



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103673792 A

(43) 申请公布日 2014. 03. 26

(21) 申请号 201210328705. 7

(22) 申请日 2012. 09. 06

(71) 申请人 北京理工大学

地址 100081 北京市海淀区中关村南大街 5 号

(72) 发明人 任慧 穆慧娜 焦清介 周庆 李含建

(74) 专利代理机构 北京思创毕升专利事务所 11218

代理人 郭韞

(51) Int. Cl.

F42C 11/02(2006. 01)

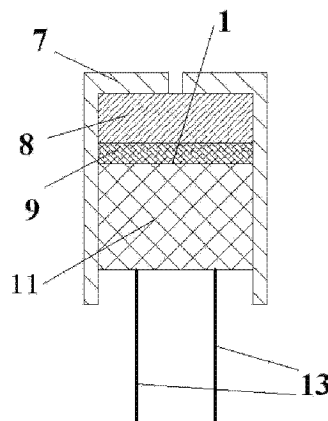
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54) 发明名称

一种高瞬发半导体桥发火组件

(57) 摘要

本发明提供了一种高瞬发半导体桥发火组件,属于半导体桥发火装置领域。所述高瞬发半导体桥发火组件包括管壳(7)以及安装在管壳(7)内的装药和换能元;所述管壳(7)为套筒结构,其一端为开口端,另一端为封闭端,在封闭端上开有轴向通孔;所述换能元包括陶瓷电极塞(11),在所述陶瓷电极塞(11)的上方设有半导体桥芯片;所述半导体桥芯片从下到上依次包括硅衬底、多晶硅基片(4),电桥(1)和铝电极(6);所述硅衬底的下端面粘接在所述陶瓷电极塞(11)的上端面上;所述铝电极(6)包括两块分开且对称设置的电极区(3),两个电极区(3)通过所述电桥(1)连接。



1. 一种高瞬发半导体桥发火组件,其特征在于:所述高瞬发半导体桥发火组件包括管壳(7)以及安装在管壳(7)内的装药和换能元;

所述管壳(7)为套筒结构,其一端为开口端,另一端为封闭端,在封闭端上开有轴向通孔;

所述换能元包括陶瓷电极塞(11),在所述陶瓷电极塞(11)的上方设有半导体桥芯片;所述半导体桥芯片从下到上依次包括硅衬底、多晶硅基片(4),电桥(1)和铝电极(6);所述硅衬底的下端面粘接在所述陶瓷电极塞(11)的上端面上;

所述铝电极(6)包括两块分开且对称设置的电极区(3),两个电极区(3)通过所述电桥(1)连接;

所述装药包括两层装药,分别为第一层装药(9)和第二层装药(8);

所述第二层装药(8)与管壳(7)的封闭端接触,第二层装药(8)覆盖在第一层装药(9)上,第一层装药(9)覆盖在电桥(1)的上表面上。

2. 根据权利要求1所述的高瞬发半导体桥发火组件,其特征在于:所述电桥(1)为带缺口的长方形电桥或正方形电桥;所述带缺口的长方形电桥是在长方形的两个短边上分别设有一个V型角缺口,两个V型角缺口对称设置,两者的顶点相对;所述正方形电桥的长宽相等。

3. 根据权利要求2所述的高瞬发半导体桥发火组件,其特征在于:所述电桥(1)的长度为 $15 \sim 35 \mu\text{m}$ ,宽度为 $60 \sim 100 \mu\text{m}$ ,厚度为 $2 \mu\text{m}$ 。

4. 根据权利要求3所述的高瞬发半导体桥发火组件,其特征在于:所述铝电极(6)的厚度为 $0.8 \sim 1.2 \mu\text{m}$ 。

5. 根据权利要求4所述的高瞬发半导体桥发火组件,其特征在于:所述电桥(1)的材料为高掺杂浓度n型多晶硅,其掺杂浓度为 $10^{20}$ 个磷原子每立方厘米。

6. 根据权利要求1所述的高瞬发半导体桥发火组件,其特征在于:所述第一层装药(9)采用的是等离子体敏感的斯蒂芬酸铅,第二层装药(8)采用的是叠氮化铅;

