



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106925496 A

(43)申请公布日 2017.07.07

(21)申请号 201710009206.4

(22)申请日 2017.01.06

(71)申请人 中北大学

地址 030051 山西省太原市学院路3号

(72)发明人 何常德 张国军 张斌珍 薛晨阳

张文栋 赵蕾

(74)专利代理机构 太原科卫专利事务所(普通合伙) 14100

代理人 温彪飞 武建云

(51) Int. Cl.

B06B 1/02(2006.01)

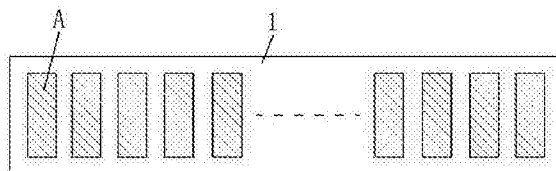
权利要求书1页 说明书4页 附图6页

(54)发明名称

微机电超声探头及电路

(57)摘要

本发明公开了一种微机电超声探头,包括硅衬底(1),所述硅衬底(1)的上表面为氧化层(2),所述氧化层(2)的上表面开设有若干空腔(3),若干空腔(3)成排、列布置,所述氧化层(2)的上表面键合振动薄膜(4),所述振动薄膜(4)的上表面设隔离层(5),围绕隔离层(5)的四周边缘处及其内部开设有下沉的隔离槽(6),所述隔离槽(6)贯穿隔离层(5)和振动薄膜(4)后,其槽底开设于氧化层(2)上;所述隔离层(5)的上表面上正对每个空腔(3)的中心位置处设有上电极(7)。本发明设计合理,该超声探头结构新颖、体积小、频带宽、灵敏度高,噪声低,稳定性好。



1. 一种微机电超声探头,其特征在于:包括硅衬底(1),所述硅衬底(1)的上表面为氧化层(2),所述氧化层(2)的上表面开设有若干空腔(3),所述氧化层(2)的上表面键合振动薄膜(4),所述振动薄膜(4)的上表面设隔离层(5),围绕隔离层(5)的四周边缘处及其内部开设有下沉的隔离槽(6),所述隔离槽(6)贯穿隔离层(5)和振动薄膜(4)后,其槽底开设于氧化层(2)上;所述隔离层(5)的上表面上正对每个空腔(3)的中心位置处设有上电极(7);

所述氧化层(2)上的若干空腔(3)位于同一隔离区域内后形成一个阵元;所述隔离层(5)的上表面位于一个阵元内的边缘处位置设有一个焊盘(8),一个阵元内每排的两个相邻上电极(7)之间以及每列的两个相邻上电极(7)之间通过金属引线(9)连接,所述焊盘(8)与离其最近的一个上电极(7)之间通过金属引线(9)连接;

N个阵元排成一排就形成了N阵元线阵超声探头。

2. 根据权利要求1所述的微机电超声探头,其特征在于:N取值为64~1024。

3. 根据权利要求1或2所述的微机电超声探头,其特征在于:所述空腔(3)形状为正六边形或者圆形。

4. 一种微机电超声探头的电路,其特征在于:包括发射电路、开关电路和信号调理电路;

所述发射电路由高压脉冲放大电路和直流偏置电压共同构成,同时作用于超声探头使其发射超声波;

信号调理电路包括跨阻放大检测电路、滤波电路、低噪放大电路;跨阻放大检测电路是超声探头内信号调理电路的开端,其将微弱电容信号转换为可测电信号,由于转换的电信号幅度微弱,并且电路本身及外部存在噪声,将会使输出信号的信噪比及分辨率降低,利用滤波电路和低噪放大电路对输出信号进行放大降噪处理,提高系统信噪比及分辨率;

在探头和发射、接收电路之间增加开关电路。

5. 一种微机电超声探头的制备方法,其特征在于:包括如下步骤:

(1)、选择硅片和SOI晶片,并进行标准RCA清洗;

(2)、对硅片进行氧化处理,使其上下表面都形成氧化层;

(3)、在硅片上表面的氧化层上进行光刻,刻蚀出若干空腔;

(4)、对硅片进行标准RCA清洗并进行激活,激活后使硅片上表面的氧化层与SOI晶片进行低温键合;

(5)、键合后用TMAH溶液对SOI晶片的衬底硅进行腐蚀,清洗后再用BOE溶液腐蚀掉硅片下表面上的氧化层和SOI晶片上的氧化层,此时的硅片即为硅衬底、SOI晶片剩余的硅层即为振动薄膜;

(6)、采用LPCVD工艺在振动薄膜上沉积一层二氧化硅层作为隔离层;

(7)、在隔离层的上表面溅射金属,并用剥离的方法形成上电极和焊盘;

