



(21) 申請案號：106106947

(22) 申請日：中華民國 106 (2017) 年 03 月 03 日

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

(30) 優先權：2016/03/04 日本 2016-042267

(71) 申請人：日本電波工業股份有限公司 (日本) NIHON DENPA KOGYO CO., LTD. (JP)
日本(72) 發明人：小原茂 OBARA, SHIGERU (JP)；佐藤徹弥 SATO, TETSUYA (JP)；中原正陽
NAKAHARA, MASA AKI (JP)；芝崎友則 SHIBAZAKI, TOMONORI (JP)；大井友
貴 OI, YUKI (JP)；西村裕也 NISHIMURA, YUYA (JP)

(74) 代理人：葉璟宗；卓俊傑

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：14 項 圖式數：7 共 32 頁

(54) 名稱

晶體振子

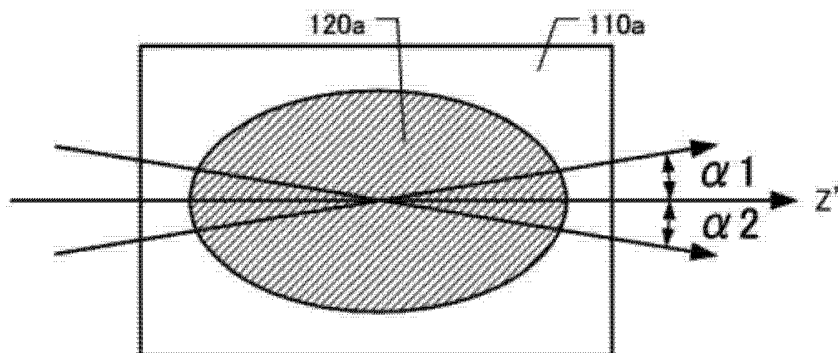
CRYSTAL RESONATOR

(57) 摘要

本發明中提供一種晶體振子，抑制副振動與主振動的耦合且晶體阻抗值被抑制得低。晶體振子 (100b) 包括：平板狀的晶體片 (110b)，具有與 X' 軸及 Z' 軸平行的主面，所述 X' 軸是以作為晶體的結晶軸的 Z 軸為中心而使作為晶體的結晶軸的 X 軸在 15 度至 25 度的範圍內旋轉所得，所述 Z' 軸是以 X' 軸為中心而使 Z 軸在 33 度至 35 度的範圍內旋轉所得；以及激振電極 (120b)，形成於晶體片的各主面。而且，各激振電極形成為橢圓形形狀，橢圓形形狀的長軸相對於 X' 軸延伸的方向而在 -5 度至 +15 度的範圍的方向上延伸。

A crystal resonator for inhibiting a coupling of an unnecessary vibration and a main vibration is provided, thereby ensuring reducing a crystal impedance value low. The crystal resonator (100b) includes a flat plate-shaped crystal element (110b) and excitation electrodes (120b). The crystal element has principal surfaces parallel to an X'-axis and a Z'-axis. The X'-axis is an axis of rotating an X-axis as a crystallographic axis of a crystal in a range of 15 degrees to 25 degrees around a Z-axis as a crystallographic axis of the crystal. The Z'-axis is an axis of rotating the Z-axis in a range of 33 degrees to 35 degrees around the X'-axis. The excitation electrodes are formed on the respective principal surfaces of the crystal element. The excitation electrodes are each formed into an elliptical shape. The elliptical shape has a long axis extending in a direction in a range of -5 degrees to +15 degrees with respect to a direction that the X'-axis extends.

指定代表圖：

100a

符號簡單說明：

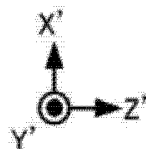
100a . . . 晶體振子

110a . . . 晶體片

120a . . . 激振電極

X'、Y'、

Z' . . . 軸

 $\alpha 1$. . . 逆時針方向
上的旋轉的角度 $\alpha 2$. . . 順時針方向
上的旋轉的角度

【圖4A】

【發明說明書】

【中文發明名稱】晶體振子

【英文發明名稱】CRYSTAL RESONATOR

【技術領域】

【0001】 本發明是有關於一種使用了經雙旋轉切割的晶體片的晶體振子。

【先前技術】

【0002】 已知使用經雙旋轉切割的晶體片的雙旋轉晶體振子（doubly rotated crystal resonator），所述經雙旋轉切割的晶體片是與 X'軸及 Z'軸平行地將晶體切斷而形成，所述 X'軸是以作為結晶軸的 Z 軸為中心而使作為晶體的結晶軸的 X 軸旋轉 ϕ 度所得，所述 Z'軸是以 X'軸為中心而使 Z 軸旋轉 θ 度所得。例如，專利文獻 1 中，例如示出 ϕ 約為 22 度、 θ 約為 34 度的 SC 切割的晶體振子。此種雙旋轉晶體振子比起 AT 切割晶體振子而熱衝擊特性良好，且在 80°C 左右的相對高的溫度下顯示出零溫度係數，因此，例如作為收納在加熱到 80°C 左右的一定溫度的恆溫槽內而穩定度高的晶體振盪器使用。

