



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116210077 A

(43) 申请公布日 2023.06.02

(21) 申请号 202180061229.4

艾默瑞奇·曼弗雷德·诺瓦克

(22) 申请日 2021.06.14

(74) 专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理有限公司 11006

(30) 优先权数据

102020208184.0 2020.06.30 DE

专利代理师 徐金国 吴启超

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.01.16

(51) Int. Cl.

H01L 21/67 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2021/065955 2021.06.14

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/002570 DE 2022.01.06

(71) 申请人 新格拉斯科技集团

地址 德国美茵河畔卡勒63796号哈瑙尔大街103号

(72) 发明人 伯恩哈德·科德 塞尔吉·博罗丁

安德烈亚斯·卢德维格

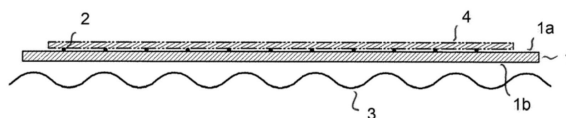
权利要求书4页 说明书10页 附图10页

(54) 发明名称

加热系统和用于加热大面积基板的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种加热系统,并且涉及用于加热大面积基板的方法。



1. 一种用于加热大面积基板的加热系统,其包括:

感受体板(1),所述感受体板具有上侧(1a)和下侧(1b),其中所述感受体板(1)对红外辐射不透明;

多个间隔件(2a;2b;2c),所述多个间隔件位于所述感受体板(1)上方,所述多个间隔件由具有低热导率的材料组成并且从所述感受体板(1)的所述上侧(1a)突出至少1mm;以及

红外辐射源(3),所述红外辐射源被布置和配置来通过红外辐射加热所述感受体板(1)的所述下侧(1b)。

2. 一种用于加热大面积基板的加热系统,其包括:

感受体板(1),所述感受体板具有上侧(1a)和下侧(1b);

多个间隔件(2a;2b;2c),所述多个间隔件位于所述感受体板(1)上方,所述多个间隔件由具有低热导率的材料组成;以及

红外辐射源(3),所述红外辐射源被布置和配置来通过红外辐射加热所述感受体板(1)的所述下侧(1b);

其中所述感受体板(1)由以下这种材料形成并且被设定尺寸成使得在说明书中所定义的使用说明书中所定义的参考基板进行加热测试期间,所述感受体板(1)被加热成使得所述感受体板在前20s加热期间的最大加热速率比所述参考基板在前20s加热期间的最大加热速率大至少4倍。

3. 如权利要求2所述的加热系统,其中所述感受体板在前20s加热期间的所述最大加热速率比所述参考基板在前20s加热期间的所述最大加热速率大至少6倍,优选地至少10倍。

4. 如权利要求2或3所述的加热系统,其中所述感受体板(1)由以下这种材料形成并且被设定尺寸成使得在说明书中所定义的使用说明书中所定义的所述参考基板进行所述加热测试期间,所述感受体板(1)被加热成使得在前90s加热期间所述感受体板与所述参考基板之间的最大温差为至少100K,优选地至少200K,更优选地至少300K,甚至更优选地至少400K并且特别优选地至少500K。

5. 如前述权利要求中任一项所述的加热系统,其中所述间隔件(2a;2b;2c)从所述感受体板(1)的所述上侧(1a)突出至少1mm,优选地至少2mm。

6. 一种用于加热大面积基板的加热系统,其包括:

感受体板(1),所述感受体板具有上侧(1a)和下侧(1b);

多个间隔件(2a;2b;2c),所述多个间隔件位于所述感受体板(1)上方,所述多个间隔件由具有低热导率的材料组成;其中所述间隔件(2a;2b;2c)从所述感受体板(1)的所述上侧(1a)突出至少1mm;以及

加热源,所述加热源直接布置在所述感受体板(1)处或所述感受体板中并且被配置来直接加热所述感受体板(1)。

7. 如权利要求6所述的加热系统,其中所述间隔件(2a;2b;2c)从所述感受体板(1)的所述上侧(1a)突出至少2mm。

8. 如权利要求6或7所述的加热系统,其中所述感受体板(1)由以下这种材料形成并且被设定尺寸成使得在说明书中所定义的使用说明书中所定义的参考基板进行加热测试期间,所述感受体板(1)被加热成使得所述感受体板在前20s加热期间的最大加热速率比所述参考基板在前20s加热期间的最大加热速率大至少4倍,优选地至少6倍,特别优选地至少10

倍。

9. 如权利要求6、7或8所述的加热系统,其中所述感受体板(1)由以下这种材料形成并且被设定尺寸成使得在说明书中所定义的使用说明书中所定义的所述参考基板进行所述加热测试期间,所述感受体板(1)被加热成使得在前90s加热期间,所述感受体板与所述参考基板之间的最大温差为至少100K,优选地至少200K,更优选地至少300K,甚至更优选地至少400K并且特别优选地至少500K。

10. 如前述权利要求中任一项所述的加热系统,其中在20°C与1,000°C之间的整个温度范围内,所述间隔件(2a;2b;2c)在垂直于由所述感受体板定义的平面的方向上的热导率小于15W/m/K,优选地小于12W/m/K,特别优选地小于6.0W/m/K。

11. 如前述权利要求中任一项所述的加热系统,其中所述间隔件(2a;2b;2c)从所述感受体板(1)的所述上侧(1a)突出至多10mm,优选地至多8mm,并且特别优选地至多5mm。

12. 如前述权利要求中任一项所述的加热系统,其中所述感受体板(1)的厚度小于5mm,优选地小于3mm,特别优选地小于2mm。

13. 如前述权利要求中任一项所述的加热系统,其中所述感受体板(1)的所述上侧(1a)包括至少0.7m²、优选地至少1m²、更优选至少2m²并且特别优选地至少3m²的面积。

14. 如前述权利要求中任一项所述的加热系统,其中对于在0.5μm与10.0μm之间的整个波长范围内的红外辐射,所述感受体板(1)具有小于10%、优选地小于5%、甚至更优选地小于3%并且特别优选地小于1%的透射率。

15. 如前述权利要求中任一项所述的加热系统,其中对于在0.5μm与10.0μm之间的整个波长范围内的红外辐射,所述感受体板(1)具有至少45%、优选地至少50%并且更优选地至少55%的吸收率。

16. 如前述权利要求中任一项所述的加热系统,其还包括:(另外的)红外辐射源,所述(另外的)红外辐射源被布置和配置来通过红外辐射加热所述感受体板(1)的所述上侧(1a)。

17. 如前述权利要求中任一项所述的加热系统,其还包括:另外的感受体板,所述另外的感受体板具有上侧和下侧;以及(另外的)红外辐射源,所述(另外的)红外辐射源被布置和配置来通过红外辐射加热所述另外的感受体板的所述上侧。

18. 如权利要求17所述的加热系统,其中所述感受体板对红外辐射不透明。

19. 如权利要求17或18所述的加热系统,其中所述感受体板由以下这种材料形成并且被设定尺寸成使得在说明书中所定义的使用说明书中所定义的所述参考基板进行所述加热测试期间,所述另外的感受体板被加热成使得所述另外的感受体板在前20s加热期间的最大加热速率比所述参考基板在前20s加热期间的最大加热速率大至少4倍,优选地至少6倍,特别优选地至少10倍。

20. 如权利要求17、18或19所述的加热系统,其中所述另外的感受体板由以下这种材料形成并且被设定尺寸成使得在说明书中所定义的使用说明书中所定义的所述参考基板进行所述加热测试期间,所述另外的感受体板被加热成使得在前90s加热期间,所述感受体板与所述参考基板之间的最大温差为至少100K,优选地至少200K,更优选地至少300K,甚至更优选地至少400K并且特别优选地至少500K。

21. 如前述权利要求中任一项所述的加热系统,其中在20°C与1,000°C之间的整个温度

范围内,所述感受体板(1)和/或所述另外的感受体板在感受体板平面内具有至少10W/m/K、优选地至少30W/m/K、特别优选地至少50W/m/K的横向热导率。

22.如前述权利要求中任一项所述的加热系统,其中所述间隔件(2a;2b;2c)布置在所述感受体板(1)的所述上侧(1a)上。

23.如前述权利要求中任一项所述的加热系统,其中所述基板与所有间隔件之间的总接触面积为基板表面的至多5%,优选地至多1%,特别优选地至多0.1%。

24.如前述权利要求中任一项所述的加热系统,其中所有间隔件的总投影面积为所述基板表面的至多15%,优选地至多12%,特别优选地至多9%。

25.如前述权利要求中任一项所述的加热系统,其中两个间隔件的支撑面积之间的最大无支撑距离为至多10cm,优选地至多5cm,特别优选地至多3cm。

26.一种用于加热大面积基板的方法,其包括以下步骤:

提供如前述权利要求中任一项所述的加热系统;

将大面积基板(4)放置到所述加热系统中,使得所述基板(4)支撑在所述间隔件(2a;2b;2c)上;以及

加热所述感受体板(1)。

27.一种用于加热大面积基板的方法,其包括以下步骤:

提供加热系统,所述加热系统包括:感受体板(1),所述感受体板具有上侧(1a)和下侧(1b);多个间隔件(2a;2b;2c),所述多个间隔件位于所述感受体板(1)上方,所述多个间隔件由具有低热导率的材料组成;以及红外辐射源(3),所述红外辐射源被布置和配置来通过红外辐射加热所述感受体板(1)的所述下侧(1b);

将大面积基板(4)放置到所述加热系统中,使得所述基板(4)支撑在所述间隔件(2a;2b;2c)上;以及

加热所述感受体板(1)。

28.如权利要求27所述的方法,其中使用所述红外辐射源(3)加热所述感受体板(1),使得所述感受体板在前20s加热期间的最大加热速率比所述基板(4)在前20s加热期间的最大加热速率大至少4倍,优选地至少6倍,更优选至少10倍。

29.如权利要求27至28中任一项所述的方法,其中在前90s加热期间,所述感受体板与所述基板之间的最大温差为至少100K,优选地至少200K,更优选地至少300K,甚至更优选地至少400K并且特别优选地至少500K。

30.如权利要求27至29中任一项所述的方法,其中所述基板(4)具有至少0.7m²、优选地至少1m²、更优选地至少2m²并且特别优选地至少3m²的面积。

31.如权利要求27至30中任一项所述的方法,其中在前20s加热期间,所述感受体板(1)被加热到至少300°C、优选地至少350°C并且特别优选地至少400°C的温度。

