



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101795505 B

(45) 授权公告日 2013. 04. 17

(21) 申请号 201010110083. 1

US 5464966 A, 1995. 11. 07, 全文.

(22) 申请日 2010. 02. 11

审查员 胡潇

(73) 专利权人 中国科学院上海微系统与信息技术研究所

地址 200050 上海市长宁区长宁路 865 号

(72) 发明人 李铁 许磊 王跃林

(74) 专利代理机构 上海智信专利代理有限公司
31002

代理人 潘振甦

(51) Int. Cl.

H05B 3/00 (2006. 01)

H05B 3/34 (2006. 01)

B81C 1/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1538934 A, 2004. 10. 20, 全文.

CN 1920528 A, 2007. 02. 28, 全文.

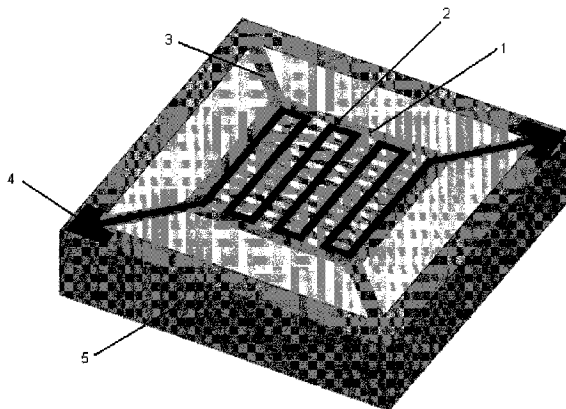
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 8 页

(54) 发明名称

一种具有网孔结构加热膜的低功耗微型加热器及制作方法

(57) 摘要

本发明涉及一种具有网孔结构加热膜的低功耗微型加热器及其制作方法, 其特征在于所提供的微型加热器具有特殊形状的网孔按照一定的规则排布形成具有网孔结构的加热膜, 加热膜通过支撑悬梁与衬底框架相连, 加热电阻丝以折线形式排布在加热膜上并通过支撑悬梁与衬底框架上的引线用电极相连。这种结构不但可以有效减少加热器加热膜区的热量向支撑悬梁的传导, 进一步降低器件功耗, 而且可以拓展加热器的制作方法。本发明所涉及的加热器特别适合在气体检测领域应用。



1. 一种具有网孔结构加热膜的低功耗微型加热器,特征在于由形状为三角形、四边形、五边形、六边形或圆形的网孔按照“一”字形、“十”字形、三角形、四边形、六边形或六角密排的形式排布形成具有网孔结构正多边形、圆形或长宽比大于 2 : 1 的长条形的加热膜,加热膜通过支撑悬梁与衬底框架相连,加热电阻丝以单折线或双折线形式排列在加热膜上并通过支撑悬梁与衬底框架上的引线用电极相连。

2. 按权利要求 1 所述的微型加热器,其特征在于所述的正多边形加热膜包括三角形、正四边形、正五边形、正六边形、正八边形、正十边形、正十二边形或正十六边形。

3. 按权利要求 1 所述的微型加热器,其特征在于所述的支撑悬梁的数目和连接方式由加热膜的形状决定,不同形状的加热膜对应不同的支撑悬梁的数目和连接方式:正多边形加热膜的支撑悬梁的数目与正多边形的边数相同,支撑悬梁沿着多边形的形心以放射状与加热膜的顶角相连;圆形加热膜的支撑悬梁的数量为两条或两条以上,支撑悬梁沿着半径方向与圆形加热膜对称相连;长条形加热膜有两条支撑悬梁,支撑悬梁沿着长条形的长度方向与加热膜相连。

4. 按权利要求 1 或 3 所述的微型加热器,其特征在于所述支撑悬梁长宽比为 3 : 1-50 : 1。

5. 按权利要求 1 所述的微型加热器,其特征在于加热膜的形状、网孔的形状和排列方式相对独立,三者通过不同组合方式形成不同形状的加热膜。

6. 按权利要求 5 所述的微型加热器,其特征在于不同组合方式形成不同形状的加热膜包括以下几种:

- (a) 具有“一”字形排布的四边形网孔的长条形加热膜;
- (b) 具有“十”字形排布的四边形网孔的正四边形加热膜;
- (c) 具有三角形排布的六边形网孔的正三角形加热膜;
- (d) 具有四边形排布的圆形网孔的正四边形加热膜;
- (e) 具有六边形排布的六边形网孔的圆形加热膜;
- (f) 具有六角密排的圆形网孔的正六边形加热膜。

7. 制作如权利要求 1-3,5-6 中任一项所述的微型加热器的方法,其特征在于:

(a) 在硅片上制作介质薄膜:介质层薄膜是由氧化硅和氮化硅的单层或多层复合膜组成,用作微型加热器的加热膜和支撑悬梁;其中,氧化硅膜通过热氧化、低压化学气相沉积或等离子增强化学气相沉积方法制备;氮化硅膜通过低压化学气相沉积或等离子增强化学气相沉积的方法制备。

(b) 制作加热电阻丝:加热电阻丝的材料为金、铂、镍、铬、钛、钛铂、钛金、钛钨金、氮化钛或多晶硅,它们是通过溅射、蒸发、电镀或化学气相沉积工艺制作的;

(c) 制作具有网孔结构的加热膜和支撑悬梁:首先正面光刻定义出加热膜和支撑悬梁的形状,然后在光刻胶的保护下采用干法刻蚀彻底去除暴露的介质层直到露出衬底硅,去胶后就形成了正面腐蚀窗口和网孔,所述的干法刻蚀是使用反应离子刻蚀或离子束刻蚀实施的;

(d) 释放薄膜:释放薄膜的方法有两种,一种是干法刻蚀衬底硅,刻蚀气体是 XeF_2 ;另一种是湿法腐蚀,采用 KOH、NaOH、TMAH 或 EPW 硅各向异性腐蚀液。

8. 按权利要求 7 所述的微型加热器的制作方法,其特征在于所述氧化硅和氮化硅的单

层膜厚度在 0.1-1 微米,多层介质复合膜的厚度为 0.2-5 微米。

一种具有网孔结构加热膜的低功耗微型加热器及制作方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种具有网孔结构加热膜的低功耗微型加热器及其制作方法,属于微电子机械系统 (MEMS) 领域。