【0003】 [背景技術文獻]

[專利文獻]

[專利文獻 1] 日本專利特開平 5-243890 號公報

【發明內容】**【0004】 [發明所要解決的問題]**

然而，如專利文獻 1 所示的雙旋轉晶體振子中，存在如下問題，即，輪廓系、彎曲系的副振動與主振動耦合，而容易產生由溫度變化引起的急劇的頻率變化及晶體阻抗（crystal impedance，CI）的變化。而且，雙旋轉晶體振子與 AT 切割的晶體振子彼此的振動模式不同，因而，也難以直接將 AT 切割的晶體振子的技術用於雙旋轉晶體振子來抑制副振動。

【0005】 因此，本發明的目的在於，提供抑制副振動與主振動的耦合而 CI 值被抑制得低的晶體振子。

【0006】 [解決問題的技術手段]

第一觀點的晶體振子包括：平板狀的晶體片，具有與 X'軸及 Z'軸平行的主面，所述 X'軸是以作為晶體的結晶軸的 Z 軸為中心而使作為晶體的結晶軸的 X 軸在 15 度至 25 度的範圍內旋轉所得，所述 Z'軸是以 X'軸為中心而使 Z 軸在 33 度至 35 度的範圍內旋轉所得；以及激振電極，形成於晶體片的各主面。而且，各激振電極形成為橢圓形形狀，橢圓形形狀的長軸相對於 X'軸延伸的方向而在-5 度至+15 度的範圍的方向上延伸。

【0007】 第二觀點的晶體振子包括：平板狀的晶體片，具有與 X'軸及 Z'軸平行的主面，所述 X'軸是以作為晶體的結晶軸的 Z 軸為中心而使作為晶體的結晶軸的 X 軸在 15 度至 25 度的範圍內旋轉所得，所述 Z'軸是以 X'軸為中心而使 Z 軸在 33 度至 35 度的範圍內旋轉所得；以及激振電極，形成於晶體片的各主面。而且，各激振電極形成為橢圓形形狀，橢圓形形狀的

長軸相對於 Z'軸延伸的方向而在 ± 5 度的範圍的方向上延伸。

【0008】 第三觀點的晶體振子如第一觀點及第二觀點，晶體片形成為一根對角線相對於 Z'軸處於 $\pm 10^\circ$ 的範圍的正方形或長方形、或者一條邊相對於所述 Z'軸處於 $\pm 10^\circ$ 的範圍的正方形或長方形（其中，正方形、長方形也包括晶體片的角部為 R 狀等的大致正方形、大致長方形）。另外，此處敘述為 $\pm 10^\circ$ 的理由在於，如果處於該範圍，則在將本發明中提及的激振電極配置於特定的位置後，進而能夠減小支撐晶體片時的影響且能夠選擇晶體片的加工容易的晶體片。

【0009】 第四觀點的晶體振子如第一觀點至第三觀點，長軸與橢圓形形狀的短軸之比為 1.1 : 1 至 2.0 : 1 的範圍。

【0010】 第五觀點的晶體振子包括：平板狀的晶體片，具有與 X'軸及 Z'軸平行的主面，所述 X'軸是以作為晶體的結晶軸的 Z 軸為中心而使作為晶體的結晶軸的 X 軸在 15 度至 25 度的範圍內旋轉所得，所述 Z'軸是以 X'軸為中心而使 Z 軸在 33 度至 35 度的範圍內旋轉所得；以及激振電極，形成於晶體片的各主面。各激振電極形成為第一橢圓形形狀與第二橢圓形形狀合成所得的形狀，所述第一橢圓形形狀是長軸相對於 X'軸延伸的方向而在 -5 度至+15 度的範圍的方向上延伸的形狀，所述第二橢圓形形狀是長軸相對於 Z'軸延伸的方向而在 ± 5 度的範圍的方向上延伸的形狀。

【0011】 第六觀點的晶體振子如第五觀點，第一橢圓形形狀的長軸與短軸之比為 1.1 : 1 至 2.0 : 1 的範圍，第二橢圓形形狀的長軸與短軸之比為 1.1 : 1 至 2.0 : 1 的範圍。

【0012】 第七觀點的晶體振子如第一觀點至第六觀點，晶體片以規定的頻

率振動，激振電極包括厚度為固定的中央部、及形成於中央部的周圍且從內周側到外周側而厚度變薄的傾斜部，傾斜部的內周側與外周側的寬度比晶體片的不必要振動的波長的 $1/2$ 長。

【0013】 第八觀點的晶體振子如第一觀點至第七觀點，激振電極的厚度為晶體片的厚度的 0.03% 至 0.18% 之間。

【0014】 [發明的效果]

