



(21)申請案號：109105934

(22)申請日：中華民國 109 (2020) 年 02 月 25 日

(51)Int. Cl.：

H04R9/06 (2006.01)

H04R3/04 (2006.01)

B32B7/04 (2019.01)

(30)優先權：2019/03/07 日本 2019-041572

2019/08/16 日本 2019-149322

(71)申請人：日商富士軟片股份有限公司 (日本) FUJIFILM CORPORATION (JP)

日本

(72)發明人：三好哲 MIYOSHI, TETSU (JP)

(74)代理人：葉璟宗；卓俊傑

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：12 項 圖式數：11 共 64 頁

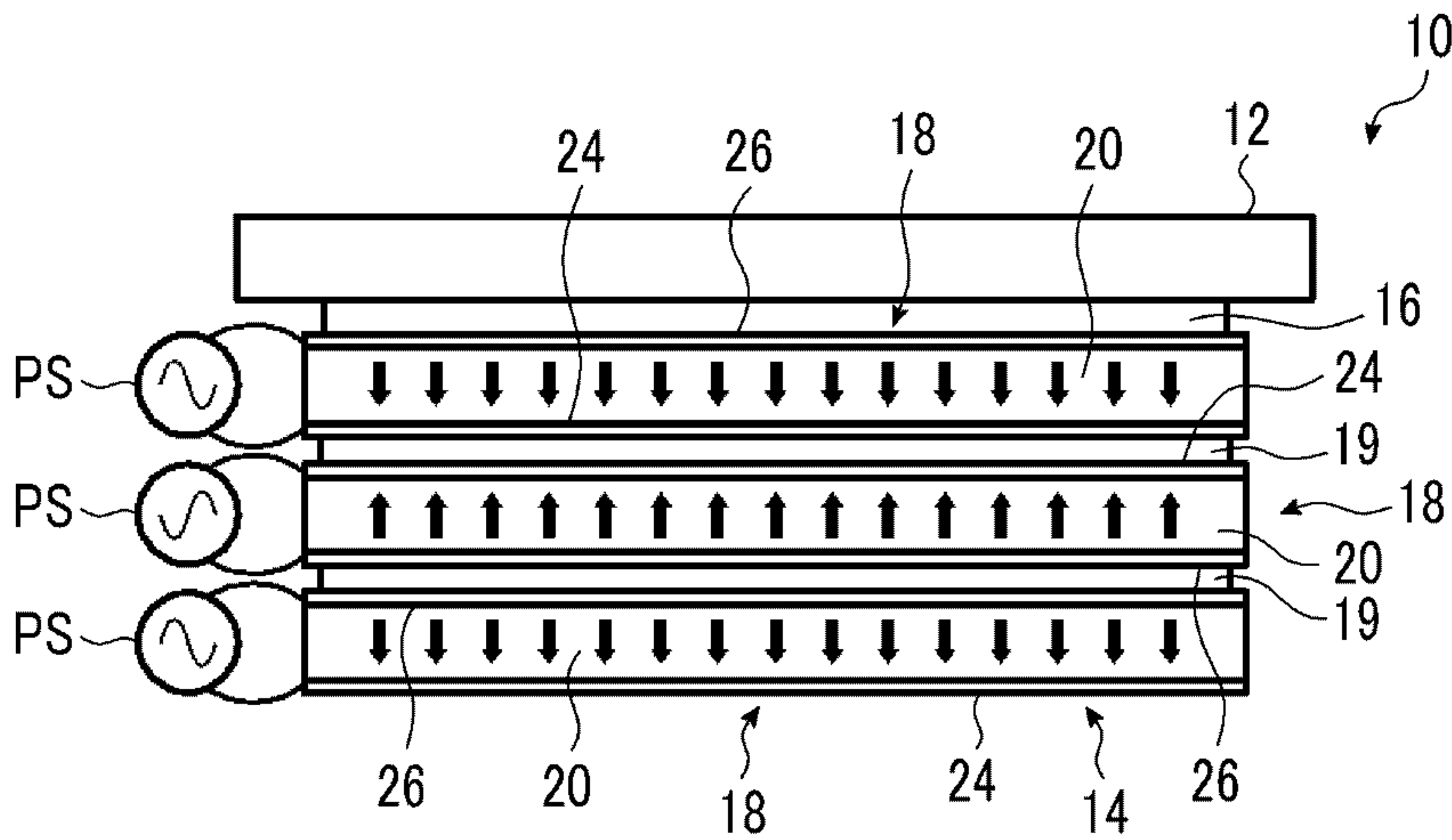
(54)名稱

電聲轉換器

(57)摘要

本發明的課題為提供一種由振動板和激發器構成之具有良好的撓性之電聲轉換器。本發明藉由如下解決課題，亦即，電聲轉換器具有振動板和激發器，且基於激發器的動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz 中的損耗正切在 0 ~ 50℃ 的溫度範圍內之極大值為 0.08 以上，激發器的厚度與基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz、25℃ 下的儲存彈性係數的乘積為振動板的厚度與楊氏模量的乘積的 3 倍以下。

指定代表圖：



符號簡單說明：

10:電聲轉換器

12:振動板

14:激發器

16、19:黏貼層

18:壓電薄膜

20:壓電體層

24:下部(薄膜)電極

26:上部(薄膜)電極

PS:電源

【圖1】



202034709

【發明摘要】

【中文發明名稱】電聲轉換器

【英文發明名稱】ELECTRO-ACOUSTIC TRANSDUCER

【中文】本發明的課題為提供一種由振動板和激發器構成之具有良好的撓性之電聲轉換器。本發明藉由如下解決課題，亦即，電聲轉換器具有振動板和激發器，且基於激發器的動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz 中的損耗正切在 0~50℃ 的溫度範圍內之極大值為 0.08 以上，激發器的厚度與基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz、25℃ 下的儲存彈性係數的乘積為振動板的厚度與楊氏模量的乘積的 3 倍以下。

【指定代表圖】圖 1

【代表圖之符號簡單說明】

10：電聲轉換器

12：振動板

14：激發器

16、19：黏貼層

18：壓電薄膜

20：壓電體層

24：下部（薄膜）電極

26：上部（薄膜）電極

PS：電源

【特徵化學式】無

【發明說明書】

【中文發明名稱】電聲轉換器

【英文發明名稱】ELECTRO-ACOUSTIC TRANSDUCER

【技術領域】

【0001】 本發明有關一種使用激發器之電聲轉換器。

【先前技術】

【0002】 藉由與各種物品接觸並安裝來使物品振動並發出聲音之所謂激發器（激子）被利用於各種用途。

例如，若在辦公室，則進行演示及電話會議等時，能夠藉由在會議用桌子、白板及屏幕等中安裝激發器來代替揚聲器發出聲音。若為汽車等車輛，則能夠藉由在控制台、A 柱及頂篷等中安裝激發器來發出提示音、警告音及音樂等。又，在如混合動力汽車及電動汽車那樣不發出引擎聲之汽車的情況下，能夠藉由在保險桿等中安裝激發器來從保險桿等發出車輛接近通知聲。

【0003】 作為在該種激發器中產生振動之可變元件，已知有線圈與磁鐵的組合以及偏心馬達及線性共振馬達等的振動馬達等。

該等可變元件難以薄型化。尤其，振動馬達存在如下難點，亦即，為了增加振動力而需要增加質量體且難以進行用於調節振動程度之頻率調變而響應速度慢等。

【0004】 另一方面，近年來，例如響應於與具有撓性之顯示器對應之要求等，對揚聲器亦要求撓性。然而，由該種激發器和振動板構成之結構中，難以對應具有撓性之揚聲器。

【0005】 亦可以考慮，藉由在具有撓性之振動板上黏貼具有撓性之激發器來作為具有撓性之揚聲器。

例如，在專利文獻 1 中，記載有使有機電致發光顯示器等具有撓性之顯示器與以電極夾住聚偏二氟乙烯（PVDF：Poly Vinylidene Fluoride）等壓電膜之具有撓性之揚聲器一體化而成之柔性顯示器。該具有撓性之揚聲器能夠定位成將 PVDF 作為激子（激發器）且將顯示器作為振動板來輸出聲音之激發器型揚聲器。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0006】 [專利文獻 1]日本專利第 4960765 號公報

【0007】 具有撓性之揚聲器預計以各種各樣的形態被使用，例如被折疊成兩折、為了攜帶而被捲取、反復進行彎曲和伸展等。又，亦可以考慮，具有撓性之揚聲器可以長時間保持被折疊之狀態及被捲成圓形之狀態等。

因此，對應於各種各樣的用途及狀況等，對具有撓性之揚聲器要求非常高的撓性。然而，現狀中，對應於各種各樣的用途及狀況等，具有充分的撓性（柔韌性）之揚聲器還未實現。

【發明內容】

【0008】 本發明的目的在於解決該種先前技術的問題點，且為提供一種具有振動板和激發器並能夠應對各種各樣的用途及狀況等的具有高撓性之電聲轉換器。

【0009】 為了實現該種目的，本發明具有以下結構。

[1]一種電聲轉換器，其在振動板的一側主表面上具備激發器，該電聲轉換器的特徵為，

基於激發器的動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz 中的損耗正切在 0~50℃ 的溫度範圍內具有極大值，且極大值為 0.08 以上，進而，

激發器的厚度與基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz、25℃ 下的儲存彈性係數的乘積為振動板的厚度與楊氏模量的乘積的 3 倍以下。

[2]如[1]所述之電聲轉換器，其中激發器的厚度與依動態黏彈性測量所獲得之主曲線中之在頻率 1kHz、25℃ 下的儲存彈性係數的乘積為振動板的厚度與楊氏模量的乘積的 0.3 倍以上。

[3]如[1]或[2]所述之電聲轉換器，其中依激發器的動態黏彈性測量所獲得之主曲線中之在頻率 1kHz、25℃ 下的損耗正切小於 0.08。

[4]如[1]~[3]中任一項所述之電聲轉換器，其中激發器具備具有壓電體層及設置在壓電體層的兩個表面上之電極層之壓電薄膜。

[5]如[4]所述之電聲轉換器，其中壓電體層為將壓電體粒子分散於包含高分子材料之矩陣中而成之高分子複合壓電體。

[6]如[4]或[5]所述之電聲轉換器，其中壓電薄膜具有設置在電極層的表面上之保護層。

[7]如[4]~[6]中任一項所述之電聲轉換器，其中壓電薄膜不具有壓電特性的面內各向異性。

[8]如[4]～[7]中任一項所述之電聲轉換器，其中激發器具有積層複數層壓電薄膜而成之積層體。

[9]如[8]所述之電聲轉換器，其中壓電薄膜為向厚度方向極化者，並且在積層體中，相鄰之壓電薄膜的極化方向為相反方向。

[10]如[8]或[9]所述之電聲轉換器，其中積層體為藉由將壓電薄膜折疊 1 次以上來積層了複數層壓電薄膜而成者。

[11]如[8]～[10]中任一項所述之電聲轉換器，其中積層體具有黏貼相鄰之壓電薄膜之黏貼層。

[12]如[1]～[11]中任一項所述之電聲轉換器，其具有黏貼振動板與激發器之黏貼層。

[發明效果]

【0010】 依該種本發明，能夠提供一種具有振動板和激發器並能夠應對各種各樣的用途及狀況等的具有高撓性之電聲轉換器。

【圖式簡單說明】

【0011】

圖 1 係示意地表示本發明的電聲轉換器的一例之圖。

圖 2 係示意地表示構成圖 1 所示之電聲轉換器的激發器之壓電薄膜的一例之圖。

圖 3 係用於說明壓電薄膜的製作方法的一例之概念圖。

圖 4 係用於說明壓電薄膜的製作方法的一例之概念圖。

圖 5 係用於說明壓電薄膜的製作方法的一例之概念圖。

圖 6 係用於說明壓電薄膜的製作方法的一例之概念圖。

圖 7 係用於說明壓電薄膜的製作方法的一例之概念圖。

圖 8 係示意地表示本發明的電聲轉換器中所使用之激發器的另一例之圖。

圖 9 係示意地表示本發明的電聲轉換器中所使用之激發器的另一例之圖。

圖 10 係用於說明本發明的實施例之概念圖。

圖 11 係用於說明本發明的實施例之概念圖。

【實施方式】

【0012】 以下、基於圖式所示之較佳實施態樣，對本發明的電聲轉換器進行詳細說明。

【0013】 以下所記載之構成要件的說明有時基於本發明的代表性實施態樣來進行，但本發明並不限定於該等實施態樣者。

再者，本說明書中，使用“～”表示之數值範圍係指包含記載於“～”的前後之數值作為下限值及上限值之範圍。

【0014】 圖 1 中，示意地示出本發明的電聲轉換器的一例。

圖 1 所示之電聲轉換器 10 具有激發器 14 及振動板 12。在電聲轉換器 10 中，激發器 14 和振動板 12 藉由黏貼層 16 黏貼。

電聲轉換器 10 的激發器 14（後述之壓電薄膜 18）中連接有用於施加驅動電壓之電源 PS。

關於將在後面進行詳細敘述的該種電聲轉換器 10，藉由對激發器 14（壓電薄膜 18）施加驅動電壓來使激發器 14 向面方向伸縮。藉由該激發器 14 向面方向的伸縮而振動板 12 撓曲，其結果，

振動板 12 向厚度方向振動。藉由該厚度方向的振動，振動板 12 發出聲音。亦即，振動板 12 按照施加於壓電薄膜 18 之電壓（驅動電壓）的大小來進行振動，從而發出與施加於壓電薄膜 18 之驅動電壓相應之聲音。

【0015】 在本發明的電聲轉換器 10 中，作為較佳態樣，振動板 12 為具有撓性者。再者，在本發明中，具有撓性是指與通常解釋中之具有撓性之含義相同，表示能夠彎曲及撓曲，具體而言，表示能夠彎曲和伸展而不會產生破壞及損傷。

振動板 12 較佳為具有撓性，且若為滿足與後述之激發器 14 的關係者，則並無限制，能夠利用各種片狀物（板狀物、薄膜）。

作為振動板 12 的一例，例示出由聚對酞酸乙二酯（PET）、聚丙烯（PP）、聚苯乙烯（PS）、聚碳酸酯（PC）、聚苯硫醚（PPS）、聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）、聚醚醯亞胺（PEI）、聚醯亞胺（PI）、聚萘二甲酸乙二酯（PEN）、三乙醯纖維素（TAC）及環狀烯烴系樹脂等組成之樹脂薄膜、由發泡聚苯乙烯、發泡苯乙炔及發泡聚苯乙炔等組成之發泡塑膠、膠合板、軟木板、牛皮等牛皮類、碳板、和紙等各種板紙以及在波紋狀板紙的一個表面或兩個表面上黏附另一板紙而成之各種紙板材料等。

又，本發明的電聲轉換器 10 中，若為具有撓性者，則作為振動板 12，亦能夠較佳地利用有機電致發光（OLED（Organic Light Emitting Diode））顯示器、液晶顯示器、微型 LED（Light Emitting Diode：發光二極體）顯示器、無機電致發光顯示器等顯示器件及

投影機用屏幕等。

【0016】 在圖示例的電聲轉換器 10 中，作為較佳態樣，該種振動板 12 和激發器 14 藉由黏貼層 16 黏貼。

【0017】 在本發明中，若黏貼層 16 能夠黏貼振動板 12 和激發器 14，則能夠利用各種公知者。

因此，黏貼層 16 可以為由貼合時具有流動性而之後成為固態之接著劑組成之層，亦可以為由貼合時為凝膠狀（橡膠狀）的柔軟之固態而之後亦保持凝膠狀的狀態之黏著劑組成之層，還可以為由具有接著劑與黏著劑這兩者的特徵之材料組成之層。又，黏貼層 16 可以為塗佈液體等具有流動性之黏貼劑而形成者，亦可以為使用片狀黏貼劑而形成者。

其中，本發明的電聲轉換器 10 中，藉由使激發器 14 伸縮來撓曲振動板 12 並使其振動，從而使其發出聲音。因此，本發明的電聲轉換器 10 中，激發器 14 的伸縮直接傳遞至振動板 12 為較佳。若在振動板 12 與激發器 14 之間存在如緩和振動之具有黏性之物質，則導致向振動板 12 的激發器 14 的伸縮能量的傳遞效率變低，從而導致降低電聲轉換器 10 的驅動效率。

若考慮到這一點，則相比由黏著劑組成之黏著劑層，黏貼層 16 為由可獲得固態且硬之黏貼層 16 之接著劑組成之接著劑層為較佳。作為更佳之黏貼層 16，具體而言，可較佳地例示出由聚酯系接著劑及苯乙烯·丁二烯橡膠（SBR）系接著劑等熱塑性類型的接著劑組成之黏貼層。

接著與黏著不同，在要求高接著溫度時有用。又，熱塑性類型的接著劑兼備“相對低溫、短時間及強接著”，因此為較佳。

【0018】黏貼層 16 的厚度並無限制，只要按照黏貼層 16 的材料適當設定可獲得充分的黏貼力（接著力、黏著力）之厚度即可。

其中，在本發明的電聲轉換器 10 中，黏貼層 16 越薄，越提高傳遞至振動板 12 之激發器 14 的伸縮能量（振動能量）的傳遞效果，從而能夠提高能量效率。又，若黏貼層 16 厚且剛性高，則有可能會限制激發器 14 的伸縮。

若考慮到這一點，則黏貼層 16 薄為較佳。具體而言，關於黏貼層 16 的厚度，以黏貼後的厚度為 $0.1 \sim 50 \mu\text{m}$ 為較佳， $0.1 \sim 30 \mu\text{m}$ 為更佳， $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$ 為進一步較佳。

【0019】再者，在電聲轉換器 10 中，黏貼層 16 係作為較佳態樣而設置者，並不是必須的構成要素。

因此，電聲轉換器 10 可以不具有黏貼層 16 而使用公知的壓接方法、緊固方法及固定方法等來固定振動板 12 和激發器 14。例如，在激發器 14 為矩形之情況下，可以利用如螺栓及螺帽那樣之構件緊固四個角來構成電聲轉換器，或可以利用如螺栓及螺帽那樣之構件緊固四個角和中心部來構成電聲轉換器。

然而，在此情況下，從電源 PS 施加了驅動電壓時，導致相對於振動板 12 激發器 14 獨立地伸縮，依據情況，僅激發器 14 撓曲而激發器 14 的伸縮無法傳遞至振動板 12。如此，在相對於振動板 12 激發器 14 獨立地伸縮之情況下，導致基於激發器 14 之振動板

12 的振動效率降低。有可能導致無法使振動板 12 充分地振動。

若考慮到這一點，則在本發明的電聲轉換器中，如圖示例，振動板 12 和激發器 14 利用黏貼層 16 黏貼為較佳。

【0020】 如上所述，本發明的電聲轉換器 10 具有振動板 12 及激發器 14。如上所述，激發器 14 為用於使振動板 12 振動而使其輸出聲音者。進而，在本發明中，振動板 12 及激發器 14 較佳為均具有撓性。

在圖示例的電聲轉換器 10 中，激發器 14 具有如下結構，亦即，積層 3 片壓電薄膜 18 並利用黏貼層 19 黏貼相鄰之壓電薄膜 18。各壓電薄膜 18 中連接有施加使壓電薄膜 18 伸縮之驅動電壓之電源 PS。

【0021】 在圖示例的激發器 14 中，壓電薄膜 18 為以電極層夾住將壓電體粒子分散於包含高分子材料之矩陣中而成之高分子複合壓電體者，進而，作為較佳態樣，為以保護層夾住者。關於該種壓電薄膜 18，將在後面進行詳細敘述。

再者，圖 1 所示之激發器 14 為積層了 3 層壓電薄膜 18 而成者，但是本發明並不限制於此。亦即，在本發明的電聲轉換器 10 中，激發器亦可以為僅具有 1 層壓電薄膜 18 者。又，在發明的電聲轉換器 10 中激發器為積層了複數層壓電薄膜 18 而成者之情況下，壓電薄膜 18 的積層數可以為 2 層，或者亦可以為 4 層以上。關於這一點，後述之圖 8 所示之激發器 56 及圖 9 所示之激發器 60 亦相同。

【0022】 在本發明的電聲轉換器中，激發器 14 並不限定於積層了壓電薄膜 18 而成者。亦即，在本發明的電聲轉換器中，激發器較佳為具有撓性，並且若為滿足後述之低頻率（1Hz）中之損耗正切及相對於振動板之彈簧常數的關係者，則能夠利用各種結構者。

較佳為，激發器滿足後述之高頻率（1kHz）中之相對於振動板之彈簧常數的關係及損耗正切中的一個條件，更佳為滿足兩個條件。

作為在滿足該種條件之本發明中能夠使用的激發器的一例，例示出具有 1 層或者積層了複數層在常溫下具有黏彈性之黏彈性矩陣中由高分子複合壓電體等構成之壓電體層的兩個表面上設置電極之壓電薄膜而成之激發器及激子等。

再者，以下在壓電薄膜 18 中進行說明之關於壓電體層內的極化方向、壓電特性的面內各向異性、積層及黏貼層以及折疊的積層等，在該等激發器中亦相同。

【0023】 在本發明的電聲轉換器 10 中，激發器 14 的基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz 中的損耗正切（ $\tan\delta$ ）在 0～50℃ 的溫度範圍內具有極大值，並且 0～50℃ 的溫度範圍內之極大值為 0.08 以上。進而，關於本發明的電聲轉換器 10，激發器 14 的厚度與基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz、25℃ 下的儲存彈性係數（ E' ）的乘積為振動板 12 的厚度與楊氏模量的乘積的 3 倍以下。

較佳為，關於本發明的電聲轉換器 10，激發器 14 的厚度與依動態黏彈性測量所獲得之主曲線中之在頻率 1kHz、25℃ 下的儲存

彈性係數的乘積為振動板 12 的厚度與楊氏模量的乘積的 0.3 倍以上。

又，較佳為，在本發明的電聲轉換器 10 中，激發器 14 的動態黏彈性測量所獲得之主曲線中之在頻率 1kHz、25℃ 下的損耗正切小於 0.08。

本發明的電聲轉換器 10 藉由具有該種結構，實現了具有優異之撓性且更佳為音響特性亦優異之電聲轉換器。

在本發明中，關於儲存彈性係數（楊氏模量）及損耗正切的測量（動態黏彈性測量），只要使用動態黏彈性測量儀，並使用公知的方法進行即可。作為動態黏彈性測量儀的一例，例示出 SII NanoTechnology Inc.製的 DMS6100 黏彈性光譜儀。

作為測量條件的一例，分別例示出測量頻率為 0.1～20Hz（0.1Hz、0.2Hz、0.5Hz、1Hz、2Hz、5Hz、10Hz 及 20Hz），測量溫度為-20～100℃，升溫速度為 2℃/分鐘（氮氣氣氛中），樣品尺寸為 40mm×10mm（包括夾固區域），吸盤之間距離為 20mm。

【0024】 在具有撓性之電聲轉換器 10 中，激發器 14 為具備了以下用件者為較佳。

（i）撓性

例如，作為可攜式以如新聞或雜誌那樣之文件感覺緩慢撓曲之狀態把持之情況下，從外部不斷受到數 Hz 以下的相對緩慢且較大的彎曲變形。此時，若激發器 14 硬，則產生與其相應量的較大的彎曲應力，從而有可能導致破壞。因此，對激發器 14 要求適當

的柔軟性。又，若能夠將應變能作為熱向外部擴散，則能夠緩和應力。因此，激發器 14 在受到數 Hz 以下的相對緩慢且較大的彎曲變形時，要求損耗正切適當大。

(ii) 音質

電聲轉換器 10 中，以 20Hz~20kHz 的音頻頻帶的頻率使激發器 14 伸縮，並藉由其伸縮的能量來振動振動板 12，從而再生聲音。因此，為了提高振動能量的傳遞效率，在音頻頻帶的頻率中對激發器 14 要求適當的硬度。

【0025】 激發器 14 的基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz 中的損耗正切在 0~50℃ 的溫度範圍內具有 0.08 以上的極大值，進而，激發器 14 的厚度與基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz、25℃ 下的儲存彈性係數的乘積為振動板 12 的厚度與楊氏模量的乘積的 3 倍以下。亦即，激發器 14 的基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz 中的損耗正切成為 0.08 以上之極大值在 0℃~50℃ 的溫度範圍內。再者，在本發明中，0~50℃ 的溫度範圍為常溫的溫度範圍。

該情況表示，在常溫下針對緩慢移動之頻率，激發器 14 柔軟且損耗正切大亦即，在彎曲時彈性應變能迅速地成為熱並擴散。

【0026】 本發明的電聲轉換器 10 具有撓性。因此，在不使用時，可以考慮長時間保持被折疊之狀態及被捲成圓形之狀態等。此時，若激發器 14 的損耗正切（內部損耗）小，則基於彎曲之彈性應變能不會作為熱而擴散。其結果，在壓電薄膜 18 中產生龜裂及破壞

等，並且產生積層而黏貼之壓電薄膜 18 彼此的剝離等。

相對於此，本發明的電聲轉換器 10 的激發器 14 在常溫亦即 $0\sim 50^{\circ}\text{C}$ 的溫度範圍內之基於動態黏彈性試驗而得之在頻率 1Hz 中之損耗正切的極大值為 0.08 以上。其結果，相對於基於外力之緩慢移動，激發器 14 能夠將基於彎曲之彈性應變能較佳地作為熱而擴散，因此能夠防止如上述那樣之損傷，亦即，可獲得高撓性。

激發器 14 的基於動態黏彈性試驗而得之在頻率 1Hz 中之損耗正切在 $0\sim 50^{\circ}\text{C}$ 的溫度範圍內之極大值為 0.1 以上為較佳，0.3 以上為更佳。

再者，對在 $0\sim 50^{\circ}\text{C}$ 下之基於動態黏彈性試驗而得之在頻率 1Hz 中之損耗正切的極大值的上限，並無限制。若考慮到激發器 14 中能夠使用的材料、較佳之激發器 14 的結構等，則在 $0\sim 50^{\circ}\text{C}$ 下之基於動態黏彈性試驗而得之在頻率 1Hz 中之損耗正切的極大值為 0.8 以下為較佳。

再者，在可更佳地獲得上述效果之方面，激發器 14 在頻率 1Hz 中之損耗正切的最大值存在於 $0\sim 50^{\circ}\text{C}$ 的溫度範圍內為較佳。

【0027】 另一方面，振動板 12 為具有某種程度的剛性者。若該種振動板 12 與剛性高之激發器組合，則硬且變得難以彎曲，從而電聲轉換器的撓性變差。

相對於此，關於本發明的電聲轉換器 10，激發器 14 的厚度與基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz、 25°C 下的儲存彈性係數的乘積為振動板 12 的厚度與楊氏模量的乘積的 3 倍以下。亦即，

相對於在常溫下之緩慢移動，激發器 14 的彈簧常數為振動板 12 的 3 倍以下。

藉由具有該種結構，激發器 14 相對於折彎及捲成圓形等基於外力之緩慢移動，能夠柔軟動作，亦即，相對於緩慢移動，表現出良好的撓性。

在本發明的電聲轉換器 10 中，激發器 14 的厚度與基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz、25℃ 下的儲存彈性係數的乘積為振動板 12 的厚度與楊氏模量的乘積的 1 倍以下為較佳，0.3 倍以下為更佳。

對激發器 14 的厚度與基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz、25℃ 下的儲存彈性係數的乘積相對於振動板 12 的厚度與楊氏模量的乘積的下限，並無限制。若考慮到激發器 14 中所使用之材料、較佳之激發器 14 的結構等，則激發器 14 的厚度與基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz、25℃ 下的儲存彈性係數的乘積相對於振動板 12 的厚度與楊氏模量的乘積為 0.1 倍以上為較佳。

【0028】 亦即，關於由使用者折彎及捲成圓形等基於外力之緩慢移動，本發明的電聲轉換器 10 柔軟且能夠將基於彎曲之彈性應變能迅速地作為熱並擴散亦即具有優異之撓性。

【0029】 關於本發明的電聲轉換器 10，激發器 14 的厚度與依動態黏彈性測量所獲得之主曲線中之在頻率 1kHz、25℃ 下的儲存彈性係數的乘積為振動板 12 的厚度與楊氏模量的乘積的 0.3 倍以上為較佳。亦即，在常溫下之迅速移動中，激發器 14 的彈簧常數為振

