



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114329891 B

(45) 授权公告日 2024.09.24

(21) 申请号 202111409085.5

G06F 119/08 (2020.01)

(22) 申请日 2021.11.24

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 1873395 A, 2006.12.06

申请公布号 CN 114329891 A

CN 203981621 U, 2014.12.03

(43) 申请公布日 2022.04.12

审查员 罗思异

(73) 专利权人 航天科工防御技术研究试验中心

地址 100085 北京市海淀区永定路50号

(72) 发明人 马璐军 高昇 王磊 孙勇 陈耀

杜鑫

(74) 专利代理机构 北京风雅颂专利代理有限公司

11403

专利代理师 安凯

(51) Int. Cl.

G06F 30/20 (2020.01)

G06F 111/10 (2020.01)

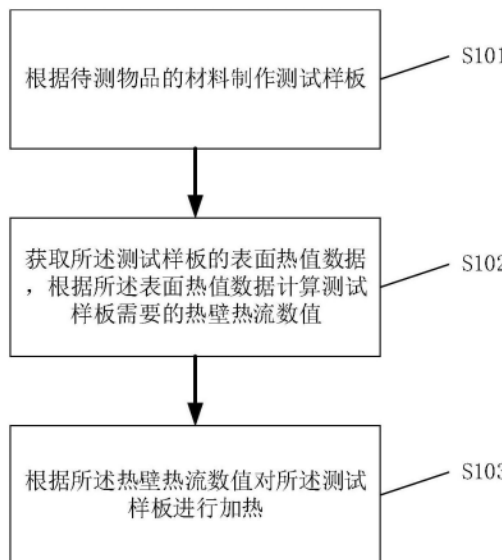
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

烧蚀防热结构测控方法、装置、电子设备和存储介质

(57) 摘要

本申请提供一种烧蚀防热结构测控方法,其特征在于,包括:根据待测物品的材料制作测试样板;获取所述测试样板的表面热值数据,根据所述表面热值数据计算测试样板需要的热壁热流数值;根据所述热壁热流数值对所述测试样板进行加热。本申请中所述的测控方法,不是单一模拟量的闭环控制,而是根据测试样板的表面热值数据,与技术要求中所给出的冷壁热流数值实时计算得到测试样板需要的热壁热流数值的目标值,这样的加热环境更符合受试品的真实工作情景和热特性。



1. 一种烧蚀耐热结构测控方法,其特征在于,包括:
 根据待测物品的材料制作测试样板;
 获取所述测试样板的表面热值数据,根据所述表面热值数据计算测试样板需要的热壁热流数值;
 根据所述热壁热流数值对所述测试样板进行加热;
 所述根据所述表面热值数据计算测试样板需要的热壁热流数值,包括:
 使用第二热流计获取测试温度;
 根据如下公式进行热壁热流数值计算:

$$q_n = q_c \left(1 - \frac{c_p T_w}{h_r} \right) - \sigma \varepsilon T_w^4$$

其中, q_n 表示热壁热流数值, q_c 表示预先设定的表面冷壁热流数值, c_p 表示空气的定压比热容, T_w 表示表面热值数据, h_r 表示气体恢复温度下的恢复焓值, σ 表示玻尔兹曼常数, ε 表示结构表面辐射系数;

其中,根据实测的所述表面热值数据 T_w ,与预先在测控程序中设置好的随加热时间历程变化的所述表面冷壁热流数值 q_c 和所述恢复焓值 h_r ,实时计算出热壁热流数值 q_n ,并作为下一时刻的目标值,以热壁热流数值 q_n 作为反馈信号,进行闭环控制。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据待测物品的材料制作测试样板,包括:

使用待测物品同种加工材料和同种烧蚀耐热层做成测试体;
 根据第一热流计的尺寸,对所述测试体开孔,得到测试样板。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述获取所述测试样板的表面热值数据,包括:

将所述第一热流计安装在所述测试样板上;
 根据所述第一热流计获取所述测试样板的表面热值数据。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据所述热壁热流数值对所述测试样板进行加热,包括:

