



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 116660311 B

(45) 授权公告日 2024. 01. 23

(21) 申请号 202310387794.0

(22) 申请日 2023.04.12

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 116660311 A

(43) 申请公布日 2023.08.29

(73) 专利权人 中国科学院力学研究所
地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

(72) 发明人 赵建福 杜王芳 刘鹏 何发龙

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理
事务所(普通合伙) 11390
专利代理师 胡剑辉

(51) Int. Cl.

G01N 25/02 (2006.01)

G01M 10/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 102593024 A, 2012.07.18

CN 104215662 A, 2014.12.17

CN 107607580 A, 2018.01.19

CN 109959677 A, 2019.07.02

CN 115031922 A, 2022.09.09

KR 20200100380 A, 2020.08.26

MasanoriMorisaki.Direct local heat flux measurement during water flow boiling in arectangular minichannel using a MEMS heat flux sensor.Experimental Thermal and Fluid Science.2020,第1-10页.

审查员 尹文杰

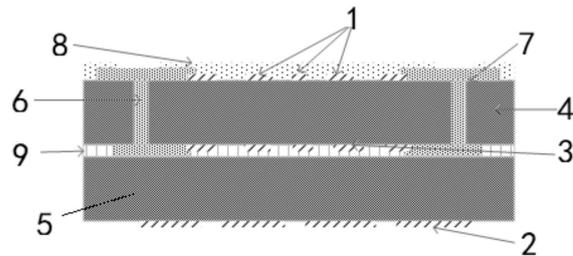
权利要求书2页 说明书6页 附图6页

(54) 发明名称

可精准实现气泡激发及监测的集成式加热装置的制备方法

(57) 摘要

本发明实施例公开了一种可精准实现气泡激发及监测的集成式加热装置及制备方法,包括叠层设置的激发加热组件与稳定加热组件,以及设置于所述激发加热组件与所述稳定加热组件之间的温度探测结构;其中,所述激发加热组件中背离所述稳定加热组件的端面上形成有多个各自能够加热的气泡激发器;所述稳定加热组件中背离所述激发加热组件的端面上形成有至少一个主加热器;所述激发加热组件、所述稳定加热组件和所述温度探测结构上还电连有电力提供单元。本发明集成多点局部过热气泡激发器、系列局部温度传感器和主加热器,并基于两层芯片叠加形成加热器内部温度场的测量,实现了空间和时间上的高精度定位气泡激发。



1. 一种可精准实现气泡激发及监测的集成式加热装置的制备方法, 其特征在于, 集成式加热装置包括叠层设置的激发加热组件与稳定加热组件, 以及设置于所述激发加热组件与所述稳定加热组件之间的温度探测结构 (3); 其中,

所述激发加热组件中背离所述稳定加热组件的端面上形成有多个各自能够加热的气泡激发器 (1);

所述稳定加热组件中背离所述激发加热组件的端面上形成有至少一个主加热器 (2);

所述激发加热组件、所述稳定加热组件和所述温度探测结构 (3) 上还电连有电力提供单元;

制备方法包括:

S100、激发加热组件的制备: 在第一衬底的一组相对的表面上沉积第一金属层和第二金属层并进行图案化处理, 对应形成为气泡激发器和温度探测结构, 同时, 在第一衬底上沉积导电金属层, 对应形成为电性连接件;

S200、稳定加热组件的制备: 在第二衬底的其中一个表面上沉积第三金属层并进行图案化处理, 对应形成主加热器;

S300、激发加热组件和稳定加热组件的组装: 将激发加热组件和稳定加热组件进行粘合, 得到预制芯片组;

S400、集成式加热装置的制备: 将预制芯片组与PCB板电性互连, 制得集成式加热装置;

步骤S100具体包括:

S101、在第一衬底的第一表面上进行第一次涂胶和第一次溅射后, 剥离, 在第一衬底上对应形成气泡激发器;

S102、在第一表面上蒸镀导电金属, 并顺次经过第二次涂胶、第一次光刻和第一次湿法腐蚀后, 在第一表面上形成第一导电层, 对第一表面进行钝化处理, 并在钝化层表面打开焊接口;

S103、在与第一表面相对的第二表面上进行第三次涂胶和第二次溅射后, 剥离, 在第一衬底上对应形成温度探测结构;

S104、在第一衬底刻蚀形成自第二表面延伸至第一表面的通孔;

S105、自第二表面所在的一侧蒸镀导电金属, 并顺次经过第四次涂胶、第二次光刻和第二次湿法腐蚀, 形成位于第二表面上的第二导电层, 同时在通孔中设置连接于第一导电层与第二导电层之间的导线。

2. 根据权利要求1所述的一种制备方法, 其特征在于, 所述激发加热组件至少包括第一衬底 (4), 且所述第一衬底 (4) 自其中一端至另一端上贯通形成有通孔, 所述通孔中设置有导线 (6);

