



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102279373 A

(43) 申请公布日 2011. 12. 14

(21) 申请号 201110195515. 8

(22) 申请日 2011. 07. 13

(71) 申请人 中国人民解放军国防科学技术大学
地址 410073 湖南省长沙市开福区德雅路
109 号

(72) 发明人 胡佳飞 陈棣湘 田武刚 张琦
罗诗途 潘孟春 李季

(74) 专利代理机构 国防科技大学专利服务中心
43202

代理人 王文惠

(51) Int. Cl.

G01R 33/09 (2006. 01)

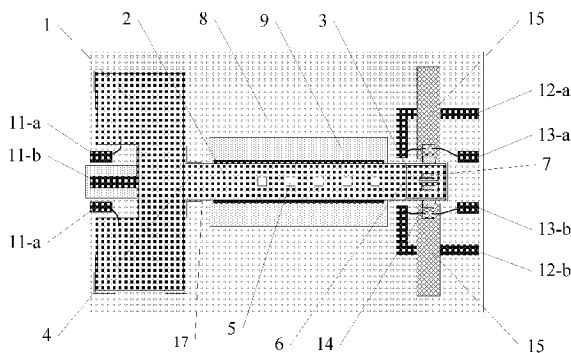
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种单轴静电驱动的弱磁场测量传感器

(57) 摘要

本发明提供一种单轴静电驱动的弱磁场测量传感器,包括绝缘基底、一对静电驱动电极、两对输入输出电极、GMR 敏感元件、两个相同的磁力线聚集器、微悬臂梁、调制膜。绝缘基底上镀有电极,刻蚀有浅槽。GMR 敏感元件和两个磁力线聚集器都固定在绝缘基座表面上,并且三者中轴线成一直线。微悬臂梁采用导电硅片制作,包括基座和悬臂。基座固定在绝缘基底上,基座连接悬臂,悬臂上翘端下表面制备有调制膜;调制膜与 GMR 敏感元件垂直距离为 8~15 微米。本发明所提供的弱磁场测量传感器调制深度较大,分辨力较高,结构简单。



1. 一种单轴静电驱动的弱磁场测量传感器,包括绝缘基底(8)、一对静电驱动电极(11-a、11-b)、两对输入输出电极(12-a和12-b、13-a和13-b)、GMR敏感元件(14)、两个相同的磁力线聚集器(15)、微悬臂梁(17)、调制膜(3),其特征在于,所述绝缘基底(8)采用表面抛光的玻璃片,绝缘基底(8)上镀有两对输入输出电极和一对静电驱动电极;绝缘基底(8)中央刻蚀有一浅槽(9),浅槽(9)一端延伸至绝缘基底(8)边缘;静电驱动电极(11-a、11-b)的某一极镀在浅槽(9)内,并且延伸至绝缘基底(8)边缘,另一极与微悬臂梁(17)电连接;所述GMR敏感元件(14)呈细条状,其上表面中央有一条横向的间隙(16);每个磁力线聚集器(15)一端开有“凹”形槽,“凹”形槽宽度比GMR敏感元件(14)略宽;GMR敏感元件(14)和两个磁力线聚集器(15)都固定在绝缘基座(8)表面上,并且GMR敏感元件(14)两端分别位于磁力线聚集器(15)的“凹”形槽内,GMR敏感元件(14)和两个磁力线聚集器(15)这三者中轴线成一直线;两对输入输出电极分别与GMR敏感元件(14)的两对输入输出电极连接;微悬臂梁(17)采用导电硅片制作,包括基座(1)和悬臂(2);基座(1)固定在绝缘基底(8)上,基座(1)连接悬臂(2),悬臂(2)位于浅槽(9)内镀有静电驱动电极的正上方,悬臂(2)上开有若干阻尼孔(5);悬臂(2)自由端上翘,上翘端开有两个对准孔(7),上翘端下表面两个对准孔(7)之间制备有高磁导率软磁材料的调制膜(3);调制膜(3)正对GMR敏感元件(14)的间隙,调制膜(3)的形状与GMR敏感元件(14)的间隙(16)的表面形状相同。

