



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109804262 B

(45) 授权公告日 2022. 04. 29

(21) 申请号 201780062008.2

(22) 申请日 2017.10.09

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109804262 A

(43) 申请公布日 2019.05.24

(30) 优先权数据
16192733.0 2016.10.07 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2019.04.04

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2017/075614 2017.10.09

(87) PCT国际申请的公布数据
W02018/065618 EN 2018.04.12

(73) 专利权人 皇家飞利浦有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

(72) 发明人 K·佐默 M·G·赫勒
T·E·阿姆托尔 P·博尔纳特

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

代理人 李光颖 王英

(51) Int.Cl.
G01R 33/563 (2006.01) (续)

(56) 对比文件
US 2015297101 A1, 2015.10.22 (续)

审查员 陈梦慧

权利要求书3页 说明书14页 附图5页

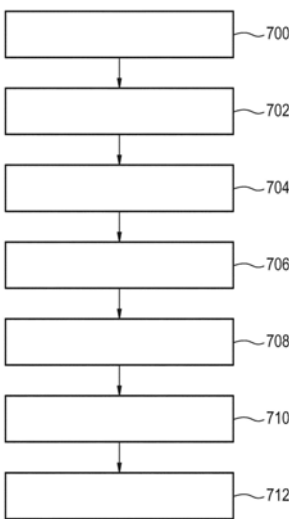
(54) 发明名称

用于对对象进行成像的磁共振成像系统及其操作方法

(57) 摘要

本发明提供了一种操作用于对对象进行成像的磁共振成像系统的方法。所述方法包括通过利用标签脉冲序列命令 (100) 控制所述磁共振成像系统来采集 (700) 加标签的磁共振数据 (642) 和指纹磁共振数据的第一部分 (644)。所述标签脉冲序列命令包括用于对所述对象内的标签位置进行自旋标记的标签反转脉冲部分 (102)。所述标签脉冲序列命令包括背景抑制部分 (104)。所述背景抑制部分包括用于根据磁共振指纹协议来采集指纹磁共振数据的MRF脉冲序列命令。所述标签脉冲序列命令包括图像采集部分 (106)。所述方法包括通过利用控制脉冲序列命令控制所述磁共振成像系统来采集 (702) 控制磁共振数据 (646) 和所述指纹磁共振数据的第二部分 (648)。所述控制脉冲序列命令包括控制反转脉冲部分 (202)。所述控制脉冲序列命令包括所述背景抑制部分 (104')。所述控制脉冲序列命令包括所述图像采集部分 (106)。所述方法包括使用所述加标签的磁共振数据来重建 (704) 加标签

的幅值图像 (650)。所述方法包括使用所述控制磁共振数据来重建 (706) 控制幅值图像 (652)。所述方法包括通过将所述控制幅值图像和所述加标签的幅值图像与彼此相减来构建 (708) ASL图像。所述方法包括使用所述指纹磁共振数据的所述第一部分和/或所述指纹磁共振数据的所述第二部分来重建 (710) 一系列磁共振指纹图像 (656)。所述方法包括通过将所述系列磁共振指纹图像与磁共振指纹词典进行比较来生成 (712) 至少一个磁共振参数图 (658)。



CN 109804262 B

[接上页]

(51) Int.Cl.

G01R 33/483 (2006.01)

G01R 33/56 (2006.01)

G01R 33/48 (2006.01)

G01R 33/561 (2006.01)

A61B 5/055 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 103703383 A, 2014.04.02

CN 104780839 A, 2015.07.15

CN 1494871 A, 2004.05.12

US 2003193334 A1, 2003.10.16

US 2003/0198940 A1, 2003.10.23

1. 一种用于对对象 (618) 进行成像的磁共振成像系统 (600), 其中, 所述磁共振成像系统包括:

用于存储机器可执行指令 (640) 的存储器 (638), 其中, 所述存储器还包含标签脉冲序列命令 (100) 和控制脉冲序列命令 (200), 其中, 所述标签脉冲序列命令包括用于对所述对象内的标签位置 (622) 进行自旋标记的标签反转脉冲部分 (102), 其中, 所述标签脉冲序列命令包括背景抑制部分 (104), 其中, 所述背景抑制部分包括用于根据磁共振指纹协议来采集指纹磁共振数据的MRF脉冲序列命令 (304、306), 其中, 所述标签脉冲序列命令包括图像采集部分 (106), 其中, 所述控制脉冲序列命令包括控制反转脉冲部分 (202), 其中, 所述控制脉冲序列命令包括所述背景抑制部分 (104'), 其中, 所述控制脉冲序列命令包括所述图像采集部分 (106); 以及

用于控制所述磁共振成像系统的处理器 (634), 其中, 对所述机器可执行指令的运行使所述处理器:

借助于常规动脉自旋标记协议通过利用所述标签脉冲序列命令控制所述磁共振成像系统来采集 (700) 加标签的磁共振数据 (642) 并且执行所述背景抑制部分并采集所述指纹磁共振数据的第一部分 (644);

借助于常规动脉自旋标记协议通过利用所述控制脉冲序列命令控制所述磁共振成像系统来采集 (702) 控制磁共振数据 (646) 并且执行所述背景抑制部分并采集所述指纹磁共振数据的第二部分 (648);

使用所述加标签的磁共振数据来重建 (704) 加标签的幅值图像 (650);

使用所述控制磁共振数据来重建 (706) 控制幅值图像 (652);

通过将所述控制幅值图像和所述加标签的幅值图像与彼此相减来构建 (708) ASL图像 (654);

使用所述指纹磁共振数据的所述第一部分和/或所述指纹磁共振数据的所述第二部分来重建 (710) 一系列磁共振指纹图像 (656); 并且

通过将所述系列磁共振指纹图像与磁共振指纹词典进行比较来生成 (712) 至少一个磁共振参数图 (658)。

2. 根据权利要求1所述的磁共振成像系统, 其中, 所述背景抑制部分还包括背景抑制脉冲序列命令 (304)。

3. 根据权利要求2所述的磁共振成像系统, 其中, 所述背景抑制部分被离散地划分成所述背景抑制脉冲序列命令的区域和所述MRF脉冲序列命令的至少一个区域。

4. 根据权利要求3所述的磁共振成像系统, 其中, 所述标签脉冲序列命令和控制脉冲序列命令包括在所述MRF脉冲序列命令的所述至少一个区域的最后一部分与所述图像采集部分之间的延迟 (500)。

5. 根据权利要求1-4中的任一项所述的磁共振成像系统, 其中, 所述MRF脉冲序列命令包括翻转角部分 (306)。

6. 根据权利要求5所述的磁共振成像系统, 其中, 所述标签脉冲序列命令的所述MRF脉冲序列命令和所述控制脉冲序列命令的所述MRF脉冲序列命令中的所述翻转角部分是相同的。

7. 根据权利要求5所述的磁共振成像系统, 其中, 所述翻转角部分被配置为生成低于以

下中的任一个的翻转角:10度、8度、7度、6度和5度。

8. 根据权利要求1所述的磁共振成像系统,其中,所述至少一个磁共振参数图包括血管造影数据。

9. 根据权利要求1-4中的任一项所述的磁共振成像系统,其中,所述标签脉冲序列命令的所述MRF脉冲序列命令包括第一梯度编码部分,其中,所述控制脉冲序列命令的所述MRF脉冲序列命令包括第二梯度编码部分,其中,所述第一梯度编码部分和所述第二梯度编码部分对k空间的相同部分进行编码。

10. 根据权利要求9所述的磁共振成像系统,其中,对所述机器可执行指令的运行还使所述处理器通过对所述指纹磁共振数据的所述第一部分与所述指纹磁共振数据的所述第二部分的对应元素求平均来计算平均的磁共振数据,其中,所述系列磁共振指纹图像使用所述平均的磁共振数据来重建。

11. 根据权利要求1-4中的任一项所述的磁共振成像系统,其中,所述标签脉冲序列命令的所述MRF脉冲序列命令包括第一梯度编码部分,其中,所述控制脉冲序列命令的所述MRF脉冲序列命令包括第二梯度编码部分,其中,所述第一梯度编码部分和所述第二梯度编码部分对k空间的交错部分进行编码。

12. 根据权利要求1-4中的任一项所述的磁共振成像系统,其中,所述ASL图像包括大脑血流图,其中,所述磁共振指纹词典是大脑血流的函数,其中,对所述机器可执行指令的运行使所述处理器在对所述至少一个磁共振参数图确定期间使用所述大脑血流图来为所述磁共振指纹词典提供所述大脑血流。

13. 根据权利要求12所述的磁共振成像系统,其中,所述至少一个磁共振参数图包括以下中的任一种:T2图、T1图、MTT图及其组合。

14. 一种存储有计算机程序的计算机可读介质,所述计算机程序包括用于由控制磁共振成像系统(600)的处理器(634)执行的机器可执行指令(640),其中,对所述机器可执行指令的运行使所述处理器:

借助于常规动脉自旋标记协议通过利用标签脉冲序列命令(100)控制所述磁共振成像系统来采集(700)加标签的磁共振数据(642)并且执行背景抑制部分并采集指纹磁共振数据的第一部分(644),其中,所述标签脉冲序列命令包括用于对所述对象内的标签位置进行自旋标记的标签反转脉冲部分(102),其中,所述标签脉冲序列命令包括背景抑制部分(104),其中,所述背景抑制部分包括用于根据磁共振指纹协议来采集指纹磁共振数据的MRF脉冲序列命令,其中,所述标签脉冲序列命令包括图像采集部分(106);

