



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110868177 B

(45) 授权公告日 2023. 08. 15

(21) 申请号 201910329129.X

(22) 申请日 2019.04.23

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110868177 A

(43) 申请公布日 2020.03.06

(73) 专利权人 中国电子科技集团公司第十三研究所

地址 050051 河北省石家庄市合作路113号

(72) 发明人 李亮 吕鑫 梁东升 刘青林
马杰 高渊 丁现朋 冯利东
商庆杰 钱丽勋 李丽

(74) 专利代理机构 石家庄国为知识产权事务所
13120

专利代理师 李荣文

(51) Int.Cl.

H03H 3/02 (2006.01)

H03H 9/02 (2006.01)

H03H 9/205 (2006.01)

H03H 9/58 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 102739191 A, 2012.10.17

CN 101465628 A, 2009.06.24

JP 2002372974 A, 2002.12.26

US 6384697 B1, 2002.05.07

JP 2007028669 A, 2007.02.01

US 2007096597 A1, 2007.05.03

审查员 杨呈祥

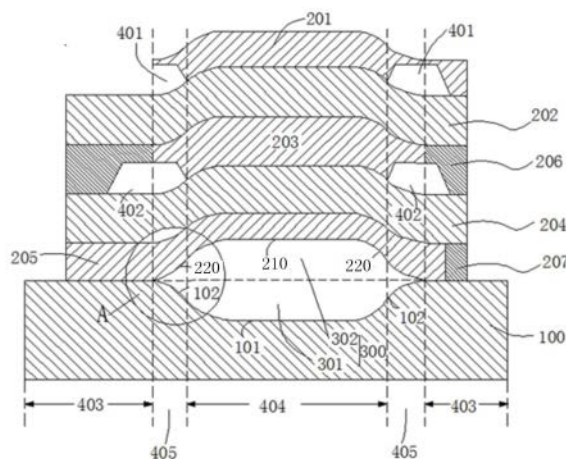
权利要求书2页 说明书11页 附图10页

(54) 发明名称

谐振器和滤波器

(57) 摘要

本发明涉及半导体技术领域,公开了一种包括桥部的堆叠式声学谐振器和滤波器。该谐振器包括衬底;多层结构,形成于所述衬底上,所述多层结构由下至上依次包括第一电极层、第一压电层、第二电极层、第二压电层和第三电极层;和桥部,设置在所述第一电极层和第三电极层之间;其中,在所述衬底和所述多层结构之间形成有腔体,所述腔体包括位于所述衬底上表面之下的下半腔体和超出所述衬底上表面并向所述多层结构突出的上半腔体。上述谐振器通过设置具有下半腔体和上半腔体的腔体,且下半腔体整体位于衬底上表面之下,上半腔体整体位于衬底上表面之上,从而形成一种新型的谐振器结构,且具有较好的性能。



1. 一种包括桥部的堆叠式声学谐振器,其特征在于,包括:

衬底;

多层结构,形成于所述衬底上,所述多层结构由下至上依次包括第一电极层、第一压电层、第二电极层、第二压电层和第三电极层;和

桥部,设置在所述第一电极层和第三电极层之间;其中,在所述衬底和所述多层结构之间形成有腔体,所述腔体包括位于所述衬底上表面之下的下半腔体和超出所述衬底上表面并向所述多层结构突出的上半腔体;

所述上半腔体由所述多层结构的下侧面围成,所述多层结构与所述上半腔体对应的部分包括顶壁和第二侧壁围成,所述第二侧壁为由所述顶壁边缘延伸至所述衬底上表面的第二圆滑曲面;

所述第二圆滑曲面包括圆滑过渡连接的第三曲面和第四曲面;

所述第三曲面的竖截面呈抛物线状,且位于所述顶壁所在的平面之下;

所述第四曲面的竖截面呈倒抛物线状,且位于所述衬底上表面所在的平面之上;

所述下半腔体由底壁和第一侧壁围成,所述底壁整体与所述衬底表面平行,所述第一侧壁为由所述底壁边缘延伸至所述衬底上表面的第一圆滑曲面;

所述第一圆滑曲面包括圆滑过渡连接的第一曲面和第二曲面;

所述第一曲面的竖截面呈倒抛物线状,且位于所述底壁所在的平面之上;

所述第二曲面的竖截面呈抛物线状,且位于所述衬底上表面所在的平面之下。

2. 根据权利要求1所述的包括桥部的堆叠式声学谐振器,其特征在于,所述桥部的数量为1或2,且设置于第一压电层、第二电极层、第二压电层或第三电极层中。

3. 根据权利要求2所述的包括桥部的堆叠式声学谐振器,其特征在于,所述谐振器还包括对所述谐振器的有源区进行限界的第周边和第二周边。

4. 根据权利要求3所述的包括桥部的堆叠式声学谐振器,其特征在于,所述桥部包括第一桥部和第二桥部,所述第一桥部沿着所述第周边设置,所述第二桥部沿着所述第二周边设置。

5. 根据权利要求4所述的包括桥部的堆叠式声学谐振器,其特征在于,所述桥部包括设置于第三电极层中的第二桥部和设置于第二电极层中的第一桥部,且所述第一桥部沿着所述第周边设置,所述第二桥部沿着所述第二周边设置。

6. 根据权利要求1所述的包括桥部的堆叠式声学谐振器,其特征在于,所述桥部包括具有声阻抗的填充材料,且所述填充材料包括不可蚀刻硅硼酸盐玻璃;和/或

所述桥部的截面形状为类似梯形。

7. 一种包括桥部的堆叠式声学谐振器,其特征在于,包括:

衬底;

多层结构,形成于所述衬底上,所述多层结构由下至上依次包括第一电极层、第一压电层、第二电极层、第二压电层和第三电极层;

桥部,设置在所述第一电极层和第三电极层之间;和

内部凸起区域,设置在所述第三电极层上;

其中,在所述衬底和所述多层结构之间形成有腔体,所述腔体包括位于所述衬底上表面之下的下半腔体和超出所述衬底上表面并向所述多层结构突出的上半腔体;

所述上半腔体由所述多层结构的下侧面围成,所述多层结构与所述上半腔体对应的部分包括顶壁和第二侧壁围成,所述第二侧壁为由所述顶壁边缘延伸至所述衬底上表面的第二圆滑曲面;

所述第二圆滑曲面包括圆滑过渡连接的第三曲面和第四曲面;

所述第三曲面的竖截面呈抛物线状,且位于所述顶壁所在的平面之下;

所述第四曲面的竖截面呈倒抛物线状,且位于所述衬底上表面所在的平面之上;

所述下半腔体由底壁和第一侧壁围成,所述底壁整体与所述衬底表面平行,所述第一侧壁为由所述底壁边缘延伸至所述衬底上表面的第一圆滑曲面;

所述第一圆滑曲面包括圆滑过渡连接的第一曲面和第二曲面;

所述第一曲面的竖截面呈倒抛物线状,且位于所述底壁所在的平面之上;

所述第二曲面的竖截面呈抛物线状,且位于所述衬底上表面所在的平面之下。

8. 根据权利要求7所述的包括桥部的堆叠式声学谐振器,其特征在于,还包括设置在所述第三电极层上的外部凸起区域。

9. 根据权利要求7所述的包括桥部的堆叠式声学谐振器,其特征在于,所述谐振器还包括对所述谐振器的有源区进行限界的第周边,所述桥部沿着所述第周边设置,且所述内部凸起区域处于所述有源区中。

10. 一种半导体器件,其特征在于,包括权利要求1-6或7-9任一项所述的包括桥部的堆叠式声学谐振器。

谐振器和滤波器

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体技术领域,特别是涉及包括桥部的堆叠式声学谐振器和滤波器。

背景技术

[0002] 谐振器可以用于各种电子应用中实施信号处理功能,例如,一些蜂窝式电话及其它通信装置使用谐振器来实施用于所发射和/或所接收信号的滤波器。可根据不同应用而使用数种不同类型的谐振器,例如薄膜体声谐振器(FBAR)、耦合式谐振器滤波器(SBAR)、堆叠式体声谐振器(SBAR)、双重体声谐振器(DBAR)及固态安装式谐振器(SMR)。

[0003] 典型的声谐振器包括上电极、下电极、位于上下电极之间的压电材料、位于下电极下面的声反射结构以及位于声反射结构下面的衬底。通常将上电极、压电层、下电极三层材料在厚度方向上重叠的区域定义为谐振器的有效区域。当在电极之间施加一定频率的电压信号时,由于压电材料所具有的逆压电效应,有效区域内的上下电极之间会产生垂直方向传播的声波,声波在上电极与空气的交界面和下电极下的声反射结构之间来回反射并在一定频率下产生谐振。

[0004] 堆叠式体声学谐振器(也称作双体声学谐振器(DBAR))在单一堆叠中包括位于三个电极之间的两个压电材料层,并形成单一谐振腔。通常,堆叠式体声学谐振器设备能把单一体声学谐振器设备的面积减少约一半。

[0005] 在薄膜体声谐振器(FBAR)设备中,通过多种方法来实现减少在边界处的声学损耗和FBAR的有源区(顶电极、压电层和底电极重叠的区域)中的产生的模限制。特别地,沿着FBAR的一侧或多侧设置框架。框架产生声阻抗失配,声阻抗失配通过将期望模式反射回到谐振器的有源区来减少损耗,因此改进在FBAR的有源区内对期望模式的限制。

