



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116413568 A

(43) 申请公布日 2023. 07. 11

(21) 申请号 202211531929.8

(22) 申请日 2022.12.01

(30) 优先权数据

17/571,699 2022.01.10 US

(71) 申请人 恩智浦美国有限公司

地址 美国得克萨斯

(72) 发明人 J·鲁迪亚克 I·S·坎达尔

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所
有限公司 11038

专利代理师 张小稳

(51) Int.Cl.

G01R 31/26 (2020.01)

G01K 13/00 (2021.01)

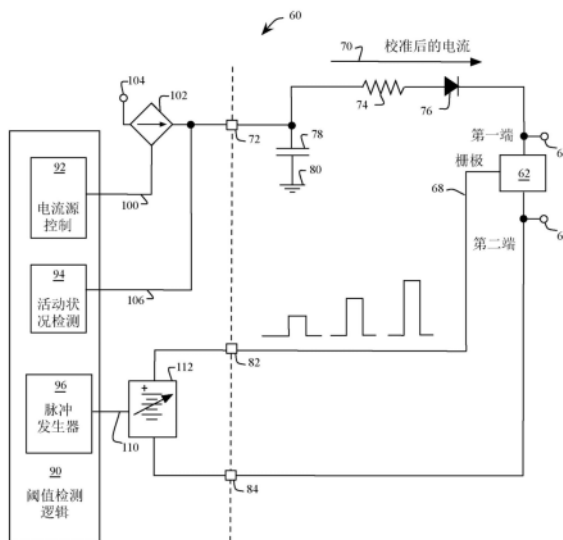
权利要求书2页 说明书8页 附图8页

(54) 发明名称

半导体装置的原位阈值电压测定

(57) 摘要

本公开涉及半导体装置的原位阈值电压测定。一种用于半导体装置的原位阈值电压测定的方法包括向所述半导体装置的第一端供应电流。用多个栅极电平驱动所述半导体装置的栅极端。每个栅极电平包括多个不同栅极电压中的一个。在每个栅极电平期间,在所述半导体装置的所述第一端与第二端之间测量晶体管电压。响应于所述半导体装置电压变换超过电压极限而存储相应栅极电压。根据先前存储栅极电压和第二测量温度,针对在所存储栅极电压的所述存储期间所测量的第一测量温度来估计所述半导体装置的温度相关阈值电压。



1. 一种用于装置的原位阈值电压测定的方法,其特征在于,包括:

向所述装置的第一端供应电流;

响应于装置电压指示所述装置的非活动状况而用多个栅极电平驱动所述装置的绝缘栅极端,其中每个栅极电平包括相应栅极电压,所述相应栅极电压不同于时间上相邻且在前的栅极电平的相应栅极电压;

在所述装置的所述第一端与第二端之间测量所述装置电压,所述装置被配置成响应于所述相应栅极电压超出所述装置的阈值电压而在其间可变地传导装置电流;

响应于所述装置电压指示所述装置的活动状况而存储所述相应栅极电压;以及

通过将所存储栅极电压与先前存储栅极电压进行比较来估计所述装置的所述阈值电压的变化。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述所存储栅极电压的第一测量温度与所述先前存储栅极电压的第二测量温度之间的温度差小于温度阈值。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述多个栅极电平包括阶跃函数。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述多个栅极电平包括栅极脉冲。

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,另外包括限制所述多个栅极脉冲中的每一个栅极脉冲的占空比。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,每个栅极电平的所述相应栅极电压从所述时间上相邻且在前的栅极电平的相应栅极电压增加。

7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,另外包括将所述阈值电压的所述变化与电压极限进行比较以确定所述装置的初期故障状况。

8. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,另外包括用所述电流将所述第一端充电到预充电电压,并响应于所述装置电压超出电压极限而确定所述非活动状况。

9. 一种用于晶体管的原位阈值电压测定的方法,其特征在于,包括:

向所述晶体管的第一端供应电流;

用多个栅极电平驱动所述晶体管的栅极端,每个栅极电平包括多个不同栅极电压中的一个;

在每个栅极电平期间,在所述晶体管的所述第一端与第二端之间测量晶体管电压;

响应于所述晶体管电压变换超过电压极限而存储相应栅极电压;以及

根据先前存储栅极电压和第二测量温度,针对在所存储栅极电压的所述存储期间所测量的第一测量温度来估计所述晶体管的温度相关阈值电压。

10. 一种用于半桥逆变器的原位老化测定的方法,其特征在于,包括:

向所述半桥逆变器的第一晶体管的第一端供应电流;

用多个栅极电平驱动所述第一晶体管的栅极端,每个栅极电平包括多个依序增加的栅极电压中的一个,所述半桥逆变器包括所述第一晶体管和第二晶体管,其中所述第一晶体管连接在所述第一端与第二端之间,并且第二晶体管与所述第一晶体管串联连接;

在每个栅极电平期间,在所述第一端与所述第二端之间测量晶体管电压;

响应于所述晶体管电压变换超过电压极限而存储相应栅极电压;

测量温度以生成温度测量值;以及

根据先前存储栅极电压和第二测量温度,针对在所存储栅极电压的所述存储期间所测

量的第一测量温度来估计所述第一晶体管的温度相关阈值电压。

半导体装置的原位阈值电压测定

技术领域

[0001] 本公开大体上涉及半导体装置,且更具体地说,涉及用于原位测定半导体装置的阈值电压的方法。

背景技术

[0002] 在可靠性和安全性受到关注的系统中,对由于老化或其它系统应力而引起的电力装置性能下降的初期故障检测或预警仍然是一个令人感兴趣的话题。在产品寿命内询问电力装置并监测其健康状况的能力是一项强大的功能,允许系统设计师在灾难性故障事件之前预测故障并提醒用户需要服务。

[0003] 与初期故障相关联的一个装置参数为晶体管的阈值电压。随着电力装置老化,装置的阈值将偏移。最初和随时间精确地测量电力装置阈值电压的能力可以提供电力装置寿命终止或电力装置不再符合原始设计规范的早期指示。当电力装置处于“接通”状态时,使用传统方法来检测限定集电极和发射极或漏极和源极的端之间的变化。然而,此类方法可能是侵入性的且存在不准确性。

发明内容

[0004] 根据本发明的一个方面,提供一种用于装置的原位阈值电压测定的方法,包括:向所述装置的第一端供应电流;响应于装置电压指示所述装置的非活动状况而用多个栅极电平驱动所述装置的绝缘栅极端,其中每个栅极电平包括相应栅极电压,所述相应栅极电压不同于时间上相邻且在前的栅极电平的相应栅极电压;在所述装置的所述第一端与第二端之间测量所述装置电压,所述装置被配置成响应于所述相应栅极电压超出所述装置的阈值电压而在其间可变地传导装置电流;响应于所述装置电压指示所述装置的活动状况而存储所述相应栅极电压;以及通过将所存储栅极电压与先前存储栅极电压进行比较来估计所述装置的所述阈值电压的变化。

