



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109863584 A

(43)申请公布日 2019.06.07

(21)申请号 201780049895.X

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

(22)申请日 2017.06.15

代理人 张欣 钱慰民

(30)优先权数据

62/350,275 2016.06.15 US

(51)Int.Cl.

H01L 21/67(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.02.14

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2017/037703 2017.06.15

(87)PCT国际申请的公布数据

WO2017/218791 EN 2017.12.21

(71)申请人 沃特洛电气制造公司

地址 美国密苏里州

(72)发明人 S·霍普金斯-布雷特洛

J·莱姆克 J·亨特吉斯

K·内斯 E·艾里斯 W·博林格

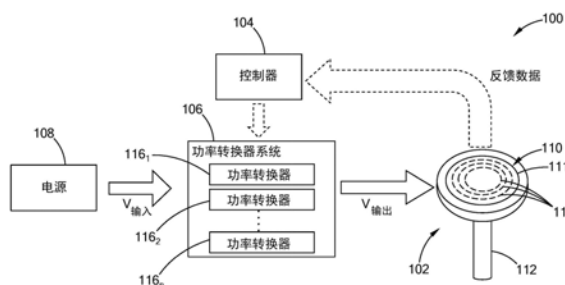
权利要求书2页 说明书7页 附图12页

(54)发明名称

用于热系统的功率转换器

(57)摘要

本公开总体上描述了一种系统,该系统包括加热器、包括功率开关的功率转换器、以及控制器。功率转换器与加热器通信,并且可操作用于将可调整的电压施加到加热器。控制器与功率开关通信,以基于加热器处的负载电流和检测到的电压中的至少一者来控制功率转换器的电压输出。控制器操作功率开关以调整功率转换器的电压输出。



1. 一种热系统,所述热系统包括:
加热器;
功率转换器,所述功率转换器包括功率开关,所述功率转换器与所述加热器通信,其中所述功率转换器可操作用于将可调整的电压施加到所述加热器;以及
控制器,所述控制器与所述功率开关通信以基于在所述加热器处的电流和电压中的至少一者来控制所述功率转换器的电压输出,其中所述控制器操作所述功率开关以调整所述功率转换器的所述电压输出。
2. 根据权利要求1所述的热系统,其特征在于,所述功率转换器包括降压转换器,所述降压转换器包括所述功率开关。
3. 根据权利要求1所述的热系统,其特征在于,所述控制器进一步包括具有微处理器的电子器件。
4. 根据权利要求1所述的热系统,其特征在于,所述功率开关是场效应晶体管(FET)。
5. 根据权利要求1所述的热系统,其特征在于,所述控制器基于一个或多个限制来对给到所述加热器的输入电压进行缩放。
6. 根据权利要求5所述的热系统,其特征在于,所述一个或多个限制包括感测到的参数值,所述感测到的参数值包括电压、电流和瓦特数中的至少一者。
7. 根据权利要求1所述的热系统,其特征在于,所述控制器将给到所述加热器的输入电压缩放到小于全线电压的值。
8. 根据权利要求1所述的热系统,其特征在于,所述控制器将给到所述加热器的输入电压缩放到预设的最小值与预设的最大值之间。
9. 根据权利要求1所述的热系统,其特征在于,所述控制器基于控制算法来对给到所述加热器的输入电压进行缩放。
10. 根据权利要求9所述的热系统,其特征在于,所述控制器基于所述加热器的所述电流和所述电压来确定电阻,并且基于所述电阻来对所述输入电压进行缩放。
11. 根据权利要求1所述的热系统,其特征在于,所述控制器将给到所述加热器的输入电压缩放到施加给所述加热器的电压限制量。
12. 根据权利要求1所述的热系统,进一步包括多个加热器和多个功率转换器,使得所述加热器中的每一个加热器由所述功率转换器中的一个或多个控制。
13. 根据权利要求1所述的热系统,其特征在于,所述控制器确定所述加热器的电阻,以用于对所述加热器执行诊断。
14. 根据权利要求1所述的热系统,其特征在于,所述控制器基于所述加热器的电阻来操作所述功率转换器以调整电压,使得来自功率转换器的功率与所述加热器的所述电阻的变化成比例。
15. 根据权利要求1所述的热系统,其特征在于,所述控制器按照选定的占空比切换所述功率开关,并且所述占空比与缩放因子成正比。
16. 根据权利要求1所述的热系统,其特征在于,所述控制器确定所述加热器的温度,并按照选定的占空比切换所述功率开关,其中所述选定的占空比是基于所述加热器的所述温度的。
17. 根据权利要求1所述的热系统,其特征在于,所述控制器基于所述加热器的所需功

率来改变电压。

18. 根据权利要求1所述的热系统,其特征在于,所述控制器基于所述电压和所述电流来计算所述加热器的电阻,并基于所述电阻来确定所述加热器的温度,并且进一步地,所述控制器基于所述加热器的所述温度来控制所述功率转换器的所述电压输出。

19. 一种热系统,所述热系统包括:

加热器,所述加热器具有多个加热元件;

多个功率转换器,每个功率转换器是包括功率开关的步降电压转换器,给定的功率转换器与所述多个加热元件中的一个或多个加热元件通信,其中所述功率转换器可操作于将可调整的电压施加到相应的一个或多个加热元件;以及

控制器,所述控制器与所述功率转换器的所述功率开关通信,以基于所述加热器的电流、电压和电阻中的至少一者来控制所述功率转换器的电压输出,其中所述控制器操作给定的功率开关以调整相应的功率转换器的所述电压输出。

20. 根据权利要求19所述的热系统,其特征在于,所述控制器基于所述加热器的所述电阻来确定所述加热器的温度,并调整所述温度以补偿所述功率开关的漏电流。

21. 根据权利要求19所述的热系统,进一步包括与所述控制器通信的传感器,所述传感器用于检测所述加热器的所述电流和所述电压中的至少一者。

22. 根据权利要求19所述的热系统,其特征在于,所述控制器基于所述电阻来确定所述加热器的温度,并且所述控制器基于所述加热器的所述温度来控制所述功率转换器中的一个或多个的所述电压输出。

用于热系统的功率转换器

技术领域

[0001] 本公开涉及热系统,更具体地,涉及具有各种不同功率的热系统。

背景技术

[0002] 本节中的陈述仅提供与本公开相关的背景信息,并且可以不构成现有技术。

[0003] 通常,基座加热器是用于加热设置在其上的晶片的半导体加工工具。基座加热器包括加热板和设置在加热板下方的支撑轴。加热板可包括陶瓷基板和多个电阻加热元件,所述多个电阻加热元件嵌入所述陶瓷基板中以限定多个加热区。通常,在加热器启动期间将相同的功率按照相同的斜变速率向多个电阻加热元件施加。

