



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201414169 A

(43)公開日：中華民國 103 (2014) 年 04 月 01 日

(21)申請案號：102131237

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 08 月 30 日

(51)Int. Cl. : **H02M3/34 (2006.01)**

(30)優先權：2012/08/31 日本

JP2012-192113

2013/08/26

世界智慧財產權組織

PCT/JP2013/072724

(71)申請人：青井電子股份有限公司 (日本) AOI ELECTRONICS CO., LTD. (JP)

日本

國立大學法人靜岡大學 (日本) NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION

SHIZUOKA UNIVERSITY (JP)

日本

(72)發明人：鈴木雅人 SUZUKI, MASATO (JP)；林宏樹 HAYASHI, HIROKI (JP)；橋口原

HASHIGUCHI, GEN (JP)；杉山達彥 SUGIYAMA, TATSUHIKO (JP)

(74)代理人：閻啟泰；林景郁

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：8 項 圖式數：17 共 46 頁

(54)名稱

靜電感應型轉換裝置及 D C - D C 轉換器

(57)摘要

靜電感應型轉換裝置具備：輸入側靜電致動器，具有第 1 固定電極、與第 1 固定電極相對向之第 1 可動電極；輸出側靜電致動器，具有第 2 可動電極、與第 2 可動電極相對向之第 2 固定電極，上述第 2 可動電極透過將在第 1 可動電極產生之位移量放大或縮小之聯結機構構件連結於第 1 可動電極；在輸入側靜電致動器及輸出側靜電致動器的可動電極側或固定電極側的電極面上設置永久帶電膜。

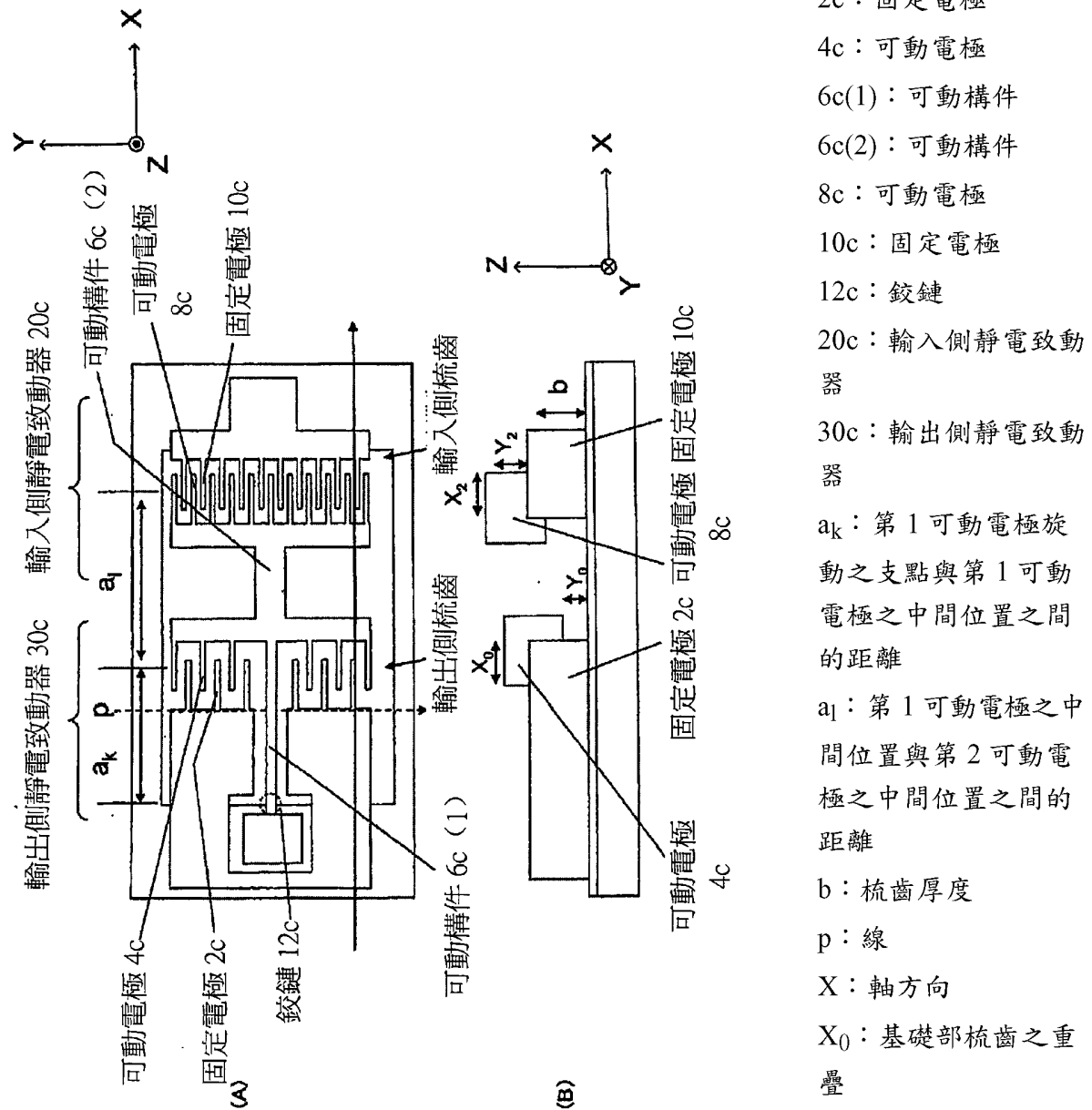


圖 7

- 2c：固定電極
- 4c：可動電極
- 6c(1)：可動構件
- 6c(2)：可動構件
- 8c：可動電極
- 10c：固定電極
- 12c：鉸鏈
- 20c：輸入側靜電致動器
- 30c：輸出側靜電致動器
- a_k ：第 1 可動電極旋轉之支點與第 1 可動電極之中間位置之間的距離
- a_1 ：第 1 可動電極之中間位置與第 2 可動電極之中間位置之間的距離
- b ：梳齒厚度
- p ：線
- X：軸方向
- X_0 ：基礎部梳齒之重疊
- X_2 ：前端部梳齒之重疊
- Y：軸方向
- Y_0 ：帶電處理前之基礎部梳齒之 Z 軸方向位移
- Y_2 ：帶電處理前之前端部梳齒之 Z 軸方向位移
- Z：軸方向



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201414169 A

(43)公開日：中華民國 103 (2014) 年 04 月 01 日

(21)申請案號：102131237

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 08 月 30 日

(51)Int. Cl. : **H02M3/34 (2006.01)**

(30)優先權：2012/08/31 日本

JP2012-192113

2013/08/26

世界智慧財產權組織

PCT/JP2013/072724

(71)申請人：青井電子股份有限公司 (日本) AOI ELECTRONICS CO., LTD. (JP)

日本

國立大學法人靜岡大學 (日本) NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION

SHIZUOKA UNIVERSITY (JP)

日本

(72)發明人：鈴木雅人 SUZUKI, MASATO (JP)；林宏樹 HAYASHI, HIROKI (JP)；橋口原

HASHIGUCHI, GEN (JP)；杉山達彥 SUGIYAMA, TATSUHIKO (JP)

(74)代理人：閻啟泰；林景郁

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：8 項 圖式數：17 共 46 頁

(54)名稱

靜電感應型轉換裝置及 D C－D C 轉換器

(57)摘要

靜電感應型轉換裝置具備：輸入側靜電致動器，具有第 1 固定電極、與第 1 固定電極相對向之第 1 可動電極；輸出側靜電致動器，具有第 2 可動電極、與第 2 可動電極相對向之第 2 固定電極，上述第 2 可動電極透過將在第 1 可動電極產生之位移量放大或縮小之聯結機構構件連結於第 1 可動電極；在輸入側靜電致動器及輸出側靜電致動器的可動電極側或固定電極側的電極面上設置永久帶電膜。

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)

靜電感應型轉換裝置及 DC-DC 轉換器

【技術領域】

【0001】 本發明關於靜電感應型轉換裝置及 DC-DC 轉換器。

【先前技術】

【0002】 已知藉由使用由 MEMS 技術製成之 3 端子型梳齒致動器，構成升壓電路（專利文獻 1）。專利文獻 1 所記載之 3 端子型梳齒致動器具備：第 1 梳齒致動器，具有第 1 梳齒電極、與上述第 1 梳齒電極有既定之間隔並嵌合之第 2 梳齒電極；第 2 梳齒致動器，具有第 3 梳齒電極、與上述第 3 梳齒電極有既定之間隔並嵌合之第 4 梳齒電極；由如下 3 端子型梳齒致動器之任一個梳齒電極獲得輸出，該 3 端子型梳齒致動器以使上述第 2 梳齒電極及上述第 3 梳齒電極進行相同位移而一體地形成。

【0003】 作為更具體之技術，在專利文獻 1，具備以 MEMS 技術製成之輸入側梳齒靜電致動器、輸出側梳齒靜電致動器之兩組的靜電致動器，使此等兩靜電致動器的可動梳齒電極機械地連結並聯動，且，對輸出側梳齒靜電致動器施加別的直流電壓，或藉由駐極體使其產生電場（參照專利文獻 1 的[圖 1]、[圖 2]）。而，若將兩組靜電致動器放置於高真空中（可動梳齒電極之真空密封），在輸入側靜電致動器側施加交流輸入（或者形成反饋電路並產生自激振動），則隨著輸入側靜電致動器之振動，輸出側靜電致動器亦振動，因此，由靜電感應誘發電荷，其結果，可獲得升壓至輸入電壓以上之電壓。由於在此獲得之輸出電壓為交流電壓，因此，以設置於後

段之電路進行整流，藉此，可獲得升壓之直流電壓。

先前技術文獻

專利文獻

【0004】 專利文獻 1：日本特開 2011-62024 號公報

【發明內容】

發明所欲解決之問題

【0005】 上述內容表明：在使輸入側梳齒靜電致動器的可動梳齒電極、與輸出側梳齒靜電致動器的可動梳齒電極機械地連結並聯動之情形，會使得輸入側之可動梳齒電極之振幅、與輸出側之可動梳齒電極之振幅成為相同大小。因此，在爲了更提高輸出電壓，於輸入側施加微弱之交流電壓的情形，亦需使可動梳齒電極足夠大地振動。另一方面，爲了使可動梳齒電極足夠大地振動，使彈簧常數（參照專利文獻 1 的圖 3、段落[0032]）變弱並設計使電路之 Q 值升高，且需進行真空密封以抑制空氣阻力。

【0006】 然而，爲了使彈簧常數變弱並獲得高 Q 值，必須相應地輕量化，因此，有設計自由度變小之問題。而且，若增大可動梳齒電極之振幅，則樑之非線性的影響亦會增大，因此，難以獲得高 Q 值。

解決問題之技術手段

【0007】 根據本發明之第 1 形態，靜電感應型轉換裝置具備：輸入側靜電致動器，具有第 1 固定電極、與第 1 固定電極相對向之第 1 可動電極；以及輸出側靜電致動器，具有第 2 可動電極、與第 2 可動電極相對向之第 2 固定電極，上述第 2 可動電極透過使在第 1 可動電極所產生之位移量放大或縮小之聯結機構構件連結於第 1 可動電極；在輸入側靜電致動器及輸出

側靜電致動器的可動電極側或固定電極側的電極面上設置永久帶電膜。

根據本發明之第 2 形態，在第 1 形態之靜電感應型轉換裝置，第 1 可動電極、聯結機構構件、第 2 可動電極使用相同材料並形成者較佳。

根據本發明之第 3 形態，在第 2 形態之靜電感應型轉換裝置，由第 1 可動電極與聯結機構構件與第 2 可動電極所構成之可動部，以設置於聯結機構構件的端部或既定之中間位置的鉸鏈機構為中心而一體地旋動者較佳。

根據本發明之第 4 形態，在第 3 形態之靜電感應型轉換裝置，在鉸鏈機構設置於聯結機構構件的端部之情形，第 1 可動電極及第 2 可動電極以端部為中心往相同方向旋動；在鉸鏈機構設置於聯結機構構件的既定之中間位置之情形，第 1 可動電極及第 2 可動電極以既定之中間位置為中心而互相往相反方向旋動。

根據本發明之第 5 形態，在第 1 至 4 形態的任一形態之靜電感應型轉換裝置，藉由在輸入側靜電致動器施加交流輸入訊號使第 1 可動電極振動，對應於第 1 可動電極之振動使第 2 可動電極振動，藉此，由輸出側靜電致動器獲得對交流輸入訊號之電壓進行升壓或降壓之交流輸出訊號者較佳。

根據本發明之第 6 形態，在第 5 形態之靜電感應型轉換裝置，以第 1 可動電極之長度、聯結機構構件之長度、第 2 可動電極之長度為基礎，決定交流輸入訊號之電壓與交流輸出訊號之電壓的比為較佳。

根據本發明之第 7 形態，在第 6 形態之靜電感應型轉換裝置，當將第 2 可動電極旋動之支點與第 2 可動電極之中間位置之間的距離設為 a_k ，將第 2 可動電極之中間位置與第 1 可動電極之中間位置之間的距離設為 a_l 時，在第

1 可動電極及第 2 可動電極以支點為中心而往相同方向旋動之情形，交流輸入訊號之電壓 e_{in} 與交流輸出訊號之電壓 e_{out} 的比 $|e_{out}/e_{in}|$ 藉由 $|e_{out}/e_{in}| = |1 + 3a/2a_k|$ 求得為較佳。

