



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103081332 B

(45) 授权公告日 2016. 06. 01

(21) 申请号 201080068993. 6

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2010. 09. 09

H02M 7/487(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

(56) 对比文件

2013. 03. 07

JP 特开 2003-134823 A, 2003. 05. 09,

(86) PCT国际申请的申请数据

WO 2010/056777 A1, 2010. 05. 20,

PCT/JP2010/065561 2010. 09. 09

WO 2010/073635 A1, 2010. 07. 01,

(87) PCT国际申请的公布数据

CN 1664522 A, 2005. 09. 07,

W02012/032642 JA 2012. 03. 15

审查员 盛敏

(73) 专利权人 三菱电机株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 中岛幸夫

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 张鑫

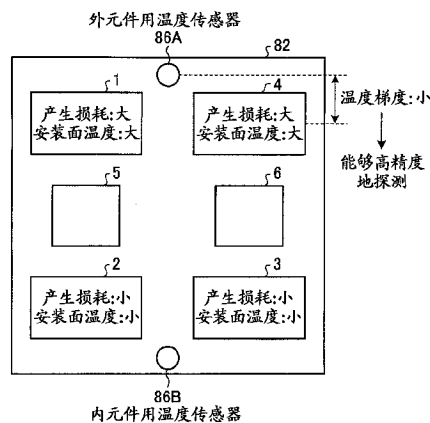
权利要求书2页 说明书8页 附图9页

(54) 发明名称

功率半导体模块、电力转换装置及铁路车辆

(57) 摘要

在适用于铁路车辆用的 3 电平电力转换装置的功率半导体模块中, 开关元件(1~4) 及箝位二极管(5、6) 由宽带隙半导体形成, 在元件基板(82) 的一侧, 开关元件(1)、箝位二极管(5) 及开关元件(2) 按照该顺序沿着冷却风的流动方向纵列配置, 在元件基板(82) 的另一侧, 开关元件(4)、箝位二极管(6) 及开关元件(3) 按照该顺序沿着冷却风的流动方向纵列配置, 外元件用温度传感器(86A) 被配置在开关元件(1、4) 周边的附近区域中的元件基板(82) 的边部侧, 内元件用温度传感器(86B) 被配置在开关元件(2、3) 周边的附近区域中的元件基板(82) 的边部侧, 开关元件(1~4)、箝位二极管(5、6)、外元件用温度传感器(86A) 及内元件用温度传感器(86B) 被收容在一个模块内而构成。



1. 一种适用于铁路车辆用的3电平电力转换装置的空冷式的功率半导体模块,其特征  
在于,具有:

第1、第2开关元件,该第1、第2开关元件按照该顺序在高电位侧直流端子和交流端子之  
间串联连接,且受通断控制而进行动作;

第3、第4开关元件,该第3、第4开关元件按照该顺序在所述交流端子和低电位侧直流端  
子之间串联连接,且受通断控制而进行动作;

第1箝位二极管,该第1箝位二极管的负极端子与所述第1、第2开关元件的相互连接点  
连接,正极端子与直流中间端子连接;

第2箝位二极管,该第2箝位二极管的负极端子与所述直流中间端子连接,正极端子与  
所述第3、第4开关元件的相互连接点连接;

第1温度继电器,该第1温度继电器探测所述第1及第4开关元件的过温度;以及

第2温度继电器,该第2温度继电器探测所述第2及第3开关元件的过温度,

所述第1~第4开关元件及所述第1、第2箝位二极管由宽带隙半导体形成,

在元件基板的一侧,所述第1开关元件、所述第1箝位二极管及所述第2开关元件按照该  
顺序沿着用于空气冷却而流动前进的冷却风的流动方向纵列配置,

在所述元件基板的另一侧,所述第4开关元件、所述第2箝位二极管及所述第3开关元件  
按照该顺序沿着所述冷却风的流动方向纵列配置,

所述第1温度继电器被配置在所述第1、第4开关元件周边的附近区域中的所述元件基  
板的边部侧,

所述第2温度继电器被配置在所述第2、第3开关元件周边的附近区域中的所述元件基  
板的边部侧,

所述第1~第4开关元件、所述第1、第2箝位二极管及所述第1、第2温度继电器,被收容  
在一个模块内而构成。

2. 如权利要求1所述的功率半导体模块,其特征  
在于,

所述第1温度继电器,被配置在到所述第1开关元件和所述第4开关元件的距离相等  
的位置;

所述第2温度继电器,被配置在到所述第2开关元件和所述第3开关元件的距离相等  
的位置。

3. 如权利要求1或2所述的功率半导体模块,其特征  
在于,

所述宽带隙半导体,是使用碳化硅、氮化镓类材料或金刚石的半导体。

4. 一种电力转换装置,是空冷式的电力转换装置,其特征  
在于,

具有多组支线,这些支线具备:

第1、第2开关元件,该第1、第2开关元件按照该顺序在高电位侧直流端子和交流端子之  
间串联连接,且受通断控制而进行动作;

第3、第4开关元件,该第3、第4开关元件按照该顺序在所述交流端子和低电位侧直流端  
子之间串联连接,且受通断控制而进行动作;

第1箝位二极管,该第1箝位二极管的负极端子与所述第1、第2开关元件的相互连接点  
连接,正极端子与直流中间端子连接;

第2箝位二极管,该第2箝位二极管的负极端子与所述直流中间端子连接,正极端子与

所述第3、第4开关元件的相互连接点连接；

第1温度继电器，该第1温度继电器探测所述第1及第4开关元件的过温度；以及

第2温度继电器，该第2温度继电器探测所述第2及第3开关元件的过温度，

所述第1～第4开关元件及所述第1、第2箝位二极管由宽带隙半导体形成，

在元件基板的一侧，所述第1开关元件、所述第1箝位二极管及所述第2开关元件按照该顺序沿着用于空气冷却而流动前进的冷却风的流动方向纵列配置，

在所述元件基板的另一侧，所述第4开关元件、所述第2箝位二极管及所述第3开关元件按照该顺序沿着所述冷却风的流动方向纵列配置，

所述第1温度继电器被配置在所述第1、第4开关元件周边的附近区域中的所述元件基板的边部侧，

所述第2温度继电器被配置在所述第2、第3开关元件周边的附近区域中的所述元件基板的边部侧，

所述第1～第4开关元件、所述第1、第2箝位二极管及所述第1、第2温度继电器，按每个所述支线被收容在一个模块内而构成。

5. 一种铁路车辆，具备将输入的直流电压或交流电压转换成所需的交流电压后输出的空冷式的电力转换装置、和接受来自所述电力转换装置的电力供给后驱动车辆的电动机，所述铁路车辆的特征在于：

