(19)中華民國智慧財產局
(12)發明說明書公開本 (11)公開編號：TW 201419595 A
(43)公開日： 中華民國 103 (2014) 年 05 月 16 日

(21)申請案號：102137323 (22)申請日： 中華民國 102 (2013) 年 10 月 16 日
(51)Int. Cl.： *H01L41/187 (2006.01)*
(30)優先權：2012/11/02 日本 2012-242894
(71)申請人：佳能股份有限公司 (日本) CANON KABUSHIKI KAISHA (JP)
日本
(72)發明人：小山信也 KOYAMA, SHINYA (JP) ；清水康志 SHIMIZU, YASUSHI (JP) ；久保田純 KUBOTA, MAKOTO (JP) ；上林彰 UEBAYASHI, AKIRA (JP) ；田中秀典 TANAKA, HIDENORI (JP)
(74)代理人：林志剛
申請實體審查：有 申請專利範圍項數：23 項 圖式數：15 共 87 頁

(54)名稱

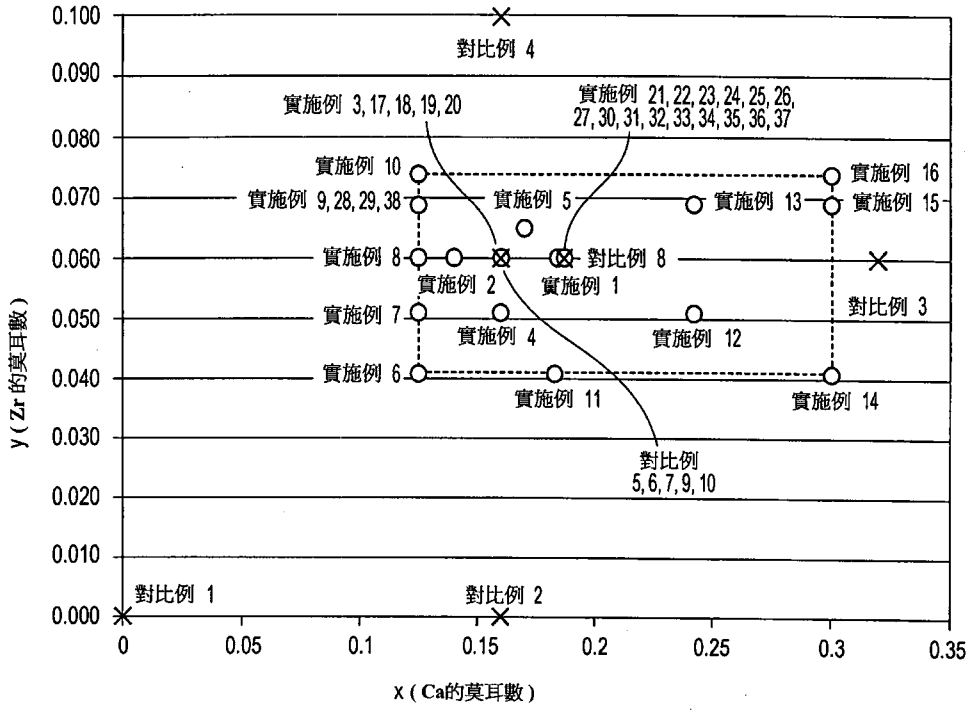
壓電材料、壓電元件、及電子裝置

PIEZOELECTRIC MATERIAL, PIEZOELECTRIC ELEMENT, AND ELECTRONIC APPARATUS

(57)摘要

本發明提供了一種在寬廣的實際使用溫度範圍內具有令人滿意並且穩定的介電常數和機械品質因子的無鉛壓電材料。所述壓電材料包括由式(1)表示的鈣鈦礦型金屬氧化物：$(Ba_{1-x}Ca_x)_a(Ti_{1-y}Zr_y)O_3$(其中 $1.00 \leqq a \leqq 1.01$，$0.125 \leqq x \leqq 0.300$，並且 $0.041 \leqq y \leqq 0.074$)，Mn 和 Mg。基於以金屬為基礎的 100 重量份的鈣鈦礦型金屬氧化物，Mn 的含量為 0.12 重量份或更多並且 0.40 重量份或更少。基於以金屬為基礎的 100 重量份的鈣鈦礦型金屬氧化物，Mg 的含量為 0.10 重量份或更少(排除 0 重量份)。

圖 15


0.100
0.090
0.080
0.070
0.060
0.050
0.040
0.030
0.020
0.010
0.000
y (Zr 的莫耳數)
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
0.35
x (Ca的莫耳數)
對比例 4
實施例 3, 17, 18, 19, 20
實施例 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37
實施例 10
實施例 16
實施例 9, 28, 29, 38
實施例 5
實施例 13
實施例 15
實施例 8
對比例 8
實施例 2
實施例 1
對比例 3
實施例 7
實施例 4
實施例 12
實施例 6
實施例 11
實施例 14
對比例 5, 6, 7, 9, 10
對比例 1
對比例 2

(19)中華民國智慧財產局
(12)發明說明書公開本 (11)公開編號：TW 201419595 A
(43)公開日： 中華民國 103 (2014) 年 05 月 16 日

(21)申請案號：102137323 (22)申請日： 中華民國 102 (2013) 年 10 月 16 日
(51)Int. Cl.： *H01L41/187 (2006.01)*
(30)優先權：2012/11/02 日本 2012-242894
(71)申請人：佳能股份有限公司 (日本) CANON KABUSHIKI KAISHA (JP)
日本
(72)發明人：小山信也 KOYAMA, SHINYA (JP) ；清水康志 SHIMIZU, YASUSHI (JP) ；久保田純 KUBOTA, MAKOTO (JP) ；上林彰 UEBAYASHI, AKIRA (JP) ；田中秀典 TANAKA, HIDENORI (JP)
(74)代理人：林志剛
申請實體審查：有 申請專利範圍項數：23 項 圖式數：15 共 87 頁

(54)名稱

壓電材料、壓電元件、及電子裝置

PIEZOELECTRIC MATERIAL, PIEZOELECTRIC ELEMENT, AND ELECTRONIC APPARATUS

(57)摘要

本發明提供了一種在寬廣的實際使用溫度範圍內具有令人滿意並且穩定的介電常數和機械品質因子的無鉛壓電材料。所述壓電材料包括由式(1)表示的鈣鈦礦型金屬氧化物：$(Ba_{1-x}Ca_x)_a(Ti_{1-y}Zr_y)O_3$(其中 $1.00 \leqq a \leqq 1.01$，$0.125 \leqq x \leqq 0.300$，並且 $0.041 \leqq y \leqq 0.074$)，Mn 和 Mg。基於以金屬為基礎的 100 重量份的鈣鈦礦型金屬氧化物，Mn 的含量為 0.12 重量份或更多並且 0.40 重量份或更少。基於以金屬為基礎的 100 重量份的鈣鈦礦型金屬氧化物，Mg 的含量為 0.10 重量份或更少(排除 0 重量份)。

發明摘要

※申請案號：102137323

※申請日：102年10月16日　※IPC分類：H01L 41/187 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

壓電材料、壓電元件、及電子裝置

Piezoelectric material, piezoelectric element, and electronic apparatus

【中文】

本發明提供了一種在寬廣的實際使用溫度範圍內具有令人滿意並且穩定的介電常數和機械品質因子的無鉛壓電材料。所述壓電材料包括由式（1）表示的鈣鈦礦型金屬氧化物：$(Ba_{1-x}Ca_x)_a(Ti_{1-y}Zr_y)O_3$（其中 $1.00\leq a\leq 1.01$，$0.125\leq x\leq 0.300$，並且 $0.041\leq y\leq 0.074$），Mn和Mg。基於以金屬爲基礎的100重量份的鈣鈦礦型金屬氧化物，Mn的含量爲0.12重量份或更多並且0.40重量份或更少。基於以金屬爲基礎的100重量份的鈣鈦礦型金屬氧化物，Mg的含量爲0.10重量份或更少（排除0重量份）。

5

【英文】

Provided is a lead-free piezoelectric material having satisfactory and stable piezoelectric constant and mechanical quality factor in a wide practical use temperature range. The piezoelectric material includes a perovskite-type metal oxide represented by Formula (1): $(Ba_{1-x}Ca_x)_a(Ti_{1-y}Zr_y)O_3$ (wherein, $1.00 \leq a \leq 1.01$, $0.125 \leq x \leq 0.300$, and $0.041 \leq y \leq 0.074$), Mn, and Mg. The content of Mn is 0.12 parts by weight or more and 0.40 parts by weight or less based on 100 parts by weight of the perovskite-type metal oxide on a metal basis. The content of Mg is 0.10 parts by weight or less (excluding 0 part by weight) based on 100 parts by weight of the perovskite-type metal oxide on a metal basis.

【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

(本申請書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

壓電材料、壓電元件、及電子裝置

Piezoelectric material, piezoelectric element, and electronic apparatus

【技術領域】

[0001] 本發明涉及壓電材料，特別是無鉛壓電材料。本發明還涉及壓電元件、多層壓電元件、液體排出頭、液體排出裝置、超音波馬達、光學設備、振動裝置、除塵裝置、影像擷取裝置和電子設備，每個均包括所述壓電材料。

【先前技術】

[0002] 通常，壓電材料爲 ABO_3 鈣鈦礦型金屬氧化物，例如鋯鈦酸鉛（以下稱爲“PZT”）。然而，由於 PZT 包含作爲 A 位元點元素的鉛，因而其對環境的影響是有爭議的。因此，需要具有無鉛鈣鈦礦型金屬氧化物的壓電材料。

[0003] 已知鈦酸鋇爲具有無鉛鈣鈦礦型金屬氧化物的壓電材料。此外，爲了改進壓電材料的特性，開發了其基本組成爲鈦酸鋇的材料。日本專利公開案 2009-215111 號公開了一種藉由用 Ca 取代鈦酸鋇的一部分 A 位點並且用 Zr 取代一部分 B 位點而具有改進的壓電性質的材料。

然而，這樣的材料具有低的居里溫度（Curie temperature），例如 80℃或更低，並且因而在高溫環境下，例如在夏天的汽車裡，引起去極化，從而降低壓電性質。此外，由於機械品質因子低，因而當施加直流電壓時傾向於發生去極化。

[0004] 日本專利公開案 2011-032111 號公開了一種材料，其中用 Ca 取代鈦酸鋇的一部分 A 位點並且還向其中添加了 Mn、Fe 或 Cu。儘管與鈦酸鋇相比這樣的材料具有優異的機械品質因子，但壓電性質低以致需要高電壓來驅動所得的元件。

【發明內容】

[0005] 本發明提供了在寬廣的實際使用溫度範圍內具有令人滿意並且穩定的壓電常數和機械品質因子的無鉛壓電材料。

[0006] 本發明還提供了壓電元件、多層壓電元件、液體排出頭、液體排出裝置、超音波馬達、光學設備、振動裝置、除塵裝置、影像擷取裝置和電子設備，每個均包括所述壓電材料。

[0007] 根據本發明的壓電材料包括由式（1）表示的鈣鈦礦型金屬氧化物：

$(Ba_{1-x}Ca_x)_a(Ti_{1-y}Zr_y)O_3$（其中 $1.00 \leq a \leq 1.01$，$0.125 \leq x \leq 0.300$，並且 $0.041 \leq y \leq 0.074$），

以及 Mn 和 Mg，其中基於以金屬爲基礎的 100 重量份的

鈣鈦礦型金屬氧化物，Mn 的含量爲 0.12 重量份或更多並且 0.40 重量份或更少；並且基於以金屬爲基礎的 100 重量份的鈣鈦礦型金屬氧化物，Mg 的含量爲 0.10 重量份或更少（排除 0 重量份）。

[0008] 根據本發明的壓電元件至少包括第一電極、壓電材料和第二電極，其中所述壓電材料是上面描述的壓電材料。

[0009] 根據本發明的多層壓電元件由交替堆疊的壓電材料層和包括內電極的電極層構成，其中所述壓電材料層由上面描述的壓電材料製得。

[0010] 根據本發明的液體排出頭至少包括提供有振動單元的液體室和與液體室連通的排出口，所述振動單元包括上面描述的壓電元件或多層壓電元件。

[0011] 根據本發明的液體排出裝置包括用於傳送轉移物體的傳送單元和上面描述的液體排出頭。

[0012] 根據本發明的超音波馬達至少包括振動部件和與振動部件接觸的可移動部件，所述振動部件包括上面描述的壓電元件或多層壓電元件。

[0013] 根據本發明的光學設備包括提供有上面描述的超音波馬達的驅動單元。

[0014] 根據本發明的振動裝置包括提供有上面描述的壓電元件或多層壓電元件的振動部件。

[0015] 根據本發明的除塵裝置包括在隔膜中提供有上面描述的振動裝置的振動單元。

[0016] 根據本發明的影像擷取裝置至少包括上面描述的除塵裝置和影像擷取元件單元，其中在相同的軸上佈置除塵裝置的隔膜和影像擷取元件單元的光接收表面，並且在影像擷取元件單元的光接收表面側上佈置除塵裝置。

[0017] 根據本發明的電子設備包括提供有上面描述的壓電元件或多層壓電元件的壓電聲學部件。

[0018] 參考圖式由以下示例性實施方案的描述，本發明的其他特徵將變得顯而易見。

【圖式簡單說明】

[0019] 圖 1 是示出本發明的壓電元件結構的一種實施方案的示意圖。

[0020] 圖 2A 和 2B 是示出本發明的多層壓電元件結構的一種實施方案的橫截面示意圖。

[0021] 圖 3A 和 3B 是示出本發明的液體排出頭結構的一種實施方案的示意圖。

[0022] 圖 4 是示出本發明的液體排出裝置的一種實施方案的示意圖。

[0023] 圖 5 是示出本發明的液體排出裝置的一種實施方案的示意圖。

[0024] 圖 6A 和 6B 是示出本發明的超音波馬達結構的一種實施方案的示意圖。

[0025] 圖 7A 和 7B 是示出本發明的光學設備的一種實施方案的示意圖。

[0026] 圖 8 是示出本發明的光學設備的一種實施方案的示意圖。

[0027] 圖 9A 和 9B 是示出當本發明的振動裝置用作除塵裝置時的一種實施方案的示意圖。

[0028] 圖 10A-10C 是示出本發明的除塵裝置中的壓電元件結構的示意圖。

[0029] 圖 11A 和 11B 是示出本發明的除塵裝置的振動原理的示意圖。

[0030] 圖 12 是示出本發明的影像擷取裝置的一種實施方案的示意圖。

[0031] 圖 13 是示出本發明的影像擷取裝置的一種實施方案的示意圖

[0032] 圖 14 是示出本發明的電子設備的一種實施方案的示意圖。

[0033] 圖 15 是示出本發明的實施例和對比例的壓電材料中式（1）的 x 值與 y 值之間關係的相圖。

【實施方式】

[0034] 下面描述本發明的實施方案。

[0035] 根據本發明的壓電材料包括由式（1）表示的鈣鈦礦型金屬氧化物：

$(Ba_{1-x}Ca_x)_a(Ti_{1-y}Zr_y)O_3$（其中 $1.00 \leq a \leq 1.01$，$0.125 \leq x \leq 0.300$，並且 $0.041 \leq y \leq 0.074$），

以及 Mn 和 Mg，其中基於以金屬爲基礎的 100 重量份的

鈣鈦礦型金屬氧化物，Mn 的含量爲 0.12 重量份或更多並且 0.40 重量份或更少；並且基於以金屬爲基礎的 100 重量份的鈣鈦礦型金屬氧化物，Mg 的含量爲 0.10 重量份或更少（排除 0 重量份）。

[0036] 在本發明中，鈣鈦礦型金屬氧化物意指具有鈣鈦礦結構的金屬氧化物，如 Iwanami Dictionary of Physics and Chemistry，第 5 版（Iwanami Shoten，1998 年 2 月 20 日出版）中描述的，其理想地爲立方晶體結構。具有鈣鈦礦型結構的金屬氧化物通常由化學式：ABO_3 表示。在鈣鈦礦型金屬氧化物中，元素 A 和 B 以離子形式佔據特定的晶胞位置，分別稱爲 A 位點和 B 位點。例如，在立方晶體晶胞中，元素 A 位於立方的頂點，並且元素 B 位於立方的體心位置。元素 O 以氧的陰離子形式佔據面心位置。

[0037] 在由式（1）表示的金屬氧化物中，位於鈣鈦礦型結構的 A 位元點的金屬元素爲 Ba 和 Ca，並且位於 B 位點的金屬元素爲 Ti 和 Zr。然而一部分 Ba 和 Ca 原子可位於 B 位點處。類似地，一部分 Ti 和 Zr 原子可位於 A 位點處。

[0038] 鈣鈦礦結構的 B 位元點上的元素與式（1）中的元素 O 的莫耳比基本上爲 1:3，但是只要鈣鈦礦結構爲金屬氧化物的主相，該莫耳比可略微偏移（例如在 1.00：2.94 至 1.00：3.06 的範圍內）。這樣的情況包括在本發明的範圍內。

[0039] 藉由結構分析，例如 X 射線衍射或電子束衍射，可決定金屬氧化物的鈣鈦礦結構。

[0040] 根據本發明的壓電材料可以爲任何形式，例如陶瓷、粉末、單晶、膜或漿料，並且特別是可以爲陶瓷形式。本說明書中術語“陶瓷”意指晶粒的聚集體（也稱爲塊體），其基礎組份爲藉由所謂的多晶燒製而硬化的金屬氧化物。所述陶瓷包括燒結後加工的陶瓷。

[0041] 在式（1）中，“a”表示鈣鈦礦結構中 A 位元點處的 Ba 和 Ca 的莫耳量與 B 位點處的 Ti 和 Zr 的莫耳量的比例，並且處於 $1.00 \leq a \leq 1.01$ 的範圍。如果“a”的值小於 1.00，則晶粒傾向於異常生長從而降低材料的機械強度。反之，如果“a”的值大於 1.01，晶體生長所必需的溫度太高，這使得在通常的燒製爐中燒結變得不可能。本文中，“不可能被燒結”是指沒有獲得充分的密度或者是指在壓電材料中形成大量的孔隙或缺陷。據認爲作爲輔助成分的 Mn 大部分位於鈣鈦礦型結構的 B 位元點處。因此，“a”值應隨著 Mn 含量的增加而增加。

