

(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
2024 年 11 月 28 日 (28.11.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/239374 A1

(51) 国际专利分类号:

B81B 3/00 (2006.01) **G01L 9/12** (2006.01)
B81C 1/00 (2006.01) **G01L 9/00** (2006.01)
H04R 19/04 (2006.01) **G01P 15/125** (2006.01)
H04R 19/00 (2006.01) **H01G 5/16** (2006.01)
H04R 31/00 (2006.01) **H01G 5/00** (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2023/098007

(22) 国际申请日: 2023 年 6 月 2 日 (02.06.2023)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

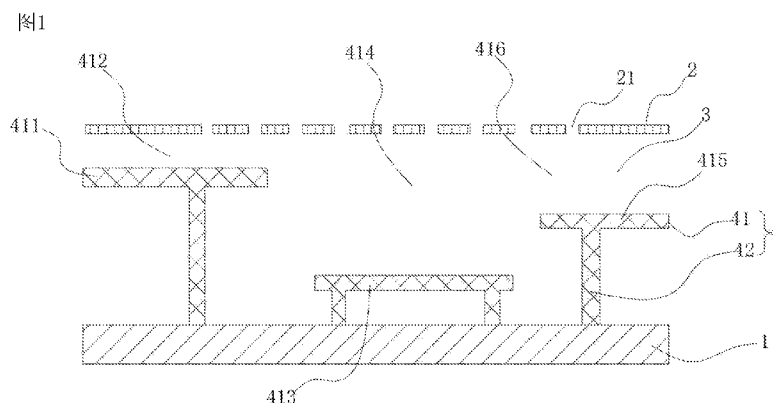
(30) 优先权: 18/323,380 2023年5月24日 (24.05.2023) US

(71) 申请人: 瑞声科技(新加坡)有限公司
(AAC TECHNOLOGIES PTE. LTD.) [SG/SG]; 新加坡淡滨尼工业湾22号3楼1室, Singapore 528607 (SG)。瑞声声学科技(深圳)有限公司 (AAC ACOUSTIC TECHNOLOGIES (SHENZHEN) CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区高新区南区粤兴三道6号南京大学深圳产学研大楼A座, Guangdong 518057 (CN)。

(72) 发明人: 潘在祥(PUA, ZaiXiang); 新加坡淡滨尼工业湾22号3楼1室, Singapore 528607 (SG)。陈秋玉(TAN, Qiu Yu); 新加坡淡滨尼工业湾22号3楼1室, Singapore 528607 (SG)。黎家健(LAI, Kah Keen); 新加坡淡滨尼工业湾22号3楼1室, Singapore 528607 (SG)。钟浩明(CHONG, Hou Ming); 新加

(54) Title: MEMS SENSOR AND PREPARATION METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 一种MEMS传感器及其制备方法



(57) Abstract: Provided are an MEMS sensor and a preparation method therefor. The MEMS sensor comprises: a bottom electrode layer (1) and a top electrode layer (2) forming a cavity (3), and a device layer (4) accommodated in the cavity (3). The device layer (4) comprises a plurality of movable mass blocks (41) arranged at intervals. Preset gaps are formed between the movable mass blocks (41) and the top electrode layer (2), and the preset gaps formed by different movable mass blocks (41) are different from each other. The preparation method for the MEMS sensor comprises: S1, sequentially forming a bottom electrode layer (1), a sacrificial layer (5), a device layer (4), and a top electrode layer (2) from bottom to top; S2, etching the device layer (4) to form a plurality of movable mass blocks (41) arranged at intervals; and S3, releasing the sacrificial layer (5). A differential output electrical signal is formed by means of the difference of the preset gaps, thereby achieving the high sensitivity and volume miniaturization of the MEMS sensor.

(57) 摘要: 一种MEMS传感器及其制备方法, MEMS传感器包括: 形成腔体(3)的底电极层(1)和顶电极层(2), 收容于腔体(3)内的设备层(4), 设备层(4)包括若干间隔设置的可动质量块(41), 可动质量块(41)与顶电极层(2)之间形成预设间隙, 不同可动质量块(41)所形成的预设间隙存在差异; MEMS传感器的制备方法包括: S1: 自下而上依次形成底电极层(1)、牺牲层(5)、设备层(4)以及顶电极层(2); S2: 刻蚀所述设备层(4), 以形成若干间隔设置的可动质量块(41); S3: 释放牺牲层(5); 通过预设间隙的差异形成差分输出的电信号, 实现了MEMS传感器的高灵敏度和体积小量化。

坡淡滨尼工业湾22号3楼1室, Singapore 528607 (SG)。占瞻(ZHAN, Zhan); 新加坡淡滨尼工业湾22号3楼1室, Singapore 528607 (SG)。

(74) 代理人: 北京汇思诚业知识产权代理有限公司(UNI-INTEL PATENT AND TRADEMARK LAW FIRM); 中国北京市朝阳区建国门外大街永安东里甲3号通用国际中心A座3层, Beijing 100022 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))。

说明书

发明名称：一种MEMS传感器及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及微机电系统技术领域，特别是一种MEMS传感器及其制备方法。

背景技术

[0002] 目前MEMS传感器的许多设计，如麦克风、压力传感器和惯性传感器，都使用单个设备层和一个或多个牺牲层，释放牺牲层后将允许设备层的移动，在不增加模具尺寸的情况下，单件设备层的设计在性能、鲁棒性和感性方面接近限制，因此，对双层或多层设备结构的需求不断增加。

[0003] 现有技术中，一个可能的工艺包括设备层的多外延生长，而化学气相沉积（CVD）和二氧化硅蚀刻等其他过程则用于实现双设备层，但设备层的多外延生长需要非常高的预算，并可能导致意想不到的影响，如翘曲等。

发明概述

技术问题

[0004] 本发明的目的是提供一种MEMS传感器及其制备方法，以解决现有技术中的技术问题，它能够允许设计多层设备，进一步提高性能、可靠性、复杂性和模具尺寸。

技术方案

[0005] 本发明提供了一种MEMS传感器，包括：

[0006] 间隔设置的底电极层以及顶电极层，所述底电极层与所述顶电极层之间形成腔体；

[0007] 设备层，收容于所述腔体内，所述设备层包括若干间隔设置的可动质量块，所述可动质量块通过锚点支撑于所述底电极层上，所述可动质量块与所述顶电极层之间形成预设间隙，不同所述可动质量块所形成的所述预设间隙存在差异。

