(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 111742490 B
(45)授权公告日 2024.07.05

(21)申请号 201980014097.2
(22)申请日 2019.01.10
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111742490 A
(43)申请公布日 2020.10.02
(30)优先权数据
62/615,696 2018.01.10 US
16/001,551 2018.06.06 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2020.08.19
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2019/013080 2019.01.10
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2019/140109 EN 2019.07.18

(73)专利权人 德克萨斯仪器股份有限公司
地址 美国德克萨斯州
(72)发明人 E·J·金 S·阿拉斯 A·拉赫曼
(74)专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245
专利代理师 袁策

(51)Int.Cl.
H03K 17/0814(2006.01)
(56)对比文件
US 2004075103 A1,2004.04.22
审查员 杨哲

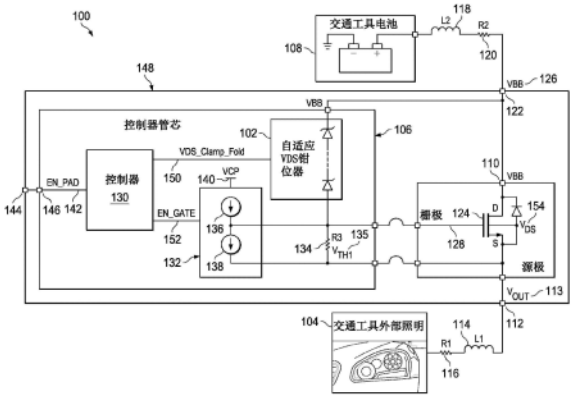
权利要求书2页 说明书14页 附图12页

(54)发明名称

自适应电压钳位器及相关方法

(57)摘要

示例装置(100)包括:电压钳位器(102),当晶体管(110)的漏极-源极电压(154)超过第一电压时,电压钳位器将该漏极-源极电压(154)钳位到第一电压;以及控制器(130),其基于故障信号生成控制信号(150),以引导电压钳位器(102)将漏极-源极电压(154)钳位到与第一电压不同的第二电压。



CN 111742490 B

1.一种装置,包括:

控制器,其被配置为:

接收故障信号;并且

响应于所述故障信号而生成至少一个控制信号;

电压钳位电路,其耦合到所述控制器并且包括:

第一晶体管以及以背对背二极管配置耦合到所述第一晶体管的第二晶体管;和

耦合到所述第二晶体管的反相器,所述反相器被配置为将所述至少一个控制信号中的控制信号反相,从而接通所述第二晶体管;

其中所述电压钳位电路被配置为:

接收所述至少一个控制信号;

响应于确定所述至少一个控制信号具有第一值,将钳位电压设置为第一电压值;并且

响应于确定所述至少一个控制信号具有第二值,将所述钳位电压设置为第二电压值。

2.根据权利要求1所述的装置,其进一步包括被配置为生成所述故障信号的故障状况检测器。

3.根据权利要求1所述的装置,其中所述控制信号是第一控制信号,其中:

所述控制器进一步被配置为基于所述故障信号生成所述至少一个控制信号中的第二控制信号;并且

所述电压钳位电路进一步被配置为基于所述第二控制信号将所述钳位电压设置为第三电压。

4.根据权利要求3所述的装置,其中所述反相器是第一反相器,所述电压钳位电路进一步包括第三晶体管、第四晶体管,以及耦合到所述控制器和所述第三晶体管的第二反相器,所述第三晶体管耦合到所述第四晶体管,所述反相器被配置为将所述第二控制信号反相以接通所述第三晶体管。

5.根据权利要求4所述的装置,其中所述第一晶体管、所述第二晶体管、所述第三晶体管或所述第四晶体管中的至少一个是P沟道金属氧化物半导体场效应晶体管。

6.根据权利要求1所述的装置,其中所述电压钳位电路还包括第四晶体管和以背对背二极管配置耦合到所述第四晶体管的第三晶体管。

7.根据权利要求6所述的装置,还包括耦合到所述第三晶体管和所述第四晶体管的二极管堆叠,所述二极管堆叠包括两个或更多个二极管。

8.根据权利要求6所述的装置,其中所述第三晶体管和所述第四晶体管是N沟道金属氧化物半导体场效应晶体管。

9.根据权利要求1所述的装置,其进一步包含栅极驱动器,所述栅极驱动器包括:

栅极上拉驱动器,其被配置为接通晶体管以向设备提供电源电压;和

栅极下拉驱动器,其被配置为截止所述晶体管。

10.根据权利要求9所述的装置,其中所述至少一个控制信号包括第一控制信号和第二控制信号,其中所述控制器进一步被配置为生成所述第二控制信号以启用所述栅极上拉驱动器或所述栅极下拉驱动器。

11.一种系统,包括:

晶体管,其被配置为基于钳位电压而生成电压;

控制器,其被配置为:

接收故障信号;并且

响应于所述故障信号而生成至少一个控制信号;以及

电压钳位电路,其耦合到所述控制器和所述晶体管,所述电压钳位电路被配置为:

接收所述至少一个控制信号;并且

响应于确定所述至少一个控制信号具有第一值,将所述钳位电压设置为第一电压值;并且

响应于确定所述至少一个控制信号具有第二值,将所述钳位电压设置为第二电压值;

其中当所述钳位电压具有所述第一电压值时,所述晶体管被配置为利用第一电流极限在安全操作区裕度下操作,并且其中当所述钳位电压具有所述第二电压值时,所述晶体管被配置为利用高于所述第一电流极限的第二电流极限在所述安全操作区裕度下操作。

12.根据权利要求11所述的系统,其中当所述钳位电压具有所述第一电压值时,所述晶体管被配置为利用电流极限在第一安全操作区裕度下操作,并且当所述钳位电压具有所述第二电压值时,所述晶体管被配置为利用所述电流极限在第二安全操作区裕度下操作,所述第二安全操作区裕度高于所述第一安全操作区裕度。

13.根据权利要求11所述的系统,还包括:

故障状况检测器,其被配置为基于所述晶体管的状况生成所述故障信号。

14.根据权利要求11所述的系统,其中所述晶体管是第一晶体管,所述电压钳位电路包括第二晶体管和第三晶体管,所述电压钳位电路被配置为通过控制所述第一晶体管和所述第三晶体管而将所述第一晶体管的漏极-源极电压钳位到所述第二电压值。

15.一种电路,其包括:

第一晶体管,其具有第一源极、第一漏极、第一栅极和第一管体,所述第一源极被配置为接收电源电压,所述第一栅极被配置为接收至少一个控制信号,并且所述第一管体耦合到所述第一漏极;以及

第二晶体管,其具有第二源极、第二漏极、第二栅极和第二管体,所述第二漏极耦合到所述第一漏极,所述第二栅极耦合到所述第二源极,并且所述第二栅极耦合到所述第二管体。

16.根据权利要求15所述的电路,还包括:

反相器,其耦合到所述第一栅极;

串联连接的二极管堆叠,其耦合到所述第二晶体管;

第三晶体管,其耦合到所述二极管堆叠和所述第一源极;以及

第四晶体管,其耦合到所述第二源极和所述二极管堆叠。

17.根据权利要求15所述的电路,还包括:

电阻器,其具有第一端子和第二端子,所述第一端子耦合到所述第二源极;以及

栅极驱动器,其耦合到所述第一端子和所述第二端子。

自适应电压钳位器及相关方法

技术领域

[0001] 本发明总体涉及功率开关,并且更具体地涉及自适应电压钳位器及相关方法。

背景技术

[0002] 为了使功率金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)在安全操作区(SOA)内操作,当功率MOSFET从施加的电压和电流中累积能量时,其漏极-源极电流和漏极-源极电压必须保持在SOA边界内。通常,当功率MOSFET由于施加的电压和电流超过安全操作水平而进入热不稳定区域时,它们依赖于热保护。在功率MOSFET遇到热失控问题导致开关低效之前,功率MOSFET必须被关断。

发明内容

[0003] 一种示例装置包括:电压钳位器,当晶体管的漏极-源极电压超过第一电压时,该电压钳位器将该漏极-源极电压钳位到第一电压;以及控制器,其基于故障信号生成控制信号,以引导电压钳位器将漏极-源极电压钳位到与第一电压不同的第二电压。

附图说明

[0004] 图1是示例功率开关系统的示意图,该示例功率开关系统包括用以实现本文所述的示例的示例自适应漏极-源极电压(V_{DS})钳位器。

[0005] 图2是描绘图1的V_{DS}钳位器的示例操作的示例曲线图。

[0006] 图3是图1的自适应V_{DS}钳位器的示例实施方式的示意图。

[0007] 图4是图1的自适应V_{DS}钳位器的可替换的示例实施方式的示意图。

[0008] 图5描绘了对应于图1的功率开关系统的安全操作区的示例曲线图。

[0009] 图6描绘了对应于图1的功率开关系统的热不稳定性极限的示例曲线图。

[0010] 图7描绘了当示例晶体管经历故障状况时图1的功率开关系统的电参数。

[0011] 图8描绘了当图7的示例晶体管经历无故障的常规负载状况时图1的功率开关系统的电参数。

[0012] 图9描绘了对应于图1的示例功率开关系统的操作的示例时序图。

[0013] 图10是表示机器可读指令的流程图,其可以被执行以实现示例控制器,从而控制图1的示例自适应V_{DS}钳位器。

[0014] 图11是包括用于实现本文描述的示例的图1的示例自适应V_{DS}钳位器的示例系统实施方式的示意图。

[0015] 图12描绘了对应于图11的示例系统的操作的示例时序图。

[0016] 图13是被构造成执行图10的指令以实现示例控制器的示例处理平台的框图。

具体实施方式

[0017] 附图未按比例绘制。通常,在整个附图和随附的书面说明书中使用相同的附图标

记指代相同或相似的部分。

[0018] 功率MOSFET由于其快速开关速度、低栅极驱动功率和出色的并联能力而成为常用的功率设备。为了使功率MOSFET在SOA内操作,当功率MOSFET从施加的电压和电流中累积能量时,其漏极-源极电流(I_{DS})和漏极-源极电压(V_{DS})必须保持在SOA边界内。通常,当包括在集成电路(IC)封装中的功率MOSFET被限于在源极和漏极之间流动的最大电流(例如,I_{DSS})和/或最大BV_{DSS}时,功率MOSFET安全地操作。

[0019] 在一些示例中,诸如在汽车应用(例如,汽车照明应用)中,由于在负载突降期间的电源电压浪涌(surge),使得限制V_{DS}和I_{DS}是困难的。当电源正在向其供电的负载突然断开连接时,可能发生负载突降。例如,在汽车应用中,当交通工具电池在由交通工具交流发电机充电的同时被断开连接时,连接至交通工具交流发电机的其他负载会遇到电源电压的浪涌(例如60V、80V、100V等)和/或相当高的瞬态电流(例如80安培(A)、90A、100A等)。

[0020] 由于灯泡的起动(in-rush)电流高,所以导通诸如灯泡之类的设备(例如在寒冷的天气中)变得有问题。例如,要在-40摄氏度下驱动交通工具灯泡,65瓦(W)的灯泡可需要大约80安培(A)才能在指定的时间段内导通。在负载突降期间,由于高压和高压维持的持续时间相对较长,因此漏极-源极钳位器必然不能钳位电源电压。然而,在此类示例中,由于持续时间内的高V_{DS}和对应的I_{DS},功率MOSFET上的功率累积可能超过SOA。

[0021] 类似地,对于汽车照明应用,在低温下的灯光指示器(例如,前照灯灯泡)的起动电流可以与和短路状况相关的电流一样高。为了防止启动短路缓解措施,必须将高侧开关的电流极限设置为高于灯光指示器起动电流的固定电平,以在期望导通时间规格极限内通电并导通灯光指示器。

[0022] 在先前的示例中,需要功率MOSFET中的大量硅面积开销来设计功率开关电路,以操控高于灯光指示器起动电流的电流极限和高于负载突降电源电压浪涌的漏极-源极钳位电压。例如,以前的实施方式使用固定的漏极-源极钳位电压来确保一个或多个功率MOSFET在SOA边界内操作。

[0023] 本文所述的示例提供了对功率开关系统中的漏极-源极电压钳位电平的自适应或动态调节。在一些描述的示例中,自适应电压钳位控制器基于一个或多个MOSFET的操作状况动态地控制一个或多个MOSFET的漏极-源极电压(V_{DS})的钳位电压(V_C)(例如,钳位电压电平、钳位电压阈值等)。在一些描述的示例中,自适应电压钳位控制器在无故障状况或无故障的常规负载状况期间维持充分高的(例如40V、45V、50V等)钳位电压。

[0024] 在一些描述的示例中,当一个或多个MOSFET经历故障状况时,自适应电压钳位控制器将钳位电压从正常操作状态降低到折叠状态(例如25V、30V、35V等)。例如,向电耦合到功率开关系统的设备提供功率的MOSFET可能遇到故障状况,并且在热关闭期间和/或当MOSFET超过电流极限时迅速关断(例如,启动短路保护措施)。通过在故障状况期间降低钳位电压,可以减小一个或多个功率MOSFET中的峰值功率耗散,以提高可靠性和/或以其它方式延长功率MOSFET的操作寿命。

[0025] 图1是示例功率开关系统100的示意图,其包括示例电压钳位器102或示例自适应漏极-源极电压(V_{DS})钳位器102,以基于向示例设备104提供功率的示例晶体管124的操作状况而动态地控制V_{DS}钳位电平或钳位电压。自适应V_{DS}钳位器102是对现有的固定V_{DS}钳位器的改进,并且下面描述了自适应V_{DS}钳位器102的示例实施方式。在图1中,功率开关系统100包

