

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H03H 3/04 (2006.01)

H03H 9/02 (2006.01)



## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200480014336.8

[43] 公开日 2006年6月28日

[11] 公开号 CN 1795609A

[22] 申请日 2004.10.28

[21] 申请号 200480014336.8

[30] 优先权

[32] 2004.1.27 [33] JP [31] 018373/2004

[86] 国际申请 PCT/JP2004/016043 2004.10.28

[87] 国际公布 WO2005/071832 日 2005.8.4

[85] 进入国家阶段日期 2005.11.24

[71] 申请人 株式会社村田制作所

地址 日本京都府

[72] 发明人 池田功

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司  
代理人 刘建

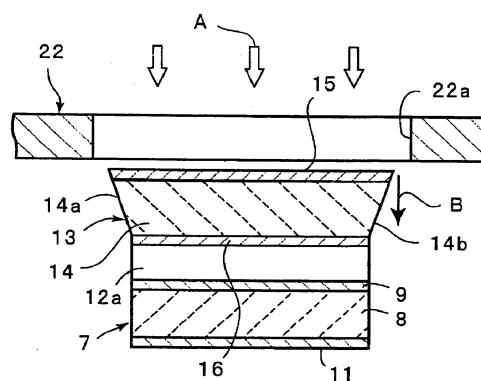
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 4 页

### [54] 发明名称

压电谐振部件的频率调整方法及压电谐振部件

### [57] 摘要

一种压电谐振部件的频率调整方法。当从上方照射能量射线，蚀刻电极，而进行频率调整的情况下，很难产生绝缘阻抗的下降、短路不良及电极间的迁移等现象。它具备含有侧面(14a、14b)及上面的压电体(14)，及设计在压电体上面的电极(15)。与上端相比、以下方部分位于压电体(14)的中心侧的方式，将侧面(14a、14b)作为倾斜面的压电谐振部件。在此压电谐振部件的上面，配置含有开口部(22a)的屏蔽层(22)，通过从上方照射离子束，调整频率的一种频率调整方法。



1、一种压电谐振部件的频率调整方法，该压电谐振部件，含有压电体和形成于上述压电体上面的至少1个振动电极的压电谐振部件，该压电  
5 谐振部件的频率调整方法其特征在于，具备：

准备含有上面、下面、多个侧面的压电体，和形成于上述压电体的上  
面的至少1个电极，该电极以至少达到一对侧面和上面的端缘那样而形成的  
压电谐振部件的工序；

和该侧面的上端相比，以下方部分位于压电体的中心侧的方式，将上  
10 述压电谐振部件的上述一对侧面作为倾斜面的加工工序；

上述加工工序后，从上述压电谐振部件的上方照射能量射线，以使电  
极的厚度变薄那样进行加工，而调整频率的频率调整工序。

2、根据权利要求1所述的压电谐振部件的频率调整方法，其特征在  
于，

15 上述压电谐振部件的上述倾斜面做成平面状。

3、根据权利要求1所述的压电谐振部件的频率调整方法，其特征在  
于，

上述压电谐振部件的上述倾斜面做成曲面状。

4、根据权利要求1~3中的任一项所述的压电谐振部件的频率调整方  
20 法，其特征在于，

上述压电谐振部件，还具备形成于压电体下面的电极，形成于压电体  
上面及下面的电极，介于压电体以对置形式配置，在上述压电谐振部件中，  
形成于压电体上面及下面的电极的对置的部分构成了能量密闭型的振动  
部。

25 5、根据权利要求1~4中的任一项所述的压电谐振部件的频率调整方  
法，其特征在于，

还具备在照射上述能量射线之前，上述压电谐振部件安装在壳体基板  
上的工序。

6、一种压电谐振部件，其特征在于，

30 具备连接上面、下面、上面及下面的多个侧面的压电体，和形成于上

述压电体的上面、而且以至少达到一对侧面和上面的端缘的方式而形成的至少 1 个的电极；

上述的一对侧面，被做成与该侧面的上端相比以下方部分位于压电体的中心侧的倾斜面。

5       7、根据权利要求 6 所述的压电谐振部件，其特征在于，  
上述倾斜面做成平面状。

8、根据权利要求 6 所述的压电谐振部件，其特征在于，  
上述倾斜面做成曲面状。

9、根据权利要求 6~8 中的任一项所述的压电谐振部件，其特征在于，  
10       还具备形成于上述压电体的下面、而且和形成于压电体的上面的电极  
相对置配置的电极，

形成于压电体的上面及下面的电极，介于压电体对置的部分构成了能量密闭型的振动部。

10、一种负载电容内置型压电谐振部件，其特征在于，  
15       具备：壳体基板，

搭载在上述壳体基板上的板状的电容元件，以及  
层叠在上述电容元件上的板状的压电元件，

上述压电元件由上述权利要求 6~9 中的任一项所述的压电谐振部件  
组成。

20

25

## 压电谐振部件的频率调整方法及压电谐振部件

### 5 技术区域

本发明涉及压电谐振部件的频率调整方法及压电谐振部件，更详细地，是涉及到通过照射离子束等的能量射线以减少电极的厚度的方式来进行加工，具备实现频率调整工序的一种压电谐振部件的频率调整方法，及使用该频率调整方法的压电谐振部件。