(8)、围绕隔离层的四周边缘处及内部刻蚀出隔离槽,形成阵元阵列,并用TMAH溶液腐蚀出隔离槽,隔离槽贯穿隔离层和振动薄膜后,其槽底开设于氧化层上;

(9)、通过金属引线连接各上电极及焊盘;

(10)、在硅片的背面注入磷,与硅片形成良好的欧姆接触,并溅射金属形成下电极。

微机电超声探头及电路

技术领域

[0001] 本发明涉及MEMS传感器领域,具体是微机电超声传感器,特别是一种新型微机电超声探头结构及电路。

背景技术

[0002] 超声成像技术在医学诊断、医学治疗、无损检测、超声显微镜和海洋地貌探测等多个领域内得到了广泛的应用。超声换能器能够发射超声波和检测超声波,实现声-电转换和电-声转换,是超声成像诊断设备的核心部件。超声换能器的发展对提高医学超声诊断技术和设备的发展起着决定性作用。随超声换能器应用领域的扩大,超声探头中传统压电式超声换能器的不足之处也逐渐暴露出来了。其中最主要问题的是压电材料与工作介质如空气、水和人体组织等之间的声阻抗失配。除此以外,传统压电换能器无法集成制造,因此线性阵列的制作工艺难度大。近20年来,MEMS微加工技术得到了长足的发展,利用此技术设计的一种新型微机电超声换能器,既兼有电容换能器的宽频带和高机电转换效率的优势,也充分利用了MEMS微加工技术易于制作微型器件、适合制造阵列、批量化生产和硅材料与介质阻抗匹配好的优势。

发明内容

[0003] 本发明的目的是为了解决上述现有技术中存在的问题,而提供了一种新型微机电超声探头结构及电路,使此种超声探头成功应用于医学成像中。

[0004] 本发明是通过以下技术方案实现的:

一种微机电超声探头,包括硅衬底,所述硅衬底的上表面为氧化层,所述氧化层的上表面开设有若干空腔,所述氧化层的上表面键合振动薄膜,所述振动薄膜的上表面设隔离层,围绕隔离层的四周边缘处及其内部开设有下沉的隔离槽,所述隔离槽贯穿隔离层和振动薄膜后,其槽底开设于氧化层上;所述隔离层的上表面上正对每个空腔的中心位置处设有上电极。

[0005] 所述氧化层上的若干空腔位于同一隔离区域内后形成一个阵元;所述隔离层的上表面位于一个阵元内的边缘处位置设有一个焊盘,一个阵元内每排的两个相邻上电极之间以及每列的两个相邻上电极之间通过金属引线连接,所述焊盘与离其最近的一个上电极之间通过金属引线连接。

[0006] 所述硅衬底背面注入磷,并进行金属溅射形成下电极。

[0007] N个阵元排成一排就形成了N阵元线阵超声探头。

[0008] 工作时,在该面阵探头的上下电极上施加直流电压,两极板之间将产生静电力,在静电力的作用下振动薄膜被拉向衬底,此时在上下电极上施加与振动薄膜工作频率相同的交变电压,这样会使薄膜不断振动,实现发射超声波的功能。当施加有一定直流偏置电压的振动薄膜上作用有外界声压时,真空腔体距离改变,电容变化,外部电路可将电容变化引起的电流转换为可测的电压信号,实现了超声波的接收。

[0009] 上述微机电超声探头的制备方法,包括如下步骤:

- (1)、选择硅片和SOI晶片,并进行标准RCA清洗;
- (2)、对硅片进行氧化处理,使其上下表面都形成氧化层;
- (3)、在硅片上表面的氧化层上进行光刻,刻蚀出若干空腔;
- (4)、对硅片进行标准RCA清洗并进行激活,激活后使硅片上表面的氧化层与SOI晶片进行低温键合;
- (5)、键合后用TMAH溶液对SOI晶片的衬底硅进行腐蚀,清洗后再用BOE溶液腐蚀掉硅片下表面上的氧化层和SOI晶片上的氧化层,此时的硅片即为硅衬底、SOI晶片剩余的硅层即为振动薄膜;
- (6)、采用LPCVD工艺在振动薄膜上沉积一层二氧化硅层作为隔离层;
- (7)、在隔离层的上表面溅射金属,并用剥离的方法形成上电极和焊盘;
- (8)、围绕隔离层的四周边缘处及内部刻蚀出隔离槽,形成阵元阵列,并用TMAH溶液腐蚀出隔离槽,隔离槽贯穿隔离层和振动薄膜后,其槽底开设于氧化层上;
- (9)、通过金属引线连接各上电极及焊盘;
- (10)、在硅片的背面注入磷,与硅片形成良好的欧姆接触,并溅射金属形成下电极。