動板 12 的 0.3 倍以上為較佳。

電聲轉換器 10 藉由激發器 14 向面方向的伸縮來使振動板 12 振動，從而發出聲音。因此，激發器 14 在音頻頻帶的頻率（20Hz～20kHz）中相對於振動板 12 具有某種程度的剛性（硬度、剛度）為較佳。

關於本發明的電聲轉換器 10，將激發器 14 的厚度與依動態黏彈性測量所獲得之主曲線中之在頻率 1kHz、25℃ 下的儲存彈性係數的乘積設為振動板 12 的厚度與楊氏模量的乘積的較佳為 0.3 倍以上，更佳為 0.5 倍以上，進一步較佳為 1.0 倍以上。亦即，相對於在常溫下之迅速移動，激發器 14 的彈簧常數為振動板 12 的 0.3 倍以上為較佳，0.5 倍以上為更佳，1.0 倍以上為進一步較佳。

藉此，在音頻頻帶的頻率中，充分地確保激發器 14 相對於振動板 12 之剛性，電聲轉換器 10 能夠以高能量效率輸出高聲壓的聲音。

對激發器 14 的厚度與基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1kHz、25℃ 下的儲存彈性係數的乘積相對於振動板 12 的厚度與楊氏模量的乘積的上限，並無限制。若考慮到激發器 14 中能夠使用之材料、較佳之激發器 14 的結構等，則激發器 14 的厚度與基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1kHz、25℃ 下的儲存彈性係數的乘積相對於振動板 12 的厚度與楊氏模量的乘積為 10 倍以下為較佳。

【0030】 又，在本發明的電聲轉換器 10 中，激發器 14 的依動態黏彈性測量所獲得之主曲線中之在頻率 1kHz、25℃ 下的損耗正切

小於 0.08 為較佳。亦即，在常溫下之迅速移動中，激發器 14 的損耗正切小為較佳。

如上述，電聲轉換器 10 藉由激發器 14 向面方向的伸縮來使振動板 12 振動，從而發出聲音。因此，激發器 14 在音頻頻帶的頻率中能量高為較佳。

關於本發明的電聲轉換器 10，依動態黏彈性測量所獲得之主曲線中之在頻率 1kHz、25℃ 下的激發器 14 的損耗正切較佳為小於 0.08，更佳為小於 0.05，進一步較佳為小於 0.03。藉此，在音頻頻帶的頻率中，基於激發器 14 的伸縮之熱能量變得難以擴散，對振動板 12 提供更高之能量，從而使電聲轉換器 10 能夠以高能量效率輸出高聲壓的聲音。

再者，對於依動態黏彈性測量所獲得之主曲線中之在頻率 1kHz、25℃ 下的激發器 14 的損耗正切的下限，並無限制。若考慮到激發器 14 中能夠使用的材料、較佳之激發器 14 的結構等，則依動態黏彈性測量所獲得之主曲線中之在頻率 1kHz、25℃ 下的激發器 14 的損耗正切為 0.01 以上為較佳。

【0031】 如上所述，在圖示例的電聲轉換器 10 中，激發器 14 具有如下結構，亦即，積層 3 片壓電薄膜 18 並利用黏貼層 19 黏貼相鄰之壓電薄膜 18。

【0032】 圖 2 中，藉由剖面圖示意地表示壓電薄膜 18。

如圖 2 所示，壓電薄膜 18 具備具有壓電性之片狀物亦即壓電體層 20、積層於壓電體層 20 的一側表面之下部薄膜電極 24、積

層於下部薄膜電極 24 上之下部保護層 28、積層於壓電體層 20 的另一表面之上部薄膜電極 26 及積層於上部薄膜電極 26 上之上部保護層 30。如後述，作為較佳態樣，壓電薄膜 18 向厚度方向極化。

再者，為了簡化圖式並明確地示出激發器 14 的結構，圖 1 中，省略了下部保護層 28 及上部保護層 30。

【0033】 在壓電薄膜 18 中，作為較佳態樣，如圖 2 中示意地表示，壓電體層 20 為由高分子複合壓電體構成者，該高分子複合壓電體為將壓電體粒子 36 分散於由在常溫下具有黏彈性之高分子材料組成之黏彈性矩陣 34 中而成。再者，在本說明書中，如上所述，“常溫”是指 0～50℃ 左右的溫度範圍。

【0034】 其中，高分子複合壓電體（壓電體層 20）為具備以下要求者為較佳。

（i）撓性

例如，作為可攜式以如新聞或雜誌那樣之文件感覺緩慢撓曲之狀態把持之情況下，從外部不斷受到數 Hz 以下的相對緩慢且較大的彎曲變形。此時，若高分子複合壓電體硬，則產生其相對程度之較大之彎曲應力而在黏彈性矩陣 34 與壓電體粒子 36 的界面產生龜裂，最終有可能導致破壞。因此，對高分子複合壓電體要求適當的柔軟性。又，若能夠將應變能作為熱向外部擴散，則能夠緩和應力。因此，要求高分子複合壓電體的損耗正切適當大。

【0035】 綜上所述，要求用於激發器 14 之柔性的高分子複合壓電體對於 20Hz～20kHz 的振動硬之動作，對於數 Hz 以下的振動較

柔軟之動作。又，要求相對於 20kHz 以下的所有頻率的振動，高分子複合壓電體的損耗正切適當大。

進而，藉由配合所黏附之對象材料（振動板）的剛性來積層，能夠輕鬆地調節彈簧常數為較佳，此時，黏貼層 19 越薄，越能夠提高能量效率。

【0036】 通常，高分子固體具有黏彈性緩和機構，並隨著溫度的上升或者頻率的降低，大規模的分子運動作為儲存彈性係數(楊氏模量)的降低(緩和)或者損失彈性係數的極大化(吸收)而被觀察到。其中，藉由非晶質區域的分子鏈的微觀布朗（Micro Brown）運動引起之緩和被稱作主分散，可觀察到非常大之緩和現象。發生該主分散之溫度為玻璃轉移點(Tg)，黏彈性緩和機構最明顯之顯現。

在 高分子複合壓電體(壓電體層 20)中，藉由將玻璃轉移點在常溫下之高分子材料，換言之，在常溫下具有黏彈性之高分子材料用於矩陣中，實現對於 20Hz～20kHz 的振動硬之動作，對於數 Hz 以下的慢振動較軟之動作之高分子複合壓電體。尤其，在較佳地表現該動作等方面，將在頻率 1Hz 中的玻璃轉移溫度在常溫亦即 0～50℃ 下之高分子材料用於高分子複合壓電體的矩陣中為較佳。

【0037】 作為在常溫下具有黏彈性之高分子材料，能夠利用公知的各種者。較佳為，高分子材料使用如下材料，亦即，在常溫下，基於動態黏彈性試驗而得之在頻率 1Hz 中之損耗正切（Tanδ）的極大值為 0.5 以上。

藉此，高分子複合壓電體藉由外力而被緩慢彎曲時，最大彎曲

力矩部中之高分子矩陣與壓電體粒子的界面的應力集中得到緩和，從而能夠期待高撓性。

【0038】 又，在常溫下具有黏彈性之高分子材料如下為較佳，亦即，基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz 中的儲存彈性係數（E'）在 0℃ 下為 100 MPa 以上，在 50℃ 下為 10 MPa 以下。

藉此，能夠減小高分子複合壓電體藉由外力而被緩慢彎曲時產生之彎曲力矩之同時，能夠對於 20Hz～20kHz 的音響振動硬之動作。

【0039】 又，若在常溫下具有黏彈性之高分子材料的相對介電常數在 25℃ 下為 10 以上，則為更較。藉此，對高分子複合壓電體施加電壓時，對高分子矩陣中的壓電體粒子需要更高之電場，因此能夠期待較大的變形量。

然而，另一方面，若考慮確保良好的耐濕性等，則高分子材料的相對介電常數在 25℃ 下為 10 以下亦為較佳。

【0040】 作為滿足該種條件之在常溫下具有黏彈性之高分子材料，例示出氰乙基化聚乙烯醇（氰乙基化 PVA）、聚乙酸乙烯酯、聚偏二氯乙烯丙烯腈、聚苯乙烯-乙烯基聚異戊二烯嵌段共聚物、聚乙烯基甲基酮及聚甲基丙烯酸丁酯等。又，作為該等高分子材料，亦能夠較佳地利用 Hibler5127（KURARAY CO.,LTD 製）等市售品。其中，作為高分子材料，使用具有氰乙基之材料為較佳，使用氰乙基化 PVA 尤為佳。

再者，該等高分子材料可以僅使用 1 種，亦可以同時（混合）

使用複數種。

【0041】 使用該種在常溫下具有黏彈性之高分子材料之黏彈性矩陣 34 按照需要可以同時使用複數種高分子材料。

亦即，以調節介電特性或機械特性等為目的，向黏彈性矩陣 34 加入氰乙基化 PVA 等黏彈性材料，按照需要亦可以添加其他介電性高分子材料。

【0042】 作為能夠添加的介電性高分子材料的一例，例示出聚偏二氟乙烯、偏二氟乙烯-四氟乙烯共聚物、偏二氟乙烯-三氟乙烯共聚物、聚偏二氟乙烯-三氟乙烯共聚物及聚偏二氟乙烯-四氟乙烯共聚物等氟系高分子、偏二氰乙烯-乙烯酯共聚物、氰乙基纖維素、氰乙基羥基蔗糖、氰乙基羥基纖維素、氰乙基羥基富勒烯、甲基丙烯酸氰乙酯、丙烯酸氰乙酯、氰乙基羥乙基纖維素、氰乙基直鏈澱粉、氰乙基羥丙基纖維素、氰乙基二羥丙基纖維素、氰乙基羥丙基直鏈澱粉、氰乙基聚丙烯酸醯胺、氰乙基聚丙烯酸乙酯、氰乙基富勒烯、氰乙基聚羥基亞甲基、氰乙基縮水甘油富勒烯、氰乙基蔗糖及氰乙基山梨糖醇等具有氰基或氰乙基之聚合物以及腈橡膠或氯丁二烯橡膠等合成橡膠等。

其中，較佳地利用具有氰乙基之高分子材料。

又，在壓電體層 20 的黏彈性矩陣 34 中，除了氰乙基化 PVA 等在常溫下具有黏彈性之材料以外所添加之介電性聚合物並不限定於 1 種，可以添加複數種。

【0043】 又，以調節玻璃轉移點 T_g 為目的，除了介電性聚合物以

外，亦可以向黏彈性矩陣 34 添加氯乙烯樹脂、聚乙烯、聚苯乙烯、甲基丙烯酸樹脂、聚丁烯及異丁烯等熱塑性樹脂以及酚醛樹脂、脲樹脂、三聚氰胺樹脂、醇酸樹脂及雲母等熱硬化性樹脂。

進而，在黏彈性矩陣 34 中，以提高黏著性為目的，亦可以添加松香酯、松香、萜烯、萜烯酚及石油樹脂等增黏劑。

【0044】 在壓電體層 20 的黏彈性矩陣 34 中，添加除了氰乙基化 PVA 等具有黏彈性之高分子材料以外的材料時的添加量並無特別限定，但是以在黏彈性矩陣 34 中所佔比例計為 30 質量%以下為較佳。

藉此，不損害黏彈性矩陣 34 中之黏彈性緩和機構便能夠表現出所添加之高分子材料的特性，因此在高介電率化、耐熱性的提高、與壓電體粒子 36 及電極層的密接性提高等方面能夠獲得較佳之結果。

【0045】 壓電體粒子 36 為由具有鈣鈦礦型或纖鋅礦型的晶體結構之陶瓷粒子組成者。

作為構成壓電體粒子 36 之陶瓷粒子，例如例示出銦鈦酸鉛（PZT）、銦鈦酸鉛鏤（PLZT）、鈦酸鋇（ BaTiO_3 ）、氧化鋅（ ZnO ）及鈦酸鋇與鐵酸鉍（ BiFe_3 ）的固體溶液（BFBT）等。

該等壓電體粒子 36 可以僅使用 1 種，亦可以同時（混合）使用複數種。

【0046】 壓電體粒子 36 的粒徑並無限制，只要按照壓電薄膜 18 的尺寸及激發器 14 的用途等適當選擇即可。壓電體粒子 36 的粒

徑為 $1 \sim 10 \mu\text{m}$ 為較佳。

藉由將壓電體粒子 36 的粒徑設在該範圍內，在壓電薄膜 18 能夠兼顧高壓電特性和柔韌性（Flexibility）等方面能夠獲得較佳之結果。

【0047】再者，在圖 2 中，壓電體層 20 中的壓電體粒子 36 均勻且具有規則性地分散於黏彈性矩陣 34 中，但是本發明並不限制於此。

亦即，壓電體層 20 中的壓電體粒子 36 較佳為，若均勻地被分散，則可以不規則地分散於黏彈性矩陣 34 中。

【0048】在壓電薄膜 18 中，壓電體層 20 中之黏彈性矩陣 34 與壓電體粒子 36 的量比並無限制，只要按照壓電薄膜 18 的面方向的大小及厚度、激發器 14 的用途以及壓電薄膜 18 中所要求之特性等可以適當進行設定。

壓電體層 20 中之壓電體粒子 36 的體積分率為 $30 \sim 80\%$ 為較佳。又，壓電體層 20 中之壓電體粒子 36 的體積分率為 50% 以上為更佳，因此，設為 $50 \sim 80\%$ 為進一步較佳。

藉由將黏彈性矩陣 34 與壓電體粒子 36 的量比設在上述範圍內，在能夠兼顧高壓電特性和柔韌性等方面為較佳。

【0049】在壓電薄膜 18 中，壓電體層 20 的厚度並無特別限定，只要按照電聲轉換器 10 的用途、激發器 14 中之壓電薄膜的積層數、壓電薄膜 18 中所要求之特性等適當設定即可。

壓電體層 20 越厚，在所謂片狀物的剛度等剛性等方面越有利，

但是為了使壓電薄膜 18 以相同量伸縮而所需的電壓(電位差)變大。

壓電體層 20 的厚度為 $10\sim 300\ \mu\text{m}$ 為較佳， $20\sim 200\ \mu\text{m}$ 為更佳， $30\sim 150\ \mu\text{m}$ 為進一步較佳。

藉由將壓電體層 20 的厚度設在上述範圍內，在兼顧剛性的確保與適當的柔軟性等方面能夠獲得較佳之結果。

【0050】 如圖 2 所示，圖示例的壓電薄膜 18 具有如下結構，亦即，在該種壓電體層 20 的一表面上具有下部薄膜電極 24 且在其上具有下部保護層 28，在壓電體層 20 的另一表面上具有上部薄膜電極 26 且在其上具有上部保護層 30 而成。其中，上部薄膜電極 26 及下部薄膜電極 24 形成電極對。

再者，在本發明中，下部薄膜電極 24 及下部保護層 28 以及上部薄膜電極 26 及上部保護層 30 中之上部及下部係為了便於說明壓電薄膜 12 而結合圖式來標註名稱者。因此，對於壓電薄膜 12 中之上部及下部並無技術性含義，且與實際的使用狀態無關。

除了該等層以外，壓電薄膜 18 例如具有從上部薄膜電極 26 及下部薄膜電極 24 引出電極之電極引出部，電極引出部與電源 PS 連接。又，壓電薄膜 18 可以具有包覆壓電體層 20 露出之區域來防止短路等之絕緣層等。

【0051】 亦即，壓電薄膜 18 具有如下結構，亦即，以電極對亦即上部薄膜電極 26 及下部薄膜電極 24 夾住壓電體層 20 的兩個表面，並以下部保護層 28 及上部保護層 30 夾住該積層體而成。

如此，在壓電薄膜 18 中，以上部薄膜電極 26 及下部薄膜電

極 24 夾住之區域按照所施加之電壓而伸縮。

【0052】 在激發器 14 中，壓電薄膜 18 的下部保護層 28 及上部保護層 30 並不是必須的構成要件，而是作為較佳態樣而設置者。

在壓電薄膜 18 中，下部保護層 28 及上部保護層 30 包覆上部薄膜電極 26 及下部薄膜電極 24 之同時，起到對壓電體層 20 賦予適當的剛性和機械強度之作用。亦即，在壓電薄膜 18 中，由黏彈性矩陣 34 和壓電體粒子 36 組成之壓電體層 20 對於緩慢彎曲變形顯出非常優異之撓性，但是依據用途存在剛性或機械強度不足之情況。壓電薄膜 18 設置下部保護層 28 及上部保護層 30 來彌補該情況。

再者，關於圖 1 所示之激發器 14，作為較佳態樣，所有的壓電薄膜 18 均具有下部保護層 28 及上部保護層 30 這兩個。然而，本發明並不限制於此，可以混合具有保護層之壓電薄膜與不具有保護層之壓電薄膜。進而，壓電薄膜具有保護層之情況下，壓電薄膜可以僅具有下部保護層 28，亦可以僅具有上部保護層 30。作為一例，若為如圖 1 所示那樣之 3 層結構的激發器 14，則可以為如下結構，亦即，圖中最上層的壓電薄膜僅具有上部保護層 30，正中間的壓電薄膜不具有保護層，最下層的壓電薄膜僅具有下部保護層 28。

【0053】 下部保護層 28 及上部保護層 30 並無限制，能夠利用各種片狀物，作為一例，較佳地例示出各種樹脂薄膜。

其中，依據具有優異之機械特性及耐熱性等理由，由聚對酞酸

乙二酯 (PET)、聚丙烯 (PP)、聚苯乙烯 (PS)、聚碳酸酯 (PC)、聚苯硫醚 (PPS)、聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA)、聚醚醯亞胺 (PEI)、聚醯亞胺 (PI)、聚萘二甲酸乙二酯 (PEN)、三乙醯纖維素 (TAC) 及環狀烯烴系樹脂等組成之樹脂薄膜被較佳地利用。

【0054】 下部保護層 28 及上部保護層 30 的厚度亦並無限制。又，下部保護層 28 及上部保護層 30 的厚度基本上相同，但是亦可以不同。

其中，若下部保護層 28 及上部保護層 30 的剛性過高，則不僅限制壓電體層 20 的伸縮，亦會損害撓性。因此，去除要求機械強度或作為片狀物的良好的操作性之情況，下部保護層 28 及上部保護層 30 越薄越有利。

【0055】 在壓電薄膜 18 中，若下部保護層 28 及上部保護層 30 的厚度為壓電體層 20 的厚度的 2 倍以下，則在兼顧剛性的確保與適當的柔軟性等方面能夠獲得較佳之結果。

例如，壓電體層 20 的厚度為 50 μm 且下部保護層 28 及上部保護層 30 由 PET 組成之情況下，下部保護層 28 及上部保護層 30 的厚度為 100 μm 以下為較佳，50 μm 以下為更佳，25 μm 以下為進一步較佳。

【0056】 在壓電薄膜 18 中，在壓電體層 20 與下部保護層 28 之間形成下部薄膜電極 24，在壓電體層 20 與上部保護層 30 之間形成上部薄膜電極 26。以下說明中，將下部薄膜電極 24 稱作下部電極 24，將上部薄膜電極 26 亦稱作上部電極 26。

為了對壓電體層 20（壓電薄膜 18）施加電壓而設置下部電極 24 及上部電極 26。

【0057】 在本發明中，下部電極 24 及上部電極 26 的形成材料並無限制，能夠利用各種導電體。具體而言，例示出碳、鈮、鐵、錫、鋁、鎳、鉑、金、銀、銅、鈦、鉻及鉬等、該等合金、該等金屬及合金的積層體及複合體以及氧化銦錫等。其中，作為下部電極 24 及上部電極 26 較佳地例示出銅、鋁、金、銀、鉑及氧化銦錫。

【0058】 又，下部電極 24 及上部電極 26 的形成方法亦並無限制，能夠利用各種基於真空蒸鍍及濺射等氣相沈積法（真空成膜法）或電鍍而形成之膜或者黏貼由上述材料所形成之箔之方法等公知的方法。

【0059】 其中尤其，依據能夠確保壓電薄膜 18 的撓性等理由，作為下部電極 24 及上部電極 26 較佳地利用藉由真空蒸鍍所成膜之銅及鋁等薄膜。其中，尤其較佳地利用基於真空蒸鍍而形成之銅的薄膜。

下部電極 24 及上部電極 26 的厚度並無限制。又，下部電極 24 及上部電極 26 的厚度基本上相同，但是亦可以不同。

【0060】 其中，與前述的下部保護層 28 及上部保護層 30 相同地，若下部電極 24 及上部電極 26 的剛性過高，則不僅限制壓電體層 20 的伸縮，亦會損害撓性。因此，若在電阻不會變得過高之範圍內，則下部電極 24 及上部電極 26 越薄越有利。

【0061】 在壓電薄膜 18 中，若下部電極 24 及上部電極 26 的厚度

與楊氏模量的乘積低於下部保護層 28 及上部保護層 30 的厚度與楊氏模量的乘積，則不會嚴重損害撓性，因此為較佳。

例如，設為下部保護層 28 及上部保護層 30 為 PET（楊氏模量：約 5 GPa），且下部電極 24 及上部電極 26 為銅（楊氏模量：約 130 GPa）。在此情況下，若設為下部保護層 28 及上部保護層 30 的厚度為 25 μm ，則下部電極 24 及上部電極 26 的厚度為 1.0 μm 以下為較佳，0.3 μm 以下為更佳，其中，設為 0.1 μm 以下為較佳。

【0062】 如上所述，壓電薄膜 18 具有如下結構，亦即，以下部電極 24 及上部電極 26 夾住將壓電體粒子 36 分散於包含在常溫下具有黏彈性之高分子材料之黏彈性矩陣 34 中而成之壓電體層 20，進而以下部保護層 28 及上部保護層 30 夾住該積層體而成。

該種壓電薄膜 18 在常溫下具有基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz 中的損耗正切（ $\text{Tan}\delta$ ）的極大值為較佳，在常溫下具有成為 0.1 以上之極大值為更佳。

藉此，即使壓電薄膜 18 從外部不斷受到數 Hz 以下的相對緩慢且較大的彎曲變形，亦能夠將應變能有效地作為熱而擴散到外部，因此能夠防止在分子矩陣與壓電體粒子的界面產生龜裂。

【0063】 壓電薄膜 18 如下為較佳，亦即，基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz 中的儲存彈性係數（ E' ）在 0°C 下為 10~30 GPa，在 50°C 下為 1~10 GPa。

藉此，在常溫下壓電薄膜 18 在儲存彈性係數中能夠具有較大的頻率分散。亦即，能夠對於 20Hz~20kHz 的振動硬之動作，對

於數 Hz 以下的振動較柔軟之動作。

【0064】 又，壓電薄膜 18 如下為較佳，亦即，厚度與基於動態黏彈性測量而得之頻率 1Hz 中的儲存彈性係數的乘積在 0℃ 下為 $1.0 \times 10^6 \sim 2.0 \times 10^6 \text{N/m}$ ，在 50℃ 下為 $1.0 \times 10^5 \sim 1.0 \times 10^6 \text{N/m}$ 。

藉此，壓電薄膜 18 在不損害撓性及音響特性之範圍內能夠具備適當的剛性和機械強度。

【0065】 進而，壓電薄膜 18 如下為較佳，亦即，依動態黏彈性測量所獲得之主曲線中，在 25℃ 下頻率 1kHz 中之損耗正切為 0.05 以上。

藉此，使用了壓電薄膜 18 之揚聲器的頻率特性變得平滑，能夠減小隨著揚聲器的曲率的變化而最低共振頻率 f_0 隨之變化時的音質的變化量。

【0066】 以下，參考圖 3～圖 7，對壓電薄膜 18 的製造方法的一例進行說明。

【0067】 首先，如圖 3 所示，準備下部保護層 28 上形成有下部電極 24 之片狀物 18a。該片狀物 18a 只要藉由真空蒸鍍、濺射及電鍍等，在下部保護層 28 的表面上形成銅薄膜等作為下部電極 24 來進行製作即可。

下部保護層 28 非常薄，且在操作性差時等，按照需要可以使用帶隔板（臨時支撐體）的下部保護層 28。再者，作為隔板，能夠使用厚度為 25～100 μm 的 PET 等。只要在對上部電極 26 及上部保護層 30 進行熱壓接之後且在下部保護層 28 上積層任何構件

之前，去除隔板即可。

【0068】 另一方面，製備如下塗料，亦即，將氰乙基化 PVA 等在常溫下具有黏彈性之高分子材料（以下，亦稱作黏彈性材料）溶解於有機溶劑中，進而添加 PZT 粒子等壓電體粒子 36，攪拌並進行分散而成。有機溶劑並無限制，能夠利用二甲基甲醯胺（DMF）、甲基乙基酮、環己酮等各種有機溶劑。

當準備片狀物 18a 且製備了塗料時，將該塗料澆鑄（casting）（塗佈）於片狀物 18a 上，蒸發並乾燥有機溶劑。藉此，如圖 4 所示，製作在下部保護層 28 上具有下部電極 24 且在下部電極 24 上形成壓電體層 20 而成之積層體 18b。再者，下部電極 24 是指塗佈壓電體層 20 時的基材側的電極，並不是表示積層體中之上下的位置關係者。

【0069】 該塗料的澆鑄方法並無特別限定，能夠利用所有之斜板式塗佈機（slide coater）及塗層刀（doctor knife）等公知的方法（塗佈裝置）。

再者，若黏彈性材料為如氰乙基化 PVA 那樣能夠加熱熔融的物質，則製作加熱熔融黏彈性材料且對其添加並分散壓電體粒子 36 而成之熔融物，藉由擠壓成型等，在圖 3 所示之片狀物 18a 上擠壓薄片狀並進行冷卻，藉此可以製作如圖 4 所示那樣在下部保護層 28 上具有下部電極 24 且在下部電極 24 上形成壓電體層 20 而成之積層體 18b。

【0070】 如上所述，在壓電薄膜 18 中，除了氰乙基化 PVA 等黏彈

性材料以外，亦可以向黏彈性矩陣 34 添加 PVDF 等高分子壓電材料。

向黏彈性矩陣 34 添加該等高分子壓電材料時，只要溶解添加於上述塗料之高分子壓電材料即可。或者，只要向上述加熱熔融之黏彈性材料添加添加高分子壓電材料並進行加熱熔融即可。

當製作了在下部保護層 28 上具有下部電極 24 且在下部電極 24 上形成壓電體層 20 而成之積層體 18b 時，進行壓電體層 20 的極化處理（polarization）。

【0071】 壓電體層 20 的極化處理的方法並無限制，能夠利用公知的方法。作為較佳之極化處理的方法，例示出圖 5 及圖 6 所示之方法。

【0072】 該方法中，如圖 5 及圖 6 所示，在積層體 18b 的壓電體層 20 的上表面 20a 上隔開間隔 g 例如 1 mm 而設置能夠沿著該上表面 20a 移動的棒狀或者線狀的電暈電極 40。並且，該電暈電極 40 及下部電極 24 與直流電源 42 連接。

進而，加熱保持積層體 18b 之加熱方法例如準備加熱板。

【0073】 然後，在藉由加熱方法例如在溫度 100℃ 下加熱保持壓電體層 20 之狀態下，從直流電源 42 向下部電極 24 與電暈電極 40 之間施加數 kV 例如 6kV 的直流電壓來產生電暈放電。進而，在維持間隔 g 之狀態下，沿著壓電體層 20 的上表面 20a 移動(掃描)電暈電極 40 來進行壓電體層 20 的極化處理。

藉此，壓電體層 20 向厚度方向極化。

【0074】 在利用該種電暈放電之極化處理（為方便起見，在下文中亦稱作電暈極化處理）中，電暈電極 40 的移動只要使用公知的棒狀物的移動方法即可。

又，電暈極化處理中，移動電暈電極 40 之方法亦並無限制。亦即，可以設置固定電暈電極 40 且移動積層體 18b 之移動機構，使該積層體 18b 移動而進行極化處理。該積層體 18b 的移動亦只要使用公知的片狀物的移動方法即可。

進而，電暈電極 40 的數量並不限定於 1 根，亦可以使用複數根電暈電極 40 進行電暈極化處理。

又，極化處理並不限制於電暈極化處理，亦能夠利用對進行極化處理之對象直接施加直流電場之通常的電場極化。但是，在進行該通常的電場極化之情況下，在進行極化處理之前需要形成上部電極 26。

