

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
A61B 5/055 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 00122265.1

[45] 授权公告日 2006 年 10 月 11 日

[11] 授权公告号 CN 1278647C

[22] 申请日 2000.6.24 [21] 申请号 00122265.1

[30] 优先权

[32] 1999.6.24 [33] JP [31] 177658/99

[71] 专利权人 通用电器横河医疗系统株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 押尾晃一 三好光晴

审查员 龚锦玲

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 张志醒

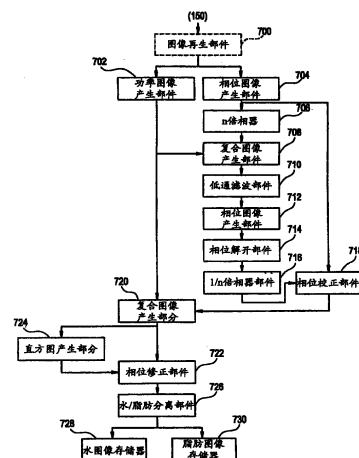
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 8 页

[54] 发明名称

磁场非均匀性测量方法和设备,相位校正方法和设备,以及磁共振成像设备

[57] 摘要

为了以有效的方式分别对水和脂肪进行成像,利用磁共振获取具有水和脂肪间 $\pi/2$ 相位差的 X 线断层图像(700),用 n 乘以该 X 线断层图像的相位(706),用 $1/n$ 乘以校正卷绕后的相位(714、716),产生代表磁场非均匀性的相位图像。利用该相位图像校正 X 线断层图像的相位(718),并将 X 线断层图像分成水图像和脂肪图像(726)。



1. 一种相位校正方法, 包括以下步骤:

利用具有规定期限的定时回波的磁共振并由静态磁场获取物体的 X 线断层
5 图像, 以产生具有水和脂肪的像素数据之间的 $2\pi/n$ 的相位差的第一相位图像,
其中 $n \geq 2$;

将所述像素数据的第一相位图像乘以 n , 以产生第二相位图像;

低通滤波所述第二相位图像, 以产生第三相位图像;

相位解开所述第三相位图像, 以产生超出 $\pm\pi$ 之间范围的第四相位图像;

10 将解开的第四相位图像乘以 $1/n$, 以获取代表由静态磁场非均匀性导致的
误差的第五相位图像; 以及

从所述水和脂肪的第一相位图像中减去代表由静态磁场非均匀性导致的误差的所述第五相位图像, 以产生没有由所述静态磁场非均匀性导致的任何误差的所述水和脂肪的第六相位图像, 由此校正所述 X 线断层图像的像素数据的相
15 位。

2. 如权利要求 1 所述的方法, 其中 n 等于 4。

3. 一种磁共振成像方法, 包括权利要求 1 所述的方法, 以及下述步骤:
利用其中对由静态磁场非均匀性导致的误差作了校正的像素数据的第六相位图
像, 分别产生水图像和脂肪图像。

20 4. 如权利要求 3 所述的方法, 其中 n 等于 4。

5. 如权利要求 3 所述的方法, 还包括以下步骤:

产生一个直方图, 该直方图具有一个对应于水的零相位峰和对应于脂肪的
 $\pi/2$ 相位的另一个峰;

根据所述直方图, 修正所述已相位校正的像素数据中的相位差; 以及
25 利用所修正的相位差, 分别产生水图像和脂肪图像。

6. 如权利要求 5 所述的方法, 其中 n 等于 4。

7. 一种相位校正设备, 包括:

利用具有规定期限的定时回波的磁共振并由静态磁场获取物体 (300) 的
X 线断层图像, 以产生具有水和脂肪的像素数据之间的 $2\pi/n$ 的相位差的第一
30 相位图像的装置 (100, 130, 140, 150, 160, 170, 180), 其中 $n \geq 2$;

将所述像素数据的第一相位图像乘以 n ，以产生第二相位图像的装置 (706)；

低通滤波所述第二相位图像，以产生第三相位图像的装置 (710, 712)；

相位解开所述第三相位图像，以产生超出 $\pm \pi$ 之间范围的第四相位图像的

5 装置 (714)；

将解开的第四相位图像乘以 $1/n$ ，以获取代表由静态磁场非均匀性导致的误差的第五相位图像的装置 (716)；以及

从所述水和脂肪的第一相位图像中减去代表由静态磁场非均匀性导致的误差的所述第五相位图像，以产生没有由所述静态磁场非均匀性导致的任何误差的所述水和脂肪的第六相位图像，由此校正所述 X 线断层图像的像素数据的相位

10 的装置 (718)。

8. 如权利要求 7 所述的设备，其中 n 等于 4。

9. 一种磁共振成像设备，包括权利要求 7 所述的相位校正设备，以及利用其中对由静态磁场非均匀性导致的误差作了校正的像素数据的第六相位图

15 像，分别产生水图像和脂肪图像的装置 (720)。

10. 如权利要求 9 所述的设备，其中 n 等于 4。

11. 如权利要求 9 所述的设备，还包括：

产生一个直方图的装置 (724)，该直方图具有一个对应于水的零相位峰和对应于脂肪的 $\pi/2$ 相位的另一个峰；

20 根据所述直方图，修正所述已相位校正的像素数据中的相位差的装置 (722)；以及

利用所修正的相位差，分别产生水图像和脂肪图像的装置 (726, 728, 730)。

12. 如权利要求 11 所述的设备，其中 n 等于 4。

磁场非均匀性测量方法和设备，
相位校正方法和设备,以及磁共振成像设备

5

技术领域

本发明涉及磁场非均匀性测量方法和设备、相位校正方法和设备、以及磁共振成像设备，尤其涉及在基于磁共振成像得到的图像像素数据相位成像的空间中用于测量磁场非均匀性的方法和设备、用于校正基于所测量磁场非均匀性的像素数据相位的方法和设备、以及基于相位校正像素数据而得到分离的水和脂肪图像的磁共振成像设备。

制成的磁共振成像设备在容纳被成像主体的空间中产生静态磁场，在该静态磁场空间中产生梯度和高频磁场，并基于该磁场空间产生的磁共振信号生成（即，再产生）图像。由于化学位移使来自脂肪的磁共振信号与来自水的磁共振信号相比具有不同的频率，因此可利用基于不同频率的相位差分别使水和脂肪成像。

背景技术

磁共振信号的相位会受到静态磁场强度均匀性的影响，用所谓“狄克逊（Dixon）”法进行成像可以不受磁场非均匀性的影响而使水和脂肪分别成像。这一技术包括获取具有与来自脂肪的磁共振信号的相位（下文简称为“脂肪相位”）相同的来自水的磁共振信号的相位（下文简称为“水相位”）的图像、和具有与脂肪相位相反的水相位的图像，利用这些图像的总和产生水图像、利用这些图像间的差别产生脂肪图像。