[0010] 上述微机电超声换能器能够弥补压电超声换能器的不足,同时目前应用于医学成像的超声探头,必须有相应的电路与超声换能器匹配,使超声探头可以实现自发自收的功能,实现医用超声成像。

[0011] 因此,一种微机电超声探头的电路,包括发射电路、开关电路和信号调理电路。

[0012] 所述发射电路由高压脉冲放大电路和直流偏置电压共同构成,同时作用于超声探头使其发射超声波。

[0013] 信号调理电路包括跨阻放大检测电路、滤波电路、低噪放大电路;跨阻放大检测电路是超声探头内信号调理电路的开端,其将微弱电容信号转换为可测电信号,由于转换的电信号幅度微弱,并且电路本身及外部存在噪声,将会使输出信号的信噪比及分辨率降低,利用滤波电路和低噪放大电路对输出信号进行放大降噪处理,提高系统信噪比及分辨率。

[0014] 在探头和发射、接收电路之间增加开关电路。

[0015] 微机电超声探头在发射及接收状态下都需要施加直流偏置电压,将直流偏置电压通过保护电阻施加于探头上。此时,当探头处于发射状态时,电路中开关将指向发射电路,即FPGA控制器和高压脉冲发生器部分,FPGA控制器控制高压脉冲发生器产生高压脉冲并作用于探头,使探头发射出超声波;当探头处于接收状态时,电路中开关将指向接收电路,即跨阻放大检测电路和滤波电路部分,接收状态下探头在超声波作用下产生的微小电流通过跨阻放大检测电路转换为可测的电压回波信号,然后再通过滤波电路提高电压回波信号的信噪比,达到滤除噪声的效果。

[0016] 本发明利用新型微机电超声换能器制备的超声探头,该探头既兼有电容换能器的宽频带和高机电转换效率的优势,也充分利用了MEMS微加工技术易于制作微型器件、适合制造阵列、批量化生产和硅材料与介质阻抗匹配好的优势,同时也利用电路使探头实现自发自收的功能,在超声成像领域具有一定的应用前景。

[0017] 本发明设计合理,该超声探头结构新颖、体积小、频带宽、灵敏度高,噪声低,稳定性好。

附图说明

- [0018] 图1表示本发明换能器N(64-1024)线阵的示意图。
- [0019] 图2表示图1中A部分(也为一个阵元)的结构示意图。
- [0020] 图3表示图2中B部分(也为一个cell)的剖视图。
- [0021] 图4为本发明电路的示意图。
- [0022] 图3-1表示本发明换能器制备方法中步骤2)的示意图。
- [0023] 图3-2表示本发明换能器制备方法中步骤3)的示意图。
- [0024] 图3-3表示本发明换能器制备方法中步骤4)的示意图。
- [0025] 图3-4表示本发明换能器制备方法中步骤5)的示意图。
- [0026] 图3-5表示本发明换能器制备方法中步骤6)的示意图。
- [0027] 图3-6表示本发明换能器制备方法中步骤7)的示意图。
- [0028] 图3-7表示本发明换能器制备方法中步骤8)的示意图。
- [0029] 图中:1-硅衬底,2-氧化层,3-空腔,4-振动薄膜,5-隔离层,6-隔离槽,7-上电极,8-焊盘,9-金属引线。

具体实施方式

- [0030] 下面结合附图对本发明的具体实施例进行详细说明。
- [0031] 一种微机电超声探头,如图1所示,由N(64~1024)个阵元排成一排就形成了N阵元线阵超声探头。
- [0032] 如图3所示,表示每个阵元中单个cell的剖视图,包括硅衬底1,所述硅衬底1的上表面为氧化层2,所述氧化层2的上表面开设有若干正六边形空腔3,如图2所示,若干正六边形空腔3成排、列布置或对角布置,所述氧化层2的上表面键合振动薄膜4,所述振动薄膜4的上表面设隔离层5,围绕隔离层5的四周边缘处及其内部开设有下沉的隔离槽6(隔离槽用于隔开各阵元),所述隔离槽6贯穿隔离层5和振动薄膜4后,其槽底开设于氧化层2上;所述隔离层5的上表面上正对每个空腔3的中心位置处设有上电极7(形成图形化上电极)。所述氧化层2上的若干空腔3位于同一隔离区域内后形成一个阵元;所述隔离层5的上表面位于一个阵元内的边缘处位置设有一个焊盘8,一个阵元内每排的两个相邻上电极7之间以及每列的两个相邻上电极7之间通过金属引线9连接,所述焊盘8与离其最近的一个上电极7之间通过金属引线9连接,形成一个阵元。
- [0033] 上述微机电超声探头的制备方法,包括如下步骤:

- (1)、选择硅片和SOI晶片,并进行标准RCA清洗,去除各种有机物、金尘埃和自然氧化层等,电阻率为 $0.01\sim 0.08\ \Omega\cdot\text{cm}$;
- (2)、对硅片进行氧化处理,使其上下表面都形成氧化层,如图3-1所示;
- (3)、在硅片上表面的氧化层上进行光刻,刻蚀出若干正六边形空腔,如图3-2所示;
- (4)、对硅片进行标准RCA清洗并进行激活,激活后使硅片上表面的氧化层与SOI晶片进行低温键合,如图3-3所示;
- (5)、键合后用TMAH溶液对SOI晶片的衬底硅进行腐蚀,清洗后再用BOE溶液腐蚀掉硅片下表面上的氧化层和SOI晶片上的氧化层,此时的硅片即为硅衬底、SOI晶片剩余的硅层即

为振动薄膜,如图3-4所示;

(6)、采用LPCVD工艺在振动薄膜上沉积一层二氧化硅层作为隔离层,如图3-5所示;

(7)、在隔离层的上表面溅射金属,并用剥离的方法形成上电极和焊盘,如图3-6所示;

(8)、围绕隔离层的四周边缘处及内部刻蚀出隔离槽,形成阵元阵列,并用TMAH溶液腐蚀出隔离槽,隔离槽贯穿隔离层和振动薄膜后,其槽底开设于氧化层上,如图3-7所示;

(9)、通过金属引线连接各上电极及焊盘;

(10)、在硅片的背面注入磷,与硅片形成良好的欧姆接触,并溅射金属形成一体化下电极(图中未画出)。

[0034] 一种新型微机电超声探头电路,如图4所示,包括发射电路、开关(隔离)电路和信号调理电路。

[0035] 发射电路由高压脉冲放大电路和直流偏置电压共同构成,同时作用于超声探头使其发射超声波。

[0036] 信号调理电路包括跨阻放大检测电路、滤波电路、低噪放大电路。跨阻放大检测电路是超声探头内信号调理电路的开端,其将微弱电容信号转换为可测电信号,由于转换的电信号幅度微弱,并且电路本身及外部存在噪声,将会使输出信号的信噪比及分辨率降低,所以利用滤波电路和低噪放大电路对输出信号进行放大降噪处理,提高系统信噪比及分辨率。

[0037] 同时考虑到发射、接收共用同一探头,发射时加载到探头上的高压脉冲信号将传输到信号调理电路,高压脉冲幅值远远超过跨阻放大检测电路中检测芯片的最大输入电压幅值,会烧毁检测芯片。为此,在探头和发射、接收电路之间增加开关电路,将高压脉冲信号仅作用于超声探头发射状态,而不影响超声探头接收状态。

[0038] 总之,本发明所述的微机电超声探头,解决了传统压电式超声探头中压电材料与工作介质如空气、水和人体组织等之间的声阻抗失配问题。除此以外,还解决了传统压电式超声探头中作为核心部件的压电换能器无法集成制造,制作线阵探头工艺难度大的问题。本发明包括单个微小振动单元(cell)的结构设计,并将结构设计为六边形,此结构的工作频率为3MHz~12MHz,适用于高频探测;六边形cell通过排、列布置成为一个阵元,排列更加紧密,在有限的面积下重复单元增多,提高了传感器灵敏度。N(64~1024)个阵元排成一排形成线阵探头;对线阵设计相应的收发电路,并将线阵与电路相连接,实现超声探头的探测功能。

[0039] 最后所应说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,尽管参照本发明实施例进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,都不脱离本发明的技术方案的精神和范围,其均应涵盖权利要求保护范围中。