借助于常规动脉自旋标记协议通过利用控制脉冲序列命令控制所述磁共振成像系统来采集(702)控制磁共振数据(646)并且执行所述背景抑制部分并采集所述指纹磁共振数据的第二部分(648),其中,所述控制脉冲序列命令包括控制反转脉冲部分(202),其中,所述控制脉冲序列命令包括所述背景抑制部分(104'),其中,所述控制脉冲序列命令包括所述图像采集部分(106);

使用所述加标签的磁共振数据来重建(704)加标签的幅值图像(650);

使用所述控制磁共振数据来重建(706)控制幅值图像(652);

通过将所述控制幅值图像和所述加标签的幅值图像与彼此相减来构建(708)ASL图像;

使用所述指纹磁共振数据的所述第一部分和/或所述指纹磁共振数据的第二部分

来重建 (710) 一系列磁共振指纹图像 (656) ; 并且

通过将所述系列磁共振指纹图像与磁共振指纹词典进行比较来生成 (712) 至少一个磁共振参数图 (658) 。

15. 一种操作用于对对象进行成像的磁共振成像系统的方法, 其中, 所述方法包括:

借助于常规动脉自旋标记协议通过利用标签脉冲序列命令 (100) 控制所述磁共振成像系统来采集 (700) 加标签的磁共振数据 (642) 并且执行背景抑制部分并采集指纹磁共振数据的第一部分 (644), 其中, 所述标签脉冲序列命令包括用于对所述对象内的标签位置进行自旋标记的标签反转脉冲部分 (102), 其中, 所述标签脉冲序列命令包括背景抑制部分 (104), 其中, 所述背景抑制部分包括用于根据磁共振指纹协议来采集指纹磁共振数据的 MRF 脉冲序列命令, 其中, 所述标签脉冲序列命令包括图像采集部分 (106);

借助于常规动脉自旋标记协议通过利用控制脉冲序列命令控制所述磁共振成像系统来采集 (702) 控制磁共振数据 (646) 并且执行所述背景抑制部分并采集所述指纹磁共振数据的第二部分 (648), 其中, 所述控制脉冲序列命令包括控制反转脉冲部分 (202), 其中, 所述控制脉冲序列命令包括所述背景抑制部分 (104'), 其中, 所述控制脉冲序列命令包括所述图像采集部分 (106);

使用所述加标签的磁共振数据来重建 (704) 加标签的幅值图像 (650);

使用所述控制磁共振数据来重建 (706) 控制幅值图像 (652);

通过将所述控制幅值图像和所述加标签的幅值图像与彼此相减来构建 (708) ASL 图像;

使用所述指纹磁共振数据的所述第一部分和/或所述指纹磁共振数据的所述第二部分来重建 (710) 一系列磁共振指纹图像 (656) ; 并且

通过将所述系列磁共振指纹图像与磁共振指纹词典进行比较来生成 (712) 至少一个磁共振参数图 (658) 。

用于对对象进行成像的磁共振成像系统及其操作方法

技术领域

[0001] 本发明涉及磁共振成像,具体涉及动脉自旋标记和磁共振指纹两者。

背景技术

[0002] 磁共振指纹(MRF)是通常与适当的梯度切换相关联的在时间上分布的多个RF脉冲被应用使得它们使来自不同材料或组织的信号对测量到的磁共振(MR)信号具有独特贡献的技术。将来自一大组物质或固定数量的物质的预先计算的信号贡献的词典与在每个个体素内测量的MR信号进行比较。此外,还能够进一步确定每个体素内的组分。例如,如果已知体素仅包含灰质、白质、CSF或脂肪,则仅需考虑来自这三种材料的贡献来准确地确定体素的组分。如果使用具有较高分辨率的较大的词典,则MR指纹能够被用于同时地且定量地确定体素的不同组织参数(诸如,T1、T2、...)。

[0003] Ma等人的期刊文章“Magnetic Resonance Fingerprinting”(Nature,第495卷,第187至193页,doi:10.1038/nature11971)中介绍了磁共振指纹技术。美国专利申请US2013/0271132A1和US2013/0265047A1中也描述了磁性指纹技术。

[0004] 大型静磁场由磁共振成像(MRI)扫描器使用,以使原子的核自旋对齐作为用于产生患者体内的图像的过程的一部分。这种大型静磁场被称为B0场。

[0005] 在MRI扫描期间,由一个或多个发射器线圈生成的射频(RF)脉冲引起所谓的B1场。额外施加的梯度场和B1场对有效的局部磁场造成扰动。RF信号然后通过核自旋而发射,并且由一个或多个接收器线圈检测到。这些RF信号被用于构建MR图像。这些线圈也可以被称为天线。

[0006] MRI扫描器能够构建切片或体积的图像。切片是仅一个体素厚的薄体积。体素是在其上对MR信号求平均的小体积元素,并且表示MR图像的分辨率。如果单个切片被考虑,则体素在本文中也可以被称为像素(图素)。

[0007] 通过执行不同的磁共振成像协议(其被实施为脉冲序列或脉冲序列命令),关于对象的不同类型的信息能够被测量。例如,存在实现自旋的编码使得流体的流动或扩散能够被直接测量的各种技术。动脉自旋标签是经过一组动脉或甚至单个动脉的血液的自旋能够被磁性地进行标记并且然后被成像的技术。Bernstein等人的参考书“Handbook of MRI Pulse Sequences”(下文中“Handbook of MRI Pulse Sequences”)(Elsevier,2004,ISBN 978-0-12-092861-3)在17.1章节(第802至829页)中描述了提供若干不同动脉自旋标签技术的综述。

发明内容

[0008] 本发明在独立权利要求中提供了一种磁共振(MR)成像系统、一种计算机程序产品以及一种方法。在从属权利要求中给出了实施例。

[0009] 在动脉自旋标记(ASL)磁共振成像期间,标签位置内的一团血水质子被磁性地进行标记。通常存在允许该团行进到感兴趣区域或行进通过感兴趣区域的延迟。为了当加标

签的血液流动通过感兴趣区域时更好地对加标签的血液进行成像,在延迟期间对感兴趣区域执行背景抑制。在延迟之后,采集磁共振数据。实施例通过在延迟(和背景抑制)期间执行磁共振指纹成像协议来扩展在ASL MR协议期间可获得的数据的量和类型。比较小的翻转角(比用于背景抑制的更小)能够用于磁共振指纹协议,使得执行磁共振指纹的影响对背景抑制有可忽略的影响。磁共振指纹的添加可能不会导致执行ASL成像协议所需的时间的任何增加。

[0010] 除了提供额外的信息之外,一些实施例也可以使用ASL的结果来改善MR指纹的质量。例如,ASL协议可以用来生成大脑血流图。当使用MRF分析特定体素时,大脑血流图可以用于确定针对该特定体素的血流值。MR指纹词典可以被定制到特定的血流值和/或血流值的范围。这可以导致更准确的MRF。

[0011] Ma等人的自然文章介绍了磁共振指纹的基本思想和用于描述该技术的术语,诸如词典,其在本文中也称为“稳态磁共振指纹词典”或“瞬态共振指纹词典”。术语“词典”仅仅被理解为指的是磁共振指纹词典。

[0012] 在一个方面中,本发明提供了一种用于对对象进行成像的磁共振成像系统。所述磁共振成像系统包括用于存储机器可执行指令的存储器。所述存储器还包含标签脉冲序列命令和控制脉冲序列命令。如本文中所使用的脉冲序列命令包含用于控制磁共振成像系统来采集磁共振数据的命令或可以被转换或编译成用于控制磁共振成像系统来采集磁共振数据的命令的数据。关于脉冲序列命令的术语标签和控制用作将截然不同的两组脉冲序列命令区分开的标记。

[0013] 标签脉冲序列命令和控制脉冲序列命令用于动脉自旋标签,如在MRI脉冲序列的手册的17.1章节中描述的。标签反转脉冲部分用于标记正在行进通过一个或多个动脉的一团血液。标签反转脉冲部分导致成像体积中的磁化传递效应,其将会在根据使用标签脉冲序列命令采集的磁共振数据计算的幅值图像中是可见的。控制反转脉冲部分被构建为使得它引起相当于或几乎相当于由标签反转脉冲部分引起的磁化传递效应的磁化传递效应。

[0014] 所述标签脉冲序列命令包括用于对所述对象内的标签位置进行自旋标记的标签反转脉冲部分。所述标签脉冲序列命令包括背景抑制部分。所述背景抑制部分包括用于根据磁共振指纹协议来采集指纹磁共振数据的磁共振指纹协议脉冲序列命令。所述标签脉冲序列命令包括图像采集部分。所述标签脉冲序列命令和控制脉冲序列命令用于采集用于以及构建动脉自旋标记图像的磁共振数据。所述控制脉冲序列命令包括控制反转脉冲部分。

[0015] 所述控制脉冲序列命令包括所述背景抑制部分。所述控制脉冲序列命令包括所述图像采集部分。所述标签脉冲序列命令和所述控制脉冲序列命令用于采集用于使用标准技术来构建ASL或动脉自旋标记图像的磁共振数据。然而,背景抑制部分被修改,因为存在被添加到该部分的额外的磁共振指纹脉冲序列命令。这使得磁共振指纹能够在动脉自旋标记被执行的同时被执行。

