



(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 I586103 B

(45)公告日：中華民國 106 (2017) 年 06 月 01 日

(21)申請案號：103144885

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 12 月 23 日

(51)Int. Cl. : **H03H9/19 (2006.01)**

(30)優先權：2013/12/24 日本

2013-265268

(71)申請人：日本電波工業股份有限公司(日本) NIHON DEMPA KOGYO CO., LTD. (JP)
日本

(72)發明人：山田博章 YAMADA, HIROAKI (JP)；山口貴士 YAMAGUCHI, TAKASHI (JP)

(74)代理人：葉璟宗；鄭婷文；詹富閔

(56)參考文獻：

TW 201238244A1 JP 2012-175520

JP 2013-102346 US 4350918

US 4454443 US 6031319

US 2012/0032563A1

K. Nakamura and Y. Kawamura, "Orientation dependence of electromechanical coupling factors in KNbO₃," in IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, vol. 47, no. 3, pp. 750-755, May 2000.°

審查人員：蘇齊賢

申請專利範圍項數：7 項 圖式數：10 共 28 頁

(54)名稱

晶體振子

CRYSTAL RESONATOR

(57)摘要

本發明的晶體振子可不對振動特性造成不良影響地設置小型且結構簡單的支撐部，頻率溫度特性優異且設計的自由度高。使晶體的 XYZ 軸繞 X 軸旋轉 $+37^{\circ}\sim+51.5^{\circ}$ 而形成 X'軸、Y'軸、Z'軸，使 X'軸與 Z'軸繞 Y'軸旋轉 45° 而形成 X''軸及 Z''軸。晶體板為將具有分別與 X''軸及 Z''軸平行的邊的長方形設為基準長方形，而使基準長方形的至少一對相向的邊分別向基準長方形的外方凸出而成的形狀，且在 X''方向及 Z''方向上分別具有縱向振動模式。在兩個縱向振動模式結合時，將對晶體板進行支撐的支撐部連接於基準長方形的頂點附近的位置且 X''方向或 Z''方向的振動位移極小的位置。

A crystal resonator includes a blank and a supporting portion. The blank is cut out from a crystal parallel to a surface that includes an X''-axis and a Z''-axis respectively obtained by rotating an X'-axis and a Z'-axis by 45° around a Y'-axis in a direction from the Z'-axis toward the X'-axis. The X'-axis, the Y'-axis, and the Z'-axis are respectively obtained by rotating a crystallographic X-axis, Y-axis, and Z-axis of the crystal by equal to or more than $+37^{\circ}$ and equal to or less than 51.5° around the X-axis. The supporting portion is connected to an outer periphery of the blank at a position near an apex of the reference rectangle and where a displacement of vibration in the X''-axial direction or the Z''-axial direction becomes a local minimum when two longitudinal modes of vibration are coupled.

指定代表圖：

- 符號簡單說明：
- 31 . . . 晶體板
 - 32 . . . 支撐部
 - 33 . . . 框架
 - 34 . . . 激振電極
 - 36 . . . 引出電極
 - 37 . . . 連接墊
 - Y'、X''、Z'' . . . 軸

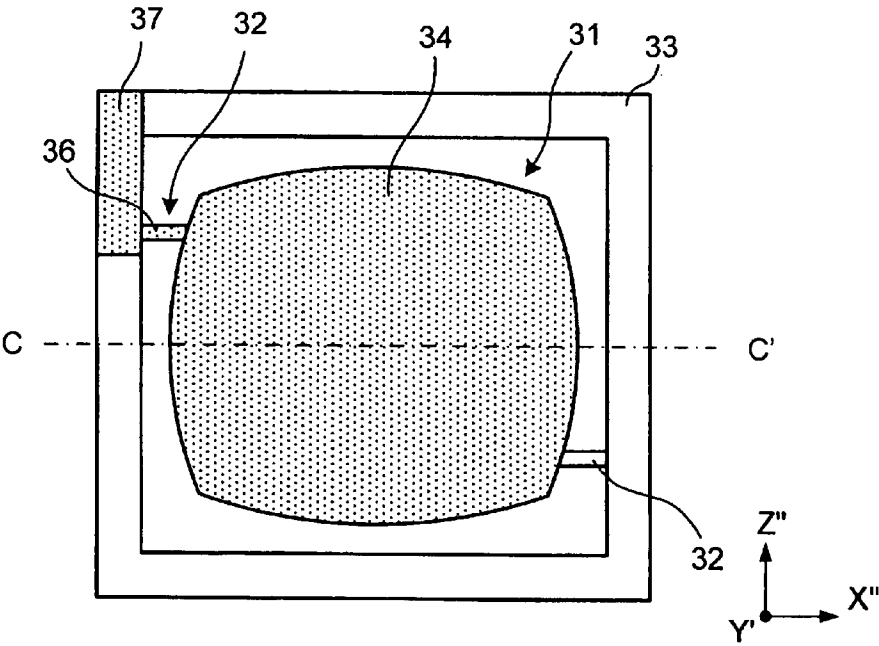


圖 6



申請日:

106-03-13

IPC分類:

發明摘要

公告本

※ 申請案號: 103144885

※ 申請日: 103.12.23

※IPC 分類: H03H 9/19 (2006.01)

【發明名稱】

晶體振子

CRYSTAL RESONATOR

【中文】

本發明的晶體振子可不對振動特性造成不良影響地設置小型且結構簡單的支撐部，頻率溫度特性優異且設計的自由度高。使晶體的 XYZ 軸繞 X 軸旋轉 $+37^{\circ}\sim+51.5^{\circ}$ 而形成 X'軸、Y'軸、Z'軸，使 X'軸與 Z'軸繞 Y'軸旋轉 45° 而形成 X''軸及 Z''軸。晶體板為將具有分別與 X''軸及 Z''軸平行的邊的長方形設為基準長方形，而使基準長方形的至少一對相向的邊分別向基準長方形的外方凸出而成的形狀，且在 X''方向及 Z''方向上分別具有縱向振動模式。在兩個縱向振動模式結合時，將對晶體板進行支撐的支撐部連接於基準長方形的頂點附近的位置且 X''方向或 Z''方向的振動位移極小的位置。

【英文】

A crystal resonator includes a blank and a supporting portion. The blank is cut out from a crystal parallel to a surface that includes an X''-axis and a Z''-axis respectively obtained by rotating an X'-axis and a Z'-axis by 45° around a Y'-axis in a direction from the Z'-axis toward the X'-axis. The X'-axis, the Y'-axis, and the Z'-axis are respectively obtained by rotating a crystallographic X-axis, Y-axis, and Z-axis of the crystal by equal to or more than $+37^{\circ}$ and

106-03-13

equal to or less than 51.5° around the X-axis. The supporting portion is connected to an outer periphery of the blank at a position near an apex of the reference rectangle and where a displacement of vibration in the X''-axial direction or the Z''-axial direction becomes a local minimum when two longitudinal modes of vibration are coupled.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖 6。

【本代表圖之符號簡單說明】：

31：晶體板

32：支撐部

33：框架

34：激振電極

36：引出電極

37：連接墊

Y'、X''、Z''：軸

【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】

晶體振子

CRYSTAL RESONATOR

【技術領域】

【0001】 本發明涉及一種晶體振子。

【先前技術】

【0002】 被用作頻率或時間的基準源的晶體振子，依據將構成晶體振子的振動板即晶體板從晶體的單晶切出時的結晶學上的方位，而被分為幾種“切割（cut）”。關於所述切割，以前，例如 AT 切割、SC 切割等已廣為人知。其中，GT 切割的晶體板具有優良的頻率溫度特性，周圍溫度變化時的共振頻率的變化非常小，因而期待被應用於高精度高穩定的晶體振盪器等中。長方形狀的 GT 切割的晶體振子在低頻帶（例如，2 MHz～10 MHz）下可實現小型化，且具有常溫（25℃左右）下的一次溫度係數為 0 的頻率溫度特性。

