



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104183425 B

(45) 授权公告日 2016. 03. 02

(21) 申请号 201410439204. 5

(22) 申请日 2014. 08. 29

(73) 专利权人 电子科技大学

地址 611731 四川省成都市高新区(西区)西源大道 2006 号

(72) 发明人 鲍景富 黄裕霖 邓迪 李昕熠
王强 王彬

(74) 专利代理机构 成都宏顺专利代理事务所
(普通合伙) 51227

代理人 李玉兴

(51) Int. Cl.

H01H 59/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 2729890 Y, 2005. 09. 28,

CN 1601685 A, 2005. 03. 30,

CN 1588602 A, 2005. 03. 02,

JP 特开 2012 - 212579 A, 2012. 11. 01,

US 2007/0205087 A1, 2007. 09. 06,

黄继伟等. 单刀双掷 RF MEMS 开关的研究与设计. 《半导体学报》. 2007, 第 28 卷(第 4 期), 604 - 608.

审查员 王海容

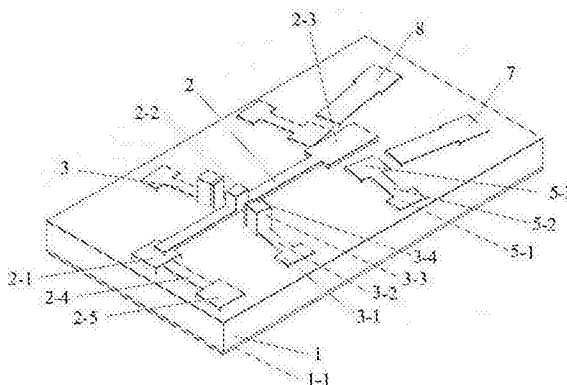
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种射频 MEMS 单刀双掷开关

(57) 摘要

一种射频 MEMS 单刀双掷开关,属于电子科学技术领域。采用可移动金属悬臂梁,其一端通过金属锚点与信号输入端相连,中间具有吸合电极板,远端为下拉电极板;沿悬臂梁中心轴线两侧分别设置第一、第二驱动电极和信号输出端;开关工作时,第一驱动电极先施加偏置电压,使得吸合电极板受静电力作用而移动,然后同侧第二驱动电极施加偏置电压,使得远端下拉电极板被拉下导致两个电接触点与同侧的射频信号输出端相接触。本发明提供的开关在断开状态时两个第二驱动电极板都不在悬臂梁垂直投影区域以内,有效减少了开关断开状态的耦合电容,增加了开关的隔离度,同时开关在断开状态下金属悬臂梁和基底之间距离可做得更小,从而有效降低了开关驱动电压。



1. 一种射频 MEMS 单刀双掷开关,包括:

介质基板 (1),在介质基板背面设置有金属接地层 (1-1);

一个金属悬臂梁 (2),所述金属悬臂梁 (2) 一端通过一个金属锚点 (2-1) 固定于介质基板 (1) 表面,中间段具有一个垂直于介质基板 (1) 表面的吸合电极板 (2-2),远端为一平行于介质基板 (1) 表面的下拉电极板 (2-3);沿金属悬臂梁中心轴线左右两侧的介质基板 (1) 表面分别设置有第一驱动电极 (3) 和第二驱动电极 (5);第一驱动电极 (3) 与金属悬臂梁 (2) 中间段的吸合电极板 (2-2) 的位置相对应,由第一驱动电压输入端 (3-1)、第一驱动电压连接用微带线 (3-2) 和第一驱动电极板 (3-3) 顺序连接而成,其中第一驱动电极板 (3-3) 表面具有绝缘层 (3-4);第二驱动电极 (5) 与金属悬臂梁 (2) 远端的下拉电极板 (2-3) 位置相对应,由第二驱动电压输入端 (5-1)、第二驱动电压连接用微带线 (5-2) 和第二驱动电极板 (5-3) 顺序连接而成;