[0016] 所述标签反转脉冲部分和所述控制反转脉冲部分可以在所述背景抑制部分之前被执行。所述背景抑制部分可以在所述图像采集部分之前被执行。

[0017] 所述磁共振成像系统还包括用于控制所述磁共振成像系统的处理器。对所述机器可执行指令的运行使所述处理器通过利用所述标签脉冲序列命令控制所述磁共振成像系统来采集加标签的磁共振数据和指纹磁共振数据的第一部分。当背景抑制部分被执行时,

指纹磁共振数据的第一部分被采集。当标签脉冲序列命令的图像采集部分被执行时,加标签的磁共振数据被采集。

[0018] 对所述机器可执行指令的运行还使所述处理器通过利用所述控制脉冲序列命令控制所述磁共振成像系统来采集控制磁共振数据和指纹磁共振数据的第二部分。当标签脉冲序列命令的图像采集部分被执行时,控制磁共振数据被采集。当标签脉冲序列命令的背景抑制部分被执行时,指纹磁共振数据的第二部分被采集。加标签的磁共振数据和控制磁共振数据表示通常在常规动脉自旋标记协议中采集的数据。指纹磁共振数据的第一部分和指纹磁共振数据的第二部分表示通过将磁共振指纹脉冲序列命令添加到背景抑制部分而被额外地采集的数据。对所述机器可执行指令的运行还使所述处理器使用所述加标签的磁共振数据来重建加标签的幅值图像。

[0019] 对所述机器可执行指令的运行还使所述处理器使用所述控制磁共振数据来重建控制幅值图像。对所述机器可执行指令的运行还使所述处理器通过将所述控制幅值图像和所述加标签的幅值图像与彼此相减来构建ASL或动脉自旋标记图像。

[0020] 对所述机器可执行指令的运行还使所述处理器使用所述指纹磁共振数据的所述第一部分和/或所述指纹磁共振数据的所述第二部分来重建一系列磁共振指纹图像。在磁共振指纹中,一系列图像被构建。针对整个系列中的特定体素的值然后与词典进行比较,以推测该特定体素的材料性质或固有性质。例如,白质或灰质的分数可以在特定体素内进行检查。或诸如各种弛豫时间或其他性质的其他值。在重建该系列磁共振指纹图像中,存在指纹磁共振数据的第一部分和指纹磁共振数据的第二部分可以被使用的各种方式。例如,如果磁共振指纹脉冲序列命令在指纹磁共振数据的第一部分和第二部分两者内是相同的,那么两者可以被平均。

[0021] 在其他范例中,通过两部分采样的k空间可以稍微不同。在这种情况下,针对对应采集的k空间数据可以被组合。在其他范例中,k空间采样也可以不同,并且第一部分用来构建该系列图像的第一部分,并且第二部分用来构建该系列图像的第二部分。这导致如果仅仅第一部分或第二部分被使用则将会存在的更大的一系列图像。在其他范例中,该系列磁共振指纹图像可以通过仅仅使用指纹磁共振数据的第一部分或第二部分中的一个来使用。因此,存在指纹磁共振数据的第一部分和指纹磁共振数据的第二部分可以被使用的各种方式。

[0022] 对所述机器可执行指令的运行还使所述处理器通过将所述系列磁共振指纹图像与磁共振指纹词典进行比较来生成至少一个磁共振参数图。参数图可以例如是一些固有参数的二维或三维绘制。这可以例如是一些化合物的浓度、脂肪分数或物理性质,诸如T1、T2或其他值。在一些范例中磁共振参数图可以与ASL图像进行组合,以生成不仅显示来自动脉自旋标记的数据而且显示在至少一个磁共振参数图中包含的额外信息的复合图像。

[0023] 该实施例可以是有利的,因为它同时实现了不仅对动脉自旋标记图像的采集而且实现了对磁共振参数图的采集。这可以为健康从业者提供更好的诊断信息。它也可以采集或提供动脉自旋标记图像与从磁共振指纹导出的数据的更准确的关联。它也可以加速对两种模态的数据的采集,因为它们都被同时采集。一个不必在另一个之后顺序地被采集,并且然后后者被配准到另一个图像。

[0024] 在另一实施例中,所述背景抑制部分还包括背景抑制脉冲序列命令。背景抑制脉

冲序列命令是用来形成在动脉自旋标记成像协议中常见的背景抑制的命令。

[0025] 背景抑制脉冲序列命令使用可以被描述为通常大翻转角的内容。翻转角例如通常在 150° 之上至大约 180° 。这些用来执行动脉自旋标记协议中的背景抑制。

[0026] 在另一实施例中,所述背景抑制部分被离散地划分成所述背景抑制脉冲序列命令的区域和所述磁共振脉冲序列命令的至少一个区域。在一些情况下,背景抑制脉冲序列命令不在磁共振指纹期间使用。例如,将磁共振指纹脉冲序列命令的翻转角从一个脉冲重复平滑地改变到下一个可以具有在提供能够在磁共振指纹词典中被更准确地表示的磁共振指纹数据方面的益处。

[0027] 在另一实施例中,背景抑制脉冲序列命令被包含到磁共振指纹脉冲序列命令内。背景抑制脉冲序列命令的相对大的翻转角然后额外地与具有相对或比较小的翻转角的磁共振指纹脉冲序列命令一起使用。这可以具有提供对磁共振指纹技术有用的更多数据的益处。背景抑制脉冲序列命令中的T1或T2值的编码可以导致T1或T2值的更准确测量。

[0028] 在另一实施例中,所述标签脉冲序列命令和控制脉冲序列命令包括在所述磁共振指纹脉冲序列命令的所述至少一个区域的最后一部分与所述图像采集部分之间的延迟。在这种情况下,磁共振指纹被停止,或在动脉自旋标记的图像采集部分之前存在延迟。这可以具有减少磁共振指纹对动脉自旋标记磁共振数据的采集的任何影响的效果。

[0029] 在另一实施例中,所述磁共振指纹脉冲序列命令包括翻转角部分。

[0030] 在另一实施例中,所述标签脉冲序列命令的所述MRF脉冲序列命令和所述控制脉冲序列命令的所述MRF脉冲序列命令中的所述翻转角部分是相同的。这可以具有提供重建更高质量的ASL图像的加标签的磁共振图像和控制磁共振图像的益处。在一些范例中,翻转角部分是相同的,但是梯度可以被修改使得在磁共振指纹数据的第一部分和第二部分中采集的k空间数据是不同的或交错的。

[0031] 在另一实施例中,所述翻转角部分被配置用于生成低于以下中的任一个的翻转角: 10° 、 8° 、 7° 、 6° 和 5° 。低于这些值的翻转角的使用可以是有益的,因为它可以降低磁共振指纹影响背景抑制的几率。

[0032] 在另一实施例中,所述至少一个磁共振参数图包括血管造影数据。血管造影数据包括示出对象的血管解剖结构的图像。

[0033] 在另一实施例中,所述标签脉冲序列命令的所述MRF脉冲序列命令包括第一梯度编码部分。所述控制脉冲序列命令的所述MRF脉冲序列命令包括第二梯度编码部分。所述第一梯度编码部分和所述第二梯度编码部分对k空间的相同部分进行编码。该实施例可以是有益的,因为标签脉冲序列命令和控制脉冲序列命令的背景抑制部分是相同的。这可以导致更可再现的结果。另一潜在优点是利用指纹磁共振数据的第一部分采集的k空间的样本可以与指纹磁共振数据的第二部分进行组合或平均。这可以导致噪声伪影的减少。

[0034] 在另一实施例中,对所述机器可执行指令的运行还使所述处理器通过对所述指纹磁共振数据的所述第一部分与所述指纹磁共振数据的所述第二部分的对应元素求平均来计算平均的磁共振数据。所述系列磁共振指纹图像使用所述平均的磁共振数据来重建。指纹磁共振数据的第一部分和第二部分的平均可以导致该系列磁共振指纹图像中的噪声或噪声伪影的量的减少。

[0035] 在另一实施例中,所述标签脉冲序列命令的所述MRF脉冲序列命令包括第一梯度

编码部分。所述控制脉冲序列命令的所述MRF脉冲序列命令包括第二梯度编码部分。所述第一梯度编码部分和所述第二梯度编码部分对k空间的交错部分进行编码。该实施例可以是有益的,因为它可以提供可以导致改善的图像质量的k空间的增加的采样。

[0036] 在另一实施例中,第一梯度编码部分使用根据以下中的任一个的编码模态对指纹磁共振数据的第一部分进行编码:在k空间中螺旋地,在k空间中径向地,以及在笛卡尔k空间中。第二梯度编码部分使用该编码模态对指纹磁共振数据的第二部分进行编码。该实施例描述了当第一梯度编码部分和第二梯度编码部分对k空间的交错部分进行编码时指纹磁共振数据的第一部分和第二部分能够被编码的若干方式。

[0037] 在另一实施例中,通过磁共振成像系统对标签反转脉冲部分的执行引起加标签的幅值图像中的标签磁化传递效应。通过磁共振成像系统对控制反转脉冲部分的执行引起控制幅值图像中的控制磁化传递效应。标签磁化传递效应从动脉图像中通过控制磁化传递效应减去。

[0038] 在另一实施例中,所述ASL图像包括大脑血流图。所述磁共振指纹词典是大脑血流的函数。

[0039] 对所述机器可执行指令的运行使所述处理器在对所述至少一个磁共振参数图的确定期间使用所述大脑血流图来为所述磁共振指纹词典提供所述大脑血流。大脑血流图可以用来得到大脑血流的每个像素值,其然后用作作为到磁共振指纹词典的输入的值。磁共振指纹词典因此能够被预先计算为大脑血流的函数。这可以在动脉自旋标记成像期间提供改善的磁共振指纹。