【0003】 在晶體中，眾所周知結晶學上規定有 X 軸、Y 軸及 Z 軸這 3 個結晶軸。包含如下晶體板的切割為 GT 切割（例如參照專利文獻 1），該晶體板通過將沿與 Y 軸正交的面（即，與 X 軸及 Z 軸平行的面）切出所得的晶體板稱作 Y 板，將 Y 板繞 X 軸旋轉+51.5°

106-03-13

(即 $\theta = +51.5^\circ$)、且使板在該板的面內進一步旋轉 $+45^\circ$ (即 $\beta = +45^\circ$) 而形成。 θ 及 β 一般是爲了確定晶體的切割方位而使用的參數。爲了指定 GT 切割的晶體板內的方位，將使 X 軸、Y 軸及 Z 軸繞 X 軸旋轉所述 $+51.5^\circ$ 所得的軸分別設爲 X'軸、Y'軸及 Z'軸。因繞 X 軸旋轉，所以當然 X'軸與 X 軸一致。而且，將使 X'軸及 Z'軸繞 Y'軸而向從 Z'軸朝向 X'軸的方向旋轉 45° 所得的軸分別設爲 X''軸及 Z''軸。

【0004】此處，對 GT 切割的晶體板的振動模式進行說明。如圖 1 所示，GT 切割的晶體板 11 的振動模式爲 X''軸方向的縱向振動(伸縮振動)模式與 Z''軸方向的縱向振動模式結合而成的振動模式(也稱作寬度·長度縱向耦合振動模式)。圖中，伸縮振動的方向由箭頭來表示，利用振動而位移的輪廓由虛綫來表示。其中，爲了說明，位移的輪廓以遠大於晶體板 11 的實際位移量的位移來進行描述。因爲是 2 個縱向振動模式結合而成的振動模式，所以，以前 GT 切割的晶體板形成爲一對邊與 X''軸平行而另一對邊與 Z''軸平行的長方形或方型的形狀，且被用作晶體振子中的振動板即晶體片。用以激振作爲振動板的晶體板的激振電極分別設置於晶體板的兩個主面上。因將縱向振動模式用作主振動，所以 GT 切割的晶體板即便在共振頻率處於低頻帶時也可形成爲小型。另外，GT 切割的振子在使各邊的長度相等而形成正方形的振動板時，以與寬度·長度縱向耦合振動模式不同的被稱作拉梅 (Lame) 振動模式的振動模式來進行振動，因而原則上 GT 切割的振子的平面形狀並非

為正方形。

【0005】 晶體板的振動模式因切割而異。例如，在為以前所廣泛使用的 AT 切割的晶體板的情況下，振動模式為厚度剪切(thickness shear) 振動模式，僅根據該厚度來決定共振頻率。因此，AT 切割的晶體板中，可將平面形狀設定為任意形狀，由此，可設為在成為厚度剪切振動下的固定點的位置對晶體片進行支撐的構成。然而，在為 GT 切割的晶體片的情況下，振動模式為寬度·長度縱向耦合振動模式，且共振頻率根據寬度或長度等的平面形狀或尺寸而變化，並且需要確實地引起相互結合的 2 個振動模式的振動雙方，因而無法將平面形狀設定為任意，或無法在任意的位置配置支撐部。尤其在長方形狀的 GT 切割的晶體板的外周部，一般來說並不存在振動位移的固定點。

【0006】 在使用 GT 切割的晶體板來作為構成晶體振子的振動板即晶體片時，需要以不與晶體振子的容器的壁面等接觸的方式將晶體板保持於容器內，但由於長方形狀的 GT 切割的晶體板的外周部並不存在振動位移的固定點，所以需要盡可能地以不會妨礙振動的位置與形狀來設置對晶體片的支撐部。因此，如專利文獻 2 所示，提出通過使用光刻 (photolithography) 技術，而由晶體的板狀構件來一體地形成振動板的本體部分 (振動部) 及相對於該本體部分的支撐部。該情況下，如圖 2 所示，將支撐部 12 連接於如下位置，即，作為振動板的晶體板 11 中的長方形狀本體部分中相向的一對邊的各自的中點。此時，設置曲柄狀的彎折部等而使

106-03-13

支撐部 12 不對晶體板 11 的振動造成影響。另外，通過使用有限元素法（finite-element approach）等方法，以振動部單獨的共振頻率與包含支撐部 12 在內的共振系統整體的共振頻率大致相同的方式，來設計支撐部 12 的形狀。

【0007】 然而，具備圖 2 所示的支撐部的 GT 切割的晶體振子結構複雜而製造困難，並且支撐部自身的大小與振動板的本體部分相比無法忽視，因而具有如下課題：支撐部的尺寸不均會對晶體板的振動特性造成大的影響，並且妨礙晶體振子的小型化。

【0008】 因此，本發明者等人提出了作為 GT 切割的晶體振子而將橢圓形狀的晶體板用作振動板（專利文獻 3）。在形成為橢圓形的晶體板中，該橢圓形是將 GT 切割中的正交的 2 個縱向振動模式的振動方向分別設為長軸與短軸，當 2 個縱向振動模式結合時，存在 4 個在晶體板的外周處振動位移極小的位置點，因而設為由所述點來支撐晶體板的構成，由此即便在使用結構簡單的支撐部的情況下，也可不對作為晶體振子的振動特性造成不良影響地支撐晶體板。

【0009】 [現有技術文獻]

[專利文獻]

[專利文獻 1]日本專利特開平 8-213872 號公報

[專利文獻 2]日本專利特開昭 58-159014 號公報

[專利文獻 3]日本專利特開 2012-175520 號公報

【發明內容】

[發明所要解決的問題]

【0010】 GT 切割的晶體振子中，根據其形狀來決定頻率、振動特性及頻率溫度特性。在使用如專利文獻 3 所示的橢圓形狀的 GT 切割的晶體板的情況下，根據橢圓的形狀（尤其長軸與短軸的長度之比）來決定頻率溫度特性，因而在想要獲得具有所需各特性的晶體振子的情況下，存在設計的自由度受到限制的課題。

【0011】 本發明的目的在於提供如下的晶體振子，即，可不對振動特性造成不良影響地設置小型且結構簡單的支撐部，並且，包含頻率、振動特性及頻率溫度特性在內的各種特性的設計自由度高。

[解決問題的技術手段]

【0012】 本發明的晶體振子將使晶體的結晶學上的 X 軸、Y 軸及 Z 軸繞 X 軸以 $+37^\circ$ 以上且 $+51.5^\circ$ 以下的角度旋轉所得的軸分別設為 X'軸、Y'軸及 Z'軸，將使 X'軸及 Z'軸繞 Y'軸向從 Z'軸朝向 X'軸的方向旋轉 45° 所得的軸分別設為 X''軸及 Z''軸，所述晶體振子包含：與包含 X''軸及 Z''軸的面平行地從晶體切出所得的晶體板；以及對晶體板進行支撐的支撐部，晶體板將具有分別與 X''軸及 Z''軸平行的邊的長方形作為基準長方形，具有使基準長方形的至少一對相向的邊向基準長方形的外方凸出而成的形狀，且具有將 X''軸方向及 Z''軸方向分別設為振動方向的正交的 2 個縱向振動模式，支撐部在基準長方形的頂點附近的位置且 2 個縱向振動模式結合時 X''軸方向或 Z''軸方向的振動位移極小的位置，與所述晶體板的外周

