

(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 9 月 10 日 (10.09.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/177556 A1

(51) 国际专利分类号:
H03H 9/54 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/076204

(22) 国际申请日: 2020 年 2 月 21 日 (21.02.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910157885.9 2019年3月2日 (02.03.2019) 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: 庞慰 (PANG, Wei); 中国天津市南开区卫津路 92 号, Tianjin 300072 (CN)。 张孟伦 (ZHANG, Menglun); 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,

(54) Title: BULK ACOUSTIC WAVE RESONATOR HAVING CONCAVE STRUCTURE AND CONVEX STRUCTURE, FILTER, AND ELECTRONIC DEVICE

(54) 发明名称: 带凹陷结构和凸结构的体声波谐振器、滤波器及电子设备

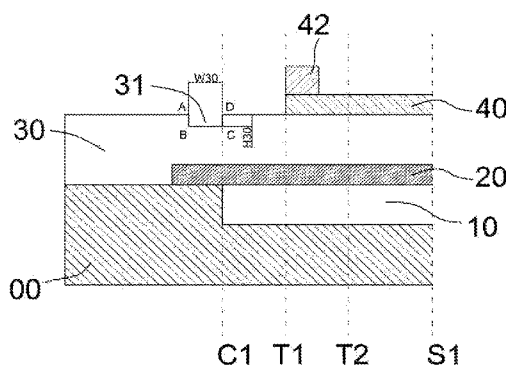


图 3Q

(57) Abstract: A bulk acoustic wave resonator, a filter having the described resonator, and an electronic device having the described resonator or filter, the described bulk acoustic wave resonator comprising: a substrate (00), an acoustic mirror (10), a bottom electrode (20) that is disposed above the substrate (00), a top electrode (40), and a piezoelectric layer (30) that is disposed above the bottom electrode (20) and between the bottom electrode (20) and the top electrode (40); overlapping regions of the acoustic mirror (10), the bottom electrode (20), the piezoelectric layer (30), and the top electrode (40) in the thickness direction of the resonator form an active region (AR) of the resonator; the piezoelectric layer (30) is provided with a concave structure (31), and the concave structure (31) has an internal edge and an external edge; and an end portion of the top electrode (40) is provided with additional structures (41 and 42), the additional structures (41 and 42) have an internal boundary (T2) and an external boundary (T1), and the additional structures (41 and 42) are convex structures formed by convex portions or are convex-concave structures formed by a convex portion (41) and a concave

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,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, WS, 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,
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))。

portion (42), which are adjacently provided.

(57) 摘要: 一种体声波谐振器、具有上述谐振器的滤波器以及具有上述谐振器或者滤波器的电子设备, 上述体
声波谐振器包括: 基底 (00); 声学镜 (10); 底电极 (20), 设置在基底 (00) 上方; 顶电极 (40); 和压
电层 (30), 设置在底电极 (20) 上方以及底电极 (20) 与顶电极 (40) 之间, 其中: 所述声学镜 (10)、底
电极 (20)、压电层 (30) 和顶电极 (40) 在谐振器厚度方向上的重叠区域构成谐振器的有效区域 (AR); 所
述压电层 (30) 设置有凹陷结构 (31), 所述凹陷结构 (31) 具有内缘与外缘; 且所述顶电极 (40) 的端部设
置有附加结构 (41和42), 所述附加结构 (41和42) 具有内边界 (T2) 与外边界 (T1), 所述附加结构 (41
和42) 为由凸起部形成的凸结构或者由邻接设置的凸起部 (41) 和下凹部 (42) 组成的凸凹结构。

带凹陷结构和凸结构的体声波谐振器、滤波器及电子设备

技术领域

本发明的实施例涉及半导体领域，尤其涉及一种带凹陷结构和凸结构的体声波谐振器、一种具有该谐振器的滤波器，以及一种具有该谐振器或者该滤波器的电子设备。

背景技术

近年来，基于硅材料的半导体器件、尤其是集成电路芯片取得了飞速的发展，已经牢牢占据了产业的主流地位。利用压电薄膜在厚度方向的纵向谐振所制成的薄膜体波谐振器，在无线通信系统中已成为声表面波器件和石英晶体谐振器的一个可行的替代。

如图 1 所示，薄膜体声波谐振器（FBAR，film bulk acoustic resonator）包括：基底 P00，位于基底上或嵌入基底的声反射结构 P10（可以为空腔、布拉格反射层及其他等效结构），位于声反射结构 P10 和基底 P00 之上的底电极 P20，覆盖于底电极 P20 和基底 P00 上表面的压电层薄膜 P30 以及位于压电层之上的顶电极 P40 等，其中，声反射结构 P10、底电极 P20、压电层 P30 和顶电极 P40 在厚度方向上的重合区域构成所述谐振器的有效声学区域 AR，顶电极、压电层和底电极构成三明治结构。

当所述体声波谐振器处于理想工作状态时，只存在活塞模式声波在三明治结构中传播，并且这种振动模式的能量被限制在有效声学区域 AR 之内。然而，实际情况中，谐振器的三明治结构中不仅存在活塞模式的振动还存在横向传播的振动模式，后者的能量会沿横向由三明治结构中的压电层向三明治结构（AR 之内的电极和压电层组成的部分）之外的压电层及其它结构发生逸散（由箭头 PE 所示意），从而导致谐振器的品质因数（Q 值）下降，从而使谐振器性能劣化。

发明内容

为缓解或解决现有技术中的上述问题，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，设置在基底上方；

顶电极，具有电极连接部；和

压电层，设置在底电极上方以及底电极与顶电极之间，

其中：

所述声学镜、底电极、压电层和顶电极在谐振器厚度方向上的重叠区域构成谐振器的有效区域；

所述压电层设置有凹陷结构，所述凹陷结构具有内缘与外缘；且

所述顶电极的端部设置有附加结构，所述附加结构具有内边界与外边界，所述附加结构为由凸起部形成的凸结构或者由邻接设置的处于外侧的凸起部和处于内侧的下凹部组成的凸凹结构。

可选的，所述凹陷结构的内缘与所述附加结构的内边界重合，或者所述凹陷结构的内缘位于所述附加结构的内边界的外侧。进一步的，在垂直投影中，所述凹陷结构的内缘或外缘与所述声学镜的边缘重合，或者所述声学镜的边缘位于所述凹陷结构的内缘与外缘之间，或者所述凹陷结构位于所述声学镜的边缘与所述附加结构的外边界之间，或者所述凹陷结构的内缘或外缘与所述附加结构的外边界重合，或者所述凹陷结构的内缘位于所述附加结构的内边界与外边界之间。

可选的，在垂直投影中，所述附加结构的内边界位于所述凹陷结构的内缘与外缘之间，或者所述凹陷结构的外缘与所述附加结构的内边界重合，或者所述凹陷结构的外缘位于所述附加结构的内边界的内侧。

可选的，在垂直投影中，所述凹陷结构的内缘与所述顶电极边缘之间的径向距离 X 不大于 $10\ \mu\text{m}$ 。在垂直投影中，所述凹陷结构的内缘与所述顶电极边缘之间的径向距离 X 可为： $0\ \mu\text{m} \leq X \leq 1\ \mu\text{m}$ ，或者 $2.5\ \mu\text{m} \leq X \leq 4.5\ \mu\text{m}$ ，或者 $6\ \mu\text{m} \leq X \leq 8\ \mu\text{m}$ 。

可选的，所述凹陷结构设置在压电层的上侧，或下侧，或上下侧之间，或者在谐振器的厚度方向上贯穿压电层。

可选的，所述凹陷结构包括一个凹陷。进一步的，所述凹陷为阶梯凹陷。

可选的，所述凹陷结构具有至少两个凹陷。所述至少两个凹陷可在径向方向上彼此间隔开。

可选的，在垂直投影中，所述凹陷结构的外缘位于所述底电极的边缘内侧。进一步的，在垂直投影中，所述凹陷结构的外缘位于所述声学镜的边缘内侧。

可选的，所述电极连接部形成有桥部，所述附加结构设置在所述桥部与所述顶电极的边缘之间；且所述凹陷结构为环形凹陷结构。

可选的，所述附加结构为环形结构。

可选的，凹陷结构的宽度的取值范围为 $0.5\ \mu\text{m} - 4\ \mu\text{m}$ ，或者为并联谐振频率处 S1 模式兰姆波波长的四分之一或其奇数倍；且凹陷结构的深度范围为 $0.02\ \mu\text{m} - 0.5\ \mu\text{m}$ ，或者为所在压电层厚度的 5%-100%，进一步为 10%-40%。更进一步，所述附加结构为凸凹结构，所述凸起部的高度为 $0.05\ \mu\text{m} - 0.3\ \mu\text{m}$ ，所述下凹部的下凹深度为 $0.005\ \mu\text{m} - 0.05\ \mu\text{m}$ ，所述凸起部的宽度为 $0.5\ \mu\text{m} - 7\ \mu\text{m}$ ，所述下凹部的宽度为 $0.5\ \mu\text{m} - 7\ \mu\text{m}$ 。