[0042] 在式（1）中，“x”表示鈣鈦礦型結構的 A 位元點處的 Ca 的莫耳比，並且處於 $0.125 \leq x \leq 0.300$ 的範圍。小於 0.125 的“x”值引起在驅動溫度範圍內晶體結構的相轉變，從而不利地影響耐久性，然而大於 0.300 的“x”值無法提供充足的壓電性質。Ca 的莫耳比“x”可處於 $0.130 \leq x \leq 0.200$ 的範圍。

[0043] 在式（1）中，“y”表示 B 位點處的 Zr 的莫耳

比，並且處於 0.041≤y≤0.074 的範圍。小於 0.041 的“y”值無法提供充足的壓電性質，然而大於 0.074 的“y”值得到低於 100℃的居里溫度（Tc），從而在高溫下喪失壓電性質。Zr 的莫耳比“y”可處於 0.051≤y≤0.069 的範圍。

[0044] 本說明書中，術語“居里溫度（Tc）”意指在該溫度下喪失材料的鐵電性質的溫度。通常，在 Tc 或更高的溫度下還喪失壓電材料的壓電性質。藉由改變溫度而直接測量喪失鐵電性的溫度或者從顯示最大相對介電常數的溫度（藉由改變溫度用小交流電場測量相對介電常數來決定），可決定 Tc。

[0045] 可藉由任何方法測量根據本發明的壓電材料的組成。所述方法的實例包括 X 射線螢光分析、ICP 發射光譜分析和原子吸收光譜。任何這些方法可計算壓電材料中所包含的每種元素的重量比和組成比。

Mn 組分

[0046] 基於以金屬爲基礎的 100 重量份的鈣鈦礦型金屬氧化物，本發明的壓電材料中所包含的 Mn 含量爲 0.12 重量份或更多並且爲 0.40 重量份或更少。包含處於上述範圍的 Mn 的壓電材料可具有改進的壓電常數、絕緣性質和機械品質因子。本文中，機械品質因子表示當將壓電材料以振盪器形式評價時源自振動的彈性損失。機械品質因子的值以阻抗測量中之共振曲線的銳度（sharpness）檢測。即，機械品質因子表示振盪器共振的銳度。當藉由

施加電壓來驅動包括壓電材料的壓電元件時，高絕緣性質和高機械品質因子確保了長期可靠性。本文中，顯示 Mn 含量的術語“以金屬爲基礎”表示藉由例如 X 射線螢光分析（XRF）、ICP 發射光譜分析或原子吸收光譜測量壓電材料的金屬 Ba、Ca、Ti、Zr、Mg 和 Mn 的含量，將由式（1）表示的金屬氧化物中所包含的元素的含量轉換成元素的氧化物的含量並且計算 Mn 金屬的重量與氧化物的總重量（假設爲 100）的比例而決定的值。小於 0.12 重量份的 Mn 的含量將機械品質因子降低至小於 400。低的機械品質因子增加了用於驅動使用包括壓電材料的壓電元件的共振裝置的電消耗。共振裝置中要使用的壓電材料的機械品質因子應爲 800 或更多，例如 1000 或更多。在該範圍內，在實際的驅動中沒有發生電消耗的顯著增加。反之，如果 Mn 的含量高於 0.40 重量份，例如無助於壓電性質的六方晶體結構似乎顯著降低壓電性質。基於以金屬爲基礎的 100 重量份之由式（1）表示的金屬氧化物，Mn 的含量可爲 0.20 重量份或更多並且可爲 0.40 重量份或更少。

[0047] Mn 可僅存在於 B 位點處。Mn 的原子價可爲 4+。通常，Mn 的原子價可爲 4+、2+或 3+。當晶體包含傳導電子時（例如具有氧缺陷的晶體的情況或由供體元素佔據的 A 位元點的情況），藉由將 Mn 的原子價從 4+降低至 3+或降低至 2+來捕獲傳導電子以增強絕緣電阻。此外，從離子半徑的角度來看，具有 4+的原子價的 Mn 可容易地取代 Ti（Ti 是 B 位點的主要組分）。反之，當 Mn

的原子價低於 4+（例如 2+）時，Mn 充當受體。如果 Mn 作爲受體存在於鈣鈦礦型結構晶體中，則在晶體中產生空穴，或者在晶體中形成氧空位。

[0048] 如果壓電材料中所包含的大部分 Mn 原子具有 2+或 3+的原子價，僅藉由引入氧空位沒有完全補償空穴，導致絕緣電阻降低。因此，大部分 Mn 原子應具有 4+的原子價。然而，顯著少量的具有低於 4+的原子價的 Mn 原子可作爲受體存在於鈣鈦礦型結構的 B 位元點處並且可形成氧空位。具有 2+或 3+的 Mn 和氧空位形成缺陷偶極以增強壓電材料的機械品質因子。

Mg 組分

[0049] 基於以金屬爲基礎的 100 重量份的鈣鈦礦型金屬氧化物，本發明的壓電材料中所包含的 Mg 的含量爲 0.10 重量份或更少（排除 0 重量份）。包含處於上述範圍內的 Mg 的壓電材料可具有改進的機械品質因子和力因子。本文中，力因子由壓電常數（d_{31}）和楊式模量（Y_{11}）的乘積（$|d_{31}\times Y_{11}|$）表示並且表示產生壓電應變的力。

[0050] 本文中，顯示 Mg 含量的術語“以金屬爲基礎”表示藉由例如 X 射線螢光分析（XRF）、ICP 發射光譜分析或原子吸收光譜測量壓電材料的金屬 Ba、Ca、Ti、Zr、Mn 和 Mg 的含量，將由式（1）表示的金屬氧化物中所包含的元素含量轉換成元素氧化物的含量並且計算 Mg

金屬的重量與氧化物的總重量（假設爲 100）的比例而決定的值。

[0051] 超過 0.10 重量份的 Mg 含量使機械品質因子降低至小於 800 並且還使力因子降低至小於 10（N/V·m）。低的機械品質因子增加了用於驅動使用包括壓電材料的壓電元件的共振裝置的電消耗。機械品質因子應爲 800 或更多，例如 1000 或更多。

[0052] 壓電材料的力因子應爲 10（N/V·m）或更大。小於 10 的力因子減少了產生壓電應變的力，增加了用於驅動壓電元件所必要的電場，並且增加了電消耗。在機械品質因子和力因子的上述範圍內，在壓電元件的實際驅動中沒有發生電消耗的顯著增加。

[0053] 從獲得令人滿意的機械品質因子和力因子的角度來看，Mg 含量應爲 0.05 重量份或更少，例如 0.0005 重量份或更多並且 0.015 重量份或更少。

[0054] 只要在壓電材料中包含 Mg 組分，壓電材料中所包含的 Mg 的形式就不限於金屬形式。例如，Mg 可固溶於鈣鈦礦型結構的 A 位點或 B 位點中或可包含於晶界中。Mg 組分可以按例如金屬、離子、氧化物、金屬鹽或複合物的形式包含於壓電材料中。

輔助組分

[0055] 除了由式（1）表示的鈣鈦礦型金屬氧化物以及 Mn 和 Mg 以外，根據本發明的壓電材料還可包含作爲

輔助組分的處於不會改變材料性質的範圍內的金屬元素。基於以金屬爲基礎的 100 重量份的由式（1）表示的金屬氧化物，作爲輔助組分的金屬元素的總量可爲 1.2 重量份或更少。超過 1.2 重量份的輔助組分的含量可能降低壓電材料的壓電性質和絕緣性質。

[0056] 此外，相對於壓電材料，作爲輔助組分的 Ba、Ca、Ti、Zr、Mn 和 Mg 之外的金屬元素含量以氧化物爲基礎可爲 1.0 重量份或更少或以金屬爲基礎可爲 0.9 重量份或更少。

[0057] 本說明書中，術語“作爲輔助組分的金屬元素”包括半金屬元素如 Si、Ge 和 Sb。如果相對於壓電材料充當輔助組分的 Ba、Ca、Ti、Zr、Mn 和 Mg 之外的金屬元素含量以氧化物爲基礎超過 1.0 重量份或以金屬爲基礎超過 0.9 重量份，則壓電材料的壓電性質和絕緣性質可能顯著降低。

[0058] 相對於壓電材料，以金屬爲基礎，輔助組分的 Li、Na、Al、Zn 和 K 元素的總含量可爲 0.5 重量份或更低。

[0059] 相對於壓電材料，以金屬爲基礎，超過 0.5 重量份的輔助組分中的 Li、Na、Al、Zn 和 K 的總含量可能使燒結不充分。相對於壓電材料以金屬爲基礎，輔助組分的 Y 和 V 元素的總含量應爲 0.2 重量份或更少。相對於壓電材料以金屬爲基礎，超過 0.2 重量份的 Y 和 V 元素的總含量可能使極化處理困難。

[0060] 輔助組分的實例包括燒結助劑例如 Si 和 Cu。此外，本發明的壓電材料可包含 Sr 爲無法避免的組分，而其量與市售的 Ba 和 Ca 原料中所包含的量相當。類似地，本發明的壓電材料可包含 Nb 爲無法避免的組分，而其量與市售的 Ti 原料中所包含的量相當，並且可包含 Hf 爲無法避免的組分，而其量與市售的 Zr 原料中所包含的量相當。可藉由任何方法測量輔助組分的量。所述方法的實例包括 X 射線螢光分析、ICP 發射光譜分析或原子吸收光譜。

結構相轉變點

[0061] 本發明的壓電材料處於-25℃至 100℃範圍內不應具有結構相轉變點。通常已知鈦酸鋇：晶體結構從斜方晶體相轉變成正方晶體相的溫度（以下稱爲 $T_{o\rightarrow t}$）約爲 17℃，並且晶體結構從正方晶體相轉變成斜方晶體相的溫度（$T_{t\rightarrow o}$）約爲 5℃。晶體結構的這些轉變溫度被稱爲結構相轉變點。如果由於環境溫度變化而在這些結構相轉變點之間重複改變壓電材料的溫度，則會重複改變晶胞的體積和極化軸方向。這可逐漸引起去極化，從而劣化壓電性質。由於該現象，難以在寬廣的溫度範圍內使用鈦酸鋇。

[0062] 然而，本發明的壓電材料具有低於-25℃的 $T_{o\rightarrow t}$，並且因而不具有上面描述的問題。此外，由於正方晶體相轉變成立方晶體相的居里溫度（Tc）高於 100℃，因而甚至在 80℃的苛刻條件下（假設在夏天的汽車中）可

維持壓電性質。此外，由於壓電材料在-25℃至 100℃的溫度範圍內維持其正方晶體結構，因而可維持高的機械品質因子。此外，可避免具有相對低的機械品質的斜方晶體區域的使用。因此，在寬廣的實際使用溫度範圍內壓電材料可具有令人滿意並且穩定的壓電常數和機械品質因子。

晶粒直徑

[0063] 在根據本發明的壓電材料中，構成壓電材料的晶粒可具有 1 μm 或更大並且 10 μm 或更小的平均等效圓直徑。當平均等效圓直徑處於該範圍內時，本發明的壓電材料可具有令人滿意的壓電性質和機械強度。小於 1 μm 的平均等效圓直徑可使壓電性質不充分，然而大於 10 μm 的平均等效圓直徑可能使壓電材料的機械強度降低。平均等效圓直徑可處於 3 μm 或更大並且 8 μm 或更小的範圍內。

[0064] 本說明書中，術語“等效圓直徑”表示顯微鏡觀察中常用的“投影面積等效圓直徑”，並且表示具有與晶粒的投影面積相同的面積的正圓的直徑。本發明中，可藉由任何方法測量等效圓直徑。例如，可藉由對用偏光顯微鏡或掃描電子顯微鏡取得的壓電材料表面影像的影像進行影像處理來決定等效圓直徑。由於最適放大倍數隨著物體的晶粒直徑而改變，因此可根據直徑而合適地使用光學顯微鏡或電子顯微鏡。可由拋光表面的影像或者代替材料表面的橫截面的影像決定等效圓直徑。

密度

[0065] 本發明的壓電材料可具有 93%或更大並且 100%或更小的相對密度。小於 93%的相對密度可能提供不充分的壓電性質和機械品質因子或可能使機械強度降低。術語“相對密度”意指測量的密度與由壓電材料的晶格常數和壓電材料的成分元素的原子量計算的理論密度之比值。例如可藉由 X 射線衍射分析決定晶格常數。例如可藉由阿基米德法測定密度。

[0066] 現在描述製備根據本發明的壓電材料的方法。

原料

[0067] 可藉由任何方法製備根據本發明的壓電材料。可藉由在普通壓力下燒結例如包含成分元素的氧化物、碳酸鹽、硝酸鹽或草酸鹽的固體粉末的常用方法製備壓電材料。原料由金屬化合物例如 Ba 化合物、Ca 化合物、Ti 化合物、Zr 化合物、Mn 化合物和 Mg 化合物構成。

[0068] Ba 化合物的可用實例包括氧化鋇、碳酸鋇、草酸鋇、乙酸鋇、硝酸鋇、鈦酸鋇、鋯酸鋇和鋯鈦酸鋇。這些 Ba 化合物可爲市售的高純度化合物（例如 99.99%或更高的純度）。具有低純度的 Ba 化合物包含大量的 Mg，這可能導致本發明的壓電材料無法製備。

[0069] Ca 化合物的可用實例包括氧化鈣、碳酸鈣、草酸鈣、乙酸鈣、鈦酸鈣和鋯酸鈣。這些 Ca 化合物可爲市售的高純度化合物（例如 99.99%或更高的純度）。具有低純度的 Ca 化合物包含大量的 Mg，這可能導致本發明的壓電材料無法製備。

[0070] Ti 化合物的可用實例包括氧化鈦、鈦酸鋇、鋯鈦酸鋇和鈦酸鈣。

[0071] Zr 化合物的可用實例包括氧化鋯、鋯酸鋇、鋯鈦酸鋇和鋯酸鈣。

[0072] Mn 化合物的可用實例包括碳酸錳、氧化錳、二氧化錳、乙酸錳和四氧化三錳。

[0073] Mg 化合物的可用實例包括碳酸鎂、氧化鎂、氫氧化鎂、過氧化鎂和氯化鎂。

[0074] 在根據本發明的一種實施方案的壓電材料中，可以任何原料來調整表示 A 位點處的 Ba 和 Ca 的莫耳量與 B 位點處的 Ti 和 Zr 的莫耳量的比例的“a”。以 Ba 化合物、Ca 化合物、Ti 化合物和 Zr 化合物中任一者來調整“a”可以獲得相同的效果。

造粒

[0075] 可藉由任何方法使壓電材料的原料粉末粒化。從得到具有均勻的顆粒直徑的粒化粉末的角度來看，可採用噴霧乾燥。造粒中使用的黏合劑的可用實例包括聚乙烯醇（PVA）、聚乙烯醇縮丁醛（PVB）和丙烯酸樹

脂。從得到具有較高密度的坯體的角度來看，以 1-10 重量份，特別是 2-5 重量份的量使用黏合劑。

燒結

[0076] 可藉由任何方法燒結根據本發明的一種實施方案的壓電材料。燒結的實例包括在電爐中燒結、在氣體爐中燒結、電加熱、微波燒結、毫米波燒結和熱等靜壓（HIP）。電爐和氣體爐可爲連續爐或批次爐。可在任何溫度下進行壓電材料的燒結，並且可在使每種化合物反應並且使晶體充分生長的溫度下進行壓電材料的燒結。從得到具有處於 1-10 μm 範圍內的晶粒直徑的壓電材料晶粒的角度來看，燒結溫度可爲 1200℃或更高並且可爲 1550℃或更低，例如 1300℃或更高並且 1480℃或更低。

[0077] 在這樣的溫度範圍內燒結的壓電材料顯示出令人滿意的壓電性能。爲了穩定地重現經由燒結而製備的壓電材料的性質，在上述範圍內的恆定溫度下進行燒結 2-48 小時。儘管可採用例如兩階段燒結之燒結，但是考慮到生產力應避免溫度的快速變化。可在 1000℃或更高的溫度下熱處理拋光加工後的壓電材料。機械拋光在壓電材料內產生殘餘應力。在 1000℃或更高的溫度下的熱處理釋放該殘餘應力以進一步增強壓電材料的壓電性質。熱處理還具有消除在晶界析出的例如碳酸鋇之原料粉末的效果。熱處理可持續進行任何時間例如 1 小時或更長。

壓電元件

[0078] 現在描述本發明的壓電元件。

[0079] 圖 1 是示出了本發明的壓電元件結構的一種實施方案的示意圖。根據本發明的壓電元件至少包括第一電極 1、壓電材料單元 2 和第二電極 3。壓電材料單元 2 是本發明的壓電材料。

[0080] 藉由製備成至少具有第一電極和第二電極的壓電元件，可評價根據本發明的壓電材料的壓電性質。第一電極和第二電極每個都是具有約 5 nm - 10 μm 厚度的傳導層。電極可由壓電元件中通常使用的任何材料製得。所述材料的實例包括金屬例如 Ti、Pt、Ta、Ir、Sr、In、Sn、Au、Al、Fe、Cr、Ni、Pd、Ag 和 Cu；及其化合物。

[0081] 第一和第二電極每個都可由這些材料的任一者製得或每個都可爲由兩種或更多種這些材料製得的多層。第一和第二電極可由不同的材料製得。

[0082] 可藉由任何方法製備第一和第二電極並且例如可藉由金屬糊料的烘烤、濺鍍或氣相沈積形成第一和第二電極。可將第一和第二電極每個都成形成所需的形狀。

極化

[0083] 在壓電元件中，可單向排列極化軸。單向排列的極化軸增加了壓電元件的壓電常數。

[0084] 可藉由任何方法使壓電元件極化。可在大氣中或在聚矽氧油中進行極化處理。可在 60℃-150℃的溫度

下進行極化。取決於構成元件的壓電材料的組成，用於極化的優化條件可略微改變。極化處理中所施加的電場可爲800 V/mm - 2.0 kV/mm。

共振-反共振方法

[0085] 藉由基於電子材料製造協會標準（JEITA EM-4501）從用市售的阻抗分析儀測量的共振頻率和反共振頻率的計算，可決定壓電元件的壓電常數和機械品質因子。以下將該方法稱爲共振-反共振方法。

