(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 113272668 B
(45)授权公告日 2024.09.20

(21)申请号 201980088350.9
(22)申请日 2019.11.20
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113272668 A
(43)申请公布日 2021.08.17
(30)优先权数据
62/769,666 2018.11.20 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2021.07.08
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2019/062435 2019.11.20
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2020/106857 EN 2020.05.28

(73)专利权人 生物质子股份有限公司
地址 美国加利福尼亚州
(72)发明人 蒂莫西·W·詹姆斯
(74)专利代理机构 北京派特恩知识产权代理有限公司 11270
专利代理师 陈万青 浦彩华

(51)Int.Cl.
G01R 33/483(2006.01)
A61B 5/00(2006.01)
A61B 5/05(2021.01)
A61B 5/055(2006.01)
(56)对比文件
US 2017030986 A1,2017.02.02
审查员 曲颖桐

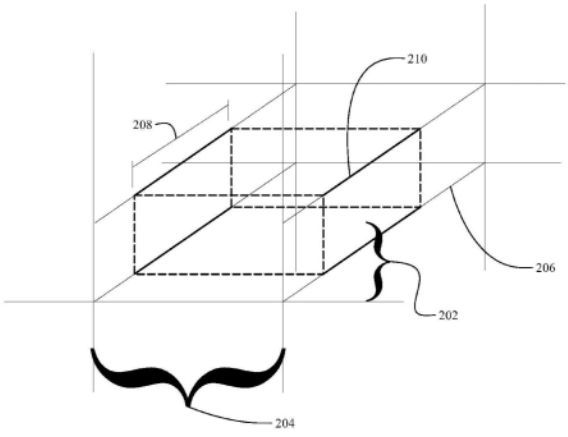
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

用于利用由接收器带宽限定的分析方向上的VOI长度使用NMR光谱学来测量组织纹理的方法

(57)摘要

一种用于使用磁共振(MR)来选择性采样以评估样本纹理的方法:激励该样本并重新聚焦以提供该样本内的采样棒。施加编码梯度脉冲以引起相位卷绕,从而产生对特定k值和取向的空间编码。然后,施加充当时间相关相位编码的低非零幅值梯度(140),产生k值编码的通过3D k空间的时变轨迹(146),同时在特定k值附近的k值序列处同时记录多个顺序采样(138)。在数据采样期间设定接收器带宽以划定该棒内的VOI的长度。然后,对在施加该非零幅值梯度的时间跨度内记录的、该k值序列处的采样进行后处理,以表征该VOI中的组织纹理特征。



CN 113272668 B

1.一种用于使用磁共振MR来选择性采样以评估组织纹理的方法,包括:

发射第一RF脉冲和第一梯度,这两者被选择用于样本中的第一切片选择;

发射第二RF脉冲,同时施加第二梯度,这两者被选择用于在该第一切片和第二切片相交处所限定的区域中切片选择性重新聚焦,以限定该样本内的棒;

施加编码梯度脉冲以引起相位卷绕,从而产生对特定k值和取向的空间编码;

施加充当时间相关相位编码的、具有第一幅值的低非零幅值梯度,以产生k值编码的通过3D k空间的时变轨迹;

在单次激励中,在由该非零幅值梯度的高度和脉冲宽度限定的特定k值附近的邻域上的k值序列处同时记录NMR RF信号的多个顺序采样;

在数据采样期间设定第一接收器带宽以划定该棒内的感兴趣体积VOI的长度;以及

对在施加该非零幅值梯度的时间跨度内记录的、该k值序列处的采样进行后处理,以表征该VOI中的该样本的纹理特征。

2.如权利要求1所述的方法,进一步包括:

重新聚焦;

施加与该第一幅值相比幅值相同但方向相反的低非零幅值梯度;

