



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113544953 B

(45) 授权公告日 2023.10.31

(21) 申请号 202080017939.2

H03K 17/08 (2006.01)

(22) 申请日 2020.02.27

H03K 17/567 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

H03K 17/687 (2006.01)

申请公布号 CN 113544953 A

## (56) 对比文件

CN 109104886 A, 2018.12.28

(43) 申请公布日 2021.10.22

CN 1713525 A, 2005.12.28

(30) 优先权数据

JP 2001320264 A, 2001.11.16

2019-038050 2019.03.01 JP

JP 2016220101 A, 2016.12.22

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

JP 2017046570 A, 2017.03.02

2021.08.31

JP 2018068097 A, 2018.04.26

(86) PCT国际申请的申请数据

US 2014049867 A1, 2014.02.20

PCT/JP2020/008108 2020.02.27

US 2015288166 A1, 2015.10.08

(87) PCT国际申请的公布数据

US 2018337668 A1, 2018.11.22

W02020/179633 JA 2020.09.10

US 6057728 A, 2000.05.02

(73) 专利权人 株式会社电装

K. Sun, J. Wang, R. Burgos, D.

地址 日本爱知县

Boroyevich, Y. Kang and E. Choi. Analysis and design of an overcurrent protection scheme based on parasitic inductance of SiC MOSFET power module. 018 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC). 2018, 2806-2812.

(72) 发明人 丹羽雅之 蘭明文

王水平,武芒.IGBT功率开关模块的发展及

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

应用.电子科技.1997,(第04期),11-22.

专利代理人 胡曼

审查员 张自童

(51) Int.Cl.

权利要求书1页 说明书10页 附图9页

H02M 1/00 (2007.01)

H02M 1/08 (2006.01)

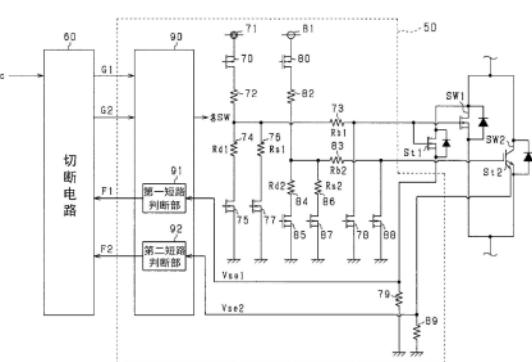
H02M 7/48 (2007.01)

(54) 发明名称

态。

开关的驱动装置

(57) 摘要



驱动装置进行互相并联连接的多个开关(SW1、SW2)的驱动控制。多个开关包括具有不同的短路容限的开关。驱动装置包括：判断部(91、92)，该判断部对多个开关中的至少一个开关有过电流流过的情况进行判断；以及过电流保护部(60)，在由判断部判断为有过电流流过的情况下，该过电流保护部将多个开关切换为断开状态。过电流保护部将多个开关中的短路容限最小的开关即最小容限开关(SW1)首先切换为断开状

1. 一种开关的驱动装置,所述开关的驱动装置进行互相并联连接的多个开关(SW1、SW2)的驱动控制,

多个所述开关包括具有不同的短路容限的开关,

所述开关的驱动装置包括:

判断部(91、92),该判断部对多个所述开关中的至少一个开关有过电流流过的情况进行判断;以及

过电流保护部(60),在由所述判断部判断为有过电流流过的情况下,所述过电流保护部将多个所述开关切换为断开状态,

所述过电流保护部在将多个所述开关切换为断开状态的情况下,将多个所述开关中的短路容限最小的开关即最小容限开关(SW1)首先切换为断开状态,

使所述最小容限开关的开关速度比多个所述开关中的除了所述最小容限开关之外的其余的开关(SW2)的开关速度高,并且比未判断为有过电流流过时的所述最小容限开关的开关速度高,

使所述其余的开关的开关速度比未判断为有过电流流过时的所述其余的开关的开关速度低。

2. 如权利要求1所述的开关的驱动装置,其特征在于,

在由所述判断部判断为多个所述开关中的任意一个开关中有过电流流过的情况下,所述过电流保护部将所述最小容限开关首先切换为断开状态。

## 开关的驱动装置

[0001] 相关申请的援引

[0002] 本申请以2019年3月1日申请的日本专利申请第2019-038050号为基础,在此援引其记载内容。

### 技术领域

[0003] 本公开涉及一种开关的驱动装置。

### 背景技术

[0004] 以往,例如专利文献1所记载的那样,已知一种驱动由Si器件构成的IGBT的驱动装置。上述驱动装置在判断为IGBT中有过电流流过的情况下,通过将IGBT切换为断开状态,实现IGBT的保护。

[0005] 现有技术文献

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献1:日本专利特开2012-65530号公报

### 发明内容

[0008] 作为驱动装置,存在这样一种装置:对IGBT以及与IGBT并联连接并且由SiC器件构成的MOSFET进行驱动。此处,MOSFET的短路容限比IGBT的短路容限低。因此,期望一种技术,在MOSFET和IGBT的并联连接体中有过电流流过的情况下,可以适当地保护短路容限较低的MOSFET。

[0009] 另外,期望一种技术,不限于互相并联连接的MOSFET和IGBT,还可以适当地保护互相并联连接的多个开关且包括具有不同的短路容限的开关的多个开关免受过电流的影响。

[0010] 本公开的主要目的在于提供一种开关的驱动装置,能适当地保护互相并联连接的多个开关中的短路容限最小的开关免受过电流的影响。

[0011] 本公开是一种开关的驱动装置,进行互相并联连接的多个开关的驱动控制,

[0012] 多个上述开关包括具有不同的短路容限的开关,

[0013] 包括:判断部,该判断部对多个上述开关中的至少一个开关有过电流流过的情况进行判断;以及

[0014] 过电流保护部,在由上述判断部判断为有过电流流过的情况下,上述过电流保护部将多个上述开关切换为断开状态,

[0015] 上述过电流保护部将多个上述开关中的短路容限最小的开关即最小容限开关首先切换为断开状态。

[0016] 在本公开中,由于将多个开关中的最小容限开关首先切换为断开状态,因此能缩短在最小容限开关中过电流流过的时间。由此,能使从判断为有过电流流过开始到最小容限开关被切换为断开状态为止,在最小容限开关中产生的能量减少,从而能使该能量处于最小容限开关的短路容限以下。其结果是,能适当地保护最小容限开关免受过电流的影响。

## 附图说明

- [0017] 参照附图和以下详细的记述,可以更明确本公开的上述目的、其他目的、特征和优点。附图如下所述。
- [0018] 图1是第一实施方式的控制系统的整体结构图。
- [0019] 图2是表示第一开关、第二开关的电流电压特性的图。
- [0020] 图3是表示驱动电路及其周边结构的图。
- [0021] 图4是表示切断电路的处理步骤的流程图。
- [0022] 图5是表示过电流保护动作的一例的时序图。
- [0023] 图6是表示过电流保护动作的一例的时序图。
- [0024] 图7是表示比较例1的过电流保护动作的一例的时序图。
- [0025] 图8是表示比较例2的过电流保护动作的一例的时序图。
- [0026] 图9是表示第二实施方式的切断电路的处理步骤的流程图。
- [0027] 图10是表示第三实施方式的切断电路的处理步骤的流程图。

## 具体实施方式

- [0028] <第一实施方式>
- [0029] 以下,参照附图,对将本公开的驱动装置具体化的第一实施方式进行说明。
- [0030] 如图1所示,控制系统包括直流电源10、逆变器20、旋转电机30以及控制装置40。旋转电机30是例如车载主机。旋转电机30通过逆变器20与直流电源10电连接。在本实施方式中,作为旋转电机30使用三相结构。作为旋转电机30,例如能使用永磁体同步旋转电机。此外,直流电源10是例如具有100V以上的端子电压的蓄电池。直流电源10例如是锂离子蓄电池、镍氢蓄电池等二次电池。另外,电容器11与直流电源10并联连接。
- [0031] 逆变器20包括与各相对应的上臂开关部20H、下臂开关部20L。在各相中,上臂开关部20H与下臂开关部20L串联连接。在各相中,在上臂开关部20H和下臂开关部20L的连接点处连接有旋转电机30的绕组31的第一端。各相的绕组31的第二端在中性点处连接。
- [0032] 各开关部20H、20L包括第一开关SW1和第二开关SW2的并联连接体。在各相中,在上臂开关部20H的第一开关SW1和第二开关SW2各自的高电位侧端子连接有直流电源10的正极侧。在各相中,在下臂开关部20L的第一开关SW1和第二开关SW2各自的低电位侧端子连接有直流电源10的负极侧。在各相中,在上臂开关部20H的第一开关SW1和第二开关SW2各自的低电位侧端子连接有下臂开关部20L的第一开关SW1和第二开关SW2各自的高电位侧端子。
- [0033] 在本实施方式中,第一开关SW1是作为SiC器件的N通道MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor:金属-氧化物半导体场效应晶体管)。因此,在第一开关SW1中,低电位侧端子是源极,高电位侧端子是漏极。此外,第二开关SW2是作为Si器件的IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor:绝缘栅双极型晶体管)。因此,在第二开关SW2中,低电位侧端子是发射极,高电位侧端子是集电极。另外,在第二开关SW2反向并联连接有续流二极管,在第一开关SW1形成有体二极管。
- [0034] 用IGBT和MOSFET的并联连接体构成各开关部20H、20L的理由如下:通过使电流大多流通于在小电流区域中接通电阻较低的MOSFET来减小小电流区域的损耗。以下,使用图2对减小损耗进行说明。图2是表示流过开关的电流与开关的高电位侧端子、低电位侧端子之

