



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113348618 A

(43) 申请公布日 2021.09.03

(21) 申请号 201980089853.8

(74) 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限

(22) 申请日 2019.11.08

公司 11243

## (30) 优先权数据

2019-010637 2019.01.24 JP

代理人 范胜杰 曹鑫

## (85) PCT国际申请进入国家阶段日

2021.07.21

## (51) Int.CI.

H02M 9/02 (2006.01)

## (86) PCT国际申请的申请数据

H02M 1/34 (2006.01)

PCT/JP2019/043836 2019.11.08

H02M 3/155 (2006.01)

## (87) PCT国际申请的公布数据

H02M 3/28 (2006.01)

W02020/152947 JA 2020.07.30

H02M 7/537 (2006.01)

## (71) 申请人 株式会社京三制作所

地址 日本神奈川县

## (72) 发明人 让原逸男 安达俊幸 米山知宏

宫寄洸一

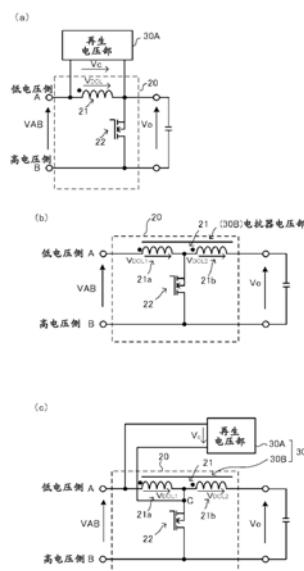
权利要求书2页 说明书14页 附图9页

## (54) 发明名称

直流脉冲电源装置

## (57) 摘要

本发明提供一种直流脉冲电源装置，具备：直流电源；脉冲部(20)，其通过与直流电源连接的升压斩波电路产生脉冲输出；以及电压叠加部(30A、30B)，其与升压斩波电路的直流电抗器连接。电压叠加部(30A、30B)将叠加电压量Vc、V<sub>DCL2</sub>叠加于升压斩波电路的输出电压。脉冲部(20)对通过电压叠加部(30A、30B)叠加了叠加电压量Vc、V<sub>DCL2</sub>的输出电压Vo进行脉冲输出。通过将叠加电压量叠加于升压斩波电路的脉冲输出，提高升压斩波电路的脉冲输出的输出电压。



1. 一种直流脉冲电源装置，具备直流电源、以及通过与所述直流电源连接的升压斩波电路产生脉冲输出的脉冲部，其特征在于，

所述直流脉冲电源装置具备与所述升压斩波电路的直流电抗器连接的电压叠加部，所述电压叠加部将叠加电压量叠加于脉冲输出。

2. 根据权利要求1所述的直流脉冲电源装置，其特征在于，

所述电压叠加部连接在所述升压斩波电路的直流电抗器的两端之间，

所述电压叠加部是由将所述直流电抗器的电抗器电压中的超过设定电压的电压量再生到所述直流电源的再生部构成的再生电压部，

所述叠加电压量是所述再生部的设定电压。

3. 根据权利要求2所述的直流脉冲电源装置，其特征在于，

所述再生部具备：

电容器，其与所述脉冲部的电抗器电压并联连接；

逆变器电路，其对所述电容器的电容器电压进行直流交流转换；

变压器，其对所述逆变器电路的交流电压进行变压；以及

整流器，其对所述变压器的交流电压进行整流，

所述再生部将所述设定电压作为所述电容器的两端电压，将超过该两端电压的电压量再生至所述直流电源，

所述再生部根据所述变压器的变压比改变所述叠加电压量。

4. 根据权利要求1所述的直流脉冲电源装置，其特征在于，

所述直流电抗器具备磁耦合的第二直流电抗器，

所述电压叠加部是由所述第二直流电抗器构成的电抗器电压部，

所述叠加电压量是第二直流电抗器的电压。

5. 根据权利要求4所述的直流脉冲电源装置，其特征在于，

所述直流电抗器的一端与所述直流电源的输出端连接，

所述第二直流电抗器的一端与所述脉冲部的输出端连接，

直流电抗器与第二直流电抗器的连接点连接于所述升压斩波电路的开关元件的源极侧，

根据直流电抗器与第二直流电抗器的匝数比，改变所述叠加电压量。

6. 根据权利要求1所述的直流脉冲电源装置，其特征在于，

所述电压叠加部具备：

再生电压部，其由连接在所述升压斩波电路的直流电抗器的两端之间，将直流电抗器的电抗器电压中的超过设定电压的电压量再生到上述直流电源的再生部构成；

电抗器电压部，其由与上述直流电抗器磁耦合的第二直流电抗器构成，

所述叠加电压量是所述再生电压部所具备的再生部的设定电压、以及电抗器电压部所具备的第二直流电抗器的电压。

7. 根据权利要求2、3、6中任一项所述的直流脉冲电源装置，其特征在于，

所述再生部的一端与所述脉冲部的低电压侧的输入端连接，将以所述低电压侧的电压为基准的直流电抗器的电抗器电压作为再生输入电压。

8. 根据权利要求4、5、6中任一项所述的直流脉冲电源装置，其特征在于，

所述直流电抗器和所述第二直流电抗器由带抽头的单匝变压器或多匝变压器构成。

## 直流脉冲电源装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及向负载供给脉冲输出的直流脉冲电源装置。

### 背景技术

[0002] 直流脉冲电源装置输出的脉冲输出是以几Hz～几百kHz反复进行直流电压的接通状态和断开状态的高频输出。

[0003] 直流脉冲电源装置被用作向等离子体产生用装置、脉冲激光激励、放电加工机等负载供给脉冲输出的电源装置。在将直流电源装置用于等离子体产生用装置的情况下，将脉冲输出供给到等离子体产生腔内的电极间，使由电极间的放电产生的等离子体点火，维持所产生的等离子体。

[0004] 图9中的(a)表示直流脉冲电源装置的一个结构例。已知在直流脉冲电源装置中作为产生脉冲波形的电路而具备升压斩波电路的结构。直流脉冲电源装置100由直流电源110和升压斩波电路120构成，将通过升压斩波电路120对直流电源110的直流电压进行升压而得的脉冲输出供给到负载130(专利文献1、2)。

[0005] 图9中的(b)表示升压斩波电路的结构例(专利文献3)。升压斩波电路120构成为在直流电源侧与负载侧之间串联连接电感器121，并对负载侧并联连接开关元件122，根据开关元件122的接通期间和断开期间的占空比而形成升压后的脉冲输出。在该接通/断开动作中，在电感器121的直流电抗器中蓄积了与接通期间的时间宽度对应的能量，根据蓄积能量形成升压后的振幅的脉冲输出。

[0006] 脉冲输出根据开关元件的接通/断开期间的占空比而确定升压的振幅，但有时由于开关元件122断开时产生的振动等而超过设定的振幅。

[0007] 已知如下结构：在由电抗器和开关元件的串联电路构成的升压斩波电路中，在开关元件Q<sub>1</sub>的两端连接电抗器L<sub>r</sub>、二极管D<sub>1</sub>和电容器C<sub>1</sub>的串联电路，在电抗器L<sub>r</sub>的两端连接构成有源箝位电路的开关元件Q<sub>2</sub>和电容器C<sub>2</sub>的串联电路，通过有源箝位电路使升压斩波电路的开关元件Q<sub>1</sub>进行零电压开关(ZVS)(专利文献4)。

[0008] 另外，在专利文献4的结构中，向开关元件Q<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub>施加对输出电压V<sub>o</sub>加上有源箝位电路的电容器C<sub>2</sub>的充电电压而得到的电压。并且记载了如下结构：此时，为了使施加电压不超过开关元件Q<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub>的耐压，由磁耦合的2个电抗器(第一电抗器L<sub>1-1</sub>、第二电抗器L<sub>1-2</sub>)构成升压斩波电路的电抗器，利用蓄积于第二电抗器L<sub>1-2</sub>的能量使有源箝位电路的电容器C<sub>2</sub>放电。

[0009] 现有技术文献

[0010] 专利文献

[0011] 专利文献1：日本特开平8-222258号公报(图1、段落0012)

[0012] 专利文献2：日本特开2006-6053号公报(图1)

[0013] 专利文献3：日本特开平1-252165号公报(图1)

[0014] 专利文献4：日本特开2012-178952号公报(图1、图9)

## 发明内容

[0015] 发明所要解决的课题

[0016] 在将直流脉冲电源装置输出的脉冲输出供给到等离子体产生腔内的电极之间，使基于电极间的放电的等离子体点火时，脉冲输出的输出电压越高，则在点火性越优异。

[0017] 升压斩波电路的脉冲输出根据开关元件的接通/断开期间的占空比来决定升压的振幅，因此为了提高脉冲输出的输出电压需要提高占空比，为了成为高的占空比，需要缩短断开期间的时间宽度。

[0018] 另外，在使用了专利文献4的结构的有源箝位电路的结构中，有源箝位电路的电容器的充电电压被施加于开关元件侧，因此无助于高电压的输出电压，从而无法提高脉冲输出的输出电压。

[0019] 本发明的目的在于解决上述现有的问题点，在直流脉冲电源装置中，提高升压斩波电路的脉冲输出的输出电压。

[0020] 用于解决课题的手段

[0021] 本发明的直流脉冲电源装置通过对升压斩波电路的脉冲输出叠加再生电压和/或电抗器电压，从而提高升压斩波电路的脉冲输出的输出电压。

[0022] 本发明的直流脉冲电源装置具备：直流电源；脉冲部，其通过与直流电源连接的升压斩波电路产生脉冲输出；以及电压叠加部，其与升压斩波电路的直流电抗器连接。电压叠加部将叠加电压量叠加于升压斩波电路的输出电压来进行电压提升。脉冲部对通过电压叠加部叠加了叠加电压量的输出电压进行脉冲输出。

[0023] 电压叠加部具备多个方式。第一方式的电压叠加部是再生电压部，第二方式的电压叠加部是电抗器电压部。

[0024] 第一方式的电压叠加部可以使用再生部来构成。再生部将升压斩波电路的输出电压箝位为设定电压，对升压斩波电路的直流电抗器叠加箝位电压的再生电压来作为叠加电压量，并且将超过设定电压的电压再生到直流电源。

[0025] 第二方式的电抗器电压部将通过与构成升压斩波电路的直流电抗器磁耦合而在第二直流电抗器中感应出的感应电压的电抗器电压作为叠加电压来进行叠加。

[0026] 就本发明的直流电源装置而言，作为电压叠加部，能够采用具备第一方式的再生电压部的结构、具备第二方式的电抗器电压部的结构、以及具备第一方式的再生电压部和第二方式的电抗器电压部这2个电压叠加部的第三方式的结构。

[0027] 图1是用于说明本发明的直流脉冲电源装置所具备的脉冲部及电压叠加部的概略结构的图，图1中的(a)表示作为电压叠加部的第一方式而具备再生电压部的结构，图1中的(b)表示作为电压叠加部的第二方式而具备电抗器电压部的结构，图1中的(c)表示作为电压叠加部的第三方式而具备再生电压部和电抗器电压部的结构。

