

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

A61B 8/00 (2006.01)

G01S 15/00 (2006.01)

G01S 7/52 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410077557.1

[45] 授权公告日 2009年1月14日

[11] 授权公告号 CN 100450443C

[22] 申请日 2004.12.15

[21] 申请号 200410077557.1

[73] 专利权人 深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司

地址 518057 广东省深圳市南山区高新技术产业园区科技南12路迈瑞大厦

[72] 发明人 胡勤军 杨波 赵海龙 黄勇 倪东

[56] 参考文献

CN1242978A 2000.2.2

CN1103774A 1995.6.21

US4974558A 1990.12.4

JP2004-261229A 2004.9.24

JP6-254092A 1994.9.13

JP6-14926A 1994.1.25

CN2387863Y 2000.7.19

B超合成接收孔径成像前端系统实现. 毕永年, 赖鹏, 汪元美, 黄宇星. 中国医学物理学杂志, 第21卷第2期. 2004

医用超声诊断系统中双波束合成方法的研究. 赵海龙, 赵曙光, 胡勤军. 生物医学工程研究, 第23卷第1期. 2004

审查员 汤利容

[74] 专利代理机构 深圳市睿智专利事务所

代理人 陈鸿荫

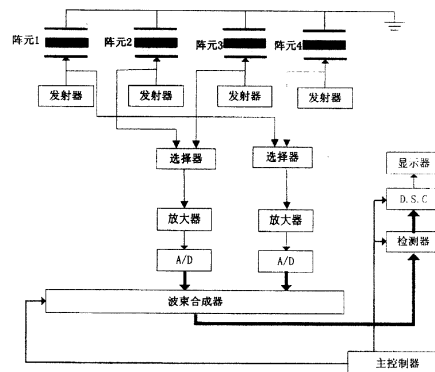
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

[54] 发明名称

基于双波束及合成孔径的接收方法

[57] 摘要

一种基于双波束及合成孔径的接收方法, 用于双波束超声成像系统的波束合成, 其原理是: 发射器在同一物理位置发射两次, 每次系统通过选择装置选中相对发射中心同一侧的各接收阵元的回波信号, 经波束合成器生成两个半波束的数据; 将两次半波束数据相加, 得到在所述位置扫描的两个波束信号; 从而使所述超声成像系统的接收处理通道的数目减少一半, 在不损失扫描帧率的情况下, 降低系统接收电路的成本。采用所述方法的波束合成器, 通过动态延时聚焦参数控制其波束合成; 采用圆弧矫正法, 可以通过改变动态延时聚焦参数的方法来校正失真, 从而使所述超声成像系统的图像质量同时得到保证, 并且可以简单地实现方案。



1. 一种基于双波束及合成孔径的接收方法，用于双波束超声成像系统的波束合成，所述超声成像系统的接收处理通道的数目比不采用合成孔径的系统减少一半，包括步骤
  - a. 发射器第一次发射后，系统通过选择装置接收来自相对发射中心某一侧的各接收阵元的回波信号，分别经各自接收处理通道的放大、模数转换后送往波束合成器，生成两个前半波束的数据，将该所述数据送往存储器；
  - b. 发射器在同一位置第二次发射后，系统通过所述选择装置接收来自相对发射中心另一侧的各接收阵元的回波信号，分别经各自接收处理通道的放大、模数转换后送往波束合成器，生成两个后半波束的数据；从所述存储器中取出所述两个前半波束数据，将其与所述两个后半波束数据相加，得到  $B_n$ 、 $B_{n+1}$  两个全波束数据；其中  $n$  为自然数 1, 2, 3 ……，表示发射器总的发射次数；
  - c. 将  $B_n$  数据送往检测器和数字扫描变换器作进一步处理， $B_{n+1}$  数据送往存储器暂存；
  - d. 若扫描尚未结束，则改变发射器发射的物理位置后继续以下步骤，直至扫描接收过程结束；
  - e. 发射器在新的位置第一次发射后，系统通过所述选择装置接收来自相对发射中心相同于步骤 a 所述的一侧的各接收阵元的回波信号，分别经各自接收处理通道的放大、模数转换后送往波束合成器，生成两个前半波束的数据；将该所述数据送往存储器，将存储器中  $B_{n+1}$  数据送往检测器和数字扫描变换器进一步处理；
  - f. 重复上述步骤 b ~ d；

其特征在于：

所述步骤 a、b 或 e 中，所述波束合成器通过延时聚焦控制方式处理来自各通道的数字接收回波信号，并通过改变动态延时聚焦参数的方法来校正失真；

所述动态延时聚焦参数的计算，是以两接收矫正线为根据的；所述两接收矫正线是由圆弧矫正法，按以下方式产生：将所述接收矫正线以偏离发射中心的方向偏离理想接收线，其在发射焦点处的偏离量最大，设其值为  $Q$ ，则随着接收焦点位置远离发射焦点，其偏离值逐渐变小，设矫正半径为  $R$ ，坐标  $x(i)$  是接收焦点距离接收阵元中心的垂直距离， $y(i)$  是接收矫正线上该点到所述发射中心距离， $P$  为接收阵元间距， $F$  为发射焦点距离，

