



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103371822 B

(45) 授权公告日 2016. 01. 20

(21) 申请号 201310135377. 3

JP 2010075753 A, 2010. 04. 08,

(22) 申请日 2013. 04. 18

CN 101903791 A, 2010. 12. 01,

CN 1930766 A, 2007. 03. 14,

(30) 优先权数据

2012-094899 2012. 04. 18 JP

审查员 胡琴明

(73) 专利权人 株式会社东芝

地址 日本东京都

专利权人 东芝医疗系统株式会社

(72) 发明人 堀雅志 三浦资弘 横井基尚

川尻将

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 杨谦 房永峰

(51) Int. Cl.

A61B 5/055(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102958434 A, 2013. 03. 06,

CN 102203629 A, 2011. 09. 28,

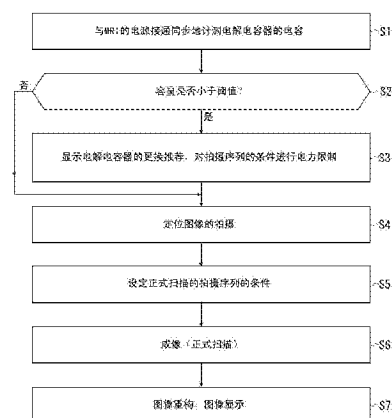
权利要求书3页 说明书18页 附图10页

(54) 发明名称

磁共振成像装置以及磁共振成像方法

(57) 摘要

本发明的实施方式涉及磁共振成像装置以及磁共振成像方法。一个实施方式的 MRI 装置 (20) 具备充放电控制部 (56、126、128)、判定部 (102、132、134、136、140、142)、条件限制部 (104)。充放电控制部包括充放电元件 (126) 并且通过接收电力供给来对充放电元件进行充电, 在执行磁共振成像时针对倾斜磁场线圈 (26) 供给来自充放电元件的放电电力。判定部判定充放电元件的电容是否小于阈值。在充放电元件的电容小于阈值的情况下, 条件限制部通过限制拍摄序列的条件, 来限制向倾斜磁场线圈的电力供给量。



1. 一种磁共振成像装置,一边通过按照拍摄序列向倾斜磁场线圈供给电力来对拍摄区域施加倾斜磁场,一边执行磁共振成像,其特征在于,具备:

充放电控制部,包含充放电元件并且通过接受电力供给来对上述充放电元件进行充电,在执行上述磁共振成像时对上述倾斜磁场线圈供给来自上述充放电元件的放电电力;

判定部,判定上述充放电元件的容量是否小于阈值;和

条件限制部,在由上述判定部判定为上述充放电元件的容量小于上述阈值的情况下,通过限制上述拍摄序列的条件,来限制向上述倾斜磁场线圈的电力供给量。

2. 根据权利要求 1 所述的磁共振成像装置,其特征在于,

还具备向上述倾斜磁场线圈供给直流电力的直流电源,

上述充放电控制部根据上述拍摄序列,利用来自上述充放电元件的放电电力来补充上述直流电源的供给电力相对于上述倾斜磁场线圈的消耗电力不足的电力量。

3. 根据权利要求 2 所述的磁共振成像装置,其特征在于,还具备:

显示装置;和

警告部,在由上述判定部判定为上述充放电元件的容量小于上述阈值的情况下,使上述显示装置执行上述充放电元件的更换推荐显示。

4. 根据权利要求 3 所述的磁共振成像装置,其特征在于,

还具备存储装置,

上述判定部基于上述充放电元件的充电电压以及充放电电流中的至少一方来计算上述充放电元件的容量值,将计算出的容量值与测定日一同存储到存储装置。

5. 根据权利要求 4 所述的磁共振成像装置,其特征在于,

上述判定部判定上述充放电元件的容量是否小于第 1 阈值、以及上述充放电元件的容量是否小于比上述第 1 阈值小的第 2 阈值,

在上述充放电元件的容量小于上述第 2 阈值的情况下,与上述充放电元件的容量小于上述第 1 阈值但不小于上述第 2 阈值的情况相比,上述条件限制部进一步限制向上述倾斜磁场线圈的电力供给量。

6. 根据权利要求 5 所述的磁共振成像装置,其特征在于,

上述判定部与磁共振成像装置因电源接通而启动开始的定时同步,开始测定上述充放电元件的充电电压以及充放电电流中的至少一方。

7. 根据权利要求 5 所述的磁共振成像装置,其特征在于,

上述判定部与磁共振成像装置的再启动开始的定时同步,开始测定上述充放电元件的充电电压以及充放电电流中的至少一方。

8. 根据权利要求 5 所述的磁共振成像装置,其特征在于,

上述判定部在磁共振成像装置执行预扫描时测定了上述充放电元件的充电电压以及充放电电流中的至少一方后,判定上述充放电元件的容量是否小于阈值。

9. 根据权利要求 1 所述的磁共振成像装置,其特征在于,

上述判定部与磁共振成像装置因电源接通而启动开始的定时同步,开始测定上述充放电元件的充电电压以及充放电电流中的至少一方。

10. 根据权利要求 1 所述的磁共振成像装置,其特征在于,

上述判定部与磁共振成像装置的再启动开始的定时同步,开始测定上述充放电元件的

充电电压以及充放电电流中的至少一方。

11. 根据权利要求 1 所述的磁共振成像装置,其特征在于,

上述判定部在磁共振成像装置执行预扫描时测定了上述充放电元件的充电电压以及充放电电流中的至少一方后,判定上述充放电元件的容量是否小于阈值。

12. 根据权利要求 1 所述的磁共振成像装置,其特征在于,

上述判定部判定上述充放电元件的容量是否小于第 1 阈值、以及上述充放电元件的容量是否小于比上述第 1 阈值小的第 2 阈值,

在上述充放电元件的容量小于上述第 2 阈值的情况下,与上述充放电元件的容量小于上述第 1 阈值但不小于上述第 2 阈值的情况相比,上述条件限制部进一步限制向上述倾斜磁场线圈的电力供给量。

13. 根据权利要求 1 所述的磁共振成像装置,其特征在于,还具备:

显示装置;和

警告部,在由上述判定部判定为上述充放电元件的容量小于上述阈值的情况下,使上述显示装置执行上述充放电元件的更换推荐显示。

14. 根据权利要求 1 所述的磁共振成像装置,其特征在于,

还具备存储装置,

上述判定部基于上述充放电元件的充电电压以及充放电电流中的至少一方来计算上述充放电元件的容量值,将计算出的容量值与测定日一同存储到存储装置。

15. 根据权利要求 1 所述的磁共振成像装置,其特征在于,还具备:

直流电源,向上述倾斜磁场线圈供给直流电力;和

切换控制部,根据上述倾斜磁场线圈的消耗电力来切换下述两种电路动作状态:不消耗上述充放电元件的积蓄电力而从上述直流电源向上述倾斜磁场线圈供给电力的电路动作状态、以及从上述直流电源以及上述充放电元件向上述倾斜磁场线圈供给电流的电路动作状态。

16. 根据权利要求 15 所述的磁共振成像装置,其特征在于,还具备:

显示装置;和

警告部,在由上述判定部判定为上述充放电元件的容量小于上述阈值的情况下,使上述显示装置执行上述充放电元件的更换推荐显示。

17. 根据权利要求 16 所述的磁共振成像装置,其特征在于,

还具备存储装置,

上述判定部基于上述充放电元件的充电电压以及充放电电流中的至少一方来计算上述充放电元件的容量值,将计算出的容量值与测定日一同存储到存储装置。

18. 根据权利要求 17 所述的磁共振成像装置,其特征在于,

上述判定部与磁共振成像装置因电源接通而启动开始的定时或者磁共振成像装置的再启动开始的定时同步,开始测定上述充放电元件的充电电压以及充放电电流中的至少一方。

19. 一种磁共振成像方法,通过按照拍摄序列对倾斜磁场线圈供给电力来向拍摄区域施加倾斜磁场,伴随着上述倾斜磁场的施加从上述拍摄区域收集核磁共振信号,基于上述核磁共振信号来重构图像数据,其特征在于,具有:

判定作为放电电流而向上述倾斜磁场线圈供给电力的充放电元件的容量是否小于阈值的步骤 ;和

在上述充放电元件的容量小于上述阈值的情况下,通过限制上述拍摄序列的条件,来限制向上述倾斜磁场线圈的电力供给量的步骤。

## 磁共振成像装置以及磁共振成像方法

[0001] 本申请以日本专利申请的特愿 2012 — 94899 (申请日 2012 年 4 月 18 日) 作为巴黎公约的优先权基础, 根据该申请要求享受优先权。本申请通过参照该申请而包含该申请的全部内容。

### 技术领域

[0002] 本发明的实施方式涉及磁共振成像。

### 背景技术

[0003] MRI 是通过拉莫尔频率的 RF 脉冲对放置在静磁场中的被检体的原子核自旋进行磁激励, 根据伴随该激励而产生的 MR 信号来重构图像的拍摄法。其中, 上述 MRI 是磁共振成像 (Magnetic Resonance Imaging) 的意思, RF 脉冲是高频脉冲 (radio frequency pulse) 的意思, MR 信号是核磁共振信号 (nuclear magnetic resonance signal) 的意思。

[0004] MRI 装置的倾斜磁场产生系统具备: 通过向拍摄区域施加倾斜磁场来对 MR 信号赋予空间位置信息的倾斜磁场线圈、和向倾斜磁场线圈供给电力的倾斜磁场电源 (例如参照日本特开 2010 — 75753 号公报)。倾斜磁场电源例如具有在拍摄序列 (日文: 撮像シーケンス) 执行前被充电, 在拍摄序列执行时供给电力的电解电容器。

[0005] 电解电容器的电容左右着倾斜磁场电源的输出方式, 对拍摄序列的条件造成影响。一般大电力用的电源电路所使用的电解电容器伴随着使用会因蒸干 (dry up) 而劣化。蒸干是指由于封在电解电容器内的电解液因发热等而蒸发, 产生了不能充分浸入到电解液的部分, 所以隔离物 (separator) 的干燥加剧。如果蒸干进一步发展, 则构成隔离物的纤维会剥离, 使得电解电容器的电容变小。

[0006] 因此, 如果基于安装初期的电解电容器的电容值来设计倾斜磁场电源的电路、拍摄序列的条件设定程序等, 则即使在安装初期能获得没有问题的 MRI 图像, 画质也有可能在 10 年后发生劣化。为此, 以往按照针对电解电容器的标称电容值考虑了经时劣化而具有例如 — 20% 这一余裕 (margin) 的方式设计了倾斜磁场电源的电路。

[0007] 如具有余裕地设计了倾斜磁场电源的电路, 则部件成本会增大。另外, 如果通过基于电容器电容与电介质的表面积成比例的情况来使电解电容器大型化以及大电容化, 使其电容具有足够的余裕, 则倾斜磁场电源单元也大型化, 在 MRI 装置中设置空间增大。另一方面, 由于希望高画质的成像, 所以在高画质的成像中对倾斜磁场电源的负担变大。

[0008] 因此, 希望能够在 MRI 中, 针对 (电容器等的) 倾斜磁场电源内的电力供给用充放电元件的容量劣化不过分设置余裕地设计倾斜磁场电源的电路用的技术。

### 发明内容

[0009] 本发明的目的在于, 提供一种能够在 MRI 中, 针对倾斜磁场电源内的电力供给用充放电元件的容量劣化不过分设置余裕地设计倾斜磁场电源的电路用的技术。

[0010] 以下, 按每个方式对本发明可采取的方式的几个例子进行说明。

[0011] (1)在本发明的一个实施方式中,MRI 装置一边通过按照拍摄序列对倾斜磁场线圈供给电力,来对拍摄区域施加倾斜磁场,一边执行磁共振成像。该 MRI 装置具备充放电控制部、判定部、条件限制部。

[0012] 充放电控制部包括充放电元件,并且通过接受电力供给而对充放电元件进行充电,在执行磁共振成像时对倾斜磁场线圈供给来自充放电元件的放电电力。

[0013] 判定部判定充放电元件的容量是否小于阈值。

[0014] 在通过判定部判定为充放电元件的容量小于阈值的情况下,条件限制部通过(在电力上)限制拍摄序列的条件,来限制向倾斜磁场线圈的电力供给量。

[0015] (2)在本发明的另一个实施方式中,MRI 方法是通过根据拍摄序列向倾斜磁场线圈供给电力来对拍摄区域施加倾斜磁场,伴随着倾斜磁场的施加而从拍摄区域收集 MR 信号,基于 MR 信号来重构图像数据的方法。该 MRI 方法具有以下的步骤(处理)。

[0016] 一个步骤是判定作为放电电流对倾斜磁场线圈供给电力的充放电元件的容量是否小于阈值的步骤。

[0017] 一个步骤是在充放电元件的容量小于阈值的情况下,通过限制拍摄序列的条件,来限制向倾斜磁场线圈的电力供给量的步骤。

[0018] 发明效果

[0019] 根据上述(1)、(2)中哪一个本发明,都能在 MRI 中,针对倾斜磁场电源内的电力供给用充放电元件的容量劣化不过分设置余裕地设计倾斜磁场电源的电路。

## 附图说明

[0020] 图 1 是表示第 1 实施方式的 MRI 装置的整体构成的框图。

[0021] 图 2 是图 1 所示的计算机 58 的功能框图。

[0022] 图 3 是表示第 1 实施方式中的倾斜磁场电源的构成的一个例子的框图。

[0023] 图 4 是表示来自图 3 的直流电源的电源输出电流  $I_{ps}(t)$ 、与电解电容器的充电电压  $V_{bus}(t)$  的时间变化的一个例子的示意图。

[0024] 图 5 是表示将放大器流入电流视为零,并以一定的电源输出电流对电解电容器进行了充电的情况下的、充电电压的时间变化因电容引起的不同的示意图。

[0025] 图 6 是表示根据电解电容器的电容来催促对其进行更换的显示的一个例子的示意图。

[0026] 图 7 是表示根据电解电容器的电容来催促对其进行更换的显示的另一个例子的示意图。

[0027] 图 8 是表示第 1 实施方式的 MRI 装置的动作流程的一个例子的流程图。

[0028] 图 9 是表示第 2 实施方式中的倾斜磁场电源的构成的一个例子的框图。

[0029] 图 10 是表示针对 X 通道的倾斜磁场放大器的输出电压以及各部的电流、电压波形,简化为遵照(7)式的输出电压时的一个例子的示意图。

[0030] 图 11 是表示第 2 实施方式的 MRI 装置的动作流程的一个例子的流程图。

## 具体实施方式

[0031] 以下,基于附图对 MRI 装置以及 MRI 方法的实施方式进行说明。其中,在各图中对

相同要素赋予相同的附图标记而省略重复的说明。

[0032] 图 1 是表示第 1 实施方式中的 MRI 装置 20 的整体构成的框图。如图 1 所示, MRI 装置 20 具备:形成静磁场的筒状的静磁场磁铁 22、在静磁场磁铁 22 的内侧同轴设置的筒状的匀场线圈 24、倾斜磁场线圈 26、RF 线圈 28、控制装置 30、承载被检体 P 的诊台 32。