所述电力转换装置具有多组支线，这些支线具备：

第1、第2开关元件，该第1、第2开关元件按照该顺序在高电位侧直流端子和交流端子之间串联连接，且受通断控制而进行动作；

第3、第4开关元件，该第3、第4开关元件按照该顺序在所述交流端子和低电位侧直流端子之间串联连接，且受通断控制而进行动作；

第1箝位二极管，该第1箝位二极管的负极端子与所述第1、第2开关元件的相互连接点连接，正极端子与直流中间端子连接；

第2箝位二极管，该第2箝位二极管的负极端子与所述直流中间端子连接，正极端子与所述第3、第4开关元件的相互连接点连接；

第1温度继电器，该第1温度继电器探测所述第1及第4开关元件的过温度；以及

第2温度继电器，该第2温度继电器探测所述第2及第3开关元件的过温度，

所述第1～第4开关元件及所述第1、第2箝位二极管由宽带隙半导体形成，

在元件基板的一侧，所述第1开关元件、所述第1箝位二极管及所述第2开关元件按照该顺序沿着用于空气冷却而流动前进的冷却风的流动方向纵列配置，

在所述元件基板的另一侧，所述第4开关元件、所述第2箝位二极管及所述第3开关元件按照该顺序沿着所述冷却风的流动方向纵列配置，

所述第1温度继电器被配置在所述第1、第4开关元件周边的附近区域中的所述元件基板的边部侧，

所述第2温度继电器被配置在所述第2、第3开关元件周边的附近区域中的所述元件基板的边部侧，

所述第1～第4开关元件、所述第1、第2箝位二极管及所述第1、第2温度继电器，按每个所述支线被收容在一个模块内而构成。

## 功率半导体模块、电力转换装置及铁路车辆

### 技术领域

[0001] 本发明涉及例如可以在铁路车辆中应用的电力转换装置,更详细地说,涉及适宜这种电力转换装置的功率半导体模块。

### 背景技术

[0002] 作为铁路车辆用的电力转换装置,种类甚多。例如在像新干线这样需要大功率的用途中,往往使用以3电平的电压电平动作的3电平电力转换装置。作为与具有中性点的直流电压电路的两个端子连接的1臂(1支线)的结构,3电平电力转换装置采用下述结构:在将二极管反并联连接而成的4个开关元件(第1~第4开关元件)串联连接的同时,还将第2、第3开关元件的连接点与直流电压源的中性点连接,进而将串联连接的两个箝位二极管的各端与第1、第2开关元件的连接点和第3、第4开关元件的连接点连接,并将两个箝位二极管的连接点与直流电压源的中性点连接(例如专利文献1)。

[0003] 在3电平电力转换装置中,由于输出电流比较大,而且从整个电力转换装置上看的开关次数也增加,所以开关元件整体的发热量也增大。因此在3电平电力转换装置中,大多采用冷却能力高的结构,使用被称作沸腾冷却的手法,例如将氟里昂替代物之一的全氟化碳(通常称作“Fluorinert”)作为致冷剂使用进行冷却。

[0004] 专利文献1:日本特开平10-210759号公报。

[0005] 可是最近,人们认为不仅氟里昂,而且氟里昂的替代物也严重地影响着环境,出现了限制使用它的活动。特别是在欧洲,已经在强化限制的方向上达成了共识,将来还一定会出现使用氟里昂替代物的电力转换装置根本不能够投付使用的状况。此外,作为使用氟里昂替代物的沸腾冷却装置的替代措施,人们想出了使用纯水的冷却导热管装置,以及只具有简单的散热机构的降温装置等。

[0006] 另外,作为最近的技术动向,将高耐压及低损耗的元件,而且能够以大电流在高温及高频中动作的SiC(碳化硅)作为基体的半导体(以下称作“SiC半导体”)令人瞩目。使用该SiC半导体构成电力转换装置时,由于能够在高温中动作,所以是特别有利于简化冷却器的结构的材料。因此,从简化冷却器这一观点上说,使用SiC半导体就成为众望所归。

[0007] 可是,将SiC半导体应用于3电平电力转换装置这种高输出的电力转换装置时,事情却并没有那么简单。这是因为将3电平电力转换装置作为铁路车辆用使用时,铁路车辆特有的动作样态即在牵引时和再生时,各开关元件的发热量相差较大,开关元件的安装面中的温度梯度变得极大的缘故,其中牵引是指使电动机进行驱动动作,将铁路车辆加速的情况,再生是指使电动机进行再生动作,将铁路车辆减速的情况。

[0008] 在这里,使用沸腾冷却装置时,由于各开关元件的安装面中的温度梯度在强有力的冷却功能的作用下变小,所以利用过温度传感器进行的过温度控制也变得容易起来。

[0009] 另一方面,例如采用降温装置等简单的散热机构时,由于开关元件的安装面中的温度分布随着电力转换装置的动作样态而变,所以需要在过温度控制上想新的办法。不过,电力转换装置的动作样态取决于各种运转条件及动作环境,不能够在装置侧进行控制。因

此,难以在短时间内正确地推断开关元件的安装面的温度分布。另外,使用SiC半导体时,由于可以在比以往高的温度中动作,所以还需要考虑到发热量比以往大得多的情况。这样,作为3电平电力转换装置的开关元件使用SiC半导体,而且采用简单的散热机构时,单纯地应用现有手法远远不够,要求开发包含元件及温度传感器在内的新的元件配置。

### 发明内容

[0010] 本发明考虑上述的现有问题而构思,其目的在于提供宜于在简化了冷却器的3电平电力转换装置中应用的功率半导体模块。

[0011] 另外,本发明的目的还在于提供具备上述那种功率半导体模块的电力转换装置及具备上述那种电力转换装置的铁路车辆。

[0012] 为了解决上述课题并达到上述目的,本发明涉及的功率半导体模块,适用于铁路车辆用的3电平电力转换装置,所述功率半导体模块的特征在于,具有:第1、第2开关元件,该第1、第2开关元件按照该顺序在高电位侧直流端子和交流端子之间串联连接,且受通断控制而进行动作;第3、第4开关元件,该第3、第4开关元件按照该顺序在所述交流端子和低电位侧直流端子之间串联连接,且受通断控制而进行动作;第1箝位二极管,该第1箝位二极管的负极端子与所述第1、第2开关元件的相互连接点连接,正极端子与直流中间端子连接;第2箝位二极管,该第2箝位二极管的负极端子与所述直流中间端子连接,正极端子与所述第1、第2开关元件的相互连接点连接;第1温度继电器,该第1温度继电器探测所述第1及第2开关元件的过温度;以及第2温度继电器,该第2温度继电器探测所述第3及第4开关元件的过温度,所述第1~第4开关元件及所述第1、第2箝位二极管由宽带隙半导体形成,在元件基板的一侧,所述第1开关元件、所述第1箝位二极管及所述第2开关元件按照该顺序沿着冷却风的流动方向纵列配置,在所述元件基板的另一侧,所述第4开关元件、所述第2箝位二极管及所述第3开关元件按照该顺序沿着所述冷却风的流动方向纵列配置,所述第1温度继电器被配置在所述第1、第4开关元件周边的附近区域中的所述元件基板的边部侧,所述第2温度继电器被配置在所述第2、第3开关元件周边的附近区域中的所述元件基板的边部侧,所述第1~第4开关元件、所述第1、第2箝位二极管及所述第1、第2温度继电器,被收容在一个模块内而构成。

[0013] 依据本发明,可以获得能够提供宜于在简化了冷却器的3电平电力转换装置中应用的功率半导体模块的效果。

### 附图说明

[0014] 图1是表示本发明的实施方式涉及的电力转换装置的简明的功能结构的图;

[0015] 图2是表示图1所示的1个相的支线中的各开关元件的详细结构的图;

[0016] 图3是简要地表示在搭载1个冷却器而成的元件基板上配置的4个开关元件及2个箝位二极管的配置的示意图;

[0017] 图4是表示采用运转模式1(例如再生动作)时的温度上升的情况的图;

[0018] 图5是表示采用运转模式2(例如牵引动作)时的温度上升的情况的图;

[0019] 图6是讲述外元件用温度传感器的配置位置的图;

[0020] 图7是讲述内元件用温度传感器的配置位置的图;

- [0021] 图8是表示元件基板上的布线区域的一个例子的图；
- [0022] 图9是表示特定的开关模式时的主电路电感回路的图；
- [0023] 图10是表示特定的开关模式时的与图9不同的主电路电感回路的图；
- [0024] 图11是表示特定的开关模式时的与图9及图10不同的主电路电感回路的图；
- [0025] 图12是表示特定的开关模式时的与图9、图10及图11不同的主电路电感回路的图；
- [0026] 图13是在本实施方式涉及的芯片配置图上表示第1、第2电感回路的图；
- [0027] 图14是在本实施方式涉及的芯片配置图上表示第3、第4电感回路的图；
- [0028] 图15是在作为比较例示出的芯片配置图上表示第1、第2电感回路的图；
- [0029] 图16是在作为比较例示出的芯片配置图上表示第3、第4电感回路的图。