则

$$y(i) = Q - R + \sqrt{R^2 - (x(i) - F)^2}$$

并且当  $y(i) < 0.25P$  时, 使  $y(i) = 0.25P$  。

2. 根据权利要求1所述的基于双波束及合成孔径的接收方法, 其特征在于:

所述步骤 a、b 或 e 中, 在每个所述接收处理通道, 来自各所述接收阵元的信号被放大后, 是以统一的速率被数字化。

3. 根据权利要求1所述的基于双波束及合成孔径的接收方法, 其特征在于:

所述选择装置是用与接收处理通道数目一致的若干个二选一的选择器, 每个该所述选择器分别接收来自与发射中心对称的两个接收阵元的回波信号。

4. 根据权利要求1所述的基于双波束及合成孔径的接收方法, 其特征在于:

所述存储器采用具有先进先出机制的存储器, 包括双口 RAM。

## 基于双波束及合成孔径的接收方法

**技术领域** 本发明涉及超声技术，尤其涉及医疗超声成像系统中的信号处理，特别是涉及超声信号的接收合成方法。

**背景技术** 超声波成像技术已在现代医学临床诊断中得到广泛使用，降低成本和提高帧率是超声成像系统设计追求的重要目标：低成本是产品竞争力关键因素；帧率是超声成像系统的极具价值的资源，高帧率对于成像质量，特别在血流和多普勒成像中非常关键。此外，提高帧率，结合复合成像等技术可以有效地减小斑点噪声。

多波束是提高帧率的有效方法之一。因为帧率和发射次数成反比，发射次数越少帧率越高，所述多波束是通过发射一个较宽的波束，在发射轴线附近接收多个回波波束，从而以一次发射、多波束接收来提高帧率。但多波束也带来一个缺点：一方面发射和接收不在同一条轴线上，接收回波能量更多来自于发射和接收线之间，而不是来自于接收线，另一方面数字扫描变换(D.S.C)是按照有规律等间隔来显示回波，这样就会造成显示的图像失真。具体阐述如下：在图1所示的单波束发射接收系统中，各阵元发射后，阵元接收回波信号，波束合成器对阵元回波信号延时相加，此时波束聚焦于接收线上，接收线和发射线相重合，波束信号经过数字扫描变换后图像能被正确显示。但在图2所示的双波束发射接收系统中，各阵元发射一次后，阵元接收回波信号，波束合成器对阵元回波信号延时相加；和上述单波束不同的是，它同时聚焦形成两个波束，即具有两条接收线；理想的两条接收线将如图所示偏离发射轴线，超声回波能量峰值并不是在理想接收线上，而是位于发射轴线和接收轴线之间；但实际接收轴线将偏离理想接收轴线，靠近发射焦点处的偏离值最大；由于数字扫描变换对输入的波束合成信号要求按理想接收线排列，因此实际双波束接收线将带来图像显示上的失真。

美国专利5,779,640提出了一种多波束失真校正系统和方法，它主要针对彩色和多普勒成像，设计了一个方位角空间平滑滤波器。它假定实际接收轴线偏离理想接收轴线一个位置 $X$ ，则根据多线的实际数据，用空间滤波器近似地插出在理想接收线的数据，用作为处理对象。由于平滑滤波器的作用对空间分辨率有较大损害，因此这种校正方法的实现是以损失图像质

量为代价的。美国专利 6,282,963 提出一种双焦点发射的多波束方法，实现一次发射产生两个发射中心，那么双波束聚焦于两个发射中心上就不需要数据矫正，但其代价是大大增加了发射电路的成本。

**发明内容** 本发明要解决的技术问题是提供一种波束接收方法，能在不降低帧率或图像质量的情况下，降低接收电路的成本。

为解决上述技术问题，本发明的基本构思为：采用双波束和合成孔径技术结合，来保证帧率和降低成本。也就是，各阵元在同一位置发射两次，通过若干个接收选择器的选择，来使各阵元回波多路分次复用同一接收通道，从而可以减少接收通道的数目，进而降低系统接收电路成本。考虑到采用双波束，若在接收动态延时聚焦中矫正接收线失真，则可以在不增加系统额外成本的同时，进一步保证图像质量。