[0006] 虽然结合框架产生改进的模限制和伴随着改进FBAR的品质因子,但是直接应用已知的框架元件没有在已知DBAR的模限制和Q方面产生显著改进。

[0007] 因此,需要的是至少克服上述已知缺点的DBAR。

发明内容

[0008] 基于上述问题,本发明提供一种新型结构的包括桥部的堆叠式声学谐振器和滤波器。

[0009] 本发明实施例的第一方面提供一种包括桥部的堆叠式声学谐振器,包括:

[0010] 衬底;

[0011] 多层结构,形成于所述衬底上,所述多层结构由下至上依次包括第一电极层、第一压电层、第二电极层、第二压电层和第三电极层;和

[0012] 桥部,设置在所述第一电极层和第三电极层之间;;

[0013] 其中,在所述衬底和所述多层结构之间形成有腔体,所述腔体包括位于所述衬底上表面之下的下半腔体和超出所述衬底上表面并向所述多层结构突出的上半腔体。

- [0014] 可选的,所述下半腔体由底壁和第一侧壁围成,所述底壁整体与所述衬底表面平行,所述第一侧壁为由所述底壁边缘延伸至所述衬底上表面的第一圆滑曲面。
- [0015] 可选的,所述第一圆滑曲面包括圆滑过渡连接的第一曲面和第二曲面。
- [0016] 可选的,所述第一曲面的竖截面呈倒抛物线状,且位于所述底壁所在的平面之上;
- [0017] 所述第二曲面的竖截面呈抛物线状,且位于所述衬底上表面所在的平面之下。
- [0018] 可选的,所述第一圆滑曲面各点的曲率小于第一预设值。
- [0019] 可选的,所述上半腔体由所述多层结构的下侧面围成,所述多层结构与所述上半腔体对应的部分包括顶壁和第二侧壁围成,所述第二侧壁为由所述顶壁边缘延伸至所述衬底上表面的第二圆滑曲面。
- [0020] 可选的,所述第二圆滑曲面包括圆滑过渡连接的第三曲面和第四曲面。
- [0021] 可选的,所述第三曲面的竖截面呈抛物线状,且位于所述顶壁所在的平面之下;
- [0022] 所述第四曲面的竖截面呈倒抛物线状,且位于所述衬底上表面所在的平面之上。
- [0023] 可选的,所述第二圆滑曲面各点的曲率小于第二预设值。
- [0024] 可选的,所述顶壁无突变部分。
- [0025] 可选的,所述桥部的数量为1或2,且设置于第一压电层、第二电极层、第二压电层或第三电极层中。
- [0026] 可选的,所述谐振器还包括对所述谐振器的有源区进行限界的第周边和第二周边。
- [0027] 可选的,所述桥部包括第一桥部和第二桥部,所述第一桥部沿着所述第周边设置,所述第二桥部沿着所述第二周边设置。
- [0028] 可选的,所述桥部包括设置于第三电极层中的第一桥部和设置于第二电极层中的第二桥部,且所述第一桥部沿着所述第周边设置,所述第二桥部沿着所述第二周边设置、
- [0029] 可选的,所述桥部包括设置于第一压电层中的第一桥部和设置于第二压电层中的第二桥部,且所述第一桥部沿着所述第周边设置,所述第二桥部沿着所述第二周边设置。
- [0030] 可选的,所述桥部包括具有声阻抗的填充材料,且所述填充材料包括不可蚀刻硅硼酸盐玻璃(NEBSG)。
- [0031] 可选的,所述桥部的截面形状为类似梯形。
- [0032] 本发明实施例的第二方面提供另一种包括桥部的堆叠式声学谐振器,包括:
- [0033] 衬底;
- [0034] 多层结构,形成于所述衬底上,所述多层结构由下至上依次包括下第一电极层、第一压电层、第二电极层、第二压电层和第三电极层;
- [0035] 桥部,设置在所述第一电极层和第三电极层之间;和
- [0036] 内部凸起区域,设置在所述第三电极层上;
- [0037] 其中,在所述衬底和所述多层结构之间形成有腔体,所述腔体包括位于所述衬底上表面之下的下半腔体和超出所述衬底上表面并向所述多层结构突出的上半腔体。
- [0038] 可选的,所述谐振器还包括设置在所述第三电极层上的外部凸起区域。
- [0039] 可选的,所述谐振器还包括对所述谐振器的有源区进行限界的第周边,所述桥部沿着所述第周边设置,且所述内部凸起区域处于所述有源区中。
- [0040] 本发明实施例的第三方面提供一种滤波器,包括本发明实施例第一方面或第二方

面中任一种谐振器。

[0041] 采用上述技术方案所产生的有益效果在于：本发明实施例，通过设置具有下半腔体和上半腔体的腔体，且下半腔体整体位于衬底上表面之下，上半腔体整体位于衬底上表面之上，从而形成一种新型的谐振器结构，且具有较好的性能。

[0042] 本发明实施例通过设置桥部，桥部所产生的声阻抗不连续性而围绕堆叠式声学谐振器DBAR的周边、并且通过由于存在空气而引起的声阻抗不连续性而沿着腔体上下方向，来形成DBAR的有源区的边界。

附图说明

[0043] 图1是本发明实施例包括桥部的堆叠式声学谐振器的结构示意图；

[0044] 图2是图1中A的放大示意图；

[0045] 图3是本发明实施例包括桥部的堆叠式声学谐振器的结构示意图；

[0046] 图4是本发明实施例包括桥部的堆叠式声学谐振器的结构示意图；

[0047] 图5是本发明实施例包括桥部的堆叠式声学谐振器的结构示意图；

[0048] 图6是本发明实施例包括桥部的堆叠式声学谐振器的结构示意图；

[0049] 图7是本发明实施例包括桥部的堆叠式声学谐振器的结构示意图；

[0050] 图8是本发明实施例包括桥部的堆叠式声学谐振器的一种制作方法流程图；

[0051] 图9是本发明实施例包括桥部的堆叠式声学谐振器的又一种制作方法流程图；

[0052] 图10(a)是本发明实施例包括桥部的堆叠式声学谐振器的制作过程步骤401的示意图；图10(b)是本发明实施例包括桥部的堆叠式声学谐振器的制作过程步骤402的示意图；图10(c)是本发明实施例包括桥部的堆叠式声学谐振器的制作过程步骤403的示意图；图10(d)是本发明实施例包括桥部的堆叠式声学谐振器的制作过程步骤404的示意图；图10(e)是本发明实施例包括桥部的堆叠式声学谐振器的制作过程步骤405的示意图；图10(f)是本发明实施例包括桥部的堆叠式声学谐振器的制作过程步骤406的示意图。

具体实施方式

[0053] 为了使本发明所要解决的技术问题、技术方案及有益效果更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

[0054] 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。

[0055] 参见图1，本发明一实施例提供了一种包括桥部的堆叠式声学谐振器，包括衬底100、多层结构和桥部。多层结构形成于衬底100上，多层结构由下至上依次包括第一电极层205、第一压电层204、第二电极层203、第二压电层202和第三电极层201。桥部，设置在所述第一电极层205和第三电极层201之间。其中，在衬底100和多层结构之间形成有腔体300，腔体300包括位于衬底100上表面之下的下半腔体301和超出衬底100上表面并向多层结构200突出的上半腔体302。

[0056] 参见图1，一个实施例中，下半腔体301由底壁101和第一侧壁102围成，底壁101整体与衬底100的表面平行，第一侧壁102为由底壁101的边缘延伸至衬底100上表面的第一圆滑曲面。

[0057] 其中,底壁101和第一侧壁102均为衬底100的表面壁。而第一侧壁102为第一圆滑曲面能够保证谐振器腔体的性能,不发生突变。

[0058] 参见图2,一个实施例中,所述第一圆滑曲面可以包括圆滑过渡连接的第一曲面1021和第二曲面1022。其中,圆滑过渡连接的第一曲面1021和第二曲面1022是指第一曲面1021和第二曲面1022之间连接处无突变,且第一曲面1021和第二曲面1022两者也为无突变的曲面,从而能够保证谐振器腔体的性能。其中,衬底100是由很多个晶体(例如硅晶体)组成的,无突变是指第一圆滑曲面处的各个晶体之间的间隙不应过大以影响谐振器的性能。

[0059] 例如,第一曲面1021的竖截面可以呈倒抛物线状,且位于底壁101所在的平面之上;第二曲面1022的竖截面可以呈抛物线状,且位于衬底100上表面所在的平面之下。第一曲面1021和第二曲面1022圆滑连接。当然,第一曲面1021和第二曲面1022还可以为其他形状的曲面,能够达到第一圆滑曲面处的各个晶体之间的间隙不影响谐振器的性能即可。

[0060] 一个实施例中,对于第一圆滑曲面整体是平滑的,可以为第一圆滑曲面1021各点的曲率小于第一预设值。对于第一预设值可以根据实际情况设定,以达到第一圆滑曲面处的各个晶体之间的间隙不影响谐振器的性能的目的。为了保证多层结构力学特性和电学特性,过渡区域圆滑曲面的曲率要尽可能小,在牺牲层厚度一定的情况下,尽可能小的曲率要求过渡区长度增加,会增加当个谐振器的面积,因此要优化过渡区的曲率和过渡区长度。优选的,腔体300的厚度可以为 $1\mu\text{m}$,过渡区长度控制在 $3\mu\text{m}$ 至 $5\mu\text{m}$,在该过渡区生长的多层结构能够满足谐振器要求。过渡区长度为第一侧壁102在图1所示的虚线方向上的长度。

[0061] 参见图1,一个实施例中,上半腔体302可以由多层结构的下侧面围成,所述多层结构的下侧面与上半腔体302对应的部分包括顶壁210和第二侧壁220,第二侧壁220为由顶壁210边缘延伸至衬底100上表面的第二圆滑曲面。