[0033] 这里作为一个例子,将装置坐标系的相互正交的 X 轴、Y 轴、Z 轴定义如下。首先,静磁场磁铁 22 以及匀场线圈 24 被配置成它们的轴向与铅垂方向正交,将静磁场磁铁 22 以及匀场线圈 24 的轴向设为 Z 轴方向。另外,将铅垂方向设为 Y 轴方向,诊台 32 被配置成其顶板的载置用面的法线方向成为 Y 轴方向。

[0034] 控制装置 30 具备:静磁场电源 40、匀场线圈电源 42、倾斜磁场电源 44、RF 发送器 46、RF 接收器 48、序列控制器(sequence controller) 56、计算机 58。

[0035] 倾斜磁场电源 44 由 X 轴倾斜磁场电源 44x、Y 轴倾斜磁场电源 44y、Z 轴倾斜磁场电源 44z 构成。另外,计算机 58 由运算装置 60、输入装置 62、显示装置 64、存储装置 66 构成。

[0036] 静磁场磁铁 22 与静磁场电源 40 连接,利用由静磁场电源 40 供给的电流在拍摄空间形成静磁场。

[0037] 上述拍摄空间例如是指放置被检体 P,被施加静磁场的架台(gantry)内的空间。架台是按照包括静磁场磁铁 22、匀场线圈 24、倾斜磁场线圈 26、RF 线圈 28 的方式例如形成圆筒状的构造体。架台以及诊台 32 构成为承载被检体 P 的诊台 32 的顶板能在架台的内部移动。在图 1 中,为了避免繁琐而将架台内的静磁场磁铁 22、匀场线圈 24、倾斜磁场线圈 26、RF 线圈 28 作为构成要素,未图示架台本身。

[0038] 拍摄区域例如是为了生成“1 张图像”或者“1 组图像”而使用的 MR 信号的收集范围,是作为拍摄空间的一部分而设定的区域。这里的“1 张图像”以及“1 组图像”有时是二维图像的情况,也有时是三维图像的情况。这里的“1 组图像”例如是多切片拍摄等那样在一个脉冲序列(pulse sequence)内一并收集“多个图像”的 MR 信号时的“多个图像”。拍摄区域例如被装置坐标系规定成三维。

[0039] 匀场线圈(shim coil) 24 与匀场线圈电源 42 连接,利用由匀场线圈电源 42 供给的电流使该静磁场均匀化。静磁场磁铁 22 大多由超导线圈构成,一般在励磁时与静磁场电源 40 连接而被供给电流,一旦励磁之后与静磁场电源 40 处于非连接状态。此外,也可以不设置静磁场电源 40 而由永久磁铁构成静磁场磁铁 22。

[0040] 倾斜磁场线圈 26 具有 X 轴倾斜磁场线圈 26x、Y 轴倾斜磁场线圈 26y、Z 轴倾斜磁场线圈 26z,在静磁场磁铁 22 的内侧形成为筒状。X 轴倾斜磁场线圈 26x、Y 轴倾斜磁场线圈 26y、Z 轴倾斜磁场线圈 26z 分别于 X 轴倾斜磁场电源 44x、Y 轴倾斜磁场电源 44y、Z 轴倾斜磁场电源 44z 连接。

[0041] 通过从 X 轴倾斜磁场电源 44x、Y 轴倾斜磁场电源 44y、Z 轴倾斜磁场电源 44z 向 X 轴倾斜磁场线圈 26x、Y 轴倾斜磁场线圈 26y、Z 轴倾斜磁场线圈 26z 分别供给的电流,在拍摄区域分别形成 X 轴向的倾斜磁场  $G_x$ 、Y 轴方向的倾斜磁场  $G_y$ 、Z 轴向的倾斜磁场  $G_z$ 。

[0042] 即,能够将装置坐标系的 3 个轴向的倾斜磁场  $G_x$ 、 $G_y$ 、 $G_z$  合成,任意设定作为逻辑轴的切片选择方向倾斜磁场  $G_{ss}$ 、相位编码方向倾斜磁场  $G_{pe}$  以及读出方向(频率编码方向)倾斜磁场  $G_{ro}$  的各方向。切片选择方向、相位编码方向以及读出方向的各倾斜磁场被叠

加于静磁场。

[0043] RF 发送器 46 基于由序列控制器 56 输入的控制信息,生成用于引起核磁共振的拉莫尔频率的 RF 脉冲(RF 电流脉冲),并将其发送给发送用的 RF 线圈 28。RF 线圈 28 包括内置于架台的 RF 脉冲收发用的全身用线圈、在诊台 32 或者被检体 P 的附近设置的 RF 脉冲接收用的局部线圈等。

[0044] 发送用的 RF 线圈 28 从 RF 发送器 46 接收 RF 脉冲并向被检体 P 发送。接收用的 RF 线圈 28 接收通过被检体 P 的内部的原子核自旋被 RF 脉冲激励而产生的 MR 信号(高频信号),该 MR 信号由 RF 接收器 48 检测。

[0045] RF 接收器 48 在对检测出的 MR 信号实施了前置放大、中间频率变换、相位检波、低频放大、滤波等各种信号处理之后,通过实施 A / D (analog to digital) 变换,来生成被数字化的 MR 信号的复数数据即原始数据(raw data)。RF 接收器 48 将生成的原始数据向序列控制器 56 输入。

[0046] 运算装置 60 用于进行 MRI 装置 20 整体的系统控制,对其将利用后述的图 2 来进行说明。

[0047] 序列控制器 56 按照运算装置 60 的指令,存储用于驱动倾斜磁场电源 44、RF 发送器 46 以及 RF 接收器 48 所必要的控制信息。这里的控制信息例如是记述有应该对倾斜磁场电源 44 施加的脉冲电流的强度、施加时间、施加定时等动作控制信息的序列信息。

[0048] 序列控制器 56 通过按照所存储的规定序列驱动倾斜磁场电源 44、RF 发送器 46 以及 RF 接收器 48,来产生 X 轴倾斜磁场 G<sub>x</sub>、Y 轴倾斜磁场 G<sub>y</sub>、Z 轴倾斜磁场 G<sub>z</sub> 以及 RF 脉冲。另外,序列控制器 56 接收由 RF 接收器 48 输入的 MR 信号的原始数据(raw data),将其向运算装置 60 输入。

[0049] 图 2 是图 1 所示的计算机 58 的功能框图。如图 2 所示,计算机 58 的运算装置 60 具备:MPU (Micro Processor Unit) 86、系统总线 88、图像重构部 90、图像数据库 94、图像处理部 96、显示控制部 98、警告部 100、电容判定部 102、条件限制部 104。

[0050] MPU86 在拍摄序列的条件的设定、拍摄动作以及拍摄后的图像显示中,经由系统总线 88 等布线来进行 MRI 装置 20 整体的系统控制。另外,MPU86 还作为拍摄条件设定部发挥功能,基于来自输入装置 62 的指示信息来设定拍摄序列,并将设定的拍摄序列的条件向序列控制器 56 输入。为此,MPU86 对显示控制部 98 进行控制,使显示装置 64 显示拍摄序列的条件的设定用画面信息。

[0051] 拍摄序列例如是在静磁场下通过在拍摄区域中如何施加倾斜磁场,并基于自旋回波、EPI 等中的哪种脉冲序列,以怎样的条件发送 RF 信号等来从被检体收集 MR 信号的序列(sequence)。作为拍摄序列的条件,例如可举出脉冲角、反复时间 TR (Repetition Time)、切片数、FOV (Field Of View) 的拍摄区域、拍摄部位、相位编码方向以及频率编码方向的步骤数、EPI 或自旋回波法等脉冲序列的种类等。上述拍摄部位例如是指头部、胸部、腿部等将被检体 P 的什么部分作为拍摄区域来进行图像化。

[0052] 输入装置 62 向用户提供设定拍摄序列的条件、图像处理条件的功能。

[0053] 图像重构部 90 在内部具有 k 空间数据库 92。图像重构部 90 在形成于 k 空间数据库 92 的 k 空间中,将由序列控制器 56 输入的 MR 信号的原始数据配置为 k 空间数据。图像重构部 90 对 k 空间数据实施包括二维傅立叶变换等的图像重构处理,生成被检体 P 的各切

片的图像数据。图像重构部 90 将生成的图像数据保存到图像数据库 94 中。

[0054] 图像处理部 96 从图像数据库 94 获取图像数据,并对其实施规定的图像处理,将图像处理后的图像数据作为显示用图像数据存储在存储装置 66 中。

[0055] 存储装置 66 使上述的显示用图像数据附带该显示用图像数据的生成所使用的拍摄条件、被检体 P 的信息(患者信息)等来作为附带信息而进行存储。

[0056] 显示控制部 98 按照 MPU86 的控制,使显示装置 64 显示拍摄条件的设定用画面、通过拍摄而生成的图像数据所表示的图像。

[0057] 电容判定部 102 从后述的电容检测器 140 取得倾斜磁场电源 44 内的电解电容器 126 (参照后述的图 3) 的电容 C 的值,基于该电容值来判定电解电容器 126 的电容 C 是否小于阈值。此外,如后述那样,有时即使不取得电容值自身,电容判定部 102 也能够基于电解电容器 126 的充电电压、充放电电流(充电电流或者放电电流的值)等来判定电解电容器 126 的电容 C 是否小于阈值。其中,上述“充电电压”例如是指电解电容器 126 等充放电元件中的一个电极与另一个的电极之间的电位差。

[0058] 在由电容判定部 102 判定为电解电容器 126 的电容 C 小于阈值的情况下,条件限制部 104 通过限制由 MPU86 设定的拍摄序列的条件,来限制向倾斜磁场线圈 26 的电力供给量。在第 1 实施方式中,作为一个例子,将阈值设为 2 个阶段。

[0059] 即,电容判定部 102 判定电解电容器 126 的电容 C 是否小于第 1 阈值、和电解电容器 126 的电容 C 是否小于比第 1 阈值小的第 2 阈值。在电解电容器 126 的电容 C 小于第 2 阈值的情况下,与电解电容器 126 的电容 C 小于第 1 阈值但不小于第 2 阈值的情况相比,条件限制部 104 进一步限制向倾斜磁场线圈 26 的电力供给量。

[0060] 警告部 100 在电解电容器 126 的电容 C 小于阈值的情况下,通过控制显示控制部 98,在显示装置 64 上执行电解电容器 126 的更换推荐显示(警告显示)。

[0061] 图 3 是表示倾斜磁场电源 44 的构成的一个例子的框图。为了避免繁琐,在图 3 中仅详细表示了对 X 轴倾斜磁场线圈 26x 供给电力的 X 通道(channel)的部分的电路构成。

[0062] 如图 3 所示,倾斜磁场电源 44 具有断路器 122、整流器 123、直流电源 124、电解电容器 126、倾斜磁场放大器 128、电流检测器 130、132、134、电压检测器 136、电容检测器 140。

[0063] 即,图 1 所示的 X、Y、Z 轴倾斜磁场电源 44x、44y、44z 共用断路器 122、整流器 123、直流电源 124。在图 3 中,X 轴倾斜磁场电源 44x 例如与断路器 122、整流器 123、直流电源 124、电解电容器 126、倾斜磁场放大器 128、电流检测器 130、132、134、电压检测器 136、电容检测器 140 对应。

[0064] 断路器 122 在来自外部的交流电源 120 的输出电流超过了额定电流值的情况下,将交流电源 120 与整流器 123 之间电切断。

[0065] 整流器 123 将来自交流电源 120 的交流的供给电力变换成直流电力,并将该直流电力向直流电源 124 供给。

[0066] 直流电源 124 利用经由整流器 123 而供给的电流对电解电容器 126 进行充电,而且,向倾斜磁场放大器 128 供给电流。直流电源 124 具有 CV / CC 特性,在倾斜磁场放大器 128 侧的负荷轻的情况下作为恒压源动作,在负荷重的情况下作为恒流源动作。其中,“CV / CC 特性”的 CV 是恒电压(Constant Voltage)的意思,CC 是恒电流(Constant Current)的意思。

[0067] 倾斜磁场放大器 128 具有+侧输入端子(图中的+ in)、-侧输入端子(图中的一 in)、+侧输出端子(图中的+ out)、-侧输出端子(图中的一 out)。倾斜磁场放大器 128 从直流电源 124 接受电力供给,在+侧输入端子接收来自序列控制器 56 的控制电压信号。该控制电压信号表现出与根据拍摄序列在 X 轴倾斜磁场线圈 26x 中想要产生的理想的磁场波形相似的波形。

[0068] 电流检测器 130 检测向倾斜磁场放大器 128 的一侧输出端子流入的电流的电流值,该检测电流的大小与来自倾斜磁场放大器 128 的+侧输出端子的输出电流  $I_{out}(t)$  相等。这是因为,来自倾斜磁场放大器 128 的+侧输出端子的输出电流在倾斜磁场线圈 26x 中流过而返回到倾斜磁场放大器 128 的一侧输出端子。 $I_{out}(t)$  的(t)是时间 t 的函数的意思,对于以下的说明中的各部的电流、电压也同样。电流检测器 130 生成对检测出的电流的电流值进行表示的电压信号,将生成的电压信号向倾斜磁场放大器 128 的一侧输入端子输入。

[0069] 倾斜磁场放大器 128 作为按照+侧输入端子与-侧输入端子之间的误差信号为 0 的方式输出电流的电流源进行动作。这里,由于倾斜磁场放大器 128 的输出电流通过电流检测器 130 而成为负反馈,所以按照从+侧输出端子输出与向+侧输入端子的输入电压(控制电压信号)成比例的电流的方式进行反馈控制。

[0070] 更详细而言,倾斜磁场放大器 128 根据上述控制电压信号等来切换以下的第 1 电路动作状态和第 2 电路动作状态。

[0071] 第 1 电路动作状态是通过不消耗电解电容器 126 的积蓄电力,而仅消耗直流电源 124 的供给电力,来从倾斜磁场放大器 128 向倾斜磁场线圈 26 供给电力的状态。

[0072] 第 2 电路动作状态是消耗电解电容器 126 的积蓄电力的情况(倾斜磁场放大器 128 使直流电源 124 以及电解电容器 126 向上述倾斜磁场线圈供给电力的状态)。

[0073] 即,倾斜磁场放大器 128 根据拍摄序列,通过电解电容器 126 的放电电力来补充来自直流电源 124 的供给电力相对倾斜磁场线圈 26 的消耗电力不足的电力量。这里的“根据拍摄序列”例如是根据示出了与在拍摄序列中规定的使倾斜磁场线圈 26 应该产生的理想的磁场波形相似的波形的“控制电压信号”的意思。

[0074] 电流检测器 132 检测出在电解电容器 126 与倾斜磁场放大器 128 之间向图 3 所示的方向流动的电流、即向倾斜磁场放大器 128 供给的电流的值,作为放大器流入电流  $I_{in}(t)$ ,并将检测出的电流值向电容检测器 140 输入。