所述第一层装药(9)和第二层装药(8)的质量之比为 $1/5 \sim 1/2$ ;

所述第一层装药(9)的药剂粒径不大于电桥(1)的最小尺寸的十分之一;

所述第一层装药(9)和第二层装药(8)的密度均不小于药剂理论密度的90%。

7. 根据权利要求1所述的高瞬发半导体桥发火组件,其特征在于:所述陶瓷电极塞(11)是高绝缘的,采用的是95瓷或99瓷。

8. 根据权利要求1所述的高瞬发半导体桥发火组件,其特征在于:在所述陶瓷电极塞(11)内设有两根脚线(13),两根脚线(13)的上端分别与两个电极区(3)连接,下端伸出陶瓷电极塞(11)。

## 一种高瞬发半导体桥发火组件

### 技术领域

[0001] 本发明属于半导体桥发火装置领域,具体涉及一种高瞬发半导体桥发火组件。

### 背景技术

[0002] 现有的半导体桥长  $100\ \mu\text{m}$ ,宽  $380\ \mu\text{m}$ ,厚  $2\ \mu\text{m}$ ,掺杂浓度为  $7\times 10^{19}$  磷原子 / $\text{cm}^3$  时,此时电阻率可达到  $7.6\times 10^{-4}\ \Omega\cdot\text{cm}$ ,同时可得到  $1\ \Omega$  左右的电桥电阻。由于现有半导体桥发火装置体积较大,发火电压较高,一般在  $10\text{V}\sim 30\text{V}$ ,难以满足低电压、低能量发火的要求。

### 发明内容

[0003] 本发明针对现有半导体桥存在发火电压偏高、不能满足低压发火 ( $< 10\text{V}$ ) 的技术要求的问题,提供一种高瞬发半导体桥发火组件,通过改进电桥尺寸,确定最佳的掺杂浓度,优化电桥结构,从而达到显著降低发火电压和发火能量的目的。

[0004] 本发明是通过以下技术方案实现的:

[0005] 一种高瞬发半导体桥发火组件,包括管壳 7 以及安装在管壳 7 内的装药和换能元;

[0006] 所述管壳 7 为套筒结构,其一端为开口端,另一端为封闭端,在封闭端上开有轴向通孔;

[0007] 所述换能元包括陶瓷电极塞 11,在所述陶瓷电极塞 11 的上方设有半导体桥芯片;所述半导体桥芯片从下到上依次包括硅衬底、多晶硅基片 4,电桥 1 和铝电极 6;所述硅衬底的下端面粘接在所述陶瓷电极塞 11 的上端面上;

[0008] 所述铝电极 6 包括两块分开且对称设置的电极区 3,两个电极区 3 通过所述电桥 1 连接;

[0009] 所述装药包括两层装药,分别为第一层装药 9 和第二层装药 8;

[0010] 在管壳 7 内先装入第二层装药 8,再装入第一层装药 9,然后将陶瓷电极塞 11 塞入管壳 7 内,所述陶瓷电极塞 11 的外表面与管壳 7 的内表面接触;所述第二层装药 8 与管壳 7 的封闭端接触,第二层装药 8 覆盖在第一层装药 9 上,第一层装药 9 覆盖在电桥 1 的上表面上。

[0011] 所述电桥 1 为带缺口的长方形电桥或正方形电桥;所述带缺口的长方形电桥是在长方形的两个短边上分别设有一个 V 型角缺口,两个 V 型角缺口对称设置,两者的顶点相对;所述正方形电桥的长宽相等。

[0012] 所述电桥 1 的长度为  $15\sim 35\ \mu\text{m}$ ,宽度为  $60\sim 100\ \mu\text{m}$ ,厚度为  $2\ \mu\text{m}$ ;