[0062] 其中,顶壁210和第二侧壁220均为多层结构的下侧面壁。而第二侧壁220为第二圆滑曲面能够保证谐振器腔体的性能,不发生突变。

[0063] 参见图2,一个实施例中,第二圆滑曲面可以包括圆滑过渡连接的第三曲面2021和第四曲面2022。其中,圆滑过渡连接的第三曲面2021和第四曲面2022是指第三曲面2021和第四曲面2022之间连接处无突变,且第三曲面2021和第四曲面2022两者也为无突变的曲面,从而能够保证谐振器腔体的性能。其中,从晶体的角度讲,衬底100是由很多个晶体(例如硅晶体)组成的,无突变是指第二圆滑曲面处的各个晶体之间的间隙不应过大以影响谐振器的性能。

[0064] 例如,第三曲面2021的竖截面可以呈抛物线状,且位于顶壁210所在的平面之下;第四曲面2022的竖截面呈倒抛物线状,且位于衬底100上表面所在的平面之上。当然,第三曲面2021和第四曲面2022还可以为其他形状,能够达到第一圆滑曲面处的各个晶体之间的间隙不影响谐振器的性能即可。

[0065] 一个实施例中,第二圆滑曲面各点的曲率小于第二预设值。对于第二预设值可以根据实际情况设定,以达到第二圆滑曲面处的各个晶体之间的间隙不影响谐振器的性能的目的。

[0066] 进一步的,顶壁210也无突变部分。此处所述的突变与前述突变一致,从晶体的角度讲,多层结构200也是由很多个晶体组成的,无突变是指顶壁210处的各个晶体之间的间隙不应过大以影响谐振器的性能。

[0067] 以上实施例中,衬底100可以为硅衬底或其他材质的衬底,对此不予限制。

[0068] 上述谐振器,通过设置具有下半腔体301和上半腔体302的腔体300,且下半腔体301整体位于衬底100上表面之下,上半腔体302整体位于衬底100上表面之上,从而形成一种新型的谐振器结构,且具有较好的性能。

[0069] 参见图1,一个实施例中,包括桥部的堆叠式声学谐振器的代表性实施例,第一电极层205设置在衬底100上,并部分地设置在腔300(或布拉格反射镜)上方。第一平坦化层207设置在衬底100上方,包括不可蚀刻硅硼酸盐玻璃(NEBSG),第一压电层204设置在第一电极层205上方。第二平坦化层206设置在第一压电层204上方,并且大体上不与腔300重叠。第二平坦化层206包括不可蚀刻硅硼酸盐玻璃(NEBSG)。由第一电极层205、第一压电层204和第二电极层203所提供的结构是体声波(BAW)谐振器。当将BAW谐振器设置在腔体300上方时,该谐振器就是所谓的FBAR;当将BAW谐振器设置在声学反射器(例如,布拉格反射镜)上方时,该谐振器就是所谓的实心安装型谐振器(SMR)。本发明可考虑在各种应用(包括滤波器(例如,包括多个BAW谐振器的梯形滤波器))中使用FBAR或SMR。

[0070] 第一桥部402设置在第二电极层203和第二平坦化层206的交界处,并且沿着包括桥部的堆叠式声学谐振器的所有侧边设置(即形成该谐振器的周边)。第一桥部402和第二桥部401(以及在下文中结合代表性实施例所描述的其他桥部)具有类似梯形截面形状。

[0071] 参见图1所示的桥部的类似梯形截面形状仅仅是示例性的,桥部不限于梯形截面形状,还可以是方形或矩形、或属于不规则形状。第一桥部402和第二桥部401(以及在下文中结合图1所示的实施例所描述的其他桥部)的“倾斜”壁有益于在第一桥部402和第二桥部401上生长的层的质量(例如,结晶压电层的质量)。同时,第一桥部402和第二桥部401(以及在下文中结合图1所示的实施例所描述的其他桥部)没有必要是相同的形状(例如,一个可以具有梯形截面形状,一个可以具有矩形截面形状)。第一桥部402和第二桥部401(以及在下文中结合图1所示的实施例所描述的其他桥部)的典型尺寸是宽度约 $2.0\mu\text{m}$ 至约 $10.0\mu\text{m}$ 、以及高度约 300\AA 至约 1500\AA 。

[0072] 在以下实施例的描述中,第一桥部402和第二桥部401在腔体300上方延伸,如图1中所示的重叠部分405。重叠部分405(也称作去耦区域)具有约 $0.0\mu\text{m}$ (即与腔体300没有重叠)至约 $5.0\mu\text{m}$ 的宽度。

[0073] 在以下实施例的描述中,第一桥部402和第二桥部401没有必要是相同的尺寸或定位在相同的相对位置上。例如,在图1所示的第一桥部402和第二桥部401与腔体300的重叠部分405显示为对于所有桥部402、401是相同的;但是这不是必要的,因为不同的桥部402、401可以与腔体300重叠达到大于或小于其他桥部402、401的程度。

[0074] 结合本实施例以及以下实施例,第一桥部402和第二桥部401需要足够宽,以确保在有源区404(在本文中也称作DBAR区域)和去耦区域405的边界处倏逝波的适当延迟,以在运行的频率下存在传播模(propagating mode)的情况下、使得模式穿入到场区(field region)403中的现象减至最少。另一方面,如果第一桥部402和第二桥部401太宽,则可靠性问题会出现并还限制将类似DBAR(未示出)放置在附近(因此不必要地增加了芯片的总面积)。就此而言,根据试验来确定第一桥部402和第二桥部401的优化宽度。

[0075] 结合本实施例以及以下实施例,第一桥部402和第二桥部401、以及与腔体300的重叠部分405的宽度和位置可以通过选择,以改进奇谐振模的Q增强。通常,每个桥部402、401

与该谐振器的腔体300的重叠部分405越大,则改进 Q_0 越大,在初始增加之后实现的改进相当少。 Q_0 的改进必须与机电有效耦合系数(kt^2)的降低相当,该有效耦合系数随着第一桥部402和第二桥部401与腔体300的重叠部分405增加而减小。 kt^2 降低引起包括DBAR的滤波器的插入损耗(S_{21})降低。就此而言,一般根据试验来优化第一桥部402和第二桥部401与腔体300的重叠部分405。

[0076] 结合本实施例以及以下实施例,第一桥部402和第二桥部401具有约300Å至1500Å的高度。同时可以通过在形成第一桥部402和第二桥部401时去除牺牲材料的处理的限度来确定高度的下限,并且通过在第一桥部402和第二桥部401上生长的层的质量、并通过可能的非平面结构的后续处理的质量来确定高度的上限。

[0077] 参见图1,第二压电层202设置在第二电极层203上方,第三电极层201设置在第二压电层202上方。第二桥部401沿着该谐振器的所有侧边(即沿着周边)设置。通过第二电极层203、第二压电层202和第三电极层201所提供的结构是(BAW)谐振器。当将BAW谐振器设置在腔体300上方时,该谐振器就是所谓的FBAR;当将BAW谐振器设置在声学反射器(如布拉格反射镜)上方时,该谐振器就是所谓的实心安装型谐振器(SMR)。本发明可考虑使用FABR或SMR来形成DBAR。DBAR可考虑用于各种应用(包括滤波器(例如,包括多个BAW谐振器的梯形滤波器))。

[0078] 例如,第一电极层205、第二电极层203和第三电极层201是具有约3000Å至约10000Å厚度的钨。可以用于第一电极层205、第二电极层203和第三电极层201的其他材料,包括但不限于钼或双金属材料。如第一压电层204和第二压电层202是具有约5000Å至约15000Å厚度的氮化铝。可以用于第一压电层204和第二压电层202的材料,包括但不限于氧化锌。

[0079] 本发明还提供桥部的制作方法:通过对第一压电层204和第二压电层202上的牺牲材料进行图案化、并在上方形成图示的层来形成第一桥部402和第二桥部401。在根据需要形成谐振器的层之后,去除牺牲材料,留下“充满”空气的第一桥部402和第二桥部401。参见图1,用于形成第一桥部402和第二桥部401的牺牲材料与用于形成腔体300的牺牲材料相同(例如PSG)。

[0080] 参见图1,第一桥部402和第二桥部401沿着谐振器的有源区404限定出周边。有源区404因此包括第一BAW谐振器和第二BAW谐振器的部分,第一BAW谐振器和第二BAW谐振器设置在腔体300上方、并由第一桥部402和第二桥部401所提供的周边来限界。通过至少部分地由第一桥部402和第二桥部401所产生的声阻抗不连续性而围绕所述谐振器的周边、并且通过由于存在空气而引起的声阻抗不连续性而沿着上下方向(腔体300),来形成所述谐振器的有源区的边界。因此,在所述谐振器的有源区中有利地提供谐振腔。

[0081] 其中,第一桥部402和第二桥部401可以与腔体300一样,是为填充的,即包含空气,也可以,第一桥部402和第二桥部401都有填充材料,也可以第一桥部402或第二桥部401中仅一个有填充材料,以提供期望的声阻抗不连续性。

[0082] 其中,第一桥部402和第二桥部401没有必要沿着所述谐振器的全部边沿延伸,因此没有必要沿着所述谐振器的周边延伸。

[0083] 其中,由第一桥部402和第二桥部401所提供的声阻抗失配引起在边界处声波的反射,声波会转而传播离开有源区并消失而引起能量损耗。第一桥部402和第二桥部401用于