可选的，所述顶电极的一侧设置有空气翼，所述附加结构设置在所述空气翼上；且所述附加结构设置在所述空气翼与所述顶电极之间。可选的，所述空气翼结构的空隙高度为 $0.02\ \mu\text{m} - 0.5\ \mu\text{m}$ 。

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，包括上述的滤波器或者上述的谐振器。

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 1 为现有技术的体声波谐振器的剖面示意图；

图 2 为根据本发明的一个示例性实施例的体声波谐振器的俯视示意图；

图 2A 为示例性说明凹陷结构的声波反射作用的示意图；

图 3A 至 3P 分别为沿图 2 中的 A1-A2 剖得的边界 S1 左侧部分的根据本发明的示例性实施例的局部剖视图，其中示出了凹陷结构与凸凹结构的配合；

图 3Q 为沿图 2 中的 A1-A2 剖得的边界 S1 左侧部分的根据本发明的示例性实施例的局部剖视图，其中示出了凹陷结构与凸结构的配合；

图 4A 至 4F 分别为沿图 2 中的 A1-A2 剖得的边界 S2 右侧部分的根据本发明的示例性实施例的局部剖视图；

图 5 为根据本发明的一个示例性实施例的体声波谐振器（例如参见图 3Q）的结构示意图，其中凹陷结构的宽度为 D1，深度为 H1，凹陷结构的内缘与顶电极的边缘之间的距离为 X1；

图 6 为示出并联谐振阻抗（ R_p ）随凹陷结构与顶电极的边缘之间的径向距离 X1 的关系图；

图 7 为体声波谐振器并联谐振频率处 S1 模式的色散曲线。

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。

下面参照附图示例性描述根据本发明的实施例的压电层带凹陷结构的体声波谐振器。

图 2 给出了本发明的一个示例性实施例的体声波谐振器的俯视示意图，如图 2 所示，该谐振器包括基底 00，位于基底之上的底电极 20，位于底电极和基底之上的压电层 30，位于压电层的上表面的凹陷结构 31（阴影所示的沟道部分），位于压电层之上的顶电极 40 以及顶电极的引脚（即电极连接部）43。

图 2 中并未示出位于基底上表面的声反射结构（声学镜）和底电极的引脚。

下面参照图 2A 示例性说明凹陷结构的作用。如图 2A 所示，压电层 30 的上表面具有凹陷结构 31，该结构在压电层中形成了 B1 和 B2 两个声阻不匹配的边界。当声波从位于 B1 右侧的有效声学区域（图中未示出）横向传播至 B1 或 B2 区域时，会被反射回谐振器有效区域，从而减少了能量泄漏。

本发明的实施例相应提出了如下技术方案，如图 2，图 3A 至图 3P 以及图 4A 至图 4F 所示：

一种体声波谐振器，包括：

基底 00；

声学镜 10；

底电极 20，设置在基底 00 上方；

顶电极 40，具有电极连接部 43；和

压电层 30，设置在底电极上方以及底电极与顶电极之间，

其中：

所述声学镜、底电极、压电层和顶电极在谐振器厚度方向上的重叠区域构成谐振器的有效区域 AR（参见图 1）；

所述压电层设置有凹陷结构 31，所述凹陷结构 31 具有内缘（凹陷结构靠近有效区域的一侧）与外缘（凹陷结构远离有效区域的一侧）；且

所述顶电极的端部设置有附加结构 42 和 43，所述附加结构具有内边界（T2）与外边界（T1），所述附加结构为由凸起部形成的凸结构（例如参见图 3Q）或者由邻接设置的处于外侧的凸起部和处于内侧的下凹部组成的凸凹结构（例如参见图 3A-3P）。

在本发明中，基底 00 的材料可选用但不限于：单晶硅，砷化镓，石英，蓝宝石，碳化硅等。

在本发明中，电极 20 和 40 的材料可选用但不限于：钼、钽、金、铝、镁、钨、铜、钛、铌、钽、钨或以上金属的复合或其合金。

在本发明中，压电层 30 的材料可选但不限于：氮化铝，氧化锌，钛锆酸铅（PZT），铌酸锂等，可选的，还可对所述材料掺入一定比例的稀土元素杂质。

在本发明中，所述压电层为厚度小于 10 微米的薄膜，具有单晶或多晶微观结构，并可由溅射或沉积工艺制成。

在本发明中，声学镜 10 不限于示例中示出的声学镜结构。

图 3A 为沿图 2 中的 A1-A2 剖得的边界 S1 左侧部分的根据本发明的示例性实施例的局部剖视图。

图 3A 中的结构中，声学镜（或者声反射结构）10 位于基底 00 的上表面，并具有左侧边界 C1，顶电极 40 具有左侧边界 T1，压电层 30 的上表面嵌有凹陷结构 31，所述凹陷结构为矩形 ABCD。需要指出的是，凹陷结构 31 的形状不限于此，基于实际应用或者实际制造工艺，例如可以为图 3F 所示的倒梯形截面。

凹陷结构 31 具有宽度 W30 和深度 H30。此外，在图 3A 中，凹陷结构 31 的右侧边 CD（内缘）与边界 C1 重合。

凹陷结构的宽度 W30（参见图 3A）的取值范围为 0.1 微米-2 微米，进一步为 0.4-1.5 微米；或者为并联谐振频率处 S1 模式兰姆波波长的四分之一或其奇数倍。凹陷结构的宽度可以为 0.1 微米，0.4 微米，1 微米，1.5 微米和 2 微米。

凹陷结构的深度 H30（参见图 3A）的范围为 0.02 微米-0.5 微米，进一步为 0.1 微米-0.3 微米。凹陷结构的深度可以为 0.02 微米，0.1 微米，0.2 微米，0.3 微米，0.5 微米。

例如参见图 3B，所述附加结构为凸凹结构，所述凸凹结构具有凸起部 41 和下凹部 42，所述凸起部 41 的高度为 $0.05\ \mu\text{m}$ - $0.3\ \mu\text{m}$ ，如除了端点值之外，为 0.2 微米，所述下凹部 42 的下凹深度为 $0.005\ \mu\text{m}$ - $0.05\ \mu\text{m}$ ，如除了端点值之外，为 0.009 微米，所述凸起部 41 的宽度为 $0.5\ \mu\text{m}$ - $7\ \mu\text{m}$ ，如除了端点值之外，为 2 微米，所述下凹部 42 的宽度为 $0.5\ \mu\text{m}$ - $7\ \mu\text{m}$ ，如除了端点值之

外, 为 4 微米。

在本发明中, 凹陷结构的深度为凹陷结构的最大深度; 而凹陷结构的宽度为凹陷结构的顶部开口宽度。

下面简单说明谐振器并联谐振频率处 S1 模式兰姆波波长 λ 。在体声波谐振器工作时, 三明治结构中会产生大量的振动, 若将这些振动按照其频率 (f) 和波数 (k) 的关系绘制成色散曲线, 则可获得多种模式的曲线, 其中 1 种模式的曲线称为 S1 模式(其余模式的曲线未在图 7 中示出), 其具有图 7 示形状的色散曲线, 其中横坐标为波数, 纵坐标为振动频率。振动频率为并联谐振频率 f_p 时, 对应的波数为 k_p , 而 S1 模式的波长 λ 定义为下式: $\lambda = \frac{2\pi}{k_p}$ 。

在图 3A 中, 在垂直投影中, 凹陷结构的内缘与声学镜的边缘重合, 不过, 凹陷结构也可以处于其它的位置。

如图 3B 所示, 在垂直投影中, 所述声学镜的边缘位于所述凹陷结构之内。

如图 3C 所示, 在垂直投影中, 所述凹陷结构的外缘与所述声学镜的边缘重合。

如图 3D 所示, 在垂直投影中, 所述凹陷结构位于所述声学镜的边缘与所述凸凹结构的外边界之间。

如图 3E 所示, 在垂直投影中, 所述凹陷结构的外缘与所述凸凹结构的外边界重合。

如图 3F 所示, 在垂直投影中, 所述凸凹结构的外边界位于所述凹陷结构内。

如图 3G 所示, 在垂直投影中, 所述凸凹结构的外边界与所述凹陷结构的外缘重合。

如图 3H 所示, 在垂直投影中, 所述凹陷结构位于所述凸凹结构的内边界与外边界之间。

如图 3I 所示, 在垂直投影中, 所述凸凹结构的内边界与所述凹陷结构的内缘重合。

如图 3J 所示, 在垂直投影中, 所述凸凹结构的内边界位于所述凹陷结构的内缘与外缘之间。

如图 3K 所示, 在垂直投影中, 所述凸凹结构的内边界与所述凹陷结构的外缘重合。

如图 3L 所示, 在垂直投影中, 所述凹陷结构的外缘在所述凸凹结构的内边界的内侧。

此外, 虽没有示出, 在垂直投影中, 所述凹陷结构的内缘可位于所述声学镜的边缘外侧。

图 3M 与图 3N 均示出了谐振器同时具有空气翼、凸凹结构以及凹陷结构, 在图 3M 和图 3N 中, 空气翼上均覆盖有形成凸凹结构的凸起部的材料。图 3M 示出的凹陷结构 31 的位置对应于图 3A 示出的凹陷结构 31 的位置, 图 3N 示出的凹陷结构 31 的位置对应于图 3L 示出的凹陷结构 31 的位置。如本领域技术人员能够理解的, 在图 3M 到图 3N 之间, 也可以存在类似于图 3B-图 3K 之间的凹陷结构的位置状态。