[0075] 电流检测器 134 检测出沿着图 3 所示的方向从直流电源 124 向电解电容器 126 以及倾斜磁场放大器 128 侧供给的电流的值作为电源输出电流  $I_{ps}(t)$ ,并将检测出的电流值向电容检测器 140 输入。

[0076] 在放大器流入电流  $I_{in}(t)$  比电源输出电流  $I_{ps}(t)$  大的期间,放大器流入电流  $I_{in}(t)$  中包括来自电解电容器 126 的放电电流。

[0077] 在该期间,电解电容器 126 经由倾斜磁场放大器 128 对倾斜磁场线圈 26x 供给电力作为放电电流。

[0078] 电压检测器 136 检测从直流电源 124 向 X 通道侧供给的输出电压的值作为  $V_{bus}(t)$ ,并将检测出的电压值向电容检测器 140 输入。由于直流电源 124 的输出电压  $V_{bus}(t)$  与电解电容器 126 的充电电压相等,所以当在以下的说明中将焦点集中于电解电容器 126

的充电电压时,记载为充电电压  $V_{bus}(t)$ 。

[0079] 电容检测器 140 基于放大器流入电流  $I_{in}(t)$ 、电源输出电流  $I_{ps}(t)$ 、充电电压  $V_{bus}(t)$  来计算电解电容器 126 的电容  $C$ 。电容检测器 140 经由序列控制器 56 将计算出的电容值向图 2 的电容判定部 102 输入。

[0080] 虽然在图 3 中省略了详细的电路构成,但倾斜磁场电源 44 内的 Y 通道电路以及 Z 通道电路是与上述的 X 通道电路同样的构成,与 X 通道电路同样地发挥功能。不过,从直流电源 124 向倾斜磁场放大器 128 侧供给的电力按 X、Y、Z 通道而不同,电解电容器 126 的电容  $C$  也按 X、Y、Z 的各通道分别计算并向电容判定部 102 输入。

[0081] 接下来,对通过电容检测器 140 计算电解电容器 126 的电容  $C$  的方法进行说明。

[0082] 作为第 1 方法,电容检测器 140 根据充电时电荷相对电解电容器 126 流出流入这一点来计算其电容  $C$  的值。具体而言,流入到电解电容器 126 的充电电流成为从电源输出电流  $I_{ps}(t)$  减去放大器流入电流  $I_{in}(t)$  后的值。因此,电容检测器 140 基于电源输出电流  $I_{ps}(t)$  与放大器流入电流  $I_{in}(t)$  的时间积分值,根据以下的(1)式来计算电解电容器 126 的电荷的变化量  $\Delta Q$ 。

[0083]  $\Delta Q = \int I_{ps}(t) - I_{in}(t) dt \cdots (1)$

[0084] 另外,电容检测器 140 能够基于以足够短的一定时间间隔由电压检测器 136 输入的充电电压  $V_{bus}(t)$ ,算出以(1)式进行了时间积分的期间中的电解电容器 126 的充电电压的变化量  $\Delta V_{bus}$ 。电容检测器 140 利用以下的(2)式来计算电解电容器 126 的电容  $C$ 。

[0085]  $C = \Delta Q / \Delta V_{bus} \cdots (2)$

[0086] 图 4 是表示来自直流电源 124 的电源输出电流  $I_{ps}(t)$  与电解电容器 126 的充电电压  $V_{bus}(t)$  的时间变化的一个例子的示意图。在图 4 中,上侧曲线图的纵轴表示充电电压  $V_{bus}(t)$ ,下侧曲线图的纵轴表示电源输出电流  $I_{ps}(t)$ ,两者的横轴都表示经过时间  $t$ 。

[0087] 在图 4 中,作为一个例子,电解电容器 126 的充电从时刻  $t_0$  开始,在时刻  $t_1$  电源输出电流  $I_{ps}(t)$  的上升结束, $I_{ps}(t) = I_{const}$ ,在时刻  $t_1 - t_2$  的期间,可进行  $I_{const}$  的恒电流充电。如果在时刻  $t_2$  电解电容器 126 的充电电压达到目标电压  $V_{target}$ ,则电源输出电流  $I_{ps}(t)$  下降。并且,在时刻  $t_3$  充电完成,电解电容器 126 的充电电压  $V_{bus}(t)$  变为  $V_{end}$ 。其中,将时刻  $t_0 - t_3$  的期间设为总充电时间  $t_w$ 。

[0088] 作为计算电解电容器 126 的电容  $C$  的第 2 方法,在充电时如以下那样计算。具体而言,考虑电源输出电流  $I_{ps}(t)$  的上升、以及从电解电容器 126 达到了目标电压  $V_{target}$  的时刻起的电源输出电流  $I_{ps}(t)$  的下降快至能够忽视的程度,放大器流入电流  $I_{in}(t)$  几乎为零的情况。即,例如考虑如将向 MRI 装置 20 的电源接通后立即进行初始充电时那样,在图 4 中的时刻  $t_0 - t_1$  的期间、以及时刻  $t_2 - t_3$  短至能够忽视期间的程度的情况。该情况下,由于在整个电解电容器 126 的总充电时间  $t_w$  中,直流电源 124 被视为恒流源,所以可通过以下的(3)式计算电解电容器 126 的电容  $C$ 。

[0089]  $C = I_{const} \times t_w / V_{end} \cdots (3)$

[0090] 在该第 2 方法中,为了更准确地计算电解电容器 126 的电容  $C$ ,可以避开充电电流(电源输出电流  $I_{ps}(t)$ )的上升期间以及充电电流的下降期间来进行测定,或者从测定数据中除去上升期间以及下降期间的数据来计算电容  $C$ 。具体而言,电容检测器 140 测定以图 4 所示的恒定电流被充电的恒电流充电时间  $\Delta t$  (时刻  $t_1 - t_2$  的期间)的电解电容器 126

的充电电压的变化量  $\Delta V_{bus}$ , 通过下式来计算电解电容器 126 的电容  $C$ 。

$$[0091] \quad C = I_{const} \times \Delta t / \Delta V_{bus} \cdots (4)$$

[0092] 或者, 也可以测定恒电流充电时间  $\Delta t$  内的一部分的任意期间的电解电容器 126 的充电电压的变化量, 基于此与 (4) 式同样地进行计算。

[0093] 作为计算电解电容器 126 的电容  $C$  的第 3 方法, 例如考虑如强制放电时那样电源输出电流  $I_{ps}(t)$  为零的情况、即放大器流入电流  $I_{in}(t)$  仅被视为来自电解电容器 126 的放电电流的情况。

[0094] 该情况下, 电流检测器 132 以及电压检测器 136 测定放大器流入电流  $I_{in}(t)$ 、充电电压  $V_{bus}(t)$  的时间变化, 电容检测器 140 基于这些测定值来计算电解电容器 126 的电容  $C$ 。

[0095] 具体而言, 例如考虑在  $\Delta t'$  的长度的期间中, 放大器流入电流  $I_{in}(t)$  为  $I_{const}'$  而恒定的情况。可以测定该  $\Delta t'$  的期间的充电电压  $V_{bus}(t)$  的下降量的绝对值  $\Delta V_{bus}'$ , 例如通过下式来计算电容  $C$ 。

$$[0096] \quad C = I_{const}' \times \Delta t' / \Delta V_{bus}' \cdots (5)$$

[0097] 此外, 也可以如上述的第 1 ~ 第 3 方法那样计算出电解电容器 126 的电容  $C$  的值本身。以下对该情况下的电解电容器 126 的电容  $C$  的劣化程度的判定方法进行说明。

[0098] 图 5 是表示将放大器流入电流  $I_{in}(t)$  视为零, 并以恒定的电源输出电流  $I_{ps}(t)$  对电解电容器 126 进行了充电的情况下的、充电电压  $V_{bus}(t)$  的时间变化因电容引起的不同的示意图。在图 5 中, 纵轴表示充电电压  $V_{bus}(t)$ , 横轴表示经过时间  $t$ 。在图 5 中, 表示了电容不同的 3 个模式。在用最细的实线表示的模式 a 中, 充电电压  $V_{bus}(t)$  的上升较快, 再用最粗实线表示的模式 c 中, 充电电压  $V_{bus}(t)$  的上升慢。模式 b 为模式 a 与模式 c 的中间, 是电解电容器 126 的电容  $C$  与阈值  $C_{ref}$  相等的情况。

[0099] 在模式 a、b、c 中, 电源输出电流  $I_{ps}(t)$  在图 5 所示的期间中为  $I_{const}$  而恒定, 由此, 电解电容器 126 被充电。在该恒电流充电时, 在模式 a、b、c 中分别将从充电电压  $V_{bus}(t)$  达到了第 1 基准值  $V_{ref1}$  的时刻起, 到达到第 2 基准值  $V_{ref2}$  的时刻的时间差定义为  $\Delta t_a$ 、 $\Delta t_{ref}$ 、 $\Delta t_c$ 。该情况下, 在模式 b 中, 流入到电解电容器 126 的电荷  $Q$  的量用下式表示。

$$[0100] \quad Q = I_{const} \times \Delta t_{ref} = C_{ref} \times (V_{ref1} - V_{ref2}) \cdots (6)$$

[0101] 根据上式可知, 对电容器而言, 一般其电容越小, 则以恒定电流充电时的充电电压上升越快。即, 在模式 a 中, 由于电解电容器 126 的电容小, 所以充电电压的上升快, 在模式 c 中, 由于电解电容器 126 的电容大, 所以充电电压的上升慢。

[0102] 鉴于此, 电压检测器 136 测定恒电流充电时的电解电容器 126 的充电电压  $V_{bus}$  的时间变化, 并将该测定结果经由电容检测器 140 向电容判定部 102 输入。电容判定部 102 计算出从充电电压  $V_{bus}(t)$  到达了第 1 基准值  $V_{ref1}$  的时刻起, 到达到了第 2 基准值  $V_{ref2}$  的时刻的时间差, 在该时间差比  $\Delta t_{ref}$  短的情况下, 判定为电解电容器 126 的电容  $C$  小于阈值  $C_{ref}$ 。

[0103] 这样, 可以监视充电电压  $V_{bus}(t)$  上升到一定值所需要的时间, 通过上升到一定值所需要的时间与基准时间 ( $\Delta t_{ref}$ ) 对比, 来判定电解电容器 126 的电容  $C$  的劣化程度。这里的劣化程度例如是指电容  $C$  是否低于阈值 (以下也同样)。

[0104] 或者,也可以在将电源输出电流  $I_{ps}(t)$  视为零,并将放大器流入电流  $I_{in}(t)$  视为恒定值的放电时,与上述同样地判定电解电容器 126 的电容  $C$  的劣化程度。即,电压检测器 136 测定充电电压  $V_{bus}(t)$  从第 1 规定值下降到第 2 规定值所需要的时间,并将测定结果经由电容检测器 140 向电容判定部 102 输入。电容判定部 102 可通过从第 1 规定值下降到第 2 规定值所需要的时间与基准时间 ( $\Delta t_{ref}'$ ) 的对比,来判定电解电容器 126 的电容  $C$  是否小于阈值。

[0105] 或者,可以在将放大器流入电流  $I_{in}(t)$  视为零,并将作为充电电流的电源输出电流  $I_{ps}(t)$  视为恒定值的情况的充电时,电压检测器 136 测定规定时间内的电解电容器 126 的充电电压  $V_{bus}(t)$  的上升值,并将测定结果向电容判定部 102 输入。电容判定部 102 通过将该上升值与基准上升值进行比较,可判定电解电容器 126 的电容  $C$  的劣化程度。

[0106] 同样,也可以在将电源输出电流  $I_{ps}(t)$  视为零,将放大器流入电流  $I_{in}(t)$  视为恒定值的放电时,电压检测器 136 测定规定期间内的电解电容器 126 的充电电压  $V_{bus}(t)$  的下降值,并将测定结果向电容判定部 102 输入。电容判定部 102 通过将该下降值与基准下降值进行比较,可判定电解电容器 126 的电容  $C$  的劣化程度。

[0107] 图 6 是表示根据电解电容器 126 的电容  $C$  来催促对其进行更换的显示的一个例子的示意图。在第 1 实施方式中,作为一个例子,使用第 1 阈值  $C_{ref1}$  以及第 2 阈值  $C_{ref2}$  作为电解电容器 126 的更换基准。第 2 阈值  $C_{ref2}$  小于第 1 阈值  $C_{ref1}$ 。第 1 阈值  $C_{ref1}$  比新品时的电解电容器 126 的电容小。

[0108] 图 6 对应于虽然电解电容器 126 的电容  $C$  小于第 1 阈值  $C_{ref1}$ ,但大于第 2 阈值  $C_{ref2}$  的情况。该情况下,警告部 100 通过控制显示控制部 98,例如通过“请在 3 个月内更换倾斜磁场电源内的电解电容器”这一消息文,来在显示装置 64 上进行更换推荐显示。同时,警告部 100 将电解电容器 126 的电容  $C$  的计算值、新品时的电解电容器 126 的电容、第 2 阈值  $C_{ref2}$  的电容例如以条形显示于显示装置 64。这里作为一个例子,设第 2 阈值  $C_{ref2}$  于图 6 所示的更换基准的电容相等。

[0109] 图 7 是表示根据电解电容器 126 的电容  $C$  来催促对其进行更换的显示的另一例的示意图。图 7 对应于电解电容器 126 的电容  $C$  小于第 2 阈值  $C_{ref2}$  的情况。该情况下,警告部 100 例如通过“请尽早更换倾斜磁场电源内的电解电容器”这一消息文,来在显示装置 64 上进行更换推荐显示。同时,警告部 100 将电解电容器 126 的电容  $C$  的计算值、其新品时的电容、第 2 阈值  $C_{ref2}$  的电容例如以条形显示于显示装置 64。

[0110] 图 8 是表示第 1 实施方式中的 MRI 装置 20 的动作流程的一个例子的流程图。在图 8 中,作为一个例子,说明对 MRI 装置 20 接通电源之后进行测定以及判定的情况。以下,适当参照前述的各图,并且根据图 8 所示的步骤编号,来对 MRI 装置 20 的动作进行说明。

[0111] [步骤 S1] 对 MRI 装置 20 接通电源, MRI 装置 20 的启动开始。其中,由于在启动时的情况下,从 MRI 装置 20 的动作停止经过了一定时间,所以启动时的电解电容器 126 (参照图 3) 的残留电荷几乎视为零,将放大器流入电流  $I_{in}(t)$  视为零。

[0112] 与对 MRI 装置 20 接通电源 (MRI 装置 20 的启动开始) 同步,从交流电源 120 开始向倾斜磁场电源 44 内的直流电源 124 供给电力。与针对直流电源 124 开始供给电力同步,电流检测器 132、134、电压检测器 136 以足够短的时间间隔开始测定放大器流入电流  $I_{in}(t)$ 、电源输出电流  $I_{ps}(t)$ 、充电电压  $V_{bus}(t)$ ,并将各测定值向电容检测器 140 输入。这里的

足够短是指知晓充电电压  $V_{bus}(t)$  的时间变化的程度、且能够准确计算电解电容器 126 的电容  $C$  的程度的意思(后述的第 2 实施方式也同样)。