背景技术

[0002] 微型薄膜加热器可以应用到很多领域,如气体探测,环境监控和红外光源等。随着应用的不断推广,对微型薄膜加热器的低功耗、低成本、高性能、高可靠的要求也日益强烈。采用 MEMS 技术更有利于微型薄膜加热器的低成本和低功耗。

[0003] 目前基于硅衬底的微型薄膜加热器从中心膜区结构来分,主要有两种形式,分别是封闭膜式 (closed membrane type) 和悬膜式 (suspended membranetype)。封闭膜式微型薄膜加热器的支撑膜边界都与衬底框架相连,通过硅的各向异性腐蚀从体硅背面腐蚀得到该类型加热器,如 Vincenzo Guidi, et.al, Thin-film gas sensor implemented on a low-power-consumption micromachined silicon structure, Sensors and Actuators B: Chemical, Volume 49, Issues 1-2, 25 June 1998, Pages 88-92。由于腐蚀时间长,器件均匀性差,且占空比低,特别是功耗较高,因此这类加热器在应用上受到了限制。悬膜式微型薄膜加热器通常利用数条长条形支撑悬臂梁把加热膜区与衬底框架相连,利用正面体硅加工技术实现中心加热膜区的悬空,如 Michael Gaitan, et. al, Micro-hotplated devices and methods for their fabrication, US Patent NO. 5, 464, 966。相比封闭膜式的加热器来说,该类加热器缩短了腐蚀时间,提高了占空比,在功耗上也有显著的降低。这种悬膜式微型薄膜加热器在气体探测方面应用时,由于结构的限制,催化剂只能在中心加热膜区单面涂覆,并且催化剂覆盖率不高,直接影响到传感器的灵敏度。本发明的发明人认识到如果能够实现催化剂在加热器上的双面涂覆并保持较高的覆盖率,传感器的灵敏度将会有很大的提高,因此实现催化剂在加热器加热膜区的双面涂覆是目前本领域的一个技术难点。本发明提供的微型加热器,有望克服这一技术难点。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种具有网孔结构加热膜的低功耗微型加热器及其制作方法,其具体结构示意见图 1,主要包括:网孔结构的加热膜 1、加热电阻丝 2、支撑悬梁 3、引线用电极 4 和衬底框架 5。

[0005] 本发明所提供的具有网孔结构加热膜的低功耗微型加热器的特征在于:特殊形状的网孔按照一定的规则排布形成具有网孔结构的加热膜,加热膜通过支撑悬梁与衬底框架相连,加热电阻丝以单折线或双折线形式排布在加热膜上并通过支撑悬梁与衬底框架上的引线用电极相连。具体细节说明如下:

[0006] 1. 加热膜的形状分为两类。第一类是具有旋转对称性的包括正三边(角)形、正四边形、正五边形、正六边形、正八边形、正十二边形、正十六边形等正多边形(如图 2(a) 所示)或者圆形(如图 2(b) 所示)。第二类是长条形(如图 2(c) 所示),长宽比大于 2:1。

所述的加热膜可以以单个或阵列形式排列。

[0007] 2. 支撑悬梁的数目和连接方式由加热膜的形状决定,不同形状的加热膜对应不同的支撑悬梁的数目和连接方式:正多边形加热膜的支撑悬梁的数目与多边形的边数相同,支撑悬梁沿着多边形的形心以放射状与加热膜的顶角相连,如图3(a)所示;圆形加热膜的支撑悬梁的数量为两条或两条以上,支撑悬梁沿着半径方向与圆形加热膜对称相连,如图3(b)所示;长条形加热膜有两条支撑悬梁,支撑悬梁沿着长条形的长度方向与加热膜相连,由于支撑悬梁和加热膜的宽度不一样,连接处可以做适当的角度补偿,如图3(c)所示。支撑悬梁的长宽比范围在3:1到50:1之间。

[0008] 3. 网孔的形状是三边(角)形、四边形、五边形和六边形等多边形或者圆形,如图4所示。

[0009] 4. 网孔以“一”字形、“十”字形、三角形、四边形、六边形或六角密排的形式排布,如图5所示。

[0010] 5. 加热膜的形状,网孔的形状和网孔阵列的排列方式在设计上相对独立,三者通过不同的组合方式可以形成不同的加热膜。图6列举了几种微型加热器的加热膜,必须强调的是本发明所涉及的加热器加热膜绝不仅限于图6所示的六种。

[0011] 6. 加热电阻丝在中心加热膜上以折线形式排列,加热丝的宽度在1微米到50微米之间,厚度在0.1微米到10微米之间。

[0012] 本发明所提供的一种具有网孔加热膜的低功耗微型加热器的制作方法,其制作的关键步骤,使用材料和工艺说明具体如下:

[0013] 1. 在硅片上制作介质薄膜。介质层薄膜是由氧化硅和氮化硅的单层或多层复合介质膜组成,用作微型加热器的中心加热膜和支撑悬梁。氧化硅可以通过热氧化、低压化学气相沉积(LPCVD)或等离子增强化学气相沉积(PECVD)的方法制备,单层厚度在0.1~1微米之间。氮化硅可以通过低压化学气相沉积(LPCVD)或等离子增强化学气相沉积(PECVD)的方法制备,单层厚度在0.1~1微米之间。多层复合介质膜的总厚度在0.2~5微米之间。

[0014] 2. 制作加热电阻丝。加热电阻丝的材料可以是金属,金属合金或半导体(如:金、铂、镍、铬、钛、钛铂、钛金、钛钨金、氮化钛或多晶硅等)。金属类材料可以通过溅射,蒸发和电镀等方式制作,半导体类材料可以使用化学气相沉积(CVD)的方式制作。

[0015] 3. 制作具有网孔结构的加热膜和支撑悬梁。首先正面光刻定义出加热膜和支撑悬梁的形状,然后在光刻胶的保护下采用干法刻蚀彻底去除暴露的介质层直到露出衬底硅,去胶后就形成了正面腐蚀窗口和网孔。干法刻蚀可以使用反映离子刻蚀(RIE)或离子束刻蚀(ion-Beam)。