但是，狄克逊（Dixon）法要求标准的成像操作以从两个图像生成一个图像，这使效率降低。另外，由于当静态磁场强度降低时、脂肪相位变化率相对水的相位变化率下降，需要较长的 TE（回波时间）以使用例如梯度回波获取具有水相位和脂肪相位的信号，因而，信号衰减的增加使信号不能在具有例如 0.2T 低强度磁场中使用狄克逊（Dixon）法。

发明内容

本发明的目的是提供利用以有效方式分离的水和脂肪进行成像的磁场非均

匀性测量方法和设备, 提供基于该磁场非均匀性的相位校正方法和设备, 以及提供利用以有效方式分离的水和脂肪进行成像的磁场共振成像设备。

根据本发明的第一方面, 提供的磁场非均匀性测量方法的步骤包括: 利用磁共振获取静态磁场空间内物体的 X 线断层图像, 该 X 线断层图像具有水和脂肪像素数据之间的 $2\pi/n(n \geq 2)$ 的相位差; 用 n 乘以 X 线断层图像像素数据的相位; 校正因相位乘以超过 $\pm\pi$ 之间范围的 n 所导致的卷绕; 和用 $1/n$ 乘以该已卷绕校正的相位, 从而得到表示静态磁场空间中磁场非均匀性的相位。

根据本发明的第二方面, 提供的磁场非均匀性测量设备包括: 利用磁共振获取静态磁场空间内物体的 X 线断层图像的成像装置, 该 X 线断层图像具有水和脂肪像素数据之间的 $2\pi/n(n \geq 2)$ 的相位差; 用 n 乘以 X 线断层图像像素数据的相位的倍相器; 校正因相位乘以超过 $\pm\pi$ 之间范围的 n 所导致的卷绕的卷绕校正装置; 和用 $1/n$ 乘以该已卷绕校正的相位, 从而得到表示静态磁场空间中磁场非均匀性的相位的磁场非均匀性测量装置。

根据本发明的第三方面, 提供的相位校正方法的步骤包括: 利用磁共振获取静态磁场空间内物体的 X 线断层图像, 该 X 线断层图像具有水和脂肪像素数据之间的 $2\pi/n(n \geq 2)$ 的相位差; 用 n 乘以 X 线断层图像像素数据的相位; 校正因相位乘以超过 $\pm\pi$ 之间范围的 n 所导致的卷绕; 用 $1/n$ 乘以该已卷绕校正的相位, 从而得到表示静态磁场空间中磁场非均匀性的相位; 以及利用得到的相位校正 X 线断层图像的像素数据的相位。

根据本发明的第四方面, 提供的相位校正设备包括: 利用磁共振获取静态磁场空间内物体的 X 线断层图像的成像装置, 该 X 线断层图像具有水和脂肪像素数据之间的 $2\pi/n(n \geq 2)$ 的相位差; 用 n 乘以 X 线断层图像像素数据的相位的倍相器; 校正因相位乘以超过 $\pm\pi$ 之间范围的 n 所导致的卷绕的卷绕校正装置; 用 $1/n$ 乘以该已卷绕校正的相位, 从而得到表示静态磁场空间中磁场非均匀性的相位的磁场非均匀性测量装置; 以及利用得到的相位校正 X 线断层图像的像素数据的相位的相位校正装置。

根据本发明的第五方面, 提供的磁共振成像设备包括: 利用磁共振获取静态磁场空间内物体的 X 线断层图像的成像装置, 该 X 线断层图像具有水和脂肪像素数据之间的 $2\pi/n(n \geq 2)$ 的相位差; 用 n 乘以 X 线断层图像像素数据的相位的倍相器; 校正因相位乘以超过 $\pm\pi$ 之间范围的 n 所导致的卷绕的卷绕校

正装置；用 $1/n$ 乘以该已卷绕校正的相位，从而得到表示静态磁场空间中磁场非均匀性的相位的磁场非均匀性测量装置；利用得到的相位校正 X 线断层图像的像素数据的相位的相位校正装置；以及利用相位校正的像素数据的相位差分别产生水图像和脂肪图像的图像产生装置。

- 5 根据本发明的第六方面，提供的磁共振成像方法包括：利用磁共振获取静态磁场空间内物体的 X 线断层图像，该 X 线断层图像具有水和脂肪像素数据之间的 $2\pi/n(n \geq 2)$ 的相位差；用 n 乘以 X 线断层图像像素数据的相位；校正因相位乘以超过 $\pm\pi$ 之间范围的 n 所导致的卷绕；用 $1/n$ 乘以该已卷绕校正相位，从而得到表示静态磁场空间中磁场非均匀性的相位；利用得到的相位校正 X 线断层图像的像素数据的相位；以及利用相位校正的像素数据的相位差分别产生水图像和脂肪图像。

(效果)

- 15 根据本发明，使水和脂肪处于用 n 乘以像素数据相位所得到的相位，校正超过 $\pm\pi$ 之间范围的卷绕并乘以 $1/n$ ，从而得到与磁场非均匀性对应的相位分布。用该相位分布校正像素数据的相位，从而消除磁场非均匀性的影响。利用已消除磁场非均匀性影响的像素数据并利用相位差提供分离的水和脂肪图像。

因此，本发明可以提供以有效方式分离的水和脂肪进行成像的磁场非均匀性测量方法和设备，提供基于该磁场非均匀性的相位校正方法和设备，以及提供以有效方式分离的水和脂肪进行成像的磁场共振成像设备。

- 20 附图说明

下文结合附图对本发明优选实施例的说明将使本发明的进一步的优点和优点更加清楚。

图 1 是本发明实施例设备的方框图。

图 2 是本发明另一实施例设备的方框图。

- 25 图 3 是图 1 或 2 所示设备产生的示例性脉冲顺序。

图 4 是图 1 或 2 所示设备产生的另一个示例性脉冲顺序。

图 5 是图 1 或 2 所示设备中数据处理部件的方框图。

图 6—9 表示图 5 所示的数据处理部件的功能。

图 10 是表示复合图像相位的直方图。

- 30 图 11 是水和脂肪信号的矢量图。

具体实施方式

以下结合附图具体说明本发明的一些实施例。图1示出本发明实施例的磁场共振成像设备的方框图。该设备结构表示本发明设备的实施例，该设备的操作表示本发明方法的实施例。

5 如图1所示，该设备具有磁系统100。磁系统100具有主磁场线圈部件102、梯度线圈部件106和RF（射频）线圈部件108。这些线圈部件具有普通的圆柱体外形、并同心地设置。被成像主体300安置在活动台500上，并由运载装置（未示出）送入和拉出磁系统100的内部空间。被成像主体300是本发明主体的实施例。

