

(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 2020/177555 A1

- (51) 国际专利分类号:
H03H 9/02 (2006.01) **H03H 9/25** (2006.01) 300072 (CN)。 杨清瑞(YANG, Qingrui); 中国天津市南开区卫津路92号, Tianjin 300072 (CN)。
- (21) 国际申请号: PCT/CN2020/076201 (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)。
- (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:
201910157900.X 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
- (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, 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,

(54) **Title:** BULK ACOUSTIC WAVE RESONATOR HAVING RECESS AND AIR FLAP STRUCTURE, FILTER AND ELECTRONIC DEVICE

(54) 发明名称: 带凹陷和空气翼结构的体声波谐振器、滤波器及电子设备

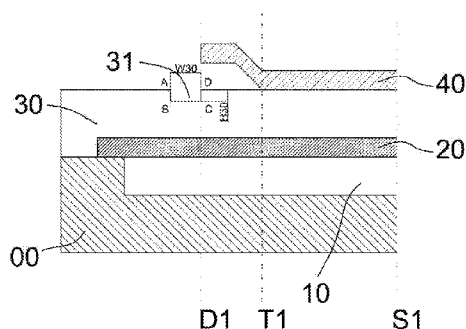


图 3A

(57) **Abstract:** The present invention relates to a bulk acoustic wave resonator, comprising: a substrate, an acoustic mirror, a bottom electrode arranged above the substrate, a top electrode, and a piezoelectric layer arranged above the bottom electrode as well as between the bottom electrode and the top electrode; the acoustic mirror, the bottom electrode, the piezoelectric layer and the top electrode form an effective region of the resonator in an overlapping region in the thickness direction of the resonator; one side of the top electrode is provided with an electrode connection part, and the other side is provided with an air flap structure; the piezoelectric layer is provided with a recess structure, and the recess structure has an inner edge and an outer edge. The present invention further relates to a filter that is provided with the described resonator, and an electronic device that is provided with the described resonator or the filter.

(57) **摘要:** 本发明涉及一种体声波谐振器, 包括: 基底; 声学镜; 底电极, 设置在基底上方; 顶电极; 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; 所述顶电极的一侧具有电极连接部, 另一侧具有空气翼结构; 且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。本发明还涉及一种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。

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))。

带凹陷和空气翼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和空气翼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；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；

所述顶电极的一侧具有电极连接部，另一侧具有空气翼结构；且

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。

可选的，在垂直投影中，所述凹陷结构位于声学镜的边缘的内侧。

可选的，在垂直投影中，所述凹陷结构的内缘与所述空气翼结构的边缘重合。

可选的，在垂直投影中，所述空气翼结构的边缘位于所述凹陷结构的内缘与外缘之间，或者所述凹陷结构的外缘与所述空气翼结构的边缘重合，或者所述凹陷结构位于所述空气翼结构的边缘与所述顶电极的边缘之间，或者所述凹陷结构的内缘与所述顶电极的边缘重合。进一步可选的，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，所述凹陷结构与所述顶电极边缘之间的径向距离 X 可为： $0-10\ \mu\text{m}$ ，进一步的， $0\ \mu\text{m} \leq X \leq 1\ \mu\text{m}$ ，或者 $2.5\ \mu\text{m} \leq X \leq 4.5\ \mu\text{m}$ ，或者 $6\ \mu\text{m} \leq X \leq 8\ \mu\text{m}$ 。进一步可选的，所述空气翼结构的空隙高度为 $0.02\ \mu\text{m} - 0.5\ \mu\text{m}$ 。

可选的，在垂直投影中，所述顶电极的边缘位于所述凹陷结构的内缘与外缘之间；或者所述凹陷结构的外缘与所述顶电极的边缘重合；或者所述凹陷结构的外缘位于所述顶电极的边缘的内侧。

可选的，所述凹陷结构包括一个凹陷。所述凹陷可为阶梯凹陷。

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。

可选的，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；且所述凹陷结构为形凹陷结构。

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 $0.02\ \mu\text{m}$ – $0.5\ \mu\text{m}$ ，或为所在压电层厚度的 5%–100%，进一步的，10%–40%。

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 3H 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；

图 4A 至 4H 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 为说明根据本发明的示例性实施例的体声波谐振器的技术效果的示意图；

图 6 为根据本发明的一个示例性实施例的体声波谐振器的结构示意图，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 7 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 X 的关系图;

图 8 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 3H 以及图 4A 至图 4H 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; 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）；

所述顶电极的一侧具有电极连接部 43（参见图 2），另一侧具有空气翼结构（例如参见图 3A，该空气翼结构具有边界 D1 和 T1，边界 T1 也构成顶电极的边缘）；且

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）。

图 5 为说明根据本发明的示例性实施例的体声波谐振器的技术效果的示意图。如图 5 所示，在本发明中，谐振器工作时，空气翼形成的反射结构 A 和凹陷结构形成的反射结构 B 不仅分别振动，并能够分别将横向泄露至边界 T1 之外的部分声波能量（ Q_A 和 Q_B ）反射回谐振器有效区域，同时由于反射结构 A 和 B 结构间属于强声学耦合关系，两者相互影响的结果导致最终形成类似音叉的共振，在适当配合在一起后两种结构形成耦合结构还会另外反射一份能量 Q_{A+B} ，那么总反射能量 $Q=Q_A+Q_B+Q_{A+B}$ 要大于 Q_A+Q_B 。这样空气翼和凹陷结合后对 Q 值的提升效果要高于悬翼与凹陷声波反射效果的单纯叠加。

因此，在本发明中，不仅凹陷结构和空气翼结构能够分别将横向传播到边界 T1 之外的声波反射回三明治区域内，同时凹陷结构和空气翼结构还共同构成类似音叉结构，这样可进一步反射声波并减少能量泄漏，提高 Q 值。