32.如权利要求27至31中任一项所述的方法,其中所述基板(4)通过热辐射由所加热的感受体板(1)在其整个表面上加热,其中所述基板(4)的加热以至少2K/s、优选地至少3K/s并且特别优选地至少4K/s和/或至多18K/s、优选地至多15K/s并且特别优选地至多10K/s的速率进行。

33.如权利要求32所述的方法,其中所述基板(4)被加热到至多700°C、优选地至多650°C并且特别优选地至多600°C的温度。

34. 如权利要求32或33所述的方法,其中所述基板(4)被加热到至少300°C、优选地至少400°C并且特别优选地至少500°C的温度。

35. 如权利要求32、33或34所述的方法,其中所述基板(4)在整个加热过程期间被均匀加热,使得在整个加热过程期间在所述间隔件的面积中的基板表面中发生的所述温差为至多75K,优选地至多50K并且特别优选地至多25K。

36. 如权利要求27至35中任一项所述的方法,其中在所述感受体板(1)与所述基板(4)之间存在至少20mbar、优选地至少100mbar并且特别优选地大气压的气体压力。

37. 如权利要求27至36中任一项所述的方法,其中所述感受体板(1)的所述上侧(1a)与所述基板(4)的所述下侧之间的距离为至少1mm,优选地至少2mm。

38. 如权利要求27至37中任一项所述的方法,其中所述感受体板(1)的所述上侧(1a)与所述基板(4)的所述下侧之间的所述距离为至多为10mm,优选地至多8mm并且特别优选地至多5mm。

39. 如权利要求27至38中任一项所述的方法,其中所述基板与所有间隔件之间的总接触面积为所述基板表面的至多5%,优选地至多1%,特别优选地至多0.1%。

40. 如权利要求27至39中任一项所述的方法,其中沿所述基板的横向和/或纵向方向连续延伸的间隔件的接触线的宽度小于基板厚度的50%、优选地小于20%并且特别优选地小于10%,或其中间隔件的直径或支撑面积的最大尺寸小于所述基板厚度的50%,优选地小于20%并且特别优选地小于10%。

41. 如权利要求27至40中任一项所述的方法,其中所有间隔件的总投影面积为所述基板表面的至多10%,优选地至多6%,特别优选地至多3%。

42. 如权利要求27至41中任一项所述的方法,其中两个间隔件的支撑面积之间的最大无支撑距离为至多10cm,优选地至多5cm,特别优选地至多3cm。

43. 如权利要求27至42中任一项所述的方法,其中所述加热系统还包括:另外的感受体板,所述另外的感受体板具有上侧和下侧;以及另外的红外辐射源,所述另外的红外辐射源被布置和配置来通过红外辐射加热所述另外的感受体板的所述上侧,并且其中所述大面积基板(4)放置到所述加热系统中,使得两个感受体板之间的所述基板(4)支撑在所述间隔件(2a;2b;2c)上。

44. 如权利要求43所述的方法,其中所述另外的感受体板的所述下侧与所述基板(4)的所述上侧之间的所述距离为至少1mm,优选地至少2mm。

加热系统和用于加热大面积基板的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种加热系统以及用于加热大面积基板的方法。

背景技术

[0002] 对于各种工艺,例如在薄膜光伏中,需要将尺寸为例如1.5m×2m的大面积基板加热到例如700℃的温度。由于温度升高,基板的稳定性可能降低;特别是在使用玻璃的情况下,当超过玻璃软化点时会发生这种情况。因此,在加热过程期间,基板需要在其整个表面上或部分地由载体板支撑。在最简单的情况下,基板通常放置在直接或间接加热的加热板上。然而,由于基板的轻微不均匀性,例如,这可能导致基板与加热板之间局部不同的接触,这影响加热过程并且导致基板中的相当大的温度不均匀性。这些局部温差可能对过程产生不利影响,或者由于热应力导致基板的破坏。特别是当热传导差的基板(例如玻璃)被例如以5K/s的速率非常快速地加热时,这些问题更频繁地发生。

[0003] 为了解决这个问题,DE 199 36 081A1提出通过所谓的透明主体进行加热,所述透明主体包括对相关电磁辐射的特定透射和特定吸收。这意图部分地直接通过穿过透明主体的电磁辐射加热基板并且部分地间接通过借助与透明主体接触进行的热传导来加热基板,所述透明主体通过吸收进行加热。透明主体可包括间隔件,基板抵靠间隔件搁置。然而,这种类型的加热是不利的,即,难以进行精确控制。然而,只有在满足窄公差的情况下才能实现要加热的基板与透明载体主体之间的完全温度相等。这种平衡已经受到例如基板的厚度比或吸收率的变化干扰。例如当将反射层或高吸收层施加到基板时,发生这种吸收率的变化。因此,需要还允许载体与基板之间的更高温差的用于大面积基板的加热系统。

发明内容

[0004] 因此,本发明的目的是提供一种克服现有技术的缺点的改进的加热系统和改进的用于加热大面积基板的方法。

[0005] 此目的通过如权利要求1、2和6所述的加热系统以及如权利要求26和27所述的方法来实现。

[0006] 因此,根据第一方面,本发明提供一种用于加热大面积基板的加热系统。所述加热系统包括具有上侧和下侧的感受体板,其中感受体板对红外辐射不透明。此外,所述加热系统包括位于感受体板上方的多个间隔件,所述多个间隔件由具有低热导率的材料组成。最后,所述加热系统包括红外辐射源,所述红外辐射源被布置和配置来通过红外辐射加热感受体板的下侧。

[0007] 本发明是基于以下事实,即通过来自红外辐射源的红外辐射间接加热感受体板,然后通过热辐射和/或热传导将吸收的能量传递到要加热的基板,其中由于间隔件,可实现均匀加热,因为不会发生开头所描述的问题,即以下问题:由于基板的轻微不均匀性,在基板与和加热板之间发生局部不同的接触,这影响加热过程并且导致基板中相当大的温度不均匀性。因为感受体板对红外辐射不透明,所以红外辐射源对基板的直接加热不会发生。感

受体板的特别是在横向方向上的良好热导率改进了由感受体板发射的辐射的均匀性,使得可补偿红外辐射源的任何小的不均匀性。因此,可非常精确地控制所感受体加热的板通过热辐射和/或热传导对基板的加热。

[0008] 在本发明的上下文中,大面积基板意指面积为至少 0.7m^2 、优选地至少 1m^2 、更优选地至少 2m^2 并且特别优选地至少 3m^2 的基板。基板可以是例如有涂层或无涂层玻璃板、具有或不具有电子部件的有涂层或无涂层硅晶片。然而,本发明基本上适用于任何基板。

[0009] 根据第二方面,本发明涉及一种用于加热大面积基板的加热系统。所述加热系统包括感受体板,所述感受体板具有上侧和下侧,以及位于感受体板上方的多个间隔件,所述多个间隔件由具有低热导率的材料组成。此外,所述加热系统包括红外辐射源,所述红外辐射源被布置和配置来通过红外辐射加热感受体板的下侧。感受体板由以下这种材料构成并且被设定尺寸成使得在下文进一步定义的使用下文进一步定义的参考基板进行加热测试期间,感受体板被加热成使得感受体板在前20s加热期间的最大加热速率比参考基板在前20s加热期间的最大加热速率大至少4倍。这一大的温度梯度反映了感受体板的加热非常快速,感受体板进而通过热辐射以及在可能的情况下通过存在于感受体板与基板之间的导热气体进行的热传导(优选地在大气压下)以一定时间延迟加热基板。

[0010] 如果感受体板的上侧与要加热的基板之间不存在真空,则基板的加热通常是基于热辐射、感受体板与基板之间的接触点处的直接热传导以及通过位于感受体板与基板之间的流体进行的热传导的组合。在小距离的情况下,后者相对强烈地依赖于距离,使得此部件可能再次导致加热的不均匀性。因此,优选的是,感受体板与基板之间的距离被选择为使得热传导变得非常小并且也仅非常微弱地依赖于距离。因此,优选的是,此距离为至少1mm,并且特别优选地至少2mm,或者间隔件从感受体板的上侧突出至少2mm。更优选地,此距离为至少2.5mm,并且特别优选地至少3mm。

[0011] 在详细的模拟和实验过程中,很明显,从大约2mm的最小距离起,感受体板与基板之间的间隙对加热过程的影响可忽略不计。换句话讲,从大约2mm的最小距离起,例如由基板不均匀性引起的距离变化不再起作用,使得可利用相应尺寸的间隔件实现非常均匀的加热。

[0012] 为使间隔件对加热过程的可能干扰保持为低,它们的几何形状应当保持尽可能小,因此,另一方面,优选的是,间隔件从感受体板的上侧突出至多10mm,更优选地至多8mm并且特别优选地至多5mm。

[0013] 间隔件可直接布置在感受体板的上侧上或与之连接。替代地,间隔件还可布置在感受体板上方距感受体板的上侧一定距离处。例如,间隔件可由对应载体条或在感受体板上方延伸的格栅保持。然而,布置在感受体板上方的间隔件优选地仅位于感受体板的上侧上方或其上,并且优选地不延伸到感受体板中,特别是不延伸穿过感受体板。相反,间隔件是优选地仅在感受体板的上侧与基板的下侧之间延伸的结构。

[0014] 关于意图通过本发明实现的目的,进一步优选的是,间隔件是永久存在于感受体板上方的静态结构。特别地,在处理基板期间并且特别是在加热过程期间,间隔件将存在于感受体板上方,并且在加热过程期间,基板将支撑在间隔件上。

[0015] 此外,为了基板的快速加热过程,优选的是,感受体板的温度在加热过程期间显著高于基板的温度。因此,感受体板优选地由以下这种材料构成并且被设定尺寸成使得在下

文进一步定义的使用下文进一步定义的参考基板进行加热测试期间,感受体板被加热成使得在加热的前90s加热期间,感受体板与参考基板之间的最大温差为至少100K,优选地至少200K,更优选地至少300K,甚至更优选地至少400K并且特别优选地至少500K。这些高初始温差也反映了感受体板的加热非常快速以及感受体板到基板上的相关联的辐射功率高。

