

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01G 5/16 (2006.01)

H01G 5/04 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 00817102.5

[45] 授权公告日 2006年1月18日

[11] 授权公告号 CN 1237556C

[22] 申请日 2000.12.13 [21] 申请号 00817102.5

[30] 优先权

[32] 1999.12.15 [33] EP [31] 99125453.3

[32] 2000.9.5 [33] DE [31] 10043758.3

[86] 国际申请 PCT/EP2000/012671 2000.12.13

[87] 国际公布 WO2001/045119 德 2001.6.21

[85] 进入国家阶段日期 2002.6.13

[71] 专利权人 弗兰霍菲尔运输应用研究公司

地址 德国慕尼黑

共同专利权人 西门子公司

[72] 发明人 西黑·图奥 伯恩德·瓦格纳

汉斯·J·奎恩扎

审查员 张颖

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利

商标事务所

代理人 李德山

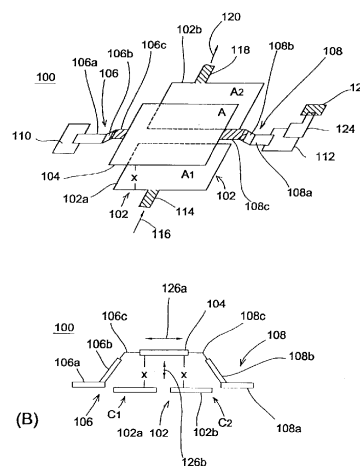
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 4 页

[54] 发明名称

可调高频电容器

[57] 摘要

可调高频电容器，包括：具有高频输入接头的第一固定电极；具有高频输出接头的第二固定电极；面对着所述第一和第二固定电极安装，并与它们相隔一个距离的可动电极；以及悬挂件，该悬挂件支撑着可动电极并且使得可动电极能够根据提供给悬挂件的控制信号相对于所述第一和第二固定电极移动，所述悬挂件和可动电极相互电绝缘；以及基底，它具有其上分开布置着所述第一和第二固定电极的第一主表面，悬挂件与所述第一主表面连接；其中，悬挂件被构造为允许可动电极在与固定电极平行的平面中和与固定电极垂直的平面中移动。



1.可调高频电容器,包括:

具有高频输入接头(114)的第一固定电极(102a);

具有高频输出接头(118)的第二固定电极(102b);

面对着所述第一和第二固定电极(102a,102b)安装,并与它们相隔一个距离的可动电极(104);以及

悬挂件(106,108),该悬挂件支撑着可动电极(104)并且使得可动电极(104)能够根据提供给悬挂件的控制信号相对于所述第一和第二固定电极(102a,102b)移动,所述悬挂件(106,108)和可动电极(104)相互绝缘;以及

基底(128),它具有其上分开布置着所述第一和第二固定电极(102a,102b)的第一主表面(130),悬挂件(106,108)与所述第一主表面(130)连接;

其中,悬挂件(106,108)被构造为允许可动电极(104)在与固定电极(102a,102b)平行的平面中和与固定电极(102a,102b)垂直的平面中移动。

2.如权利要求1所述的可调高频电容器,其中所述悬挂件(106,108)包括有致动器(106b,108b),所述致动器使得可动电极(104)能够根据所提供的控制信号移动,并且从所述高频输入接头(114)经由可动电极(104)通向高频输出接头(118)的高频信号通道与悬挂件(106,108)绝缘。

3.如权利要求1所述的可变高频电容器,包括支撑着可动电极(104)的框架结构(134),所述悬挂件(106,108)与所述框架结构连接。

4.如权利要求1所述的可变高频电容器,包括有绝缘薄膜(136),它布置在面对着固定电极(102a,102b)的可动电极(104)的表面上。

5.如权利要求4所述的可调高频电容器,其中绝缘薄膜(136)支撑在框架结构(134)内,所述可动电极(104)布置在绝缘薄膜(136)上。

6.如权利要求1所述的可调高频电容器,其中所述悬挂件(106,108)由一根或多根弯曲梁形成。

7.如权利要求1所述的可调高频电容,其中所述悬挂件(106,108)通过微机械加工制成。

可调高频电容器

技术领域

本发明涉及一种可调电容器，特别涉及一种无级可调微结构高频电容器。

背景技术

例如在高频和微波电路中的可调振荡器，所谓的 VCO（电压控制振荡器）中，需要具有高品质因数 Q 的可调电容器。也被称为变容二极管的电容二极管负责改变电容。反偏压的施加改变这些二极管的阻挡层中的空间电荷分布，从而改变它们的电容。这样，电容随着反偏压的增加而降低。通常 1V 至 10V 的反偏压变化可以实现 10pF 至 2pF 的电容变化。但是这些二极管具有缺点，这些缺点在微波振荡器中尤其明显。因此，例如，高的串联电阻导致低谐振品质因数 Q ，并且频率越高则噪声越大。另一个缺点在于，二极管的电容振幅在底端限于大约 2pF。