一个射频信号输入端 (2-5) 和两个射频信号输出端 (7 和 8),其中射频信号输入端 (2-5) 通过一段射频信号输入用微带线 (2-4) 与金属锚点 (2-1) 相连,两个射频信号输出端设置于金属悬臂梁 (2) 远端两侧;

所述射频 MEMS 单刀双掷开关工作时,金属悬臂梁 (2) 中心轴线同侧的第一驱动电极 (3) 和第二驱动电极 (5) 先后施加直流偏置电压,而另一侧的第一驱动电极 (3) 和第二驱动电极 (5) 不工作;

当射频信号需从射频信号输入端 (2-5) 输入,从左侧射频信号输出端 (8) 输出时:左侧第一驱动电极 (3) 先施加直流偏置电压,使得金属悬臂梁 (2) 中间段的吸合电极板 (2-2) 受到左侧第一驱动电极的静电力作用而向左移动并与左侧第一驱动电极 (3) 的第一驱动电极板 (3-3) 表面的绝缘层 (3-4) 相接触,然后左侧第二驱动电极 (5) 施加直流偏置电压,使得金属悬臂梁 (2) 远端的下拉电极板 (2-3) 被拉下,导致下拉电极板 (2-3) 上设置的两个电接触点 (9-1 和 9-2) 与左侧射频信号输出端 (8) 相接触;

当射频信号需从射频信号输入端 (2-5) 输入,从右侧射频信号输出端 (7) 输出时:右侧第一驱动电极 (3) 先施加直流偏置电压,使得金属悬臂梁 (2) 中间段的吸合电极板 (2-2) 受到右侧第一驱动电极的静电力作用而向右移动并与右侧第一驱动电极 (3) 的第一驱动电极板 (3-3) 表面的绝缘层 (3-4) 相接触,然后右侧第二驱动电极 (5) 施加直流偏置电压,使得金属悬臂梁 (2) 远端的下拉电极板 (2-3) 被拉下,导致下拉电极板 (2-3) 上设置的两个电接触点 (9-1 和 9-2) 与右侧射频信号输出端 (7) 相接触;

当所述射频 MEMS 单刀双掷开关处于断开状态时:第一、第二驱动电极均不施加直流偏置电压时,金属悬臂梁 (2) 中间段的吸合电极板 (2-2) 处于中间位置,远端下拉电极板 (2-3) 弹起,电接触点 (9-1 和 9-2) 与射频信号输出端 (7 和 8) 不相接触。

2. 根据权利要求 1 所述的射频 MEMS 单刀双掷开关,其特征在于,金属接地层 (1-1)、金属悬臂梁 (2) 及其金属锚点 (2-1)、第一驱动电极 (3)、第二驱动电极 (5) 的材料是 Au,电接触点 (9-1 和 9-2) 材料为 Au、Al、Cu 或 Pt,介质基板 (1) 的材料是半绝缘高阻硅或石英。

3. 根据权利要求 2 所述的射频 MEMS 单刀双掷开关,其特征在于,介质基板 (1) 的长×宽×厚尺寸为 2600×1440×250um、材料为高阻硅,金属接地层 (1-1) 材料为 Au、厚度为 2um,射频信号输入端 (2-1)、射频信号输出端 (7 和 8) 的长×宽×厚尺寸为 500×500×2um、材料为 Au,第一驱动电压输入端 (3-1) 和第二驱动电压输入端 (5-1) 的