[0005] 根据一个或多个实施例,所述所存储栅极电压的第一测量温度与所述先前存储栅极电压的第二测量温度之间的温度差小于温度阈值。

[0006] 根据一个或多个实施例,所述多个栅极电平包括阶跃函数。

[0007] 根据一个或多个实施例,所述多个栅极电平包括栅极脉冲。

[0008] 根据一个或多个实施例,另外包括限制所述多个栅极脉冲中的每一个栅极脉冲的占空比。

[0009] 根据一个或多个实施例,每个栅极电平的所述相应栅极电压从所述时间上相邻且在前的栅极电平的相应栅极电压增加。

[0010] 根据一个或多个实施例,另外包括将所述阈值电压的所述变化与电压极限进行比较以确定所述装置的初期故障状况。

[0011] 根据一个或多个实施例,另外包括用所述电流将所述第一端充电到预充电电压,并响应于所述装置电压超出电压极限而确定所述非活动状况。

[0012] 根据本发明的第二方面,提供一种用于晶体管的原位阈值电压测定的方法,包括:向所述晶体管的第一端供应电流;用多个栅极电平驱动所述晶体管的栅极端,每个栅极电平包括多个不同栅极电压中的一个;在每个栅极电平期间,在所述晶体管的所述第一端与第二端之间测量晶体管电压;响应于所述晶体管电压变换超过电压极限而存储相应栅极电压;以及根据先前存储栅极电压和第二测量温度,针对在所存储栅极电压的所述存储期间所测量的第一测量温度来估计所述晶体管的温度相关阈值电压。

[0013] 根据一个或多个实施例,所述晶体管包括绝缘栅双极晶体管。

[0014] 根据一个或多个实施例,所述晶体管包括场效应晶体管。

[0015] 根据一个或多个实施例,所述多个栅极电平包括阶跃函数。

[0016] 根据一个或多个实施例,所述多个栅极电平中的每一个包括栅极脉冲,并且通过用数/模转换器递增模拟电压来确定每个栅极脉冲的依序增加的栅极电压以调制放大器的输出,其中所述输出生成每个栅极脉冲。

[0017] 根据一个或多个实施例,所述晶体管包括半桥逆变器的低侧晶体管。

[0018] 根据一个或多个实施例,所述晶体管包括半桥逆变器的高侧晶体管。

[0019] 根据本发明的第三方面,提供一种用于半桥逆变器的原位老化测定的方法,包括:向所述半桥逆变器的第一晶体管的第一端供应电流;用多个栅极电平驱动所述第一晶体管的栅极端,每个栅极电平包括多个依序增加的栅极电压中的一个,所述半桥逆变器包括所述第一晶体管和第二晶体管,其中所述第一晶体管连接在所述第一端与第二端之间,并且第二晶体管与所述第一晶体管串联连接;在每个栅极电平期间,在所述第一端与所述第二端之间测量晶体管电压;响应于所述晶体管电压变换超过电压极限而存储相应栅极电压;测量温度以生成温度测量值;以及根据先前存储栅极电压和第二测量温度,针对在所存储栅极电压的所述存储期间所测量的第一测量温度来估计所述第一晶体管的温度相关阈值电压。

[0020] 根据一个或多个实施例,另外包括在针对所述第一测量温度与所述第二测量温度之间的差而归一化的所述所存储栅极电压与所述先前存储栅极电压之间估计所述第一晶体管的所述温度相关阈值电压的变化,并响应于此而执行系统级动作。

[0021] 根据一个或多个实施例,校准所述电流的电流值,以使得对所述阈值电压的所述估计能够不受由于所述电流随时间变化而引起的所述阈值电压的变化的影响。

[0022] 根据一个或多个实施例,所述温度与所述第一晶体管的晶体管温度成比例地变化。

[0023] 根据一个或多个实施例,另外包括在用所述多个栅极电平驱动所述第一晶体管的所述栅极端之前断开所述第二晶体管。

附图说明

[0024] 本发明借助于例子示出且不受附图的限制,在附图中,类似标记指示类似元件。为了简单和清晰起见而示出图中的元件,并且这些元件未必按比例绘制。

[0025] 图1是根据本公开的示例实施例的采用原位阈值电压测定的半桥逆变器系统的示意图。

[0026] 图2是根据本公开的示例实施例的用于原位阈值电压测定的电路的示意图。

[0027] 图3是根据本公开的示例实施例的栅极脉冲发生器电路的示意图。

[0028] 图4是根据本公开的实施例的用于装置的原位阈值电压测定的方法的流程图表示。

[0029] 图5是根据本公开的实施例的在原位阈值电压测定期间图1的实施例的相位节点电压的图形视图。

[0030] 图6是根据本公开的实施例的在原位阈值电压测定期间图1的实施例的栅极脉冲电压的图形视图。

[0031] 图7是根据本公开的实施例的在原位阈值电压测定期间检测图1的实施例的活动状况的比较器输出的图形视图。

[0032] 图8是根据本公开的实施例的用于装置的原位阈值电压测定的另一方法的流程图表示。

[0033] 图9是根据本公开的实施例的用于晶体管的原位阈值电压测定的另一方法的流程图表示。

[0034] 图10是根据本公开的实施例的用于半桥逆变器的原位老化测定的另一方法的流程图表示。

具体实施方式

[0035] 本文中所描述的实施例提供用于原位测定装置的阈值电压的方法。在一些实施例中,将阈值电压与先前存储阈值电压值进行比较以确定阈值电压偏移。在一些实施例中,对阈值电压偏移的确定另外用于检测装置的初期故障状况,并进一步检测装置在其内操作的系统的故障状况。可基于超出预定值的电压偏移、基于超过两个值的趋势和/或通过多个所存储值的相依性来确定故障状况。在被配置成响应于电压超出阈值电压而可变地传导电流的装置、晶体管和半桥逆变器以及其它实施例的上下文中描述方法。

[0036] 每个方法包括向第一端(例如,漏极或集电极)供应校准后的电流,所述第一端通过撤销激活连接到其的其它装置而处于高阻抗状态。在一个例子中,第一装置被配置成与第二装置串联,在端(例如,源极/漏极或发射极/集电极)处彼此连接。端可在第一装置和第二装置处于“断开”状态时充电,由此跨越第一装置产生电压。在一个例子中,端由从栅极驱动器供应的校准后的电流充电。在另一例子中,端由跨越串联连接的第一晶体管和第二晶体管的组合连接的DC总线电容器上剩余的残余电压充电。通过测量跨越第一装置的电压(例如,开路桥电压)来检测“断开”状态。在一个实施例中,随后用依序增加的栅极电压将一系列栅极电平(例如,作为阶跃函数或利用一系列对应栅极脉冲施加)施加到装置或晶体管的栅极端,直到如通过第一端的电压的变化(例如,骤降)所检测到的,栅极电压超出阈值电压。在另一实施例中,一系列栅极电平依序减小,并且存储超出阈值电压的最后一个栅极电平。