### 具体实施方式

[0030] 首先,讲述本发明的实施方式涉及的电力转换装置。图1是表示本发明的实施方式涉及的电力转换装置的简要的功能结构的图,示出铁路车辆100搭载的电力转换装置90的一个构成例。如图1所示,电力转换装置90具备变频器电路70、具有中性点的直流电压电路75及逆变器电路80。此外,直流电压电路75具有串联连接的电容器7、8,由电容器7、8的各一端和电容器7、8的连接点形成3个电位端,变频器电路70及逆变器电路80作为3电平电力转换装置动作。

[0031] 在铁路车辆100中搭载着配置在电力转换装置90的输入端侧、与变频器电路70连接的电压器65,以及配置在电力转换装置90的输出端侧、与逆变器电路80连接、接受来自电力转换装置90的电力供给后驱动车辆的电动机66。此外,作为电动机66,既可以是感应电动机,也可以是同步电动机。

[0032] 变压器65的一次线圈的一端,经由集电装置62与架空线61连接,另一端经由车轮63与大地电位即轨道64连接。架空线61供给的电力,经由集电装置62输入变压器65的一次线圈,并且变压器65的二次线圈产生的电力输入变频器电路70。

[0033] 变频器电路70的结构包括:用开关元件11、12及箝位二极管15构成的U相正侧臂;用开关元件13、14及箝位二极管16构成的U相负侧臂;用开关元件21、22及箝位二极管25构成的V相正侧臂;用开关元件23、24及箝位二极管26构成的V相负侧臂。

[0034] 开关元件11、12、13、14按照该顺序串联连接,开关元件12、13的相互连接点与变压器65的一端连接。另外,箝位二极管15的负极端与开关元件11、12的相互连接点连接,箝位二极管15的正极端与直流电压电路75的中性点即电容器7、8的连接点或与该连接点电位相同的一端连接。

[0035] 负侧臂也同样构成,箝位二极管16的正极端与开关元件13、14的相互连接点连接,负极端与直流电压电路75的中性点(电容器7、8的连接点或与该连接点电位相同的一端,也可以是箝位二极管15的正极端)连接。

[0036] 这样,用开关元件11、12及箝位二极管15构成的U相正侧臂和用开关元件13、14及箝位二极管16构成的U相负侧臂,构成串联连接的电路部(支线)。该结构在V相正侧臂及V相负侧臂中也同样,在变频器电路70中构成具有2组(U相部分、V相部分)支线的单相电桥电路。

[0037] 变频器电路70对开关元件11~14及开关元件21~24进行PWM控制,从而将输入的

交流电压转换成所需的直流电压后向直流电压电路75输出。此外,关于对变频器电路70进行的PWM控制,由于它是众所周知的,所以在这里不再赘述。

[0038] 将电容器7、8产生的各直流电压作为输入、转换成为任意电压及任意频率的交流电压后输出的逆变器电路80,与直流电压电路75的输出端连接。

[0039] 逆变器电路80的支线结构也和变频器电路70同样,不同之处是支线的相数。就是说,逆变器电路80具备用开关元件31、32及箝位二极管35构成的U相正侧臂、用开关元件33、34及箝位二极管36构成的U相负侧臂、用开关元件41、42及箝位二极管45构成的V相正侧臂、用开关元件43、44及箝位二极管46构成的V相负侧臂、用开关元件51、52及箝位二极管55构成的W相正侧臂、用开关元件53、54及箝位二极管56构成的W相负侧臂。在逆变器电路80中,构成具有3组(U相部分、V相部分、W相部分)支线的3相电桥电路。

[0040] 逆变器电路80对开关元件31~34、开关元件41~44及开关元件51~54进行PWM控制,从而将输入的直流电压转换成所需的交流电压后向电动机66输出。此外,关于对于逆变器电路80进行的PWM控制,由于它是众所周知的技术,所以在这里不再赘述。

[0041] 图2是表示图1所示的1个相的支线中的各开关元件的详细结构的图,如图2所示,作为构成支线9的开关元件,例如开关元件1是将SiC作为基体的SiC-MOSFET92和将SiC作为基体的SiC-FWD(Fly Wheel Diode)94反并联连接的元件。另外,箝位二极管5也是用SiC基体形成的二极管(SiC-D)。此外,其它的开关元件2~4及箝位二极管6也同样,由这样构成的4个开关元件和2个箝位二极管构成1个相的支线。

[0042] 此外,图2所示的支线9也是作为功率模块的构成单位,开关元件1~4及箝位二极管5、6包含后文讲述的温度传感器,被收容在1个模块内地封装。这时,从开关元件2、3的连接点引出的端子形成交流端子即U端子,从开关元件1的漏极端引出的端子形成与直流电压电路的高电位侧连接的P端子(高电位侧直流端子),从开关元件4的源极端引出的端子形成与直流电压电路的低电位侧连接的N端子(低电位侧直流端子),从箝位二极管5、6的连接点引出的端子形成与直流电压电路的中性点连接的C端子(直流中间端子)。此外,虽然在图2中没有绘出,但是毫无疑义,后文讲述的2个温度传感器的输出端子也从模块内引出,和这些各端子一起构成模块的端子。

[0043] 图3是简要地表示在搭载1个冷却器而成的元件基板82上配置的4个开关元件及2个箝位二极管的配置的示意图,各开关元件的符号和各箝位二极管的符号与图2所示的符号对应。

[0044] 图3示出空冷用的冷却风,第1开关元件、第1箝位二极管及第2开关元件沿着冷却风的流动方向,按照该顺序纵列配置在元件基板82的一侧。另外,第4开关元件、第2箝位二极管及第3开关元件沿着冷却风的流动方向,按照该顺序纵列配置在元件基板82的另一侧。进而,对于该冷却风而言,开关元件1、4配置在上风头侧,开关元件2、3配置在下风头侧。不过,根据后文讲述的理由,这些配置关系也可以相反。就是说,也可以将开关元件1、4配置在冷却风的下风头侧,开关元件2、3配置在冷却风的上风头侧。

[0045] 在图3所示的元件配置中,富有特征的地方是就像与图2加以比较后能够理解的那样,电路构成和元件配置不同。此外,关于进行这种元件配置的情况,将在后文讲述。

[0046] 图4及图5是表示例如作为铁路车辆用而使用本实施方式的电力转换装置时设想的运转模式下产生的温度上升的情况的图,例如图4是采用运转模式1(例如再生动作)时产

生的温度上升的情况,图5是采用运转模式2(例如牵引动作)时产生的温度上升的情况。此外,这些元件基板82是搭载于变频器电路70及逆变器电路80而构成1个支线的元件基板中搭载于逆变器电路80的元件基板的一个示例。

[0047] 在图4中,采用运转模式1时,开关元件1、4产生的损耗较大,开关元件2、3产生的损耗较小。就是说,构成1个支线的4个开关元件中,配置在支线外侧的开关元件(以下称作“外元件”)产生的损耗大于配置在支线内侧的开关元件(以下称作“内元件”)。这样,安装各开关元件的部分的温度(以下称作“安装面温度”),外元件就大于内元件。

[0048] 另一方面,采用运转模式2时,如图5所示,开关元件2、3产生的损耗较大,开关元件1、4产生的损耗较小。就是说,与图4的情况相反,内元件产生的损耗大于外元件产生的损耗,内元件的安装面温度大于外元件的安装面温度。

