

(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 6 月 25 日 (25.06.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/125354 A1

(51) 国际专利分类号:
H03H 9/17 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/121095

(22) 国际申请日: 2019 年 11 月 27 日 (27.11.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201811558423.X 2018 年 12 月 19 日 (19.12.2018) 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: 杨清瑞 (YANG, Qingrui); 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)。 张孟伦 (ZHANG,

Menglun); 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,

(54) Title: BULK ACOUSTIC WAVE RESONATOR WITH DISCRETE STRUCTURE, FILTER AND ELECTRONIC DEVICE

(54) 发明名称: 带离散结构的体声波谐振器、滤波器和电子设备

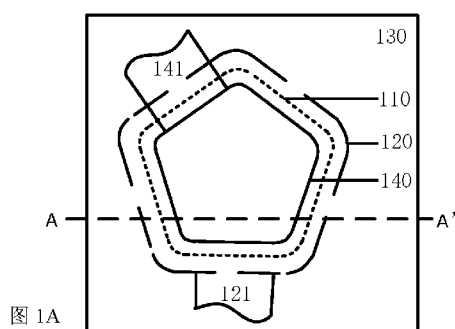


图 1A

(57) Abstract: The present invention relates to a bulk acoustic wave resonator, which comprises: a substrate; an acoustic mirror; a bottom electrode, which is arranged on the upper side of the substrate; a top electrode; and a piezoelectric layer, which is arranged above the bottom electrode and between the bottom electrode and the top electrode, wherein: the area where the acoustic mirror, the bottom electrode, the piezoelectric layer, and the top electrode overlap in the thickness direction of the substrate is an effective area of the resonator; the resonator further comprises at least one discrete structure, the discrete structure is located inside the effective area, and extends in a strip shape along the edge of the effective area, and each discrete structure comprises a plurality of discrete units. The present invention further relates to a filter with the resonator, and an electronic device with the filter or resonator.

(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, 设置在基底上侧; 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: 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; 所述谐振器还包括至少一个离散结构, 所述离散结构位于有效区域内侧, 且沿有效区域边缘呈条状延伸设置, 每个离散结构包括多个离散单元。本发明还涉及一种具有该谐振器的滤波器, 一种具有上述滤波器或者谐振器的电子设备。

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))。

带离散结构的体声波谐振器、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，一种具有该谐振器的滤波器，一种具有该滤波器的电子设备，以及一种提高谐振器的并联阻抗的方法。

背景技术

随着无线移动通讯技术的快速发展，体声波器件应用领域越来越广泛。薄膜体声波谐振器（简称 FBAR）具有高谐振频率、高品质因数、高功率承受能力、低功耗、低价格等优点，体声波滤波器、双工器由薄膜体声波谐振器级联而成，具有高工作频率、低插入损耗、高陡降、高功率承受能力等优点，近年来被普遍认为是替代声表面波器件解决无线通信高密度频段双工器的最佳方案。

薄膜压电体声波谐振器的俯视图结构如图 1A 所示，包括底电极 120、压电层 130、顶电极 140、以及位于底电极下面的声波反射结构 110。图 1B 为沿图 1A 中的 A-A' 的截面图，其谐振器主体部分具有三明治结构，其原理为利用压电薄膜材料所具有的逆压电效应，对外界电激励产生一定频率下的谐振。

体声波谐振器一般具有两个谐振频率，定义阻抗最小的频率点为串联谐振频率 f_s ，相应阻抗为串联阻抗 R_s ，阻抗最大的频率点为并联谐振频率 f_p ，相应阻抗为并联阻抗 R_p ，通过有效机电耦合系数衡量谐振器中压电转换效率。通常，谐振器的串联谐振频率决定了滤波器的中心频率，而谐振器的有效机电耦合系数决定了滤波器可实现的最大带宽，谐振器的串联阻抗和并联阻抗决定了通带插入损耗及回波损耗。一般而言，谐振器的并联阻抗 R_p 越高，串联阻抗 R_s 越低，相应滤波器的通带插入损耗越好。因此，如何提高谐振器的性能，特别是提高谐振器的并联阻抗 R_p ，是滤波器设计中的一个重要而基础的问题。

理想情况下（谐振区域无限大），薄膜体声波谐振器仅激发沿纵向扩张的主振动模式，如图 1B 中的箭头所示。但实际情况中，由于体声波谐振器存在横向边界，因此，会在谐振器内产生横向传播的寄生模式，称为兰姆波，主振动模式的能量会有一部分耦合到兰姆波中。而这种兰姆波会有部分从谐振器两侧泄露进基底中，从而造成

谐振器能量损失，在谐振器的电学性能上表现为并联阻抗（并联阻抗 R_p ）或并联谐振频率的品质因数（ Q_p ）减小。

发明内容

本发明提出了一种通过设置离散结构提高体声波谐振器的并联阻抗的技术方案。

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，设置在基底上侧；顶电极；和压电层，设置在底电极上侧以及底电极与顶电极之间，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；所述谐振器还包括至少一个离散结构，所述离散结构位于有效区域内侧，且沿有效区域边缘呈条状延伸设置，每个离散结构包括多个离散单元。

可选的，所述离散结构为环形离散结构。进一步的，所述离散结构与所述有效区域边缘的横向距离保持不变。

可选的，所述至少一个离散结构包括一个离散结构。进一步的，所述离散结构设置在顶电极上侧。

可选的，所述离散单元为凸起。

可选的，所述离散单元为凹陷。

可选的，两个相邻离散单元之间的节距为 $1\ \mu\text{m}$ – $10\ \mu\text{m}$ ，或者为所述谐振器并联谐振频率处 S1 模式兰姆波波长的整数倍。

在进一步的实施例中，单个离散单元的径向尺寸和/或横向尺寸为 $0.5\ \mu\text{m}$ – $6\ \mu\text{m}$ ，或者为所述谐振器并联谐振频率处 S1 模式兰姆波波长的四分之一或其奇数倍。可选的，所述离散结构距离所述有效区域边缘的距离为 0。

可选的，所述至少一个离散结构包括至少两个离散结构，所述至少两个离散结构在径向方向上间隔开。

可选的，所述至少两个离散结构包括由凸起组成的凸起离散结构和/或由凹陷组成的凹陷离散结构。

可选的，径向上相邻的两个离散结构在径向方向上的节距为 $1\ \mu\text{m}$ – $10\ \mu\text{m}$ ，或者为体声波谐振器并联谐振频率处 S1 模式兰姆波波长的整数倍。

进一步可选的，每个离散结构的相邻离散单元在横向方向上的节距为 $1\ \mu\text{m}$ – $10\ \mu\text{m}$ ，或者为体声波谐振器并联谐振频率处 S1 模式兰姆波波长的整数倍。

在一个可选的实施例中，单个离散单元的径向尺寸和/或横向尺寸为 $0.5\ \mu\text{m}$ – $6\ \mu\text{m}$ ，

或者为体声波谐振器并联谐振频率处 S1 模式兰姆波波长的四分之一或其奇数倍。

更进一步的，在横向方向上，径向上相邻的两个离散结构中，一个离散结构的一个离散单元与另一个离散结构中与其邻近的一个离散单元之间的横向距离为 $0-5\ \mu\text{m}$ ，或者为体声波谐振器并联谐振频率处 S1 模式兰姆波波长的四分之一或其整数倍。