间的电压 $V_{on}$ 之间的关系的图。详细地,在图2中,示出了MOSFET的漏极—源极间电压 $V_{ds}$ 与漏极电流 $I_d$ 的电压电流特性,以及IGBT的集电极—发射极间电压 $V_{ce}$ 与集电极电流 $I_c$ 的电压电流特性。

[0035] 如图2所示,在电流小于规定电流 $I_a$ 的小电流区域中,与漏极电流 $I_d$ 对应的漏极—源极间电压 $V_{ds}$ 比与集电极电流 $I_c$ 对应的集电极—发射极间电压 $V_{ce}$ 低。即,在小电流区域中,MOSFET的接通电阻小于IGBT的接通电阻。因此,在小电流区域中,电流大多流过相互并联连接的MOSFET和IGBT中的MOSFET。另一方面,在电流大于规定电流 $I_a$ 的大电流区域中,与集电极电流 $I_c$ 对应的集电极—发射极间电压 $V_{ce}$ 比与漏极电流 $I_d$ 对应的漏极—源极间电压 $V_{ds}$ 低。即,在大电流区域中,IGBT的接通电阻比MOSFET的接通电阻小。因此,在大电流区域中,电流大多流过相互并联连接的MOSFET和IGBT中的IGBT。

[0036] 第一开关SW1的短路容限比第二开关SW2的短路容限低。以第一开关SW1为例进行说明,短路容限是从过电流开始流向第一开关SW1到第一开关SW1被破坏为止的时间、或者是从过电流开始流向第一开关SW1到第一开关SW1被破坏为止在第一开关SW1中产生的能量(具体来说,电流×电压的时间积分值)。另外,第一开关SW1的漏极电流的额定电流例如小于第二开关SW2的集电极电流的额定电流。

[0037] 回到图1的说明,控制装置40驱动逆变器20以将旋转电机30的控制量控制为其指令值。控制量例如是转矩。控制装置40将与各开关SW1、SW2对应的驱动信号 $G_c$ 输出到针对各开关部20H、20L单独设置的驱动电路50,以驱动逆变器20的各开关SW1、SW2接通断开。例如,控制装置40通过基于相位彼此分开电角度120°的三相指令电压与三角波等载波信号的大小比较的PWM处理,来生成与各驱动电路50对应的驱动信号 $G_c$ 。驱动信号 $G_c$ 为指示开关的接通驱动的接通指令和指示断开驱动的断开指令的任意一个。在各相中,上臂侧的驱动信号和对应的下臂侧的驱动信号交替为接通指令。因此,在各相中,上臂开关部20H的开关和下臂开关部20L的开关交替地处于接通状态。

[0038] 控制系统包括切断电路60。切断电路60将从控制装置40输出的驱动信号 $G_c$ 分为与第一开关SW1对应的第一驱动信号G1和与第二开关SW2对应的第二驱动信号G2,输出到驱动电路50。

[0039] 另外,例如,控制装置40和切断电路60设于低压系统,驱动电路50设于与低压系统绝缘的高压系统。在这种情况下,只要使用例如能够使低压系统与高压系统之间电绝缘并且传递信号的光绝缘元件(例如光电耦合器)、磁绝缘元件(例如磁力耦合器)来实施切断电路60与驱动电路50之间的信号传输即可。

[0040] 此外,控制装置40、驱动电路50以及切断电路60提供的功能可以由例如存储在实体存储器装置中的软件和执行该软件的计算机、硬件或它们的组合来提供。

[0041] 接着,使用图3对驱动电路50及其周边结构进行说明。

[0042] 驱动电路50包括第一充电开关70、第一恒定电压电源71、第一充电电阻72和第一平衡电阻73。在本实施方式中,作为第一充电开关70,可以使用P通道MOSFET。在第一充电开关70的源极连接有第一恒定电压电源71,在第一充电开关70的漏极连接有第一充电电阻72的第一端。在第一充电电阻72的第二端连接有第一平衡电阻73的第一端。在第一平衡电阻73的第二端连接有第一开关SW1的栅极。

[0043] 驱动电路50包括第一放电电阻74、第一放电开关75、第一保护用电阻76、第一保护

用开关77和第一断开保持开关78。在本实施方式中,作为第一放电开关75、第一保护用开关77和第一断开保持开关78,使用N通道MOSFET。

[0044] 在第一平衡电阻73的第一端,经由第一放电电阻74连接有第一放电开关75的漏极。在第一放电开关75的源极连接有第一开关SW1的源极。在第一平衡电阻73的第一端,经由第一保护用电阻76连接有第一保护用开关77的漏极。在第一保护用开关77的源极连接有第一开关SW1的源极。

[0045] 在第一开关SW1的栅极连接有第一断开保持开关78的漏极。在第一断开保持开关78的源极连接有第一开关SW1的源极。

[0046] 驱动电路50包括第二充电开关80、第二恒定电压电源81、第二充电电阻82和第二平衡电阻83。在本实施方式中,作为第二充电开关80,可以使用P通道MOSFET。在第二充电开关80的源极连接有第二恒定电压电源81,在第二充电开关80的漏极连接有第二充电电阻82的第一端。在第二充电电阻82的第二端连接有第二平衡电阻83的第一端。在第二平衡电阻83的第二端连接有第二开关SW2的栅极。另外,在本实施方式中,第二恒定电压电源81的输出电压设定为比第一恒定电压电源71的输出电压低。不过,上述设定不是必须的。

[0047] 驱动电路50包括第二放电电阻84、第二放电开关85、作为软切断电阻的第二保护用电阻86、第二保护用开关87和第二断开保持开关88。在本实施方式中,作为第二放电开关85、第二保护用开关87和第二断开保持开关88,使用N通道MOSFET。

[0048] 在第二平衡电阻83的第一端经由第二放电电阻84和第二放电开关85连接有第二开关SW2的发射极。在第二平衡电阻83的第一端经由第二保护用电阻86和第二保护用开关87连接有第二开关SW2的发射极。在第二开关SW2的栅极经由第二断开保持开关88连接有第二开关SW2的发射极。

[0049] 第一开关SW1包括第一感测端子St1。第一感测端子St1输出与第一开关SW1的漏极电流相关的微弱电流。在第一感测端子St1连接有驱动电路50的第一感测电阻79的第一端,在第一感测电阻79的第二端连接有第一开关SW1的源极。根据该结构,由于流过第一感测端子St1的微弱电流,使第一感测电阻79的电压下降。因此,第一感测电阻79的电压下降量可以用作漏极电流的相关值。第一感测电阻79的电位差作为第一感测电压Vse1输入到驱动电路50的驱动控制部90。在本实施方式中,将第一感测电阻79的两端中的第一端的电位比第二端高时的第一感测电压Vse1定义为正。

[0050] 第二开关SW2包括第二感测端子St2。第二感测端子St2输出与第二开关SW2的集电极电流相关的微弱电流。在第二感测端子St2连接有驱动电路50的第二感测电阻89的第一端,在第二感测电阻89的第二端连接有第二开关SW2的发射极。第二感测电阻89的电位差作为第二感测电压Vse2输入到驱动控制部90。在本实施方式中,将第二感测电阻89的两端中的第一端的电位比第二端高时的第二感测电压Vse2定义为正。

