



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110037740 A

(43)申请公布日 2019. 07. 23

(21)申请号 201910018208.9

(22)申请日 2019.01.09

(30)优先权数据

15/871,090 2018.01.15 US

(71)申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72)发明人 拉尔夫·托马斯·霍特

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 侯颖嫒 钱慰民

(51)Int.Cl.

A61B 8/06(2006.01)

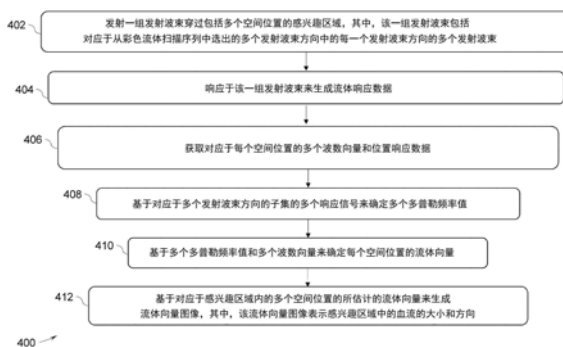
权利要求书4页 说明书10页 附图4页

(54)发明名称

用于超声流体成像的系统和方法

(57)摘要

一种用于超声流体成像的方法,该方法包括发射一组发射波束穿过具有多个空间位置的感兴趣区域。所述方法进一步地包括响应于该组发射波束来生成经解调的数据。进一步地,所述方法包括获取对应于每个空间位置的多个波数向量和位置响应数据。另外,所述方法包括基于位置响应数据来确定多个多普勒频率值以及基于该多个多普勒频率值和多个波数向量来确定每个空间位置的流体向量。所述方法还包括基于对应于感兴趣区域内的多个空间位置的流体向量来生成流体向量图像,其中,流体向量图像表示了感兴趣区域中的血流的大小以及方向。



1. 一种用于超声流体成像的方法,包括:

通过发射器阵列来发射一组发射波束穿过感兴趣区域,所述感兴趣区域包括多个空间位置,其中,所述一组发射波束包括多个发射波束,所述多个发射波束对应于从彩色流体扫描序列中选出的多个发射波束方向中的每一个发射波束方向;

响应于所述一组发射波束,通过接收器阵列来生成经解调的数据,其中,所述经解调的数据包括多个波束总体数据集,所述多个波束总体数据集对应于所述多个发射波束方向中的每一个发射波束方向,并且其中所述多个波束总体数据集中的每一个波束总体数据集包括多个回波信号数据集,所述多个回波信号数据集对应于所述多个发射波束中的每一个发射波束;

获取对应于每个空间位置的多个波数向量和位置响应数据,其中,所述位置响应数据包括所述多个波束总体数据集的子集,所述多个波束总体数据集的该子集对应于所述多个发射波束方向的子集;

基于所述位置响应数据,确定多个多普勒频率值;

基于所述多个多普勒频率值和所述多个波数向量,确定每个空间位置的流体向量;以及

基于对应于所述感兴趣区域内的所述多个空间位置的所述流体向量,生成流体向量图像,其中,所述流体向量图像表示所述感兴趣区域中的血流的大小以及方向。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,确定所述多个多普勒频率值包括生成经波束成形的数据集,所述经波束成形的数据集对应于所述多个波束总体数据集的所述子集,并且其中所述经波束成形的数据集包括多个经波束成形的输出,所述多个经波束成形的输出是通过将对应于所述多个波束总体数据集的所述子集的回波信号数据集相组合来生成的。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,确定所述多个多普勒频率值包括:

基于所述多个经波束成形的输出,使用自动相关技术来确定多个相移值;

基于所述多个相移值来生成平均相移值;以及

计算所述平均相移值与对应于所述彩色流体扫描序列的脉冲重复间隔之间的比值,以生成多普勒频率值。

4. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,进一步包括通过高通滤波器来处理所述多个经波束成形的输出以生成多个无杂波的经波束成形的输出。

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,进一步包括通过平滑滤波器来处理所述多个无杂波的经波束成形的输出以生成多个平滑的经波束成形的输出。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,获取所述多个波数向量包括:

基于对应于每个空间位置和每个发射波束方向的回波信号数据集的到达时间来识别接收器子阵列;以及

基于将所述接收器子阵列的中心点与每一个空间位置连接的线,在所述多个波数向量之中确定波数向量。

7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,确定所述流体向量包括确定所述多个多普勒频率值的映射的最小二乘估计。

8. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,进一步包括在所述多个发射波束方向的所

述子集中的所述多个发射方向上对所述多个多普勒频率值执行多普勒角度校正。

9. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,执行所述多普勒角度校正包括:

将所述多个多普勒频率值重新投影到对应的流体向量上以生成多个经校正的多普勒频率值;以及

基于所述多个经校正的多普勒频率值的平均值来生成经校正的流体向量。

10. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,执行所述多普勒角度校正包括:

确定对应于所述多个发射波束方向的所述子集的多个平均相移值;

将所述多个平均相移值重新投影到对应的流体向量上以生成多个经校正的相移值;以

及

基于所述多个经校正的相移值的平均值来生成经校正的流体向量。

11. 一种用于超声流体成像的系统,包括:

系统前端单元,所述系统前端单元用于:

发射一组发射波束穿过感兴趣区域,所述感兴趣区域包括多个空间位置,其中,所述一组发射波束包括多个发射波束,所述多个发射波束对应于从彩色流体扫描序列中选出的多个发射波束方向中的每一个发射波束方向;

响应于所述一组发射波束,生成经解调的数据,其中,所述经解调的数据包括多个波束总体数据集,所述多个波束总体数据集对应于所述多个发射波束方向中的每一个发射波束方向,并且其中所述多个波束总体数据集中的每一个波束总体数据集包括多个回波信号数据集,所述多个回波信号数据集对应于所述多个发射波束中的每一个发射波束;

数字处理器单元,所述数字处理器单元通信耦合至所述系统前端单元并用于:

采集所述经解调的数据;

获取对应于每个空间位置的多个波数向量和位置响应数据,其中,所述位置响应数据包括所述多个波束总体数据集的子集,所述多个波束总体数据集的所述子集对应于所述多个发射波束方向的子集;

基于所述位置响应数据,确定多个多普勒频率值;

基于所述多个多普勒频率值和所述多个波数向量,确定每个空间位置的流体向量;以

及

基于对应于所述感兴趣区域内的所述多个空间位置的所述流体向量,生成流体向量图像,其中,所述流体向量图像表示所述感兴趣区域中的血流的大小以及方向;以及

显示设备,所述显示设备通信耦合至所述数字处理器单元并且用于显示所述流体向量图像。

12. 根据权利要求11所述的系统,其特征在于,所述数字处理器单元进一步用于生成经波束成形的数据集,所述经波束成形的数据集对应于所述多个波束总体数据集的所述子集,并且其中所述波束成形数据集包括多个经波束成形的输出,所述多个经波束成形的输出是通过将对应于所述多个波束总体数据集的所述子集的回波信号数据集相组合来生成的。

13. 根据权利要求12所述的系统,其特征在于,所述数字处理器单元进一步用于:

基于所述多个经波束成形的输出,使用自动相关技术来确定多个相移值;

基于所述多个相移值来生成平均相移值;以及

确定多普勒频率值为所述平均相移值与对应于所述彩色流体扫描序列的脉冲重复间隔之间的比值。

14. 根据权利要求12所述的系统,其特征在于,所述数字处理器单元进一步用于通过杂波抑制滤波器对所述多个经波束成形的输出进行处理以生成多个无杂波的经波束成形的输出。