可选的，处于外侧的离散结构距离所述有效区域边缘的径向距离为 0。

可选的，所述离散结构所占谐振器有效区域的面积不超过谐振器的有效区域总面积的 20%，可选的，不超过 10%。

可选的，所述离散结构设置于所述压电层、顶电极或者底电极；或者所述谐振器还设置有覆盖顶电极的钝化层，所述离散结构设置于所述钝化层的下侧。

根据本发明的实施例的另一方面，提出了一种滤波器，包括上述的体声波谐振器。

根据本发明的实施例的再一方面，提出了一种电子设备，包括上述的滤波器或者上述的谐振器。

本发明还涉及一种提高体声波谐振器的并联阻抗的方法，包括步骤：围绕所述谐振器的有效区域在谐振器的顶电极上侧形成至少一个环形离散结构。

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 为现有技术中的体声波谐振器的示意性俯视图；

图 1B 为沿图 1A 中的 A-A' 线截得截面图；

图 2A 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，其中，仅设置了一个环形离散结构；

图 2B 为根据本发明的一个示例性实施例的图 2A 中的体声波谐振器沿 B-B' 向的截面图；

图 2C 为根据本发明的一个示例性实施例的图 2A 中的体声波谐振器沿 B-B' 向的截面图；

图 2D 为图 2A 中的离散结构的尺寸示意图；

图 3A 为根据本发明的另一个示例性实施例的体声波谐振器的示意性俯视图，其中设置了两个环形离散结构；

图 3B 为根据本发明的一个示例性实施例的图 3A 中的体声波谐振器沿 C-C' 向的截面图；

图 3C 为根据本发明的一个示例性实施例的图 3A 中的体声波谐振器沿 C-C' 向的截面图；

图 3D 为根据本发明的一个示例性实施例的图 3A 中的体声波谐振器沿 C-C' 向的截面图；

图 3E 为根据本发明的一个示例性实施例的图 3A 中的体声波谐振器沿 C-C' 向的截面图；

图 3F 为图 3A 中的离散结构的尺寸示意图；

图 4A 为根据本发明的另一个示例性实施例的体声波谐振器的示意性俯视图，其中设置了三个环形离散结构；

图 4B 为根据本发明的一个示例性实施例的图 4A 中的体声波谐振器沿 D-D' 向的截面图；

图 4C 为根据本发明的一个示例性实施例的图 4A 中的体声波谐振器沿 D-D' 向的截面图；

图 4D 为根据本发明的一个示例性实施例的图 4A 中的体声波谐振器沿 D-D' 向的截面图；

图 4E 为根据本发明的一个示例性实施例的图 4A 中的体声波谐振器沿 D-D' 向的截面图；

图 4F 为根据本发明的一个示例性实施例的图 4A 中的体声波谐振器沿 D-D' 向的截面图；

图 5 为根据本发明的一个示例性实施例的多圈离散结构的尺寸示意图；

图 6A 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俯视图，其中，离散结构为单圈，且离散单元具有方形截面；

图 6B 为根据本发明的一个示例性实施例的图 6A 中的体声波谐振器沿 E-E' 向的截面图；

图 6C 为根据本发明的一个示例性实施例的图 6A 中的体声波谐振器沿 E-E' 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俯视图，其中，离散结构为双圈，且离散单元具有方形截面；

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俯视图，其中，离散结构为三圈，且离散单元具有方形截面；

图 9 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。

下面参照附图描述根据本发明的实施例的体声波谐振器。

图 2A 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；图 2B 为根据本发明的一个示例性实施例的图 2A 中的体声波谐振器沿 B-B' 向的截面图。

图 2A 所示的实施例中，为体声波谐振器的俯视图。该谐振器包括底电极 120、压电层 130、顶电极 140、沿谐振器有效区域边缘设置的单圈离散环形结构 150，单个离散结构设置为圆形。

图 2B 所示的实施例中，为体声波谐振器沿着图 2A 俯视图 B-B' 所取的截面图。谐振器在厚度方向上依次包括基底 100；声学镜 110，此声学镜位于基底的上表面或嵌于基底的内部，在图 2B 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层也同样适用；底电极 120、压电层 130、顶电极 140、以及设置在顶电极边缘内侧的单圈离散环形凸起结构 150。

需要指出的是，在本发明中“顶电极边缘内侧”包括了离散结构与顶电极边缘间隔开的情形，也包括了离散结构直接设置在边缘处或者与边缘的距离为零的情形。

在本发明中，组成离散结构的为离散单元，例如单个的凹陷或者凸起。

在谐振器的有效区域内具有第一声阻抗，而在单圈离散环形结构 150 中具有第二声阻抗，由于第一声阻抗与第二声阻抗不匹配，从而使得横向传播的声波在电极的边缘处被反射回来，减小了谐振器内声波能量的损失，因而提高了谐振器的并联阻抗 R_p

值及相应 Q 值。

单圈离散环形结构 150 也可做成凹陷结构，其沿着图 2A 俯视图 B-B' 所取的截面图如图 2C 所示。

单圈离散环形结构的各尺寸如图 2D 所示，L1 为离散单元的横向尺寸，S1 为相邻离散单元的间隔或者空间，W1 为离散单元的纵向尺寸，P1 为相邻离散单元的节距，D0 为单圈离散环形结构距离谐振器边缘的距离。在可选的实施例中：两个相邻离散单元之间的节距 P1 的尺寸为 $1.5\ \mu\text{m}$ – $10\ \mu\text{m}$ ，例如 $1.5\ \mu\text{m}$ 、 $8\ \mu\text{m}$ 和 $10\ \mu\text{m}$ 等，或者谐振器并联谐振频率处 S1 模式兰姆波波长 λ 的整数倍，例如 1 倍；离散单元的纵向尺寸 W1 为相应兰姆波波长的四分之一或其奇数倍，图中 S1 为相邻离散凸起或者凹陷之间（即相邻离散单元之间）的节距，作为可选的示例，为相应兰姆波波长的四分之三；所述离散结构距离所述有效区域边缘的距离 D0 可选为 0；离散单元的横向尺寸和纵向尺寸相等，即 L1 等于 W1；在可选的实施例中，单个离散单元的径向尺寸和/或横向尺寸为 $0.5\ \mu\text{m}$ – $6\ \mu\text{m}$ ，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。以上实施例仅仅为具体的示例性示例，也可以在上述尺寸数据之间进行组合，均在本发明的保护范围之内。

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 。如图 9 所示，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 9 中示出），其具有图 9 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： $\lambda = \frac{2\pi}{k_p}$ 。

需要指出的是，对于单圈环形离散结构的尺寸的描述，也可以适用于两圈或者多圈环形离散结构中的单圈结构。

图 3A 所示的实施例中，为体声波谐振器的俯视图。该谐振器的顶电极 140 上设置有两圈离散环形结构：第一圈离散环形结构 160 和第二圈离散环形结构 162。

图 3B 所示的实施例中，为体声波谐振器沿着图 3A 俯视图 C-C' 所取的截面图。谐振器在厚度方向上依次包括基底 100；声学镜 110，此声学镜位于基底的上表面或嵌于基底的内部，在图 3B 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层也同样适用；底电极 120、压电层 130、顶电极 140、以及设

置在顶电极边缘内侧的第一圈离散环凸起结构 160 和第二圈离散环凸起结构 162。

在谐振器的有效区域内具有第一声阻抗，而在环形凸起结构中具有第二声阻抗，由于第一声阻抗与第二声阻抗不匹配，从而使得横向传播的声波在电极的边缘处被反射回来，减小了谐振器内声波能量的损失，因而提高了谐振器的并联阻抗 R_p 值及 Q 值。

第一圈离散环形结构 160 和第二圈离散环形结构 162 也可全部做成凹陷结构，其沿着图 3A 俯视图 C-C' 所取的截面图如图 3C 所示。

第一圈离散环形结构 160 和第二圈离散环形结构 162 也可以做成不同的结构，如图 3D 所示，第一圈离散环形结构 160 为凸起结构，第二圈离散环形结构 162 为凹陷结构；或者如图 3E 所示，第一圈离散环形结构 160 为凹陷结构，第二圈离散环形结构 162 为凸起结构。

