



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101438457 B

(45) 授权公告日 2013.09.25

(21) 申请号 200780014982.8

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2007.04.17

H01P 7/04 (2006.01)

H01L 41/083 (2006.01)

(30) 优先权数据

20065272 2006.04.27 FI

审查员 韩雪莲

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008.10.27

(86) PCT申请的申请数据

PCT/FI2007/050198 2007.04.17

(87) PCT申请的公布数据

W02007/125161 EN 2007.11.08

(73) 专利权人 电力波科姆特克公司

地址 芬兰肯佩莱

(72) 发明人 H·纳希

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 赵华伟 曹若

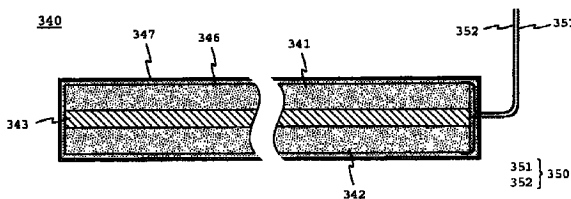
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

调谐元件和可调谐谐振器

(57) 摘要

提供了一种基于压电现象的调谐元件和含有这种调谐元件的谐振器。压电基本元件包括至少一个压电层(341, 342)和金属层(343)。这样的基本元件首先被薄绝缘层(346)覆盖,接着被良导体(347)覆盖。导电覆盖的厚度大于与结构中的工作频率相应的场在导体中的趋肤深度。以这种方式形成的调谐元件(340)被固定在例如谐振腔的某个内表面,以通过电控制改变谐振器的固有频率。使用调谐元件时,不需要机械装置来移动调谐元件。此外,当处于射频电磁场内时,调谐元件不会引起很大的电介质损耗和互调,因为场无法显著地穿透导电覆盖进入压电材料。



1. 一种调谐元件 (340), 具有基本元件, 该基本元件包括至少一个压电层 (341, 342) 和至少一个金属层 (343), 连接到基本元件上的控制导线 (351, 352) 引导电场进入所述至少一个压电层, 以此在应用中弯曲该调谐元件, 其特征在于, 所述基本元件具有绝缘覆盖 (346), 该绝缘覆盖进一步具有导电覆盖 (347) 以防止电磁场穿透进入所述至少一个压电层 (341, 342)。

2. 根据权利要求 1 的调谐元件, 其特征在于, 所述导电覆盖 (347) 的厚度是与调谐元件的工作频率相应的场在被讨论的所述导电覆盖中的趋肤深度的至少三倍。

3. 根据权利要求 1 的调谐元件, 其特征在于, 其所述的基本元件包含一个金属层和两个压电层, 其中金属层 (343) 在两个压电层之间, 以提高该调谐元件 (340) 的热稳定性。

4. 根据权利要求 1 的调谐元件 (340), 其特征在于, 调谐元件是一个带状板, 从板平面法线方向看, 是一个伸长的矩形。

5. 根据权利要求 1 的调谐元件 (740), 其特征在于, 调谐元件是一个平面板, 从平面法线方向看, 实质上具有圆形形状。

6. 一种谐振器 (400 ; 500 ; 600 ; 700 ; 800), 其包含根据权利要求 1 的调谐元件。

7. 根据权利要求 6 的谐振器, 其包含由外导体 (410 ; 610 ; 710) 形成的谐振器外壳, 底部 (415 ; 615), 盖 (430 ; 630 ; 730) 和内导体 (420 ; 620 ; 720), 该内导体的下端与底部电气连接, 内导体的上端在谐振腔的自由空间内, 在这种情况下, 在内导体上端与谐振器外壳的上部之间存在一个确定的电容, 其特征在于, 该调谐元件 (440 ; 640 ; 740) 位于谐振腔的上部, 高于内导体上表面所在的水平面, 固定在谐振器的盖上。

8. 根据权利要求 7 的谐振器 (400), 其特征在于, 该调谐元件 (440) 是带状的且其两端经由盖的下表面上的导电凸起 (461, 462) 固定在盖 (430) 上, 从而该调谐元件具有从中间朝向内导体 (420) 和盖弯曲的空间。

9. 根据权利要求 7 的谐振器 (600), 其特征在于, 该调谐元件 (640) 是带状的且其只有一端固定在盖 (630) 上, 从而该调谐元件的自由端具有朝向内导体 (620) 和盖弯曲的空间。