[0037] 在各种实施例中,栅极端是绝缘的,例如,对于绝缘栅场效应晶体管(IGFET)或绝缘栅双极晶体管(IGBT)是绝缘的,使得传导通过装置或晶体管(例如,漏极到源极或集电极到发射极)的电流主要是施加到第一端的校准后的电流的函数。例如,用已知的漏极到源极(I_{ds})电流激活IGFET以及补偿阈值电压所依赖的其它参数(例如,IGFET温度)使得能够基于从一系列所施加栅极脉冲施加的栅极到源极(V_{gs})电压来确定阈值电压。在一些实施例

中,可通过散热器的冷却剂温度、通过环境温度或通过装置附近的装置温度(例如,通过集成二极管)来确定装置、晶体管(例如,IGET或IGBT)温度。因此,低电力原位方法实现对阈值电压的精确测定,并且在一些实施例中,实现对IGFET的老化的测定并进一步实现对其中的初期故障的指示。

[0038] 图1示出半桥逆变器系统的实施例10的示意图。实施例10包括电容器12作为从高侧晶体管18的漏极或集电极到低侧晶体管20的源极或发射极的DC环节解耦电源或滤波元件,并且可以充电到DC总线电压(例如,上部电源14与下部电源16之间的电压)。在一个实施例中,上部电源为直流(DC)总线,所述DC总线的电压大于下部电源16的电压。电容负载12可通过与低侧晶体管20串联连接的高侧晶体管18的共源共栅布置而充电或放电。在半桥逆变器的实施例中,高侧晶体管18在相位节点22处连接到低侧晶体管20。

[0039] 高侧晶体管18由栅极驱动器30驱动,所述栅极驱动器30在节点32上生成栅极控制信号。栅极驱动器30还能够在节点34上生成校准后的电流(未示出),所述节点34可连接到与电压阻断二极管38的阳极串联的电阻器36。二极管38的阴极连接到高侧晶体管(例如,电力装置)18的源极/漏极。类似地,低侧晶体管20由栅极驱动器40驱动,所述栅极驱动器40在节点42上生成栅极控制信号。栅极驱动器30还在节点46上生成校准后的电流(例如,去饱和电流)44,所述节点46另外连接到与二极管50的阳极串联的电阻器48。二极管50的阴极连接到低侧装置20的漏极或集电极。在一个实施例中,移除电阻器36和48。

[0040] 在一个实施例中,二极管38和50保护栅极驱动器的低压电路系统或类似IC免受在电力装置断开时所述电力装置的漏极/漏极处所看到的高电势影响。在一个实施例中,选择从相应栅极驱动器30和40供应的校准后的电流以最大限度地减少寄生泄漏电流的影响,且缩短确定相应高侧晶体管18和/或低侧晶体管20的阈值电压所需的时间。在一个实施例中,确定高侧晶体管18的阈值电压,而低侧晶体管20保持在断开状态。在另一实施例中,确定低侧晶体管20的阈值电压,而高侧晶体管18保持在断开状态。在另一实施例中,分别确定高侧晶体管18和低侧晶体管20两者的阈值电压。有利地,本文中所描述的用于利用校准后的电流来测量栅极电压的方法依赖于两个晶体管18和20中的一个处于断开状态,因此还确保半桥处于“安全断开”状况。

[0041] 在一个例子中,栅极驱动器30相对于高侧晶体管18的源极或发射极产生足以撤销激活高侧晶体管18的电压(GND或负)。栅极驱动器40在相位节点22处将校准后的电流44供应到低侧晶体管20的集电极或漏极,这使得跨越低侧晶体管20的电压升高。因为高侧晶体管18和低侧晶体管20保持在高阻抗状态,而晶体管18和20都被撤销激活,所以只要电流44继续供应,就将维持节点22处的此电压。在一个实施例中,栅极驱动器40用依序增加的电压将电压脉冲提供到节点42,直到低侧晶体管20激活为止。在另一实施例中,栅极驱动器40提供作为阶跃函数的一系列增加的电压电平。低侧晶体管20的激活可通过用栅极驱动器40的比较器电路监测在相位节点22处的低侧晶体管20的集电极到发射极或漏极到源极电压来确定。给定的 I_{ds} 电流(例如,校准后的电流44)激活低侧晶体管20所需的最小脉冲电压(例如, V_{gs})提供低侧晶体管20的阈值电压的测量值,所述测量值可与测量温度结合使用,使得可对未来测量值进行归一化和/或将所述未来测量值与类似温度进行比较。

[0042] 每个栅极驱动器30和40经由相应通信总线54和56与微控制单元(MCU) 52或类似计算装置通信。在一个实施例中,MCU 52在比实施例10的其余电路系统低的电压域中操作。在

一个例子中,将激活低侧晶体管20所需的所确定最小脉冲电压传送到MCU 52,且可或可不由栅极驱动器相对于测量温度对所确定最小脉冲电压进行归一化以确定低侧晶体管20(或在另一实施例中为高侧晶体管18)的阈值电压。在其它实施例中,MCU将从栅极驱动器取得原始电压阈值测量值并将相对于系统级温度或装置级温度归一化。在各种实施例中,测量温度为系统级温度、环境温度、热耦合到实施例10的散热装置的冷却剂温度或装置温度中的一个(例如,用包括低侧晶体管20或高侧晶体管18的集成电路的集成二极管测量的)。在MCU 52对被测量的电力装置(在此情况下为低侧晶体管20)的所确定阈值电压进行归一化之后,由MCU 52将归一化的阈值电压存储在存储器装置中。在一些实施例中,测量温度和测量的最小脉冲电压或阶梯电压都存储在存储器装置中。

[0043] 在另一实施例中,随时间重复地确定低侧晶体管20的归一化的阈值电压。然后,MCU 52将两个或更多个所存储且归一化的阈值电压与阈值电压的当前或最近确定进行比较以确定阈值电压变化。阈值电压的变化超出电压极限可指示被测量的晶体管已老化超出可接受设计或可靠性极限。在一个例子中,MCU 52接着可通过通知实施例10的系统用户或撤销激活包括或涉及老化组件的电路系统而进一步响应于对老化的指示。

[0044] 图2在继续参考图1的情况下示出用于原位测定装置62的阈值电压的电路的实施例60的示意图。在一些实施例中,装置62为IGBT、碳化硅IGFET、氮化镓IGFET、砷化镓MOSFET或具有绝缘栅极端的任何晶体管,其中装置响应于栅极电压超出装置的阈值电压而可变地传导电流。在实施例60中,装置62被配置成响应于超过装置62的阈值电压的栅极电压被施加到栅极端68而在第一端64与第二端66之间传导电流。