图 3O 与图 3P 均示出了谐振器同时具有空气翼、凸凹结构以及凹陷结构, 在图 3O 和图 3P 中, 空气翼上并未设置形成凸凹结构的凸起部的材料。图 3O 示出的凹陷结构 31 的位置对应于图 3A 示出的凹陷结构 31 的位置, 图 3P 示出的凹陷结构 31 的位置对应于图 3L 示出的凹陷结构 31 的位置。如本领域技术人员能够理解的, 在图 3O 到图 3P 之间, 也可以存在类似于图 3B-图 3K 之间的凹陷结构的位置状态。

此外, 虽未示出, 凹陷结构内还可以填充其他材料, 填充材料可以是非金属如二氧化硅, 碳

化硅，氮化硅等，或金属如钛、钼、镁、铝等。

下面描述凹陷结构与顶电极的边缘之间的距离对于谐振器 Q 值的影响。

图 5 为根据本发明的一个示例性实施例的体声波谐振器（例如参见图 3Q）的结构示意图，其中凹陷结构的宽度为 D1，深度为 H1，凹陷结构的内缘与顶电极的边缘之间的径向距离为 X1，图 6 示出了并联谐振阻抗（Rp）随凹陷结构与顶电极的边缘之间的径向距离 X1 的关系图。

在图 6 中，X1 变化范围为 0-6.5 微米，每次变化步进 0.5 微米。另外 2 个参数 D1 和 H1 则被固定为 2 组。每次 X1 变化时，D1 和 H1 均保持不变，具体的，图 6 示出了如下二组变化数据：

（1）D=1 μ m，H=1000Å，并联谐振阻抗 Rp1 随 X1 的变化数据。

（2）D=1 μ m，H=3000Å，并联谐振阻抗 Rp2 随 X1 的变化数据。

将上述数据与已知的无凹陷结构的谐振器的并联谐振阻抗的结果 Rp0 进行比较并绘图，可得到图 6 所示的曲线图（Rp 值越高说明谐振器的 Q 值越高，性能越好）。

由图 6 结果可知，具有凹陷结构的谐振器在 Q 值意义下的性能，在 X1 大多数范围内，都要高于没有凹陷结构的传统谐振器性能。并且在一些 X1 的取值区间内，凹陷结构可显著提高谐振器的 Q 值，例如在 X1=0 微米处，以及 X1=3 微米附近等。

鉴于以上，在本发明的实施例中，X1 不大于 10 微米，进一步为 $0\mu\text{m}\leq X1\leq 1\mu\text{m}$ ，或者 $2.5\mu\text{m}\leq X1\leq 4.5\mu\text{m}$ ，或者 $6\mu\text{m}\leq X1\leq 8\mu\text{m}$ 。

需要说明的是，所述凹陷结构不限于设置在压电层的上侧（如图 3B 所示），也可以设置在压电层的下侧，或上下侧之间，或者在谐振器的厚度方向上贯穿压电层。

此外，参见图 4E，凹陷结构也可以为阶梯型凹陷。具体的，该凹陷结构 31 具有不同深度的组成部分。阶梯型凹陷不仅增加了声阻不匹配边界的数量，而且丰富了反射波长。

在图 3A 至 3P 的示例中，凹陷结构为单凹陷结构，但本发明不限于此，如图 4F 所示，凹陷结构也可以包括至少两个凹陷。在图 4F 的示例中，两个凹陷 31 和 32 在径向方向上彼此间隔开一个距离。需要指出的是，凹陷 31 和 32 的宽度可以相同，也可以不同；此外，两个凹陷的深度也可以彼此不同。

在图 3A-3P 中示出的实施例为顶电极上的附加结构为凸凹结构，不过，如图 3Q 所示，该附加结构也可以为凸结构。相似的，该凸结构也可以与前述的凸凹结构一样与凹陷结构配合。

图 4A 为沿图 2 中的 A1-A2 剖得的边界 S2 右侧部分的根据本发明的示例性实施例的局部剖视图。如图所示，所述电极连接部 43 形成有桥部（即图中拱形部）；且所述凹陷结构 31 为环形凹陷结构（参见图 2 中的环形形状）。

如图 4A 所示，声学镜 10 具有右侧边界 C2，顶电极 40 具有右侧边界 T4，顶电极具有电极连接结构（即引脚）43，电极连接结构 43 具有拱起的桥结构，压电层 30 的上表面设置有凹陷结构 31。凹陷结构 31 的左侧边缘（凹陷结构的内缘）与边界 C2 重合。

在图 4A 和图 4B 中，桥结构上设置有形成凸凹结构的凸起部的材料。

在图 4A 中，凹陷结构的内缘与声学镜的边缘重合，不过，凹陷结构也可以处于其它的位置。

如图 4B 所示，凹陷结构 31 的外缘位于所述凸凹结构的内边界（对应于顶电极的边界）T4 的内侧。

如本领域技术人员能够理解的，在图 4A 到图 4B 之间，也可以存在类似于图 3B-图 3K 之间的凹陷结构的位置状态。

图 4C、图 4D 与图 4A、图 4B 不同在于桥部并未设置用于形成凸凹结构的凸起部的材料。同样，如本领域技术人员能够理解的，在图 4C 到图 4D 之间，也可以存在类似于图 3B-图 3K 之间的凹陷结构的位置状态。

明显的，图 4A-4D 中的凸凹结构也可以由凸结构所代替。

此外，虽没有示出，所述凹陷结构的内缘可位于所述声学镜的边缘外侧。

例如参见图 3A-图 3P，在可选的实施例中，在垂直投影中，所述凹陷结构的外缘位于所述底电极的边缘内侧。

在可选的实施例中，所述凹陷结构的外缘位于所述声学镜的边缘内侧。

在本发明中，使用了“垂直投影”的表述，如附图 3A 所示，应理解为在与谐振器的厚度方向上进行投影，例如，在图 3A 中，虚线或边界 C1 和 T1 也可以认为是垂直投影线。而本发明中的“重合”则是处于同一垂直投影线上，或者基本处于同一垂直投影线上。本发明中的“边缘”则为对应部件的最外侧缘或最内侧缘。

虽然没有示出，本发明的实施例也涉及一种滤波器，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，包括上述的谐振器或者上述的滤波器。

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，具有电极连接部；和

压电层，设置在底电极上方以及底电极与顶电极之间，

其中：

所述声学镜、底电极、压电层和顶电极在谐振器厚度方向上的重叠区域构成谐振器的有效区域；

所述压电层设置有凹陷结构，所述凹陷结构具有内缘与外缘；且

所述顶电极的端部设置有附加结构，所述附加结构具有内边界与外边界，所述附加结构为由凸起部形成的凸结构或者由邻接设置的处于外侧的凸起部和处于内侧的下凹部组成的凸凹结构。

2、根据权利要求1所述的谐振器，其中：

在垂直投影中，所述凹陷结构的内缘与所述附加结构的内边界重合，或者所述凹陷结构的内缘位于所述附加结构的内边界的外侧。

3、根据权利要求2所述的谐振器，其中：

在垂直投影中，所述凹陷结构的内缘或外缘与所述声学镜的边缘重合，或者所述声学镜的边缘位于所述凹陷结构的内缘与外缘之间，或者所述凹陷结构位于所述声学镜的边缘与所述附加结构的外边界之间，或者所述凹陷结构的内缘或外缘与所述附加结构的外边界重合，或者所述凹陷结构的内缘位于所述附加结构的内边界与外边界之间。

4、根据权利要求1所述谐振器，其中：

在垂直投影中，所述附加结构的内边界位于所述凹陷结构的内缘与外缘之间，或者所述凹陷结构的外缘与所述附加结构的内边界重合，或者所述凹陷结构的外缘位于所述附加结构的内边界的内侧。

5、根据权利要求1所述的谐振器，其中：

在垂直投影中，所述凹陷结构的内缘与所述顶电极边缘之间的径向距离 X 不大于 $10\ \mu\text{m}$ 。

6、根据权利要求5所述的谐振器，其中：

在垂直投影中，所述凹陷结构的内缘与所述顶电极边缘之间的径向距离 X 为： $0\ \mu\text{m} \leq X \leq 1\ \mu\text{m}$ ，或者 $2.5\ \mu\text{m} \leq X \leq 4.5\ \mu\text{m}$ ，或者 $6\ \mu\text{m} \leq X \leq 8\ \mu\text{m}$ 。