10. 根据权利要求 7 的谐振器 (700), 其特征在于, 该调谐元件 (740) 是平面的, 从其法线方向看实质上是圆形形状的, 其边缘经由盖的下表面上的导电环状凸起固定在盖 (730) 上, 从而该调谐元件的中间区域具有朝向内导体 (720) 和盖弯曲的空间。

11. 根据权利要求 6 的谐振器, 其包含由外导体 (510) 形成的谐振器外壳, 底部 (515) 和盖 (530), 在外壳限制的谐振腔中, 内导体 (520) 的下端与底部电气连接, 内导体的上端与盖电气连接, 其特征在于, 调谐元件 (540) 是带状的且位于谐振腔的中部, 从而调谐元件的纵向方向实际上是水平的, 调谐元件的横向方向是垂直的, 被固定在外导体 (510) 的至少一个侧壁上, 从而该调谐元件具有从中间朝向内导体 (520) 和最近的侧壁弯曲的空间。

12. 根据权利要求 6 的谐振器 (800), 其包含由外导体 (810) 形成的谐振器外壳, 底部 (815) 和盖 (830), 在外壳限制的谐振腔中放置了固体介质物 (820), 其被支撑在底部 (815) 上, 以减小谐振器的尺寸, 其中介质物的尺寸被设置成使得谐振器是一个半波长空腔谐振器, 其特征在于, 调谐元件 (840) 位于谐振器腔的上部, 高于介质物 (820) 上表面所在的水平面, 被固定在谐振器的盖上, 从而该调谐元件具有朝向介质物 (820) 和盖弯曲的空间。

13. 一种谐振器滤波器, 其每一个谐振器都包含根据权利要求 1 的调谐元件。

调谐元件和可调谐谐振器

[0001] 本发明涉及一种基于压电现象的调谐元件和具有这种调谐元件的谐振器,该调谐元件通过电控制改变谐振器的固有频率。

[0002] 压电现象是指一些晶体结构材料的特性,在这些晶体结构材料中,施加在材料上的机械力在材料中引起电势差,反过来,施加在材料上的电场会引起材料的机械形变。根据晶体的切割方向和电场的方向,形变会随着例如板状片的厚度和长度的改变而发生。如果一个压电板是带状的并且两端固定在一个刚性基板上,那么长度的增加会引起带状的压电板弯曲,这样它的中间部分会从基板抬起。相应地,如果一个压电板例如是圆形的,边缘固定在刚性的基板上,压电板平面上的伸展会引起它的中间区域从基板升起。也可以把压电带的整个长度固定在另外一个不对电场起机械反应的柔韧带上。如果这样的一个组合元件只固定了一端,压电部分的长度变化迫使元件的自由端对准相应于长度变化的方向。

[0003] “调谐元件”在本说明书中是指一个组件,通过它可以调节电路或装置的固有频率。这种可调谐的装置是例如使用在无线电设备的滤波器中的谐振器。对于射频谐振器,各种各样的空腔谐振器和同轴谐振器很普遍,因为通过使用它们,可以构造出能够经受相对高的功率而低损耗的滤波器。同轴谐振器的基本结构包含一个内导体,一个构成侧壁的外导体,一个底部和一个盖。底部和盖与外导体是电气连接的,这三个部分一起形成一个封闭的谐振器外壳。通常,内导体的下端与底面电气连接,上端“悬空”,在这种情况下,形成谐振器的传输线在它的下端短路,在它的上端开路。这属于四分之一波长谐振器的情况,因为与其固有频率,或者基本谐振频率对应的波长是传输线电长度的四倍。

[0004] 通常基于改变内导体和盖之间的电容实现同轴四分之一波长谐振器的调谐,在这种情况下,谐振器的电长度和固有频率也改变了。按照惯例,使用置于穿过谐振器的盖的金属调谐螺钉来改变该电容。当螺钉被推动,它离谐振器内导体的距离改变,内导体和盖之间的电容即随之改变。使用调谐螺钉的缺点在于,螺钉附件增加了滤波器组件的数量,穿过螺钉的孔意味着增加了工作步骤的数量,并且因此增加了制造成本。此外,贯穿时的电接触会导致在使用期间的恶化,这导致在调谐中发生变化并增加了谐振器的损耗。如果螺钉的顶点与内导体端部过于接近,那么在大功率滤波器中会有电击穿的危险。此外,在一个多谐振器的滤波器中,可能必需的在几个级中手动推动螺钉来得到所需要的频率响应。因此,调谐费时且相对昂贵。

