

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 5 月 22 日 (22.05.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/098484 A1

(51) 国际专利分类号:
H03H 3/02 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/114004

(22) 国际申请日: 2019 年 10 月 29 日 (29.10.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201811355760.9 2018 年 11 月 14 日 (14.11.2018) CN

(71) 申请人: 天津大学 (TIANJIN UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国天津市南开区卫津路 92 号, Tianjin 300072 (CN)。 诺思 (天津) 微系统有限责任公司 (ROFS MICROSYSTEM (TIANJIN) CO., LTD.) [CN/CN]; 中国天津市滨海新区开发区西区新业五街 27 号, Tianjin 300462 (CN)。

(72) 发明人: 张孟伦 (ZHANG, Menglun); 中国天津市南开区卫津路 92 号, Tianjin 300072 (CN)。 庞慰 (PANG, Wei); 中国天津市南开区卫津路 92 号, Tianjin 300072 (CN)。 刘伯华 (LIU, Bohua); 中国天津市南开区卫津路 92 号, Tianjin 300072

(CN)。 杨清瑞 (YANG, Qingrui); 中国天津市南开区卫津路 92 号, Tianjin 300072 (CN)。

(74) 代理人: 北京金诚同达律师事务所 (BEIJING JINCHENG TONGDA & NEAL LAW FIRM); 中国北京市朝阳区建国门外大街 1 号国贸大厦 A 座 10 层, Beijing 100004 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,

(54) Title: BULK ACOUSTIC WAVE RESONATOR HAVING FRACTURE STRUCTURE AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR, FILTER, AND ELECTRONIC DEVICE

(54) 发明名称: 带断裂结构体声波谐振器及其制造方法、滤波器和电子设备

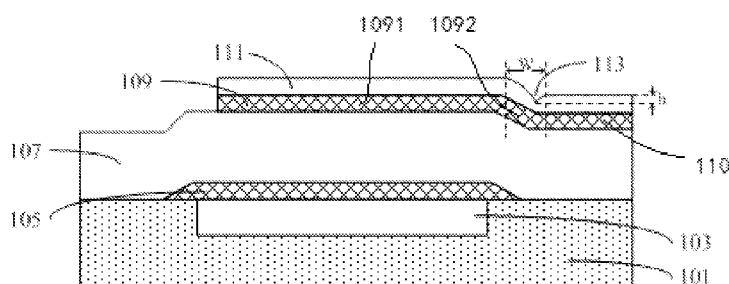


图 1B

(57) Abstract: A bulk acoustic wave resonator, comprising: a substrate (101), an acoustic mirror (103), a bottom electrode (105) provided above the substrate (101), a top electrode (109) that is provided opposite to the bottom electrode (105) and is provided with a main body part and a connection part connected with the main body part, a piezoelectric layer (107) provided above the bottom electrode (105) and between the bottom electrode (105) and the top electrode (109), and a passivation layer (111) provided above the top electrode (109), wherein a region where the acoustic mirror (103), the bottom electrode (105), the piezoelectric layer (107), and the top electrode (109) are overlapped in the thickness direction of the substrate (101) is the effective region of the resonator; the passivation layer (111) is adjacent to the boundary of the effective region and is provided with at least one first fracture structure (113) above the connection part. A filter having the resonator, an electronic device having the filter, and a method for manufacturing the bulk acoustic wave resonator.

CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种体声波谐振器, 包括: 基底(101); 声学镜(103); 底电极(105), 设置在基底(101)上方; 顶电极(109), 与所述底电极(105)对置, 所述顶电极(109)具有主体部以及与主体部连接的连接部; 压电层(107), 设置在底电极(105)上方以及底电极(105)与顶电极(109)之间; 和钝化层(111), 设置在顶电极(109)上方, 其中: 声学镜(103)、底电极(105)、压电层(107)、顶电极(109)在基底(101)的厚度方向重叠的区域为谐振器的有效区域, 所述钝化层(111)邻近所述有效区域的边界、在所述连接部上方设置有至少一个第一断裂结构(113)。一种具有上述谐振器的滤波器, 一种具有该滤波器的电子设备, 以及一种制造该体声波谐振器的方法。

带断裂结构体声波谐振器及其制造方法、滤波器和电子设备

技术领域

本发明的实施例涉及半导体领域，尤其涉及一种体声波谐振器及其制造方法，一种具有该谐振器的滤波器，以及一种具有该滤波器的电子设备。

背景技术

随着无线通信技术的快速发展，人们对于能同步处理大量数据的多通带收发器的需求与日俱增。近年来，多通带收发器已被广泛地应用在定位系统和多标准的系统中，这些系统需要同时处理不同频段的信号以提高系统的整体性能。虽然单个芯片中频率带的个数不断增加，但消费者对小型化、多功能的便携式设备的需求越来越高，小型化成为芯片的发展趋势，这就对滤波器的尺寸提出了更高的要求。

为此，现有技术中已经采用薄膜体声波谐振器 (Film Bulk Acoustic Resonator, 简称 FBAR) 取代传统的波导技术实现多频带滤波器。

FBAR 主要利用压电材料的压电效应与逆压电效应产生体声波，从而在器件内形成谐振，因为 FBAR 具有品质因数高、功率容量大、频率高（可达 2-10 GHz 甚至更高）以及与标准集成电路（IC）的兼容性好等一系列的固有优势，可广泛应用于频率较高的射频应用系统中。

FBAR 的结构主体为由电极-压电薄膜-电极组成的“三明治”结构，即两层金属电极层之间夹一层压电材料。通过在两电极间输入正弦信号，FBAR 利用逆压电效应将输入电信号转换为机械谐振，并且再利用压电效应将机械谐振转换为电信号输出。FBAR 主要利用压电薄膜的纵向压电系数（ d_{33} ）产生压电效应，所以其主要工作模式为厚度方向上的纵波模式（Thickness Extensional Mode, 简称 TE 模式）。

理想地，薄膜体声波谐振器仅激发厚度方向（TE）模，但是除了期望的 TE 模式之外，还会产生横向的寄生模式，如瑞利-拉姆模是与 TE 模的方向相垂直的机械波。这些横向模式的波会在谐振器的边界处损失掉，从而使得谐振器所需的纵模的能量损失，最终导致谐振器 Q 值下降。

发明内容

为缓解或解决 FBAR 中横向模式的波所导致的谐振器 Q 值下降，提出本发明。

根据本发明的实施例的一个方面，提出了一种体声波谐振器，包括：基底；声学镜；底电极，设置在基板上方；顶电极，与所述底电极对置，所述顶电极具有主体部以及与主体部连接的连接部；压电层，设置在底电极上方以及底电极与顶电极之间；和钝化层，设置在顶电极上方，其中：声学镜、底电极、压电层、顶电极在基底的厚度方向重叠的区域为谐振器的有效区域，所述钝化层邻近所述有效区域的边界、在所述连接部上方设置有至少一个第一断裂结构。

可选的，所述连接部具有倾斜面，所述第一断裂结构设置在所述倾斜面处。进一步的，所述连接部形成桥部结构，桥部结构与压电层之间形成空气隙，所述倾斜面包括所述桥部结构的邻近所述边界的第一倾斜面以及邻近顶电极引线的第二倾斜面，所述第一断裂结构设置在所述第一倾斜面处。进一步的，所述钝化层还包括设置在所述第二倾斜面处的至少一个第二断裂结构。

可选的，所述连接部为水平的连接部。

可选的，所述顶电极在与所述连接部相对的一侧还设置有桥翼结构，所述桥翼结构具有桥翼斜面，所述桥翼结构与压电层之间形成空气隙。进一步的，所述钝化层还包括设置在所述桥翼斜面上方的至少一个第三断裂结构。

上述谐振器中，可选的，所述断裂结构的深度小于所述钝化层的厚度。进一步的，所述断裂结构的深度为所述钝化层的厚度的 5%-30%。可选的，所述断裂结构的深度的取值范围为 100-1000Å。

上述谐振器中，可选的，至少部分所述断裂结构的深度等于所述钝化层的厚度。可选的，所述钝化层的厚度的取值范围为 1000-3000Å。

上述谐振器中，可选的，在所述顶电极的下方或者在所述顶电极的横向外侧，邻近所述有效区域的边界在所述压电层中设置有至少一个第四断裂结构。进一步的，所述第四断裂结构的宽度为所述有效区域的横向宽度的 1-10%。进一步的，所述第四断裂结构的深度为所述压电层的厚度的 1-15%。可选的，所述第四断裂结构的深度的取值范围为 100-1000Å。

上述谐振器中，可选的，所述断裂结构的宽度的取值范围为 0.1-10 μm。

上述谐振器中，可选的，所述断裂结构的截面形状为圆弧状、倾斜状、阶梯状、扇形状中的一种。

本发明的实施例还涉及一种滤波器，包括上述的体声波谐振器。

本发明的实施例还涉及一种电子设备，包括上述的滤波器。

本发明的实施例还涉及一种体声波谐振器的制造方法，所述体声波谐振器包括基底；声学镜；底电极，设置在基板上方；顶电极，与所述底电极对置，所述顶电极具有主体部以及与主体部连接的连接部；压电层，设置在底电极上方以及底电极与顶电极之间；和钝化层，设置在顶电极上方，声学镜、底电极、压电层、顶电极在基底的厚度方向重叠的区域为谐振器的有效区域，所述方法包括步骤：在所述钝化层上，邻近所述有效区域的边界、在所述连接部上方形成至少一个断裂结构。