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、铬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）与空气翼结构的边界 D1 重合。

凹陷结构的宽度 W30（参见图 3A）的取值范围为 0.5 微米-4 微米，进一步为 1-3 微米，除了上述端点值之外，还可为 2 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。

凹陷结构的深度 H30（参见图 3A）的范围为 0.02 微米-0.5 微米，进一步的为 0.1 微米-0.3 微米，除了上述端点值之外，还可为 0.2 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 8 中示出），其具有图 8 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，凹陷结构的内缘与空气翼结构的边缘 D1 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，所述空气翼结构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空气翼结构的边缘重合。

如图 3D 所示，在垂直投影中，所述凹陷结构位于所述空气翼结构的边缘与所述顶电极的边缘之间。

如图 3E 所示，在垂直投影中，所述凹陷结构的内缘与所述顶电极的边缘重合。

如图 3F 所示，在垂直投影中，所述顶电极的边缘位于所述凹陷结构的内缘与外缘之间。

如图 3G 所示，在垂直投影中，所述凹陷结构的外缘与顶电极的边缘重合。

如图 3H 所示，在垂直投影中，所述凹陷结构的外缘位于所述顶电极的边缘的内侧。

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空气翼结构的边缘 D1 外侧。

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 6 为根据本发明的一个示例性实施例的体声波谐振器的结构示意图，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 7 示出了并联谐振阻抗 (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。

在图 7 中，X1 变化范围为 0-7 微米，每次变化步进 0.5 微米。另外 2 个参数 D 和 H 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 5 示出了如下三组变化数据：

(1) D=1 μ m，H=1000A，并联谐振阻抗 R_{p1} 随 X1 的变化数据。

(2) D=1 μ m，H=3000A，并联谐振阻抗 R_{p2} 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 R_{p0} 进行比较并绘图，可得到图 7 所示的曲线图 (R_p 值越高说明谐振器的

Q 值越高，性能越好)。

由图 7 结果可知，具有凹陷结构的谐振器在 Q 值意义下的性能，在 X 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 X 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 $X1=3.5$ 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，进一步的范围为 $0\ \mu\text{m} \leq X1 \leq 1\ \mu\text{m}$ ，或者 $2.5\ \mu\text{m} \leq X1 \leq 4.5\ \mu\text{m}$ ，或者 $6\ \mu\text{m} \leq X1 \leq 8\ \mu\text{m}$ 。相应的，所述空气翼结构的空隙高度为 $0.02\ \mu\text{m} - 0.5\ \mu\text{m}$ 。

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（例如，类似的，参见图 4F 中的凹陷结构 31）。

此外，凹陷结构也可以为阶梯型凹陷（例如，类似的，参见图 4G 中的凹陷结构 31）。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 3H 的示例中，凹陷结构为单凹陷结构，但本发明不限于此。凹陷结构也可以包括至少两个凹陷（例如，类似的，参见图 4H 中的凹陷 31 与 32）。两个凹陷可以在径向方向上彼此间隔开一个距离。需要指出的是，该两个凹陷的宽度可以相同，也可以不同；此外，两个凹陷的深度也可以彼此不同。

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 为穿过所述电极连接部 43 的环形凹陷结构（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 T2，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。在图 4A 中，在垂直投影中，顶电极的边缘或者边界 T2 位于所述凹陷结构的内缘与外缘之间。不过，凹陷结构也可以处于其它的位置。

凹陷结构 31 的左侧边缘（凹陷结构的内缘）与边界 C2 重合。

如图 4B 所示，在垂直投影中，凹陷结构的外缘与顶电极的边缘重合。

如图 4C 所示, 在垂直投影中, 凹陷结构的外缘处于顶电极的边缘的内侧。

如图 4D 所示, 在垂直投影中, 凹陷结构的内缘与顶电极的边缘重合。

如图 4E 所示, 在垂直投影中, 凹陷结构位于顶电极的边缘与声学镜的边缘之间。

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。

参见图 3A-图 3H, 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底电极的边缘内侧

可选的, 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。

在本发明的实施例中, 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 $0.02\ \mu\text{m}$ - $0.5\ \mu\text{m}$ 。

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者最内侧缘。

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；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；

所述顶电极的一侧具有电极连接部，另一侧具有空气翼结构；且

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。

2、根据权利要求 1 所述的谐振器，其中：

在垂直投影中，所述凹陷结构位于声学镜的边缘的内侧。

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与所述空气翼结构的边缘重合。

4、根据权利要求 2 所述的谐振器，其中：

在垂直投影中，所述空气翼结构的边缘位于所述凹陷结构的内缘与外缘之间，或者所述凹陷结构的外缘与所述空气翼结构的边缘重合，或者所述凹陷结构位于所述空气翼结构的边缘与所述顶电极的边缘之间，或者所述凹陷结构的内缘与所述顶电极的边缘重合。

5、根据权利要求 3 或 4 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 6 所述的谐振器，其中：

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

8、根据权利要求 2 所述的谐振器，其中：

在垂直投影中,所述顶电极的边缘位于所述凹陷结构的内缘与外缘之间;或者所述凹陷结构的外缘与所述顶电极的边缘重合;或者所述凹陷结构的外缘位于所述顶电极的边缘的内侧。

9、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。

10、根据权利要求9所述的谐振器,其中:

所述凹陷为阶梯凹陷。

11、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。

12、根据权利要求11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。

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底电极的边缘内侧。

14、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。

15、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;且

所述凹陷结构为环形凹陷结构。

16、根据权利要求1-15中任一项所述的谐振器,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、一种滤波器,包括根据权利要求1-17中任一项所述的体声波谐振器。