括示例控制器管芯106,以确定何时经由示例功率开关管芯110从示例电源108向设备104提供功率(例如,电流、电压等)。在图1中,控制器管芯106是包括一个或多个电路的集成电路(IC)芯片。可替代地,可以使用硬件逻辑、机器可读指令、硬件实现的状态机等和/或其任何组合来实现控制器管芯106。

[0026] 在图1中,设备104是交通工具(例如,飞行器、汽车、船舶等)的灯光指示器(例如,卤素灯泡、发光二极管、氙气灯泡等)。例如,设备104可以是对应于交通工具外部照明的汽车的前照灯。可替换地,设备104可以是需要来自可切换电源的功率的任何其他设备。图1的设备104在输出节点112处电耦合到功率开关管芯110,以接收输出电压(V_{OUT})113。在图1中,功率开关管芯110经由第一示例电感器(L1)114和第一示例电阻器(R1)116耦合到输出节点112。尽管第一电感器114和第一电阻器116被描绘为单独的元件,但是它们并不是物理元件,而是设备104和功率开关管芯110之间的耦合的等效电感和电阻(例如,布线电感和电阻)的表示。

[0027] 在图1中,功率开关管芯110在功率输入节点122处经由第二示例电感器(L2)118和第二示例电阻器(R2)120电耦合至电源108。功率开关管芯110包括示例晶体管124,以基于晶体管124的示例栅极电压128向设备104交替地提供示例电源电压(V_{BB})(例如,源极电压)126。在图1中,电源108是交通工具电池。可替代地,电源108可以是任何其他电力供应。尽管第二电感器118和第二电阻器120被描绘为单独的元件,但它们不是物理元件,而是电源108和功率开关管芯110之间耦合的等效电感和电阻的表示。

[0028] 在图1中,晶体管124是第一晶体管124。图1的第一晶体管124是N沟道MOSFET。例如,第一晶体管124可以是功率晶体管。可替代地,可以利用一个以上的晶体管124来实现功率开关管芯110。可替代地,可以利用一个或多个P沟道MOSFET来实现功率开关管芯110。

[0029] 在图1中,控制器管芯106包括V_{DS}钳位器102、示例控制器130、示例栅极驱动器132和第三示例电阻器(R3)134。在图1中,第一示例阈值电压(V_{TH1})135在第三电阻器134两端建立以导通第一晶体管124。在图1中,栅极驱动器132包括示例栅极上拉驱动器136和示例栅极下拉驱动器138。在图1中,栅极上拉驱动器136和栅极下拉驱动器138中的每一个均可以对应于一个或多个电阻器。可替换地,可以使用硬件逻辑、机器可读指令、硬件实现的状态机等和/或其任意组合来实现栅极上拉驱动器136、栅极下拉驱动器138和/或栅极驱动器132。

[0030] 在一些示例中,栅极上拉驱动器136将栅极电压128上拉至示例上拉电压(V_{CP})140。在其他示例中,栅极下拉驱动器138将栅极电压128下拉至电源电压126。可替换地,控制器管芯106可以包括一个以上的V_{DS}钳位器102、控制器130和/或栅极驱动器132。在图1中,控制器130是包括一个或多个电路的IC芯片。可替换地,可以使用硬件逻辑、机器可读指令、硬件实现的状态机等和/或其任何组合来实现控制器130。

[0031] 图1的控制器130在第二示例输入节点146或控制器管芯输入节点146处从第一示例输入节点144获得示例使能信号(EN_PAD)142。在一些示例中,使能信号142的高值触发控制器130以初始化功率开关系统100。在一些示例中,使能信号142的低值触发控制器130以闲置、暂停和/或以其他方式中止功率开关系统100的操作。

[0032] 在图1中,第一输入节点144在示例电路接口148上电耦合至第二输入节点146。例如,第二输入节点146可以电耦合至设置在电路接口148上的一个或多个电路、控制器和/或

硬件。在图1中,电路接口148是硅衬底。可替代地,电路接口148可以是砷化镓衬底或任何其他类型的半导体衬底。在图1中,电路接口148被描绘为不同电路或电接口之间的分隔。在图1中,输出节点112、功率输入节点122和第一输入节点144不彼此直接耦合。例如,输出节点112、功率输入节点122和第一输入节点144彼此不电短接。在一些示例中,电路接口148是包括控制器管芯106和/或功率开关管芯110的多芯片模块(MCM)封装。

[0033] 在操作中,控制器130基于第一晶体管124的状况生成第一示例控制信号(VDS_Clamp_Fold)150和第二示例控制信号(EN_GATE)152。例如,控制器130可以获得与第一晶体管124的操作状况相关的信息(例如,结合图3-图4描述的示例故障信号302)。例如,当第一晶体管124处于无故障的常规负载状况时,控制器130可以生成第一控制信号150的第一值和第二控制信号152的第二值。例如,第一控制信号150的第一值可以控制V_{DS}钳位器102以将第一晶体管124的示例V_{DS} 154钳位到第一电压(例如,第一阈值、第一电压钳位电平、第一电压阈值等)以防止V_{DS}钳位器102过早钳位电源电压126。第二控制信号152的第二值可以控制栅极驱动器132以激活和/或以其他方式启用栅极上拉驱动器136并且停用和/或以其他方式禁用栅极下拉驱动器138以接通第一晶体管124。

[0034] 在一些示例中,当第一晶体管124处于故障状况时,控制器130生成第一控制信号150的第三值和第二控制信号152的第四值。例如,当第一晶体管124的V_{DS} 154延伸到不安全的操作电平和/或以其它方式操作在不安全的操作电平时,第一控制信号150的第三值可以控制V_{DS}钳位器102将V_{DS} 154钳位到第二电压(例如,第二阈值、第二电压钳位电平、第二电压阈值等)以使V_{DS}钳位器102能够钳位V_{OUT} 113。第二控制信号152的第四值可以控制栅极驱动器132以禁用栅极上拉驱动器136并激活栅极下拉驱动器138,从而截止第一晶体管124。

[0035] 虽然在图1中示出了实现控制器管芯106和功率开关管芯110的示例方式,但在图1中所示的元件、过程和/或设备中的一个或多个可以以任何其他方式被组合、划分、重新布置、省略、消除和/或实现。此外,示例V_{DS}钳位器102、示例控制器130、示例栅极驱动器132和/或更一般地,图1的示例控制器管芯106和/或示例晶体管124和/或更一般地,图1的示例功率开关管芯110可以通过硬件、软件、固件和/或硬件、软件和/或固件的任何组合来实现。因此,例如,示例V_{DS}钳位器102、示例控制器130、示例栅极驱动器132和/或更一般地示例控制器管芯106和/或第一晶体管124和/或更一般地,示例功率开关管芯110中的任何一个均可以由一个或多个模拟或数字电路、逻辑电路、(一个或多个)可编程处理器、(一个或多个)可编程控制器、(一个或多个)图形处理单元(GPU)、(一个或多个)数字信号处理器(DSP)、(一个或多个)专用集成电路(ASIC)、(一个或多个)可编程逻辑器件(PLD)和/或(一个或多个)现场可编程逻辑器件(FPLD)来实现。当将本专利的任何装置或系统权利要求解读为涵盖纯软件和/或固件实施方式时,示例V_{DS}钳位器102、示例晶体管124、示例控制器130和/或示例栅极驱动器132中的至少一个因此被明确定义为包括包含软件和/或固件的非暂时性计算机可读存储设备或存储盘,诸如存储器、数字多功能磁盘(DVD)、光盘(CD)、蓝光盘等。更进一步,示例控制器管芯106和/或功率开关管芯110可以包括除图1所示那些之外的或代替图1所示那些的一个或多个元件、过程和/或设备,和/或可以包括一个以上的任意或所有所示的元件、过程和设备。如本文中所使用的,短语“通信”(包括其变体)涵盖直接通信和/或通过一个或多个中间部件的间接通信,并且不必是直接的物理(例如,有线)通信和/或恒定的通信,而是额外包括在周期性间隔、计划间隔、非周期性间隔和/或一次性事件下的选择性

通信。

[0036] 图2是描绘图1的V_{DS}钳位器102的示例操作的示例曲线图200。在图2中，曲线图200相对于时间描绘了电源电压(V_{BB})126和V_{DS} 154。在图2中，使用实线描绘了电源电压126，并且使用具有交叉影线的实线描绘了V_{DS} 154。在图2中，曲线图200示出了基于第一晶体管124的状况将V_{DS}钳位器102的V_C从第一示例阈值202或第一示例钳位电压202调整到第二示例阈值204或第二示例钳位电压204。

[0037] 在图2所示的示例中，在第一时刻(T_1)206，在第一晶体管124的无故障的常规负载操作期间，电源电压126和BV_{DSS}约为24V。在图2中，在第一时刻206，V_{DS}钳位器102的V_C处于第一阈值202。在图2中，第一阈值202是44V。可替代地，第一阈值202可以是任何其他电压。

[0038] 在第二时刻(T_2)208，V_{DS} 154正在经历电压浪涌(例如，负载突降)。在第二时刻208，因为第一晶体管124未经历故障状况，所以图1的控制器130不将V_{DS}钳位器102调整至第二阈值。在使用具有40V的V_C的固定V_{DS}钳位器的先前实施方式中，电源电压126将被钳位到40V并且妨碍第一晶体管124的操作。在图2中，尽管V_{DS} 154已经激增至大约42V，但是由于V_C处于44V的第一阈值202，所以V_{DS}钳位器102不钳位V_{DS} 154，并且因此，V_{DS} 154从第二时刻208起与电源电压126相关直到当V_{DS}浪涌消退时的第三时刻(T_3)210。

[0039] 在图2所示示例中，V_{DS} 154在第四时刻(T_4)212激增至大约49V。在第四时刻212，第一晶体管124未经历故障状况，因此控制器130不生成用于调整V_{DS}钳位器102的V_C的第一控制信号150。从第四时刻212直到第五时刻(T_5)214，V_{DS}钳位器102将V_{DS} 154从49V钳位到44V的第一阈值。

[0040] 在图2中，第一晶体管124在第六时刻(T_6)216经历故障状况。响应于控制器130确定故障状况，控制器130生成第一控制信号150以将V_{DS}钳位器102从第一阈值202调整至第二阈值204。在图2中，V_{DS}钳位器102将大约60V的V_{DS} 154钳位到33V的第二阈值204。控制器130在由V_{DS}折叠计时器限定的时间段内生成第一控制信号150。V_{DS}折叠计时器表示设备104的输出电流耗散到大约0A的时间量。

[0041] 在图2所示示例中，在V_{DS}折叠计时器期满之后，控制器130生成第一控制信号150以将V_{DS}钳位器102的V_C从第二阈值204调整回到第一阈值202。例如，V_{DS}折叠计时器可以在第七时刻(T_7)218或在第八时刻(T_8)220之前的任何时间期满。在图2中，电源电压126在第八时刻220激增至大约40V。在第八时刻220，第一晶体管124未经历故障状况。从第八时刻220直到第九时刻(T_9)222，由于当V_{DS}折叠计时器期满时V_{DS}钳位器102的V_C返回到第一阈值202，因此V_{DS}钳位器102不钳位V_{DS} 154。

[0042] 图3是图1的V_{DS}钳位器102的示例实施方式的示意图。图3的V_{DS}钳位器102a对应于图1的V_{DS}钳位器102。在图3中，图1的控制器130基于由示例故障状况检测器304生成的示例故障信号302(IN_FAULT)来控制V_{DS}钳位器102的V_C。在图3中，故障状况检测器304是电流限制电路和/或热保护电路。例如，电流限制电路可以检测输出电流是否高于电流阈值。热保护电路可以检测管芯(例如，图1的功率开关管芯110)的温度是否高于温度阈值。在一些示例中，电流限制电路和/或热保护电路与图1的控制器管芯106集成和/或以其他方式包括在图1的控制器管芯106中。在其他示例中，电流限制电路和/或热保护电路不包括在控制器管芯106中。在一些示例中，当检测到第一晶体管124的故障状况时，故障状况检测器304生成故障信号302的高值。例如，当第一晶体管124超过电流极限和/或经历热关闭时，故障状况

检测器304可以生成故障信号302的高值。

[0043] 在图3的所示示例中,控制器130基于故障信号302生成第一控制信号150。在一些示例中,当故障信号302未指示与第一晶体管124相关的故障状况时,控制器130生成第一控制信号150以具有低值或第一电压(例如,数字0、逻辑值为0、约为0V的信号,等等)。在一些示例中,当故障信号302指示与第一晶体管124相关的故障状况时,控制器130生成第一控制信号150以具有高值或者第二电压(例如,数字1、逻辑值为1、约为5V的信号,等等)。

[0044] 在图3中,V_{DS}钳位器102a包括示例反相器306,其耦合到控制器130以接收和反相第一控制信号150。例如,反相器306可以将第一电压反相到第二电压或将第二电压反相到第一电压。在图3中,反相器306耦合到第二示例晶体管(MP1)308的栅极端子。图3的MP1 308以背对背二极管配置耦合到第三示例晶体管(MP2)310。例如,MP1 308的漏极耦合到MP2 310的漏极,MP1 308的体二极管耦合到MP2 310的漏极,MP1 308的体二极管耦合到MP2 310的体二极管,等等。在图3中,由于MP2 310为MP1 308提供了阻塞二极管,所以MP2 310始终处于关断。例如,当MP1 308导通时,电流将流经MP2 310的示例体二极管309。