10

### 背景技术

以往，为了构成压电谐振器、压电振荡器，提出过各种各样的压电谐振元件。在这些种类的压电谐振部件中，根据所期望的特性，需要高精度地调整谐振频率、振荡频率。

15

下述的专利文献1中，指出了压电谐振部件的频率调整方法的一例。图8是用于说明专利文献1中记载的压电元件的频率调整方法的概略构成图。在这种频率调整方法中，是在被真空排气的加热室内配置压电元件101。压电元件101含有压电体和在压电体上设置的由铝构成的电极。在设计

20 设计的压电元件101电极的侧面上，配置屏蔽层102。屏蔽层102含有开口部102a。开口部102a以露出压电元件101的电极的方式构成。

在屏蔽层102的前方，配置放电电极103。在被真空排气的加热室内，通过外加高频电力在放电电极103上，产生等离子104。用该等离子104蚀刻压电元件101的电极，进而调整频率。

专利文献1：专利第3252542号

25

如专利文献1中记载所述，我们知道了以往是通过等离子、离子束等的照射，蚀刻压电元件的电极实现频率调整的方法。

30

但是，例如在压电元件101和屏蔽层102之间容易产生间隙。也就是说，由于被频率调整的压电元件的高度因每个产品不同而各有不同，所以使压电元件101和屏蔽层102之间的密闭很困难，容易产生间隙。另外，当压电元件101被蚀刻的上面的电极设置在直达一对侧面的端缘时，压电

元件 101 的侧面和屏蔽层 102 之间也会产生间隙。因此，当压电元件 101 的电极被等离子蚀刻时，飞散的金属粉容易从间隙飞散到压电元件 101 的电极形成面以外的部分、并附着。即连接压电元件 101 的电极形成面的侧面上有时附着上述金属粉。

- 5 其结果使压电元件 101 的绝缘阻抗值下降、甚至有时会产生短路不良的情况。还有，通过在压电元件 101 上外加偏置电压，在压电元件 101 的上面的电极和另一电极之间也有可能产生迁移（migrate）。

另外，以往、大家熟知在壳体基板上，按电容元件及压电元件的顺序被层叠的负载电容内置型压电谐振部件。在这种负载电容内置型压电谐振部件上，如果在壳体基板上，电容元件及压电谐振元件以层叠的状态，从压电谐振元件的上方，进行蚀刻频率调整时，则在压电元件的上面的电极和其他的电极之间仍然容易产生迁移。再者，还有可能金属粉降落到下方，附着在电容元件的电极等上。因此，在这种负载电容内置型压电谐振部件上，不会引起绝缘阻抗不良、短路不良等的情况，是被期望能够进行高精度调整频率的构造。

15

## 发明内容

本发明的目的，就是消除上述以往技术的缺点，通过离子束、等离子或激光等的能量射线的照射，具备实现频率调整工序的一种压电谐振部件的频率调整方法。提供一种难以产生由频率调整而带来的绝缘阻抗不良、短路不良等的情况，电极间迁移的可能性小，能够实现高精度地调整频率的压电谐振部件的频率调整方法，以及适用该频率调整方法的压电谐振部件。

20

本发明的其他目的还在于，提供一种通过能量射线的照射、实现频率调整时，很难产生绝缘阻抗不良、短路不良等的情况，电极间的迁移的可能性小，能够高精度调整频率的负载电容内置型压电谐振部件。

25

本发明的方式一，是含有压电体和形成于上述压电体上面的至少 1 个的振动电极的压电谐振部件的频率调整方法。其特征在于，它具备：准备含有上面、下面和多个侧面的压电体，和在上述压电体的上面形成的至少 1 个的电极、该电极以至少达到一对的侧面和上面的端缘的方式而形成

30

的压电谐振部件的工序；将上述压电谐振部件的上述的一对侧面、和该侧面的上端相比，使下方部分以位于压电体的中心侧那样，作为倾斜面的加工工序；以及上述加工工序后，从上述压电谐振部件的上方，照射能量射线、使电极的厚度变薄那样加工，从而调整频率的频率调整工序。

- 5       在发明方式一中，上述压电谐振部件的倾斜面也可以是平面状也可以是曲面状。

另外，在发明方式一中的压电谐振部件的频率调整方法的某些特定的方式中，上述压电谐振部件，还具备形成于压电体的下面的电极，在压电体上面及压电体下面形成的电极，通过压电体、配置成对置，在上述压电  
10 谐振部件上，压电体上面及下面形成的电极的对置的部分构成了能量密闭型振动部。