[0051] 驱动控制部90基于从切断电路60输出的第一驱动信号G1、第二驱动信号G2,驱动第一开关SW1、第二开关SW2接通断开。详细地,当判断为第一驱动信号G1变为接通指令时,驱动控制部90驱动第一充电开关70接通,并驱动第一放电开关75断开。由此,充电电流从第一恒定电压电源71流向第一开关SW1的栅极,第一开关SW1的栅极电压达到第一阈值电压Vth1以上。其结果是,第一开关SW1从断开状态被切换到接通状态。

[0052] 当判断为第一驱动信号G1变为断开指令时,驱动控制部90驱动第一充电开关70断

开，并驱动第一放电开关75接通。由此，放电电流从第一开关SW1的栅极流向源极，第一开关SW1的栅极电压低于第一阈值电压Vth1。其结果是，第一开关SW1从接通状态被切换到断开状态。

[0053] 当判断为第二驱动信号G2变为接通指令时，驱动控制部90驱动第二充电开关80接通，并驱动第二放电开关85断开。由此，充电电流从第二恒定电压电源81流向第二开关SW2的栅极，第二开关SW2的栅极电压达到第二阈值电压Vth2以上。其结果是，第二开关SW2从断开状态被切换到接通状态。

[0054] 当判断为第二驱动信号G2变为断开指令时，驱动控制部90驱动第二充电开关80断开，并驱动第二放电开关85接通。由此，放电电流从第二开关SW2的栅极流向发射极，第二开关SW2的栅极电压低于第二阈值电压Vth2。其结果是，第二开关SW2从接通状态被切换到断开状态。

[0055] 驱动控制部90进行断开保持处理。详细地，驱动控制部90具有检测第一开关SW1、第二开关SW2的栅极电压的功能。驱动控制部90进行如下所述的断开保持处理：基于从切断电路60输出的第一驱动信号G1和检测到的第一开关SW1的栅极电压，来驱动第一断开保持开关78，并且基于从切断电路60输出的第二驱动信号G2和检测到的第二开关SW2的栅极电压，来驱动第二断开保持开关88。

[0056] 详细地，当判断为第一驱动信号G1是断开指令，并且第一开关SW1的栅极电压是第一规定电压Va1以下时，驱动控制部90驱动第一断开保持开关78接通，并且在除此之外的情况下驱动第一断开保持开关78断开。此处，第一规定电压Va1被设定为第一阈值电压Vth1以下的电压。当判断为第二驱动信号G2是断开指令，并且第二开关SW2的栅极电压是第二规定电压Va2以下时，驱动控制部90驱动第二断开保持开关88接通，并且在除此之外的情况下驱动第二断开保持开关88断开。此处，第二规定电压Va2被设定为第二阈值电压Vth2以下的电压。

[0057] 驱动控制部90包括第一短路判断部91和第二短路判断部92（相当于“判断部”）。第一短路判断部91、第二短路判断部92是为了判断在第一开关SW1、第二开关SW2中是否有过电流（短路电流）流过而设置的。当判断为输入的第一感测电压Vse1超过第一判断阈值Voc1时，第一短路判断部91将通知第一开关SW1中有过电流流过的情况的第一故障信号F1输出到切断电路60。第一短路判断部91在开始输出第一故障信号F1后，在判断为第一感测电压Vse1为比第一判断阈值Voc1小的第一解除阈值Vjdg1以下的情况下，停止第一故障信号F1的输出。第一解除阈值Vjdg1设定为比0稍大的值或设定为0。

[0058] 当判断为输入的第二感测电压Vse2超过第二判断阈值Voc2时，第二短路判断部92将通知第二开关SW2中有过电流流过的情况的第二故障信号F2输出到切断电路60。第二短路判断部92在开始输出第二故障信号F2后，在判断为第二感测电压Vse2在第二解除阈值Vjdg2以下的情况下，停止第二故障信号F2的输出。第二解除阈值Vjdg2设定为比0稍大的值或设定为0。另外，过电流是由于上下臂短路、相间短路、接地等产生的。

[0059] 接着，使用图4对切断电路60执行的处理进行说明。

[0060] 在步骤S10中，判断是否输入了第一故障信号F1和第二故障信号F2中的至少一方。

[0061] 当在步骤S10中作出否定判断时，判断为第一开关SW1和第二开关SW2中均没有过电流流过，前进到步骤S11。在步骤S11中，将从控制装置40输入的驱动信号Gc作为第一驱动

信号G1、第二驱动信号G2输出到驱动控制部90。即，在驱动信号Gc为接通指令的情况下，输出接通指令的第一驱动信号G1、第二驱动信号G2，在驱动信号Gc为断开指令的情况下，输出断开指令的第一驱动信号G1、第二驱动信号G2。

[0062] 当在步骤S10中作出肯定判断时，判断为第一开关SW1和第二开关SW2中的至少一方有过电流流过，前进到步骤S12。在步骤S12中，无论输入的驱动信号Gc如何，都将输出到驱动控制部90的第一驱动信号G1设为断开指令。在这种情况下，在输出第一故障信号F1和第二故障信号F2中的至少一方的状态下，当输入的第一驱动信号G1被切换为断开指令时，驱动控制部90驱动第一充电开关70、第一放电开关75和第一断开保持开关78断开，并且驱动第一保护用开关77接通。

[0063] 此处，将第一保护用开关77的电阻值设为Rs1，将第一平衡电阻73的电阻值设为Rb1，将第二保护用开关87的电阻值设为Rs2，将第二平衡电阻83的电阻值设为Rb2。在本实施方式中，设定为“ $Rs1+Rb1 < Rs2+Rb2$ ”。通过上述设定，与后述的步骤S14的处理中将第二开关SW2切换为断开状态时的开关速度相比，将第一开关SW1切换为断开状态时的开关速度更高。

[0064] 另外，在将第一放电电阻74的电阻值设为Rd1，将第二放电电阻84的电阻值设为Rd2的情况下，在本实施方式中，设定为“ $Rd1+Rb1 > Rs1+Rb1$ ”、“ $Rd2+Rb2 > Rs1+Rb1$ ”、“ $Rs2+Rb2 > Rd2+Rb2$ ”、“ $Rs2+Rb2 > Rd1+Rb1$ ”。

[0065] 在步骤S13中，判断第一开关SW1向断开状态的切换是否完成。在本实施方式中，在判断为第一感测电压Vse1为第一解除阈值Vjdg1以下，第一故障信号F1的输入已停止的情况下，判断为切换完成。

[0066] 当在步骤S13中作出肯定判断时，前进到步骤S14，无论输入的驱动信号Gc如何，都将输出到驱动控制部90的第二驱动信号G2设为断开指令。由此，驱动控制部90驱动第二充电开关80、第二放电开关85和第二断开保持开关88断开，并且驱动第二保护用开关87接通。由此，以比将第一开关SW1切换为断开状态时的开关速度低的开关速度，将第二开关SW2切换为断开状态。另外，在本实施方式中，切断电路60构成过电流保护部。

[0067] 使用图5和图6，对产生上下臂短路时的切断电路60进行的过电流保护操作进行说明。在以下的说明中，将上臂开关部20H、下臂开关部20L中的一方设为相对臂，另一方设为自身臂，对自身臂的切断电路60进行的过电流保护动作进行说明。

[0068] 使用图5对在相对臂的第一开关SW1、第二开关SW2中的至少一方发生了短路故障的状态下，驱动自身臂的第一开关SW1、第二开关SW2接通的情况进行说明。图5的(a)、(b)示出了从切断电路60输出的第一驱动信号G1、第二驱动信号G2的推移，图5的(c)示出了第一开关SW1的栅极电压Vgs(栅极—源极间电压)的推移，图5的(d)示出了第二开关SW2的栅极电压Vge(栅极—发射极间电压)的推移。图5的(e)、(f)示出了第一感测电压Vse1、第二感测电压Vse2的推移，图5的(g)示出了在第一开关SW1中产生的损耗( $= Id \times Vds$ )的推移，图5的(h)示出了在第二开关SW2中产生的损耗( $= Ic \times Vce$ )的推移。

[0069] 在时刻t1处，从切断电路60输出到驱动控制部90的第一驱动信号G1、第二驱动信号G2被切换为接通指令。由此，在时刻t2处，第一开关SW1的栅极电压Vgs和第二开关SW2的栅极电压Vge开始上升。

[0070] 此后，在时刻t3处，第一感测电压Vse1超过第一判断阈值Voc1。因此，从第一短路

判断部91向切断电路60输出第一故障信号F1，并且从切断电路60输出到驱动控制部90的第一驱动信号G1被切换为断开指令。其结果是，在时刻t4处，第一开关SW1的栅极电压Vgs开始下降。