19、一种电子设备,包括根据权利要求18所述的滤波器或者根据权利要求1-17中任一项所述的谐振器。

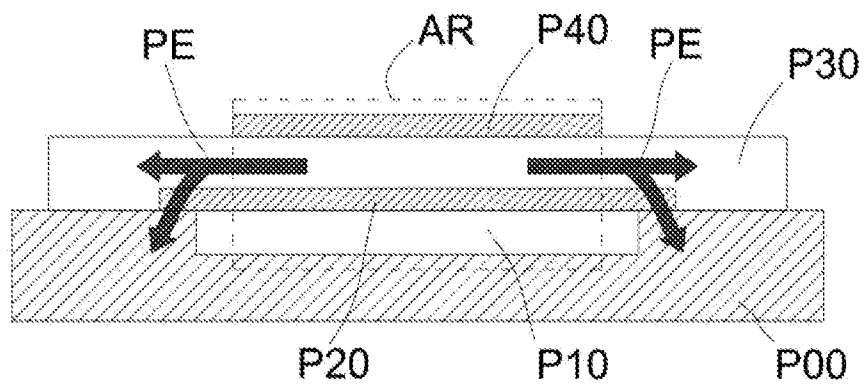


图 1

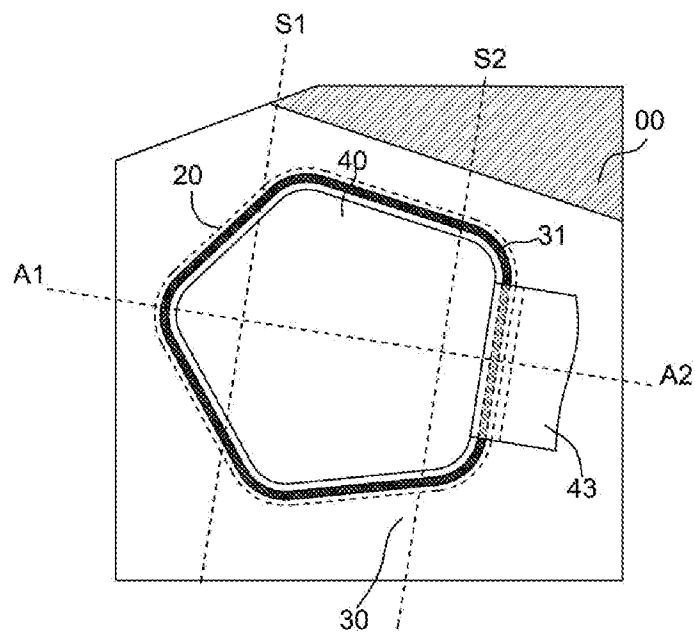


图 2

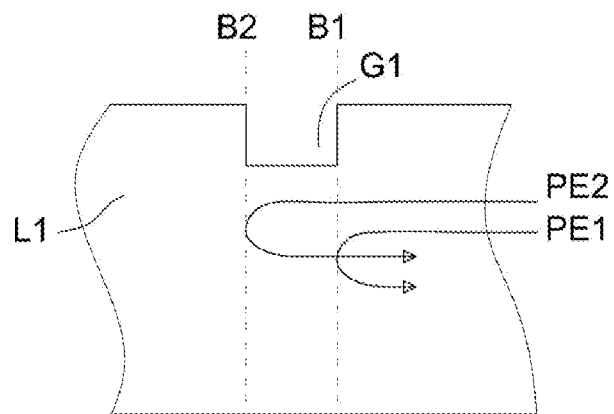


图 2A

