



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113328722 A

(43) 申请公布日 2021.08.31

(21) 申请号 202110572586.9

(22) 申请日 2021.05.25

(71) 申请人 武汉敏声新技术有限公司

地址 430070 湖北省武汉市洪山区武汉大学
学中部创意大厦1803

(72) 发明人 孙成亮 高超 邹杨

(74) 专利代理机构 北京高沃律师事务所 11569

代理人 王爱涛

(51) Int. Cl.

H03H 9/17 (2006.01)

H03H 9/02 (2006.01)

H03H 3/02 (2006.01)

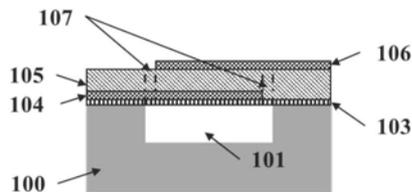
权利要求书1页 说明书5页 附图7页

(54) 发明名称

一种薄膜体声波谐振器及制备方法

(57) 摘要

本发明涉及一种薄膜体声波谐振器及制备方法。该谐振器包括：包括：衬底、种子层、下电极层、压电薄膜层以及上电极层；所述衬底的上表面刻蚀出空腔；所述种子层、所述下电极层、所述压电薄膜层以及所述上电极层依次沉积在所述衬底上表面；在所述压电薄膜层的有效区域的边界的设定范围刻蚀形成沟槽；所述有效区域为所述种子层、所述下电极层、所述压电薄膜层以及所述上电极层重合的区域。本发明所提供的一种薄膜体声波谐振器及制备方法，能够有效的提高薄膜体声波谐振器的机电耦合系数。



1. 一种薄膜体声波谐振器,其特征在于,包括:衬底、种子层、下电极层、压电薄膜层以及上电极层;

所述衬底的上表面刻蚀出空腔;

所述种子层、所述下电极层、所述压电薄膜层以及所述上电极层依次沉积在所述衬底上表面;

在所述压电薄膜层的有效区域的边界的设定范围刻蚀形成沟槽;下电极锚与所述压电薄膜层重合的区域以及上电极锚与所述压电薄膜层重合的区域不刻蚀;所述有效区域为所述种子层、所述下电极层、所述压电薄膜层以及所述上电极层重合的区域;所述下电极锚用于连接所述下电极层的有效区域与信号连接板;所述上电极锚用于连接所述上电极层的有效区域与信号连接板;所述沟槽的宽度为薄膜体声波谐振器的波长的四分之一;所述设定范围为薄膜体声波谐振器的四分之一波长的整数倍。

2. 根据权利要求1所述的一种薄膜体声波谐振器,其特征在于,所述沟槽为带有多条连接锚的沟槽。

3. 根据权利要求1所述的一种薄膜体声波谐振器,其特征在于,所述沟槽为不带连接锚的沟槽。

4. 根据权利要求1所述的一种薄膜体声波谐振器,其特征在于,所述沟槽中填充二氧化硅。

5. 根据权利要求1所述的一种薄膜体声波谐振器,其特征在于,所述衬底为硅衬底或SOI衬底。

6. 根据权利要求1所述的一种薄膜体声波谐振器,其特征在于,所述种子层的材料为AlN、ScAlN、AlON、SiO₂、Si₃N₄或SiC。

7. 根据权利要求1所述的一种薄膜体声波谐振器,其特征在于,所述上电极层和所述下电极层的材料为Mo、Al、Pt或Au。

8. 根据权利要求1所述的一种薄膜体声波谐振器,其特征在于,所述压电薄膜层的材料为AlN、ScAlN、YAlN、PZT、LiNbO₃或LiTaO₃。

9. 一种薄膜体声波谐振器的制备方法,用于制备权利要求1-6任意一项所述的一种薄膜体声波谐振器,其特征在于,所述制备方法包括:

在衬底上刻蚀出空腔;

沉积牺牲层,填满空腔,并刨除多余的牺牲层;

依次沉积种子层、下电极层,并刻蚀下电极形成设定的形状;

依次沉积压电薄膜层、上电极层,并刻蚀上电极形成设定的形状;

刻蚀压电薄膜层和种子层,形成释放孔和沟槽;

通入腐蚀性气体,释放空腔中所沉积的牺牲层,在衬底中形成空腔,从而形成薄膜体声波谐振器。

10. 根据权利要求9所述的一种薄膜体声波谐振器的制备方法,其特征在于,所述牺牲层的材料为SiO₂、SiN、PSG、BPSG、VHF、或XeF₂。

一种薄膜体声波谐振器及制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及谐振器领域,特别是涉及一种薄膜体声波谐振器及制备方法

背景技术

[0002] 随着无线通讯技术的超高速发展和通讯终端的多功能化,对工作在射频频段的频率器件提出了更高性能的要求。目前射频系统中常用的带通滤波器主要有微波介质陶瓷滤波器和声表面波(SAW)滤波器。相对于传统的介质陶瓷滤波器和SAW滤波器,薄膜体声波谐振器(FBAR)可以很好的工作在几百MHz到5-6GHz的范围,FBAR滤波器具有高频率,低损耗,低温飘特性,陡峭的滤波器裙边和极高的Q值,因此占据了大部分无线通讯场的应用领域。