[0113] 电容检测器 140 基于从电解电容器 126 完全放电的状态到被充电的测定值,来计算电解电容器 126 的电容  $C$ 。关于该电容  $C$  的计算方法,例如只要采用通过利用(1)式~(4)式说明了的第 1 方法、第 2 方法等即可。

[0114] [步骤 S2]电容检测器 140 经由序列控制器 56 将计算出的电解电容器 126 的电容  $C$  向电容判定部 102 输入。电容判定部 102 将电容  $C$  的值与测定日(测定年月日)以及计算时刻一同记录到存储装置 66。

[0115] 电容判定部 102 例如从 MRI 装置的安装调整时、电解电容器 126 的上次更换时开始预先存储新品时的电解电容器 126 的电容的值、第 1 阈值  $C_{ref1}$ 、比第 1 阈值  $C_{ref1}$  小的第 2 阈值  $C_{ref2}$ 。电容  $C$  小于第 2 阈值  $C_{ref2}$  的情况是希望尽早更换电解电容器 126 的情况。其中,第 1 阈值  $C_{ref1}$ 、第 2 阈值  $C_{ref2}$  的设定值能够根据新品时的电容的值而经由输入装置 62 按 X、Y、Z 通道分别变更。

[0116] 电容判定部 102 判定计算出的电解电容器 126 的电容  $C$  是否小于第 1 阈值  $C_{ref1}$ 、以及电容  $C$  是否小于第 2 阈值  $C_{ref2}$ ,并将判定结果以及电容  $C$  的值向警告部 100 以及条件限制部 104 输入。此外,在 MRI 装置 20 经由未图示的线路与维护中心连接的情况下,电容判定部 102 也可以将判定结果以及电容  $C$  的值发送给维护中心。

[0117] 电解电容器 126 的电容按 X、Y、Z 通道分别计算,并向电容判定部 102 输入。这里,作为一个例子,当在 X、Y、Z 各通道内,只要有一个电解电容器 126 的电容  $C$  小于第 1 阈值  $C_{ref1}$  时,便进入到步骤 S3,否则进入到步骤 S4。

[0118] [步骤 S3]根据步骤 S2 的判定结果分成以下 2 个情形来进行说明。

[0119] 第 1 个情形是 X、Y、Z 通道的至少一个电容  $C$  小于第 1 阈值  $C_{ref1}$ ,但在 X、Y、Z 的全部通道中电容  $C$  大于第 2 阈值  $C_{ref2}$  的情况。在第 1 情形中,警告部 100 通过控制显示控制部 98,在显示装置 64 上进行例如“请在 3 个月内更换倾斜磁场电源内的电解电容器”那样的更换推荐显示。同时,警告部 100 将电解电容器 126 的电容与新品时、更换基准的电容一并以条形显示(参照图 6)。由此,警告部 100 向操作者推荐近期的电解电容器 126 的更换安排。

[0120] 另外,在第 1 情形下,条件限制部 104 如后述那样变更拍摄序列的一部分的条件(参数)的上限、下限,以使得倾斜磁场线圈 26 的消耗电力的上限值下降,并将变更后的条件向 MPU86 输入。即,条件限制部 104 通过对拍摄序列的条件进行电力限制,来限制倾斜磁场线圈 26 的消耗电力,由此减轻倾斜磁场电源 44 的电力负荷。

[0121] 即使在能够设定的范围设定了电力的负荷最大的拍摄序列的条件,条件限制部 104 也能够根据电容  $C$  的值将拍摄序列的条件电力限制为能够执行拍摄序列且可维持良好画质的程度。

[0122] 作为降低倾斜磁场线圈 26 的消耗电力来减轻倾斜磁场电源 44 的电力负荷的方法,例如可采用增长反复时间 TR、减少切片数、扩展作为拍摄区域的 FOV、降低成像分辨率的至少一个。换言之,可采用增长反复时间 TR 的下限值、减少切片数的上限、扩展能够设定为拍摄区域即 FOV 的最小面积、降低成像分辨率的上限值的至少一个。其中,例如在 DWI(Diffusion Weighted Imaging:扩散强调成像)的情况下,可通过降低  $b$  值,来降低 MPG

(Motion Probing Gradient:扩散倾斜磁场)脉冲的强度,从而减轻电力的负荷。

[0123] 上述成像的分辨率是MRI图像的1个像素表示被检体中的多大范围的区域。这通过由相位编码方向以及频率编码方向的步骤数所决定矩阵要素数、和作为拍摄区域的FOV的尺寸来决定。即,为了降低成像的分辨率,例如只要减少相位编码方向以及频率编码方向的步骤数,或扩展作为拍摄区域的FOV即可。

[0124] 作为第2情形,对电容C小于第2阈值Cref2的情况进行说明。这里,作为一个例子,X、Y、Z各通道内只要有一个电解电容器126的电容C小于第2阈值Cref2的情况包含在该第2情形中。

[0125] 在第2情形下,警告部100通过控制显示控制部98,在显示装置64上例如进行“请尽早更换倾斜磁场电源内的电解电容器”那样的更换推荐显示。同时,警告部100将电解电容器126的电容如图7那样与新品时、更换基准的电容一并以条形显示(参照图7)。由此,警告部100向操作者推荐电解电容器126的尽早更换安排。

[0126] 另外,在第2情形下,条件限制部104变更拍摄序列的一部分的条件(参数)的上限值、下限值,以使倾斜磁场线圈26的消耗电力的上限值比上述第1情形更加降低,并将变更后的条件向MPU86输入。由此,与第1情形相比,会进一步减轻倾斜磁场电源44的电力负荷。即使在能够设定的范围设定了电力的负荷最大的拍摄序列的条件,条件限制部104也根据电容C的值将拍摄序列的条件进一步电力限制为能够执行拍摄序列并可维持良好画质的程度。

[0127] [步骤S4] MPU86(参照图2)基于经由输入装置62对MRI装置20输入的拍摄序列的条件,来进行MRI装置20的初始设定。另外,通过预扫描等来设定RF脉冲的中心频率等。然后,MPU86控制MRI装置20的各部,来进行定位图像用的数据收集(MR信号的收集)以及图像重构。

[0128] 具体而言,使被检体P躺在诊台32的顶板上,通过被静磁场电源40励磁后的静磁场磁铁22在拍摄空间形成静磁场。另外,从匀场线圈电源42向匀场线圈24供给电流,使拍摄空间中形成的静磁场均匀化。

[0129] 当从输入装置62对MPU86输入了拍摄开始指示后,MPU86将包括脉冲序列的拍摄条件向序列控制器56输入。序列控制器56通过根据被输入的脉冲序列来驱动倾斜磁场电源44、RF发送器46以及RF接收器48,由此在包含被检体P的拍摄部位的拍摄区域形成倾斜磁场,并且从RF线圈28产生RF脉冲。

[0130] 在形成上述倾斜磁场时,倾斜磁场放大器128如前述那样,根据控制电压信号等,切换第1电路动作状态和第2电路动作状态。即,根据拍摄序列,通过电解电容器126的放电电力来补充直流电源124的供给电力相对倾斜磁场线圈26的消耗电力不足的电力量(步骤S6的正式扫描也同样)。

[0131] 因此,被检体P的内部的通过核磁共振产生的MR信号被RF线圈28接收,由RF接收器48检测出。RF接收器48在对检测出的MR信号实施了规定的信号处理之后,通过对其进行A/D变换,来生成数字化后的MR信号即原始数据。RF接收器48将生成的原始数据向序列控制器56输入。序列控制器56将原始数据向图像重构部90输入,图像重构部90在形成于k空间数据库92的k空间中,将原始数据配置为k空间数据。这样进行数据收集。

[0132] 图像重构部90从k空间数据库92获取k空间数据,通过对其实施包括傅立叶变

换的图像重构处理来重构图像数据,并将得到的图像数据保存到图像数据库 94 中。图像处理部 96 从图像数据库 94 获取图像数据,通过对其实施规定的图像处理来生成二维的显示用图像数据,并将该显示用图像数据保存到存储装置 66。

[0133] [步骤 S5] MPU86 将定位图像的显示用图像数据从存储装置 66 发送给显示控制部 98,使显示装置 64 显示定位图像。另外,显示控制部 98 按照 MPU86 的指令,将正式扫描的拍摄序列的条件的设定画面显示到显示装置 64 上。然后,操作者经由输入装置 62 选择正式扫描的拍摄序列的条件,MPU86 按照所选择的条件来设定正式扫描的拍摄序列的条件。

[0134] 其中,当步骤 S2 中的判定结果为肯定而执行步骤 S3 的处理时,上述拍摄序列的条件的设定画面中的各参数的上限、下限成为在步骤 S3 中限制的值(条件)。当执行了步骤 S3 的处理时,MPU86 自动设定的拍摄序列的条件的各参数的上限以及下限也成为在步骤 S3 中限制的值。

[0135] [步骤 S6]按照在步骤 S5 中设定的条件与定位图像的情况同样地进行正式扫描的数据收集。即,在拍摄空间中形成静磁场,在拍摄区域形成倾斜磁场,发送 RF 脉冲,收集来自被检体 P 的 MR 信号。基于收集到的 MR 信号来生成原始数据,将原始数据作为 k 空间数据配置到形成于 k 空间数据库 92 的 k 空间。

[0136] [步骤 S7]图像重构部 90 通过对上述 k 空间数据实施图像重构处理来重构图像数据,图像处理部 96 通过对重构得到的图像数据实施规定的图像处理来生成显示用图像数据,并将显示用图像数据保存到存储装置 66。MPU86 将正式扫描的显示用图像数据从存储装置 66 发送给显示控制部 98,将通过正式扫描得到的图像显示于显示装置 64。以上是第 1 实施方式的 MRI 装置 20 的动作说明。

[0137] 以往,没有对倾斜磁场电源内的电容器的电容进行判定的 MRI 装置,在第 1 实施方式中,在拍摄前测定电解电容器 126 的电容 C,当电容 C 小于第 1 阈值  $C_{ref1}$  时,对拍摄序列的条件进行电力限制。即,与电解电容器 126 的电容 C 的劣化程度无关地在可执行并能获得良好图像的范围限制(变更)拍摄序列的各参数的上限、下限。换言之,关于拍摄序列的条件设定,操作者不需要考虑电解电容器 126 的电容的经时劣化。

[0138] 以往,如果基于安装初期的电解电容器的电容值来设计倾斜磁场电源的电路、拍摄序列的条件设定程序等,则即使在安装初期能获得没有问题的 MRI 图像,画质也有可能在 10 年后发生劣化。但是,根据第 1 实施方式,该以往课题被消除。因此,能够针对倾斜磁场电源 44 内的电解电容器 126 的容量劣化不过分设置余裕地设计倾斜磁场电源 44 的电路。

[0139] 另外,在第 1 实施方式中,将电解电容器 126 的电容的阈值设为 2 个阶段。这是考虑到即使通过警告显示推荐更换电解电容器 126,实际上到更换电解电容器 126 为止还需要某种程度的时间。

[0140] 即,在电解电容器 126 的电容 C 劣化到第 2 阈值  $C_{ref2}$  之前,在小于与其相比具有余裕的第 1 阈值  $C_{ref1}$  的阶段进行电解电容器 126 的更换推荐显示。由此,操作者能够在比希望尽快更换电解电容器 126 的时期早的阶段,预测电解电容器 126 的更换基准的时期。结果,能够具有足够的时间充裕地安排电解电容器 126 的更换。

[0141] 并且,在第 1 实施方式中,将基于测定值计算出的电解电容器 126 的电容 C 的值与测定年月日以及计算时刻一同记录到存储装置 66。因此,在定期检查 MRI 装置 20 时,维护

的人员通过确认电容 C 的值,能够预测电解电容器 126 的更换基准的时期。因此,例如能够通过预先订购新品的电解电容器 126 或者新品的倾斜磁场电源 44 的单元等,在电解电容器 126 的电容小于第 2 阈值  $C_{ref2}$  时迅速更换。

[0142] 在上述的例子中,与 MRI 装置 20 因电源接通而启动开始的定时同步,开始了电解电容器 126 的电容 C 的测定,但这只是一个例子。以下,作为第 1 实施方式的补充事项,对进行电解电容器 126 的电容 C 的判定(测定)的定时的 4 个变形例进行说明。

[0143] 第 1,可以与 MRI 装置 20 因复位动作而再启动开始的定时同步,开始充电电压  $V_{bus}(t)$  等的测定,来判定电容 C 是否小于第 1 阈值  $C_{ref1}$ 、以及是否小于第 2 阈值  $C_{ref2}$ 。

[0144] 第 2,可以在夜间不使用 MRI 装置 20 时,测定充电电压  $V_{bus}(t)$  等,来判定电容 C 是否小于第 1 阈值  $C_{ref1}$ 、以及是否小于第 2 阈值  $C_{ref2}$ 。

[0145] 第 3,可以在 MRI 装置 20 的定期检查时测定充电电压  $V_{bus}(t)$  等,来判定电容 C 是否小于第 1 阈值  $C_{ref1}$ 、以及是否小于第 2 阈值  $C_{ref2}$ 。

[0146] 在这些第 1~第 3 的情况下,只要将电解电容器 126 的电荷暂时完全放电,并在从完全放电状态开始充电时测定电容 C 即可。其中,关于在电解电容器 126 的充电时测定电容 C 的方法,只要采用通过使用(1)式~(4)式等说明了的第 1 方法、第 2 方法等即可。另外,也可以在电解电容器 126 的充电时不计算电容 C 的值自身地判定电容 C 是否小于阈值,其手法如使用图 5 在前面叙述那样。

[0147] 在上述再起动的情况下,由于电解电容器 126 中残留积蓄电荷,所以希望如上述那样暂时放电。为了进行放电,只要通过使直流电源 124 停止来将电源输出电流  $I_{ps}(t)$  设为零的状态、且将倾斜磁场放大器 128 的电源设为接通状态即可。由此,电解电容器 126 内的电荷作为放电电流流入到倾斜磁场放大器 128,在倾斜磁场放大器 128 内被自然消耗,使得电解电容器 126 完全放电。

[0148] 作为 MRI 装置 20 的定期检查时的测定,并不限于上述的充电时,也可以在放电时例如通过使用(5)式说明了的第 3 方法来测定电解电容器 126 的电容 C。该情况下,只要按照电源输出电流  $I_{ps}(t)$  视为零的方式,例如在将电解电容器 126 满充电后,停止直流电源 124 的输出,在从满充电状态使电解电容器 126 放电时进行测定即可。为了定期检查时的测定,也可以构成为对输入装置 62 设置检查按钮,若按下该按钮,则进行电解电容器 126 的电容 C 的值的测定、显示装置 64 中的测定结果的显示。

[0149] 第 4,可以在拍摄时充电电压  $V_{bus}(t)$  下降的情况、即由于倾斜磁场线圈 26 的消耗电力多而仅通过电源输出电流  $I_{ps}(t)$  不能完全补充而从电解电容器 126 供给电力作为放电电流的情况下,测定电容 C。

