



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105530870 B

(45)授权公告日 2019.02.22

(21)申请号 201480048681.7

(72)发明人 杜宜纲 樊睿 李勇

(22)申请日 2014.05.28

(74)专利代理机构 广州华进联合专利商标代理有限公司 44224

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105530870 A

代理人 何平

(43)申请公布日 2016.04.27

(51)Int.Cl.

A61B 8/00(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.03.03

(56)对比文件

CN 102342848 A,2012.02.08,
US 6148224 A,2000.11.14,
US 2013261456 A1,2013.10.03,
CN 101636113 A,2010.01.27,
CN 101919711 A,2010.12.22,
EP 2628449 A2,2013.08.21,

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/CN2014/078645 2014.05.28

(87)PCT国际申请的公布数据
W02015/180069 ZH 2015.12.03

(73)专利权人 深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司

审查员 侯倩

地址 518057 广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南十二路迈瑞大厦

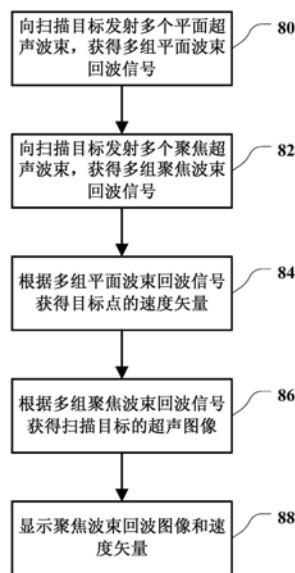
权利要求书5页 说明书19页 附图7页

(54)发明名称

一种超声成像方法和系统

(57)摘要

一种超声成像方法和系统,向扫描目标发射多个平面超声波束并获得相应的平面波束回波信号;向扫描目标发射聚焦超声波束并获得相应的聚焦波束回波信号;根据平面波束回波信号获得扫描目标内的目标点的多个速度分量,并根据该多个速度分量获得目标点的速度矢量;根据聚焦波束回波信号获得扫描目标的超声图像;并显示该速度矢量和超声图像。所述超声成像方法中,在成像过程中既使用平面超声波束、也使用聚焦超声波束进行成像,既能够获得准确度高、实时性好的速度矢量,也能够获得具有良好质量的图像。



1. 一种超声成像方法,其特征在于,包括:
 - 向扫描目标发射多个平面超声波束;
 - 分别接收所述多个平面超声波束的回波,获得多组平面波束回波信号;
 - 向扫描目标发射多个聚焦超声波束;其中,所述多个平面超声波束的至少一部分和所述多个聚焦超声波束的至少一部分交替地发射;
 - 分别接收所述多个聚焦超声波束的回波,获得多组聚焦波束回波信号;
 - 根据所述多组平面波束回波信号获得所述扫描目标内的目标点的速度矢量;
 - 根据所述多组聚焦波束回波信号获得所述扫描目标的至少一部分的超声图像;
 - 显示所述速度矢量和所述超声图像。
2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据所述多组平面波束回波信号获得所述扫描目标内的目标点的速度矢量的步骤包括:
 - 根据所述平面波束回波信号获得至少第一帧平面波束回波图像数据和第二帧平面波束回波图像数据;
 - 在所述第一帧平面波束回波图像数据中选择跟踪区域,所述跟踪区域包含所述目标点;
 - 在所述第二帧平面波束回波图像数据中搜索与所述跟踪区域具有最大相似性的跟踪结果区域;
 - 根据所述跟踪区域和所述跟踪结果区域的位置以及所述第一帧平面波束回波图像数据与第二帧平面波束回波图像数据之间的时间间隔获得所述目标点的速度矢量。
3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据所述多组平面波束回波信号获得所述扫描目标内的目标点的速度矢量的步骤包括:
 - 根据所述平面波束回波信号获得至少两帧平面波束回波图像数据;
 - 根据所述平面波束回波图像数据获得在所述目标点处沿时间方向的第一梯度;
 - 根据所述平面波束回波图像数据获得在所述目标点处沿所述平面超声波束的传播方向的第二梯度;
 - 根据所述平面波束回波图像数据获得在所述目标点处沿垂直于所述平面超声波束的传播方向的方向的第三梯度;
 - 根据所述平面波束回波信号获得所述目标点的在所述平面超声波束的传播方向上的第五速度分量;
 - 根据所述第一梯度、所述第二梯度、所述第三梯度和所述第五速度分量计算所述目标点的在垂直于所述平面超声波束的传播方向的方向上的第六速度分量;
 - 根据所述第五速度分量和所述第六速度分量合成获得所述目标点的速度矢量。
4. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据所述多组平面波束回波信号获得所述扫描目标内的目标点的速度矢量的步骤包括:
 - 根据所述平面波束回波信号获得至少两帧平面波束回波图像数据;
 - 根据所述平面波束回波图像数据获得在所述目标点处沿时间方向的第一梯度;
 - 根据所述平面波束回波图像数据获得在所述目标点处沿所述平面超声波束的传播方向的第二梯度;
 - 根据所述平面波束回波图像数据获得在所述目标点处沿垂直于所述平面超声波束的

传播方向的方向的第三梯度；

根据所述第一梯度、所述第二梯度和所述第三梯度计算所述目标点的在所述平面超声波束的传播方向上的第五速度分量和在垂直于所述平面超声波束的传播方向的方向上的第六速度分量；

根据所述第五速度分量和所述第六速度分量合成获得所述目标点的速度矢量。

5. 一种超声成像方法,其特征在于,包括:

向扫描目标发射第一平面超声波束,所述第一平面超声波束具有第一偏转角度;

接收所述第一平面超声波束的回波,获得第一平面波束回波信号;

向扫描目标发射第二平面超声波束,所述第二平面超声波束具有第二偏转角度;

接收所述第二平面超声波束的回波,获得第二平面波束回波信号;

向扫描目标发射聚焦超声波束;其中,所述第一平面超声波束的至少一部分、所述第二平面超声波束的至少一部分和所述聚焦超声波束的至少一部分交替地发射;

接收所述聚焦超声波束的回波,获得聚焦波束回波信号;

根据所述第一平面波束回波信号获得所述扫描目标内的目标点的第一速度分量;

根据所述第二平面波束回波信号获得所述目标点的第二速度分量;

根据所述聚焦波束回波信号获得所述扫描目标的至少一部分的超声图像;

至少根据所述第一速度分量和所述第二速度分量获得所述目标点的速度矢量;

显示所述速度矢量和所述超声图像。

6. 如权利要求5所述的方法,其特征在于,还包括:

向扫描目标发射第三平面超声波束,所述第三平面超声波束具有第三偏转角度;

接收所述第三平面超声波束的第三平面波束回波信号;

根据所述第三平面波束回波信号获得所述目标点的第三速度分量;

其中,

所述至少根据所述第一速度分量和所述第二速度分量获得所述目标点的速度矢量的步骤包括:

至少根据所述第一速度分量、所述第二速度分量和所述第三速度分量获得所述目标点的速度矢量。

7. 如权利要求5或者6所述的方法,其特征在于,显示所述速度矢量和所述超声图像的步骤包括:将所述速度矢量重叠显示在所述超声图像上。

8. 一种超声成像方法,其特征在于,包括:

向扫描目标发射多个第一平面超声波束,每个所述第一平面超声波束具有第一偏转角度;

接收所述多个第一平面超声波束的回波,获得多组第一平面波束回波信号;

向扫描目标发射多个第二平面超声波束,每个所述第二平面超声波束具有第二偏转角度;

接收所述多个第二平面超声波束的回波,获得多组第二平面波束回波信号;

向扫描目标发射多个聚焦超声波束;其中,所述多个第一平面超声波束的至少一部分、所述多个第二平面超声波束的至少一部分和所述多个聚焦超声波束的至少一部分交替地发射;

接收所述多个聚焦超声波束的回波,获得多组聚焦波束回波信号;
根据所述多组第一平面波束回波信号获得所述扫描目标内的目标点的第一速度分量;
根据所述多组第二平面波束回波信号获得所述目标点的第二速度分量;
根据所述多组聚焦波束回波信号获得所述扫描目标的至少一部分的超声图像;
至少根据所述第一速度分量和所述第二速度分量获得所述目标点的速度矢量;
显示所述速度矢量和所述超声图像。

9.如权利要求8所述的方法,其特征在于,还包括:

向扫描目标内发射多个第三平面超声波束,每个所述第三平面超声波束具有第三偏转角度;

接收所述多个第三平面超声波束的回波,获得多组第三平面波束回波信号;

根据所述多组第三平面波束回波信号获得所述目标点的第三速度分量;

其中,

所述至少根据所述第一速度分量和所述第二速度分量获得所述目标点的速度矢量的步骤包括:

至少根据所述第一速度分量、所述第二速度分量和所述第三速度分量获得所述目标点的速度矢量。

10.如权利要求8所述的方法,其特征在于:所述多个第一平面超声波束的至少一部分和所述多个第二平面超声波束的至少一部分交替地发射。

11.如权利要求10所述的方法,其特征在于:所述多个聚焦超声波束中的至少一个在相邻的第一平面超声波束和第二平面超声波束之间发射。

12.如权利要求9所述的方法,其特征在于:所述多个第一平面超声波束的至少一部分、所述多个第二平面超声波束的至少一部分和所述多个第三平面超声波束的至少一部分交替地发射。

13.如权利要求12所述的方法,其特征在于:所述多个聚焦超声波束中的至少一个在相邻的第一平面超声波束和第二平面超声波束之间、或者在相邻的第一平面超声波束和第三平面超声波束之间、或者在相邻的第二平面超声波束和第三平面超声波束之间发射。

14.一种超声成像系统,其特征在于,包括:

探头;

发射电路,所述发射电路激励所述探头向扫描目标发射多个平面超声波束,以及激励所述探头向扫描目标发射多个聚焦超声波束;其中,所述多个平面超声波束的至少一部分和所述多个聚焦超声波束的至少一部分交替地发射;

接收电路和波束合成模块,所述接收电路和波束合成模块分别接收所述多个平面超声波束的回波以获得多组平面波束回波信号,并且接收所述多个聚焦超声波束的回波以获得多组聚焦波束回波信号;

数据处理模块,所述数据处理模块根据所述多组平面波束回波信号获得所述扫描目标内的目标点的速度矢量,并且根据所述多组聚焦波束回波信号获得所述扫描目标的至少一部分的超声图像;

显示器,所述显示器显示所述速度矢量和所述超声图像。

15.一种超声成像系统,其特征在于,包括:

探头；

发射电路，所述发射电路激励所述探头向扫描目标以第一偏转角度发射第一平面超声波束、以第二偏转角度发射第二平面超声波束和发射聚焦超声波束；其中，所述第一平面超声波束的至少一部分、所述第二平面超声波束的至少一部分和所述聚焦超声波束的至少一部分交替地发射；

接收电路和波束合成模块，所述接收电路和波束合成模块接收所述第一平面超声波束的回波以获得第一平面波束回波信号、接收所述第二平面超声波束的回波以获得第二平面波束回波信号和接收所述聚焦超声波束的回波以获得聚焦波束回波信号；

数据处理模块，所述数据处理模块根据所述第一平面波束回波信号获得所述扫描目标内的目标点的第一速度分量、根据所述第二平面波束回波信号获得所述目标点的第二速度分量，并至少根据所述第一速度分量和所述第二速度分量获得所述目标点的速度矢量；所述数据处理模块还根据所述聚焦波束回波信号获得所述扫描目标的至少一部分的超声图像；

显示器，所述显示器显示所述速度矢量和所述超声图像。

16. 如权利要求15所述的系统，其特征在于：

所述发射电路还激励所述探头向所述扫描目标以第三偏转角度发射第三平面超声波束；

所述接收电路和波束合成模块还接收所述第三平面超声波束的回波以获得第三平面波束回波信号；

所述数据处理模块还根据所述第三平面波束回波信号获得所述目标点的第三速度分量，并至少根据所述第一速度分量、所述第二速度分量和所述第三速度分量获得所述目标点的速度矢量。