連接。

【0013】 本發明的晶體振子與 GT 切割的晶體振子同樣地，將使所謂的 Y 板繞晶體的 X 軸旋轉且在面內進一步旋轉 45° 所得的晶體板用作振動板。本發明的晶體振子與 GT 切割的晶體振子不同之處在於，將使晶體的 Y 板繞 X 軸旋轉時的旋轉角 θ 規定在 $+37^\circ \leq \theta \leq +51.5^\circ$ 的範圍。如果設為 $\theta = +51.5^\circ$ 則成為普通的 GT 切割的晶體板。在長方形狀的 GT 切割的晶體板中，通過設為 $\theta = +51.5^\circ$ 而頻率溫度特性下的一次溫度係數為常溫左右且為零，但本發明中並非將晶體板的形狀如以下所述那樣設為單純的長方形，因而為了獲得優選的特性而可將 θ 的值設為比 $+51.5^\circ$ 小。如果 θ 的值減小則壓電常數增大，因而容易獲得良好的振子的特性。

【0014】 另外，本發明中，晶體板的形狀並非設為具有分別與 X'' 軸及 Z'' 軸平行的邊的長方形（將其稱作基準長方形），而是設為使該基準長方形的至少一對相向的邊向基準長方形的外方凸出而成的形狀。優選為將晶體板的形狀設為使基準長方形的 4 條邊的各邊向該基準長方形的外方凸出而成的形狀。基準長方形自身是為了對晶體板的形狀加以定義而導入的假想的形狀，實際的晶體板中，性狀等不會因是基準長方形的內部還是外部而具有很大的差異。而且，基準長方形的形狀也可為正方形，但為了防止激發拉梅振動模式，而需要使晶體板的 X'' 軸方向的最大尺寸與 Z'' 軸方向的最大尺寸不同，或者凸出的形狀不同。

[發明的效果]

106-03-13

【0015】 根據本發明，通過使用如下的晶體板，而可將振動特性或頻率溫度特性設為所需特性，且晶體振子的設計自由度增高，所述晶體板是在使 Y 板繞 X 軸旋轉後在面內旋轉 45° 所得，且為由具有分別與 X" 軸及 Z" 軸平行的邊的長方形（基準長方形）進一步使基準長方形的各邊向外方凸出而成的形狀。該情況下，與為單純的橢圓形狀的 GT 切割的晶體板相比，可獲得良好的頻率溫度特性，並且可使 X" 軸方向的最大尺寸與 Z" 軸方向的最大尺寸之比接近 1，從而可實現振子的進一步的小型化。而且，可構成如下晶體振子，即，能夠利用振動位移極小的點來保持晶體板，不會對振動特性造成影響地使用小型且結構簡單的支撐部。本發明的晶體振子因將縱向振動模式用作主振動，所以即便在低頻帶下也可小型化。

【圖式簡單說明】

【0016】

圖 1 是說明 GT 切割的晶體板的振動模式的平面圖。

圖 2 是說明設置著支撐部的現有的長方形狀的 GT 切割晶體振子的平面圖。

圖 3 (a) ~ 圖 3 (d) 是表示本發明的一實施方式的晶體振子中的晶體板的平面形狀的例的俯視圖。

圖 4 是表示振子的振動位移時的 Z" 軸方向的位移量的分布的圖。

圖 5 是表示振子的振動位移時的 X"軸方向的位移量的分布的圖。

圖 6 是表示本發明的一實施方式的晶體振子的具體構成的一例的平面圖。

圖 7 是圖 6 的 C-C'綫處的剖面圖。

圖 8 (a)、圖 8 (b) 是說明使晶體板在面內旋轉而改變 X"軸方向的尺寸與 Z"軸方向的尺寸的圖。

圖 9 是表示與從基準長方形凸出的程度相應的邊比與頻率溫度特性中的一次溫度係數的關係的曲綫圖。

圖 10 是表示相對於各種旋轉角 θ 的邊比與頻率溫度特性中的一次溫度係數的關係的曲綫圖。

【實施方式】

【0017】 接下來，參照附圖對本發明的優選的實施方式進行說明。

【0018】 圖 3 (a) ~ 圖 3 (d) 均表示基於本發明的晶體振子中用作振動板的晶體板 31 的平面形狀的例。這些晶體板 31 均為使 Y 板（與晶體的結晶學上的 Y 軸垂直的面）繞晶體的 X 軸以角度 θ 旋轉，且在面內進一步旋轉 45° 所得的晶體板。此處，旋轉角 θ 處於 $+37^\circ \leq \theta \leq +51.5^\circ$ 的範圍。此處，將使晶體的 X 軸、Y 軸、Z 軸繞 X 軸以角度 θ 旋轉所得的座標軸設為 X'軸、Y'軸、Z'軸（因此，X'軸與 X 軸一致），如果進一步將 X'軸及 Z'軸繞 Y'軸向從 Z'軸朝向 X'軸的方向旋轉 45° 所得的軸分別設為 X"軸及 Z"軸，則晶

體板 31 為具有與 X"軸及 Z"軸平行的面的晶體板 31。晶體板 31 具有將 X"軸方向及 Z"軸方向分別設為振動方向的正交的 2 個縱向振動模式，且具有這些縱向振動模式結合而在 X"軸方向及 Z"軸方向交替地伸縮的寬度·長度縱向耦合振動模式。

【0019】 此處，如果將假想地具有分別與 X"軸及 Z"軸平行的邊的長方形考慮作為基準長方形 30，則基於本實施方式的晶體板 31 具有使基準長方形 30 的 4 條邊的各邊向基準長方形 30 的外方凸出而成的形狀。因此，基準長方形 30 以其各頂點位於晶體板 31 的外周上的方式，而與晶體板 31 的外周內切。此處，將基準長方形 30 的 X"軸方向上的長度設為 L_x ，Z"軸方向上的長度設為 L_z 。而且，將晶體板 31 的 X"軸方向上的最大長度設為 a ，Z"軸方向上的最大長度設為 b 。本實施方式中，也可為 $L_x=L_z$ ，為了抑制拉梅振動模式等意外的振動模式所引起的振動，而需要使 $a \neq b$ 。但是，為了使 X"軸方向與 Z"軸方向的 2 個縱向振動模式結合而形成寬度·長度縱向耦合振動模式，則需要使 a 與 b 為相對接近的值。以下為了說明，設為 $L_x > L_z$ ，且 $a > b$ ，但因 X"軸方向的彈性係數 C'_{11} 與 Z"軸方向的彈性係數 C'_{33} 相等，所以即便 X"軸方向的尺寸與 Z"軸方向的尺寸發生改變，也可獲得完全相同的振動特性。將晶體板 31 中的 X"軸方向的長度與 Z"軸方向的長度之比稱作邊比，在 $a > b$ 的情況下，優選設為 $0.84 \leq b/a \leq 0.96$ 。即便使 X"軸方向的尺寸與 Z"軸方向的尺寸發生改變，也可獲得完全相同的振動特性，因而在 $b > a$ 的情況下，優選 $0.84 \leq a/b \leq 0.96$ 。

