



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105658587 A

(43) 申请公布日 2016. 06. 08

(21) 申请号 201480057586. 3

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2014. 08. 14

C03B 15/02(2006. 01)

(30) 优先权数据

61/867, 707 2013. 08. 20 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2016. 04. 20

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/051000 2014. 08. 14

(87) PCT国际申请的公布数据

W02015/026615 EN 2015. 02. 26

(71) 申请人 康宁股份有限公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 G·S·达哈克 D·W·霍托夫

B·科卡图鲁姆 E·J·尼克斯

P·A·帕克斯 K·H·沙哈

J·汀兹 T·M·韦瑟里尔 S·齐恩

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 徐鑫 项丹

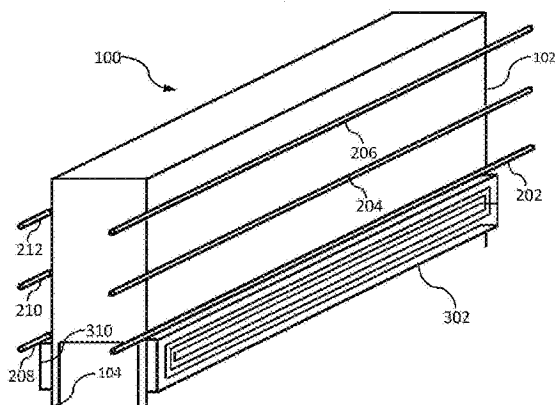
权利要求书2页 说明书11页 附图7页

(54) 发明名称

用于制造玻璃片的包括感应加热外壳的方法和
和设备

(57) 摘要

用于玻璃制造的方法和设备,其包括:根据预
定热曲线对用于罩住熔融玻璃成形设备的外壳进
行加热。外壳至少具有第一和第二侧壁,其用配置
成与至少一部分侧壁发生热能量连接的至少一个
感应加热系统进行加热。



1. 一种制造玻璃片的方法,所述方法包括:

根据预定热曲线对用于罩住熔融玻璃片成形设备的外壳进行加热,所述外壳包括第一侧壁和第二侧壁;

其中,对所述外壳进行加热的步骤包括用至少一个感应加热系统对第一和第二侧壁中的至少一个的至少一部分进行加热。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,至少一部分的所述第一和第二侧壁易于发生感应加热并且与所述至少一个感应加热系统直接热连接。

3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述至少一个感应加热系统与中间感受器直接热连接,所述中间感受器位于所述至少一个感应加热系统与第一和第二侧壁中的至少一个之间。

4. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述至少一个感应加热系统包括直接嵌入绝缘材料中的至少一个感应线圈。

5. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,对所述外壳进行加热的步骤还包括用至少一根电阻加热棒对第一和第二侧壁中的至少一个的至少一部分进行加热。

6. 如权利要求5所述的方法,其特征在于,所述方法包括:在较早步骤中,用至少一根电阻加热棒对第一和第二侧壁中的至少一个的至少一部分进行加热,之后在稍后步骤中,用至少一个感应加热系统替换所述至少一根电阻加热棒中的至少一根。

7. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,第一和第二侧壁的至少一部分在小于50℃的温度下易于发生感应。

8. 如权利要求7所述的方法,其特征在于,所述第一和第二侧壁在小于50℃的温度下易于发生感应的部分包括碳化硅以及至少一种选自下组的额外材料:硅、钛、钒、铬、锆、铌、钼、钨、铪、钽、钨、铼、钨和铱。

9. 如权利要求3所述的方法,其特征在于,所述中间感受器易于在小于50℃的温度发生感应。

10. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述至少一个感应加热系统包括至少两个感应线圈,其配置成将所述第一和第二侧壁中的至少一个的至少一部分加热至不同于所述第一和第二侧壁中的至少一个的至少一个其他部分的温度。

11. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述至少一个感应加热系统包括至少两个感应加热系统,其配置成将所述第一和第二侧壁中的至少一个的至少一部分加热至不同于所述第一和第二侧壁中的至少一个的至少一个其他部分的温度。

12. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,分别用至少一个感应加热系统对第一和第二侧壁这两者的整体进行加热。

13. 如权利要求12所述的方法,其特征在于,所述方法包括将第一和第二侧壁都从冷启动状态加热至对应于稳态运行状态的预定热曲线。

14. 如权利要求12所述的方法,其特征在于,所述第一和第二侧壁中的至少一个包括碳化硅。

15. 一种用于玻璃片制造工艺的设备,所述设备包括:

用于罩住熔融玻璃片成形设备的外壳,所述外壳包括第一侧壁和第二侧壁;以及位于所述外壳内的熔融玻璃成形设备;

其中,所述设备还包括至少一个感应加热系统,其配置成将能源热连接到第一和第二侧壁中的至少一个的至少一部分。

16. 如权利要求15所述的设备,其特征在于,至少一部分的第一和第二侧壁易于发生感应加热并且与所述至少一个感应加热系统直接热连接。

17. 如权利要求15所述的设备,其特征在于,所述外壳还包括顶部,其易于发生感应加热,其中,所述顶部与至少一个感应加热系统直接热连接。

18.如权利要求15所述的设备,其特征在于,所述至少一个感应加热系统与中间感受器直接热连接,所述中间感受器位于所述至少一个感应加热系统与第一和第二侧壁中的至少一个之间。

19.如权利要求15所述的设备,其特征在于,所述至少一个感应加热系统包括直接嵌入隔热材料中的至少一个感应线圈。

20.如权利要求16所述的设备,其特征在于,所述第一和第二侧壁的至少一部分在小于50℃的温度下易于发生感应。

21. 如权利要求20所述的设备,其特征在于,所述第一和第二侧壁在小于50℃的温度下易于发生感应的部分包括碳化硅以及至少一种选自下组的额外材料:硅、钛、钒、铬、锆、铌、钼、钨、铈、钐、钆、铽、镱、镱、镱和镱。

22.如权利要求18所述的设备,其特征在于,所述中间感受器易于在小于50℃的温度发生感应。

23. 如权利要求15所述的设备,其特征在于,所述至少一个感应加热系统包括至少两个感应线圈,其配置成将所述第一和第二侧壁中的至少一个的至少一部分加热至不同于所述第一和第二侧壁中的至少一个的至少一个其他部分的温度。

24. 如权利要求15所述的设备,其特征在于,所述至少一个感应加热系统包括至少两个感应加热系统,其配置成将所述第一和第二侧壁中的至少一个的至少一部分加热至不同于所述第一和第二侧壁中的至少一个的至少一个其他部分的温度。

25. 如权利要求15所述的设备,其特征在于,所述第一和第二侧壁中的至少一个包括碳化硅。

26. 如权利要求15所述的设备,其特征在于,所述至少一个感应加热系统包括至少一个感应线圈,其配置成使得,电流以相反方向流动的最接近的横截面线圈区域之间具有垂直距离d,其中,d大于电流以相同方向流动的任意两个横截面线圈区域之间的垂直距离。

用于制造玻璃片的包括感应加热外壳的方法和设备

[0001] 相关申请的交叉参考

[0002] 本申请要求2013年8月20日提交的美国临时申请序列第61/867,707号的优先权,其全文通过引用结合入本文,如下所详述。

背景技术

技术领域

[0003] 本说明书一般地涉及玻璃片的制造,更具体地,涉及用于制造玻璃片的设备和方法,其具有罩住了熔融玻璃成形设备的外壳。

[0004] 技术背景

[0005] 在玻璃片的制造中,重要的是维持玻璃成形环境的稳固温度控制。例如,在采用熔合拉制工艺的玻璃片的制造中,重要的是维持围绕玻璃成形设备(或者溢流槽)的环境的稳固温度控制,其理由如下,包括:维持玻璃成形设备的寿命和完整性,以及控制玻璃的质量和尺寸均匀性(例如厚度)。

[0006] 在制造运行的稳态过程中,通常需要将围绕玻璃成形设备的环境维持在辐射是主要传热模式的温度下。为了维持该温度,可以围绕玻璃成形设备和组件来构建外壳,将其加工成有助于通过外壳的壁进行辐射热传递。例如,可以将电阻材料棒放在紧密靠近外壳的壁,并使其经受电流,该电流足以将棒材电阻加热至使得热量从棒材辐射到外壳壁并从外壳壁辐射到熔融玻璃和玻璃成形设备的温度。

[0007] 制造运行速率和制造温度的增加已经开始收紧了使用电阻加热材料来维持对于这些工艺的长期稳态运行所需的稳固和连续温度控制的限制。例如,由于增加了电阻加热棒的尺寸从而补偿更为稳固的制造环境,它们的费用增加,同时可靠性以及有用的服务寿命倾向于下降。因此,会希望发明替代或补充方法来维持玻璃成形设备的环境的稳固温度控制。