17. 如权利要求15或者16所述的系统，其特征在于：所述显示器将所述速度矢量重叠显示在所述超声图像上。

18. 一种超声成像系统，其特征在于，包括：

探头；

发射电路，所述发射电路激励所述探头向扫描目标以第一偏转角度发射多个第一平面超声波束、以第二偏转角度发射多个第二平面超声波束和发射多个聚焦超声波束；其中，所述多个第一平面超声波束的至少一部分、所述多个第二平面超声波束的至少一部分和所述多个聚焦超声波束的至少一部分交替地发射；

接收电路和波束合成模块，所述接收电路和波束合成模块接收所述多个第一平面超声波束的回波以获得多组第一平面波束回波信号、接收所述多个第二平面超声波束的回波以获得多组第二平面波束回波信号和接收所述多个聚焦超声波束的回波以获得多组聚焦波束回波信号；

数据处理模块，所述数据处理模块根据所述多组第一平面波束回波信号获得所述扫描目标内的目标点的第一速度分量、根据所述多组第二平面波束回波信号获得所述目标点的第二速度分量，并至少根据所述第一速度分量和所述第二速度分量获得所述目标点的速度矢量；所述数据处理模块还根据所述多组聚焦波束回波信号获得所述扫描目标的至少一部分的超声图像；

显示器,所述显示器显示所述速度矢量和所述超声图像。

19.如权利要求18所述的系统,其特征在于:

所述发射电路还激励所述探头向所述扫描目标以第三偏转角度发射多个第三平面超声波束;

所述接收电路和波束合成模块还接收所述多个第三平面超声波束的回波以获得多组第三平面波束回波信号;

所述数据处理模块还根据所述多组第三平面波束回波信号获得所述目标点的第三速度分量,并至少根据所述第一速度分量、所述第二速度分量和所述第三速度分量获得所述目标点的速度矢量。

20.如权利要求18或者19所述的系统,其特征在于:所述显示器将所述速度矢量重叠显示在所述超声图像上。

21.如权利要求18所述的系统,其特征在于:所述多个第一平面超声波束的至少一部分和所述多个第二平面超声波束的至少一部分交替地发射。

22.如权利要求21所述的系统,其特征在于:所述多个聚焦超声波束中的至少一个在相邻的第一平面超声波束和第二平面超声波束之间发射。

23.如权利要求19所述的系统,其特征在于:所述多个第一平面超声波束的至少一部分、所述多个第二平面超声波束的至少一部分和所述多个第三平面超声波束的至少一部分交替地发射。

24.如权利要求23所述的系统,其特征在于:所述多个聚焦超声波束中的至少一个在相邻的第一平面超声波束和第二平面超声波束之间、或者在相邻的第一平面超声波束和第三平面超声波束之间、或者在相邻的第二平面超声波束和第三平面超声波束之间发射。

一种超声成像方法和系统

技术领域

[0001] 本发明涉及医用超声成像领域,尤其是涉及一种能够获得目标的速度矢量的超声成像方法和系统。

背景技术

[0002] 在医用超声成像中,通过超声成像检测获得扫生物体内的运动目标(例如,运动的组织、血液或其他流体等等)的速度矢量是非常有益的。

[0003] 但是,传统的多普勒超声只能测得沿超声波发射的方向(或者说超声波传播的方向)的流速。而且,传统的用聚焦波成像测量运动目标的速度方法中,由于帧率有限,特别是在测量速度较大的运动目标时,难以保证速度测量的实时性和精确性,而且容易产生混叠效应。

发明内容

[0004] 本发明实施例的目的之一是提供一种既能够获得准确度高、实时性好的速度矢量,也能够获得具有良好质量的图像的超声成像方法和系统。

[0005] 本发明实施例公开的技术方案包括:

[0006] 提供了一种超声成像方法,其特征在于,包括:向扫描目标发射多个平面超声波束;分别接收所述多个平面超声波束的回波,获得多组平面波束回波信号;向扫描目标发射多个聚焦超声波束;分别接收所述多个聚焦超声波束的回波,获得多组聚焦波束回波信号;根据所述多组平面波束回波信号获得所述扫描目标内的目标点的速度矢量;根据所述多组聚焦波束回波信号获得所述扫描目标的至少一部分的超声图像;显示所述速度矢量和所述超声图像。

[0007] 本发明的一个实施例中,所述多个平面超声波束的至少一部分和所述多个聚焦超声波束的至少一部分交替地发射。

[0008] 本发明的一个实施例中,所述根据所述平面波束回波信号获得所述扫描目标内的目标点的速度矢量的步骤包括:根据所述平面波束回波信号获得至少第一帧平面波束回波图像数据和第二帧平面波束回波图像数据;在所述第一帧平面波束回波图像数据中选择跟踪区域,所述跟踪区域包含所述目标点;在所述第二帧平面波束回波图像数据中搜索与所述跟踪区域具有最大相似性的跟踪结果区域;根据所述跟踪区域和所述跟踪结果区域的位置以及所述第一帧平面波束回波图像数据与第二帧平面波束回波图像数据之间的时间间隔获得所述目标点的速度矢量。

[0009] 本发明的一个实施例中,所述根据所述平面波束回波信号获得所述扫描目标内的目标点的速度矢量的步骤包括:根据所述平面波束回波信号获得至少两帧平面波束回波图像数据;根据所述平面波束回波图像数据获得在所述目标点处沿时间方向的第一梯度;根据所述平面波束回波图像数据获得在所述目标点处沿所述平面超声波束的传播方向的第二梯度;根据所述平面波束回波图像数据获得在所述目标点处沿垂直于所述平面超声波束

的传播方向的方向的第三梯度;根据所述平面波束回波信号获得所述目标点的在所述平面超声波束的传播方向上的第五速度分量;根据所述第一梯度、所述第二梯度、所述第三梯度和所述第五速度分量计算所述目标点的在垂直于所述平面超声波束的传播方向的方向上的第六速度分量;根据所述第五速度分量和所述第六速度分量合成获得所述目标点的速度矢量。

[0010] 本发明的一个实施例中,所述根据所述平面波束回波信号获得所述扫描目标内的目标点的速度矢量的步骤包括:根据所述平面波束回波信号获得至少两帧平面波束回波图像数据;根据所述平面波束回波图像数据获得在所述目标点处沿时间方向的第一梯度;根据所述平面波束回波图像数据获得在所述目标点处沿所述平面波束的传播方向的第二梯度;根据所述平面波束回波图像数据获得在所述目标点处沿垂直于所述平面波束的传播方向的方向的第三梯度;根据所述第一梯度、所述第二梯度和所述第三梯度计算所述目标点的在所述平面超声波束的传播方向上的第五速度分量和在垂直于所述平面超声波束的传播方向的方向上的第六速度分量;根据所述第五速度分量和所述第六速度分量合成获得所述目标点的速度矢量。

[0011] 本发明的实施例中还提供了一种超声成像方法,其特征在于,包括:向扫描目标发射第一平面超声波束,所述第一平面超声波束具有第一偏转角度;接收所述第一平面超声波束的回波,获得第一平面波束回波信号;向扫描目标发射第二平面超声波束,所述第二平面超声波束具有第二偏转角度;接收所述第二平面超声波束的回波,获得第二平面波束回波信号;向扫描目标发射聚焦超声波束;接收所述聚焦超声波束的回波,获得聚焦波束回波信号;根据所述第一平面波束回波信号获得所述扫描目标内的目标点的第一速度分量;根据所述第二平面波束回波信号获得所述目标点处的第二速度分量;根据所述聚焦波束回波信号获得所述扫描目标的至少一部分的超声图像;至少根据所述第一速度分量和所述第二速度分量获得所述目标点处的速度矢量;显示所述速度矢量和所述超声图像。

[0012] 本发明的一个实施例中,还包括:向扫描目标发射第三平面超声波束,所述第三平面超声波束具有第三偏转角度;接收所述第三平面超声波束的第三平面波束回波信号;根据所述第三平面波束回波信号获得所述目标点的第三速度分量;其中,所述至少根据所述第一速度分量和所述第二速度分量获得所述目标点的速度矢量的步骤包括:至少根据所述第一速度分量、所述第二速度分量和所述第三速度分量获得所述目标点的速度矢量。

[0013] 本发明的一个实施例中,显示所述速度矢量和所述超声图像的步骤包括:将所述速度矢量重叠显示在所述超声图像上。

[0014] 本发明的实施例中还提供了一种超声成像方法,其特征在于,包括:向扫描目标发射多个第一平面超声波束,每个所述第一平面超声波束具有第一偏转角度;

[0015] 接收所述多个第一平面超声波束的回波,获得多组第一平面波束回波信号;

[0016] 向扫描目标发射多个第二平面超声波束,每个所述第二平面超声波束具有第二偏转角度;

[0017] 接收所述多个第二平面超声波束的回波,获得多组第二平面波束回波信号;

[0018] 向扫描目标发射多个聚焦超声波束;

[0019] 接收所述多个聚焦超声波束的回波,获得多组聚焦波束回波信号;

[0020] 根据所述多组第一平面波束回波信号获得所述扫描目标内的目标点的第一速度

分量;根据所述多组第二平面波束回波信号获得所述目标点的第二速度分量;根据所述多组聚焦波束回波信号获得所述扫描目标的至少一部分的超声图像;至少根据所述第一速度分量和所述第二速度分量获得所述目标点的速度矢量;显示所述速度矢量和所述超声图像。

[0021] 本发明的一个实施例中,还包括:向扫描目标内发射多个第三平面超声波束,每个所述第三平面超声波束具有第三偏转角度;接收所述多个第三平面超声波束的回波,获得多组第三平面波束回波信号;根据所述多组第三平面波束回波信号获得所述目标点的第三速度分量;其中,所述至少根据所述第一速度分量和所述第二速度分量获得所述目标点的速度矢量的步骤包括:至少根据所述第一速度分量、所述第二速度分量和所述第三速度分量获得所述目标点的速度矢量。

[0022] 本发明的一个实施例中,所述多个第一平面超声波束的至少一部分和所述多个第二平面超声波束的至少一部分交替地发射。

[0023] 本发明的一个实施例中,所述多个聚焦超声波束中的至少一个在相邻的第一平面超声波束和第二平面超声波束之间发射。

[0024] 本发明的一个实施例中,所述多个第一平面超声波束的至少一部分、所述多个第二平面超声波束的至少一部分和所述多个第三平面超声波束的至少一部分交替地发射。

[0025] 本发明的一个实施例中,所述多个聚焦超声波束中的至少一个在相邻的第一平面超声波束和第二平面超声波束之间、或者在相邻的第一平面超声波束和第三平面超声波束之间、或者在相邻的第二平面超声波束和第三平面超声波束之间发射。

[0026] 本发明的实施例中,还提供了一种超声成像系统,其特征在于,包括:探头;发射电路,所述发射电路激励所述探头向扫描目标发射多个平面超声波束,以及激励所述探头向扫描目标发射多个聚焦超声波束;接收电路和波束合成模块,所述接收电路和波束合成模块分别接收所述多个平面超声波束的回波以获得多组平面波束回波信号,并且接收所述多个聚焦超声波束的回波以获得多组聚焦波束回波信号;

[0027] 数据处理模块,所述数据处理模块根据所述多组平面波束回波信号获得所述扫描目标内的目标点的速度矢量,并且根据所述多组聚焦波束回波信号获得所述扫描目标的至少一部分的超声图像;显示器,所述显示器显示所述速度矢量和所述超声图像。