[0003] FBAR的机电耦合系数主要由压电薄膜层、电极材料以及沉积压电薄膜层的表面状况所决定,对于体声波来说,氮化铝(A1N)材料是性能和可制造性都较好的材料,A1N薄膜的机电耦合系数可以达到6.9%,掺杂其他元素的A1N薄膜的机电耦合系数可以达到更大,这已经满足了大多数移动通信设备的需求,然而,随着通讯技术的发展,对滤波器带宽提出了更大的要求,而大的机电耦合系数更有利于体声波滤波器带宽的设计。到目前为止,相关人员也提出了不少提高机电耦合系数的方法,然而普遍存在工艺复杂,加工困难的问题。因此,迫切需要一种工艺简单并且能够有效提高机电耦合系数的方法。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种薄膜体声波谐振器及制备方法,能够有效的提高薄膜体声波谐振器的机电耦合系数。

[0005] 为实现上述目的,本发明提供了如下方案:

[0006] 一种薄膜体声波谐振器,包括:衬底、种子层、下电极层、压电薄膜层以及上电极层;

[0007] 所述衬底的上表面刻蚀出空腔;

[0008] 所述种子层、所述下电极层、所述压电薄膜层以及所述上电极层依次沉积在所述衬底上表面;

[0009] 在所述压电薄膜层的有效区域的边界的设定范围刻蚀形成沟槽;下电极锚与所述压电薄膜层重合的区域以及上电极锚与所述压电薄膜层重合的区域不刻蚀;所述有效区域为所述种子层、所述下电极层、所述压电薄膜层以及所述上电极层重合的区域;所述下电极锚用于连接所述下电极层的有效区域与信号连接板;所述上电极锚用于连接所述上电极层的有效区域与信号连接板;所述沟槽的宽度为薄膜体声波谐振器的波长的四分之一;所述设定范围为薄膜体声波谐振器的四分之一波长的整数倍。

[0010] 可选的,所述沟槽为带有多条连接锚的沟槽。

[0011] 可选的,所述沟槽为不带连接锚的沟槽。

[0012] 可选的,所述沟槽中填充二氧化硅。

[0013] 可选的,所述衬底为硅衬底或SOI衬底。

- [0014] 可选的,所述种子层的材料为AlN、ScAlN、AlON、SiO₂、Si₃N₄或SiC。
- [0015] 可选的,所述上电极层和所述下电极层的材料为Mo、Al、Pt或Au。
- [0016] 可选的,所述压电薄膜层的材料为AlN、ScAlN、YAlN、PZT、LiNbO₃或LiTaO₃。
- [0017] 一种薄膜体声波谐振器的制备方法,用于制备所述的一种薄膜体声波谐振器,所述制备方法包括:
- [0018] 在衬底上刻蚀出空腔;
- [0019] 沉积牺牲层,填满空腔,并刨除多余的牺牲层;
- [0020] 依次沉积种子层、下电极层,并刻蚀下电极形成设定的形状;
- [0021] 依次沉积压电薄膜层、上电极层,并刻蚀上电极形成设定的形状;
- [0022] 刻蚀压电薄膜层和种子层,形成释放孔和沟槽;
- [0023] 通入腐蚀性气体,释放空腔中所沉积的牺牲层,在衬底中形成空腔,从而形成薄膜体声波谐振器。
- [0024] 可选的,所述牺牲层的材料为SiO₂、SiN、PSG、BPSG、VHF、或XeF₂。
- [0025] 根据本发明提供的具体实施例,本发明公开了以下技术效果:
- [0026] 本发明所提供的一种薄膜体声波谐振器及制备方法,通过在薄膜体声波谐振器的压电薄膜层有效区域周围刻蚀形成沟槽,能够加快空腔的释放速度,同时很好的提高体声波谐振器的机电耦合系数。

附图说明

- [0027] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。
- [0028] 图1是本发明所提供的一种薄膜体声波谐振器结构示意图;
- [0029] 图2是本发明所提供的一种薄膜体声波谐振器的较佳实施例1的俯视图;
- [0030] 图3 (a) 是图2中所述一种薄膜体声波谐振器的较佳实施例1的AA' 方向的横截面图;
- [0031] 图3 (b) 是图2中所述一种薄膜体声波谐振器的较佳实施例1的BB' 方向的横截面图;
- [0032] 图4是本发明所提供的一种薄膜体声波谐振器的实施例2的俯视图;
- [0033] 图5是本发明所提供的一种薄膜体声波谐振器的实施例3的俯视图;
- [0034] 图6 (a) 是图5中所述一种薄膜体声波谐振器的较佳实施例3的AA' 方向的横截面图;
- [0035] 图6 (b) 是图5中所述一种薄膜体声波谐振器的较佳实施例3的BB' 方向的横截面图;
- [0036] 图7是本发明所提供的一种薄膜体声波谐振器的实施例4的俯视图;
- [0037] 图8是本发明所提供的一种薄膜体声波谐振器的加工测试效果图;
- [0038] 图9是本发明所提供的一种薄膜体声波谐振器的制备方法的步骤1示意图,图9 (a) 是AA' 方向横截面图,图9 (b) 是俯视图;