以反向的该k值序列同时记录该NMR RF信号的多个顺序采样,以反向扫过相同范围的k值,从而允许实施相位循环。

3.如权利要求1所述的方法,进一步包括选择该第一接收器带宽的中心频率以定位沿着该棒的VOI。

4.如权利要求3所述的方法,其中,该后处理步骤包括:将接收器带通重新设定为该第一接收器带宽内的一个或多个附加带宽以提供该VOI的一个或多个子集。

5.如权利要求3所述的方法,其中,该后处理步骤包括:选择该第一接收器带宽内的一个或多个替代性中心频率以提供该VOI的一个或多个子集。

6.如权利要求3所述的方法,进一步包括在时域中将对该棒的激励、信号获取和恢复时间与对附加不相交棒的附加激励、信号获取和恢复交织,以产生多个棒的1D图像。

7.如权利要求1所述的方法,其中,对采样进行后处理还包括:

在该第一接收器带宽内对通带进行迭代,以提供多个测得的或导出的值的VOI阵列;以及

将该阵列中的每个VOI绘制成与该样本的结构相匹配的2D或3D网格上的强度或颜色,以生成显示测得的纹理的分布的图像。

8.如权利要求1所述的方法,其中,对采样进行后处理还包括:

将带宽设定在比该第一接收器带宽小的多个带宽范围内,以识别该样本中测得的纹理的边界,从而提高定位该边界的位置的分辨率。

用于利用由接收器带宽限定的分析方向上的VOI长度使用NMR光谱学来测量组织纹理的方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2018年11月20日提交的、名称为“A METHOD TO MEASURE TISSUE TEXTURE USING NMR SPECTROSCOPY WITH VOI LENGTH IN AN ANALYSIS DIRECTION DEFINED BY RECEIVER BANDWIDTH[用于利用由接收器带宽限定的分析方向上的VOI长度使用NMR光谱学来测量组织纹理的方法]”的美国临时申请序列号62769666的优先权,该申请与本申请具有共同的受让人,其披露内容通过援引并入本文。

技术领域

[0003] 本文要求保护的方法涉及生物系统中以及工业和工程研究中的材料和结构评价中的纹理评估领域。更具体地,本文披露的实施例提供了以下方法:选择性激励感兴趣样本内的第一切片和第二切片,选择性重新聚焦序列以限定棒,接着沿着扫过小范围k值的分析方向施加梯度,其中,接收器带宽被设定为较窄以划定感兴趣体积(VOI)的长度。

发明内容

[0004] 本披露内容提供一种用于使用磁共振(MR)来选择性采样以评估样本的纹理的方法。发射第一RF脉冲和第一梯度,这两者被选择用于样本中的第一切片选择。发射第二RF脉冲,同时施加第二梯度,这两者被选择用于在该第一切片和第二切片相交处所限定的区域中切片选择性重新聚焦,以限定该样本内的棒。施加编码梯度脉冲以引起相位卷绕,从而产生对特定k值和取向的空间编码。然后,施加充当时间相关相位编码的低非零幅值梯度,以产生k值编码的通过3D k空间的时变轨迹,同时在由该非零幅值梯度的高度和脉冲宽度限定的特定k值附近的邻域上的k值序列处同时记录NMR RF信号的多个顺序采样,并且在数据采样期间将接收器带宽设定得足够狭窄以划定棒内的VOI的长度。然后,对在施加该非零幅值梯度的时间跨度内记录的、该k值序列处的采样进行后处理,以表征该VOI中的组织纹理特征。

附图说明

[0005] 图1披露了用于所要求保护的方法的脉冲序列的示例时序图,示出了单次激励的时序;

[0006] 图2表示在数据采样期间样本中的被激励的棒或芯以及所产生的选定VOI;以及

[0007] 图3是流程图,示出了用于评估样本结构的中纹理的方法的实施方式。

具体实施方式

[0008] 参考附图,图1示出了用于使用本文所要求保护的方法的数据获取的脉冲序列的示例时序图。在迹线102中包括的RF脉冲被用于激励要调查的组织的选定体积。第一RF脉冲104与以迹线106表示的第一磁场梯度上的梯度脉冲108同时发射。这激励了样本的单个切

片或厚片,该单个切片或厚片的定位取决于第一梯度的取向和幅值以及RF脉冲中包含的频率。负梯度脉冲,即脉冲110,对切片或厚片的限定厚度内的激励进行重聚相位(rephase)。