关于本发明的压电谐振部件的频率调整方法的其他特定的方式中，在照射上述能量射线之前，还应具备将上述压电谐振部件安装在壳体基板上的工序。

- 15       发明方式二的压电谐振部件，其特征在于，具备连接上面、下面、上面及下面的多个侧面的压电体；形成于上述压电体的上面，而且具备至少达到一对侧面和上面的端缘而形成的至少的1个电极。上述一对侧面，和该侧面的上端相比，被认为是下方部分位于压电体中心侧的倾斜面。

在发明方式二中的压电谐振部件中，上述倾斜面也可以是平面状，也  
20 可以是曲面状。

在发明方式二中的压电谐振部件的某些特定的方式中，还具备形成于上述压电体的下面、而且和形成于压电体上面的电极相对置配置的电极，形成于压电体上面及下面的电极，通过压电体，相对置的部分构成了能量密闭型的振动部。

- 25       在发明方式二中的压电谐振部件的更加限定的方式中，具备壳体基板、和搭接在壳体基板上的板状的电容元件、及层叠在该电容元件上的压电元件。该压电元件由与发明方式二相关的压电谐振部件构成，提供负载电容内置型的压电谐振部件。

通过关于发明方式一的压电谐振部件的频率调整方法，压电谐振部件  
30 的电极端缘所达到的上述一对侧面，和上端相比、由于被认为是下方部分

位于压电体中心侧的倾斜面，所以在压电谐振部件的上面，配置成电极露出的部分为开口部的屏蔽层，从屏蔽层的上方照射能量射线，通过蚀刻电极、进行频率调整时，构成电极的金属粉即使飞散，该金属粉也只从上述倾斜面的上端落到下方，难以附着在该倾斜面上。因此，很难发生由于金属粉的侧面附着而引起的绝缘阻抗的下降、短路不良等，而且电极间也很难产生迁移。所以，通过发明方式一，不会产生绝缘阻抗不良、短路不良等，能够高精度地调整压电谐振部件的频率。

当压电谐振部件的倾斜面是平面状时，用研磨石研磨，比用切割刀切割更容易形成。当然倾斜面也可以是曲面状。那种情况下，如果使用构成曲面状的倾斜面的切割刀等，就能够形成曲面状的倾斜面。

在发明方式一的压电谐振部件的频率调整方法中，还具备形成于压电体下面的电极，在压电体上面及下面形成的电极，通过压电体，配置成对置。当通过该电极对置部分构成能量密闭型的振动部时，按照本发明，不会带来短路不良、绝缘阻抗下降的问题，能够高精度地实现能量密闭型压电谐振部件的频率调整。因此，可以很容易地提供出频率差异少的能量密闭型的压电谐振部件。

在照射上述能量射线之前，再备置压电谐振部件安装在壳体基板上的工序时，由于采用接近成品的状态进行频率调整，所以能够有效地降低作为成品的压电谐振部件的频率差异。

在关于发明方式二的压电谐振部件中，由于压电体的电极端缘所达到的一对侧面，和上端相比、被认为是下方部分位于压电体的中心侧的倾斜面，所以在关于第1发明的压电谐振部件的频率调整方法中，通过能量射线的照射，不仅仅能够高精度地调整频率，即使由于能量射线的照射、电极构成材料的金属粉飞散，该金属粉也只能降落到上述倾斜面的下方，难以附着在倾斜面上。因此，不仅能减少绝缘阻抗的下降、短路不良及电极间迁移发生的可能性，而且还能够高精度地调整压电谐振部件的频率。

在发明方式二的压电谐振部件中，上述倾斜面也既可以是平面状，也可以是曲面状。在平面状的倾斜面的情况下，用研磨石、切割刀很容易形成倾斜面。另外，如果使用断面为曲面状的切割刀，也能很容易形成曲面状的倾斜面。

在关于本发明的压电谐振部件中，还备置了形成于压电体的下面、而且和形成于上面的电极相对置配置的电极。当通过上面及下面的电极对置部分，构成密闭型的振动部时，按照本发明，在能够高精度地实现谐振频率调整的同时，很难产生频率调整时的绝缘阻抗的下降、短路不良及电极间迁移的发生，所以能够提供出可靠性优良的能量密闭型的压电谐振部件。

在关于本发明的负载电容内置型压电谐振部件中，在壳体基板上、在板状的电容元件及压电元件被层叠的构成中，压电元件由与本发明相关的压电谐振部件构成。因此，在从上方照射能量射线、进行频率调整时，能够高精度地调整频率的同时，很难产生频率调整时的绝缘阻抗的下降、短路不良及电极间迁移现象。而且，即使金属粉落到下方，也很难附着在板状的电容元件的电极等上。因此，可提供出可靠性良好的负载电容内置型压电谐振部件。