[0028] 第一方式：

[0029] 在图1中的(a)中，脉冲部20具备由直流电抗器21和开关元件22的串联电路构成的升压斩波电路，作为第一方式的电压叠加部，具备对脉冲部20的脉冲输出的输出电压叠加再生电压的再生电压部30A。再生电压部30A并联连接于直流电抗器21的两端之间，将直流电抗器21的电抗器电压 $V_{DCL}$ 施加于电容器电压 $V_C$ 。脉冲部20的脉冲输出的输出电压 $V_O$ 成为对直流电源的直流电压 $V_{AB}$ 叠加了电容器电压 $V_C$ 的( $V_{AB}+V_C$ )。

[0030] 再生电压部30A能够采用在升压斩波电路的直流电抗器21的两端之间并联连接再生部的结构。再生部将直流电抗器21的电抗器电压中的超过设定电压的电压量再生到直流电源。再生部构成将与直流电抗器的两端并联连接的电容器的充电电压作为箝位电压的箝位电路，并且将超过箝位电压的电压再生到直流电源。再生电压部30A将再生部的箝位电压即设定电压的再生电压作为叠加电压量，与脉冲输出的输出电压叠加。

[0031] 在第一方式中，如图1中的(a)所示，将升压斩波电路的开关元件22的源极S侧与直流电抗器21的负载侧的端部连接。在该方式中，将直流电抗器21的全部电抗器电压输入到再生电压部30A，基于与再生电压部30A的设定电压的比较来进行再生动作。

[0032] 第二方式：

[0033] 在图1中的(b)中，脉冲部20具备由直流电抗器21a和开关元件22的串联电路构成的升压斩波电路，具备对脉冲部20的脉冲输出的输出电压叠加电抗器电压来作为叠加电压量的第二方式的电抗器电压部30B。

[0034] 电抗器电压部30B具备与直流电抗器21a磁耦合并且与直流电抗器21a的输出端侧连接的第二直流电抗器21b，通过与直流电抗器21a的磁耦合而在第二直流电抗器21b中感应出的电压将电抗器电压 $V_{DCL2}$ 作为叠加电压量而施加于脉冲输出的输出电压。脉冲部20的脉冲输出的输出电压 $V_o$ 成为对直流电源的直流电压 $V_{AB}$ 叠加有第一直流电抗器电压 $V_{DCL1}$ 和第二直流电抗器电压 $V_{DCL2}$ 的 $(V_{AB}+V_{DCL1}+V_{DCL2})$ 。

[0035] 在第二方式中，如图1中的(b)所示，通过直流电抗器21a和磁耦合的第二直流电抗器21b构成串联电路，将升压斩波电路的开关元件22的源极S侧与直流电抗器21a和第二直流电抗器21b的串联电路的抽头连接。

[0036] 第三方式：

[0037] 在图1中的(c)中，脉冲部20具备由直流电抗器21a和开关元件22的串联电路构成的升压斩波电路，具备对脉冲部20的脉冲输出的输出电压叠加再生电压的第一方式的再生电压部30A、和对脉冲部20的脉冲输出的输出电压叠加电抗器电压的第二方式的电抗器电压部30B。

[0038] 再生电压部30A并联连接于直流电抗器21a的两端之间，将直流电抗器21a的电抗器电压 $V_{DCL1}$ 施加于电容器电压 $V_c$ 。电抗器电压部30B具备与直流电抗器21a磁耦合并且与直流电抗器21a的输出端侧连接的第二直流电抗器21b，将通过与直流电抗器21a的磁耦合而由第二直流电抗器21b感应出的电抗器电压 $V_{DCL2}$ 作为叠加电压量，施加于脉冲输出的输出电压。

[0039] 脉冲部20的脉冲输出的输出电压 $V_o$ 通过第一方式的再生电压部30A对直流电源的直流电压 $V_{AB}$ 叠加电容器电压 $V_c$ 而成为 $(V_{AB}+V_c)$ ，进而，通过第二方式的电抗器电压部30B对直流电源的直流电压 $V_{AB}$ 叠加电抗器电压 $V_{DCL2}$ 而成为 $(V_{AB}+V_c+V_{DCL2})$ 。

[0040] (脉冲部)

[0041] 脉冲部20具备由串联连接在直流电源与负载之间的直流电抗器21a和与负载并联连接的开关元件22构成的升压斩波电路。构成电压叠加部30的再生电压部30A输入直流电抗器21a的电抗器电压 $V_{DCL}$ ，将超过设定电压即再生输入电压 $V_{in}$ 的过剩电压量 $(V_{DCL}-V_{in})$ 再生到直流电源。再生输入电压 $V_{in}$ 相当于电容器电压 $V_c$ 。另外，在图1中，用A、B来表示直流电源侧的端子。

[0042] 在脉冲部20中,在升压斩波电路的接通动作时,蓄积能量被蓄积于直流电抗器21a,在断开动作时,通过该蓄积能量在直流电抗器21a中产生电抗器电压。电抗器电压通过反复进行升压斩波电路的接通动作和断开动作而升压。

[0043] (再生电压部)

[0044] 再生电压部30A在电抗器电压 $V_{DCL}$ 不超过设定电压的情况下不进行再生,在超过设定电压的情况下将超过设定电压的电压量再生到直流电源。由此,升压斩波电路的升压被箝位于设定电压,抑制了过剩电压的产生。

[0045] 设定电压由再生电压部30A的再生输入电压 $V_{in}$ 决定,在直流电抗器21a的电抗器电压 $V_{DCL1}$ 不超过再生电压部30A的再生输入电压 $V_{in}$ 的情况下不进行再生,在超过再生电压部30A的再生输入电压 $V_{in}$ 的情况下,对超过的电压量( $V_{DCL1} - V_{in}$ )向直流电源侧再生。规定再生动作的设定电压即再生电压部30A的再生输入电压 $V_{in}$ 能够基于直流电源的直流电压 $V_{AB}$ 以及再生电压部30A的电路结构来设定。

[0046] 再生电压部30A的一个结构例具备:电容器,其与脉冲部20的电抗器电压并联连接;逆变器电路,其对电容器两端的电容器电压进行直流交流变换;变压器,其对逆变器电路的交流电压进行变压;以及整流器,其对变压器的交流电压进行整流,整流器的输出端与直流电源连接。

[0047] 变压器的变压比决定电容器的两端电压与直流电源的电压的电压比。再生电压部30A的电容器电压由直流电源的电压和变压器的变压比决定,因此再生电压部30A将该电容器电压作为再生输入电压 $V_{in}$ 的设定电压来进行再生动作的开始以及停止的动作。设定电压依赖于直流电源的电压以及变压器的变压比,因此能够通过改变变压器的变压比来变更设定电压。通过变更设定电压,能够变更升压斩波电路中的箝位电压,并且变更再生动作的动作电压。

[0048] 电容器电压的设定除了变更再生电压部30A所具备的变压器的变压比以外,还能够通过控制逆变器电路的输出来进行。作为逆变器电路的输出控制,例如有PWM控制、相位偏移控制,但只要是控制逆变器电路的输出的方式,则不限于此。

[0049] 在升压斩波电路中,直流电抗器21a连接在直流电源与升压斩波电路的开关元件22的源极S侧之间。升压斩波电路的开关元件22的源极S侧与直流电抗器21a的负载侧的端部、或者直流电抗器21的抽头连接。

[0050] (直流电抗器的方式)

[0051] 直流电抗器21a以及第二直流电抗器21b能够形成为单匝线圈的方式或者多匝线圈的方式。在基于单匝的方式中,能够由无抽头的单匝变压器或带抽头的变压器构成磁耦合的2个直流电抗器。在基于多匝的方式中,能够由多匝变压器构成磁耦合的2个直流电抗器。

[0052] 发明效果

[0053] 如以上说明的那样,根据本发明,在直流脉冲电源装置中,能够提高升压斩波电路的脉冲输出的输出电压。

## 附图说明

[0054] 图1是用于说明本发明的直流脉冲电源装置的升压斩波电路及电压叠加部(再生

电压部、电抗器电压部)的结构例的图。

- [0055] 图2是用于说明本发明的直流脉冲电源装置的第一结构例的图。
- [0056] 图3是用于说明本发明的直流脉冲电源装置的第一结构例的电压状态的图。
- [0057] 图4是用于说明本发明的直流脉冲电源装置的脉冲输出时的输出电压Vo的图。
- [0058] 图5是用于说明本发明的直流脉冲电源装置的再生部的结构例的图。
- [0059] 图6是用于说明本发明的直流脉冲电源装置的第二结构例的图。
- [0060] 图7是用于说明本发明的直流脉冲电源装置的第三结构例的图。
- [0061] 图8是用于说明本发明的直流脉冲电源装置的第四结构例的图。
- [0062] 图9是用于说明现有的直流脉冲电源装置、升压斩波电路的结构例的图。

### 具体实施方式

[0063] 本发明的直流脉冲电源装置通过对升压斩波电路的脉冲输出叠加再生电压和/或电抗器电压作为用于升压的电压,来提高升压斩波电路的脉冲输出的输出电压。

[0064] 针对本发明的直流脉冲电源装置,使用图2~图8对第一结构例~第四结构例进行说明。

[0065] 第一结构例是在升压斩波电路的直流电抗器的两端连接再生电压部的结构,第二结构例是将与升压斩波电路的直流电抗器磁耦合的第二直流电抗器作为电抗器电压部的结构,第三、第四结构例是具备与升压斩波电路的直流电抗器的两端连接的再生电压部、由与升压斩波电路的直流电抗器磁耦合的第二直流电抗器构成的电抗器电压部的结构。第二、第三结构例是将磁耦合的两个直流电抗器作为带抽头的单匝变压器的结构,第四结构例是将磁耦合的两个直流电抗器作为多匝变压器的结构。另外,关于再生的电抗器电压,第一~第四结构例是以直流电源的低电压侧的电压为基准电压。

[0066] [直流脉冲电源装置的第一结构例]

[0067] 使用图2及图3、4对本发明的直流脉冲电源装置的第一结构例和电压状态进行说明。

[0068] 本发明的直流脉冲电源装置具备直流电源部(DC部)10、将由与直流电源部10连接的升压斩波电路产生的脉冲输出向负载4供给的脉冲部20A、将由脉冲部20A产生的过剩的电压上升量向直流电源部10侧再生的再生部40、控制直流电源部10、脉冲部20A和再生部40的控制电路部50,经由输出线缆3向负载4供给脉冲输出。在图2中,作为负载4示出了等离子体产生装置的例子,但负载4不限于等离子体产生装置,也可以应用于脉冲激光激励、放电加工机等。第一结构例的直流脉冲电源装置1所具备的再生部40构成再生电压部30A,并且将脉冲部20A的过剩电压上升量再生到直流电源部10侧。

[0069] (直流电源部)

[0070] 直流电源部(DC部)10具备:整流器11,其将交流电源2的交流电压整流为直流电压;缓冲电路12,其吸收并抑制在整流时产生的过渡性地产生的尖峰状的高电压;单相逆变器电路13,其将直流电压变换为交流电压;单相变压器14,其将单相逆变器电路13的交流电压变换为预定的电压值;整流器11,其将由单相变压器14进行了电压变换的交流电压整流为直流电压;以及电容器16(CF),其将两端电压作为直流电源部的直流电压。电容器16的一端接地,另一端形成负电压的低电压。另外,在图2所示的结构中,作为负载4而示出等离子

体产生装置的电容负载的例子。在此,由于将等离子体产生装置的一端接地而供给负电压,因此直流电源部10表示产生负电压的脉冲输出的结构。

[0071] 单相逆变器电路13根据来自控制电路部50的控制信号进行开关动作,将直流电压转换为预定频率的交流电压。构成直流电源部10的整流器11、15、缓冲电路12、单相逆变器电路13、单相变压器14的各电路要素能够设为通常已知的任意的电路结构。