[0013] 所述铝电极 6 的厚度为  $0.8\sim 1.2\ \mu\text{m}$ ,该结构尺寸小,发火电压或能量低。

[0014] 所述电桥 1 的材料为高掺杂浓度 n 型多晶硅,其掺杂浓度为  $10^{20}$  个磷原子每立方厘米。

[0015] 所述第一层装药 9 采用的是等离子体敏感的斯蒂芬酸铅,第二层装药 8 采用的是

叠氮化铅；

[0016] 所述第一层装药 9 和第二层装药 8 的质量之比为：1/5 ~ 1/2；

[0017] 所述第一层装药 9 的药剂粒径不大于电桥 1 的最小尺寸的十分之一；

[0018] 所述第一层装药 9 和第二层装药 8 的密度均不小于药剂理论密度的 90%。

[0019] 所述陶瓷电极塞 11 是高绝缘的，采用的是 95 瓷或 99 瓷。

[0020] 在所述陶瓷电极塞 11 内设有两根脚线 13，两根脚线 13 的上端分别与两个电极区 3 连接，下端伸出陶瓷电极塞 11。

[0021] 与现有技术相比，本发明的有益效果是：本发明具有尺寸小、发火能量低、发火电压低、发火时间短的优点，且具有良好的抗静电、防射频的能力。

### 附图说明

[0022] 图 1 是本发明高瞬发半导体桥发火组件的结构示意图。

[0023] 图 2 是本发明高瞬发半导体桥发火组件中的具有带缺口长方形电桥的换能元的俯视图。

[0024] 图 3 是图 2 中的带缺口长方形电桥的结构示意图。

[0025] 图 4 是本发明高瞬发半导体桥发火组件中的具有正方形电桥的换能元的俯视图。

[0026] 图 5 是图 4 中的正方形电桥的结构示意图。

[0027] 图 6 是图 3 和图 5 中沿 A-A 方向的剖面图。

[0028] 图 7 是图 2 和图 4 中沿 B-B 方向的剖面图。

### 具体实施方式

[0029] 下面结合附图对本发明作进一步详细描述：

[0030] 为了克服现有半导体桥在 10  $\mu$ F 电容放电时，发火电压难以降至 10V 以下的缺点，本发明设计出一种高瞬发半导体桥发火组件，其结构如图 1 所示，利用本发明可使发火电压降至 6.3V 以下，放电电压 10V 时的发火时间降至 10  $\mu$ s 以下。

[0031] 如图 1 所示，本发明高瞬发半导体桥发火组件包括换能元、装药和管壳 7；所述换能元采用低能爆发微型半导体桥换能元，所述装药采用微纳米等离子体敏感发火装药。

[0032] 所述低能爆发微型半导体桥换能元包括陶瓷电极塞 11 和半导体桥芯片，所述半导体桥芯片从下至上依次包括硅衬底、多晶硅基片 4、电桥 1 和铝电极 6。所述低能爆发微型半导体桥换能元有两种：一种是具有正方形电桥的，如图 4 所示，另一种是具有带缺口的长方形电桥的，如图 2 所示。正方形电桥的长宽相等，具体结构如图 5 所示；带缺口的长方形的半导体桥换能元是在传统桥的基础上设计为中间有两个对称的 V 型角缺口，具体结构如图 3 所示，当较小的电流通过时，热量通过桥面散失到基底和环境中，当有较大的脉冲电流流经此处时，由于此处电流密度最高，温度升高最快，最容易发生电爆现象，产生等离子体。

[0033] 如图 3 和图 5 所示，在硅衬底（如图 3 和图 5 中的不规则曲线所示意的）上外延多晶硅基片 4，用三氯化磷扩散的磷给多晶硅掺杂，当掺杂浓度为 10<sup>20</sup> 个磷原子/cm<sup>3</sup> 时达到了多晶硅的临界饱和浓度，此时厚度 2  $\mu$ m 的多晶硅电桥（就是指长方形或正方形电桥）可达到 9.93  $\Omega$  的方阻。高掺杂浓度多晶硅的厚度为 2  $\mu$ m，然后用计算机控制掩膜技术和光刻工艺形成所需要的掺杂产品，即高掺杂浓度多晶硅 2，它分为两个对称的面积相对较大的

