



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104922803 B

(45)授权公告日 2018.02.09

(21)申请号 201510032773.2

(22)申请日 2015.01.22

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104922803 A

(43)申请公布日 2015.09.23

(30)优先权数据
2014-058515 2014.03.20 JP

(73)专利权人 住友重机械工业株式会社
地址 日本东京都

(72)发明人 岩永慎二

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002
代理人 夏斌

(51)Int.Cl.

A61N 5/10(2006.01)

G21K 5/04(2006.01)

(56)对比文件

CN 101441956 A, 2009.05.27, 说明书第1页第2段至第4页第4段、附图1-4.

EP 2679277 A1, 2014.01.01, 全文.

CN 102695544 A, 2012.09.26, 说明书第[0002]-[0061]段、附图1-6.

审查员 糜增元

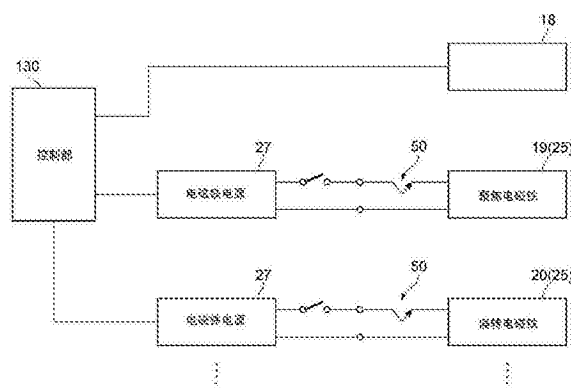
权利要求书1页 说明书6页 附图7页

(54)发明名称

带电粒子线治疗装置及带电粒子线的射程调整方法

(57)摘要

本发明提供一种带电粒子线治疗装置及带电粒子线的射程调整方法,其目的在于缩短切换照射带电粒子线的层时的切换时间且缩短带电粒子线治疗的时间。控制部(130)在切换照射带电粒子线的被照射体的层时通过控制降能器(18)来降低带电粒子线的能量,并且提高在电磁铁电源(27)与电磁铁(25)之间串联连接的半导体(50)的电阻。由于半导体(50)能够在减少流向电磁铁(25)的电流时在必要时刻提高电阻来加大负载时间常数,因此能够缩短降低电流所需的时间。即,能够缩短切换照射带电粒子线的层时的切换时间,从而缩短带电粒子线治疗的时间。



1. 一种带电粒子线治疗装置,其具备:

加速器,加速带电粒子,并射出带电粒子线;

照射部,使用扫描法向被照射体照射所述带电粒子线;

传输线路,将从所述加速器射出的所述带电粒子线传输至所述照射部;

能量调整部,调整所述带电粒子线的能量;

电磁铁,设置于所述照射部或所述传输线路;

电磁铁电源,连接于所述电磁铁;及

控制部,

在所述电磁铁电源与所述电磁铁之间串联连接有半导体,该半导体能够将其电阻切换为第一值和比所述第一值高的第二值,

所述控制部在切换照射所述带电粒子线的所述被照射体的层时,通过控制所述能量调整部来降低所述带电粒子线的能量,并且将所述半导体的电阻从所述第一值提高到所述第二值。

2. 根据权利要求1所述的带电粒子线治疗装置,其中,

所述能量调整部设置于所述加速器与所述照射部之间,

所述电磁铁至少包括配置于所述传输线路的聚焦电磁铁或偏转电磁铁。

3. 根据权利要求1所述的带电粒子线治疗装置,其中,

所述加速器为同步加速器,

所述能量调整部设置于所述加速器内,

所述电磁铁至少包括配置于所述传输线路的聚焦电磁铁或偏转电磁铁。

4. 一种带电粒子线的射程调整方法,使用带电粒子线治疗装置来调整照射部所照射的所述带电粒子线的射程,所述带电粒子线治疗装置具备:

加速器,加速带电粒子,并射出带电粒子线;

照射部,使用扫描法向被照射体照射所述带电粒子线;

传输线路,将从所述加速器射出的所述带电粒子线传输至所述照射部;

能量调整部,调整所述带电粒子线的能量;

电磁铁,设置于所述照射部或所述传输线路;及

电磁铁电源,连接于所述电磁铁;及

半导体,串联连接在所述电磁铁电源与所述电磁铁之间,该半导体能够将其电阻切换为第一值和比所述第一值高的第二值,

在所述带电粒子线的射程调整方法中,

在切换照射所述带电粒子线的所述被照射体的层时,

通过控制所述能量调整部来降低所述带电粒子线的能量,并且将所述半导体的电阻从所述第一值提高到所述第二值。

带电粒子线治疗装置及带电粒子线的射程调整方法

技术领域

[0001] 本申请主张基于2014年3月20日申请的日本专利申请第2014-058515号的优先权。其申请的全部内容通过参考援用于本说明书中。

[0002] 本发明涉及一种带电粒子线治疗装置及带电粒子线的射程调整方法。

背景技术

[0003] 以往,作为通过向被照射体照射带电粒子线来进行治疗的带电粒子线治疗装置,例如,已知有专利文献1中所记载的扫描式带电粒子线治疗装置。专利文献1中记载有如下带电粒子线治疗装置,即对于针对被照射体设定的一个层,按照规定的扫描图案照射带电粒子线,结束对于一个层的带电粒子线的照射以后,改变带电粒子线的能量以进行对于下一个层的带电粒子线的照射。

[0004] 专利文献1:日本特开2011-191184号公报

[0005] 然而,对于带电粒子线治疗装置,要求为了减轻治疗时的患者的负担而缩短照射时间。但是,在上述以往的带电粒子线治疗装置中,对于在切换所照射的层时的针对电磁铁的励磁量的切换所需的时间有改善的余地。