[0028] 本发明的一个实施例中,所述多个平面超声波束的至少一部分和所述多个聚焦超声波束的至少一部分交替地发射。

[0029] 本发明的一个实施例中,还提供了一种超声成像系统,其特征在于,包括:探头;发射电路,所述发射电路激励所述探头向扫描目标以第一偏转角度发射第一平面超声波束、以第二偏转角度发射第二平面超声波束和发射聚焦超声波束;接收电路和波束合成模块,所述接收电路和波束合成模块接收所述第一平面超声波束的回波以获得第一平面波束回波信号、接收所述第二平面超声波束的回波以获得第二平面波束回波信号和接收所述聚焦超声波束的回波以获得聚焦波束回波信号;数据处理模块,所述数据处理模块根据所述第一平面波束回波信号获得所述扫描目标内的目标点的第一速度分量、根据所述第二平面波束回波信号获得所述目标点的第二速度分量,并至少根据所述第一速度分量和所述第二速度分量获得所述目标点的速度矢量;所述数据处理模块还根据所述聚焦波束回波信号获得所述扫描目标的至少一部分的超声图像;显示器,所述显示器显示所述速度矢量和所述超

声图像。

[0030] 本发明的一个实施例中,所述发射电路还激励所述探头向所述扫描目标以第三偏转角度发射第三平面超声波束;所述接收电路和波束合成模块还接收所述第三平面超声波束的回波以获得第三平面波束回波信号;所述数据处理模块还根据所述第三平面波束回波信号获得所述目标点的第三速度分量,并至少根据所述第一速度分量、所述第二速度分量和所述第三速度分量获得所述目标点的速度矢量。

[0031] 本发明的一个实施例中,所述显示器将所述速度矢量重叠显示在所述超声图像上。

[0032] 本发明的实施例中,还提供了一种超声成像系统,其特征在于,包括:探头;发射电路,所述发射电路激励所述探头向扫描目标以第一偏转角度发射多个第一平面超声波束、以第二偏转角度发射多个第二平面超声波束和发射多个聚焦超声波束;接收电路和波束合成模块,所述接收电路和波束合成模块接收所述多个第一平面超声波束的回波以获得多组第一平面波束回波信号、接收所述多个第二平面超声波束的回波以获得多组第二平面波束回波信号和接收所述多个聚焦超声波束的回波以获得多组聚焦波束回波信号;数据处理模块,所述数据处理模块根据所述多组第一平面波束回波信号获得所述扫描目标内的目标点的第一速度分量、根据所述多组第二平面波束回波信号获得所述目标点的第二速度分量,并至少根据所述第一速度分量和所述第二速度分量获得所述目标点的速度矢量;所述数据处理模块还根据所述多组聚焦波束回波信号获得所述扫描目标的至少一部分的超声图像;显示器,所述显示器显示所述速度矢量和所述超声图像。

[0033] 本发明的一个实施例中,所述发射电路还激励所述探头向所述扫描目标以第三偏转角度发射多个第三平面超声波束;所述接收电路和波束合成模块还接收所述多个第三平面超声波束的回波以获得多组第三平面波束回波信号;所述数据处理模块还根据所述多组第三平面波束回波信号获得所述目标点的第三速度分量,并至少根据所述第一速度分量、所述第二速度分量和所述第三速度分量获得所述目标点的速度矢量。

[0034] 本发明的一个实施例中,所述显示器将所述速度矢量重叠显示在所述超声图像上。

[0035] 本发明的一个实施例中,所述多个第一平面超声波束的至少一部分和所述多个第二平面超声波束的至少一部分交替地发射。

[0036] 本发明的一个实施例中,所述多个聚焦超声波束中的至少一个在相邻的第一平面超声波束和第二平面超声波束之间发射。

[0037] 本发明的一个实施例中,所述多个第一平面超声波束的至少一部分、所述多个第二平面超声波束的至少一部分和所述多个第三平面超声波束的至少一部分交替地发射。

[0038] 本发明的一个实施例中,所述多个聚焦超声波束中的至少一个在相邻的第一平面超声波束和第二平面超声波束之间、或者在相邻的第一平面超声波束和第三平面超声波束之间、或者在相邻的第二平面超声波束和第三平面超声波束之间发射。

[0039] 本发明实施例提供的超声成像方法中,在成像过程中既使用平面超声波束、也使用聚焦超声波束进行成像。使用平面超声波束来获得速度矢量,从而充分利用平面超声波束成像帧率高的优点以满足用超声成像测量流体速度时的高帧率的要求;使用聚焦超声波束来获得扫描目标的超声图像,从而充分利用聚焦超声波束成像回波信号信噪比高、获得

的超声图像质量较好、横向分辨率高的优点,以便于获得良好的图像供用户观察。这样,既能够获得准确度高、实时性好的速度矢量,也能够获得具有良好质量的图像。

附图说明

- [0040] 图1为本发明一个实施例的超声成像系统的框图示意图。
- [0041] 图2为本发明一个实施例的垂直发射的平面超声波束的示意图。
- [0042] 图3为本发明一个实施例的偏转发射的平面超声波束的示意图。
- [0043] 图4为本发明一个实施例的聚焦超声波束的示意图。
- [0044] 图5为本发明一个实施例的超声成像方法的流程示意图。
- [0045] 图6为本发明一个实施例的超声成像方法的流程示意图。
- [0046] 图7为本发明一个实施例的超声成像方法的流程示意图。
- [0047] 图8至12为本发明一些实施例的多个平面超声波束和聚焦超声波束发射方式的示意图。

具体实施方式

[0048] 图1为本发明一个实施例的超声成像系统的结构框图示意图。如图1所示,该超声成像系统通常包括:探头1、发射电路2、发射/接收选择开关3、接收电路4、波束合成模块5、信号处理模块6、图像处理模块7和显示器8。

[0049] 在超声成像过程中,发射电路2将经过延迟聚焦的具有一定幅度和极性的发射脉冲通过发射/接收选择开关3发送到探头1。探头1受发射脉冲的激励,向扫描目标(例如,人体或者动物体内的器官、组织、血管等等,图中未示出)发射超声波,经一定延时后接收从目标区域反射回来的带有扫描目标的信息的超声回波,并将此超声回波重新转换为电信号。接收电路接收探头1转换生成的电信号,获得超声回波信号,并将这些超声回波信号送入波束合成模块5。波束合成模块5对超声回波信号进行聚焦延时、加权和通道求和等处理,然后将超声回波信号送入信号处理模块6进行相关的信号处理。

[0050] 经过信号处理模块6处理的超声回波信号送入图像处理模块7。图像处理模块7根据用户所需成像模式的不同,对信号进行不同的处理,获得不同模式的图像数据,然后经对数压缩、动态范围调整、数字扫描变换等处理形成不同模式的超声图像,如B图像,C图像,D图像等等。

[0051] 图像处理模块7生成的超声图像送入显示器8进行显示。

[0052] 探头1通常包括多个阵元的阵列。在每次发射超声波时,探头1的所有阵元或者所有阵元中的一部分参与超声波的发射。此时,这些参与超声波的发射的阵元中的每个阵元分别受到发射脉冲的激励并分别发射超声波,这些阵元分别发射的超声波在传播过程中合成,形成被发射到扫描目标的超声波束。

[0053] 参与超声波的发射的阵元可以同时被发射脉冲激励;或者,参与超声波的发射的阵元被发射脉冲激励的时间之间可以有一定的延时。通过控制参与超声波的发射的阵元被发射脉冲激励的时间之间的延时,可以使各个阵元发射的超声波束在预定位置叠加,使得在该预定位置处超声波的强度最大,也就是使各个阵元发射的超声波“聚焦”到该预定位置处,该聚焦的预定位置称为“焦点”,这样,获得的合成的超声波束是聚焦到该焦点处的波

束,本文中称之为“聚焦超声波束”。

[0054] 或者,通过控制参与超声波的发射的阵元被发射脉冲激励的时间之间的延时,也可以使参与超声波的发射的各个阵元发射的超声波在传播过程中不会聚焦,也不会完全发散,而是形成整体上大体上为平面的平面波。本文中,称这种无焦点的平面波为“平面超声波束”。

[0055] 在发射平面超声波束时,通过控制参与超声波的发射的阵元被发射脉冲激励的时间之间的延时,可以使形成的平面超声波束的传播方向与探头1的发射出超声波的表面成预定的角度,本文中称该角度为平面超声波束的“偏转角度”。

[0056] 例如,图2所示垂直发射的平面波,此时参与超声波的发射的各个阵元之间没有时延(即各阵元被发射脉冲激励的时间之间没有时延),各个阵元被发射脉冲同时激励。生成的超声波束为平面波,即平面超声波束,并且该平面超声波束的传播方向与探头1的发射出超声波的表面大体垂直,即该平面超声波束的偏转角度为90度。

[0057] 图3所示为偏转发射的平面波,此时参与超声波的发射的各个阵元之间有预定的时延(即各阵元被发射脉冲激励的时间之间有预定的时延),各个阵元被发射脉冲按照预定的顺序激励。生成的超声波束为平面波,即平面超声波束,并且该平面超声波束的传播方向与探头1的发射出超声波的表面成一定的角度(例如,图3中的角 α),该角度即为该平面超声波束的偏转角度。

[0058] 容易理解,本发明的实施例中,前述的“偏转角度”也可以按照其他方式定义,只要能表示平面超声波束的传播方向相对于超声探头的发射出超声波的表面的偏转即可。

[0059] 图4为发射聚焦超声波束的示意图。这里,参与超声波的发射的阵元(图4中,仅仅探头1中的部分阵元参与了超声波的发射)以预定的发射时延(即参与超声波的发射的阵元被发射脉冲激励的时间之间存在预定的时延)的方式工作,各阵元发射的超声波在焦点处聚焦,形成聚焦超声波束。

[0060] 平面超声波束通常几乎覆盖探头1的整个成像区域,因此使用平面超声波束成像时,一次发射就可以得到一幅超声图像,因此成像帧率可以很高。通常情况下,使用平面超声波束成像的帧率可以是使用聚焦超声波束成像的帧率的几十甚至几百倍。但是,平面超声波束的能量比较分散,因此获得的回波信号信噪比较低,形成的超声图像质量较差,而且平面超声波束无聚焦,因此成像的分辨率也比聚焦超声波束成像要低一些。

[0061] 而使用聚焦超声波束成像时,因为波束聚焦于焦点处,因此每次只能得到一根或者几根扫描线,需要多次发射后才能得到成像区域内的所有扫描线从而组合所有扫描线获得成像区域的一帧超声图像。因此,使用聚焦超声波束成像时帧率相对较低。但是聚焦超声波束每次发射的能力较集中,而且仅在能力集中处成像,因此获得的回波信号信噪比高,获得的超声图像质量较好,而且聚焦超声波束的主瓣狭窄,旁瓣较低,所以获得的超声图像的横向分辨率也较高。

[0062] 本发明的实施例中,提供了一种能够获得扫描目标(例如,血管或者生物体内其他其内有流体流动的脉管,等等)内的流体(例如,血液或者生物体内的其他流体等等)的流场内的点的速度矢量(下文中详述)的超声成像的方法,在成像过程中既使用平面超声波束、也使用聚焦超声波束进行成像。使用平面超声波束来获得速度矢量,从而充分利用平面超声波束成像帧率高的优点以满足用超声成像测量流体速度时的高帧率的要求;使用聚焦超

声波束来获得扫描目标的超声图像(例如,获得血管壁或者血管周围的组织或者生物体内其他脉管及脉管周围的组织的超声图像,等等),从而充分利用聚焦超声波束成像回波信号信噪比高、获得的超声图像质量较好、横向分辨率高的优点,以便于获得良好的图像供用户观察。下文中将结合具体的实施例进行详细说明。

[0063] 图5为本发明一个实施例的超声成像方法的流程示意图。应该理解的是,虽然图5的流程图中的各个步骤按照箭头的指示依次显示,但是这些步骤并不是必然按照箭头指示的顺序依次执行。除非本文中有明确的说明,这些步骤的执行并没有严格的顺序限制,其可以以其他的顺序执行。而且,图5中的至少一部分步骤可以包括多个子步骤或者多个阶段,这些子步骤或者阶段并不必然是在同一时刻执行完成,而是可以在不同的时刻执行,其执行顺序也不必然是依次进行,而是可以与其他步骤或者其他步骤的子步骤或者阶段的至少一部分轮流或者交替地执行。