作为实现本发明构思的技术方案是，提供一种基于双波束及合成孔径的接收方法，所述超声成像系统的接收处理通道的数目比不采用合成孔径的系统减少一半，包括步骤，

- a. 发射器第一次发射后，系统通过选择装置接收来自相对发射中心某一侧的各接收阵元的回波信号，分别经各自接收处理通道的放大、模数转换后送往波束合成器，生成两个前半波束的数据，将该所述数据送往存储器；
- b. 发射器在同一位置第二次发射后，系统通过所述选择装置接收来自相对发射中心另一侧的各接收阵元的回波信号，分别经各自接收处理通道的放大、模数转换后送往波束合成器，生成两个后半波束的数据；从所述存储器中取出所述两个前半波束数据，将其与所述两个后半波束数据相加，得到  $B_n$ 、 $B_{n+1}$  两个全波束数据；其中  $n$  为自然数 1, 2, 3 ……，表示发射器总的发射次数；
- c. 将  $B_n$  数据送往检测器和数字扫描变换器作进一步处理， $B_{n+1}$  数据送往存储器暂存；
- d. 若扫描尚未结束，则改变发射器发射的物理位置后继续以下步骤，直至扫描接收过程结束；
- e. 发射器在新的位置第一次发射后，系统通过所述选择装置接收来自相对发射中心相同于步骤 a 所述的一侧的各接收阵元的回波信号，分别经各自接收处理通道的放大、模数转换后送往波束合成器，生成两个前半波束的数据；将该所述数据送往存储器，将存储器中  $B_{n+1}$  数据送往检测器和数字扫描变换器进一步处理；
- f. 重复上述步骤 b ~ d；

尤其是，所述步骤 a、b 或 e 中，所述波束合成器通过延时聚焦控制方式处理来自各通道的数字接收回波信号，并通过改变动态延时聚焦参数的方法来校正失真；所述动态延时聚焦参数的计算，是以两接收矫正线为根据的；所述两接收矫正线是由圆弧矫正法，按以下方式产生：将所述接收矫正线以偏离发射中心的方向偏离理想接收线，其在发射焦点处的偏离量最大，设其值为  $Q$ ，则随着接收焦点位置远离发射焦点，其偏离值逐渐变小，设矫正半径为  $R$ ，坐标  $x(i)$  是接收焦点距离接收阵元中心的垂直距离， $y(i)$  是接收矫正线上该点到所述发射中心距离， $P$  为接收阵元间距， $F$  为发射焦点距离，则

$$y(i) = Q - R + \sqrt{R^2 - (x(i) - F)^2}$$

并且当  $y(i) < 0.25P$  时，使  $y(i) = 0.25P$

与现有技术相比，采用上述技术方案，可以在不损失帧率或图像质量的情况下，降低超声成像系统接收电路的成本，并且电路实现简单，从而使产品更具有市场竞争力。

## 附图说明

图 1 是单波束发射接收示意图

图 2 是双波束发射接收示意图

图 3 是双波束动态聚焦矫正示意图

图 4 是基于双波束及合成孔径的超声成像系统框图

图 5 是基于双波束及合成孔径的波束合成器框图

图 6 是基于双波束及合成孔径的接收方法流程图

**具体实施方式** 下面，结合附图所示之最佳实施例阐述本发明。

为了叙述的简便，假设一个 4 通道超声成像系统（实际系统通道数一般大于 4），系统参与发射接收阵元也为 4（实际系统阵元数一般大于或等于通道数），其具有如图 4 所示之基于双波束和合成孔径的系统结构。

所述超声成像系统包括：4 个探头阵元，用于向被测肌体发射超声波并接收目标回波；2 个选择器，用于各探头阵元的接收选择，其每个输入端都唯一地连接一个探头接收阵元，每个输出端都唯一地连接一个通道放大器；所述通道放大器，用于放大选择器输出的、来自探头阵元的接收回波信号，经其放大后的信号送往 A/D 变换器转换成数字信号；至少一个波束合成器，用于对所述各通道 A/D 变换器输出的数字信号进行聚焦延时、加权处理并求和，所述波束合成器的输出经检测器检测后，通过数字扫描变换器（D.S.C）变换送显示器显示；主控制器，用于系统控制，包括产生分别送

往所述波束合成器、检测器、数字扫描变换器的控制信号。

其中，为节省接收通道的数目，系统往往采用多选一的选择器。本发明中基于双波束，孔径合成采用的是二选一选择器，每个输出端对应着的两个输入端的信号分别来自位置上对称的两个探头阵元，从而使接收处理通道的数目比不采用合成孔径的系统减少一半。如图所示，来自目标的回波由探头的各阵元接收，每两个与发射中心对称的探头阵元连接到同一个选择器，即阵元 1、4 共一个选择器，阵元 2、3 共一个选择器。这样，当各阵元在同一位置基于双波束发射两次时，两个选择器在第一次发射后，可以分别选择相对发射中心同一侧的阵元 1、2 的接收回波作为输出，而第二次发射后，分别选择另一侧的阵元 3、4，从而有利于数据处理。当然，上述示例中的多个选择器可以用其他形式的选择装置代替，例如多输入端多输出端的开关切换装置，因其作用是一样的，均在本发明的保护范围内。