发明内容

[0006] 本发明是为了解决这种课题而完成的,其目的在于缩短切换照射带电粒子线的层时的切换时间,缩短带电粒子线治疗的时间。

[0007] 本发明所涉及的带电粒子线治疗装置具备:加速器,加速带电粒子,并射出带电粒子线;照射部,通过扫描法向被照射体照射带电粒子线;传输线路,将从加速器射出的带电粒子线传输至照射部;能量调整部,调整带电粒子线的能量;电磁铁,设置于照射部或传输线路;电磁铁电源,连接于电磁铁;及控制部,在电磁铁电源与电磁铁之间串联连接有半导体,控制部在切换照射带电粒子线的被照射体的层时通过控制能量调整部来降低带电粒子线的能量,并且提高半导体的电阻。

[0008] 在本发明所涉及的带电粒子线治疗装置中,在切换照射带电粒子线的被照射体的层时,控制部通过控制能量调整部来降低带电粒子线的能量,而缩短带电粒子线的射程。此时,由于带电粒子线的能量降低,因此电磁铁电源还需要相应地降低流向电磁铁的电流。在本发明中,控制部在切换照射带电粒子线的被照射体的层时,通过控制能量调整部来降低带电粒子线的能量,并且提高在电磁铁电源与电磁铁之间串联连接的半导体的电阻。由于半导体能够在降低流向电磁铁的电流时在必要时刻提高电阻来加大负载时间常数,因此能够缩短降低电流所需的时间。即,能够缩短切换照射带电粒子线的层时的切换时间,能够缩短带电粒子线治疗的时间。

[0009] 本发明所涉及的带电粒子线治疗装置中可设为,能量调整部设置于加速器与照射部之间,电磁铁至少包括配置于传输线路的聚焦电磁铁或偏转电磁铁。由此,在切换层时能够缩短降低对于聚焦电磁铁或偏转电磁铁的电流所需的时间。

[0010] 本发明所涉及的带电粒子线治疗装置中可设为,加速器为同步加速器,能量调整部设置于加速器内,电磁铁至少包括配置于传输线路的聚焦电磁铁或偏转电磁铁。由此,在切换层时能够缩短降低对于聚焦电磁铁或偏转电磁铁的电流所需的时间。

[0011] 本发明所涉及的带电粒子线的射程调整方法为,使用带电粒子线治疗装置来调整照射部所照射的带电粒子线的射程,所述带电粒子线治疗装置具备:加速器,加速带电粒子,并射出带电粒子线;照射部,使用扫描法向被照射体照射带电粒子线;传输线路,将从加速器射出的带电粒子线传输至照射部;能量调整部,调整带电粒子线的能量;电磁铁,设置于照射部或传输线路;及电磁铁电源,连接于电磁铁,在所述带电粒子束的射程调整方法中,在切换照射带电粒子线的被照射体的层时,通过控制能量调整部来降低带电粒子线的能量,并且提高在电磁铁电源与电磁铁之间串联连接的半导体的电阻。

[0012] 根据本发明所涉及的带电粒子线的射程调整方法,能够获得与上述带电粒子线治疗装置相同的作用、效果。

[0013] 发明的效果

[0014] 根据本发明,能够缩短切换照射带电粒子线的层时的切换时间,从而缩短带电粒子线治疗的时间。

附图说明

[0015] 图1是表示本发明所涉及的带电粒子线照射装置的一实施方式的概要图。

[0016] 图2是表示控制部及电磁铁周边的结构的框结构图。

[0017] 图3是表示带电粒子线的照射图像的图。

[0018] 图4是表示电磁铁电源及半导体周边的电路结构的结构图。

[0019] 图5是表示流向电磁铁的电流与半导体的电阻的关系的示意图。

[0020] 图6是表示在带电粒子线治疗装置的控制部执行的处理内容的流程图。

[0021] 图7是表示流向电磁铁的电流与半导体的电阻的关系的示意图。

[0022] 符号的说明

[0023] 11-加速器,12-照射喷嘴(照射部),13-射束传输线路(传输线路),18-降能器(能量调整部),19-聚焦电磁铁(电磁铁),20-偏转电磁铁(电磁铁),25-电磁铁,27-电磁铁电源,50-半导体,100-带电粒子线治疗装置,130-控制部。

具体实施方式

[0024] 以下,参考附图对本发明的实施方式进行详细说明。另外,“上游”与“下游”分别意味着所射出的带电粒子线的上游(加速器侧)、下游(患者侧)。

[0025] 如图1所示,带电粒子线治疗装置100为利用于通过放射线治疗法来治疗癌症等的装置,其具备:加速器11,加速带电粒子,并射出带电粒子线;照射喷嘴12(照射部),向被照射体照射带电粒子线;射束传输线路13(传输线路),将从加速器11射出的带电粒子线传输至照射喷嘴12;降能器(能量调整部)18,设置于射束传输线路13,并且降低带电粒子线的能量而调整带电粒子线的射程;多个电磁铁25,设置于照射喷嘴12及射束传输线路13;电磁铁电源27,与多个电磁铁25分别对应而设置;及控制部130,控制带电粒子线治疗装置100整体。在本实施方式中,作为加速器11采用回旋加速器,但并不限于此,也可以为产生带电

粒子线的其他产生源,例如同步加速器、同步回旋加速器、直线加速器等。

[0026] 在带电粒子线治疗装置100中,对治疗台22上的患者P的肿瘤(被照射体)照射从加速器11射出的带电粒子线。带电粒子线为将带有电荷的粒子加速为高速而得到的粒子线,例如有质子线、重粒子(重离子)线等。本实施方式所涉及的带电粒子线治疗装置100为通过所谓的扫描法进行带电粒子线照射的装置,其在深度方向上虚拟分割(切片)被照射体,并按照每个切片平面(层),对层上的照射范围进行带电粒子线的照射(例如参考图3)。

[0027] 另外,作为利用扫描法的照射方式,例如有点扫描照射及光栅扫描照射。点扫描照射的方式为,结束朝向照射范围即一个点的照射之后,暂时停止射束(带电粒子线)照射,待做好朝向下一个点的照射准备以后进行朝向下一个点的照射。相对于此,光栅扫描照射的方式为,对于同一层的照射范围无需中途停止照射而连续进行射束照射。如此,光栅扫描照射对于同一层的照射范围连续进行射束照射,因此,与点扫描照射不同,照射范围并不是由多个点构成的。