## 附图说明

图1是用于说明关于本发明的第1实施方式的压电谐振部件的频率调整方法的略图的部分切割横截面图。

图2是用于说明第1实施方式中被准备的压电谐振部件的侧视图。

图3是用于说明第1实施方式中、以压电体的侧面作为倾斜面的加工方法的一例的略图的横截面图。

图4是用于说明第1实施方式中、以压电体的侧面作为平面状的倾斜面的加工方法的其他例子的横截面图。

图5是表示把压电体的侧面作为+1度的倾斜面的横截面为倒梯形的实施方式、不使侧面倾斜时的构造，及使用作为-1度的倾斜面的横截面为梯形构造的压电谐振元件时的频率调整后的绝缘阻抗值的图形。

图6是用于说明本发明的压电谐振部件的变形例的横截面图。

图7是用于说明形成图6所示的压电谐振部件的倾斜面的加工方法的横截面图。

图8是用于说明以往的压电谐振部件的频率调整方法的一例的概略构成图。



图中符号说明：1—压电谐振部件、2—壳体基板、3~5—电极、6a~6c—导电性粘接剂、7—电容元件、8—介质基板、9, 10—第1, 第2 电容电极、11—第3 电容电极、12a, 12b—导电性粘接剂、13—压电谐振元件、14—压电体、15, 16—第1, 第2 振动电极、21—研磨石、21a—研磨面、  
5 22—屏蔽层、22a—开口部、23—保持构件、24, 25—切割刀、26, 27—切割刀。

### 具体实施方式

下面，通过参照图面，说明本发明的具体的实施方式，使本发明进一步明确化。

参照图1及图2，说明关于本发明的第1实施方式的压电谐振部件的频率调整方法。在本实施方式中，准备图2所示的压电谐振部件。既压电谐振部件1含有矩形板状的壳体基板2。壳体基板2由氧化铝或玻璃陶瓷等的绝缘性陶瓷构成。壳体基板2，从上面直到一对侧面及下面，形成电  
15 极3~5。在电极3~5上，使用导电性粘接剂6a~6c，粘接电容元件7。

电容元件7含有介质基板8，和形成于介质基板8的上面的第1、第2电容电极9、10，以及形成于介质基板8的下面、与第1、第2电容电极9、10相对置的第3电容电极11。

介质基板8，可由钛酸钡系列陶瓷等的适宜的介质陶瓷构成。另外，  
20 电容电极9~11，可由Al、Ag、Cu或这些合金等的适宜的介质材料构成。在上述电容元件7上，使用导电性粘接剂12a、12b，固定压电谐振元件13。

压电谐振元件13是在本实施方式中，利用厚滑模式的能量密闭型的压电谐振元件。压电谐振元件13含有细长的矩形板状的压电基板14。压  
25 电基板14，由钛酸锆酸铅系列陶瓷、钛酸铅系列陶瓷等的压电陶瓷构成，对应其长度方向被分极处理。

在压电基板14的上面形成第1振动电极15，下面形成第2振动电极16。振动电极15、16由Ag、Cu、Al或这些合金等的适宜的导电性材料构成。第1、第2振动电极15、16，在压电基板14的长度方向中央，通  
30 过压电基板14而对置。振动电极15、16对置的部分构成了能量密闭型压

电振动部。上面的振动电极 15，达到压电基板 14 的上面和一对侧面 14a、14b 的端缘。另外，该振动电极 15，以经过压电基板 14 的端面，到达下面的方式形成。导电性粘接剂 12a、12b，将振动电极 16 和振动电极 15 的到达压电基板 14 的下面的电极延长部，分别粘接在电容元件的第 1、第 2 5 电容电极 9、10 上。

在压电谐振部件 1 中，在上述壳体基板 2 的上面的未图示的间隙被最终固定。也就是说，下方具有打开的开口的间隙，由上述电容元件 3 及压电谐振元件 7 组成的层叠体密封的方式，被安装在壳体基板 2 上。

当然，在本实施方式中，在上述间隙被固定之前，要进行以下说明的 10 加工工序及频率调整工序。

在得到图 2 所示的层叠构造之前，在被准备的压电谐振元件 13 上，以压电体 14 的一对侧面为倾斜面的方式进行加工。也就是说，在压电体 14 的长度方向上延伸的一对侧面，和上端相比、以下方部分位于压电体 14 的中心侧的方式被倾斜。这样的倾斜面，如图 3 模式的截面图所示那样， 15 准备多数的压电谐振元件 13 后，将该压电谐振元件 13 的上面和研磨石 21 的研磨面 21a 相对，从直交方向上使其倾斜，通过研磨石 21 的研磨面 21a、研磨压电体 14 的侧面 14a 而形成。这样，在图 3 所示的压电体 14 上，侧面 14a 成为倾斜面。还有，和侧面 14a 相反侧的侧面 14b，也通过同样的研磨机理而成为倾斜面。

20 在第 1 实施方式中，如上所述，侧面 14a、14b 为平面状的倾斜面，准备含有该倾斜面构成的压电谐振元件 13。而且，如图 2 所示，在壳体基板 2 上，在搭接电容元件 7 后，在该电容元件 7 上，含有上述倾斜面的压电谐振元件 13 被固定。

