



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119343858 A

(43) 申请公布日 2025. 01. 21

(21) 申请号 202280096899.4

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2022.06.21

H02M 1/00 (2007.01)

H02M 7/48 (2007.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2024.12.09

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/024679 2022.06.21

(87) PCT国际申请的公布数据
W02023/248335 JA 2023.12.28

(71) 申请人 三菱电机株式会社
地址 日本

(72) 发明人 河原知洋

(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 刘蓉

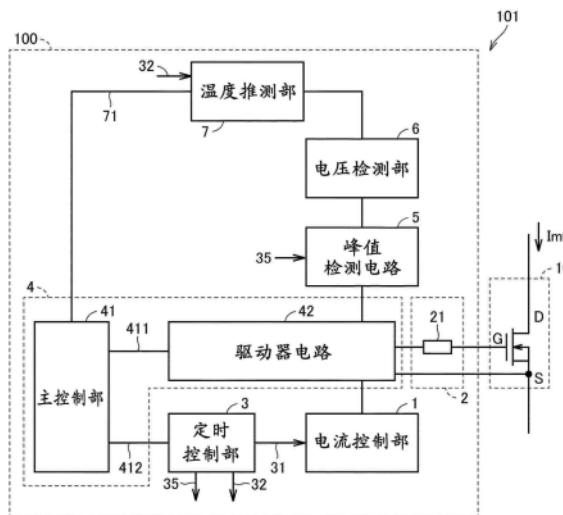
权利要求书2页 说明书17页 附图10页

(54) 发明名称

半导体装置以及电力变换装置

(57) 摘要

在对半导体元件(10)进行驱动控制的半导体装置(100)中,设置用于使电流在半导体元件(10)的控制端子(G)与负极端子(S)之间脉冲状地流过的电流控制部(1)。峰值检测电路(5)检测基于电流控制部(1)的电流供给期间中的、控制端子(G)或者负极端子(S)与基准电位之间的电压的峰值。温度推测部(7)根据利用电压检测部(6)采样的峰值检测电路(5)的输出电压,计算所述半导体元件的推测温度。定时控制部(3)以在半导体元件迁移到导通状态后的导通期间中以及迁移到断开状态后的断开期间中的至少一方设置电流供给期间的方式使电流控制部(1)动作。



1. 一种半导体装置,对半导体元件进行驱动控制,其中,
所述半导体元件具有:正极端子;负极端子;以及控制端子,被施加控制在所述正极端子以及所述负极端子之间流过的驱动电压,

所述半导体装置具备:

驱动器电路,通过对所述控制端子供给所述驱动电压,使所述半导体元件在导通状态以及断开状态之间迁移;

电流控制部,为了使电流在所述控制端子与所述负极端子之间脉冲状地流过而设置;

定时控制部,控制所述电流控制部供给所述电流的定时;

峰值检测电路,用于输出基于所述电流控制部的电流供给期间中的、所述控制端子或者所述负极端子相对于基准电位的电位差即输入电压的峰值;

电压检测部,对所述峰值检测电路的输出电压进行采样;以及

温度推测部,根据利用所述电压检测部检测的检测电压,计算所述半导体元件的推测温度,

所述定时控制部以在所述半导体元件迁移到所述导通状态后的导通期间中以及迁移到所述断开状态后的断开期间中的至少一方设置所述电流供给期间的方式使所述电流控制部动作。

2. 根据权利要求1所述的半导体装置,其中,

所述峰值检测电路包括:

第1二极管,具有与相对于所述控制端子或者所述负极端子电连接的第1节点连接的阳极;

电容器,连接于与所述第1二极管的阴极连接的第2节点与供给所述基准电位的节点之间;以及

放电开关元件或者放电电阻,用于使所述电容器放电。

3. 根据权利要求2所述的半导体装置,其中,

所述峰值检测电路还包括:

配置于所述第1节点与所述第1二极管的所述阳极之间以及所述第2节点与所述电压检测部之间的至少一方的阻抗变换电路。

4. 根据权利要求3所述的半导体装置,其中,

所述峰值检测电路:

包括在所述第1节点与所述第1二极管的所述阳极之间电压跟随连接的运算放大器,作为所述阻抗变换电路,并且

还包括被插入连接到所述电压跟随连接的反馈路径的、产生与所述第1二极管同等的电压降的第2二极管。

5. 根据权利要求1~4中的任意一项所述的半导体装置,其中,

所述定时控制部在所述导通期间中以及所述断开期间中的所述至少一方,将所述电流供给期间设置多次。

6. 根据权利要求1~5中的任意一项所述的半导体装置,其中,

所述定时控制部在所述半导体元件被维持为断开的热电阻测定期间内,将所述电流供给期间反复设置多次,

所述半导体装置还具备：

主电流检测部，检测所述半导体元件的所述主电流；

主电压检测部，检测所述半导体元件的所述正极端子以及所述负极端子之间的主电压；以及

热电阻计算部，在所述热电阻测定期间之前计算在所述半导体元件中产生的每个开关周期的电力损耗，并且根据计算出的所述电力损耗和针对所述多次的所述电流供给期间的每一个计算出的所述推测温度的变化量，计算所述半导体元件的热电阻。

7. 根据权利要求1~6中的任意一项所述的半导体装置，其中，

所述电流控制部配置于从所述半导体元件的所述负极端子侧供给所述电流的位置。

8. 根据权利要求1~6中的任意一项所述的半导体装置，其中，

所述电流控制部配置于从所述半导体元件的所述控制端子侧供给所述电流的位置。

9. 根据权利要求1~8中的任意一项所述的半导体装置，其中，

所述脉冲状的电流具有预先决定的振幅，

所述电流供给期间以具有预先决定的时间长度的方式设置，

所述温度推测部使用根据所述电流供给期间中的所述检测电压以及所述电流的所述振幅求出的电阻值和表示预先求出的所述半导体元件的温度和所述电阻值的关系的信息，计算所述推测温度。

10. 一种电力变换装置，具备：

主变换电路，具有权利要求1~9中的任意一项所述的半导体装置和利用该半导体装置进行驱动控制的半导体元件，该主变换电路变换输入的电力而输出；以及

控制电路，将控制利用所述主变换电路进行的电力变换的控制信号输出给所述主变换电路。

半导体装置以及电力变换装置

技术领域

[0001] 本公开涉及半导体装置以及电力变换装置。

背景技术

[0002] 在使用IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor,绝缘栅双极晶体管)以及MOSFET(Metal Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor)等电力用半导体元件(功率半导体元件)的电力变换器中,为了小型化促进在功率半导体元件中流过的电流密度的大容量化。

[0003] 然而,在使电流密度增加时,增加功率半导体元件的能量损耗,导致功率半导体元件的温度上升。在功率半导体元件中有由该半导体材料特性等规定的最大动作容许温度,在成为该温度以上时存在功率半导体元件发生热失控而破坏的可能性。因此,近年来,功率半导体元件的温度管理变得更重要。

[0004] 已知如下的手法:为了进行这样的功率半导体元件的温度管理,例如,在使功率半导体元件冷却的翼片等安装热敏电阻等温度传感器,间接地推测功率半导体元件的温度。然而,从功率半导体元件至翼片的热时间常数一般大,所以存在通过该手法无法测定由于短时间的负载变动引起的功率半导体元件温度的急剧变化的可能性。

[0005] 在日本特开2020-72569号公报(专利文献1)中公开了解决该问题的一个方法。本手法是预先存储表示半导体器件的开关动作时的栅极电压的时间变化和功率半导体元件的温度的关系的信息,根据栅极电压上升时间推测功率半导体元件的温度的方法。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献1:日本特开2020-72569号公报

发明内容

[0009] 然而,在专利文献1中公开的技术中,为了测量栅极电压上升的时间需要高精度的测定机构以及高速的处理器,在具备这样的测量机构时可能成为功率模块的小型化的制约。

[0010] 本公开是考虑上述问题而完成的,其一个目的在于,提供在对功率半导体元件进行驱动控制的半导体装置中不需要高精度的测定机构以及高速的处理器、具有功率半导体元件的温度推测功能的半导体装置。

[0011] 根据本公开的某个方式,对半导体元件进行驱动控制的半导体装置具备驱动器电路、电流控制部、定时控制部、峰值检测电路、电压检测部以及温度推测部。半导体元件具有:正极端子;负极端子;以及控制端子,被施加控制在正极端子以及负极端子之间流过的主电流的驱动电压。驱动器电路通过对控制端子供给驱动电压,使半导体元件在导通状态以及断开状态的期间迁移。电流控制部是为了使电流在控制端子与负极端子之间脉冲状地流过而设置的。定时控制部控制电流控制部供给电流的定时。峰值检测电路输出基于电流

控制部的电流供给期间中的、相对于基准电位的控制端子或者负极端子和基准电位的电位差即输入电压的峰值。电压检测部对峰值检测电路的输出电压进行采样。温度推测部根据利用电压检测部检测的检测电压,计算半导体元件的推测温度。定时控制部以在半导体元件迁移到导通状态后的导通期间中以及迁移到断开状态后的断开期间中的至少一方设置电流供给期间的方式使电流控制部动作。

[0012] 根据本公开,能够提供根据在控制端子以及负极端子之间供给电流时的控制端子或者负极端子与基准电位之间的电压的峰值,即使没有高速的测定机构以及高速的处理器,也能够推测半导体元件的温度的半导体装置。

附图说明

[0013] 图1A是示出实施方式1的功率模块的一个例子的结构图。

[0014] 图1B是示出图1A的电流控制部的结构例的电路图。

[0015] 图2A是说明图1B所示的电流控制部的连接位置的第1例的电路图。

[0016] 图2B是说明图1B所示的电流控制部的连接位置的第2例的电路图。

[0017] 图3是示出图1A的功率模块的变形例的结构图。

[0018] 图4是说明图1A所示的峰值检测电路的结构例的电路图。

[0019] 图5是用于说明利用实施方式1的半导体装置的温度推测手法的时序图。

[0020] 图6是说明实施方式1的变形例的峰值检测电路的结构的电路图。

[0021] 图7是用于说明利用实施方式1的变形例的半导体装置的温度推测手法的时序图。

[0022] 图8是说明实施方式2的峰值检测电路的第1结构例的电路图。

[0023] 图9是说明实施方式2的峰值检测电路的第2结构例的电路图。

[0024] 图10是用于说明利用实施方式3的半导体装置的温度推测手法的时序图。

[0025] 图11是示出实施方式4的功率模块的一个例子的结构图。

[0026] 图12是用于说明利用实施方式4的半导体装置的热电阻以及热阻抗的推测手法的时序图。

[0027] 图13是说明利用实施方式4的半导体装置的热电阻以及热阻抗的计算处理的流程图。

[0028] 图14是示出应用搭载有本实施方式的半导体元件的电力变换装置的电力变换系统的结构的框图。

具体实施方式

[0029] 以下,参照附图详细说明本公开的实施方式。此外,以下,对图中的同一或者相当部分附加同一符号,原则上不反复其说明。

实施方式1.

[0030] 图1A是示出实施方式1的功率模块101的一个例子的结构图。图1B是示出图1A的电流控制部1的结构例的电路图。以下,参照图1A以及图1B,说明功率模块101的结构。

[0031] 如图1A所示,功率模块101具备功率半导体元件10和对功率半导体元件10进行驱动控制的半导体装置100。半导体装置100控制功率半导体元件10的开关,并且测定功率半导体元件10的元件温度。

[0032] 功率半导体元件10具备正极端子(漏极)D、负极端子(源极)S、以及控制端子(栅极)G。利用对控制端子G施加的驱动电压,控制在正极端子D与负极端子S之间流过的主电流 I_{mt} 。

[0033] 功率半导体元件10可以是MOSFET、IGBT、MESFET (Metal-Semiconductor Field-Effect Transistor, 金属半导体场效应晶体管)、双极性晶体管等中的任意元件。以下,以MOSFET为例子进行说明。另外,作为功率半导体元件10的材料,除了Si以外,也可以使用SiC、GaN、 Ga_2O_3 、金刚石等。

[0034] 半导体装置100具备栅极驱动部4、电流控制部1、栅极布线部2、定时控制部3、峰值检测电路5、电压检测部6以及温度推测部7。在此,栅极驱动部4包括:作为驱动控制部的驱动器电路42,与功率半导体元件10连接,驱动功率半导体元件10;以及主控制部41,控制驱动器电路42。

[0035] 功率半导体元件10的控制端子G经由设置于栅极布线部2的电阻元件21与驱动器电路42连接。栅极布线部2表示将功率半导体元件10的控制端子G、负极端子S以及驱动器电路42连接的一连串的回路布线。电阻元件21在图1A的例子中,连接于驱动器电路42与功率半导体元件10的控制端子G之间。

[0036] 电流控制部1与驱动器电路42连接,经由驱动器电路42对在功率半导体元件10的控制端子G与负极端子S之间形成的路径供给电流。如图1B所示,电流控制部1包括用于供给脉冲状的电流的脉冲电流源20。更具体而言,脉冲电流源20例如包括:电流源11,供给恒定电流;以及电流控制开关12,与电流源11并联地连接。电流控制开关12根据来自定时控制部3的开关控制信号31导通或者断开。