根據本發明的晶體振子，能夠抑制副振動與主振動的耦合，且 CI 值被抑制得低。

【圖式簡單說明】

【0015】 圖 1 是雙旋轉切割的晶體片 110 的說明圖。

圖 2A 是晶體振子 100 的平面圖。

圖 2B 是圖 2A 的 IIB-IIB 剖視圖。

圖 3A 是晶體振子 200a 的平面圖。

圖 3B 是晶體振子 200b 的平面圖。

圖 4A 是晶體振子 100a 的概略平面圖。

圖 4B 是晶體振子 100b 的概略平面圖。

圖 5A 是激振電極 320 的平面圖。

圖 5B 是晶體振子 300a 的平面圖。

圖 5C 是晶體振子 300b 的平面圖。

圖 6A 是晶體振子 400 的平面圖。

圖 6B 是圖 6A 的 VIB-VIB 剖視圖。

圖 6C 是表示不必要振動的波長與頻率的關係的曲線圖。

圖 7A 是表示傾斜長度為 0 μm 的情況下的 CI 值的溫度變化的曲線圖。

圖 7B 是表示傾斜長度為 50 μm 的情況下的 CI 值的溫度變化的曲線圖。

圖 7C 是表示傾斜長度為 55 μm 的情況下的 CI 值的溫度變化的曲線圖。

圖 7D 是表示傾斜長度為 400 μm 的情況下的 CI 值的溫度變化的曲線圖。

【實施方式】

【0016】 以下，基於附圖對本發明的實施方式進行詳細說明。另外，本發明的範圍在以下的說明中只要沒有旨在特別限定本發明的記載，則不限於這些形態。

【0017】 (第一實施方式)

<晶體振子 100 的構成>

圖 1 是雙旋轉切割的晶體片 110 的說明圖。圖 1 中，晶體的結晶軸表示為 X 軸、Y 軸、Z 軸。雙旋轉切割的晶體片 110 是通過與 X'軸及 Z'軸平行地將晶體切斷而形成，所述 X'軸是以作為晶體的結晶軸的 Z 軸為中心而使作為晶體的結晶軸的 X 軸旋轉 ϕ 度所得，所述 Z'軸是以 X'軸為中心而使 Z 軸旋轉 θ 度所得。因此，雙旋轉切割的晶體片 110 以 X'Z'面為主面的方式形成。而且，圖 1 中，示出與 X'軸及 Z'軸垂直的 Y'軸。

【0018】 關於圖 1 所示的雙旋轉切割的晶體片，已知有 ϕ 約為 22 度且 θ 約為 34 度的 SC 切割的晶體片， ϕ 約為 19 度且 θ 約為 34 度的 IT 切割的晶體片，及 ϕ 約為 15 度且 θ 為 34.33 度的 FC 切割的晶體片等。這些晶體片

的 ϕ 為 15 度至 25 度之間且 θ 為 33 度至 35 度之間，以下的說明中，使用 ϕ 為 15 度至 25 度之間且 θ 為 33 度至 35 度之間的雙旋轉切割的晶體片而進行說明。

【0019】 圖 2A 是晶體振子 100 的平面圖。晶體振子 100 具有晶體片 110 及激振電極 120。晶體片 110 形成為長邊在 Z'軸方向上延伸且短邊在 X'軸方向上延伸的長方形的平板狀。方形板狀的晶體振子容易調整形狀，且能夠將製造成本抑制得低，因而優選。

【0020】 在晶體片 110 的主面的表面與背面（+Y'軸側及-Y'軸側的各面）分別形成著激振電極 120。各激振電極 120 為相同形狀且以在 Y'軸方向上彼此重疊的方式形成。激振電極 120 形成為長軸在 Z'軸方向上延伸且短軸在 X'軸方向上延伸的長方形形狀，從激振電極 120 分別將引出電極 121 引出到晶體片 110 的+Z'軸側的邊的兩端。

【0021】 以前，伴隨晶體振子的小型化而晶體片的方形板化推進，但為了電常數（electric constant）的優化，要使激振電極的形狀形成為方型以使激振電極的面積變大。然而，方型激振電極中，彎曲系的副振動與來自晶體片的端面的反射波容易耦合，也成為 CI 值的變動及增加的原因。與此相對，在激振電極形成為圓形的情況下，能夠抑制來自晶體片的端面的反射波，能夠防止耦合，因而能夠防止 CI 值的變動及增加。進而，在激振電極形成為橢圓形形狀的情況下，能夠擴大激振電極的面積而實現電常數的優化，並且與圓形形狀的激振電極同樣地防止 CI 值的變動及增加，因而優選。

【0022】 而且，在長軸的長度 ZA 為短軸的長度 XA 的 1.1 倍至 2.0 倍的範圍的情況下，存在抑制 CI 值的變動及增加的傾向，因而優選。認為在長軸的長度 ZA 小於短軸的長度 XA 的 1.1 倍的情況下，因近似於圓形形狀，所以無法使激振電極的面積變大，在長軸的長度 ZA 大於短軸的長度 XA 的

2.0 倍的情況下，能夠防止如圓形形狀的激振電極所表現出的 CI 值的變動及增加的效果減弱。

【0023】 圖 2B 是圖 2A 的 IIB-IIB 剖視圖。將晶體片 110 的厚度設為 YA，各激振電極 120 的厚度設為 YB。晶體振子的振盪頻率與晶體片的厚度成反比，因而厚度 YA 可根據晶體振子 100 的振盪頻率而決定。而且，厚度 YB 優選形成於 700 Å 至 2500 Å 之間，尤其優選形成為 1200 Å 至 1600 Å 之間的厚度。如果激振電極過薄，則無法作為電極而發揮功能且無法封閉主振動，而如果過厚，則電極的質量增加，由此導致 CI 值的增大及 CI 值的變動，因此要考慮到這些情況來調整為最佳範圍。而且，厚度 YA 與厚度 YB 之間存在優選關係，在厚度 YB 取厚度 YA 的 0.03%到 0.18%之間的值的情況下，CI 值的變動少，從而優選。