可选的，所述方法还包括步骤：在所述顶电极的下方或者在所述顶电极的横向外侧，邻近所述有效区域的边界在所述压电层中设置有至少一个另外的断裂结构。

附图说明

以下描述与附图可以更好地帮助理解本发明所公布的各种实施例中的这些和其他特点、优点，图中相同的附图标记始终表示相同的部件，其中：

图 1A 和图 1B 分别为根据本发明的一个示例性实施例的体声波谐振器示意性俯视图和 1B-1B 向的截面图；

图 1C、图 1D、图 1E、图 1F 作为本发明的示例性实施例，分别示意性示出了断裂结构的截面形状；

图 2A 和图 2B 分别为根据本发明的一个示例性实施例的体声波谐振器示意性俯视图和 1B-1B 向的截面图；

图 3A 和图 3B 分别为根据本发明的一个示例性实施例的体声波谐振器示意性俯视图和 1B-1B 向的截面图；

图 4A 和图 4B 分别为根据本发明的一个示例性实施例的体声波谐振器示意性俯视图和 1B-1B 向的截面图；

图 5A 和图 5B 分别为根据本发明的一个示例性实施例的体声波谐振器示意性俯视图和 1B-1B 向的截面图；

图 6A 和图 6B 分别为根据本发明的一个示例性实施例的体声波谐振器示意性俯视图和 1B-1B 向的截面图；

图 7 为根据本发明的一个示例性实施例的体声波谐振器的示意性截面图；

图 8 为根据本发明的一个示例性实施例的体声波谐振器的示意性截面图；

图 9 为基于本发明的一个示例性实施例的薄膜体声波谐振器的截面 SEM 图；

图 10 为基于本发明的一个示例性实施例的薄膜体声波谐振器的截面 SEM 图。

具体实施方式

下面通过实施例，并结合附图，对本发明的技术方案作进一步具体的说明。在说明书中，相同或相似的附图标号指示相同或相似的部件。下述参照附图对本发明实施方式的说明旨在对本发明的总体发明构思进行解释，而不应当理解为对本发明的一种限制。

本发明在谐振器有效区域的边缘形成断裂结构，由于断裂结构的声阻抗和谐振器有效区域的声阻抗不匹配，从而在边缘处将声波反射回谐振器内，有效阻止了谐振器内能量的泄露。

下面参照附图 1-8 描述根据本发明的实施例的体声波谐振器。

图 1A 为根据本发明的一个示例性实施例的薄膜体声波谐振器的俯视图。参见图 1A，FBAR 包括底电极 105、压电层 107、顶电极 109、钝化层 111 以及位于顶电极 109 和其电极连接处台阶上方的钝化层中具有一断裂结构 113。

图 1B 为沿着图 1A 中 1B-1B 向所取的截面图。如图 1B 所示，谐振器在厚度方向上依次包括基底 101；声学镜 103，此声学镜位于基底的上表面或嵌于基底的内部，在图 1B 中声学镜为嵌入基底中的空腔所构成，但是任何其它的声学镜结构如布拉格反射器也同样适用；底电极 105；压电层 107；顶电极 109；钝化层 111。

在本发明中，钝化层能够起到对电极保护的作用，防止材料在谐振器表面的吸附，消除或减轻由于周围空气或潮湿环境影响而导致器件的氧化、腐蚀，从而使得谐振器频率发生偏移；同时还可以通过对钝化层进行处理，能够起到对谐振器频率进行微调的作用；并且钝化层的存在可以降低对谐振器密闭封装的要求，使器件制作的成本降低。

如图 1A 和 1B 所示，位于顶电极和其电极连接处台阶上方的钝化层中具有一断裂结构 113，其断裂的方式只有部分（即没有完全断开）。断裂结构 113 的截面形状除了为图 1C 中的圆弧形外，还可以为图 1D 中的倾斜形状、图 1E 中的阶梯形状和图 1F

中的扇形形状等其他形状，断裂结构有固定的宽度 w 和深度 h 。在可选的实施例中，断裂结构的深度小于钝化层的厚度，例如为钝化层厚度的 5%-30%，其典型的 w 范围在 $0.1-10\ \mu\text{m}$ ， h 的深度在 $100-1000\text{\AA}$ 。

在本发明中，对于没有完全断裂的准断裂结构， w 可以为 $0.1\ \mu\text{m}$ 、 $5\ \mu\text{m}$ 、 $10\ \mu\text{m}$ ； h 可以为 $100\text{\AA}$ 、 $600\text{\AA}$ 、 $1000\text{\AA}$ 。

断裂结构可通过湿法刻蚀或者干法刻蚀等类似的工艺获得，通过控制湿法刻蚀的时间以及调控药液的比例来控制断裂结构的宽度和深度，或者通过控制干法刻蚀的时间、功率以及刻蚀气体的流量与比例来控制断裂结构的宽度和深度。

声学镜 103、底电极 105、压电层 107、顶电极 109 在厚度方向重叠的区域为谐振器的有效区域，具有第一声阻抗，在钝化层 111 的断裂结构 113 中具有第二声阻抗。由于在钝化层 111 的断裂结构 113 中的第二声阻抗与第一声阻抗不匹配，同时由于断裂结构中具有一定的深度，声波会在断裂结构处形成局部振荡，通过声波在局部振荡区域多次反射叠加形成强反射，能够进一步增加不匹配程度，这样会使得声波在有效区域的边界处传输不连续，因此在有效区域的边界处，一部分声能就会耦合且反射到有效激励区域中，并且转换成与压电层表面垂直的活塞声波模式，从而使得谐振器的 Q 值得到提高。对于特定的声波波长，可以选择断裂结构的形状、深度和宽度，以调整形成局部振荡的能力和程度。

图 2A 和图 2B 分别为根据本发明的一个示例性实施例的体声波谐振器示意性俯视图和 1B-1B 向的截面图。下面参照图 2A 和 2B 说明体声波谐振器的另一个示例性实施例。

如图 2A 所示，FBAR 包括底电极 205、压电层 207、顶电极 209、钝化层 211 以及位于顶电极和其电极连接处台阶上方的钝化层中具有一断裂结构 213。

图 2B 所示的压电谐振器结构与图 1B 所示的实施例结构类似，它们都是沿着俯视图 1B-1B 所取的截面图。不同之处在于位于顶电极和其电极连接处台阶上方的钝化层的断裂结构 213。断裂结构 213 的截面形状可以为图 1C 中的圆弧状，也可以为图 1D 中的倾斜形状、图 1E 中的阶梯形状和图 1F 中的扇形形状等其他形状，断裂结构断裂的方式为断裂到底部的顶电极，深度较深。断裂结构 213 的深度与钝化层的厚度一样，典型的 w 范围在 $0.1-10\ \mu\text{m}$ ，深度 h 在 $1000-3000\text{\AA}$ 。

在本发明中，对于完全断裂的断裂结构， w 可以为 $0.1\ \mu\text{m}$ 、 $5\ \mu\text{m}$ 、 $10\ \mu\text{m}$ ； h 可

以为 1000Å、2000Å、3000Å。

由于断裂结构具有的深度更深，能够进一步提高在钝化层断裂结构的第二声阻抗与第一声阻抗不匹配程度，会使得声波在边界处传输不连续性增强，因此在有效区域的边界处，就会有更多的声能耦合且反射到有效激励区域中，并且转换成与压电层表面垂直的活塞声波模式，从而使得谐振器的 Q 值进一步提高。同时由于断裂结构的底部很小，裸露出来的电极很少，所以基本上不会影响钝化层对谐振器的保护作用。

图 3A 和图 3B 分别为根据本发明的一个示例性实施例的体声波谐振器示意性俯视图和 1B-1B 向的截面图。下面参照图 3A 和 3B 说明体声波谐振器的再一个示例性实施例。

如图 3A 所示，FBAR 包括底电极 305、压电层 307、顶电极 309、钝化层 311 以及位于顶电极和其电极连接处台阶上方的钝化层中具有一断裂结构 313 和 315。

在图 3B 所示的压电谐振器结构与图 1B 所示的实施例结构类似，它们都是沿着俯视图 1B-1B 所取的截面图。不同之处在于位于顶电极和其电极连接处台阶上方的钝化层的断裂结构，其断裂部分包含 313 和 315，断裂结构的截面形状可以为图 1C 中的圆弧状，也可以为图 1D 中的倾斜形状、图 1E 中的阶梯形状和图 1F 中的扇形形状等其他形状，断裂方式为多处位置包括但不限于两处，断裂深度较浅。断裂部分具有两个固定宽度 w_1 和 w_2 以及两个断裂深度 h_1 和 h_2 。在可选的实施例中，断裂结构的深度小于钝化层的厚度，例如为钝化层厚度的 5%-30%，其典型的 w_1 和 w_2 范围在 0.1-10 μm ， h_1 和 h_2 深度在 100-1000Å。这样在保证谐振器 Q 值进一步提高的同时，使得钝化层全面覆盖住谐振器的电极部分，从而使得钝化层对谐振器的保护更为全面，能够有效防止材料在谐振器表面的吸附，消除或减轻由于周围空气或潮湿环境影响而导致器件的氧化、腐蚀，从而使得谐振器频率发生偏移。