固定后，通过从压电谐振元件 13 的上方，照射作为能量射线的离子束来实现频率的调整。图 1 是用于说明频率调整工序的略图的部分剖切的横截面图。还有，应指出在图 1 中省略了壳体基板 2 的图示。另外，图 1 25 所示的横截面，是在上述压电谐振元件 13 的能量密闭型的振动部的中央部分，与切断电容元件和压电谐振元件 13 的部分相当的截面。

如图 1 所示，在本实施方式中，得到上述层叠构造后，在压电谐振元 30 件 13 的上面配置屏蔽层 22。屏蔽层 22 含有开口部 22a。开口部 22a 含有

与压电谐振元件 13 的上述振动部的平面形状相当的形状。也就是说，以含有与振动电极 15、16 相对置的部分相当的平面形状的方式，来形成开口部 22a。

而且，从屏蔽层 22 的上方，离子束如图 1 的箭头方向 A 所示被照射，以使振动电极 15 的厚度下降的方式来进行频率调整。此时，在屏蔽层 22 的下面和压电谐振元件 13 的上面之间会生成一点点间隙，通过离子束的照射，即使构成振动电极 15 的金属离子飞散、降落到下方，如图 1 的箭头方向 B 所示，金属粉也只能降落到下方。而且，由于侧面 14a、14b 为上述倾斜面，所以金属粉很难附着在侧面 14a、14b 上。也就是说，和侧面 14a、14b 的上端相比，以下方部分位于压电体 14 的中心侧的方式，侧面 14a、14b 被倾斜，所以金属粉很难向侧面 14a、14b 附着。因此，在压电谐振元件 13 中，由向侧面的金属粉的附着而引起的绝缘阻抗的下降、短路不良很难产生，而且振动电极 15、16 间的电极间迁移也很难产生。由此，通过离子束的照射，实现高精度地频率调整的同时，还能抑制压电谐振元件的绝缘阻抗不良等，提供出可靠性优良的压电谐振部件。

而且，在本实施方式中，如上所述，由于壳体基板 2 上的电容元件 7 及压电谐振元件 13，以搭接的状态实现频率调整，换而言之，以接近最终的产品的状态实现频率调整，所以能够越发有效地减少压电谐振部件的频率差异。

另外，如图 1 所示，在本实施方式中，电容元件 7 的幅度方向尺寸和压电体 14 的下面的幅度方向尺寸相等。因此，在频率调整时，即使金属粉如箭头方向 B 所示降落到下方，该金属粉也很难附着在电容元件 8 的侧面上。因此，也很难产生在电容元件 8 上的绝缘阻抗的下降、短路不良。

还有，在本实施方式中，由上述导电性粘接剂 12a、12b 组成的接合部分，即用于安装压电谐振元件 13 的由导电性粘接剂组成的接合部分，当为平面时，上述能量密闭型的压电振动部位于设计的区域外。因此，金属粉很难附着在由导电性粘接剂 12a、12b 组成的接合部分，也能确实地防止由导电性粘接剂 12a、12b 组成的接合部分处的短路等。

还有，上述侧面 14a、14b 为直线状的倾斜面的加工工序，除了用图 3 所示的研磨石的方法外，可用各种各样的方法实现。例如，如图 4 所示，

以在保持构件 23 上、配置压电谐振元件 13 的状态，从该压电谐振元件的上方，使用切割面为倾斜面的切割刀 24、25，切割压电谐振元件 13，因此侧面 14a、14b 也可为倾斜面。

5 还有，侧面 14a、14b，和上端相比，以下方位于压电体的中心的方式倾斜，对于此倾斜面的倾斜角度，即从和上面直交的方向上的倾斜角度，最好为 1 度以上。也就是说，当倾斜角度小于 1 度时，有时很难取得将压电体的侧面作为倾斜面而带来的效果。图 5 是针对侧面 14a、14b 的倾斜角度分别为-1 度、0 度及+1 度时的 3 种类型的构造，表示频率调整后的测定的绝缘阻抗的结果。

10 还有，准备的压电谐振元件采用幅度为 0.5mm、长度为 2.2mm、厚度为 0.3mm 的压电体，是目标谐振频率为 25MHz 的能量密闭型的压电谐振元件。在这种压电谐振元件上，以侧面 14a、14b 的下方部分位于压电体内侧的方式而倾斜，倾斜角度制成-1 度、及+1 度的压电谐振元件。另外，再准备其它用途的不倾斜的压电谐振元件。这些 3 种类型的压电谐振元件各 10 个，测定的绝缘阻抗的结果如图 5 所示。