将所述测试温度和所述热壁热流数据进行对比,进行加热调整。

5. 一种烧蚀耐热结构测控装置,其特征在于,包括:
 样板获取模块,用于根据待测物品的材料制作测试样板;
 热壁热流获取模块,用于获取所述测试样板的表面热值数据,根据所述表面热值数据计算测试样板需要的热壁热流数值;

加热控制模块,用于根据所述热壁热流数值对所述测试样板进行加热;
 所述热壁热流获取模块,还用于根据如下公式进行热壁热流数值计算:

$$q_n = q_c \left(1 - \frac{c_p T_w}{h_r} \right) - \sigma \varepsilon T_w^4$$

其中, q_n 表示热壁热流数值, q_c 表示预先设定的表面冷壁热流数值, c_p 表示空气的定压比热容, T_w 表示表面热值数据, h_r 表示气体恢复温度下的恢复焓值, σ 表示玻尔兹曼常数, ε 表示结构表面辐射系数。

6. 根据权利要求5所述的装置, 其特征在于, 所述热壁热流获取模块, 还用于将第一热流计安装在所述测试样板上; 根据所述第一热流计获取所述测试样板的表面热值数据。

7. 一种电子设备, 包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序, 其特征在于, 所述处理器执行所述程序时实现如权利要求1至4任意一项所述的方法。

8. 一种非暂态计算机可读存储介质, 其特征在于, 所述非暂态计算机可读存储介质存储计算机指令, 所述计算机指令用于使计算机执行权利要求1至4任一所述方法。

烧蚀耐热结构测控方法、装置、电子设备和存储介质

技术领域

[0001] 本申请涉及热试验技术领域,尤其涉及一种烧蚀耐热结构测控方法、装置、电子设备和存储介质。

背景技术

[0002] 烧蚀耐热结构靠烧蚀材料受热分解和氧化燃烧带走热量,在航天飞行器中被大量使用,地面热试验是烧蚀耐热结构研制过程中的重要环节,对保障飞行安全有重要意义。烧蚀耐热结构材质疏松,且随着热试验的进程,会逐渐碳化、剥落,因此在受试品表面难以布置测温传感器。由于试验过程中存在测温传感器脱落的风险,且测温传感器一旦脱落,会造成加热失控,而地面热试验一旦开展,会对受试品造成不可逆的损伤,因此温度闭环控制存在的风险是不可接受的。另一种控制方式是控制受试品表面的热流,但热流计体积较大,需要在受试品表面开孔才能安装,因此在正式试验中,热流计无法直接安装于受试品表面。

发明内容

[0003] 有鉴于此,本申请的目的在于提出一种烧蚀耐热结构测控方法、装置、电子设备和存储介质。

[0004] 基于上述目的,本申请提供了一种烧蚀耐热结构测控方法,其特征在于,包括:

[0005] 根据待测物品的材料制作测试样板;

[0006] 获取所述测试样板的表面热值数据,根据所述表面热值数据计算测试样板需要的热壁热流数值;

[0007] 根据所述热壁热流数值对所述测试样板进行加热。

[0008] 基于同一发明构思,本申请还提供了一种烧蚀耐热结构测控装置,,其特征在于,包括:

[0009] 样板获取模块,用于根据待测物品的材料制作测试样板;

[0010] 热壁热流获取模块,用于获取所述测试样板的表面热值数据,根据所述表面热值数据计算测试样板需要的热壁热流数值;

[0011] 加热控制模块,用于根据所述热壁热流数值对所述测试样板进行加热。

[0012] 基于同一发明构思,本申请还提供了一种电子设备,包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序,其特征在于,所述处理器执行所述程序时实现如上任意一项所述的方法。

[0013] 基于同一发明构思,本申请还提供了一种非暂态计算机可读存储介质,其特征在于,所述非暂态计算机可读存储介质存储计算机指令,所述计算机指令用于使计算机执行如上任一所述方法。

[0014] 从上面可以看出,本申请中所述的测控方法,不是单一模拟量的闭环控制,而是根据测试样板的表面热值数据,与技术要求中所给出的冷壁热流数值实时计算得到测试样板需要的热壁热流数值的目标值,这样的加热环境更符合受试品的真实工作情景和热特性。

附图说明

[0015] 为了更清楚地说明本申请或相关技术中的技术方案,下面将对实施例或相关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申请的实施例,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。