[0045] 校准后的电流70从端72供应,通过与二极管76串联连接的电阻器74。二极管76的阴极连接到第一端64。在一个实施例中,端72另外连接到充电电容器78,所述充电电容器78连接到接地80。在实施例中,校准后的电流70将第一端64偏置到高于电压极限的电压,并且栅极端68上的电压小于装置62的阈值电压,由此将装置62置于“非活动”状况。响应于栅极端被偏置到高于装置62的阈值电压,装置62进入“活动”状况,并使第一端64放电到低于电压极限的电平。在一个实施例中,装置62的栅极端绝缘,使得在栅极端68与第二端66之间发生最小电流传导。因此,当装置62进入活动状况时,在第一端64与第二端66之间流动的电流与校准后的电流70相同。

[0046] 在实施例60中,栅极端68接收具有端82处的依序增加电压的一系列脉冲或电压阶跃。实施例60另外包括阈值检测逻辑电路90。阈值检测逻辑电路90包括电流源控制电路92、活动状况检测电路94和脉冲发生器电路96。在一个实施例中,电流源控制电路92生成控制信号100以控制电流源102,以从电压源104生成校准后的电流70。在一个非限制性实施例中,电压源104连接到图1的上部电源14。活动状况检测电路94监测节点106上的电压以确定第一端64上的电压变化。在一个实施例中,脉冲发生器电路96生成控制信号110,所述控制信号110控制可变电电压源112生成具有端82上的依序增加的电压的一系列脉冲。在另一实施例中,脉冲发生器电路96替换为阶梯函数发生器。在一个实施例中,包括在阈值检测逻辑电路90中的电路系统、电流源102和可变电电压源112包括在图1的栅极驱动器30或栅极驱动器40中。

[0047] 图3在继续参考图2的情况下示出可变电电压脉冲发生器电路的实施例120的示意图,所述可变电电压脉冲发生器电路与图2的脉冲发生器96和可变电电压源112执行类似的函

数。实施例120包括数/模转换器(DAC)(被配置成在输入总线124上接收一系列依序数字值并在节点126上生成等效模拟值)。放大器130布置在电压跟随器配置中以在端82上提供来自节点126的模拟值。在一个实施例中,放大器130通过节点132上的启用信号(En)启用。通过在输入总线124上依序步进一系列数字值,依序增加端电压82。下拉晶体管134通过节点136上的反相启用信号(Enb)启用。节点136上的信号Enb通过将节点132上的信号反相而形成,且在数字输入总线124上的状态变换期间是活动的,由此在端82上形成一系列电压脉冲。在一个实施例中,最大限度减小所生成电压脉冲的占空比,以在图1的相位节点22或图2的第一端64由于故障而短路到接地(相对的低侧或高侧晶体管由于故障而短路)的情况下提供防止过度电流消耗的保护。可通过调整接通时间、脉冲频率或这两者来改变占空比。

[0048] 图4示出用于装置的原位阈值电压测定的方法的实施例140。参考图1和图4,在142,断开高侧开关(例如,晶体管)18和低侧开关(例如,晶体管)20。在144,电压检测电路(例如,在一个实施例中为低侧去饱和验证器)验证图1的相位节点22上的电压超出电压极限,且因此由此验证高侧开关18为“断开”。在146,将最小栅极电压施加到低侧开关20。考虑到过程、电压和温度变化,由小于低侧晶体管20的最小预期阈值电压的值确定最小栅极电压。在148,针对零状况来检查去饱和比较器或任何通用电压比较器。在另一例子中,图2的活动状况检测电路94验证节点106已放电到低于电压极限,以指示低侧晶体管20为“接通”。如果148处的状况为真,则低侧开关20上的所施加电压超出其阈值电压,然后,以温度对所施加电压进行归一化,并存储低侧开关20的所确定阈值电压。否则,在150断开、递增和重新施加栅极电压。

[0049] 图5、图6和图7参考图1来分别示出根据实施例10的跨越被测试的晶体管的电压、施加到节点42的栅极脉冲电压和比较器输出(例如,活动状况检测电路94的输出)。具体地说,在图5中,相位节点22上的电压由于寄生耦合而变化,但并不下降到低于电压极限(指示低侧晶体管20已被激活),直到22.0ms之后。应理解,图5到图7中所示的时间值仅出于说明的目的。在其它实施例中,其它时间值可能会出现类似的效果。类似地,图6示出依序增加的脉冲电压,并且图7示出指示低侧晶体管20的活动状态的在22.0ms之后活动状况检测电路94的比较器输出。在一个实施例中,一旦比较器最初变换到低状态,就可存储并传送阈值电压测量值,然后退出测量序列。

[0050] 图8示出用于装置的原位阈值电压测定的方法的示例实施例160。参考图8以及图2的实施例60,在162,向装置62的第一端64供应电流70。在164处,响应于非活动状况(例如,节点106上的电压电平变换超过电压极限),用具有不同电压值的一系列栅极电平驱动装置62的绝缘栅极端68。在166,在装置62的第一端64与第二端66之间测量装置电压。在168,响应于活动状况而存储相应栅极电压,例如,存储在位于图1的MCU 52中或耦合到MCU 52的存储器装置中。在170,估计装置62的阈值电压。

[0051] 图9示出用于晶体管的原位阈值电压测定的方法的示例实施例180。参考图9以及图2的实施例60,在182,向晶体管62的第一端64供应电流70。在184,用具有不同栅极电压的一系列栅极电平驱动晶体管62的栅极端68。在186,在每个电平期间,在晶体管62的第一端64与第二端66之间测量晶体管电压。在188,响应于晶体管电压变换超过电压极限(例如,如由活动状况检测电路94所测量)而存储相应栅极电压。在190,估计晶体管62的温度相关阈值电压。

[0052] 图10示出用于半桥逆变器的原位老化测定的方法的示例实施例200。参考图10以及图1的实施例10,在202,向半桥逆变器10的晶体管的第一端供应电流44(例如,去饱和电流)。在204,用具有依序增加的栅极电压的一系列栅极电平驱动半桥逆变器10的第一晶体管20的栅极端42。在206,在每个栅极电平期间,在半桥逆变器10的第一端22与第二端16之间测量晶体管电压。在208,响应于晶体管电压变换超过电压极限(例如,如由栅极驱动器40内的活动状况检测电路94所测量)而存储相应栅极电压。在210,执行(例如,对环境温度、散热器的冷却剂温度或低侧晶体管20的装置温度的)温度测量。在212,通过使相同温度下的先前阈值相关来估计晶体管20的温度相关阈值电压,或在另一实施例中,可将温度下的阈值归一化为在不同温度下获取的先前数据。