再者，在進行該極化處理之前，可以實施使用加熱輥等使壓電體層 20 的表面平滑化之壓延處理。藉由實施該壓延處理，後述之熱壓接步驟可以順利地進行。

【0075】 因此，進行積層體 18b 的壓電體層 20 的極化處理之同時，準備在上部保護層 30 上形成了上部電極 26 之片狀物 18c。該片狀物 18c 只要藉由真空蒸鍍、濺射及電鍍等，在上部保護層 30 的表面上形成銅薄膜等作為上部電極 26 來進行製作即可。

接著，如圖 7 所示，將上部電極 26 朝向壓電體層 20 來將片狀物 18c 積層於已進行壓電體層 20 的極化處理之積層體 18b 上。

進而，利用熱加壓裝置或一對加熱輥等對該積層體 18b 與片狀物 18c 的積層體以夾住上部保護層 30 與下部保護層 28 的方式進行熱壓接，從而製作壓電薄膜 18。

【0076】 如後述，在圖 1 所示之電聲轉換器 10 中，激發器 14 具有如下結構，亦即，積層該種壓電薄膜 18 並作為較佳態樣利用黏貼層 19 將其黏貼。其中，關於圖示例的激發器 14，作為較佳態樣，如圖 1 中以標註在壓電體層 20 之箭頭所示那樣，相鄰之壓電薄膜 18 中之極化方向彼此相反。

【0077】 積層了壓電陶瓷之通常的積層陶瓷壓電元件在製作了壓電陶瓷的積層體之後進行極化處理。各壓電層的界面上僅存在共通電極，因此各壓電層的極化方向在積層方向上交替。

【0078】 相對於此，構成圖示例的激發器 14 之壓電薄膜 18 能夠在積層前的壓電薄膜 18 的狀態下進行極化處理。如圖 5 及圖 6 所示，壓電薄膜 18 較佳為，在積層上部電極 26 及上部保護層 30 之前，藉由電暈極化處理來進行壓電體層 20 的極化處理。

因此，激發器 14 能夠積層已進行極化處理的壓電薄膜 18 來製作。較佳為，製作實施了極化處理之長條的壓電薄膜（大面積的壓電薄膜），切斷並作為各個壓電薄膜 18 之後，積層壓電薄膜 18 來作為激發器 14。

因此，激發器 14 亦能夠將相鄰之壓電薄膜 18 中之極化方向在積層方向上排列，還能夠如圖 1 所示那樣交替。

【0079】 圖 1 所示之激發器 14 作為較佳態樣具有如下結構，亦即，

使相鄰之壓電薄膜 18 的極化方向彼此相反，積層複數層（圖示例為 3 層）的壓電薄膜 18 並利用黏貼層 19 黏貼相鄰之壓電薄膜 18。

【0080】 在本發明中，若能夠黏貼相鄰之壓電薄膜 18，則能夠利用各種公知的黏貼層 19。

因此，黏貼層 19 可以為上述由接著劑組成之層，亦可以為由黏著劑組成之層，還可以為由具有接著劑和黏著劑這兩個的特徵之材料組成之層。又，黏貼層 19 可以為塗佈液體等具有流動性之黏貼劑而形成者，亦可以為使用片狀黏貼劑而形成者。

其中，激發器 14 藉由使所積層之複數片壓電薄膜 18 伸縮，例如如後述使振動板 12 振動，從而發出聲音。因此，激發器 14 直接傳遞各壓電薄膜 18 的伸縮為較佳。若在壓電薄膜 18 之間存在如緩和振動之具有黏性之物質，則會導致壓電薄膜 18 的伸縮能量的傳遞效率變低，從而導致激發器 14 的驅動效率降低。

若考慮到這一點，則相比由黏著劑組成之黏著劑層，黏貼層 19 由可獲得固態且硬之黏貼層 19 之接著劑組成之接著劑層為較佳。作為更佳之黏貼層 19，具體而言，可較佳地例示出由聚酯系接著劑及苯乙烯·丁二烯橡膠（SBR）系接著劑等熱塑性類型的接著劑組成之黏貼層。

接著與黏著不同，在要求高接著溫度時有用。又，熱塑性類型的接著劑兼備“相對低溫、短時間及強接著”，因此為較佳。

【0081】 在激發器 14 中，黏貼層 19 的厚度並無限制，只要按照黏貼層 19 的形成材料適當設定能夠表現出充分的黏貼力的厚度即

可。

其中，關於圖示例的激發器 14，黏貼層 19 越薄，越提高壓電體層 20 的伸縮能量（振動能量）的傳遞效果，從而能夠提高能量效率。又，若黏貼層 19 厚且剛性高，則有可能會限制壓電薄膜 18 的伸縮。

若考慮到這一點，則黏貼層 19 薄於壓電體層 20 為較佳。亦即，在激發器 14 中，黏貼層 19 硬且薄為較佳。具體而言，關於黏貼層 19 的厚度，以黏貼後的厚度為 $0.1 \sim 50 \mu\text{m}$ 為較佳， $0.1 \sim 30 \mu\text{m}$ 為更佳， $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$ 為進一步較佳。

再者，如後述，圖示例的激發器 14 的相鄰之壓電薄膜的極化方向彼此相反，不會導致相鄰之壓電薄膜 18 彼此短路，因此能夠使黏貼層 19 變薄。

【0082】 在圖示例的激發器 14 中，若黏貼層 19 的彈簧常數（厚度 $\times$ 楊氏模量）高，則有可能限制壓電薄膜 18 的伸縮。因此，黏貼層 19 的彈簧常數與壓電薄膜 18 的彈簧常數相同或者為其以下為較佳。

具體而言，黏貼層 19 的厚度與基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz 中的儲存彈性係數（ E' ）的乘積在 0°C 下為 $2.0 \times 10^6 \text{N/m}$ 以下，在 50°C 下為 $1.0 \times 10^6 \text{N/m}$ 以下為較佳。

又，黏貼層的基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz 中的內部損耗在由黏著劑組成之黏貼層 19 的情況下在 25°C 下為 1.0 以下，在由接著劑組成之黏貼層 19 的情況下在 25°C 下為 0.1 以下為

較佳。

【0083】再者，在構成電聲轉換器 10 之激發器 14 中，黏貼層 19 係作為較佳態樣而設置者，並不是必須的構成要素。

因此，在構成本發明的電聲轉換器 10 之激發器為積層了壓電薄膜 18 而成者之情況下，亦可以不具有黏貼層 19 而使用公知的壓接方法、緊固方法及固定方法等來積層構成激發器之壓電薄膜 18 並使其密接，從而構成激發器。例如，在壓電薄膜 18 為矩形之情況下，可以利用如螺栓及螺帽那樣之構件緊固四個角來構成激發器，或可以利用如螺栓及螺帽那樣之構件緊固四個角和中心部來構成激發器。或者，在積層了壓電薄膜 18 之後，可以藉由在周邊部（端面）黏貼黏著膠帶來固定所積層之壓電薄膜 18，從而構成激發器。

然而，在此情況下，從電源 PS 施加了驅動電壓時，導致各個壓電薄膜 18 獨立地伸縮，依據情況，各壓電薄膜 18 各層向相反的方向撓曲而導致形成空隙。如此，在各個壓電薄膜 18 獨立地伸縮之情況下，導致作為激發器的驅動效率降低而作為激發器整體的伸縮變小，從而有可能導致無法使所抵接之振動板等充分地振動。尤其，在各壓電薄膜 18 各層向相反的方向撓曲而導致形成空隙之情況下，作為激發器的驅動效率大幅度降低。

若考慮到這一點，則如圖示例的激發器 14 那樣，構成本發明的電聲轉換器之激發器具有黏貼相鄰之壓電薄膜 18 彼此之黏貼層 19 為較佳。

【0084】 本發明的電聲轉換器 10 中，激發器 14 的厚度與基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz、25℃ 下的儲存彈性係數的乘積為振動板 12 的厚度與楊氏模量的乘積的 3 倍以下。亦即，相對於在常溫下之緩慢移動，激發器 14 的彈簧常數為振動板 12 的 3 倍以下。

從上述說明明確可知，對於激發器 14 的厚度與基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz、25℃ 下的儲存彈性係數的乘積，不僅是黏貼層 19 的厚度，黏貼層 19 的儲存彈性係數等的物性亦有很大影響。

另一方面，對於振動板 12 的厚度與楊氏模量的乘積亦即振動板的彈簧常數，不僅是振動板的厚度，振動板的物性亦有很大影響。

因此，本發明的電聲轉換器 10 中，適當選擇黏貼層 19 的厚度及材料（種類）以及振動板 12 的厚度及材料以使相對於在常溫下之緩慢移動，激發器 14 的彈簧常數成為振動板 12 的彈簧常數的 3 倍以下為較佳。換言之，在本發明的電聲轉換器 10 中，藉由按照壓電薄膜 18 的特性等適當選擇黏貼層 19 的厚度及材料以及振動板 12 厚度及材料，相對於在常溫下之緩慢移動，能夠較佳地使激發器 14 的彈簧常數成為振動板 12 的彈簧常數的 3 倍以下。

【0085】 如圖 1 所示，在電聲轉換器 10 中，各壓電薄膜 18 的下部電極 24 及上部電極 26 中連接有施加使壓電薄膜 18 伸縮之驅動電壓之電源 PS。

電源 PS 並無限制，可以為直流電源亦可以為交流電源。又，關於驅動電壓，亦只要按照各壓電薄膜 18 的壓電體層 20 的厚度及形成材料等，將能夠正確地驅動各壓電薄膜 18 之驅動電壓適當進行設定即可。

如後述，圖示例的激發器 14 的相鄰之壓電薄膜 18 的極化方向為相反方向。因此，相鄰之壓電薄膜 18 中，下部電極 24 彼此及上部電極 26 彼此相對。因此，不管是交流電源還是直流電源，電源 PS 對相對之電極通常供給相同極性的電力。例如，圖 1 所示之激發器 14 中，通常對圖中最下層的壓電薄膜 18 的上部電極 26 及第 2 層（正中間）的壓電薄膜 18 的上部電極 26 供給相同極性的電力，通常對第 2 層的壓電薄膜 18 的下部電極 24 及圖中最上層的壓電薄膜 18 的下部電極 24 供給相同極性的電力。

【0086】 從下部電極 24 及上部電極 26 引出電極之方法並無限制，能夠利用公知的各種方法。

作為一例，例示出在下部電極 24 及上部電極 26 上連接銅箔等的導電體來將電極引出到外部之方法，及藉由雷射等在下部保護層 28 及上部保護層 30 上形成貫通孔並對該貫通孔填充導電性材料來將電極引出到外部之方法等。

作為較佳的電極的引出方法，例示出日本特開 2014-209724 號公報中所記載之方法及日本特開 2016-015354 號公報中所記載之方法等。

【0087】 如上所述，在圖示例的電聲轉換器 10 中，激發器 14 具

有如下結構，亦即，積層複數層的壓電薄膜 18 並利用黏貼層 19 黏貼相鄰之壓電薄膜 18 彼此。

又，圖示例的激發器 14 的相鄰之壓電薄膜 18 的極化方向彼此相反。亦即，圖示例的激發器 14 以極化方向朝向壓電薄膜 18 的積層方向（厚度方向）交替之方式積層壓電薄膜 18。

【0088】 如上所述，在該種激發器 14 上藉由黏貼層 16 黏貼振動板 12，從而構成圖 1 所示之本發明的電聲轉換器 10。

激發器 14 為積層了複數層的壓電薄膜 18 而成者。構成壓電薄膜 18 之壓電體層 20 為將壓電體粒子 36 分散於黏彈性矩陣 34 中而成者。又，以在厚度方向上夾住壓電體層 20 之方式設置有下部電極 24 及上部電極 26。

【0089】 若對具有該種壓電體層 20 之壓電薄膜 18 的下部電極 24 及上部電極 26 施加電壓，則按照所施加之電壓而壓電體粒子 36 向極化方向伸縮。其結果，壓電薄膜 18(壓電體層 20)向厚度方向收縮。同時，由於帕松比的關係，壓電薄膜 18 亦向面內方向伸縮。

該伸縮為 0.01~0.1%左右。

如上所述，壓電體層 20 的厚度較佳為 10~300 μm 左右。因此，厚度方向的伸縮最大亦只是 0.3 μm 左右為非常小。

相對於此，壓電薄膜 18 亦即壓電體層 20 在面方向上具有明顯大於厚度之尺寸。因此，例如，若壓電薄膜 18 的長度為 20 cm，則藉由施加電壓，壓電薄膜 18 最大伸縮 0.2 mm 左右。

【0090】 如上所述，振動板 12 藉由黏貼層 16 黏貼於激發器 14 上。

因此，藉由壓電薄膜 18 的伸縮來撓曲振動板 12，其結果，振動板 12 向厚度方向振動。

藉由該厚度方向的振動，振動板 12 發出聲音。亦即，振動板 12 按照施加於壓電薄膜 18 之電壓（驅動電壓）的大小來進行振動，從而發出與施加於壓電薄膜 18 之驅動電壓相應之聲音。

其中，已知藉由由 PVDF 等高分子材料組成之通常的壓電薄膜在極化處理後沿單軸方向進行延伸處理來對延伸方向配向分子鏈並作為結果在延伸方向上可獲得較大的壓電特性。因此，通常的壓電薄膜的壓電特性中具有面內各向異性，施加了電壓時的面方向的伸縮量有各向異性。

相對於此，在圖示例的電聲轉換器 10 中，構成激發器 14 之由將壓電體粒子 36 分散於黏彈性矩陣 34 中而成之高分子複合壓電體組成之壓電薄膜 18 即使在極化處理後不進行延伸處理亦可獲得較大的壓電特性，因此壓電特性中沒有面內各向異性，在面內方向中所有方向上各向同性地伸縮。亦即，在圖示例的電聲轉換器 10 中，構成激發器 14 之壓電薄膜 18 在二維上各向同性地伸縮。依積層了該種在二維上各向同性地伸縮之壓電薄膜 18 之激發器 14，與積層了僅向一個方向大幅度伸縮之 PVDF 等通常之壓電薄膜之情況相比，能夠以較大之力振動振動板 12。其結果，振動板 12 能夠發出更大且優美之聲音。

【0091】 如上所述，圖示例的激發器 14 為積層了複數片該種壓電薄膜 18 而成者。圖示例的激發器 14 作為較佳態樣進而利用黏貼

層 19 黏貼相鄰之壓電薄膜 18 彼此。

因此，即使每 1 片的壓電薄膜 18 的剛性低且伸縮力小，藉由積層壓電薄膜 18，剛性亦變高，作為激發器 14 的伸縮力亦變大。其結果，即使振動板 12 為具有某種程度的剛性者，激發器 14 亦能夠以較大的力使振動板 12 充分地撓曲並使振動板 12 充分地向厚度方向振動，從而使振動板 12 發出聲音。

又，壓電體層 20 越厚，壓電薄膜 18 的伸縮力變得越大，但是使其伸縮相同量所需的驅動電壓相應地變大。其中，如上所述，在激發器 14 中，較佳之壓電體層 20 的厚度最大亦只有 300 μm 左右，因此即使施加於各個壓電薄膜 18 之電壓小亦能夠使壓電薄膜 18 充分地伸縮。

【0092】 其中，在圖示例的電聲轉換器 10 中，如上所述，激發器 14 的相鄰之壓電薄膜 18 的壓電體層 20 的極化方向彼此相反。

在壓電薄膜 18 中，施加於壓電體層 20 之電壓的極性成為與極化方向相應者。因此，在圖 1 中以箭頭所示之極化方向中，所施加之電壓的極性使箭頭所朝向之方向側（箭頭的下游側）的電極的極性及相反的一側（箭頭的上游側）的電極的極性在所有壓電薄膜 18 中一致。

在圖示例中，將表示極化方向之箭頭所朝向之方向側的電極設為下部電極 24，將相反的一側的電極設為上部電極 26，在所有壓電薄膜 18 中，將上部電極 26 與下部電極 24 的極性設為相同極性。

因此，在相鄰之壓電薄膜 18 的壓電體層 20 的極化方向彼此相反之激發器 14 中，相鄰之壓電薄膜 18 中，在一側的表面上上部電極 26 彼此相對，在另一表面上下部電極彼此相對。因此，圖示例的激發器 14 中，即使相鄰之壓電薄膜 18 的電極彼此接觸，亦不會發生短路（Short circuit）。

【0093】 如上所述，為了以良好之能量效率伸縮激發器 14，較薄形成黏貼層 19 以使黏貼層 19 不妨礙壓電體層 20 的伸縮為較佳。

相對於此，即使相鄰之壓電薄膜 18 的電極彼此接觸，不會導致短路之圖示例的激發器 14 中亦可以沒有黏貼層 19，並且即使在作為較佳態樣具有黏貼層 19 之情況下，只要可獲得所需的黏貼力，則亦能夠使黏貼層 19 變得極薄。

因此，能夠以高能量效率使激發器 14 伸縮。

【0094】 再者，如上所述，在壓電薄膜 18 中，厚度方向的壓電體層 20 的伸縮的絕對量非常小，壓電薄膜 18 的伸縮實質上僅在面方向進行。

因此，即使所積層之壓電薄膜 18 的極化方向相反，只要施加於下部電極 24 及上部電極 26 之電壓的極性正確，則所有的壓電薄膜 18 均沿相同方向伸縮。

【0095】 再者，在激發器 14 中，只要利用 d33 計（Meter）等檢測壓電薄膜 18 的極化方向即可。

或者，依上述時的電暈極化處理的處理條件，亦可知壓電薄膜 18 的極化方向。

【0096】 在圖示例的激發器 14 中，較佳為，如上所述，製作長條（大面積）的壓電薄膜，將長條之壓電薄膜切斷來作為各個壓電薄膜 18。因此，在此情況下，構成激發器 14 之複數片壓電薄膜 18 均為相同者。

然而，本發明並不限制於此。亦即，在本發明的電聲轉換器中，激發器能夠利用各種結構，例如，具有下部保護層 28 及上部保護層 30 之壓電薄膜與不具有壓電薄膜等，積層了不同之層結構的壓電薄膜之結構及積層了壓電體層 20 的厚度不同之壓電薄膜之結構等。

【0097】 在圖 1 所示之電聲轉換器 10 中，激發器 14 為以在相鄰之壓電薄膜之間極化方向彼此相反之方式積層複數片壓電薄膜 18 並作為較佳態樣利用黏貼層 19 黏貼了相鄰之壓電薄膜 18 而成者。

在本發明的電聲轉換器中，積層壓電薄膜而成之激發器並不限制於此，能夠利用各種結構。

【0098】 圖 8 示出其一例。再者，圖 8 所示之激發器 56 使用複數個與上述激發器 14 相同構件，因此對相同構件標註有相同符號，主要對不同部位進行說明。

圖 8 所示之激發器 56 為本發明的電聲轉換器中所使用之激發器的更佳態樣，且為藉由將長條的壓電薄膜 18L 例如向長邊方向折疊 1 次以上、較佳為複數次來積層了複數層壓電薄膜 18L 而成者。又，與上述圖 1 等中所示之激發器 14 相同，圖 8 所示之激發器 56 亦作為較佳態樣，利用黏貼層 19 黏貼藉由折疊來積層的壓

電薄膜 18L。

藉由折疊並積層向厚度方向極化之長條的 1 片壓電薄膜 18L，在積層方向上相鄰（相對）之壓電薄膜 18L 的極化方向如圖 8 中以箭頭所示那樣成為相反的方向。

【0099】 依該結構，激發器 56 能夠僅使用一片長條的壓電薄膜 18L 來構成。又，依該結構，用於施加驅動電壓之電源 PS 可以僅使用 1 個，進而，從壓電薄膜 18L 的電極的引出亦可以僅使用 1 處。

因此，依圖 8 所示之激發器 56，減少組件點數且簡化結構來提高作為壓電元件（模組）的可靠性，進而能夠實現降低成本。

【0100】 如圖 8 所示之激發器 56，折疊了長條的壓電薄膜 18L 而成之激發器 56 中，向壓電薄膜 18L 的折疊部中與壓電薄膜 18L 抵接而插入芯棒 58 為較佳。

如上所述，壓電薄膜 18L 的下部電極 24 及上部電極 26 由金屬的蒸鍍膜等形成。若金屬的蒸鍍膜彎曲成尖角，則容易產生裂紋（龜裂）等而有可能導致電極斷線。亦即，圖 8 所示之激發器 56 中，在彎曲部的內側中容易在電極產生裂紋等。

相對於此，在折疊了長條的壓電薄膜 18L 而成之激發器 56 中，藉由在壓電薄膜 18L 的折疊部中插入芯棒 58，能夠防止下部電極 24 及上部電極 26 彎曲，從而較佳地防止產生斷線。

【0101】 在本發明的電聲轉換器中，激發器可以使用具有導電性之黏貼層 19。尤其，如圖 8 所示那樣折疊並積層了長條的 1 片壓

電薄膜 18L 而成之激發器 56 中，較佳地利用具有導電性之黏貼層 19。

在如圖 1 及圖 8 所示那樣相鄰之壓電薄膜 18 的極化方向為相反方向之激發器中，在所積層之壓電薄膜 18 中，對相對之電極供給相同極性的電力。因此，相對之電極之間不會發生短絡。

另一方面，如上所述，折疊並積層了壓電薄膜 18L 而成之激發器 56 在被折疊成尖角之彎曲部的內側中容易產生電極的斷線。

因此，藉由利用具有導電性之黏貼層 19 黏貼所積層之壓電薄膜 18L，即使在彎曲部的內側中發生電極的斷線，亦能夠利用黏貼層 19 來確保導通，因此防止斷線而能夠大幅度提高激發器 56 的可靠性。

【0102】 其中，如圖 2 所示，構成激發器 56 之壓電薄膜 18L 較佳為，以與下部電極 24 及上部電極 26 相對並夾住積層體之方式具有下部保護層 28 及上部保護層 30。

在此情況下，即使使用具有導電性之黏貼層 19 亦無法確保導電性。因此，在壓電薄膜 18L 具有保護層之情況下，只要在所積層之壓電薄膜 18L 的下部電極 24 彼此及上部電極 26 彼此相對之區域中，在下部保護層 28 及上部保護層 30 中設置貫通孔來使下部電極 24 及上部電極 26 與具有導電性之黏貼層 19 接觸即可。較佳為，利用銀漿料或導電性的黏貼劑封閉形成於下部保護層 28 及上部保護層 30 之貫通孔，然後，利用具有導電性之黏貼層 19 黏貼相鄰之壓電薄膜 18L。

【0103】 下部保護層 28 及上部保護層 30 的貫通孔只要藉由雷射加工以及基於溶劑蝕刻及機械研磨等之保護層的去除等來形成即可。

下部保護層 28 及上部保護層 30 的貫通孔較佳為除了壓電薄膜 18L 的彎曲部以外，在所積層之壓電薄膜 18L 的下部電極 24 彼此及上部電極 26 彼此相對之區域中可以設置一處，亦可以設置複數處。或者，下部保護層 28 及上部保護層 30 的貫通孔可以規則或不規則地形成於下部保護層 28 及上部保護層 30 的整個面。

具有導電性之黏貼層 19 並無限制，能夠利用各種公知者。

【0104】 關於以上的電聲轉換器的激發器，所積層之壓電薄膜 18 的極化方向在相鄰之壓電薄膜 18 中為相反的方向，但是本發明並不限制於此。

亦即，在本發明的電聲轉換器中，如圖 9 所示之激發器 60，積層了壓電薄膜 18 而成之激發器的壓電薄膜 18（壓電體層 20）的極化方向可以均為相同方向。

但是，如圖 9 所示，所積層之壓電薄膜 18 的極化方向均為相同方向之激發器 60 中，相鄰之壓電薄膜 18 彼此中，下部電極 24 與上部電極 26 相對。因此，若不將黏貼層 19 形成為充分厚，則在黏貼層 19 的面方向的外側的端部中，相鄰之壓電薄膜 18 的下部電極 24 與上部電極 26 接觸而有可能導致短路。

因此，如圖 9 所示，所積層之壓電薄膜 18 的極化方向均為相同方向的激發器 60 中，無法較薄形成黏貼層 19，從而相對於圖 1

及圖 8 所示之激發器，在能量效率方面不利。

【0105】 以上對本發明的電聲轉換器進行了詳細地說明，但是本發明並不限定於上述例，在不脫離本發明的主旨之範圍內，可以進行各種改良或變更，這是理所當然的。

[實施例]

【0106】 以下，舉出本發明的具體的實施例，對本發明進行進一步詳細地說明。

【0107】 [壓電薄膜的製作]

藉由上述圖 3～圖 7 所示之方法，製作了如圖 2 所示那樣之壓電薄膜。

首先，以下述的組成比，將氰乙基化 PVA（CR-V Shin-Etsu Chemical Co.,Ltd.製）溶解於甲基乙基酮（MEK）中。之後，以下述的組成比，將 PZT 粒子添加到該溶液中，並利用螺旋槳式混合器（轉速 2000 rpm）使其分散來製備了用於形成壓電體層之塗料。

- PZT 粒子.....1000 質量份
- 氰乙基化 PVA.....100 質量份
- MEK.....600 質量份

再者，PZT 粒子使用了在 1000～1200℃ 下燒結市售的 PZT 原料粉之後，將其以平均粒徑成為 3.5 μm 之方式進行了分解及分級處理者。

【0108】 另一方面，準備在寬度為 23 cm 且厚度為 4 μm 的長條的 PET 薄膜上真空蒸鍍厚度為 0.1 μm 的銅薄膜而成之如圖 3 所示那

樣之片狀物。亦即，在本例中，上部電極及下部電極為厚度 0.1 m 的銅蒸鍍薄膜，上部保護層及下部保護層成為厚度 4 μm 的 PET 薄膜。

再者，製程中，為了獲得良好的操作，PET 薄膜使用帶厚度 50 μm 的隔板（臨時支撐體 PET）者，且在薄膜電極及保護層的熱壓接之後，去除了各保護層的隔板。

【0109】 使用斜板式塗佈機，在該片狀物的下部電極（銅沉積薄膜）上塗佈用於形成預先製備之壓電體層之塗料。以乾燥後的塗膜的膜厚成為 40 μm 之方式塗佈塗料。

接著，利用 120°C 的烘箱加熱乾燥在片狀物上塗佈了塗料之物質，藉此使 MEK 蒸發。藉此，製作了如圖 4 所示那樣之 PET 製的下部保護層上具有銅製的下部電極且在其上形成厚度為 40 μm 的壓電體層而成之積層體。

【0110】 藉由上述圖 5 及圖 6 所示之電暈極化，在厚度方向上對該積層體的壓電體層進行了極化處理。再者，關於極化處理，將壓電體層的溫度設為 100°C，且在下部電極與電暈電極之間施加 6 kV 的直流電壓而產生電暈放電來進行。

【0111】 如圖 7 所示，在進行了極化處理之積層體上積層了將銅薄膜真空蒸鍍於 PET 薄膜而成之相同片狀物。

接著，藉由使用層壓裝置在 120°C 下熱壓接積層體與片狀物的積層體來接著壓電體層與上部電極及下部電極，以上部電極和下部電極夾住壓電體層，並以上部保護層和下部保護層夾住該積層

體。

藉此，製作了如圖 2 所示那樣之壓電薄膜。

【0112】 [實施例 1]

如圖 10 中示意地表示，將所製作之壓電薄膜切斷成 5×100 cm，從而製作了長條的壓電薄膜 F。

在長邊方向的一側端部中，僅剝離規定的保護層來使電極面露出，並將電極引出用的銅箔 C 積層於電極面上，並設為引出電極。

積層於壓電體層上，並如上述那樣黏貼了片狀物。

【0113】 接著，將熱接著片（TOYO CHEM CO., LTD. 製，LIOELM TSU41SI-25DL，厚度 $25 \mu\text{m}$ ）切斷成 5×20 cm 左右，並設為熱接著片 A。

接著，如圖 10 及圖 11 中示意地表示，以夾住該熱接著片 A 的方式折疊與壓電薄膜 F 的銅箔相反的一側的端部，並使用熱壓機進行了接著。

如圖 11 所示，將壓電薄膜 F 向長邊方向進行正反面反轉來反復進行折疊該種壓電薄膜 F 而夾住熱接著片 A，並使用壓壓機進行接著之操作。藉此，將壓電薄膜 F 折疊 4 次來製作了積層了 5 層之如圖 11 的下方所示那樣之激發器。