10 主磁场线圈102在磁系统100的内部空间产生静态磁场。静态磁场的方向一般与被成像主体300的主体轴方向平行，即产生所谓的水平磁场。主磁场线圈部件102例如包括超导线圈。显然，主磁场线圈部件102不限于超导线圈，也可以包括普通线圈。

梯度线圈部件106产生给静态磁场强度施加梯度的梯度磁场。所产生的梯度磁场包括三种磁场：限幅梯度磁场，读出梯度磁场和相位编码梯度磁场。梯度线圈部件106具有三个与这三个梯度磁场对应的梯度线圈（未示出）。

RF线圈部件108在静态磁场空间中产生高频磁场以便激发被成像主体300内的旋转。高频磁场的产生将在下文称作RF激发信号的传输。RF线圈部件108也接收由所激发旋转产生的电磁波，即磁共振信号。RF线圈部件108具有发
20 射线圈和接收线圈（未示出）。发射线圈和接收线圈可以是相同的线圈、或是各自的专用线圈。

梯度线圈部件106与梯度驱动部件130连接，梯度驱动部件130给梯度线圈部件106提供驱动信号以产生梯度磁场。梯度驱动部件130具有三个与梯度线圈部件106中的三个梯度线圈对应的驱动电路（未示出）。

25 给RF线圈部件108提供驱动信号的RF驱动部件140与RF线圈部件108相连接，以便发射RF激发信号，从而激发被成像主体300内的旋转。RF线圈部件108还与数据收集部件150连接，数据收集部件150聚集RF线圈部件108接收的信号、并将该信号收集为数字数据。

梯度驱动部件130、RF驱动部件140和数据收集部件150与用于控制这些
30 部件130—150的控制部件160连接。

数据收集部件 150 的输出连接到数据处理部件 170。数据处理部件 170 将从数据收集部件 150 采集的数据储存在存储器（未示出）中。于是在存储器中形成数据空间，它构成两维的傅里叶（Fourier）空间。数据处理部件 170 对两维傅里叶（Fourier）空间中的数据进行反向的两维傅里叶（Fourier）变换，以便再产生被成像主体 300 的图像。

数据处理部件 170 与控制部件 160 相连。数据处理部件 170 高于控制部件 160 并操作控制部件 160。数据处理部件 170 与显示部件 180 和操作部件 190 相连接，显示部件 180 显示再产生的图像和从数据处理部件 170 输出的一些信息，操作部件 190 由操作员操作，以便将一些命令、信息等输入到数据处理部件 170。

图 2 表示本发明实施例的另一个磁共振成像设备的方框图。该设备结构表示本发明设备的实施例，该设备的操作表示本发明方法的实施例。

图 2 所示的设备具有与图 1 所示设备不同的磁系统 100'。除磁系统 100' 外，其它部件与图 1 所示设备的部件相似，在附图中，相似的部件使用相同的标号，并省略对它们的说明。

磁系统 100' 具有主磁场磁部件 102'、梯度线圈部件 106' 和 RF 线圈部件 108'。主磁场磁部件 102'、梯度线圈部件 106' 和 RF 线圈部件 108' 均具有一对彼此相对且带有插入空间的相应元件。这些部件具有普通的圆盘状外形并具有共同的中心轴。被成像主体 300 安置在活动台 500 上，并由运载装置（未示出）送入和拉出磁系统 100' 的内部空间。

主磁场磁部件 102' 在磁系统 100' 的内部空间产生静态磁场。静态磁场的方向通常垂直于被成像主体 300 的主体轴方向，即产生所谓的垂直磁场。主磁场磁部件 102' 包括例如永久磁铁。显然，主磁场磁部件 102' 不限于永久磁铁，它也可以包括超导体或普通导体的电磁铁。

梯度线圈部件 106' 产生梯度磁场以给静态磁场强度施加梯度。产生的梯度磁场包括三种磁场：限幅梯度磁场、读出梯度磁场和相位编码梯度磁场。梯度线圈部件 106' 具有三个与这三个梯度磁场对应的梯度线圈（未示出）。

RF 线圈部件 108' 在静态磁场空间中产生 RF 激发信号以便激发被成像主体 300 内的旋转。RF 线圈部件 108' 也接收由所激发旋转产生的磁共振信号。RF 线圈部件 108' 具有发射线圈和接收线圈（未示出）。发射线圈和接收线圈

可以是相同的线圈或是各自的专用线圈。

图 3 表示磁共振成像中使用的实例性脉冲顺序。所示的脉冲顺序是一种用于旋转回波 (SE) 法的脉冲顺序。

具体地, (1) 是用于 SE 法的 RF 激发的 90° 和 180° 脉冲的顺序, (2)、
5 (3)、(4) 和 (5) 分别是用于 SE 法的相应限幅梯度 G_s 、读出梯度 G_r 、相位
编码梯度 G_p 和旋转回波 MR 的顺序。应注意, 90° 和 180° 脉冲由它们相应
的中央信号表示。脉冲顺序从左向右沿时间轴 t 进行。

如图所示, 90° 脉冲导致 90° 旋转的激发。同时, 施加限幅梯度 G_s 以对
特定限幅选择激发。自 90° 激发的规定周期之后, 以 180° 脉冲或旋转反向进
10 行 180° 激发。同时, 再施加限幅梯度 G_s 以对相同限幅进行选择反向。

在 90° 激发与旋转反向之间的时间内, 施加读出梯度 G_r 和相位编码梯度
 G_p 。读出梯度 G_r 使旋转移相, 相位编码梯度 G_p 对旋转进行相位编码。

旋转反向之后, 读出梯度 G_r 对该旋转进行再定相, 以产生旋转回波 MR。
数据收集部件 150 将旋转回波 MR 收集为可视数据。这种脉冲顺序在 TR 周期
15 (重复次数) 中重复 128—256 次。相位编码梯度 G_p 相对每次重复进行变化、
以提供每次不同的相位编码。于是, 得到 128—256 幅视图的可视数据。

旋转回波 MR 是相对回波中心具有对称波形的 RF 信号。中心回波在 TE
(回波时间) 自从 90° 激发之后产生。适当地选择时间 TE, 使水和脂肪回波
之间的相位差达到 $2\pi/n (n \geq 2)$ 。例如, 当 $n=4$ 时, 在 0.2 T 静态磁场强度下,
20 $\pi/2$ 相位差的 TE 值是 $2\tau + 8.6\text{ms}$ 或 $2\tau - 8.6\text{ms}$ 数量级, 其中 τ 是从 90° 激
发到 180° 激发的时间间隔。在这一 TE 获得的旋转回波具有足够的信号强度。