长×宽×厚尺寸为 $200\times 120\times 2\mu\text{m}$,第一驱动电极板表面绝缘层(3-4)的厚度为 $1\mu\text{m}$,第一驱动电极板(3-3)的长×宽×厚尺寸为 $40\times 40\times 163\mu\text{m}$,第二驱动电极板(5-3)的长×宽×厚尺寸为 $200\times 160\times 2\mu\text{m}$,金属悬臂梁(2)的长×宽×厚尺寸为 $1283\times 80\times 2\mu\text{m}$,金属悬臂梁中间段的吸合电极板(2-2)的长×宽×厚尺寸为 $100\times 80\times 100\mu\text{m}$,远端下拉电极板(2-3)的长×宽×厚尺寸为 $500\times 200\times 2\mu\text{m}$,电接触点(9-1和9-2)的长×宽×厚尺寸为 $2\times 2\times 2\mu\text{m}$,材料为Au、Al、Cu或Pt;金属悬臂梁(2)在开关断开状态时与介质基板(1)之间的距离为 $5\mu\text{m}$ 、第一驱动电极板(3-3)与金属悬臂梁中间段的吸合电极板(2-2)的距离为 $185\mu\text{m}$,第二驱动电极板(5-3)与金属悬臂梁远端下拉电极板之间的垂直距离为 $70\mu\text{m}$ 。

一种射频 MEMS 单刀双掷开关

技术领域

[0001] 本发明属于电子科学技术领域,涉及射频微机电系统(RF MEMS)器件设计制造,特别涉及直接接触式单刀双掷 MEMS 开关的设计、制造。

背景技术

[0002] 开关是实现微波信号和 高频信号变换的关键器件之一,目前在射频 / 微波电路中大量使用的一般是场效应晶体管(FET)、铁氧体材料或 PIN 二极管等半导体开关。但是这类开关工作频段一般较低、功耗大、插入损耗大、隔离度低,且由于存在 P-N 结或金属 - 半导体结,所以开关存在由半导体结引起的固有非线性特性。

[0003] 电调天线是现今基站天线的主流,相对于 FET 天线,RET 和 MET 天线因为能通过系统控制辐射波束的方向,便于网路规划和实时调节,得到了如今主流运营商的广泛应用。而目前整个移动通信系统里面,改变相位的器件都是基于模拟域的模拟移相器,模拟移相器的缺点主要有两个方面:一是调节不便,需要人工调节或者额外的电机配置数据;二是反应时间慢,在调节过程中信号可能受到干扰或者甚至是中断。近年来,射频 MEMS 开关迅速发展,得到广泛关注。MEMS 开关具有小尺寸、低插损、高隔离度、高线性度以及与 IC 工艺兼容的特点,为相控阵雷达、微波毫米波接收发射机、阵列天线等系统小型化提供了实现可能。若将传统电调天线中采用的机械结构模拟域相位控制转换为基于 MEMS 开关线性移相方式的数字域相位控制,则可以实现电调天线的无机械传动,全数字域控制射频信号;相位偏差小,可精确调整波束;反应时间短;更适合于多频多极化智能天线等诸多优点。目前研究较广且比较成熟的是静电驱动直接接触式单刀双掷 MEMS 开关,具有三个主要组成部分:即悬臂梁部分,开关下电极板部分,驱动电极部分。当开关处于断开状态时,悬臂梁未下拉,射频信号不导通,当开关处于导通状态时,悬臂梁被拉下,射频信号导通。但传统的直接接触式单刀双掷 MEMS 开关下电极板位于悬臂梁垂直投影区域之内,上下两电极板之间存在较大重叠面积,造成不必要的耦合电容,降低了单刀双掷 MEMS 开关在断开时的隔离度,限制了 MEMS 开关在高频段工作的性能。

[0004] 同时,传统的采用静电驱动 MEMS 开关一般都需要较高的驱动电压(通常大于 20V)才能使悬臂梁下拉,如果通过降低支撑梁弹性系数来减小驱动电压,但低弹性系数的支撑梁下拉后,由于梁的回复力变小,开关由导通状态切换至断开状态时,梁恢复到初始位置所需的时间变长,所以这种通过改变 MEMS 开关悬臂梁支撑结构的方法虽然降低了驱动电压但却牺牲了开关的切换速度。

发明内容

[0005] 本发明提供一种射频 MEMS 单刀双掷开关,该开关能够有效降低金属悬臂梁和开关下电极板之间的耦合电容,同时使开关在断开状态下金属悬臂梁和基底之间距离变小,实现 MEMS 开关高隔离度和低驱动电压的目的。

[0006] 本发明技术方案如下:

[0007] 一种射频 MEMS 单刀双掷开关,如图 1 至图 3 所示,包括:

[0008] 介质基板 1,在介质基板背面设置有金属接地层 1-1;

[0009] 一个金属悬臂梁 2,所述金属悬臂梁 2 一端通过一个金属锚点 2-1 固定于介质基板 1 表面,中间段具有一个垂直于介质基板 1 表面的吸合电极板 2-2,远端为一平行于介质基板 1 表面的下拉电极板 2-3;沿金属悬臂梁中心轴线左右两侧的介质基板 1 表面分别设置有第一驱动电极和 3 第二驱动电极 5;第一驱动电极 3 与金属悬臂梁 2 中间段的吸合电极板 2-2 的位置相对应,由第一驱动电压输入端 3-1、第一驱动电压连接用微带线 3-2 和第一驱动电极板 3-3 顺序连接而成,其中第一驱动电极板 3-3 表面具有绝缘层 3-4;第二驱动电极 5 与金属悬臂梁 2 远端的下拉电极板 2-3 位置相对应,由第二驱动电压输入端 5-1、第二驱动电压连接用微带线 5-2 和第二驱动电极板 5-3 顺序连接而成;

[0010] 一个射频信号输入端 2-5 和两个射频信号输出端 7 和 8,其中射频信号输入端 2-5 通过一段射频信号输入用微带线 2-4 与金属锚点 2-1 相连,两个射频信号输出端设置于金属悬臂梁 2 远端两侧;

[0011] 所述射频 MEMS 单刀双掷开关工作时,金属悬臂梁 2 中心轴线同侧的第一驱动电极 3 和第二驱动电极 5 先后施加直流偏置电压,而另一侧的第一驱动电极 3 和第二驱动电极 5 不工作。当射频信号需从射频信号输入端 2-5 输入,从左侧射频信号输出端 8 输出时:左侧第一驱动电极 3 先施加直流偏置电压,使得金属悬臂梁 2 中间段的吸合电极板 2-2 受到左侧第一驱动电极的静电力作用而向左移动并与左侧第一驱动电极 3 的电极板 3-3 表面的绝缘层 3-4 相接触,然后左侧第二驱动电极 5 施加直流偏置电压,使得金属悬臂梁 2 远端的下拉电极板 2-3 被拉下,导致下拉电极板 2-3 上设置的两个电接触点 9-1 和 9-2 与左侧射频信号输出端 8 相接触。当射频信号需从射频信号输入端 2-5 输入,从右侧射频信号输出端 7 输出时:右侧第一驱动电极 3 先施加直流偏置电压,使得金属悬臂梁 2 中间段的吸合电极板 2-2 受到右侧第一驱动电极的静电力作用而向右移动并与右侧第一驱动电极 3 的电极板 3-3 表面的绝缘层 3-4 相接触,然后右侧第二驱动电极 5 施加直流偏置电压,使得金属悬臂梁 2 远端的下拉电极板 2-3 被拉下,导致下拉电极板 2-3 上设置的两个电接触点 9-1 和 9-2 与右侧射频信号输出端 7 相接触;

[0012] 当所述射频 MEMS 单刀双掷开关处于断开状态时:第一、第二驱动电极均不施加直流偏置电压时,金属悬臂梁 2 中间段的吸合电极板 2-2 处于中间位置,远端下拉电极板 2-3 弹起,电接触点 9-1 和 9-2 与射频信号输出端 7 和 8 不相接触。

[0013] 上述技术方案中:金属接地层 1-1、金属悬臂梁 2 及其锚点 2-1、第一驱动电极 3、第二驱动电极 5 的材料是 Au,电接触点 9-1 和 9-2 材料为 Au、Al、Cu 或 Pt,介质基板 1 的材料是半绝缘高阻硅或石英。

