



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I535083 B

(45)公告日：中華民國 105 (2016) 年 05 月 21 日

(21)申請案號：102130264

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 08 月 23 日

(51)Int. Cl. : H01L41/187 (2006.01)

C04B35/495 (2006.01)

(30)優先權：2012/08/27 日本

2012-186595

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

日本

(72)發明人：渡邊隆之 WATANABE, TAKAYUKI (JP) ; 村上俊介 MURAKAMI, SHUNSUKE

(JP) ; 上田未紀 UEDA, MIKI (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

US 2003/0071240A1

US 2008/0061263A1

US 2008/0068488A1

US 2011/0224828A1

審查人員：湯欽全

申請專利範圍項數：24 項 圖式數：15 共 75 頁

(54)名稱

壓電材料、壓電元件及電子設備

PIEZOELECTRIC MATERIAL, PIEZOELECTRIC ELEMENT, AND ELECTRONIC APPARATUS

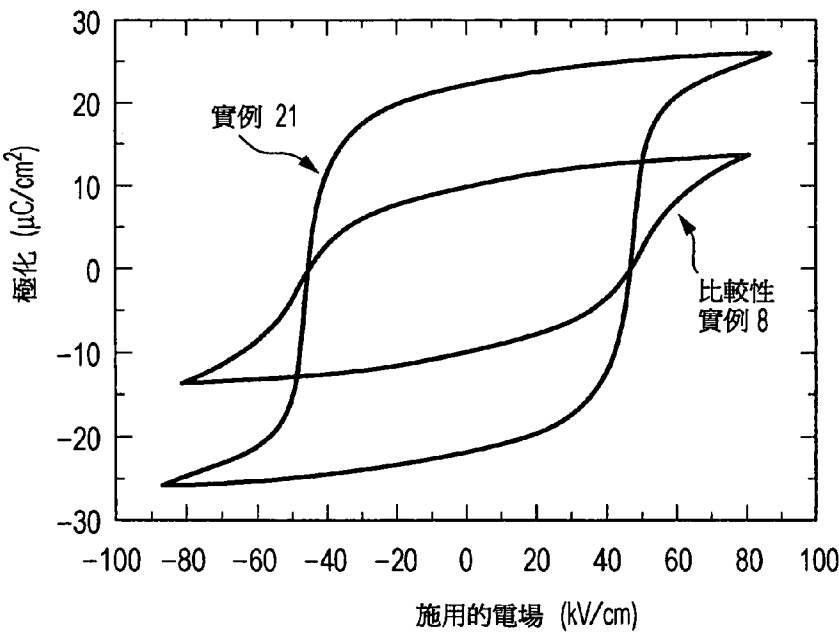
(57)摘要

本發明提供一種不含鉛及鉀的壓電材料，其具有高相對密度、高居里溫度、及高機械品質因子，並表現良好的壓電性。以相對於如下通式(1)所代表的 1 莫耳金屬氧化物計，該壓電材料含有 0.04 莫耳%或更高且 2.00 莫耳%或更低的 Cu。通式(1) $((\text{Na}_{1-z}\text{Li}_z)_x\text{Ba}_{1-y})(\text{Nb}_y\text{Ti}_{1-y})\text{O}_3$ (該式中， $0.70 \leq x \leq 0.99$ ， $0.75 \leq y \leq 0.99$ ，及 $0 < z < 0.15$)。

The present invention provides a piezoelectric material not containing lead and potassium, having a high relative density, a high Curie temperature, and a high mechanical quality factor, and exhibiting good piezoelectricity. The piezoelectric material contains 0.04 percent by mole or more and 2.00 percent by mole or less of Cu relative to 1 mol of metal oxide represented by General formula (1) below. General formula (1) $((\text{Na}_{1-z}\text{Li}_z)_x\text{Ba}_{1-y})(\text{Nb}_y\text{Ti}_{1-y})\text{O}_3$ (in Formula, $0.70 \leq x \leq 0.99$, $0.75 \leq y \leq 0.99$, and $0 < z < 0.15$)

指定代表圖：

圖 15



發明摘要

※申請案號：102130264

※申請日：102 年 08 月 23 日

※IPC 分類：

H01L 41/87 (2006.01)
C04B 35/495 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

壓電材料、壓電元件及電子設備

Piezoelectric material, piezoelectric element, and electronic apparatus

【中文】

本發明提供一種不含鉛及鉀的壓電材料，其具有高相對密度、高居里溫度、及高機械品質因子，並表現良好的壓電性。以相對於如下通式(1)所代表的 1 莫耳金屬氧化物計，該壓電材料含有 0.04 莫耳%或更高且 2.00 莫耳%或更低的 Cu。通式(1) $((\text{Na}_{1-z}\text{Li}_z)_x\text{Ba}_{1-y})(\text{Nb}_y\text{Ti}_{1-y})\text{O}_3$ (該式中， $0.70 \leq x \leq 0.99$ ， $0.75 \leq y \leq 0.99$ ，及 $0 < z < 0.15$)。

【英文】

The present invention provides a piezoelectric material not containing lead and potassium, having a high relative density, a high Curie temperature, and a high mechanical quality factor, and exhibiting good piezoelectricity. The piezoelectric material contains 0.04 percent by mole or more and 2.00 percent by mole or less of Cu relative to 1 mol of metal oxide represented by General formula (1) below.

General formula (1) $((\text{Na}_{1-z}\text{Li}_z)_x\text{Ba}_{1-y})(\text{Nb}_y\text{Ti}_{1-y})\text{O}_3$ (in Formula, $0.70 \leq x \leq 0.99$, $0.75 \leq y \leq 0.99$, and $0 < z < 0.15$)

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(15)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：無

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無

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)

壓電材料、壓電元件及電子設備

Piezoelectric material, piezoelectric element, and electronic apparatus

【技術領域】

● [0001] 本發明係關於一種壓電材料。特別是，本發明係關於無鉛的壓電材料。而且，本發明係關於使用上述壓電材料之壓電元件、層疊壓電元件、層疊壓電元件的製法、液體射出頭、液體射出設備、超音波馬達、光學設備、振動設備、除塵設備、成像設備、及電子設備。

【先前技術】

● [0002] 含有鉛之銦鈦酸鉛為一般的壓電材料，且已經使用於各種壓電裝置，例如致動器、振盪器、感應器、及過濾器。然而，拋棄的壓電材料中的鉛成份可能沖提進入土壤並對生態系統可能有不利的影響。所以，為了製造無鉛的壓電裝置，已進行很多無鉛的壓電材料之研究及發展。

[0003] 目前廣泛研究之一般無鉛的壓電材料為含有銻酸鉀的壓電材料。然而，當合成含有鉀的壓電材料時，起始物質（例如碳酸鉀）粉末的吸濕性高，而使其難以預定的莫耳比例準確秤取該起始物質粉末。含有銻酸鉀

(KNbO_3)的壓電材料具有潮解性，且含有鈮酸鉀之壓電陶瓷之壓電性可隨時間而下降。此外，具有高相對密度的陶瓷會有不容易自含有鈮酸鉀的壓電材料獲得的問題。

[0004] NPL 1 揭示以 $(1-x)(0.1\text{BaTiO}_3-0.9\text{NaNbO}_3)-x\text{LiNbO}_3$ (其中 $0 \leq x \leq 0.125$) 所代表的物質。使 $0.1\text{BaTiO}_3-0.9\text{NaNbO}_3$ 製造含 LiNbO_3 的固體溶液而增加該居里溫度。當 $x = 0.01$ 及 0.02 時的居里溫度分別為 526 K (253°C)及 531 K (258°C)。然而，該情況中 LiNbO_3 的量為 1% 或更高，會有無法獲得高密度樣品的問題。而且，若增加 LiNbO_3 的量，會有自發極化的大小與壓電常數 d_{31} 的大小二者皆會降低的問題。

[0005] NPL 2 揭示當 CuO 加至 $0.9\text{NaNbO}_3-0.1\text{BaTiO}_3$ 高至 0.3 莫耳%時，燒結體的相對密度增加，孔隙減少，壓電常數 (d_{33})、機電耦合係數(k_p)、及機械品質因子(Q_m)增加，且該介電耗損正切($\tan \delta$)減少。然而，若 CuO 加入量為 0.4 莫耳%或更高時，因為產生雜質相，會有該燒結體的相對密度、 d_{33} 、 k_p 、及 Q_m 減少的問題。

引述列舉

非專利文獻

[0006] NPL 1 F, Benabdallah 等人「固態科學」，第 14 冊，1333-1337 頁(2012)。

NPL 2 K. Zhu 等人「中國陶瓷學會期刊」，第 38 冊，1031-1035 頁(2010)。

【發明內容】**技術問題**

[0007] 依據相關技術領域中的技術， NaNbO_3 、 BaTiO_3 、及 LiNbO_3 的固體溶液具有容易產生雜質相、密度低、及壓電常數和機械品質因子低的問題。

[0008] 本發明提供一種不含鉛及鉀的壓電材料，其具有高密度、高居里溫度、及高機械品質因子，並表現良好的壓電性。而且，本發明以使用上述壓電材料、層疊壓電元件、層疊壓電元件的製法、液體射出頭、液體射出設備、超音波馬達、光學設備、振動設備、除塵設備、成像設備、以及電子設備，提供壓電元件。

解決問題的技術手段

[0009] 如本發明之一態樣的壓電材料以相對於如下通式(1)所代表的 1 莫耳金屬氧化物計，含有 0.04 莫耳%或更高且 2.00 莫耳%或更低的 Cu。

[0010] 通式(1) $((\text{Na}_{1-z}\text{Li}_z)_x\text{Ba}_{1-y})(\text{Nb}_y\text{Ti}_{1-y})\text{O}_3$ (該式中， $0.70 \leq x \leq 0.99$ ， $0.75 \leq y \leq 0.99$ ，及 $0 < z < 0.15$)。

[0011] 如本發明之一態樣的壓電元件包括第一電極、壓電材料、及第二電極，其中上述的壓電材料為如本發明之一態樣的壓電材料。

[0012] 從下列示例性實施態樣的說明並參考所附圖式，本發明的進一步特性會更為明顯。

本發明的有利功效

[0013] 如本發明態樣，提供一種不含鉛及鉀的壓電材料，其具有高相對密度、高居里溫度、及高機械品質因子，並表現良好的壓電性。如本發明態樣的壓電材料不使用鉛，且所以，對環境的負荷小。而且，不使用鉀及因此展現優異的可燒結性及抗濕性。

【圖式簡單說明】

[0014] 圖 1 為顯示如本發明實施態樣的壓電元件組態之示意圖。

[0015] 圖 2A 及 2B 為顯示如本發明實施態樣的層疊壓電元件組態之示意剖面圖。

[0016] 圖 3A 及 3B 為顯示如本發明實施態樣的液體射出頭結構之示意圖。

[0017] 圖 4 為顯示如本發明實施態樣的液體射出設備之示意圖。

[0018] 圖 5 為顯示如本發明實施態樣的液體射出設備之示意圖。

[0019] 圖 6A 及 6B 為顯示如本發明實施態樣的超音波馬達組態之示意圖。

[0020] 圖 7A 及 7B 為顯示如本發明實施態樣的光學設備之示意圖。

[0021] 圖 8 為顯示如本發明實施態樣的光學設備之示意圖。

[0022] 圖 9A 及 9B 為顯示如本發明實施態樣當振動設備運用於除塵設備情況時之示意圖。

[0023] 圖 10A 至 10C 為顯示如本發明實施態樣的除塵設備中的壓電元件組態之示意圖。

[0024] 圖 11A 及 11B 為顯示如本發明實施態樣的除塵設備的振動原理之示意圖。

[0025] 圖 12 為顯示如本發明實施態樣的成像設備之示意圖。

[0026] 圖 13 為顯示如本發明實施態樣的成像設備之示意圖。

[0027] 圖 14 為顯示如本發明實施態樣的電子設備之示意圖。

[0028] 圖 15 顯示如本發明實施態樣之比較性實例 8 及實例 21 中燒結體的極化電場磁滯迴線。

【實施方式】

[0029] 以下將說明如本發明的實施態樣。

[0030] 如本發明之一態樣，提供一種含有 NaNbO_3 、 BaTiO_3 、及 LiNbO_3 作為主要成份之無鉛壓電材料，其具有高密度、高居里溫度、及高機械品質因子，並表現良好的壓電性及絕緣特性。如本發明之一態樣的壓電材料可用於各種用途，例如電容器、記憶體、及感應器，係利用介電的特性。

[0031] 如本發明之一態樣的壓電材料以相對於如下

通式(1)所代表的 1 莫耳金屬氧化物計，含有 0.04 莫耳%或更高且 2.00 莫耳%或更低的 Cu。

[0032] 通式(1) $((\text{Na}_{1-z}\text{Li}_z)_x\text{Ba}_{1-y})(\text{Nb}_y\text{Ti}_{1-y})\text{O}_3$ (該式中， $0.70 \leq x \leq 0.99$ ， $0.75 \leq y \leq 0.99$ ，及 $0 < z < 0.15$)。

[0033] 由絕緣特性的觀點，如本發明之一態樣的壓電材料可含有鈣鈦礦金屬氧化物作為主要相。上述組成物式相當於以 ABO_3 所代表的鈣鈦礦結構。然而，視特定元素及合成條件的組合而定，除了鈣鈦礦金屬氧化物以外，可能連帶產生以例如 $\text{Li}_4\text{Na}_2\text{Ti}_4\text{Ba}_4\text{Nb}_6\text{O}_{30}$ 所代表之錫青銅類型的金屬氧化物。因為壓電材料的阻抗性會降低一個數量級的大小或更多，盡可能要避免該雜質相。基於例如在 X 射線繞射中，歸因於鈣鈦礦金屬氧化物的最大繞射強度是否大於或等於歸因於該雜質相的最大繞射強度之 100 倍，可決定該主要相是否為鈣鈦礦金屬氧化物。因為使絕緣特性最大化，鈣鈦礦金屬氧化物可為僅有的組成物。

[0034] 在本發明中，鈣鈦礦金屬氧化物係指具有鈣鈦礦結構的金屬氧化物，如說明於「Iwanami Rikagaku Jiten (Iwanami 物理及化學辭典)」第五版(出版者 Iwanami Shoten，於 1998 年 2 月 20 日提出)。通常，具有鈣鈦礦結構的金屬氧化物係以化學式 ABO_3 所代表。在該鈣鈦礦金屬氧化物中，每一 A 及 B 元素為離子的形式且分別佔據單位晶格稱為 A 位址及 B 位址的特定位置。例如，在立方單位晶格中，A 元素位於立方體的頂點，且 B 元素位於體中心。O 元素以氧的負離子形式佔據立方體

的面中心位置。

[0035] 在以上述通式(1)所代表的金屬氧化物中，位於 A 位址的金屬元素為 Na、Li、及 Ba，且位於 B 位址的金屬元素為 Nb 及 Ti。然而，部份的 Na、Li、及 Ba 可位於 B 位址。同樣地，部份的 Nb 及 Ti 可位於 A 位址。

[0036] 在上述通式(1)中，在 B 位址的元素對 O 元素的莫耳比例為 1:3。然而，即使當元素量的比例偏離至某種程度（例如 1.00:2.94 至 1.00:3.06）係包括在本發明的範圍中，在這範圍內因上述金屬氧化物具有鈣鈦礦結構作為主要相。

[0037] 雖然可使用陶瓷，如本發明之一態樣的壓電材料之形式並非受特別限制，且可為陶瓷、粉末、單晶、薄膜、漿料等形式之任一者。在本說明書中，詞語「陶瓷」係指所謂的多晶體，其含有金屬氧化物作為基本成份且其為晶體顆粒的團聚。也包括燒結後經處理的產物。

[0038] 在通式(1)中，若指示位址 A 處的 Na 及 Li 豐度之 x 低於 0.7 時，Na 及 Li 相對於 Nb 為缺乏，且因而產生雜質相（具有 X 射線繞射型態類似於 $Ba_4Nb_2O_9$ 、 $Ba_6Ti_7Nb_9O_{42}$ 、 $Ba_3Nb_4Ti_4O_{21}$ 、 $Ba_3Nb_{3.2}Ti_5O_{21}$ 等者之相）。含有大量雜質相的金屬氧化物樣品的阻抗性為低的 10^7 至 $10^8 \Omega\text{cm}$ 且極化處理困難。

[0039] 若 x 高於 0.99 時，A 位址元素的莫耳數總和變成大於 1、其為 B 位址元素的莫耳數總和，且壓電性降低。所以，當 x 在 $0.70 \leq x \leq 0.99$ 的範圍內時，獲得表現