由图 5 明确可知，在倾斜角度为+1 度的本实施方式中，绝缘阻抗的差异少，绝缘阻抗可达到  $10^{12} \Omega$  以上。另一方面，当倾斜角度为 0 度、即以往的例子时，绝缘阻抗在  $10^7 \sim 10^{12} \Omega$  范围间存在差异。另外，相反地，在不是倒梯形、而是横截面为梯形形式的倾斜，含有-1 度的倾斜面的构造中，绝缘阻抗会明显地低到  $10^7 \Omega$  以下。

因此，通过本实施方式，如上所述，通过使横截面为倒梯形那样、设计倾斜面 14a、14b，能够有效地防止绝缘阻抗的差异及下降。

在上述实施方式中，倾斜面为平面状，如图 6 所示，压电体 14 的侧面 14a、14b 也可为曲面状的倾斜面。在图 6 所示的曲面状的倾斜面 14a、14b 中，和侧面 14a、14b 的上端相比，下方部分位于压电体 14 的中心侧。因此，和第 1 实施方式的情况相同，当从上方照射离子束、蚀刻振动电极 15，调整频率时，金属粉难以附着在侧面 14a、14b 上。

上述曲面状的侧面 14a、14b，如图 7 所示，通过使用切割面为曲面状的切割刀 26、27，切割压电谐振元件 13 而形成。

30 还有，在本发明的频率调整方法中，是使用屏蔽层进行的说明，如不

使用屏蔽层直接照射离子束到压电谐振部件 1 上，也能得到同样的作用效果。

还有，在第 1 实施方式中，在壳体基板 2 上，以搭接电容 7 及压电谐振元件 3 的状态进行频率调整，关于本发明的压电谐振部件的频率调整方法，也可以通过只准备压电谐振元件，在该压电谐振元件的上面侧配置屏蔽层，照射离子束等的能量射线而实现。

