

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H03H 9/25

H03H 3/08 H03H 9/64



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410078531.9

[43] 公开日 2005年3月16日

[11] 公开号 CN 1595799A

[22] 申请日 2004.9.10

[21] 申请号 200410078531.9

[30] 优先权

[32] 2003.9.12 [33] JP [31] 2003-321324

[71] 申请人 松下电器产业株式会社

地址 日本大阪府

[72] 发明人 大西庆治 中村弘幸 中冢宏
山川岳彦

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

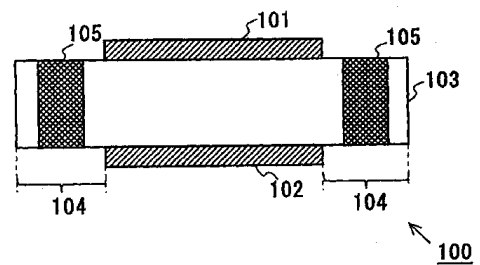
代理人 李家麟

权利要求书4页 说明书27页 附图20页

[54] 发明名称 薄膜体声波谐振器以及制造该谐振器滤波器，复合电子元件和通信器件的方法

[57] 摘要

一种薄膜体声波谐振器包括一层压电薄膜和一对将压电薄膜插入在其中的电极。压电薄膜包括从由一对电极和压电薄膜所构成的谐振器部分的至少部分外围区域向外延伸的外围区域。外围区域包括，在其至少部分区域中，包括用于阻尼声波的声阻尼区域。



ISSN 1008-4274

1. 一种薄膜体声波谐振器(100)，它包括：

压电薄膜(103)；和，

一对将压电薄膜插入在其中的电极(101, 102)；

其特征在于：

所述压电薄膜包括从由一对电极和压电薄膜所构成的谐振器部分的至少部分外围区域向外延伸的外围区域(104)，和，

外围区域，在其至少部分区域中，包括用于阻尼声波的声阻尼区域(105)。

2. 如权利要求 1 所述的薄膜体声波谐振器，其特征在于：

在压电薄膜中，声阻尼区域采用与不是声阻尼区域的任何区域相同的材料构成的，和，

声阻尼区域具有比不是声阻尼区域的任何区域都低的可结晶性。

3. 如权利要求 2 所述的薄膜体声波谐振器，其特征在于：在 X 射线衍射摆动曲线的半高值处，声阻尼区域可以具有比不是声阻尼区域的压电薄膜区域更大的全宽度。

4. 如权利要求 1 所述的薄膜体声波谐振器，其特征在于：台阶部分(17, 17a)形成直接在声阻尼区域下的任何元件的表面上。

5. 如权利要求 1 所述的薄膜体声波谐振器，其特征在于：直接在声阻尼区域下的任何元件都具有比谐振器部分一对电极中的下电极更粗糙的表面(28, 28a, 28c)。

6. 如权利要求 1 所述的薄膜体声波谐振器，其特征在于：在谐振器部分中的压电薄膜的晶格常数和声阻尼区域中的压电薄膜的晶格常数之间的差异大于在在谐振器部分中的压电薄膜的晶格常数和不是在声阻尼区域的任何区域中的压电薄膜的晶格常数之间的差异。

7. 如权利要求 1 所述的薄膜体声波谐振器，其特征在于：声阻尼区域包括在除声阻尼区域以外的压电薄膜的任何区域中都不存在的同类或不同类原子(29)。

8. 如权利要求 1 所述的薄膜体声波谐振器，其特征在于：在除声阻尼区域以外的压电薄膜的任何区域中都不存在的同类或不同类离子(29)插入至声阻尼区域。

9. 如权利要求 1 所述的薄膜体声波谐振器，其特征在于：声阻尼区域包括激光辐射的痕迹。

10. 一种适用于生产薄膜体声波谐振器的方法，该方法包括步骤：

在衬底上形成下电极；

在下电极上或上方形成压电薄膜；

在压电薄膜上或上方形成上电极；

其特征在于：

形成压电薄膜的步骤包括：形成压电薄膜，使之具有从由上电极、压电薄膜和下电极所构成的谐振器部分外围中的至少一部分向外延伸的区域；并且确保向外延伸的压电薄膜区域中至少一部分具有比压电薄膜的谐振器部分低的可结晶性，从而形成可阻尼声波的声阻尼区域。

11. 如权利要求 10 所述的生产薄膜体声波谐振器的方法，还包括：直接在压电薄膜下的任何元件的表面部分形成台阶部分的步骤，

其特征在于：在形成压电薄膜的步骤中，也在台阶部分上形成压电薄膜，从而形成声阻尼区域。

12. 如权利要求 10 所述的生产薄膜体声波谐振器的方法，还包括：直接在压电薄膜下的任何元件的表面部分进行粗糙化处理的步骤，

其特征在于：在形成压电薄膜的步骤中，也在表面的粗糙化部分上形成压电薄膜，从而形成声阻尼区域。

13. 如权利要求 10 所述的生产薄膜体声波谐振器的方法，还包括步骤：调整用于形成直接在压电薄膜下的任何元件的材料和/或条件，使得在谐振器部分中的压电薄膜的晶格常数和声阻尼区域中的压电薄膜的晶格常数之间的差异大于在在谐振器部分中的压电薄膜的晶格常数和不是在声阻尼区域的任何区域中的压电薄膜的晶格常数之间的差异，和，

其特征在于：在形成压电薄膜的步骤中，也在对应于声阻尼区域的元件表面部分上形成压电薄膜，从而形成声阻尼区域。

14. 如权利要求 10 所述的生产薄膜体声波谐振器的方法，其特征在于：在形成压电薄膜的步骤中，激光光束辐射要形成声阻尼区域的区域，从而形成声阻尼区域。

15. 如权利要求 10 所述的生产薄膜体声波谐振器的方法，其特征在于：在形成压电薄膜的步骤中，原子从外部热扩散到其中要形成声阻尼区域的区域

中，从而形成声阻尼区域。

16. 如权利要求 10 所述的生产薄膜体声波谐振器的方法，其特征在于：在形成压电薄膜的步骤中，离子另外掺入到其中要形成声阻尼区域的区域中，从而形成声阻尼区域。

17. 一种包括多个互连薄膜体声波谐振器(1 至 7)的薄膜体声波谐振器滤波器，各个薄膜体声波谐振器包括：

压电薄膜；和，

一对将压电薄膜插入在其中的上电极和下电极；

其特征在于：

所述在多个薄膜体声波谐振器中至少一个薄膜体声波谐振器中的压电薄膜包括从由上电极、下电极和压电薄膜所构成的谐振器部分的至少部分外围区域向外延伸的外围区域，

所述外围区域，在其至少部分区域中，包括用于阻尼声波的声阻尼区域(50c, 50d)，和，

所述声阻尼区域至少设置在多个具有不同谐振频率的薄膜体声波谐振器中的两者之间。

18. 如权利要求 17 所述的薄膜体声波谐振器滤波器，其特征在于：所述在各个薄膜体声波谐振器中的压电薄膜是共有压电薄膜(160)的连续部分或者不连续部分，和，

所述任何不是对应于谐振器部分区域的共有压电薄膜构成所述声阻尼区域。

19. 一种包括薄膜体声波谐振器滤波器(201, 202)的复合电子元件(200)，其中薄膜体声波谐振器滤波器还包括多个互连的薄膜体声波谐振器，各个薄膜体声波谐振器包括：

压电薄膜；和，

一对将压电薄膜插入在其中的上电极和下电极；

其特征在于：

所述在多个薄膜体声波谐振器中至少一个薄膜体声波谐振器中的压电薄膜包括从由上电极、下电极和压电薄膜所构成的谐振器部分的至少部分外围区域向外延伸的外围区域，

所述外围区域，在其至少部分区域中，包括用于阻尼声波的声阻尼区域

(50c, 50d), 和,

所述声阻尼区域至少设置在多个具有不同谐振频率的薄膜体声波谐振器中的两者之间。

20. 一种包括薄膜体声波谐振器滤波器的通讯设备, 其中薄膜体声波谐振器滤波器还包括多个互连的薄膜体声波谐振器, 各个薄膜体声波谐振器包括:

压电薄膜; 和,

一对将压电薄膜插入在其中的上电极和下电极;

其特征在于:

所述在多个薄膜体声波谐振器中至少一个薄膜体声波谐振器中的压电薄膜包括从由上电极、下电极和压电薄膜所构成的谐振器部分的至少部分外围区域向外延伸的外围区域,

所述外围区域, 在其至少部分区域中, 包括用于阻尼声波的声阻尼区域(50c, 50d), 和,

所述声阻尼区域至少设置在多个具有不同谐振频率的薄膜体声波谐振器中的两者之间。

薄膜体声波谐振器以及制造该谐振器滤波器，
复合电子器件和通信器件的方法

发明背景

发明领域：

本发明涉及一种薄膜体声波谐振器，尤其涉及一种能够有效的抑制寄生分量并具有优良的频率特性的改良的薄膜体声波谐振器。本发明也涉及一种通过包括薄膜体声波谐振器而具有优良滤波特性的改良滤波器。本发明也涉及一种制造此类体声波谐振器的方法。本发明也涉及一种包括这类滤波器的复合电子器件。本发明也涉及一种包括这类滤波器和复合电子器件的通信器件。

背景技术的描述：

集成在诸如移动设备中的元器件必须具有体积小和重量轻的特点。例如，在移动设备中所使用的滤波器就必须体积小，还具有微调频率的特性。

众所周知，一类可以满足这些要求的滤波器是采用薄膜体声波谐振器(薄膜体声波谐振器：FBAR)的滤波器。

图 18 是显示常规薄膜体声波谐振器的剖面示意图。在图 18 中，薄膜体声波谐振器 90 设置在衬底 91 上。薄膜体声波谐振器 90 包括一层压电薄膜 92 以及一层上电极层 93 和一层下电极层 94，其中压电薄膜 92 安置在上电极层 93 和下电极层 94 之间。腔体 95 通过衬底 91 来形成，使之可以暴露薄膜体声波谐振器 90 的底面，以便于允许薄膜体声波谐振器 90 的自由振荡。

当电场施加在上电极层 93 和下电极层 94 之间时，由于压电薄膜 92 的压电效应，电能就能转换成机械能。例如，在采用一片具有沿着厚度方向延伸的压电轴的氮化铝(ALN)用作压电薄膜 92 时，机械能就会主要转换成沿着厚度方向上的伸展和收缩的振荡。换句话说，由于该机械能，压电薄膜 92 就会随着电场在相同方向上伸展和收缩。

薄膜体声波谐振器 90 的等效电路是一个包括一个串联谐振器电路和一个并联谐振器电路的电路。因此，薄膜体声波谐振器 90 具有一个谐振频率以及一个反谐振频率。对于具有一定厚度的薄膜体声波谐振器 90 来说，薄膜体声波谐振器 90 以谐振频率 $f_r(=v/e)$ 谐振，这对应于满足 $t=e/2$ 的波长 e 。其中，

v 是在构成薄膜体声波谐振器 90 材料中的声速。类似于谐振频率，反谐振频率 f_a 与薄膜体声波谐振器 90 的厚度 t 成反比，并且与薄膜体声波谐振器 90 材料中的声速成正比。在将谐振频率和/或反谐振频率设置在从几百 MHz 至几 GHz 的频率带宽的情况下，任何支持该谐振频率和/或反谐振频率的薄膜体声波谐振器 90 都可以容易形成工业级的薄膜厚度。因此，在上述频率带宽中，薄膜体声波谐振器 90 是一种具有高 Q 值、小体积的有效谐振器。

理想的是，薄膜体声波谐振器 90 只经历在压电薄膜 92 的厚度方向 P 上的振荡。然而，事实上，在薄膜体声波谐振器 90 中也会发生沿着横向方向 Q 上的振荡，于是就会导致多种横向传播的模式。这些横向传播的模式都是所不需要产生的模式。横向传播模式是以平行于电极表面的方向传播的，会在压电薄膜 92 的侧壁上或者在上电极层 93 和下电极层 94 的端部上产生多种反射，进而形成寄生分量。在器件包括多个相邻的薄膜体声波谐振器的情况下，在相邻薄膜体声波谐振器之间的界面上会产生所不需要的振荡模式，于是所不需要的振荡模式同样会产生寄生分量。属于这类横向传播模式的寄生分量都会使得薄膜体声波谐振器的频率特性下降。

为了能够解决上述问题，已经提出多种方法(如，日本专利号 2000-31552 的专利和日本专利号 2000-332568 的专利)。

图 19A 和图 19B 是显示日本专利号 2000-332568 专利所披露的常规薄膜体声波谐振器的结构示意图。正如图 19A 所示，薄膜体声波谐振器包括声阻尼材料 97a(如图中由虚线所包围的区域)，该声阻尼材料 97a 设置在矩形电极 96a 的周围(如图中实线所包围的区域)，它分别与电子极 96a 和压电层分离。声阻尼材料 97a 可采用印刷或类似的方式形成。声阻尼材料 97a 充分吸收了大量的横向的声能，因而可减轻横向声能并抑制寄生分量。正如图 19B 所示，也可以采用声阻尼材料 97b 来抑制寄生分量(如图中实线所包围的区域)，该声阻尼材料设置在不等边矩形电极 96b 的周围(如图中实线所包围的区域)，它分别与电子极 96b 和压电层分离。图 19C 显示了在没有声阻尼材料 97a 或 97b 的情况下导通频率特性的图形。图 19D 显示了在具有声阻尼材料 97a 或 97b 的情况下导通频率特性的图形。正如图 19C 和 19D 所示，在具有声阻尼材料 97a 或 97b 的情况下，可以抑制寄生分量。

图 19E 是显示日本专利号 2000-332568 专利所披露的常规薄膜体声波谐振器的结构示意图。该薄膜体声波谐振器并不包括以上所讨论的声阻尼材料。它

包括不等边不平行的多边形(即, 没有一边在长度上是相等的, 以及没有一边是平行的)形状的电极。由于使用了具有不等边不平行的多边形形状的电极, 所以薄膜体声波谐振器能够确保起源于侧壁上点 900 的声波可以在对面侧壁上反射, 于是就可防止返回到相同点上。其结果是, 可横向传播模式, 从而可抑制寄生分量。

然而, 在日本专利号 2000-31552 专利所披露的常规薄膜体声波谐振器中, 就需要另外提供声阻尼材料 7, 这就会使得生产过程复杂化。此外, 常规薄膜体声波谐振器也存在着问题, 它既阻尼了不需要振荡的模式也阻尼了部分所需要振荡, 于是就会产生劣化的频率特性。

在日本专利号 2000-332568 专利所披露的常规薄膜体声波谐振器中, 就必需使用具有不等边不平行的多边形形状的电极 96c, 这就意味着就不能自由选择谐振器的形状。这就会有问题地减小设计的自由度。特别是, 当薄膜体声波谐振器需要准备集成时, 就难以获得高程度的集成。由于不需要的振荡模式不能在电极的端部得到完全反射, 会发生泄漏和传播, 从而不利地影响相邻的谐振器。

发明内容

因此, 本发明的一个目的是提供一种改良的薄膜体声波谐振器, 它能够有效地抑制横向传播模式, 而不需要复杂的生产过程或牺牲设计的自由度。本发明的另一目的是提供适用于生产该薄膜体声波谐振器的方法。本发明还有一个目的是提供一种改良的滤波器, 它通过结合这类薄膜体声波谐振器来提供优良的滤波特性。本发明还有一个目的是提供一种包括上述滤波器的复合电子元件。本发明的另一目的是提供一种包括这类滤波器的通讯器件。

本发明具有获得上述目的的以下性能。本发明的第一方面提出了一种薄膜体声波谐振器, 它包括: 一层压电薄膜; 和一对插入压电薄膜中的电极; 其中, 压电薄膜包括一个从由一对电极和压电薄膜所构成谐振器部分的至少部分外围向外延伸的外围区域, 并且该外围区域在至少部分区域中包括用于阻尼声波的声阻尼区域。

根据本发明的第一方面, 在谐振器部分的至少部分区域上提供了声阻尼区域, 从而可以有选择性地阻尼横向传播模式, 并且可以避免对相邻谐振器的不利影响。由于声阻尼区域是与构成谐振器部分的压电薄膜一起构成的, 因此简

化了生产过程。由于对上电极和下电极的形状没有特殊的限制，从而增加了设计的自由度。

较佳的是，在压电薄膜中，声阻尼区域是采用与任何非声阻尼区域相同的材料构成的，并且该声阻尼区域具有比任何非声阻尼区域更低的可结晶性。

于是，可以采用相同的材料来构成声阻尼区域和非声阻尼区域，从而使得这两个区域可以具有基本相同的声阻抗。其结果是，允许横向传播模式到达声阻尼区域，在声阻尼区域阻尼横向传播模式。由于可以采用较低可结晶性的简单方法来制成声阻尼区域，从而简化了生产过程。