[0014] 本发明的技术方案不同于已有悬臂梁式直接接触单刀双掷 RF MEMS 开关采用两个悬臂梁作为射频信号导通路径,而只采用了单个可移动悬臂梁构成单刀双掷 MEMS 开关,开关在断开状态时两个第二驱动电极板都不在悬臂梁垂直投影区域以内,有效减少了开关在断开时的耦合电容,增加了开关的隔离度,同时因为增加了释放牺牲层的释放空间,降低了工艺难度,使开关在断开状态下金属悬臂梁和基底之间距离可做得更小,有效降低开关驱动电压,从而实现其发明目的。

附图说明

[0015] 图 1 为本发明提供的射频 MEMS 单刀双掷开关立体结构示意图；

[0016] 图 2 为本发明提供的射频 MEMS 单刀双掷开关的俯视图；

[0017] 图 3 为图 2 中 A-A' 连线剖视图（放大图）。

[0018] 图中,1 是介质基板,1-1 是介质基板背面接地层,2 是金属悬臂梁,2-1 是金属锚点,2-2 是金属悬臂梁上吸合电极,2-3 是金属悬臂梁上的下拉电极板,2-4 是射频信号输入用微带线,2-5 是射频信号输入端,3 是第一驱动电极,3-1 是第一驱动电压输入端,3-2 是第一驱动电压连接用微带线,3-3 是第一驱动电极板,3-4 是第一驱动电极板表面绝缘层,5 是第二驱动电极,5-1 是第二驱动电压输入端,5-2 是第二驱动电压连接用微带线,5-3 是第二驱动电极板,7 是右侧射频信号输出端,8 是左侧射频信号输出端。

具体实施方式

[0019] 一种射频 MEMS 单刀双掷开关,如图 1 至图 3 所示,包括：

[0020] 介质基板 1,在介质基板背面设置有金属接地层 1-1；

[0021] 一个金属悬臂梁 2,所述金属悬臂梁 2 一端通过一个金属锚点 2-1 固定于介质基板 1 表面,中间段具有一个垂直于介质基板 1 表面的吸合电极板 2-2,远端为一平行于介质基板 1 表面的下拉电极板 2-3;沿金属悬臂梁中心轴线左右两侧的介质基板 1 表面分别设置有第一驱动电极和 3 第二驱动电极 5;第一驱动电极 3 与金属悬臂梁 2 中间段的吸合电极板 2-2 的位置相对应,由第一驱动电压输入端 3-1、第一驱动电压连接用微带线 3-2 和第一驱动电极板 3-3 顺序连接而成,其中第一驱动电极板 3-3 表面具有绝缘层 3-4;第二驱动电极 5 与金属悬臂梁 2 远端的下拉电极板 2-3 位置相对应,由第二驱动电压输入端 5-1、第二驱动电压连接用微带线 5-2 和第二驱动电极板 5-3 顺序连接而成；

[0022] 一个射频信号输入端 2-5 和两个射频信号输出端 7 和 8,其中射频信号输入端 2-5 通过一段射频信号输入用微带线 2-4 与金属锚点 2-1 相连,两个射频信号输出端设置于金属悬臂梁 2 远端两侧；

[0023] 所述射频 MEMS 单刀双掷开关工作时,金属悬臂梁 2 中心轴线同侧的第一驱动电极 3 和第二驱动电极 5 先后施加直流偏置电压,而另一侧的第一驱动电极 3 和第二驱动电极 5 不工作。当射频信号需从射频信号输入端 2-5 输入,从左侧射频信号输出端 8 输出时:左侧第一驱动电极 3 先施加直流偏置电压,使得金属悬臂梁 2 中间段的吸合电极板 2-2 受到左侧第一驱动电极的静电力作用而向左移动并与左侧第一驱动电极 3 的电极板 3-3 表面的绝缘层 3-4 相接触,然后左侧第二驱动电极 5 施加直流偏置电压,使得金属悬臂梁 2 远端的下拉电极板 2-3 被拉下,导致下拉电极板 2-3 上设置的两个电接触点 9-1 和 9-2 与左侧射频信号输出端 8 相接触。当射频信号需从射频信号输入端 2-5 输入,从右侧射频信号输出端 7 输出时:右侧第一驱动电极 3 先施加直流偏置电压,使得金属悬臂梁 2 中间段的吸合电极板 2-2 受到右侧第一驱动电极的静电力作用而向右移动并与右侧第一驱动电极 3 的电极板 3-3 表面的绝缘层 3-4 相接触,然后右侧第二驱动电极 5 施加直流偏置电压,使得金属悬臂梁 2 远端的下拉电极板 2-3 被拉下,导致下拉电极板 2-3 上设置的两个电接触点 9-1 和 9-2 与右侧射频信号输出端 7 相接触；