在高频或微波频段，以及在设计适当的元件过程中，还总是要求具有可调的或可变的元件例如可调电容器、可调电阻器或可调电感器件。这些元件在高频和微波频段为开发者提供了在高频和微波电路的设计方面的灵活性。在将来的可重新配置的无线电系统例如基于软件的无线电系统中，这些元件被称为使能元件/技术。这是由于以下事实的缘故，基于软件的无线电系统需要可编程的高频接收器单元(HF 接收器单元)，该单元除了对高频元件的其它要求之外，至少支持不同频段。在传统的元件技术中，尤其是在考虑到移动无线应用时，这提出了巨大的挑战，因为能耗、空间要求、重量以及电气性能提出了非常苛刻的挑战。

上述公知的变容二极管例如是一种可调电容器。除了上述缺陷之外，另一个缺陷在于，该变容二极管的电容是以非线性的方式随着所施加的控制电压而变化的，并且这种变容二极管的 Q 因数通常非常低，大约为 40。这些特征限制了变容二极管在线性度和 Q 因数(品质)方面的要求不

苛刻的用途方面的应用范围。使用变容二极管的典型实例为上述电压控制振荡器(VCO)以及一些可变滤波器。

考虑到这些缺陷，最近已经在全世界进行了多方面的研究活动以便找到用于上述可调元件的解决方案。

已经提出了用于可调电容器的几种设计。这些设计都是基于所谓的 MEMS 技术，MEMS 代表“微机电系统(micro-electro-mechanical systems)”。MEMS 技术是一种生机勃勃的技术，它在过去的几年中已经吸引了越来越多的注意。可调 MEMS 电容器可以被看作是半导体变容二极管的对等物。

为了在可编程的高频电路中使用，对 MEMS 电容器有许多要求。理想情况下，MEMS 电容器首先应该是一种线性器件。这意味着，在施加固定的控制电压或固定的控制电流时，MEMS 电容器的电容不会随着高频信号而变化。第二，MEMS 电容器应该具有高 Q 因数(高品质)，即低损耗。第三，MEMS 电容器应该具有宽的变化范围。移动电话所要求的调节范围通常为 0.5pF 至 20pF。另外，MEMS 电容器不应该消耗任何能量并且容易与其它电路和电路元件结合。

当前还不知道从哪个制造商中能够买到 MEMS 电容器。但是，存在几种构思，例如在 T.T.C.Nguyen 的论文“Micromachining Technologies for Miniaturized Communication Devices”，Proc.SPIE Conference on Micromachined Devices and Components IV,SPIE volume 3514, 1998 年 9 月，第 24 - 37 页中所述的方案。该论文说明了一种可连续变化的电容器，该电容器以静电方式驱动并且其中可动电极由悬挂在弹簧梁上的金属薄膜构成。

一般来说，MEMS 电容器主要由两块金属板构成，通过致动器来控制间距和/或面积(重叠面积)。这些致动器在静电致动器的情况中由电压控制，或者在热致动器的情况中由电流控制。

参照图 4，该图更详细地说明了现有技术中的 MEMS 电容器的一个实例。图 4A 显示出已知 MEMS 电容器的平面图，并且图 4B 显示出在图 4A 中所示的电容器的断面图。

MEMS 电容器 400 由固定电极 402 和可动电极 404 形成，这些电极 402 和 404 基本上具有相同的表面积 A 。可动电极 404 设置成基本上覆盖着可动电极 402。固定电极 402 和可动电极 404 相距一个距离 x 。可动电极 404 由第一悬挂件 406 和第二悬挂件 408 支撑，该第一悬挂件 406 和第二悬挂件 408 被设计成能够移动所述可动电极 404，从而使电极 402 和 404 之间的距离 x 改变。

