



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108078590 A  
(43)申请公布日 2018.05.29

(21)申请号 201810006027.X

(22)申请日 2018.01.03

(71)申请人 声泰特(成都)科技有限公司  
地址 610041 四川省成都市高新区高朋大道5号

(72)发明人 刘西耀 石丹 王立 刘东权

(74)专利代理机构 四川力久律师事务所 51221  
代理人 韩洋 刘童笛

(51)Int.Cl.  
A61B 8/06(2006.01)  
A61B 8/00(2006.01)

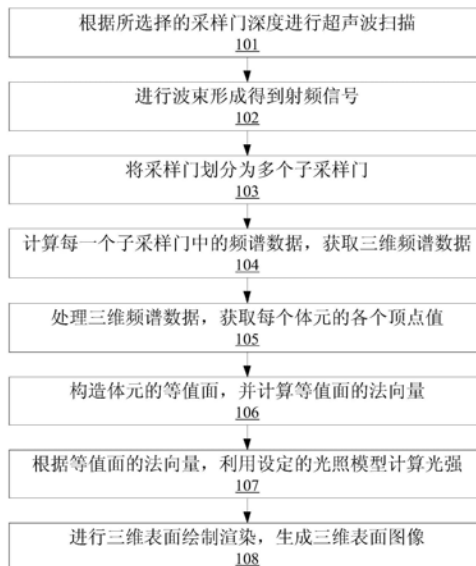
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

基于超声频谱多普勒的血流动力学可视化方法与系统

(57)摘要

本发明公开了一种基于超声频谱多普勒的血流动力学可视化方法和系统,其计算量小,存储资源消耗低,且测量结果准确度高,能够直观快速地呈现特定血流动力参数。该方法包括:获取采样门数据,根据所选择的采样门深度进行超声波扫描;根据采样门的位置将回波信号进行波束形成得到射频RF信号;将采样门划分为多个子采样门;计算每一个子采样门中的频谱数据,获取三维频谱数据;逐个处理三维频谱数据组成的体数据场中的每个体元,获取每个体元的各个顶点值;根据体元的各个顶点值是否在设定的阈值或者阈值范围内,来构造该体元的等值面,并计算等值面的法向量;利用设定的光照模型计算光强;根据计算的光强进行三维表面绘制渲染,生成三维表面图像。



1. 一种基于超声频谱多普勒的血流动力学可视化方法,其特征在于,所述方法包括:

获取采样门数据,根据所选择的采样门深度进行超声波扫描;根据采样门的位置将回波信号进行波束形成得到射频RF信号;沿着扫描线方向,将采样门划分为多个子采样门;对射频信号进行处理,计算每一个子采样门中的频谱数据,并将频谱按照时间序列排列以获取三维频谱数据;逐个处理三维频谱数据组成的体数据场中的每个体元,获取每个体元的各个顶点值;根据体元的各个顶点值是否在设定的阈值或者阈值范围内,来构造该体元的等值面,并计算等值面的法向量;根据等值面的法向量,利用设定的光照模型计算光强;根据计算的光强进行三维表面绘制渲染,生成三维表面图像。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法包括:在获取采样门数据时,显示参考多普勒频谱,并校正基线到一个频谱图像不发生正负频混叠的位置。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述子采样门的数量小于采样门中采样点的总数量,且子采样门包含的采样点数量大于或者等于十。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法包括:采用傅立叶变换、幅度相位估计APES或者Capon算法等对射频信号进行处理来生成频谱,并将其按时间方向排列来获取三维频谱数据。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述构造该体元内部的等值面包括:从多个子采样门中获取的三维频谱数据中抽取出所有未跨越设定的阈值或阈值范围的顶点,将这些顶点连接成包括多个面片的曲面,以构造该体元内部的等值面。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述等值面的法向量包括等值面上各面片各顶点的法向量,并通过计算各面片各顶点在等值面的梯度矢量来获取。

7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,所述方法包括:把等值面上的一个面片当作一个像素点来进行光强计算,利用等值面上各面片各顶点法向量的平均值作为主方向向量来计算光强。

8. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法包括:根据设定的阈值或阈值范围,从多个子采样门中获取的三维频谱数据中抽取出所有具有相同阈值或阈值范围的体素的集合,通过插值将这些体素连接成多个三角面片,连接这些三角面片来形成包括多个三角面片的曲面,以构造该体元内部的等值面。

9. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,所述方法包括:通过计算各个体素的各个角点在等值面的梯度矢量来获取等值面上各三角面片各顶点的法向量;分别利用三角面片各顶点的法向量来计算光强。