[0005] 通过利用可以弯曲的调谐元件,同轴谐振器的内导体和周围的导电部分之间的电容也可以被改变。在内导体的端部可以有一个与盖平行的平面伸展的部分,其边缘至少有一个凸起与一个侧壁平行。通过弯曲该凸起,所述的电容发生改变,同时谐振器的固有频率发生改变。这种类型的解决方案也存在缺点,在多谐振器的滤波器中,可能必需的在几个级中手动弯曲调谐元件来得到所需要的频率响应。此外,对于每一个调谐级,滤波器的盖必须打开和关闭,调谐因而费时且相对昂贵。

[0006] 众所周知,谐振器的调谐元件也可以是电介质。在这种情况下,利用了谐振腔中的电场强度随着位置而变化的事实。当一个介质块向例如电场变强的方向移动时,谐振腔中正在被讨论的这个部分的有效介电系数增加。那么,在四分之一波长谐振器的情况下,内导

体上端和内导体周围的导体面之间的电容增加,谐振器的电长度增加,固有频率减小。电介质调谐元件的缺点在于,它需要一个移动机械装置,这就意味着生产成本的增加。此外,电介质材料引起了介电损耗,信号也因此衰减。

[0007] 谐振器的调谐元件也可以是压电的。图 1 示出这种情况的一个例子。图中有一个四分之一波长谐振器,它的基本结构包含外导体 110,内导体 120,底部 115 和盖 130。此外,该结构中包括用于谐振器的调谐的压电调谐元件 140,邻近该谐振器的附图分别是调谐元件的侧视图和从下面看调谐元件的图,从中可以分别看到它的组成部分。调谐元件 140 是一个带状物,其实际具有两层:下层 141 由压电材料组成,上层 142 由某金属组成。调谐元件的两端被固定在位于内导体上端上方的谐振器盖的内表面上,所以组成部分中金属层的两端与盖 130 电接触。调谐元件的控制电压由导线 150 经过盖上的一个小孔引入。这根导线的一个导电部分连接在金属层 142 上,另一个导电部分连接在一个导电覆盖层 144 上,其至少部分覆盖压电层的底面。为了在整个压电层上把电场引导均匀,需要这种类型的覆盖层。

[0008] 调谐元件 140 可以成形为,在非激励状态,其中间向内导体 120 稍微弯曲。内导体和调谐元件的金属层之间的距离 d 因此比内导体和盖 130 之间的距离小。依赖控制电压的极性,距离 d 随着压电带长度的变化增加或者减小。在前一种情况中,内导体和盖之间的电容减小,因此谐振器的固有频率增加。在后一种情况中,固有频率相应地减小。变化的范围自然依赖于控制电压的绝对值的大小。

[0009] 调谐元件也可以以一种对应的方式固定在内导体的上表面上。更进一步地,可以只把它的一端固定在谐振器盖上,而它的自由端在内导体上方。大体上,在这些情况中,谐振器的调谐潜力与上面描述过的情况相似。

[0010] 图 2 示出了已知的压电调谐元件的第二个例子。调谐元件 240 被放大地以侧视图呈现,最大的部分中间被切掉。它实际上有三层:图中最上面是第一压电层 241,金属层 243 在中间,第二压电层 242 在最下面。此外,第一导电覆盖层 244 位于第一压电层的上表面上,第二导电覆盖层 245 第二压电层的下表面上,导电覆盖层把电场均匀引导至压电层。通过这种多层结构,可以获得比,例如使用根据图 1 的调谐元件要好的热稳定性。也就是说,调谐元件 240 例如从中间向下弯曲,第一压电层 241 的热膨胀趋于使组件伸直,但是第二压电层 242 的热膨胀趋于进一步使它弯曲。因为这个原因,元件的拱形形状保持几乎不变。

[0011] 用导线 250 引导电场至调谐元件,该导线具有第一导电部分 251 和第二导电部分 252。第一导电部分 251 连接至金属层 243,第二导电部分 252 连接至第一导电覆盖层 244 和第二导电覆盖层 245。因此,两个压电层中的电场方向相反,因此进一步得出,当一层的长度减少时,另一层的长度增加。因此两个层的长度变化把元件向相同的方向弯曲,就像它们应该的那样。当控制电压的极性改变,调谐元件的弯曲方向也发生改变。