[0053] 应了解,所公开的至少一些实施例至少包括以下内容。在一个实施例中,一种用于装置的原位阈值电压测定的方法包括向所述装置的第一端供应电流。响应于装置电压指示所述装置的非活动状况而用多个栅极电平驱动装置的绝缘栅极端,其中每个栅极电平包括相应栅极电压,所述相应栅极电压不同于时间上相邻且在前的栅极电平的相应栅极电压。在所述装置的第一端与第二端之间测量装置电压。所述装置被配置成响应于相应栅极电压超出所述装置的阈值电压而在其之间可变地传导装置电流。响应于装置电压指示所述装置的活动状况而存储相应栅极电压。通过将所存储栅极电压与先前存储栅极电压进行比较来估计所述装置的阈值电压的变化。

[0054] 用于装置的原位阈值电压测定的方法的替代实施例包括以下特征中的一个或其任何组合。所存储栅极电压的第一测量温度与先前存储栅极电压的第二测量温度之间的温度差小于温度阈值。多个栅极电平包括阶跃函数。多个栅极电平包括栅极脉冲。限制多个栅极脉冲中的每一个栅极脉冲的占空比。每个栅极电平的相应栅极电压从时间上相邻且在前的栅极电平的相应栅极电压增加。将阈值电压的变化与电压极限进行比较以确定所述装置的初期故障状况。用电流将第一端充电到预充电电压,并响应于装置电压超出电压极限而确定非活动状况。

[0055] 在另一实施例中,一种用于晶体管的原位阈值电压测定的方法包括向晶体管的第一端供应电流。用多个栅极电平驱动晶体管的栅极端。每个栅极电平包括多个不同栅极电压中的一个。在每个栅极电平期间,在晶体管的第一端与第二端之间测量晶体管电压。响应于晶体管电压变换超过电压极限而存储相应栅极电压。根据先前存储栅极电压和第二测量温度,针对在所存储栅极电压的所述存储期间所测量的第一测量温度来估计晶体管的温度相关阈值电压。

[0056] 用于晶体管的原位阈值电压测定的方法的替代实施例包括以下特征中的一个或其任何组合。晶体管包括绝缘栅双极晶体管。晶体管包括场效应晶体管。多个栅极电平包括阶跃函数。多个栅极电平中的每一个包括栅极脉冲,并且通过用数/模转换器递增模拟电压来确定每个栅极脉冲的依序增加的栅极电压以调制放大器的输出,其中所述输出生成每个栅极脉冲。晶体管包括半桥逆变器的低侧晶体管。晶体管包括半桥逆变器的高侧晶体管。

[0057] 在另一实施例中,一种用于半桥逆变器的原位老化测定的方法包括向半桥逆变器的第一晶体管的第一端供应电流。用多个栅极电平驱动第一晶体管的栅极端。每个栅极电平包括多个依序增加的栅极电压中的一个。半桥逆变器包括第一晶体管和第二晶体管,其中第一晶体管连接在第一端与第二端之间,并且第二晶体管与第一晶体管串联连接。在每

个栅极电平期间,在第一端与第二端之间测量晶体管电压。响应于晶体管电压变换超过电压极限而存储相应栅极电压。测量温度以生成温度测量值。根据先前存储栅极电压和第二测量温度,针对在所存储栅极电压的所述存储期间所测量的第一测量温度来估计第一晶体管的温度相关阈值电压。

[0058] 用于半桥逆变器的原位老化测定的方法的替代实施例包括以下特征中的一个或任何组合。在针对第一测量温度与第二测量温度之间的差而归一化的所存储栅极电压与先前存储栅极电压之间估计第一晶体管的温度相关阈值电压的变化,并响应于此而执行系统级动作。校准电流的电流值,以使得对阈值电压的所述估计能够不受由于电流随时间变化而引起的阈值电压的变化的影响。温度与第一晶体管的晶体管温度成比例地变化。在用多个栅极电平驱动第一晶体管的栅极端之前断开第二晶体管。

[0059] 虽然本文中参考具体实施例描述了本发明,但可在不脱离如所附权利要求书中所阐述的本发明的范围的情况下进行各种修改和改变。因此,说明书和图式应视为说明性而不是限制性意义,并且预期所有此类修改都包括在本发明的范围内。并不意图将本文中关于具体实施例所描述的任何益处、优点或针对问题的解决方案理解为任何或所有权利要求的关键、必需或必不可少的特征或元件。