[0037] 通过电流控制开关12从导通切换到断开,脉冲电流源20开始电流的输出,通过电流控制开关12从断开切换到导通,脉冲电流源20结束电流的输出。这样,电流控制部1的输出电流被控制为与电流控制开关12的导通断开对应的脉冲状。

[0038] 作为电流源11,例如,也可以使用双极性晶体管或者使用电流镜或者使用在恒定电压源的输出侧设置有电阻的结构,能够使用一般已知的各种电流源。另外,电流源11根据其电路结构,既可以构成为输出电流的电流源,也可以构成为吸入电流的电流吸收器。电流控制开关12例如能够使用MOSFET等比较高速动作的开关元件。在要求测定精度的情况下,作为电流控制开关12,也可以使用GaNHEMT (High Electron Mobility Transistor, 高电子迁移率晶体管)等超高速器件。

[0039] 如图1B所示,电流源11以及电流控制开关12的各一端与提供基准电位的基准电位节点90连接。在此,基准电位例如是驱动器电路42的控制接地或者驱动器电路42的电源电压。

[0040] 电流源11以及电流控制开关12的各另一端直接或者间接地相对于功率半导体元件10的控制端子G或者负极端子S电连接。在间接地连接的情况下,电流源11以及电流控制开关12的各另一端经由安装于驱动器电路42的作为其他电子零件的半导体开关元件或者电阻器等相对于功率半导体元件10的控制端子G(栅极)或者负极端子S(源极)连接。

[0041] 在图2A以及图2B中,示出说明电流控制部1的连接位置的第1以及第2例的电路图。

[0042] 更详细而言,在图2A中,示出电流源11以及电流控制开关12的上述另一端(未与基准电位节点90连接的一侧)相对于功率半导体元件10的负极端子S电连接的结构例。在图2A

中,电流控制部1与从功率半导体元件10的负极端子S侧供给电流的位置连接。

[0043] 另一方面,在图2B中,示出电流源11以及电流控制开关12的上述另一端相对于功率半导体元件10的控制端子G电连接的结构例。在图2B中,电流控制部1通过经由驱动器电路42与控制端子G间接地连接,连接到从功率半导体元件10的控制端子G侧供给电流的位置。以下,作为一个例子,说明电流源11以及电流控制开关12的各另一端与功率半导体元件10的负极端子S电连接的情况(图2A)。

[0044] 再次参照图1A,定时控制部3根据来自栅极驱动部4的主控制部41的指令412,输出用于控制电流控制部1的电流控制开关12的开关控制信号31。主控制部41如以上说明,控制驱动器电路42以及定时控制部3。作为主控制部41,例如,使用微型处理器、ASIC(Application Specific Integrated Circuit,专用集成电路)、FPGA(Field Programmable Gate Array,现场可编程门阵列)等功能器件。

[0045] 此外,在图1A中,为便于说明将定时控制部3以及栅极驱动部4明示地区分示出,但定时控制部3也可以包含于主控制部41。另外,也可以将驱动器电路42以及定时控制部3安装到相同的基板上,还可以将主控制部41、驱动器电路42、定时控制部3以及电流控制部1全部安装到同一基板上。

[0046] 峰值检测电路5以被输入电流源11的两端之间的电压(端子间电压)的方式相对于驱动器电路42连接。关于峰值检测电路5的结构例,在后面说明。

[0047] 电压检测部6检测峰值检测电路5的输出电压。温度推测部7根据电压检测部6的检测值和定时控制部3的控制信息32,根据预定的定时下的峰值检测电路5的输出电压值计算功率半导体元件10的推测温度。例如,如以下说明,温度推测部7根据上述输出电压值计算功率半导体元件10的电阻值。进而,温度推测部7通过与根据事先的实机实验中的测量值预先决定的表示电阻值和元件温度的关系的换算数据进行比较,生成包括将新测定的功率半导体元件10的电阻值换算为温度的推测温度的温度信息71。

[0048] 温度信息71被反馈到主控制部41。主控制部41在该温度大于预先决定的某个值的情况下,能够以降低功率半导体元件的损耗的方式变更驱动模式或者向更上位的系统输出警告信息。在图1A中为便于说明,将主控制部41和温度推测部7表示为独立的结构,但也可以使温度推测部7的功能包含于主控制部41。

[0049] 图3是示出图1A的功率模块101的变形例的结构图。图3所示的功率模块101在栅极布线部2中电阻元件21并非连接到与控制端子G连接的布线(栅极布线)而连接到与负极端子S连接的布线(源极布线)的方面,与图1A的功率模块101不同。在该情况下,电阻元件21也同样地在栅极布线部2中产生与在控制端子G以及负极端子S之间流过的电流对应的电压降。图3的其他方面与图1A的情况相同,所以对同一或者相当的部分附加同一参照符号而不反复说明。另外,在图1A以及图3的各个图中,在功率半导体元件10的外部明示了电阻元件21,但根据应用,还可能有在功率半导体元件10的外部不设置栅极电阻的情况。

[0050] [功率半导体元件的温度推测手法]

[0051] 以下,更具体地说明利用图1A的半导体装置100的功率半导体元件10的温度的推测手法。在图4中,示出图1A的峰值检测电路5的结构例。在图5中,示出用于说明利用配置有图4所示的峰值检测电路5的半导体装置100的温度推测方法的时序图。

[0052] 如图4所示,峰值检测电路5例如能够由具有二极管51、电容器52以及放电开关53

的检波电路构成。二极管51以从输入节点Nx向节点Ny的方向为正向,连接于输入节点Nx以及节点Ny之间。电容器52连接于节点Ny与节点Ns之间。节点Ns的电位还被表述为Vss。节点Ns的电位与图1B等的基准电位节点90相同,峰值检测电路5的输入电压Vx与节点Nx相对于节点Ns的电位差、即控制端子G或者负极端子S相对于基准电位的电位差相当。

[0053] 放电开关53与电容器52并联连接,根据来自定时控制部3的开关控制信号35成为导通断开。放电开关53为了在断开状态下保持节点Ny的电位,例如能够由泄漏电流小的MOSFET构成。

[0054] 如上所述,峰值检测电路5以被输入电流源11的两端之间的电压(端子间电压)的方式连接,所以在电流控制部1以图2A的方式连接的情况下,峰值检测电路5的输入节点Nx以及节点Ns相对于功率半导体元件10的负极端子S以及基准电位节点90直接或者间接地连接。即,输入节点Nx相对于功率半导体元件10的负极端子S电连接。另一方面,在电流控制部1以图2B的方式连接的情况下,峰值检测电路5的输入节点Nx以及节点Ns相对于功率半导体元件10的控制端子G以及基准电位节点90直接或者间接地连接。即,输入节点Nx相对于功率半导体元件10的控制端子G电连接。

[0055] 在峰值检测电路5中,在输入节点Nx的电压高于节点Ny的电压时,输入电压Vx被传递给节点Ny且被电容器52保持。另一方面,在输入节点Nx的电压低于节点Ny的电压时,输入电压Vx不被传递给节点Ny,所以电容器52保持并输出通过二极管51此前传递的电压的峰值。

[0056] 在图4中,作为一个实施例,输入节点Nx与“第1节点”对应,节点Ny与“第2节点”对应,二极管51与“第1二极管”对应。

[0057] 电压检测部6通过对电容器52的电压(Vdet)、即峰值检测电路5的输出电压进行采样来检测。以下,将与电压检测部6的输入电压相当的电容器52的电压还称为检测电压Vdet。在放电开关53为导通状态时,检测电压Vdet被清零(Vdet=Vss)。

[0058] 参照图5,说明利用实施方式1的半导体装置100(图1A)的温度推测手法。在图5中,直至时刻t2的波形表示不进行温度测定的通常的开关动作时的电压波形以及信号波形,时刻t2以后的波形表示与开关动作一起进行温度测定的情况下的电压波形以及信号波形。首先,说明通常的开关动作时的半导体装置100的动作。

[0059] (通常时的半导体装置的动作)

[0060] 驱动器电路42为了驱动功率半导体元件10输出比阈值电压大的正电位Vcc以及阈值电压以下的电位Vee(通常成为负电位或者零电位)。具体而言,驱动器电路42根据来自主控制部41的驱动器输入信号411,对功率半导体元件10的控制端子G作为栅极电压施加正电位Vcc或者负或者零电位Vee。由此,驱动器电路42使功率半导体元件10在导通状态以及断开状态之间迁移。

[0061] 在通常动作时,定时控制部3将电流控制部1的电流控制开关12始终控制为导通状态。因此,在电流控制开关12中使用n型MOSFET等增强型元件的情况下,作为电流控制开关12的开关控制信号31,始终输入逻辑高(H)电平的信号。在电流控制开关12中使用p型MOSFET等沟槽型元件的情况下,作为开关控制信号31,始终输入逻辑低(L)电平的信号。

[0062] 具体而言,参照图5,在接通动作的情况下,在时刻t0向驱动器电路42的驱动器输入信号411从L电平变化为H电平时,对功率半导体元件10的控制端子G施加正电位Vcc,栅极

电压 V_{gs} 上升。栅极电压 V_{gs} 经过依赖于电阻元件21的电阻值和功率半导体元件10的元件电容的时间常数下的上升期间,在时刻 t_{0x} 的时间点达到正电位 V_{cc} 。

[0063] 此时,从驱动器电路42供给到功率半导体元件10的栅极电流原样地经由电流控制开关12流向基准电位节点90。另外,来自电流源11的电流也同样地经由电流控制开关12流入基准电位节点90,不输出到驱动器电路42。此外,在时刻 t_0 与时刻 t_{0x} 之间的上升期间中观测到栅极电压 V_{gs} 成为恒定值的米勒期间。

[0064] 在断开动作的情况下,在时刻 t_1 驱动器输入信号411从H电平变化为L电平。由此,对功率半导体元件10的控制端子G施加负或者零电位 V_{ee} ,栅极电压 V_{gs} 下降。栅极电压 V_{gs} 与接通时的情况同样地经过下降期间,在时刻 t_{1x} 的时间点达到负或者零电位 V_{ee} 。与接通动作的情况同样地,栅极电流经由电流控制开关12流入基准电位节点90。来自电流源11的电流经由电流控制开关12流向基准电位节点90,不输出到驱动器电路42。此外,在时刻 $t_1 \sim t_{1x}$ 的下降期间中也观测到米勒期间。

[0065] (导通期间中的温度测定)

[0066] 接下来,说明进行温度测量的情况下的半导体装置100的动作。在栅极电压的上升期间以及下降期间以外的栅极电压稳定的期间,进行温度测量。在栅极电压稳定的期间中,有栅极电压以正电位 V_{cc} 稳定的期间(以下称为“导通期间”)和栅极电压以负或者零电位 V_{ee} 稳定的期间(以下称为“断开期间”)。

[0067] 首先,说明导通期间中的温度测定。参照图5,在与接通指令定时相当的时刻 t_2 ,驱动器输入信号411从L电平变化为H电平。在从时刻 t_2 经过一定的延迟期间后即时刻 t_3 ,开关控制信号31以及35从H电平切换到L电平。简单而言,该延迟时间能够设定为由电阻元件21的电阻值和功率半导体元件10的元件电容决定的时间常数或者其以上的时间。

[0068] 在该延迟时间短时,来自驱动器电路42的栅极驱动电流也影响电压检测部6的检测电压,所以影响温度测定的精度。另一方面,在该延迟时间长时,使开关控制信号31返回到H电平的时刻 t_4 接近断开开始时刻 t_5 。其结果,来自驱动器电路42的栅极驱动电流也影响电压检测部6的检测电压,所以影响温度测定的精度。

[0069] 在开关控制信号31成为L电平时(时刻 t_3),图1B的电流控制开关12成为断开状态。由此,来自电流源11的电流并非流向基准电位节点90而流向功率半导体元件10。即,电流控制部1在控制端子G以及负极端子S之间供给电流。在该电流供给期间中,向峰值检测电路5的输入电压 V_x 用下式(1)表示。

[0070] [数学式1]

$$[0071] \quad V_x(t - t_3) = (R_g + R_{gint}) \cdot I_g + \frac{t - t_3}{C_{die}} \cdot I_g \Big|_{t \geq t_3} \dots (1)$$

[0072]

[0073] 在式(1)中, $V_x(t - t_3)$ 表示时刻 t_3 以后的时刻 t 下的峰值检测电路5的输入电压。 R_{gint} 是存在于功率半导体元件10的栅极电阻(内置栅极电阻)的值。例如,在功率半导体元件10上,用多晶硅等材料形成内置栅极电阻。或者,内置栅极电阻包括功率半导体元件10上的栅极布线图案引起的寄生电阻。

[0074] 式(1)中的 R_g 表示驱动器电路42上的电阻以及电阻元件21的值,表示功率半导体元件10自身所引起的电阻以外的电阻分量。通常, R_g 通过相对于功率半导体元件10外装的电阻赋予,所以电阻值以及温度特性的选定比较容易。另外, C_{die} 表示从功率半导体元件10

