



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106410760 B

(45)授权公告日 2019.08.13

(21)申请号 201610403737.7

(22)申请日 2016.06.08

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 106410760 A

(43)申请公布日 2017.02.15

(30)优先权数据  
2015-115540 2015.06.08 JP

(73)专利权人 瑞萨电子株式会社  
地址 日本东京

(72)发明人 鹤丸诚

(74)专利代理机构 中原信达知识产权代理有限  
责任公司 11219

代理人 高培培 车文

(51)Int.Cl.

H02H 7/122(2006.01)

G01K 7/01(2006.01)

G01K 7/42(2006.01)

(56)对比文件

CN 103701105 A, 2014.04.02, 说明书第  
0007, 0016-0017, 0047-0048段.

US 2009/0161726 A1, 2009.06.25, 说明书  
第0020-0027段.

CN 103852483 A, 2014.06.11, 全文.

CN 104566819 A, 2015.04.29, 全文.

陈明. 绝缘栅双极型晶体管脉冲工作时结温  
特性及温度分布.《西安交通大学学报》.2012, 第  
46卷(第4期), 正文71-72页, 图1-2.

审查员 何适

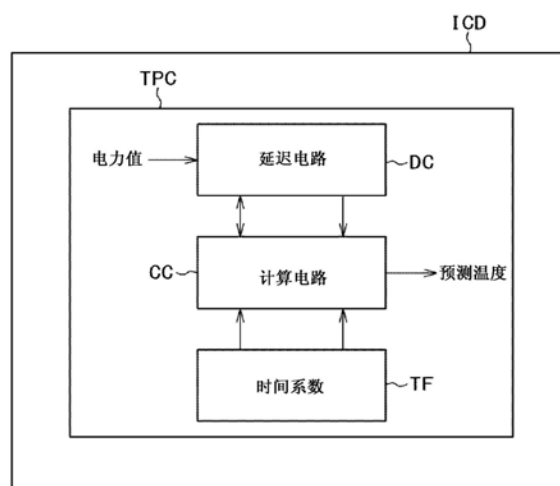
权利要求书3页 说明书11页 附图28页

(54)发明名称

半导体集成电路装置及电子装置

(57)摘要

本发明提供一种半导体集成电路装置及电子装置。由于开关元件的发热部与温度检测器之间的热传播时间, 温度的检测会延迟, 开关元件的保护功能变得不充分。半导体集成电路装置具备对内置开关晶体管的电力用半导体装置的温度进行预测的温度预测电路。温度预测电路具备: 延迟电路, 针对基于开关晶体管的稳态损失和开关损失计算出的电力值, 保留特定次数量的履历; 和计算电路, 基于延迟电路的值和与温度散热特性相应的时间系数, 来计算电力用半导体装置的温度预测值。



1. 一种半导体集成电路装置,具备对内置开关晶体管和温度检测用二极管的电力用半导体装置的温度进行预测的温度预测计算电路,

所述温度预测计算电路具备:

延迟电路,针对基于所述开关晶体管的稳态损失和开关损失计算出的电力值,保留特定次数的履历;和

计算电路,基于所述延迟电路的值和与温度散热特性相应的时间系数,来计算所述电力用半导体装置的预测温度。

2. 根据权利要求1所述的半导体集成电路装置,

所述稳态损失基于基本控制周期量的PWM信号脉宽和所述开关晶体管的饱和电压以及驱动电流来计算,

开关损失基于开关次数、接通损失以及断开损失来计算。

3. 根据权利要求1所述的半导体集成电路装置,

所述时间系数随着时间经过而减小。

4. 根据权利要求1所述的半导体集成电路装置,

所述计算电路具备:

乘法器,分别将所述延迟电路的值和与温度散热特性相应的时间系数相乘;和第一加法器,将所述乘法器的值相加。

5. 根据权利要求1所述的半导体集成电路装置,

所述温度预测计算电路利用热容对所述计算电路的输出进行修正,求出预测温度。

6. 根据权利要求5所述的半导体集成电路装置,

所述温度预测计算电路具备热容寄存器和第二加法器,

所述第二加法器从所述计算电路的输出减去所述热容寄存器的值。

7. 根据权利要求2所述的半导体集成电路装置,

所述温度预测计算电路具备:

电力值计算电路,计算所述电力值;和

温度判定电路,基于所述预测温度来检测所述电力用半导体装置的异常温度。

8. 根据权利要求7所述的半导体集成电路装置,

所述电力值计算电路具备:

电力计算用参数寄存器,储存所述基本控制周期量的PWM信号脉宽、所述饱和电压、所述驱动电流、所述开关次数、所述接通损失以及所述断开损失;

第一电路,基于所述基本控制周期量的PWM信号脉宽、所述饱和电压以及所述驱动电流来计算一电源周期的稳态损失;

第二电路,基于所述开关次数、所述接通损失以及所述断开损失来计算一电源周期的开关损失;

加法器,将所述第一电路的输出与第二电路的输出相加;以及

电力储存寄存器,储存所述加法器的输出。

9. 根据权利要求5所述的半导体集成电路装置,

所述温度预测计算电路具备基于所述预测温度来检测所述电力用半导体装置的异常温度的温度判定电路,

所述温度判定电路具备：

判断电路，判断所述预测温度的符号；

加法器，将所述预测温度与温度测定值相加；

选择器，基于所述判断电路的输出来选择所述温度测定值或所述加法器的输出；

基准温度设定寄存器，储存基准温度；以及

比较器，将所述选择器的输出与所述设定寄存器的输出进行比较。

10. 根据权利要求7所述的半导体集成电路装置，还具备：

栅极电路，驱动所述开关晶体管；和

温度检测电路，基于所述温度检测用二极管来检测温度。

11. 根据权利要求10所述的半导体集成电路装置，

在所述温度检测电路检测到异常温度的情况下，抑制或停止所述栅极电路的输出。

12. 根据权利要求2所述的半导体集成电路装置，还具备：

CPU；和

PWM电路，生成用于驱动所述开关晶体管的PWM信号。

13. 根据权利要求12所述的半导体集成电路装置，

所述CPU计算所述电力值，基于所述预测温度来检测所述电力用半导体装置的异常温度。

14. 根据权利要求13所述的半导体集成电路装置，

还具备储存PWM基底表和开关晶体管的特性数据的存储装置，

所述CPU基于电流指令值、驱动电流测定值以及马达的角速度和位置而根据所述PWM基底表生成PWM模式，根据所述PWM模式取得所述PWM信号脉宽和开关次数，根据所述特性数据取得所述饱和电压、所述接通损失以及所述断开损失，来计算所述电力值。

15. 根据权利要求14所述的半导体集成电路装置，

所述CPU取得温度测定值，基于所述温度测定值和所述特性数据来修正所述饱和电压、所述接通损失以及所述断开损失。

16. 一种电子装置，具备：

电力用半导体装置；

第一半导体集成电路装置，驱动所述电力用半导体装置；以及

第二半导体集成电路装置，控制所述第一半导体集成电路装置，

所述电力用半导体装置具备：

开关晶体管；和

温度检测用二极管，

所述第一半导体集成电路装置具备：

栅极电路，驱动所述开关晶体管；

温度检测电路，基于所述温度检测用二极管来检测温度；以及

温度预测计算电路，预测所述电力用半导体装置的温度，

所述第二半导体集成电路装置具备：

控制部，向所述温度预测计算电路输出基本控制周期量的包括PWM信号脉宽、开关次数、以及所述开关晶体管的饱和电压、接通损失、断开损失和驱动电流的参数；和

存储部,储存所述开关晶体管的饱和电压、接通损失、断开损失以及驱动电流的特性数据,

所述温度预测电路具备:

电力计算电路,基于所述参数来计算电力值;

热延迟电路,针对所述电力值,保留特定次数量的履历;

计算电路,基于所述延迟电路的值和与温度散热特性相应的时间系数,来计算所述电力用半导体装置的预测温度;以及

温度判定电路,基于所述预测温度来判定异常温度。

17. 根据权利要求16所述的电子装置,

在所述温度判定电路判定为是异常温度的情况下,所述控制部抑制或停止所述栅极电路。

18. 根据权利要求16所述的电子装置,

所述控制部从所述温度检测电路取得温度测定值,基于所述温度测定值和所述特性数据来修正所述饱和电压、所述接通损失以及所述断开损失。

19. 一种电子装置,具备:

电力用半导体装置;

第一半导体集成电路装置,驱动所述电力用半导体装置;以及

第二半导体集成电路装置,控制所述第一半导体集成电路装置,

所述电力用半导体装置具备:

开关晶体管;和

温度检测用二极管,

所述第一半导体集成电路装置具备:

栅极电路,驱动所述开关晶体管;和

温度检测电路,基于所述温度检测用二极管来检测温度,

所述第二半导体集成电路装置具备:

控制部,基于基本控制周期量的包括PWM信号脉宽、开关次数、以及所述开关晶体管的饱和电压、接通损失、断开损失和驱动电流的参数,来计算所述电力用半导体装置的电力值;

存储电路,储存所述开关晶体管的饱和电压、接通损失、断开损失以及驱动电流的特性数据;以及

温度预测计算电路,预测所述电力用半导体装置的温度,

所述温度预测电路具备:

热延迟电路,针对所述电力值,保留特定次数量的履历;和

计算电路,基于所述延迟电路的值和与温度散热特性相应的时间系数,来计算所述电力用半导体装置的预测温度,

所述控制部基于所述预测温度来判定异常温度。

20. 根据权利要求19所述的电子装置,

所述控制部从所述温度检测电路取得温度测定值,基于所述温度测定值和所述特性数据来修正所述饱和电压、所述接通损失以及所述断开损失。

## 半导体集成电路装置及电子装置

### 技术领域

[0001] 本公开涉及半导体集成电路装置,例如能够应用于电力用半导体装置的温度预测。

### 背景技术

[0002] 作为变换器(inverter)等电力变换装置的开关元件,使用作为电力用半导体装置的绝缘栅双极型晶体管(IGBT)。IGBT芯片内置有温度检测用二极管,用于检测IGBT的异常温度。

[0003] 作为与本公开相关联的现有技术文献,例如有日本特开2011-97812号公报。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本特开2011-97812号公报

### 发明内容

[0007] 发明所要解决的课题

[0008] 由于开关元件的发热部与温度检测器之间的热传播时间,温度检测会延迟,开关元件的保护功能变得不充分。

[0009] 其他的问题和新颖的特征可从本说明书的记述以及附图中明确。

[0010] 用于解决课题的技术方案

[0011] 若对本公开中具有代表性的技术方案的概要进行简单说明,则如下所述。

[0012] 即,半导体集成电路装置具备对内置开关晶体管的电力用半导体装置的温度进行预测的温度预测电路。温度预测电路具备:延迟电路,针对基于开关晶体管的稳态损失和开关损失计算出的电力值,保留特定次数的履历;和计算电路,基于延迟电路的值和与温度散热特性相应的时间系数,来计算电力用半导体装置的温度预测值。

[0013] 发明效果

[0014] 根据上述半导体集成电路装置,能够减少温度检测的延迟。

### 附图说明

[0015] 图1是用于说明实施例1的电动机系统的框图。

[0016] 图2是用于说明实施例1的电子装置的框图。

[0017] 图3是用于说明实施例1的温度预测计算电路的框图。

[0018] 图4是用于说明实施例1的电力计算电路的框图。

[0019] 图5是用于说明实施例1的热履历电路的框图。

[0020] 图6是用于说明实施例1的温度判定电路的框图。

[0021] 图7是用于说明电力用半导体装置的构造的侧视图。

[0022] 图8是用于说明电力用半导体装置的发热等价模型的图。

- [0023] 图9是用于说明IGBT的开关动作的图。
- [0024] 图10是用于说明IGBT的驱动信号的图。
- [0025] 图11是用于说明一电源周期中的PWM控制与马达电流之间的关系的图。
- [0026] 图12是用于说明IGBT的饱和电压-驱动电流特性的图。
- [0027] 图13是用于说明IGBT的驱动电流-接通损失特性的图。
- [0028] 图14是用于说明IGBT的驱动电流-断开损失特性的图。
- [0029] 图15是用于说明温度预测计算电路的动作的时间图。
- [0030] 图16是用于说明温度预测计算电路的动作的时间图。
- [0031] 图17是用于说明IGBT的温度上升特性的图。
- [0032] 图18是用于说明IGBT的温度下降特性的图。
- [0033] 图19是用于说明IGBT的栅极信号的占空比和温度特性的图。
- [0034] 图20是用于说明IGBT的栅极信号的占空比和温度特性的图。
- [0035] 图21是用于说明IGBT的栅极信号的占空比和温度特性的图。
- [0036] 图22是用于说明IGBT的栅极信号的载波周期和温度特性的图。
- [0037] 图23是用于说明IGBT的栅极信号的载波周期和温度特性的图。
- [0038] 图24是用于说明IGBT的栅极信号的载波周期和温度特性的图。
- [0039] 图25是用于说明温度预测计算电路的初始设定方法的流程图。
- [0040] 图26是用于说明对于温度预测计算电路的电力参数的设定方法的流程图。
- [0041] 图27是用于说明温度预测计算电路的各种系数导出处理的流程图。
- [0042] 图28是用于说明马达控制异常监视处理的流程图。
- [0043] 图29是用于说明马达控制异常监视处理的流程图。
- [0044] 图30是用于说明实施例2的电动机系统的框图。
- [0045] 图31是用于说明实施例2的电子装置的框图。
- [0046] 图32是用于说明实施例2的温度预测计算电路的框图。
- [0047] 图33是用于说明温度检测用二极管的温度测定延迟的俯视图。
- [0048] 图34是用于说明温度检测用二极管的温度测定延迟的俯视图。
- [0049] 图35是用于说明温度检测用二极管的温度测定延迟的图表。
- [0050] 图36是用于说明温度检测用二极管的温度测定延迟的图表。
- [0051] 图37是用于说明实施方式的半导体集成电路装置的框图。

### 具体实施方式

[0052] 以下,使用附图对实施方式及实施例进行说明。但是,在以下说明中,有时对相同的构成要素标注相同的标号并省略重复的说明。

[0053] 电动机(马达)被用作组合有电动机(马达)和内燃机(汽油发动机)的混合动力汽车(HEV)或电动汽车(EV)等的动力源。在驱动电动机时,使用为了得到规定的转矩、电源频率而进行直流-交流变换的电力变换装置(变换器)。变换器的运转温度会根据汽车的行驶环境而大幅变动,尤其是在发动机舱搭载有变换器的HEV中,在发动机的发热的影响下变换器会成为高温。变换器内的开关元件的温度除了会在这样的周围温度的影响下上升之外,还会在由开关元件自身的电流流动所带来的稳态损失、由通断所带来的开关损失的影响下

上升,当超过某一温度时有可能遭到破坏。

[0054] 在变换器内除了使用开关元件之外,还使用驱动开关元件的驱动电路以及控制驱动电路的控制电路。驱动电路除了具有驱动开关元件的栅极电路之外,还为了保护开关元件不受高温等的破坏而具有过流保护以及过热保护功能。开关元件由半导体芯片构成,例如在该半导体芯片中内置有由IGBT构成的开关晶体管和温度检测用的二极管。从驱动电路内的电流源通入电流,利用温度检测用的二极管的电流-温度特性(若温度变高则相对于同一电流值的顺向电压(VF)变低的特性),由驱动电路内的比较仪来判断开关元件的芯片的温度是否为与基准电压对应的温度以上。并且,在温度检测用的二极管的检测温度成为了设定值以上的情况下,向控制电路输出警报信号,并且也向栅极电路输出信号来强制切断开关元件。此外,在输出了警报信号的情况下,在控制电路中也强制使装置停止。

[0055] 对异常温度的检测因开关元件的发热部与温度检测器之间的热传播时间而延迟的一例进行说明。将在一个半导体基板上具备由IGBT构成的开关晶体管和温度检测用二极管的芯片称作IGBT芯片。

[0056] 图33是在芯片中央配置有温度检测用二极管的IGBT芯片的俯视图。图33的IGBT芯片21A在芯片中央配置有温度检测用二极管D1。温度检测用二极管D1与端子TE1、TE2连接,端子TE1与驱动电路连接,端子TE2与接地电位连接。此外,端子TE3是电流感测用发射极端子。

[0057] 图34是在芯片端部配置有温度检测用二极管的IGBT芯片的俯视图。图34的IGBT芯片21B在芯片端部配置有温度检测用二极管D1。温度检测用二极管D1与端子TE1、TE2连接,端子TE1与驱动电路连接,端子TE2与接地电位连接。此外,端子TE3是电流感测用发射极端子。