[0016] 在本发明的上下文中,红外辐射被理解为在 $0.5\mu\text{m}$ 与 $10.0\mu\text{m}$ 之间的波长范围。因此,对于在 $0.5\mu\text{m}$ 与 $10.0\mu\text{m}$ 之间的整个波长范围内的电磁辐射,感受体板优选地具有小于10%、更优选地小于5%、甚至更优选地小于3%并且特别优选地小于1%的透射率。如果这些透射值是作为在 $0.5\mu\text{m}$ 与 $10.0\mu\text{m}$ 之间的整个波长范围内的平均值实现的,则这可能就足够了,因为最终只有累积加热功率是相关的。然而,优选的是,对于每个单独波长,这些透射值实际上是在 $0.5\mu\text{m}$ 与 $10.0\mu\text{m}$ 之间的整个波长范围内实现的。如果红外辐射源仅发射特定波段(或多个波段)的红外辐射,则感受体板针对此波段(或这些波段)内的红外辐射具有所述透射值就足够了,因为对未发射的辐射的增加透射是无害的。

[0017] 感受体板的高吸收率最初仅导致感受体板的加热,然后由于感受体板的温度急剧升高而导致基板的加热。感受体板的高吸收率和基板的间接加热通过测量感受体板和基板的加热温度来定义。在这一点上,还有利的是,感受体板具有低的厚度和热容量,以便实现快速加热过程。

[0018] 进一步优选的是,对于在 $0.5\mu\text{m}$ 与 $10.0\mu\text{m}$ 之间的整个波长范围内的电磁辐射,感受体板具有至少45%、更优选地至少50%并且特别优选地至少55%的吸收率。这里,对应的平均吸收也可能足够了。然而,优选的是,对于所有波长都实现这些吸收率。可通过适当的措施进一步增加感受体板的吸收,诸如例如使表面结构化、或更高的表面粗糙度、或例如用石墨涂覆。在这种情况下,甚至至少65%、更优选地至少75%并且特别优选地至少85%的吸收率是可能的。

[0019] 进一步优选的是,对于在 $0.5\mu\text{m}$ 与 $10.0\mu\text{m}$ 之间的整个波长范围内的电磁辐射,感受体板具有至少45%、更优选地至少50%并且特别优选地至少55%的发射率。这里,对应的平均发射也可能足够了。然而,优选的是,对于所有波长都实现这些发射率。可通过适当的措施进一步增加感受体板的发射,诸如例如使表面结构化、或更高的表面粗糙度、或例如用石墨涂覆。在这种情况下,甚至至少65%、更优选地至少75%并且特别优选地至少85%的发射率是可能的。

[0020] 前述透射值、吸收值和发射值通常可适用于感受体板。然而,关于感受体板的功能,特别期望为感受体板的下侧实现吸收率并且为上侧实现发射率。上述透射值应当特别适用于从底部引导到顶部的透射。(类似地,当然,这反过来相对于基板上方的任选感受体板也适用,参见下文)。

[0021] 根据第三方面,本发明涉及一种用于加热大面积基板的加热系统,所述加热系统包括:感受体板,所述感受体板具有上侧和下侧;多个间隔件,所述多个间隔件位于感受体板上方;以及加热源,所述加热源直接布置在感受体板处或感受体板中并且被配置来直接加热感受体板。多个间隔件优选地由具有低热导率的材料组成,其中间隔件从感受体板的上侧突出至少1mm,优选地至少2mm并且特别优选地至少3mm。

[0022] 因为在本发明的这方面的情况下,感受体板的加热不是通过红外辐射执行的,所以对于这方面,不需要感受体板对红外辐射不透明。优选地,然而,在基板的温度分布中不

应生成热源几何形状的图像。热源可以是例如集成到感受体板中的电阻加热器。电阻加热器优选地被配置成使得感受体板的表面包括均匀温度分布,其中感受体板内的热传导也改进均匀温度分布。

[0023] 本发明的第三方面的感受体板还优选地由对应于以上针对本发明的其他方面定义的加热测试的材料组成。

[0024] 下述优选特征与上述本发明的所有三个方面相关。

[0025] 在20°C与1,000°C之间的整个温度范围内,间隔件的热导率优选地小于15W/m/K,更优选地小于12W/m/K,更优选地小于6.0W/m/K,甚至更优选地小于4.5W/m/K并且特别优选地小于3.0W/m/K。因为用于间隔件的材料也可以是各向异性的,因此特别优选的是,在20°C与1,000°C之间的整个温度范围内,间隔件在垂直于基板平面的方向上的热导率优选地小于15W/m/K,更优选地小于12W/m/K,更优选地小于6.0W/m/K,甚至更优选地小于4.5W/m/K并且特别优选地小于3.0W/m/K。间隔件的热导率可通过常规方法诸如激光闪光法、瞬态热桥法或通过热流计(例如使用来自Lambda-Meßtechnik GmbH Dresden的 λ -meter EP500e)来确定。在本发明的上下文中,根据ASTM D5334-08的针形探针法是特别优选的测量方法。

[0026] 因此,优选的是,间隔件由例如石英、玻璃或玻璃陶瓷组成。CFC或其他含碳材料也适合作为用于间隔件的材料。

[0027] 这些间隔件可以是管、杆、锥形结构等。如下文将详细解释的,管或杆可沿基板的横向和/或纵向方向延伸并且形成支撑格子或格栅。替代地,可提供隔离的局部间隔件以进一步最小化支撑面积,所述间隔件例如在网格中支撑基板的球形、锥形或圆锥形结构。

[0028] 优选地,间隔件应当被设定形状成使得基板与间隔件之间的支撑面积或接触面积最小化。优选地,基板与所有间隔件之间的总(总计)接触面积为基板表面的至多5%、更优选地至多1%、特别优选地至多0.1%。基板越厚,基板内的温度不均匀性可越好地通过基板中的横向热传导得到补偿。因此,在特别薄的基板的情况下,特别小的支撑面积是有利的。因此,优选的是,沿基板的横向和/或纵向方向连续延伸的间隔件的接触线的宽度小于基板厚度的50%,优选地小于20%并且特别优选地小于10%。在隔离的间隔件的情况下,优选的是,间隔件的直径或支撑面积的最大尺寸小于基板厚度的50%,优选地小于20%并且特别优选地小于10%。

[0029] 接触面积的最小化例如通过接触主体的高弹性模量,即低弹性变形和/或低表面粗糙度,也得以实现。因此,间隔件材料的弹性模量为优选地至少50GPa,更优选地至少60GPa,甚至更优选地至少70GPa。间隔件的表面粗糙度为优选地至多0.05 μ m,更优选地至多0.03 μ m,并且甚至更优选地至多0.02 μ m。这进一步最小化由于热传导和由此引起的温度梯度导致的输入。

[0030] 为了最小化通过热辐射从感受体板到基板的能量传递的干扰,有利的是,使间隔件遮挡基板的面积尽可能小。因此,优选的是,所有间隔件的总投影面积(垂直于基板表面投影)为基板表面的至多10%,优选地至多6%,特别优选地至多3%。

[0031] 进一步优选的是,提供多个间隔件以尽可能均匀地支撑基板。这在玻璃基板和加热超过软化点的情况下尤其相关。为了尽可能大程度地防止由此引起的所加热基板的挠曲,优选的是,两个间隔件之间的最大无支撑距离小于10cm,更优选地小于5cm,并且特别优选地小于3cm。在对彼此平行延伸的间隔件的对应模拟中,已发现,当厚度为2mm的玻璃板在

5cm的距离处支撑在间隔件上达5分钟时,产生0.2mm的最大挠曲,这被认为是可容忍的。对呈规则正方形图案的离散支撑点进行类似计算。这里,至多5cm的正方形图案的对角线(即同样是无支撑距离)提供良好结果。

[0032] 感受体板的厚度优选地小于5mm,更优选地小于3mm,并且特别优选地小于2mm。例如,可使用由纤维增强碳(所谓的CFC材料)制成的板。

[0033] 感受体板的上侧优选地包括至少0.7m²、优选地至少1m²、更优选地至少2m²并且特别优选地至少3m²的面积。

[0034] 除红外辐射源或加热源之外,可提供(另外的)红外辐射源,所述(另外的)红外辐射源被布置和配置来通过红外辐射加热感受体板的上侧和/或基板。特别优选地,也从这一侧通过感受体板间接地进行加热。因此,进一步优选的是,提供具有上侧和下侧的另外的感受体板,其中所述感受体板对红外辐射不透明。此外,优选地提供(另外的)红外辐射源,所述(另外的)红外辐射源被布置和配置来通过红外辐射加热另外的感受体板的上侧。上述关于下感受体板的特性也优选地适用于上感受体板,特别是还关于光学参数和加热行为。

[0035] 为了确保基板尽可能均匀地被加热,优选的是,在20°C与1,000°C之间的整个温度范围内,(上和/或下)感受体板在感受体板平面内具有至少10W/m/K、更优选地至少30W/m/K并且特别优选地至少50W/m/K的横向热导率。

[0036] 本发明进一步涉及一种使用上述(所有三个方面)的加热系统加热大面积基板的方法。所述方法包括将大面积基板放置到加热系统中,使得基板支撑在间隔件上。此外,所述方法包括将感受体板加热,由此然后主要通过热辐射加热支撑在间隔件上的基板。

[0037] 此外,本发明涉及一种加热大面积基板的方法,其包括以下步骤:

[0038] -提供加热系统,所述加热系统包括:感受体板,所述感受体板具有上侧和下侧;多个间隔件,所述多个间隔件位于所述感受体板上方,所述多个间隔件由具有低热导率的材料组成;以及红外辐射源,所述红外辐射源被布置和配置来通过红外辐射加热所述感受体板的所述下侧;

[0039] -将大面积基板放置到所述加热系统中,使得所述基板支撑在所述间隔件上;以及

[0040] -优选地在所述基板固定地支撑在所述间隔件上的同时加热所述感受体板。

[0041] 使用红外辐射源加热感受体板,优选地使得感受体板在前20s加热期间的最大加热速率比基板在前20s加热期间的最大加热速率大至少4倍,优选地至少6倍,更优选至少10倍。优选地,在前90s加热期间,感受体板与基板之间的最大温差为至少100K,优选地至少200K,更优选地至少300K,甚至更优选地至少400K并且特别优选地至少500K。

[0042] 基板优选地具有至少0.7m²、更优选地至少1m²、甚至更优选地至少2m²并且特别优选地至少3m²的面积。

[0043] 感受体板优选地被加热到至少600°C、更优选地至少800°C并且特别优选地至少1,000°C的温度。

[0044] 基板主要通过热辐射由所加热的感受体板在其整个表面上加热,其中所述基板的加热以至少2K/s、更优选地至少3K/s并且特别优选地至少4K/s的速率进行。此外,加热速率优选地小于18K/s,更优选地小于15K/s,并且特别优选地小于10K/s。特别地,根据本发明,感受体板的高初始加热速率有利于快速确保从感受体板到基板的高能量传递。因此,优选的是,在前20s加热期间,感受体板被加热到至少300°C、优选地至少400°C并且特别优选地