[0004] 尽管对电阻加热元件施加相同的功率,但是由于例如加热区域相对于散热器的定位以及由制造不均匀导致的加热区的特性的差异,一些电阻加热元件可以比其他加热元件更快地被加热。当加热区比相邻加热区加热更快时,相邻加热区之间的温差导致不同的热膨胀并因此导致相邻加热区之间的热应力。显著的热应力会在陶瓷基板中导致热裂缝的产生。

发明内容

[0005] 在一种形式中,本公开提供了一种热系统,所述热系统包括加热器、包括功率开关的功率转换器、以及控制器。功率转换器与加热器通信,并且可操作用于将可调整的电压施加到加热器。控制器与功率开关通信,以基于加热器处的电流和电压中的至少一者来控制功率转换器的电压输出。控制器操作功率开关以调整功率转换器的电压输出。在一种形式中,控制器基于加热器的温度来控制功率转换器的电压,其中所述温度是基于加热器的电阻被确定的,而所述电阻是由加热器的电压和电流来确定的。

[0006] 在另一形式中,本公开提供了一种热系统,所述热系统包括具有多个加热元件的加热器、多个功率转换器、以及控制器。每个功率转换器都是包括功率开关的步降电压转换器。给定的功率转换器与多个加热元件中的一个或多个加热元件通信,并且功率转换器可操作用于将可调整的电压施加到相应的一个或多个加热元件。控制器与功率转换器的功率开关通信,以基于加热器处的电流和电压中的至少一者来控制功率转换器的电压输出。控制器操作给定的功率开关,以调整相应的功率转换器的电压输出。

[0007] 通过本文中提供的说明书,进一步的可用性领域将变得显而易见。应当理解的是,说明书和具体示例仅旨在用于说明的目的而并非用于限制本公开的范围。

附图说明

[0008] 为了能够很好地理解本公开,现在将描述其各种形式,作为示例给出,对所附附图进行参考,其中:

[0009] 图1是根据本公开的教导的电热系统的框图;

[0010] 图2是根据本公开的教导的图1的电热系统的功率转换器的框图;

- [0011] 图3是根据本公开的教导的图2的功率转换器的示意图；
- [0012] 图4是根据本发明的教导的示出输入电压波形的功率转换的示意图；
- [0013] 图5A、图5B和图5C示出了根据本发明的教导的具有不同导通率 (conduction rate) 的驱动信号的波形；
- [0014] 图6A、图6B和图6C示出了根据本公开的教导的分别基于图5A、图5B和图5C的波形的功率转换器的输出电压的波形；以及
- [0015] 图7A、图7B、图7C和图7D示出了根据本公开的教导的基于不同输入条件的功率转换器的不同输出电压的波形。
- [0016] 本文所描述的附图仅用于说明目的，并不旨在以任何方式限制本公开的范围。

具体实施方式

[0017] 以下的描述本质上仅是示例性的，并且不旨在限制本公开、应用或使用。应当理解，贯穿附图，对应的附图标记指示相同或对应的部分和特征。

[0018] 参考图1，根据本公开的教导所构造的电热系统100包括加热器102、控制器104（即，控制模块）、以及功率转换器系统106。控制器104和功率转换器系统106控制从电源108供应到加热器102的功率。更具体地，控制器104和功率转换器系统106作为控制系统来运行，以用于监测供应给加热器102的功率以及如果需要的话，调整供应给加热器102的功率。如下面详细描述，控制器104从加热器102接收反馈数据，以确定是否要调整提供给加热器102中任何加热器区的功率，如果是，则通过将信号传输到功率转换器系统106来调整功率，以使一个或多个功率转换器将受控电压输出到加热器102的相应加热器区。

[0019] 在本公开的一种形式中，加热器102是基座加热器，该基座加热器包括加热板110和设置在加热板110的底表面处的支撑轴112。加热板110包括基板111和以本公开的一种形式嵌入基板111中的多个电阻加热元件（未示出）。电阻加热元件也可以设置在基板111的至少一个表面上，同时仍然在本公开的范围内。基板111可以由陶瓷或铝制成。诸电阻加热元件由控制器104独立控制，并且限定了如图中虚线所描绘的多个加热区114。应该理解的是，这些加热区114仅仅是示例性的，并且可以采用任何配置，同时仍然在本公开的范围内。

[0020] 可以以各种合适的方式配置电阻加热元件。例如，在本公开的一种形式中，电阻加热元件中的每一个连接到第一功率引脚和第二功率引脚，以分别限定第一结和第二结。第一和第二功率引脚被连接到导线，而导线从加热板110通过加热器102的支撑轴112延伸到控制器104。第一和第二功率引脚用作热电偶感测引脚，以用于测量加热器102的温度。在2015年5月29日提交的并且题为“具有温度感应功率引脚的电阻加热器 (RESISTIVE HEATER WITH TEMPERATURE SENSING POWER PINS)”的共同待审申请、美国序列号14/725,537中已经公开了使用功率引脚作为热电偶来测量电阻加热元件的温度，上述申请与本申请一起被共同拥有并且上述申请的内容通过引用以其整体并入于此。通常，与第一功率引脚和第二功率引脚通信的控制器104被配置成测量在第一结和第二结处的电压的变化。更具体地，控制器104测量在诸结处的毫伏 (mV) 变化，并随后使用这些电压变化来计算电阻加热元件的平均温度。在一种形式中，控制器104可以测量在诸结处的电压的变化而不中断到电阻加热元件的电力。例如，这可以通过在AC输入功率信号的过零处取得读数来实现。在另一形式中，电力被中断并且控制器104从加热模式切换到测量模式，以测量电压的变化。一旦确定

了平均温度,控制器104就切换回加热模式。

[0021] 可以以各种合适的方式配置加热器102,并且不限于两个引脚电阻加热元件。例如,加热器104可以是“双线”加热器,使得控制器104能够使用电阻的变化来确定温度。在美国专利号7,196,295中公开了这种双线系统,上述专利与本申请一起被共同拥有,并且上述专利的内容通过引用整体并入于此。在双线系统中,热系统是自适应热系统,该自适应热系统将加热器设计与多种控制进行合并,所述多种控制是在可定制的反馈控制系统中纳入功率、电阻、电压和电流,而所述可定制的反馈控制系统会在控制一个参数时限制另外的一个或多个这些参数(即功率、电阻、电压、电流)。控制器104被配置成监测在一段时间内递送到加热器的电流、电压和功率中的至少一者,以获取稳定连续的电流和电压读数。这些读数随后可用于确定电阻,并因此确定加热器的温度。替代地,控制器104可以被耦合到分立的温度和/或电阻传感器(多个)(例如,单独的热电偶)。

[0022] 功率转换器系统106包括多个功率转换器116(图中的116₁至116_n)。一个或多个功率转换器116被连接到加热器102的加热区的加热元件,以向加热元件供应电压。如下面进一步描述的,每个功率转换器116可操作于将来自电源108的输入电压(V_{IN})调整到被施加到加热器102的加热元件的输出电压(V_{OUT}),其中输出电压小于或等于输入电压。