[0008] 如上所述的一种MEMS传感器，其中，优选的是，若干所述可动质量块包括第一可动质量块、第二可动质量块以及第三可动质量块，所述第二可动质量块位于

所述第一可动质量块以及第三可动质量块之间，所述第一可动质量块与所述顶电极层之间形成第一预设间隙，所述第二可动质量块与所述顶电极层之间形成第二预设间隙，所述第三可动质量块与所述顶电极层之间形成第三预设间隙，所述第一预设间隙、所述第二预设间隙以及所述第三预设间隙的高度值存在差异。

[0009] 如上所述的一种MEMS传感器，其中，优选的是，所述第一预设间隙的高度值、所述第三预设间隙的高度值以及所述第二预设间隙的高度值依次增加。

[0010] 如上所述的一种MEMS传感器，其中，优选的是，所述第一预设间隙的高度值与所述第三预设间隙的高度值相同，所述第二预设间隙的高度值大于所述第一预设间隙以及所述第三预设间隙的高度值。

[0011] 如上所述的一种MEMS传感器，其中，优选的是，所述第一可动质量块以及所述第三可动质量块的底部连接有一个锚点，所述第二可动质量块的底部连接有两个锚点。

[0012] 如上所述的一种MEMS传感器，其中，优选的是，所述顶电极层上形成有若干开口，若干所述开口沿所述顶电极层的径向间隔分布。

[0013] 第二方面，本发明还提供了一种MEMS传感器的制备方法，用于制备前述的MEMS传感器，包括以下步骤：

[0014] 步骤S1：自下而上依次形成底电极层、牺牲层、设备层以及顶电极层；

[0015] 步骤S2：刻蚀所述设备层，以形成若干间隔设置的可动质量块；

[0016] 步骤S3：释放所述设备层内的牺牲层。

[0017] 如上所述的一种MEMS传感器的制备方法，其中，优选的是，所述步骤S1中，包括：

[0018] 步骤101：形成底电极层；

[0019] 步骤102：于所述底电极层上形成牺牲层，并于所述牺牲层的顶面刻蚀形成阶梯界面以及若干凹槽；

[0020] 步骤103：于所述牺牲层上形成设备层，所述设备层的可动质量块层叠于所述阶梯界面上，所述设备层的锚点形成于所述凹槽内；

[0021] 步骤104：形成所述顶电极层，并于所述顶电极层上形成若干开口。

[0022] 如上所述的一种MEMS传感器的制备方法，其中，优选的是，所述步骤S2中，通过DRIE工艺刻蚀所述设备层，以形成若干间隔设置的可动质量块。

[0023] 如上所述的一种MEMS传感器的制备方法，其中，优选的是，所述设备层的材质为钛酸锆铅、氮化铝、钛酸钡或以上材料的混合物。

有益效果

[0024] 与现有技术相比，本发明通过将设备层设为若干间隔设置的可动质量块，不同所述可动质量块所形成的所述预设间隙存在差异，从而形成差分输出的电信号，此结构允许更大的设计灵活性，并对传感器提供了更高的灵敏度和更大的驱动力，也可以实现模具尺寸的缩小，同时实现更复杂的设计，具有更高的精度和小型化。

附图说明

[0025] 图1是本发明所提供实施例一的MEMS传感器的剖面示意图；

[0026] 图2a-2c是本发明所提供实施例一的MEMS传感器的制备流程图；

[0027] 图3是本发明所提供实施例二的MEMS传感器的剖面示意图；

[0028] 图4a-4c是本发明所提供实施例二的MEMS传感器的制备流程图。

[0029] 附图标记说明：1-底电极层，2-顶电极层，21-开口，3-腔体，4-设备层，41-可动质量块，411-第一可动质量块，412-第一预设间隙，413-第二可动质量块，414-第二预设间隙，415-第三可动质量块，416-第三预设间隙，42-锚点，5-牺牲层，51-凹槽。

本发明的最佳实施方式

[0030] 下面通过参考附图描述的实施例是示例性的，仅用于解释本发明，而不能解释为对本发明的限制。

[0031] 如图1以及图3所示，本发明的实施例提供了一种MEMS传感器，包括：

[0032] 间隔设置的底电极层1以及顶电极层2，底电极层1与顶电极层2之间形成腔体3。

[0033] 设备层4，收容于腔体3内，设备层4的至少一部分是导电的，使得设备层4和与设备层4相对的顶电极层2之间形成电容器，具体地，当MEMS传感器用于麦克风

使用时，在麦克风通电工作时，顶电极层2与设备层4会带上极性相反的电荷，从而形成电容，当设备层4在声波的作用下产生振动，顶电极层2与设备层4之间的距离会发生变化，从而导致电容器的电容发生改变，进而将声波信号转化为了电信号，实现麦克风的相应功能。

[0034] 本申请所提供的实施例中，设备层4包括若干间隔设置的可动质量块41，可动质量块41通过锚点42支撑于底电极层1上，可动质量块41与顶电极层2之间形成预设间隙，不同可动质量块41所形成的预设间隙存在差异，从而形成差分输出的电信号，此结构允许更大的设计灵活性，并对传感器提供了更高的灵敏度和更大的驱动力，也可以实现模具尺寸的缩小，同时实现更复杂的设计，具有更高的精度和小型化。具体地，当MEMS传感器用于麦克风使用时，可以使得电容式麦克风得到更高的信噪比、提高抑制线性失真的能力，同时可以提高麦克风的抗干扰能力，使信号传输的距离更长，麦克风的音频性能更加优良。

[0035] 进一步地，若干可动质量块41包括第一可动质量块411、第二可动质量块413以及第三可动质量块415，第二可动质量块413位于第一可动质量块411以及第三可动质量块415之间，第一可动质量块411与顶电极层2之间形成第一预设间隙412，第二可动质量块413与顶电极层2之间形成第二预设间隙414，第三可动质量块415与顶电极层2之间形成第三预设间隙416，第一预设间隙412、第二预设间隙414以及第三预设间隙416的高度值存在差异。

[0036] 第一可动质量块411与顶电极层2之间形成第一电容器，当第一可动质量块411与顶电极层2之间形成的第一预设间隙412的高度值发生变化时，第一电容器的电容随之改变，第二可动质量块413与顶电极层2之间形成第二电容器，当第二可动质量块413与顶电极层2之间形成的第二预设间隙414的高度值发生变化时，第二电容器的电容随之改变，第三可动质量块415与顶电极层2之间形成第三电容器，当第三可动质量块415与顶电极层2之间形成的第三预设间隙416的高度值发生变化时，第三电容器的电容随之改变，第一电容器、第二电容器和第三电容器输出的电信号形成差分输出，传感器的灵敏度更高。