[0060] 除非另外说明,否则例如“第一”和“第二”的术语用于任意地区分此类术语所描述的元件。因此,这些术语未必意图指示此类元件的时间上的优先级或其它优先级。

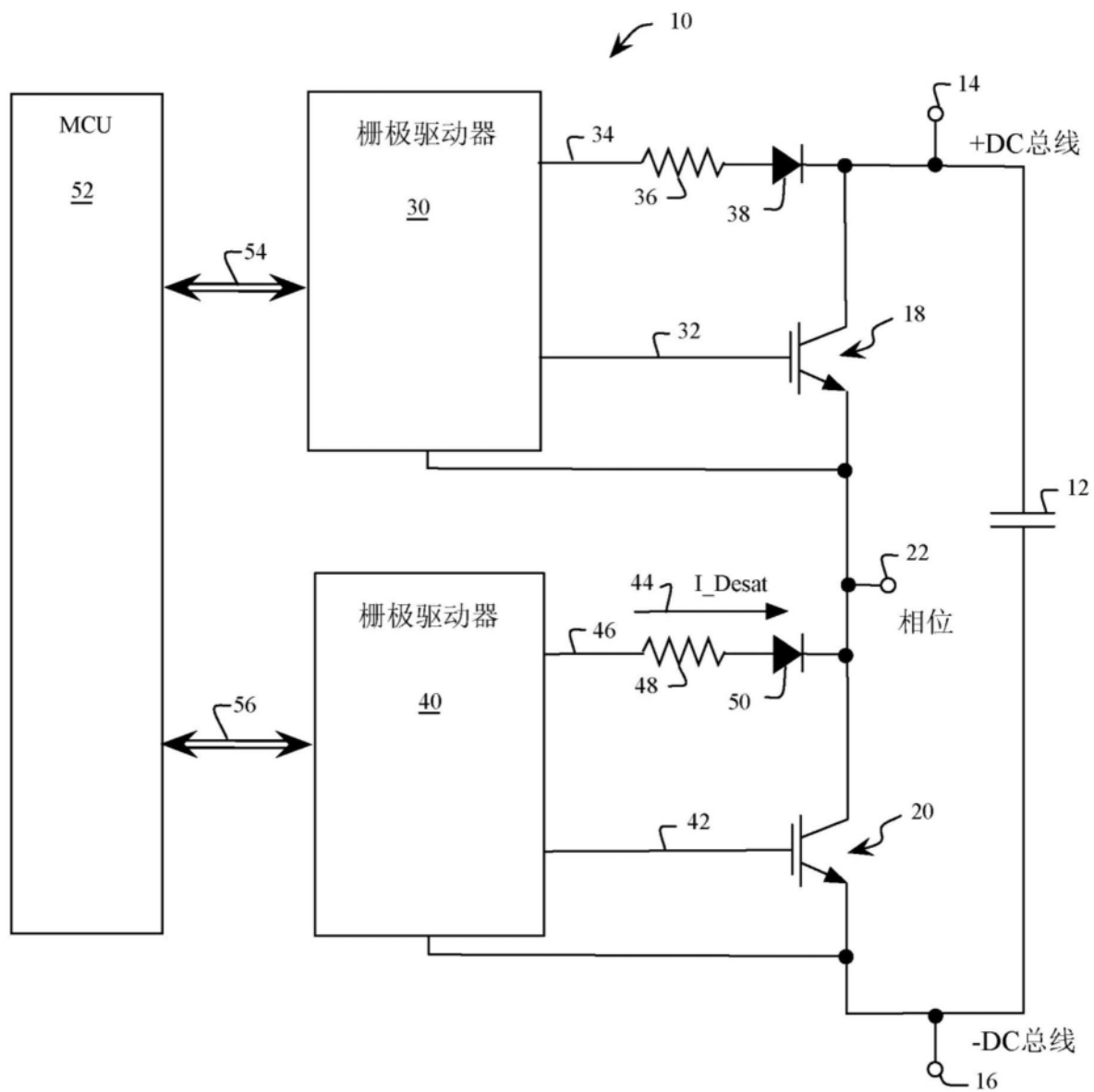


图1

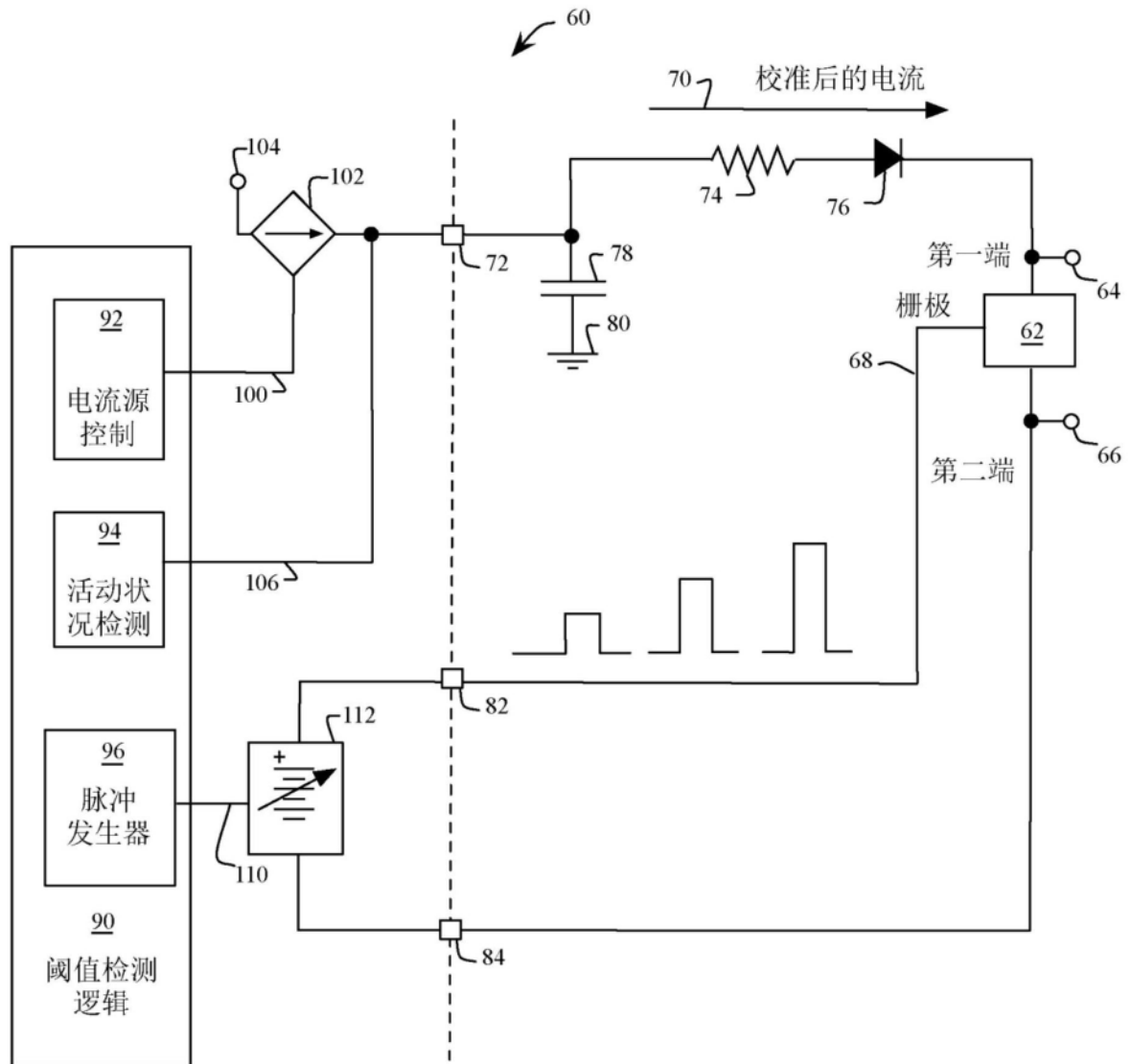


图2