[0040] 在另一实施例中,所述磁共振参数图包括以下中的任一个:T2图、T1图、平均通过时间(MTT)图、以及它们的组合。MTT图被定义为一定体积的血液在大脑毛细血管循环中自旋的时间长度的空间上相关的绘制。

[0041] 在另一方面中,本发明提供了一种计算机程序产品,包括用于由控制磁共振成像系统的处理器运行的机器可执行指令。对所述机器可执行指令的运行使所述处理器通过利用标签脉冲序列命令控制所述磁共振成像系统来采集加标签的磁共振数据和指纹磁共振数据的第一部分。所述标签脉冲序列命令包括用于对所述对象内的标签位置进行自旋标记的标签反转脉冲部分。所述标签脉冲序列命令包括背景抑制部分。所述背景抑制部分包括用于根据磁共振指纹协议来采集指纹磁共振数据的MRF脉冲序列命令。

[0042] 所述标签脉冲序列命令包括图像采集部分。对所述机器可执行指令的运行还使所述处理器通过利用控制脉冲序列命令控制所述磁共振成像系统来采集控制磁共振数据和指纹磁共振数据的第二部分。所述控制脉冲序列命令包括控制反转脉冲部分。所述控制脉冲序列命令包括所述背景抑制部分。所述控制脉冲序列命令包括所述图像采集部分。对所述机器可执行指令的运行还使所述处理器使用所述加标签的磁共振数据来重建加标签的幅值图像。对所述机器可执行指令的运行还使所述处理器使用所述控制磁共振数据来重建控制幅值图像。对所述机器可执行指令的运行还使所述处理器通过将所述控制幅值图像和所述加标签的幅值图像与彼此相减来构建ASL图像。

[0043] 对所述机器可执行指令的运行还使所述处理器使用所述指纹磁共振数据的所述第一部分和/或所述指纹磁共振数据的第二部分来重建一系列磁共振指纹图像。对所述机器可执行指令的运行还使所述处理器通过将所述系列磁共振指纹图像与磁共振指纹

词典进行比较来生成至少一个磁共振参数图。

[0044] 在另一方面中,本发明提供了一种操作用于对对象进行成像的磁共振成像系统的方法。所述方法包括通过利用标签脉冲序列命令控制所述磁共振成像系统来采集加标签的磁共振数据和指纹磁共振数据的第一部分。所述标签脉冲序列命令包括用于对所述对象内的标签位置进行自旋标记的标签反转脉冲部分。所述标签脉冲序列命令包括背景抑制部分。所述背景抑制部分包括用于根据磁共振指纹协议来采集指纹磁共振数据的MRF脉冲序列命令。所述标签脉冲序列命令包括图像采集部分。

[0045] 所述方法还包括通过利用控制脉冲序列命令控制所述磁共振成像系统来采集控制磁共振数据和指纹磁共振数据的第二部分。所述控制脉冲序列命令包括控制反转脉冲部分。所述控制脉冲序列命令包括所述背景抑制部分。所述控制脉冲序列命令包括所述图像采集部分。所述方法还包括使用所述加标签的磁共振数据来重建加标签的幅值图像。所述方法还包括使用所述控制磁共振数据来重建控制幅值图像。

[0046] 所述方法还包括通过将所述控制幅值图像和所述加标签的幅值图像与彼此相减来构建ASL图像。控制幅值图像和加标签的幅值图像被产生为单个控制幅值图像和单个加标签的幅值图像的对。对应对:单个控制幅值图像和单个加标签的幅值图像与彼此相减。ASL图像然后通过对许多这些图像对进行求和或平均来构建。备选地,控制幅值图像能够被平均或求和以形成平均控制幅值图像,并且加标签的幅值图像能够被平均或求和以形成平均加标签的幅值图像。在该备选方案中,ASL图像然后能够通过将平均控制幅值图像和平均加标签的幅值图像相减来构建。

[0047] 所述方法还包括使用所述指纹磁共振数据的所述第一部分和/或所述指纹磁共振数据的所述第二部分来重建一系列磁共振指纹图像。所述方法还包括通过将所述系列磁共振指纹图像与磁共振指纹词典进行比较来生成至少一个磁共振参数图。

[0048] 如本领域技术人员将认识到的,本发明的各个方面可以被实现为装置、方法或计算机程序产品。相应地,本发明的各个方面可以采取完全硬件实施例、完全软件实施例(包括固件、常驻软件、微代码等)或组合软件和硬件方面的实施例的形式,这些方面在本文中全部可以统称为“电路”、“模块”或“系统”。此外,本发明的各个方面可以采取实现在一个或多个计算机可读介质中的计算机程序产品的形式,所述一个或多个计算机可读介质具有实现在其上的计算机可执行代码。

[0049] 可以利用一个或多个计算机可读介质的任何组合。所述计算机可读介质可以是计算机可读信号介质或者计算机可读存储介质。如在本文中使用的“计算机可读存储介质”涵盖可以存储指令的任何有形存储介质,所述指令能够由计算设备的处理器运行。可以将所述计算机可读存储介质称为计算机可读非瞬态存储介质。也可以将所述计算机可读存储介质称为有形计算机可读介质。在一些实施例中,计算机可读存储介质还可以能够存储能够由所述计算设备的处理器访问的数据。计算机可读存储介质的范例包括,但不限于:软盘、磁性硬盘驱动器、固态硬盘、闪速存储器、USB拇指驱动器、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、光盘、磁光盘以及处理器的寄存器文件。光盘的范例包括压缩光盘(CD)和数字多用光盘(DVD),例如CD-ROM、CD-RW、CD-R、DVD-ROM、DVD-RW或DVD-R盘。术语计算机可读存储介质还指代能够由所述计算机设备经由网络或通信链路访问的各种类型的记录介质。例如,可以通过调制解调器、通过因特网或通过局域网络来检索数据。实现在计算机可读介质

上的计算机可执行代码可以使用任何适当的介质来传输,包括但不限于无线、有线、光纤线缆、RF等,或上述各项的任何合适的组合。

[0050] 计算机可读信号介质可以包括具有实现在其中的例如在基带内或者作为载波的部分的计算机可执行代码的传播的数据信号。这样的传播信号可以采取各种形式中的任一种,包括但不限于,电磁的、光学的、或者它们的任何合适的组合。计算机可读信号介质可以是这样的任何计算机可读介质:其不是计算机可读存储介质并且能够传递、传播或传输程序用于由指令运行系统、装置或设备使用或者与其结合使用。

[0051] “计算机存储器”或“存储器”是计算机可读存储介质的范例。计算机存储器是处理器能直接访问的任何存储器。“计算机存储设备”或“存储设备”是计算机可读存储介质的另一范例。计算机存储设备可以是任何易失性或非易失性计算机可读存储介质。

[0052] 如本文中所使用的“处理器”涵盖能够运行程序或机器可执行指令或计算机可执行代码的电子部件。对包括“处理器”的计算设备的引用应当被解读为可能包含超过一个处理器或处理核。所述处理器例如可以是多核处理器。处理器还可以是指单个计算机系统之内或者被分布在多个计算机系统之中的处理器的集合。术语计算设备也应该被解释为可能指的是计算设备的集合或网络,每个计算设备包括一个或多个处理器。所述计算机可执行代码可以由多个处理器运行,所述多个处理器可以处在相同的计算设备内或者甚至可以跨多个计算设备分布。

[0053] 计算机可执行代码可以包括令处理器执行本发明的方面的机器可执行指令或程序。用于执行针对本发明的各个方面的操作的计算机可执行代码可以以一种或多种编程语言的任何组合来编写并且被编译为机器可执行指令,所述编程语言包括诸如Java、Smalltalk、C++等的面向对象的编程语言以及诸如C编程语言或类似编程语言的常规过程编程语言。在一些实例中,所述计算机可执行代码可以采取高级语言的形式或者预编译的形式并且结合生成运行中的所述机器可执行指令的解释器来使用。

[0054] 所述计算机可执行代码可以作为独立软件包全部地在所述用户的计算机上、部分地在用户的计算机上、部分地在用户的计算机上并且部分地在远程计算机上、或者全部地在远程计算机或服务器上运行。在后者情形下,所述远程计算机可以通过任何类型的网络(包括局域网(LAN)或广域网(WAN))连接到用户的计算机,或者可以对外部计算机做出连接(例如,使用因特网服务提供商通过因特网)。

[0055] 本发明的各个方面参考根据本发明的实施例的方法、装置(系统)和计算机程序产品的流程图图示和/或框图来描述。将理解,流程图、图示和/或框图的每个框或框的部分能够在适用时通过计算机可执行代码的形式的计算机程序指令来实施。还应理解,当不相互排斥时,不同流程图、图示和/或框图中的框的组合可以被组合。这些计算机程序指令可以被提供到通用计算机、专用计算机的处理器或者其他可编程数据处理装置以生产机器,使得经由计算机的处理器或其他可编程数据处理装置运行的指令创建用于实施流程图和/或框图的一个或多个框中指定的功能/动作的模块。

[0056] 这些计算机程序指令还可以被存储在计算机可读介质中,其能够引导计算机、其他可编程数据处理装置或其他设备以特定的方式工作,使得被存储在所述计算机可读介质中的所述指令产生包括实施在流程图和/或框图的一个或多个框中指定的功能/动作的指令的制品。