【0020】圖 3 (a) 所示的晶體板 31 具有如下形狀，即，該形狀是以基準長方形 30 的鄰接的頂點間分別以橢圓弧結合的方式，使基準長方形 30 的各邊向其外方凸出而成。此時，在基準長方形 30 的頂點的位置相互連接的 2 個橢圓弧為從不同的橢圓切出所得的橢圓弧。即，晶體板 31 並未形成整體由單一橢圓表示的形狀。成為各橢圓弧的基礎的各橢圓例如為其短軸的長度相對於長軸的長度為 0.3 以上且 0.6 以下。

【0021】圖 3 (b) 所示的晶體板 31 具有如下形狀，即，該形狀是利用將基準長方形 30 的各邊分別作為底邊的 4 個三邊形，使基準長方形 30 向外方凸出而成的形狀。因此，該晶體板 31 構成為凸八邊形。此處，雖未圖示，但也可利用三邊形使基準長方形 30 的相向的僅一對邊向外方凸出，而形成凸六邊形的形狀的晶體板 31。

【0022】圖 3 (c) 所示的晶體板 31 具有利用余弦 (Cosine) 曲綫使基準長方形 30 的各邊向外方凸出而成的形狀。在利用曲綫使基準長方形 30 的各邊向外方凸出的情況下，所使用的曲綫並不限於余弦曲綫，也可使用任意的曲綫。

【0023】圖 3 (d) 所示的晶體板 31 利用包含 4 條綫段的折綫來分別置換基準長方形 30 的各邊，而整體上形成為十六邊形。此時，未必形成為凸十六邊形，也可如圖示那樣形成為凹十六邊形。在使基準長方形 30 的各邊分別向外方凸出而形成多邊形狀的晶體板 31 的情況下，並不限於圖 3 (b) 所示的八邊形或圖 3 (d) 所示的十六邊形，也可形成六邊形以上的任意邊數的多邊形。在圖 3 (a)、

圖 3 (c) 及圖 3 (d) 所示的形狀中，與圖 3 (b) 的情況同樣地，也可形成爲使基準長方形 30 的相向的僅一對邊向外方凸出而成的形狀。

【0024】 接下來，對本實施方式的晶體振子中用以支撐晶體板 31 的支撐部的連接位置進行研究。

【0025】 圖 4 及圖 5 分別表示利用模擬而求出如下分布的結果，該分布爲圖 3 (a) 所示的晶體板 31 以寬度·長度縱向耦合振動模式振動時的晶體板 31 的板面內的 Z'' 軸方向的位移量的分布與 X'' 軸方向的位移量的分布。這些圖中，正的位移量表示朝向各軸的正方向的位移，負的位移量表示朝向負方向的位移。關於 Z'' 軸方向的振動位移，在沿晶體板 31 的 Z'' 軸方向延伸的中心綫上位移小，而在該中心綫與晶體板 31 的外周相交的位置， X'' 軸方向的振動位移的位移量的絕對值極大。另一方面，關於 X'' 軸方向的振動位移，在沿晶體板 31 的 X'' 軸方向延伸的中心綫上位移小，而在該中心綫與晶體板 31 的外周相交的位置， Z'' 軸方向的振動位移的位移量的絕對值極大。因此，在沿晶體板 31 的 X'' 軸方向延伸的中心綫的位置、或者沿 Z'' 軸方向延伸的中心綫的位置，換句話說，與基準長方形 30 的各邊的中點相對應的位置，將支撐部連接於晶體板 31 的外周並非優選之舉。且說，參照圖 5，在基準長方形 30 的頂點的附近且晶體板 31 的外周上，存在 X'' 軸方向的位移大致爲 0 的點。圖中，將這些點由 $P_1 \sim$ 點 P_4 來表示。參照圖 4，點 $P_1 \sim$ 點 P_4 中， Z'' 軸方向的位移也相對較小。因此，通過將細棒狀的

支撐部 32 連接於這些點 $P_1 \sim$ 點 P_4 中的幾個點，而可對晶體板 31 進行支撐。

【0026】一般來說，在將棒狀的支撐構件連接於晶體板的外周而保持晶體板的情況下，優選在振動位移為 0 的位置進行保持。然而，根據振動模式的不同，有時振動位移為 0 的位置並不存在於晶體板上。相對於壓縮/伸張應力而棒狀構件對彎曲應力會顯示出更加「柔和的」動作，因而在不存在振動位移為 0 的位置的情況下，優選將支撐構件連接於如下位置，即，因振動位移施加至支撐構件的應力不成為壓縮/伸張應力而成為彎曲應力的位置。在圖 4 及圖 5 所示的例的情況下，點 $P_1 \sim$ 點 P_4 位於基準長方形 30 的與 Z'' 軸方向平行的邊上，因而如果以沿與該邊正交的方向延伸的方式來設置棒狀的支撐部 32，則對支撐部 32 僅施加由 Z'' 軸方向的振動位移而引起的彎曲應力，且該振動位移的絕對值也相對較小，因而支撐部 32 可不對晶體板 31 的振動特性造成大的影響地對晶體板 31 進行支撐。

【0027】如此，在本實施方式的晶體振子中，在晶體板 31 的外周處，將支撐部 32 連接於基準長方形 30 的頂點的附近且 X'' 軸方向或者 Z'' 軸方向的位移極小的位置（圖 4 及圖 5 所示的例中為點 $P_1 \sim$ 點 P_4 中的一個或多個），由此可不對晶體板 31 的振動特性造成影響地對晶體板 31 進行支撐。支撐部 32 因連接於振動位移極小的點，所以無需使其共振頻率與晶體板 31 的共振頻率一致，從而可設為簡單的構成。例如，可由連接於晶體板 31 的外周的單純的

棒狀構件或者梁構件來構成支撐部 32。而且該晶體振子使用的是以寬度·長度縱向耦合振動模式進行振動的晶體板 31，因而獲得良好的頻率溫度特性，並通過將該晶體振子與振盪電路加以組合，而可獲得高精度高穩定的晶體振盪器。

【0028】 圖 6 及圖 7 表示如所述般構成的本實施方式的晶體振子的具體構成的一例。

【0029】 該晶體振子包括形成為大致長方形的框架（框）33，且在框架 33 的開口部內保持所述晶體板 31。此處所示的例中，使用圖 3（a）所示的晶體板 31。此時框架 33 也形成為與 X"軸方向及 Z"軸方向平行。晶體板 31 由從框架 33 的內壁延伸的棒狀的 2 根支撐部 32 支撐。2 根支撐部 32 在位於橢圓形的晶體板 31 的外周的所述 4 個點 P₁～點 P₄ 中的 2 個點，分別與晶體板 31 機械地連接。此處，將支撐部 32 連接於夾著晶體板 31 的中心的一對點 P₂、點 P₄（參照圖 4 及圖 5）。相比於晶體板 31 的厚度，框架 33 的厚度充分厚。由此，例如在框架 33 的上表面與下表面分別配置蓋構件而在由框架 33 與蓋構件包圍的空間內儲存晶體板 31 的情況下，防止晶體板 31 與蓋構件接觸。

【0030】 使用相當於使 Y 板繞 X 軸以角度 θ （其中 $+37^\circ \leq \theta \leq +51.5^\circ$ ）旋轉所得的晶體的板狀構件，以成為晶體板 31、支撐部 32 及框架 33 的部分得到保留而其他部分被除去的方式，對該板狀構件應用光刻技術，由此可形成所述晶體振子。在對晶體的板狀構件使用光刻技術而形成晶體振子的情況下，支撐

