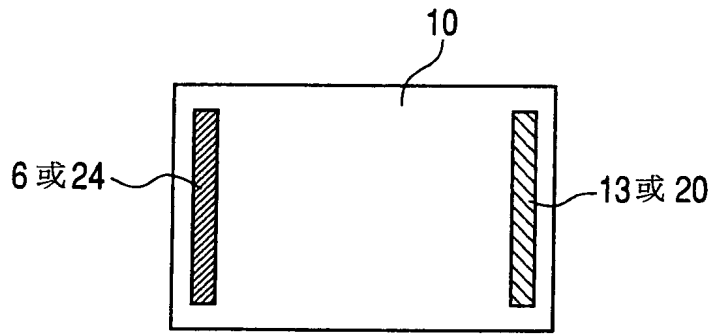


圖7B

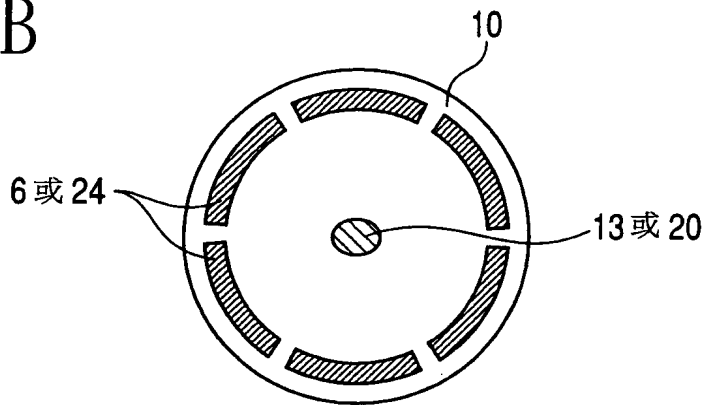


圖8

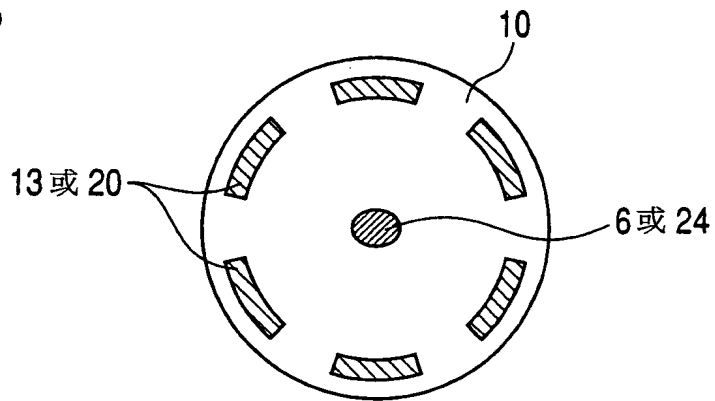


圖 9A

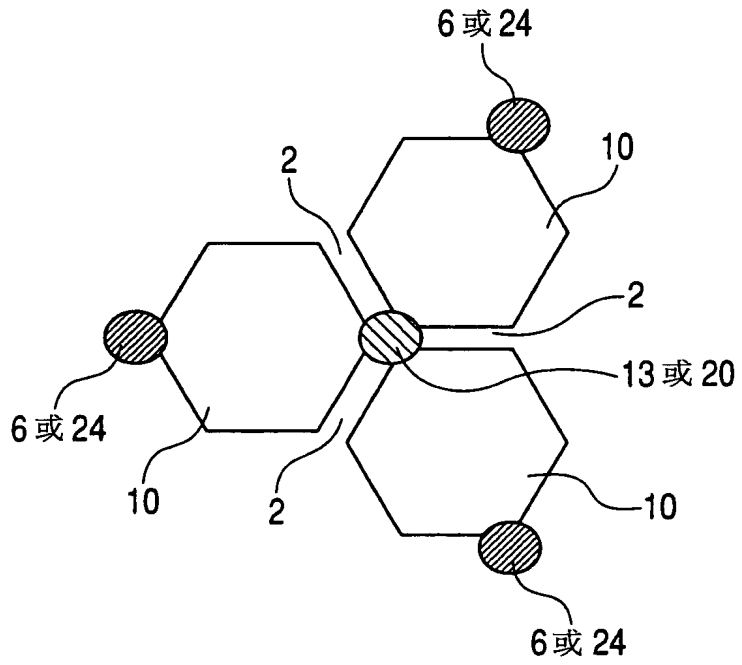


圖 9B

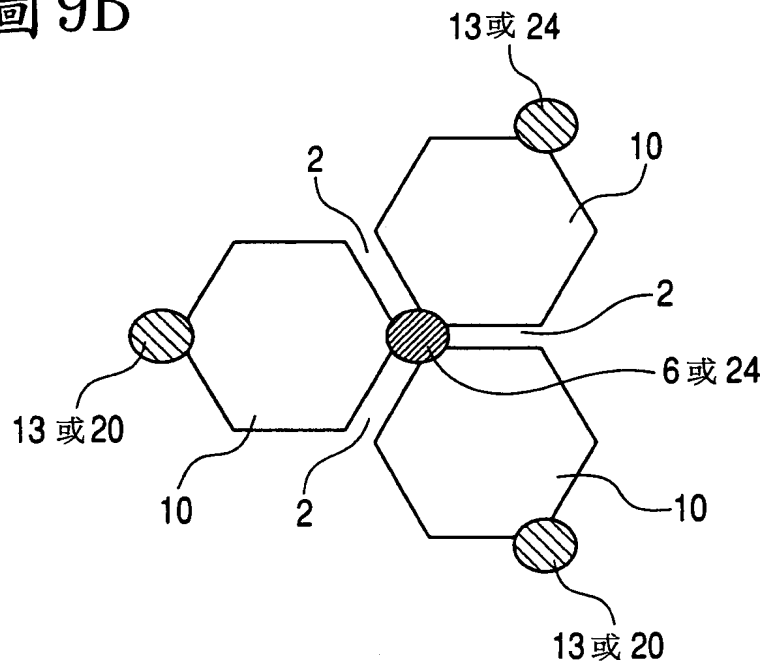


圖 10A

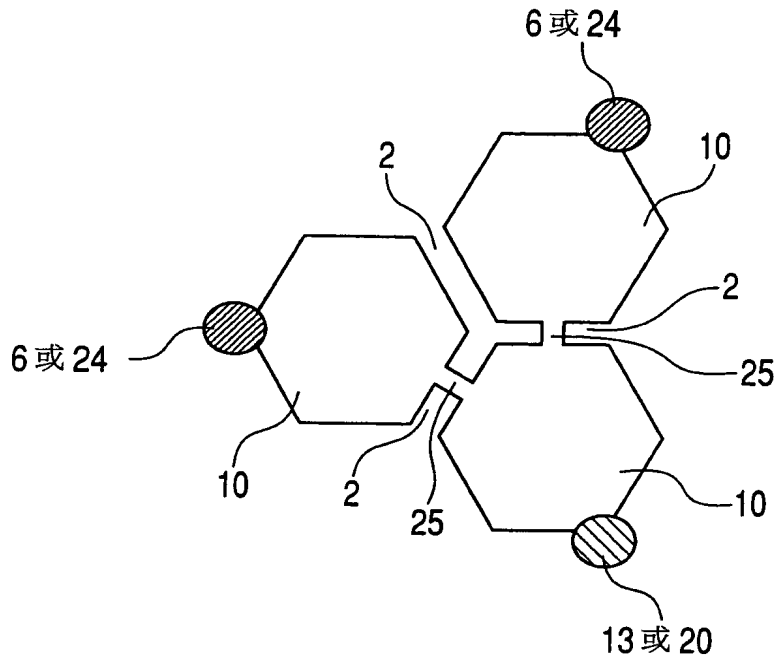


圖 10B