2. 根据权利要求1所述的单轴静电驱动的弱磁场测量传感器,其特征在于调制膜(3)与GMR敏感元件(14)垂直距离的范围为8到15微米。

一种单轴静电驱动的弱磁场测量传感器

技术领域

[0001] 本发明涉及传感器技术领域,特别是用于微弱信号的传感器,具体地说,涉及一种用于测量微弱磁场的单轴磁传感器。

背景技术

[0002] 微弱磁场测量在地磁导航、目标探测、地质勘探、生物医学等领域都有广泛应用。现阶段用于微弱磁场测量的传感器类型较多,主要包括磁通门传感器、光泵式磁传感器、质子式磁传感器、光纤磁传感器、巨磁阻抗磁传感器、GMR(Giant Magnetoresistive,巨磁阻)磁传感器等,其中 GMR 磁传感器是基于微电子工艺制成的,相比其他类型的磁传感器明显具有体积小、功耗低、易批量生产等特点。

[0003] 1988年,法国科学家 Albert Fert 和德国科学家 Peter Grunberg 各自领导的实验小组先后独立发现了 GMR 效应,其中 Albert Fert 实验小组研究发现在微弱磁场中铁-铬多层薄膜的电阻值急剧变化,并将该现象命名为“GMR 效应”,而 Peter Grunberg 小组在铁-铬-铁三层反铁磁薄膜结构中也发现了类似的实验现象。此后针对 GMR 效应的研究便如火如荼地展开了,具有 GMR 效应的新结构不断呈现,而对具有 GMR 效应的结构也称之为 GMR 敏感元件。随着研究的不断深入,人们发现 GMR 敏感元件的磁场灵敏度越高,其噪声特别是 $1/f$ 噪声也越大,而且其中取决于内部磁结构的 $1/f$ 磁噪声无法通过常规的电调制方法予以抑制,正是这一点限制了 GMR 磁传感器分辨力的提高。

[0004] 近年国外对于如何有效抑制 GMR 敏感元件的 $1/f$ 噪声的问题开展了大量研究,其中运用微机械结构驱动磁性薄膜调制被测低频微弱磁场来抑制 GMR 敏感元件 $1/f$ 噪声的技术方案最为可行。美国陆军实验室的 Alan S. Edelstein 等在 2003 至 2007 之间陆续取得了 4 项相关的美国国家专利(专利号:US6670809、US7046002、US7185541、US7195945),这些专利中所述技术方案的特点是:首先将磁力线聚集器制备在微机械结构上,然后利用静电驱动方式驱动微机械结构和磁力线聚集器共同高频振动,磁力线聚集器的磁场放大倍数随之周期性地变化,此时处于磁力线聚集器间隙内的 GMR 敏感元件可探测到一个高频调制后的被测磁场。此类技术方案虽可有效抑制 GMR 敏感元件的 $1/f$ 噪声,并明显提高 GMR 磁传感器的低频磁场分辨力,但其结构相对复杂,制作工艺涉及深度反应离子刻蚀技术和绝缘硅技术,整个过程费时费力,成本很高,此外调制深度也较低(14%左右),不利于进一步提高磁场分辨力。

发明内容

[0005] 本发明将提供一种调制深度较大,分辨力较高,结构工艺简单的弱磁场测量传感器。

[0006] 本发明的技术方案是:一种单轴静电驱动的弱磁场测量传感器,包括绝缘基底、一对静电驱动电极、两对输入输出电极、GMR 敏感元件、两个相同的磁力线聚集器、微悬臂梁、调制膜。所述绝缘基底采用表面抛光的玻璃片,绝缘基底上镀有两对输入输出电极和一对

静电驱动电极；绝缘基底中央刻蚀有一浅槽，浅槽一端延伸至绝缘基底边缘；静电驱动电极的某一极镀在浅槽内，并且延伸至绝缘基底边缘，另一极与微悬臂梁电连接。所述 GMR 敏感元件呈细条状，其上表面中央有一条横向的间隙。每个磁力线聚集器一端开有“凹”形槽，“凹”形槽宽度比 GMR 敏感元件略宽。GMR 敏感元件和两个磁力线聚集器都固定在绝缘基座表面上，并且 GMR 敏感元件两端分别位于磁力线聚集器的“凹”形槽内，GMR 敏感元件和两个磁力线聚集器这三者中轴线成一直线。两对输入输出电极分别与 GMR 敏感元件的两对输入输出电极连接。微悬臂梁采用导电硅片制作，包括基座和悬臂。基座固定在绝缘基底上，基座连接悬臂，悬臂位于浅槽内镀有静电驱动电极的正上方，悬臂上开有若干阻尼孔；悬臂自由端上翘，上翘端开有两个对准孔，上翘端下表面两个对准孔之间制备有高磁导率软磁材料的调制膜；调制膜正对 GMR 敏感元件的间隙，调制膜的形状与间隙的表面形状相同，调制膜与 GMR 敏感元件垂直距离根据实际需要确定，通常在 8 ~ 15 微米。