[0023] 控制器104包括拥有微处理器和存储器的电子器件,并且被配置成通过功率转换器系统106控制供应给加热器102的电阻加热元件的功率。如下面进一步描述的,控制器104基于来自加热器102的反馈数据和预先存储的控制算法和/或过程来操作功率转换器系统106调整施加到加热器102的电压。在本公开的一种形式中,使用缩放因子来缩放来自电源108的输入电压,该缩放因子诸如是在美国专利号7,257,464和8,423,193中公开的缩放因子,上述专利与本申请一起被共同转让并且上述专利的内容通过引用以其整体并入于此。可以基于预设的用户值来缩放输入电压。预设用户值是最大电压输出电平和最大功率输出电平和中的一者,或者通常可以是电流、电压或瓦特数。在缩放电压以及向加热器提供功率的同时测量电流。缩放包括逐渐斜升或斜变函数,以在斜升期间检测加热器特性。加热器特性包括加热器低电阻和加热器短路中的一者。在另一形式中,控制器104基于控制算法来确定加热器102的电阻以用于缩放输入电压。

[0024] 参考图2,系统100包括诸如控制器104之类的电子部件,该电子部件在比例如功率转换器116低的电压下操作。因此,为了保护低电压部件免受高电压影响,系统100包括将低电压部件与高电压部件隔离开并且仍然允许部件交换信号电子部件。出于说明的目的,虚线202表示系统100的低电压部分与高电压部分的隔离。

[0025] 给定的功率转换器116包括驱动器电路202和具有控制开关206(图中的“SW”)的降压转换器204,控制开关206也可以被称为功率开关。驱动器电路202基于来自控制器104的输入信号来操作控制开关206。驱动器电路202包括诸如光隔离器或变压器等的电子器件,以与控制器104通信并将控制器104与功率转换器116隔离开。

[0026] 通常,降压(buck)转换器204作为步降(step-down)电压转换器可操作于降低电源108的电压。具体地,来自电源108的AC电压(例如,208VAC)被整流为DC电压,随后由降压转换器204接收该DC电压。基于控制开关206的操作,降压转换器204降低电压并增大来自电源108的电流,并将经调整的电压和电流施加到加热器102的相应加热元件207。为了减小电压纹波(ripple),将由电容器或电容器和电感器的组合构成的滤波器添加到降压转换器

204的输出端和/或输入端。

[0027] 系统100进一步包括传感器电路208,传感器电路208将指示加热器102的性能的信号传输到控制器104。传感器电路208可以包括诸如隔离的模数转换器、光隔离器或变压器等的电子器件,以用于在系统的低电压部分和高电压部分之间传输信号。在本公开的一种形式中,传感器电路208包括电流感测电阻器、电压感测电阻器和晶体管,该晶体管用于在控制开关206处于预定状态时对电流感测电阻器进行分流以承载负载电流。电流感测电阻器、电压感测电阻器、以及晶体管被耦合到功率转换器116的降压转换器204。传感器电路208测量由降压转换器204施加到加热元件的电流或电压中的至少一者,并将数据作为反馈传输到控制器104,控制器104进而确定功率转换器116的期望输出电压。

[0028] 参考图3,示出了具有降压转换器302的功率转换器116的示例示意图。降压转换器302包括晶体管304(例如,场效应晶体管)、二极管306、电感器308和电容器310。晶体管304可作为开关来操作以控制通过降压转换器302的电流的流动。通常,晶体管包括控制端子,并且基于施加到控制端子的电压,晶体管可以作为闭合开关来操作以使电流流过晶体管的源极和漏极区域之间的传导沟道,或者作为其中没有电流流过传导沟道的开路开关来操作。当没有电压被施加到控制端子时,N型晶体管用作开路开关,而当施加电压(例如,5V)时,N型晶体管用作闭合开关。替代地,当电压被施加到控制端子时,P型晶体管用作开路开关,而当没有施加电压至控制端子时,P型晶体管用作闭合开关。虽然晶体管304被示为N型晶体管,但晶体管304也可以是P型。

[0029] 降压转换器302从被耦合到电源108的整流器312接收经整流的电压,并将输出电压施加到加热元件。通常,当晶体管304处于闭合状态(即,闭合开关)时,降压转换器302被电耦合到整流器312,使得通过转换器302的电流开始增加。跨电感器308端子生成相反的电压,该相反的电压抵消来自整流器312的电压,从而降低加热元件的端子两端的净电压。随着时间推移,电流的变化速率开始减小,从而降低电感器308两端的电压并增大施加到加热元件的端子的电压。当晶体管304处于开路状态(即,开路开关)时,降压转换器302与整流器312去电耦,并且电感器308开始放电,导致电感器308两端的电压下降并作为电流源工作。具体地,由电感器308生成的磁场支持流过加热元件的端子的电流。

[0030] 图3还示出了传感器电路318的示例,传感器电路318包括电流感测电阻器320、漏电感测电阻器322、以及用于对漏电感测电阻器322进行分流的场效应晶体管(FET)324。传感器电路318与控制器104通信,并提供指示如下的数据:例如施加到与降压转换器302耦合的一个或多个加热元件的相电压和电流的均方根(RMS)值。

[0031] 参考图4,示出了一例通过系统100对来自电源的输入信号进行的功率转换。通过无源或有源整流器将AC电压402转换为具有纹波的DC电压信号406。由晶体管选择性地将DC电压406施加到降压转换器,通过控制器104切换驱动该晶体管。降压转换器以多个脉冲408的形式输出电压。基于来自加热器102的信息和加热器102的操作状态,降压转换器可操作于输出在最大电压(例如,208)与最小电压(例如,0V)之间的可变电压410。因此,热系统100独立地控制施加到加热元件的电压,使得施加到一个或多个加热元件的电压可以与其他加热元件不同。

[0032] 施加到晶体管的驱动信号的脉冲宽度控制降压转换器的输出电压。具体地,输出电压的幅度取决于晶体管的导通率(即,占空比)。导通率越小,输出电压的幅度就越小。例

如,图5A-5C示出了在不同的导通率(例如,5%,25%和50%)下的晶体管的驱动波形,并且图6A-6C示出了基于图5A-5C的驱动波形的降压转换器的预期输出电压。当具有50%导通率的经调制的驱动信号被施加到晶体管时,降压转换器输出的电压大于用具有5%导通率的驱动信号输出的电压。因此,通过控制驱动信号的脉冲宽度,控制器104控制功率转换器116的输出电压,并因此独立地控制施加到加热元件的电压。

[0033] 控制器104基于加热器102处的温度、电阻、电流和/或电压中的至少一者来确定给定功率转换器116的期望输出电压,所述温度、电阻、电流和/或电压被统称为输入参数。例如,控制器104被配置成基于加热器102的电阻来操作功率转换器116以调整输入电压,使得来自功率转换器116的功率与加热器102的加热元件的电阻的变化相匹配。在另一示例中,控制器104按照选定的占空比切换控制开关以调整输入电压,其中占空比与缩放因子成正比。控制器104基于加热器102处的负载电流和检测到的电压中的至少一者来选择占空比,或者更具体地,基于相应加热元件的温度来选择占空比。