[0072] (脉冲部)

[0073] 脉冲部20A通过升压斩波电路从直流电压生成脉冲波形。升压斩波电路具备串联连接在直流电源侧与负载侧之间的直流电抗器21A、与负载侧并联连接的开关元件( $Q_1$ )22、以及驱动开关元件22的接通/断开动作的驱动电路23。直流电抗器21A通过由无抽头单匝变压器构成的直流电抗器21a构成。脉冲部20A的直流电源侧具备接地的端子B和作为低电压侧的负电压的端子A。图示的开关元件22表示FET的例子,将源极S侧与低电压侧连接,将漏极D侧与接地电压侧连接,向栅极G侧输入来自驱动电路23的驱动信号。

[0074] 控制电路部50为了使升压斩波电路进行动作,生成与目标脉冲输出对应地确定开关元件22的接通期间和断开期间的时间宽度或占空比的信号,并且基于直流电源部10的输出端的电压和电流生成控制信号。

[0075] 驱动电路23基于控制电路部50的控制信号向开关元件22的栅极G输出驱动信号,进行开关元件22的接通/断开动作。

[0076] 开关元件22的源极S侧与直流电抗器21a的负载侧连接,开关元件22的漏极D侧接地。在开关元件22为接通状态时,直流电抗器21a的负载侧接地,电流从端子B经由处于接通状态的开关元件22以及直流电抗器21a流向端子A。此时,在直流电抗器21a中蓄积电磁能量。接着,当开关元件22从接通状态切换为断开状态时,通过在直流电抗器21a中蓄积的蓄积能量而在直流电抗器21a中产生电抗器电压 $V_{DCL}$ 。升压斩波电路通过反复进行开关元件22的接通动作和断开动作,根据接通/断开期间的占空比使输出电压 $V_o$ 上升。

[0077] (再生部)

[0078] 本发明的直流脉冲电源装置的第一结构例具备再生电压部30A作为电压叠加部30。图2表示具备再生部40作为再生电压部30A的结构例。

[0079] 再生部40将升压斩波电路的直流电抗器的电抗器电压中的超过设定电压的电压量再生到直流电源。再生部40具备二极管41、电容器42( $C_1$ )、逆变器电路43、变压器44、整流器45。

[0080] 电容器42( $C_1$ )的一端与直流电抗器21a的负载侧端部连接,另一端经由二极管41与直流电抗器21a的直流电源侧端部连接,对直流电抗器21a施加产生的电抗器电压。电容器42( $C_1$ )的电容器电压 $V_{C1}$ 基于直流电源的直流电压 $V_{AB}$ 以及变压器的变压比来决定,在变压器44的变压比为(n2:n1)的情况下,成为 $V_{C1} = (n2/n1) \times V_{AB}$ 的设定电压。二极管41将从脉冲部20A朝向再生部40的电容器42( $C_1$ )的方向作为正向进行连接,在直流电抗器21a的电抗器电压 $V_{DCL}$ 超过电容器42( $C_1$ )的电容器电压 $V_{C1}$ 的情况下,通过再生部40对电抗器电压 $V_{DCL}$ 超过电容器42( $C_1$ )的电容器电压 $V_{C1}$ 的电压量进行再生。

[0081] 因此,再生部40将电容器42( $C_1$ )的电容器电压 $V_{C1}$ 作为阈值进行再生动作,并且作为在脉冲输出时将直流电抗器21a的电抗器电压 $V_{DCL}$ 向电容器电压 $V_{C1}$ 施加的恒压源而发挥作用。

[0082] 脉冲输出的输出电压 $V_o$ 成为在直流电源的直流电压 $V_{AB}$ 上叠加有电容器电压 $V_{C1}$ 的( $V_{AB}+V_{C1}$ )。另外,电容器电压 $V_{C1}$ 是与图1的再生输入电压 $V_{in}$ 对应的电压。

[0083] 由于电容器电压 $V_{C1}$ 被设定为 $(n2/n1) \times V_{AB}$ ,因此脉冲输出的输出电压 $V_o$ 成为对直流电源的直流电压 $V_{AB}$ 叠加有 $(n2/n1) \times V_{AB}$ 的( $V_{AB}+(n2/n1) \times V_{AB}$ )。电容器电压 $V_{C1}$ 的 $(n2/n1) \times V_{AB}$ 能够通过变更变压器44的变压比(n2:n1)来变更电压值,脉冲输出的输出电压 $V_o$ 能够通过变更变压器44的变压比(n2:n1)来提高。

[0084] 电容器电压 $V_{C1}$ 的设定,除了变更再生部40所具备的变压器44的变压比以外,还能够通过控制逆变器电路43的输出来进行。作为逆变器电路43的输出控制,例如有PWM控制、相位偏移控制,但只要是控制逆变器电路的输出的方式则不限于此。

[0085] 另外,在图2所示的电路结构中,再生部40是一端与脉冲部20A的低电压侧输入端连接的结构,以低电压侧的电压(负电压)为基准,将直流电抗器21a的电抗器电压 $V_{DCL}$ 作为再生输入电压 $V_{in}$ 进行再生。

[0086] 逆变器电路43在电容器42侧的直流电压与变压器44侧的交流电压之间进行直流交流变换,基于直流电源的直流电压 $V_{AB}$ 将电容器42( $C_1$ )的电容器电压 $V_{C1}$ 保持为恒定电压,并且在电抗器电压 $V_{DCL}$ 超过电容器42( $C_1$ )的电容器电压 $V_{C1}$ 的情况下,将该超过的电压量变换为交流而向直流电源侧再生。电容器电压 $V_{C1}$ 被保持为恒定电压,因此,直流电抗器21a的电抗器电压 $V_{DCL}$ 被箝位于电容器电压 $V_{C1}$ 。逆变器电路43例如能够由开关元件的电桥电路构成。开关元件的开闭动作通过来自控制电路部50的控制信号 $a$ 控制。

[0087] 变压器44基于变压比对直流电源部10的直流电压 $V_{AB}$ 与电容器42( $C_1$ )的电容器电压 $V_{C1}$ 的电压比率进行调制。在变压器44的变压比为(n2:n1)的情况下,直流电压 $V_{AB}$ 与电容器电压 $V_{C1}$ 之间的电压关系由 $V_{C1} = (n2/n1) \times V_{AB}$ 表示。

[0088] 整流器45将变压器44侧的交流电压整流为直流电源部10侧的直流电压。整流器45的直流侧端子与直流电源部10的端子A、B连接,在再生时将再生的电力再生到直流电源部10,在不进行再生的期间将电容器42( $C_1$ )的电容器电压 $V_{C1}$ 保持为基于直流电压 $V_{AB}$ 的电压。

[0089] 此外,再生部40的结构只要是具备将直流电抗器21a的两端电压箝位于预定电压而输出恒定电压的功能、以及对超过预定电压的电力量进行直流电源侧的再生的功能的结构,则不限于上述结构。

[0090] (直流脉冲电源装置的电压状态)

[0091] 使用图3及图4对直流脉冲电源装置的电压状态进行说明。在图3中,图3中的(a)表示开关元件22的接通状态(on)和断开状态(off),图3中的(b)表示直流电抗器21a的电抗器电压 $V_{DCL}$ ,图3中的(c)表示开关元件22的漏极源极电压 $V_{DS}$ ,图3中的(d)表示输出电压 $V_o$ 。

[0092] 以下,图中的S1~S14表示各阶段的接通状态及断开状态。S1、S3、••• S13的标注了奇数编号的状态表示开关元件22接通状态(on),S2、S4、••• S14的标注了偶数编号的状态表示开关元件22断开的状态(off)。

[0093] (i) 接通状态(S1、S3、•••、S13):

[0094] 开关元件22处于接通状态(图3中的(a)),直流电抗器21a的负侧的端子接地,因此开关元件22的漏极源极电压 $V_{DS}$ 的电压为0(图3中的(c)),直流电抗器21a的电抗器电压 $V_{DCL}$ 成为直流电源的直流电压 $V_{AB}$ (图3中的(c))。在输出电压 $V_o$ 中出现与漏极源极电压 $V_{DS}$ 对应的电压量(图3中的(d))

[0095] (ii) 断开状态(S2、S4、•••、S14)：

[0096] 关于断开状态,对电抗器电压 $V_{DCL}$ 达到再生动作的阈值即电容器电压 $V_{C1}$ 之前的状态(S2、S4、S6)和达到电容器电压 $V_{C1}$ 后的状态(S8、S10、S12、S14)进行说明。

[0097] (ii-1) S2、S4、S6的状态：

[0098] 开关元件22处于断开状态(图3中的(a)),在直流电抗器21a中产生由蓄积的蓄积能量的放出引起的电抗器电压 $V_{DCL}$ 。电抗器电压 $V_{DCL}$ 的电压值在每当从接通状态切换为断开状态时上升。在该电压上升中,电抗器电压 $V_{DCL}$ 未达到再生部的电容器电压 $V_{C1}$ ,因此不进行再生。此外,在图3中,表示负侧的电压值增加的状态(图3中的(b))。

[0099] 开关元件22的漏极源极电压 $V_{DS}$ 的电压成为与电抗器电压 $V_{DCL}$ 对应的电压而逐渐增加,但未达到再生部的电容器电压 $V_{C1}$ 。另外,在图3中表示负侧的电压值增加的状态(图3中的(c))。在输出电压 $V_o$ 中,输出对直流电源的直流电压 $V_{AB}$ 叠加了电抗器电压 $V_{DCL}$ 的电压量(图3中的(d))。

[0100] (ii-2) S8、S10、S12、S14的状态：

[0101] 与S2、S4、S6的状态同样地,开关元件22处于断开状态(图3中的(a)),在直流电抗器21a中产生由蓄积的蓄积能量的释放所引起的电抗器电压 $V_{DCL}$ 。在S8、S10、S12、S14的状态下,由于电抗器电压 $V_{DCL}$ 的电压值达到电容器电压 $V_{C1}$ ,因此电抗器电压 $V_{DCL}$ 的电压值被箝位于电容器电压 $V_{C1}$ ,抑制了其以上的电压上升。在图3中的(b)中,实线所示的电抗器电压 $V_{DCL}$ 表示被箝位于电容器电压 $V_{C1}$ 的状态,虚线所示的电抗器电压 $V_{DCL}$ 表示未被箝位于电容器电压 $V_{C1}$ 的情况作为比较例。

[0102] 开关元件22的漏极源极电压 $V_{DS}$ 的电压成为与电抗器电压 $V_{DCL}$ 对应的电压,保持为再生部的电容器电压 $V_{C1}$ 的电压。在图3中的(d)中,实线所示的漏极源极电压 $V_{DS}$ 表示被箝位于电容器电压 $V_{C1}$ 的状态,虚线所示的漏极源极电压 $V_{DS}$ 表示未被箝位为电容器电压 $V_{C1}$ 的情况作为比较例。另外,在图3中表示负侧的电压值增加的状态(图3中的(c))。

[0103] 向输出电压 $V_o$ 输出对直流电源的直流电压 $V_{AB}$ 加上电抗器电压 $V_{DCL}$ 而得到的电压量。由于电抗器电压 $V_{DCL}$ 被箝位,因此输出电压 $V_o$ 被保持为恒定电压(图3中的(d))。