【0024】 <晶體振子 200a 及晶體振子 200b 的構成>

圖 3A 是晶體振子 200a 的平面圖。晶體振子 200a 包括：具有正方形形狀的平面的晶體片 210，形成於晶體片 210 的兩主面的激振電極 120，及從各激振電極 120 引出的引出電極 221a。晶體片 110（參照圖 2A）形成為長方形形狀，即便形成為短邊及長邊的長度相等的正方形形狀也容易調整形狀，從而能夠將製造成本抑制得低，因此也優選。晶體片 210 具有與 Z'軸平行的一根對角線 211，且以激振電極 120 的長軸沿著對角線 211 的方式形成。激振電極的面積越大則電常數越穩定，因而越優選，而通過將激振電極 120 沿著對角線 211 形成，能夠在大小已定的晶體片 210 上以激振電極 120 的面積的大小增大的方式形成，因而優選。而且，晶體振子 200a 中，引出電極 221a 分別被引出到晶體片 210 的+X'軸側及-X'軸側的晶體片 210 的對角線上的角。

【0025】 圖 3B 是晶體振子 200b 的平面圖。晶體振子 200b 包括：具有正

方形形狀的平面的晶體片 210，形成於晶體片 210 的兩主面的激振電極 120，及從各激振電極 120 引出的引出電極 221b。引出電極 221b 被引出到激振電極 120 的+Z'軸側及-Z'軸側的晶體片 210 的角。

【0026】 在圖 3A、圖 3B 任一情況下，均在晶體片的對角線的角部保持晶體片，因而能夠穩定地保持晶體片。然而，保持位置不限於此。而且，圖 3A、圖 3B 的例中，示出晶體片的對角線與 Z'軸平行，因此，晶體片的角部位於 Z'軸或 X'軸上的例，但考慮到支撐的影響等，也存在晶體片的對角線相對於 Z'軸非平行且為 ± 10 度的範圍的優選的位置關係，也就是，也存在晶體片的角部位於偏離 Z'軸或 X'軸規定角度的線上的情況。

【0027】 圖 4A 是晶體振子 100a 的概略平面圖。晶體振子 100a 具有晶體片 110a 及激振電極 120a。晶體振子 100a 中，還另外形成著引出電極等，但圖 4A 中僅示出晶體片 110a 與激振電極 120a。激振電極 120a 形成為長軸在 Z'軸方向上延伸的橢圓形形狀，晶體片 110a 形成為長邊在 Z'軸方向上延伸的長方形形狀。

【0028】 激振電極的形狀優選為橢圓形形狀，而在激振電極的長軸在 Z'軸方向上延伸的情況下，能夠抑制傳遞到 Z'軸方向的副振動即彎曲振動，由此，能夠抑制 CI 值的上升，因而優選。而且，關於激振電極 120a 的長軸的延伸的方向，如果將從 Z'軸起逆時針方向上的旋轉的角度設為 $\alpha 1$ ，從 Z'軸起順時針方向上的旋轉的角度設為 $\alpha 2$ ，則只要 $\alpha 1$ 及 $\alpha 2$ 為 5 度的範圍內的方向，便容易獲得能夠抑制彎曲振動的效果。也就是，如果將逆時針方向設為正方向、順時針方向設為負方向，則優選為激振電極的長軸相對於 Z'軸延伸的方向而在 ± 5 度的範圍的方向上延伸的情況。

【0029】 圖 4B 是晶體振子 100b 的概略平面圖。晶體振子 100b 具有晶體片 110b 及激振電極 120b。晶體振子 100b 上，還另外形成著引出電極等，

但圖 4B 中僅示出晶體片 110b 及激振電極 120b。激振電極 120b 形成為長軸在 X'軸方向上延伸的橢圓形形狀，晶體片 110b 形成為長邊在 X'軸方向上延伸的長方形形狀。

【0030】 在如激振電極 120b 那樣激振電極的長軸在 X'軸方向上延伸的情況下，能夠抑制晶體振子 100b 的副振動的端面反射，因而能夠抑制 CI 值的上升。而且，在相對於晶體片的 X'軸，激振電極的長軸在-5 度到+15 度的範圍，也就是圖 4B 中 β_1 為-5 度、 β_2 為+15 度的範圍內延伸的情況下，能夠抑制 CI 值的上升。

【0031】 另外，圖 4A、圖 4B 的例中示出晶體片的一條邊與 Z'軸或者 X'軸平行的例，具體來說，圖 4A 的例中示出長方形形狀的晶體片的一條長邊與 Z'軸平行的例，圖 4B 的例中示出長方形形狀的晶體片的一條短邊與 Z'軸平行的例。然而，考慮到支撐的影響等，也存在晶體片的一條邊相對於 Z'軸非平行且為 ± 10 度的範圍的優選的位置關係，也就是，也存在晶體片的角部位於偏離 Z'軸或 X'軸規定角度的線上的情況。