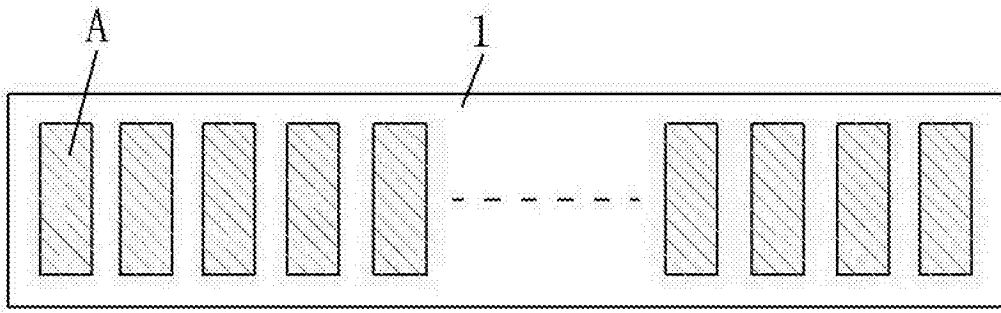


图1

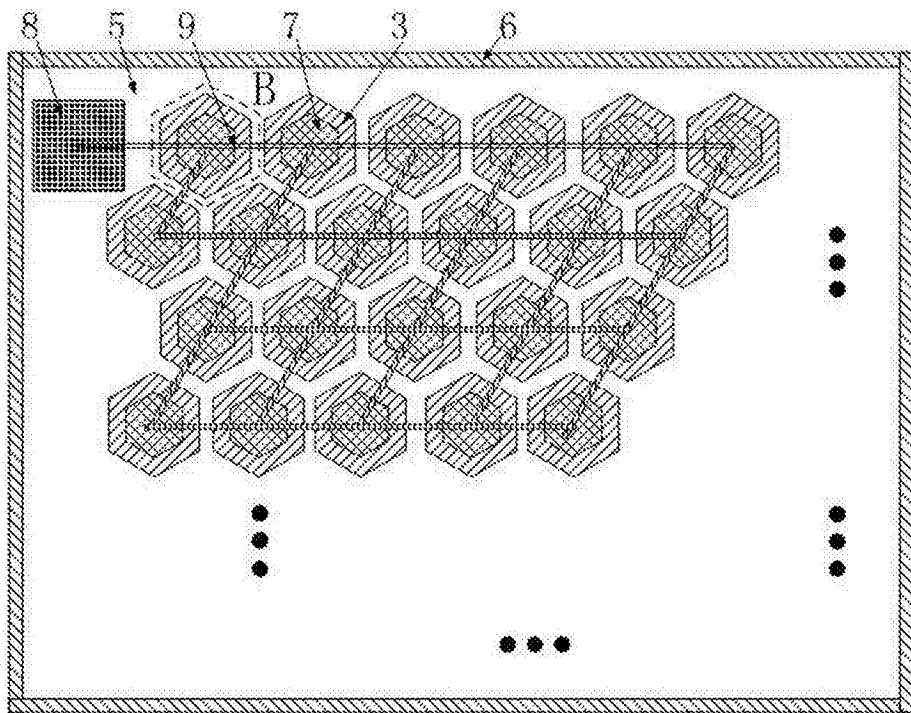


图2

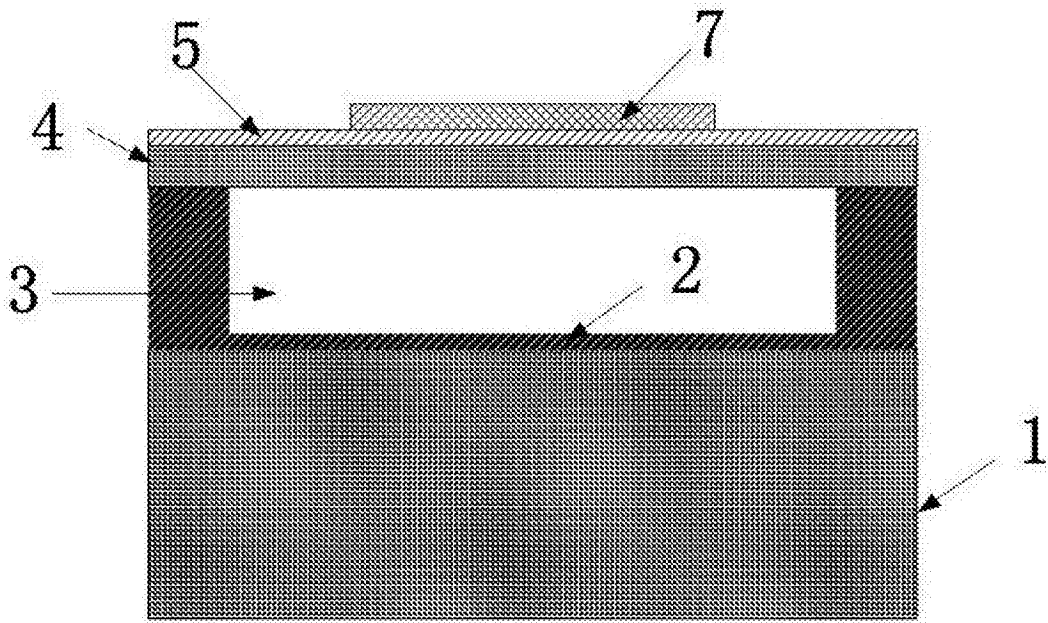