的栅极侧(图2A的情况)或者源极侧(图2B的情况)来看的电容值。 I_g 表示来自电流源11的供给电流。

[0075] 在电流控制部1(图1B等)中,在电流控制开关12断开时,从电流源11对功率半导体元件10开始注入电流。由此,向峰值检测电路5输入依照式(1)的输入电压 V_x 。

[0076] 具体而言,首先,如式(1)的右边第1项所示,稳定地产生通过对功率半导体元件10的内置栅极电阻、电阻元件21以及驱动器电路42上的电阻的合计值乘以从电流源11供给的电流值而得到的电压 $V_0 = (R_g + R_{gint}) \cdot I_g$ 。

[0077] 进而,如式(1)的右边第2项所示,在电流控制开关12断开的时刻 t_3 以后,伴随功率半导体元件10的寄生电容的充电,输入电压 V_x 依照 $(t - t_3) \cdot I_g / C_{die}$ 上升。在寄生电容 C_{die} 恒定且电流源11的电流 I_g 为恒定的值时,峰值检测电路5的输入电压 V_x 线性地上升。在输入电压 V_x 上升的过程中,输入电压 V_x 的变化经由节点 N_y 被传递给电容器52,所以在时刻 t_3 以后,电压检测部6的检测电压 V_{det} 与输入电压 V_x 同等地变化($V_{det} = V_x$)。

[0078] 在时刻 t_4 ,开关控制信号31从L电平返回到H电平时,在电流控制部1中电流控制开关12成为导通状态,所以来自电流源11的电流流入基准电位节点90。同时,积蓄于功率半导体元件10的寄生电容的电荷也被放电。通过电流控制开关12的导通,电流源11的端子间电压成为零,所以在时刻 t_4 ,成为峰值检测电路5的输入电压 $V_x = 0$ 。

[0079] 另一方面,开关控制信号35被维持为L电平,所以在峰值检测电路5中放电开关53被维持为断开状态。因此,在时刻 t_4 以后,电压检测部6的检测电压 V_{det} 被维持为时刻 t_3 下的电压值。

[0080] 在时刻 t_{4x} ,开关控制信号35从L电平变化为H电平时,在峰值检测电路5(图4)中,放电开关53导通,所以电容器52的电压成为零。与其对应地,变化为电压检测部6的检测电压 $V_{det} = 0$ 。此外,时刻 t_{4x} 还能够与后述驱动器输入信号411从H电平变化为L电平的断开指令定时同步。

[0081] 其结果,在导通期间中的温度测定中,在时刻 $t_4 \sim t_{4x}$ 的期间,利用电压检测部6,将下述的输入电压 $V_x(t_4)$ 测定为检测电压 V_{det} 。

[0082] [式2]

$$[0083] \quad V_x(t_4) = (R_g + R_{gint}) \cdot I_g + \frac{t_4 - t_3}{C_{die}} \cdot I_g \quad \dots (2)$$

[0084]

[0085] 在电流 I_g 为恒定值并且从时刻 t_3 至 t_4 的时间差(即电流供给期间的长度)恒定的情况下,从 $V_x(t_4)$ 去掉与寄生电容的充电电压相当的右边第2项而得到的值、即右边第1项的 $V_0 = (R_g + R_{gint}) \cdot I_g$ 成为依赖于电阻值 $(R_g + R_{gint})$ 的值。此外,通常,寄生电容由于温度依赖性小,所以寄生电容的充电电压可视为恒定值。

[0086] 因此,能够使用时刻 t_4 下的检测电压 V_{det} 的电压值 V_1 、时刻 $t_3 \sim t_4$ 的时间差以及与电流源11的输出电流相当的既知的 I_g ,来计算电阻值 $(R_g + R_{gint})$ 。

[0087] 在此,在电阻值 R_g 以及 R_{gint} 分别有温度依赖性。在电阻值 R_g 、 R_{gint} 分别具有线性的温度依赖性的情况下,使用温度系数 K ,将温度 T 下的电阻值 $R_g(T)$ 以及 R_{gint} 表示为 $R_g(T) = R_{g0} \cdot (1 + K_1 \cdot T)$ 、 $R_{gint}(T) = R_{gint0} \cdot (1 + K_2 \cdot T)$ 。

[0088] 如果功率半导体元件10的内置栅极电阻以外的电阻值 R_g 的温度依赖性比功率半

导体元件10的内置栅极电阻值 R_{gint} 的温度依赖性充分小、即如果关于由于温度 T 产生的电阻值的差为 $\Delta R_g < \Delta R_{gint}$ ($K_1 < K_2$), 则电阻值($R_g + R_{gint}$)的温度依赖性表示功率半导体元件10的内置栅极电阻的温度依赖性。如上所述, 通过选定用于赋予电阻值 R_g 的外装到功率半导体元件10的电阻元件(例如电阻元件21), 能够实现 $K_1 < K_2$ 。

[0089] 因此, 通过比较通过上述计算得到的电阻值($R_g + R_{gint}$)和事先记录的表示电阻值和温度的关系的校正数据, 能够计算功率半导体元件10的推测温度。例如, 在将功率模块101设置到恒温槽, 使功率半导体元件10的元件温度从外部变化时, 通过用与上述同样的方法求出电阻值($R_g + R_{gint}$), 能够取得这样的校正数据。

[0090] 或者, 在难以取得校正数据的情况下, 作为表示功率半导体元件10的温度和电阻值的关系的信息预先取得基于温度的内置栅极电阻值 R_{gint} 的变化率(温度系数 K_2), 通过使用计算出的电阻值($R_g + R_{gint}$)、和预先取得的温度系数 K_2 ($K_2 > K_1$)的计算, 也能够计算功率半导体元件10的温度。

[0091] 此外, 在电流源11的输出电流(I_g)以及时刻 $t_3 \sim t_4$ 的时间差(基于电流控制部1的电流供给期间的长度)被分别维持恒定的情况下, 在检测电压 V_{det} 中, 针对功率半导体元件10的温度变化, 作为变量, 仅包含电阻值($R_g + R_{gint}$)。因此, 还能够以不经由电阻值($R_g + R_{gint}$)的计算而直接根据检测电压 V_{det} 或者从检测电压 V_{det} 抽出的 V_0 计算推测温度的方式预先设定表示功率半导体元件10的温度和电阻值的关系的信息。

[0092] (断开期间中的温度测定)

[0093] 接下来, 说明断开时间中的温度测定。在图5中, 在与断开指令定时相当的时刻 t_5 , 驱动器输入信号411从H电平变化为L电平时, 在从时刻 t_5 经过一定的延迟期间后即时刻 t_6 , 开关控制信号31从H电平切换到L电平。如上所述, 简单而言, 该延迟时间能够设定为由电阻元件21的电阻值和功率半导体元件10的元件电容决定的时间常数或者其以上的时间。

[0094] 在时刻 t_6 , 开关控制信号31从H电平变化为L电平时, 电流控制部1(图1B等)的电流控制开关12成为断开状态。由此, 来自电流源11的电流并非流向基准电位节点90而流向功率半导体元件10。即, 电流控制部1在控制端子G以及负极端子S之间供给电流, 电流供给期间设置于断开期间中。

[0095] 在电流控制开关12设为断开状态, 从电流源11对功率半导体元件10开始注入电流时, 依照上述式(1), 峰值检测电路5的输入电压 V_x 变化。但是, 式(1)中的时刻 t_3 被置换为时刻 t_6 。

[0096] 由此, 在时刻 t_6 以后设置的电流供给期间中, 也与上述时刻 t_3 以后同样地, 峰值检测电路5的输入电压 V_x 以及电压检测部6的检测电压 V_{det} 成为稳定地产生的电压 $V_0 = (R_g + R_{gint}) \cdot I_g$ 与功率半导体元件10的寄生电容的充电电压即 $(t - t_6) \cdot I_g / C_{die}$ 之和, 伴随与从时刻 t_6 起的时间经过相伴的该寄生电容的充电而上升。即, 时刻 t_6 以后的输入电压 V_x 以及检测电压 V_{det} 的举动与时刻 t_3 以后相同。

[0097] 与导通期间中的测定的情况同样地, 在时刻 t_7 , 使开关控制信号31从L电平变化为H电平时, 通过电流控制部1中的电流控制开关12的导通, 成为峰值检测电路5的输入电压 $V_x = 0$ 。另一方面, 在直至开关控制信号31从L电平变化为H电平的时期 t_7x 的期间, 在峰值检测电路5中放电开关53被维持为断开, 所以在时刻 t_7 以后, 电压检测部6的检测电压 V_{det} 被维持为时刻 t_7 下的电压值。

[0098] 因此,在断开期间中,也与在导通期间中说明同样地,能够使用时刻 $t_7 \sim t_{7x}$ 的检测电压 V_{det} 的电压值 V_2 、时刻 $t_6 \sim t_7$ 的时间差(电流供给期间的长度)以及与电流源11的输出电流相当的既知的 I_g ,来计算电阻值($R_g + R_{gint}$)。

[0099] 而且,如上所述,通过以使功率半导体元件10的内置栅极电阻以外的电阻值 R_g 的温度依赖性比功率半导体元件10的内置栅极电阻值 R_{gint} 的温度依赖性充分小的方式设计半导体装置100,通过比较通过计算得到的电阻值($R_g + R_{gint}$)和事先记录的表示电阻值和温度的关系的校正数据,能够计算功率半导体元件10的推测温度。或者,如上所述,还能够使用预先取得的、内置栅极电阻值 R_{gint} 的温度系数 K_2 ($K_2 > K_1$)和计算出的电阻值($R_g + R_{gint}$),来计算功率半导体元件10的温度。

[0100] 另外,与在导通期间中说明同样地,在电流源11的输出电流(I_g)以及时刻 $t_6 \sim t_7$ 的时间差(基于电流控制部1的电流供给期间的长度)被分别维持恒定的情况下,还能够不计算电阻值($R_g + R_{gint}$)而直接根据检测电压 V_{det} 或者从检测电压 V_{det} 抽出的 V_0 计算推测温度。

[0101] 此外,在图5的例子中,开关控制信号31从H电平迁移到L电平的定时(从电流源11的电流供给开始定时)和开关控制信号35从H电平迁移到L电平的定时(与电压检测的开始定时相当)同步,但还能够两者设置一定的时间差。

[0102] 另外,导通期间以及断开期间中的温度测定所需的、时刻 $t_3 \sim t_{4x}$ 以及时刻 $t_6 \sim t_{7x}$ 的长度(即电流供给期间的长度)如图5所示是从开关时的导通期间或者断开期间的长度减去电流控制开关12的导通断开迁移所需的期间长以及放电开关53的导通断开迁移所需的期间长的结果,例如能够设为几(μs)~几百(μs)程度。

[实施方式1的效果]

[0103] 如以上所述,在实施方式的功率模块101中,通过测定在功率半导体元件10的导通期间中或者断开期间中向控制端子G以及负极端子S之间的路径注入了来自电流源11的电流 I_g 时的、控制端子G或者负极端子S与基准电位节点90之间的峰值电压,能够稳定地推测功率半导体元件10的温度。上述的电流的注入开始的定时能够决定为从驱动器电压的上升、下降定时经过简单而言被设定为由栅极电阻和元件电容决定的时间常数或者其以上的时间的延迟时间后。

实施方式1的变形例.

[0104] 在实施方式1的变形例中,说明峰值检测电路5的结构变形例。

[0105] 图6是说明实施方式1的变形例的峰值检测电路5的结构的电路图。在实施方式1的变形例中,在图1A的半导体装置100中,峰值检测电路5具有图6所示的结构。

[0106] 如图6所示,在实施方式1的变形例的峰值检测电路5中,图4的电路结构中的放电开关53被替换为电阻元件54。即,在实施方式1的变形例中,不需要放电开关53的导通断开控制,峰值检测电路5的结构被简化。

[0107] 图7是用于说明利用实施方式1的变形例的半导体装置的温度推测手法的时序图。

[0108] 参照图7,在实施方式1的变形例中,峰值检测电路5中的电容器52的电压波形变化,所以电压检测部6的检测电压 V_{det} 的波形从实施方式1(图5)变化。图7的其他信号波形以及电压波形与图5相同,所以不反复详细的说明。

[0109] 在图7中,从根据开关控制信号31而电流控制部1的电流控制开关12断开的导通期间中的时刻 t_4 以及断开期间中的时刻 t_7 ,电容器52经由电阻元件54被放电。由此,检测电压

V_{det}依照由电容器52的电容值以及电阻元件54的电阻值决定的RC时间常数逐渐降低。

[0110] 在实施方式1的变形例中,相对于图7所示的检测电压V_{det},以使从时刻t₄或者t₇起的经过时间成为恒定的方式固定用于计算电阻值($R_g + R_{g_{int}}$)的电压值的采样定时。

[0111] 由此,能够排除由于电容器52的放电引起的影响,抽出由于功率半导体元件10的温度变化产生的电压 $V_0 = (R_g + R_{g_{int}}) \cdot I_g$ 的变化量。此外,电压检测部6优选通过与时刻t₄或者t₇同时或者在紧接着其之后对检测电压V_{det}进行采样,能够取得实施方式1(图5)中的电压值V₁、V₂。

[0112] 由此,在峰值检测电路5的结构被简化的实施方式1的变形例中,也与实施方式1同样地,能够在功率半导体元件10的导通期间中或者断开期间中,稳定地求出功率半导体元件10的温度。

[0113] 此外,需要在根据功率半导体元件10的开关周期(在图7中时刻t₀~t₂的期间长)决定的期间内(例如开关周期的一半)使电容器52放电的方式决定峰值检测电路5中的上述RC时间常数。例如,优选以使电容器52的放电以几(μs)~几百(μs)完成的方式设计电容器52以及电阻元件54。

[0114] 相对于此,在实施方式1的峰值检测电路5中,在时刻t₄以及t₇以后检测电压V_{det}被维持恒定,所以能够期待使用时间响应速度慢的简便的检测器,比实施方式1的变形例廉价地构成电压检测部6。

实施方式2.