双圈离散环形结构的各尺寸如图 3F 所示， L_2 为第二圈离散环形结构的离散单元的横向尺寸， S_2 为第二圈离散环形结构相邻离散单元的间隔或者空间， W_2 为第二圈离散环形结构的离散单元的纵向尺寸， P_2 为第二圈离散环形结构的相邻离散单元的节距。 d_1 为第一圈离散环形结构的离散单元和第二圈离散环形结构的邻近离散单元的水平节距， D_1 为第一圈离散环形结构和第二圈离散环形结构的间隔。在一个可选的实施例中： P_2 与 P_1 相等，且等于谐振器并联谐振频率处 S_1 模式兰姆波波长， W_2 与 W_1 为相应兰姆波波长的四分之一， S_2 和 S_1 为相应兰姆波波长的四分之三， D_0 为 0， D_1 为相应兰姆波波长的四分之三， d_1 为 0 或者相应兰姆波波长的四分之一或二分之一。可选的， L_2 等于 W_2 。

参考图 3F，两个离散结构中心线的径向距离 $W_2 + D_1$ ，可以定义为相邻两个离散结构在径向方向上的节距。该节距可以为 $1\ \mu\text{m}$ – $10\ \mu\text{m}$ ，或者为体声波谐振器并联谐振频率处 S_1 模式兰姆波波长的整数倍。

以上仅为示例性说明，该两个环形结构中的每一离散环形结构可以采用其他尺寸，或者在单圈离散环形结构中描述的具体尺寸及其组合，均在本发明的保护范围之内。图 4A 所示的实施例中，为体声波谐振器的俯视图。在 FBAR 顶电极 140 上设置有三圈离散环形结构：第一圈离散环形结构 170、第二圈离散环形结构 172 和第三圈离散环形结构 174。

图 4B 所示的实施例中，为体声波谐振器沿着图 4A 俯视图 D-D' 所取的截面图。

谐振器在厚度方向上依次包括基底 100；声学镜 110，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层也同样适用；底电极 120、压电层 130、顶电极 140、以及设置在顶电极边缘内侧的第一圈离散环凸起结构 170、第二圈离散环凸起结构 172 和第三圈离散环凸起结构 174。

在谐振器的有效区域内具有第一声阻抗，而在环形凸起结构中具有第二声阻抗，由于第一声阻抗与第二声阻抗不匹配，从而使得横向传播的声波在电极的边缘处被反射回来，减小了谐振器内声波能量的损失，因而提高了谐振器的并联阻抗 R_p 值及 Q 值。

第一圈离散环形结构 170、第二圈离散环形结构 172 和第三圈离散环形结构 174 也可全部做成凹陷结构，其沿着图 4A 俯视图 D-D' 所取的截面图如图 4C 所示。

第一圈离散环形结构 170、第二圈离散环形结构 172 和第三圈离散环形结构 174 也可做成不同的凹凸结构，如图 4D 所示，第一圈离散环形结构 170 和第二圈离散环形结构 172 为凸起结构，第三圈离散环形结构 174 为凹陷结构；或者如图 4E 所示，第一圈离散环形结构 170 和第三圈离散环形结构 174 为凸起结构，第二圈离散环形结构 172 为凹陷结构；或者如图 4F 所示，第一圈离散环形结构 170 为凸起结构，第二圈离散环形结构 172 和第三圈离散环形结构 174 为凹陷结构。在本发明中，附图中仅示出了一部分组合形式，还可以有其他不同形式的组合，本发明未一一列出。

实施例 3 列出了顶电极设置有三圈离散环形结构的体声波谐振器，还可以设置四圈或更多圈。

多圈离散环形结构的各尺寸如图 5 所示， L_n 为第 n 圈离散环形结构的横向尺寸， S_n 为第 n 圈离散环形结构的相邻离散单元的间隔或者空间， W_n 为第 n 圈离散环形结构的纵向尺寸， P_n 为第 n 圈离散环形结构的相邻离散单元的节距。 d_{n-1} 为第 $n-1$ 圈离散环形结构的一个离散单元和第 n 圈离散环形结构的一个相邻离散单元的水平节距， D_{n-1} 为第 $n-1$ 圈离散环形结构和第 n 圈离散环形结构的(在径向或者纵向上的)间隔。在一个可选的示例中： P_n 均相等且等于谐振器并联谐振频率处 S1 模式兰姆波波长， W_n 为相应兰姆波波长的四分之一， S_n 为相应兰姆波波长的四分之三， D_0 为 0， D_{n-1} 为相应兰姆波波长的四分之三， d_{n-1} 为 0 或者相应兰姆波波长的四分之一或二分之一。以上仅为示例性说明，该多个离散环形结构可以为其他尺寸。该多个环形结构中的每

一离散环形结构可以采用其他尺寸，或者在单圈离散环形结构中描述的具体尺寸及其组合，均在本发明的保护范围之内。

在本发明中，多个离散结构的尺寸可以是如下的形式：

例如，径向上相邻的两个离散结构在径向方向上的节距为 $1\ \mu\text{m}$ – $10\ \mu\text{m}$ ，或者为体声波谐振器并联谐振频率处 S1 模式兰姆波波长的整数倍。

再如，每个离散结构的相邻离散单元在横向方向上的节距为 $1\ \mu\text{m}$ – $10\ \mu\text{m}$ ，或者为体声波谐振器并联谐振频率处 S1 模式兰姆波波长的整数倍。

再如，单个离散单元的径向尺寸和/或横向尺寸为 $0.5\ \mu\text{m}$ – $6\ \mu\text{m}$ ，或者为体声波谐振器并联谐振频率处 S1 模式兰姆波波长的四分之一或其奇数倍。

可选的，在横向方向上，径向上（或者纵向上）相邻的两个离散结构中，一个离散结构的一个离散单元与另一个离散结构中与其邻近的一个离散单元之间的横向节距为 0 – $5\ \mu\text{m}$ ，或者为体声波谐振器并联谐振频率处 S1 模式兰姆波波长的四分之一或其整数倍。

在可选的实施例中，离散环形结构所占谐振器有效区域的面积不超过谐振器有效区域的总面积的 20%，优选的低于 10%。

可选的，离散单元的纵向尺寸与横向尺寸相同，即 L_n 等于 W_n 。

除圆形结构外，也可将薄膜体声波谐振结构顶电极上的离散环形结构做成方形，如图 6A 所示。210 为单圈离散环形结构。

图 6B 所示的实施例中，为体声波谐振器沿着图 6A 俯视图 E-E' 所取的截面图。谐振器在厚度方向上依次包括基底 100；声学镜 110，此声学镜位于基底的上表面或嵌于基底的内部，在图 6B 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层也同样适用；底电极 120、压电层 130、顶电极 140、以及设置在顶电极边缘内侧的单圈离散环形结构 210。

在谐振器的有效区域内具有第一声阻抗，而在环形凸起结构中具有第二声阻抗，由于第一声阻抗与第二声阻抗不匹配，从而使得横向传播的声波在电极的边缘处被反射回来，减小了谐振器内声波能量的损失，因而提高了谐振器的并联阻抗 R_p 值及 Q 值。

单圈离散环形结构 210 也可做成凹陷结构，其沿着图 6A 俯视图 E-E' 所取的截

面图如图 6C 所示。

同样也可在薄膜体声波谐振结构顶电极上设置两圈、三圈或多圈方形离散环形结构。图 7 为双圈方形离散环形结构，图 8 为三圈方形离散环形结构。

在本发明中，对于凸起或者凹陷，其截面的方形结构的尺寸需满足和圆形截面的凸起或者凹陷相同的尺寸要求。除圆形、方形外，离散环形结构中的离散单元的截面也可其他的形状。

在本发明中，离散结构可以是金属或者介质材料，也可以为与压电层或者电极相同的材料。所述介质材料可以为氮化铝、二氧化硅、氮化硅等。金属可以为金 (Au)、钨 (W)、钼 (Mo)、铂 (Pt) 等。

基于以上，本发明提出了一种体声波谐振器，包括：

基底 100；

声学镜 110；

底电极 120，设置在基底 100 上侧；

顶电极 140；和

压电层 130，设置在底电极上侧以及底电极与顶电极之间，

其中：

声学镜 110、底电极 120、压电层 130、顶电极 140 在基底 100 的厚度方向重叠的区域为谐振器的有效区域；

所述谐振器还包括至少一个离散结构 150 或 160 或 170，所述离散结构在所述有效区域内侧呈条状延伸设置，每个离散结构包括多个离散单元。这里的离散单元可以认为是例如单个的凸起或者凹陷。