[0045] 在图3中,MP1 308和MP2 310通过将第一示例节点332与第二示例节点334短接来减小V_{DS}钳位电压电平,从而提供V_{DS}钳位器102a的折返,如下面进一步详细描述的。在图3中,MP1 308和MP2 310是P沟道MOSFET。在图3中,MP1 308和MP2 310基本上彼此相似(例如,MP1 308和MP2 310是相同类型,在公差范围内具有相同的电参数和/或机械参数、结构等)。可替换地,MP1 308和MP2 310可以彼此不同。

[0046] 在第一晶体管124的无故障的常规负载操作期间,控制器130生成第一控制信号150的第一电压。反相器306将第一电压反相到第二电压以导通MP1 308。在图3中,第四示例晶体管(MN1)312耦合到电源电压126、MP1 308和串联的二极管堆叠314。在图3中,MN1 312是N沟道MOSFET。可替换地,可以利用P沟道MOSFET代替MN1 312来实现V_{DS}钳位器102a。在图3中,MN1 312的栅极耦合到电源电压126,并且因此始终被关断。在图3中,MN1 312提供在第一晶体管124的栅极电压128高于电源电压126的情况下正常导通的阻塞二极管(例如,MN1的体二极管($V_{D,MN1}$))。

[0047] 在图3中,串联的二极管堆叠314包括第一示例二极管(D1)316、第二示例二极管(D2)318、第三示例二极管(D3)320和第四示例二极管(D4)322。在一些示例中,二极管堆叠314包括两个或更多个二极管。第四示例电阻器(R4)324耦合在第一示例二极管316和第二示例二极管318之间。在图3中,第一二极管316、第三二极管318和第四二极管322各自具有大约9.8V的击穿电压。可替换地,第一二极管316、第三二极管318和第四二极管322可以具有不同的击穿电压,和/或可以具有彼此不同的击穿电压。图3的第二二极管318是具有大约5.9V的击穿电压的齐纳二极管。可替换地,第二二极管318可以具有不同的击穿电压。

[0048] 在图3所示示例中,响应于串联的二极管堆叠314的击穿,电流从电源电压126流过MN1 312的$V_{D,MN1}$、二极管堆叠314和第五示例电阻器(R5)326。在图3中,电流足够高以通过将MN2 328的栅极电压诱导为大于第五电阻器326两端的第二示例阈值电压(V_{TH2})330而导通第五示例晶体管(MN2)328。当MN2 328导通时,MN1 312和MN2 328形成电流路径,以促进电流从电源电压126流到图1的第一晶体管124的栅极。电流在图1的第三电阻器134两端建立导通图1的第一晶体管124的第一阈值电压135。

[0049] 在图3中,在无故障的常规负载状况期间(例如,故障信号302为低值,故障信号302

指示无故障状况,等等),第一晶体管124的V_{DS} 154被钳位到图2的第一电压阈值202。在图3中,当第一晶体管124处于无故障的常规负载状况时,V_{DS}钳位器102a的V_C可以根据下述等式(1)被近似:

[0050] $$V_C = V_{D,MN1} + V_{D1} + V_{D2} + V_{D3} + V_{D4} + V_{TH1} + V_{TH2} + R4 * \left(\frac{V_{TH2}}{R5}\right)$$ 等式(1)

[0051] 在上面的等式(1)的示例中,$V_{D,MN1}$表示MN1 312的正向偏置体二极管电压,而V_{D1}、V_{D2}、V_{D3}和V_{D4}分别表示第一二极管316、第二二极管318、第三二极管320和第四二极管322的反向击穿电压。在以上等式(1)的示例中,V_{TH1}表示第一阈值电压135,VTH2表示第二阈值电压330,R4表示第四电阻器324的电阻,并且R5表示第五电阻器326的电阻。在图3的示例中,在第一晶体管124的无故障的常规负载操作期间,等式(1)的示例可以被评估为大约44V。

[0052] 在一些示例中,当第一晶体管124处于故障状况时,控制器130生成第一控制信号150的第二电压,并且反相器306将第二电压反相为第一电压。在图3中,第一电压通过将MP1 308的栅极拉低而导通MP1 308。当启用MP1 308时,耦合到电源电压126的第一示例节点332被分流(shunted)到第二示例节点334。在图3中,第二节点334耦合到MP2 310、第二二极管318的阴极和第四电阻器324。响应于启用MP1 308,MP1 308和MP2 310提供从电源电压126到第二节点334处的第二二极管318的阴极的电流路径。与当第一晶体管124处于无故障的常规负载状况时相比,到第二二极管318的电流路径生成了V_{DS}钳位器102a的早期击穿。

[0053] 在图3中,在故障状况期间,V_{DS}钳位器102a的V_C可以根据下述等式(2)被近似:

[0054] $$V_C = V_{D,MP2} + V_{D2} + V_{D3} + V_{D4} + V_{TH1} + V_{TH2}$$ 等式(2)

[0055] 在上面的等式(2)的示例中,$V_{D,MP2}$表示MP2 310的正向偏置体二极管电压。在图3的示例中,在第一晶体管124的故障状况期间,等式(2)的示例可被评估为大约33V。

[0056] 图4是图1的自适应V_{DS}钳位器102的替代示例实施方式的示意图,该自适应V_{DS}钳位器102包括两级钳位器控制结构400。图4的V_{DS}钳位器102b对应于图1的V_{DS}钳位器102。在图4中,V_{DS}钳位器102b包括图3的反相器306,或图3的第一反相器306、MP1 308和MP2 310。图4的V_{DS}钳位器102b包括耦合到控制器130的第二反相器402和第六示例晶体管(MP11)404。在图4中,MP11 404耦合到第七示例晶体管(MP22)406。在图4中,MP11 404经由第一节点332耦合到电源电压126。图4的MP22 406在第三示例节点408处耦合到第二二极管318的阴极和第四电阻器324。在图4中,由于MP22 406为MP11 404提供了阻塞二极管,所以MP22 406始终被关断。例如,当MP11 404导通时,电流将流过MP22 406的示例体二极管405。

[0057] 在图4中,MP11 404和MP22 406是P沟道MOSFET。可替换地,可以利用N沟道MOSFET代替MP11 404和MP22 406来实现V_{DS}钳位器102b。在图4中,MP11 404和MP22 406基本上彼此相似(例如,MP11 404和MP22 406是相同类型,在公差范围内具有相同的电参数和/或机械参数、结构等)。可替换地,MP11 404和MP22 406可以彼此不同。在图4中,MP11 404和MP22 406与MP1 308和MP2 310基本相似。可替换地,MP11 404和MP22 406可以与MP1 308和MP2 310不同。

[0058] 在图4中,图1的控制器130可以基于第二控制信号152、故障信号302、第一示例钳位控制信号(VDS_CLAMP_FOLD1)410或第二示例钳位控制信号(VDS_CLAMP_FOLD2)412中的至少一个将V_{DS}钳位器102b的V_C调整为不同的钳位电压。第一钳位控制信号410可以对应于图1的第一控制信号150。在一些示例中,通过在第一晶体管124的无故障的常规负载操作期

间生成第一钳位控制信号410和第二钳位控制信号412的低值和/或以其他方式禁用第一钳位控制信号410和第二钳位控制信号412,控制器130将V_{DS}钳位器102b的V_C调整为第一钳位电压或第一阈值。控制器130可以基于故障信号302确定第一晶体管124的无故障的常规负载状况。例如,控制器130可以基于故障信号302的低值在无故障的常规负载操作期间生成第一钳位控制信号410和第二钳位控制信号412的低值。第一反相器306获得第一钳位控制信号410的低值并将其反相为关断MP1 308的高值。第二反相器402获得第二钳位控制信号412的低值并将其反相为关断MP11 404的高值。响应于关断MP1 308和MP11 404,V_{DS}钳位器102b的V_C在无故障的常规负载操作期间可以根据如上所述的等式(1)被评估为大约44V。

[0059] 在一些示例中,通过在第一晶体管124的第一故障状况期间生成高值和/或以其他方式启用第一钳位控制信号410并禁用第二钳位控制信号412,控制器130将V_{DS}钳位器102b的V_C调整为第二钳位电压或第二阈值。第一晶体管124的第一故障状况可以对应于监控第一晶体管124的电流限制器的完全热关闭和/或完全利用。控制器130可以基于故障信号302确定第一晶体管124的第一故障状况。例如,在第一故障状况期间,控制器130可以生成第一钳位控制信号410的高值和第二钳位控制信号412的低值。第一反相器306获得第一钳位控制信号410的高值并将其反相为导通MP1 308的低值。第二反相器402获得第二钳位控制信号412的低值并将其反相为关断MP11 404的高值。

[0060] 响应于导通MP1 308和关断MP11 404,在第一故障状况期间的V_{DS}钳位器102b的V_C可以根据下述等式(3)被评估为大约27V:

[0061] $$V_C = V_{D,MP2} + V_{D3} + V_{D4} + V_{TH1} + V_{TH2} \quad \text{等式(3)}$$

[0062] 例如,通过使第一节点332与第二节点334分流,可以形成通过MP1 308和MP2 310的体二极管309的电流路径。

[0063] 在一些示例中,通过在第一晶体管124的第二故障状况期间禁用第一钳位控制信号410并且启用第二钳位控制信号412,控制器130将V_{DS}钳位器102b的V_C调整至第三钳位电压或第三阈值。第一晶体管124的第二故障状况可以对应于监控第一晶体管124的电流限制器的部分热关闭和/或部分利用。控制器130可以基于故障信号302确定第一晶体管124的第二故障状况。例如,控制器130可以在第二故障状况期间生成第一钳位控制信号410的低值和第二钳位控制信号412的高值。第一反相器306获得第一钳位控制信号410的低值并将其反相为关断MP1 308的高值。第二反相器402获得第二钳位控制信号412的高值并将其反相为导通MP11 404的低值。

[0064] 响应于关断MP1 308和导通MP11 404,在第二故障状况期间的V_{DS}钳位器102b的V_C可以根据下述等式(4)被近似为33V:

[0065] $$V_C = V_{D,MP22} + V_{D2} + V_{D3} + V_{D4} + V_{TH1} + V_{TH2} \quad \text{等式(4)}$$

[0066] 例如,通过使第一节点334与第三节点408分流,可以形成通过MP11 404和MP22 406的体二极管405的电流路径。可替换地,通过生成第一钳位控制信号410和第二钳位控制信号412的高值以导通MP1 308和导通MP11 404,可以使用等式(4)的示例使V_{DS}钳位器102b的V_C变为大约27V。

[0067] 图5描绘了与图1的第一晶体管124的示例安全操作区(SOA)502相对应的示例曲线图500。SOA502对应于电压和电流状况,在该电压和电流状况下,图1的第一晶体管124可以被期望在无自损的情况下操作。在图5中,曲线图500描绘了与电压和电流状况相对应的示

例热不稳定性区域504,在该电压和电流状况下,第一晶体管124由于在这种状况下操作而可能被损坏。

[0068] 在图5的所示示例中,第一晶体管124在示例时间窗口内操作在第一示例热不稳定性线506上。如结合图6所述,第一热不稳定性线506基于在给定时间窗口内可以耗散的功率量来确定。图6描绘了作为图1的第一晶体管124的V_{DS}和漏极电流I_D的函数的示例热不稳定性极限曲线图600。如图6所示,通过启用第一晶体管124的较短的脉冲宽度,第一晶体管124可以在较高的V_{DS}和I_D极限下操作。例如,与100毫秒(ms)的脉冲宽度相比,当第一晶体管124的脉冲宽度为100微秒(μs)时,第一晶体管124可以在较高的V_{DS}和I_D极限下操作。例如,第一晶体管124可以在由较短的时间段导致的较短的脉冲宽度下以较高的极限操作,因为较少的能量将被累积在第一晶体管124上。

[0069] 再次参考图5,图1的控制器130可以使图1的第一晶体管124能够在峰值功率耗散时间窗口期间以较高的可靠性裕度操作和/或推动较高的I_{DS}(例如,操作较高的I_{DS}电流极限)。例如,当第一晶体管124处于无故障的常规负载状况时,控制器130可以引导图1的V_{DS}钳位器102调整为图2的第一电压阈值202。响应于第一晶体管124的故障状况,控制器130可以引导V_{DS}钳位器102调整为图2的第二电压阈值204。

[0070] 在一些示例中,通过将V_{DS}钳位器102的V_C从第一电压阈值202(例如44V)降低到第二电压阈值204(例如27V、33V等),控制器130可以通过保持在相同的热不稳定性极限线506上(例如,通过从曲线图500上的位置1移动到位置2)而使第一晶体管124能够以更高的电流极限操作。例如,当V_C是第一电压时,第一晶体管124可以基于第一电流极限(例如,I_{DS}的第一电流极限)在SOA裕度下操作。在这样的示例中,当V_C是第二电压时,控制器130可以引导和/或以其他方式使第一晶体管124能够基于第二电流极限(例如,I_{DS}的第二电流极限)在相同的SOA裕度下操作,其中第二电流极限高于第一电流极限。

[0071] 在一些示例中,通过将V_{DS}钳位器102的V_C从第一电压阈值202(例如44V)减小到第二电压阈值204(例如27V、33V等),通过从第一热不稳定性线506移动到第二示例热不稳定性线508(例如,通过从曲线图500上的位置1移动到位置2),控制器130可以使第一晶体管124能够在更高的SOA裕度下以相同的电流极限操作。例如,当V_C是第一电压时,第一晶体管124可以基于电流极限(例如,I_{DS}的电流极限)在第一SOA裕度下操作。在这样的示例中,当V_C是第二电压时,控制器130可以引导和/或以其他方式使第一晶体管124能够基于相同电流极限在第二SOA裕度下操作,其中第二SOA裕度高于第一SOA裕度。