[0049] 因此,在本实施方式的电力转换装置中,如图6及图7所示,在外元件的开关元件1、4的附近区域配置一个温度传感器(外元件用温度传感器86A),同时还在内元件的开关元件2、3的附近区域配置另一个温度传感器(内元件用温度传感器86B)。此外,如果在到开关元件1、4的距离大致相等的位置配置外元件用温度传感器86A,那么该位置中的来自开关元件1的温度梯度和来自开关元件4的温度梯度就大致相等,所以能够高精度地检测出这些开关元件1、4的温度。内元件用温度传感器86B也同样,在到开关元件2、3的距离大致相等的位置配置后,就能够高精度地检测出开关元件2、3的温度。

[0050] 如上所述,本实施方式的电力转换装置推出了作为铁路车辆用使用3电平电力转换装置,且作为各开关元件使用SiC半导体,而且采用降温装置之类简单的散热机构的方法。因此,各开关元件的动作随着铁路车辆特有的动作样态的不同而不同,从整个元件基板上看的元件基板上的温度梯度变大。

[0051] 不过,采用运转模式1时,如图6所示,可以利用外元件用温度传感器86A高精度地探测出发生损耗较大、安装面温度较高的开关元件1、4(即外元件)的温度上升。这是因为外元件用温度传感器86A配置在开关元件1、4的附近,外元件用温度传感器86A和开关元件1、4之间的温度梯度较小的缘故。

[0052] 另一方面,采用运转模式2时,如图7所示,可以利用内元件用温度传感器86B高精度地探测出发生损耗较大、安装面温度较高的开关元件2、3(即内元件)的温度上升。因为内元件用温度传感器86B配置在开关元件2、3的附近,所以内元件用温度传感器86B和开关元件2、3之间的温度梯度较小,和采用运转模式1时同样,能够高精度地探测出开关元件2、3的温度上升。此外,关于利用这些外元件用温度传感器86A及内元件用温度传感器86B所进行的过温度控制,例如可以视为使用两者的逻辑和输出的处理。就是说,外元件用温度传感器86A及内元件用温度传感器86B中的至少一个探测到过温度时,就可以进行模块整体的过温度控制。

[0053] 接着,讲述这些外元件用温度传感器86A及内元件用温度传感器86B。温度传感器既有像温度继电器那样地探测成为设定值的情况后开闭接点的传感器,也有像热敏电阻那样地能够检测出温度本身的传感器。本实施方式设想的温度传感器的类型为前者。被外元件用温度传感器86A及内元件用温度传感器86B设定的设定值,在考虑检测对象的开关元件和传感器位置之间产生的温度梯度后设定。不过,在本实施方式的电力转换装置中,因为在和检测对象的开关元件之间产生的温度梯度较小的位置配置各温度传感器,所以在偏离所



需的温度值的温度中动作的概率极低。

[0054] 此外,外元件用温度传感器86A及内元件用温度传感器86B的各设定值不必相同,甚至可以说通常不同。只要考虑冷却风的大小、冷却风的方向、与电力转换装置的动作样态对应的开关元件的温度上升模式等后决定这些设定值即可。从这个意义上说,开关元件1、4或开关元件2、3中的某一个开关元件可以位于冷却风的上风头。

[0055] 图8是表示元件基板82上的布线区域的一个例子的图。在图8中,将开关元件间的连接布线及开关元件和箝位二极管的连接布线等配置在用剖面线表示的布线区域84中。因此,在制造上难以将温度传感器配置在布线区域84中。在图6及图7中,之所以将外元件用温度传感器86A配置在外元件(开关元件1、4)周边的附近区域中元件基板82的边部侧,其理由就在于此。对于内元件用温度传感器86B也同样,配置在内元件(开关元件2、3)周边的附近区域中元件基板82的边部侧。

[0056] 此外,从图8中可知,箝位二极管5的左侧(边部侧)的区域及箝位二极管6的右侧(边部侧)的区域未包含在布线区域内,所以可以考虑在这些区域配置温度传感器。不过,由于在图4及图5所示的电力转换装置的动作样态中,开关元件1和开关元件2的安装面温度不同,所以不理想。例如在到开关元件1和开关元件2的距离大致相等的位置(箝位二极管5的左侧的区域)配置温度传感器时,由于检测出两者的平均值附近的温度,所以难以正确地推断开关元件1、2的安装面温度。不过。当开关元件1和开关元件2的安装面温度同时上升/下降时,该区域反而成为配置温度传感器的理想区域。

[0057] 作为使用SiC半导体时的注意事项,讲述了可以在高温中动作的SiC半导体发热量远远大于以往的元件的情况。但是,SiC半导体的元件的动作速度大于Si半导体,这也是不容忽视的事实。已有文献指出:在像3电平电力转换装置那样地将开关元件串联连接后驱动的情况下,开关元件关断时,由于起因于主电路电感(L)及电流的变化率( $di/dt$ )而产生的浪涌电压的作用,超过额定值的电压被施加给特定的开关元件,有可能带来元件的损坏。因此,在3电平电力转换装置的开关元件中使用SiC半导体时,与其它的电力转换装置相比,要求降低主电路电感。

[0058] 图9~图12是讲述主电路电感的影响的图,绘出3电平逆变器中的主电路电感回路。在这里,图9是通过开关元件1及箝位二极管5的第1电感回路。以下同样,图10是通过开关元件1、开关元件2、开关元件3及箝位二极管6的第2电感回路,图11是通过开关元件4及箝位二极管6的第3电感回路,图12是通过开关元件4、开关元件3、开关元件2及箝位二极管5的第4电感回路。此外,这些第1~第4电感回路表示特定的开关模式中的反电动势( $L \cdot di/dt$ )的产生路径,不表示特定的开关模式中的电流路径。

[0059] 接着,讲述图9~图12所示的电感回路和本实施方式涉及的各开关元件及箝位二极管的芯片配置的关系。

[0060] 图13是在本实施方式涉及的芯片配置图上表示第1、第2电感回路的图。在图13中,用粗实线表示的箭头是第1电感回路涉及的芯片间的路径,用粗虚线表示的箭头是第2电感回路涉及的芯片间的路径。由于各电感回路中的电感分量与回路长度成正比,所以可知这些第1、第2电感回路中的L分量被设定为在芯片间成为最小值。

[0061] 另外,图14是在本实施方式涉及的芯片配置图上表示第3、第4电感回路的图。在图14中,用粗实线表示的箭头是第3电感回路涉及的芯片间的路径,用粗虚线表示的箭头是第

4电感回路涉及的芯片间的路径。仔细观察用粗实线表示的第3电感回路,可知该回路中的芯片间的回路长度比图13所示的第1电感回路中的芯片间的回路长度长。不过,用记号“○”表示的部位是成为折回的部分,这些部分的电感分量被抵消。因此可知:第3电感回路中的电感分量实质上成为只用记号“□”表示的部分,第3电感回路中的L分量被设定为在可能的范围内变小。该作用在第4电感回路中也同样,第4电感回路中的L分量也被设定为在可能的范围内变小。

[0062] 此外,图15及图16是作为比较例绘出的芯片配置图,肉眼看上去和图2等所示的电路图一样地配置构成1支线的4个开关元件及两个箝位二极管。

[0063] 首先,在图15中,用粗实线表示的箭头是第1电感回路涉及的芯片间的路径,用粗虚线表示的箭头是第2电感回路涉及的芯片间的路径。与图13加以比较后可知:第1、第2电感回路中的芯片间的回路长度中,图15所示的较长。因此可知:第1、第2电感回路中的L分量,在本实施方式中较小。

[0064] 然后,在图16中,用粗实线表示的箭头是第3电感回路涉及的芯片间的路径,用粗虚线表示的箭头是第4电感回路涉及的芯片间的路径。在图16中,在各电感回路中没有成为折回的那种部分。因此,与图14加以比较后可知:在与除了折回部分的回路长度的比较中,本实施方式中的较短,第3、第4电感回路中的L分量也是本实施方式中的较小。