[0071] 此后，在时刻t5处，第一感测电压Vse1达到第一解除阈值Vjdg1以下。因此，停止从第一短路判断部91向切断电路60输出第一故障信号F1，并且从切断电路60输出到驱动控制部90的第二驱动信号G2被切换为断开指令。其结果是，在时刻t6处，第二开关SW2的栅极电压Vge开始下降。

[0072] 此处，第一开关SW1被切换为断开状态时的第一感测电压Vse1的下降速度 $\Delta dV_{mos}$ 比第二开关SW2被切换为断开状态时的第二感测电压Vse2的下降速度 $\Delta dV_{igbt}$ 快。即，第一开关SW1被切换为断开状态时的开关速度比第二开关SW2被切换为断开状态时的开关速度快。其结果是，能缩短第一开关SW1中过电流流过的时间，从而能使在第一开关SW1中产生的损耗的时间积分值(能量)在第一开关SW1的短路容限以下。

[0073] 虽然图5示出了在判断为第一开关SW1中有过电流流过的情况下首先将第一开关SW1切换为断开状态的例子，但是在判断为第二开关SW2中有过电流流过的情况下，也首先将第一开关SW1切换为断开状态。

[0074] 接着，使用图6对在驱动自身臂的第一开关SW1、第二开关SW2接通的状态下，相对臂的第一开关SW1、第二开关SW2中的至少一方发生短路故障的情况进行说明。图6的(a)～图6的(h)对应于前面的图5的(a)～图5的(h)。

[0075] 在时刻t1处，从切断电路60输出到驱动控制部90的第一驱动信号G1、第二驱动信号G2切换为接通指令。由此，第一开关SW1的栅极电压Vgs和第二开关SW2的栅极电压Vge开始上升。

[0076] 然后，在时刻t2处，发生相对臂的开关的短路故障。由此，在自身臂的第一开关SW1、第二开关SW2中流过短路电流。

[0077] 此后，在时刻t3处，第一感测电压Vse1超过第一判断阈值Voc1。因此，从第一短路判断部91向切断电路60输出第一故障信号F1，并且从切断电路60输出到驱动控制部90的第一驱动信号G1被切换为断开指令。其结果是，在时刻t4处，第一开关SW1的栅极电压Vgs开始下降。

[0078] 此后，在时刻t5处，第一感测电压Vse1达到第一解除阈值Vjdg1以下。因此，停止从第一短路判断部91向切断电路60输出第一故障信号F1，并且从切断电路60输出到驱动控制部90的第二驱动信号G2被切换为断开指令。其结果是，第二开关SW2的栅极电压Vge开始下降。

[0079] 对于以上说明的本实施方式，在比较例1、2的情况下，不能适当地保护第一开关SW1免受过电流的影响。

[0080] 首先，使用图7对比较例1进行说明。图7示出了在相对臂的第一开关SW1、第二开关SW2中的至少一方发生短路故障的状态下，驱动自身臂的第一开关SW1、第二开关SW2接通的情况。图7的(a)～图7的(h)对应于前面的图5的(a)～图5的(h)。

[0081] 在时刻t1处，从切断电路60输出到驱动控制部90的第一驱动信号G1、第二驱动信号G2被切换为接通指令。由此，在时刻t2处，第一开关SW1的栅极电压Vgs和第二开关SW2的栅极电压Vge开始上升。

[0082] 在比较例1中,当第一故障信号F1和第二故障信号F2中的至少一方输入切断电路60时,切断电路60将第一驱动信号G1、第二驱动信号G2同时切换为断开指令。详细地,在时刻t3处,第一感测电压Vse1超过第一判断阈值Voc1。因此,从第一短路判断部91向切断电路60输出第一故障信号F1,并且从切断电路60输出到驱动控制部90的第一驱动信号G1、第二驱动信号G2被切换为断开指令。其结果是,在时刻t4处,第一开关SW1的栅极电压Vgs和第二开关SW2的栅极电压Vge开始下降。

[0083] 在比较例1中,第一开关SW1被切换为断开状态时的开关速度和第二开关SW2被切换为断开状态时的开关速度相同。因此,无法缩短第一开关SW1中过电流流过的时间,在第一开关SW1中产生的能量可能会超过第一开关SW1的短路容限。

[0084] 接着,使用图8对比较例2进行说明。图8示出了在相对臂的第一开关SW1、第二开关SW2中的至少一方发生了短路故障的状态下,驱动自身臂的第一开关SW1、第二开关SW2接通的情况。图8的(a)~图8的(f)对应于前面的图5的(a)~图5的(f),图8的(g)示出了流过绕组31的相电流的推移。此外,图8的时刻t1~t4对应于前面的图7的时刻t1~t4。

[0085] 在比较例2中,当第一故障信号F1和第二故障信号F2中的至少一方输入切断电路60时,与比较例1相同地,切断电路60将第一驱动信号G1、第二驱动信号G2同时切换为断开指令。此外,在比较例2中,将第二开关SW2被切换为断开状态时的开关速度设定为两种。在图8的(d)、(g)中,用虚线表示开关速度较低的情况,用实线表示开关速度较高的情况。

[0086] 在将第一驱动信号G1、第二驱动信号G2同时切换为断开指令的情况下,若提高第二开关SW2的开关速度,则如图8的(g)所示,相电流急剧地下降。其结果是,使伴随断开状态的切换而产生的电涌电压增加,第一开关SW1的漏极—源极间电压可能会超过其允许上限值(耐压)。

[0087] 根据以上详细描述的本实施方式,能够得到以下的效果。

[0088] 在判断为第一开关SW1、第二开关SW2中的至少一方有过电流流过的情况下,使第一开关SW1、第二开关SW2中的短路容限小的第一开关SW1先于第二开关SW2切换为断开状态。由此,能缩短第一开关SW1中过电流流过的时间,从而能使在第一开关SW1中产生的能量处于第一开关SW1的短路容限以下。其结果是,能够适当地保护第一开关SW1免受过电流的影响。

[0089] 对于第一开关SW1和第二开关SW2中的最先切换为断开状态的第一开关SW1,不会产生伴随切换为断开状态带来的较大的电涌电压。因此,对于不会在最后切换为断开状态的第一开关SW1,能够使其开关速度比最后切换为断开状态的第二开关SW2高。鉴于这方面,使第一开关SW1的开关速度比第二开关SW2的开关速度快。由此,在切换为断开状态的情况下,能够缩短第一开关SW1的过电流的流过时间,进一步减少在第一开关SW1中产生的能量。

[0090] 在有过电流流过的情况下,若在电流流过第一开关SW1的期间将第二开关SW2切换为断开状态,则会产生第一开关SW1的伴随向断开状态的切换而带来的电涌电压。因此,在第一开关SW1被切换为断开状态之后,将第二开关SW2切换为断开状态。由此,能对伴随第二开关SW2切换为断开状态而产生电涌电压的情况进行抑制。

[0091] 在判断为第一开关SW1和第二开关SW2中的任一个开关中有过电流流过的情况下,首先将第一开关SW1切换为断开状态。由此,即使在判断为第二开关SW2中有过电流流过的情况下,也能够迅速地转移到第一开关SW1的过电流保护动作。

[0092] <第二实施方式>

[0093] 以下,参照附图,以与第一实施方式的不同点为中心,对第二实施方式进行说明。

[0094] 图9表示切断电路60执行的处理的顺序。在图9中,为了方便,对于与上述图4所示的处理相同的处理,标注相同的符号。

[0095] 在图9所示的处理中,没有设置步骤S13的处理。即,在完成第一开关SW1向断开状态的切换之前,进行步骤S14的处理。在这种情况下也能得到与第一实施方式的效果类似的效果。

[0096] <第三实施方式>

[0097] 以下,参照附图,以与第一实施方式的不同点为中心,对第三实施方式进行说明。

[0098] 图10表示切断电路60执行的处理的顺序。在图10中,为了方便,对于与上述图4所示的处理相同的处理,标注相同的符号。在本实施方式中,在上述图3的结构中不包括第一保护用电阻76和第一保护用开关77。

[0099] 在步骤S10中作出肯定判断的情况下,前进到步骤S15。在步骤S15中,无论输入的驱动信号Gc如何,都将输出到驱动控制部90的第一驱动信号G1设为断开指令。在这种情况下,在输出第一故障信号F1和第二故障信号F2中的至少一方的状态下,当输入的第一驱动信号G1被切换为断开指令时,驱动控制部90驱动第一充电开关70、第一放电开关75和第一断开保持开关78断开,并且驱动第一断开保持开关78接通。