本发明基于双波束及合成孔径的接收方法，用于双波束超声成像系统的波束合成，所述超声成像系统的接收处理通道的数目是接收探头阵元数目的一半，所述接收方法原理为：系统发射器第一次发射后，阵元 1、2 的接收回波信号如图示分别经两个通道处理后，由波束合成器形成两个前半波束的数据；第二次发射后，根据阵元 3、4 的接收回波信号，波束合成器形成两个后半波束的数据。将两次形成的各两个半波束的数据相加，即得阵元 1、2、3、4 形成的两个全波束的数据。具体接收方法见附图 6，步骤具体如下：

- a. 发射器第一次发射后，系统通过两个选择器分别选中阵元 1、2 的回波信号，分别经各自接收处理通道的放大、模数转换后送往波束合成器，生成两个前半波束的数据，将所述数据送往存储器；
- b. 发射器在同一位置第二次发射后，系统通过两个选择器分别选中阵元 3、4 的回波信号，分别经各自接收处理通道的放大、模数转换后送往波束合成器，生成两个后半波束的数据；从所述存储器中取出两个前半波束数据，将其与所述两个后半波束数据相加，得到  $B_n$ 、 $B_{n+1}$  两个全波束数据；（其中  $n$  为自然数 1, 2, 3 ……，表示发射器总的发射次数）；
- c. 将  $B_n$  数据送往检测器和数字扫描变换器进一步处理， $B_{n+1}$  数据送往存储器暂存；
- d. 若扫描尚未结束，则改变发射器发射的物理位置后继续以下步骤，直至扫描接收过程结束；
- e. 发射器在新的位置第一次发射后，系统通过两个选择器分别选中阵元 1、2 回波信号，分别经各自接收处理通道的放大、模数转换后送往波束合成器，生成两个前半波束的数据；

将所述数据送往存储器，将存储器中  $B_{n+1}$  数据送往检测器和数字扫描变换器进一步处理；  
f. 从上述步骤 b 起重复相关操作步骤。

在上述步骤的每个信号接收处理通道中，来自探头阵元的信号被放大后，是以统一的速率被数字化。

在多波束系统中，可以采用类似的孔径合成技术，采用多选一选择器，使多个探头接收阵元通过一个选择器复用同一接收处理通道。本发明不再详述之。

在本发明最佳实施例中，所述波束合成器通过延时聚焦控制方式处理来自各通道的数字接收回波信号。为了校正双波束带来的图像失真，必须使双波束接收线和理想接收线重合，或尽量重合。本发明采用了一种通过改变动态延时聚焦参数的方法来校正失真。在未矫正系统中，计算动态聚焦延时参数是按照理想接收线来计算的，由于实际接收线会向发射线靠拢，由此造成失真。基于这种思想，本实施例采用了圆弧矫正法，见附图 3（双波束动态聚焦矫正示意图）。在该矫正方法中，计算动态延时聚焦参数的时候，如图示的两条矫正动态聚焦线所示，将接收线以偏离发射中心的方向偏离理想接收线；其在发射焦点处的偏离量最大，设其值为  $Q$ ，则随着接收焦点位置远离发射焦点，其偏离值逐渐变小。设矫正半径为  $R$ ，则两矫正线各接收焦点到发射中心距离公式为：

$$y(i) = Q - R + \sqrt{R^2 - (x(i) - F)^2}$$

当  $y(i) < 0.25P$  时，使  $y(i) = 0.25P$

其中，坐标  $x(i)$  是接收焦点距离阵元中心的垂直距离， $y(i)$  是该点从所述矫正线到阵元发射中心距离。 $P$  为阵元间距， $F$  为发射焦点距离。

基于上述双波束和合成孔径接收方法的波束合成器，包括两个波束合成模块及其波束延时控制模块，每个波束合成模块均接收各个接收通道 A/D 变换器送来的数字波束信号，所述波束延时控制模块通过动态延时聚焦参数控制其相应的波束合成模块，完成半波束合成；

变迹控制模块，控制所述若干个波束合成模块，完成通道加权；

变迹补偿模块，对合成的波束数据进行变迹补偿处理后输出；

存储器及其读写控制装置，用于存储或读出数据，包括所述波束合成模块输出的半波束数据，或波束合成数据；还包括

若干个加法器，用于将所述波束合成模块送来的半波束数据、与所述存储器在先存储的半波束数据相加，形成完整的波束合成数据；

至少一个控制标志单元，提供奇偶交替变化的控制标志，系统以之决策：系统送往变迹

补偿模块的波束合成数据，是来自所述加法器还是所述存储器；或，所述存储器存储的数据，是来自所述加法器还是所述两个波束合成模块。

本最佳实施例提供所述波束合成器可进一步参考如图 5，以 4 通道超声成像系统为例，包括两个 A/D 变换器、两个波束合成模块及其波束延时控制模块、变迹控制模块、变迹补偿模块、存储器及其读写控制装置的连接关系如上所述；