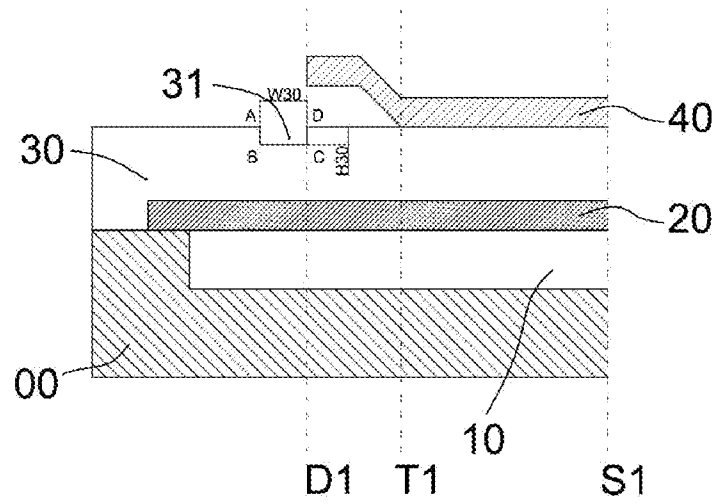


图 3A

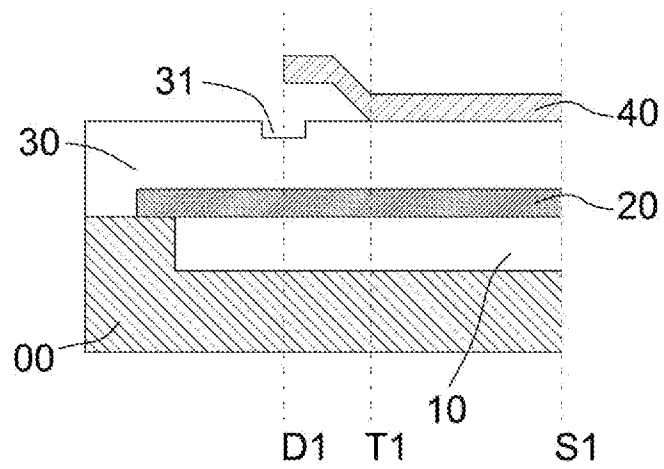


图 3B

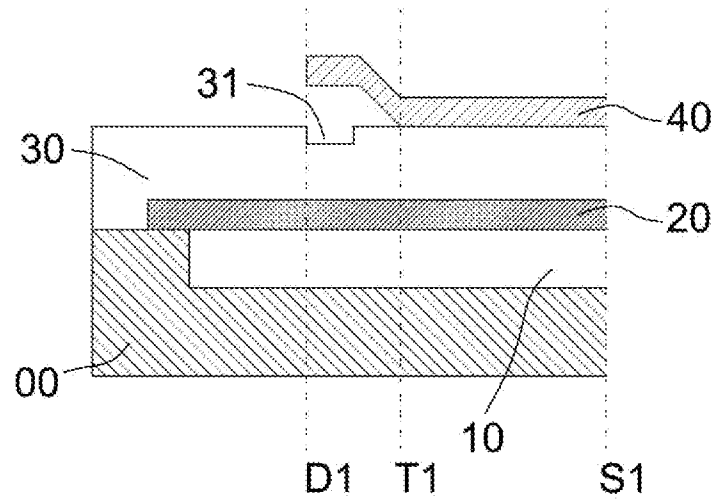


图 3C

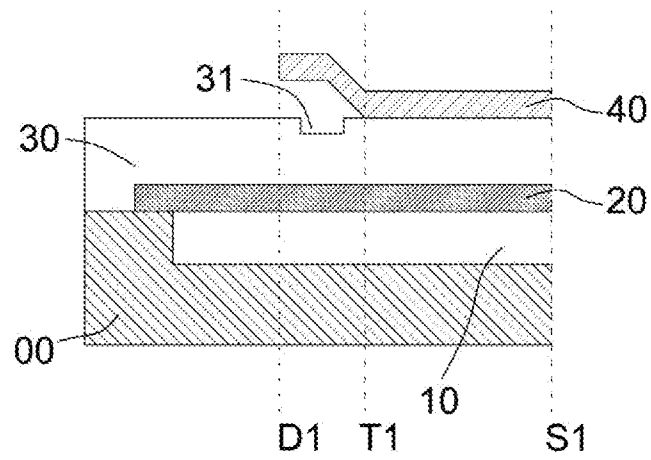
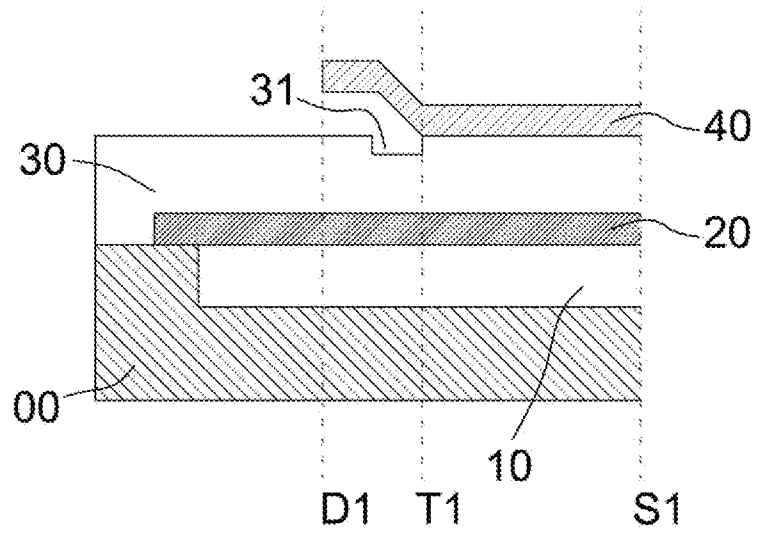


