

(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 7 月 2 日 (02.07.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/132999 A1

(51) 国际专利分类号:
H03H 9/02 (2006.01) *H03H 9/17* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2018/124080

(22) 国际申请日: 2018 年 12 月 26 日 (26.12.2018)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(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天津开发区西区新业五街 27 号, Tianjin 300457 (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)。 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: 北京汉智嘉成知识产权代理有限公司 (CHINA SMART INTELLECTUAL PROPERTY LTD.); 中国北京市东城区建国门内大街 18 号恒基中心办二 4 层 417, Beijing 100005 (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,

(54) Title: RESONATOR WITH TEMPERATURE COMPENSATION LAYER, AND FILTER

(54) 发明名称: 带有温度补偿层的谐振器、滤波器

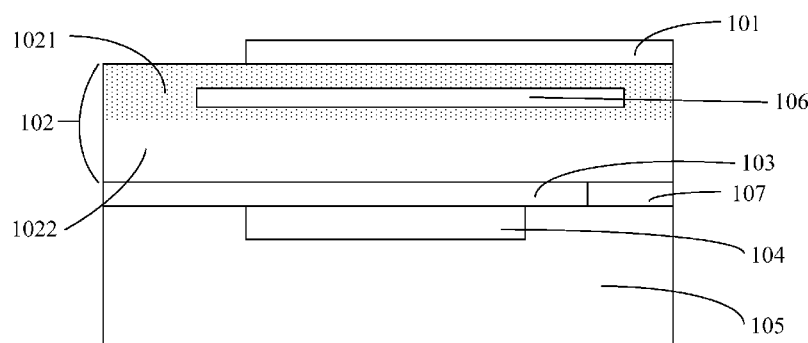


图 1

(57) Abstract: A resonator with a temperature compensation layer, and a filter. The multiple resonators are cascaded to form a filter. The resonator comprises the following components which are sequentially connected: a top electrode (101), a piezoelectric layer (102), a bottom electrode (103), an acoustic reflection structure (104), a substrate (105), and a temperature compensation layer (106) located at the top electrode (101) or the piezoelectric layer (102). A part of the piezoelectric layer (102) is doped with a rare-earth element. The resonator is capable of adjusting the speed of sound temperature coefficient of the material of the temperature compensation layer (106) so as to adjust the temperature compensation capability of the material of the temperature compensation layer (106) without affecting other properties of the resonator so that the design process of the resonator has a more flexibility.

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,
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: 一种带有温度补偿层的谐振器、滤波器。多个所述谐振器用于级联形成滤波器; 其中所述谐振器包括位置关系依次相连的顶电极(101)、压电层(102)、底电极(103)、声反射结构(104)、基底(105)以及位于所述顶电极(101)或所述压电层(102)的温度补偿层(106); 所述压电层(102)的其中一部分掺杂有稀土元素。其可以在不影响谐振器其它性能的情况下, 能够调节温度补偿层(106)材料的声速温度系数以调节温度补偿层(106)材料的温度补偿能力, 从而使得谐振器的设计过程具有更强的灵活性。

带有温度补偿层的谐振器、滤波器

5 技术领域

本发明涉及通信领域，特别地涉及一种带有温度补偿层的谐振器、滤波器。

背景技术

10 目前射频前端滤波器领域中，基于声表面波（SAW）技术和薄膜体声波（BAW）技术的滤波器由于器件的高性能表现、尺寸小型化而占据了市场的主导地位。相比 SAW 滤波器而言 BAW 滤波器解决方案在高频下能提供更加小的通带插损，更高地选择性，并且可长时间承受高功率，更好的静电放电（ESD）保护以及更加稳定的温度特性。基
15 于这些优势，BAW 滤波器技术在无线通讯应用的市场份额逐渐增大。

 压电声波谐振器的压电层、金属层或电介层的厚度以及其内的声速都随温度的变化而变化，因此压电声波谐振器的谐振频率也随温度的变化而变化。尽管上述压电声波谐振器的各层随温度变化而产生的厚度膨胀或收缩会影响谐振频率，但各层内声波传播速度随温度的改变是影响压电声波谐振器谐振频率随温度改变的主要原因。目前应用
20 在压电声波谐振器中的大部分材料都呈现出负的温度系数，即随温度的升高声速会变小，因为材料在较高温下会变“软化”（例如，跨原子力被减弱）。跨原子力的减小会导致材料弹性系数的减小，从而减小声速。由压电声波谐振器构成的射频（RF）滤波器通常有一个通带
25 频率响应，压电声波谐振器的频率温度系数（TCF）会降低射频（RF）滤波器的制造良率，因为由压电声波谐振器所构成的设备或器件只有在一定温度范围内才能满足通带带宽的要求。

 构成压电声波谐振器层叠结构的主要材料基本上都具有负的声速温度系数，而 SiO_2 （二氧化硅）材料具有正的声速温度系数，通过调
30 整层叠结构中 SiO_2 以及其它各层材料的厚度，可以有效降低压电声波

谐振器频率随温度漂移。但是插入的温度补偿层结构会降低谐振器的机电耦合系数，同时随着温度补偿层厚度的增加也会使得谐振器的品质因数 Q 值降低。在一些滤波器的应用中，需要压电谐振器的谐振频率、机电耦合系数、谐振器品质因数、谐振器频率温度系数同时满足一定要求，而通过单纯调节谐振器层叠结构中 SiO_2 以及其它各层材料的厚度难以实现。

发明内容

有鉴于此，本发明提供一种带有温度补偿层的谐振器、滤波器，使得可以在不影响谐振器的其它性能的情况下，能够调节温度补偿层材料的声速温度系数以调节温度补偿层材料的温度补偿能力，从而使得谐振器的设计过程具有更强的灵活性。

为解决上述技术问题，本发明的实施例提供了一种带有温度补偿层的谐振器，多个所述谐振器用于级联形成滤波器。所述谐振器包括位置关系依次相连的顶电极、压电层、底电极、声反射结构、基底以及位于所述顶电极或所述压电层的温度补偿层。所述压电层的其中一部分掺杂有稀土元素。温度补偿层的厚度范围是 $30\text{\AA}$ （埃）至 $3000\text{\AA}$ ，优选地可以是 $100\text{\AA}$ 至 $1000\text{\AA}$ 。

本发明的实施例还提供了一种滤波器，所述滤波器包括多个上述谐振器，多个所述谐振器级联形成所述滤波器。

由于本发明的谐振器包括温度补偿层，所以可以提高谐振器温度补偿的能力，但是也会使得谐振器的机电耦合系数降低。同时如果温度补偿层的厚度太厚，还会导致谐振器的 Q 值（ Q 值即品质因数值）降低。在压电层其中一部分掺杂的稀土元素的原子半径通常比压电层本身的原子半径大，故会引起压电层的应力发生变化，而压电层中只有其中一部分掺杂了稀土元素，所以掺杂了稀土元素的那部分压电层的应力最大，从而在掺杂部分的压电层中加入较薄的温度补偿层就能起到最好的温补效果。同时，由于温度补偿层的厚度较薄，所以可以降低其中声波能量的损耗，提高谐振器的 Q 值；而且可以通过改变压电层中稀土元素的掺杂方式，来改变压电层中的应力变化情况，进而