[0058] 图35是示出热阻与动作时间之间的关系图表,实线C表示芯片单体的热阻,虚线A、B表示根据温度检测用二极管的特性变化换算出的热阻。图36是示出温度与动作时间之间的关系线图,实线C表示芯片单体的温度(固定于100℃的情况),虚线A、B表示根据温度检测用二极管的特性变化换算出的温度。在将温度检测用二极管D1配置于IGBT芯片21A的芯片中央的情况下,如图35以及图36的虚线A所示,响应时间为100ms,相对于此,在将温度检测用二极管D1配置于芯片端部的情况下,如图35以及图36的B所示,响应时间变成10s左右的延迟。这样,在开关元件的发热部与温度检测器之间的热传播时间大而温度检测延迟的情况下,虽然会执行基于温度测定的切断控制,但由于响应时间的延迟,超过开关元件的容许动作温度的可能性增高。或者,会考虑响应时间而成为具有余裕的切断设定值,所以开关元件的容许动作温度变窄。

[0059] <实施方式>

[0060] 图37是示出实施方式的半导体集成电路装置的框图。图37的半导体集成电路装置ICD具备对内置有开关晶体管和温度检测用二极管的电力用半导体装置的温度进行预测的温度预测电路TPC。温度预测电路TPC具备:延迟电路DC,针对基于开关晶体管的稳态损失和开关损失计算出的电力值,保留特定次数量的履历;和计算电路CC,基于延迟电路DC的值和与温度散热特性相应的时间系数TF,来计算电力用半导体装置的温度预测值。

[0061] 半导体集成电路装置ICD能够预测电力用半导体装置的温度,所以能够减少电力用半导体装置的温度检测的延迟。

[0062] 实施例1

[0063] (电动机系统)

[0064] 图1是示出实施例1的电动机系统的结构的框图。图1的电动机系统1具备:三相马达10、使用了六个电力用半导体装置的功率模块20、六个驱动IC30、控制电路40以及直流电源50。将由功率模块20、六个驱动IC30以及控制电路40构成的部分称作电子装置2。功率模块20在车辆等驱动时,根据直流电源50的电压对功率模块20内部的开关晶体管22进行ON/OFF控制,以使得电流向三相马达10的各相流动,并通过该开关的频率来使车辆等的速度变化。另外,在车辆等制动时,与在三相马达10的各相产生的电压同步地对开关晶体管22进行ON/OFF控制,进行所谓的整流动作,变换成直流电压而进行再生。

[0065] 三相马达10中,转子由永磁体构成,电枢由线圈构成,三相(U相、V相、W相)的电枢绕组以120度间隔配置。线圈以三角形接法接线,在U相、V相、W相的三个线圈中始终流动有电流。三相马达10具备电流检测器11和角速度及位置检测器12。

[0066] 功率模块20利用电力用半导体装置构成了U相、V相、W相的桥电路。U相的桥电路中,电力用半导体装置21U和电力用半导体装置21X的连接点与三相马达10连接。V相的桥电路中,电力用半导体装置21V和电力用半导体装置21Y的连接点与三相马达10连接。W相的桥电路中,电力用半导体装置21W和电力用半导体装置21Z的连接点与三相马达10连接。在此,电力用半导体装置21U、21V、21W、21X、21Y、21Z的结构相同,所以有时也将其统称作电力用半导体装置21。电力用半导体装置21由具备由IGBT构成的开关晶体管(以下,称作IGBT。)22以及温度检测用二极管D1的半导体芯片和具备在IGBT22的发射极与集电极间并联连接的回流二极管D2的半导体芯片构成。回流二极管D2以使电流与在IGBT22中流动的电流反向流动的方式连接。形成IGBT22和温度检测用二极管D1的半导体芯片和形成回流二极管D2的半导体芯片优选封入同一封装。回流二极管D1也可以与形成有IGBT22和温度检测用二极管D1的半导体芯片形成于同一芯片。

[0067] 作为第一半导体集成电路装置的驱动IC30在一个半导体基板上具备生成对IGBT22的栅极进行驱动的信号栅极电路31、温度检测电路32以及温度预测计算电路33。作为第二半导体集成电路装置的控制电路40在一个半导体基板上具备CPU41、PWM电路42以及I/O接口(I/O IF)43,例如由微型计算机单元(MCU)构成。

[0068] (驱动IC、控制电路)

[0069] 图2是示出作为实施例1的电动机系统的一部分的电子装置的框图。CPU41内的马达控制部411将电流(转矩)指令值与当前的电流(转矩)测定值进行比较,根据马达的角速度(转速)和转子的位置,计算PWM信号的占空比和/或与转速相应的周期(一电源周期、一电源频率的倒数),利用PWM电路42生成PWM信号。PWM信号经由驱动IC30的栅极电路31来进行电力用半导体装置21的IGBT22的ON/OFF控制。来自未图示的加速器装置等的电流指令值(转矩指令值)、来自电流检测器11的当前的电流测定值(转矩测定值)、来自角速度及位置检测器12的马达的角速度(转速)及转子的位置经由I/O接口44(模拟信号经由A/D变换器)被输入至CPU41。马达控制部411由CPU41所执行的软件构成。

[0070] 另外,马达控制部411与PWM信号生成并行地,经由I/O接口43对温度预测计算电路33输入PWM信号的导通脉宽时间、驱动设定电流、PWM信号的开关次数等电力参数等。

[0071] 温度预测计算电路33根据基于来自马达控制部411的电力参数的电力用半导体装



置21中的电力值来计算温度预测值,经由I/O接口43将异常温度的预测结果(温度预测判定)通知给CPU41。马达控制部411控制针对栅极电路31的PWM信号,进行IGBT22的驱动信号的抑制或停止,由此能够防止电力用半导体装置21的异常温度动作。

[0072] 在储存于存储装置45的PWM基底表451中,包括PWM信号的一电源周期的基本模式、用于估算电力用半导体装置21的散热系数的PWM模式。另外,在储存于存储装置45的IGBT特性数据452中,包括IGBT的饱和电压-驱动电流的温度特性、驱动电流-开关损失的温度特性。存储装置45优选由闪存等能够进行电改写的非易失性存储器构成。另外,CPU41所执行的程序优选储存于闪存等能够进行电改写的非易失性存储器,可以储存于存储装置45。

[0073] 驱动IC30的温度检测电路32检测温度检测用二极管D1的VF,高速地测定电力用半导体装置21的温度,并经由温度预测计算电路33和/或I/O接口43通知给CPU41。另外,温度检测电路32在电力用半导体装置21的温度成为了超过规定温度(接合温度(junction temperature)等设备会遭到破坏的温度)的高热的情况下,对栅极电路31输出信号以进行将IGBT22关断的切断处理。温度检测电路32具备比较仪、由三角波产生电路等构成的A/D变换器等。

[0074] 此外,在驱动IC30与控制电路40之间传送的信号通过内置于驱动IC30的未图示的隔离器(isolator)的磁耦合来进行传递。该隔离器通过利用层间膜使由配线形成的片内变压器绝缘而构成。

[0075] (温度预测电路)

[0076] 图3是示出实施例1的温度预测计算电路的框图。图3的温度预测计算电路33具备:电力计算电路331,基于电力参数来计算产生电力(Pd);热履历电路332,基于产生电力(Pd)和热容来计算预测温度(Tp);以及温度判定电路333,基于预测温度(Tp)、温度测定值(Tm)以及基准温度(T)来进行判定。

[0077] (a) 电力计算电路

[0078] 图4是示出实施例1的电力计算电路的框图。图4的电力计算电路331基于由CPU441对电力计算用参数寄存器3311设定的电力参数,通过稳态期间电力计算电路3312、开关电力计算电路3313、加法器3314来计算每一电源周期的电力,并经由电力储存寄存器3315向CPU41以及热履历电路332输出。

[0079] 图9是用于说明IGBT的开关动作的图,示出了IGBT22的驱动信号(PWM信号的一部分)和驱动电流(Id)波形。一个驱动信号中的电力由以下项目构成。

[0080] (A) 导通期间(稳态期间,Ton)内的IGBT22的由导通电阻所引起的稳态损失

[0081] (B) 接通期间(Tton)内的开关损失(接通损失)

[0082] (C) 断开期间(Ttof)内的开关损失(断开损失)

[0083] 图10是用于说明IGBT的驱动信号的图。一电源周期(Tac)内的IGBT22的驱动信号(PWM信号)由高电平(High)的期间(占空比)不同的多个脉冲构成。换言之,在一电源周期内,存在使IGBT22导通的时间不同的多个脉冲。

[0084] 若将每一电源周期的PWM导通脉宽时间设为 $t$ ,将IGBT22的饱和电压设为 $V_{ce(sat)}$ ,将驱动电流设为 $I_d$ ,则每一电源周期的稳态损失( $Pd(static)$ )可由以下的式(1)求出,所以稳态期间电力计算电路3312对以下的式(1)进行计算。

[0085]  $Pd(static) = \int_0^t V_{ce(sat)} \times I_d \dots (1)$

[0086] 若将每一电源周期的IGBT22的导通次数设为Non,将关断次数设为Noff,将接通损失设为Eon,将断开损失设为Eoff,则每一电源周期的开关损失(Pd (switch))可由以下的式(2)求出,所以开关电力计算电路3313对以下的式(2)进行计算。

[0087]  $Pd (switch) = Non \times Eon + Noff \times Eoff \cdots (2)$

[0088] 此外,电力用参数为上述的t、Vce (sat)、Id、Non、Noff、Eon、Eoff。一电源周期的产生电力值即Pd是Pd (static) 与Pd (switch) 的合计,所以由加法器3314将稳态期间电力计算电路3312的输出与开关电力计算电路3313的输出相加而求出。Pd储存于电力储存寄存器3315。这样,能够通过使用专用硬件来高速地进行产生电力的计算。

[0089] (b) 热履历电路

[0090] 图5是示出实施例1的热履历电路的框图。图5的热履历电路332具备延迟电路3321和计算电路3322。延迟电路3321按照热履历用采样时钟 (CLK) 将由电力计算电路331计算出的产生电力值 (Pd) 依次取入规定时间次数量的延迟电路DC0、DC1、DC2、 $\cdots$ 、DCm。在延迟电路DC0中储存最新的产生电力值即Pd (t), 在延迟电路DCm中储存最旧的产生电力值即Pd (t-m)。

[0091] 计算电路3322具备积和电路3323和修正电路3325。积和电路3323通过乘法器MLT1、MLT2、MLTm-1、MLTm分别将延迟电路DC1、DC2、 $\cdots$ 、DCm-1、DCm的值即Pd (t-1)、pd (t-2)、 $\cdots$ 、pd (t-m) 与时间系数(D (n) : n=1~m) 相乘,并通过加法器3324进行相加求和。即,进行以下的式(3)的计算。

[0092] 
$$\sum_{n=1}^{n=m} D(n) \times Pd(t-n) \cdots (3)$$

[0093] 关于时间系数(D (n)), 根据基于后述的电力用半导体装置21的发热等价模型(图8)的温度散热特性,由于影响度随着时间的经过而降低,所以D (1)~D (m) 的关系为D (1) > D (2) >  $\cdots$  > D (m)。

[0094] 修正电路3325以对热容寄存器3326设定的产生热量和决定温度上升系数的热容对积和电路3323的相加合成值进行修正,求出预测温度(Tp)。更具体地说,利用加法器3327从积和电路3323的输出减去热容寄存器3326的输出,作为预测温度(Tp) 而向温度判定电路333输出。关于这一点,即使IGBT22进行了会成为温度上升的发热,也会蓄积于热容并被散热板放出,因此成为温度不会上升的现象。为了使该现象成立而减去热容。这样,通过使用专用硬件,能够高速地进行预测温度的计算。

[0095] (c) 温度判定电路

[0096] 图6是示出实施例1的温度判定电路的框图。图6的温度判定电路333具备判断电路3331、加法器3332、选择器3333、比较器3334以及基准温度设定寄存器3335。判断电路3331判断由热履历电路332计算出的预测温度(Tp) 的符号,在预测温度(Tp) 为负时,由选择器3333选择由温度检测电路32检测到的温度测定值(Tm),在预测温度(Tp) 为0或正时,由选择器3333选择利用加算器3332将预测温度(Tp) 与由温度检测电路32检测到的温度测定值(Tm) 相加而得到的值(温度预测值(Tpr))。此外,电力计算电路331基本上用于根据PWM波形来计算消耗电力值,而不是测定绝对温度。因而,以温度测定值(Tm) 为起点,作为由消耗电力值所引起的上升量而算出预想温度(Tp)。因此,温度预测值(Tpr) 成为温度测定值(Tm) 与

预测温度( $T_p$ )相加而得到的值。比较器334将温度预测值( $T_{pr}$ )与在基准温度设定寄存器3335中设定的基准温度( $T_r$ )进行比较,在温度预测值( $T_{pr}$ )比基准温度( $T_r$ )高时判定为异常温度而将温度预测判定( $J_{tp}$ )向CPU41输出。这样,能够通过专用硬件来高速地进行温度判定。

[0097] 由于在异常温度的判定中使用温度测定值,所以通过与温度检测电路32在相同的驱动IC30内具备温度预测计算电路33,能够没有延迟地检测异常温度。另外,通过在各驱动IC30内具备温度预测计算电路33,能够预测电力用半导体装置21U、21V、21W、21X、21Y、21Z各自的温度。由此,能够没有延迟地检测出在电力用半导体装置21U、21V、21W、21X、21Y、21Z的任一方中成为异常温度的情况。

[0098] (发热等价模型)

[0099] 图7是示出电力用半导体装置的构造的侧视图。图8是示出电力用半导体装置的发热等价模型的图。图7的电力用半导体装置21由被密封成封装的IGBT芯片23和通过粘接剂24安装于IGBT芯片23的热沉25构成。电力用半导体装置21安装于基板61上。IGBT芯片23的接点(junction)60为热源,图8的发热等价模型具有接点60与IGBT芯片23的上面(封装的上面)62之间的第一芯片内热阻( $\theta_{in1}$ )和接点60与基板61之间的第二芯片内热阻( $\theta_{in2}$ )。另外,发热等价模型具有IGBT芯片23的上面62与热沉63(25)之间的接触热阻( $\theta_{cnt}$ )和热沉63与周围温度64之间的散热板热阻( $\theta_{hsnk}$ )。另外,发热等价模型具有接点60与接地电源之间的接点热容53、IGBT芯片23的上面与接地电源之间的连接间热容54、热沉63与接地电源之间的散热板热容55。产生通过各热阻实现的散热、通过各热容实现的发热的蓄积以及延迟。

[0100] (马达的旋转速度与PWM信号之间的关系)

[0101] 图11是示出三相马达控制中的PWM信号模式例的图。图11(A)是中速旋转的波形,图11(B)是低速旋转的波形,图11(C)是高速旋转的波形。在图11(A)~图11(C)中,若将载波周期(载波频率的倒数)设为 $T_c$ ( $1/f_c$ ),将一电源周期(一电源频率的倒数)设为 $T_{ac}$ ( $1/f_{ac}$ ),则示出了 $T_c:T_{ac}=1:20$ 的情况。虽然根据旋转速度以及马达相位来控制PWM信号脉宽,但若要提高旋转速度则需要将PWM信号脉宽控制为大,相反,若要降低旋转速度则需要将PWM信号脉宽控制为小。关于马达控制信号(PWM信号),根据旋转速度,从驱动IC30向电力用半导体装置21的IGBT22发送PWM信号,以使得在每一电源周期( $T_{ac}$ )中马达电流(驱动电流( $I_d$ ))成为正弦波。

[0102] (温度预测计算电路的动作定时)

[0103] 图15是示出温度预测计算电路的动作的时间图。马达控制部411将PWM波形的计算结果(PWM(T))设定给PWM电路42,PWM电路42基于该设定来生成PWM信号并输出。与此并行地,马达控制部411将根据PWM(T)求出的电力参数设定给电力计算用参数寄存器3311。PWM波形计算和基于该PWM波形计算的PWM信号输出存在一电源周期( $T_{ac}$ )的延迟。电力计算电路331在每一电源周期中基于电力参数来计算产生电力( $P_d(T)$ )并将 $P_d(T)$ 储存于电力储存寄存器3315。

[0104] 热履历电路332按照热履历用采样时钟(CLK)将 $P_d(T)$ 作为 $P_d(t)$ 取入延迟电路DC0,按照下一CLK将 $P_d(T)$ 作为 $P_d(t)$ 取入延迟电路DC1,将其反映于预测温度( $T_p(t)$ )的计算而向温度判定电路333输出。温度判定电路333输出温度预测判定( $J_{tp}(t)$ )。产生电力值( $P_d(t)$ )和基于该产生电力值( $P_d(t)$ )的预测温度( $T_p(t)$ )输出以及温度预测判定( $J_{tp}(t)$ )