[0039] 图10是本发明所提供的一种薄膜体声波谐振器的制备方法的步骤2示意图,图10(a)是AA'方向横截面图,图10(b)是俯视图;

[0040] 图11是本发明所提供的一种薄膜体声波谐振器的制备方法的步骤3示意图,图11(a)是AA'方向横截面图,图11(b)是俯视图;

[0041] 图12是本发明所提供的一种薄膜体声波谐振器的制备方法的步骤4示意图,图12(a)是AA'方向横截面图,图12(b)是俯视图;

[0042] 图13是本发明所提供的一种薄膜体声波谐振器的制备方法的步骤5示意图,图13(a)是AA'方向横截面图,图13(b)是俯视图;

[0043] 图14是本发明所提供的一种薄膜体声波谐振器的制备方法的步骤6示意图,图14(a)是AA'方向横截面图,图14(b)是俯视图。

[0044] 符号说明:

[0045] 100-衬底,101-空腔,102-牺牲层,103-种子层,104-下电极层,104a-下电极锚,104b-下电极有效区域,105-压电薄膜层,106-上电极层,106a-上电极锚,106b-上电极有效区域,107-沟槽,108-连接锚。

具体实施方式

[0046] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0047] 本发明的目的是提供一种薄膜体声波谐振器及制备方法,能够有效的提高薄膜体声波谐振器的机电耦合系数。

[0048] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0049] 图1是本发明所提供的一种薄膜体声波谐振器结构示意图,如图1所示,本发明所提供的一种薄膜体声波谐振器,包括:衬底100、种子层103、下电极层104、压电薄膜层105以及上电极层106。

[0050] 所述衬底100的上表面刻蚀出空腔101。

[0051] 所述种子层103、所述下电极层104、所述压电薄膜层105以及所述上电极层106依次沉积在所述衬底100上表面。

[0052] 在所述压电薄膜层105的有效区域的边界的设定范围刻蚀形成沟槽107;下电极锚104a与所述压电薄膜层105重合的区域以及上电极锚106a与所述压电薄膜层105重合的区域不刻蚀;所述有效区域为所述种子层103、所述下电极层104、所述压电薄膜层105以及所述上电极层106重合的区域。所述下电极锚104a用于连接所述下电极层104的有效区域与信号连接板;所述上电极锚106a用于连接所述上电极层106的有效区域与信号连接板。

[0053] 连接锚能够减小谐振器的应力,避免因为应力过大造成谐振器有效区域翘曲,提高谐振器的性能。即应力过大时,刻蚀形成沟槽后谐振器有效区域容易发生翘曲,进而会影响谐振器的性能,综上,为了提高谐振器的性能,所述沟槽107为带有多条连接锚108的沟槽。带连接锚时,在竖直方向上,连接锚的形状可以为长条形、弧形、或其他能够起连接作用

的不规则图形。

[0054] 根据谐振器有效区域的形状来相应变化,紧贴上电极有效区域边缘,或者与上电极有效区域边缘相隔一定距离。沟槽与上电极有效区域边缘相隔一定距离时,这个距离为谐振器 $1/4$ 波长的整数倍,更加利于反射。

[0055] 作为一个具体的实施例,所述的沟槽107的形状为条形、弧形或其他形状。

[0056] 为了利于反射,所述沟槽107的宽度为波长的四分之一。

[0057] 进一步地,沟槽中可以填充其他反射材料,进一步所述反射材料为二氧化硅。有效区域外部的AlN与所填充的 SiO_2 形成了高低声阻抗反射层,可以反射声波,提高谐振器性能。

[0058] 作为另一个具体的实施例,所述沟槽107可以不带连接锚108。

[0059] 所述衬底100为硅衬底或SOI衬底。

[0060] 所述种子层103的材料为AlN、ScAlN、AlON、 SiO_2 、 Si_3N_4 或SiC。

[0061] 所述上电极层106和所述下电极层104的材料为Mo、Al、Pt或Au。

[0062] 所述压电薄膜层105的材料为AlN、ScAlN、YAlN、PZT、 LiNbO_3 或 LiTaO_3 。

[0063] 实施例1

[0064] 图2示出了本发明所提供的一种薄膜体声波谐振器的较佳实施例1的俯视图,图3(a)是图2中所述一种薄膜体声波谐振器的较佳实施例1的AA'方向的横截面图;图3(b)是图2中所述一种薄膜体声波谐振器的较佳实施例1的BB'方向的横截面图;在图2、图3中,整个谐振器至下而上依次为衬底100、种子层103、下电极层104、压电薄膜层105、上电极层106,衬底中设有空腔101,在压电薄膜层有效区域周围设有沟槽107,下电极锚104a在竖直方向上重合的压电薄膜层不刻蚀和上电极锚106a在竖直方向上重合的压电薄膜层不刻蚀,刻蚀形成的沟槽107为一整条,而且沟槽107紧贴着上电极有效区域106b边缘。