[0100] 这样,在本实施方式中,使用第一断开保持开关78将第一开关SW1切换为断开状态。根据上述结构,能进一步提高将第一断开保持开关78切换为断开状态时的开关速度,从而能进一步减少在第一开关SW1中产生的能量。

[0101] 此外,根据本实施方式,由于可以将第一断开保持开关78用作过电流保护动作中使用的开关,并且不需要在驱动电路50中包括第一保护用电阻76和第一保护用开关77,所以能减少驱动电路50的部件数量。

[0102] <其他实施方式>

[0103] 另外,上述各实施方式也可进行以下变更来实施。

[0104] • 构成各相各臂的开关部的开关的数量也可以是三个以上。例如,在各开关部包括三个开关的情况下,按照短路容限从小到大的顺序依次为第一开关、第二开关、第三开关。在判断为第一开关～第三开关的至少一个开关中有过电流流过的情况下,只要第一开关～第三开关中的第一开关首先被切换为断开状态,然后第二开关被切换为断开状态,最后第三开关被切换为断开状态即可。

[0105] • 构成各相各臂的开关不限于相同种类的开关。例如,即使第一开关、第二开关都是由SiC器件构成的MOSFET,也可能根据芯片尺寸的不同而使短路容量不同。即使在如上所述的情况下,应用本公开也是有效的。

[0106] • 也可以是,控制系统不包括切断电路60,驱动控制部90具有切断电路60的功能。

[0107] • 作为电力转换电路不限于逆变器,只要包括上、下臂开关即可,例如也可以是全桥电路。

[0108] 本公开所记载的控制部和该控制部的方法也可以通过专用计算机来实现,该专用计算机通过构成处理器和存储器而提供,上述处理器被编程为执行由计算机程序具体化的一个至多个功能。或者也可以是,本公开所记载的控制部和该控制部的方法通过专用计算

机来实现,该专用计算机是通过由一个以上的专用硬件逻辑电路构成处理器而提供的。或者也可以是,本公开所记载的控制部和该控制部的方法由一个以上的专用计算机来实现,该专用计算机通过被编程为执行一个至多个功能的处理器及存储器与由一个以上硬件逻辑电路构成的处理器的组合构成。此外,计算机程序也可以被存储于计算机可读的非过渡有形存储介质,以作为由计算机执行的指令。

[0109] 虽然基于实施例对本公开进行了记述,但是应当理解为本公开并不限定于上述实施例、结构。本公开也包含各种各样的变形例、等同范围内的变形。除此之外,各种各样的组合、方式、进一步包含有仅一个要素、一个以上或一个以下的其他组合、方式也属于本公开的范畴、思想范围。