多層壓電元件

[0086] 現在描述本發明的多層壓電元件。

[0087] 根據本發明的多層壓電元件至少包括由交替堆疊的壓電材料層和內電極構成的疊層、第一電極和第二電極。壓電材料層由所述壓電材料製成。

[0088] 圖 2A 和 2B 是示出了本發明的多層壓電元件結構的一種實施方案的橫截面示意圖。根據本發明的多層壓電元件由包括材料層 54 和內電極 55 的電極層構成。因此，這些是交替堆疊的，並且壓電材料層 54 由本發明的壓電材料製得。除了內電極 55 以外，電極層還可包括外電極例如第一電極 51 和第二電極 53。

[0089] 圖 2A 示出了本發明的多層壓電元件的結構，其中將由交替堆疊的兩個壓電材料層 54 和一個內電極 55 構成的疊層置於第一電極 51 和第二電極 53 之間。壓電材

料層和內電極的數目沒有限制。如圖 2B 所示，本發明的多層壓電元件可增加壓電材料層和內電極的數目。在圖 2B 所示的多層壓電元件中，將由交替堆疊的九個壓電材料層 504 和八個內電極 505（505a 或 505b）構成的疊層置於第一電極 501 和第二電極 503 之間。多層壓電元件包括用於使交替佈置的內電極短路的外電極 506a 和外電極 506b。

[0090] 內電極 55、505 和外電極 506a、506b 的尺寸和形狀沒有必要與壓電材料層 54、504 的尺寸和形狀相同並且可將它們分成兩個或更多個片。

[0091] 內電極 55、505，外電極 506a、506b，第一電極 51、501 和第二電極 53、503 每個都是具有約 5 nm - 10 μm 厚度的傳導層並且可由壓電元件中通常使用的任何材料製得。所述材料的實例包括金屬例如 Ti、Pt、Ta、Ir、Sr、In、Sn、Au、Al、Fe、Cr、Ni、Pd、Ag 和 Cu；及其化合物。內電極 55、505 和外電極 506a、506b 每個都可由任何一種這些材料或兩種或更多種這些材料的混合物或合金製得，或者每個都可爲由兩種或更多種這些材料製得的多層。這些電極中的兩個或更多個可以由不同的材料製成。內電極 55、505 包含 Ag 和 Pd，並且 Ag 的含量 M1 與 Pd 的含量 M2 的重量比 M1/M2 應爲 $0.25 \leq M1/M2 \leq 4.0$，較佳地爲 $0.3 \leq M1/M2 \leq 3.0$。小於 0.25 的重量比 M1/M2 不利地增加內電極的燒結溫度，而大於 4.0 的重量比 M1/M2 不利地使內電極成島狀，從而引起平面內不勻

性。從不昂貴的電極材料的角度來看，內電極 55、505 應包含 Ni 和 Cu 中的至少一者。當內電極 55、505 包含 Ni 和 Cu 中的至少一者時，應在還原氣氛中燒製本發明的多層壓電元件。

[0092] 如圖 2B 所示，可將多個包括內電極 505 的電極彼此短路用於調整驅動電壓的相位。例如可將內電極 505a 和第一電極 501 與外電極 506a 短路。可將內電極 505b 和第二電極 503 與外電極 506b 短路。可交替佈置內電極 505a 和內電極 505b。電極之間的短路形式沒有特別限制。可將電極或用於短路的線佈置在多層壓電元件的側表面上。或者，可將電極與置於通孔中的傳導材料短路從而通過壓電材料層 504。

[0093] 可藉由任何方法製備根據本發明的多層壓電元件。現在描述製備多層壓電元件的方法的一個實例。該方法包括藉由分散至少包含 Ba、Ca、Ti、Zr、Mn 和 Mg 的金屬化合物粉末來製備漿料的步驟（A）；藉由將所述漿料佈置在基底材料上來製備生坯的步驟（B）；在生坯上形成電極的步驟（C）；和藉由燒結該設有電極的生坯來形成多層壓電元件的步驟（D）。

[0094] 本說明書中，術語“粉末”旨在意指固體晶粒的集合並且可爲包含 Ba、Ca、Ti、Zr、Mn 和 Mg 的晶粒的集合或可爲不同類型的包含任意元素的晶粒的集合。

步驟（A）

[0095] 步驟（A）中的金屬化合物粉末的實例包括Ba化合物、Ca化合物、Ti化合物、Zr化合物、Mn化合物和Mg化合物。

[0096] 將描述步驟（A）中製備漿料的示例性方法。將金屬化合物粉末與粉末重量的1.6-1.7倍的量之溶劑混合。溶劑可爲例如甲苯、乙醇、甲苯和乙醇的溶劑混合物、乙酸正丁酯或水。將所述混合物以球磨機混合24小時，接著於該混合物中添加黏合劑和增塑劑。黏合劑的實例包括聚乙烯醇（PVA）、聚乙烯醇縮丁醛（PVB）和丙烯酸樹脂。在使用PVB作爲黏合劑的情況下，稱取PVB使得溶劑（S）與PVB的重量比例如爲88：12（S：PVB）。增塑劑的實例包括癸二酸二辛酯（DOS）、鄰苯二甲酸二辛酯（DOP）和鄰苯二甲酸二丁酯（DBP）。在使用鄰苯二甲酸二丁酯作爲增塑劑的情況下，以與黏合劑的量相同的量稱取增塑劑。再次將所述混合物以球磨機混合過夜，並且控制溶劑和黏合劑的量使得漿料具有300-500 mPa·s的黏度。

步驟（B）

[0097] 步驟（B）中的生坯是片材形式的金屬化合物粉末、黏合劑和增塑劑的混合物。例如可藉由片材成形來製備步驟（B）中的生坯。例如可藉由刮刀方法(doctor blade method)進行片材成形。在刮刀方法中，藉由用刮刀將漿料施加到基底材料上並且將漿料乾燥來形成片材形式

的坯體。

[0098] 作爲基底材料，例如可使用 PET 膜。藉由以氟塗覆該施加漿料的 PET 膜的表面可容易將生坯與 PET 膜分離。乾燥可爲任何自然乾燥或熱空氣乾燥。坯體可具有任何厚度，並且坯體可根據多層壓電元件的厚度而加以控制。例如藉由增加漿料的黏度可增加坯體的厚度。

步驟（C）

[0099] 在步驟（C）中，可藉由任何方法製備內電極 505 和外電極 506a、506b，並且例如可藉由金屬糊料的烘烤或藉由濺鍍、氣相沈積或印刷可製成內電極 505 和外電極 506a、506b。爲了降低驅動電壓，可減小壓電材料層 504 的厚度和節距（pitch distance）。在這樣的情況下，形成了包括壓電材料層 504 的前體和內電極 505a、505b 的疊層，隨後燒製所述疊層以便同時燒製壓電材料層和內電極。在這樣的情況下，在用於燒結壓電材料層 504 所必要的溫度下，要求用於內電極的材料不會引起形狀的變化和傳導率的降低。

[0100] 與 Pt 相比，具有較低熔點並且較廉價的金屬例如 Ag、Pd、Au、Cu 或 Ni 或其合金可用於內電極 505a、505b 和外電極 506a、506b。可在疊層的燒製後提供外電極 506a、506b。在這樣的情況下，除了 Ag、Pd、Cu 和 Ni 以外，還可使用 Al 或碳基電極材料。

[0101] 可藉由絲網印刷形成電極。在絲網印刷中，

將絲網印刷板放置在佈置於基底材料上的生坯上，並且藉由具有抹刀的絲網印刷板將金屬糊料施加到生坯上。絲網印刷板至少部分提供有篩孔。因此，將篩孔部分上的金屬糊料施加到生坯上。如果絲網印刷板的篩孔提供有圖案，則可以金屬糊料在生坯上形成電極圖案，其中所述金屬糊料具有經由篩網轉移的圖案。

[0102] 在步驟（C）中的電極形成後，將坯體與基底材料分離。使坯體或多個堆疊的坯體經壓力結合。壓力結合的實例包括單軸壓製、冷靜液壓製和熱靜液壓製。熱靜液壓製可施加各向同性的均勻壓力。在壓力結合期間將溫度升高至黏合劑的玻璃化轉變溫度附近的溫度可獲得較好的結合。藉由堆疊多個生坯並且使它們壓力結合可獲得所需的厚度。例如，可藉由堆疊 10-100 個生坯並且在 50℃-80℃下在層疊方向上施加 10-60 MPa 的壓力持續 10 秒至 10 分鐘之熱壓縮結合來將生坯層疊。藉由對電極配置排列標記並且以該標記調整生坯的排列可精確地使多個生坯層疊。藉由提供用於對坯體定位的通孔也可精確地使生坯層疊。

步驟（D）

[0103] 在步驟（D）中，可在任何溫度下進行坯體的燒結並且可在使每種化合物反應並且使晶體充分生長的溫度下進行坯體的燒結。從控制陶瓷晶粒直徑在 1-10 μm 範圍內的角度來看，例如燒結溫度可爲 1200℃或更高並且可

爲 1550℃或更低，例如 1300℃或更高並且 1480℃或更低。在這樣的溫度範圍內燒結的多層壓電元件顯示出令人滿意的壓電性能。

[0104] 當主要由 Ni 構成的材料用作步驟（C）中的電極時，應在允許氣氛燒製的爐子中進行步驟（D）。在空氣氣氛中在 200℃-600℃的溫度下燒製坯體以移除黏合劑，然後在還原氣氛中在 1200℃-1550℃的溫度下將其燒結。本文中，還原氣氛是主要由氫（H_2）和氮（N_2）構成的氣體混合物的氣氛。氫和氮的體積分數（H_2：N_2）可爲 1：99 至 10：90。氣體混合物可包含氧。氧濃度爲 10^{-12} Pa 或更多並且 10^{-4} Pa 或更少，例如 10^{-8} Pa 或更多並且 10^{-5} Pa 或更少。可用氧化鋯型氧分析儀測量氧濃度。Ni 電極的使用允許廉價地製備本發明的多層壓電元件。在還原氣氛中燒製後，例如將溫度降低至 600℃，並且應在空氣氣氛（氧化氣氛）中進行氧化。隨後，將燒結的坯體從燒製爐中取出，並且將傳導糊料施加到內電極端部所暴露的元件組的側面上，接著乾燥以形成外電極。

液體排出頭

[0105] 現在描述本發明的液體排出頭。

[0106] 根據本發明的液體排出頭至少包括具有振動單元的液體室和與液體室連通的排出口，所述振動單元包括所述壓電元件或多層壓電元件。

[0107] 圖 3A 和 3B 是示出了本發明的液體排出頭結

構的一種實施方案的示意圖。如圖 3A 和 3B 所示，本發明的液體排出頭包括本發明的壓電元件 101。壓電元件 101 至少包括第一電極 1011、壓電材料 1012 和第二電極 1013。如圖 3B 所示可任選地使壓電材料 1012 圖案化。

[0108] 圖 3B 是液體排出頭的示意圖。液體排出頭包括排出口 105、單獨的液體室 102、將個別的液體室 102 與對應的排出口 105 連接的連通孔 106、液體室隔板 104、共用液體室 107、隔膜 103 和壓電元件 101。圖中所示的壓電元件 101 每個都具有矩形形狀，但是可具有任何形狀，例如橢圓形、圓形或平行四邊形形狀。通常，壓電材料 1012 具有沿著個別液體室 102 的形狀的形狀。

[0109] 參考圖 3A 詳細描述了本發明的液體排出頭中的壓電元件 101 的附近。圖 3A 是圖 3B 所示的壓電元件在寬度方向上的橫截面視圖。壓電元件 101 的橫截面是矩形，但是可爲梯形或倒梯形。

[0110] 在圖中，第一電極 1011 用作下部電極，並且第二電極 1013 用作上部電極。第一電極 1011 和第二電極 1013 的設置不限於此。例如，第一電極 1011 可用作下部電極或上部電極。同樣地，第二電極 1013 可用作上部電極或下部電極。此外，可將緩衝層 108 佈置在隔膜 103 和下部電極之間。名稱上的這些差異是由製備所述裝置的方法的差異所致，並且它們都可提供本發明的效果。

[0111] 在液體排出頭中，藉由壓電材料 1012 的膨脹和收縮，隔膜 103 上下振動並且將對個別的液體室 102 中

的液體施加壓力。因此，從排出口 105 排出液體。本發明的液體排出頭可用於印表機中或者可應用於電子裝置的製備。

[0112] 隔膜 103 可具有 1.0 μm 或更大並且 15 μm 或更小的厚度，例如 1.5 μm 或更大並且 8 μm 或更小。隔膜可由任何材料製得。例如，隔膜可由 Si 製得，並且可用硼或磷摻雜隔膜的 Si。此外，隔膜上的緩衝層或電極層可爲隔膜的一部分。緩衝層 108 可具有 5 nm 或更大並且 300 nm 或更小的厚度，例如 10 nm 或更大並且 200 nm 或更小。排出口 105 可具有等效圓直徑的 5 μm 或更大並且 40 μm 或更小的尺寸。排出口 105 的形狀可爲圓形或星形、正方形或三角形形狀。

液體排出裝置

[0113] 現在描述本發明的液體排出裝置。本發明的液體排出裝置包括用於轉移物體和液體排出頭的保持單元。

[0114] 圖 4 和 5 所示的噴墨記錄設備是本發明的液體排出裝置的實例。圖 5 顯示了處於外部部件 882-885 和 887 被移除的狀態的圖 4 中所示的液體排出裝置（噴墨記錄設備）881。噴墨記錄設備 881 包括用於以轉移物體的形式將記錄紙自動供應至裝置主體 896 的自動供應機 897。此外，噴墨記錄設備 881 包括傳送帶 899，其是轉移物體的保持單元，用於將由自動供應機 897 供應的記錄

紙傳送到預定的記錄位置，隨後將記錄紙從記錄位置傳送到噴出口 898；用於在傳送至記錄位置的記錄紙上進行記錄的記錄部分 891；和用於對記錄部分 891 進行恢復處理的恢復部分 890。記錄部分 891 設有接收本發明的液體排出頭並且以往復運動在導軌上移動的支架（carriage）892。

[0115] 在這樣的噴墨記錄設備中，根據從電腦發出的電信號，支架 892 在導軌上滑動，並且藉由對在其間佈置了壓電材料的電極施加驅動電壓來使壓電材料位移。壓電材料的位移經由圖 3B 所示的隔膜 103 對個別的液體室 102 施加壓力，並且因而油墨從排出口 105 排出以進行印刷。

[0116] 在本發明的液體排出裝置中，可在高速下均勻地排出液體並且可減小裝置的尺寸。

[0117] 上面描述的液體排出裝置的實例是印表機，但是本發明的液體排出裝置不僅可用作噴墨記錄設備例如傳真機、多功能機器或影印機，而且可用作工業用途的液體排出裝置。此外，用戶可根據目的選擇所需的轉移物體。順帶地，可採用這樣的結構：其中液體排出頭相對於置於作爲保持單元的平臺上的轉移物體而移動。

超音波馬達

[0118] 現在描述本發明的超音波馬達。根據本發明的超音波馬達至少包括振動部件和與振動部件接觸的可移

動部件，所述振動部件包括壓電元件或多層壓電元件。

[0119] 圖 6A 和 6B 是示出了本發明的超音波馬達結構的一種實施方案的示意圖。圖 6A 顯示了其中本發明的壓電元件是單板的超音波馬達。超音波馬達包括振盪器 201、藉由由彈簧（未示出）施加的壓力而與振盪器 201 的滑動表面接觸的轉子 202、和與轉子 202 整體佈置的輸出軸 203。振盪器 201 由金屬彈性環 2011、本發明的壓電元件 2012 和用於將壓電元件 2012 與彈性環 2011 黏結的有機黏合劑（例如環氧或氰基丙烯酸酯黏合劑）2013。本發明的壓電元件 2012 由第一電極、第二電極（兩者均未示出）和置於其間的壓電材料構成。

[0120] 當對本發明的壓電元件施加相位差 π/2 的奇數倍的兩種交流電壓時，在振盪器 201 中產生彎曲的行波，並且振盪器 201 的滑動表面上的每個點以橢圓運動形式移動。壓在振盪器 201 的滑動表面上的轉子 202 接收來自振盪器 201 的摩擦力從而以與彎曲的行波相反的方向旋轉。待驅動的物體（未示出）與輸出軸 203 連接並且由轉子 202 的旋轉力驅動。

[0121] 被施加電壓的壓電材料受橫向的壓電效應而膨脹和收縮。當彈性材料(例如金屬)與壓電元件接觸時，藉由壓電材料的膨脹和收縮使彈性材料彎曲。本文描述的超音波馬達利用這種原理。

[0122] 圖 6B 顯示了包括具有疊層結構的壓電元件的超音波馬達的實例。振盪器 204 由板狀金屬彈性本體

2041 和佈置在彈性本體之間的多層壓電元件 2042 構成。多層壓電元件 2042 由多個堆疊的壓電材料（未示出）構成並且包括在堆疊的壓電材料的外表面上的第一和第二電極以及在堆疊的壓電材料之間的內電極。金屬彈性本體 2041 用螺栓彼此連接從而固定在其間之多層壓電元件 2042 以形成振盪器 204。

[0123] 當對多層壓電元件 2042 施加相位不同的交流電壓時，振盪器 204 產生了兩種彼此正交（rectangular）的振動。兩種振動組合產生了用於驅動振盪器 204 的端部的圓形振動。振盪器 204 在上部設有收縮的圓形槽以增大用於驅動的振動。

[0124] 藉由加壓彈簧 206 使轉子 205 與振盪器 204 加壓接觸以產生用於驅動的摩擦力。轉子 205 由軸承旋轉支撐。

光學設備

[0125] 現在描述本發明的光學設備。本發明的光學設備包括驅動單元中的超音波馬達。

[0126] 圖 7A 和 7B 是作爲本發明的影像擷取裝置的一種實施方案的單眼反射式相機的可換鏡頭筒的橫截面主視圖。圖 8 是作爲本發明的影像擷取裝置的一種實施方案的單眼反射式相機的可換鏡頭筒的分解立體圖。將固定筒 712、線性導向筒 713 和前鏡頭組筒 714 固定於具有相機的可拆卸安裝台 711。這些筒是可換鏡頭筒的固定部件。

[0127] 線性導向筒 713 設有用於光學軸方向上的聚焦鏡頭 702 的前導向槽 713a。用軸向螺釘 718 將在直徑方向向外突出的凸輪輥 717a 和 717b 固定於支撐聚焦鏡頭 702 的後鏡頭組筒 716。凸輪輥 717a 安裝在前導向槽 713a 中。