图 4 示出磁共振成像的脉冲的另一个实例。这一脉冲顺序用于梯度回波
(GRE) 法。

具体地, (1) 是用于 GRE 法的 RF 激发的 α° 脉冲的顺序, (2)、(3)、(4)
25 和 (5) 分别是用于 GRE 法的相应限幅梯度 G_s 、读出梯度 G_r 、相位编码梯度
 G_p 和梯度回波 MR 的顺序。应注意, α° 脉冲由其中央信号表示的。脉冲顺序
从左向右沿时间轴 t 进行。

如图所示, α° 脉冲导致 α° 旋转的激发, 其中 α 不大于 90° 。同时, 施加限
幅梯度 G_s 、以对特定限幅选择激发。

30 α° 激发之后, 用相位编码梯度 G_p 对旋转编码。接着, 利用读出梯度 G_r

先对旋转移相、而后对旋转再定相，以产生梯度回波 MR。数据收集部件 150 将梯度回波 MR 收集为可视数据。这一脉冲顺序在 TR 周期中重复 128—256 次。相位编码梯度 G_p 相对每次重复进行变化、以提供每次不同的相位编码。于是，得到 128—256 幅视图的可视数据。

- 5 梯度回波 MR 是相对回波中心具有对称波形的 RF 信号。中心回波在 TE 自从 α° 激发之后产生。适当地选择时间 TE，水和脂肪回波之间的相位差达到 $2\pi/n(n \geq 2)$ 。例如，当 $n=4$ 时，在 0.2 T 静态磁场强度下， $\pi/2$ 相位差的 TE 值是 8.6 ms 数量级。在这一 TE 获得的梯度回波具有足够的信号强度。

- 10 用图 3 或 4 的脉冲顺序得到的可视数据被收集到数据处理部件 170 中的存储器内。显然，该脉冲顺序不限于 SE 或 GRE 方法，它也可用于诸如高速旋转回波（FSE）法的任何其它的适宜技术。

数据处理部件 170 根据可视数据进行反向二维傅里叶变换，以便再产生被成像主体 300 的 X 线断层图像。再产生的图像储存在存储器中。上述设备的结构和功能代表本发明成像装置的实施例。

- 15 数据处理部件 170 根据再产生图像生成再现水的图像和再现脂肪的图像。在下文中，再现水的图像称为水图像，再现脂肪的图像称为脂肪图像。

- 20 在生成水和脂肪的图像中，数据处理部件 170 产生静态磁场的强度分布。数据处理部件 170 是本发明磁场非均匀性测量设备的一个实施例。该数据处理部件 170 的结构代表本发明设备的一个实施例，数据处理部件 170 的操作代表本发明方法的一个实施例。

数据处理部件 170 也进行相位校正、以消除因磁场非均匀所产生的影响。数据处理部件 170 是本发明相位校正设备的一个实施例。该数据处理部件 170 的结构代表本发明设备的一个实施例，数据处理部件 170 的操作代表本发明方法的一个实施例。

- 25 图 5 表示用于分别产生水和脂肪图像的数据处理部件 170 的方框图。图 5 中方框内的功能由例如计算机程序实施。

- 30 如图所示，数据处理部件 170 具有功率图像产生部件 702 和相位图像产生部件 704，它们接收来自前级图像再产生部件 700 的再产生图像。再产生图像的像素数据由复数表示。即，像素数据具有实数分量和虚数分量。在下文中，实数分量称为实部，虚数分量称为虚部。

功率图像产生部件 702 产生每个像素的复合数据功率, 以便利用作为各像素值的功率产生图像, 即功率图像。相位图像产生部件 704 产生各像素的复合数据相位, 即实部和虚部的反正切, 以便使用作为各像素值的相位产生图像, 即相位图像。

- 5 图 6 (a) 示出相位图像的简图, 该图表示当 X 线断层图像包含脂肪图像和围绕该脂肪图像的水图像时的相位图像的一维轮廓。图 6 (b) 表示这样的情况, 其中, 水和脂肪图像之间的相位差是 $\pi/2$, 即对于 $2\pi/n$ 的相位差、 n 设定为 4。尽管下面将说明 $n=4$ 的情况, 但是本发明也适用于 n 为其它值的情况。

- 10 如果静态磁场是均匀的, 由于水图像的相位是零, 相位图像的一维轮廓(它将被简称为“相位图像”)将具有图 6 (a) 中点划线所示的形状。但是如果静态磁场具有例如线性倾斜的非均匀性, 则相位图像将具有实线所示的形状。

- 15 相位图像输入到 n 倍相器 706, n 倍相器 706 是本发明倍相器装置的一个实施例。倍相器 706 以 n ($=4$) 乘以相位图像的像素值。于是, 得到图 6 (b) 所示的相位图像。如图所示, 乘以 4 使水和脂肪之间的相位差变成 2π , 导致水和脂肪同相位。在该相位图像中, 所谓的卷绕产生, 其中超出 $\pm\pi$ 范围的部分改变成 $\pm\pi$ 范围。此外, 相位的间断和突变在水和脂肪边界发生。

这种相位图像输入到复合图像产生部件 708。复合图像产生部件 708 也输入来自功率图像产生部件 702 的功率图像。复合图像产生部件 708 根据相位图像和功率图像产生复合图像。

- 20 复合图像的实部可构成功率图像数据的余弦, 其虚部可构成功率图像数据的正弦。注意, 正弦和余弦计算中使用的角是相位角。

复合图像经低通滤波部件 710 输入到相位图像产生部件 712。相位图像产生部件 712 根据低通滤波的图像产生相位图像。在所产生的相位图像中, 图 7 (a) 所示的间断或突变部分经低通滤波变为图 7 (b) 例示的连续或缓和。

- 25 这种相位图像输入到相位解开部件 714, 相位解开部件 714 是本发明卷绕校正装置的实施例。相位解开部件 714 将图 8 (a) 所示的卷绕相位解开为图 8 (b) 所示的相位。

- 30 解开的相位图像输入 $1/n$ 倍相器部件 716, $1/n$ 倍相器部件 716 是本发明磁场非均匀性测量装置的实施例。 $1/n$ 倍相器部件 716 以 $1/n$ ($=4$) 乘以该输入相位图像的像素值。于是, 得到图 8 (c) 所示的相位图像。这个相位图像与只

含水的被成像主体 300 的相位图像对应。因此，该相位图像表示静态磁场强度的分布、或静态磁场非均匀性。

表示静态磁场非均匀性的相位图像输入相位校正部件 718，相位校正部件 718 是本发明相位校正装置的实施例。相位校正部件 718 也从相位图像产生部件 704 输入相位图像，该相位图像是含有因静态磁场非均匀性导致的相位误差的水和脂肪的相位图像。相位校正部件 718 利用表示静态磁场非均匀性的相位图像校正水和脂肪相位图像中的相位误差。