[0065] 这样,依据本实施方式的电力转换装置,开关元件1~4及箝位二极管5、6用宽带隙半导体形成;开关元件1、箝位二极管5及开关元件2按照该顺序沿着冷却风的流动方向,纵列配置在元件基板82的一侧;开关元件4、箝位二极管6及开关元件3按照该顺序沿着冷却风的流动方向,纵列配置在元件基板82的另一侧;外元件用温度传感器86A被配置在开关元件1、4周边的附近区域中的元件基板82的边部侧;内元件用温度传感器86B被配置在开关元件2、3周边的附近区域中的元件基板82的边部侧;并且开关元件1~4、箝位二极管5、6和外元件用温度传感器86A及内元件用温度传感器86B被收容在一个模块内而构成。因此,能够获得宜于在简化了冷却器的3电平电力转换装置中应用的功率半导体模块的效果。

[0066] 此外,图4及图5是表示在被逆变器电路80搭载的1个支线的元件基板82中的温度上升的情况的图,逆变器电路80搭载的元件基板82中的温度上升,与逆变器电路80的温度上升成为相反的模式。就是说,逆变器电路80搭载的元件基板82中的温度上升如果是图4所示的状态,那么变频器电路70搭载的元件基板82中的温度上升就成为图5所示的状态。反之,逆变器电路80搭载的元件基板82中的温度上升如果是图5所示的状态,那么变频器电路70搭载的元件基板82中的温度上升就成为图4所示的状态。因此,本实施方式涉及的手法能够不区别逆变器电路、变频器电路地应用。

[0067] 此外,在本实施方式中,由于作为开关元件使用SiC-MOSFET,作为与开关元件反并联连接的二极管(FWD)使用SiC-FWD,所以还能够使芯片厚度变薄,能够获得可以使芯片尺寸小型化的效果。

[0068] 另外,使用SiC-FWD时,因为能够降低导通电压,所以还能够获得大幅度降低恢复损耗的效果。此外,作为FWD,例如使用SiC基体的肖特基势垒二极管(SiC-SBD)的情况下,能够获得可以进一步降低恢复损耗的效果。

[0069] 因此,使用SiC-MOSFET及SiC-FWD时,即使削减芯片尺寸,也能够获得可以一边抑制温度上升一边降低损耗的效果。

[0070] 此外, SiC半导体是被称作宽带隙半导体的一个半导体例子, 除了该SiC半导体以外, 例如使用氮化镓类材料或金刚石形成的半导体也属于宽带隙半导体。因此, 使用SiC半导体以外的其它宽带隙半导体的结构也成为本发明的要点。

[0071] 另外, 以上实施方式所示的结构是本发明的结构的一个例子, 毫无疑问, 可以和别的众所周知的技术组合, 还可以在不超出本发明的要点的范围内省略一部分等, 变更而构成。

[0072] 进而, 在本实施方式中, 将假设在铁路车辆中应用的功率半导体模块作为对象讲述了发明内容, 但是毫无疑问, 适用范围并不局限于此, 可以在各种产业中应用。

[0073] 产业上的利用可能性

[0074] 综上所述, 本发明涉及的功率半导体模块在简化了冷却器的3电平电力转换装置中大有用处。

[0075] 符号说明

[0076] 1~4、11~14、21~24、31~34、41~44、51~54 开关元件; 5、6、15、16、25、26、35、36、45、46、55、56 箝位二极管; 7、8 电容器; 9 支线; 61 架空线; 62 集电装置; 63 车轮; 64 轨道; 65 变压器; 66 电动机; 70 变频器电路; 75 直流电压电路; 80 逆变器电路; 82 元件基板; 84 布线区域; 86A 外元件用温度传感器; 86B 内元件用温度传感器; 90 电力转换装置; 100 铁路车辆。