所製作之激發器的厚度為 $350 \mu\text{m}$ 。

【0114】 準備了厚度 $300 \mu\text{m}$ 的 PET 薄膜。

將該 PET 薄膜切斷成 30×20 cm，並設為振動板。

【0115】 對於所製作之激發器及振動板，製作 1×4 cm 的條狀試驗片來進行動態黏彈性測量，並測量了在頻率 1Hz 中之損耗正切 ($\tan\delta$)、在頻率 1kHz 中之損耗正切、在頻率 1Hz、 25°C 下之儲存彈性係數 (E') 及在頻率 1kHz、 25°C 下之儲存彈性係數。

再者，在材料的響應具有充分地彈性之情況下，儲存彈性係數與楊氏模量一致。因此，對於振動板，依所獲得之測量資料，將在頻率 1Hz、 25°C 下之振動板的儲存彈性係數設為振動板的楊氏模量。

【0116】 關於測量，使用動態黏彈性測量儀 (SII NanoTechnology Inc.製、DMS6100 黏彈性光譜儀) 來進行。

關於測量條件，將測量溫度範圍設為 $-20 \sim 100^\circ\text{C}$ ，將升溫速度設為 $2^\circ\text{C}/\text{分鐘}$ (氮氣氣氛中)。將測量頻率設為 0.1Hz、0.2Hz、0.5Hz、1Hz、2Hz、5Hz、10Hz 及 20Hz。將測量模式設為拉伸測量。進而，將吸盤之間距離設為 20 mm。

【0117】 其結果，在 $0 \sim 50^\circ\text{C}$ 的溫度範圍內，激發器在頻率 1Hz 的損耗正切在 18°C 下具有 0.2 的極大值 (最大值)。又，激發器在頻率 1kHz、 25°C 下之損耗正切為 0.07。

又，激發器在頻率 1Hz、 25°C 下之儲存彈性係數為 5.1 GN/m^2 。如上述，激發器的厚度為 $350 \text{ }\mu\text{m}$ 。因此，激發器的厚度與在頻率 1Hz、 25°C 下之儲存彈性係數的乘積為 $350 \text{ }\mu\text{m} \times 5.1 \text{ GN/m}^2$ ，且為 1.8 MN/m 。

進而，依激發器的動態黏彈性測量所獲得之主曲線中之激發

器在頻率 1kHz、25℃ 下之儲存彈性係數為 15.4 GN/m^2 。激發器的厚度為 $350 \text{ }\mu\text{m}$ 。因此，激發器的厚度與在頻率 1kHz、25℃ 下之儲存彈性係數的乘積為 $350 \text{ }\mu\text{m} \times 15.4 \text{ GN/m}^2$ ，且為 5.4 MN/m 。

【0118】 另一方面，振動板（厚度 $300 \text{ }\mu\text{m}$ 的 PET 薄膜）的楊氏模量為 5 GPa 。

振動板的厚度為 $300 \text{ }\mu\text{m}$ ，因此振動板的厚度與楊氏模量的乘積亦即振動板的彈簧常數為 1.5 MN/m 。

因此，振動板的彈簧常數的 3 倍為 4.5 MN/m 。又，振動板的彈簧常數的 0.3 倍為 0.45 MN/m 。

【0119】 使用熱接著片（TOYOCEM CO.,LTD.製，LIOELM TSU41SI-25DL，厚度 $25 \text{ }\mu\text{m}$ ）及熱壓機，在 $30 \times 20 \text{ cm}$ 的振動板的中央黏貼激發器，從而製作了電聲轉換器。

【0120】 [比較例 1]

準備了厚度 $50 \text{ }\mu\text{m}$ 的 PET 薄膜。將該 PET 薄膜切斷成 $30 \times 20 \text{ cm}$ ，並設為振動板。

以與實施例 1 相同的方式測量了振動板的楊氏模量。其結果，振動板的楊氏模量為 5 GPa 。

振動板的厚度為 $50 \text{ }\mu\text{m}$ ，因此振動板的厚度與楊氏模量的乘積亦即振動板的彈簧常數為 0.25 MN/m 。因此，振動板的彈簧常數的 3 倍為 0.75 MN/m 。

使用了該振動板，除此以外，以與實施例 1 相同的方式製作了電聲轉換器。

【0121】 [比較例 2]

將熱接著片 A 變更為 NITTO SHINKO CORPORATION.製的 FB-ML4 (厚度 70 μm 版), 除此以外, 以與實施例 1 相同的方式製作了激發器。所製作之激發器的厚度為 530 μm 。

【0122】 對於所製作之激發器, 以與實施例 1 相同的方式測量了在頻率 1Hz 中的損耗正切在 0~50°C 下之極大值及在頻率 1Hz、25°C 下之儲存彈性係數。

其結果, 在 0~50°C 的溫度範圍內, 激發器在頻率 1Hz 的損耗正切在 15°C 下具有 0.07 的極大值 (最大值)。

又, 在頻率 1Hz、25°C 下之儲存彈性係數為 4.7 GN/m²。如上述, 激發器的厚度為 530 μm 。因此, 激發器的厚度與在頻率 1Hz、25°C 下之儲存彈性係數的乘積為 530 μm ×4.7 GN/m², 且為 2.5 MN/m。

使用了該激發器, 除此以外, 以與實施例 1 相同的方式製作了電聲轉換器。

【0123】 [比較例 3]

使用比較例 2 的激發器和比較例 1 的振動板, 並以與實施例 1 相同的方式製作了電聲轉換器。

【0124】 [實施例 2]

準備了厚度 4000 μm 的 PET 薄膜。將該 PET 薄膜切斷成 30×20 cm, 並設為振動板。

以與實施例 1 相同的方式測量了振動板的楊氏模量。其結果,

振動板的楊氏模量為 5 GPa。

振動板的厚度為 4000 μm ，因此振動板的厚度與楊氏模量的乘積亦即振動板的彈簧常數為 20 MN/m。因此，振動板的彈簧常數的 3 倍為 60 MN/m。又，振動板的彈簧常數的 0.3 倍為 6 MN/m。

使用了該振動板，除此以外，以與實施例 1 相同的方式製作了電聲轉換器。

【0125】 [評價]

對於所製作之電聲轉換器，如下進行了撓性的評價。

使用鐵製的圓桿，進行了 10000 次以振動板的中央部成為曲率半徑 5 cm 的方式折疊 180°之彎曲試驗。

將即使進行 10000 次的彎曲試驗，亦未從任一界面產生剝離之情況評價為 A；

將在 1000～9999 次的彎曲試驗期間，從任意一個界面產生了剝離之情況評價為 B；

將到 999 次為止的彎曲試驗期間，從任意一個界面產生了剝離之情況評價為 C。

【0126】 又，關於實施例 1 和實施例 2 的電聲轉換器，亦進行了聲壓的測量。

關於聲壓的測量，對電聲轉換器施加正弦波，在自振動板的中央沿與振動板的表面正交之方向遠離 1 m 之位置上配置測量麥克風來進行。

將結果示於下述表中。

【0127】 [表 1]

	激發器								振動板		評價	
	損耗正切			厚度 [μm]	儲存彈性係數(25℃)		厚度*儲存彈性係數		厚度 [μm]	彈簧常數 [MN/m]	撓性	聲壓 [dB]
	在 1Hz,0~50℃ 下的極大		1kHz, 25℃		[GN/m²]		[MN/m]					
	溫度 [℃]	極大值			1Hz	1kHz	1Hz	1kHz				
實施例 1	18	0.2	0.07	350	5.1	15.4	1.8	5.4	300	1.5	A	85
比較例 1	18	0.2	-	350	5.1	-	1.8	-	50	0.25	B	-
比較例 2	15	0.07	-	530	4.7	-	2.5	-	300	1.5	B	-
比較例 3	15	0.07	-	530	4.7	-	2.5	-	50	0.25	C	-
實施例 2	18	0.2	0.07	350	5.1	15.4	1.8	5.4	4000	20	A	75

振動板的楊氏模量均為 5GN/m²
振動板的彈簧常數為厚度×楊氏模量（儲存彈性係數）

【0128】 如上述表所示，激發器在頻率 1Hz 中的損耗正切在 0～50℃ 的溫度範圍內具有極大，並且該極大為 0.08 以上，進而，激發器的厚度與在頻率 1Hz、25℃ 下之儲存彈性係數的乘積為振動板的彈簧常數（厚度×楊氏模量）的 3 倍以下的本發明的電聲轉換器具有良好的撓性。

相對於此，激發器的厚度與在頻率 1Hz、25℃ 下之儲存彈性係數的乘積超過振動板的彈簧常數的 3 倍之比較例 1 及激發器在頻率 1Hz 中的損耗正切在 0～50℃ 的溫度範圍內具有極大，但是該極大小於 0.08 的比較例 2 的撓性差。

進而，激發器在頻率 1Hz 中的損耗正切在 0～50℃ 的溫度範圍內具有極大，但是該極大小於 0.08，並且激發器的厚度與在頻

率 1Hz、25℃ 下之儲存彈性係數的乘積超過振動板的彈簧常數的 3 倍之比較例 3 的撓性非常差。

【0129】 又，激發器的厚度與在頻率 1kHz、25℃ 下的激發器的儲存彈性係數的乘積為振動板的彈簧常數的 0.3 倍以上，並且激發器在頻率 1kHz、25℃ 下的損耗正切小於 0.08 的實施例 1 可獲得高聲壓，且音響特性亦優異。

另一方面，與實施例 1 相比，激發器在頻率 1kHz、25℃ 下的損耗正切小於 0.08，但是激發器的厚度與在頻率 1kHz、25℃ 下的激發器的儲存彈性係數的乘積小於振動板的彈簧常數的 0.3 倍的實施例 4 的聲壓稍微低。

【0130】 作為另一實施例及比較例，並不是折疊長條的壓電薄膜，而是使用切片狀壓電薄膜，製作了相同的電聲轉換器。

亦即，從所製作之壓電薄膜切取 5 片切斷成 5×20 cm 之壓電薄膜。與實施例 1 及實施例 2 以及比較例 1～3 相同地，以夾著接著劑片的方式積層並接著 5 片該壓電薄膜，從而製作了積層了 5 片壓電薄膜而成之激發器。

使用了該激發器，除此以外，以與實施例 1 及實施例 2 以及比較例 1～3 相同的方式黏貼振動板，從而製作了電聲轉換器。對於所製作之電聲轉換器，相同地進行了評價。再者，關於電極的引出，以相同的方式從各個壓電薄膜進行了引出。

其結果，任一電聲轉換器均可獲得與折疊 5×100 cm 的長條的壓電薄膜來製作激發器之實施例 1 及實施例 2 以及比較例 1～3

幾乎相同的結果。

進而，準備 25×20 cm 的壓電薄膜，對其亦交替進行正反面反轉來反復折疊 4 次，從而製作了 5×20 cm 的激發器。即使在此情況下，亦可獲得與實施例 1 及實施例 2 以及比較例 1～3 幾乎相同的結果。

【0131】 依據以上的結果，本發明的效果較為明顯。

[產業上之可利用性]

【0132】 作為具有撓性之揚聲器，能夠較佳地利用於各種用途中。

【符號說明】

【0133】

10：電聲轉換器

12：振動板

14、56、60：激發器

16、19：黏貼層

18、18L：壓電薄膜

18a、18c：片狀物

18b：積層體

20：壓電體層

24：下部（薄膜）電極

26：上部（薄膜）電極

28：下部保護層

30：上部保護層

- 34：黏彈性矩陣
- 36：壓電體粒子
- 40：電暈電極
- 42：直流電源
- 50：振動板
- 58：芯棒
- g：間隔
- PS：電源

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種電聲轉換器，其在振動板的一側主表面上具備激發器，該電聲轉換器的特徵為，

基於該激發器的動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz 中的損耗正切在 0~50℃ 的溫度範圍內具有極大值，且該極大值為 0.08 以上，進而，

該激發器的厚度與基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz、25℃ 下的儲存彈性係數的乘積為該振動板的厚度與楊氏模量的乘積的 3 倍以下。