[0024] 当所述射频 MEMS 单刀双掷开关处于断开状态时:第一、第二驱动电极均不施加直

流偏置电压时,金属悬臂梁 2 中间段的吸合电极板 2-2 处于中间位置,远端下拉电极板 2-3 弹起,电接触点 9-1 和 9-2 与射频信号输出端 7 和 8 不相接触。

[0025] 其中介质基板 1 的长×宽×厚尺寸为 2600×1440×250um、材料为高阻硅,背面接地层 1-1 材料为金 (Au)、厚度为 2um,射频信号输入端 2-1、射频信号输出端 7 和 8 的长×宽×厚尺寸为 500×500×2um、材料为金 (Au),第一驱动电压输入端 3-1 和第二驱动电压输入端 5-1 的长×宽×厚尺寸为 200×120×2um,第一驱动电极板表面绝缘层 3-4 的厚度为 1um,第一驱动电极板 3-3 的长×宽×厚尺寸为 40×40×163um,第二驱动电极板 5-3 的长×宽×厚尺寸为 200×160×2um,金属悬臂梁 2 的长×宽×厚尺寸为 1283×80×2um,悬臂梁中间段吸合电极 2-2 的长×宽×厚尺寸为 100×80×100um,远端下拉电极板 2-3 的长×宽×厚尺寸为 500×200×2um,电接触点 9-1 和 9-2 的长×宽×厚尺寸为 2×2×2um,材料为金 (Au)、铝 (Al)、铜 (Cu) 或铂 (Pt)。本实施方式金属悬臂梁 2 在开关断开状态时与介质基板 1 之间的距离为 5um、第一驱动电极板 3-3 与金属悬臂梁上吸合电极 2-2 的距离为 185um,第二驱动电极板 5-3 与金属悬臂梁远端下拉电极板之间的垂直距离为 70um。本实施方式按常规方法制作、封装即可。

