



(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 I604693 B

(45)公告日：中華民國 106 (2017) 年 11 月 01 日

(21)申請案號：103108513

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 03 月 11 日

(51)Int. Cl. : **H03H9/215 (2006.01)****H03B5/32 (2006.01)****H01L41/09 (2006.01)**

(30)優先權：2013/03/14 日本

2013-052489

(71)申請人：精工愛普生股份有限公司 (日本) SEIKO EPSON CORPORATION (JP)

日本

(72)發明人：山田明法 YAMADA, AKINORI (JP)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

JP 2009-100480A

JP 2009-253622A

JP 2011-19159A

審查人員：蘇齊賢

申請專利範圍項數：13 項 圖式數：21 共 57 頁

(54)名稱

振動元件、振動器、振盪器、電子機器及移動體

VIBRATING ELEMENT, VIBRATOR, OSCILLATOR, ELECTRONIC APPARATUS, AND MOVING OBJECT

(57)摘要

本發明提供一種可一方面減少 CI 值之上升、一方面發揮優異之振動特性之振動元件、以及具備該振動元件之振動器、振盪器、電子機器及移動體。

振動元件 2 包括：基部 4；及 1 對振動臂 5、6，其等與基部 4 一體地設置，且排列於 X 軸方向，且自基部 4 朝 Y 軸方向外延；振動臂 5、6 各自包括：臂部 51、61；及寬錘頭 59、69，其等位於臂部 51、61 之自由端側，且 X 軸方向之長度較臂部 51、61 更長；將振動臂 5、6 之 Y 軸方向之長度設為 L，且將錘頭 59、69 之 Y 軸方向之長度設為 H 時，滿足 $1.2\% < H/L < 30.0\%$ 之關係，將臂部 51、61 之 X 軸方向之長度設為 W1，將錘頭 59、69 之 X 軸方向之長度設為 W2 時，滿足 $1.5 \leq W2/W1 \leq 10.0$ 之關係。

A vibrating element includes a base portion and a pair of vibrating arms that are provided integrally with the base portion, are aligned in an X-axis direction, and extend in a Y-axis direction from the base portion. Each of the vibrating arms includes an arm portion and a wide hammerhead that is located on the free end side of the arm portion and has a greater length in the X-axis direction than the arm portion. Assuming that the length of the vibrating arm in the Y-axis direction is L and the length of the hammerhead in the Y-axis direction is H, the relationship of $1.2\% < H/L < 30.0\%$ is satisfied. Assuming that the length of the arm portion in the X-axis direction is W1 and the length of the hammerhead in the X-axis direction is W2, the relationship of $1.5 \leq W2/W1 \leq 10.0$ is satisfied.

指定代表圖：

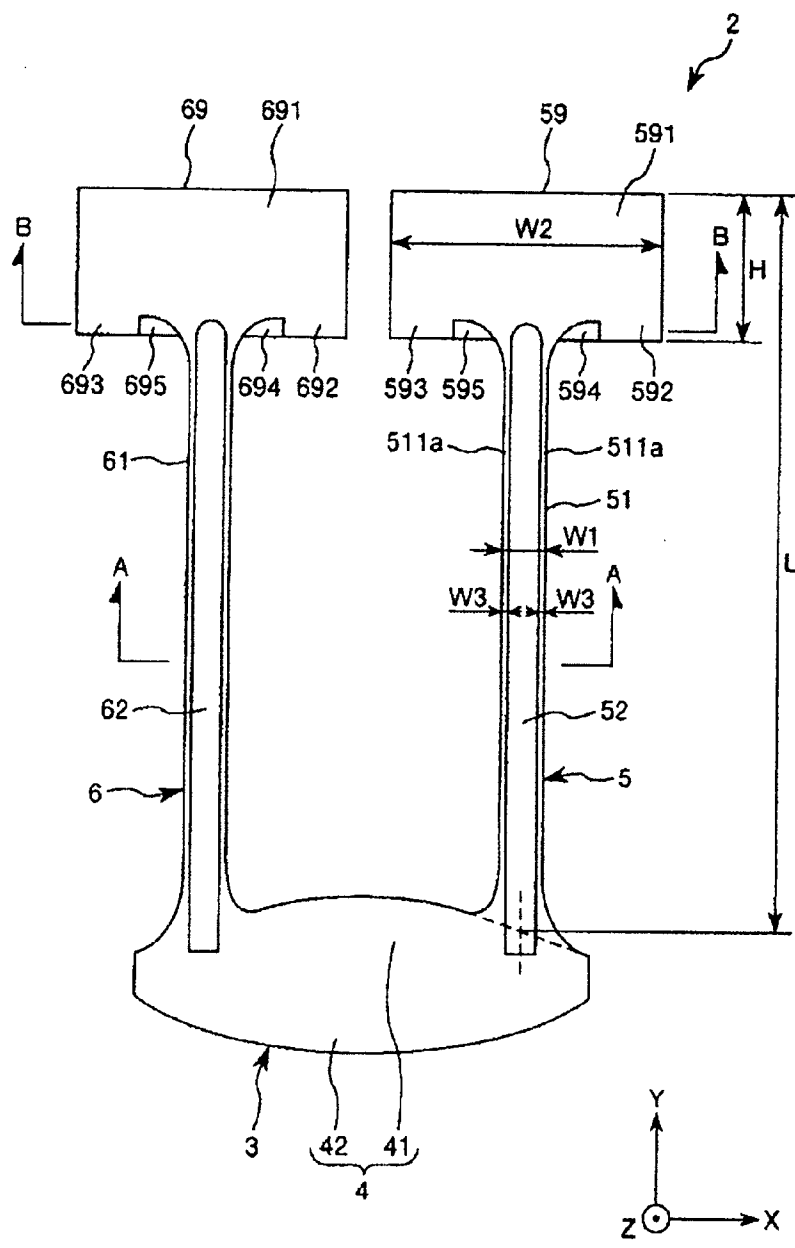


圖1

符號簡單說明：

- 2 . . . 振動元件
- 3 . . . 水晶基板
- 4 . . . 基部
- 5 . . . 振動臂
- 6 . . . 振動臂
- 41 . . . 本體部
- 42 . . . 縮幅部
- 51 . . . 臂部
- 52 . . . 槽
- 59 . . . 錘頭
- 61 . . . 臂部
- 62 . . . 槽
- 69 . . . 錘頭
- 511a . . . 堤部
- 591 . . . 本體
- 592、593 . . . 突出部
- 594、595 . . . 薄壁部
- 691 . . . 本體
- 692、693 . . . 突出部
- 694、695 . . . 薄壁部
- H . . . 長度
- L . . . 全長
- W1、W2、W3 . . . 寬度

發明摘要

公告本

※ 申請案號：103108513

※ 申請日：103/03/11

※IPC 分類：H03H 9/215 (2006.01)
H03B 5/32 (2006.01)
H01L 41/09 (2006.01)

【發明名稱】

振動元件、振動器、振盪器、電子機器及移動體

VIBRATING ELEMENT, VIBRATOR, OSCILLATOR,

ELECTRONIC APPARATUS, AND MOVING OBJECT

【中文】

本發明提供一種可一方面減少CI值之上升、一方面發揮優異之振動特性之振動元件、以及具備該振動元件之振動器、振盪器、電子機器及移動體。

振動元件2包括：基部4；及1對振動臂5、6，其等與基部4一體地設置，且排列於X軸方向，且自基部4朝Y軸方向外延；振動臂5、6各自包括：臂部51、61；及寬錘頭59、69，其等位於臂部51、61之自由端側，且X軸方向之長度較臂部51、61更長；將振動臂5、6之Y軸方向之長度設為L，且將錘頭59、69之Y軸方向之長度設為H時，滿足 $1.2\% < H/L < 30.0\%$ 之關係，將臂部51、61之X軸方向之長度設為W1，將錘頭59、69之X軸方向之長度設為W2時，滿足 $1.5 \leq W2/W1 \leq 10.0$ 之關係。

【英文】

A vibrating element includes a base portion and a pair of vibrating arms that are provided integrally with the base portion, are aligned in an X-axis direction, and extend in a Y-axis direction from the base portion. Each of the vibrating arms includes an arm portion and a wide hammerhead that is located on the free end side of the arm portion and has a greater length in the X-axis direction than the arm portion. Assuming that the length of the vibrating arm in the Y-axis direction is L and the length of the hammerhead in the Y-axis direction is H , the relationship of $1.2\% < H/L < 30.0\%$ is satisfied. Assuming that the length of the arm portion in the X-axis direction is $W1$ and the length of the hammerhead in the X-axis direction is $W2$, the relationship of $1.5 \leq W2/W1 \leq 10.0$ is satisfied.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（1）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

2	振動元件
3	水晶基板
4	基部
5	振動臂
6	振動臂
41	本體部
42	縮幅部
51	臂部
52	槽
59	錘頭
61	臂部
62	槽
69	錘頭
511a	堤部
591	本體
592、593	突出部
594、595	薄壁部
691	本體
692、693	突出部
694、695	薄壁部
H	長度
L	全長
W1、W2、W3	寬度

【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】

振動元件、振動器、振盪器、電子機器及移動體

VIBRATING ELEMENT, VIBRATOR, OSCILLATOR,
ELECTRONIC APPARATUS, AND MOVING OBJECT

【技術領域】

本發明係關於一種振動元件、振動器、振盪器、電子機器及移動體。

【先前技術】

自先前以來，已知使用水晶之振動元件。此種振動元件由於頻率溫度特性優異，因此被廣泛地用作各種電子機器之基準頻率源或發信源等。專利文獻1中所記載之振動元件形成爲音叉型，具有基部、及自基部外延之一對振動臂。又，出於實現小型化且提高振動特性之目的，於各振動臂之前端部形成有被稱作錘頭之錘部(寬幅部)。例如，於專利文獻1中，錘頭之長度被設定爲振動臂之全長之30%以上，於專利文獻2、3中，錘頭之長度被設定爲振動臂之全長之35%~41%。然而，若如專利文獻1~3般使錘頭之長度相對於振動臂之全長過長，則於振動臂彎曲振動時，振動臂之彎曲變形大幅產生之區域、即可電性地高效率地激振之區域、亦即寬度較寬幅部更窄之臂部之區域減少，由此，振動元件之CI(crystal impedance，晶體阻抗)值變高，振動損耗變大。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

[專利文獻1]日本專利特開2011-19159號公報

[專利文獻2]日本專利特開2011-199331號公報

[專利文獻3]日本專利特開2012-129904號公報

【發明內容】

[發明所欲解決之問題]

本發明之目的在於提供一種可一面減少CI值之上升，一面發揮優異之振動特性之振動元件、以及具備該振動元件之振動器、振盪器、電子機器及移動體。

[解決問題之技術手段]

本發明係爲了解決上述課題之至少一部分而成者，能夠以如下應用例之形式實現。

[應用例1]

本應用例之振動元件之特徵在於包括：基部；及

1對振動臂，其等於俯視下自上述基部朝第1方向外延，且沿與上述第1方向交叉之第2方向排列；

上述振動臂包括：

臂部；及

寬幅部，其於俯視下配置於上述臂部之與上述基部相反側，且沿上述第2方向之長度較上述臂部更長；

於將上述振動臂之沿上述第1方向之長度設爲L，

且將上述寬幅部之沿上述第1方向之長度設爲H時，

滿足 $1.2\% < H/L < 30.0\%$ 之關係，

於將上述臂部之沿上述第2方向之長度設爲W1，

且將上述寬幅部之沿上述第2方向之長度設爲W2時，

滿足 $1.5 \leq W2/W1 \leq 10.0$ 之關係。

藉此，可獲得可一面減少CI值之上升，一面發揮優異之振動特性之振動元件。

[應用例2]

於本應用例之振動元件中，較佳為上述L及上述H滿足 $4.6\% < H/L < 22.3\%$ 之關係。

藉此，可更加有效地減少CI值之上升。

[應用例3]

於本應用例之振動元件中，較佳為上述W1及上述W2滿足 $1.6 \leq W2/W1 \leq 7.0$ 之關係。

藉此，可更加有效地減少CI值之上升。

[應用例4]

於本應用例之振動元件中，較佳為於上述臂部之主要面設置有沿上述第1方向延伸之有底之槽部。

藉此，可減少熱彈性損耗，可發揮更加優異之振動特性。

[應用例5]

於本應用例之振動元件中，較佳為上述寬幅部包括：

本體部，其連接於上述臂部之與上述基部相反側；及

突出部，其自上述本體部朝向上述臂部之上述基部側，於俯視下與上述臂部分離並外延。

藉此，可一面抑制振動臂之全長，一面提高寬幅部之質量。換言之，可在無損寬幅部之質量效果之情況下確保臂部較長。

[應用例6]

於本應用例之振動元件中，較佳為，於設有第3方向時，

上述寬幅部進而包括1對連結部，該1對連結部連結各上述突出部與上述臂部，且沿與上述第1方向及上述第2方向正交之第3方向之長度較上述臂部及上述突出部更短。

藉此，可一面抑制振動臂之全長，一面提高寬幅部之質量。換言之，可在無損寬幅部之質量效果之情況下確保臂部較長。

[應用例7]

於本應用例之振動元件中，較佳為上述基部包括縮幅部，該縮幅部於與上述振動臂外延之側相反側，隨著遠離上述振動臂其上述第2方向之長度遞減。

藉此，可將振動臂之振動抵消(緩和、吸收)，減少振動洩漏。因此，可獲得具有優異之振動特性之振動元件。

[應用例8]

於本應用例之振動元件中，較佳為包括支持部，該支持部位於上述1對振動臂之間，且自上述基部沿上述第1方向外延。

藉由經由支持臂將振動元件固定於封裝體，可進一步減少振動洩漏。

[應用例9]

於本應用例之振動元件中，較佳為上述振動元件包括1對支持臂，該1對支持臂連接於上述基部，沿上述第1方向延伸，且於俯視下將上述1對振動臂夾於其間並沿上述第2方向排列。

藉由經由兩支持臂將振動元件固定於封裝體，可進一步減少振動洩漏。

[應用例10]

本應用例之振動器之特徵在於包括：上述應用例之振動元件；
及

搭載有上述振動元件之封裝體。

藉此，可獲得可靠性較高之振動器。

[應用例11]

本應用例之振盪器之特徵在於包括：上述應用例之振動元件；
及

與上述振動元件電性連接之振盪電路。

藉此，可獲得可靠性較高之振盪器。

[應用例12]

本應用例之電子機器之特徵在於包括上述應用例之振動元件。

藉此，可獲得可靠性較高之電子機器。

[應用例13]

本應用例之移動體之特徵在於包括上述應用例之振動元件。

藉此，可獲得可靠性較高之移動體。

【圖式簡單說明】

圖1係本發明之第1實施形態之振動元件之俯視圖。

圖2(a)係圖1中之A-A線剖面圖，(b)係圖1中之B-B線剖面圖。

圖3(a)、(b)係說明振動洩漏減少之原理之俯視圖。

圖4係對彎曲振動時之熱傳導進行說明之振動臂之剖面圖。

圖5係表示Q值與 f/f_m 之關係之圖表。

圖6係表示模擬所使用之振動臂之形狀及大小之立體圖。

圖7係說明有效寬度 a 之立體圖。

圖8係表示錘頭佔有率與低 R_1 化指數之關係之圖表。

圖9係本發明之第2實施形態之振動元件之俯視圖。

圖10係本發明之第3實施形態之振動元件之俯視圖。

圖11係本發明之第4實施形態之振動元件之俯視圖。

圖12係本發明之第5實施形態之振動元件之俯視圖。

圖13係本發明之第6實施形態之振動元件之俯視圖。

圖14係本發明之第7實施形態之振動元件之俯視圖。

圖15係表示本發明之振動器之較佳之實施形態之俯視圖。

圖16係圖15中之C-C線剖面圖。

圖17係表示本發明之振盪器之較佳之實施形態之剖面圖。

圖18係表示應用具備本發明之振動元件之電子機器之移動型(或

筆記型)個人電腦之構成之立體圖。

圖19係表示應用具備本發明之振動元件之電子機器之行動電話機(亦包括PHS(Personal Handy-phone System, 個人手持式電話系統))之構成之立體圖。