所述稳定加热组件至少包括第二衬底 (5);

所述气泡激发器 (1) 位于所述第一衬底 (4) 中背离所述第二衬底 (5) 的端面上;

所述主加热器 (2) 位于所述第二衬底 (5) 中背离所述第一衬底 (4) 的端面上;

所述温度探测结构 (3) 位于所述第一衬底 (4) 和所述第二衬底 (5) 之间。

3. 根据权利要求2所述的一种制备方法, 其特征在于, 所述第一衬底 (4) 和所述第二衬底 (5) 上各自形成有覆盖所述气泡激发器 (1) 和所述主加热器 (2) 的钝化层 (8);

所述第一衬底 (4) 与所述第二衬底 (5) 之间通过环氧树脂 (9) 粘合连接;

所述第一衬底(4)的端面上还形成有与所述导线(6)连接的电性连接件(7)。

4. 根据权利要求1-3中任意一项所述的一种制备方法,其特征在于,所述气泡激发器(1)和所述主加热器(2)上还连接有控制单元,所述控制单元用于调控所述气泡激发器(1)和/或所述主加热器(2)的加热参数。

5. 根据权利要求4所述的一种制备方法,其特征在于,每个所述气泡激发器(1)的外部设置有多组局部温度监测件(12),每组所述局部温度监测件(12)与所述气泡激发器(1)的距离不完全相同。

6. 根据权利要求5所述的一种制备方法,其特征在于,每个所述气泡激发器(1)外部形成有两组相对设置的所述局部温度监测件(12),每组所述局部温度监测件(12)由多个距离所述气泡激发器(1)的距离不完全相同的温度测点组成。

7. 根据权利要求1-3中任意一项所述的一种制备方法,其特征在于,所述激发加热组件与所述稳定加热组件之间叠合形成有多层温度探测层,每层所述温度探测层上各自设置有所述温度探测结构(3)。

8. 根据权利要求1所述的一种制备方法,其特征在于,步骤S200具体包括:在第二衬底的表面上顺次经过第五次涂胶和第三次溅射后,剥离,在第二衬底上对应形成主加热器。

9. 根据权利要求1所述的一种制备方法,其特征在于,当温度探测结构沿第一衬底自第二衬底的延伸方向设置有多个时,则步骤S100和步骤S200之间还包括:

S106、选择第三衬底,并在第三衬底中背离第一衬底的端面上按照步骤S103的方法进行操作,在第三衬底上对应形成温度探测结构;

S107、在第三衬底上刻蚀形成自背离第一衬底的一端至靠近第一衬底的一端的贯穿孔;

S108、按照步骤S105的方法进行操作,形成位于第三衬底中背离第一衬底的端面上的第三导电层,以及贯穿贯穿孔的导体接线;

S109、重复步骤S106-S108至少一次,得到至少一个温度探测层。

10. 根据权利要求9所述的一种制备方法,其特征在于,步骤S300包括:将激发加热组件、温度探测层和稳定加热组件顺次叠层粘合;其中,

每条导体导线的一端与设置有该导体导线的第三衬底上的第三导电层电连,另一端与相邻的第一衬底上的第二导电层或相邻的第三衬底上的第三导电层电连。

可精准实现气泡激发及监测的集成式加热装置的制备方法

技术领域

[0001] 本发明实施例涉及气泡热动力学研究技术领域,具体涉及一种可精准实现气泡激发及监测的集成式加热装置及制备方法。

背景技术

[0002] 沸腾过程因相变潜热的释放而具有极大的热传递能力,在地面常重力环境以及空间微重力环境都有广泛的应用,具有非常实际的研究价值。目前一般是通过采用局部过热的方式在加热表面固定位置上激发形成单个种子气泡,并在持续、稳定的主加热器作用下维持持微重力单气泡池沸腾过程,实现对加热面上单个或有限数目气泡的生长、变形、运动及相互作用等特征的观察以及对加热器表面局部温度分布及其变化等的测量。常用的具体的实验方法一般分为两类:1) 常规沸腾模式,通过持续、稳定加热使得加热表面上随机分布的自然缺陷位置液体工质达到核化点活化条件,生成不可预测的随机分布的气泡,实现沸腾传热。该模式主要用于测试整体传热性能。2) 单气泡沸腾模式,一般采用人工空穴法、局部过热法、局部电解法、脉冲激光辅助激发法等定点激发出单个气泡,并观测该气泡在一定加热条件下的生长、变形、脱落、运动等。该模式主要用于研究气泡动力学及其在沸腾传热过程的作用机制。单气泡沸腾模式中,精确地定点、定时激发气泡是关键,同时,还需避免在非预期的位置和/或时间生成气泡,干扰观测。局部过热法目前已存在,但多点激发以及结合多点、多层局部温度测量尚无相关报道。