图 3D



∥

图 3E

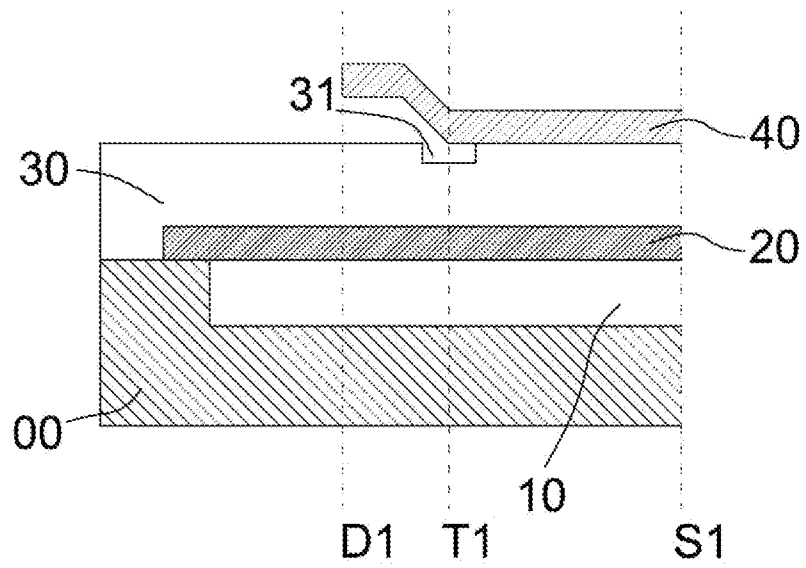


图 3F

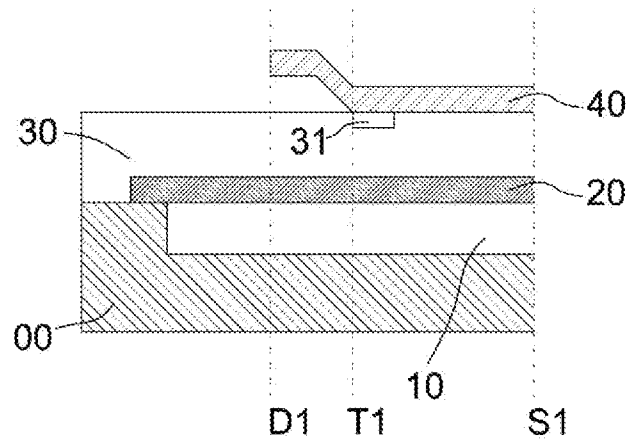


图 3G

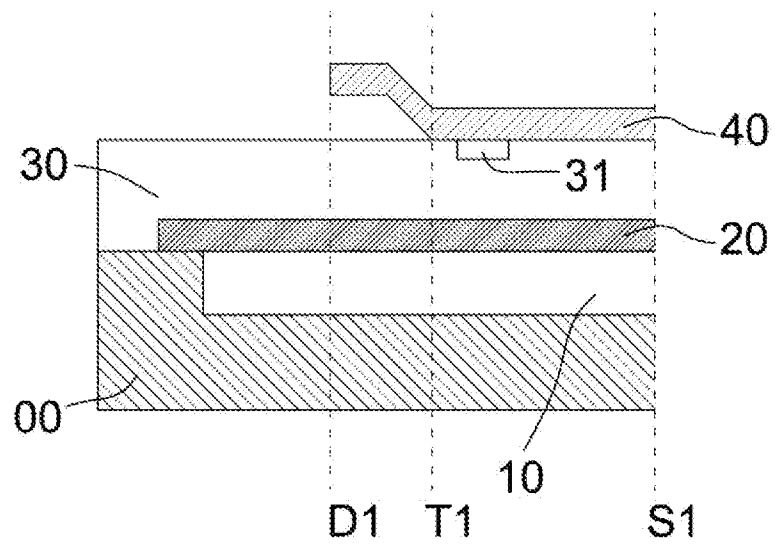


图 3H

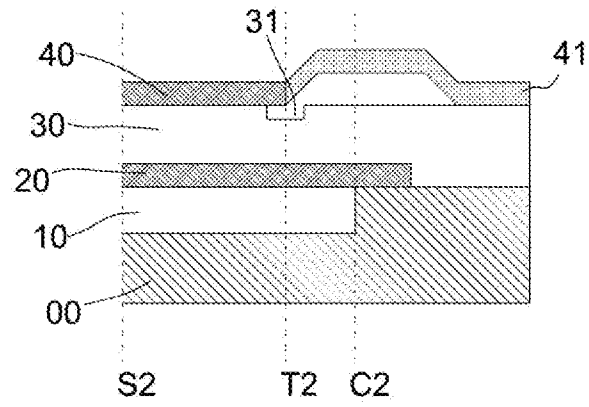


图 4A

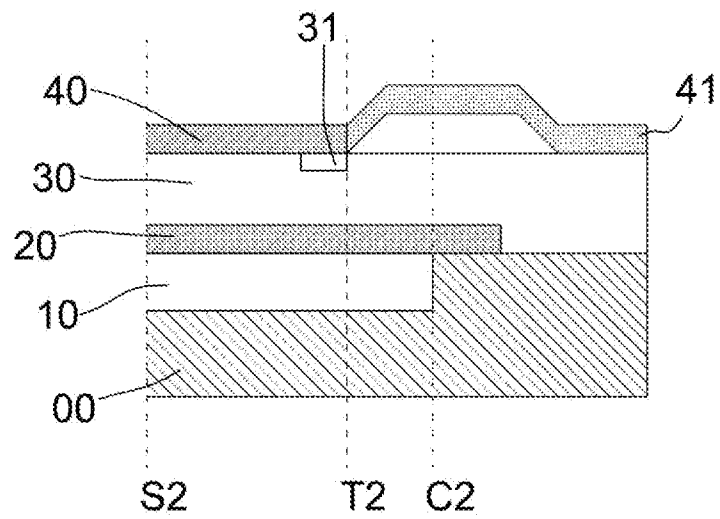


图 4B

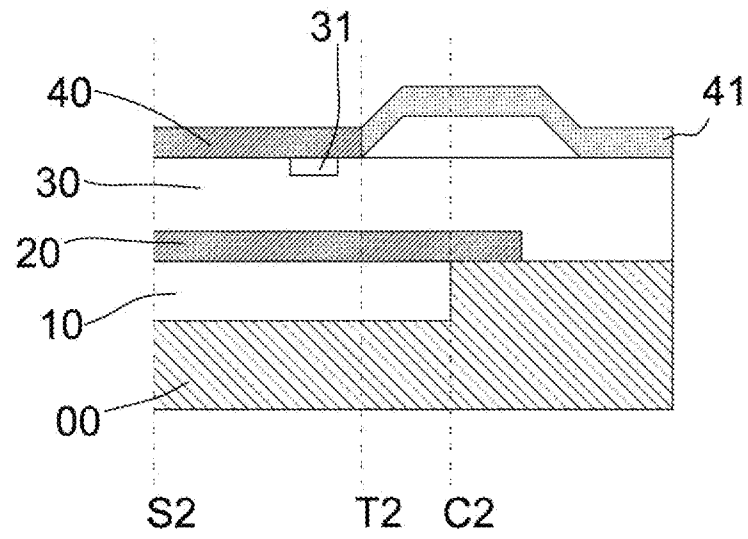