例如，在 X 射线衍射摆动曲线的半高值 (FWHM) 处，声阻尼区域可以具有比不是声阻尼区域的压电薄膜区域更大的全宽度。

于是，就有可能方便地确定是否已经形成了声阻尼区域。

例如，直接在声阻尼区域下的任何元件的表面上形成台阶部分。

于是，当沉积压电薄膜时，形成在台阶部分上的压电薄膜的结晶性由于受到台阶部分的影响而下降，从而就形成了声阻尼区域。

例如，直接在声阻尼区域下的任何元件都具有比谐振器部分的一对电极中的下电极更粗糙的表面。

于是，直接在声阻尼区域下的任何元件上所形成的压电薄膜部分具有较低的可结晶性。

例如，在谐振器部分中的压电薄膜的晶格常数和声阻尼区域中的压电薄膜的晶格常数之间的差异大于在在谐振器部分中的压电薄膜的晶格常数和不是在声阻尼区域的任何区域中的压电薄膜的晶格常数之间的差异。

于是，直接在声阻尼区域下的任何元件上所形成的压电薄膜部分具有较低的可结晶性。

例如，声阻尼区域包括在除声阻尼区域以外的任何压电薄膜区域中不存在的同类的或不同类的原子。

于是，压电薄膜的可结晶性降低。但是，能够在相对于谐振器表面的平面上或者在厚度方向上形成具有任意形状的声不连续部分，于是就有可能扩散所不需要的振荡模式。

例如，在不是声阻尼区域的压电薄膜的任何区域中都不存在的同类的或不同类离子会植入到声阻尼区域。

于是，压电薄膜具有较低的可结晶性。然而，在相对于谐振器表面的平面

方向上或者在厚度方向上形成具有任意形状的声不连续部分，从而有可能扩散所不需要的振荡模式。

例如，声阻尼区域包括一个激光辐射痕迹。

于是，具有该激光辐射痕迹的压电薄膜部分具有较低可结晶性。

本发明的第二方面提出了生产薄膜体声波谐振器的方法，该方法包括步骤：在衬底上形成下电极；在下电极上或电极上方形成压电薄膜；以及在压电薄膜上或其上方形成上电极；其中，形成压电薄膜的步骤包括：形成压电薄膜，使之具有从由上电极、压电薄膜和下电极所构成的谐振器部分外围中的至少一部分向外延伸的区域；并且确保向外延伸的压电薄膜区域中至少一部分具有比压电薄膜的谐振器部分低的可结晶性，从而形成可阻尼声波的声阻尼区域。

于是，就可以采用简单的生产过程来形成声阻尼区域。

例如，该方法还包括直接在压电薄膜下的任何元件的部分表面上形成台阶部分的步骤，其中，还在形成压电薄膜的步骤中在台阶部分上形成压电薄膜，从而形成声阻尼区域。

例如，该方法还包括直接在压电薄膜下的任何元件的部分表面粗糙化，其中也在形成压电薄膜的步骤中在表面的粗糙部分上形成压电薄膜，从而形成声阻尼区域。

例如，此方法还包括用于直接在压电薄膜之下形成任何元件的材料和/或条件的调整步骤，以致在谐振器部分中压电薄膜的晶格常数和相应于声阻尼区域的元件的一部分表面的晶格常数之差大于在谐振器部分中压电薄膜的晶格常数和相应于除了声阻尼区域的任何区域的元件的一部分表面的晶格常数之间的差，和其中在形成压电薄膜的步骤中压电薄膜也形成在相应于声阻尼区域的元件的一部分表面上，从而声阻尼区域形成。

例如，在形成压电薄膜的步骤中，激光光束辐射至形成声阻尼区域的区域上，从而声阻尼区域形成。

例如，在形成压电薄膜的步骤中，原子从外部热扩散到其中形成声阻尼区域的区域中，从而声阻尼区域形成。

例如，在形成压电薄膜的步骤中，离子另外注入到其中要形成声阻尼区域的区域中，从而形成声阻尼区域。

于是，在沉积压电薄膜期间或之后，压电薄膜具有较低的可结晶性，从而形成声阻尼区域。

本发明的第三方面提出了一种薄膜体声波谐振器滤波器，它包括多个相互连接着的薄膜体声波谐振器，各种薄膜体声波谐振器包括：一层压电薄膜，以及将压电薄膜插入其中的上电极和下电极；其中，多个压电薄膜体声波谐振器中至少一个谐振器的压电薄膜包括一个从由上电极、下电极和压电薄膜所构成谐振器部分的至少部分外围向外延伸的外围区域，并且该外围区域在至少部分区域中包括用于阻尼声波的声阻尼区域(50c, 50d)，以及至少在多个具有不同谐振频率的薄膜性声体波谐振器之间提供声阻尼区域。

于是，就可以抑止在具有不同谐振频率的薄膜性声体波谐振器之间的横向传播模式的影响。

较佳的是，在各个薄膜体声波谐振器中的压电薄膜是通用压电薄膜的连续部分和不连续部分，并且除了对应于谐振器部分区域的任何通用压电薄膜的区域构成声阻尼区域。

于是，就能够抑止在所有薄膜体声波谐振器之间的横向传播模式的影响。

本发明的第四方面提出了由包括多个互连的薄膜体声波谐振器的薄膜体声波谐振器滤波器所构成的复合电子元器件，各个薄膜体声波谐振器包括：一层压电薄膜；以及将压电薄膜插入其中的上电极和下电极，其中，多个压电薄膜体声波谐振器中至少一个谐振器的压电薄膜包括一个从由上电极、下电极和压电薄膜所构成谐振器部分的至少部分外围向外延伸的外围区域，并且该外围区域在至少部分区域中包括用于阻尼声波的声阻尼区域，以及至少在多个具有不同谐振频率的薄膜性声体波谐振器之间提供声阻尼区域。

本发明的第五方面提出了由包括多个互连的薄膜体声波谐振器的薄膜体声波谐振器滤波器所构成的通讯器件，各个薄膜体声波谐振器包括：一层压电薄膜；以及将压电薄膜插入其中的上电极和下电极，其中，多个压电薄膜体声波谐振器中至少一个谐振器的压电薄膜包括一个从由上电极、下电极和压电薄膜所构成谐振器部分的至少部分外围向外延伸的外围区域，并且该外围区域在至少部分区域中包括用于阻尼声波的声阻尼区域，以及至少在多个具有不同谐振频率的薄膜性声体波谐振器之间提供声阻尼区域。

于是，根据本发明，在谐振器部分的至少部分外围中提供了声阻尼区域，从而可以有选择性地阻尼横向传播模式，并且可以避免对任何相邻谐振器的不利影响。由于声阻尼区域是与构成谐振器部分的压电薄膜一起形成的，所以就简化了生产过程。由于对上电极和下电极的形状并没有特殊的限制，所以就提

供了增加的设计自由度。

从以下结合附图的本发明详细讨论中，本发明的上述和其它目的、性能、方面和优点都将变得更加显而易见。

附图的简要描述

图 1 是显示根据本发明第一实施例的薄膜体声波谐振器 100 的剖面示意图；

图 2 是显示相对于压电薄膜插入在上电极 101 和下电极 102 之间的谐振器部分的 XRD(X 射线衍射)摆动曲线(由实线所显示)，以及声阻尼部分 105 的 XRD 摆动曲线(由虚线所显示)的图形；

图 3A 是显示根据本发明第二实施例的薄膜体声波谐振器的剖面示意图；

图 3B 是显示根据本发明第二实施例的薄膜体声波谐振器的上平面示意图；

图 4A, 4B, 4C, 4D, 4E, 4F 和 4G 是图示说明适用于生产根据本发明第二实施例的薄膜体声波谐振器的方法的剖面示意图；

图 5 是显示根据本发明第三实施例的薄膜体声波谐振器的剖面示意图；

图 6 是显示根据本发明第四实施例的薄膜体声波谐振器的剖面示意图；

图 7A 是显示根据本发明第五实施例的薄膜体声波谐振器的剖面示意图；

图 7B 是显示根据本发明第五实施例的薄膜体声波谐振器的第一变型的剖面示意图；

图 7C 是显示根据本发明第五实施例的薄膜体声波谐振器的第二变型的剖面示意图；

图 7D 是显示根据本发明第五实施例的薄膜体声波谐振器的第三变型的剖面示意图；

图 8A 是显示根据本发明第六实施例的薄膜体声波谐振器的剖面示意图；

图 8B 是显示根据本发明第六实施例的薄膜体声波谐振器的变型的剖面示意图；

图 9A 是显示根据本发明第七实施例的薄膜体声波谐振器的剖面示意图；

图 9B 是显示根据本发明第七实施例的薄膜体声波谐振器的第一变型的剖面示意图；

图 9C 是显示根据本发明第七实施例的薄膜体声波谐振器的第二变型的剖面示意图；

面示意图；

图 10A, 10B, 10C, 10D, 10E, 10F 和 10G 是图示说明适用于生产根据本发明第七实施例的薄膜体声波谐振器的方法的剖面示意图；

图 11A 是显示根据本发明第八实施例的薄膜体声波谐振器的剖面示意图；

图 11B 是显示根据本发明第八实施例的薄膜体声波谐振器的第一变型的剖面示意图；

图 11C 是显示根据本发明第八实施例的薄膜体声波谐振器的第二变型的剖面示意图；

图 12A 图示说明在支托 15b 上形成薄膜体声波谐振器以及该支托 15b 设置于衬底 15a 上且其具有开孔的情况下的剖面结构示意图；

图 12B 图示说明在衬底 15 上形成绝缘薄膜 15c 且不包括腔体部分，从而由衬底 15 和绝缘薄膜 15c 一起定义腔体 24a 的情况下的剖面结构示意图；

图 12C 图示说明在具有开孔的支托 15b 上设置薄膜体声波谐振器，其中支托 15b 设置在衬底 15a 的整个表面上所形成的绝缘薄膜 15d 上的示意图；

图 13 是显示在第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 的端部设置声阻尼区域 50a 和 50b 情况下的薄膜体声波谐振器的剖面示意图；

图 14A 是显示根据本发明第九实施例的薄膜体声波谐振器的上平面示意图；

图 14B 是沿着图 14A 的 B-B 线的剖面示意图；

图 14C 是根据本发明第九实施例的薄膜体声波谐振器的等效电路图；

图 15 是显示以最有效方法采用声阻尼区域的薄膜体声波谐振器滤波器的上平面示意图；

图 16 是显示在为了获得优良频率特性的薄膜体声波谐振器滤波器而设置最小声阻尼区域的情况下的薄膜体声波谐振器滤波器的上平面示意图；

图 17 是根据本发明第十实施例双工器的等效电路图；

图 18 是显示常规薄膜体声波谐振器的剖面示意图；

图 19A 是显示在日本专利号 2000-31552 中所披露的常规薄膜体声波谐振器的结构示意图；

图 19B 是显示在日本专利号 2000-31552 中所披露的常规薄膜体声波谐振器的结构示意图；

图 19C 是显示在没有设置声阻尼材料 97a 或 97b 的情况下的通带频率特性

的图形；

图 19D 是显示在设置声阻尼材料 97a 或 97b 的情况下的通带频率特性的图形；和，

图 19E 是显示在日本专利号 2000-332568 中所披露的常规薄膜体声波谐振器的结构示意图。

较佳实施例的描述

(第一实施例)

图 1 是显示根据本发明第一实施例的薄膜体声波谐振器 100 的剖面示意图。参考图 1，薄膜体声波谐振器 100 包括：一个上电极 101，一个下电极 102，以及一层压电薄膜 103。压电薄膜 103 包括从由一对电极(即，上电极和下电极 101 和 102)插入区域所构成的谐振器部分向外延伸的外围区域 104。各个外围区域 104 都在各自部分中包括一个声阻尼部分 105，用于阻尼来自谐振器部分的声波。

压电薄膜 103 是由适用的压电材料，例如，氧化锌(ZnO)、锆钛酸铅(PZT)、氮化铝(AlN)，以及其它等等所构成的。

上电极 101 和下电极 102 是由使用材料，例如，钼(Mo)、钨(W)、铝(Al)、钛(Ti)、铜(Cu)、铂(Pt)、金(Au)，以及其它等等所构成的。

声阻尼区域 105 是压电薄膜 103 的一部分，因此是采用与压电薄膜 103 相同的材料构成的。然而，声阻尼区域 105 具有比压电薄膜 103 的任何其它区域都低的可结晶性。

在本说明中，术语“可结晶性”是用于对结晶衬底的分子排列规律性的量度。当所说的第一区域具有比第二区域低的可结晶性时，这就意味着在第一区域中的分子排列规律性比第二区域低。

压电薄膜的可结晶性可以采用晶体取向来评估。较差的取向就意味着较差的可结晶性。同样，压电薄膜的取向可以采用 X 射线衍射摆动曲线或者其它等等的 FWHM(在半高值处的全宽度)来评估。较差的取向会产生相对较大的 FWHM，而较好的取向会产生相对较小的 FWHM。一般来说，当采用溅射方式来形成氮化铝(AlN)或者其它等等的压电薄膜时，可以获得大约 1.0 至 1.5 级的 FWHM。在这种情况下，较佳的是，声阻尼区域 105 可以具有 5 级或大于 5 级的 FWHM。

图 2 是显示相对于压电薄膜插入在上电极 101 和下电极 102 之间的谐振器部分的 XRD(X 射线衍射)摆动曲线(由实线所显示),以及声阻尼部分 105 的 XRD 摆动曲线(由虚线所显示)的图形。正如图 2 所示,声阻尼区域 105 具有 FWHM(H1),它大于不是声阻尼区域 105 的区域的 FWHM(H2)。换句话说,声阻尼区域 105 具有比不是声阻尼区域的区域大的 XRD 摆动曲线的 FWHM,这就意味着声阻尼区域 105 具有比不是声阻尼区域 105 的区域更差的取向。换句话说,声阻尼区域 105 具有比不是声阻尼区域 105 的区域更低的可结晶性。于是,通过测量 XRD 摆动曲线并推导 FWHM 数值,就有可能得到声阻尼区域是否具有低的可结晶性的评估。

可结晶性也可以根据压电薄膜的折射率来评估,即,可以根据需要评估的压电薄膜的折射率和理想制成压电薄膜的折射率之间的差异来评估。如果需要评估的压电薄膜的折射率完全不同于理想制成压电薄膜的折射率,则可以认为需要评估的压电薄膜的可结晶性是相当低的。因此,如果声阻尼区域 105 的折射率不同于不是声阻尼区域 105 的区域的折射率,则可以认为声阻尼区域 105 具有比不是声阻尼区域 105 的区域更低的可结晶性。于是,通过测量折射率,就有可能评估声阻尼区域 105 是否具有低的可结晶性。

可结晶性也可以根据压电薄膜的硬度来评估。如果声阻尼区域 105 的硬度不如不是声阻尼区域 105 的区域硬,则可以认为声阻尼区域 105 具有比不是声阻尼区域 105 的区域更低的可结晶性。

如果采用以下所讨论的生产步骤,声阻尼区域 105 就可以在压电薄膜 103 形成时同时形成,使得对声阻尼区域 105 的形成不再需要复杂的生产过程。

正如以上所讨论的,在第一实施例中,声阻尼区域 105 具有比不是声阻尼区域 105 的压电薄膜 103 的任何区域都低的可结晶性。与具有好的可结晶性的任何区域相比较,声阻尼区域 105 可以较大地阻尼声波。因此,即使处于存在着横向传播模式的情况下,在声阻尼区域中可以阻尼来自对应于插入在上电极 101 和下电极 102 之间的谐振器部分的部分压电薄膜 103 的声波。其结果是,薄膜体声波谐振器 100 可以有选择性地阻尼不需要的横向传播模式(即,沿着横向方向传播的模式),而不会影响沿着厚度 P 的主要振荡(厚度振荡)。其结果是,可以对其它相邻的薄膜体声波谐振器的影响减少至最低限度。

此外,根据第一实施例,上电极 101 和下电极 102 的平面形状不需要不等边不平行的多边形形状。于是,谐振器的形状可以自由选择(例如,圆形或等

边多边形), 从而允许增加设计的自由度。

与采用印刷或其它等等技术来涂覆声阻尼材料的常规技术相比较, 即使在谐振器之间具有极少空隙的情况下, 仍可以高精度的方式来形成声阻尼区域。

值得注意的是, 外围区域 104 必须是从由上电极 101 和下电极 102 所插入的谐振器部分的至少部分外围向外延伸。换句话说, 外围区域 104 并不需要整体形成在谐振器部分的外围部分上。

值得注意的是, 声阻尼区域 105 并不需要整体形成在外围区域 104 上。而是, 形成在至少部分外围区域 104 上的声阻尼区域 105 可以提供横向传播模式的衰减效应。

虽然以上说明了通过规定声阻尼区域 103 具有比任何其它区域都低的可结晶性来获得声波衰减的实例, 但是应该意识到, 只要能够采用其它原理来阻尼声波, 就可以省略有关可结晶性的这类限制。

(第二实施例)