15. 根据权利要求14所述的系统,其特征在于,所述数字处理器单元进一步用于通过平滑滤波器对所述多个无杂波的经波束成形的输出进行处理以生成多个平滑的经波束成形的输出。

16. 根据权利要求11所述的系统,其特征在于,所述数字处理器单元进一步用于:

基于对应于每个空间位置和每个发射波束方向的回波信号数据集的到达时间来识别接收子阵列;以及

基于将所述接收子阵列的中心点与每一个空间位置连接的线,在所述多个波数向量之中确定波数向量。

17. 根据权利要求11所述的系统,其特征在于,所述数字处理器单元进一步用于确定所述多个多普勒频率值的映射的最小二乘估计。

18. 根据权利要求11所述的方法,其特征在于,所述数字处理器单元进一步用于在所述多个发射波束方向的所述子集中的所述多个发射方向上对所述多个多普勒频率值执行校正操作。

19. 根据权利要求18所述的系统,其特征在于,为了执行对所述多个多普勒频率值的所述校正操作,所述数字处理器单元用于:

将所述多个多普勒频率值重新投影到对应的流体向量上以生成多个经校正的多普勒频率值;以及

基于所述多个经校正的多普勒频率值的平均值来生成经校正的流体向量。

20. 根据权利要求18所述的系统,其特征在于,所述数字处理器单元用于:

确定对应于所述多个发射波束方向的所述子集的多个平均相移值;

将所述多个平均相移值重新投影到对应的流体向量上以生成多个经校正的相移值;以及

基于所述多个经校正的相移值的平均值来生成经校正的流体向量。

21. 一种用于使用处理器单元来进行超声流体成像的非瞬态计算机可读存储介质,所述非瞬态计算机可读存储介质包括指令,所述指令命令所述处理器用于:

通过发射器阵列来发射一组发射波束穿过感兴趣区域,所述感兴趣区域包括多个空间位置,其中,所述一组发射波束包括多个发射波束,所述多个发射波束对应于从彩色流体扫描序列中选出的多个发射波束方向中的每一个发射波束方向;

响应于所述一组发射波束,通过接收器阵列来生成经解调的数据,其中,所述经解调的数据包括多个波束总体数据集,所述多个波束总体数据集对应于所述多个发射波束方向中的每一个发射波束方向,并且其中所述多个波束总体数据集中的每一个波束总体数据集包括多个回波信号数据集,所述多个回波信号数据集对应于所述多个发射波束中的每一个发射波束;

获取对应于每个空间位置的多个波数向量和位置响应数据,其中,所述位置响应数据

包括所述多个波束总体数据集的子集,所述多个波束总体数据集的所述子集对应于所述多个发射波束方向的子集。

基于所述位置响应数据,确定多个多普勒频率值;

基于所述多个多普勒频率值和所述多个波数向量,确定每个空间位置的流体向量;以及

基于对应于所述感兴趣区域内的所述多个空间位置的所述流体向量,生成流体向量图像,其中,所述流体向量图像表示所述感兴趣区域中的血流的大小以及方向。

用于超声流体成像的系统和方法

背景技术

[0001] 本说明书的实施例总的来说涉及超声成像,并且更具体地涉及用于生成表示对象的区域中的多个空间位置处的流体信息的流体向量图像的系统和方法。

[0002] 常规的超声成像系统包括超声换能器的阵列,该超声换能器的阵列用于向对象发射超声波束(发射器模式)并接收来自正被研究的该对象的反射波束。对于超声成像而言,该阵列通常具有被布置成一行且利用单独的电压驱动的多个换能器。可以选择施加电压的时延(或相位)和振幅来控制单个换能器产生超声。将这些超声波进行组合,以形成沿优选的波束方向行进并最终超声波,并且该最终超声波在波束上的选定点处聚焦。另外,通过改变施加电压的时延和振幅,可以在平面内对经聚焦的和受操控的波束进行扫描,来对对象进行成像。

[0003] 类似地,当采用换能器来接收经反射的波(接收器模式)时,将接收换能器处所产生的电压相加,从而使得最终信号指示从对象上的单个焦点反射回的超声波。与发射模式一样,通过将单独的时延(和/或相移)和增益赋予来自每个接受换能器的信号,可以实现对超声能量的这种集中的接收。这种形式的超声成像被称为“相控阵列扇形扫描”。该扫描包括一系列的测量,在该一系列的测量中,受操控的超声波被发射。随后在短暂的时间间隔之后将系统切换到接收模式,并且接收和存储经反射的超声波。通常,在每个测量期间在相同方向上操控发射和接收,以从声波束或扫描线上的一系列点处采集数据。当接收到经反射的超声波时,将接收器动态地聚焦在扫描线上的一连串范围内。

[0004] 在多线采集中,使用换能器元件来发射宽波束,该宽波束可以比单个经聚焦的发射波束要宽数倍。在单个发射事件期间发射宽超声波束可以在声穿透区域(insonified region)内同时地生成多个经反射的超声波,因而增加了成像帧率。

[0005] 通常,进一步处理经反射的波,以提供表示结构信息的灰度图像或表示感兴趣器官中的流体信息的经颜色编码的流体图像。常规的颜色流体成像依赖于血管上的波束-流体角度,受到限制。这样的依赖性给超声检查师带来了附加的责任,他们要解读彩色流体图像以得到流体方向。在最近几年里,提出了向量流体成像,该向量流体成像提供了流体速度的定量映射而不依赖波束-流体角度。基于三角测量的向量流体技术对于大面积的阵列而言有良好的效果。然而,对于小面积的阵列,相控阵列探头和创建具有足够的角度分离的子孔径可能是困难的。诸如血液斑点跟踪之类的技术可以提供较好的流体向量估计,但需要超快的、宽广的波束采集以覆盖视场。

发明内容

[0006] 根据本说明书的一个方面,公开了一种用于超声流体成像的方法。所述方法包括通过发射器阵列发射一组发射波束穿过具有多个空间位置的感兴趣区域。所述一组发射波束包括多个发射波束,该多个发射波束对应于从彩色流体扫描序列中选出的多个发射波束方向中的每一个发射波束方向。另外,所述方法包括通过接收器阵列响应于所述一组发射波束生成经解调的数据。所述经解调的数据包括多个波束总体数据集,该多个波束总体数

据集对应于所述多个发射波束方向中的每一个发射波束方向,并且所述多个波束总体数据集中的每一个波束总体数据集包括多个回波信号数据集,该多个回波信号数据集对应于所述多个发射波束中的每一个发射波束。所述方法还包括获取对应于每个空间位置的多个波数向量和位置响应数据。所述位置响应数据包括所述多个波束总体数据集的子集,所述多个波束总体数据集的该子集对应于所述多个发射波束方向的子集。另外,所述方法包括基于所述位置响应数据来确定多个多普勒频率值。此外,所述方法包括基于所述多个多普勒频率值和所述多个波数向量来确定每个空间位置的流体向量。所述方法还包括基于所述流体向量(所述流体向量对应于所述感兴趣区域内的所述多个空间位置)来生成流体向量图像。所述流体向量图像表示所述感兴趣区域中的血流的大小和方向。还公开了用于执行用于超声流体成像的所述方法的非瞬态计算机可读介质。