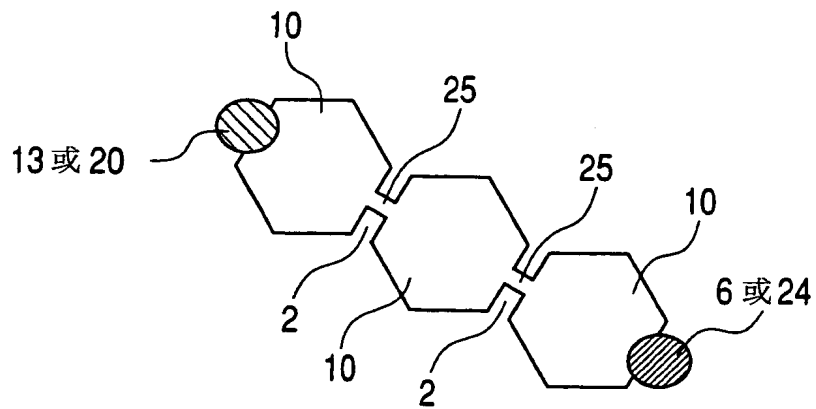


圖 11A

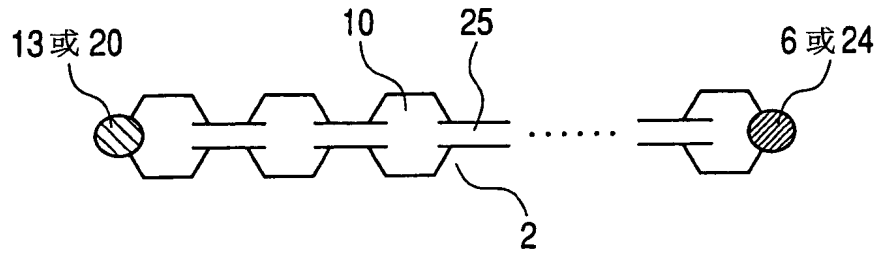


圖 11B

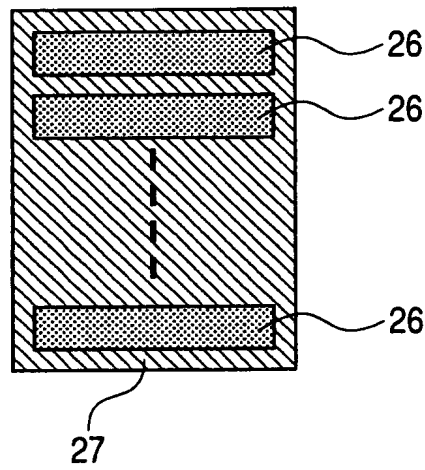


圖 11C

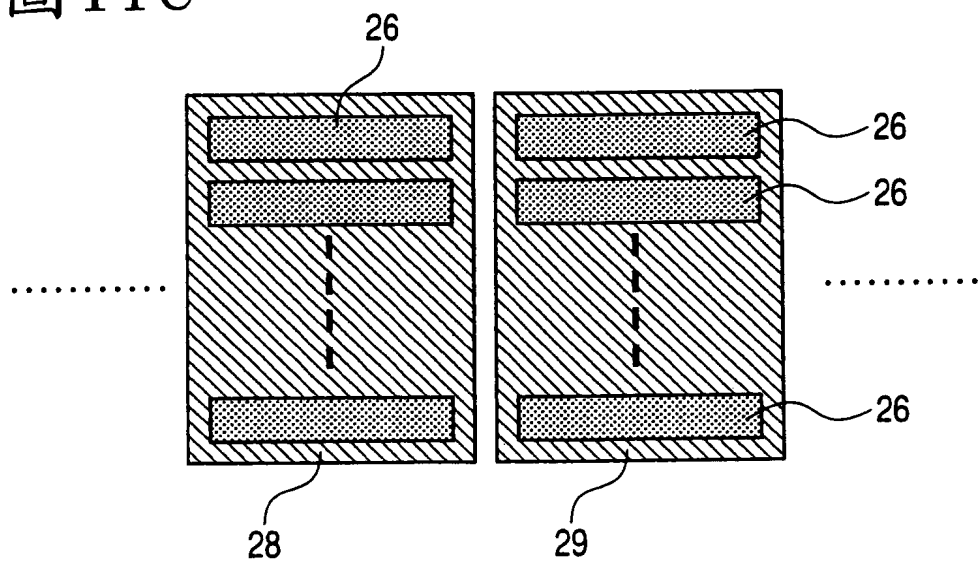


圖 12A

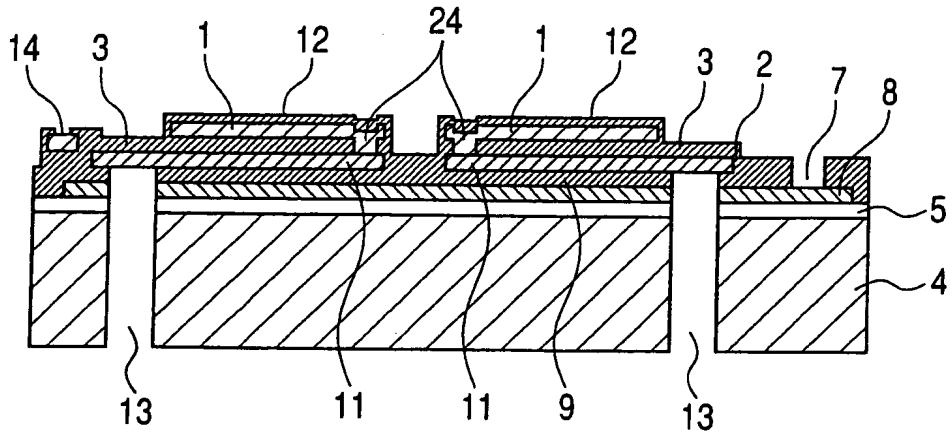


圖 12B

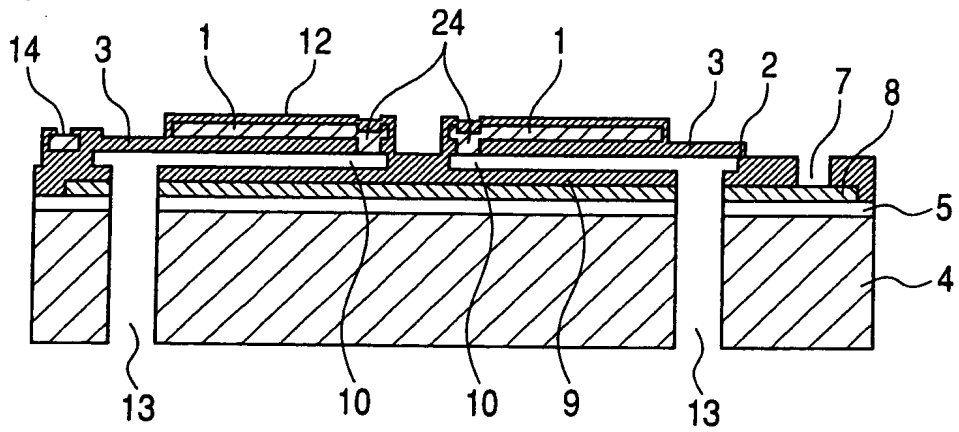


圖 12C