将感兴趣的模式限定在所述谐振器的有源区404内,并减少所述谐振器中的能量损耗,减少的损耗用于增加在所述谐振器中感兴趣的模式的Q-因子(Q_o)。在所述谐振器的滤波器应用中,由于减少能量损耗,可以有利地改进了插入损耗。

[0084] 参见图3,一个实施例中,第一桥部402和第二桥部401两个桥部都填充有材料,以提供声阻抗不连续性来减少损耗。第一桥部402和第二桥部401填充有NEBSG、CDO、碳化硅(SiC)或制备过程中在去除腔体300中设置的牺牲材料时,不会被去除的其他适合的电介质材料。该谐振器的制备方法为:通过由已知方法在第一压电层204上方和第二压电层202上方形成NEBSG或其他填充材料、并在上方形成该谐振器的各个层来制造第一桥部402和第二桥部401。当通过去除牺牲材料来形成腔体300时,第一桥部402和第二桥部401保持填充有所选的材料。

[0085] 参见图4,一个实施例中,其中第二桥部401填充有材料,以提供声阻抗不连续性来减少损耗,而第一桥部402填充有空气。通过对第二压电层202上的材料(如NEBSG)进行图案化来制造这种形式的谐振器,该材料在形成第三电极层201之前将不会被去除。通过如上所述对第一压电层204上的牺牲材料进行图案化、并去除牺牲材料,来形成第一桥部402。

[0086] 参见图5,一个实施例中,其中第二桥部401填充有空气,而第一桥部402填充有材料,以提供声阻抗不连续性来减少损耗。通过对第一压电层204上的材料(如NEBSG)进行图案化来制造这种形式的谐振器,该材料在形成第二电极层203之前将不会被去除。通过如上所述对第二压电层202上的牺牲材料进行图案化、并去除牺牲材料,来形成第二桥部401。

[0087] 进一步地,所述谐振器中包括两个桥部,一个桥部设置在DBAR的一个层中,第二桥部设置在DBAR的另一层中。桥部尽管形状不是圆形、但大体上是同心的,并且桥部设置成围绕包围DBAR的有源区的周边。通过将桥部放置在不同组合的层下方,可以对各种实施例进行研究,以测试有源区404(DBAR区域)中的模式与场区403中的模式的耦合度。桥部大体上使具有相对大传播常数(k_r)的模式与场区403中的模式去耦。其中,一个桥部可以设置在第一压电层204中,第二桥部设置在第三电极层201中;或一个桥部可以设置在第一压电层204中,第二桥部设置在第二电极层203中;或一个桥部可以设置在第一压电层204中,第二桥部设置在第二压电层202中;或一个桥部可以设置在第二电极层203中,第二桥部可以设置在第二压电层202中;或一个桥部可以设置在第二电极层203中,第二桥部可以设置在第三电极层201中;或一个桥部可以设置在第二压电层202中,第二桥部可以设置在第三电极层201中。

[0088] 其中,所述谐振器中包括的两个桥部,每个桥部都可以填充空气或者填充材料,即:两个桥部可以都填充空气;或两个桥部都填充空气;或第一桥部填充材料,第二桥部填充空气;或第一桥部填充空气,第二桥部填充材料。

[0089] 参见图6,一个实施例中,在第二压电层202中设有桥部406。桥部406是未填充的(即填充有空气)。桥部406设置在围绕所述谐振器的有源区404的周边,形成促进限制所述谐振器的有源区的模式。为了说明在所述谐振器的有源区404中的模式限制方面的改进,可以提供具有约5.0μm宽度、500A高度、以及与腔体300重叠2.0μm的重叠部分405的桥部406。

[0090] 参见图7,一个实施例中,在第二压电层202中设有桥部406,且桥部406“填充”有材料(例如NEBSG或上述其他材料),以提供声阻抗不连续性。桥部406设置在围绕所述谐振器的有源区404的周边,形成促进限制所述谐振器的有源区的模式。对于与桥部406具有相

同宽度、高度、以及相同的与腔体300的重叠部分405的桥部406,使用桥部406,预期有类似于针对桥部406所预期的 Q_0 改进的技术效果。同时使用填充的桥部可以提供更坚固的谐振器结构。

[0091] 进一步地,所述谐振器中包括单一桥部。单一桥部可以设置在第一压电层、第二电极层、第二压电层或第三电极层任意一层中,并形成围绕DBAR的有源区的周边。通过将桥部放置在不同的层下方,可以对各种实施例进行研究,以测试有源区(DBAR区域)中的模式与场区中的模式的耦合度。桥部大体上使具有相对大传播常数(k_r)的模式与场区中的模式去耦。

[0092] 其中,单一桥部可以填充材料,可以填充空气。

[0093] 参见图8,本发明一实施例中公开一种包括桥部的堆叠式声学谐振器的制作方法,包括以下步骤:

[0094] 步骤301,对衬底进行预处理,改变衬底预设区域部分的预设反应速率,使得预设区域部分对应的预设反应速率大于非预设区域部分对应的预设反应速率。

[0095] 本步骤中,通过对衬底预设区域部分进行预处理,使得衬底预设区域部分的预设反应速率,达到预设区域部分对应的预设反应速率大于非预设区域部分对应的预设反应速率的效果,从而在后续步骤302中对衬底进行预设反应时,能够使得预设区域部分的反应速率和非预设区域部分的反应速率不同,以生成预设形状的牺牲材料部分。

[0096] 步骤302,对所述衬底进行所述预设反应,生成牺牲材料部分;所述牺牲材料部分包括位于所述衬底上表面之上的上半部分和位于所述衬底下表面之下的下半部分。

[0097] 其中,所述下半部分由底面和第一侧面围成;所述底面整体与所述衬底表面平行,所述第一侧面为由所述底壁边缘延伸至所述衬底上表面的第一圆滑曲面。所述上半部分由所述多层结构的下侧面围成,所述多层结构与所述上半部分对应的部分包括顶面和第二侧面,所述第二侧面为由所述顶面边缘延伸至所述衬底上表面的第二圆滑曲面。

[0098] 可选的,所述第一圆滑曲面包括圆滑过渡连接的第一曲面和第二曲面;所述第一曲面的竖截面呈倒抛物线状,且位于所述底面所在的平面之上;所述第二曲面的竖截面呈抛物线状,且位于所述衬底上表面所在的平面之下。

[0099] 可选的,所述第二圆滑曲面包括圆滑过渡连接的第三曲面和第四曲面;所述第三曲面的竖截面呈抛物线状,且位于所述顶面所在的平面之下;所述第四曲面的竖截面呈倒抛物线状,且位于所述衬底上表面所在的平面之上。

[0100] 一个实施例中,所述第一圆滑曲面的曲率小于第一预设值;所述第二圆滑曲面的曲率小于第二预设值。

[0101] 可以理解的,由于预设区域部分对应的预设反应速率大于非预设区域部分对应的预设反应速率,因此在对衬底进行预设反应时,预设区域部分反应快和非预设区域部分的反应慢,从而能够生成预设形状的牺牲材料部分。

[0102] 一个实施例中,步骤302具体实现过程可以包括:将所述衬底置于氧化气氛中进行氧化处理,得到牺牲材料部分。对应的,在步骤301中对衬底的预处理为能够提高衬底预设区域部分的氧化反应速率的手段。该手段可以为在预设区域进行离子注入以提高衬底预设区域部分的氧化反应速率,也可以为在衬底上形成一层预设图案的屏蔽层来提高衬底预设区域部分的氧化反应速率。

[0103] 当然,在其他实施例中,步骤301中的预处理还可以为氧化处理之外的手段,同样该手段可以为在预设区域进行离子注入以提高衬底预设区域部分的氧化反应速率,也可以为在衬底上形成一层预设图案的屏蔽层来提高衬底预设区域部分的氧化反应速率。

[0104] 步骤303,在所述牺牲材料层上形成多层结构;所述多层结构由下至上依次包括第一电极层、第一压电层、第二电极层、第二压电层和第三电极层。

[0105] 步骤304,根据需要的包括桥部的堆叠式声学谐振器,在对应的层上进行预处理,生成牺牲材料,并对该牺牲材料进行图案化;

[0106] 步骤305,去除所述牺牲材料部分,形成包括桥部的堆叠式声学谐振器。

[0107] 本实施例中,衬底可以为硅衬底或其他材质的衬底,对此不予限制。

[0108] 上述谐振器制作方法,通过对衬底进行预处理来使得衬底预设区域部分的反应速率大于非预设区域部分对应的预设反应速率,从而能够在对衬底进行预设反应时,生成预设形状的牺牲材料部分,再在所述牺牲材料层上形成多层结构,在层上生成牺牲材料,最后去除牺牲材料部分形成具有特殊腔体结构和桥部的谐振器,相对于传统的制作方法对谐振器工作区域的表面粗糙度更为容易控制。

[0109] 参见图9,本发明实施一实施例公开一种谐振器制作方法,包括以下步骤:

[0110] 步骤401,在衬底上形成屏蔽层,所述屏蔽层覆盖所述衬底上除预设区域之外的区域,参见图10(a)。

[0111] 本步骤中,在衬底上形成屏蔽层的过程可以包括:

[0112] 在所述衬底上形成屏蔽介质,所述屏蔽层用于屏蔽所述衬底除预设区域之外的区域发生所述预设反应;

[0113] 去除预设区域对应的屏蔽介质,形成所述屏蔽层。

[0114] 其中,屏蔽介质的作用为使得衬底上覆盖屏蔽介质部分的反应速率低于未覆盖屏蔽介质部分的反应速率。进一步的,屏蔽层可以用于屏蔽所述衬底除预设区域之外的区域发生所述预设反应。