圖20係表示應用具備本發明之振動元件之電子機器之數位靜態相機之構成之立體圖。

圖21係概略性地表示作為本發明之移動體之一例之汽車之立體圖。

【實施方式】

以下，基於圖式所示之較佳之實施形態對本發明之振動元件、振動器、振盪器、電子機器及移動體詳細地進行說明。

1. 振動元件

首先，對本發明之振動元件進行說明。

<第1實施形態>

圖1係本發明之第1實施形態之振動元件之俯視圖，圖2(a)係圖1中之A-A線剖面圖，(b)係圖1中之B-B線剖面圖，圖3係說明振動洩漏減少之原理之俯視圖，圖4係對彎曲振動時之熱傳導進行說明之振動臂之剖面圖，圖5係表示Q值與 f/f_m 之關係之圖表，圖6係表示模擬所使用之振動臂之形狀及大小之立體圖，圖7係說明有效寬度 a 之立體圖，圖8係表示錘頭佔有率與低 R_1 化指數之關係之圖表。再者，以下，為了方便說明，如圖1所示，將相互正交之3個軸設為X軸(水晶之電氣軸)、Y軸(水晶之機械軸)及Z軸(水晶之光學軸)。

如圖1及圖2所示，振動元件2包括水晶基板3、及形成於水晶基板3上之第1、第2驅動用電極84、85。

水晶基板3包括Z切割水晶板。所謂Z切割水晶板，係指以Z軸為厚度方向之水晶基板。再者，雖然Z軸較佳為與水晶基板3之厚度方向

一致，但就減小常溫附近之頻率溫度變化之觀點而言，亦可相對於厚度方向傾斜少許(例如，未達 15° 之程度)。

即，成為如下水晶基板3，即，以包括作為上述水晶之電氣軸之X軸、作為機械軸之Y軸、作為光學軸之Z軸之正交座標系之上述X軸作為旋轉軸，將使上述Z軸以+Z側朝上述Y軸之-Y方向旋轉之方式傾斜而成之軸設為Z'軸，並將使上述Y軸以+Y側朝上述Z軸之+Z方向旋轉之方式傾斜而成之軸設為Y'軸時，將沿Z'軸之方向設為厚度，將包括X軸與Y'軸之面設為主要面。

再者，作為水晶基板3之厚度D，並無特別限定，但較佳為未達 $70\text{ }\mu\text{m}$ 。藉由設為此種數值範圍，例如，於藉由濕式蝕刻而形成(圖案化)水晶基板3之情形時，可有效地防止於振動臂5與基部4之交界部或下述臂部51與錘頭59之交界部等殘留無用部(本來應去除之部分)。因此，可製成可有效地減少振動洩漏之振動元件2。就不同之觀點而言，厚度D較佳為 $70\text{ }\mu\text{m}$ 以上且 $300\text{ }\mu\text{m}$ 以下之程度，更佳為 $100\text{ }\mu\text{m}$ 以上且 $150\text{ }\mu\text{m}$ 以下之程度。藉由設為此種數值範圍，可將第1、第2驅動用電極84、85較寬地形成於水晶基板3之側面(下述側面513、514、613、614)，因此，可降低CI值。

此種水晶基板3具有基部4、及一對振動臂5、6。

基部4形成為於XY平面具有寬度且於Z軸方向具有厚度之大致板狀。基部4具有支持、連結振動臂5、6之部分(本體部41)、及減少振動洩漏之縮幅部42。

縮幅部42設置於本體部41之基端側(與振動臂5、6外延之側相反側)。又，縮幅部42之寬度(沿X軸方向之長度)隨著遠離振動臂5、6而遞減。藉由具有此種縮幅部42，可有效地抑制振動元件2之振動洩漏。

若具體地進行說明，則如下。再者，為了使說明簡單，設定為

振動元件2之形狀相對於平行於Y軸之特定之軸對稱。

首先，對如圖3(a)所示般未設置縮幅部42之情形進行說明。於振動臂5、6以相互分離之方式彎曲變形之情形時，於連接有振動臂5之附近之本體部41，如箭頭所示般產生順時針方向之近似旋轉運動之位移，於連接有振動臂6之附近之本體部41，如箭頭所示般產生逆時針方向之近似旋轉運動之位移(其中，由於嚴格來講並非可進行旋轉運動般之運動，因此出於方便稱作「接近旋轉運動」)。由於該等位移之X軸方向成分朝向相互相反方向，因此，於本體部41之X軸方向中央部被抵消，殘留+Y軸方向之位移(其中，嚴格來講亦殘留有Z軸方向之位移，但此處省略)。即，本體部41產生如X軸方向中央部朝+Y軸方向位移般之彎曲變形。若於具有該+Y軸方向之位移之本體部41之Y軸方向中央部形成接著劑，並經由接著劑固定於封裝體，則伴隨+Y軸方向位移之彈性能量會經由接著劑洩漏至外部。此為振動洩漏之損耗，成為Q值劣化之原因，結果導致CI值之劣化。

與此相對，於如圖3(b)所示般設置有縮幅部42之情形時，由於縮幅部42具有弓形狀(曲線狀)之輪廓，因此，上述接近旋轉運動之位移於縮幅部42中相互阻塞。即，於縮幅部42之X軸方向中央部，與本體部41之X軸方向中央部同樣地X軸方向之位移被抵消，與此同時，Y軸方向之位移受到抑制。進而，由於縮幅部42之輪廓為弓形狀，因此，亦抑制本體部41欲產生之+Y軸方向之位移。結果，設置有縮幅部42之情形時之基部4之X軸方向中央部之+Y軸方向之位移遠小於未設置縮幅部42之情形。即，可獲得振動洩漏較小之振動元件。

再者，此處，縮幅部42之輪廓呈弓形狀，但只要為顯示如上所述之作用者，則不限定於此。例如，亦可為輪廓由複數條直線形成為階梯狀之縮幅部。

振動臂5、6排列於X軸方向(第2方向)，且以相互平行之方式自基

部4之上端朝Y軸方向(第1方向)外延。該等振動臂5、6分別形成爲長邊形狀，其基端成爲固定端，前端成爲自由端。又，振動臂5、6分別具有臂部51、61、及設置於臂部51、61之前端之錘頭(寬幅部)59、69。

臂部51具有由XY平面構成之一對主要面511、512，及由YZ平面構成且連接一對主要面511、512之一對側面513、514。又，於臂部51，具有於主要面511開放之有底之槽52、及於主要面512開放之有底之槽53。各槽52、53於Y軸方向延伸，前端延伸至錘頭59，基端延伸至基部4。

如此，藉由於振動臂5形成槽52、53，可實現熱彈性損耗之減少，可發揮優異之振動特性(下文將詳細敘述)。槽52、53之長度並無限定，槽52、53之前端亦可不延伸至錘頭59，但若尤其如本實施形態般各槽52、53之前端延伸至錘頭59，則於槽之前端周邊所產生之應力集中得到緩和，因此，施加衝擊時產生之折斷或缺損之虞減少。又，藉由各槽52、53之基端延伸至基部4，該等交界部之應力集中得到緩和。因此，施加衝擊時產生之折斷或缺損之虞減少。

作爲槽52、53之深度，並無特別限定，但較佳爲於將槽52之深度設爲D1，且將槽53之深度設爲D2(本實施形態中， $D1 = D2$)時，滿足 $60\% \leq (D1 + D2)/D \leq 95\%$ 之關係。由於而熱移動路徑藉由滿足此種關係變長，因此可於隔熱區域(下文將詳細敘述)更加有效地謀求熱彈性損耗之減少。

再者，較佳爲槽52、53係以振動臂5之剖面重心與振動臂5之剖面形狀之中心一致之方式相對於振動臂5之位置於X軸方向調整槽52、53之位置而形成。藉此，可減少振動臂5之無用之振動(具體而言，具有面外方向成分之斜振動)，因此，可減少振動洩漏。又，於此情形時，會減少連帶驅動多餘之振動之情況，因此，可相對地增大

驅動區域而減小CI值。

又，於將位於主要面511之槽52之X軸方向兩側之堤部(沿正交於振動臂之長邊方向之寬度方向夾著槽52而排列之主要面)511a及位於主要面512之槽53之X軸方向兩側之堤部512a之寬度(X軸方向之長度)設為W3時，較佳為滿足 $0\ \mu\text{m} < W3 \leq 20\ \mu\text{m}$ 之關係。藉此，振動元件2之IC值變得充分低。上述數值範圍中，較佳為滿足 $5\ \mu\text{m} < W3 \leq 9\ \mu\text{m}$ 之關係。藉此，除上述效果外並可減少熱彈性損耗。又，亦較佳為滿足 $0\ \mu\text{m} < W3 \leq 5\ \mu\text{m}$ 之關係。藉此，可進一步降低振動元件2之CI值。

錘頭59於XY俯視下為大致矩形。又，錘頭59包括：連接於臂部51之前端之本體591；自本體591朝振動臂5之基端側突出之突出部592、593；及形成於突出部592、593與臂部51之間之薄壁部(連結部)594、595。

本體591之寬度較臂部51(X軸方向之長度)更寬，且自臂部51朝X軸方向之兩側突出。1對突出部592、593夾著臂部51而位於X軸方向之兩側。突出部592、593分別於X軸方向與臂部51分離，自本體591之基端側外緣朝振動臂5之基端側突出。

薄壁部594設置於突出部592與臂部51之間並連結其等，且較突出部592及臂部51更薄(Z軸方向之長度較短)。因此，於臂部51與突出部592之間，形成有於錘頭59之一主要面開口之有底之槽596a、及另一主要面為開放之有底之槽596b。同樣地，薄壁部595設置於突出部593與臂部51之間並連結其等，且較突出部593及臂部51更薄。因此，於臂部51與突出部593之間，形成有於錘頭59之一主要面開口之有底之槽597a、及另一主要面為開放之有底之槽597b。

藉由使錘頭59為此種構成，可一面抑制振動臂5之全長L，一面提高錘頭59之質量。換言之，於振動臂5之全長L為固定之情形時，可在無損錘頭59之質量效果之情況下儘可能地確保臂部51較長。因此，

爲了獲得所需之共振頻率(例如32.768 kHz)，可擴寬振動臂5之寬度(X軸方向之長度)。結果，下述熱移動路徑變長而熱彈性損耗減少，Q值提高。

又，若使錘頭59之X軸方向中心自振動臂5之X軸方向中心稍微偏移，則較佳。藉此，可減少彎曲振動時因振動臂5扭曲而產生之基部4之Z軸方向之振動，因此可抑制振動洩漏。

以上，對振動臂5進行了說明。振動臂6爲與振動臂5同樣之構成。即，臂部61具有由XY平面構成之一對主要面611、612，及由YZ平面構成且連接一對主要面611、612之一對側面613、614。又，臂部61具有於主要面611開放之有底之槽62、及於主要面612開放之有底之槽63。各槽62、63於Y軸方向延伸，前端延伸至錘頭69，基端延伸至基部4。

錘頭69於XY俯視下爲大致矩形。又，錘頭69包括：與臂部61之前端連接之本體691；自本體691朝振動臂6之基端側突出之突出部692、693；及形成於突出部692、693與臂部61之間之薄壁部694、695。

本體691較臂部61寬度(X軸方向之長度)更寬，自臂部61朝X軸方向之兩側突出。一對突出部692、693夾持臂部61並位於X軸方向之兩側。突出部692、693分別於X軸方向與臂部61分離，自本體691之基端側外緣朝振動臂6之基端側突出。薄壁部694設置於突出部692與臂部61之間並連結該等，較突出部692及臂部61更薄。因此，於臂部61與突出部692之間，形成有朝錘頭69之一主要面開口之有底之槽696a、及朝另一主要面打開之有底之槽696b。同樣地，薄壁部695設置於突出部693與臂部61之間並連結該等，較突出部693及臂部61更薄。因此，於臂部61與突出部693之間，形成有朝錘頭69之一主要面開口之有底之槽697a、及朝另一主要面打開之有底之槽697b。

藉由使錘頭69爲此種構成，可一面抑制振動臂6之全長L，一面提高錘頭69之質量。換言之，於振動臂6之全長L爲固定之情形時，可在無損錘頭69之質量效果之情況下儘可能地確保臂部61較長。

又，若使錘頭69之X軸方向中心自振動臂6之X軸方向中心稍微偏移，則較佳。藉此，可減少彎曲振動時因振動臂5扭曲而產生之基部4之Z軸方向之振動，因此可抑制振動洩漏。

如圖2所示，於振動臂5，形成有一對第1驅動用電極84及一對第2驅動用電極85。具體而言，第1驅動用電極84之一者形成於槽52之內表面(側面)，另一者形成於槽53之內表面(側面)。又，第2驅動用電極85之一者形成於側面513，另一者形成於側面514。再者，於未延伸至錘頭59所包圍之區域而形成第1驅動用電極84，或/且，第2驅動用電極85未自側面513延伸至槽596a、596b之內表面(臂部51側之側面)之情形時，可減小等效串聯電容C1，因此可減小負載電容感度 $S(=C1/(2 \times (C0 + CL)^2))$ 之絕對值，可獲得穩定之共振特性。再者，負載電容感度S爲表示相對於負載電容之變動之共振頻率之變動之指標，C0爲靜電電容，CL爲負載電容。

又，上述一第2驅動用電極85亦可自側面513延伸至槽596a、596b之內表面(臂部51側之側面)，同樣地，上述另一第2驅動用電極85亦可自側面514延伸至槽597a、597b之內表面(臂部51側之側面)。藉此，可進一步擴寬電場所作用之區域。

同樣地，於振動臂6，亦形成有一對第1驅動用電極84及一對第2驅動用電極85。具體而言，第1驅動用電極84之一者形成於側面613，另一者形成於側面614。又，第2驅動用電極85之一者形成於槽62之內表面(側面)，另一者形成於槽63之內表面(側面)。再者，上述一第1驅動用電極84亦可自側面613延伸至槽696a、696b之內表面(臂部61側之側面)，同樣地，上述另一第1驅動用電極84亦可自側面614延伸至槽

697a、697b之內表面(臂部61側之側面)。藉此，可進一步擴寬電場所作用之區域。

若對該等第1、第2驅動用電極84、85之間施加交替電壓，則振動臂5、6以反覆相互接近、分離之方式於面內方向(XY平面方向)以特定之頻率振動。

作為第1、第2驅動用電極84、85之構成，並無特別限定，可利用金(Au)、金合金、鉑(Pt)、鋁(Al)、鋁合金、銀(Ag)、銀合金、鉻(Cr)、鉻合金、鎳(Ni)、鎳合金、銅(Cu)、鉬(Mo)、鈮(Nb)、鎢(W)、鐵(Fe)、鈦(Ti)、鈷(Co)、鋅(Zn)、鋯(Zr)等金屬材料、氧化銦錫(ITO)等導電材料而形成。

作為第1、第2驅動用電極84、85之具體之構成，例如可設為於700Å以下之Cr層上形成有700Å以下之Au層之構成。尤其，由於Cr或Au之熱彈性損耗較大，因此，Cr層、Au層較佳為設為100Å以下。又，由於Ni接近於水晶之熱膨脹係數，因此，可代替Cr層而將Ni層設為基底，藉此，可減少電極所引起之熱應力，可獲得長期可靠性(老化特性)良好之振動元件。

如上所述，振動元件2中，藉由於振動臂5、6形成槽52、53、62、63，而實現熱彈性損耗之減少。以下，以振動臂5為例對此具體地進行說明。

振動臂5係如上所述般藉由對第1、第2驅動用電極84、85間施加交替電壓而於面內方向彎曲振動。如圖4所示，於該彎曲振動時，若臂部51之側面513收縮，則側面514擴展，相反，若側面513擴展，則側面514收縮。於振動臂5不產生Gough-Joule(高夫-焦耳)效果(能量彈性相對於熵彈性為支配性)之情形時，側面513、514中收縮之面側之溫度上升，擴展之面側之溫度下降，因此，於側面513與側面514之間即臂部51之內部產生溫度差。因自此種溫度差所產生之熱傳導而產生

振動能量之損耗，由此振動元件2之Q值降低。亦將此種Q值之降低稱作熱彈性效果，亦將熱彈性效果所導致之能量之損耗稱作熱彈性損耗。

於如振動元件2般之構成之以彎曲振動模式進行振動之振動元件中，於振動臂5之彎曲振動頻率(機械性彎曲振動頻率) f 變化時，振動臂5之彎曲振動頻率與熱緩和頻率 f_m 為一致時Q值變得最小。該熱緩和頻率 f_m 可由 $f_m = 1/(2\pi\tau)$ 求出(其中，式中 π 為圓周率，若將 e 設為納丕爾常數，則 τ 為溫度差藉由熱傳導成為 e^{-1} 倍所需之緩和時間)。

又，若將平板構造(剖面形狀為矩形之構造)之熱緩和頻率設為 f_{m0} ，則 f_{m0} 可由下式求出。

$$f_{m0} = \pi k / (2\rho C_p a^2) \quad \dots (1)$$

再者， π 為圓周率， k 為振動臂5之振動方向之熱導率， ρ 為振動臂5之質量密度， C_p 為振動臂5之熱容量， a 為振動臂5之振動方向之寬度。於對式(1)之熱導率 k 、質量密度 ρ 、熱容量 C_p 輸入振動臂5之材料本身(即水晶)之常數之情形時，所求之熱緩和頻率 f_{m0} 成為於振動臂5未設置槽52、53之情形時之值。