[0007] 根据本说明书的另一个方面,公开了一种用于超声流体成像的系统。所述系统包括系统前端单元,该系统前端单元用于发射一组发射波束穿过具有多个空间位置的感兴趣区域。所述一组发射波束包括多个发射波束,该多个发射波束对应于从彩色流体扫描序列中选出的多个发射波束方向中的每一个发射波束方向。所述系统前端单元进一步用于响应于所述一组发射波束来生成经解调的数据。所述经解调的数据包括多个波束总体数据集,该多个波束总体数据集对应于所述多个发射波束方向中的每一个发射波束方向,并且所述多个波束总体数据集中的每一个波束总体数据集包括多个回波信号数据集,该多个回波信号数据集对应于所述多个发射波束中的每一个发射波束。所述系统进一步包括数字处理器单元,该数字处理器单元通信耦合至所述系统前端单元并用于采集所述经解调的数据。所述数字处理器单元进一步用于获取对应于每个空间位置的多个波数向量和位置响应数据。所述位置响应数据包括所述多个波束总体数据集的子集,该多个波束总体数据集的所述子集对应于所述多个发射波束方向的子集。另外,所述数字处理器单元用于基于所述位置响应数据来确定多个多普勒频率值。所述数字处理器单元进一步用于基于所述多个多普勒频率值和所述多个波数向量来确定每个空间位置的流体向量。所述数字处理器单元还用于基于所述流体向量(所述流体向量对应于所述感兴趣区域中的所述多个空间位置)来确定流体向量图像。所述流体向量图像表示所述感兴趣区域中的血流的大小和方向。所述系统还包括显示设备,该显示设备通信耦合至所述数字处理器单元并且用于显示所述流体向量图像。

[0008] 根据本说明书的另一个方面,公开了一种使用了处理单元的用于超声流体成像的非瞬态计算机可读存储介质。所述非瞬态计算机可读存储介质包括指令,该指令用于命令所述处理器通过发射器阵列发射一组发射波束穿过包括多个空间位置的感兴趣区域。所述一组发射波束包括多个发射波束,该多个发射波束对应于从彩色流体扫描序列中选出的多个发射波束方向中的每一个发射波束方向。另外,所述非瞬态计算机可读介质包括附加的指令,该附加的指令用于命令所述处理器通过接收器阵列来响应于所述一组发射波束生成经解调的数据。所述经解调的数据包括多个波束总体数据集,该多个波束总体数据集对应于所述多个发射波束方向中的每一个发射波束方向,并且所述多个波束总体数据集中的每一个波束总体数据集包括多个回波信号数据集,该多个回波信号数据集对应于所述多个发射波束中的每一个发射波束。所述非瞬态计算机可读存储介质包括进一步的指令,该进一步的指令用于命令所述处理器获取对应于每个空间位置的多个波数向量和位置响应数据。

所述位置响应数据包括所述多个波束总体数据集的子集,该多个波束总体数据集的所述子集对应于所述多个发射波束方向的子集。所述非瞬态计算机可读介质包括附加的指令,该附加的指令用于命令所述处理器基于所述位置响应数据来确定多个多普勒频率值。进一步地,所述非瞬态计算机可读存储介质包括指令,该指令用于命令所述处理器基于所述多个多普勒频率值和所述多个波数向量来确定每个空间位置的流体向量。所述非瞬态计算机可读存储介质包括附加的指令,该附加的指令基于所述流体向量来生成流体向量图像,该流体向量图像对应于所述感兴趣区域内的所述多个空间位置。所述流体向量图像表示所述感兴趣区域中的血流的大小和方向。

附图说明

[0009] 当参考所附图阅读以下具体实施方式时,本发明的实施例的这些以及其他特征和方面将被更好地理解,类似的字符在整个附图中表示类似的部件,在附图中:

[0010] 图1是根据本说明书的各方面的超声流体成像系统的图解图示;

[0011] 图2是根据本说明书的各方面的存储器中的数据存储的示意性表示;

[0012] 图3是根据本说明书的各方面的空间位置处的波数向量的图示;以及

[0013] 图4是根据本说明书的各方面的用于超声流体成像的方法的流程图。

具体实施方式

[0014] 如下文中将详细描述,呈现了用于超声成像的系统和方法。更特别地,对系统和方法进行配置以用于生成表示感兴趣区域中的多个位置处的流体信息的流体向量图像。

[0015] 图1示出了根据本说明书的各方面的用于超声流体成像的系统100。系统100用于使用彩色流体扫描序列来探询感兴趣区域138。感兴趣区域138可包括例如运载血液的动脉。感兴趣区域138包括多个空间位置140。在一个实施例中,彩色流体扫描序列指的是一种扫描方案,其限定了用于超声成像的超声波束发射序列。进一步地,系统100用于接收在扫描期间生成的经反射的回波信号。系统100进一步用于处理接收到的回波信号并生成流体向量图像114,该流体向量图像114表示了感兴趣区域138中的多个空间位置140处的流体信息。多个空间位置140中的每一个位置处的流体信息包括血流的大小和方向。

[0016] 在本文中所构想的配置中,系统100包括:系统前端单元102,该系统前端单元102用于促进对诸如患者之类的感兴趣对象的扫描;数字处理器单元(DPU) 104;和显示设备108。另外,在一个实施例中,DPU104包括图形处理单元(GPU) 130、中央处理单元(CPU) 134、和存储器缓冲单元132。

[0017] 在一个实施例中,系统前端单元102包括脉冲生成器118,该脉冲生成器118用于生成发射脉冲120。系统前端单元102进一步包括发射-接收单元122,该发射-接收单元122通信耦合至脉冲生成器118并且用于基于以脉冲重复间隔隔开的多个发射脉冲来生成超声波束。系统前端单元102还包括换能器元件106的阵列,该换能器元件106的阵列通信耦合至发射-接收单元122并且用于在发射模式和接收模式这二者中进行操作。在发射模式中,换能器元件106的阵列用于将一组发射波束朝感兴趣区域138发射。该一组发射波束包括多个发射波束116,该多个发射波束116在多个发射波束方向142、144、146上被发射。

[0018] 如本文中所使用的术语“发射波束”指代朝感兴趣区域138发射的超声波束。沿多

个发射波束方向142、144、146中的一个或多个发射波束方向发射多个超声波束116。同样，如本文中所使用的术语“一组发射波束”指的是用于执行扫描过程的对应于多个发射波束方向的所有的发射波束。如本文中所使用的术语“彩色流体扫描序列”指的是基于该一组发射波束、多个发射方向和发射顺序的扫描方案。具体地，彩色流体扫描序列指定有效扫描所需的多个扫描参数。多个扫描参数包括但不限于：被表示为N的发射波束方向的数目、被表示为M的每个发射方向上的发射波束的数目、脉冲重复间隔 (PRI)、以及多个发射焦点距离值。可注意到，该一组发射波束包括多组发射波束，诸如沿多个发射波束方向142、144、146上被发射的发射波束116。在图1的示例中，系统前端单元102被描绘为沿多个发射波束方向142、144、146中的每一个发射波束方向发射三组发射波束116。系统前端单元102用于以PRI参数所指定的时间间隔快速连续地发射这三组发射波束116。总的来说，系统前端单元102用于按时间顺序沿多个发射波束方向142、144、146发射多组发射波束116。

[0019] 在撞击到感兴趣区域138之后，每个发射波束116从感兴趣区域138被反射回包括换能器元件106的阵列的系统前端单元102。在接收模式中，换能器元件106的阵列用于测量(感测)在扫描期间生成的多个经反射的回波信号。系统前端单元102中，发射-接收单元122用于接收在扫描期间生成的回波信号。如本文中所使用的术语“回波信号”指的是经反射的发射波束。系统前端单元102还包括用于处理接收到的回波信号的模数转换器 (ADC) 124和解调器126。

[0020] 另外，系统前端单元102用于响应于多组发射波束来生成经解调的数据112。在一个实施例中，经解调的数据112包括多个波束总体数据集，该多个波束总体数据集对应于多个发射波束方向142、144、146中的每一个发射波束方向。波束总体数据集是对于在对应的发射波束方向上的多个发射波束的组合响应。进一步地，多个波束总体数据集中的每一个波束总体数据集包括多个回波信号数据集，该多个回波信号数据集对应于多个发射波束116中的每一个发射波束。响应于对应的发射波束来生成回波信号数据集。在一些实施例中，对应于多个发射焦距值来生成多个回波信号数据集。