【請求項2】 如請求項 1 所述之電聲轉換器，其中

該激發器的厚度與依動態黏彈性測量所獲得之主曲線中之在頻率 1kHz、25℃ 下的儲存彈性係數的乘積為該振動板的厚度與楊氏模量的乘積的 0.3 倍以上。

【請求項3】 如請求項 1 或 2 所述之電聲轉換器，其中

依該激發器的動態黏彈性測量所獲得之主曲線中之在頻率 1kHz、25℃ 下的損耗正切小於 0.08。

【請求項4】 如請求項 1 或 2 所述之電聲轉換器，其中

該激發器具備具有壓電體層及設置在該壓電體層的兩個表面上之電極層之壓電薄膜。

【請求項5】 如請求項 4 所述之電聲轉換器，其中

該壓電體層為將壓電體粒子分散於包含高分子材料之矩陣中而成之高分子複合壓電體。

【請求項6】 如請求項 4 所述之電聲轉換器，其中

該壓電薄膜具有設置在該電極層的表面上之保護層。

【請求項7】 如請求項 4 所述之電聲轉換器，其中

該壓電薄膜不具有壓電特性的面內各向異性。

【請求項8】 如請求項 4 所述之電聲轉換器，其中

該激發器具有積層複數層該壓電薄膜而成之積層體。

【請求項9】 如請求項 8 所述之電聲轉換器，其中

該壓電薄膜為向厚度方向極化者，並且在該積層體中，相鄰之該壓電薄膜的極化方向為相反方向。

【請求項10】 如請求項 8 或 9 所述之電聲轉換器，其中

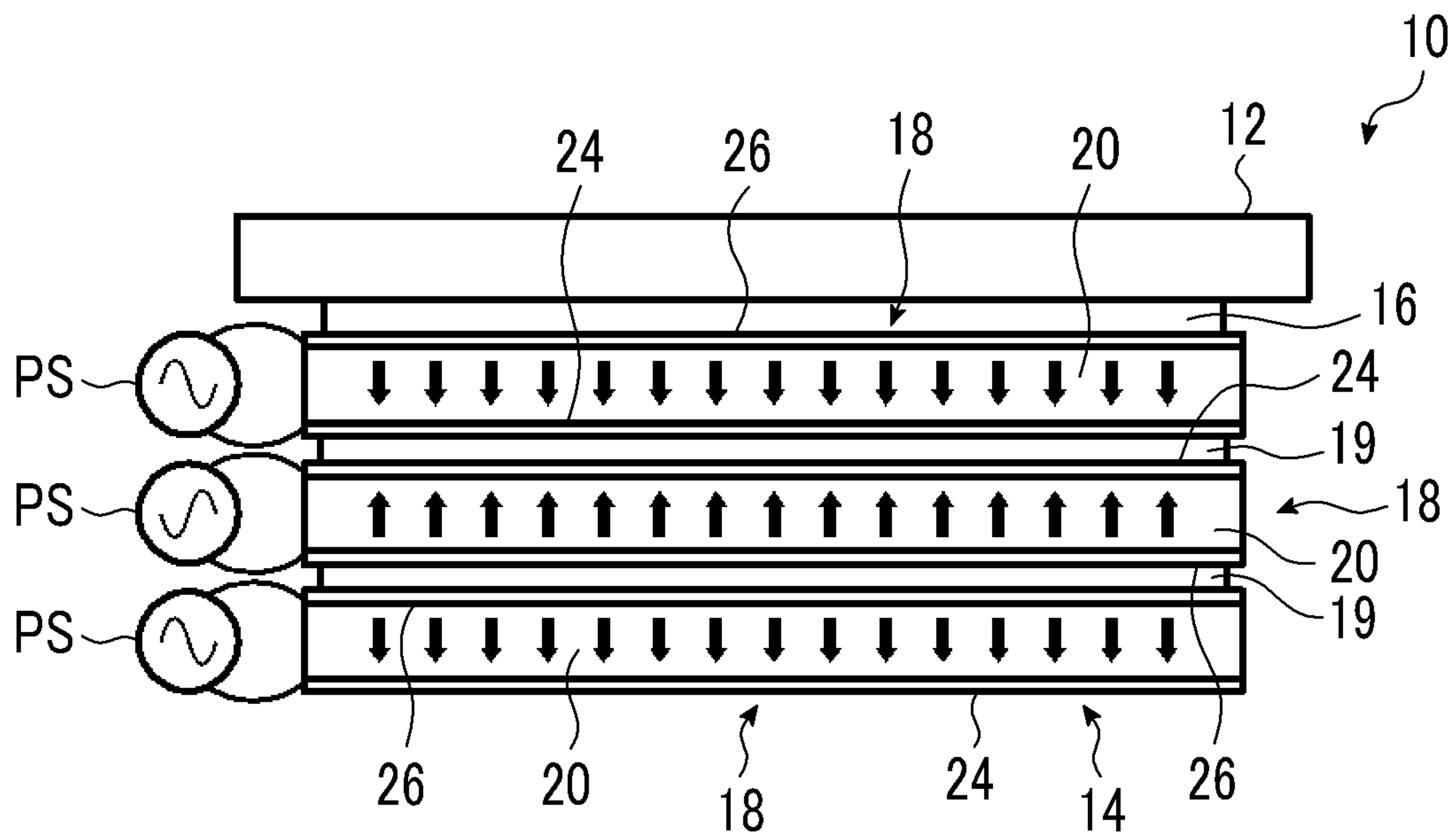
該積層體為藉由將該壓電薄膜折疊 1 次以上來積層了複數層該壓電薄膜而成者。

【請求項11】 如請求項 8 或 9 所述之電聲轉換器，其中

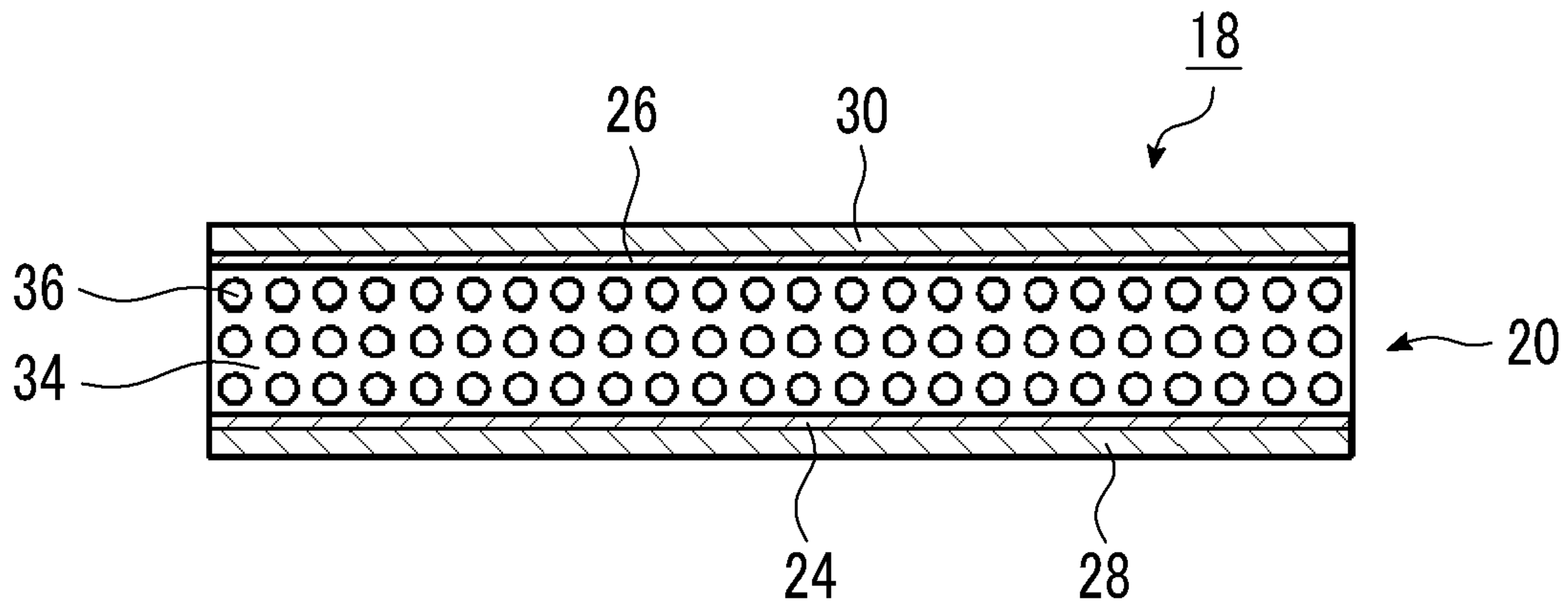
該積層體具有黏貼相鄰之該壓電薄膜之黏貼層。

【請求項12】 如請求項 1 或 2 所述之電聲轉換器，其具有黏貼該振動板與該激發器之黏貼層。

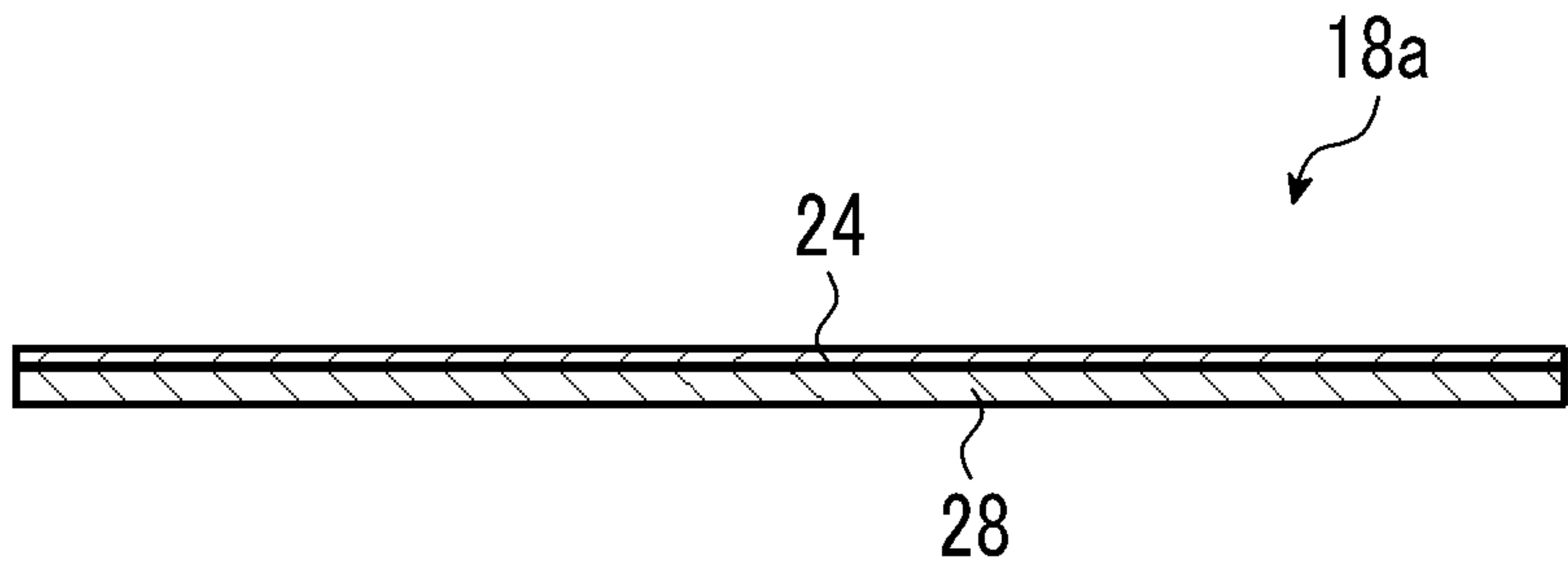
【發明圖式】



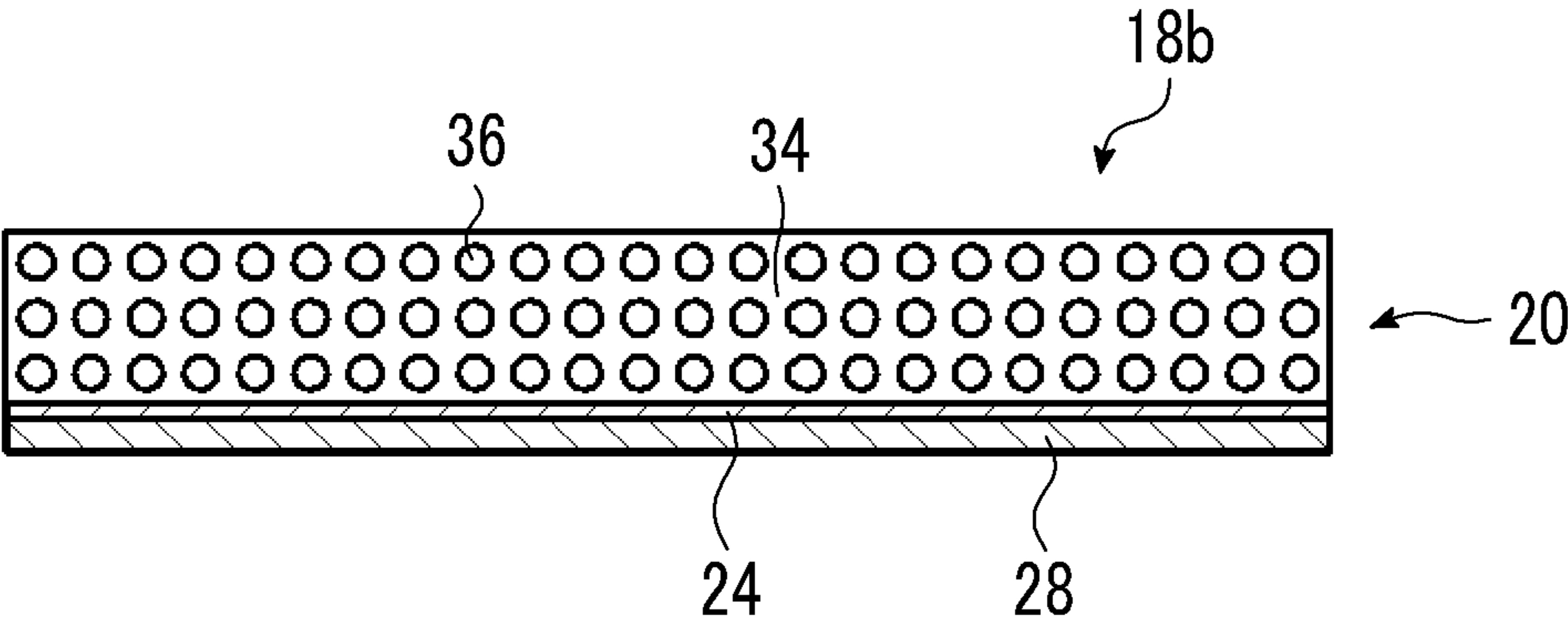
【圖1】



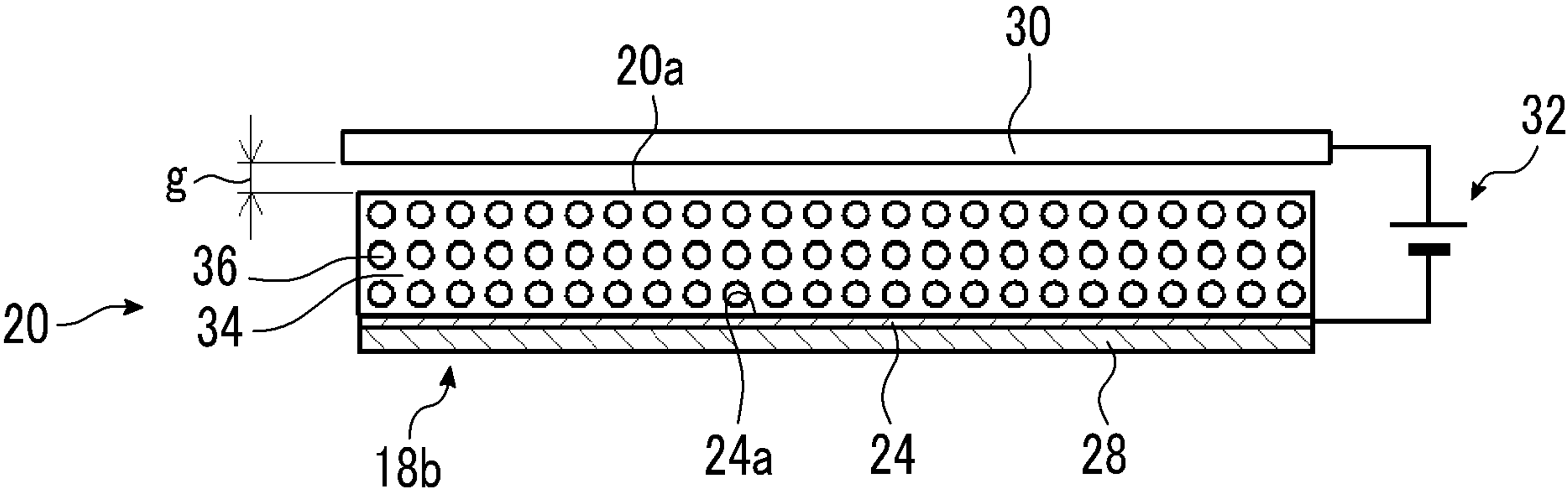
【圖2】



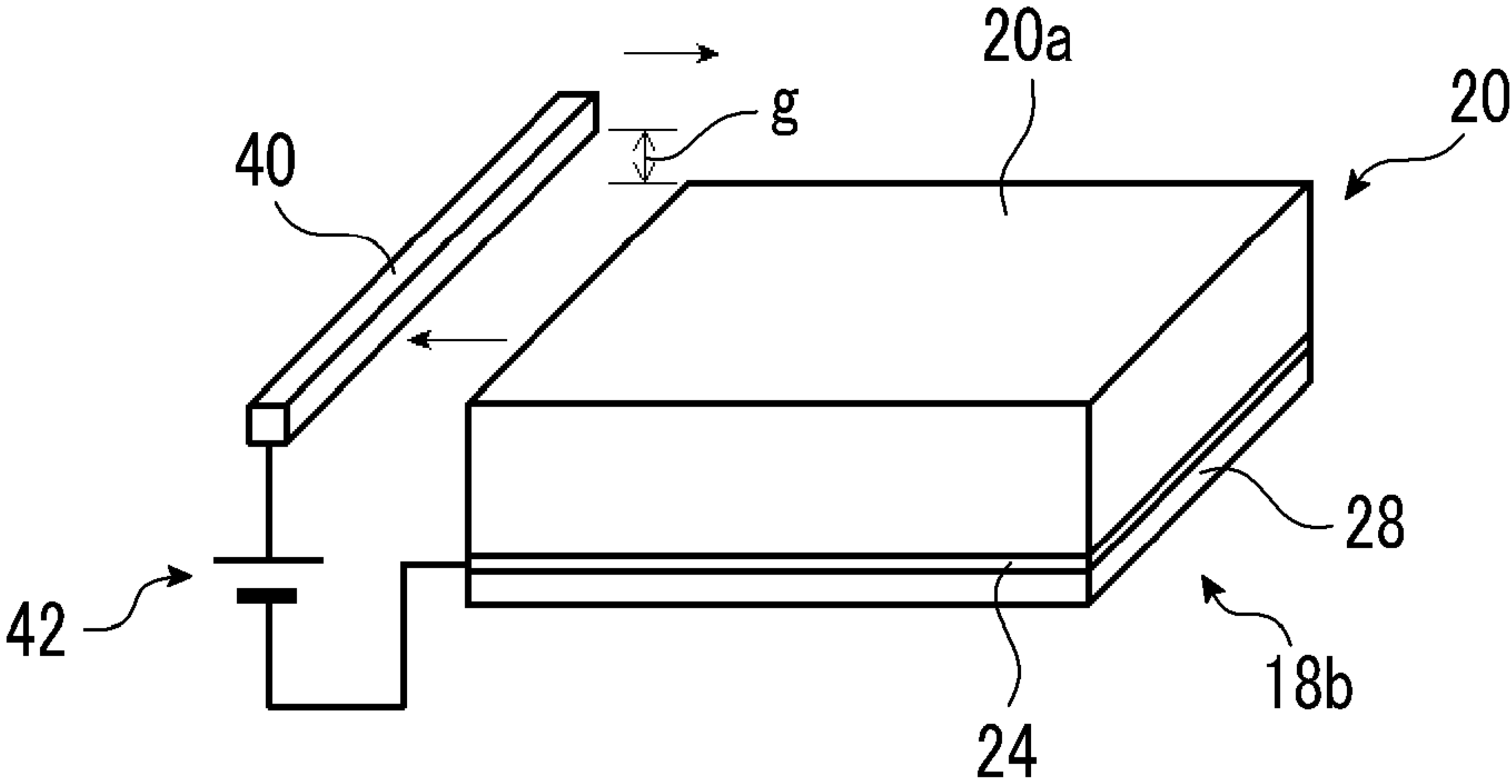
【圖3】



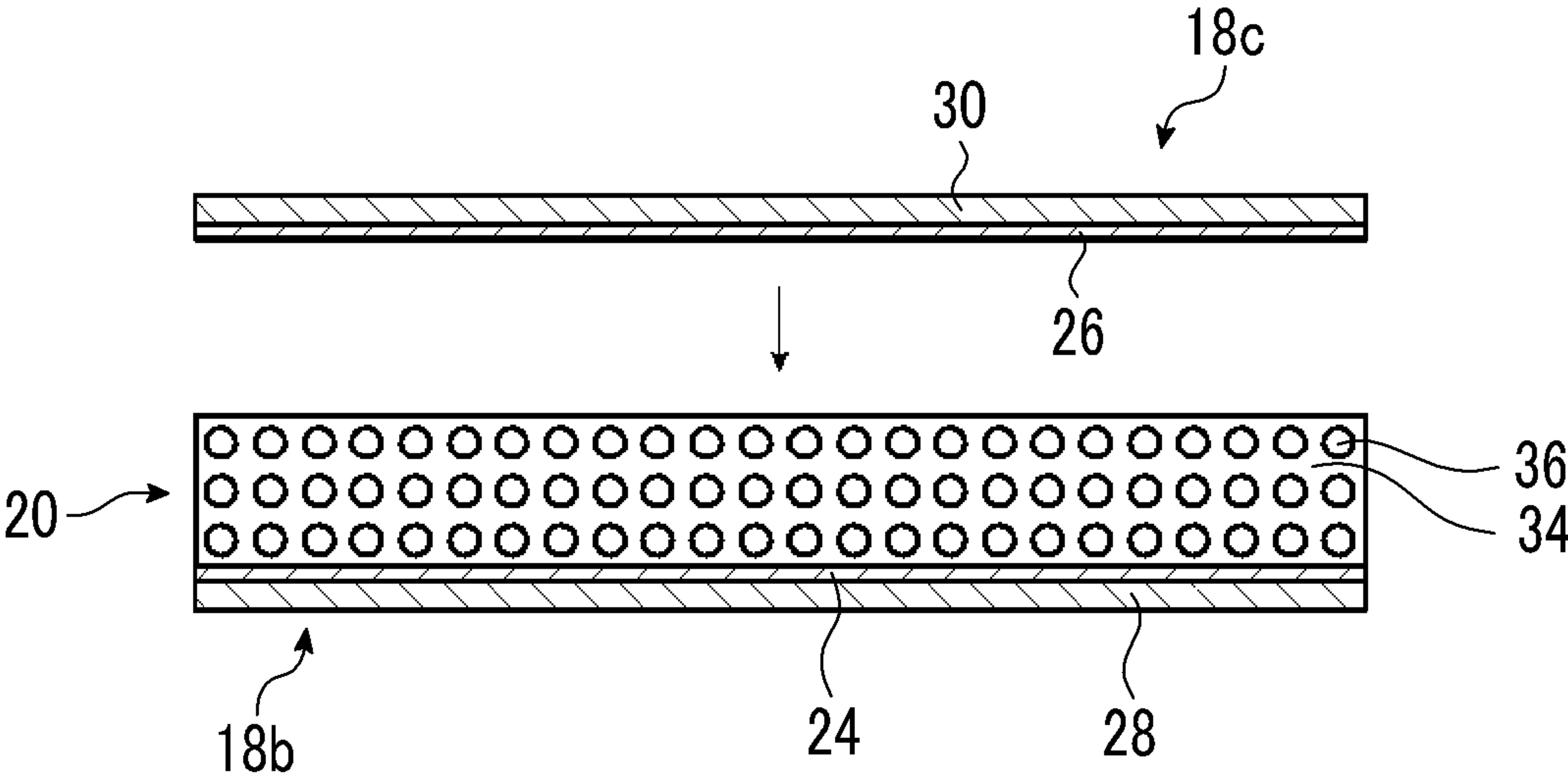
【圖4】



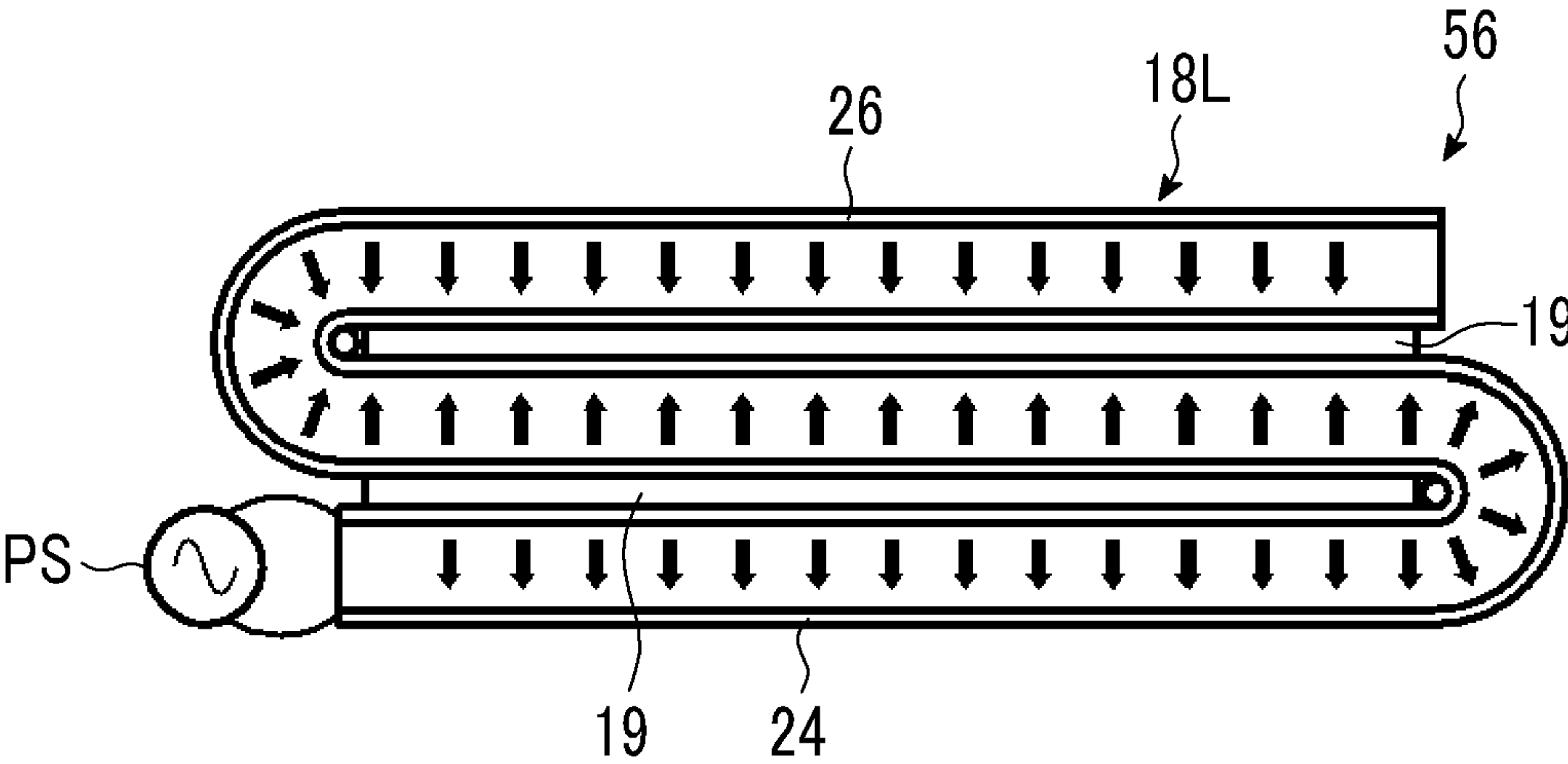
【圖5】



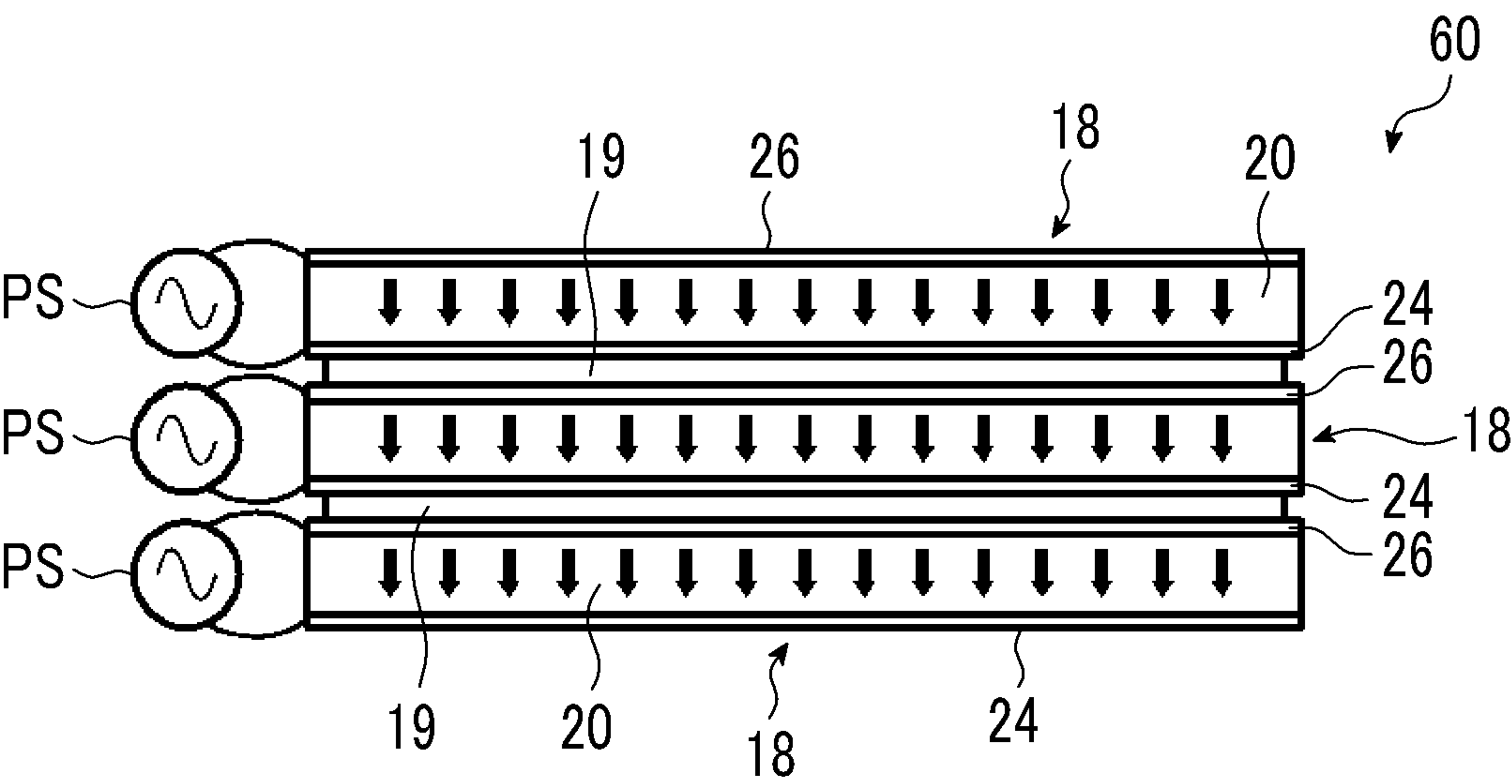
【圖6】



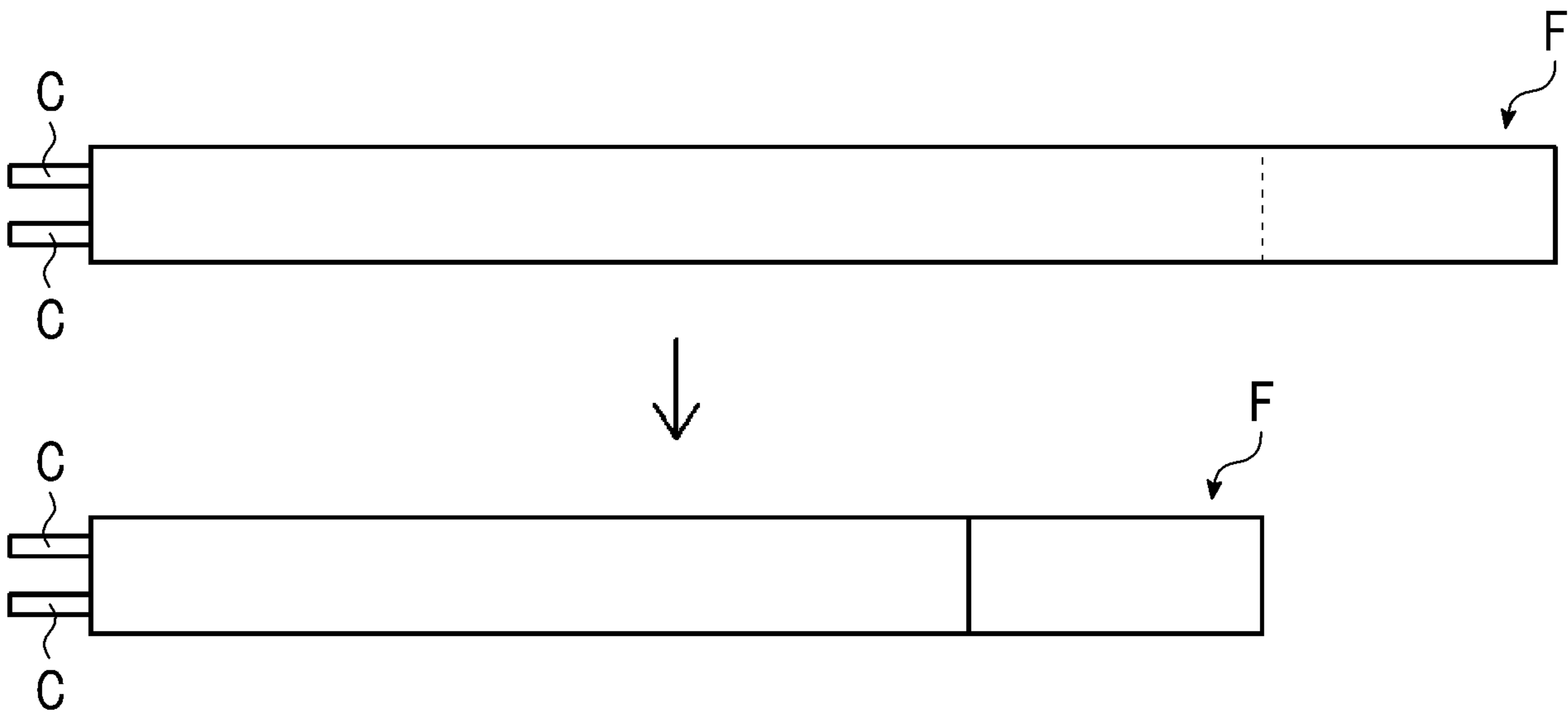
【圖7】



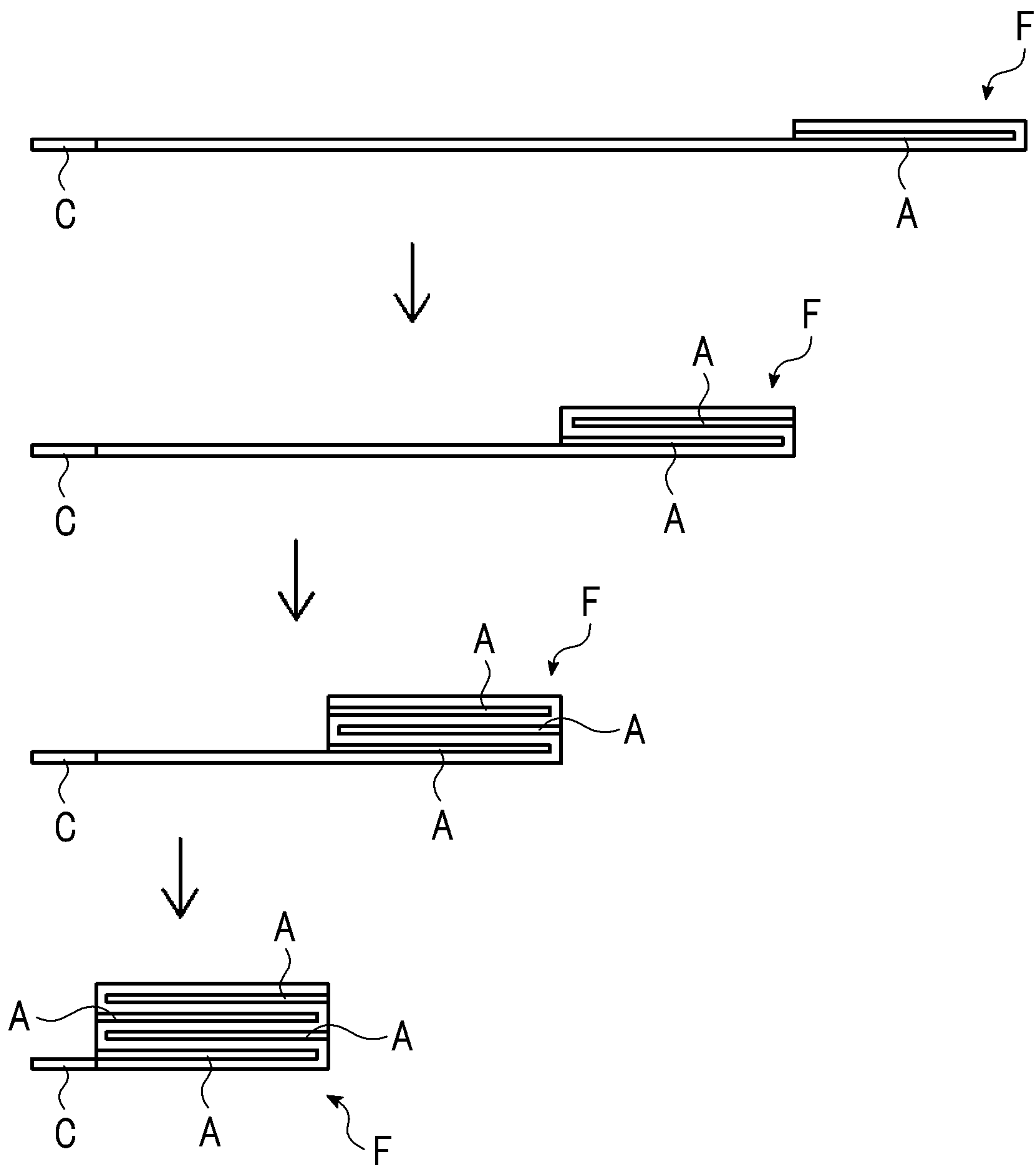
【圖8】



【圖9】



【圖10】



【圖11】

【發明說明書】

【中文發明名稱】電聲轉換器

【英文發明名稱】ELECTRO-ACOUSTIC TRANSDUCER

【技術領域】

【0001】 本發明有關一種使用激發器之電聲轉換器。

【先前技術】

【0002】 藉由與各種物品接觸並安裝來使物品振動並發出聲音之所謂激發器（激子）被利用於各種用途。

例如，若在辦公室，則進行演示及電話會議等時，能夠藉由在會議用桌子、白板及屏幕等中安裝激發器來代替揚聲器發出聲音。若為汽車等車輛，則能夠藉由在控制台、A柱及頂篷等中安裝激發器來發出提示音、警告音及音樂等。又，在如混合動力汽車及電動汽車那樣不發出引擎聲之汽車的情況下，能夠藉由在保險桿等中安裝激發器來從保險桿等發出車輛接近通知聲。

【0003】 作為在該種激發器中產生振動之可變元件，已知有線圈與磁鐵的組合以及偏心馬達及線性共振馬達等的振動馬達等。

該等可變元件難以薄型化。尤其，振動馬達存在如下難點，亦即，為了增加振動力而需要增加質量體且難以進行用於調節振動程度之頻率調變而響應速度慢等。

【0004】 另一方面，近年來，例如響應於與具有撓性之顯示器對應之要求等，對揚聲器亦要求撓性。然而，由該種激發器和振動板構成之結構中，難以對應具有撓性之揚聲器。

【0005】 亦可以考慮，藉由在具有撓性之振動板上黏貼具有撓性之激發器來作為具有撓性之揚聲器。

例如，在專利文獻 1 中，記載有使有機電致發光顯示器等具有撓性之顯示器與以電極夾住聚偏二氟乙烯（PVDF：Poly Vinylidene Fluoride）等壓電膜之具有撓性之揚聲器一體化而成之柔性顯示器。該具有撓性之揚聲器能夠定位成將 PVDF 作為激子（激發器）且將顯示器作為振動板來輸出聲音之激發器型揚聲器。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0006】 [專利文獻 1]日本專利第 4960765 號公報

【0007】 具有撓性之揚聲器預計以各種各樣的形態被使用，例如被折疊成兩折、為了攜帶而被捲取、反復進行彎曲和伸展等。又，亦可以考慮，具有撓性之揚聲器可以長時間保持被折疊之狀態及被捲成圓形之狀態等。

因此，對應於各種各樣的用途及狀況等，對具有撓性之揚聲器要求非常高的撓性。然而，現狀中，對應於各種各樣的用途及狀況等，具有充分的撓性（柔韌性）之揚聲器還未實現。

【發明內容】

【0008】 本發明的目的在於解決該種先前技術的問題點，且為提供一種具有振動板和激發器並能夠應對各種各樣的用途及狀況等的具有高撓性之電聲轉換器。

【0009】 為了實現該種目的，本發明具有以下結構。

[1]一種電聲轉換器，其在振動板的一側主表面上具備激發器，該電聲轉換器的特徵為，

基於激發器的動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz 中的損耗正切在 0~50℃ 的溫度範圍內具有極大值，且極大值為 0.08 以上，進而，

激發器的厚度與基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz、25℃ 下的儲存彈性係數的乘積為振動板的厚度與楊氏模量的乘積的 3 倍以下。

[2]如[1]所述之電聲轉換器，其中激發器的厚度與依動態黏彈性測量所獲得之主曲線中之在頻率 1kHz、25℃ 下的儲存彈性係數的乘積為振動板的厚度與楊氏模量的乘積的 0.3 倍以上。

[3]如[1]或[2]所述之電聲轉換器，其中依激發器的動態黏彈性測量所獲得之主曲線中之在頻率 1kHz、25℃ 下的損耗正切小於 0.08。

[4]如[1]~[3]中任一項所述之電聲轉換器，其中激發器具備具有壓電體層及設置在壓電體層的兩個表面上之電極層之壓電薄膜。

[5]如[4]所述之電聲轉換器，其中壓電體層為將壓電體粒子分散於包含高分子材料之矩陣中而成之高分子複合壓電體。

[6]如[4]或[5]所述之電聲轉換器，其中壓電薄膜具有設置在電極層的表面上之保護層。

[7]如[4]~[6]中任一項所述之電聲轉換器，其中壓電薄膜不具有壓電特性的面內各向異性。

[8]如[4]～[7]中任一項所述之電聲轉換器，其中激發器具有積層複數層壓電薄膜而成之積層體。

[9]如[8]所述之電聲轉換器，其中壓電薄膜為向厚度方向極化者，並且在積層體中，相鄰之壓電薄膜的極化方向為相反方向。

[10]如[8]或[9]所述之電聲轉換器，其中積層體為藉由將壓電薄膜折疊 1 次以上來積層了複數層壓電薄膜而成者。

[11]如[8]～[10]中任一項所述之電聲轉換器，其中積層體具有黏貼相鄰之壓電薄膜之黏貼層。

[12]如[1]～[11]中任一項所述之電聲轉換器，其具有黏貼振動板與激發器之黏貼層。

[發明效果]