根據本發明之第 8 形態，DC-DC 轉換器具備第 1 至 7 形態的任一形態之靜電感應型轉換裝置、具有以輸入直流電壓為基礎決定之增益的放大器、整流電路；將靜電感應型轉換裝置的輸入側靜電致動器連接於放大器的輸入端子與輸出端子之間並形成自激振盪電路；將自激振盪電路之交流訊號輸入至輸入側靜電致動器，藉此輸出來自輸出側靜電致動器且對應於靜電感應型轉換裝置之輸入側靜電致動器之交流訊號；整流電路將由輸出側靜電致動器所輸出之交流訊號進行整流並輸出直流電壓。

發明之效果

【0008】 根據本發明，藉由於靜電致動器的可動電極或固定電極形成永久帶電膜，可實現所謂靜電變壓器，因此，可藉由習知技術所未能實現之小型元件達成所期望之輸入輸出轉換功能及 DC-DC 轉換功能。當然，除了上述 DC-DC 轉換功能之外，亦可與一直以來已知之通常的變壓器同樣地達成 AC-AC 轉換功能。

【圖式簡單說明】

【0009】

圖 1 為表示作為對本發明進行說明之前的前提性基礎技術，具備鉸鏈機構之靜電型轉換裝置之平面圖。

圖 2 為表示在圖 1 之鉸鏈之構造之說明圖。

圖 3 為表示在圖 1 之鉸鏈之旋動狀態之說明圖。

圖 4 為表示作為對本發明進行說明之前的前提性基礎技術，具備與圖 1 不同之鉸鏈機構之靜電型轉換裝置之平面圖。

圖 5 為表示在圖 4 之鉸鏈之構造之說明圖。

圖 6 為表示在圖 4 之鉸鏈之旋動狀態之說明圖。

圖 7 為表示構成為本發明之實施形態 1 之靜電感應型轉換裝置之平面圖。

圖 8 為表示如圖 7 所示之藉由靜電感應型轉換裝置之驅動點矩陣所導出之電氣等效電路之圖。

圖 9 為表示如圖 7 所示之靜電感應型轉換裝置之 SPICE 等效電路之圖。

圖 10 為表示使用了 SPICE 等效電路之模擬結果之圖。

圖 11 為表示由實施形態 1 所構成之 Z 方向振動型梳齒靜電變壓器之圖。

圖 12 為表示由實施形態 1 所構成之 Y 方向振動型梳齒靜電變壓器之圖。

圖 13 為表示構成為本發明之實施形態 2 之 DC-DC 轉換器之電路圖。

圖 14 為將圖 13 的電路圖更詳細地表示之電路圖。

圖 15 為表示 DC-DC 轉換器所包含之自激振盪電路之動作原理之電路圖。

圖 16 為表示在可動構件的中間部設置有鉸鏈之變形例 1 之圖。

圖 17 為表示在可動構件的中間部設置有鉸鏈之變形例 2 之圖。

【實施方式】

【0010】 在詳細地說明本發明之實施形態之前，先說明作為本發明之前提的基礎技術。

<作為前提的基礎技術之說明>

§前提性基礎技術（其一）

圖 1 為表示作為說明本發明之前的前提性基礎技術，具備鉸鏈機構之靜電型轉換裝置之平面圖。圖 2 為表示在圖 1 之鉸鏈之構造之說明圖。圖 3 為表示在圖 1 之鉸鏈之旋動狀態之說明圖。

【0011】 作為前提性基礎技術在此說明之靜電型轉換裝置可實現在輸入輸出之間的升壓功能。在圖 1，固定電極 2a 及可動電極 4a 為有既定之間隔並嵌合之固定梳齒電極及可動梳齒電極。此外，固定梳齒電極 2a 及可動梳齒電極 4a 在圖 1 之 Z 軸方向延伸(extend)。可動電極 4a 固定於可動構件 6a。

【0012】 可動構件 6a 以鉸鏈 12a 為中心旋動於 X-Y 平面上，因此，藉由固定梳齒電極 2a 及可動梳齒電極 4a 構成輸入側靜電致動器 20a。可動構件 6a 之初始位置由彈簧等支持構件 14 所規定。針對鉸鏈 12a 之具體構成，稍後參照圖 2 及圖 3 說明之。

【0013】 可動構件 6a 的另一端（遠離鉸鏈 12a 之端部）連接於輸出側之可動電極 8a。與輸入側靜電致動器 20a 同樣地，可動電極 8a 為可動梳齒電極，固定電極 10a 為與此可動梳齒電極有既定之間隔並嵌合之固定梳齒電極。藉由固定電極 10a 及可動電極 8a 構成輸出側靜電致動器 30a。

【0014】 輸入側靜電致動器 20a 的可動電極（可動梳齒電極）4a、與輸出側靜電致動器 30a 的可動電極（可動梳齒電極）8a 分別固定於可動構件 6a 的兩端部。因此，輸出側靜電致動器 30a 的可動電極 8a 往與輸入側靜電致動器 20a 的可動電極 4a 之位移方向相同之方向位移。而且，可動構件 6a 以鉸鏈 12a 為中心旋動於 X-Y 平面上，因此，提供將輸入側可動電極 4a

之位移量放大的位移量給輸出側可動電極 8a。換言之，在輸入側之可動電極 4a 之位移量為 L 時，輸出側之可動電極 8a 位移 $M=k \cdot L$ ($k>1$)。

【0015】 此外，爲了使輸入側之可動電極 4a 與輸出側之可動電極 8a 電氣分離，需要預先將絕緣構件插入至可動構件 6a 之途中。在圖 1，藉由塗黑之長方形模式性地表示絕緣物。

【0016】 且，以鉸鏈 12a 爲中心可動構件 6a 圓弧狀地旋動，因此，構成可動電極 4a、固定電極 2a 及可動電極 8a、固定電極 10a 之各梳齒電極亦預先彎曲成圓弧狀。此圓弧狀彎曲爲在 X-Y 平面之彎曲，在 X-Z 平面上之彎曲則不需要。

【0017】 接下來，一邊參照圖 2 及圖 3，一邊針對鉸鏈 12a 之構成具體地說明。一般而言已知之鉸鏈 (hinge)，存在旋動於中心銷周圍之物理滑動面，但在 MEMS 構造，難以進行用於潤滑之注油(oiling)等，因此，無法避免由滑動面之磨損所引起之耐久性問題。而且，以 MEMS 技術構成一般已知之鉸鏈時，需要多層之犧牲層蝕刻等，因此，製造成本高而不現實。因此，在使用 MEMS 技術之圖 1 的靜電型轉換裝置，藉由物理地形成較其他部分更易彎曲之較薄之部分，實現作爲鉸鏈 12a 之功能。

【0018】 如圖 2 所示，在平面圖 (X-Y 平面)，彎折 (旋動) 之部分變薄，該部分作爲鉸鏈 12a 發揮功能。即，由於較其他部分更易彎曲，因此，若施加外力，則該較薄之部分會擬似地與中心銷同樣地發揮功能，可動構件 6a 以該部分爲中心圓弧狀地旋動。此外，如圖 2 之 X-Z 平面圖所示，由於在垂直方向 (Z 軸方向) 並未變薄，因此，不會以鉸鏈 12a 爲中心在垂直方向旋動。

【0019】 再回到圖 1，針對附於輸出側靜電致動器 30a 之永久帶電膜進行說明。在圖 1 之靜電型轉換裝置，取代將直流電源連接於輸出側靜電致動器 30a，使用駐極體實現永久帶電膜。更具體而言，在輸出側靜電致動器構造 30a 的可動電極 8a 或固定電極 10a 之任一個側面形成駐極體。或，梳齒電極本身由駐極體形成。

【0020】 此駐極體由含有鹼金屬乃至鹼土類金屬之陽離子的氧化矽所構成。作為離子，使用鉀、鈣、鈉、鋰之離子。在鹼環境內，使矽氧化製成駐極體。當然，藉由來自外部之電量放電、離子注入，將電荷、固體離子注入於氧化矽亦可。但，在該情形，難以在梳齒電極之側面形成駐極體。

【0021】 將交流電壓源連接於輸入側靜電致動器 20a 的輸入端子 A、B 之間。且，將 I/V 轉換電路 16a 連接於輸出側靜電致動器 30a 的輸出端子 C、D 之間，該 I/V 轉換電路 16a 取出固定在電極 10a 所誘發之電荷，並將其轉換成電壓。如此一來，圖 1 所示之靜電型轉換裝置作為升壓電路發揮功能。

【0022】 且，藉由適當選擇可動構件 6a 之長度，能夠可變地設定升壓率。而且，藉由調換輸入側靜電致動器 20a 與輸出側靜電致動器 30a，亦可作為降壓電路發揮功能。

【0023】 在圖 1 所示之靜電型轉換裝置，將交流電壓施加於輸入端子 A、B 之間，使 B 端子及 G 端子接地。如此一來，可動構件 6a 於 X-Y 平面上圓弧狀地旋動（振動）。由鉸鏈 12a 觀之，輸出側靜電致動器 30a 位於較輸入側靜電致動器 20a 更外側之位置（較遠之位置），因此，上述振動之振

幅較在輸入端致動器 20a 之振幅更加放大。而，輸出側之可動電極 8a（即，可動梳齒電極）在由駐極體產生之電場中移動，藉此，由靜電感應誘發電荷，獲得輸出電流。

【0024】 此輸出電流與專利文獻 1 所揭示之 3 端子型梳齒致動器不同，因為輸出側之可動電極 8a 以大於輸入側之可動電極 4a 之振幅振動，所以，達到更大之電流值。

【0025】 此外爲了增大輸出電流，駐極體具有充分之電荷，且輸出側靜電致動器 30a 之靜電電容足夠大，而且盡可能減少寄生電容則較爲理想。且，爲了使駐極體帶電，有需要進行 BT（Bias Temperature）處理的情況，但在該情況，預先製成連接於駐極體之導通路徑，於 BT 處理後除去。或者，將彈簧連接於輸出側之可動部，將該側作爲導通路徑亦可。而，對於藉由靜電感應所誘發之電流，將 I/V 轉換電路 16a 納入於後段側，藉此，可取出電壓高於輸入交流電壓之交流電壓。

【0026】 由以上內容，圖 1 所示之靜電型轉換裝置不僅爲升壓電路/降壓電路，亦可實現與通常之變壓器（transformer）同樣之功能，上述升壓電路/降壓電路具備藉由懸樑構造之可動構件 6a 而旋動之可動電極 4a 及可動電極 8a。

【0027】 §前提性基礎技術（其二）

圖 4 爲表示作爲說明本發明之前的前提性基礎技術，具備與圖 1 不同之鉸鏈機構之靜電型轉換裝置之平面圖。圖 5 爲表示在圖 4 之鉸鏈之構造之說明圖。圖 6 爲表示在圖 4 之鉸鏈之旋動狀態之說明圖。在輸入輸出之間實現升壓功能與圖 1 所示之靜電型轉換裝置相同，但在此所說明之靜電

型轉換裝置之不同點爲：可動構件 6b 在垂直方向（Z 軸方向）旋動。即，可動構件 6b 以鉸鏈 12b 爲中心在垂直方向（Z 軸方向）振動，藉此，由輸出側靜電致動器 30b 的固定電極 10b 取出交流電流。

【0028】 由圖 5 所示之鉸鏈 12b 之構造表明：與圖 1 之靜電型轉換裝置不同，Z 方向之厚度變薄，因此，以鉸鏈 12b 爲中心在垂直方向旋動。且，與實施形態 1 相同，懸樑構造之可動構件 6b 的左右部分電氣絕緣。且，與圖 1 之靜電型轉換裝置相同，在輸出側靜電致動器 30b 的可動電極表面形成駐極體。

【0029】 如上所述，連結於鉸鏈 12b 之可動構件 6b 具有在垂直方向振動之自由度。且，如圖 6 所示，固定電極 2b 與可動電極 4b 在初始階段，相對於垂直方向（Z 軸方向）具有較因輸入之交流電壓而振動之輸入側可動電極之振幅的半值更大之初始偏移。在輸入側靜電致動器 20b，可動電極 4b 與固定電極 2b 在垂直方向（Z 軸方向）不具有初始偏移之情況，無法使可動構件 6b 在垂直方向振動。

【0030】 若將交流電壓施加於輸入端子 A、B 之間，使輸入端子 B 及接地端子 G 接地，則連結於可動電極 4b 之可動構件 6b 會在垂直方向（Z 軸方向）圓弧狀地振動。由鉸鏈 12b 觀之，輸出側靜電致動器 30b 位於較輸入側靜電致動器 20b 更外側之位置，因此，其振幅大於在輸入側致動器 20b 之振幅。在此，在輸出側靜電致動器 30b 之固定電極 10b 及可動電極 8b 之垂直方向之厚度大於在輸入側靜電致動器 20b 之固定電極 2b 及可動電極 4b 之厚度則較爲理想。

【0031】 由以上內容，圖 4 所示之靜電型轉換裝置不僅可謂是具備藉

由懸樑構造之可動構件 6b 而旋動之可動電極 4b 及可動電極 8b 之升壓電路/降壓電路，亦可謂是實現與通常之變壓器（transformer）同樣功能之靜電型變壓器。