[0003] 因此,基于上述常规的实验的方式,常规的方式往往存在如下的问题:1、很难精准地激发气泡;2、无法同时满足对垂直温度在梯度上分布的变化性的科学测量;3、虽然有些实验可以实现局部过热,但是,对于需要多点激发,或者需要结合多点激发和多层局部温度测量的操作要求往往无法得到满足。

发明内容

[0004] 为此,本发明实施例提供一种可精准实现气泡激发及监测的集成式加热装置及制备方法,通过集成多点局部分布的过热气泡激发器,结合稳定加热组件上的主加热器,能够根据气泡的激发状态的需求,针对性地进行气泡的精准激发,进一步通过温度探测结构的设置,并将其设置于激发加热组件和稳定加热组件之间,从而完成激发加热组件和稳定加热组件叠层形成的内部温度场的有效测量。

[0005] 为了实现上述目的,本发明的实施方式提供如下技术方案:

[0006] 在本发明实施例的一个方面,提供了一种可精准实现气泡激发及监测的集成式加热装置,包括叠层设置的激发加热组件与稳定加热组件,以及设置于所述激发加热组件与所述稳定加热组件之间的温度探测结构;其中,

[0007] 所述激发加热组件中背离所述稳定加热组件的端面上形成有多个各自能够加热的气泡激发器;

[0008] 所述稳定加热组件中背离所述激发加热组件的端面上形成有至少一个主加热器;

- [0009] 所述激发加热组件、所述稳定加热组件和所述温度探测结构上还电连有电力提供单元。
- [0010] 作为本发明的一种优选方案,所述激发加热组件至少包括第一衬底,且所述第一衬底自其中一端至另一端上贯通形成有通孔,所述通孔中设置有导线;
- [0011] 所述稳定加热组件至少包括第二衬底;
- [0012] 所述气泡激发器位于所述第一衬底中背离所述第二衬底的端面上;
- [0013] 所述主加热器位于所述第二衬底中背离所述第一衬底的端面上;
- [0014] 所述温度探测结构位于所述第一衬底和所述第二衬底之间。
- [0015] 作为本发明的一种优选方案,所述第一衬底和所述第二衬底上各自形成有覆盖所述气泡激发器和所述主加热器的钝化层;
- [0016] 所述第一衬底与所述第二衬底之间通过环氧树脂粘合连接。
- [0017] 作为本发明的一种优选方案,所述气泡激发器和所述主加热器上还连接有控制单元,所述控制单元用于调控所述气泡激发器和/或所述主加热器的加热参数。
- [0018] 作为本发明的一种优选方案,每个所述气泡激发器的外部设置有多组局部温度监测件,每组所述局部温度监测件与所述气泡激发器的距离不完全相同。
- [0019] 作为本发明的一种优选方案,每个所述气泡激发器外部形成有两组相对设置的所述局部温度监测件,每组所述局部温度监测件由多个距离所述气泡激发器的距离不完全相同的温度测点组成。
- [0020] 作为本发明的一种优选方案,所述激发加热组件与所述稳定加热组件之间叠合形成有多层温度探测层,每层所述温度探测层上各自设置有温度探测结构。
- [0021] 在本发明实施例的另一个方面,还提供了一种根据上述所述的集成式加热装置的制备方法,包括:
- [0022] S100、激发加热组件的制备:在第一衬底的一组相对的表面沉积第一金属层和第二金属层并进行图案化处理,对应形成为气泡激发器和温度探测结构,同时第一衬底上沉积导电金属层,对应形成为电性连接件;
- [0023] S200、稳定加热组件的制备:在第二衬底的其中一个表面上沉积第三金属层并进行图案化处理,对应形成主加热器;
- [0024] S300、激发加热组件和稳定加热组件的组装:将激发加热组件和稳定加热组件进行粘合,得到预制芯片组;
- [0025] S400、集成式加热装置的制备:将预制芯片组与PCB板电性互连,制得集成式加热装置。
- [0026] 作为本发明的一种优选方案,步骤S100具体包括:
- [0027] S101、在第一衬底的第一表面上进行第一次涂胶和第一次溅射后,剥离,在第一衬底上对应形成气泡激发器;
- [0028] S102、在第一表面上蒸镀导电金属,并顺次经过第二次涂胶、第一次光刻和第一次湿法腐蚀后,在第一表面上形成第一导电层,对第一表面进行钝化处理,并在钝化层表面打开焊接口;
- [0029] S103、在与第一表面相对的第二表面上进行第三次涂胶和第二次溅射后,剥离,在第一衬底上对应形成温度探测结构;