【0010】 依該種本發明，能夠提供一種具有振動板和激發器並能夠應對各種各樣的用途及狀況等的具有高撓性之電聲轉換器。

【圖式簡單說明】

【0011】

圖 1 係示意地表示本發明的電聲轉換器的一例之圖。

圖 2 係示意地表示構成圖 1 所示之電聲轉換器的激發器之壓電薄膜的一例之圖。

圖 3 係用於說明壓電薄膜的製作方法的一例之概念圖。

圖 4 係用於說明壓電薄膜的製作方法的一例之概念圖。

圖 5 係用於說明壓電薄膜的製作方法的一例之概念圖。

圖 6 係用於說明壓電薄膜的製作方法的一例之概念圖。

圖 7 係用於說明壓電薄膜的製作方法的一例之概念圖。

圖 8 係示意地表示本發明的電聲轉換器中所使用之激發器的另一例之圖。

圖 9 係示意地表示本發明的電聲轉換器中所使用之激發器的另一例之圖。

圖 10 係用於說明本發明的實施例之概念圖。

圖 11 係用於說明本發明的實施例之概念圖。

【實施方式】

【0012】 以下、基於圖式所示之較佳實施態樣，對本發明的電聲轉換器進行詳細說明。

【0013】 以下所記載之構成要件的說明有時基於本發明的代表性實施態樣來進行，但本發明並不限定於該等實施態樣者。

再者，本說明書中，使用“～”表示之數值範圍係指包含記載於“～”的前後之數值作為下限值及上限值之範圍。

【0014】 圖 1 中，示意地示出本發明的電聲轉換器的一例。

圖 1 所示之電聲轉換器 10 具有激發器 14 及振動板 12。在電聲轉換器 10 中，激發器 14 和振動板 12 藉由黏貼層 16 黏貼。

電聲轉換器 10 的激發器 14（後述之壓電薄膜 18）中連接有用於施加驅動電壓之電源 PS。

關於將在後面進行詳細敘述的該種電聲轉換器 10，藉由對激發器 14（壓電薄膜 18）施加驅動電壓來使激發器 14 向面方向伸縮。藉由該激發器 14 向面方向的伸縮而振動板 12 撓曲，其結果，

振動板 12 向厚度方向振動。藉由該厚度方向的振動，振動板 12 發出聲音。亦即，振動板 12 按照施加於壓電薄膜 18 之電壓（驅動電壓）的大小來進行振動，從而發出與施加於壓電薄膜 18 之驅動電壓相應之聲音。

【0015】 在本發明的電聲轉換器 10 中，作為較佳態樣，振動板 12 為具有撓性者。再者，在本發明中，具有撓性是指與通常解釋中之具有撓性之含義相同，表示能夠彎曲及撓曲，具體而言，表示能夠彎曲和伸展而不會產生破壞及損傷。

振動板 12 較佳為具有撓性，且若為滿足與後述之激發器 14 的關係者，則並無限制，能夠利用各種片狀物（板狀物、薄膜）。

作為振動板 12 的一例，例示出由聚對酞酸乙二酯（PET）、聚丙烯（PP）、聚苯乙烯（PS）、聚碳酸酯（PC）、聚苯硫醚（PPS）、聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）、聚醚醯亞胺（PEI）、聚醯亞胺（PI）、聚萘二甲酸乙二酯（PEN）、三乙醯纖維素（TAC）及環狀烯烴系樹脂等組成之樹脂薄膜、由發泡聚苯乙烯、發泡苯乙烯及發泡聚苯乙烯等組成之發泡塑膠、膠合板、軟木板、牛皮等牛皮類、碳板、和紙等各種板紙以及在波紋狀板紙的一個表面或兩個表面上黏附另一板紙而成之各種紙板材料等。

又，本發明的電聲轉換器 10 中，若為具有撓性者，則作為振動板 12，亦能夠較佳地利用有機電致發光（OLED（Organic Light Emitting Diode））顯示器、液晶顯示器、微型 LED（Light Emitting Diode：發光二極體）顯示器、無機電致發光顯示器等顯示器件及

投影機用屏幕等。

【0016】 在圖示例的電聲轉換器 10 中，作為較佳態樣，該種振動板 12 和激發器 14 藉由黏貼層 16 黏貼。

【0017】 在本發明中，若黏貼層 16 能夠黏貼振動板 12 和激發器 14，則能夠利用各種公知者。

因此，黏貼層 16 可以為由貼合時具有流動性而之後成為固態之接著劑組成之層，亦可以為由貼合時為凝膠狀（橡膠狀）的柔軟之固態而之後亦保持凝膠狀的狀態之黏著劑組成之層，還可以為由具有接著劑與黏著劑這兩者的特徵之材料組成之層。又，黏貼層 16 可以為塗佈液體等具有流動性之黏貼劑而形成者，亦可以為使用片狀黏貼劑而形成者。

其中，本發明的電聲轉換器 10 中，藉由使激發器 14 伸縮來撓曲振動板 12 並使其振動，從而使其發出聲音。因此，本發明的電聲轉換器 10 中，激發器 14 的伸縮直接傳遞至振動板 12 為較佳。若在振動板 12 與激發器 14 之間存在如緩和振動之具有黏性之物質，則導致向振動板 12 的激發器 14 的伸縮能量的傳遞效率變低，從而導致降低電聲轉換器 10 的驅動效率。

若考慮到這一點，則相比由黏著劑組成之黏著劑層，黏貼層 16 為由可獲得固態且硬之黏貼層 16 之接著劑組成之接著劑層為較佳。作為更佳之黏貼層 16，具體而言，可較佳地例示出由聚酯系接著劑及苯乙烯·丁二烯橡膠（SBR）系接著劑等熱塑性類型的接著劑組成之黏貼層。

接著與黏著不同，在要求高接著溫度時有用。又，熱塑性類型的接著劑兼備“相對低溫、短時間及強接著”，因此為較佳。

【0018】黏貼層 16 的厚度並無限制，只要按照黏貼層 16 的材料適當設定可獲得充分的黏貼力（接著力、黏著力）之厚度即可。

其中，在本發明的電聲轉換器 10 中，黏貼層 16 越薄，越提高傳遞至振動板 12 之激發器 14 的伸縮能量（振動能量）的傳遞效果，從而能夠提高能量效率。又，若黏貼層 16 厚且剛性高，則有可能會限制激發器 14 的伸縮。

若考慮到這一點，則黏貼層 16 薄為較佳。具體而言，關於黏貼層 16 的厚度，以黏貼後的厚度為 $0.1 \sim 50 \mu\text{m}$ 為較佳， $0.1 \sim 30 \mu\text{m}$ 為更佳， $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$ 為進一步較佳。

【0019】再者，在電聲轉換器 10 中，黏貼層 16 係作為較佳態樣而設置者，並不是必須的構成要素。

因此，電聲轉換器 10 可以不具有黏貼層 16 而使用公知的壓接方法、緊固方法及固定方法等來固定振動板 12 和激發器 14。例如，在激發器 14 為矩形之情況下，可以利用如螺栓及螺帽那樣之構件緊固四個角來構成電聲轉換器，或可以利用如螺栓及螺帽那樣之構件緊固四個角和中心部來構成電聲轉換器。

然而，在此情況下，從電源 PS 施加了驅動電壓時，導致相對於振動板 12 激發器 14 獨立地伸縮，依據情況，僅激發器 14 撓曲而激發器 14 的伸縮無法傳遞至振動板 12。如此，在相對於振動板 12 激發器 14 獨立地伸縮之情況下，導致基於激發器 14 之振動板

12 的振動效率降低。有可能導致無法使振動板 12 充分地振動。

若考慮到這一點，則在本發明的電聲轉換器中，如圖示例，振動板 12 和激發器 14 利用黏貼層 16 黏貼為較佳。

【0020】 如上所述，本發明的電聲轉換器 10 具有振動板 12 及激發器 14。如上所述，激發器 14 為用於使振動板 12 振動而使其輸出聲音者。進而，在本發明中，振動板 12 及激發器 14 較佳為均具有撓性。

在圖示例的電聲轉換器 10 中，激發器 14 具有如下結構，亦即，積層 3 片壓電薄膜 18 並利用黏貼層 19 黏貼相鄰之壓電薄膜 18。各壓電薄膜 18 中連接有施加使壓電薄膜 18 伸縮之驅動電壓之電源 PS。

【0021】 在圖示例的激發器 14 中，壓電薄膜 18 為以電極層夾住將壓電體粒子分散於包含高分子材料之矩陣中而成之高分子複合壓電體者，進而，作為較佳態樣，為以保護層夾住者。關於該種壓電薄膜 18，將在後面進行詳細敘述。

再者，圖 1 所示之激發器 14 為積層了 3 層壓電薄膜 18 而成者，但是本發明並不限制於此。亦即，在本發明的電聲轉換器 10 中，激發器亦可以為僅具有 1 層壓電薄膜 18 者。又，在本發明的電聲轉換器 10 中激發器為積層了複數層壓電薄膜 18 而成者之情況下，壓電薄膜 18 的積層數可以為 2 層，或者亦可以為 4 層以上。關於這一點，後述之圖 8 所示之激發器 56 及圖 9 所示之激發器 60 亦相同。

【0022】 在本發明的電聲轉換器中，激發器 14 並不限定於積層了壓電薄膜 18 而成者。亦即，在本發明的電聲轉換器中，激發器較佳為具有撓性，並且若為滿足後述之低頻率（1Hz）中之損耗正切及相對於振動板之彈簧常數的關係者，則能夠利用各種結構者。

較佳為，激發器滿足後述之高頻率（1kHz）中之相對於振動板之彈簧常數的關係及損耗正切中的一個條件，更佳為滿足兩個條件。

作為在滿足該種條件之本發明中能夠使用的激發器的一例，例示出具有 1 層或者積層了複數層在常溫下具有黏彈性之黏彈性矩陣中由高分子複合壓電體等構成之壓電體層的兩個表面上設置電極之壓電薄膜而成之激發器及激子等。

再者，以下在壓電薄膜 18 中進行說明之關於壓電體層內的極化方向、壓電特性的面內各向異性、積層及黏貼層以及折疊的積層等，在該等激發器中亦相同。

【0023】 在本發明的電聲轉換器 10 中，激發器 14 的基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz 中的損耗正切（ $\tan\delta$ ）在 0～50℃ 的溫度範圍內具有極大值，並且 0～50℃ 的溫度範圍內之極大值為 0.08 以上。進而，關於本發明的電聲轉換器 10，激發器 14 的厚度與基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz、25℃ 下的儲存彈性係數（ E' ）的乘積為振動板 12 的厚度與楊氏模量的乘積的 3 倍以下。

較佳為，關於本發明的電聲轉換器 10，激發器 14 的厚度與依動態黏彈性測量所獲得之主曲線中之在頻率 1kHz、25℃ 下的儲存

彈性係數的乘積為振動板 12 的厚度與楊氏模量的乘積的 0.3 倍以上。

又，較佳為，在本發明的電聲轉換器 10 中，激發器 14 的動態黏彈性測量所獲得之主曲線中之在頻率 1kHz、25℃ 下的損耗正切小於 0.08。

本發明的電聲轉換器 10 藉由具有該種結構，實現了具有優異之撓性且更佳為音響特性亦優異之電聲轉換器。

在本發明中，關於儲存彈性係數（楊氏模量）及損耗正切的測量（動態黏彈性測量），只要使用動態黏彈性測量儀，並使用公知的方法進行即可。作為動態黏彈性測量儀的一例，例示出 SII NanoTechnology Inc.製的 DMS6100 黏彈性光譜儀。

作為測量條件的一例，分別例示出測量頻率為 0.1～20Hz（0.1Hz、0.2Hz、0.5Hz、1Hz、2Hz、5Hz、10Hz 及 20Hz），測量溫度為-20～100℃，升溫速度為 2℃/分鐘（氮氣氣氛中），樣品尺寸為 40mm×10mm（包括夾固區域），吸盤之間距離為 20mm。

【0024】 在具有撓性之電聲轉換器 10 中，激發器 14 為具備了以下必要條件者為較佳。

（i）撓性

例如，作為可攜式以如新聞或雜誌那樣之文件感覺緩慢撓曲之狀態把持之情況下，從外部不斷受到數 Hz 以下的相對緩慢且較大的彎曲變形。此時，若激發器 14 硬，則產生與其相應量的較大的彎曲應力，從而有可能導致破壞。因此，對激發器 14 要求適當

的柔軟性。又，若能夠將應變能作為熱向外部擴散，則能夠緩和應力。因此，激發器 14 在受到數 Hz 以下的相對緩慢且較大的彎曲變形時，要求損耗正切適當大。

(ii) 音質

電聲轉換器 10 中，以 20Hz~20kHz 的音頻頻帶的頻率使激發器 14 伸縮，並藉由其伸縮的能量來振動振動板 12，從而再生聲音。因此，為了提高振動能量的傳遞效率，在音頻頻帶的頻率中對激發器 14 要求適當的硬度。

【0025】 激發器 14 的基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz 中的損耗正切在 0~50℃ 的溫度範圍內具有 0.08 以上的極大值，進而，激發器 14 的厚度與基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz、25℃ 下的儲存彈性係數的乘積為振動板 12 的厚度與楊氏模量的乘積的 3 倍以下。亦即，激發器 14 的基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz 中的損耗正切成為 0.08 以上之極大值在 0℃~50℃ 的溫度範圍內。再者，在本發明中，0~50℃ 的溫度範圍為常溫的溫度範圍。

該情況表示，在常溫下針對緩慢移動之頻率，激發器 14 柔軟且損耗正切大亦即，在彎曲時彈性應變能迅速地成為熱並擴散。

【0026】 本發明的電聲轉換器 10 具有撓性。因此，在不使用時，可以考慮長時間保持被折疊之狀態及被捲成圓形之狀態等。此時，若激發器 14 的損耗正切（內部損耗）小，則基於彎曲之彈性應變能不會作為熱而擴散。其結果，在壓電薄膜 18 中產生龜裂及破壞

等，並且產生積層而黏貼之壓電薄膜 18 彼此的剝離等。

相對於此，本發明的電聲轉換器 10 的激發器 14 在常溫亦即 $0\sim 50^{\circ}\text{C}$ 的溫度範圍內之基於動態黏彈性試驗而得之在頻率 1Hz 中之損耗正切的極大值為 0.08 以上。其結果，相對於基於外力之緩慢移動，激發器 14 能夠將基於彎曲之彈性應變能較佳地作為熱而擴散，因此能夠防止如上述那樣之損傷，亦即，可獲得高撓性。

激發器 14 的基於動態黏彈性試驗而得之在頻率 1Hz 中之損耗正切在 $0\sim 50^{\circ}\text{C}$ 的溫度範圍內之極大值為 0.1 以上為較佳，0.3 以上為更佳。

再者，對在 $0\sim 50^{\circ}\text{C}$ 下之基於動態黏彈性試驗而得之在頻率 1Hz 中之損耗正切的極大值的上限，並無限制。若考慮到激發器 14 中能夠使用的材料、較佳之激發器 14 的結構等，則在 $0\sim 50^{\circ}\text{C}$ 下之基於動態黏彈性試驗而得之在頻率 1Hz 中之損耗正切的極大值為 0.8 以下為較佳。

再者，在可更佳地獲得上述效果之方面，激發器 14 在頻率 1Hz 中之損耗正切的最大值存在於 $0\sim 50^{\circ}\text{C}$ 的溫度範圍內為較佳。

【0027】 另一方面，振動板 12 為具有某種程度的剛性者。若該種振動板 12 與剛性高之激發器組合，則硬且變得難以彎曲，從而電聲轉換器的撓性變差。

相對於此，關於本發明的電聲轉換器 10，激發器 14 的厚度與基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz、 25°C 下的儲存彈性係數的乘積為振動板 12 的厚度與楊氏模量的乘積的 3 倍以下。亦即，

相對於在常溫下之緩慢移動，激發器 14 的彈簧常數為振動板 12 的 3 倍以下。

藉由具有該種結構，激發器 14 相對於折彎及捲成圓形等基於外力之緩慢移動，能夠柔軟動作，亦即，相對於緩慢移動，表現出良好的撓性。

在本發明的電聲轉換器 10 中，激發器 14 的厚度與基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz、25℃ 下的儲存彈性係數的乘積為振動板 12 的厚度與楊氏模量的乘積的 1 倍以下為較佳，0.3 倍以下為更佳。

對激發器 14 的厚度與基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz、25℃ 下的儲存彈性係數的乘積相對於振動板 12 的厚度與楊氏模量的乘積的下限，並無限制。若考慮到激發器 14 中所使用之材料、較佳之激發器 14 的結構等，則激發器 14 的厚度與基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz、25℃ 下的儲存彈性係數的乘積相對於振動板 12 的厚度與楊氏模量的乘積為 0.1 倍以上為較佳。

【0028】 亦即，關於由使用者折彎及捲成圓形等基於外力之緩慢移動，本發明的電聲轉換器 10 柔軟且能夠將基於彎曲之彈性應變能迅速地作為熱並擴散亦即具有優異之撓性。

【0029】 關於本發明的電聲轉換器 10，激發器 14 的厚度與依動態黏彈性測量所獲得之主曲線中之在頻率 1kHz、25℃ 下的儲存彈性係數的乘積為振動板 12 的厚度與楊氏模量的乘積的 0.3 倍以上為較佳。亦即，在常溫下之迅速移動中，激發器 14 的彈簧常數為振

動板 12 的 0.3 倍以上為較佳。

電聲轉換器 10 藉由激發器 14 向面方向的伸縮來使振動板 12 振動，從而發出聲音。因此，激發器 14 在音頻頻帶的頻率（20Hz～20kHz）中相對於振動板 12 具有某種程度的剛性（硬度、剛度）為較佳。

關於本發明的電聲轉換器 10，將激發器 14 的厚度與依動態黏彈性測量所獲得之主曲線中之在頻率 1kHz、25℃ 下的儲存彈性係數的乘積設為振動板 12 的厚度與楊氏模量的乘積的較佳為 0.3 倍以上，更佳為 0.5 倍以上，進一步較佳為 1.0 倍以上。亦即，相對於在常溫下之迅速移動，激發器 14 的彈簧常數為振動板 12 的 0.3 倍以上為較佳，0.5 倍以上為更佳，1.0 倍以上為進一步較佳。

藉此，在音頻頻帶的頻率中，充分地確保激發器 14 相對於振動板 12 之剛性，電聲轉換器 10 能夠以高能量效率輸出高聲壓的聲音。

對激發器 14 的厚度與基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1kHz、25℃ 下的儲存彈性係數的乘積相對於振動板 12 的厚度與楊氏模量的乘積的上限，並無限制。若考慮到激發器 14 中能夠使用之材料、較佳之激發器 14 的結構等，則激發器 14 的厚度與基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1kHz、25℃ 下的儲存彈性係數的乘積相對於振動板 12 的厚度與楊氏模量的乘積為 10 倍以下為較佳。

【0030】 又，在本發明的電聲轉換器 10 中，激發器 14 的依動態黏彈性測量所獲得之主曲線中之在頻率 1kHz、25℃ 下的損耗正切

小於 0.08 為較佳。亦即，在常溫下之迅速移動中，激發器 14 的損耗正切小為較佳。

如上述，電聲轉換器 10 藉由激發器 14 向面方向的伸縮來使振動板 12 振動，從而發出聲音。因此，激發器 14 在音頻頻帶的頻率中能量高為較佳。

關於本發明的電聲轉換器 10，依動態黏彈性測量所獲得之主曲線中之在頻率 1kHz、25℃ 下的激發器 14 的損耗正切較佳為小於 0.08，更佳為小於 0.05，進一步較佳為小於 0.03。藉此，在音頻頻帶的頻率中，基於激發器 14 的伸縮之熱能量變得難以擴散，對振動板 12 提供更高之能量，從而使電聲轉換器 10 能夠以高能量效率輸出高聲壓的聲音。

再者，對於依動態黏彈性測量所獲得之主曲線中之在頻率 1kHz、25℃ 下的激發器 14 的損耗正切的下限，並無限制。若考慮到激發器 14 中能夠使用的材料、較佳之激發器 14 的結構等，則依動態黏彈性測量所獲得之主曲線中之在頻率 1kHz、25℃ 下的激發器 14 的損耗正切為 0.01 以上為較佳。

【0031】 如上所述，在圖示例的電聲轉換器 10 中，激發器 14 具有如下結構，亦即，積層 3 片壓電薄膜 18 並利用黏貼層 19 黏貼相鄰之壓電薄膜 18。

【0032】 圖 2 中，藉由剖面圖示意地表示壓電薄膜 18。

如圖 2 所示，壓電薄膜 18 具備具有壓電性之片狀物亦即壓電體層 20、積層於壓電體層 20 的一側表面之下部薄膜電極 24、積

層於下部薄膜電極 24 上之下部保護層 28、積層於壓電體層 20 的另一表面之上部薄膜電極 26 及積層於上部薄膜電極 26 上之上部保護層 30。如後述，作為較佳態樣，壓電薄膜 18 向厚度方向極化。

再者，為了簡化圖式並明確地示出激發器 14 的結構，圖 1 中，省略了下部保護層 28 及上部保護層 30。

【0033】 在壓電薄膜 18 中，作為較佳態樣，如圖 2 中示意地表示，壓電體層 20 為由高分子複合壓電體構成者，該高分子複合壓電體為將壓電體粒子 36 分散於由在常溫下具有黏彈性之高分子材料組成之黏彈性矩陣 34 中而成。再者，在本說明書中，如上所述，“常溫”是指 0～50℃ 左右的溫度範圍。

【0034】 其中，高分子複合壓電體（壓電體層 20）為具備以下要求者為較佳。

（i）撓性

例如，作為可攜式以如新聞或雜誌那樣之文件感覺緩慢撓曲之狀態把持之情況下，從外部不斷受到數 Hz 以下的相對緩慢且較大的彎曲變形。此時，若高分子複合壓電體硬，則產生其相對程度之較大之彎曲應力而在黏彈性矩陣 34 與壓電體粒子 36 的界面產生龜裂，最終有可能導致破壞。因此，對高分子複合壓電體要求適當的柔軟性。又，若能夠將應變能作為熱向外部擴散，則能夠緩和應力。因此，要求高分子複合壓電體的損耗正切適當大。

【0035】 綜上所述，要求用於激發器 14 之柔性的高分子複合壓電體對於 20Hz～20kHz 的振動硬之動作，對於數 Hz 以下的振動較

柔軟之動作。又，要求相對於 20kHz 以下的所有頻率的振動，高分子複合壓電體的損耗正切適當大。

進而，藉由配合所黏附之對象材料（振動板）的剛性來積層，能夠輕鬆地調節彈簧常數為較佳，此時，黏貼層 19 越薄，越能夠提高能量效率。

【0036】 通常，高分子固體具有黏彈性緩和機構，並隨著溫度的上升或者頻率的降低，大規模的分子運動作為儲存彈性係數(楊氏模量)的降低(緩和)或者損失彈性係數的極大化(吸收)而被觀察到。其中，藉由非晶質區域的分子鏈的微觀布朗（Micro Brown）運動引起之緩和被稱作主分散，可觀察到非常大之緩和現象。發生該主分散之溫度為玻璃轉移點(Tg)，黏彈性緩和機構最明顯之顯現。

在 高分子複合壓電體(壓電體層 20)中，藉由將玻璃轉移點在常溫下之高分子材料，換言之，在常溫下具有黏彈性之高分子材料用於矩陣中，實現對於 20Hz~20kHz 的振動硬之動作，對於數 Hz 以下的慢振動較軟之動作之高分子複合壓電體。尤其，在較佳地表現該動作等方面，將在頻率 1Hz 中的玻璃轉移溫度在常溫亦即 0~50℃ 下之高分子材料用於高分子複合壓電體的矩陣中為較佳。

【0037】 作為在常溫下具有黏彈性之高分子材料，能夠利用公知的各種者。較佳為，高分子材料使用如下材料，亦即，在常溫下，基於動態黏彈性試驗而得之在頻率 1Hz 中之損耗正切（Tanδ）的極大值為 0.5 以上。

藉此，高分子複合壓電體藉由外力而被緩慢彎曲時，最大彎曲

力矩部中之高分子矩陣與壓電體粒子的界面的應力集中得到緩和，從而能夠期待高撓性。

【0038】 又，在常溫下具有黏彈性之高分子材料如下為較佳，亦即，基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz 中的儲存彈性係數（E'）在 0℃ 下為 100 MPa 以上，在 50℃ 下為 10 MPa 以下。

藉此，能夠減小高分子複合壓電體藉由外力而被緩慢彎曲時產生之彎曲力矩之同時，能夠對於 20Hz～20kHz 的音響振動硬之動作。

【0039】 又，若在常溫下具有黏彈性之高分子材料的相對介電常數在 25℃ 下為 10 以上，則為更較。藉此，對高分子複合壓電體施加電壓時，對高分子矩陣中的壓電體粒子需要更高之電場，因此能夠期待較大的變形量。

然而，另一方面，若考慮確保良好的耐濕性等，則高分子材料的相對介電常數在 25℃ 下為 10 以下亦為較佳。

【0040】 作為滿足該種條件之在常溫下具有黏彈性之高分子材料，例示出氰乙基化聚乙烯醇（氰乙基化 PVA）、聚乙酸乙烯酯、聚偏二氯乙烯丙烯腈、聚苯乙烯-乙烯基聚異戊二烯嵌段共聚物、聚乙烯基甲基酮及聚甲基丙烯酸丁酯等。又，作為該等高分子材料，亦能夠較佳地利用 Hibler5127（KURARAY CO.,LTD 製）等市售品。其中，作為高分子材料，使用具有氰乙基之材料為較佳，使用氰乙基化 PVA 尤為佳。

再者，該等高分子材料可以僅使用 1 種，亦可以同時（混合）

使用複數種。

【0041】 使用該種在常溫下具有黏彈性之高分子材料之黏彈性矩陣 34 按照需要可以同時使用複數種高分子材料。

亦即，以調節介電特性或機械特性等為目的，向黏彈性矩陣 34 加入氰乙基化 PVA 等黏彈性材料，按照需要亦可以添加其他介電性高分子材料。

【0042】 作為能夠添加的介電性高分子材料的一例，例示出聚偏二氟乙烯、偏二氟乙烯-四氟乙烯共聚物、偏二氟乙烯-三氟乙烯共聚物、聚偏二氟乙烯-三氟乙烯共聚物及聚偏二氟乙烯-四氟乙烯共聚物等氟系高分子、偏二氰乙烯-乙烯酯共聚物、氰乙基纖維素、氰乙基羥基蔗糖、氰乙基羥基纖維素、氰乙基羥基富勒烯、甲基丙烯酸氰乙酯、丙烯酸氰乙酯、氰乙基羥乙基纖維素、氰乙基直鏈澱粉、氰乙基羥丙基纖維素、氰乙基二羥丙基纖維素、氰乙基羥丙基直鏈澱粉、氰乙基聚丙烯酸醯胺、氰乙基聚丙烯酸乙酯、氰乙基富勒烯、氰乙基聚羥基亞甲基、氰乙基縮水甘油富勒烯、氰乙基蔗糖及氰乙基山梨糖醇等具有氰基或氰乙基之聚合物以及腈橡膠或氯丁二烯橡膠等合成橡膠等。

其中，較佳地利用具有氰乙基之高分子材料。

又，在壓電體層 20 的黏彈性矩陣 34 中，除了氰乙基化 PVA 等在常溫下具有黏彈性之材料以外所添加之介電性聚合物並不限定於 1 種，可以添加複數種。

【0043】 又，以調節玻璃轉移點 T_g 為目的，除了介電性聚合物以

外，亦可以向黏彈性矩陣 34 添加氯乙烯樹脂、聚乙烯、聚苯乙烯、甲基丙烯酸樹脂、聚丁烯及異丁烯等熱塑性樹脂以及酚醛樹脂、脲樹脂、三聚氰胺樹脂、醇酸樹脂及雲母等熱硬化性樹脂。

進而，在黏彈性矩陣 34 中，以提高黏著性為目的，亦可以添加松香酯、松香、萜烯、萜烯酚及石油樹脂等增黏劑。

【0044】 在壓電體層 20 的黏彈性矩陣 34 中，添加除了氰乙基化 PVA 等具有黏彈性之高分子材料以外的材料時的添加量並無特別限定，但是以在黏彈性矩陣 34 中所佔比例計為 30 質量%以下為較佳。

藉此，不損害黏彈性矩陣 34 中之黏彈性緩和機構便能夠表現出所添加之高分子材料的特性，因此在高介電率化、耐熱性的提高、與壓電體粒子 36 及電極層的密接性提高等方面能夠獲得較佳之結果。