[0150] 该情况下,电源输出电流  $I_{ps}(t)$  全部流入到倾斜磁场放大器 128,将向电解电容器 126 的充电电流视为零。鉴于此,通过从放大器流入电流  $I_{in}(t)$  减去电源输出电流  $I_{ps}(t)$  来计算放电电流  $I_{dis}(t)$ 。然后,通过将充电电压  $V_{bus}(t)$  的下降量除以放电电流  $I_{dis}(t)$  的时间积分值(与来自电解电容器 126 的流出电荷 Q 相等),可计算出电解电容器 126 的电容 C。

[0151] 在这些第 1~第 4 变形例中,当判定为电容 C 小于第 1 阈值  $C_{ref1}$  时,警告部 100 进行更换推荐显示(参照图 6),条件限制部 104 对下次之后执行的拍摄序列的条件进行电力限制。另外,在第 1~第 4 变形例中,当判定为电容 C 小于第 2 阈值  $C_{ref2}$  时,警告部 100

进行更换推荐显示(参照图 7),条件限制部 104 将下次之后执行的拍摄序列的条件与小于第 1 阈值  $C_{ref1}$  的情况相比进一步电力限制。拍摄序列的条件的限制的内容与图 8 中说明的实施方式同样。

[0152] 根据以上说明的第 1 实施方式以及其变形例,能够在 MRI 中,针对倾斜磁场电源内的电力供给用的充放电元件的容量劣化不过分设置余裕地设计倾斜磁场电源的电路。

[0153] 以下,对第 2 实施方式进行说明。由于第 2 实施方式的 MRI 装置 20 与第 1 实施方式除了在倾斜磁场电源 44 内追加电压检测器 142 这一点、以及电解电容器 126 的电容计算方法这一点不同之外都相同,所以将焦点集中于不同点来进行说明。

[0154] 图 9 是表示第 2 实施方式的倾斜磁场电源 44 的构成的一个例子的框图。为了避免繁琐,在图 9 中仅详细表示了向 x 轴倾斜磁场线圈 26x 供给电力的 x 通道的部分的电路构成。在第 2 实施方式中,与第 1 实施方式的不同点在于,追加了对倾斜磁场放大器 128 的输出电压  $V_{out}(t)$  进行检测并向电压检测器 140 输入的电压检测器 142,而省略了电流检测器 132。输出电压  $V_{out}(t)$  成为向 x 轴倾斜磁场线圈 26x 的施加电压。关于图 9 中省略了详细的电路构成的 Y 通道电路、Z 通道电路的构成以及功能,都和上述 X 通道同样。

[0155] 这里,在通过电阻值为  $R_{load}$  的电阻、与电感值为  $L_{load}$  的线圈的串联电路来近似 x 轴倾斜磁场线圈 26x 的电负荷的情况下,输出电压  $V_{out}(t)$  由以下的 (7) 式表示。

$$[0156] \quad V_{out}(t) = R_{load} \cdot I_{out}(t) + L_{load} \cdot \frac{dI_{out}(t)}{dt} \dots (7)$$

[0157] 图 10 是表示针对 x 通道的倾斜磁场放大器 128 的输出电压  $V_{out}(t)$  以及各部的电流、电压波形,假定为(简化为)按照 (7) 式的输出电压时的一个例子的示意图。在图 10 中,各纵轴按从上到下的顺序,表示直流电源 124 的输出电压(电解电容器 126 的充电电压)  $V_{bus}(t)$ 、直流电源 124 的电源输出电流  $I_{ps}(t)$ 、倾斜磁场放大器 128 的输出电流  $i_{out}(t)$ 、倾斜磁场放大器 128 的输出电压  $V_{out}(t)$ 。各横轴表示经过时间  $t$ 。以下,对电路动作简单进行说明。

[0158] 在向倾斜磁场电源 44 的电源接通后,电解电容器 126 立即被充电到充电完成电压。因此,如果将拍摄序列的开始时刻设为  $t_{10}$ ,则在时刻  $t_{10}$  以后至少到时刻  $t_{11}$  的短暂期间,直流电源 124 的输出电压  $V_{bus}(t)$  为  $V_{ini}$  而恒定,直流电源 124 的输出电流  $I_{ps}(t)$  仅为待机电流所以为恒定。

[0159] 然后,在时刻  $t_{11}$ ,从序列控制器 56 向倾斜磁场放大器 128 的 + 侧输入端子(+in)的控制电压信号开始以一定的斜率上升。如前述那样,由于倾斜磁场放大器 128 输出与向 + 侧输入端子的输入电压成比例的输出电流作为  $I_{out}(t)$ ,所以图 10 中的  $I_{out}(t)$  的时间波形与上述控制电压信号相似。

[0160] (7) 式的左边第 2 项的  $I_{out}(t)$  的时间微分在时刻  $t_{11}$  之前为零,但在时刻  $t_{11}$  以后以一定的斜率上升的期间,成为恒定的正值。因此,在时刻  $t_{11}$ ,倾斜磁场放大器 128 的输出电压  $V_{out}(t)$  瞬间上升(7) 式的左边第 2 项的量。另一方面,(7) 式的左边第 1 项( $R \times I_{out}(t)$ ) 在时刻  $t_{11}$  为零,但在时刻  $t_{11}$  以后,由于伴随着  $I_{out}(t)$  的上升(7) 式的左边第 1 项也上升,所以输出电压  $V_{out}(t)$  也上升。

[0161] 另外,由于在时刻  $t_{11}$  以后,开始从倾斜磁场放大器 128 供给输出电流  $I_{out}(t)$ ,所以作为其电流供给源,从直流电源 124 向倾斜磁场放大器 128 供给电流。因此,在时刻

t11 直流电源 124 的输出电流  $I_{ps}(t)$  也上升,然后成为恒定值。

[0162] 这里,作为一个例子,设 X 通道的倾斜磁场放大器 128 的消耗电力  $P_{ampx}(t)$  与 X 轴倾斜磁场线圈 26x 的消耗电力  $P_{xcoil}(t)$  之和大于直流电源 124 针对 X 通道的额定输出电力。该情况下,在从时刻 t11 到时刻 t14 的期间,倾斜磁场放大器 128 将 X 轴倾斜磁场电源 44x 切换成前述的第 2 电路动作状态。因此,利用电解电容器 126 的放电电力来补充通过直流电源 124 的供给电力相对倾斜磁场线圈 26 的消耗电力不足的电力量。

[0163] 因此,在时刻 t11 以后,除了直流电源 124 之外,还从电解电容器 126 作为放电流向倾斜磁场放大器 128 供给电力,充电电压  $V_{bus}(t)$  减少。

[0164] 在时刻 t12,由于以一定的斜率上升了的输出电流  $I_{out}(t)$  从上升切换成恒定值,所以其时间微分切换为零,因此(7)式的左边第 2 项变为零。从而,输出电压  $V_{out}(t)$  在时刻 t12 瞬间下降,到输出电流  $I_{out}(t)$  为恒定值的时刻 t13 为止保持恒定值。

[0165] 在时刻 t13,恒定的输出电流  $I_{out}(t)$  开始以一定的斜率下降。由此,由于在(7)式的左边第 2 项中输出电流  $I_{out}(t)$  的时间微分从零切换为负的恒定值,所以输出电流  $I_{out}(t)$  在时刻 t13 瞬间下降。另一方面,由于(7)式的左边第 1 项在时刻 t13 以后伴随着  $I_{out}(t)$  的下降而下降,所以输出电压  $V_{out}(t)$  也在时刻 t13 以后下降。

[0166] 在时刻 t14,如果停止输出电流  $I_{out}(t)$  的供给,则下降了的充电电压  $V_{bus}(t)$  开始上升。这是因为,由于在时刻 t14 以后不需要向倾斜磁场放大器 128 的供给电流,所以电解电容器 126 被直流电源 124 的输出电流  $I_{ps}(t)$  充电。因此,在该充电前的时刻 t14,充电电压  $V_{bus}(t)$  为极小值,将该值设为  $V_{fin}$ 。

[0167] 直流电源 124 的输出电流  $I_{ps}(t)$  在接近于电解电容器 126 的充电完成时开始下降,若在时刻 t15 电解电容器 126 的充电完成,则直流电源 124 的输出电流  $I_{ps}(t)$  成为待机电流。以上是电路动作的说明。

[0168] 以下,对第 2 实施方式中的电解电容器 126 的电容 C 的计算方法进行说明。在第 2 实施方式中,在电力消耗大的拍摄序列的执行中,根据能量的收支来计算电容器电容。这里的“电力消耗大”是指由于倾斜磁场线圈 26 的消耗电力多,所以仅通过电源输出电流  $I_{ps}(t)$  不能完全补充而从电解电容器 126 向放电流向倾斜磁场放大器 128 供给电力的情况。

[0169] 若将向电解电容器 126 的充电能量设为  $E_{in}$ ,将来自电解电容器 126 的放电能量设为  $E_{out}$ ,将放电开始时(时刻 t11)的电解电容器 126 的充电电压设为  $V_{ini}$ (参照图 10),将放电结束时(时刻 t14)的电解电容器 126 的充电电压设为  $V_{fin}$ (参照图 10),则以下的(8)式成立。

$$[0170] \quad |E_{in} - E_{out}| = \left| \frac{1}{2} \cdot C \cdot (V_{fin}^2 - V_{ini}^2) \right| \dots (8)$$

[0171] 如果将由电流检测器 134 测定的电源输出电流  $I_{ps}(t)$ 、与由电压检测器 136 测定的充电电压(直流电源 124 的输出电压)  $V_{bus}(t)$  之积如以下的(9)式那样进行时间积分,则可计算出充电能量  $E_{in}$ 。

$$[0172] \quad E_{in} = \int I_{ps}(t) \cdot V_{bus}(t) dt \dots (9)$$

[0173] 放电能量  $E_{out}$  能够作为经由倾斜磁场线圈 26x 从倾斜磁场放大器 128 输出并返回的输出电流  $I_{out}(t)$  的函数而计算出。即,由于倾斜磁场放大器 128 的消耗电力  $P_{ampx}(t)$

主要是开关元件中的消耗电力,所以例如可通过下式近似。

$$[0174] \quad P_{ampx}(t) = W_a \times \{I_{out}(t)\}^2 + W_b \times I_{out}(t) + W_c \cdots (10)$$

[0175] 在(10)式中, $W_a$ 、 $W_b$ 、 $W_c$ 是由开关元件的特性决定的常量,预先测定并存储到电容检测器 140 中。其中, $W_a$ 、 $W_b$ 、 $W_c$ 可以作为理论值而通过模拟预先计算出,并存储到电容检测器 140。另外,X 轴倾斜磁场线圈 26x 中的消耗电力  $P_{xcoil}(t)$  可通过以下的(11)式计算。

$$[0176] \quad P_{xcoil}(t) = I_{out}(t) \times V_{out}(t) \cdots (11)$$

[0177] 此外,X 轴倾斜磁场线圈 26x 的消耗电力  $P_{xcoil}(t)$  也可以取代(11)式而通过倾斜磁场放大器 128 的输出电流  $I_{out}(t)$  的瞬时值  $I_{out}$ 、与输出电压  $V_{out}(t)$  的瞬时值  $V_{out}$  之积来计算。这里的输出电流  $I_{out}(t)$  的瞬时值  $I_{out}$  可以通过倾斜磁场放大器 128 的控制电流值来计算,也可以使用电流检测器 130 的测定值。

[0178] 接下来,通过将 X 轴倾斜磁场线圈 26x 中的消耗电力  $P_{xcoil}(t)$ 、与倾斜磁场放大器 128 的消耗电力  $P_{ampx}(t)$  之和如以下的(12)式那样进行时间积分,可计算出放电能量  $E_{out}$ 。

$$[0179] \quad E_{out} = \int \{P_{ampx}(t) + P_{xcoil}(t)\} dt \cdots (12)$$

[0180] 这里,由于放电的开始时以及结束时的电解电容器 126 的充电电压  $V_{ini}$ 、 $V_{fin}$  由电压检测器 136 测定,所以将测定值代入到(8)式。并且,如果将如以上那样计算出的充电能量  $E_{in}$ 、放电能量  $E_{out}$  代入到(8)式,则能够通过(8)式计算出电解电容器 126 的电容  $C$ 。

[0181] 对于 Y 通道、Z 通道的电解电容器的电容,也可以与上述 X 通道的情况同样地分别计算。

[0182] 能够执行上述计算方法的情况是如前述那样倾斜磁场线圈 26 的消耗电力大到仅通过电源输出电流  $I_{ps}(t)$  不能完全补充的程度的情况。例如,只要与预扫描开始同时地开始电解电容器 126 的充电电压  $V_{bus}(t)$  等的测定,如果充电电压  $V_{bus}(t)$  下降,则在预扫描执行时计算其电容  $C$  即可。

[0183] 作为消耗电力有可能大至从电解电容器 126 供给放电电流的程度的预扫描的例子,可举出获得 EPI 的相位修正数据的模板拍摄(template shot)。EPI 是(Echo Planar Imaging:回波平面成像)的意思。

[0184] 具体而言,例如在日本特开平 9-276243 号公报中,作为预扫描,在正式扫描前收集了使读出方向倾斜磁场的极性反转了的两次模板拍摄 A、B 的回波数据(MR 信号)。而且,由于在模板拍摄 A、B 中分别收集到的 1 对回波数据具有相同的回波时间,所以基于因静磁场不均匀性引起的相位偏移的值相等的特性,除去了因静磁场不均匀性引起的相位误差成分。由此,仅提取出因静磁场不均匀性以外的重要因素引起的相位误差成分,将其作为相位修正数据。

[0185] 其中,扫描是指 MR 信号的收集动作,不包括图像重构。上述预扫描例如是指为了决定正式扫描的拍摄序列内的未确定的条件、在正式扫描后的图像重构时所使用的条件、数据等,而在正式扫描之前进行的校正用扫描。正式扫描是 T1 强调图像等的目的诊断图像的拍摄用的扫描,不包括定位图像用的 MR 信号收集的扫描、预扫描那样的校正用扫描。

[0186] 图 11 是表示第 2 实施方式中的 MRI 装置 20 的动作流程的一个例子的流程图。以下,按照图 11 所示的步骤编号,对第 2 实施方式的 MRI 装置 20 的动作进行说明。

[0187] [步骤 S21] 对 MRI 装置 20 接通电源,通过来自直流电源 124 的电源输出电流  $I_{ps}(t)$  将电解电容器 126 充满电。另外,MPU86 进行 MRI 装置 20 的初始设定。

[0188] [步骤 S22] MPU86 控制 MRI 装置 20 的各部,来执行预扫描。这里的预扫描例如是如上述的获得 EPI 的相位修正数据的模板拍摄等那样消耗电力大的扫描。

[0189] 与预扫描开始同步,电流检测器 130、134、电压检测器 136、142 分别开始测定输出电流  $I_{out}(t)$ 、电源输出电流  $I_{ps}(t)$ 、充电电压  $V_{bus}(t)$ 、倾斜磁场放大器 128 的输出电压  $V_{out}(t)$  的时间变化,并将各测定值向电容检测器 140 输入。