[0128] 凸輪環 715 可轉動地安裝在線性導向筒 713 的內圓中。藉由與線性導向筒 713 的圓形槽 713b 中的凸輪環 715 固定的輥 719，線性導向槽 713 和凸輪環 715 之間的相對位移在光學軸方向受到限制。凸輪環 715 設有用於聚焦鏡頭 702 的凸輪槽 715a，並且凸輪輥 717b 也安裝在凸輪槽 715a 中。

[0129] 在固定筒 712 的外圓側上佈置旋轉傳動環 720，並且旋轉傳動環 720 由軸承座圈 727 支撐，從而其相對於固定筒 712 在固定位置爲可轉動的。旋轉傳動環 720 具有由旋轉傳動環 720 徑向延伸的軸 720f，並且驅動輥 722 由軸 720f 可轉動地支撐。驅動輥 722 的大直徑部分 722a 與手動聚焦環 724 的安裝側端面 724b 接觸。驅動輥 722 的小直徑部分 722b 與連接零件 729 接觸。在旋轉傳動環 720 的外圓上等間隔佈置六個驅動輥 722，並且如上所述佈置每個驅動輥。

[0130] 在手動聚焦環 724 的內直徑部分處佈置低摩擦片（墊圈零件）733 從而將其保持在固定筒 712 的安裝側端面 712a 和手動聚焦環 724 的前側端面 724a 之間。低摩擦片 733 的外直徑表面是環形形狀並且配裝在手動聚焦

環 724 的內直徑部分 724c 中，並且手動聚焦環 724 的內直徑部分 724c 還配裝在固定筒 712 的外直徑部分 712b 中。低摩擦片 733 減少了用於使手動聚焦環 724 圍繞著光學軸相對於固定筒 712 作相對轉動的轉動環機構中的摩擦。

[0131] 藉由由用於將超音波馬達 725 壓向鏡頭前部的波形墊圈 726 的力所施加的壓力，驅動輥 722 的大直徑部分 722a 和手動聚焦環的安裝側端面 724b 彼此接觸。類似地，藉由由用於將超音波馬達 725 壓向鏡頭前部的波形墊圈 726 的力所產生的合適壓力，驅動輥 722 的小直徑部分 722b 和連接零件 729 彼此接觸。經由與固定筒 712 卡口連接的墊圈 732，波形墊圈 726 向安裝方向的移動受到限制。將由波形墊圈 726 產生的彈簧力（偏置力）傳遞至超音波馬達 725 並且進一步傳遞至驅動輥 722 並且還因此充當手動聚焦環 724 抵抗固定筒 712 的安裝側端面 712a 的擠壓力。即，納入手動聚焦環 724 從而經由低摩擦片 733 將其壓向固定筒 712 的安裝側端面 712a。

[0132] 因此，當由控制器（未示出）驅動超音波馬達 725 從而相對於固定筒 712 轉動時，由於連接零件 729 與驅動輥 722 的小直徑部分 722b 處於摩擦接觸，因而驅動輥 722 圍繞著軸 720f 轉動。驅動輥 722 圍繞著軸 720f 的轉動導致旋轉傳動環 720 圍繞著光學軸的轉動（自動聚焦操作）。

[0133] 當由手動操作輸入單元（未示出）對手動聚

焦環 724 圍繞著光學軸施加轉動力時，使手動聚焦環 724 的安裝側端面 724b 與驅動輥 722 的大直徑部分 722a 擠壓接觸。因此，該驅動輥 722 經由摩擦力圍繞著軸 720f 轉動。驅動輥 722 的大直徑部分 722a 圍繞著軸 720f 的轉動使旋轉傳動環 720 圍繞著光學軸轉動。在這種情況下，轉子 725c 和定子 725b 的摩擦保持力防止超音波馬達 725 轉動（手動聚焦操作）。

[0134] 旋轉傳動環 720 設有位置彼此相對的兩個聚焦鍵 728。聚焦鍵 728 配裝在凸輪環 715 的端部處形成的槽口 715b 中。因此，將藉由自動聚焦操作或手動聚焦操作使旋轉傳動環 720 圍繞著光學軸的轉動經由聚焦鍵 728 傳遞給凸輪環 715，從而使凸輪環 715 圍繞著光學軸轉動。因此，在轉動上受凸輪輥 717a 和前導向槽 713a 限制的後鏡頭組筒 716 藉由凸輪輥 717b 沿著凸輪環 715 的凸輪槽 715a 移動。因而，驅動聚焦鏡頭 702 以進行聚焦操作。

[0135] 本文中，描述了一種單眼反射式相機的可換鏡頭筒作爲本發明的光學設備的實例。可將本發明應用於在驅動單元中具有超音波馬達的任何光學設備，無論相機的類型，例如小型相機或電子式靜像相機。

振動裝置和除塵裝置

[0136] 用於例如傳送或移除顆粒、粉末或液體的振動裝置廣泛用於電子設備中。

[0137] 現在描述包括本發明的壓電材料的除塵裝置作爲本發明的振動裝置的實例。根據本發明的振動裝置包括設有隔膜的振動部件，所述隔膜包括壓電元件或多層壓電元件。根據本發明的除塵裝置至少包括振動單元中的振動裝置。

[0138] 圖 9A 和 9B 是示出了當本發明的振動裝置用作除塵裝置時的一種實施方案的示意圖。除塵裝置 310 還可用作振動裝置並且由板狀壓電元件 330 和隔膜 320 構成。壓電元件 330 可爲本發明的多層壓電元件。隔膜 320 可由任何材料製得。當除塵裝置 310 用於光學裝置中時，透明材料或反光材料可用作隔膜 320。

[0139] 圖 10A-10C 是示出了圖 9A 和 9B 所示的壓電元件 330 的結構的示意圖。圖 10A 和 10C 示出了壓電元件 330 的前面和後面的結構，並且圖 10B 示出了側面的結構。如圖 9A 和 9B 以及圖 10 所示，壓電元件 330 由壓電材料 331、第一電極 332 和第二電極 333 構成。將第一電極 332 和第二電極 333 分別設置在板狀壓電材料 331 的表面上從而彼此相對。如在圖 9A 和 9B 所示的壓電元件中，壓電元件 330 可爲本發明的多層壓電元件。在這樣的情況下，壓電材料 331 具有壓電材料層和內電極交替設置的結構，並且內電極與第一電極 332 或第二電極 333 交替短路以向具有不同相位的壓電材料的每一層提供驅動波形。圖 10C 所示的壓電元件 330 的第一電極 332 的面是第一電極面 336，並且圖 10A 所示的壓電元件 330 的第二電

極 333 的面是第二電極面 337。

[0140] 本文中，本發明中的電極面指電極置於其上的壓電元件的面。例如，如圖 10A-10C 所示，第一電極 332 可移動至(go around to)第二電極面 337。

[0141] 如圖 9A 和 9B 所示，將壓電元件 330 的第一電極面 336 固定於隔膜 320 的板面。藉由驅動壓電元件 330 在隔膜中產生離面（out-of-plane）振動，在壓電元件 330 和隔膜 320 之間產生應力。本發明的除塵裝置 310 是用於藉由隔膜 320 的離面振動來移除附著於隔膜 320 表面的外來物質例如灰塵的裝置。術語“離面振動”意指使隔膜在光學軸方向上(即在隔膜的厚度方向)產生位移的彈性振動。

[0142] 圖 11A 和 11B 是示出了本發明的除塵裝置 310 的振動原理的示意圖。圖 11A 顯示了藉由向一對壓電元件 330 施加具有相同相位的交流電壓而在隔膜 320 中產生離面振動的狀態。構成這對壓電元件 330 的壓電材料的極化方向與壓電元件 330 的厚度方向一致。除塵裝置 310 由第七振動模式驅動。圖 11B 顯示了藉由向一對壓電元件 330 施加具有 180°相反相位的交流電壓而在隔膜 320 中產生離面振動的狀態。除塵裝置 310 由第六振動模式驅動。藉由合適地使用至少兩種振動模式，本發明的除塵裝置 310 可有效地移除附著於隔膜表面的灰塵。

影像擷取裝置

[0143] 現在描述本發明的影像擷取裝置。本發明的影像擷取裝置至少包括本發明的除塵裝置和影像擷取元件單元。將除塵裝置的隔膜和影像擷取元件單元的光接收表面佈置在相同的軸上，並且在影像擷取元件單元的光接收表面側上佈置除塵裝置。圖 12 和 13 是示出了作爲本發明的影像擷取裝置的一種實施方案的數位單眼反射式相機的圖。

[0144] 圖 12 是從物體側觀察的處於影像擷取鏡頭單元被移除的狀態的相機本體 601 的前視立體圖。圖 13 是示出了相機內部的示意結構的分解立體圖，用於描述本發明的除塵裝置和影像擷取單元 400 的周圍結構。

[0145] 將通過影像擷取鏡頭的影像擷取光束引導入的鏡箱（mirror box）605 佈置在相機本體 601 內。將主鏡（快速返回鏡）606 佈置在鏡箱 605 內。主鏡 606 可採取將主鏡 606 相對於影像擷取光學軸保持在 45°角度的狀態，以將影像擷取光束引導至五面鏡（penta roof mirror）（未示出）的方向，和採取將主鏡 606 保持在撤出影像擷取光束的位置的狀態，以將影像擷取光束引導至影像擷取元件（未示出）的方向。

[0146] 從物體側以這樣的順序將鏡箱 605 和快門單元 200 佈置在充當相機本體骨架的本體底架 300 的物體側上。此外，將影像擷取單元 400 佈置在本體底架 300 的照相者側上。將影像擷取單元 400 設置於安裝部分 602 的夾持面，充當用於設置影像擷取鏡頭單元的基準，使得影像

擷取元件的影像擷取面與夾持面平行，且在其間具有預定的距離。

[0147] 影像擷取單元 400 由除塵裝置的隔膜和影像擷取元件單元構成。將除塵裝置的隔膜和影像擷取元件單元的光接收表面佈置在相同軸上。

[0148] 本文中描述了數位單眼反射式相機作爲本發明的影像擷取裝置的實例。影像擷取裝置例如可爲影像擷取鏡頭可換的相機，例如不具有鏡箱 605 的無反光鏡（mirror-less）數位單眼相機。本發明還可應用於需要移除附著在特別是各種影像擷取裝置的光學部件表面的灰塵的設備，例如影像擷取單元可換的攝影機、影印機、傳真機和掃描器以及具有影像擷取裝置的電子電工設備。

電子設備

[0149] 現在描述本發明的電子設備。本發明的電子設備包括具有壓電元件或多層壓電元件的壓電聲學部件。

[0150] 圖 14 是從前部觀察的本發明的電子設備的一種實施方案的數位相機本體 931 的通用立體圖。將光學裝置 901、麥克風 914、頻閃儀發光單元 909 和輔助光單元 916 佈置在本體 931 的前部。將麥克風 914 納入本體內部並且因而由虛線表示。在麥克風 914 前方的本體中設有孔用於採集來自外部的聲音。

[0151] 在本體 931 的上部面上，設置電源按鈕 933、揚聲器 912、變焦桿 932 和用於進行聚焦操作的釋放按鈕

908。將揚聲器 912 納入本體 931 內部並且因而由虛線表示。在揚聲器 912 上前的本體中提供有孔用於將聲音傳遞到外部。

[0152] 包括本發明的壓電元件或多層壓電元件的壓電聲學部件用於麥克風 914 和揚聲器 912 中的至少一者。

[0153] 本文中，描述了數位相機作爲本發明的電子設備。本發明的電子設備還可應用於具有各種壓電聲學部件的電子設備例如聲音再現機、錄音機、手持電話和資訊終端。

[0154] 本發明的壓電材料在寬廣的實際使用溫度範圍內具有令人滿意並且穩定的壓電常數和機械品質因子。由於本發明的壓電材料不包含鉛，因而其對環境的負荷是低的。因此，本發明的壓電材料可沒有任何問題地用於各種包括大量的壓電材料的設備，例如液體排出頭、液體排出裝置、超音波馬達、光學設備、振動裝置、除塵裝置、影像擷取裝置和電子設備。本發明的壓電材料還可用於例如超音波振動器、壓電驅動器、壓電感測器和鐵電體記憶體之設備。

實施例

[0155] 現在藉由實施例更具體地描述本發明，但是本發明不限於以下的實施例。

實施例 1 的壓電材料

[0156] 製備本實施例的壓電材料。藉由固相法製備了具有 100 nm 的平均顆粒直徑和 99.999%或更高的純度的鈦酸鋇原料粉末、具有 300 nm 的平均顆粒直徑和 99.999%或更高的純度的鈦酸鈣原料粉末和具有 300 nm 的平均顆粒直徑和 99.999%或更高的純度的鋯酸鈣原料粉末。每種原料粉末（鈦酸鋇、鈦酸鈣和鋯酸鈣原料粉末）中所包含的 Mg 的量藉由 ICP 發射光譜測得並且基於 100 重量份的原料粉末爲 0.0001 重量份。以 81.3：12.7：6.0 的莫耳比稱取鈦酸鋇、鈦酸鈣和鋯酸鈣。爲了調整表示 A 位點處的 Ba 和 Ca 的莫耳量與 B 位點處的 Ti 和 Zr 的莫耳量的比值的“a”，將 0.010 mol 草酸鋇添加至混合物，接著利用球磨機進行乾摻混 24 小時。

[0157] 藉由 ICP 發射光譜測量所得的粉末混合物中所包含的 Mg 的量。基於 100 重量份之以化學式：$(Ba_{0.813}Ca_{0.187})_{1.002}(Ti_{0.940}Zr_{0.060})O_3$ 表示的其他材料，Mg 的量爲 0.0001 重量份。

[0158] 爲了將所得的混合粉末造粒，用噴霧乾燥機噴射 0.12 重量份（以金屬爲基礎）的 Mn 量的乙酸錳（II）和 3 重量份量的 PVA 黏合劑從而附著到混合粉末表面，每一者均基於鈦酸鋇、鈦酸鈣、鋯酸鈣和草酸鋇的稱取量的總和（總量）。

[0159] 用所得的粒化的粉末填充用無鎂脫模劑處理過的表面的模具，並且利用模壓機對模具施加 200 MPa 的模製壓力使粒化的粉末形成盤形坯體。可進一步用冷等靜

壓模製機壓製坯體。在這樣的情況下，也獲得類似的結果。將所得的坯體放入電爐中，保持在 1350℃的最高溫度下持續 5 小時，並且在氣氛中總共燒結超過 24 小時以得到本實施例的陶瓷壓電材料。

[0160] 測定構成本實施例的壓電材料的晶粒的平均等效圓直徑和相對密度，並且其分別爲 8.1 μm 和 99.0%。主要用偏光顯微鏡觀察晶粒，但是用掃描電子顯微鏡（SEM）觀察具有小晶粒直徑的晶粒。由觀察結果計算平均等效圓直徑。藉由阿基米德法測定相對密度。

[0161] 將本發明的壓電材料的兩個表面研磨成 0.5 mm 的厚度，並且藉由 X 射線衍射分析晶體結構。僅觀察到一個對應於鈣鈦礦型結構的峰。藉由 X 射線螢光分析測定組成。結果表明主成分是由化學式：$(Ba_{0.813}Ca_{0.187})_{1.002}(Ti_{0.940}Zr_{0.060})O_3$ 表示的金屬氧化物並且在 100 重量份的金屬氧化物中包含 0.12 重量份的 Mn 和 0.0001 重量份的 Mg。

[0162] 燒結後其他金屬組分的組成與稱取的組成一致。Ba、Ca、Ti、Zr、Mn 和 Mg 之外的元素量每個都比檢測限值低。平均等效圓直徑在燒結後和在研磨後之間不存在顯著的差異。

實施例 2-26 的壓電材料

[0163] 製備了每個實施例的壓電材料。以表 1 所示的莫耳比稱取與實施例 1 中所用者相同的鈦酸鋇、鈦酸鈣

和鋯酸鈣粉末。爲了調整表示 A 位點處的 Ba 和 Ca 的莫耳量與 B 位點處的 Ti 和 Zr 的莫耳量的比值的“a”，以表 1 所示的量將草酸鋇添加至混合物。

[0164] 在實施例 21-26 中，爲了調整 Mg 含量，基於 100 重量份之以化學式$(Ba_{0.813}Ca_{0.187})_{1.002}(Ti_{0.940}Zr_{0.060})O_3$表示的鈦酸鋇、鈦酸鈣、鋯酸鈣和草酸鋇粉末的稱取量的總和（總量），以 0.0004 重量份（實施例 21）、以 0.0009 重量份（實施例 22）、以 0.0049 重量份（實施例 23）、以 0.0149 重量份（實施例 24）、以 0.0499 重量份（實施例 25）和以 0.0999 重量份（實施例 26）的量添加氧化鎂。利用球磨機乾摻混，將這些粉末的混合物每一者都混合 24 小時。

[0165] 利用噴霧乾燥機，噴射表 1 所示（以金屬爲基礎）的 Mn 形式的量的乙酸錳（II）和 3 重量份的量的 PVA 黏合劑從而附著到混合粉末表面，每一者均基於鈦酸鋇、鈦酸鈣、鋯酸鈣和草酸鋇的稱取量的總和（總量）。如實施例 1 中所述，用所得的粒化的粉末填充模具，並且利用模壓機施加 200 MPa 的模製壓力使粒化的粉末形成盤形坯體。

[0166] 可進一步用冷等靜壓模製機壓製坯體。將所得的坯體放入電爐中，保持在 1350℃-1480℃的最高溫度下持續 5 小時，並且在氣氛中總共燒結超過 24 小時以得到本發明的陶瓷壓電材料。最高溫度隨著 Ca 量的增加而提高。如實施例 1 中所述，測定構成每種壓電材料的所得

的晶粒的平均等效圓直徑和相對密度。在表 2 中顯示了結果。

[0167] 如實施例 1 中所述，研磨本發明的壓電材料使得所述材料具有 0.5 mm 的厚度，並且藉由 X 射線衍射分析晶體結構。在每種樣品中僅觀察到對應於鈣鈦礦結構的峰。如實施例 1 中所述，測定其組成。在表 3 中顯示了結果。Ba、Ca、Ti、Zr、Mn 和 Mg 之外的元素的量每一者都比檢測限值低。晶粒的尺寸和外觀在燒結後和在研磨後之間不存在顯著的差異。