[0016] 图1为本申请实施例的烧蚀耐热结构测控方法的流程图;

[0017] 图2为本申请实施例的测试样板、第一热流计和第二热流计的位置结构示意图;

[0018] 图3为本申请实施例的烧蚀耐热结构测控装置结构示意图;

[0019] 图4为本申请实施例的电子设备结构示意图。

具体实施方式

[0020] 为使本申请的目的、技术方案和优点更加清楚明白,以下结合具体实施例,并参照附图,对本申请进一步详细说明。

[0021] 需要说明的是,除非另外定义,本说明书一个或多个实施例使用的技术术语或者科学术语应当为本公开所属领域内具有一般技能的人士所理解的通常意义。本说明书一个或多个实施中使用的“第一”、“第二”以及类似的词语并不表示任何顺序、数量或者重要性,而只是用来区分不同的组成部分。“包括”或者“包含”等类似的词语意指出现该词前面的元件或者物件涵盖出现在该词后面列举的元件或者物件及其等同,而不排除其他元件或者物件。“连接”或者“相连”等类似的词语并非限定于物理的或者机械的连接,而是可以包括电性的连接,不管是直接的还是间接的。“上”、“下”、“左”、“右”等仅用于表示相对位置关系,当被描述对象的绝对位置改变后,则该相对位置关系也可能相应地改变。

[0022] 如背景技术部分所述,在相关技术中,烧蚀耐热结构材质疏松,且随着热试验的进程,会逐渐碳化、剥落,因此在受试品表面难以布置测温传感器。由于试验过程中存在测温传感器脱落的风险,且测温传感器一旦脱落,会造成加热失控,而地面热试验一旦开展,会对受试品造成不可逆的损伤,因此温度闭环控制存在的风险是不可接受的。另一种控制方式是控制受试品表面的热流,但热流计体积较大,需要在受试品表面开孔才能安装,因此在正式试验中,热流计无法直接安装于受试品表面。

[0023] 针对上述相关技术存在的问题,本申请实施例提供了一种烧蚀耐热结构测控方法。

[0024] 以下,通过具体的实施例进一步详细说明本申请的技术方案。

[0025] 首先,本说明书一个或多个实施例提供了一种方法。参照图1,所述烧蚀耐热结构测控方法包括以下步骤:

[0026] 步骤S101,根据待测物品的材料制作测试样板。

[0027] 在此步骤中,将待测物品的材料加工成带烧蚀耐热层的正方形小板,然后根据第一热流计的尺寸,在测试体上开孔,得到测试样板。

[0028] 步骤S102,获取所述测试样板的表面热值数据,根据所述表面热值数据计算测试样板需要的热壁热流数值。

[0029] 在本步骤中,将所述第一热流计安装在所述测试样板上;根据所述第一热流计的数值,获取测试样板的表面热值数据;使用第二热流计获取测试温度。

[0030] 具体的,作为一个可选的方式,测试样板、第一热流计和第二热流计的位置结构,如图2所示。

[0031] 在获取了测试样板的表面热值数据之后,可以根据这个表面热值数据,计算测试

样板需要的热壁热流数值,具体的计算过程,可以根据公式 $q_n = q_c \left(1 - \frac{c_p T_w}{h_r}\right) - \sigma \varepsilon T_w^4$

进行热壁热流数值计算。其中, q_n 表示热壁热流数值, q_c 表示预先设定的表面冷壁热流数值, c_p 表示空气的定压比热容, T_w 表示表面热值数据, h_r 表示气体恢复温度下的恢复焓值, σ 表示玻尔兹曼常数, ε 表示结构表面辐射系数。由于技术要求中通常给出的是受试品表面的冷壁热流数值,即受试品表面热力学温度为零时的热流密度。在正式试验中,受试品表面温度不断变化,需要将冷壁热流数值转化为热壁热流数值,方可以热壁热流数值作为目标值进行反馈控制。

[0032] 用平板型加热器对测试样板进行加热,测试样板上布置第一热流计,加热器后方布置第二热流计,第一热流计获取测试样板的表面热值数据,第二热流计获取测试温度。对测试样板加热,按照上述方法将技术要求中的冷壁热流数值转化为热壁热流,并以表面热值数据为输入信号进行计算,记录加热器后方测试温度,以热壁热流数值作为目标值进行加热控制。