[0009] 第二RF脉冲112与以迹线114表示的第二梯度上的梯度脉冲116同时发射,激励了自旋的切片选择性重新聚焦,该第二组织切片与上述第一切片或厚片相交。(由于该第二RF脉冲112使净磁矢量倾斜(tip)至与B_0反向平行,这导致自旋的反转以及随后的重新聚焦,因此引起在180度RF脉冲之后的时间(相当于在90°至180°RF脉冲之间的时间)出现信号回波。)对于所示出的示例,在梯度脉冲116的开始处的初始值更高的梯度脉冲118为破碎器或“扰乱器”梯度,该梯度被设计成用于引起样本体积上的较大相位卷绕。在脉冲116结束处的相似梯度脉冲122由于在180度的RF反转脉冲112之后到达,会解开该相位卷绕。以这种方式,未存在于在180度RF脉冲之前的任何激励(诸如来自180脉冲本身中的缺陷的激励)将不会经历该预先编码,因此将不会通过第二破碎器重新聚焦,因而将不会对该信号做出贡献。注意,破碎器118和122在图1中被示出为在仅一条轴线上。然而,这些破碎器可以在任何轴线组合上。

[0010] 第二RF脉冲与所施加的第二梯度组合,在由第一切片202与第二切片204相交处所限定的区域中提供由该第二梯度设定的对信号的切片选择性重新聚焦,从而限定通过如图2所表示的样本的棒或芯206的侧向尺寸。本领域技术人员将认识到,存在多种使用时变梯度脉冲和RF激励来生成被内部激励的棒的方式。用于各种方法的参数选择可以考虑SNR优化来进行。如本文所述,图2中表示了通过切片选择性激励和相互正交的切片选择性重新聚焦脉冲生成的棒或芯206。

[0011] 迹线114上的编码梯度脉冲126设定初始相位卷绕,从而将k值编码设定为沿着梯度脉冲126的方向。通常,k值编码可以通过对机器梯度的矢量组合被定向在任何方向上,但是为了便于可视化,表示为在第二梯度上。负编码梯度脉冲126卷绕相位,使得在信号回波中,信号获取开始于选定的k值处,k值然后可以随后递增或在取向上递增或变化。尽管与第二梯度脉冲116分开示出,但是编码梯度脉冲126可以与脉冲122组合。

[0012] 施加充当时间相关相位编码的低非零幅值相位编码梯度140,并且从时变k值(见迹线区段146)的初始k值144开始获取数据样本142。初始k值的编码140和随后的时变k值146无需与被激励的棒的轴线对准。然而,相位编码梯度的对准与划定的VOI方向对准,并且根据定义,与分析方向对准,如随后所述。

[0013] 打开接收门133以接收RF信号,这在图1中示出为信号迹线136上的脉冲134。迹线136中的RF信号是仅示出了存在于接收门窗口中的信号而没有示出该窗口之外RF信号的实际细节的表示。如迹线138所表示的采样从初始k值144(见迹线124)开始。注意,在该图中的比例上,采样率足够高而使得模数(A/D)转换器的各个触发器已经一起合并在迹线138中。在数据采样期间设定接收器带宽以划定棒或芯206(见图2)中的VOI 210的长度208。初始相位卷绕可以被选择为提供具有与较低SNR区域相对应的幅值的初始k值。编码梯度126可以用于卷绕以达到目标纹理中的最低或最高k值,并且非零幅值梯度脉冲被施加在必要的方向上(增加或降低k)以达到k空间的另一极限,从而限定纹理。在示例性实施方式中,50ms读取时间(即,时间上的梯度)将与从0.050mm到0.100mm的波长范围一起使用,Bzero=1T,H1核(4.258MHz/T)。可以利用23.5mT/m的梯度和~500Hz的带宽获得5mm的VOI分析长度。在实践中,将在具有第一显著较大带宽的第一VOI中获取数据,通过在数据内进行后自组织带宽

选择来进行稍后对多个子集VOI的数据分析和选择,如随后所述。

[0014] 回波可以在相同的激励内重新聚焦,并且再次利用与相位编码梯度140幅值相同但方向相反的相位编码梯度来读取,以反向扫过相同范围的k值,从而允许实施相位循环并实现更高的SNR。