[0190] 在观测充电电压  $V_{bus}(t)$  的时间变化、充电电压  $V_{bus}(t)$  在一定的期间中持续下降的情况下,电容检测器 140 通过(8)式~(12)式中说明的方法来计算电解电容器 126 的电容  $C$ 。这里的“一定的期间”是指能够准确计算电解电容器 126 的电容  $C$  的程度的足够长的期间、即“一定的期间”中的充电电压  $V_{bus}(t)$  的下降量是能够准确计算电容  $C$  的程度大小这一意思。

[0191] 在电容检测器 140 计算出电解电容器 126 的电容  $C$  的情况下,电容检测器 140 经由序列控制器 56 将计算出的电容  $C$  向电容判定部 102 输入。电容判定部 102 将电容  $C$  的值与测定日(测定年月日)以及计算时刻一同记录到存储装置 66。

[0192] [步骤 S23] 当在步骤 S22 的预扫描中没有计算出电容  $C$  时,MPU86 使处理转移到步骤 S25。

[0193] 另一方面,在计算出了电容  $C$  的情况下,电容判定部 102 判定电容  $C$  是否小于第 1 阈值  $C_{ref1}$ 、以及电容  $C$  是否小于第 2 阈值  $C_{ref2}$ ,并将判定结果以及电容  $C$  的值向警告部 100 以及条件限制部 104 输入。在计算出电容  $C$ 、且 X、Y、Z 通道的至少一个电容  $C$  小于第 1 阈值  $C_{ref1}$  的情况下,进入到步骤 S24。在此之外的情况下,进入到步骤 S25。

[0194] [步骤 S24 ~ S28] 由于和第 1 实施方式的图 8 的步骤 S3 ~ S7 的处理分别相同,所以省略重复的说明。以上是图 11 的流程的说明。

[0195] 这样,在第 2 实施方式中也可获得与第 1 实施方式同样的效果。

[0196] 上述的例子中,在执行预扫描时电解电容器 126 的充电电压  $V_{bus}(t)$  降低的情况下测定了电解电容器 126 的电容  $C$ ,但这只不过是一个例子。以下,作为第 2 实施方式的补充事项,对进行电解电容器 126 的电容  $C$  的判定(测定)的定时的两个变形例加以说明。

[0197] 第 1,可以以 EPI 等电力消耗大的脉冲序列执行定位图像用的 MR 信号的收集,在该收集时测定电解电容器 126 的电容  $C$ ,根据电容  $C$  的劣化程度,与上述同样地进行更换推荐显示、拍摄序列的条件电力限制。

[0198] 第 2,可以在正式扫描执行时测定电解电容器 126 的电容  $C$ 。该情况下,当电解电容器 126 的电容  $C$  小于第 1 阈值  $C_{ref}$  时,警告部 100 在正式扫描结束后将更换推荐显示显示在显示装置 64 上,条件限制部 104 对下次以后的拍摄序列的条件进行电力限制。

[0199] 以下,对第 1 以及第 2 实施方式共同的补充事项进行说明。

[0200] 可以取代电解电容器 126 而使用 2 次电池或电气双层电容器等充放电元件。这里的充放电元件是如电容器、2 次电池等那样,能够反复进行充电以及放电的电路元件。

[0201] 将作为电解电容器 126 的更换基准的指标的阈值设为 2 个阶段( $C_{ref1}$ 、 $C_{ref2}$ ),但阈值也可以为一个,还可以为 3 个阶段以上。

[0202] 描述了通过测定电解电容器 126 的充电电压  $V_{bus}$  等来计算其电容  $C$  的例子,但这

只是电容 C 的计算方法的一个例子。例如,也可以在第 1 以及第 2 实施方式中不测定充电电压  $V_{bus}$ ,而通过测定针对电解电容器 126 的一个电极的充放电电流等,来计算电解电容器 126 的电容 C。其中,上述充放电电流在充电时是充电电流,在放电时为放电电流,与充电电流符号相反。或者,也可以通过测定充电电压  $V_{bus}$  以及上述充放电电流的双方来计算电解电容器 126 的电容 C。

[0203] 作为 MRI 装置 20,叙述了在包含静磁场磁铁 22、匀场线圈 24、倾斜磁场线圈 26、RF 线圈 28 的架台之外存在 RF 接收器 48 的例子(参照图 1)。本发明的实施方式并不限定于该方式。也可以是 RF 接收器 48 包含在架台内的方式。具体而言,例如将相当于 RF 接收器 48 的电子电路基板配设在架台内。而且,可以利用该电子电路基板内的前置放大器对由接收用 RF 线圈从电磁波变换成模拟的电信号后的 MR 信号进行放大,作为数字信号向架台外输出,输入给序列控制器 56。如果在向架台外输出时例如使用光通信电缆作为光数字信号进行发送,则由于可减轻外部噪声的影响,所以优选。

[0204] 以下,对权利要求的用语与实施方式的对应关系进行说明。其中,以下所示的对应关系只是为了参考而表示的一种解释,并不对本发明进行限定。

[0205] “将控制电压信号向倾斜磁场放大器 128 输入的序列控制器 56”、“电解电容器 126”以及“控制电解电容器 126 的充放电的倾斜磁场放大器 128”是权利要求记载的“充放电控制部”的一个例子。

[0206] 通过电流检测器 132、134、电压检测器 136、142、电容检测器 140、电容判定部 102 的整体来测定电解电容器 126 的充电电压  $V_{bus}(t)$  等,并判定电解电容器 126 的电容 C 是否小于阈值的构成是权利要求记载的判定部的一个例子。

[0207] 根据与倾斜磁场线圈的消耗电力对应的来自序列控制器 56 的控制电压信号,来切换前述的第 1 电路动作状态和第 2 电路动作状态的倾斜磁场放大器 128 是权利要求记载的切换控制部的一个例子。

[0208] 对本发明的几个实施方式进行了说明,但这些实施方式只是例示,并不用于限定发明的范围。这些实施方式也能够以其他的各种方式来实现,在不脱离发明主旨的范围能够进行各种省略、置换、变更。这些实施方式和其变形与包含在发明的范围、主旨同样,属于权利要求的范围所记载的发明以及和其等同的范围。