[0057] 所述计算机程序指令还可以被加载到计算机、其他可编程数据处理装置或其他设备上以令一系列操作步骤在计算机、其他可编程装置或其他设备上执行以产生计算机实施的过程,使得在计算机或其他可编程装置上运行的指令提供用于实施在流程图和/或框图的一个或多个框中指定的功能/动作的过程。

[0058] 如在本文中所使用的“用户接口”是允许用户或操作者与计算机或计算机系统交互的接口。“用户接口”也可以指“人机接口设备”。用户接口可以向操作者提供信息或数据,和/或从操作者接收信息或数据。用户接口可以使得来自操作者的输入能够被计算机接收,并且可以将来自计算机的输出提供给用户。换言之,用户接口可以允许操作者控制或操纵计算机,并且所述接口可以允许计算机指示操作者的控制或操纵的效果。数据或信息在显示器或图形用户接口上的显示是向操作者提供信息的范例。通过键盘、鼠标、跟踪球、触摸板、指点杆、图形输入板、操纵杆、游戏板、网络摄像头、头戴件、踏板、有线手套、远程控制以及加速度计对数据的接收全部是实现从操作者接收信息或数据的用户接口部件的范例。

[0059] 如在本文中所使用的“硬件接口”涵盖使得计算机系统的处理器能够与外部计算设备和/或装置进行交互或者对其进行控制的接口。硬件接口可以允许处理器将控制信号或指令发送到外部计算设备和/或装置。硬件接口也可以使得处理器能够与外部计算设备和/或装置交换数据。硬件接口的范例包括但不限于:通用串行总线、IEEE 1394端口、并行端口、IEEE 1284端口、串行端口、RS-232端口、IEEE-488端口、蓝牙连接、无线局域网连接、TCP/IP连接、以太网连接、控制电压接口、MIDI接口、模拟输入接口和数字输入接口。

[0060] 如本文中所使用的“显示器”或“显示设备”涵盖适于显示图像或数据的输出设备或用户接口。显示器可以输出视觉、音频和触觉数据。显示器的范例包括但不限于:计算机监视器、电视屏幕、触摸屏、触觉电子显示器、盲文屏幕、阴极射线管(CRT)、存储管、双稳态显示器、电子纸、向量显示器、平板显示器、真空荧光显示器(VF)、发光二极管(LED)显示器、电致发光显示器(ELD)、等离子显示面板(PDP)、液晶显示器(LCD)、有机发光二极管显示器(OLED)、投影仪和头戴式显示器。

[0061] 磁共振(MR)数据在本文中被定义为在磁共振成像扫描期间使用磁共振装置的天线对由原子自旋发射的射频信号记录的测量结果。磁共振数据是医学成像数据的范例。磁共振(MR)图像在本文中被定义为包含在磁共振成像数据内的解剖数据的经重建的二维或三维可视化。

[0062] 应理解,只要组合的实施例不相互排斥,就可以组合本发明的前述实施例中的一个或多个。

附图说明

[0063] 在下文中,将仅通过范例并且参考附图描述本发明的优选实施例,在附图中:

[0064] 图1图示了标签脉冲序列命令的范例;

[0065] 图2图示了控制脉冲序列命令的范例;

[0066] 图3图示了针对用于背景抑制部分的多个重复脉冲的RF脉冲的幅度的范例;

[0067] 图4图示了针对用于背景抑制部分的多个重复脉冲的RF脉冲的幅度的又一范例;

[0068] 图5图示了针对用于背景抑制部分的多个重复脉冲的RF脉冲的幅度的又一范例;

- [0069] 图6图示了磁共振成像系统的范例;并且
- [0070] 图7示出了图示操作图6的磁共振成像系统的方法的流程图。
- [0071] 附图标记列表
- [0072] 100 标签脉冲序列命令
- [0073] 102 标签反转脉冲部分
- [0074] 104 背景抑制部分
- [0075] 104' 背景抑制部分
- [0076] 106 图像采集部分
- [0077] 108 标记持续时间
- [0078] 110 标记后的延迟
- [0079] 200 背景脉冲序列命令
- [0080] 202 控制反转部分
- [0081] 300 翻转角
- [0082] 302 脉冲重复
- [0083] 304 背景抑制脉冲序列命令
- [0084] 306 MRF脉冲序列命令
- [0085] 500 延迟
- [0086] 600 磁共振系统
- [0087] 604 磁体
- [0088] 606 磁体的膛
- [0089] 608 成像区
- [0090] 609 感兴趣区域
- [0091] 610 磁场梯度线圈
- [0092] 612 磁场梯度线圈电源
- [0093] 614 射频线圈
- [0094] 616 收发器
- [0095] 618 对象
- [0096] 620 对象支撑物
- [0097] 630 计算机系统
- [0098] 632 硬件接口
- [0099] 634 处理器
- [0100] 638 计算机存储器
- [0101] 640 机器可执行指令
- [0102] 642 加标签的磁共振数据
- [0103] 644 指纹磁共振数据的第一部分
- [0104] 646 控制磁共振数据
- [0105] 648 指纹磁共振数据的第二部分
- [0106] 650 加标签的幅值图像
- [0107] 652 控制幅值图像

- [0108] 654 ASL图像
- [0109] 656 一系列磁共振指纹图像
- [0110] 658 磁共振参数图
- [0111] 660 磁共振指纹词典
- [0112] 700 通过利用标签脉冲序列命令控制磁共振成像系统来采集加标签的磁共振数据和指纹磁共振数据的第一部分
- [0113] 702 通过利用控制脉冲序列命令控制磁共振成像系统来采集控制磁共振数据和指纹磁共振数据的第二部分
- [0114] 704 使用加标签的磁共振数据来重建加标签的幅值图像
- [0115] 706 使用控制磁共振数据来重建控制幅值图像
- [0116] 708 通过将控制幅值图像和加标签的幅值图像与彼此相减来构建ASL图像
- [0117] 710 使用指纹磁共振数据的第一部分和/或指纹磁共振数据的第二部分来重建一系列磁共振指纹图像
- [0118] 712 通过将该系列磁共振指纹图像与磁共振指纹词典进行比较来生成至少一个磁共振参数图

具体实施方式

[0119] 这些附图中的类似编号的元件是等价元件或执行相同功能。如果功能是等价的，则将没有必要在后面的附图中讨论先前已经讨论过的元件。

[0120] 磁共振指纹 (MRF) 是用于组织参数 (诸如T1和T2) 的时间有效量化的有前景的技术。通过将感兴趣组织暴露于相对于主磁场诱导不同的翻转角 (FA) 的一串RF脉冲, 获得针对每个体素的特性信号或‘指纹’。这些指纹然后能够与所有可能的信号演变的词典进行比较, 其得到每个体素的组织参数。

[0121] 范例可以通过与动脉自旋标记 (ASL) 技术的组合将MRF扩展为包括灌注信息。在ASL中, 头部和颈部的大动脉中的血水质子通过磁性反转来标记, 并且在标记的血液流入成像区域所需的1-2s的延迟之后, 脑组织中的信号被采集。通过在不标记的情况下重复实验, 所谓的控制图像被采集。标记的图像和控制图像的相减得到灌注加权的图像。使用生理模型 (诸如一般动力学模型), 诸如大脑血流 (CBF) 的定量信息能够获得。为了减少这种相减的动态范围, 在大多数ASL协议中, 适当的背景抑制脉冲被应用于标记的图像和控制图像两者。

[0122] 在常规的ASL技术中, 标记后的延迟是空闲时间, 即扫描器不编码或采集数据。这些技术的总扫描时间可以潜在地更有效地用来采集额外的信息。

[0123] 在之前提出的组合ASL和MRF的方法中, 用于组织自旋系统的反转脉冲的不存在阻碍了弛豫参数的有效编码。总的来说, T1、CBF和平均动脉通过时间 (MTT) 匹配的准确性似乎是有限的。此外, 由于患者依赖的动脉流速, 标记持续时间的变化可以导致完全不可预测的标记状况。

[0124] 范例可以提供组合的ASL-MRF序列, 其由常规ASL与用来量化T1和T2参数的不同的低FA模式的交错组合组成, 从而使基本ASL序列几乎不变。

[0125] 常规使用的背景抑制脉冲由具有不同的小翻转角的一串RF脉冲代替或延伸。这使

实现成像体积中的静态组织的背景抑制并且同时对体素进行编码用于随后的MRF分析成为可能。

[0126] 由于ASL标记和数据采集的结构实际上保持不变,ASL数据的分析能够使用标准方法来执行,其得到检查组织的CBF图。使用该数据作为先验信息,MRF数据然后被分析以获得T1、T2和MTT的图。

[0127] 下面在图1和图2中描绘了ASL-MRF序列的范例。在初始阶段(标签反转部分102或控制反转脉冲部分202)中,常规标记(例如pCASL)在感兴趣体积(VOI)或感兴趣区域109远端执行,以反转大脑的主要供给血管中的血水自旋。在该标记与ASL数据的采集之间的延迟时间中,感兴趣组织经受具有不同的FA的一串RF脉冲,类似于之前的MRF的实施方式。若干反转脉冲被包括以促进随后的ASL采集中的静止组织自旋的背景抑制。此外,这些反转脉冲相当大地改善了MRF数据中的弛豫参数的编码。为了避免由于RF脉冲串的流入的标记的(反转的)血水自旋的饱和,仅低FA被采用。