电极区 3 及中间的电桥 1, 本发明中电桥的形状有带缺口 5 的长方形 (如图 3 所示) 和正方形 (如图 5 所示) 两种。

[0034] 如图 3 和图 5 所示, 高掺杂浓度多晶硅 2 的形状决定电桥的宽度  $W$ , 然后将铝淀积在全部高掺杂浓度多晶硅 2 上, 再用计算机控制掩膜技术、光刻以及洗蚀工序形成铝电极 6 的两个电极区 3 和中间的电桥 1 的形状。如图 6 和图 7 所示 (图 6 中的铝电极与掺杂硅未按比例画), 铝电极 6 之间的距离决定了电桥的长度  $L$ 。

[0035] 激发半导体桥产生高温等离子体的能量与电桥的体积有关, 桥的体积越大, 激发电桥成为等离子体态所需要的能量也越多, 并且单位时间内通过电桥表面散失的热量越多。所以通过适当减小半导体桥的体积可实现降低发火能量或发火电压的目的。但是如果桥的体积过小, 所产生的等离子体的量不足以激发药剂发火。所以半导体桥在满足低电压发火的情况下存在最佳尺寸。本发明中电桥的宽度  $W$  设计为  $60 \sim 100 \mu\text{m}$ , 长度  $L$  设计为  $15 \sim 35 \mu\text{m}$ , 铝电极 6 的厚度设计为  $0.8 \sim 1.2 \mu\text{m}$ 。

[0036] 微纳米等离子体敏感发火装药是由等离子体敏感的 LTNR 和  $\text{PbN}_6$  组成的两层装药的点火药。等离子体敏感的 LTNR 的发火能量低, 但是燃速很低, 而  $\text{PbN}_6$  虽然发火能量相对较高, 但是燃速很高。本发明针对这种现象, 通过将两者按照一定的比例和顺序相结合, 实现发火组件的低能高瞬发发火要求。具体来说, 等离子体敏感的 LTNR 为第一层装药 9,  $\text{PbN}_6$  为第二层装药 8, LTNR 与  $\text{PbN}_6$  的质量之比为  $1/5 \sim 1/2$ , 第一层装药的药剂粒径不大于桥片最小尺寸 (对于正方形就是指长或宽对吧, 对于长方形就是两个 V 形顶点之间的距离或者其宽度) 的十分之一, 装药密度不小于药剂理论密度的 90%, 电桥与等离子体敏感的 LTNR 紧密接触, 电桥爆发后产生的约  $2000^\circ\text{C}$  高温的等离子体以高速微对流的方式向等离子体敏感的 LTNR 传递热量, 当药剂的温度达到其爆发点时使等离子体敏感的 LTNR 瞬间发火进而点燃  $\text{PbN}_6$ 。最少药量以完全包覆住电桥为准。

[0037] 具体实施时, 如图 1 所示, 在管壳 7 中首先装 16mg 的叠氮化铅 ( $\text{PbN}_6$ ), 然后装 4mg 等离子体敏感的斯蒂芬酸铅 (LTNR), 再将换能元 (包括陶瓷电极塞 11 和电桥 1) 插入管壳 7 中, 对半导体桥换能元施加 15MPa 的压力, 施加该压力一方面是为了压紧这些元件, 另外一方面, 该压力还跟装药密度有关, 压力过大时, 装药密度会太大而出现压死现象; 压力太小时, 装药密度太小, 不利于药剂之间的传热。