[0016] 4. 释放薄膜。释放薄膜的方法有两种,一种是干法刻蚀衬底硅,刻蚀气体是XeF₂。另一种是湿法腐蚀,采用硅各向异性腐蚀液,如KOH(氢氧化钾)、NaOH(氢氧化钠)、TMAH(四甲基氢氧化铵)、EPW(乙二胺,邻苯二酚和水)等。

[0017] 本发明提供的一种具有网孔结构加热膜的微型加热器及其制作方法与以往的微型加热器相比,其优点主要表现在:

[0018] 1. 中心加热膜的网孔结构可以有效降低加热器热量向支撑悬梁的传导,相比传统悬膜式微型薄膜加热器,本发明提供的具有网孔结构加热膜的微型加热器需要的功耗更

小。

[0019] 2. 中心加热膜的网孔结构为催化剂在加热膜上的双面涂覆提供了可能,有利用提高传感器的灵敏度。

[0020] 3. 中心加热膜的网孔结构在加工方面具有三个优点,一是释放薄膜的方式可以有多种选择,既可以用干法刻蚀也可以用湿法腐蚀;二是如果采用干法刻蚀释放薄膜,使用的硅片就不受晶向的限制(目前制作加热器释放薄膜多采用各向异性腐蚀液,因此必需使用(100)的硅片);三是增加了腐蚀窗口面积,利于刻蚀气体或腐蚀液的交换,加快了腐蚀速度,大大降低了薄膜释放时间,有助于提高器件的成品率和一致性。

[0021] 4. 采用本发明提供的方法制作的微型加热器,具有器件体积小,性能高,易于阵列化和批量生产的优点,并且可以与CMOS工艺兼容。特别适合在气体检测领域的应用。

附图说明

[0022] 图1为本发明之具有网孔结构加热膜的低功耗微型加热器的立体结构示意图。

[0023] 图2为微型加热器的加热膜的形状。(a)具有旋转对称性的正多边形加热膜:正三角形、正四边形、正五边形和正六边形等,(b)圆形加热膜,(c)长条形加热膜。

[0024] 图3为加热膜与支撑悬梁的连接方式。(a)正多边形加热膜与支撑悬梁连接,(b)圆形加热膜与支撑悬梁连接,(c)长条形加热膜与支撑悬梁连接。

[0025] 图4为网孔形状的举例。

[0026] 图5为网孔的排布形式(图中用六边形的网孔举例说明)。(a)“一”字形排布的网孔,(b)“十”字形排布的网孔,(c)三角形排布的网孔,(d)四边形排布的网孔,(e)六边形排布的网孔,(f)六角密排的网孔。

[0027] 图6为几种具有网孔结构的加热膜举例。(a)具有“一”字形排布的四边形网孔的长条形加热膜,(b)具有“十”字形排布的四边形网孔的正四边形加热膜,(c)具有三角形排布的六边形网孔的正三角形加热膜,(d)具有四边形排布的圆形网孔的正四边形加热膜,(e)具有六边形排布的六边形网孔的圆形加热膜,(f)具有六角密排的圆形网孔的正六边形加热膜。

[0028] 图7为实施例2中的微型加热器的正面结构俯视图。

[0029] 图8为实施例3中的微型加热器的正面结构俯视图。

[0030] 图9为实施例4中的微型加热器的 1×3 阵列的正面结构俯视图。

[0031] 图中1为网孔结构的加热膜,2为加热电阻丝,3为支撑悬梁,4为引线用电极,5为衬底框架。

[0032] 实施例1:

[0033] 本实施例的所述的微型加热器结构参见图1。其制作工艺如下:

[0034] 1. 在硅片上制作介质薄膜。选用N型(100)硅片,先热氧化生长厚度为0-3微米的氧化硅,接着利用LPCVD在硅片上沉积厚度为0.5微米的氮化硅,再利用PECVD在硅片正面沉积厚度为0.2微米的氧化硅。

[0035] 2. 制作加热电阻丝。正面光刻出加热电阻丝和电极的图形,溅射金属Ti/Pt,厚度为0.01/0.3微米,再利用lift-off(剥离)工艺制作出单折线加热电阻丝和引线用电极,然后在氮气氛围下 350°C 退火半小时。

[0036] 3. 制作具有网孔结构的加热膜和支撑悬梁。正面光刻,在光刻胶的保护下,利用 ion-Beam 干法刻蚀氧化硅和氮化硅的复合膜直到露出衬底硅,被刻蚀的地方形成网孔和正面腐蚀窗口。最终形成具有四边形网孔的正四边形加热膜,加热膜通过四根支撑悬梁与衬底框架相连。

[0037] 4. 释放薄膜。采用质量浓度为 25% 的 TMAH 各向异性腐蚀溶液释放悬空薄膜结构,80°C 水浴约 4 小时即可完成结构释放,然后进行酒精脱水干燥。

[0038] 实施例 2:

[0039] 本实施例的所述的微型加热器正面结构俯视图参见图 7。其制作工艺如下:

[0040] 1. 在硅片上制作介质薄膜。选用 P 型 (100) 硅片,先热氧化生长厚度为 0.5 微米的氧化硅,接着利用 LPCVD 在硅片上沉积厚度为 1 微米的氮化硅。

[0041] 2. 制作加热电阻丝。首先溅射金属 Ti/Au,厚度约为 0.01/0.2 微米,然后图形化光刻,分别使用金腐蚀液和钛腐蚀液制作出单折线的加热电阻丝和引线用电极,最后在氮气氛围下 350°C 退火半小时。

[0042] 3. 制作具有网孔结构的加热膜和支撑悬梁。正面光刻,在光刻胶的保护下,利用 RIE 干法刻蚀氧化硅和氮化硅的复合膜直到露出衬底硅,被刻蚀的地方形成网孔和正面腐蚀窗口。最终形成具有圆形网孔的正四边形加热膜,加热膜通过四根支撑悬梁和衬底框架相连。

[0043] 4. 释放薄膜。采用质量浓度为 40% 的 KOH 各向异性腐蚀溶液释放悬空薄膜结构,60°C 水浴约 9 小时即可完成结构释放,然后进行酒精脱水干燥。