可以灵活改变温度补偿层所在的位置，可以使得谐振器在设计时在不影响其性能的同时，能够具有更强的灵活性。再者，由于掺入稀土元素后压电层应力的变化，会导致压电层材料中的电偶极子发生改变，当对压电层施加一电场时，压电层的材料中就会产生更大的机械响应，从而可以使得谐振器获得更高的机电耦合系数，进而能够弥补由于加入温度补偿层后所导致的谐振器机电耦合系数降低的情况。

可选的，所述压电层中靠近所述顶电极的其中一部分掺杂有稀土元素；所述温度补偿层位于所述掺杂有稀土元素的部分压电层中。

可选的，所述压电层中靠近所述底电极的其中一部分掺杂有稀土元素；所述温度补偿层位于所述掺杂有稀土元素的部分压电层中。

可选的，所述压电层依次包括第一部位、第二部位以及第三部位；所述第一部位靠近所述顶电极，所述第三部位靠近所述底电极，所述第二部位掺杂有稀土元素；所述温度补偿层位于所述第二部位。

可选的，所述压电层中靠近所述顶电极的其中一部分掺杂有稀土元素；所述温度补偿层位于所述顶电极。

可选的，所述压电层在该压电层的厚度方向上掺杂不同比例的稀土元素，且由所述底电极至所述顶电极的方向上掺杂的稀土元素的比例越来越高。

可选的，所述温度补偿层位于所述顶电极的上方。

可选的，所述温度补偿层位于所述顶电极之中，且被所述顶电极包围。

可选的，所述压电层在该压电层的厚度方向上掺杂不同比例的稀土元素，且由所述顶电极至所述底电极的方向上掺杂的稀土元素的比例越来越高。

可选的，所述温度补偿层位于所述掺杂有稀土元素比例最高的部分压电层中。

可选的，所述温度补偿层位于所述底电极之中，且被所述底电极包围。

可选的，所述压电层为单层结构或多层结构。

可选的，所述稀土元素为以下任意一种或其任意组合：镧、铈、

镨、钼、铈、钐、铀、钷、铈、钹、钆、铈、铈、铈、铈、铈以及钆。

可选的，所述稀土元素为钆。

可选的，所述钆的掺杂量为 0.5%-40%。

5 可选的，所述谐振器还包括位于所述压电层和所述基底之间的平坦层；所述平坦层位于所述底电极的其中一端且与所述底电极的末端对齐。

附图说明

附图用于更好地理解本发明，不构成对本发明的不当限定。其中：

10 图 1 是第一实施方式中带有温度补偿层的谐振器的结构示意图；

图 2 是第一实施方式中带有温度补偿层的谐振器的另一结构示意图；

图 3 是第一实施方式中带有温度补偿层的谐振器的另一结构示意图；

15 图 4 是第一实施方式中带有温度补偿层的谐振器的另一结构示意图；

图 5 是第二实施方式中带有温度补偿层的谐振器的结构示意图；

图 6 是第二实施方式中带有温度补偿层的谐振器的另一结构示意图；

20 图 7 是第二实施方式中带有温度补偿层的谐振器的另一结构示意图；

图 8 是第三实施方式中带有温度补偿层的谐振器的结构示意图；

图 9 是第三实施方式中带有温度补偿层的谐振器的另一结构示意图。

25

具体实施方式

为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图对本发明的各实施例进行详细的阐述。然而，本领域的普通技术人员可以理解，在本发明各实施例中，为了使读者更好地理解本申请而提出了许多技术细节。但是，即使没有这些技术细节和基于以下

30

各实施例的种种变化和修改，也可以实现本申请所要求保护的技术方案。

本发明的第一实施例涉及一种带有温度补偿层的谐振器。本实施例中带有温度补偿层的谐振器为薄膜体声波谐振器。多个所述谐振器用于级联形成滤波器。所述谐振器包括位置关系依次相连的顶电极、压电层、底电极、声反射结构、基底以及位于所述顶电极或所述压电层的温度补偿层。所述压电层的其中一部分掺杂有稀土元素。其中，顶电极和底电极的材料可以由金(Au)、钨(W)、钼(Mo)、铂(Pt)、钌(Ru)、铱(Ir)、钛钨(TiW)、铝(Al)、钛(Ti) 等类似金属形成。

压电层的材料可以为氮化铝(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。上述材料为压电薄膜，厚度小于 10 微米。氮化铝薄膜为多晶形态或者单晶形态，生长方式为薄膜溅射 (sputtering) 或者有机金属化学气相沉积法 (MOCVD)。

温度补偿层的材料可以为多晶硅、硼磷酸盐玻璃 (BSG)、二氧化硅 (SiO₂)、铬 (Cr) 或碲氧化物 (TeO_(x))。本发明实施例中的温度补偿层，在尽可能不影响谐振器其他性能的同时，具有较薄的厚度而且可以灵活调整位置。温度补偿层的厚度范围是 30Å (埃) 至 3000Å，优选地可以是 100Å 至 1000Å。

如图 1 所示，所述压电层 102 中靠近所述顶电极 101 的其中一部分掺杂有稀土元素，即以图 1 所示方向为例，对压电层 102 的上半部分进行掺杂。所述温度补偿层 106 位于所述掺杂有稀土元素的部分压电层 102 中。具体地说，图 1 中的带有温度补偿层 106 的谐振器为一种薄膜体声波谐振器。该带有温度补偿层 106 的谐振器除包括位置关系依次相连的顶电极 101、压电层 102、底电极 103、声反射结构 104、基底 105 以及位于所述顶电极 101 或所述压电层 102 的温度补偿层 106 以外，还包括平坦层 107。平坦层 107 的材料可以为二氧化硅、氮化硅、碳化硅等合适的介质材料。平坦层 107 位于所述压电层 102 和所述基底 105 之间，且所述平坦层 107 位于所述底电极 103 的其中一端且与所述底电极 103 的末端对齐，从而形成平整光滑的表面，有助于在底

电极 103 与平坦层 107 的连接处沉积良好的压电薄膜。所述压电层 102 可以为单层结构，也可以为多层结构。多层结构比如，掺杂有稀土元素的一部分 1021 为一层结构，没有掺杂稀土元素的一部分 1022 为另一层结构。

5 值得一提的是，在图 1 中声反射结构 104 为嵌入基底 105 中的空腔所构成，但是任何其它的声反射结构 104 如布拉格反射器也同样适用。其中，压电层 102 典型的压电材料为氮化铝（AlN）。氮化铝为纤锌矿结构即六方晶系。加入温度补偿层 106 之后虽然能够提高上述谐振器的温度补偿能力，但是也会使得谐振器的机电耦合系数降低，同时如果温度补偿层 106 厚度太厚的话，也会降低谐振器的 Q 值。因此
10 为了弥补谐振器机电耦合系数的降低以及灵活的改变温度补偿层 106 的位置和厚度，对压电层 102 进行了不对称掺杂即在压电层 102 的其中一部分掺杂有稀土元素。所述稀土元素可以为以下任意一种或其任意组合：镧(La)、铈(Ce)、镨(Pr)、钕(Nd)、钷(Pm)、钐(Sm)、铕(Eu)、钆(Gd)、铽(Tb)、镝(Dy)、钬(Ho)、铒(Er)、铥(Tm)、镱(Yb)、镱(Lu)、钇(Y)以及钪(Sc)。其中，所述稀土元素优选为钪。当稀土元素掺杂进入压电层 102 的材料中时，会替换 AlN 晶体结构中的 Al 原子，形成 $Al_{1-a}Sc_aN$ 结构，其中 a 代表 Sc 的原子含量，典型的 Sc 掺杂量可以为 0.5%-40%。