图3

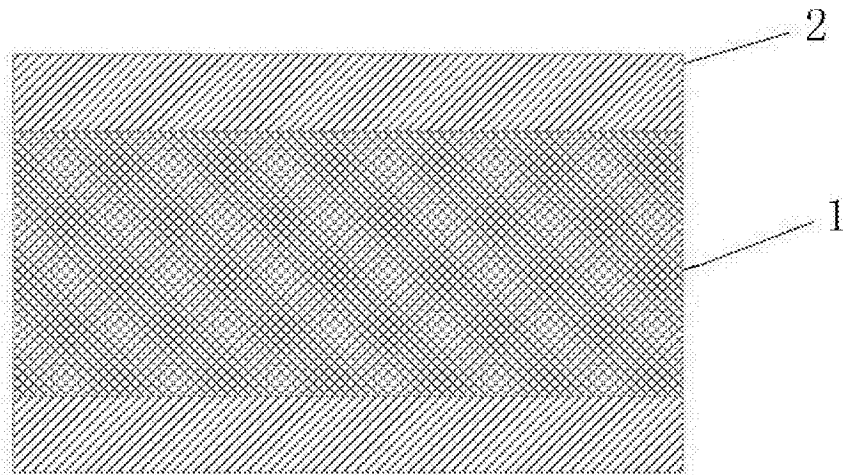


图3-1

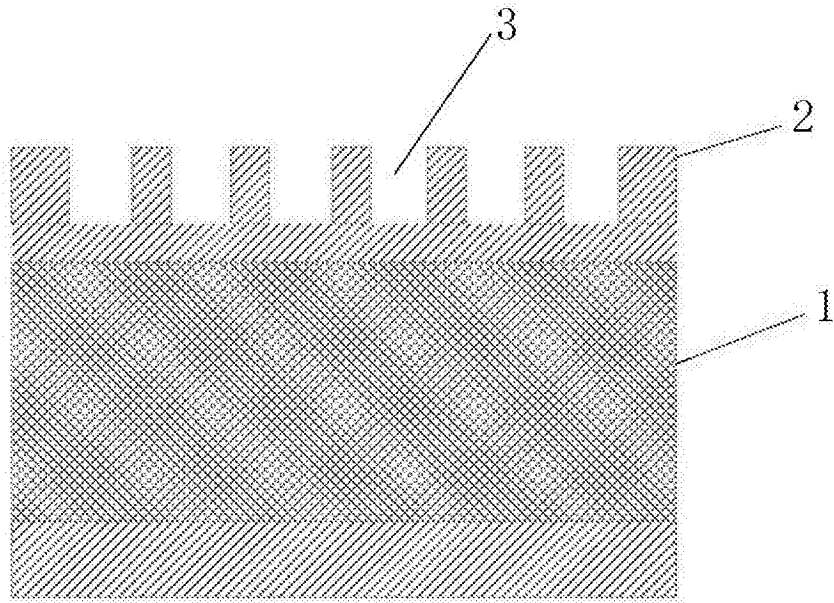


图3-2

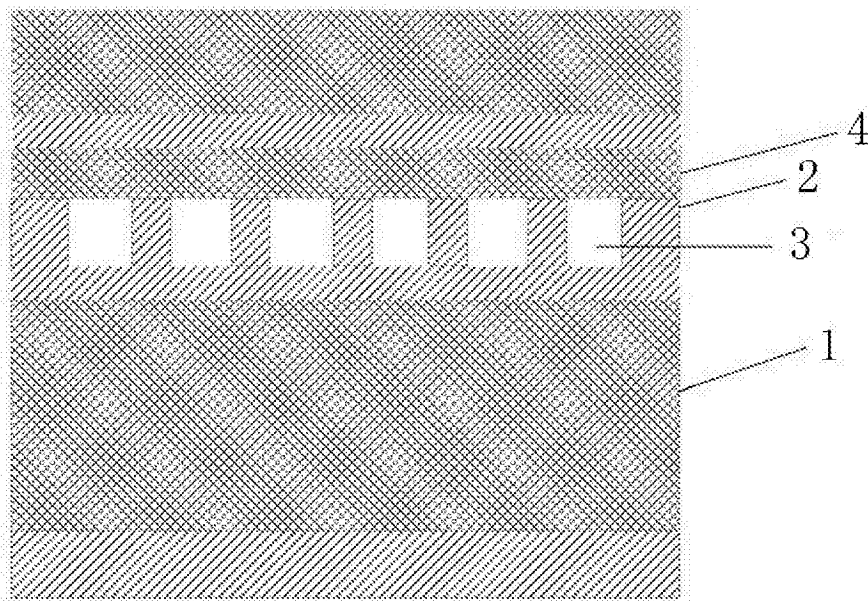