[0044] 实施例 3:

[0045] 本实施例的所述的微型加热器的正面结构俯视图参见图 8。其制作工艺如下:

[0046] 1. 在硅片上制作介质薄膜。选用 N 型 (110) 硅片,利用 LPCVD 沉积厚度为 0.5 微米的氧化硅。

[0047] 2. 制作加热电阻丝。首先溅射金属种子层钛铂,然后光刻定义出两条并联的双折线加热电阻丝和引线用电极的图形,电镀一层厚度为 1 微米的金属铂,最后去除光刻胶和种子层,并在氮气氛围下 350°C 退火半小时。

[0048] 3. 制作具有网孔结构的加热膜和支撑悬梁。正面光刻,在光刻胶的保护下,利用 RIE 干法刻蚀氧化硅薄膜直到露出衬底硅,被刻蚀的地方形成网孔和正面腐蚀窗口。最终形成具有四边形网孔的正四边形加热膜,加热膜通过四根支撑悬梁和衬底框架相连。

[0049] 4. 释放薄膜。采用 XeF_2 干法刻蚀的方法掏空加热膜和支撑悬梁下的衬底硅,每个循环 20 秒,约 30 个循环即可释放薄膜。

[0050] 实施例 4:

[0051] 本实施例的所述的微型加热器的正面结构俯视图参见图 9。其制作工艺如下:

[0052] 1. 在硅片上制作介质薄膜。选用 P 型 (111) 硅片,利用 PECVD 沉积厚度为 0.8 微米的高质量氮化硅。

[0053] 2. 制作加热电阻丝。首先正面光刻,图形化加热电阻丝和引线用电极的图像,然后蒸发一次厚度为 0.2 微米的金,最后利用 lift-off(剥离)工艺制作出三组具有双折线的加热电阻丝和引线用电极,并在氮气氛围下 350°C 退火半小时。

[0054] 3. 制作具有网孔结构的加热膜和支撑悬梁。正面光刻,在光刻胶的保护下,利用

ion-Beam 干法刻蚀氮化硅直到露出衬底硅,被刻蚀的地方形成网孔和正面腐蚀窗口。最终形成具有四边形网孔的长条形加热膜的 1×3 阵列,每个加热膜都通过两根支撑悬梁与衬底框架相连。

[0055] 4. 释放薄膜。采用 XeF_2 干法刻蚀的方法掏空衬底硅,每个循环 20 秒,约 30 个循环即可释放薄膜。

[0056] 虽本实施例形成 1×3 阵列的长条形加热膜,但也适用于其他阵列的微型加热膜的制作。

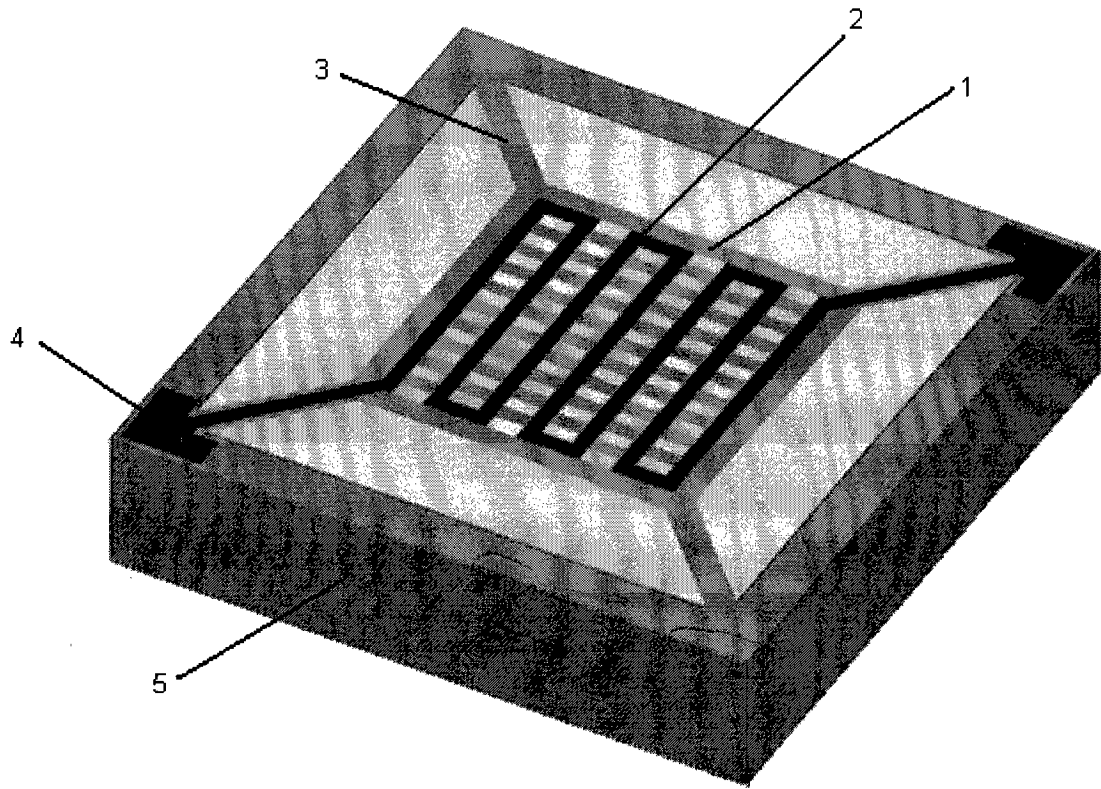


图 1

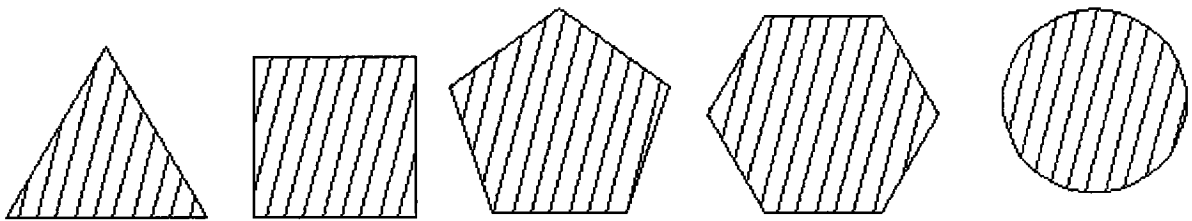


图 2(a)