第一悬挂件 406 固定在第一紧固元件 410 上，并且第二悬挂件 408 固定在第二紧固元件 412 上。而这些紧固元件固定在表面区域（未示出）上，例如基底等上面。第一悬挂件 406 包括第一部分 406a、第二部分 406b 和第三部分 406c。第二部分 406b 包括连接在第一部分 406a 和第三部分 406c 之间的致动器。第一部分 406a 还连接在第一紧固元件 410 上，而第三部分 406c 连接在可动电极 404 上。同样，第二悬挂件 408 包括第一部分 408a、第二部分 408b 以及第三部分 408c，第二部分 408b 还包括有致动器。第一部分 408a 还连接在第二紧固元件 412 上，而第三部分 408c 还连接在可动电极 404 上。在图 4A 中可以看出，所述部分 406b 和 408b 以倾斜的方式设置，从而电极 404 设置成与电极 402 分开。

电极 402 包括一个高频输入接头 414，如由箭头 416 所示。第二紧固元件 412 包括一个高频输出接头 418，如由箭头 420 所示。因此高频信号通过电容器 400 的通道从接头 414 经由电极 402 到电极 404 延伸到输出接头 418。对于悬挂件 406 和 408 来说要注意的是，这些悬挂件对于高频信号通道而言不是绝缘的。

为了驱动这些致动器 406b 和 408b，设有通过线路 424 与第二紧固元件 412 连接的控制接头 422。将适当的控制信号提供给接头 422 导致驱动致动器 406b 和 408b，于是引起可动电极 404 位移，从而改变了可动电极 404 和固定电极 402 之间的距离 x 。

电容器 400 的电容 C 计算如下：

$$C = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{A}{x}$$

其中：

ϵ_r = 设置在极板之间的电介质的相对介电常数；

ϵ_0 =电场常数;

A=电容器极板的表面积;

x = 电容器极板的间距。

图 4B 显示出在图 4A 中所示的电容器的断面图，相同的元件使用相同的标号。

由于使用了两块电极板 402 和 404，所以必须采用一部分悬挂件 406、408 以及尤其致动器 406b 和 408b 的一部分作为一部分高频信号通道。MEMS 电容器 400 的电容可以通过调节施加在接头 422 上的电压或电流来控制（变化或调节）。可以使用各种材料例如硅、GaAs(砷化镓)、陶瓷基底等作为载体基底（在图 4 中未示出）。

但是，在图 4 中所示的 MEMS 电容器类型具有与变容二极管类似的缺陷。由于两个电极板 402 和 404 之间的间距 x 和/或表面积 A 不一定随着所施加的控制电压或控制电流以线性方式变化，所以这意味着电容随着所施加的控制电压或控制电流的变化只是有一点儿线性。由于控制信号（电压和/或电流）和高频信号都是在 MEMS 电容器的同一接头处出现，所以这种 MEMS 电容器将是一种非线性器件，尤其在具有大的高频信号的情况下。与变容二极管一样，电容甚至在控制信号（电压和/或电流）固定时也可以随高频信号变化。在现有技术中还没有任何文献能够解决在这种 MEMS 电容器中的线性度问题。

即使许多文献集中地致力于品质（Q 因数）以及可变范围，对于这些已知电容器应该着重指出的是，所报道的 Q 因数非常低（例如在大约 1.5GHz 的频率下比 100 低很多）或者所实现的可变范围非常有限（例如只是从 0.5pF 至 3.5pF）。

发明内容

本发明的目的在于提供一种改进的可变高频电容器，该电容器是一种具有高品质因数和大大可变范围的线性器件。

本发明提供一种可变高频电容器，它包括具有高频输入接头的第一固定电极、具有高频输出接头的第二固定电极、面对着所述第一和第二固定电极安装并且与它们隔开的可动电极，以及悬挂件，所述悬挂件支

撑着可动电极并且能够根据作用于悬挂件的控制信号使得可动电极相对于第一和第二固定电极移动。

本发明基于一种可调 MEMS 电容器的新颖构思，通过该电容器能够克服变容二极管的缺陷，从而可以生产出新颖的可调 MEMS 电容器器件，这些器件可以用于例如在包括移动无线装置等的可重新配置的无线电系统中研制不同的可编程线性和非线性的高频电路（LNA、混合器、VCO、PA、滤波器等）。

根据本发明的实施方案，悬挂件包括有根据所施加的控制信号使得可动电极移动的致动器，并且从高频输入接头经由可动电极通向高频输出接头的高频信号通道与悬挂件绝缘。

根据优选的实施方案，该电容器包括支撑着可动电极并且其上固定有所述悬挂件的框架结构。另外，可以设有绝缘薄膜，该薄膜布置在可动电极的表面上，该表面面对着固定电极。该绝缘薄膜还可以支撑在框架结构内，在该情况中可动电极布置在绝缘薄膜上。