[0065] 通过上述方式设计的结构,能够提高空腔释放速度,同样很好的提高谐振器的机电耦合系数。

[0066] 实施例2

[0067] 图4是本发明所提供的一种薄膜体声波谐振器的较佳实施例2的俯视图,与实施例1不同在于,所述刻蚀形成的沟槽107是带有多条连接锚108的沟槽,而且沟槽107紧贴着上电极有效区域106b边缘。

[0068] 实施例3

[0069] 图5是本发明所提供的一种薄膜体声波谐振器的较佳实施例3的俯视图,图6(a)是图5中所述一种薄膜体声波谐振器的较佳实施例3的AA'方向的横截面图;图6(b)是图5中所述一种薄膜体声波谐振器的较佳实施例3的BB'方向的横截面图。与实施例1不同在于,所述刻蚀形成的沟槽107不是紧贴着上电极有效区域106b边缘,而是与上电极有效区域106b边缘相隔四分之一波长整数倍。

[0070] 实施例4

[0071] 图7是本发明所提供的一种薄膜体声波谐振器的较佳实施例4的俯视图,与实施例1不同在于,所述刻蚀形成的沟槽107是带有多条连接锚108的沟槽,而且沟槽107不是紧贴着上电极有效区域106b边缘,而是与上电极有效区域106b边缘相隔四分之一波长整数倍。

[0072] 图8为本发明所提供的一种薄膜体声波谐振器的加工测试效果图,V1为实施例1加

工测试阻抗曲线;V2为未刻蚀的传统结构加工测试阻抗曲线;V3为实施例3加工测试阻抗曲线,其中所述刻蚀沟槽107与所述上电极有效区域106b距离为2 μ m。三种器件均采用ScAlN材料作为压电薄膜层加工,因此机电耦合系数 k_{eff}^2 均大于传统纯AlN,图8中标记出了每种版本加工测试后计算出的机电耦合系数,从图中可以看出,V1和V3的机电耦合系数均大于V2,这说明本发明所提出的一种薄膜体声波谐振器,能够达到提高机电耦合系数的效果;同时,由于在压电薄膜层有效区域周围刻蚀形成了沟槽,沟槽直接与空腔接触,因此,释放空腔中的牺牲材料时所需用到的释放孔变得更大,进而能够提高空腔释放的速度。

[0073] 本发明所提供的一种薄膜体声波谐振器的制备方法,具体如下:

[0074] 步骤1、如图9(a)、图9(b)所示,在衬底100上刻蚀出空腔101;

[0075] 步骤2、如图10(a)、图10(b)所示,沉积牺牲层102,填满空腔101,并刨除多余的牺牲层;

[0076] 步骤3、如图11(a)、图11(b)所示,依次沉积种子层103、下电极层104,并刻蚀下电极层104形成所需要的形状;

[0077] 步骤4、如图12(a)、图12(b)所示,依次沉积压电薄膜层105、上电极层106,并刻蚀上电极层106形成所需要的形状;

[0078] 步骤5、如图13(a)、图13(b)所示,刻蚀压电薄膜层105和种子层103,形成释放孔和沟槽;

[0079] 步骤6、如图14(a)、图14(b)所示,通入腐蚀性气体,释放掉步骤2中所沉积的牺牲层102,在衬底100中形成空腔101,从而形成薄膜体声波谐振器。

[0080] 所述牺牲层的材料为SiO₂、SiN、PSG、BPSG、VHF、或XeF₂。

[0081] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。

[0082] 本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处。综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