[0038] 图 1 是发火组件, 图 2 和图 4 是换能元, 也就是图 1 中除去管壳 7、 $\text{PbN}_6$  8 和 LTNR 9 之外的组件。图 1 中的脚线 13 是穿过高绝缘陶瓷电极塞 11 的, 然后用超声波焊接的方式将铝丝或者金丝 14 焊在脚线 13 和铝电极 6 上, 铝丝或者金丝 14 用来连接铝电极 6 和脚线 13。图 2 和图 4 中的数字标注 12 指的是陶瓷电极塞 11 上的台阶。

[0039] 通过  $10 \mu\text{F}$  的钽电容 (该电容不是在半导体发火组件里的, 而是发火电路中的) 对半导体桥发火组件放电, 可达到全发火电压低于 6.3V 的低电能发火要求和 10V 的放电电压下发火时间低于  $10 \mu\text{s}$  的高瞬发度要求。

[0040] 本发明高瞬发半导体桥发火组件是利用半导体桥换能元将电能转化为电爆等离子体能, 约  $2000^\circ\text{C}$  高温的等离子体以高速微对流的方式向等离子体敏感的 LTNR 传递热量, 使等离子体敏感的 LTNR 瞬间发火进而点燃  $\text{PbN}_6$  的器件, 它具有良好的抗静电、防射频的能力。

[0041] 上述技术方案只是本发明的一种实施方式, 对于本领域内的技术人员而言, 在本

发明公开了应用方法和原理的基础上,很容易做出各种类型的改进或变形,而不仅限于本发明上述具体实施方式所描述的方法,因此前面描述的方式只是优选的,而并不具有限制性的意义。