至少500°C的温度。

[0045] 优选地,基板被加热到至多700°C、更优选地至多650°C并且特别优选地至多600°C的温度。优选地,所述基板被加热到至少300°C、更优选地至少400°C并且特别优选地至少500°C的温度。

[0046] 加热过程优选地在存在工艺气体的情况下进行。所述气体可以是惰性气体(例如氮气或氩气)、活性气体、或惰性气体和活性气体的混合物。在加热过程期间,在感受体板与基板之间存在至少20mbar、更优选地至少100mbar、甚至更优选地至少200mbar并且特别优选地大气压的气体压力。

[0047] 感受体板的上侧与基板的下侧之间的距离为优选地至少1mm,更优选地至少2mm并且特别优选地至少3mm。此外,感受体板的上侧与基板的下侧之间的距离为优选地至多10mm,更优选地至多8mm并且特别优选地至多5mm。

[0048] 如已经解释,2mm的最小距离导致基板内的特别均匀的加热。就此而言,优选的是,基板在整个加热过程期间被均匀加热,使得在整个加热过程期间在间隔件的面积中的基板表面中发生的温差为至多75K,优选地至多50K并且特别优选地至多25K。这可例如用红外相机来测量。例如,可借助于红外相机评估尽可能对称地在至少一个间隔件上包括至少一个支撑面积的50mm×50mm的面积。在此面积内确定的所有有温度中,在每个测量时间处确定最大差值。优选地,所有测量时间的最大差值应当为至多75K,更优选地至多50K并且特别优选地至多25K。在对应模拟中,已发现,具有尽可能点状的支撑面积的离散间隔件在这方面具有明显优势。除其他事项之外,这是由于以下事实:遮挡仅是点状的,并且由离散间隔件引起的温度分布的局部不均匀性可通过基板内的热传导从所有侧面得到补偿,而线性干扰仅可通过横向于线的热传导得到补偿。

[0049] 优选地,基板与所有间隔件之间的总接触面积为基板表面的至多5%,优选地至多1%,特别优选地至多0.1%。如上已经陈述,优选的是,沿基板的横向和/或纵向方向连续延伸的间隔件的接触线的宽度小于基板厚度的50%,优选地小于20%并且特别优选地小于10%。在隔离的间隔件的情况下,优选的是,间隔件的直径或支撑面积的最大尺寸小于基板厚度的50%,优选地小于20%并且特别优选地小于10%。

[0050] 优选地,所有间隔件的总投影面积为基板表面的至多10%,优选地至多6%,特别优选地至多3%。

[0051] 优选地,两个间隔件的支撑面积之间的最大无支撑距离为至多10cm,优选地至多5cm,特别优选地至多3cm。

[0052] 同样在根据本发明的方法的范围内,所述加热系统还可包括:另外的感受体板,所述另外的感受体板具有上侧和下侧;以及另外的红外辐射源,所述另外的红外辐射源被布置和配置来通过红外辐射加热另外的感受体板的上侧。在这种情况下,大面积基板被放置到加热系统中,使得两个感受体板之间的基板支撑在间隔件上。另外的感受体板的下侧与基板的上侧之间的距离也为优选地至少1mm,更优选地至少2mm。

[0053] 本发明描述对于大面积基板(例如,大面积玻璃板)搁置在感受体板上的情况有利的加热系统以及有利的加热方法,所述感受体板被例如IR辐射器快速加热,其中在大面积基板内实现了均匀的温度分布。在此加热系统和加热方法中,根据本发明的各种特征一起协同工作。例如,间隔件,特别是在至少2mm的距离的情况下,能够实现均匀的能量供应,因

为从这个最小距离起,间隙的变化对通过工艺气体进行的热传导没有显著影响。为了在这些距离的情况下实现基板的高加热速率,提供了感受体板的非常快速的加热,这在感受体板与基板之间相应地大的初始温差和加热速率比中得到反映。反过来,当基板在玻璃化转变温度的范围内被加热并且所加热的基板在延长时间段内被支撑时,在间隔件上支撑基板可能意味着基板(例如,玻璃板)会在间隔件之间挠曲。因为间隔件之间的对应最大距离是根据温度(以及由此产生的粘度)和支撑时间定义的,所以可有效避免所述挠曲。

附图说明

- [0054] 下面参考附图更详细地描述本发明的优选实施方案,在附图中:
- [0055] 图1示出穿过根据本发明的优选实施方案的加热系统的示意性剖视图;
- [0056] 图2示出穿过根据本发明的另外的优选实施方案的加热系统示意性剖视图;
- [0057] 图3示出穿过根据本发明的另外的优选实施方案的加热系统示意性剖视图;
- [0058] 图4A示意性地示出根据第一优选实施方案的间隔件的布置;
- [0059] 图4B示意性地示出根据第二优选实施方案的间隔件的布置;
- [0060] 图4C示意性地示出根据第三优选实施方案的间隔件的布置;
- [0061] 图5A示意性地示出根据第一优选实施方案的根据图4A至图4C的间隔件的布置;
- [0062] 图5B示意性地示出根据第二优选实施方案的根据图4A至图4C的间隔件的布置;
- [0063] 图5C示意性地示出根据第三优选实施方案的根据图4A至图4C的间隔件的布置;
- [0064] 图6A示出根据本发明的优选实施方案的加热系统的示意性立体图;
- [0065] 图6B示出根据本发明的另外的优选实施方案的加热系统的示意性立体图;
- [0066] 图6C示出根据本发明的另外的优选实施方案的加热系统的示意性立体图;
- [0067] 图6D示出根据本发明的另外的优选实施方案的加热系统的示意性立体图;
- [0068] 图6E示出根据本发明的另外的优选实施方案的加热系统的示意性立体图;
- [0069] 图6F示出根据本发明的另外的优选实施方案的加热系统的示意性立体图;
- [0070] 图7示意性地示出用于加热测试的测量布置;
- [0071] 图8示意性地示出用于加热测试的热电偶TC1的放置;
- [0072] 图9示意性地示出用于加热测试的热电偶TC2的放置;
- [0073] 图10示出根据本发明的方法中的感受体板和基板随时间变化的温度曲线;并且
- [0074] 图11示出从图10的温度曲线确定的加热速率。

具体实施方式

[0075] 图1示出穿过根据本发明的优选实施方案的用于加热大面积基板的加热系统的示意性剖视图。加热系统包括具有上侧1a和下侧1b的感受体板1,其中感受体板1优选地对红外辐射不透明。多个间隔件2布置在感受体板1的上侧1a上。大面积基板4支撑在间隔件2上。间隔件2优选地由具有低热导率的材料组成,以便在尽可能大的程度上防止从感受体板1到基板4的直接热传导。

[0076] 在感受体板1下方示意性地显示红外辐射源3,所述红外辐射源被配置来通过红外辐射加热感受体板1的下侧1b。红外辐射源3可以是单个广泛辐射源、或若干个辐射加热器(例如若干个管状IR辐射器)的布置。

[0077] 就此而言,需要强调的是,根据图1的示意性图解不是按比例绘制的。事实上,基板4可具有若干平方米的面积,而各个间隔件2的横截面积通常只有几平方毫米。

[0078] 在图1中,间隔件2是具有圆形横截面的实心杆。替代地,间隔件2可呈具有内部腔体的管的形式,如图2所示。图4A至图4C示出根据本发明的间隔件2a、2b和2c的横截面的不同变体。例如,也可使用具有矩形或三角形横截面轮廓的杆(参见图4B和图4C)来代替具有内部空腔的管2a(参见图4A)。这些杆2b、2c也可以是中空的(参见图4B)或实心的(参见图4C)。替代地,间隔件2c(参见图4C)也可以是具有点状支撑面积的锥体,并且间隔件2b(参见图4B)可以是具有例如圆形支撑面积的圆柱体。

[0079] 实际上,通常将决定一种类型的间隔件,并且将以具有基本上恒定距离的规则图案布置多个此类间隔件。图6A至图6C中示出示例性布置。例如,杆状间隔件2可彼此平行(参见图6A和图6B)或以交叉图案(参见图6C)布置,使得基板4的矩形或正方形部分各自在所有四个侧上得到支撑。相邻间隔件2之间的距离可以是可变的(参见图6A和图6B),并且应当适应基板的可变形性(例如,挠曲)。

[0080] 申请人已对各种间隔件进行了综合实验,实验表明,许多参数都与间隔件的几何形状和布置有关。如上面已经解释,间隔件应当优选地被设定尺寸成使得基板离感受体板至少1mm、更优选地至少2mm的距离,以便最小化间隙对能量传递的影响。以此方式,可实现均匀加热。

[0081] 此外,相邻间隔件之间的距离也起着作用,如上面也已经解释。玻璃基板的温度加热得越高,玻璃基板的粘度就越低。在玻璃化转变温度范围内,基板材料开始缓慢流动。根据所达到的最高温度并且根据基板在此温度下支撑在间隔件上的时长,可确定相邻间隔件之间的哪个最大距离仍然导致基板的可容忍变形。针对根据图6A和图6B的布置,申请人的分析在这方面已表明,对于实践中常见的基板材料、温度和支撑时间,至多10cm、优选地至多5cm并且特别优选地至多3cm的距离就会产生良好结果。在如图6C所显示的间隔件的格栅状布置的情况下,如果必要的话,更大的距离也可以是可容忍的。

[0082] 鉴于尽可能低的通过间隔件的直接热传导,间隔件与基板之间尽可能小的接触面积是进一步有利的。因此,例如,如图4A和图4C中所示的几何形状是特别有利的,因为在具有三角形横截面的圆柱体、管或间隔件的情况下,支撑面积或多或少减小到支撑线。在对应的实验中,已证明,图4A中所示的管状间隔件在这方面特别有利。

[0083] 间隔件的几何形状进一步影响热辐射对基板的加热,因为在这方面,间隔件遮挡基板。因此,还期望间隔件的最大横截面积或间隔件到基板表面上的投影尽可能地小。事实上,如上面已经提及,在申请人进行的实验中,在间隔件的面积中确定了加热期间的最大温度不均匀性。