[0021] DPU 104通信耦合至系统前端单元102并且用于采集经解调的数据112并将经解调的数据112存储在存储器缓冲单元132中。在一个实施例中，DPU 104用于将经解调的数据112作为四维 (4D) 数据存储在存储器缓冲单元132中。4D数据包括多个三维 (3D) 扫描数据，由多个发射波束方向142、144、146对该三维扫描数据进行索引。3D扫描数据进而包括多个二维 (2D) 扫描数据，由多个发射波束116对该二维扫描数据进行索引。在一个实施例中，2D扫描数据包括多个复杂数据样本，由范围指标和信道指标对该多个复杂数据样本进行索引。多个复杂数据样本对应于多个空间位置140。范围指标表示对应于空间位置140的空间深度值，并且信道指标表示对应于空间位置140的空间宽度值。进一步地，多个复杂数据样本中的每一个复杂数据样本包括：第一样本，该第一样本对应于同相成分值，由I表示；第二样本，该第二样本对应于正交相位成分值，由Q表示。可注意到，可将对应于多个空间位置140的复杂数据样本以多个格式存储到存储器缓冲单元132中。

[0022] 在另一个实施例中，2D扫描数据包括多个经实值化的、经调制的射频 (RF) 数据样本，由范围指标和信道指标对该多个射频数据样本进行索引。可注意到，经实值化的RF数据样本对应于I-Q格式的复杂数据样本。可注意到，尽管经实值化的RF数据样本与I-Q格式的复杂数据样本等效，但经实值化的RF数据样本需要更多的内存以用于存储。在某些实施例

中,2D扫描数据表示对应于扫描过程期间的多个时刻的动态图像数据。在一个实施例中,可以将动态图像数据存储于网格中,对应于单行采集技术。在另一个实施例中,可以将动态图像数据存储于网格中,对应于多行采集技术。

[0023] 进一步地,DPU 104用于获取对应于每个空间位置140的多个波数向量148和位置响应数据。多个波数向量148中的每一个波数向量对应于空间位置140和波束方向142、144、146。对应于空间位置和发射波束方向的术语“波数向量”指的是位于该空间位置处的与波前(该波前由沿发射波束方向被发射的波束生成)正交的单位向量。

[0024] 在一个实施例中,在多个空间位置140中的每一个空间位置处针对多个发射波束方向142、144、146预计算多个波数向量148。进一步地,使用彩色流体扫描序列来预计算多个波数向量148。在一个实施例中,可将多个波数向量148存储在存储器缓冲单元132中,并且由CPU 134来检索该多个波数向量148。通过非限制性示例的方式,可将波数向量148存储在存储器缓冲单元132中的查找表中。在另一个实施例中,在处理经扫描的数据期间,实时地计算多个波数向量148。在这样的实施例中,可以由CPU 134或GPU 130来在第一时刻执行对波数向量148的计算,并将该对多个波数向量148的计算存储在存储器缓冲单元132中。进一步地,CPU134可在晚于第一时刻的第二时刻检索和存储波数向量148。将参考DPU 104对波数向量148的计算进行更详细地描述。

[0025] 此外,在一个实施例中,位置响应数据包括多个波束总体数据集的子集,多个波束总体数据集的该子集对应于多个发射波束方向的子集。多个波束总体数据集的子集在本文中被称为“总体子集”,并且多个发射波束方向的子集在本文中被称为“波束方向子集”。GPU 130还用于从存储器缓冲单元132接收总体子集和波束方向子集。在一个实施例中,可以基于系统前端单元102的几何尺寸和彩色流体扫描序列来确定空间位置140的波束方向子集。可离线地执行对总体子集和波束方向子集的确定,并且可以将其存储在存储器缓冲单元132中。

[0026] 在DPU 104内,CPU 134和GPU 130通信耦合至存储器缓冲单元132并且用于基于位置响应数据确定多个多普勒频率值。在一个实施例中,GPU 130用于确定对应于总体子集的经波束成形的数据集。经波束成形的数据集包括多个经波束成形的输出,该多个经波束成形的输出对应于沿发射波束方向发射的发射波束,该发射波束方向是从波束方向子集中选出的。通过将对应于总体子集的回波信号数据集进行组合来生成多个经波束成形的输出。

[0027] 进一步地,DPU 104用于基于多个经波束成形的输出来确定多个相移值。在一个实施例中,基于自动相关的技术被用于从多个经波束成形的输出中的一个经波束成形的输出中确定相移值。在另一个实施例中,可以使用频域方法来确定相移值。DPU 104进一步用于经由使用求平均操作来基于多个相移值确定平均相移值。

[0028] 另外,DPU 104用于将多普勒频率值确定为平均相移值与彩色流体扫描序列所指定的PRI的比值。在一个实施例中,可以由DPU 104使用杂波抑制滤波器(例如,高通滤波器)来处理多个经波束成形的输出,以生成多个无杂波的经波束成形的输出。使用多个无杂波的经波束成形的输出作为超声图像中的像素。在某些实施例中,可以进一步地由DPU 104使用平滑滤波器来处理上述多个无杂波的经波束成形的输出,以生成多个平滑的经波束成形的输出。在一个实施例中,DPU 104用于处理对应于多个空间位置140的多个像素,以生成多个平滑的经波束成形的输出。在另一个实施例中,DPU 104用于处理对应于多个像素的多个

像素值,以生成多个平滑的经波束成形的输出。在一个实施例中,可以使用无杂波的经波束成形的输出来确定多普勒频率值。在另一个实施例中,可以对多个平滑的经波束成形的输出进行处理以确定多普勒频率值。类似地,基于对应的多个经波束成形的输出,确定对应于多个发射波束方向的多个多普勒频率值。

[0029] 在另一个实施例中,DPU 104用于基于总体数据集来获取对应于每个空间位置的空间滞后值。具体地,基于轴向互相关技术确定空间滞后值。在一个实施例中,轴向互相关技术包括基于经实值化的RF数据样本来确定对应于每个空间位置的2D互相关。另外,确定2D互相关的最大值。对应于最大值的一个空间滞后值被确定为空间滞后值。进一步地,对应于给定的发射波束的、多个空间位置的多个空间滞后值的平均值被确定为平均的空间滞后值。平均的空间滞后值表示对应于给定的发射波束的轴向流体速度。可进一步地注意到,空间滞后值与对应于每个空间位置的相移值相等,并且平均的空间滞后值通过缩放因子与对应位置处的多普勒频率值相关联。

[0030] 进一步地,DPU 104用于确定对应于多个发射波束方向的多个轴向流体速度值。确定多个轴向流体速度值包括使用互相关技术基于总体子集来确定多个空间滞后值。另外,确定多个轴向流体速度值包括基于多个空间滞后值来确定平均空间滞后值。进一步地,确定多个轴向流体速度值包括计算平均空间滞后值与对应于彩色流体扫描序列的PRI的比值,以生成轴向流体速度值。可注意到,可以使用对应于多个发射波束方向的多个轴向流体速度值以代替等式(1)中的多个多普勒频率值来确定流体速度向量。

[0031] 在一个实施例中,DPU 104可用于确定对应于空间位置140和多个发射波束116的多个波数向量148。DPU 104用于确定每个空间位置140的波束方向子集。可注意到,波束方向子集包括对应于每个空间位置140的多个相关的发射波束方向。如果沿发射波束方向发射的发射波束生成对应于空间位置140的一个或多个回波信号,则认为该发射波束方向与该空间位置140是相关的。