[0037] 以下列举两个实施例对本发明所提供的MEMS传感器用作麦克风时做更具体的说明，本领域的技术人员可以知晓，可以根据此实施例做出变形例，都属于本发

明的保护范围。

[0038] 实施例一

[0039] 参照图1所示，本实施例中，第一预设间隙412的高度值、第三预设间隙416的高度值以及第二预设间隙414的高度值依次增加，由于电容的值与电容两个板之间的正对面积成正比，与电容两个板之间的距离成反比，即 $C=k\epsilon_0\epsilon_rS/d$ ， k 为常数， ϵ_0 为常数， ϵ_r 为常数。当电容式麦克风制作出来后， $\epsilon_0\epsilon_r$ 的值也就固定了， S 是电容两个电板之间正对的面积， d 为两个电板之间的距离，第一可动质量块411、第二可动质量块413以及第三可动质量块415的表面大致相同的情况下，预设间隙的高度值越大，电容也就越小，本实施例中，第一可动质量块411所形成的第一电容器的初始电容值最大，第三可动质量块415所形成的第三电容器的初始电容值次之，第二可动质量块413所形成的第三电容器的初始电容值最小，第二可动质量块413位于设备层4的中部，是变形最剧烈的部分，由此可以提供更高的灵敏度和更大的驱动力。

[0040] 本实施例中，参照图1所示，第一可动质量块411以及第三可动质量块415的底部连接有一个锚点42，第二可动质量块413的底部连接有两个锚点42，第一可动质量块411、第二可动质量块413、第三可动质量块415以及锚点42均可以由导电材料构成。

[0041] 由于第二可动质量块413的底部支撑有两个间隔设置的锚点42，第二可动质量块413的可动部分位于两个锚点42之间，在当设备层4在声波的作用下产生振动时，第二可动质量块413的可动部分形成弯曲变形，从而改变与顶电极层2之间的距离，第二电容器的电容随之改变，第一电容器、第二电容器和第三电容器之间形成差分输出的电信号。

[0042] 一种可行的实施方式中，在当设备层4在声波的作用下产生振动时，第一可动质量块411以及第三可动质量块415也可以绕着锚点42枢转，使得第一可动质量块411以及第三可动质量块415的一端向上倾斜，而另一端向下倾斜，从而改变与顶电极层2之间的距离，第一电容器和第三电容器的电容随之改变，形成差分输出的电信号。

[0043] 本实施例中，顶电极层2上形成有若干开口21，若干开口21沿顶电极层2的径向

间隔分布，开口21均匀分布，以提供声波通过的通道以及为后续的成型工艺提供结构支持。

[0044] 参照图2a-2c所示，图2a-2c是本发明所提供实施例的MEMS传感器的制备流程图，MEMS传感器的制备方法包括以下步骤：

[0045] 步骤S1：参照图2a所示，自下而上依次形成底电极层1、牺牲层5、设备层4以及顶电极层2，一种可行的实施方式中，具体包括以下步骤：

[0046] 步骤101：底电极层1通过电子束剥离法或磁控溅射法形成在硅材质的衬底上，底电极层1通过底电极引线（未示出）与底电极焊盘（未示出）连接，底电极层1材料可以为Al、Mo、W、Pt、Cu、Ag、Au、ZrN中的一种或几种，也可以是其他导电性能良好的材料；

[0047] 步骤102：于底电极层1上形成牺牲层5，并于牺牲层5的顶面刻蚀形成阶梯界面以及若干凹槽51，牺牲层5的材料可以为PSG，在牺牲层5上制作图形化的硬质掩膜，通过干法刻蚀或湿法刻蚀的方式在牺牲层5上刻蚀形成凹槽51；

[0048] 步骤103：于牺牲层5上形成设备层4，设备层4的材质为钛酸锆铅、氮化铝、钛酸钡或以上材料的混合物，设备层4的可动质量块41层叠于阶梯界面上，从而形成具有高度差的设备层4，设备层4的锚点42形成于凹槽51内，填充于凹槽51内直至与底电极层1之间形成电耦合；

[0049] 步骤104：形成顶电极层2，顶电极层2通过底电极引线（未示出）与顶电极焊盘（未示出）连接，顶电极层2材料可以为Al、Mo、W、Pt、Cu、Ag、Au、ZrN中的一种或几种，也可以是其他导电性能良好的材料，在顶电极层2上制作图形化的硬质掩膜，通过干法刻蚀或湿法刻蚀的方式在顶电极层2上刻蚀形成开口21。

[0050] 步骤S2：参照图2b所示，刻蚀设备层4，以形成若干间隔设置的可动质量块41，优选的是，通过DRIE（深反应离子刻蚀）工艺刻蚀设备层4，通过使用DRIE的这一创新来隔离和创建不同高度上的可动质量块，能够实现多层高度结构的设备层，允许更大的设计灵活性，并对传感器提供了更高的灵敏度和更大的驱动力，也可以实现模具尺寸的缩小，同时实现更复杂的设计，具有更高的精度和小型化，相同的DRIE流程步骤也可以用于为设备层进行模式化，同时避免热循

环数量的增加，由于DRIE创造了设备步进高度，电极之间的间隙也可以改变，这对采用平行板电极结构的传感器特别有用，牺牲层5可以作为硬质掩膜，避免DRIE工艺刻蚀底电极层1。

[0051] 具体地，若干可动质量块41包括第一可动质量块411、第二可动质量块413以及第三可动质量块415，第一可动质量块411与顶电极层2之间形成第一预设间隙412，第二可动质量块413与顶电极层2之间形成第二预设间隙414，第三可动质量块415与顶电极层2之间形成第三预设间隙416，第一预设间隙412的高度值、第三预设间隙416的高度值以及第二预设间隙414的高度值依次增加。

[0052] 步骤S3：参照图2c所示，释放设备层4内的牺牲层5，以允许设备层4移动。

[0053] 实施例二

[0054] 参照图3所示，本实施例与实施例一的差别在于第一预设间隙412的高度值与第三预设间隙416的高度值相同，第二预设间隙414的高度值大于第一预设间隙412以及第三预设间隙416的高度值，本实施例中，第一可动质量块411所形成的第一电容器的初始电容值相同，第二可动质量块413所形成的第三电容器的初始电容值相对较小，第二可动质量块413位于设备层4的中部，是变形最剧烈的部分，由此可以提供更高的灵敏度和更大的驱动力。

[0055] 参照图4a-4c所示，图4a-4c是本发明所提供实施例的MEMS传感器的制备流程图，MEMS传感器的制备方法包括以下步骤：

[0056] 步骤S1：参照图4a所示，自下而上依次形成底电极层1、牺牲层5、设备层4以及顶电极层2，一种可行的实施方式中，具体包括以下步骤：

[0057] 步骤101：底电极层1通过电子束剥离法或磁控溅射法形成在硅材质的衬底上，底电极层1通过底电极引线（未示出）与底电极焊盘（未示出）连接，底电极层1材料可以为Al、Mo、W、Pt、Cu、Ag、Au、ZrN中的一种或几种，也可以是其他导电性能良好的材料；