[0072] 图7描绘了当图1的第一晶体管124正经历故障状况时图1的第一晶体管124的电参数。在图7中,第一示例曲线700描绘了作为时间的函数的图1的第一晶体管124的V_{DS}。在图7中,第二示例曲线702描绘了作为时间的函数的第一晶体管124的I_{DS}。在0μs的第一时刻704,第一晶体管124被关断,从而使V_{DS}对应于图1的电源电压126(例如,来自交通工具交流发电机、交通工具电池等的约14V)。在大约280μs的第二时刻706,第一晶体管124导通,使得V_{DS}接近大约0V,并且导致I_{DS}增加。在大约460μs的第三时刻708,第一晶体管124被关断,从而导致第一晶体管124的阻抗增加,I_{DS}减少,并且V_{DS}增加到图2的第二电压阈值204。

[0073] 在图7中,V_{DS}保持在第二电压阈值204处达折叠时间τ710,直到I_{DS}达到大约0A。进一步如图7所示,第三示例曲线712描绘了作为时间的函数的第一晶体管124的功率耗散。在第三时刻708,功率耗散在折叠时间710期间达到大约5.4千瓦(kW)并且降低到大约0kW。

[0074] 图8描绘了当图1的第一晶体管124正经历无故障的常规负载状况时图1的第一晶体管124的电参数。在图8中,第一示例曲线800描绘了作为时间的函数的图1的第一晶体管124的V_{DS}。在图8中,第二示例曲线802描绘了作为时间的函数的第一晶体管124的I_{DSS}。在0μs的第一时刻804,第一晶体管124关断,从而使V_{DS}对应于图1的电源电压126(例如,来自交通工具交流发电机、交通工具电池等的大约14V)。在大约280μs的第二时刻806,第一晶体管124导通,从而使V_{DS}接近约0V并且使I_{DS}增加。在大约460μs的第三时刻808,第一晶体管124被关断,从而导致第一晶体管124的阻抗增加,I_{DS}减少,并且V_{DS}增加到图2的第一电压阈值202。

[0075] 在图8中,V_{DS}保持在第一电压阈值202处达折叠时间τ810,直到I_{DS}达到约0A。进一步如图8所示,第三示例曲线812描绘了作为时间的函数的第一晶体管124的功率耗散。在第三时刻808,功率耗散在折叠时间810期间达到大约7.0千瓦(kW)并且降低到大约0kW。

[0076] 图9描绘了对应于图1的V_{DS}钳位器102的操作的示例时序图900。在第一时刻(T_1)902,控制器130基于从图3的故障状况检测器304接收到故障信号302的低值而确定图1的第一晶体管124处于无故障的常规负载状况。响应于确定无故障的常规负载状况,控制器130生成第一控制信号150的低值以将图1的V_{DS}钳位器102的V_C调整到图2的第一电压阈值202(例如44V)。

[0077] 在图9的图示示例中,在第二时刻(T_2)904,图1的控制器130生成使能信号142和第二控制信号152的高值以导通图1的第一晶体管124。在第三时刻(T_3)906,控制器130接收到故障信号302的高值。响应于接收到故障信号302的高值,控制器130可以确定第一晶体管124处于故障状况(例如,第一故障状况、第二故障状况等)。响应于确定第一晶体管124的故障状况,控制器130生成第二控制信号152的低值以关断第一晶体管124,并且生成第一控制信号150的高值以将V_{DS}钳位器102的V_C调整到图2的第二电压阈值204。例如,控制器130可以导通图3的MP1 308并且将第一节点332分流至第二节点334,以将V_{DS}钳位器102的V_C从44V调整至33V。

[0078] 在图9中,控制器130将V_{DS}钳位器102的V_C调整到第二电压阈值204,直到由V_{DS}折叠计时器910定义的折叠时间τ912的第四时刻(T_4)908。在图9中,控制器130输出第一控制信号150的高值,直到折叠时间912期满。V_{DS}钳位器102的V_C从第一电压阈值202调整到第二电压阈值204,直到第四时刻908,在该第四时刻908V_C被调整回到第一电压阈值202。折叠时间912可以对应于图7中的折叠时间710或图8中的折叠时间810。折叠时间912由控制器130定义,以确保在将V_{DS}钳位器102的V_C重新调整到第一电压阈值202之前,第一晶体管124的I_{DS}接近大约0A,如上面结合图7和/或图8所述。在图9中,折叠时间912对于经历故障状况的第一晶体管124的每个实例是相同的。可替换地,控制器130可以在第一晶体管124的故障状况之间将折叠时间912调整为不同时间值。

[0079] 在图9图示的示例中,在第五时刻(T_5)914,通过生成第二控制信号152的高值以导通第一晶体管124,控制器130恢复第一晶体管124的正常操作。在第六时刻(T_6)916,控制器130基于接收到故障信号302的高值而确定第一晶体管124正在经历故障状况。响应于确定故障状况,控制器130输出第二控制信号152的低值以关断第一晶体管124并输出第一控制信号150的高值,以跨越折叠时间912将V_{DS}钳位器102的V_C从第一电压阈值202调整到第二电压阈值204。响应于折叠时间912期满,控制器130生成第一控制信号150的低值以使V_C返回

到第一电压阈值202,但是第一晶体管124仍处于故障状况。因此,第一晶体管124直到故障信号302被降低才恢复正常操作。

[0080] 图10示出了表示用于实现图1、图3和/或图4的控制器130的示例硬件逻辑、机器可读指令、硬件实现的状态机和/或其任何组合的流程图。机器可读指令可以是供计算机处理器(例如以下结合图13所述的示例处理器平台1300中所示的处理器1312)执行的可执行程序或可执行程序的一部分。程序可以呈现在存储在非暂时性计算机可读存储介质(诸如与处理器1312关联的CD-ROM、软盘、硬盘驱动器、DVD、蓝光盘或存储器)上的软件中,但整个程序和/或其部分可以可替换地由处理器1312以外的设备执行和/或以固件或专用硬件来呈现。此外,尽管参考图10中所示的流程图描述了示例程序,但是可以可替换地使用实现示例控制器130的许多其他方法。例如,可以改变框的执行顺序,和/或可以改变、消除或组合所描述的一些框。附加地或可替换地,任何或所有框可以由构造为执行对应的操作而无需执行软件或固件的一个或多个硬件电路(例如,分立和/或集成的模拟和/或数字电路、FPGA、ASIC、比较器、运算放大器(op-amp)、逻辑电路等)实现。

[0081] 如上所述,可以使用存储在非暂时性计算机和/或机器可读介质(诸如硬盘驱动器、闪存、只读存储器、光盘、数字通用盘、高速缓存、随机存取存储器和/或在其中存储信息达任意持续时间(例如,达扩展的时间段、永久地、用于短期情况、用于暂时缓冲和/或用于信息的高速缓存)的任何其他存储设备或存储盘)上的可执行指令(例如,计算机和/或机器可读指令)来实现图10的示例过程。如本文所使用的,术语“非暂时性计算机可读介质”被明确定义为包括任何类型的计算机可读存储设备和/或存储盘并且被明确定义为排除传播信号并排除传输介质。

[0082] 在本说明书中,术语“和/或”(当以诸如A、B和/或C的形式使用时)是指A、B、C的任何组合或子集,例如:(a)仅A;(b)仅B;(c)仅C;(d)A与B;(e)A与C;(f)B与C;以及(g)A与B并且与C。

[0083] 图10是表示可以被执行以实现图1、图3和/或图4的控制器130以控制图1、图3和/或图4的V_{DS}钳位器102、102a、102b的示例机器可读指令1000的流程图。机器可读指令1000在框1002处开始,此时控制器130接收使能信号。例如,控制器130可以接收图1的使能信号142以初始化图1的功率开关系统100。

[0084] 在框1004处,响应于接收到使能信号,控制器130生成栅极驱动器的高信号。例如,控制器130可以生成图1的第二控制信号152的高值,以使图1的栅极上拉驱动器136能够接通第一晶体管124。

[0085] 在框1006处,控制器130识别故障状况。例如,控制器130可以基于从图3的故障状况检测器304获得的故障信号302而确定图1的第一晶体管124正经历故障状况。

[0086] 在框1008处,控制器130生成用于栅极驱动器的低信号并且生成用于电压钳位器的高信号。例如,控制器130可以生成第二控制信号152的低值,以禁用栅极上拉驱动器136并启用图1的栅极下拉驱动器138,从而截止第一晶体管124。控制器130可以生成第一控制信号150的高值以导通MP1 308,从而将V_{DS}钳位器102的V_C从第一电压阈值202(例如44V)折叠到第二电压阈值204(例如33V)。

[0087] 在框1010处,控制器130确定V_{DS}折叠计时器是否已期满。例如,控制器130可以确定图9的V_{DS}折叠计时器910是否已期满。如果在框1010处控制器130确定V_{DS}折叠计时器尚未期

满,则控制器130在框1010处重新确定V_{DS}折叠计时器是否已期满。如果在框1010处控制器130确定V_{DS}折叠计时器已期满,则在框1012处,控制器生成用于电压钳位器的低信号。例如,控制器130可以生成第一控制信号150的低值,以关断MP1 308,从而将V_{DS}钳位器102的V_C返回到第一电压阈值202。响应于生成用于电压钳位器的低信号,机器可读指令1000结束。

[0088] 图11是包括图1的V_{DS}钳位器102以实现本文描述的示例的示例系统1100的示意图。在图11中,系统1100包括示例电源1102、第一示例感性负载(L_{supply})1104、第一示例阻性负载(R_{supply})1106、示例开关网络1108、第二示例感性负载(L_{short})1110、第二示例阻性负载(R_{short})1112、示例设备1114和示例控制系统1116。

[0089] 在图11的所示示例中,系统1100是包括在示例交通工具1118中的示例功率开关系统。在图11中,交通工具1118是汽车。可替换地,交通工具1118可以是海上交通工具(例如,船、潜艇等)、飞行器(例如,无人飞行器(UAV)(例如,无人驾驶飞机)、飞机等)等。例如,系统1100可以对应于图1的功率开关系统100。系统1100可操作以监控电源1102或设备1114中的至少一个的状况(例如,操作状况),并且基于该监控经由控制系统1116来控制V_{DS}钳位器102。

[0090] 在图11中,电源1102是电池。例如,电源1102可以对应于图1的电源108。图11的第一感性负载1104和第一阻性负载1106是分立的物理元件。可替换地,第一感性负载1104和/或第一阻性负载1106可以表示电源1102和开关网络1108之间的耦合的等效电感和电阻。例如,第一感性负载1104可以对应于图1的第二电感器118和/或第一阻性负载1106可以对应于图1的第一电阻器116。

[0091] 图11的第二感性负载1110和第二阻性负载1112是分立的物理元件(例如,可以由感性负载和/或阻性负载表示的电气设备)。可替换地,第二感性负载1110和/或第二阻性负载1112可以表示开关网络1108与设备1114之间的耦合的等效电感和电阻。例如,第二感性负载1110可以对应于图1的第一电感器114和/或第二阻性负载1112可以对应于图1的第一电阻器116。附加地或可替换地,系统1100可以包括比图11中描绘的感性负载1104、1110和/或阻性负载1106、1112更少或更多的负载。

[0092] 在图11的所示示例中,控制系统1116引导、指示和/或以其他方式控制图11的开关网络1108。控制系统1116包括一个或多个控制器,诸如图1的控制器130。可替换地,控制系统1116可以对应于图1的控制器130的一个或多个实例。图11的控制系统1116获得设备1114的状况并基于该状况生成控制信号。例如,该状况可以是无故障的常规负载状况(例如,正常操作、典型操作、标准操作等)或故障状况。

[0093] 图11的控制系统1116基于设备1114的状况来控制开关网络1108。在图11中,开关网络1108包括示例晶体管1120(例如,N沟道MOSFET、P沟道MOSFET等)。可替换地,开关网络1108可以包括一个以上的晶体管和/或一种以上类型的晶体管。在图11中,晶体管1120直接耦合到图1的V_{DS}钳位器102或通过一个或多个中间电子设备耦合到图1的V_{DS}钳位器102。在图11中,V_{DS}钳位器102也可以是图3的V_{DS}钳位器102a或图4的V_{DS}钳位器102b。

[0094] 在一些示例中,图11的控制系统1116基于设备1114的状况生成控制信号(例如,图1的第一控制信号150、图1的第二控制信号152等),以将V_{DS}钳位器102从第一电压调整为第二电压。例如,响应于确定设备1114正经历故障状况,控制系统1116可以指示V_{DS}钳位器102从设备1114的无故障的常规负载操作期间的44V的第一电压钳位电平调整或折回至33V的

第二电压钳位电平。图11的控制系统1116在由V_{DS}折叠计时器定义的时间段内生成(例如,迭代地生成、连续地生成等)控制信号。响应于V_{DS}折叠计时器的期满,控制系统1116生成另一个控制信号,以引导V_{DS}钳位器102从33V的第二电压钳位电平调整回到44V的第一电压钳位电平。