[0032] 进一步地,DPU 104用于识别对应于相关发射波束方向的子集中的每一个发射波束方向的接收器子阵列。接收器子阵列指的是换能器元件106的阵列中的多个换能器元件,该多个换能器元件接收由沿特定发射波束方向发射的发射波束在空间位置处生成的响应信号。在一个示例中,DPU 104用于识别多个换能器元件,该多个换能器元件从空间位置处接收具有相似的到达时间(TOA)的响应信号。本文中所使用的术语“到达时间(TOA)”指的是声波从空间位置140传播至换能器元件106的阵列中的换能器元件所用的时间。接收器子阵列包括多个这样的换能器元件。响应于沿发射波束方向生成的波前,生成对应于空间位置的响应信号。在一个实施例中,对在平均TOA值上下约-5%到约5%的范围内的TOA进行考虑,以用于识别接收器子阵列中的多个换能器元件。波数向量被确定为将接收器子阵列的中心点与空间位置连接的线。在一个实施例中,基于平均TOA值来识别接收器子阵列的中心点。在另一个实施例中,基于接收器子阵列的中点来确定接收器子阵列的中心点。在一个实施例中,接收器子阵列可以包括所有的换能器元件106。

[0033] DPU 104进一步用于基于多个多普勒频率值和多个波数向量来确定每个空间位置140的流体向量。感兴趣区域138中空间位置140处的流体向量表示空间位置140处的血流的大小和方向。可注意到,多普勒频率值是在空间位置处的流体向量在对应的波束向量上的投影。在一个实施例中,将多个多普勒频率值和多个波数向量关联起来的矩阵等式被表述

如下：

$$\begin{bmatrix} \mu_1 \\ \vdots \\ \mu_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1^x & w_1^y \\ \vdots & \vdots \\ w_N^x & w_N^y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \end{bmatrix} \quad (1)$$

[0034] 在等式(1)中， μ_1 是对应于第一发射波束方向的多普勒频率， μ_N 是对应于第N发射波束方向的多普勒频率， v_x 是流体向量的第一坐标分量， v_y 是流体向量的第二坐标分量， w_1^x 、 w_1^y 是对应于第一发射波束方向的第一波数向量的坐标，并且 w_N^x 、 w_N^y 是对应于第N发射波束方向的第N波数向量的坐标。在另一个实施例中， μ_1 可以表示对应于第一发射波束方向的轴向流体速度，并且 μ_N 可以表示对应于第N发射波束方向的轴向流体速度。

[0035] 在一个实施例中，通过确定等式(1)的最小二乘解来估计流体向量。DPU 104用于确定流体向量作为多个多普勒频率值的映射的最小二乘估计。

[0036] 进一步地，DPU 104还用于确定对应于其他空间位置140的多个流体向量。DPU 104还用于基于多个流体向量(该多个流体向量对应于感兴趣区域138内的多个空间位置140)来生成流体向量图像114。在一个实施例中，DPU 104进一步用于基于流体数据来在多个发射波束方向上对于多个多普勒频率值执行多普勒角度校正操作。多普勒角度校正提供了对流体向量大小的改进的估计。

[0037] 在某些实施例中，DPU 104可以用于通过将多个多普勒频率值中的每一个多普勒频率值重新投影到对应的流体向量的方向上的单位向量上来执行多普勒角度校正，从而生成多个经校正的多普勒频率值。多个经校正的多普勒频率值对应于多个发射波束方向。特别地，DPU 104用于确定对应于空间位置140的波数向量与流体向量之间的多普勒角。多普勒角的余弦被用于缩放对应的多普勒频率值，以生成经校正的多普勒频率值。此外，通过对多个经校正的多普勒频率值进行求平均，确定对应于空间位置140的经校正的平均多普勒频率值。同样，基于经校正的平均多普勒频率值，确定空间位置140处的经校正的流体向量。

[0038] 在另一个实施例中，DPU 104可以用于通过将对应于多个多普勒频率值的多个平均相移值中的每一个平均相移值重新投影到对应的流体向量上来执行多普勒角度校正，从而生成多个经校正的相移值。多个经校正的相移值对应于多个发射波束方向。使用对应于多个波数向量的多个多普勒角来校正多个相移值。另外，计算多个经校正的相移值的平均值以确定经校正的平均相移值。以PRI来缩放经校正的平均相移值，以确定对应于空间位置140的经校正的平均多普勒频率值。基于经校正的平均多普勒频率值，确定对应于空间位置140的经校正的流体向量。

[0039] 另外，在一些实施例中，DPU 104可用于在多个发射波束方向的子集中的多个发射方向上对多个轴向流体速度值执行校正操作。在一个实施例中，多个平均空间滞后值被用于校正操作。具体地，将多个平均空间滞后值重新投影到对应的流体向量上，以生成多个经校正的空间滞后值。进一步地，基于多个经校正的空间滞后值的平均值来生成经校正的流体向量。

[0040] 在一个实施例中，存储器缓冲单元132包括非瞬态计算机可读介质，该非瞬态计算机可读介质具有用于使至少一个处理单元能够生成流体向量图像114的指令。具体地，该指令用于使至少一个处理单元能够使用发射器阵列来发射一组发射波束穿过包括多个空间位置的感兴趣区域。该一组发射波束包括对应于从彩色流体扫描序列中选出的多个发射波

束方向中的每一个发射波束方向的多个发射波束。另外,所述指令进一步使至少一个处理单元能够使用接收器阵列响应于所述一组发射波束生成解调的数据。解调的数据包括多个波束总体数据集,该多个波束总体数据集对应于多个发射波束方向中的每一个发射波束方向。多个波束总体数据集中的每一个波束总体数据集包括多个回波信号数据集,该多个回波信号数据集对应于多个发射波束中的每一个发射波束。该指令还使至少一个处理单元能够获取对应于每个空间位置的多个波数向量和位置响应数据。位置响应数据包括多个波束总体数据集的子集,多个波束总体数据集的该子集对应于多个发射波束方向的子集。该指令进一步地使至少一个处理单元基于位置响应数据来确定多个多普勒频率值。该指令使至少一个处理单元能够基于多个多普勒频率值和多个波数向量确定每个空间位置的流体向量。该指令还使至少一个处理单元能够基于对应于感兴趣区域内的多个空间位置的流体向量来生成流体向量图像。该流体向量图像表示感兴趣区域中的血流的大小和方向。

[0041] 显示设备108通信耦合至DPU 104并且用于至少显示流体向量图像114。流体向量图像114的每个像素包括感兴趣区域138中的运动大小和方向。大小表示感兴趣区域138中血流的速度,且方向表示感兴趣区域138中血流的方向。在一个实施例中,由颜色值来表示方向。例如,较高的亮度值可表示较高的血流速度。同样,可使用蓝色来表示远离用户(诸如临床医生)的血流方向,并且可使用红色来表示朝向用户的血流方向。

[0042] 图2是根据本说明书的各方面的被存储在存储器中的4D扫描数据的一个示例的示意图200。示意图200示出了由多个发射波束方向进行索引的多个3D数据集202、204、206。由N来表示扫描过程中所使用的发射波束方向的数目。虽然在图2的示例中仅仅示出了三个发射波束方向,但可以在通常的扫描步骤中使用超过一百个发射波束方向。

[0043] 多个3D数据集202、204、206中的每一个3D数据集包括多个2D数据集208,该多个2D数据集208由沿对应的发射波束方向发射的发射波束进行索引。由M来表示上述发射波束方向中的每一个发射波束方向上的发射波束的数目。在一个实施例中,发射波束的数目M可以具有5的值。在另一个实施例中,发射波束的数目M可以具有8的值。类似地,其他示例可使用M的不同的值。