[0015] 使用带宽来选择样本长度的附加优点在于,可以在第一带宽内以某种方式偏移带通,以沿着同一被初始激励的棒访问样本中的略有不同的区域中的采样。作为示例,还可以通过所选带宽的中心频率来设定宽度尺寸208的位置。以这种方式,可以选择沿着棒206的由第一切片202和第二切片204限定的多个VOI。这可以通过对接收到的宽带数据集进行后处理来实现。

[0016] 如图3中所示,所披露方法的附加方面为在多个测得的或导出的值的VOI阵列上对所披露方法进行迭代,并且将该阵列中的每个VOI绘制成与所分析样本的结构相匹配的2D或3D网格上的强度或颜色,以生成显示测得的纹理的分布的图像。本文披露的方法尤其适合用于高效收集多个VOI测量结果。针对每个被内部激励的棒206,设定中心频率以及足够大的带宽以覆盖旨在用于分析第一VOI的样本部分,这然后接着可以重复选择用于多个子集VOI的变化的中心频率和带宽,并且沿着梯度(棒206)的轴线进行后处理(滤波),并在每次迭代时生成测得的(或导出的)值的1D图像。通过在时域中将对棒的激励、信号获取和的恢复时间与对附加不相交棒的附加激励、信号获取和恢复交织,还可以高效获取多个棒的1D图像。

[0017] 该附加方面提供用于在棒206与样本中的不同纹理类型之间的边界相交的情况下定位所分析样本中结构的边界的灵敏方法。在后处理期间将带宽设定在第一带宽内的多个狭窄范围中的效果是,提高了定位边界的位置的分辨率。

[0018] 如关于图1所描述地结合激励脉冲和梯度,步骤301:发射第一RF脉冲和第一梯度,这两者被选择用于样本中的第一切片选择。步骤302:发射第二RF脉冲,同时施加第二梯度,这两者被选择用于在由第一切片与第二切片相交处所限定的区域中切片选择性重新聚焦,以限定样本内的棒。步骤303:施加编码梯度脉冲以引起相位卷绕,从而产生对特定k值和取向的空间编码。步骤304:通过施加充当时间相关相位编码的低非零幅值梯度,产生k值编码的通过3D k空间的时变轨迹。步骤305:在数据采样期间设定第一接收器带宽以划定棒内的第一VOI的长度,并且步骤305:在由非零幅值梯度的高度和脉冲宽度限定的特定k值附近的邻域上的k值序列处同时记录NMR RF信号的多个顺序采样。然后,对在施加非零幅值梯度的时间跨度内记录的k值序列的采样进行后处理。步骤306:将接收器带通重新设定为第一接收器带宽内的一个或多个附加带宽以提供VOI的一个或多个子集。步骤307:可替代地或组合地,选择第一接收器带宽内的一个或多个替代性中心频率以提供VOI的一个或多个子集。步骤308:通过在时域中将对棒的激励、信号获取和恢复时间与对附加不相交棒的附加激励、信号获取和恢复交织,产生多个不相交棒的1D图像。步骤309:通过对在第一带宽内的选定的一组通带进行迭代以提供多个测得的或导出的值的VOI阵列,可以将阵列中的每个VOI绘制成与样本的结构相匹配的2D或3D网格上的强度或颜色,从而允许生成显示测得的纹理的分布的图像。步骤310:为了识别样本中的测得的纹理的边界,将带宽设定在比第一带宽更小的多个带宽范围内提高了定位边界的位置的分辨率。