7、根据权利要求1所述的谐振器，其中：

所述凹陷结构设置在压电层的上侧，或下侧，或上下侧之间，或者在谐振器的厚度方向上贯穿压电层。

8、根据权利要求1所述的谐振器，其中：

所述凹陷结构包括一个凹陷。

9、根据权利要求8所述的谐振器，其中：

所述凹陷为阶梯凹陷。

10、根据权利要求1所述的谐振器，其中：

所述凹陷结构具有至少两个凹陷。

11、根据权利要求10所述的谐振器，其中：

所述至少两个凹陷在径向方向上彼此间隔开。

12、根据权利要求1所述的谐振器，其中：

在垂直投影中，所述凹陷结构的外缘位于所述底电极的边缘内侧。

13、根据权利要求1所述的谐振器，其中：

在垂直投影中，所述凹陷结构的外缘位于所述声学镜的边缘内侧。

14、根据权利要求1所述的谐振器，其中：

所述电极连接部形成有桥部，所述附加结构设置在所述桥部与所述顶电极的边缘之间；且所述凹陷结构为环形凹陷结构。

15、根据权利要求1所述的谐振器，其中：

所述附加结构为环形结构。

16、根据权利要求1所述的谐振器，其中：

凹陷结构的宽度的取值范围为 $0.5\ \mu\text{m}$ – $4\ \mu\text{m}$ ，或者为并联谐振频率处 S1 模式兰姆波波长的四分之一或其奇数倍；且

凹陷结构的深度范围为 $0.02\ \mu\text{m}$ – $0.5\ \mu\text{m}$ ，或者为所在压电层厚度的 5%–100%。

17、根据权利要求16所述的谐振器，其中：

凹陷结构的深度范围为所在压电层厚度的 10%–40%。

18、根据权利要求17所述的谐振器，其中：

所述附加结构为凸凹结构，所述凸起部的高度为 $0.05\ \mu\text{m}$ – $0.3\ \mu\text{m}$ ，所述下凹部的下凹深度为 $0.005\ \mu\text{m}$ – $0.05\ \mu\text{m}$ ，所述凸起部的宽度为 $0.5\ \mu\text{m}$ – $7\ \mu\text{m}$ ，所述下凹部的宽度为 $0.5\ \mu\text{m}$ – $7\ \mu\text{m}$ 。