良好絕緣特性及壓電性的壓電材料。

[0040] 在通式(1)中，若指示位址 B 處的 Nb 量之 y 低於 0.75 時，該居里溫度視 z 值而定可變成低於室溫。另一方面，若 y 大於 0.99，壓電性降低。所以，當 y 在 $0.75 \leq y \leq 0.99$ 的範圍內時，居里溫度高於室溫且獲得良好的壓電性。

[0041] 當 y 在 $0.75 \leq y \leq 0.89$ 的範圍內時，居里溫度通常在 90°C 至 230°C 的範圍內，且極化處理容易。此外，可獲得良好的壓電性。

[0042] 居里溫度係指在該溫度或高於該溫度時，壓電材料的壓電性會消失。在本說明書中，介電常數變得局部最大處、介於鐵電相及順電相之間相轉換溫度附近之溫度係指定為居里溫度。同時，如本發明之一態樣的壓電材料具有連續的相轉換溫度，在該處發生自正方鐵電相至斜方鐵電相的連續相轉換，係在低於居里溫度的溫度區域內。在連續相轉換溫度下，相對介電常數顯示局部最大值或反曲點，以使由評估相對介電常數的溫度依賴性而決定連續相轉換溫度，如同與居里溫度。例如，在以 $0.9\text{NaNbO}_3\text{-}0.1\text{BaTiO}_3$ 所代表的固體溶液中，隨溫度的增加而發生自斜方系統至正方系統的相轉換，且然後至正立方系統。

[0043] 在連續相轉換溫度附近，壓電成效變成局部最大值。所以，在裝置的驅動溫度範圍內（例如， -30°C 至 60°C ），需要與溫度無關的恆定的壓電效能情況時，

希望在該驅動溫度範圍內不會發生連續相轉換。另一方面，在特定溫度下加強壓電效能而非與溫度無關的壓電效能視為重要的之情況時，連續相轉換可設在裝置的驅動溫度範圍內。因為高通用性，具有在如裝置規格中可調整的連續相轉換溫度之材料為優異的。

[0044] 在如本發明之一態樣的壓電材料中，以 Li 取代低於 15% 的 Na，會增加居里溫度。在通式(1)中，若指示 Na 位址處的 Li 豐度之 z 為 15% 或更高時，壓電性降低。同時，與僅含有 Li 及 Cu 之一的金屬氧化物相比，如本發明之一態樣的壓電材料同時含有 Li 及 Cu，且所以在相對密度、阻抗性、機電耦合係數、機械品質因子、及壓電常數方面很優異，因為可降低位址的缺陷。

[0045] 如本發明之一態樣的壓電材料以相對於上述通式(1)所代表的 1 莫耳金屬氧化物計，含有 0.04 莫耳% 或更高且 2 莫耳% 或更低的 Cu。當如本發明之一態樣的壓電材料之 Cu 含量在 0.04 莫耳% 或更高且 2 莫耳% 或更低的範圍內情況時，使增加阻抗性、機電耦合係數、機械品質因子、楊氏模數、及相對密度，及使降低燒結溫度。

[0046] 燒結溫度係指獲得相對密度為 90% 或更高之燒結體所需的最低點火溫度。許多情況下，燒結溫度設在比煅燒溫度高 200°C 的溫度。

[0047] 在如本發明之一態樣的壓電材料中，作為予體的 Cu 佔據部份的 Na 或 Li 位址（以下稱為 Na/Li 位址），以使降低自發極化的牽制。當相同的 A 位址中的

Ba 位址被佔據情況下，因為 Cu 及 Ba 同為二價，威信不會獲得效應。

[0048] 銅不會僅佔據 Na/Li 位址。若假設 Cu 持續僅佔據 Na/Li 位址，因為 Cu 為予體，當超過特定量時，阻抗性可能降低。然而，在如本發明之一態樣的壓電材料中，Cu 佔據 Na/Li 位址直到達到最佳值，且之後，Cu 出現在顆粒邊界處。結果，可同時獲得被作為予體的 Cu 佔據部份 Na/Li 位址的效應及在顆粒邊界處出現 CuO 或含有 Cu 的氧化物之效應。

[0049] 在 Cu 佔據 Na/Li 位址的情況下，可預期至少一種以下的效應。

[0050]

- (1) 阻抗性增加
- (2) 在非共振期間及共振期間阻抗的相差異增加
- (3) 以極化電場磁滯曲線測量所評估的剩餘極化值增加或矯頑電場減少
- (4) 機電耦合係數增加
- (5) 機械品質因子降低
- (6) 楊氏模數降低
- (7) 介電耗損正切 ($\tan \delta$) 降低

[0051] 在 Cu 存在於顆粒邊界的情況下，可預期至少一種以下的效應。

[0052]

- (1) 密度增加

(2)顆粒之間的孔隙減少

(3)楊氏模數增加

(4)機械品質因子增加

[0053] 這些效應依據 Cu 存在的位置以累加的方式出現。

[0054] 部份的添加 Cu 可部份佔據 B 位址 (Nb 及 Ti 位址)。然而, Cu 可主要存在於 A 位址或顆粒邊界。在作為受體的 Cu 部份佔據 B 位址的情況下, 在單位晶格中產生氧缺陷 (oxygen defect) 以保持電荷平衡。在 B 位址的銅及氧缺陷形成缺陷偶極且在壓電陶瓷中產生內部電場。當在極化處理之前進行樣品的極化電場磁滯迴線測量時, 在其中產生內部電場, 因為自發極化與內部電場之間的交互作用而觀察到螺旋槳類型的雙磁滯迴線, 如同關於對反鐵電的觀察。亦即, 巨觀的剩餘極化值變得明顯小。難以將該材料使用於需要具有供貯存及讀取資訊之大的剩餘極化值的鐵電記憶。當其中產生內部電場之該樣品進行極化處理時, 內部電場的方向對準單一方向。結果, 當對該接受極化處理之樣品進行極化電場磁滯迴線測量時, 磁滯曲線在 x 軸 (電場軸) 方向上移動。若許多受體元素佔據 B 位址且移動的量變得大於矯頑電場時, 非電場狀態中的極化狀態變成一, 且因而不可能使用作為鐵電記憶。結果, 雖然 Cu 可主要存在於 A 位址、顆粒邊界、或其二者, 部份的 Cu 可部份佔據 B 位址。

[0055] 可用電子顯微鏡觀察或以上述效應為基礎加

以估計 Cu 存在的位置。也可由以下的測量為基礎鑑別存在的位置。

[0056] 在 Cu 佔據 Na/Li 位址的情況下，Cu 離子比 Na 離子和 Li 離子還小，使得單位晶格的體積減少。在 Cu 佔據 B 位址的情況下，Cu 離子比 Nb 離子和 Ti 離子還大，使得單位晶格的體積增加。可由 X 射線繞射加以評估單位晶格的體積。例如，在 Cu 連續佔據 A 位址及 B 位址的情況下，單位晶格的體積先減少然後並增加。

[0057] 也可由能量分散之 X 射線光譜法、波長分散 X 射線光譜法、拉曼散射、及穿透式電子顯微鏡加以評估樣品中 Cu 的分佈及在晶體中的佔據位址。

[0058] 若相對於 1 莫耳上述的金屬氧化物含有高於 2 莫耳%的 Cu 時，可產生雜質相且可能降低壓電性。若相對於 1 莫耳上述的金屬氧化物 Cu 為低於 0.04 莫耳%時，Na/Li 位址被 Cu 佔據或沈積在顆粒邊界之含 Cu 氧化物的量可能不足，且無法獲得添加 Cu 的效應。

[0059] 如上述的通式(1)，如本發明之一態樣的壓電材料可滿足 $x < y$ 。若相對於 Ti, Ba 為缺乏時，會不利地促進不規則的顆粒生長。同時，相信若 Ba 位址被 Cu 佔據時，因為該二者具有相同的價數而無法獲得上述的效應。若 x 小於 y ，作為予體的 Cu 進入晶格中，則本發明的效應便容易發揮。所以， x 可小於 y 。以 x 變成小於 y 的方式可加以調整起始物質的組成物。若 x 大於或等於 y 時，樣品的絕緣特性會明顯降低。

[0060] 可用二價金屬元素取代部份的 Ba，例如 Sr 或 Ca，以供促進製造如本發明之一態樣的壓電材料或調整如本發明之一態樣的壓電材料特性之目的。同樣地，可用五價金屬元素在不超過 20 莫耳%的範圍內取代部份的 Nb，例如 Ta 或 V。以 V 取代部份的 Nb 會降低該壓電材料的點火溫度。以 Ta 取代部份的 Nb 會降低該壓電材料的連續相轉換溫度。同樣地，可用四價金屬元素在不超過 20 莫耳%的範圍內取代部份的 Ti，例如 Sn 或 Zr。以 Sn 取代部份的 Ti 會降低該壓電材料的連續相轉換溫度。以 Zr 取代部份的 Ti 會增加該壓電材料的壓電常數。同時，相對於 1 莫耳%如本發明之一態樣的壓電材料可添加高於 0 莫耳%及 5 莫耳%或更低的 Ni。Ni 的添加可增加壓電材料的壓電常數及阻抗性，並降低點火溫度。

[0061] 在如本發明之一態樣的壓電材料為燒結體的形狀之情況下，在點火之前需要製造緻密體。上述的緻密體為以形成起始物質的粉末所製造的固體物質。該起始物質的粉末可具有高純度。形成方法的實例可包括單軸壓力處理、冷靜水處理、溫靜水處理、鑄造、及擠製。在製造緻密體時，可使用粒狀的粉末。使用粒狀的粉末之緻密體的燒結具有燒結體的晶體顆粒尺寸分佈容易變得均勻之優點。

[0062] 不特別限制壓電材料的起始物質粉末的造粒方法。以確保造粒粉末的均勻顆粒直徑的觀點，最適用的造粒方法為噴霧乾燥法。

[0063] 可用於造粒之黏合劑實例包括聚乙炔醇 (PVA)、聚乙炔丁醛 (PVB)、及丙烯酸樹脂。該黏合劑的添加量較佳為相對於上述壓電材料的起始物質粉末之 1 重量份至 10 重量份，且以增加緻密體密度的觀點則更佳為 2 重量份至 5 重量份。

[0064] 不特別限制上述緻密體的燒結方法。

[0065] 燒結方法的實例包括以電爐燒結、以燃氣爐燒結、電阻加熱法、微波燒結法、毫米波燒結法、及熱均壓縮 (HIP)。以電爐或氣體的燒結可為連續式或批次式。

[0066] 不特別限制上述燒結方法的燒結溫度，但可為個別化合物反應及足以產生晶體生長的溫度。由指定顆粒直徑在 1 μm 至 10 μm 範圍內的觀點，燒結溫度較佳為 1,050°C 或更高及 1,300°C 或更低，且更佳為 1,100°C 或更高及 1,200°C 或更低。在上述燒結溫度範圍內燒結的壓電材料表現良好的壓電成效。為了穩定經以燒結處理所製造、具有高度再現性之該壓電材料的特性，當燒結溫度指定在上述範圍內為穩定時，燒結處理可進行 2 小時或更多及 48 小時或更少。雖然當考慮產量時可使用無陡峭溫度變化的方法，但可使用二步驟燒結方法或其他燒結方法。

[0067] 將以燒結處理所獲得的壓電材料加以研磨，且然後可在溫度高於或等於居里溫度下進行熱處理。受機械研磨的壓電材料內部產生剩餘的應力。然而，藉由在居里溫度或更高之下的熱處理會緩解該剩餘應力，且進一步增進該壓電材料的壓電特性。不特別限制熱處理時間，且

較佳為 1 小時或更多。

[0068] 當如本發明之一態樣的壓電材料之晶體顆粒尺寸大於 100 μm 的情況下，在切割及研磨時的強度可能會低。同時，若顆粒尺寸小於 0.3 μm 時，會降低壓電性。結果，顆粒尺寸的範圍以平均顆粒尺寸為基礎計較佳為 0.3 μm 或更大及 100 μm 或更小，且更佳為 3 μm 或更大及 30 μm 或更小。

● [0069] 在本發明之一態樣中的詞語「顆粒尺寸」係指通常在顯微鏡觀察方法中稱為「投影面積等似的圓形直徑」，及係指具有與晶體顆粒的投影面積相同面積之完美圓形的直徑。在本發明之一態樣中，無需特別限制測量顆粒尺寸的方法。例如，以極化顯微鏡或掃描式電子顯微鏡對壓電材料的表面攝影，將所獲得的照片作影像處理，可決定顆粒尺寸。視目標的顆粒尺寸而定有不同的最佳放大倍數，且所以可切換使用光學顯微鏡及電子顯微鏡。可由● 研磨表面或橫剖面而非該物質表面的影像決定該等似的圓形直徑。

[0070] 在使用如本發明之一態樣的壓電材料作為配置在基板上的薄膜之情況下，希望上述壓電材料的厚度為 200 nm 或更大及 10 μm 或更小，且更佳為 300 nm 或更大及 3 μm 或更小。此係因為指定該壓電材料的薄膜厚度為 200 nm 或更大及 10 μm 或更小可獲得足供壓電元件的機電傳導功能。

[0071] 不特別限制形成上述薄膜的方法。實例包括

化學溶液沈積法（CSD 方法）、溶膠法、金屬有機化學蒸汽沈積法（MOCVD 方法）、噴濺法、脈衝雷射沈積法（PLD 方法）、水熱合成法、及氣懸膠沈積法（AD 方法）。在這些當中，可特別使用化學溶液沈積法或噴濺法作為層疊方法。化學溶液沈積法或噴濺法可容易達到大的薄膜形成面積。使用於如本發明之一態樣的壓電材料之基板可為沿著(001)面或(110)面切割及研磨的單晶體基板。當使用沿著特定晶體面切割及研磨的單晶體基板的情況下，可使配置在該基板表面上的壓電材料薄膜在相同方向上確實地對準。

[0072] 其次，將說明使用如本發明之一態樣的壓電材料之壓電元件。

[0073] 圖 1 為顯示如本發明實施態樣的壓電元件結構之示意圖。如本發明之一態樣的壓電元件為包括至少第一電極 1、壓電材料部份 2、及第二電極 3 的壓電元件，其中構成上述壓電材料部份 2 的壓電材料為如本發明之一態樣的壓電材料。

[0074] 可由製造包括至少第一電極及第二電極的壓電元件評估如本發明之一態樣的壓電材料之壓電特性。上述第一電極及第二電極係以厚度為約 5 nm 至 2,000 nm 的電傳導層所形成。所以，不特別限制該材料且可為經常使用供壓電元件的材料。實例可包括金屬，例如 Ti、Pt、Ta、Ir、Sr、In、Sn、Au、Al、Fe、Cr、Ni、Pd、Ag、及 Cu，及其化合物。

[0075] 上述第一電極及第二電極可由其一種類型所製或以其至少二種類型層疊所製。第一電極及第二電極可由與彼此不同的物質所製。

[0076] 不特別限制上述第一電極及第二電極的製造方法，可使用金屬糊料的烘烤以供形成，及噴濺法、蒸發法、或可使用以供形成之類似者。第一電極及第二電極二者可在型樣成預定形狀後再使用。

[0077] 在上述的壓電元件中，極化軸可在給定的方向上對準。極化軸在給定方向上的對準增加上述壓電元件的壓電常數。

[0078] 不特別限制上述壓電元件的極化方法。可在空氣中或油中進行該極化處理。雖然最佳條件有時視構成該元件的壓電材料之組成物而有所不同，極化溫度較佳為 60°C 至 160°C 。施用以進行極化處理的電場可高於或等於該材料的矯頑場，且特別是1至5 kV/mm。

[0079] 使用以日本電子及資訊技術工業協會標準(JEITA EM-4501)為基礎之商業上可得的阻抗分析儀，由所獲得的共振頻率及反共振的測量結果加以計算，可決定壓電常數及機械品質因子。以下此方法稱為共振-反共振法。

[0080] 其次，將說明使用如本發明之一態樣的壓電材料之層疊壓電元件。

[0081] 層疊壓電元件係為其中壓電材料層及包括內電極的電極為交互層疊之層疊壓電元件，其中上述壓電材

料層係以如本發明之一態樣的壓電材料所製。

[0082] 圖 2A 及 2B 為顯示如本發明實施態樣的層疊壓電元件結構之示意剖面圖。如本發明實施態樣的層疊壓電元件為由壓電材料層 54 及包括內電極 55 的電極所形成且其中壓電材料層及分層的電極為交互層疊之層疊壓電元件，其中上述壓電材料層 54 係以上述的壓電材料所製。電極可包括外電極，例如除了內電極 55 以外，有第一電極 51 及第二電極 53。