10. 用于实施根据权利要求1至9中任一项所述方法的系统,其特征在于,所述系统包括依次与超声探头连接的波束合成模块、超声信号处理模块、三维成像模块以及显示终端;其中,所述超声信号处理模块包括回波信号解调单元、子采样门划分单元和子采样门处理单元;三维成像模块包括体数据处理单元、等值面构造单元、法向量计算单元和光强计算单元。

## 基于超声频谱多普勒的血流动力学可视化方法与系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及超声成像技术领域,尤其涉及一种基于超声频谱多普勒的血流动力学可视化方法与系统。

### 背景技术

[0002] 彩色血流成像是把体内血流速度分布进行彩色编码以实时显示。在医学超声心血管疾病检测应用中,通过提供血流的方向、速度和紊动信息,可以决定血流的流速及其速度分布,以达到辅助医生诊断的目的。传统的血流成像一般先采用时域相关方法获取血流速度、方差和能量等表征血流状态的参数,然后经过彩色编码成像以提供给使用者。传统方法的不足在于得到的血流信息是一定区域内的平均信息,对一些关键部位很难进行细致深入的定量分析。

[0003] 频谱多普勒方法通过向被称为取样门的同一空间位置上聚焦发射重复的散射冲击信号来计算在取样门内的速度分布,并以频谱图形式显示速度分布信息。频谱图是一个随着时间改变的图表,在一个方向上表示时间,另一个方向上表示速度。传统的频谱多普勒是将属于同一个采样门内的基复信号进行平均从而计算得到时间序列上的频谱。时间序列也称为时间维度。

[0004] 申请号分别为201210023490.8和201410360208.4中国专利申请提出的血流运动可视化方法,可以实现深度-速度,时间-速度和时间-深度的可视化平面。进一步讲,所提出的多取样门频谱多普勒技术可以产生三维血流速度成像和血管内血流速度及方差空间分布的实时显示。尽管如此,由多普勒频谱得到的血流速度是以速度分布(例如深度-速度和时间-速度剖面)或者平均/中心速度(时间-深度剖面)的方式显示,这使得一些细节的血液动力学参数不能很直观快速的显示。

[0005] 而且传统频谱多普勒存在的缺陷是当采样门中的数据被求和时,血流的空間信息会丢失。因此,血流的紊动信息常常通过采样中的频谱宽度或流速传播来推断。然而,由于距离血管壁的距离不同,血管中的层流血流的速度剖面是类似于一个抛物线形式。因此,流速的空间信息与速度分布具有同等的重要性。利用多取样门技术解决了评估血管内血流速度及方差的空间分布的问题,但现有技术采用的体绘制可视化方法,是一种直接由三维数据场产生屏幕上二维图像的技术。其优点是可以探索物体的内部结构,可以描述非常定形的物体;缺点是数据存储量大,计算时间较长。例如,光线追踪需要从视平面的当前像素投射出一条光线,在重构后的包围盒内以一定步长沿光线行进,得到一系列采样点坐标(传统上是取整),根据坐标重建表查询体素,直到满足一定条件光线终止。可以看到这个步骤中视平面每个像素都需要投射一条光线,迭代步进,同时包含大量的三维寻址与插值操作,计算量极大。一方面使得三维呈现计算开销比较大,另一方面,又无法直接获取一些细节的血液动力学参数进行直观快速的可视化三维成像。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的之一至少在于,针对如何克服上述现有技术存在的问题,提供一种基于超声频谱多普勒的血流动力学可视化方法与系统,其计算量小,存储资源消耗低,且测量结果准确度高,能够直观快速地呈现特定血流动力学参数。

[0007] 为了实现上述目的,本发明采用的技术方案包括以下各方面。

[0008] 一种基于超声频谱多普勒的血流动力学可视化方法,其包括:

[0009] 获取采样门数据,根据所选择的采样门深度进行超声波扫描;根据采样门的位置将回波信号进行波束形成得到射频RF信号;沿着扫描线方向,将采样门划分为多个子采样门;对射频信号进行处理,计算每一个子采样门中的频谱数据,并将频谱按照时间序列排列以获取三维频谱数据;逐个处理三维频谱数据组成的体数据场中的每个体元,获取每个体元的各个顶点值;根据体元的各个顶点值是否在设定的阈值或者阈值范围内,来构造该体元的等值面,并计算等值面的法向量;根据等值面的法向量,利用设定的光照模型计算光强;根据计算的光强进行三维表面绘制渲染,生成三维表面图像。