[0058] 步骤102：于底电极层1上形成牺牲层5，并于牺牲层5的顶面刻蚀形成阶梯界面以及若干凹槽51，牺牲层5的材料可以为PSG，在牺牲层5上制作图形化的硬质掩膜，通过干法刻蚀或湿法刻蚀的方式在牺牲层5上刻蚀形成凹槽51；

[0059] 步骤103：于牺牲层5上形成设备层4，设备层4的材质为钛酸锆铅、氮化铝、钛

酸钨或以上材料的混合物，设备层4的可动质量块41层叠于阶梯界面上，从而形成具有高度差的设备层4，设备层4的锚点42形成于凹槽51内，填充于凹槽51内直至与底电极层1之间形成电耦合；

[0060] 步骤104：形成顶电极层2，顶电极层2通过底电极引线（未示出）与顶电极焊盘（未示出）连接，顶电极层2材料可以为Al、Mo、W、Pt、Cu、Ag、Au、ZrN中的一种或几种，也可以是其他导电性能良好的材料，在顶电极层2上制作图形化的硬质掩膜，通过干法刻蚀或湿法刻蚀的方式在顶电极层2上刻蚀形成开口21。

[0061] 步骤S2：参照图4b所示，刻蚀设备层4，以形成若干间隔设置的可动质量块41，优选的是，通过DRIE（深反应离子刻蚀）工艺刻蚀设备层4，通过使用DRIE的这一创新来隔离和创建不同高度上的可动质量块，能够实现多层高度结构的设备层，允许更大的设计灵活性，并对传感器提供了更高的灵敏度和更大的驱动力，也可以实现模具尺寸的缩小，同时实现更复杂的设计，具有更高的精度和小型化，相同的DRIE流程步骤也可以用于为设备层进行模式化，同时避免热循环数量的增加，由于DRIE创造了设备步进高度，电极之间的间隙也可以改变，这对采用平行板电极结构的传感器特别有用，牺牲层5可以作为硬质掩膜，避免DRIE工艺刻蚀底电极层1。

[0062] 具体地，若干可动质量块41包括第一可动质量块411、第二可动质量块413以及第三可动质量块415，第一可动质量块411与顶电极层2之间形成第一预设间隙412，第二可动质量块413与顶电极层2之间形成第二预设间隙414，第三可动质量块415与顶电极层2之间形成第三预设间隙416，第一预设间隙412的高度值与第三预设间隙416的高度值相同，第二预设间隙414的高度值大于第一预设间隙412以及第三预设间隙416的高度值。

[0063] 步骤S3：参照图4c所示，释放设备层4内的牺牲层5，以允许设备层4移动。

[0064] 以上依据图式所示的实施例详细说明了本发明的构造、特征及作用效果，以上所述仅为本发明的较佳实施例，但本发明不以图面所示限定实施范围，凡是依照本发明的构想所作的改变，或修改为等同变化的等效实施例，仍未超出说明书与图示所涵盖的精神时，均应在本发明的保护范围内。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种MEMS传感器，其特征在于，包括：
间隔设置的底电极层以及顶电极层，所述底电极层与所述顶电极层之间形成腔体；
设备层，收容于所述腔体内，所述设备层包括若干间隔设置的可动质量块，所述可动质量块通过锚点支撑于所述底电极层上，所述可动质量块与所述顶电极层之间形成预设间隙，不同所述可动质量块所形成的所述预设间隙存在差异。
- [权利要求 2] 根据权利要求1所述的MEMS传感器，其特征在于：若干所述可动质量块包括第一可动质量块、第二可动质量块以及第三可动质量块，所述第二可动质量块位于所述第一可动质量块以及第三可动质量块之间，所述第一可动质量块与所述顶电极层之间形成第一预设间隙，所述第二可动质量块与所述顶电极层之间形成第二预设间隙，所述第三可动质量块与所述顶电极层之间形成第三预设间隙，所述第一预设间隙、所述第二预设间隙以及所述第三预设间隙的高度值存在差异。
- [权利要求 3] 根据权利要求2所述的MEMS传感器，其特征在于：所述第一预设间隙的高度值、所述第三预设间隙的高度值以及所述第二预设间隙的高度值依次增加。
- [权利要求 4] 根据权利要求2所述的MEMS传感器，其特征在于：所述第一预设间隙的高度值与所述第三预设间隙的高度值相同，所述第二预设间隙的高度值大于所述第一预设间隙以及所述第三预设间隙的高度值。
- [权利要求 5] 根据权利要求2所述的MEMS传感器，其特征在于：所述第一可动质量块以及所述第三可动质量块的底部连接有一个锚点，所述第二可动质量块的底部连接有两个锚点。
- [权利要求 6] 根据权利要求1所述的MEMS传感器，其特征在于：所述顶电极层上形成有若干开口，若干所述开口沿所述顶电极层的径向间隔分布。
- [权利要求 7] 一种MEMS传感器的制备方法，用于制备权利要求1-6任一项所述的MEMS传感器，其特征在于，包括以下步骤：