【0032】 圖 5A 是激振電極 320 的平面圖。激振電極 320 形成為使圖 4A 所示的激振電極 120a 與圖 4B 所示的激振電極 120b 對準彼此的中心而重合的形狀。如果將激振電極 120a 的長軸的長度設為 ZB、短軸的長度設為 XB，將激振電極 120b 的長軸的長度設為 XC、短軸的長度設為 ZC，則與圖 2A 所示的激振電極 120 同樣地，以激振電極 120a 的長軸的長度 ZB 為短軸的長度 XB 的 1.1 倍至 2.0 倍的範圍，激振電極 120b 的長軸的長度 XC 為短軸的長度 ZC 的 1.1 倍至 2.0 倍的範圍的方式，形成激振電極 320。激振電極 120a 與激振電極 120b 的短軸彼此及長軸彼此的長度可相同也可不同。

【0033】 在如激振電極 120a 那樣長軸與 Z'軸平行的情況下，能夠抑制傳遞到 Z'軸方向的副振動即彎曲振動，在如激振電極 120b 那樣長軸與 X'軸平

行的情況下，能夠抑制副振動的端面反射。激振電極 320 形成為長軸在 Z' 軸方向上延伸的橢圓形形狀與長軸在 X' 軸方向上延伸的橢圓形形狀所合成的形狀，由此可同時具有激振電極 120a 與激振電極 120b 的特徵。

【0034】 圖 5B 是晶體振子 300a 的平面圖。晶體振子 300a 具有晶體片 310a、形成於晶體片 310a 的兩主面的激振電極 320、及分別從各激振電極 320 引出的引出電極 321a。圖 5B 中，示出長度 ZB 與長度 XC 具有相同的長度，晶體片 310a 具有正方形的平面，晶體片 310a 的各邊以與 Z' 軸或者 X' 軸平行的方式形成的情況下的例。而且，引出電極 321a 分別從激振電極 320 引出到晶體片 310a 的對角線上即晶體片 310a 的 $+X'$ 軸側的 $-Z'$ 軸側的角及 $-X'$ 軸側的 $+Z'$ 軸側的角。

【0035】 晶體振子 300a 中，晶體片 310a 的各邊以沿著激振電極 120a 及激振電極 120b 的長軸的方式且以在 X' 軸及 Z' 軸上延伸的方式形成，由此能夠使激振電極 320 的面積形成得大，因而優選。

【0036】 圖 5C 是晶體振子 300b 的平面圖。晶體振子 300b 具有晶體片 310b、形成於晶體片 310b 的兩主面的激振電極 320、及分別從各激振電極 320 引出的引出電極 321b。圖 5C 中，長度 ZB 與長度 XC 為相同長度，晶體片 310b 具有正方形的平面，晶體片 310b 的對角線以與 Z' 軸及 X' 軸平行的方式形成。而且，引出電極 321b 分別從激振電極 320 引出到晶體片 310b 的 $+Z'$ 軸側的角及 $-Z'$ 軸側的角。

【0037】 另外，該圖 5B 的例中示出晶體片的一條邊與 Z' 軸平行的例，圖 5C 的例中示出晶體片的對角線與 Z' 軸平行的例，但考慮到支撐的影響等，也存在晶體片的一條邊或對角線位於相對於 Z' 軸非平行且為 ± 10 度的範圍的優選的位置的情況。

【0038】 晶體振子 300b 中，晶體片 310b 的對角線與 Z' 軸或者 X' 軸平行

地形成。由此，能夠使激振電極的面積形成得大，因而優選。

【0039】 (第二實施方式)

在激振電極的周圍形成著表面傾斜的傾斜部，由此也能夠抑制彎曲振動或反射波。以下，對形成著傾斜部的晶體振子進行說明。

【0040】 <晶體振子 400 的構成>

圖 6A 是晶體振子 400 的平面圖。晶體振子 400 具有晶體片 110、激振電極 420、及引出電極 121。激振電極 420 形成為與圖 2A 所示的激振電極 120 相同的橢圓形形狀，具有厚度為固定的中央部 420a 及形成於中央部 420a 的周圍且從內周側到外周側而厚度變薄的傾斜部 420b。圖 6A 中，激振電極 420 的虛線的內側作為中央部 420a、虛線的外側作為傾斜部 420b 而表示。

【0041】 圖 6B 是圖 6A 的 VIB-VIB 剖視圖。激振電極 420 中，中央部 420a 的厚度形成為 YB，傾斜部 420b 中以從內周側到外周側的長度（傾斜長度）在長度 ZD 的範圍內厚度變薄的方式形成。激振電極 420 中，在傾斜部 420b 的長度 ZD 大於不必要振動的波長的 1/2 的情況下，能夠抑制不必要振動的發生而降低 CI 值。認為其理由可能在於來自晶體片的端面的反射波等不必要振動在傾斜部中衰減。