[0083] 圖 2A 顯示如本發明之一態樣的層疊壓電元件之結構，其中壓電材料層 54 的二層及內電極 55 的一層為交互層疊，且在第一電極 51 及第二電極 53 之間維持該層疊的結構。然而，如圖 2B 所示，可增加壓電材料層及內電極的數目，且不限制層的數目。如圖 2B 所顯示的層疊壓電元件具有結構為其中九層的壓電材料層 504 及八層的內電極 505 交互層疊，且在第一電極 501 及第二電極 503 之間維持該層疊的結構，且包括外電極 506a 及外電極 506b 以將交互配置的內電極短路。

[0084] 內電極 55 與 505 及外電極 506a 與 506b 的尺寸及形狀不需要與壓電材料層 54 和 504 相同，且可分成多個電極。

[0085] 以厚度約 5 nm 至 2,000 nm 的電力傳導層形成內電極 55 與 505 及外電極 506a 與 506b。所以不特別限制該材料，且可為常使用於壓電元件的材料。實例可包括金屬，例如 Ti、Pt、Ta、Ir、Sr、In、Sn、Au、Al、Fe、

Cr、Ni、Pd、Ag、及 Cu，及其化合物。內電極 55 與 505 及外電極 506a 與 506b 可由其一種類型所製、可為至少二種類型的混合物或合金、或由其至少二種類型加以層疊所製。可由彼此為不同的材料製造該多個電極。由便宜的電極材料之觀點，內電極 55 與 505 可含有 Ni 及 Cu 中之至少一類。當使用 Ni 及 Cu 中之至少一類作為內電極 55 與 505 的情況下，如本發明之一態樣的層疊壓電元件可在低壓下點火。

[0086] 如本發明之一態樣的層疊壓電元件中，該內電極可含有 Ag 及 Pd，且所含 Ag 的重量(M1)對所含 Pd 的重量(M2)的重量比例 $M1/M2$ 可滿足 $1.5 \leq M1/M2 \leq 9.0$ ，更佳為 $2.3 \leq M1/M2 \leq 4.0$ 。不希望上述的重量比例 $M1/M2$ 低於 1.5，因為內電極的燒結溫度增加。另一方面，不希望上述的重量比例 $M1/M2$ 高於 9.0，因為內電極變成島形且在平面中變得不均勻。

[0087] 如圖 2B 所示，為了使驅動電壓的相均化之目的，包括內電極 505 之多個電極可互相短路。實例包括其中內電極 505、第一電極 501、及第二電極 503 為交互短路的結構。不限制電極之間短路的形式。短路的電極或線路可配置在層疊壓電元件的側面上。或是，藉由配置一穿透孔穿透壓電材料層 504 及在其內部配置電力傳導物質，使電極可互相短路。

[0088] 其次，將說明使用如本發明之一態樣的壓電材料之層疊壓電元件的製法。

[0089] 如本發明之一態樣的層疊壓電元件的製法包括步驟(A)將含有至少 Na、Ba、Li、Nb、Ti、及 Cu 的金屬化合物粉末分散，以製造漿料；步驟(B)以上述漿料製造緻密體；步驟(C)在上述緻密體上形成電極；及步驟(D)將以該含有交互的上述金屬化合物及電極的緻密體層疊所形成的緻密體燒結，以製造層疊壓電元件，其中上述步驟(D)中的燒結溫度為 1,200℃ 或更低。上述金屬氧化物粉末可含有銅。本說明書中的粉末係指固體顆粒的群組。該群組可為含有 Ba、Na、Li、Ti、Nb、及 Cu 在一起的顆粒群組或含有其個別元素之多種類型顆粒的群組。

[0090] 上述步驟(A)中的金屬化合物粉末的實例可包括 Ba 化合物、Na 化合物、Li 化合物、Ti 化合物、Nb 化合物、及 Cu 化合物。

[0091] 可用的 Na 化合物實例包括碳酸鈉及鉬酸鈉。

[0092] 可用的 Ba 化合物實例包括 Ba 的氧化物、碳酸鹽、草酸鹽、醋酸鹽、硝酸鹽、鈦酸鹽等。

[0093] 可用的 Li 化合物實例包括碳酸鋰及鉬酸鋰。

[0094] 可用的 Ti 化合物實例包括氧化鈦及鈦酸鋇。

[0095] 可用的 Nb 化合物實例包括氧化鉬及鉬酸鈉。Cu 化合物的實例包括氧化銅(I)、氧化銅(II)、碳酸銅、醋酸銅(II)、及草酸銅。

[0096] 顯示上述步驟(A)中形成漿料的方法實例。溶劑以上述金屬化合物粉末的重量 1.6 至 1.7 倍加入並進行混合。就該溶劑而言，例如可使用甲苯、乙醇、甲苯與乙

醇的混合溶劑、乙酸正丁酯、及水。在球磨機中進行混合 24 小時後，加入黏合劑及塑化劑。黏合劑實例包括聚乙烯醇(PVA)、聚乙烯丁醛(PVB)、及丙烯酸樹脂。在使用 PVB 作為黏合劑的情況下，以溶劑對 PVB 的重量比例成為例如 88:12 的方式進行秤重。塑化劑的實例包括癸二酸辛酯、鄰苯二甲酸二辛酯、及鄰苯二甲酸二丁酯。在使用鄰苯二甲酸二丁酯作為塑化劑的情況下，秤取等於黏合劑的重量。然後，進行球磨整夜。溶劑及黏合劑的量以漿料的黏滯度成為 300 至 500 mPa·s 的方式調整。

[0097] 上述步驟(B)中的緻密體係指上述金屬化合物粉末、黏合劑、及塑化劑的薄片形混合物。就獲得上述步驟(B)中的緻密體之方法而言，例如，提及薄片的形成。例如，醫生刀片的方法可使用於形成薄片。該醫生刀片的方法為使用醫生刀片將上述漿料施用至基礎物質並進行乾燥以形成薄片形緻密體之方法。例如，可使用 PET 薄膜作為上述的基礎物質。希望是受氟塗層 PET 薄膜之設有漿料的表面，因為該緻密體容易剝除。乾燥可為空氣乾燥或熱空氣乾燥。不特別限制上述緻密體的厚度且可依據層疊壓電元件的厚度加以調整。該緻密體的厚度例如藉由增加漿料的黏滯度而增加。

[0098] 不限制上述步驟(C)中之電極的製法，亦即內電極 505 及外電極 506a 與 506b。可藉由將金屬糊料烘烤而形成電極，或以噴濺法、蒸發法、印刷法、或類似者而形成。壓電材料層 504 的層厚度及間隔距離可因減少驅動

電壓的目的而降低。在該情況下，形成包括壓電材料層 504 的前驅物及內電極 505 的層疊體，且然後同時選擇將上述層疊體點火的方法。在該情況下，要求內電極的材料不會因為將壓電材料層 504 燒結所需的溫度而導致形狀的改變及電力傳導性的劣化。例如 Ag、Pd、Au、Cu、及 Ni 金屬，其具有低熔點且與 Pt 相比較為便宜，或其合金，可使用於內電極 505 及外電極 506a 與 506b。然而，可在上述層疊體點火之後，再配置外電極 506a 與 506b。在該情況下，除了 Ag、Pd、Cu、及 Ni 之外，可使用 Al 及碳系電極物質。

[0099] 就形成上述的電極方法而言，可希望為網板印刷法。網板印刷法係指使用抹刀由置於緻密體上的網板印刷板將金屬糊料施用於配置在基礎物質上的緻密體之方法。至少部分上述網板印刷板設有篩網。所以，將以上述篩網提供的部分金屬糊料施用至該緻密體。希望上述網板印刷板中的篩網設有型樣。使用該金屬糊料將上述型樣轉換至上述的緻密體，並因而使電極被型樣在上述緻密體上。

[0100] 於上述步驟(C)中形成電極之後，進行自該基礎物質的剝離，且然後將至少一個上述緻密體層疊並接觸黏合。接觸黏合法的實例包括單軸壓力處理、冷靜水處理、及溫靜水處理。因為壓力係以等向均勻地施用而希望是溫靜水處理。因為可更有利於進行接觸黏合，而希望在接觸黏合期間係在黏合劑的玻璃轉換溫度附近下進行加

熱。可將多個上述緻密體層疊及接觸黏合，直到達到預定的厚度。例如，將 10 至 100 層的上述緻密體層疊，且然後在層疊方向上於 50℃ 至 80℃ 下施用 10 至 60 MPa 的壓力超過 10 秒至 10 分鐘以進行熱壓縮黏結，以使上述緻密體為層疊。同時，藉由對電極附上對準的記號，可準確對準及層疊多個緻密體。當然，由配置供緻密體中定位的穿孔也可準確地進行層疊。

● [0101] 在上述步驟(D)中，燒結溫度較佳為 1,200℃ 或更低，因為可使用例如 Ag、Pd、Au、Cu、及 Ni 金屬，其具有低熔點且與 Pt 相比較為便宜，或其合金。在 Ni 或 Cu 使用於電極的情況下，可在減壓下進行步驟(D)中的燒結。

● [0102] 如本發明之一態樣的層疊壓電元件之製法，上述漿料可含有含有至少 Ba、Na、Li、Ti、Nb、及 Cu 的鈣鈦礦金屬氧化物。上述鈦礦金屬氧化物的實例包括鋯酸鈉及鈦酸鋇。上述漿料可含有 Cu，且在該情況下可使用氧化銅(I)或氧化銅(II)。

[0103] 因為在燒結期間會促進顆粒生長且增加燒結體的密度，上述漿料可含有氧化銅。

液體射出頭

[0104] 如本發明之一態樣的液體射出頭包括至少設置含有上述壓電元件或上述層疊壓電元件的振動部份之液體槽，及連通上述液體槽的射出孔口。因液體為流體，在此範圍內不特別限制如本發明之一態樣的液體射出頭所射

出的液體。可射出水性液體及非水性液體，例如水、墨水、及燃料。

[0105] 圖 3A 及 3B 為顯示如本發明實施態樣的液體射出頭結構之示意圖。如圖 3A 及 3B 所示，如本發明之一態樣的液體射出頭為包括如本發明之一態樣的壓電元件 101 之液體射出頭。壓電元件 101 為包括至少第一電極 1011、壓電材料 1012 及第二電極 1013 之壓電元件。如圖 3B 所示，視需要將壓電材料 1012 型樣。圖 3B 為液體射出頭的示意圖。該液體射出頭包括射出孔口 105、個別的液體槽 102、與個別的液體槽 102 及射出孔口 105 連接的連通孔 106、液體槽隔板 104、共同的液體槽 107、隔膜 103、及壓電元件 101。雖然形狀可為矩形以外的橢圓形、圓形、平行四邊形或類似者，在圖形中，壓電元件 101 為矩形。通常，壓電材料 1012 沿著個別的液體槽 102 的形狀而取其形狀。

[0106] 參考圖 3A，將詳細說明包括在如本發明之一態樣的液體射出頭之壓電元件 101 的附近區域。圖 3A 為圖 3B 中所示壓電元件在寬度方向上的剖面圖。雖然可為梯形或倒梯形，壓電元件 101 的橫剖面形狀在圖形中為矩形。

[0107] 在圖形中，第一電極 1011 使用作為下方的電極且第二電極 1013 使用作為上方的電極。然而，第一電極 1011 及第二電極 1013 的配置不限於此。例如，第一電極 1011 可用作為下方的電極或使用作為上方的電極。

同樣地，第二電極 1013 可使用作為上方的電極或使用作為下方的電極。同時，在隔膜 103 及下方的電極之間可含有緩衝層 108。在此觀點中，這些名稱視裝置的製法而變，且在任何情況下皆獲得如本發明之一態樣的效應。在上述液體射出頭中，因為壓電材料 1012 的膨脹及收縮以及對個別液體槽 102 中的液體施用壓力，隔膜 103 為垂直擺動。結果，該液體自射出孔口 105 射出。如本發明之一態樣的液體射出頭可使用於印表機的用途或電子裝置的製造。隔膜 103 的厚度為 $1.0\ \mu\text{m}$ 或更大及 $15\ \mu\text{m}$ 或更小，且較佳為 $1.5\ \mu\text{m}$ 或更大及 $8\ \mu\text{m}$ 或更小。不限制隔膜的材料，但可為 Si。隔膜的矽可摻雜硼或磷。隔膜上的緩衝層及電極可作為隔膜的一部份。緩衝層 108 的厚度為 $5\ \text{nm}$ 或更大且 $300\ \text{nm}$ 或更小，且較佳為 $10\ \text{nm}$ 或更大且 $200\ \text{nm}$ 或更小。以同等的圓形直徑為基礎計，射出孔口 105 的尺寸為 $5\ \mu\text{m}$ 或更大及 $40\ \mu\text{m}$ 或更小。射出孔口 105 的形狀可為圓形或為星形、方形或三角形。

液體射出設備

[0108] 其次，將說明如本發明之一態樣的液體射出設備。如本發明之一態樣的液體射出設備包括記錄媒體輸送部分及上述液體射出頭。

[0109] 如本發明之一態樣的液體射出設備實例可包括如圖 4 及圖 5 所示的噴墨記錄設備。圖 5 顯示圖 4 中所示之液體射出設備（噴墨記錄設備）881 之外蓋 882 至

885 及 887 打開的狀態。噴墨記錄設備 881 包括自動饋入部分 897，以將作為記錄媒體的記錄紙自動饋入至設備主體 896。此外，輸送部分 899 引導記錄紙由自動饋入部分 897 饋入至預定的記錄位置且由記錄部分至排放口 898，記錄部分 891 對輸送至記錄位置的記錄紙上進行記錄，及回收部分 890 進行與記錄部分 891 有關的回收處理。記錄部分 891 設有貯存如本發明之一態樣的液體射出頭且在軌道上來回運送之墨水匣 892。

[0110] 在該噴墨記錄設備中，當墨水匣 892 係以由電腦送出的電子訊號為基礎在軌道上運送且驅動電壓係施用至夾雜壓電材料的電極時，該壓電材料進行位移。通過如圖 3B 所示的隔膜 103 藉由壓電材料的位移而使個別的液體槽 102 受壓，且由射出孔口 105 射出墨水，使進行列印。在如本發明之一態樣的液體射出設備中，液體以高速均勻地射出且可將該設備縮小。

[0111] 在上述實例中，已由實例顯示印表機。然而，如本發明之一態樣的液體射出設備可使用作為工業的液體射出設備及在物體上繪畫的設備，除了列印的設備以外，除了列印的設備以外例如傳真的噴墨記錄設備、多功能機器、影印機等。

超音波馬達

[0112] 如本發明之一態樣的超音波馬達包括至少含有上述壓電元件或上述層疊壓電元件的振動構件，及與上

述振動構件接觸的移動構件。圖 6A 及 6B 為顯示如本發明實施態樣的超音波馬達結構之示意圖。圖 6A 顯示其中如本發明之一態樣的壓電元件內之超音波馬達係以單一板形成。該超音波馬達包括振動器 201、藉由加壓彈簧的加壓力量而與振動器 201 的滑動表面接觸的轉子 202，雖然未顯示於圖形中，及與轉子 202 整體配置的輸出軸 203。上述振動器 201 含有金屬彈性環 2011、如本發明之一態樣的壓電元件 2012、及將壓電元件 2012 黏合至彈性環 2011 的有機黏著劑 2013（環氧樹脂系、氰基丙烯酸酯系等）。如本發明之一態樣的壓電元件 2012 含有夾雜在第一電極與第二電極之間的壓電材料，雖然未顯示於圖形中。當相位差異 $\pi/2$ 的二相交流電的電壓施用至如本發明之一態樣的壓電元件時，在振動器 201 中產生彎曲的前進波，且在振動器 201 的滑動表面上個別的點進行橢圓形運動。若轉子 202 在與振動器 201 的滑動表面以壓力接觸下，轉子 202 由振動器 201 接收摩擦力並在與彎曲的前進波相反的方向上旋轉。雖然未顯示於圖形中之待驅動的構件係連接至輸出軸 203，且以轉子 202 的扭力加以驅動。當對壓電材料施用電壓時，該壓電材料因橫向的壓電效應而膨脹或收縮。在彈性體、例如金屬與該壓電元件連接的情況下，該彈性體因壓電材料的膨脹或收縮而彎曲。在此所述此類型的超音波馬達係利用此原理。其次，圖 6B 顯示包括具有層疊結構之壓電元件的超音波馬達實例。振動器 204 含有夾雜在管狀金屬彈性體 2041 之間的層疊壓電