[0104] 图4中的(a)表示在第一结构例中再生状态下的输出电压 $V_o$ 。直流脉冲电源装置将升压斩波电路的切换周期作为脉冲周期T,对输出电压 $V_o$ 的脉冲输出进行输出。脉冲输出在脉冲周期T内具有开关元件成为接通状态的接通期间 $T_{on}$ 、和开关元件成为断开状态的断开期间 $T_{off}$ 。接通期间 $T_{on}$ 的输出电压 $V_o$ 是与漏极源极电压 $V_{DS}$ 对应的电压值。

[0105] 另一方面,断开期间 $T_{off}$ 的输出电压 $V_o$ 成为对直流电源的直流电压 $V_{AB}$ 叠加有电抗器电压 $V_{DCL}$ 的( $V_{AB}+V_{DCL}$ ),但电抗器电压 $V_{DCL}$ 被箝位于电容器电压 $V_{C1}$ ,因此为( $V_{AB}+V_{C1}$ )。由于直流电压 $V_{AB}$ 以及电容器电压 $V_{C1}$ 为恒定电压,因此脉冲输出的输出电压 $V_o$ 保持为恒定电压。

[0106] (再生部的结构例)

[0107] 使用图5对本发明的直流脉冲电源装置的再生部所具备的逆变器电路的电路结构例进行说明。

[0108] 再生部40包括将对电容器42( $C_1$ )的电容器电压 $V_{C1}$ 的直流电压进行直流交流变换而得到的交流电压向变压器44输出的逆变器电路43。逆变器电路43具备:电桥电路43a,其由开关元件 $Q_{R1} \sim Q_{R4}$ 构成;以及驱动电路43b,其根据控制信号 $\alpha$ 而生成对开关元件 $Q_{R1} \sim Q_{R4}$ 进行驱动的驱动信号。另外,在此,作为电桥电路43a示出全桥电路的例子,但也可以使用半桥

电路、多相逆变器电路。

[0109] [直流脉冲电源装置的第二结构]

[0110] 本发明的直流脉冲电源装置的第二结构具备直流电源部(DC部)10、将由与直流电源部10连接的升压斩波电路产生的脉冲输出向负载4供给的脉冲部20B、设置于脉冲部20B内的电抗器电压部30B、控制直流电源部10及脉冲部20B的控制电路部50,经由输出线缆3向负载4供给脉冲输出。

[0111] 使用图6对本发明的直流脉冲电源装置的第二结构例进行说明。第二结构例在取代再生电压部30A而具备电抗器电压部30B的结构这一点上与第一结构例不同,其他结构与第一结构例相同。以下,对与第一结构例不同的结构进行说明,省略其他共通的结构的说明。

[0112] 构成第一结构例的升压斩波电路所具备的直流电抗器21A的直流电抗器21a由无抽头单匝变压器构成。与此相对,第二结构例的直流电抗器21B具备与直流电抗器21a磁耦合的第二直流电抗器21b,代替第一结构例的升压斩波电路的无抽头单匝变压器而由带抽头的单匝变压器构成。基于带抽头的单匝变压器的直流电抗器21B是将磁耦合的直流电抗器21a和第二直流电抗器21b直流连接的结构。直流电抗器21a的一端与直流电源的低电压侧的端子A连接,第二直流电抗器21b的一端与负载侧连接,直流电抗器21a与第二直流电抗器21b的连接点与开关元件22的源极S端连接。

[0113] 在开关元件22为接通状态时,直流电抗器21B的抽头点接地,电流从端子B经由处于接通状态的开关元件22以及直流电抗器21B的直流电抗器21a流向端子A。此时,在直流电抗器21a中蓄积电磁能量。

[0114] 接着,当开关元件22从接通状态切换为断开状态时,通过在直流电抗器21B的直流电抗器21a中蓄积的蓄积能量而流动的电抗器电流iL,在直流电抗器21a中产生电抗器电压V<sub>DCL1</sub>,在第二直流电抗器21b中产生电抗器电压V<sub>DCL2</sub>。升压斩波电路通过反复进行开关元件22的接通动作和断开动作,与第一结构例同样地使输出电压V<sub>O</sub>上升。

[0115] 直流电抗器21a的电抗器电压V<sub>DCL1</sub>与第二直流电抗器21b的电抗器电压V<sub>DCL2</sub>的电压比成为与直流电抗器21a和第二直流电抗器21b的电感比的比率对应的值。在将直流电抗器21B的直流电抗器21a与第二直流电抗器21b的单匝线圈的匝数比设为n1p:n2p的情况下,直流电抗器21a的电抗器电压V<sub>DCL1</sub>与第二直流电抗器21b的电抗器电压V<sub>DCL2</sub>的电压比(V<sub>DCL1</sub>/V<sub>DCL2</sub>)成为匝数比(n1p/n2p)。

[0116] 输出电压V<sub>O</sub>成为对直流电源的直流电压V<sub>AB</sub>叠加了直流电抗器21a的电抗器电压V<sub>DCL1</sub>和第二直流电抗器21b的电抗器电压V<sub>DCL2</sub>的电压(V<sub>O</sub>=V<sub>AB</sub>+V<sub>DCL1</sub>+V<sub>DCL2</sub>)。第二直流电抗器21b的电抗器电压V<sub>DCL2</sub>由磁耦合的直流电抗器21a与第二直流电抗器21b的匝数比(n1p/n2p)确定,由V<sub>DCL2</sub>=V<sub>DCL1</sub>×(n2p/n1p)表示。

[0117] 因此,输出电压V<sub>O</sub>成为

$$[0118] V_O = V_{AB} + V_{DCL1} + V_{DCL2}$$

$$[0119] = V_{AB} + V_{DCL1} + V_{DCL1} \times (n2p/n1p)$$

$$[0120] = V_{AB} + (1 + (n2p/n1p)) \times V_{DCL1},$$

[0121] 因此,能够通过匝数比(n2p/n1p)提高脉冲输出的输出电压。

[0122] 图4中的(b)示出了第二结构例中的输出电压V<sub>O</sub>。直流脉冲电源装置将升压斩波电

路的切换周期作为脉冲周期T,对输出电压Vo的脉冲输出进行输出。脉冲输出在脉冲周期T内具有开关元件成为接通状态的接通期间 $T_{on}$ 、和开关元件成为断开状态的断开期间 $T_{off}$ 。接通期间 $T_{on}$ 的输出电压Vo是与电抗器电压 $V_{DCL2}$ 对应的电压值。

[0123] 另一方面,断开期间 $T_{off}$ 的输出电压Vo成为对直流电源的直流电压 $V_{AB}$ 叠加了直流电抗器21a的电抗器电压 $V_{DCL1}$ 和第二直流电抗器21b的电抗器电压 $V_{DCL2}$ 的( $V_{AB}+V_{DCL1}+V_{DCL2}$ )。

[0124] [直流脉冲电源装置的第三结构]

[0125] 本发明的直流脉冲电源装置的第三结构具备直流电源部(DC部)10、将由与直流电源部10连接的升压斩波电路产生的脉冲输出向负载4供给的脉冲部20B、对直流电抗器施加叠加电压量的再生电压部30A、设置于脉冲部20B内的电抗器电压部30B、控制直流电源部10及脉冲部20B的控制电路部50,经由输出线缆3向负载4供给脉冲输出。

[0126] 使用图7对本发明的直流脉冲电源装置的第三结构例进行说明。第三结构例在具备再生电压部30A和电抗器电压部30B的结构方面与第一及第二结构例不同,其他结构与第一及第二结构例相同。以下,对再生电压部30A以及电抗器电压部30B进行说明,省略其他共通的结构的说明。第三结构例具备再生电压部30A和电抗器电压部30B作为电压叠加部。

[0127] (再生电压部30A)

[0128] 再生电压部30A与第一结构例同样地由再生部构成。图7的结构例表示具备再生部40作为再生电压部30A的结构例。

[0129] 再生部40将升压斩波电路的直流电抗器的电抗器电压中的超过设定电压的电压量再生到直流电源,并且作为再生电压部30A发挥作用,该再生电压部30A在脉冲输出时作为设定电压将对应于直流电抗器21a的电抗器电压 $V_{DCL1}$ 施加于电容器电压 $V_{C1}$ 。再生部40具备二极管41、电容器42( $C_1$ )、逆变器电路43、变压器44、整流器45。

[0130] 电容器42( $C_1$ )的一端与直流电抗器21a的负载侧端部连接,另一端经由二极管41与直流电抗器21a的直流电源侧端部连接,被施加在直流电抗器21a产生的电抗器电压。电容器42( $C_1$ )的电压 $V_{C1}$ 基于直流电源的直流电压 $V_{AB}$ 以及变压器的变压比而决定,在变压器44的变压比为(n2:n1)的情况下,成为 $V_{C1} = (n2/n1) \times V_{AB}$ 的设定电压。二极管41将从脉冲部20A朝向再生部40的电容器42( $C_1$ )的方向作为正向进行连接,在直流电抗器21a的电抗器电压 $V_{DCL}$ 超过电容器42( $C_1$ )的电容器电压 $V_{C1}$ 的情况下,通过再生部40对电抗器电压 $V_{DCL}$ 超过电容器42( $C_1$ )的电容器电压 $V_{C1}$ 的电压量进行再生。

[0131] 因此,再生部40将电容器42( $C_1$ )的电容器电压 $V_{C1}$ 作为阈值进行再生动作,并且在脉冲输出时作为将直流电抗器21a的电抗器电压 $V_{DCL1}$ 向电容器电压 $V_{C1}$ 施加的恒压源而发挥作用。脉冲输出的输出电压Vo成为对直流电源的直流电压 $V_{AB}$ 叠加了电容器电压 $V_{C1}$ 和直流电抗器电压 $V_{DCL2}$ 的( $V_{AB}+V_{C1}+V_{DCL2}$ )。另外,电容器电压 $V_{C1}$ 是与图1的再生输入电压Vin对应的电压。

[0132] 由于电容器电压 $V_{C1}$ 被设定为(n2/n1)  $\times V_{AB}$ ,因此脉冲输出的输出电压Vo成为对直流电源的直流电压 $V_{AB}$ 叠加了(n2/n1)  $\times V_{AB}$ 的( $V_{AB}+(n2/n1) \times V_{AB}$ )。电压(n2/n1)  $\times V_{AB}$ 能够通过变更变压器44的变压比(n2:n1)来变更电压值,脉冲输出的输出电压Vo能够通过变更变压器44的变压比(n2:n1)来提高。

[0133] (电抗器电压部30B)

[0134] 电抗器电压部30B是与第二结构例同样的结构,由带抽头的单匝变压器构成。

[0135] 电抗器电压部30B由具备与直流电抗器21a磁耦合的第二直流电抗器21b的直流电抗器21C构成，直流电抗器21a和第二直流电抗器21b由带抽头的单匝变压器构成。基于带抽头的单匝变压器的直流电抗器21C是将磁耦合的直流电抗器21a和第二直流电抗器21b直流连接的结构。直流电抗器21a的一端与直流电源的低电压侧的端子A连接，第二直流电抗器21b的一端与负载侧连接，直流电抗器21a与第二直流电抗器21b的连接点连接于开关元件22的源极S端。

