



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105186091 B

(45)授权公告日 2018.12.04

(21)申请号 201510470292.X

(22)申请日 2015.08.04

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105186091 A

(43)申请公布日 2015.12.23

(73)专利权人 中国电子科技集团公司第四十一研究所

地址 266000 山东省青岛市经济技术开发区香江路98号

(72)发明人 王进 马子腾 许延峰

(74)专利代理机构 北京天奇智新知识产权代理有限公司 11340

代理人 贾文健

(51)Int. Cl.

H01P 11/00(2006.01)

(56)对比文件

KR 100552658 B1,2006.02.17,全文.

CN 103346094 A,2013.10.09,全文.

审查员 宋美静

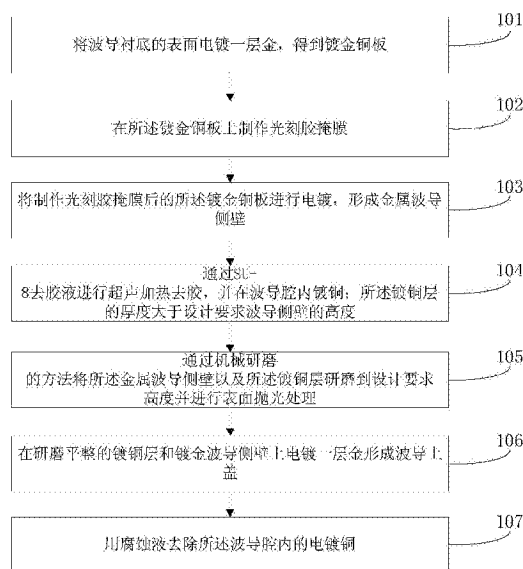
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种太赫兹波段超小金属波导的制作方法

(57)摘要

本发明涉及半导体工艺和微电子机械系统工艺技术领域,具体涉及一种太赫兹波段超小金属波导的制作方法,所述方法包括:在镀金铜基板上,采用SU-8负胶光刻显影工艺,制作高深宽比光刻胶掩膜,通过掩膜电镀的方法制作波导腔金属侧壁。去除光刻胶在波导腔内镀铜做衬底,采用研磨抛光的方法去除多余镀层,然后在镀铜衬底上镀金形成波导上盖,用硝酸腐蚀去除腔内镀铜衬底,得到微型波导腔体。本发明采用光刻电镀工艺,实现了高深宽比、高精度、高表面光洁度的微型零件加工制作,解决了超小太赫兹金属波导腔的加工制作难题。



1. 一种太赫兹波段超小金属波导的制作方法,其特征在于,包括:

将波导衬底的表面电镀一层金,得到镀金铜板;

在所述镀金铜板上制作光刻胶掩膜;

将制作光刻胶掩膜后的所述镀金铜板进行电镀,形成金属波导侧壁,侧壁高度大于设计值;

通过SU-8去胶液进行超声加热去胶,并在波导腔内镀铜;所述镀铜层的厚度大于所述金属波导侧壁的厚度;

通过机械研磨的方法将所述金属波导侧壁以及所述镀铜层研磨到设计要求高度并进行表面抛光处理;

在研磨平整的镀铜层和镀金波导侧壁上电镀一层金形成波导上盖;

用腐蚀液去除所述波导腔内的电镀铜;

所述波导衬底材料为纯铜板;该纯铜板表面光洁、平整;

用SU-8光刻胶制作所述光刻胶掩膜,加工步骤为匀胶、前烘、曝光、中烘及显影;

在所述镀金铜板上,用旋转涂布法涂覆一层SU-8光刻胶;

对所述涂覆的光刻胶进行烘焙,挥发部分溶剂,用热板进行烘焙;

所述曝光包括:使用紫外光刻机对光刻胶进行紫外曝光;

所述中烘包括:对光刻胶进一步烘焙使曝光图形部分交联固化,用热板进行烘焙;

所述显影包括:用显影液把未曝光过的光刻胶显影去除;

所述将制作光刻胶掩膜后的所述镀金铜板进行电镀,包括:对图形部分进行电镀加厚;其中,镀层为金;