[0028] 照射喷嘴12安装于可绕治疗台22旋转360度的旋转机架23的内侧,并且设为可通过旋转机架23移动到任意旋转位置。照射喷嘴12包括聚焦电磁铁19(详细内容后述)、扫描电磁铁21及真空导管28。扫描电磁铁21设置于照射喷嘴12中。扫描电磁铁21具有X方向扫描电磁铁及Y方向扫描电磁铁,所述X方向扫描电磁铁在与带电粒子线的照射方向交叉的面上向X方向扫描带电粒子线;所述Y方向扫描电磁铁在与带电粒子线的照射方向交叉的面上向与X方向交叉的Y方向扫描带电粒子线。并且,通过扫描电磁铁21扫描的带电粒子线向X方向和/或Y方向偏转,因此位于扫描电磁铁下游侧的真空导管28的直径越靠下游侧越大。

[0029] 射束传输线路13具有供带电粒子线通过的真空导管14。真空导管14的内部维持为真空状态,抑制构成传输中的带电粒子线的带电粒子由于空气等而散射。

[0030] 并且,射束传输线路13具有:ESS(Energy Selection System:能量选择系统)15,从自加速器11射出的具有规定能级宽度的带电粒子线中选择性地取出能级宽度窄于规定能级宽度的带电粒子线;BTS(Beam Transport System:射束传输系统)16,以维持能量的状态传输具有由ESS15选择的能级宽度的带电粒子线;及GTS(Gantry Transport System:机架传输系统)17,将带电粒子线从BTS16向旋转机架23进行传输。

[0031] 降能器18降低所通过的带电粒子线的能量来调整该带电粒子线的射程。由于每个患者的身体表面至作为被照射体的肿瘤的深度不同,因此在对患者照射带电粒子线时,需要调整带电粒子线所抵达的深度即射程。降能器18通过调整以一定的能量从加速器11射出的带电粒子线的能量来进行调整以使带电粒子线适当地抵达处于患者体内规定深度的被照射体。在切片被照射体而得到的每一个层进行利用这种由降能器18进行的带电粒子线的能量调整。

[0032] 电磁铁25在射束传输线路13上设置有多个,其以能够通过磁场由射束传输线路13传输带电粒子线的方式进行该带电粒子线的调整。作为电磁铁25采用收敛传输中的带电粒子线的射束直径的聚焦电磁铁19、及使带电粒子线偏转的偏转电磁铁20。另外,以下有时不区分聚焦电磁铁19及偏转电磁铁20而记为电磁铁25。并且,电磁铁25至少在射束传输线路13的降能器18的下游侧设置有多个。但是,在本实施方式中,电磁铁25还设置于降能器18的上游侧。在此,为了收敛被降能器18调整能量之前的带电粒子线的射束直径,在降能器18的上游侧也作为电磁铁25设置有聚焦电磁铁19。电磁铁25的总数可根据射束传输线路13的长

度等而灵活地进行变更,例如设为10~40左右的数量。另外,在图1中仅记载有一部分电磁铁电源27,而实际上,设置有与电磁铁25的数量相同的数量。

[0033] 对降能器18及电磁铁25在射束传输线路13中所处的位置没有特别限定,但在本实施方式中,在ESS15中设置有降能器18、聚焦电磁铁19及偏转电磁铁20。并且,在BTS16中设置有聚焦电磁铁19,在GTS17中设置有聚焦电磁铁19及偏转电磁铁20。另外,降能器18如上所述,设置于加速器11与旋转机架23之间即ESS15,更详细而言,在ESS15中设置于比旋转机架23更靠加速器11侧(上游侧)。

[0034] 电磁铁电源27通过向所对应的电磁铁25供给电流来生成电磁铁25的磁场。电磁铁电源27通过调整供给至所对应的电磁铁25的电流,能够设定所对应的电磁铁25的磁场强度。电磁铁电源27根据来自控制部130的信号调整供给至电磁铁25的电流(详细内容后述)。电磁铁电源27被设置成分别与各个电磁铁25一一对应。即,设置与电磁铁25的数量相同数量的电磁铁电源27。

[0035] 被照射体各层的深度与供给至电磁铁25的电流的关系如下。即,由各层的深度确定用于向各层照射带电粒子线所需的带电粒子线的能量,并且确定由降能器18进行的能量调整量。在此,若带电粒子线的能量发生改变,则用于偏转、收敛该带电粒子线所需的磁场的强度也发生改变。因此,以使电磁铁25的磁场强度成为与由降能器18进行的能量调整量相对应的强度的方式确定供给至电磁铁25的电流。

[0036] 接着,进一步参考图2对控制部130及电磁铁电源27进行详细说明。另外,在图2中仅记载有部分电磁铁电源27,而实际上设置有与设置于带电粒子线治疗装置100中的电磁铁25的数量相对应的电磁铁电源27。

[0037] 控制部130控制从加速器11射出的带电粒子线朝向被照射体的照射。控制部130通过控制扫描电磁铁21来按照规定的扫描图案对于设定于被照射体的层照射带电粒子线。并且,控制部130通过控制降能器18来调整带电粒子线的能量,调整带电粒子线的射程。由此,控制部130能够切换照射带电粒子线的层。在此,参考图3(a)及(b),对与控制部130的控制相对应的带电粒子线照射图像进行说明。图3(a)表示在深度方向上被虚拟切片成多个层的被照射体,图3(b)表示从带电粒子线的照射方向观察的一个层的带电粒子线的扫描图像。