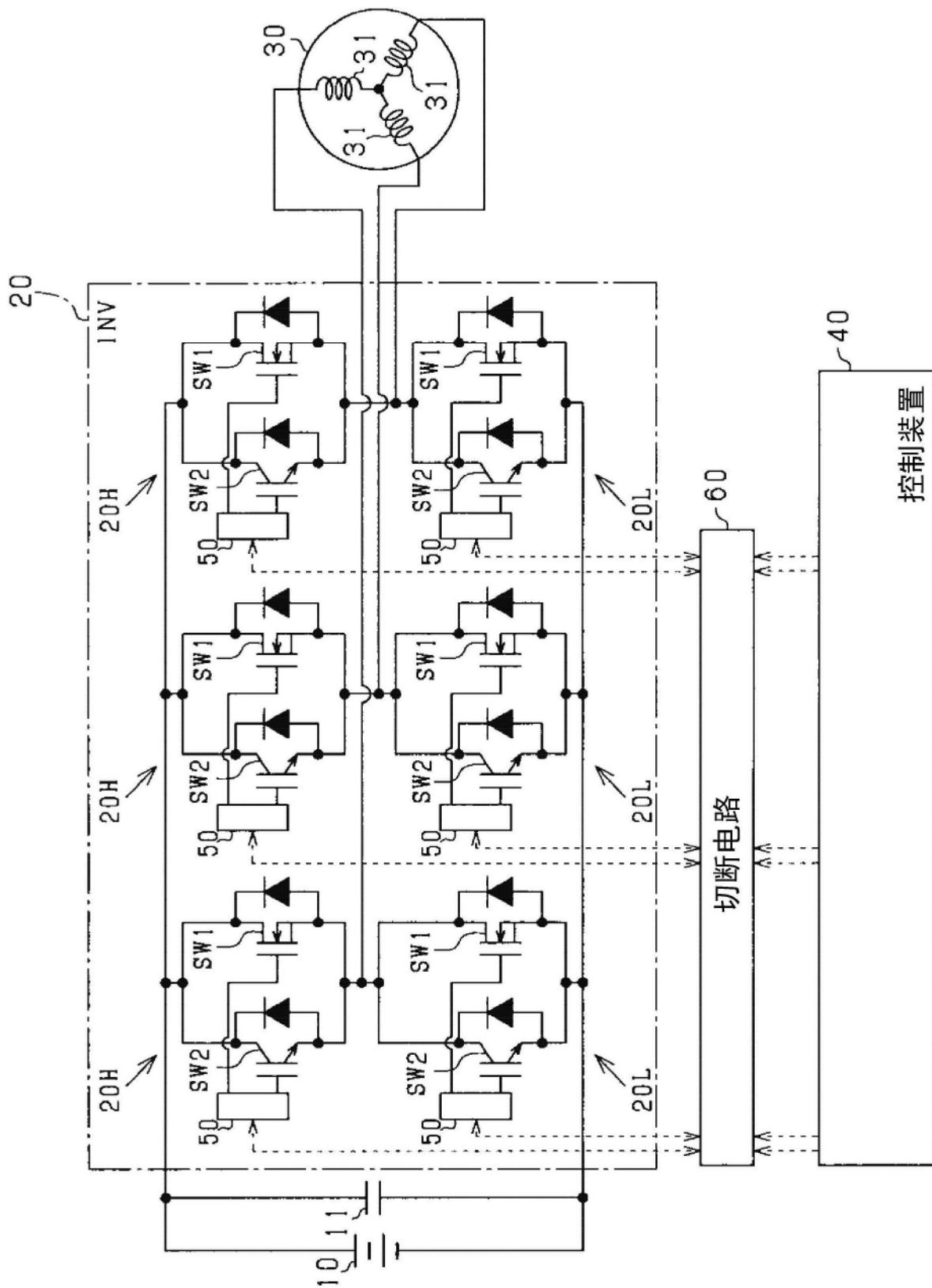


图1

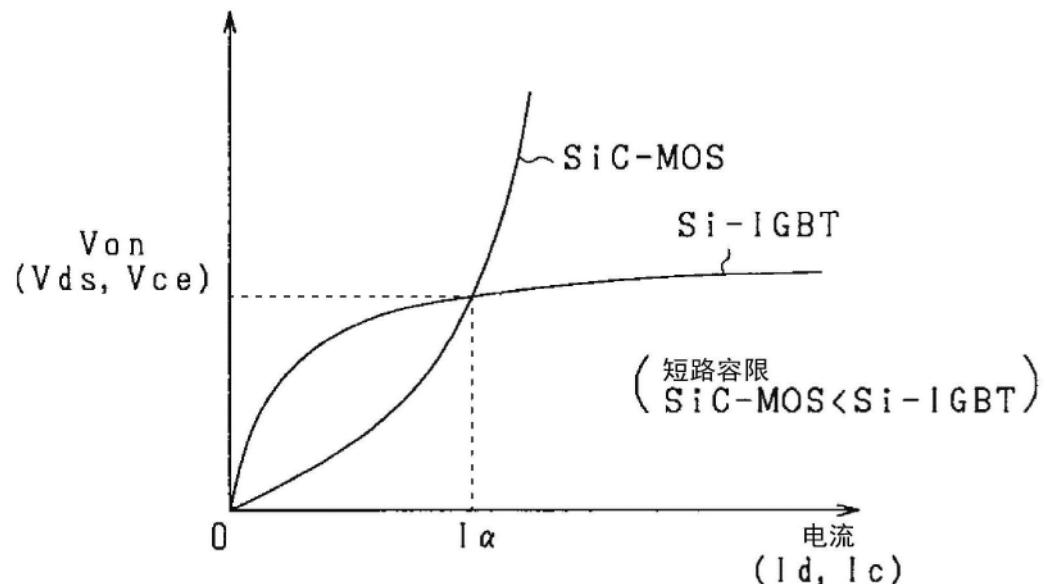


图2

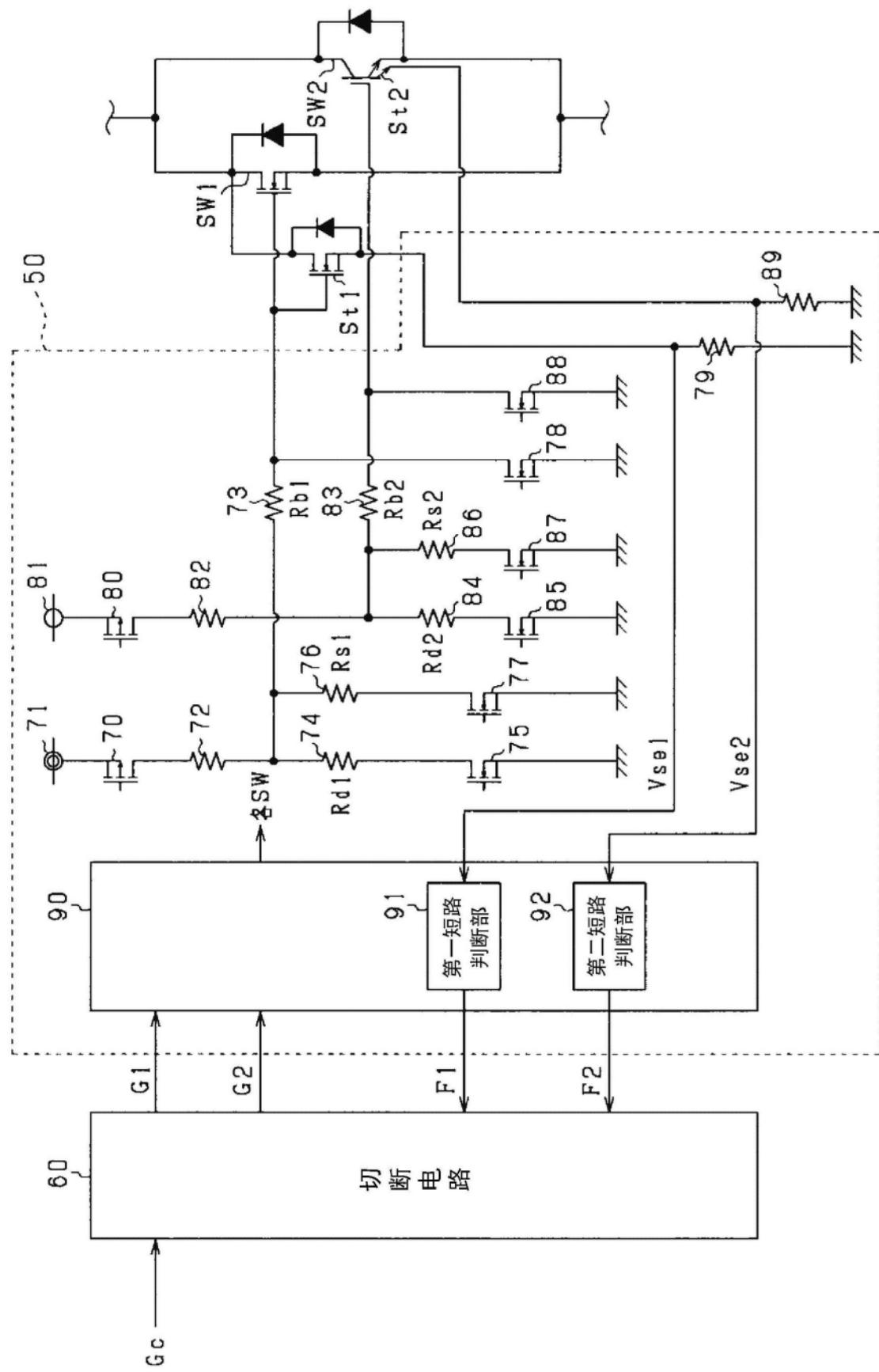


图3

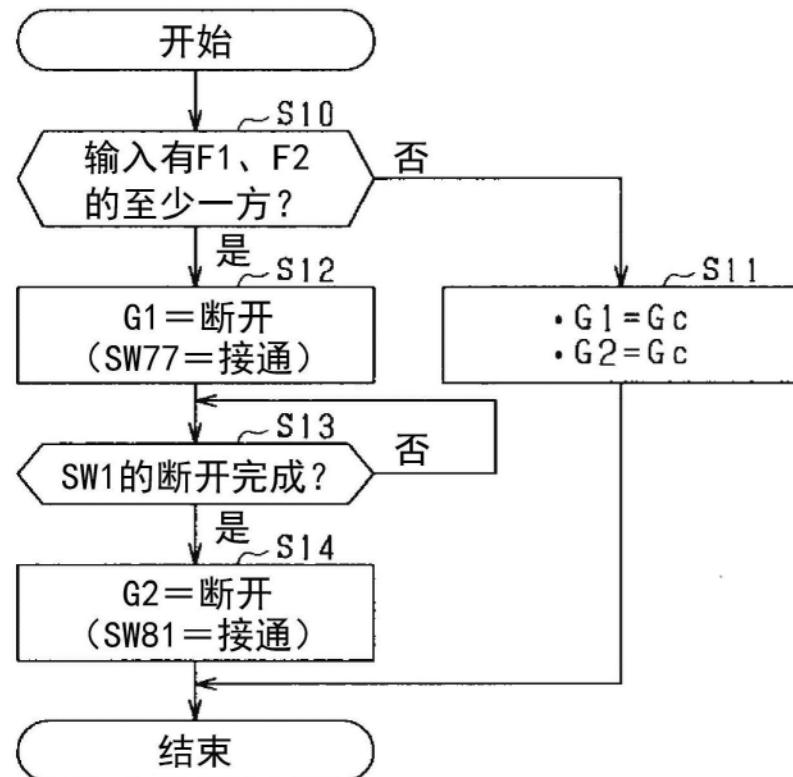


图4

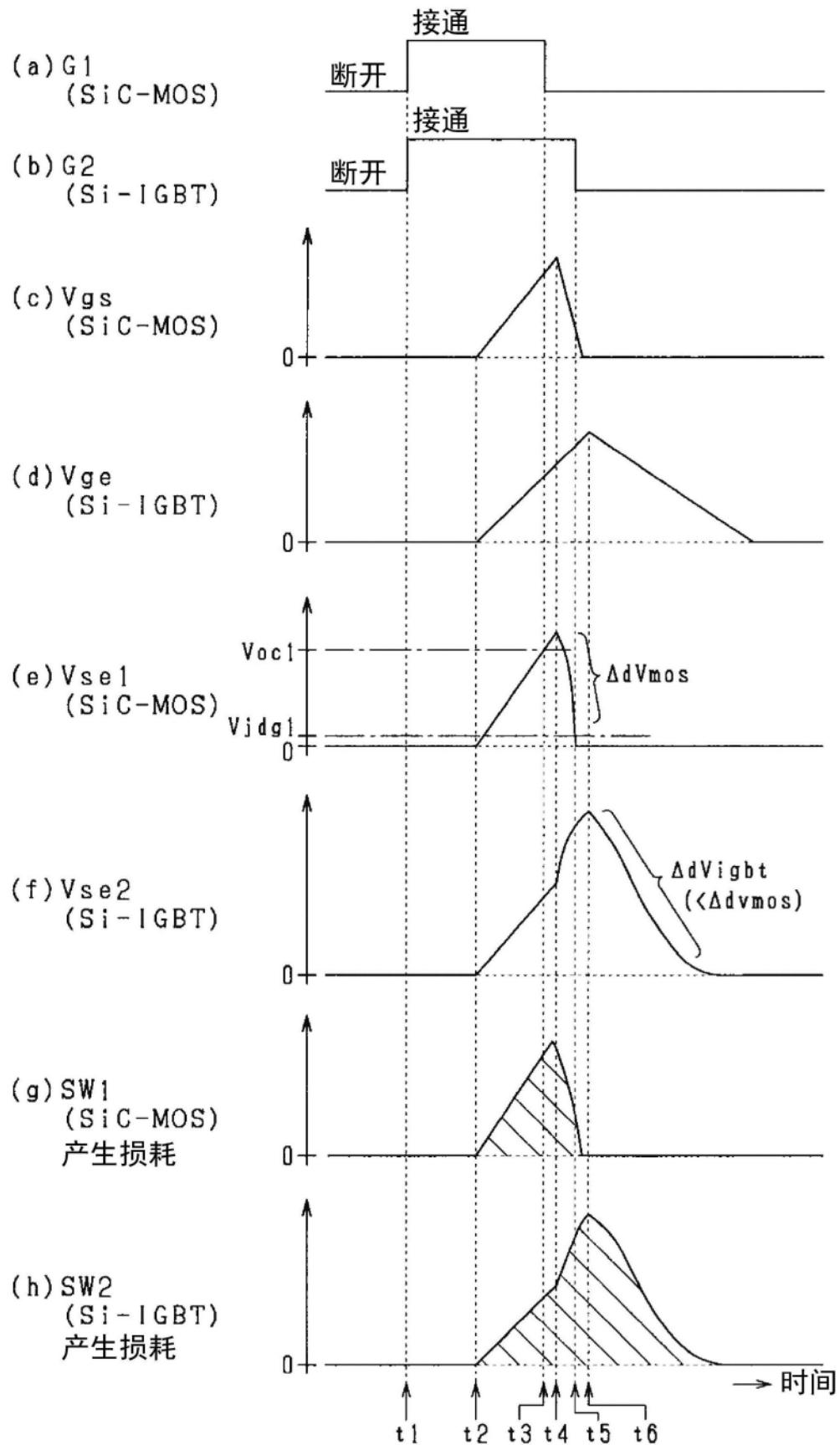


图5

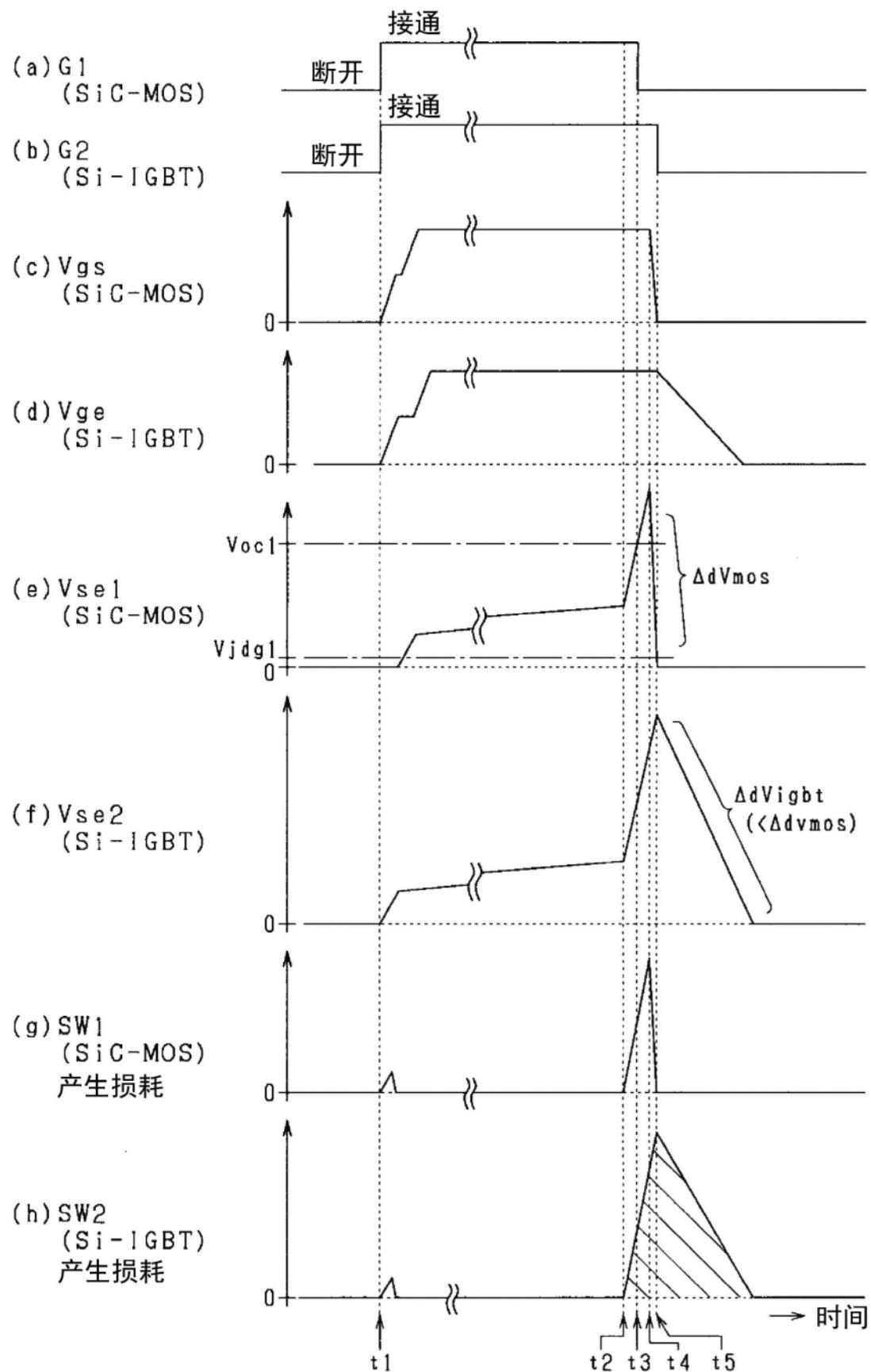