基于以上，本发明提出了一种体声波谐振器，包括：基底；声学镜；底电极，设置在基板上方；顶电极，与所述底电极对置，所述顶电极具有主体部以及与主体部连接部；压电层，设置在底电极上方以及底电极与顶电极之间；和钝化层，设置在顶电极上方，其中：声学镜、底电极、压电层、顶电极在基底的厚度方向重叠的区域为谐振器的有效区域，所述钝化层邻近所述有效区域的边界、在所述连接部上方设置有至少一个第一断裂结构。

在上面的图 1B、图 2B 和图 3B 中，连接部可为顶电极和其电极引线连接处，体

现为倾斜面。断裂结构设置在所述倾斜面处。

需要专门指出的是，在本发明中，在连接部上方设置断裂结构，不仅包括断裂结构仅设置在连接部正上方（在横向方向上，位于连接部的两个竖向边界之间），也包括断裂结构设置在连接部斜上方的情况。

在本发明中，断裂结构设置在倾斜面处，不仅包括设置在倾斜面所在范围内的情况，也包括设置在倾斜面附近的情形。

虽然没有示出，所述连接部也可为水平的连接部。

需要指出的是，在钝化层中，断裂结构除了设置在连接部上方外，还可以设置在其他部位。

在本发明中，电极组成材料可以是金(Au)、钨(W)、钼(Mo)、铂(Pt)，钌(Ru)、铱(Ir)、钛钨(TiW)、铝(Al)、钛(Ti)等类似金属。

在本发明中，压电层材料可以为氮化铝(AlN)、氧化锌(ZnO)、锆钛酸铅(PZT)、铌酸锂(LiNbO₃)、石英(Quartz)、铌酸钾(KNbO₃)或钽酸锂(LiTaO₃)等材料。

在本发明中，钝化层材料可以为氮化铝(AlN)、碳化硅(SiC)、氧化铝(Al₂O₃)、氧化硅(SiO₂)、氮化硅(Si₃N₄)或它们的组合等材料。

图7为根据本发明的一个示例性实施例的体声波谐振器的示意性截面图。如图7所示，谐振器在厚度方向上依次包括基底701；声学镜703，此声学镜位于基底的上表面或嵌于基底的内部，在图7中声学镜为嵌入基底中的空腔所构成，但是任何其它的声学镜结构如布拉格反射器也同样适用；底电极705；压电层707；顶电极709，包含两部分即主体部和连接部，其中连接部为桥翼结构，在顶电极的连接部和压电层之间为空气隙；钝化层711，包含在台阶处的断裂结构715和713，断裂结构的截面形状可以为图1C中的圆弧状，也可以为图1D中的倾斜形状、图1E中的阶梯形状和图1F中的扇形形状等其他形状，其断裂方式为部分断裂，并且具有固定的宽度w1、w2和断裂深度h1、h2。在可选的实施例中，断裂结构的深度小于钝化层的厚度，例如为钝化层厚度的5%-30%，其典型的w1和w2的范围在0.1-10 μm，h1和h2深度在100-1000 Å。

在桥翼结构和断裂结构处，由于空气隙和断裂结构的存在使其声阻抗与谐振器的有效区域内声阻抗不匹配，会使得声波在边界处传输不连续，因此在有效区域的边界处，一部分声能就会耦合且反射到有效激励区域中，并且转换成与压电层表面垂直的

活塞声波模式，从而使得谐振器的 Q 值得到提高。

图 8 为根据本发明的一个示例性实施例的体声波谐振器的示意性截面图。如图 8 所示，谐振器在厚度方向上依次包括基底 801；声学镜 803，此声学镜位于基底的上表面或嵌于基底的内部，在图 8 中声学镜为嵌入基底中的空腔所构成，但是任何其它的声学镜结构如布拉格反射器也同样适用；底电极 805；压电层 807；顶电极 809，包含主体部和连接部，其中连接部为桥部结构，在顶电极的连接部和压电层之间为空气隙；钝化层 811，包含在台阶处的断裂结构 815 和 813。

因此，在例如图 8 的示例中，所述连接部形成桥部结构，桥部结构与压电层之间形成空气隙，所述倾斜面包括所述桥部结构的邻近所述边界的第一倾斜面以及邻近顶电极引线的第二倾斜面，断裂结构设置在所述第一倾斜面处，可选的，断裂结构也设置在所述第二倾斜面处。

断裂结构的截面形状可以为图 1C 中的圆弧状，也可以为图 1D 中的倾斜形状、图 1E 中的阶梯形状和图 1F 中的扇形形状等其他形状，其断裂方式为部分断裂，并且具有固定的宽度 w_1 、 w_2 和断裂深度 h_1 、 h_2 。在可选的实施例中，断裂结构的深度小于钝化层的厚度，例如为钝化层厚度的 5%-30%，其典型的 w_1 和 w_2 的范围在 $0.1-10\ \mu\text{m}$ ， h_1 和 h_2 深度在 $100-1000\text{\AA}$ 。

在桥部结构和断裂结构处，由于空气隙和断裂结构的存在，使其声阻抗与谐振器的有效区域内声阻抗不匹配，会使得声波在有效区域的边界处传输不连续，因此在有效区域的边界处，一部分声能就会耦合且反射到有效激励区域中，并且转换成与压电层表面垂直的活塞声波模式，从而使得谐振器的 Q 值得到提高。

图 4A 和图 4B 分别为根据本发明的一个示例性实施例的体声波谐振器示意性俯视图和 1B-1B 向的截面图。

如图 4A 所示，FBAR 包括底电极 405、压电层 407、顶电极 409、钝化层 411 以及在顶电极与压电层之间位于顶电极内部的断裂结构 413 和位于顶电极和其电极连接处台阶（对应于连接部）上方的钝化层中具有一断裂结构 415。

如图 4B 所示，谐振器在厚度方向上依次包括基底 401；声学镜 403，此声学镜位于基底的上表面或嵌于基底的内部，在图 4B 中声学镜为嵌入基底中的空腔所构成，但是任何其它的声学镜结构如布拉格反射器也同样适用；底电极 407；压电层 407；顶电极 409；钝化层 411；以及在顶电极与压电层之间位于顶电极内部的断裂结构 413

和位于顶电极和其电极连接处台阶（对应于连接部）上方的钝化层中具有断裂结构 415。

断裂结构 413 和 415 的截面形状可以为图 1C 中的圆弧状，也可以为图 1D 中的倾斜形状、图 1E 中的阶梯形状和图 1F 中的扇形形状等其他形状，有固定的宽度 w_1 、 w_2 和断裂深度 h_1 、 h_2 。在可选的实施例中，断裂结构的宽度 w_2 与谐振器有效区域横向宽度之间有一比例范围在 1%-10%，断裂结构的深度 h_2 与压电层的厚度之间也有比例范围在 1%-15% 之间，其典型的 w_1 和 w_2 的范围在 0.1-10 μm ， h_1 和 h_2 深度在 100-1000 Å。由于断裂结构的深度较浅，所以谐振器的机械强度则较强。

断裂结构可通过湿法刻蚀或者干法刻蚀等类似的工艺获得，通过控制湿法刻蚀的时间以及调控药液的比例来控制断裂结构的宽度和深度，或者通过控制干法刻蚀的时间、功率以及刻蚀气体的流量与比例来控制断裂结构的宽度和深度。

在图 4A 和 4B 的实施例中，声学镜、底电极、压电层、顶电极在厚度方向重叠的区域为谐振器的有效区域，具有第一声阻抗，在钝化层的断裂结构 415 中具有第二声阻抗，在压电层中的断裂结构 413 中具有第三声阻抗。由于在钝化层断裂结构的第二声阻抗和压电层中断裂结构的第三声阻抗与谐振器有效区域的第一声阻抗不匹配，会使得声波在边界处传输不连续，因此在边界处，一部分声能就会耦合且反射到有效激励区域中，并且转换成与压电层表面垂直的活塞声波模式，从而使得谐振器的 Q 值得到提高。同时由于断裂结构的深度较浅，不会对压电层产生破坏，从而不会影响谐振器的主模模式，还能够在有效提升谐振器机械强度的同时提高谐振器的 Q 值。

图 5A 和图 5B 分别为根据本发明的一个示例性实施例的体声波谐振器示意性俯视图和 1B-1B 向的截面图。

如图 5A 所示，FBAR 包括底电极 505、压电层 507、顶电极 509、钝化层 511 以及在顶电极与压电层之间位于顶电极外部的断裂结构 513 和位于顶电极和其电极连接处台阶（对应于连接部）上方的钝化层中具有一断裂结构 515。