两个加法器，分别接收来自波束 1 合成模块和波束 2 合成模块输出的半波束数据，还分别接收来自存储器的半波束数据；

所述波束合成器还用 LN0 来作控制标志，以 LN0=1 表示奇数次扫描接收（或发射，下略），LN0=0 表示偶数次扫描接收，分两路分别送往两个选择器，其中选择器 1 用于从加法器 1 的输出或存储器的输出中选择一个信号送往变迹补偿模块，经其补偿处理后的波束合成数据作为系统的输出信号；选择器 2 用于从加法器 1 的输出或波束 2 合成模块的输出中选择一个信号送往存储器。这样，当奇数次扫描接收时，波束 1、2 的前半波数据存储在存储器中，前一次（偶数次）扫描不同物理位置的第二波束数据从存储器读出，孔径补偿后送给检测器；偶数次扫描接收时，波束 1、2 的前半波数据从存储器读出并和后半波束相加形成两个全波束信号，第一个经变迹补偿后送给检测器，第二个回存储于存储器中。

所述两个延时控制模块将按照前述的圆弧矫正法实现对两个波束合成模块的控制。

上述所有实施例中，存储器最好采用双口 RAM，或其他具有先进先出机制的存储器，可以方便于系统软件设计。当然，在读写容许的情况下，几乎可以采用任何存储器类型。

实际应用中，系统参与发射接收的阵元数往往大于通道数，此时通常采用一些选择装置使多个阵元复用同一通道，在此系统上，同样可以使用本发明方法，增加本发明所述选择装置使系统通道数降低一半。使用本发明的该系统亦在本发明要求保护的范围内。

在工程实现上，以上数字部分的电路或模块可以部分或全部借助 DSP (Digital Signal Processing) 技术，用高速实时数字信号处理芯片 DSP (Digital Signal Processor) 实现，并根据需要使用 DSP 片内存储器或外挂存储器；或，可以用 FPGA (Field Programmable Gate-Array 现场可编程门阵列) 编程实现，嵌入系统，只占用较少的系统资源，均可达到较低实现成本。