[0044] 多个2D数据集208中的每一个2D数据集包括多个像素214,该多个像素被布置成2D阵列,该2D阵列由多个范围值210和多个信道数目212进行索引。由r来表示范围指标,并由k来表示信道指标。范围指标r可以具有从1到R的范围内的值,并且信道指标k可以具有从1到K的范围内的值。在一个实施例中,范围指标r表示两百五十六个离散范围值($R=256$),并且信道指标k表示一百二十八个信道数目($K=128$)。可注意到, $M=5$ 、 $N=100$ 、 $R=256$ 的扫描过程和一百个换能器元件所生成的4D数据需要约10MB的内存以用于存储。

[0045] 转至图3,描绘了示出根据本说明书的各方面的确定空间位置处的波数向量的示意图300。示意图300描绘了换能器阵列302和沿两个发射波束方向发射的两个发射波束304和306。参考标记308表示空间位置。在示意图300中还描绘了对应于第一发射波束304的第一波前310和对应于第二发射波束306的第二波前312。识别与在空间位置308交叉的上述两个波前310、312。示意图300还描绘了对应于第二发射波束306的第一接收子阵列314以及对应于第一发射波束304的第二接收子阵列316。将第一接收子阵列314的中心点与空间位置308相连接的第一线318确定第一波数向量324。将第二接收子阵列316的中心点与空间位置308相连接的第二线320确定第二波数向量322。在所示的实施例中,波数向量322、324

是单位向量。

[0046] 图4是根据本说明书的各方面的用于超声流体成像的方法400的流程图。方法400包括通过发射器阵列发射一组发射波束穿过包括多个空间位置的感兴趣区域,如步骤402中所示的那样。该一组发射波束包括对应于从彩色流体扫描序列中选出的多个发射波束方向中的每一个发射波束方向的多个发射波束。在一个实施例中,该一组发射波束包括N个发射波束。沿多个发射波束方向中的每一个发射波束方向发射一组发射波束。每一组发射波束包括以PRI参数所指定的时间间隔来快速连续地发射的M个发射波束。参数N、M和PRI是由彩色流体扫描序列来指定的。在一个实施例中,在扫描期间采用约一百个发射波束方向,并沿每个发射波束方向采用三到十六个发射激发。作为一个示例,可在扫描中使用从约62.5微秒到约128微秒的范围内的PRI参数。多个发射波束还可以被称为“包”,并且多个发射波束中的每一个发射波束可以被称为“激发”。可注意到,血流在不同类型的血管中具有不同的速度。血流的一个示例是速度在约0.03cm/s到约40cm/s的范围内。

[0047] 进一步地,如步骤404所指示的,方法400包括通过接收器阵列响应于一组发射波束来生成经解调的数据。经解调的数据包括多个波束总体数据集,该多个波束总体数据集对应于多个发射波束方向中的每一个发射波束方向。多个波束总体数据集中的每一个波束总体数据集包括多个回波信号数据集,该多个回波信号数据集对应于多个发射波束中的每一个发射波束。波数总体数据集是对每个发射波束方向上的多个发射波束的组合响应。响应于发射波束来生成回波信号数据集。

[0048] 接着,在步骤406处,获取对应于每个空间位置的多个波数向量和位置响应数据。在一个实施例中,位置响应数据包括对应于多个发射波束方向的子集(在本文中被称作波束方向子集)的多个波束总体数据集的子集(在本文中被称作总体子集)。多个发射波束方向的波束方向子集包括一个或多个发射波束方向,该一个或多个发射波束方向与生成来自空间位置的响应信号相关。总体子集的响应信号被用于生成对应于空间位置的经波束成形的输出。确定对应于多个发射波束方向和空间位置的多个波数向量。对于每个发射波束方向,确定接收器子阵列。在一个实施例中,基于对应于每个空间位置和每个发射波束方向的回波信号数据集的TOA来识别接收器子阵列。使用将接收器子阵列的中心点与空间位置相连接的线来确定对应于空间位置和发射波束方向的波数向量。

[0049] 在步骤408处,基于位置响应数据来确定多个多普勒频率值。具体地,对于波束方向子集中的一个发射波束方向确定一个多普勒频率值。通过将多个回波信号数据集中的每一个回波信号数据集进行组合来生成多个经波束成形的输出。可以使用自动相关技术基于波束成形信号确定相移值。以类似的方式来确定对应于多个发射波束的多个相移值。通过对多个相移值进行求平均来确定平均相移值。对应于特定的发射波束方向的多普勒频率值被确定为平均相移值与脉冲重复间隔的比值。

[0050] 进一步地,基于多个多普勒频率和多个波数向量来确定每个空间位置的流体向量,如步骤410所描绘的那样。在一个实施例中,基于多个多普勒频率值和多个波数向量来确定流体向量。通过示例的方式,在一些实施例中,可使用等式(1)来确定流体向量。具体地,等式(1)将每个波束向量与对应的多普勒频率值相关联以作为流体向量的投影。等式(1)的矩阵的最小二乘解提供了对流体向量的估计。可以以类似的方式确定对应于多个空间位置的多个流体向量。

[0051] 另外,在步骤412处,基于对应于感兴趣区域内的多个空间位置的估计的流体向量来生成流体向量图像。在一个实施例中,利用颜色值来表示流体向量的方向。在一个示例中,可由蓝色来表示远离观察者移动的第一方向,并由红色来表示朝向观察者移动的第二方向。在另一个实施例中,可由灰度值来表示流体向量的大小,该流体向量的大小表示了液体运动的速度。

[0052] 如上文所述的用于流体成像的系统和方法用于使用标准超声图像数据集来确定流体向量图像,该流体向量图像表示感兴趣区域中的血流的大小和方向。这些系统和方法被设计为在超声系统中与常规向量流体成像技术共存。在一些实施例中,可以通过操作者选择用户界面选项来实现该用于流体成像的系统和方法,或者该用于流体成像的系统和方法可以是自动化技术。另外,可注意到,该用于流体成像的强大的系统和方法不取决于血管中的超声波束方向与流体方向之间的角度,并且使超声检查师无需解读彩色流体图像得到流体方向。另外,该用于流体成像的系统和方法适于小面积的阵列,并且不需要超快的、宽广的波束采集以覆盖视场。该用于流体成像的系统和方法所生成的流体向量图像克服了空间位置处的流体方向的不确定性,由此使得能够容易地解读感兴趣区域中的血流。

[0053] 应理解,不一定上述所有这些目标或优点都可根据任何特定实施例实现。因此,例如,本领域的技术人员将认识到本文描述的系统和技术可按实现或优化本文所教导的一个优势或一组优势的方式来具体化或改善,而不一定要同时实现本文可能教导或提出的其他目的或优势。

[0054] 尽管只结合有限数量的实施例详细描述了本技术,但应当容易地理解,本说明书不限于这些所公开的实施例。相反,本技术可被修改以包括至此未描述的但与权利要求书的精神和范围相称的任何数量的变型、更改、替换、或等效布置。另外,尽管描述了本技术的各实施例,但将理解,本说明书的各方面可只包括所描述的实施例中的一些。因此,说明书不被视为由前述说明限制,而仅由所附权利要求的范围限制。