具体地，如图 9 所示，从含有相位误差的水和脂肪的相位图像的相应像素 (a) 中减去表示静态磁场非均匀性的相位图像 (b)，从而产生如 (c) 所示的不包含由静态磁场非均匀性导致的相位误差的相位图像。

校正的相位图像输入复合图像产生部件 720。复合图像产生部件 720 也从功率图像产生部件 702 输入功率图像。复合图像产生部件 720 根据相位图像和功率图像产生复合图像。复合图像的实部和虚部可分别制成功率图像数据的余弦和正弦。注意，在余弦和正弦计算中所用的角是相位角。

复合图像输入相位修正部件 722，相位修正部件 722 是本发明相位修正装置的实施例。相位修正部件 722 根据从直方图产生部件 724 输入的矩形图修正复合图像的相位。

直方图产生部件 724 产生复合图像相位的直方图。于是，得到图 10 所示的直方图。如图所示，该直方图有两个峰。峰位于零相位的部分与水对应，峰位于 $\pi/2$ 相位的部分与脂肪对应。

通常，由于在相同的体素中脂肪含有水，所以在相位直方图中、其峰从 $\pi/2$ 移动。其原因是脂肪信号 F 的矢量是脂肪矢量 f 与水矢量 w 的总和，如图 11 所示。相位修正部件 722 根据脂肪直方图的峰位移 δ 修正脂肪图像的相位。这将提供水和脂肪图像之间 $\pi/2$ 的相位差。

相位修正的复合图像输入水/脂肪分离部件 726，水/脂肪分离部件 726 是本发明图像产生装置的实施例。水/脂肪分离部件 726 用复合图像的实部产生水图像、用复合图像的虚部产生脂肪图像。产生的水图像储存在水图像存储器 728 中，产生的脂肪图像储存在脂肪图像存储器 730 中。

于是，根据本发明，代表静态磁场非均匀性的信息从一次成像操作得到的图像中收集，静态磁场非均匀性导致的相位误差被校正，利用相位误差校正后的图像分离水和脂肪图像，从而可使利用分离的水和脂肪进行的成像非常有