[0034] 在本公开的一种形式中,控制器104使用状态模式控制,其中控制器104基于一个或多个输入参数来确定加热器102的操作状态。加热器102的操作状态包括:空转模式,在该模式下没有向加热器102供应功率;启动模式,在该模式下供应低功率以测量电压和电流;软启动模式,在该模式下以低斜变速率增大功率,直到通过特定的电阻设定点;速率模式,其中以基于加热器的材料选择的斜变速率增大温度;保持模式,其中使用例如连续比例-积分-微分控制器(PID控制)来将加热器102的温度控制到特定的设定点。这些操作状态仅仅是示例性的,并且可以包括其他模式,同时仍然在本公开的范围内。

[0035] 基于加热器102的操作模式,控制器104通过调整从功率转换器施加到相应加热元件的输入电压来独立地控制所述加热元件。可以以各种方式配置控制器104以调整输入电压,所述各种方式包括但不限于:(1)根据操作状态修改PID参数;(2)将自动模式(无用户输入)更改为手动模式(由控制器接收用户输入)或将手动模式更改为自动模式;(3)设定手动功率百分比;(4)启动设定点斜变;(5)通过偏移PID控制的积分(保持项)、缩放该积分,和/或基于温度进行所述修改,来修改所述积分;以及(6)在进入新的操作状态时改变电压。可以以各种合适的方式触发由控制器104用来调整电压的逻辑,所述各种合适的方式包括但不限于:(1)检测到启动;(2)工艺温度接近设定点;(3)工艺温度偏离设定点;(4)设定点的变化;(5)超过工艺温度;(6)下降至工艺温度以下;(7)过了预定时间段;(8)一般系统读数要被达到(例如,电流、电压、瓦特数、电阻、和/或功率百分比)。热系统包括多个状态,其中每个状态具有独特的设置,用于创建在动态系统中提供最佳性能的可编程状态机。每个状态可以定义当条件满足时进入的下一状态。

[0036] 控制器104被配置成操作功率转换器系统106以将连续可变电压施加到加热器102的加热元件。可变电压具有不同的功率幅度。通过使用可变电压来控制斜变速率,加热器102可以较少受热裂缝的影响,并且因此可变电压可操作用于减小不同加热区之间的温差。当热系统使用双线控制时,进一步实现了这些益处。

[0037] 在本公开的一种形式中,控制器104被配置成提供基于模式的控制,以将PID状态与系统状态相匹配。斜升速率和加热器测试基于加热器的操作状态。用于向加热器102供电的典型控制方法具有在陶瓷基板中导致裂缝的潜在问题,特别是当电阻加热元件由具有相对高的热电阻系数(TCR)的材料制成时。在加热器启动期间,电阻加热元件具有冷时相对低

的电阻,并且本公开的控制器的104可以通过限制功率和电压来管理低电阻冷启动,从而抑制电流涌入。当相应加热区的温度斜升到设定点时,通过调整诸加热器区处的斜变速率,将所述相应加热区和其他区之间的温差维持在可接受的限度内。因此,可以平衡给到各个加热区的功率。可以由控制器响应于加热元件的操作状态来控制 and 调整电阻加热元件的斜变速率,从而在所有不同的加热区实现更均匀的加热。

[0038] 图7A、图7B、图7C和图7D例示了功率转换器的输出电压波形,该功率转换器分别在启动模式期间、预热模式期间、稳定状态模式期间和处于扰动时向加热器的一个或多个加热元件供电。如所示的,施加到加热元件的电压波形是不同的。电压根据加热元件的电阻、流过加热元件的电流、和加热元件的温度而变化。在温度相对低时的启动和预热期间,电压具有相对小的幅度,因此瓦特数相对低。在温度相对高时的稳定状态和扰动/浪涌期间,电压的幅度增加,导致更高的瓦特数。

[0039] 更具体地,关于启动,加热元件的电阻低(例如,3欧姆),并且如果加热元件承受全线电压(例如,208V),则流过加热元件的瞬时电流以及得到的功率非常大(例如,大约69A和14,352W)。利用功率转换器系统106,控制器104将给到加热元件的输入电压调整到低得多的电压,例如3V,以控制电流和功率(例如,1A和3W)。控制器104随后可以基于加热元件的电阻和反馈信息逐渐增大所施加的电压。

[0040] 通常,即使将相同的电源施加到加热元件,加热器的不同加热元件也可能不以相同的速率被加热。这可能是由各种因素引起的,诸如,加热元件相对于散热器的定位和加热区中的制造不均匀性。当在相邻的加热区之间出现显著的温差时,相邻加热区中热膨胀的显著差异会在加热板的陶瓷基板中导致裂缝。本公开的电子热系统包括功率转换器系统,该功率转换器系统包括一个或多个功率转换器,用于向加热元件提供各种不同的功率,以对加热元件乃至加热器进行精确且更安全的控制。例如,可以向一个或多个加热元件供应较低的功率以使峰值电流最小化,或者可以在加热的早期阶段和关闭期间提供较低的功率以防止加热板的基板中的热裂缝。控制器控制功率转换器系统输出不同的电压,并因此控制各个加热区的温度。因此,本公开的电热系统调整不同区之间的温差,以在整个加热器中提供均匀的温度。

[0041] 因此,控制器基于加热元件的温度和/或加热元件的操作状态来控制对各个加热元件的可变供电。本公开的控制器的可变功率控制方法可以:1) 允许控制峰值电流和电压;2) 改变在最高设定点处而不是在突然启动时递送的最大瓦特数的功率降幅;3) 允许使用信号相位来递送所需的功率;4) 控制以低电压启动,以允许对短路/已短路加热器的检测;5) 对于双线控制,由于连续稳定的正弦传导,温度测量明显可以更稳定,从而允许更详细的诊断;以及6) 将功率因子设为1.0。

[0042] 控制器还可以测量/控制加热器特性,诸如,电流、电压、瓦特数、电阻、线频率。控制器提供对各个加热区的温度控制并管理不同区之间的温差,以便在整个加热板上提供均匀的温度,抑制热裂缝的生成。

[0043] 利用功率转换器系统,控制器被配置成用于控制从电源到加热器的电力供应。电源可以是具有相位触发控制(phase fire control)的AC电源或具有切换设备的DC源,并且加热元件可以由具有宽范围电阻的不同材料制成。例如,当使用铝来形成加热元件时,电阻加热元件具有冷时非常低的电阻,因此会汲取相对高的电流。本公开的功率转换技术在预