步骤S1：自下而上依次形成底电极层、牺牲层、设备层以及顶电极层；

步骤S2：刻蚀所述设备层，以形成若干间隔设置的可动质量块；

步骤S3：释放所述设备层内的牺牲层。

[权利要求 8] 根据权利要求7所述的MEMS传感器的制备方法，其特征在于：

所述步骤S1中，包括：

步骤101：形成底电极层；

步骤102：于所述底电极层上形成牺牲层，并于所述牺牲层的顶面刻蚀形成阶梯界面以及若干凹槽；

步骤103：于所述牺牲层上形成设备层，所述设备层的可动质量块层叠于所述阶梯界面上，所述设备层的锚点形成于所述凹槽内；

步骤104：形成所述顶电极层，并于所述顶电极层上形成若干开口。

[权利要求 9] 根据权利要求7所述的MEMS传感器的制备方法，其特征在于：所述步骤S2中，通过DRIE工艺刻蚀所述设备层，以形成若干间隔设置的可动质量块。

[权利要求 10] 根据权利要求7所述的MEMS传感器的制备方法，其特征在于：所述设备层的材质为钛酸锆铅、氮化铝、钛酸钡或以上材料的混合物。

图1

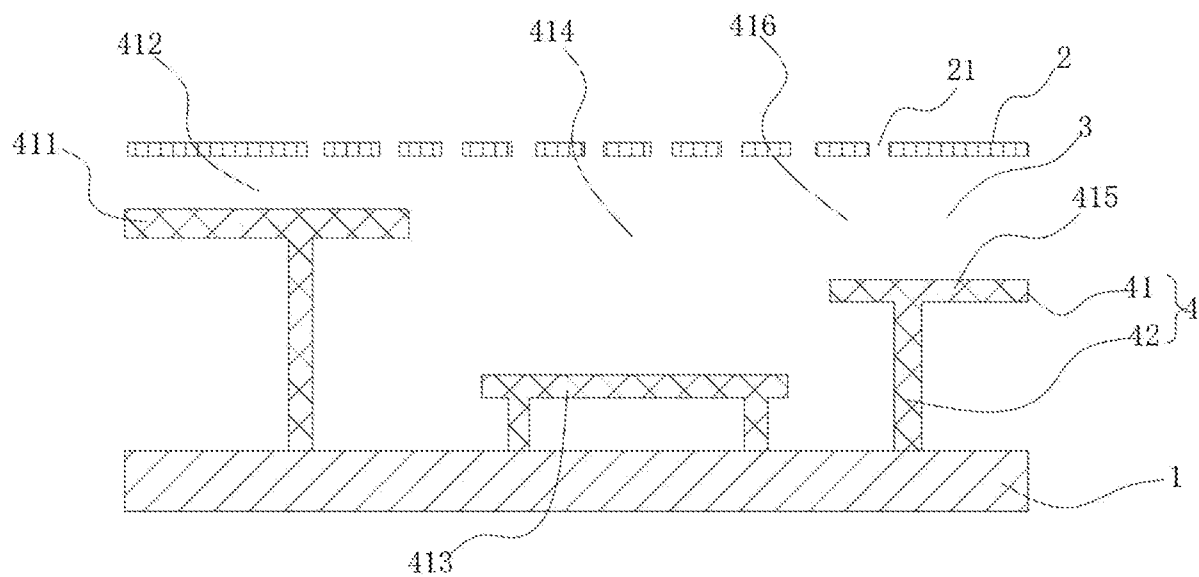


图2a

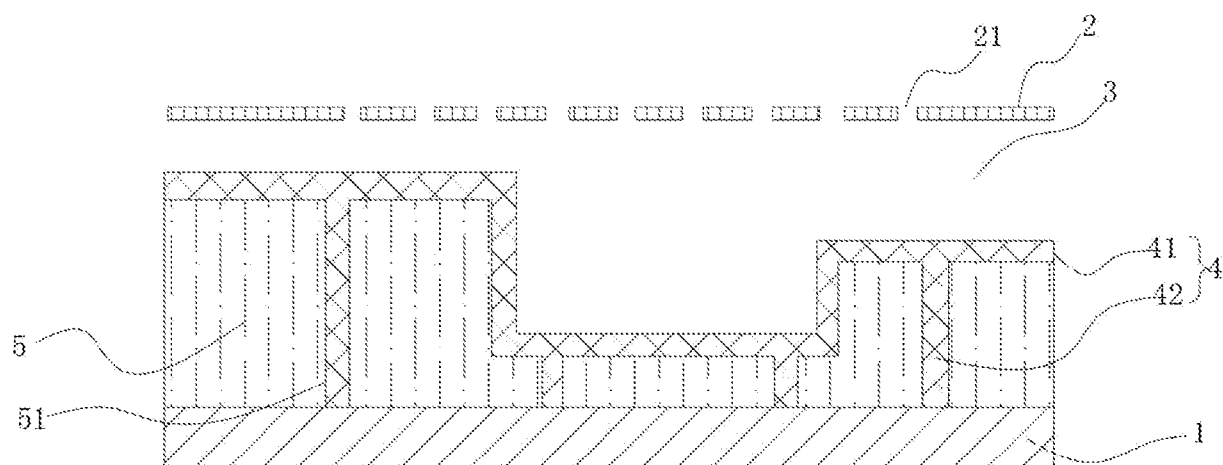


图2b

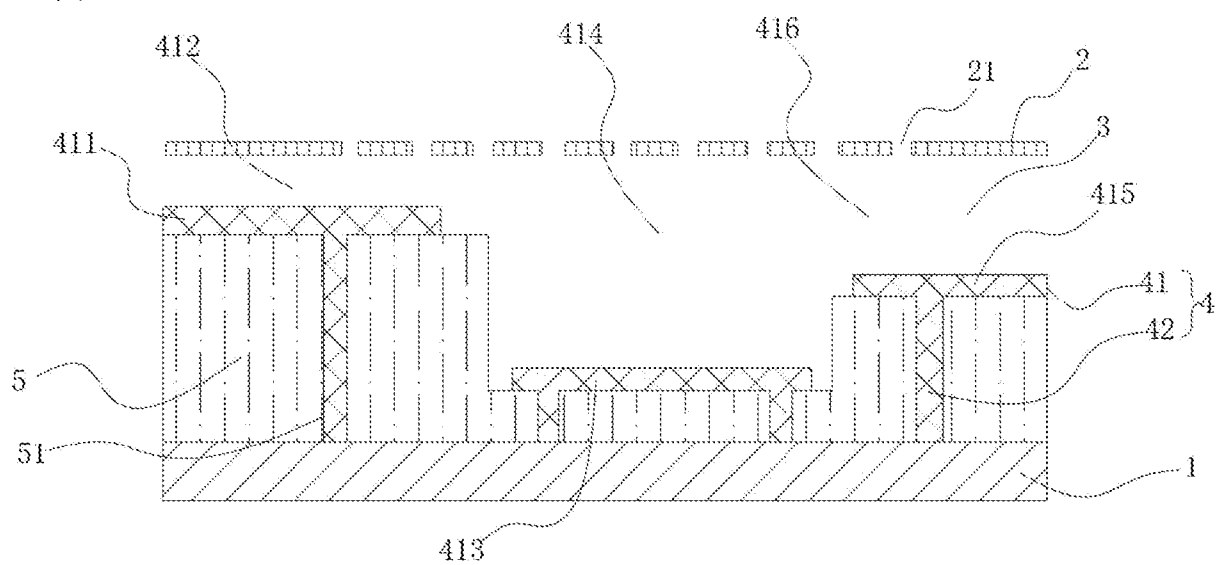


图2c

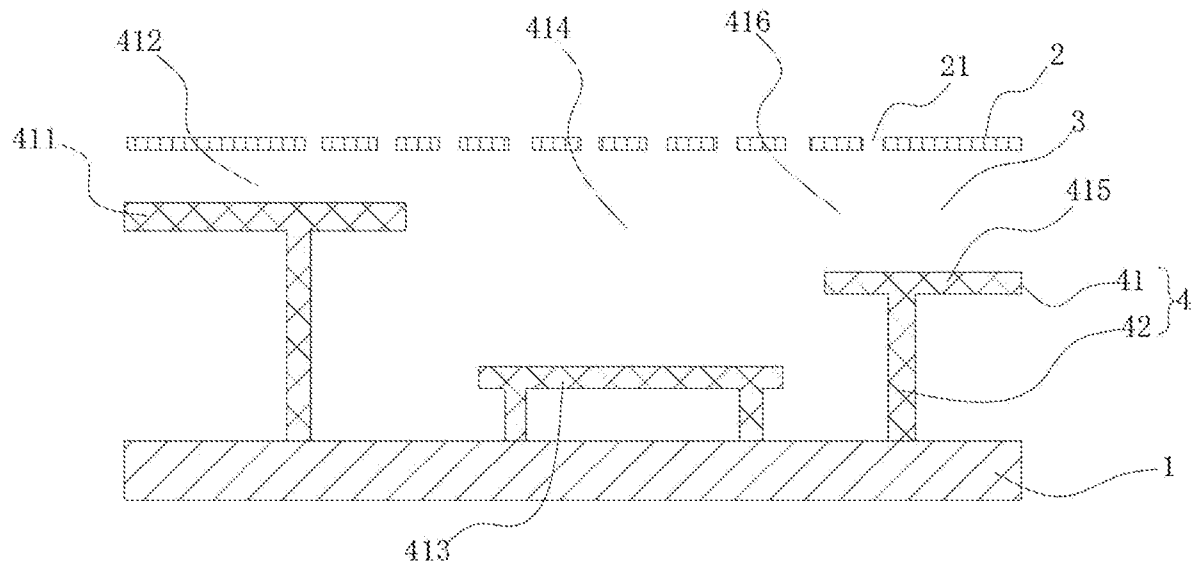


图3

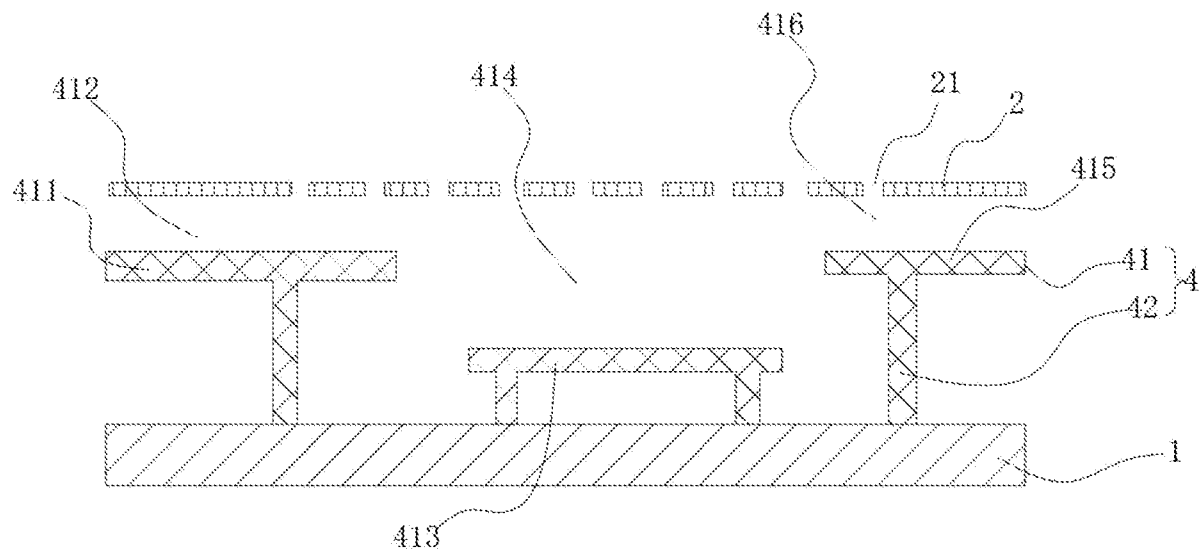


图4a

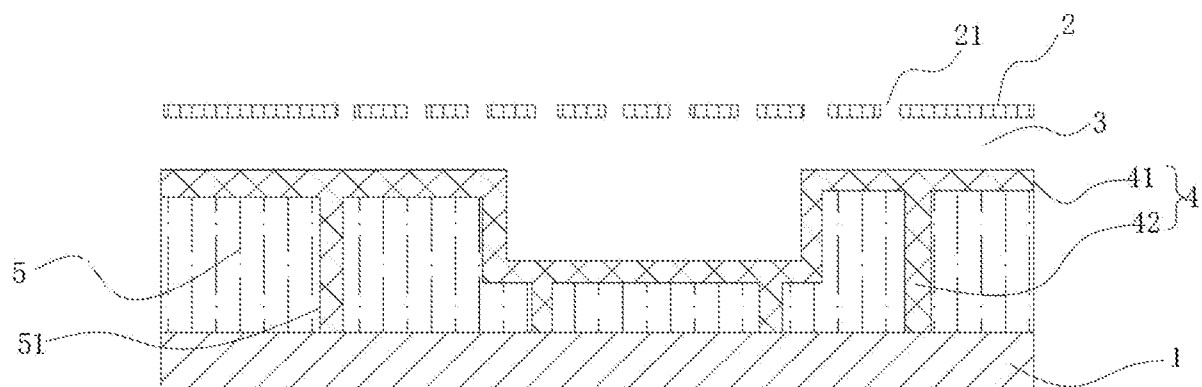


图4b

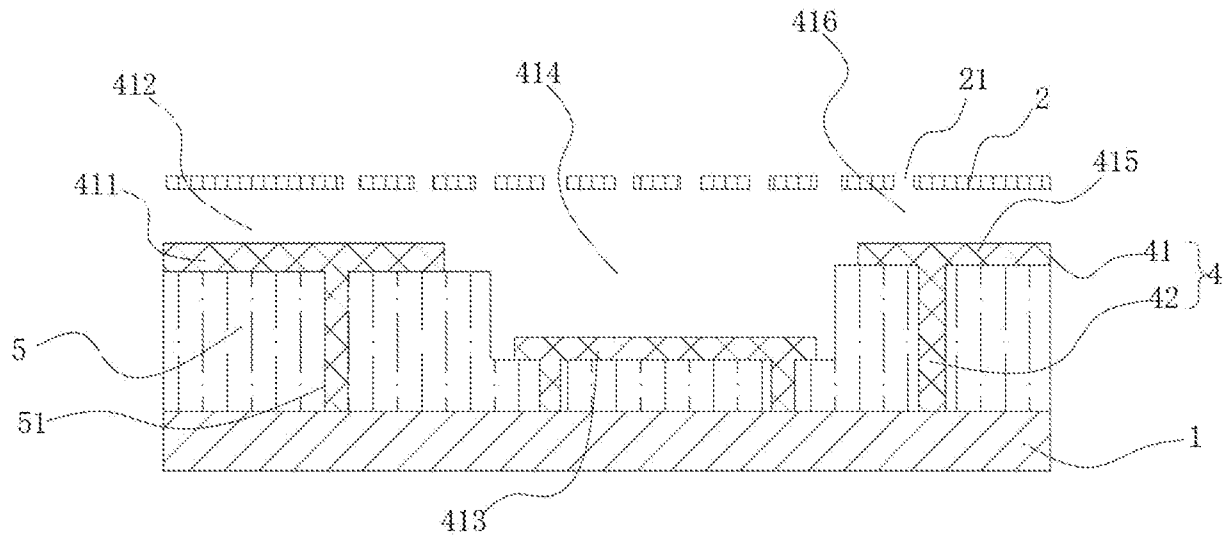
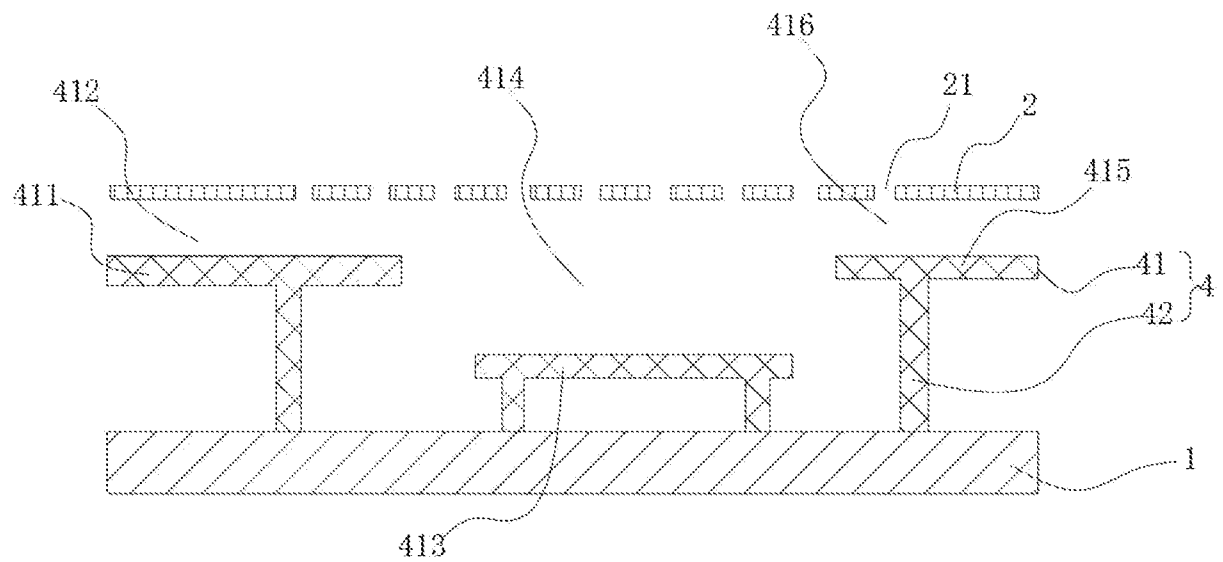


图4c



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/098007

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B81B3/00(2006.01)i; B81C1/00(2006.01)i; H04R19/04(2006.01)i; H04R19/00(2006.01)i; H04R31/00(2006.01)i;
G01L9/12(2006.01)i; G01L9/00(2006.01)i; G01P15/125(2006.01)i; H01G5/16(2006.01)i; H01G5/00(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)