- [0030] S104、在第一衬底刻蚀形成自第二表面延伸至第一表面的通孔；
- [0031] S105、自第二表面所在的一侧蒸镀导电金属,并顺次经过第四次涂胶、第二次光刻和第二次湿法腐蚀,形成位于第二表面上的第二导电层,同时在通孔设置连接于第一导电层与第二导电层之间的导线。
- [0032] 作为本发明的一种优选方案,步骤S200具体包括:在第二衬底的表面上顺次经过第五次涂胶和第三次溅射后,剥离,在第二衬底上对应形成主加热器。
- [0033] 作为本发明的一种优选方案,当温度探测结构沿第一衬底自第二衬底的延伸方向设置有多个时,则步骤S100和步骤S200之间还包括:
- [0034] S106、选择第三衬底,并在第三衬底中背离第一衬底的端面上按照步骤S103的方法进行操作,在第三衬底上对应形成温度探测结构;
- [0035] S107、在第三衬底上刻蚀形成自背离第一衬底的一端至靠近第一衬底的一端的贯穿孔;
- [0036] S108、按照步骤S105的方法进行操作,形成位于第三衬底中背离第一衬底的端面上的第三导电层,以及贯穿贯穿孔的导体接线;
- [0037] S109、重复步骤S106-S108至少一次,得到至少一个温度探测层。
- [0038] 作为本发明的一种优选方案,步骤S300包括:将激发加热组件、温度探测层和稳定加热组件顺次叠层粘合;其中,
- [0039] 每条导体导线的一端与设置有该导体导线的第三衬底上的第三导电层电连,另一端与相邻的第一衬底上的第二导电层或相邻的第三衬底上的第三导电层电连。
- [0040] 本发明的实施方式具有如下优点:
- [0041] 基于激发加热组件上的多个气泡激发器和稳定加热组件上的主加热器的配合设置,不仅能够形成多点局部过热激发,实现精准的定位激发,同时,也能在整个激发过程的时间维度上保持激发状态的精确控制;进一步地,在叠加设置的激发加热组件和稳定加热组件之间设置温度探测结构,能够进一步对叠层后形成的内部温度场进行精确的测量,为整个气泡激发过程提供有效的温控参数。

附图说明

- [0042] 为了更清楚地说明本发明的实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对实施方式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示例性的,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,还可以根据提供的附图引伸获得其它的实施附图。
- [0043] 本说明书所绘示的结构、比例、大小等,均仅用以配合说明书所揭示的内容,以供熟悉此技术的人士了解与阅读,并非用以限定本发明可实施的限定条件,故不具技术上的实质意义,任何结构的修饰、比例关系的改变或大小的调整,在不影响本发明所能产生的功效及所能达成的目的下,均应仍落在本发明所揭示的技术内容得能涵盖的范围内。
- [0044] 图1为本发明实施例提供的集成式加热装置的一种具体的工作原理示意图;
- [0045] 图2为本发明实施例提供的其中一种集成式加热装置的结构示意图;
- [0046] 图3为本发明实施例提供的另一种集成式加热装置的结构示意图;
- [0047] 图4-图20为本发明实施例提供的激发加热组件的制备步骤图;

[0048] 图21-图23为本发明实施例提供的稳定加热组件的制备步骤图；

[0049] 图24为本发明实施例提供的激发加热组件和稳定加热组件粘合的制备过程图；

[0050] 图25为本发明实施例提供的激发加热组件的局部表面示意图。

[0051] 图中：

[0052] 1-气泡激发器；2-主加热器；3-温度探测结构；4-第一衬底；5-第二衬底；6-导线；7-电性连接件；8-钝化层；9-环氧树脂；10-第三衬底；11-导体接线；12-局部温度监测件；

[0053] 101-第一胶层；102-第一溅射层；103-第一Au层；104-第二胶层；105-焊接口；106-第三胶层；107-第二溅射层；108-第二Au层；109-第四胶层。

具体实施方式

[0054] 以下由特定的具体实施例说明本发明的实施方式，熟悉此技术的人士可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其他优点及功效，显然，所描述的实施例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。

[0055] 以下结合附图对本发明的具体实施例进行详细的说明。

[0056] 如图2所示，本发明提供了一种可精准实现气泡激发及监测的集成式加热装置，具体地，包括：气泡激发器1、钝化层8、导电金属层（这里可以选择为Au材料）及电性连接件7（例如，可以包括Pad焊接点等）、第一衬底4、第二衬底5、温度探测结构3、主加热器2、导线6、环氧树脂9。

[0057] 通过上述设计，即可基于气泡激发器1实现对气泡空间上的精准激发，同时，基于主加热器2，实现对激发过程中的气泡的状态的控制。进一步地，温度探测结构3的设置，能够基于其位于激发加热组件和稳定加热组件之间，从而对激发加热组件和稳定加热组件之间形成的内部温度场进行精准测量，进而实现对气泡的整体激发过程的监控。