[0084] 此外,代替图6A至图6C中所示的管或杆,所述管或杆沿基板的横向和/或纵向方向连续延伸并且形成支撑格子或格栅,特别优选的是,提供隔离间隔件或离散间隔件,如图6D至图6F中示例性地所示,其中圆锥形或球形间隔件2被布置成规则正方形网格并且仅形成点状支撑面积。关于基板的前述遮挡以及关于通过间隔件的热传导两种情况,此类离散布置的间隔件都产生最小的干扰,这些干扰如已经解释也通过基板内的热传导特别好地得到补偿。当然,这些离散间隔件不一定是如示例性所示的圆锥形或球形,而是也可以是例如锥形或圆柱形。呈正方形网格的布置也不是强制性的,但相对于尽可能小的干扰和尽可能小

的无支撑距离,间隔件的尽可能规则的分布是优选的。当使用球形间隔件时,建议将球体放置在对应的孔或凹槽8中,使得它们保持在它们的网格位置中(参见图6F)。

[0085] 通过间隔件2,优选地确保了感受体板1的上侧1a与基板4的下侧之间的距离为至少2mm。这可例如通过如图5A中所示将间隔件2a、2b、2c直接布置在感受体板1的上侧1a上并且从感受体板1的上侧1a突出至少2mm来实现。在这种情况下,感受体板1的上侧1a与基板4的下侧之间的距离h由间隔件2a、2b、2c的厚度或高度限定。

[0086] 然而,间隔件2a、2b、2c不一定搁置在感受体板1的上侧1a上,而是也可例如通过其他支撑机构布置在感受体板1上方的一定距离处,如图5B中示意性地所示。这里,间隔件2a、2b、2c也优选地从感受体板1的上侧1a突出至少2mm。然而,这里,感受体板与基板之间的距离h大于间隔件2a、2b、2c的厚度或高度。

[0087] 在另外的替代方案中,如图5C中示意性地所示,间隔件2a、2b、2c也可支撑在感受体板1的上侧1a中的对应凹槽5a、5b、5c中,从而导致感受体板与基板之间的距离h小于间隔件2a、2b、2c的厚度或高度。

[0088] 如从这些变体中明显看出,感受体板与基板之间的限定距离h将由从感受体板的上侧突出的间隔件来确保。如果如图5B中所示间隔件不搁置在感受体板1的上侧1a上,则间隔件优选地为杆状并且在它们的端部处搁置在对应载体框架6上。这在图6A至图6C中示意性地示出,其中间隔件2从载体框架6的一个边缘跨矩形切口延伸到载体框架6的相反边缘。在矩形切口中,间隔件2以自由浮动方式在距感受体板1的上侧1a的一定距离处延伸(参见图5B)。

[0089] 如开头所解释,根据第三方面,本发明涉及一种用于加热大面积基板的加热系统,所述加热系统包括:感受体板,所述感受体板具有上侧和下侧;多个间隔件,所述多个间隔件位于感受体板上方;以及加热源,所述加热源直接布置在感受体板处或感受体板中并且被配置来直接加热感受体板。图3中示例性地示出本发明的这方面的优选实施方案。在此实施方案中,加热线圈3a在感受体板1内延伸。除此之外,在其他附图的上下文中讨论的优选特征也适用于此实施方案。

[0090] 申请人已利用根据本发明的加热装置(具有与下面在加热测试的上下文中所描述的那些部件相对应的部件,其中尺寸为200mm×200mm×1mm的CFC板用作感受体板)实施了根据本发明的方法,并且确定了加热装置的感受体板以及玻璃基板随时间变化的温度曲线。图10示出对应结果。图11示出从根据图10的温度曲线确定的加热速率。如可清楚地看出,感受体板非常快地被根据本发明的加热装置加热,特别是在前20-30s期间,其中对应加热速率通过大于25K/s的最大值。基板的加热在显著较低的加热速率下以一定时间延迟进行:基板加热速率的最大值——很晚才达到——小于5K/s。因此,在感受体板与基板之间形成了非常大的温度梯度,这最终确保了基板的有效、均匀且快速的加热。

[0091] 加热测试

[0092] 在下文中,描述了加热测试,所述加热测试可用于检查感受体板是否可实现根据本发明的最大加热速率比,以及感受体板是否具有根据本发明的针对电磁波(特别是IR辐射)的特性。为此,使用图7中示意性示出的测试设置。

[0093] 测试设置包含四个规则布置的短波IR辐射器(具有300-460mm的长度),每个短波IR辐射器具有一个或两个灯丝和1.5-3kW的总功率。圆管辐射器涂覆有金、氧化铝的反射涂

层或QRC™(石英反射涂层),其中 $R \geq 50\%$ 。IR辐射器在图7中用附图标记3标记。IR辐射器3之间的距离应当为50-55mm。

[0094] 在四个IR辐射器3上方,要测试的感受体板1支撑在两个对称放置的管7上,使得感受体板1与IR辐射器3之间的距离也为50-55mm。由氧化铝10x1或石英管10x1(具有300-500mm的长度)制成的陶瓷管可用于此目的。管7垂直于IR辐射器3延伸并且彼此相距90-100mm的距离。如果要测试的感受体板大于 $200\text{mm} \times 200\text{mm} (+20/-5)$,则将板切割成这一尺寸,并且测量 $200\text{mm} \times 200\text{mm} (+20/-5)$ 的板截面。

[0095] 热电偶TC1通过高温粘合剂(诸如,例如银漆)尽可能居中地附接到感受体板1的上侧(参见图8)。

[0096] 以下玻璃基板用作加热测试的参考基板,所述玻璃基板由清澈浮法玻璃组成并且具有 $510-600^\circ\text{C}$ 的软化温度和 $100(+10/-5)\text{mm} \times 100(+10/-5)\text{mm}$ 的面积以及 $2(+/-0.2)\text{mm}$ 的厚度。

[0097] 参考基板4相对于感受体板1尽可能居中地放置到四个间隔件2上,所述间隔件定位在参考基板4的四个角部处(参见图7)。间隔件2由具有2-3mm的高度和8-10mm的直径的陶瓷组成。

[0098] 热电偶TC2通过高温粘合剂(诸如,例如银漆)尽可能居中地附接到参考基板的上侧(参见图9)。例如,对于热电偶TC1和TC2,可考虑具有护套材料1.4541或2.4816和 $0.5(+/-0.2)\text{mm}$ 护套直径的K型护套热电偶。

[0099] 加热测试在处于 $1,000(+/-100)\text{hPa}$ 氮气气氛、最大10ppm氧分压和至多 -40°C 水露点的密闭房间内进行。测试在室温,即 $23(+/-3)^\circ\text{C}$ 下开始。

[0100] 在时间 $t=0\text{s}$ 处,同时各自以1.5kW的功率(对应于6kW的总辐射功率)开启四个IR辐射器,并且以恒定辐射功率加热感受体板,直到通过热电偶TC2在参考基板上测得大于或等于 600°C 的温度。然后关闭IR辐射器。

[0101] 在加热过程期间,在每整秒处通过热电偶TC1测量感受体板处的温度并且通过热电偶TC2测量参考基板处的温度,持续总共90s(即, $t=1\text{s}$ 、 $t=2\text{s}$ 、……、 $t=90\text{s}$)。通过计算差商从这些每整秒测量的温度确定感受体板和参考基板的加热速率(例如, $t=1\text{s}$ 的感受体板的加热速率: $(T_{\text{TC1}}(t=1\text{s}) - T_{\text{TC1}}(t=0\text{s}))/1\text{s}$)。

[0102] 根据本发明,在前20s加热期间感受体板的最大加热速率应理解为由此针对感受体板确定的20个值中的最大值。根据本发明,在前20s加热期间参考基板的最大加热速率应理解为由此针对参考基板确定的20个值中的最大值。

[0103] 根据本发明,在前90s加热期间感受体板与参考基板之间的最大温差应理解为针对感受体板和参考基板中的每一者确定的温度之间的90次确定的差值中的最大差值。