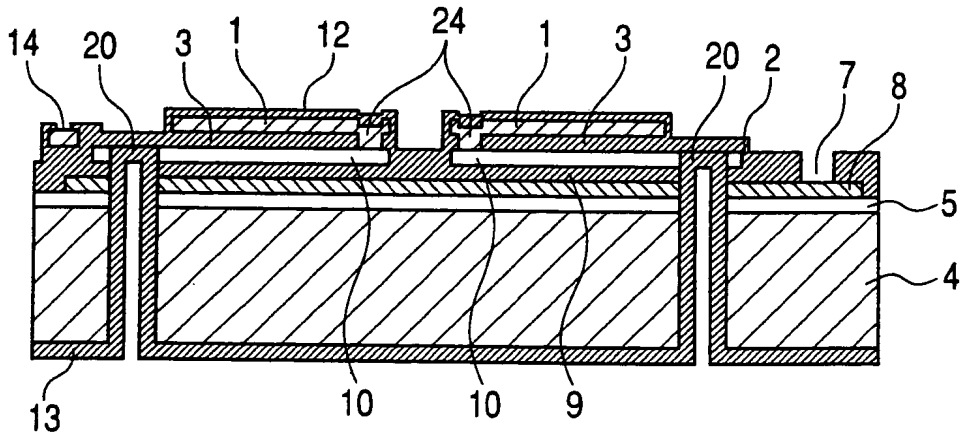


圖 13A



圖 13B

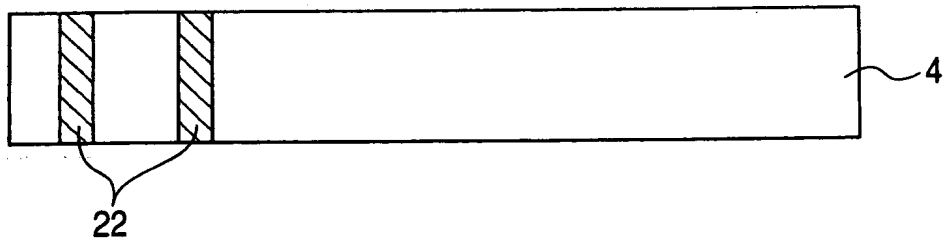


圖 13C

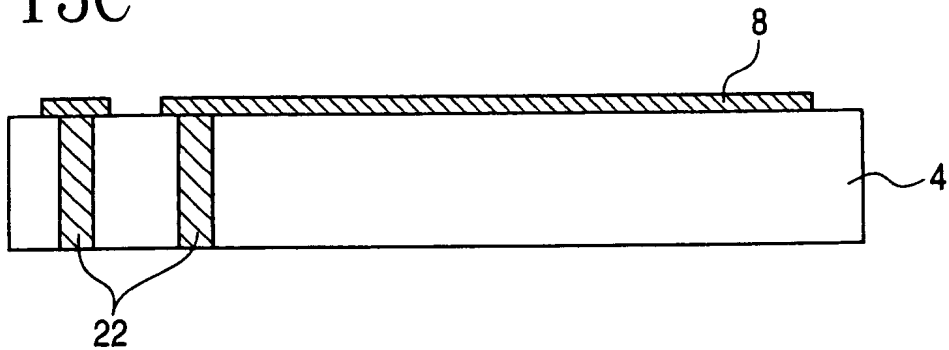


圖 13D

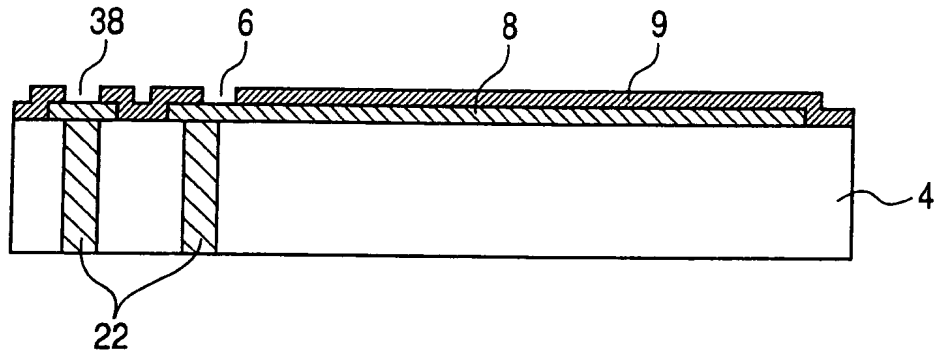


圖 13E

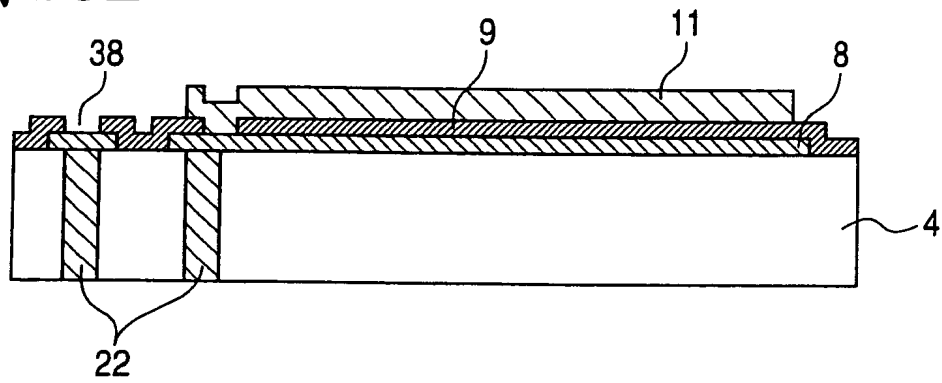


圖 13F

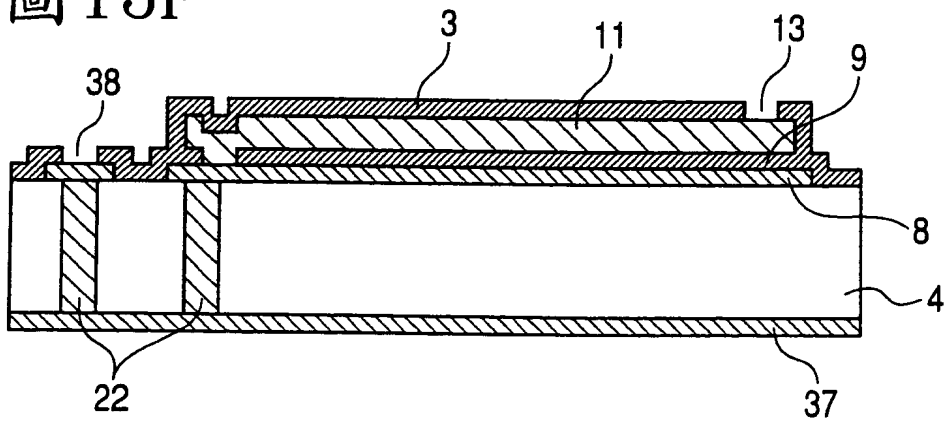


圖 13G