在图 5B 所示的压电谐振器结构与图 4B 所示的实施例结构类似，它们都是沿着俯视图 1B-1B 所取的截面图，不同之处在于：在图 4B 中，断裂结构处于顶电极的下方或者为顶电极覆盖，或者是处于有效区域的边界的横向内侧，而在图 5B 中，压电层与顶电极之间的断裂结构位于顶电极的外部，或者是处于有效区域的边界的横向外侧。在此实施例中，断裂结构 513 和 515 的截面形状可以为图 1C 中的圆弧状，也可以为

图 1D 中的倾斜形状、图 1E 中的阶梯形状和图 1F 中的扇形形状等其他形状，具有固定的宽度 w_1 、 w_2 和断裂深度 h_1 、 h_2 。在可选的实施例中，断裂结构的宽度 w_2 与谐振器有效区域横向宽度之间有一比例范围在 1%-10%，断裂结构的深度与压电层的厚度之间也有比例范围在 1%-15%之间，在进一步的实施例中， w_1 和 w_2 的范围在 $0.1-10\ \mu\text{m}$ ， h_1 和 h_2 深度在 $100-1000\text{\AA}$ 。

由于在压电层上的断裂结构的深度较浅，所以谐振器的机械强度则较强，同时由于断裂结构的深度较浅，不会对压电层产生破坏，从而不会影响谐振器的主模模式。

此外，在钝化层断裂结构 515 的第二声阻抗和压电层中断裂结构 513 的第三声阻抗与谐振器有效区域的第一声阻抗不匹配，会使得声波在边界处传输不连续，因此在有效区域的边界处，一部分声能就会耦合且反射到有效激励区域中，并且转换成与压电层表面垂直的活塞声波模式，从而使得谐振器的 Q 值得到提高。

图 6A 和图 6B 分别为根据本发明的一个示例性实施例的体声波谐振器示意性俯视图和 1B-1B 向的截面图。

如图 6A 所示，FBAR 包括底电极 605、压电层 607、顶电极 609、钝化层 611 以及在顶电极与压电层之间位于顶电极内部具有多处断裂位置的断裂结构 615 和 617，其断裂方式为多处位置包括但不限于两处，其断裂深度较浅。

在图 6B 所示的压电谐振器结构与图 4B 所示的实施例结构类似，它们都是沿着俯视图 1B-1B 所取的截面图，不同之处在于：

在顶电极与压电层之间的断裂结构位于顶电极的内部（被顶电极覆盖）且断裂结构包含两部分即 615 和 617，其断裂方式为多处位置包括但不限于两处。在顶电极与压电层之间的断裂结构的断裂深度较浅。在此实施例中，断裂结构 613、615 和 617 的截面形状可以为图 1C 中的圆弧状，也可以为图 1D 中的倾斜形状、图 1E 中的阶梯形状和图 1F 中的扇形形状等其他形状。在图 6B 的实施例中，断裂结构具有固定的宽度 w_1 、 w_2 、 w_3 和断裂深度 h_1 、 h_2 、 h_3 ，可选的，断裂结构的宽度 w_2 和 w_3 与谐振器有效区域横向宽度之间有一比例范围在 1%-10%，断裂结构的深度与压电层的厚度之间也有比例范围在 1%-15%之间，更进一步的， w_1 、 w_2 和 w_3 的范围在 $0.1-10\ \mu\text{m}$ ， h_1 、 h_2 和 h_3 深度在 $100-1000\text{\AA}$ 左右。

由于顶电极与压电层之间的断裂结构的深度较浅，所以谐振器的机械强度则较强，同时由于断裂结构的深度较浅，不会对压电层产生破坏，从而不会影响谐振器的主模

模式。

而且，由于在压电层内的断裂结构为多处，使得断裂结构中的声阻抗与谐振器有效区域中的声阻抗不匹配度进一步增加，从而声波在边界处传输不连续会进一步增强，因此在有效区域的边界处，会有更多的声能耦合且反射到有效激励区域中，并且转换成与压电层表面垂直的活塞声波模式，从而使得谐振器的 Q 值进一步提高。

图 9 是根据本发明的一个示例性实施例的薄膜体声波谐振器的截面 SEM 图。谐振器在厚度方向上依次包括基底 901，空腔 903，底电极 905，压电层 907，顶电极 909，钝化层 911，以及为了方便将器件图片拍的更清楚而喷涂的一层箔 915。断裂结构 913，其断裂位置为在钝化层的台阶处发生了部分断裂。由于在断裂结构中的声阻抗与谐振器有效区域中的声阻抗不匹配，会使得声波在边界处传输不连续，因此在边界处，一部分声能就会耦合且反射到有效激励区域中，并且转换成与压电层表面垂直的活塞声波模式，从而使得谐振器的 Q 值得到提高。

图 10 是根据本发明的另一个示例性实施例的薄膜体声波谐振器的截面 SEM 图。谐振器在厚度方向上依次包括底电极 1001，压电层 1003，顶电极 1005，钝化层 1007，以及为了方便将器件图片拍的更清楚而喷涂的一层箔 1011。断裂结构 1009，其断裂方式为在顶电极与压电层之间，位于顶电极内侧，有多处断裂位置。由于在断裂结构中的声阻抗与谐振器有效区域中的声阻抗不匹配，会使得声波在边界处传输不连续，因此在边界处，一部分声能就会耦合且反射到有效激励区域中，并且转换成与压电层表面垂直的活塞声波模式，从而使得谐振器的 Q 值得到提高。

本发明的实施例还涉及一种滤波器，包括上述的体声波谐振器。

本发明的实施例也涉及一种电子设备，包括上述的滤波器。需要指出的是，这里的电子设备，包括但不限于射频前端、滤波放大模块等中间产品，以及手机、WIFI、无人机等终端产品。

本发明的实施例也涉及一种体声波谐振器的制造方法，所述体声波谐振器包括基底；声学镜；底电极，设置在基板上方；顶电极，与所述底电极对置，所述顶电极具有主体部以及与主体部连接的连接部；压电层，设置在底电极上方以及底电极与顶电极之间；和钝化层，设置在顶电极上方，声学镜、底电极、压电层、顶电极在基板的厚度方向重叠的区域为谐振器的有效区域，所述方法包括步骤：在所述钝化层上，邻近所述有效区域的边界、在所述连接部上方形成至少一个断裂结构。进一步的，所述

方法还包括步骤：在所述顶电极的下方或者在所述顶电极的横向外侧，邻近所述有效区域的边界在所述压电层中设置 有至少一个另外的断裂结构。

尽管已经示出和描述了本发明的实施例，对于本领域的普通技术人员而言，可以理解在不脱离本发明的原理和精神的情况下可以对这些实施例进行变化，本发明的范围由所附权利要求及其等同物限定。

权 利 要 求

1、一种体声波谐振器，包括：

基底；

声学镜；

底电极，设置在基底上方；

顶电极，与所述底电极对置，所述顶电极具有主体部以及与主体部连接的连接部；

压电层，设置在底电极上方以及底电极与顶电极之间；和

钝化层，设置在顶电极上方，

其中：

声学镜、底电极、压电层、顶电极在基底的厚度方向重叠的区域为谐振器的有效区域，所述钝化层邻近所述有效区域的边界、在所述连接部上方设置有至少一个第一断裂结构。

2、根据权利要求1所述的谐振器，其中：

所述连接部具有倾斜面，所述第一断裂结构设置在所述倾斜面处。

3、根据权利要求2所述的谐振器，其中：

所述连接部形成桥部结构，桥部结构与压电层之间形成空气隙，所述倾斜面包括所述桥部结构的邻近所述边界的第一倾斜面以及邻近顶电极引线的第二倾斜面，所述第一断裂结构设置在所述第一倾斜面处。

4、根据权利要求3所述的谐振器，其中：

所述钝化层还包括设置在所述第二倾斜面处的至少一个第二断裂结构。

5、根据权利要求1所述的谐振器，其中：

所述连接部为水平的连接部。

6、根据权利要求1所述的谐振器，其中：

所述顶电极在与所述连接部相对的一侧还设置有桥翼结构，所述桥翼结构具有桥翼斜面，所述桥翼结构与压电层之间形成空气隙。

7、根据权利要求6所述的谐振器，其中：

所述钝化层还包括设置在所述桥翼斜面上方的至少一个第三断裂结构。

8、根据权利要求1-7中任一项所述的谐振器，其中：

所述断裂结构的深度小于所述钝化层的厚度。

9、根据权利要求 8 所述的谐振器，其中：

所述断裂结构的深度为所述钝化层的厚度的 5%-30%。

10、根据权利要求 9 所述的谐振器，其中：

所述断裂结构的深度的取值范围为 100-1000Å。

11、根据权利要求 1-7 中任一项所述的谐振器，其中：

至少部分所述断裂结构的深度等于所述钝化层的厚度。

12、根据权利要求 11 所述的谐振器，其中：

所述钝化层的厚度的取值范围为 1000-3000Å。

13、根据权利要求 1-12 中任一项所述的谐振器，其中：

在所述顶电极的下方或者在所述顶电极的横向外侧，邻近所述有效区域的边界在所述压电层中设置有至少一个第四断裂结构。

14、根据权利要求 13 所述的谐振器，其中：

所述第四断裂结构的宽度为所述有效区域的横向宽度的 1-10%。

15、根据权利要求 13 或 14 所述的谐振器，其中：

所述第四断裂结构的深度为所述压电层的厚度的 1-15%。

16、根据权利要求 15 所述的谐振器，其中：

所述第四断裂结构的深度的取值范围为 100-1000Å。

17、根据权利要求 1-16 中任一项所述的谐振器，其中：

所述断裂结构的宽度的取值范围为 0.1-10 μm。

18、根据权利要求 1-17 中任一项所述的谐振器，其中：

所述断裂结构的截面形状为圆弧状、倾斜状、阶梯状、扇形状中的一种。

19、一种滤波器，包括根据权利要求 1-18 中任一项所述的体声波谐振器。

20、一种电子设备，包括根据权利要求 19 所述的滤波器。

21、一种体声波谐振器的制造方法，所述体声波谐振器包括基底；声学镜；底电极，设置在基板上方；顶电极，与所述底电极对置，所述顶电极具有主体部以及与主体部连接的连接部；压电层，设置在底电极上方以及底电极与顶电极之间；和钝化层，设置在顶电极上方，声学镜、底电极、压电层、顶电极在基底的厚度方向重叠的区域为谐振器的有效区域，所述方法包括步骤：