发明内容

[0008] 根据一个实施方式,本发明涉及一种方法,该方法根据预定热曲线对用于罩住熔融玻璃片成形设备的外壳进行加热。外壳具有第一侧壁和第二侧壁,并且对外壳进行加热的步骤包括用至少一个感应加热系统对第一和第二侧壁中的至少一个的至少一部分进行加热。

[0009] 在另一个实施方式中,本发明涉及用于玻璃片制造工艺的设备。设备包括用于罩住熔融玻璃片成形设备的外壳。外壳包括第一侧壁和第二侧壁,并且熔融玻璃成形设备位于外壳中。设备还包括至少一个感应加热系统,其配置成将能源连接到第一和第二侧壁中的至少一个的至少一部分。

[0010] 应理解的是,前面的一般性描述和以下的详细描述介绍了各种实施方式,用来提供理解要求保护的主题的性质的特性的总体评述或框架。包括的附图提供了对各种实施方

式的进一步的理解,附图被结合在本说明书中并构成说明书的一部分。附图以图示形式说明了本文所述的各种实施方式,并与说明书一起用来解释要求保护的主题的原理和操作。

附图说明

- [0011] 图1是用于罩住熔融玻璃成形设备的外壳的透视图,其具有与外壳的每个侧壁的一部分热连接的电阻加热棒和感应加热系统;
- [0012] 图2是图1的实施方式的横截面透视端视图,显示外壳中的熔融玻璃成形设备;
- [0013] 图3是用于罩住熔融玻璃成形设备的外壳的透视图,其具有与外壳的每个侧壁热连接的感应加热系统;
- [0014] 图4是图4的实施方式的横截面透视端视图,显示外壳中的熔融玻璃成形设备;
- [0015] 图5是替代实施方式的横截面透视端视图,显示中间感受器(其位置靠近外壳的每个侧壁)以及与每个中间感受器热连接的感应加热系统;
- [0016] 图6是感应加热系统阵列的示意图;
- [0017] 图7A和7B是感应加热系统的替代线圈配置的横截面透视端视图;
- [0018] 图8是感应加热系统的示意图,其中,线圈密度和线圈到感受器的距离在感应加热系统的不同区域是不同的;以及
- [0019] 图9是感应加热系统的各个元件的示意图。

具体实施方式

[0020] 下面将详细说明用于玻璃片制造和包括其的玻璃制造工艺的各种实施方式。只要有可能,在所有附图中使用相同的附图标记来表示相同或类似的部分。通常来说,可通过熔化玻璃批料材料来形成熔融玻璃,然后将熔融玻璃成形为玻璃片来形成玻璃片材料。示例性方法包括浮法玻璃法、狭缝拉制法和熔合下拉法。

[0021] 图1显示根据本文的实施方式,用于玻璃片制造工艺的设备的透视图。设备包括用于罩住熔融玻璃成形设备的外壳100。外壳包括第一侧壁102和第二侧壁104。第一、第二和第三电阻加热棒202、204和206分别与第一侧壁102热连接,以及第四、第五和第六电阻加热棒208、210和212分别与第二侧壁104直接热连接。此外,第一感应加热系统302与第一侧壁102热连接,并且第二感应加热系统310与第二侧壁104热连接。

[0022] 图2显示图1的实施方式的横截面透视端视图,显示装纳在外壳100中的熔融玻璃成形设备(溢流槽)400。

[0023] 外壳100通常由耐火材料(例如耐火陶瓷材料)制造。可用于制造外壳100的耐火陶瓷材料的例子包括任意致密、导热材料,其在运行温度下维持其结构完整性同时不与玻璃发生不利反应,例如碳化硅。可用于外壳100的示例性碳化硅材料包括选自Hexoloy®系列碳化硅材料(其购自圣戈班公司(Saint-Gobain))和反应粘结碳化硅(其购自M-立方体科技公司(M-Cubed Technologies))的材料。

[0024] 在示例性实施方式中,外壳的耐火材料可以包括在如下温度基本保持其强度性质以及化学和物理稳定性的那些:高于1000℃的温度,例如高于1200℃,又例如高于1400℃,又例如高于1600℃,例如1200-1900℃,又例如1400-1800℃,又例如1600-1700℃。

[0025] 侧壁102和104的厚度虽然没有限制,但是可以是例如0.25-6英寸,例如1-2.5英

寸。

[0026] 电阻加热棒202、204、206、208、210和212可以由如下任意材料制造,其具有足够的电阻加热能力以及机械稳固性,从而为外壳的侧壁提供稳态辐射加热能力。可用于电阻加热棒的材料例子包括碳化硅、二硅化钼、镍铬合金、铂合金以及本领域技术人员已知的各种商业热源组合物。市售可得的电阻加热棒包括购自I平方R元件公司(I Squared R Element Co)的碳化硅Starbars®以及购自山特维克公司(Sandvik)的Globars™。

[0027] 电阻加热棒的尺寸虽然没有限制,但是可以是例如如下棒材,其直径为0.5-3英寸(例如1-2.5英寸)并且轴长(纵向长度)为15-300英寸(例如30-250英寸)。电阻加热棒的直径可以是恒定的,或者可以沿着它们的轴长(纵向长度)发生变化。

[0028] 电阻加热棒可以放置在适当地靠近侧壁,从而有效地将能源与侧壁相连,与此同时,不引起侧壁与流动通过电加热棒的电流发生短路。不希望受到理论的限制,但是电阻加热棒与侧壁之间的最短距离可以是例如0.125-8英寸,例如1-4英寸。

[0029] 在示例性实施方式中,为了实现在电阻加热棒与侧壁之间发生充足的辐射热传输,电阻加热棒应该维持在稳态运行温度,所述稳态运行温度实现了在棒材与侧壁之间以及在侧壁与熔融玻璃和熔融玻璃成形设备之间发生适当水平的热传输。为此,电阻加热棒可以维持在近似相同的温度或者维持在不同温度,这取决于加工条件、玻璃组成以及所需的玻璃特性和几何形貌。例如,在某些示例性实施方式中,处于相对较高位置的电阻加热棒维持的温度可以高于处于较低位置的电阻加热棒的温度,从而使得电阻加热棒的温度随着它们的位置降低而下降。在其他示例性实施方式中,处于相对较高位置的电阻加热棒维持的温度可以低于处于较低位置的电阻加热棒的温度,从而使得电阻加热棒的温度随着它们的位置降低而增加。在其他示例性实施方式中,处于相对中等水平高度的电阻加热棒维持的温度可以高于处于较高和较低位置的电阻加热棒的温度,从而使得电阻加热棒的温度从较高位置增加到中等水平位置然后从中等水平位置下降到较低位置。在其他示例性实施方式中,处于相对中等水平高度的电阻加热棒维持的温度可以低于处于较高和较低位置的电阻加热棒的温度,从而使得电阻加热棒的温度从较高位置下降到中等水平位置然后从中等水平位置增加到较低位置。电阻加热棒还可配置成和/或构造成沿着它们的纵向长度提供热梯度,如工艺所要求的那样。

[0030] 在任意上述实施方式的稳态运行时,电阻加热棒的温度可以是100-1650℃,例如900-1450℃。例如,维持在较高温度的电阻加热棒可以是例如,至少900℃,可以是900-1650℃,而维持在较低温度的电阻加热棒可以是例如,小于900℃,可以是100-900℃。

[0031] 在示例性实施方式中,感应加热系统302和310可以包括直接嵌入隔热材料中的至少一个感应线圈。隔热材料可以保护感应线圈中的传导材料不发生过热,并且可以帮助实现维持感应线圈的结构和机械完整性。在示例性实施方式中,感应线圈配置成在隔热材料中,其方式能够实现根据预定热曲线对外壳100进行加热。

[0032] 为了根据预定热曲线来加热外壳100,感应线圈和隔热材料必须配置成适当地靠近易于发生感应加热的材料,例如至少在对应于稳态运行期间所需的外壳热曲线的温度下易于发生感应加热的材料。

[0033] 本文所用“易于发生感应”表示当材料位于交变电流1-50毫米内时,该材料能够通过感应加热被加热至至少500℃,当供给功率为5-250kW的电源时,所述交变电流具有10-

250kHz的频率。

[0034] 在图1和2所示的实施方式中,感应加热系统302和310与第一和第二侧壁102和104直接热连接,进而,所述第一和第二侧壁102和104至少在对应于稳态运行期间所需的外壳热曲线的温度是易于发生感应加热的。

[0035] 在某些示例性实施方式中,第一和第二侧壁102和104在宽温度范围上是易于发生感应的,例如温度至少为20℃,包括至少50℃,还包括至少100℃,例如20-1900℃,还例如50-1800℃,还例如100-1700℃。在此类实施方式中,第一和第二侧壁102和104可以在小于100℃的温度(包括小于50℃,还包括小于20℃)是易于发生感应的。