所述用腐蚀液去除所述波导腔内的电镀铜,包括:用硝酸加超声去除。

## 一种太赫兹波段超小金属波导的制作方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及及半导体工艺和微电子机械系统工艺技术领域,具体涉及一种太赫兹波段超小金属波导的制作方法。

### 背景技术

[0002] 太赫兹(简称THz)在电磁波谱中的频率范围大致为0.1THz-10THz。THz波具有独特的瞬态性、宽带性、相干性和低能性。近年来,THz波以其独特的性能和广泛的潜在应用价值而越来越受到世界各国的关注,随着应用研究的不断深入和交叉学科领域的不断扩大,THz波的研究与应用将迎来一个蓬勃发展的阶段。THz波将和电磁波谱的其它波段一样,一定会给人类的社会生活带来深远的影响。

[0003] 由于微波器件的加工尺寸随着工作频率的提高逐渐减小,在太赫兹频段,尺寸加工精度已经突破常规机械加工设备的极限,例如1THz频段的金属波导,特征尺寸在100微米左右,这就对加工手段和加工精度提出了更高的要求。

[0004] 目前工程上用的超小THz波导一般是采用机械加工方法制作的,即采用机械切削的方法加工波导上腔体和波导下腔,然后通过销钉定位,实现波导上下两个腔室的精确定位重合,形成一个完整的波导腔室。实际加工过程中主要存在问题有,上下两个腔体平整度不一致,重合处容易产生缝隙,容易引起信号泄露,影响波导传输性能。另外采用机械加工方法加工THz波导,随着加工尺寸的缩小,特别对于小尺寸深腔加工,机械加工需要采用更小的钻头和更高的切削速度来实现。但是过小的钻头会带来加工精度差和效率低下等问题。对于特征尺寸小于500微米的波导腔,传统的机械加工精度和表面平整度已无法保满足加工需求

[0005] 专利申请号200910302627.1提出一种微型波导的制备方法,该方法采用AZ4620光刻胶形成光刻胶掩膜,然后采用溅射的方法实现波导上腔和侧壁金属化,并通过电镀的方法实现镀层加厚。最后用去胶液去除波导腔内光刻胶,实现超小波导的加工制作。该方法中采用AZ4620光刻胶,为正性光刻胶,由于正胶随着胶厚度的增加透光度变差,无法实现底层光刻胶的充分曝光,因此无法实现超过80 $\mu\text{m}$ 光刻胶掩膜的加工制作,只能实现80 $\mu\text{m}$ 以下尺寸的波导腔的加工制作。而目前工程上常采用的0.5-3THz频率的金属波导加工尺寸在86-570 $\mu\text{m}$ ,因此也无法满足工程常用波导金属波导加工制作需求。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的是提供一种太赫兹波段超小金属波导的制作方法,以精确控制波导腔室尺寸精度,并能够方便去除波导腔室内光刻胶,能够实现超小高精度金属波导的加工制作。

[0007] 为达上述目的,本发明实施例提供了一种太赫兹波段超小金属波导的制作方法,包括:

[0008] 将波导衬底的表面电镀一层金,得到镀金铜板;