通过所述悬挂件并且通过控制信号的驱动，本发明使得可动电极能够在与固定电极平行的平面中和/或与固定电极垂直的平面中移动。

根据本发明的优选实施方案，电容器包括具有第一主表面的基底，第一和第二固定电极分开布置在所述第一主表面上。在该情况中，悬挂件还与第一主表面连接。根据实施方案，悬挂件可以由一个和几个弯曲梁形成。优选的是，该悬挂件通过微机械加工 (micromechanical processing) 制成。

附图说明

下面将参照附图对本发明的优选实施方案进行更详细地说明，其中：

图 1A 为本发明的可变高频电容器的第一实施方案的平面视图；

图 1B 为图 1A 的电容器的断面图；

图 2 为悬挂件和可动电极的设计的实施例；

图 3 为本发明可变高频电容器的另一个实施方案；

图 4A 为传统 MEMS 电容器的实例；

图 4B 为图 4A 的电容器的断面图。

具体实施方式

下面将参照图1对第一实施方案进行更详细地说明，图1A显示出该实施方案的平面示意图，图1B为在图1A中所示的电容器的断面图。对于进一步说明而言应该注意的是，在其它实施方案的说明中，对于在下面图中的相似元件将使用相同的标号，并且不对这些元件进行重复说明。

图1显示出MEMS电容器100，它包括具有第一部分102a和第二部分102b的固定电极102。第一电极部分102a具有第一表面区域 A_1 ，并且第二电极部分102b具有第二表面区域 A_2 。这些表面区域 A_1 和 A_2 可具有相同的或不同的尺寸。

另外，设有可动电极104，该电极布置在固定电极102的第一和第二电极部分102a和102b对面并且与它们相距一个距离 x 。可动电极104具有表面区域 A 。该可动电极104布置成完全覆盖着固定电极102，但是该布置可以是这样：固定电极只是由可动电极104部分覆盖，在这种连接中，表面区域 A_1 和 A_2 决定了面对着可动电极的固定电极部分102a和102b的面积。

可动电极104由第一悬挂件106和第二悬挂件108支撑，从而可以调节与固定电极相距的距离 x 。第一悬挂件106包括第一部分106a、第二部分106b以及第三部分106c。第一悬挂件106的第一部分106a连接在紧固部分110上，而该紧固部分连接在其上还可能布置有固定电极的另一支撑结构上，这将在下面作更详细的描述。第一悬挂件106的第三部分106c连接在可动电极104上，包括有致动器的第二部分106b布置在第一部分106a和第三部分106c之间。在图1A中所示的实施方案中，悬挂件106的所述部分106a和106c基本上布置成与其中分别布置有电极102和104的平面平行。所述部分106b布置成倾斜地面对着该平面，从而可动电极104布置成与固定电极102间隔一定距离。

同样，第二悬挂件108包括第一部分108a、第二部分108b和第三部分108c。第一部分108a布置在第二紧固装置112上，该紧固装置和第一紧固装置110一样布置在未在图1A中示出的另一支撑结构中。第三部

分108c与可动电极104连接,和第一悬挂件的部分106b一样包括有致动器的第二部分108b布置在第一部分108a和第三部分108c之间。和所述部分106a和106c一样,所述部分108a和108c也布置成与其中分别布置有电极102和104的平面平行,所述部分108b相对于该平面倾斜地布置,以便使得可动电极能够间隔一定距离地布置。

固定电极102的第一部分102a包括如箭头116所示向其提供高频信号的高频输入接头114。固定电极102的第二部分102b包括高频输出接头118,在该端子处输出高频信号,如箭头120所示。因此通过电容器100的高频信号通道始于输入接头114,高频信号从这里经由固定电极102的第一部分102a通向可动电极104,并且从那里通向固定电极的第二部分102b再到输出接头118。为了确保该高频信号通道通过电容器100,如将在下面所更详细地描述的一样,分别用于高频信号通道的悬挂件106和108的部分106c和108c要设计成是绝缘的。

电容器100还包括用于接收控制信号的控制接头122,该控制接头通过电线124与紧固装置112连接并且进一步与悬挂件108和106连接。将合适的控制信号提供给控制接头122,以便能够驱动布置在部分106b和108b中的致动器,从而使得可动电极104能够相对固定电极102a、102b移动。