还有，另外，在本发明中，在频率调整中使用的能量射线，除离子束外，还可使用激光等的各种各样的能量射线。

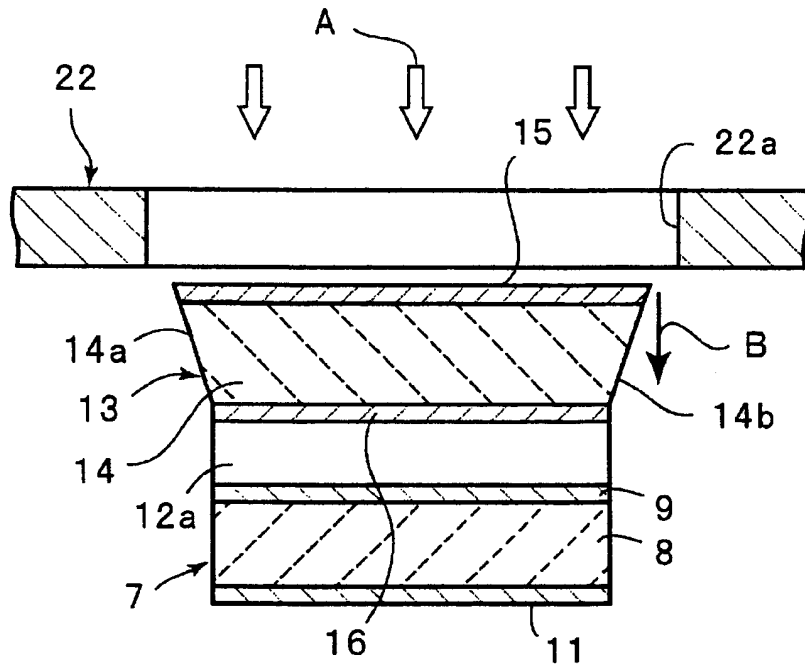


图 1

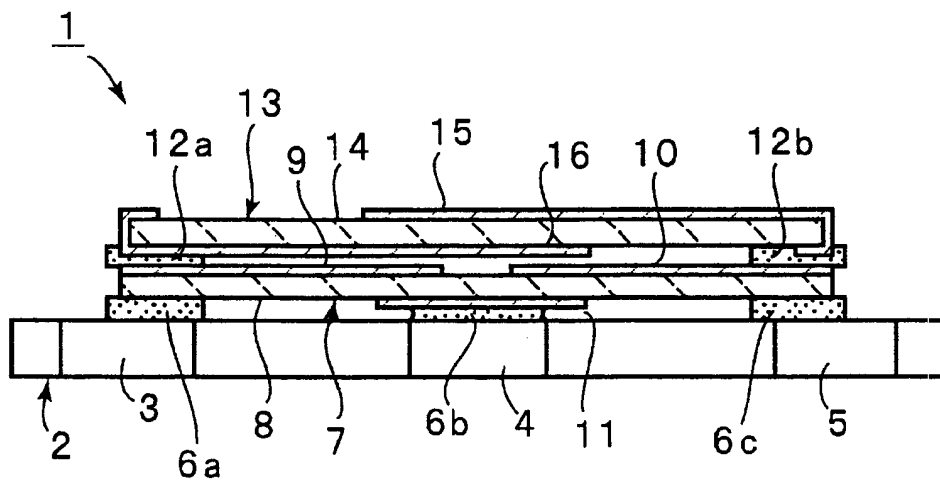


图 2

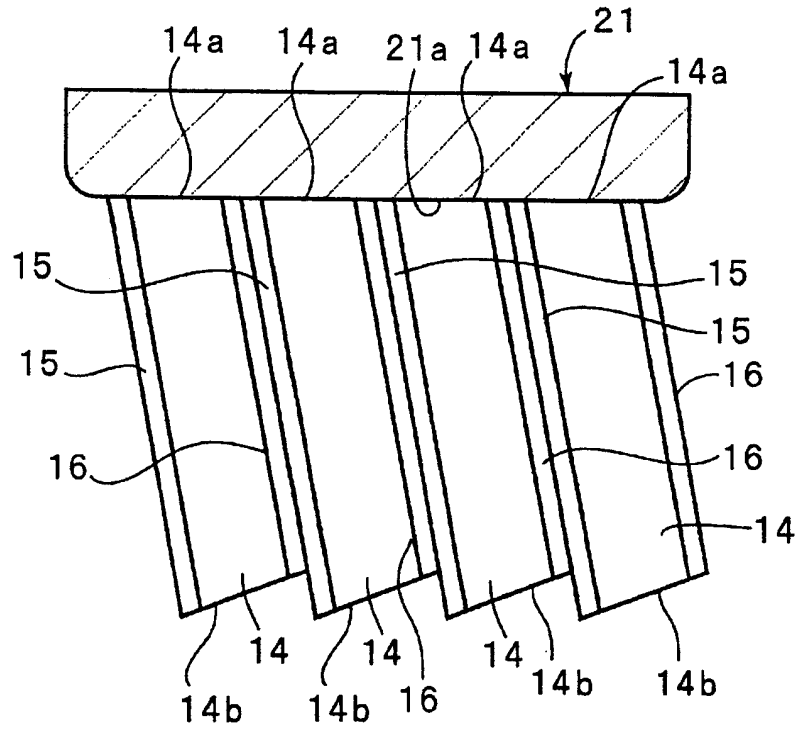


图 3

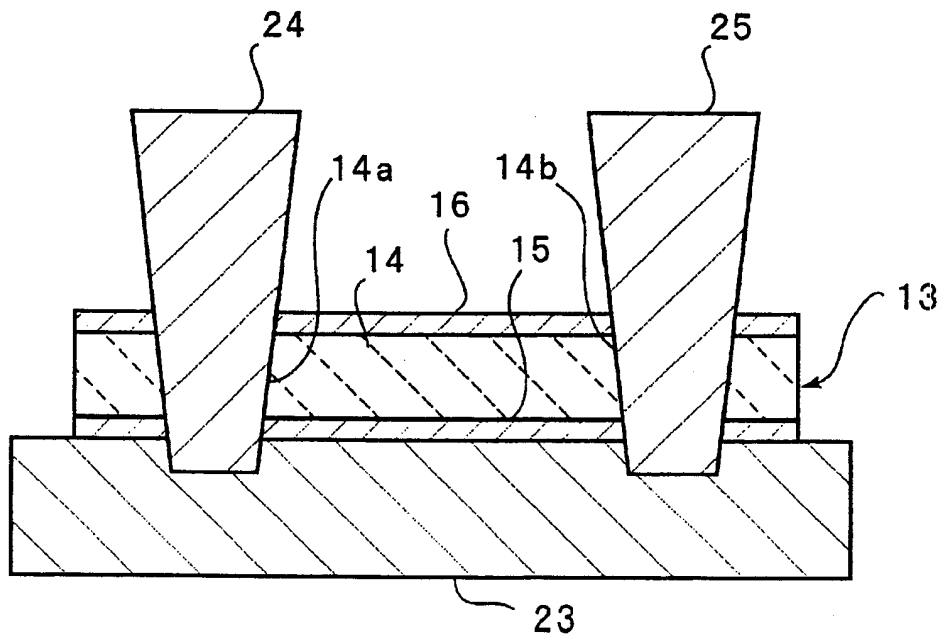