19、根据权利要求 1-17 中任一项所述的谐振器，其中：

所述顶电极的一侧设置有空气翼，所述附加结构设置在所述空气翼上；且

所述附加结构设置在所述空气翼与所述顶电极之间。

20、根据权利要求 19 所述的谐振器，其中：

所述空气翼结构的空隙高度为 $0.02\ \mu\text{m} - 0.5\ \mu\text{m}$ 。

21、一种滤波器，包括根据权利要求 1-20 中任一项所述的体声波谐振器。

22、一种电子设备，包括根据权利要求 21 所述的滤波器或者根据权利要求 1-20 中任一项所述的谐振器。

1 / 14

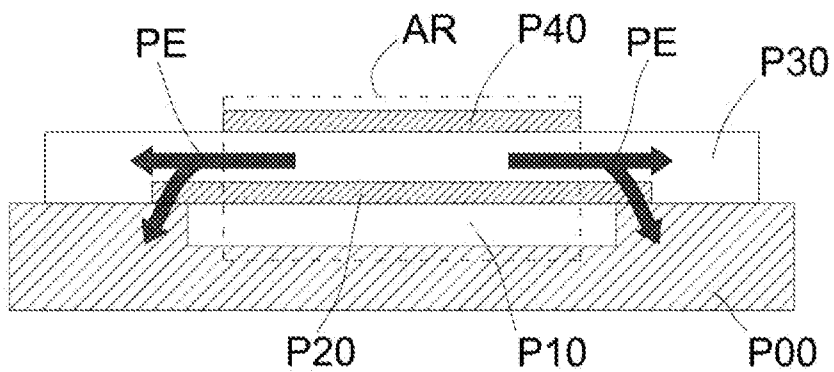


图 1

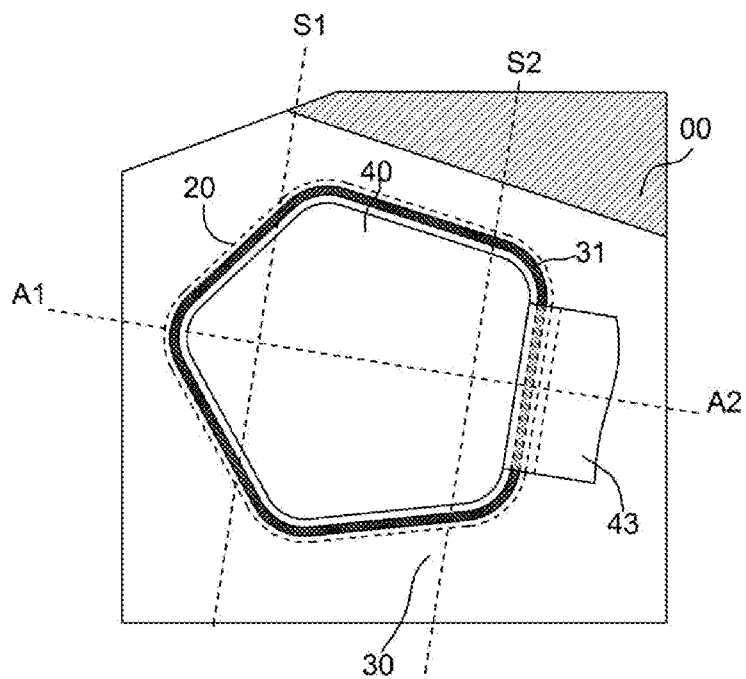


图 2

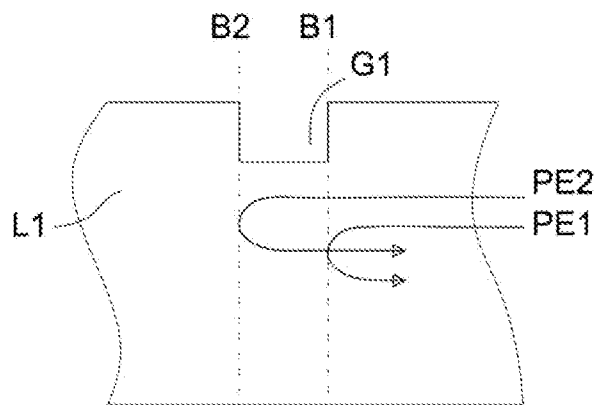


图 2A

2 / 14

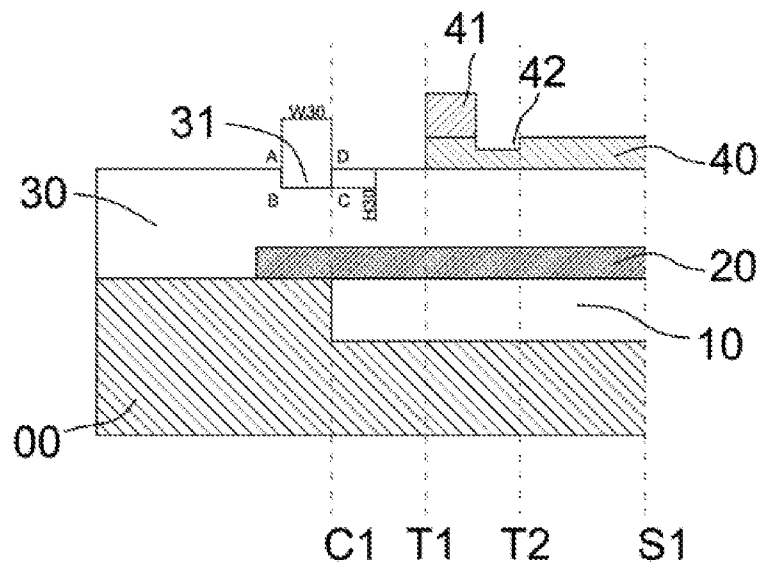


图 3A

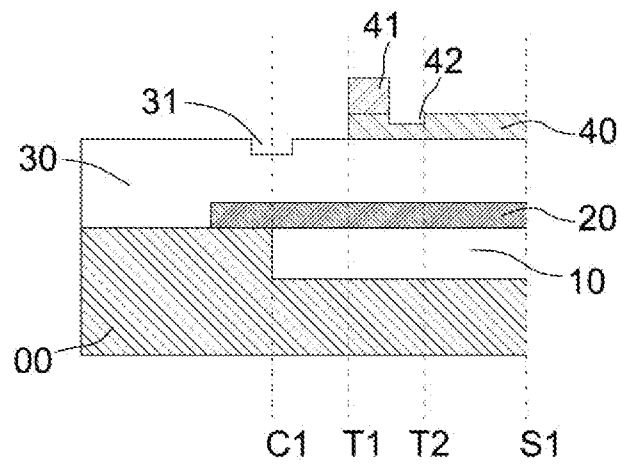


图 3B

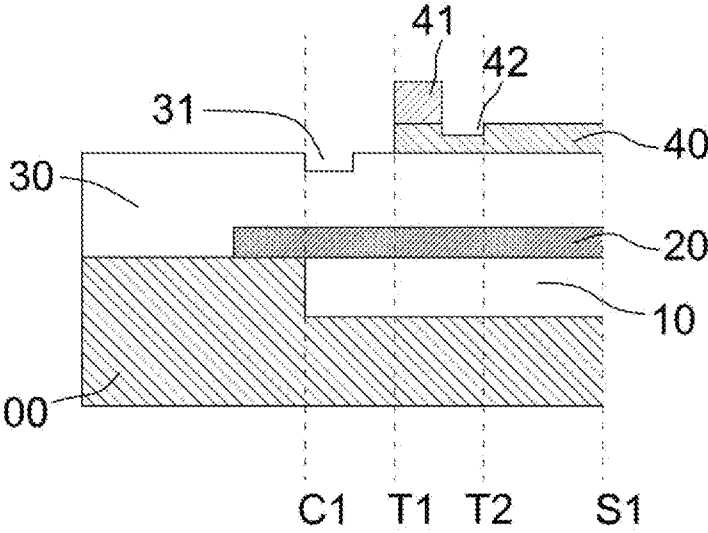


图 3C

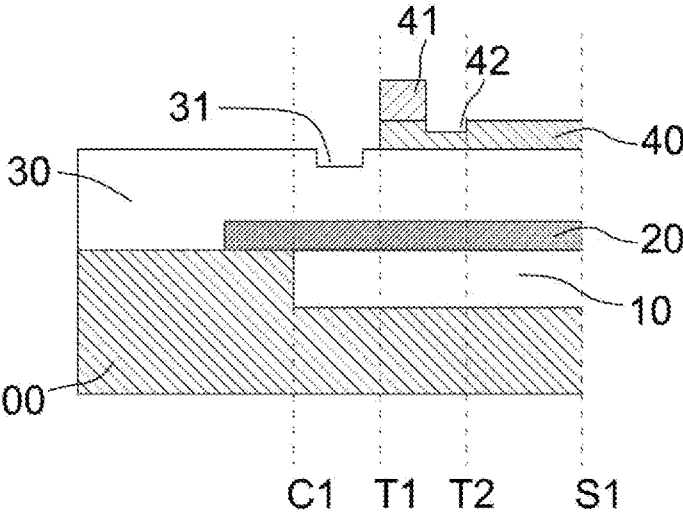


图 3D

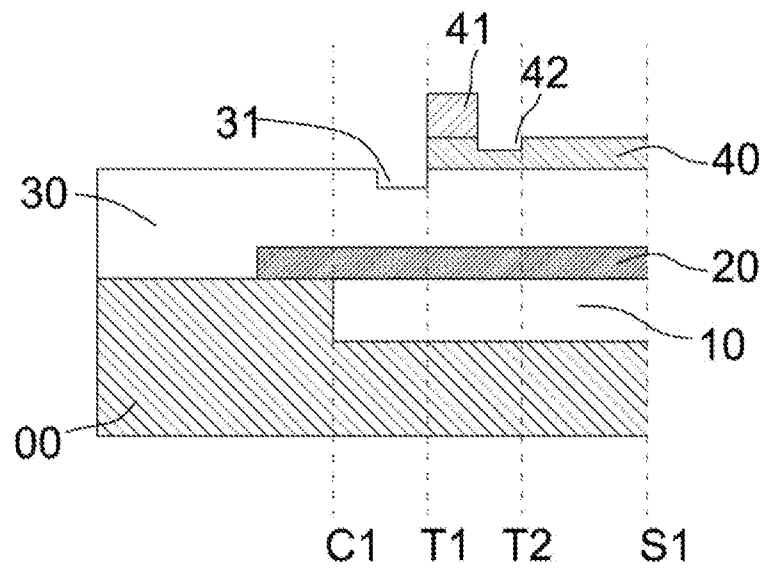


图 3E

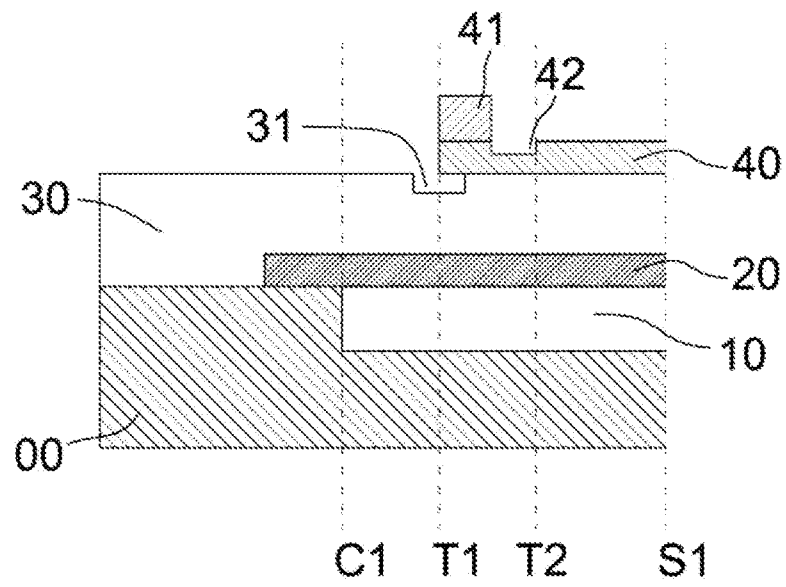


图 3F

5 / 14

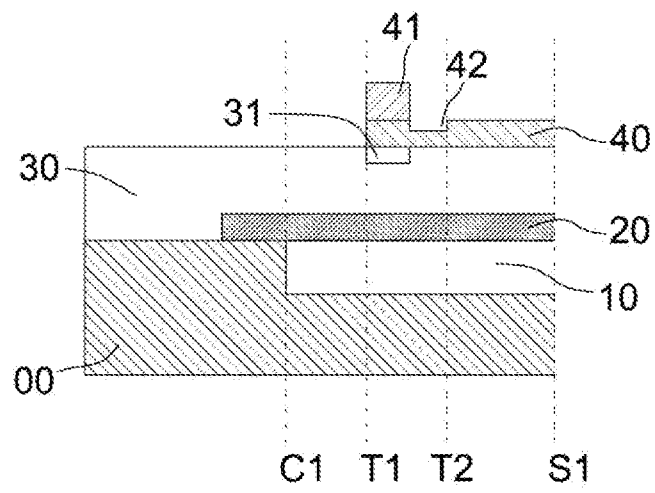


图 3G

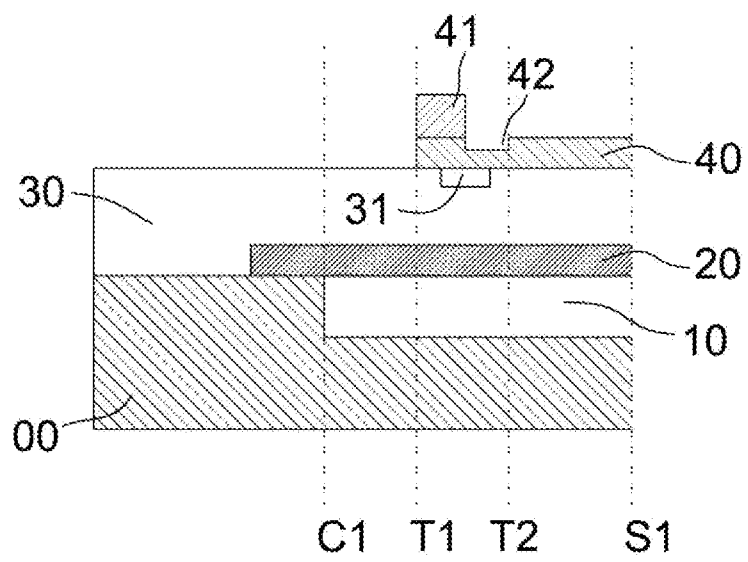


图 3H

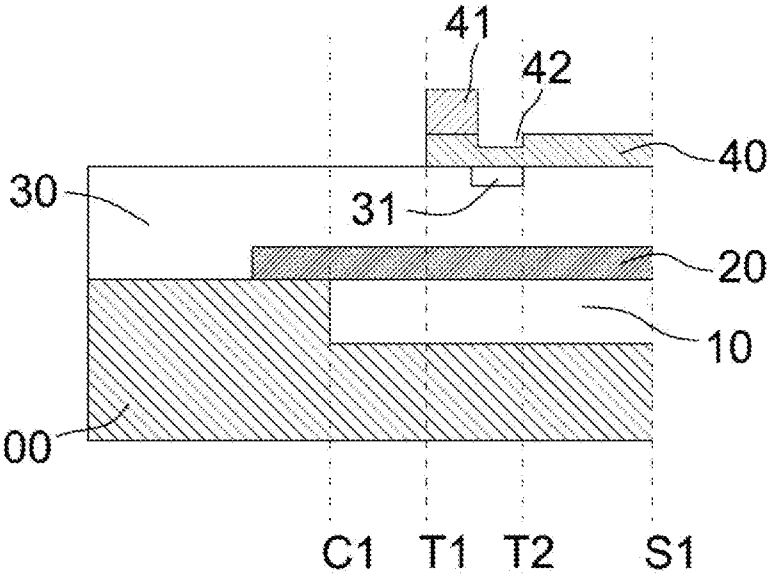


图 3I

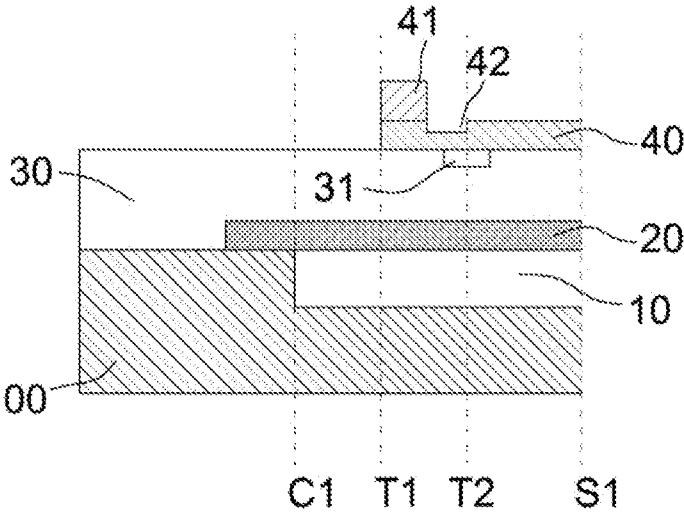


图 3J

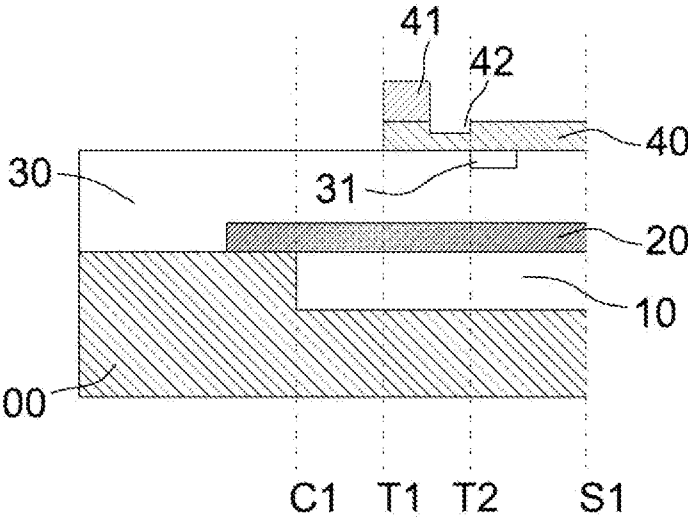


图 3K

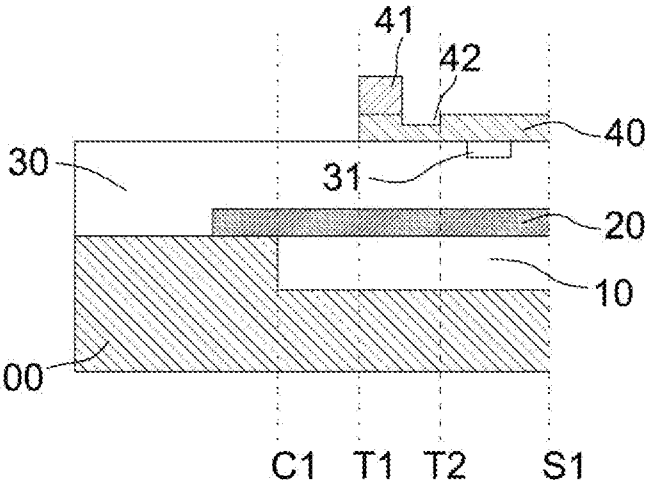


图 3L

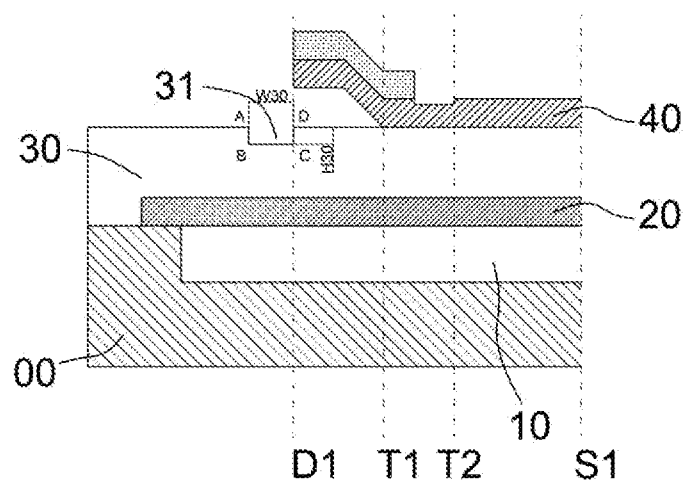


图 3M

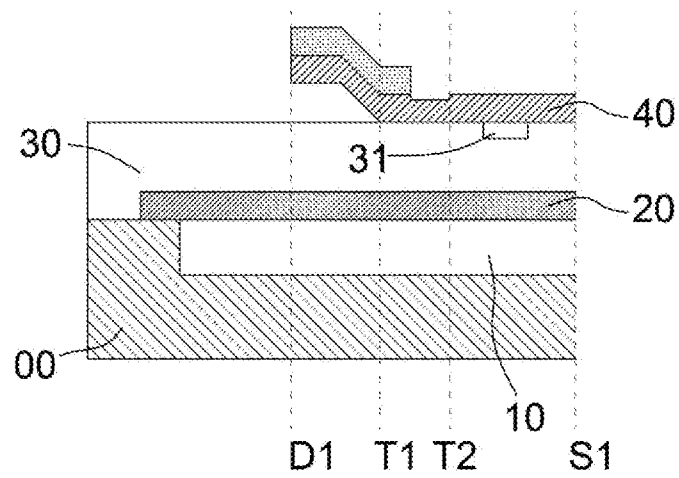


图 3N

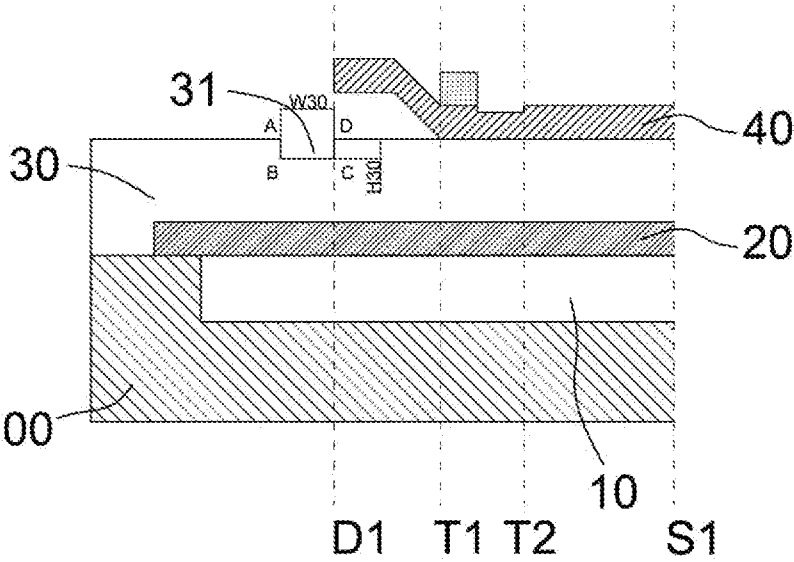


图 3O

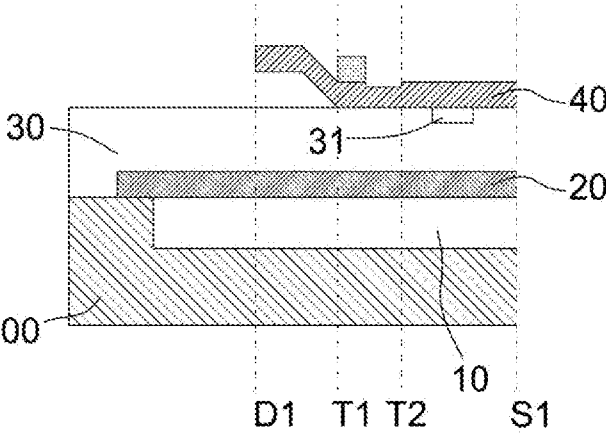


图 3P

11 / 14

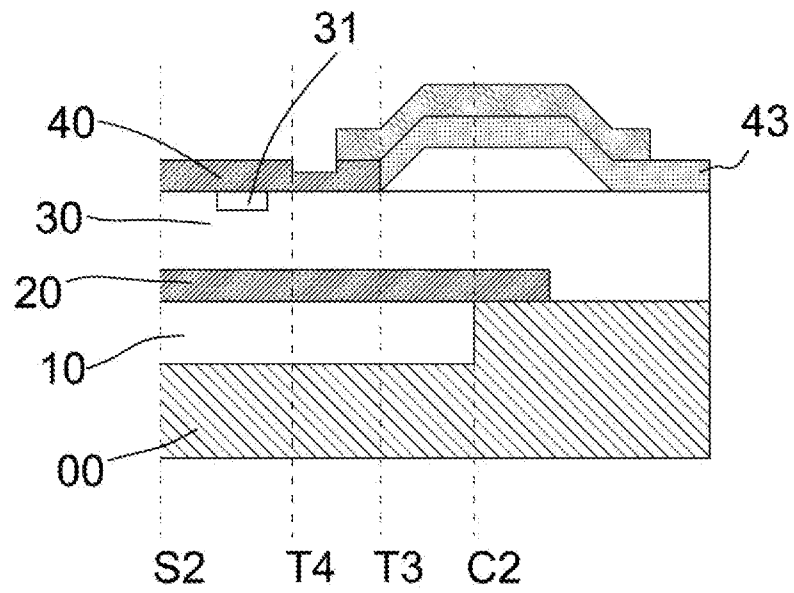


图 4B

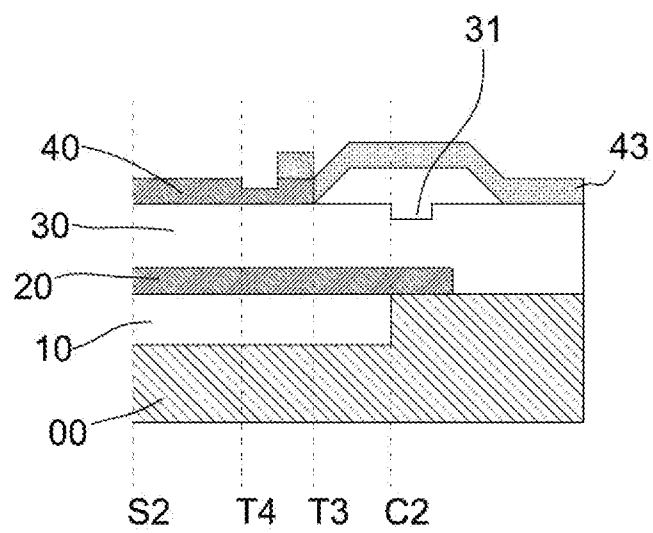


图 4C

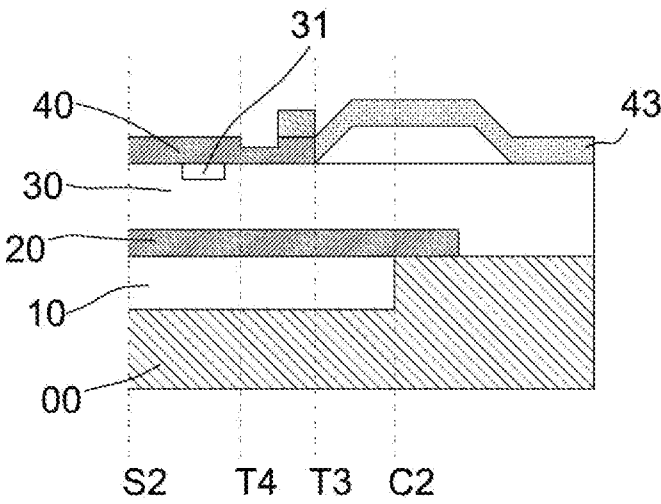


图 4D

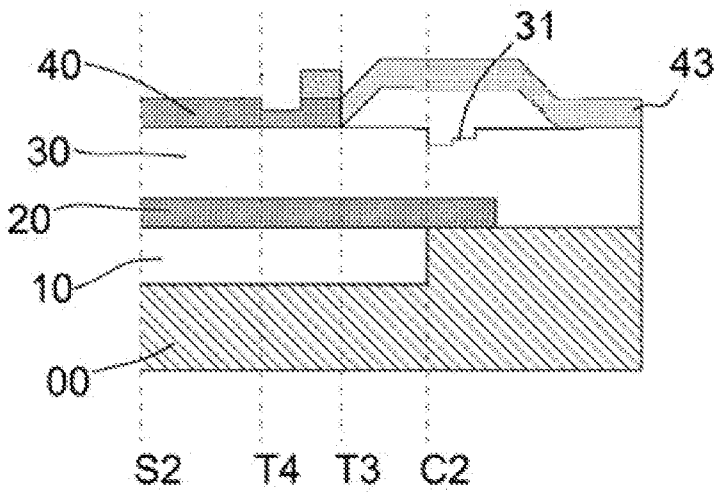


图 4E

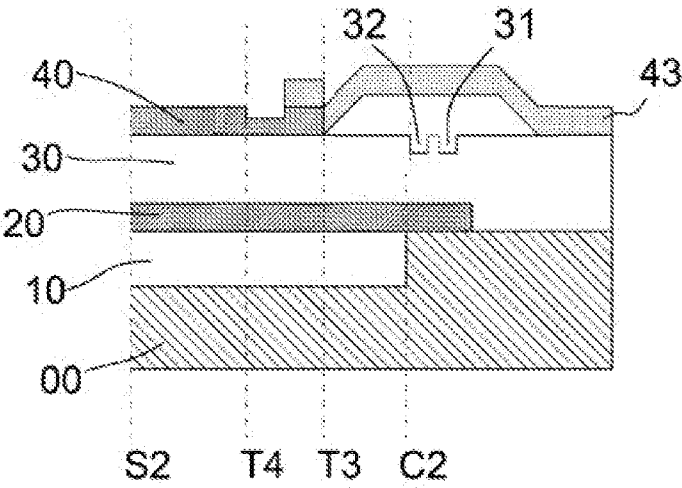


图 4F

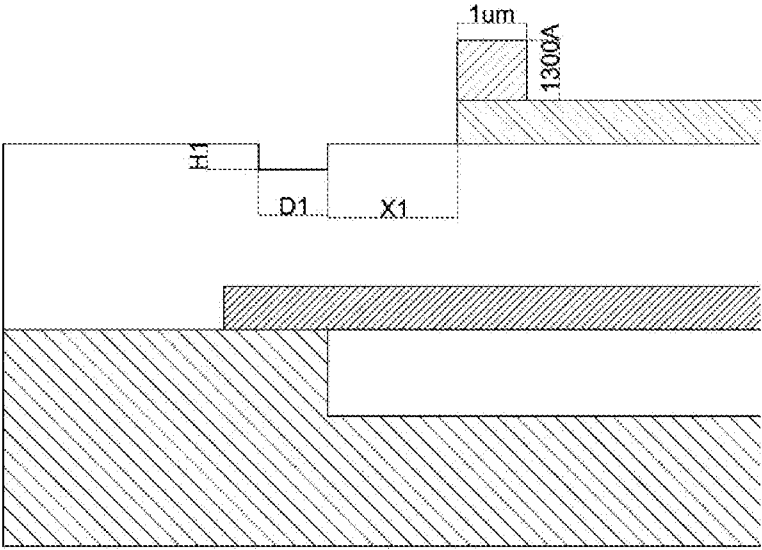


图 5

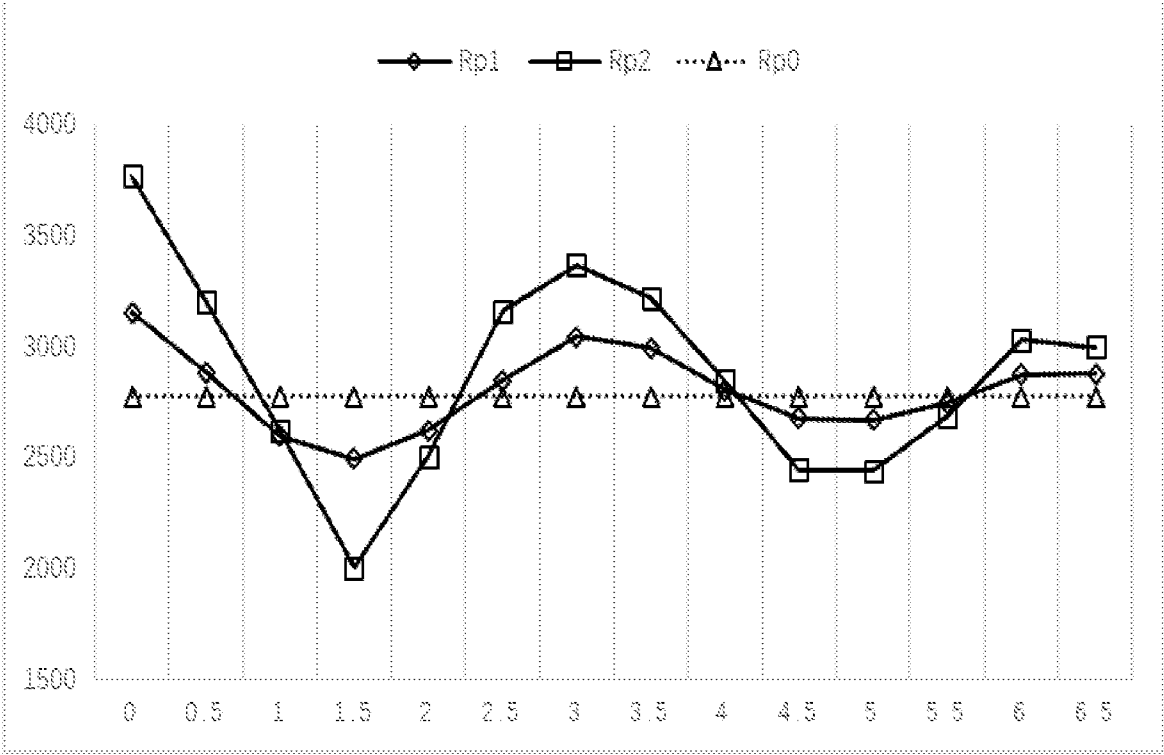


图 6

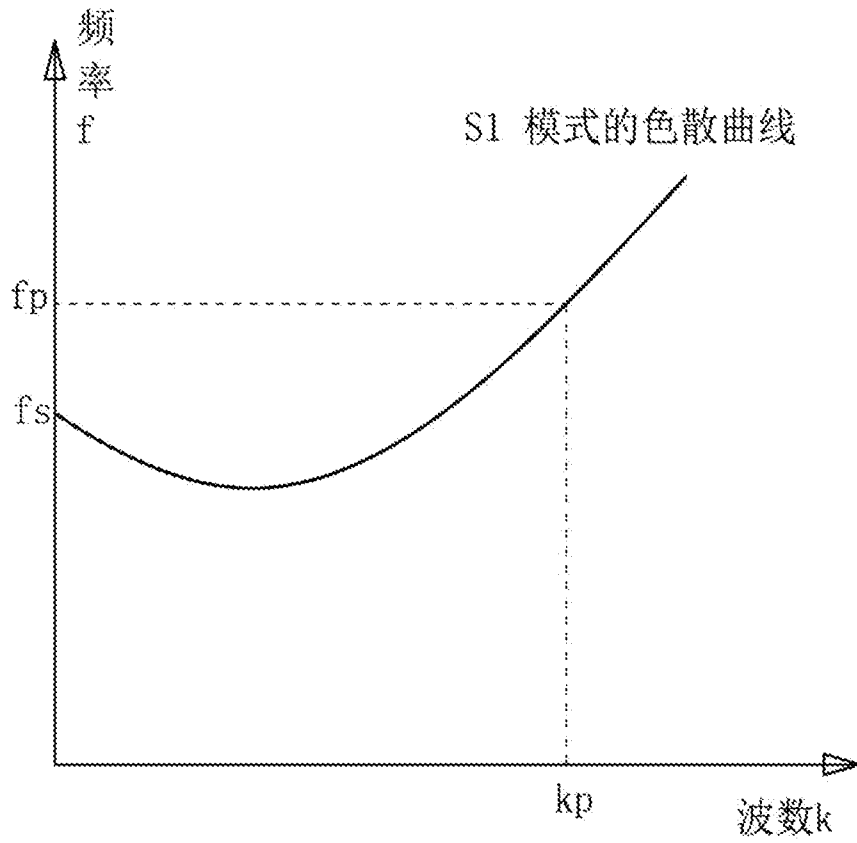