图 3A 是显示根据本发明第二实施例的薄膜体声波谐振器的剖面示意图。图 3B 是显示根据本发明第二实施例的薄膜体声波谐振器的上平面示意图。图 3A 提供了沿着图 3B 的 A-A 线的剖面示意图。

参考图 3A 和 3B, 根据本发明第二实施例的薄膜体声波谐振器包括第一薄膜体声波谐振器 21, 第二薄膜体声波谐振器 31, 声阻尼区域 50, 和衬底 15。在衬底 15 的上表面上, 对应于第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 分别设置了两个腔体 24。对应于第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 分别设置了两个下电极 23, 以覆盖着两个腔体 24。在衬底 15 上, 设置了与第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 所共有的压电薄膜 16, 以便于覆盖着两个下电极 23。在共有的压电薄膜 16 上, 设置了两个上电极 22, 使之分别对应于第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31。于是, 构成了第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31, 使之分别重叠在两个腔体 24 上。

共有压电薄膜 16 是由适用的压电材料, 例如, 氧化锌 (ZnO)、锆钛酸铅 (PZT)、氮化铝 (AlN), 以及其它等等所构成的。

上电极 22 和下电极 23 由诸如钼, 钨, 铝, 钛, 铜, 铂, 金之类组成。

衬底可以由诸如硅 (Si) 和玻璃之类的材料构成的。虽然没有具体显示, 但是在使用诸如硅 (Si) 之类的半导体材料作为衬底 15 的情况下, 较佳的是, 在下电极 23 和衬底 15 之间提供绝缘薄膜 (在任何其它实施例中也是同样的), 以

便于下电极 23 与衬底 15 之间的绝缘。对于绝缘薄膜的材料而言,例如,可以使用二氧化硅(SiO_2)或氮化硅(Si_3N_4)。另外,氮化铝(AlN)或其它之类的压电薄膜也可以作为绝缘薄膜来使用。在这种情况下,在构成第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 的各自至少部分外围区域和向外延伸的压电薄膜部分 16a 下面的绝缘薄膜的部分表面上设置台阶部分。

在衬底 15 的表面上形成两个腔体 24,其各自位置定位在第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 的下面。值得注意的是,第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 各自都没有整体覆盖着所对应的腔体 24。而是,各个腔体 24 都具有暴露部分 24a。以下将描述腔体 24 的这些部分 24a 的功能。

声阻尼区域 50 是共有压电薄膜 16 的一部分。具体的说,可以认为声阻尼区域 50 至少是压电薄膜 16a 的一部分,这是存在与相邻的第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 之间的区域。也可以认为,压电薄膜部分 16a 是构成第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 各自至少部分外围区域和向外延伸的区域。压电薄膜部分 16a 对应于根据第一实施例的“外围区域”。压电薄膜部分 16a 的声阻尼区域 50 采用与第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 分别所包括的压电薄膜部分 16b 和 16c 相同的材料制成的。声阻尼区域 50 具有比第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 分别所包括的压电薄膜部分 16c 和 16d 更低的可结晶性。正如以下所讨论的,压电薄膜部分 16a 的可结晶性可以通过在衬底 15 的表面上提供台阶部分 17 来降低。

于是,根据第二实施例,压电薄膜部分 16a 采用与第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 分别所包括的压电薄膜部分 16b 和 16c 相同的材料制成的,使得压电薄膜部分 16a 的声阻抗与压电薄膜部分 16b 和 16c 的声阻抗基本相等。然而,压电薄膜 16a 具有比第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 分别所包括的压电薄膜部分 16c 和 16d 更低的可结晶性。相对于具有较好可结晶性的任何其它区域,在具有较低可结晶性的区域中,声波会被大大阻尼。于是,压电薄膜部分 16a 就具有声阻尼区域 50 的功能。即使存在着横向传播模式,从压电薄膜部分 16b 和 16c 传播到压电薄膜 16a 的声波会在声阻尼区域 50 中阻尼。其结果是,可以在不影响沿着厚度方向 P 的主要振荡(厚度振荡)的条件下,有选择性地阻尼沿着横向方向 Q 传播的横向传播模式,这是不需要的振荡模式。于是,就可以对相邻薄膜体声波谐振器的各自影响减少至最低限度。

此外,上电极 22 和下电极 23 的平面形状并不需要是不等边不平行的多边

形。于是，就可以自由选择各个谐振器的形状(例如，圆形或等边多边形)，从而允许增加设计的自由度。与采用印刷或其它等等技术来涂覆声阻尼材料的常规技术相比较，即使在谐振器之间没有空隙的情况下，仍可以高精度的方式来形成声阻尼区域。

虽然第二实施例说明了包含两个相邻薄膜体声波谐振器的实例，但是通过确保各个薄膜体声波谐振器都包括一个声阻尼区域，即使由三个或多个薄膜体声波谐振器来构成一个谐振器，仍可以获得相似的效果。此外，通过确保各个薄膜体声波谐振器都包括一个声阻尼区域，即使一个器件(例如，滤波器)集成了两个或多个薄膜体声波谐振器，仍可以获得相似的效果。较佳的是，在两个相邻的薄膜体声波谐振器之间构成一个声阻尼区域。

虽然第二实施例说明了形成矩形台阶部分 17 的实例，但是台阶部分的形状并不限制与此。台阶部分可以是锥形的(通过在衬底上形成倾斜部分所获得的)(未显示)，或者具有逐渐波浪的形状(未显示)，以获得相同的效果。台阶部分并不需要包含一系列台阶，但是可以包含在高台阶和低台阶之间区分的一个单一台阶。例如，在设置第一薄膜体声波谐振器 21 的衬底 15 的区域台阶和设置第二薄膜体声波谐振器 31 的衬底 15 的区域台阶之间设置差异，并且这一台阶差异可以用作为在第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 之间的台阶部分，以定义声阻尼区域。

在将两个薄膜体声波谐振器设置成相互相邻的情况下，如果谐振器具有各自不同的频率特性，或者如果将谐振器设置成通过其传播的横向传播声波模式都具有相同的相位，则可以获得更加突出的效果。该原因是，当两个声波具有相同频率并且相反的相位(180°分开)可以指望相互抵消时，任何两个声波都不能满足相互加强的关系，于是就得出在谐振器之间需要声阻尼区域的更多的理由，以防止或抑止这类问题。

(适用于生产第二实施例的薄膜体声波谐振器的方法)

图 4A, 4B, 4C, 4D, 4E, 4F 和 4G 是图示说明适用于生产根据本发明第二实施例的薄膜体声波谐振器的方法的剖面示意图。下文参考图 4A 至 4G, 讨论适用于生产根据本发明第二实施例的薄膜体声波谐振器的方法。

首先，正如图 4A 所示，制备衬底 15。

接着，正如图 4B 所示，在衬底 15 的表面上形成两个腔体 24 和一个台阶部分 17。值得注意的是，两个腔体 24 相互分开地放置在衬底 15 的表面上。台

阶部分 17 定位在要形成声阻尼区域 50 的区域之下的衬底 15 的表面部分上。

接着，正如图 4C 所示，将先驱层 25 嵌入在两个腔体 24 的各个腔体中，该先驱层将在以后去除。先驱层 25 可以采用诸如磷硅酸盐玻璃 (PSG) 之类易溶解的材料制成。

接着，正如图 4D 所示，在衬底 15 上形成两个下电极 23，使之覆盖着各个腔体 24。

接着，正如图 4E 所示，采用溅射或 CVD 等等方法，在衬底 15 上沉积一层共有的压电薄膜 16，使之能覆盖着下电极 23。在沉积压电薄膜 16 时，在台阶部分 17 上所形成的压电薄膜部分 16a 会受台阶部分 17 的影响，从而部分失去它的晶格规律性。另一方面，形成由第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 所分别包括的压电薄膜部分 16b 和 16c，从而在两个下电极 23 中保留晶格的规律性。其结果是，压电薄膜部分 16a 具有比第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 所分别包括的其它压电薄膜部分 16b 和 16c 低的可结晶性。于是，就形成了声阻尼区域 50。

接着，正如图 4F 所示，在共有压电薄膜 16 上，形成用于第一薄膜体声波谐振器 21 的上电极 22 和用于第二薄膜体声波谐振器 31 的上电极 22，且使之相互分开。

最后，正如图 4G 所示，通过四个暴露部分 24a (见图 3B)，来去除在各个腔体 24 中的先驱层 25，以便于留下空的空间。可以使用氢氟酸之类的水溶液溶解的方法或者使用任何其它方法来去除先驱层 25。

于是，根据本生产方法，就可以采用在衬底 15 上形成台阶部分 17 的简单方法来形成声阻尼区域 50。换句话说，可以在不需要采用任何其它声阻尼材料的条件下形成声阻尼区域 50，从而方便于装备声阻尼区域 50 的薄膜体声波谐振器的生产过程。否则的话，即使没有在衬底 15 上形成台阶部分 17，也可以采用类似于常规薄膜体声波谐振器的生产过程来生产根据第二实施例的薄膜体声波谐振器。

(第三实施例)

图 5 是显示根据本发明第三实施例的薄膜体声波谐振器的剖面示意图。在图 5 中，类似于或对应于图 3A 和 3B 所示的薄膜体声波谐振器中的相似部分的任何部分都采用图 3A 和 3B 中所使用的相同标号来标注，并且省略其描述。

正如图 5 所示，在第三实施例中，所形成的腔体 24b 贯穿衬底 15a。于是，

即使在腔体不仅形成在衬底的表面而且贯穿衬底的情况下，也能够获得类似于以上所讨论的效果。

根据图 4A 至 4G 所示的生产方法，需要首先在衬底 15 表面上所形成的各个腔体 24 中嵌入先驱层 25，依次在衬底 15 上形成下电极 23、压电薄膜 16、上电极 22，并随后去除在各个腔体 24 中所形成的先驱层 25，以形成空的空间。然而，按照第三实施例的薄膜体声波谐振器，在完成了第一薄膜体声波谐振器 21 和第二薄膜体声波谐振器 31 之后，可以采用允许贯穿衬底 15 的简单方法来方便地形成腔体 24b。

(第四实施例)

图 6 是显示根据本发明第四实施例的薄膜体声波谐振器的剖面示意图。在图 6 中，类似于或对应于图 3A 和 3B 所示的薄膜体声波谐振器中的相似部分的任何部分都采用图 3A 和 3B 中所使用的相同标号来标注，并且省略其描述。

正如图 6 所示，在第四实施例中，在底层电极 23a 的表面上设置台阶部分 17a，底层电极 23a 连接着两个相邻的下电极 23。在第四实施例中，采用溅射或者 CVD 的方法，沉积共有的压电薄膜 16，使之可以覆盖着两个下电极 23 和底层电极 23a。于是，通过要在形成声阻尼区域 50 的区域下的底层电极 23a 部分中提供台阶部分 17a，就能够形成声阻尼区域 50。

虽然图 6 说明了连接相邻下电极 23 的部分是台阶的实例，但是它并不需要将相邻的下电极 23 都相互连接着。在相邻的下电极 23 没有相互连接的情况下，需要台阶部分的区域中的一段电极材料可以采用类似于底层电极 23a 的方法进行图形化，从而可以获得台阶部分。另外，在形成了用于连接着相邻的下电极 23 的底层电极 23a 之后，可以对与底层电极材料相同的电极材料或者对与底层电极材料不同的电极材料进行图形化，使之成为台阶部分。

在沉积压电薄膜 16 时，在底层电极 23a 的台阶部分 17a 上所形成的压电薄膜 16a 会受到台阶部分 17a 的影响，使之部分失去它的晶格规律性。另一方面，形成压电薄膜部分 16b 和 16c，使之能够保留在下电极 23 中的晶格规律性。其结果是，压电薄膜部分 16a 具有比其它压电薄膜部分 16b 和 16c 更低的可结晶性，从而定义了声阻尼区域 50。沿着横向方向传播通过压电薄膜 16 的声波一旦进入到声阻尼区域 50 就受到阻尼。其结果是，可以有选择性地阻尼横向传播模式，从而使得对各个相邻地薄膜体声波谐振器的影响最小化。

虽然上述第二至第四实施例各自说明了构成台阶部分的主要元件是衬底

15 或者是底层电极 23a, 但是对构成台阶部分的主要元件并没有限制, 只要该台阶部分是形成在定义声阻尼区域 50 与衬底 15 相接触的压电薄膜 16a 的一面上。构成台阶部分的元件并不一定是一个单一的元件, 它可以包括多个元件, 只要可以形成台阶即可。例如, 通过对衬底 15 上的电极进行局部图形化, 就可以获得由衬底 15 和图形化电极所构成的台阶部分。

(第五实施例)

图 7 是显示根据本发明第五实施例的薄膜体声波谐振器的剖面示意图。在图 7 中, 类似于或对应于图 3A 和 3B 所示的薄膜体声波谐振器中的相似部分的任何部分都采用图 3A 和 3B 中所使用的相同标号来标注, 并且省略其描述。

正如图 7A 所示, 底层电极 23b 可形成在压电薄膜部分 16a 的下面, 该压电薄膜部分构成了第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 各自的至少部分外围且向外延伸的区域。底层电极 23b 连接着两个下电极 23, 底层电极 23b 插入在两个下电极之间。构成底层电极 23b 的材料所具有的晶格常数与第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 所包括的两个下电极 23 材料所具有的晶格常数有很大的不同。更具体的说, 底层电极 23b 的材料和/或形成底层电极 23b 的条件都规定了在由第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 所包括的压电薄膜部分 16b 和 16c 的晶格常数与底层电极 23b 的晶格常数之间(即, 与声阻尼区域中的压电薄膜部分 16a 相接触的表面的晶格常数)的差异大于在压电薄膜部分 16b 和 16c 的晶格常数与下电极 23 的晶格常数之间(即, 与不是声阻尼区域的区域中的压电薄膜部分 16a 相接触的表面的晶格常数)的差异。此外, 在底层电极 23b 上也形成压电薄膜, 这晶格是不匹配的。其结果是, 通过压电薄膜部分 16a 和底层电极 23b 可以获得晶格匹配, 而在压电薄膜部分 16a 和底层电极 23b 之间存在着晶格不匹配。进而, 压电薄膜部分 16a 就具有比压电薄膜部分 16b 和 16c 更低的可结晶性。

于是, 压电薄膜部分 16a 构成了声阻尼区域 50。进而, 沿着横向方向通过压电薄膜 16 传播的声波一旦进入到声阻尼区域 50 就会受到阻尼。其结果是, 可以有选择性地阻尼横向传播模式, 从而使得对各个相邻薄膜体声波谐振器的影响减少至最低限度。

以上第五实施例说明了选择底层电极的材料使之具有不同的晶格常数的实例。另外, 在采用 AlN(这是一种六角形材料)作为压电薄膜的情况下, 在底层电极中的取向差异可以用于形成声阻尼区域。例如, 在与压电薄膜相接触的

表面上, 可以采用铂(Pt)的(111)面和(001)面来引入不同的晶格常数。在这种情况下, 在Pt(111)面上就能够生长出具有好的匹配的AlN薄膜, 而在Pt(001)面上所生长的AlN薄膜具有较差的可结晶性, 从而就形成了声阻尼区域。于是, 采用这种方法, 通过调整在底层电极中的取向来产生声阻尼区域, 就可以获得以上所讨论的类似效果。换句话说, 就不一定要对下电极23和底层电极23b采用分别不同的材料。

(第五实施例的第一种变型)

图7B是显示根据本发明第五实施例的薄膜体声波谐振器的第一变型的剖面示意图。正如图7B所示, 插入在两个下电极23之间的底层电极23c的各个端部都重叠在下电极23的一端的端部上。这也就确保了下电极23具有完全不同于底层电极23c的晶格常数。采用这种结构, 也能够在沉积压电薄膜16的同时, 在压电薄膜部分16a上形成声阻尼区域。

(第五实施例的第二种变型)

图7C是显示根据本发明变型的第五实施例的薄膜体声波谐振器的第二变型的剖面示意图。正如图7C所示, 一个下电极23没有弯曲地连续形成在第一和第二薄膜面声波谐振器21和31之间。在下电极23上形成底层电极23d, 从而定位在构成第一和第二薄膜体声波谐振器21和31各自的至少部分外围且向外延伸的区域的压电薄膜之下。这也就确保了下电极23具有完全不同于底层电极23d的晶格常数。采用这种结构, 也能够在沉积压电薄膜16的同时, 在压电薄膜部分16a上形成声阻尼区域。

(第五实施例的第三种变型)

图7D是显示根据本发明第五实施例的薄膜体声波谐振器的第三变型的剖面示意图。正如图7D所示, 在衬底15上形成底层电极23e。在底层电极23e上设置在第一薄膜体声波谐振器21的下电极23和第二薄膜体声波谐振器31的下电极23, 并使得两者相互分开。这也就确保了下电极23具有完全不同于底层电极23e的晶格常数。采用这种结构, 也能够在沉积压电薄膜16的同时, 在压电薄膜部分16a上形成声阻尼区域。