图6

&lt;比较例1&gt;

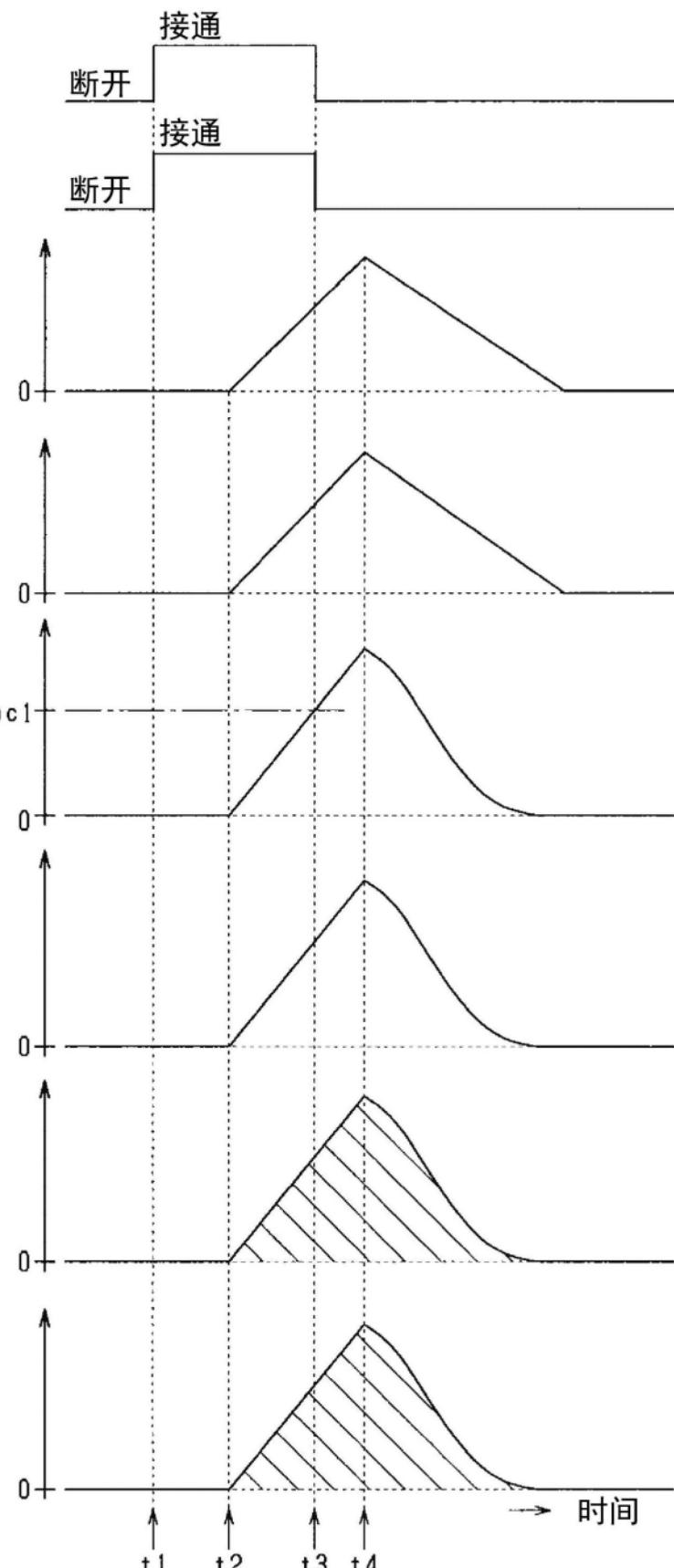
(a) G1  
(SiC-MOS)(b) G2  
(Si-IGBT)(c)  $V_{gs}$   
(SiC-MOS)(d)  $V_{ge}$   
(Si-IGBT)(e)  $V_{se1}$   
(SiC-MOS)(f)  $V_{se2}$   
(Si-IGBT)(g) SW1  
(SiC-MOS)  
产生损耗(h) SW2  
(Si-IGBT)  
产生损耗