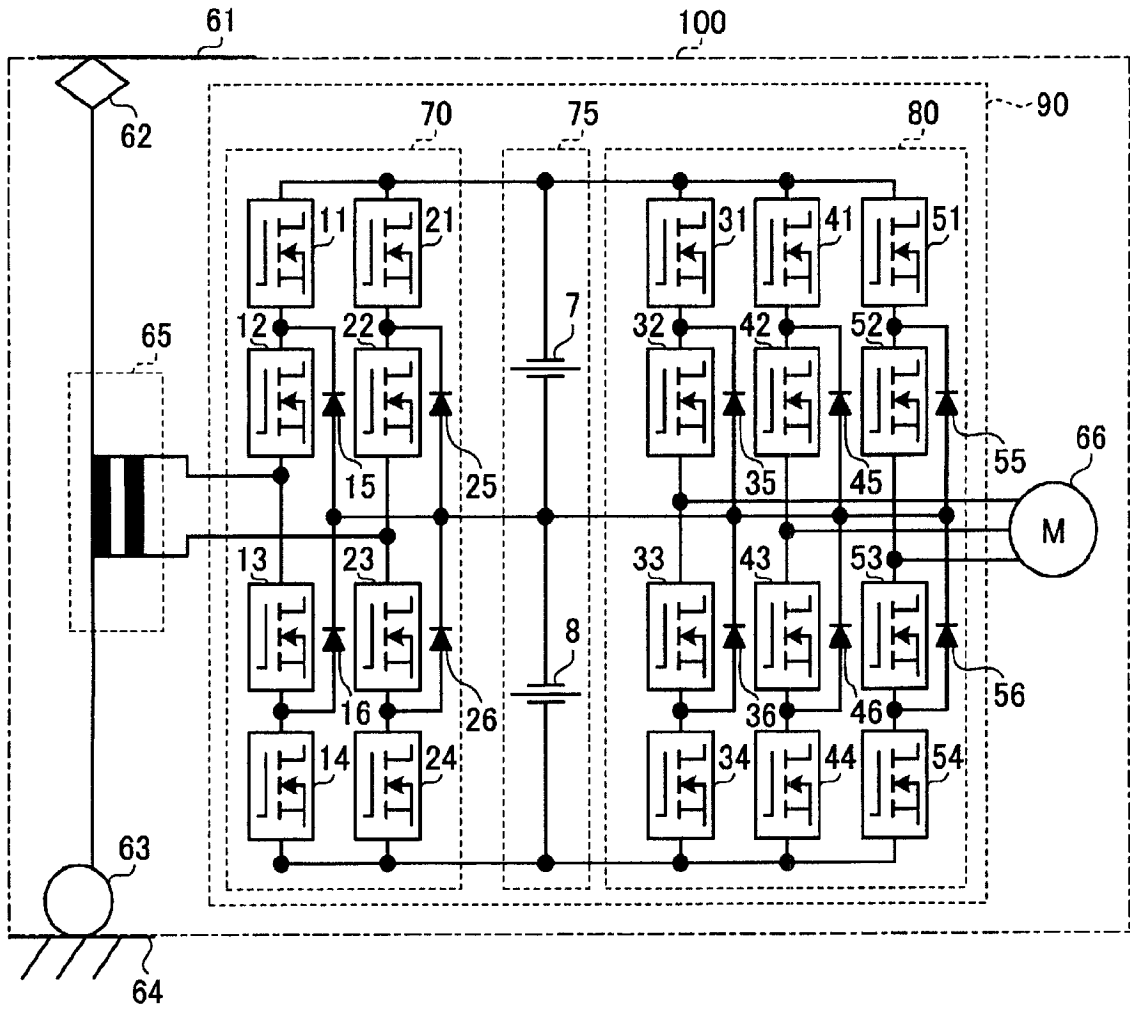


图 1

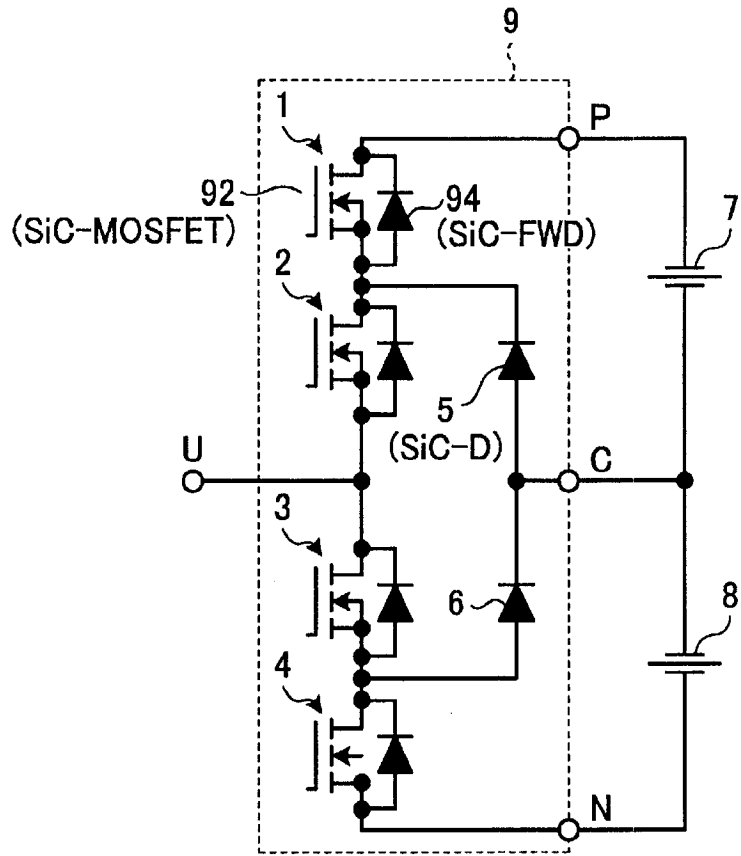


图 2

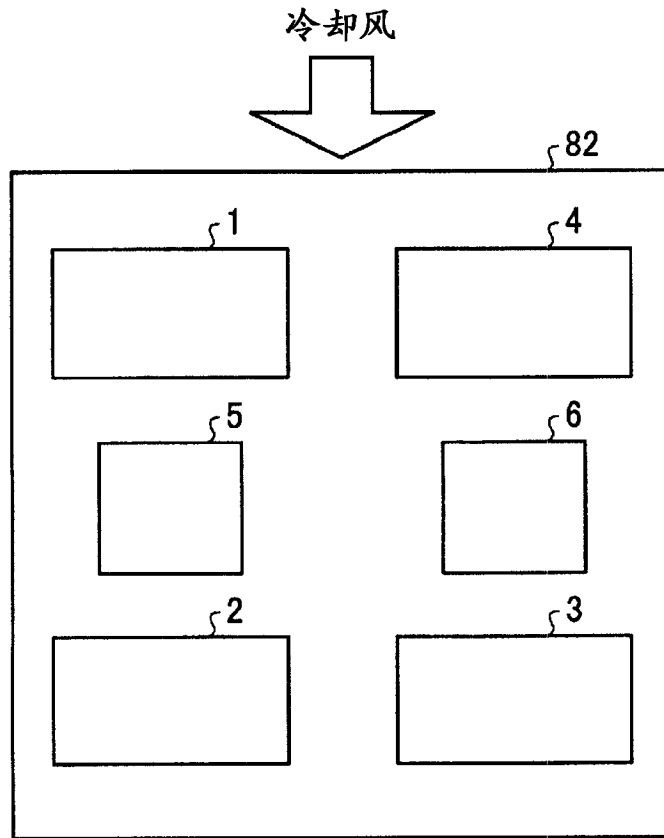


图 3

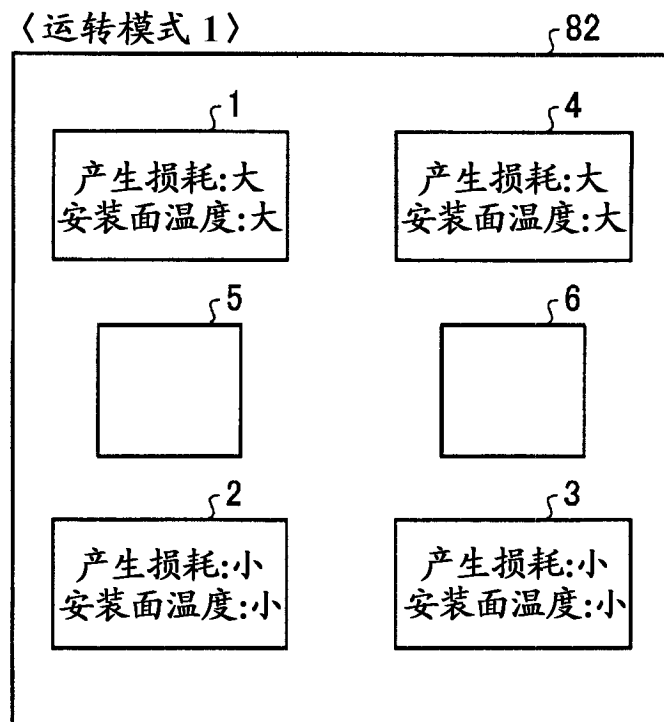


图 4

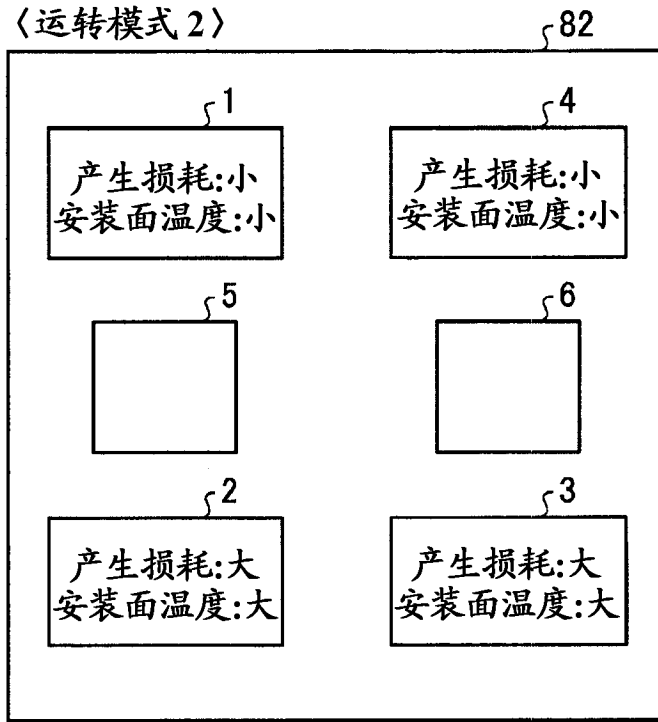