[0064] 如图5所示,本发明的一个实施例中,一种超声成像方法包括下述步骤。

[0065] 在步骤80中,发射电路2激励探头1向扫描目标(例如,血管或者生物体内其他其内有流体流动的脉管,等等)发射多个平面超声波束。这些平面超声波束可以是如前文所述的无焦点的平面波。本发明的一个实施例中,这些平面超声波束可以具有相同的偏转角度。

[0066] 每个平面超声波束发射进入扫描目标,扫描目标内的流体和组织对该平面超声波束进行散射和/或反射。探头1接收扫描目标对该平面超声波束散射和/或反射形成的回波(本文称之为平面超声波束的回波),并将这些回波转换成电信号,这些电信号经过接收电路4、波束合成模块5等模块的处理,即获得发射平面超声波束后所对应获得的回波信号,本文中称之为平面波束回波信号。发射的每个平面超声波束可以对应获得一组平面波束回波信号,因此,发射多个平面超声波束,可以对应获得多组平面波束回波信号。

[0067] 在步骤82中,发射电路2激励探头1向扫描目标发射多个聚焦超声波束。每个聚焦超声波束进入扫描目标内并且在扫描目标内的预定位置(即,焦点)处聚焦。扫描目标内的流体和组织对该聚焦超声波束进行散射和/或反射。探头1接收扫描目标对该聚焦超声波束散射和/或反射形成的回波(本文称之为聚焦超声波束的回波),并将这些回波转换成电信号,这些电信号经过接收电路4、波束合成模块5等模块的处理,即获得发射聚焦超声波束后所对应获得的回波信号,本文中称之为聚焦波束回波信号。

[0068] 本实施例中,发射多次聚焦超声波束,每次获得扫描目标的一条或者几条扫描线的图像数据,并且多次发射的这些聚焦超声波束中的至少一部分可以聚焦于不同的焦点,这样,可以获得扫描目标的不同位置的一条或者几条扫描线的图像数据。然后将多次发射中获得的这些一条或者几条扫描线的图像数据组合,可以获得扫描目标的一帧完整的图像或者一帧完整的图像的至少一部分。

[0069] 本发明的一个实施例中,前述的多个平面超声波束的至少一部分和前述的多个聚焦超声波束的至少一部分交替地发射,即该多个聚焦超声波束中的至少一部分被在前后相邻的两个平面超声波束的发射时刻之间的时刻发射。

[0070] 获得了平面波束回波信号之后,在步骤84中,可以根据获得的多组平面波束回波信号获得扫描目标内的目标点(例如,扫描目标内感兴趣的点或者位置)的速度矢量。

[0071] 本发明的实施例中,可以使用多种方法根据获得的多组平面波束回波信号获得目标点的速度矢量。

[0072] 例如,一个实施例中,可以使用类似斑点追踪的方法根据获得的多组平面波束回波信号获得目标点的速度矢量。

[0073] 本实施例中,获得目标点的速度矢量的步骤可以包括下列步骤。

[0074] 首先,可以根据前述的多组平面波束回波信号获得至少两帧平面波束回波图像数据,例如获得至少第一帧平面波束回波图像数据和第二帧平面波束回波图像数据。如前文所述,平面超声波束大体上在整个成像区域中传播,因此,通常,一次发射的平面超声波束(即,一个平面超声波束)所对应获得的一组平面波束回波信号通过处理即可获得一帧平面波束回波图像数据。本文中,将对平面超声波束对应获得的平面波束回波信号进行相应的处理而获得的扫描目标的超声图像数据称之为“平面波束回波图像数据”。

[0075] 然后,在第一帧平面波束回波图像数据中选择跟踪区域,该跟踪区域可以包含希望获得其速度矢量的目标点。例如,跟踪区域可以选择目标点的某个邻域或者包含目标点的某个数据块。

[0076] 随后,在第二帧平面波束回波图像数据中搜索与该跟踪区域对应的区域,例如,搜索与前述的跟踪区域具有最大相似性的区域作为跟踪结果区域。这里,相似性的度量可以使用本领域内通常使用的度量方法。

[0077] 然后,根据前述的跟踪区域和前述的跟踪结果区域的位置以及第一帧平面波束回波图像数据与第二帧平面波束回波图像数据之间的时间间隔,即可获得所述目标点的速度矢量。例如,速度矢量的大小可以通过跟踪区域和跟踪结果区域之间的距离除以第一帧平面波束回波图像数据与第二帧平面波束回波图像数据之间的时间间隔获得,而速度矢量的方向可以为从跟踪区域到跟踪结果区域的连线的方向。

[0078] 另一个实施例中,可以基于目标点处的时间梯度和空间梯度获得目标点的速度矢量。

[0079] 这种方法的原理如下。

[0080] 设经过发射平面超声波束对应获得的平面波束回波图像数据为 $P(x(t), z(t))$,对 P 沿时间方向求导,根据链式法则可以得到:

$$[0081] \quad \frac{dP(x(t),z(t))}{dt} = \frac{\partial P}{\partial x} \frac{dx}{dt} + \frac{\partial P}{\partial z} \frac{dz}{dt}, \quad (1)$$

[0082] 其中,以 z 方向为平面超声波束的传播方向, x 方向为垂直于平面超声波束的传播方向的方向,则 $\frac{dz}{dt}$ 即为沿 z 方向(即平面超声波束的传播方向)的速度分量 v_z ,即 $v_z = \frac{dz}{dt}$;而

$\frac{dx}{dt}$ 即为沿 x 方向(即垂直于平面超声波束的传播方向的方向)的速度分量 v_x ,即 $v_x = \frac{dx}{dt}$ 。

因此,前述的公式可写为:

$$[0083] \quad \frac{dP(x(t),z(t))}{dt} = \frac{\partial P}{\partial x} v_x + \frac{\partial P}{\partial z} v_z, \quad (2)$$

[0084] 其中, $\frac{\partial P}{\partial x}$, $\frac{\partial P}{\partial z}$ 可以通过对平面波束回波信号图像数据分别沿 x 和 z 方向求梯度获得; $\frac{dP(x(t),z(t))}{dt}$ 可以根据至少两帧平面波束回波图像数据,对该平面波束回波图像数据上的点沿时间方向求梯度获得。这样,式(2)中只有 v_x 和 v_z 为未知量,这两个未知量即为我们所期望求得的速度分量。

[0085] 因此,本发明的实施例中,对于图像中的某个目标点,可以首先根据已获得的平面波束回波图像数据计算在该目标点处的前述沿x方向、z方向和时间方向上的梯度,然后在根据式(2)计算速度分量 v_x 和 v_z 。

[0086] 本发明的实施例中,可以使用多种适合的方法获得速度分量 v_x 和 v_z ,下面仅举几个实例。

[0087] 例如,通常,在超声成像中,利用多普勒原理,对超声回波信号进行多普勒处理,可以获得扫描目标或者其内的运动部分的运动速度。例如,获得了超声回波信号之后,通过自相关估计方法或者互相关估计方法,可以根据超声回波信号获得扫描目标或者其内的运动部分的运动速度。对超声回波信号进行多普勒处理以获得扫描目标或者其内的运动部分的运动速度的方法可以使用本领域中目前正在使用或者将来可能使用的任何可以用以通过超声回波信号计算扫描目标或者其内的运动部分的运动速度的方法,在此不再详述。

[0088] 此时,通过多普勒处理获得的扫描目标或者其内的运动部分的运动速度是在超声波束的传播方向上的速度。由于扫描目标或者其内的运动部分的运动方向不一定与超声波束的传播方向一致,因此,通过在一个方向上发射(或者说传播)的超声波束获得的扫描目标或者其内的运动部分的运动速度实际上是该扫描目标或者其内的运动部分的实际运动速度(该实际运动速度是包含大小和方向信息的矢量)在超声波束的传播方向上的分量。

[0089] 因此,也就是说,本发明的一个实施例中,前述的沿z方向(即平面超声波束的传播方向)的速度分量 v_z 可以通过对获得的平面波束回波信号进行多普勒处理而获得。获得了 v_z 之后,根据公式(2)即可容易地计算获得 v_x 。

[0090] 因此,本发明的一个实施例中,根据平面波束回波信号获得扫描目标内的目标点的速度矢量的步骤可以包括:

[0091] 根据获得的平面波束回波信号获得至少两帧平面波束回波图像数据;

[0092] 根据该平面波束回波图像数据获得在目标点处沿时间方向的第一梯度(即,前述的沿时间方向的梯度);

[0093] 根据该平面波束回波图像数据获得在该目标点处沿平面超声波束的传播方向的第二梯度(例如,前述的沿z方向的梯度);

[0094] 根据该平面波束回波图像数据获得在该目标点处沿垂直于该平面超声波束的传播方向的方向的第三梯度(例如,前述的沿x方向的梯度);

[0095] 根据前述的平面波束回波信号获得该目标点的在平面波束的传播方向上的第五速度分量(例如,前述的 v_z);

[0096] 根据前述的第一梯度、第二梯度、第三梯度和第五速度分量计算目标点的在垂直于平面超声波束的传播方向的方向上的第六速度分量(例如,前述的 v_x);

[0097] 根据该第五速度分量和第六速度分量合成获得目标点的速度矢量。

[0098] 这样,即获得了目标点的速度矢量。

[0099] 此外,本发明的另一个实施例中,考虑到公式(2)中是一个方程两个未知量的情况,可以根据多组测量和计算的结果,得到多个方程,这样就可以用最小二乘法来求解计算这两个未知量,然后根据这两个未知量即可合成获得目标点的速度矢量。本实施例的方法的原理简介如下。

[0100] 采用最小二乘解法,前述的公式(2)可以写作

$$[0101] \quad \begin{bmatrix} P_1^t \\ P_2^t \\ \vdots \\ P_N^t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_1^x & P_1^z \\ P_2^x & P_2^z \\ \vdots & \vdots \\ P_N^x & P_N^z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_x \\ v_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_N \end{bmatrix}, \quad (3)$$

[0102] 其中, $P_i^t = \frac{dP_i(x(t),z(t))}{dt}$, $P_i^x = \frac{\partial P_i}{\partial x}$, $P_i^z = \frac{\partial P_i}{\partial z}$, 下脚标*i*代表第*i*次计算时相应的值。设共有*N*次计算,并且由于这*N*次计算所占据的时间很短,因此假设在这段时间内的血流速度保持不变。 ε_i 表示随机误差。在这里,公式(3)满足高斯-马尔可夫定理,它的解为:

$$[0103] \quad \begin{bmatrix} v_x \\ v_z \end{bmatrix} = (A^T A)^{-1} A^T u, \quad (4)$$

$$[0104] \quad \text{其中, } A = \begin{bmatrix} P_1^x & P_1^z \\ P_2^x & P_2^z \\ \vdots & \vdots \\ P_N^x & P_N^z \end{bmatrix}, u = \begin{bmatrix} P_1^t \\ P_2^t \\ \vdots \\ P_N^t \end{bmatrix}。$$

[0105] 根据高斯-马尔可夫定理,随机误差 ε_i 的方差可以表示为

$$[0106] \quad \text{var}(\varepsilon_i) = \sigma_A^2, \quad (5)$$

[0107] 如前述一样用多普勒超声法测量沿*z*方向(平面超声波束的传播方向)上的速度 v_z ,参照公式(3),

$$[0108] \quad V_D = B \begin{bmatrix} v_x \\ v_z \end{bmatrix} + \varepsilon_j, \quad (6)$$

$$[0109] \quad \text{其中 } V_D = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_N \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ \vdots & \vdots \\ 0 & 1 \end{bmatrix}。$$