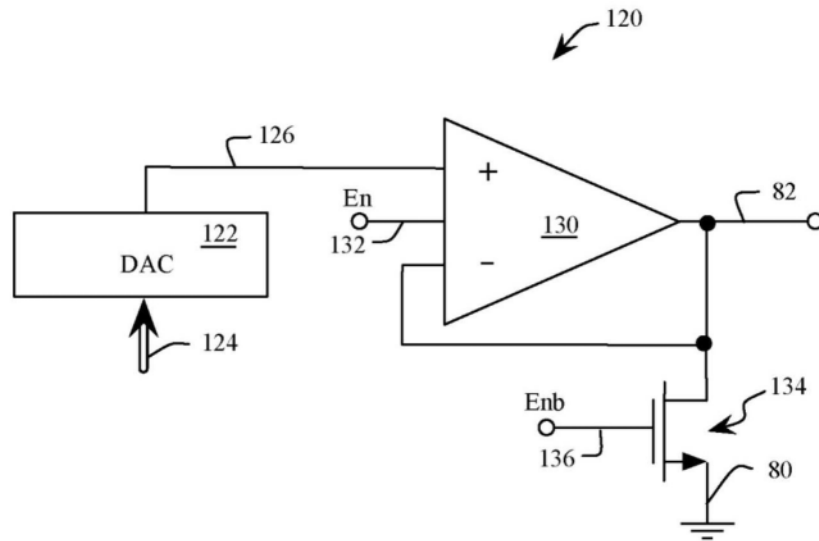


图3

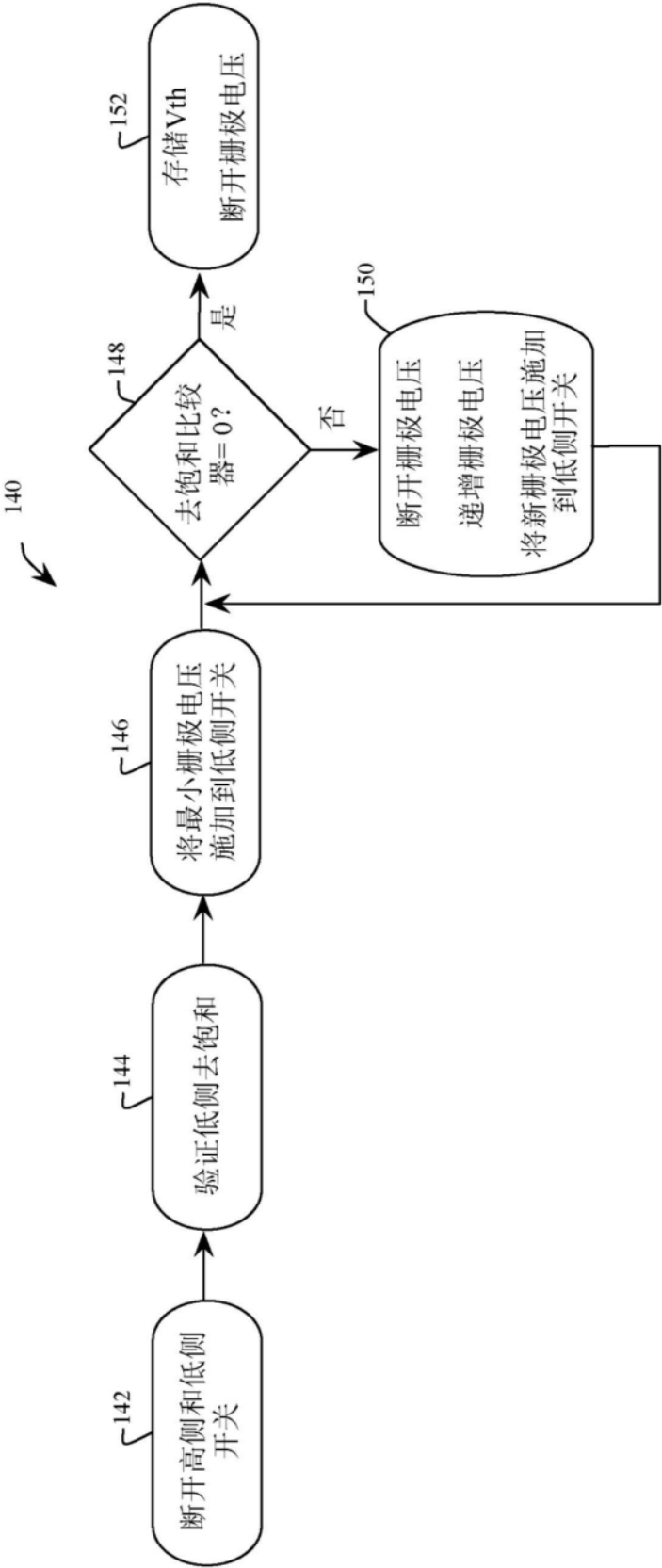


图4

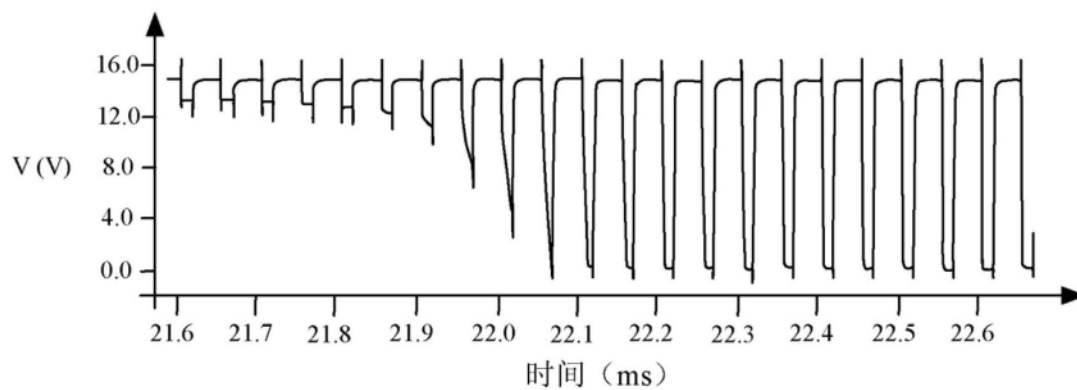


图5

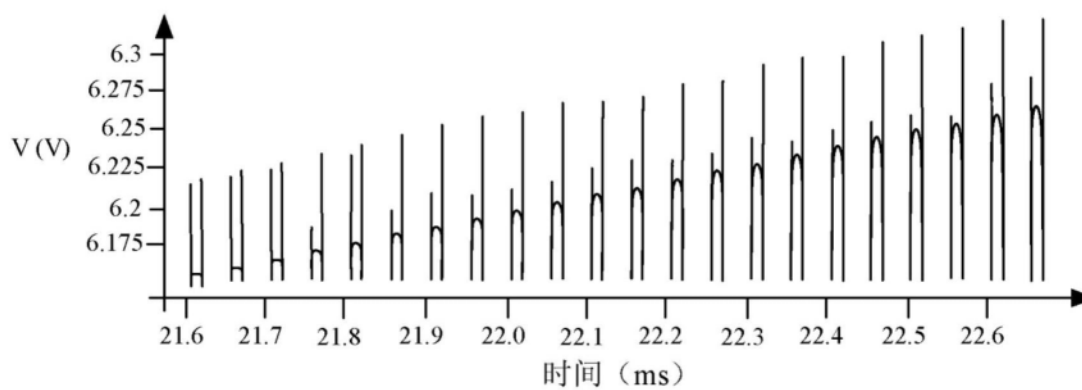


图6