输出存在一热履历计算用采样时钟周期( $T_{clk}$ ,也称作热履历计算基本周期。)的延迟。

[0105] 图16是示出驱动信号与预测温度值之间的关系的时间图。在图16中示出了一电源周期(电源频率)与一采样时钟周期(采样时钟频率)相同的情况。此外,一电源周期通常为大约1ms以下。如图16所示,在高速旋转时,PWM信号的占空比变大,预测温度也上升。相反,在低速旋转时,PWM信号的占空比变小,预测温度下降。根据该动作定时,预测温度按每个采样时钟周期( $T_{clk}$ )来计算,因而能够高速地进行温度预测。

[0106] (温度预测计算电路的动作方法)

[0107] 图25是示出温度预测计算电路的初始设定方法的流程图。CPU41的马达控制部411对温度判定电路333的基准温度设定寄存器3335设定异常温度判断值(基准温度)(步骤S11)。马达控制部411将热履历电路332的延迟电路3321、3322、3323、3324的值清零(步骤S12)。马达控制部411将电力计算电路331的电力储存寄存器3315的值清零(步骤S13)。马达控制部411对热履历电路332的时间系数( $D(n)$ )设定与温度散热特性相应的值(步骤S14)。马达控制部411对热履历电路332的热容寄存器3326设定与电力用半导体装置的热容相当的值得值(步骤S15)。

[0108] 图26是示出对于温度预测计算电路的电力参数的设定方法的流程图。CPU41的马达控制部411在每一电源周期中进行电力设定处理。取得电流指令值(转矩指令)、当前的电流测定值、马达的角速度、位置(步骤S21)。马达控制部411根据在步骤S21中取得的值,使用PWM基底表451来生成下一电源周期的PWM模式(步骤S22)。马达控制部411根据在步骤S22中生成的PWM模式,对电力计算用参数寄存器3311设定PWM导通时间脉宽、开关次数(步骤S23)。马达控制部411从IGBT特性数据452取得饱和电压、接通损失值以及断开损失值,利用当前的温度测定值进行修正,并设定给电力计算用参数寄存器3311(步骤S24)。

[0109] (电力计算电路的电力参数的导出方法)

[0110] 关于马达控制信号,由于事先在CPU41的马达控制部411中制作了PWM信号模式,所以电力计算所需的电力参数中的PWM导通脉宽时间( $t$ )以及开关次数( $Non$ 、 $Noff$ )已知。对电力参数中的饱和电压( $V_{ce(sat)}$ )、驱动电流( $I_d$ )、开关损失( $E_{on}$ 、 $E_{off}$ )的导出方法进行说明。

[0111] 图12是示出IGBT的饱和电压-驱动电流特性的图。在图12中,是栅极-发射极间电压( $V_{ge}$ )=15V时的特性。饱和电压( $V_{ce(sat)}$ )具有集电极电流( $I_c$ )即驱动电流( $I_d$ )依存性,所以将如图12所示的特性作为IGBT特性数据452储存于存储装置45,马达控制部411基于 $I_d$ 测定值,根据IGBT特性数据452来求出 $V_{ce(sat)}$ 。

[0112] 图13是示出IGBT的驱动电流-接通损失特性的图。在图13中,是集电极-发射极间电压( $V_{ce}$ )=400V、 $V_{ge}$ =15V时的特性。图14是示出IGBT的驱动电流-断开损失特性的图。接通损失值( $E_{on}$ )以及断开损失( $E_{off}$ )具有温度依存性,所以将图13以及图14所示的特性作为IGBT特性数据452储存于存储装置45,马达控制部411基于来自使用了电力用半导体装置21的温度检测用二极管D1的温度检测电路32的温度测定值,根据IGBT特性数据452来求出 $E_{on}$ 以及 $E_{off}$ 。

[0113] 这样,马达控制部411导出电力参数中的 $V_{ce(sat)}$ 、 $I_d$ 、 $E_{on}$ 以及 $E_{off}$ 。

[0114] 由此,能够没有延迟地求出电力参数中的饱和电压( $V_{ce(sat)}$ )、开关损失( $E_{on}$ 、 $E_{off}$ )。另外,如上所述,关于马达控制信号,由于事先在CPU41的马达控制部411中制作了

PWM信号模式,所以电力计算所需的电力参数中的PWM导通脉宽时间(t)以及开关次数(Non、Noff)已知。因此,能够没有延迟地准备计算产生电力所需的电力参数。

[0115] (热履历电路的系数的导出方法)

[0116] 图17是示出IGBT的温度上升特性的图。图18是示出IGBT的温度下降特性的图。由于图8的等价电路的热容(散热板热容55、连接间热容54、接点热容53),图17的温度上升产生T1时间(响应时间)的延迟,图18的温度下降产生T2时间(响应时间)的延迟。马达控制部411根据该时间延迟(T1、T2)的关系来算出热容,并设定给热履历电路332的热容寄存器3326。该时间延迟(T1、T2)中包括从电力用半导体装置21内的发热源向温度检测用二极管D1的传播时间,所以将该时间量排除。另外,马达控制部411根据自图17的温度上升开始起的斜率和自图18的温度下降开始起的斜率来估算散热系数(与散热特性相应的时间系数(D(n)))。

[0117] 图19、图20以及图21是示出变更了IGBT的栅极信号的占空比后的温度特性的图。载波周期(Tc)设定成与热履历电路332的采样周期(Tc1k)相同的值,使用电力用半导体装置21的温度检测用二极管D1等来监视变更了栅极信号的占空比时的温度特性。通常,如图19所示,占空比低的情况下,通过导通脉宽时间减少,温度降低。如图20所示,相反,在提高了占空比的情况下,温度具有上升的倾向。如图21所示,在特定的占空比的情况下,散热与发热相同,没有温度变化。

[0118] 图22是示出在图21中温度成为一定的情况下的载波周期的图。图23是示出载波周期比图22短的情况下的温度特性的图。图24是示出载波周期比图22长的情况下的温度特性的图。为了实现载波频率依存制,对在维持在图21中温度成为一定的载波周期的占空比的状态下使载波周期变化所引起的温度特性进行测定。如图23所示,在使载波周期(Tc2)比Tc1短的情况下,每规定时间的开关次数增加,所以温度具有上升的倾向。相反,如图24所示,在使载波周期(Tc3)比Tc1长的情况下,开关次数减少而温度具有下降的倾向。根据该载波周期与温度的关系,即使在大幅变更了载波周期的情况下,也能够通过修正散热系数(与散热特性相应的时间系数(D(n)))来提高温度预测值的精度。

[0119] 图27是示出温度预测计算电路的各种系数导出处理的流程图。马达控制部411基于特定的PWM模式而利用PWM电路42生成PWM信号,经由栅极电路31向IGBT22输出(步骤S31)。马达控制部411通过温度测定值来进行电力计算电路331的电力参数以及热履历电路332的系数的修正(步骤S32)。通过对为了修正温度计算用的系数值而使PWM的驱动模式产生了各种变化时的温度特性进行调查,能够计算出单独的IGBT的特性以及相对不均。这是因为,散热板也存在如下的设备特性方面的差异,所以需要调整,该差异为:根据场所,由于空气和/或水的对流不同所以系数不同,另外,用于设备的Vce(sat)不同所以消耗电力量也会变化。由此,能够提高温度预测值的精度。

[0120] (马达控制异常监视处理)

[0121] 图28是示出马达控制的第一异常监视处理的流程图。马达控制部411判断温度预测计算电路33的判定结果是否表示异常(步骤S41)。在温度预测计算电路33的判定结果表示异常的情况下(在步骤S41中为是的情况下),马达控制部411进行异常处理(马达控制抑制处理)(步骤S42)。在温度预测计算电路33的判定结果表示正常的情况下(在步骤S41中为否的情况下),马达控制部411进行正常处理。

[0122] 由此,能够预测开关晶体管的温度,因此,即使在开关晶体管的发热部与温度检测器之间的热传播时间大而温度检测延迟的情况下,由于通过预测温度来执行遮断控制,所以因响应时间的延迟而超过开关元件的容许动作温度的可能性变低。另外,无需考虑延迟的响应时间来设定成具有余裕的切断设定值,所以开关元件的容许动作温度不会变窄。

[0123] 图29是示出马达控制的第二异常监视处理的流程图。马达控制部411进行上述马达控制的第一异常监视处理。之后,在温度预测值不是异常温度的情况下,马达控制部411判断温度检测电路32是否表示异常(步骤S51)。在温度检测电路32的温度测定值表示异常的情况下(在步骤S51中为是的情况下),马达控制部411进行异常处理(马达控制抑制处理)(步骤S52)。在温度检测电路32的温度测定值表示正常的情况下(在步骤S51中为否的情况下),马达控制部411进行正常处理。

[0124] 由此,能够通过温度预测值和温度测定值这两个系统来检测异常温度并进行切断控制,所以即使因某个理由而无法进行基于温度预测值的异常温度检测,也能够进行基于温度测定值的异常温度检测。

[0125] 实施例2

[0126] 图30是示出实施例2的电动机系统的结构的框图。图31是示出作为实施例2的电动机系统的一部分的电子装置的框图。在实施例1的电动机系统1中,温度预测计算电路33内置于各驱动IC30,但在实施例2的电动机系统1S中,驱动IC30S没有内置温度预测计算电路,而是在控制电路40S中内置有六个温度预测计算电路33S。除此之外,电动机系统1S与电动机系统1的结构是同样的。电子装置2S由功率模块20、六个驱动IC30S以及控制电路40S构成。

[0127] 图32是示出实施例2的温度预测计算电路的框图。温度预测计算电路33S具备与实施例1的温度预测电路33的热履历电路332同样的电路,不具备与实施例1的温度预测电路33的电力计算电路331以及温度判定电路333相当的电路。在本实施例中,在CPU41的马达控制部411S中由软件来执行在电力计算电路331中由硬件进行的计算,在CPU41的马达控制部411S中由软件来执行在温度判定电路333中由硬件进行的判定。不过,温度预测计算电路33S具备储存在马达控制部411S中计算出的产生电力的电力储存寄存器3315和储存由热履历电路332计算出的预测温度的预测温度监视用寄存器3328。由此,能够削减电力计算电路以及温度判定电路的运算电路。另外,驱动IC30S与控制电路40S之间的信号的交换减少,能够削减隔离器的数量。此外,也可以由CPU41利用软件来实施温度预测计算电路33S的计算,而取消温度预测计算电路33S。

[0128] 实施例1的电力计算电路的电力参数的导出方法在由CPU41的马达控制部411S进行电力计算的情况下也同样地进行。另外,实施例1的温度预测计算电路的各种系数导出方法也在实施例2中也同样地进行。另外,实施例1的马达控制异常监视处理也在实施例2中也同样地进行。

[0129] 以上,虽然基于实施方式和实施例对由本发明人做出的发明进行了具体说明,但本发明不限于上述实施方式和实施例,当然能够进行各种变更。

[0130] 标号说明

[0131] 1、1S...电动机系统

[0132] 2、2S...电子装置

- [0133] 10…三相马达
- [0134] 20…功率模块
- [0135] 21…电力用半导体装置
- [0136] 22…IGBT (开关晶体管)
- [0137] D1…温度检测用二极管
- [0138] D2…回流二极管
- [0139] 30、30S…驱动IC
- [0140] 31…栅极电路
- [0141] 32…温度检测电路32
- [0142] 33、33S…温度预测计算电路
- [0143] 331…电力计算电路
- [0144] 332…热履历电路
- [0145] 333…温度判定电路
- [0146] 40、40S…控制电路
- [0147] 41…CPU
- [0148] 42…PWM电路
- [0149] 43…I/O接口