20 本实施例中，构成薄膜体声波谐振器的底电极 103、压电层 102 以及顶电极 101 具有负的温度系数。当温度升高时，在底电极 103、压电层 102 以及顶电极 101 中声波传播速度降低，谐振器的谐振频率降低。因此未经温度补偿层 106 的压电声波谐振器的频率温度系数为负。为补偿当温度变化而引起的谐振器谐振频率的变化，在掺杂有稀土元素的部分压电层 102 中添加温度补偿层 106，其声速温度系数符号与底电
25 极 103、压电层 102 以及顶电极 101 相反，即具有正声速温度系数。一般地为了得到低的频率温度系数，将温度补偿层 106 放在谐振器发生谐振时产生的应力最大处即声波能量最密集区，可以起到温度补偿的效果最好。

30 在本发明实施例中，由于掺杂稀土元素的原子半径比铝元素的原

子半径大，会引起压电材料中的应力发生变化，而压电层 102 中只有其中一部分结构中掺杂了稀土元素，所以在掺杂有稀土元素的部分压电层 102 的应力最大，从而在其中加入较薄的温度补偿层 106 结构就能起到最好的温补效果。同时由于温度补偿层 106 的厚度较薄，所以可以降低其中声波能量的损耗，提高谐振器的 Q 值；而且可以通过改变压电层中稀土元素的掺杂方式，来改变压电层中的应力变化情况，进而可以灵活改变温度补偿层所在的位置，可以使得谐振器在设计时在不影响其性能的同时，能够具有更强的灵活性。而且由于掺入稀土元素后压电层 102 中应力的变化，会导致压电层 102 材料中的电偶极子发生改变，当对压电层 102 施加一电场时，压电层 102 材料中就会产生更大的机械响应，从而可以使得谐振器获得更高的机电耦合系数，进而能够弥补由于加入温度补偿层 106 后所导致的谐振器机电耦合系数的降低。

或者，如图 2 所示，所述压电层 102 中靠近所述底电极 103 的其中一部分掺杂有稀土元素，即以图 2 所示方向为例，对压电层 102 的下半部分进行掺杂。所述温度补偿层 106 位于所述掺杂有稀土元素的部分压电层 102 中。所述压电层 102 可以为单层结构，也可以为多层结构。多层结构比如，掺杂有稀土元素的一部分 1021 为一层结构，没有掺杂稀土元素的一部分 1022 为另一层结构。

或者，如图 3 所示，所述压电层 102 依次包括第一部位 301、第二部位 302 以及第三部位 303。所述第一部位 301 靠近所述顶电极 101，所述第三部位 303 靠近所述底电极 103，所述第二部位 302 掺杂有稀土元素，即以图 3 所示方向为例，对压电层 102 的中间部分进行掺杂。所述温度补偿层 106 位于所述第二部位 302。所述压电层 102 可以为单层结构，也可以为多层结构。多层结构比如，第一部位 301、第二部位 302 以及第三部位 303 为三层结构。

或者，如图 4 所示，所述压电层 102 中靠近所述顶电极 101 的其中一部分掺杂有稀土元素，即以图 4 所示方向为例，对压电层 102 的上半部分进行掺杂。所述压电层 102 可以为单层结构，也可以为多层结构。多层结构比如，掺杂有稀土元素的一部分 1021 为一层结构，没

有掺杂稀土元素的一部分 1022 为另一层结构。所述温度补偿层 106 位于所述顶电极 101，且被所述顶电极 101 包围。由于在压电层 102 中掺杂的部分位于其上半部，所以谐振器在压电层 102 上半部分中的应力最大，因此将温度补偿层 106 放在顶电极 101 中（此时离谐振器中应力最大处最近），可以使得温度补偿层 106 具有较薄的厚度即可以达到更好的温补效果，同时由于温度补偿层 106 的厚度较薄，因此降低了其中能量的损耗，进而使得谐振器的 Q 值得到提高。如果将温度补偿层 106 放在下电极中，要达到相同的温补效果，则需要更厚的温度补偿层 106，这样会使得谐振器的机电耦合系数和 Q 值进一步下降。因此对压电层 102 进行不对称掺杂，通过改变掺杂的方式即可以改变温度补偿层 106 在谐振器中的位置和厚度。

另外，由于温度补偿层 106 通常是由绝缘材料组成，所以当温度补偿层 106 位于两电极（两电极指的是上述顶电极 101 和底电极 103）与压电层 102 之间就作为一个串联电容，两电极之间的部分电压会落在温度补偿层 106 上，从而使得压电层 102 内的压降减小，压电层 102 内的电场强度也相应减小。因此对谐振器的机电耦合系数会产生影响。当温度补偿层 106 包裹在顶电极 101 之内后，由于在温度补偿层 106 的周围电极是相连接的，故在温度补偿层 106 周围的电极中具有相同的电势，所以在包裹在顶电极 101 中的温度补偿层 106 中的电场强度接近为零。声波谐振器顶电极 101 和底电极 103 之间的压降全部都位于压电层 102 之内，使得声波谐振器的机电耦合系数相比增大。另外，由于温度补偿层 106 没有在压电层 102 之内，因此不会破坏压电层 102 中压电材料的完整性。

本发明的第二实施例涉及一种带有温度补偿层的谐振器，本实施与第一实施例有所不同。不同之处在于：本实施例中压电层在该压电层的厚度方向上掺杂不同比例的稀土元素，且由底电极至顶电极的方向上掺杂的稀土元素的比例越来越高。

所述压电层在该压电层的厚度方向上掺杂不同比例的稀土元素，且由所述底电极至所述顶电极的方向上掺杂的稀土元素的比例越来越

高。其中，所述温度补偿层位于所述顶电极的上方。或者，所述温度补偿层位于所述顶电极之中，且被所述顶电极包围。掺杂的所述稀土元素的比例变化范围为 0~30%。

具体地说，如图 5 所示，在本发明实施例中，由于掺杂的稀土元素原子半径比铝元素的原子半径大，会引起压电层 102 材料中的应力发生变化。而由于压电层 102 在图 5 所示的厚度方向上掺杂的稀土元素的比例逐渐增大，图 5 中以掺杂三种比例的稀土元素为例进行说明，从标识 501、标识 502 至标识 503 掺杂的稀土元素的比例逐渐增大，而标识 504 部分的压电层 102 没有掺杂稀土元素。压电层 102 可以为单层结构也可以为多层结构。即压电层 102 中的标识 501、标识 502、标识 503 以及标识 504 所指示的部分可以为单层结构也可以为四层结构。所以在压电层 102 的上表面具有最大的应力，因此可以将较薄的温度补偿层 106 结构放在压电层 102 的上表面就能起到最好的温补效果。同时由于温度补偿层 106 的厚度较薄，所以可以降低其中声波能量的损耗，提高谐振器的 Q 值。而且由于掺入稀土元素后压电层 102 材料中应力的变化，会导致压电层 102 材料中的电偶极子发生改变，当对压电材料施加一电场时，压电层 102 材料中就会产生更大的机械响应，从而可以使得谐振器获得更高的机电耦合系数，进而能够弥补由于加入温度补偿层后所导致的谐振器机电耦合系数的降低。同时由于温度补偿层在压电层 102 的表面，不会破坏压电层 102 内部压电材料的完整性。