(第六实施例)

图8A是显示根据本发明第六实施例的薄膜体声波谐振器的剖面示意图。在图8A中, 类似于或对应于图3A和3B所示的薄膜体声波谐振器中的相似部分的任何部分都采用图3A和3B中所使用的相同标号来标注, 并且省略其描述。

正如图 8A 所示, 薄膜体声波谐振器附加一层介质层 26, 它设置在衬底 15 和压电薄膜 16 之间。例如, 在衬底 15 是半导体硅衬底的情况下, 该介质层 26 可以作为绝缘层使用, 用于衬底 15 和下电极 23 之间的绝缘。例如, 作为绝缘薄膜, 可以采用二氧化硅 (SiO_2) 或者氮化硅 (Si_3N_4)。另外, 氮化铝 (AlN) 或者其它等等的压电薄膜可以作为绝缘薄膜使用。在介质层 26 的表面上设置了台阶部分 17b, 使之定位在构成第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 各自的至少部分外围且向外延伸的区域的压电薄膜之下。

在沉积压电薄膜 16 时, 压电薄膜部分 16a 受到台阶部分 17b 的影响, 使之部分失去它的晶格规律性。另一方面, 由第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 所包括的压电薄膜部分 16b 和 16c 分别形成, 使之保留在下电极 23 中的晶格规律性。其结果是, 压电薄膜部分 16a 具有比其它压电薄膜 16b 和 16c 低得多的可结晶性, 从而定义了声阻尼区域 50。沿着横向方向通过压电薄膜 16 传播的声波一旦进入到声阻尼区域 50 就会受到阻尼。其结果是, 就能够有选择性地阻尼横向传播模式, 从而使得对各个相邻薄膜体声波谐振器的影响减少至最低限度。

(第六实施例的变型)

图 8B 是显示根据本发明第六实施例薄膜体声波谐振器的一种变型的剖面示意图。在图 8B 中, 在衬底 15 上设置了一个声镜子 27, 它具有低声阻抗层 27a 和高声阻抗层 27b 的另一种结构。声镜子 27 具有类似于在第二至第五实施例所讨论的腔体的功能, 它可以包含各个谐振器的谐振振荡, 使之保留在谐振器中。在声镜子 27 上, 设置了第一薄膜体声波谐振器 21 和第二薄膜体声波谐振器 31, 且使两者相互分开。在声镜子 27 最上层的表面上设置台阶部分 17b, 使之定位在构成第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 各自的至少部分外围且向外延伸的区域的压电薄膜之下。

在图 8B 所示的结构中, 在沉积压电薄膜 16 时, 在台阶部分 17b 上面所形成的压电薄膜部分 16a 受到台阶部分 17b 的影响, 使之部分失去它的晶格规律性。另一方面, 压电薄膜部分 16b 和 16c 分别形成, 使之保留在下电极 23 中的晶格规律性。其结果是, 压电薄膜部分 16a 具有比薄膜体声波谐振器 21 和 31 所包括其它压电薄膜 16b 和 16c 低的可结晶性, 从而定义了声阻尼区域 50。

在第六实施例和它的变型中, 在介质层或者声镜子层上设置了两个相邻的薄膜体声波谐振器。另外, 在介质层或者声镜子层上可以设置一个薄膜体声波

谐振器，从而可以获得类似于以上所讨论的效果。此外，通过确保各个薄膜体声波谐振器都包括声阻尼区域，对于在介质层或者声镜子层上集成两个或多个薄膜体声波谐振器的器件(例如，滤波器)来说，也能够获得类似的效果。

虽然第六实施例以及它的变型各自说明了形成矩形形状的台阶部分 17b 的实例，但是台阶部分的形状并不限制与此。台阶部分可以是锥形(通过在衬底上形成倾斜部分所获得的)(未显示)，或者可以是具有逐渐波浪形状的(未显示)，以便于获得类似的效果。台阶部分并不需要包含一系列台阶，但是可以包含在高台阶和低台阶之间所区分的一个单一台阶。例如，在设置第一薄膜体声波谐振器 21 的衬底 15 的区域台阶和设置第二薄膜体声波谐振器 31 的衬底 15 的区域台阶之间设置差异，并且这一台阶差异可以用作为在第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 之间的台阶部分，以定义声阻尼区域。

在将两个薄膜体声波谐振器设置成相互相邻的情况下，如果谐振器具有各自不同的频率特性，或者如果将谐振器设置成通过其传播的横向传播声波模式都具有相同的相位，则可以获得更加突出的效果。该原因是，当两个声波具有相同频率并且相反的相位(180°分开)可以指望相互抵消时，任何两个声波都不能满足相互加强的关系，于是就得出在谐振器之间需要声阻尼区域的更多的理由，以防止或抑止这类问题。

虽然在图 8A 和图 8B 所图示说明的实例是沿着横向方向连续形成介质层或声镜子层，并且在第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 之间形成台阶部分，但是介质层或声镜子层并不需要沿着横向方向连续。例如，在介质层或声镜子层不是沿着横向方向连续的情况下，可以将要在形成台阶部分的区域中的一段介质材料图形化成台阶部分。另外，在介质层或声镜子层是沿着横向方向连续的情况下，可以在形成了介质层或声镜子层之后，使用相同的介质材料或类似的材料进行进一步图形化，以获得台阶部分。

(第七实施例)

图 9A 是显示根据本发明第七实施例的薄膜体声波谐振器的剖面示意图。在图 9A 中，类似于或对应于图 3A 和 3B 所示的薄膜体声波谐振器中的相似部分的任何部分都采用图 3A 和 3B 中所使用的相同标号来标注，并且省略其描述。

正如图 9A 所示，对衬底 15 表面上的部分 28 进行粗糙化，该部分 28 定位在构成第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 各自的至少部分外围且向外延伸的区域的压电薄膜 16a 之下，使之具有不规则的凸块和凹坑。其结果是，任何

与压电薄膜 16a 相接触的元件将会具有比与第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 相接触元件的表面更为粗糙的表面。例如，可以采用干式刻蚀法来进行粗糙处理。另外，也可以采用诸如喷沙之类的机械处理方法来进行粗糙处理。

在沉积压电薄膜 16 时，在经过粗糙化处理的部分 28 上所形成的压电薄膜部分 16a 受到粗糙部分 28 的凸块和凹坑的影响，使得压电薄膜部分 16a 的晶格规律性大大下降。另一方面，由第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 所包括的压电薄膜部分 16b 和 16c 分别形成，使之保留在下电极 23 中的晶格规律性。其结果是，压电薄膜部分 16a 具有比其它压电薄膜 16b 和 16c 低的可结晶性，从而定义了声阻尼区域 50。沿着横向方向通过压电薄膜 16 传播的声波一旦进入到声阻尼区域 50 就会受到阻尼。其结果是，就能够有选择性地阻尼横向传播模式，从而使得对各个相邻薄膜体声波谐振器的影响减少至最低限度。

(第七实施例的第一种变型)

图 9B 是显示根据本发明第七实施例薄膜体声波谐振器的第一变型的剖面示意图。正如图 9B 所示，以连续电极层的方式形成下电极 23，而在第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 之间没有间隙。对该电极层表面上的且在要形成的声阻尼区域 50 的区域之下的部分 28 进行粗糙化处理。在该结构中，在沉积压电薄膜 16 时，压电薄膜部分 16a 具有比第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 所包括的其它压电薄膜 16b 和 16c 低的可结晶性，从而定义了声阻尼区域 50。

(第七实施例的第二种变型)

图 9C 是显示根据本发明第七实施例薄膜体声波谐振器的第二变型的剖面示意图。正如图 9C 所示，在衬底 15 上设置介质层 26。在介质层 26 上，形成了第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31，且使之相互分开。例如，在衬底 15 是一个硅衬底的情况下，该介质层 26 作为绝缘层所使用，用于衬底 15 与下电极 23 之间的绝缘。对该介质层 26 表面上的且在要形成的声阻尼区域 50 的区域之下的部分 28c 进行粗糙化处理。在该结构中，在沉积压电薄膜 16 时，压电薄膜部分 16a 具有比第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 所包括的其它压电薄膜 16b 和 16c 低的可结晶性，从而定义了声阻尼区域 50。

虽然第七实施例和它的变型各自说明了衬底 15、下电极 23 或者介质层 26 进行粗糙化处理的实例，但是本发明并不限制与此。只要是对定义为声阻尼区域 50 且与压电薄膜部分 16a 相接触的元件表面进行粗糙化处理，则压电薄膜部分 16a 就会在沉积时受到粗糙部分的结构影响，使得沉积压电薄膜部分 16a

的晶格规律性下降。其结果是，压电薄膜部分 16a 具有较低的可结晶性，从而构成了一个声阻尼区域。

(第七实施例的生产方法)

图 10A, 10B, 10C, 10D, 10E, 10F 和 10G 是图示说明适用于生产根据本发明第七实施例薄膜体声波谐振器的方法的剖面示意图。下文中，将参考图 10A 至 10G 来讨论生产根据本发明第七实施例薄膜体声波谐振器的方法。

首先，正如图 10A 所示，制备衬底。

接着，正如图 10B 所示，对在衬底 15 表面上且定位在要形成的声阻尼区域 50 的区域之下的部分 28 进行粗糙化处理，使之形成不规则的凸块和凹坑。另外，在要形成的薄膜体声波谐振器的区域中形成两个腔体 24。

接着，正如图 10C 所示，将以后可以去除的先驱层 25 嵌入在两个腔体 24 的各个腔体中。

接着，正如图 10D 所示，形成两个下电极 23，使之可覆盖着各个腔体 24。

接着，正如图 10E 所示，在衬底 15 上沉积共有压电薄膜 16，使之覆盖下电极 23。在沉积压电薄膜 16 时，在经过粗糙化处理部分 28 上面所形成的压电薄膜部分 16a 会受到在粗糙部分 28 中的不工作凸块和凹坑的影响，使之部分失去它的晶格规律性。压电薄膜部分 16b 和 16c 分别形成，使之保留在下电极 23 中的晶格规律性。其结果是，压电薄膜部分 16a 具有比第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 所分别包括的压电薄膜部分 16b 和 16c 低的可结晶性。于是，形成了声阻尼区域 50。

接着，正如图 10F 所示，在共有压电薄膜 16 上，形成第一薄膜体声波谐振器 21 的上电极 22 和第二薄膜体声波谐振器 31 的上电极 22，且使之相互分开。

接着，正如图 10G 所示，去除在各个腔体 24 中的先驱层 25。

根据本生产方法，就可以采用对衬底 15 表面进行粗糙化处理的简单生产过程来制成声阻尼区域 50。

(第八实施例)

图 11A 是显示根据本发明第八实施例的薄膜体声波谐振器的剖面示意图。在图 11A 中，类似于或对应于图 3A 和 3B 所示的薄膜体声波谐振器中的相似部分的任何部分都采用图 3A 和 3B 中所使用的相同标号来标注，并且省略其描述。

正如图 11A 所示，采用热扩散的方法，将诸如 Ti 或 Zr 之类不同类的原子

29 掺入到压电薄膜部分 16a, 这是一部分要形成声阻尼区域 50 的压电薄膜 16 部分。本文中所使用的术语“不同类原子”指的是与构成压电薄膜的任何一种元素不同的原子。通过在压电薄膜部分 16a 的上下沉积金属层(例如, Ti 或 Cr)且对其施加热来进行不同类原子 29 的热扩散。通过不同类原子 29 的热扩散, 使得压电薄膜部分 16a 部分失去它的晶格规律性。另一方面, 在压电薄膜部分 16b 和 16c 中保留着下电极 23 的可结晶性。其结果是, 压电薄膜部分 16a 具有比第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 所分别包括的压电薄膜部分 16b 和 16c 更低的可结晶性, 并因此定义一个能够对所不需要的振荡模式充分阻尼的声阻尼区域 50。

沿着横向方向通过压电薄膜 16 传播的声波一旦进入到声阻尼区域 50 就会受到阻尼。其结果是, 就能够有选择性地阻尼横向传播模式, 从而使得对各个相邻薄膜体声波谐振器的影响减少至最低限度。

通过将不同类的原子掺入到任意位置上, 就可以形成声不连续的部分, 该部分相对于谐振器表面的平面方向或厚度方向可具有任意形状, 从而有可能扩散所不需要的振荡模式。其结果是, 可选择性地阻尼横向传播模式。

在 AlN 用作压电薄膜的情况下, 可以通过不同类原子如 Al 的热扩散来形成声阻尼区。本文中所说的“同类原子”指的是构成压电薄膜的任何一种元素。因此, 声阻尼区是根据来自外部的原子的热扩散所引起的压电薄膜的原始化学计量比的变化而形成的。

(第八实施例的第一种变型)

图 11B 是显示根据本发明第八实施例薄膜体声波谐振器的第一变型的剖面示意图。正如图 11B 所示, C、N、B、O 或者金属之类的不同类离子 49 压电薄膜部分 16a, 这是在要形成声阻尼区域 50 的部分压电薄膜 16。本文中所说的“不同类离子”指的是与构成压电薄膜的任何一种元素不同的离子。可以采用加速离子化的粒子来进行不同类离子 49 的掺入, 从而可允许离子轰击压电薄膜部分 16a 的表面。由于不同类离子 49 的掺入, 压电薄膜部分 16a 部分失去它的晶格规律性。另一方面, 压电薄膜 16b 和 16c 保留好的可结晶性。其结果是, 压电薄膜部分 16a 具有比第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 所分别包括的压电薄膜部分 16b 和 16c 更低的可结晶性, 并因此定义了声阻尼区域 50。

通过将不同类的原子掺入到任意位置上, 就可以形成声不连续的部分, 该部分相对于谐振器表面的平面方向或厚度方向可具有任意形状, 从而有可能扩

散所不需要的振荡模式。其结果是，可有选择性地阻尼横向传播模式。

在 AlN 用作压电薄膜的情况下，可以通过植入同类离子如 Al 或 N 来形成声阻尼区。本文中，“同类离子”指的是构成压电薄膜的任何一种元素离子，如 Al 或 N。因此，声阻尼区是根据在压电薄膜内植入其它离子所引起的压电薄膜原始化学计量比而形成的。

(第八实施例的第二种变型)

图 11C 是显示根据本发明第八实施例薄膜体声波谐振器的第二变型的剖面示意图。正如图 11C 所示，通过在压电薄膜 16 的表面上进行辐射激光光束，同时采用上电极 22 作为掩模使用，依此形成声阻尼区域 50。另外，激光光束可以有选择性地辐射要形成声阻尼区域地部分，从而形成声阻尼区域。其结果是，压电薄膜部分 16a 部分失去它的晶格规律性。在图 11C 中，X 标记失去晶格规律性的典型位置。另一方面，由第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 所分别包括的压电薄膜部分 16b 和 16c 保留着好的可结晶性，没有受到激光辐射的影响。其结果是，压电薄膜部分 16a 具有比第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 所分别包括的压电薄膜部分 16b 和 16c 更低的可结晶性，并因此定义了声阻尼区域 50。

虽然第二至第八实施例各自说明了在衬底 15 上设置第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 的实例，但是应该意识到，第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 并不一定要设置在衬底上。

第二至第八实施例各自说明了腔体 24 是以衬底 15 表面上的凹槽方式来设置。然而，腔体并不一定要下凹衬底的表面，只要能够获得腔体即可。

图 12A 是图示说明在衬底 15 所设置的支托 15b 上形成薄膜体声波谐振器情况下的剖面结构示意图。其中，该支托 15b 具有一个开孔。在采用半导体(例如，硅)作为衬底 15a 的情况下，该支托 15b 较佳的是绝缘薄膜，或者是至少包括一层绝缘薄膜的多层薄膜。在衬底 15a 是由非导体材料所构成的情况下，该支托 15b 可以由金属来构成。

图 12B 是图示说明在衬底 15 上形成绝缘薄膜 15c 使之包括腔体部分从而由衬底 15 和绝缘薄膜 15c 一起定义腔体 24a 的情况下的剖面结构示意图。正如图 12B 所示，可以利用绝缘薄膜 15c 在衬底上设置薄膜体声波谐振器。

图 12C 是图示说明在具有开孔的支托 15b 上设置薄膜体声波谐振器，且该支托设置在衬底 15 整个表面上所形成的绝缘薄膜 15d 上额情况下的剖面结构

示意图。正如图 12C 所示，通过在衬底 15a 的整个表面上形成绝缘薄膜 15d，就有可能利用金属或者绝缘薄膜作为支托 15b 来使用。虽然图 12A 至 12C 各自说明了单个薄膜体声波谐振器的实例，但是在构成两个和多个薄膜体声波谐振器的情况下也可以应用相同的原理。