图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/076204

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03H 9/54(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)

WPI, EPODOC, CNPAT, CNKI: 声波谐振, 声共振, 滤波器, 电极, 压电, 凹, 槽, 凸, 突, 翼, 横向, film bulk acoustic resonator, FBAR, Bulk acoustics wave, BAW, BAWR, electrode, piezoelectric, notch, groove, trench, protruding, projection, wing, flap, lateral

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2019029912 A1 (RF360 EUROPE GMBH) 14 February 2019 (2019-02-14) description, page 2, line 11 to page 14, line 20, figures 1-16	1-22
A	CN 1794572 A (AGILENT TECHNOLOGIES, INC.) 28 June 2006 (2006-06-28) entire document	1-22
A	CN 208316692 U (CHANGZHOU CAMPUS OF HOHAI UNIVERSITY) 01 January 2019 (2019-01-01) entire document	1-22
A	CN 107404304 A (SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS CO., LTD.) 28 November 2017 (2017-11-28) entire document	1-22
A	US 8384497 B2 (ZHANG HAO) 26 February 2013 (2013-02-26) entire document	1-22
A	US 2010013573 A1 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 21 January 2010 (2010-01-21) entire document	1-22



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

30 April 2020

Date of mailing of the international search report

27 May 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
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/CN2020/076204

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2019020325 A1 (AKOUSTIS INC.) 17 January 2019 (2019-01-17) entire document	1-22

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/076204

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2019029912	A1	14 February 2019	DE	102017117870	B3	27 December 2018