- [0009] 在所述镀金铜板上制作光刻胶掩膜；
- [0010] 将制作光刻胶掩膜后的所述镀金铜板进行电镀，形成金属波导侧壁，侧壁高度大于设计值；
- [0011] 通过SU-8去胶液进行超声加热去胶，并在波导腔内镀铜；所述镀铜层的厚度大于所述金属波导侧壁的厚度；
- [0012] 通过机械掩膜的方法将所述金属波导侧壁以及所述镀铜层研磨到设计要求高度，并进行表面抛光处理；
- [0013] 在研磨平整的镀铜层和镀金波导侧壁上电镀一层金形成波导上盖；
- [0014] 用腐蚀液去除所述波导腔内的电镀铜。
- [0015] 其中，所述波导衬底材料为纯铜板；该纯铜板表面光洁、平整。
- [0016] 其中在所述镀金铜板上制作光刻胶掩膜，具体为：
- [0017] 用SU-8光刻胶制作所述光刻胶掩膜，加工步骤为匀胶、前烘、曝光、中烘以及显影。
- [0018] 其中，所述匀胶包括：
- [0019] 在所述镀金铜板上，用旋转涂布法涂覆一层SU-8光刻胶。
- [0020] 其中，所述前烘包括：
- [0021] 对所述涂覆的光刻胶进行烘焙，挥发部分溶剂，用热板进行烘焙。
- [0022] 其中，所述曝光包括：
- [0023] 使用紫外光刻机对光刻胶进行紫外曝光。
- [0024] 其中，所述中烘包括：
- [0025] 对光刻胶进一步烘焙使曝光图形部分交联固化，用热板进行烘焙。
- [0026] 其中，所述显影包括：
- [0027] 用显影液把未曝光过的光刻胶显影去除。
- [0028] 其中，所述将制作光刻胶掩膜后的所述镀金铜板进行电镀，包括：
- [0029] 对图形部分进行电镀加厚；
- [0030] 其中，镀层为金。
- [0031] 其中，所述用腐蚀液去除所述波导腔内的电镀铜，具体为：用硝酸加超声去除。
- [0032] 上述技术方案具有如下有益效果：
- [0033] 上述技术方案采用SU-8负胶光刻工艺，实现了高深宽比的光刻胶掩膜制作，通过电镀的方法实现波导腔金属侧壁的加工制作；波导腔内采用镀铜做衬底，并采用研磨抛光的方式精确控制波导内腔高度，实现了波导内腔室高度的精确控制，镀金后用硝酸腐蚀去除腔内镀铜衬底，解决了深腔波导加工过程中SU-8光刻胶难去除的问题，实现了太赫兹THz超小金属波导的加工制作。

## 附图说明

[0034] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0035] 图1是本发明实施例一种太赫兹波段超小金属波导的制作方法的流程图；

- [0036] 图2本发明实施例中,高光洁度超平整度的纯铜版;
- [0037] 图3本发明实施例中,表面镀金的纯铜板;
- [0038] 图4本发明实施例中,通过光刻形成的SU-8光刻胶掩膜;
- [0039] 图5本发明实施例中,采用电镀金的方法形成的金波导侧壁;
- [0040] 图6本发明实施例中,去除光刻胶电镀铜形成微型结构;
- [0041] 图7本发明实施例中,采用研磨方法去除多余金属层形成的微型结构;
- [0042] 图8本发明实施例中,电镀金形成波导上盖的微结构;
- [0043] 图9本发明实施例中,去除波导腔内铜层后形成的最终金属波导。
- [0044] 以上附图中,各标号对应的材质为:1、铜;2、金;3、SU-8光刻胶。

### 具体实施方式

[0045] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0046] 实施例一:

[0047] 图1是本发明实施例一种太赫兹波段超小金属波导的制作方法的流程图,如图所示,该制作方法包括一下步骤:

[0048] 步骤101,将波导衬底的表面电镀一层金,得到镀金铜板;

[0049] 步骤102,在所述镀金铜板上制作光刻胶掩膜;

[0050] 步骤103,将制作光刻胶掩膜后的所述镀金铜板进行电镀,形成金属波导侧壁;

[0051] 步骤104,通过SU-8去胶液进行超声加热去胶,并在波导腔内镀铜;所述镀铜层的厚度大于所述金属波导侧壁的厚度;

[0052] 步骤105,通过机械掩膜的方法将所述金属波导侧壁以及所述镀铜层研磨到设计要求高度并进行表面抛光处理;

[0053] 步骤106,在研磨平整的镀铜层和镀金波导侧壁上电镀一层金形成波导上盖;

[0054] 步骤107,用腐蚀液去除所述波导腔内的电镀铜。

[0055] 上述步骤101中,所加工波导衬底材料为纯铜板,厚度为2mm;纯铜板表面具有很好的表面光洁度和平整度,采用电镀的方法在表面电镀一层厚金。电镀金是为了增加铜板的抗腐蚀性,避免后道工序硝酸腐蚀液对铜板造成腐蚀。如图2所示,为高光洁度超平整度的纯铜板的示意图,图3表面镀金的纯铜板的示意图。

[0056] 上述步骤102中,使用MICRO CHEM公司SU-8 2150光刻胶,制作光刻胶掩膜,SU-8光刻胶是一种高对比度、基于环氧光刻胶,能够实现高深宽比光刻胶掩膜制作,保证了图形加工尺寸精度。加工步骤为匀胶、前烘、曝光、中烘、显影。