【0045】 壓電體粒子 36 為由具有鈣鈦礦型或纖鋅礦型的晶體結構之陶瓷粒子組成者。

作為構成壓電體粒子 36 之陶瓷粒子，例如例示出銦鈦酸鉛（PZT）、銦鈦酸鉛鏤（PLZT）、鈦酸鋇（ BaTiO_3 ）、氧化鋅（ ZnO ）及鈦酸鋇與鐵酸鉍（ BiFe_3 ）的固體溶液（BFBT）等。

該等壓電體粒子 36 可以僅使用 1 種，亦可以同時（混合）使用複數種。

【0046】 壓電體粒子 36 的粒徑並無限制，只要按照壓電薄膜 18 的尺寸及激發器 14 的用途等適當選擇即可。壓電體粒子 36 的粒

徑為 $1 \sim 10 \mu\text{m}$ 為較佳。

藉由將壓電體粒子 36 的粒徑設在該範圍內，在壓電薄膜 18 能夠兼顧高壓電特性和柔韌性（Flexibility）等方面能夠獲得較佳之結果。

【0047】再者，在圖 2 中，壓電體層 20 中的壓電體粒子 36 均勻且具有規則性地分散於黏彈性矩陣 34 中，但是本發明並不限制於此。

亦即，壓電體層 20 中的壓電體粒子 36 較佳為，若均勻地被分散，則可以不規則地分散於黏彈性矩陣 34 中。

【0048】在壓電薄膜 18 中，壓電體層 20 中之黏彈性矩陣 34 與壓電體粒子 36 的量比並無限制，只要按照壓電薄膜 18 的面方向的大小及厚度、激發器 14 的用途以及壓電薄膜 18 中所要求之特性等可以適當進行設定。

壓電體層 20 中之壓電體粒子 36 的體積分率為 $30 \sim 80\%$ 為較佳。又，壓電體層 20 中之壓電體粒子 36 的體積分率為 50% 以上為更佳，因此，設為 $50 \sim 80\%$ 為進一步較佳。

藉由將黏彈性矩陣 34 與壓電體粒子 36 的量比設在上述範圍內，在能夠兼顧高壓電特性和柔韌性等方面為較佳。

【0049】在壓電薄膜 18 中，壓電體層 20 的厚度並無特別限定，只要按照電聲轉換器 10 的用途、激發器 14 中之壓電薄膜的積層數、壓電薄膜 18 中所要求之特性等適當設定即可。

壓電體層 20 越厚，在所謂片狀物的剛度等剛性等方面越有利，

但是為了使壓電薄膜 18 以相同量伸縮而所需的電壓(電位差)變大。

壓電體層 20 的厚度為 $10\sim 300\ \mu\text{m}$ 為較佳， $20\sim 200\ \mu\text{m}$ 為更佳， $30\sim 150\ \mu\text{m}$ 為進一步較佳。

藉由將壓電體層 20 的厚度設在上述範圍內，在兼顧剛性的確保與適當的柔軟性等方面能夠獲得較佳之結果。

【0050】 如圖 2 所示，圖示例的壓電薄膜 18 具有如下結構，亦即，在該種壓電體層 20 的一表面上具有下部薄膜電極 24 且在其上具有下部保護層 28，在壓電體層 20 的另一表面上具有上部薄膜電極 26 且在其上具有上部保護層 30 而成。其中，上部薄膜電極 26 及下部薄膜電極 24 形成電極對。

再者，在本發明中，下部薄膜電極 24 及下部保護層 28 以及上部薄膜電極 26 及上部保護層 30 中之上部及下部係為了便於說明壓電薄膜 12 而結合圖式來標註名稱者。因此，對於壓電薄膜 12 中之上部及下部並無技術性含義，且與實際的使用狀態無關。

除了該等層以外，壓電薄膜 18 例如具有從上部薄膜電極 26 及下部薄膜電極 24 引出電極之電極引出部，電極引出部與電源 PS 連接。又，壓電薄膜 18 可以具有包覆壓電體層 20 露出之區域來防止短路等之絕緣層等。

【0051】 亦即，壓電薄膜 18 具有如下結構，亦即，以電極對亦即上部薄膜電極 26 及下部薄膜電極 24 夾住壓電體層 20 的兩個表面，並以下部保護層 28 及上部保護層 30 夾住該積層體而成。

如此，在壓電薄膜 18 中，以上部薄膜電極 26 及下部薄膜電

極 24 夾住之區域按照所施加之電壓而伸縮。

【0052】 在激發器 14 中，壓電薄膜 18 的下部保護層 28 及上部保護層 30 並不是必須的構成要件，而是作為較佳態樣而設置者。

在壓電薄膜 18 中，下部保護層 28 及上部保護層 30 包覆上部薄膜電極 26 及下部薄膜電極 24 之同時，起到對壓電體層 20 賦予適當的剛性和機械強度之作用。亦即，在壓電薄膜 18 中，由黏彈性矩陣 34 和壓電體粒子 36 組成之壓電體層 20 對於緩慢彎曲變形顯出非常優異之撓性，但是依據用途存在剛性或機械強度不足之情況。壓電薄膜 18 設置下部保護層 28 及上部保護層 30 來彌補該情況。

再者，關於圖 1 所示之激發器 14，作為較佳態樣，所有的壓電薄膜 18 均具有下部保護層 28 及上部保護層 30 這兩個。然而，本發明並不限制於此，可以混合具有保護層之壓電薄膜與不具有保護層之壓電薄膜。進而，壓電薄膜具有保護層之情況下，壓電薄膜可以僅具有下部保護層 28，亦可以僅具有上部保護層 30。作為一例，若為如圖 1 所示那樣之 3 層結構的激發器 14，則可以為如下結構，亦即，圖中最上層的壓電薄膜僅具有上部保護層 30，正中間的壓電薄膜不具有保護層，最下層的壓電薄膜僅具有下部保護層 28。

【0053】 下部保護層 28 及上部保護層 30 並無限制，能夠利用各種片狀物，作為一例，較佳地例示出各種樹脂薄膜。

其中，依據具有優異之機械特性及耐熱性等理由，由聚對酞酸

乙二酯 (PET)、聚丙烯 (PP)、聚苯乙烯 (PS)、聚碳酸酯 (PC)、聚苯硫醚 (PPS)、聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA)、聚醚醯亞胺 (PEI)、聚醯亞胺 (PI)、聚萘二甲酸乙二酯 (PEN)、三乙醯纖維素 (TAC) 及環狀烯烴系樹脂等組成之樹脂薄膜被較佳地利用。

【0054】 下部保護層 28 及上部保護層 30 的厚度亦並無限制。又，下部保護層 28 及上部保護層 30 的厚度基本上相同，但是亦可以不同。

其中，若下部保護層 28 及上部保護層 30 的剛性過高，則不僅限制壓電體層 20 的伸縮，亦會損害撓性。因此，去除要求機械強度或作為片狀物的良好的操作性之情況，下部保護層 28 及上部保護層 30 越薄越有利。

【0055】 在壓電薄膜 18 中，若下部保護層 28 及上部保護層 30 的厚度為壓電體層 20 的厚度的 2 倍以下，則在兼顧剛性的確保與適當的柔軟性等方面能夠獲得較佳之結果。

例如，壓電體層 20 的厚度為 50 μm 且下部保護層 28 及上部保護層 30 由 PET 組成之情況下，下部保護層 28 及上部保護層 30 的厚度為 100 μm 以下為較佳，50 μm 以下為更佳，25 μm 以下為進一步較佳。

【0056】 在壓電薄膜 18 中，在壓電體層 20 與下部保護層 28 之間形成下部薄膜電極 24，在壓電體層 20 與上部保護層 30 之間形成上部薄膜電極 26。以下說明中，將下部薄膜電極 24 稱作下部電極 24，將上部薄膜電極 26 亦稱作上部電極 26。

為了對壓電體層 20（壓電薄膜 18）施加電壓而設置下部電極 24 及上部電極 26。

【0057】 在本發明中，下部電極 24 及上部電極 26 的形成材料並無限制，能夠利用各種導電體。具體而言，例示出碳、鈮、鐵、錫、鋁、鎳、鉑、金、銀、銅、鈦、鉻及鉬等、該等合金、該等金屬及合金的積層體及複合體以及氧化銦錫等。其中，作為下部電極 24 及上部電極 26 較佳地例示出銅、鋁、金、銀、鉑及氧化銦錫。

【0058】 又，下部電極 24 及上部電極 26 的形成方法亦並無限制，能夠利用各種基於真空蒸鍍及濺射等氣相沈積法（真空成膜法）或電鍍而形成之膜或者黏貼由上述材料所形成之箔之方法等公知的方法。

【0059】 其中尤其，依據能夠確保壓電薄膜 18 的撓性等理由，作為下部電極 24 及上部電極 26 較佳地利用藉由真空蒸鍍所成膜之銅及鋁等薄膜。其中，尤其較佳地利用基於真空蒸鍍而形成之銅的薄膜。

下部電極 24 及上部電極 26 的厚度並無限制。又，下部電極 24 及上部電極 26 的厚度基本上相同，但是亦可以不同。

【0060】 其中，與前述的下部保護層 28 及上部保護層 30 相同地，若下部電極 24 及上部電極 26 的剛性過高，則不僅限制壓電體層 20 的伸縮，亦會損害撓性。因此，若在電阻不會變得過高之範圍內，則下部電極 24 及上部電極 26 越薄越有利。

【0061】 在壓電薄膜 18 中，若下部電極 24 及上部電極 26 的厚度

與楊氏模量的乘積低於下部保護層 28 及上部保護層 30 的厚度與楊氏模量的乘積，則不會嚴重損害撓性，因此為較佳。

例如，設為下部保護層 28 及上部保護層 30 為 PET（楊氏模量：約 5 GPa），且下部電極 24 及上部電極 26 為銅（楊氏模量：約 130 GPa）。在此情況下，若設為下部保護層 28 及上部保護層 30 的厚度為 25 μm ，則下部電極 24 及上部電極 26 的厚度為 1.0 μm 以下為較佳，0.3 μm 以下為更佳，其中，設為 0.1 μm 以下為較佳。

【0062】 如上所述，壓電薄膜 18 具有如下結構，亦即，以下部電極 24 及上部電極 26 夾住將壓電體粒子 36 分散於包含在常溫下具有黏彈性之高分子材料之黏彈性矩陣 34 中而成之壓電體層 20，進而以下部保護層 28 及上部保護層 30 夾住該積層體而成。

該種壓電薄膜 18 在常溫下具有基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz 中的損耗正切（ $\text{Tan}\delta$ ）的極大值為較佳，在常溫下具有成為 0.1 以上之極大值為更佳。

藉此，即使壓電薄膜 18 從外部不斷受到數 Hz 以下的相對緩慢且較大的彎曲變形，亦能夠將應變能有效地作為熱而擴散到外部，因此能夠防止在分子矩陣與壓電體粒子的界面產生龜裂。

【0063】 壓電薄膜 18 如下為較佳，亦即，基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz 中的儲存彈性係數（ E' ）在 0°C 下為 10~30 GPa，在 50°C 下為 1~10 GPa。

藉此，在常溫下壓電薄膜 18 在儲存彈性係數中能夠具有較大的頻率分散。亦即，能夠對於 20Hz~20kHz 的振動硬之動作，對

於數 Hz 以下的振動較柔軟之動作。

【0064】 又，壓電薄膜 18 如下為較佳，亦即，厚度與基於動態黏彈性測量而得之頻率 1Hz 中的儲存彈性係數的乘積在 0℃ 下為 $1.0 \times 10^6 \sim 2.0 \times 10^6 \text{N/m}$ ，在 50℃ 下為 $1.0 \times 10^5 \sim 1.0 \times 10^6 \text{N/m}$ 。

藉此，壓電薄膜 18 在不損害撓性及音響特性之範圍內能夠具備適當的剛性和機械強度。

【0065】 進而，壓電薄膜 18 如下為較佳，亦即，依動態黏彈性測量所獲得之主曲線中，在 25℃ 下頻率 1kHz 中之損耗正切為 0.05 以上。

藉此，使用了壓電薄膜 18 之揚聲器的頻率特性變得平滑，能夠減小隨著揚聲器的曲率的變化而最低共振頻率 f_0 隨之變化時的音質的變化量。

【0066】 以下，參考圖 3～圖 7，對壓電薄膜 18 的製造方法的一例進行說明。

【0067】 首先，如圖 3 所示，準備下部保護層 28 上形成有下部電極 24 之片狀物 18a。該片狀物 18a 只要藉由真空蒸鍍、濺射及電鍍等，在下部保護層 28 的表面上形成銅薄膜等作為下部電極 24 來進行製作即可。

下部保護層 28 非常薄，且在操作性差時等，按照需要可以使用帶隔板（臨時支撐體）的下部保護層 28。再者，作為隔板，能夠使用厚度為 25～100 μm 的 PET 等。只要在對上部電極 26 及上部保護層 30 進行熱壓接之後且在下部保護層 28 上積層任何構件

之前，去除隔板即可。

【0068】 另一方面，製備如下塗料，亦即，將氰乙基化 PVA 等在常溫下具有黏彈性之高分子材料（以下，亦稱作黏彈性材料）溶解於有機溶劑中，進而添加 PZT 粒子等壓電體粒子 36，攪拌並進行分散而成。有機溶劑並無限制，能夠利用二甲基甲醯胺（DMF）、甲基乙基酮、環己酮等各種有機溶劑。

當準備片狀物 18a 且製備了塗料時，將該塗料澆鑄（casting）（塗佈）於片狀物 18a 上，蒸發並乾燥有機溶劑。藉此，如圖 4 所示，製作在下部保護層 28 上具有下部電極 24 且在下部電極 24 上形成壓電體層 20 而成之積層體 18b。再者，下部電極 24 是指塗佈壓電體層 20 時的基材側的電極，並不是表示積層體中之上下的位置關係者。

【0069】 該塗料的澆鑄方法並無特別限定，能夠利用所有之斜板式塗佈機（slide coater）及塗層刀（doctor knife）等公知的方法（塗佈裝置）。

再者，若黏彈性材料為如氰乙基化 PVA 那樣能夠加熱熔融的物質，則製作加熱熔融黏彈性材料且對其添加並分散壓電體粒子 36 而成之熔融物，藉由擠壓成型等，在圖 3 所示之片狀物 18a 上擠壓薄片狀並進行冷卻，藉此可以製作如圖 4 所示那樣在下部保護層 28 上具有下部電極 24 且在下部電極 24 上形成壓電體層 20 而成之積層體 18b。

【0070】 如上所述，在壓電薄膜 18 中，除了氰乙基化 PVA 等黏彈

性材料以外，亦可以向黏彈性矩陣 34 添加 PVDF 等高分子壓電材料。

向黏彈性矩陣 34 添加該等高分子壓電材料時，只要溶解添加於上述塗料之高分子壓電材料即可。或者，只要向上述加熱熔融之黏彈性材料添加高分子壓電材料並進行加熱熔融即可。

當製作了在下部保護層 28 上具有下部電極 24 且在下部電極 24 上形成壓電體層 20 而成之積層體 18b 時，進行壓電體層 20 的極化處理（polarization）。

【0071】 壓電體層 20 的極化處理的方法並無限制，能夠利用公知的方法。作為較佳之極化處理的方法，例示出圖 5 及圖 6 所示之方法。

【0072】 該方法中，如圖 5 及圖 6 所示，在積層體 18b 的壓電體層 20 的上表面 20a 上隔開間隔 g 例如 1 mm 而設置能夠沿著該上表面 20a 移動的棒狀或者線狀的電暈電極 40。並且，該電暈電極 40 及下部電極 24 與直流電源 42 連接。

進而，加熱保持積層體 18b 之加熱方法例如準備加熱板。

【0073】 然後，在藉由加熱方法例如在溫度 100℃ 下加熱保持壓電體層 20 之狀態下，從直流電源 42 向下部電極 24 與電暈電極 40 之間施加數 kV 例如 6kV 的直流電壓來產生電暈放電。進而，在維持間隔 g 之狀態下，沿著壓電體層 20 的上表面 20a 移動(掃描)電暈電極 40 來進行壓電體層 20 的極化處理。

藉此，壓電體層 20 向厚度方向極化。

【0074】 在利用該種電暈放電之極化處理（為方便起見，在下文中亦稱作電暈極化處理）中，電暈電極 40 的移動只要使用公知的棒狀物的移動方法即可。

又，電暈極化處理中，移動電暈電極 40 之方法亦並無限制。亦即，可以設置固定電暈電極 40 且移動積層體 18b 之移動機構，使該積層體 18b 移動而進行極化處理。該積層體 18b 的移動亦只要使用公知的片狀物的移動方法即可。

進而，電暈電極 40 的數量並不限定於 1 根，亦可以使用複數根電暈電極 40 進行電暈極化處理。

又，極化處理並不限制於電暈極化處理，亦能夠利用對進行極化處理之對象直接施加直流電場之通常的電場極化處理。但是，在進行該通常的電場極化處理之情況下，在進行極化處理之前需要形成上部電極 26。

再者，在進行該極化處理之前，可以實施使用加熱輥等使壓電體層 20 的表面平滑化之壓延處理。藉由實施該壓延處理，後述之熱壓接步驟可以順利地進行。

【0075】 因此，進行積層體 18b 的壓電體層 20 的極化處理之同時，準備在上部保護層 30 上形成了上部電極 26 之片狀物 18c。該片狀物 18c 只要藉由真空蒸鍍、濺射及電鍍等，在上部保護層 30 的表面上形成銅薄膜等作為上部電極 26 來進行製作即可。

接著，如圖 7 所示，將上部電極 26 朝向壓電體層 20 來將片狀物 18c 積層於已進行壓電體層 20 的極化處理之積層體 18b 上。

進而，利用熱加壓裝置或一對加熱輥等對該積層體 18b 與片狀物 18c 的積層體以夾住上部保護層 30 與下部保護層 28 的方式進行熱壓接，從而製作壓電薄膜 18。

【0076】 如後述，在圖 1 所示之電聲轉換器 10 中，激發器 14 具有如下結構，亦即，積層該種壓電薄膜 18 並作為較佳態樣利用黏貼層 19 將其黏貼。其中，關於圖示例的激發器 14，作為較佳態樣，如圖 1 中以標註在壓電體層 20 之箭頭所示那樣，相鄰之壓電薄膜 18 中之極化方向彼此相反。

【0077】 積層了壓電陶瓷之通常的積層陶瓷壓電元件在製作了壓電陶瓷的積層體之後進行極化處理。各壓電層的界面上僅存在共通電極，因此各壓電層的極化方向在積層方向上交替。

【0078】 相對於此，構成圖示例的激發器 14 之壓電薄膜 18 能夠在積層前的壓電薄膜 18 的狀態下進行極化處理。如圖 5 及圖 6 所示，壓電薄膜 18 較佳為，在積層上部電極 26 及上部保護層 30 之前，藉由電暈極化處理來進行壓電體層 20 的極化處理。

因此，激發器 14 能夠積層已進行極化處理的壓電薄膜 18 來製作。較佳為，製作實施了極化處理之長條的壓電薄膜（大面積的壓電薄膜），切斷並作為各個壓電薄膜 18 之後，積層壓電薄膜 18 來作為激發器 14。

因此，激發器 14 亦能夠將相鄰之壓電薄膜 18 中之極化方向在積層方向上排列，還能夠如圖 1 所示那樣交替。

【0079】 圖 1 所示之激發器 14 作為較佳態樣具有如下結構，亦即，

使相鄰之壓電薄膜 18 的極化方向彼此相反，積層複數層（圖示例為 3 層）的壓電薄膜 18 並利用黏貼層 19 黏貼相鄰之壓電薄膜 18。

【0080】 在本發明中，若能夠黏貼相鄰之壓電薄膜 18，則能夠利用各種公知的黏貼層 19。

因此，黏貼層 19 可以為上述由接著劑組成之層，亦可以為由黏著劑組成之層，還可以為由具有接著劑和黏著劑這兩個的特徵之材料組成之層。又，黏貼層 19 可以為塗佈液體等具有流動性之黏貼劑而形成者，亦可以為使用片狀黏貼劑而形成者。

其中，激發器 14 藉由使所積層之複數片壓電薄膜 18 伸縮，例如如後述使振動板 12 振動，從而發出聲音。因此，激發器 14 直接傳遞各壓電薄膜 18 的伸縮為較佳。若在壓電薄膜 18 之間存在如緩和振動之具有黏性之物質，則會導致壓電薄膜 18 的伸縮能量的傳遞效率變低，從而導致激發器 14 的驅動效率降低。

若考慮到這一點，則相比由黏著劑組成之黏著劑層，黏貼層 19 由可獲得固態且硬之黏貼層 19 之接著劑組成之接著劑層為較佳。作為更佳之黏貼層 19，具體而言，可較佳地例示出由聚酯系接著劑及苯乙烯·丁二烯橡膠（SBR）系接著劑等熱塑性類型的接著劑組成之黏貼層。

接著與黏著不同，在要求高接著溫度時有用。又，熱塑性類型的接著劑兼備“相對低溫、短時間及強接著”，因此為較佳。

【0081】 在激發器 14 中，黏貼層 19 的厚度並無限制，只要按照黏貼層 19 的形成材料適當設定能夠表現出充分的黏貼力的厚度即

可。

其中，關於圖示例的激發器 14，黏貼層 19 越薄，越提高壓電體層 20 的伸縮能量（振動能量）的傳遞效果，從而能夠提高能量效率。又，若黏貼層 19 厚且剛性高，則有可能會限制壓電薄膜 18 的伸縮。

若考慮到這一點，則黏貼層 19 薄於壓電體層 20 為較佳。亦即，在激發器 14 中，黏貼層 19 硬且薄為較佳。具體而言，關於黏貼層 19 的厚度，以黏貼後的厚度為 $0.1 \sim 50 \mu\text{m}$ 為較佳， $0.1 \sim 30 \mu\text{m}$ 為更佳， $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$ 為進一步較佳。

再者，如後述，圖示例的激發器 14 的相鄰之壓電薄膜的極化方向彼此相反，不會導致相鄰之壓電薄膜 18 彼此短路，因此能夠使黏貼層 19 變薄。

【0082】 在圖示例的激發器 14 中，若黏貼層 19 的彈簧常數（厚度 $\times$ 楊氏模量）高，則有可能限制壓電薄膜 18 的伸縮。因此，黏貼層 19 的彈簧常數與壓電薄膜 18 的彈簧常數相同或者為其以下為較佳。

具體而言，黏貼層 19 的厚度與基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz 中的儲存彈性係數（ E' ）的乘積在 0°C 下為 $2.0 \times 10^6 \text{N/m}$ 以下，在 50°C 下為 $1.0 \times 10^6 \text{N/m}$ 以下為較佳。

又，黏貼層的基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz 中的內部損耗在由黏著劑組成之黏貼層 19 的情況下在 25°C 下為 1.0 以下，在由接著劑組成之黏貼層 19 的情況下在 25°C 下為 0.1 以下為

較佳。

【0083】再者，在構成電聲轉換器 10 之激發器 14 中，黏貼層 19 係作為較佳態樣而設置者，並不是必須的構成要素。

因此，在構成本發明的電聲轉換器 10 之激發器為積層了壓電薄膜 18 而成者之情況下，亦可以不具有黏貼層 19 而使用公知的壓接方法、緊固方法及固定方法等來積層構成激發器之壓電薄膜 18 並使其密接，從而構成激發器。例如，在壓電薄膜 18 為矩形之情況下，可以利用如螺栓及螺帽那樣之構件緊固四個角來構成激發器，或可以利用如螺栓及螺帽那樣之構件緊固四個角和中心部來構成激發器。或者，在積層了壓電薄膜 18 之後，可以藉由在周邊部（端面）黏貼黏著膠帶來固定所積層之壓電薄膜 18，從而構成激發器。

然而，在此情況下，從電源 PS 施加了驅動電壓時，導致各個壓電薄膜 18 獨立地伸縮，依據情況，各壓電薄膜 18 各層向相反的方向撓曲而導致形成空隙。如此，在各個壓電薄膜 18 獨立地伸縮之情況下，導致作為激發器的驅動效率降低而作為激發器整體的伸縮變小，從而有可能導致無法使所抵接之振動板等充分地振動。尤其，在各壓電薄膜 18 各層向相反的方向撓曲而導致形成空隙之情況下，作為激發器的驅動效率大幅度降低。

若考慮到這一點，則如圖示例的激發器 14 那樣，構成本發明的電聲轉換器之激發器具有黏貼相鄰之壓電薄膜 18 彼此之黏貼層 19 為較佳。

【0084】 本發明的電聲轉換器 10 中，激發器 14 的厚度與基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz、25℃ 下的儲存彈性係數的乘積為振動板 12 的厚度與楊氏模量的乘積的 3 倍以下。亦即，相對於在常溫下之緩慢移動，激發器 14 的彈簧常數為振動板 12 的 3 倍以下。

從上述說明明確可知，對於激發器 14 的厚度與基於動態黏彈性測量而得之在頻率 1Hz、25℃ 下的儲存彈性係數的乘積，不僅是黏貼層 19 的厚度，黏貼層 19 的儲存彈性係數等的物性亦有很大影響。

另一方面，對於振動板 12 的厚度與楊氏模量的乘積亦即振動板的彈簧常數，不僅是振動板的厚度，振動板的物性亦有很大影響。

因此，本發明的電聲轉換器 10 中，適當選擇黏貼層 19 的厚度及材料（種類）以及振動板 12 的厚度及材料以使相對於在常溫下之緩慢移動，激發器 14 的彈簧常數成為振動板 12 的彈簧常數的 3 倍以下為較佳。換言之，在本發明的電聲轉換器 10 中，藉由按照壓電薄膜 18 的特性等適當選擇黏貼層 19 的厚度及材料以及振動板 12 厚度及材料，相對於在常溫下之緩慢移動，能夠較佳地使激發器 14 的彈簧常數成為振動板 12 的彈簧常數的 3 倍以下。

【0085】 如圖 1 所示，在電聲轉換器 10 中，各壓電薄膜 18 的下部電極 24 及上部電極 26 中連接有施加使壓電薄膜 18 伸縮之驅動電壓之電源 PS。

電源 PS 並無限制，可以為直流電源亦可以為交流電源。又，關於驅動電壓，亦只要按照各壓電薄膜 18 的壓電體層 20 的厚度及形成材料等，將能夠正確地驅動各壓電薄膜 18 之驅動電壓適當進行設定即可。

如後述，圖示例的激發器 14 的相鄰之壓電薄膜 18 的極化方向為相反方向。因此，相鄰之壓電薄膜 18 中，下部電極 24 彼此及上部電極 26 彼此相對。因此，不管是交流電源還是直流電源，電源 PS 對相對之電極通常供給相同極性的電力。例如，圖 1 所示之激發器 14 中，通常對圖中最下層的壓電薄膜 18 的上部電極 26 及第 2 層（正中間）的壓電薄膜 18 的上部電極 26 供給相同極性的電力，通常對第 2 層的壓電薄膜 18 的下部電極 24 及圖中最上層的壓電薄膜 18 的下部電極 24 供給相同極性的電力。

【0086】 從下部電極 24 及上部電極 26 引出電極之方法並無限制，能夠利用公知的各種方法。

作為一例，例示出在下部電極 24 及上部電極 26 上連接銅箔等的導電體來將電極引出到外部之方法，及藉由雷射等在下部保護層 28 及上部保護層 30 上形成貫通孔並對該貫通孔填充導電性材料來將電極引出到外部之方法等。

作為較佳的電極的引出方法，例示出日本特開 2014-209724 號公報中所記載之方法及日本特開 2016-015354 號公報中所記載之方法等。

【0087】 如上所述，在圖示例的電聲轉換器 10 中，激發器 14 具

有如下結構，亦即，積層複數層的壓電薄膜 18 並利用黏貼層 19 黏貼相鄰之壓電薄膜 18 彼此。

又，圖示例的激發器 14 的相鄰之壓電薄膜 18 的極化方向彼此相反。亦即，圖示例的激發器 14 以極化方向朝向壓電薄膜 18 的積層方向（厚度方向）交替之方式積層壓電薄膜 18。

【0088】 如上所述，在該種激發器 14 上藉由黏貼層 16 黏貼振動板 12，從而構成圖 1 所示之本發明的電聲轉換器 10。

激發器 14 為積層了複數層的壓電薄膜 18 而成者。構成壓電薄膜 18 之壓電體層 20 為將壓電體粒子 36 分散於黏彈性矩陣 34 中而成者。又，以在厚度方向上夾住壓電體層 20 之方式設置有下部電極 24 及上部電極 26。