[0095] 在一些示例中,当来自电源1102的电源电压(V_{BB})超过电压钳位电平时,V_{DS}钳位器102钳位包括在开关网络1108中的晶体管1120的V_{DS}。例如,在设备1114的无故障的常规负载操作期间,V_{DS}钳位器102可以具有44V的电压钳位电平。在这样的示例中,V_{DS}钳位器102可以在设备1114没有经历故障状况时将50V的电源电压钳位到44V。例如,V_{DS}钳位器102可以在设备1114的无故障的常规负载操作期间将电源电压钳位到第一电压(例如44V)并且在设备1114的故障状况期间将电源电压钳位到第二电压(例如33V)。由于V_{DS}钳位器102(例如,图3的V_{DS}钳位器102a、图4的V_{DS}钳位器102b等)的自适应特性,当设备1114而正经历不同的操作状况时,图11的系统1100供应必要的功率和/或以其他方式促进设备1114的操作。

[0096] 图12描绘了对应于图11的系统1100的操作的示例时序图1200。在图12中,在第一时刻(T_1)1202,图11的控制系统1116接收示例控制信号1204的高值。例如,控制信号1204可以对应于图1的使能信号142。响应于接收到控制信号1204的高值,控制系统1116可以指示控制器(例如,图1的控制器130)初始化图11的系统1100。在第一时刻1202,控制系统1116接收示例状态反馈信号1206。例如,状态反馈信号1206可以对应于图3的故障信号302。例如,状态反馈信号1206可以指示图11的设备1114的状况。在第一时刻1202,控制系统1116确定状态反馈信号1206指示设备1114处于无故障的常规负载状况。

[0097] 在图12的所示示例中,在第二时刻(T_2)1208,图11的设备1114通过示例短路电流1210的增加而正在经历明显的故障状况。在第二时刻1208,短路电流1210的增加使得状态反馈信号1206从第一电压改变为第二电压,从而指示设备1114正在经历故障状况。在第二时刻1208,控制系统1116基于状态反馈信号1206确定设备1114处于故障状况。响应于确定设备1114处于故障状况,控制系统1116生成控制信号以在由V_{DS}折叠计时器限定的时间段内将包括在图11的开关网络1108中的V_{DS}钳位器102从第一钳位电压调整到第二钳位电压。

[0098] 图13是被构造为执行图10的指令以实现图1、图3和/或图4的控制器130的示例处理器平台1300的框图。处理器平台1300可以是例如服务器、个人计算机、操作站、自学习机(例如神经网络)、移动设备(例如手机、智能电话、平板电脑(如iPad™)、个人数字助理(PDA)、互联网电器、DVD播放器、CD播放器、数字视频录像机、蓝光播放器、游戏机、个人视频录像机、机顶盒、耳机或其他可穿戴设备或任何其他类型的计算设备。

[0099] 所示示例的处理器平台1300包括处理器1312。所示示例的处理器1312是硬件。例如,处理器1312可以由来自任何期望的家庭或制造商的一个或多个集成电路、逻辑电路、微处理器、GPU、DSP或控制器来实现。硬件处理器可以是基于半导体的(例如,基于硅的)设备。在该示例中,处理器1312实现控制器130。

[0100] 所示示例的处理器1312包括本地存储器1313(例如,高速缓存)。所示示例的处理器1312经由总线1318与包括易失性存储器1314和非易失性存储器1316的主存储器通信。易失性存储器1314可以由同步动态随机存取存储器(SDRAM)、动态随机存取存储器(DRAM)、RAMBUS®动态随机存取存储器(RDRAM®)和/或任何其他类型的随机存取存储器设备来实现。非易失性存储器1316可以由闪存和/或任何其他期望类型的存储设备来实现。

对主存储器1314、1316的访问由存储器控制器控制。

[0101] 所示示例的处理器平台1300还包括接口电路1320。接口电路1320可以通过任何类型的接口标准来实现，诸如以太网接口、通用串行总线(USB)、Bluetooth®接口、近场通信(NFC)接口和/或PCI Express接口。

[0102] 在所示的示例中，一个或多个输入设备1322连接到接口电路1320。(一个或多个)输入设备1322允许用户将数据和/或命令输入到处理器1312中。(一个或多个)输入设备1322可以由例如音频传感器、麦克风、相机(静止或视频)、键盘、按钮、鼠标、触摸屏、触控板、轨迹球、等值点(isopoint)设备和/或语音识别系统来实现。

[0103] 一个或多个输出设备1324也连接到所示示例的接口电路1320。输出设备1324可以例如由显示设备(例如，发光二极管(LED)、有机发光二极管(OLED)、液晶显示器(LCD)、阴极射线管显示器(CRT)、原位转换(IPS)显示器、触摸屏等)、触觉输出设备、打印机和/或扬声器来实现。因此，所示示例的接口电路1320通常包括图形驱动器卡、图形驱动器芯片和/或图形驱动器处理器。

[0104] 所示示例的接口电路1320还包括通信设备，诸如发射器、接收器、收发器、调制解调器、住宅网关、无线接入点和/或网络接口，以促进经由网络1326与外部机器(例如，任何种类的计算设备)的数据交换。通信可以经由例如以太网连接、数字用户线(DSL)连接、电话线连接、同轴电缆系统、卫星系统、场地线(line-of-site)无线系统、蜂窝电话系统等。

[0105] 所示示例的处理器平台1300还包括用于存储软件和/或数据的一个或多个大容量存储设备1328。这种大容量存储设备1328的示例包括软盘驱动器、硬盘驱动器、光盘驱动器、蓝光盘驱动器、独立磁盘冗余阵列(RAID)系统和数字多功能磁盘(DVD)驱动器。

[0106] 图10的机器可执行指令1332可以被存储在大容量存储设备1328中，存储在易失性存储器1314中，存储在非易失性存储器1316中和/或存储在可移除的非暂时性计算机可读存储介质(诸如CD或DVD)上。

[0107] 本文描述了提供对漏极-源极电压钳位电平的动态调整的示例方法、装置和制品。这种动态调整改善了负载突降下功率开关设备的多功能性，并在故障状况下更加稳健，而不会对硅面积造成任何显著影响。通过自适应地调整漏极-源极电压钳位电平，上述示例可以使功率开关设备在相同的电流极限下以增加的安全操作区裕度操作，或者在相同的安全操作区裕度下以较高的电流极限操作。

[0108] 在权利要求的范围内，在所描述的实施例中的修改是可能的，并且其他实施例也是可能的。

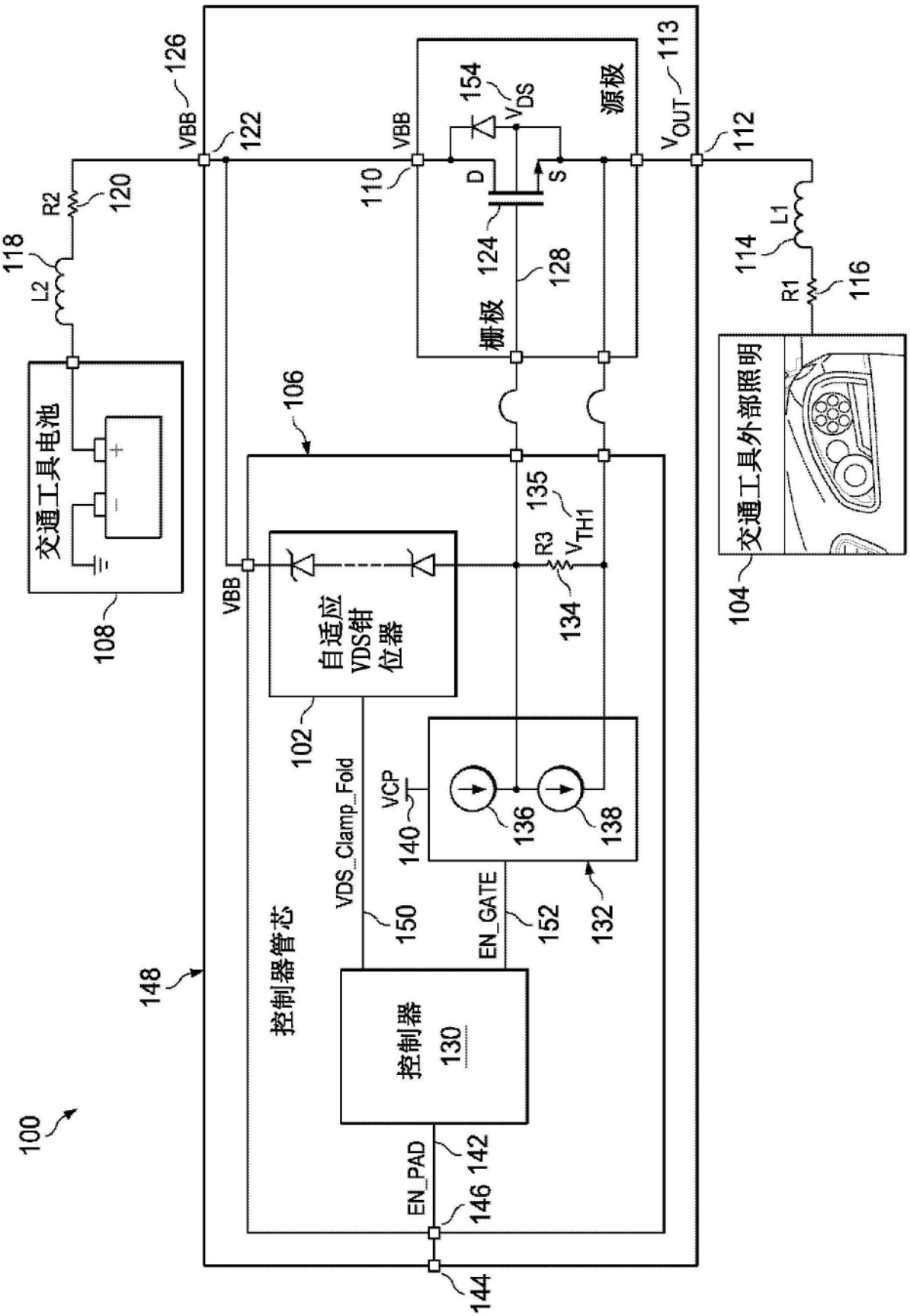

100
交通工具电池
108
VBB
126
122
R2
120
L2
118
VBB
110
154
V_{DS}
D
S
源极
113
V_{OUT}
112
L1
114
R1
116
交通工具外部照明
104
栅极
124
128
106
135
R3
V_{TH1}
134
自适应VDS钳位器
102
VCP
140
136
138
VDS_Clamp_Fold
150
EN_GATE
152
132
控制器管芯
148
控制器
130
EN_PAD
142
146
144

图1

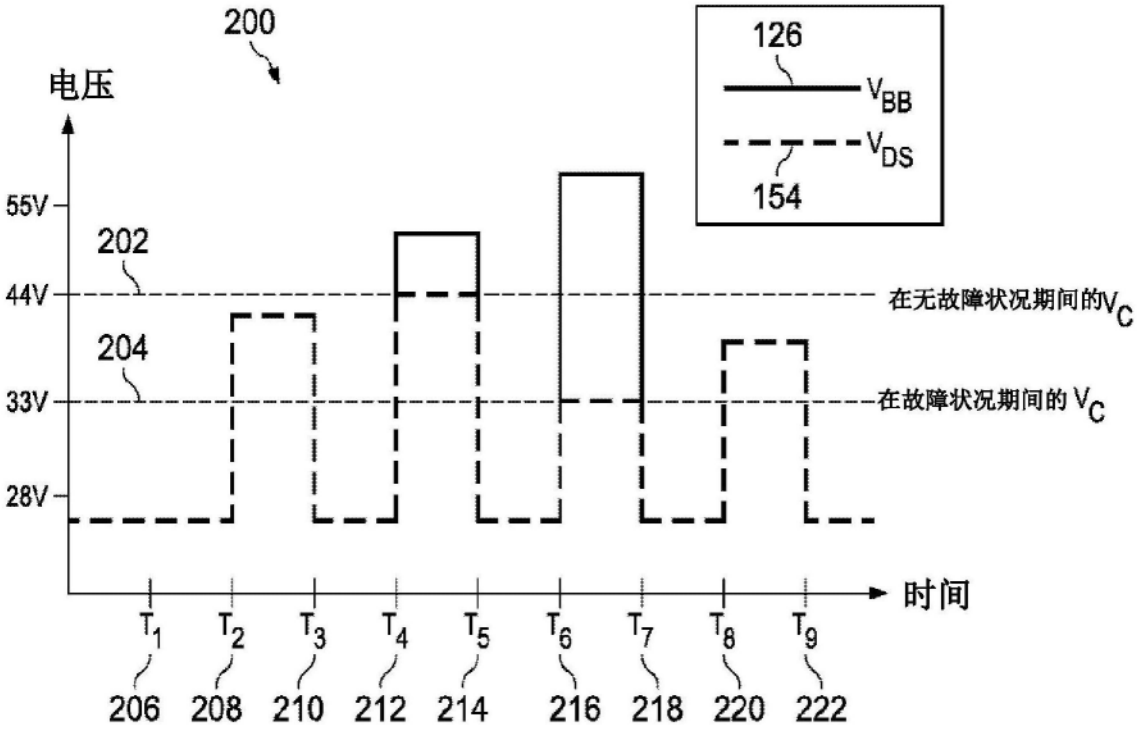

200
电压
126
V_{BB}
V_{DS}
154
55V
202
44V
在无故障状况期间的V_C
204
33V
在故障状况期间的 V_C
28V
时间
T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6 T_7 T_8 T_9
206 208 210 212 214 216 218 220 222