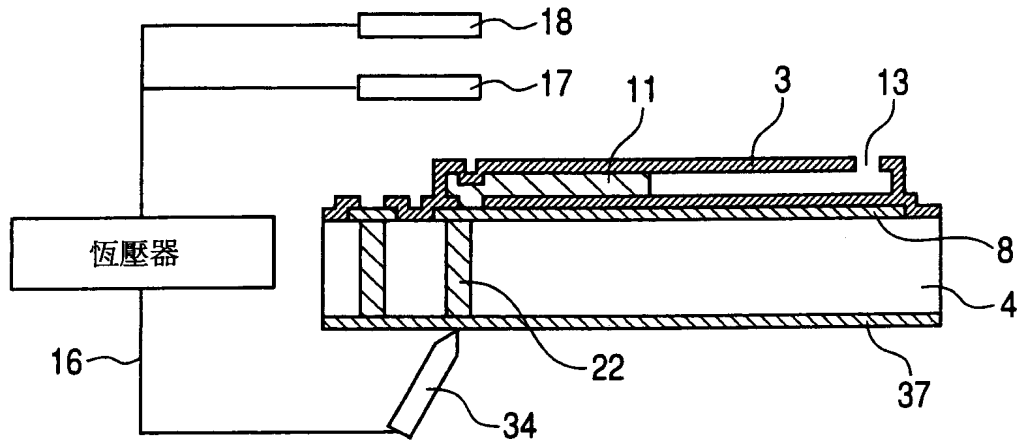


圖 13H

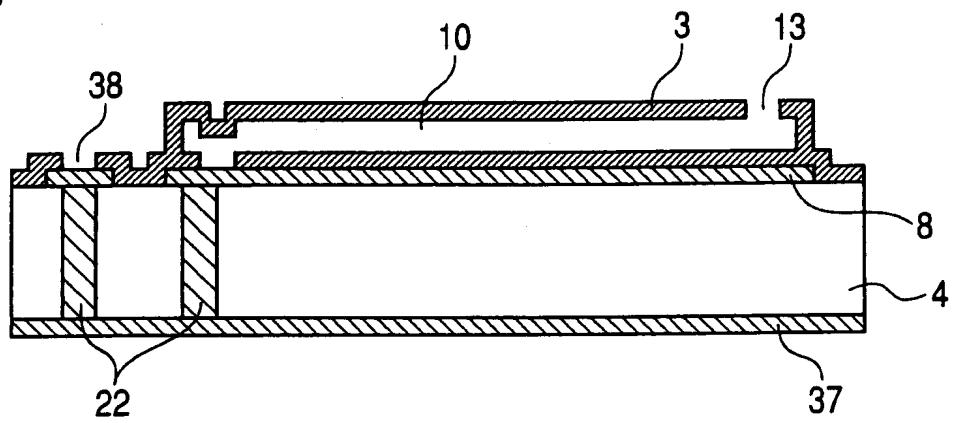


圖 13I

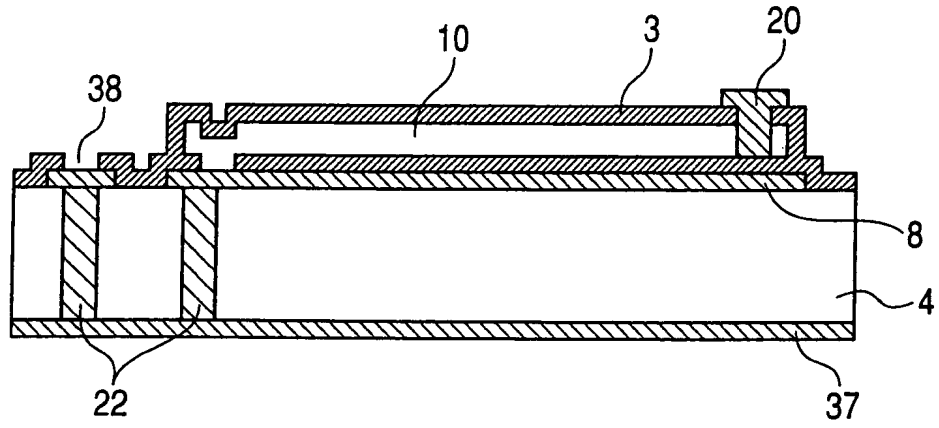


圖 13J

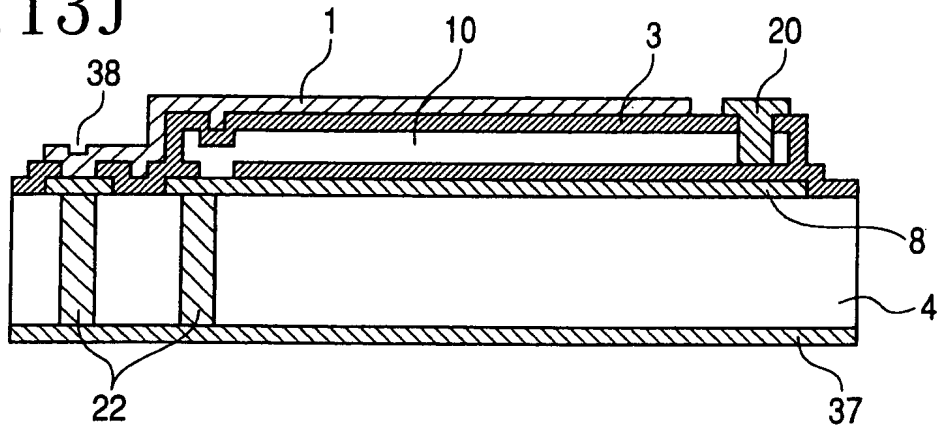
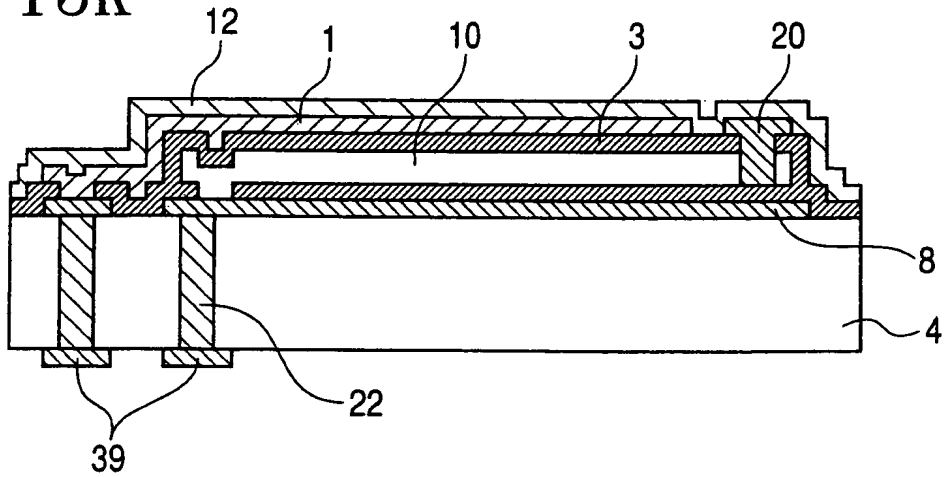


圖 13K



四、指定代表圖：

(一)、本案指定代表圖為：第 ( 1 ) 圖。

(二)、本代表圖之元件符號簡單說明：

1：上電極

2：隔膜支撐器

3：隔膜

4：基底