IPC:B81B3/-; B81C1/-; H04R19/-; H04R31/-; G01L9/-; G01P15/-; H01G5/-

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)

CNXTX, CNABS, CNKI, VEN, ENTXT, OETXT: 瑞声科技, 潘在祥, 陈秋玉, 黎家健, 钟浩明, 占瞻, 电容, 差分, 偏置, 麦克风, 传声器, 极板, 电极, 可动, 质量块, 第一电容, 第二电容, 子电容, 距离, 间隙, 间隔, 空隙, 高度, 不同, 不等, 差异, 不相同, 阶梯, 高低, 凹槽, 凹坑, 凹陷, capacitance, different+, bias+, microphone?, plate?, electrode?, movable, mass??. the first capacitance, the second capacitance, C1, C2, sub-capacitance, sub capacitance, distance?, gap?, spacing, height, unequal, step?, groove?, concave?, recession?

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2006012343 A1 (GALLANT ANDREW J.) 19 January 2006 (2006-01-19) description, paragraphs 30-33, and figures 1-2	1-6
Y	US 2006012343 A1 (GALLANT ANDREW J.) 19 January 2006 (2006-01-19) description, paragraphs 30-33, and figures 1-2	7, 9, 10
Y	US 2002075626 A1 (THE BOARD OF TRUSTEES OF THE UNIVERSITY OF ILLINOIS) 20 June 2002 (2002-06-20) description, paragraphs 11-18, and figures 1-2	7, 9, 10
A	CN 101288137 A (NXP B.V.) 15 October 2008 (2008-10-15) entire document	1-10
A	CN 102457801 A (ACUTI MICROSYSTEMS CO., LTD.) 16 May 2012 (2012-05-16) entire document	1-10



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
 “D” document cited by the applicant in the international application
 “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

20 December 2023

Date of mailing of the international search report

21 December 2023

Name and mailing address of the ISA/CN

**China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District,
Beijing 100088**

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/098007

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 104345173 A (SEIKO EPSON CORP.) 11 February 2015 (2015-02-11) entire document	1-10
A	CN 109387348 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 26 February 2019 (2019-02-26) entire document	1-10
A	JP 2004172504 A (FUJITSU MEDIA DEVICE K.K. et al.) 17 June 2004 (2004-06-17) entire document	1-10
A	US 2012167685 A1 (GUO SHUWEN et al.) 05 July 2012 (2012-07-05) entire document	1-10
A	US 2016377648 A1 (ANALOG DEVICES, INC.) 29 December 2016 (2016-12-29) entire document	1-10
A	US 2017074738 A1 (FREESCALE SEMICONDUCTOR, INC.) 16 March 2017 (2017-03-16) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/098007