[0115] 步骤402,对形成屏蔽层的衬底进行预处理,控制衬底上与所述预设区域对应的部分发生预设反应,得到牺牲材料部分;所述牺牲材料部分包括位于所述衬底上表面之上的上半部分和位于所述衬底下表面之下的下半部分。

[0116] 其中,所述下半部分由底面和第一侧面围成;所述底面整体与所述衬底表面平行,所述第一侧面为由所述底壁边缘延伸至所述衬底上表面的第一圆滑曲面。所述上半部分由所述多层结构的下侧面围成,所述多层结构与所述上半部分对应的部分包括顶面和第二侧面,所述第二侧面为由所述顶面边缘延伸至所述衬底上表面的第二圆滑曲面。

[0117] 可选的,所述第一圆滑曲面包括圆滑过渡连接的第一曲面和第二曲面。例如,所述第一曲面的竖截面呈倒抛物线状,且位于所述底面所在的平面之上;所述第二曲面的竖截面呈抛物线状,且位于所述衬底上表面所在的平面之下。

[0118] 可选的,所述第二圆滑曲面包括圆滑过渡连接的第三曲面和第四曲面;所述第三曲面的竖截面呈抛物线状,且位于所述顶面所在的平面之下;所述第四曲面的竖截面呈倒抛物线状,且位于所述衬底上表面所在的平面之上。

[0119] 一个实施例中,所述第一圆滑曲面的曲率小于第一预设值;所述第二圆滑曲面的曲率小于第二预设值。

[0120] 作为一种可实施方式,步骤402的实现过程可以包括:将所述衬底置于氧化气氛中进行氧化处理,控制衬底上与所述预设区域对应的部分发生氧化反应,得到牺牲材料部分,参见图10(b)。

[0121] 其中,所述将所述衬底置于氧化气氛中进行氧化处理,可以包括:

[0122] 在预设范围的工艺温度环境中,向所述衬底通入高纯氧气,以使得所述衬底上与所述预设区域对应的部分生成氧化层;

[0123] 经过第一预设时间后,停止向所述衬底通入高纯氧气,通过湿氧氧化、氢氧合成氧化和高压水汽氧化中的一种或多种方式,使得衬底上的氧化层厚度达到预设厚度;

[0124] 停止向所述衬底通入湿氧并向所述衬底通入高纯氧气,经过第二预设时间后完成对所述衬底的氧化处理。

[0125] 其中,所述预设范围可以为 $1000^{\circ}\text{C}\sim 1200^{\circ}\text{C}$;所述第一预设时间可以为20分钟~140分钟;所述预设厚度可以为 $0.4\mu\text{m}\sim 4\mu\text{m}$;所述第二预设时间可以为20分钟~140分钟;所述高纯氧气的流量可以为 $3\text{L}/\text{分钟}\sim 15\text{L}/\text{分钟}$ 。

[0126] 需要说明的是,采用纯氧气、湿氧、氢氧合成和高压水汽氧化中的一种手段或几种手段的结合,过渡区形貌会有一些的差别;同时,屏蔽层的种类和结构的选择,对过渡区的形貌有一定的营销,根据多层结构的厚度和压电层对曲率变化的要求,合理选择氧化方式和屏蔽层种类和结构。

[0127] 步骤403,去除预处理后的衬底屏蔽层,参见图10(c)。

[0128] 步骤404,在去除屏蔽层后的衬底上形成多层结构200,所述多层结构由下至上依次包括第一电极层、第一压电层、第二电极层、第二压电层和第三电极层,参见图10(d)。

[0129] 步骤405,根据需要的包括桥部的堆叠式声学谐振器,在对应的层上进行预处理,生成牺牲材料,并对该牺牲材料进行图案化,参见图10(e),第二桥部401'和第一桥部402'。

[0130] 步骤406,移除所述牺牲材料部分,参见图10(f),形成腔体300以及第二桥部401和第一桥部402。

[0131] 本实施例中,所述屏蔽层可以为SiN材质层、 SiO_2 材质层、多晶硅材质层,或为由上述两种或三种材质混合组成的多层结构,所述衬底可以为硅衬底或其他材质的衬底,对此不予限制。

[0132] 一个实施例中,屏蔽层可以采用SiN,也可以采用多层膜结构,SiN作为氧化屏蔽层,其屏蔽效果较好,屏蔽区和非屏蔽区反应速率相差较大。可以通过刻蚀或腐蚀等手段,把需要制作谐振器区域的屏蔽介质去除,将硅片放在氧化气氛中进行氧化,有屏蔽介质部分的反应速率和没有屏蔽介质部分的反应速率相差较大:没有屏蔽介质部分的反应速率较快,衬底Si与氧气反应形成 SiO_2 ,生成的 SiO_2 厚度不断增加,其上表面逐渐比有屏蔽介质部分的表面升高,没有屏蔽介质部分的Si表面逐渐下降,相对没有屏蔽介质部分的表面降低,由于屏蔽层的边缘部分氧气会从侧面进入屏蔽层下面,使得屏蔽层边缘的氧化速率较没有屏蔽介质部分的氧化速率慢,比有屏蔽介质部分的氧化速率快,越接近屏蔽介质的边缘,速率越趋于没有屏蔽介质部分的氧化速率。在屏蔽层边缘形成一个没有速率变化的过渡区域,该过渡区域通过优化氧化方式和屏蔽层种类和结构,可以形成圆滑曲面,在该圆滑曲面上生长含AlN等压电薄膜的多层结构,可以确保压电薄膜的晶体质量。