[0038] 如图3(a)所示,被照射体在深度方向上被虚拟切片成多个层,在本例子中,被虚拟切片成如下几层,即,从深的(带电粒子线B的射程长的)层依次为层 L_1 、层 L_2 、……层 L_{n-1} 、层 L_n 、层 L_{n+1} 、……层 L_{N-1} 、层 L_N 这N个层。并且,如图3(b)所示,带电粒子线B一边描绘射束轨道TL一边对层 L_n 的多个照射点进行照射。即,从受控制部130控制的喷嘴12照射出的带电粒子线在射束轨道TL上进行移动。并且,对于一个层 L_n 的照射结束以后,控制部130通过控制降能器18来降低带电粒子线的能量,缩短带电粒子线B的射程。由此,带电粒子线B照射到上方的一个层即层 L_{n+1} 。

[0039] 在电磁铁电源27与电磁铁25之间串联连接有半导体(晶体管)50。控制部130能够通过控制输入至半导体50的电流来控制半导体50中的电阻。在此,在切换照射带电粒子线的层时,控制部130控制降能器18,为了缩短射程而降低带电粒子线的能量。此时,为了与带电粒子线的能量的降低相应地降低朝向电磁铁25的励磁量,控制部130降低从电磁铁电源27向电磁铁25输入的电流。此时,为了吸收残留于电磁铁25的能量,控制部130提高半导体50的电阻。

[0040] 接着,参考图4对电磁铁电源27及半导体50周边的电路结构进行详细说明。如图4所示,在电磁铁电源27中,被设定为电流设定值 I_{set} 的电流通过线路L1,经由电流反馈部51、线路L2及半导体52流过线路L4。在线路L4设置有作为电阻的半导体50,电流经由半导体50流向电磁铁25。在线路L4设置有电流监视器53,电流监视器53通过检测电流后经由线路L3向电流反馈部51发送信号来进行电流反馈。另一方面,线路L5从线路L1分支,在线路L5设置有信号生成电路54及门电路55。线路L5连接于半导体50。在这种电路结构中,若被设定为电流设定值 I_{set} 的电流流过线路L1,则信号生成电路54设定与该电流设定值 I_{set} 对应的电阻设定值 Tr_{set} 并生成信号。并且,门电路55向半导体50输入与电阻设定值 Tr_{set} 对应的电流。

[0041] 接着,参考图5及图6对带电粒子线的射程调整方法进行说明。图5是表示流向电磁铁25的电流与半导体50的电阻的关系的示意图。图6是表示由带电粒子线治疗装置100的控制部130执行的处理内容的流程图。如图6所示,控制部130控制照射喷嘴12,并按照扫描图案对层 L_n 照射带电粒子线(步骤S10)。此时,控制部130控制电磁铁电源27使恒定电流(即电流设定值 I_{set} 恒定)流向电磁铁25,并且将电阻设定值 Tr_{set} 设定为开启(ON)以使半导体50成为较低的电阻(参考图5)。接着,控制部130进行对于所有层 $L_1 \sim L_N$ 的照射是否结束的判定(步骤S20)。若判定为未结束,则控制部130进行切换所照射的层的处理。

[0042] 具体而言,控制部130通过控制降能器18来降低带电粒子线的能量(步骤S30)。并且,控制部130通过控制电磁铁电源27来降低电流设定值 I_{set} ,从而降低流向电磁铁25的电流(步骤S40)。此时,控制部130将电阻设定值 Tr_{set} 设定为关闭(OFF),以此来提高半导体50的电阻(步骤S50)。由此,半导体50吸收残留于电磁铁25的能量。如此,通过反复切换所照射的层,电流设定值 I_{set} 描绘出呈阶梯状下降的波形。并且,电阻设定值 Tr_{set} 在电流设定值 I_{set} 设定为恒定值时设定为开启,仅在电流设定值 I_{set} 下降时局部性地被设定为关闭。若对于所有层 $L_1 \sim L_N$ 的带电粒子线的照射结束,则在S20中判定为否,图6所示的处理结束。

[0043] 接着,对本实施方式所涉及的带电粒子线治疗装置100的作用效果进行说明。

[0044] 在带电粒子线治疗装置100中,当切换照射带电粒子线的被照射体的层时,控制部130通过控制降能器18来降低带电粒子线的能量,以缩短带电粒子线的射程。此时,由于带电粒子线的能量下降,因此与此相应地,电磁铁电源27还需要降低流向电磁铁25的电流。为了加快电磁铁25的电流减少速度需要加大负载时间常数。在此,可以考虑在电磁铁电源27与电磁铁25之间串联设置电阻器且通过该电阻器消耗负载(电磁铁25)的能量的结构。然而,在这种结构中存在如下问题:电阻器的电阻变得极其大,从而在没有必要时(照射带电粒子线时)也有较大的电阻起到作用,因此需要较大电力。并且,存在如下问题:通过在电磁铁电源27与电磁铁25之间并联设置电容器来使电磁铁25的能量再生时,由于电磁铁25的电感较大,因此需要设置非常大的电容器。

[0045] 另一方面,在本实施方式中,在切换照射带电粒子线的被照射体的层时,控制部130通过控制降能器18来降低带电粒子线的能量,并且提高在电磁铁电源27与电磁铁25之间串联连接的半导体50的电阻。半导体50由于能够在减少流向电磁铁25的电流时在必要时刻提高电阻来加大负载时间常数,因此能够缩短降低电流所需的时间。即,能够缩短切换照射带电粒子线的层时的切换时间,并缩短带电粒子线治疗的时间。例如,现有的带电粒子线

治疗装置切换层需要2秒左右的时间,相对于此,本实施方式所涉及的带电粒子线治疗装置100能够以100毫秒左右的时间切换层。通常,设定几十个层,因此能够大幅缩短层的切换时间的合计时间。其结果,能够大幅缩短带电粒子线治疗的时间。并且,在无需加大电阻的时刻,控制部130能够将半导体50的电阻设为较小,因此不会产生配置电阻器和电容器时的课题。

[0046] 在本实施方式所涉及的带电粒子线治疗装置100中,降能器18设置于加速器11与照射喷嘴12之间,电磁铁25至少包括配置于射束传输线路13的聚焦电磁铁19或偏转电磁铁20。由此,能够缩短在切换层时降低对于聚焦电磁铁19或偏转电磁铁20的电流所需的时间。