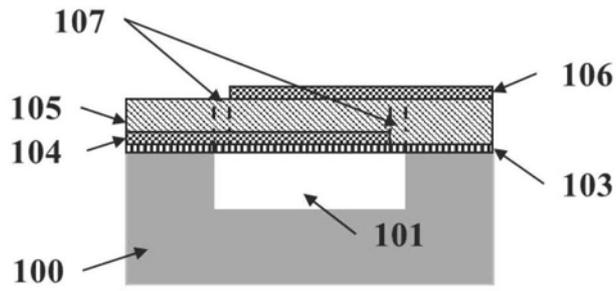


图1

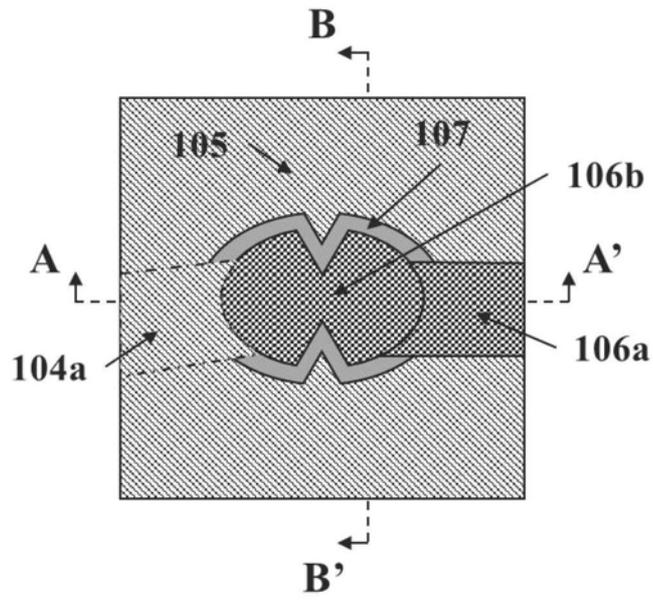


图2

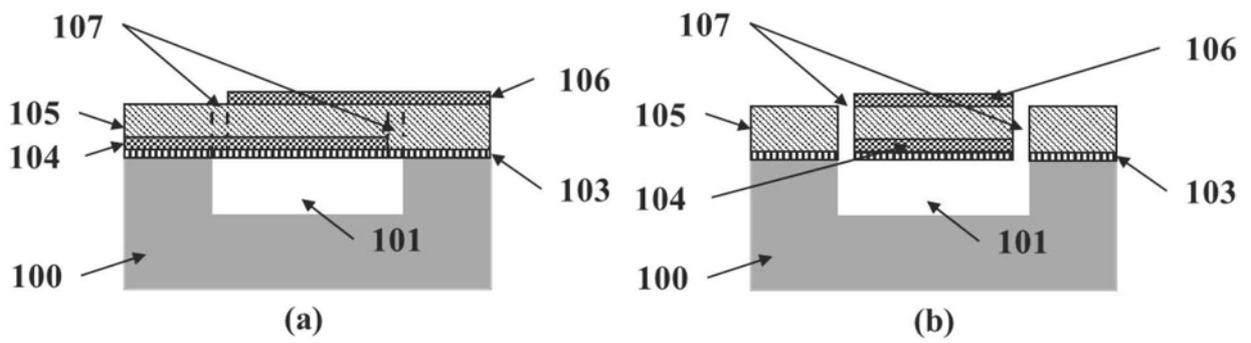


图3

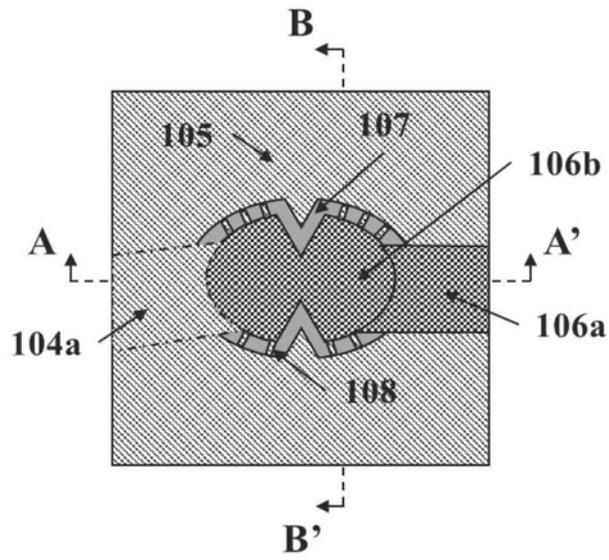


图4