部 32 及框架 33 也包含晶體，且與晶體板 31 一體構成。

【0031】 此外，在晶體板 31 的一主面的大致整個面上形成著激振電極 34，用以實現對該激振電極 34 的電連接的引出電極 36 形成於一支撐部 32 的表面，且延伸至形成於框架 33 的上表面的連接墊 37 為止。同樣地，在晶體板 31 的另一主面的大致整個面上也形成著激振電極 35，該激振電極 35 經由形成於另一支撐部 32 的表面的引出電極（未圖示）而與形成於框架 33 的下表面的連接墊（未圖示）電連接。

【0032】 圖 6 及圖 7 所示的圖中，由 2 點來支撐晶體板 31，但只要在基準長方形 30 的頂點附近的位置（換句話說，既非基準長方形 30 的 X"軸方向的中心綫的附近的位置也非 Z"軸方向的中心綫的附近的位置）、且寬度·長度縱向耦合振動模式下的 X"軸方向或 Z"軸方向的振動位移極小的位置來支撐晶體板 31，則可任意地規定由哪一部位進行支撐或由哪一個點進行支撐。

【0033】 如所述般，本實施方式的晶體振子的晶體板 31 在使 Y 板繞 X 軸旋轉後，在面內旋轉 45°，因而 X"軸方向的彈性係數 C'_{11} 與 Z"軸方向的彈性係數 C'_{33} 相等。因此，如圖 8 (a)、圖 8 (b) 所示，通過使晶體板 31 在面內旋轉 90°而即便改變 X"軸方向的尺寸與 Z"軸方向的尺寸也可獲得完全相同的振動特性。圖 8 (a) 表示進行 90°的面內旋轉前的晶體板 31，此處，X"軸方向的長度比 Z"軸方向的長度長。與此相對，圖 8 (b) 表示進行 90°的面內旋轉後的晶體板 31，此處，Z"軸方向的長度比 X"軸方向的長度長。

【0034】 本實施方式中，晶體板 31 具有使基準長方形 30 的各邊向外方凸出而成的形狀。因此，對將凸出的程度設為何種程度方可獲得良好的頻率溫度特性進行了研究。此處，根據從基準長方形 30 的邊的凸出相對於整體的長度而占據怎樣的比率，來表示凸出的程度。如果考慮圖 3 (a) 所示的晶體板 31，則因基準長方形 30 的相向的邊分別凸出，所以分別相對於 X"軸方向及 Z"軸方向的凸出程度 δx 、凸出程度 δz 由

$$\delta x = (a - Lx) / 2a、$$

$$\delta z = (b - Lz) / 2b$$

來表示。利用模擬而求出相對於各種 δx 、 δz 的組合，使邊比(b/a)發生變化時的頻率溫度特性中的 25℃時的一次溫度係數 α 的變化。將結果表示於圖 9 中。

【0035】 而且，對改變從晶體結晶切出晶體板 31 時的切斷方位(旋轉角 θ) 時溫度頻率特性發生了何種程度的變化進行了研究。設為 $\delta x=4.4\%$ ， $\delta z=2.6\%$ ，利用模擬而求出相對於各種旋轉角 θ ，使邊比(b/a)發生變化時的頻率溫度特性中的 25℃時的一次溫度係數 α 的變化。將結果表示於圖 10。圖 9 及圖 10 中，由圓包圍的部分表示一次溫度係數 α 大致為 0 的情況。

【0036】 根據圖 9 及圖 10 可知，在切斷角度即旋轉角 θ 為+37°以上且+51.5°以下的範圍內，晶體板的邊比(b/a)為 0.84 以上且 0.98 以下時，在常溫(25℃)附近可獲得一次溫度係數 α 為 0 的頻率溫度特性。

【符號說明】**【0037】**

11：GT 切割的晶體板

12：支撐部

30：基準長方形

31：晶體板

32：支撐部

33：框架

34、35：激振電極

36：引出電極

37：連接墊

a：晶體板的最大尺寸中的較大者

b：晶體板的最大尺寸中的較小者

Lx：基準長方形的 X"軸方向上的長度

Lz：基準長方形的 Z"軸方向上的長度

P1～P4：點

Y'、X"、Z"：軸

α ：一次溫度係數

θ ：旋轉角

δx ：相對於 X"軸方向的凸出程度

δz ：相對於 Z"軸方向的凸出程度

申請專利範圍

1、一種晶體振子，其特徵在於：

將使晶體的結晶學上的 X 軸、Y 軸及 Z 軸繞所述 X 軸以 $+37^\circ$ 以上且 $+51.5^\circ$ 以下的角度旋轉所得的軸分別設為 X'軸、Y'軸及 Z'軸，將使所述 X'軸及所述 Z'軸繞所述 Y'軸向從所述 Z'軸朝向所述 X'軸的方向旋轉 45° 所得的軸分別設為 X''軸及 Z''軸，

所述晶體振子包含：

晶體板，與包含所述 X''軸及所述 Z''軸的面平行地從所述晶體切出所得；以及

支撐部，對所述晶體板進行支撐，

所述晶體板具有將具有分別與所述 X''軸及所述 Z''軸平行的邊的長方形作為基準長方形，而使所述基準長方形的至少一對相對的邊向所述基準長方形的外方凸出而成的形狀，且具有將所述 X''軸方向及所述 Z''軸方向分別設為振動方向的正交的 2 個縱向振動模式，

所述支撐部在所述基準長方形的頂點附近的位置且所述 2 個縱向振動模式結合時所述 X''軸方向或所述 Z''軸方向的振動位移極小的位置，與所述晶體板的外周連接。

2、如申請專利範圍第 1 項所述的晶體振子，其中
所述支撐部包含晶體，且與所述晶體板一體形成。

3、如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述的晶體振子，其中
將所述 X''軸方向上的所述晶體板的最大尺寸與所述 Z''軸方

106-03-13

向上的所述晶體板的最大尺寸中的較大者設為 a 、較小者設為 b ， b/a 為 0.84 以上且 0.98 以下。

4、如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述的晶體振子，其中還包括形成於所述晶體板的各主面的激振電極。

5、如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述的晶體振子，其中所述晶體板具有使所述基準長方形的 4 條邊的各邊向該基準長方形的外方凸出而成的形狀。

6、如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述的晶體振子，其中所述晶體板具有六邊形以上的多邊形的形狀。

7、如申請專利範圍第 5 項所述的晶體振子，其中所述晶體板具有將所述基準長方形的鄰接的頂點間分別利用橢圓弧加以連接而成的形狀，針對所述基準長方形的各頂點，由所述頂點相互連接的 2 個橢圓弧為從不同的橢圓切出所得的橢圓弧。