图 2(b)



图 2(c)

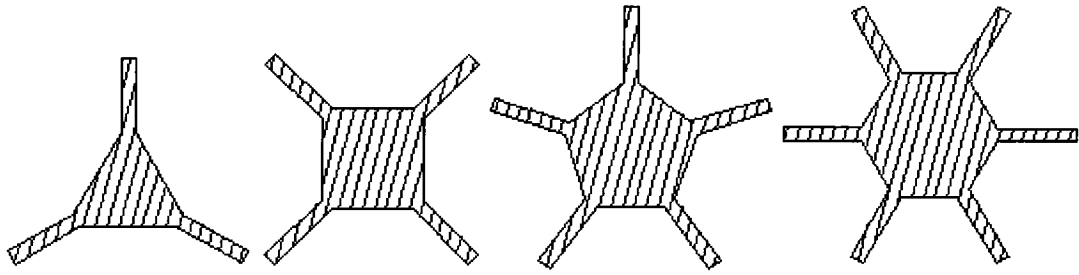


图 3(a)

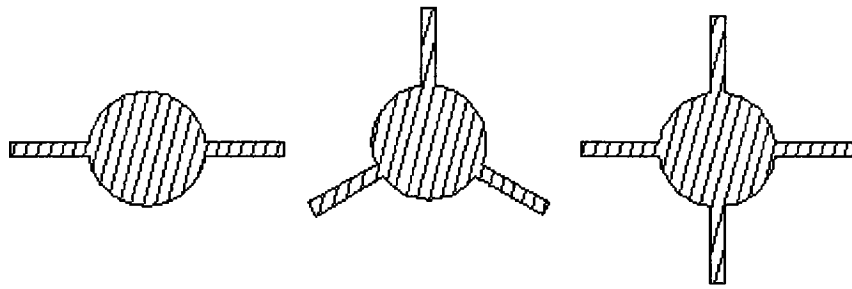


图 3(b)

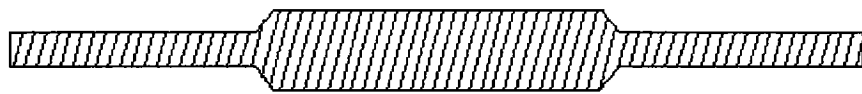


图 3(c)

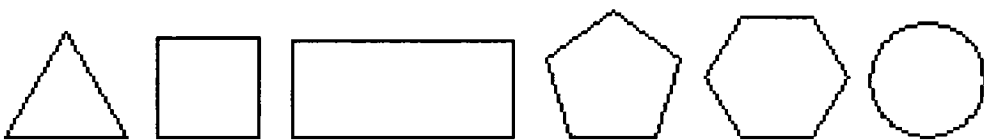


图 4



图 5(a)

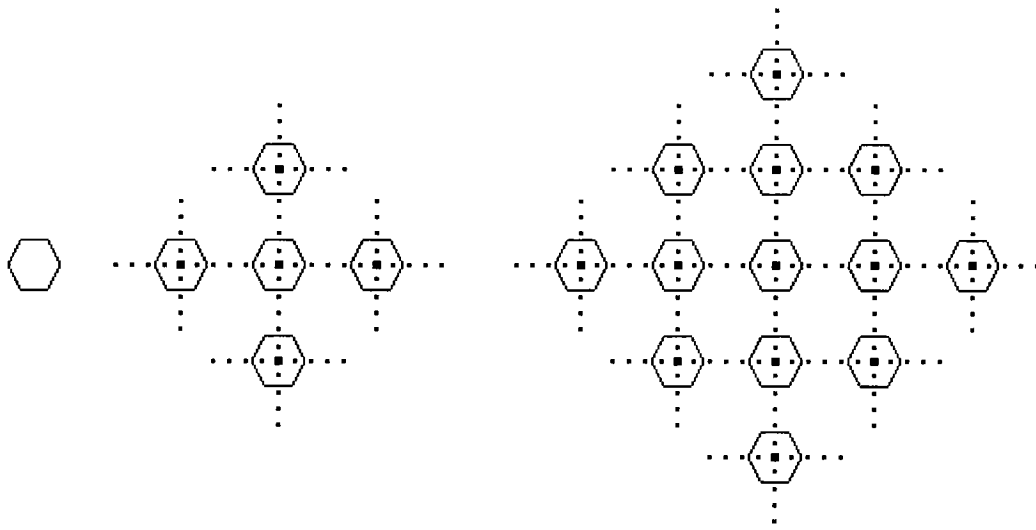


图 5(b)

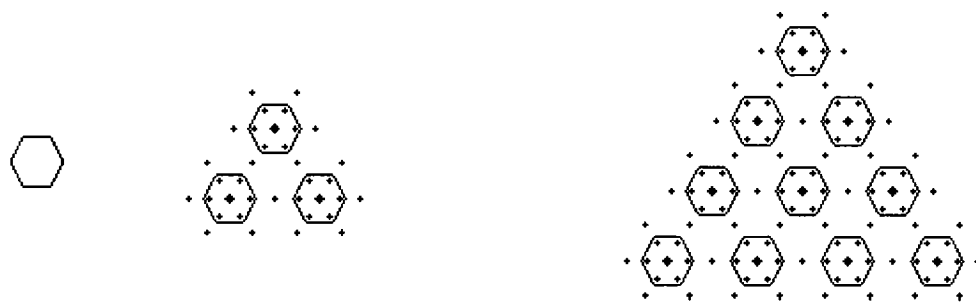


图 5(c)