[0036] 在此类实施方式中,可以从冷启动状态(例如,室温)加热设备(包括外壳100),其中,第一和第二侧壁102和104至少部分被感应加热系统302和310加热。可以继续在对应于所需热曲线的稳态运行温度加热设备(包括外壳100),其中,第一和第二侧壁102和104继续至少部分被感应加热系统302和310加热。

[0037] 在其他示例性实施方式中,第一和第二侧壁102和104在如下温度范围是易于发生感应的,所述温度范围更接近对应于稳态运行期间所需的外壳热曲线的环绕温度。该温度范围可以包括如下温度:至少500℃,包括至少600℃,还包括至少700℃,还包括至少800℃,还包括至少900℃,例如500-1900℃,又例如600-1800℃,又例如700-1700℃,又例如800-1600℃,甚至又例如900-1500℃。

[0038] 在此类实施方式中,可以从冷启动状态(例如,室温)加热设备(包括外壳100),其中,在较早步骤中,用至少一根电阻加热棒(例如至少是电阻加热棒202、204、206、208、210和212)对第一和第二侧壁102和104进行加热,一旦侧壁102和104的温度达到易于发生感应的足够温度,之后是激活感应加热系统302和310的随后步骤。从那时起,第一和第二侧壁102和104根据所需的热曲线,继续至少部分被感应加热系统302和310加热。

[0039] 或者,可以从冷启动状态(例如,室温)加热设备(包括外壳100),其中,在较早步骤中,用至少一根电阻加热棒(例如至少是电阻加热棒202、204、206、208、210和212)对第一和第二侧壁102和104进行加热,一旦侧壁102和104的温度达到易于发生感应的足够温度,之后是用感应加热系统302和310中的至少一个替换电阻加热棒中的至少一根的随后步骤。从那时起,第一和第二侧壁102和104根据所需的热曲线,继续至少部分被感应加热系统302和310加热。

[0040] 在某些示例性实施方式中,一旦侧壁102和104的温度达到易于发生感应的足够温度,可以用感应加热系统替换所有的电阻加热棒。从那时起,第一和第二侧壁102和104根据所需的热曲线,继续经由感应加热系统进行加热。

[0041] 在替代实施方式中,例如第一和第二侧壁易于在室温发生感应的那些情况,感应加热系统可以初始地沿着第一和第二侧壁102和104存在,从而使得可以从冷启动(例如室温)状态加热外壳100,其中,用感应加热系统根据所需的热曲线将第一和第二侧壁102和104从冷启动状态加热到稳态运行状态。从那时起,第一和第二侧壁102和104根据所需的热曲线,继续经由感应加热系统进行加热。

[0042] 如上文所述,包括第一和第二侧壁102和104的外壳100可以由陶瓷材料制造,例如碳化硅,包括致密烧结碳化硅和反应粘结碳化硅。碳化硅材料提供高温环境中良好的耐熔融性,较高的热导率,以及非常低水平的会从外壳100转移到玻璃片的缺陷。

[0043] 当包含第一和第二侧壁102和104的外壳100包括碳化硅时,该外壳和壁可以基本由碳化硅构成。在某些实施方式中,包含第一和第二侧壁102和104的外壳100还可包括至少一种选自下组的陶瓷材料:二硅化钼、氧化锡和铬酸钼。

[0044] 可用于其中第一和第二侧壁易于在室温下发生感应的示例性实施方式的侧壁材料的例子包括:购自M-立方体科技公司的反应粘结碳化硅以及含有硅金属和/或其他的故意引入的导电组分的碳化硅材料。

[0045] 可用于其中第一和第二侧壁仅在更为提升的温度(例如,更紧密地包括对应于稳态运行期间所需的外壳热曲线的温度)下发生感应的示例性实施方式的侧壁材料的例子包括:致密烧结碳化硅,例如购自圣戈班公司的碳化硅材料Hexoloy®系列。

[0046] 仅在提升的温度下易于发生感应的陶瓷材料(例如碳化硅)可以在高温下(例如如下温度:至少1600℃、又例如至少1700℃、又例如至少1800℃以及甚至又例如1900℃,包括1600-2200℃)具有优异的耐熔融性。此类材料可以被加工成在较低温度下具有易于发生感应的能力,但是这可能导致高温下的耐熔融性的略微下降。

[0047] 例如,在某些实施方式中,可以通过选自下组的至少一种方法:反应粘结、共烧烧结以及温度层叠/反应,将导电第二相材料结合到基于陶瓷的基质(例如,基于碳化硅的基质)中。导电第二相材料的一个例子是硅。导电第二相材料可以与至少一种耐火元素金属结合,从而为导电第二相材料赋予更高的熔点。耐火元素金属的例子包括选自下组的这些:钛、钒、铬、锆、铌、钼、钨、铈、钆、钽、钨、铪、铌和铪。

[0048] 图3显示这样的实施方式,其中,多个感应加热系统302、304、306、308、310、312、314和316与第一和第二侧壁102和104直接相连。在图3所示的实施方式中,第一和第二侧壁102和104的几乎整个表面与感应加热系统直接相连。虽然图3的实施方式显示隔绝材料在外壳100的顶部上延伸,但是应理解的是,本文的实施方式包括其中隔绝材料没有在外壳100的顶部上延伸的那些或者仅在外壳100的顶部上部分延伸的那些。此外,要理解的是,本文的实施方式包括外壳的顶部易于发生感应并且至少一个感应加热系统与外壳的顶部直接热连接的那些。

[0049] 图4显示图3的实施方式的横截面透视端视图,显示装纳在外壳100中的熔融玻璃成形设备(溢流槽)400。

[0050] 在示例性实施方式中,为了根据预定热曲线来加热外壳100,应该以能够实现对第一和第二侧壁102和104进行适当水平的感应加热的方式来配置感应加热系统。为此,感应加热系统可以配置成将相同量或者不同量的能源连接到第一和第二侧壁102和104,从而使得第一和第二侧壁102和104的温度曲线可以在它们的长度和/或高度上是近似恒定的,或者可以在它们的长度和/或高度上根据预定热曲线发生变化。例如,在某些示例性实施方式中,处于较高位置的感应加热系统连接到第一和第二侧壁的能量可以大于处于较低位置的感应加热系统连接到第一和第二侧壁的能量,从而使得侧壁的温度从顶部到底部发生降低。在其他示例性实施方式中,处于较高位置的感应加热系统连接到第一和第二侧壁的能量可以小于处于较低位置的感应加热系统连接到第一和第二侧壁的能量,从而使得侧壁的温度从顶部到底部发生增加。在其他示例性实施方式中,处于相对中等水平高度的感应加热系统连接到第一和第二侧壁的能量可以大于处于较高和较低位置的感应加热系统,从而使得侧壁的温度从较高位置增加到中等水平位置然后从中等水平位置下降到较低位置。在

其他示例性实施方式中,处于相对中等水平高度的感应加热系统连接到第一和第二侧壁的能量可以小于处于较高和较低位置的感应加热系统,从而使得侧壁的温度从较高位置下降到中等水平位置然后从中等水平位置增加到较低位置。

[0051] 图5显示本文所揭示的替代实施方式的横截面透视端视图。在图5的实施方式中,第一中间感受器152位置靠近第一侧壁102,第二中间感受器154位置靠近第二侧壁104。感应加热系统302、304、306和308与第一中间感受器152直接连接,以及感应加热系统310、312、314和316与第二中间感受器154直接连接。第一中间感受器152位于感应加热系统302、304、306、308与第一侧壁102之间,以及第二中间感受器154位于感应加热系统310、312、314、316与第二侧壁104之间。熔融玻璃成形设备(溢流槽)400装纳在外壳100中。

[0052] 优选地,第一和第二中间感受器152和154易于在室温(包括至少20℃的温度,小于50℃的温度,例如20-1900℃的温度)发生感应。在此类实施方式中,可以从冷启动(例如室温)状态加热第一和第二中间感受器152和154,其中,用感应加热系统根据所需的热曲线将第一和第二中间感受器152和154从冷启动状态加热至稳态运行状态,这进而能够实现根据所需的热曲线将第一和第二侧壁102和104从冷启动状态加热到稳态运行状态。从那时起,第一和第二侧壁102和104根据所需的热曲线,继续经由第一和第二中间感受器以及感应加热系统进行加热。

[0053] 在图5所示的实施方式中,第一和第二侧壁102和104可以是易于发生感应或者可以不是易于发生感应的。例如,在图5所示的实施方式中,第一和第二中间感受器152和154可以是在室温下易于发生感应的,而第一和第二侧壁102和104是在室温下不易于发生感应的,例如当第一和第二侧壁仅在提升的温度(例如,大于或等于500℃)下易于发生感应或者通常完全不易发生感应。