如图 6 所示，温度补偿层 106 位于顶电极 101 之上。由于压电层 102 在厚度方向上掺杂的稀土元素的比例逐渐增大，使其在压电层 102 的表面具有最大的应力。同时对于谐振器来说其电极厚度一般都比较薄，所以将温度补偿层放在顶电极 101 的上方，能够在保证谐振器温补能力的同时，增加的温度补偿层也不会对谐振器的机电耦合系数产生影响。

如图 7 所示，温度补偿层 106 的位置位于顶电极 101 之中，并且温度补偿层 106 被顶电极 101 所包围。在本发明实施例中能够在保证温度补偿层 106 的温补的能力的同时，能够有效提升谐振器的机电耦

合系数，而且能够保证压电层 102 中压电材料的完整性。

本发明的第三实施例涉及一种带有温度补偿层的谐振器，本实施
与第一实施例有所不同。不同之处在于：本实施例中压电层在该压电
层的厚度方向上掺杂不同比例的稀土元素，且由顶电极至底电极的方
向上掺杂的稀土元素的比例越来越高。

所述压电层在该压电层的厚度方向上掺杂不同比例的稀土元素，
且由所述顶电极至所述底电极的方向上掺杂的稀土元素的比例越来越
高。其中，所述温度补偿层位于所述掺杂有稀土元素比例最高的部分
压电层中。或者，所述温度补偿层位于所述底电极之中，且被所述底
电极包围。

具体地说，如图 8 所示，压电层 102 在图 8 所示的厚度方向上掺
杂的稀土元素的比例逐渐降低，典型的掺杂比例变化范围可以为
30%~0%。图 8 中以掺杂三种比例的稀土元素为例进行说明，从标识 801、
标识 802 至标识 803 掺杂的稀土元素的比例逐渐减小，而标识 804 部
分的压电层 102 没有掺杂稀土元素。压电层 102 可以为单层结构也可
以为多层结构。即压电层 102 中的标识 801、标识 802、标识 803 以及
标识 804 指示的部分可以为单层结构也可以为四层结构。在本实施例
中，由于掺杂稀土元素的原子半径比铝元素的原子半径大，会引起压
电层 102 材料中的应力发生变化，而压电层 102 在厚度方向上掺杂的
稀土元素的比例逐渐减小，所以在压电层 102 的下表面具有最大的应
力，因此可以将较薄的温度补偿层 106 结构放在压电层 102 的下表面
就能起到最好的温补效果。同时由于温度补偿层 106 的厚度较薄，所
以可以降低其中声波能量的损耗，提高谐振器的 Q 值。而且由于掺入
稀土元素后压电层 102 材料中应力的变化，会导致压电层 102 材料中
的电偶极子发生改变，当对压电层 102 材料施加一电场时，压电材层
料中就会产生更大的机械响应，从而可以使得谐振器获得更高的机电
耦合系数，进而能够弥补由于加入温度补偿层后所导致的谐振器机电
耦合系数的降低。

如图 9 所示，温度补偿层 106 的位置位于底电极 103 之中，并且

温度补偿层 106 被顶电极 101 所包围。在本实施例中能够在保证温度补偿层 106 的温补的能力的同时，能够有效提升谐振器的机电耦合系数，而且能够保证压电层 102 中压电材料的完整性。

5 本发明的第四实施例涉及滤波器。所述滤波器包括多个第一、第二或第三实施例所述的带有温度补偿层的谐振器，多个所述谐振器级联形成所述滤波器。

10 上述具体实施方式，并不构成对本发明保护范围的限制。本领域技术人员应该明白的是，取决于设计要求和其他因素，可以发生各种各样的修改、组合、子组合和替代。任何在本发明的精神和原则之内所作的修改、等同替换和改进等，均应包含在本发明保护范围之内。

权 利 要 求 书

1. 一种带有温度补偿层的谐振器，其特征在于，多个所述谐振器用于级联形成滤波器；

5 所述谐振器包括位置关系依次相连的顶电极、压电层、底电极、声反射结构、基底以及位于所述顶电极或所述压电层的温度补偿层，其中所述温度补偿层的厚度范围是 $30\text{\AA}$ 至 $3000\text{\AA}$ ；

 所述压电层的其中一部分掺杂有稀土元素。

10 2. 根据权利要求 1 所述的带有温度补偿层的谐振器，其特征在于，所述温度补偿层的厚度范围是 $100\text{\AA}$ 至 $1000\text{\AA}$ 。

 3. 根据权利要求 1 或 2 所述的带有温度补偿层的谐振器，其特征在于，所述压电层的所述其中一部分是靠近所述顶电极的一部分，或者是靠近所述底电极的一部分；

 所述温度补偿层位于所述掺杂有稀土元素的部分压电层中。

15 4. 根据权利要求 1 或 2 所述的带有温度补偿层的谐振器，其特征在于，所述压电层依次包括第一部位、第二部位以及第三部位；

 所述第一部位靠近所述顶电极，所述第三部位靠近所述底电极，所述第二部位掺杂有稀土元素；

 所述温度补偿层位于所述第二部位。

20 5. 根据权利要求 1 或 2 所述的带有温度补偿层的谐振器，其特征在于，所述压电层中靠近所述顶电极的其中一部分掺杂有稀土元素；

 所述温度补偿层位于所述顶电极，且被所述顶电极包围。

25 6. 根据权利要求 1 或 2 所述的带有温度补偿层的谐振器，其特征在于，所述压电层在该压电层的厚度方向上掺杂不同比例的稀土元素，且由所述底电极至所述顶电极的方向上掺杂的稀土元素的比例越来越高。

 7. 根据权利要求 7 所述的带有温度补偿层的谐振器，其特征在于，所述温度补偿层位于所述顶电极的上方。

30 8. 根据权利要求 7 所述的带有温度补偿层的谐振器，其特征在于，所述温度补偿层位于所述顶电极之中，且被所述顶电极包围。

9. 根据权利要求 1 所述的带有温度补偿层的谐振器, 其特征在于, 所述压电层在该压电层的厚度方向上掺杂不同比例的稀土元素, 且由所述顶电极至所述底电极的方向上掺杂的稀土元素的比例越来越高。

5 10. 根据权利要求 9 所述的带有温度补偿层的谐振器, 其特征在于, 所述温度补偿层位于所述掺杂有稀土元素比例最高的部分压电层中。

11. 根据权利要求 9 所述的带有温度补偿层的谐振器, 其特征在于, 所述温度补偿层位于所述底电极之中, 且被所述底电极包围。

10 12. 根据权利要求 1 至 11 中任意一项所述的带有温度补偿层的谐振器, 其特征在于, 所述压电层为单层结构或多层结构。

13. 根据权利要求 1 所述的谐振器, 其特征在于, 所述压电层的材料成分为氮化铝, 所述氮化铝中掺杂稀土元素。

14. 根据权利要求 1 所述的带有温度补偿层的谐振器, 其特征在于, 所述稀土元素为钪。

15 15. 根据权利要求 14 所述的带有温度补偿层的谐振器, 其特征在于, 所述钪的掺杂量为 0.5%-40%。

16. 根据权利要求 1 所述的带有温度补偿层的谐振器, 其特征在于, 所述温度补偿层的材料为: 为多晶硅、硼磷酸盐玻璃 (BSG)、二氧化硅 (SiO_2)、铬 (Cr) 或碲氧化物 ($\text{TeO}_{(x)}$)。