[0136] 在开关元件22为接通状态时，直流电抗器21C的抽头点接地，电流从端子B经由处于接通状态的开关元件22以及直流电抗器21B的直流电抗器21a流向端子A。此时，在直流电抗器21a中蓄积电磁能量。

[0137] 当开关元件22从接通状态切换为断开状态时，通过在直流电抗器21C的直流电抗器21a中蓄积的蓄积能量而流动的电抗器电流*iL*，在直流电抗器21a中产生电抗器电压V<sub>DCL1</sub>，在第二直流电抗器21b中产生电抗器电压V<sub>DCL2</sub>。升压斩波电路通过反复进行开关元件22的接通动作和断开动作，使输出电压V<sub>o</sub>上升。

[0138] 直流电抗器21a的电抗器电压V<sub>DCL1</sub>和第二直流电抗器21b的电抗器电压V<sub>DCL2</sub>的电压比成为与直流电抗器21a和第二直流电抗器21b的电感比的比率对应的值。在将直流电抗器21C的直流电抗器21a与第二直流电抗器21b的带抽头的单匝变压器的匝数比设为n1p:n2p的情况下，直流电抗器21a的电抗器电压V<sub>DCL1</sub>与第二直流电抗器21b的电抗器电压V<sub>DCL2</sub>的电压比(V<sub>DCL1</sub>/V<sub>DCL2</sub>)为匝数比(n2p/n1p)。

[0139] 输出电压V<sub>o</sub>成为将再生电压部30A的直流电抗器21a的电抗器电压V<sub>DCL1</sub>和电抗器电压部30B的第二直流电抗器21b的电抗器电压V<sub>DCL2</sub>叠加于直流电压V<sub>AB</sub>的电压(V<sub>o</sub>=V<sub>AB</sub>+V<sub>DCL1</sub>+V<sub>DCL2</sub>)。

[0140] 通过再生电压部30A将直流电抗器21a的电抗器电压V<sub>DCL1</sub>箝位于电容器电压V<sub>C1</sub>的恒定电压，在再生电压部30A由再生部构成的情况下，电容器电压V<sub>C1</sub>基于变压器的变压比由V<sub>C1</sub>=(n2/n1)×V<sub>AB</sub>设定，另外，第二直流电抗器21b的电抗器电压V<sub>DCL2</sub>基于磁耦合的直流电抗器21a与第二直流电抗器21b的匝数比(n2p/n1p)确定，由V<sub>DCL2</sub>=V<sub>DCL1</sub>×(n2p/n1p)表示。

[0141] 因此，通过再生电压部30A和电抗器电压部30B，输出电压V<sub>o</sub>为

$$[0142] V_o = V_{AB} + V_{DCL1} + V_{DCL2}$$

$$[0143] = V_{AB} + V_{C1} + V_{C1} \times (n2p/n1p)$$

$$[0144] = V_{AB} + (1 + (n2p/n1p)) \times V_{C1}$$

$$[0145] = V_{AB} + (1 + (n2p/n1p)) \times (n2/n1) \times V_{AB}$$

$$[0146] = V_{AB} [1 + \{1 + (n2p/n1p)\} \times (n2/n1)]。$$

[0147] 升压斩波电路通过以占空比Duty使开关元件进行接通/断开动作来对直流电源的直流电压V<sub>AB</sub>进行升压，生成(V<sub>AB</sub>/(1-Duty))的电压值的脉冲输出。上述输出电压V<sub>o</sub>根据升压斩波电路的脉冲输出电压(V<sub>AB</sub>/(1-Duty))与再生部的电容器C<sub>1</sub>的电容器电压V<sub>C1</sub>的关系而成为以下的2个输出状态。

[0148] (1)当升压斩波电路的电压(V<sub>AB</sub>/(1-Duty))大于再生部的电容C<sub>1</sub>的电容电压V<sub>C1</sub>时：

[0149] 该电压状态相当于V<sub>AB</sub>/(1-Duty)≥V<sub>C1</sub>(=(n2/n1)×V<sub>AB</sub>)的情况，此时的输出电压V<sub>o</sub>通过

[0150] V<sub>o</sub>=V<sub>AB</sub>+V<sub>C1</sub>+V<sub>DCL2</sub>=V<sub>AB</sub>+V<sub>C1</sub>+(n2p/n1p)×V<sub>C1</sub>来表示。

[0151] 在该情况下,电容器电压 $V_{C1}$ 以 $V_{C1} = (n2/n1) \times V_{AB}$ 表示,因此能够通过由变压器的变压比( $n2/n1$ )引起的电压上升、和基于直流电抗器DCL的匝数比( $n2p/n1p$ )的电压上升这2个来使输出电压 $V_o$ 上升。

[0152] (2)在升压斩波电路的电压( $V_{AB}/(1-Duty)$ )未达到再生部的电容器 $C_1$ 的电容器电压 $V_{C1}$ 的情况下:

[0153] 该电压状态相当于 $V_{AB}/(1-Duty) < V_{C1} (= (n2/n1) \times V_{AB})$ 的情况,此时的输出电压 $V_o$ 通过

[0154]  $V_o = V_{AB}/(1-Duty) + (n2p/n1p) \times Duty \times V_{AB}/(1-Duty)$ 来表示。

[0155] 在该情况下,能够通过基于直流电抗器DCL的匝数比( $n2p/n1p$ )的电压上升而使输出电压 $V_o$ 上升。

[0156] 由此,脉冲输出的输出电压 $V_o$ 能够通过再生部的变压器的变压比( $n2/n1$ )、以及直流电抗器21a与第二直流电抗器21b的匝数比( $n2p/n1p$ )来提高脉冲输出的输出电压。

[0157] 图4中的(c)表示在第三结构例中再生状态下的输出电压 $V_o$ 。直流脉冲电源装置将升压斩波电路的切换周期作为脉冲周期T,对输出电压 $V_o$ 的脉冲输出进行输出。脉冲输出在脉冲周期T内具有开关元件成为接通状态的接通期间 $T_{on}$ 、和开关元件成为断开状态的断开期间 $T_{off}$ 。接通期间 $T_{on}$ 的输出电压 $V_o$ 是与电抗器电压 $V_{DCL2}$ 对应的电压值。

[0158] 另一方面,断开期间 $T_{off}$ 的输出电压 $V_o$ 成为对直流电源的直流电压 $V_{AB}$ 叠加了电容器电压 $V_{C1}$ 和第二直流电抗器21b的电抗器电压 $V_{DCL2}$ 的( $V_{AB} + V_{C1} + V_{DCL2}$ )。

[0159] [直流脉冲电源装置的第四结构]

[0160] 本发明的直流脉冲电源装置的第四结构与第三结构同样地,具备:直流电源部(DC部)10;脉冲部20C,其通过与直流电源部10连接的升压斩波电路产生脉冲输出,并向负载4供给;以及控制电路部50,其控制直流电源部10、脉冲部20C以及再生部40,作为电压叠加部具备再生电压部30A以及电抗器电压部30B,经由输出线缆3向负载4供给脉冲输出。

[0161] 使用图8对本发明的直流脉冲电源装置的第四结构例进行说明。第四结构例在电抗器电压部30B的结构中与第三结构例不同,其他结构与第一、二结构例相同。以下,对与第三结构例不同的结构进行说明,省略其他共同的结构的说明。

[0162] 构成第三结构例的电抗器电压部30B的直流电抗器21C由带抽头的单匝变压器构成。与此相对,构成第四结构例的电抗器电压部30B的直流电抗器21D代替第三结构例的升压斩波电路的带抽头的单匝变压器而由多匝变压器构成。

[0163] 基于多匝变压器的直流电抗器21D是将磁耦合的直流电抗器21a和第二直流电抗器21b并联连接的结构。直流电抗器21a的一端与直流电源的低电压侧的端子A连接,另一端与开关元件22的源极S端连接。第二直流电抗器21b一端与直流电源的低电压侧的端子A连接,另一端与负载侧连接。

[0164] 在开关元件22为接通状态时,直流电抗器21D的直流电抗器21a的开关元件22侧的端部接地,电流从端子B经由处于接通状态的开关元件22以及直流电抗器21a流向端子A。此时,在直流电抗器21a中蓄积电磁能量。

[0165] 接着,当开关元件22从接通状态切换为断开状态时,通过在直流电抗器21D的直流电抗器21a中蓄积的蓄积能量而流动的电抗器电流*iL*在直流电抗器21a中产生电抗器电压 $V_{DCL1}$ ,在第二直流电抗器21b中通过与直流电抗器21a的磁耦合而产生电抗器电压 $V_{DCL2}$ 。升压

斩波电路通过反复进行开关元件22的接通动作和断开动作,与第一、第二结构例同样地使输出电压 $V_o$ 上升。

[0166] 直流电抗器21a的电抗器电压 $V_{DCL1}$ 和第二直流电抗器21b的电抗器电压 $V_{DCL2}$ 的电压比成为与直流电抗器21a和第二直流电抗器21b的电感比的比率对应的值。在直流电抗器21D的直流电抗器21a与第二直流电抗器21b的多匝线圈的匝数比为(n1p:n2p)的情况下,直流电抗器21a的电抗器电压 $V_{DCL1}$ 与第二直流电抗器21b的电抗器电压 $V_{DCL2}$ 的电压比( $V_{DCL1}/V_{DCL2}$ )为匝数比(n1p/n2p)。

[0167] 在输出电压 $V_o$ 中,输出对直流电源的直流电压 $V_{AB}$ 叠加了第二直流电抗器21b的电抗器电压 $V_{DCL2}$ 的电压( $V_o = V_{AB} + V_{DCL2}$ ),脉冲输出的输出电压 $V_o$ 与第二结构例同样地,通过

$$[0168] V_o = V_{AB} + V_{DCL2}$$

$$[0169] = V_{AB} + V_{C1} \times (n2p/n1p)$$

$$[0170] = V_{AB} + (n2p/n1p) \times V_{C1}$$

$$[0171] = V_{AB} + (n2p/n1p) \times (n2/n1) \times V_{AB}$$

$$[0172] = V_{AB} \{1 + (n2p/n1p)\} \times (n2/n1) \} 来表示。$$

[0173] 此外,上述实施方式以及变形例中的记述是本发明的直流脉冲电源装置的一个例子,本发明并不限定于各实施方式,能够基于本发明的主旨进行各种变形,而不会将它们从本发明的范围中排除。

[0174] 产业上的利用可能性

[0175] 本发明的直流脉冲电源装置除了作为向等离子体产生装置供给电力的电力源来应用以外,还可以用作向脉冲激光激励、放电加工机等负载供给脉冲输出的电源装置。

[0176] 附图标记说明

[0177] 1 直流脉冲电源装置;

[0178] 2 交流电源;

[0179] 3 输出线缆;

[0180] 4 负载;

[0181] 10 直流电源部;

[0182] 11 整流器;

[0183] 12 缓冲电路;

[0184] 13 单相逆变器电路;

[0185] 14 单相变压器;

[0186] 15 整流器;

[0187] 16 电容器;

[0188] 20,20A,20B,20C,20D脉冲部;

[0189] 21,21A,21B,21C,21D,21a直流电抗器;

[0190] 21b 第二直流电抗器;

[0191] 22 开关元件;