[0054] 图6是感应加热系统阵列的示意图,例如感应加热系统的阵列可以与用于装纳熔融玻璃成形设备的外壳的侧壁直接相连,或者可以与中间感受器相连,所述中间感受器位于感应加热系统阵列和用于装纳熔融玻璃成形设备的外壳的侧壁之间。虽然图6显示12个感应加热系统的4x 3阵列(在垂直方向具有4个感应加热系统,在水平方向或者纵向方向具有3个感应加热系统),但是应理解的是,本文所揭示的实施方式的范围考虑了在任一方向具有任意数量的感应加热系统的阵列。虽然图6显示相互间隔开的感应加热系统阵列,但是应理解的是,本文所揭示的实施方式包括其中一个或多个感应加热系统与至少一个其他感应加热系统接触或者重叠的那些。

[0055] 感应加热系统阵列可以包括配置成根据一种预定热曲线或者任意数量的预定热曲线对装纳熔融玻璃成形设备的外壳进行加热的加热系统,可以基于各种加工条件、玻璃组成和/或所需的玻璃特性和几何形貌对所述预定热曲线进行选择。例如,取决于预定热曲线,感应加热系统阵列可以配置成和/或运行使得阵列中的每个感应加热系统向易于发生感应的材料连接的能量与一个或多个其他感应加热系统是相同或不同的量。此外,感应加热系统阵列可以配置和运行成使得随着时间的进行,阵列中的每个感应加热系统向易于发生感应的材料连接相同或不同量的能量。例如,在启动过程期间,阵列中的一个或多个感应加热系统可以配置和操作成向易于发生感应的材料连接能量,其中,所连接的能量随着时间(例如,从冷启动状态到稳态运行状态的时间段)发生变化。为此,随着时间的进行,阵列中的每个感应加热系统可以向易于发生感应的材料连接的能量与一个或多个其他感应加

热系统是相同或不同的量。

[0056] 例如,在一组优选的实施方式中,感应加热系统阵列可以配置成使得从平均上来说,位于阵列的最外部水平端上的感应加热系统向易于发生感应的材料连接的能量少于位于阵列的最外部水平端上的感应加热系统之间的感应加热系统(即,在水平方向或纵向方向更靠近中心的感应加热系统)。在此类实施方式中,根据它们在阵列上的垂直位置不同,感应加热系统可以向易于发生感应的材料连接相同或不同量的能量。例如,在一些实施方式中,随着它们高度的变化,感应加热系统可以向易于发生感应的材料连接降低量的能量,从而使得阵列上配置在较高点的感应加热系统向易于发生感应的材料连接的能量少于配置在直接位于它们下面的感应加热系统。或者,在其他实施方式中,随着它们高度的变化,感应加热系统可以向易于发生感应的材料连接增加量的能量,从而使得阵列上配置在较高点的感应加热系统向易于发生感应的材料连接的能量大于配置在直接位于它们下面的感应加热系统。

[0057] 在替代实施方式中,感应加热系统阵列可以配置成使得从平均上来说,位于阵列的最外部水平端上的感应加热系统向易于发生感应的材料连接的能量多于位于阵列的最外部水平端上的感应加热系统之间的感应加热系统(即,在水平方向或纵向方向更靠近中心的感应加热系统)。在此类实施方式中,根据它们在阵列上的垂直位置不同,感应加热系统可以向易于发生感应的材料连接相同或不同量的能量。例如,在一些实施方式中,随着它们高度的变化,感应加热系统可以向易于发生感应的材料连接降低量的能量,从而使得阵列上配置在较高点的感应加热系统向易于发生感应的材料连接的能量少于配置在直接位于它们下面的感应加热系统。或者,在其他实施方式中,随着它们高度的变化,感应加热系统可以向易于发生感应的材料连接增加量的能量,从而使得阵列上配置在较高点的感应加热系统向易于发生感应的材料连接的能量大于配置在直接位于它们下面的感应加热系统。

[0058] 在一些实施方式中,可以从感应加热系统连接到易于发生感应的材料的能量的量可以与感应加热系统的几何构造相关。图7A和7B是感应加热系统的替代线圈配置的横截面透视端视图。在图7A和7B的每一个中,隔绝体380与易于发生感应的材料(例如侧壁)180直接相连,其中,构造还包括额外的隔绝体384和托架182。感应线圈382配置成使得奇数横截面区域(例如,1、3、5、7)中的电流流动的方向与偶数横截面区域(例如,2、4、6)中的电流方向相反。在图7A所示的实施方式中,感应线圈配置成使得横截面线圈区域之间的垂直间距是近似恒定的。在图7B所示的实施方式中,感应线圈配置成使得,电流以相反方向流动的最接近的横截面线圈区域之间具有垂直距离 d ,其中 d 大于电流以相同方向流动的任意两个横截面线圈区域之间的垂直距离。例如, d 可以是电流以相同方向流动的任意两个横截面线圈区域之间的垂直距离的至少1.5倍,例如至少2倍,又例如至少3倍,包括1.5-3倍。

[0059] 图8是感应加热系统的示意图,其中,线圈密度和线圈到易于发生感应的材料的距离在感应加热系统的不同区域是不同的。如图8所示,感应加热系统320包括隔绝材料322以及具有第一区段324和第二区段326的感应线圈。第一区段324每单位面积的线圈密度的量高于第二区段326,而第二区段326配置成比第一区段324更为靠近易于发生感应的材料(未示出)。或者换言之,第一区段324在X-Y方向具有更高量的线圈密度,而第二区段326在Z方向更为靠近易于发生感应的材料。

[0060] 虽然图8显示的实施方式中,第一区段324每单位面积的线圈密度的量较高并且第

二区段326配置成更为靠近易于发生感应的材料,但是应理解的是,本文所揭示的实施方式包括其他配置,包括但不限于,如下那样:其中,整个感应线圈距离易于发生感应的材料(感受器)是近似相同的距离,但是每单位面积的线圈密度在感应加热系统的不同区域发生变化。本文的实施方式还可包括如下那样:其中,整个感应线圈具有近似相同的每单位面积的线圈密度,但是配置成在感应加热系统的不同区域距离感受器的距离不同。此外,本文的实施方式可以包括如下那样:其中,整个感应线圈具有近似相同的每单位面积的线圈密度并且在感应加热系统的整个区域距离感受器具有近似相同的距离。例如,本文的实施方式可以包括如下那样:其中,第一区段每单位面积的线圈密度的量高于第二区段,与此同时,配置成比第二区段更为靠近感受器。此类实施方式可以实现向感受器的不同部分连接相同量或者不同量的能量。例如,此类实施方式可以配置成使得将感受器的至少一个部分加热至不同于感受器的至少一个其他部分的温度。

[0061] 至少一个感应加热系统还可以包括至少两个感应线圈,其配置成例如将相同量或者不同量的能量连接到感受器。例如,所述至少两个感应线圈可以配置成将至少一部分的感受器加热至不同于感受器的至少一个其他部分的温度。

[0062] 在感应加热系统和感受器之间连接的能量的量也可以随着不同感应加热系统而变化,其与例如感应系统中的每单位面积的线圈密度和/或感应加热系统中线圈与感受器的接近度相关。例如,在图6的实施方式中,感应加热系统阵列可以配置成使得阵列中的至少一个感应加热系统的每单位面积的线圈密度和/或线圈距离感受器的距离大于或者小于阵列中的至少一个其他感应加热系统。例如,如果希望一个或多个感应加热系统比其他感应加热系统向感受器连接更多的能量(例如,在启动过程期间或者在稳态运行期间维持预定的热曲线),旨在向感受器连接较多能量的一个或多个感应加热系统可以配置成比旨在向感受器连接较少能量的感应加热系统具有更大的每单位面积的线圈密度和/或更大的线圈距离感受器的接近度。

[0063] 本文的实施方式还可包括如下那样:其中,多个感应加热系统(例如,图6所示的感应加热系统阵列)分别配置成相对于每单位面积的线圈密度和线圈-感受器接近度具有近似相同的线圈构造,其中,从每个感应加热系统连接到感受器的能量的量基于供给到每个感应加热系统的功率量变化。在上文段落中讨论的实施方式中,供给到每个感应加热系统的功率也可以发生变化,其中,每单位面积的线圈密度和/或线圈与感受器的接近度在不同感应加热系统之间发生变化。此类实施方式可以实现向感受器的不同部分连接相同量或者不同量的能量。例如,此类实施方式可以配置成使得将感受器的至少一个部分加热至不同于感受器的至少一个其他部分的温度。

[0064] 在示例性实施方式中,感应线圈可以包括将如下任意材料制成管状,其能够实现足够导电率,同时对于流动通过管的冷却流体具有良好的耐腐蚀性。例如,感应线圈可以包括至少一种选自下组的材料:铜、镍、铂、金、银以及包含如上至少一种的合金。在特别优选的实施方式中,感应线圈包括铜,以及冷却流体包括水。