[0010] 优选的,所述方法包括:在获取采样门数据时,显示参考多普勒频谱,并校正基线到一个频谱图像不发生正负频混叠的位置。

[0011] 优选的,所述子采样门的数量小于采样门中采样点的总数量,且子采样门包含的采样点数量大于或者等于十。

[0012] 优选的,所述方法包括:采用傅立叶变换、幅度相位估计APES或者Capon算法等对射频信号进行处理来生成频谱,并将其按时间方向排列来获取三维频谱数据。

[0013] 优选的,所述构造该体元内部的等值面包括:从多个子采样门中获取的三维频谱数据中抽取出所有未跨越设定的阈值或阈值范围的顶点,将这些顶点连接成包括多个面片的曲面,以构造该体元内部的等值面。

[0014] 优选的,所述等值面的法向量包括等值面上各面片各顶点的法向量,并通过计算各面片各顶点在等值面的梯度矢量来获取。

[0015] 优选的,所述方法包括:把等值面上的一个面片当作一个像素点来进行光强计算,利用等值面上各面片各顶点法向量的平均值作为主方向向量来计算光强。

[0016] 优选的,所述方法包括:根据设定的阈值或阈值范围,从多个子采样门中获取的三维频谱数据中抽取出所有具有相同阈值或阈值范围的体素的集合,通过插值将这些体素连接成多个三角面片,连接这些三角面片来形成包括多个三角面片的曲面,以构造该体元内部的等值面。

[0017] 优选的,所述方法包括:通过计算各个体素的各个角点在等值面的梯度矢量来获取等值面上各三角面片各顶点的法向量;分别利用三角面片各顶点的法向量来计算光强。

[0018] 用于实施上述方法的系统,其特征不在于,所述系统包括依次与超声探头连接的波束合成模块、超声信号处理模块、三维成像模块以及显示终端;其中,所述超声信号处理模块包括回波信号解调单元、子采样门划分单元和子采样门处理单元;三维成像模块包括体数据处理单元、等值面构造单元、法向量计算单元和光强计算单元。

[0019] 综上所述,由于采用了上述技术方案,本发明至少具有以下有益效果:

[0020] 通过三维频谱数据来构造该体元的等值面,根据等值面上各面片主方向向量,利用设定的光照模型计算光强,所生成的三维表面图像精细度更高,且对于特定血流动力学参数的观测更为直观、快速和全面,为非实时和实时测量血流量提供了方便。

## 附图说明

[0021] 图1是根据本发明一实施例的基于超声频谱多普勒的血流动力学可视化方法的流程图。

[0022] 图2是根据本发明实施例的划分子采样门的示意图。

[0023] 图3是根据本发明实施例的获取三维频谱数据的示意图。

[0024] 图4是根据本发明另一实施例的基于超声频谱多普勒的血流动力学可视化方法的流程图。

[0025] 图5是根据本发明实施例的基于超声频谱多普勒的血流动力学可视化系统的结构示意图。

## 具体实施方式

[0026] 下面结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明,以使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0027] 为了实现血液动力学参数直观快速地可视化,本发明实施例通过基于表面绘制的方法来实现血流动力学参数可视化,实现了包括各种不同的速度集(例如,基于多普勒频谱得到的血流平均速度、最小速度、最大速度、中心速度和特定范围的速度等)、方差和能量等血流动力学参数的三维可视化。采用三维表面图像显示血流动力学参数,可以直观展示其在空间和时间域的分布情况。例如一个三维深度-速度表面在时间方向的延伸将显示在一个或多个心脏周期血管黏弹性的变化情况,并且易于测量。相比于现有体绘制技术,不仅更为快速直观,而且更容易选择出感兴趣的血流动力学参数进行观察测量。

[0028] 图1示出了根据本发明实施例的基于超声频谱多普勒的血流动力学可视化方法,其包括以下步骤:

[0029] 步骤101:获取采样门数据,根据所选择的采样门深度进行超声波扫描

[0030] 采样门的选取一般由系统操作者(例如医生)通过人机交互接口或者系统自动检测(例如血管壁自动检测)来选择当前检测的血管或者组织的部位和位置,并设定适当的采样门的位置、大小、深度等采样门数据。优选的方案是选择的采样门的范围足够大,大到可以覆盖整个血管或者待观测的运动组织(例如心肌),使采样门覆盖所要检测的区域。

[0031] 一般在选择采样门时,系统可以通过显示终端显示参考多普勒频谱,并校正基线到一个频谱图像不发生正负频混叠的位置;使得用户可以在进入三维可视化模式前观测到频谱来大体判断成像参数(例如脉冲重复频率PRF)和检测部位是否合适。