於振動臂5中，以位於側面513、514之間之方式形成有槽52、53。因此，用以藉由熱傳導使振動臂5之彎曲振動時所產之側面513、514之溫度差溫度平衡之熱移動路徑以於槽52、53中迂迴之方式形成，熱移動路徑較側面513、514間之直線距離(最短距離)更長。因此，與於振動臂5未設置槽52、53之情形相比，緩和時間 τ 變長，熱緩和頻率 f_m 變低。

圖5係表示彎曲振動模式之振動元件之Q值之 f/f_m 依賴性之圖表。於該圖中，虛線所表示之曲線F1表示如振動元件2般於振動臂形成有槽之情形(振動臂之橫截面形狀為H型之情形)，實線所表示之曲線F2表示於振動臂未形成槽之情形(連結臂之橫截面形狀為矩形之情形)。

如該圖所示，雖然曲線F1、F2之形狀未變化，但隨著如上所述之熱緩和頻率 f_m 之降低，曲線F1相對於曲線F2朝頻率降低方向位移。因此，若將如振動元件2般於振動臂形成有槽之情形時之熱緩和頻率設為 f_{m1} ，則藉由滿足下述式(2)，通常於振動臂形成有槽之振動元件之Q值相對於於振動臂未形成槽之振動元件之Q值變高。

$$f > \sqrt{f_{m0} f_{m1}} \quad \dots(2)$$

進而，若限定於 $f/f_{m0} > 1$ 之關係，則可獲得更高之Q值。

再者，於圖5中，亦將 $f/f_m < 1$ 之區域稱作等溫區域，於該等溫區域中，隨著 f/f_m 變小而Q值變高。其原因在於：隨著振動臂之機械頻率變低(振動臂之振動變慢)，如上所述之振動臂內之溫度差變得難以產生。因此，於使 f/f_m 無限接近0(零)時之極限，成為等溫準靜態操作，熱彈性損耗無限地接近0(零)。另一方面，亦將 $f/f_m > 1$ 之區域稱作隔熱區域，於該隔熱區域中，隨著 f/f_m 變大而Q值變高。其原因在於：隨著振動臂之機械頻率變高，各側面之溫度上升、溫度效果之轉變變得高速，產生如上所述之熱傳導之時間消失。因此，於使 f/f_m 無限增大時之極限，成為隔熱操作，熱彈性損耗無限地接近0(零)。由此，所謂滿足 $f/f_m > 1$ 之關係，亦可換言為 f/f_m 處於隔熱區域。

繼而，對振動臂5、6之全長與錘頭59、69之長度及寬度之關係進行說明。由於振動臂5、6為相互相同之構成，因此，以下，作為代表對振動臂5進行說明，對振動臂6省略其說明。

如圖1所示，將振動臂5之全長(Y軸方向之長度)設為L，將錘頭59之長度(Y軸方向之長度)設為H時，振動臂5滿足 $1.2\% < H/L < 30.0\%$ 之關係。只要滿足該關係，則並無特別限定，但進而，較佳為滿足 $4.6\% < H/L < 22.3\%$ 之關係。藉由滿足此種關係，可將振動元件2之CI值抑

制為較低，因此，成為振動損耗較少且具有優異之振動特性之振動元件2。此處，本實施形態中，將振動臂5之基端設定為連結側面514與基部4連接之處與側面513與基部4連接之處之線段之位於振動臂5之寬度(X軸方向之長度)中心之處。

又，振動臂5於將臂部51之寬度(X軸方向之長度)設為 $W1$ 且將錘頭59之寬度(X軸方向之長度)設為 $W2$ 時，滿足 $1.5 \leq W2/W1 \leq 10.0$ 之關係。只要滿足該關係，則並無特別限定，但進而，較佳為滿足 $1.6 \leq W2/W1 \leq 7.0$ 之關係。藉由滿足此種關係，可確保錘頭59之寬度較寬。因此，即便錘頭59之長度 H 如上所述般相對較短(即便未達 L 之30%)，亦可充分地發揮錘頭59之質量效果。因此，藉由滿足 $1.5 \leq W2/W1 \leq 10.0$ 之關係，可抑制振動臂5之全長 L ，可實現振動元件2之小型化。

如此，藉由振動臂5滿足 $1.2\% < H/L < 30.0\%$ 之關係及 $1.5 \leq W2/W1 \leq 10.0$ 之關係，而可藉由該等2個關係之相乘效果，獲得小型化且CI值充分地受到抑制之振動元件2。

再者，藉由設為 $L \leq 2 \text{ } \mu\text{m}$ 、較佳為 $L \leq 1 \text{ } \mu\text{m}$ ，可獲得用於搭載於可攜式音樂機器或IC卡等者之振盪器之小型之振動元件。又，藉由設為 $W1 \leq 100 \text{ } \mu\text{m}$ 、較佳為 $W1 \leq 50 \text{ } \mu\text{m}$ ，而即便於上述 L 之範圍內，亦可獲得使用於實現低消耗電力之振盪電路之以低頻進行共振之振動元件。又，若為隔熱區域，則於振動臂以水晶Z板於Y方向上延伸且於X方向彎曲振動之情形時，較佳為 $W1 \geq 12.8 \text{ } \mu\text{m}$ ，於振動臂以水晶Z板於X方向延伸且於Y方向彎曲振動之情形時，較佳為 $W1 \geq 14.4 \text{ } \mu\text{m}$ ，於振動臂以水晶X板於Y方向上延伸且於Z方向彎曲振動之情形時，較佳為 $W1 \geq 15.9 \text{ } \mu\text{m}$ 。藉此，可確實地設為隔熱區域，因此熱彈性損耗藉由槽之形成而減少，因而Q值提高，並且藉由於形成有槽之區域進行驅動(電場效率較高，可取得驅動面積)因而CI值降低。

繼而，基於模擬結果證明，藉由滿足 $1.2\% < H/L < 30.0\%$ 之關係及 $1.5 \leq W2/W1 \leq 10.0$ 之關係，可發揮上述效果。再者，本模擬係使用1根振動臂5進行。又，本模擬中所使用之振動臂5以水晶Z板(旋轉角 0°)構成。又，振動臂5之尺寸如圖6所示，全長L為 $1210\ \mu\text{m}$ ，厚度D為 $100\ \mu\text{m}$ ，臂部51之寬度W1為 $98\ \mu\text{m}$ ，錘頭59之寬度W2為 $172\ \mu\text{m}$ ，槽52、53之深度D1、D2均為 $45\ \mu\text{m}$ ，堤部511a、512a之寬度W3分別為 $6.5\ \mu\text{m}$ 。於此種振動臂5中，使錘頭59之長度H變化而進行模擬。再者，由發明者等人確認，即便變更振動臂5之尺寸(L、W1、W2、D、D1、D2、W3)，亦成為與下述所示之模擬結果相同之傾向。

下述表1係表示使錘頭59之長度H變化時之CI值之變化之表。再者，本模擬中，以如下方式算出各樣品之IC值。首先，藉由有限元素法，求出僅考慮熱彈性損耗之Q值。繼而，由於Q值具有頻率依賴性，因此將所求出之Q值換算為 $32.768\ \text{kHz}$ 時之Q值(F轉換後Q值)。繼而，基於F轉換後Q值，算出R1(CI值)。繼而，由於CI值亦具有頻率依賴性，因此，將所求出之R1換算為 $32.768\ \text{kHz}$ 時之R1，取其倒數設為「低R1指數」。低R1指數係將所有模擬實驗中最大之倒數設為1時之指數。因此，低R1指數越接近1，意味著CI值越小。圖8(a)中表示於橫軸標繪錘頭佔有率(H/L)且於縱軸標繪低R1化指數之圖表，(b)中表示放大該圖(a)之一部分之圖表。

再者，將Q值轉換為F轉換後Q值之方法如下所述。

使用下述式(3)、(4)進行如下計算。

$$f_0 = \pi k / (2\rho C p a^2) \cdots (3)$$

$$Q = \{ \rho C p / (C \alpha^2 H) \} \times [\{ 1 + (f/f_0)^2 \} / (f/f_0)] \cdots (4)$$

其中，式(3)、(4)中之 π 為圓周率，k為振動臂5之寬度方向之熱導率， ρ 為質量密度，Cp為熱容量，C為振動臂5之長度方向之伸縮之彈性剛度常數， α 為振動臂5之長度方向之熱膨脹率，H為絕對溫度，f為

固有頻率。又， a 係將振動臂5看作如圖7所示之平板形狀時之寬度(有效寬度)。再者，圖7中，雖然於振動臂5未形成槽52、53，但使用此時之 a 之值亦可進行向F轉換後Q值之換算。

首先，將模擬所使用之振動臂5之固有頻率設為 $F1$ ，將所求出之Q值設為 $Q1$ ，使用式(3)、(4)，求出如成為 $f=F1$ 、 $Q=Q1$ 之 a 之值。繼而，使用所求出之 a ，又，設為 $f=32.768\text{ kHz}$ ，根據式(2)算出Q之值。以此方式所獲得之Q值成為F轉換後Q值。

[表1]

	H/L	固有頻率 f1[Hz]	Q1	F轉換後 Q值	R1[Ω]	1/R1	低R1指數
SIM001	0.6%	7.38E+04	159.398	76.483	3.50E+03	1.270E-04	0.861
SIM002	3.3%	5.79E+04	135.317	76.606	4.15E+03	1.363E-04	0.923
SIM003	6.0%	4.99E+04	120.906	79.442	4.58E+03	1.435E-04	0.972
SIM004	8.6%	4.48E+04	111.046	81.157	4.98E+03	1.467E-04	0.994
SIM005	11.2%	4.13E+04	103.743	82.223	5.37E+03	1.476E-04	1.000
SIM006	13.9%	3.88E+04	98.038	82.843	5.74E+03	1.471E-04	0.997
SIM007	16.5%	3.68E+04	93.507	83.225	6.10E+03	1.458E-04	0.988
SIM008	19.8%	3.49E+04	88.856	83.328	6.56E+03	1.430E-04	0.969
SIM009	23.1%	3.35E+04	85.017	83.115	7.02E+03	1.393E-04	0.944
SIM010	26.4%	3.24E+04	81.772	82.657	7.50E+03	1.348E-04	0.914
SIM011	29.8%	3.16E+04	78.811	81.824	8.01E+03	1.296E-04	0.878
SIM012	33.1%	3.09E+04	76.247	80.864	8.56E+03	1.239E-04	0.839
SIM013	36.4%	3.04E+04	73.813	79.591	9.17E+03	1.176E-04	0.796
SIM014	39.7%	3.00E+04	71.409	77.963	9.87E+03	1.106E-04	0.749
SIM015	43.0%	2.98E+04	69.077	76.078	1.07E+04	1.032E-04	0.699
SIM016	46.3%	2.96E+04	66.818	73.978	1.16E+04	9.557E-05	0.648
SIM017	49.6%	2.95E+04	64.449	71.494	1.27E+04	8.750E-05	0.593
SIM018	52.9%	2.96E+04	62.042	68.733	1.40E+04	7.928E-05	0.537
SIM019	56.2%	2.97E+04	59.670	65.800	1.55E+04	7.104E-05	0.481
SIM020	59.5%	3.00E+04	57.018	62.370	1.75E+04	6.257E-05	0.424
SIM021	62.8%	3.03E+04	54.502	58.918	1.98E+04	5.447E-05	0.369
SIM022	66.1%	3.08E+04	51.676	54.983	2.29E+04	4.640E-05	0.314
SIM023	69.4%	3.14E+04	48.788	50.857	2.69E+04	3.871E-05	0.262
SIM024	72.7%	3.23E+04	45.699	46.416	3.23E+04	3.140E-05	0.213
SIM025	76.0%	3.33E+04	42.398	41.887	4.00E+04	2.461E-05	0.167
SIM026	79.3%	3.47E+04	39.084	36.902	5.08E+04	1.857E-05	0.126
SIM027	82.6%	3.65E+04	35.523	31.872	6.77E+04	1.325E-05	0.090
SIM028	85.5%	3.86E+04	32.226	27.387	9.12E+04	9.314E-06	0.063
SIM029	88.3%	4.13E+04	28.763	22.842	1.31E+05	6.056E-06	0.041
SIM030	91.1%	4.50E+04	24.918	18.132	2.11E+05	3.448E-06	0.023
SIM031	93.9%	5.07E+04	21.042	13.614	4.04E+05	1.602E-06	0.011

發明者等人要求低R1化指數成為0.87以上之振動元件2。由表1及圖8之圖表可知，於滿足 $1.2\% < H/L < 30.0\%$ 之關係者(SIM002～SIM011)中，低R1化指數成為目標之0.87以上。可知，尤其，於滿足 $4.6\% < H/L < 22.3\%$ 之關係者(SIM003～SIM008)中，低R1化指數超過

0.95，CI值變得更低。由以上模擬結果證明：藉由滿足 $1.2\% < H/L < 30.0\%$ 之關係，可獲得CI值充分地受到抑制之振動元件2。

< 第2實施形態 >

繼而，對本發明之振動元件之第2實施形態進行說明。

圖9係本發明之第2實施形態之振動元件之俯視圖。

以下，以與上述第1實施形態不同之方面為中心對第2實施形態之振動元件進行說明，對於同樣之事項省略其說明。

本發明之第2實施形態之振動元件除錘頭之構成不同以外，與上述第1實施形態相同。再者，對於與上述第1實施形態相同之構成，標附相同符號。

如圖9所示，錘頭59A包括與臂部51之前端連接之本體591、及自本體591朝振動臂5之基端側突出之突出部592、593。即，成為自上述第1實施形態之錘頭59省略薄壁部594、595後之構成。藉由使錘頭59A為此種構成，可一面抑制振動臂5之全長L，一面提高錘頭59之質量。換言之，於振動臂5之全長L為固定之情形時，可在無損錘頭59之質量效果之情況下儘可能地確保臂部51較長，因此，為了獲得所需之共振頻率(例如32.768 kHz)，可擴寬振動臂5之寬度(X軸方向之長度)。結果，上述熱移動路徑變長而熱彈性損耗減少，Q值提高。此處，如圖9所示，錘頭59A之長度H係指自錘頭59A與臂部51之連接部至自由端為止，突出部592、593部分之長度不包含於長度H。又，臂部51之自由端部形成為寬度朝自由端側遞增之錐狀，但於臂部51具有該錐形部分之寬度(X軸方向之長度)成為臂部51之寬度(X軸方向之長度)之1.5倍以上之部分之情形時，該部分亦包含於長度H。

由於錘頭69A為與上述錘頭59A相同之構成，因此省略其說明。

藉由此種第2實施形態，亦可實現與上述第1實施形態相同之效果。

<第3實施形態>

繼而，對本發明之振動元件之第3實施形態進行說明。

圖10係本發明之第3實施形態之振動元件之俯視圖。

以下，以與上述第1實施形態不同之方面爲中心對第3實施形態之振動元件進行說明，對於相同之事項省略其說明。

本發明之第3實施形態之振動元件除錘頭之構成不同以外，與上述第1實施形態相同。再者，對於與上述第1實施形態相同之構成，標附相同符號。

如圖10所示，錘頭59B中，薄壁部594B、595B分別較突出部592、593更短，僅突出部592、593之固定端側之部分經由薄壁部594B、595B而與臂部51連結。藉由使錘頭59B爲此種構成，可一面抑制振動臂5之全長L，一面提高錘頭59之質量。換言之，於振動臂5之全長L爲固定之情形時，可在無損錘頭59之質量效果之情況下儘可能地確保臂部51較長，因此，爲了獲得所需之共振頻率(例如32.768 kHz)，可擴寬振動臂5之寬度(X軸方向之長度)。結果，上述熱移動路徑變長而熱彈性損耗減少，Q值提高。此處，如圖10所示，錘頭59B之長度H係指自薄壁部594B、595B與臂部51之連接部至自由端爲止，突出部592、593之自由端部之長度不包含於長度H。又，臂部51之自由端部形成爲寬度朝自由端側遞增之錐狀，但於臂部51具有該錐形部分之寬度(X軸方向之長度)成爲臂部51之寬度(X軸方向之長度)之1.5倍以上之部分之情形時，該部分亦包含於長度H。