[0007] 本发明的有益效果是：采用调制膜在 GMR 敏感元件正上方振动的调制方式，可以使调制膜的振动幅度相对较大，因此得到的调制深度较大（仿真实验证明大于 40%），通过调制膜的调制使微弱直流磁场在 GMR 敏感元件处为高频交变磁场，抑制了 GMR 元件的 $1/f$ 噪声，通过采用磁力线聚集器使微弱磁场在 GMR 敏感元件处得到了放大，从而磁传感器测量分辨力得到大幅度提高（仿真实验证明提高了两个数量级）；微悬臂梁结构简单，制造方便，有效降低传感器的制作成本。

附图说明

[0008] 图 1 是本发明某一具体实施方式提供的单轴静电驱动弱磁场测量传感器的结构示意图；

[0009] 图 2 是本发明某一具体实施方式中的绝缘基底示意图；

[0010] 图 3 是本发明某一具体实施方式中的条形磁力线聚集器与 GMR 敏感元件的组装结构示意图；

[0011] 图 4(a) 是本发明某一具体实施方式中微悬臂梁的俯视图；

[0012] 图 4(b) 是本发明某一具体实施方式中微悬臂梁的仰视图；

[0013] 图 4(c) 是本发明某一具体实施方式中微悬臂梁的侧视图。

[0014] 1- 基座, 2- 悬臂, 3- 调制膜, 4- 台阶一, 5- 阻尼孔, 6- 台阶二, 7- 对准孔, 8- 绝缘基底, 9- 浅槽, 11-a 和 11-b- 静电驱动电极对, 12-a 和 12-b- 输入输出电极对一, 13-a 和 13-b- 输入输出电极对二, 14-GMR 敏感元件, 15- 磁力线聚集器, 16- 间隙, 17- 微悬臂梁。

具体实施方式

[0015] 下面结合附图对本发明作进一步说明。

[0016] 图 1 是本发明某一具体实施方式提供的单轴静电驱动弱磁场测量传感器的结构示意图。如图所示，本具体实施方式包括绝缘基底 8、一对静电驱动电极 11-a 和 11-b、两对输入输出电极 12-a 和 12-b、13-a 和 13-b，GMR 敏感元件 14、两个相同的磁力线聚集器 15、微悬臂梁 17、调制膜 3（见图 4）。所述绝缘基底 8 采用表面抛光的玻璃片，玻璃片上镀有两对输入输出电极 12-a 和 12-b、13-a 和 13-b，一对静电驱动电极 11-a 和 11-b；绝缘基底 8 中央刻蚀有一浅槽 9，浅槽一端延伸至绝缘基底边缘；静电驱动电极的 11-b 极镀在浅槽 9

内,静电驱动电极的 11-a 极与微悬臂梁 17 电连接。所述 GMR 敏感元件 14 呈细条状,其上表面中央有一条横向的间隙 16(见图 3);每个磁力线聚集器 15 一端开有“凹”形槽,“凹”形槽宽度比 GMR 敏感元件 14 略宽(见图 3);GMR 敏感元件 14 和两个磁力线聚集器 15 都固定(如采用环氧树脂胶粘接)在绝缘基座 8 表面上,并且 GMR 敏感元件 14 两端分别位于一个磁力线聚集器 15 的“凹”形槽内,GMR 敏感元件 14 和两个磁力线聚集器 15 这三者中轴线成一直线(见图 3)。两对输入输出电极分别与 GMR 敏感元件 14 的两对输入输出电极连接。微悬臂梁 17 的基座 1 固定(如用环氧树脂胶粘接或低温键合)在绝缘基底 8 上,基座 1 连接悬臂 2,悬臂 2 在浅槽 9 的正上方;悬臂 2 上开有若干阻尼孔 5(见图 4(b));悬臂 2 自由端上翘(见图 4(a)),即远离基座的一端上翘;上翘端开有两个对准孔 7,上翘端下表面两个对准孔 7 之间制备有高磁导率软磁材料制备的调制膜 3(见图 4(c));调制膜 3 位于 GMR 敏感元件 14 的间隙 16 的正上方,调制膜 3 的形状与间隙 16 的表面形状相同,调制膜 3 与 GMR 敏感元件 14 垂直距离根据需要通常在 8~15 微米。