5：第一絕緣膜

6：開口

7：墊

8：下電極

9：第二絕緣膜

10：穴

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：無

七、申請專利範圍：

第 98114039 號專利申請案

中文申請專利範圍修正本

民國 98 年 8 月 26 日修正

1. 一種電容性機電轉換器之製造方法，包括：  
在基底上形成第一電極；  
在該第一電極上形成絕緣層，該絕緣層具有通至該第一電極的開口；  
在該絕緣層上形成犧牲層；  
在該犧牲層上形成隔膜，該隔膜具有第二電極；  
設置從外部通至該犧牲層的孔洞以作為蝕刻劑入口；  
蝕刻該犧牲層以形成穴；及  
密封作為該蝕刻劑入口的孔洞，  
其中，藉由電解蝕刻以執行該蝕刻，在該電解蝕刻中，使電流經由該開口、該犧牲層、及該孔洞而在該第一電極與外部配置的相對電極之間流動。
2. 如申請專利範圍第 1 項之電容性機電轉換器之製造方法，其中，該孔洞形成於該隔膜中。
3. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之電容性機電轉換器之製造方法，其中，該隔膜的該孔洞設於該穴的一端上，而該絕緣層的該開口設於該穴的另一端上。
4. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之電容性機電轉換器之製造方法，其中，該隔膜的孔洞與該絕緣層的該開口之一者設於該穴的中心，而該隔膜的孔洞與該絕緣層的該開

口中之另一者設於該穴的週圍上。

5. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之電容性機電轉換器之製造方法，其中，

該穴包括第一穴及第二穴，該第二穴經由連接埠連接至該第一穴；及

從該連接埠，將蝕刻劑導至該第一穴與該第二穴中至少之一，以執行蝕刻。

6. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之電容性機電轉換器之製造方法，其中，該基底包括半導體基底及玻璃基底之一。