[0110] V_D 为多普勒超声法测量的一组不同时间上的速度值,公式(6)中的 v_z 为多普勒超声法得到的平均值,如此则可以得到 ε_j 的方差:

$$[0111] \quad \text{var}(\varepsilon_j) = \sigma_B^2, \quad (7)$$

[0112] 根据公式(5)和(7)计算出的两个不同的方差,采用加权最小二乘法

$$[0113] \quad \left(w \begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix} \right)^T \left(w \begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix} \right) \begin{bmatrix} v_x \\ v_z \end{bmatrix} = \left(w \begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix} \right)^T \begin{bmatrix} u \\ V_D \end{bmatrix}, \quad (8)$$

$$[0114] \quad \text{其中, 加权系数 } w = \begin{bmatrix} I_A \sqrt{\frac{1}{\sigma_A^2}} & 0 \\ 0 & I_B \sqrt{\frac{1}{\sigma_B^2}} \end{bmatrix}, 0 \text{ 为零矩阵, } I_A \text{ 和 } I_B \text{ 为单位矩阵, 其阶数分}$$

别对应矩阵*A*和*B*的行数。

[0115] 这样,即可求解获得两个速度分量 v_x 和 v_z ,获得这两个速度分量之后,即可合成获得目标点的速度矢量。

[0116] 因此,本发明一个实施例中,根据平面波束回波信号获得扫描目标内的目标点的速度矢量的步骤可以包括:

[0117] 根据该平面波束回波图像数据获得在目标点处沿时间方向的第一梯度(即,前述的沿时间方向的梯度);

[0118] 根据该平面波束回波图像数据获得在该目标点处沿平面超声波束的传播方向的第二梯度(例如,前述的沿z方向的梯度);

[0119] 根据该平面波束回波图像数据获得在该目标点处沿垂直于该平面超声波束的传播方向的方向的第三梯度(例如,前述的沿x方向的梯度);

[0120] 根据获得的第一梯度、第二梯度和第三梯度计算目标点的在平面超声波束的传播方向上的第五速度分量(例如,前述的 v_z)和在垂直于平面超声波束的传播方向的方向上的第六速度分量(例如,前述的 v_x);

[0121] 根据第五速度分量和第六速度分量合成获得目标点的速度矢量。

[0122] 本发明的一个实施例中,在获得了多组聚焦波束回波信号之后,在步骤86中,可以根据该多组聚焦波束回波信号获得扫描目标的至少一部分的超声图像,即对聚焦波束回波信号进行相应的处理以获得扫描目标的至少一部分的图像。由前文所述,每个聚焦超声波束通常聚焦于焦点,因此根据每个聚焦波束回波信号通常可以获得扫描目标的一条或者多条扫描线的图像数据。这里,根据聚焦波束回波信号获得的扫描目标的至少一部分的图像(或者该一条或者多条扫描线的图像数据)可以是B图像(或者B图像数据),也可以是任何其他适合模式的超声图像(或者超声图像数据)。对多组聚焦波束回波信号中的每一组分别进行处理,每组可以分别获得扫描目标的一条或者多条扫描线的图像数据,这些一条或者多条扫描线的图像数据组合即可获得扫描目标的一帧完整的超声图像或者一帧完整超声图像的一部分。

[0123] 根据获得的聚焦波束回波信号获得扫描目标的至少一部分的超声图像(或者超声图像数据)的方法可以使用本领域内目前和将来通常使用的任何适合的方法,在此不再详述。

[0124] 在获得了在扫描目标内的目标点的速度矢量和扫描目标的至少一部分的超声图像之后,在步骤88中,可以显示该速度矢量和该超声图像。例如,可以将该速度矢量和该超声图像同时显示在显示器8上。例如,一个实施例中,可以将该速度矢量重叠显示在该超声图像上。

[0125] 本发明的一个实施例中,前述的步骤84和/或步骤86可以由超声成像系统的数据处理模块9执行。本发明的一个实施例中,该数据处理模块9可以包括信号处理模块6和/或图像处理模块7,前述的步骤84和/或步骤86可以由信号处理模块6和/或图像处理模块7执行。

[0126] 前述的实施例中,是使用在同一个方向的平面超声波束(即发射的平面超声波束具有相同的偏转角度),通过对同一个方向上的平面波束回波信号进行处理获得扫描目标内的目标点的速度矢量。本发明的另外的实施例中,也可以使用多个不同方向的平面超声波束(即向扫描目标发射具有不同的偏转角度的平面超声波束)来获得扫描目标内的目标点的速度矢量。

[0127] 例如,图6为本发明一个实施例的超声成像方法的流程示意图。应该理解的是,虽然图6的流程图中的各个步骤按照箭头的指示依次显示,但是这些步骤并不是必然按照箭头指示的顺序依次执行。除非本文中有明确的说明,这些步骤的执行并没有严格的顺序限

制,其可以以其他的顺序执行。而且,图6中的至少一部分步骤可以包括多个子步骤或者多个阶段,这些子步骤或者阶段并不必然是在同一时刻执行完成,而是可以在不同的时刻执行,其执行顺序也不必然是依次进行,而是可以与其他步骤或者其他步骤的子步骤或者阶段的至少一部分轮流或者交替地执行。

[0128] 如图6所示,本发明的一个实施例中,一种超声成像方法包括下述步骤。

[0129] 在步骤10中,发射电路2激励探头1向扫描目标(例如,血管或者生物体内其他其内有流体流动的脉管,等等)发射第一平面超声波束。该第一平面超声波束可以是如前文所述的无焦点的平面波,并且其可以具有第一偏转角度。该第一平面超声波束发射进入扫描目标,扫描目标内的流体和组织对该第一平面超声波束进行散射和/或反射。探头1接收扫描目标对该第一平面超声波束散射和/或反射形成的回波(本文称之为第一平面超声波束的回波),并将这些回波转换成电信号,这些电信号经过接收电路4、波束合成模块5等模块的处理,即获得发射第一平面超声波束后所对应获得的回波信号,本文中称之为第一平面波束回波信号。

[0130] 类似地,在步骤12中,发射电路2激励探头1向扫描目标发射第二平面超声波束。该第二平面超声波束可以是如前文所述的无焦点的平面波,并且其可以具有第二偏转角度。该第二偏转角度可以与前述的第一偏转角度不同。也就是说,第二平面超声波束的传播方向实际上是与第一平面超声波束的传播方向是不同的。

[0131] 该第二平面超声波束发射进入扫描目标,扫描目标内的流体和组织对该第二平面超声波束进行散射和/或反射。探头1接收扫描目标对该第二平面超声波束散射和/或反射形成的回波(本文称之为第二平面超声波束的回波),并将这些回波转换成电信号,这些电信号经过接收电路4、波束合成模块5等模块的处理,即获得发射第二平面超声波束后所对应获得的回波信号,本文中称之为第二平面波束回波信号。

[0132] 在步骤14中,发射电路2激励探头1向扫描目标发射聚焦超声波束。该聚焦超声波束进入扫描目标内并且在扫描目标内的预定位置(即,焦点)处聚焦。扫描目标内的流体和组织对该聚焦超声波束进行散射和/或反射。探头1接收扫描目标对该聚焦超声波束散射和/或反射形成的回波(本文称之为聚焦超声波束的回波),并将这些回波转换成电信号,这些电信号经过接收电路4、波束合成模块5等模块的处理,即获得发射聚焦超声波束后所对应获得的回波信号,本文中称之为聚焦波束回波信号。

[0133] 获得了第一平面波束回波信号之后,在步骤16中,可以根据该第一平面波束回波信号获得扫描目标内在目标点(例如,期望获得其位置处的速度矢量的点或者位置)的第一速度分量,即获得在该目标点处的流体或组织的运动速度的第一速度分量。

[0134] 如前文所述,对超声回波信号进行多普勒处理可以获得在超声波束的传播方向上的速度分量。因此,本发明的实施例中,在步骤16,可以通过对第一平面波束回波信号进行多普勒处理而获得扫描目标内在该目标点处的流体或者组织在该第一平面超声波束的传播方向上的运动速度分量,本文中将这个速度分量称之为目标点的第一速度分量。可见,该第一速度分量也是一个矢量,其大小可以根据前述的多普勒处理而得到,其方向即为第一平面超声波束的传播方向。第一平面超声波束的传播方向可以由该第一平面超声波束的偏转角度(即前述的第一偏转角度)得到,而该第一平面超声波束的这个第一偏转角度是已知的。

[0135] 同样地,本发明的实施例中,在步骤16,也可以通过对第二平面波束回波信号进行多普勒处理而获得扫描目标内在目标点处的流体或者组织在该第二平面超声波束的传播方向上的运动速度分量,本文将这个速度分量称之为目标点的第二速度分量。

[0136] 类似地,该第二速度分量也是一个矢量,其大小可以根据前述的多普勒处理而得到,其方向即为第二平面超声波束的传播方向。第二平面超声波束的传播方向可以由该第二平面超声波束的偏转角度(即前述的第二偏转角度)得到,而该第二平面超声波束的这个第二偏转角度是已知的。

[0137] 在获得了聚焦波束回波信号之后,在步骤18中,可以根据聚焦波束回波信号获得扫描目标的至少一部分的超声图像,即对聚焦波束回波信号进行相应的处理以获得扫描目标的至少一部分的图像。由前文所述,每个聚焦超声波束通常聚焦于焦点,因此根据每个聚焦波束回波信号通常可以获得扫描目标的一条或者多条扫描线的图像数据。这里,根据聚焦波束回波信号获得的扫描目标的至少一部分的图像(或者该一条或者多条扫描线的图像数据)可以是B图像(或者B图像数据),也可以是任何其他适合模式的超声图像(或者超声图像数据)。根据获得的聚焦波束回波信号获得扫描目标的至少一部分的超声图像(或者超声图像数据)的方法可以使用本领域内目前和将来通常使用的任何适合的方法,在此不再详述。

[0138] 如前文所述,在步骤16中已经获得了目标点的第一速度分量和第二速度分量。在获得了第一速度分量和第二速度分量之后,在步骤20中,可以利用矢量合成的原理,至少根据这个第一速度分量和第二速度分量合成获得在该目标点处的组织或者流体的速度矢量,本文中称之为目标点的速度矢量。

[0139] 前述的实施例中,是通过在两个方向上传播的两种平面超声波束获得目标点的两个速度分量,然后至少用这两个速度分量合成该目标点的速度矢量。因此,前述实施例中,前述的“目标点”可以是位于第一平面超声波束和第二平面超声波束重叠处的位置处。而每次发射聚焦超声波束对扫描目标进行成像时,是对扫描目标中的一部分进行成像,每次发射聚焦超声波束所成像的扫描目标的该部分可以包含前述的目标位置或者与前述的目标位置至少部分重叠,也可以是与前述的目标位置分离的。本发明的实施例中并未限制每次发射聚焦超声波束所成像的部分与平面超声波束成像的目标位置相同。

[0140] 在获得了目标点的速度矢量和扫描目标的至少一部分的超声图像之后,在步骤22中,可以显示该速度矢量和该超声图像。例如,可以将该速度矢量和该超声图像同时显示在显示器8上。例如,一个实施例中,可以将该速度矢量重叠显示在该超声图像上。

[0141] 本发明的一个实施例中,前述的步骤16、步骤18和/或步骤20可以由超声成像系统的数据处理模块9执行。本发明的一个实施例中,该数据处理模块9可以包括信号处理模块6和/或图像处理模块7,前述的步骤16、步骤18和/或步骤20可以由信号处理模块6和/或图像处理模块7执行。

[0142] 前述的实施例中,发射了第一平面超声波束和第二平面超声波束,以获得扫描目标内的目标点的第一速度分量和第二速度分量,然后根据至少该第一速度分量和该第二速度分量合成获得在该目标点的速度矢量。然而,在本发明的另外的实施例中,发射电路2还可以激励探头1向扫描目标发射第三平面超声波束。该第三平面超声波束可以是如前文所述的无焦点的平面波,并且其可以具有第三偏转角度。该第三偏转角度可以与前述的第一