[0065] 在示例性实施方式中,隔绝材料可以包括如下任意材料,其在感受器材料(例如,侧壁102和104)与感应线圈之间提供充分的隔热,同时实现了感应线圈的结构和机械支撑。例如,隔绝材料可以包括适用于长期高温工业应用的任意非传导性耐火材料,例如,包括氧化铝、氧化硅和氧化锆的至少一种化合物的耐火隔绝材料。

[0066] 在本文所揭示的实施方式中,感应线圈可以配置在绝缘材料的表面上或者完全或部分嵌入绝缘材料中。当感应线圈嵌入绝缘材料中时,绝缘材料可以具有凹陷表面区域,其式样是根据所需的感应线圈构造来接纳感应线圈。当感应线圈部分嵌入绝缘材料中时,绝缘材料可以部分围绕感应线圈。当感应线圈完全嵌入绝缘材料中时,绝缘材料可以完全围绕感应线圈。

[0067] 图9显示可用于促进经由感应对感受器(未示出)进行直接加热的示意性感应加热系统1000的示意图。感应加热系统1000包括交流电源500、加热站550、用于供给冷却流体的冷却器600以及控制器700。感应加热系统1000还包括冷却流体输入线602,其用于将冷却流体流从冷却器600导向交流电源500、加热站550、感应线圈330,以及冷却流体输出线652,其用于将冷却流体流从感应线圈330导回冷却器600。此外,感应加热系统1000包括位于交流电源500、加热站550和感应线圈330之间的电路502、504、506、508。感应加热系统1000额外地包括控制回路702,其用于使得控制器700能够提供对于感受器的感应加热的管理控制。虽然图9显示以串联方式向系统组件提供了冷却流体,但是应理解的是,本文所揭示的实施方式包括以并行方式向系统组件提供冷却流体的那些。

[0068] 此外,虽然图9显示单个冷却流体源,冷却流体同时从所述单个冷却流体源进行供给并返回其中(例如,冷却器600),从而冷却流体在感应加热系统1000内持续地循环,但是应理解的是,本文的实施方式可包括如下那些:其中,从除了冷却器600的源供给冷却流体,包括不止一个源(例如,冷却器600和水屋(house water)的结合),并且其中部分(如果不是全部的话)的冷却流体在通过输入线602和输出线652循环之后不返回到冷却器600。

[0069] 在操作中,通过电路502、504、506和508从交流电源500向加热站550和感应线圈330提供交流电,同时,通过冷却流体输入和输出线602、652将冷却流体从冷却器600导向通过交流电源500、加热站550和感应线圈330。可以通过控制器700和控制回路702对交流电的量和频率以及冷却流体的流速同时进行控制,从而提供感受器的感应加热的管理控制。此类控制可以是例如,包括或者发送到计算机处理单元,该单元可以例如,根据本领域技术人员已知的处理控制方法处理反馈或者前馈控制。

[0070] 当采用多个感应加热系统,例如图6所示的阵列时,可以以上文所述的方式对每个感应加热系统进行独立控制,从而根据例如预定热曲线提供感受器的感应加热的管理控制。

[0071] 此外,该控制可以实现通过感应对感受器进行直接加热,从而使得感受器的至少一部分表面的最小温度维持在稳定状态,尽可能的接近恒定温度。例如,感受器的至少一部分表面的最小温度可以维持在稳定状态,以预定的温度持续预定的时间长度,所述预定的温度变化不超过 $\pm 10^{\circ}\text{C}$,例如不超过 $\pm 5^{\circ}\text{C}$,又例如不超过 $\pm 2^{\circ}\text{C}$,又例如不超过 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。该预定的时间长度可以是至少1小时,例如至少10小时,又例如至少25小时,包括1小时至10年,例如10小时至5年,又例如20小时至1年,但不限于此。

[0072] 在优选实施方式中,该最小温度应该至少维持在对应于预定热曲线的运行温度,但不限于此。例如,在某些优选实施方式中,感受器的表面维持在高于 1000°C ,例如高于 1100°C ,又例如高于 1200°C ,包括 $1000\text{--}1400^{\circ}\text{C}$ 。

[0073] 感受器、感应线圈330和感应加热系统1000还可配置成能够快速改变感受器的至少一部分表面的最小温度,例如响应会要求此类温度变化的预定因素。例如,如果要改变流

过熔融玻璃成形设备的玻璃的组成从而使其液相线温度也发生变化,则可以使得至少一部分的感受器的最小温度相应地变化。或者,如果要改变流过熔融玻璃成形设备的玻璃的流速,则可以使得至少一部分的感受器的最小温度相应地变化。为此,可以将控制器700整合到控制算法中,其不仅控制感应加热系统,还起了控制整个玻璃成形工艺的作用,其中,感受器的温度可以响应或者预期任意数量的工艺参数或者测得或所需的玻璃特性(包括但不限于,玻璃组成、玻璃温度、玻璃失透温度、玻璃粘度以及玻璃流速)进行变化。

[0074] 例如,本文所揭示的实施方式包括如下那些:其中,至少一部分感受器的最小温度可以当温度至少为1,000℃(包括1000-1400℃温度)时,以至少5℃每分钟的速率变化,包括至少10℃每分钟,例如5-30℃每分钟。

[0075] 本文所揭示的实施方式包括如下那样:其中,在感受器(例如侧壁)上存在温度曲线,使得感受器的表面上的最大温度比感受器的表面上的最小温度高至少25℃,例如至少50℃,又例如至少100℃。例如,本文所述的实施方式可以包括如下那些:其中,感受器的表面上的最大温度与最小温度之差为25-500℃,例如50-250℃。对于温度与感受器的表面上的位置关系,该温度曲线可以是近似线性或非线性的。

[0076] 优选地,每个感应加热系统中的感应线圈应该配置成使得其与感受器是基本隔绝的,同时仍然足够靠近感受器,从而使得感受器的温度能够对应所需的温度曲线。虽然这会取决于应用、外壳构造以及感应线圈和感受器之间的隔绝材料的类型和量发生变化,但是在优选的实施方式中,感应线圈可以配置成使得线圈最靠近感受器的部分为1-50毫米,例如2-25毫米。

[0077] 在某些示例性实施方式中,可以用提供例如热保护、电保护、机械保护和/或腐蚀保护的至少一种材料对感应加热系统的一个或多个感应线圈进行涂覆、隔离或者装套。例如,在某些示例性实施方式中,可以用织物材料装套感应线圈,所述织物材料包括选自氧化铝和氧化硅的至少一种材料。

[0078] 本文所述的实施方式包括如下那些:其中,感应线圈包括铜管,其外径为2-15毫米,例如4-10毫米,又例如4-7毫米。在此类实施方式中,铜管可以例如,具有0.5-1毫米的径向厚度。虽然管状结构最常见的是圆形或者椭圆形横截面,但是应理解的是,本文的实施方式包括管状结构是正方形或矩形横截面的那些。

[0079] 优选的实施方式包括如下那些:其中,供给到每个感应加热系统的电源提供至少5kW的功率,例如至少7.5kW的功率,又例如至少10kW的功率,又例如至少15kW的功率,例如5-250kW的功率,以及提供至少10kHz的频率的交流电,例如至少20kHz,又例如至少50kHz,例如10-250kHz,但不限于此。

[0080] 可以提供如下冷却流体,其流速和温度防止了感应线圈的不合乎希望的软化、变形或熔化,同时保持交流电源充分冷却。例如,可以从冷却器向感应线圈提供冷却水,其温度约为0-50℃,包括约25℃。冷却流体流速可以是例如,约0.5-20升/分钟,例如约1-10升/分钟。

[0081] 本文的实施方式相对于其他熔融玻璃成形设备的外壳的加热方法(例如,依赖排他性电阻加热棒来提供外壳加热的那些)具有优势。这些优势可以包括如下能力:在较高温度和运行速率下运行,较低的运行成本(例如,与维持和替换电阻加热棒相关的较低成本),较低的制造扰动风险、更好地利用现有的制造资产,以及能够更为精确地控制和调节围绕

玻璃成形设备的环境,包括能够根据预定热曲线更精确地控制和调节容纳熔融玻璃成形设备的外壳的侧壁的温度,包括从启动到冷却的整个工艺过程中更为精确的控制。

[0082] 本领域的技术人员显而易见的是,可以在不偏离要求专利权的主题的精神和范围的情况下,对本文所述的实施方式各种修改和变动。因此,本说明书旨在涵盖本文所述的各种实施方式的修改和变化形式,只要这些修改和变化形式落在所附权利要求及其等同内容的范围之内。