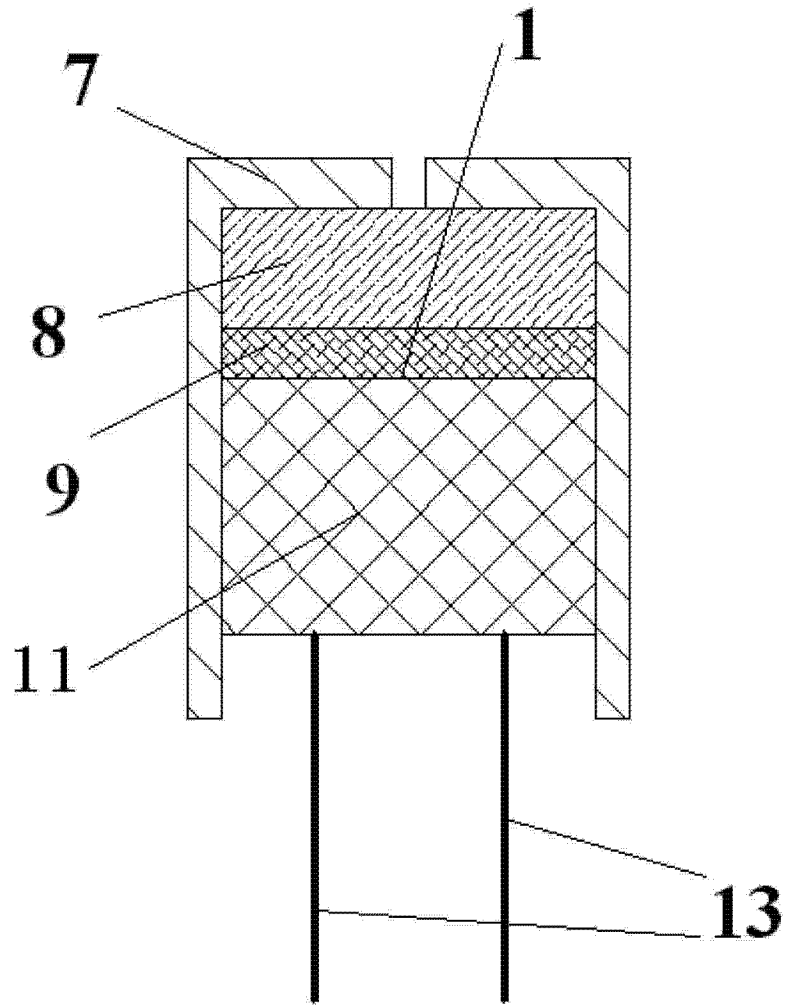


图 1

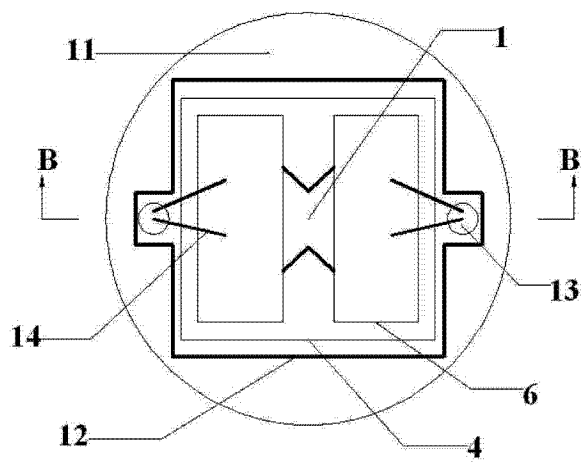


图 2

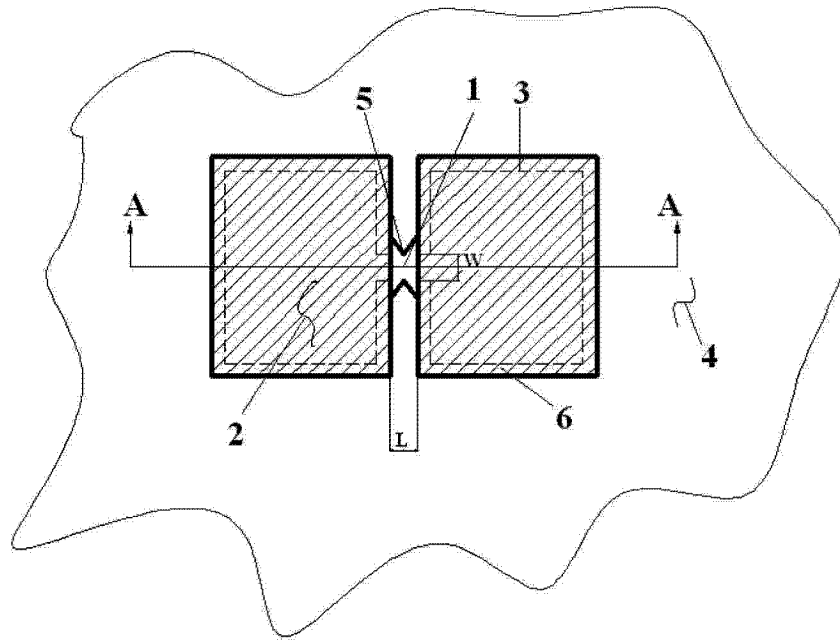


图 3

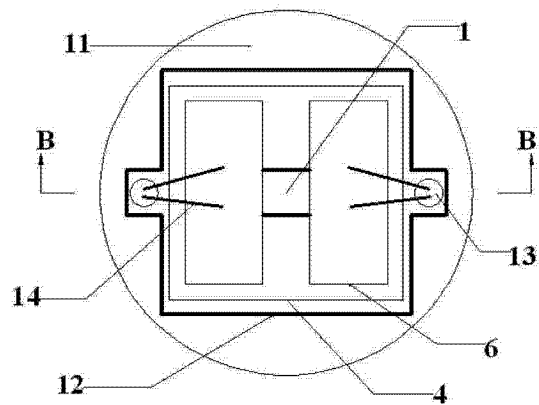