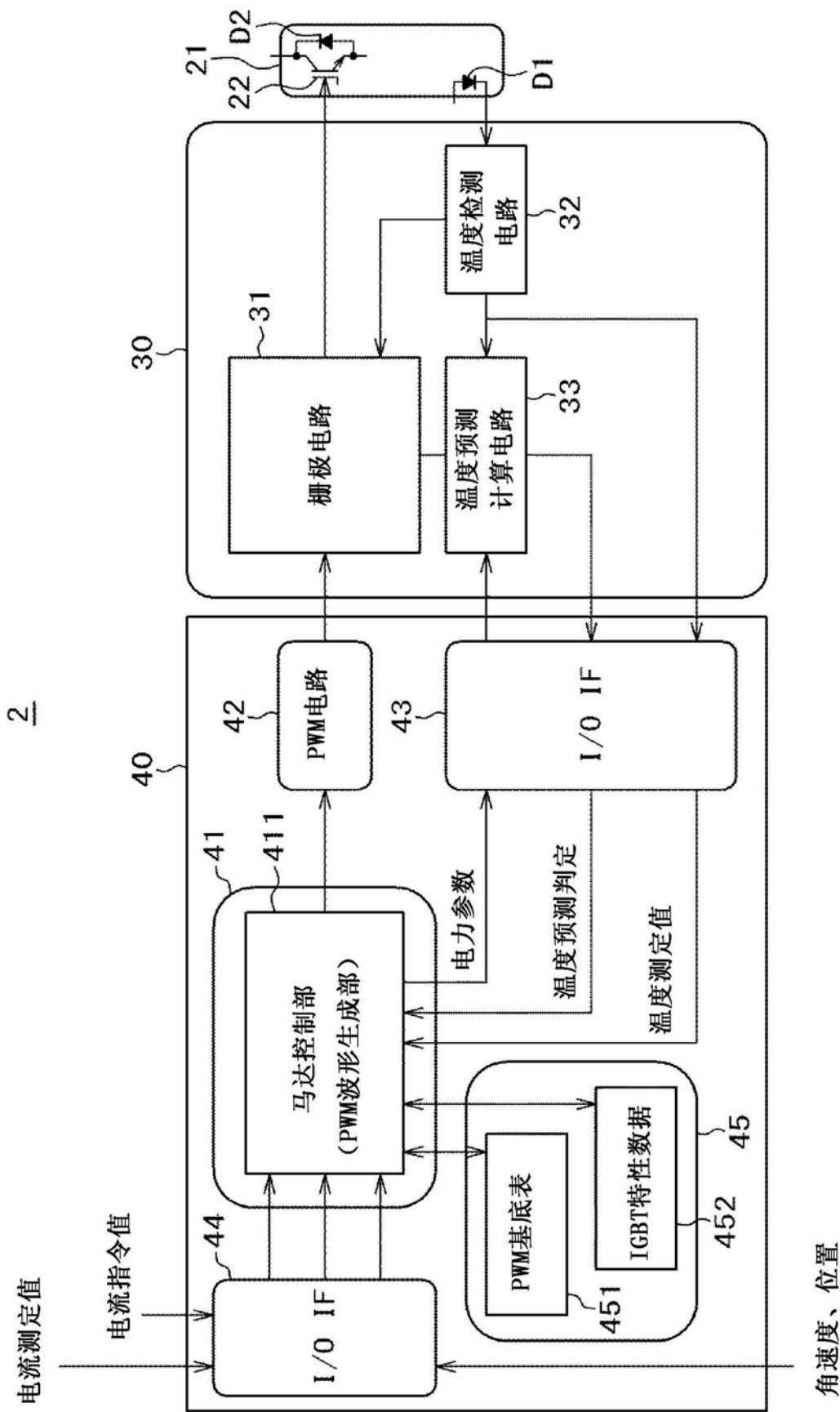


图2

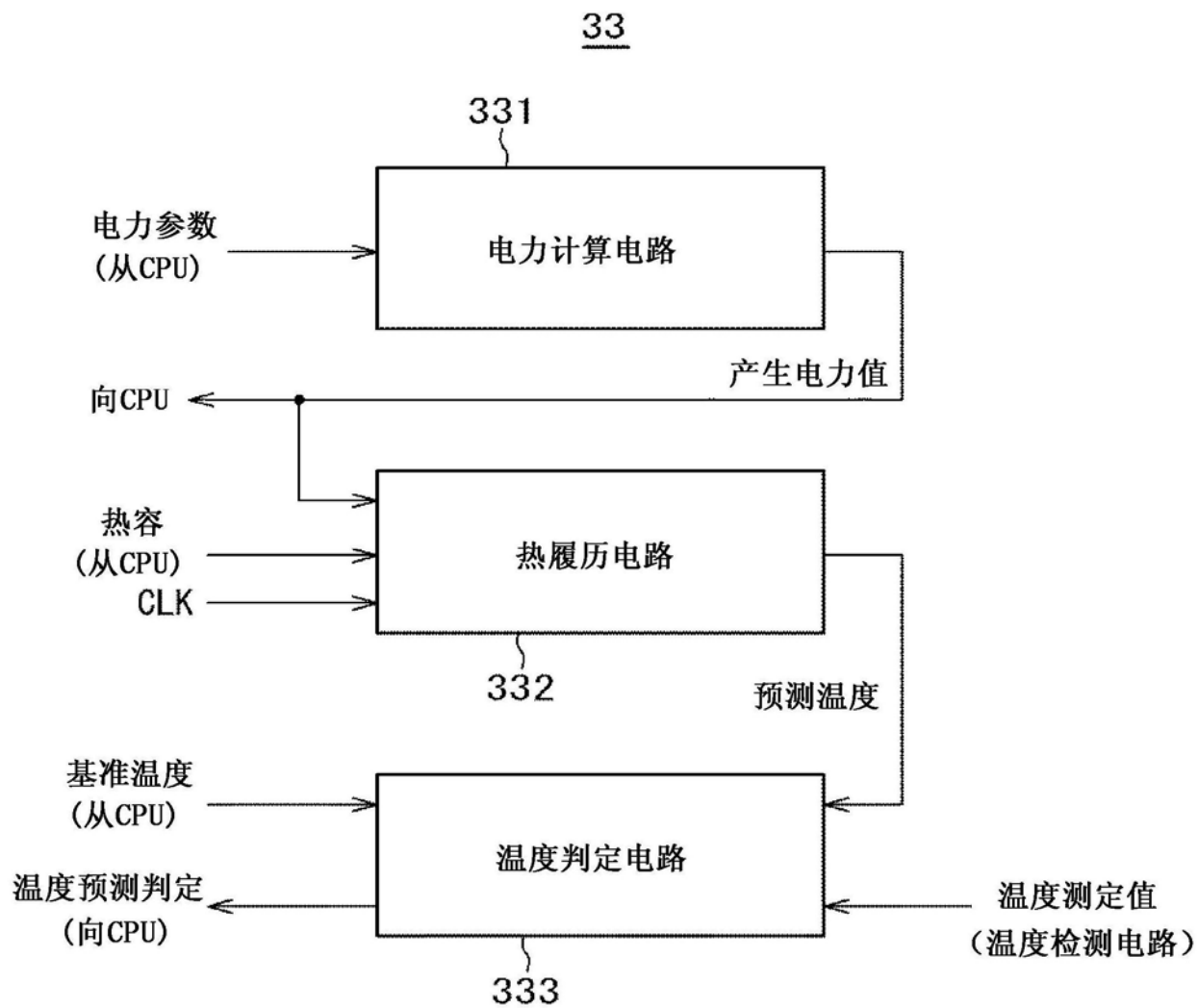


图3

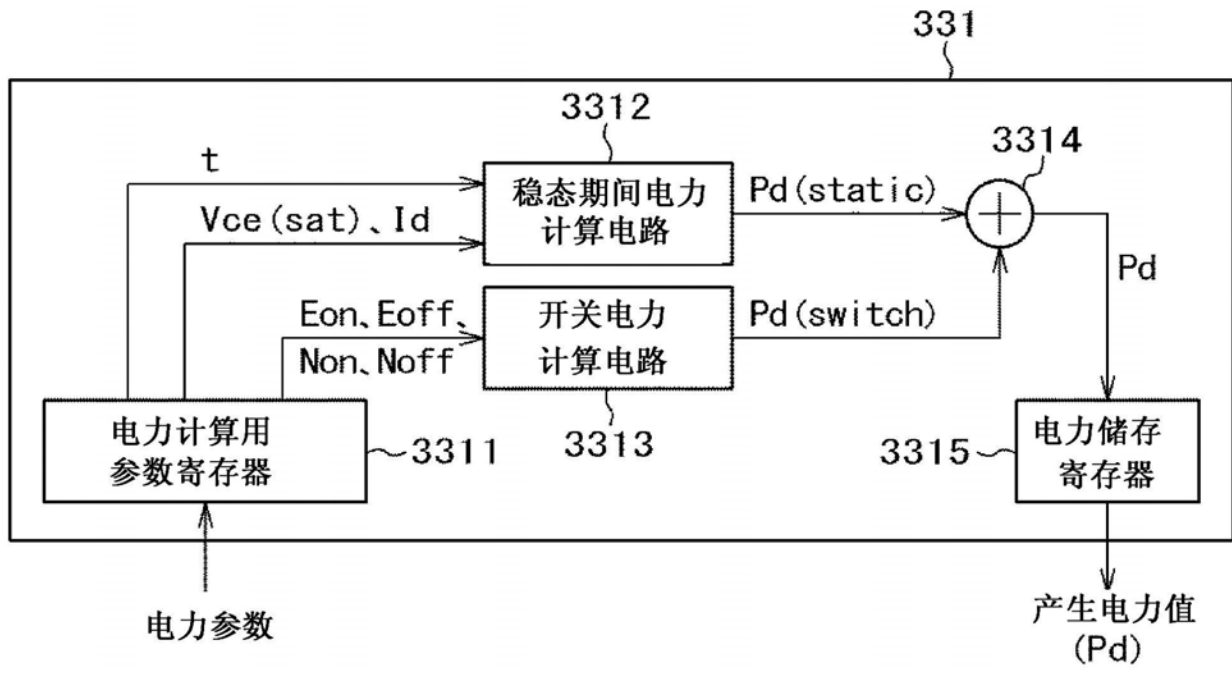


图4

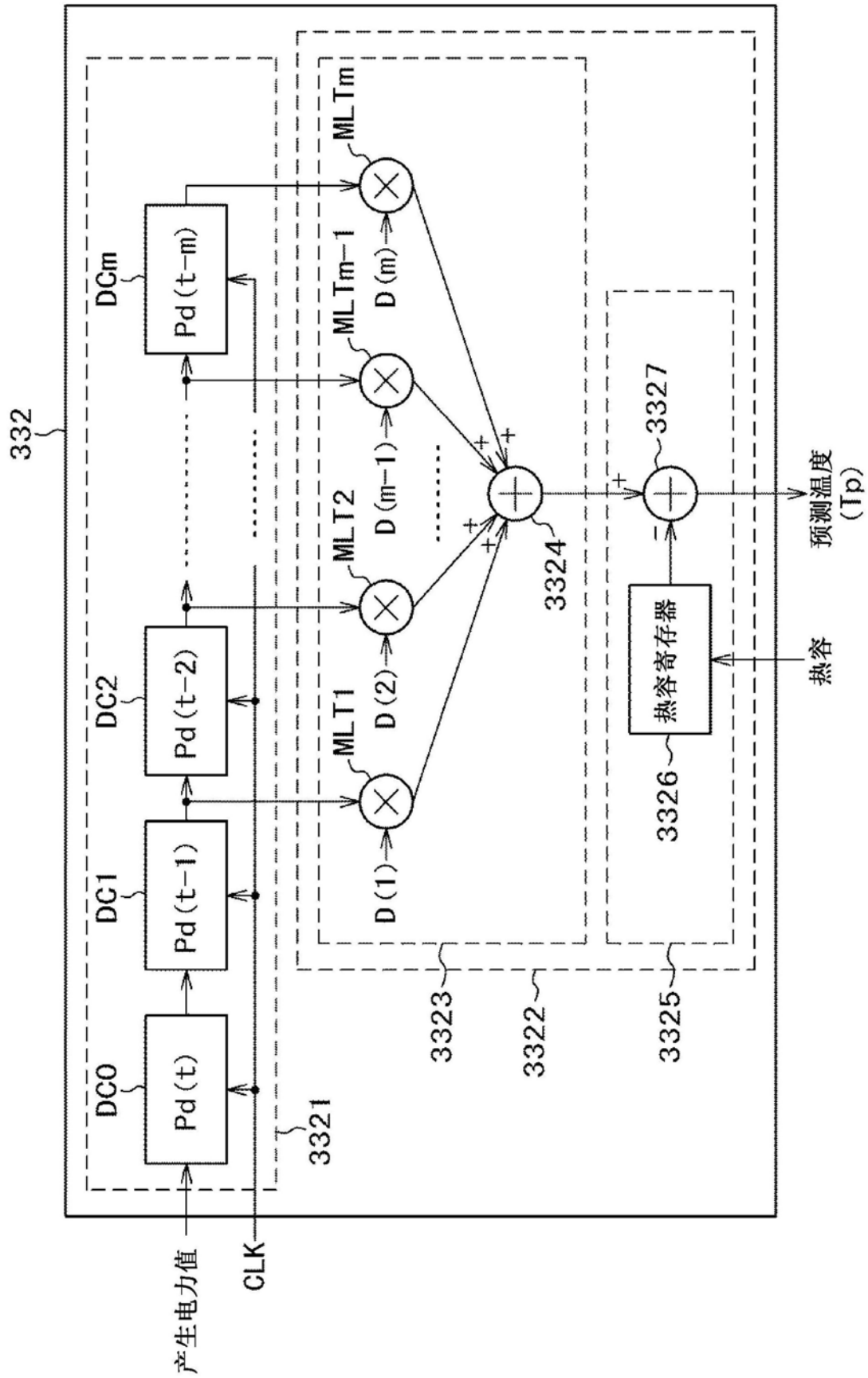


图5

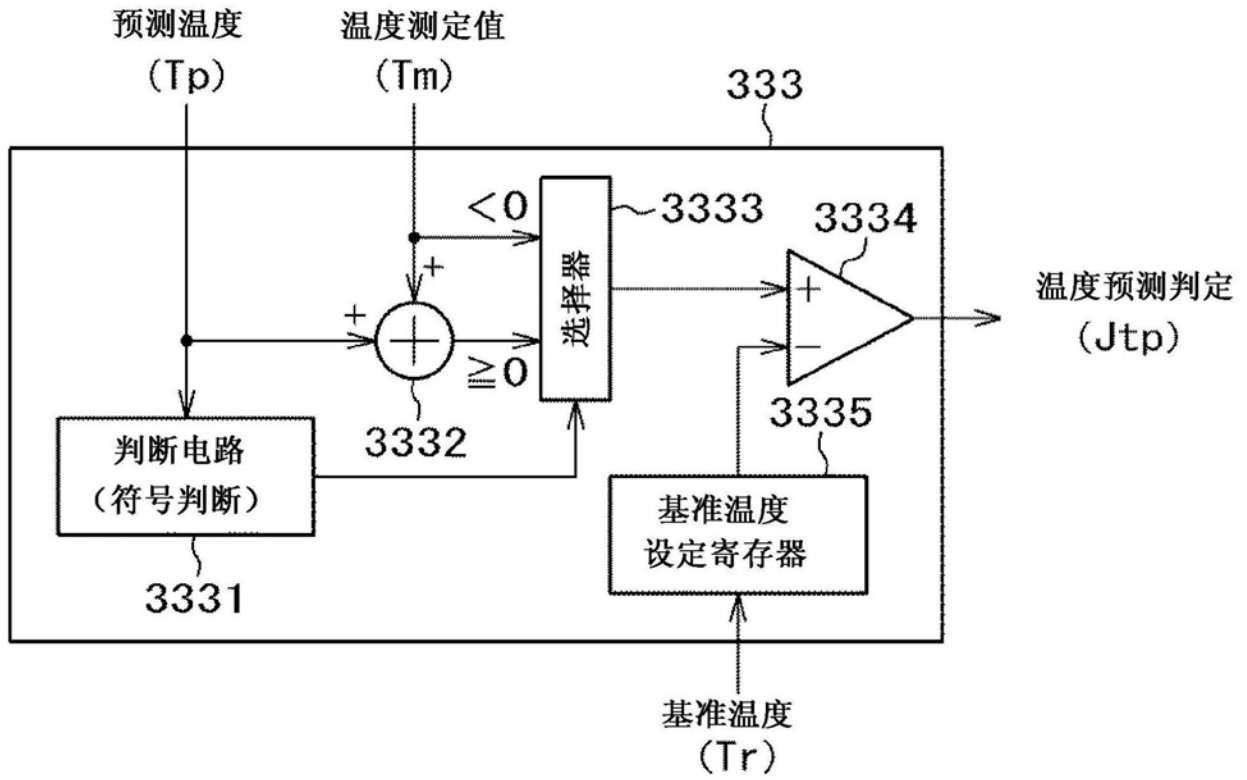


图6

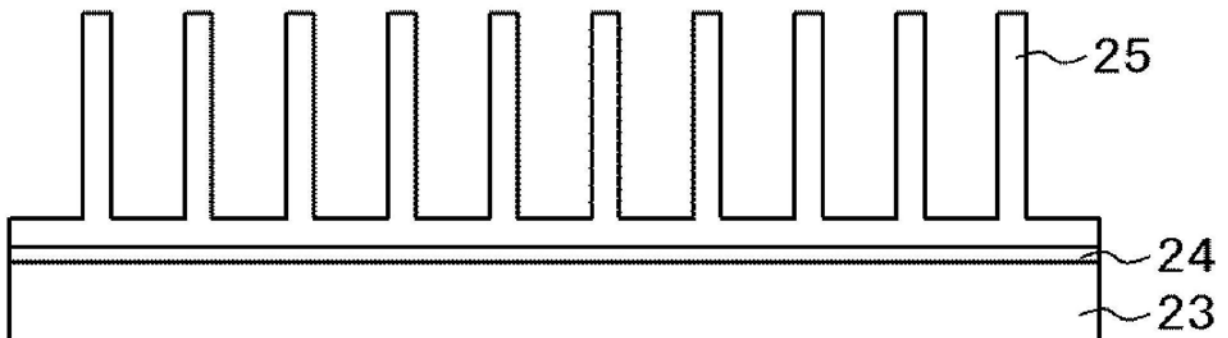
21

图7

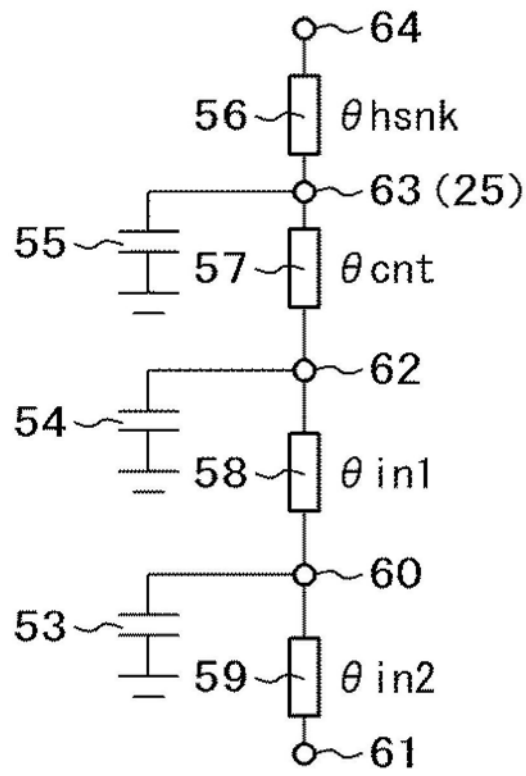


图8