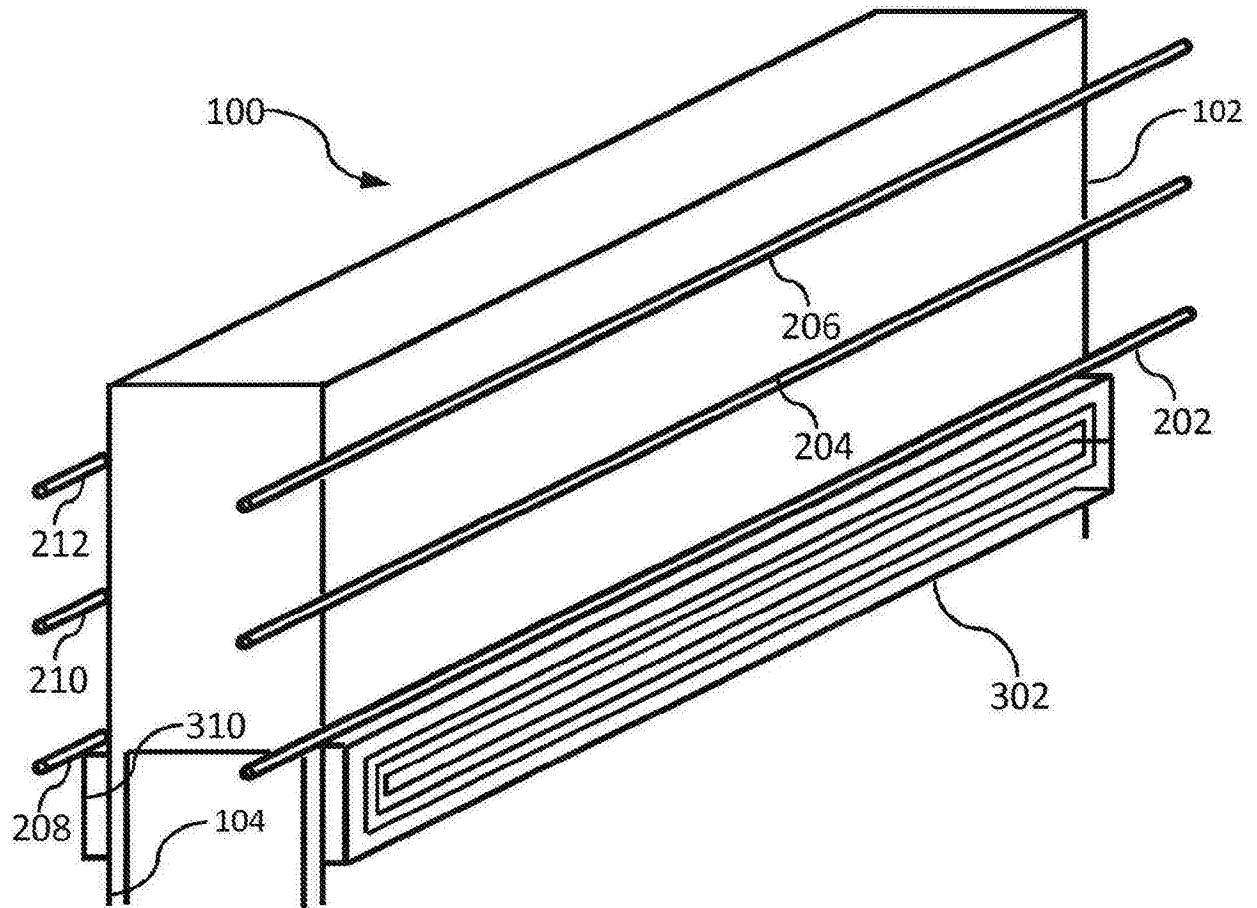


图1

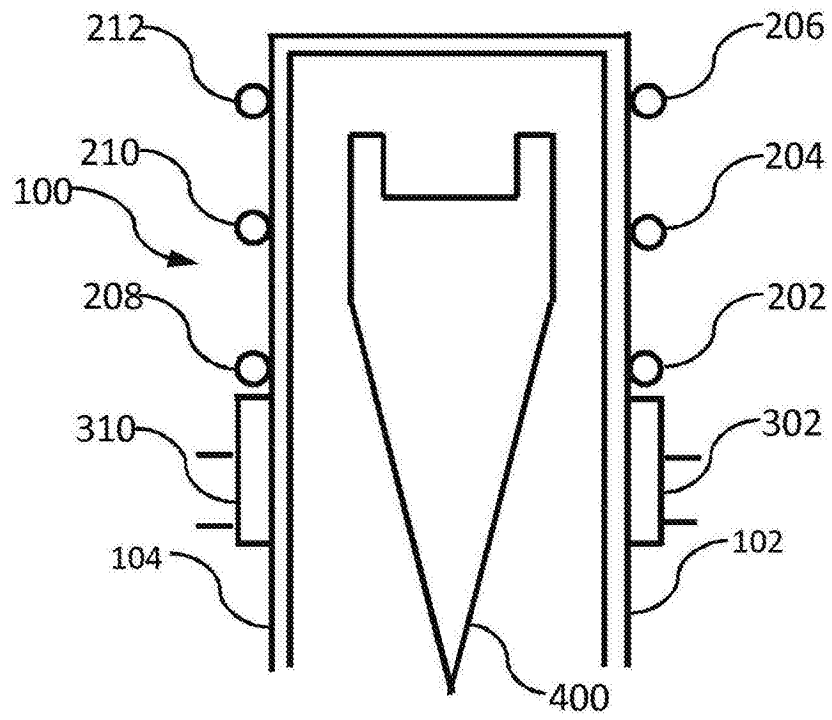


图2

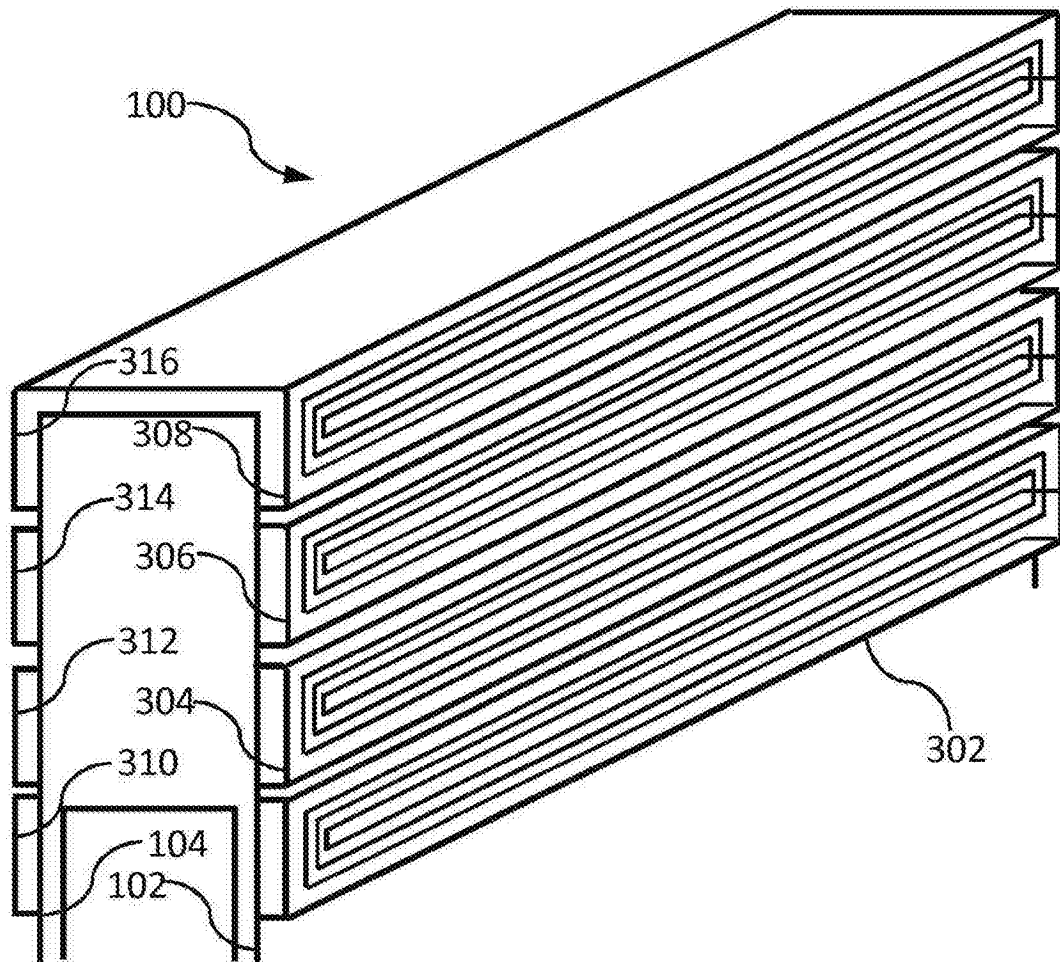


图3