[0032] 步骤102:根据采样门的位置将回波信号进行波束形成得到射频RF信号

[0033] 步骤103:沿着扫描线方向,将采样门划分为多个子采样门

[0034] 例如图2所示,可以在用户在进入三维或四维可视化模式后,将原先总的采样门划分为M个子采样门,M小于采样门中采样点的总数量。M越大,子采样门越多,空间分辨率越高,但噪声越多。一般单个子采样门包含的采样点数量应在10个以上。

[0035] 步骤104:对射频信号进行处理,计算每一个子采样门中的频谱数据,并将频谱按照时间序列排列以获取三维频谱数据

[0036] 具体地,可以采用傅立叶变换、幅度相位估计APES或者Capon算法等对射频信号进行处理来生成频谱(频谱可以是速度谱,也可以是方差或能量(power)谱),并将其按时间方向排列,得到如图3所示三维频谱数据。当时间方向保持实时更新,即为四维频谱。

[0037] 步骤105:逐个处理三维频谱数据组成的体数据场中的每个体元,获取每个体元的各个顶点值

[0038] 其中,体元为物理波动学概念,是振动介质中质点的别称。

[0039] 步骤106:根据体元的各个顶点值是否在设定的阈值或者阈值范围内,来构造该体元的等值面,并计算等值面的法向量

[0040] 其中,构造该体元内部的等值面包括:从多个子采样门中获取的三维频谱数据中抽取出所有未跨越设定的阈值或阈值范围(例如,想要显示的速度、方差或能量范围)的顶点,将这些顶点连接成包括多个面片的曲面,以构造该体元内部的等值面,其能够表示三维频谱的某些物理属性(例如,速度、方差和能量等血流动力学参数)。

[0041] 等值面的法向量包括等值面上各面片各顶点的法向量,可以通过计算各面片各顶点在等值面的梯度矢量来获取。因为等值面的梯度方向就是灰度变化最快的方向,等值面的梯度与等值面的法向量同向,因此对于等值面上的每一点,其沿面的切线方向的梯度分量为0,沿该点的梯度矢量方向表示该点的法向。由于包含了较大的动态变化范围,所以梯度使图像细节更丰富。获取了等值面的法向量,就可以在在显示等值面图像时,以此选择适当的光照模型进行光照计算,生成更具有真实感的图像。

[0042] 步骤107:根据等值面的法向量,利用设定的光照模型计算光强

[0043] 由于计算光强不仅耗时,而且会有不连续变化的明暗度。本发明实施例优选Gouraud光照模型或者Phong光照模型来绘制等值面。在为了获取更快计算速度的简化计算情况下,可以把等值面上的一个面片当作一个像素点来进行光强计算,利用等值面上各面片各顶点法向量的平均值作为主方向向量来计算光强。

[0044] 步骤108:根据计算的光强进行三维表面绘制渲染,生成三维表面图像

[0045] 所生成三维表面图像可以通过显示终端实时显示或者进行存储。

[0046] 上述实施例中,等值面上各面片的大小往往小于一般成像设备像素大小,在这种情况下只需要通过体元的各个顶点值来判断体元是否跨越等值面,而不需要插值得到等值面上各面片更为精确的绘制。在优选的实施例中,为了应用于更高分辨率的医学显示设备,可以通过插值计算构成等值面上各面片的多个三角面片来得到更为精确的三维表面图像。图4示出了根据本发明另一实施例的基于超声频谱多普勒的血流动力学可视化方法。与上述实施例的不同之处在于如下两个步骤,其可以应用于成像的数据更为密集的场景。

[0047] 步骤206:根据体元的各个顶点值和设定的阈值或者阈值范围,通过插值来构造该体元的等值面,并计算等值面上各三角面片各顶点的法向量

[0048] 其中,构造该体元的等值面包括:根据设定的阈值或阈值范围,从多个子采样门中获取的三维频谱数据中抽取出所有具有相同阈值或阈值范围的体素的集合,通过插值将这些体素连接成多个三角面片,连接这些三角面片来形成包括多个三角面片的曲面,以构造该体元内部的等值面。其中,体素是体积元素(Volume Pixel)的简称,是数字数据于三维空间分割上的最小单位,体素概念上类似二维空间的最小单位像素。

[0049] 等值面的法向量包括等值面上各三角面片各顶点的法向量,可以通过计算各个体

素的各个角点在等值面的梯度矢量来获取。

[0050] 步骤207:根据等值面上各三角面片各顶点的法向量,利用设定的光照模型计算光强

[0051] 在为了获取更高精确度的情况下,可以分别利用三角面片各顶点的法向量来计算光强。

[0052] 图5示出了根据本发明实施例的基于超声频谱多普勒的血流动力学可视化系统。其包括依次与超声探头连接的波束合成模块、超声信号处理模块、三维成像模块以及显示终端。