[0058] 需要说明的是，本发明的集成式加热装置整体上采用微机电系统（MEMS）制作工艺及集成电路制作工艺，从而实现高精度时间-空间定位上的气泡激发与温度场测量，该集成式加热装置的气泡激发及监测原理在于：集成多点局部过热气泡激发器1、系列局部温度热阻传感器（即温度探测结构3）和薄膜电加热器（即主加热器2），并基于两层芯片（即激发加热组件与稳定加热组件）叠加形成加热器内部温度场的测量。

[0059] 在整个气泡激发与监测的过程中，可以进一步引入控制单元，并基于控制单元对气泡激发器1和主加热器2的加热参数，以及温度探测结构3的测量过程进行进一步的可控式调节。其工作原理如图1所示。

[0060] 如图3所示，本发明中的温度探测结构3还可以设置有多个，通过沿第一衬底4至第二衬底5的延伸方向，在第一衬底4与第二衬底5之间布置至少一个第三衬底10，并基于第三衬底10上的温度探测结构3，配合第一衬底4上的温度探测结构3，形成梯度式的温度参数的收集，从而能够根据获得的温度参数信息，进一步计算得到内部温度场的更为精确的温度参数。第三衬底10上贯通设置有导体接线11，用于对第一衬底4和第三衬底10，或是相邻的第三衬底10之间进行电性连接。

[0061] 进一步地，每个气泡激发器1的外部设置有多组局部温度监测件12，每组局部温度监测件12与气泡激发器1的距离不完全相同。每个气泡激发器1外部形成有两组相对设置的

局部温度监测件12,每组局部温度监测件12由多个距离气泡激发器1的距离不完全相同的温度测点组成。例如,一种具体的实施例中,在第一衬底4的中心处是气泡激发器1,如图25所示,气泡激发器1的周围是2组微型Pt薄膜热电阻(即局部温度监测件12),具体地,每一组均设置有五个温度测点(例如,图25中标示为T1-T5的五个温度测点为一组局部温度监测件12,标示为T6-T10的五个温度测点为另一组局部温度监测件12),其可以采用四线制原则测量其电阻变化,以用来依据标定的电阻-温度关系,从而确定对应位置局部温度的变化。进一步地,上述十个温度测点均匀地分布在气泡激发器1周向不同半径的位置处。更为具体的实施例中,其中两个温度测点与气泡激发器1之间的距离可以相同(即其分布在气泡激发器1周向相同的半径形成的环圈上),通过这两个温度测点的设置,可以基于其到气泡激发器1的距离相同,从而用以验证第一衬底4表面温度的均匀性及生长气泡的轴对称特性。

[0062] 本发明还提供了一种集成式加热装置的制备方法,其具体包括以下步骤:

[0063] 一、激发加热组件(可以定义为芯片一)的制备,如图4-20所示,具体包括:

[0064] 1、在第一衬底4上沉积金属层形成气泡激发器1(此面定义为正面):如图4所示,在第一衬底4表面涂覆第一胶层101;如图5所示,进一步在表面进行Pt溅射,形成第一溅射层102;而后对第一胶层101剥离,剥离后的结构如图6所示,在第一衬底4上形成气泡激发器。

[0065] 2、沉积金属形成电线及焊接点(即电性连接件7),以及钝化层8的形成:在如图6所示的结构的基础上进一步在表面蒸镀第一Au层103,蒸镀后的结构如图7所示;如图8所示,而后在第一Au层103表面涂覆第二胶层104;如图9所示,对图8的结构进行一次光刻;如图10所示,对图9的结构进行一次湿法腐蚀;如图11所示,对图10的结构进行钝化,形成钝化层8;而后进一步在钝化层8上打开焊接口105,得到的结构如图12所示。

[0066] 3、在第一衬底4的背面沉积金属形成温度传感器(即温度探测结构3):如图13所示,在第一衬底4的背面涂覆第三胶层106;如图14所示,在涂覆有第三胶层106的表面进一步采用Pt溅射,形成第二溅射层107;对第三胶层106进行剥离,剥离后的结构如图15所示,形成温度传感器。

[0067] 4、利用激光打孔/TSV工艺在第一衬底4上刻蚀通孔:刻蚀后的结构如图16所示。

[0068] 5、制备金属材质的导线6并与正面金属形成互联:在第一衬底4的背面蒸镀第二Au层108,结构如图17所示;而后在第二Au层108表面涂覆第四胶层109,结构如图18所示;同时,在通孔中通过电镀的方式形成导线6;进一步地,如图19所示,对图18的结构进行二次光刻;如图20所示,对图19的结构进行二次湿法腐蚀。