[0133] 本发明实施例还公开一种半导体器件,包括上述任一种包括桥部的堆叠式声学谐

振器,具有上述谐振器所具有的有益效果。例如,该半导体器件可以为滤波器。

[0134] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

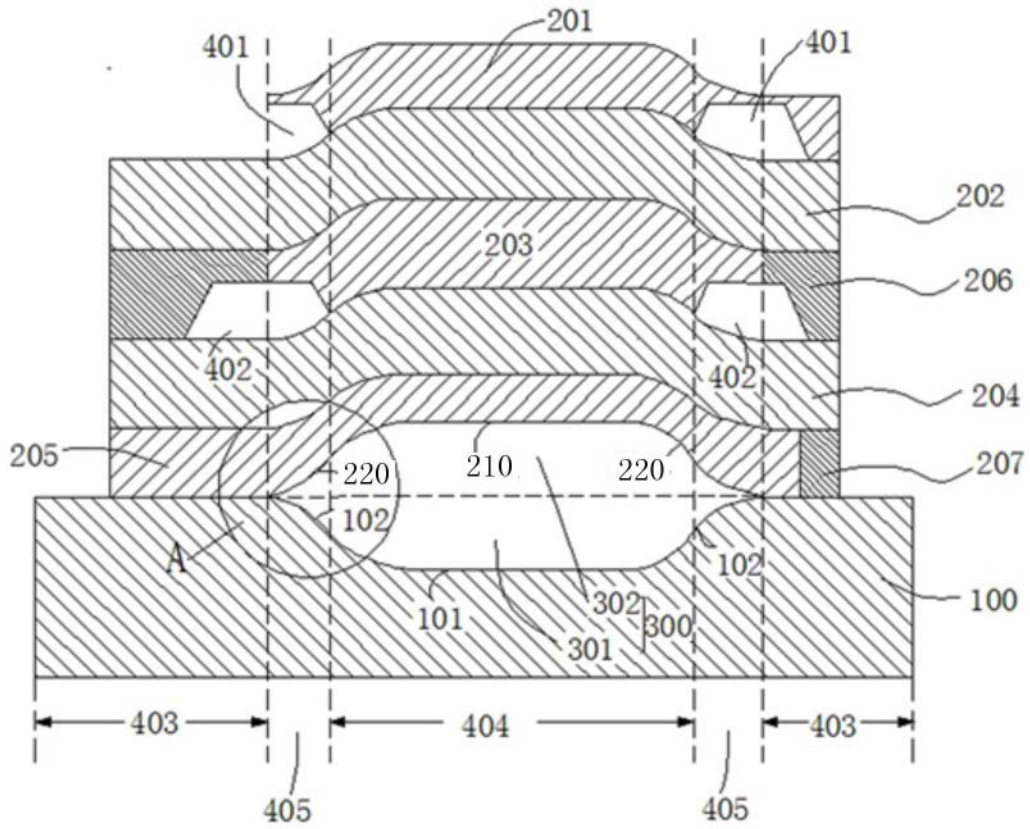


图1

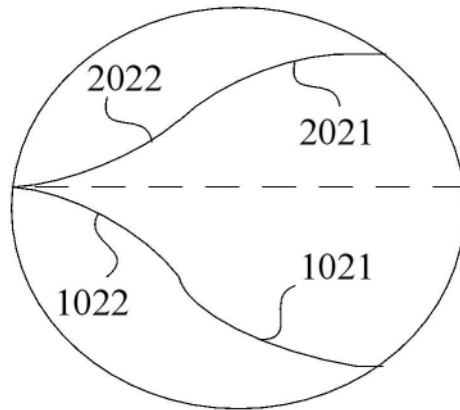


图2

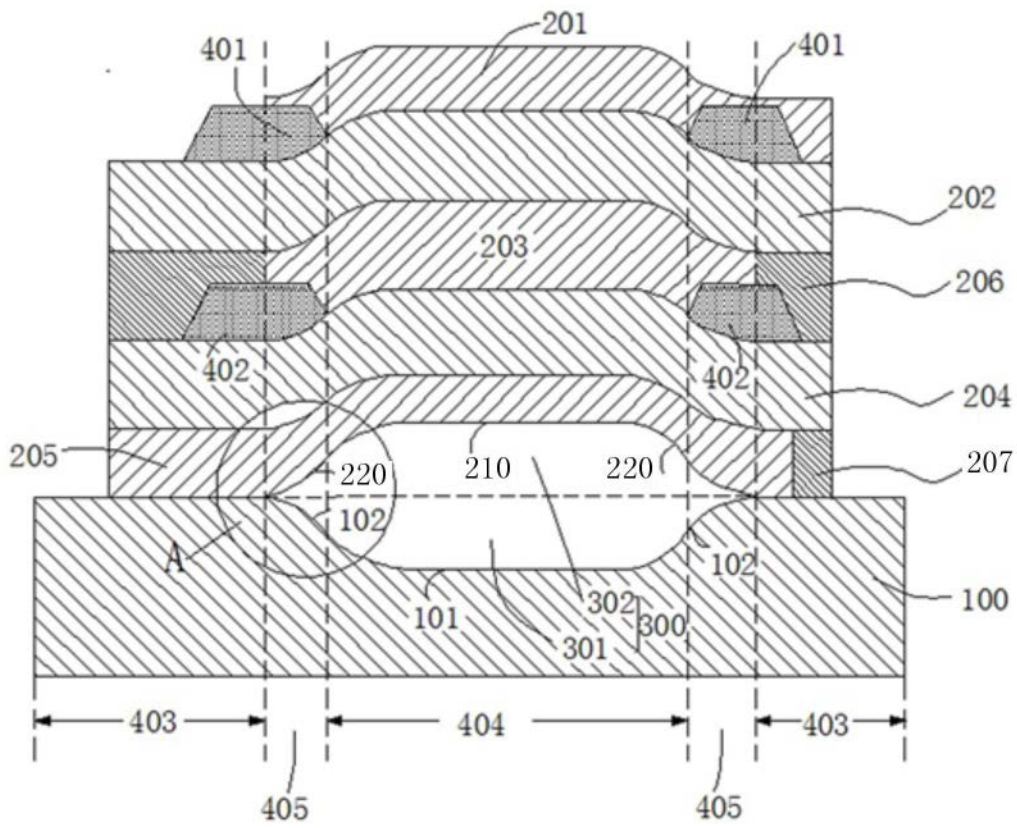


图3