[0017] 图 2 是本发明某一具体实施方式中的绝缘基底示意图。如图所示:绝缘基底 8 采用抛光玻璃片制成,其外形不限于图 2 所示的长方形;绝缘基底 8 中央光刻腐蚀有浅槽 9,形状不限于图 2 所示的“T”字形,浅槽 9 内能够容纳静电驱动电极的 11-b 极即满足要求,腐蚀液选用稀氢氟酸等玻璃腐蚀液,腐蚀深度根据所需静电力大小来确定,所需静电力越大腐蚀深度越浅;静电驱动电极的 11-a 极由两个小电极组成;输入输出电极对 12-a 和 12-b、13-a 和 13-b 的形状和具体位置皆不限图 2 所示,满足与 GMR 敏感元件 14 能够电连接即可;绝缘基底 8 上所有电极对采用先溅射(或真空蒸发、电镀等)导电膜层(金、铝、铜等),再光刻腐蚀的工艺制备成型。

[0018] 图 3 是本发明某一具体实施方式中的磁力线聚集器与 GMR 敏感元件的组装结构示意图。如图所示:GMR 敏感元件 14 采用市售产品(如 NVE 的 AA002-02),GMR 敏感元件 14 呈细条形,上表面中央有一条横向的间隙 16;磁力线聚集器 15 由高磁导率软磁材料制成(如 NiFe、CoZrNb 等),其形状为长方形(或梯形等),一端开有“凹”形槽;GMR 敏感元件 14 位于两个磁力线聚集器 15 之间,GMR 敏感元件 14 两端嵌在两个磁力线聚集器 15 的“凹”形槽内,并且这三者中轴线成一直线。

[0019] 图 4(a)~图 4(c) 是本发明某一具体实施方式中微悬臂梁的俯视图、仰视图及侧视图。如图所示:微悬臂梁 17 由硅片通过微机械加工工艺制成,包括基座 1、悬臂 2。基座 1 不仅限于“凹”形,满足支撑悬臂 2 的任意形状皆可,基座 1 与悬臂 2 相连;悬臂 2 沿长度方向开有若干个阻尼孔 5,阻尼孔数目可为 3~5 个;悬臂 2 自由端上翘,上翘端处有台阶 6,悬臂 2 上翘端开有两个对准孔 7;悬臂 2 上翘端下表面两个对准孔 7 之间制备有调制膜 3;调制膜 3 由高磁导率软磁材料制成(如 NiFe、CoZrNb 等),沿悬臂 2 中轴线方向呈长方形,制备方法是先在悬臂 2 上翘端下表面电镀(或真空蒸发、溅射等)一层高磁导率软磁材料膜,再通过光刻腐蚀工艺成型。

[0020] 使用时,将一对静电驱动电极与外部的激励电路相连接,使悬臂梁工作在谐振状态;一对输入输出电极与外部恒定电压源(或电流源)连接,一对输入输出电极与外部检测电路连接,根据外部检测电路的测量值可以得到弱磁场的大小。