图2

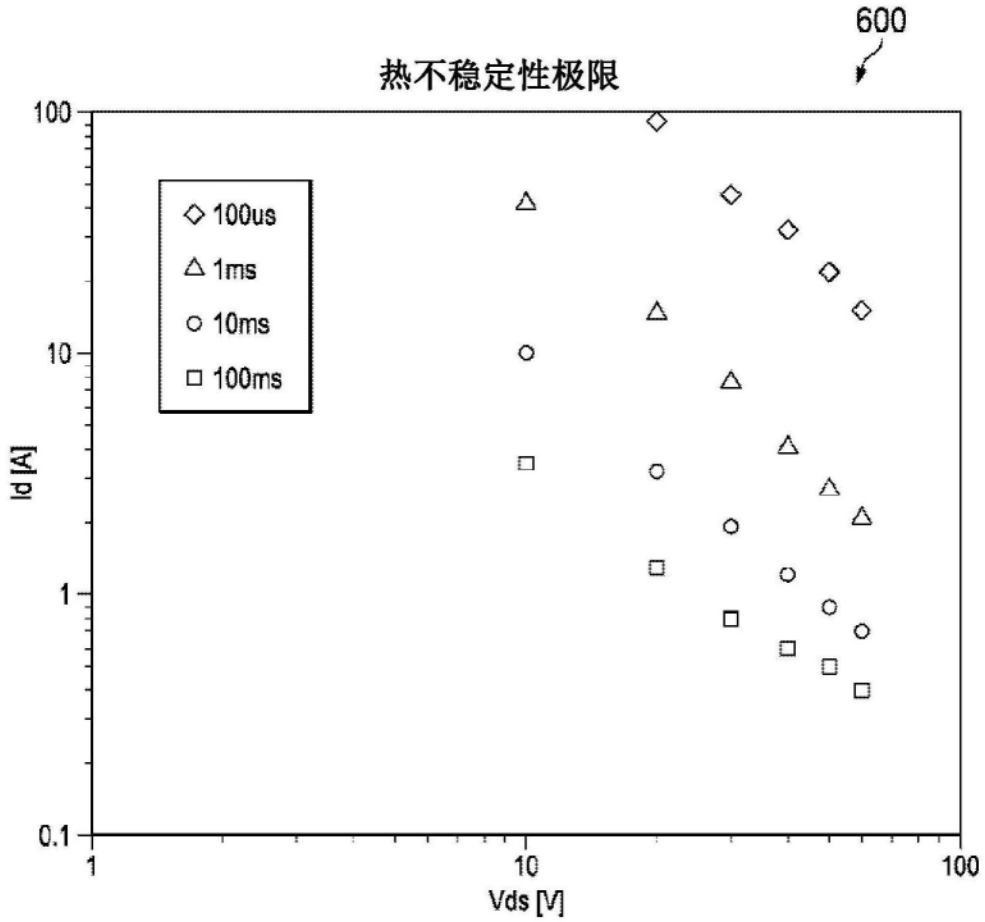


图6

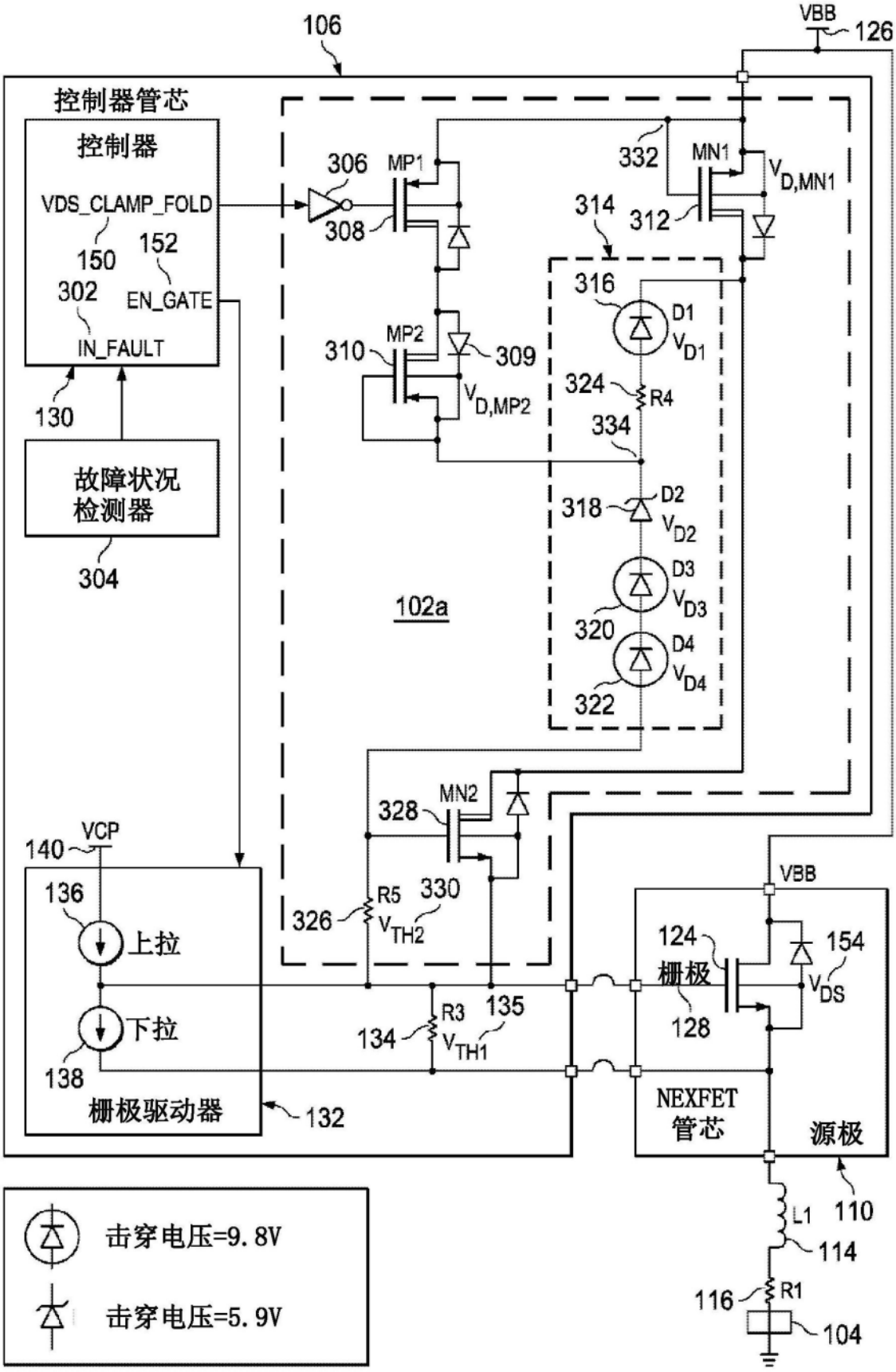

106
VBB
126
控制器管芯
控制器
VDS_CLAMP_FOLD
150
152
EN_GATE
302
IN_FAULT
130
故障状况
检测器
304
306
MP1
308
332
MN1
$V_{D,MN1}$
314
312
316
D1
V_{D1}
310
MP2
309
$V_{D,MP2}$
324
R4
334
318
D2
V_{D2}
D3
V_{D3}
320
D4
V_{D4}
322
102a
328
MN2
VCP
140
136
上拉
下拉
138
栅极驱动器
132
326
R5
330
V_{TH2}
R3
134
135
V_{TH1}
VBB
124
栅极
128
154
V_{DS}
NEXFET
管芯
源极
110
L1
114
116
R1
104
击穿电压=9.8V
击穿电压=5.9V

图3

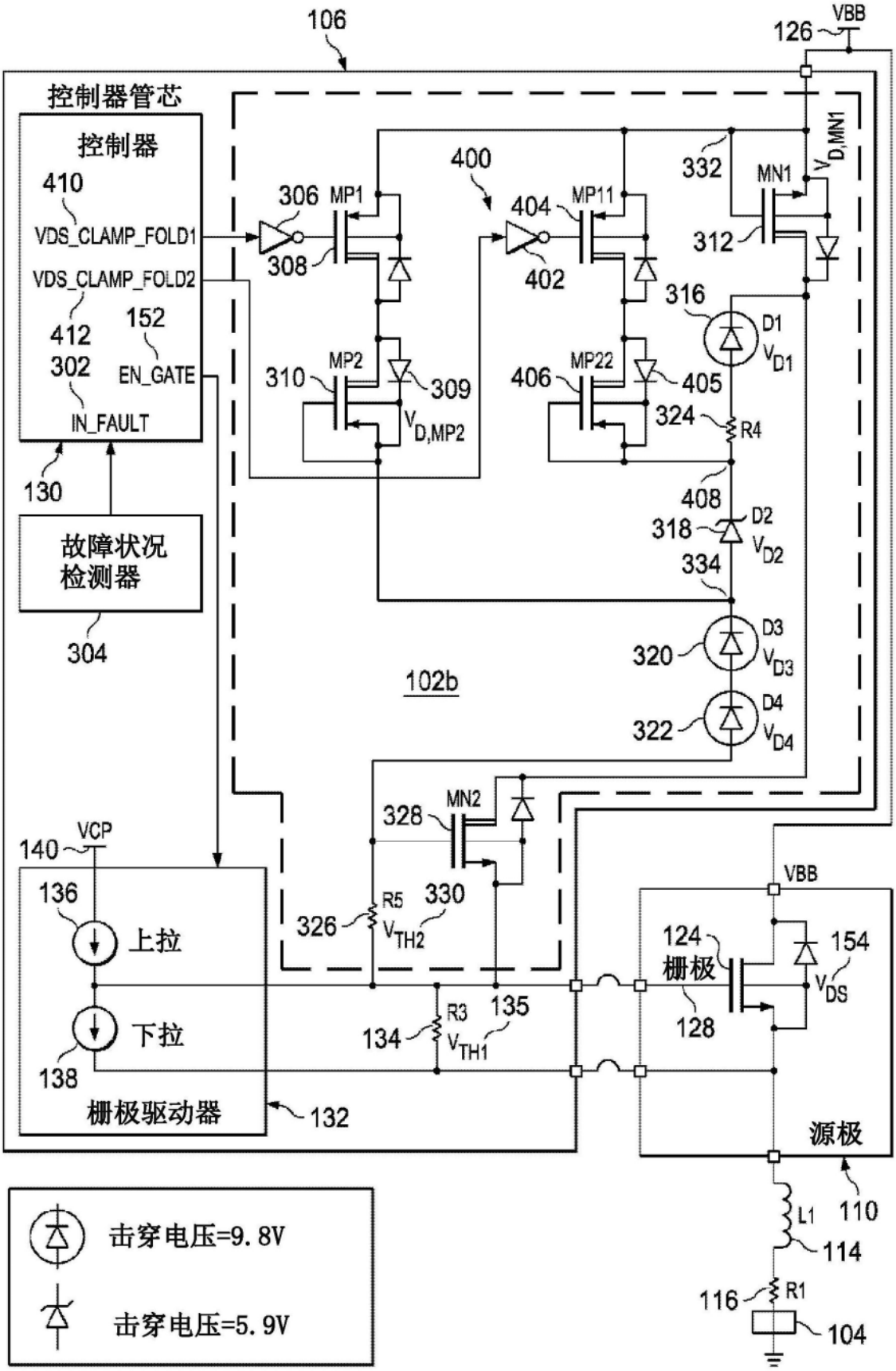

106
VBB
126
控制器管芯
控制器
410
VDS_CLAMP_FOLD1
VDS_CLAMP_FOLD2
412
152
302
EN_GATE
IN_FAULT
130
故障状况
检测器
304
400
306
MP1
308
404
MP11
402
332
MN1
VD,MN1
312
316
D1
VD1
310
MP2
309
VD,MP2
406
MP22
405
324
R4
408
318
D2
VD2
334
320
D3
VD3
322
D4
VD4
102b
328
MN2
326
R5
330
VTH2
VCP
140
136
上拉
下拉
138
栅极驱动器
132
R3
135
134
VTH1
VBB
124
栅极
128
154
VDS
源极
110
L1
114
116
R1
104
击穿电压=9.8V
击穿电压=5.9V