效地进行。

在不脱离本发明构思和范围的前提下，可以提出本发明的许多不同的实施例。显然，除所附权利要求书的限定之外，本发明不被限制在说明书所述的特定实施例中。

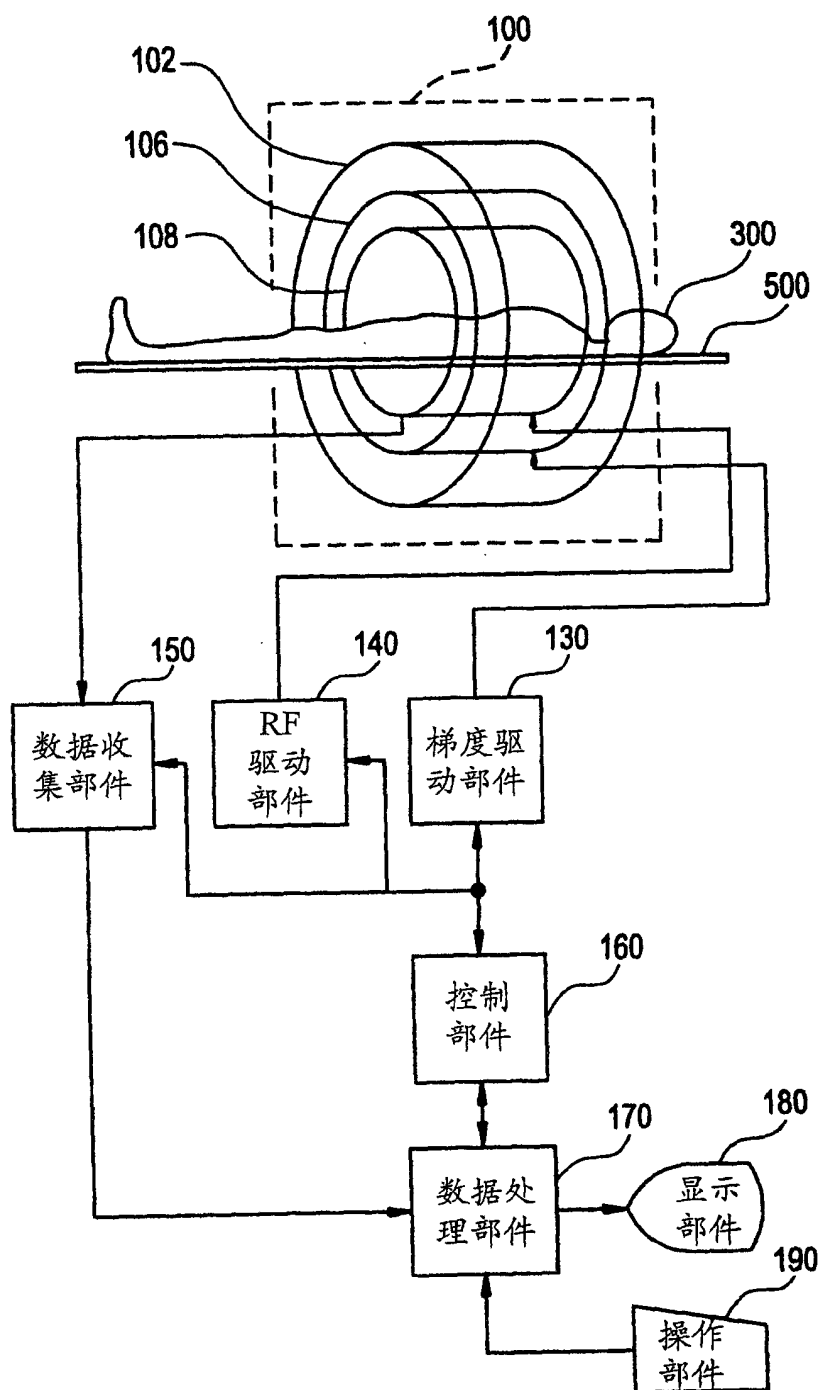


图 1

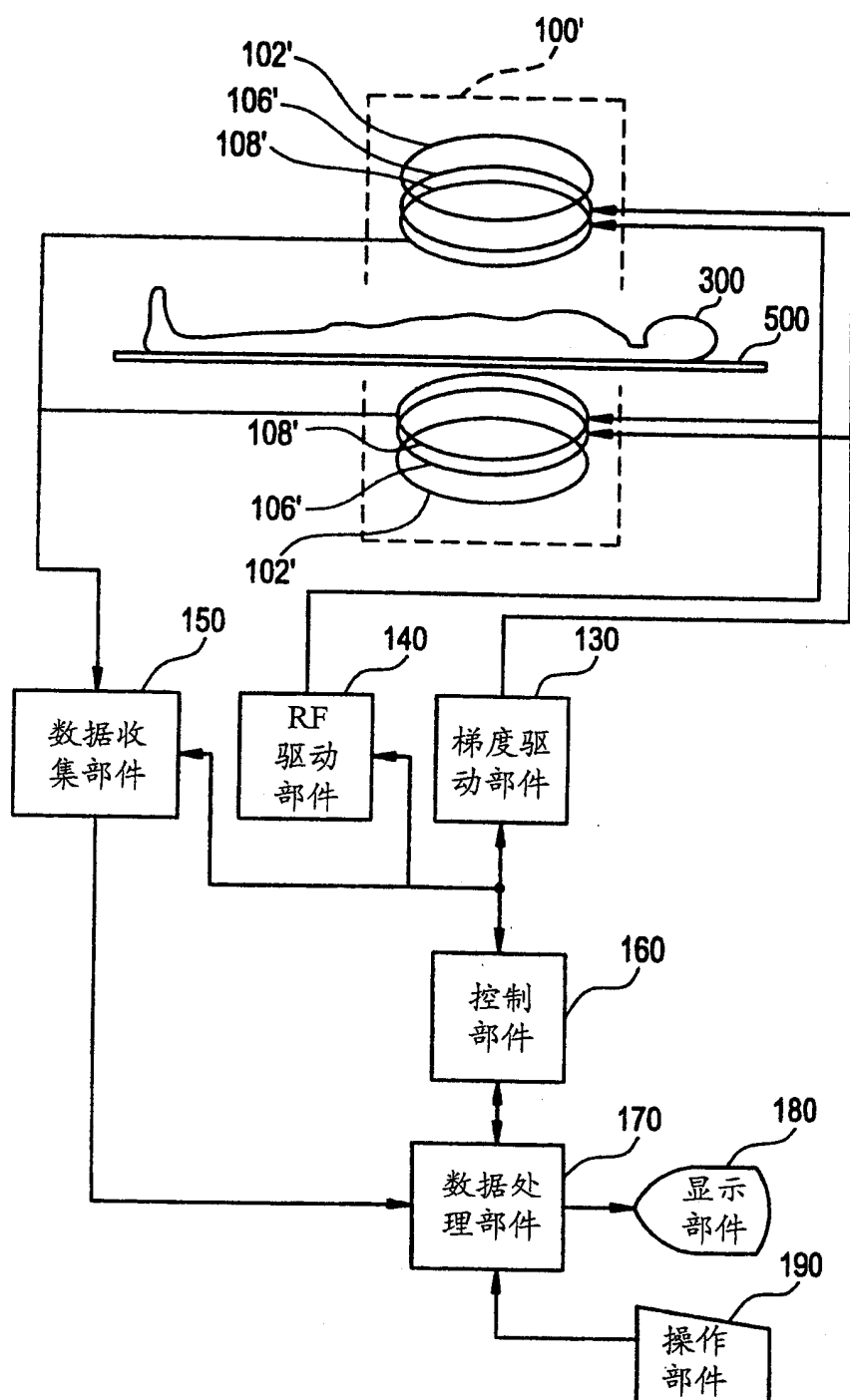


图 2

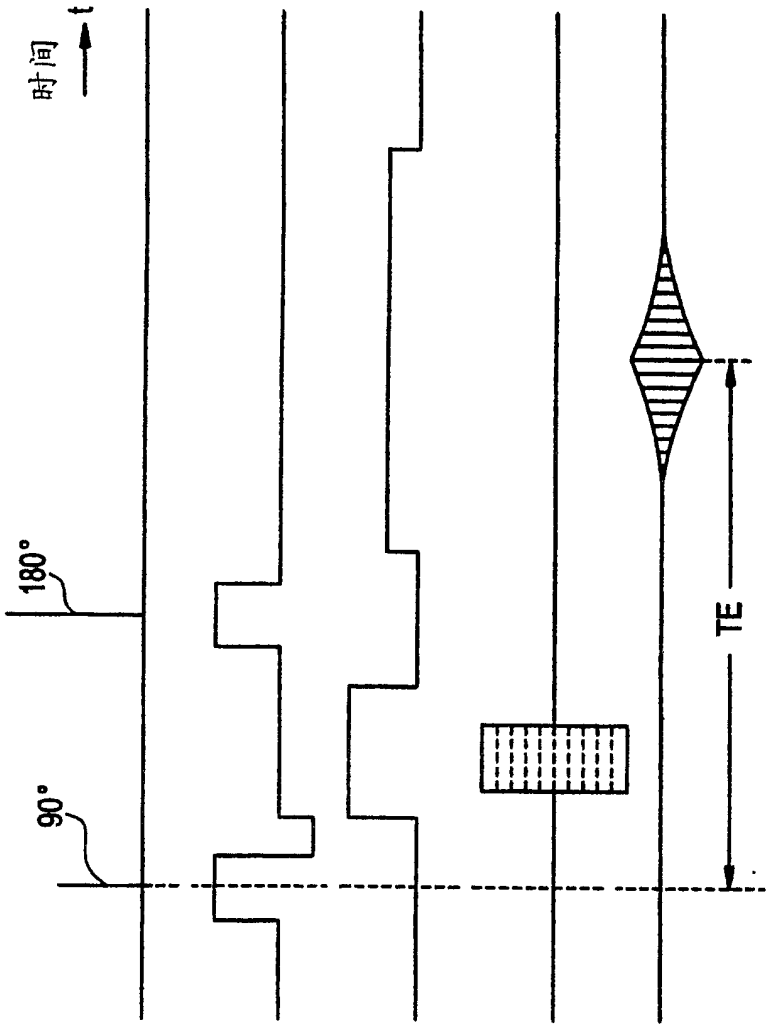


图 3A RF
图 3B Gs
图 3C Gr
图 3D Gp
图 3E MR

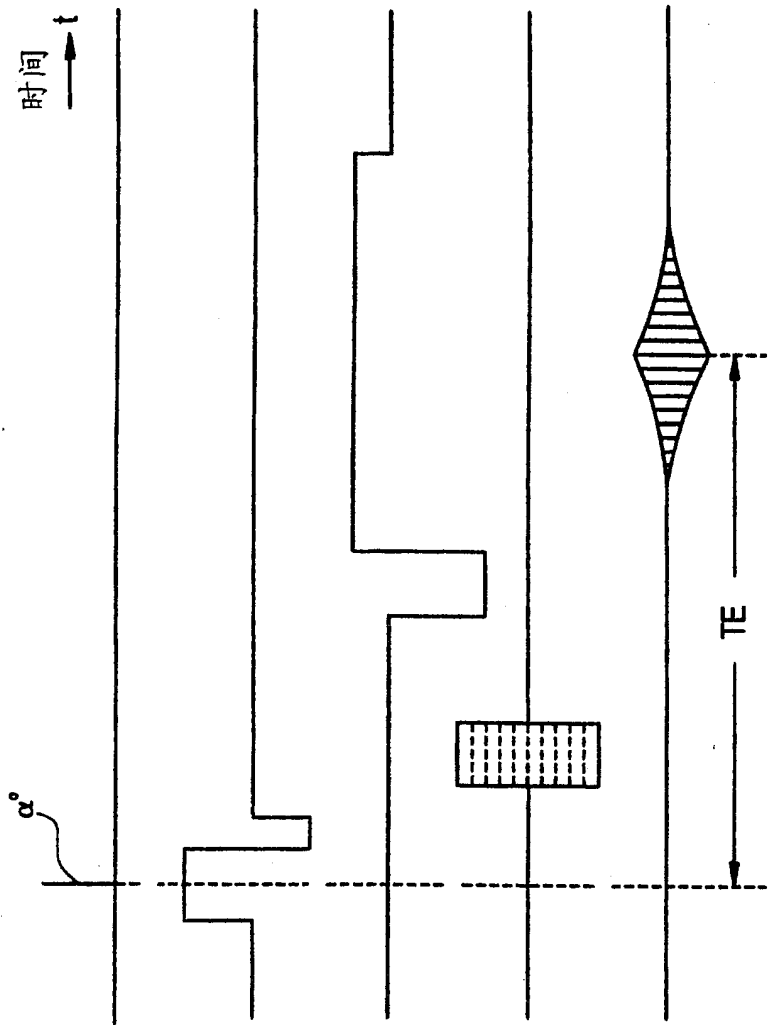


图 4A (1) RF

图 4B (2) Gs