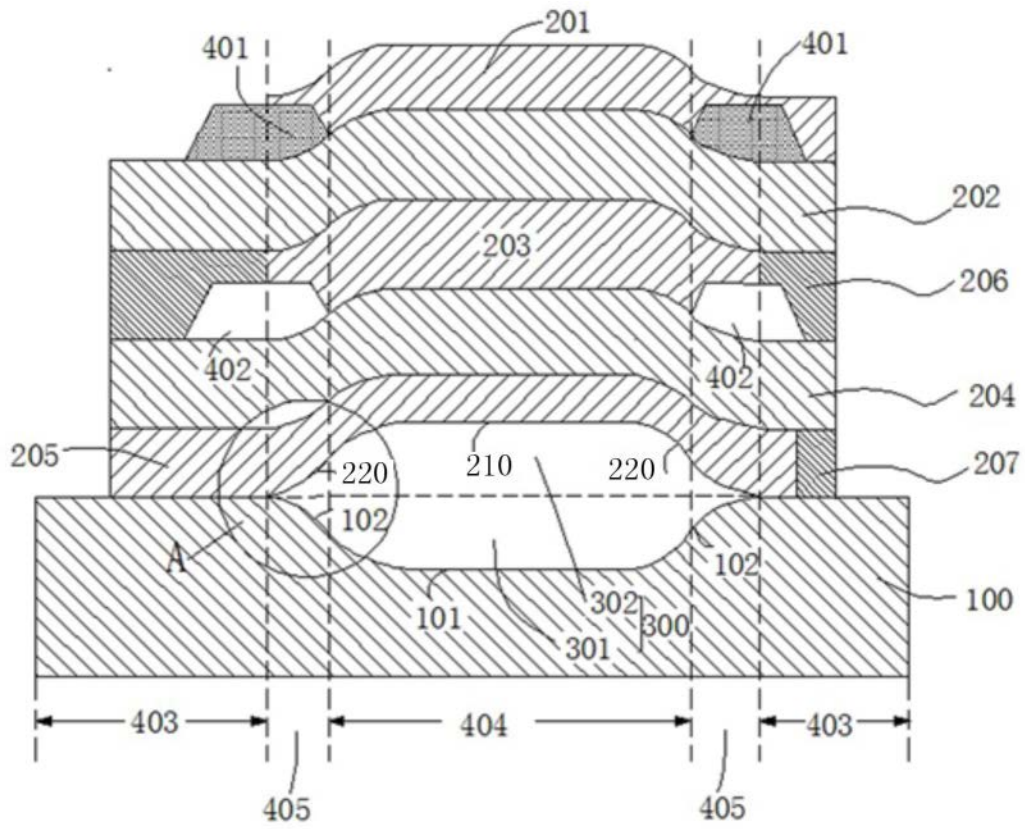


图4

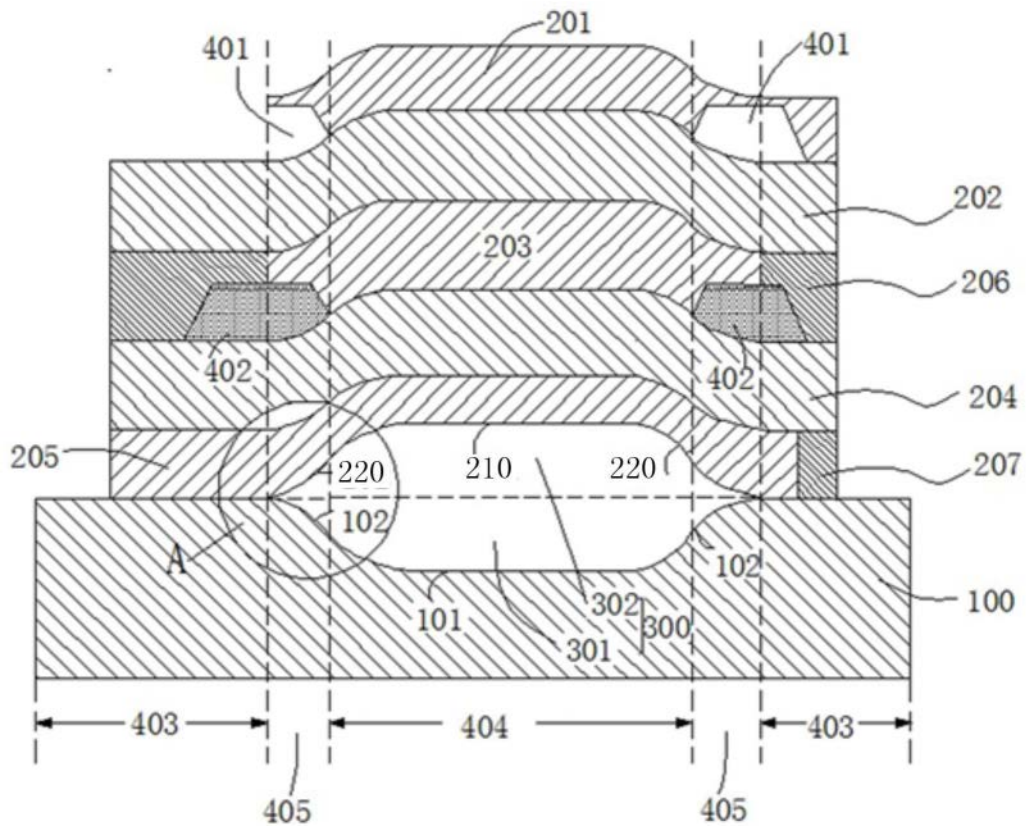


图5

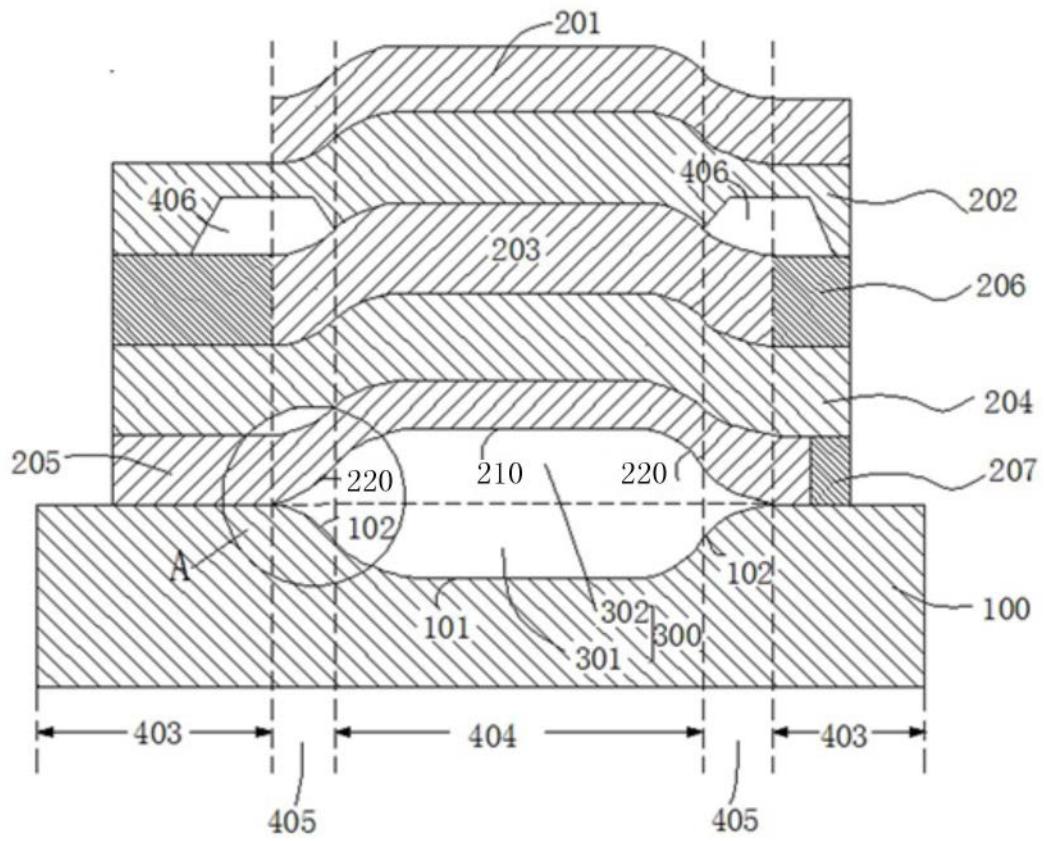


图6

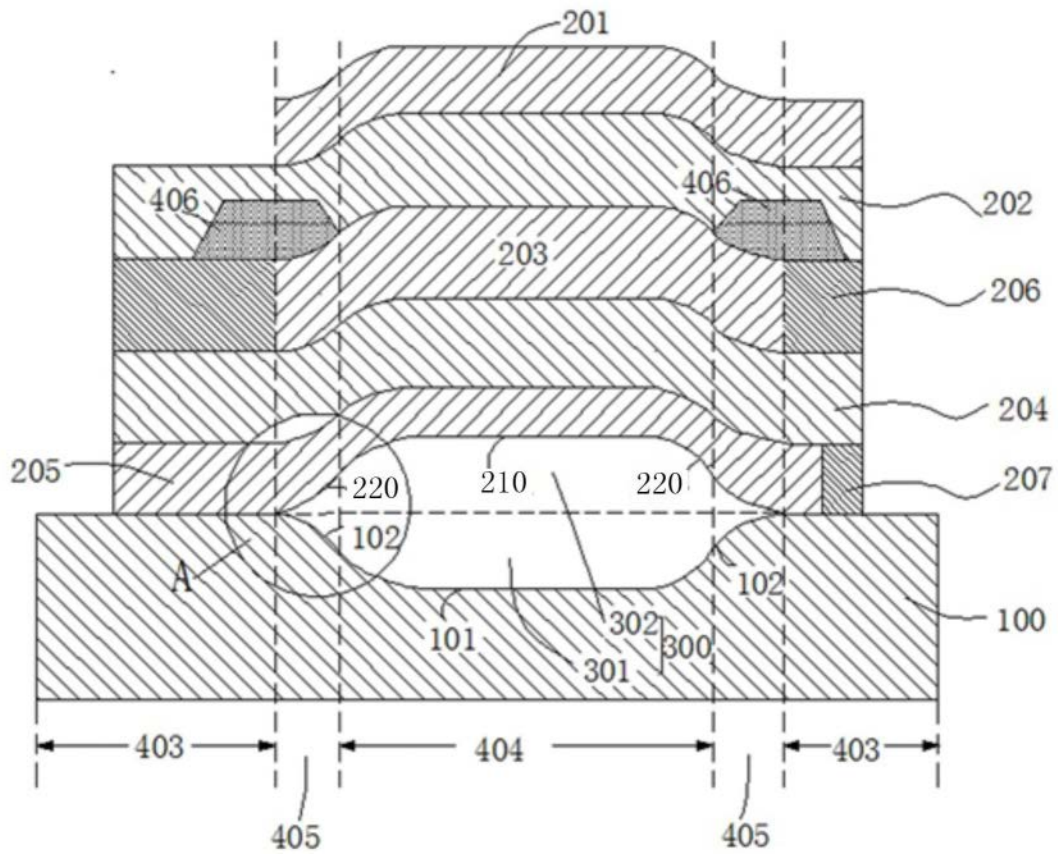


图7

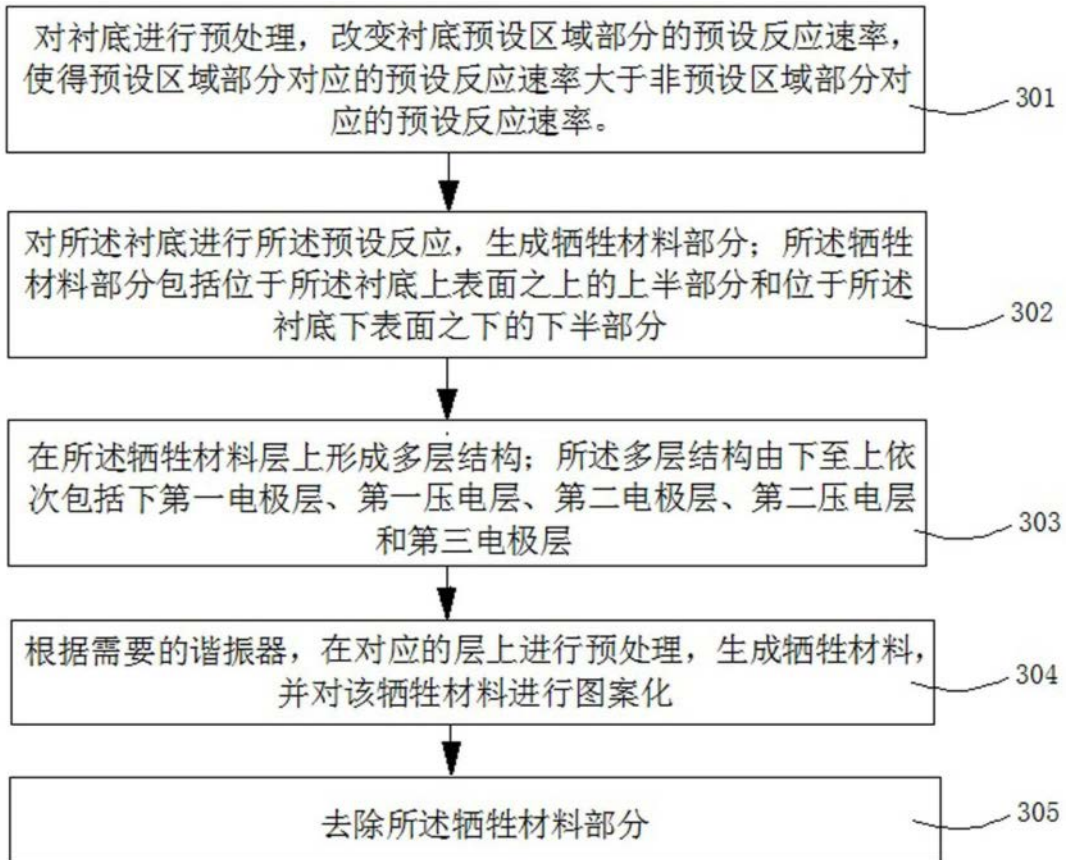


图8

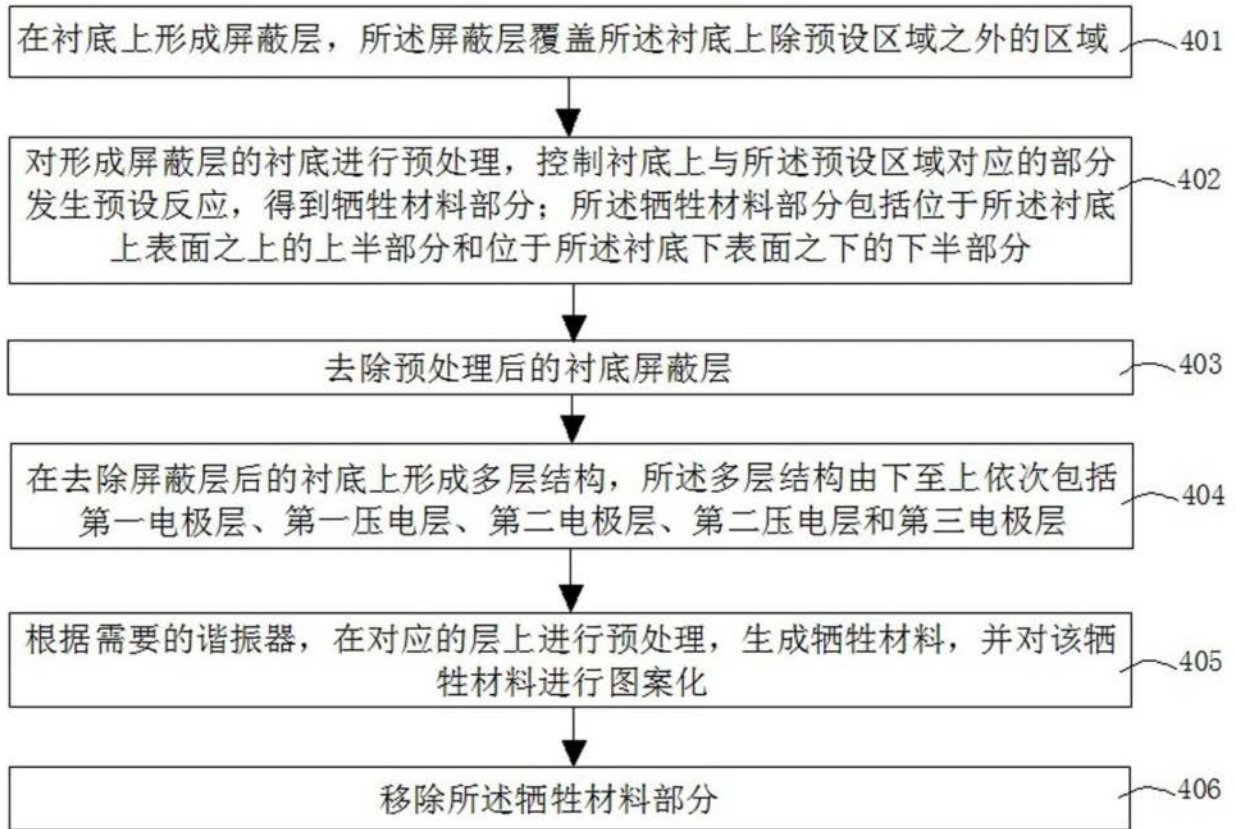


图9