[0069] 最终制备得到激发加热组件。

[0070] 二、稳定加热组件(可以定义为芯片二)的制备:如图21所示,在第二衬底5上沉积金属形成主加热器2,沉积钝化层并保留焊接点。具体操作步骤如图21-图23所示,包括顺次进行的涂胶、Pt溅射和剥离,进而形成主加热器2。

[0071] 三、芯片一与芯片二的粘合:如图24所示,将芯片一和芯片二采用环氧树脂9进行粘合,形成芯片组。而后可以利用SMT-Pad将装配后的芯片组与PCB相连即可。

[0072] 同样地,需要说明的是,如需要在激发加热组件和稳定加热组件之间设置多层温度探测层,同样可以采用上述方式将温度探测层逐层加工成型后,最终采用环氧树脂9进行粘合即可。这里对于温度探测层的加工方式可以借用激发加热组件和稳定加热组件中的相应手法,因此,在此不多作赘述。

[0073] 虽然,上文中已经用一般性说明及具体实施例对本发明作了详尽的描述,但在本发明基础上,可以对之作一些修改或改进,这对本领域技术人员而言是显而易见的。因此,在不偏离本发明精神的基础上所做的这些修改或改进,均属于本发明要求保护的范围。

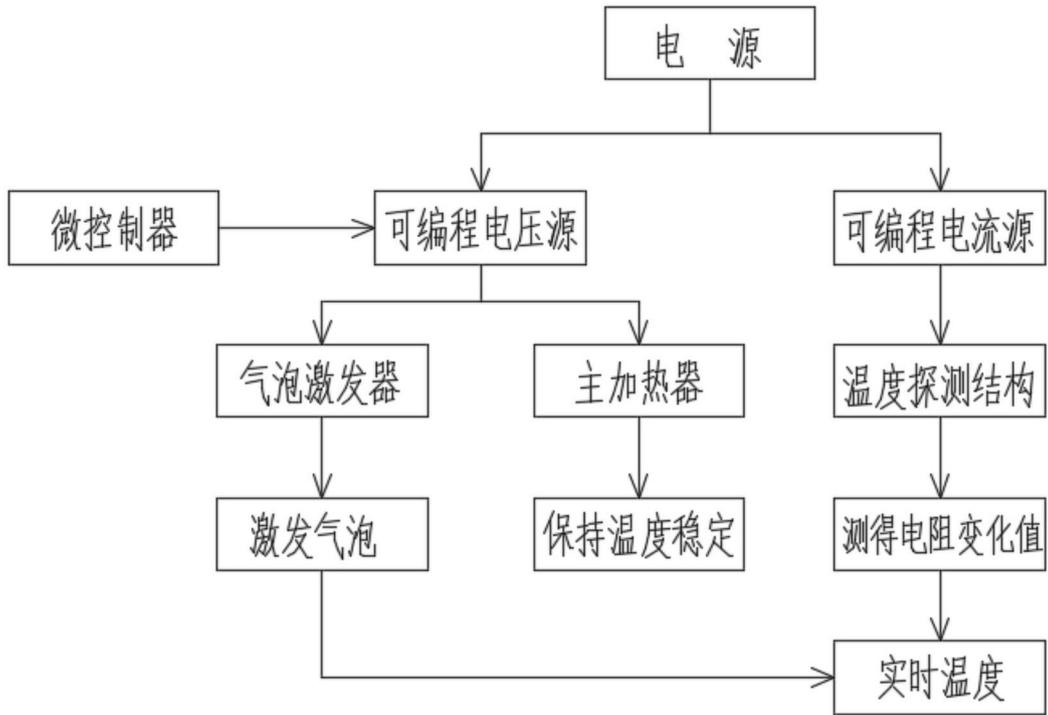


图1

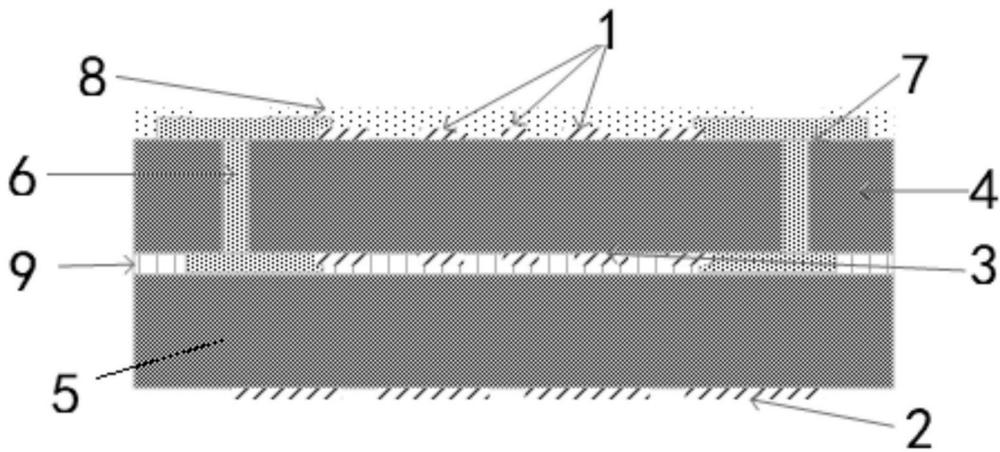


图2

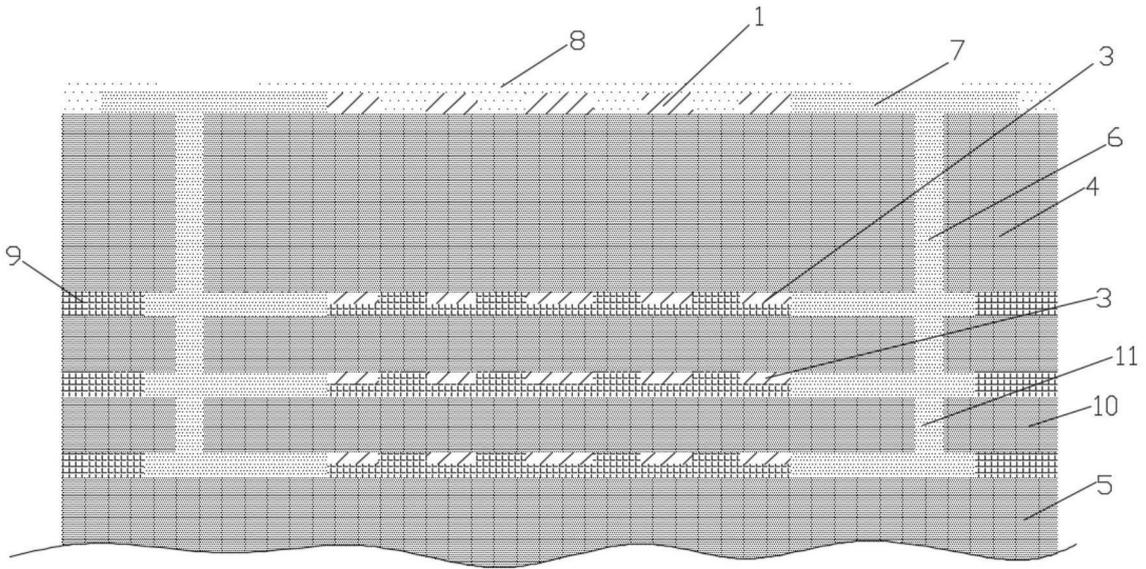


图3

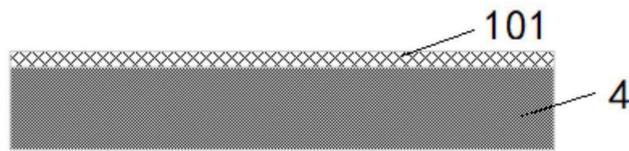


图4

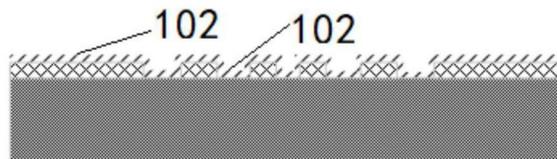


图5



图6

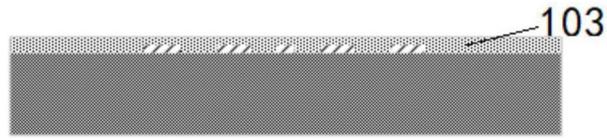


图7

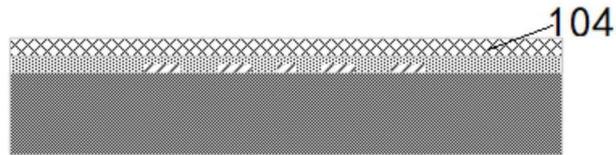


图8

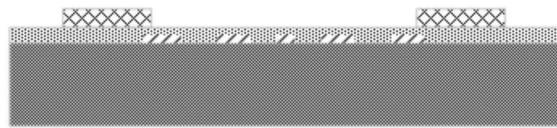


图9



图10

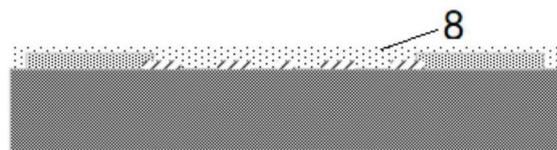


图11



图12

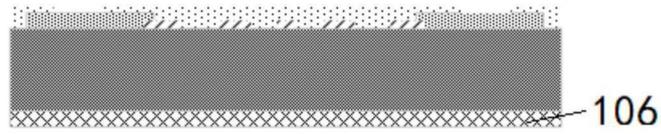


图13

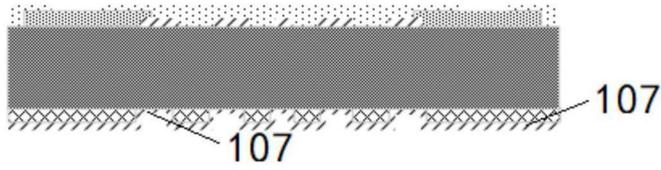