[0057] 上述步骤102中,光刻中匀胶步骤,是在镀金铜板上涂覆一层SU-8光刻胶,用旋转涂布法。涂胶转速一般为1000转/分,时间5-10s,涂胶厚度约为650 $\mu$ m。

[0058] 上述步骤102中,光刻中前烘步骤,对涂覆的光刻胶,进行烘焙挥发部分溶剂,一般用热板进行烘焙,分两次加热,60 $^{\circ}$ C加热15min,95 $^{\circ}$ C加热2.5h。

[0059] 上述步骤102中,光刻中曝光步骤,使用紫外光刻机对光刻胶进行紫外曝光,曝光

量600-700mj/cm<sup>2</sup>,曝光用掩膜版图形宽度为270μm,长度为10mm。

[0060] 上述步骤102中,光刻中烘步骤,是对光刻胶进一步烘焙使曝光图像部分交联固化,一般用热板进行烘焙。分两次加热60℃加热5min,95℃加热0.5h。

[0061] 上述步骤102中,光刻显影步骤,将曝光后的光刻胶沉浸在显影液中,5-10min去除未曝光的光刻胶,形成高深刻比掩膜图形。如图4所示,为本实施例中,通过光刻形成的SU-8光刻胶掩膜的示意图。

[0062] 上述步骤103中,电镀步骤,由于非图形部分有光刻胶保护,因此只能对图形部分进行电镀加厚。采用柠檬酸金钾镀金液直流电镀金,电流密度是3~10mA/cm<sup>2</sup>;镀层厚度:650μm,形成650μm高的金属波导侧壁。采用电镀方法实现波导金属侧壁加,相对与溅射镀膜方法具有实现方法简单成本低的优势。如图5所示,为采用电镀金的方法形成的金波导侧壁的示意图。

[0063] 上述步骤104中,电镀步骤,去胶波导腔内镀铜步骤,采用MicroChem公司专用SU-8去胶剂GP进行超声加热去除,时间约10-12h。去胶后电镀铜,形成的微型结构如图6所示。

[0064] 上述步骤104中,采用硫酸铜镀铜液直流电镀铜,电流密度是10~20mA/cm<sup>2</sup>;镀层厚度:680μm,镀铜层厚度要超过电镀金形成波导侧壁高度。

[0065] 上述步骤105中,研磨镀铜层,用机械研磨抛光的方法把电镀金形成的波导侧壁和镀铜层一起研磨到540μm,研磨后进行表面抛光处理提高表面光洁度。波导腔内采用镀铜做衬底,并采用研磨抛光的方式精确控制波导内腔高度。具有尺寸控制精度高操作简单的优点,精细抛光可以很好的保证金属波导表面粗糙度,减少信号传输损耗。采用研磨方法去除多余金属层形成的微型结构如图7所示。

[0066] 上述步骤106中,电镀步骤,镀层是金,在研磨平整的镀铜层和镀金波导侧壁上电镀一层金形成波导上盖,镀金厚度20μm形成波导上盖;电镀金形成波导上盖的微结构如图8所示。

[0067] 上述步骤107中,电镀步骤,镀层是金,在研磨平整的镀铜层和镀金波导侧壁上电镀一层金形成波导上盖,采用柠檬酸金钾镀金液直流电镀金,电流密度是3~10mA/cm<sup>2</sup>;镀层厚度:20μm。图9为去除波导腔内铜层后形成的最终金属波导示意图。

[0068] 上述步骤107中,去铜层,用腐蚀液去除波导腔内电镀铜,一般用硝酸加超声,以加速腐蚀去除速度。腐蚀时间为5-10h。由于硝酸对铜具有快速的腐蚀性,腐蚀过程中加入超声,可以使腐蚀液浸入到深腔内,使腔体内部铜层更容易腐蚀干净。最终形成高540μm,宽270μm,10mm长的金属波导腔。通过采用镀铜做衬底硝酸腐蚀去除的方法,解决了SU-8去除难题。由于SU-8光刻胶具有很好的化学稳定性,一般的去胶剂很难去除。本发明采用PG去胶剂通过加热超声去除。另外通过调整加工步骤,在波导上盖制作前去除光刻胶,增加了去胶剂与光刻胶的接触面积,降低了去胶难度。去胶后采用电镀铜的方法填充波导腔,再电镀金加工波导上盖,最后用硝酸超声腐蚀去除腔内镀铜层。由于硝酸可以快速溶解金属铜,而对黄金波导腔体无任何腐蚀性,可以通过狭小的波导口快速的去除波导腔内铜层,实现波导腔的加工制作。