电容器100具有由两个电容器的串联连接所确定的总电容C。在这两个电容一方面由固定电极102的第一部分102a和可动电极104的相对部分形成,另一方面由固定电极102的第二部分102b和可动电极的相对应的相对部分形成。因此,总电容如下:

$$C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

其中:

C_1 =第一电容器的电容值

C_2 =第二电容器的电容值

相应的电容值计算如下:

$$C_1 = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{A_1}{x}$$

$$C_1 = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{A_2}{x}$$

其中:

ε_r =设置在极板 102 和 104 之间的电介质的相对介电常数;

ε_0 =电场常数;

A_1 、 A_2 =电容器有效表面积;

x = 电极102、104之间的间距。

图1B显示出在图1A中所示的电容器的断面图, 该图使用了相同的标号。电容器 C_1 和 C_2 都再次被显示以便进行说明。另外, 箭头126a和126b表示运动的方向, 可动电极104可以在将适当的控制信号提供给在图1A中所示的控制接头122以驱动致动器106b、108b时沿上述方向移动。

从图1中可以看出, 本发明的电容器包括三个电极102a、102b、104而不是现有技术(如图4中的一样)中的两个电极。两块固定电极102a和102b分别与高频输入接头114和高频输出接头118连接。可动电极104由两个悬挂件106和108支撑, 这些悬挂件在致动器106b、108b的作用下上下(参见图1B中的箭头126b)以及侧向(参见图1B中的箭头126a)移动, 而所述致动器取决于设计不同由被提供给接头122的控制电压或控制电流来驱动。本发明的另一个特征是悬挂件106、108与可动电极104电绝缘。

如上所述, 电容器100的电容等同于两个串联的电容器。本发明的优点在于, 通过本发明的结构, 高频信号和控制信号(电压或电流)使用了不同的接头。不同的信号通道即高频信号通道和控制信号通道彼此绝缘, 从而, 当控制信号保持为固定数值时, 即使在高频信号改变的情况下, 电容器100的电容值也不会改变。因此就实现了一种线性器件。

本发明的电容器对于所能获得的品质特征而言也具有显著的优点。由于必然伴有高损耗的悬挂件和致动器没有被用作高频信号通道的一部分, 并且由于电极102/104具有非常低的损耗, 所以可以将这种

电容器的Q因数（品质）保持在非常高的数值上，例如在1.5GHz下高于100。

另一个优点在于，由于这些悬挂件使得可动电极104和固定电极102a、102b之间的距离 x 能够在大范围上变化，所以可以额外实现大可变范围。电容器的可变范围的进一步改进可以由以下事实来实现：这些致动器使得悬挂件能够侧向移动，从而在调节电容值时，除了间距 x 之外，电容器极板的有效表面积的结果在于得到额外的自由度，所述电容器极板的有效表面积为固定电极102a或102b的由可动电极所覆盖的表面区域。通过相应地使可动电极104移动，也可以改变这些表面区域 A_1 和 A_2 。

本发明的设备的优点在于，特别适用于应用在许多可编程线性或非线性高频电路或微波电路中。

图2显示出可动电极104的悬挂件的一个实施例。可以看出，悬挂件106和108分别通过弯曲梁来实现，弯曲梁的一个端部与电极104连接，而另一个端部分别与紧固装置110和112连接。作为图1所示实施方案的一个变型，在图2中每个紧固装置110和112设有控制接头122以便获得例如电压信号形式的控制信号，这些信号使得弯曲梁106、108适当地变形，因此使得电极104适当地位移。弯曲梁106和108由电绝缘材料形成以确保通过电容器的高频信号和控制信号通道之间退耦。

图3显示出本发明的电容器的另一个实施方案，尤其是可动电极的悬挂件的一种替代实施方案，这样它就能与悬挂件绝缘。

电容器100包括具有第一主表面130和面对着第一主表面130的第二主表面132的基底128。固定电极102a和102b布置在第一主表面130上。悬挂件106和108也通过紧固装置110和112与第一主表面130连接。

电容器100还包括框架结构134。所述部分106c和108c与该框架134连接。一绝缘薄膜136布置成在框架中展开，可动电极104安装在该薄膜上。因此薄膜136布置在可动和固定电极之间。通过在图3中所示的布置，从而以另一种方式确保高频信号通道和控制信号通道之间的退耦。