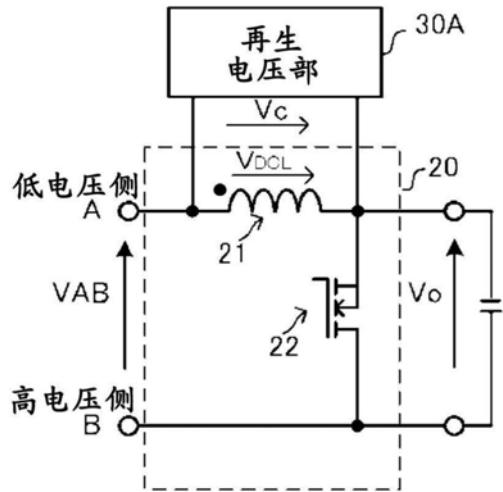
[0192] 30 电压叠加部;

[0193] 30A 再生电压部;

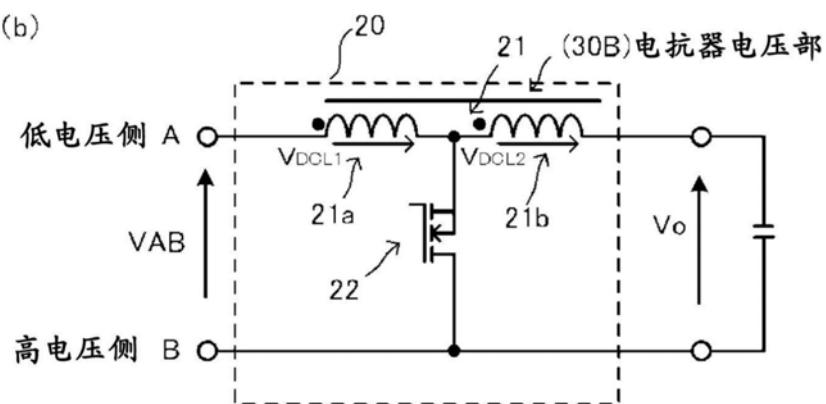
[0194] 30B 电抗器电压部;

- [0195] 40 再生部；
- [0196] 41 二极管；
- [0197] 42 电容器；
- [0198] 43 逆变器电路；
- [0199] 43a 电桥电路；
- [0200] 43b 驱动电路；
- [0201] 44 变压器；
- [0202] 45 整流器；
- [0203] 50 控制电路部；
- [0204] 100 直流脉冲电源装置；
- [0205] 110 直流电源；
- [0206] 120 升压斩波电路；
- [0207] 121 电感器；
- [0208] 122 开关元件；
- [0209] 123 二极管；
- [0210] 124 电阻；
- [0211]  $Q_{R1} \sim Q_{R4}$  开关元件。

(a)



(b)



(c)