20 17. 根据权利要求 1 所述的带有温度补偿层的谐振器, 其特征在于, 所述谐振器还包括位于所述压电层和所述基底之间的平坦层;

所述平坦层位于所述底电极的其中一端且与所述底电极的末端对齐。

25 18. 一种滤波器, 其特征在于, 所述滤波器包括多个如权利要求 1 至 17 中任意一项所述的谐振器, 多个所述谐振器级联形成所述滤波器。

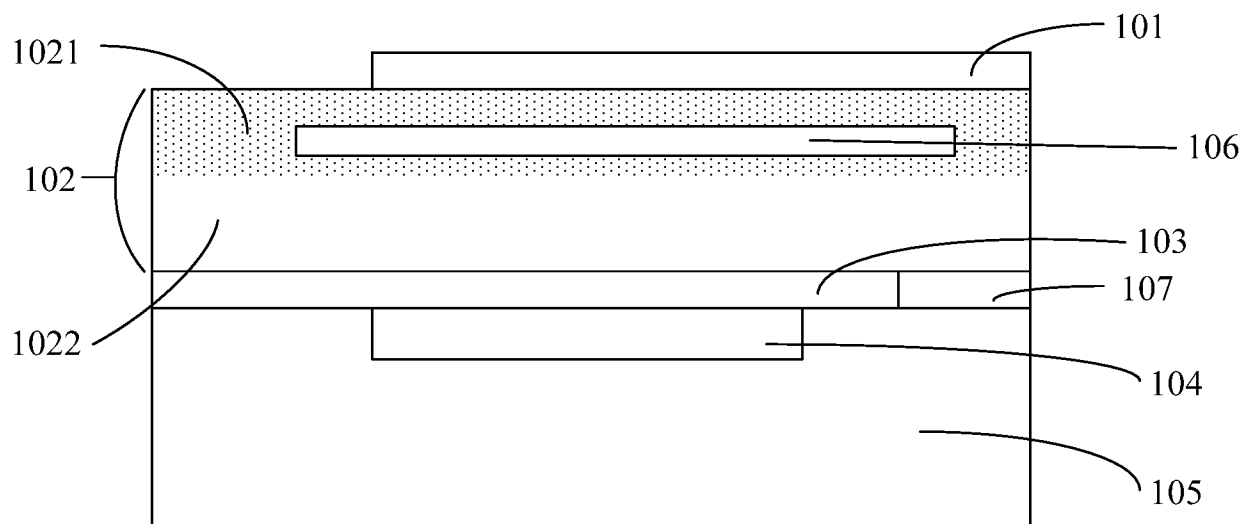


图 1

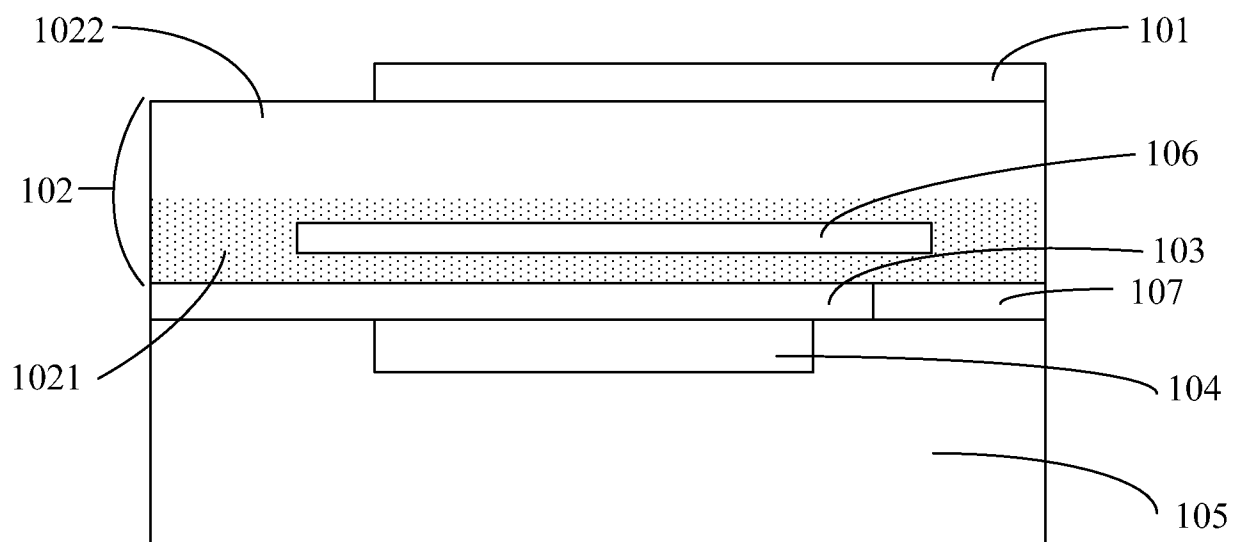