第二至第八实施例各自说明了在第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 之间设置声阻尼区域 50 的实例。另外，也可以在第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 的各自两端设置声阻尼区域。图 13 是显示薄膜体声波谐振器的剖面示意图，其中将声阻尼区域 50a 和 50b 设置在第一和第二薄膜体声波谐振器 21 和 31 的端部。正如图 13 所示，声阻尼区域 50、50a 和 50b 可以设置在部分外围半部分 51、51a 和 51b 中间，这些外围部分是从由一对电极和压电薄膜所构成的谐振器部分（薄膜体声波谐振器）的外围向外延伸的部分。

（第九实施例）

图 14A 是显示根据本发明第九实施例的薄膜体声波谐振器的上平面示意图。图 14B 是沿着图 14A 的 B-B 线的剖面示意图。图 14C 是根据本发明第九实施例的薄膜体声波谐振器的等效电路图。

在图 14A 至 14C 中，根据第九实施例的薄膜体声波谐振器滤波器包括薄膜体声波谐振器 1 至 7。各个薄膜体声波谐振器 1 至 7 都包括上电极、下电极，以及插入在上电极和下电极之间的共有压电薄膜 160。图 14 所示的薄膜体声波谐振器 1 至 7 可构成，利用引线部分，采用图 14C 所示的等效电路的方式，将上电极相互连接在一起，将下电极相互连接在一起。连接着薄膜体声波谐振器 1 至 7 的引线部分连接着电极引脚，从而实现如图 14C 所示等效电路的端点或接地连接。为了能够抑止横向传播模式对任何相邻薄膜体声波谐振器的影响，薄膜体声波谐振器 1 至 7 可以构成，将声阻尼区域形成在对着各个相邻薄膜体声波谐振器的外围区域的部分中。

例如，正如图 14B 所示，薄膜体声波谐振器 1、2 和 3 以串联的方式相连接，其方法是：上引线电极 35a 设置在薄膜体声波谐振器 1 的上电极 22 上；底层电极 23a 用于互连薄膜体声波谐振器 1 和 2 的下电极 23；上连接电极 22a 用于互连薄膜体声波谐振器 2 和 3 的上电极 22；以及下引线电极 35b 连接着薄膜体声波谐振器 3 的下电极 23。上引线电极 35a 连接着电极引脚 40a。下引线电极 35b 连接着电极引脚 40b。

在薄膜体声波谐振器 1 和薄膜体声波谐振器 2 之间，设置声阻尼区域 50。

在薄膜体声波谐振器 2 和薄膜体声波谐振器 3 之间，设置声阻尼区域 52。假定采用图 6 所示的方式，通过在底层电极 23a 的表面上设置台阶部分 17，来形成声阻尼区域 50。还假定采用图 3A 所示的方式，通过在衬底 15 上设置台阶部分 17 并降低其表面上的压电薄膜部分 16d 的可结晶性，来形成声阻尼区域 52。应该意识到的是，生产声阻尼区域 50 和 52 的方法并不限制与此。

沿着横向方向 Q 通过压电薄膜 16 的声波一旦进入到声阻尼区域 50 和 52 就会受到阻尼。其结果是，可以在没有影响薄膜体声波谐振器 1、2 和 3 沿着厚度方向 P 的垂直振荡的条件下，有选择性地阻尼横向传播模式。于是，就能够使得对各个相邻薄膜体声波谐振器的影响减少至最低限度，并且可以获得具有优良频率特性的薄膜体声波谐振器滤波器。

下文中，讨论在包括多个薄膜体声波谐振器的滤波器中的声阻尼区域的较佳定位。

图 15 是显示以最有效方法采用声阻尼区域的薄膜体声波谐振器滤波器的上平面示意图。在图 15 中，所显示的上引线位置(连接着上电极的)和下引线部分(连接着下电极的)采用不同的引线图形，以便于更好地说明图 15 所示的薄膜体声波谐振器滤波器具有图 14C 所示的等效电路。在薄膜体声波谐振器滤波器 1 至 7 的上电极和下电极之间共同设置了压电薄膜 160。在图 15 中，声阻尼区域采用截然不同于任何其它部分的引线图形来显示，除了与下引线部分或上引线部分相重叠的任何声阻尼区域是采用下或上引线部分的引线图形来显示的，而不是声阻尼区域所特有的引线图形；然而，应该理解的是，可以将声阻尼区域设置在任意这类重叠部分中。于是，可以认为，压电薄膜的整个区域，除了插入在上电极和下电极之间的各个区域之外，构成了声阻尼区域。于是，通过确保除了插入在薄膜体声波谐振器的上电极和下电极之间的各个区域以外的压电薄膜的整个区域构成声阻尼区域，则横向传播模式就可以阻尼到最小程度，并且也可以使得对各个相邻薄膜体声波谐振器的影响减少至最低限度。其结果是，提供了具有优良频率特性的薄膜体声波谐振器滤波器。

图 16 是显示在为了获得优良频率特性的薄膜体声波谐振器滤波器而设置最小声阻尼区域情况下薄膜体声波谐振器滤波器的上平面示意图。在图 16 中，在薄膜体声波谐振器 1 至 3 和薄膜体声波谐振器 4 和 7 之间形成声阻尼区域 50c，而在薄膜体声波谐振器 1 至 3 和薄膜体声波谐振器 5 和 6 之间设置声阻尼区域 50d。值得注意的是，薄膜体声波谐振器 1 至 3 以串联方式连接在电极

引脚 40a 和 40b 之间，用作为输入/输出端点(下文中称之为“串联谐振器”)，而薄膜体声波谐振器 4 和 7 以并联方式连接在电极引脚 40a 和 40b 之间(下文中称之为“并联谐振器”)。同样，薄膜体声波谐振器 5 和 6 是并联谐振器。串联谐振器和并联谐振器具有完全不同的谐振频率。因此，通过在具有这类不同谐振频率的谐振器之间提供声阻尼区域，就可以抑止横向传播模式的影响，并且可以获得具有好的频率特性的薄膜体声波谐振器滤波器。通过在衬底的相关部分表面上提供台阶部分，或者对衬底的相关部分表面进行粗糙化处理，或者使用以上所讨论的任何其它生产方式，将能够如此形成声阻尼区域 50c 和 50d。

只要形成图 14 所示的等效电路，上引线部分和下引线部分的引线图形并不限制于图 15 和图 16 所说明的引线图形。只要构成滤波器，等效电路并不限制于图 14C 所说明的。虽然，假定压电薄膜 160 是以连续片段的方式形成的，但是，构成声阻尼区域的压电薄膜也可以与构成谐振器的压电薄膜是不连续的。

虽然第九实施例说明了采用图 14A、图 15 和图 16 所示的圆形谐振器结构的实例，但是本发明并不限制与此。在能够获得更加突出的效果的情况下，也可以采用多边形的谐振器结构。

第一至第九实施例中描述的是这样一种情况，即，上、下电极以及压电薄膜相互成直接重叠的关系。但是，应当理解，介电层等可以形成在上电极与压电薄膜之间，而介电层等可以形成在下电极和应当薄膜之间。换言之，压电薄膜只需形成在下电极上或其上方，而上电极只需形成在压电薄膜上或其上方。

(第十实施例)

图 17 是根据本发明第十实施例双工器的等效电路图。在图 17 中，双工器 200 包括一个 Tx 滤波器(发送滤波器)201，一个 Rx 滤波器(接收滤波器)202，和一个相移电路 203。例如，相移电路 203 可以包括两个传输线 204 和 205。Tx 滤波器 201 和 Rx 滤波器 202 各自可以包括，例如，图 14A 至 14C、图 15 和图 16 中任一所示的薄膜体声波谐振器滤波器。由于各个薄膜体声波谐振器滤波器都包括一个薄膜体声波谐振器，正如第九实施例的相关讨论，该薄膜体声波谐振器可有选择性地阻尼横向传播模式而具有优良的频率特性，从而可以提供改良的双工器特性。

值得注意的是，Tx 滤波器 201 和 Rx 滤波器 202 中可以只有一个滤波器包括一个具有可有选择性地阻尼横向传播模式而具有优良频率特性的薄膜体声

波谐振器。

虽然第十实施例以包括薄膜体声波谐振器滤波器的复成电子元件的实例来说明双工器，但是本发明并不限制与此。本发明也可以应用于任何其它不是双工器的复合电子元件，只要该复合电子元件包括合并了多个互连着的根据本发明的薄膜体声波谐振器的薄膜体声波谐振器滤波器。