以顶电极上设置离散结构为例，通过在顶电极的有效区域内侧增加有规律分布的离散凸起或凹陷结构，此结构可导致有效区域边缘的阻抗不匹配，进而会使得声波在边界处被反射回有效激励区域中，从而有机会转换成主振动模式，减少谐振器中能量的损耗，从而提高并联阻抗 R_p 。

在本发明中，在谐振器的有效区域的一边或多边边缘处，在例如顶电极上加工一种离散结构，实践中通过选择合适的离散结构尺寸，能够有效反射泄露到基底中的声波，从而有效提高谐振器并联阻抗 R_p 值。

在本发明的附图中，离散结构为环形离散结构。不过，离散结构也可以为多个离

散结构段，所述多个离散结构段彼此之间间隔开且沿围绕所述有效区域内侧设置。例如，离散结构段可以为设置在图 2A 中所示的多边形的有效区域的一条边或多条边的一个或多个离散结构段。

在本发明中，如附图所示，在可选的实施例中，所述离散结构与所述有效区域的横向距离保持不变。

在本发明的一个示例性实施例中，离散结构均形成在顶电极上。但是，本发明不限于此。离散结构可设置于所述压电层的下侧或者上侧；或者离散结构设置于所述顶电极的下侧；或者离散结构设置于所述底电极的上侧或者下侧；或者谐振器还设置有覆盖顶电极的钝化层，所述离散结构设置于所述钝化层下侧，等等。

在本发明中，方位中的“上侧”表示在谐振器的厚度方向上远离基底的一侧，而“下侧”表示在谐振器的厚度方向上靠近基底的一侧。

基于以上，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，包括上述的滤波器或者谐振器。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。

相应的，本发明还提出了一种提高体声波谐振器的并联阻抗的方法，包括步骤：围绕所述谐振器的有效区域在谐振器的顶电极上侧形成至少一个环形离散结构。

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，设置在基底上侧；

顶电极；和

压电层，设置在底电极上侧以及底电极与顶电极之间，

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；

所述谐振器还包括至少一个离散结构，所述离散结构位于有效区域内侧，且沿有效区域边缘呈条状延伸设置，每个离散结构包括多个离散单元。

2、根据权利要求 1 所述的谐振器，其中：

所述离散结构为环形离散结构。

3、根据权利要求 2 所述的谐振器，其中：

所述离散结构与所述有效区域边缘的横向距离保持不变。

4、根据权利要求 1-3 中任一项所述的谐振器，其中：

所述至少一个离散结构包括一个离散结构。

5、根据权利要求 4 所述的谐振器，其中：

所述离散结构设置在顶电极上侧。

6、根据权利要求 5 所述的谐振器，其中：

所述离散单元为凸起。

7、根据权利要求 5 所述的谐振器，其中：

所述离散单元为凹陷。

8、根据权利要求 5-7 中任一项所述的谐振器，其中：

两个相邻离散单元之间的节距为 $1\ \mu\text{m}$ - $10\ \mu\text{m}$ ，或者为体声波谐振器并联谐振频率处 S1 模式兰姆波波长的整数倍。

9、根据权利要求 7 或 8 所述的谐振器，其中：

单个离散单元的径向尺寸和/或横向尺寸为 $0.5\ \mu\text{m}$ - $6\ \mu\text{m}$ ，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。

10、根据权利要求 9 所述的谐振器，其中：

所述离散结构距离所述有效区域边缘的距离为 0。

11、根据权利要求 1-3 中任一项所述的谐振器，其中：

所述至少一个离散结构包括至少两个离散结构，所述至少两个离散结构在径向方向上间隔开。

12、根据权利要求 11 所述的谐振器，其中：

所述至少两个离散结构包括由凸起组成的凸起离散结构和/或由凹陷组成的凹陷离散结构。

13、根据权利要求 11 或 12 所述的谐振器，其中：

径向上相邻的两个离散结构在径向方向上的节距为 $1\ \mu\text{m}$ – $10\ \mu\text{m}$ ，或者为体声波谐振器并联谐振频率处 S1 模式兰姆波波长的整数倍。

14、根据权利要求 13 所述的谐振器，其中：

每个离散结构的相邻离散单元在横向方向上的节距为 $1\ \mu\text{m}$ – $10\ \mu\text{m}$ ，或者为体声波谐振器并联谐振频率处 S1 模式兰姆波波长的整数倍。

15、根据权利要求 14 所述的谐振器，其中：

单个离散单元的径向尺寸和/或横向尺寸为 $0.5\ \mu\text{m}$ – $6\ \mu\text{m}$ ，或者为体声波谐振器并联谐振频率处 S1 模式兰姆波波长的四分之一或其奇数倍。

16、根据权利要求 14 或 15 所述的谐振器，其中：

在横向方向上，径向上相邻的两个离散结构中，一个离散结构的一个离散单元与另一个离散结构中与其邻近的一个离散单元之间的横向节距为 0 – $5\ \mu\text{m}$ ，或者为体声波谐振器并联谐振频率处 S1 模式兰姆波波长的四分之一或其整数倍。