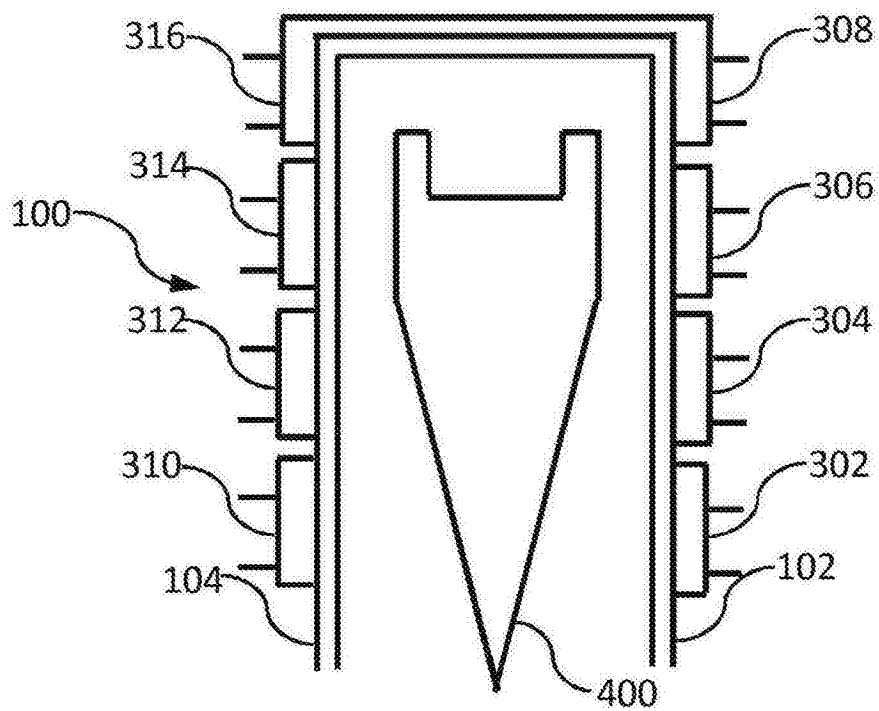


图4

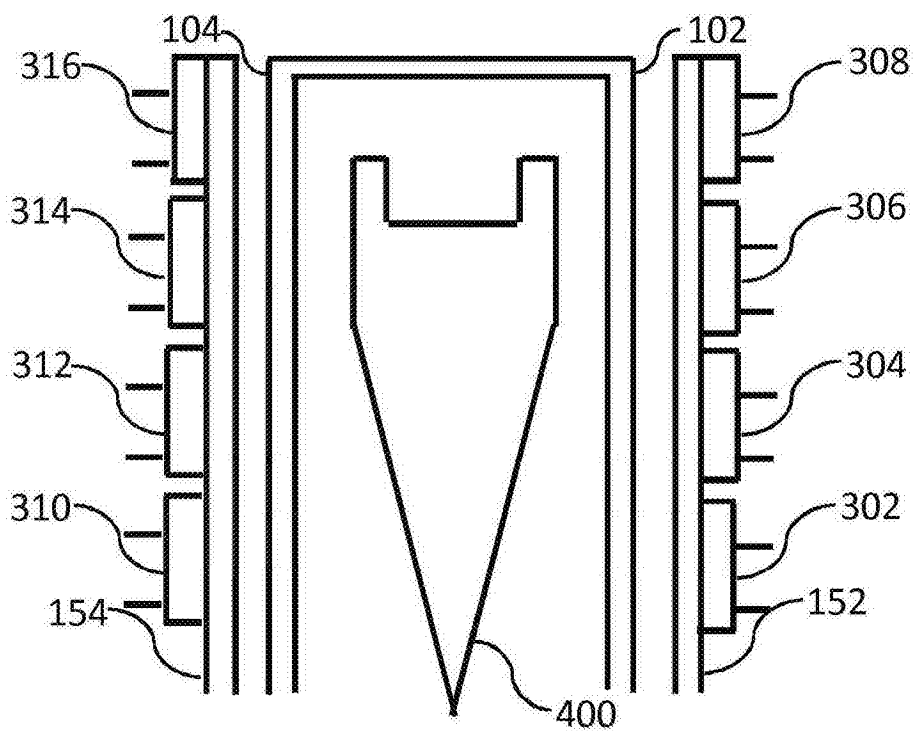


图5

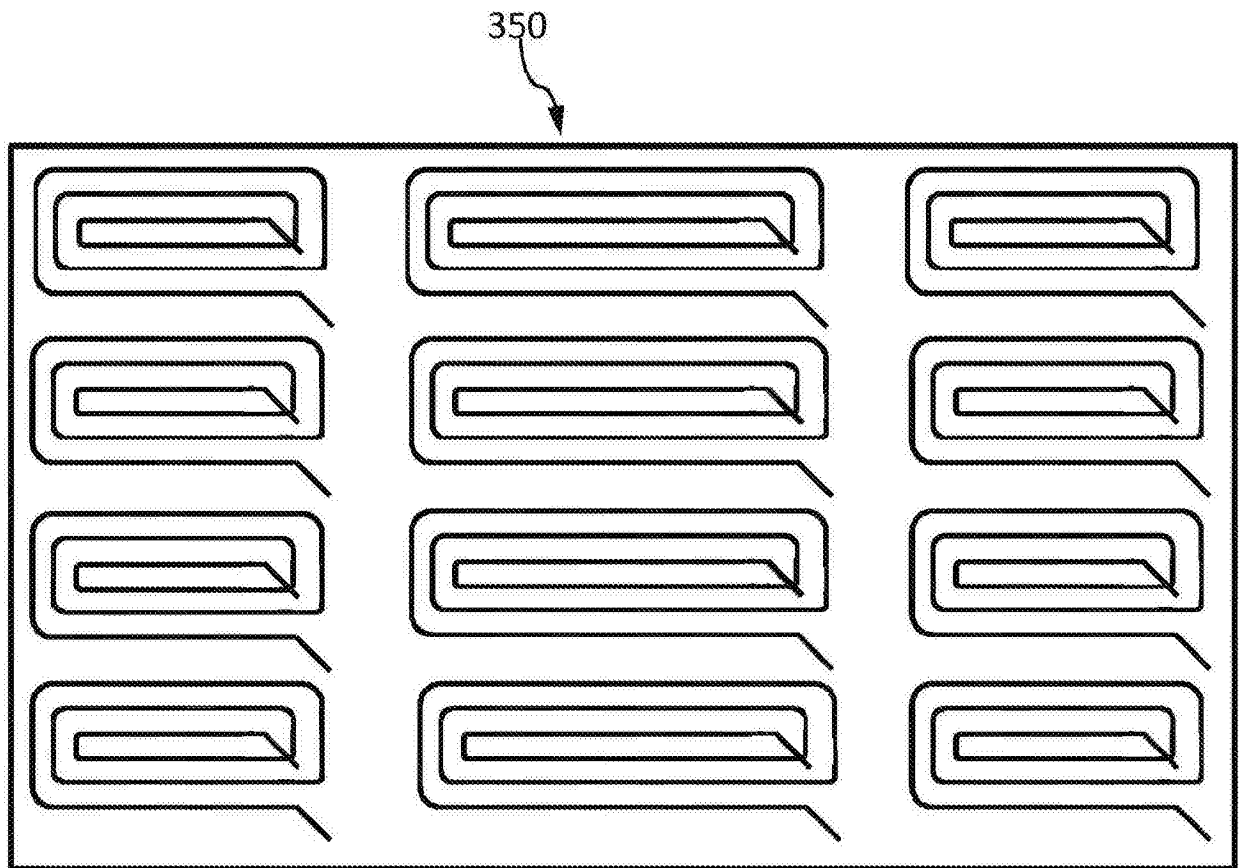


图6

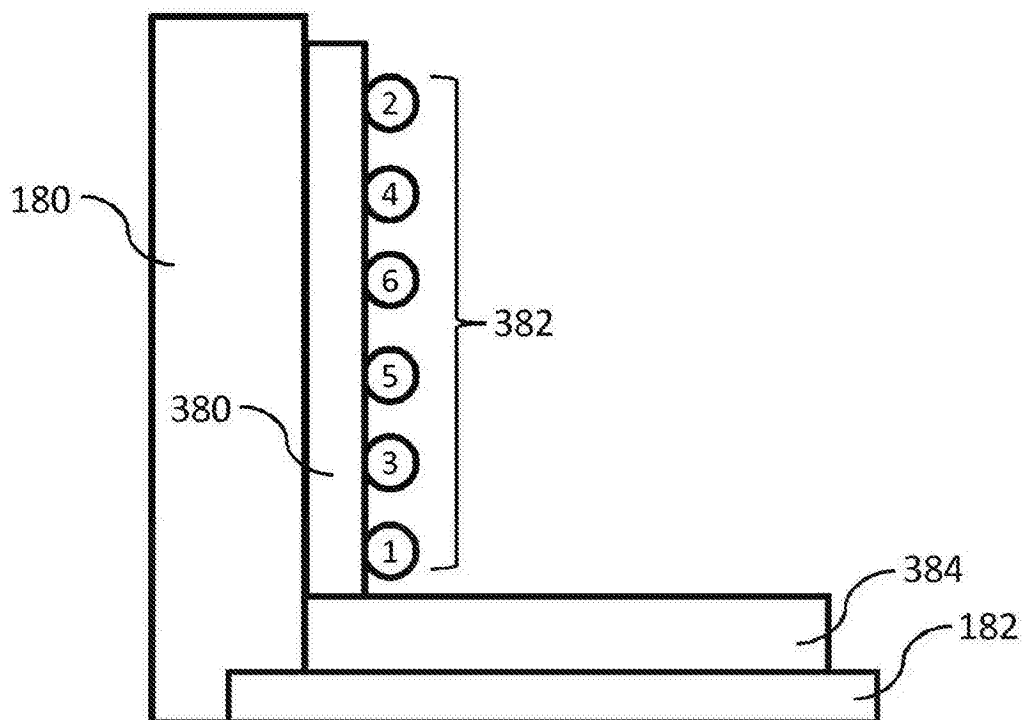