[0012] 为了把元件制作得尽可能地理想,压电调谐元件中的层的个数可以大于三个。

[0013] 当使用以上描述的类型压电调谐元件时,避免了它的机械控制,因为这种变化被电控制取代。但是,缺点是,当高频电磁场在调谐元件内部,至少经过它的侧面表面传播时,存在介质损耗。压电材料的复数介电常数的虚部与实部相比很大,即损耗角 δ 和其正切相对很大。因为这个原因所述介质损耗相当大。此外,压电材料的电特性是非线性的,信号经过谐振器传播时导致交调。

[0014] 本发明的目的是把前述的与现有技术相关的缺点最小化。根据本发明的调谐元件具有基本元件,该基本元件包括至少一个压电层和至少一个金属层,连接到基本元件上的控制导线引导电场进入所述至少一个压电层,以此在应用中弯曲该调谐元件,其特征在于,所述基本元件具有绝缘覆盖,该绝缘覆盖进一步具有导电覆盖以防止电磁场穿透进入所述至少一个压电层。根据本发明的谐振器包含前述的调谐元件。

[0015] 以下是本发明的基本思想:对于压电基本元件,适宜有至少一个压电层和金属层。这样的基本元件首先被薄的绝缘层覆盖,接着被良导电覆盖。导电覆盖的厚度大于与结构中的工作频率相应的场在导体中的趋肤深度。如此形成的调谐元件被固定在,例如,谐振器腔中的某个内表面上,通过电控制以改变谐振器的固有频率。

[0016] 本发明的一个优点是,当使用根据本发明的调谐元件时,不需要机械装置来移动调谐元件,这样就减少了整个产品的制作成本,同时增加了可靠性。本发明的另外一个优点是,当处于一个射频电磁场中时,调谐元件不会引起大的介质损耗。这是因为场不能穿透足够深而通过导电覆盖进入压电材料。从这一点还随之带来了另一个优点,压电材料对于调谐元件所在的场中的信号也不会引起交调。

[0017] 现在对本发明进行详细描述。描述中提到的附图分别是:

[0018] 图 1 示出根据现有技术,谐振器中的调谐元件的一个例子,

[0019] 图 2 示出根据现有技术的调谐元件的第二个例子,

[0020] 图 3a, b 示出根据本发明的调谐元件的一个例子,

[0021] 图 4 示出根据本发明的同轴谐振器的一个例子,

[0022] 图 5a, b 示出根据本发明的同轴谐振器的第二个例子,

[0023] 图 6 示出根据本发明的同轴谐振器的第三个例子,

[0024] 图 7a, b 示出根据本发明的调谐元件和谐振器的第三个例子,

[0025] 图 8 示出根据本发明的谐振器的另一个例子。

[0026] 图 1 和 2 已经连同对现有技术的描述进行了描述。

[0027] 图 3a 和 3b 示出根据本发明的调谐元件的一个例子。图 3a 是调谐元件 340 纵截面的侧视图,最大的部分从中间切掉,图 3b 是它的远景图。根据本发明,调谐元件 340 包含一个类似于图 2 示出的基本元件和它的覆盖层。因此,基本元件具有在中间的金属层 343 和第一压电层 341、第二压电层 342,紧靠着它们的导电覆盖。有两个覆盖层:基本元件具有第一绝缘覆盖层 346,另外具有导电覆盖 347。就像它的名字暗示的,绝缘覆盖的作用是使导电覆盖和基本元件电气绝缘。绝缘覆盖由柔韧材料制成且相对薄,因此它不会太多地抵制调谐元件的弯曲。根据本发明,导电覆盖的作用是,防止电磁场的穿透到压电材料中。因此,导电覆盖的厚度大于与导体结构中的工作频率相应的场的趋肤深度。如果导电覆盖的厚度,例如,比趋肤深度大三倍,在由导电覆盖形成的“壳”内的场强度只是它外部场强度的大约 5%。当使用铜时,吉赫兹频率 (gigahertz) 的趋肤深度是 $2.7 \mu\text{m}$,所以对于导电覆盖,约 $10 \mu\text{m}$ 的厚度就足够了。

[0028] 当阻止了电磁场进入压电材料,调谐元件的介电损耗就很低,并且压电材料对于调谐元件所在的场中的信号不会引起交调。

[0029] 调谐元件 340 是一个带状薄板:它相对薄并且从上看伸长成矩形。调谐元件的控制线 350 一端连接调谐元件,连接方式与图 2 中相同:第一导电部分 351 连接至金属层 343,