【0042】 圖 6C 是表示不必要振動的波長與頻率的關係的曲線圖。圖 6C 中，橫軸表示晶體振子的頻率 (MHz)，縱軸表示不必要振動的波長 (μm)。而且，縱軸的刻度以 50 μm 間隔而賦予。伴隨主振動發生的不必要振動中有彎曲振動、輪廓剪切振動 (contour shear vibrating)、伸長振動等各種振動。圖 6C 中由單點劃線表示彎曲振動，由實線表示輪廓剪切振動，由虛線表示伸長振動。

【0043】 雙旋轉晶體振子中，不必要振動中的彎曲振動最會影響到 CI

值，因而為了降低 CI 值，重要的是抑制彎曲振動。例如，在晶體振子的振盪頻率為 20 MHz 的情況下，如果彎曲振動具有 162.0 μm 的波長，則如果將長度 ZD 設為彎曲振動的波長的一半即 81.0 μm 以上，便能夠大幅抑制彎曲振動的發生。而且，輪廓剪切振動及伸長振動等其他不必要振動的波長接近彎曲振動的波長，所以也能夠利用用於彎曲振動的所述傾斜部而加以抑制。

【0044】 <關於傾斜長度>

在 A mm 見方的晶體片上形成厚度為 1400 Å 且直徑為 0.6A mm 的激振電極，並使該激振電極以 20 MHz 振盪的情況下，改變傾斜長度而測定 CI 值與溫度的關係，將所求出的結果示於以下。

【0045】 圖 7A 是表示傾斜長度為 0 μm 的情況下的 CI 值的溫度變化的曲線圖。橫軸表示晶體振子的溫度，縱軸表示 CI 值。其中，圖 7A~圖 7D 的各圖中將各實驗中作為目標的共同基準的 CI 值表述為 R，圖 7A 中對 R 賦予 100 Ω 單位的刻度來說明 CI。圖 7A 中示出 9 個晶體振子的 CI 值的溫度變化。圖 7A 的各晶體振子中形成著激振電極，傾斜長度形成為 0 μm 。也就是，圖 7A 中為未形成傾斜部的狀態。

【0046】 圖 7A 中，可知因晶體振子而 CI 值的溫度變化的傾向大幅不同，CI 值不穩定。例如，在考慮使用雙旋轉晶體振子的溫度即 80°C 下，最低 CI 值約為 (R+50) Ω ，最高 CI 值約為 (R+850) Ω 。也就是，圖 7A 的晶體振子中，80°C 下產生約 800 Ω 的變動。

【0047】 圖 7B 是表示傾斜長度為 50 μm 的情況下的 CI 值的溫度變化的曲線圖。圖 7B 中示出關於 3 個晶體振子的 CI 值的溫度變化，縱軸以 50 Ω 間隔而賦予刻度。各晶體振子的激振電極的傾斜長度為 50 μm 。圖 7B 中，CI 值約被限制在 (R-100) Ω 到 R Ω 的範圍內。尤其在考慮用於雙旋轉晶

體振子的 80°C 的溫度下，最低 CI 值為 (R-77.94) Ω ，最高 CI 值為 (R-58.89) Ω 。也就是，圖 7B 的晶體振子中，80°C 下產生 18.05 Ω 的變動。這些結果表示，比起圖 7A 所示的晶體振子的情況，通過形成傾斜部而 CI 值大幅降低並且穩定。

【0048】 圖 7C 是表示傾斜長度為 55 μm 的情況下的 CI 值的溫度變化的曲線圖。圖 7C 中，示出關於 7 個晶體振子的 CI 值的溫度變化，對縱軸以 50 Ω 間隔賦予刻度。圖 7C 所示的各晶體振子的激振電極的傾斜長度為 55 μm 。也就是，與圖 7B 的晶體振子相比，傾斜長度不同。圖 7C 中，CI 值約被限制在 (R-150) Ω 至 (R-100) Ω 的範圍內。尤其在考慮用於雙旋轉晶體振子的 80°C 的溫度下，最低 CI 值為 (R-140.11) Ω ，最高 CI 值為 (R-120.23) Ω 。也就是，圖 7C 的晶體振子中，80°C 下產生 19.88 Ω 的變動。

【0049】 關於圖 7C 的晶體振子，與圖 7B 的晶體振子同樣地表示出，相比於圖 7A 的晶體振子，通過形成傾斜部而 CI 值大幅降低並且穩定。而且，圖 7C 的晶體振子表現為與圖 7B 的晶體振子相比 CI 值整體降低了 50 Ω 左右。認為該結果起因於圖 7C 的晶體振子的傾斜長度比圖 7B 的晶體振子長。進而，認為傾斜長度僅相差 5 μm 而 CI 值便降低了近 50 Ω 左右是因為在圖 7B 及圖 7C 中，傾斜長度比 20 MHz 下彎曲振動的波長的 1/2 即 81.0 μm 短，因而彎曲振動未被充分抑制，由於微小的傾斜長度的差異而被抑制的彎曲振動大幅不同。