對比例 1-10 的壓電材料

[0168] 製備了每種對比例的壓電材料，如實施例 1-26 中所述，以表 1 所示的莫耳比稱取鈦酸鋇、鈦酸鈣、鋯酸鈣和草酸鋇，並且利用球磨機乾摻混，將每一種混合物（對比例 8 除外）都混合 24 小時。在對比例 8 中，爲了調整 Mg 含量，基於 100 重量份之以化學式 $(Ba_{0.813}Ca_{0.187})_{1.005}(Ti_{0.940}Zr_{0.060})O_3$ 表示的鈦酸鋇、鈦酸鈣、鋯酸鈣和草酸鋇的稱取量的總和（總量），以 0.1199 重量份的量將氧化鎂添加至混合物。利用球磨機乾摻混，將所述混合物混合 24 小時。

[0169] 利用噴霧乾燥機，噴射表 1 所示（以金屬爲基礎）的 Mn 形式的量的乙酸錳（II）和 3 重量份的量的 PVA 黏合劑從而附著到混合粉末表面，每一者均基於鈦酸鋇、鈦酸鈣、鋯酸鈣和草酸鋇的稱取量的總和。如實施例

1-26 中所述，由所得的粒化的粉末製備用於對比的壓電材料。

[0170] 表 2 顯示了構成壓電材料的晶粒的平均等效圓直徑和相對密度。如實施例 1-26 中所述測定晶粒和相對密度。即，研磨用於對比的壓電材料使得每種材料都具有 0.5 mm 的厚度，並且如實施例 1-26 中所述，藉由 X 射線衍射分析晶體結構。在每種樣品中僅觀察到對應於鈣鈦礦結構的峰。表 3 中顯示了由 X 射線螢光分析測定的組成。

[表 1]

	$BaTiO_3$ [mol]	$CaTiO_3$ [mol]	$CaZrO_3$ [mol]	BaC_2O_4 [mol]	Mn的含量 (重量份)	Mg的含量 (重量份)
實施例 1	81.3	12.7	6.0	0.010	0.12	0.0001
實施例 2	86.0	8.0	6.0	0.009	0.12	0.0001
實施例 3	84.0	10.0	6.0	0.009	0.12	0.0001
實施例 4	84.0	10.9	5.1	0.010	0.12	0.0001
實施例 5	83.0	10.5	6.5	0.009	0.12	0.0001
實施例 6	87.5	8.4	4.1	0.008	0.12	0.0001
實施例 7	87.5	7.4	5.1	0.008	0.12	0.0001
實施例 8	87.5	6.5	6.0	0.008	0.12	0.0001
實施例 9	87.5	5.6	6.9	0.008	0.12	0.0001
實施例 10	87.5	5.1	7.4	0.008	0.12	0.0001
實施例 11	81.7	14.2	4.1	0.010	0.12	0.0001
實施例 12	75.8	19.1	5.1	0.009	0.12	0.0001
實施例 13	75.8	17.3	6.9	0.009	0.12	0.0001
實施例 14	70.0	25.9	4.1	0.009	0.12	0.0001
實施例 15	70.0	23.1	6.9	0.009	0.12	0.0001
實施例 16	70.0	22.6	7.4	0.010	0.12	0.0001
實施例 17	84.0	10.0	6.0	0.011	0.16	0.0001
實施例 18	84.0	10.0	6.0	0.013	0.20	0.0001
實施例 19	84.0	10.0	6.0	0.016	0.24	0.0001
實施例 20	84.0	10.0	6.0	0.029	0.40	0.0001
實施例 21	81.3	12.7	6.0	0.017	0.24	0.0005
實施例 22	81.3	12.7	6.0	0.017	0.24	0.0010
實施例 23	81.3	12.7	6.0	0.017	0.24	0.0050
實施例 24	81.3	12.7	6.0	0.017	0.24	0.0150
實施例 25	81.3	12.7	6.0	0.014	0.24	0.0500
實施例 26	81.3	12.7	6.0	0.017	0.24	0.1000
對比例 1	100.0	0.0	0.0	0.009	0.12	0.0001
對比例 2	84.0	16.0	0.0	0.010	0.12	0.0001
對比例 3	68.0	26.0	6.0	0.010	0.12	0.0001
對比例 4	84.0	6.0	10.0	0.009	0.12	0.0001
對比例 5	84.0	10.0	6.0	0.005	0.00	0.0001
對比例 6	84.0	10.0	6.0	0.844	0.10	0.0001
對比例 7	84.0	10.0	6.0	0.031	0.45	0.0001
對比例 8	81.3	12.7	6.0	0.017	0.24	0.1200
對比例 9	84.0	10.0	6.0	0.006	0.12	0.0001
對比例 10	84.0	10.0	6.0	0.027	0.12	0.0001

[表 2]

	平均等效圓直徑 [μm]	相對密度 [%]
實施例 1	8.1	99
實施例 2	5.7	98
實施例 3	6.8	98.5
實施例 4	5.5	98
實施例 5	4.8	98.5
實施例 6	4.6	97.3
實施例 7	5.2	98.2
實施例 8	5.8	97.2
實施例 9	4.2	97.5
實施例 10	4.8	96.9
實施例 11	6.9	98.7
實施例 12	5.4	97.2
實施例 13	3.8	96.5
實施例 14	4.3	95.4
實施例 15	3.1	95.1
實施例 16	3.8	96.2
實施例 17	5.8	98.5
實施例 18	5.4	98.2
實施例 19	4.5	98.2
實施例 20	5.5	97.5
實施例 21	5.8	97.7
實施例 22	6.2	98.1
實施例 23	5.8	98.2
實施例 24	5.4	98.4
實施例 25	5.7	98.5
實施例 26	6.1	98.7
對比例 1	6.4	97.8
對比例 2	2.3	93.5
對比例 3	3.1	92.1
對比例 4	3.5	93.1
對比例 5	4.5	95.6
對比例 6	3.9	96.2
對比例 7	12.5	96.5
對比例 8	5.2	94.8
對比例 9	172	97.8
對比例 10	1.2	91.5

[表3]

	x	y	a	Mn 量 (重量份)	Mg 量 (重量份)
實施例 1	0.187	0.060	1.002	0.12	0.0001
實施例 2	0.140	0.060	1.002	0.12	0.0001
實施例 3	0.160	0.060	1.002	0.12	0.0001
實施例 4	0.160	0.051	1.002	0.12	0.0001
實施例 5	0.170	0.065	1.002	0.12	0.0001
實施例 6	0.125	0.041	1.001	0.12	0.0001
實施例 7	0.125	0.051	1.001	0.12	0.0001
實施例 8	0.125	0.060	1.001	0.12	0.0001
實施例 9	0.125	0.069	1.001	0.12	0.0001
實施例 10	0.125	0.074	1.001	0.12	0.0001
實施例 11	0.183	0.041	1.002	0.12	0.0001
實施例 12	0.242	0.051	1.001	0.12	0.0001
實施例 13	0.242	0.069	1.001	0.12	0.0001
實施例 14	0.300	0.041	1.001	0.12	0.0001
實施例 15	0.300	0.069	1.001	0.12	0.0001
實施例 16	0.300	0.074	1.002	0.12	0.0001
實施例 17	0.160	0.060	1.002	0.16	0.0001
實施例 18	0.160	0.060	1.002	0.20	0.0001
實施例 19	0.160	0.060	1.004	0.24	0.0001
實施例 20	0.160	0.060	1.010	0.40	0.0001
實施例 21	0.187	0.060	1.005	0.24	0.0005
實施例 22	0.187	0.060	1.005	0.24	0.0010
實施例 23	0.187	0.060	1.005	0.24	0.0050
實施例 24	0.187	0.060	1.005	0.24	0.0150
實施例 25	0.187	0.060	1.002	0.24	0.0500
實施例 26	0.187	0.060	1.005	0.24	0.1000
對比例 1	0.000	0.000	1.002	0.12	0.0001
對比例 2	0.160	0.000	1.002	0.12	0.0001
對比例 3	0.320	0.060	1.002	0.12	0.0001
對比例 4	0.160	0.100	1.002	0.12	0.0001
對比例 5	0.160	0.060	1.002	0.00	0.0001
對比例 6	0.160	0.060	1.002	0.10	0.0001
對比例 7	0.160	0.060	1.010	0.45	0.0001
對比例 8	0.187	0.060	1.005	0.24	0.1200
對比例 9	0.160	0.060	0.999	0.12	0.0001
對比例 10	0.160	0.060	1.020	0.12	0.0001

[0171] 圖 15 顯示了實施例 1-26 中本發明的壓電材料和對比例 1-10 中用於對比的壓電材料的 x 值與 y 值之間的關係，其中由點劃線包圍的區域是由式（1）表示的

鈣鈦礦型金屬氧化物的 x 值和 y 值的範圍。

實施例 1-26 的壓電元件

[0172] 使用實施例 1-26 中的壓電材料製備壓電元件。藉由直流濺鍍在研磨的盤形壓電材料的兩個表面上形成每個都具有 400 nm 的厚度的金電極。順帶地，在電極和壓電材料之間形成具有 30 nm 厚度的鈦黏合劑層。將設有電極的壓電材料切割成本發明的 10×2.5×0.5mm 的條狀壓電元件。將所得的壓電元件設置在 60℃-100℃的溫度的熱板上並且藉由施加 1 kV/mm 的電場 30 分鐘使其極化。

[0173] 評估極化的壓電元件的靜態特性，即居里溫度、介電損耗、壓電常數 d_{31}、力因子 $d_{31}\times Y_{11}$ 和機械品質因子（Qm）。在表 4-6 中顯示了結果。

相轉變點

[0174] 表中的“相轉變點”顯示了結果：結構相轉變點是否存在於-25℃至 100℃的範圍內。在-25℃至 100℃的溫度範圍內具有結構相轉變點的壓電材料顯示爲“有”，並且在該範圍內不具有結構相轉變點的壓電材料顯示爲“沒有”。

居里溫度

[0175] 由顯示出最大介電常數的溫度決定居里溫度（Tc），所述最大介電常數藉由用具有 1 kHz 的頻率的小

交流電場改變溫度而測量介電常數決定。

介電損耗、壓電常數 d_{31}、力因子 $d_{31}\times Y_{11}$ 和機械品質因子（Qm）

[0176] 藉由共振-反共振方法決定介電損耗、壓電常數 d_{31}、楊式模量 Y_{11}、和機械品質因子（Qm），並且在表中顯示了它們的絕對值。

[0177] 所有實施例的樣品都具有 60 [pC/N]或更大的壓電常數 d_{31} 和 0.4%或更小的介電損耗。此外，採用 Berlincourt 法原理用 d_{33} 計量器測量的所有樣品中的壓電常數 d_{33} 爲 120 [pC/N]或更大。在所有實施例中，藉由烘烤銀糊料製備的壓電元件顯示出與藉由烘烤金糊料製備的壓電元件等效的特性。

對比例 1-10 的壓電元件

[0178] 如實施例 1-26 中所述，使用對比例 1-10 中的壓電材料製備用於對比的壓電元件。如實施例 1-26 中所述，評估壓電元件。在表 4-6 中顯示了結果。

[0179] 對比例 1 的壓電材料不包含 Ca 和 Zr，因而具有-25℃至 100℃的溫度範圍內的相轉變點，導致可使用壓電元件的溫度範圍狹窄。

[0180] 對比例 2 的壓電材料不包含 Zr，因而具有 38 [pC/N]的小壓電常數 d_{31}。

[0181] 對比例 3 的壓電材料包含過量的 Ca，因而引

起不充分的燒結，從而得到不充分的晶粒生長、小壓電常數和高介電損耗。

[0182] 對比例 4 的壓電材料包含過量的 Zr，因而具有爲 80℃的低居里溫度，並且還具有-25℃至 100℃的溫度範圍內的相轉變點，導致可使用壓電元件的溫度範圍狹窄。

[0183] 表 5 顯示了實施例 3 和 17-20 以及對比例 5-7 的每種壓電材料的壓電常數、介電損耗和機械品質因子，用於對比 Mn 的添加量。在對比例 5 和 6（其中 Mn 含量小於 0.12 重量份）中，機械品質因子低，即小於 400，並且在驅動期間對輸入功率的驅動效率顯著地低。對比例 7 的壓電材料包含過量的 Mn，因而具有小壓電常數和爲 0.6%的大介電損耗。

[0184] 表 6 顯示了實施例 21-26 和對比例 8 的每種壓電材料的壓電常數、介電損耗、力因子和機械品質因子，用於比較 Mg 的添加量。對比例 8 的壓電材料包含大量的 Mg，因而具有不大於 800 的小機械品質因子，還具有不大於 10 的小力因子。

[0185] 在對比例 9 中，“a”值小，即爲 0.999，並且晶粒異常生長至顯著超過 10 μm 的平均等效圓直徑，從而顯著地降低機械強度。

[0186] 在對比例 10 中，“a”值大，即爲 1.020，並且燒結沒有充分地進行，從而得到不充分的晶體生長。結果，對比例 10 中的壓電元件具有 35 的小壓電常數 d_{31} 和

爲 0.9%的大介電損耗。

[表 4]

	相轉變點	居里溫度 [°C]	壓電常數 $\|d_{31}\|$ [pC/N]	介電損耗 [%]	機械品質因子 Qm
實施例 1	沒有	106	88	0.3	1100
實施例 2	沒有	107	105	0.2	920
實施例 3	沒有	106	92	0.3	950
實施例 4	沒有	112	85	0.3	1060
實施例 5	沒有	104	94	0.3	1020
實施例 6	沒有	116	83	0.2	980
實施例 7	沒有	112	95	0.3	950
實施例 8	沒有	107	110	0.2	890
實施例 9	沒有	104	115	0.2	920
實施例 10	有	100	117	0.2	930
實施例 11	沒有	116	75	0.3	940
實施例 12	沒有	112	70	0.2	980
實施例 13	沒有	104	75	0.2	970
實施例 14	沒有	116	65	0.2	920
實施例 15	沒有	104	68	0.2	950
實施例 16	沒有	102	70	0.2	970
實施例 17	沒有	106	87	0.3	1050
實施例 18	沒有	104	82	0.3	1150
實施例 19	沒有	104	79	0.4	1220
實施例 20	沒有	104	70	0.5	1270
實施例 21	沒有	106	85	0.2	1220
實施例 22	沒有	106	88	0.3	1320
實施例 23	沒有	106	90	0.3	1250
實施例 24	沒有	106	89	0.3	1150
實施例 25	沒有	106	85	0.3	1000
實施例 26	沒有	106	82	0.3	900
對比例 1	有	127	115	0.2	1320
對比例 2	沒有	127	38	0.3	780
對比例 3	沒有	104	25	0.5	750
對比例 4	有	80	125	0.2	770
對比例 5	沒有	106	102	0.2	220
對比例 6	沒有	106	95	0.2	390
對比例 7	沒有	106	62	0.6	1310
對比例 8	沒有	106	79	0.4	750
對比例 9	沒有	105	65	0.2	970
對比例 10	沒有	106	35	0.2	280

[表5]

	壓電常數 $\|d_{31}\|$ [pC/N]	介電損耗 [%]	機械品質因子 Qm
實施例 3	92	0.3	950
實施例 17	87	0.3	1050
實施例 18	82	0.3	1150
實施例 19	79	0.4	1220
實施例 20	70	0.5	1270
對比例 5	102	0.2	220
對比例 6	95	0.2	390
對比例 7	62	0.6	1310

[表6]

	壓電常數 $\|d_{31}\|$ [pC/N]	介電損耗 [%]	力因子 $\|d_{31}\times Y_{11}\|$ [N/Vm]	機械品質因子 Qm
實施例 21	85	0.2	10.80	1220
實施例 22	88	0.3	11.09	1320
實施例 23	90	0.3	11.25	1250
實施例 24	89	0.3	10.95	1150
實施例 25	85	0.3	10.20	1000
實施例 26	82	0.3	9.84	900
對比例 8	79	0.4	8.52	750

壓電元件的耐久性評估

[0187] 爲了評估壓電元件的耐久性，將實施例 1-9 和 11-16 中製備的壓電元件和對比例 4 中製備的用於對比的壓電元件放置在恆溫室中並且使其經受熱迴圈測試：重複由 25℃→-20℃→50℃→25℃構成的熱迴圈 100 次。

[0188] 評估熱迴圈測試前後的壓電常數 d_{31}。在表 7 中顯示了壓電常數的變化率。藉由[(測試後的壓電常數 d_{31})-(測試前的壓電常數 d_{31})]/(測試前的壓電常數 d_{31})×100 決定壓電常數的變化率。

[表7]

	相轉變點	循環測試前的壓電常數 $\|d_{31}\|$ [pC/N]	循環測試後的壓電常數 $\|d_{31}\|$ [pC/N]	變化 [%]
實施例 1	沒有	88	84	-4.1
實施例 2	沒有	105	101	-3.8
實施例 3	沒有	92	88	-3.9
實施例 4	沒有	85	83	-2.8
實施例 5	沒有	94	91	-3.7
實施例 6	沒有	83	81	-2.3
實施例 7	沒有	95	93	-2.5
實施例 8	沒有	110	106	-3.6
實施例 9	沒有	115	110	-4.1
實施例 11	沒有	75	73	-2.2
實施例 12	沒有	70	68	-2.6
實施例 13	沒有	75	72	-3.7
實施例 14	沒有	65	63	-2.8
實施例 15	沒有	68	65	-3.7
實施例 16	沒有	70	67	-4.5
對比例 4	有	125	98	-21.5

[0189] 每個實施例的壓電元件顯示出壓電性質的降低率爲 5%或更小，而對比例 4 中的降低率顯著高於 10%，導致不充分的耐久性。

多層壓電元件的製備和評估

實施例 27

[0190] 以 81.3：12.7：6.0 的莫耳比稱取與實施例 1 中所用相同的鈦酸鋇、鈦酸鈣和鋯酸鈣粉末。爲了調整表示 A 位點處的 Ba 和 Ca 的莫耳量與 B 位點處的 Ti 和 Zr 的莫耳量的比值的“a”，添加 0.017 mol 草酸鋇。爲了調整 Mg 含量，基於 100 重量份的鈦酸鋇、鈦酸鈣、鋯酸鈣和