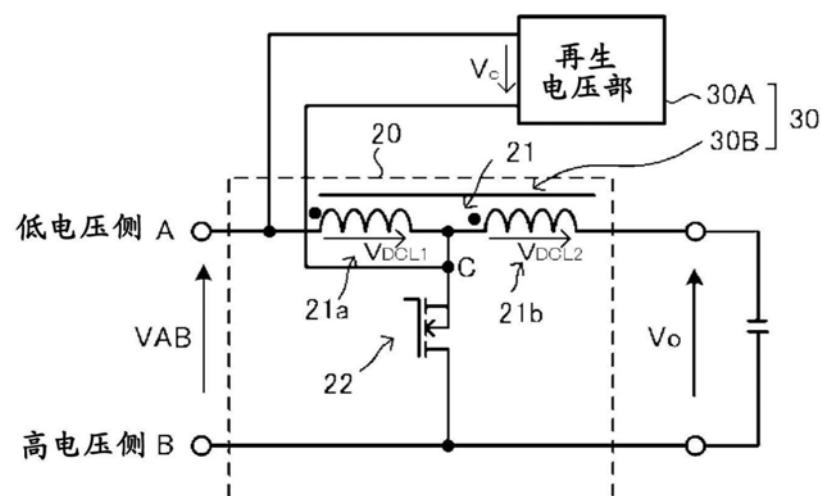


图1

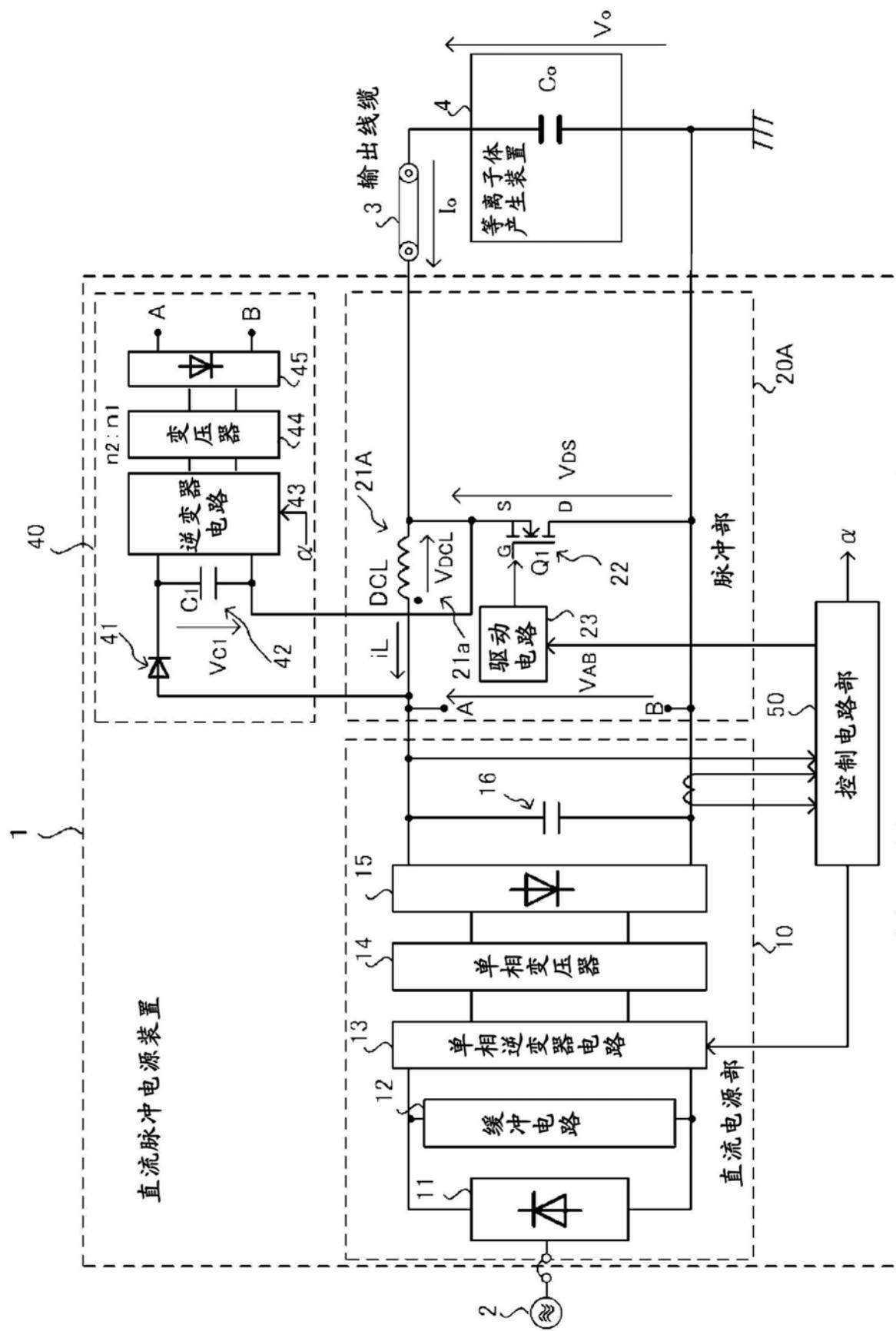


图2

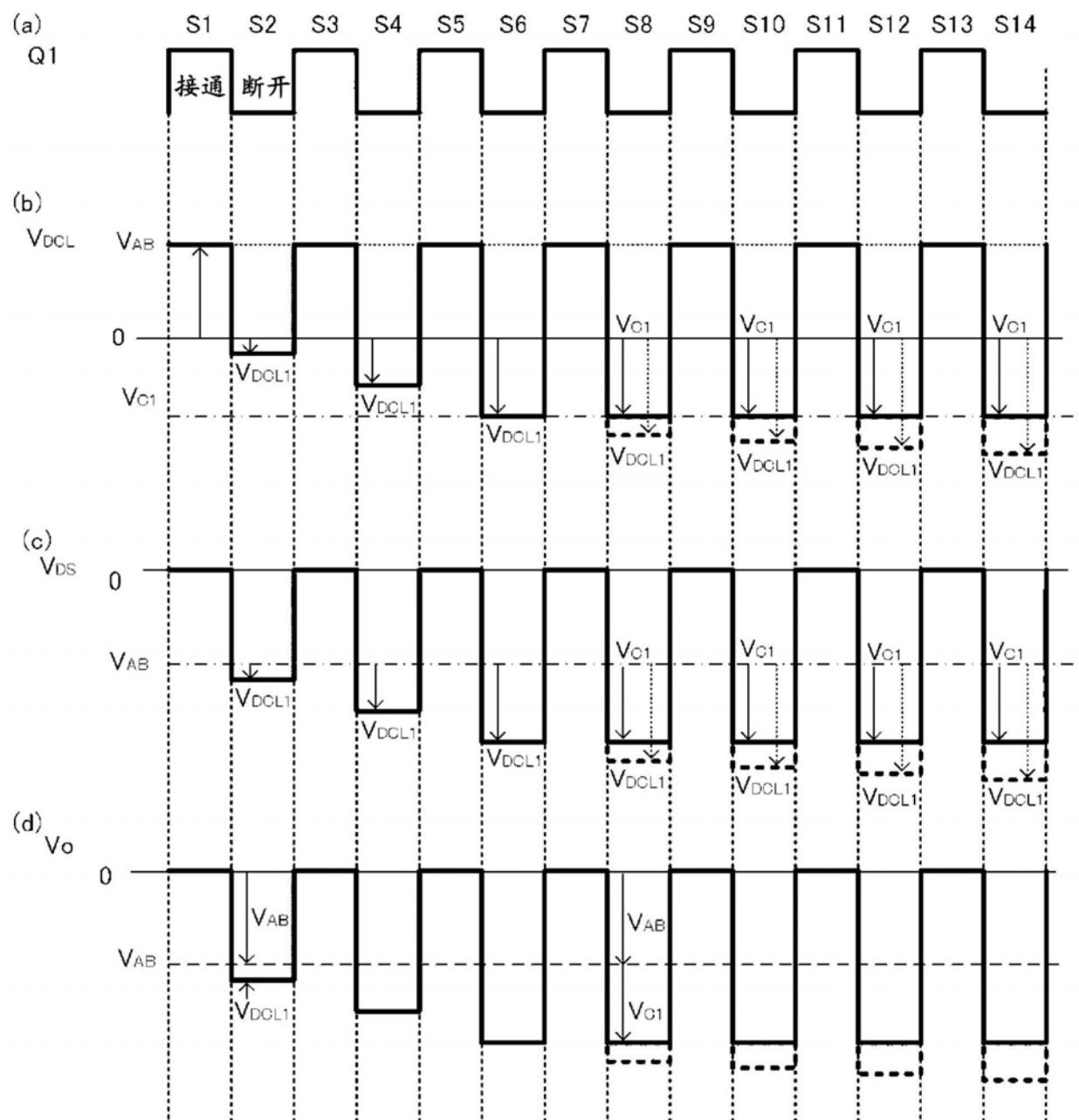


图3

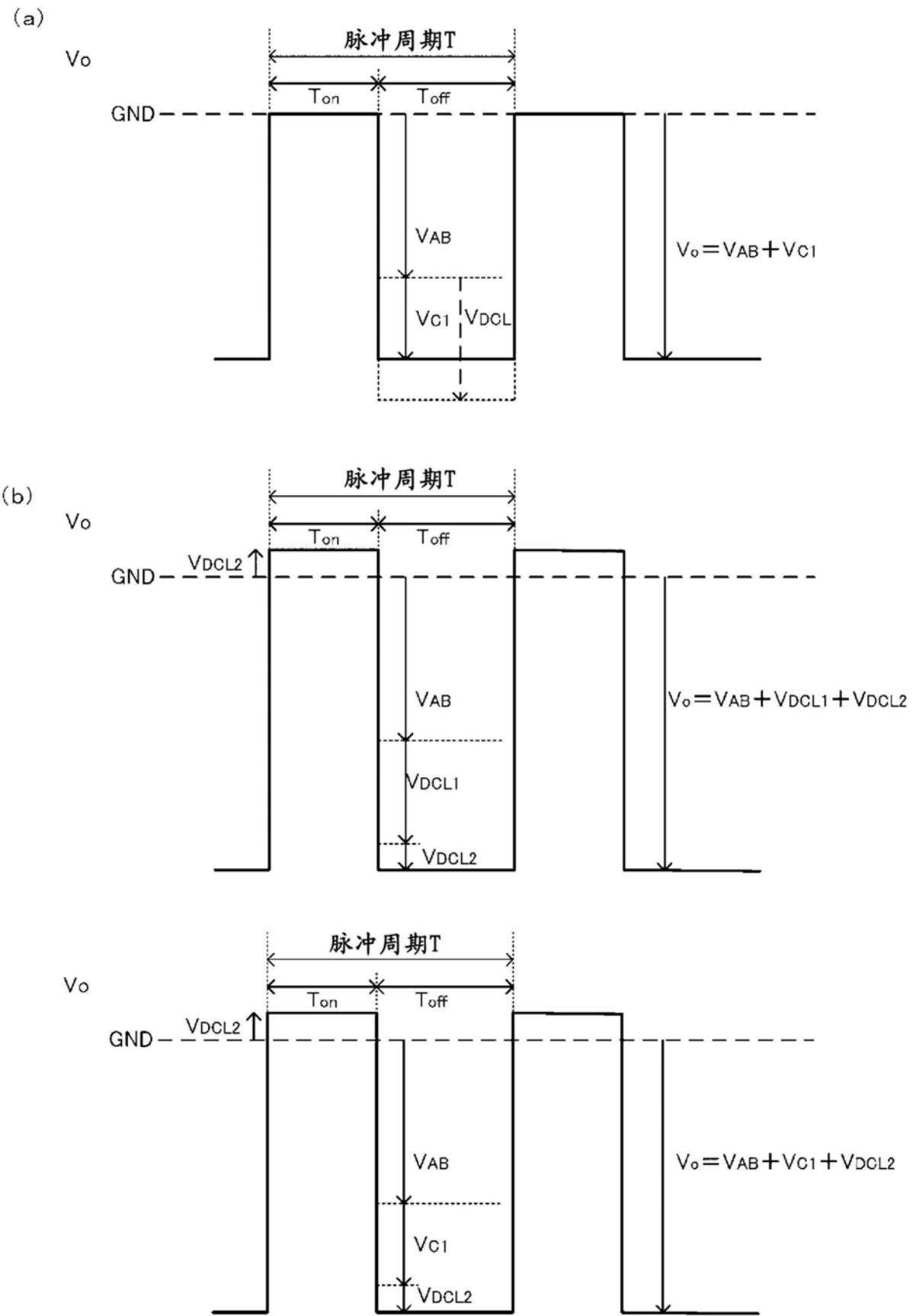


图4

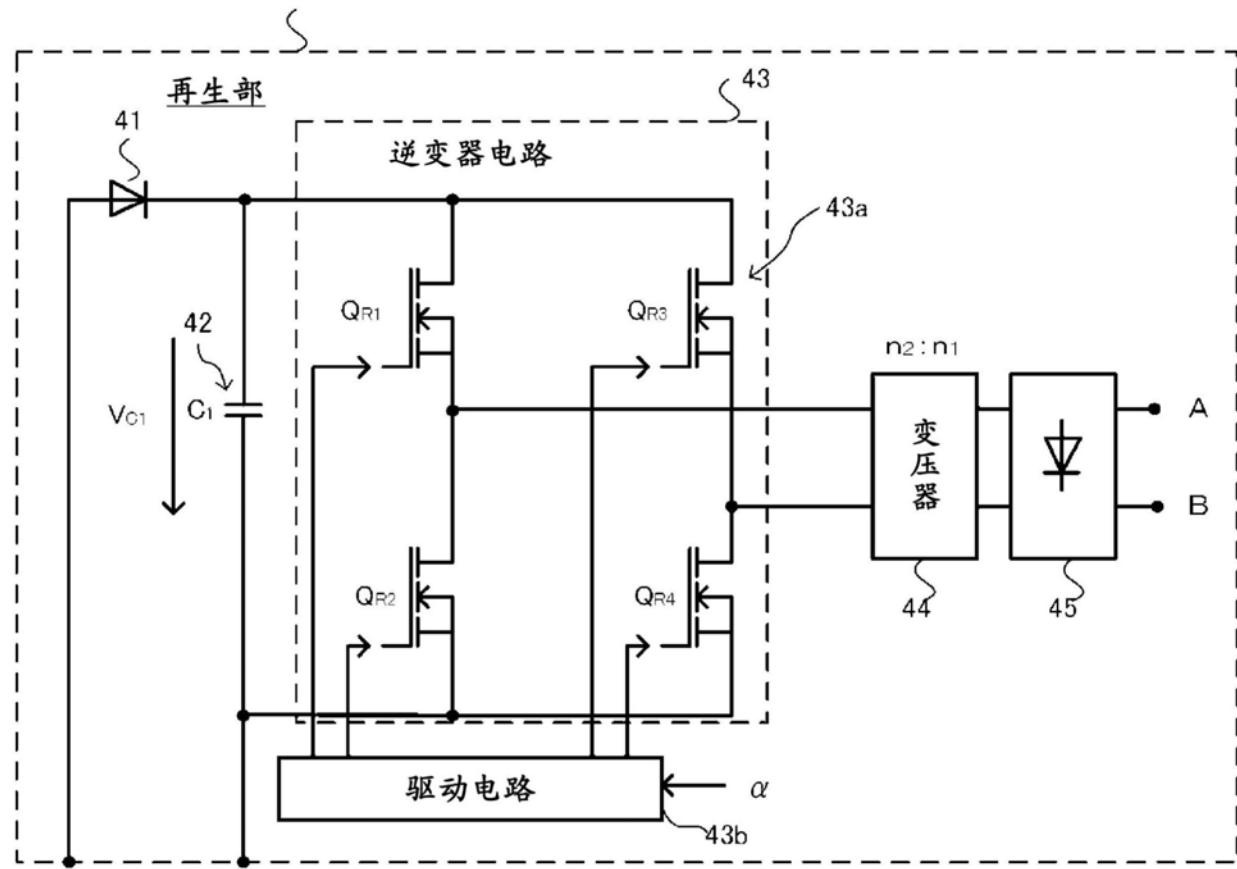