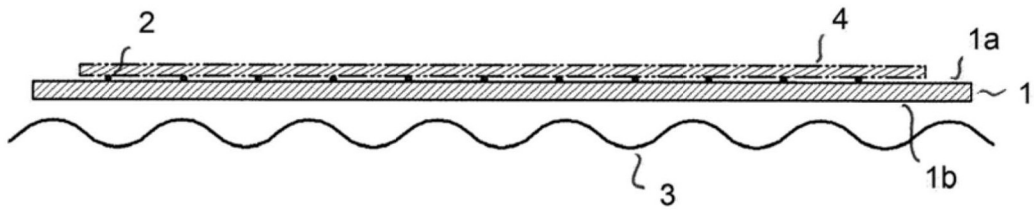


图1

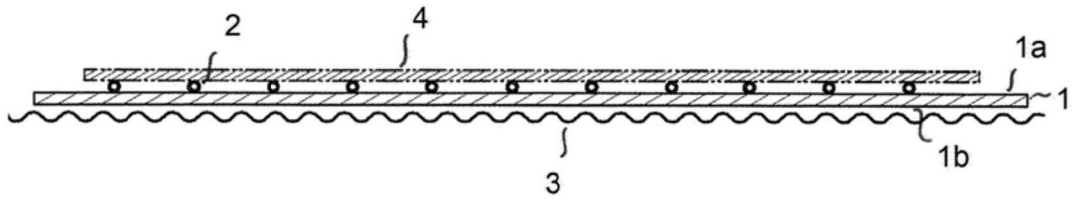


图2

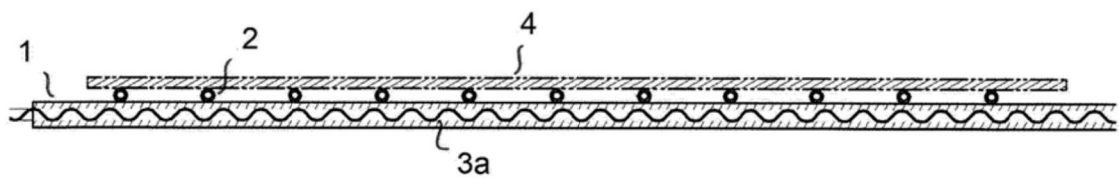


图3

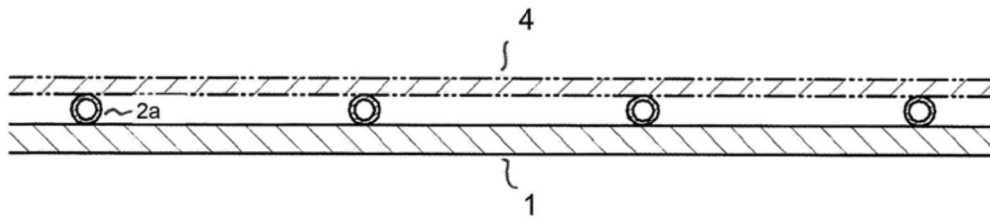


图4A

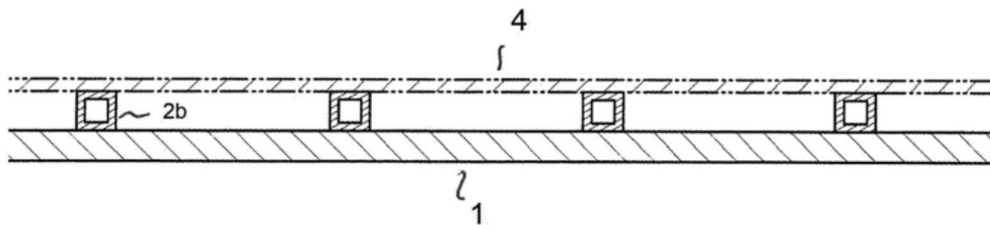


图4B

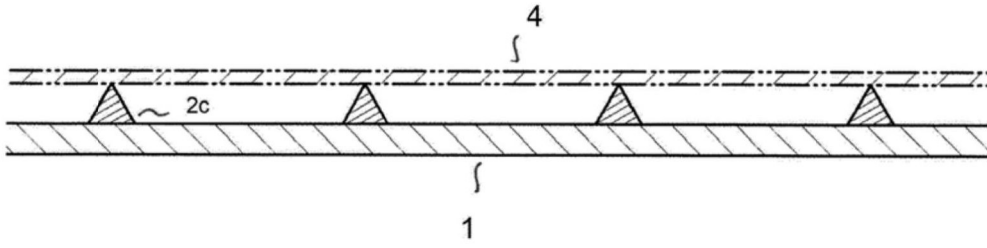


图4C

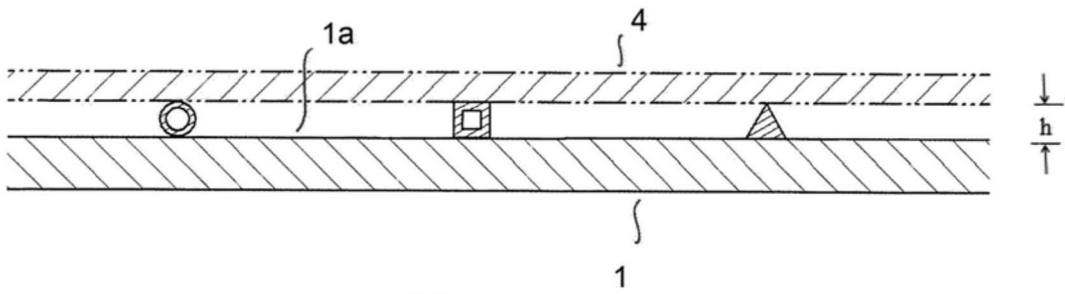