图 5

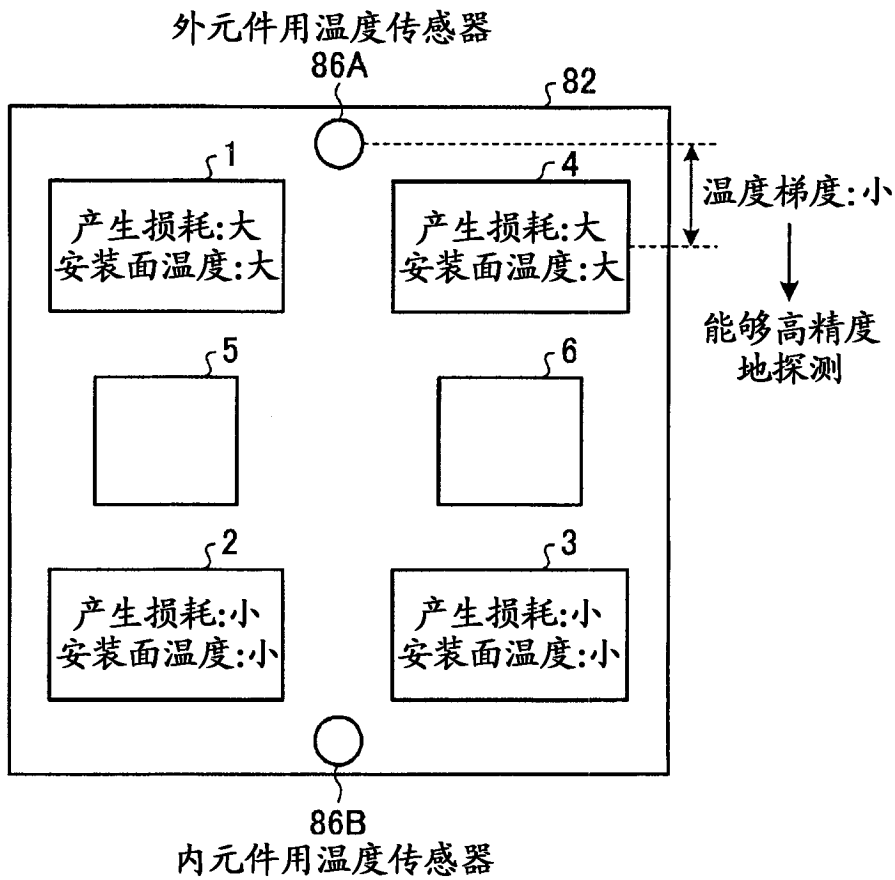


图 6

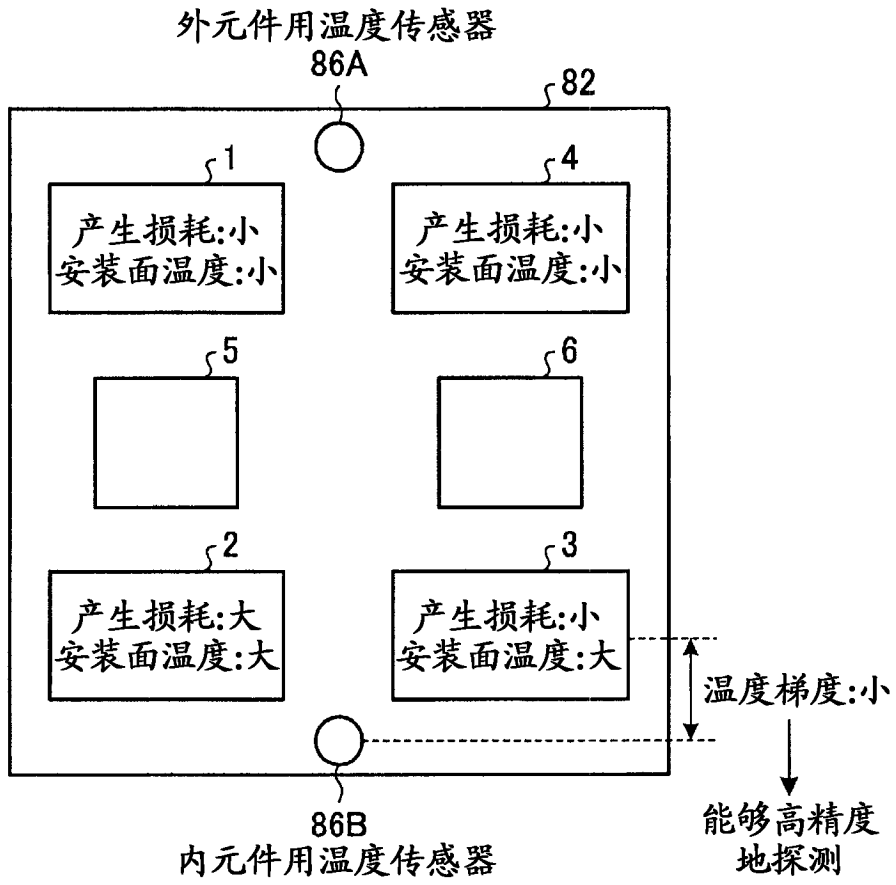


图 7



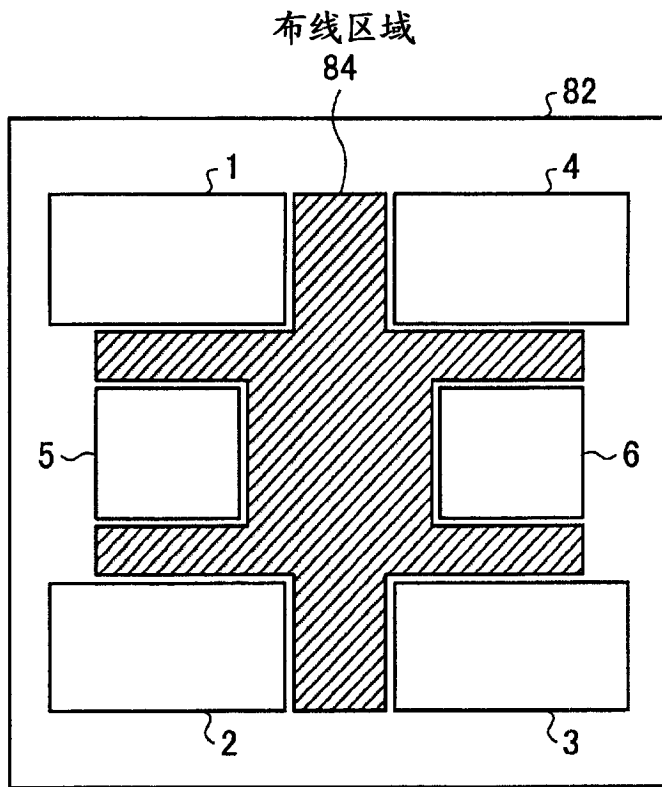


图 8

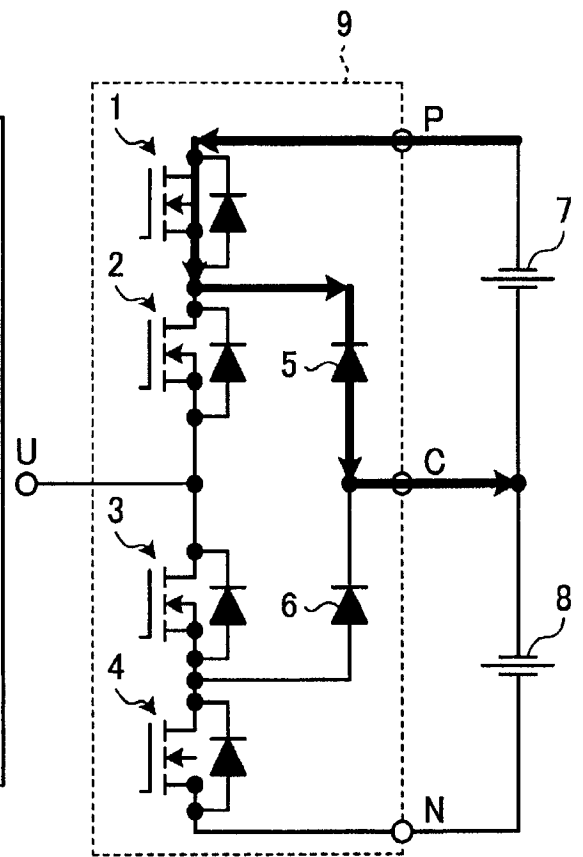


图 9