元件 2042。雖然未顯示於圖形中，層疊壓電元件 2042 為由多個層疊壓電材料所形成的元件，且包括在該層疊的外表面上的第一電極與第二電極及在該層疊的內表面上的內電極。金屬彈性體 2041 以螺栓固定，夾著並固定該壓電元件 2042，並作為振動器 204。藉由對壓電元件 2042 施以具有不同相位之交流電電壓，振動器 204 產生彼此正交的二道振動。合成該二道振動及形成驅動振動器 204 的末端部位之圓形振動。壓縮的周圍溝槽配置在振動器 204 的上方部位，且藉以增加供驅動的振動位移。藉由供加壓的彈簧 206 以獲得驅動的摩擦力，轉子 205 與振動器 204 以壓力接觸。轉子 205 係以軸承支撐而可旋轉。

光學設備

[0113] 其次，將說明如本發明之一態樣的光學設備。如本發明之一態樣的光學設備在驅動部份中包括上述超音波馬達。

[0114] 圖 7A 及 7B 為單眼反射相機之可更換鏡筒的關鍵剖面圖，其可為如本發明實施態樣之成像設備的實例。圖 8 為單眼反射相機之可更換鏡筒的展開透視圖，其可為如本發明實施態樣之成像設備的實例。固定筒 712、直線導引筒 713、及前群組筒 714 係固定在相機的裝接及拆卸底座 711。其為可更換鏡筒的固定構件。

[0115] 在光學軸方向中的聚焦鏡 702 之直線導引溝槽 713a 係配置在直線導引筒 713 中。在半徑方向中往外

突出的凸輪滾軸 717a 及 717b 固定在以軸螺栓 718 支撐聚焦鏡 702 的後群組筒 716，且此凸輪滾軸 717a 卡入此直線導引溝槽 713a。

[0116] 凸輪環 715 可旋轉地卡入直線導引筒 713 的內部周圍。直線導引筒 713 及凸輪環 715 在光學軸方向中的相對運動受固定在凸輪環 715、卡入直線導引筒 713 的周圍溝槽 713b 之滾軸 719 所限制。凸輪環 715 設有供聚焦鏡 702 的凸輪溝槽 715a，且上述凸輪滾軸 717b 係一起卡入凸輪溝槽 715a。

[0117] 旋轉傳輸環 720 係配置在固定筒 712 的外部周圍側上且以可在關於固定筒 712 的固定位置處旋轉的方式由珠球座圈 727 所支撐。旋轉傳輸環 720 將由旋轉傳輸環 720 輻射狀延伸之滾軸軸承 722 旋轉支撐在轉軸 720f 上。滾軸軸承 722 的大直徑部分 722a 與手動對焦環 724 的底座側末端表面 724b 接觸。滾軸軸承 722 的小直徑部分 722b 與連接構件 729 接觸。六個滾軸軸承 722 等距離配置在旋轉傳輸環 720 的外部周圍，且每一滾軸軸承係配置以具有上述的關係。

[0118] 低摩擦薄片（墊圈構件）733 配置在手動對焦環 724 的內部直徑部份中，且此低摩擦薄片支撐在固定筒 712 的底座側末端表面 712a 與手動對焦環 724 的前側末端表面 724a 之間。低摩擦薄片 733 的外直徑表面係指定為環形且為直徑式卡入手動對焦環 724 的內部直徑 724c。而且，固定筒 712 的外直徑部分 712b 為直徑式卡

入手動對焦環 724 的內部直徑 724c。低摩擦薄片 733 扮演之角色在於降低手動對焦環 724 圍繞相對於固定筒 712 的光學軸旋轉的結構之旋轉環機構中的摩擦。

[0119] 滾軸軸承 722 的大直徑部分 722a 與手動對焦環的底座側末端表面 724b 接觸，且以波浪墊圈 726 的力施以加壓的力，以將超音波馬達 725 推向鏡片的前面。同樣地，滾軸軸承 722 的小直徑部分 722b 與連接部分 729 接觸，且以波浪墊圈 726 的力施以適當加壓的力，以將超音波馬達 725 推向鏡片的前面。在底座方向中的波浪墊圈 726 的移動係以與固定筒 712 為卡栓連接的狀態受墊圈 732 所限制，且由波浪墊圈 726 所產生的彈力（供給能量的力）傳輸至超音波馬達 725 及而且至滾軸軸承 722，以作為手動對焦環 724 推動固定筒 712 的底座側末端表面 712a 的力。亦即，係以在其間具有低摩擦薄片 733 靠著固定筒 712 的底座側末端表面 712a 而推動之狀態納入手動對焦環 724。

[0120] 所以，當以圖形中未示出的控制部分驅動超音波馬達 725 進行關於固定筒 712 而旋轉時，因為連接構件 729 與滾軸軸承 722 的小直徑部分 722b 以摩擦接觸，滾軸軸承 722 繞著轉軸 720f 的中心旋轉。當滾軸軸承 722 係繞著轉軸 720f 旋轉時，結果，旋轉傳輸環 720 便繞著光學軸而旋轉（自動對焦作用）。

[0121] 同時，由圖形中未示出的手動操作輸入部分對手動對焦環 724 施以繞著光學軸的扭力，因為手動對焦

環 724 的底座側末端表面 724b 與滾軸軸承 722 的大直徑部分 722a 以壓力接觸，滾軸軸承 722 以摩擦力繞著轉軸 720f 旋轉。當滾軸軸承 722 的大直徑部分 722a 繞著轉軸 720f 旋轉時，旋轉傳輸環 720 繞著光學軸旋轉。此時，因為轉軸 725c 及定子 725b 的摩擦支撐力（手動對焦作用），超音波馬達 725 不旋轉。

[0122] 二個對焦楔 728 以彼此相對的位置連接至旋轉傳輸環 720。對焦楔 728 卡入配置在凸輪環 715 末端部分之凹口部分 715b。所以，當進行自動對焦作用或手動對焦作用且旋轉傳輸環 720 繞著光學軸旋轉時，其扭力通過對焦楔 728 傳輸至凸輪環 715。當凸輪環繞著光學軸旋轉時，受凸輪滾軸 717a 及直線導引溝槽 713a 限制旋轉的後群組筒 716 藉由凸輪滾軸 717b 沿著凸輪環 715 的凸輪溝槽 715a 前後移動。結果，驅動聚焦鏡 702 並進行聚焦作用。

[0123] 在此，已解釋單眼反射相機之可更換鏡筒作為如本發明之一態樣的光學設備。然而，其可施用於在驅動部分中包括超音波馬達的光學設備，例如小型相機、電子式鋼鐵相機、及具有相機的個人數位助理，不論相機的類型。

振動設備及除塵設備

[0124] 用以將顆粒、粉末、及霧滴攜帶、移除及類似者的振動設備已廣泛使用於電子設備中。

[0125] 以下將以如本發明之一態樣的振動設備之實例說明使用如本發明之一態樣的壓電元件之除塵設備。

[0126] 如本發明之一態樣的除塵設備包括含有上述壓電元件或上述層疊壓電元件之振動構件。

[0127] 圖 9A 及 9B 為顯示如本發明實施態樣之除塵設備的示意圖。除塵設備 310 係由管狀壓電元件 330 及隔膜 320 所形成。壓電元件 330 可為如本發明之一態樣的層疊壓電元件。不限制隔膜 320 的材料。當除塵設備 310 使用於光學裝置的情況下，可使用透光材料或反光材料作為隔膜 320。

[0128] 圖 10A 至 10C 為顯示如圖 9A 及 9B 所示的壓電元件 330 之結構示意圖。圖 10A 及 10C 顯示壓電元件 330 的表面及背部之結構，且圖 10B 顯示側表面的結構。如圖 9A 所示，壓電元件 330 含有壓電材料 331、第一電極 332、及第二電極 333，且該第一電極 332 及第二電極 333 係相對配置在壓電材料 331 薄片表面上。如圖 9A 及 9B，壓電元件 330 可為如本發明之一態樣的層疊壓電元件。在該情況下，壓電材料 331 具有壓電材料層與內電極的交互結構，且在壓電材料層基底上具有不同相位的驅動波形係以內電極交互與第一電極 332 或第二電極 333 短路而獲得。在圖 10C 中，圖形中所觀察的表面及設有壓電元件 330 的第一電極 332 係指定為第一電極表面 336。圖 10A 中，圖形中所觀察的表面及設有壓電元件 330 的第二電極 333 係指定為第二電極表面 337。

[0129] 在此，在本發明之一態樣中的電極表面係指電極在該壓電元件上配置的表面。例如，如圖 10A 至 10C 所示，第一電極 332 可超過至第二電極表面 337。

[0130] 如圖 9A 及 9B 中所示，就壓電元件 330 及隔膜 320 而言，壓電元件 330 的第一電極表面 336 黏著至隔膜 320 的薄片表面。因為壓電元件 330 的驅動，在壓電元件 330 與隔膜 320 之間產生應力，且在該隔膜中產生平面外的振動。如本發明之一態樣的除塵設備 310 為移除外來物質的設備，例如灰塵，其由隔膜 320 的平面外的振動而附著在隔膜 320 的表面。平面外的振動係指導致隔膜在光學軸方向中、亦即隔膜的厚度方向中位移的彈性振動。

[0131] 圖 11A 及 11B 為顯示如本發明之一態樣的除塵設備 310 的振動原理之示意圖。圖 11A 顯示相同相位的交流電場施用至一對的右邊及左邊壓電元件 330 之狀態，且藉以在隔膜 320 中產生平面外的振動。構成該對右邊及左邊壓電元件 330 的壓電材料之極化方向與壓電元件 330 的厚度方向相同，且該除塵設備 310 係以第七階的振動模式驅動。圖 11B 顯示相反相位的交流電場、亦即 180° 相反的相位施用至一對的右邊及左邊壓電元件 330 之狀態，且藉以在隔膜 320 中產生平面外的振動。該除塵設備 310 係以第六階的振動模式驅動。如本發明之一態樣的除塵設備 310 為藉由適當使用至少二種振動模式能夠有效移除附著在隔膜表面的灰塵之設備。

成像設備

[0132] 其次，將說明如本發明之一態樣的成像設備。如本發明之一態樣的成像設備為包括至少上述除塵設備及成像元件單元之成像設備，其中上述除塵設備的振動構件及上述成像元件單元的光接收表面係連續地配置在相同軸上。圖 12 及圖 13 為顯示數位單眼反射相機的圖，其為如本發明有利的實施態樣之成像設備的實例。

[0133] 圖 12 為由主體側觀看相機主體 601 的前側透視圖，且顯示取下攝影鏡頭單元的狀態。圖 13 為顯示相機內部大致結構的展開透視圖，供說明如本發明之一態樣的除塵設備及成像元件單元 400 周圍結構的目的。

[0134] 在相機主體 601 中，配置有通過攝影鏡頭的攝影光束引導至其中之鏡箱 605，及配置在該鏡箱 605 中的主要鏡（快速返回鏡）606。主要鏡 606 進入保持與攝影光學軸有關的 45° 角的狀態，以引導攝影光束至五達哈鏡(penta dahan mirror)（圖形中未示出）的方向，或維持在由攝影光束取遮蔽之位置的狀態，以引導攝影光束至成像元件（圖形中未示出）的方向。

[0135] 鏡箱 605 及快門單元 200 依序由物體側配置在作為相機主體骨架之主體框架 300 的物體側上。成像元件單元 400 係配置在主體框架 300 的攝影者側。成像元件單元 400 的配置係以如下方式調整：成像元件的成像表面係配置在與作為攝影鏡頭單元裝接參考之底座部分 602 的裝接表面之預定距離並與之平行。

[0136] 在此，已經由如本發明之一態樣的成像設備之實例解釋數位單眼反射相機。然而，可使用例如攝影鏡頭單元交換類型的相機如未設置鏡箱 605 的無鏡數位單眼相機。也可特別施用於需要將黏著於光學組件表面的灰塵移除之設備，包括攝影鏡頭單元交換類型攝影機、各種成像設備，例如影印機、傳真、及掃描器、及具有成像設備的電子及電力設備。

電子設備

[0137] 其次，將說明如本發明之一態樣的電子設備。如本發明之一態樣的電子設備含有設置上述壓電元件或上述層疊壓電元件的壓電聲波組件。該壓電聲波組件包括喇叭、蜂鳴器、麥克風、及表面聲波(SAW)元件。

[0138] 圖 14 為由前面觀看如本發明有利實施態樣之電子設備實例的數位相機的主體 931 之整體透視圖。光學設備 901、麥克風 914、閃光燈發射部分 909、及補光部分 916 係配置在主體 931 的前表面上。麥克風 914 包含在主體的內側中，且所以以斷線指示。具有孔洞以收集來自外側的聲音之形狀配置在麥克風 914 的前面。

[0139] 電源按鈕 933、喇叭 912、變焦桿 932、及進行對焦動作的釋出按鈕 908 係配置在主體 931 的上表面上。喇叭 912 包含在主體 931 的內側並以斷線指示。具有孔洞以將聲音傳輸至外側的形狀係配置在喇叭 912 的前面。

[0140] 如本發明之一態樣的壓電聲波組件係使用於麥克風 914、喇叭 912、或表面聲波元件中之至少一者。

[0141] 在此，已解釋數位相機作為如本發明之一態樣的電子設備之實例。然而，如本發明之一態樣的電子設備也可施用於包括各種壓電聲波組件的電子設備，例如，放聲設備、聲音記錄設備、行動電話、及資訊終端機。

[0142] 如上述，如本發明之一態樣的壓電元件及層疊壓電元件可使用於液體射出頭、液體射出設備、超音波馬達、光學設備、振動設備、除塵設備、成像設備、以及電子設備。在使用如本發明之一態樣的壓電元件及層疊壓電元件的情況下，提供比使用含鉛的壓電元件之情況具有更高或相等的噴嘴密度及射出速度之液體射出頭。

[0143] 在使用如本發明之一態樣的液體射出頭之情況下，提供比使用含鉛的壓電元件之情況具有更高或相等的射出速度與射出準確度之液體射出設備。當使用如本發明之一態樣的壓電元件及層疊壓電元件的情況下，提供比使用含鉛的壓電元件之情況具有更高或相等的驅動力與耐用性之超音波馬達。

[0144] 當使用如本發明之一態樣的超音波馬達的情況下，提供比使用含鉛的壓電元件之情況具有更高或相等的耐用性與動作準確性之光學設備。

[0145] 當使用如本發明之一態樣的壓電元件及層疊壓電元件的情況下，提供比使用含鉛的壓電元件之情況具有更高或相等的振動成效與耐用性之振動設備。

[0146] 當使用如本發明之一態樣的振動設備的情況下，提供比使用含鉛的壓電元件之情況具有更高或相等的除塵效率與耐用性之除塵設備。

[0147] 當使用如本發明之一態樣的除塵設備的情況下，提供比使用含鉛的壓電元件之情況具有更高或相等的除塵功能之成像設備。

[0148] 當使用包括如本發明之一態樣的壓電元件或層疊壓電元件之壓電聲波組件的情況下，提供比使用含鉛的壓電元件之情況具有更高或相等的聲音產生成效之電子設備。

[0149] 如本發明之一態樣的壓電材料可使用於例如超音波振動器、壓電致動器、壓電感應器、及鐵電記憶、以及液體射出頭、馬達、及類似的裝置。

實例

[0150] 雖然本發明並不受限於以下實例，參考以下的實例，將更特別描述如本發明之一態樣的壓電材料。

[0151] 表 1 顯示如本發明之一態樣的實例 1 至 22 及比較性實例 1 至 10 中的燒結體的組成物及特性。表 2 顯示比較性實例 2 及實例 1 至 4 中以燒結體的共振-反共振的測量為基礎所決定的阻抗性及特性。

[0152]