【0032】 接下來，以至此為止所說明之基礎技術為前提，詳細地說明適用本發明之靜電感應型轉換裝置之實施形態。

<實施形態 1>

圖 7 為表示本發明之實施形態 1 之平面圖。本圖所示之靜電感應型轉換裝置與之前說明之圖 4 同樣地，可動構件 6c (1)、6c (2) 構成為在 Z 軸方向旋動。在此，一個可動構件 6c (1) 的端部（圖 7 的左端部）成為如圖 5 所示之鉸鏈 12c。換言之，藉由如下聯結機構構件使可動電極 4c 之位移量與可動電極 8c 之位移量產生差異，該聯結機構構件由連接於鉸鏈 12c 之可動構件 6c (1)、與連接於可動構件 6c (1) 之延長側（圖 7 的右側）之可動構件 6c (2) 所構成。但是基本上，大幅度地振動之梳齒側成為升壓時之輸入側，因此，圖 7 的右側為輸入側梳齒，圖 7 的左側為輸出側梳齒（其理由，於以下說明之）。

【0033】 此外，在輸入輸出之間實現 DC-DC 變壓功能及 AC-AC 轉換功能與由圖 1～圖 6 所說明之前提性基礎技術相同，但作為由構造上觀之較大的不同點，可列舉如下兩點。

【0034】 不同點 1：與圖 1 及圖 4 所示之可動構件 6a、6b 不同，無需電氣絕緣處理。換言之，使用同一導電材料形成可動電極 4c、8c 及可動構件 6c (1)、6c (2)，藉此，可實現作為靜電型變壓器之功能。其理由，稍後詳述。

不同點 2：圖 1 及圖 4 所示之輸入側靜電致動器 20a、20b 僅為激振機構，因此無需駐極體層，但在圖 7 所示之靜電感應型轉換裝置，在可動電極 4c 或固定電極 2c 的相對向電極面上亦形成駐極體層。其理由，稍後詳述。

【0035】 首先，說明為了求出圖 7 所示之靜電感應型轉換裝置的電氣等效電路，由拉格朗其運動方程式求出驅動點矩陣之運算過程。

【0036】 拉格朗其函數 L 可以下式表示。

[數 1]

【數 1】

$$L = \frac{1}{2} m_e v_0^2 + \frac{1}{2} \frac{\rho a_l (4a_k^2 + 6a_k a_l + 3a_l^2)}{4a_k^2} v_0^2 - \frac{1}{2} k(Y + y_0)^2 - \frac{(Q_0 + q_0)^2}{2C_0} - \frac{(Q_2 + q_2)^2}{2C_2}$$

【0037】 上式的第 2 項中所含之

[數 2]

【數 2】

$$\frac{\rho a_l (4a_k^2 + 6a_k a_l + 3a_l^2)}{4a_k^2} v_0^2$$

為將所謂紡錘部（圖 7 中的 a_l 所含之部分）之質量換算於線 p 上之等效質量。

【0038】 又，散逸函數 F 可以下式表示。

[數 3]

【數 3】

$$F = \frac{1}{2} r v_0^2$$

【0039】 在此， m_e 為所謂之彈簧部（圖 7 中的 a_k 所含之部分）之有效質量， v_0 為基礎部之速度， ρ 為線密度， a_k 為所謂彈簧部之長度（至梳中央為止）， a_l 為所謂之紡錘部之長度（至梳中央為止）， k 為彈簧常數， Y 為

藉由 BT 處理之返回量， y_0 為 Z 軸方向位移， Q_0 為基礎部梳齒之初始電荷， Q_2 為前端部梳齒之初始電荷， C_0 為基礎部梳齒之初始電容， C_2 為前端部梳齒之初始電容， r 為機械阻力。

【0040】 且，在圖 7， X_0 為基礎部梳齒之重疊， X_2 為前端部梳齒之重疊， Y_0 為帶電處理前之基礎部梳齒之 Z 軸方向位移， Y_2 為帶電處理前之前端部梳齒之 Z 軸方向位移， b 為梳齒厚度。

【0041】 若由上述拉格朗其函數，藉由線性近似推導機械系統·電氣系統之運動方程式，求出驅動點矩陣，則如下式所述。

[數 4]

【數 4】

驅動點矩陣

$$\begin{bmatrix} f_0 \\ i_0 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_m & -A & -B \\ A & j\omega C_0 & 0 \\ B & 0 & j\omega C_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_0 \\ e_0 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

【0042】 在此驅動點矩陣，

[數 5]

【數 5】

$$Z_m = r + j\omega \left(m_s + \frac{\rho b (4a_2^2 + 6a_2 a_1 + 3a_1^2)}{4a_1^3} \right) + \frac{k}{j\omega}$$

[數 6]

【數 6】

$$A = \frac{2\pi_0 \sigma_0 X_0 B_0}{d_0}$$

[數 7]

【數 7】

$$B = \frac{2n_2\epsilon_0 X_2 E_2}{d_2} \left(1 + \frac{3a_1}{2a_k} \right)$$

[數 8]

【數 8】

$$C_0 = \frac{2n_0\epsilon_0 X_0 (b - Y_0 + Y)}{d_0}$$

[數 9]

【數 9】

$$C_2 = \frac{2n_2\epsilon_0 X_2 \left\{ b + \left(1 + \frac{3a_1}{2a_k} \right) (Y - Y_0) \right\}}{d_2} \quad \circ$$

【0043】 且，

 n_0 ：輸出側梳齒組數 n_2 ：輸入側梳齒組數 ϵ_0 ：真空介電常數 d_0 ：輸出側梳齒間隙 d_2 ：輸入側梳齒間隙 e_0 ：輸出電壓 e_2 ：輸入電壓 R ：阻抗匹配電阻 ω ：角頻率

【0044】 由以上內容，

[數 10]

【數 10】

$$i_0 = -\frac{e_0}{R}$$

$$\therefore -\frac{e_0}{R} = Av_0 + j\omega C_0 e_0$$

$$\therefore v_0 = -\frac{1}{A} \left(\frac{1}{R} + j\omega C_0 \right) e_0$$

【0045】 由[數 11]

【數 11】

$$0 = Z_m v_0 - A e_0 - B e_2 \quad ,$$

[數 12]

【數 12】

$$0 = -\left\{ \frac{Z_m}{A} \left(\frac{1}{R} + j\omega C_0 \right) + A \right\} e_0 - B e_2$$

【0046】 因此，電壓放大率為

[數 13]

【數 13】

$$\frac{e_0}{e_2} = -\frac{B}{A \left\{ 1 + \frac{Z_m}{A^2} \left(\frac{1 + j\omega C_0 R}{R} \right) \right\}} \approx -\frac{B}{A}$$

[數 14]

【數 14】

$$X_0 = X_2$$

$$n_0 = n_2$$

$$d_0 = d_2$$

當時，

$$\frac{e_0}{e_2} \approx -\left(1 + \frac{3a_i}{2a_k} \right)$$

【0047】 如此，藉由設定各參數，可如上式般，相對於輸入電壓 e_2 可變更輸出電壓 e_0 之值。即，可以上式為基礎實現無需以往之線圈的靜電型變壓器。進而換言之，當滿足既定條件（ $X_0=X_2$ ， $n_0=n_2$ ， $d_0=d_2$ ）時，可按照可動部之尺寸值（ a_k ， a_l ），將輸入電壓與輸出電壓之比（＝電壓放大率）設定為所期望之值。換句話說，當將第 1 可動電極之旋動支點與第 1 可動電極之中間位置之間的距離設為 a_k ，將第 1 可動電極之中間位置與第 2 可動電極之中間位置之間的距離設為 a_l 時，在第 1 可動電極及第 2 可動電極以上述支點為中心往相同方向旋動之情況，上述交流輸入訊號之電壓 e_{in} 與上述交流輸出訊號之電壓 e_{out} 之比 $|e_{out}/e_{in}|$ 可由 $|e_{out}/e_{in}| = |1 + 3a_l/2a_k|$ 求得。

【0048】 圖 8 為表示藉由圖 7 所示之靜電感應型轉換裝置之驅動點矩陣所推導出之電氣等效電路之圖。圖 9 為以該電氣等效電路為基礎製成之 SPICE 等效電路圖。圖 10 為表示使用了圖 9 之 SPICE 等效電路之模擬結果之圖。由圖 10 表明：獲得了約 3.9 倍之電壓放大率。此為一例，可藉由設計任意地變更電壓放大率。

【0049】 圖 11 為表示使用了圖 7 所示之靜電感應型轉換裝置之 Z 方向振動型梳齒靜電變壓器之圖。此靜電變壓器於梳齒相對向面形成氧化膜駐極體，將電氣交流訊號輸入於輸入側固定梳齒電極與輸入側可動電極之間，藉此，可構成使用了 MEMS 技術之小型變壓器。

【0050】 當然，由於不會產生磁通，因此，亦不會對周圍之元件產生磁影響。且，不僅可藉由使輸出側之電容值或輸出阻抗小於輸入側之靜電梳齒之電容值或輸入阻抗而進行升壓，相反地，亦可藉由增大輸出側之電容值進行降壓。

【0051】 圖 12 為表示梳齒在 Y 軸方向旋動之 Y 方向振動型梳齒靜電變壓器之圖。基本動作原理與圖 11 之 Z 方向振動型梳齒靜電變壓器相同，故省略說明。

【0052】 若總結圖 11 及圖 12 所示之梳齒靜電變壓器之構造及動作原理，則如以下之 (i) ~ (v) 所示。

(i) 具有 3 端子之靜電變壓器構造。

【0053】 (ii) 由槓桿原理等，在輸入側-輸出側產生振幅差。

【0054】 (iii) 適當選擇靜電電容及電氣機械耦合係數，藉由實現輸入側之振幅大於輸出側之振幅之狀況，可任意地設定升壓比。

【0055】 (iv) 在升壓之情況，可使輸出側之靜電電容小於圖 1、圖 4 所示之靜電電容，因此，取得阻抗匹配時之電壓升高，可比較容易地獲得高電壓。

【0056】 (v) 在作為前提性基礎技術而敘述之圖 1、圖 4 之情況，由槓桿原理，使遠離鉸鏈之輸出側之位移量大於輸入側之位移量，作為電流，將由靜電感應所獲得之電荷取出，於該輸出電流適當地施加負載並取出升壓電壓，因此，為了形成降壓變壓器，需要設計變更。

【0057】 另一方面，在如圖 11 及圖 12 所示之梳齒靜電變壓器，在輸入側及輸出側均形成駐極體，形成與圖 1、圖 4 之情況相反之輸入輸出連接，藉此，可由阻抗（輸出阻抗）高之輸出側取出升壓之電壓。因此，僅藉由相反地連接輸入側與輸出側，可切換升壓變壓器與降壓變壓器。

【0058】 此外，在輸入側梳齒與輸出側梳齒之振幅不同則較為理想，但即使在振幅相同之情況，如[數 6]、[數 7]、[數 13]般，根據梳齒之電容、

駐極體之帶電量等，使電氣機械耦合係數（在[數式 13]之 A 及 B）產生差異，藉此，亦可實現升壓或降壓。

【0059】 而在振幅不同之情況，即，該振幅之差異藉由在[數 7]之尺寸 a_i 及 a_k 表示。因此，在[數式 13]之 B 相應地變化，故可增大升壓或降壓時之放大率或減少率。

【0060】 <實施形態 2>

圖 13 為表示使用了靜電型變壓器（梳齒靜電變壓器）之 DC-DC 轉換器之電路圖。本圖所示之靜電型變壓器 50 與至此為止所說明之圖 7、圖 11、圖 12 同樣地具備複數個梳齒，但在圖 13，僅描繪一個可動梳齒。此靜電型變壓器 50 插入於附 AGC（Auto Gain Control）功能之增益可變型放大器 60 的輸入端子與輸出端子之間。在此，使用如下直流電壓源，該直流電壓源產生直流電壓 V_{in} 作為用以實現上述 AGC 功能之基準電壓。振盪訊號之振幅與直流電壓 V_{in} 之大小成比例。而，夠過整流電路 70 輸出直流電壓 V_{out} 。

【0061】 圖 14 為將圖 13 的電路圖更詳細地表示之電路圖。圖 15 為表示被包含於 DC-DC 轉換器的自激振盪電路之動作原理之電路圖。

【0062】 如此一來，在實施形態 2，形成於反饋電路納入輸入側梳齒之自激振盪電路，藉此構成 DC-DC 轉換器。即，若於輸入側梳齒施加直流電壓，則會藉由自激振盪產生交流訊號，藉此，梳齒可動電極振動。梳齒之共振頻率與自激振盪訊號之頻率相同。對藉由輸出側之梳齒可動電極振動而產生之輸出側訊號進行整流，產生輸出電壓（DC）。此外，如日本專利第 4708455 號（日本特開 2009-8671 號）等所述，將梳齒致動器插入於自激振盪電路中，及使用 AGC 電路並控制放大器之增益已眾所周知，故省略詳

細說明。

【0063】 <其他變形例>

圖 16 為表示在可動構件的中間部設置有鉸鏈之變形例 1 之圖。本圖所示之靜電型轉換裝置如在實施形態 1 的說明所述，可在輸入輸出之間實現升壓/降壓功能。但是，不同點為：可動構件 6e 以鉸鏈 12e 為中心於 X-Y 平面上旋轉。即，藉由夾持可動構件 6e 的中間部之支持構件實現鉸鏈 12e，在此鉸鏈 12e 左側之可動電極 4e、與在此鉸鏈 12e 右側之可動電極 8e 分別往相反方向旋轉。