图4

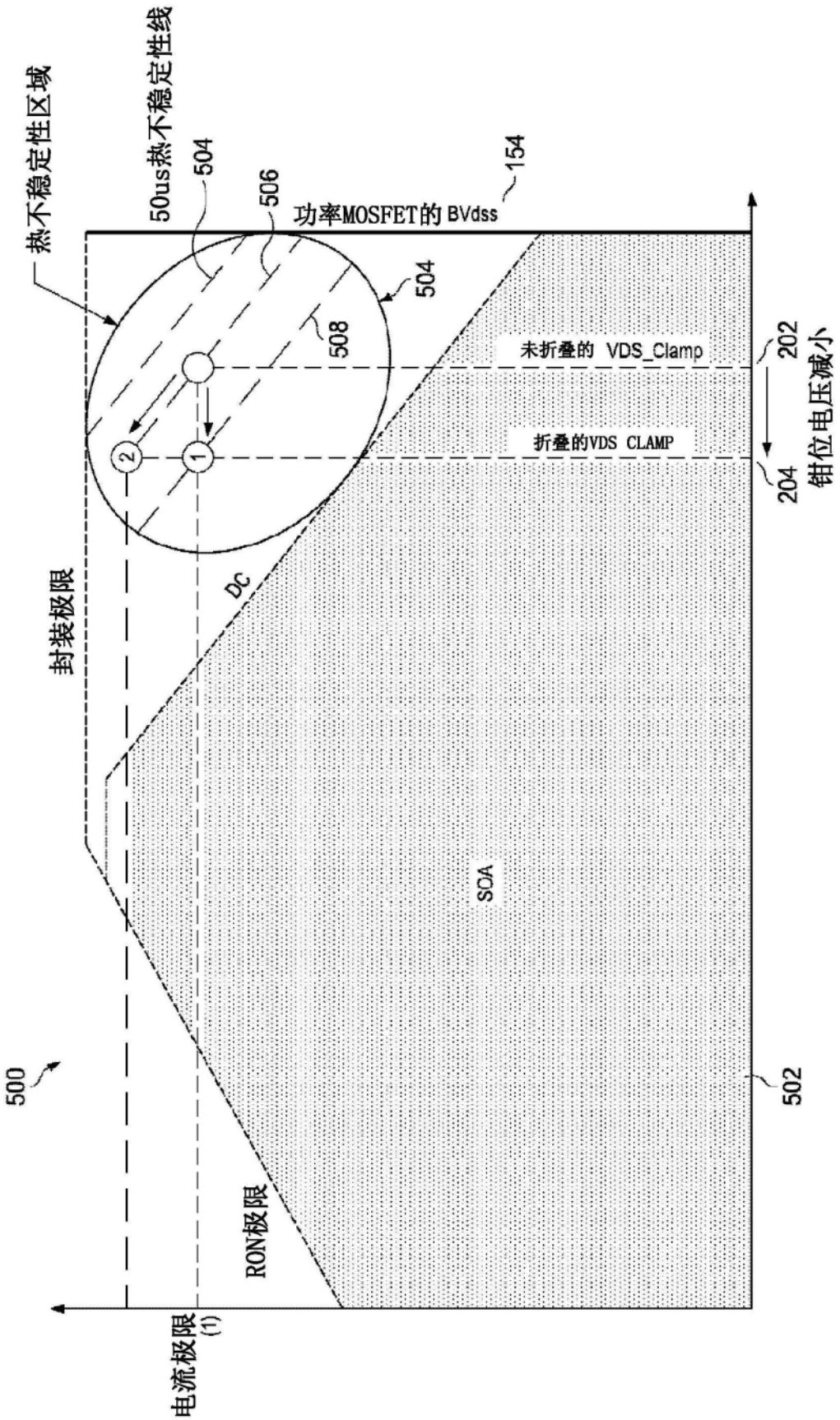

热不稳定性区域
50us热不稳定性线
504
506
154
功率MOSFET的 BVdss
504
508
未折叠的 VDS_Clamp
202
折叠的VDS CLAMP
204
钳位电压减小
封装极限
DC
SOA
500
502
RON极限
电流极限
(1)
(2)

图5

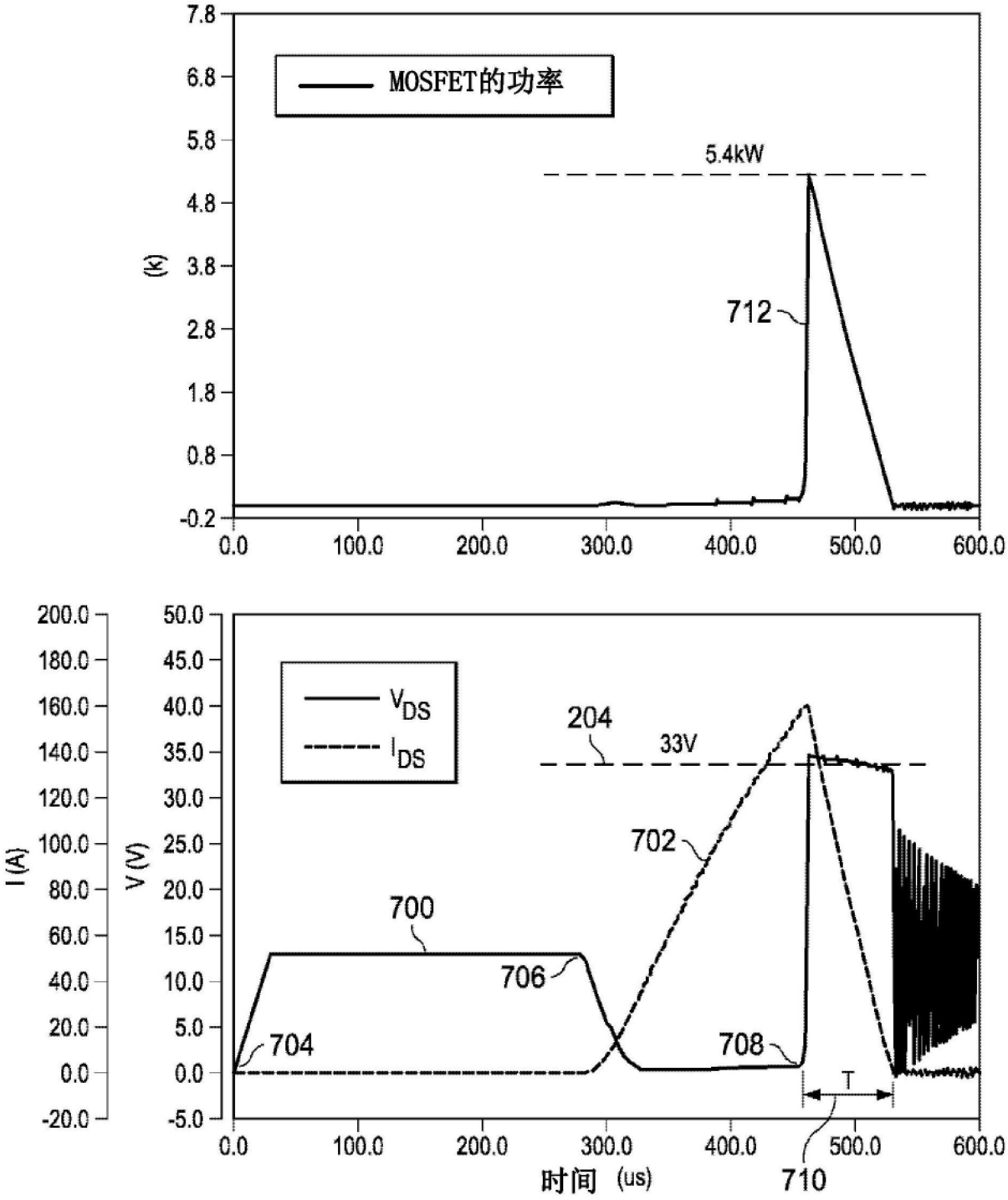

MOSFET的功率
5.4kW
712
(k)
7.8
6.8
5.8
4.8
3.8
2.8
1.8
0.8
-0.2
0.0
100.0
200.0
300.0
400.0
500.0
600.0
V_{DS}
I_{DS}
204
33V
702
700
706
704
708
T
710
I (A)
V (V)
200.0
180.0
160.0
140.0
120.0
100.0
80.0
60.0
40.0
20.0
0.0
-20.0
50.0
45.0
40.0
35.0
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
-5.0
时间 (us)

图7

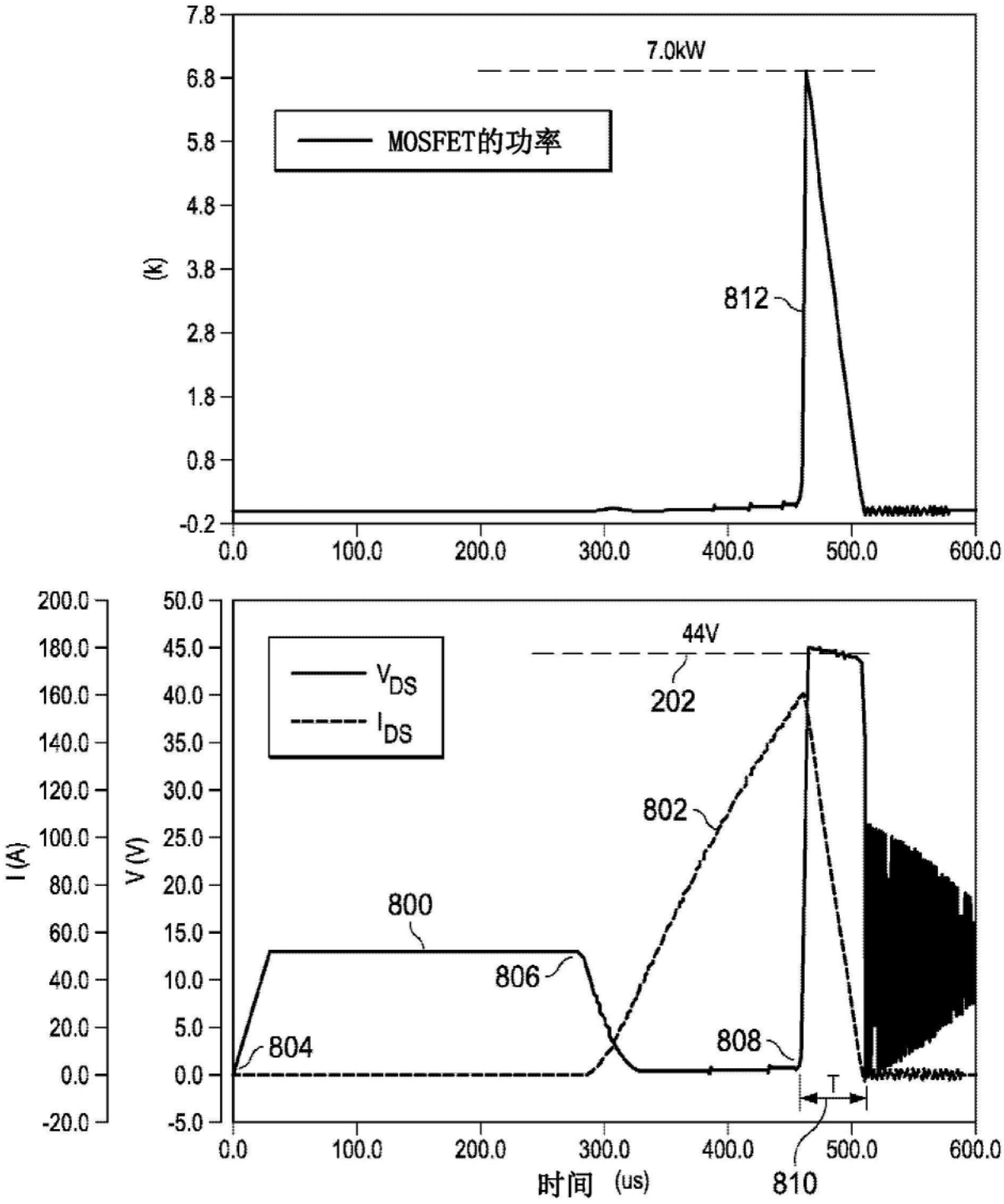

7.8
6.8
5.8
4.8
3.8
2.8
1.8
0.8
-0.2
(K)
7.0kW
MOSFET的功率
812
0.0
100.0
200.0
300.0
400.0
500.0
600.0
200.0
180.0
160.0
140.0
120.0
100.0
80.0
60.0
40.0
20.0
0.0
-20.0
I (A)
50.0
45.0
40.0
35.0
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
-5.0
V (V)
V_{DS}
I_{DS}
44V
202
802
800
806
804
808
T
810
时间 (us)

图8

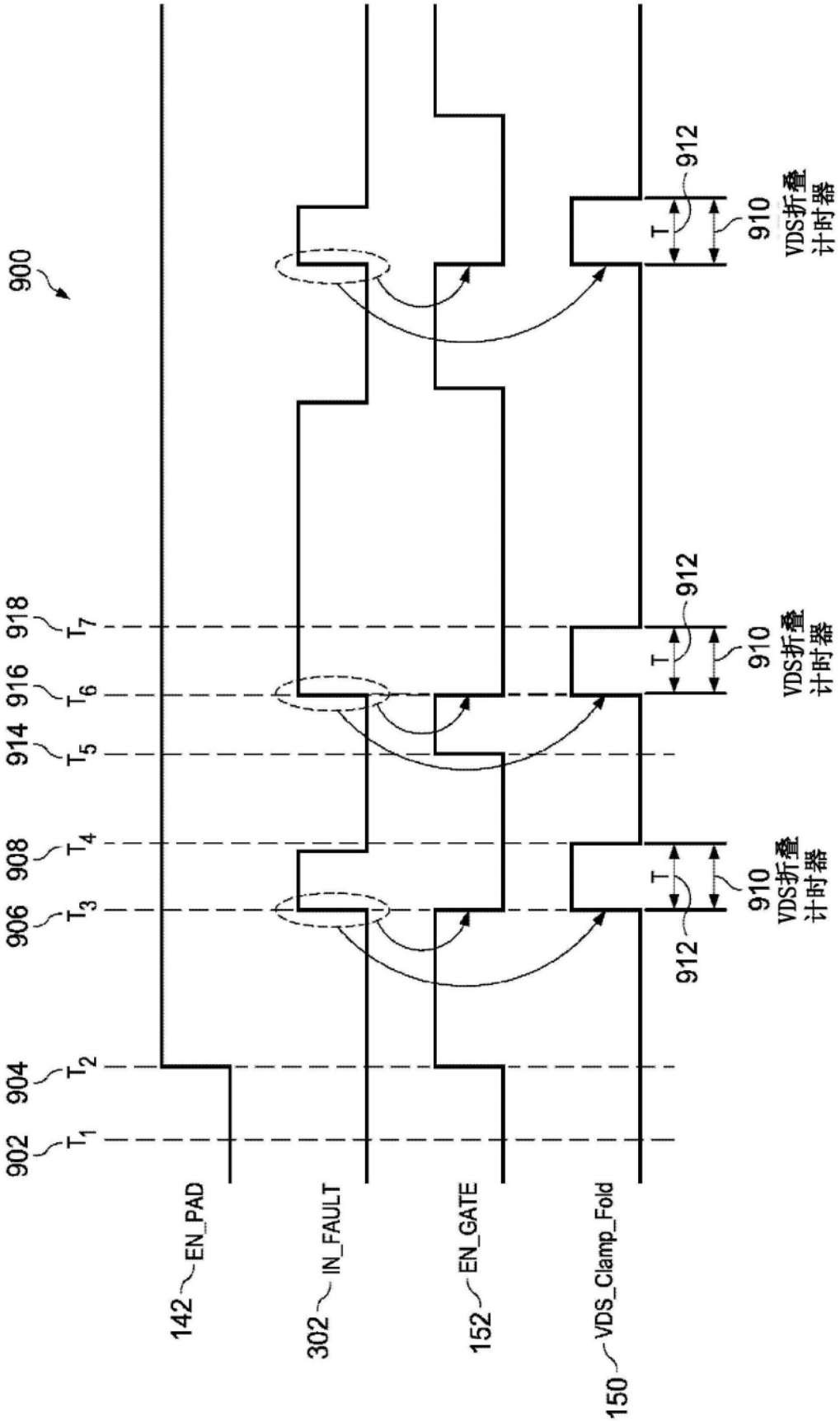

900
902
T_1
904
T_2
906
T_3
908
T_4
914
T_5
916
T_6
918
T_7
912
910
VDS折叠计时器
T
142
EN_PAD
302
IN_FAULT
152
EN_GATE
150
VDS_Clamp_Fold