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2006012343	A1	19 January 2006	GB	2406716	A	06 April 2005
				GB	2406716	B	01 March 2006
				US	7440254	B2	21 October 2008
				WO	2004000717	A2	31 December 2003
				WO	2004000717	A3	28 October 2004
				DE	10392851	T5	01 September 2005
				DE	10392851	B4	14 April 2011
				AU	2003244790	A1	06 January 2004
				AU	2003244790	A8	03 November 2005
US	2002075626	A1	20 June 2002	US	6418006	B1	09 July 2002
CN	101288137	A	15 October 2008	WO	2007043006	A2	19 April 2007
				WO	2007043006	A3	13 September 2007
				US	2008253057	A1	16 October 2008
				US	8027143	B2	27 September 2011
				EP	1938345	A2	02 July 2008
				EP	1938345	B1	11 March 2009
				JP	2009512210	A	19 March 2009
				JP	4990286	B2	01 August 2012
				DE	602006005698	D1	23 April 2009
CN	102457801	A	16 May 2012	CN	102457801	B	23 March 2016
CN	104345173	A	11 February 2015	JP	2015025666	A	05 February 2015
				JP	6150056	B2	21 June 2017
				US	2015029690	A1	29 January 2015
				US	9835646	B2	05 December 2017
				CN	104345173	B	12 March 2019
CN	109387348	A	26 February 2019	CN	109387348	B	24 September 2019
JP	2004172504	A	17 June 2004	None			
US	2012167685	A1	05 July 2012	US	8656778	B2	25 February 2014
				JP	2012141299	A	26 July 2012
				EP	2472269	A2	04 July 2012
				EP	2472269	A3	15 August 2012
US	2016377648	A1	29 December 2016	US	10078098	B2	18 September 2018
				DE	102016109328	A1	29 December 2016
				DE	102016109328	B4	21 October 2021
				CN	106290984	A	04 January 2017
				CN	106290984	B	16 June 2020
US	2017074738	A1	16 March 2017	US	9829406	B2	28 November 2017

A. 主题的分类		
B81B3/00(2006.01)i; B81C1/00(2006.01)i; H04R19/04(2006.01)i; H04R19/00(2006.01)i; H04R31/00(2006.01)i; G01L9/12(2006.01)i; G01L9/00(2006.01)i; G01P15/125(2006.01)i; H01G5/16(2006.01)i; H01G5/00(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)		
IPC:B81B3/-; B81C1/-; H04R19/-; H04R31/-; G01L9/-; G01P15/-; H01G5/-		
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))		
CNTXT, CNABS, CNKI, VEN, ENTXT, OETXT: 瑞声科技, 潘在祥, 陈秋玉, 黎家健, 钟浩明, 占瞻, 电容, 差分, 偏置, 麦克风, 传声器, 极板, 电极, 可动, 质量块, 第一电容, 第二电容, 子电容, 距离, 间隙, 间隔, 空隙, 高度, 不同, 不等, 差异, 不相同, 阶梯, 高低, 凹槽, 凹坑, 凹陷, capacitance, different+, bias+, microphone?, plate?, electrode?, movable, mass?, the first capacitance, the second capacitance, C1, C2, sub-capacitance, sub capacitance, distance?, gap?, spacing, height, unequal, step?, groove?, concave?, recession?		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	US 2006012343 A1 (GALLANT ANDREW J) 2006年1月19日 (2006 - 01 - 19) 说明书第30-33段、附图1-2	1-6
Y	US 2006012343 A1 (GALLANT ANDREW J) 2006年1月19日 (2006 - 01 - 19) 说明书第30-33段、附图1-2	7、9-10
Y	US 2002075626 A1 (UNIV ILLINOIS) 2002年6月20日 (2002 - 06 - 20) 说明书第11-18段、附图1-2	7、9-10
A	CN 101288137 A (NXP股份有限公司) 2008年10月15日 (2008 - 10 - 15) 全文	1-10
A	CN 102457801 A (北京卓锐微技术有限公司) 2012年5月16日 (2012 - 05 - 16) 全文	1-10
A	CN 104345173 A (精工爱普生株式会社) 2015年2月11日 (2015 - 02 - 11) 全文	1-10
☒ 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 “D” 申请人在国际申请中引证的文件 “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		国际检索报告邮寄日期
2023年12月20日		2023年12月21日
ISA/CN的名称和邮寄地址		授权官员
中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088		冷林霞
		电话号码 (+86) 028-62967331

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
A	CN 109387348 A (华中科技大学) 2019年2月26日 (2019 - 02 - 26) 全文	1-10
A	JP 2004172504 A (FUJITSU MEDIA DEVICE KK et al.) 2004年6月17日 (2004 - 06 - 17) 全文	1-10
A	US 2012167685 A1 (GUO SHUWEN et al.) 2012年7月5日 (2012 - 07 - 05) 全文	1-10
A	US 2016377648 A1 (ANALOG DEVICES INC.) 2016年12月29日 (2016 - 12 - 29) 全文	1-10
A	US 2017074738 A1 (FREESCALE SEMICONDUCTOR INC.) 2017年3月16日 (2017 - 03 - 16) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/098007

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
US	2006012343	A1	2006年1月19日	GB	2406716	A	2005年4月6日
				GB	2406716	B	2006年3月1日
				US	7440254	B2	2008年10月21日
				WO	2004000717	A2	2003年12月31日
				WO	2004000717	A3	2004年10月28日
				DE	10392851	T5	2005年9月1日
				DE	10392851	B4	2011年4月14日
				AU	2003244790	A1	2004年1月6日
				AU	2003244790	A8	2005年11月3日
US	2002075626	A1	2002年6月20日	US	6418006	B1	2002年7月9日
CN	101288137	A	2008年10月15日	WO	2007043006	A2	2007年4月19日
				WO	2007043006	A3	2007年9月13日
				US	2008253057	A1	2008年10月16日
				US	8027143	B2	2011年9月27日
				EP	1938345	A2	2008年7月2日
				EP	1938345	B1	2009年3月11日
				JP	2009512210	A	2009年3月19日
				JP	4990286	B2	2012年8月1日
				DE	602006005698	D1	2009年4月23日
CN	102457801	A	2012年5月16日	CN	102457801	B	2016年3月23日
CN	104345173	A	2015年2月11日	JP	2015025666	A	2015年2月5日
				JP	6150056	B2	2017年6月21日
				US	2015029690	A1	2015年1月29日
				US	9835646	B2	2017年12月5日
				CN	104345173	B	2019年3月12日
CN	109387348	A	2019年2月26日	CN	109387348	B	2019年9月24日
JP	2004172504	A	2004年6月17日	无			
US	2012167685	A1	2012年7月5日	US	8656778	B2	2014年2月25日
				JP	2012141299	A	2012年7月26日
				EP	2472269	A2	2012年7月4日
				EP	2472269	A3	2012年8月15日
US	2016377648	A1	2016年12月29日	US	10078098	B2	2018年9月18日
				DE	102016109328	A1	2016年12月29日
				DE	102016109328	B4	2021年10月21日
				CN	106290984	A	2017年1月4日
				CN	106290984	B	2020年6月16日
US	2017074738	A1	2017年3月16日	US	9829406	B2	2017年11月28日