[0115] 在实施方式2中,说明峰值检测电路5的结构的进一步的变形例。

[0116] 图8是说明实施方式2的峰值检测电路的第1结构例的电路图。

[0117] 如图8所示,实施方式2的第1结构例的峰值检测电路5除了图4所示的结构以外,还包括运算放大器55。运算放大器55连接于输入节点N_x以及二极管51(阳极)之间。

[0118] 运算放大器55被电压跟随连接,将输入节点N_x的电压传递到二极管51的阳极。因此,对二极管51输入与实施方式1同样的输入电压V_x。因此,关于利用电压检测部6检测的检测电压V_{det},也与实施方式1相同,能够用与实施方式1同样的手法,在功率半导体元件10的导通期间中或者断开期间中稳定地求出功率半导体元件10的温度。

[0119] 在图4的电路结构中,在与电流源11并联地连接的输入节点N_x以及节点N_s之间,流入来自电流控制部1的电流、即电流源11的供给电流(I_g)的一部分,被用于电容器52的充电。因此,在根据上述式(1)的关系推测温度的情况下,存在由于在峰值检测电路5中流过的电流量的误差,而温度推测精度降低的可能性。

[0120] 相对于此,在图8的电路结构中,通过对输入节点N_x连接阻抗大的输入级,能够防止电流源11的供给电流流入峰值检测电路5。这样,通过在输入级中使用以运算放大器55为代表的输入阻抗大的有源元件,增大峰值检测电路5的输入阻抗,能够使来自电流源11的供给电流几乎全部流入功率半导体元件10。即,运算放大器55与“阻抗变换电路”的一个实施例对应。

[0121] 其结果,在具备实施方式2的第1结构例的峰值检测电路的半导体装置中,能够降低依照式(1)的关系计算出的温度的误差,提高功率半导体元件10的温度推测精度。

[0122] 图9是说明实施方式2的峰值检测电路的第2结构例的电路图。

[0123] 如图9所示,实施方式2的第2结构例的峰值检测电路5除了图8(第1结构例)所示的

结构以外,还包括特性与二极管51相同的二极管56和运算放大器58。

[0124] 二极管56被插入连接到电压跟随连接的运算放大器55的反馈路径,产生与二极管51同等的电压降。也可以对二极管56的阴极,经由电阻元件供给用于使二极管56稳定地导通的负偏置电压(V₋)。二极管56与“第2二极管”的一个实施例对应。

[0125] 在这样构成时,能够排除由于二极管51引起的电压降的影响,来抑制节点N_y的电压与运算放大器55的输出电压(即输入节点N_x的电压)之差。由此,通过抑制利用电压检测部6检测的检测电压V_{det}和峰值检测电路5的输入电压V_x的差异,能够进一步提高功率半导体元件10的温度推测精度。

[0126] 运算放大器58连接于节点N_y与电压检测部6之间。运算放大器58被电压跟随连接,将与节点N_y的电压同等的电压作为检测电压V_{det}输出给电压检测部6。通过配置运算放大器58,峰值检测电路5的输出阻抗变小。其结果,期待提高电压检测部6中的电压检测精度。另外,还能够防止节点N_y的电位由于来自电压检测部6的影响而变化,所以根据该方面,也能够提高检测电压V_{det}的检测精度。

[0127] 此外,运算放大器58在图8所示的第1结构例中,也能够追加连接于节点N_y与电压检测部6之间。关于运算放大器58,也与“阻抗变换电路”的一个实施例对应。

[0128] 这样,通过使用实施方式2的峰值检测电路,由于功率半导体元件10的温度变化而产生的电压变化被更明确地直接地反映到检测电压V_{det},所以能够进一步提高功率半导体元件10的温度推测精度。此外,在图8以及图9的结构例中,也能够与图6(实施方式1的变形例)同样地,将放电开关53替换为电阻元件54。

实施方式3.

[0129] 在实施方式3中,说明电流控制部1的电流控制开关12的导通断开控制的变形例。在实施方式1中,说明了作为上升、下降期间以外的功率半导体元件10的栅极电压稳定的期间,在导通期间中以及断开期间中分别将电流控制开关12的断开期间各设置1次的实施例,但在实施方式3中,将电流控制开关12的断开期间设置多次。

[0130] 图10是用于说明利用实施方式3的半导体装置的温度推测手法的时序图。在图10中,在功率半导体元件10的断开期间中,将电流控制开关12的断开期间、即从电流源11的电流供给期间设置多次。

[0131] 在图10的例子中,在功率半导体元件10被断开的时刻t₅以后的断开期间中,执行温度测定。具体而言,与图5同样地,在从与断开指令定时相当的时刻t₅经过一定的延迟期间后即时刻t₆至时刻t₇的期间,开关控制信号31被设定为L电平,设置从电流控制部1的电流供给期间。如在实施方式1中说明,在该期间中,经由栅极布线部2从电流源11对功率半导体元件10供给电流,从而峰值检测电路5的输入电压V_x依照上述式(1)上升。

[0132] 在时刻t₇,开关控制信号31从L电平变化为H电平。在开关控制信号31的H电平期间中,在电流控制部1中,电流控制开关12导通,从而电流源11的两端成为同电位,所以成为输入电压V_x=0。

[0133] 在时刻t₇以后,在时刻t₈~t₉的期间,再次设置开关控制信号31的L电平期间。进而,在时刻t₉,开关控制信号31从L电平变化为H电平之后,在时刻t₁₀~t₁₁的期间,再次设置开关控制信号31的L电平期间。

[0134] 在时刻t₈~t₉以及时刻t₁₀~t₁₁各自的开关控制信号31的L电平期间,与时刻t₆~t₇

同样地,峰值检测电路5的输入电压 V_x 依照上述式(1)上升。

[0135] 这样,在图10的例子中,在断开期间中,持续时刻 $t_6 \sim t_7$ 、时刻 $t_8 \sim t_9$ 、时刻 $t_{10} \sim t_{11}$ 、 \dots 、时刻 $t_{k-1} \sim t_k$ 这样的多次,设置开关控制信号31的L电平期间、即通过使电流控制开关12断开而形成的从电流控制部1的电流供给期间。开关控制信号31的L电平期间各自的时间长被设定为同等。因此,输入电压 V_x 的举动(波形)在开关控制信号31的各L电平期间相同。因此,开关控制信号31的各L电平期间的结束时间点下的输入电压 V_x 成为同等的电压值 V_2 。

[0136] 即使在图5所示的峰值检测电路5中,在放电开关53的断开期间中,二极管51成为非导通时,实际上,由于放电开关53的泄漏电流等,节点 N_y 的电压逐渐降低。在图10中,由于该影响引起的检测电压 V_{det} 的微小的降低也被强调地示出。例如,在时刻 t_7 以后,伴随成为 $V_x=0$ 而二极管51成为非导通,检测电压 V_{det} 从 V_2 逐渐降低。

[0137] 在时刻 $t_8 \sim t_9$,通过设置开关控制信号31的L电平期间,输入电压 V_x 与时刻 $t_6 \sim t_7$ 同样地上升。其结果,在时刻 t_7 附近,输入电压 V_x 再次高于节点 N_y 的电压(检测电压 V_{det})时,通过二极管51的导通,检测电压 V_{det} 能够恢复到 V_2 。

[0138] 这样,根据实施方式3,通过使电流控制开关12多次导通断开,将电流供给期间反复设置多次,能够消除峰值检测电路5的输出电压、即电压检测部6的检测电压 V_{det} 的衰减。其结果,在电压检测部6中,能够使用时间响应速度慢的简便的检测器。此外,能够在上升期间以及下降期间以外的功率半导体元件10的栅极电压稳定的期间、即断开期间中以及导通期间中的整体,反复该电流控制开关12的导通断开动作。

[0139] 此外,在图10中,为了简化表述,示出了在导通期间中不设置电流控制开关12的断开期间(从电流控制部1的电流供给期间)而不执行温度测定的例子,但在导通期间以及断开期间这两方中进行温度测定的情况下,能够在其至少一方的温度测定中设置多次的电流控制开关12的断开期间(从电流源11的电流供给期间)。

[0140] 另外,在实施方式3中,还能够通过将电流控制开关12的导通断开反复多次,缓和峰值检测电路5的响应延迟。特别是,在图6所示的峰值检测电路5中,响应速度由于由电容器52以及电阻元件54决定的RC时间常数而被限速,在输入电压 V_x 的脉冲少的情况下,存在发生输入电压 V_x 的峰值变得比峰值检测电路5的输出电压(检测电压 V_{det})高的情形的可能性。相对于此,通过如实施方式3将电流控制开关12的导通断开反复多次,作为输入电压 V_x 能够提供多个脉冲波形,所以峰值检测电路5能够将输入电压 V_x 的峰值正确地反映到检测电压 V_{det} 。

[0141] 此外,电流控制开关12的断开期间长有时由于控制器的抖动等的影响而无法取完全相同的值。在断开期间长出现偏差时,在输入电压 V_x 的峰值中包含功率半导体元件10的温度以外的变化要因,所以担心温度推测精度降低。即使在这样的情况下,通过如实施方式3在1次的断开期间或者导通期间内设置电流控制开关12的断开期间、即输入电压 V_x 的测量期间,能够使由于抖动引起的误差的影响平均化。由此,能够避免温度推测精度降低。

实施方式4.

[0142] 在实施方式4中,说明使用通过实施方式1~3计算出的功率半导体元件10的推测温度计算值来计算功率半导体元件10的稳态热电阻或者瞬态热电阻的例子。

[0143] 在计算稳态热电阻时,功率半导体元件10需要热性地成为稳定状态(热平衡状

态)。例如,通过如作为功率半导体元件的一般的可靠性试验之一的功率循环试验使一定的直流电流流过功率半导体元件10而产生一定的电力损耗,从而能够实现该稳定状态。

[0144] 或者,还能够通过使功率半导体元件10连续地开关,将在功率半导体元件10中流过的电流控制为恒定量,来形成模拟的热平衡状态。例如,在如全桥电路使用4个功率半导体元件来控制电流的导通方向的结构或者在使用2个功率半导体元件的半桥电路连接了电感性负载或者电阻性负载的结构中,能够将各功率半导体元件的电流控制为恒定量,形成模拟的热平衡状态。

[0145] 图11是示出实施方式4的功率模块的一个例子的结构图。

[0146] 如图11所示,实施方式4的功率模块103除了实施方式1的功率模块101或者102(图1A、图3)的结构以外,还具备:主电流检测部81,用于测量主电流 I_{mt} ;以及主电压检测部82,用于检测功率半导体元件10的主电压(漏极源极间电压) V_{mt} 。利用主电流检测部81测量出的主电流 I_{mt} 以及利用主电压检测部82检测出的主电压 V_{mt} 被输入到主控制部41。由此,主控制部41能够通过主电压 V_{mt} 以及主电流 I_{mt} 之积,计算在功率半导体元件10中产生的电力损耗。

[0147] 图12是用于说明利用实施方式4的半导体装置的热电阻以及热阻抗的推测手法的时序图。图12所示的控制处理例如能够由主控制部41执行。

[0148] 参照图12,功率半导体元件10在直至时刻 t_5 的期间,以形成上述热平衡状态的方式被多次控制开关之后,在时刻 t_5 以后被维持为断开状态。

[0149] 在功率半导体元件10的断开期间,产生 V_{mt} ,另一方面, $I_{mt}=0$ 。相反地,在功率半导体元件10的导通期间,产生 I_{mt} ,并且在功率半导体元件10中产生有限的电阻(导通电阻)。因此,在导通期间中,起因于上述导通电阻,而产生 $P_{1s}=V_{mt} \cdot I_{mt}$ 的电力损耗(导通损耗)。进而,在接通以及断开时,产生 $V_{mt} \cdot I_{mt}$ 不成为零的期间,在该期间中,产生 $P_{1s}=V_{mt} \cdot I_{mt}$ 的电力损耗(开关损耗)。由于这些电力损耗 P_{1s} ,功率半导体元件10的温度 T_j 上升。