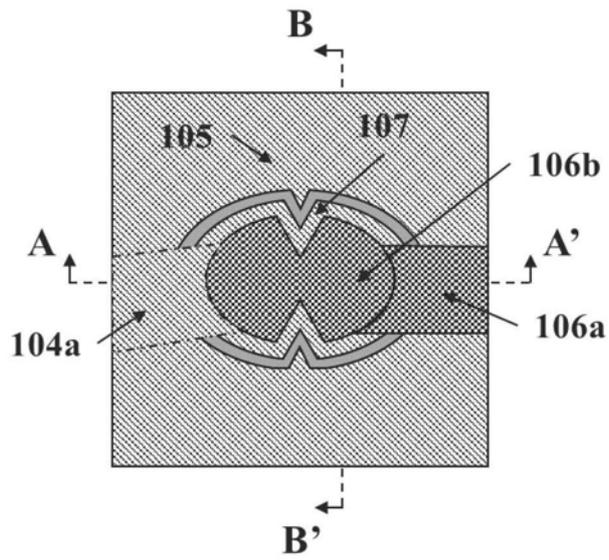


图5

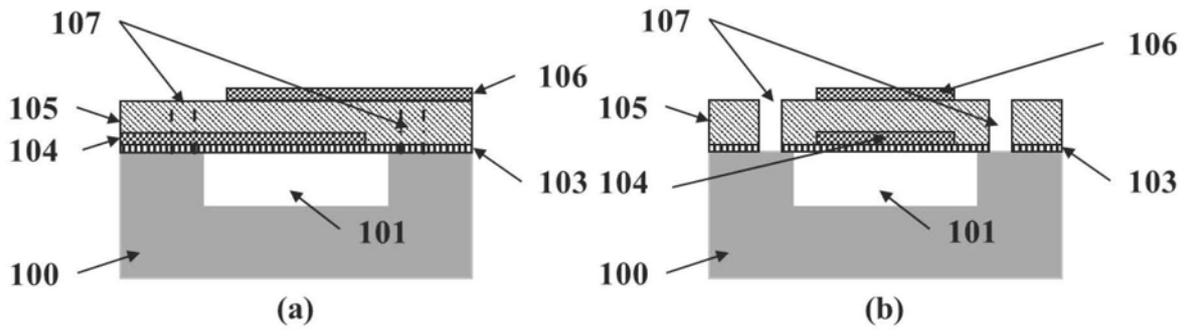


图6

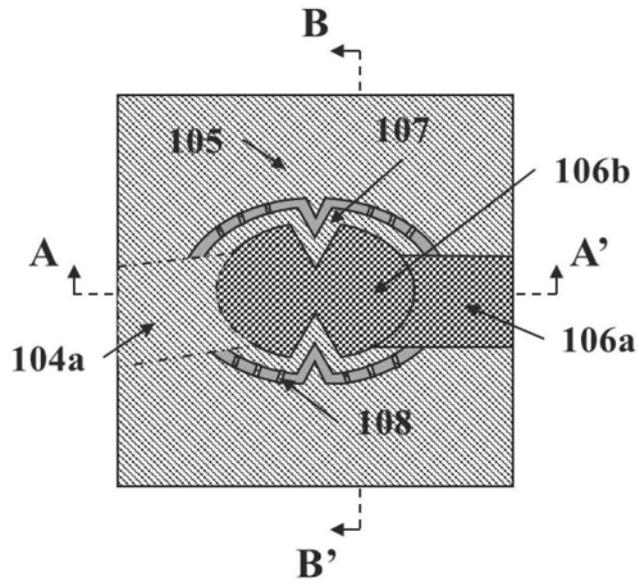


图7

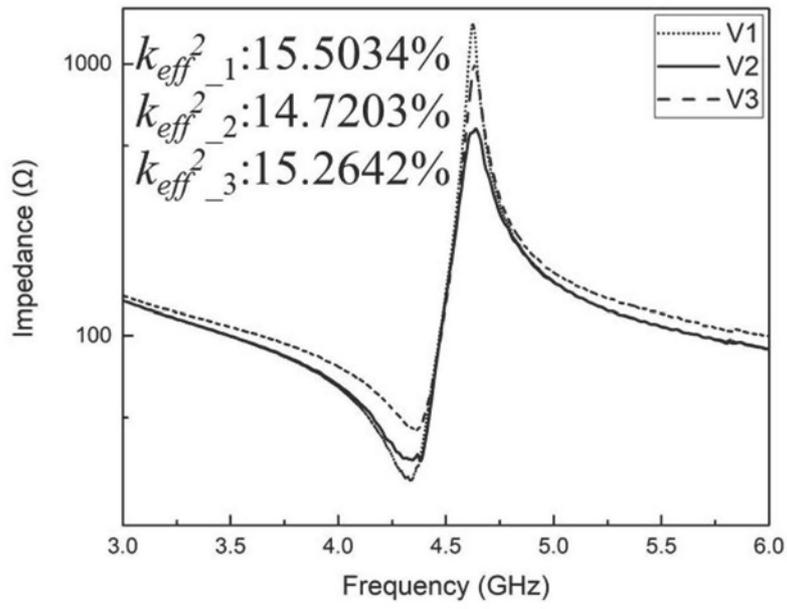


图8