图7

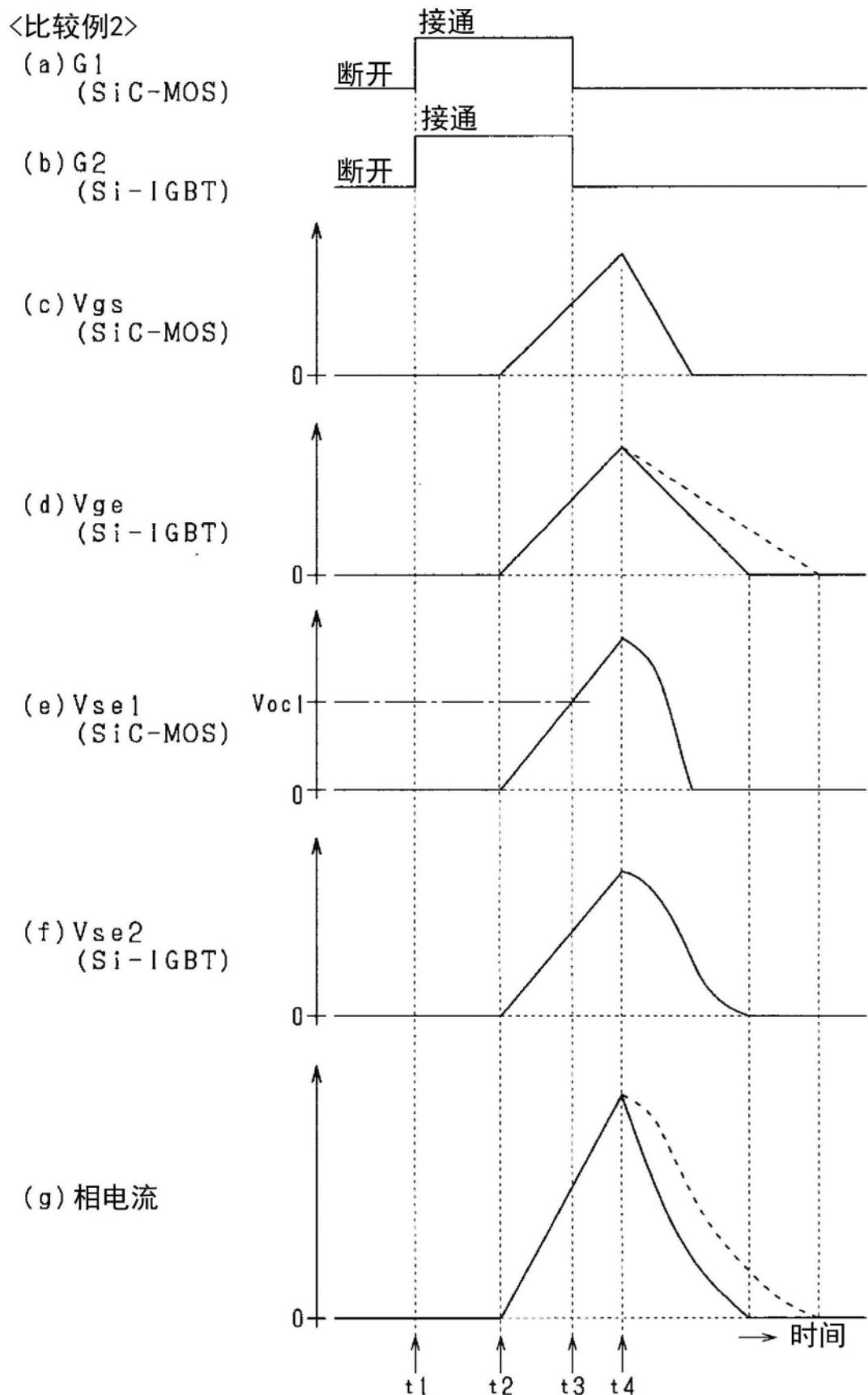


图8

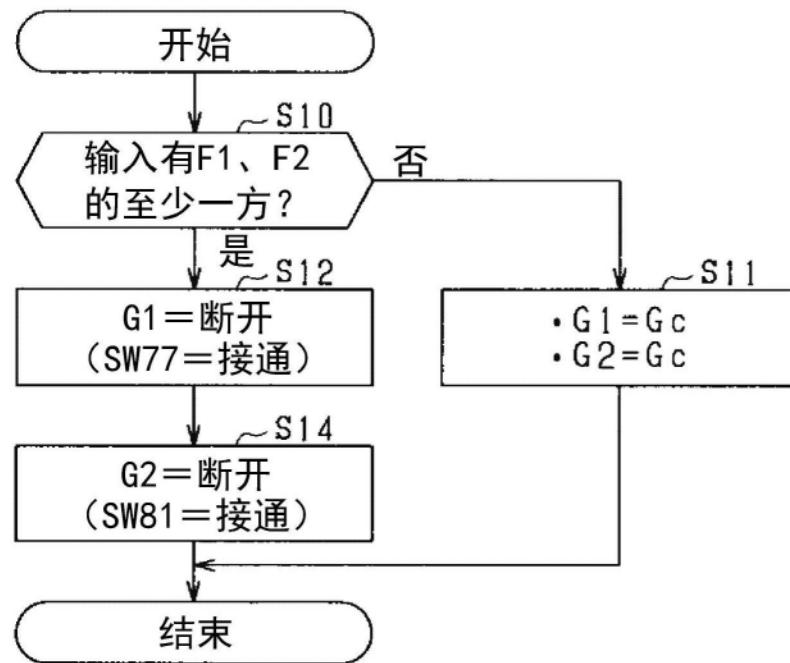


图9

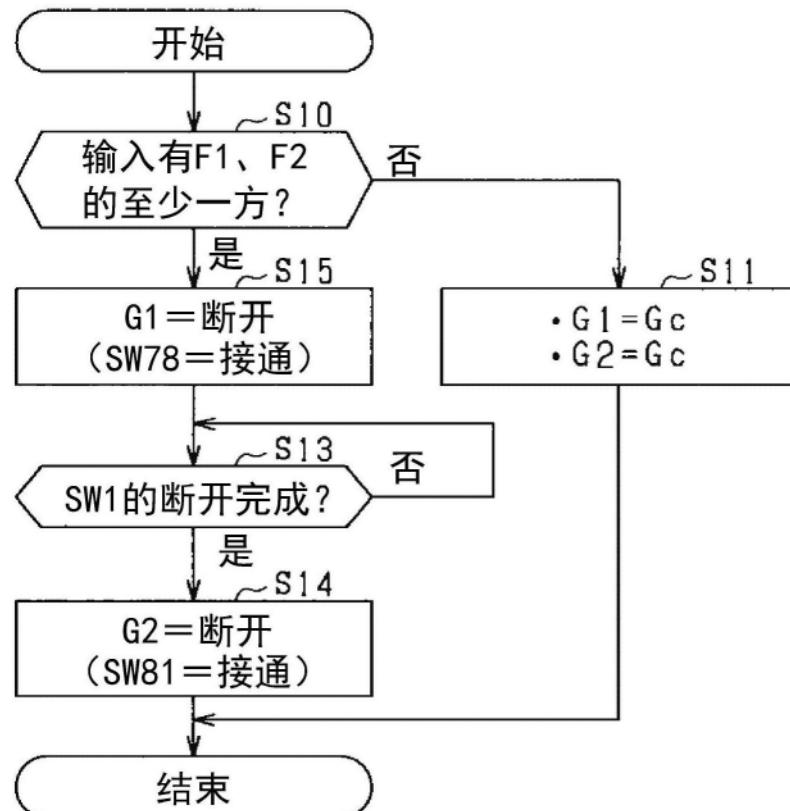


图10