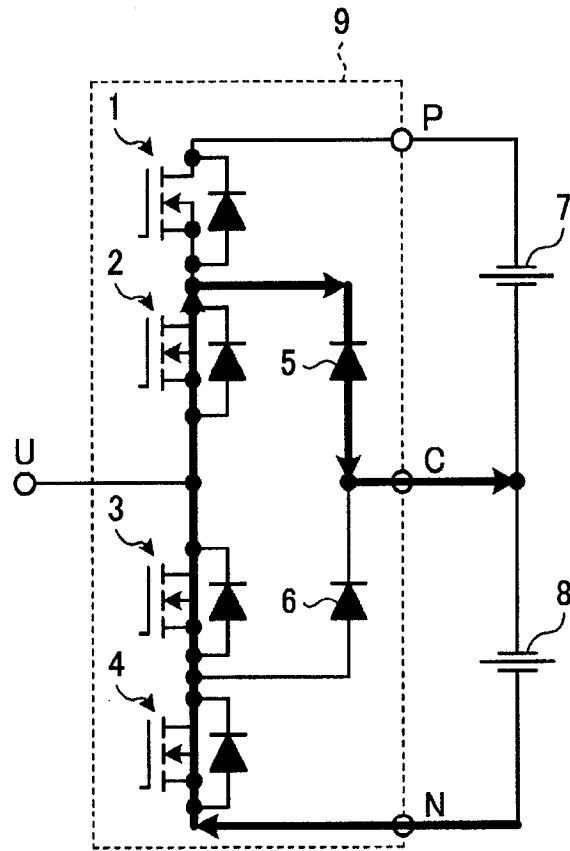


图 12

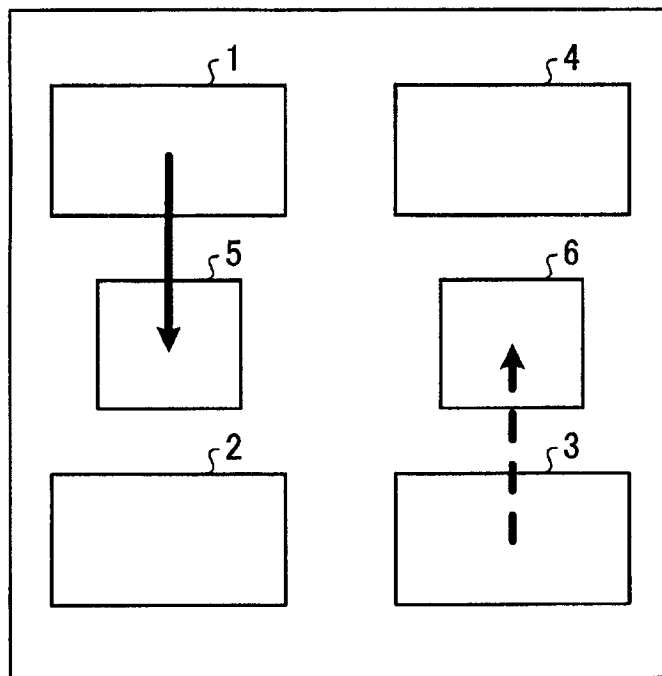


图 13

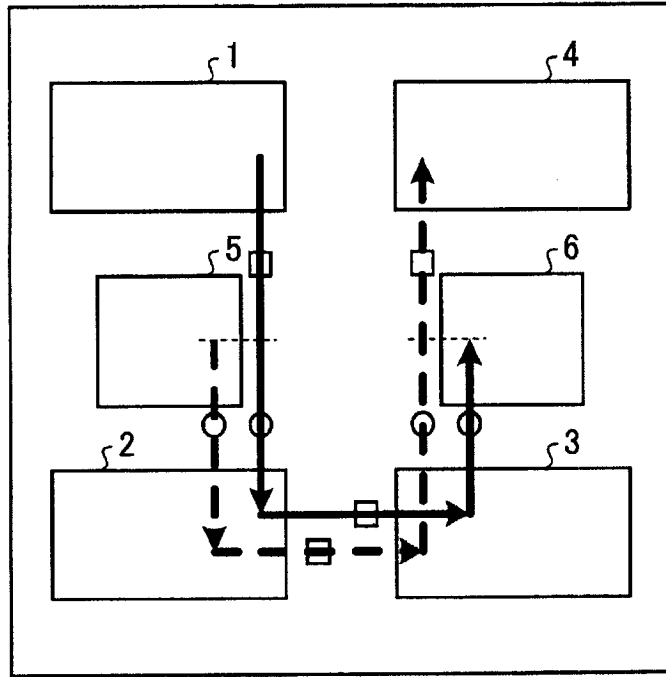


图 14

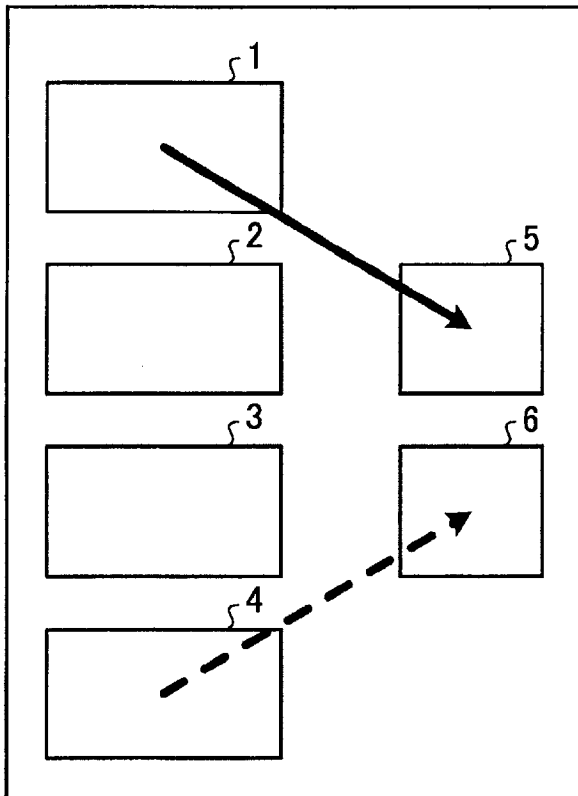


图 15

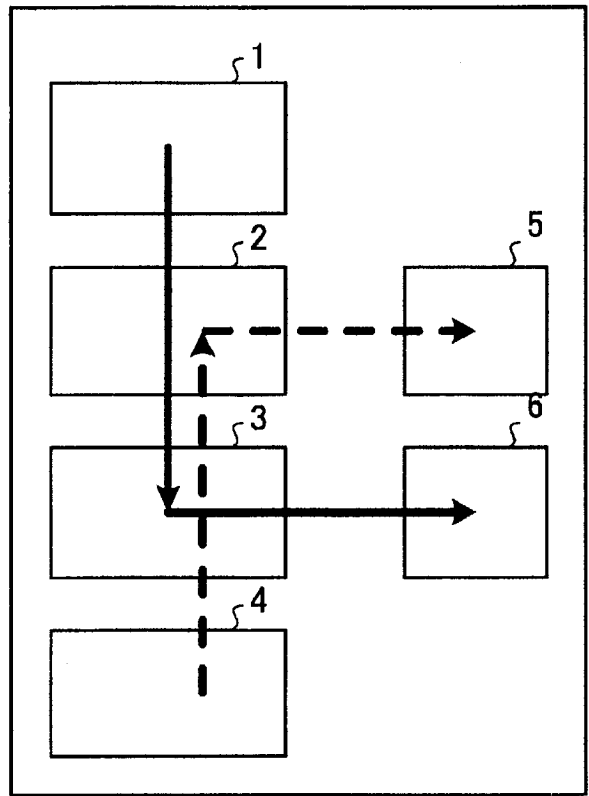


图 16