[0033] 本申请中烧蚀耐热结构测控方法,将试验控制点从不宜安装传感器的受试品表面转移到热环境相对稳定的加热器后方,可使加热过程更为平稳、可控;不是单一模拟量的闭环控制,而是根据测试样板表面的表面热值数据,与技术要求中所给出的冷壁热流数值实时计算得到下一时刻热壁热流数值的目标值,这样的加热环境更符合测试样板代表的待测物品的真实工作情景和热特性。

[0034] 步骤S103,根据所述热壁热流数值对所述测试样板进行加热。

[0035] 在本步骤中,将测试温度和热壁热流数据进行对比,对加热器进行设置,进行加热调整。

[0036] 从上面可以看出,本申请中所述的测控方法,不是单一模拟量的闭环控制,而是根据测试样板的表面热值数据,与技术要求中所给出的冷壁热流数值实时计算得到测试样板需要的热壁热流数值的目标值,这样的加热环境更符合受试品的真实工作情景和热特性。

[0037] 需要说明的是,本说明书一个或多个实施例的方法可以由单个设备执行,例如一台计算机或服务器等。本实施例的方法也可以应用于分布式场景下,由多台设备相互配合来完成。在这种分布式场景的情况下,这多台设备中的一台设备可以只执行本说明书一个或多个实施例的方法中的某一个或多个步骤,这多台设备相互之间会进行交互以完成所述的方法。

[0038] 需要说明的是,上述对本说明书的一些实施例进行了描述。其它实施例在所附权利要求书的范围内。在一些情况下,在权利要求书中记载的动作或步骤可以按照不同于上述实施例中的顺序来执行并且仍然可以实现期望的结果。另外,在附图中描绘的过程不一定要求示出的特定顺序或者连续顺序才能实现期望的结果。在某些实施方式中,多任务处理和并行处理也是可以的或者可能是有利的。

[0039] 基于同一发明构思,与上述任意实施例方法相对应的,本说明书一个或多个实施例还提供了一种烧蚀耐热结构测控装置。

[0040] 参照图3,所述烧蚀隔热结构测控装置,包括:

[0041] 样板获取模块301,用于根据待测物品的材料制作测试样板;

[0042] 热壁热流获取模块302,用于获取所述测试样板的表面热值数据,根据所述表面热值数据计算测试样板需要的热壁热流数值;

[0043] 加热控制模块303,用于根据所述热壁热流数值对所述测试样板进行加热。

[0044] 样板获取模块301,还用于使用待测物品同种加工材料和同种烧蚀隔热层做成测试体;根据所述第一热流计的尺寸,对所述测试体开孔,得到测试样板;

[0045] 热壁热流获取模块302,还用于将所述第一热流计安装在所述测试样板上;根据所述第一热流计获取所述测试样板的表面热值数据。

[0046] 热壁热流获取模块302,还用于使用第二热流计获取测试温度;根据如下公式进行热壁热流数值计算:

$$[0047] \quad q_n = q_c \left(1 - \frac{c_p T_w}{h_r} \right) - \sigma \varepsilon T_w^4$$

[0048] 其中, q_n 表示热壁热流数值, q_c 表示预先设定的表面冷壁热流, c_p 表示空气的定压比热容, T_w 表示表面热值数据, h_r 表示气体恢复温度下的恢复焓值, σ 表示玻尔兹曼常数, ε 表示结构表面辐射系数。

[0049] 加热控制模块303,还用于将所述测试温度和所述热壁热流数据进行对比,进行加热调整。

[0050] 上述实施例的装置用于实现前述任一实施例中相应的烧蚀隔热结构测控方法,并且具有相应的方法实施例的有益效果,在此不再赘述。

[0051] 为了描述的方便,描述以上装置时以功能分为各种模块分别描述。当然,在实施本申请时可以把各模块的功能在同一个或多个软件和/或硬件中实现。

[0052] 上述实施例的装置用于实现前述任一实施例中相应的自治域系统的排行方法,并且具有相应的方法实施例的有益效果,在此不再赘述。

[0053] 基于同一发明构思,与上述任意实施例方法相对应的,本申请还提供了一种电子设备,包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述程序时实现上任意一实施例所述的自治域系统的排行方法。