[0019] 现在已经如专利法规所要求的详细描述了本发明的各种实施例,本领域技术人员

将认识到对本文披露的特定实施例的修改和替代方案。这样的修改处于如以下权利要求中所限定的本发明的范围和意图内。

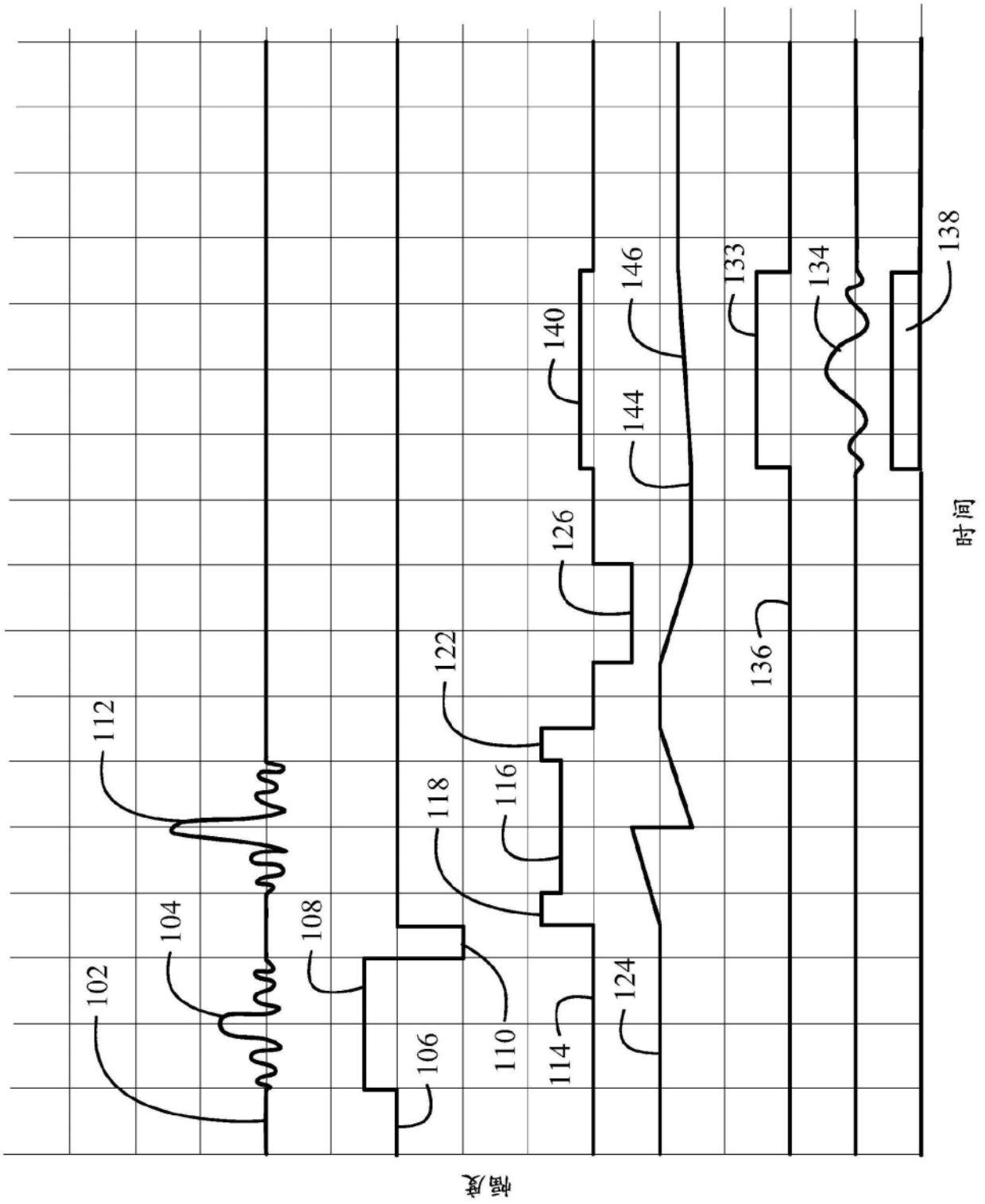

幅度
时间
102
104
108
112
106
110
114
118
116
122
124
126
140
144
146
133
134
136
138