【0050】 圖 7D 是表示傾斜長度為 400 μm 的情況下的 CI 值的溫度變化的曲線圖。圖 7D 中，示出關於 6 個晶體振子的 CI 值的溫度變化，對縱軸以 50 Ω 間隔賦予刻度。圖 7D 所示的各晶體振子中，傾斜長度為 400 μm 。圖 7D 中，CI 值約被限制在 (R-200) Ω 至 (R-150) Ω 的範圍內。尤其

在考慮用於雙旋轉晶體振子的 80°C 的溫度下，最低 CI 值為 (R-201.3) Ω ，最高 CI 值為 (R-189.4) Ω 。也就是，圖 7D 的晶體振子中，80°C 下產生了 11.9 Ω 的變動。

【0051】 圖 7D 的晶體振子與圖 7A 至圖 7C 的晶體振子相比 CI 值低且 CI 值的變動也小。認為這些結果是起因於傾斜長度形成得長。而且，圖 7D 的晶體振子中，認為因傾斜長度比 20 MHz 下彎曲振動的波長的 1/2 即 81.0 μm 長，彎曲振動得到充分抑制。

【0052】 圖 7D 所示的晶體振子例如能夠通過如下方法而形成，該方法中使用了由金屬板利用光刻 (photolithography) 技術及濕式蝕刻 (wet etching) 技術而形成的金屬製掩模 (mask)。具體來說為如下掩模，即，利用側面蝕刻與金屬板的厚度方向的蝕刻同時進行的性質而獲得的懸突形狀 (overhang shape) 的掩模、或者層疊開口尺寸一點點變小的多個薄掩模並對這些掩模進行點焊而以 1 塊掩模的形式形成的掩模。通過使用這些懸突形狀的掩模或者層疊多個薄掩模而成的掩模，能夠形成圖 7D 的晶體振子。

【0053】 以上，已對本發明的最佳實施方式進行了詳細說明，但如本領域技術人員所知那樣，本發明能夠在其技術範圍內對實施方式添加各種變更、變形而實施。而且，所述實施方式也可進行各種組合而實施。

【符號說明】

- 【0054】** 100、100a、100b、200a、200b、300a、300b、400：晶體振子
110、110a、210、310a、310b：晶體片
120、120a、120b、320、420：激振電極
121、221a、221b、321a、321b：引出電極
211：對角線

420a：中央部

420b：傾斜部

X、X'、Y、Y'、Z、Z'：軸

XA：激振電極 120 的短軸的長度

XB：激振電極 120a 的短軸的長度

XC：激振電極 120b 的長軸的長度

YA：晶體片 110 的厚度

YB：激振電極 120 的厚度

ZA：激振電極 120 的長軸的長度

ZB：激振電極 120a 的長軸的長度

ZC：激振電極 120b 的短軸的長度

ZD：激振電極 420 的從內周側到外周側的長度

ϕ 、 θ 、 β_1 、 β_2 ：角度

α_1 ：逆時針方向上的旋轉的角度

α_2 ：順時針方向上的旋轉的角度

**【發明摘要】**

【中文發明名稱】 晶體振子

【英文發明名稱】 CRYSTAL RESONATOR

【中文】 本發明中提供一種晶體振子，抑制副振動與主振動的耦合且晶體阻抗值被抑制得低。晶體振子（100b）包括：平板狀的晶體片（110b），具有與X'軸及Z'軸平行的主面，所述X'軸是以作為晶體的結晶軸的Z軸為中心而使作為晶體的結晶軸的X軸在15度至25度的範圍內旋轉所得，所述Z'軸是以X'軸為中心而使Z軸在33度至35度的範圍內旋轉所得；以及激振電極（120b），形成於晶體片的各主面。而且，各激振電極形成為橢圓形形狀，橢圓形形狀的長軸相對於X'軸延伸的方向而在-5度至+15度的範圍的方向上延伸。

【英文】 A crystal resonator for inhibiting a coupling of an unnecessary vibration and a main vibration is provided, thereby ensuring reducing a crystal impedance value low. The crystal resonator (100b) includes a flat plate-shaped crystal element (110b) and excitation electrodes (120b). The crystal element has principal surfaces parallel to an X'-axis and a Z'-axis. The X'-axis is an axis of rotating an X-axis as a crystallographic axis of a crystal in a range of 15 degrees to 25 degrees around a Z-axis as a crystallographic axis of the crystal. The Z'-axis is an axis of rotating the Z-axis in a range of 33 degrees to 35 degrees around the X'-axis. The excitation electrodes are formed on the respective principal surfaces of the crystal element. The excitation electrodes

are each formed into an elliptical shape. The elliptical shape has a long axis extending in a direction in a range of -5 degrees to $+15$ degrees with respect to a direction that the X' -axis extends.