偏转角度和第二偏转角度不同。也就是说,第三平面超声波束的传播方向实际上是与第一平面超声波束和第二平面超声波束的传播方向是不同的。

[0143] 该第三平面超声波束发射进入扫描目标,扫描目标内的流体和组织对该第三平面超声波束进行散射和/或反射。探头1接收扫描目标对该第三平面超声波束散射和/或反射形成的回波(本文称之为第三平面超声波束的回波),并将这些回波转换成电信号,这些电信号经过接收电路4、波束合成模块5等模块的处理,即获得发射第三平面超声波束后所对应获得的回波信号,本文中称之为第三平面波束回波信号。

[0144] 获得第三平面波束回波信号之后,与前文所述的类似,也可以通过对第三平面波束回波信号进行多普勒处理而获得扫描目标内在目标点处的流体或者组织在该第三平面超声波束的传播方向上的运动速度分量,本文将这个速度分量称之为目标点的第三速度分量。因此,此时,通过第三平面波束回波信号可以获得在该目标点的第三速度分量。

[0145] 该第三速度分量也是一个矢量,其大小可以根据前述的多普勒处理而得到,其方向即为第三平面超声波束的传播方向。第三平面超声波束的传播方向可以由该第三平面超声波束的偏转角度(即前述的第三偏转角度)得到,而该第三平面超声波束的这个第三偏转角度是已知的。

[0146] 其后,可以至少根据前述的第一速度分量、第二速度分量和第三速度分量合成获得该目标点的速度矢量。

[0147] 类似地,前述的实施例中,前述的“目标点”可以位于第一平面超声波束、第二平面超声波束和第三平面超声波束重叠(或者说相交)处的位置处。同样地,每次发射聚焦超声波束所成像的部分可以包含前述的目标位置或者与前述的目标位置至少部分重叠,也可以是与前述的目标位置分离的。本发明的实施例中并未限制每次发射聚焦超声波束所成像的部分与平面超声波束成像的目标位置相同。

[0148] 本实施例中,用三个方向的平面超声波束获得目标点的三个方向的速度分量,然后用这三个速度分量合成目标点的速度矢量。获得的速度矢量精度更高,稳定性更好。容易理解,本发明的实施例中,也可以向扫描目标内的目标位置发射更多方向的平面超声波束以获得更多方向的速度分量,并用这些更多方向的速度分量合成目标点的速度矢量。通常,使用越多方向的平面超声波束,最终合成获得的速度矢量精度越高、稳定性越好。

[0149] 本发明的一个实施例中,前述的根据第三平面波束回波信号获得第三速度分量的步骤和/或根据第一速度分量、第二速度分量和第三速度分量合成获得在目标点的速度矢量的步骤也可以由超声成像系统的数据处理模块9执行。

[0150] 然后,本实施例中,与前述实施例类似,可以在显示器8上显示获得的该速度矢量和通过聚焦超声波束获得的扫描目标的至少一部分的超声图像。例如,可以将该速度矢量重叠显示在该超声图像上。

[0151] 本发明的一个实施例中,前述的第一平面超声波束、第二平面超声波束和/或第三平面超声波束可以发射多次,每次发射获得的回波信号称为一组回波信号,从而获得多组第一平面波束回波信号、多组第二平面波束回波信号和/或多组第三平面波束回波信号,然后对该多组第一平面波束回波信号、多组第二平面波束回波信号和/或多组第三平面波束回波信号分别进行多普勒处理从而分别获得目标点的第一速度分量、第二速度分量和/或第三速度分量。

[0152] 此外,如前文所述,发射聚焦超声波束时,由于聚焦超声波束聚焦于焦点,因此根据每次发射的聚焦超声波束获得的聚焦波束回波信号只能获得扫描目标的一条或者几条扫描线的图像数据。因此,本发明的一个实施例中,前述的聚焦超声波束也可以发射多次,每次获得一组聚焦波束回波信号并处理获得扫描目标的一条或者几条扫描线的图像数据,并且这些聚焦超声波束中的至少一部分可以聚焦于不同的焦点,这样,可以获得扫描目标的不同位置的一条或者几条扫描线的图像数据。然后将多次发射中获得的这些一条或者几条扫描线的图像数据组合,可以获得扫描目标的一帧完整的图像或者一帧完整的图像的至少一部分。

[0153] 因此,本发明另一个实施例中,一种超声成像方法的流程示意图可以如图7所示。应该理解的是,虽然图7的流程图中的各个步骤按照箭头的指示依次显示,但是这些步骤并不是必然按照箭头指示的顺序依次执行。除非本文中有明确的说明,这些步骤的执行并没有严格的顺序限制,其可以以其他的顺序执行。而且,图7中的至少一部分步骤可以包括多个子步骤或者多个阶段,这些子步骤或者阶段并不必然是在同一时刻执行完成,而是可以在不同的时刻执行,其执行顺序也不必然是依次进行,而是可以与其他步骤或者其他步骤的子步骤或者阶段的至少一部分轮流或者交替地执行。

[0154] 图7所示的实施例中,在步骤60中,发射电路2激励探头1向扫描目标(例如,血管或者生物体内其他其内有流体流动的脉管,等等)发射多个第一平面超声波束。该多个第一平面超声波束可以是如前文所述的无焦点的平面波,并且每个第一平面超声波束可以具有第一偏转角度。每个第一平面超声波束发射进入扫描目标,扫描目标内的流体和组织对该第一平面超声波束进行散射和/或反射。探头1接收扫描目标对该第一平面超声波束散射和/或反射形成的回波,并将这些回波转换成电信号,这些电信号经过接收电路4、波束合成模块5等模块的处理,即获得第一平面波束回波信号。本实施例中,发射多个第一平面超声波束,每个第一平面超声波束获得一组第一平面波束回波信号,因此,可以获得多组第一平面波束回波信号。

[0155] 类似地,在步骤62中,发射电路2激励探头1向扫描目标内发射多个第二平面超声波束。该第二平面超声波束可以是如前文所述的无焦点的平面波,并且每个第二平面超声波束可以具有第二偏转角度。该第二偏转角度可以与前述的第一偏转角度不同。也就是说,每个第二平面超声波束的传播方向实际上是与每个第一平面超声波束的传播方向是不同的。

[0156] 第二平面超声波束发射进入扫描目标,扫描目标内的流体和组织对该第二平面超声波束进行散射和/或反射。探头1接收扫描目标对该第二平面超声波束散射和/或反射形成的回波,并将这些回波转换成电信号,这些电信号经过接收电路4、波束合成模块5等模块的处理,即获得第二平面波束回波信号。本实施例中,发射多个第二平面超声波束,每个第二平面超声波束获得一组第二平面波束回波信号,因此,可以获得多组第二平面波束回波信号。

[0157] 在步骤64中,发射电路2激励探头1向扫描目标内的该目标位置发射多个聚焦超声波束。每个该聚焦超声波束进入扫描目标内并且在扫描目标内的预定位置(即,焦点)处聚焦。扫描目标内的流体和组织对该聚焦超声波束进行散射和/或反射。探头1接收扫描目标对该聚焦超声波束散射和/或反射形成的回波,并将这些回波转换成电信号,这些电信号经

过接收电路4、波束合成模块5等模块的处理,即获得聚焦波束回波信号。本实施例中,发射多个聚焦超声波束,每个聚焦超声波束获得一组聚焦波束回波信号,因此,可以获得多组聚焦波束回波信号。

[0158] 获得了多组第一平面波束回波信号之后,在步骤66中,可以根据该多组第一平面波束回波信号获得目标点的第一速度分量。本实施例中,与步骤16中的类似,可以对该多组第一平面波束回波信号进行多普勒处理而获得目标点的第一速度分量。该第一速度分量是一个矢量,其大小可以根据前述的多普勒处理而得到,其方向即为该多个第一平面超声波束的传播方向。

[0159] 同样地,本发明的实施例中,在步骤66,也可以通过该多组第二平面波束回波信号进行多普勒处理而获得目标点的在该多个第二平面超声波束的传播方向上的第二速度分量。该第二速度分量也是一个矢量,其大小可以根据前述的多普勒处理而得到,其方向即为第二平面超声波束的传播方向。

[0160] 在获得了该多组聚焦波束回波信号之后,在步骤68中,可以根据多组聚焦波束回波信号获得扫描目标的至少一部分的超声图像,即对聚焦波束回波信号进行相应的处理以获得扫描目标的至少一部分的图像。由前文所述,每个聚焦超声波束通常聚焦于焦点,因此根据每个聚焦波束回波信号通常可以获得扫描目标的一条或者多条扫描线的图像数据。本实施例中,发射多次聚焦超声波束,每次获得扫描目标的一条或者几条扫描线的图像数据,并且多次发射的这些聚焦超声波束中的至少一部分可以聚焦于不同的焦点,这样,可以获得扫描目标的不同位置的一条或者几条扫描线的图像数据。然后将多次发射中获得的这些一条或者几条扫描线的图像数据组合,可以获得扫描目标的一帧完整的图像或者一帧完整的图像的至少一部分。

[0161] 这里,根据聚焦波束回波信号获得的扫描目标的至少一部分的超声图像可以是B图像,也可以是任何其他适合模式的超声图像。根据获得的多组聚焦波束回波信号获得扫描目标的至少一部分的超声图像的方法可以使用本领域内目前和将来通常使用的任何适合的方法,在此不再详述。

[0162] 如前文所述,在步骤66中已经获得了目标点的第一速度分量和第二速度分量。获得了第一速度分量和第二速度分量之后,在步骤70中,可以利用矢量合成的原理,至少根据这个第一速度分量和第二速度分量获得目标点的速度矢量。

[0163] 在获得了扫描目标内的点的速度矢量和扫描目标的至少一部分的超声图像之后,在步骤72中,可以显示该速度矢量和该超声图像。例如,可以将该速度矢量和该超声图像同时显示在显示器8上。例如,一个实施例中,可以将该速度矢量重叠显示在该超声图像上。

[0164] 本发明的一个实施例中,前述的步骤66、步骤68和/或步骤70可以由超声成像系统的数据处理模块9执行。

[0165] 在图7所示的实施例的基础上,在本发明的另外的实施例中,发射电路2还可以激励探头1向扫描目标内的该目标位置发射多个第三平面超声波束。每个该第三平面超声波束可以是如前文所述的无焦点的平面波,并且其可以具有第三偏转角度。该第三偏转角度可以与前述的第一偏转角度和第二偏转角度不同。也就是说,每个第三平面超声波束的传播方向实际上是与每个第一平面超声波束和每个第二平面超声波束的传播方向是不同的。

[0166] 每个该第三平面超声波束发射进入扫描目标,扫描目标内的流体和组织对该第三

平面超声波束进行散射和/或反射。探头1接收扫描目标对该第三平面超声波束散射和/或反射形成的回波,并将这些回波转换成电信号,这些电信号经过接收电路4、波束合成模块5等模块的处理,即获得第三平面波束回波信号。本实施例中,发射多个第三平面超声波束,每个第三平面超声波束获得一组第三平面波束回波信号,因此,可以获得多组第三平面波束回波信号。

[0167] 获得该多组第三平面波束回波信号之后,与前文所述的类似,也可以通过对该多组第三平面波束回波信号进行多普勒处理而获得目标点在该第三平面超声波束的传播方向上的第三速度分量。

[0168] 该第三速度分量也是一个矢量,其大小可以根据前述的多普勒处理而得到,其方向即为第三平面超声波束的传播方向。

[0169] 其后,可以至少根据前述的第一速度分量、第二速度分量和第三速度分量合成获得在该目标点的速度矢量。

[0170] 本发明的一个实施例中,前述的根据多组第三平面波束回波信号获得第三速度分量的步骤和/或根据第一速度分量、第二速度分量和第三速度分量合成获得目标点的速度矢量的步骤也可以由超声成像系统的数据处理模块9执行。

[0171] 本发明的一个实施例中,在所述的实施例的基础上,前述的多个第一平面超声波束的至少一部分和前述的多个第二平面超声波束的至少一部分可以交替地发射。

[0172] 本发明的一个实施例中,在所述的实施例的基础上,前述的多个聚焦超声波束中的至少一个在相邻的第一平面超声波束和第二平面超声波束之间发射。

[0173] 本发明的一个实施例中,在所述的实施例的基础上,前述的多个第一平面超声波束的至少一部分、前述的多个第二平面超声波束的至少一部分和前述的多个第三平面超声波束的至少一部分可以交替地发射。