热的低电阻冷相期间施加较低电压以将电流管理到可接受的电平。

[0044] 此外,控制器还提供基于基座构造和应用的多种辅助和互补的感测方法。例如,当放置/空间允许时,可以使用诸如热电偶或RTD(电阻温度检测器)之类的分立温度传感器。光学荧光感测可用于高等离子体应用,诸如,在美国专利No.9,625,923中所公开的,该专利与本申请一起被共同转让,其内容通过引用整体并入于此。如以上所阐述的,也可以采用双线传感器。除了其他功能之外,这些温度传感器还可以用于过热限制,同时仍然在本公开的范围

[0045] 本公开的描述本质上仅是示例性的,因此,那些不脱离本公开实质的变型旨在落在本公开的范围

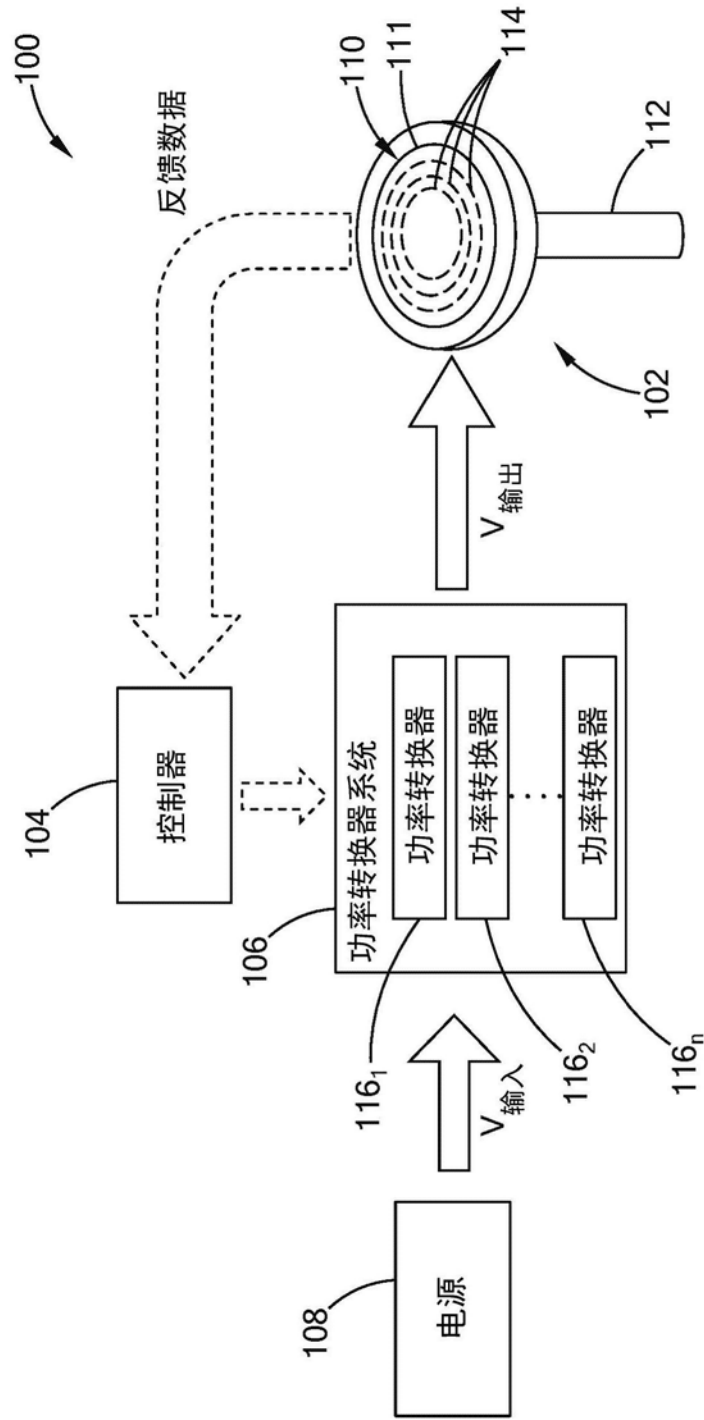


图1

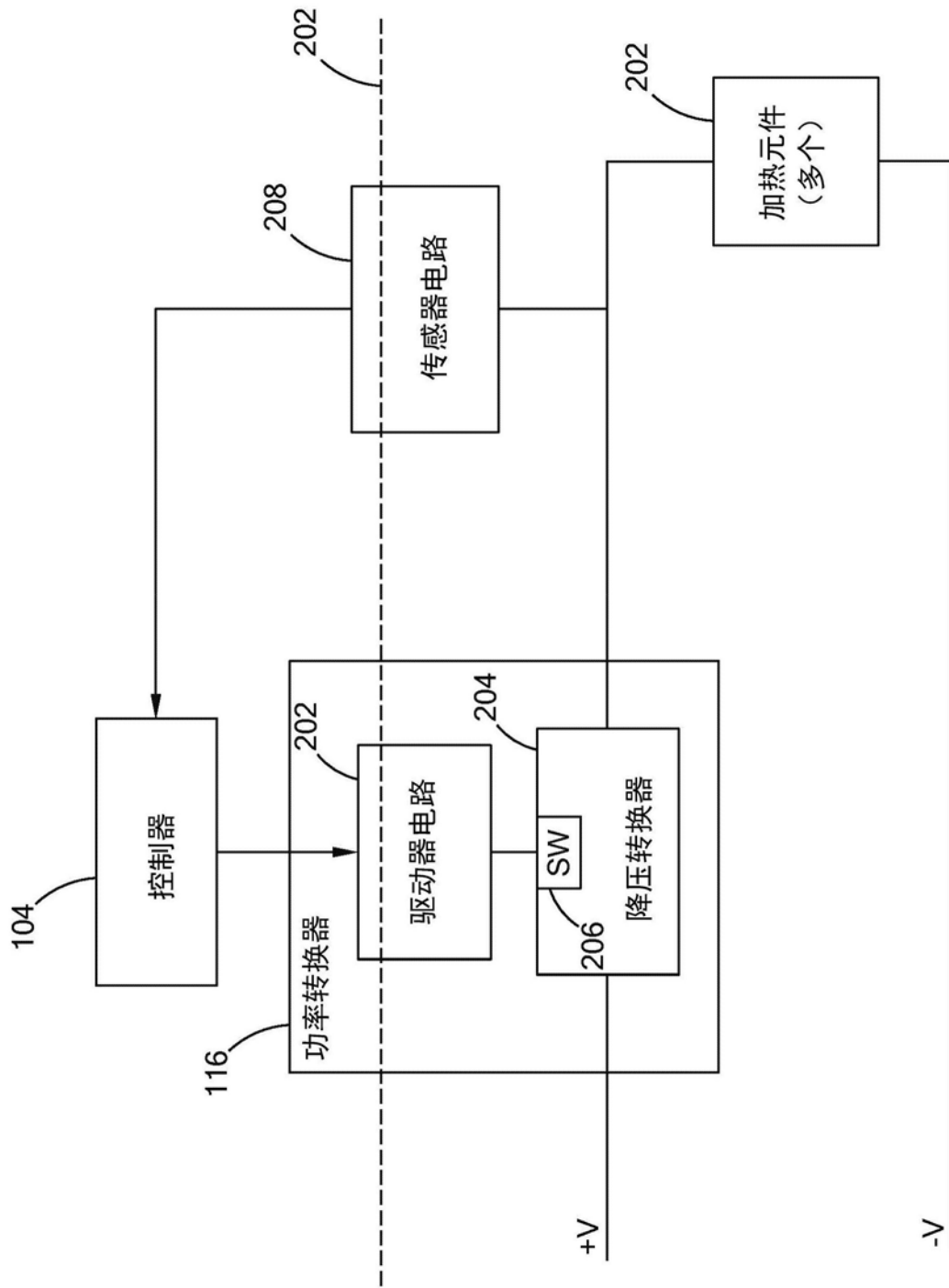