[0047] 本发明并不限于上述的实施方式。例如,电磁铁电源周边的电路结构不限于图4所示的结构。并且,也可以固定照射喷嘴来进行固定照射,而不使用旋转机架23。并且,也可以在比回旋加速器更靠旋转机架的位置设置其他降能器来代替降能器18。并且,加速器11也可以为同步加速器,降能器18也可以设置于加速器11内。

[0048] 并且,半导体50的电阻模式并不限于图5所示的模式。例如,也可以采用如图7所示的电阻模式。如图7所示,可以在流过电磁铁25的电流较高的状态下,将半导体50的电阻设为较低,在电流下降几个阶段的时刻将半导体50的电阻设定为中间值,在电流进一步下降几个阶段的时刻将半导体50的电流设定为较高。

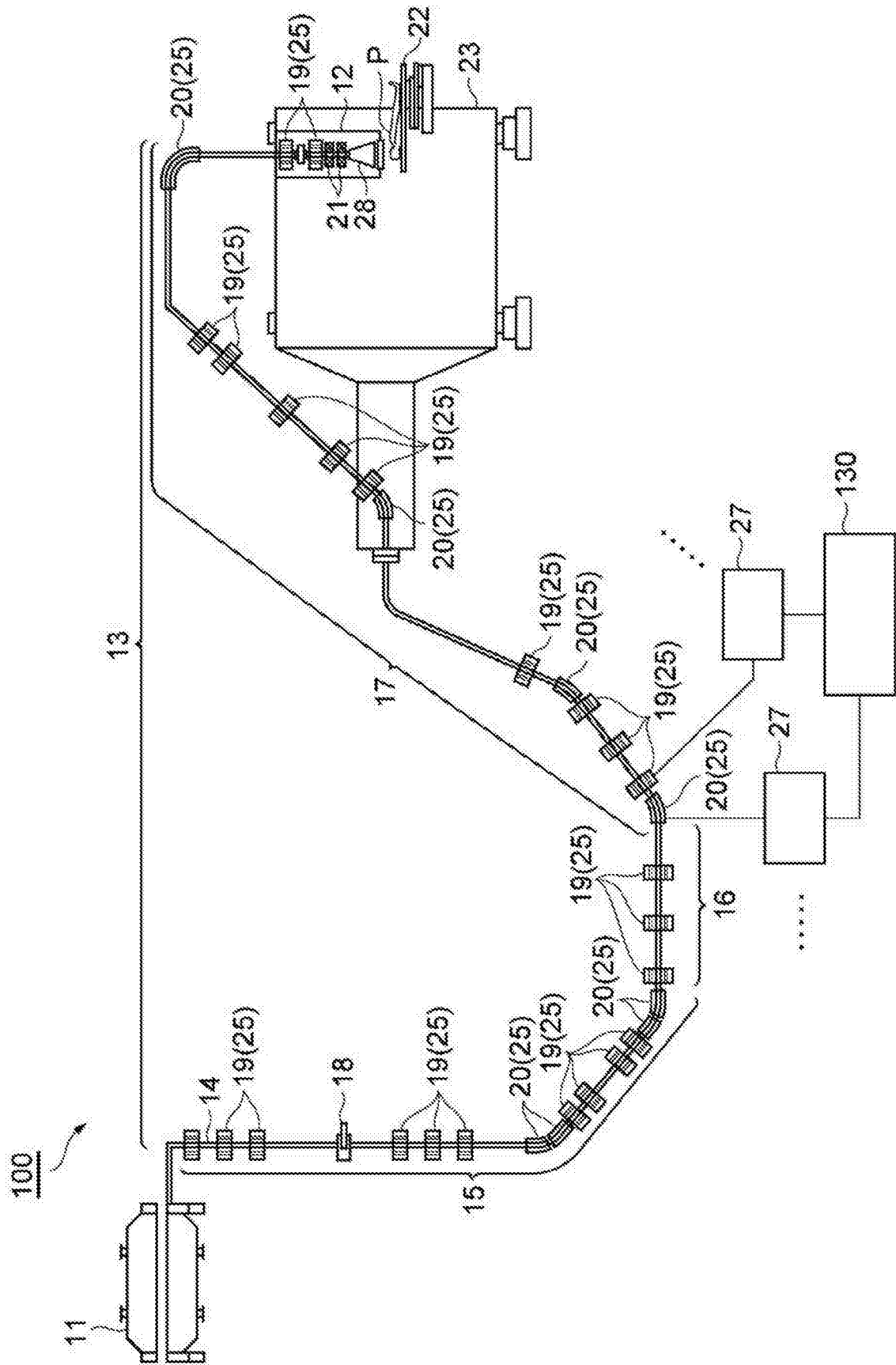


图1

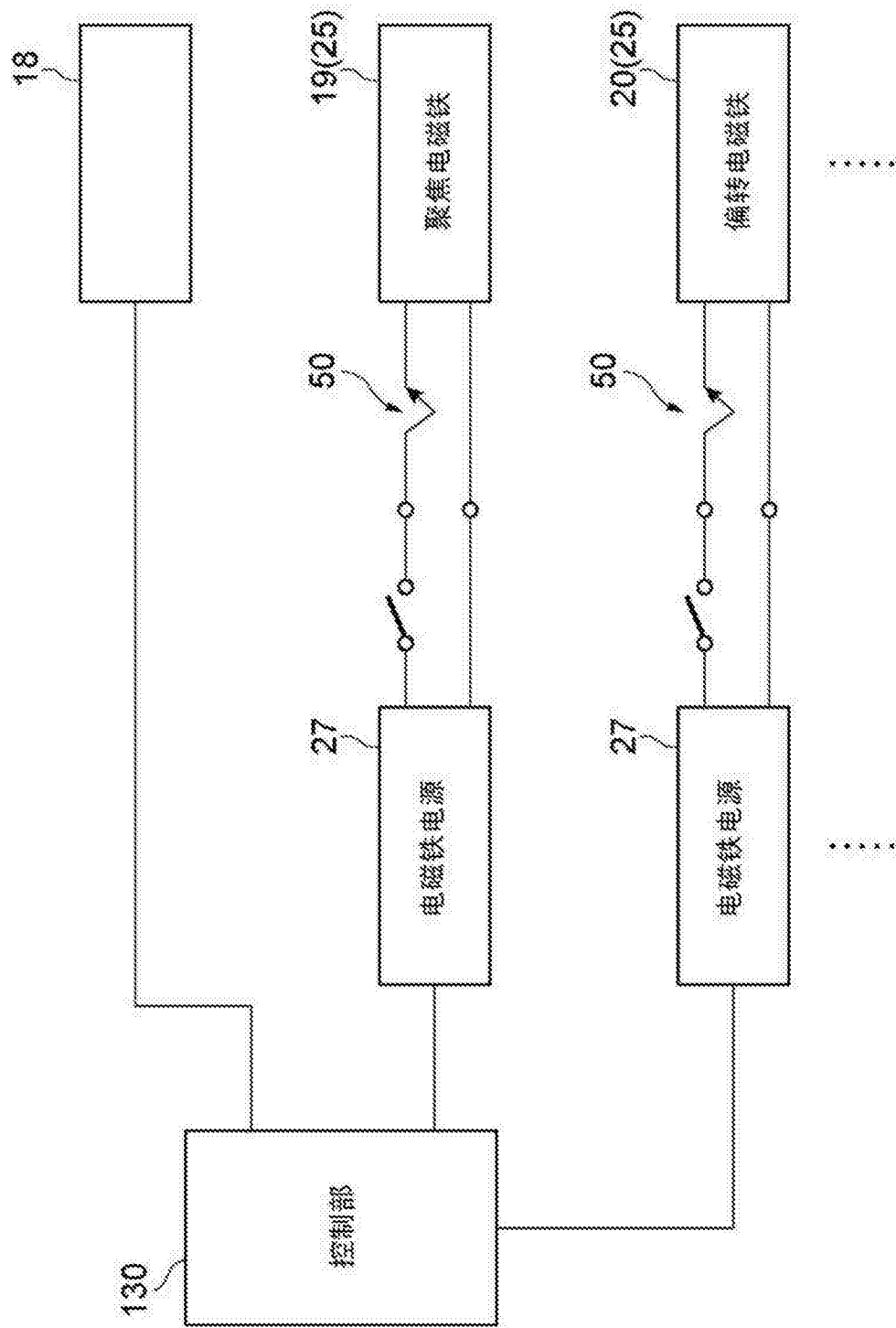


图2

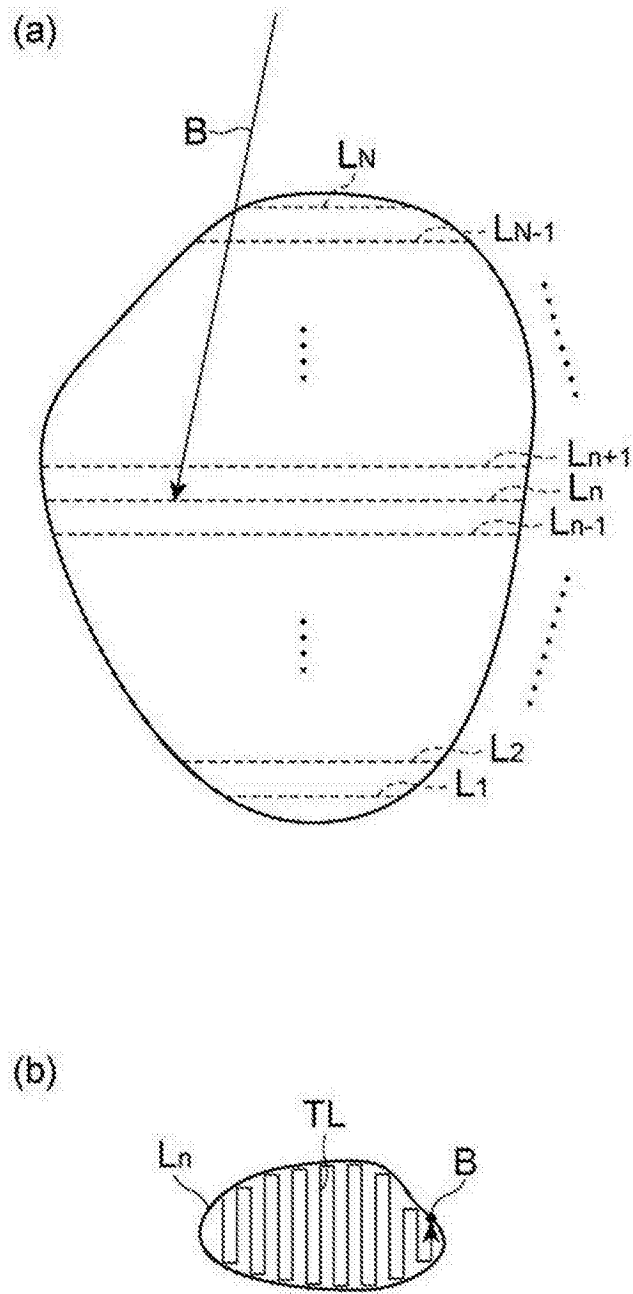


图3

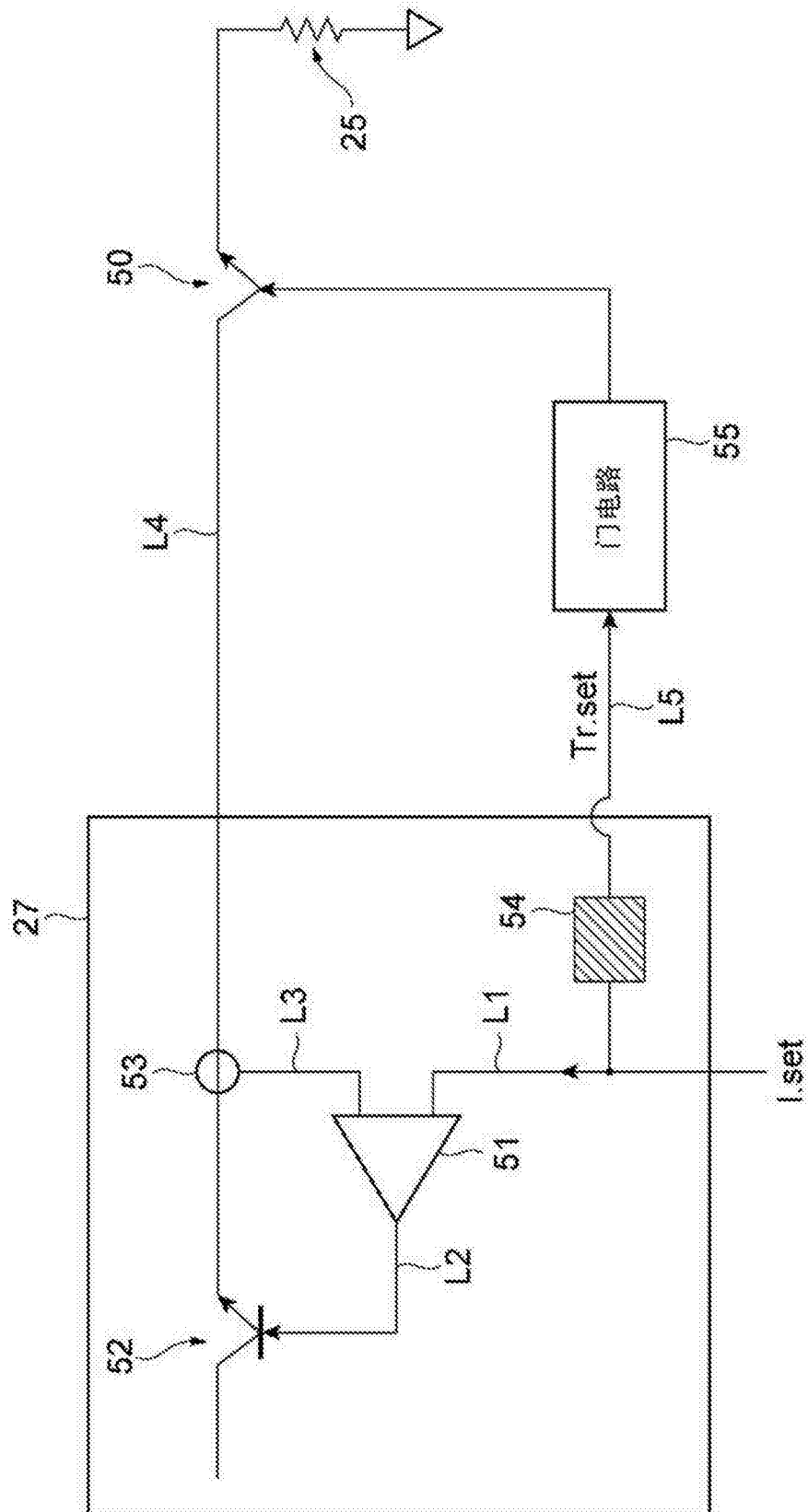