为了防止可动电极104和可由金属或硅构成的致动器结构之间信号的电容耦合，由悬挂件的所述部分106c和108c所调节的距离必须尽可能大。这在没有使用绝缘薄膜136的情况下尤为重要。

在图3中所示的布置在致动器结构的框架134中的绝缘薄膜136可以用来代替厚的绝缘层。可以看出，在该方案中电容器的可动电极104布置在绝缘薄膜136上。

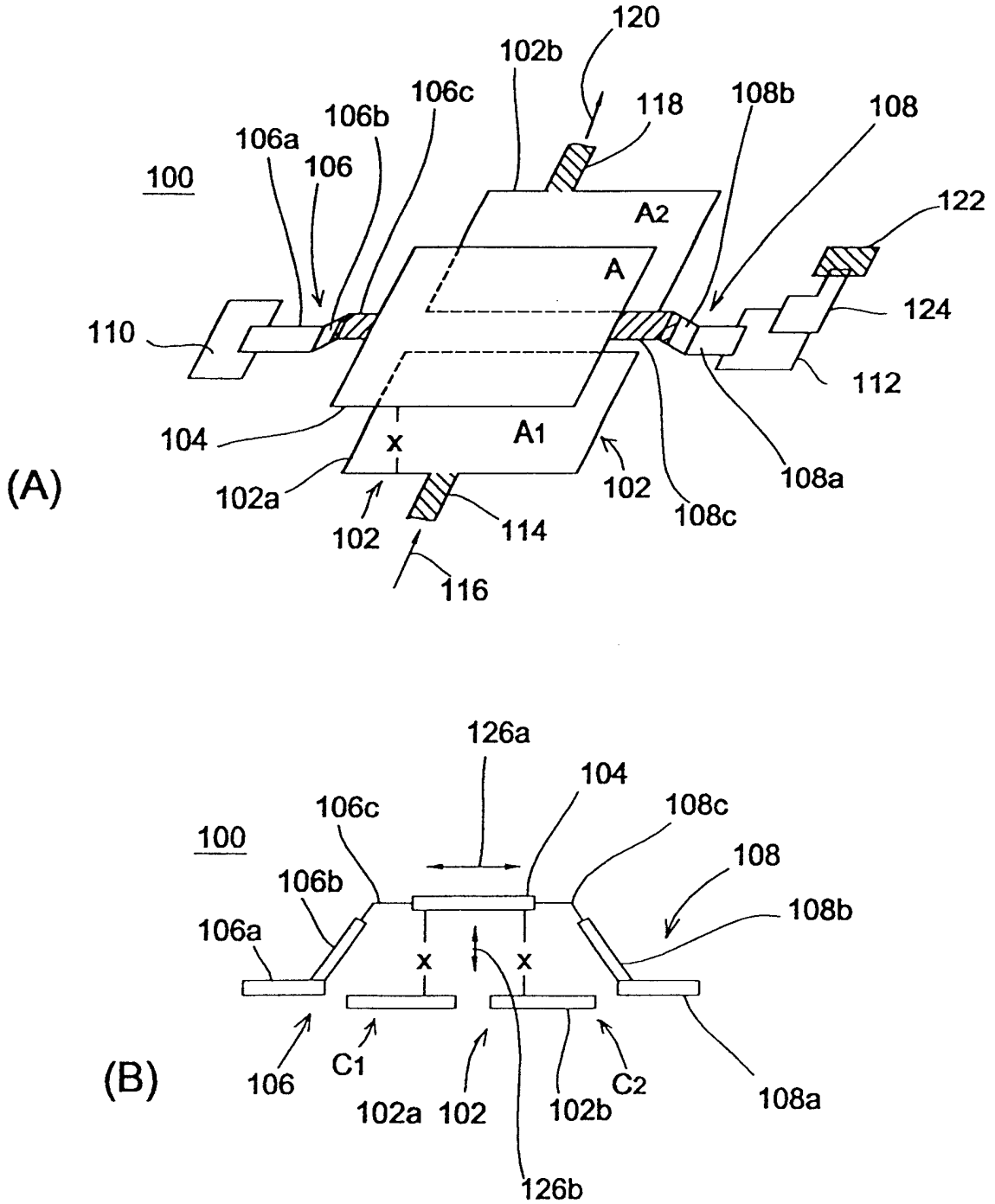


图 1

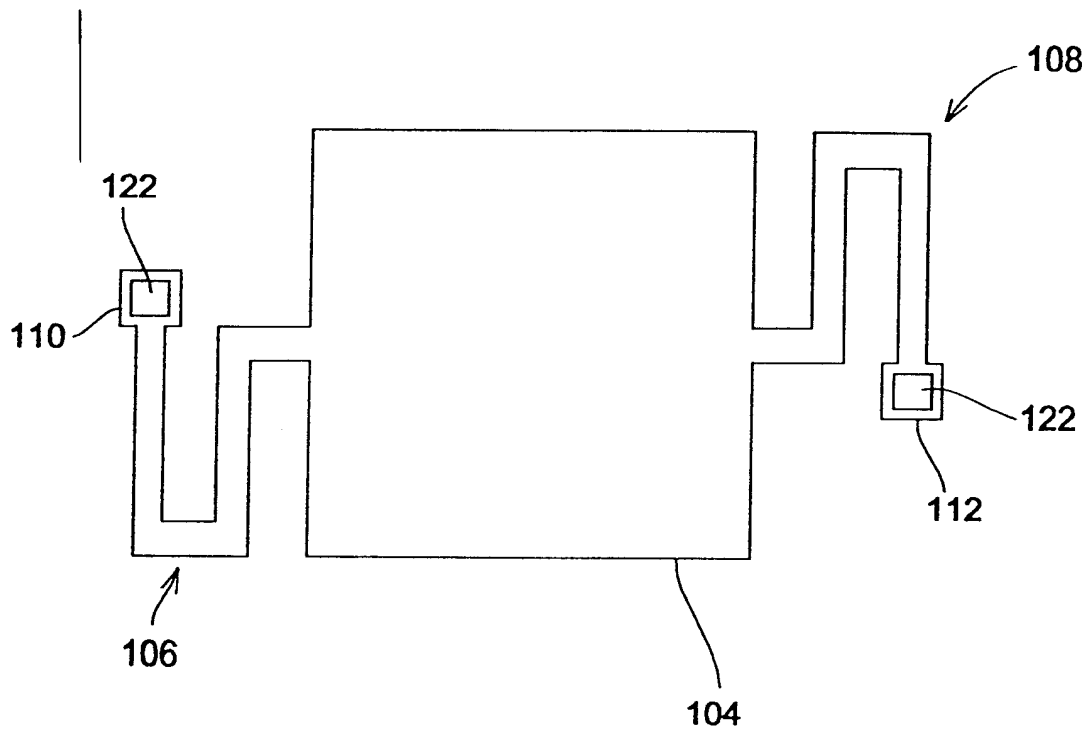