图 4C (3) Gr

图 4D (4) Gp

图 4E (5) MR

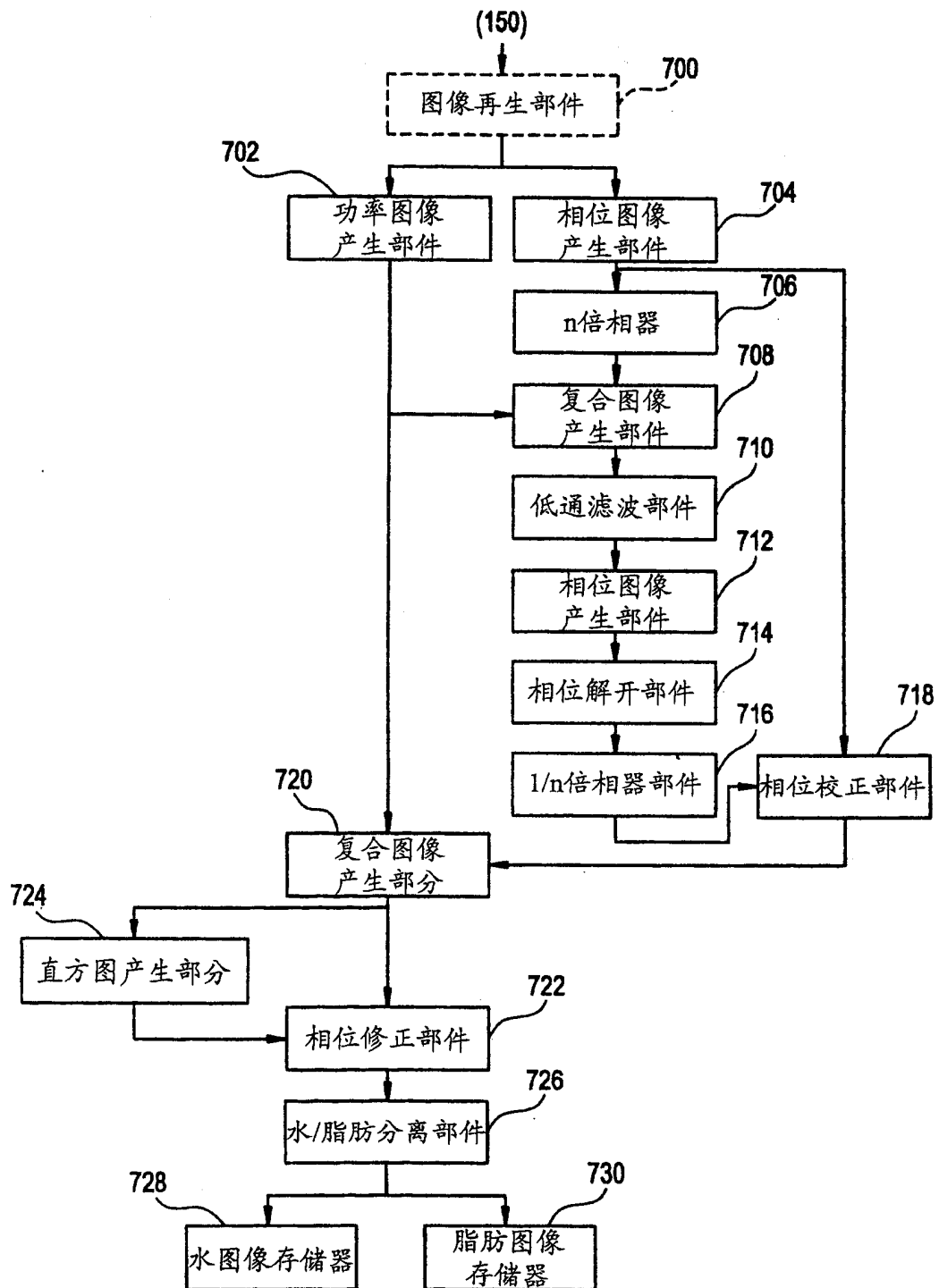


图 5

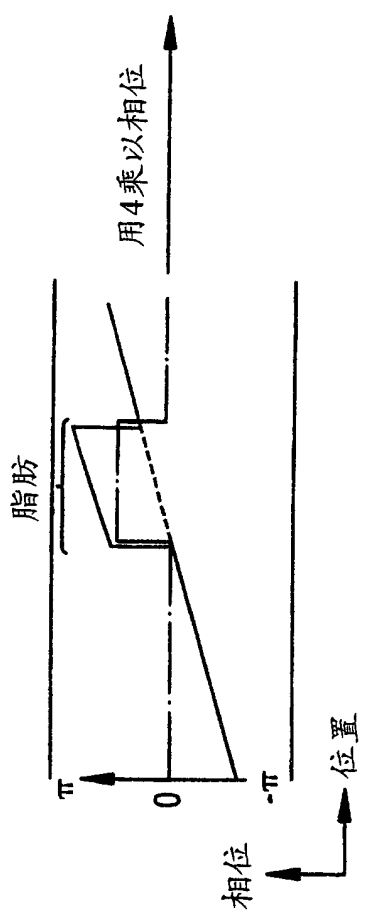


图 6A

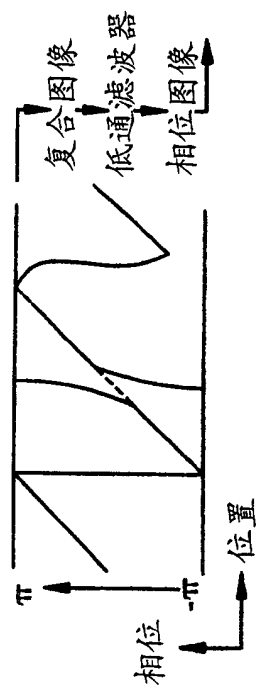


图 7A

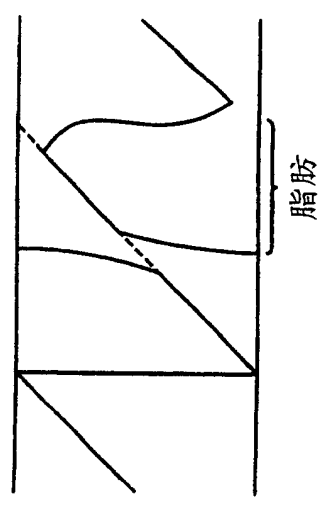


图 6B

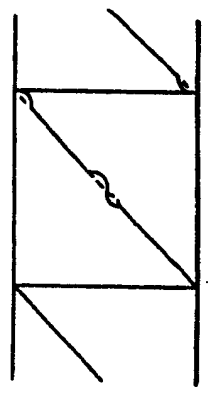


图 7B

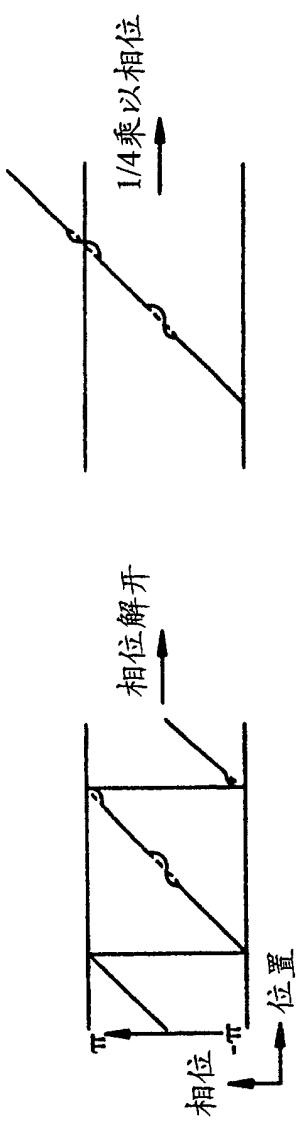


图 8A