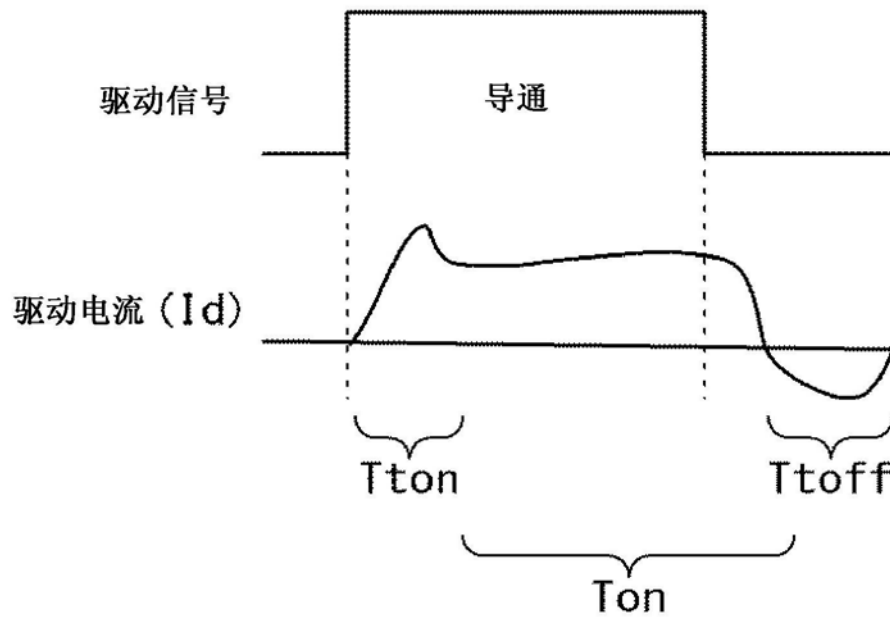


图9

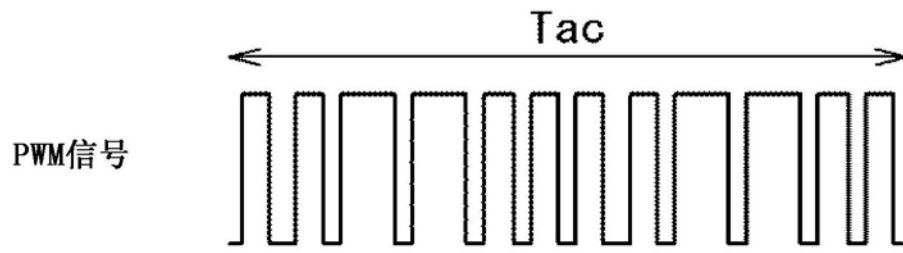


图10

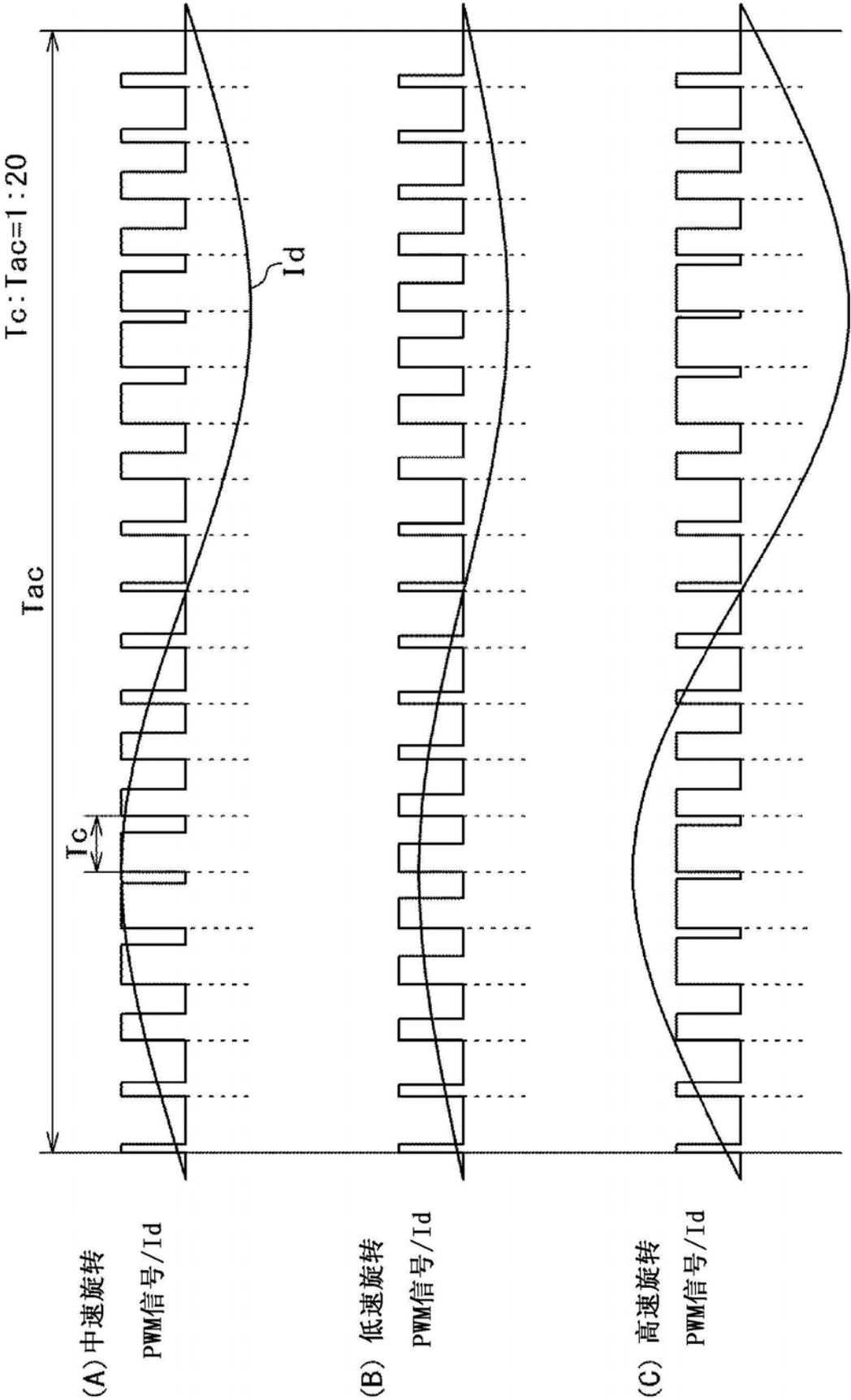


图11



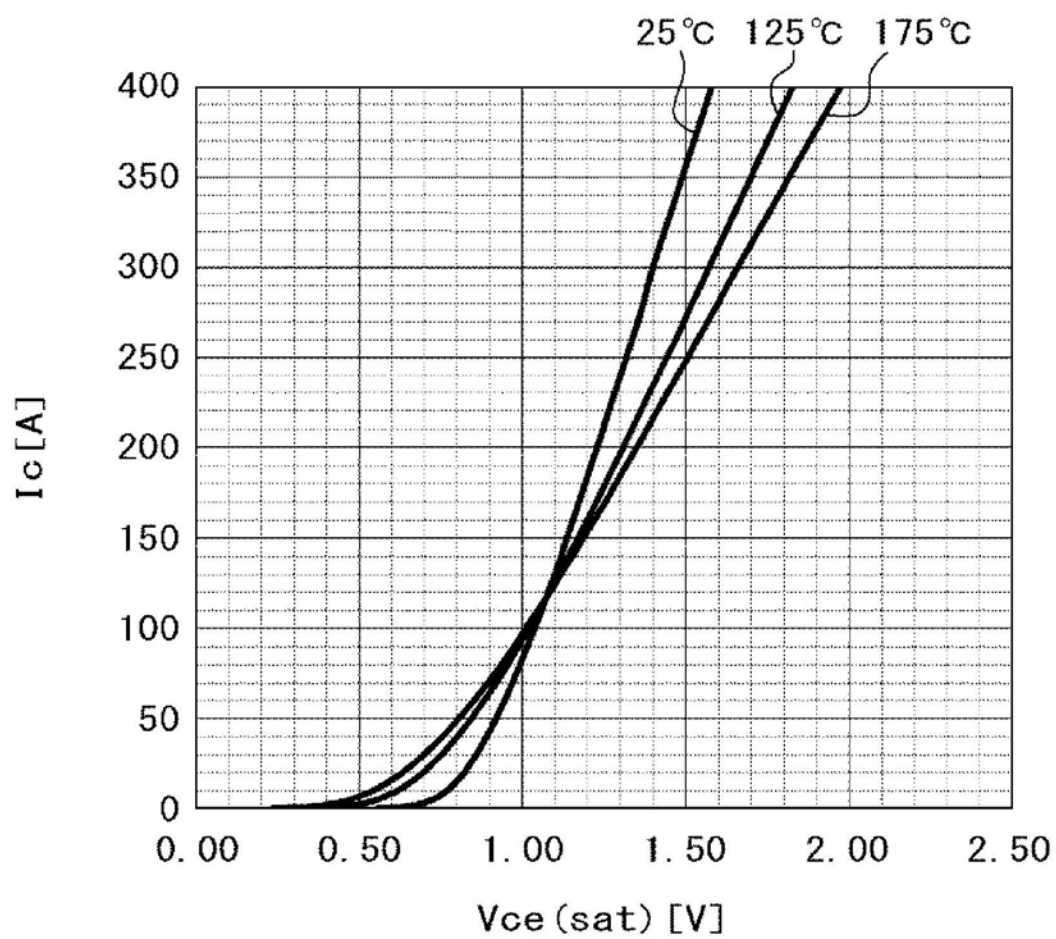


图12

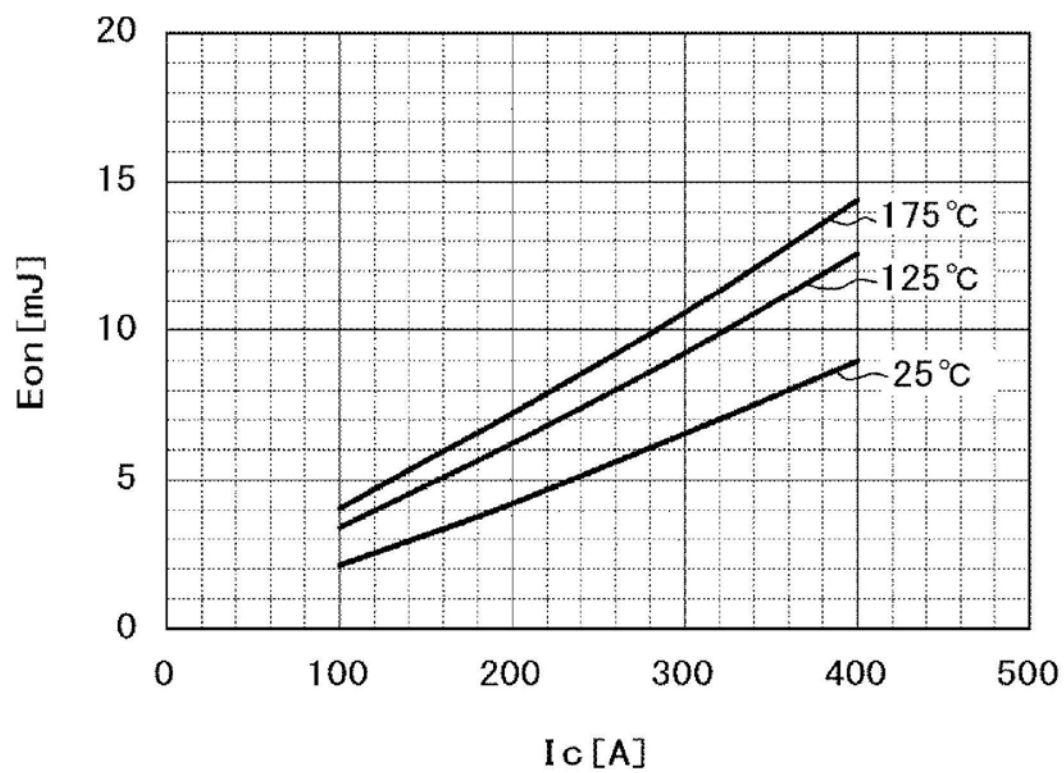


图13

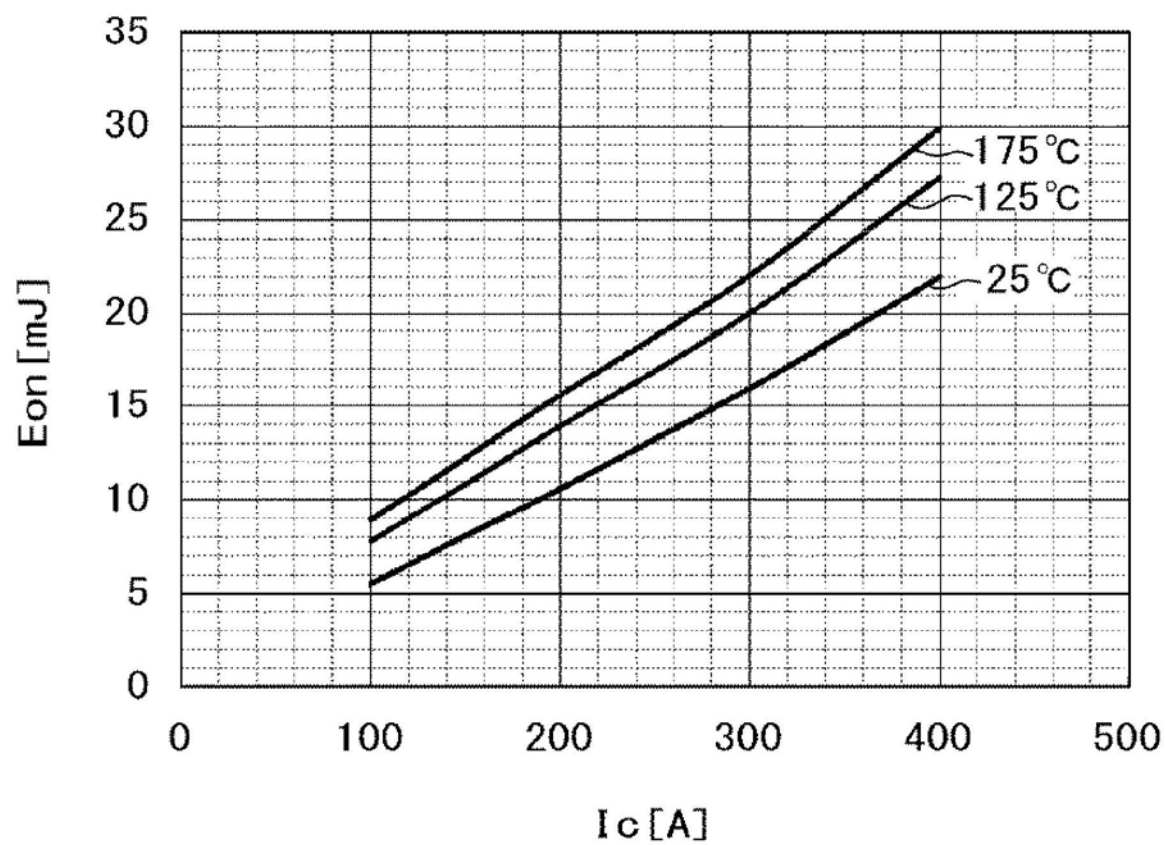


图14

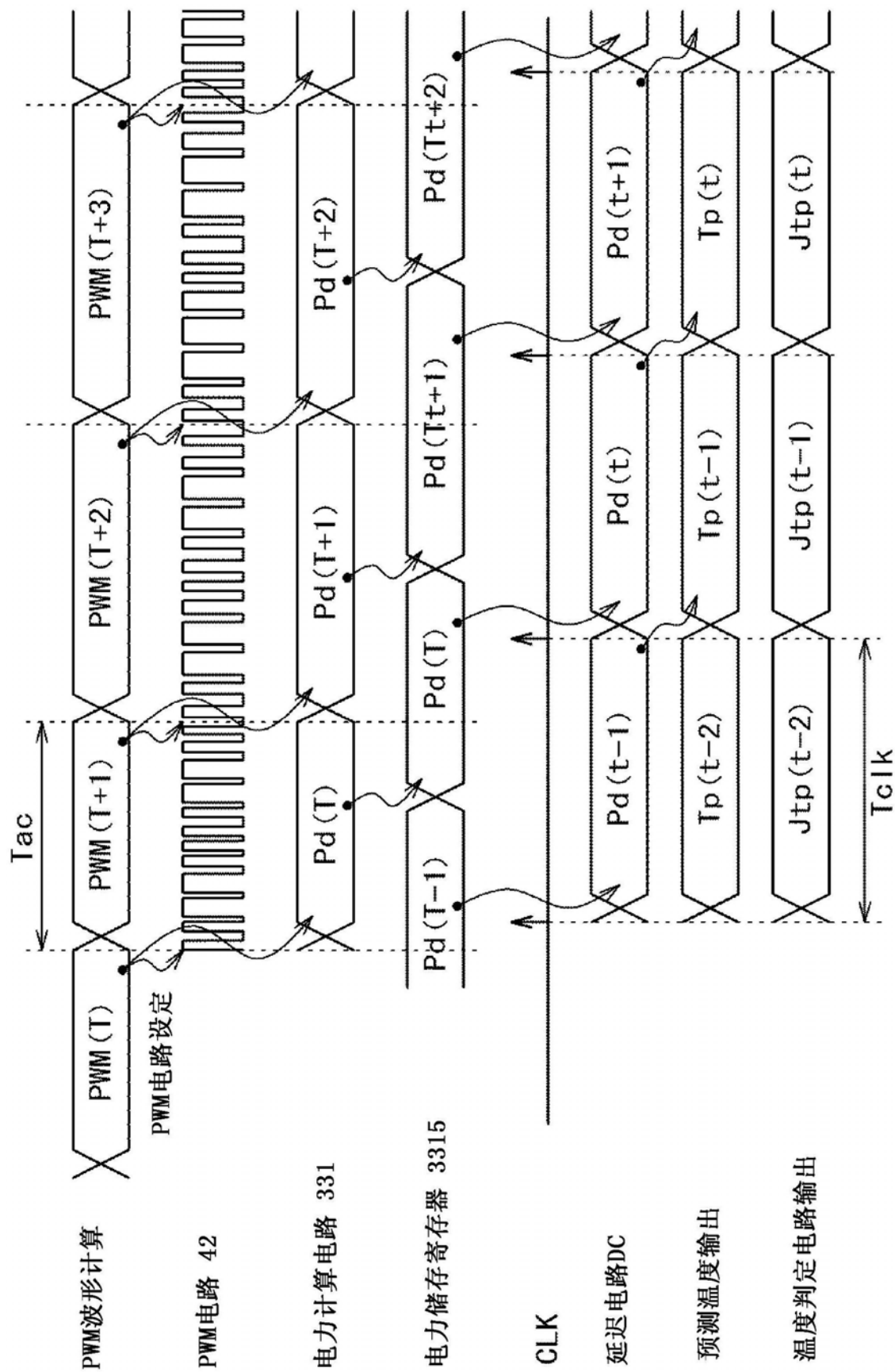


图15

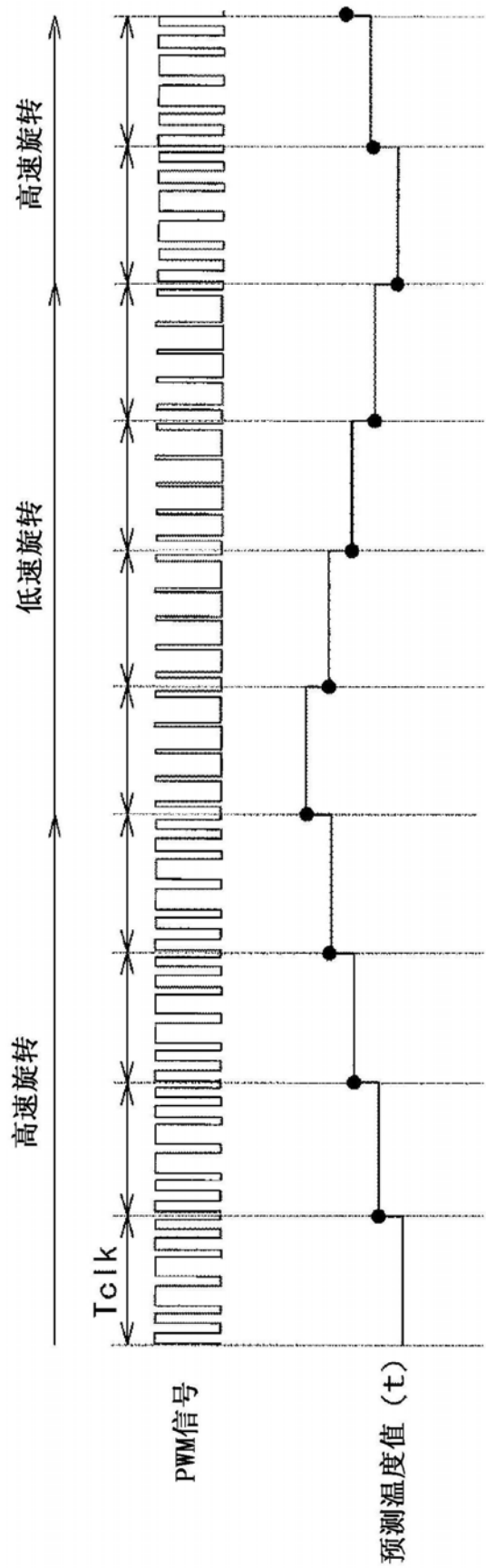