【指定代表圖】圖4A。

【代表圖之符號簡單說明】

100a：晶體振子

110a：晶體片

120a：激振電極

X' 、 Y' 、 Z' ：軸

$\alpha 1$ ：逆時針方向上的旋轉的角度

$\alpha 2$ ：順時針方向上的旋轉的角度

【特徵化學式】

無。

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種晶體振子，其特徵在於包括：

平板狀的晶體片，具有與 X'軸及 Z'軸平行的主面，所述 X'軸是以作為晶體的結晶軸的 Z 軸為中心而使作為晶體的結晶軸的 X 軸在 15 度至 25 度的範圍內旋轉所得，所述 Z'軸是以所述 X'軸為中心而使所述 Z 軸在 33 度至 35 度的範圍內旋轉所得；以及

激振電極，形成於所述晶體片的各所述主面，

各所述激振電極形成為橢圓形形狀，所述橢圓形形狀的長軸相對於所述 X'軸延伸的方向而在-5 度至+15 度的範圍的方向上延伸。

【第2項】 如申請專利範圍第1項所述的晶體振子，其中，

所述晶體片形成為一根對角線相對於Z'軸處於 $\pm 10^\circ$ 的範圍的正方形或長方形、或者

所述晶體片形成為一條邊相對於所述Z'軸處於 $\pm 10^\circ$ 的範圍的正方形或長方形。

【第3項】 如申請專利範圍第1項所述的晶體振子，其中，

所述長軸與所述橢圓形形狀的短軸之比為1.1：1至2.0：1的範圍。

【第4項】 如申請專利範圍第1項所述的晶體振子，其中，

所述晶體片以規定的頻率振動，

所述激振電極包括：厚度為固定的中央部，以及形成於所述中央部的周圍且從內周側到外周側而厚度變薄的傾斜部，

所述傾斜部的所述內周側與所述外周側的寬度，比所述晶體片的不必要振動的波長的1/2還長。

【第5項】如申請專利範圍第1項所述的晶體振子，其中，

所述激振電極的厚度為所述晶體片的厚度的0.03%至0.18%之間。

【第6項】一種晶體振子，其特徵在於包括：

平板狀的晶體片，具有與 X'軸及 Z'軸平行的主面，所述 X'軸是以作為晶體的結晶軸的 Z 軸為中心而使作為晶體的結晶軸的 X 軸在 15 度至 25 度的範圍內旋轉所得，所述 Z'軸是以所述 X'軸為中心而使所述 Z 軸在 33 度至 35 度的範圍內旋轉所得；以及

激振電極，形成於所述晶體片的各所述主面，

各所述激振電極形成為橢圓形形狀，所述橢圓形形狀的長軸相對於所述 Z'軸延伸的方向而在 ± 5 度的範圍的方向上延伸。

【第7項】如申請專利範圍第6項所述的晶體振子，其中，

所述晶體片形成為一根對角線相對於Z'軸處於 $\pm 10^\circ$ 的範圍的正方形或長方形、或者

所述晶體片形成為一條邊相對於所述Z'軸處於 $\pm 10^\circ$ 的範圍的正方形或長方形。

【第8項】如申請專利範圍第6項所述的晶體振子，其中，

所述長軸與所述橢圓形形狀的短軸之比為1.1：1至2.0：1的範圍。

【第9項】如申請專利範圍第6項所述的晶體振子，其中，

所述晶體片以規定的頻率振動，

所述激振電極包括：厚度為固定的中央部，以及形成於所述中央部的周圍且從內周側到外周側而厚度變薄的傾斜部，

所述傾斜部的所述內周側與所述外周側的寬度，比所述晶體片的不必要振動的波長的1/2還長。

【第10項】 如申請專利範圍第6項所述的晶體振子，其中，

所述激振電極的厚度為所述晶體片的厚度的0.03%至0.18%之間。

【第11項】 一種晶體振子，其特徵在於包括：

平板狀的晶體片，具有與 X'軸及 Z'軸平行的主面，所述 X'軸是與以作為晶體的結晶軸的 Z 軸為中心而使作為晶體的結晶軸的 X 軸在 15 度至 25 度的範圍內旋轉所得，所述 Z'軸是以所述 X'軸為中心而使所述 Z 軸在 33 度至 35 度的範圍內旋轉所得；以及

激振電極，形成於所述晶體片的各所述主面，

各所述激振電極形成為第一橢圓形形狀與第二橢圓形形狀合成所得的形狀，所述第一橢圓形形狀是長軸相對於所述 X'軸延伸的方向而在-5 度至+15 度的範圍的方向上延伸的形狀，所述第二橢圓形形狀是長軸相對於所述 Z'軸延伸的方向而在±5 度的範圍的方向上延伸的形狀。

【第12項】 如申請專利範圍第11項所述的晶體振子，其中，

所述第一橢圓形形狀的長軸與短軸之比為1.1：1至2.0：1的範圍，

所述第二橢圓形形狀的長軸與短軸之比為1.1：1至2.0：1的範圍。

【第13項】 如申請專利範圍第11項所述的晶體振子，其中，

所述晶體片以規定的頻率振動，

所述激振電極包括：厚度為固定的中央部，以及形成於所述中央部的周圍且從內周側到外周側而厚度變薄的傾斜部，

所述傾斜部的所述內周側與所述外周側的寬度，比所述晶體片的不必要振動的波長的1/2還長。

【第14項】如申請專利範圍第11項所述的晶體振子，其中，

所述激振電極的厚度為所述晶體片的厚度的0.03%至0.18%之間。