[表 1]

	x	y	x/y	z	Cu (mol%)	居里溫度 (°C)	相對密度 (%)	壓電常數 d ₃₃ (pC/N)	鎢青銅 結構
比較性 實例 1	0.92	0.91	1.01	0.01	0.50	250	91	-	無法偵測
比較性 實例 2	0.87-0.89	0.91	0.96-0.98	0.01	0.00	250	92	121	無法偵測
比較性 實例 3	0.87-0.89	0.91	0.96-0.98	0.01	0.03	250	92	119	無法偵測
實例 1	0.87-0.89	0.91	0.96-0.99	0.01	0.30	250	96	152	無法偵測
實例 2	0.87-0.89	0.91	0.96-0.99	0.01	0.50	250	95	156	無法偵測
實例 3	0.87-0.89	0.91	0.96-0.99	0.01	0.75	250	94	153	無法偵測
實例 4	0.87-0.89	0.91	0.96-0.99	0.01	2.00	250	96	150	無法偵測
比較性 實例 4	0.87-0.89	0.91	0.96-0.99	0.01	2.50	250	92	128	無法偵測
比較性 實例 5	0.85-0.88	0.89	0.96-0.99	0.01	0.00	230	89	114	無法偵測
實例 5	0.85-0.88	0.89	0.96-0.99	0.01	0.50	230	95	164	無法偵測
實例 6	0.83-0.85	0.86	0.96-0.99	0.01	0.50	190	96	161	無法偵測
實例 7	0.81-0.83	0.84	0.96-0.99	0.01	0.50	150	96	115	無法偵測
實例 8	0.78-0.90	0.81	0.96-0.99	0.02	0.50	100	96	101	無法偵測
比較性 實例 6	0.88-0.92	0.93	0.95-0.99	0.03	0.00	290	91	81	無法偵測
實例 9	0.88-0.92	0.93	0.95-0.99	0.03	0.50	290	96	90	無法偵測
實例 10	0.86-0.90	0.91	0.95-0.99	0.03	0.50	270	96	87	無法偵測
實例 11	0.84-0.87	0.88	0.95-0.99	0.03	0.50	220	96	103	無法偵測
實例 12	0.81-0.85	0.85	0.95-0.99	0.03	0.50	170	96	128	無法偵測
實例 13	0.79-0.82	0.83	0.95-0.99	0.03	0.50	120	96	122	無法偵測
實例 14	0.76-0.79	0.80	0.95-0.99	0.03	0.50	90	96	120	無法偵測
比較性 實例 7	0.69-0.72	0.73	0.95-0.99	0.03	0.50	10	95	-	無法偵測
實例 15	0.88-0.93	0.95	0.93-0.98	0.05	0.50	350	96	54	無法偵測
實例 16	0.86-0.92	0.94	0.92-0.98	0.06	0.50	330	95	-	可測得
實例 17	0.83-0.88	0.90	0.92-0.98	0.06	0.50	280	94	78	可測得
實例 18	0.78-0.83	0.85	0.92-0.98	0.06	0.50	180	94	90	可測得
實例 19	0.74-0.78	0.80	0.92-0.98	0.06	0.50	110	93	76	可測得
實例 20	0.81-0.88	0.90	0.90-0.98	0.08	0.50	300	93	-	可測得
比較性 實例 8	0.86-0.95	0.97	0.89-0.98	0.09	0.00	310	91	23	無法偵測
實例 21	0.86-0.95	0.97	0.89-0.98	0.09	0.50	310	96	48	無法偵測
實例 22	0.78-0.88	0.90	0.87-0.98	0.11	0.50	360	93	-	可測得
比較性 實例 9	0.87-0.98	1.00	0.87-0.98	0.15	0.50	330	94	45	無法偵測
比較性 實例 10	0.85-0.96	0.98	0.87-0.98	0.15	0.50	320	93	46	無法偵測

[0153]

[表 2]

	Cu的添加量 (莫耳%)	阻抗 (GΩcm)	楊氏模數 Y ₁₁ (GPa)	機電耦合係數 k ₃₁ (-)	壓電常數 d ₃₁ (pm/V)	機械品質因子 Q _m (-)
比較性 實例 2	0.00	34	118	0.092	23.7	365
實例 1	0.30	756	142	0.197	47.3	621
實例 2	0.50	739	141	0.198	46.9	610
實例 3	0.75	663	140	0.193	50.6	653
實例 4	2.00	231	136	0.165	45.4	503

[0154] 就起始材料而言，使用鈮酸鈉(NaNbO_3)、鈦酸鋇(BaTiO_3)、碳酸鋰(Li_2CO_3)、氧化鈮(Nb_2O_5)、及氧化銅(Cu(II)O)的粉末。該起始物質的粉末在球磨機中混合 12 小時。

[0155] 混合的粉末於 900°C 至 $1,100^\circ\text{C}$ 下在空氣中煅燒超過 2 至 5 小時。將煅燒粉末磨粉，並以相對於煅燒粉末的重量加入 3 重量%的 PVB 黏合劑加以造粒。經造粒的粉末填充進模型中並以 200 MPa 的壓力壓縮以使製造直徑為 17 mm 且厚度約 1 mm 的緻密體。所得緻密體於 $1,150^\circ\text{C}$ 至 $1,250^\circ\text{C}$ 下在空氣中點火 2 至 6 小時，且藉以獲得燒結體。

[0156] 在未含有 Cu 的情況下，需要於 $1,000^\circ\text{C}$ 至 $1,050^\circ\text{C}$ 下的溫度下燒結，透過該起始物質粉末的反應以形成固體溶液。就含有 Cu 的樣品而言，起始物質粉末的反應於 900°C 至 $1,000^\circ\text{C}$ 下開始，並形成固體溶液。

[0157] 以阿基米德(Archimedes)方法測量燒結體的密度。

[0158] 燒結體以使厚度成為約 0.5 mm 的方式研磨。使用經研磨燒結體或將該經研磨燒結體磨粉所產生的粉末進行 X 射線繞射，且藉以評估組成物相及晶格常數。

[0159] 依據感應耦合電漿發射光譜法(ICP)對燒結體的組成物評估，除了比較性實例 1 以外的所有樣品中，每一者的 Na 及 Li 的莫耳數對 Nb 的莫耳數之比例 $(\text{Na}+\text{Li})/\text{Nb}$ 小於 1。Cu 的含量小，且所以表 1 中所描述

的值包括 $\pm 50\%$ 的測量誤差。以光學顯微鏡或電子顯微鏡的觀察為基礎，評估燒結體中的顆粒尺寸。

[0160] 製造實例 1 至 22 及比較性實例 1 至 10 的壓電元件，供評估電力特性，例如壓電特性及絕緣阻抗。為去除經研磨燒結體中的應力及在表面上的有機成份，於 400°C 至 500°C 下在空氣中進行熱處理 30 分鐘。以 DC 噴濺法在碟形陶瓷的表面及背部上皆形成厚度為 400 nm 的金電極。在電極與陶瓷之間形成作為黏著層之 30 nm 的 Ti 薄膜。將所得具有電極的陶瓷切割，以製造 $10\text{ mm} \times 2.5\text{ mm} \times 0.5\text{ mm}$ 的條形壓電元件。

[0161] 使用半導體參數分析儀以評估阻抗性。對樣品施以數十伏特至 100 V 的直流電電壓，並測量施用電壓開始後 30 秒的電阻。以所測量的電阻及樣品維度為基礎，計算阻抗性。

[0162] 樣品進行極化處理，以評估壓電特性。特別是，在保持 80°C 至 150°C 下的油浴中，對樣品施以 1.5 至 5 kV/mm 的電壓 30 分鐘，且在施以電壓下進行冷卻至室溫。在比較性實例 1 中，其中 $x > y$ 維持良好，絕緣阻抗低且無法進行極化處理。

[0163] 以共振-反共振方法測量條狀 d_{31} 元件的楊氏模數(Y_{11})、機電耦合係數(k_{31})、壓電常數(d_{31})、及機械品質因子(Q_m)。使用相同的樣品，以 Berlin court 法的原理之 d_{33} 計，評估壓電常數(d_{33})。測量相對介電常數的溫度相關性，決定居里溫度及連續相轉換溫度。在測量相對介

電常數的溫度相關性時，記錄相對介電常數的改變，而樣品一旦由室溫冷卻至 -100°C ，且然後將溫度提高至 400°C 。以相對介電常數的局部最大部分為基礎，計算居里溫度及連續相轉換溫度。使用阻抗分析儀測量相對介電常數。測量頻率為 1 kHz 且交流電電場的施用大小指定為 500 mV 。

[0164] 在極化處理之前與之後，進行極化電場磁滯測量。特別的是，當對如本發明之一態樣的壓電元件施以 10 Hz 的交流電電場（三角波）時，測量極化的量。在特定溫度區域中表現鐵電性之該物質在相同溫度區域中具有壓電性，且以自發極化的切換作為動作原理為基礎，也可使用作為供鐵電記憶的物質。以極化電場磁滯迴線測量為基礎，可評估含有或不含鐵電性、與壓電常數有關之自發極化的大小（包括自發極化的牽制程度）、及矯頑電場的大小。

[0165] 實例及比較性實例中燒結體的相對密度為 89% 至 96% 。當具有相同比例的 NaNbO_3 、 BaTiO_3 、及 LiNbO_3 成份之樣品間進行比較時，實例中含有 Li 及 Cu 之樣品的相對密度高於比較性實例中含有 Li 及不含 Cu 之樣品。即使當含有 LiNbO_3 時，因為含有 Cu 而獲得 93% 或更高之高相對密度。當含有 Cu 時，能夠製造相對密度高於不含 Cu 的樣品之最高為 6% 的樣品。NPLs 1 及 2 中並未描述此高密度值。居里溫度的值並未隨含有或不含 Cu 而明顯改變。依據 NPL 2，相對密度、 d_{33} 、及 Q_m 的值持

續增加直到 Cu 的添加量達到 0.3 莫耳%，但 0.3 莫耳%為尖峰，且當添加量高於該量時，特性會陡直下降。所以，該特性表現出與添加量有關的尖峰性改變，使得有來自品質要維持穩定之工業產量的觀點之虞。

[0166] 同時，如上述表 1 及 2 所說明，依據數據（比較性實例 1 至 3 及實例 1 至 4），其中 Li 的量係指定為常數(1%)且改變 Cu 的添加量，相對密度、 d_{33} 、 Q_m 、及 d_{31} 維持在高的值直到 Cu 的添加量達到 2%。亦即，應瞭解因為同時含有 Li 及 Cu，該特性在大範圍的 Cu 添加量中穩定在高的值，且因而本實例中的壓電材料由工業產量的觀點為有利的。

[0167] 就相對密度而言，依據 NPL 2 中的說明，圖 2 中所示 NN-BT-Cu 的相對密度介於 90%至 91.5%。以此考量，依據表 1，比較性實例 1 至 3 中對於僅添加 Li 之樣品的相對密度為 91%至 92%且與 NPL 2 等似。另一方面，清楚的是，本實例中添加適當量的 Li 及 Cu 之壓電材料的相對密度為高的 94%至 96%。

[0168] 以電子顯微鏡的觀察為基礎，燒結體的顆粒尺寸在 2 至 50 μm 的範圍內。顆粒尺寸在 2 至 30 μm 的範圍內，在該區域內的 LiNbO_3 成份低於 5%。

[0169] 以能量分散 X 射線光譜法檢測 Cu 在燒結體中的分佈。結果，可確定部分的 Cu 存在於顆粒中。然而，大部分的 Cu 存在於個別顆粒之間的顆粒邊界。以 X 射線繞射評估具有不同 Cu 含量的樣品之晶格常數（比較性實

例 2、實例 1 至 4)。晶格常數關於 Cu 含量幾乎為穩定。此外，晶體系統不因含有或不含有 Cu 而改變。這些結果指出大部分的 Cu 存在於顆粒邊界且 Cu 並未太大程度進入晶體晶格中。

[0170] 如表 2 所示，當在 $\text{NaNbO}_3\text{-BaTiO}_3\text{-LiNbO}_3$ 的三元系統中含有 0.3 莫耳%或更多的 Cu 時，會增進阻抗性及機械品質因子。阻抗性及機械品質因子不會在特定的 Cu 含量下出現陡直的局部最大值，且維持在高的值直到 Cu 含量達到 2 莫耳%。結果，清楚的是由穩定的工業產量之觀點為有利的。

[0171] 就機械品質因子 Q_m 的值而言，由上述表 2 已清楚，在不含 Cu 之比較性實例 2 的 Q_m 值為 365。當加入 Cu 時， Q_m 的值增加至 503 至 653 (實例 1 至 4)。

[0172] 與 Cu 含量為 0.03 莫耳%有關的樣品中 (比較性實例 3) 未確定 Cu 的效應。至於 Cu 含量為 2.5 莫耳%的樣品，會降低密度及壓電性 (比較性實例 4)。在比較性實例 7 中，其中 y 小於 0.75，該居里溫度低於室溫。在比較性實例 9 中，其中 y 為 1，及在比較性實例 10 中，其中 z 為 0.15 或更大，該壓電常數 d_{33} 低於如本發明之實例者。

[0173] 在 LiNbO_3 含量的量高於約 5% 部分區域中，不論含有或未含有 Cu，以 X 射線繞射測量測得具有鎢青銅結構的雜質相。即使由其測得具有鎢青銅結構的雜質相之樣品，仍可以進行極化處理及壓電性測量。

[0174] 圖 15 顯示在極化之後所測量的實例 21 及比較性實例 8 的極化電場磁滯曲線。含有 Cu 的樣品比不含 Cu 的樣品表現更大的剩餘極化值。此結果指示 Cu 佔據部分的 Na/Li 位址並限制自發極化的牽制。至於如本發明的樣品，矯頑電場及剩餘極化的大小視 LiNbO_3 的量而改變。當 LiNbO_3 增加時，矯頑電場自 1 kV/mm 增加至最大的 5 kV/mm。剩餘極化自 $15 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ 增加至 $25 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ 。

[0175] 在極化之前所測量的磁滯曲線非為槳型雙迴圈，但為單迴圈。未明顯確定在極化之後所測量的磁滯迴線在 X 軸方向中的移動。所以，無法正面支持 B 位址被 Cu 取代。

實例 23

[0176] 鈮酸鈉 (NaNbO_3)、鈦酸鋇 (BaTiO_3)、鈮酸鋰 (LiNbO_3)、及氧化銅 (II) 的粉末之秤取方式為構成實例 5 中所述的組成物之 Na、Ba、Li、Nb、Ti、及 Cu 比例。將秤取的起始物質粉末摻雜並在球磨機中進行混合整夜。混合的粉末於氧化鋁坩鍋中在 950°C 下煅燒 5 小時。將經煅燒的粉末再次於球磨機中磨粉及混合整夜。

[0177] 由添加 PVB 至所得經煅燒的粉末、進行混合、及以醫生刀片的方法形成薄片，獲得厚度為 $50 \mu\text{m}$ 的綠色薄片。

[0178] 將供內電極的電力傳導糊料印在上述綠色薄片上。70%Ag-30%Pd 合金 ($\text{Ag}/\text{Pd} = 2.33$) 的糊料使用作為

電力傳導糊料。將以該電力傳導糊料塗覆之九個綠色薄片層疊，且所得的層疊體在 $1,150^{\circ}\text{C}$ 的條件下點火 5 小時，以獲得燒結體。上述燒結體切割成 $10\text{ mm} \times 2.5\text{ mm}$ 的尺寸，研磨其側表面，且以 Au 噴濺形成要將內電極交互短路的一對外電極（第一電極與第二電極），使得製造如圖 2B 所示的層疊壓電元件。

[0179] 觀察所得層疊壓電元件的內電極。結果，交互形成作為電極材料的 Ag-Pd 及壓電材料。

[0180] 在評估壓電性之前，樣品進行極化處理。特別是，樣品在油浴中加熱至 150°C ，在第一電極與第二電極之間施以 3 kV/mm 的電壓 30 分鐘，並同時在施用電壓下進行冷卻至室溫。

[0181] 評估所得層疊壓電元件的壓電性。結果，表現足夠的絕緣特性及獲得與實例 5 中的壓電材料等似的良好壓電特性。

實例 24

[0182] 以與實例 23 相同的方式獲得厚度為 $50\text{ }\mu\text{m}$ 的綠色薄片。供內電極的電力傳導糊料印在上述的綠色薄片上。使用 Ni 糊料作為電力傳導糊料。將以該電力傳導糊料塗覆之九個綠色薄片層疊，並將所得的層疊體熱壓縮黏結。

[0183] 該熱壓縮黏結層疊體在管狀爐中點火。在空氣中進行點火達 300°C 以移除黏合劑，該大氣壓切換至減

壓（ $\text{H}_2:\text{N}_2 = 2:98$ ，氧濃度 $2 \times 10^{-6} \text{ Pa}$ ），且在 $1,150^\circ\text{C}$ 下維持 5 小時。在溫度下降步驟中，於 $1,000^\circ\text{C}$ 或更低之下氧濃度切換至 30 Pa ，且進行冷卻至室溫。

[0184] 將因此獲得的燒結體切成 $10 \text{ mm} \times 2.5 \text{ mm}$ 的尺寸，研磨其側表面，且以 Au 噴濺形成要將內電極交互短路的一對外電極（第一電極與第二電極），使得製造如圖 3B 所示的層疊壓電元件。