第二导电部分 352 连接至与第一和第二压电层紧邻的导电覆盖。

[0030] 图 4 示出一个包含根据本发明的调谐元件的同轴谐振器。以纵截面示出的谐振器 400 是一个基本结构与图 1 中示出的谐振器类似的四分之一波长谐振器。因此,它包含由外导体 410 形成的谐振器外壳,底部 415 和盖 430 以及内导体 420,内导体的下端与底部电气连接,上端位于谐振腔的自由空间中。调谐元件 440 与图 3a 和 3b 中的类似,压电带与导电覆盖电磁隔离。在这个例子中,调谐元件位于谐振腔的上部,高于内导体上表面的水平面,即当结构谐振时,电场最强的空间。调谐元件经由凸起 461,462 把其两个端部固定在盖 430 的下表面。为了让调谐元件能够也朝着盖的方向从中间弯曲,使用凸起把调谐元件和盖隔开。凸起可以是与盖或者固定在其上、紧邻凸起的导电片相同的物体。可以通过,例如,锡焊或者穿过调谐元件的螺钉实现调谐元件与凸起 461,462 的固定。

[0031] 调谐元件 440 的控制线 450 的端部经由盖 430 上的一个小孔带到谐振腔。可以控制调谐元件使它向上或向下弯曲,如关于图 2 中所描述的那样。移动的幅度,即内导体的上表面与调谐元件之间距离 d 的改变最大值,是例如 $\pm 0.25\text{mm}$ 。通过这种移动得到了电容的变化,使得设计为 1.8-1.9GHz 范围的谐振器的固有频率变化量为例如 $\pm 60\text{MHz}$ 。

[0032] 图 5a 和 5b 示出具有根据本发明的调谐元件的同轴谐振器的第二个例子。图 5a 是谐振器 500 纵截面的侧视图,图 5b 是移去盖子之后的顶视图。在这个例子中,谐振器是半波长谐振器,其可以通过谐振器的内导体 520 从底部 515 延伸到盖 530 的事实看出。因此由内导体和外导体 510 形成的传输线在其两端短路。外导体由四个具有矩形横截面侧壁组成。当半波长谐振器以其固有频率振荡时,传输线的端部磁场最强,传输线的中间电场最强。因此,这个例子中的调谐元件 540 被置于谐振器高度的约一半处,使得它的纵向方向是水平的而横向方向是垂直的。调谐元件固定在该结构上,因此它的两端延伸至两个相对侧壁的凹陷部。自然地,调谐元件也可能以图 4 中相应的方式固定在设置在谐振器最近的侧壁上的凸起上,或者固定在两个相邻侧壁的对角线上。

[0033] 调谐元件的控制线 550 经由谐振器的侧壁上的小孔,在所述凹陷部中的一个上延伸至调谐元件。当控制调谐元件时,依赖控制电压的极性,调谐元件向着内导体 520 或者背离内导体 520 弯曲。前一种情况谐振器的固有频率增大,后一种情况减小。

[0034] 图 6 示出在同轴谐振器中使用根据本发明的调谐元件的第三个例子。以其纵截面示出的谐振器 600 是四分之一波长谐振器,基本结构与图 1 和图 4 中所示的谐振器类似。和图 4 中一样,调谐元件 640 位于谐振器腔的上部,高于内导体 620 上表面的水平面。与图 4 的不同之处在于,只固定调谐元件 640 的一端至盖 630。这里,通过螺栓 660 实现固定。从上面看去,固定点离开内导体 620,调谐元件的自由端在内导体的上方延伸。调谐元件制造成,使得其处于非激励的状态时,朝内导体稍稍成拱形。因此,当控制调谐元件时,依赖控制电压的极性,其自由端朝着内导体的上端或者远离它改变方向。自然地,调谐元件在非激励状态下也可以是直的并且经由导电凸起固定到盖上。

[0035] 图 7a 和 7b 示出根据本发明的调谐元件和谐振器的一个例子。图 7a 是只有调谐元件 740 的顶视图。它是一个圆形形状的压电盘,根据本发明,压电盘被导电材料完全覆盖。控制电压通过导线 750 引导至调谐元件。调谐元件 740 从其边缘固定,因此形状像一个圆柱环的其侧面在调谐元件所在的平面内不能向任何方向移动。图 7a 中的虚线在调谐元件的上表面划出了一个相对窄的边缘区域 748,这个区域是固定区域的一个例子。图 7b 是装