图16

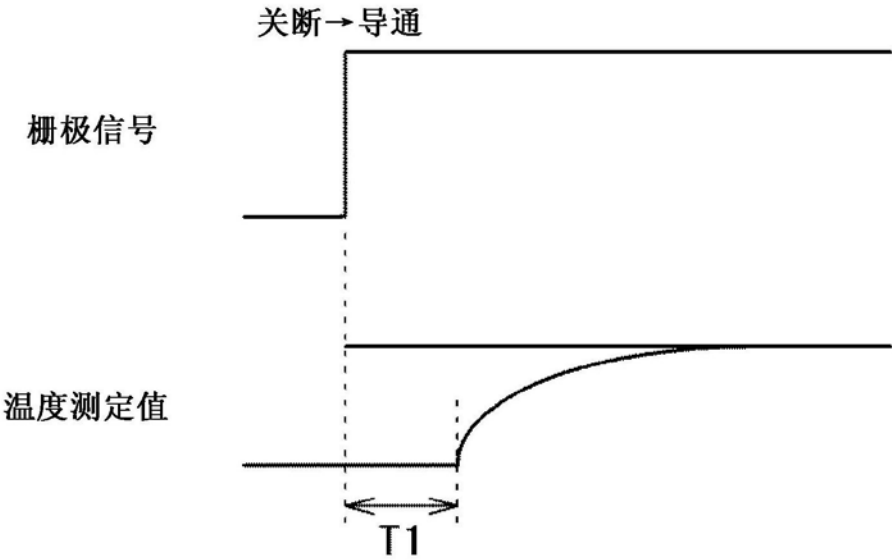


图17

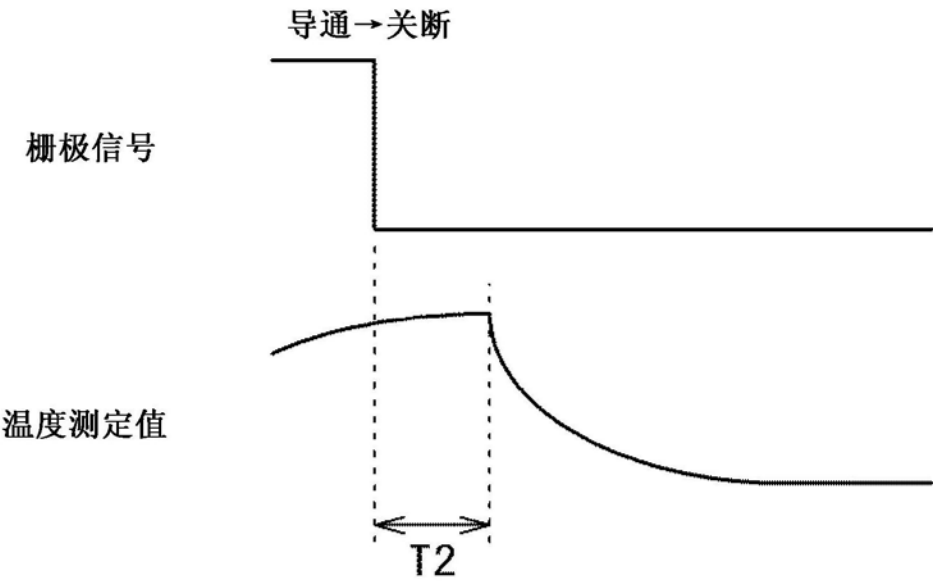


图18

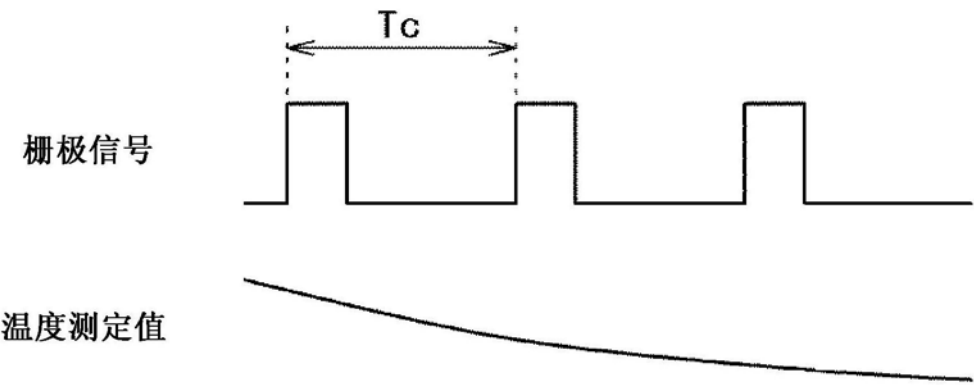


图19

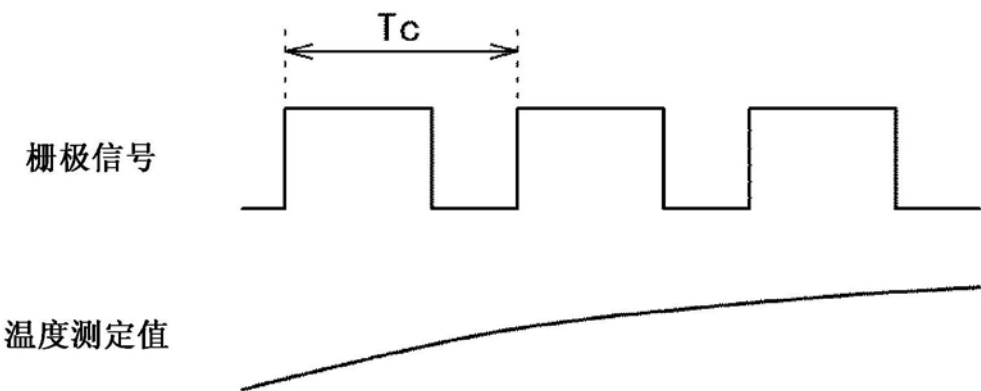


图20

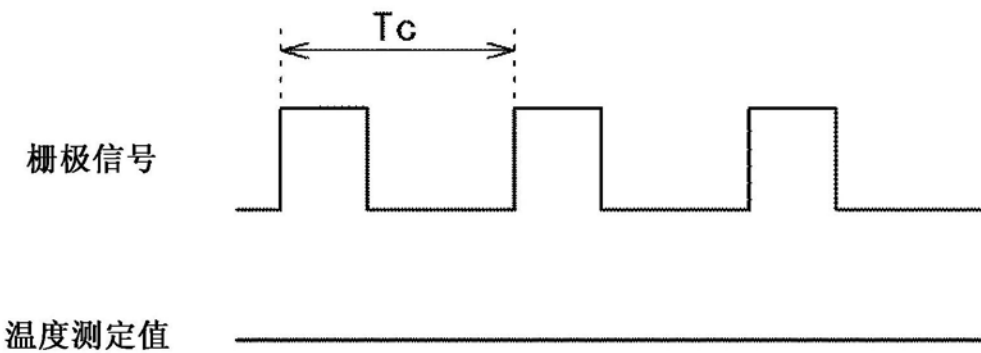


图21

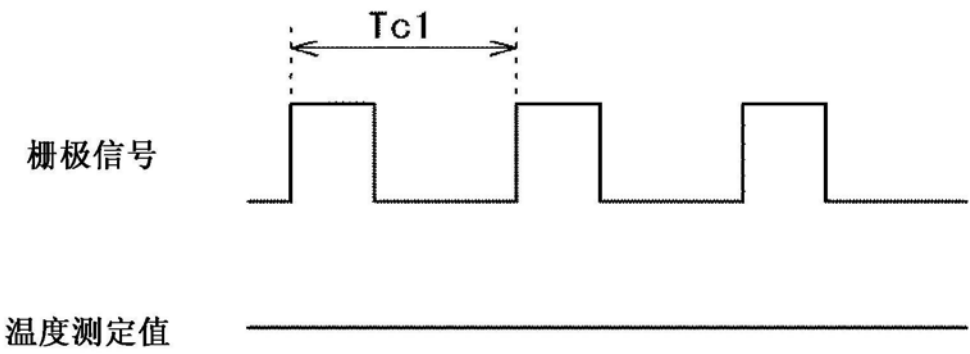


图22

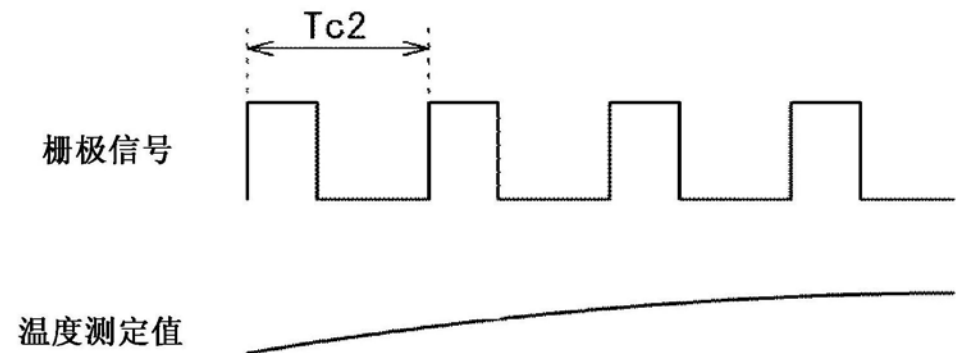