CN	1794572	A	28 June 2006	GB	2424775	B	13 May 2009
				US	7791434	B2	07 September 2010
				CN	1794572	B	09 May 2012
				US	2006132262	A1	22 June 2006
				GB	2424775	A	04 October 2006
CN	208316692	U	01 January 2019	None			
CN	107404304	A	28 November 2017	KR	20170130228	A	28 November 2017
				US	2017338399	A1	23 November 2017
				US	10355195	B2	16 July 2019
US	8384497	B2	26 February 2013	US	2011148547	A1	23 June 2011
US	2010013573	A1	21 January 2010	WO	2008126473	A1	23 October 2008
				JP	5013227	B2	29 August 2012
				JP	WO2008126473	A1	22 July 2010
				US	8610516	B2	17 December 2013
US	2019020325	A1	17 January 2019	US	2019020324	A1	17 January 2019
				US	2019190479	A1	20 June 2019
				CN	108023569	A	11 May 2018
				US	2019036504	A1	31 January 2019
				US	2018123542	A1	03 May 2018
				US	10110189	B2	23 October 2018
				US	2018123541	A1	03 May 2018
				KR	20180048421	A	10 May 2018
				US	10110188	B2	23 October 2018
				US	2018123540	A1	03 May 2018
				US	10110190	B2	23 October 2018

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/076204

A. 主题的分类

H03H 9/54 (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))

WPI, EPDOC, CNPAT, CNKI: 声波谐振, 声共振, 滤波器, 电极, 压电, 凹, 槽, 凸, 突, 翼, 横向, film bulk acoustic resonator, FBAR, Bulk acoustics wave, BAW, BAWR, electrode, piezoelectric, notch, groove, trench, protruding, projection, wing, flap, lateral

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	WO 2019029912 A1 (RF360 EUROPE GMBH) 2019年 2月 14日 (2019 - 02 - 14) 说明书第2页第11行至第14页第20行, 附图1-16	1-22
A	CN 1794572 A (安捷伦科技有限公司) 2006年 6月 28日 (2006 - 06 - 28) 全文	1-22