[0128] 图1图示了标签脉冲序列命令100的范例。标签脉冲序列命令包括由背景抑制部分104跟随的标签反转脉冲部分102。背景抑制部分104由图像采集部分106跟随。在图1中表示的脉冲序列100类似于常规ASL或动脉自旋标记脉冲序列,除了在背景抑制部分104期间,额外的翻转角射频脉冲和数据采集被采集,使得磁共振指纹在背景抑制部分104期间被执行。在标签反转脉冲部分102期间,区域被加标签,如通常在常规动脉自旋标记磁共振成像协议中执行的。同样地,在图像采集部分106期间,加标签的磁共振数据被采集,其用于产生动脉自旋标记图像。标签反转脉冲部分102持续标记持续时间108(在该范例中,为1290ms)。然后在图像采集部分106期间采集加标签的磁共振数据之前存在标记后的延迟110(在该范例中,为1710ms)。在标记后的延迟110期间,背景抑制以及还有磁共振指纹数据采集可以被执行。这两个步骤被组合在背景抑制部分104中。

[0129] 图2图示了一组控制脉冲序列命令200的范例。控制脉冲序列命令200类似于在图1中图示的标签脉冲序列命令100。在这种情况下,标签反转脉冲部分102用控制反转脉冲部分202来代替。在控制反转部分202期间,不存在实际的自旋标记。控制反转部分202在常规动脉自旋标记协议中被设计为是常见的。控制反转部分202被设计为使得它引起与由标签反转脉冲部分102引起的磁化传递效应相当的磁化传递效应。这使得得到的动脉自旋标记图像中的磁化传递效应能够被减去。

[0130] 图2的背景抑制部分104'可以与在图1中图示的背景抑制部分104相同。在其他情况下,背景抑制部分104'可以具有较小的差异,诸如在磁共振指纹数据的采样期间的梯度可以具有稍微不同的梯度,使得所采集的k空间数据从不同点被采集。这可以允许在背景抑制部分104和背景抑制部分104'期间采集的数据被交错。

[0131] 下面的图3至图5描绘了实现组织信号的有效抑制以及弛豫参数的充分编码的两种范例模式。

[0132] 对于ASL和MRF数据采集,单脉冲2D回波平面成像(EPI)或螺旋读出可以例如被使用。2D EPI和螺旋读出最经常用于ASL读出。然而对于MRF脉冲序列命令,几乎任何读出都是可能的,包括螺旋、笛卡尔和径向。为了允许定量分析ASL数据,控制图像通过重复整个序列来采集而无需对血水自旋的先前标记。为了实现有效的背景抑制,相同的FA模式用于标记图像和控制图像两者。例如螺旋MRF读出的情况,然而,两个不同的交错能够被采集,因此降

低了得到的欠采样的总体程度。对于其他读出方案,这也是可能的。在笛卡尔读出中,例如,k空间中的不同线能够被采集,并且然后被组合以形成最终图像。

[0133] 采集的数据的分析包括两个步骤的过程。在第一步骤中,采集的ASL数据例如使用一般动力学模型来分析,从而得到大脑组织的定量CBF图。使用该逐体素流动信息作为固定参数,MRF数据然后使用具有T1、T2和MTT的不同值的词典来分析。

[0134] 图3图示了背景抑制部分104、104'的一部分。未图示梯度。然而,示出了作为脉冲重复302的函数的翻转角300。翻转角300是由特定射频脉冲引起的翻转角。图3中的曲线图中的RF脉冲能够被分成背景抑制脉冲序列命令304和MRF脉冲序列命令306。背景抑制脉冲序列命令304是用于动脉自旋标记中已知的背景抑制的相对大的翻转角(引起翻转角的RF脉冲)。已经额外地添加了许多更低的翻转角脉冲重复。这些被标记为306。背景抑制部分104、104'能够通过开始标准ASL背景抑制部分来设计。MRF脉冲序列命令306然后可以被添加到标准背景抑制部分。低翻转角MRF脉冲序列命令306可以对背景抑制有影响。背景抑制脉冲序列命令304之间的持续时间可以被经验地调整以考虑这种影响。调整背景抑制脉冲序列命令304的幅度或翻转角以适应这种影响也可以是可能的。

[0135] 在一些范例中,磁共振指纹仅使用MRF脉冲序列命令306来执行。在其他范例中,背景抑制脉冲序列命令304和MRF脉冲序列命令306两者用于磁共振指纹协议。

[0136] 图4示出了备选的背景抑制部分104、104'。在图4中示出的背景抑制部分104、104'类似于在图3中示出的背景抑制部分。然而,MRF脉冲序列命令306具有不同模式的翻转角。

[0137] 图5示出了背景抑制部分104、104'的又一范例。在图5中示出的范例类似于在图4中示出的范例。在该范例中,最终MRF脉冲序列命令306不存在。这在最后一个MRF脉冲序列命令306与图像采集部分106的开始之间引入了延迟500。在一些情况下,这可以在降低MRF脉冲序列命令306对用于动脉自旋标记的图像采集的影响方面是有用的。

[0138] 在一个范例中,标签反转脉冲部分包括ASL (PASL) 反转脉冲,其中一大片血水自旋在感兴趣组织下方被反转。尽管相比于pCASL在ASL数据中表现出更低的SNR,但是这样的方案在标记的血液到达组织中之前为MRF阶段中的可变FA模式留出更多时间。

[0139] 在一个范例中,延迟被插入在MRF与ASL采集阶段之间,以避免流入的标记的血液的饱和。

[0140] 在一个范例中,MRF读出的FA模式被具体地设计为实现对血管造影数据的提取。为此目的,相对低的FA(例如低于或等于7°)是有益的。

[0141] 图6示出了磁共振成像系统的范例500。磁共振成像系统500包括磁体504。磁体504是具有穿过其的腔506的超导圆柱形磁体504。不同类型的磁体的使用也是可能的。在圆柱磁体的低温恒温器内部有超导线圈的集合。在圆柱形磁体5的腔506内,存在磁场足够强且足够均匀以执行磁共振成像的成像区508。

[0142] 磁体的腔506内还有磁场梯度线圈510的集合,其用于采集磁共振数据,以在磁体504的成像区508内对磁自旋进行空间编码。磁场梯度线圈510连接到磁场梯度线圈电源512。磁场梯度线圈510旨在为代表性的。通常,磁场梯度线圈510包含用于在三个正交空间方向上空间地编码的三组分离的线圈。磁场梯度电源将电流供应到所述磁场梯度线圈。供应到磁场梯度线圈510的电流根据时间来控制并且可以是斜变的或脉冲的。

[0143] 与成像区508相邻的是射频线圈514,所述射频线圈用于操纵成像区508内的磁自

旋的取向,并且用于接收来自也在成像区508内的自旋的无线电发射。射频天线可以包含多个线圈元件。射频天线也可称为通道或天线。射频线圈514连接到射频收发器516。射频线圈514和射频收发器516可以由分离的发送线圈和接收线圈以及分离的发射器和接收器替代。应理解,射频线圈514和射频收发器516是代表性的。射频线圈514旨在还表示专用的发送天线和专用的接收天线。同样,收发器516也可以表示分离的发射器和接收器。射频线圈514也可以具有多个接收/发射元件,并且射频收发器516可以具有多个接收/发送通道。

[0144] 在磁体504的膛506内有将对象支撑在成像区508中的对象支撑物520。感兴趣区域509能够在成像区508内被看见。

[0145] 收发器616和磁场梯度线圈电源612能够被视为被连接到计算机系统630的硬件接口632。计算机系统还包括处理器634,所述处理器与硬件接口632、存储器638和用户接口636通信。存储器638(也被称为计算机存储器)可以是处理器634能访问的存储器的任意组合。这可以包括诸如主存储器、高速缓冲存储器以及非易失性存储器之类,诸如闪速RAM、硬盘驱动器或其他存储设备。在一些范例中,存储器634可以被认为是非瞬态计算机可读介质。存储器634被示为存储使得处理器632能够控制磁共振成像系统600的操作和功能的机器可执行指令640。

[0146] 如本文中所使用的脉冲序列命令包含用来根据时间来控制磁共振成像系统600的功能的命令或可以被转换成用来根据时间来控制所述磁共振成像系统的功能的命令的时序图。脉冲序列命令是被应用于特定磁共振成像系统600的磁共振成像协议的实施方式。

[0147] 在感兴趣区域609内,能够看见标签位置622。标签位置是标签反转脉冲部分对经过对象618的动脉的一团血液进行标记的地方。在这种情况下,感兴趣区域609被示为包含头部。在这种情况下,标签位置622是平面。标签因此是非选择性的,并且经过平面622的任何血液都将会被标记。标签位置622的平面在对象618的颈部附近的定位基本上意味着进入对象618的脑部的所有血液都将会被有效地加标签。在图6中示出的范例示出了非选择性标签。

[0148] 计算机存储器638被示为包含标签脉冲序列命令100和背景脉冲序列命令200。计算机存储器638被示为还包含机器可执行指令640。机器可执行指令640使得处理器634能够控制磁共振成像系统600的操作和功能。计算机存储器还被示为包含加标签的磁共振数据642和当标签脉冲序列命令100用来控制磁共振成像系统600时采集的指纹磁共振数据的第一部分644。计算机存储器638还被示为包含控制磁共振数据646和当处理器634使用背景脉冲序列命令200来控制磁共振成像系统600时采集的指纹磁共振数据的第二部分。