[0053] 其中,超声信号处理模块包括回波信号解调单元、子采样门划分单元和子采样门处理单元;三维成像模块包括体数据处理单元、等值面构造单元、法向量计算单元和光强计算单元。

[0054] 超声探头用于根据选择的采样门深度进行超声波扫描,波束合成模块基于采样门的位置将回波信号进行波束形成得到RF信号,再通过超声信号处理模块得到三维频谱数据,再由三维成像模块通过表面绘制渲染处理来进行三维成像,得到的三维表面图像由显示终端进行显示。

[0055] 上述实施例采用的表面绘制算法相对于传统的体绘制(例如光线追踪法等)等绘制方法效果更好,可以很容易地使用各种光照模型,且计算量小,存储资源消耗低;改变视角光线时只需要重新绘制而不需要再次重建,空间位置明确,特别适合观测特定血流动力学参数。例如速度、方差和能量等,医生需要的是它们的波形变化,也就是三维图形的表面,本发明不仅为非实时和实时测量血流量提供了方便,所获取的三维表面图像精细度更高,且对于特定血流动力学参数的观测更为直观、快速和全面。

[0056] 以上所述,仅为本发明具体实施方式的详细说明,而非对本发明的限制。相关技术领域的技术人员在不脱离本发明的原则和范围的情况下,做出的各种替换、变型以及改进均应包含在本发明的保护范围之内。