图 2

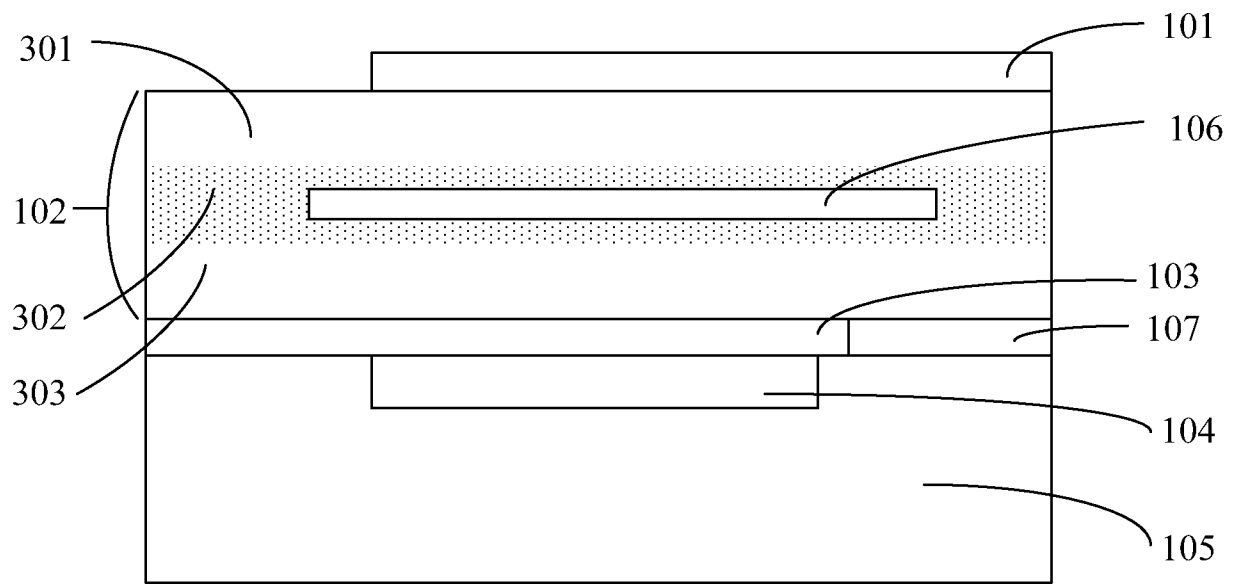


图 3

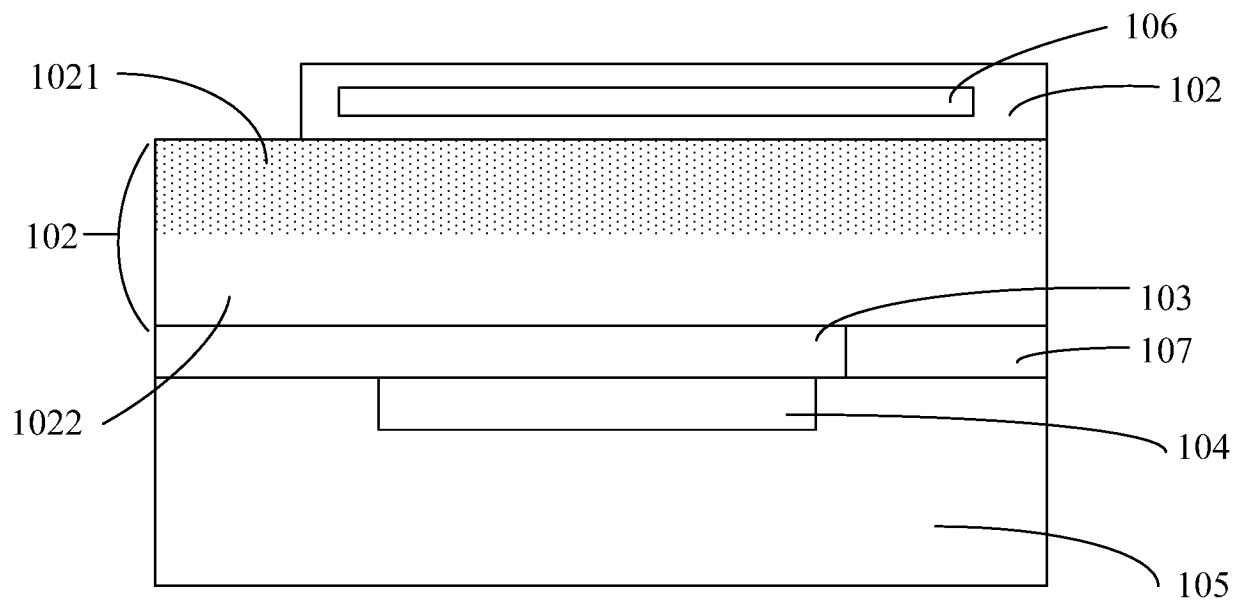


图 4

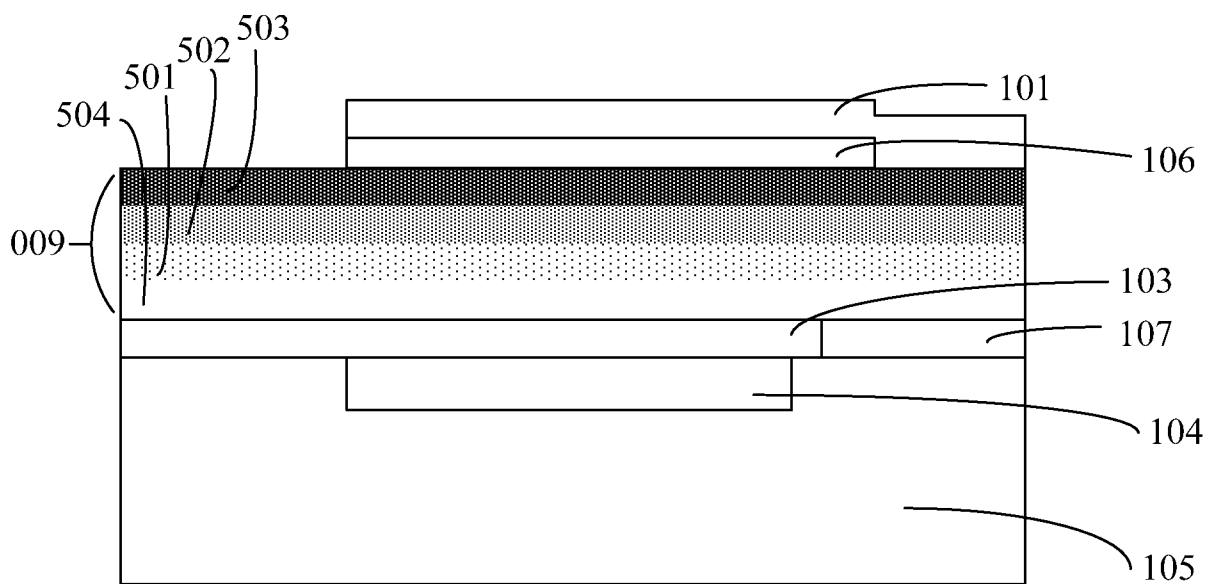


图 5

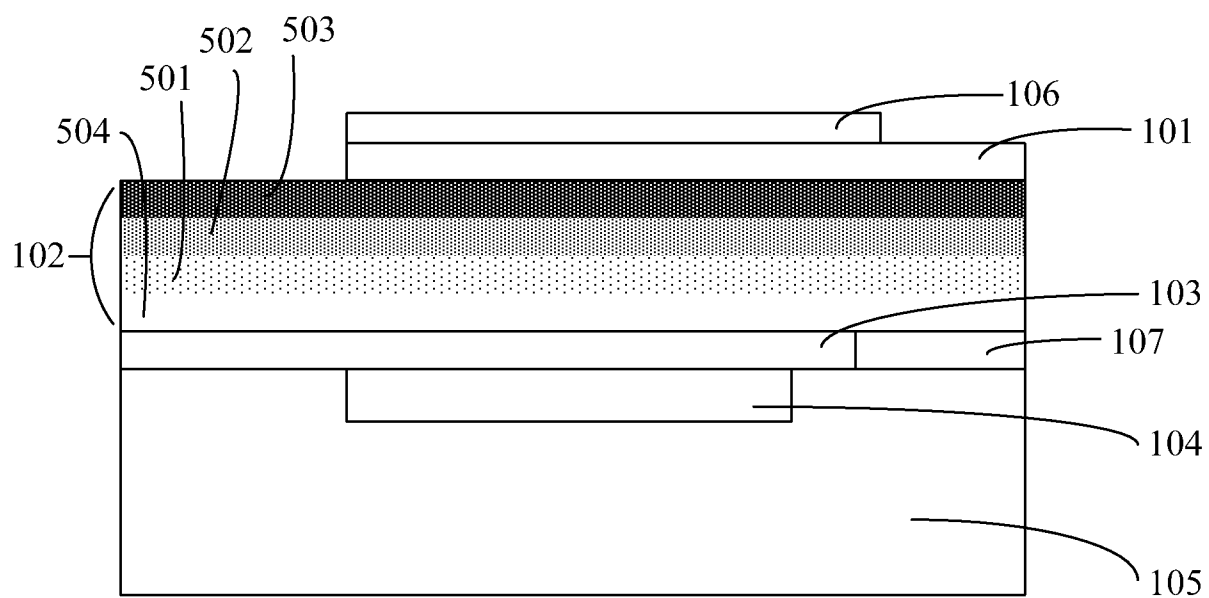


图 6

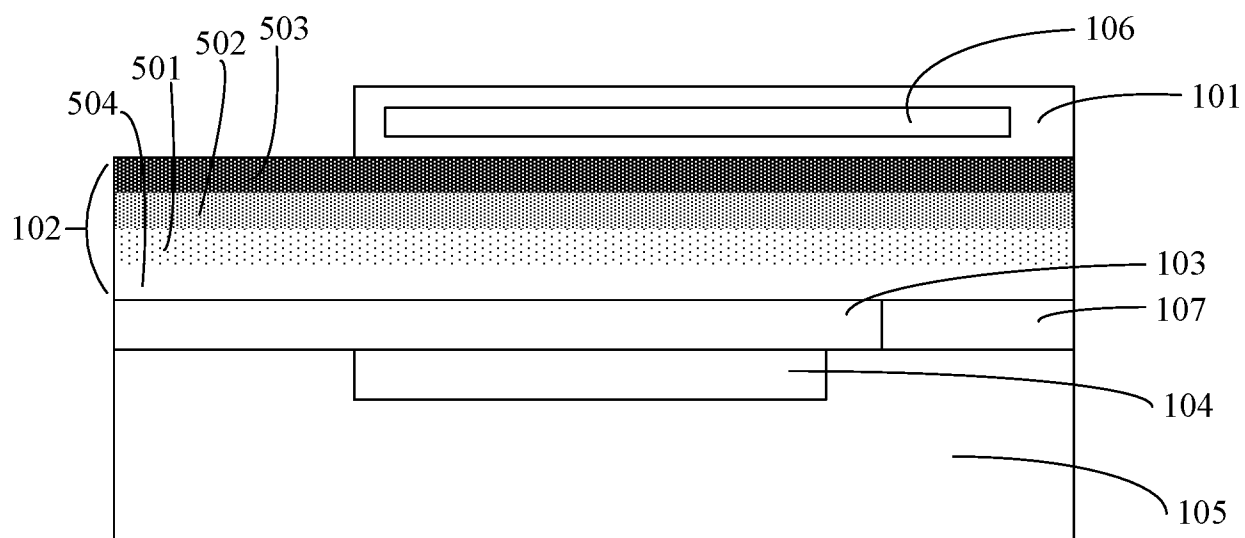


图 7