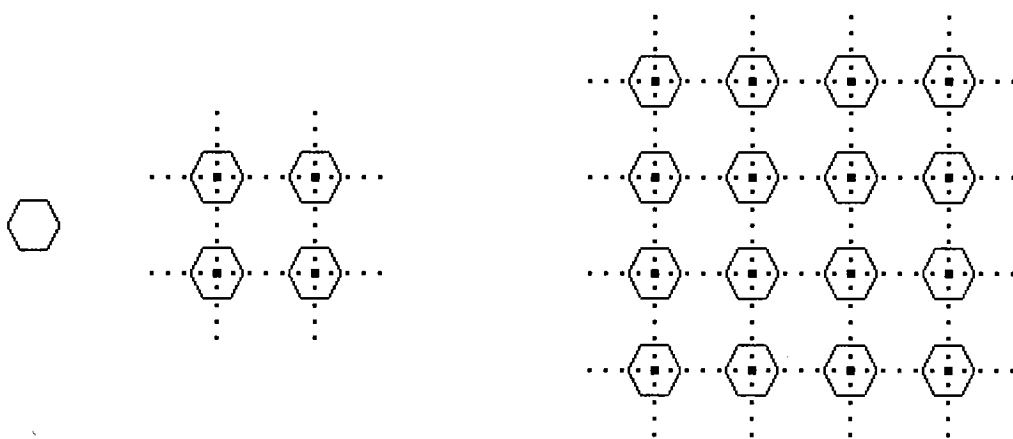


图 5(d)

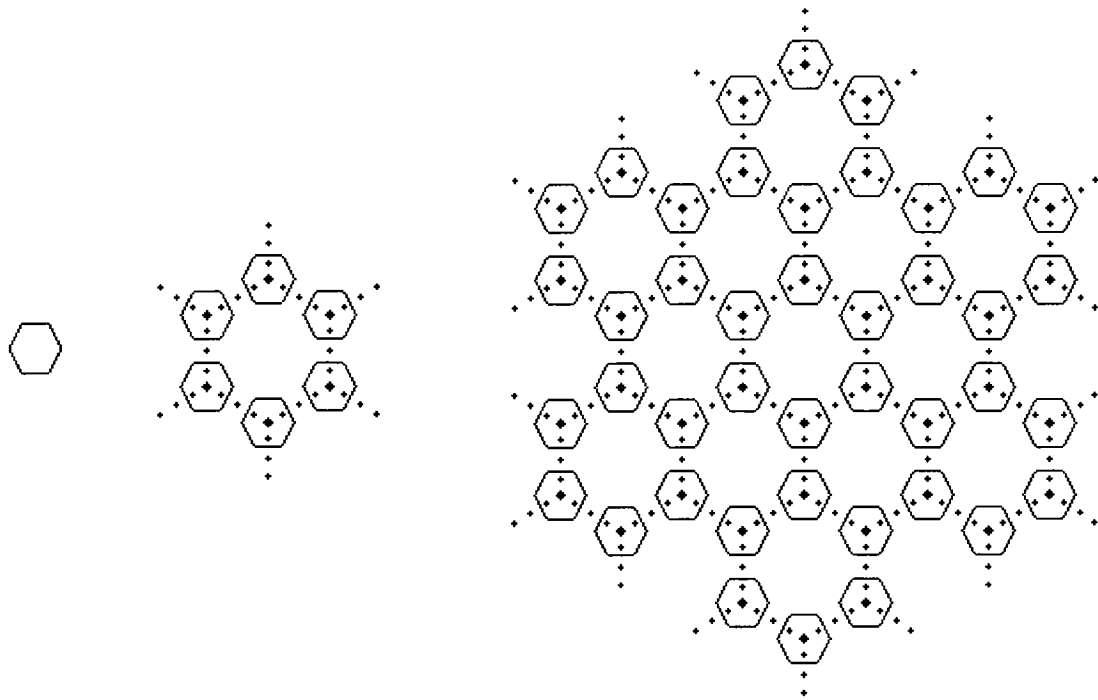


图 5(e)

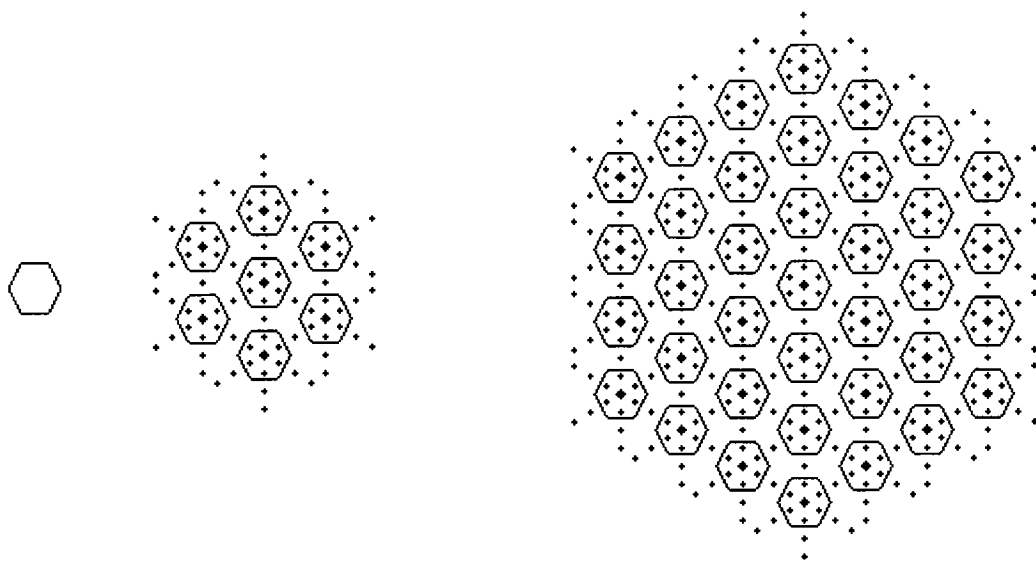


图 5(f)

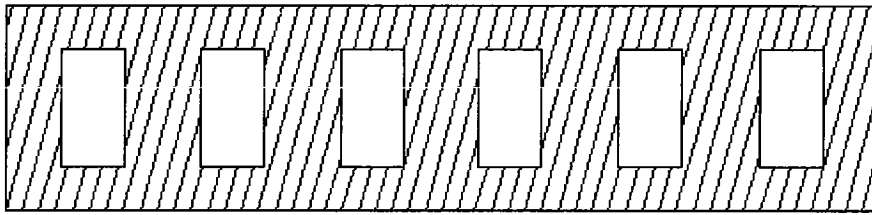


图 6(a)