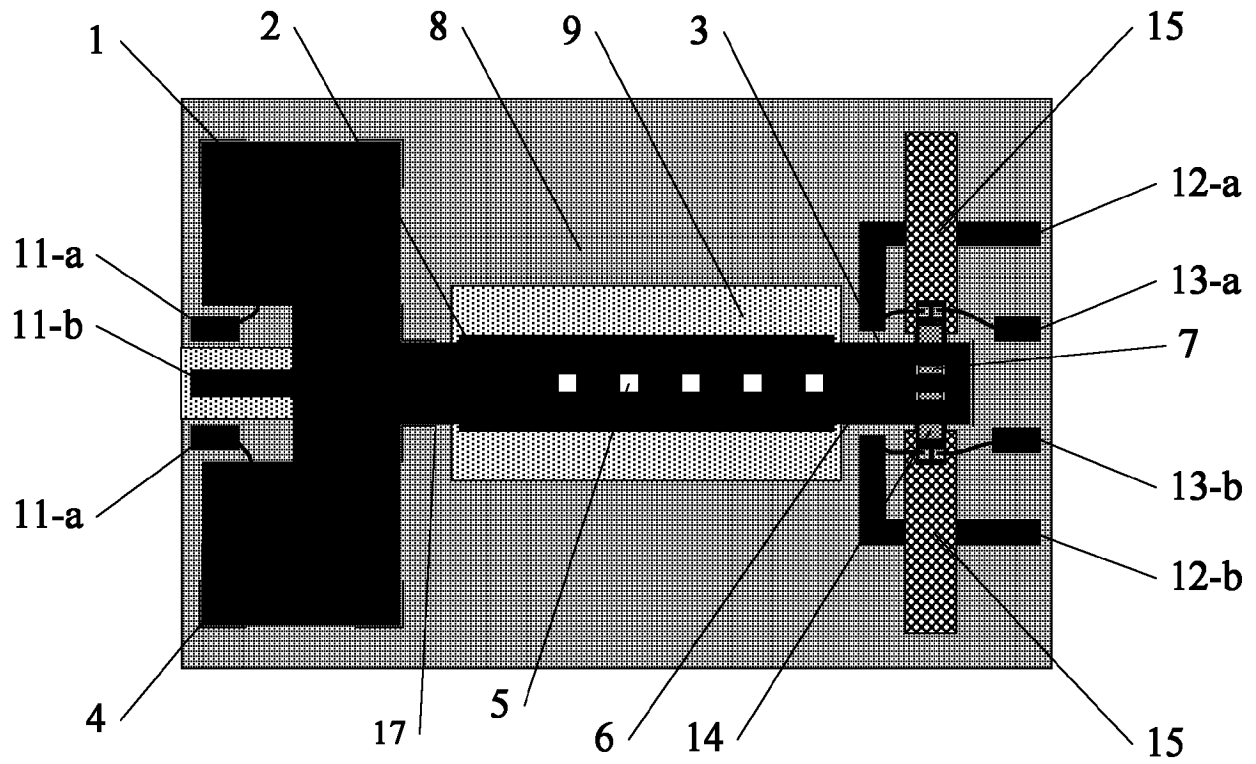


图 1

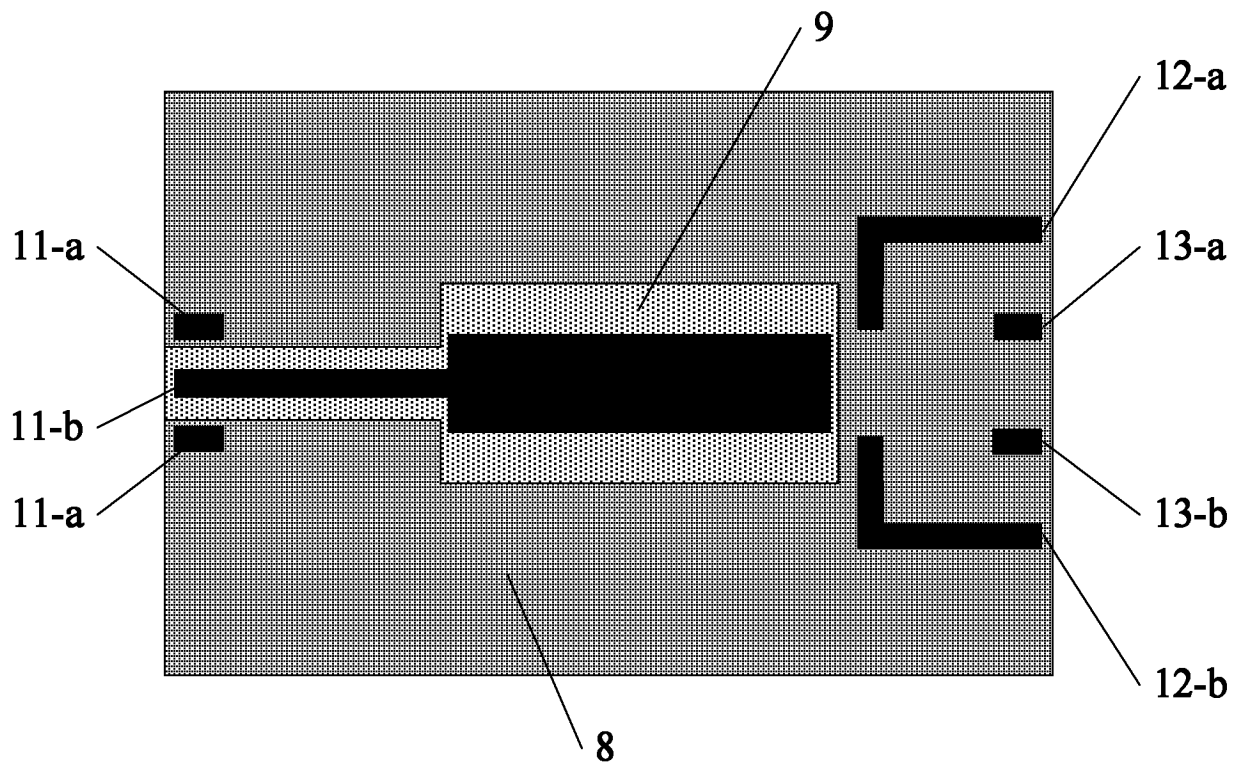


图 2