由於錘頭69B爲與上述錘頭59B相同之構成，因此省略其說明。

藉由此種第3實施形態，亦可實現與上述第1實施形態相同之效果。

<第4實施形態>

繼而，對本發明之振動元件之第4實施形態進行說明。

圖11係本發明之第4實施形態之振動元件之俯視圖。

以下，以與上述第1實施形態不同之方面爲中心對第4實施形態之振動元件進行說明，對於相同之事項省略其說明。

本發明之第4實施形態之振動元件除錘頭之構成不同以外，與上述第1實施形態相同。再者，對於與上述第1實施形態相同之構成，標附相同符號。

如圖11所示，錘頭59C形成爲大致矩形，成爲自上述第1實施形態之錘頭省略突出部592、593及薄壁部594、595後之構成。藉由設爲此種構成，錘頭59C之構成變得簡單。又，槽52、53之前端位於臂部51與錘頭59C之交界部。臂部51之自由端部形成爲寬度朝自由端側遞增之錐狀，於臂部51具有該錐形部分之寬度(X軸方向之長度)成爲臂部51之寬度(X軸方向之長度)之1.5倍以上之部分之情形時，該部分亦包含於錘頭59C之長度H。

由於錘頭69C爲與上述錘頭59C相同之構成，因此省略其說明。

藉由此種第4實施形態，亦可實現與上述第1實施形態相同之效果。

< 第5實施形態 >

繼而，對本發明之振動元件之第5實施形態進行說明。

圖12係本發明之第5實施形態之振動元件之俯視圖。

以下，以與上述第1實施形態不同之方面爲中心對第5實施形態之振動元件進行說明，對於相同之事項省略其說明。

本發明之第5實施形態之振動元件除錘頭之構成不同以外，與上述第1實施形態相同。再者，對於與上述第1實施形態相同之構成，標附相同符號。

如圖12所示，錘頭59D形成爲大致矩形，成爲自上述第1實施形態之錘頭省略突出部592、593及薄壁部594、595後之構成。藉由設爲

此種構成，錘頭59D之構成變得簡單。臂部51之自由端部形成為寬度朝自由端側遞增之錐狀，於臂部51具有該錐形部分之寬度(X軸方向之長度)成為臂部51之寬度(X軸方向之長度)之1.5倍以上之部分之情形時，該部分亦包含於錘頭59D之長度H。

由於錘頭69D為與上述錘頭59D相同之構成，因此省略其說明。

藉由此種第5實施形態，亦可實現與上述第1實施形態相同之效果。

<第6實施形態>

繼而，對本發明之振動元件之第6實施形態進行說明。

圖13係本發明之第6實施形態之振動元件之俯視圖。

以下，以與上述第1實施形態不同之方面為中心對第6實施形態之振動元件進行說明，對於相同之事項省略其說明。

本發明之第6實施形態之振動元件除進而具有支持部以外，與上述第1實施形態相同。再者，對於與上述第1實施形態相同之構成，標附相同符號。

如圖13所示，振動元件2E具有位於振動臂5、6之間且自基部4朝Y軸方向外延之支持部7。雖然未圖示，但振動元件2E於支持部7經由接著劑而固定於封裝體。藉由設為此種構成，可更加有效地減少振動元件2E之振動洩漏。

藉由此種第6實施形態，亦可實現與上述第1實施形態相同之效果。

<第7實施形態>

繼而，對本發明之振動元件之第7實施形態進行說明。

圖14係本發明之第7實施形態之振動元件之俯視圖。

以下，以與上述第1實施形態不同之方面為中心對第7實施形態之振動元件進行說明，對於相同之事項省略其說明。

本發明之第7實施形態之振動元件除進而具有支持部以外，與上述第1實施形態相同。再者，對於與上述第1實施形態相同之構成，標附相同符號。

如圖14所示，振動元件2F具有自基部4外延之支持部7。支持部7自基部4之下端(與振動臂5、6外延之側相反側)外延，包括於X軸方向分支之分支部71、自分支部朝X軸方向兩側外延之連結臂72、73、及自連結臂72、73之前端部朝Y軸方向之振動臂5、6側外延之支持臂74、75。又，支持臂74、75介隔振動臂5、6於X軸方向對向而配置。雖然未圖示，但振動元件2F於支持臂74、75經由接著劑等固定於封裝體。藉由設為此種構成，可更加有效地減少振動元件2E之振動洩漏。

藉由此種第7實施形態，亦可實現與上述第1實施形態相同之效果。

2.振動器

繼而，對本發明之振動器進行說明。

圖15係表示本發明之振動器之較佳之實施形態之俯視圖，圖16係圖15中之C-C線剖面圖。

如圖15所示，振動器1包括振動元件2(本發明之振動元件)、及收納振動元件2之封裝體9。再者，振動元件2與上述第1實施形態中所說明之振動元件相同。

封裝體9包括：箱狀之基底91，其具有朝上表面打開之凹部911；及板狀之蓋體92，其以堵塞凹部911之開口之方式與基底91接合。此種封裝體9具有藉由凹部911由蓋體92堵塞而形成之收納空間，於該收納空間氣密性地收納有振動元件2。振動元件2於基部4經由例如於環氧系、丙烯酸系樹脂中混合有導電性填料而成之導電性接著劑11固定於凹部911之底面。收納空間內既可成為減壓(較佳為真空)狀態，亦可封入氮氣、氬氣、氬氣等惰性氣體。藉此，振動元件2之振動特性

提高。

作為基底91之構成材料，並無特別限定，可使用氧化鋁等各種陶瓷。又，作為蓋體92之構成材料，並無特別限定，若為線膨脹係數與基底91之構成材料近似之構件，則較佳。例如，於將基底91之構成材料設為如上所述之陶瓷之情形時，較佳為使用科伐合金等合金。再者，基底91與蓋體92之接合並無特別限定，例如可經由接著劑而接合，亦可藉由縫焊接等而接合。

又，於基底91之凹部911之底面，形成有連接端子951、961。雖然未圖示，但振動元件2之第1驅動用電極84於基部4經由導電性接著劑11而與連接端子951電性連接。同樣地，雖然未圖示，但振動元件2之第2驅動用電極85於基部4經由導電性接著劑11而與連接端子961電性連接。

又，連接端子951藉由貫通基底91之貫通電極952而與形成於基底91之底面之外部端子953電性連接，連接端子961經由貫通基底91之貫通電極962而與形成於基底91之底面之外部端子963電性連接。

作為連接端子951、961、貫通電極952、962及外部端子953、963之構成，只要分別具有導電性，則並無特別限定，例如，可利用於Cr(鉻)、W(鎢)等金屬化層(基底層)積層有Ni(鎳)、Au(金)、Ag(銀)、Cu(銅)等各被膜而成之金屬被膜而構成。

3.振盪器

繼而，對應用本發明之振動元件之振盪器(本發明之振盪器)進行說明。

圖17係表示本發明之振盪器之較佳之實施形態之剖面圖。

圖17所示之振盪器10具有振動器1、及用以驅動振動元件2之IC晶片8。以下，以與上述振動器不同之方面為中心對振盪器10進行說明，對於相同之事項，省略其說明。

如圖17所示，封裝體9包括具有凹部911之箱狀之基底91、及堵塞凹部911之開口之板狀之蓋體92。又，基底91之凹部911具有朝基底91之上表面打開之第1凹部911a、朝第1凹部911a之底面之中央部打開之第2凹部911b、及朝第2凹部911b之底面之中央部打開之第3凹部911c。

於第1凹部911a之底面，形成有連接端子95、96。又，於第3凹部911c之底面，配置有IC晶片8。IC晶片8具有用以控制振動元件2之驅動之振盪電路。若藉由IC晶片8驅動振動元件2，則可提取特定之頻率之信號。

又，於第2凹部911b之底面，形成有經由金屬線而與IC晶片8電性連接之複數個內部端子93。於該等複數個內部端子93，包括經由形成於基底91之未圖示之通孔而與形成於封裝體9之底面之外部端子94電性連接之端子、經由未圖示之通孔或金屬線而與連接端子95電性連接之端子、及經由未圖示之通孔或金屬線而與連接端子96電性連接之端子。

再者，於圖17之構成中，對將IC晶片8配置於收納空間內之構成進行了說明，但IC晶片8之配置並無特別限定，例如亦可配置於封裝體9之外側(基底之底面)。

4.電子機器

繼而，對應用本發明之振動元件之電子機器(本發明之電子機器)進行說明。

圖18係表示應用具備本發明之振動元件之電子機器之移動型(或筆記型)之個人電腦之構成之立體圖。於該圖中，個人電腦1100包括具備鍵盤1102之本體部1104、及具備顯示部2000之顯示單元1106，顯示單元1106經由鉸鏈構造部可旋動地支持於本體部1104。於此種個人電腦1100，內置有發揮作為過濾器、共振器、基準時脈等之功能之振

動元件2。

圖19係表示應用具備本發明之振動元件之電子機器之行動電話機(亦包括PHS)之構成之立體圖。於該圖中，行動電話機1200包括複數個操作按鈕1202、聽筒1204及話筒1206，於操作按鈕1202與聽筒1204之間，配置有顯示部2000。於此種行動電話機1200，內置有發揮作為過濾器、共振器等之功能之振動元件2。

圖20係表示應用具備本發明之振動元件之電子機器之數位靜態相機之構成之立體圖。再者，於該圖中，亦簡易地對與外部機器之連接進行了表示。此處，通常之相機係藉由被攝體之光學影像對銀鹽照相底片進行感光，相對於此，數位靜態相機1300係藉由CCD(Charge Coupled Device，電荷耦合器件)等攝像元件對被攝體之光學影像進行光電轉換而產生攝像信號(圖像信號)。

於數位靜態相機1300中之盒體(本體)1302之背面，設置有顯示部，成為基於藉由CCD之攝像信號進行顯示之構成，顯示部發揮作為將被攝體顯示為電子圖像之取景器之功能。又，於盒體1302之正面側(圖中反面側)，設置有包括光學透鏡(攝像光學系統)或CCD等之受光單元1304。

攝影者確認顯示於顯示部之被攝體像，按下快門按鈕1306後，其時間點之CCD之攝像信號被傳送、儲存至記憶體1308。又，於該數位靜態相機1300中，於盒體1302之側面，設置有視訊信號輸出端子1312、及資料通訊用之輸入輸出端子1314。而且，如圖所示，視需要分別於視訊信號輸出端子1312連接有電視監視器1430，於資料通訊用之輸入輸出端子1314連接有個人電腦1440。進而，成為如下構成，即，藉由特定之操作，存儲於記憶體1308之攝像信號被輸出至電視監視器1430或個人電腦1440。於此種數位靜態相機1300，內置有發揮作為過濾器、共振器等之功能之振動元件2。

再者，具備本發明之振動元件之電子機器除圖18之個人電腦(移動型個人電腦)、圖19之行動電話機、圖20之數位靜態相機以外，亦可應用於例如噴墨式噴出裝置(例如噴墨印表機)、膝上型個人電腦、電視、視訊攝影機、錄影機、汽車導航裝置、尋呼機、電子記事本(亦包括帶有通訊功能)、電子辭典、計算器、電子遊戲機、文字處理機、工作站、電視電話、防盜用電視監視器、電子雙筒望遠鏡、POS(point of sale，銷售點)終端、醫療機器(例如電子體溫計、血壓計、血糖計、心電圖測量裝置、超音波診斷裝置、電子內窺鏡)、魚群探測機、各種測量機器、計量器類(例如，車輛、航空器、船舶之計量器類)、飛行模擬器等。

5.移動體

繼而，對應用本發明之振動元件之移動體(本發明之移動體)進行說明。

圖21係概略性地表示作為本發明之移動體之一例之汽車之立體圖。於汽車1500，搭載有振動元件2。振動元件2可廣泛地應用於無鑰匙進入、引擎不發動系統、汽車導航系統、汽車空調、防鎖死剎車系統(ABS)、氣囊、輪胎壓力監視系統(TPMS：Tire Pressure Monitoring System)、發動機控制、油電混合汽車或電氣汽車之電池監視器、車體狀態控制系統等電子控制單元(ECU：electronic control unit)。

以上，基於圖示之實施形態對本發明之振動元件、振動器、振盪器、電子機器及移動體進行了說明，但本發明不限定於此，各部分之構成可置換為具有同樣之功能之任意之構成者。又，亦可對本發明附加其他任意構成物。又，亦可適當組合各實施形態。

【符號說明】

- | | |
|---------|------|
| 1 | 振動器 |
| 2、2E、2F | 振動元件 |

3	水晶基板
4	基部
5	振動臂
6	振動臂
7	支持部
8	IC晶片
9	封裝體
10	振盪器
11	導電性接著劑
41	本體部
42	縮幅部
51	臂部
52、53	槽
59、59A、59B、59C、59D	錘頭
61	臂部
62、63	槽
69、69A、69B、69C、69D	錘頭
71	分支部
72、73	連結臂
74、75	支持臂
84、85	驅動用電極
91	基底
92	蓋體
93	內部端子
94	外部端子
95、96	連接端子

511、512	主要面
511a、512a	堤部
513、514	側面
591	本體
592、593	突出部
594、594B、595、595B	薄壁部
596a、596b、597a、597b	槽
611、612	主要面
613、614	側面
691	本體
692、693	突出部
694、695	薄壁部
696a、696b、697a、697b	槽
911	凹部
911a	第1凹部
911b	第2凹部
911c	第3凹部
951、961	連接端子
952、962	貫通電極
953、963	外部端子
1100	個人電腦
1102	鍵盤
1104	本體部
1106	顯示單元
1200	行動電話機
1202	操作按鈕

1204	聽筒
1206	話筒
1300	數位靜態相機
1302	盒體
1304	受光單元
1306	快門按鈕
1308	記憶體
1312	視訊信號輸出端子
1314	輸入輸出端子
1430	電視監視器
1440	個人電腦
1500	汽車
2000	顯示部
D	厚度
D1、D2	深度
H	長度
L	全長
W1、W2、W3	寬度

申請專利範圍

1. 一種振動元件，其特徵在於包括：

基部；及

1對振動臂，其等於俯視下自上述基部朝第1方向外延，且沿與上述第1方向交叉之第2方向排列；

上述振動臂包括：

臂部；及

寬幅部，其於俯視下配置於上述臂部之與上述基部相反側，且沿上述第2方向之長度較上述臂部更長；

將上述振動臂之沿上述第1方向之長度設為L，

且將上述寬幅部之沿上述第1方向之長度設為H時，

滿足 $1.2\% < H/L < 30.0\%$ 之關係；

將上述臂部之沿上述第2方向之長度設為W1，

且將上述寬幅部之沿上述第2方向之長度設為W2時，

滿足

$1.5 \leq W2/W1 \leq 10.0$ ，且

$12.8 \mu\text{m} \leq W1 \leq 50 \mu\text{m}$

之關係。

2. 如請求項1之振動元件，其中上述L及上述H滿足 $4.6\% < H/L < 22.3\%$ 之關係。
3. 如請求項1或2之振動元件，其中上述W1及上述W2滿足 $1.6 \leq W2/W1 \leq 7.0$ 之關係。
4. 如請求項1或2之振動元件，其中於上述臂部之主要面設置有沿上述第1方向延伸之有底之槽部。
5. 如請求項1或2之振動元件，其中

上述寬幅部包括：

本體部，其連接於上述臂部之與上述基部相反側；及

突出部，其自上述本體部朝向上述臂部之上述基部側，於俯視下與上述臂部分離並外延。

6. 如請求項5之振動元件，其中上述寬幅部進而包括連結部，該連結部位於夾於上述突出部與上述臂部之間之區域，連結上述突出部與上述臂部，且沿與上述第1方向及上述第2方向正交之第3方向之長度較上述臂部及上述突出部更短。
7. 如請求項1或2之振動元件，其中上述基部包括縮幅部，該縮幅部於與上述振動臂外延之側相反側，隨著遠離上述振動臂其上述第2方向之長度遞減。
8. 如請求項1或2之振動元件，其包括支持部，該支持部配置於上述1對振動臂之間，且自上述基部外延。
9. 如請求項1或2之振動元件，其中上述振動元件包括1對支持臂，該1對支持臂連接於上述基部，且於俯視下將上述1對振動臂夾於其間。
10. 一種振動器，其特徵在於包括：
如請求項1或2之振動元件；及
收納有上述振動元件之封裝體。
11. 一種振盪器，其特徵在於包括：
如請求項1或2之振動元件；及
與上述振動元件電性連接之振盪電路。
12. 一種電子機器，其特徵在於包括如請求項1或2之振動元件。
13. 一種移動體，其特徵在於包括如請求項1或2之振動元件。