圖式

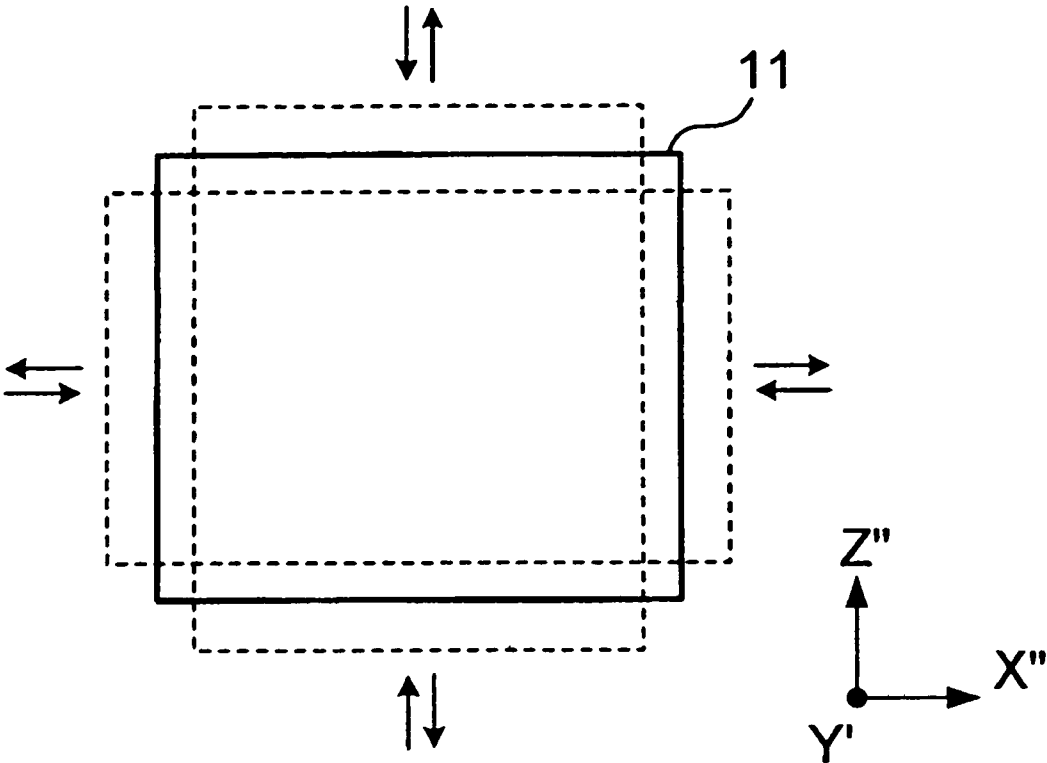


圖 1

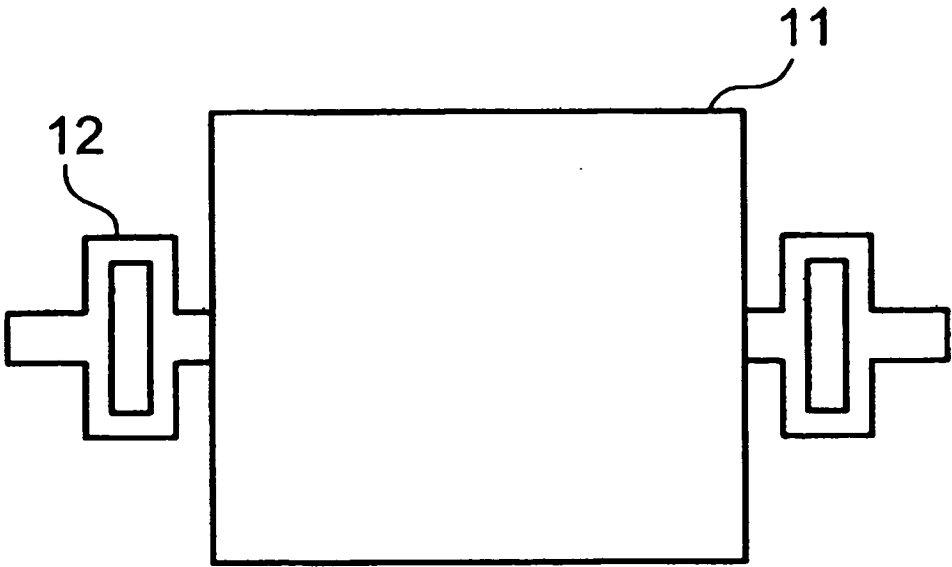


圖 2

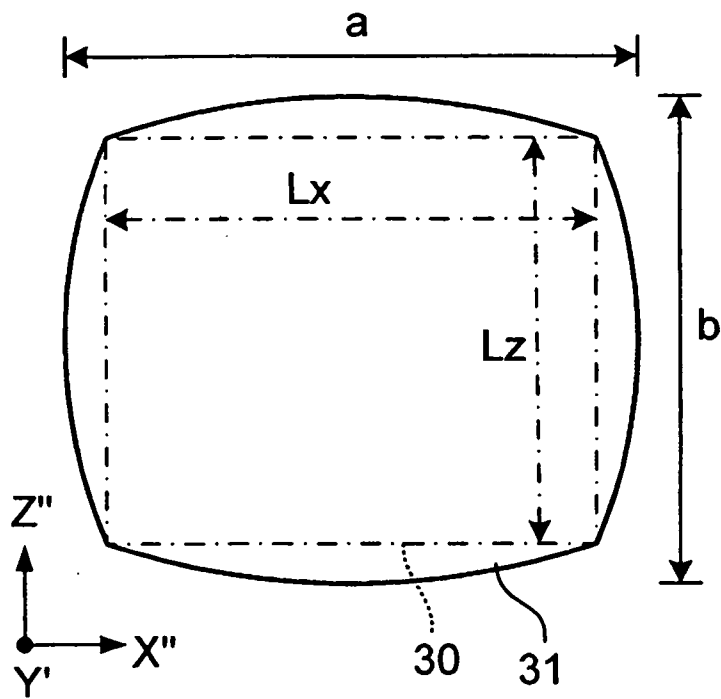


圖 3(a)

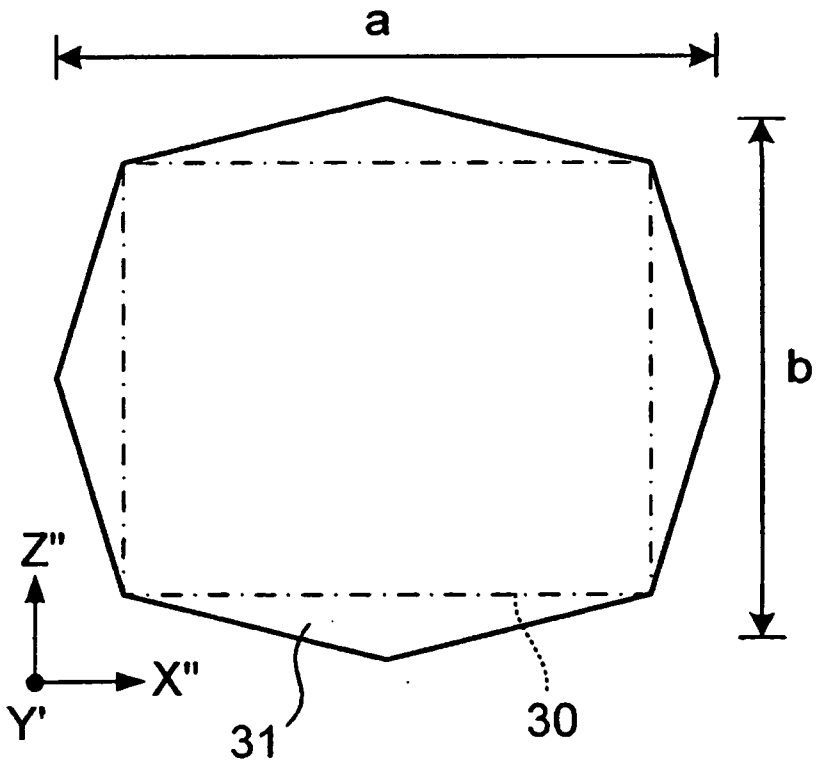


圖 3(b)