图 4

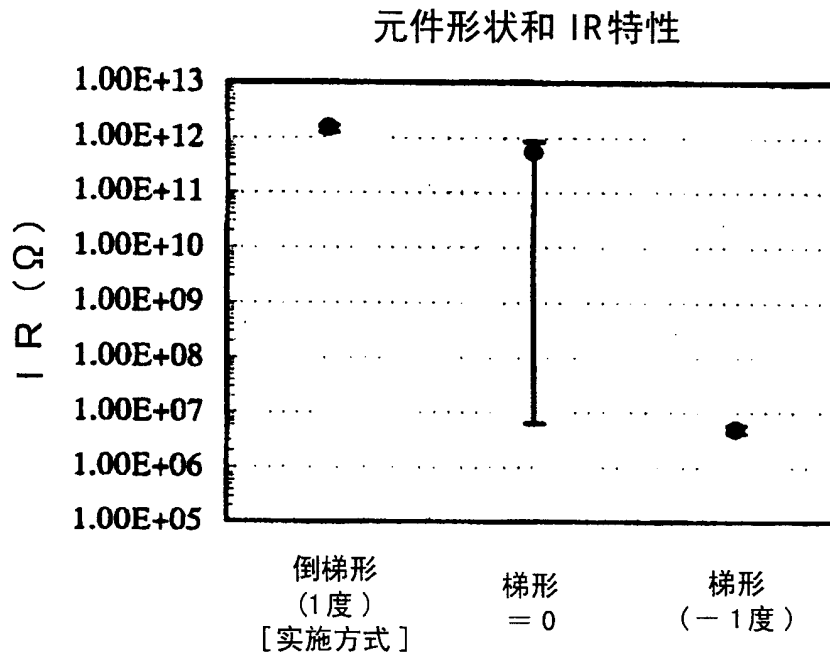


图 5

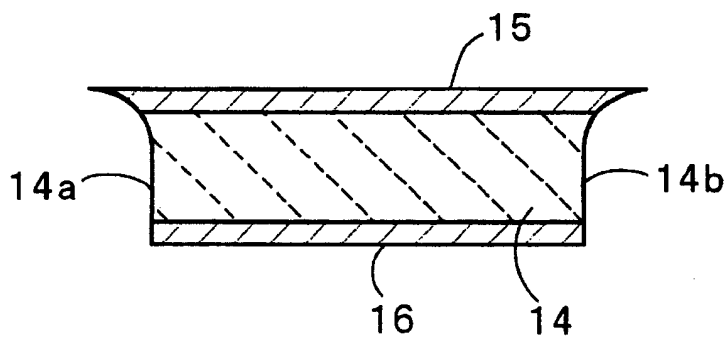


图 6



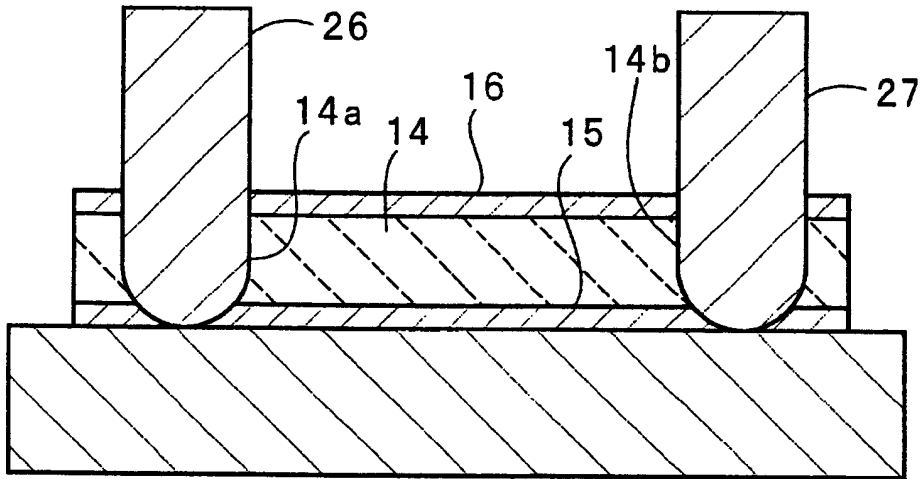


图 7

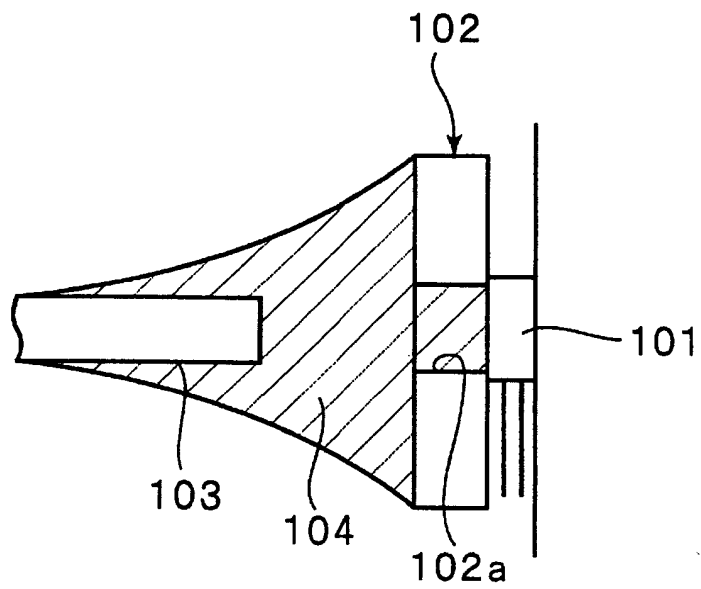


图 8