在所述钝化层上，邻近所述有效区域的边界、在所述连接部上方形成至少一个断裂结构。

22、根据权利要求 21 所述的方法，还包括步骤：

在所述顶电极的下方或者在所述顶电极的横向外侧，邻近所述有效区域的边界在所述压电层中设置有至少一个另外的断裂结构。

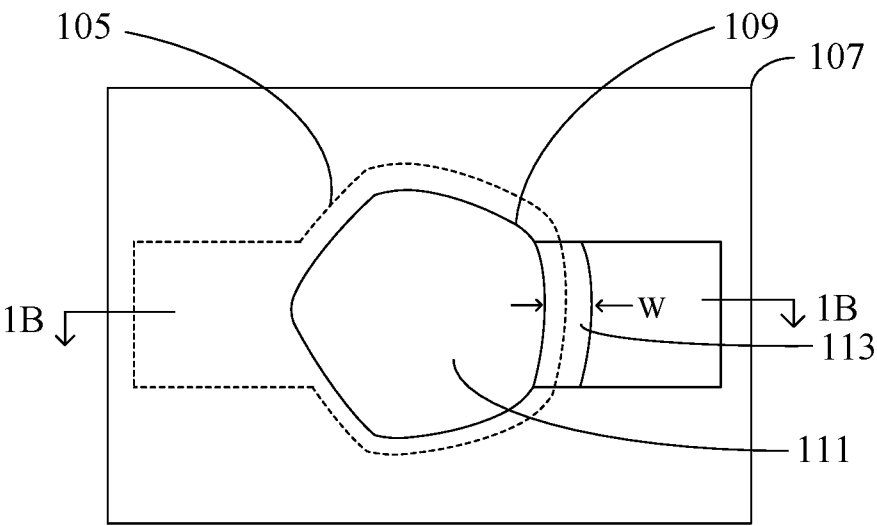


图 1A

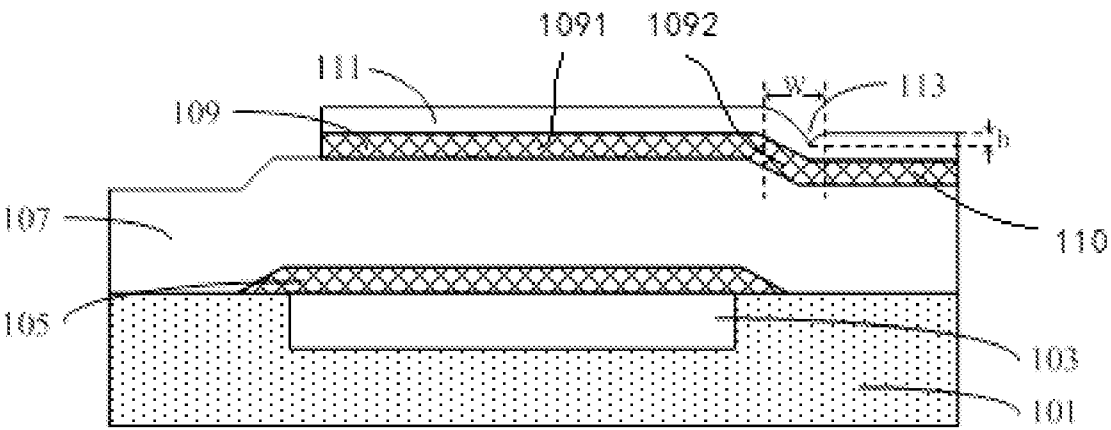


图 1B

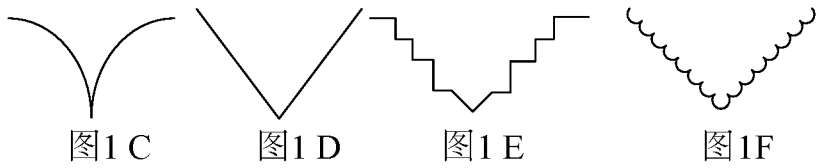


图1C

图1D

图1E

图1F

2 / 8

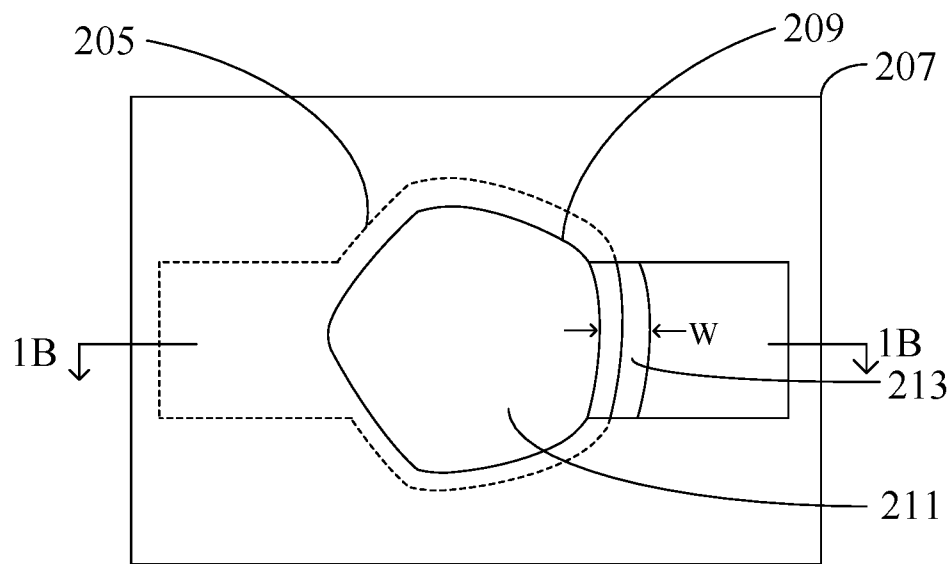


图 2A

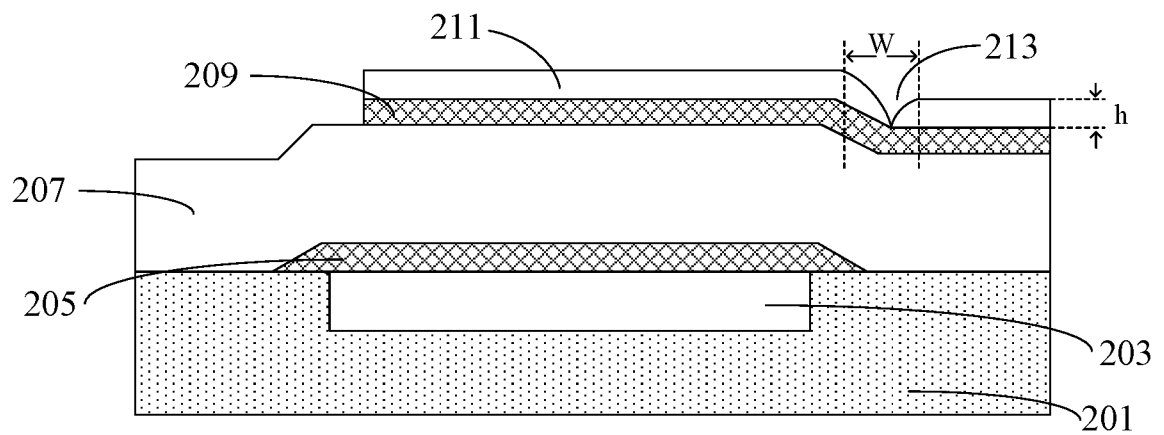


图 2B

3 / 8

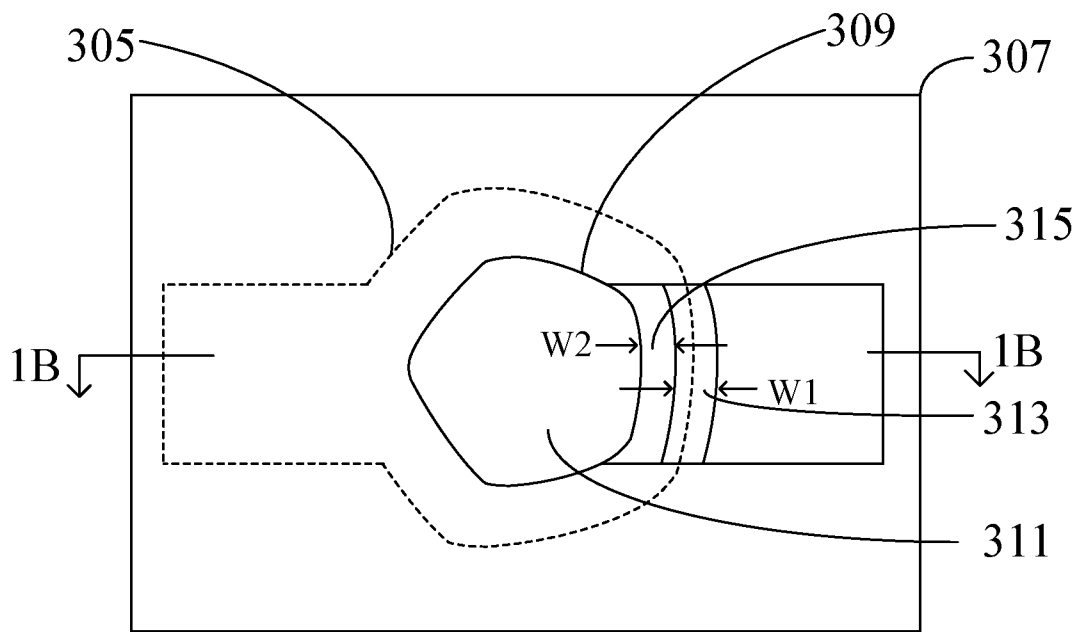


图 3A

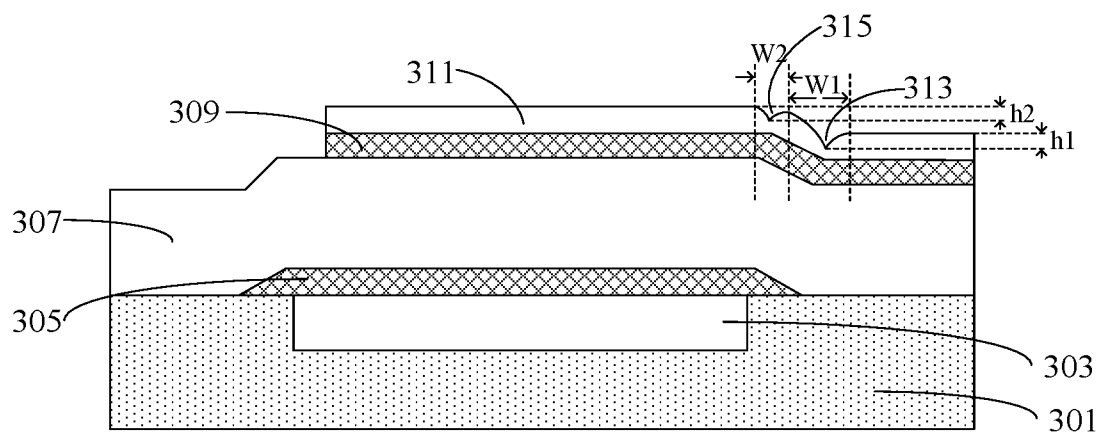


图 3B

4 / 8

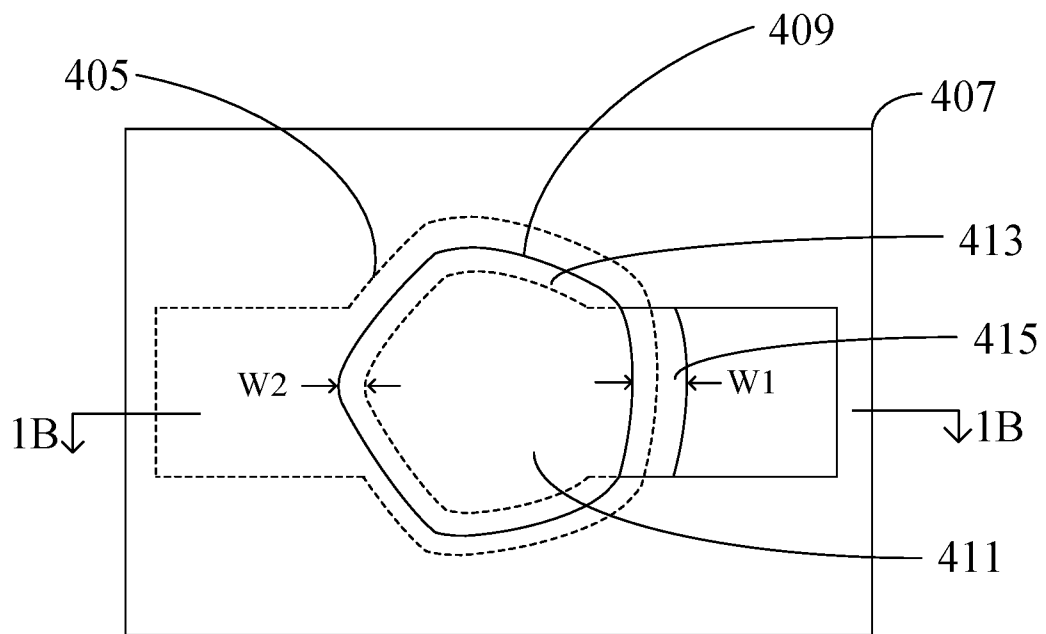


图 4A

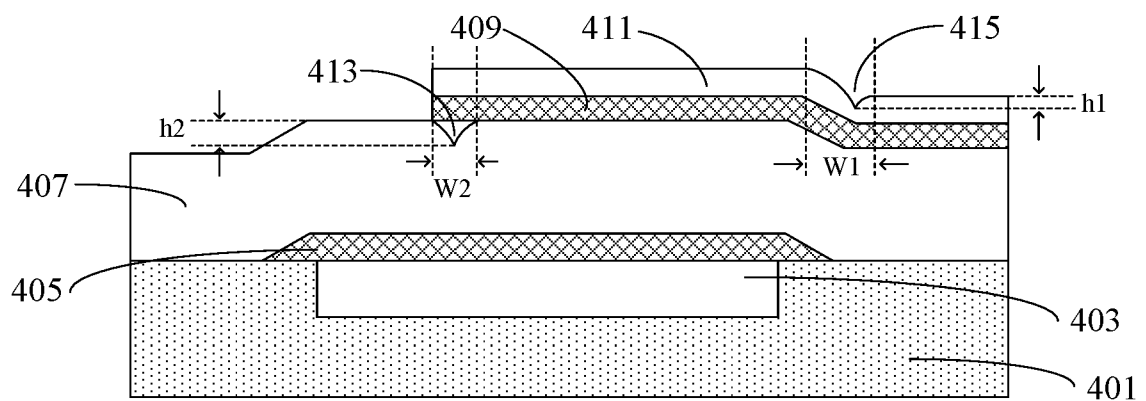


图 4B

5 / 8

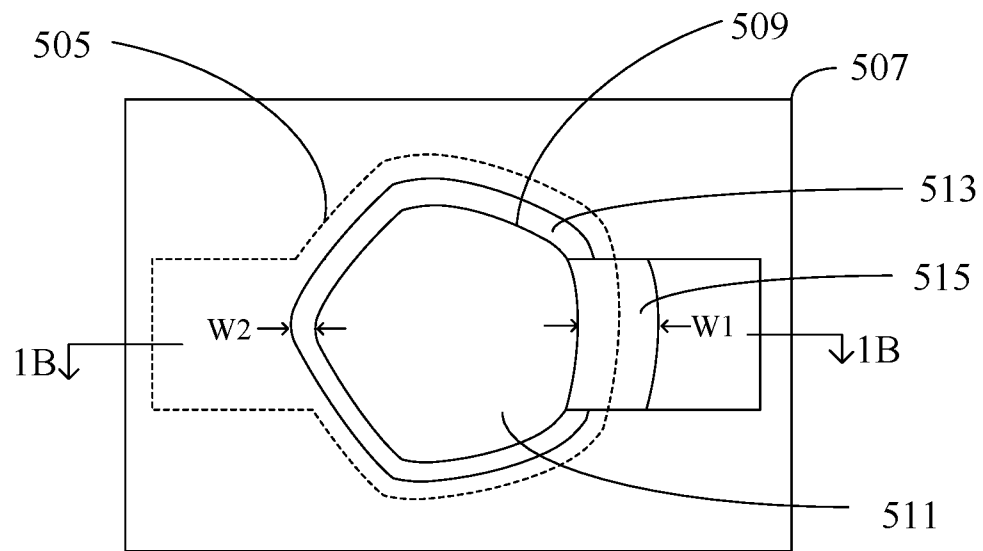


图 5A

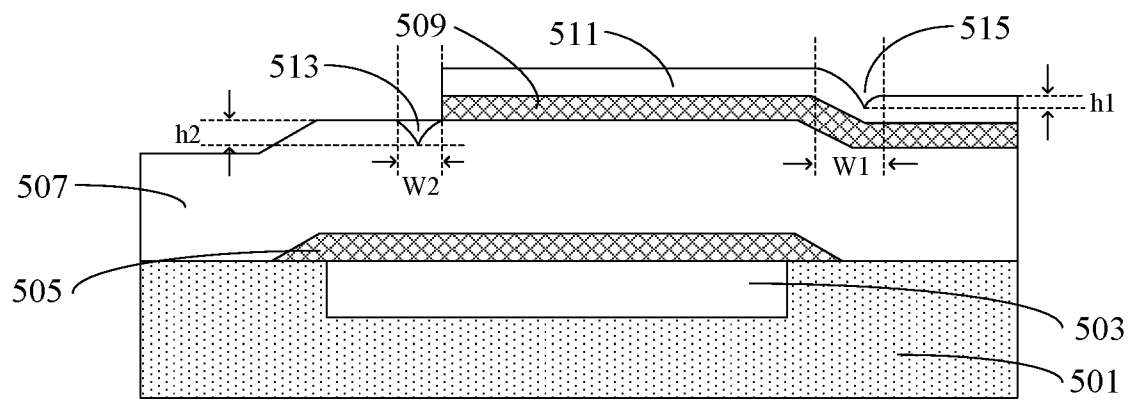


图 5B

6 / 8

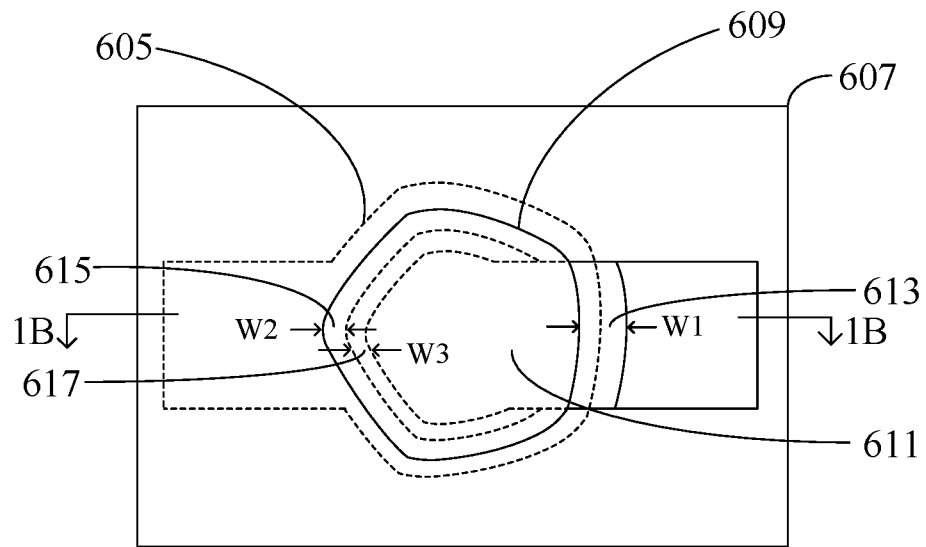


图 6A

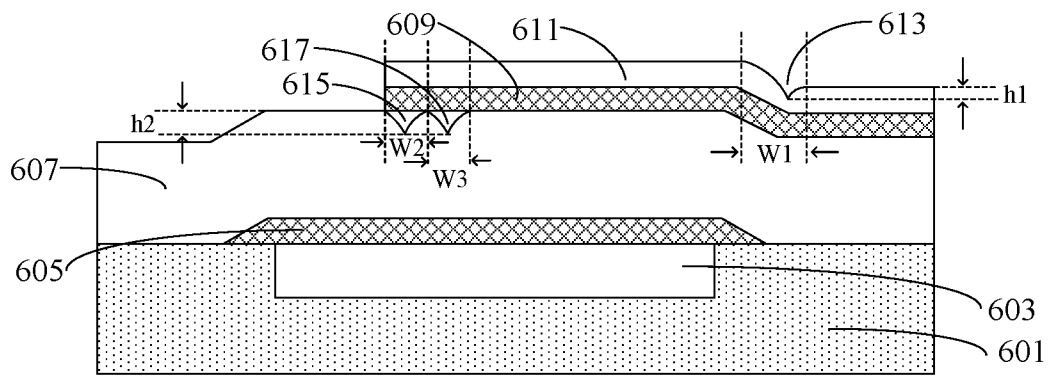


图 6B

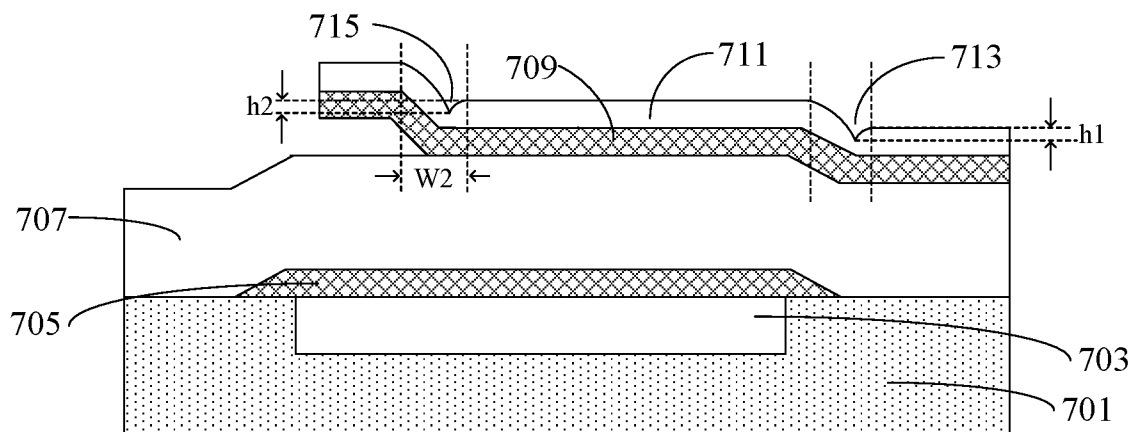


图 7

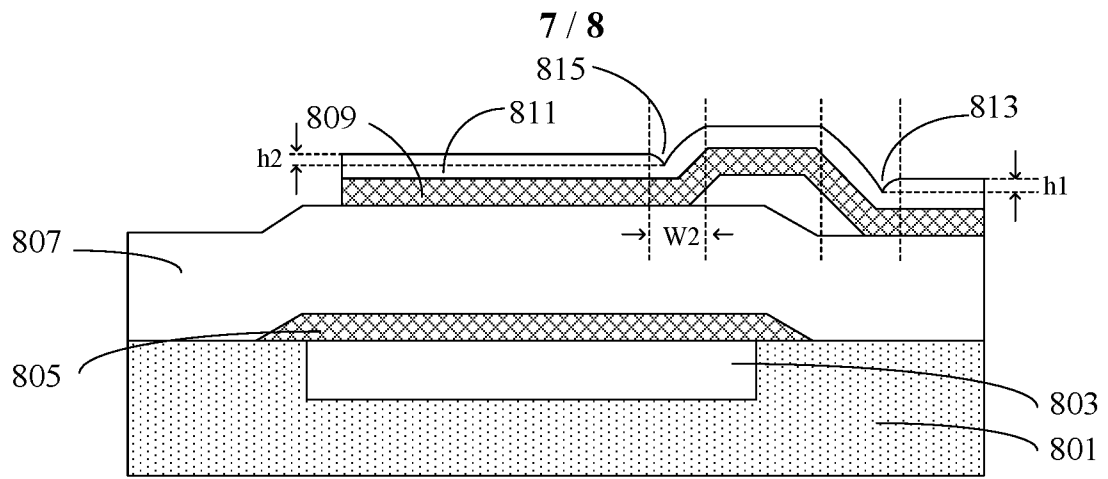


图 8

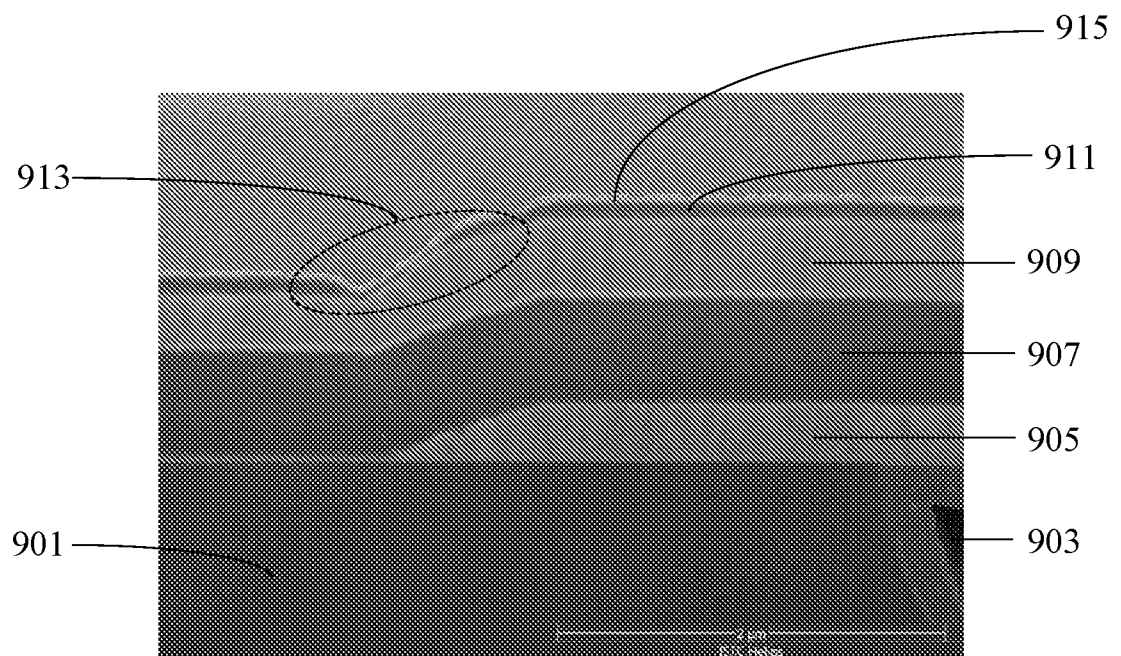


图 9

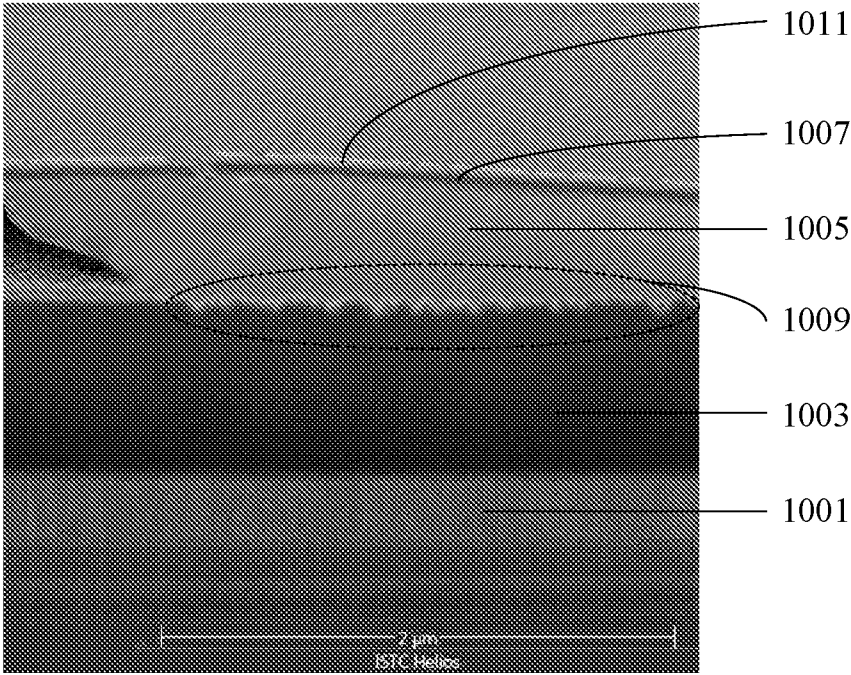


图 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/114004

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03H 3/02(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H03H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 体声波, 谐振, 压电, 钝化, 保护, 断裂, 不连续, 横波, bulk, acoustic, resonator, piez+, passiva +, protect+, discontinuit+, fracture, lateral, wave

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2017310303 A1 (AVAGO TECHNOLOGIES GENERAL IP SINGAPORE PTE. LTD.) 26 October 2017 (2017-10-26) description, paragraphs [0029]-[0051], and figures 1A and 1B	1-12, 17-21