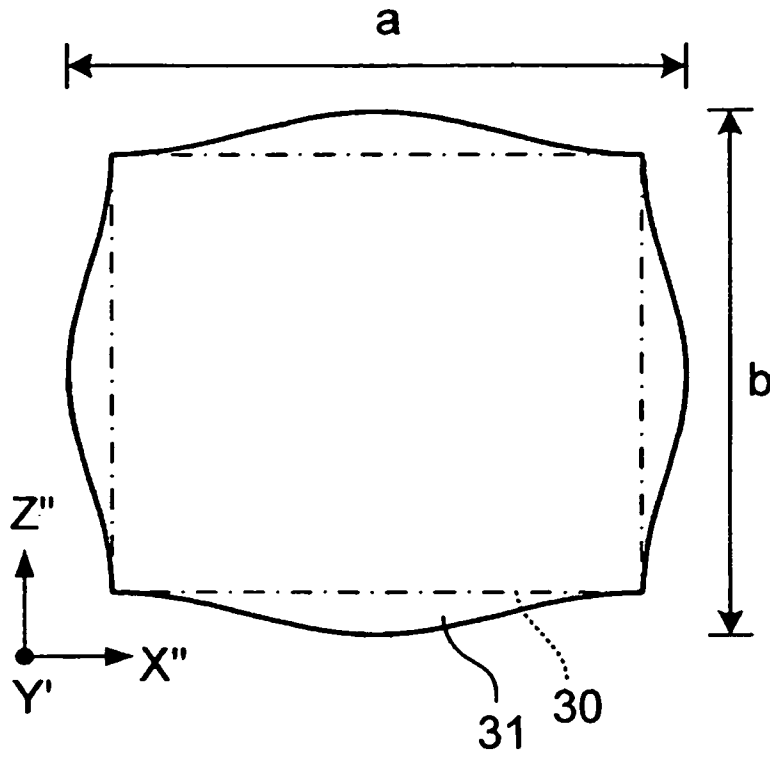


圖 3(c)

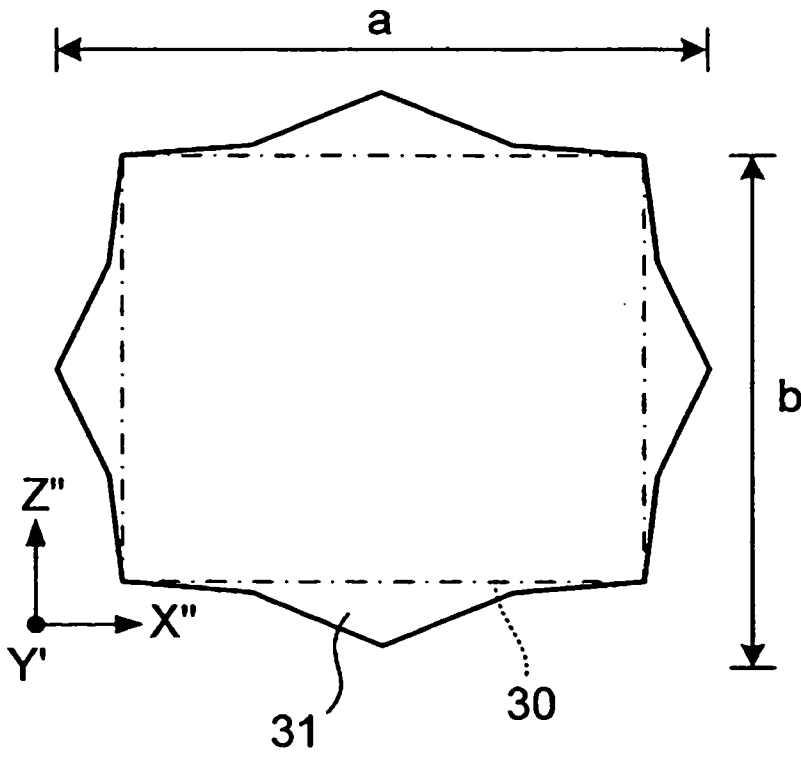


圖 3(d)