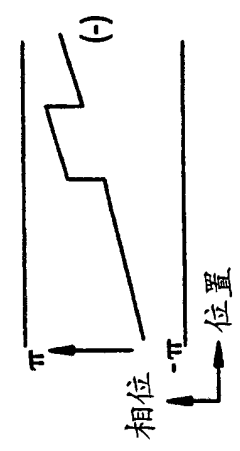


图 9A

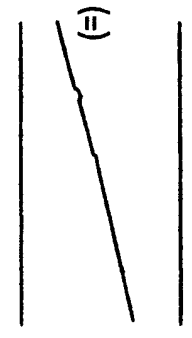


图 8B

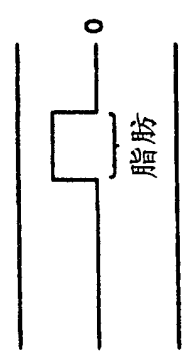


图 9B

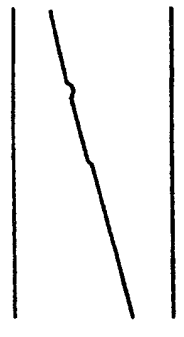


图 8C

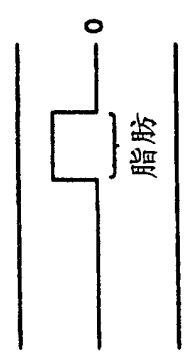


图 9C

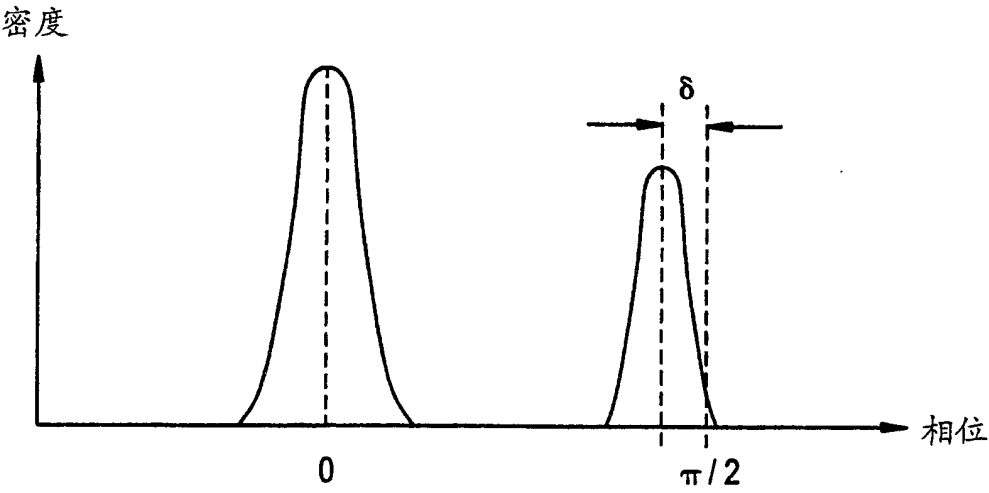


图 10

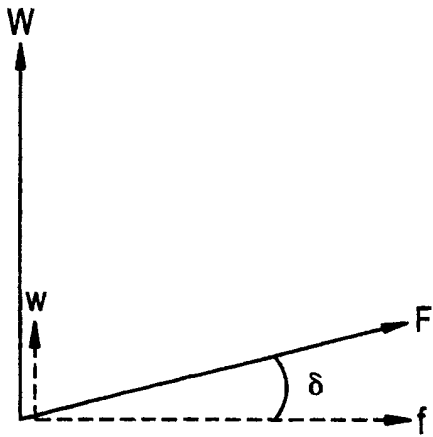


图 11