[0069] 本发明采用SU-8负胶光刻工艺,实现了高深宽比的光刻胶掩膜制作,通过电镀的方法实现波导腔侧壁的加工制作。波导腔内采用镀铜做衬底,并采用研磨抛光的方式精确控制波导内腔高度,镀金后用硝酸腐蚀去除腔内镀铜层,解决了SU-8光刻胶难去除的问题,

实现了波导内腔室高度的精确控制,实现了太赫兹THz超小金属波导的加工制作。

[0070] 本领域技术人员还可以了解到本发明实施例列出的各种说明性逻辑块 (illustrative logical block),单元,和步骤可以通过电子硬件、电脑软件,或两者的结合进行实现。为清楚展示硬件和软件的可替换性 (interchangeability),上述的各种说明性部件 (illustrative components),单元和步骤已经通用地描述了它们的功能。这样的功能是通过硬件还是软件来实现取决于特定的应用和整个系统的设计要求。本领域技术人员可以对于每种特定的应用,可以使用各种方法实现所述的功能,但这种实现不应被理解为超出本发明实施例保护的范畴。

[0071] 以上所述的具体实施方式,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施方式而已,并不用于限定本发明的保护范围,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

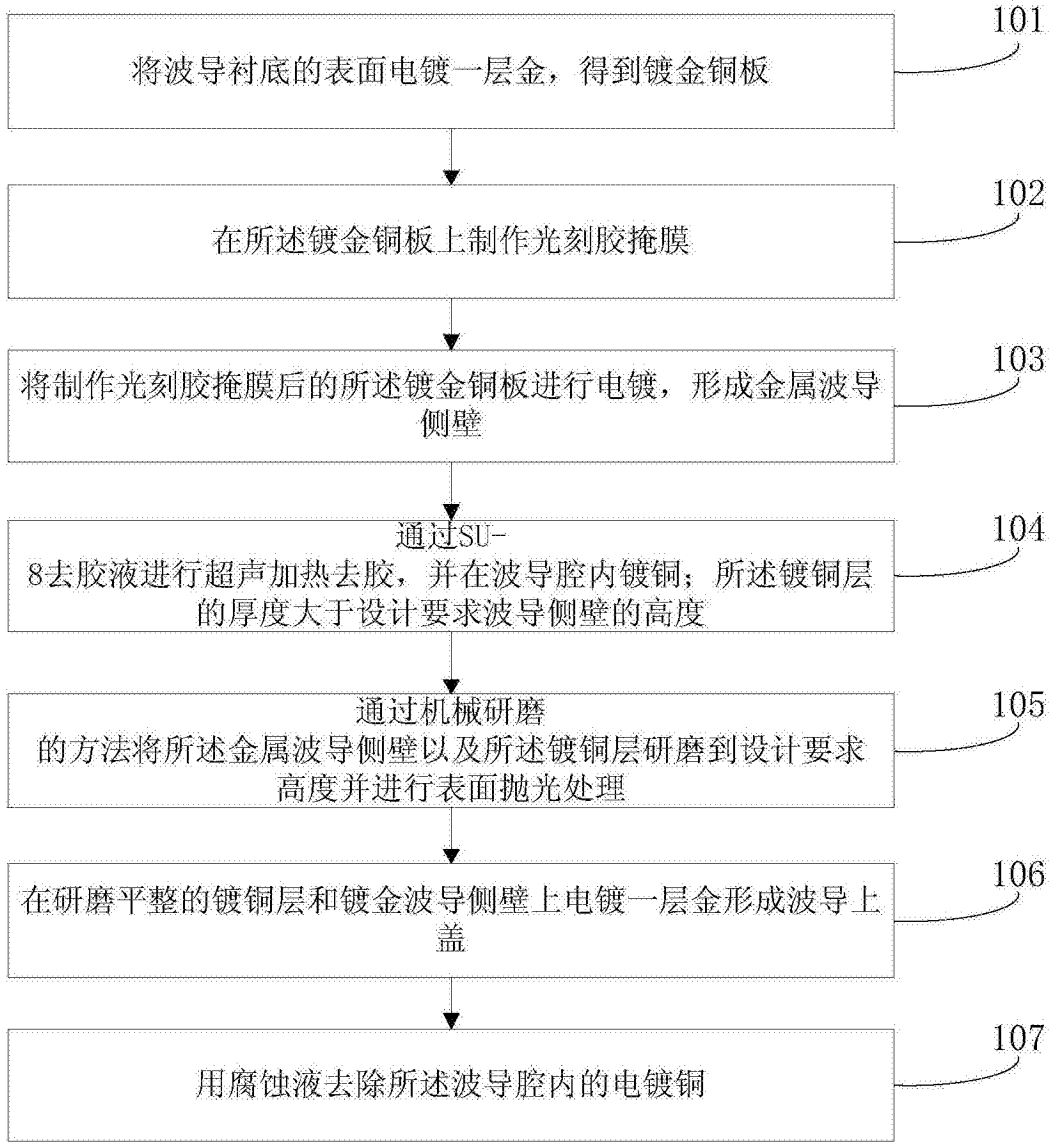


图1

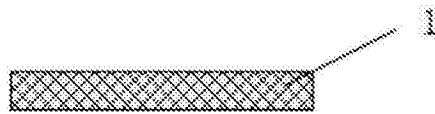


图2

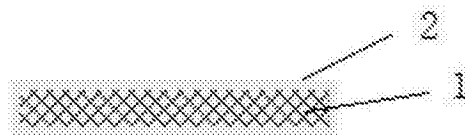


图3



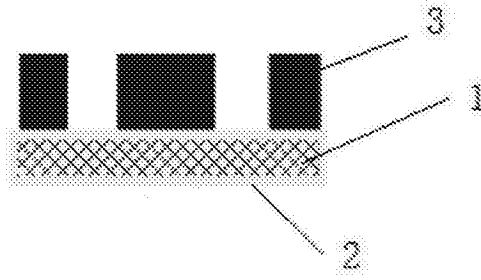


图4

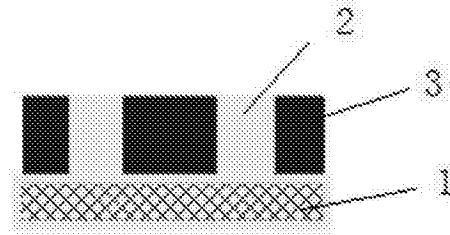


图5

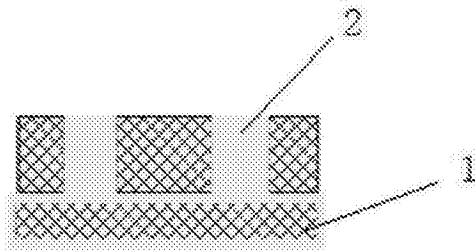


图6

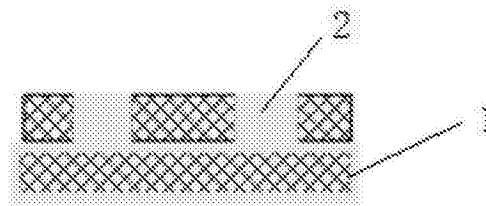


图7

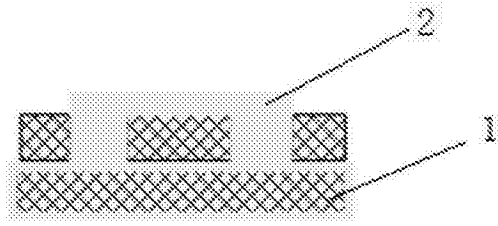


图8

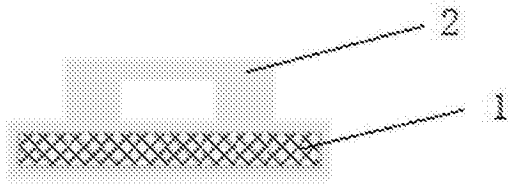


图9