图5

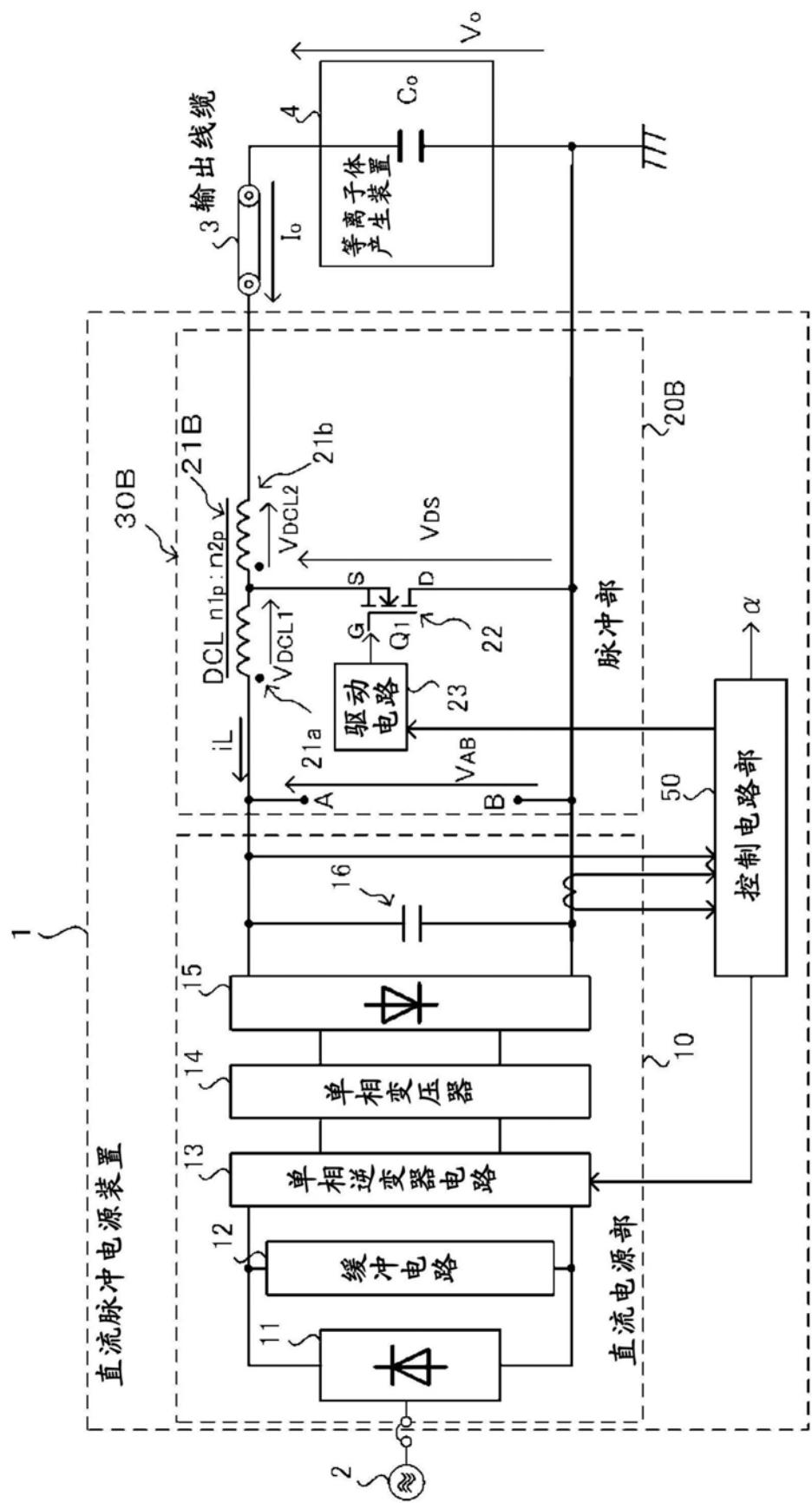


图6

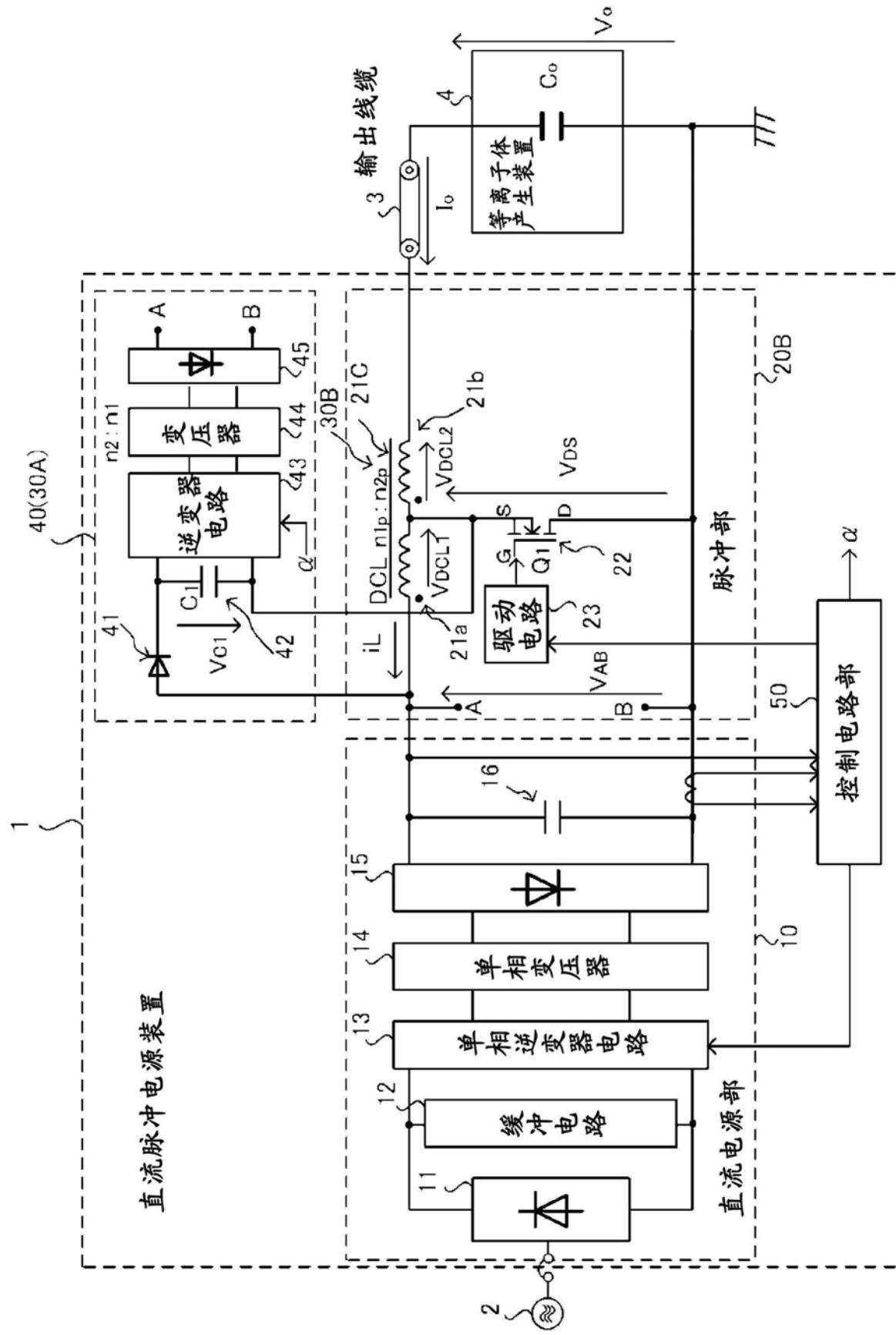


图7

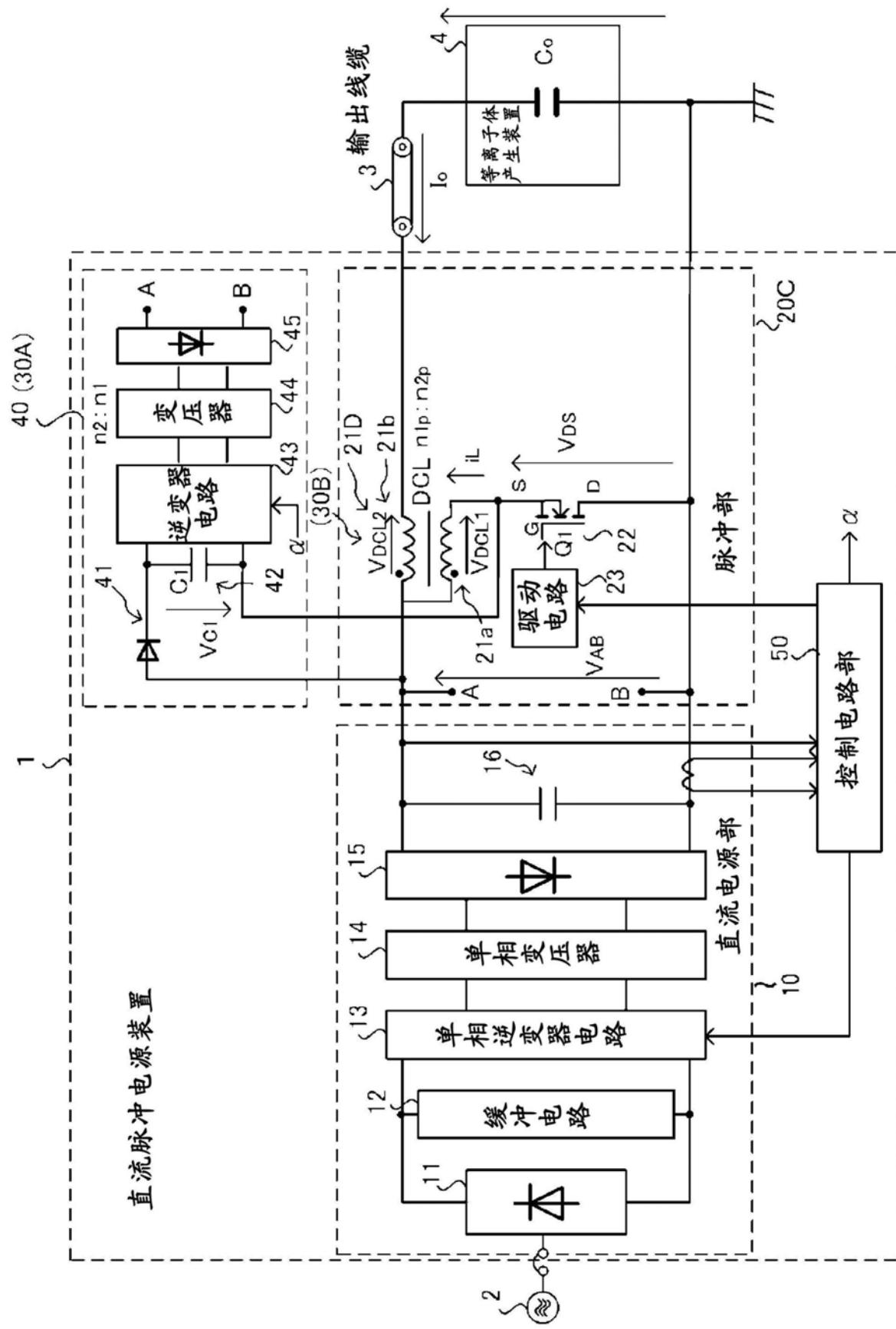


图8

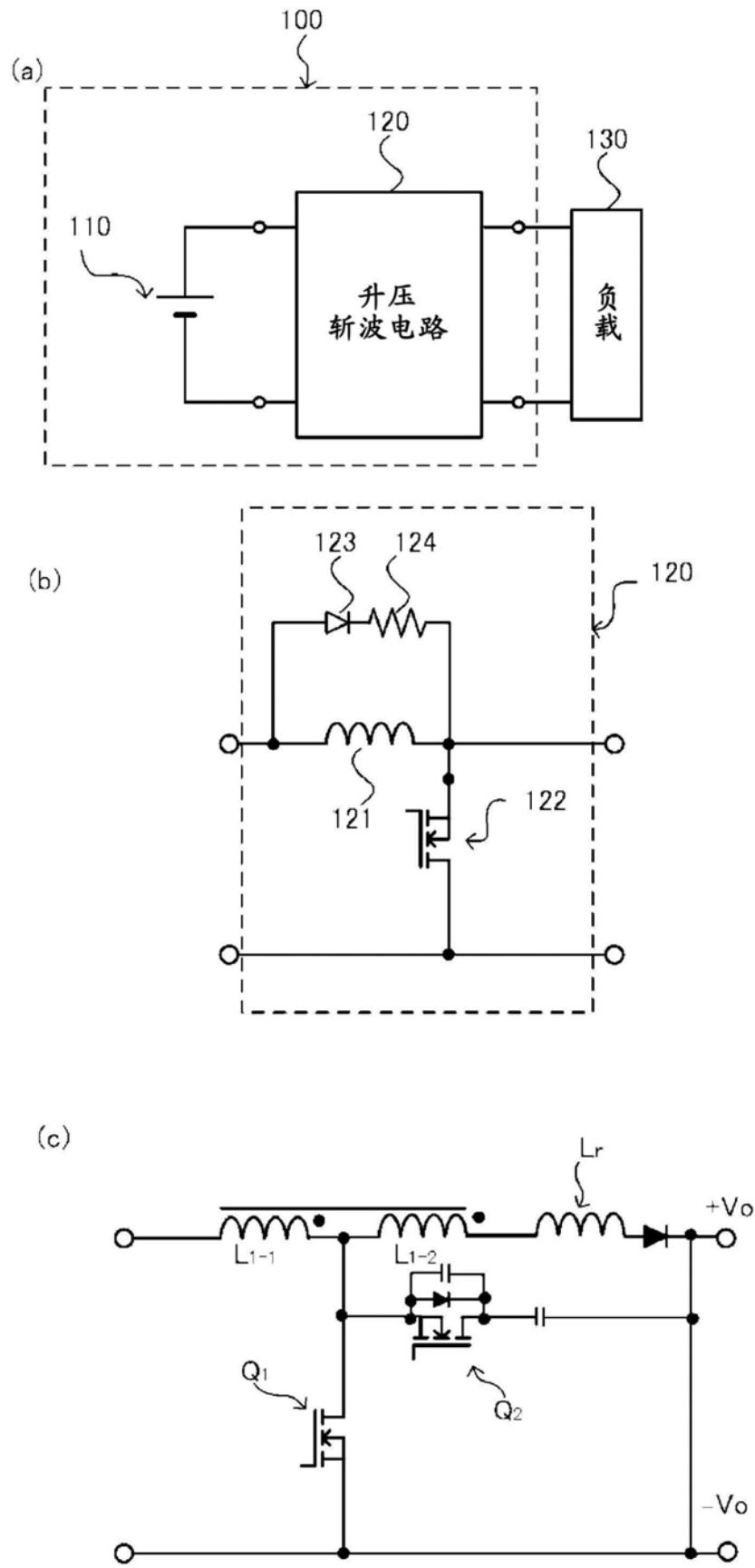


图9