17、根据权利要求 16 所述的谐振器，其中：

处于外侧的离散结构距离所述有效区域边缘的径向距离为 0。

18、根据权利要求 1-17 中任一项所述的谐振器，其中：

所述离散结构所占谐振器的有效区域面积不超过谐振器的有效区域总面积的 20%。

19、根据权利要求 18 所述的谐振器，其中：

所述离散结构所占谐振器的有效区域面积不超过谐振器的有效区域总面积的 10%。

20、根据权利要求 1-3 中任一项所述的谐振器，其中：

所述离散结构设置于所述压电层、顶电极或者底电极；或者

所述谐振器还设置有覆盖顶电极的钝化层，所述离散结构设置于所述钝化层的下侧。

21、根据权利要求 1-3 中任一项所述的谐振器，其中：

形成所述离散结构的材料包括金属、介质材料或者与压电层或者电极相同的材料。

22、根据权利要求 1-3 中任一项所述的谐振器，其中：

所述离散单元的横截面形状为圆形或者方形。

23、一种滤波器，包括根据权利要求 1-22 中任一项所述的体声波谐振器。

24、一种电子设备，包括根据权利要求 23 所述的滤波器或者根据权利要求 1-22 中任一项所述的谐振器。

25、一种提高体声波谐振器的并联阻抗的方法，包括步骤：

围绕所述谐振器的有效区域在谐振器的顶电极上侧形成至少一个环形离散结构。

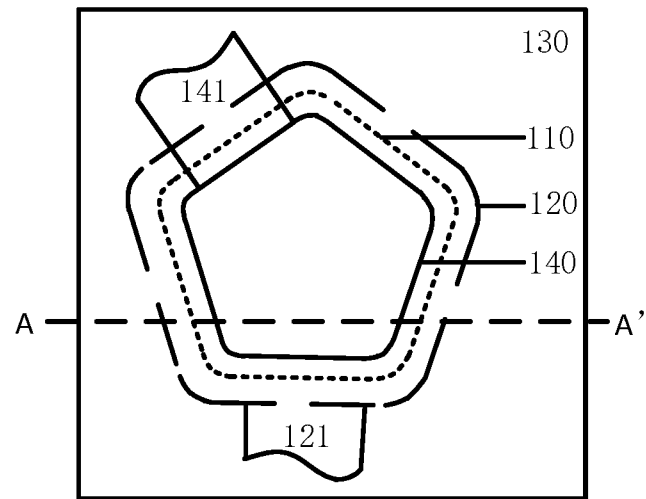


图 1A

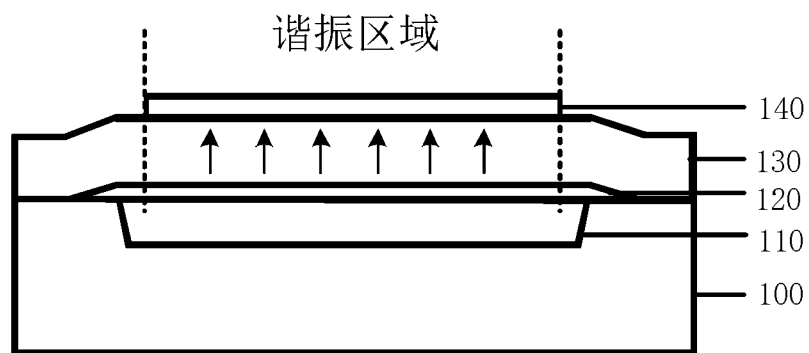


图 1B

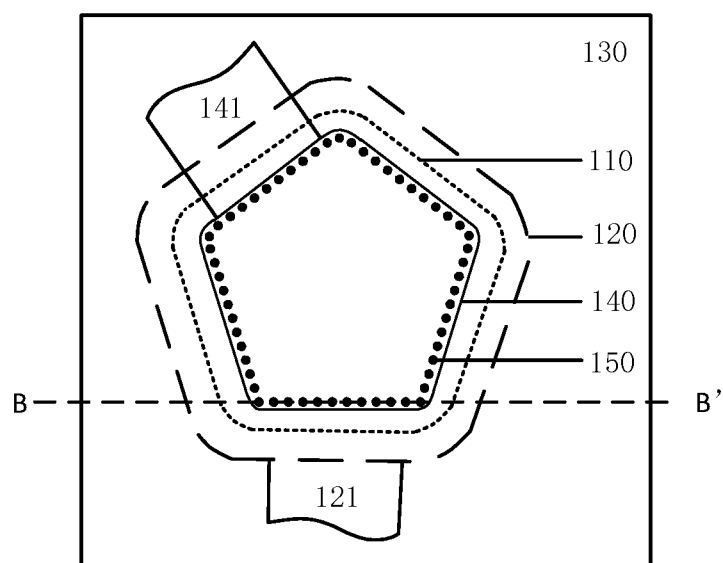


图 2A

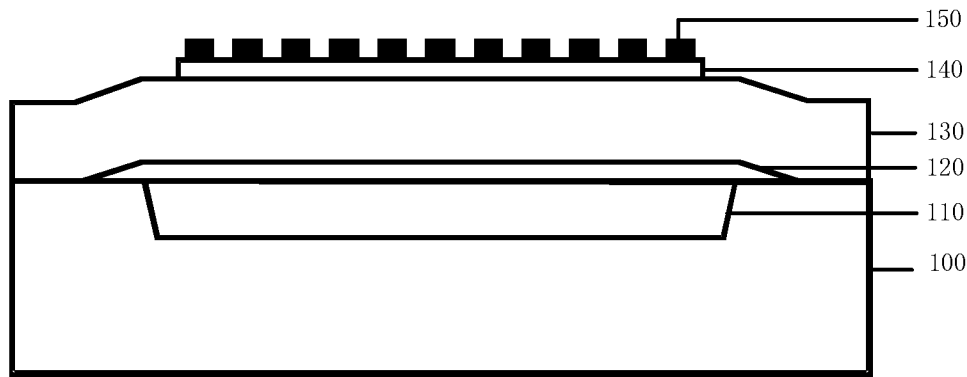


图 2B

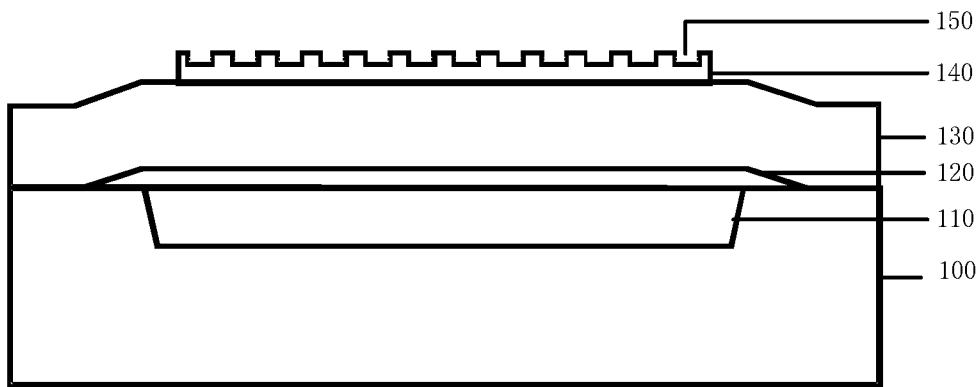


图 2C

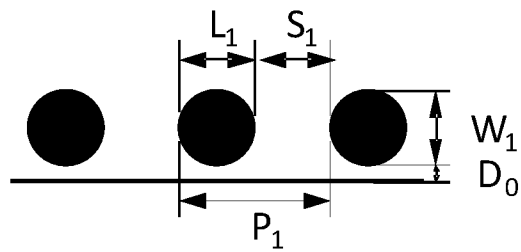


图 2D

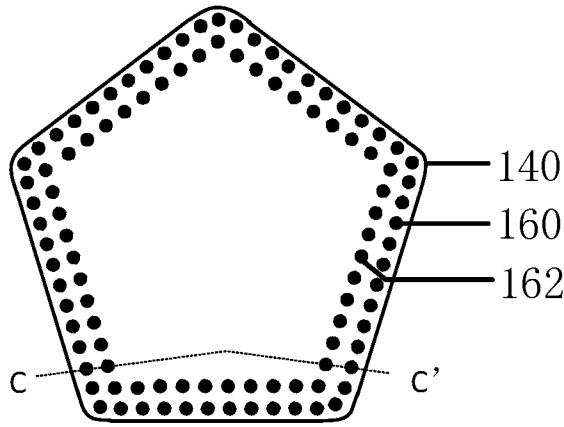


图 3A

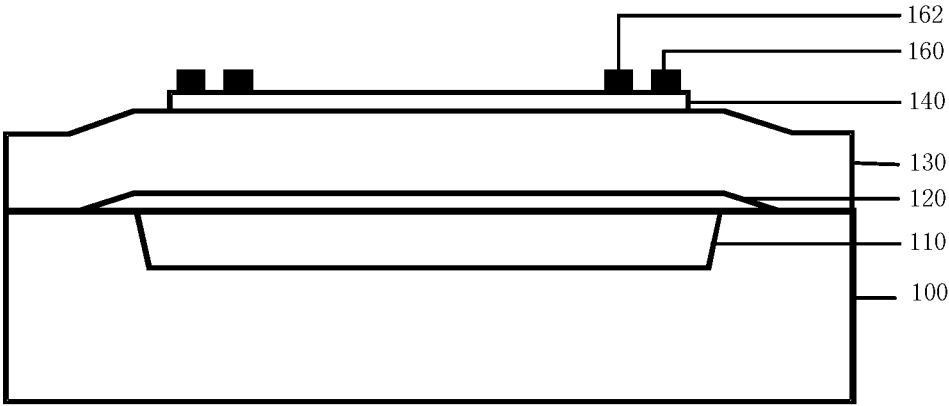


图 3B

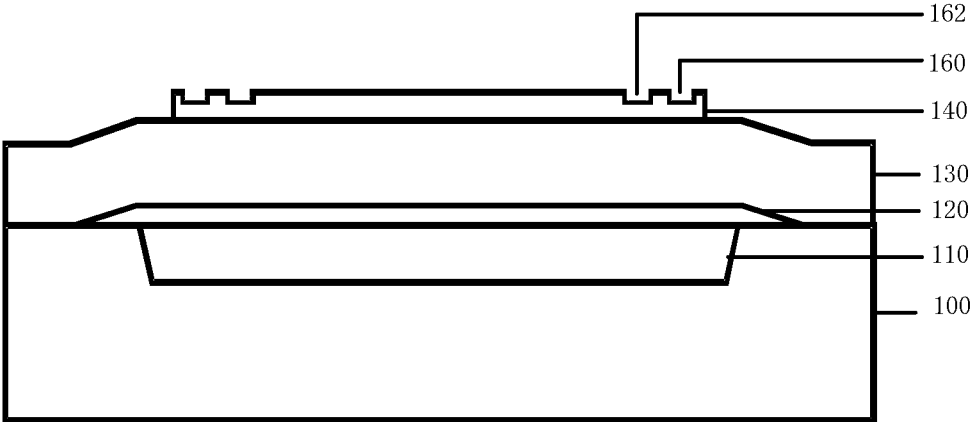


图 3C

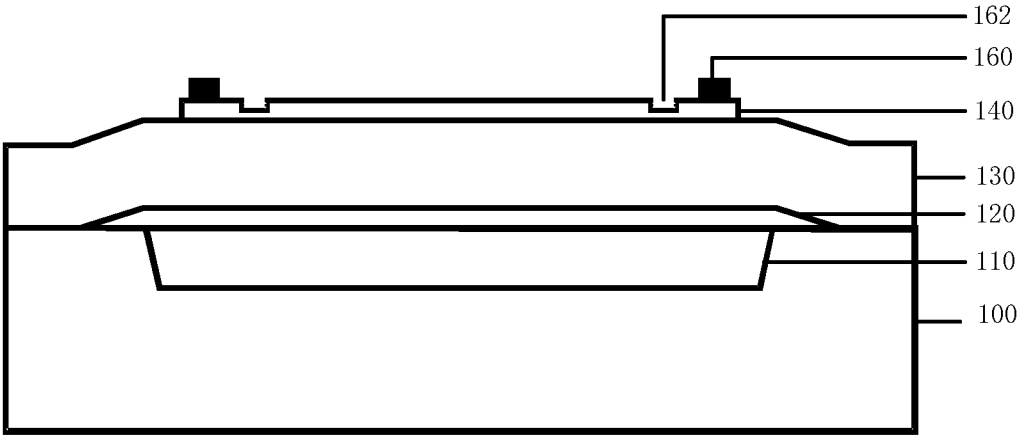


图 3D

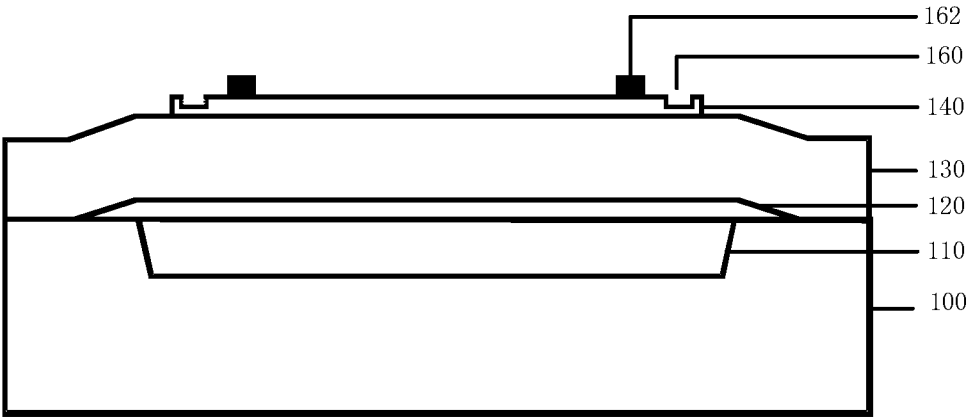


图 3E

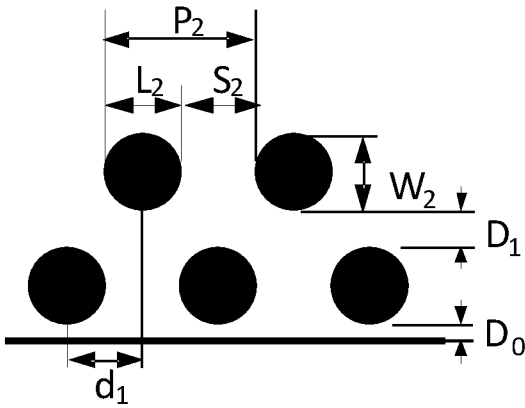


图 3F

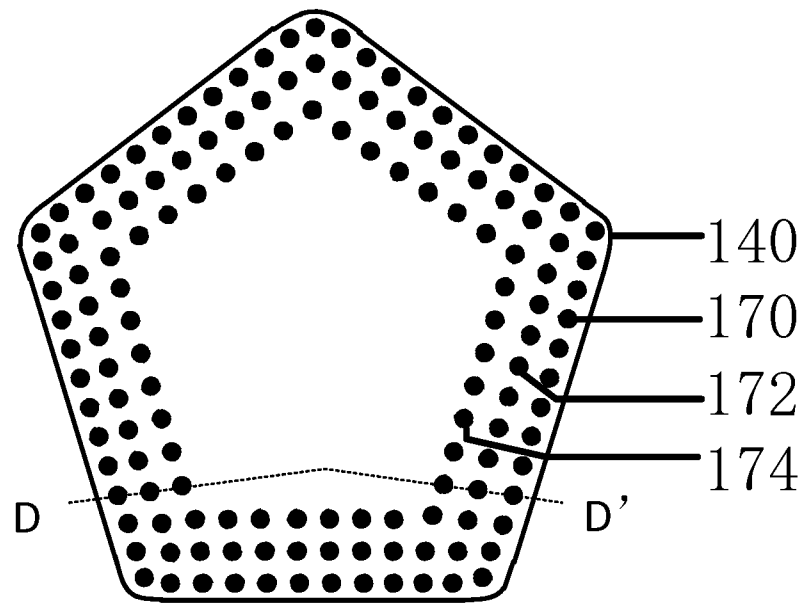