[0054] 图4示出了本实施例所提供的一种更为具体的电子设备硬件结构示意图,该设备可以包括:处理器1010、存储器1020、输入/输出接口1030、通信接口1040和总线1050。其中处理器1010、存储器1020、输入/输出接口1030和通信接口1040通过总线1050实现彼此之间在设备内部的通信连接。

[0055] 处理器1010可以采用通用的CPU(Central Processing Unit,中央处理器)、微处理器、应用专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,ASIC)、或者一个或多个集成电路等方式实现,用于执行相关程序,以实现本说明书实施例所提供的技术方案。

[0056] 存储器1020可以采用ROM(Read Only Memory,只读存储器)、RAM(Random Access Memory,随机存取存储器)、静态存储设备,动态存储设备等形式实现。存储器1020可以存储操作系统和其他应用程序,在通过软件或者固件来实现本说明书实施例所提供的技术方案时,相关的程序代码保存在存储器1020中,并由处理器1010来调用执行。

[0057] 输入/输出接口1030用于连接输入/输出模块,以实现信息输入及输出。输入输出/模块可以作为组件配置在设备中(图中未示出),也可以外接于设备以提供相应功能。其中输入设备可以包括键盘、鼠标、触摸屏、麦克风、各类传感器等,输出设备可以包括显示器、扬声器、振动器、指示灯等。

[0058] 通信接口1040用于连接通信模块(图中未示出),以实现本设备与其他设备的通信交互。其中通信模块可以通过有线方式(例如USB、网线等)实现通信,也可以通过无线方式(例如移动网络、WIFI、蓝牙等)实现通信。

[0059] 总线1050包括一通路,在设备的各个组件(例如处理器1010、存储器1020、输入/输出接口1030和通信接口1040)之间传输信息。

[0060] 需要说明的是,尽管上述设备仅示出了处理器1010、存储器1020、输入/输出接口1030、通信接口1040以及总线1050,但是在具体实施过程中,该设备还可以包括实现正常运行所必需的其他组件。此外,本领域的技术人员可以理解的是,上述设备中也可以仅包含实现本说明书实施例方案所必需的组件,而不必包含图中所示的全部组件。

[0061] 上述实施例的电子设备用于实现前述任一实施例中相应的烧蚀耐热结构测控方法,并且具有相应的方法实施例的有益效果,在此不再赘述。

[0062] 基于同一发明构思,与上述任意实施例方法相对应的,本说明书一个或多个实施例还提供了一种非暂态计算机可读存储介质,所述非暂态计算机可读存储介质存储计算机指令,所述计算机指令用于使所述计算机执行如上任一实施例所述的烧蚀耐热结构测控方法。

[0063] 本实施例的计算机可读介质包括永久性和非永久性、可移动和非可移动媒体可以由任何方法或技术来实现信息存储。信息可以是计算机可读指令、数据结构、程序的模块或其他数据。计算机的存储介质的例子包括,但不限于相变内存(PRAM)、静态随机存取存储器(SRAM)、动态随机存取存储器(DRAM)、其他类型的随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、快闪记忆体或其他内存技术、只读光盘只读存储器(CD-ROM)、数字多功能光盘(DVD)或其他光学存储、磁盒式磁带,磁带磁磁盘存储或其他磁性存储设备或任何其他非传输介质,可用于存储可以被计算设备访问的信息。

[0064] 上述实施例的存储介质存储的计算机指令用于使所述计算机执行如上任一实施例所述的烧蚀耐热结构测控方法,并且具有相应的方法实施例的有益效果,在此不再赘述。

[0065] 所属领域的普通技术人员应当理解:以上任何实施例的讨论仅为示例性的,并非旨在暗示本申请的范围(包括权利要求)被限于这些例子;在本申请的思路下,以上实施例或者不同实施例中的技术特征之间也可以进行组合,步骤可以以任意顺序实现,并存在如上所述的本说明书一个或多个实施例的不同方面的许多其它变化,为了简明它们没有在细节中提供。