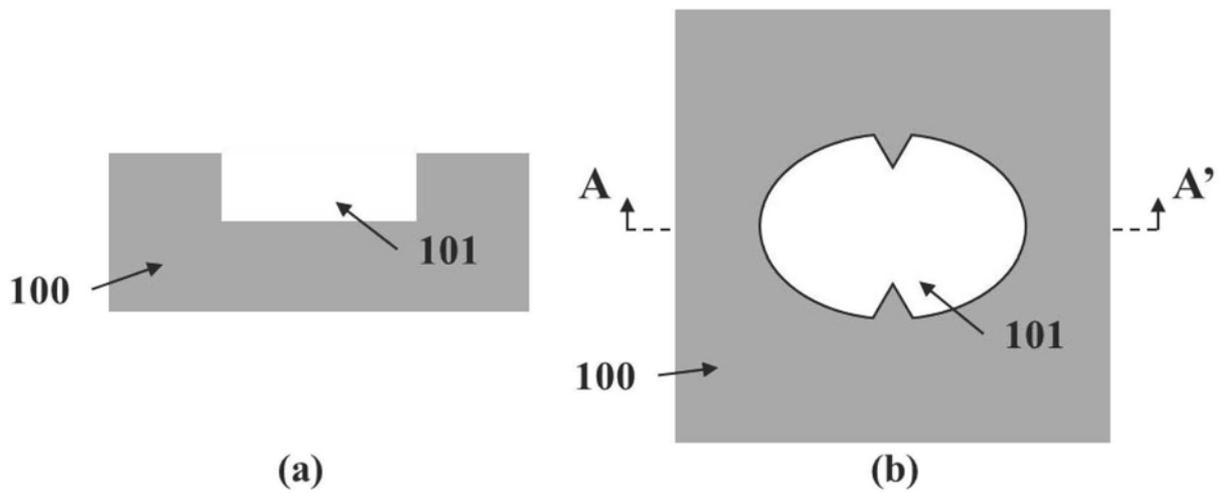


图9

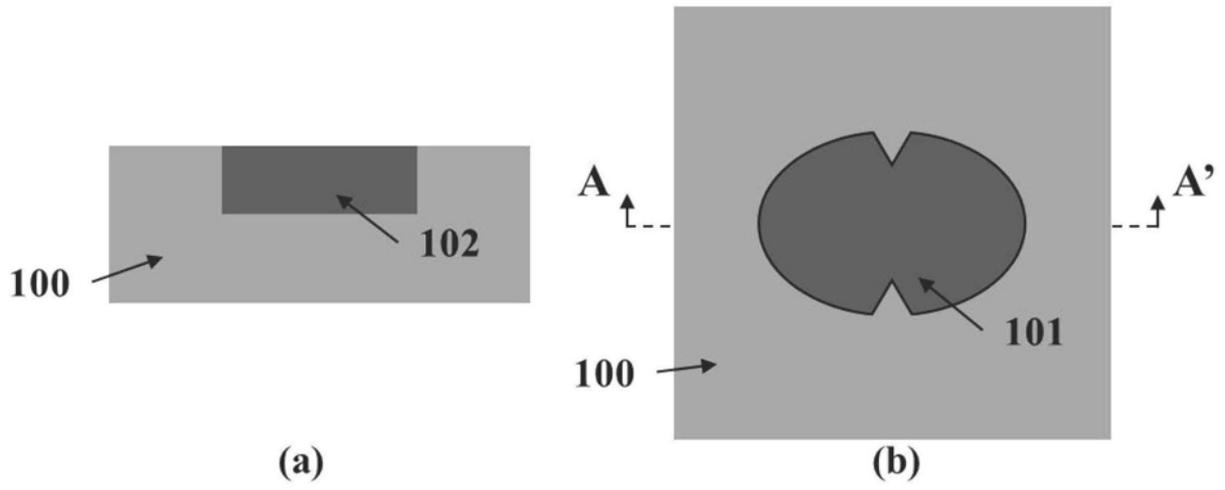


图10

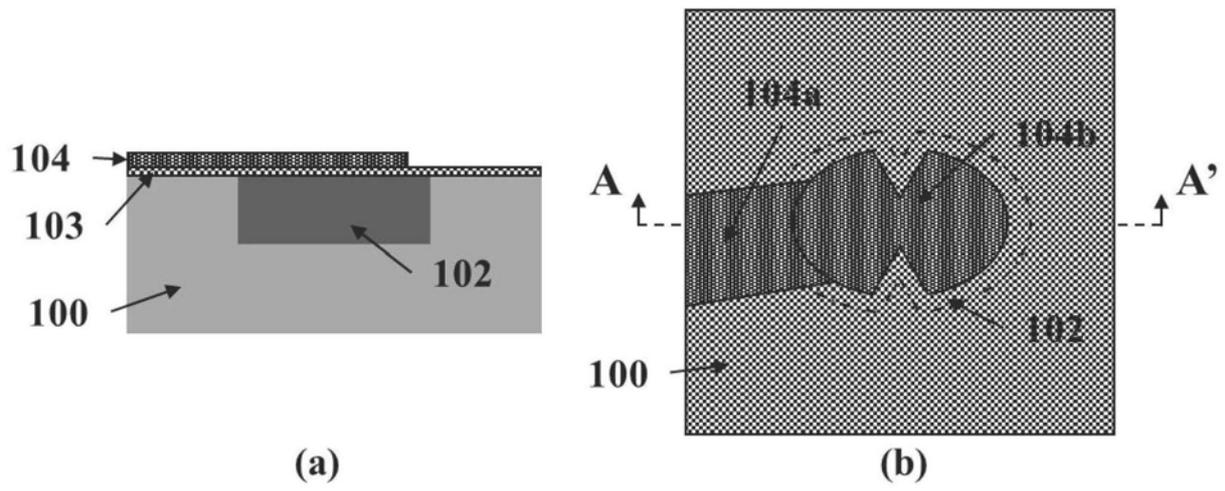
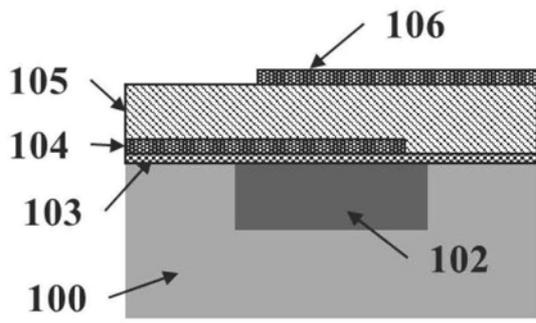
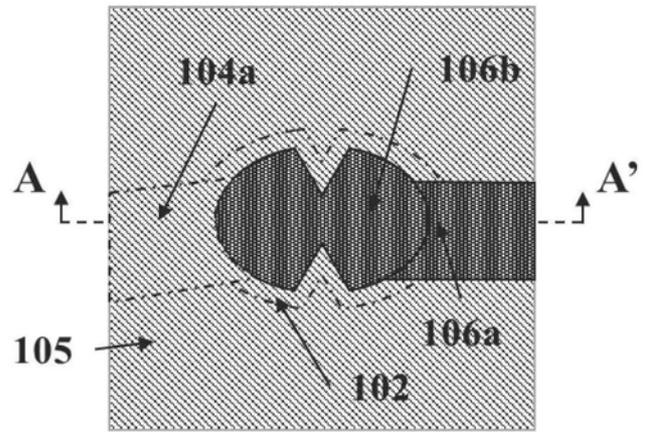