[0150] 在时刻 t_5 以后的期间中,在功率半导体元件10中不流过电流,所以根据功率半导体元件10以及未图示的冷却器之间的热阻抗和该冷却器的冷却能力,功率半导体元件10的温度 T_j 逐渐降低。

[0151] 关于此时的温度变化的时间常数,简略地,能够根据功率半导体元件10的散热路径的热电阻以及热容量估算。一般而言,在功率半导体元件10的附近,上述时间常数为几十(μs)~几百(μs)程度。一般而言,该值为接近功率半导体元件10的开关循环的值或者比开关循环稍微长。在此前说明的实施方式1~3中,设想了推测导通断开动作中的功率半导体元件10的温度,所以几乎能够忽略温度测定中的功率半导体元件10的温度变化。

[0152] 相对于此,在实施方式4中,通过利用在实施方式3中说明的手法测定被长期间维持为断开状态的功率半导体元件10的温度变化,测定功率半导体元件10的热电阻以及热阻抗。

[0153] 具体而言,在与图10同样的时刻 t_6 以后,以在开关控制信号31中将预先决定的一定长的L电平期间(即电流供给期间)设置多次的方式使电流控制开关12反复导通断开。如在实施方式1~3中说明,在电流控制开关12的各断开期间中,通过从电流控制部1(电流源11)的电流供给,产生反映了该时间点下的温度 T_j 的输入电压 V_x 。

[0154] 因此,通过针对电流控制开关12断开的每个电流供给期间,从检测电压 V_{det} 取得

输入电压 V_x 的峰值,能够计算各定时下的功率半导体元件10的推测温度(T_j 的推测值)。在图12的例子中,从时刻 $t_6 \sim t_7$ 的第1次的L电平期间至时刻 $t_{n-1} \sim t_n$ 的第 N 次($N:2$ 以上的整数)的L电平期间,将温度测定执行 N 次。

[0155] 功率半导体元件10在时刻 t_5 以后被维持为断开状态,所以被逐渐冷却。因此,输入电压 V_x 的峰值以及检测电压 V_{det} 由于功率半导体元件10的温度元件而逐渐降低。通过检测电压 V_{det} 的降低计算温度 T_j 的降低,所以峰值检测电路5需要具有能够将由于功率半导体元件10的温度降低引起的输入电压 V_x 的峰值降低反映到检测电压 V_{det} 的响应速度。因此,峰值检测电路5的响应时间常数优选比功率半导体元件10的热时间常数短。

[0156] 图13是说明利用实施方式4的半导体装置的热电阻以及热阻抗的计算处理的流程图。图13所示的一连串的处理例如由主控制部41执行。

[0157] 主控制部41在功率半导体元件10为上述热平衡状态的情况下,执行步骤(以下简单地表述为“S”)S110~S150的处理。在图12中,在时刻 t_5 以前,执行S110~S150的处理。

[0158] 主控制部41在S110中,取得利用主电压检测部82测量的功率半导体元件10的主电压 V_{mt} (瞬时值),在S120中,取得利用主电流检测部81测量出的功率半导体元件10的主电流 I_{mt} (瞬时值)。在S110中取得的主电压 V_{mt} 和在S120中取得的主电流 I_{mt} 是同一定时下的测量值,所以主控制部41在S130中,根据主电压 V_{mt} 以及主电流 I_{mt} 的乘法值,计算在功率半导体元件10中产生的电力损耗 P_{1s} (瞬时值)。

[0159] 主控制部41直至热电阻的计算定时到来,将S140判定为“否”。主控制部41在S140中判定为“否”时,通过S150,执行计算功率半导体元件10的每个开关循环的电力损耗 P_{1sc} 的处理。具体而言,通过在各开关循环内,累计在S130中计算出的电力损耗 P_{1s} ,计算每个开关循环的电力损耗 P_{1sc} 。在S150中,根据各开关循环的结束或者开始,累计值被清零。

[0160] 在S140中,在图12的例子中,在时刻 t_5 判定为“是”。直至在S140中判定为“是”,反复执行S110~S150的处理。此外,在S150中,也可以还求出最新的 X 循环(X :预先决定的2以上的整数)量的、电力损耗 P_{1sc} 的移动平均值。

[0161] 主控制部41在S140中判定为“是”时,使处理进入到S160,开始热电阻的计算。主控制部41在S160中,决定在热电阻 R_{th} 的计算中使用的电力 P (W)。例如,电力 P 能够设为在S140中判定为“是”的时间点下的、在S150中刚要计算之前的开关循环中的电力损耗 P_{1sc} 或者电力损耗 P_{1sc} 的最新的移动平均值。

[0162] 主控制部41如在图12中说明,针对开关控制信号31的每个L电平期间(等长),根据作为输入电压 V_x 的峰值得到的检测电压 V_{det} ,计算功率半导体元件10的推测温度(T_j 的推测值)。在此,如在图12中说明,执行合计 N 次的温度测定。

[0163] 主控制部41在S170中,执行第 i 次($i:1 \sim N$ 的自然数)的温度测定,根据该时间点下的检测电压 V_{det} 计算推测温度 $T(i)$ 。在图12中,在 $i=1$ 时,计算时刻 $t_6 \sim t_7$ 中的功率半导体元件10的推测温度 $T(1)$ 。

[0164] 在 $i \geq 2$ 时,通过S180,使用温度变化量 $\Delta T(i) = T(i) - T(1)$ 和在S160中决定的电力 P ,计算热电阻 $R_{th} = \Delta T/P$ 。在S180中,在第 i 次的温度测定($i \geq 2$)中,计算热电阻 $R_{th}(i)$ 。

[0165] 主控制部41通过S190,判定测定次数 i 是否达到预先决定的结束条件(N)。直至达到测定结束条件(在S190中判定为“否”时),通过S195,存储在S180中计算出的热电阻 $R_{th}(i)$ 。因此,在测定次数 i 达到 n 而测定结束条件成立的定时(在S190中判定为“是”时),能够

得到(N-1)个热电阻 $R_{th}(2) \sim R_{th}(N)$ 。此外,S190中的测定结束条件除了通过测定次数决定以外,也可以通过从在S140中判定为“是”起的经过时间长决定。

[0166] 主控制部41在测定结束条件成立时(在S190中判定为“是”时),能够使用与功率半导体元件10的温度 T_j 的经时变化对应地此前计算出的热电阻(在此 $R_{th}(2) \sim R_{th}(N)$),来计算包括冷却系统的功率半导体元件10的热阻抗 Z_{th} 。这样,通过主控制部41执行图13所示的控制处理,能够构成“热电阻计算部”的一个实施例。

[0167] 此外,为了计算热阻抗,需要以充分确保功率半导体元件10的冷却时间的方式决定S190中的测定结束条件。必要的冷却时间依赖于功率半导体元件10的冷却系统的热时间常数,一般而言为几[s]到几百[s]的程度。难以将该程度的冷却时间嵌入一般的功率电子机器的通常动作模式,但例如在逆变器系统中,通过活用如能够将功率半导体元件在一定期间维持为断开的电流控制或者系统的动作停止定时,能够将功率半导体元件10的断开状态维持比较长的期间,进行图13所示的热阻抗的计算处理。

[0168] 这样,根据实施方式4,能够使用在实施方式1~3中说明的功率半导体元件10的温度推测手法,来计算功率半导体元件10的热电阻 R_{th} 。进而,在能够确保用于测定温度的功率半导体元件10的断开期间(冷却期间)的情况下,能够计算包括冷却系统的功率半导体元件10的热阻抗 Z_{th} 。

实施方式5.

[0169] 实施方式5是将上述实施方式1~4的功率模块101~103应用于电力变换装置的例子。本公开不限于特定的电力变换装置,但以下,作为实施方式5,说明将本公开应用于三相的逆变器的情况。

[0170] 图14是示出应用本实施方式的电力变换装置的电力变换系统的结构的框图。

[0171] 图14所示的电力变换系统具备电源120、电力变换装置110、负载130。电源120是直流电源,对电力变换装置110供给直流电力。电源120能够由各种例子构成,例如,既能够由直流体系、太阳能电池、蓄电池构成,也可以由与交流体系连接的整流电路、AC/DC转换器构成。另外,电源120也可以由将从直流体系输出的直流电力变换为设定的电力的DC/DC转换器构成。

[0172] 电力变换装置110是连接于电源120以及负载130之间的三相的逆变器,将从电源120供给的直流电力变换为交流电力,对负载130供给交流电力。电力变换装置110如图14所示,具备:主变换电路111,将直流电力变换为交流电力而输出;以及控制电路112,将控制主变换电路111的控制信号输出给主变换电路111。

[0173] 负载130是通过从电力变换装置110供给的交流电力驱动的三相的电动机。此外,负载130不限于特定的用途,是搭载于各种电气机器的电动机,例如被用作面向混合动力汽车、电动汽车、铁路车辆、电梯或者空调机器的电动机。

[0174] 以下,详细说明电力变换装置110。主变换电路111具备开关元件和续流二极管(未图示),通过开关元件开关,将从电源120供给的直流电力变换为交流电力,供给到负载130。主变换电路111的具体的电路结构有各种例子,但本实施方式的主变换电路111是2电平的三相全桥电路,能够由6个开关元件和与各个开关元件反并联的6个续流二极管构成。主变换电路111的各开关元件的至少任意开关元件是上述实施方式1~4中的任意实施方式的功率模块101具有的功率半导体元件10。6个开关元件针对每2个开关元件串联连接而构成上

下支路,各上下支路构成全桥电路的各相(U相、V相、W相)。而且,各上下支路的输出端子、即主变换电路111的3个输出端子与负载130连接。

[0175] 另外,如在上述实施方式1~4中说明,驱动各开关元件的半导体装置100(未图示)内置于功率模块101~103,所以主变换电路111具备半导体装置100。半导体装置100生成驱动主变换电路111的开关元件的驱动信号,供给到主变换电路111的开关元件的控制电极。具体而言,依照来自后述控制电路112的控制信号,将使开关元件成为导通状态的驱动信号和使开关元件成为断开状态的驱动信号输出给各开关元件的控制电极。在将开关元件维持为导通状态的情况下,驱动信号是开关元件的阈值电压以上的电压信号(导通信号),在将开关元件维持为断开状态的情况下,驱动信号成为开关元件的阈值电压以下的电压信号(断开信号)。

[0176] 控制电路112以对负载130供给期望的电力的方式控制主变换电路111的开关元件。具体而言,根据应供给到负载130的电力,计算主变换电路111的各开关元件应成为导通状态的时间(导通时间)。例如,能够通过根据应输出的电压调制开关元件的导通时间的PWM(Pulse width modulation,脉冲宽度调制)控制控制主变换电路111。而且,以在各时间点,向应成为导通状态的开关元件输出导通信号,向应成为断开状态的开关元件输出断开信号的方式,向主变换电路111具备的半导体装置100输出控制指令(控制信号)。半导体装置100依照该控制信号,向各开关元件的控制电极输出导通信号或者断开信号作为驱动信号。

[0177] 在本实施方式的电力变换装置中,作为构成主变换电路111的功率模块101应用实施方式1~4的功率模块101~103,所以能够根据功率半导体元件的温度测定结果提高电力变换装置的可靠性。

[0178] 在本实施方式中,说明了将本公开应用于2电平的三相逆变器的例子,但本公开不限于此,能够应用于各种电力变换装置。在本实施方式中,设为2电平的电力变换装置,但也可以是3电平、多电平的电力变换装置,在对单相负载供给电力的情况下,也可以将本公开应用于单相的逆变器。另外,在对直流负载等供给电力的情况下,还能够将本公开应用于DC/DC转换器、AC/DC转换器。

[0179] 另外,应用本公开的电力变换装置不限于上述负载为电动机的情况,例如,还能够用作放电加工机、激光加工机或者感应加热烹调器、非接触供电系统的电源装置。进而,还能够作为太阳能发电系统以及蓄电系统等的功率调节器,使用应用了本公开的电力变换装置。

[0180] 关于从申请当初的意图可以确认记载:关于以上说明的多个实施方式,包括在说明书内未言及的组合,在不产生不匹配、矛盾的范围内,能够适当地组合在各实施方式中说明的结构。

[0181] 应认为本次公开的实施方式在所有方面为例示而非限制性的。本公开的范围并非由上述说明示出而由权利要求书示出,意图包括与权利要求书均等的意义以及范围内的所有变更。

[0182] (符号说明)

[0183] 1:电流控制部;2:栅极布线部;3:定时控制部;4:栅极驱动部;5:峰值检测电路;6:电压检测部;7:温度推测部;10:功率半导体元件;11:电流源;12:电流控制开关;20:脉冲电流源;21、54:电阻元件;31、35:开关控制信号;32:控制信息;41:主控制部;42:驱动器电路;