[0066] 另外,为简化说明和讨论,并且为了不会使本申请实施例难以理解,在所提供的附图中可以示出或不示出与集成电路(IC)芯片和其它部件的公知的电源/接地连接。此外,可以以框图的形式示出装置,以便避免使本说明书一个或多个实施例难以理解,并且这也考虑了以下事实,即关于这些框图装置的实施方式的细节是高度取决于将要实施本说明书一个或多个实施例的平台的(即,这些细节应当完全处于本领域技术人员的理解范围内)。在阐述了具体细节(例如,电路)以描述本申请的示例性实施例的情况下,对本领域技

术人员来说显而易见的是,可以在没有这些具体细节的情况下或者这些具体细节有变化的情况下实施本说明书一个或多个实施例。因此,这些描述应被认为是说明性的而不是限制性的。

[0067] 尽管已经结合了本申请的具体实施例对本申请进行了描述,但是根据前面的描述,这些实施例的很多替换、修改和变型对本领域普通技术人员来说将是显而易见的。例如,其它存储器架构(例如,动态RAM(DRAM))可以使用所讨论的实施例。

[0068] 本说明书一个或多个实施例旨在涵盖落入所附权利要求的宽泛范围之内内的所有这样的替换、修改和变型。因此,凡在本说明书一个或多个实施例的精神和原则之内,所做的任何省略、修改、等同替换、改进等,均应包含在本申请的保护范围之内。