备了调谐元件 740 的谐振器 700 的纵截面图。这是一个基本结构类似于图 1, 4 和 6 中的谐振器的四分之一波长谐振器。和图 4 中一样, 调谐元件 740 位于谐振器腔的上部, 高于内导体 720 上表面的水平面。因此固定调谐元件 740 的端部至盖 730。固定可以通过, 例如, 把在图 7a 中可见的上表面的边缘区域 748 锡焊至形成在盖的下表面的环状凸起上。盖凸起部的内直径也可以与调谐元件的直径相同, 在这种情况下, 调谐元件可以固定在其侧面上。自然地, 盖的凸起也可以延伸至调谐元件的下表面的一侧。当控制调谐元件时, 依赖控制电压的极性, 调谐元件朝着内导体的上端或者远离内导体的上端弯曲。

[0036] 图 8 示出根据本发明的谐振器的另外一个例子。谐振器 800 以其纵截面被呈现。它具有由外导体 810, 底部 815 和盖 830 限定出的谐振器腔。为了减小谐振器的尺寸, 在腔内具有一个固体的, 圆柱体状的介质物 820。圆柱体的两端平行于谐振器的底部和盖, 它通过介质支持块 SU 相对于谐振器的底部 815 被抬高。介质支持块具有比介质物 820 低得多的介电常数。它的尺寸被制作成, 使得在滤波器的工作频率上, 在其中激励 TE₀₁ 模式。因此, 谐振器的类型是半波长空腔谐振器。

[0037] 调谐元件 840 是一个例如, 类似图 3a 和 3b 或者图 7a 中的调谐元件的压电组件。它被置于谐振腔的上部, 高于介质物 820 的上表面, 在这个情况中同样地被固定至盖上, 使其导电覆盖与盖电气接触。当控制调谐元件 840 朝向介质物 820 弯曲, 介质物的电尺寸增加, 这种情形下, 介质物和整个谐振器的固有频率减小。相应地, 当控制调谐元件 840 朝向盖 830 弯曲, 谐振器的固有频率增加。在图 8 中的例子里, 调谐元件是带状的并且其两端均固定。自然地, 带状的元件也可以只固定其一端, 就像图 6 中那样。

[0038] 在图 4-8 中, 所描述的谐振器的右边延续的结构也被画出。这表明被讨论的谐振器可以是多谐振器滤波器的一部分。在这种情况下, 滤波器的每一个谐振器都具有根据本发明的调谐元件。它们可以被分别控制或者一起控制。

[0039] 在本说明书中, 表述用语“下”, “上”, “水平”, “垂直”, “侧视图”和“从上面看”是指, 当谐振器的外导体垂直且其底部在最下面时, 谐振器中的位置。谐振器的工作位置自然可以是随便哪个。

[0040] 以上, 描述了压电调谐元件和装备了这样的调谐元件的谐振器结构。该结构自然可以在细节上不同于这些被描述的结构。本发明的思想可以在独立权利要求 1 的限制中用不同的方式实施。