51、56:二极管;52:电容器;53:放电开关;55、58:运算放大器;71:温度信息;81:主电流检测部;82:主电压检测部;90:基准电位节点;100:半导体装置;101~103:功率模块;110:电力变换装置;111:主变换电路;112:控制电路;120:电源;130:负载;411:驱动器输入信号;412:指令;D:正极端子;G:控制端子;I_{mt}:主电流(功率半导体元件);N_s、N_x、N_y:节点;S:负极端子;V_{det}:检测电压;V_{gs}:栅极电压;V_{mt}:主电压(功率半导体元件);V_x:输入电压(峰值检测电路)。

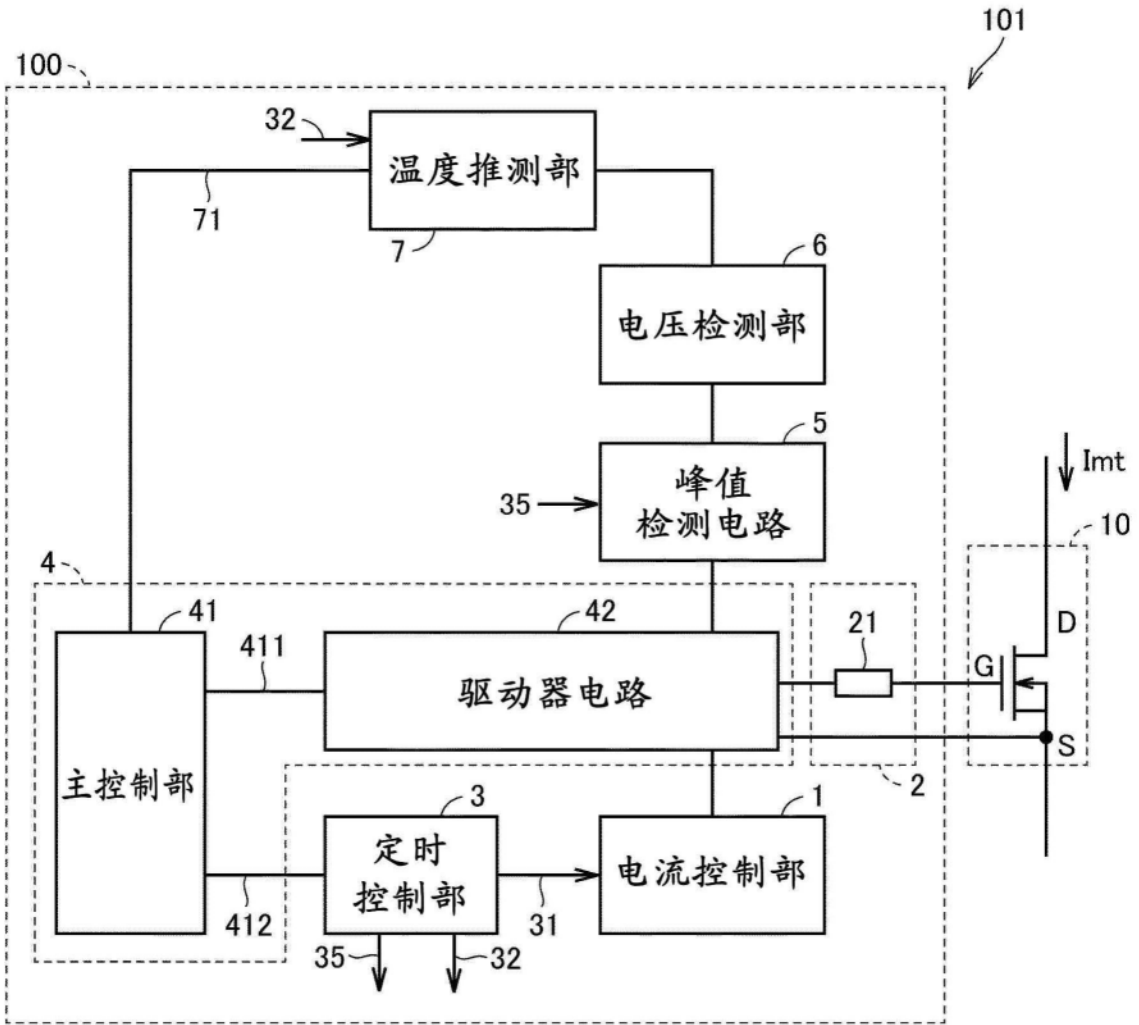


图1A