[0185] 觀察所得層疊壓電元件的內電極。結果，交互形成作為電極材料的 Ni 及壓電材料層。以在維持 150°C 的油浴中施以 2 kV/mm 的電場 30 分鐘，將所得的層疊壓電元件進行極化處理。評估所得的層疊壓電元件的壓電特性。結果，表現足夠的絕緣特性及獲得與實例 5 中的壓電元件等似的良好壓電特性。

實例 25

[0186] 使用實例 5 中的壓電元件，製造如圖 3A 及 3B 所示的液體射出頭。確認墨水的射出係依循輸入的電力訊號。

實例 26

[0187] 使用實例 25 中的液體射出頭，製造如圖 4 所示的液體射出設備。在記錄媒體上確認墨水的射出係依循輸入的電力訊號。

實例 27

[0188] 使用實例 5 中的壓電元件，製造如圖 6B 所示的超音波馬達。確認馬達的旋轉係依據施用的交流電電壓。

實例 28

[0189] 使用實例 27 中的超音波馬達，製造如圖 7A 及 7B 所示的光學設備。確認自動對焦的動作係依據施用的交流電電壓。

實例 29

[0190] 使用實例 5 中的壓電元件，製造如圖 9A 及 9B 所示的除塵設備。分佈塑膠珠及施用交流電電壓。結果，確認良好的除塵效率。

實例 30

[0191] 使用實例 29 中的除塵設備，製造如圖 12 所示的成像設備。因動作的結果，有利地移除成像元件單元表面上的灰塵，並獲得無灰塵缺陷的影像。

實例 31

[0192] 使用實例 23 中的層疊壓電元件，製造如圖 3A 及 3B 所示的液體射出頭。確認墨水的射出係依循輸入的電力訊號。

實例 32

[0193] 使用實例 31 中的液體射出頭，製造如圖 4 所示的液體射出設備。在記錄媒體上確認墨水的射出係依循輸入的電力訊號。

實例 33

[0194] 使用實例 23 中的層疊壓電元件，製造如圖 6B 所示的超音波馬達。確認馬達的旋轉係依據施用的交流電電壓。

實例 34

[0195] 使用實例 33 中的超音波馬達，製造如圖 7A 及 7B 所示的光學設備。確認自動對焦的動作係依據施用的交流電電壓。

實例 35

[0196] 使用實例 23 中的層疊壓電元件，製造如圖 9A 及 9B 所示的除塵設備。分佈塑膠珠及施用交流電電壓。結果，確認良好的除塵效率。

實例 36

[0197] 使用實例 35 中的除塵設備，製造如圖 12 所示的成像設備。因動作的結果，有利地移除成像元件單元

表面上的灰塵，並獲得無灰塵缺陷的影像。

實例 37

[0198] 使用實例 23 中的層疊壓電元件，製造如圖 14 所示的電子設備。確認喇叭的動作係依據施用的交流電壓。

[0199] 參考示範性實施態樣已說明本發明，應瞭解本發明不限於所揭示的示範性實施態樣。以下申請專利範圍的範圍係要符合最廣的解釋，以使包含所有該修改及等似的結構和功能。

工業可應用性

[0200] 如本發明之一態樣的壓電材料在高的環境溫度下也表現良好的壓電性。此外，不包括鉛，且所以對環境的負荷小。結果，如本發明之一態樣的壓電材料可大量地使用於包括該壓電材料的設備，例如液體射出頭、超音波馬達、及除塵設備皆無問題。

【符號說明】

[0201]

1：第一電極

2：壓電材料

3：第二電極

101：壓電元件

102：個別的液體槽
103：隔膜
104：液體槽隔板
105：射出孔口
106：連通孔
107：共同的液體槽
108：緩衝層
1011：第一電極
1012：壓電材料
1013：第二電極
200：快門單元
201：振動器
202：轉子
203：輸出軸
204：振動器
205：轉子
206：彈簧
2011：彈性環
2012：壓電元件
2013：有機黏著劑
2041：金屬彈性體
2042：層疊壓電元件
300：主體框架
310：除塵設備

- 320：隔膜
- 330：壓電元件
- 331：壓電材料
- 332：第一電極
- 333：第二電極
- 336：第一電極表面
- 337：第二電極表面
- 400：成像元件單元
- 51：第一電極
- 53：第二電極
- 54：壓電材料層
- 55：內電極
- 501：第一電極
- 503：第二電極
- 504：壓電材料層
- 505：內電極
- 506a：外電極
- 506b：外電極
- 601：相機主體
- 602：底座部分
- 605：鏡箱
- 606：主要鏡
- 701：前群組鏡
- 702：聚焦鏡

- 711：裝接及拆卸底座
- 712：固定筒
 - 712a：底座側末端表面
 - 712b：外直徑部分
- 713：直線導引筒
 - 713a：直線導引溝槽
 - 713b：周圍溝槽
- 714：前群組筒
- 715：凸輪環
 - 715a：凸輪溝槽
 - 715b：凹口部分
- 716：後群組筒
- 717a：凸輪滾軸
- 717b：凸輪滾軸
- 718：軸螺栓
- 719：滾軸
- 720：旋轉傳輸環
 - 720f：轉軸
- 722：滾軸軸承
 - 722a：大直徑部分
 - 722b：小直徑部分
- 724：手動對焦環
 - 724a：前側末端表面
 - 724b：底座側末端表面

724c：內部直徑

725：超音波馬達

725b：定子

725c：轉軸

726：波浪墊圈

727：珠球座圈

728：對焦楔

729：連接構件

732：墊圈

733：低摩擦薄片

881：液體射出設備

882：外蓋

883：外蓋

884：外蓋

885：外蓋

887：外蓋

890：回收部分

891：記錄部分

892：墨水匣

896：設備主體

897：自動饋入部分

898：排放口

899：輸送部分

901：光學設備

908 : 釋放按鈕

909 : 閃光燈發射部分

912 : 喇叭

914 : 麥克風

916 : 補光部分

931 : 主體

932 : 變焦桿

933 : 電源按鈕

申請專利範圍

1.一種壓電材料，其包含：

如下通式(1)所代表的金屬氧化物：

通式(1) $((\text{Na}_{1-z}\text{Li}_z)_x\text{Ba}_{1-y})(\text{Nb}_y\text{Ti}_{1-y})\text{O}_3$

(該式中， $0.70 \leq x \leq 0.99$ ， $0.75 \leq y \leq 0.99$ ，及
 $0 < z \leq 0.15$)；且

Cu 存在於該金屬氧化物的 A 位址 (A site) 的 Na/Li 位址或該金屬氧化物的顆粒邊界處 (grain boundary)，Cu 含量為相對於 1 莫耳金屬氧化物係 0.04 莫耳%或更高且 2.00 莫耳%或更低。

2.如申請專利範圍第 1 項之壓電材料，其中在該通式(1)中維持 $0.75 \leq y \leq 0.89$ 。

3.如申請專利範圍第 1 或 2 項中之壓電材料，其中在該通式(1)中維持 $x < y$ 。

4.一種壓電元件，其包含：

第一電極；

壓電材料部份；及

第二電極，

其中構成該壓電材料部份的壓電材料為如申請專利範圍第 1 或 2 項中之壓電材料。

5.一種層疊壓電元件，其中壓電材料層及包括內電極的電極為交互層疊，

其中構成該壓電材料層的壓電材料為如申請專利範圍第 1 或 2 項中之壓電材料。

6.如申請專利範圍第 5 項之層疊壓電元件，其中該內電極含有 Ag 及 Pd，且所含 Ag 的重量(M1)對所含 Pd 的重量(M2)的重量比例 $M1/M2$ 滿足 $1.5 \leq M1/M2 \leq 9.0$ 。

7.如申請專利範圍第 5 項之層疊壓電元件，其中該內電極含有 Ni 及 Cu 中之至少一類。

8.一種用於製造層疊壓電元件的方法，其包含如下步驟：

在步驟(A)中，將含有至少 Na、Li、Ba、Nb、Ti、及 Cu 的金屬化合物分散，以製造漿料；

在步驟(B)中，以該漿料製造緻密體；

在步驟(C)中，在該緻密體上形成電極；及

在步驟(D)中，將以該含有交互的金屬化合物及電極的緻密體層疊所形成的緻密體燒結，以製造層疊壓電元件，

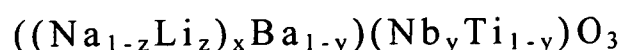
其中步驟(D)之該燒結溫度為 $1,200^{\circ}\text{C}$ 或更低；

其中該層疊壓電元件包含壓電材料層及包括內電極的電極，壓電材料層及包括內電極的電極為交互層疊；且

其中該構成壓電材料層的壓電材料包含：

如下通式(1)所代表的金屬氧化物：

通式(1)