图1

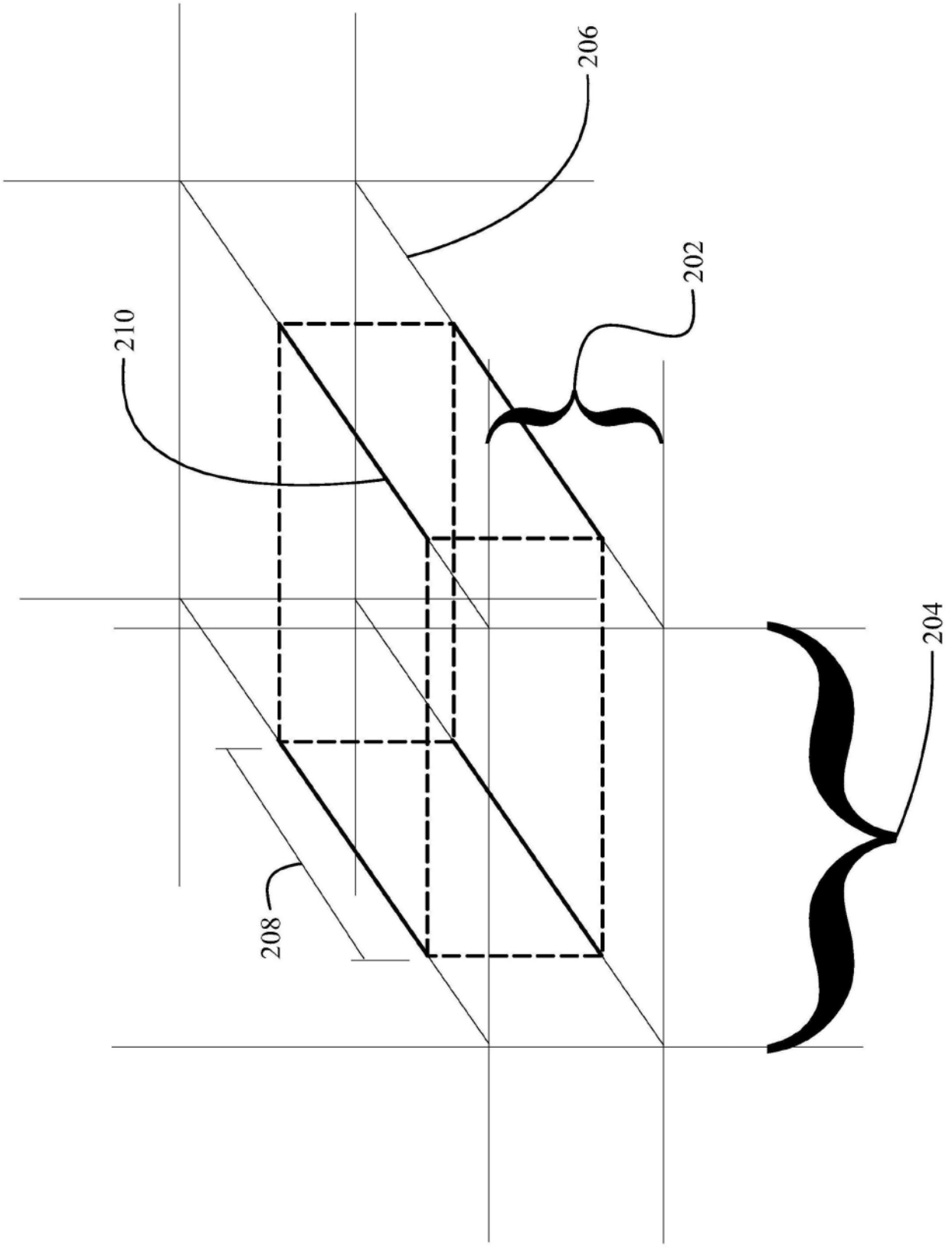


图2

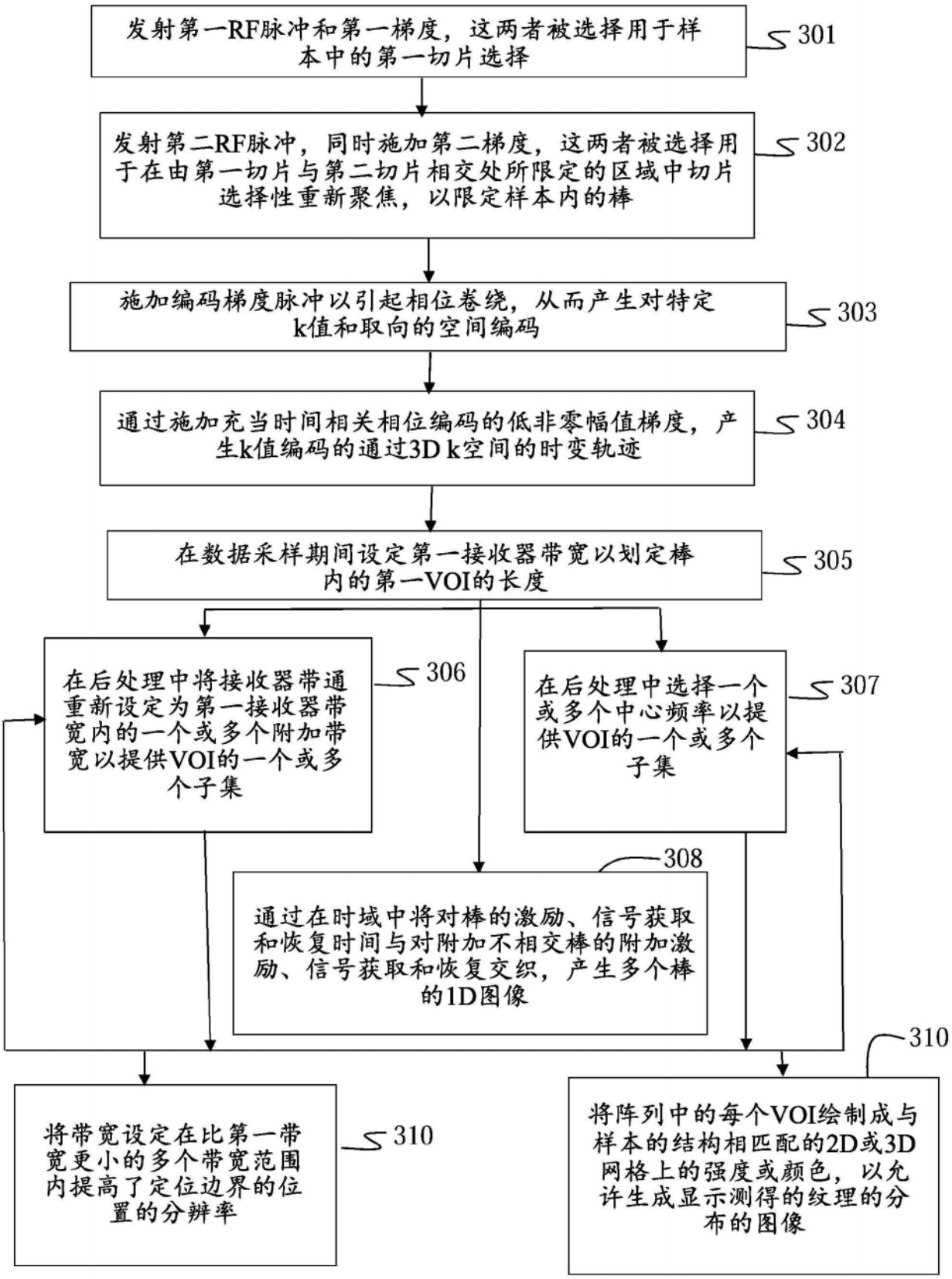

发射第一RF脉冲和第一梯度，这两者被选择用于样本中的第一切片选择
301
发射第二RF脉冲，同时施加第二梯度，这两者被选择用于在由第一切片与第二切片相交处所限定的区域中切片选择性重新聚焦，以限定样本内的棒
302
施加编码梯度脉冲以引起相位卷绕，从而产生对特定k值和取向的空间编码
303
通过施加充当时间相关相位编码的低非零幅值梯度，产生k值编码的通过3D k空间的时变轨迹
304
在数据采样期间设定第一接收器带宽以划定棒内的第一VOI的长度
305
在后处理中将接收器带通重新设定为第一接收器带宽内的一个或多个附加带宽以提供VOI的一个或多个子集
306
在后处理中选择一个或多个中心频率以提供VOI的一个或多个子集
307
308
通过在时域中将对棒的激励、信号获取和恢复时间与对附加不相交棒的附加激励、信号获取和恢复交织，产生多个棒的1D图像
310
将带宽设定在比第一带宽更小的多个带宽范围内提高了定位边界的位置的分辨率
310
将阵列中的每个VOI绘制成与样本的结构相匹配的2D或3D网格上的强度或颜色，以允许生成显示测得的纹理的分布的图像

图3