草酸鋇的稱取量的總和（總量），以 0.0049 重量份的量添加氧化鎂。利用球磨機乾摻混，將所述混合物混合 24 小時。

[0191] 此外，添加 0.24 重量份（以金屬爲基礎）的 Mn 量的乙酸錳（II）和 3 重量份的量的 PVA 黏合劑，接著混合，每一者均基於鈦酸鋇、鈦酸鈣、鋯酸鈣和草酸鋇的稱取量的總和（總量）。所得的混合物具有與實施例 23 中的混合物相同的組成。藉由刮刀法使該混合粉末形成具有 50 μm 的厚度的生坯片。

[0192] 在生坯片上印塗用於內電極的傳導糊料。使用 Ni 糊料作爲傳導糊料。堆疊九個分別都設有傳導糊料的生坯片，並且使所得的疊層經熱壓縮結合。

[0193] 在管式爐中燒製熱壓縮結合的疊層。在高達 300℃的空氣中進行燒製，然後移除黏合劑，並且在 1380℃下在還原氣氛（H_2：N_2=2：98，氧濃度：2×10^{-6} Pa）中繼續進一步燒製 5 小時。在降溫過程中，在從 1000℃到室溫的溫度中將氧濃度改變成 30 Pa。

[0194] 將所製備的燒結坯體切割成 10×2.5 mm 的尺寸。研磨側面，並且藉由濺鍍 Au 形成用於使內電極交替短路的一對外電極（第一電極和第二電極），從而製備如圖 2B 所示的多層壓電元件。觀察所得的多層壓電元件的內電極，並且證實交替形成了作爲電極材料的 Ni 層和壓電材料層。在 60℃至 100℃的溫度的熱板上設置所得的多層壓電元件並且藉由施加 1 kV/mm 的電場 30 分鐘使其極

化。所得的多層壓電元件具有充分的絕緣性質和令人滿意的壓電性質，使得壓電常數 d_{31} 約爲實施例 23 中的壓電元件的六倍或更多。

對比例 11

[0195] 如實施例 27 中所述製備了多層壓電元件，不同的是組成爲對比例 9 中的組成。觀察所得的多層壓電元件的壓電材料層，並且觀察到數個具有 40-50 μm 的平均等效圓直徑的晶粒。因此，所述元件具有非常低的強度而不允許壓電性質的評估。

對比例 12

[0196] 如實施例 27 中所述製備了多層壓電元件，不同的是組成爲對比例 8 中的組成。評估所得的多層壓電元件的壓電性質。力因子和機械品質因子等於或低於對比例 8 中的力因子和機械品質因子。

裝置的製備和評估

實施例 28

[0197] 使用實施例 9 的壓電元件製備了圖 3A 和 3B 所示的液體排出頭。證實根據輸入電信號的油墨排出。

實施例 29

[0198] 使用具有實施例 9 的壓電元件的圖 3A 和 3B

所示的液體排出頭製備了圖 4 所示的液體排出裝置。證實根據輸入電信號的油墨排出到轉移物體上。

實施例 30

[0199] 使用實施例 27 的多層壓電元件製備了圖 3A 和 3B 所示的液體排出頭。證實根據輸入電信號的油墨排出。

實施例 31

[0200] 使用具有實施例 27 的多層壓電元件的圖 3A 和 3B 所示的液體排出頭製備了圖 4 所示的液體排出裝置。證實根據輸入電信號的油墨排出到轉移物體上。

實施例 32

[0201] 使用實施例 22 中的壓電元件製備了圖 6A 所示的超音波馬達。證實根據施加交流電壓的電動機旋轉行爲。

實施例 33

[0202] 使用具有實施例 22 中的壓電元件的超音波馬達製備了圖 8 所示的光學設備。證實根據施加交流電壓的自動聚焦操作。

實施例 34

[0203] 使用實施例 27 中的多層壓電元件製備了圖 6B 所示的超音波馬達。證實根據施加交流電壓的電動機旋轉行爲。

實施例 35

[0204] 使用實施例 23 中的壓電元件製備了圖 9A 和 9B 所示的除塵裝置。藉由分散塑膠珠並且對其施加交流電壓，證實令人滿意的除塵效率。

實施例 36

[0205] 使用實施例 27 中的多層壓電元件製備了圖 9A 和 9B 所示的除塵裝置。藉由分散塑膠珠並且對其施加交流電壓，證實令人滿意的除塵效率。

實施例 37

[0206] 使用具有實施例 23 中的壓電元件的除塵裝置和影像擷取元件單元製備了圖 13 所示的影像擷取裝置。在裝置操作中，令人滿意地移除了影像擷取單元表面上的灰塵，從而提供無灰塵缺陷的影像。

實施例 38

[0207] 使用具有實施例 9 中的壓電元件的壓電聲學部件製備了圖 14 所示的電子設備。證實根據施加交流電壓的揚聲器操作。

[0208] 本發明的壓電材料在寬廣的實際使用溫度範圍內具有令人滿意並且穩定的壓電常數和機械品質因子。此外，由於所述壓電材料不包含鉛，其對環境的負荷小。因此，本發明的壓電材料可用於各種包括大量壓電材料的設備例如液體排出頭、液體排出裝置、超音波馬達、光學設備、振動裝置、除塵裝置、影像擷取裝置和電子設備而沒有任何問題。

[0209] 雖然參考示例性的實施方案描述了本發明，但是要理解本發明不限於所公開的示例性實施方案。以下申請專利範圍要符合最寬廣的解釋從而包括所有這樣的修改和等價的結構和功能。

【符號說明】

[0210]

1：第一電極

2：壓電材料單元

3：第二電極

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

505a：內電極

505b：內電極

506a：外電極

506b：外電極

101：壓電元件

1011：第一電極

1012：壓電材料

1013：第二電極

102：液體室

103：隔膜

104：液體室隔板

105：排出口

106：連通孔

107：共用液體室

108：緩衝層

881：噴墨記錄設備

882：外部部件

883：外部部件

884：外部部件

885：外部部件

887：外部部件

890：恢復部分

891：記錄部分

892：支架

896：裝置主體

897：自動供應機

898：噴出口

899：傳送帶

201：振盪器

2011：金屬彈性環

2012：壓電元件

2013：有機黏合劑

202：轉子

203：輸出軸

204：振盪器

2041：板狀金屬彈性本體

2042：壓電元件

205：轉子

206：加壓彈簧

702：聚焦鏡頭

711：可拆卸安裝台

712：固定筒

712a：安裝側端面

712b：外直徑部分

713：線性導向筒

713a：前導向槽

713b：圓形槽

714：前鏡頭組筒

715：凸輪環

715a：凸輪槽

715b：槽口

716：後鏡頭組筒

717a：凸輪輥

717b：凸輪輥

718：軸向螺釘

719：輥

720：旋轉傳動環

720f：軸

722：驅動輥

722a：大直徑部分

722b：小直徑部分

724：手動聚焦環

724a：前側端面

724b：安裝側端面

724c：內直徑部分

725：超音波馬達

725b：定子

725c：轉子

726：波形墊圈

727：軸承座圈

728：聚焦鍵

729：連接零件

732：墊圈

733：低摩擦片

310：除塵裝置

320：隔膜

330：板狀壓電元件

331：壓電材料

332：第一電極

333：第二電極

336：第一電極面

337：第二電極面

601：相機本體

602：安裝部分

605：鏡箱

606：主鏡

200：快門單元

300：本體底架

400：影像擷取單元

901：光學裝置

908：釋放按鈕

909：頻閃儀發光單元

912：揚聲器

914：麥克風

916：輔助光單元

931：數位相機本體

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：

由式（1）表示的鈣鈦礦型金屬氧化物：

$(Ba_{1-x}Ca_x)_a(Ti_{1-y}Zr_y)O_3$（其中 $1.00 \leq a \leq 1.01$，$0.125 \leq x \leq 0.300$，並且 $0.041 \leq y \leq 0.074$）；

Mn；和

Mg，其中

基於以金屬爲基礎的 100 重量份的鈣鈦礦型金屬氧化物，Mn 的含量爲 0.12 重量份或更多並且 0.40 重量份或更少；並且

基於以金屬爲基礎的 100 重量份的鈣鈦礦型金屬氧化物，Mg 的含量爲 0.10 重量份或更少（排除 0 重量份）。

2. 如申請專利範圍第 1 項之壓電材料，其中基於以金屬爲基礎的 100 重量份的鈣鈦礦型金屬氧化物，Mg 的含量爲 0.05 重量份或更少。

3. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之壓電材料，其中壓電材料在-25℃至 100℃的範圍內不具有結構相變點。

4. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之壓電材料，其中構成壓電材料的晶粒具有 1 μm 或更大並且 10 μm 或更小的平均等效圓直徑。

5. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之壓電材料，其中壓電材料具有 93%或更大並且 100%或更小的相對密度。