图 4



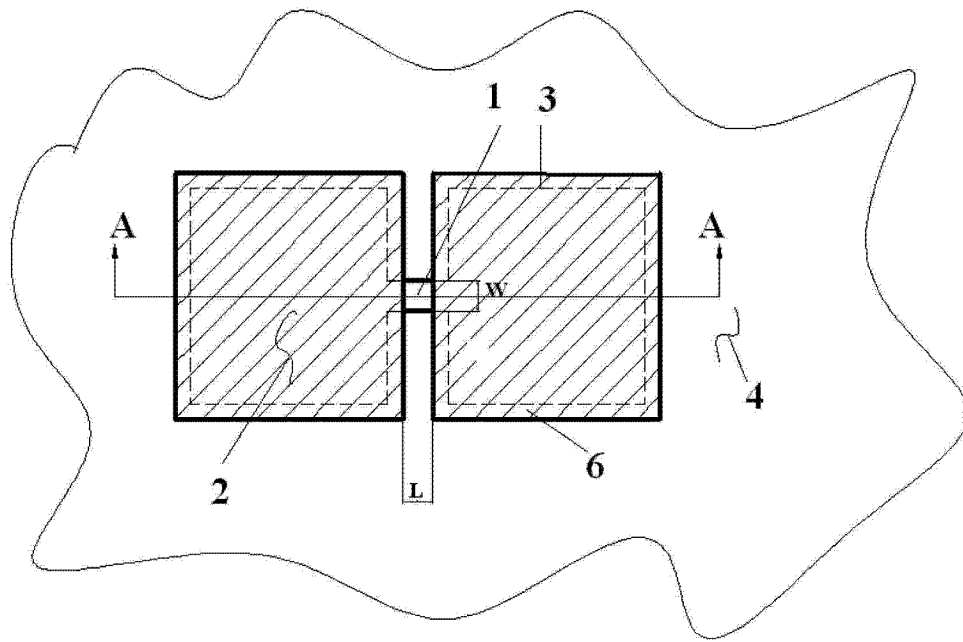


图 5

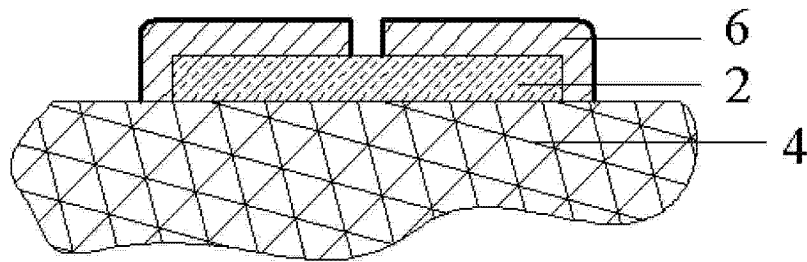


图 6

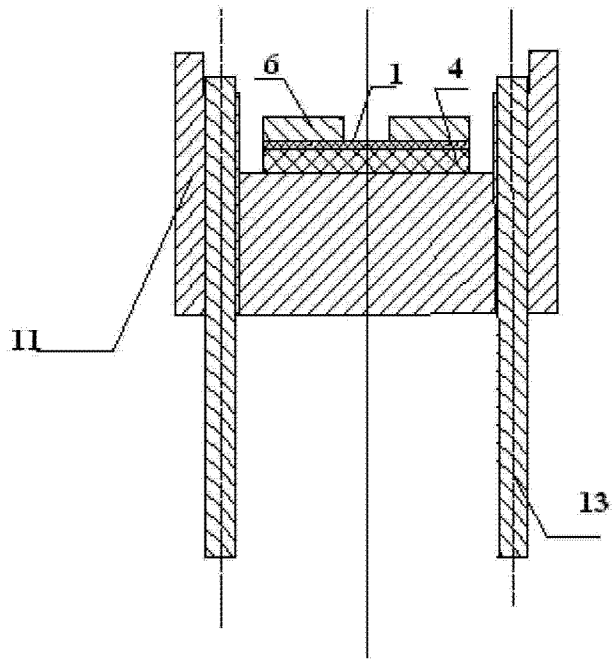


图 7