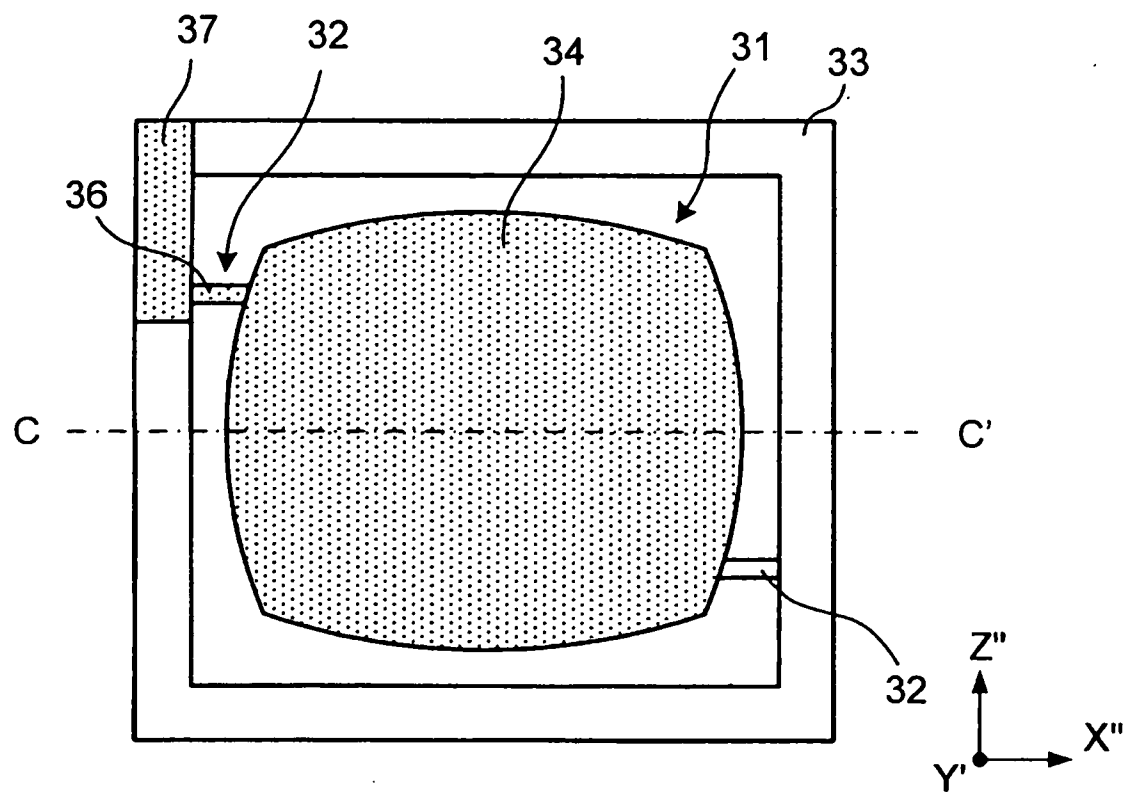


圖 6

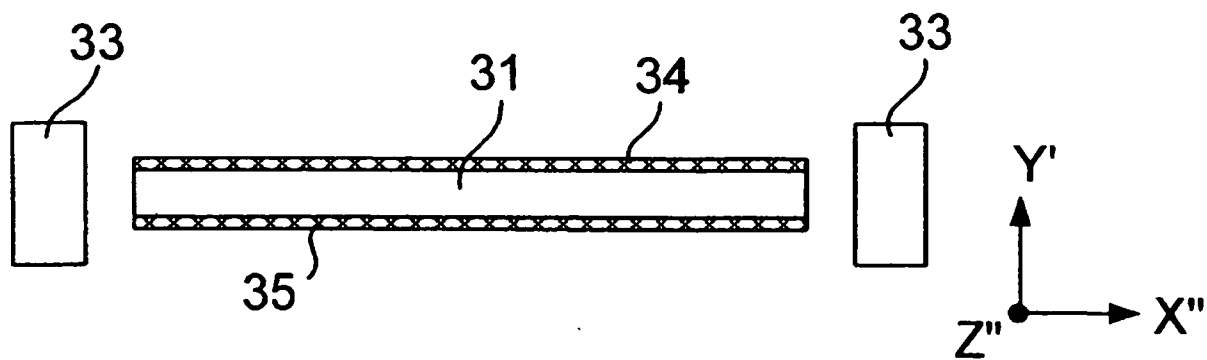


圖 7

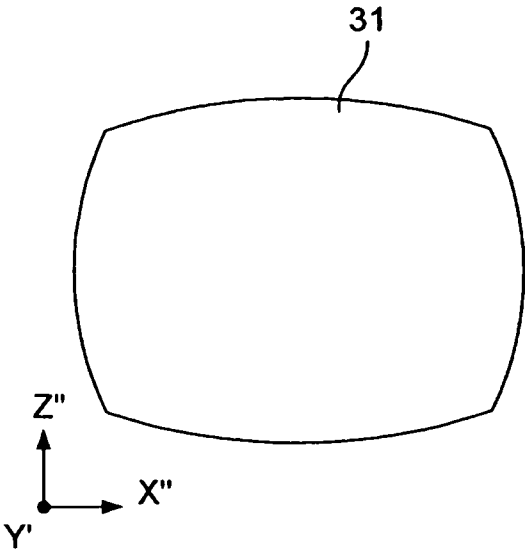


圖 8(a)

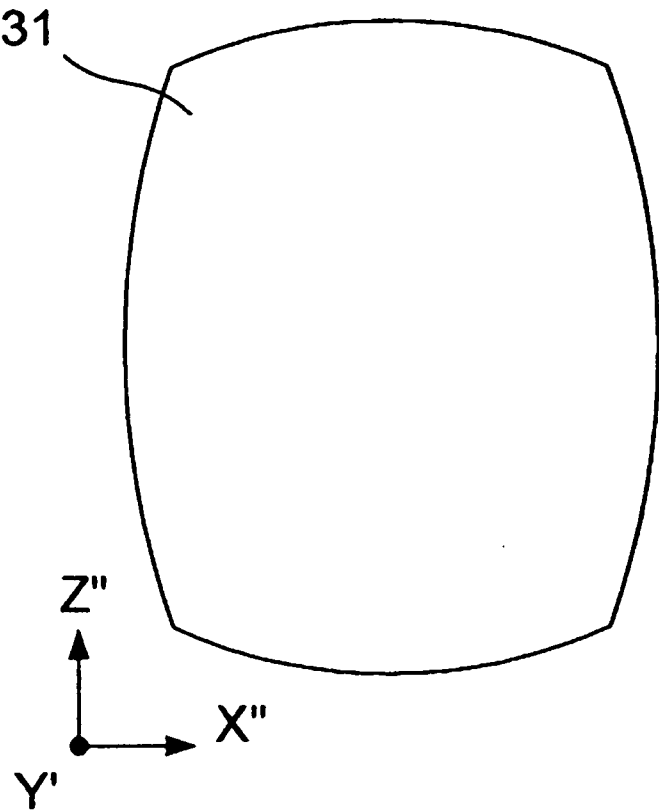


圖 8(b)

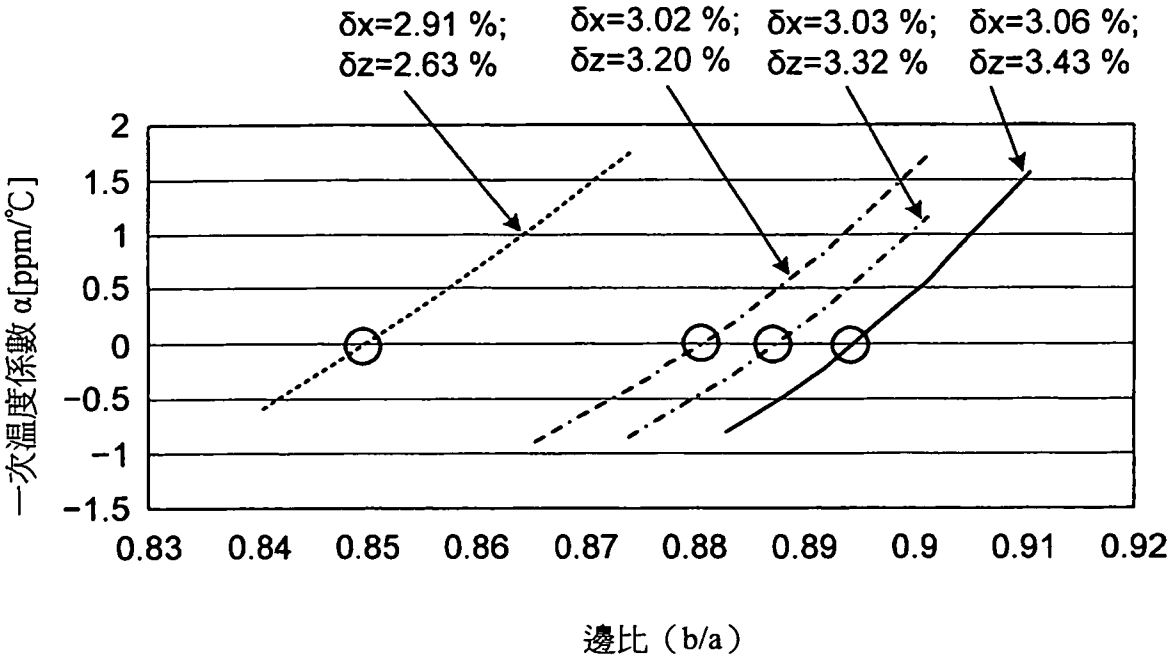


圖 9

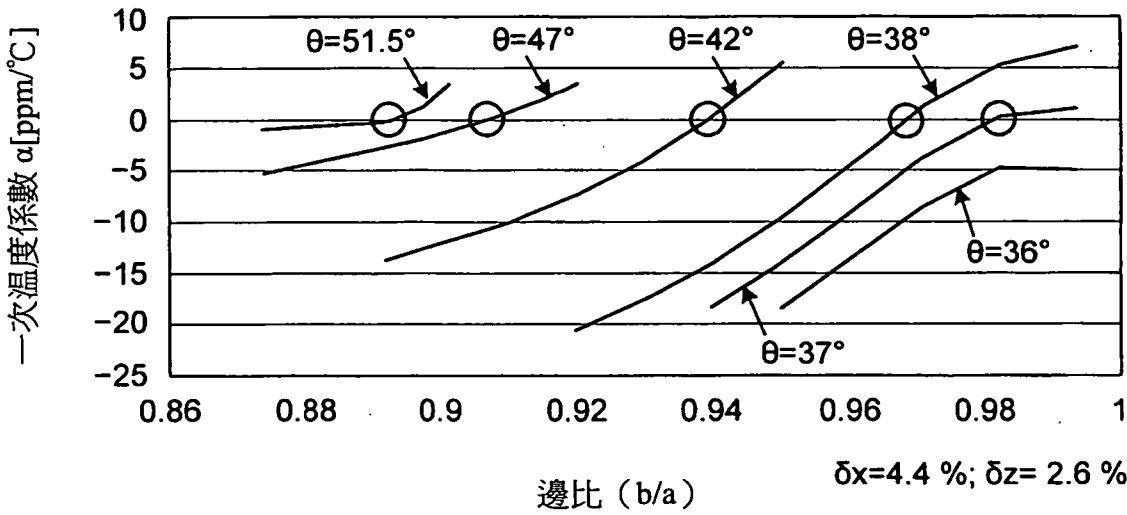


圖 10