图5A

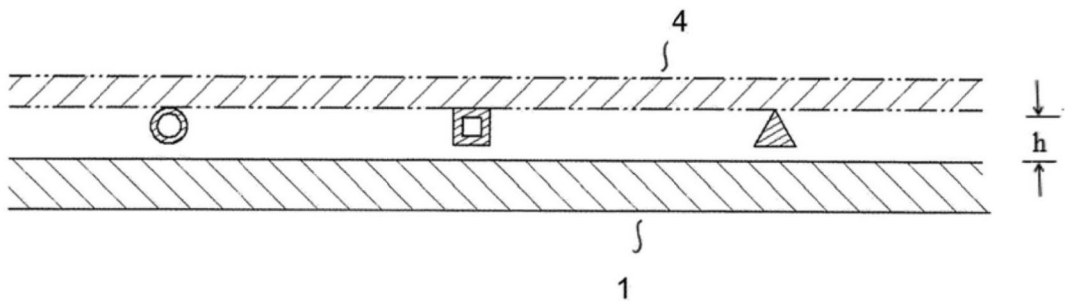


图5B

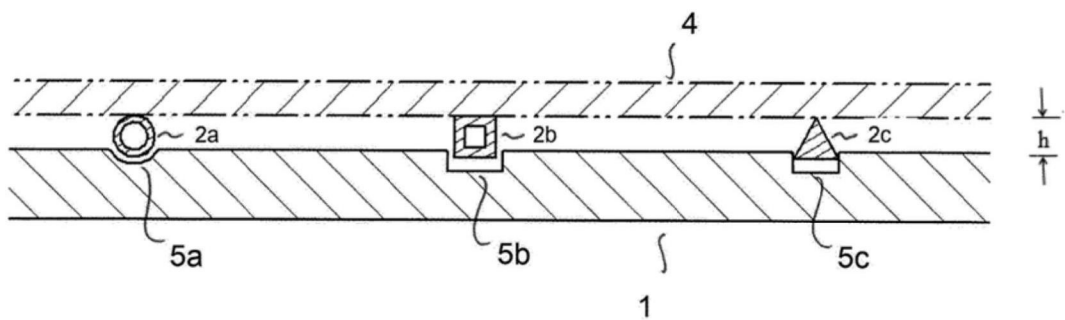


图5C

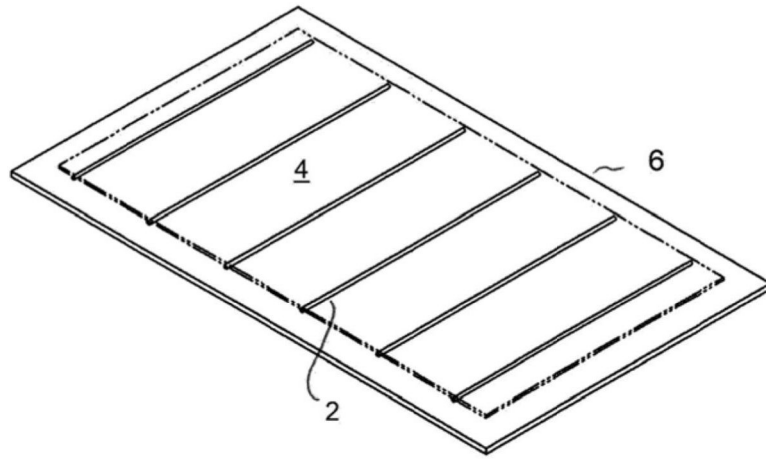


图6A

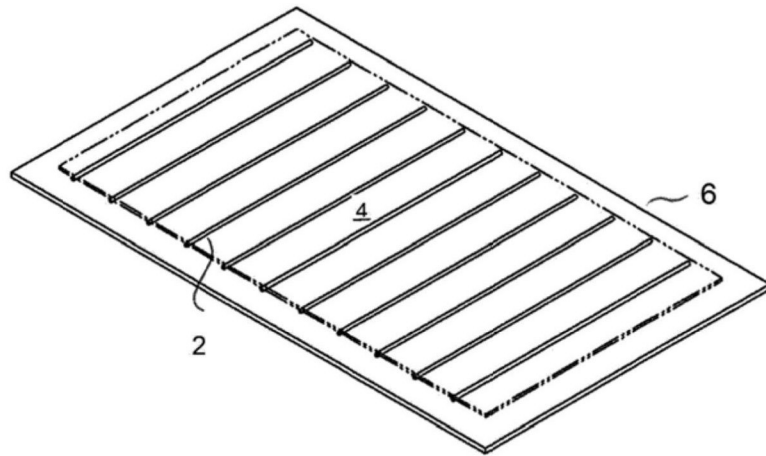


图6B

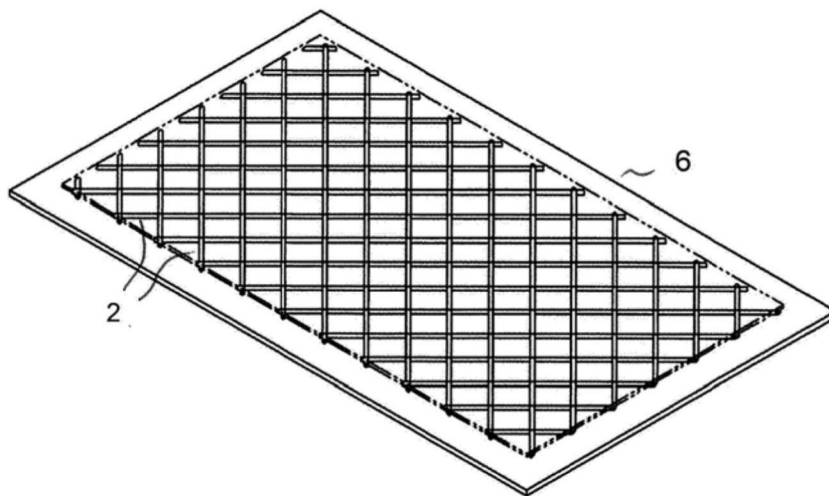


图6C

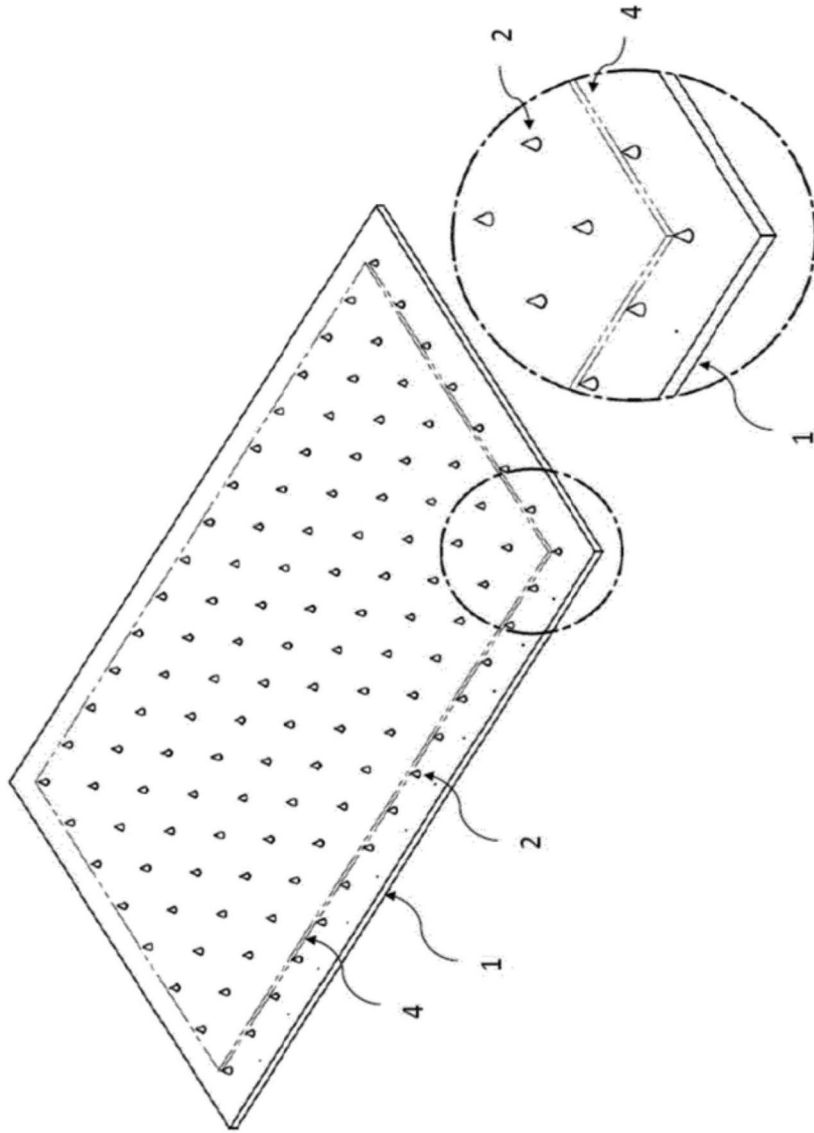


图6D