[0149] 计算机存储器638还被示为包含根据加标签的磁共振数据642来重建的加标签的幅值图像650。计算机存储器638还被示为包含根据控制磁共振数据646来重建的控制幅值图像652。计算机存储器638还被示为包含通过将加标签的幅值图像650和控制幅值图像652与彼此相减来构建的动脉自旋标记磁共振图像654。计算机存储器638还被示为包含根据指纹磁共振数据的第一部分644和/或指纹磁共振数据的第二部分648来重建的一系列磁共振指纹图像656。计算机存储器638还被示为包含通过将该系列磁共振指纹图像656与被存储在计算机存储器638中的磁共振指纹词典660进行比较来计算的磁共振参数图658。它未在该图中示出,但是然而存储器638也可以包含用于使用标签脉冲序列命令100和/或背景脉冲序列命令200来计算磁共振指纹词典660的例程或程序。

[0150] 图7示出了图示操作图6的磁共振成像系统600的方法的流程图。首先在步骤700中,加标签的磁共振数据642和指纹磁共振数据的第一部分644通过利用标签脉冲序列命令100控制磁共振成像系统来采集。其次在步骤602中,控制磁共振数据646和指纹磁共振数据的第二部分648通过利用控制脉冲序列命令200控制磁共振成像系统600来采集。在步骤704中,加标签的幅值图像650使用加标签的磁共振数据642来重建。然后在步骤706中,控制幅值图像652使用控制磁共振数据646来重建。然后在步骤708中,ASL图像654通过将控制幅值图像652和加标签的幅值图像650与彼此相减来构建。在步骤710中,一系列磁共振指纹图像656使用指纹磁共振数据的第一部分644和/或指纹磁共振数据的第二部分648来重建。最后在步骤712中,至少一个磁共振参数图658通过将该系列磁共振指纹图像656与磁共振指纹词典660进行比较来生成或计算。

[0151] 尽管已经在附图和前面的描述中详细说明和描述了本发明,但这样的说明和描述被认为是说明性或示范性的而非限制性的;本发明不限于公开的实施例。

[0152] 本领域技术人员通过研究附图、说明书和权利要求书,在实践要求保护的本发明时能够理解和实现所公开实施例的其他变型。在权利要求书中,“包括”一词不排除其他元件或步骤,词语“一”或“一个”不排除多个。单个处理器或其他单元可以满足权利要求中记载的若干项目的功能。在互不相同的从属权利要求中记载特定元件并不指示不能有利地使用这些元件的组合。计算机程序可以存储和/或分布在适当的介质上,所述介质例如是与其他硬件一起供应或作为其他硬件一部分供应的光学存储介质或固态介质,但计算机程序也可以以其他形式分布,例如经由因特网或其他有线或无线的远程通信系统。权利要求书中的任何附图标记都不得被解释为对范围的限制。