所述方法和装置已经在本公司的便携式黑白 B 超的硬件平台上完成试验，验证可行。

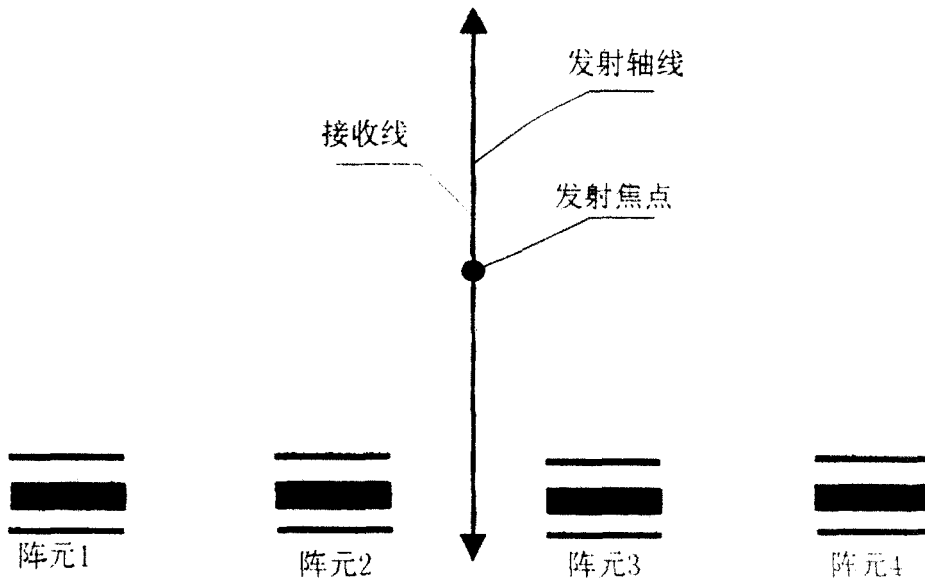


图 1

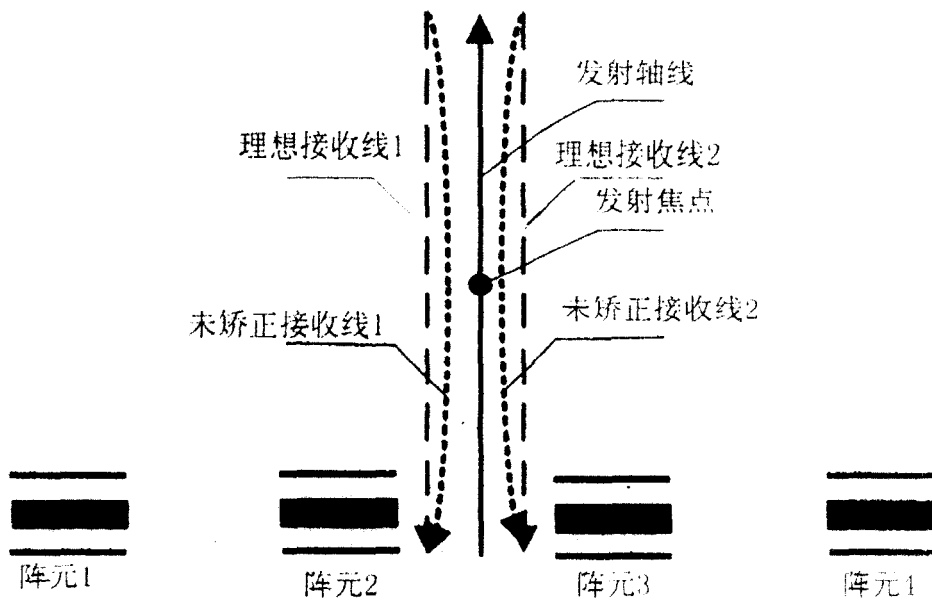


图 2

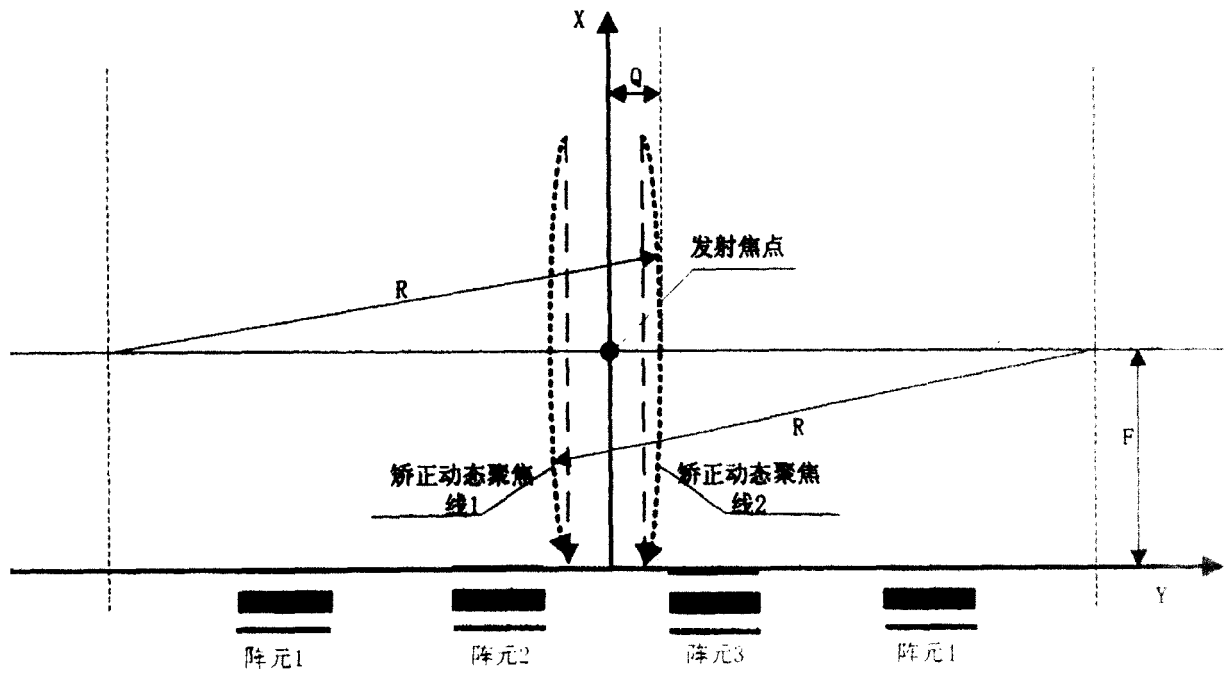


图 3

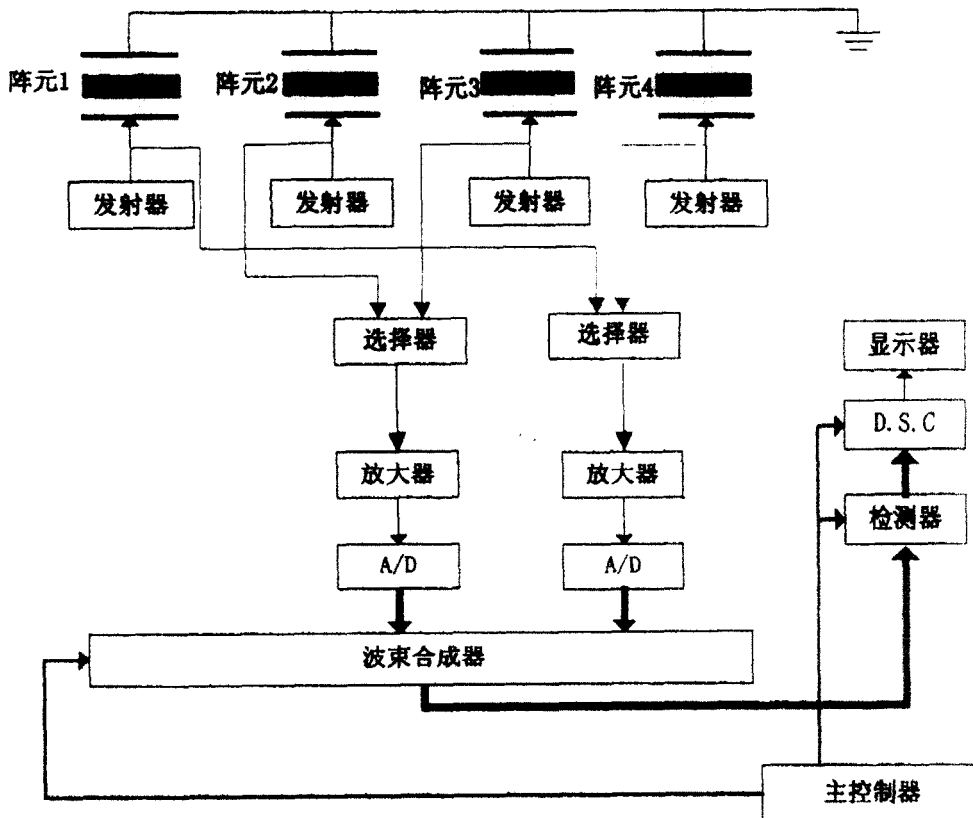


图 4

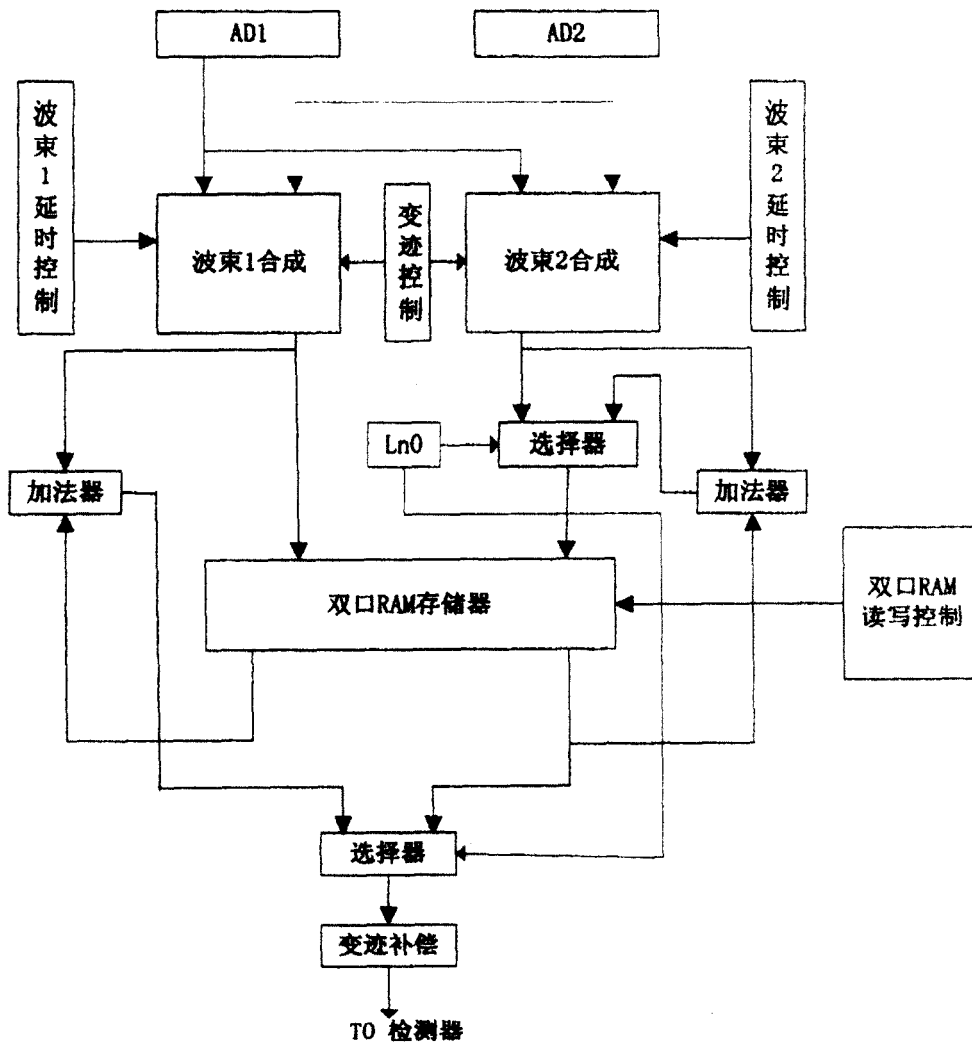


图 5

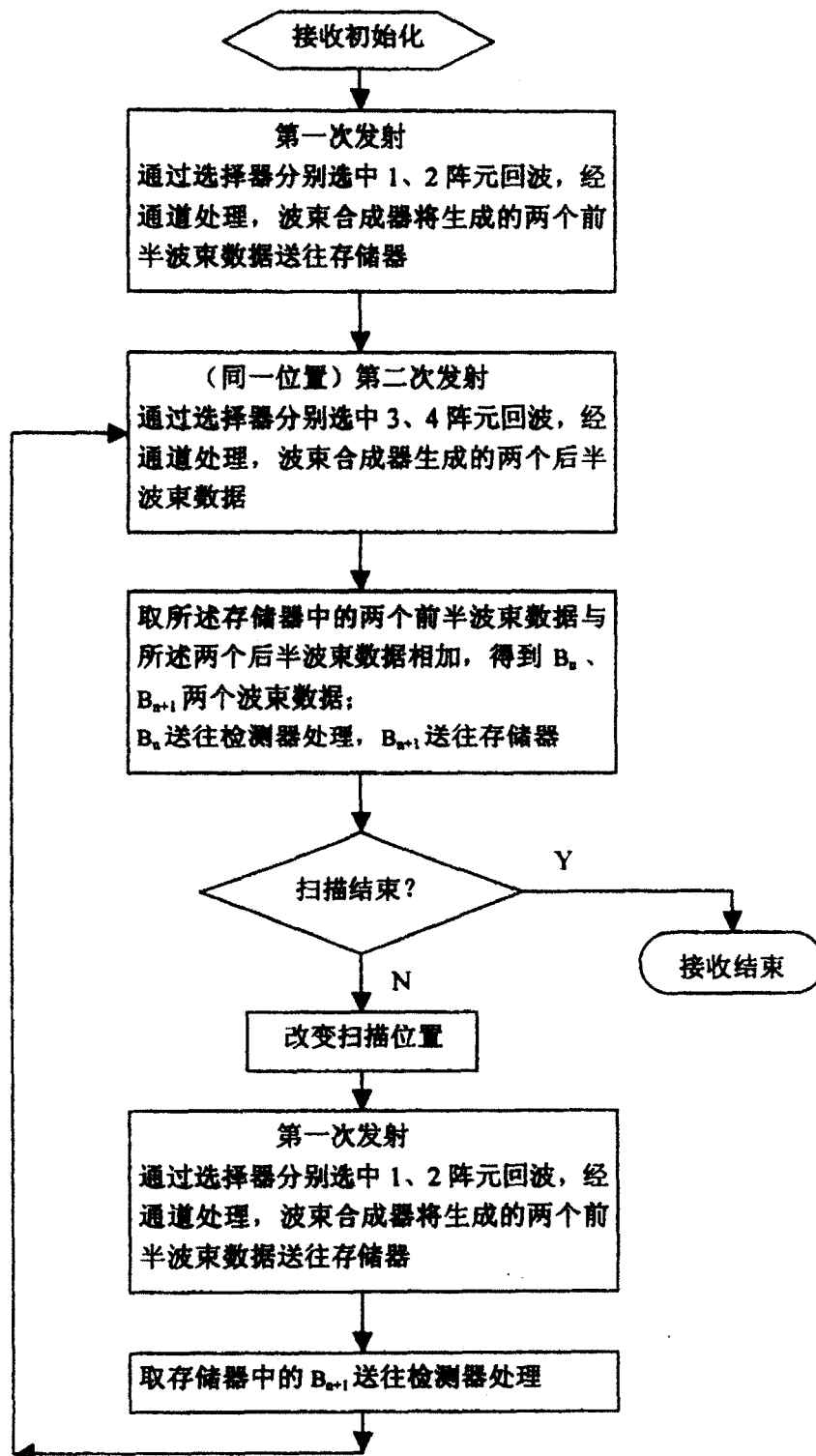