图 4C

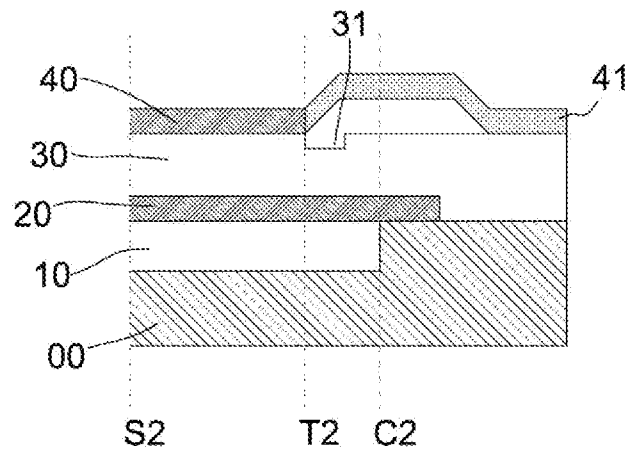


图 4D

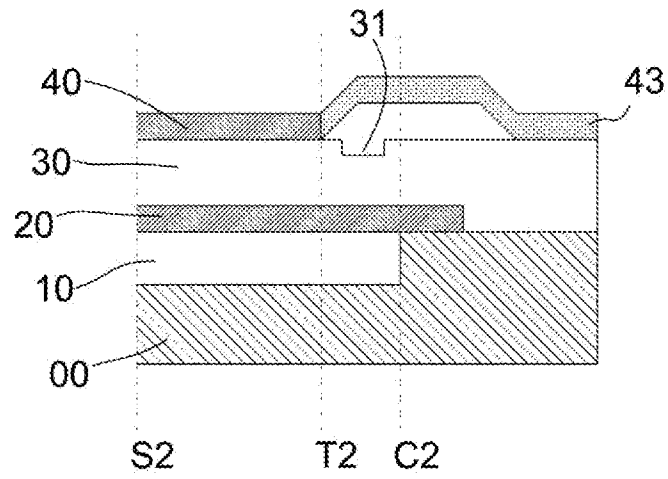


图 4E

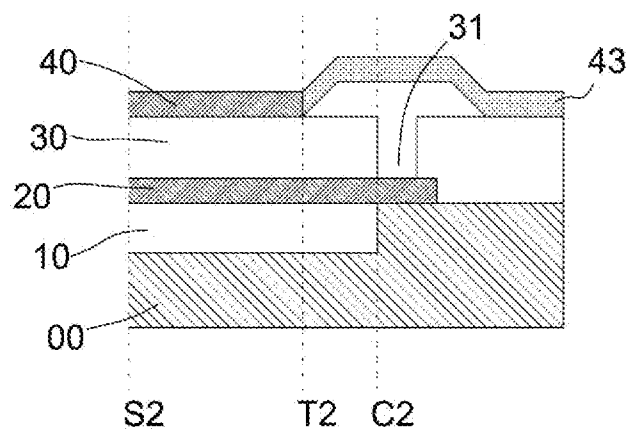


图 4F

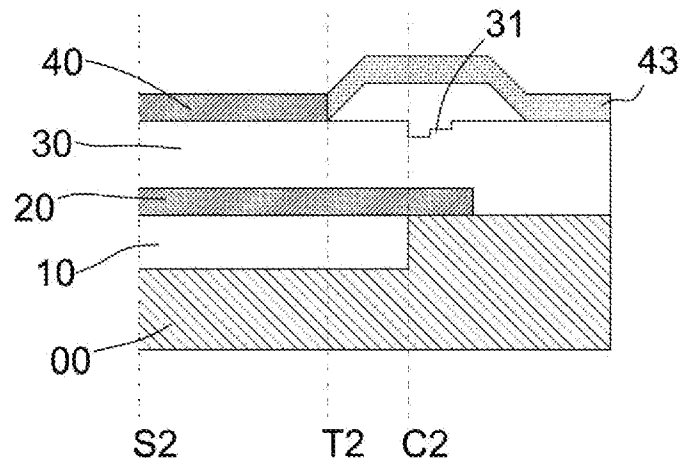


图 4G

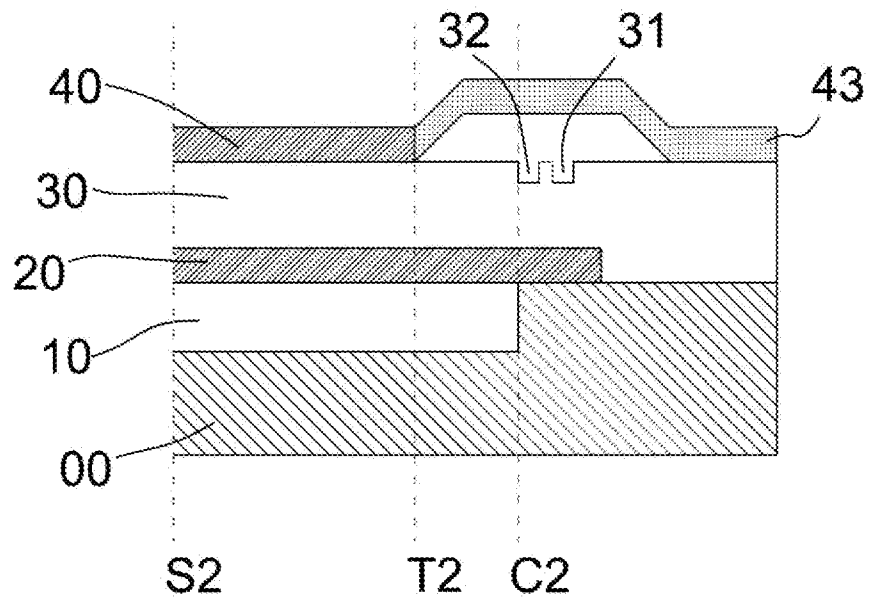


图 4H

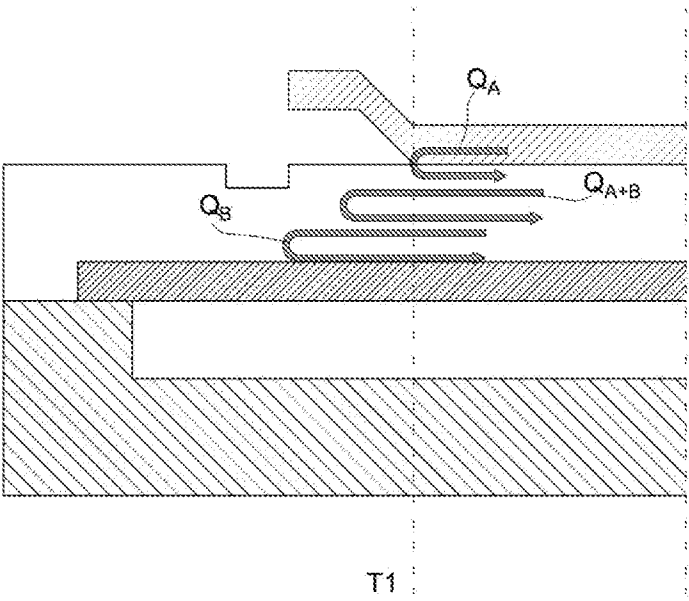