Y	US 2017310303 A1 (AVAGO TECHNOLOGIES GENERAL IP SINGAPORE PTE. LTD.) 26 October 2017 (2017-10-26) description, paragraphs [0029]-[0051], and figures 1A and 1B	13-16, 22
Y	CN 108336982 A (SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS CO., LTD.) 27 July 2018 (2018-07-27) description, paragraphs [0052]-[0069], and figure 1	13-16, 22
E	CN 209844929 U (TIANJIN UNIVERSITY et al.) 24 December 2019 (2019-12-24) description, paragraphs [0034]-[0084], and figures 1-10	1-22
X	CN 107623502 A (SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS CO., LTD.) 23 January 2018 (2018-01-23) description, paragraphs [0049]-[0070], and figure 1	1, 5-6, 8-10, 17-21
X	US 2012326807 A1 (AVAGO TECHNOLOGIES WIRELESS IP SINGAPORE PTE. LTD.) 27 December 2012 (2012-12-27) description, paragraphs [0030]-[0052], and figure 3	1, 5-6, 8-10, 17-21

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 January 2020

Date of mailing of the international search report

23 January 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/114004**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2016352308 A1 (AVAGO TECHNOLOGIES GENERAL IP SINGAPORE PTE. LTD.) 01 December 2016 (2016-12-01) description, paragraphs [0025]-[0038], and figure 1A	1, 5-6, 8-10, 17-21
A	US 2016126930 A1 (AVAGO TECHNOLOGIES IP SINGAPORE PTE. LTD.) 05 May 2016 (2016-05-05) entire document	1-22

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/114004