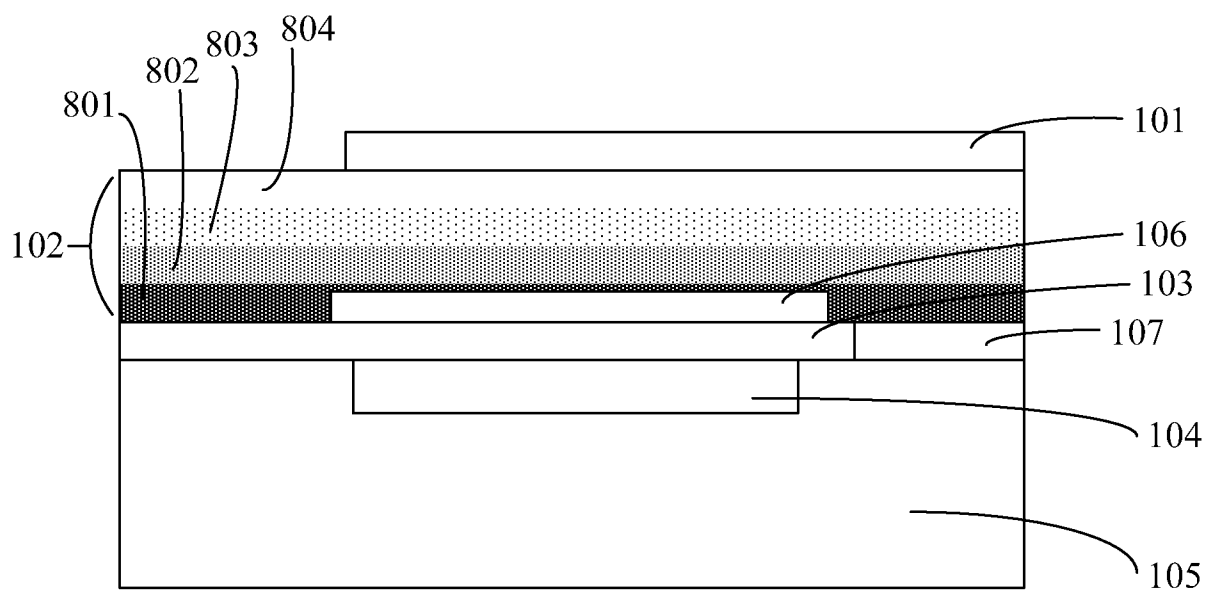


图 8

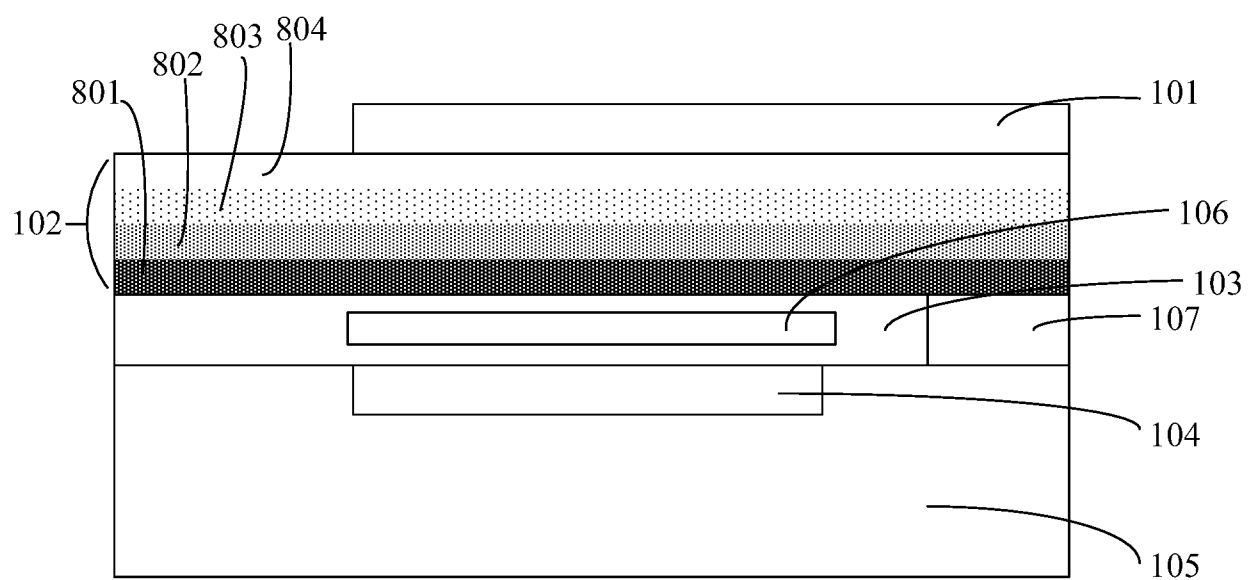


图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/124080

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03H 9/02(2006.01)i; 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)