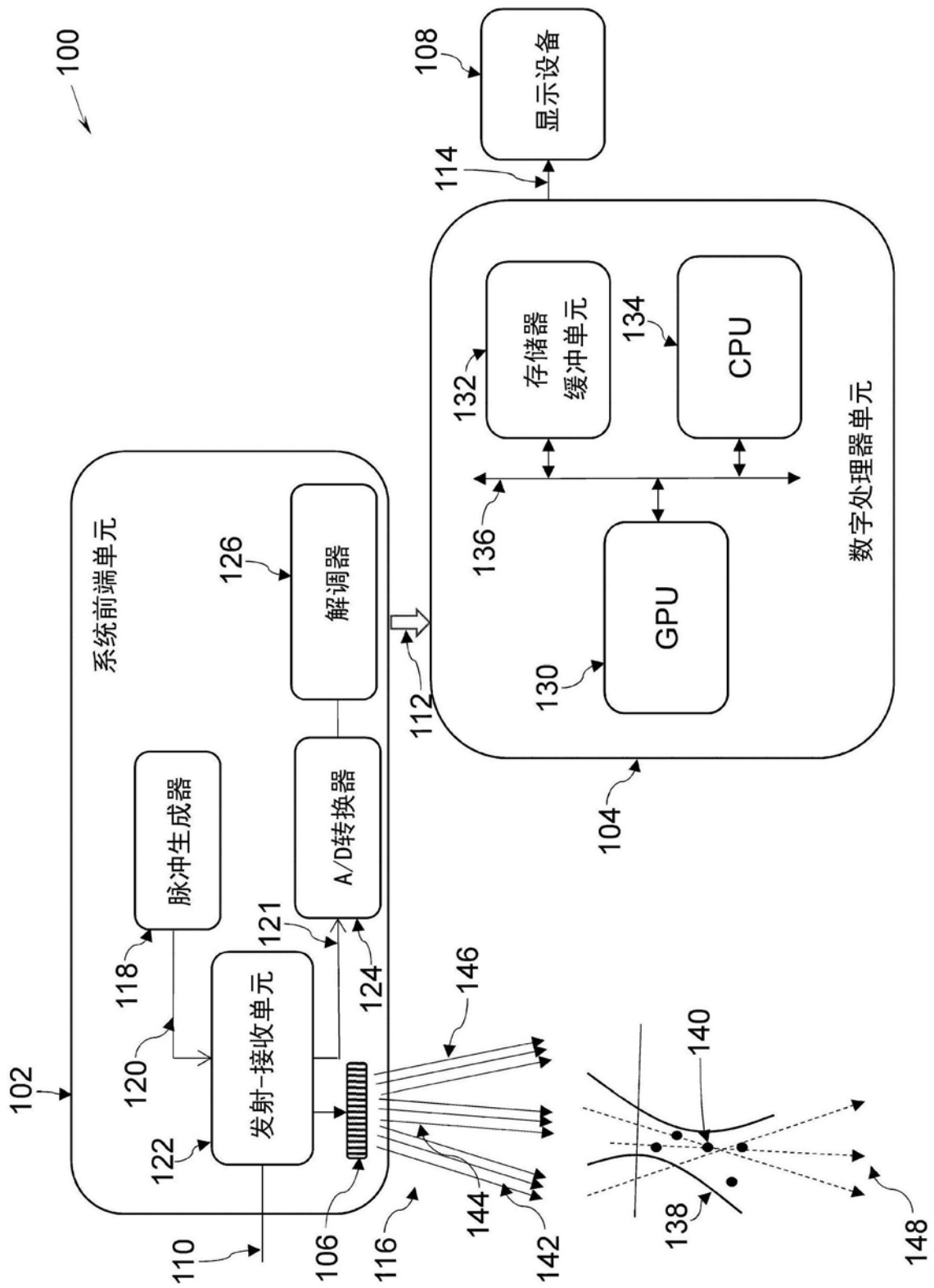


图1

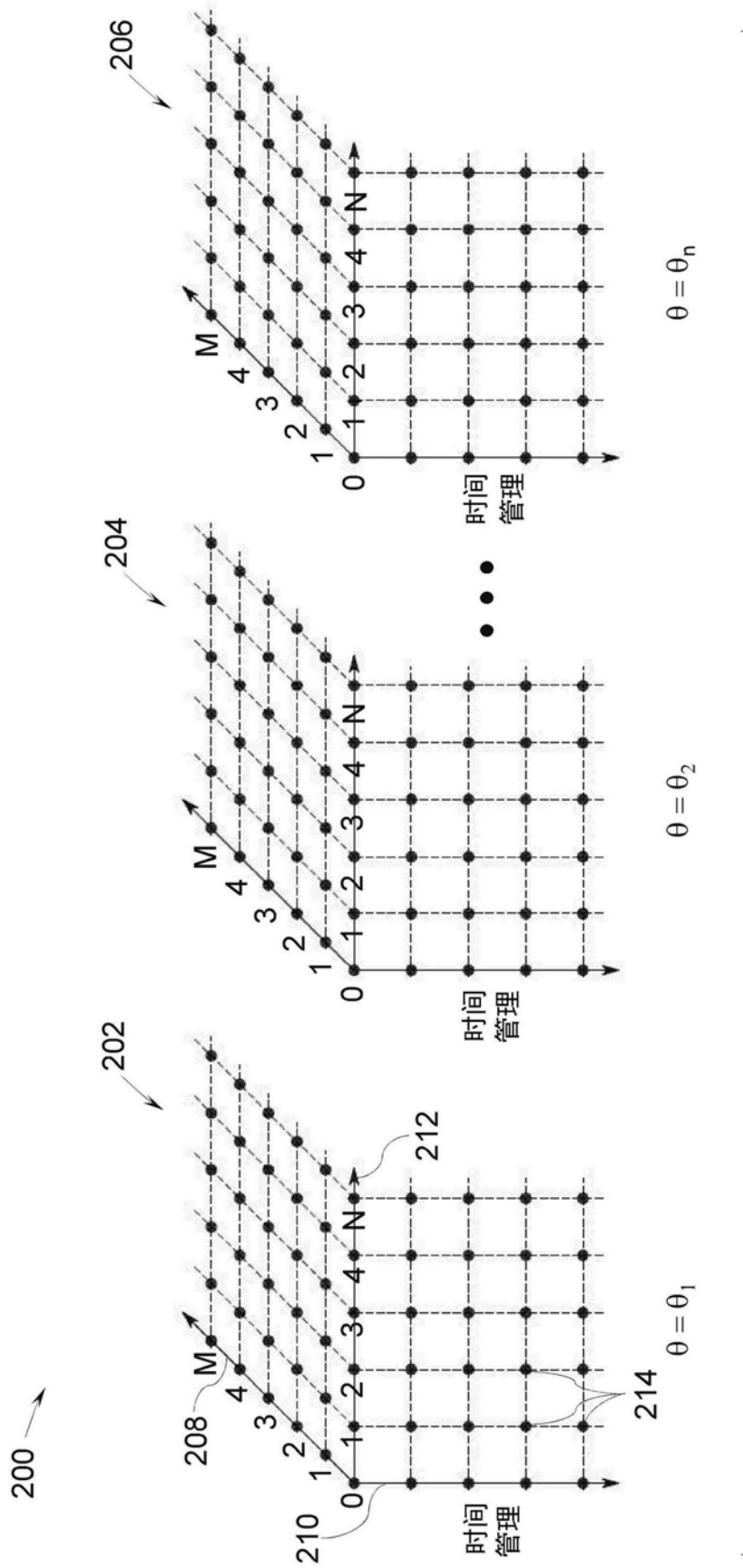


图2

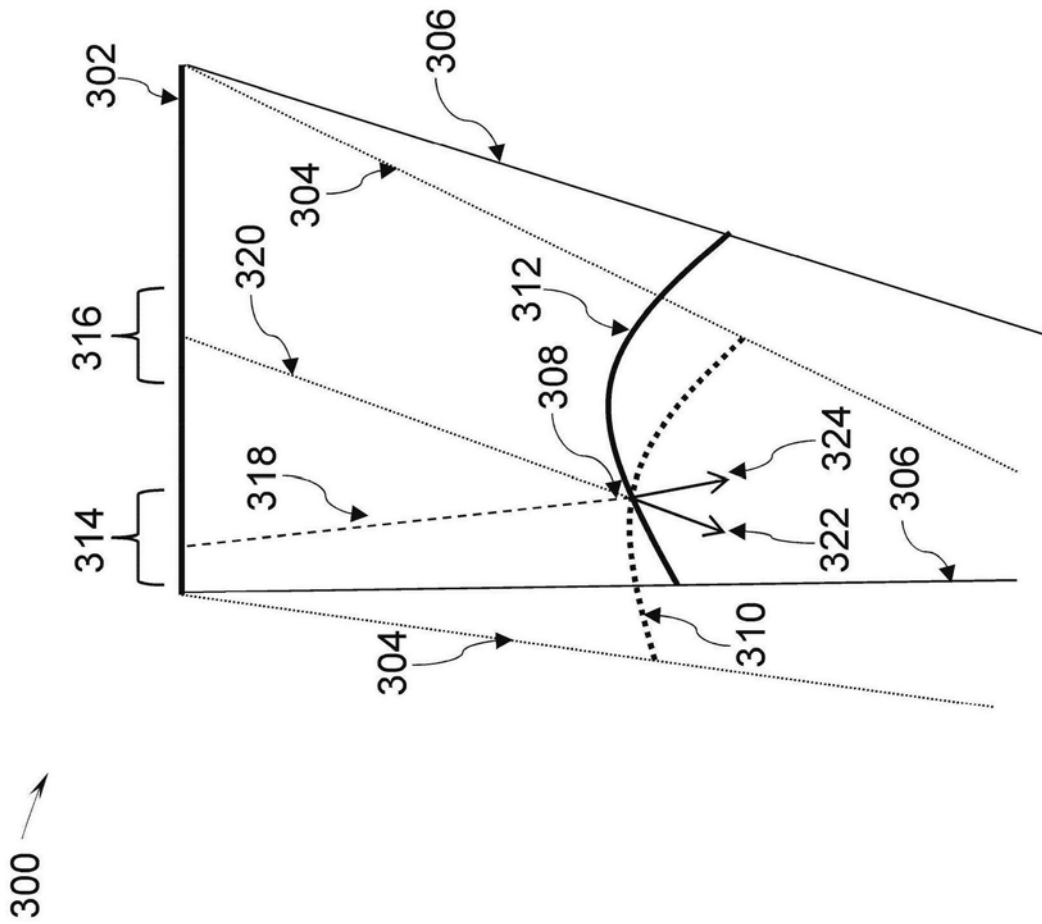


图3

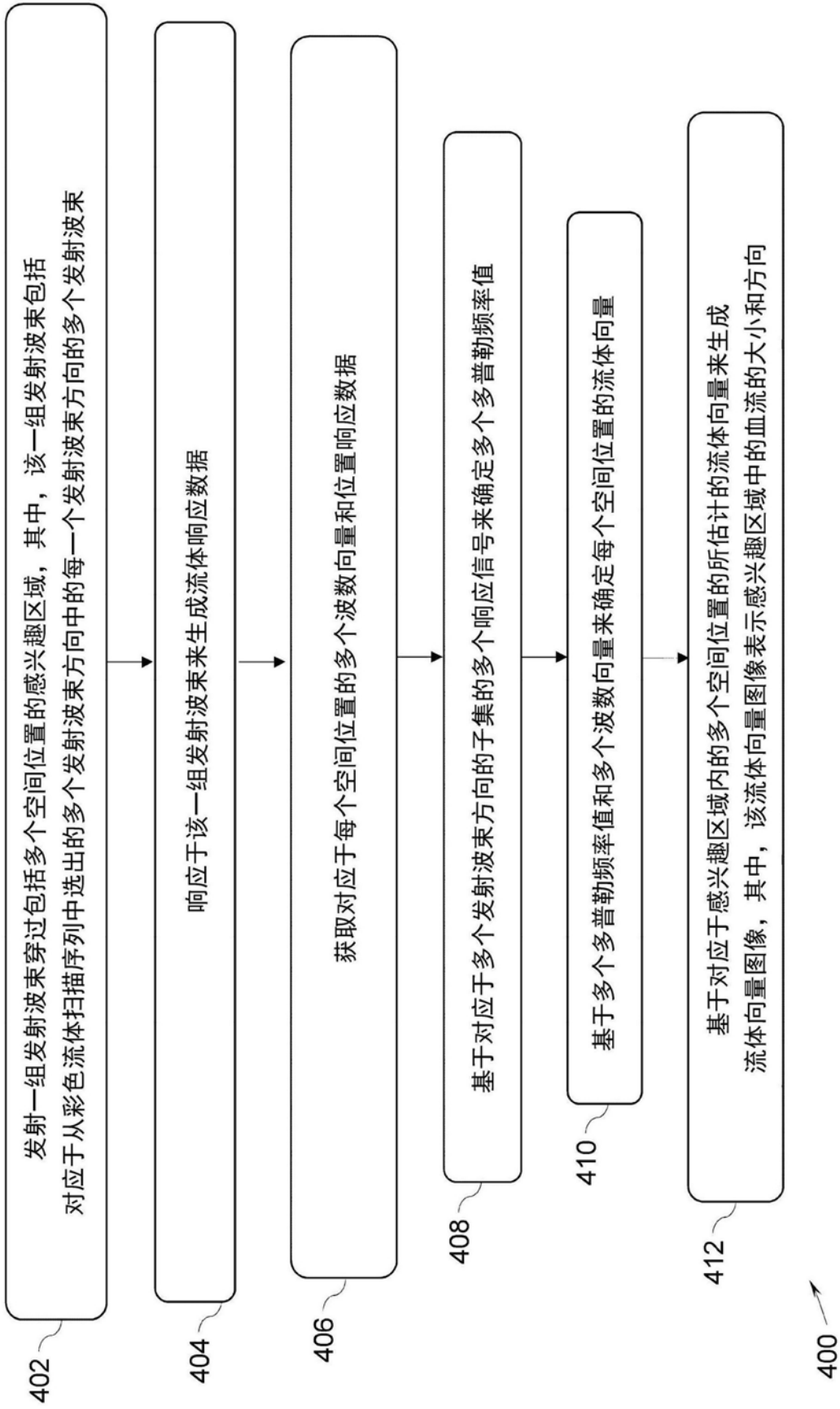


图4

专利名称(译)	用于超声流体成像的系统和方法		
公开(公告)号	CN110037740A	公开(公告)日	2019-07-23
申请号	CN201910018208.9	申请日	2019-01-09
[标]申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
当前申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
发明人	拉尔夫·托马斯·霍特		
IPC分类号	A61B8/06		
CPC分类号	A61B8/06 A61B8/488 A61B8/5207 G01S15/8927 G01S15/8979 G01S15/8984 A61B8/461		
优先权	15/871090 2018-01-15 US		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种用于超声流体成像的方法，该方法包括发射一组发射波束穿过具有多个空间位置的感兴趣区域。所述方法进一步地包括响应于该组发射波束来生成解调的数据。进一步地，所述方法包括获取对应于每个空间位置的多个波数向量和位置响应数据。另外，所述方法包括基于位置响应数据来确定多个多普勒频率值以及基于该多个多普勒频率值和多个波数向量来确定每个空间位置的流体向量。所述方法还包括基于对应于感兴趣区域内的多个空间位置的流体向量来生成流体向量图像，其中，流体向量图像表示了感兴趣区域中的血流的大小以及方向。