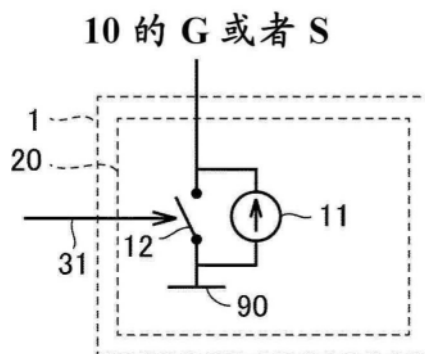


图1B

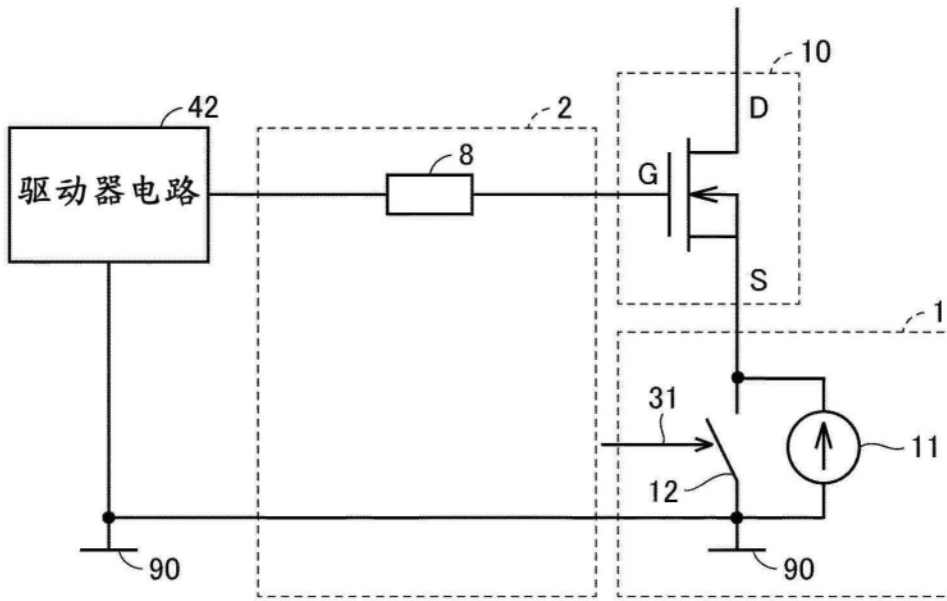


图2A

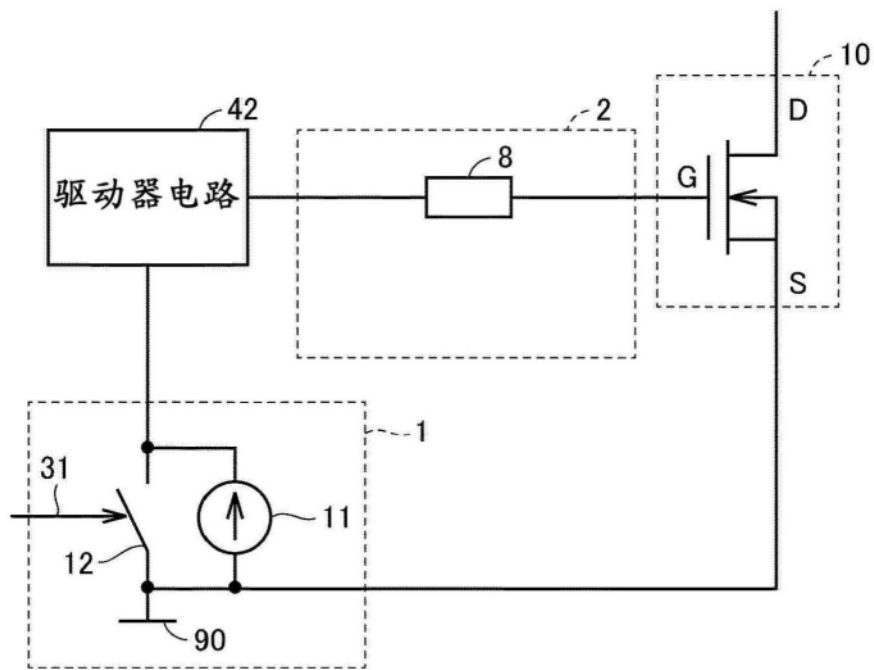


图2B

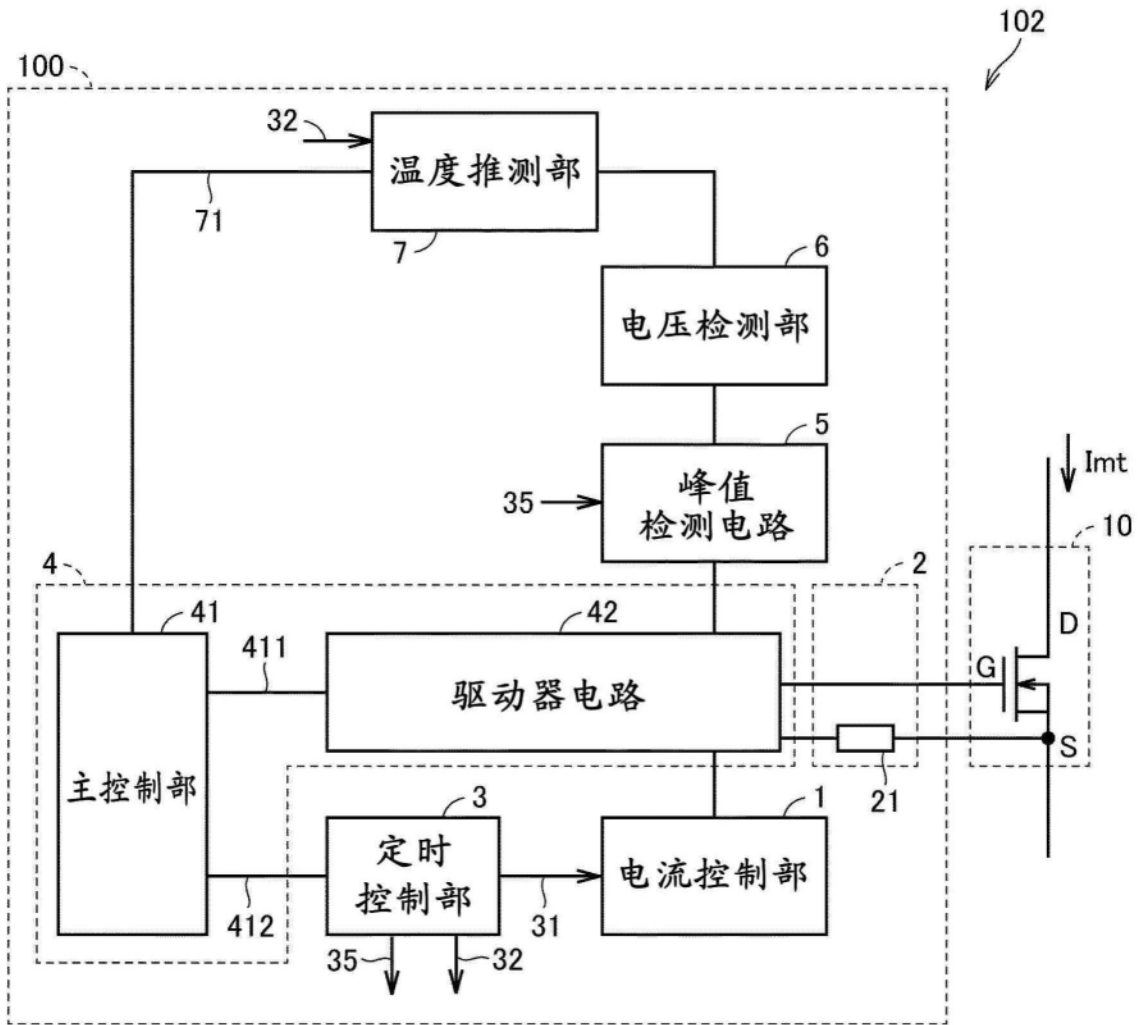


图3

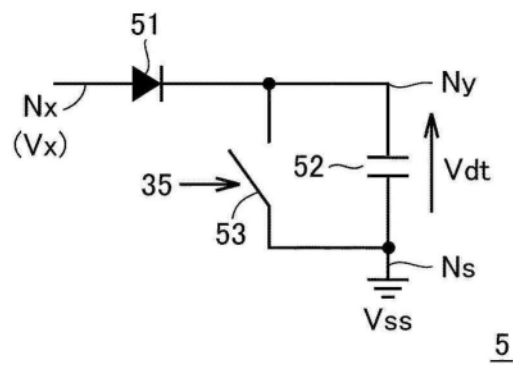


图4

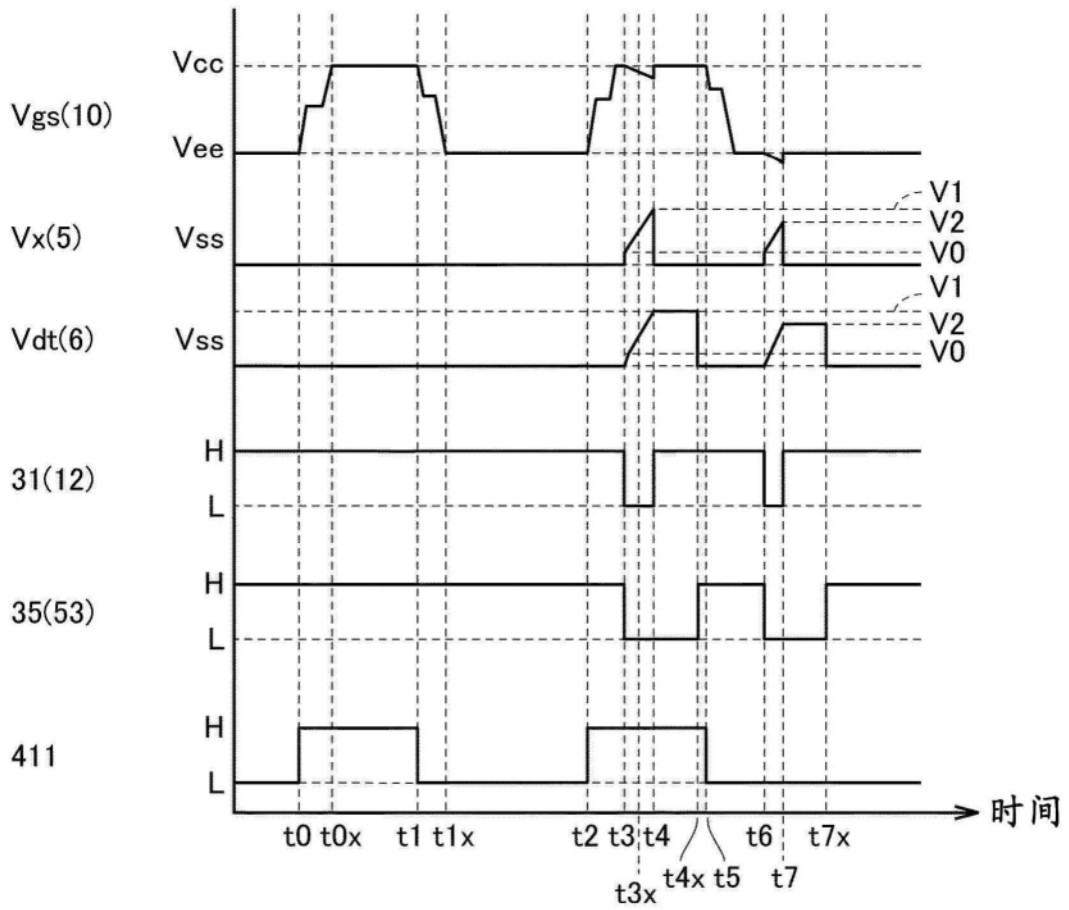


图5

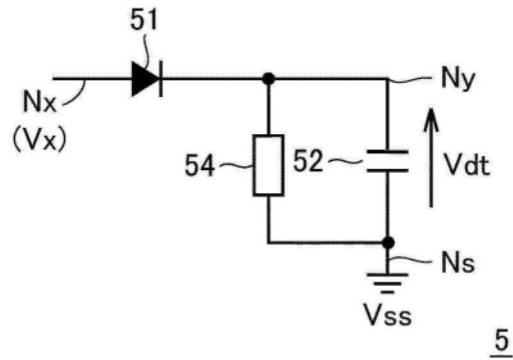


图6

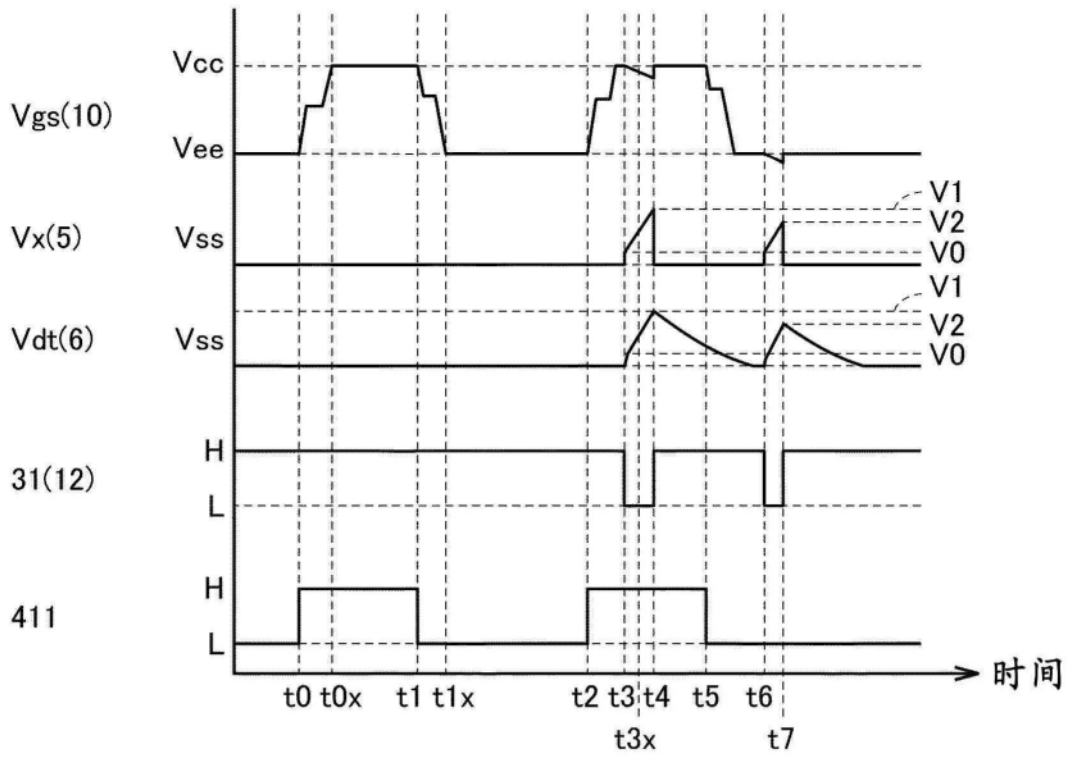