图3-3

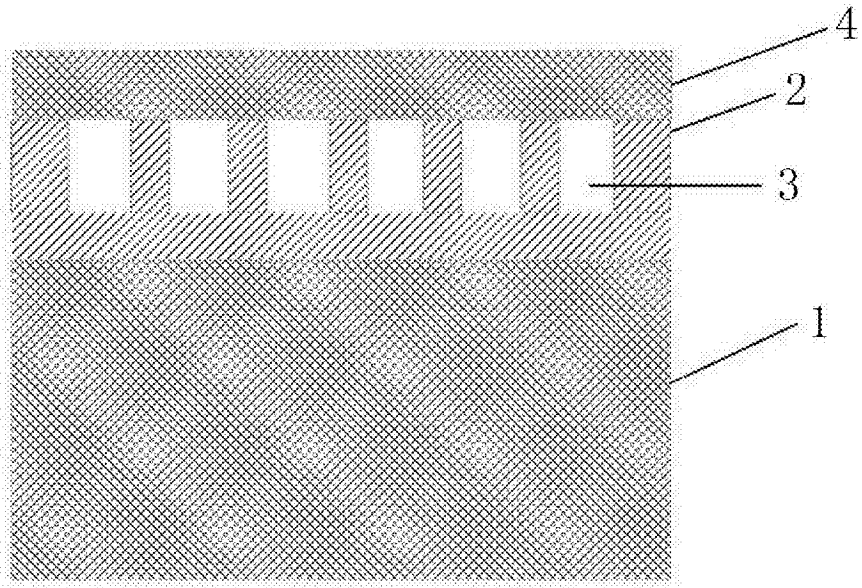


图3-4

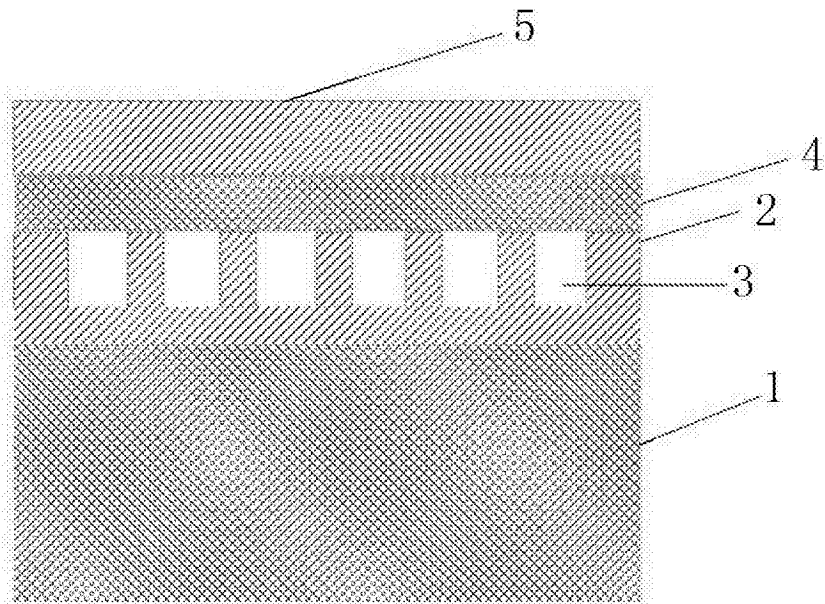


图3-5