(該式中， $0.70 \leq x \leq 0.99$ ， $0.75 \leq y \leq 0.99$ ，及 $0 < z \leq 0.15$)；且

Cu 存在於該金屬氧化物的 A 位址 (A site) 的 Na/Li

位址或該金屬氧化物的顆粒邊界處（grain boundary），Cu 含量為相對於 1 莫耳金屬氧化物係 0.04 莫耳%或更高且 2.00 莫耳%或更低。

9.一種液體射出頭，其包含：

設置含有如申請專利範圍第 4 項之壓電元件之振動部份的液體槽；及

連通該液體槽的射出孔口。

10.一種液體射出設備，其包含：

記錄媒體的輸送部份，及

如申請專利範圍第 9 項之液體射出頭。

11.一種超音波馬達，其包含：

含有如申請專利範圍第 4 項之壓電元件的振動構件，及

與該振動構件接觸的移動構件。

12.一種光學設備，其在驅動部份中包含如申請專利範圍第 11 項之超音波馬達。

13.一種振動設備，其在隔膜上包含含有如申請專利範圍第 4 項之壓電元件之振動構件。

14.一種除塵設備，其在振動部份中包含如申請專利範圍第 13 項之振動設備。

15.一種成像設備，其包含：

如申請專利範圍第 14 項之除塵設備，及成像元件單元，

其中該除塵設備的隔膜係配置在該成像元件單元的光

接收表面側。

16.一種電子設備，其包含設置如申請專利範圍第 4 項之壓電元件的壓電聲波組件。

17.一種液體射出頭，其包含：

設置含有如申請專利範圍第 5 項之層疊壓電元件的振動部份之液體槽，及

連通該液體槽的射出孔口。

18.一種液體射出設備，其包含：

記錄媒體的輸送部份，及

如申請專利範圍第 17 項之液體射出頭。

19.一種超音波馬達，其包含：

含有如申請專利範圍第 5 項之層疊壓電元件之振動構件，及

與該振動構件接觸的移動構件。

20.一種光學設備，其在驅動部份中包含如申請專利範圍第 19 項之超音波馬達。

21.一種振動設備，其在隔膜上包含含有如申請專利範圍第 5 項之層疊壓電元件之振動構件。

22.一種除塵設備，其在振動部份中包含如申請專利範圍第 21 項之振動設備。

23.一種成像設備，其包含：

如申請專利範圍第 22 項之除塵設備，及

成像元件單元，

其中該除塵設備的隔膜係配置在該成像元件單元的光

接收表面側。

24.一種電子設備，其包含設置如申請專利範圍第 5 項之層疊壓電元件之壓電聲波組件。

圖式

圖 1