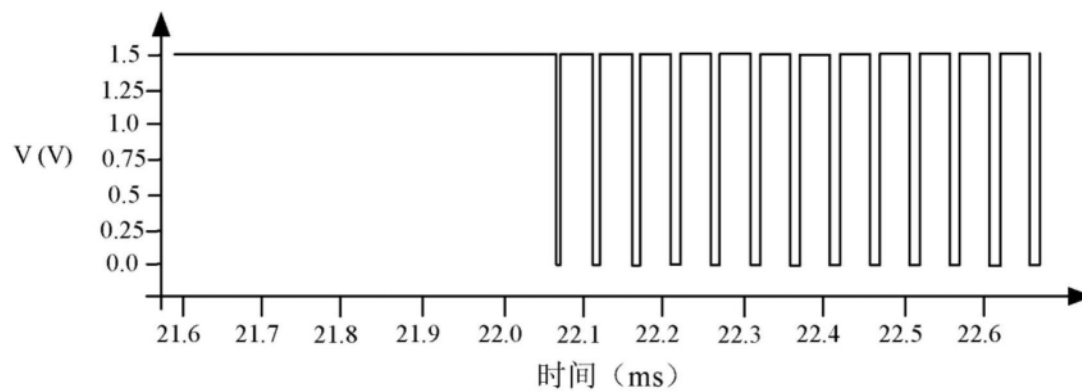


图7

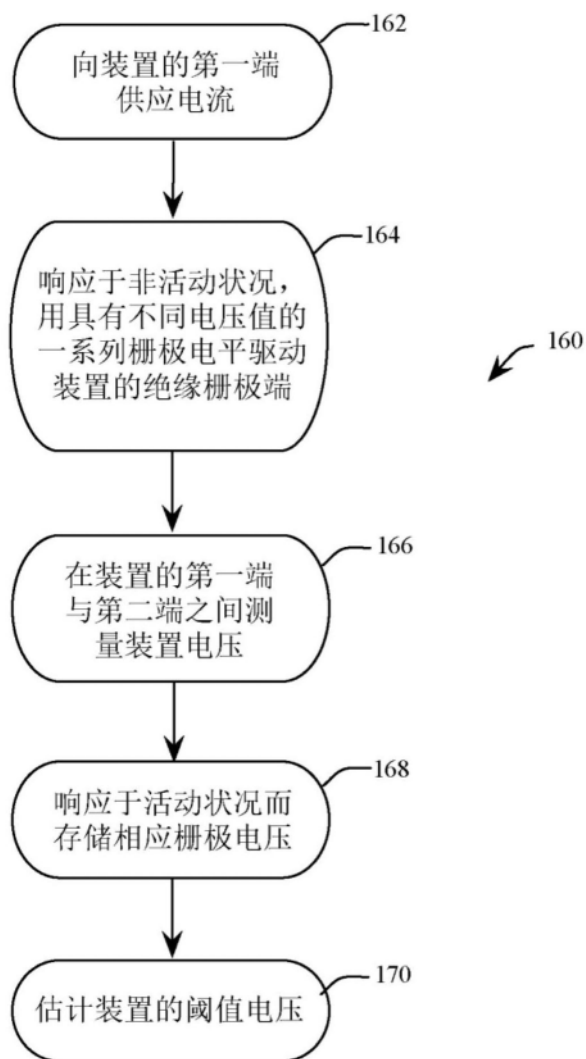


图8

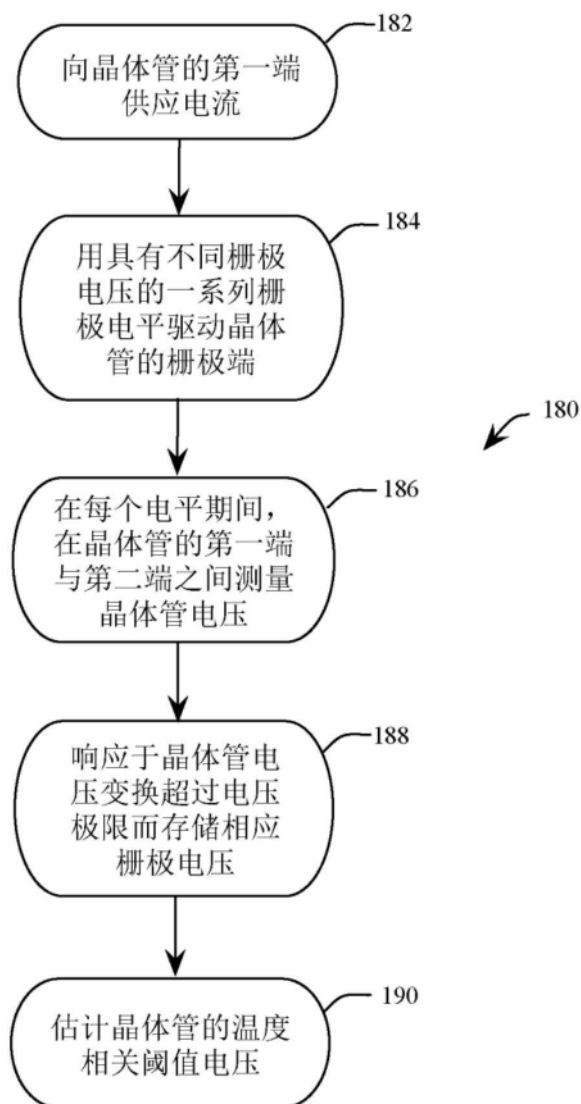


图9

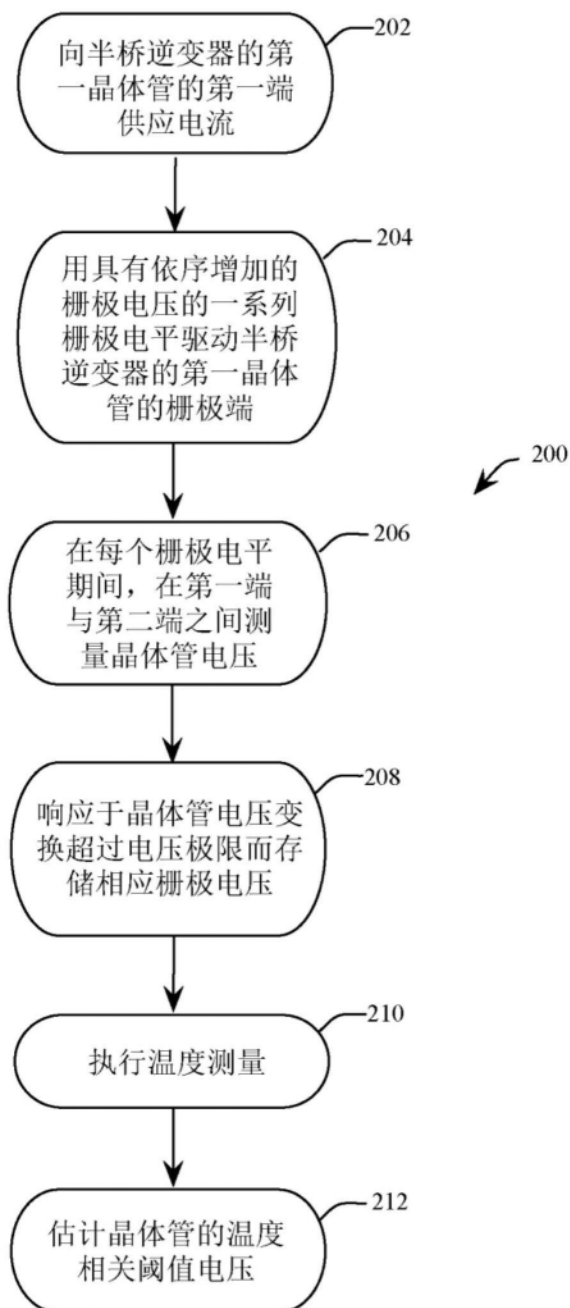


图10