图23

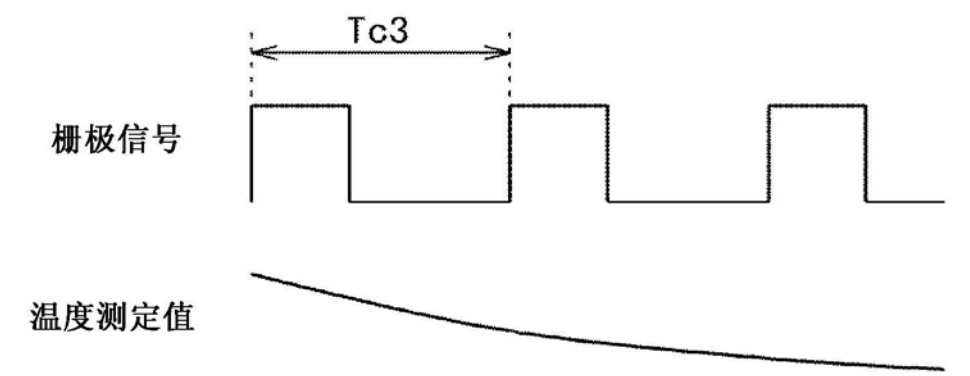


图24



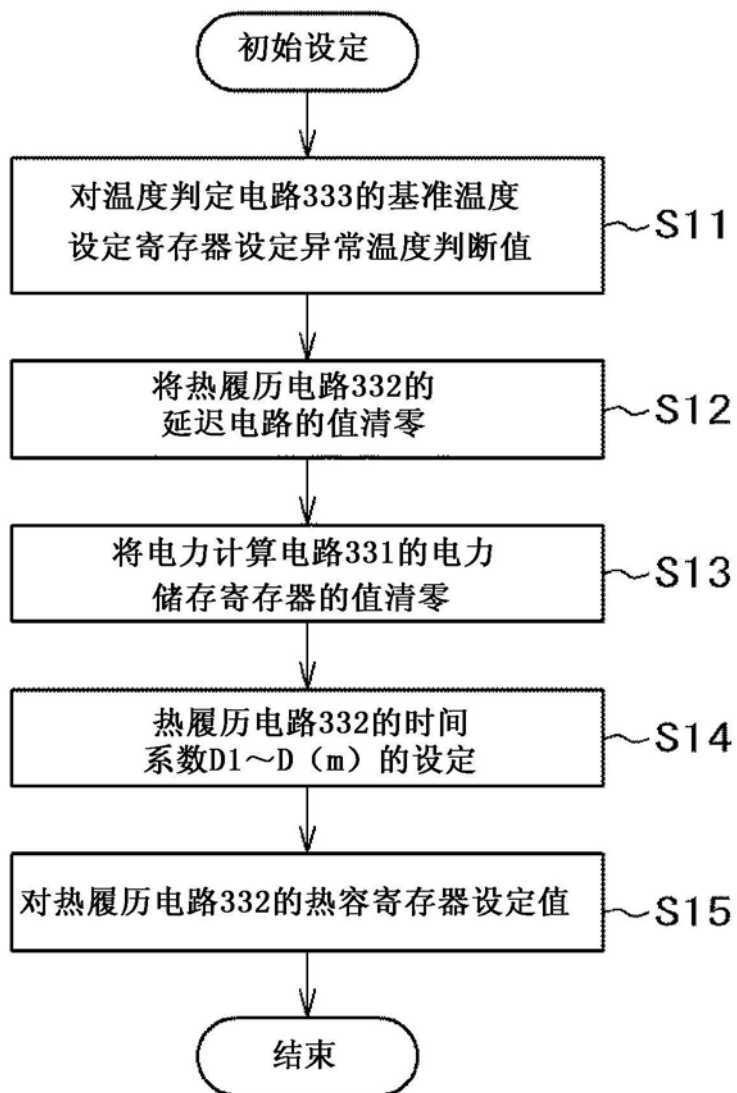


图25

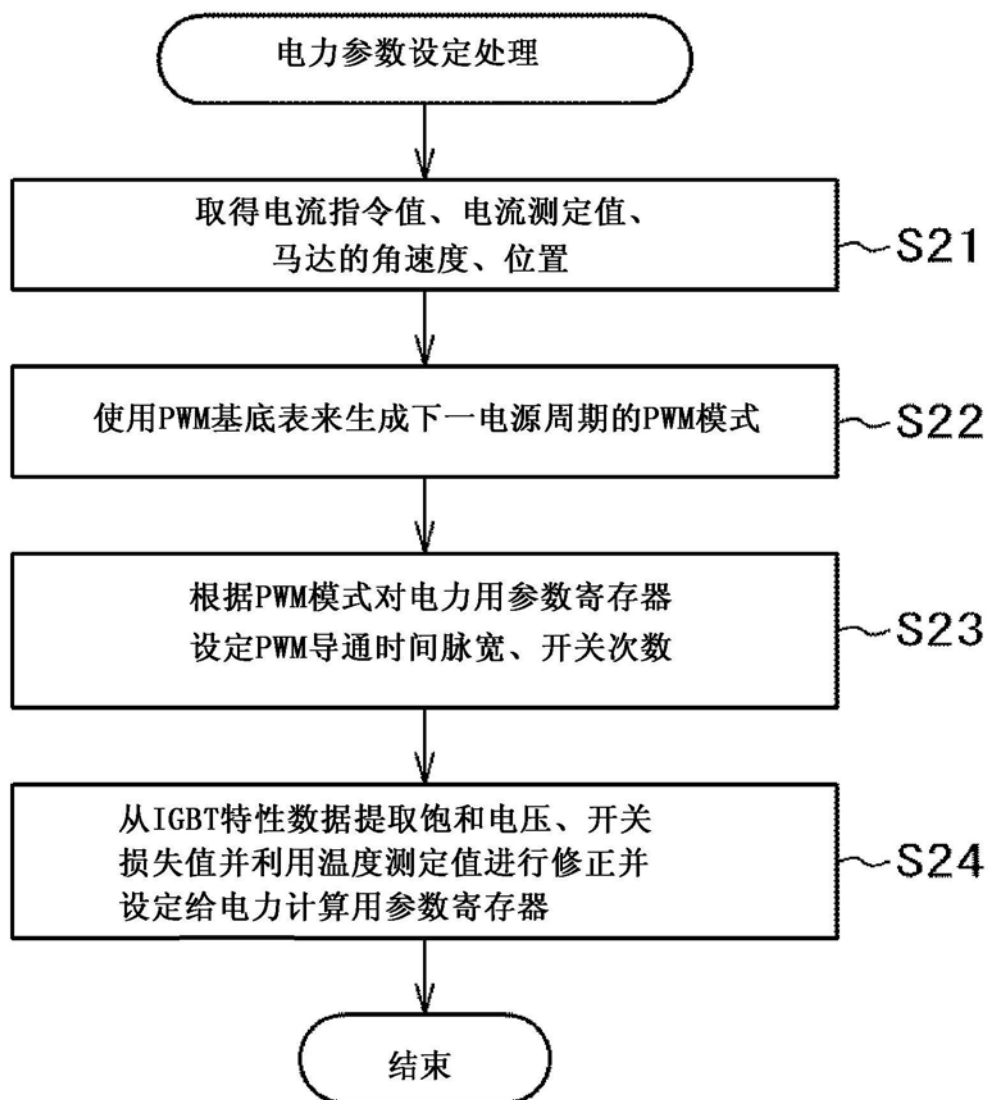


图26

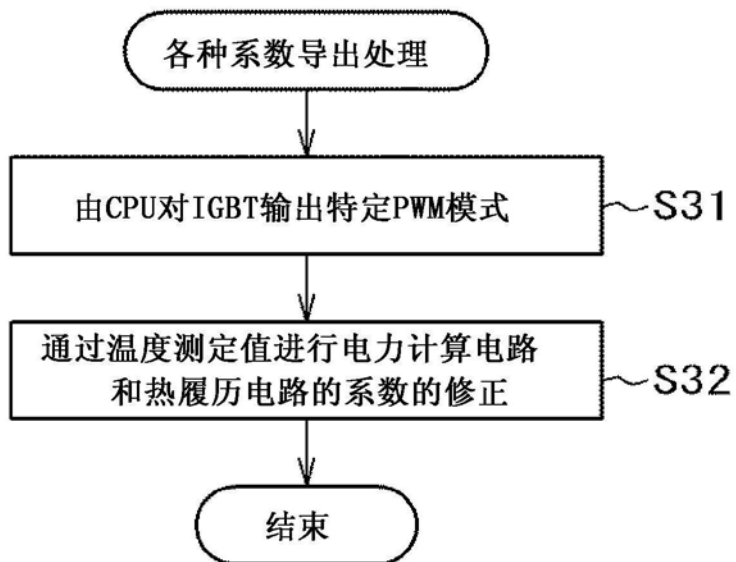


图27

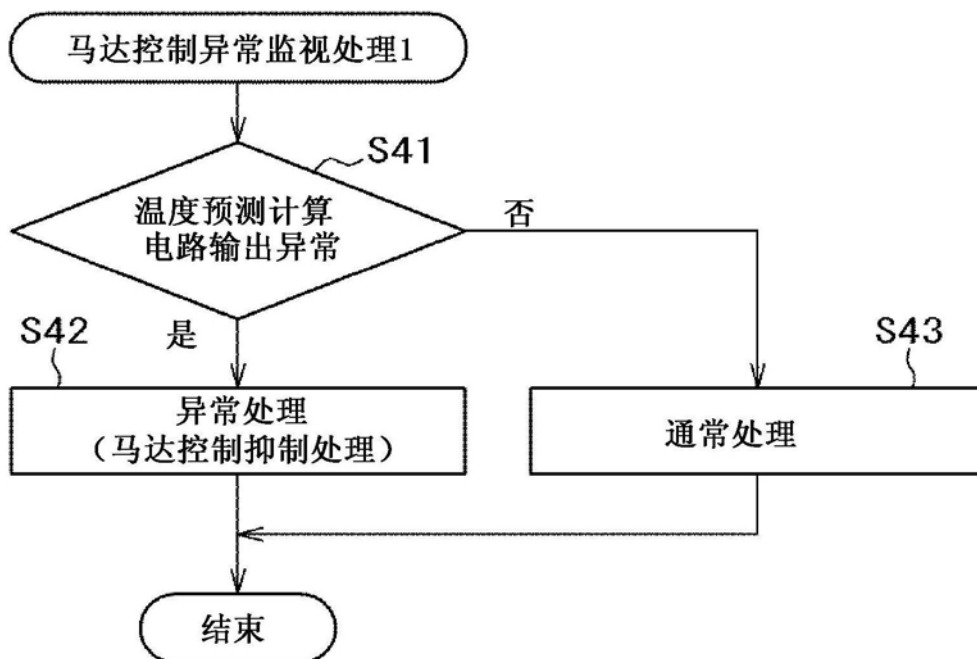


图28

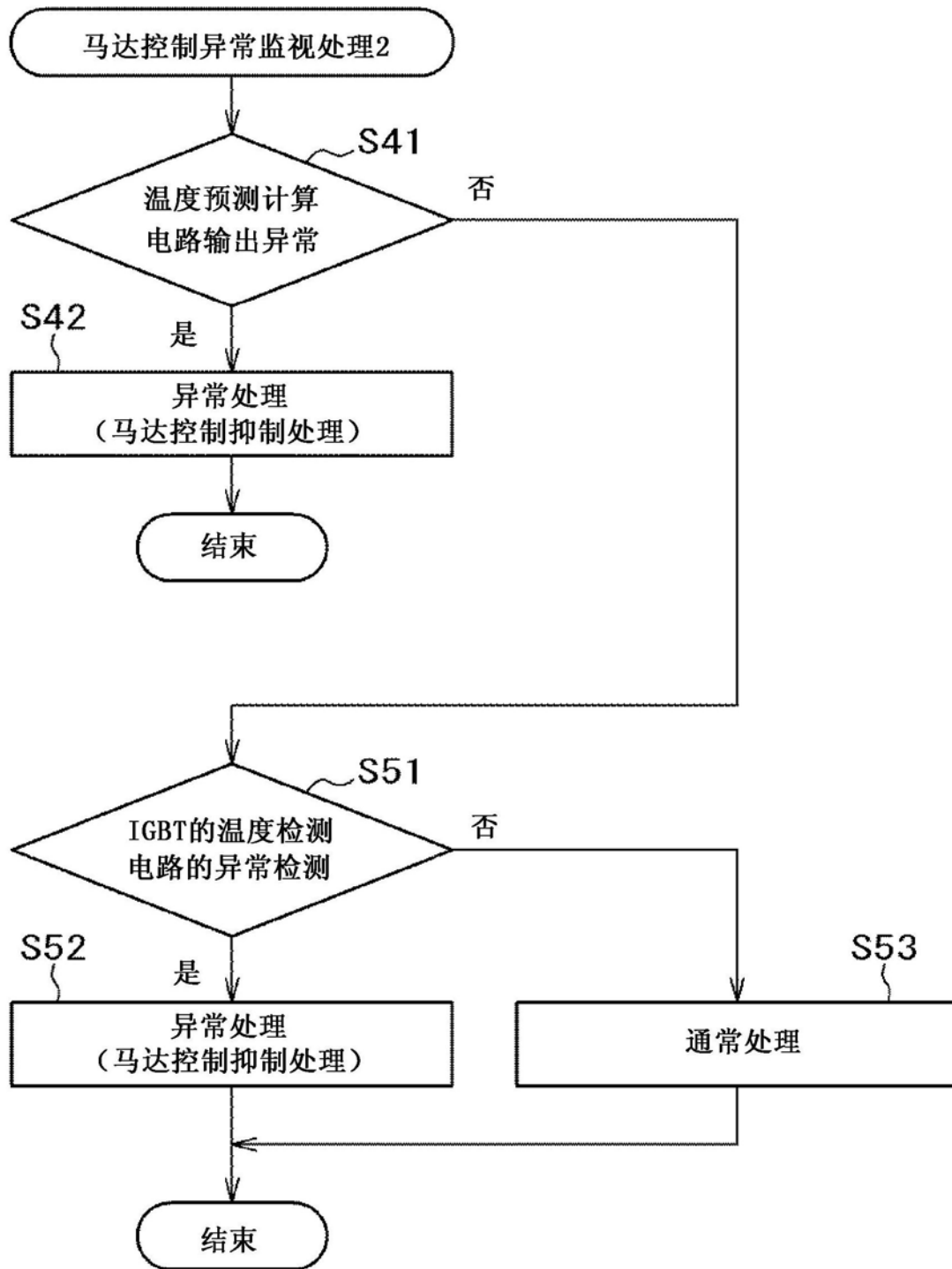


图29

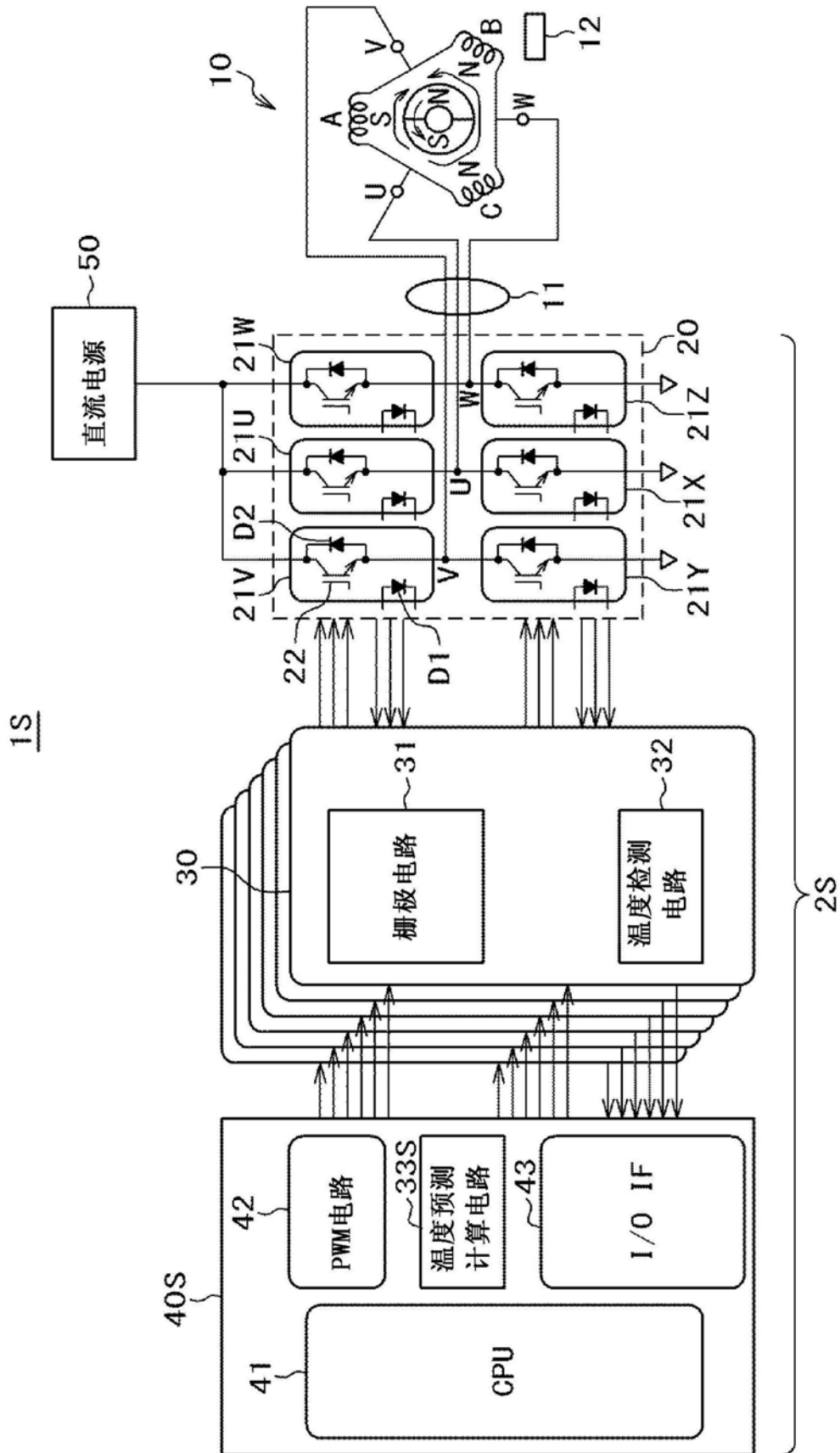