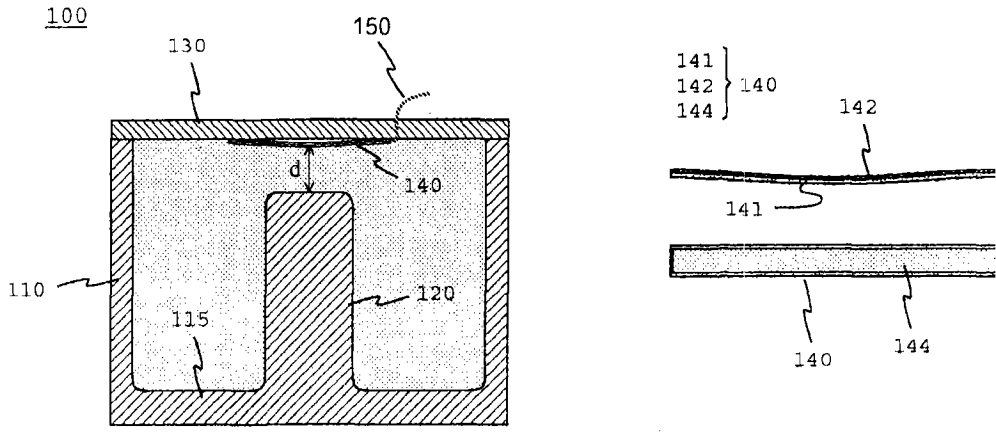


图 1

现有技术

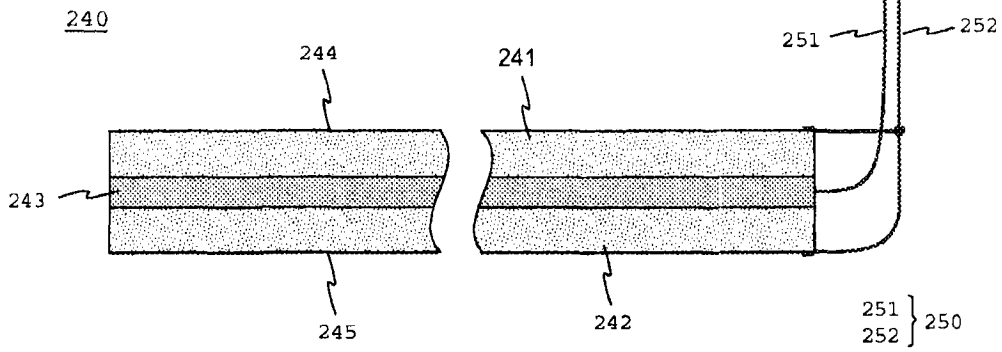


图 2

现有技术

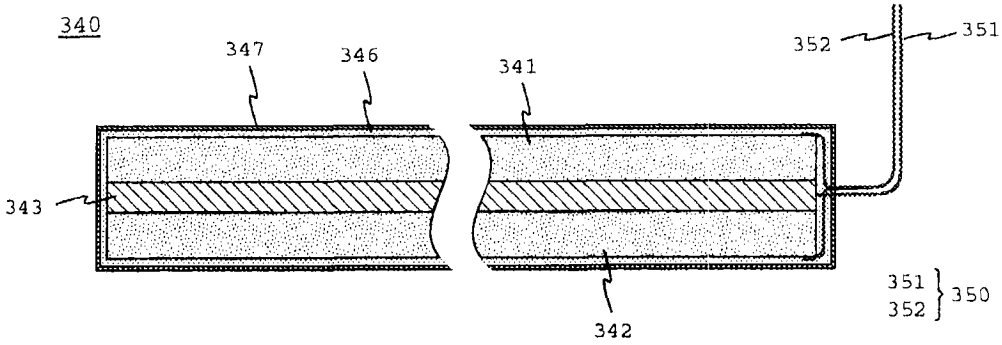


图 3a

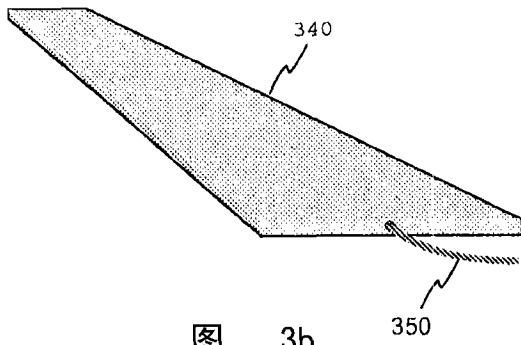


图 3b

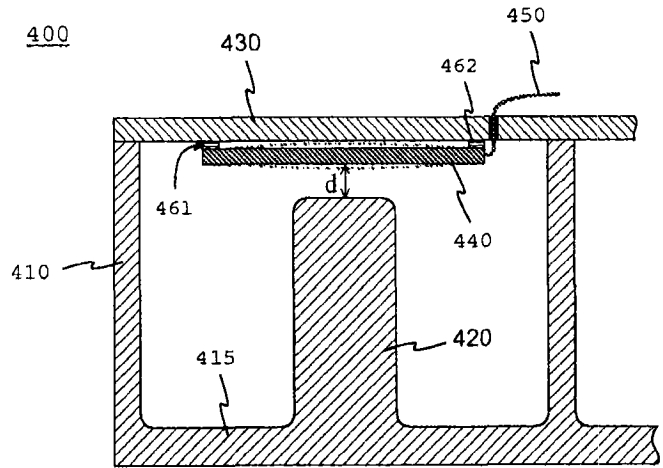


图 4