通过在通讯设备中插入一个合并了多个互连着的根据本发明的薄膜体声波谐振器的薄膜体声波谐振器滤波器，就能够改良通讯设备的性能。

由于根据本发明的薄膜体声波谐振器能够抑止横向传播模式而具有优良的频率特性，所以薄膜体声波谐振器可以应用于移动设备、通讯设备或者其它设备中。

在详细讨论本发明的同时，上述讨论从各个方面进行了说明，并没有任何限制。应该理解是的，可以在不背离本发明范围的条件下引伸出多种其它改进和变更。

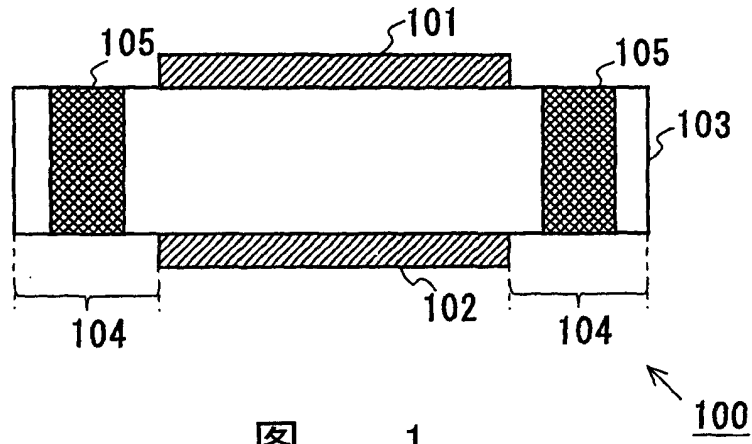


图 1

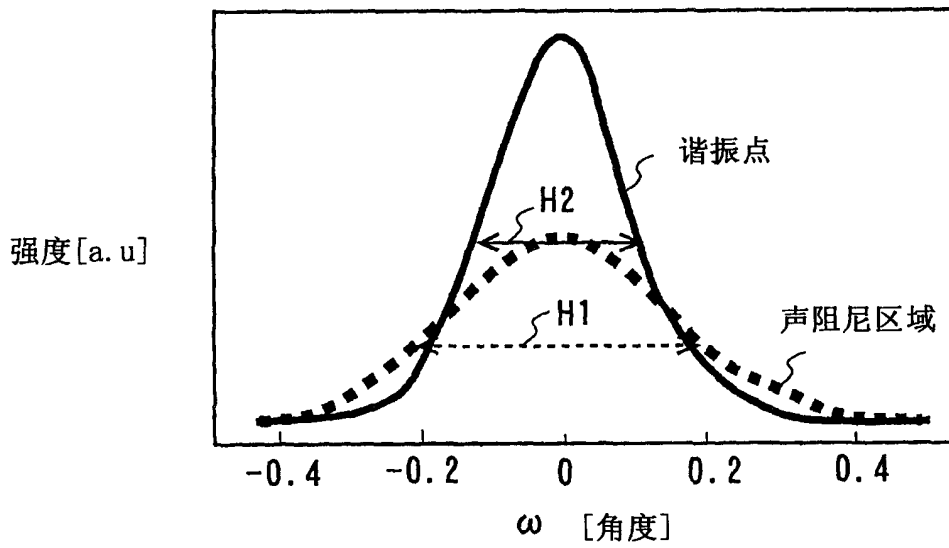


图 2

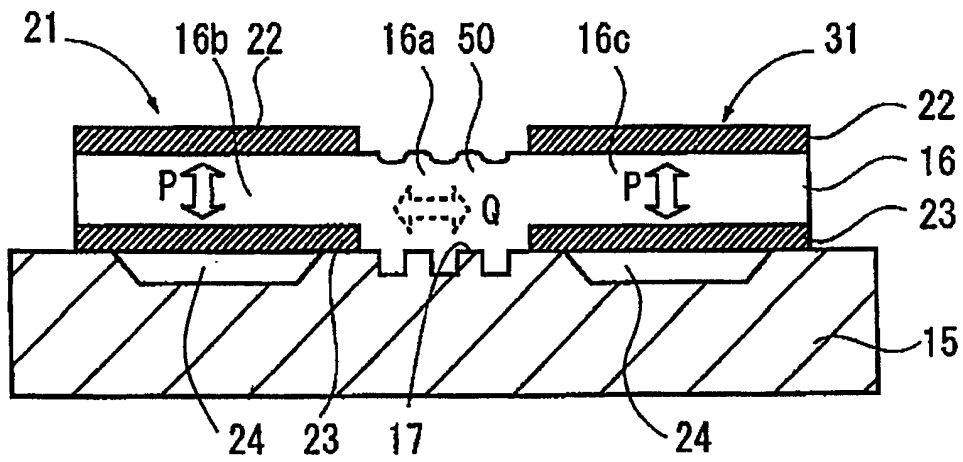


图 3A

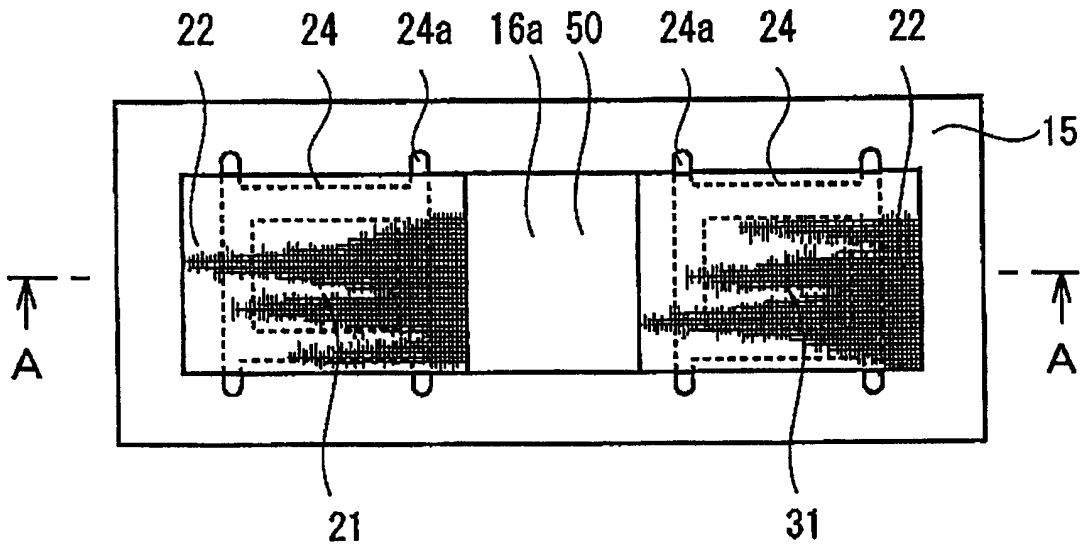


图 3B



图 4A

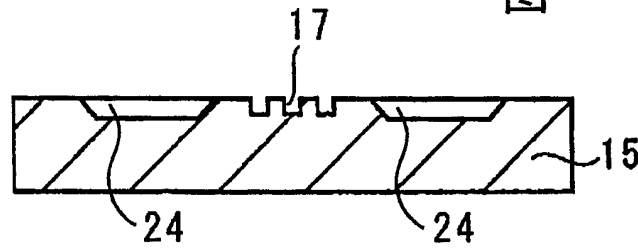


图 4B

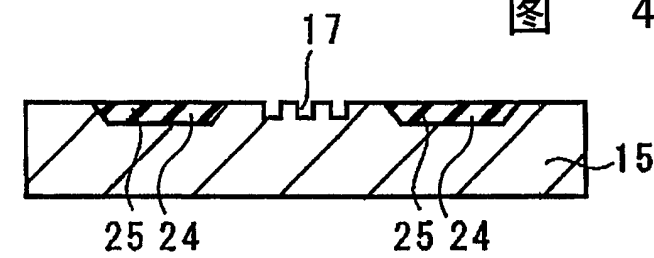


图 4C

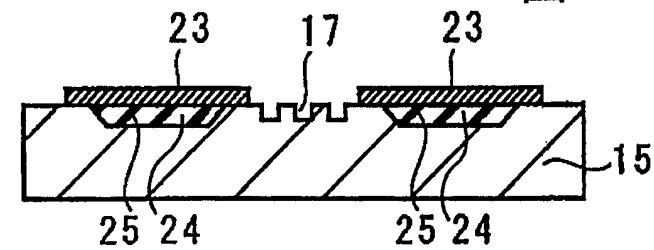


图 4D

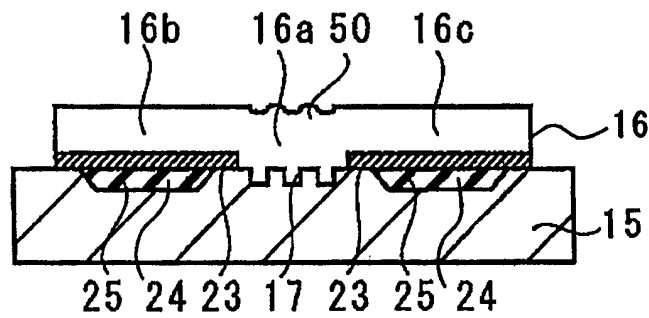


图 4E

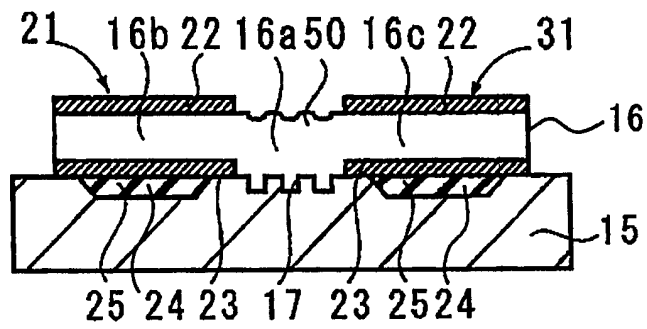


图 4F

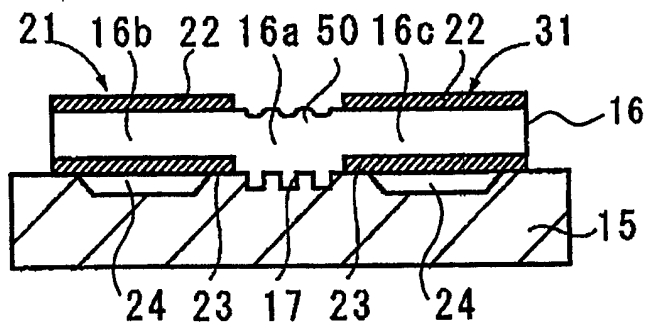


图 4G

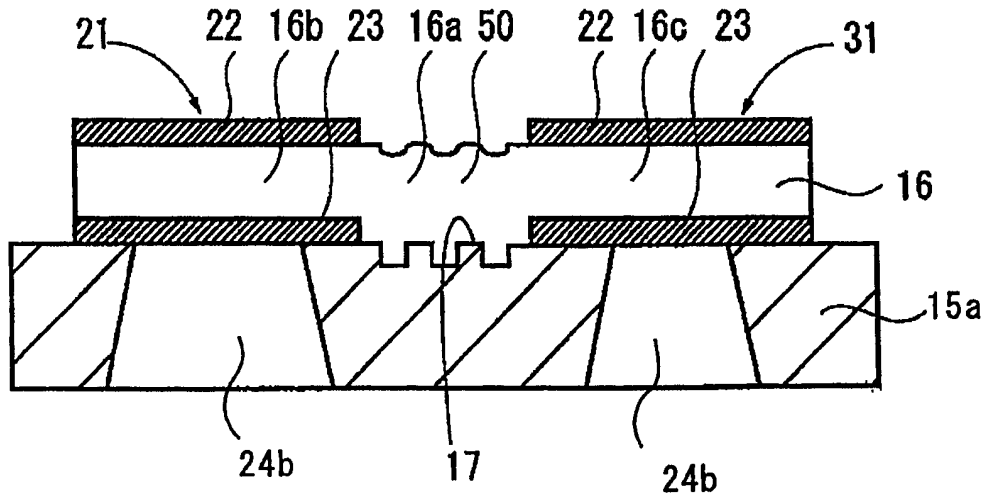


图 5

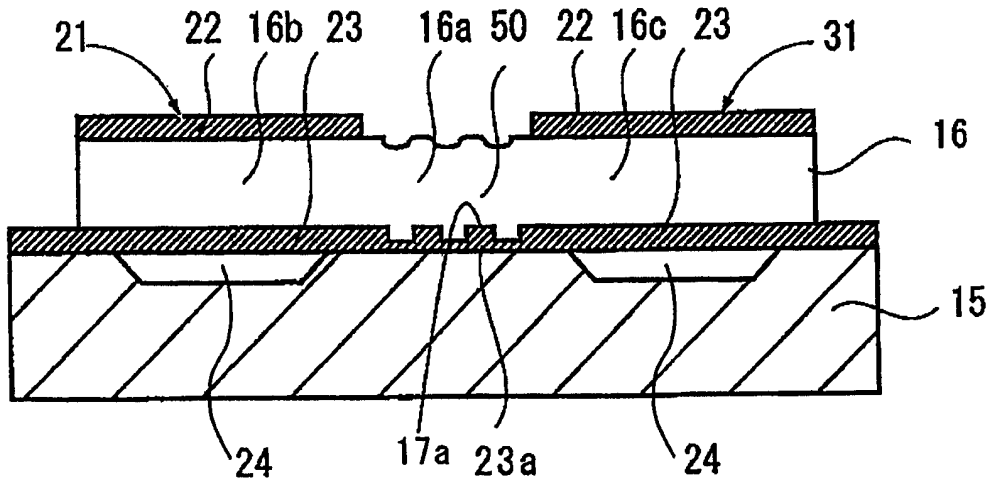