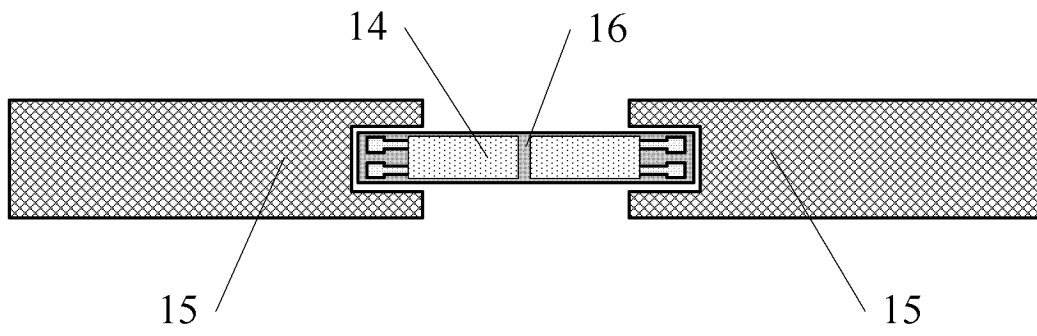
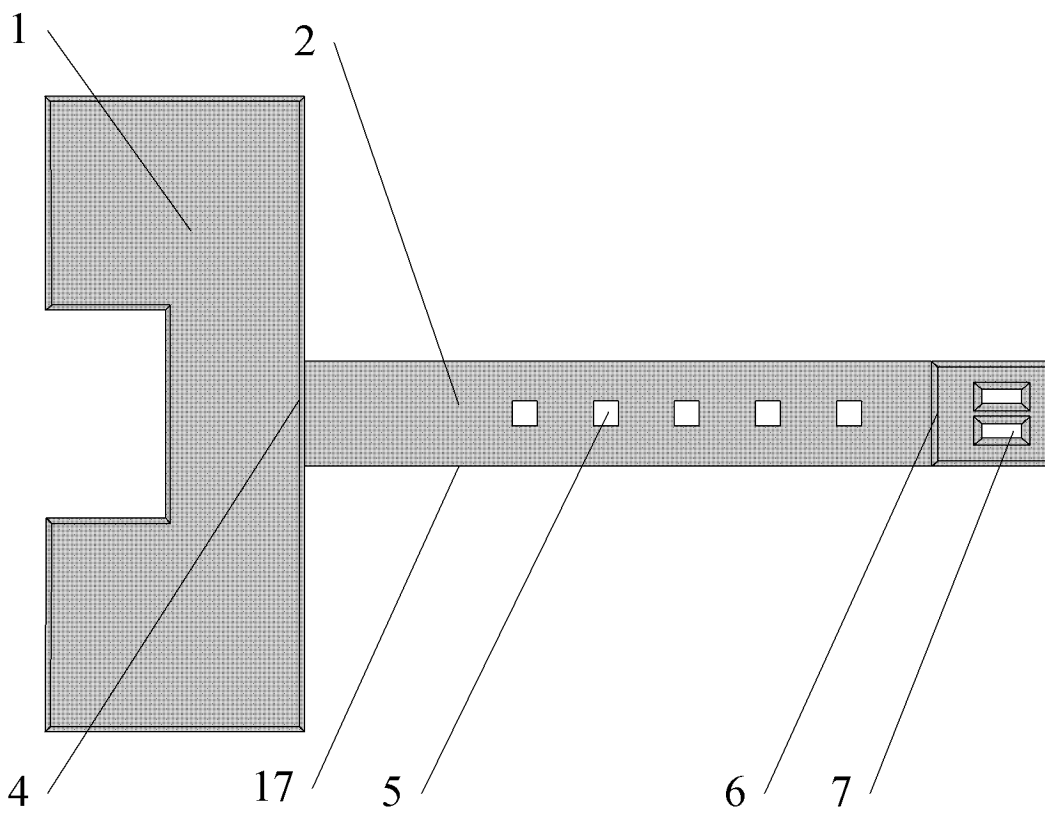