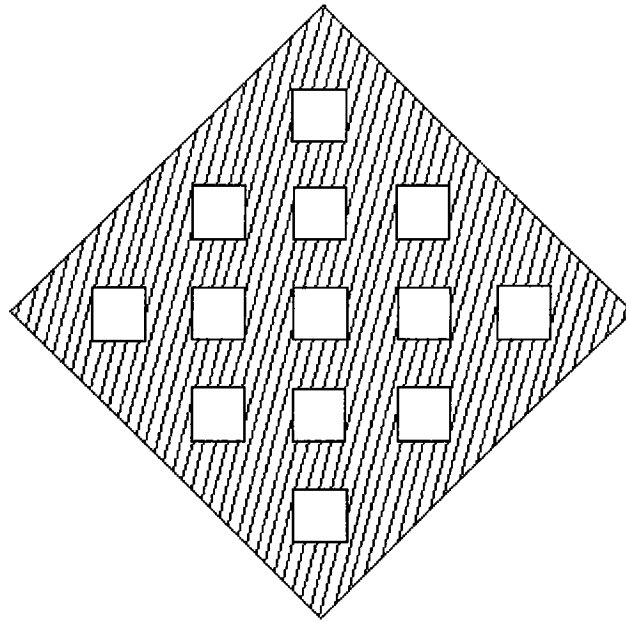


图 6(b)

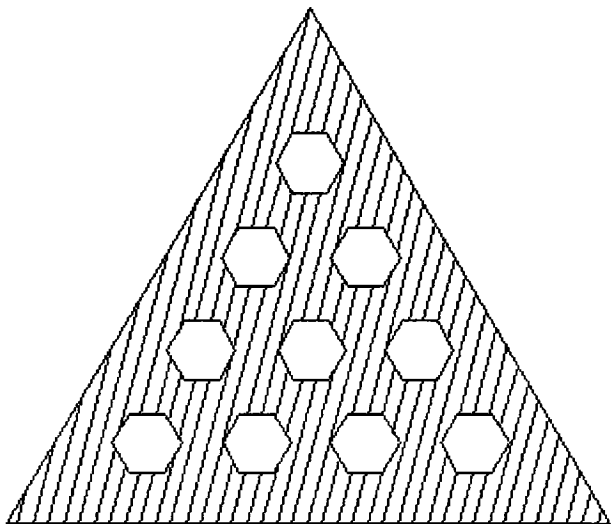


图 6(c)

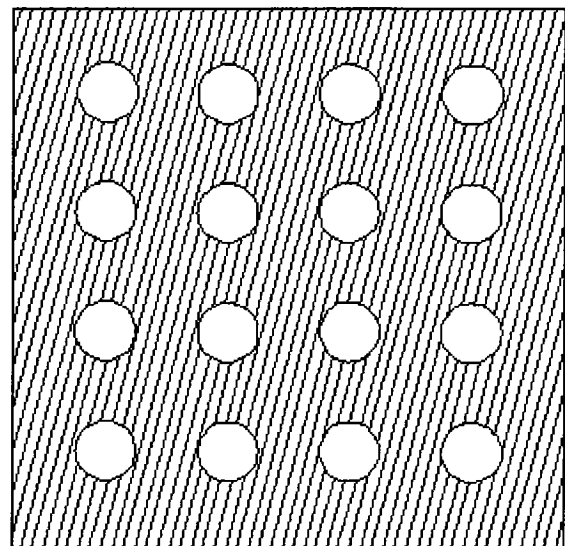


图 6(d)

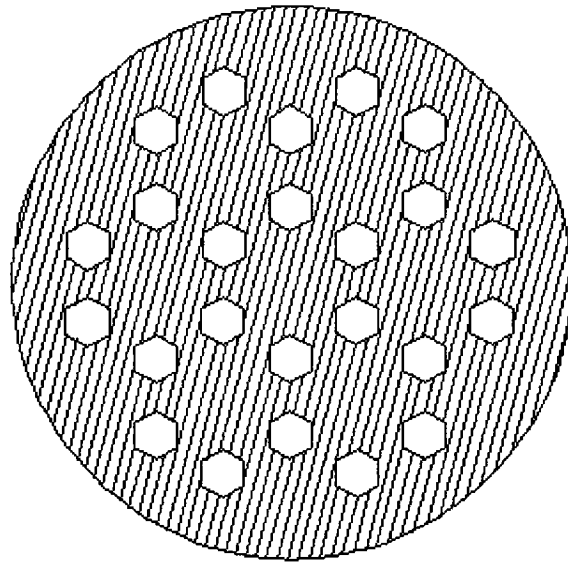


图 6(e)

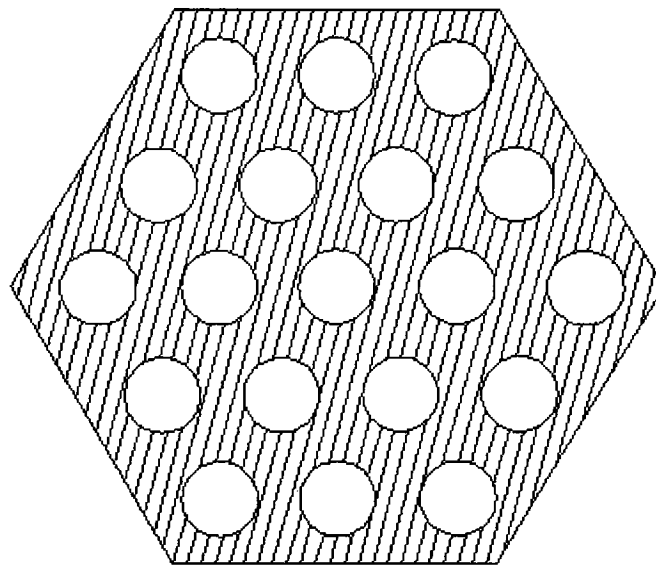


图 6(f)