[0174] 本发明的一个实施例中,在所述的实施例的基础上,前述的多个聚焦超声波束中的至少一个在相邻的第一平面超声波束和第二平面超声波束之间发射、或者在相邻的第一平面超声波束和第三平面超声波束之间发射、或者在相邻的第二平面超声波束和第三平面超声波束之间发射。

[0175] 例如,图8至图12中示意性地描述了本发明的一些实施例的平面超声波束和聚焦超声波束的发射方式。在图8至12中,细线箭头表示平面超声波束,粗箭头表示聚焦超声波束,箭头的顺序表示各自的发射波束并接收其相应的回波的过程之间的顺序。细线箭头中,图中向左偏的细线箭头表示第一平面超声波束,竖直的细线箭头表示第二平面超声波束,向右偏的细线箭头表示第三平面超声波束。容易理解,图中每个细线箭头表示哪个平面超声波束也可以按照不同的方式定义。例如,也可以是向左偏的细线箭头表示第一平面超声波束,向右偏的细线箭头表示第二平面超声波束,竖直的细线箭头表示第三平面超声波束;等等。

[0176] 而且,图8-12中示意性表示的平面超声波束和聚焦超声波束的数量仅仅是示意性的,并非限制实际发射的平面超声波束和聚焦超声波束的数量只能是图8-12中所示的数量。实际中,平面超声波束和聚焦超声波束的数量可以是任何适合的数量。

[0177] 如图8所示,本发明的一个实施例中,可以按照下列顺序进行:

[0178] 发射第一个第一平面超声波束并接收其回波→

- [0179] 发射第一个第二平面超声波束并接收其回波→
- [0180] 发射第一个第三平面超声波束并接收其回波→
- [0181] 发射第一个聚焦超声波束并接收其回波→
- [0182] 发射第二个第二平面超声波束并接收其回波→
- [0183] 发射第二个第三平面超声波束并接收其回波→
- [0184] 发射第二个第一平面超声波束并接收其回波→
- [0185] 发射第三个第二平面超声波束并接收其回波→
- [0186] 发射第三个第三平面超声波束并接收其回波→
- [0187] 发射第三个第一平面超声波束并接收其回波→
- [0188] 发射第二个聚焦超声波束并接收其回波→
- [0189] 发射第四个第三平面超声波束并接收其回波→
- [0190] 发射第四个第一平面超声波束并接收其回波→
- [0191] 发射第四个第二平面超声波束并接收其回波→
- [0192] 发射第五个第三平面超声波束并接收其回波→
- [0193] 发射第五个第一平面超声波束并接收其回波→
- [0194] 发射第五个第二平面超声波束并接收其回波→
- [0195] 发射第三个聚焦超声波束并接收其回波→
- [0196] 发射第六个第一平面超声波束并接收其回波→
- [0197]

[0198] 上述过程可以重复进行。

[0199] 由图8中可见,本实施例中,大体上可以看做以第一平面超声波束、第二平面超声波束和第三平面超声波束为一组平面超声波束,每组平面超声波束重复发射并接收其回波,其中在某些组中,该组中的某个平面超声波束被聚焦超声波束替代。例如,图8中,以最左边的三个平面超声波束为第一组平面超声波束,从左至右依次编号为第二组、第三组、第四组、第五组、第六组、第七组等等,以此类推。可见,第二组中的第一平面超声波束被第一个聚焦超声波束替代,第四组中的第二平面超声波束被第二个聚焦超声波束替代,第六组中的第三平面超声波束被第三个聚焦超声波束替代,依次类推。

[0200] 在通过平面超声波束的回波信号计算速度分量时,由于被聚焦超声波束替代了,因此某些组中的被替代的平面超声波束将没有的平面波束回波信号。此时,被替代的平面超声波束的平面波束回波信号可以由前一组或者前几组的对应的平面超声波束的平面波束回波信号和后一组或者后几组的对应的平面超声波束的平面波束回波信号插值获得。

[0201] 例如,图8的实施例中,第二组平面超声波束中的第一平面超声波束被聚焦超声波束替代,因此,在计算第一速度分量时,第二组中的这个第一平面超声波束的第一平面波束回波信号可以由第一组中的第一平面超声波束的第一平面波束回波信号和第三组中的第一平面超声波束的第一平面波束回波信号插值获得。

[0202] 本发明的实施例中,也可以按照其他方式发射平面超声波束和聚焦超声波束,例如如图9至图12所示。其中,图9至12所示的发射过程及其意义可以参考上文中关于图8的发射过程的描述获得,在此不再一一阐述。

[0203] 本发明实施例中提供的超声成像方法及其超声成像系统中,在成像过程中既使用

平面超声波束、也使用聚焦超声波束进行成像。使用平面超声波束来获得速度矢量,从而充分利用平面超声波束成像帧率高的优点以满足用超声成像测量流体速度时的高帧率的要求;使用聚焦超声波束来获得扫描目标的超声图像,从而充分利用聚焦超声波束成像回波信号信噪比高、获得的超声图像质量较好、横向分辨率高的优点,以便于获得良好的图像供用户观察。这样,既能够获得准确度高、实时性好的高帧率的速度矢量,也能够获得具有良好质量的图像(例如,B图像),从而在呈现速度矢量(例如,血流的速度矢量)的同时,周围的组织和管壁等器官依然可以在灰阶图上清晰可见。

[0204] 而且,本发明的一些实施例中,平面超声波束和聚焦超声波束为随时间的交替发射,即聚焦超声波束的发射分散插入平面超声波束的发射之间。这样,既保持了速度矢量的连续性,又保证了速度矢量与超声图像(例如,B图像)的同步性。

[0205] 以上通过具体的实施例对本发明进行了说明,但本发明并不限于这些具体的实施例。本领域技术人员应该明白,还可以对本发明做各种修改、等同替换、变化等等,这些变换只要未背离本发明的精神,都应在本发明的保护范围之内。此外,以上多处所述的“一个实施例”表示不同的实施例,当然也可以将其全部或部分结合在一个实施例中。