6. 一種壓電元件，其包含：

第一電極；

壓電材料；和

第二電極，其中

該壓電材料是如申請專利範圍第 1 或 2 項之壓電材料。

7. 一種多層壓電元件，其包含：

交替堆疊的壓電材料層和電極層，其包括內電極，其中

該壓電材料層由如申請專利範圍第 1 或 2 項之壓電材料製得。

8. 一種液體排出頭，其包含：

提供有包括如申請專利範圍第 6 項之壓電元件的振動單元的液體室；和

與該液體室連通的排出口。

9. 一種液體排出裝置，其包含：

用於傳送轉移物體的傳送單元；和

如申請專利範圍第 8 項之液體排出頭。

10. 一種超音波馬達，其包含：

提供有如申請專利範圍第 6 項之壓電元件的振動部件；和

與該振動部件接觸的可移動部件。

11. 一種光學設備，其包含：

包括如申請專利範圍第 10 項之超音波馬達的驅動單元。

12. 一種振動裝置，其包含：

提供有如申請專利範圍第 6 項之壓電元件的振動部件。

13. 一種除塵裝置，其包含：

提供有包括如申請專利範圍第 12 項之振動裝置的振動單元的隔膜。

14. 一種影像擷取裝置，其包含：

如申請專利範圍第 13 項之除塵裝置；和

影像擷取元件單元，其中

將除塵裝置的隔膜和影像擷取元件單元的光接收表面佈置在相同軸上；並且

將除塵裝置佈置在影像擷取元件單元的光接收表面側上。

15. 一種電子設備，其包含：

提供有如申請專利範圍第 6 項之壓電元件的壓電聲學部件。

16. 一種液體排出頭，其包含：

提供有包括如申請專利範圍第 7 項之多層壓電元件的振動單元的液體室；和

與該液體室連通的排出口。

17. 一種液體排出裝置，其包含：

用於傳送記錄介質的傳送單元；和

如申請專利範圍第 16 項之液體排出頭。

18. 一種超音波馬達，其包含：

提供有如申請專利範圍第 7 項之多層壓電元件的振動

部件；和

與該振動部件接觸的可移動部件。

19. 一種光學設備，其包含：

包括如申請專利範圍第 18 項之超音波馬達的驅動單元。

20. 一種振動裝置，其包含：

提供有如申請專利範圍第 7 項之多層壓電元件的振動部件。

21. 一種除塵裝置，其包含：

提供有包括如申請專利範圍第 20 項之振動裝置的振動單元的隔膜。

22. 一種影像擷取裝置，其包含：

如申請專利範圍第 21 項之除塵裝置；和

影像擷取元件單元，其中

將除塵裝置的隔膜和影像擷取元件單元的光接收表面佈置在相同軸上；並且

將除塵裝置佈置在影像擷取元件單元的光接收表面側上。

23. 一種電子設備，其包含：

提供有如申請專利範圍第 7 項之多層壓電元件的壓電聲學部件。

圖 式

圖 1

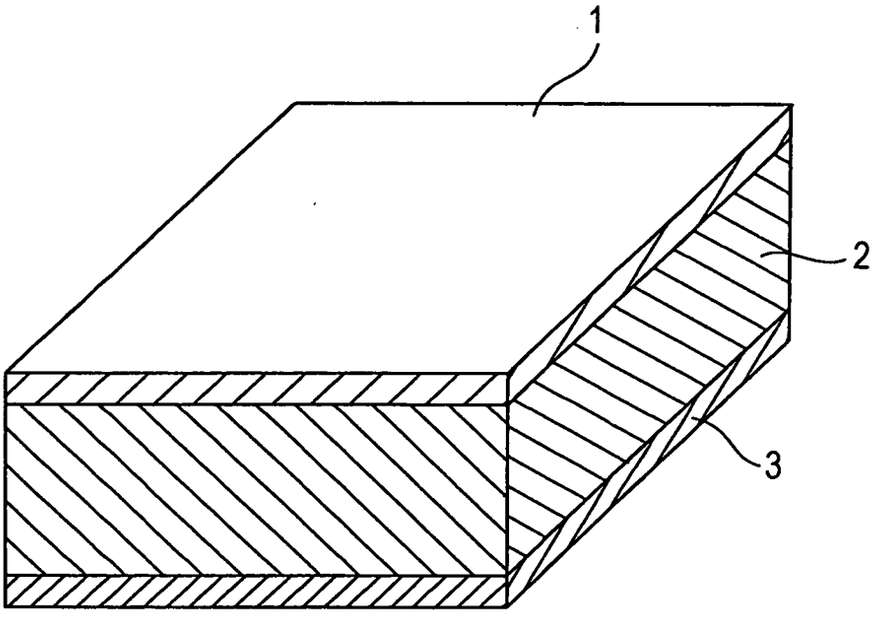


圖 2A

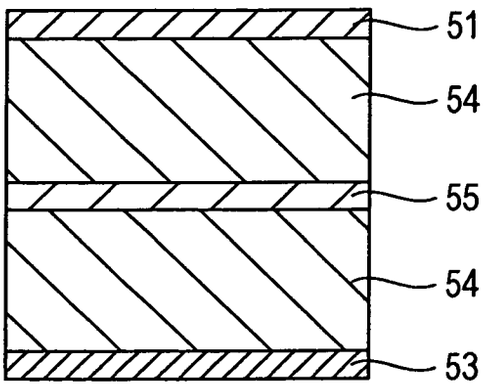

51
54
55
54
53

圖 2B

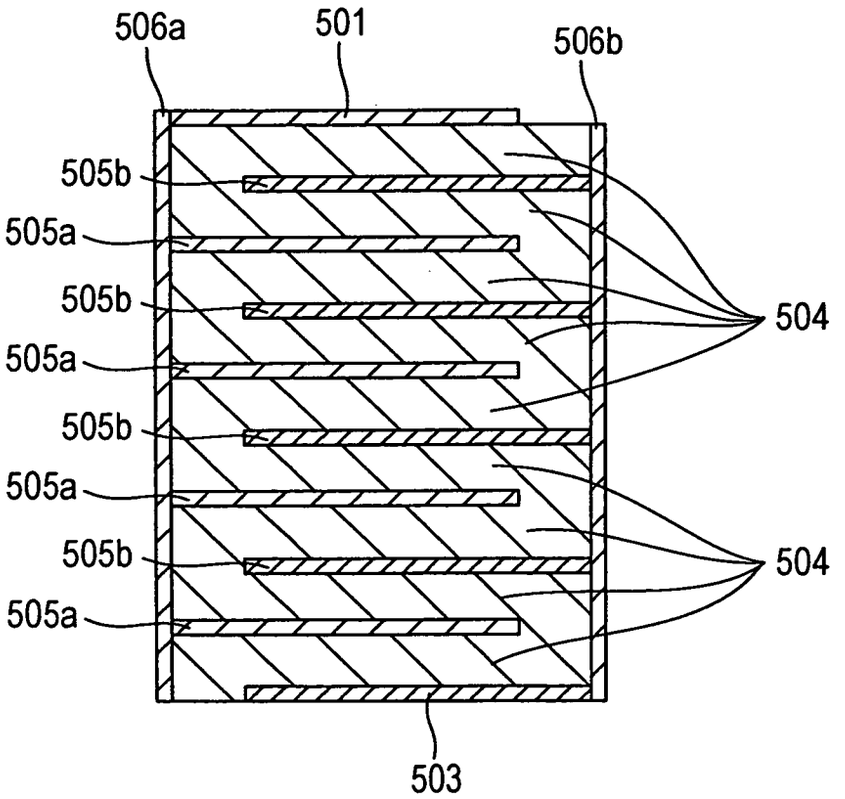

506a
501
506b
505b
505a
505b
505a
505b
505a
505b
505a
504
504
503

圖 3A

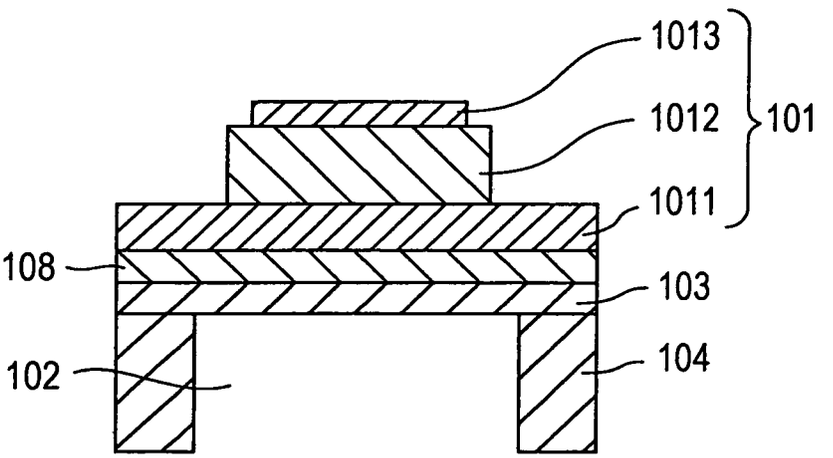

1013
1012
101
1011
108
103
102
104

圖 3B

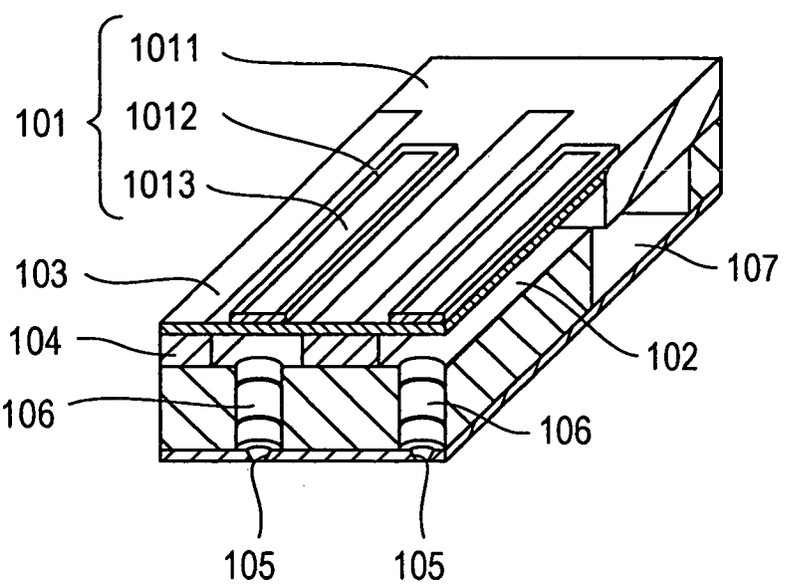

1011
101
1012
1013
103
107
104
102
106
106
105
105

圖 4

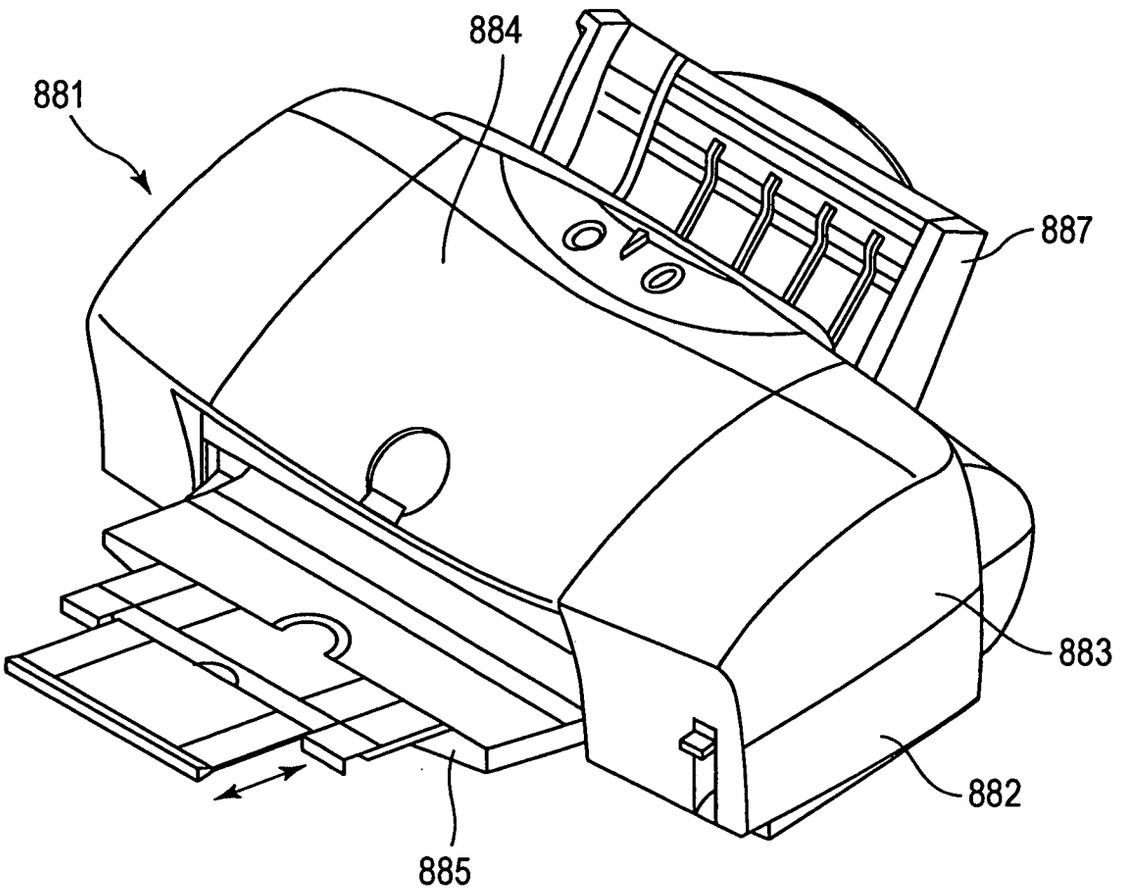


圖 5

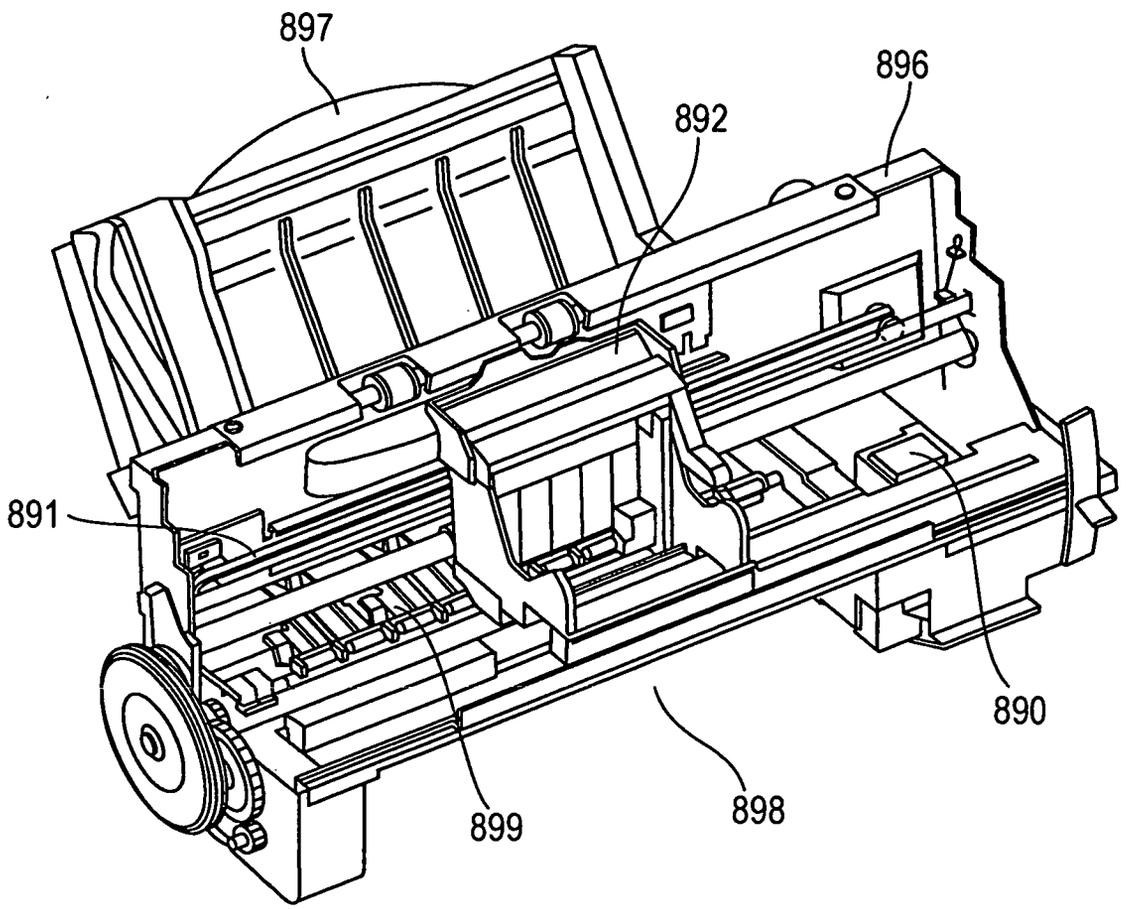


圖 6A

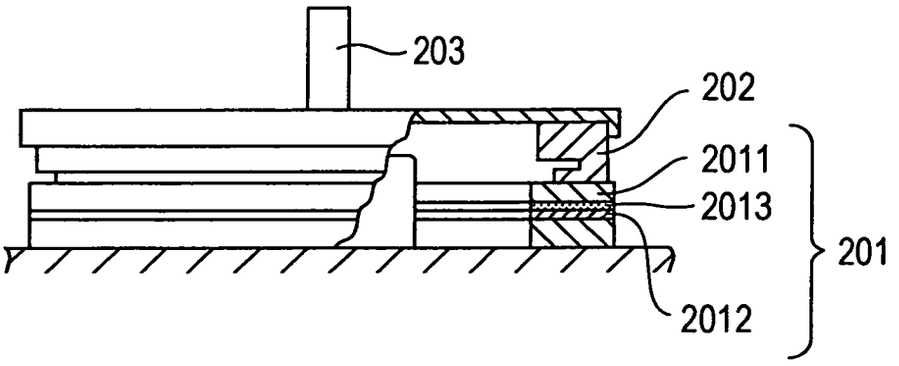


圖 6B

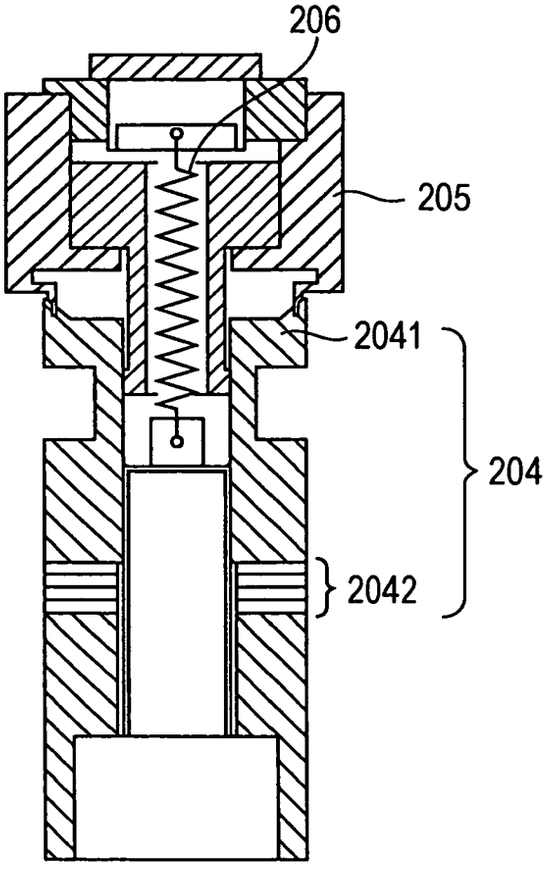


圖 7A

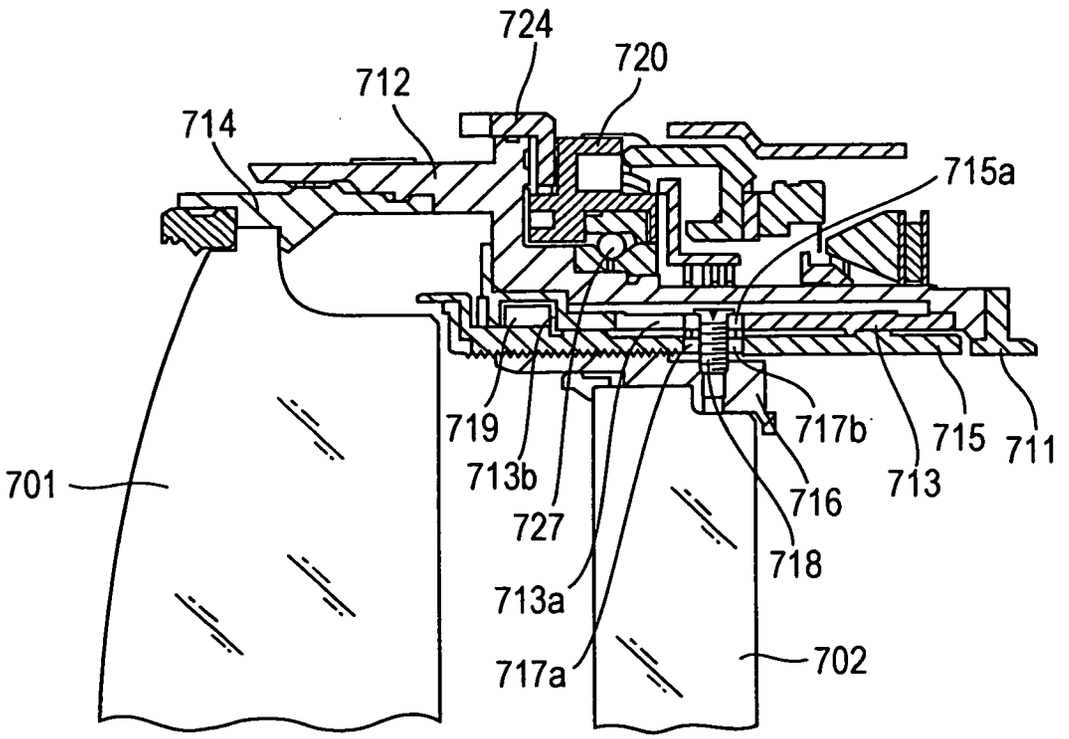

724
720
712
714
715a
719
713b
727
717b
715
711
713
716
718
701
713a
717a
702

圖 7B

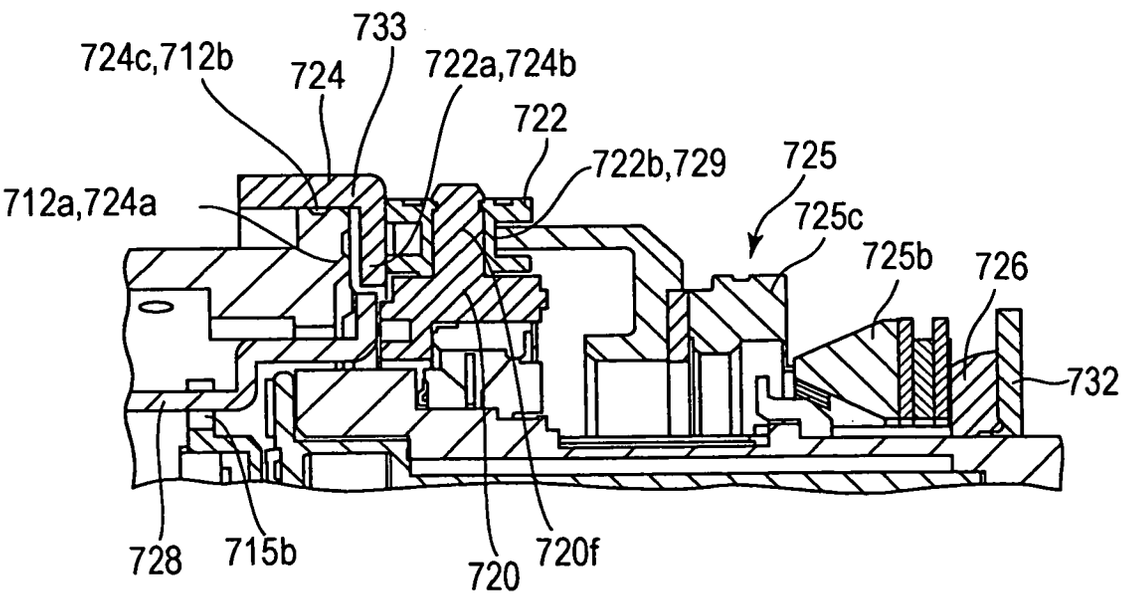

733
724c,712b
724
722a,724b
722
722b,729
725
712a,724a
725c
725b
726
732
728
715b
720
720f