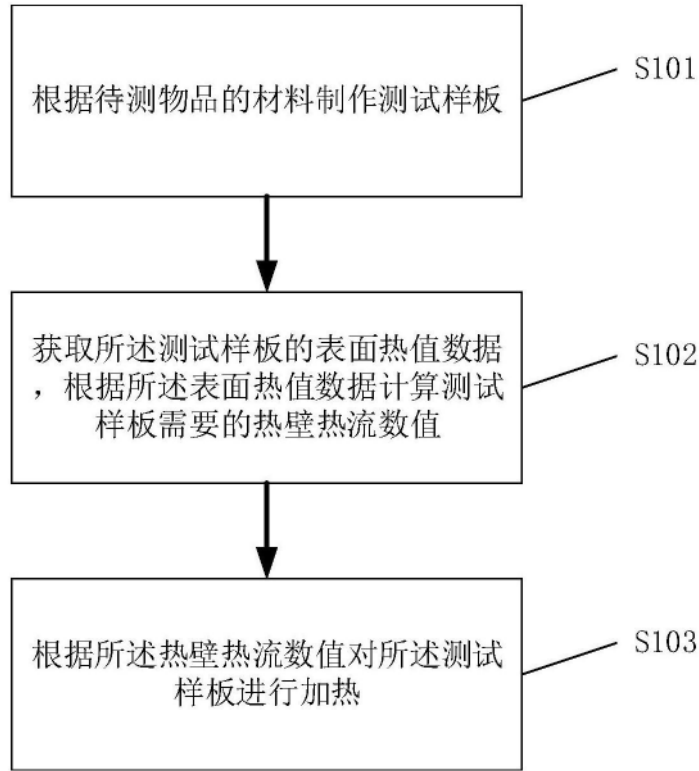


图1

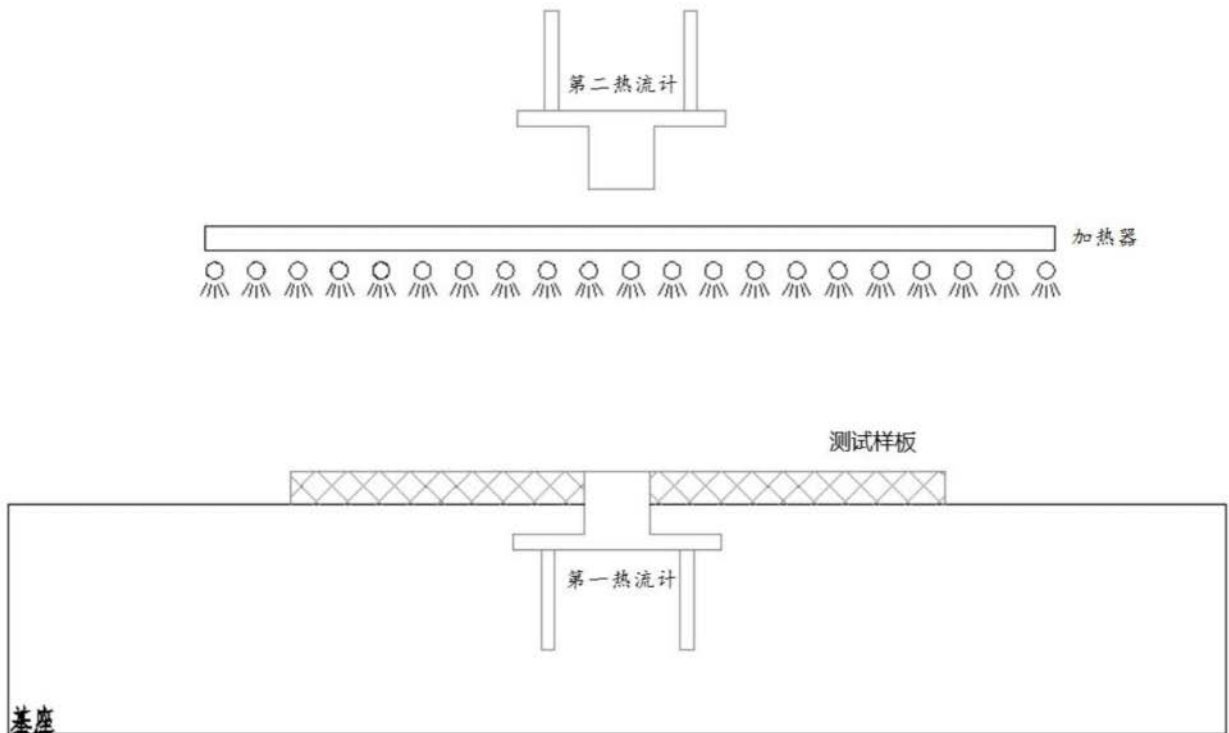


图2

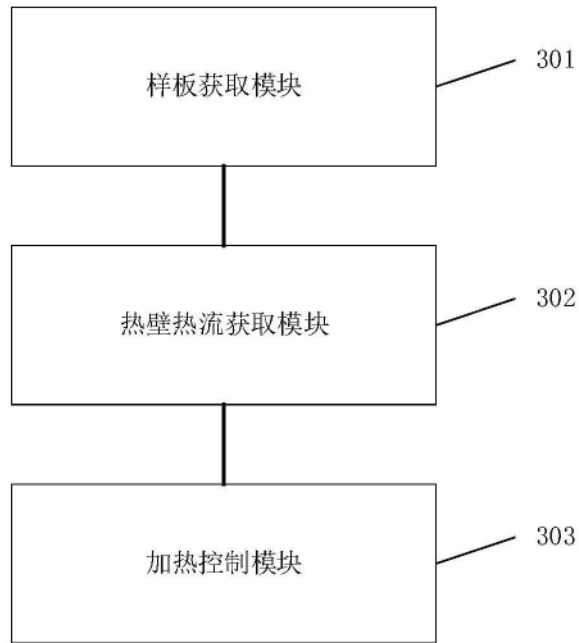


图3

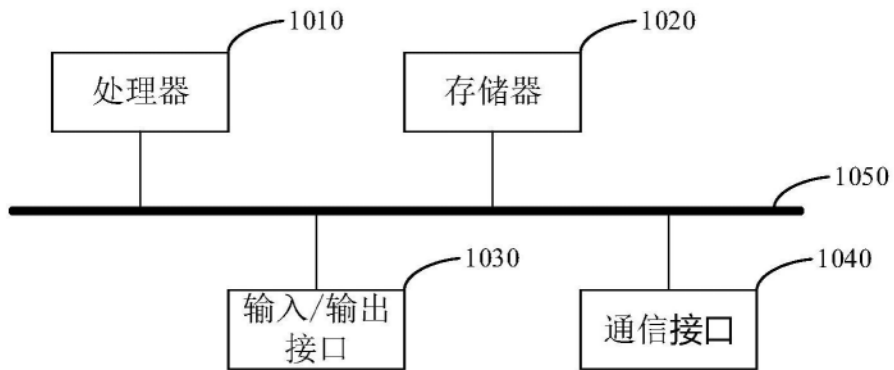


图4