图 6

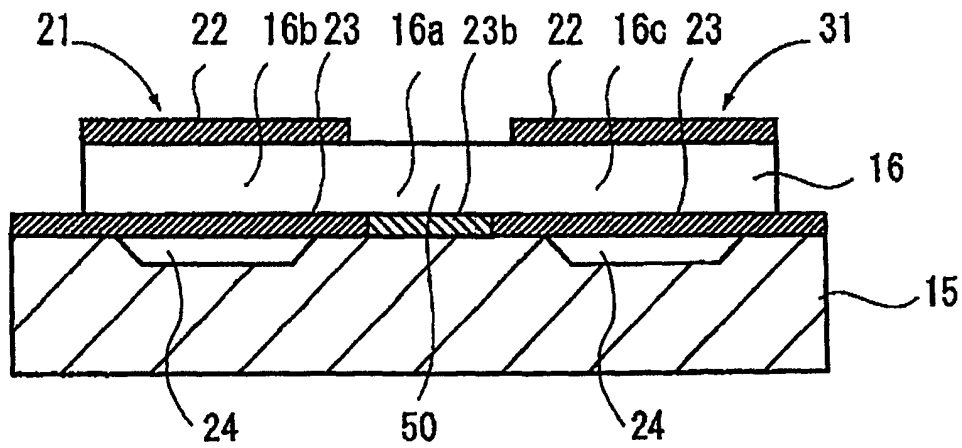


图 7A

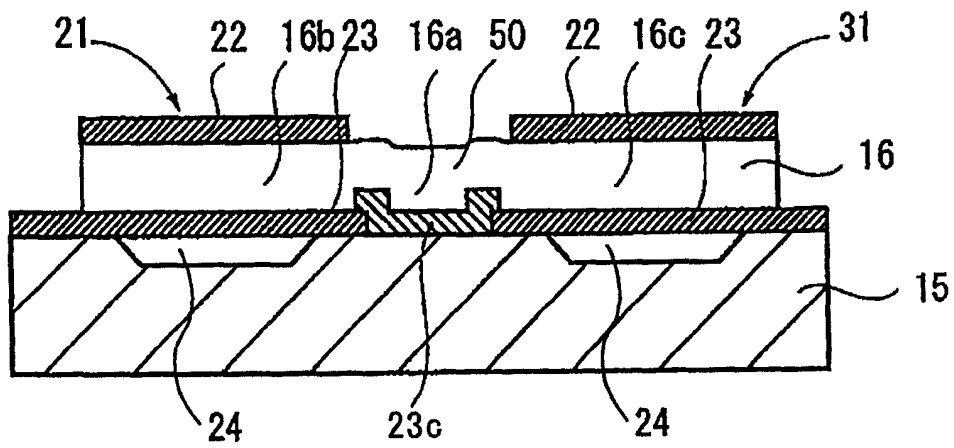


图 7B

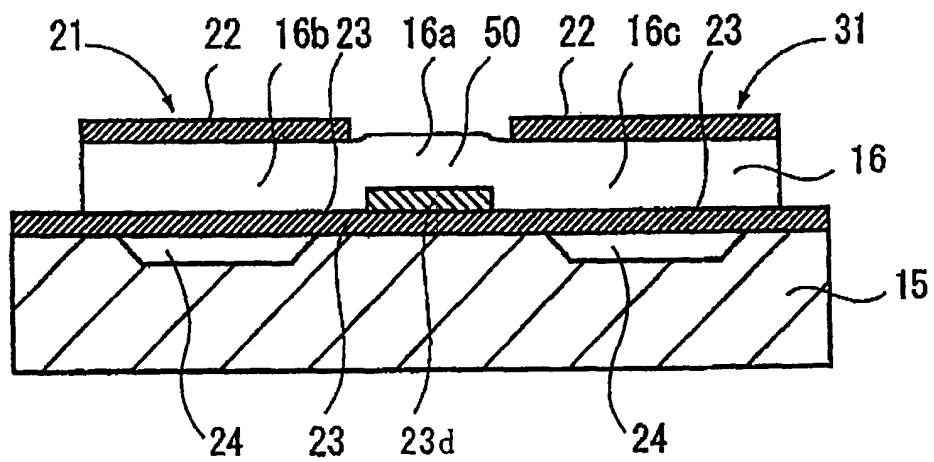


图 7C

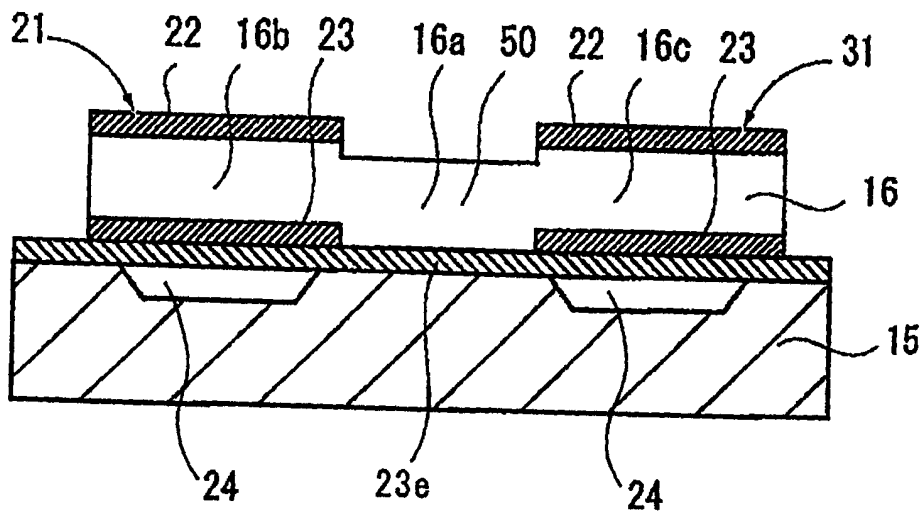


图 7D

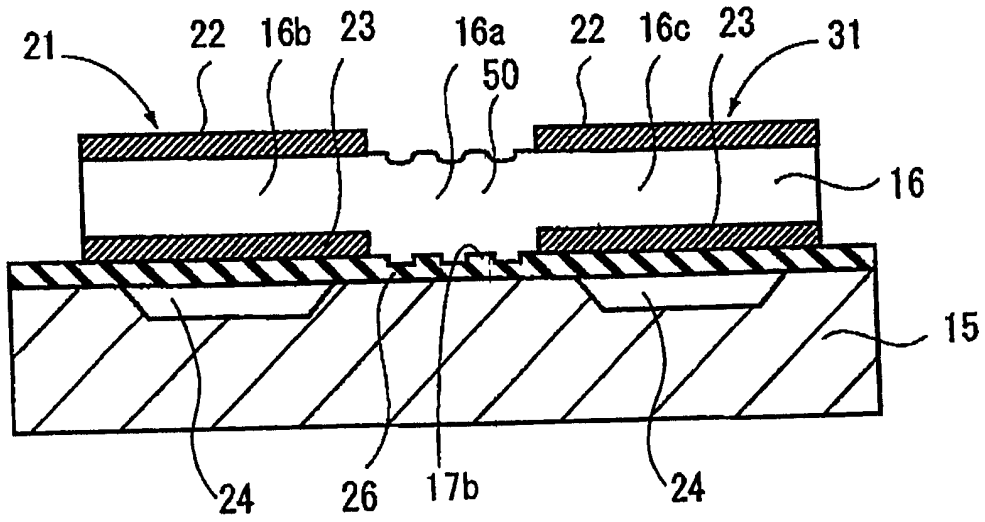


图 8A

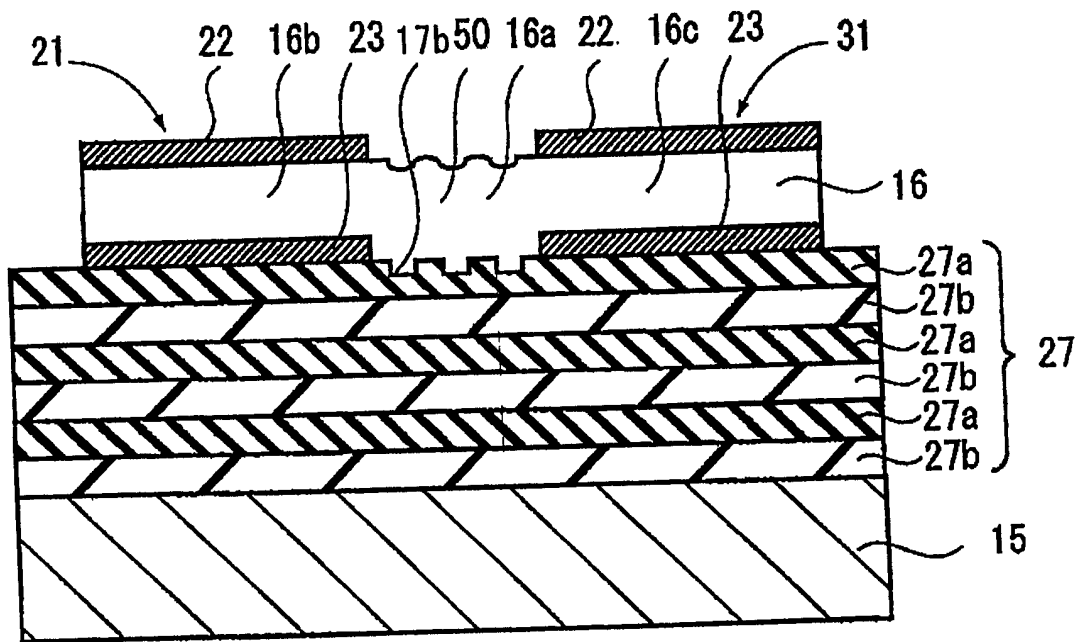


图 8B

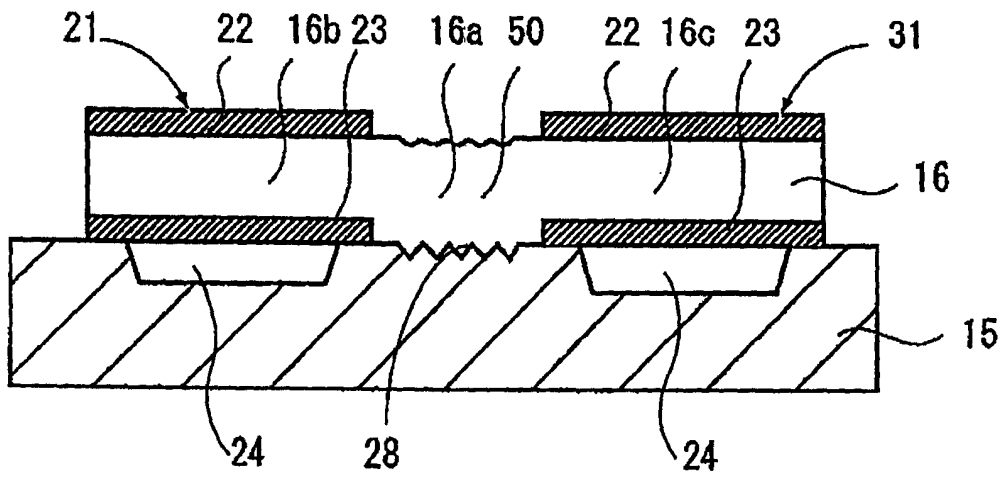


图 9A

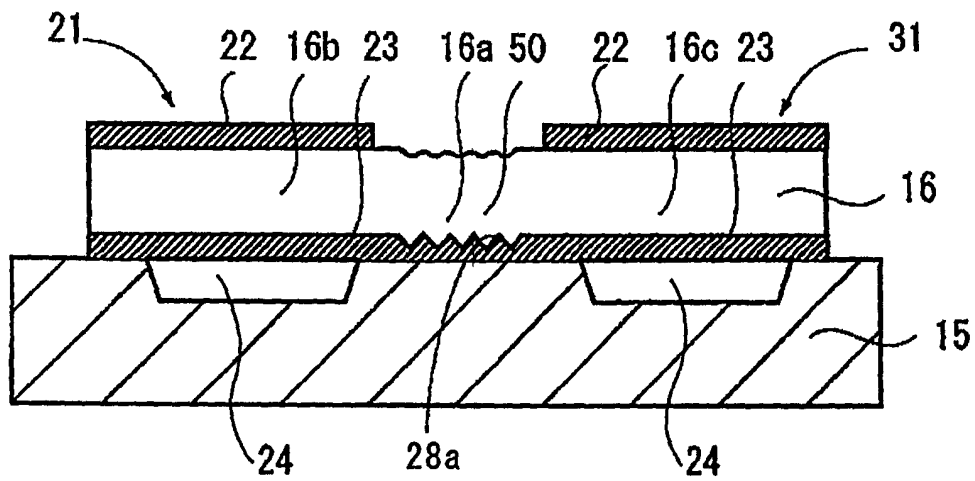


图 9B

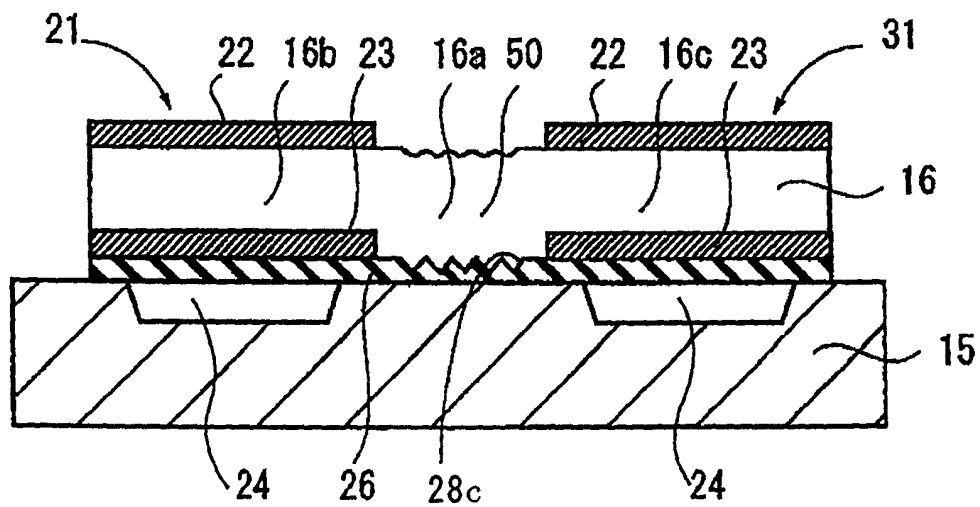


图 9C



图 10A

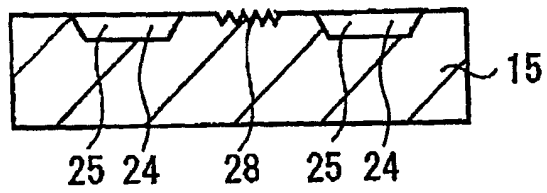


图 10B

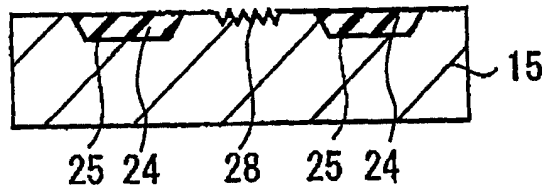


图 10C

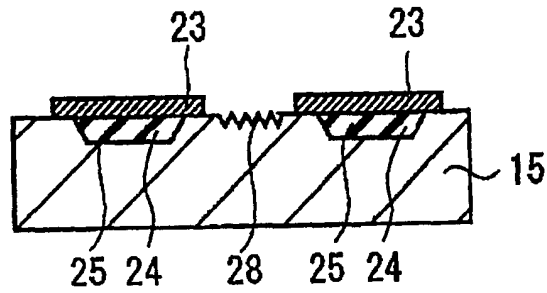


图 10D

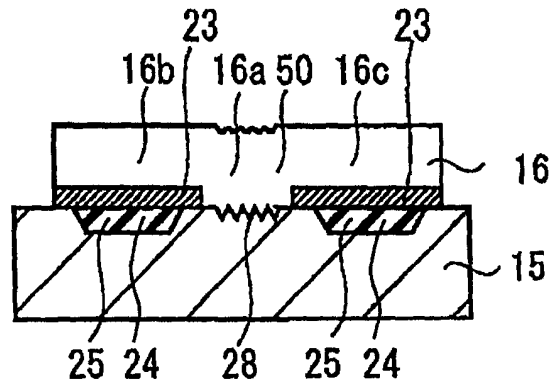


图 10E

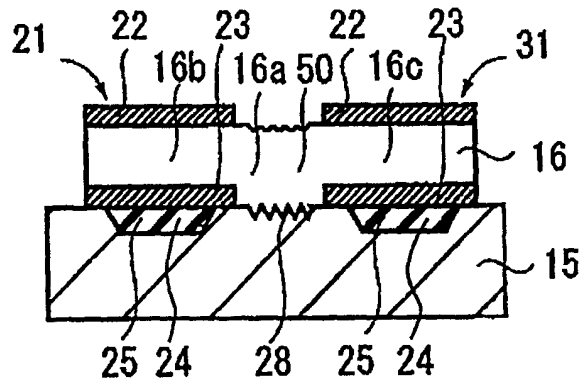


图 10F

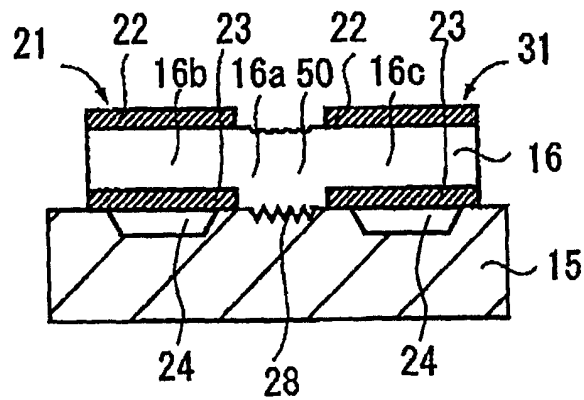


图 10G