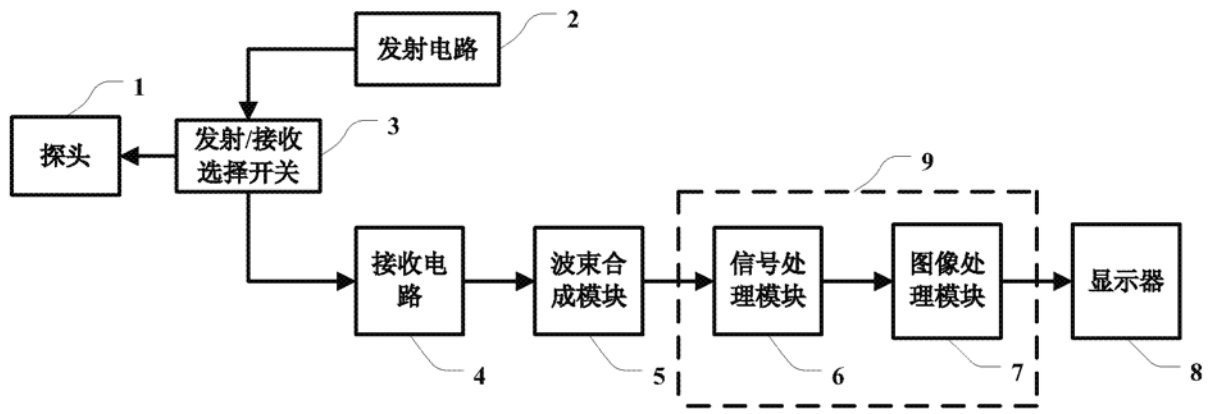


图1

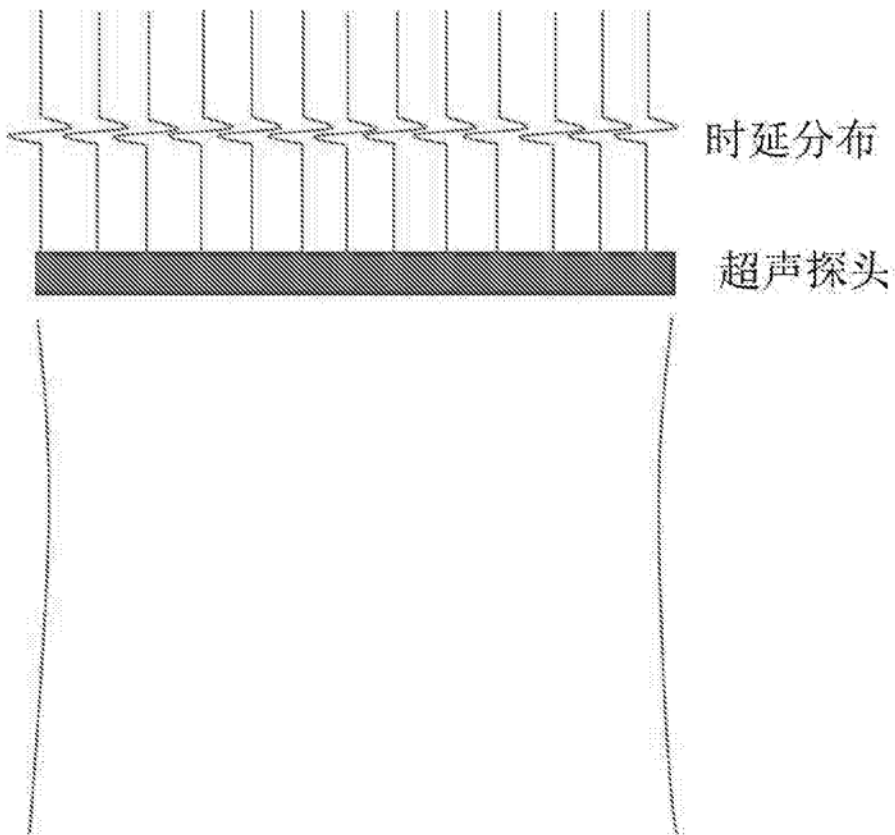


图2

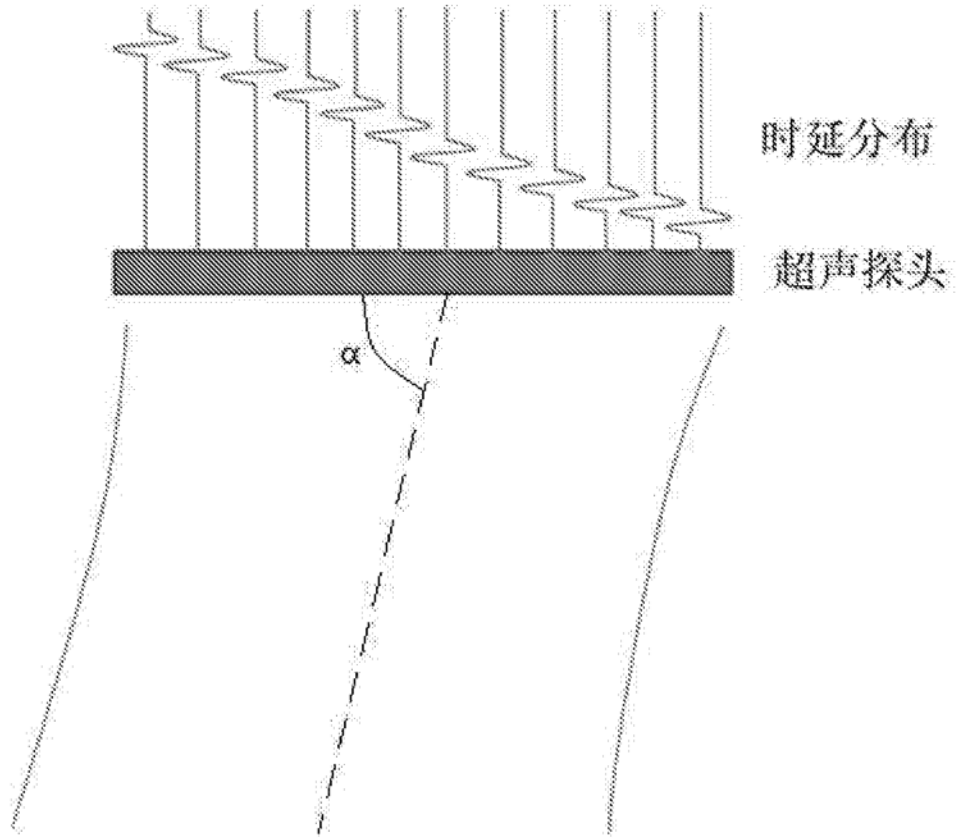


图3

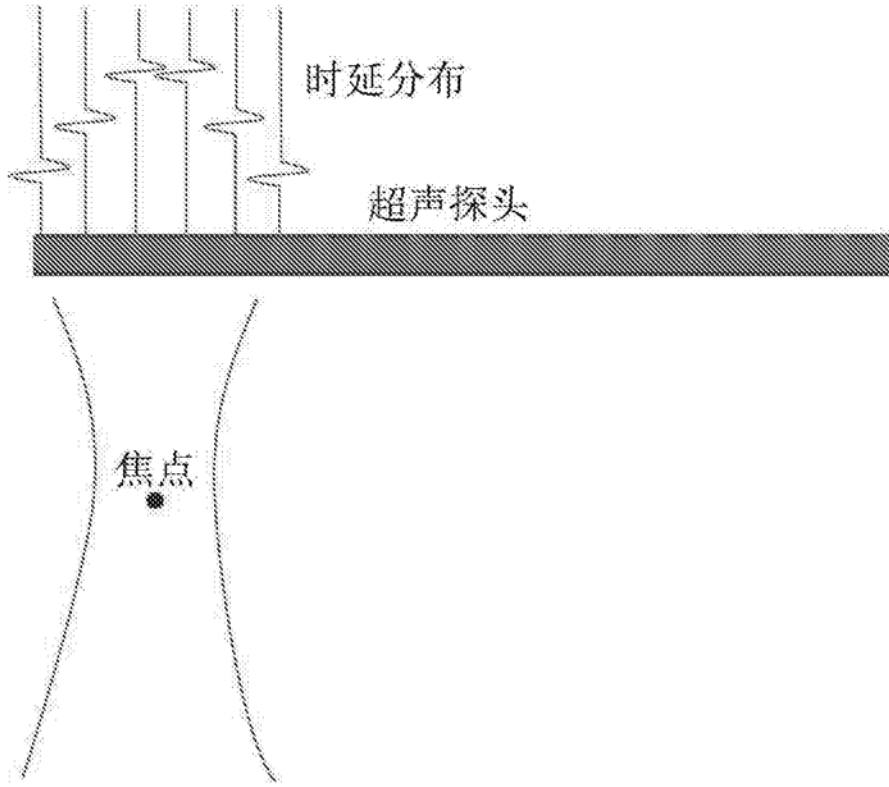


图4

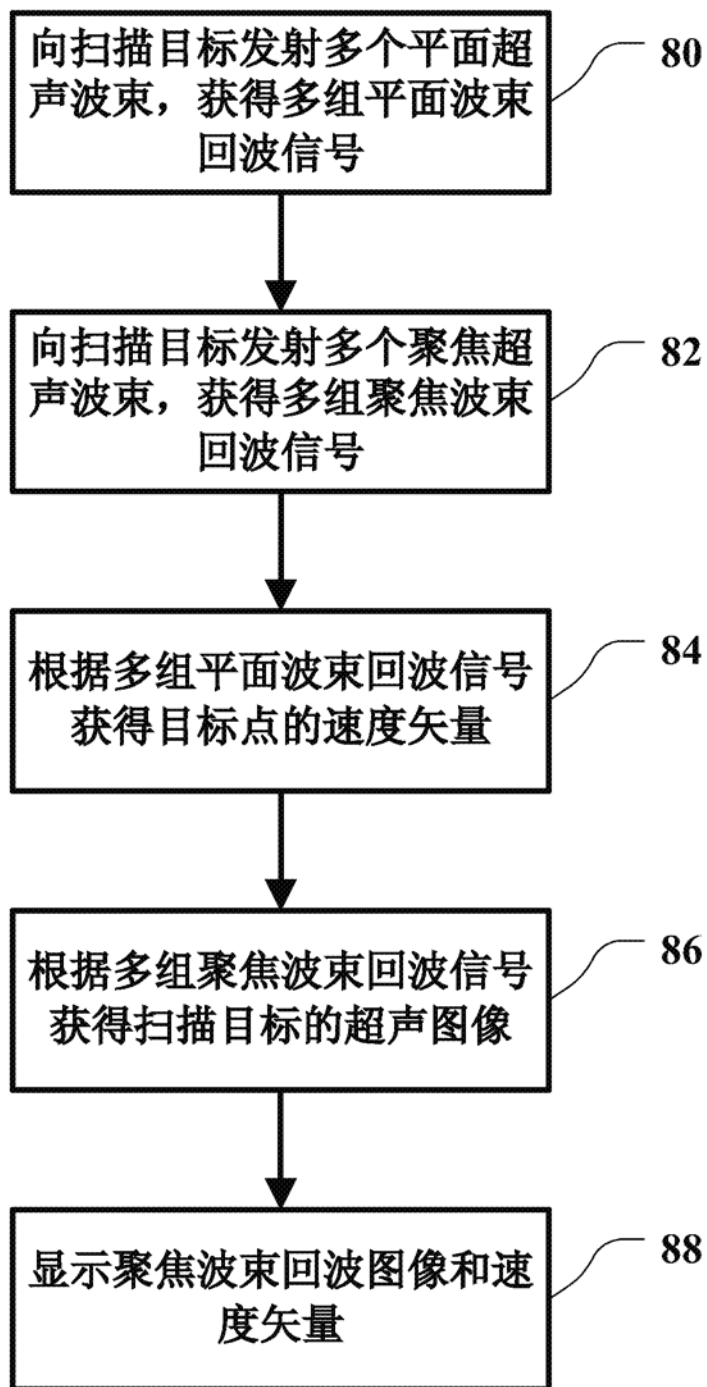


图5

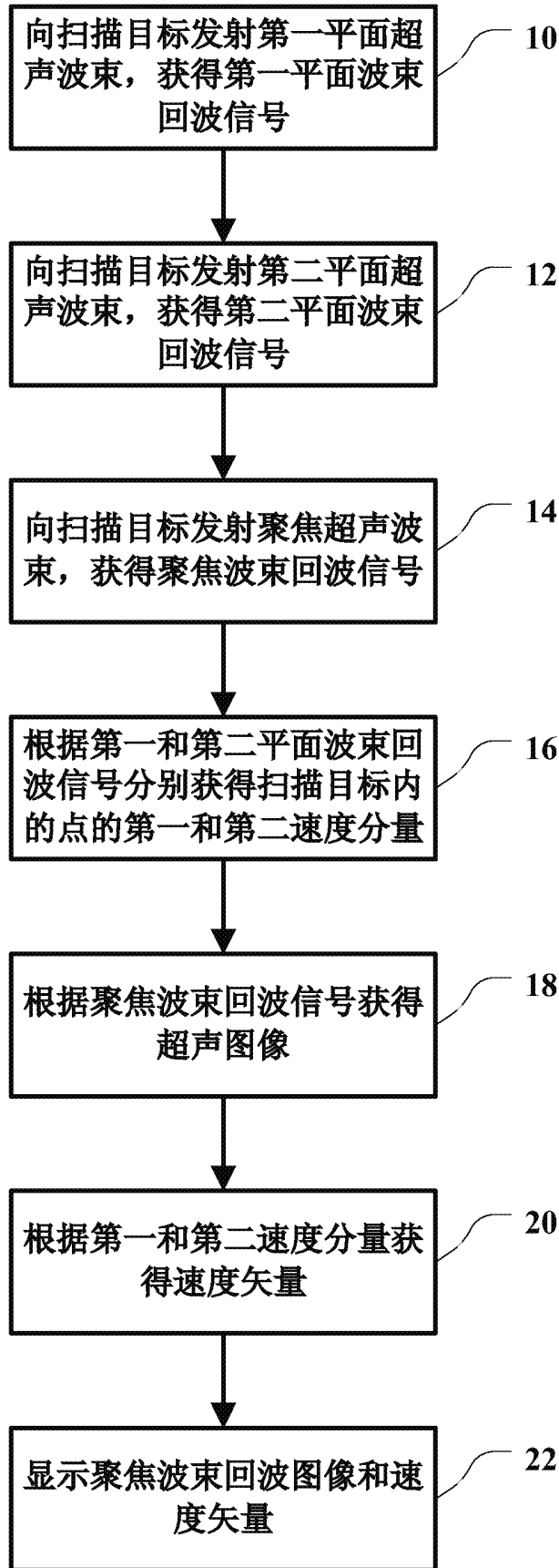


图6

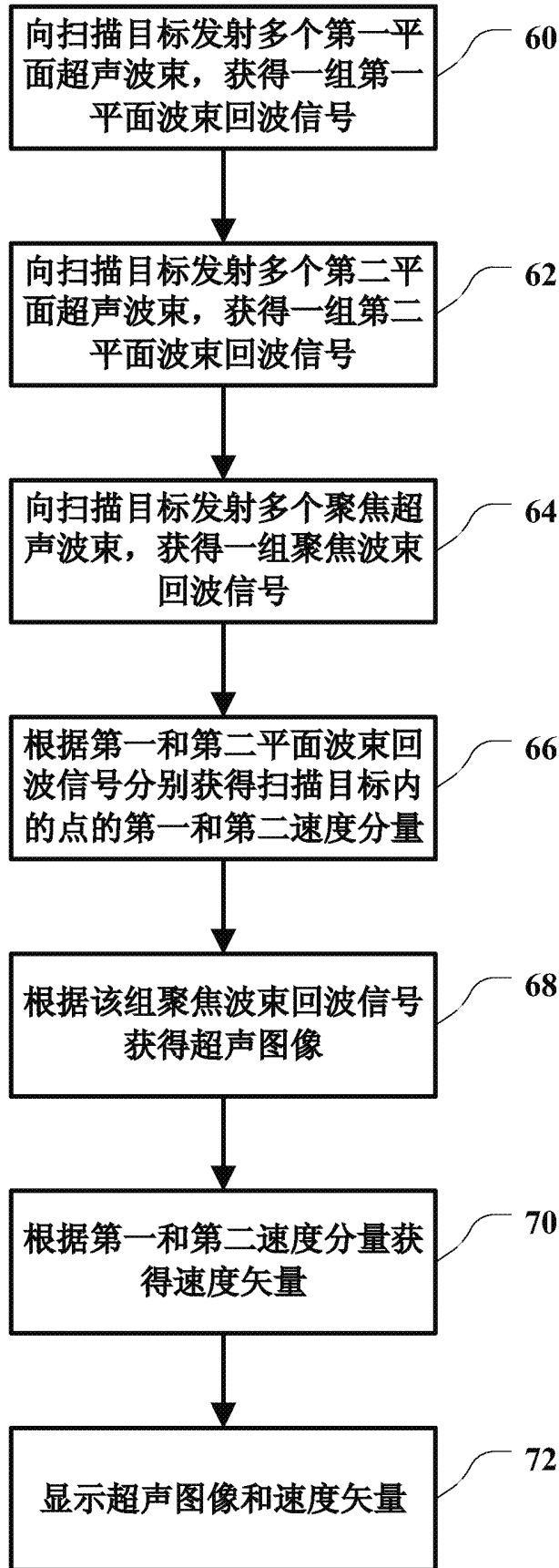


图7



图8



图9



图10



图11



图12