【0064】 由圖 16 表明：輸入側靜電致動器 20e 的可動構件透過鉸鏈 12e 與輸出側靜電致動器 30e 的可動電極物理地連接，整體成為可動構件 6e。

【0065】 可動電極 8e 與鉸鏈 12e 之間的距離設定為大於可動電極 4e 與鉸鏈 12e 之間的距離。藉由鉸鏈 12e 而具有在平面方向（X-Y 平面）振動之自由度，固定電極 2e、10e 與可動電極 4e、8e 分別具有與自鉸鏈 12e 算起之距離相對應之圓弧狀的相對梳齒構造。

【0066】 如圖 16 所示，連結於可動電極 4e 之可動構件 6e 以鉸鏈 12e 為中心而振動。與輸入側可動電極 4e 比較，可動電極 8e 旋轉於遠離鉸鏈 12c 之圓弧上，因此，根據槓桿原理，該可動電極 8e 之振幅大於在可動電極 4e 之振幅。由以上內容，圖 16 所示之靜電感應型轉換裝置可謂是如下升壓變壓器/降壓變壓器，該升壓變壓器/降壓變壓器具備藉由被鉸鏈 12e 所夾持之可動構件 6e 而旋轉之可動電極 4e 及可動電極 8e。

【0067】 圖 17 為表示在可動構件的中間部設置有鉸鏈之變形例 2 之圖。本圖所示之靜電型轉換裝置如在實施形態 1 的說明所述，可在輸入輸

出之間實現升壓/降壓功能。但是，不同點為：可動構件 6f 以鉸鏈 12f 為中心在垂直方向（Z 軸方向）旋動。即，藉由夾持可動構件 6f 的中間部之支持構件實現鉸鏈 12f，在此鉸鏈 12f 左側之可動電極 4f、與在此鉸鏈 12f 右側之可動電極 8f 分別往相反方向旋動。

【0068】 由圖 17 表明：輸入側靜電致動器 20f 的可動構件透過鉸鏈 12f 與輸出側靜電致動器 30f 的可動電極物理地連接，整體成為可動構件 6f。

【0069】 可動電極 8f 與鉸鏈 12f 之間的距離設定為大於可動電極 4f 與鉸鏈 12f 之間的距離。藉由鉸鏈 12f 而具有在垂直方向（Z 軸方向）振動之自由度，固定電極 2f、10f 與可動電極 4f、8f 分別具有與自鉸鏈 12f 算起之距離相對應之圓弧狀的相對梳齒構造。

【0070】 連結於可動電極 4f 之可動構件 6f 以鉸鏈 12f 為中心上下地振動。與可動電極 4f 比較，可動電極 8f 旋動於遠離鉸鏈 12f 之圓弧上。

【0071】 -實施形態之作用·效果-

以下，列舉藉由實施本發明而產生之作用（或效果）。

【0072】 由於靜電型變壓器利用電場，因此，可藉由靜電屏蔽消除對其他元件之影響，與使用了線圈之變壓器比較，可實現小型化。

【0073】 由於不易受磁場影響，且不易對磁場產生影響，因此，可適用於稱為磁記錄元件之寫入電壓用之變壓器、對磁場敏感之光電放大裝置用之變壓器之應用領域。

【0074】 可藉由使用於自激振盪電路中而構成 DC-DC 轉換器。

【0075】 由於無需使可動部的端子間絕緣，將可動部全體作為駐極體即可，因此，不僅構造本身簡單，亦可簡化製造步驟。

【0076】 只要切換輸入側與輸出側，不進行設計變更便可對升壓/降壓進行切換。

【0077】 以上之說明僅為一例，只要不損本發明之特徵，則本發明不限定於上述實施形態及變形例。亦可將實施形態與一個變形例組合，或將實施形態與複數個變形例組合。亦可以任何方式將變形例彼此組合。而且，在本發明之技術思想之範圍內所考慮之其他形態亦包含於本發明之範圍內。

【0078】 以下之優先權基礎申請案之揭示內容作為引用文併入至本申請案。

日本專利申請案 2012 年第 192113 號（2012 年 8 月 31 日提出申請）

【符號說明】

【0079】

- 2 固定電極
- 4 可動電極
- 6 可動構件
- 8 可動電極
- 10 固定電極
- 20 輸入側靜電致動器
- 30 輸出側靜電致動器

發明摘要

※ 申請案號：102131237

※ 申請日：102.8.30

※IPC 分類：H02M 3/34 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

靜電感應型轉換裝置及 DC-DC 轉換器

【中文】

靜電感應型轉換裝置具備：輸入側靜電致動器，具有第 1 固定電極、與第 1 固定電極相對向之第 1 可動電極；輸出側靜電致動器，具有第 2 可動電極、與第 2 可動電極相對向之第 2 固定電極，上述第 2 可動電極透過將在第 1 可動電極產生之位移量放大或縮小之聯結機構構件連結於第 1 可動電極；在輸入側靜電致動器及輸出側靜電致動器的可動電極側或固定電極側的電極面上設置永久帶電膜。

【英文】

無

申請專利範圍

1.一種靜電感應型轉換裝置，其具備：

輸入側靜電致動器，其具有第 1 固定電極、與上述第 1 固定電極相對向之第 1 可動電極；以及

輸出側靜電致動器，其具有第 2 可動電極、與上述第 2 可動電極相對向之第 2 固定電極，上述第 2 可動電極透過將在上述第 1 可動電極產生之位移量放大或縮小之聯結機構構件連結於上述第 1 可動電極；

在上述輸入側靜電致動器及上述輸出側靜電致動器的可動電極側或固定電極側的電極面上，設置有永久帶電膜。

2.如申請專利範圍第 1 項之靜電感應型轉換裝置，其中，

上述第 1 可動電極、上述聯結機構構件、上述第 2 可動電極使用相同材料形成。

3.如申請專利範圍第 2 項之靜電感應型轉換裝置，其中，

由上述第 1 可動電極、上述聯結機構構件、上述第 2 可動電極所構成之可動部，以設置於上述聯結機構構件的端部或既定之中間位置之鉸鏈機構為中心而一體地旋動。

4.如申請專利範圍第 3 項之靜電感應型轉換裝置，其中，

在上述鉸鏈機構設置於上述聯結機構構件的端部之情況，上述第 1 可動電極及上述第 2 可動電極以上述端部為中心往相同方向旋動；

在上述鉸鏈機構設置於上述聯結機構構件的上述既定之中間位置之情況，上述第 1 可動電極及上述第 2 可動電極以上述既定之中間位置為中心互相往相反方向旋動。

5.如申請專利範圍第 1 至 4 項中任一項之靜電感應型轉換裝置，其中，藉由在上述輸入側靜電致動器施加交流輸入訊號使上述第 1 可動電極振動，對應於第 1 可動電極之振動使上述第 2 可動電極振動，藉此，由上述輸出側靜電致動器獲得對上述交流輸入訊號之電壓進行升壓或降壓之交流輸出訊號。

6.如申請專利範圍第 5 項之靜電感應型轉換裝置，其中，以上述第 1 可動電極之長度、上述聯結機構構件之長度、上述第 2 可動電極之長度為基礎，決定上述交流輸入訊號之電壓與上述交流輸出訊號之電壓的比。

7.如申請專利範圍第 6 項之靜電感應型轉換裝置，其中，當將上述第 2 可動電極之旋動支點與上述第 2 可動電極之中間位置之間的距離設為 a_k ，

將上述第 2 可動電極之上述中間位置與上述第 1 可動電極之中間位置之間的距離設為 a_l 時，

在上述第 1 可動電極及上述第 2 可動電極以上述支點為中心往相同方向旋動之情況，

上述交流輸入訊號之電壓 e_{in} 與上述交流輸出訊號之電壓 e_{out} 的比 $|e_{out}/e_{in}|$ 藉由 $|e_{out}/e_{in}| = |1 + 3a_l/2a_k|$ 求得。