图 5

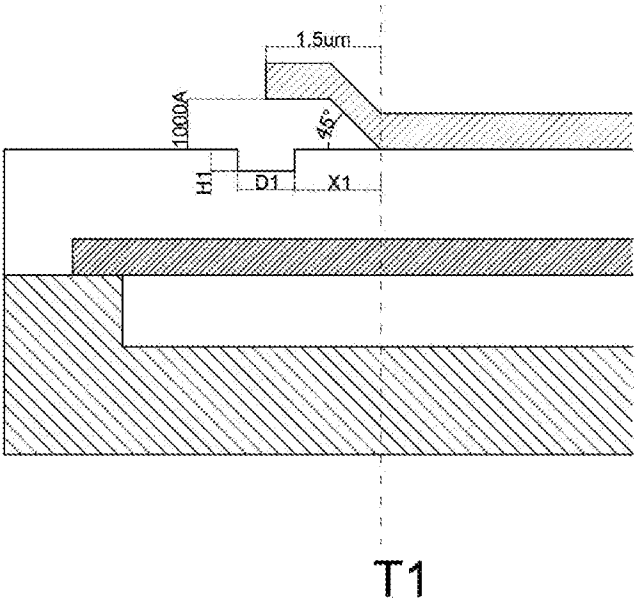


图 6

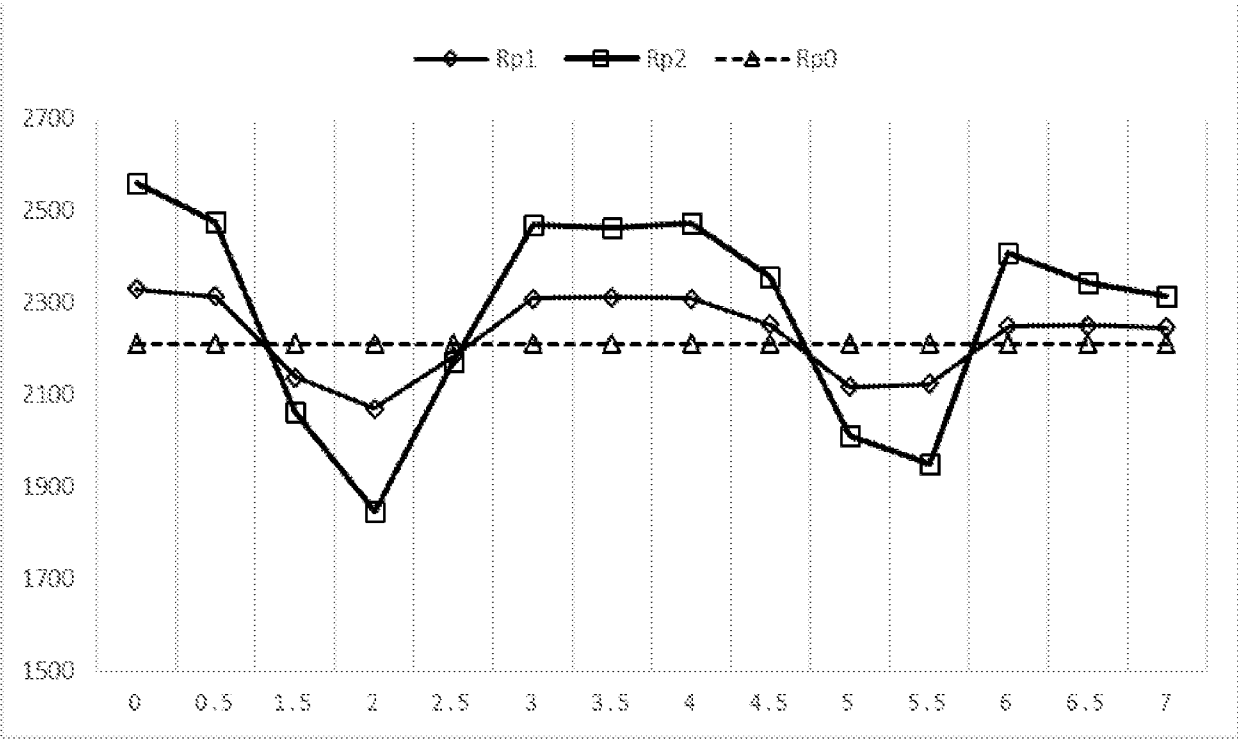


图 7

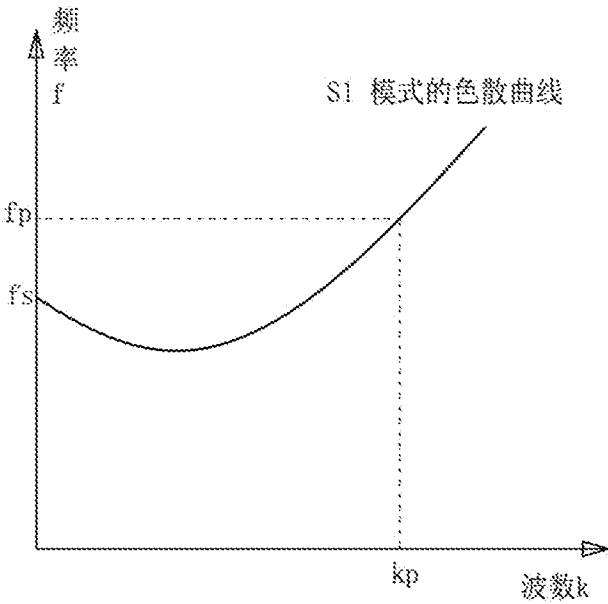


图 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/076201

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03H 9/02(2006.01)i; H03H 9/25(2006.01)n