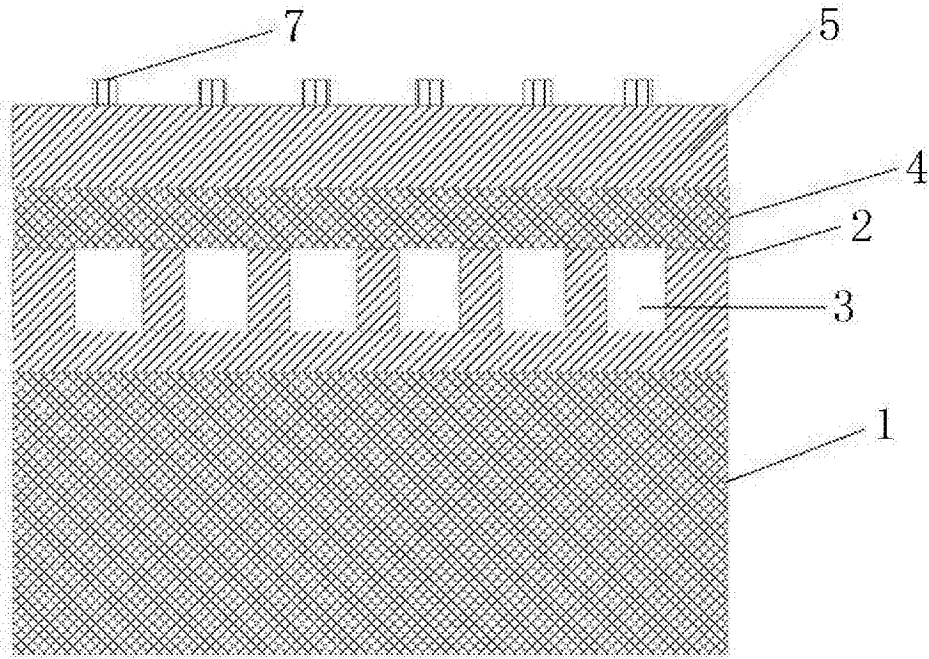


图3-6

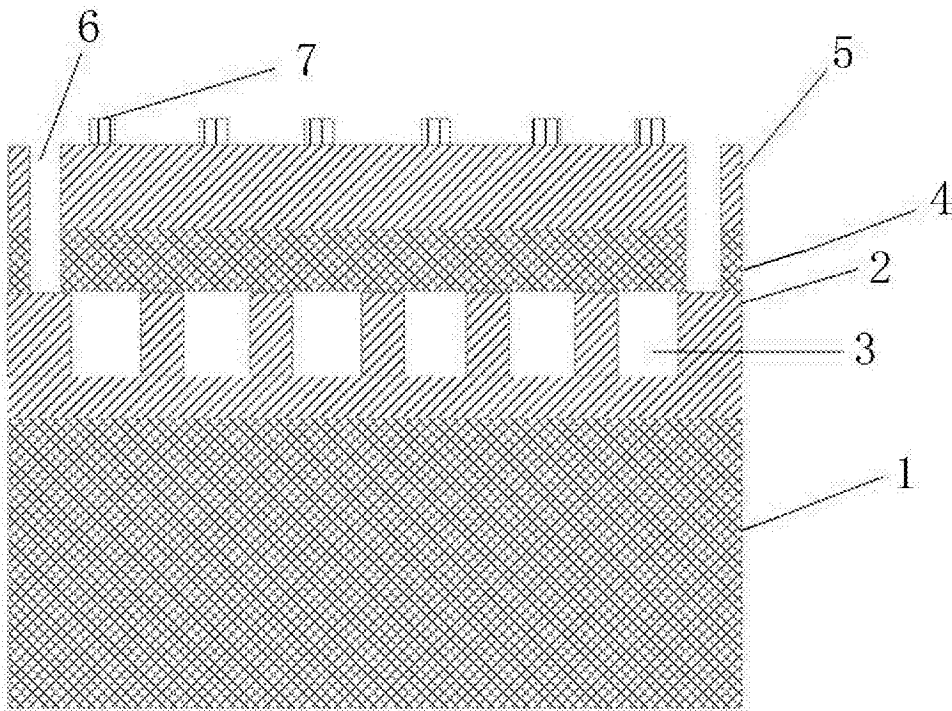


图3-7

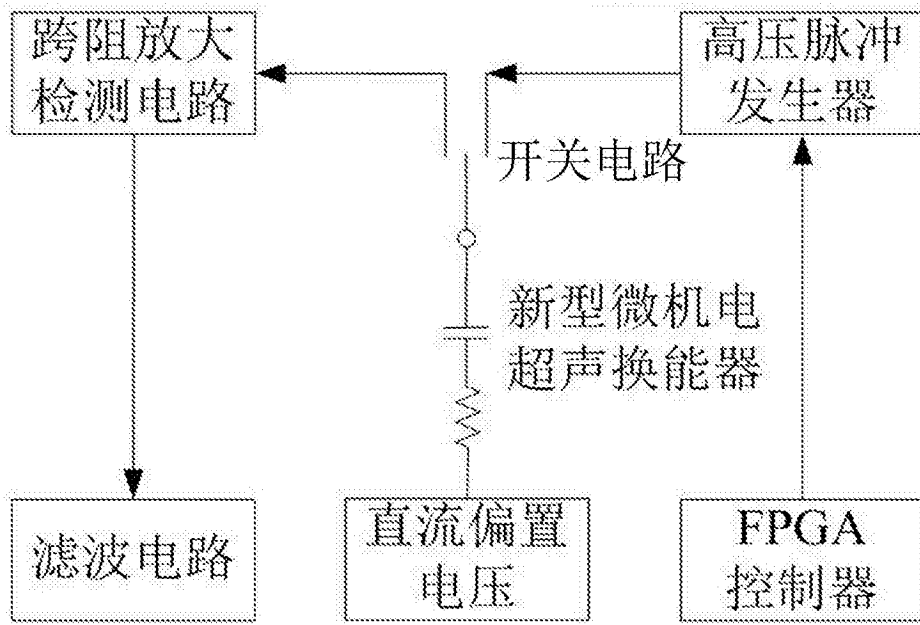


图4