图 6

专利名称(译)	基于双波束及合成孔径的接收方法		
公开(公告)号	<a href="#">CN100450443C</a>	公开(公告)日	2009-01-14
申请号	CN200410077557.1	申请日	2004-12-15
[标]申请(专利权)人(译)	深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司		
[标]发明人	胡勤军 杨波 赵海龙 黄勇 倪东		
发明人	胡勤军 杨波 赵海龙 黄勇 倪东		
IPC分类号	A61B8/00 G01S15/00 G01S7/52		
其他公开文献	CN1788685A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

一种基于双波束及合成孔径的接收方法，用于双波束超声成像系统的波束合成，其原理是：发射器在同一物理位置发射两次，每次系统通过选择装置选中相对发射中心同一侧的各接收阵元的回波信号，经波束合成器生成两个半波束的数据；将两次半波束数据相加，得到在所述位置扫描的两个波束信号；从而使所述超声成像系统的接收处理通道的数目减少一半，在不损失扫描帧率的情况下，降低系统接收电路的成本。采用所述方法的波束合成器，通过动态延时聚焦参数控制其波束合成；采用圆弧矫正法，可以通过改变动态延时聚焦参数的方法来校正失真，从而使所述超声成像系统的图像质量同时得到保证，并且可以简单地实现方案。