7. 一種電容性機電轉換器之製造方法，包括：

在基底上形成第一電極；

在該第一電極上形成絕緣層；

在該絕緣層上形成犧牲層；

在該犧牲層上形成隔膜；

在該隔膜中，設置包含作為蝕刻劑入口的孔洞之多個孔洞；

在該隔膜上設置第二電極；

蝕刻該犧牲層以形成穴；及

密封作為該蝕刻劑入口的孔洞，

其中，藉由電解蝕刻以執行該蝕刻，在該電解蝕刻中，使電流經由通至該第二電極之該隔膜的該多個孔洞中至少之一、該犧牲層、及作為該蝕刻劑入口的該孔洞，而在該第二電極與外部配置的相對電極之間流動。

8. 如申請專利範圍第 7 項之電容性機電轉換器之製造方法，其中，在該隔膜中設置作為該蝕刻劑入口的該孔洞設於該穴的一端上，而通至該第二電極的該隔膜之該多個孔洞中至少之一設於該穴的另一端上。

9. 如申請專利範圍第 7 項之電容性機電轉換器之製造方法，其中，在該隔膜中設置作為該蝕刻劑入口的該孔洞與通至該第二電極的該隔膜之該多個孔洞中至少之一中之一者設於該穴的中心，而在該隔膜中設置作為該蝕刻劑入口的該孔洞與通至該第二電極的該隔膜之該多個孔洞中至少之一中之另一者設於該穴的週圍上。

10. 如申請專利範圍第 7 至 9 項中任一項之電容性機電轉換器之製造方法，其中，該基底包括半導體基底及玻璃基底之一。

11. 一種電容性機電轉換器，包括：

基底；

第一電極，形成於該基底上；

隔膜，由配置於該基底上的支撐器支撐，離該第一電極一距離，在該隔膜與該第一電極之間形成穴；及

第二電極，配置於該隔膜上，其中：

該第一電極與該第二電極中至少之一由絕緣層遮蓋；

該隔膜包含形成於其中的密封部，由通至該穴以及然後被密封之孔洞設置該密封部；及

該絕緣層包含孔洞，該洞孔通至形成於該絕緣層

中的的該第一電極及該第二電極之一。

12. 一種電容性機電轉換器，包括：

基底；

第一電極，形成於該基底上；

隔膜，由配置於該基底上的支撐器支撐，離該第一電極一距離，在該隔膜與該第一電極之間形成穴；及

第二電極，配置於該隔膜上，其中：

該第一電極與該第二電極中至少之一由絕緣層遮蓋；

該多個轉換器部中的第一轉換器部的該隔膜包含形成於其中的密封部，由通至該穴以及然後被密封之孔洞設置該密封部；及

與該第一轉換器部不同的第二轉換器部的該絕緣層包含孔洞，該孔洞通至形成於該絕緣層中的該第一電極與該第二電極之一；及

該第一轉換器部的穴與該第二轉換器部的穴經由設於該第一轉換器部與該第二轉換器部之間的連接埠而彼此連接。

13. 如申請專利範圍第 11 或 12 項之電容性機電轉換器，其中，該隔膜也作為該絕緣層。

14. 如申請專利範圍第 11 或 12 項之電容性機電轉換器，其中，該基底包括半導體基底與玻璃基底中之一。

15. 一種製造申請專利範圍第 11 項之電容性機電轉換器之方法，包括：

執行電解蝕刻，在該電解蝕刻中，使電流於該第一電極及該第二電極之一者與外部配置的相對電極之間流動其間經由通至該第一電極與該第二電極之該一者之設置於該絕緣層中的該孔洞，經由形成為圍繞該第一轉換器部的該穴、該第二轉換器部的該穴、及圍繞該連接埠之該犧牲層、以及經由通至該穴及作為該蝕刻劑入口之該孔洞；以及蝕刻該犧牲層以形成該第一轉換器部中的該穴與該第二轉換器部中的該穴。

16. 一種製造電容性機電轉換器之方法，包括下述步驟：

在基底上形成第一電極；

在基底上形成犧牲層，以致於該犧牲層中的至少一部份與該第一電極保持接觸；

在該犧牲層上形成隔膜；

在該隔膜上形成第二電極；及

當設置作為從外部通至該犧牲層的蝕刻劑入口之蝕刻開口浸於電解蝕刻劑中時，使電流在作為電解蝕刻的電極之一的第一電極與作為與該電解蝕刻劑接觸的另一電極之外部配置的電極之間流動，以及，以該電解蝕刻來蝕刻該犧牲層，以在該犧牲層已被移除之處形成穴。

17. 一種製造申請專利範圍第 16 項之電容性機電轉換器之方法，其中：

在該第一電極與該犧牲層之間形成具有孔洞的絕緣層；及

經由該孔洞，在該第一電極與該犧牲層之間建立電傳導。