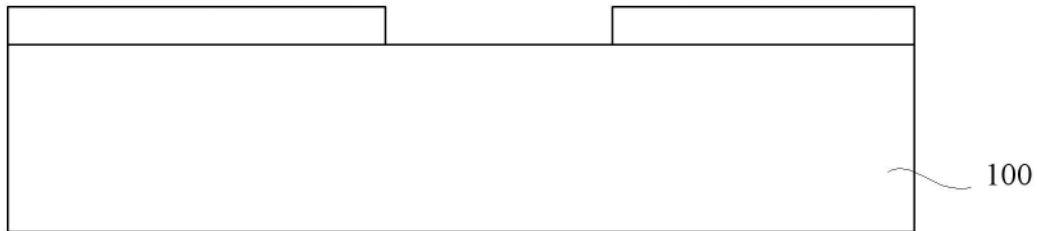


图10(a)

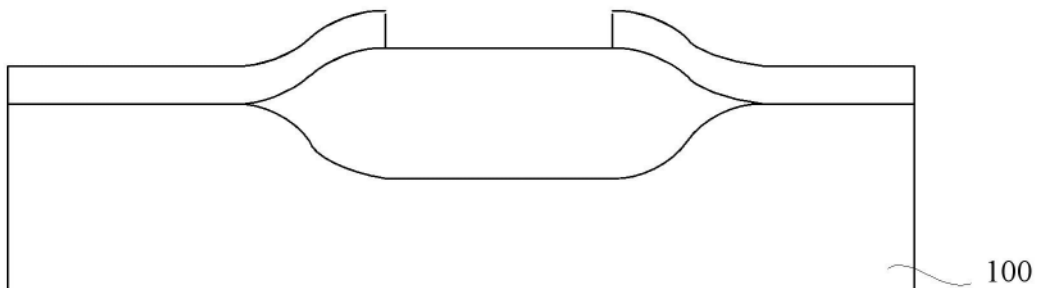


图10(b)

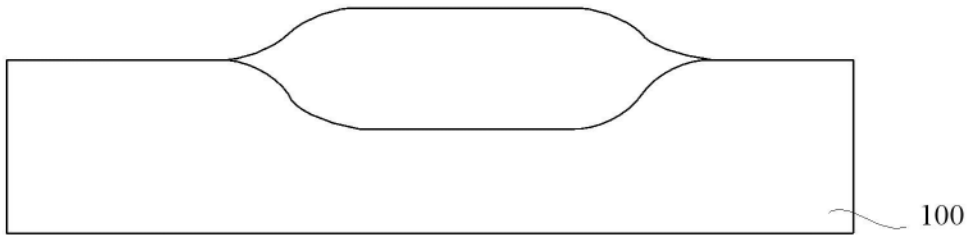


图10(c)

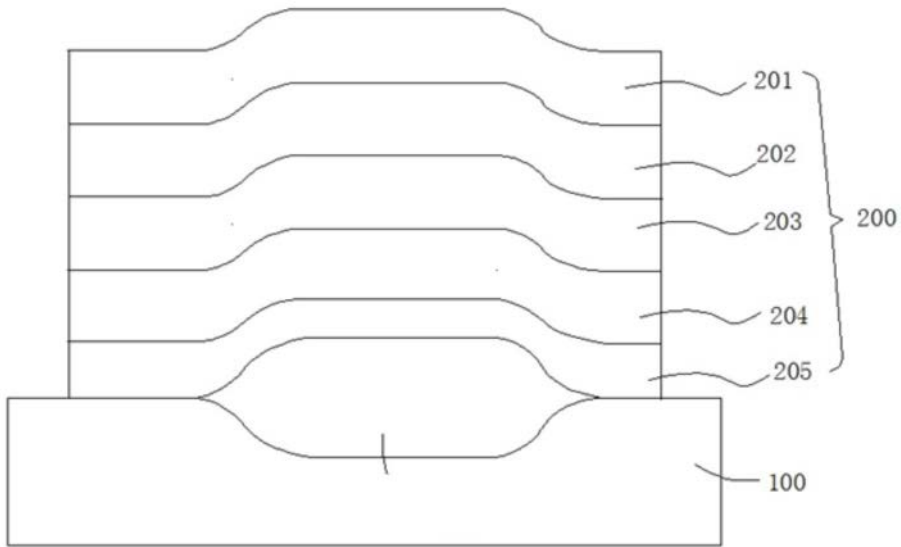


图10(d)

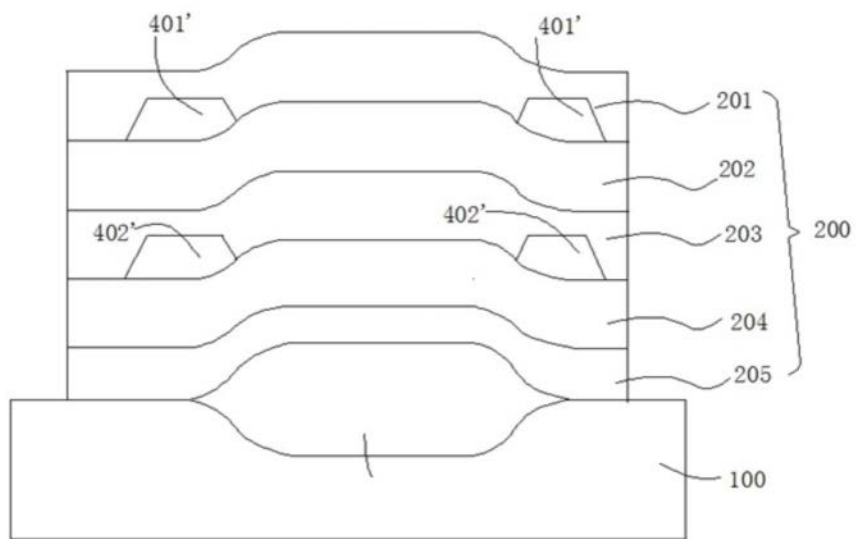


图10(e)

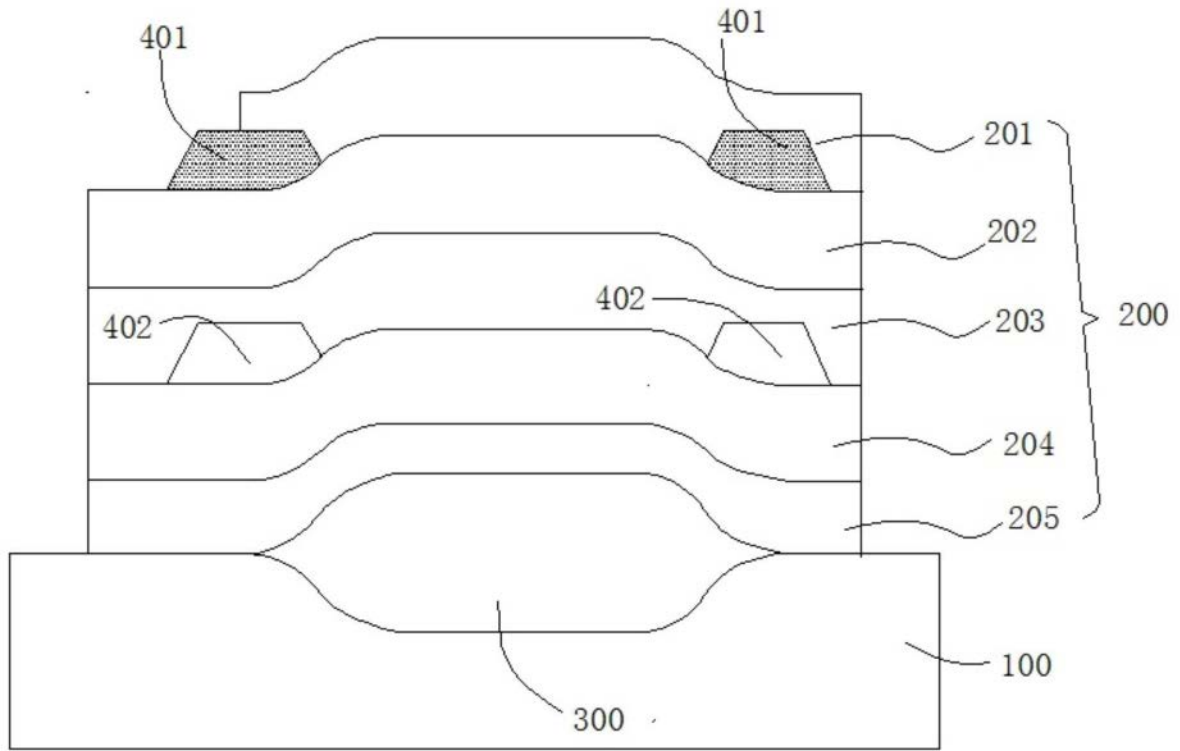


图10(f)