圖式

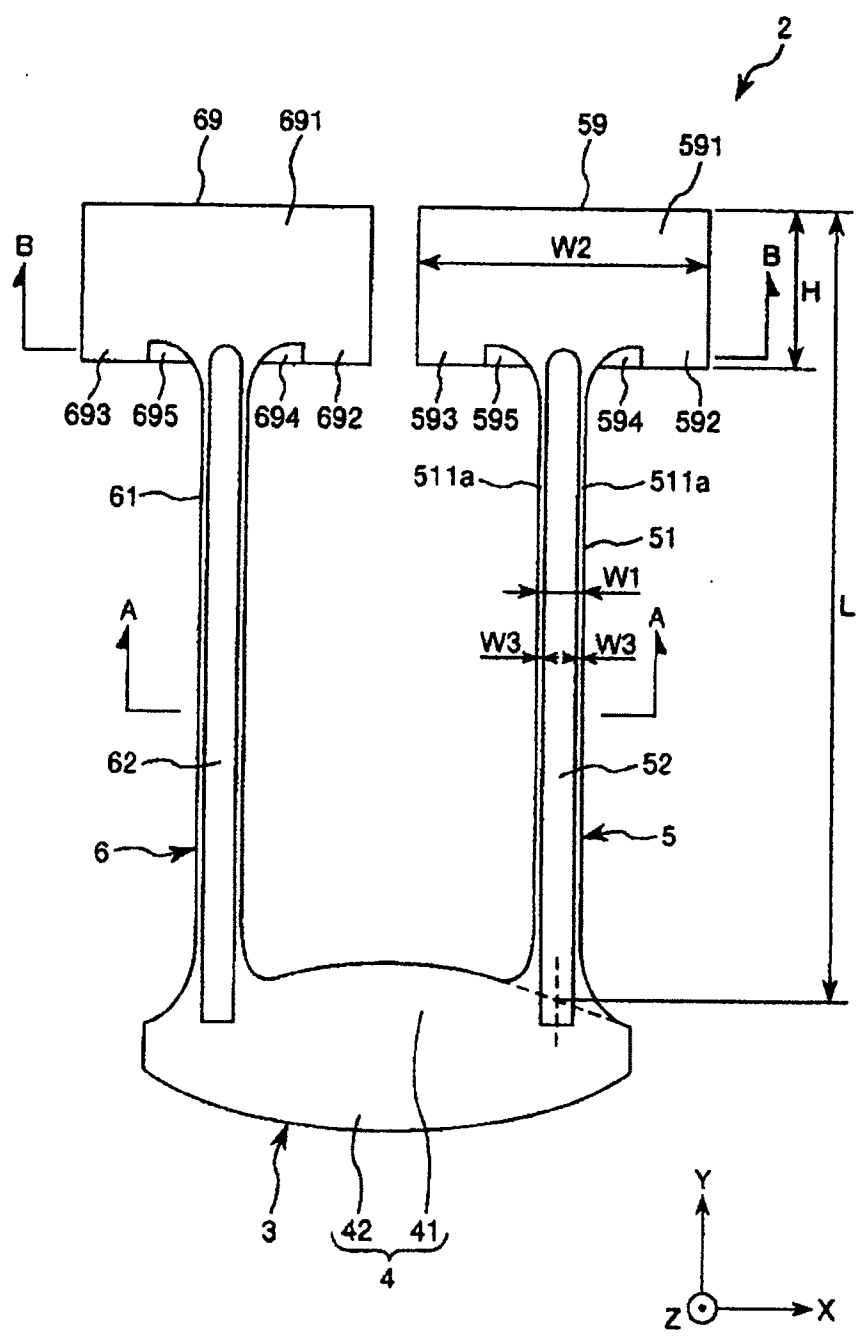


圖1

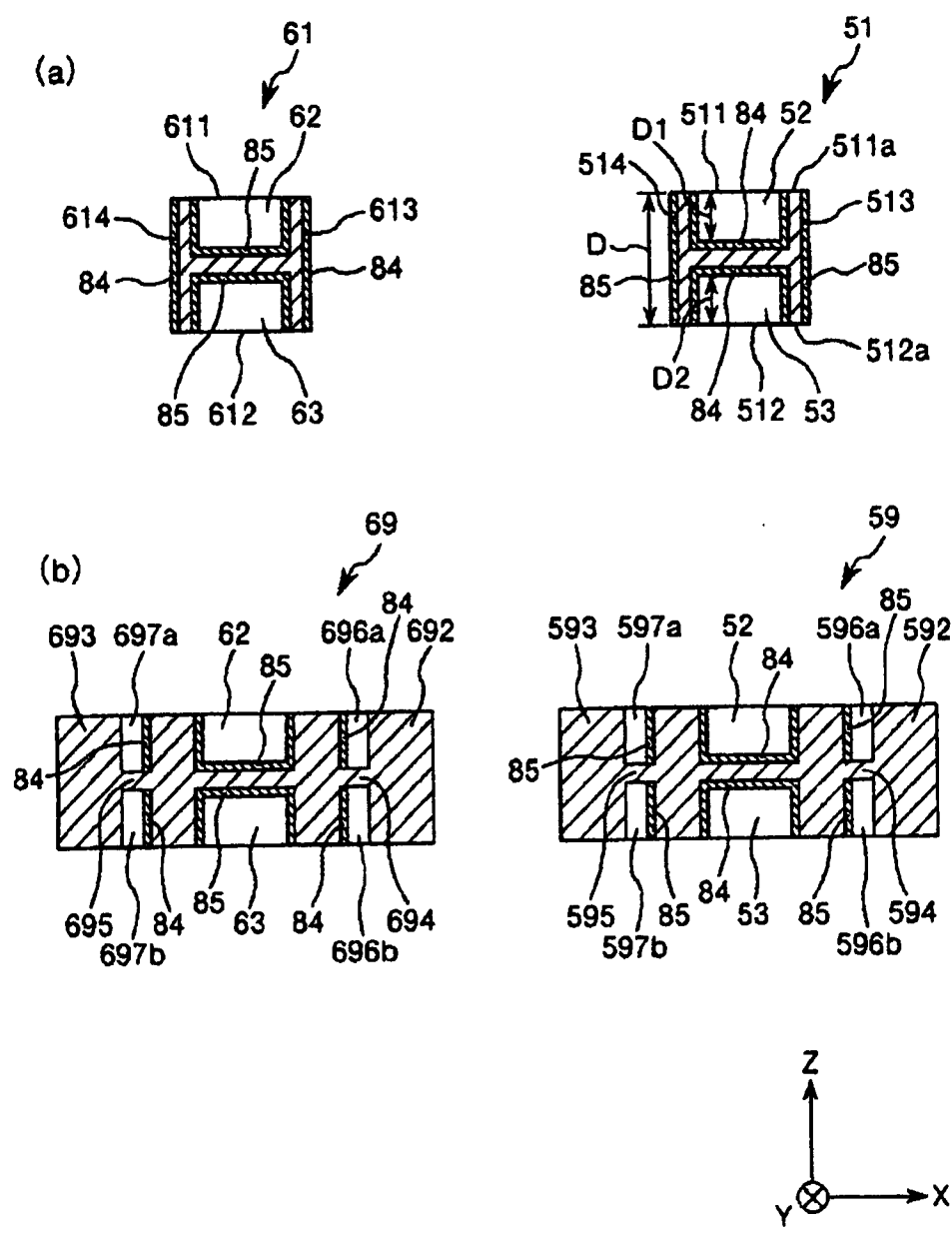


圖2

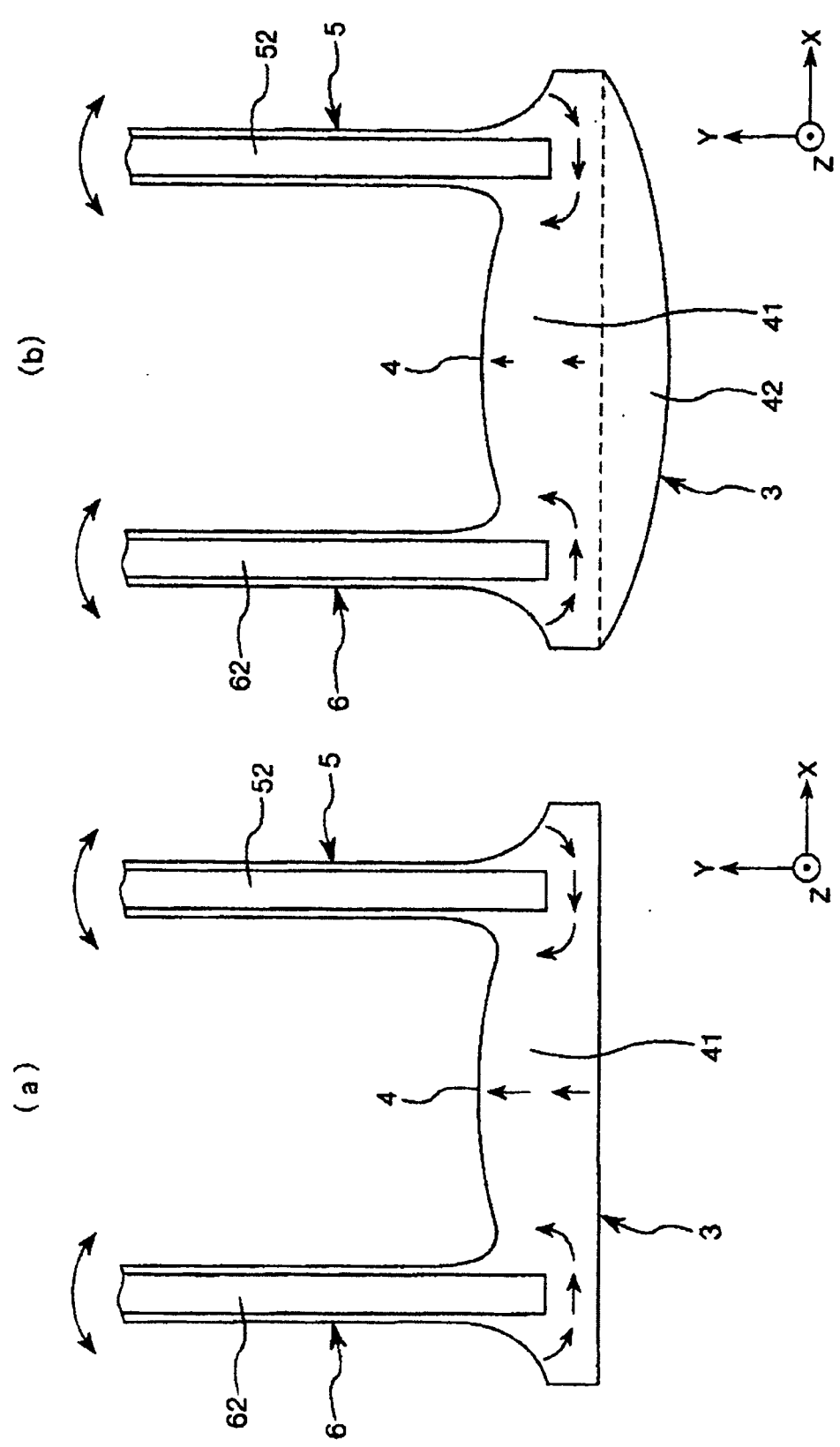


圖3

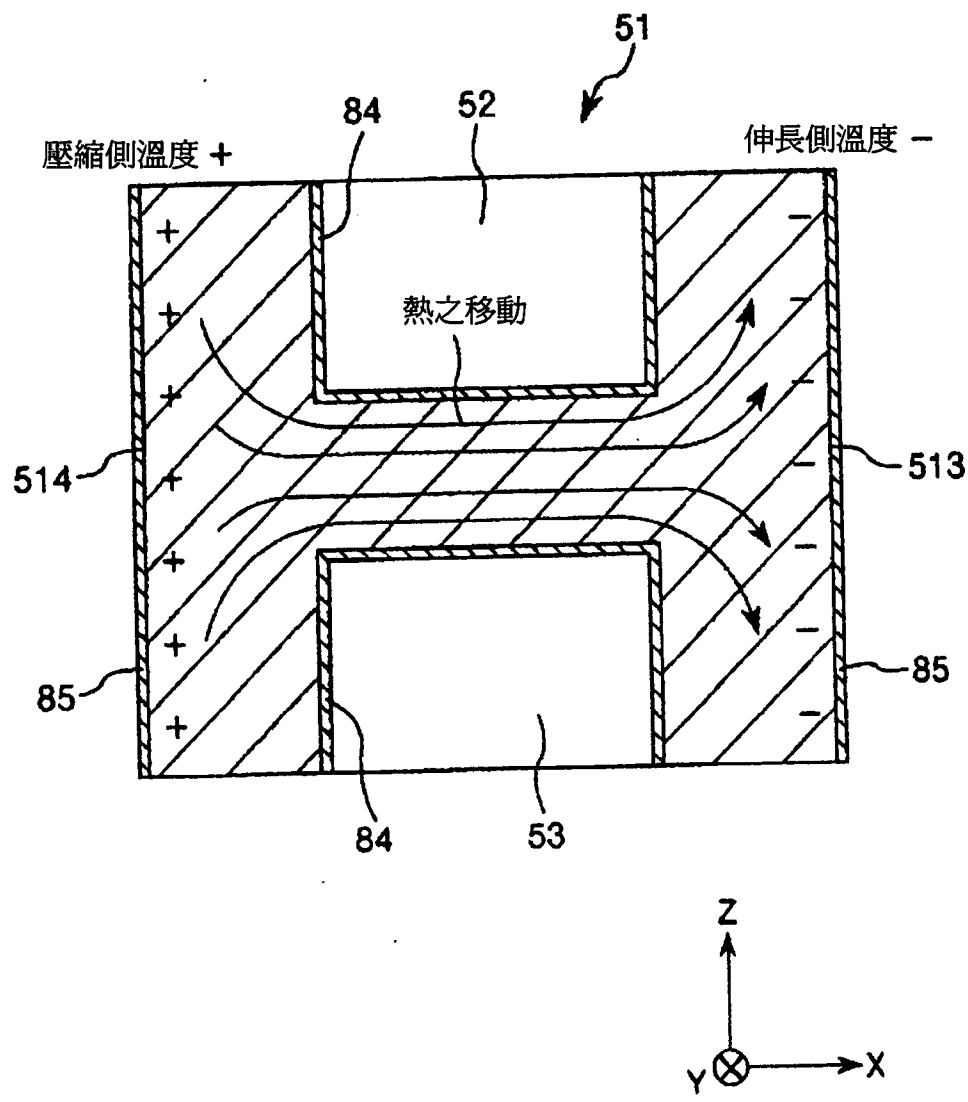


圖4