图30

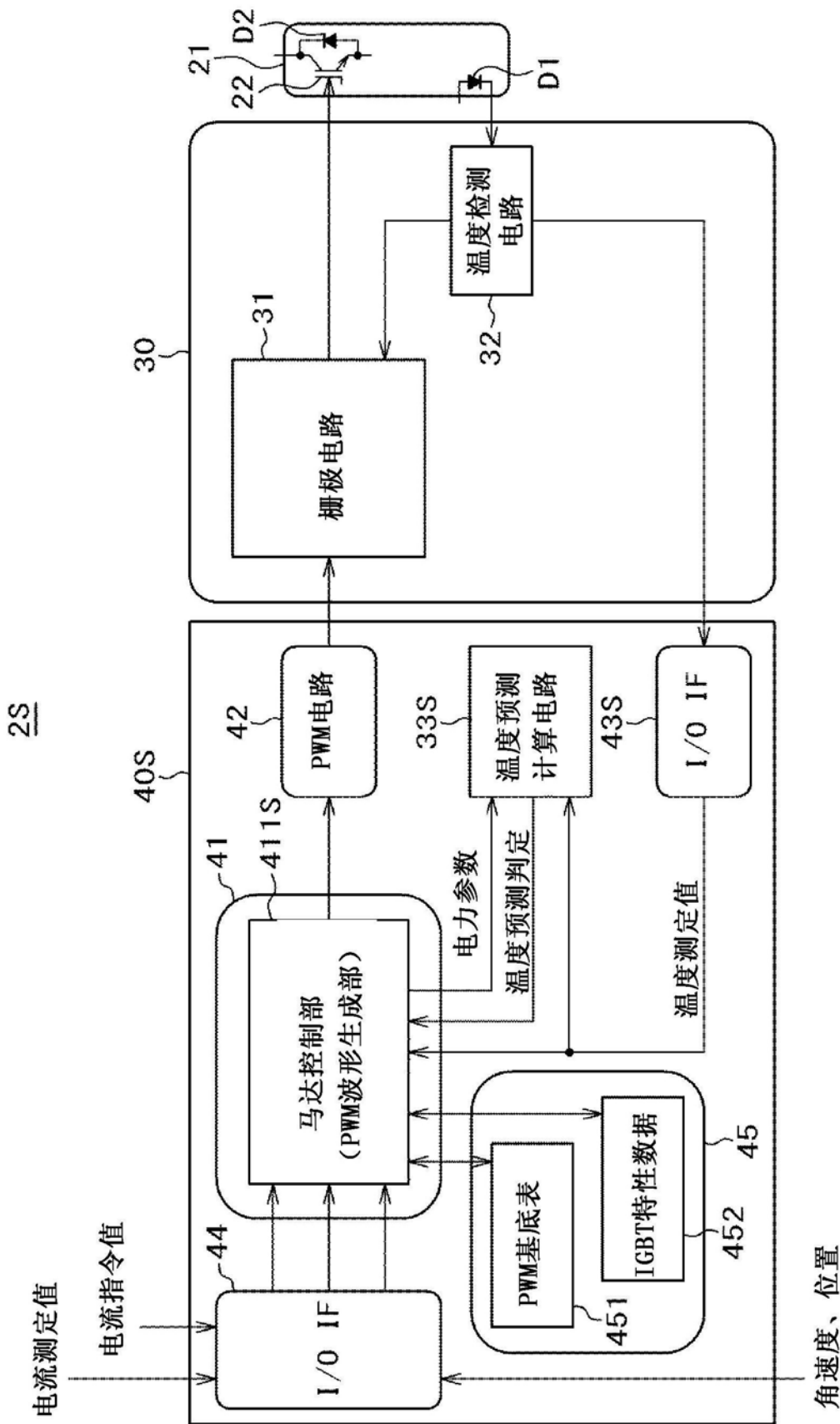


图31

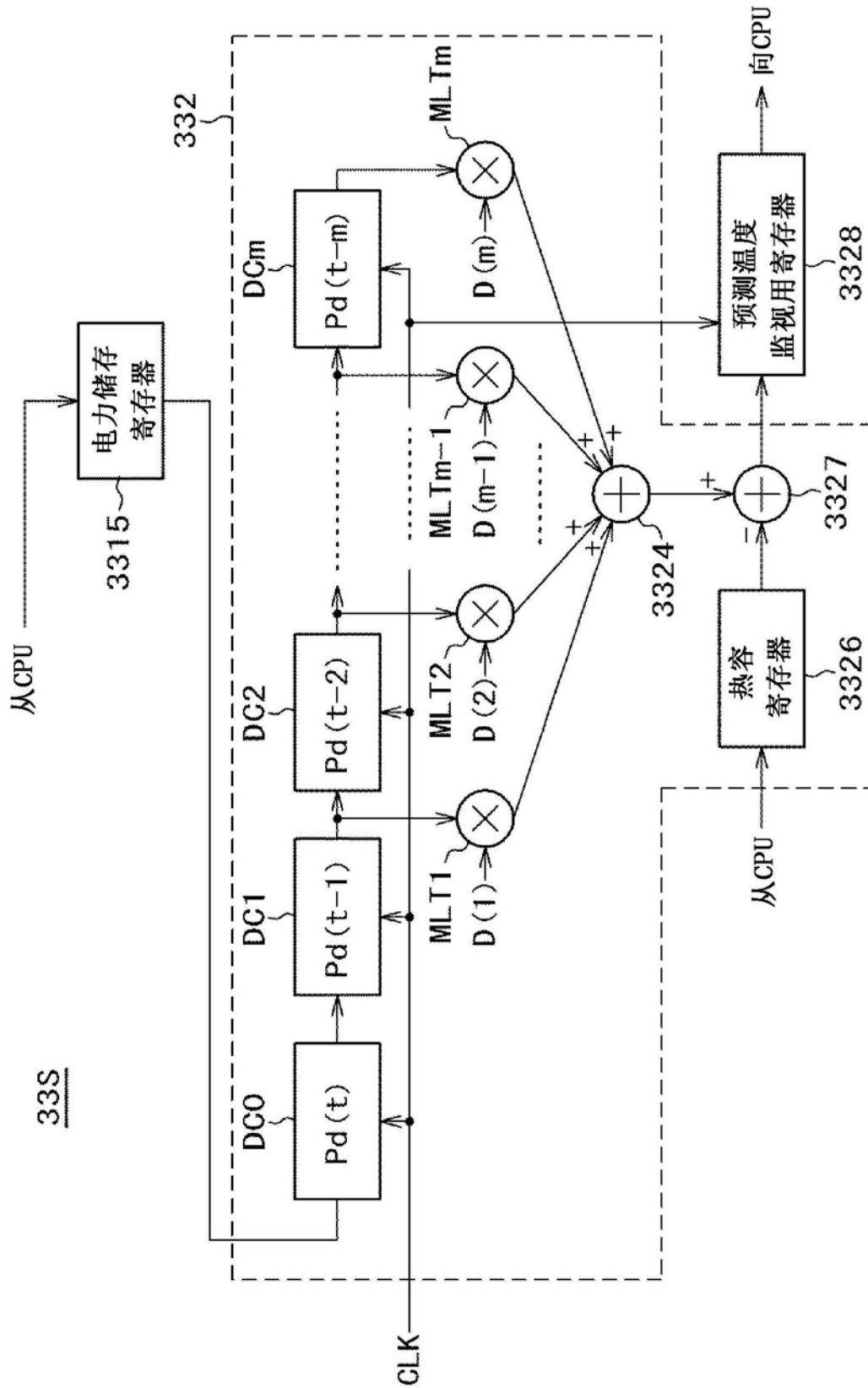


图32

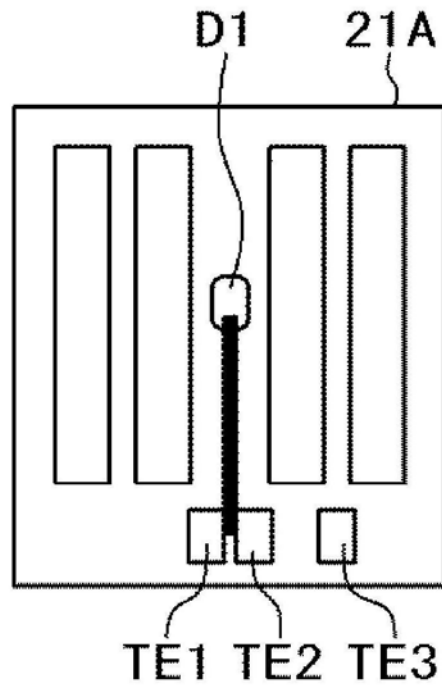


图33

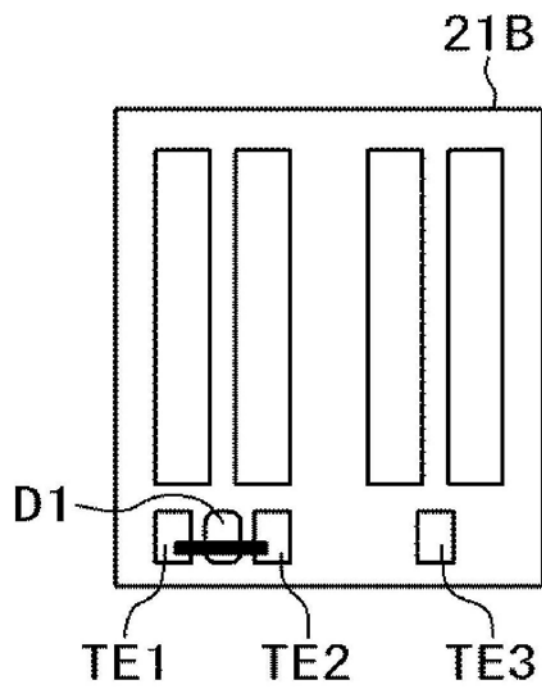


图34



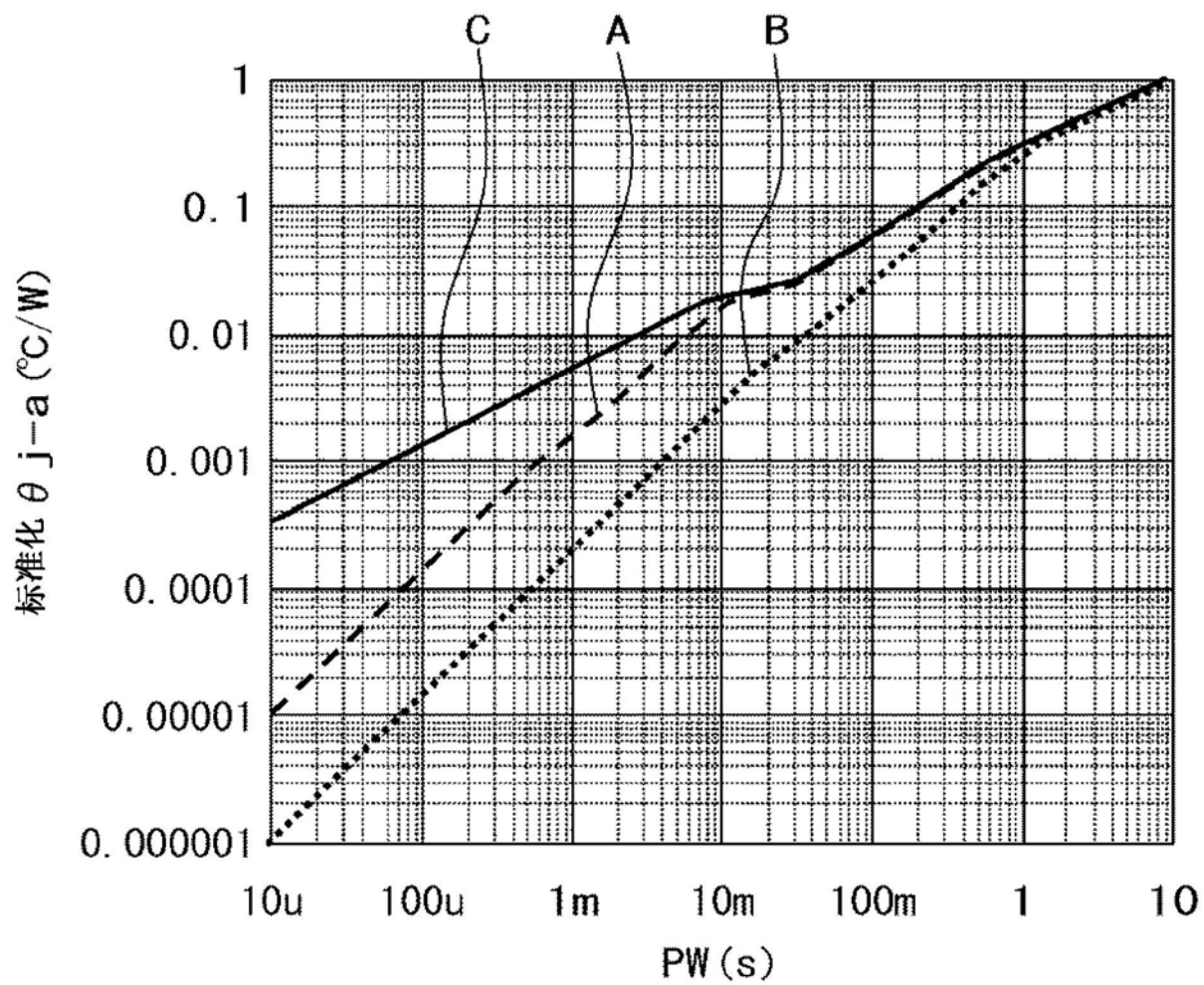


图35

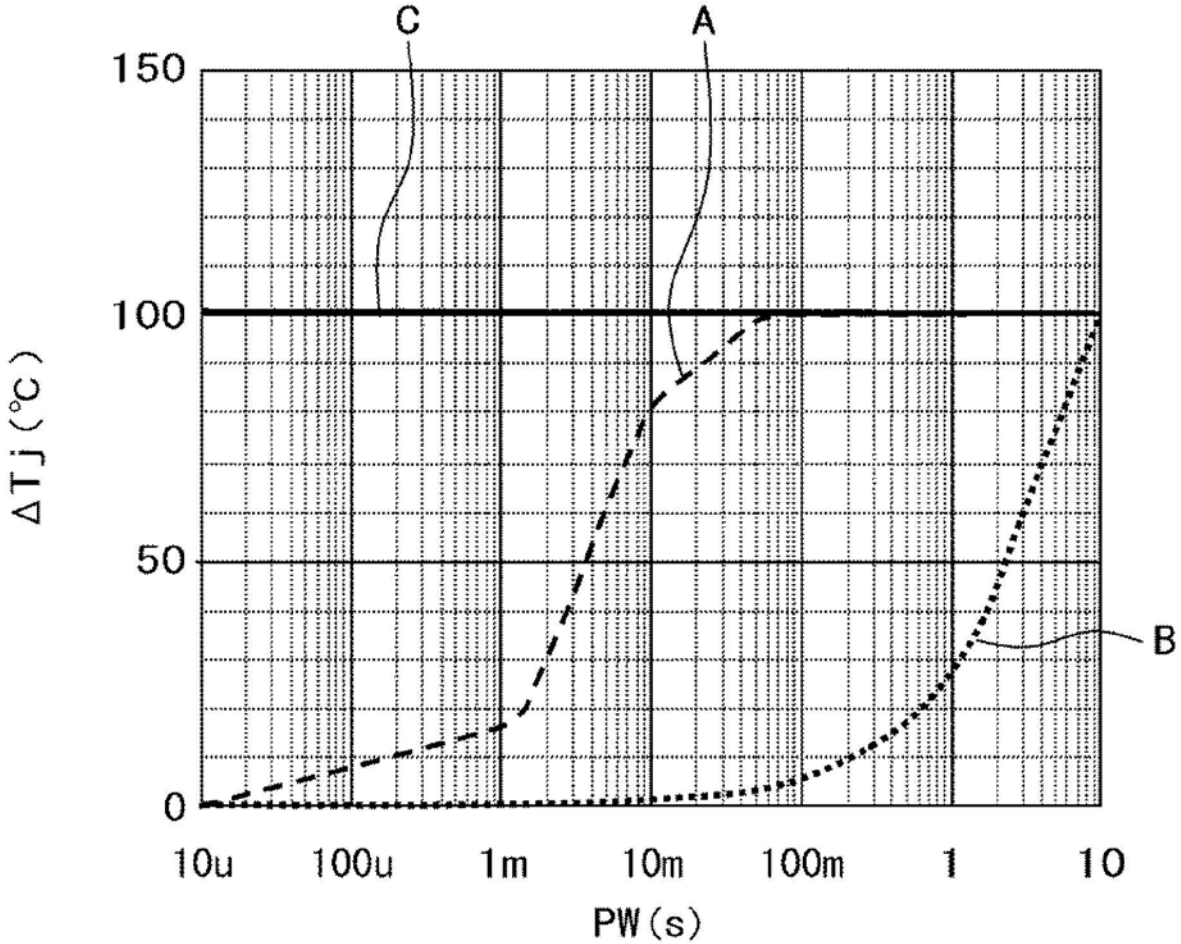


图36

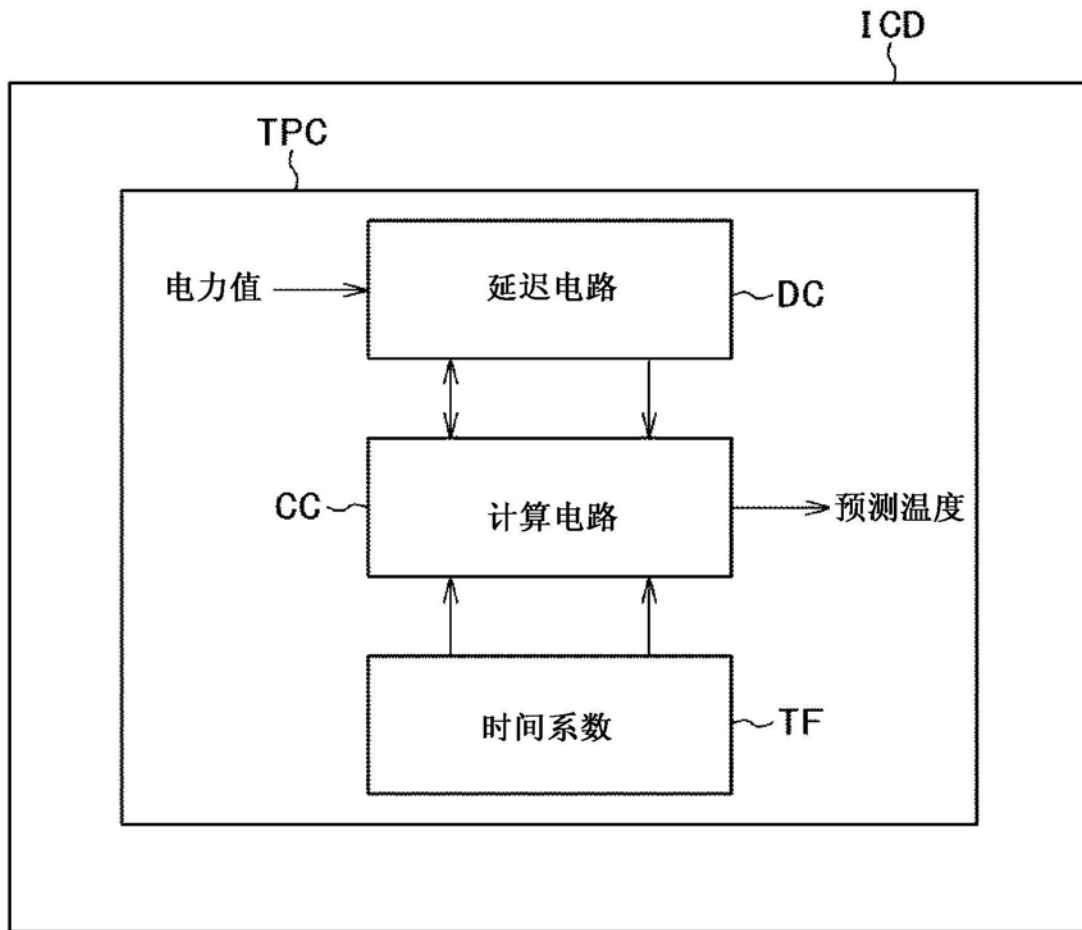


图37