图4

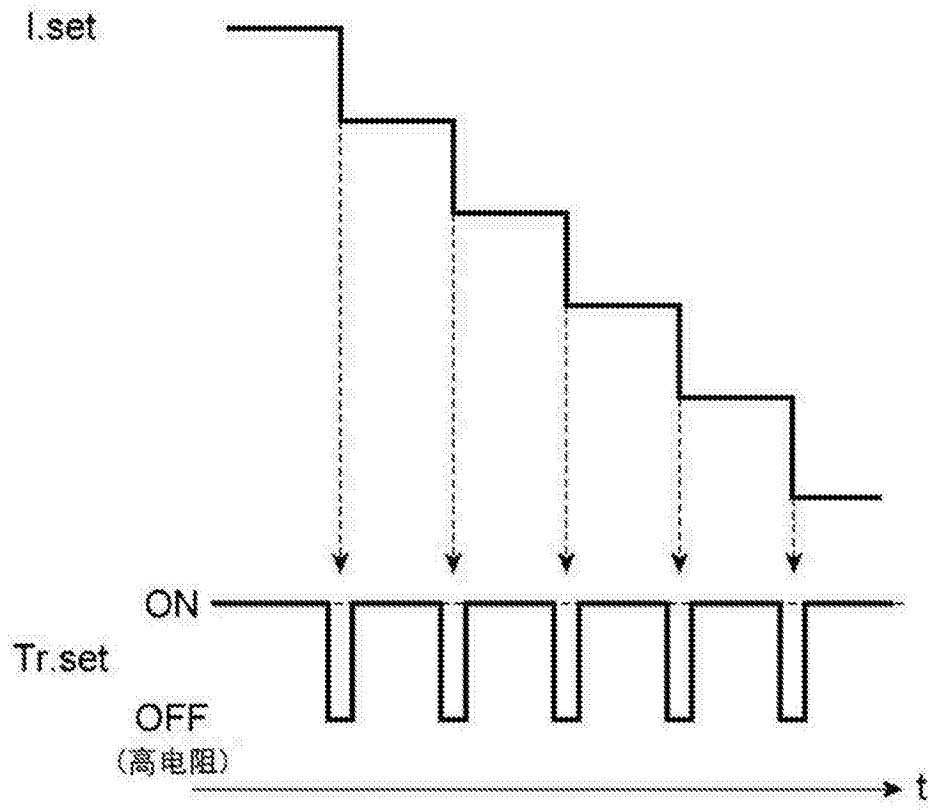


图5

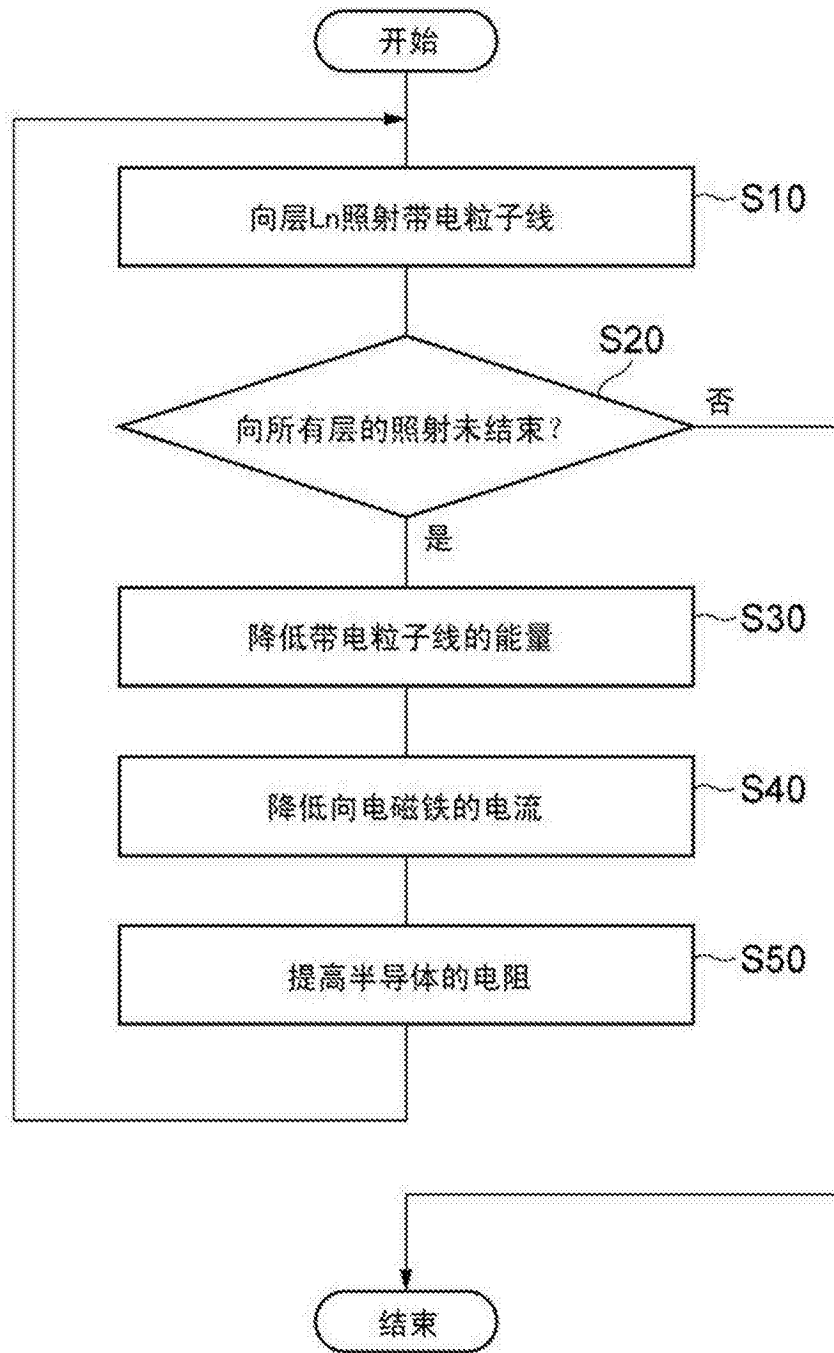


图6

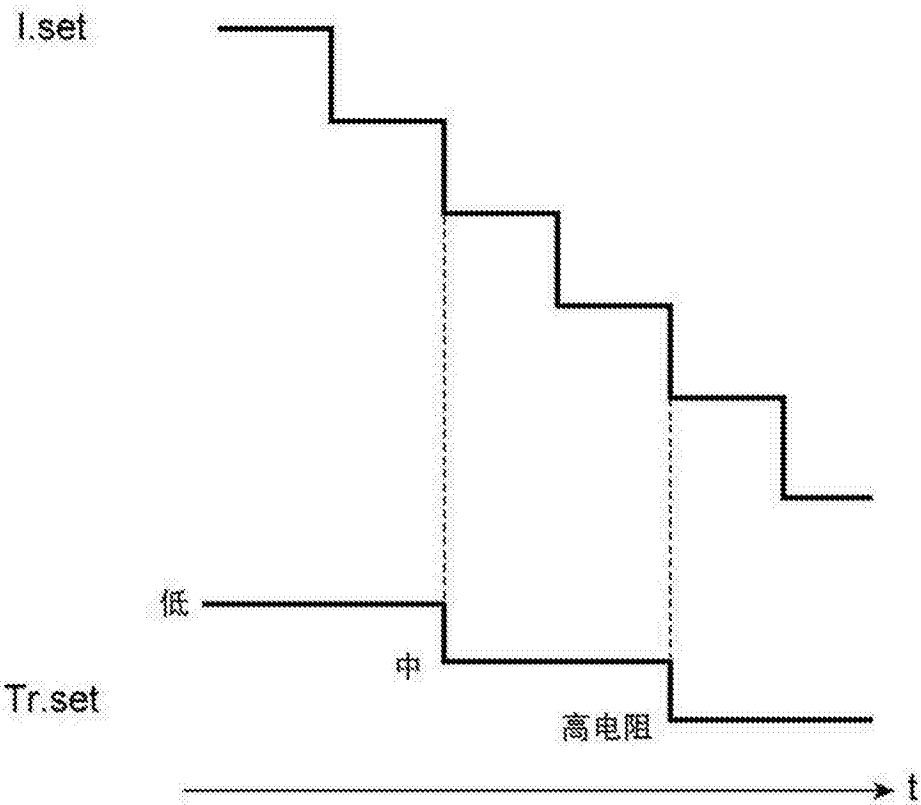


图7