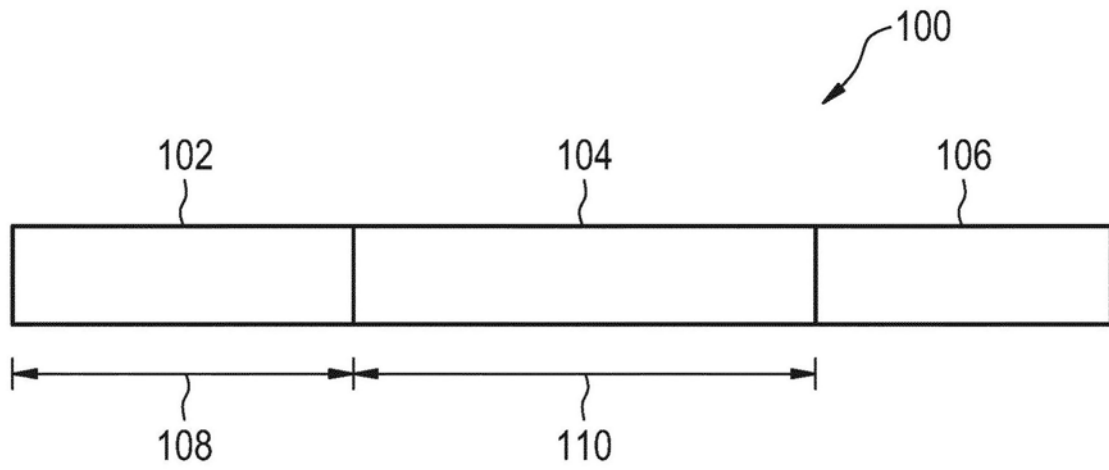


图1

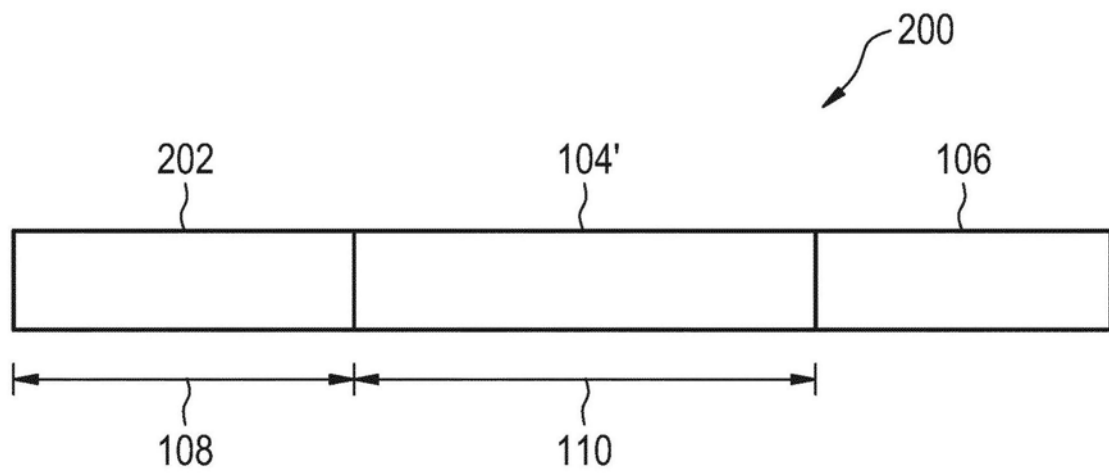


图2

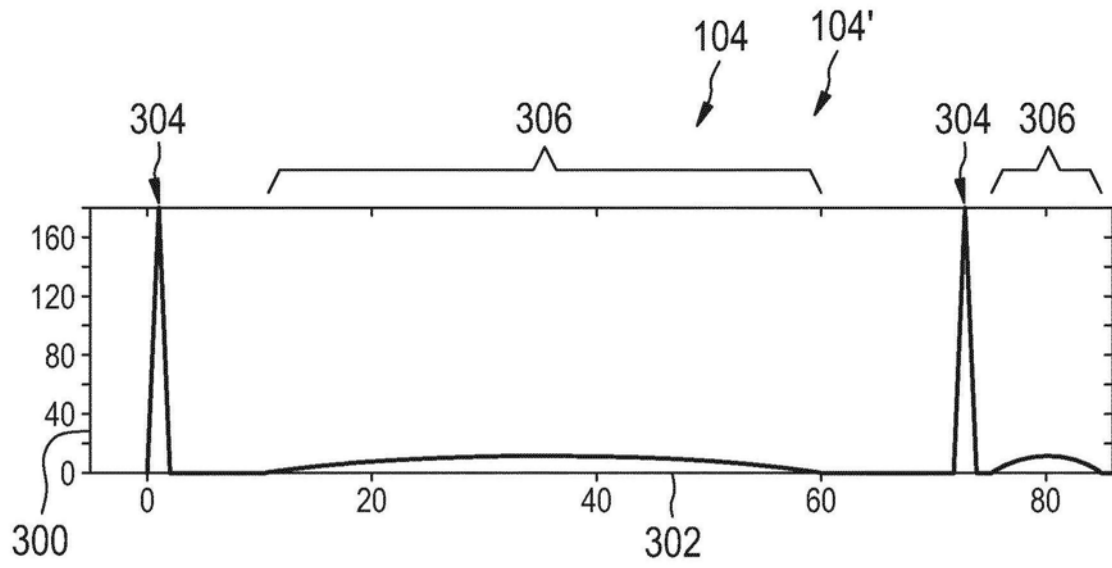


图3

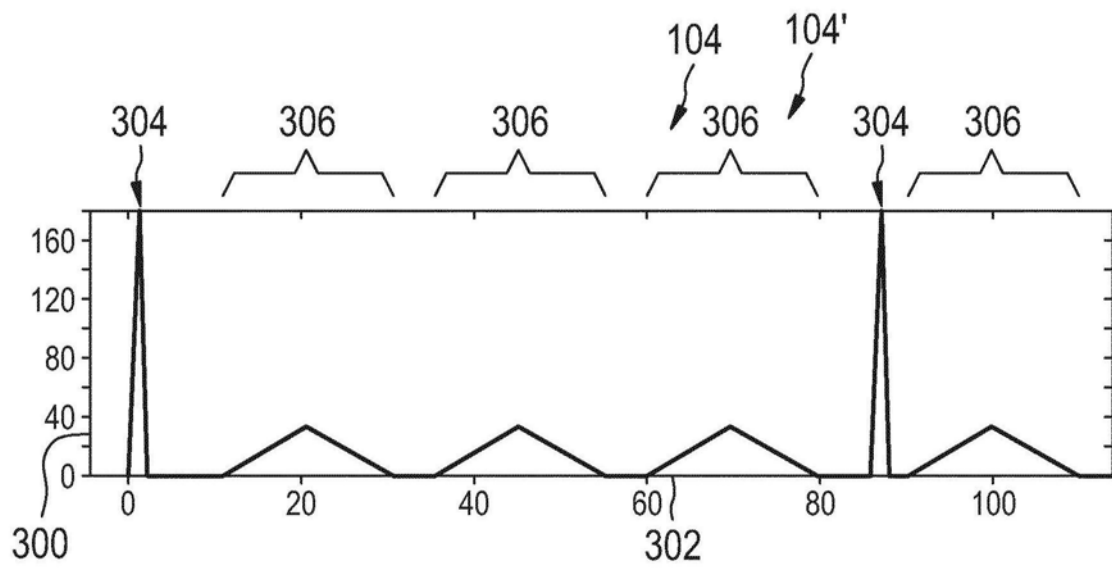


图4

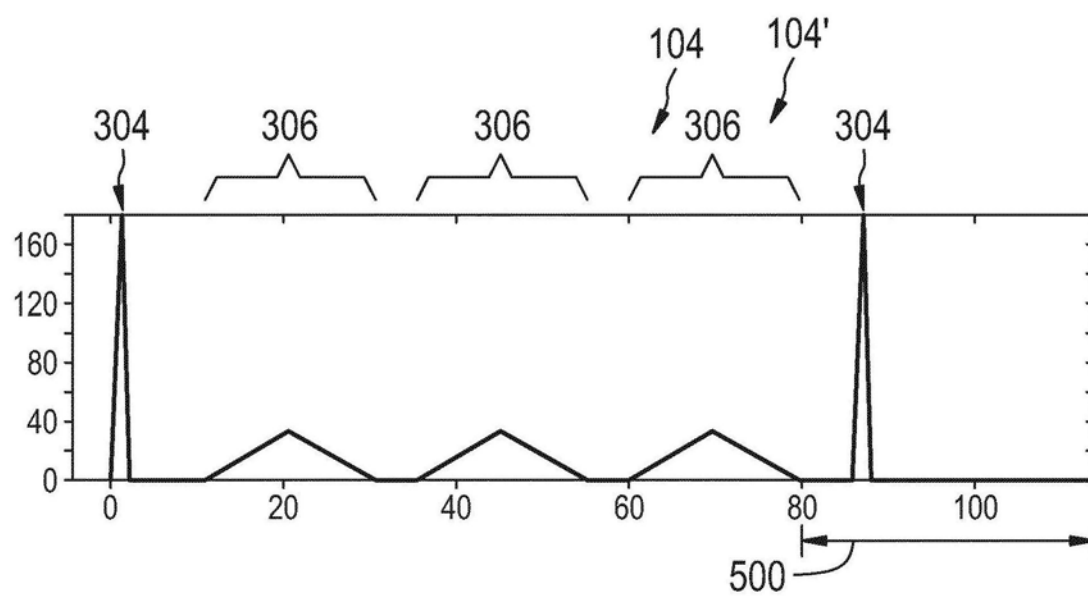


图5

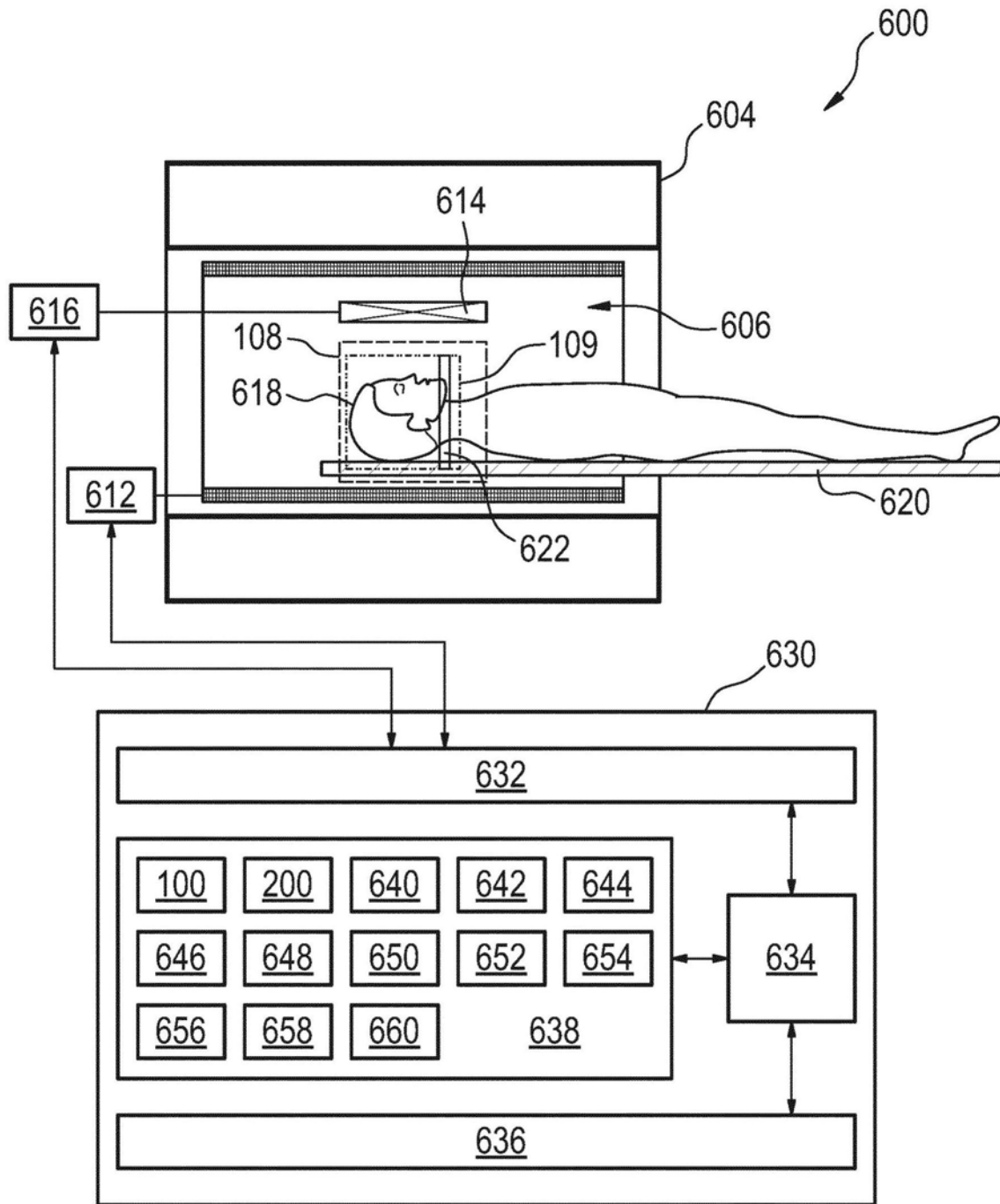


图6

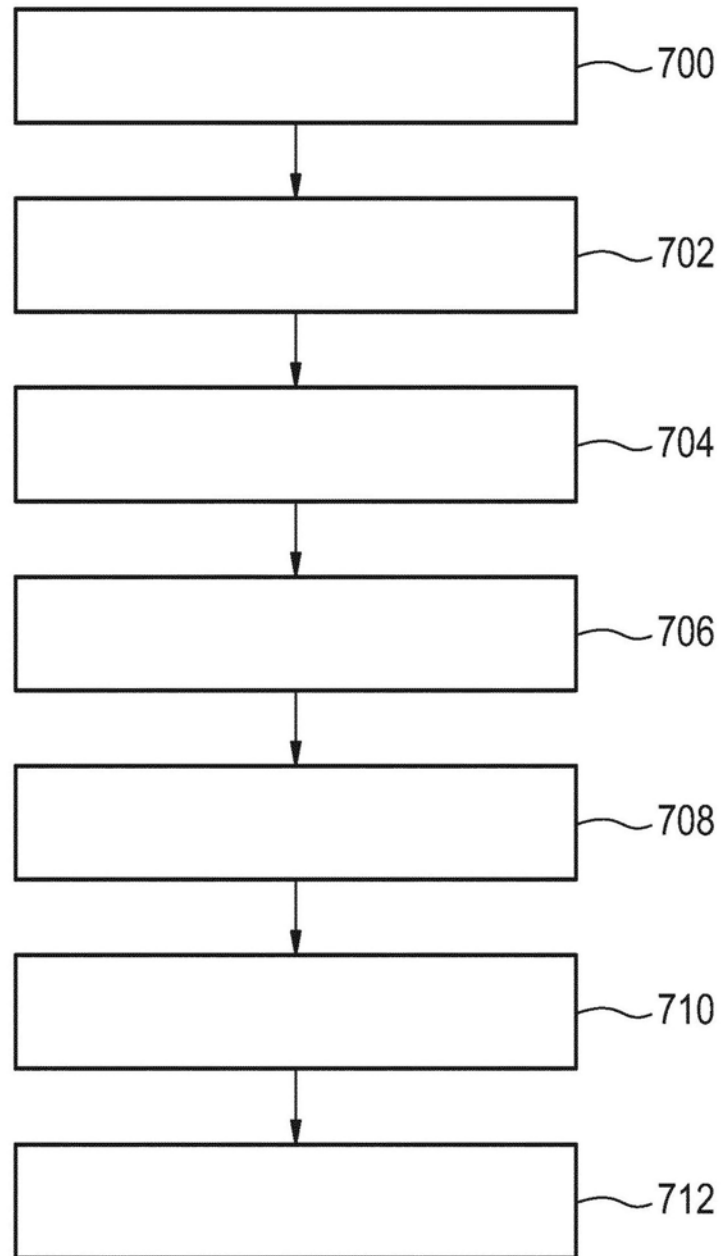


图7