图 4A

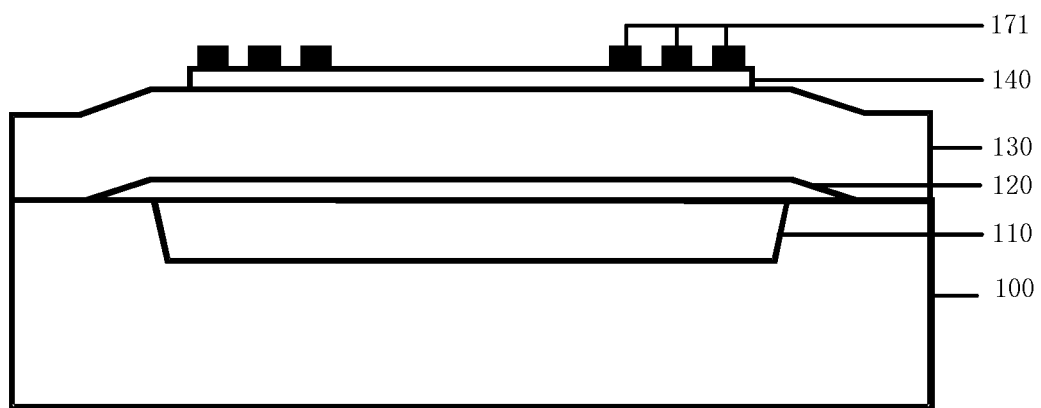


图 4B

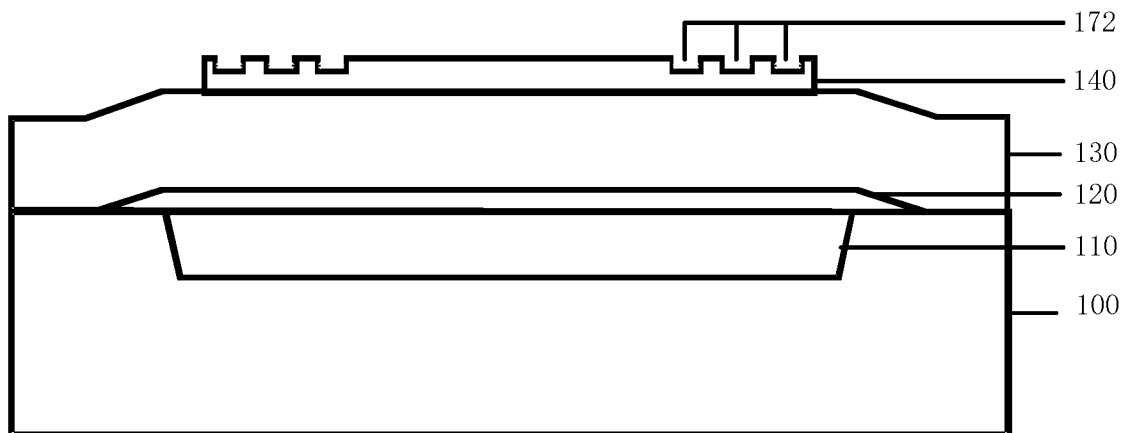


图 4C

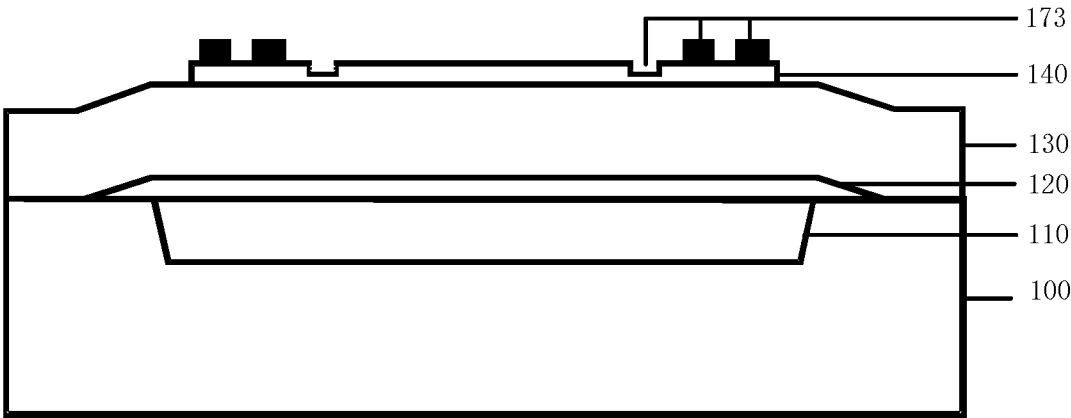


图 4D

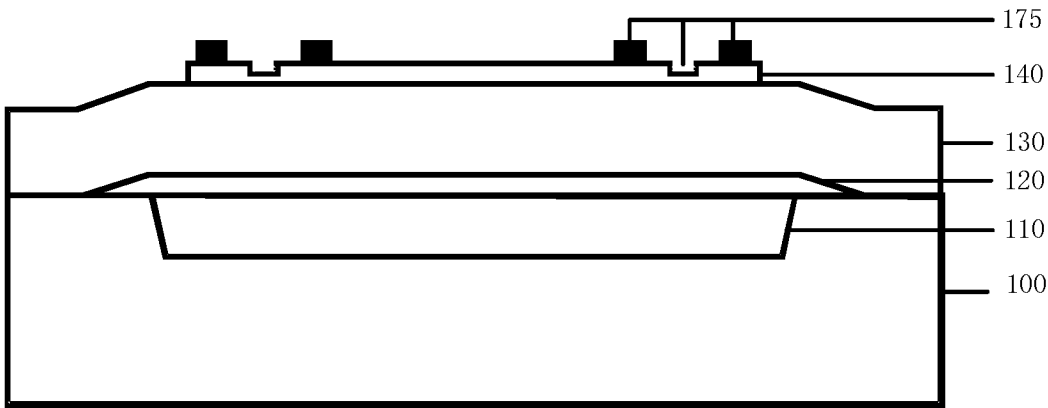


图 4E

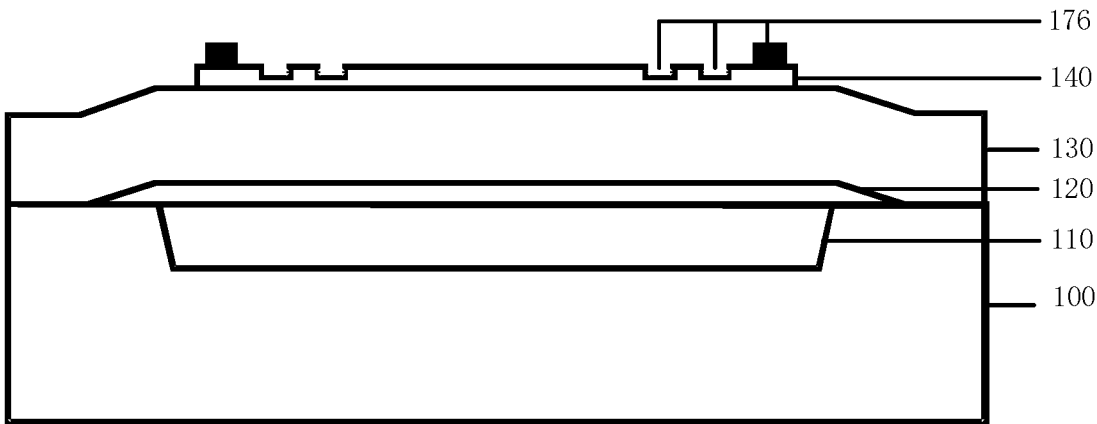


图 4F

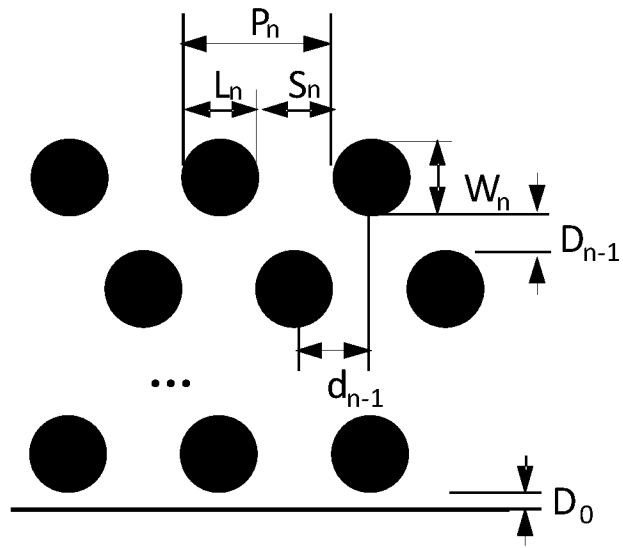


图 5

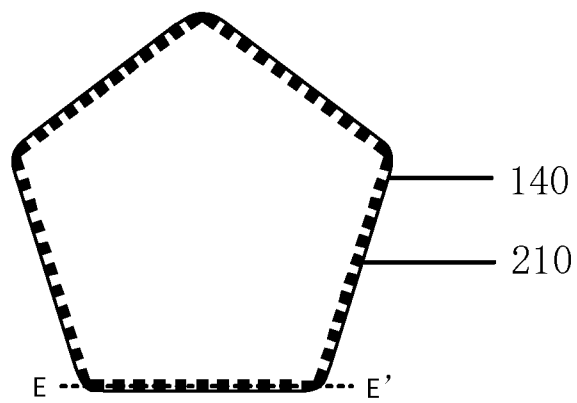


图 6A

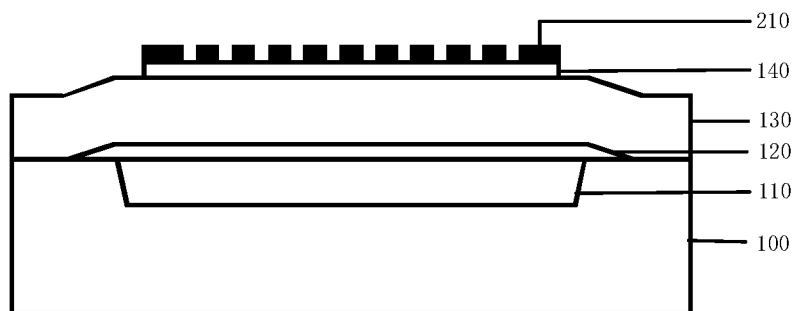


图 6B

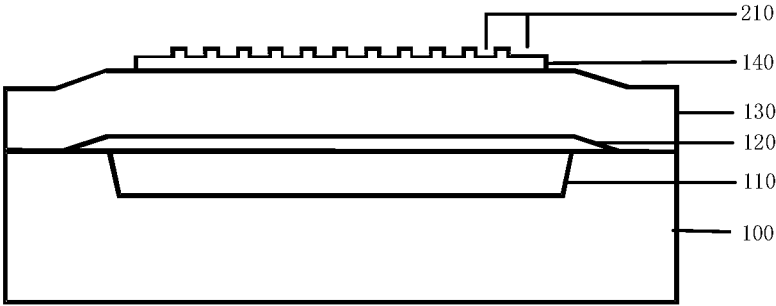


图 6C

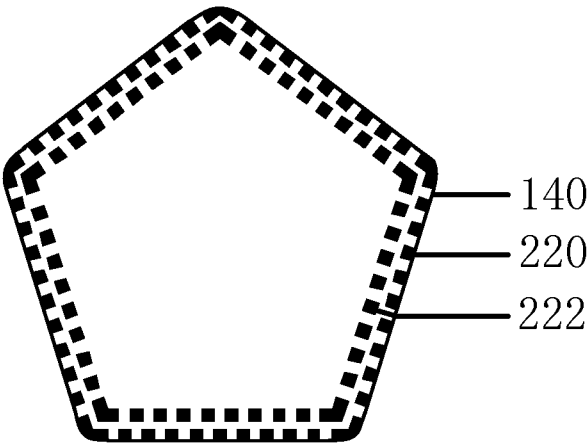


图 7

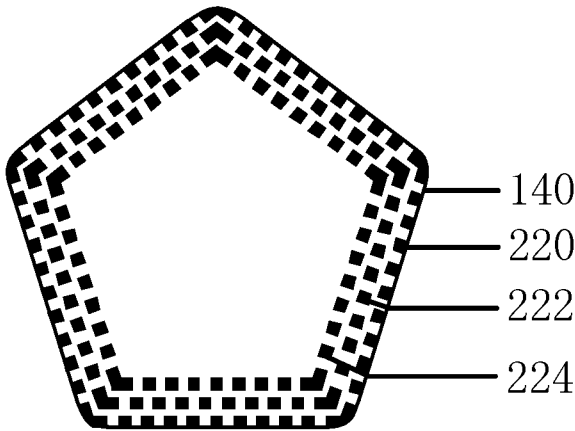


图 8

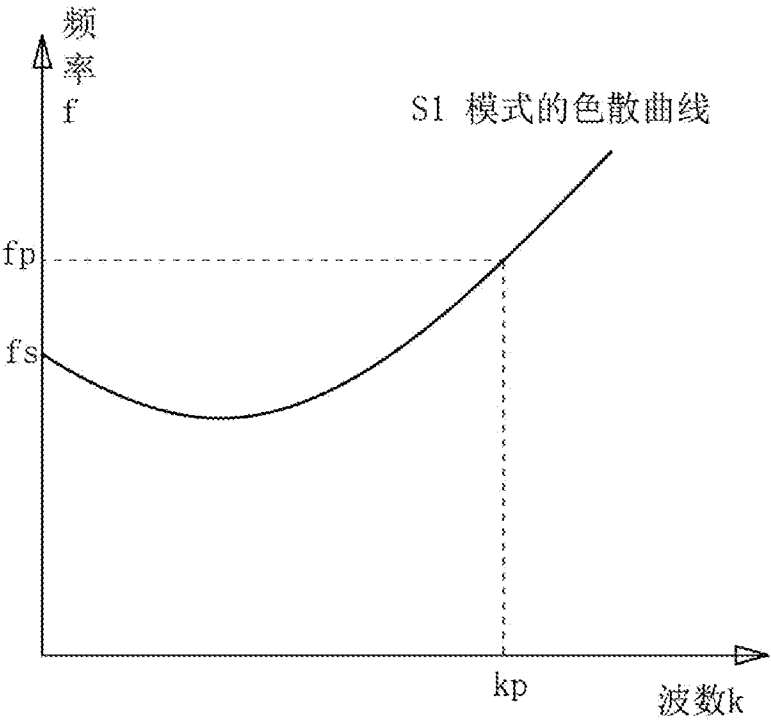


图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/121095

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03H 9/17(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)

CNABS; CNTXT; CNKI; VEN; WOTXT; EPTXT; USTXT; IEEE: 天津大学, 诺思, 杨清瑞, 庞慰, 张孟伦, 体声波谐振器, 阻抗, 反射, 兰姆波, 离散, 凸起, 凸部, 凸块, 凹陷, 凹部, 凹槽, BAW, bulk acoustic wave resonator, impedance, reflect+, convex, concave, groove, Lamb wave

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 102223142 A (ZHANG, Hao) 19 October 2011 (2011-10-19) description, paragraphs [0059]-[0083], and figures 1-8	1-25