A	CN 208316692 U (河海大学常州校区) 2019年 1月 1日 (2019 - 01 - 01) 全文	1-22
A	CN 107404304 A (三星电机株式会社) 2017年 11月 28日 (2017 - 11 - 28) 全文	1-22
A	US 8384497 B2 (ZHANG HAO) 2013年 2月 26日 (2013 - 02 - 26) 全文	1-22
A	US 2010013573 A1 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 2010年 1月 21日 (2010 - 01 - 21) 全文	1-22
A	US 2019020325 A1 (AKOUSTIS INC.) 2019年 1月 17日 (2019 - 01 - 17) 全文	1-22

☐ 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 4月 30日

国际检索报告邮寄日期

2020年 5月 27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

韦晓娟

电话号码 010-53961237

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/076204

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)
WO	2019029912	A1	2019年 2月 14日	DE	102017117870	B3	2018年 12月 27日
CN	1794572	A	2006年 6月 28日	GB	2424775	B	2009年 5月 13日
				US	7791434	B2	2010年 9月 7日
				CN	1794572	B	2012年 5月 9日
				US	2006132262	A1	2006年 6月 22日
				GB	2424775	A	2006年 10月 4日
CN	208316692	U	2019年 1月 1日	无			
CN	107404304	A	2017年 11月 28日	KR	20170130228	A	2017年 11月 28日
				US	2017338399	A1	2017年 11月 23日
				US	10355195	B2	2019年 7月 16日
US	8384497	B2	2013年 2月 26日	US	2011148547	A1	2011年 6月 23日
US	2010013573	A1	2010年 1月 21日	WO	2008126473	A1	2008年 10月 23日
				JP	5013227	B2	2012年 8月 29日
				JP	W02008126473	A1	2010年 7月 22日
				US	8610516	B2	2013年 12月 17日
US	2019020325	A1	2019年 1月 17日	US	2019020324	A1	2019年 1月 17日
				US	2019190479	A1	2019年 6月 20日
				CN	108023569	A	2018年 5月 11日
				US	2019036504	A1	2019年 1月 31日
				US	2018123542	A1	2018年 5月 3日
				US	10110189	B2	2018年 10月 23日
				US	2018123541	A1	2018年 5月 3日
				KR	20180048421	A	2018年 5月 10日
				US	10110188	B2	2018年 10月 23日
				US	2018123540	A1	2018年 5月 3日
				US	10110190	B2	2018年 10月 23日