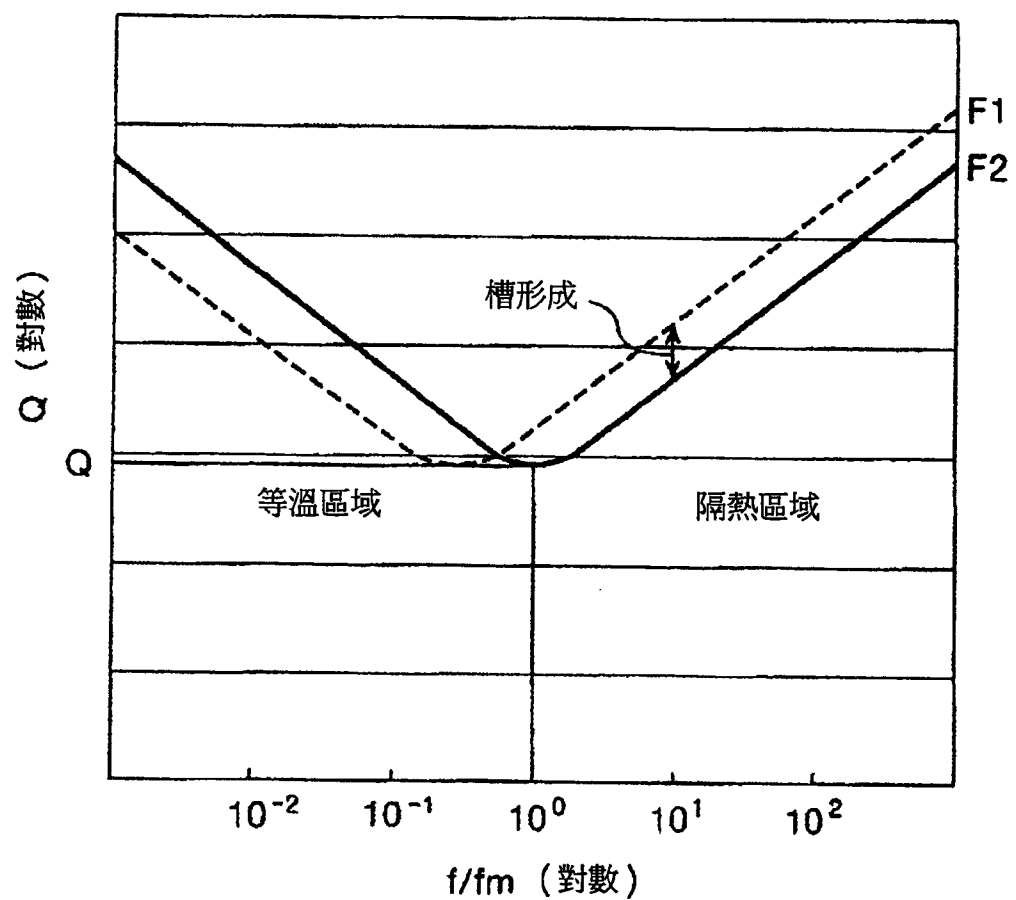


圖5

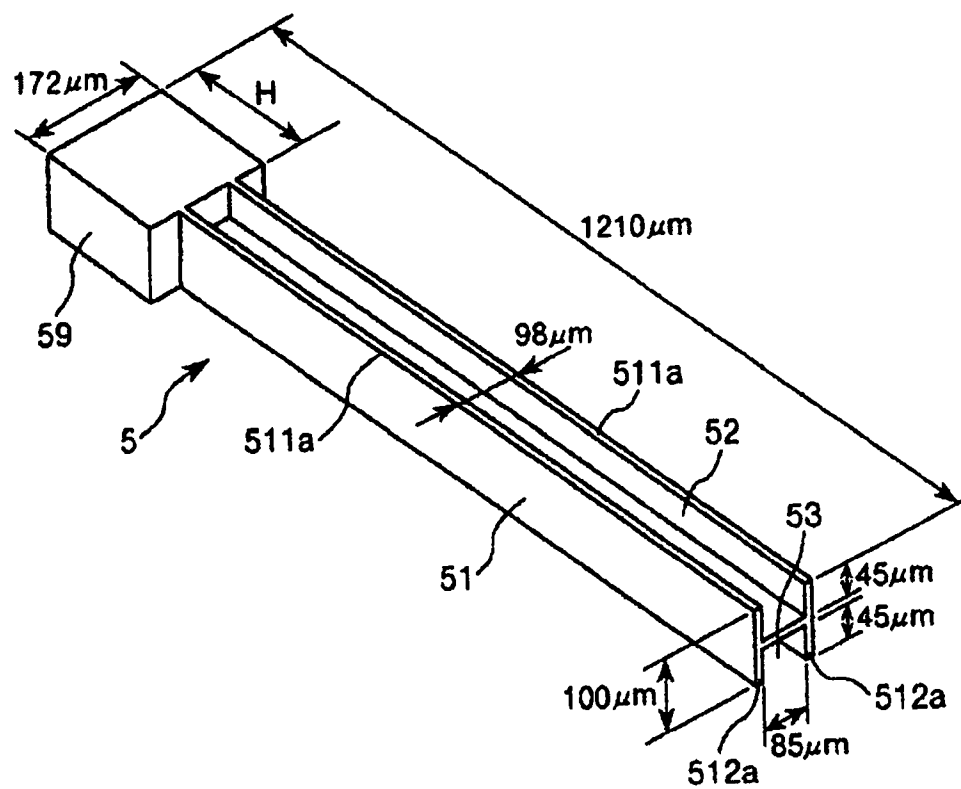


圖6

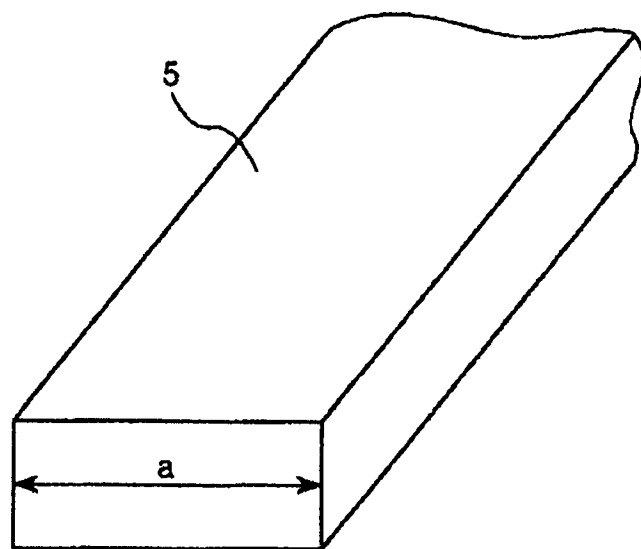


圖7

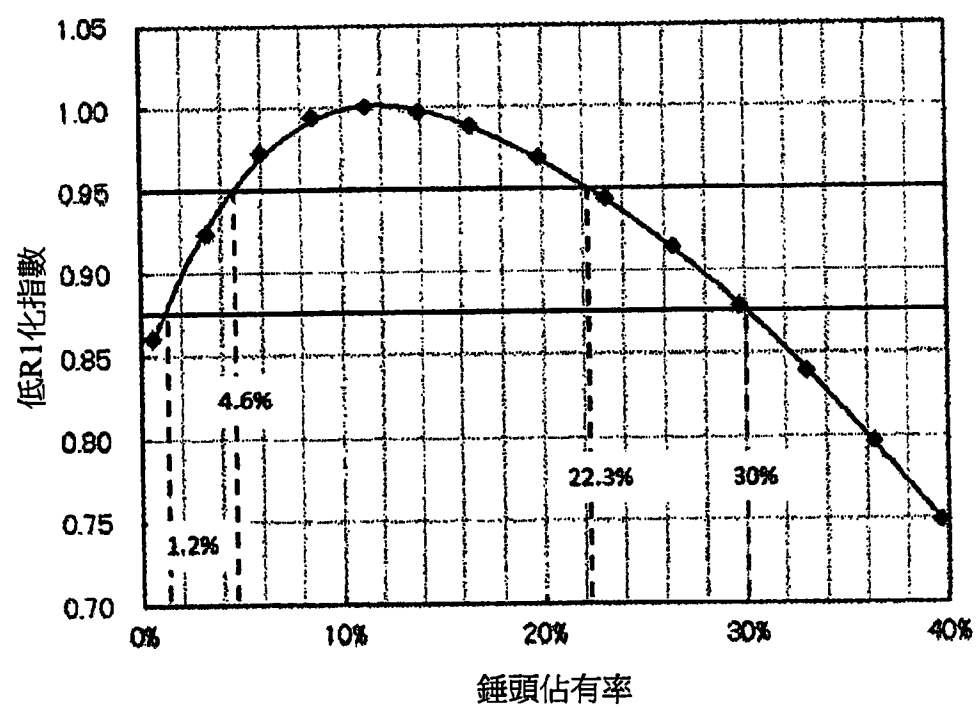
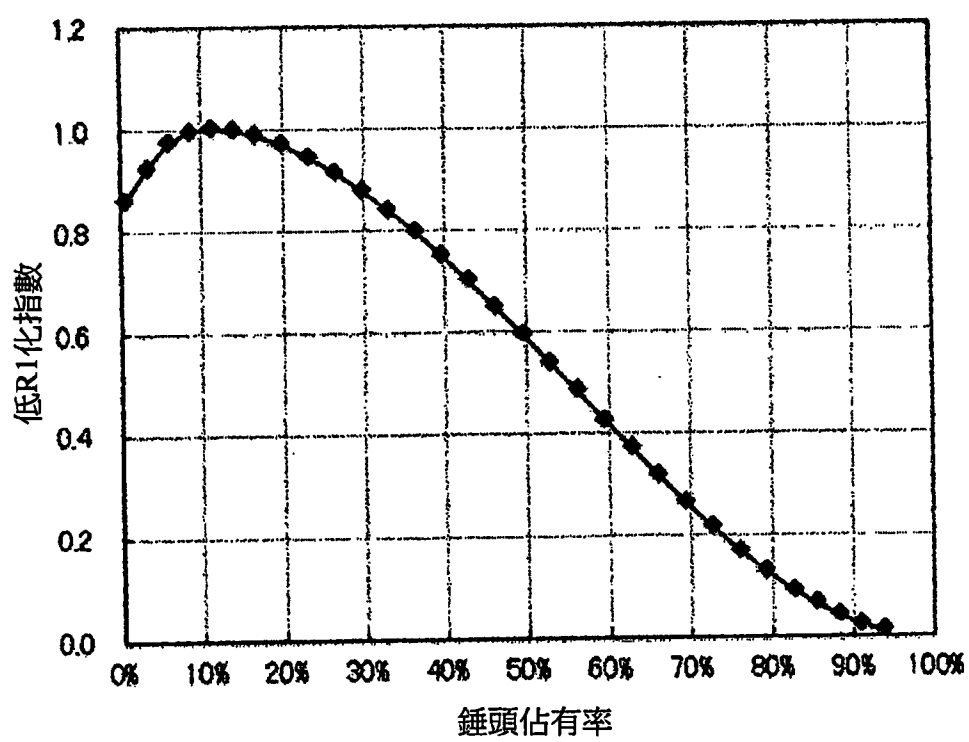