图9

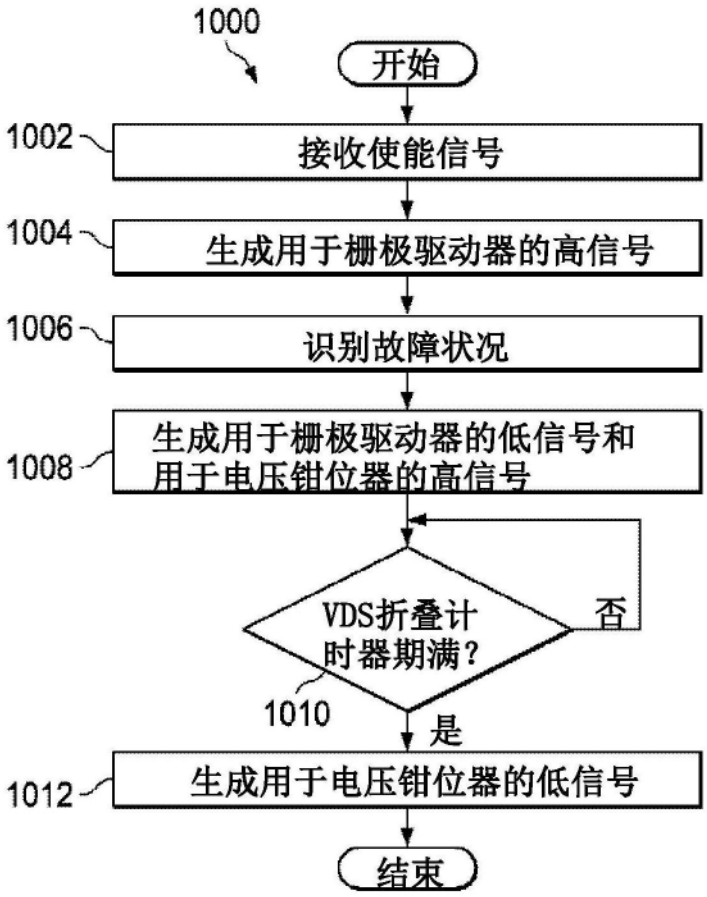

1000
开始
1002
接收使能信号
1004
生成用于栅极驱动器的高信号
1006
识别故障状况
1008
生成用于栅极驱动器的低信号和
用于电压钳位器的高信号
VDS折叠计
时器期满?
否
1010
是
1012
生成用于电压钳位器的低信号
结束

图10

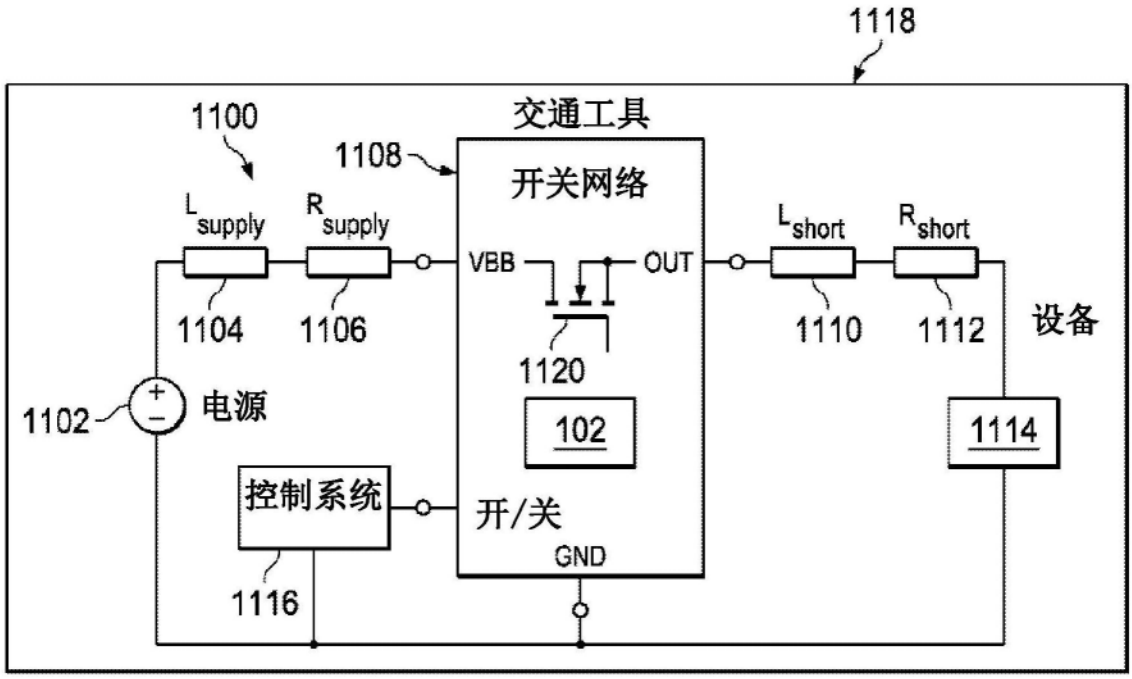

1118
交通工具
1100
1108
开关网络
L supply
R supply
VBB
OUT
L short
R short
1104
1106
1110
1112
设备
1120
1102
电源
102
1114
控制系统
开/关
GND
1116

图11

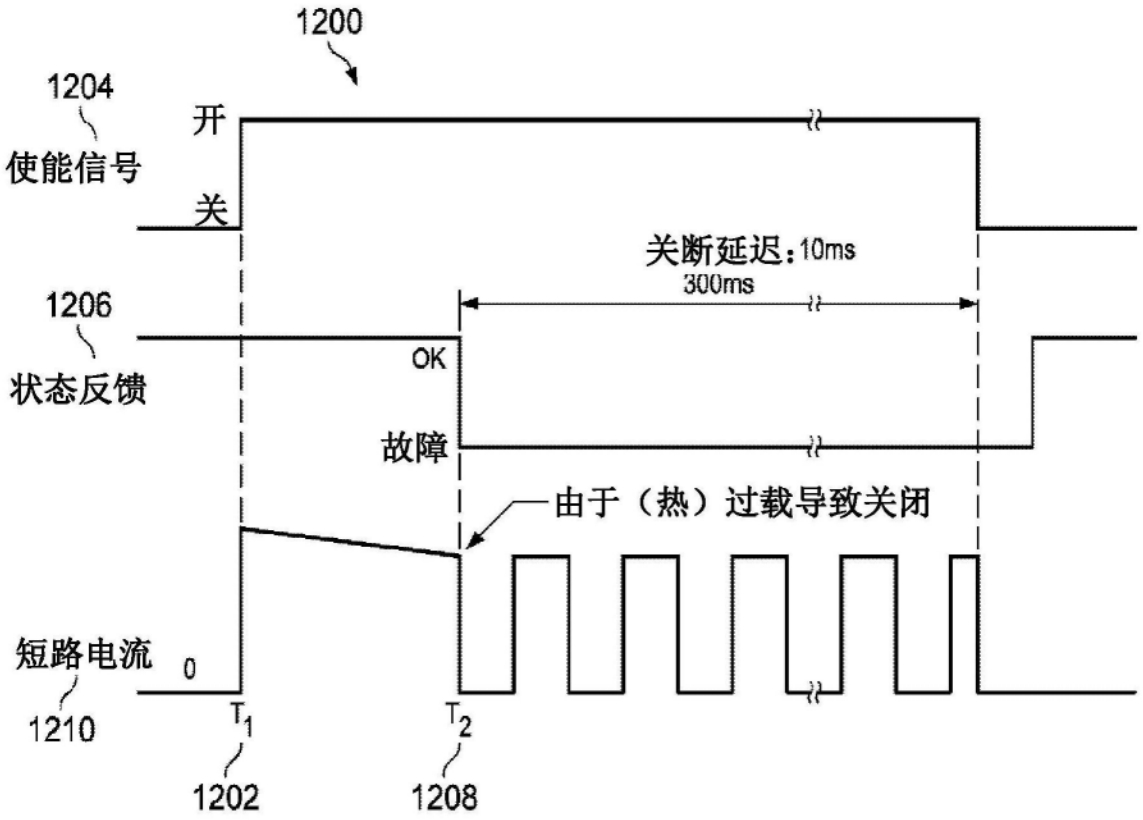

1200
1204
使能信号
开
关
关断延迟：10ms
300ms
1206
状态反馈
OK
故障
由于（热）过载导致关闭
短路电流
0
1210
T1
T2
1202
1208

图12

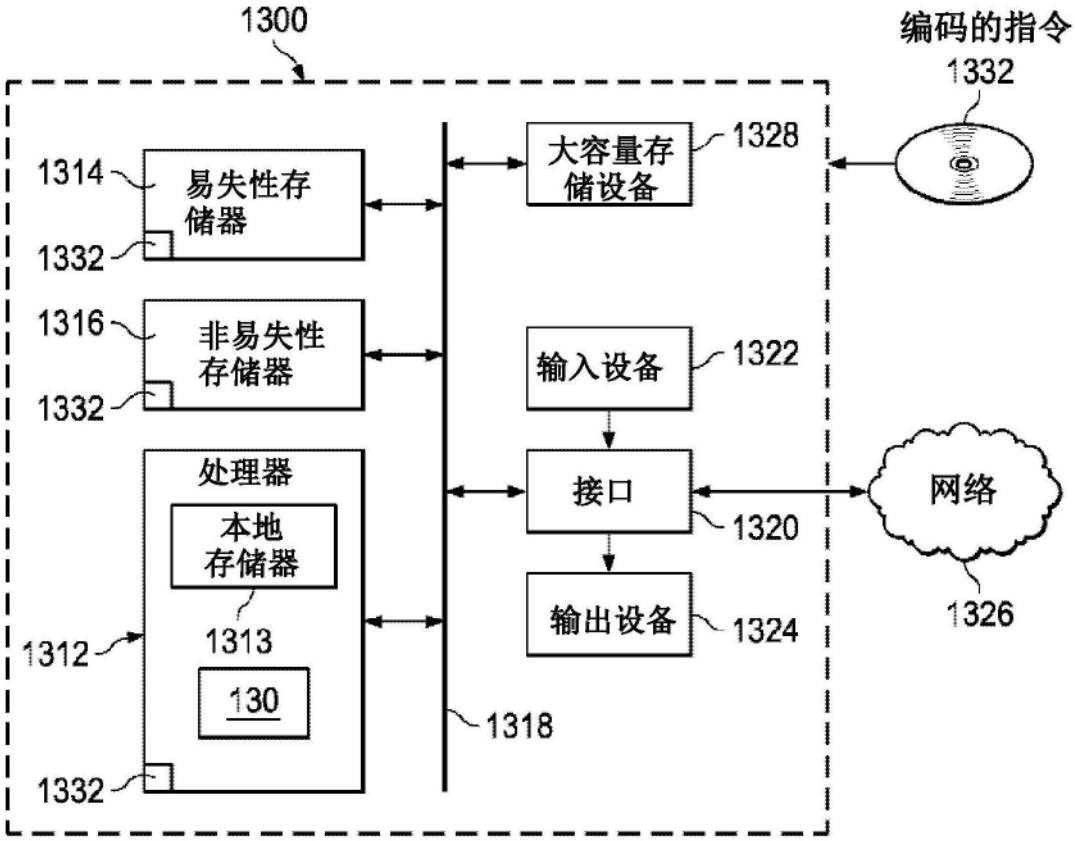

1300
编码的指令
1332
大容量存储设备
1328
1314
易失性存储器
1332
1316
非易失性存储器
1332
输入设备
1322
处理器
本地存储器
1313
1312
130
1332
接口
1320
网络
输出设备
1324
1326
1318

图13