8.一種 DC-DC 轉換器，為具備申請專利範圍第 1 至 7 項中任一項之靜電感應型轉換裝置、

具有以輸入直流電壓為基礎決定之增益的放大器、以及
整流電路；

其特徵在於：

將上述靜電感應型轉換裝置的輸入側靜電致動器連接於上述放大器的輸入端子與輸出端子之間形成自激振盪電路；

將上述自激振盪電路之交流訊號輸入至上述輸入側靜電致動器，藉此，由上述靜電感應型轉換裝置的對應於上述輸入側靜電致動器之輸出側靜電致動器輸出交流訊號；

上述整流電路將由上述輸出側靜電致動器所輸出之交流訊號進行整流並輸出直流電壓。

圖式

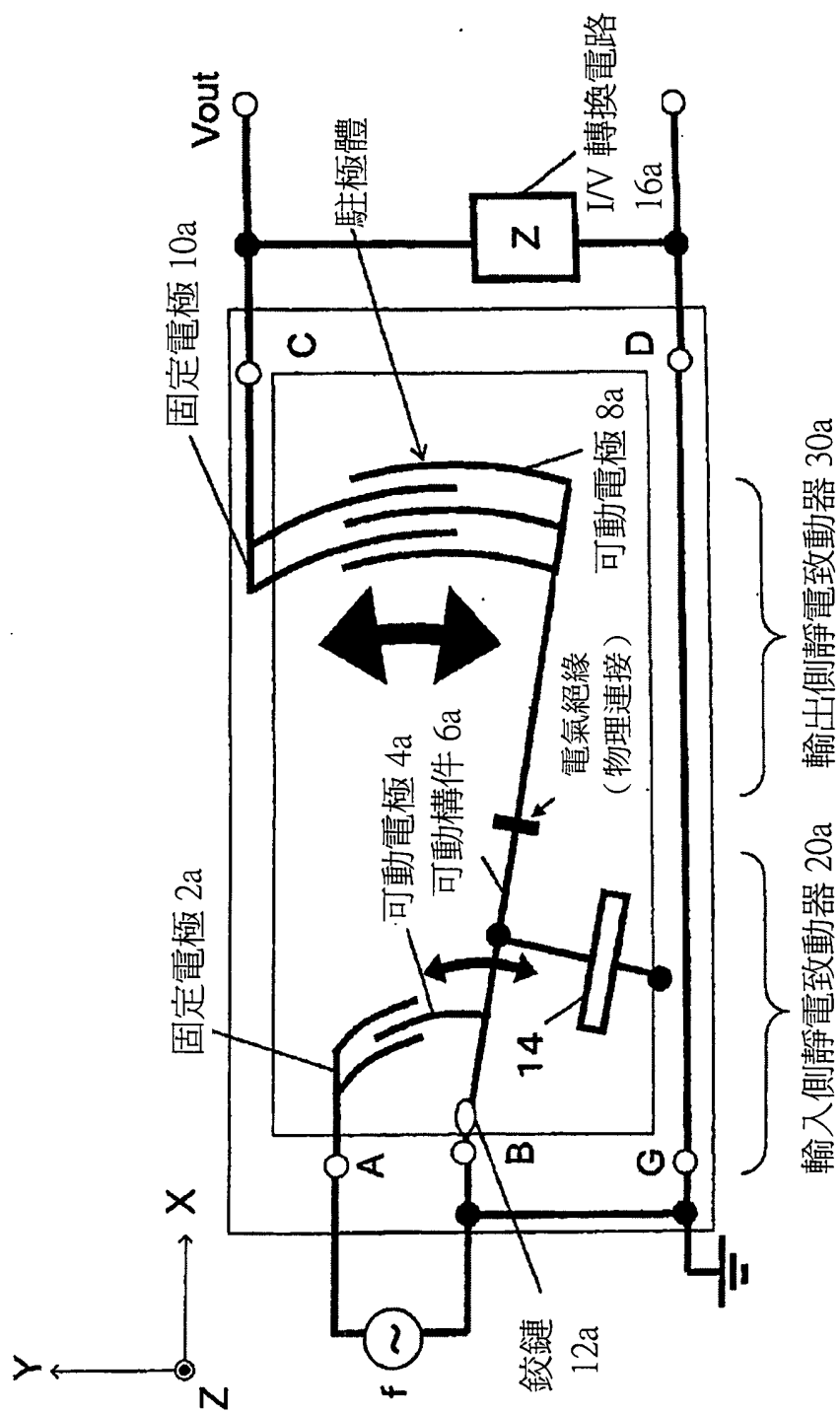


圖 1

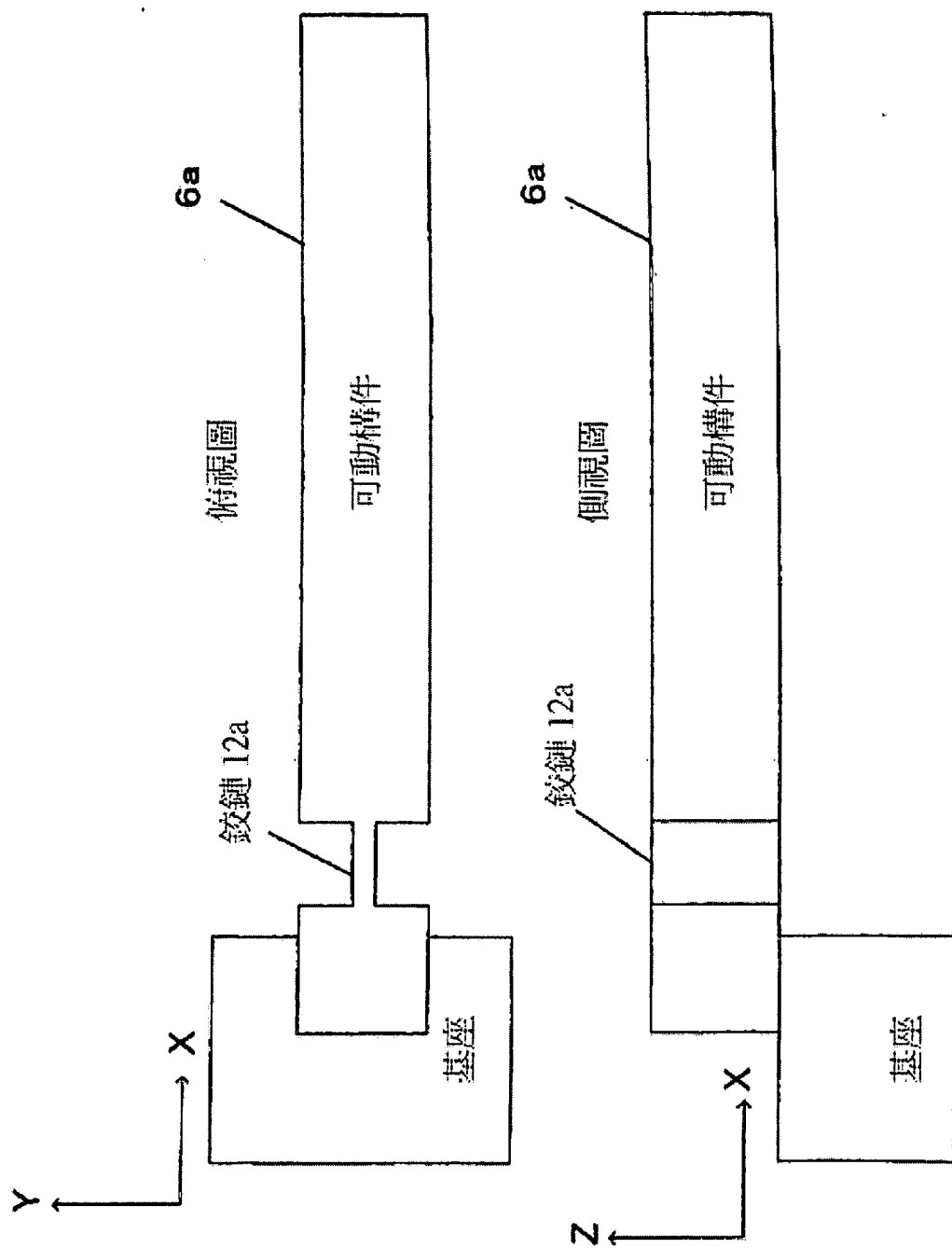