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2017310303	A1	26 October 2017	US	10128813	B2	13 November 2018
				DE	102017108340	A1	26 October 2017
CN	108336982	A	27 July 2018	US	2018205360	A1	19 July 2018
				KR	1922881	B1	29 November 2018
				KR	20180084593	A	25 July 2018
CN	209844929	U	24 December 2019	None			
CN	107623502	A	23 January 2018	KR	20180008259	A	24 January 2018
				KR	101922878	B1	29 November 2018
				US	2018019726	A1	18 January 2018
US	2012326807	A1	27 December 2012	None			
US	2016352308	A1	01 December 2016	US	10177736	B2	08 January 2019
				DE	102016109826	A1	01 December 2016
US	2016126930	A1	05 May 2016	US	9991871	B2	05 June 2018
				US	2018204996	A1	19 July 2018

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/114004

A. 主题的分类 H03H 3/02 (2006.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) H03H 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) CNPAT, CNKI, WPI, EPDOC: 体声波, 谐振, 压电, 钝化, 保护, 断裂, 不连续, 横波, bulk, acoustic, resonator, piez+, passiva+, protect+, discontinuit+, fracture, lateral, wave		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	US 2017310303 A1 (AVAGO TECHNOLOGIES GENERAL IP SINGAPORE PTE. LTD.) 2017年 10月 26日 (2017 - 10 - 26) 说明书第[0029]-[0051]段, 附图1A、1B	1-12, 17-21
Y	US 2017310303 A1 (AVAGO TECHNOLOGIES GENERAL IP SINGAPORE PTE. LTD.) 2017年 10月 26日 (2017 - 10 - 26) 说明书第[0029]-[0051]段, 附图1A、1B	13-16, 22
Y	CN 108336982 A (三星电机株式会社) 2018年 7月 27日 (2018 - 07 - 27) 说明书第[0052]-[0069]段, 附图1	13-16, 22