圖8

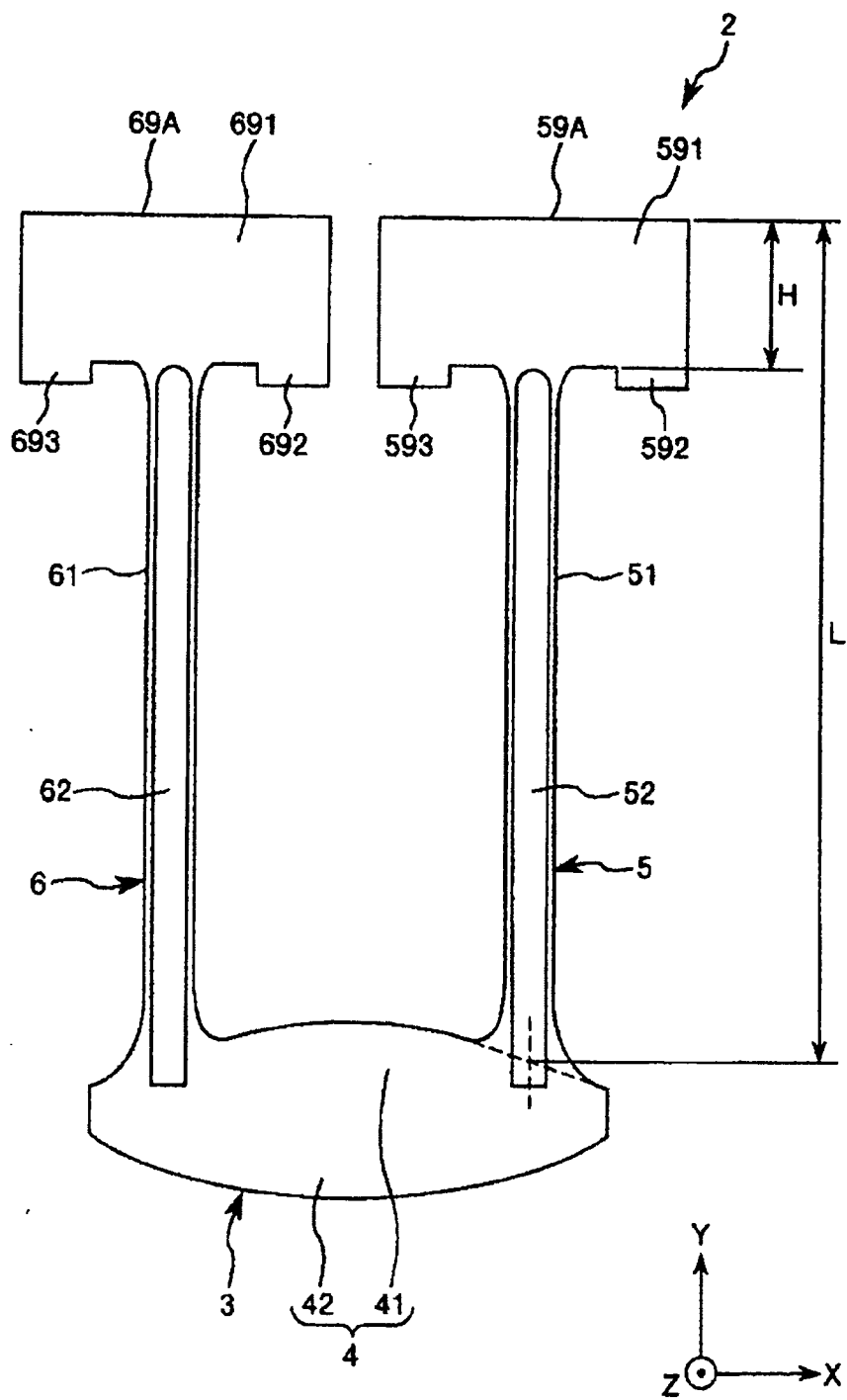


圖9

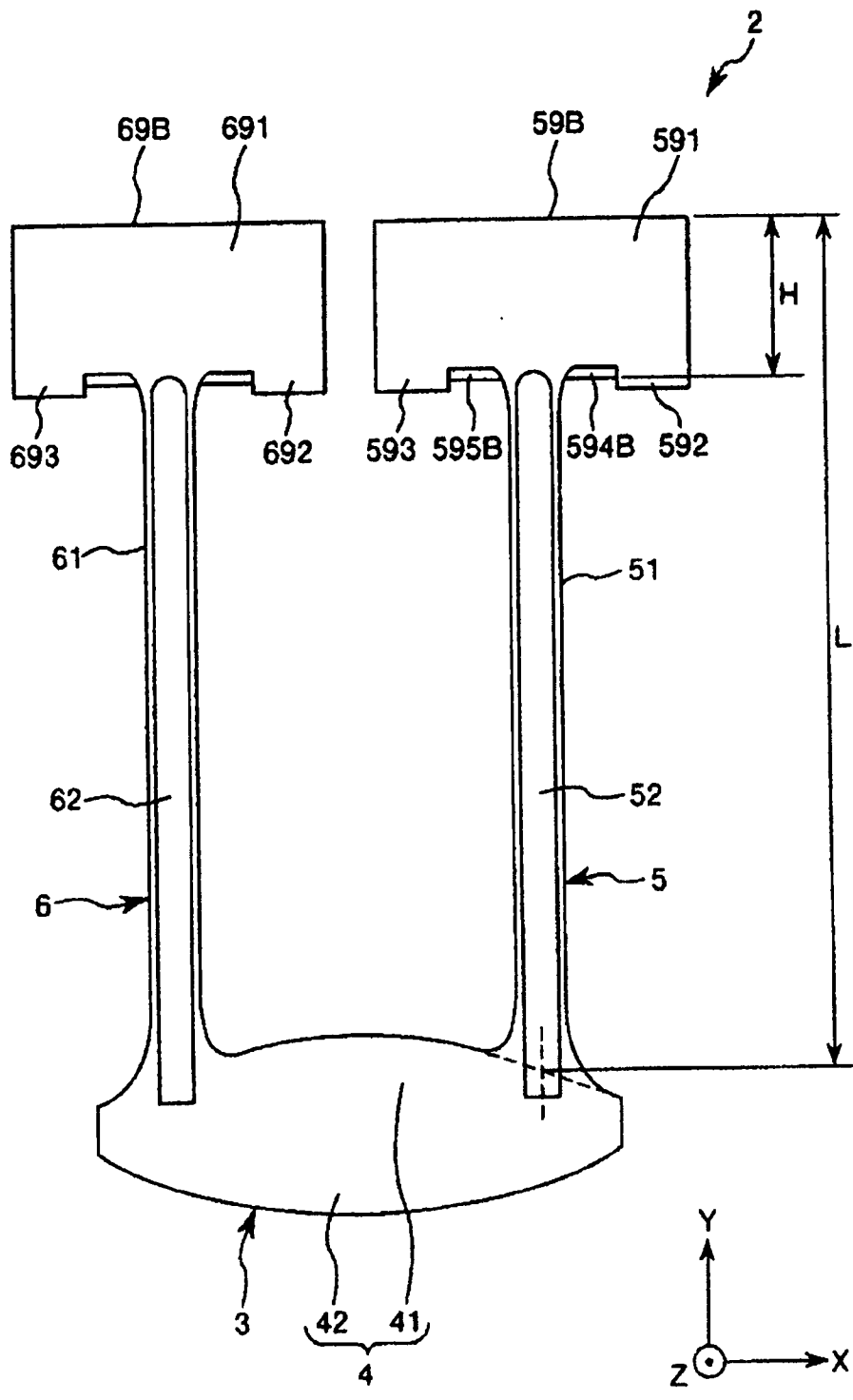


圖10

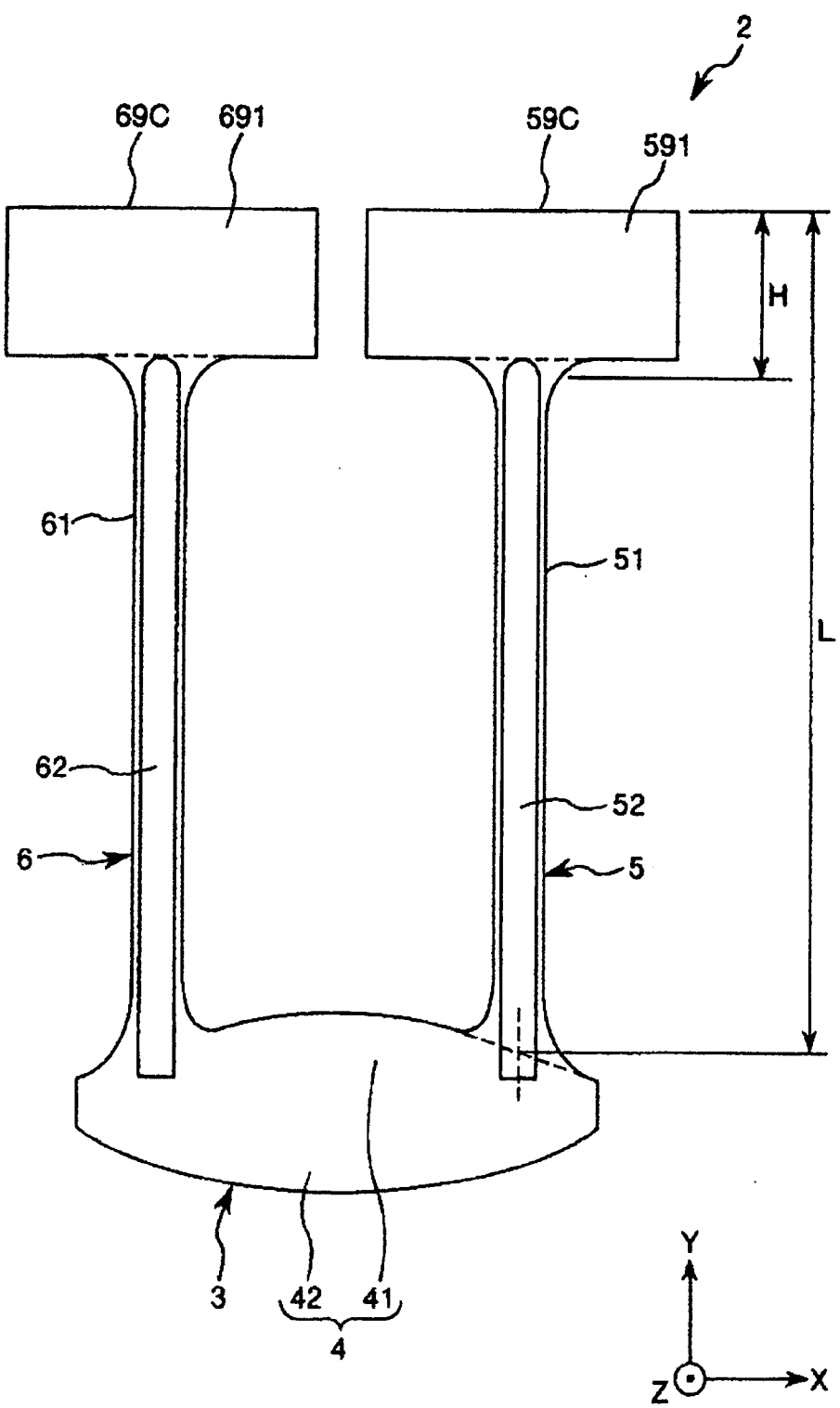


圖11

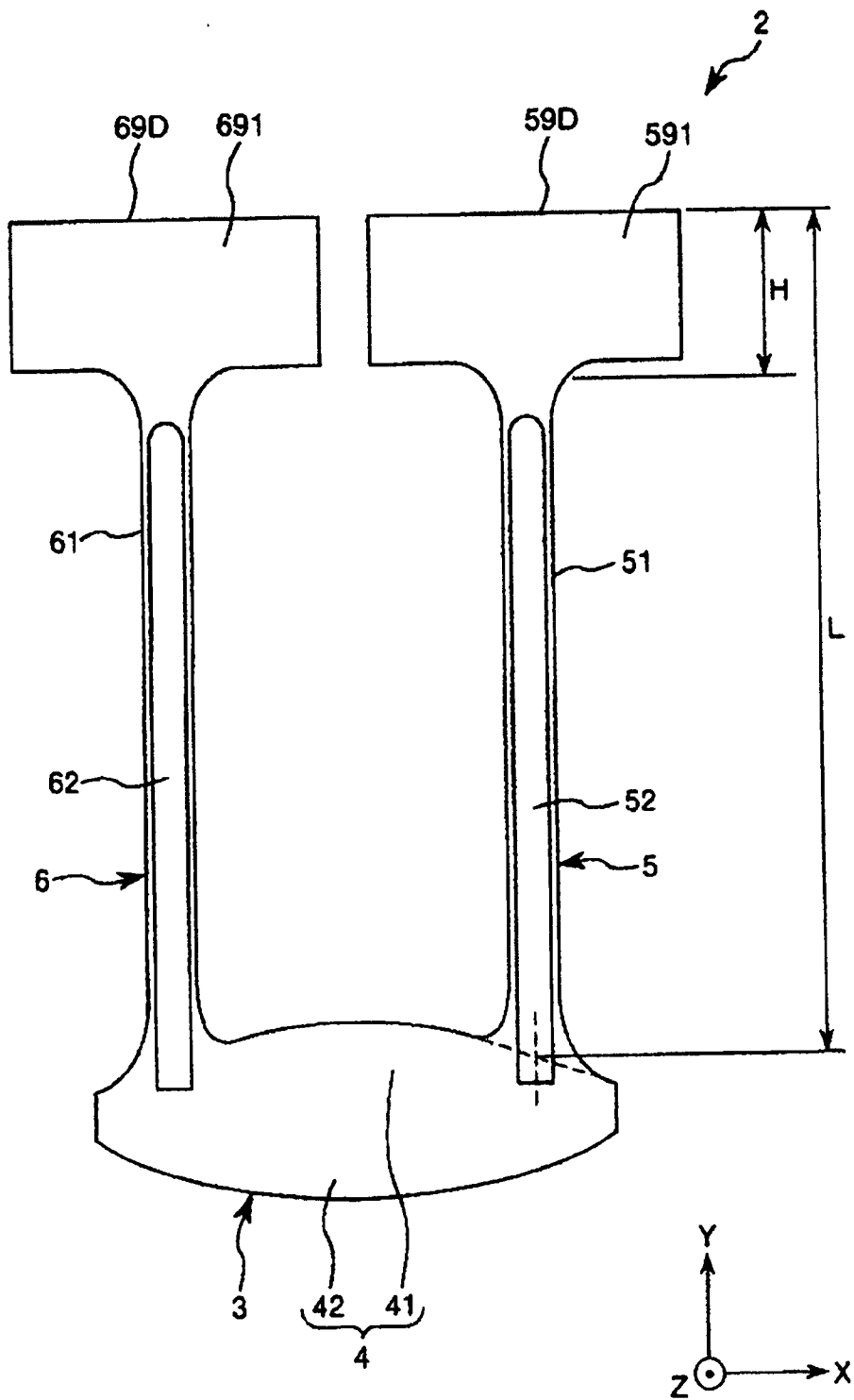


圖12

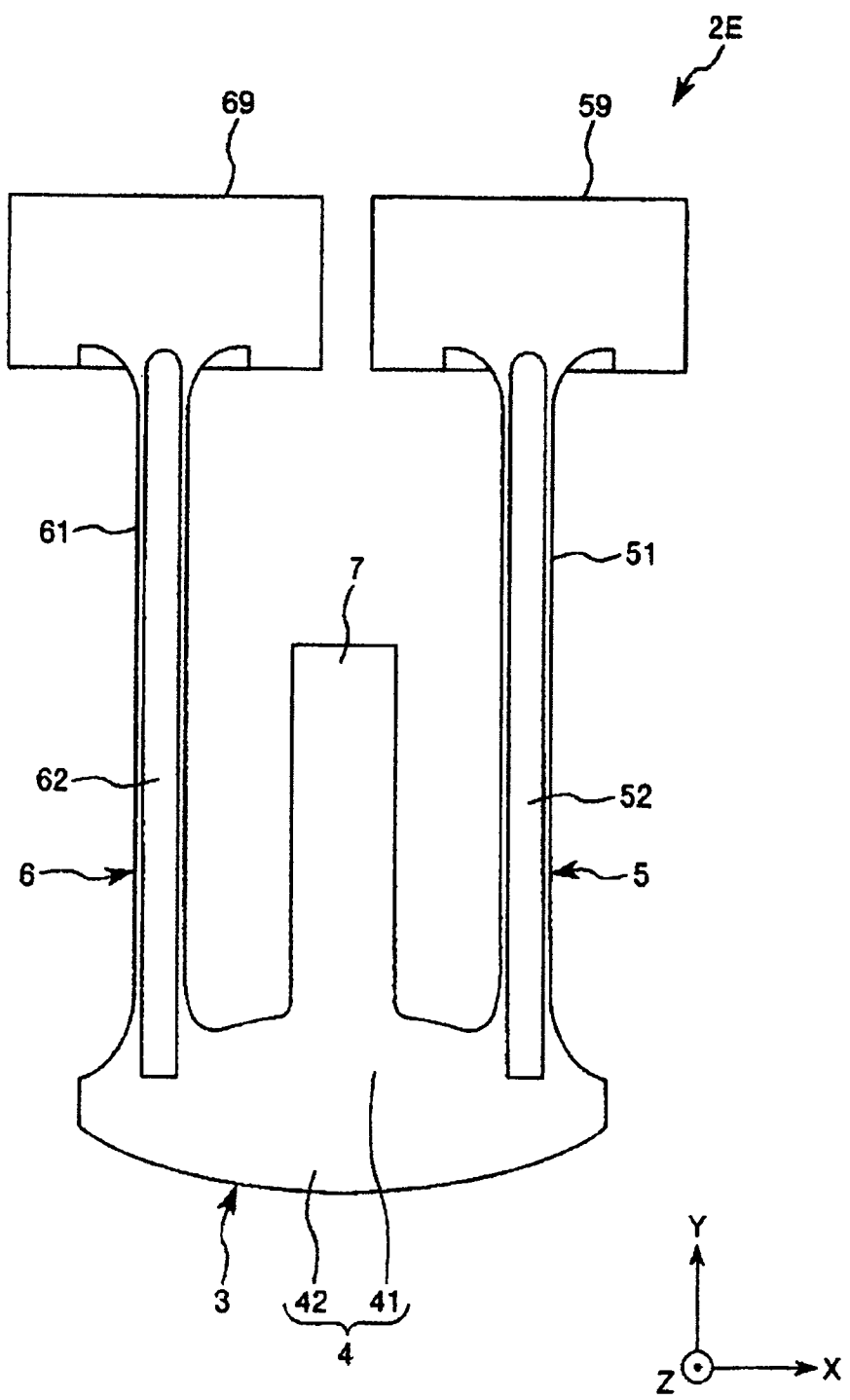


圖13

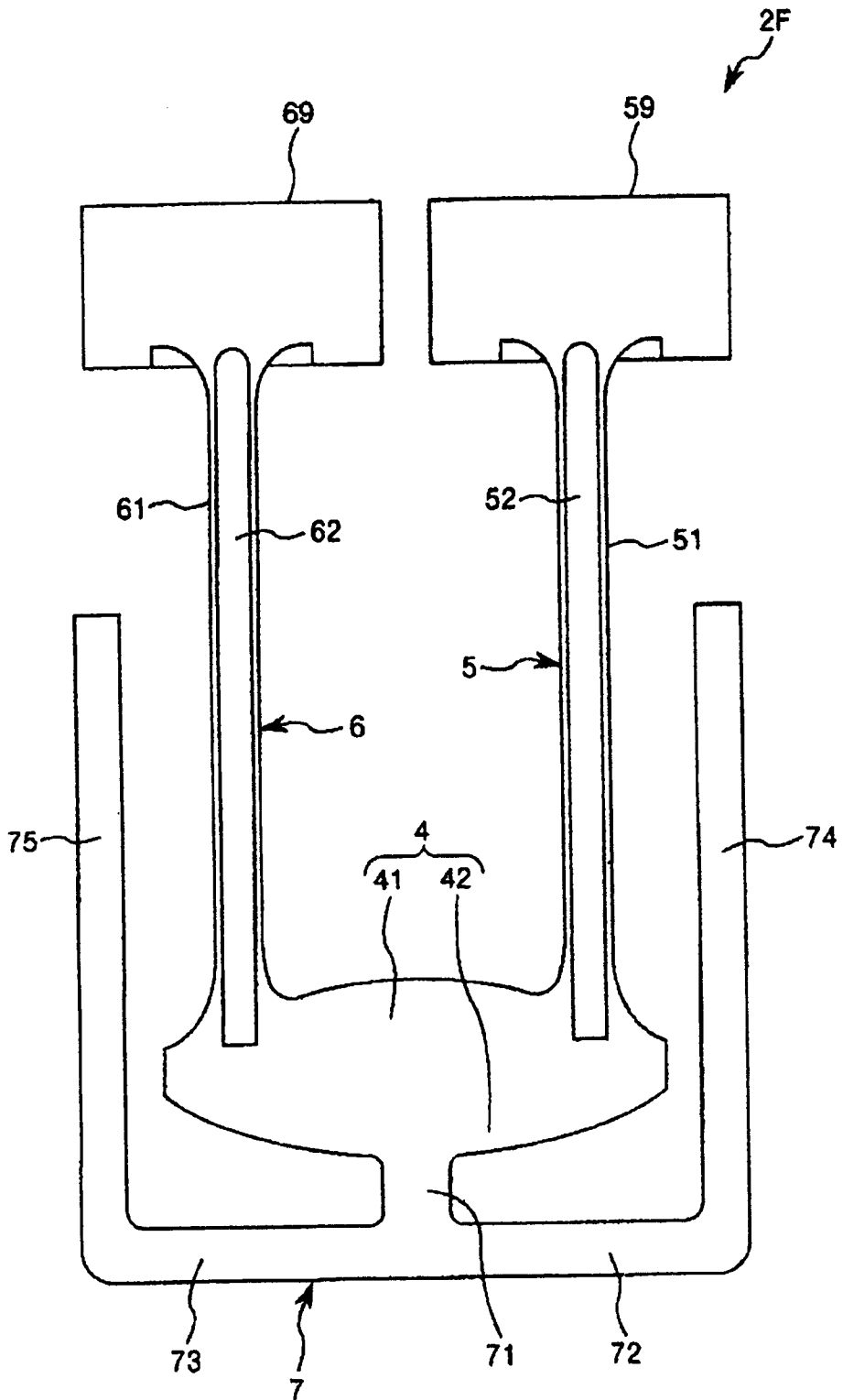


圖14