圖 2

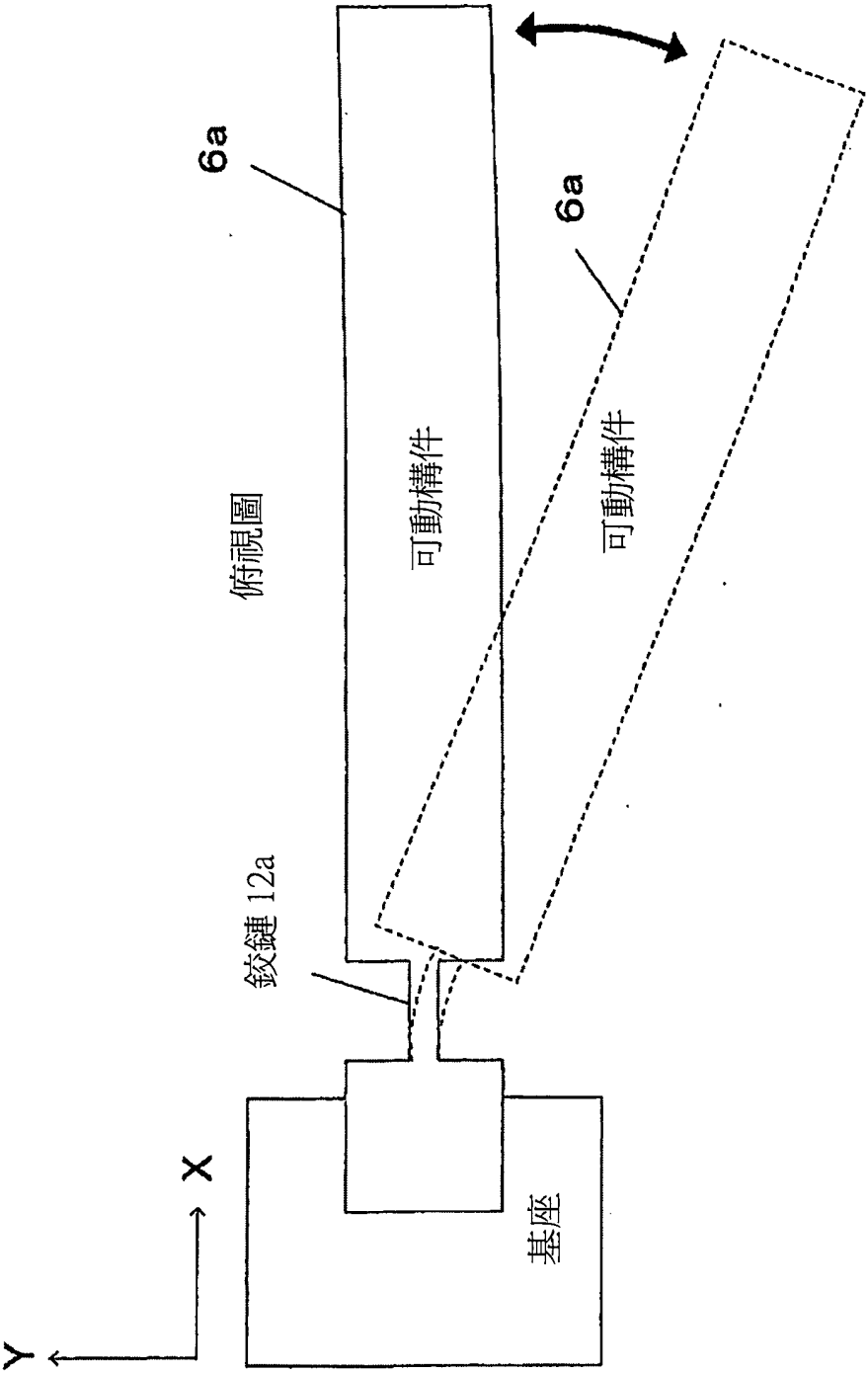


圖 3

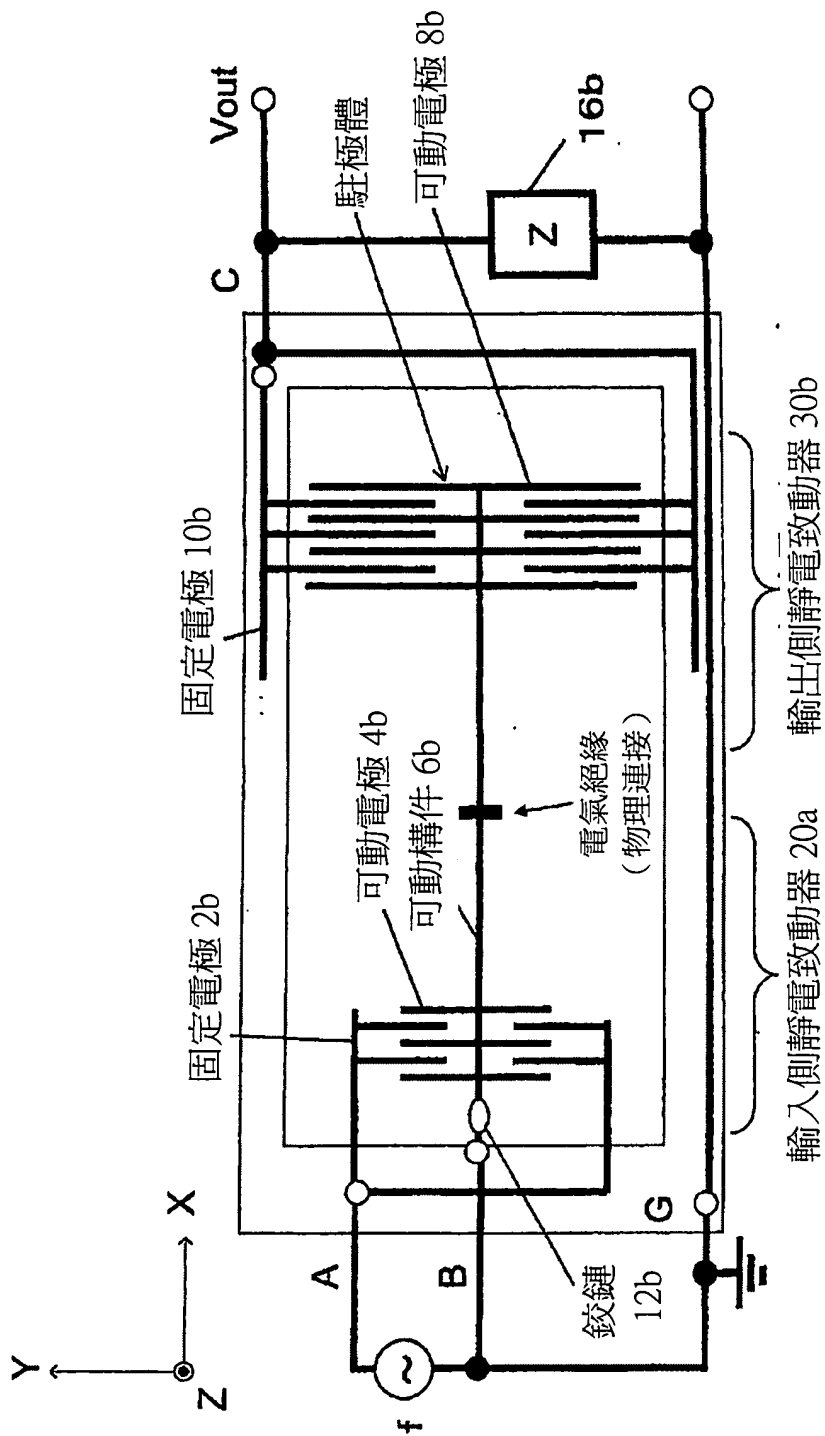


圖 4

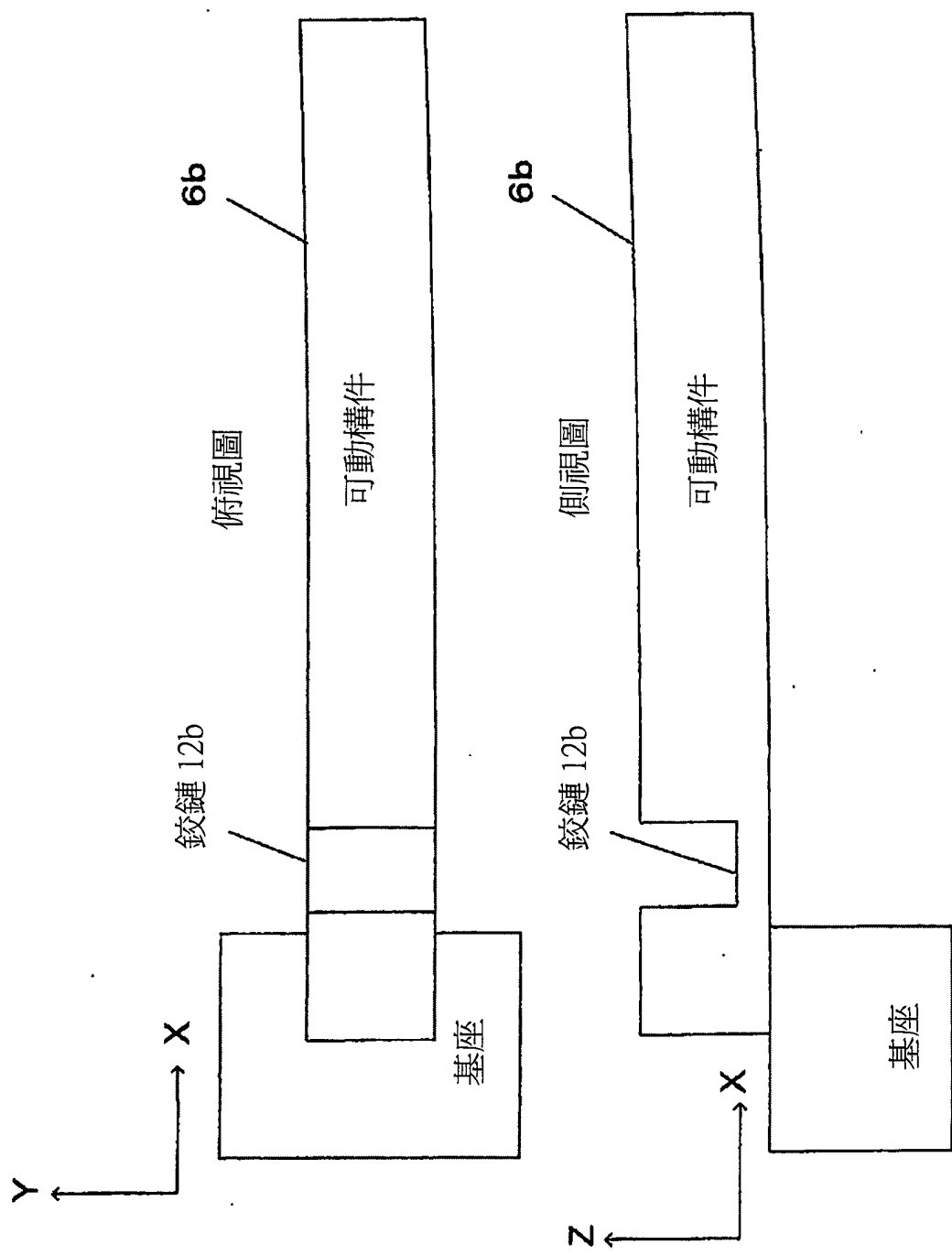


圖 5

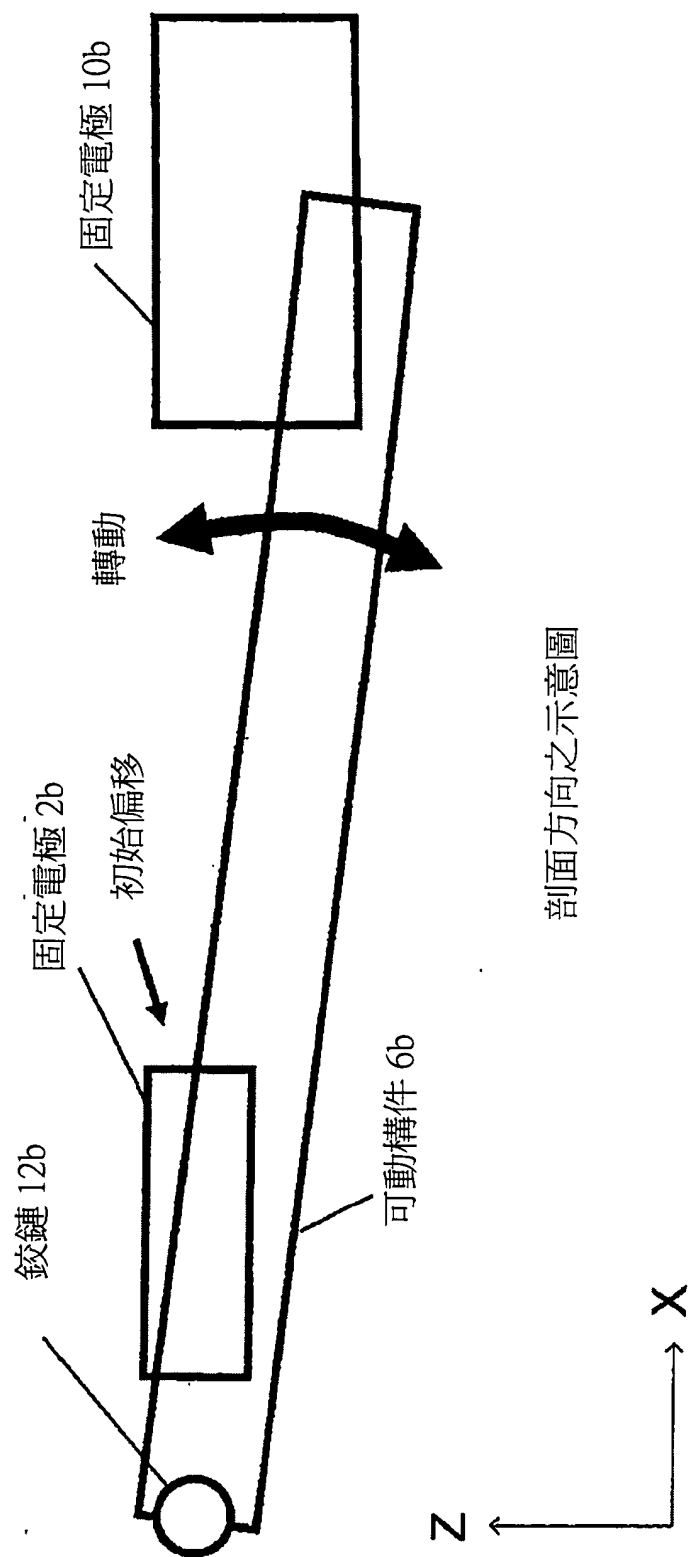


圖 6

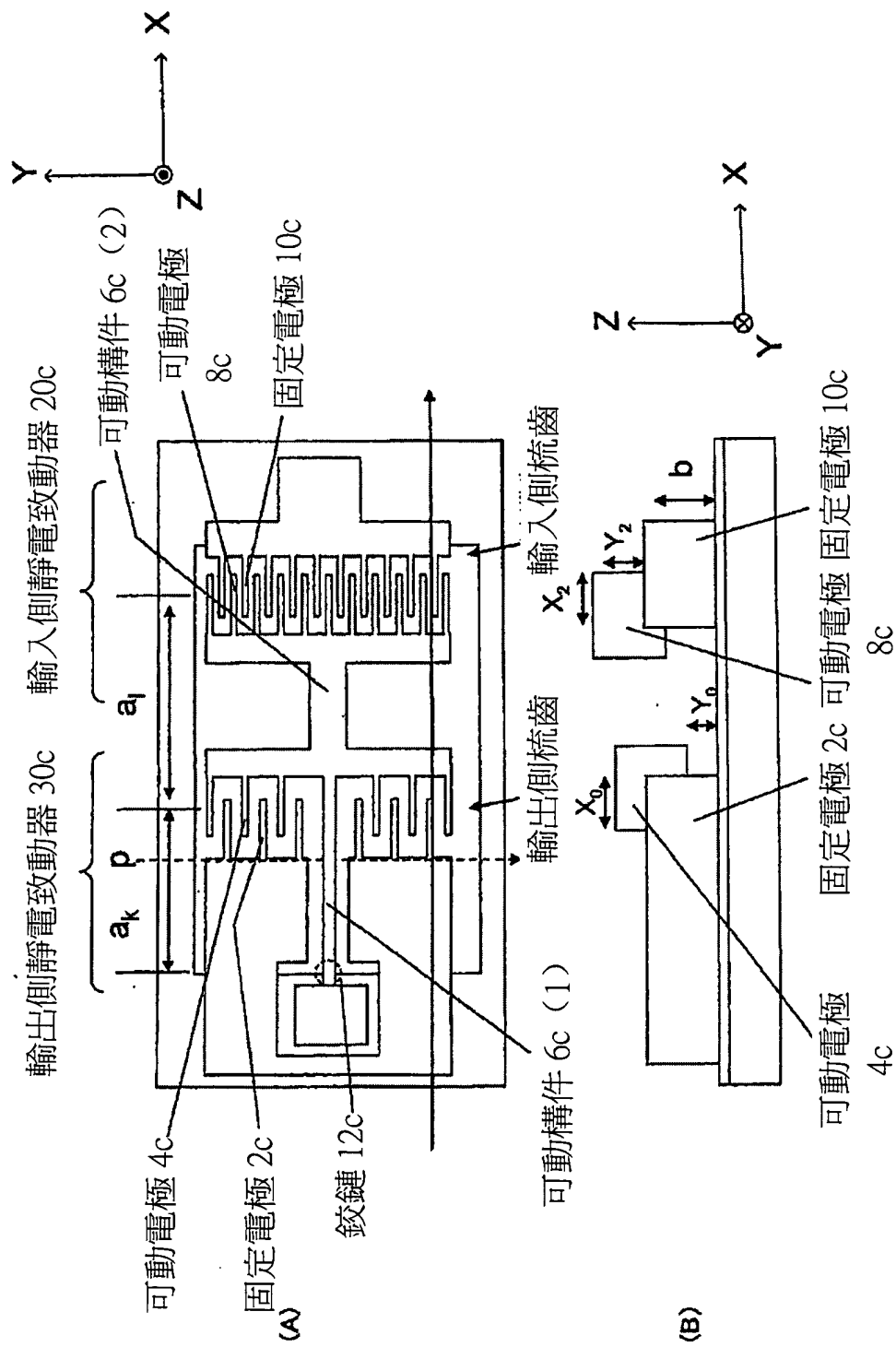


圖 7

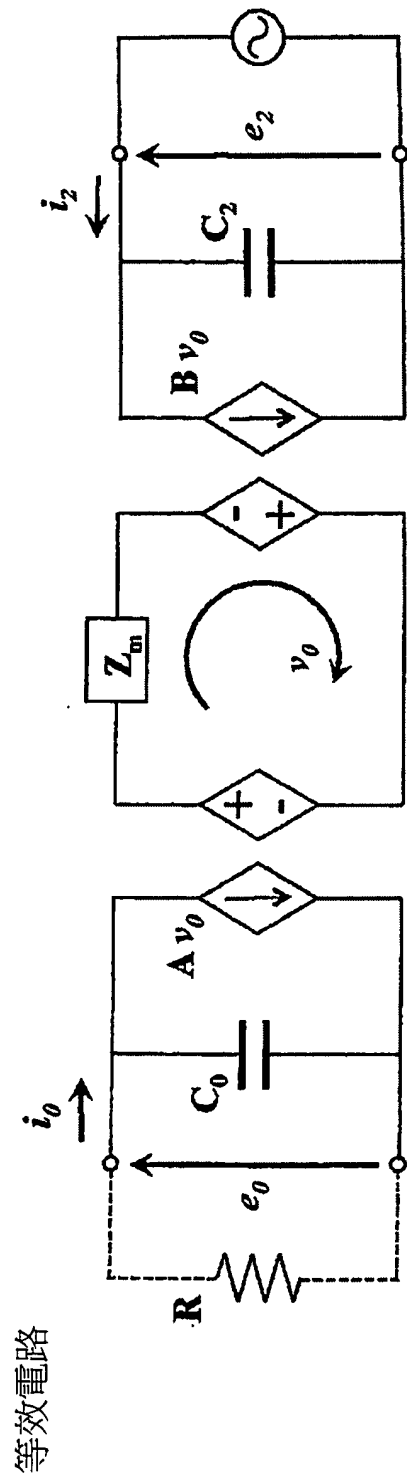
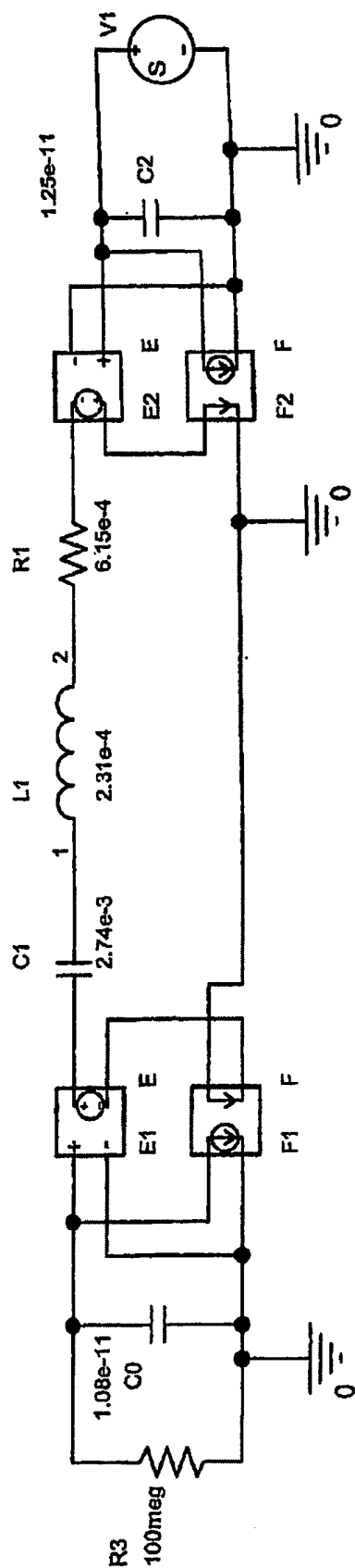