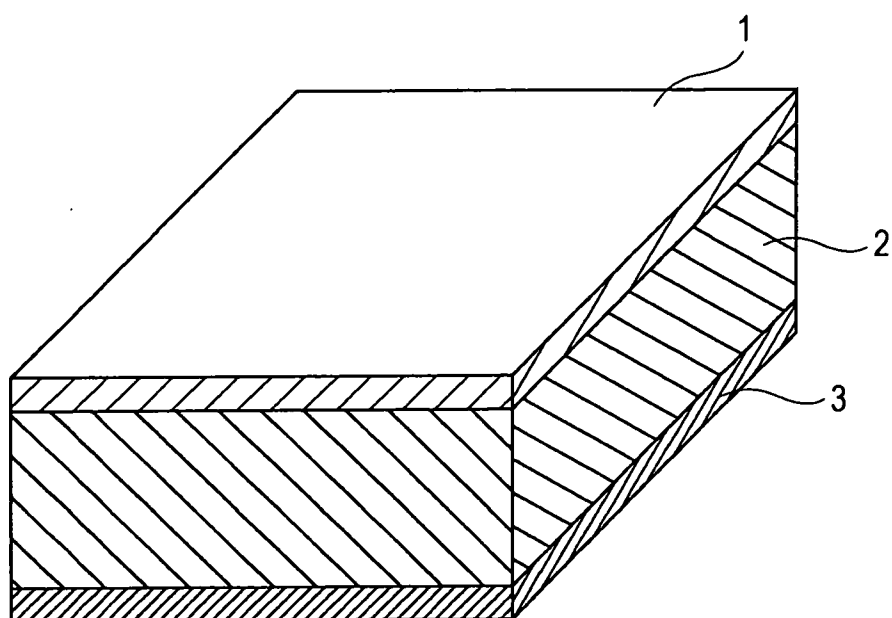


圖 2A

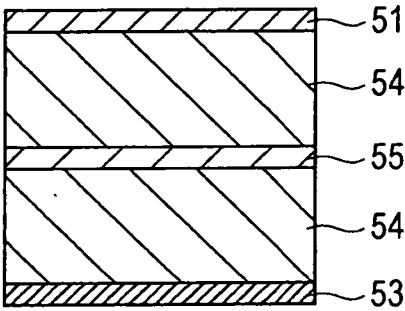


圖 2B

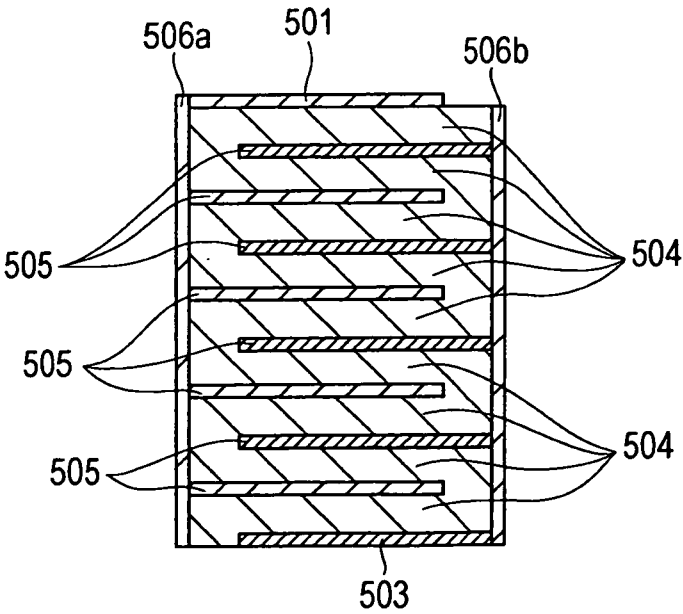


圖 3A

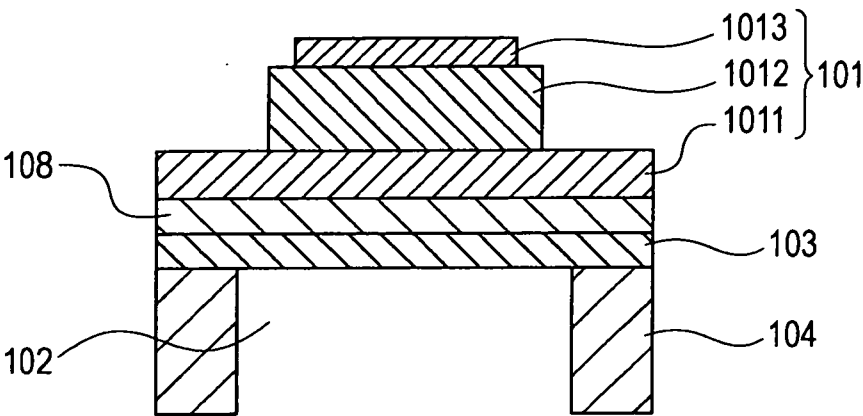


圖 3B

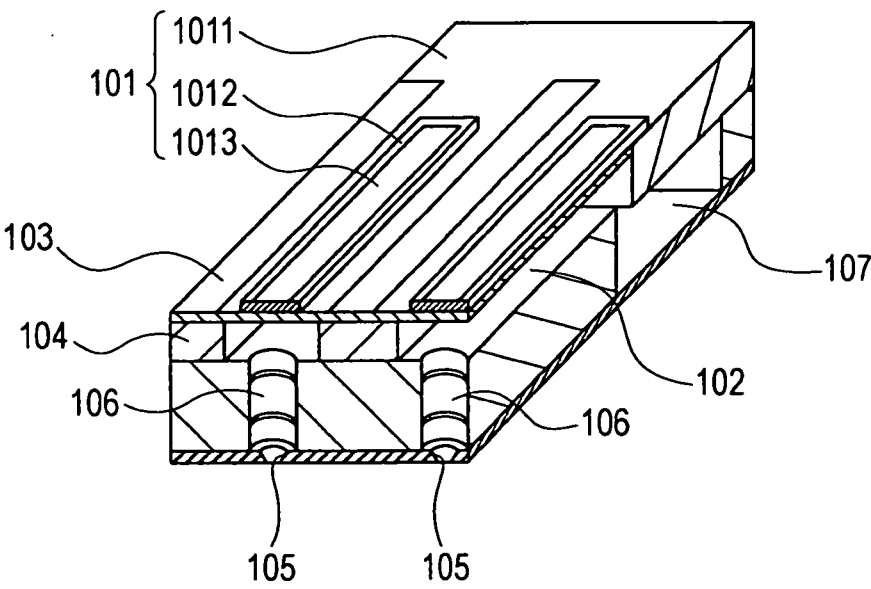


圖 4

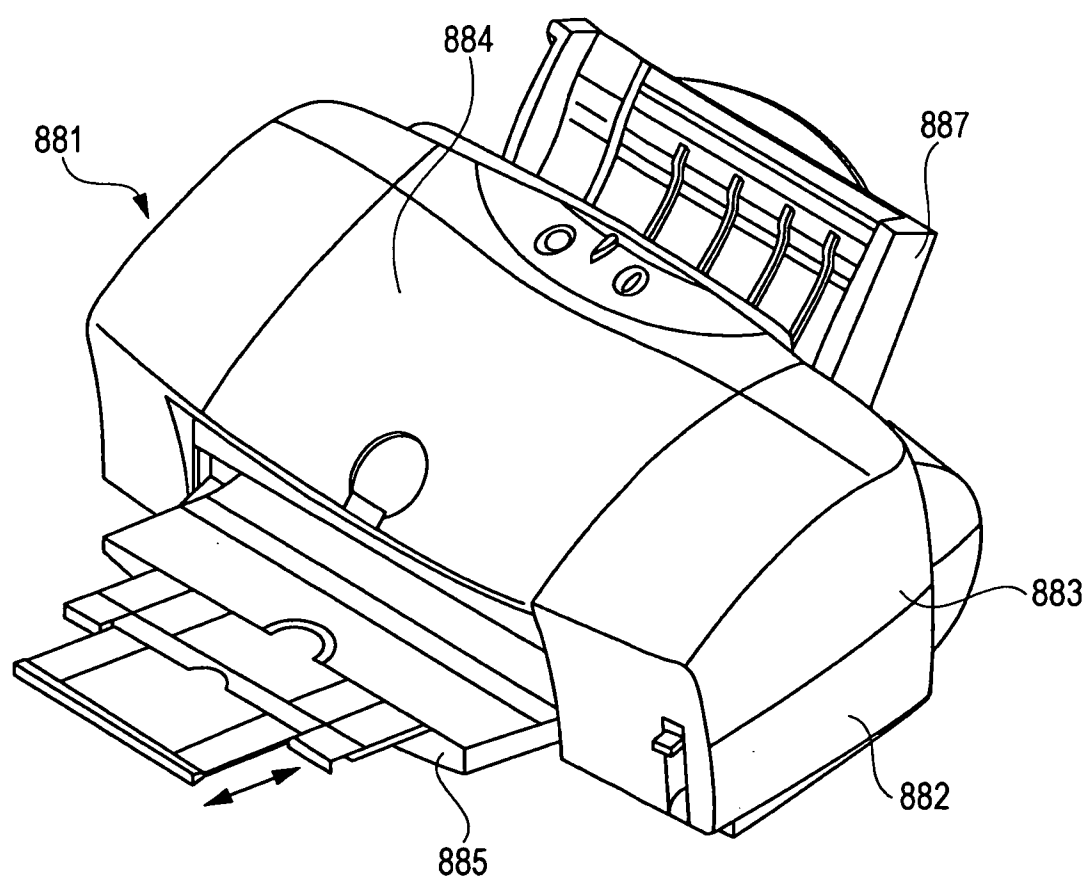


圖 5

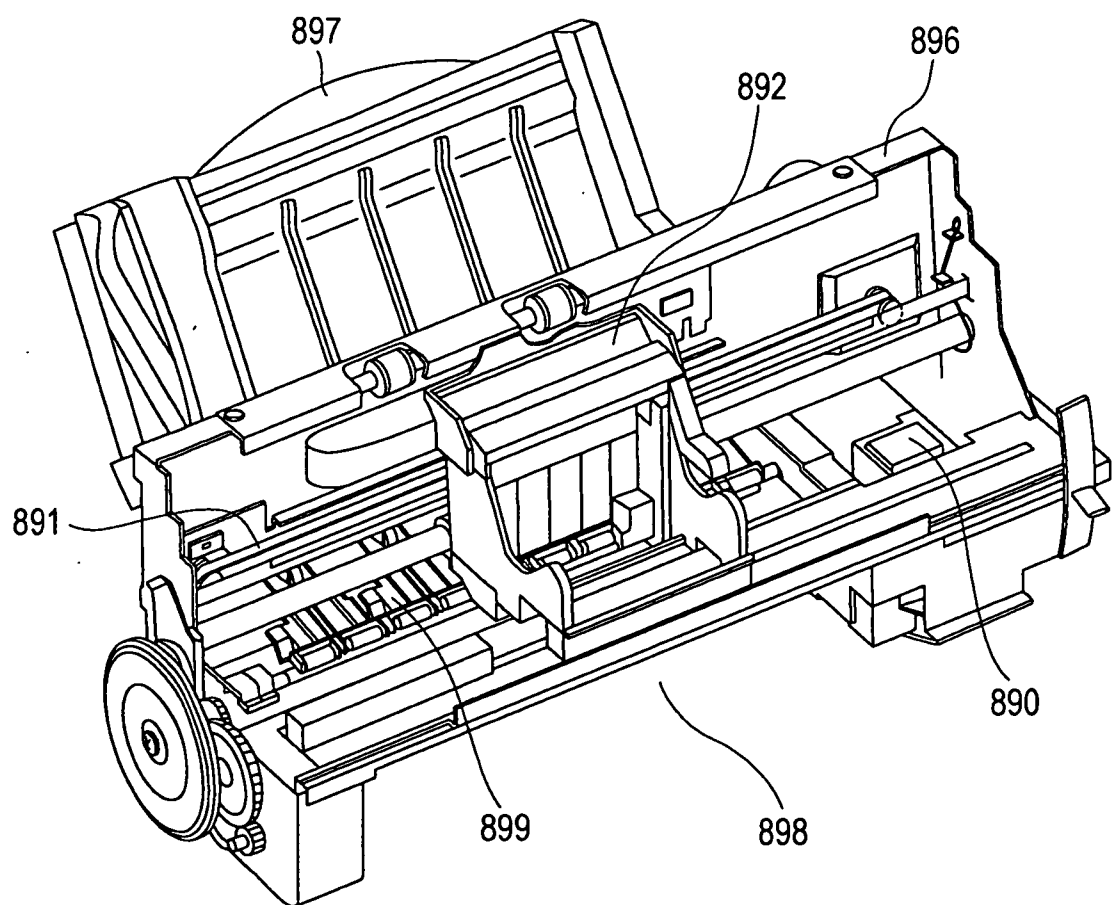


圖 6A

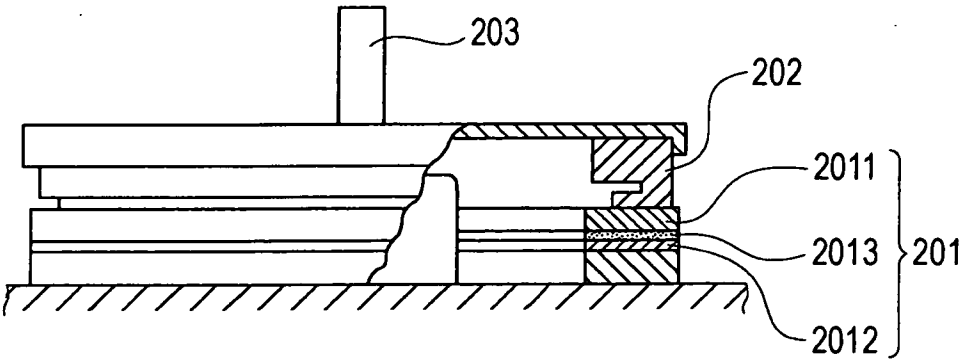


圖 6B

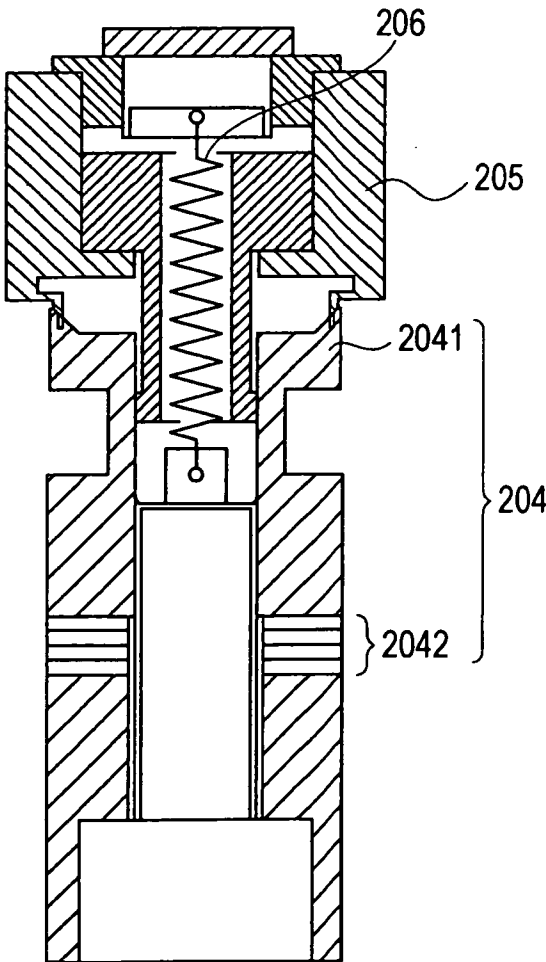


圖 7A

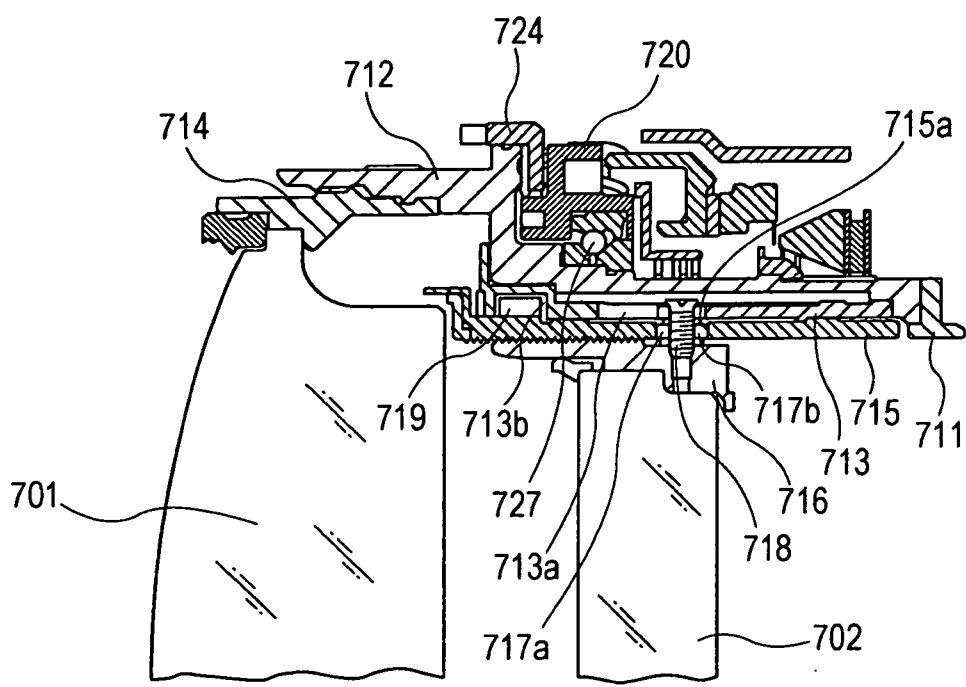


圖 7B

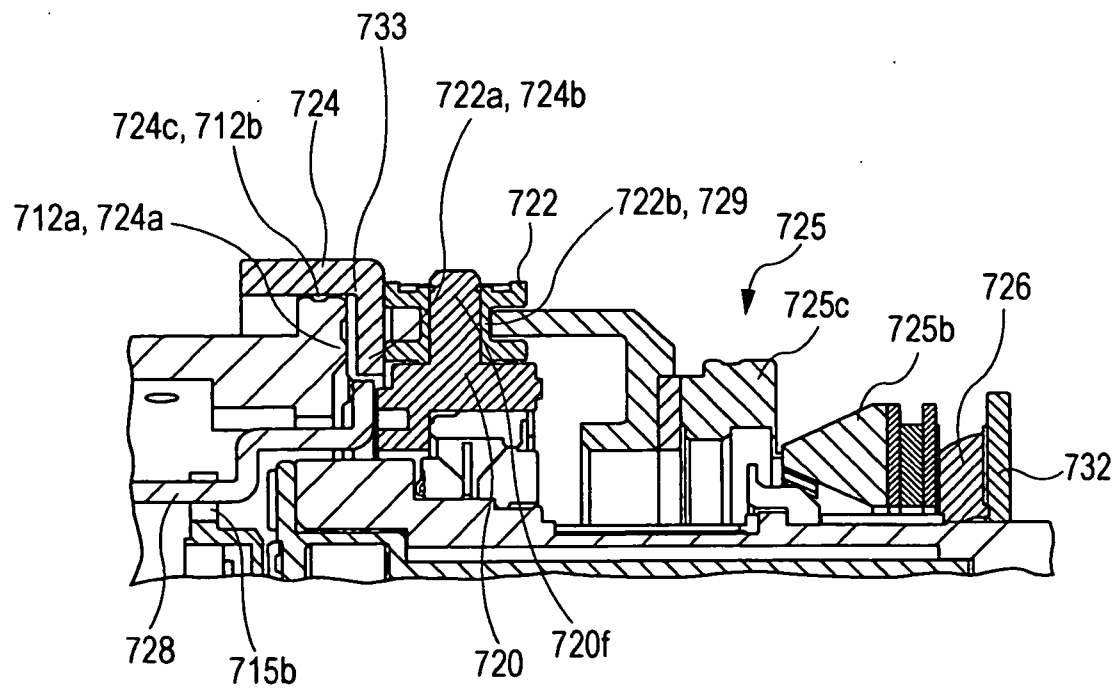


圖 8

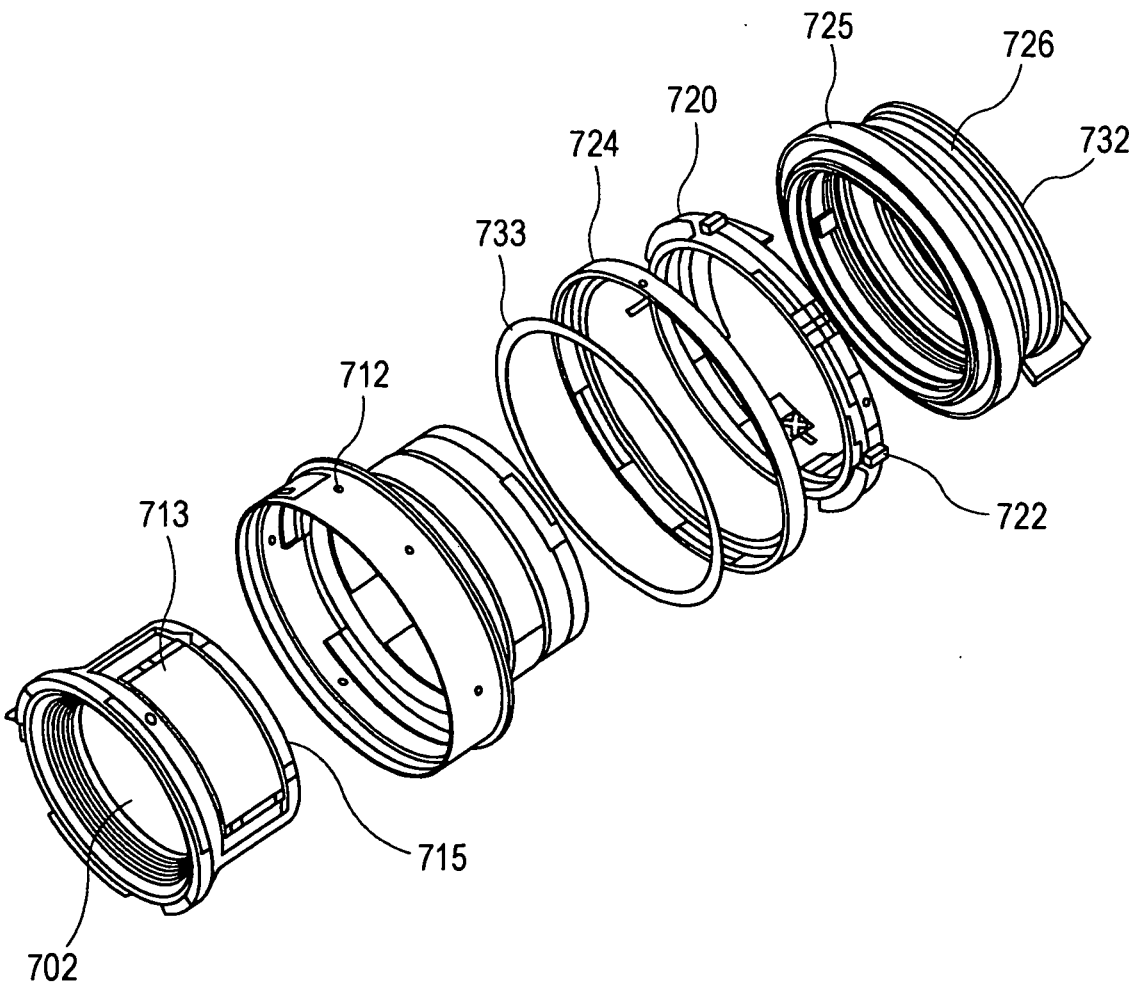


圖 9A

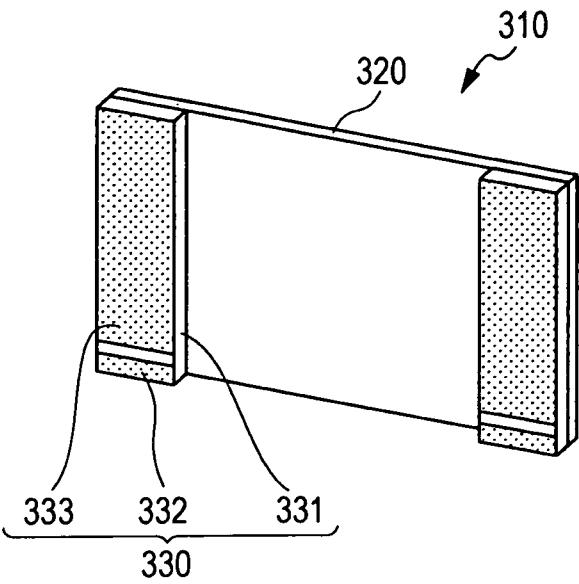


圖 9B

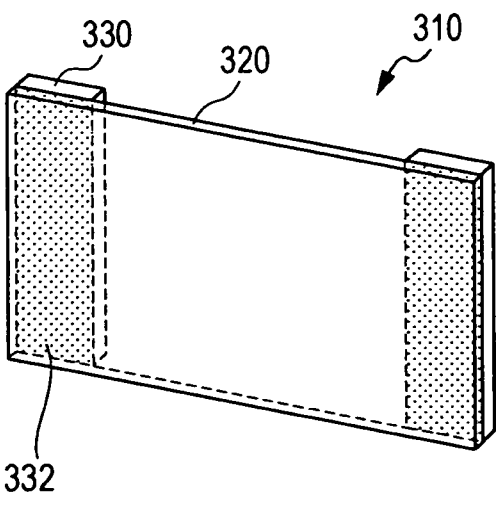


圖 10A

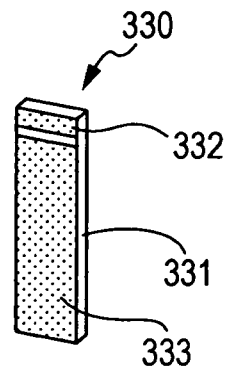


圖 10B

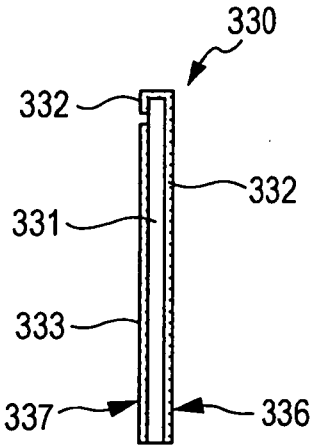


圖 10C

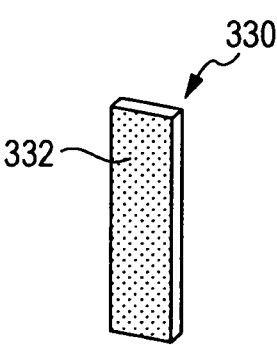


圖 11A

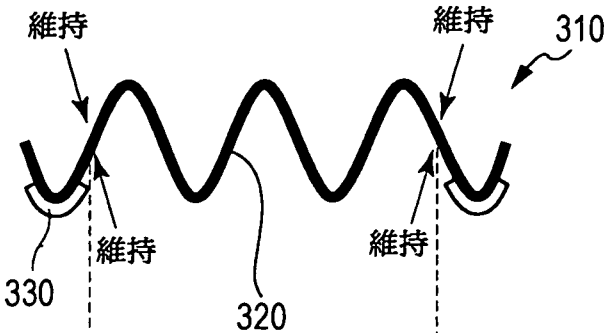
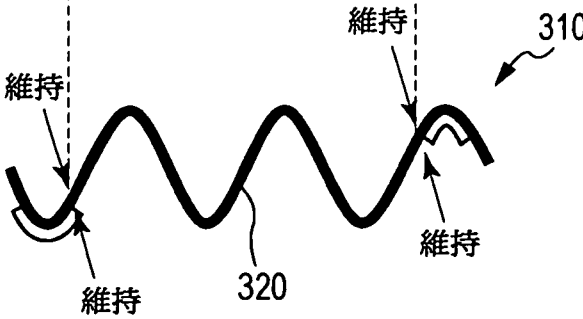


圖 11B



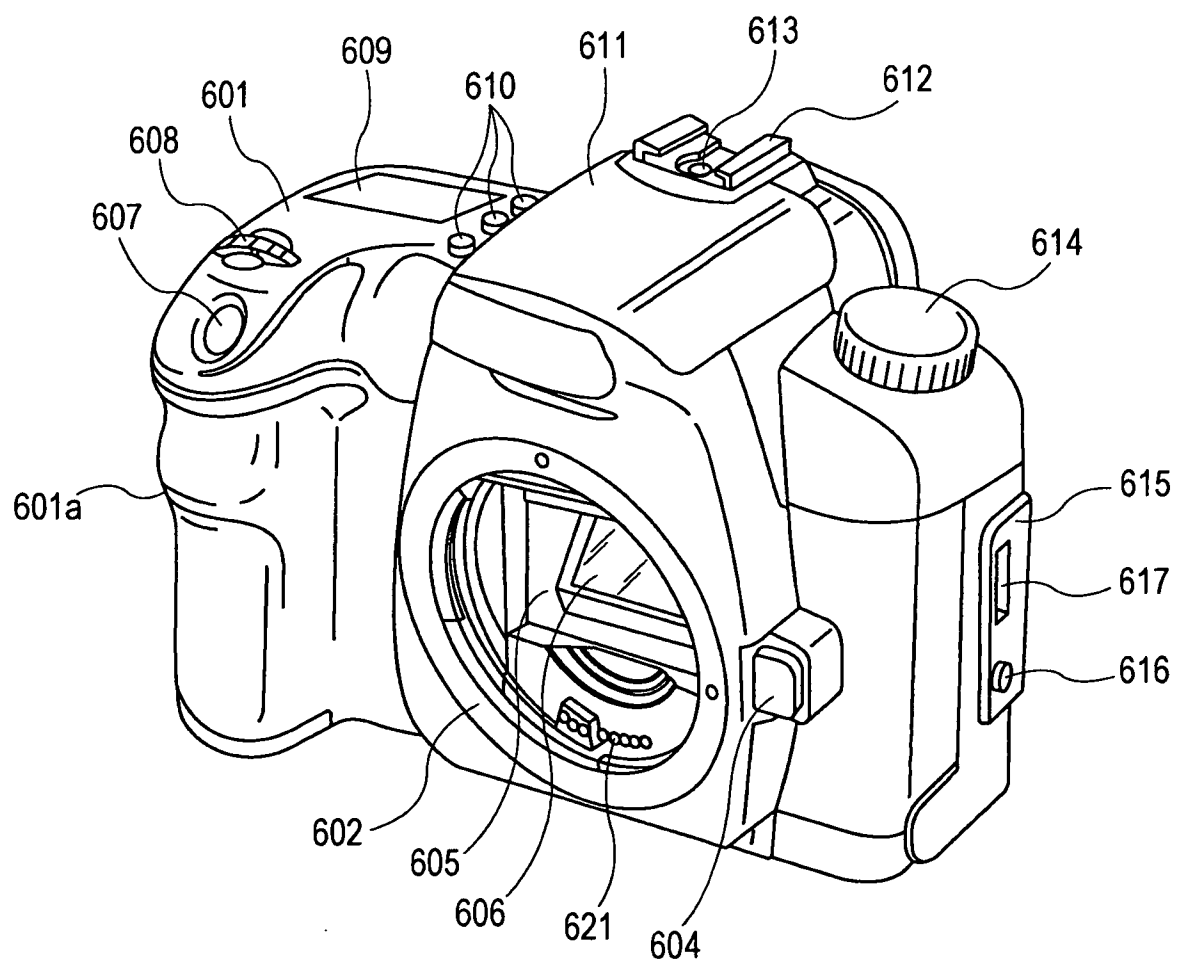


圖 13

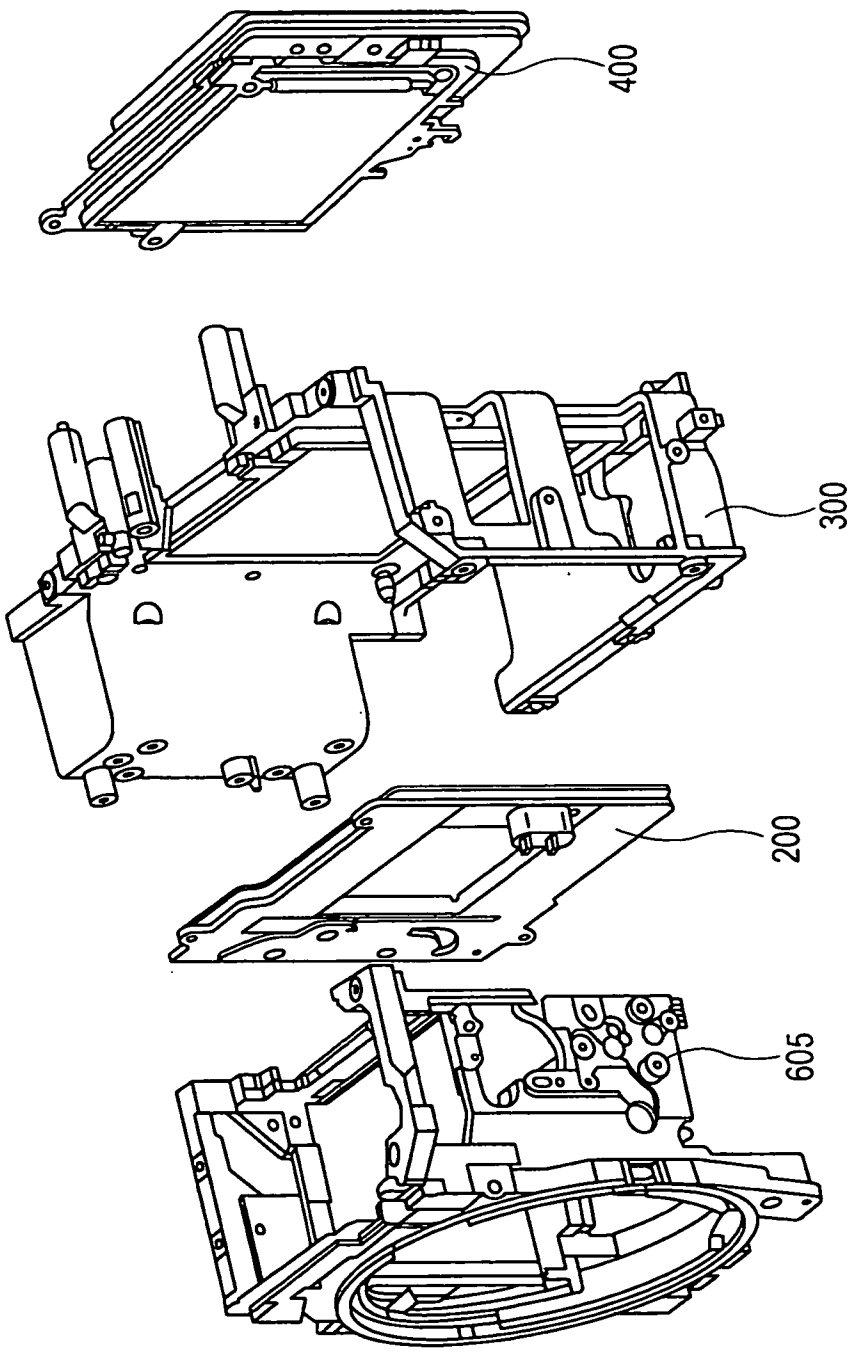


圖 14

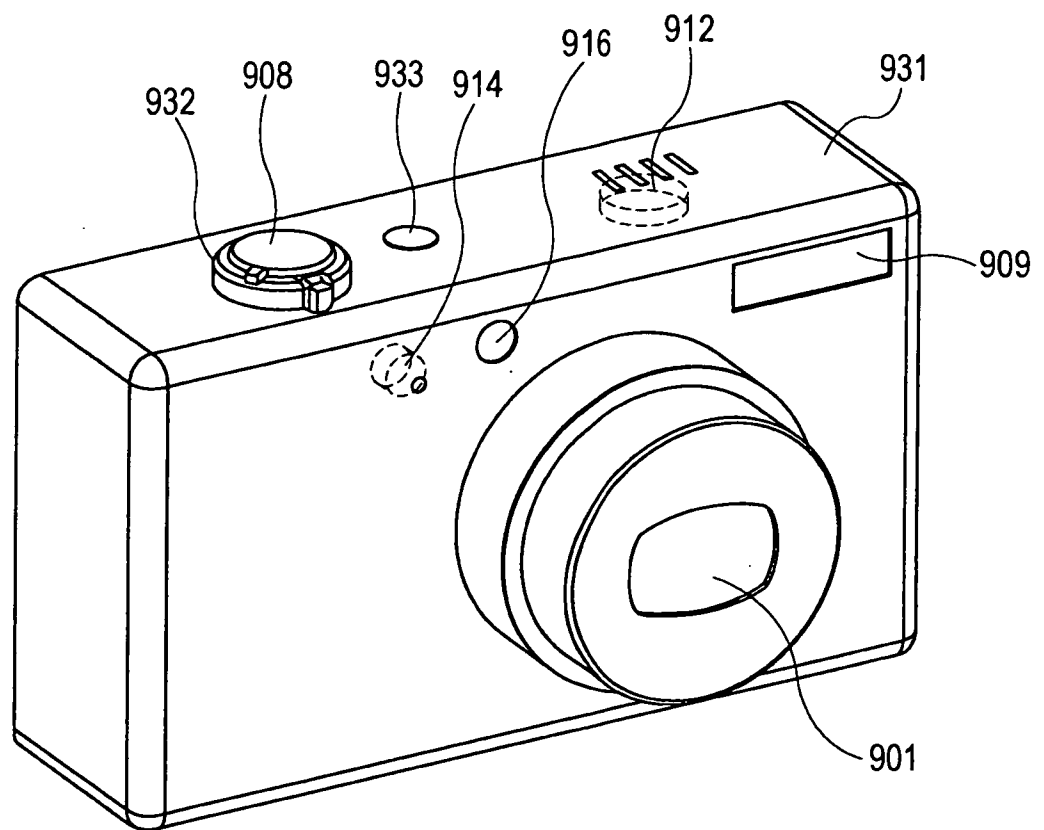


圖 15