WPI, EPODOC, CNPAT, CNKI, IEEE: 谐振, 滤波, 压电, 稀土, 钕, 钐, 镧, 镨, 钕, 钐, Nd, Sc, La, Dy, Pr, 温度, resonator, filter, piezoelectric, rare earth, neodymium, scandium, lanthanum, praseodymium, dysprosium, temperature

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 105048986 A (AVAGO TECHNOLOGIES GENERAL IP (SINGAPORE) PTE. LTD.) 11 November 2015 (2015-11-11) description, paragraphs 0027-0059 and 0090, and figures 1B-1D	1-14, 16-18
X	CN 106716826 A (EPCOS AG) 24 May 2017 (2017-05-24) claims 1-6 and 11 and description, paragraphs 0001-0038	1-14, 16-18
Y	CN 105048986 A (AVAGO TECHNOLOGIES GENERAL IP (SINGAPORE) PTE. LTD.) 11 November 2015 (2015-11-11) description, paragraphs 0027-0059 and 0090, and figures 1B-1D	15, 18
Y	CN 104883153 A (AVAGO TECHNOLOGIES GENERAL IP (SINGAPORE) PTE. LTD.) 02 September 2015 (2015-09-02) claims 1, 17, 19, and 23	15, 18
A	US 2016373083 A1 (SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS CO., LTD.) 22 December 2016 (2016-12-22) entire document	1-18
A	WO 03017481 A1 (PHILIPS CORPORATE INTELLECTUAL PROPERTY GMBH) 27 February 2003 (2003-02-27) entire document	1-18



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

10 September 2019

Date of mailing of the international search report

30 September 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

National Intellectual Property Administration, PRC (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/CN2018/124080

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 104868873 A (SHANGHAI JIAOTONG UNIVERSITY) 26 August 2015 (2015-08-26) entire document	1-18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/124080

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	105048986	A	11 November 2015	DE	102015106724	B4	03 August 2017
				CN	105048986	B	01 September 2017
				DE	102015106724	A1	05 November 2015
				US	9401691	B2	26 July 2016
				US	2015318837	A1	05 November 2015
CN	106716826	A	24 May 2017	US	2017194932	A1	06 July 2017
				WO	2016026612	A1	25 February 2016
				US	10224897	B2	05 March 2019
				DE	102014111993	A1	25 February 2016
				DE	102014111993	B4	21 December 2017
				EP	3183811	A1	28 June 2017
				JP	6517841	B2	22 May 2019
				JP	2017523645	A	17 August 2017
				IN	201747009625	A	21 April 2017
CN	104883153	A	02 September 2015	US	2015244347	A1	27 August 2015
				CN	104883153	B	05 June 2018
				US	9455681	B2	27 September 2016
				KR	20150101959	A	04 September 2015
				JP	2015162905	A	07 September 2015
US	2016373083	A1	22 December 2016	US	10009007	B2	26 June 2018
				CN	106257831	B	02 April 2019
				CN	106257831	A	28 December 2016
				US	2018278232	A1	27 September 2018
				KR	20160148480	A	26 December 2016
WO	03017481	A1	27 February 2003	EP	1419577	A1	19 May 2004
				US	6975182	B2	13 December 2005
				US	2004189423	A1	30 September 2004
				CN	1541447	A	27 October 2004
				JP	2005500778	A	06 January 2005
				CN	1541447	B	21 April 2010
CN	104868873	A	26 August 2015	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/124080

A. 主题的分类

H03H 9/02(2006.01)i; 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))

WPI, EPDOC, CNPAT, CNKI, IEEE: 谐振, 滤波, 压电, 稀土, 钕, 钐, 镧, 铈, 镨, 钕, Nd, Sc, La, Dy, Pr, 温度, resonator, filter, piezoelectric, rare earth, neodymium, scandium, lanthanum, praseodymium, dysprosium, temperature

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 105048986 A (安华高科技通用IP新加坡公司) 2015年 11月 11日 (2015 - 11 - 11) 说明书第0027-0059段、第0090段及图1B-1D	1-14、16-18
X	CN 106716826 A (追踪有限公司) 2017年 5月 24日 (2017 - 05 - 24) 权利要求1-6、11和说明书第0001-0038段	1-14、16-18
Y	CN 105048986 A (安华高科技通用IP新加坡公司) 2015年 11月 11日 (2015 - 11 - 11) 说明书第0027-0059段、第0090段及图1B-1D	15、18
Y	CN 104883153 A (安华高科技通用IP新加坡公司) 2015年 9月 2日 (2015 - 09 - 02) 权利要求1、17、19、23	15、18
A	US 2016373083 A1 (SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS CO., LTD.) 2016年 12月 22日 (2016 - 12 - 22) 全文	1-18
A	WO 03017481 A1 (PHILIPS CORPORATE INTELLECTUAL PROPERTY GMBH) 2003年 2月 27日 (2003 - 02 - 27) 全文	1-18
A	CN 104868873 A (上海交通大学) 2015年 8月 26日 (2015 - 08 - 26) 全文	1-18

☐ 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

2019年 9月 10日

国际检索报告邮寄日期

2019年 9月 30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

受权官员

胡晓英

传真号 (86-10)62019451

电话号码 010-53961456

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/124080

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	105048986	A	2015年 11月 11日	DE	102015106724	B4	2017年 8月 3日
				CN	105048986	B	2017年 9月 1日
				DE	102015106724	A1	2015年 11月 5日
				US	9401691	B2	2016年 7月 26日
				US	2015318837	A1	2015年 11月 5日
CN	106716826	A	2017年 5月 24日	US	2017194932	A1	2017年 7月 6日
				WO	2016026612	A1	2016年 2月 25日
				US	10224897	B2	2019年 3月 5日
				DE	102014111993	A1	2016年 2月 25日
				DE	102014111993	B4	2017年 12月 21日
				EP	3183811	A1	2017年 6月 28日
				JP	6517841	B2	2019年 5月 22日
				JP	2017523645	A	2017年 8月 17日
				IN	201747009625	A	2017年 4月 21日
CN	104883153	A	2015年 9月 2日	US	2015244347	A1	2015年 8月 27日
				CN	104883153	B	2018年 6月 5日
				US	9455681	B2	2016年 9月 27日
				KR	20150101959	A	2015年 9月 4日
				JP	2015162905	A	2015年 9月 7日
US	2016373083	A1	2016年 12月 22日	US	10009007	B2	2018年 6月 26日
				CN	106257831	B	2019年 4月 2日
				CN	106257831	A	2016年 12月 28日
				US	2018278232	A1	2018年 9月 27日
				KR	20160148480	A	2016年 12月 26日
WO	03017481	A1	2003年 2月 27日	EP	1419577	A1	2004年 5月 19日
				US	6975182	B2	2005年 12月 13日
				US	2004189423	A1	2004年 9月 30日
				CN	1541447	A	2004年 10月 27日
				JP	2005500778	A	2005年 1月 6日
				CN	1541447	B	2010年 4月 21日
CN	104868873	A	2015年 8月 26日	无			

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)