圖 8



SPICE 等效电路

图 9

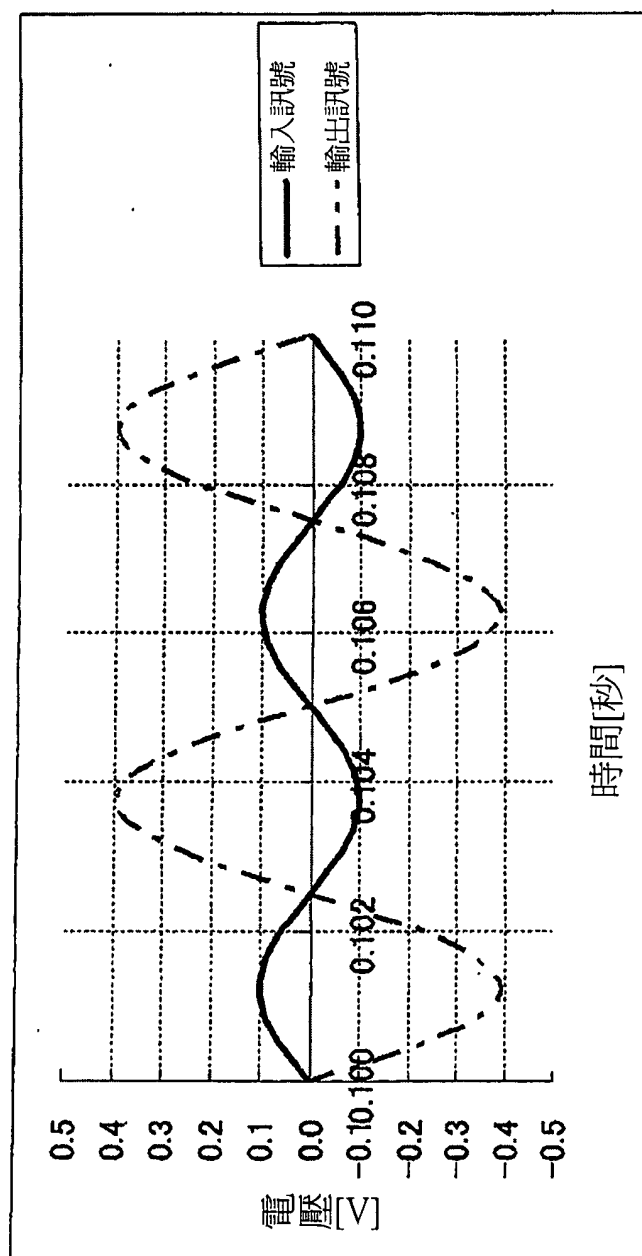


圖 10

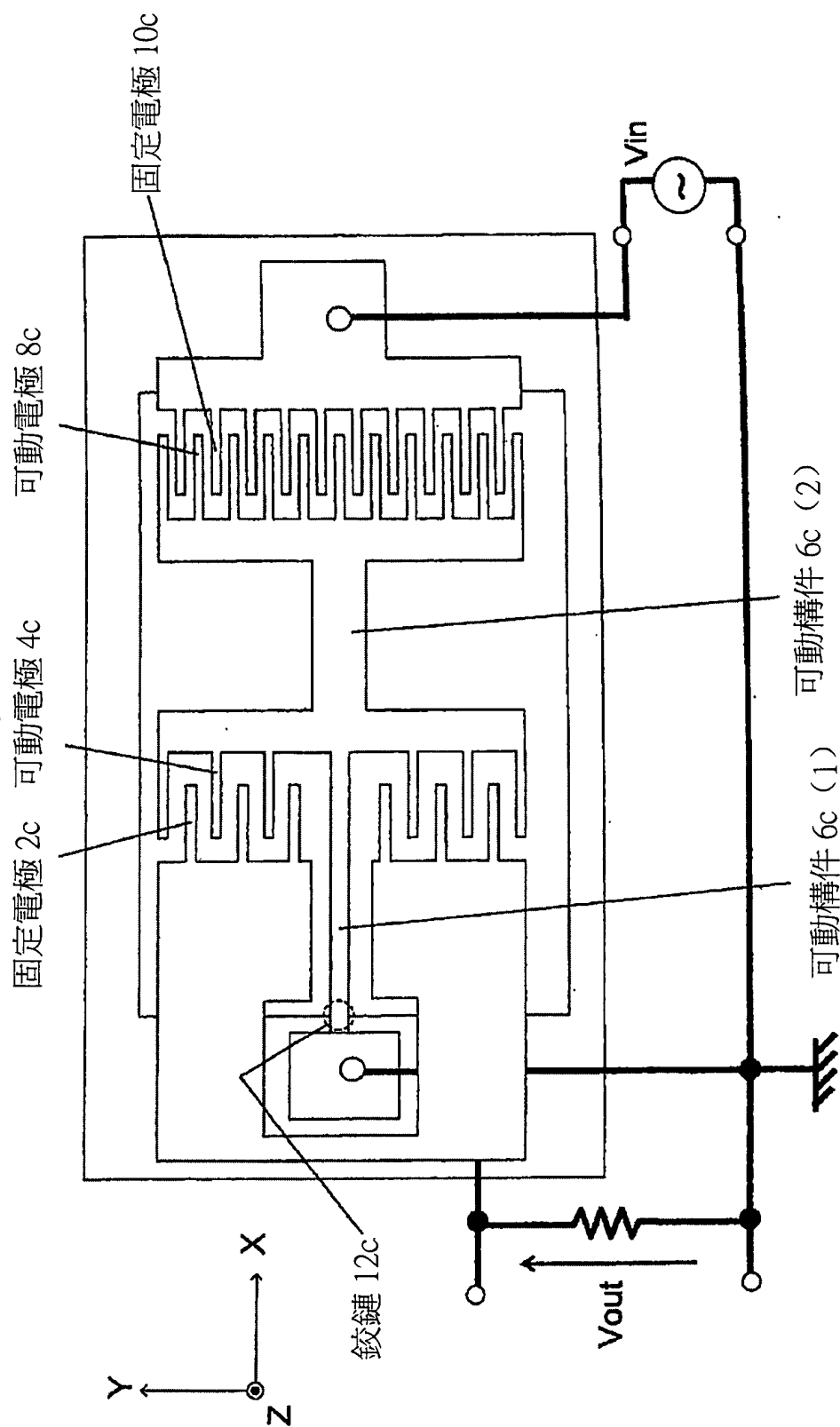


圖 11

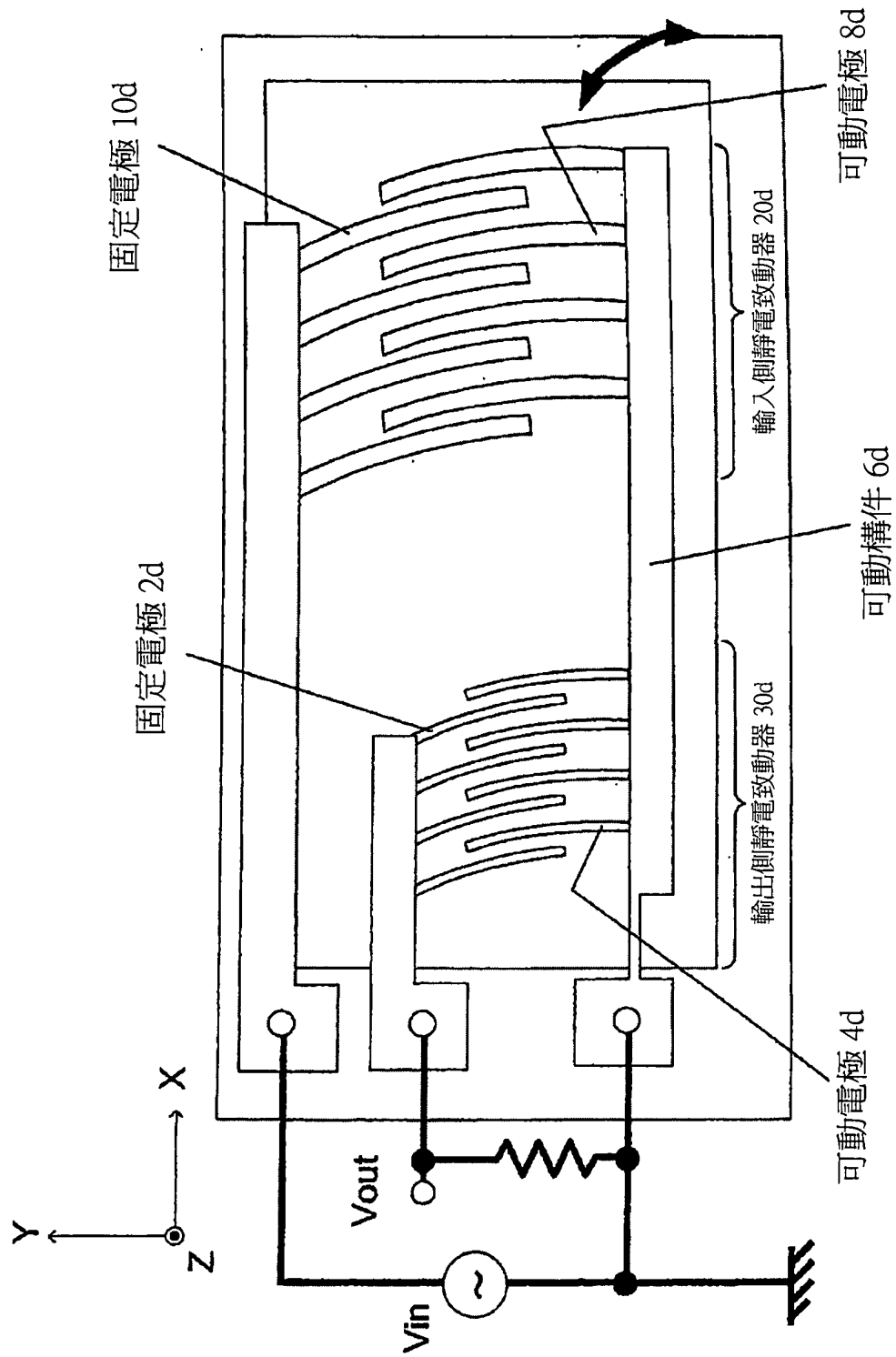


圖 12

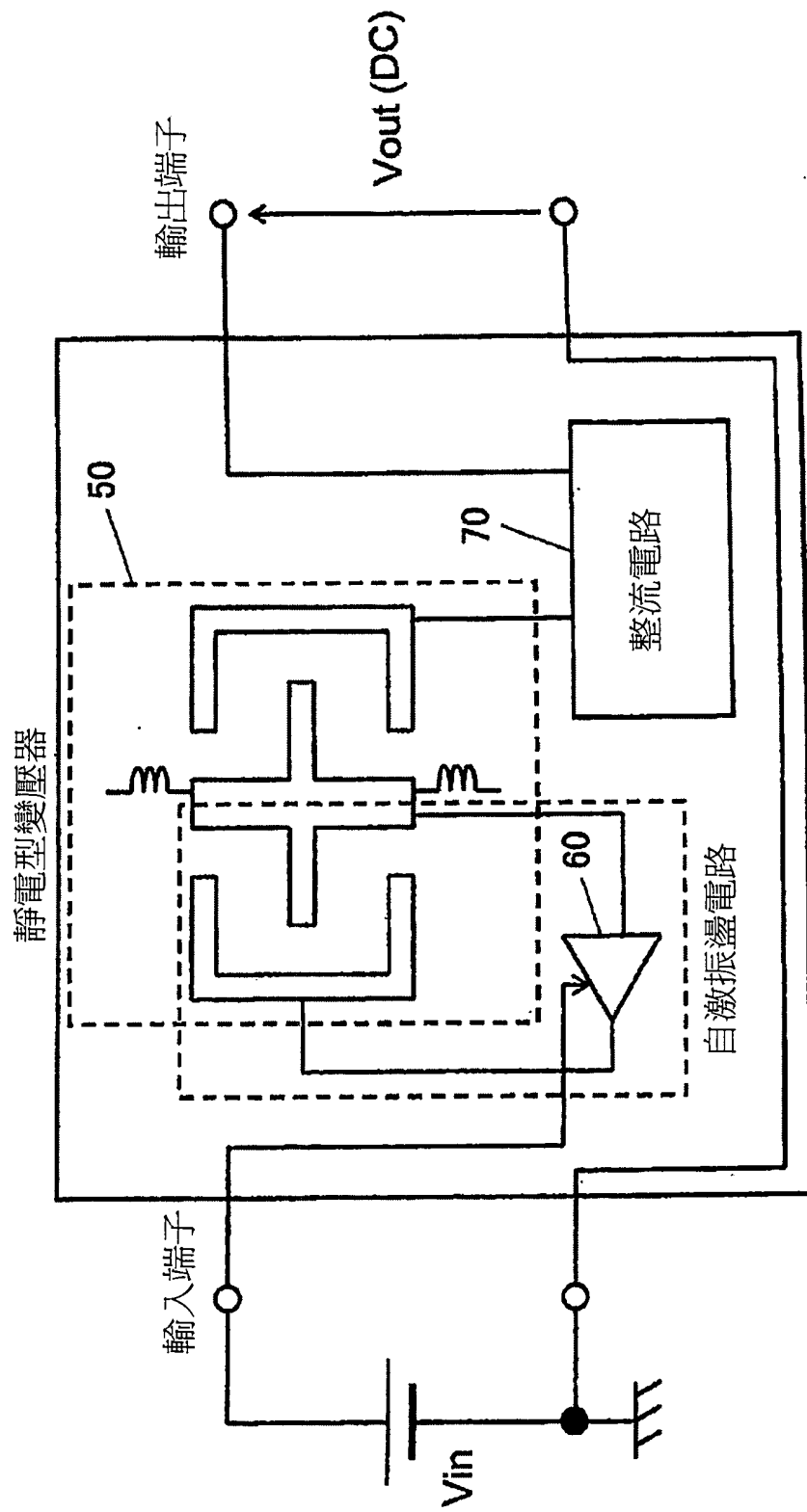


圖 13

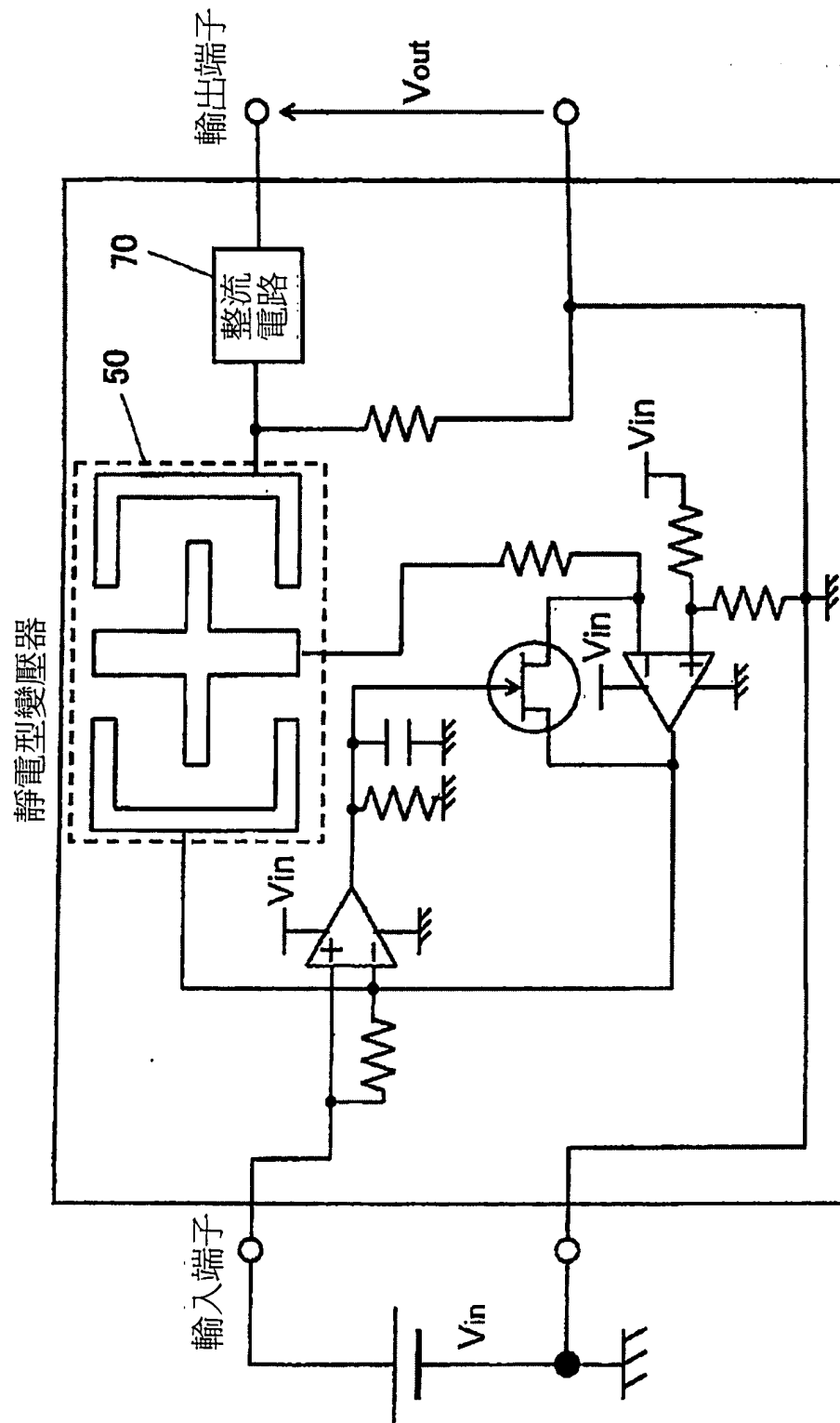


圖 14

(輸入側) 靜電梳齒等效電路

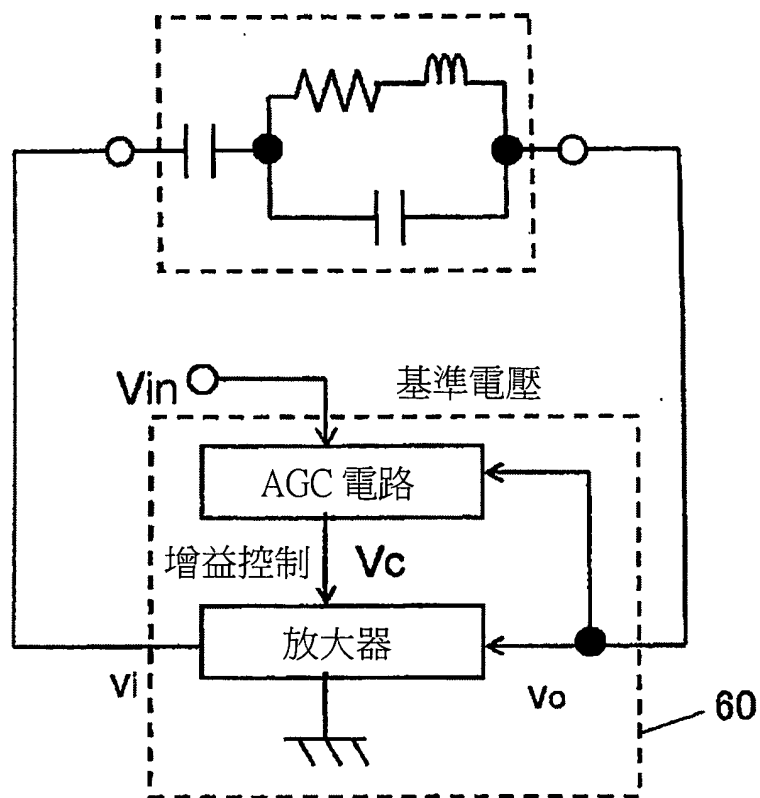


圖 15

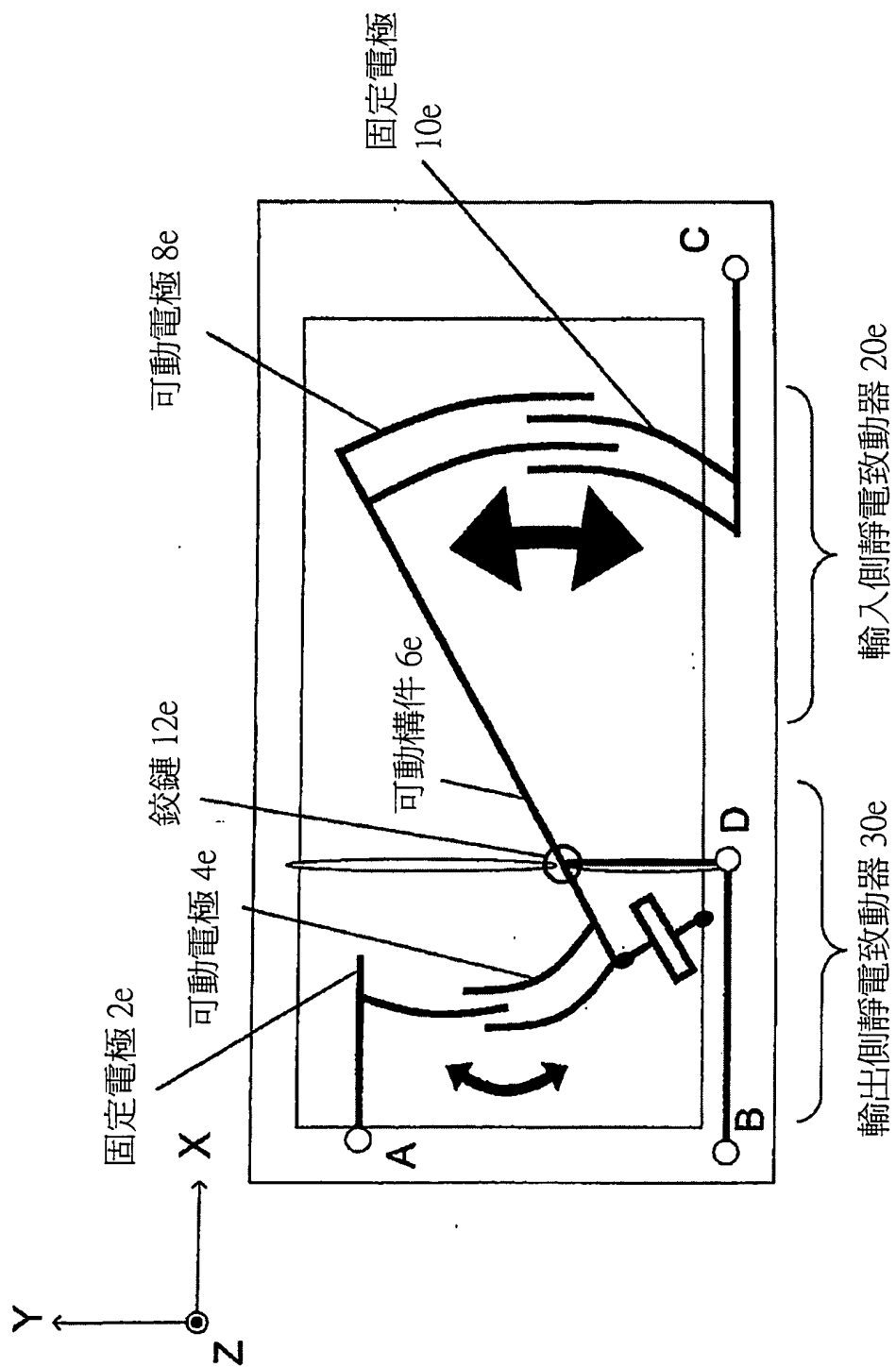


圖 16

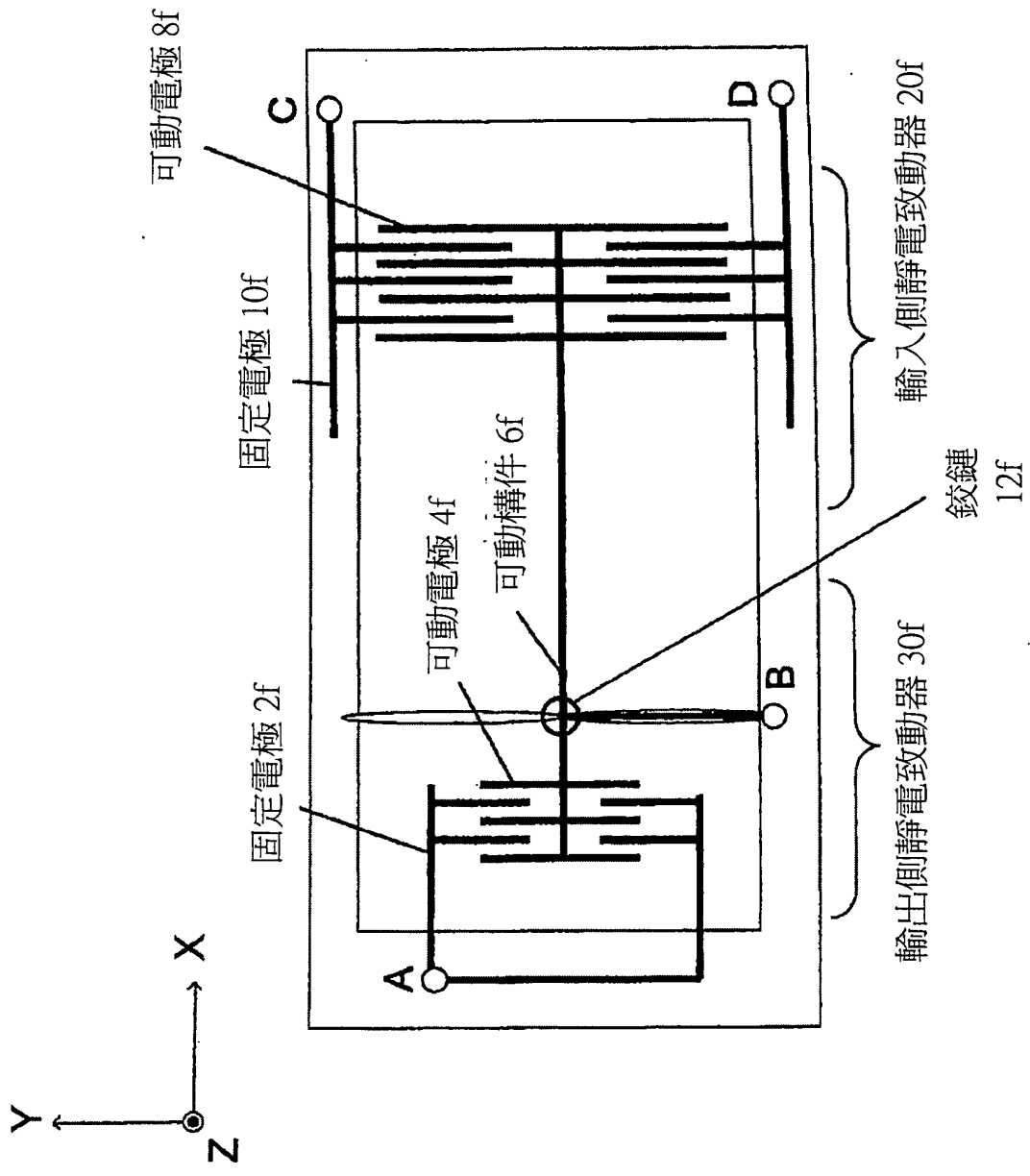


圖 17

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（7）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

2c、10c 固定電極

20c 輸入側靜電致動器

30c 輸出側靜電致動器

4c、8c 可動電極

6c（1）、6c（2） 可動構件

12c 鉸鏈

a_k 第1可動電極旋動之支點與第1可動電極之中間位置之間的距離

a_l 第1可動電極之中間位置與第2可動電極之中間位置之間的距離

b 梳齒厚度

p 線

X、Y、Z 軸方向

X_0 基礎部梳齒之重疊

X_2 前端部梳齒之重疊

Y_0 帶電處理前之基礎部梳齒之Z軸方向位移

Y_2 帶電處理前之前端部梳齒之Z軸方向位移

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無