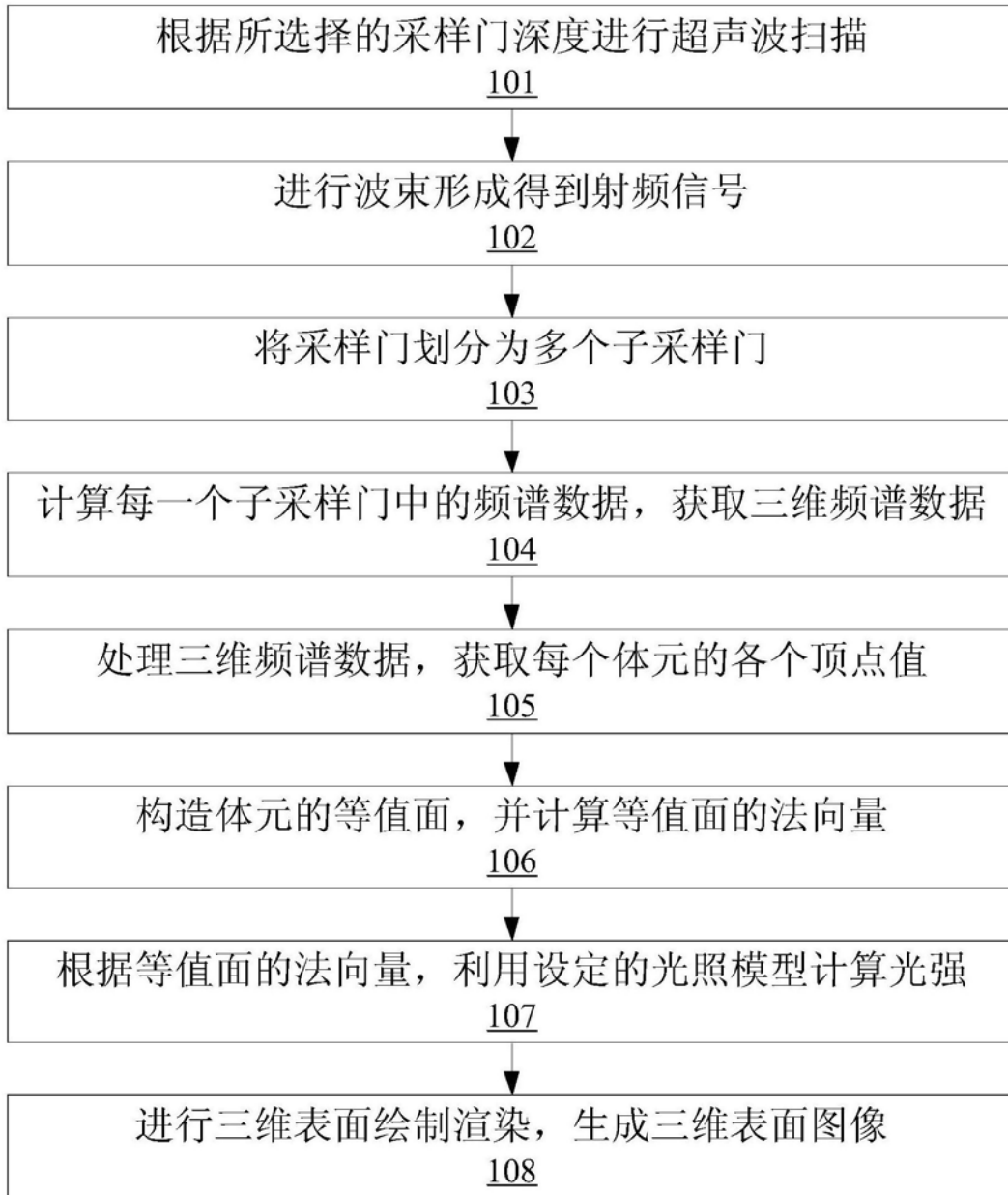


图1

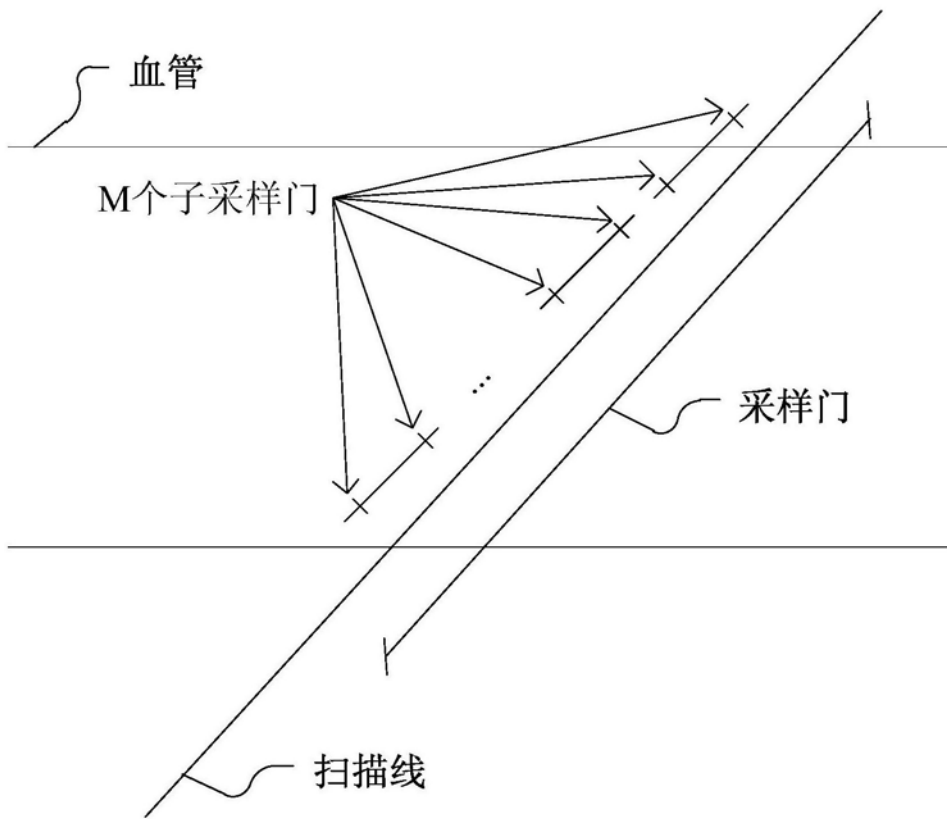


图2

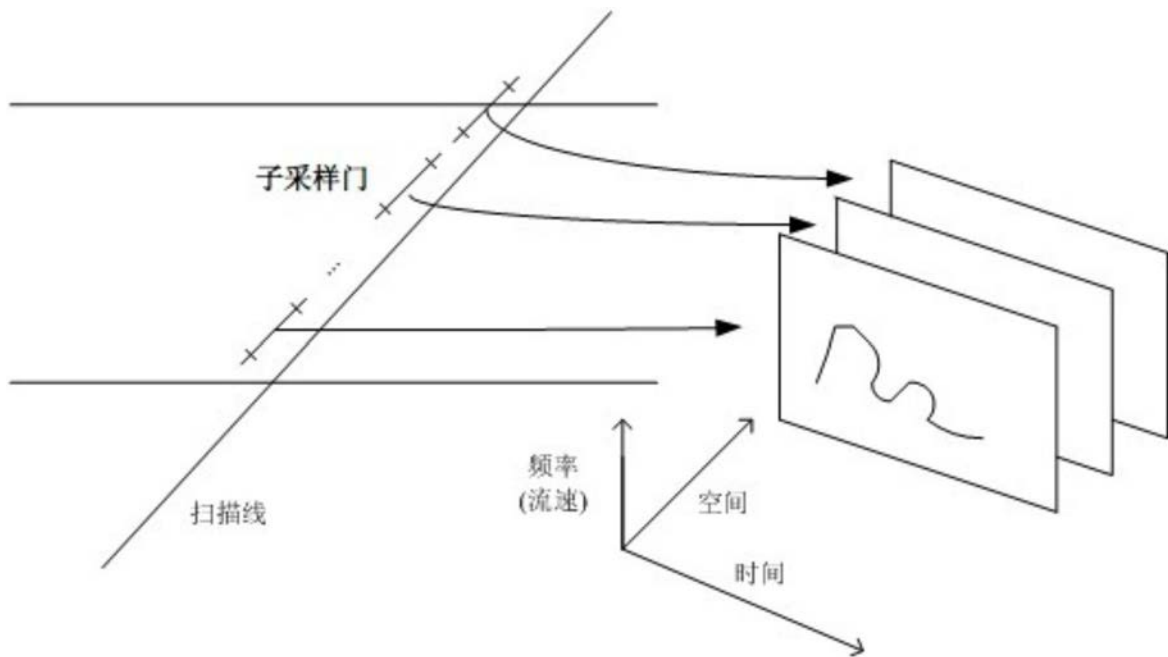


图3

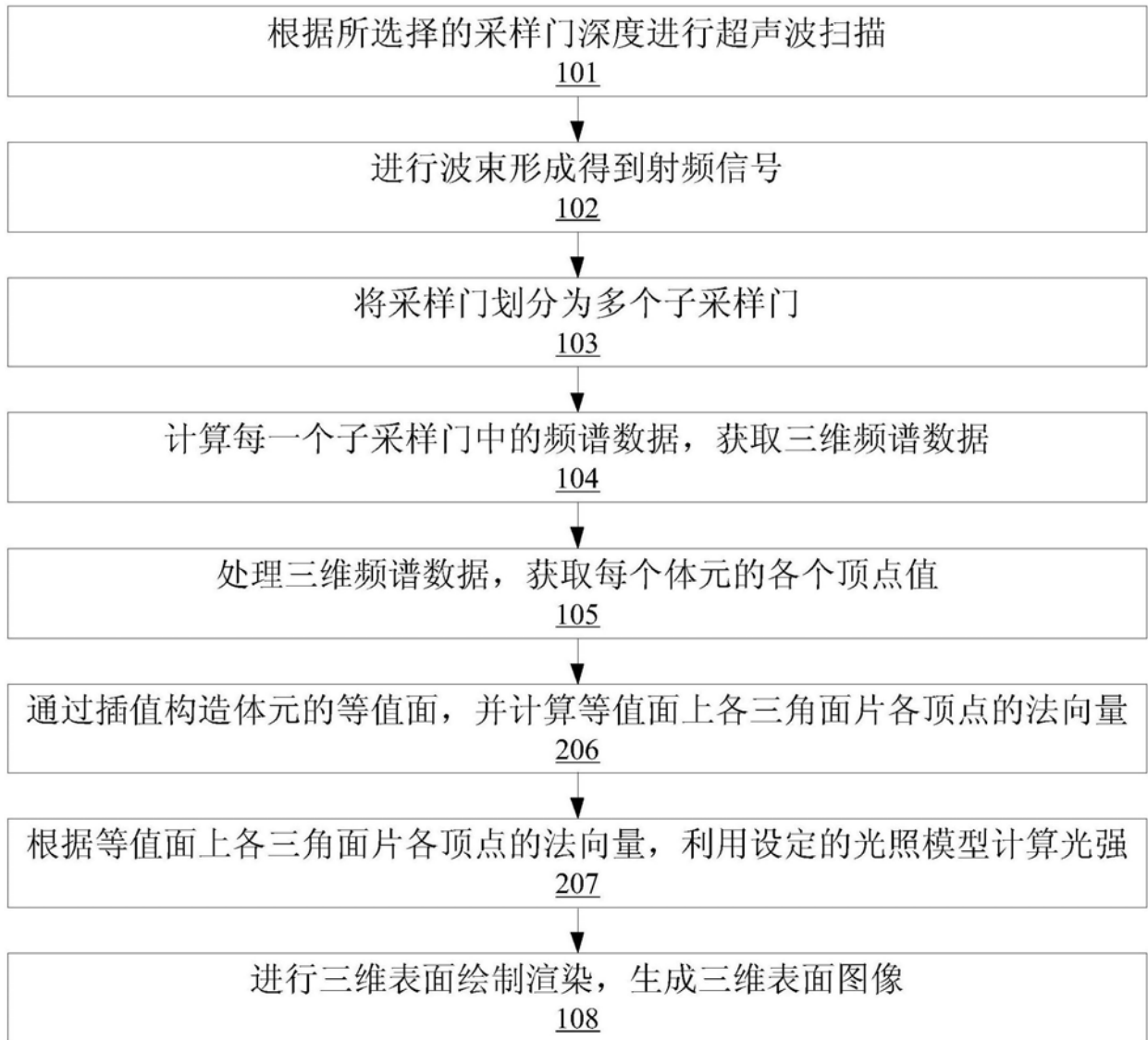


图4

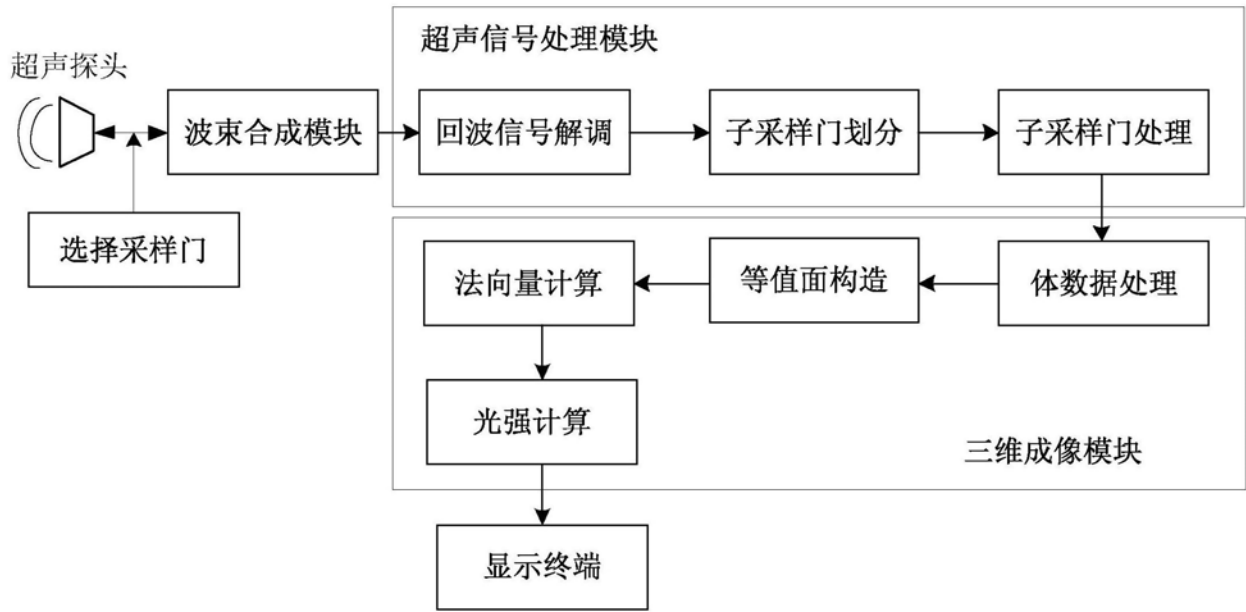


图5

专利名称(译)	基于超声频谱多普勒的血流动力学可视化方法与系统		
公开(公告)号	<a href="#">CN108078590A</a>	公开(公告)日	2018-05-29
申请号	CN201810006027.X	申请日	2018-01-03
[标]申请(专利权)人(译)	声泰特(成都)科技有限公司		
申请(专利权)人(译)	声泰特(成都)科技有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	声泰特(成都)科技有限公司		
[标]发明人	刘西耀 石丹 王立 刘东权		
发明人	刘西耀 石丹 王立 刘东权		
IPC分类号	A61B8/06 A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/06 A61B8/488 A61B8/5223		
代理人(译)	韩洋		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本发明公开了一种基于超声频谱多普勒的血流动力学可视化方法和系统，其计算量小，存储资源消耗低，且测量结果准确度高，能够直观快速地呈现特定血流动力学参数。该方法包括：获取采样门数据，根据所选择的采样门深度进行超声波扫描；根据采样门的位置将回波信号进行波束形成得到射频RF信号；将采样门划分为多个子采样门；计算每一个子采样门中的频谱数据，获取三维频谱数据；逐个处理三维频谱数据组成的体数据场中的每个体元，获取每个体元的各个顶点值；根据体元的各个顶点值是否在设定的阈值或者阈值范围内，来构造该体元的等值面，并计算等值面的法向量；利用设定的光照模型计算光强；根据计算的光强进行三维表面绘制渲染，生成三维表面图像。