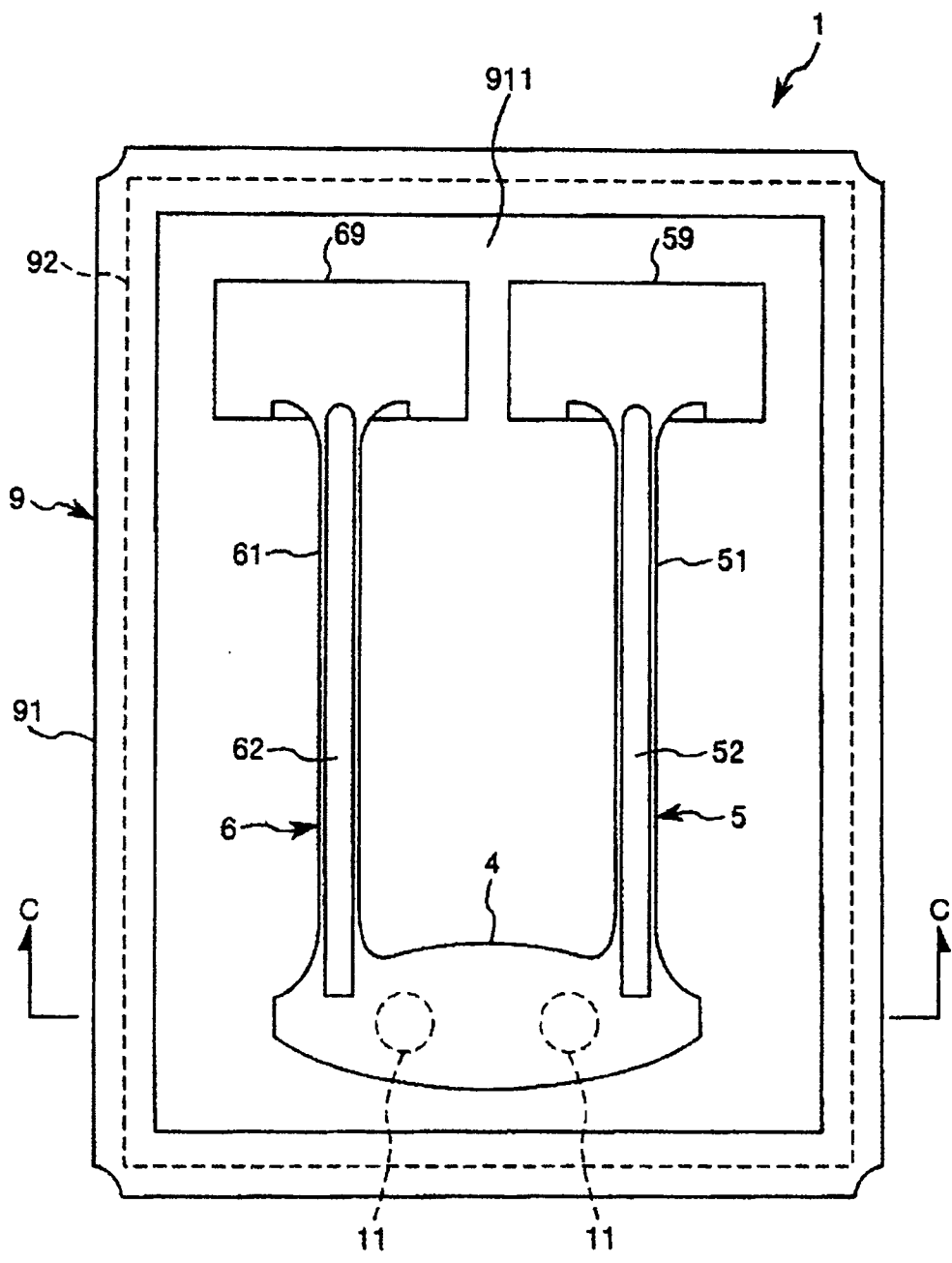


圖15

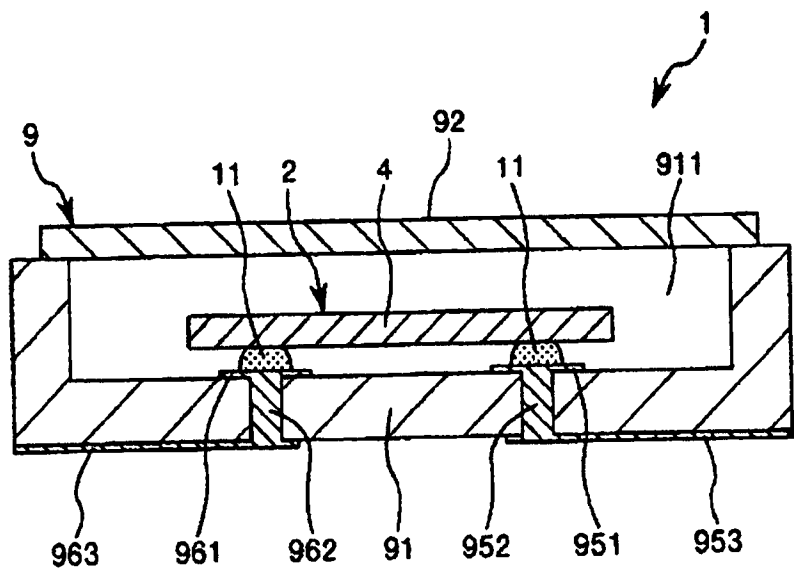


圖16

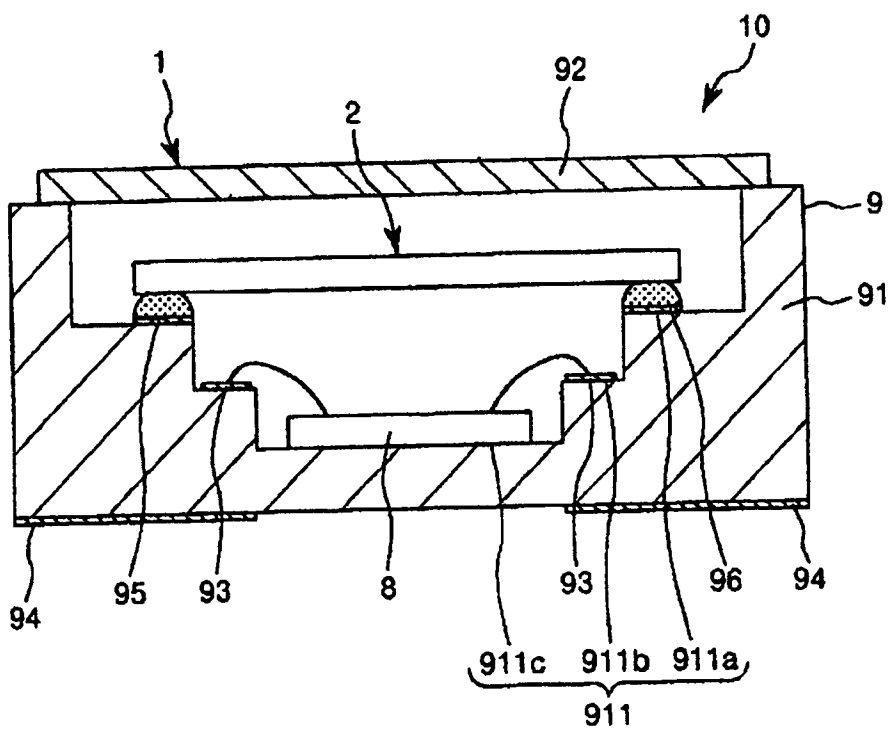


圖17

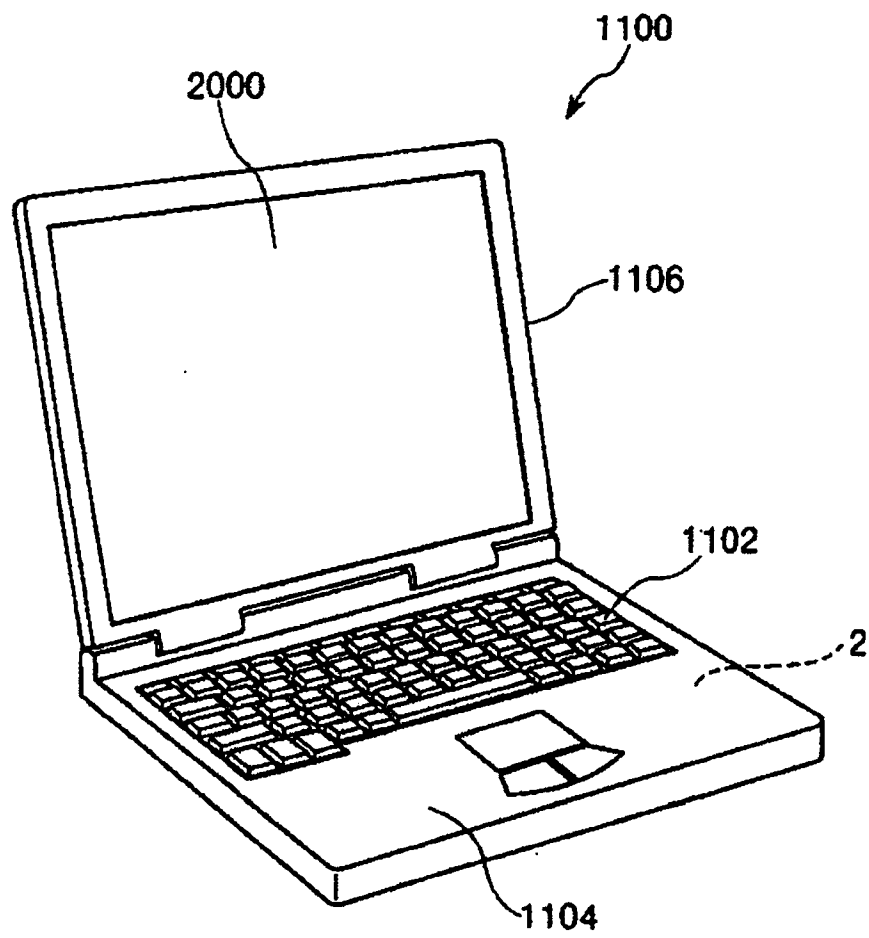


圖18

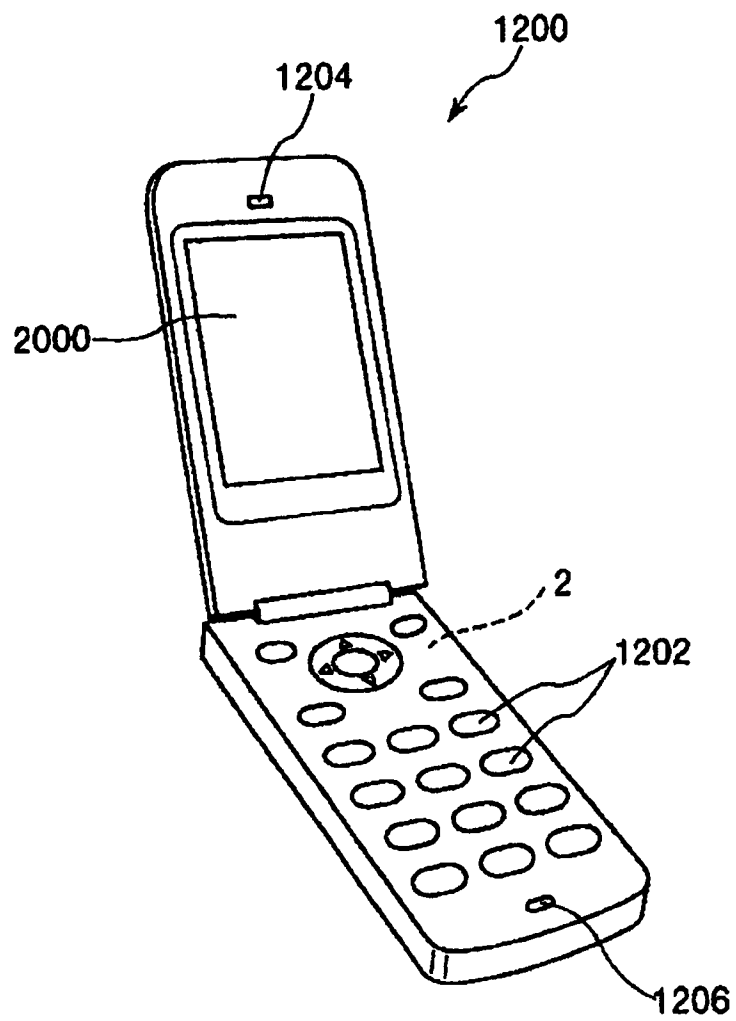


圖19

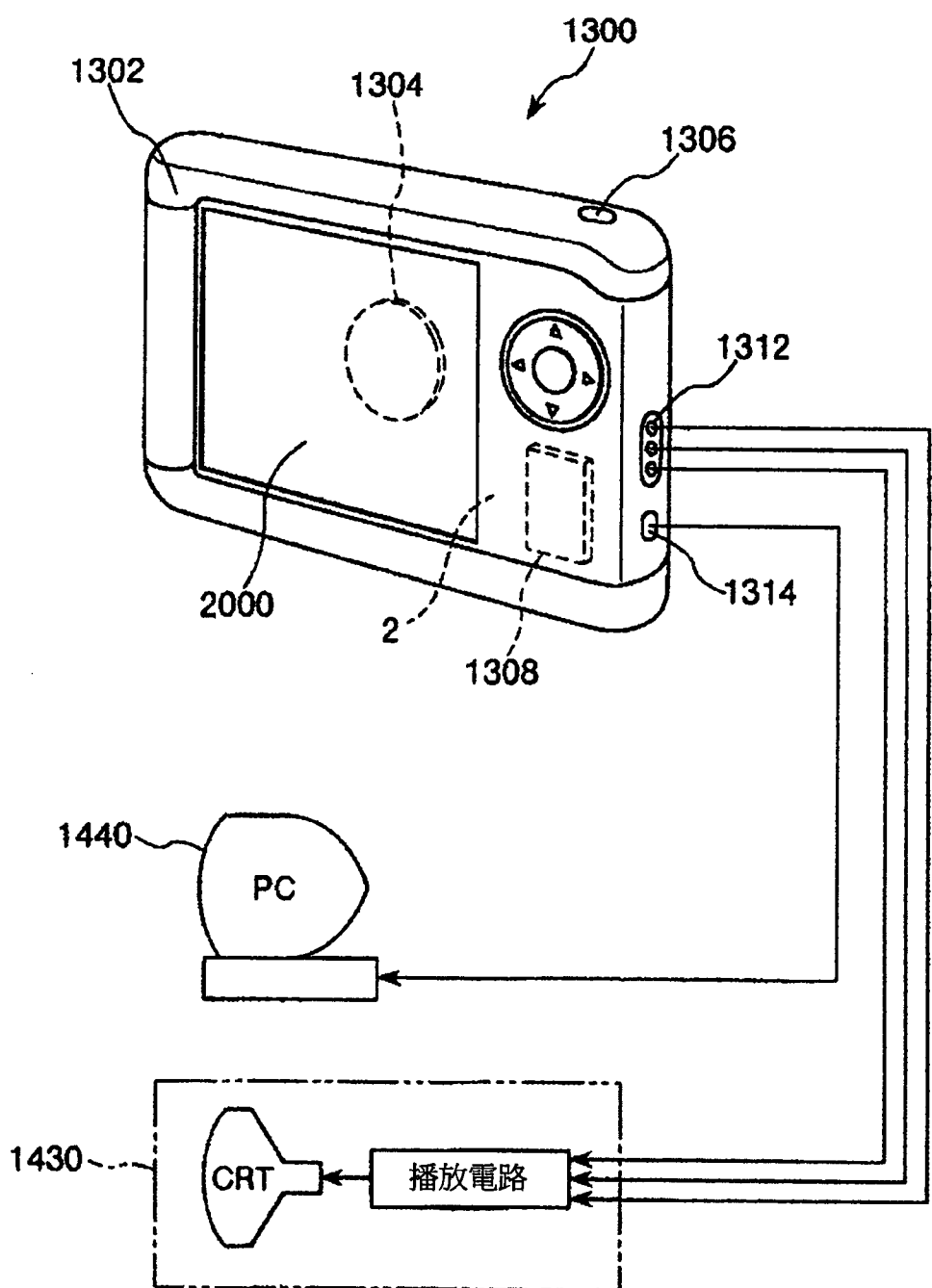


圖20

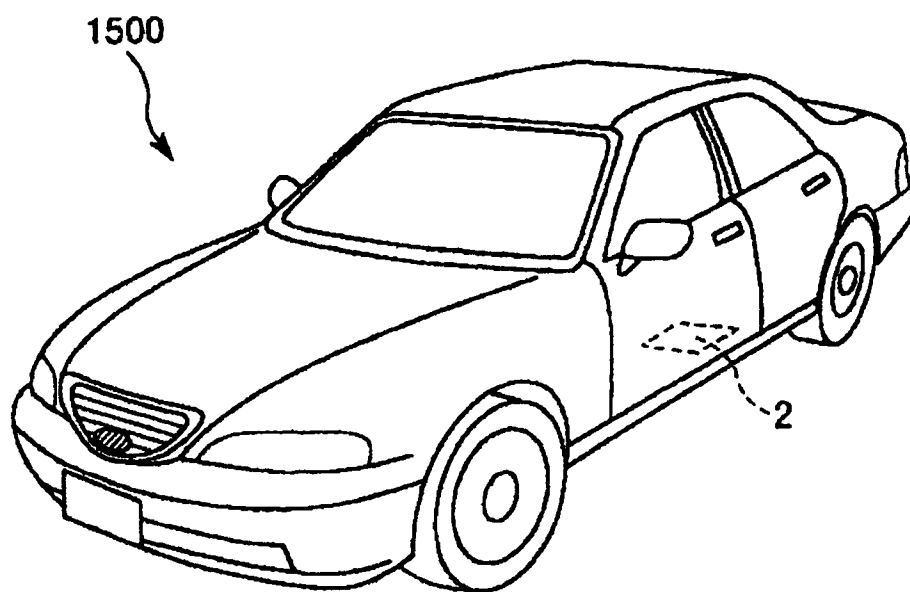


圖21