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)

CNABS; CNTXT; CNKI; VEN; USTXT; WOTXT; EPTXT; IEEE: 声波, 谐振器, 电极, 压电, 空气, 凹陷, 反射, 品质因数, sound wave, resonator, electrode, piezoelectric, air, hollow, reflect, quality factor

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 101931380 A (AVAGO TECHNOLOGIES WIRELESS IP (SINGAPORE) PTE. LTD.) 29 December 2010 (2010-12-29) description, paragraphs [0028]-[0054], figures 1-7	1-19
X	CN 101908865 A (PANG, Wei et al.) 08 December 2010 (2010-12-08) description, paragraphs [0101]-[0147], figure 1A	1-19
A	CN 101924529 A (PANG, Wei et al.) 22 December 2010 (2010-12-22) entire document	1-19
A	CN 101645699 A (FUJITSU LIMITED) 10 February 2010 (2010-02-10) entire document	1-19



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

02 April 2020

Date of mailing of the international search report

21 April 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
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/076201

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	101931380	A	29 December 2010	US	2012194297	A1	02 August 2012
				US	2010327697	A1	30 December 2010
				CN	101931380	B	14 May 2014
				DE	102010030454	B4	05 September 2019
				US	2012206015	A1	16 August 2012
				US	8248185	B2	21 August 2012
				DE	102010030454	A1	30 December 2010
CN	101908865	A	08 December 2010	CN	101908865	B	12 February 2014
CN	101924529	A	22 December 2010	CN	101924529	B	10 October 2012
CN	101645699	A	10 February 2010	CN	101645699	B	29 April 2015
				KR	101010493	B1	21 January 2011
				US	8084919	B2	27 December 2011
				US	2010033063	A1	11 February 2010
				KR	20100019365	A	18 February 2010
				JP	5161698	B2	13 March 2013
				JP	2010045437	A	25 February 2010

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/076201

A. 主题的分类 H03H 9/02 (2006.01)i; H03H 9/25 (2006.01)n 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)) CNABS;CNTXT;CNKI;VEN;USTXT;WOTXT;EPTXT;IEEE: 声波, 谐振器, 电极, 压电, 空气, 凹陷, 反射, 品质因数, sound wave, resonator, electrode, piezoelectric, air, hollow, reflect, quality factor																	
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 101931380 A (安华高科技无线IP新加坡私人有限公司) 2010年 12月 29日 (2010 - 12 - 29) 说明书第[0028]-[0054]段, 附图1-7</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 101908865 A (庞慰 等) 2010年 12月 8日 (2010 - 12 - 08) 说明书第[0101]-[0147]段, 附图1A</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 101924529 A (庞慰 等) 2010年 12月 22日 (2010 - 12 - 22) 全文</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 101645699 A (富士通株式会社) 2010年 2月 10日 (2010 - 02 - 10) 全文</td> <td>1-19</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 101931380 A (安华高科技无线IP新加坡私人有限公司) 2010年 12月 29日 (2010 - 12 - 29) 说明书第[0028]-[0054]段, 附图1-7	1-19	X	CN 101908865 A (庞慰 等) 2010年 12月 8日 (2010 - 12 - 08) 说明书第[0101]-[0147]段, 附图1A	1-19	A	CN 101924529 A (庞慰 等) 2010年 12月 22日 (2010 - 12 - 22) 全文	1-19	A	CN 101645699 A (富士通株式会社) 2010年 2月 10日 (2010 - 02 - 10) 全文	1-19
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求															
X	CN 101931380 A (安华高科技无线IP新加坡私人有限公司) 2010年 12月 29日 (2010 - 12 - 29) 说明书第[0028]-[0054]段, 附图1-7	1-19															
X	CN 101908865 A (庞慰 等) 2010年 12月 8日 (2010 - 12 - 08) 说明书第[0101]-[0147]段, 附图1A	1-19															
A	CN 101924529 A (庞慰 等) 2010年 12月 22日 (2010 - 12 - 22) 全文	1-19															
A	CN 101645699 A (富士通株式会社) 2010年 2月 10日 (2010 - 02 - 10) 全文	1-19															
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																	
<table border="0"> <tr> <td> * 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 </td> <td> “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 </td> </tr> </table>			* 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													
* 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 2日		国际检索报告邮寄日期 2020年 4月 21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		授权官员 张利伟 电话号码 (86-512)88995778															

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/076201

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)	
CN	101931380	A	2010年 12月 29日	US	2012194297	A1		2012年 8月 2日	
				US	2010327697	A1		2010年 12月 30日	
				CN	101931380	B		2014年 5月 14日	
				DE	102010030454	B4		2019年 9月 5日	
				US	2012206015	A1		2012年 8月 16日	
				US	8248185	B2		2012年 8月 21日	
				DE	102010030454	A1		2010年 12月 30日	
CN	101908865	A	2010年 12月 8日	CN	101908865	B		2014年 2月 12日	
CN	101924529	A	2010年 12月 22日	CN	101924529	B		2012年 10月 10日	
CN	101645699	A	2010年 2月 10日	CN	101645699	B		2015年 4月 29日	
				KR	101010493	B1		2011年 1月 21日	
				US	8084919	B2		2011年 12月 27日	
				US	2010033063	A1		2010年 2月 11日	
				KR	20100019365	A		2010年 2月 18日	
				JP	5161698	B2		2013年 3月 13日	
				JP	2010045437	A		2010年 2月 25日	