图 2

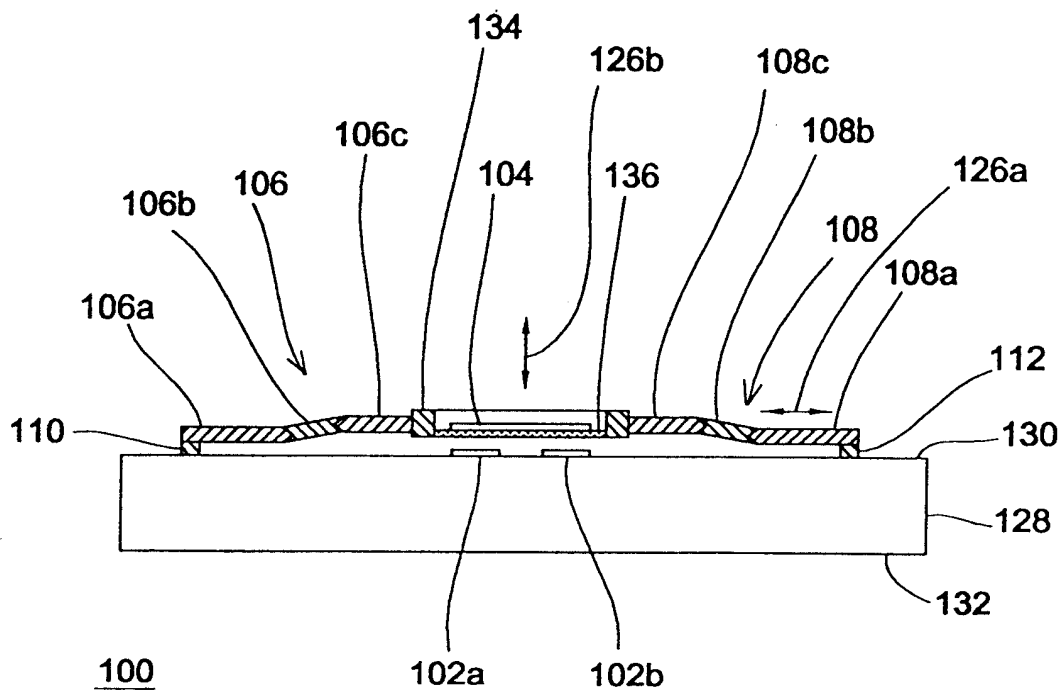


图 3

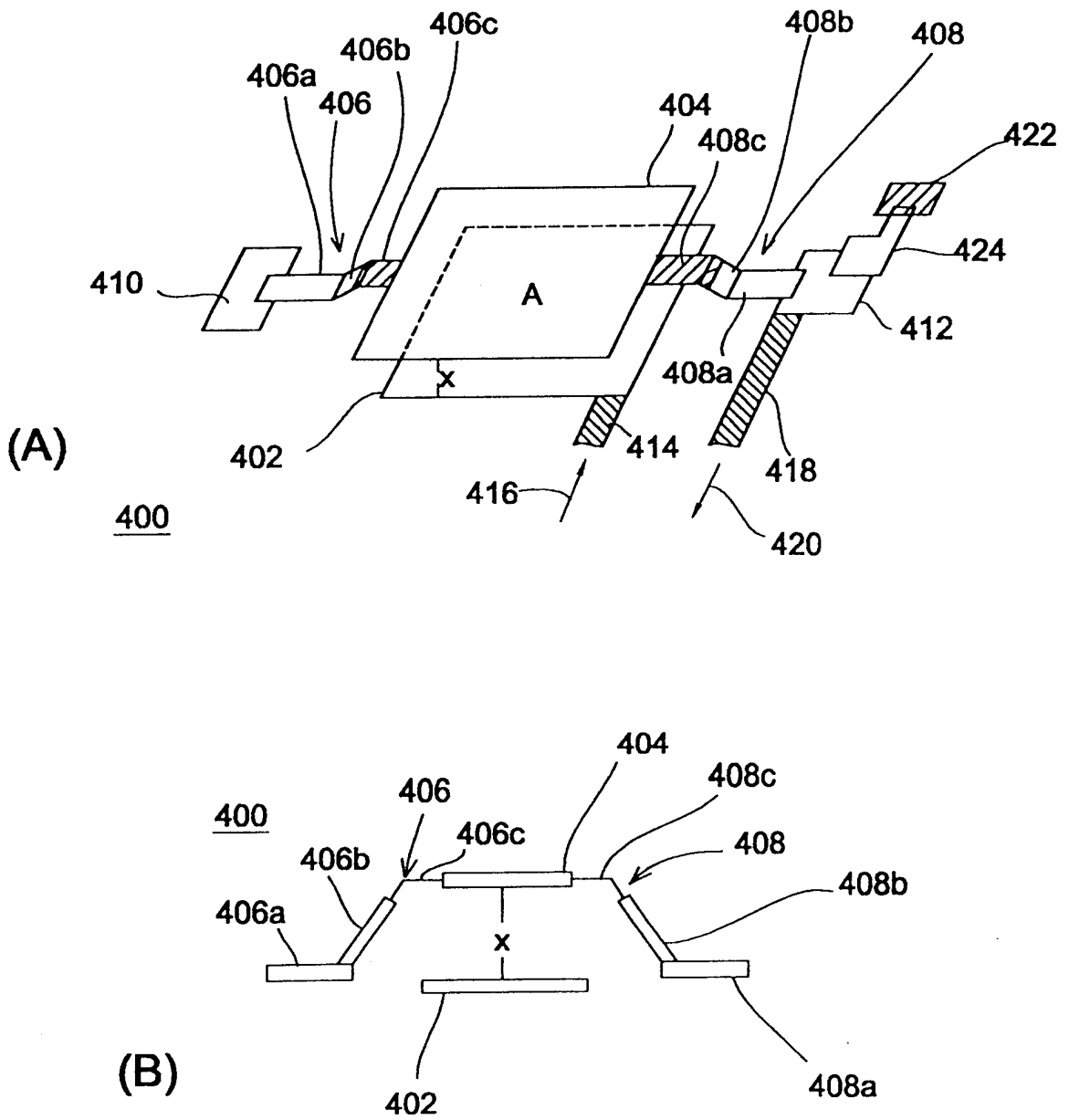


图 4
现有技术