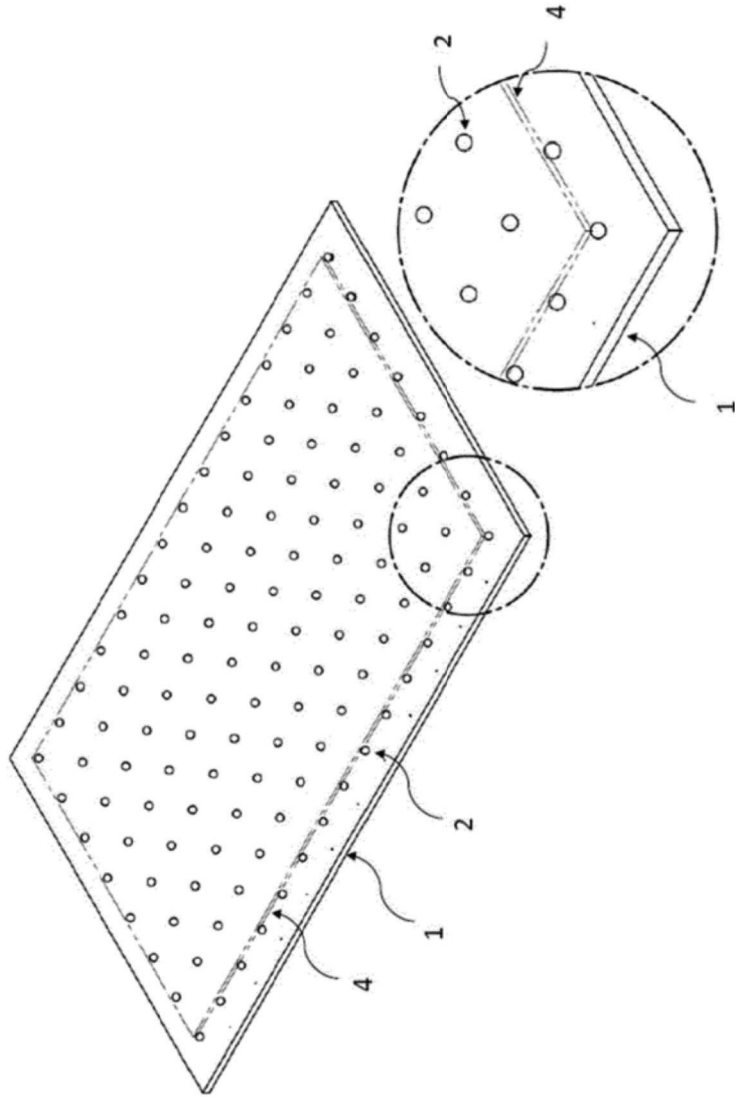


图6E

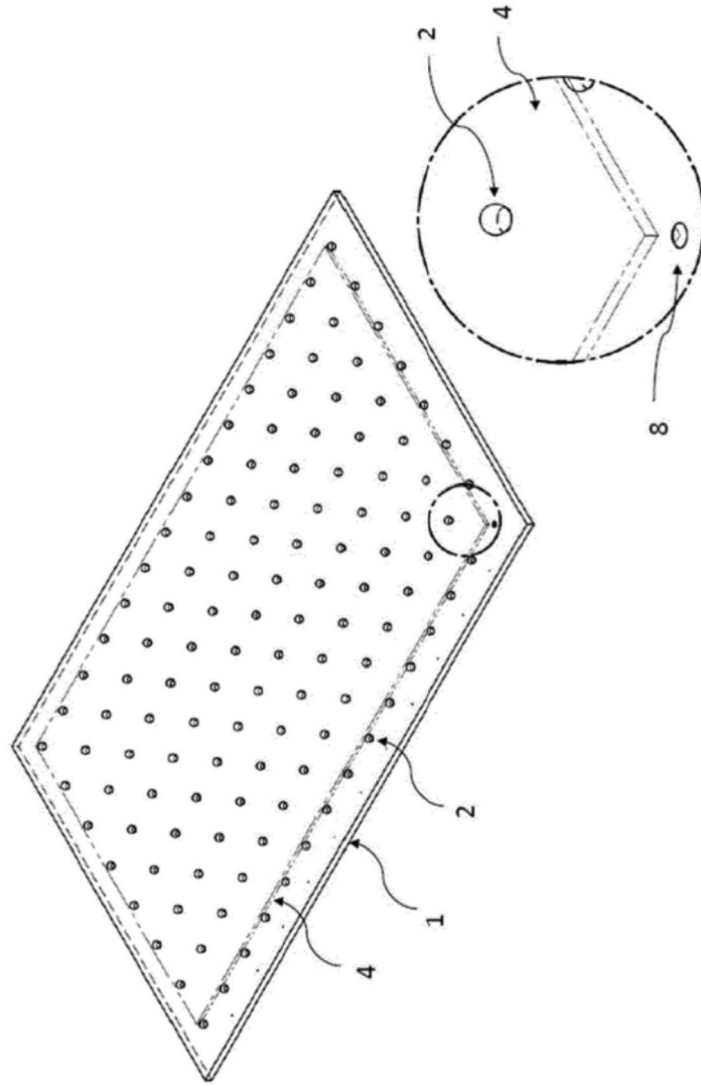


图6F

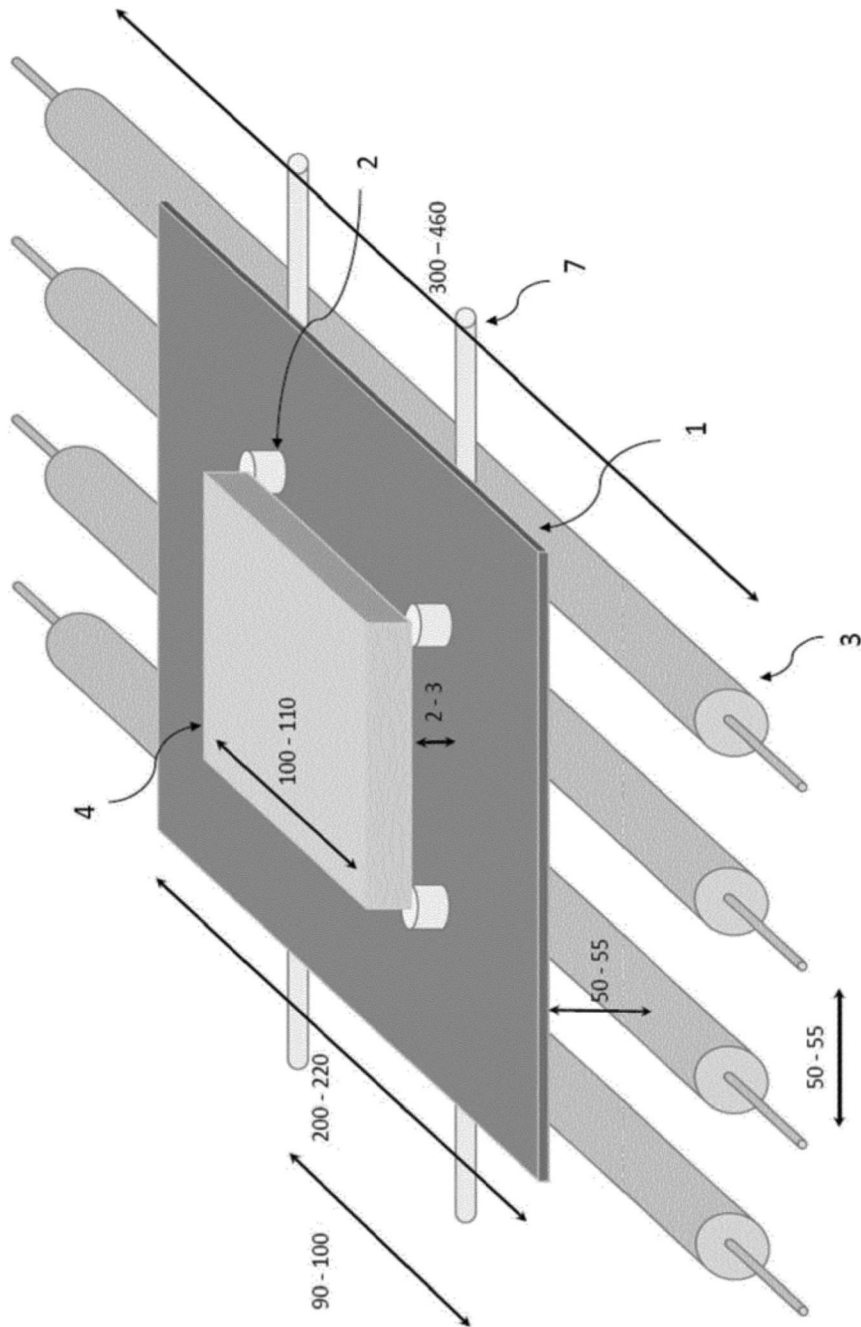


图7

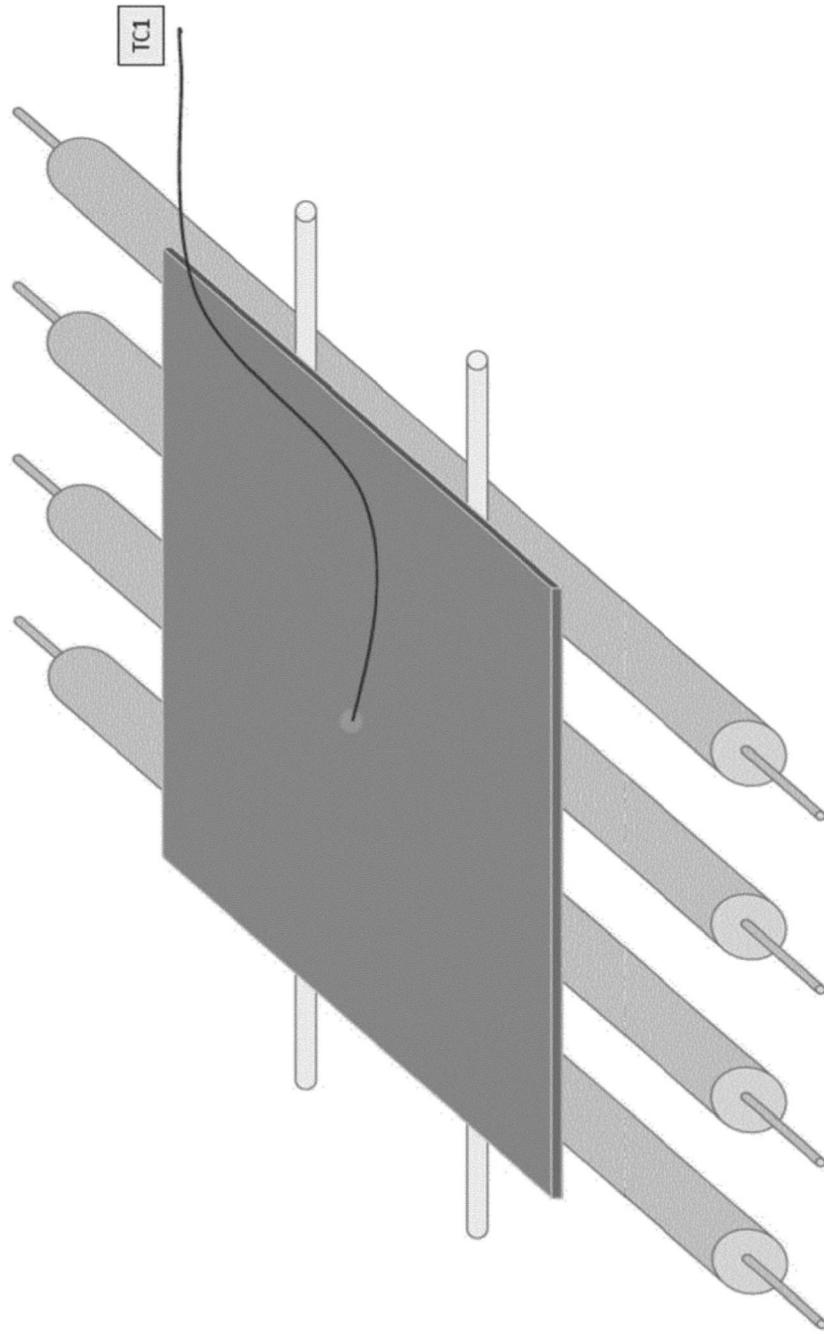


图8

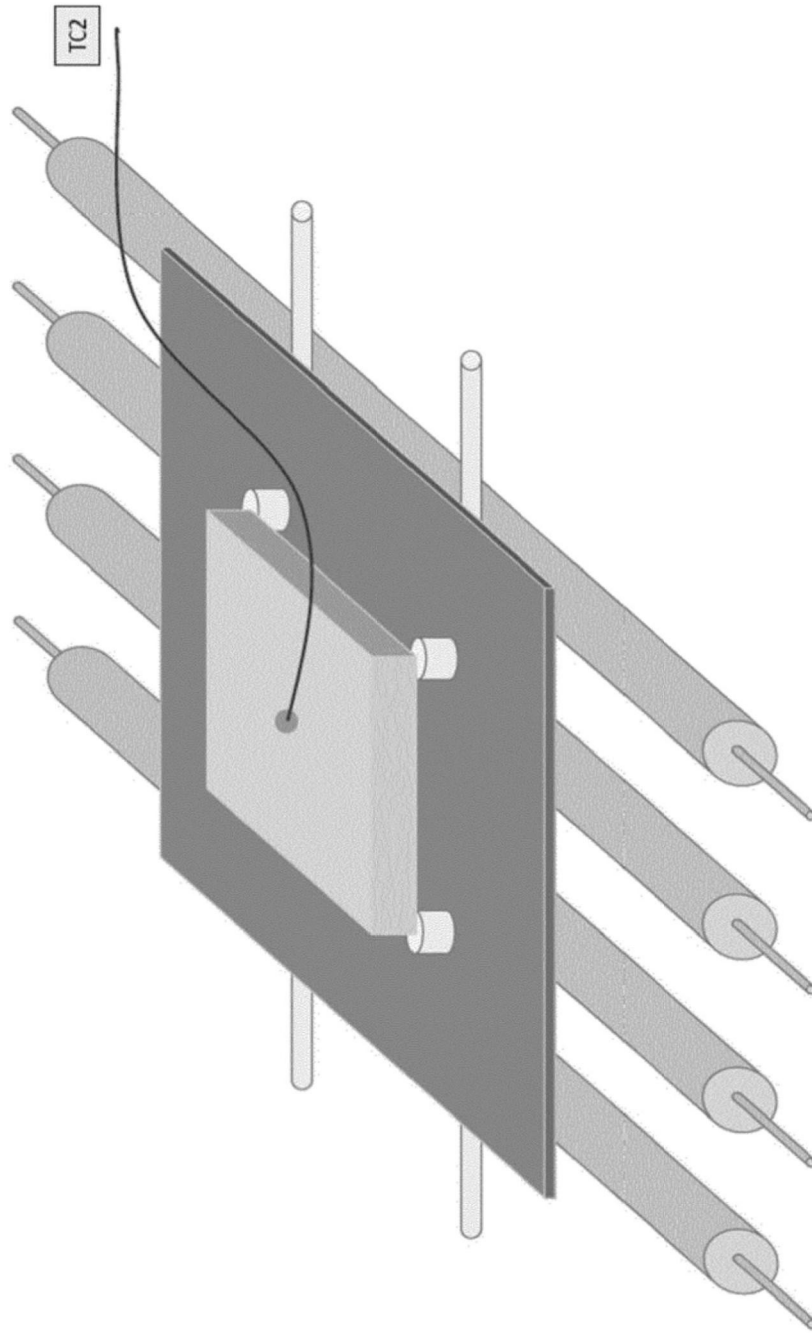


图9

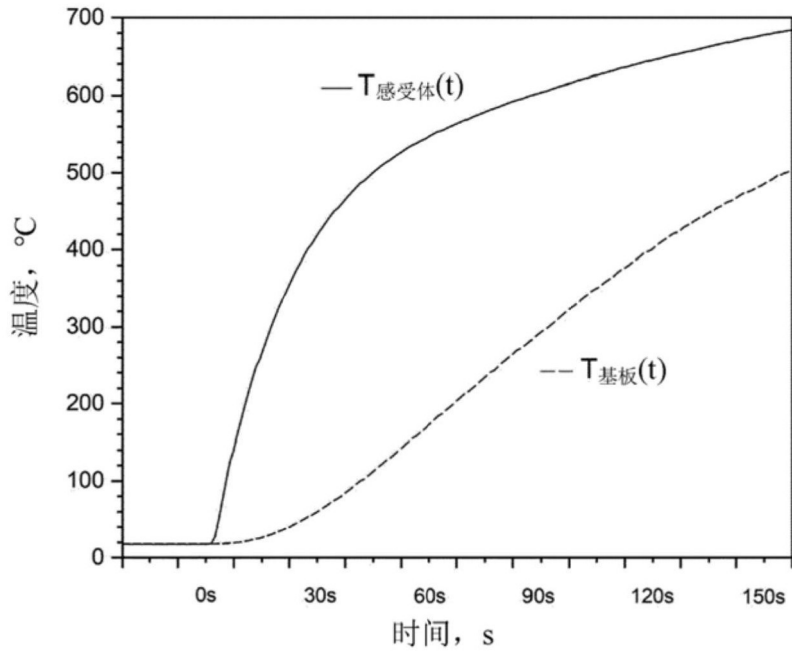


图10

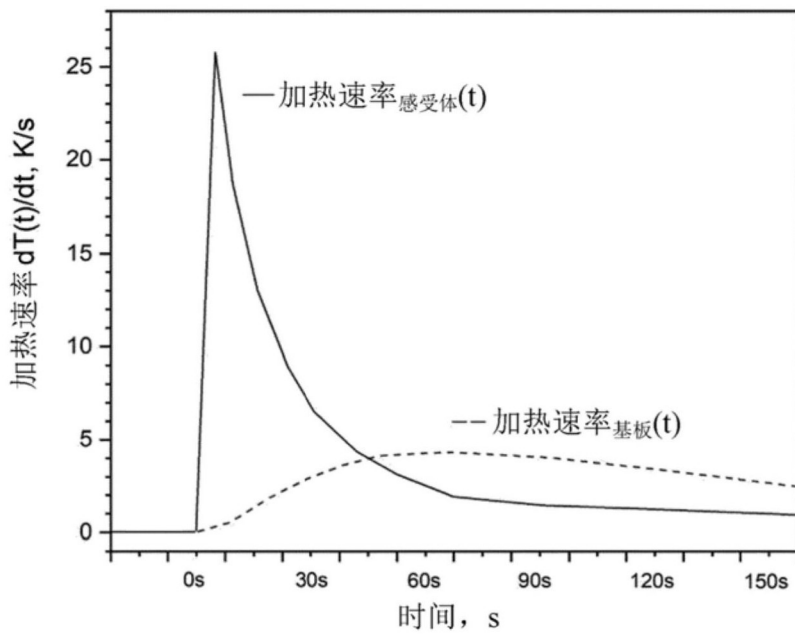


图11