E	CN 209844929 U (天津大学 等) 2019年 12月 24日 (2019 - 12 - 24) 说明书第[0034]-[0084]段, 附图1-10	1-22
X	CN 107623502 A (三星电机株式会社) 2018年 1月 23日 (2018 - 01 - 23) 说明书第[0049]-[0070]段, 附图1	1, 5-6, 8-10, 17-21
X	US 2012326807 A1 (AVAGO TECHNOLOGIES WIRELESS IP SINGAPORE PTE. LTD.) 2012年 12月 27日 (2012 - 12 - 27) 说明书第[0030]-[0052]段, 附图3	1, 5-6, 8-10, 17-21
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期 2020年 1月 13日		国际检索报告邮寄日期 2020年 1月 23日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		受权官员 刘雪莲 电话号码 (86-10)53961471

C. 相关文件		
类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
X	US 2016352308 A1 (AVAGO TECHNOLOGIES GENERAL IP SINGAPORE PTE. LTD.) 2016年12月 1日 (2016 - 12 - 01) 说明书第[0025]-[0038]段，附图1A	1, 5-6, 8-10, 17-21
A	US 2016126930 A1 (AVAGO TECHNOLOGIES IP SINGAPORE PTE. LTD.) 2016年 5月 5日 (2016 - 05 - 05) 全文	1-22

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/114004

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
US	2017310303	A1	2017年 10月 26日	US	10128813	B2	2018年 11月 13日
				DE	102017108340	A1	2017年 10月 26日
CN	108336982	A	2018年 7月 27日	US	2018205360	A1	2018年 7月 19日
				KR	1922881	B1	2018年 11月 29日
				KR	20180084593	A	2018年 7月 25日
CN	209844929	U	2019年 12月 24日	无			
CN	107623502	A	2018年 1月 23日	KR	20180008259	A	2018年 1月 24日
				KR	101922878	B1	2018年 11月 29日
				US	2018019726	A1	2018年 1月 18日
US	2012326807	A1	2012年 12月 27日	无			
US	2016352308	A1	2016年 12月 1日	US	10177736	B2	2019年 1月 8日
				DE	102016109826	A1	2016年 12月 1日
US	2016126930	A1	2016年 5月 5日	US	9991871	B2	2018年 6月 5日
				US	2018204996	A1	2018年 7月 19日