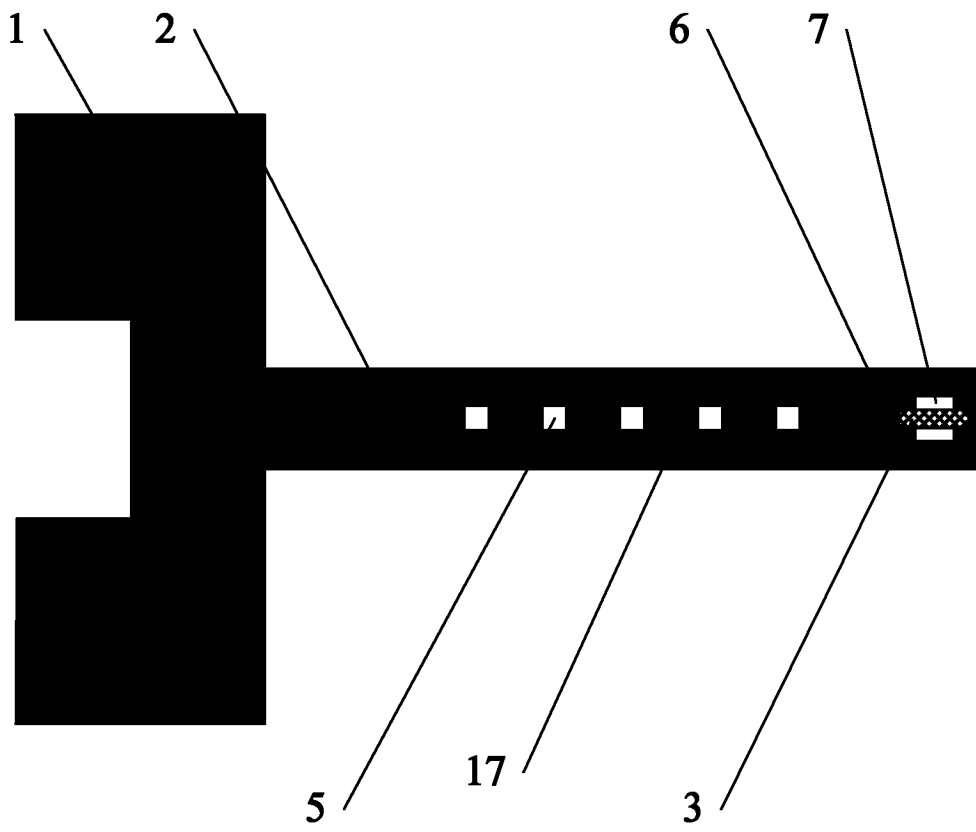


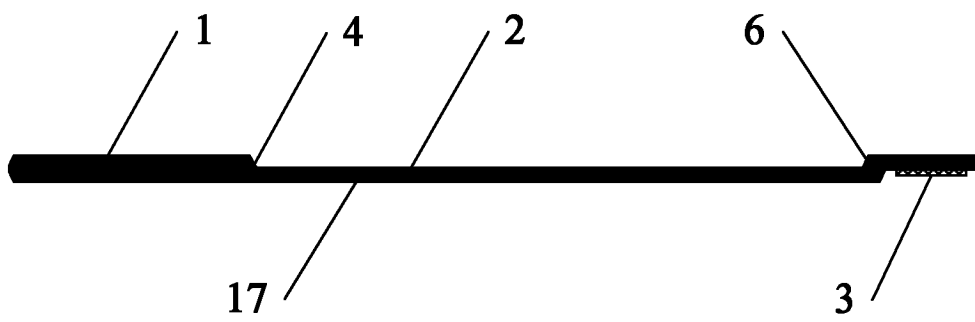
图 3



(a)



(b)



(c)

图 4