A	CN 108649920 A (GUIZHOU HUNTERSUN MICROELECTRONIC CO., LTD.) 12 October 2018 (2018-10-12) entire document	1-25
A	CN 1801614 A (AGILENT TECHNOLOGIES CO., LTD.) 12 July 2006 (2006-07-12) entire document	1-25

☐ 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

26 February 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

Authorized officer

Facsimile No. (86-10)62019451

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/121095

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	102223142	A	19 October 2011	CN	102223142	B	10 September 2019
CN	108649920	A	12 October 2018	None			
CN	1801614	A	12 July 2006	JP	2006109472	A	20 April 2006
				JP	5005903	B2	22 August 2012
				TW	200620820	A	16 June 2006
				CN	1801614	B	16 June 2010
				GB	2418791	A	05 April 2006
				TW	I365603	B	01 June 2012
				KR	20060053994	A	22 May 2006
				US	2006103492	A1	18 May 2006
				US	7280007	B2	09 October 2007
				US	7388454	B2	17 June 2008
				US	2008258842	A1	23 October 2008
				US	2006071736	A1	06 April 2006
				US	7714684	B2	11 May 2010

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/121095

A. 主题的分类

H03H 9/17(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))

CNABS;CNTXT;CNKI;VEN;WOTXT;EPTXT;USTXT;IEEE: 天津大学, 诺思, 杨清瑞, 庞慰, 张孟伦, 体声波谐振器, 阻抗, 反射, 兰姆波, 离散, 凸起, 凸部, 凸块, 凹陷, 凹部, 凹槽, BAW, bulk acoustic wave resonator, impedance, reflect+, convex, concave, groove, Lamb 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	CN 102223142 A (张浩) 2011年 10月 19日 (2011 - 10 - 19) 说明书第[0059]-[0083]段, 附图1-8	1-25
A	CN 108649920 A (贵州中科汉天下微电子有限公司) 2018年 10月 12日 (2018 - 10 - 12) 全文	1-25
A	CN 1801614 A (安捷伦科技公司) 2006年 7月 12日 (2006 - 07 - 12) 全文	1-25

☐ 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 2月 26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

周凤

电话号码 (86-512) 88995873

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/121095

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	102223142	A	2011年 10月 19日	CN	102223142	B	2019年 9月 10日
CN	108649920	A	2018年 10月 12日	无			
CN	1801614	A	2006年 7月 12日	JP	2006109472	A	2006年 4月 20日
				JP	5005903	B2	2012年 8月 22日
				TW	200620820	A	2006年 6月 16日
				CN	1801614	B	2010年 6月 16日
				GB	2418791	A	2006年 4月 5日
				TW	I365603	B	2012年 6月 1日
				KR	20060053994	A	2006年 5月 22日
				US	2006103492	A1	2006年 5月 18日
				US	7280007	B2	2007年 10月 9日
				US	7388454	B2	2008年 6月 17日
				US	2008258842	A1	2008年 10月 23日
				US	2006071736	A1	2006年 4月 6日
				US	7714684	B2	2010年 5月 11日