图2

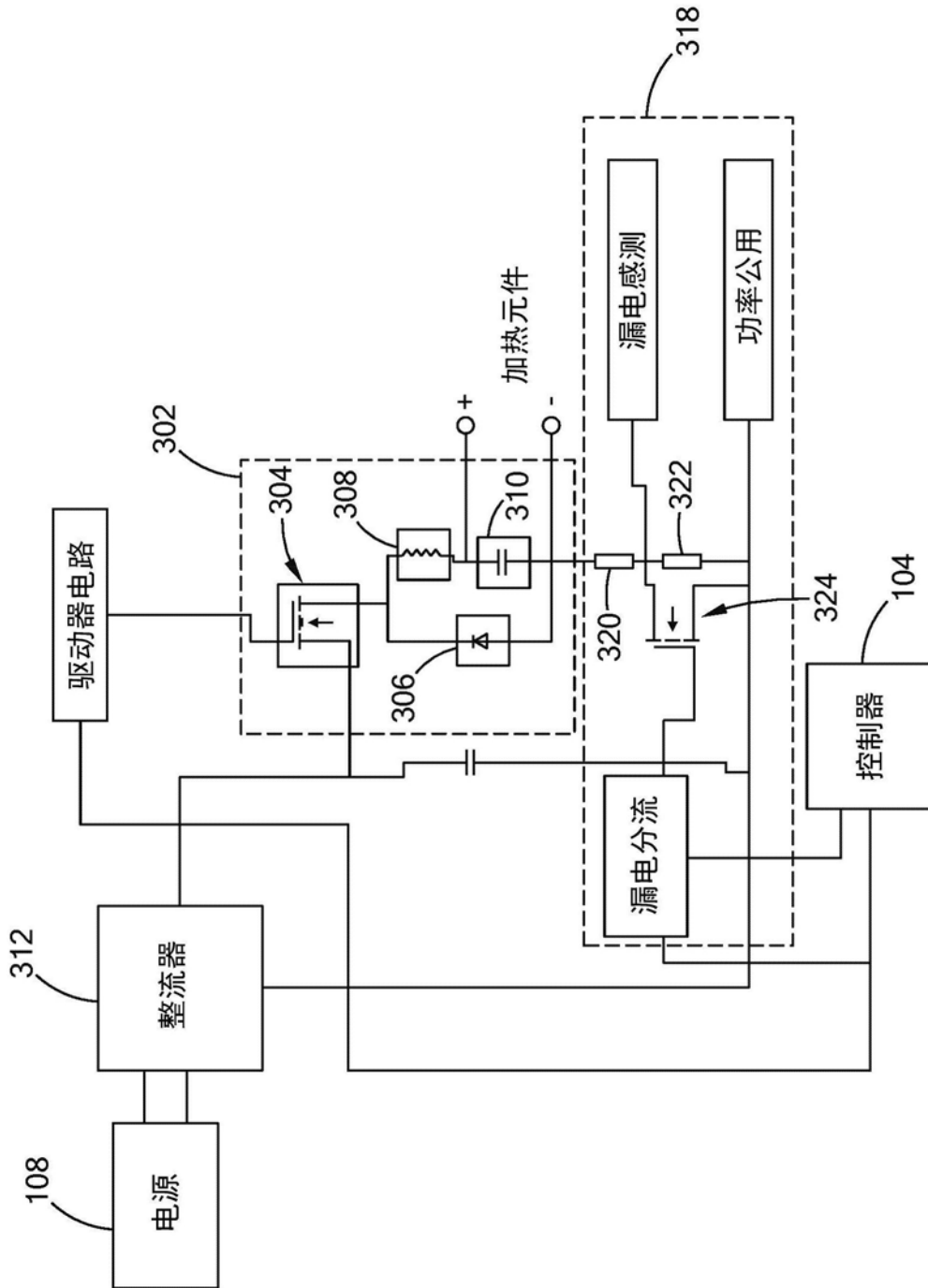


图3

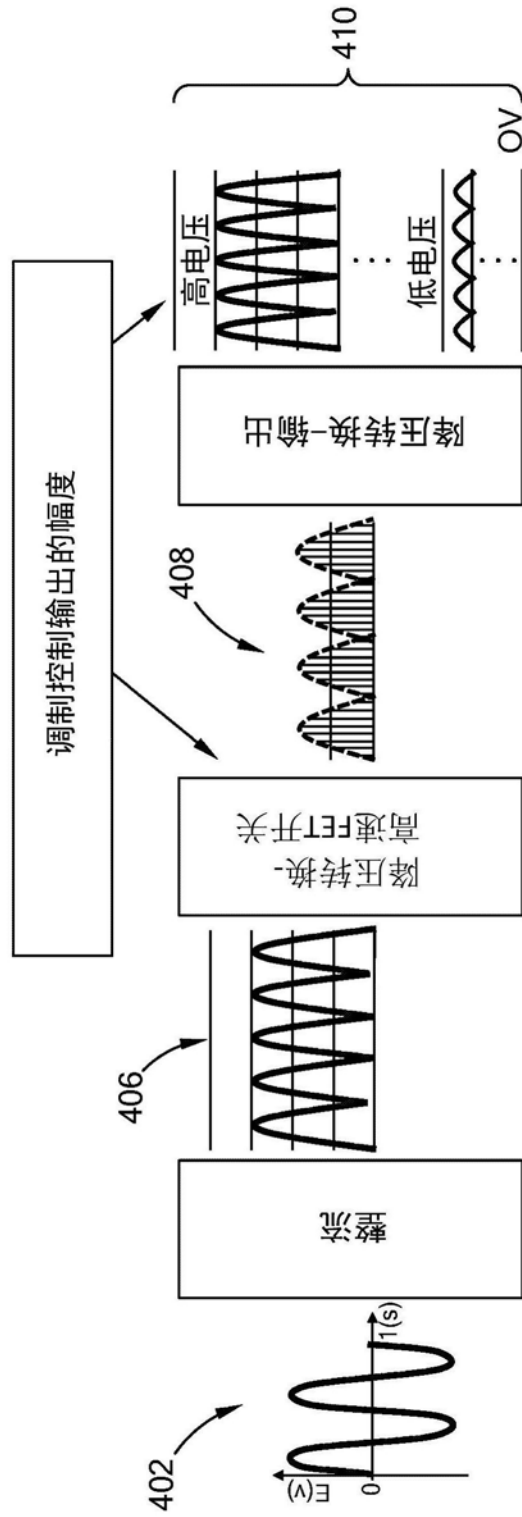
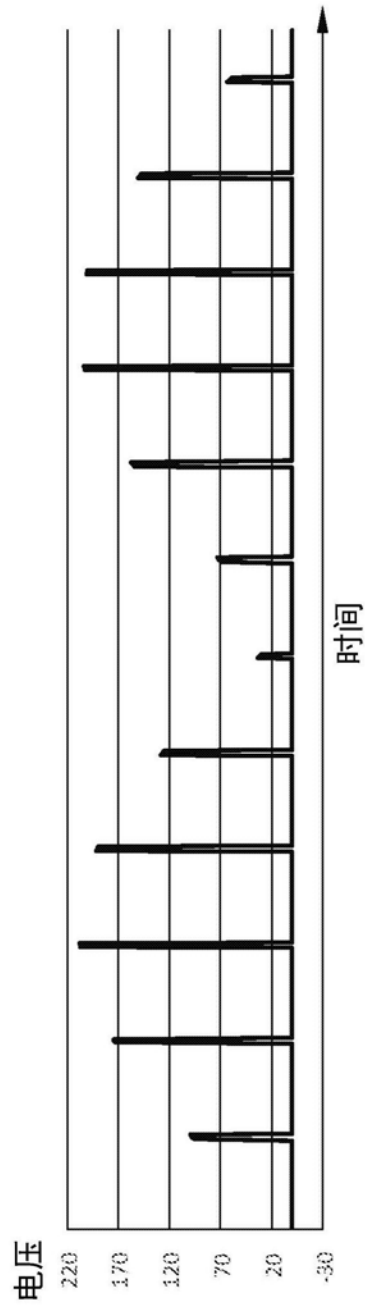
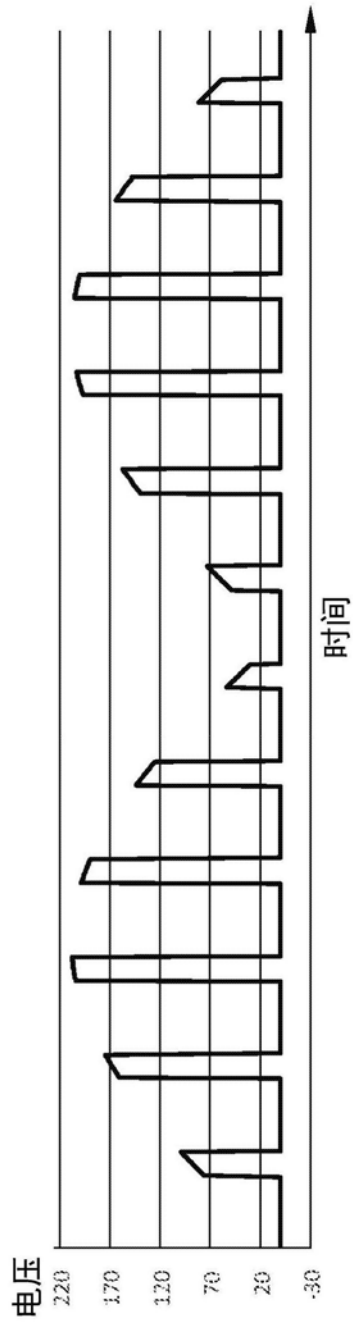