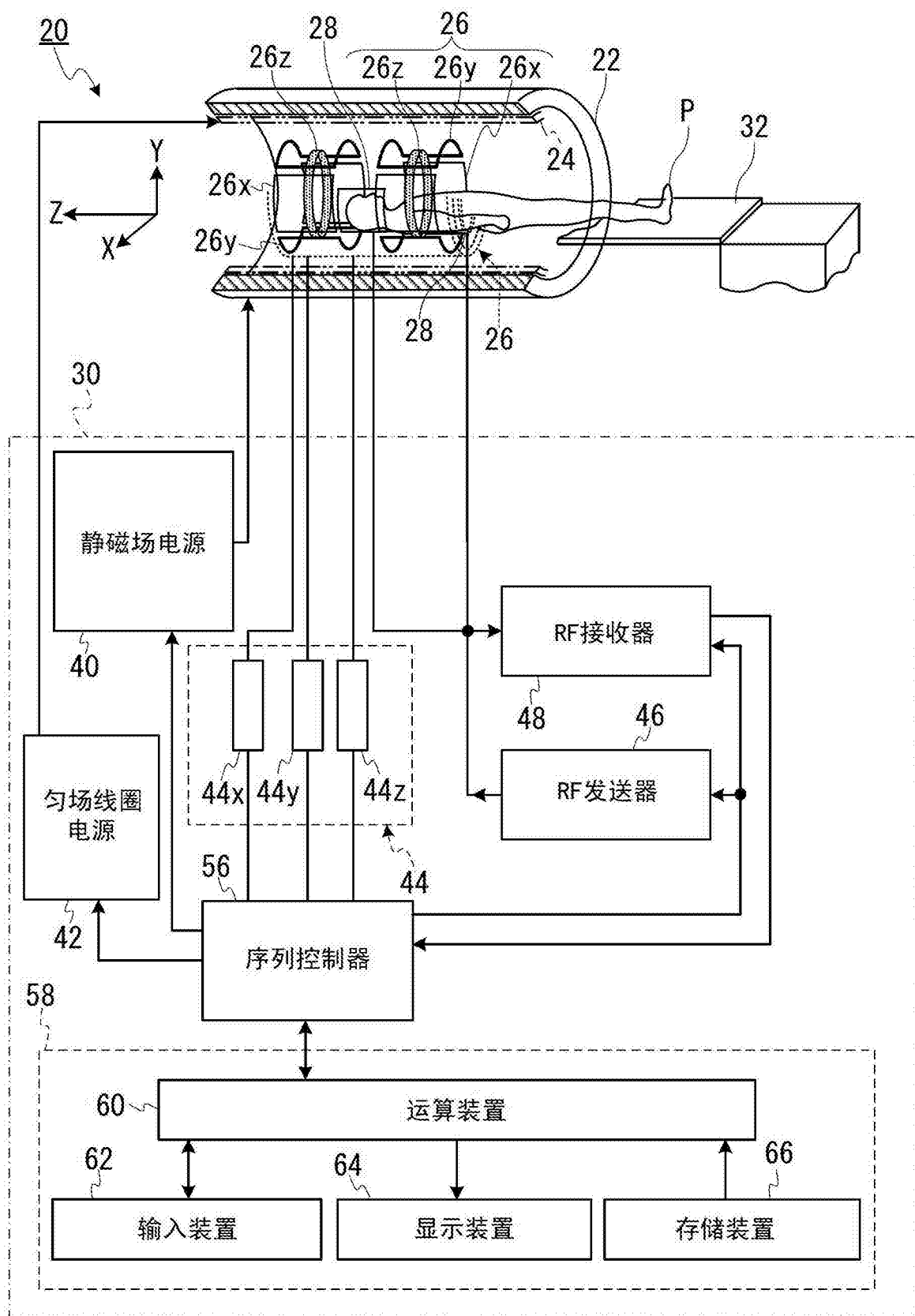


图 1

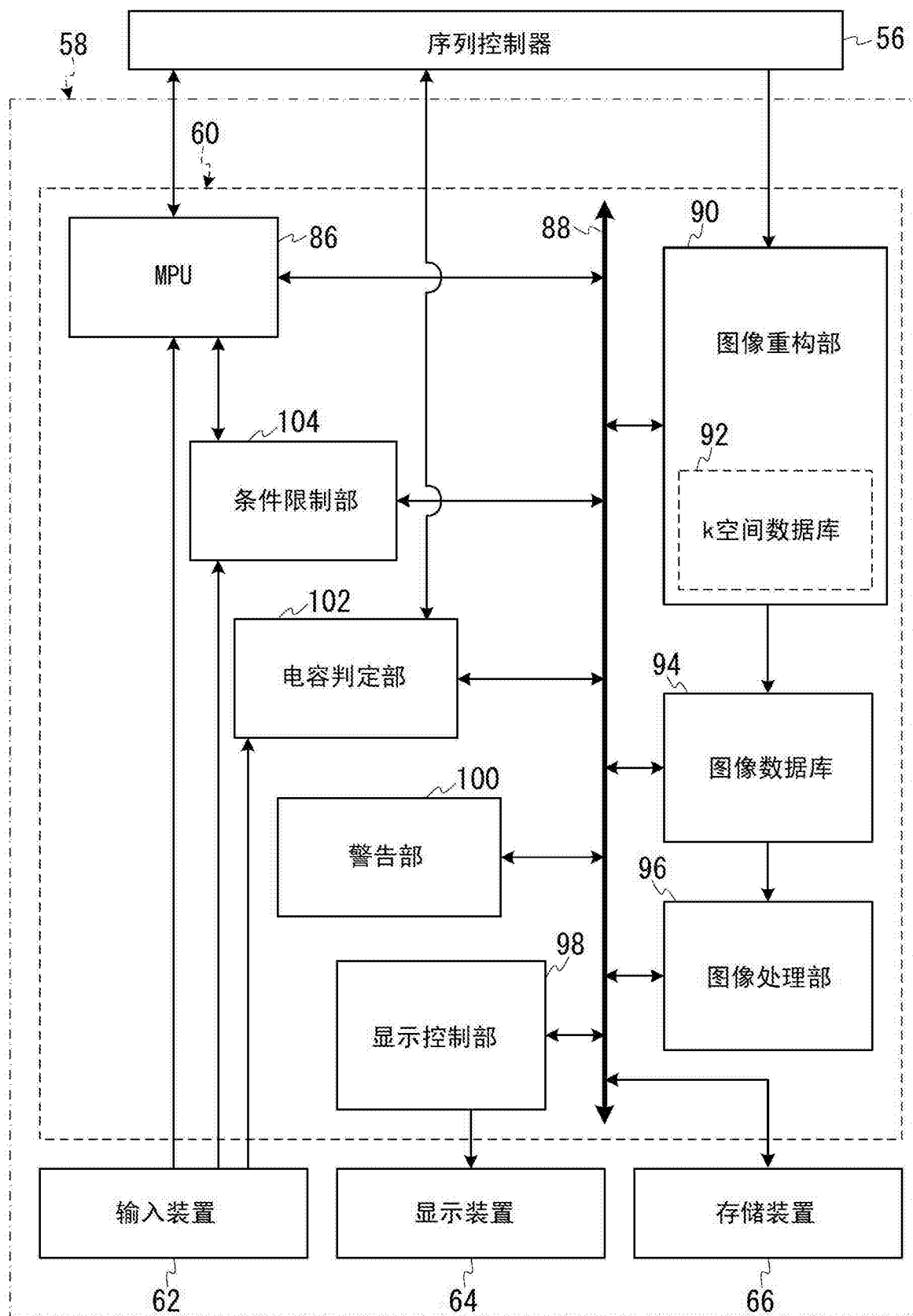


图 2

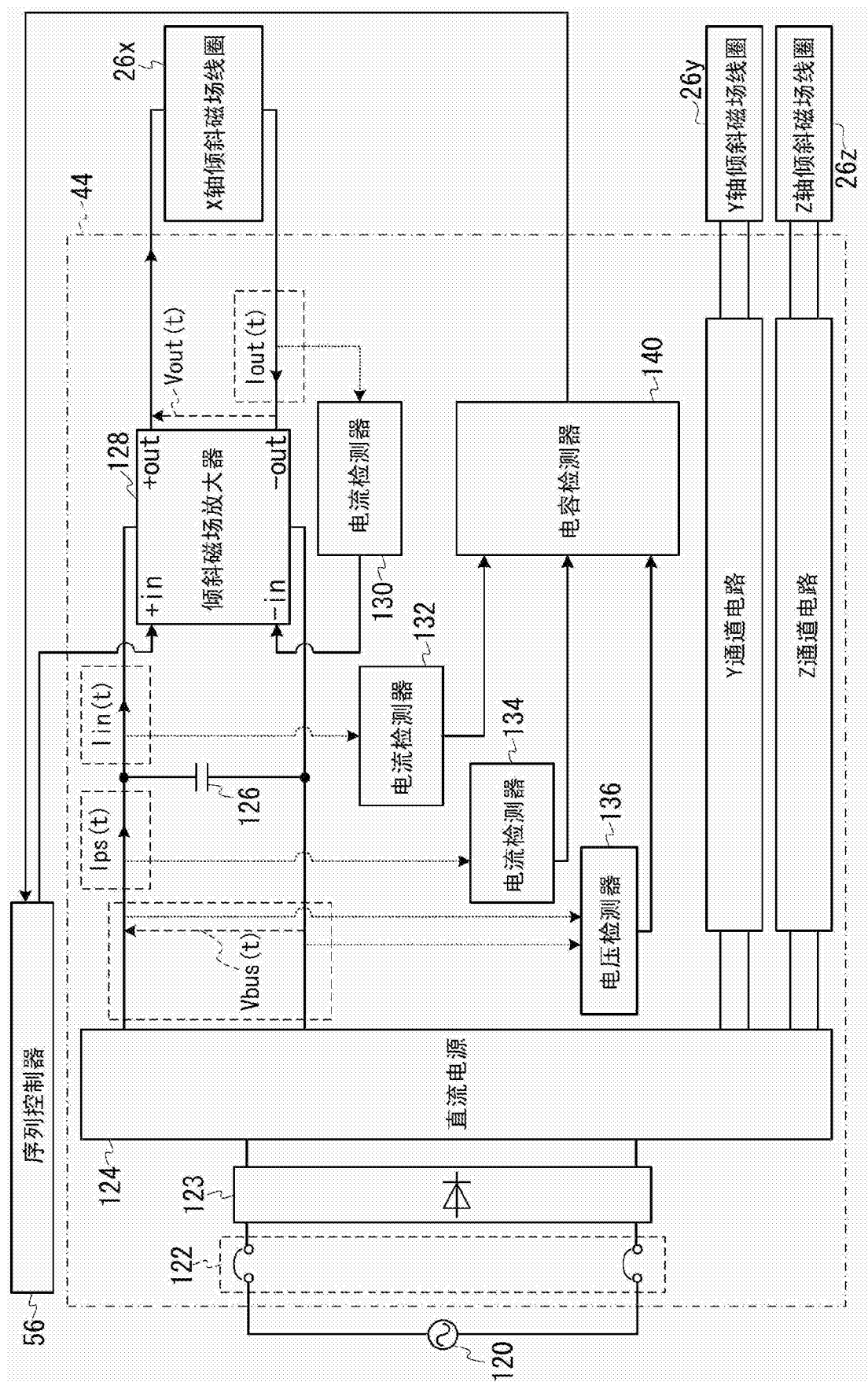


图 3

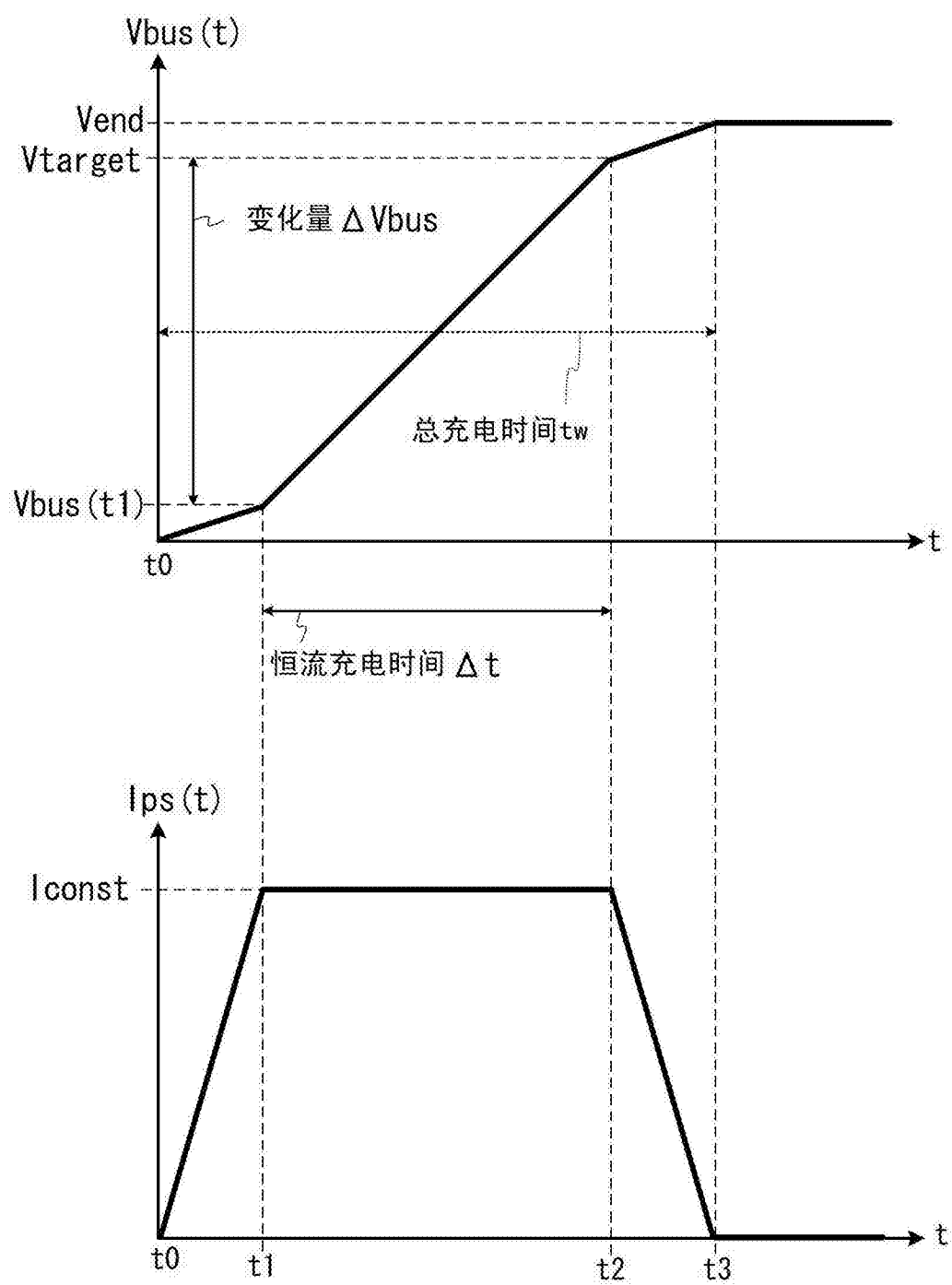


图 4

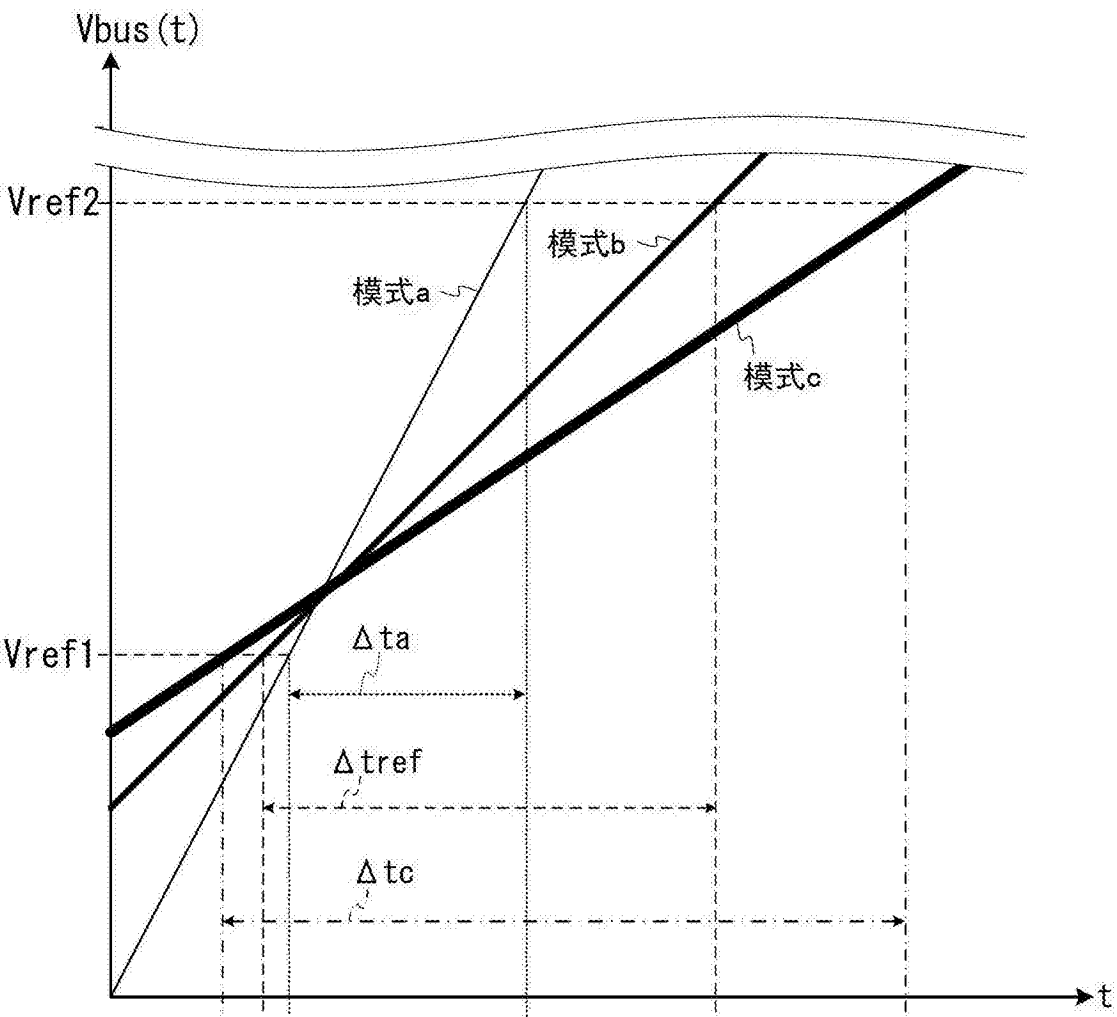


图 5

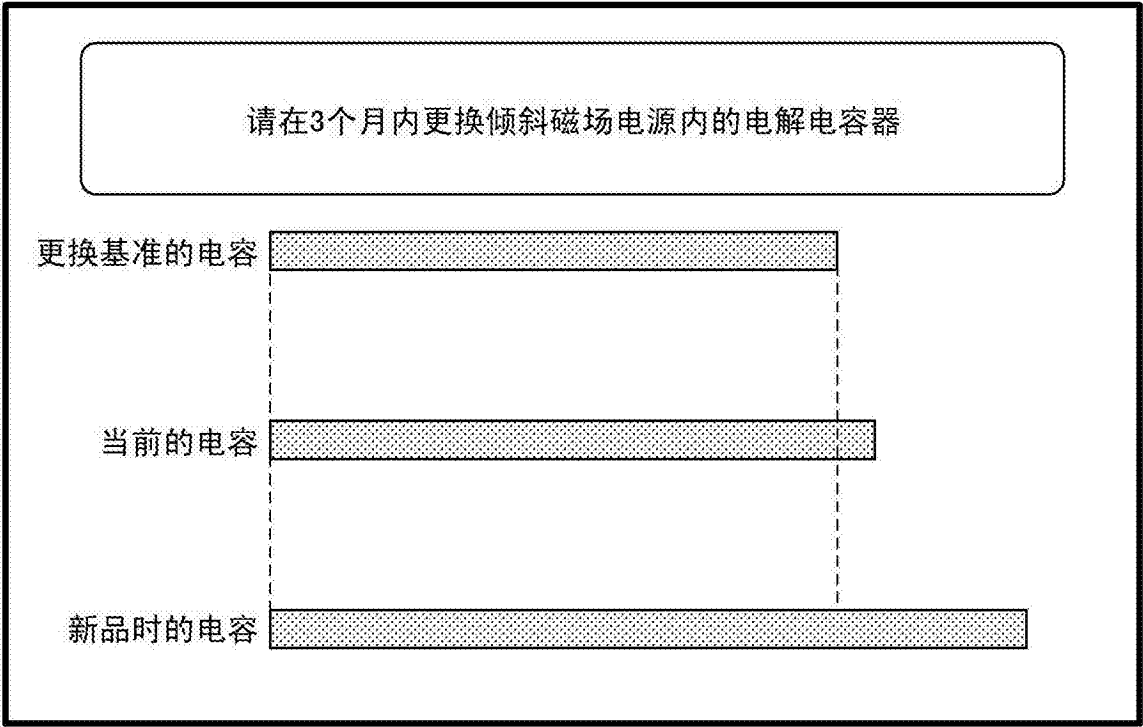