图7A

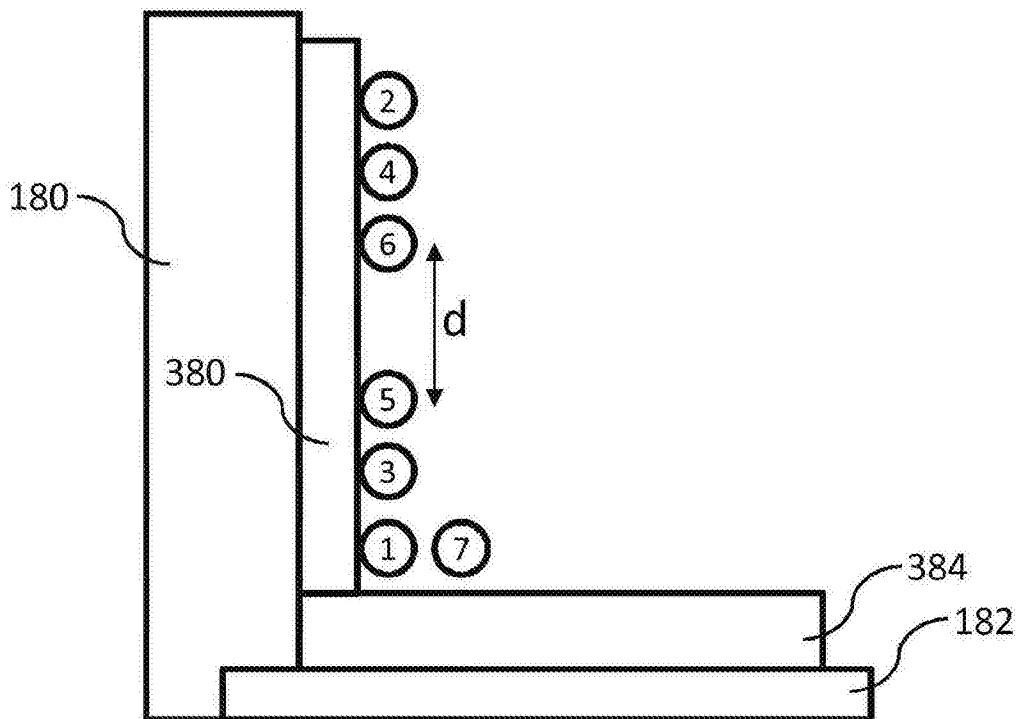


图7B

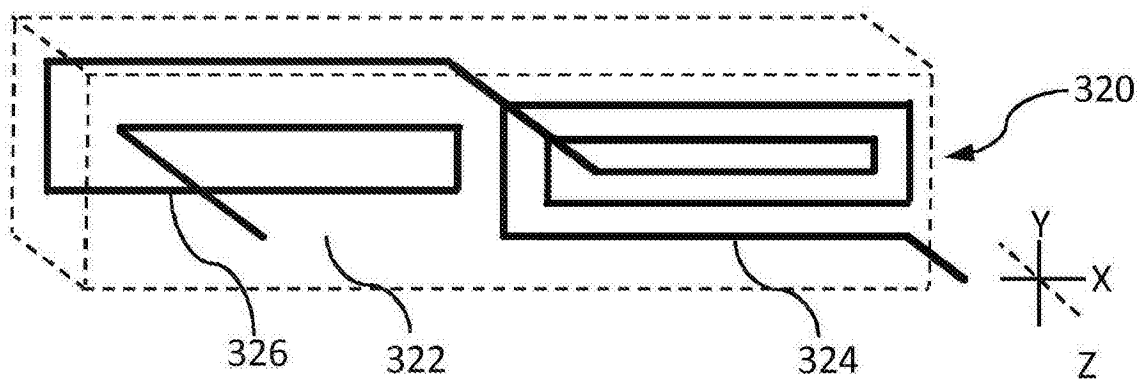


图8

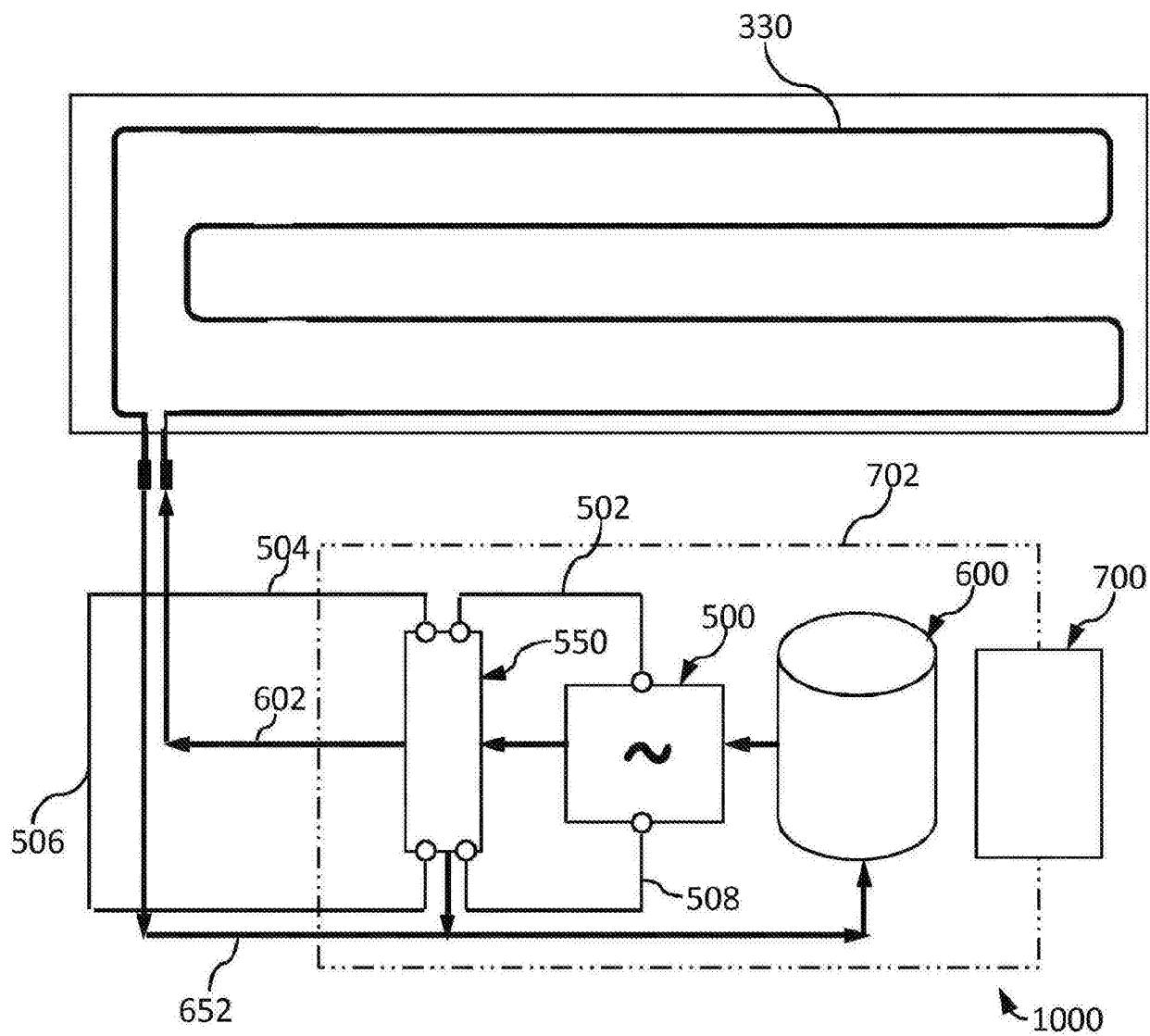


图9