图4



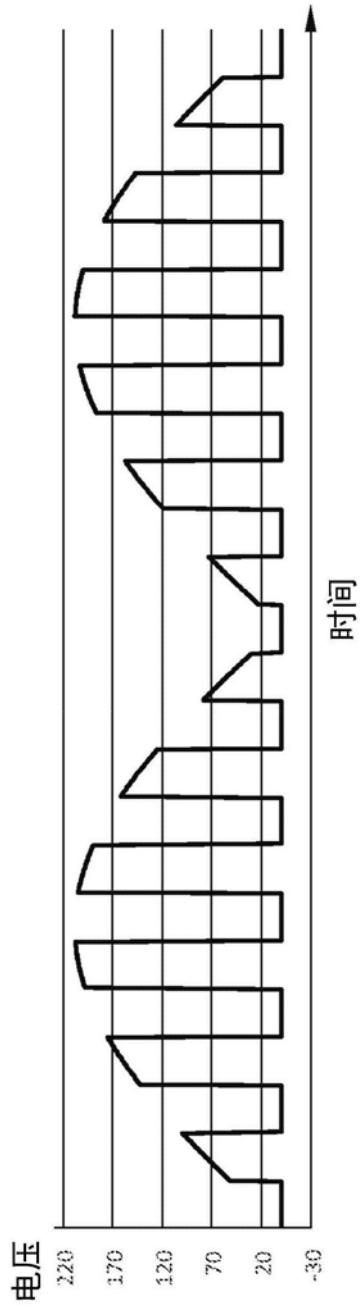
5%导通

图5A



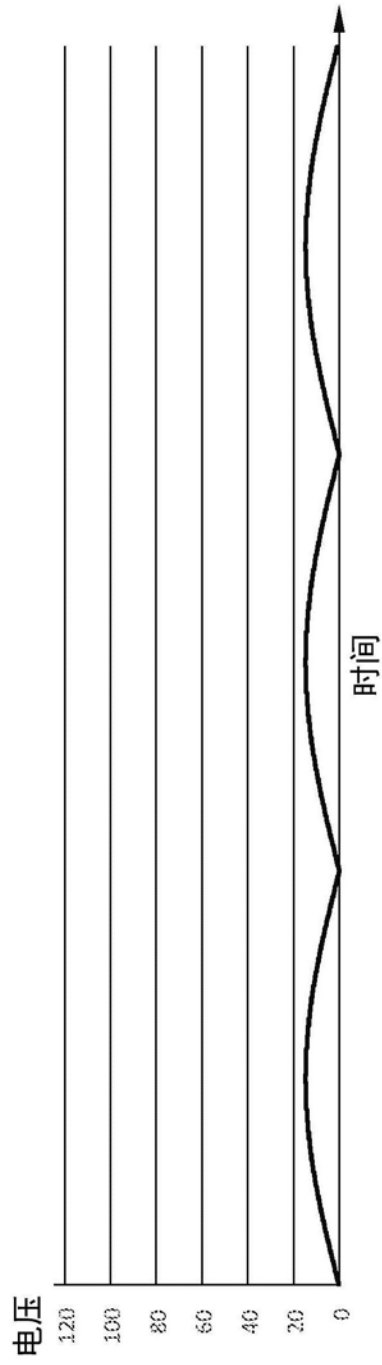
25%导通

图5B



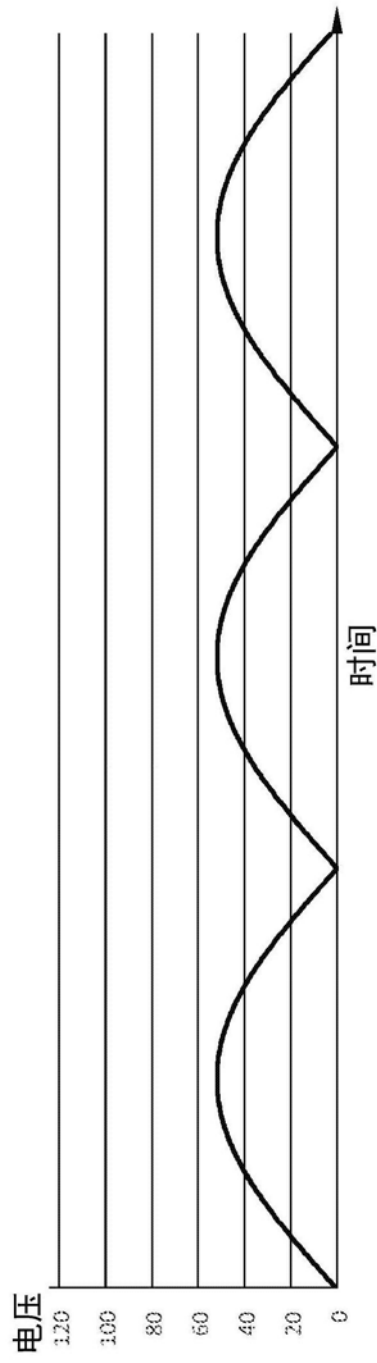
50% 导通

图5C



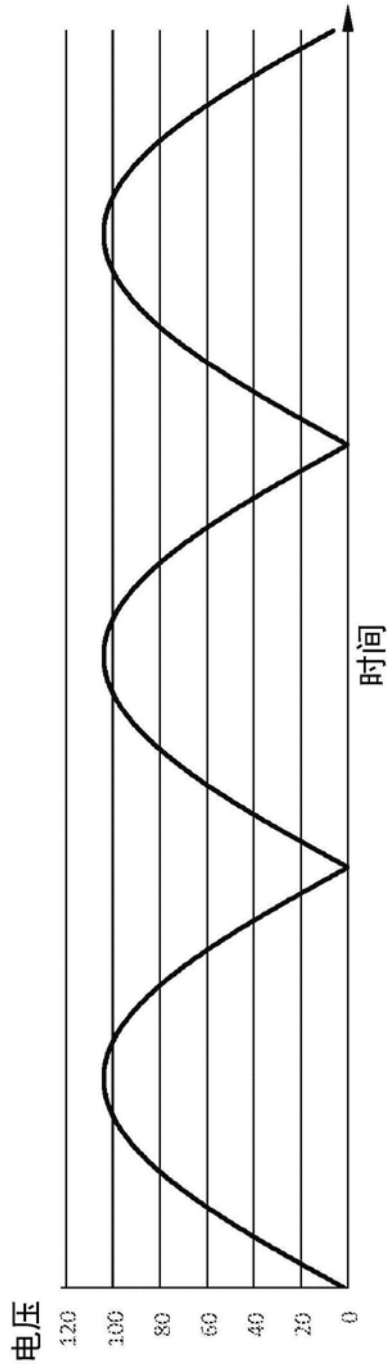
5%导通

图6A



25%导通

图6B



50%导通

图6C

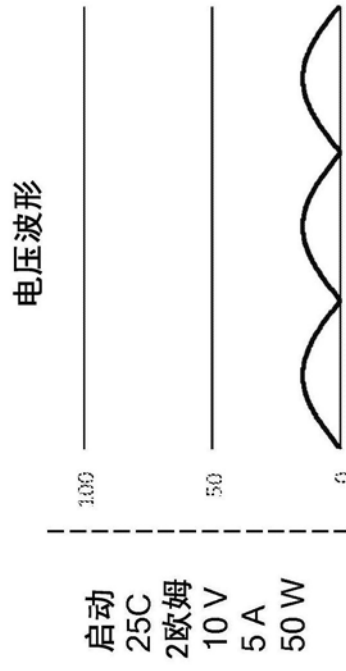


图7A

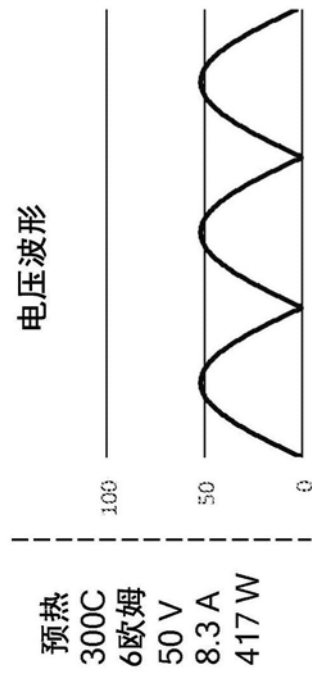


图7B

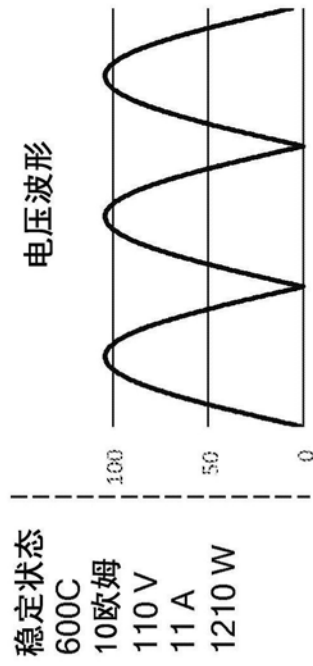


图7C

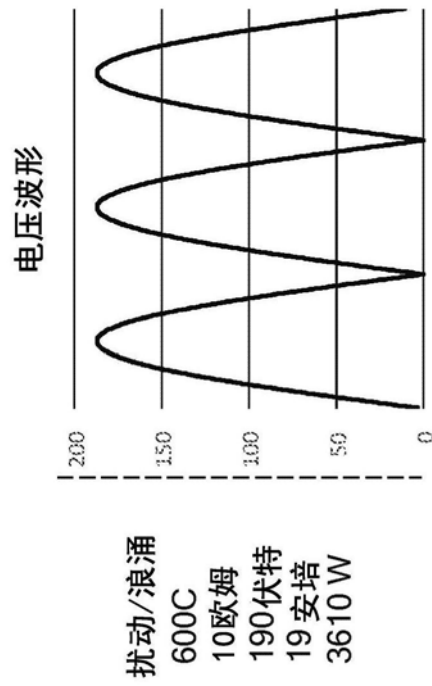


图7D