图 6

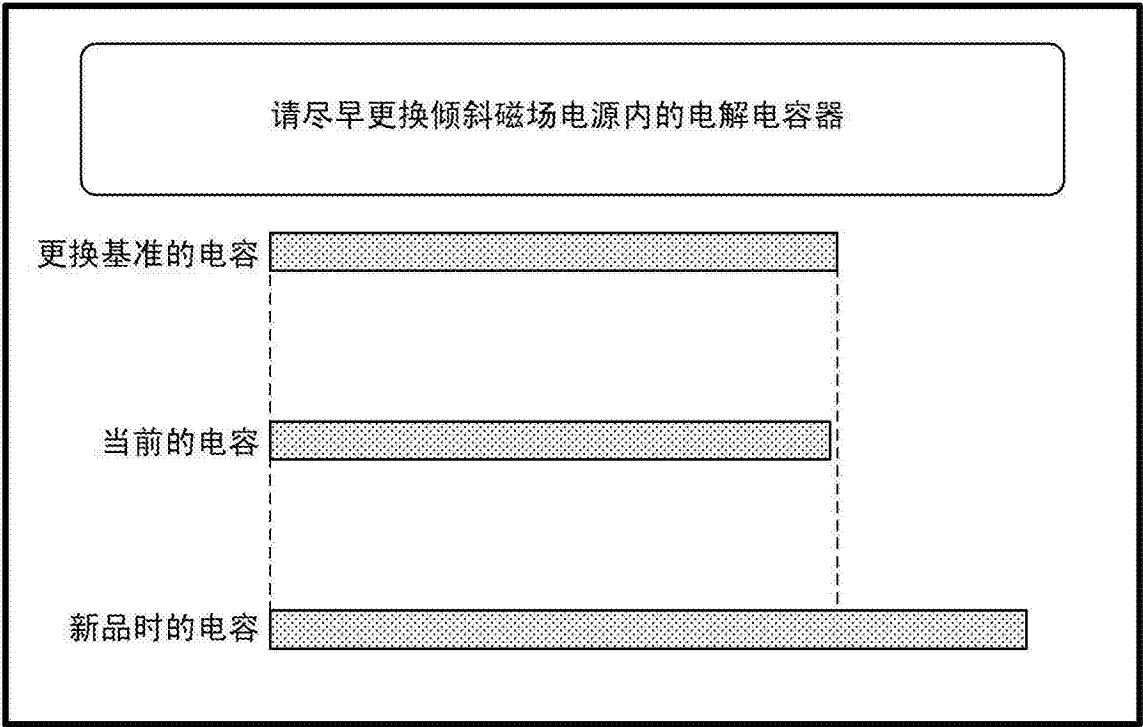


图 7

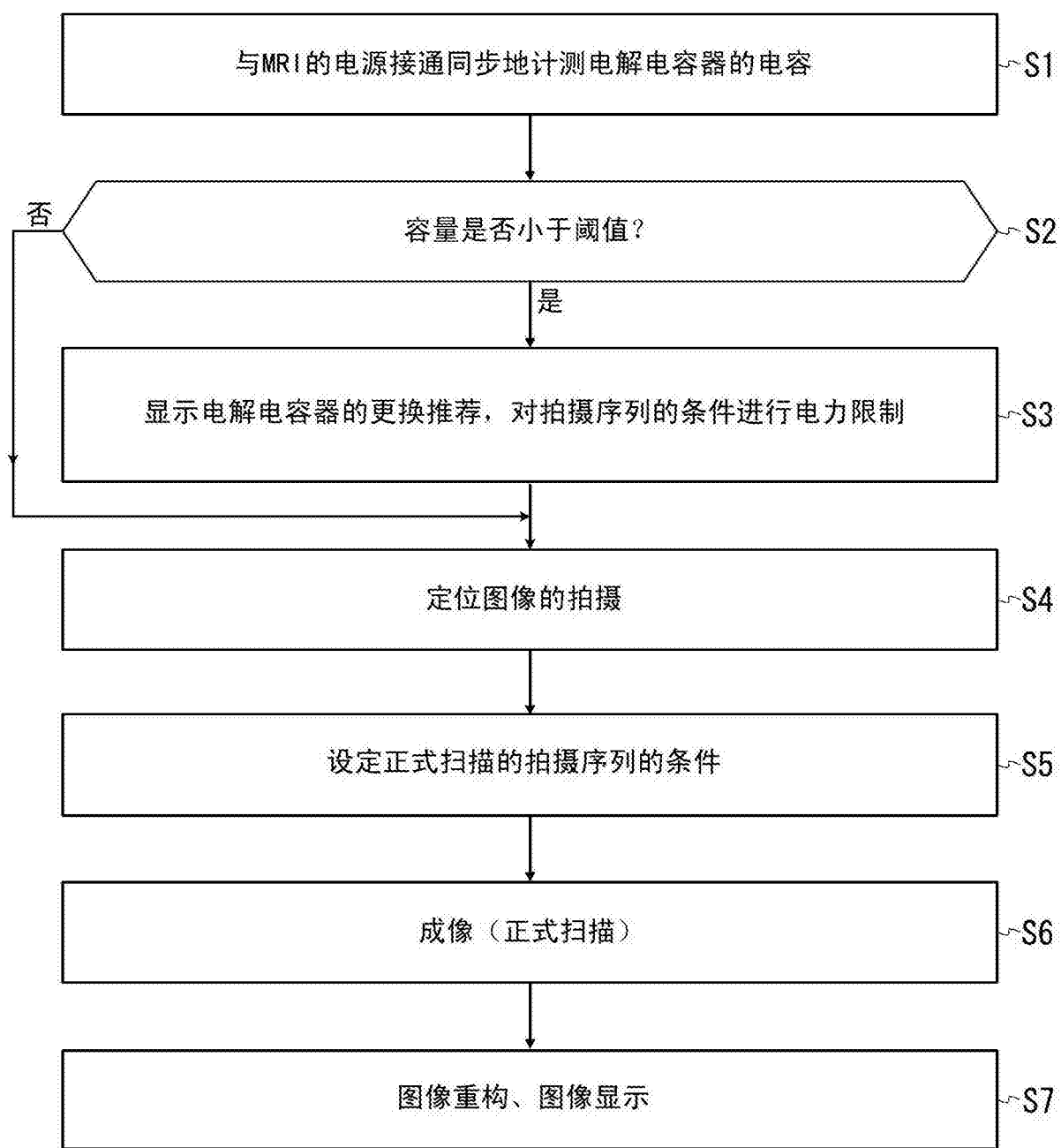


图 8

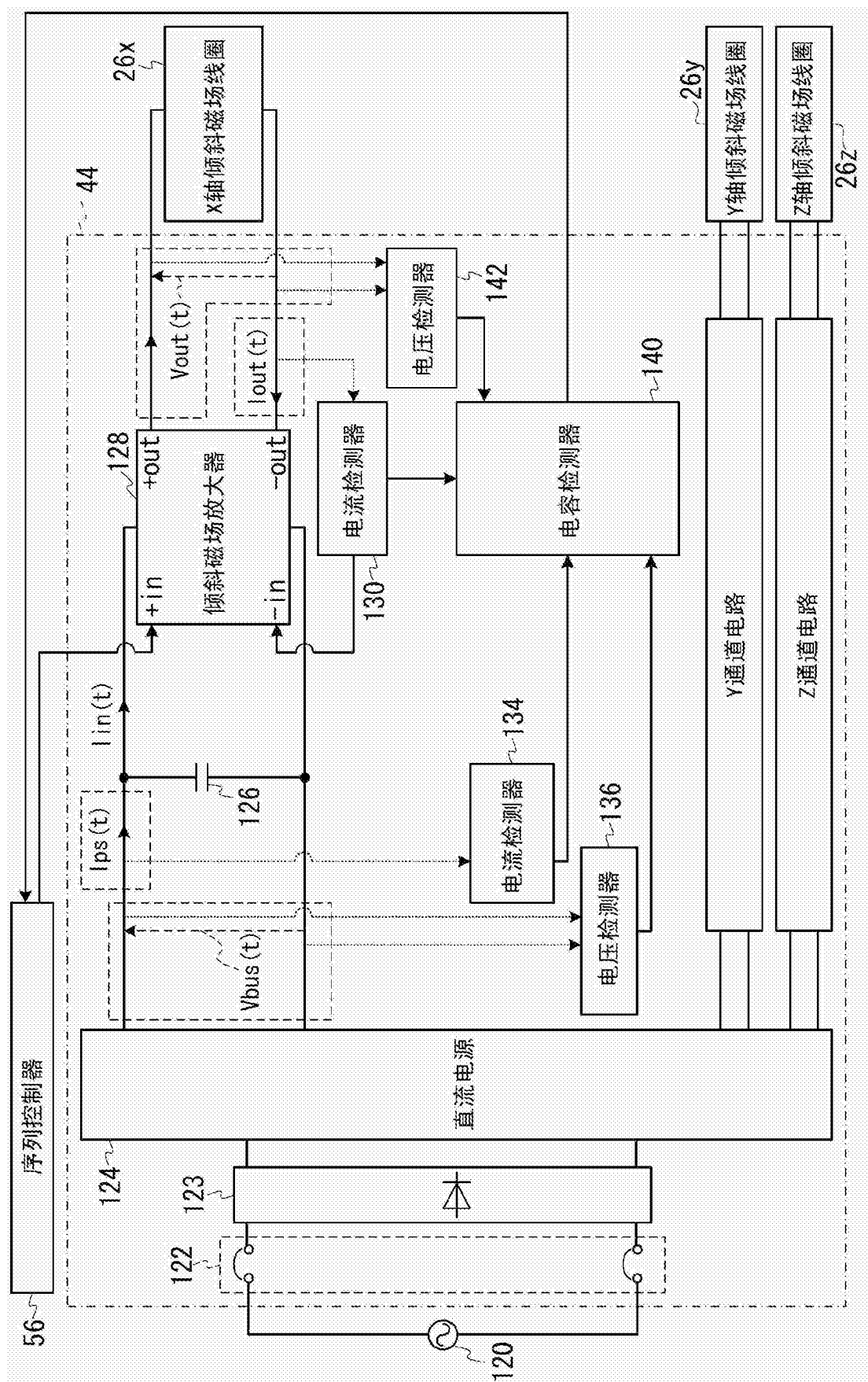


图 9

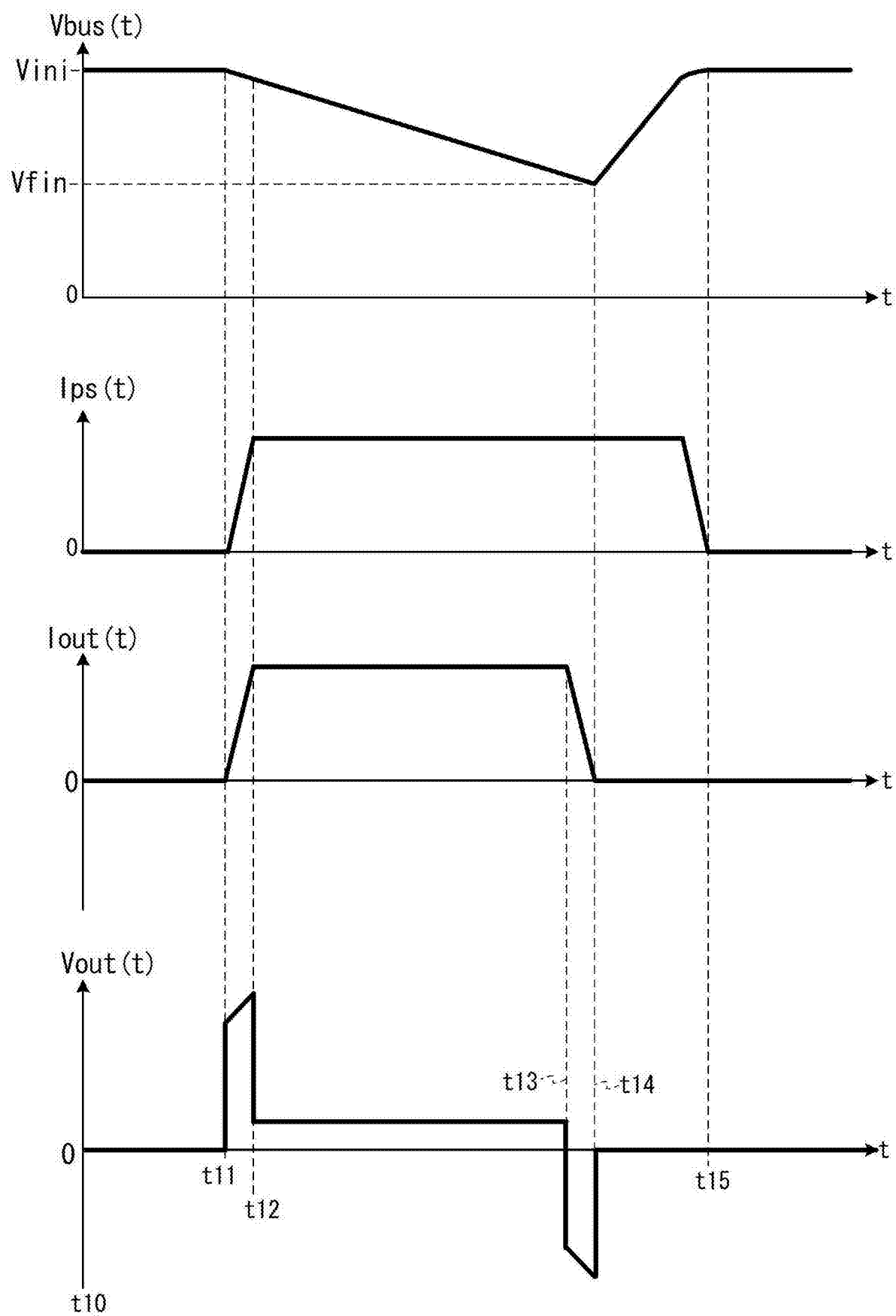


图 10

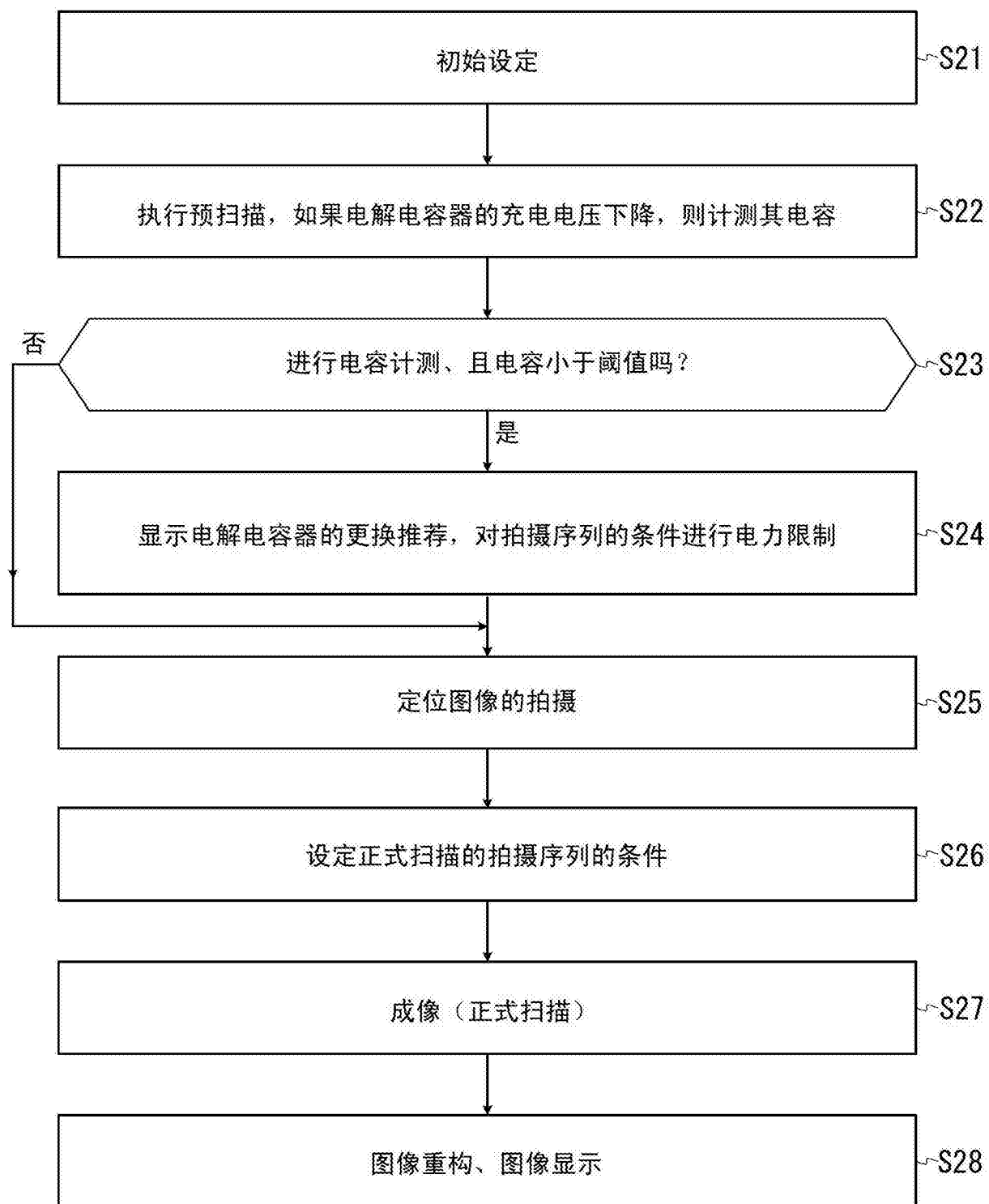


图 11