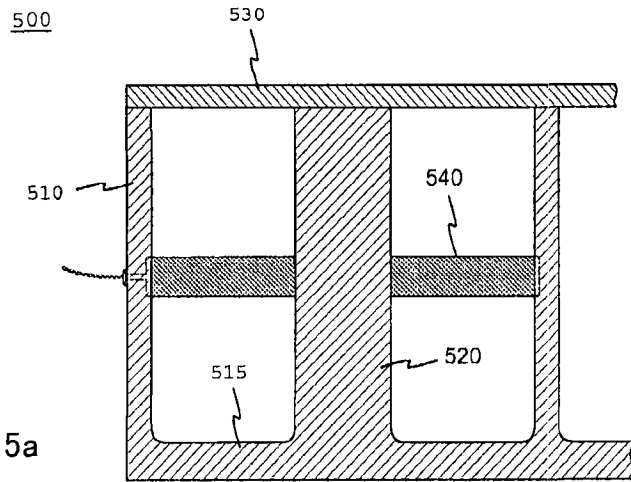


图 5a

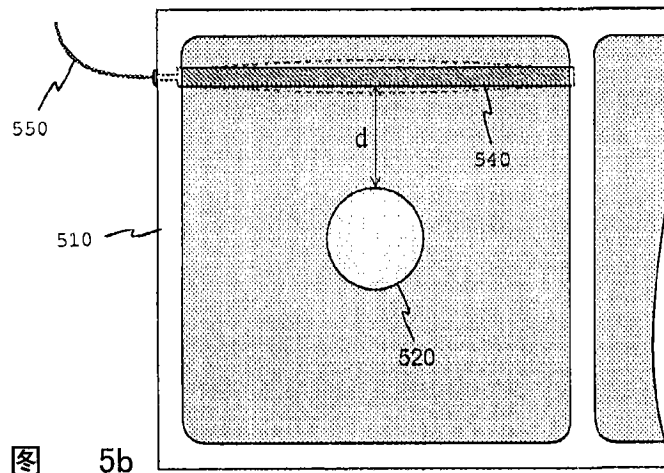


图 5b

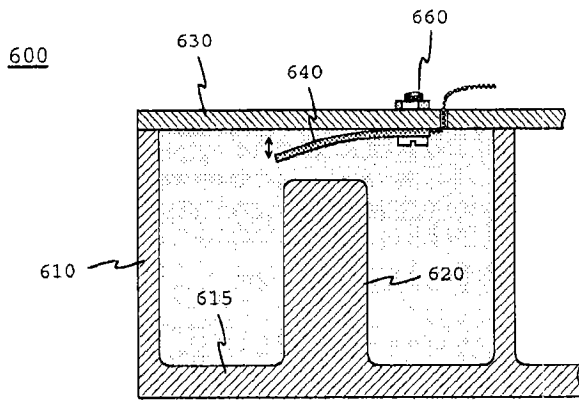


图 6

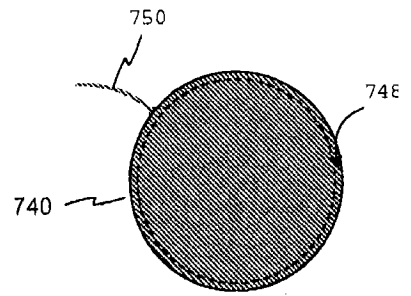


图 7a

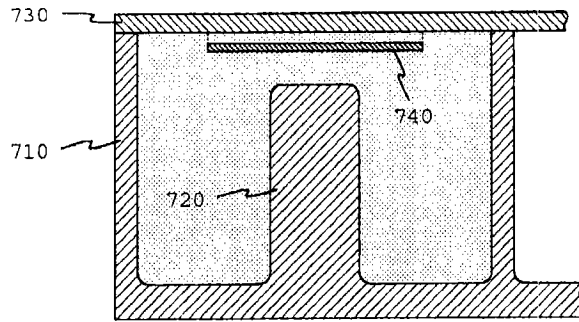


图 7b

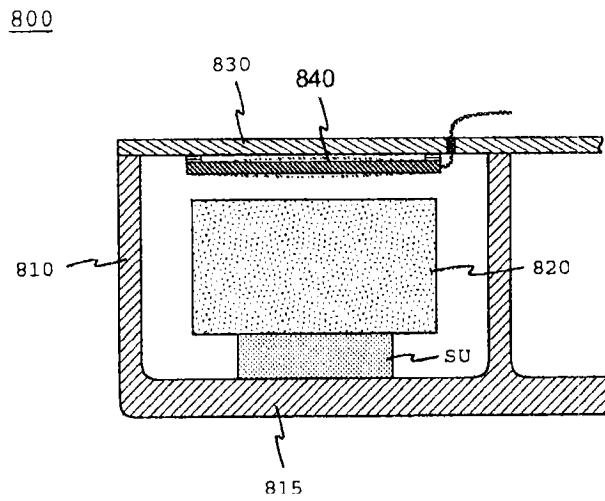


图 8