图7

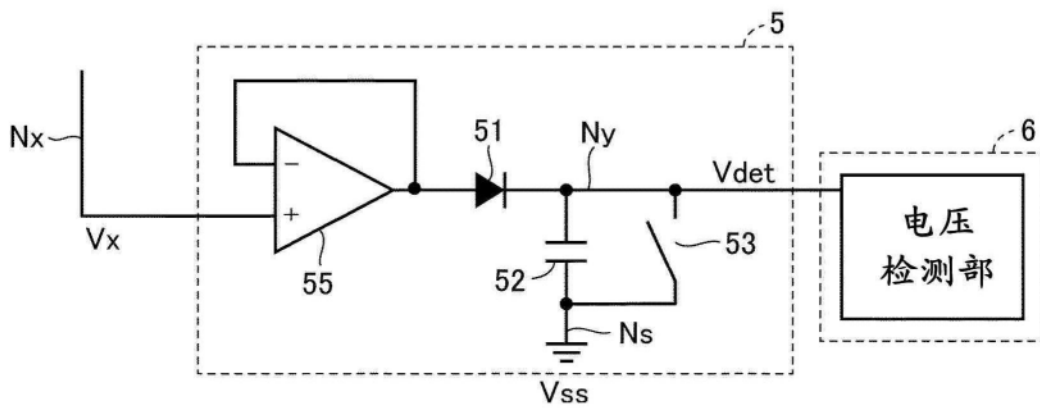


图8

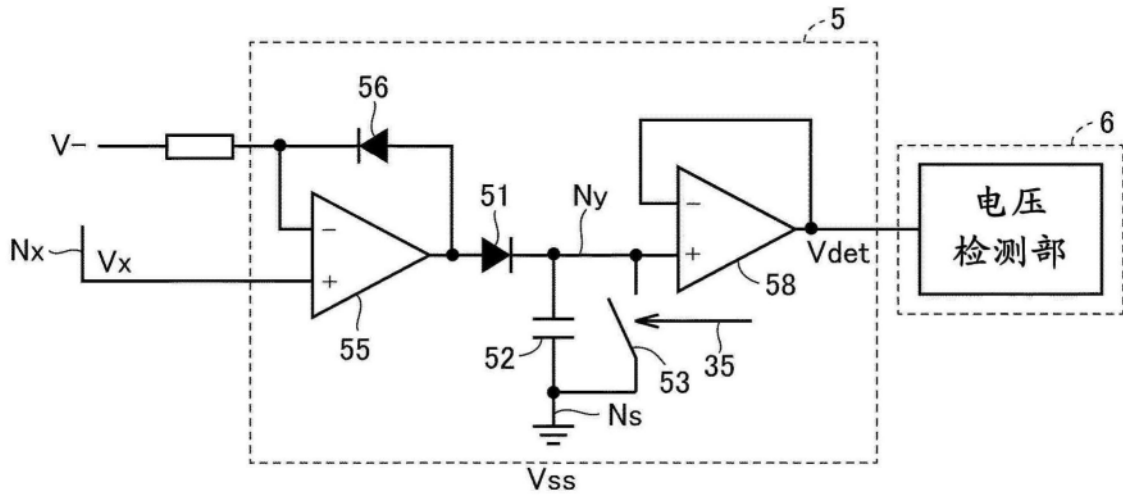


图9

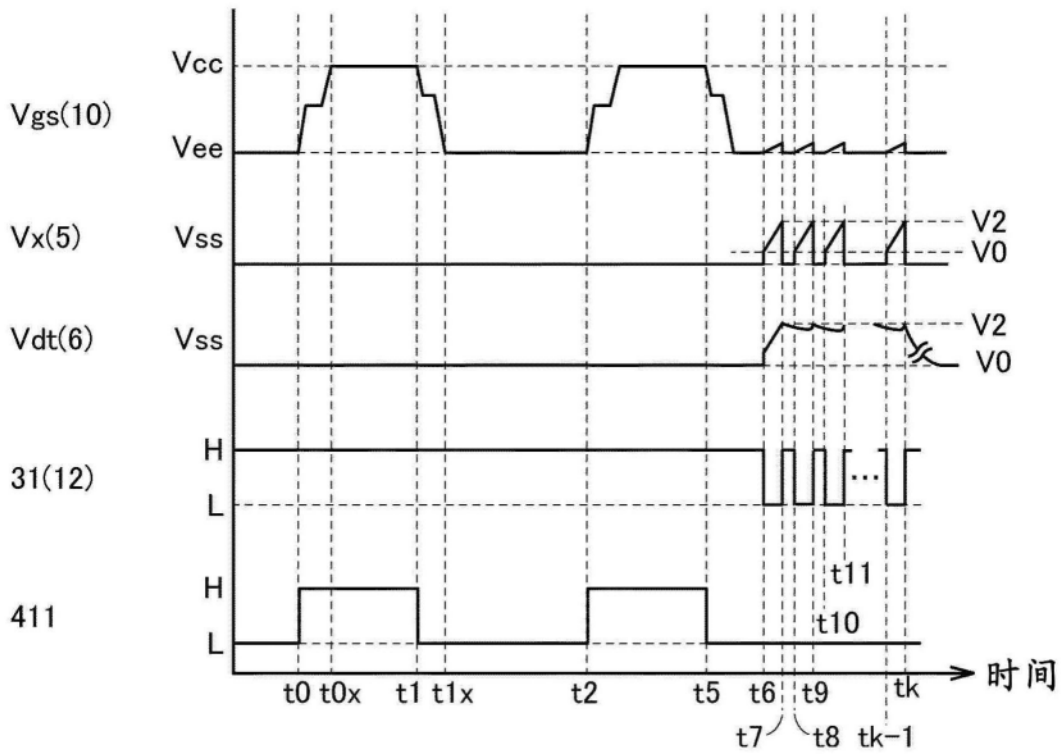


图10

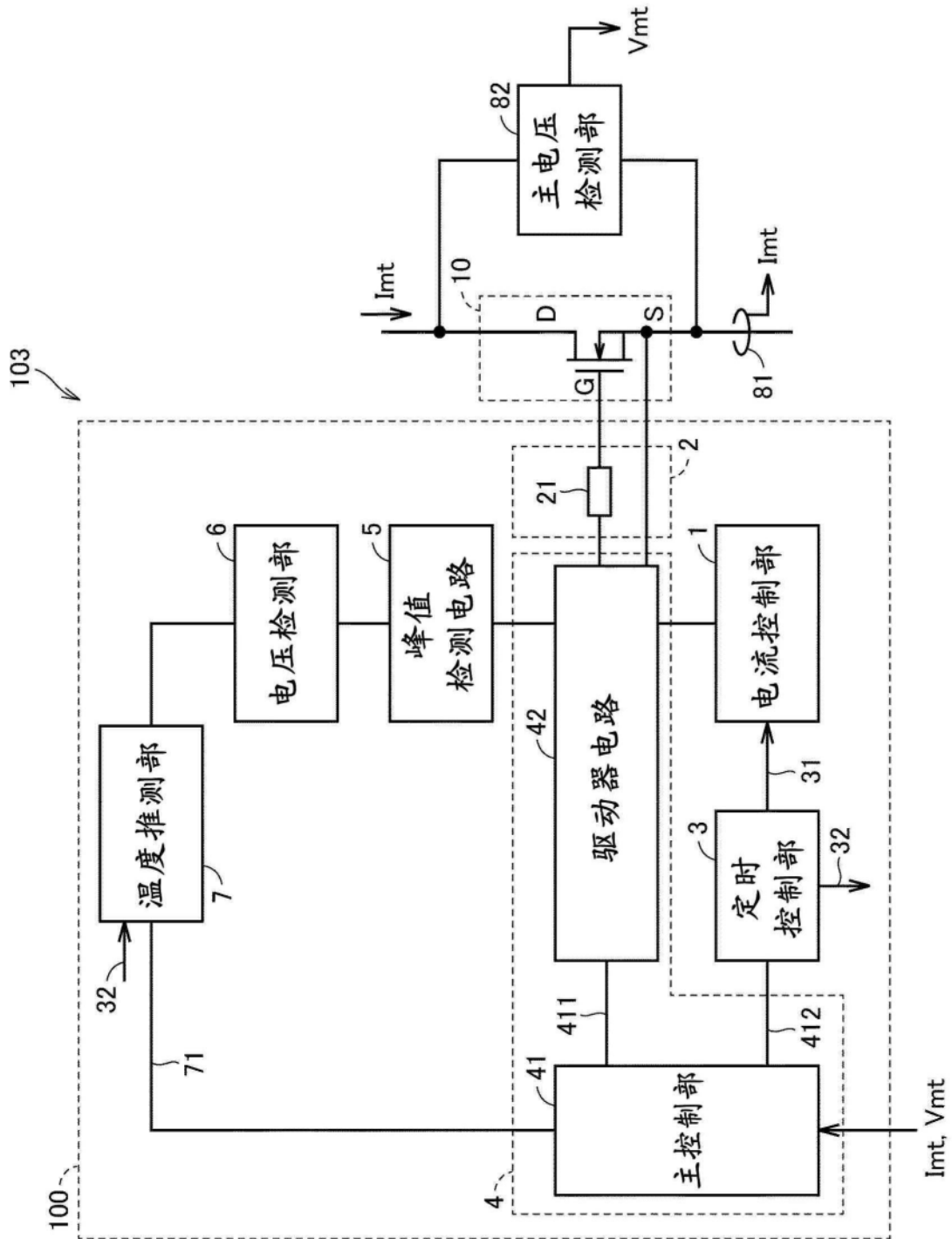


图11

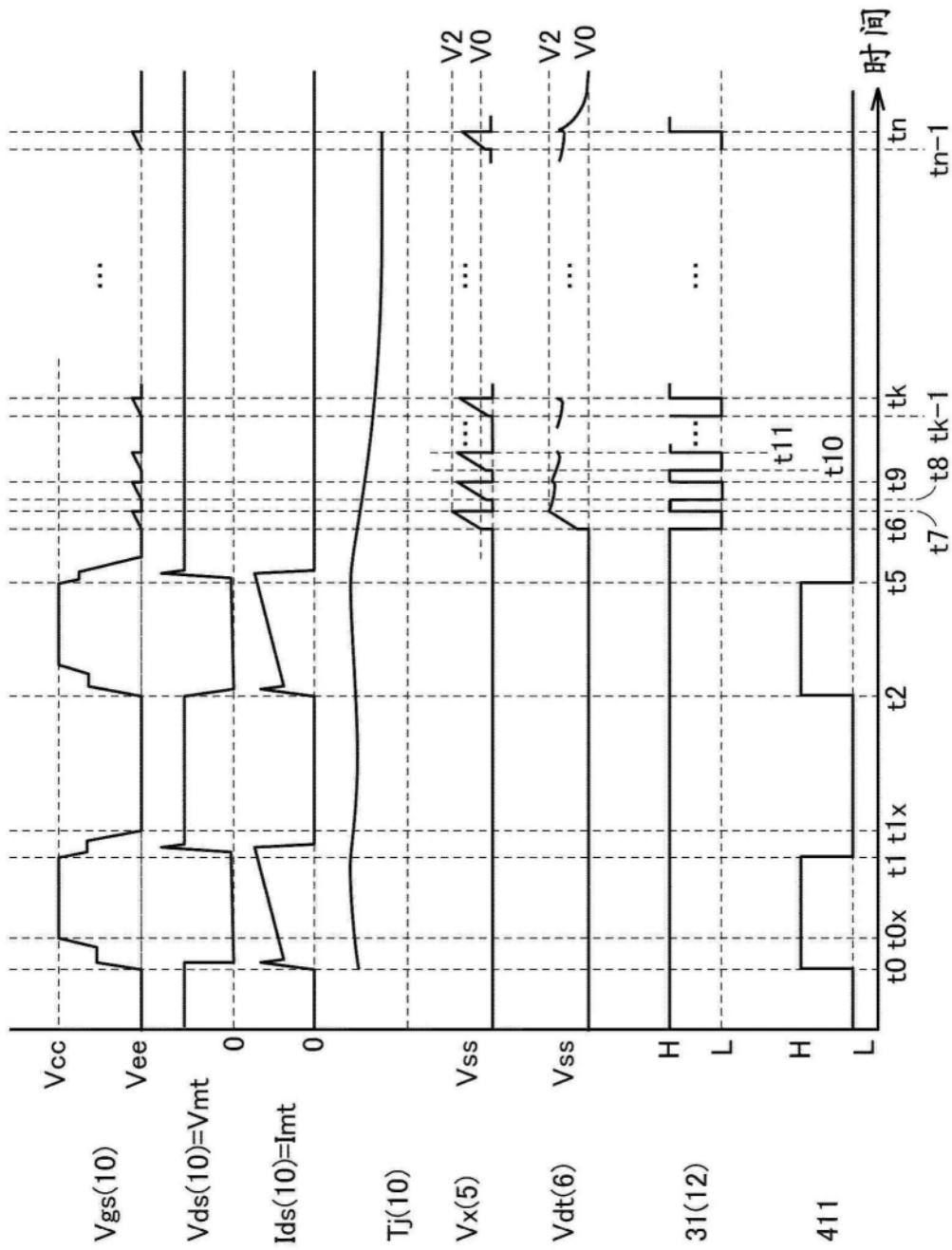


图12

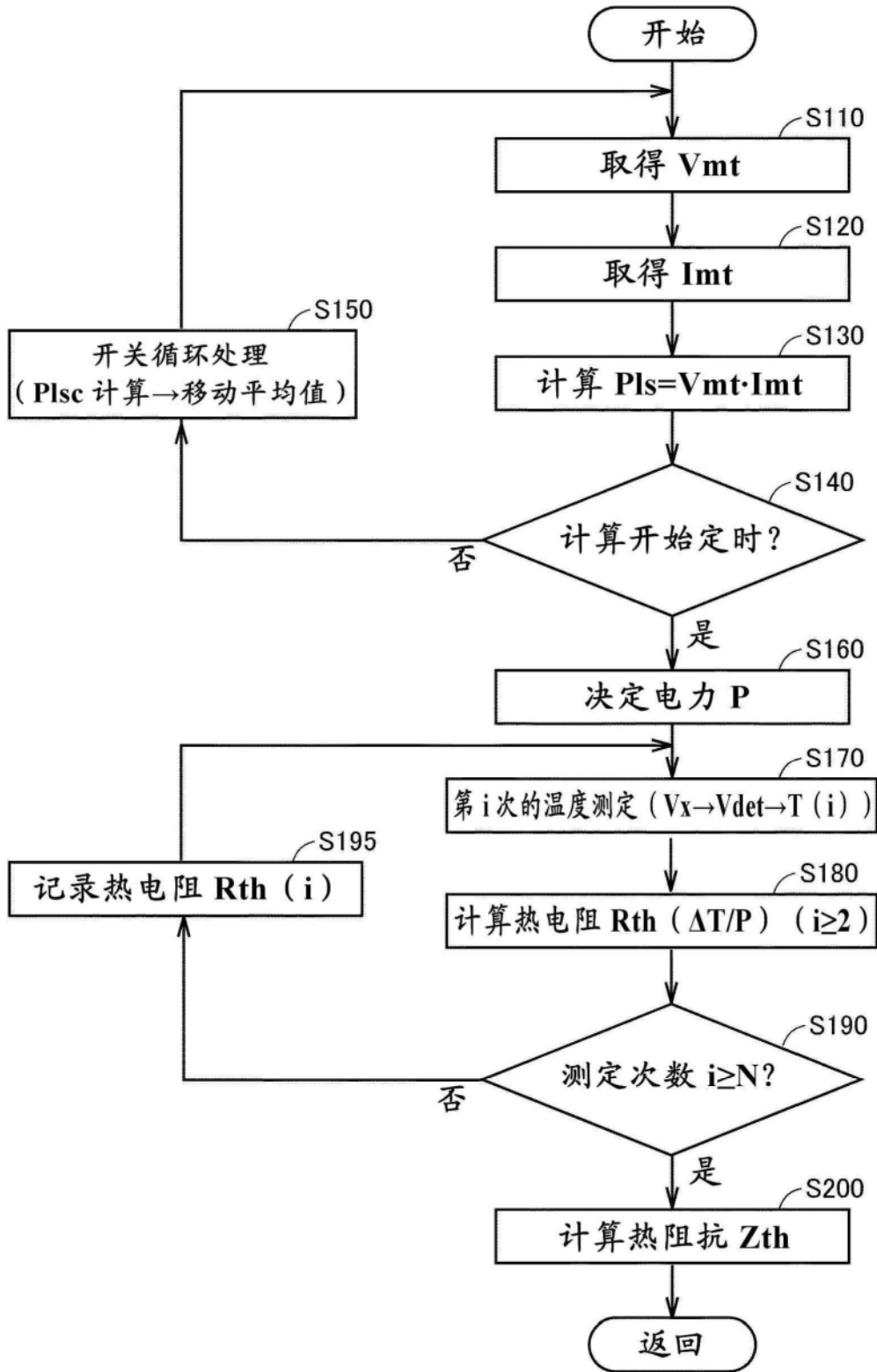


图13

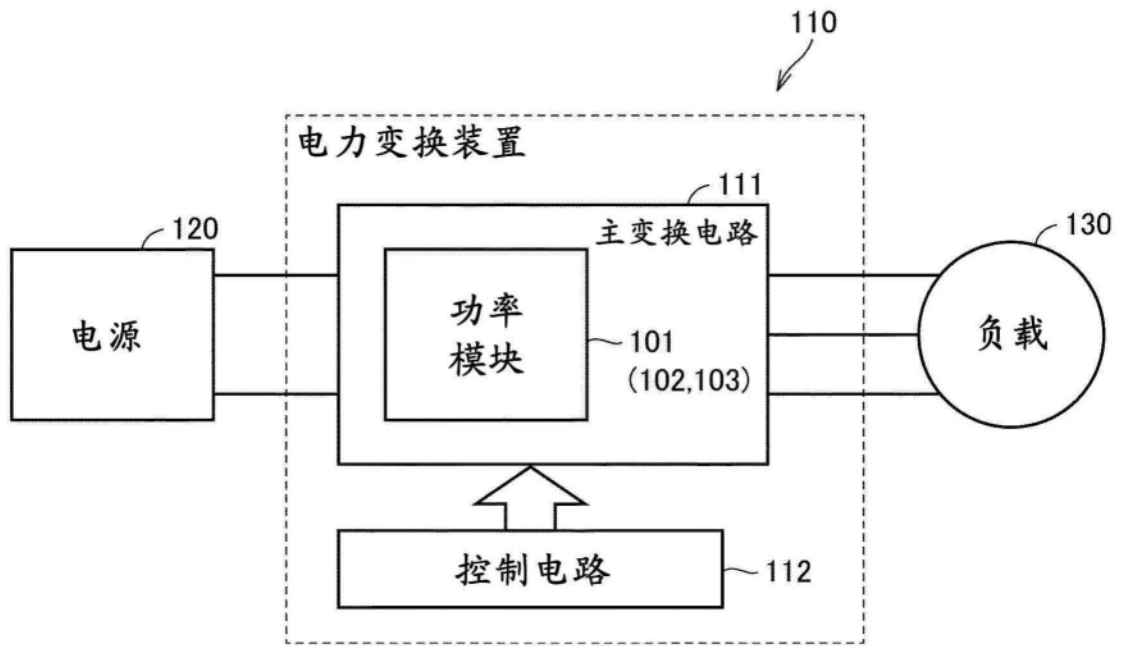


图14