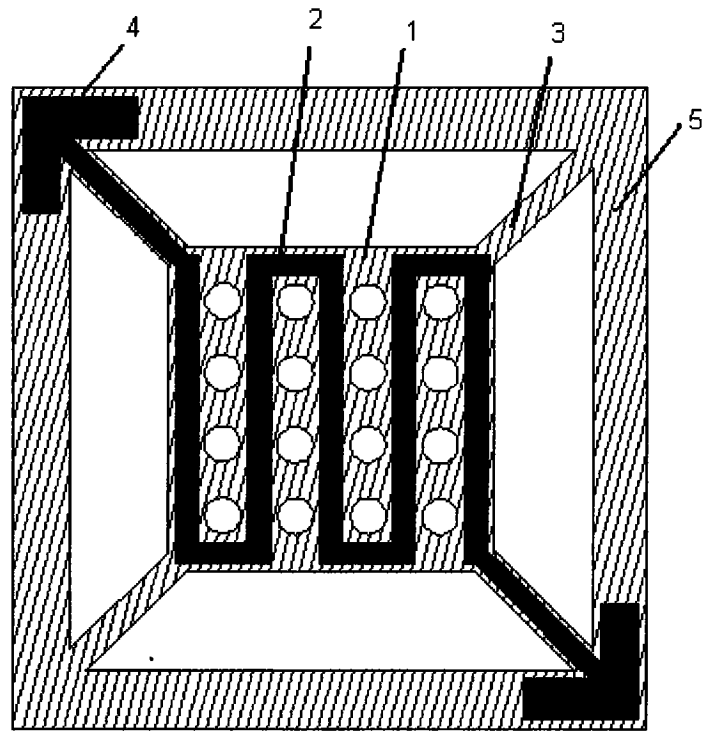


图 7

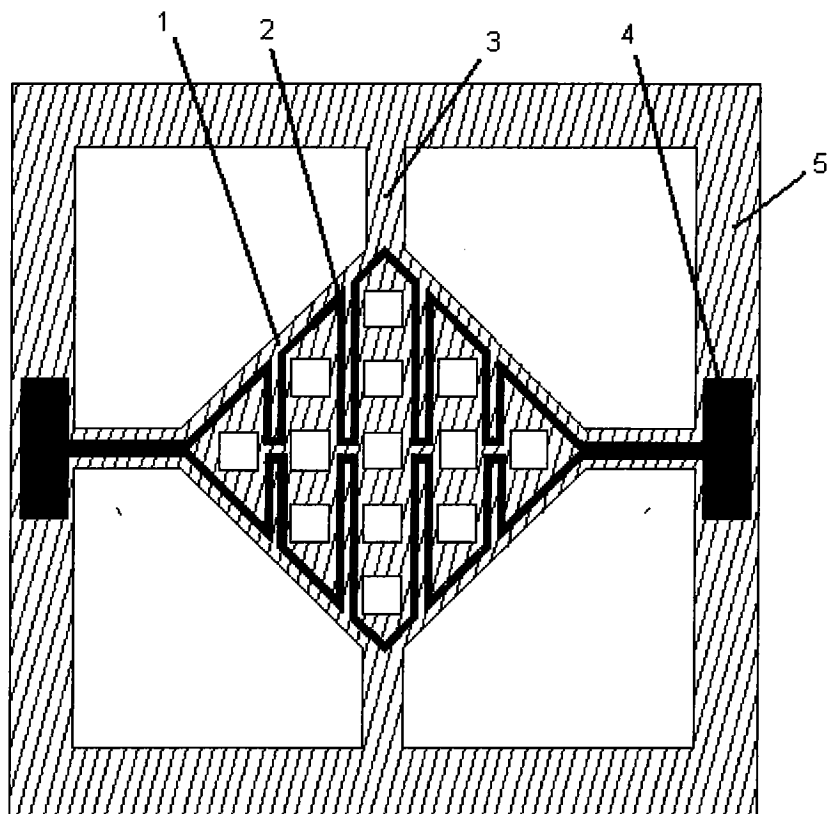


图 8

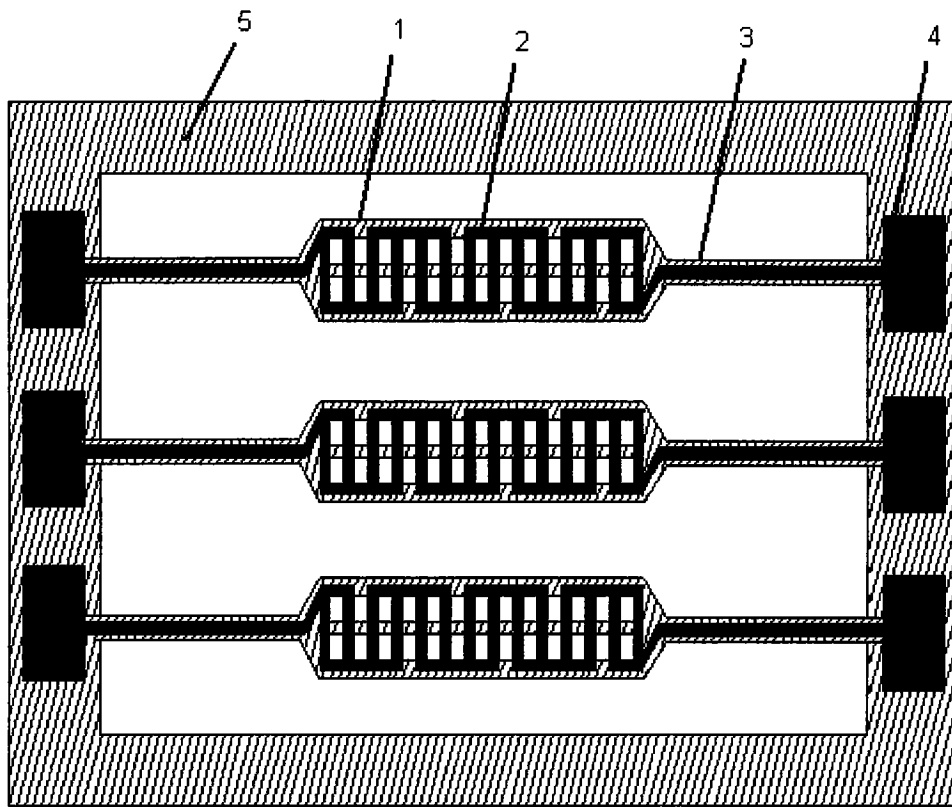


图 9