圖 8

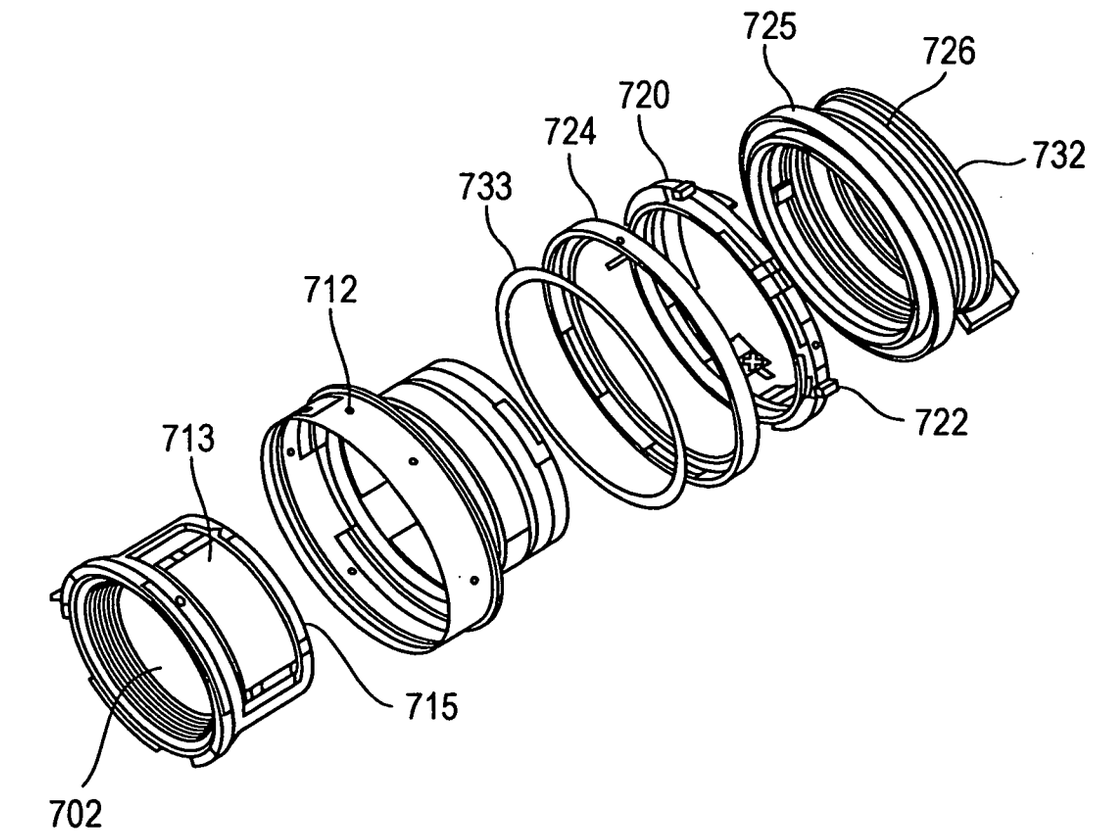


圖 9A

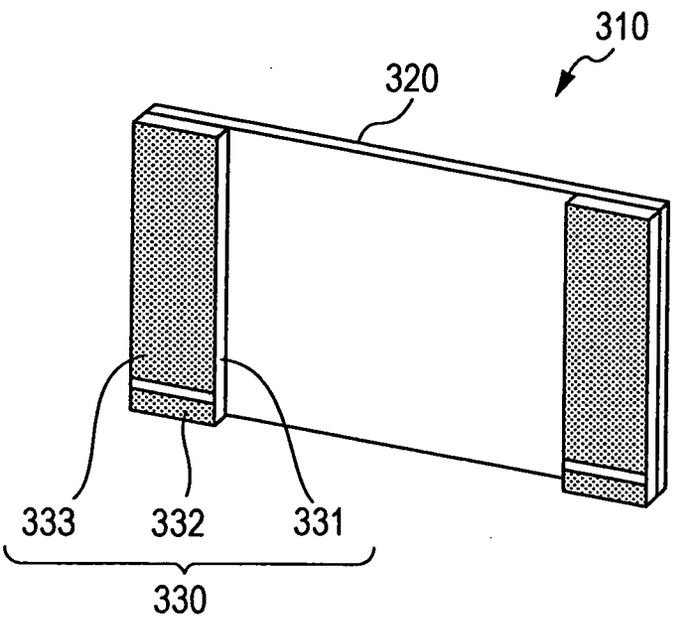


圖 9B

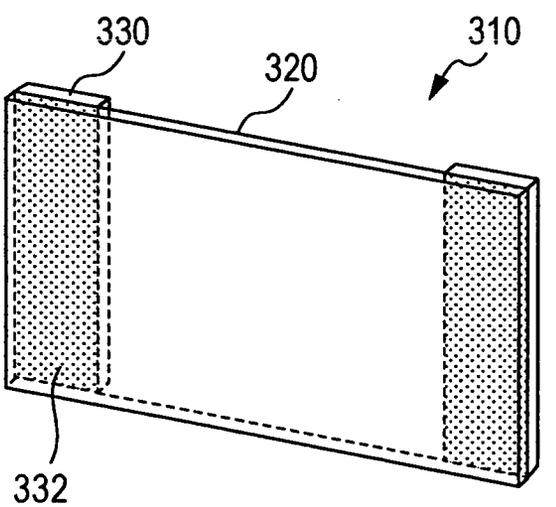


圖 10A

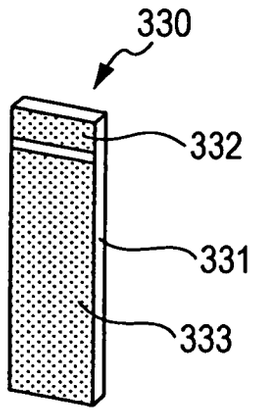


圖 10B

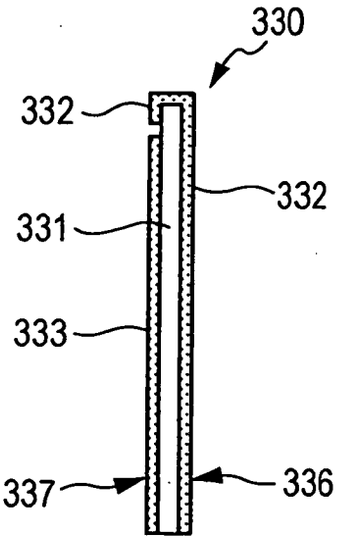


圖 10C

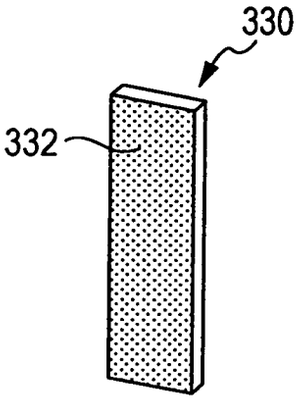


圖 11A

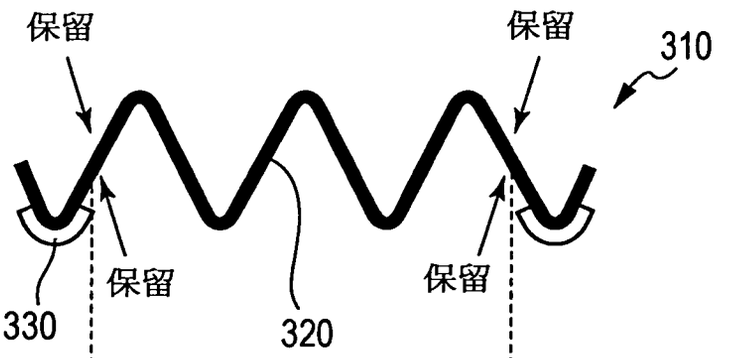


圖 11B

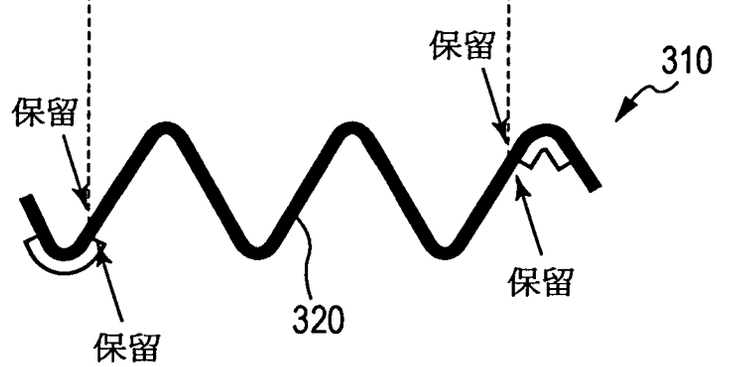


圖 12

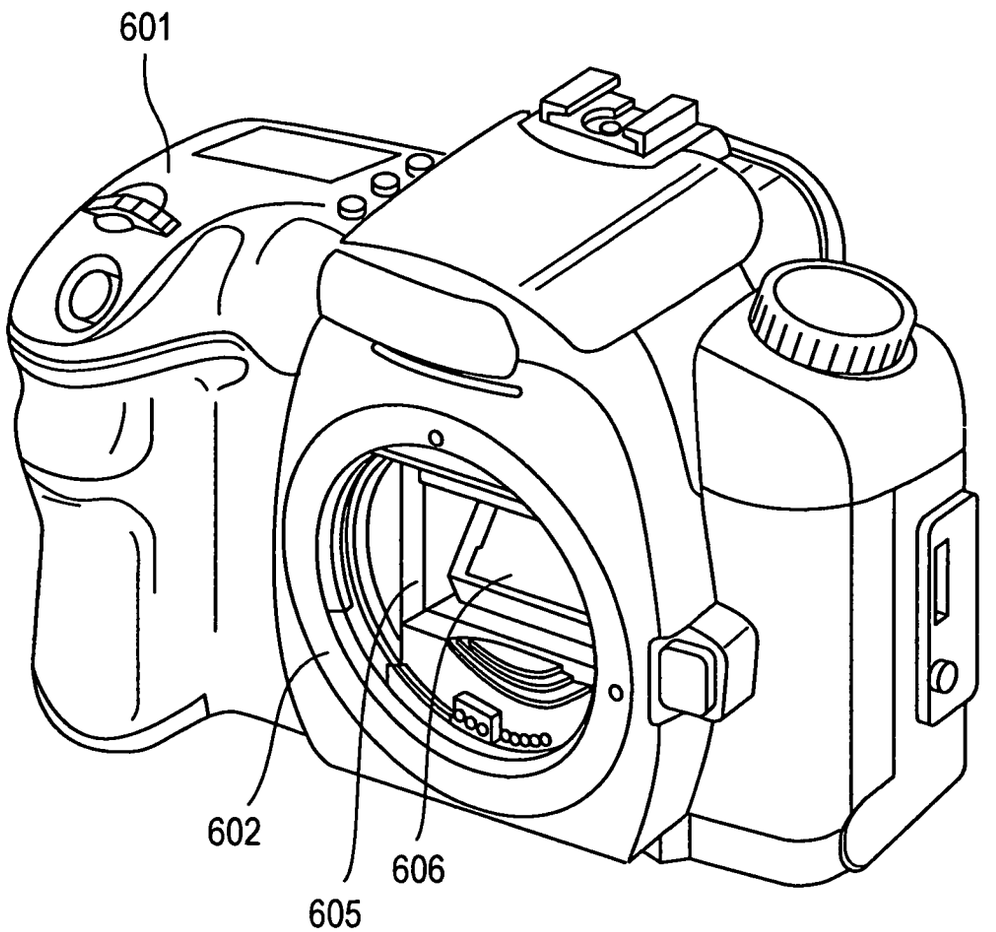


圖 13

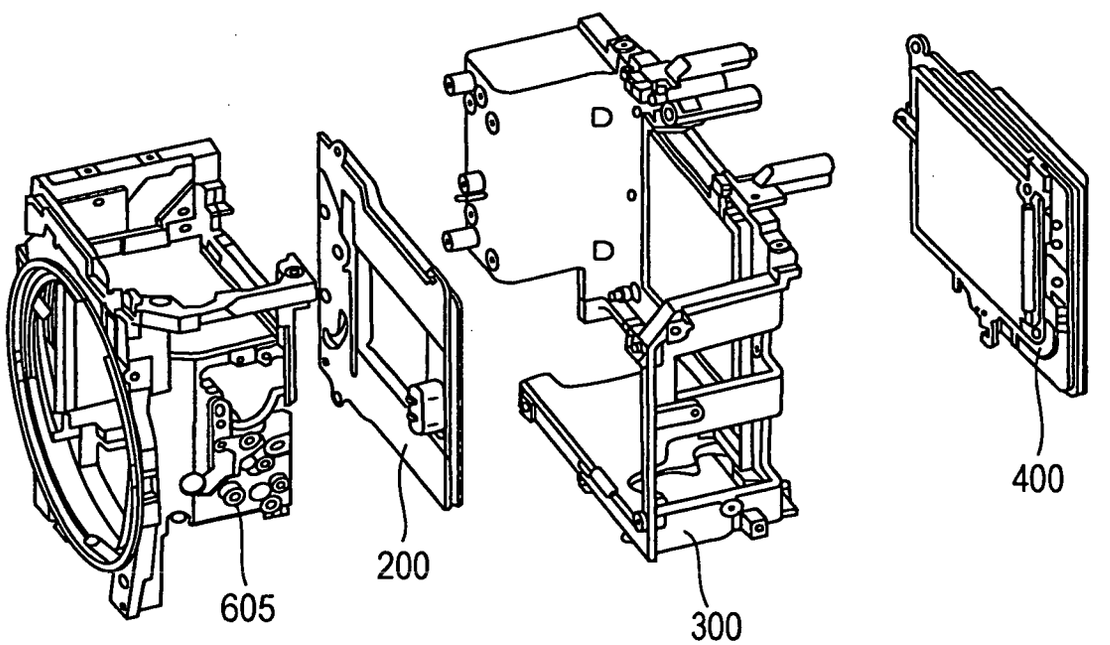


圖 14

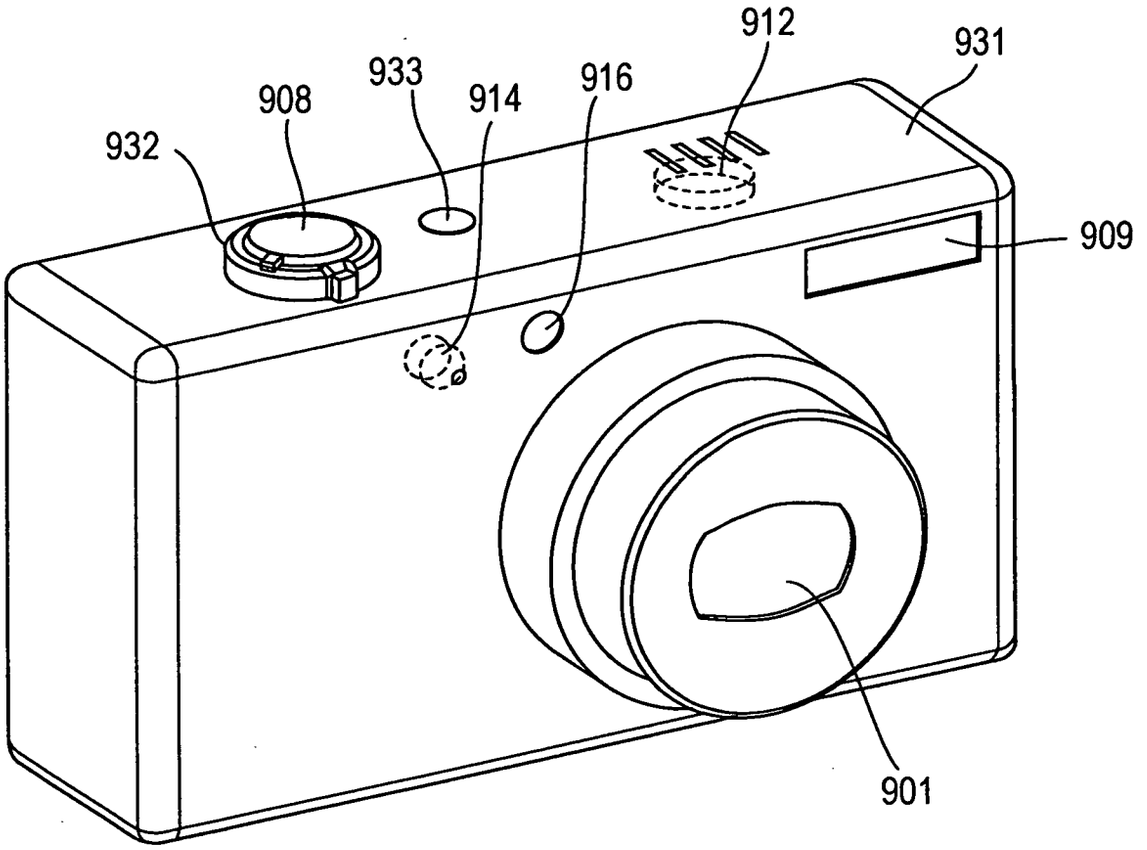
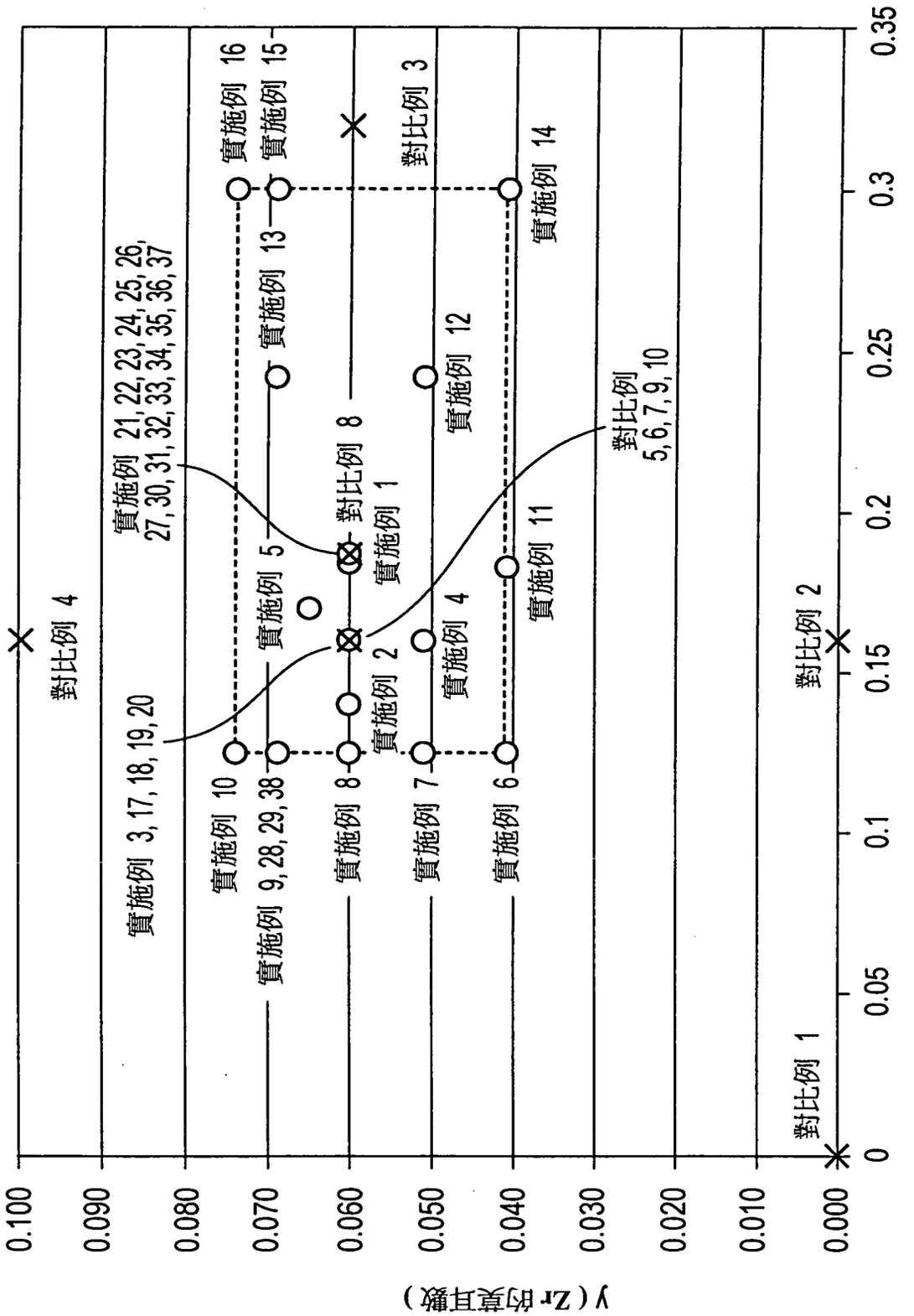


圖 15


0.100
0.090
0.080
0.070
0.060
0.050
0.040
0.030
0.020
0.010
0.000
y（Zr的莫耳數）
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
0.35
x（Ca的莫耳數）
對比例 1
對比例 2
對比例 3
對比例 4
對比例 5,6,7,9,10
實施例 1
實施例 2
實施例 3,17,18,19,20
實施例 4
實施例 5
實施例 6
實施例 7
實施例 8
實施例 9,28,29,38
實施例 10
實施例 11
實施例 12
實施例 13
實施例 14
實施例 15
實施例 16
實施例 21,22,23,24,25,26,
27,30,31,32,33,34,35,36,37