图14

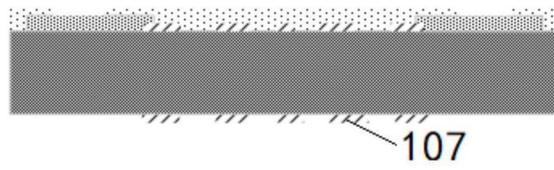


图15

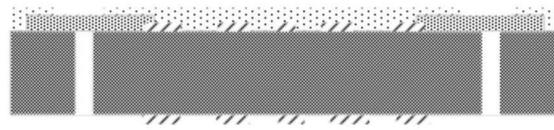


图16

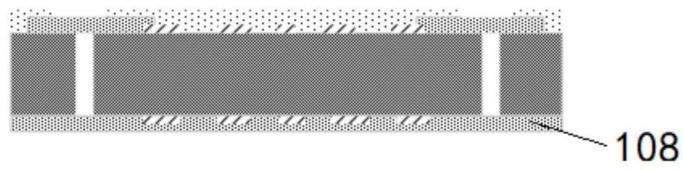


图17

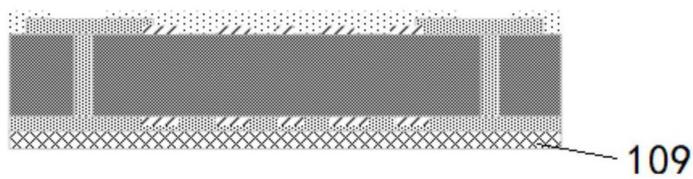


图18

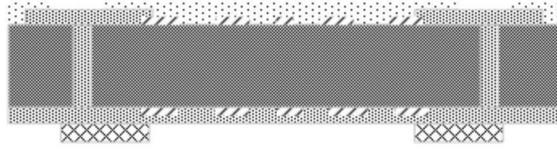


图19

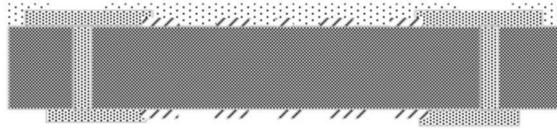


图20



图21

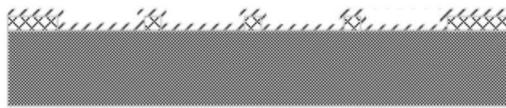


图22

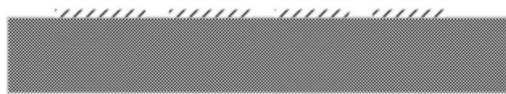


图23

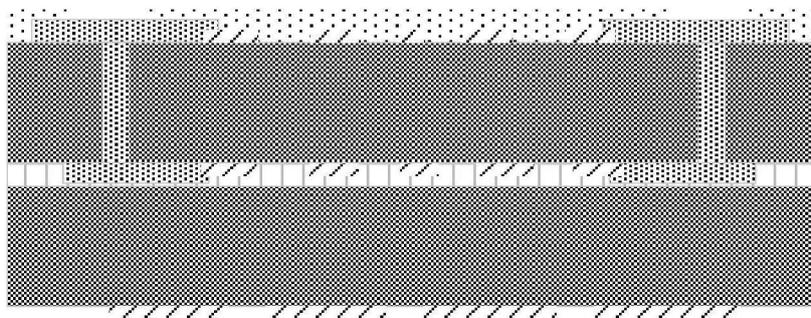


图24

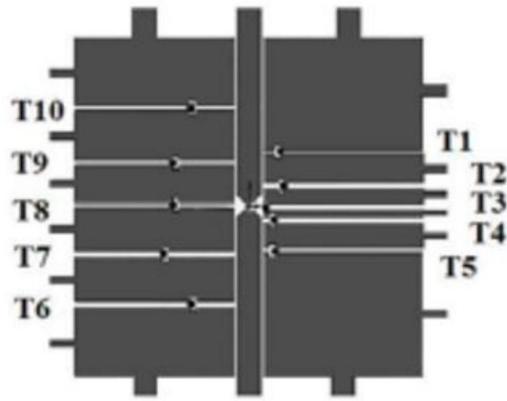


图25