【0089】 若對具有該種壓電體層 20 之壓電薄膜 18 的下部電極 24 及上部電極 26 施加電壓，則按照所施加之電壓而壓電體粒子 36 向極化方向伸縮。其結果，壓電薄膜 18(壓電體層 20)向厚度方向收縮。同時，由於帕松比的關係，壓電薄膜 18 亦向面內方向伸縮。

該伸縮為 0.01~0.1%左右。

如上所述，壓電體層 20 的厚度較佳為 10~300 μm 左右。因此，厚度方向的伸縮最大亦只是 0.3 μm 左右為非常小。

相對於此，壓電薄膜 18 亦即壓電體層 20 在面方向上具有明顯大於厚度之尺寸。因此，例如，若壓電薄膜 18 的長度為 20 cm，則藉由施加電壓，壓電薄膜 18 最大伸縮 0.2 mm 左右。

【0090】 如上所述，振動板 12 藉由黏貼層 16 黏貼於激發器 14 上。

因此，藉由壓電薄膜 18 的伸縮來撓曲振動板 12，其結果，振動板 12 向厚度方向振動。

藉由該厚度方向的振動，振動板 12 發出聲音。亦即，振動板 12 按照施加於壓電薄膜 18 之電壓（驅動電壓）的大小來進行振動，從而發出與施加於壓電薄膜 18 之驅動電壓相應之聲音。

其中，已知藉由由 PVDF 等高分子材料組成之通常的壓電薄膜在極化處理後沿單軸方向進行延伸處理來對延伸方向配向分子鏈並作為結果在延伸方向上可獲得較大的壓電特性。因此，通常的壓電薄膜的壓電特性中具有面內各向異性，施加了電壓時的面方向的伸縮量有各向異性。

相對於此，在圖示例的電聲轉換器 10 中，構成激發器 14 之由將壓電體粒子 36 分散於黏彈性矩陣 34 中而成之高分子複合壓電體組成之壓電薄膜 18 即使在極化處理後不進行延伸處理亦可獲得較大的壓電特性，因此壓電特性中沒有面內各向異性，在面內方向中所有方向上各向同性地伸縮。亦即，在圖示例的電聲轉換器 10 中，構成激發器 14 之壓電薄膜 18 在二維上各向同性地伸縮。依積層了該種在二維上各向同性地伸縮之壓電薄膜 18 之激發器 14，與積層了僅向一個方向大幅度伸縮之 PVDF 等通常之壓電薄膜之情況相比，能夠以較大之力振動振動板 12。其結果，振動板 12 能夠發出更大且優美之聲音。

【0091】 如上所述，圖示例的激發器 14 為積層了複數片該種壓電薄膜 18 而成者。圖示例的激發器 14 作為較佳態樣進而利用黏貼

層 19 黏貼相鄰之壓電薄膜 18 彼此。

因此，即使每 1 片的壓電薄膜 18 的剛性低且伸縮力小，藉由積層壓電薄膜 18，剛性亦變高，作為激發器 14 的伸縮力亦變大。其結果，即使振動板 12 為具有某種程度的剛性者，激發器 14 亦能夠以較大的力使振動板 12 充分地撓曲並使振動板 12 充分地向厚度方向振動，從而使振動板 12 發出聲音。

又，壓電體層 20 越厚，壓電薄膜 18 的伸縮力變得越大，但是使其伸縮相同量所需的驅動電壓相應地變大。其中，如上所述，在激發器 14 中，較佳之壓電體層 20 的厚度最大亦只有 300 μm 左右，因此即使施加於各個壓電薄膜 18 之電壓小亦能夠使壓電薄膜 18 充分地伸縮。

【0092】 其中，在圖示例的電聲轉換器 10 中，如上所述，激發器 14 的相鄰之壓電薄膜 18 的壓電體層 20 的極化方向彼此相反。

在壓電薄膜 18 中，施加於壓電體層 20 之電壓的極性成為與極化方向相應者。因此，在圖 1 中以箭頭所示之極化方向中，所施加之電壓的極性使箭頭所朝向之方向側（箭頭的下游側）的電極的極性及相反的一側（箭頭的上游側）的電極的極性在所有壓電薄膜 18 中一致。

在圖示例中，將表示極化方向之箭頭所朝向之方向側的電極設為下部電極 24，將相反的一側的電極設為上部電極 26，在所有壓電薄膜 18 中，將上部電極 26 與下部電極 24 的極性設為相同極性。

因此，在相鄰之壓電薄膜 18 的壓電體層 20 的極化方向彼此相反之激發器 14 中，相鄰之壓電薄膜 18 中，在一側的表面上上部電極 26 彼此相對，在另一表面上下部電極彼此相對。因此，圖示例的激發器 14 中，即使相鄰之壓電薄膜 18 的電極彼此接觸，亦不會發生短路（Short circuit）。

【0093】 如上所述，為了以良好之能量效率伸縮激發器 14，較薄形成黏貼層 19 以使黏貼層 19 不妨礙壓電體層 20 的伸縮為較佳。

相對於此，即使相鄰之壓電薄膜 18 的電極彼此接觸，不會導致短路之圖示例的激發器 14 中亦可以沒有黏貼層 19，並且即使在作為較佳態樣具有黏貼層 19 之情況下，只要可獲得所需的黏貼力，則亦能夠使黏貼層 19 變得極薄。

因此，能夠以高能量效率使激發器 14 伸縮。

【0094】 再者，如上所述，在壓電薄膜 18 中，厚度方向的壓電體層 20 的伸縮的絕對量非常小，壓電薄膜 18 的伸縮實質上僅在面方向進行。

因此，即使所積層之壓電薄膜 18 的極化方向相反，只要施加於下部電極 24 及上部電極 26 之電壓的極性正確，則所有的壓電薄膜 18 均沿相同方向伸縮。

【0095】 再者，在激發器 14 中，只要利用 d33 計（Meter）等檢測壓電薄膜 18 的極化方向即可。

或者，依上述時的電暈極化處理的處理條件，亦可知壓電薄膜 18 的極化方向。

【0096】 在圖示例的激發器 14 中，較佳為，如上所述，製作長條（大面積）的壓電薄膜，將長條之壓電薄膜切斷來作為各個壓電薄膜 18。因此，在此情況下，構成激發器 14 之複數片壓電薄膜 18 均為相同者。

然而，本發明並不限於此。亦即，在本發明的電聲轉換器中，激發器能夠利用各種結構，例如，具有下部保護層 28 及上部保護層 30 之壓電薄膜與不具有壓電薄膜等，積層了不同之層結構的壓電薄膜之結構及積層了壓電體層 20 的厚度不同之壓電薄膜之結構等。

【0097】 在圖 1 所示之電聲轉換器 10 中，激發器 14 為以在相鄰之壓電薄膜之間極化方向彼此相反之方式積層複數片壓電薄膜 18 並作為較佳態樣利用黏貼層 19 黏貼了相鄰之壓電薄膜 18 而成者。

在本發明的電聲轉換器中，積層壓電薄膜而成之激發器並不限於此，能夠利用各種結構。

【0098】 圖 8 示出其一例。再者，圖 8 所示之激發器 56 使用複數個與上述激發器 14 相同構件，因此對相同構件標註有相同符號，主要對不同部位進行說明。

圖 8 所示之激發器 56 為本發明的電聲轉換器中所使用之激發器的更佳態樣，且為藉由將長條的壓電薄膜 18L 例如向長邊方向折疊 1 次以上、較佳為複數次來積層了複數層壓電薄膜 18L 而成者。又，與上述圖 1 等中所示之激發器 14 相同，圖 8 所示之激發器 56 亦作為較佳態樣，利用黏貼層 19 黏貼藉由折疊來積層的壓

電薄膜 18L。

藉由折疊並積層向厚度方向極化之長條的 1 片壓電薄膜 18L，在積層方向上相鄰（相對）之壓電薄膜 18L 的極化方向如圖 8 中以箭頭所示那樣成為相反的方向。

【0099】 依該結構，激發器 56 能夠僅使用一片長條的壓電薄膜 18L 來構成。又，依該結構，用於施加驅動電壓之電源 PS 可以僅使用 1 個，進而，從壓電薄膜 18L 的電極的引出亦可以僅使用 1 處。

因此，依圖 8 所示之激發器 56，減少組件點數且簡化結構來提高作為壓電元件（模組）的可靠性，進而能夠實現降低成本。

【0100】 如圖 8 所示之激發器 56，折疊了長條的壓電薄膜 18L 而成之激發器 56 中，向壓電薄膜 18L 的折疊部中與壓電薄膜 18L 抵接而插入芯棒 58 為較佳。

如上所述，壓電薄膜 18L 的下部電極 24 及上部電極 26 由金屬的蒸鍍膜等形成。若金屬的蒸鍍膜彎曲成尖角，則容易產生裂紋（龜裂）等而有可能導致電極斷線。亦即，圖 8 所示之激發器 56 中，在彎曲部的內側中容易在電極產生裂紋等。

相對於此，在折疊了長條的壓電薄膜 18L 而成之激發器 56 中，藉由在壓電薄膜 18L 的折疊部中插入芯棒 58，能夠防止下部電極 24 及上部電極 26 彎曲，從而較佳地防止產生斷線。

【0101】 在本發明的電聲轉換器中，激發器可以使用具有導電性之黏貼層 19。尤其，如圖 8 所示那樣折疊並積層了長條的 1 片壓

電薄膜 18L 而成之激發器 56 中，較佳地利用具有導電性之黏貼層 19。

在如圖 1 及圖 8 所示那樣相鄰之壓電薄膜 18 的極化方向為相反方向之激發器中，在所積層之壓電薄膜 18 中，對相對之電極供給相同極性的電力。因此，相對之電極之間不會發生短絡。

另一方面，如上所述，折疊並積層了壓電薄膜 18L 而成之激發器 56 在被折疊成尖角之彎曲部的內側中容易產生電極的斷線。

因此，藉由利用具有導電性之黏貼層 19 黏貼所積層之壓電薄膜 18L，即使在彎曲部的內側中發生電極的斷線，亦能夠利用黏貼層 19 來確保導通，因此防止斷線而能夠大幅度提高激發器 56 的可靠性。

【0102】 其中，如圖 2 所示，構成激發器 56 之壓電薄膜 18L 較佳為，以與下部電極 24 及上部電極 26 相對並夾住積層體之方式具有下部保護層 28 及上部保護層 30。

在此情況下，即使使用具有導電性之黏貼層 19 亦無法確保導電性。因此，在壓電薄膜 18L 具有保護層之情況下，只要在所積層之壓電薄膜 18L 的下部電極 24 彼此及上部電極 26 彼此相對之區域中，在下部保護層 28 及上部保護層 30 中設置貫通孔來使下部電極 24 及上部電極 26 與具有導電性之黏貼層 19 接觸即可。較佳為，利用銀漿料或導電性的黏貼劑封閉形成於下部保護層 28 及上部保護層 30 之貫通孔，然後，利用具有導電性之黏貼層 19 黏貼相鄰之壓電薄膜 18L。

【0103】 下部保護層 28 及上部保護層 30 的貫通孔只要藉由雷射加工以及基於溶劑蝕刻及機械研磨等之保護層的去除等來形成即可。

下部保護層 28 及上部保護層 30 的貫通孔較佳為除了壓電薄膜 18L 的彎曲部以外，在所積層之壓電薄膜 18L 的下部電極 24 彼此及上部電極 26 彼此相對之區域中可以設置一處，亦可以設置複數處。或者，下部保護層 28 及上部保護層 30 的貫通孔可以規則或不規則地形成於下部保護層 28 及上部保護層 30 的整個面。

具有導電性之黏貼層 19 並無限制，能夠利用各種公知者。

【0104】 關於以上的電聲轉換器的激發器，所積層之壓電薄膜 18 的極化方向在相鄰之壓電薄膜 18 中為相反的方向，但是本發明並不限制於此。

亦即，在本發明的電聲轉換器中，如圖 9 所示之激發器 60，積層了壓電薄膜 18 而成之激發器的壓電薄膜 18（壓電體層 20）的極化方向可以均為相同方向。

但是，如圖 9 所示，所積層之壓電薄膜 18 的極化方向均為相同方向之激發器 60 中，相鄰之壓電薄膜 18 彼此中，下部電極 24 與上部電極 26 相對。因此，若不將黏貼層 19 形成為充分厚，則在黏貼層 19 的面方向的外側的端部中，相鄰之壓電薄膜 18 的下部電極 24 與上部電極 26 接觸而有可能導致短路。

因此，如圖 9 所示，所積層之壓電薄膜 18 的極化方向均為相同方向的激發器 60 中，無法較薄形成黏貼層 19，從而相對於圖 1

及圖 8 所示之激發器，在能量效率方面不利。

【0105】 以上對本發明的電聲轉換器進行了詳細地說明，但是本發明並不限定於上述例，在不脫離本發明的主旨之範圍內，可以進行各種改良或變更，這是理所當然的。

[實施例]

【0106】 以下，舉出本發明的具體的實施例，對本發明進行進一步詳細地說明。

【0107】 [壓電薄膜的製作]

藉由上述圖 3～圖 7 所示之方法，製作了如圖 2 所示那樣之壓電薄膜。

首先，以下述的組成比，將氰乙基化 PVA（CR-V Shin-Etsu Chemical Co.,Ltd.製）溶解於甲基乙基酮（MEK）中。之後，以下述的組成比，將 PZT 粒子添加到該溶液中，並利用螺旋槳式混合器（轉速 2000 rpm）使其分散來製備了用於形成壓電體層之塗料。

- PZT 粒子.....1000 質量份
- 氰乙基化 PVA.....100 質量份
- MEK.....600 質量份

再者，PZT 粒子使用了在 1000～1200℃ 下燒結市售的 PZT 原料粉之後，將其以平均粒徑成為 3.5 μm 之方式進行了分解及分級處理者。

【0108】 另一方面，準備在寬度為 23 cm 且厚度為 4 μm 的長條的 PET 薄膜上真空蒸鍍厚度為 0.1 μm 的銅薄膜而成之如圖 3 所示那

樣之片狀物。亦即，在本例中，上部電極及下部電極為厚度 0.1 m 的銅蒸鍍薄膜，上部保護層及下部保護層成為厚度 4 μm 的 PET 薄膜。

再者，製程中，為了獲得良好的操作，PET 薄膜使用帶厚度 50 μm 的隔板（臨時支撐體 PET）者，且在薄膜電極及保護層的熱壓接之後，去除了各保護層的隔板。

【0109】 使用斜板式塗佈機，在該片狀物的下部電極（銅沉積薄膜）上塗佈用於形成預先製備之壓電體層之塗料。以乾燥後的塗膜的膜厚成為 40 μm 之方式塗佈塗料。

接著，利用 120°C 的烘箱加熱乾燥在片狀物上塗佈了塗料之物質，藉此使 MEK 蒸發。藉此，製作了如圖 4 所示那樣之 PET 製的下部保護層上具有銅製的下部電極且在其上形成厚度為 40 μm 的壓電體層而成之積層體。

【0110】 藉由上述圖 5 及圖 6 所示之電暈極化處理，在厚度方向上對該積層體的壓電體層進行了極化處理。再者，關於極化處理，將壓電體層的溫度設為 100°C，且在下部電極與電暈電極之間施加 6 kV 的直流電壓而產生電暈放電來進行。

【0111】 如圖 7 所示，在進行了極化處理之積層體上積層了將銅薄膜真空蒸鍍於 PET 薄膜而成之相同片狀物。

接著，藉由使用層壓裝置在 120°C 下熱壓接積層體與片狀物的積層體來接著壓電體層與上部電極及下部電極，以上部電極和下部電極夾住壓電體層，並以上部保護層和下部保護層夾住該積層

體。

藉此，製作了如圖 2 所示那樣之壓電薄膜。

【0112】 [實施例 1]

如圖 10 中示意地表示，將所製作之壓電薄膜切斷成 5×100 cm，從而製作了長條的壓電薄膜 F。

在長邊方向的一側端部中，僅剝離規定的保護層來使電極面露出，並將電極引出用的銅箔 C 積層於電極面上，並設為引出電極。

積層於壓電體層上，並如上述那樣黏貼了片狀物。

【0113】 接著，將熱接著片（TOYO CHEM CO., LTD. 製，LIOELM TSU41SI-25DL，厚度 $25 \mu\text{m}$ ）切斷成 5×20 cm 左右，並設為熱接著片 A。

接著，如圖 10 及圖 11 中示意地表示，以夾住該熱接著片 A 的方式折疊與壓電薄膜 F 的銅箔相反的一側的端部，並使用熱壓機進行了接著。

如圖 11 所示，將壓電薄膜 F 向長邊方向進行正反面反轉來反復進行折疊該種壓電薄膜 F 而夾住熱接著片 A，並使用熱壓機進行接著之操作。藉此，將壓電薄膜 F 折疊 4 次來製作了積層了 5 層之如圖 11 的下方所示那樣之激發器。

所製作之激發器的厚度為 $350 \mu\text{m}$ 。

【0114】 準備了厚度 $300 \mu\text{m}$ 的 PET 薄膜。

將該 PET 薄膜切斷成 30×20 cm，並設為振動板。

【0115】 對於所製作之激發器及振動板，製作 1×4 cm 的條狀試驗片來進行動態黏彈性測量，並測量了在頻率 1Hz 中之損耗正切 ($\tan\delta$)、在頻率 1kHz 中之損耗正切、在頻率 1Hz、 25°C 下之儲存彈性係數 (E') 及在頻率 1kHz、 25°C 下之儲存彈性係數。

再者，在材料的響應具有充分地彈性之情況下，儲存彈性係數與楊氏模量一致。因此，對於振動板，依所獲得之測量資料，將在頻率 1Hz、 25°C 下之振動板的儲存彈性係數設為振動板的楊氏模量。

【0116】 關於測量，使用動態黏彈性測量儀 (SII NanoTechnology Inc.製、DMS6100 黏彈性光譜儀) 來進行。

關於測量條件，將測量溫度範圍設為 $-20 \sim 100^\circ\text{C}$ ，將升溫速度設為 $2^\circ\text{C}/\text{分鐘}$ (氮氣氣氛中)。將測量頻率設為 0.1Hz、0.2Hz、0.5Hz、1Hz、2Hz、5Hz、10Hz 及 20Hz。將測量模式設為拉伸測量。進而，將吸盤之間距離設為 20 mm。

【0117】 其結果，在 $0 \sim 50^\circ\text{C}$ 的溫度範圍內，激發器在頻率 1Hz 的損耗正切在 18°C 下具有 0.2 的極大值 (最大值)。又，激發器在頻率 1kHz、 25°C 下之損耗正切為 0.07。

又，激發器在頻率 1Hz、 25°C 下之儲存彈性係數為 5.1 GN/m^2 。如上述，激發器的厚度為 $350 \text{ }\mu\text{m}$ 。因此，激發器的厚度與在頻率 1Hz、 25°C 下之儲存彈性係數的乘積為 $350 \text{ }\mu\text{m} \times 5.1 \text{ GN/m}^2$ ，且為 1.8 MN/m 。

進而，依激發器的動態黏彈性測量所獲得之主曲線中之激發

器在頻率 1kHz、25℃ 下之儲存彈性係數為 15.4 GN/m^2 。激發器的厚度為 $350 \text{ }\mu\text{m}$ 。因此，激發器的厚度與在頻率 1kHz、25℃ 下之儲存彈性係數的乘積為 $350 \text{ }\mu\text{m} \times 15.4 \text{ GN/m}^2$ ，且為 5.4 MN/m 。

【0118】 另一方面，振動板（厚度 $300 \text{ }\mu\text{m}$ 的 PET 薄膜）的楊氏模量為 5 GPa 。

振動板的厚度為 $300 \text{ }\mu\text{m}$ ，因此振動板的厚度與楊氏模量的乘積亦即振動板的彈簧常數為 1.5 MN/m 。

因此，振動板的彈簧常數的 3 倍為 4.5 MN/m 。又，振動板的彈簧常數的 0.3 倍為 0.45 MN/m 。

【0119】 使用熱接著片（TOYO CHEM CO., LTD. 製，LIOELM TSU41SI-25DL，厚度 $25 \text{ }\mu\text{m}$ ）及熱壓機，在 $30 \times 20 \text{ cm}$ 的振動板的中央黏貼激發器，從而製作了電聲轉換器。

【0120】 [比較例 1]

準備了厚度 $50 \text{ }\mu\text{m}$ 的 PET 薄膜。將該 PET 薄膜切斷成 $30 \times 20 \text{ cm}$ ，並設為振動板。

以與實施例 1 相同的方式測量了振動板的楊氏模量。其結果，振動板的楊氏模量為 5 GPa 。

振動板的厚度為 $50 \text{ }\mu\text{m}$ ，因此振動板的厚度與楊氏模量的乘積亦即振動板的彈簧常數為 0.25 MN/m 。因此，振動板的彈簧常數的 3 倍為 0.75 MN/m 。

使用了該振動板，除此以外，以與實施例 1 相同的方式製作了電聲轉換器。

【0121】 [比較例 2]

將熱接著片 A 變更為 NITTO SHINKO CORPORATION.製的 FB-ML4 (厚度 70 μm)，除此以外，以與實施例 1 相同的方式製作了激發器。所製作之激發器的厚度為 530 μm 。

【0122】 對於所製作之激發器，以與實施例 1 相同的方式測量了在頻率 1Hz 中的損耗正切在 0~50°C 下之極大值及在頻率 1Hz、25°C 下之儲存彈性係數。

其結果，在 0~50°C 的溫度範圍內，激發器在頻率 1Hz 的損耗正切在 15°C 下具有 0.07 的極大值（最大值）。

又，在頻率 1Hz、25°C 下之儲存彈性係數為 4.7 GN/m²。如上述，激發器的厚度為 530 μm 。因此，激發器的厚度與在頻率 1Hz、25°C 下之儲存彈性係數的乘積為 530 μm ×4.7 GN/m²，且為 2.5 MN/m。

使用了該激發器，除此以外，以與實施例 1 相同的方式製作了電聲轉換器。

【0123】 [比較例 3]

使用比較例 2 的激發器和比較例 1 的振動板，並以與實施例 1 相同的方式製作了電聲轉換器。

【0124】 [實施例 2]

準備了厚度 4000 μm 的 PET 薄膜。將該 PET 薄膜切斷成 30×20 cm，並設為振動板。

以與實施例 1 相同的方式測量了振動板的楊氏模量。其結果，

振動板的楊氏模量為 5 GPa。

振動板的厚度為 4000 μm ，因此振動板的厚度與楊氏模量的乘積亦即振動板的彈簧常數為 20 MN/m。因此，振動板的彈簧常數的 3 倍為 60 MN/m。又，振動板的彈簧常數的 0.3 倍為 6 MN/m。

使用了該振動板，除此以外，以與實施例 1 相同的方式製作了電聲轉換器。

【0125】 [評價]

對於所製作之電聲轉換器，如下進行了撓性的評價。

使用鐵製的圓桿，進行了 10000 次以振動板的中央部成為曲率半徑 5 cm 的方式折疊 180°之彎曲試驗。

將即使進行 10000 次的彎曲試驗，亦未從任一界面產生剝離之情況評價為 A；

將在 1000～9999 次的彎曲試驗期間，從任意一個界面產生了剝離之情況評價為 B；

將到 999 次為止的彎曲試驗期間，從任意一個界面產生了剝離之情況評價為 C。

【0126】 又，關於實施例 1 和實施例 2 的電聲轉換器，亦進行了聲壓的測量。

關於聲壓的測量，對電聲轉換器施加正弦波，在自振動板的中央沿與振動板的表面正交之方向遠離 1 m 之位置上配置測量麥克風來進行。

將結果示於下述表中。

【0127】 [表 1]

	激發器								振動板		評價	
	損耗正切			厚度 [μm]	儲存彈性係數(25℃)		厚度*儲存彈性係數		厚度 [μm]	彈簧常數 [MN/m]	撓性	聲壓 [dB]
	在 1Hz,0~50℃ 下的極大		1kHz, 25℃		[GN/m²]		[MN/m]					
	溫度 [℃]	極大值			1Hz	1kHz	1Hz	1kHz				
實施例 1	18	0.2	0.07	350	5.1	15.4	1.8	5.4	300	1.5	A	85
比較例 1	18	0.2	-	350	5.1	-	1.8	-	50	0.25	B	-
比較例 2	15	0.07	-	530	4.7	-	2.5	-	300	1.5	B	-
比較例 3	15	0.07	-	530	4.7	-	2.5	-	50	0.25	C	-
實施例 2	18	0.2	0.07	350	5.1	15.4	1.8	5.4	4000	20	A	75

振動板的楊氏模量均為 5GN/m²
振動板的彈簧常數為厚度×楊氏模量（儲存彈性係數）

【0128】 如上述表所示，激發器在頻率 1Hz 中的損耗正切在 0～50℃ 的溫度範圍內具有極大，並且該極大為 0.08 以上，進而，激發器的厚度與在頻率 1Hz、25℃ 下之儲存彈性係數的乘積為振動板的彈簧常數（厚度×楊氏模量）的 3 倍以下的本發明的電聲轉換器具有良好的撓性。

相對於此，激發器的厚度與在頻率 1Hz、25℃ 下之儲存彈性係數的乘積超過振動板的彈簧常數的 3 倍之比較例 1 及激發器在頻率 1Hz 中的損耗正切在 0～50℃ 的溫度範圍內具有極大，但是該極大小於 0.08 的比較例 2 的撓性差。

進而，激發器在頻率 1Hz 中的損耗正切在 0～50℃ 的溫度範圍內具有極大，但是該極大小於 0.08，並且激發器的厚度與在頻

率 1Hz、25℃ 下之儲存彈性係數的乘積超過振動板的彈簧常數的 3 倍之比較例 3 的撓性非常差。

【0129】 又，激發器的厚度與在頻率 1kHz、25℃ 下的激發器的儲存彈性係數的乘積為振動板的彈簧常數的 0.3 倍以上，並且激發器在頻率 1kHz、25℃ 下的損耗正切小於 0.08 的實施例 1 可獲得高聲壓，且音響特性亦優異。

另一方面，與實施例 1 相比，激發器在頻率 1kHz、25℃ 下的損耗正切小於 0.08，但是激發器的厚度與在頻率 1kHz、25℃ 下的激發器的儲存彈性係數的乘積小於振動板的彈簧常數的 0.3 倍的實施例 4 的聲壓稍微低。

【0130】 作為另一實施例及比較例，並不是折疊長條的壓電薄膜，而是使用切片狀壓電薄膜，製作了相同的電聲轉換器。

亦即，從所製作之壓電薄膜切取 5 片切斷成 5×20 cm 之壓電薄膜。與實施例 1 及實施例 2 以及比較例 1～3 相同地，以夾著接著劑片的方式積層並接著 5 片該壓電薄膜，從而製作了積層了 5 片壓電薄膜而成之激發器。

使用了該激發器，除此以外，以與實施例 1 及實施例 2 以及比較例 1～3 相同的方式黏貼振動板，從而製作了電聲轉換器。對於所製作之電聲轉換器，相同地進行了評價。再者，關於電極的引出，以相同的方式從各個壓電薄膜進行了引出。

其結果，任一電聲轉換器均可獲得與折疊 5×100 cm 的長條的壓電薄膜來製作激發器之實施例 1 及實施例 2 以及比較例 1～3

幾乎相同的結果。

進而，準備 25×20 cm 的壓電薄膜，對其亦交替進行正反面反轉來反復折疊 4 次，從而製作了 5×20 cm 的激發器。即使在此情況下，亦可獲得與實施例 1 及實施例 2 以及比較例 1～3 幾乎相同的結果。

【0131】 依據以上的結果，本發明的效果較為明顯。

[產業上之可利用性]

【0132】 作為具有撓性之揚聲器，能夠較佳地利用於各種用途中。

【符號說明】

【0133】

10：電聲轉換器

12：振動板

14、56、60：激發器

16、19：黏貼層

18、18L：壓電薄膜

18a、18c：片狀物

18b：積層體

20：壓電體層

24：下部（薄膜）電極

26：上部（薄膜）電極

28：下部保護層

30：上部保護層

- 34：黏彈性矩陣
- 36：壓電體粒子
- 40：電暈電極
- 42：直流電源
- 50：振動板
- 58：芯棒
- g：間隔
- PS：電源