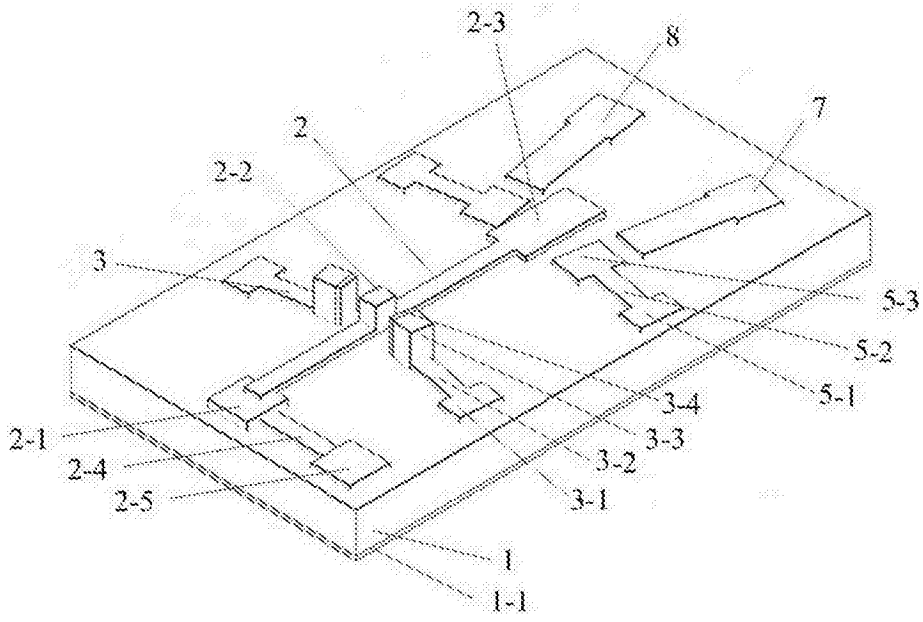


图 1

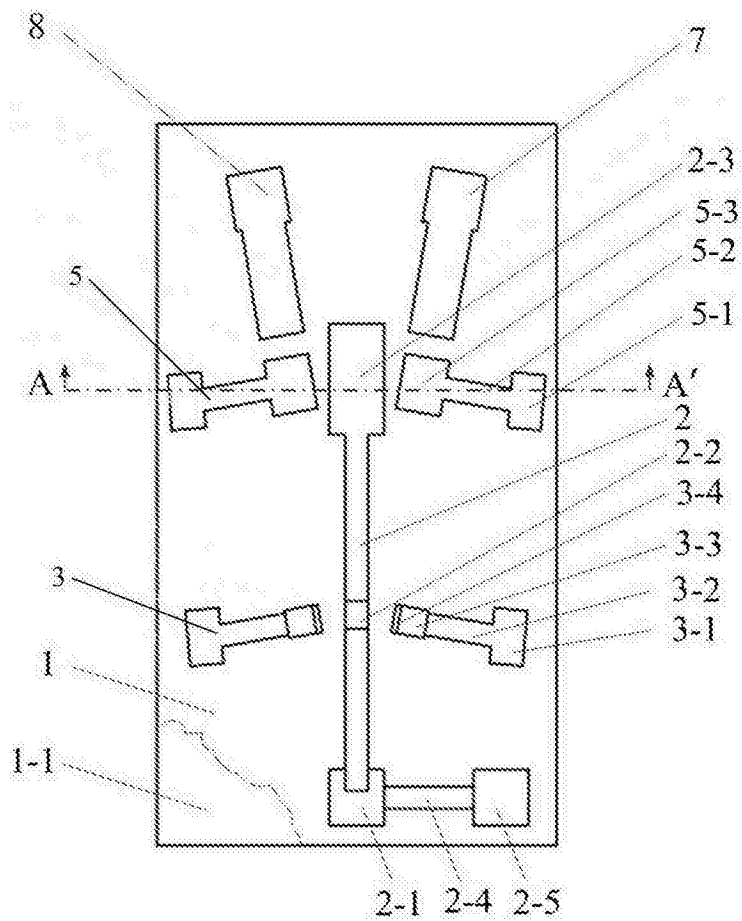


图 2

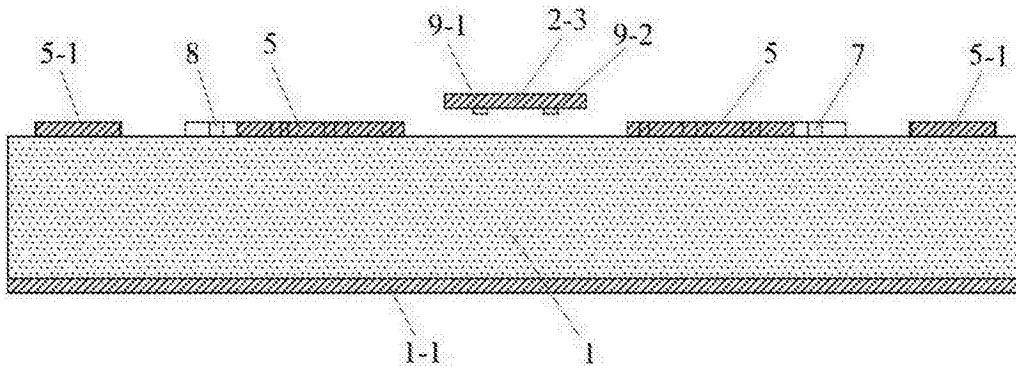


图 3