图11

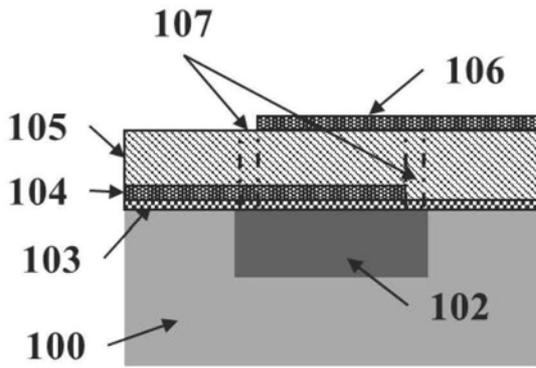


(a)

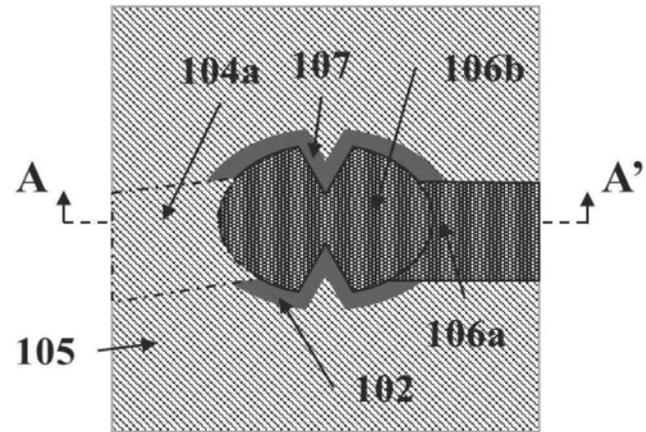


(b)

图12



(a)



(b)

图13

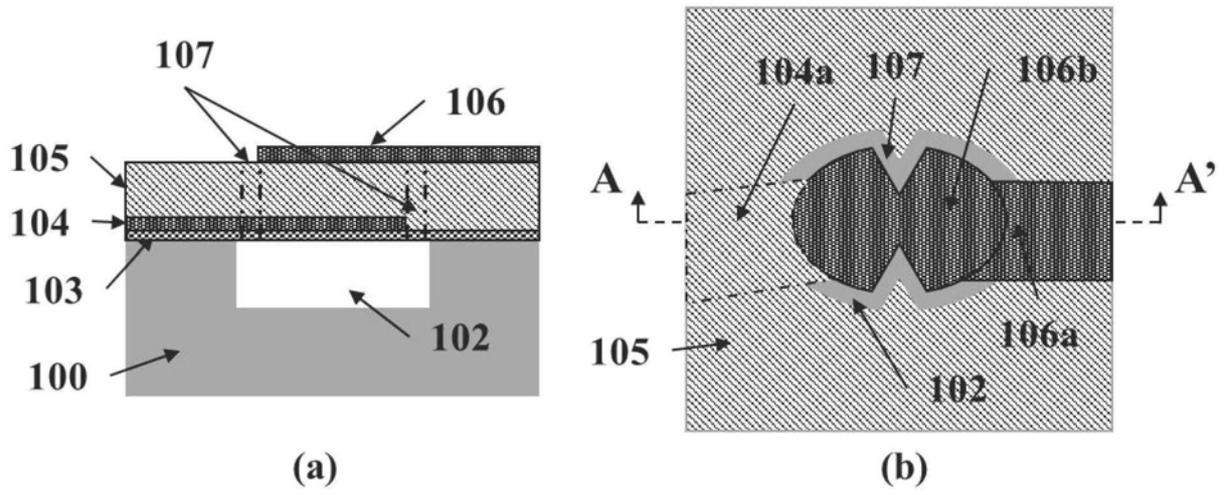


图14