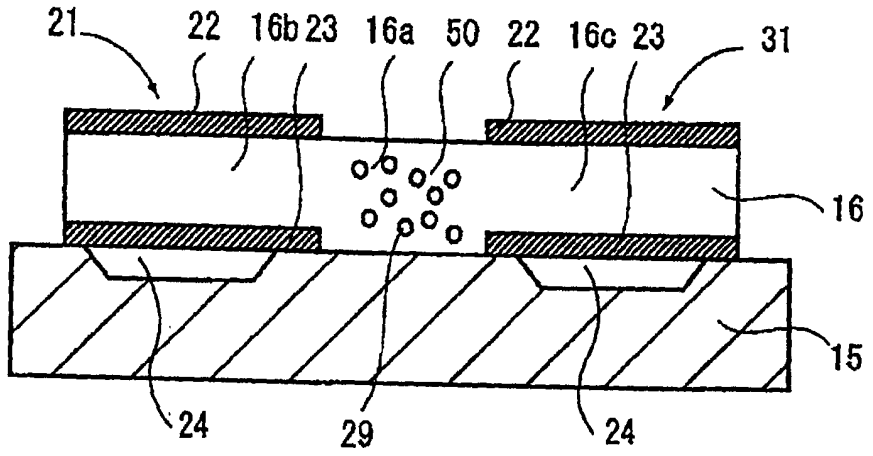


图 11A

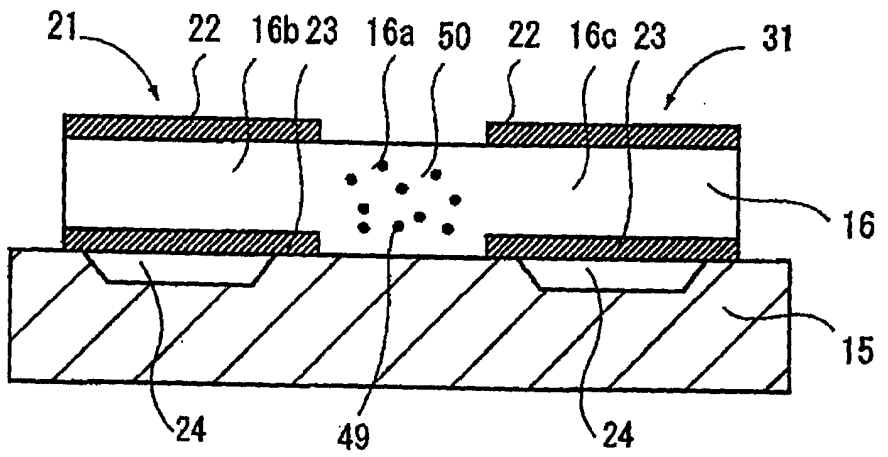


图 11B

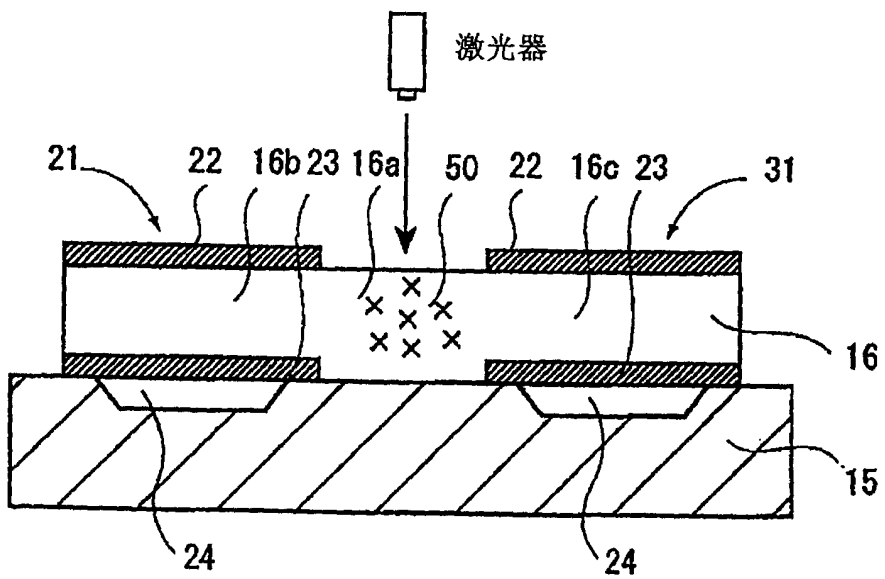


图 11C

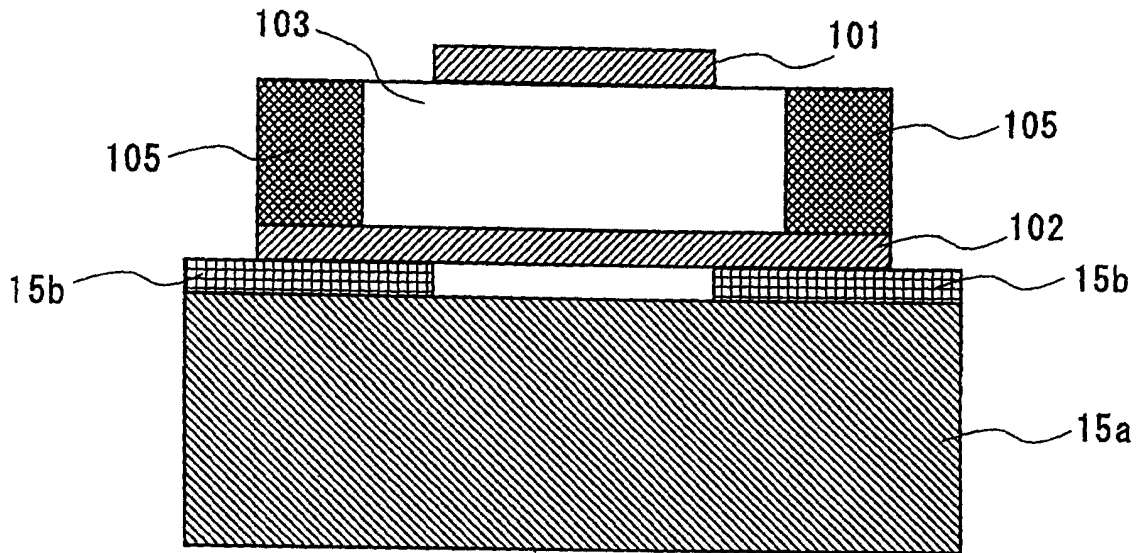


图 12A

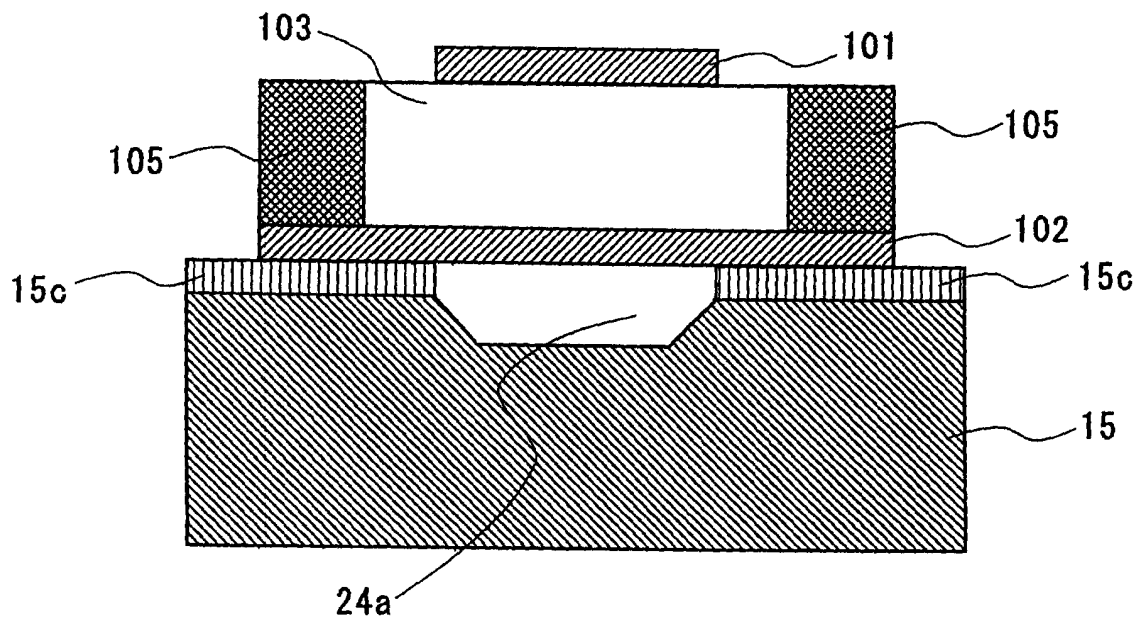


图 12B

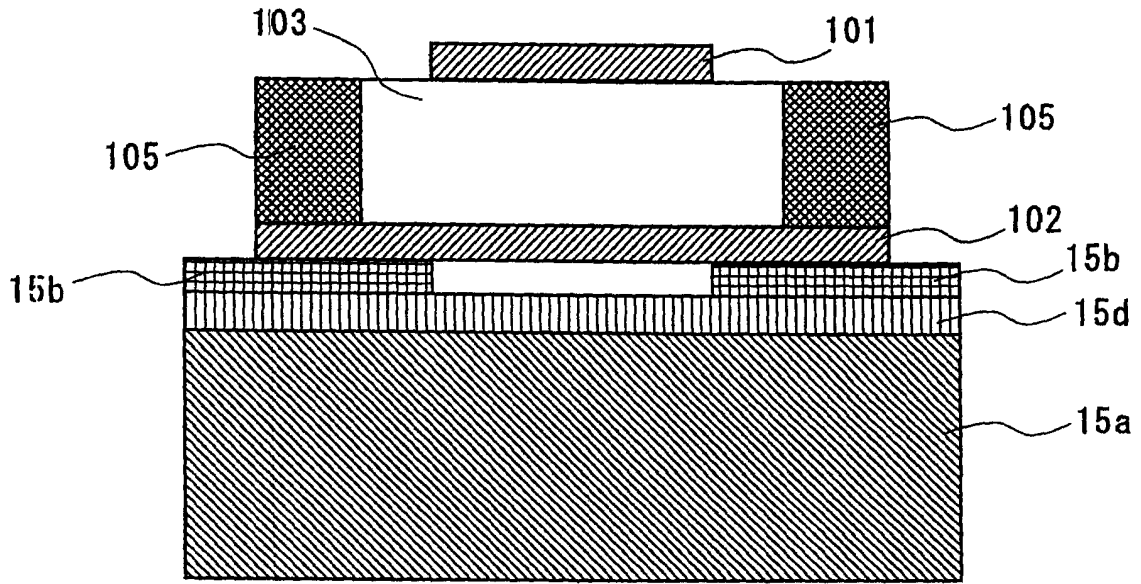


图 12C

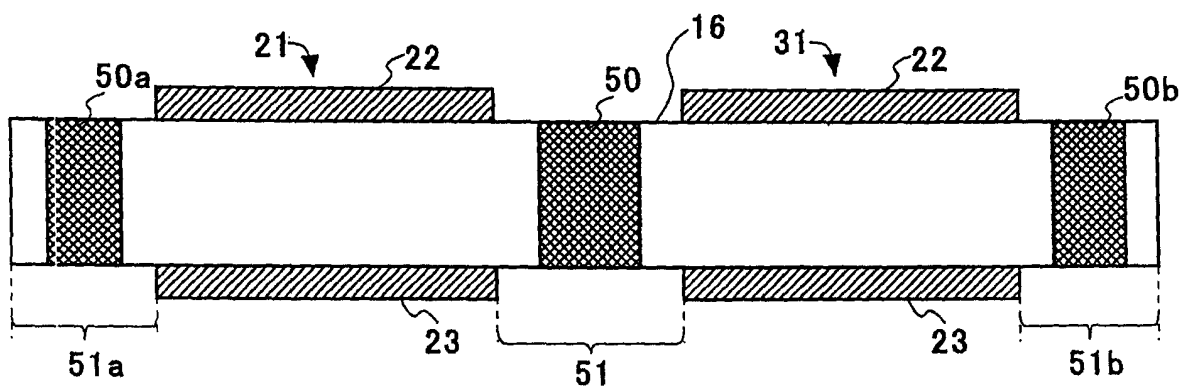


图 13

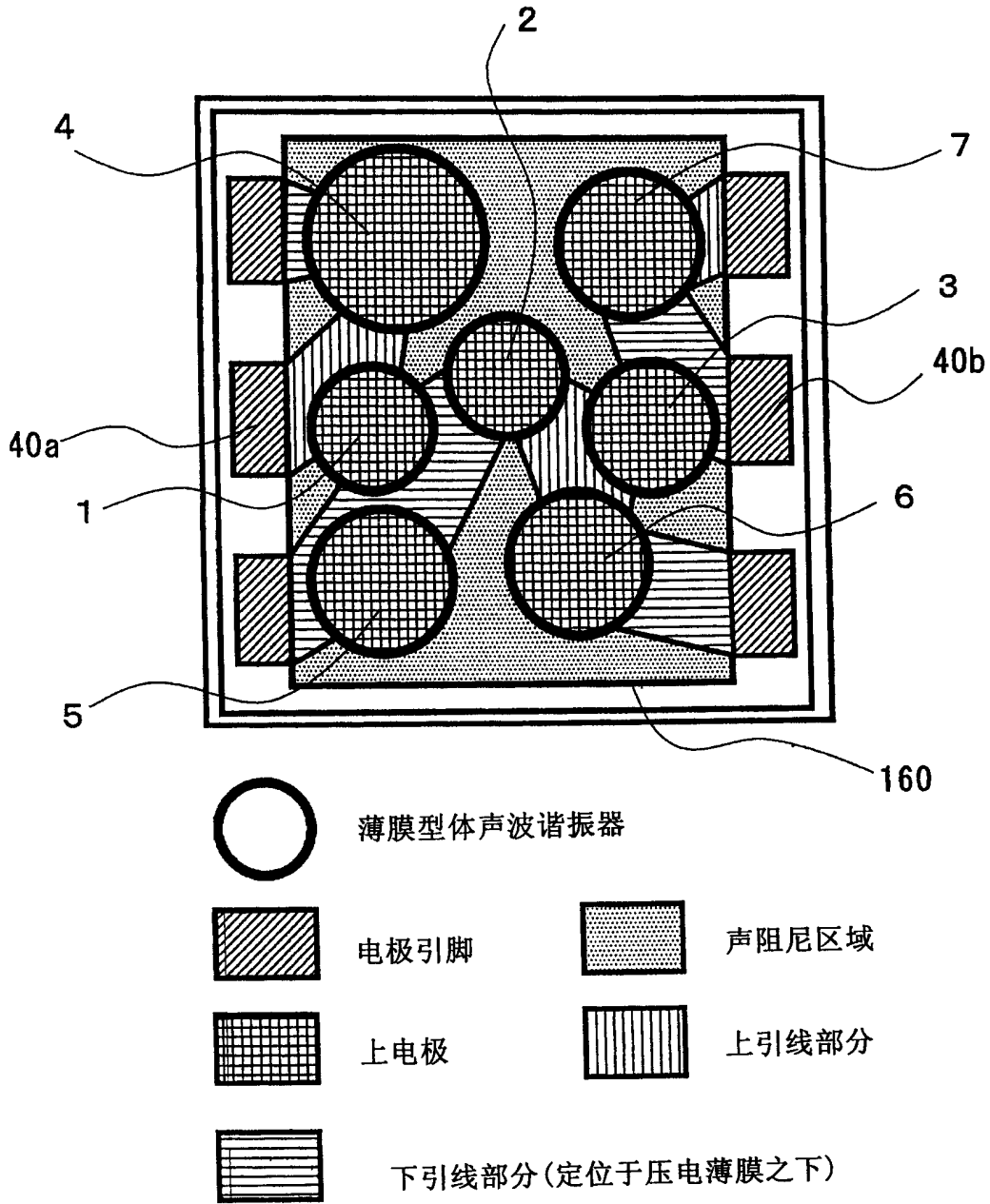


图 15

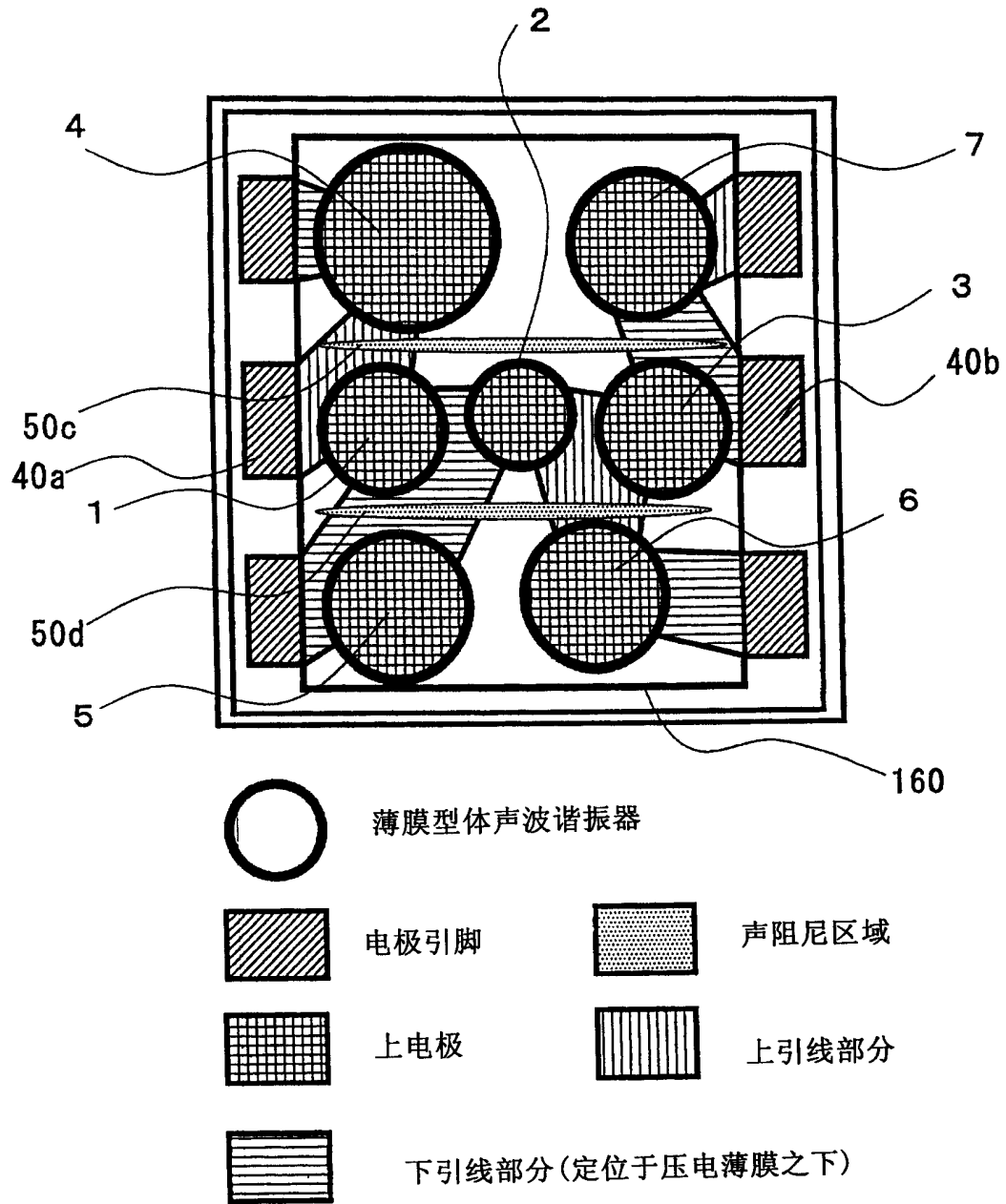


图 16

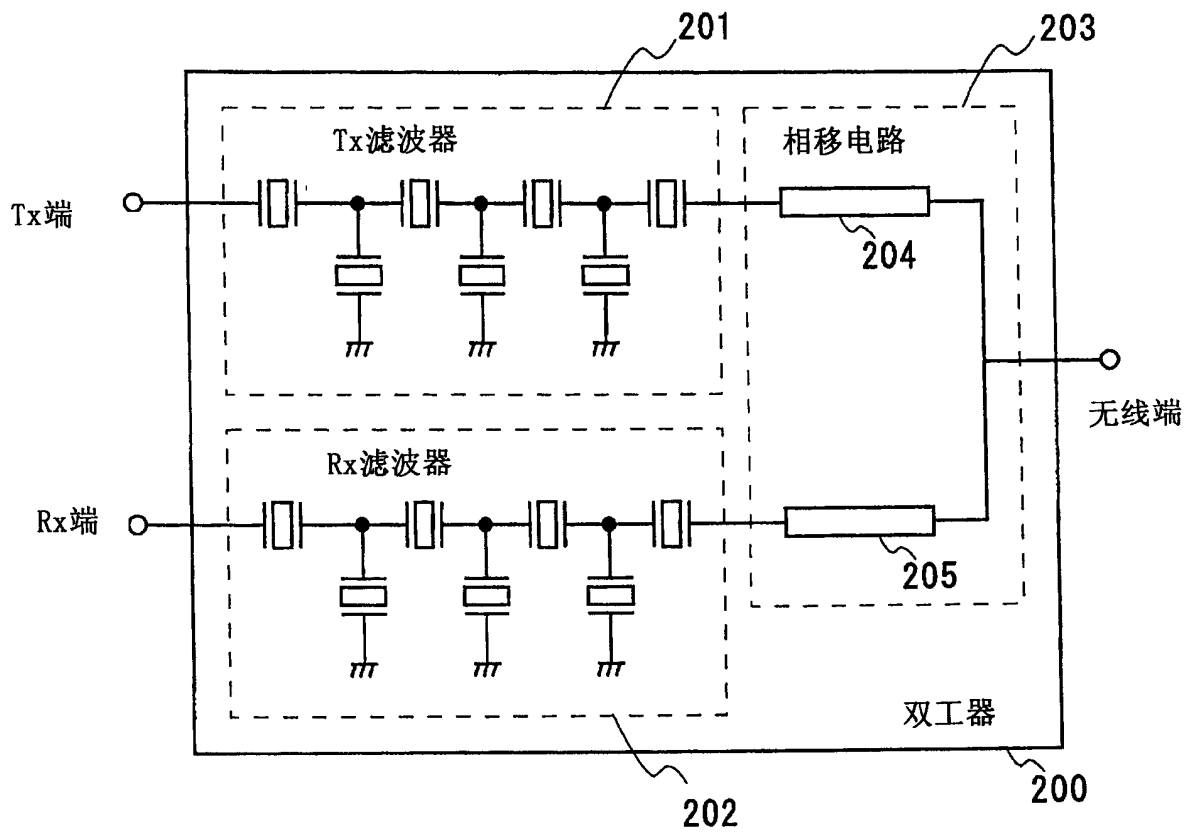


图 17

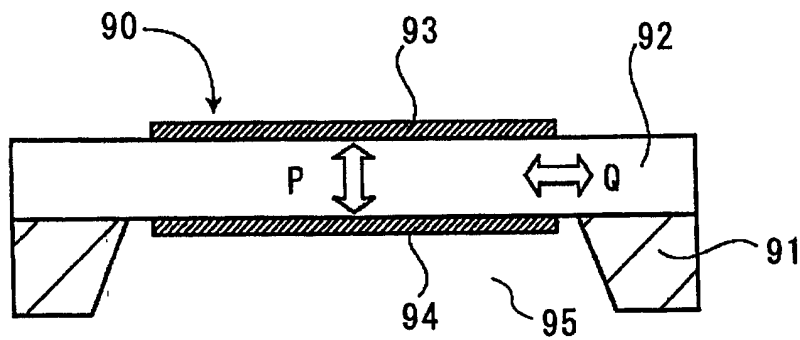


图 18

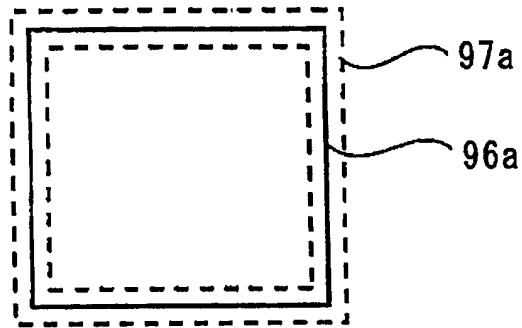


图 19A

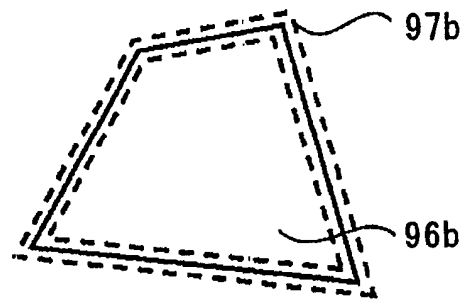


图 19B

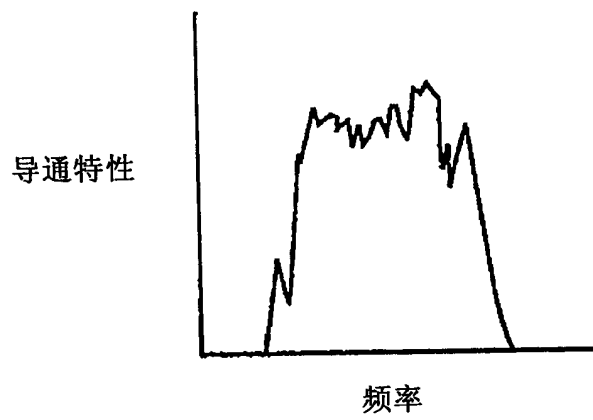


图 19C

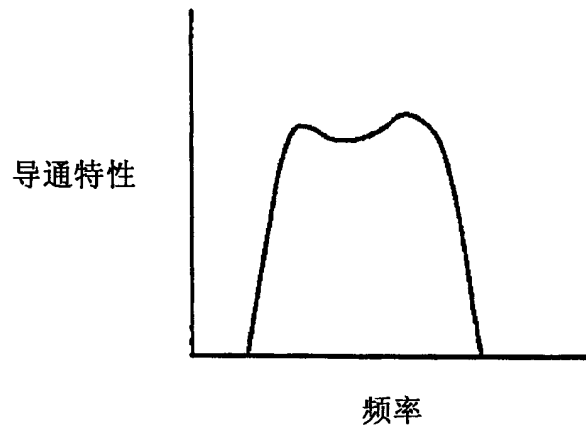


图 19D

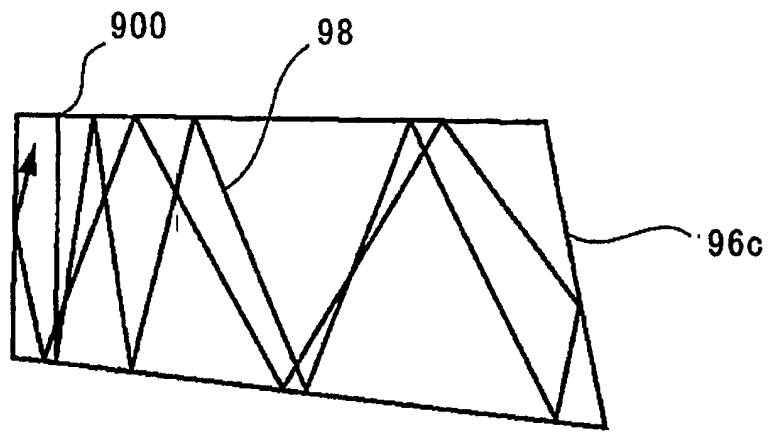


图 19E