



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110101409 A

(43)申请公布日 2019.08.09

(21)申请号 201910204036.4

(22)申请日 2019.03.18

(71)申请人 深圳蓝韵医学影像有限公司

地址 518000 广东省深圳市宝安区石岩街道浪心居委会砖厂村梨园工业区鸿隆高科技工业园(蓝韵工业园)2栋1楼

(72)发明人 孙瑞超 陈晶 邢锐桐 龙丽 李彬

(74)专利代理机构 深圳市智胜联合知识产权代理有限公司 44368

代理人 齐文剑

(51)Int.Cl.

A61B 8/00(2006.01)

权利要求书2页 说明书16页 附图7页

(54)发明名称

波束合成方法、超声成像方法、装置及设备

(57)摘要

本申请提供了一种波束合成方法、超声成像方法、装置及设备,包括如下步骤:通过指定步骤校准每条波束对应的聚焦深度值Z,并将校准后的聚焦深度值Z2替换相对应波束原有的聚焦深度值Z;根据校准后的聚焦深度值Z2波束集进行信号对准,并获取信号对准后的波束集中的BF1信号集,再将BF1信号集中的各BF1信号进行指定叠加得到BF2信号。通过实现多波束的信号对准,能够较好地抑制旁瓣,提高图像分辨率及信噪比;通过多波束叠加极大的提高线密度,提高了图像的空间分辨率;装置通过在波束合成模块中增加了校准模块和合成模块,使波束合成后数据更精确;并且通过声场判断,对有效声场数据叠加,相较于传统方法实现了较好的聚焦效果,提高了图像质量。

通过指定步骤校准每条波束对应的聚焦深度值,并将校准后的聚焦深度值Z2替换相对应的原有聚焦深度值Z

S1

获取波束集的BF1信号集,并将所述BF1信号集进行空间对准,再将空间对准后的所述BF1信号集中的各BF1信号进行指定叠加得到BF2信号

S2

1. 一种波束合成方法,其特征在于,包括如下步骤:

通过指定步骤校准每条波束对应的聚焦深度值 Z ,并将校准后的聚焦深度值 Z_2 替换相对应波束原有的聚焦深度值 Z ;

根据所述校准后的聚焦深度值 Z_2 波束集进行信号对准,并获取信号对准后的波束集中的BF1信号集,再将所述BF1信号集中的各BF1信号进行指定叠加得到BF2信号。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据所述校准后的聚焦深度值 Z_2 波束集进行信号对准,并获取信号对准后的波束集中的BF1信号集,再将所述BF1信号集中的各BF1信号进行指定叠加得到BF2信号的步骤之前,还包括如下步骤:

对所述BF1信号集进行有效信号过滤,并区分标记出所述BF1信号集中的有效BF1信号和无效BF1信号。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述通过指定步骤校准每条波束对应的聚焦深度值 Z ,并将校准后的聚焦深度值 Z_2 替换相对应波束原有的聚焦深度值 Z 的步骤,包括如下步骤:

通过阵元数 $N_{elements}$ 、相邻阵元间距 $pitch$ 、发射线数 $nlines$ 和移动步长 $step$ 换算出线阵中各波束线的间距 dx ;

通过线阵中各波束线的间距 dx 、每次发射或接受的波束数量 $beam$ 、发射线上样本点到发射点的距离 $z_{sample1}$ 和焦距 F 分别换算出中心发射线上的样本点到各条波束线上的虚拟焦点的横向距离 Dx_{ibeam} 和纵向距离 Dy_{ibeam} ;

根据中心发射线上的样本点到各条波束线上的虚拟焦点的横向距离 Dx_{ibeam} 和纵向距离 Dy_{ibeam} 换算出中心发射线上的样本点到各波束线虚拟焦点的距离 $dr1_{ibeam}$;

根据中心发射线上的样本点到各波束线虚拟焦点的距离 $dr1_{ibeam}$ 和焦距 F 换算出各波束线对应的校准后的聚焦深度值 Z_2 。

4. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述对所述BF1信号集进行有效信号过滤,并区分标记出所述BF1信号集中的有效BF1信号和无效BF1信号的步骤,包括如下步骤:

通过超声波发射器的孔径 A 、通道数 $N_{channel}$ 、相邻阵元间距 $pitch$ 和焦距 F 换算出发射声场的角度 θ_1 ;

计算出各波束线上各样本点偏离发射线的角度 $angle1_{ibeam}$;

判断所述角度 $angle1_{ibeam}$ 是否大于 $\theta_1/2$;

若否,则判定与所述角度 $angle1_{ibeam}$ 对应的样本点处于有效声场范围内。

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述根据所述校准后的聚焦深度值 Z_2 波束集进行信号对准,并获取信号对准后的波束集中的BF1信号集,再将所述BF1信号集中的各BF1信号进行指定叠加得到BF2信号的步骤,包括如下步骤:

通过接收线的坐标 $ref1$ 、阵元坐标 $xe1$ 和各波束线的校准后的聚焦深度值 Z_2 换算出各阵元到聚焦样本点的距离 $dn1_{ibeam}$;

通过接收线的坐标 $ref1$ 、阵元坐标 $xe1$ 、各波束线的校准后的聚焦深度值 Z_2 和各阵元到聚焦样本点的距离 $dn1_{ibeam}$ 换算出各阵元的延时 τ_1 ;

通过各阵元的延时 τ_1 将与之对应的BF1信号进行相位对齐,并将信号对准后的BF1信号集进行叠加得到所述BF2信号。

6. 一种超声成像方法,包括如下步骤,

获取超声波数据并转化为相应的数字信号；
将所述数字信号通过指定的校正合成为射频信号；
将所述射频信号通过指定的信号处理分离出载波信号；
将所述载波信号通过指定的图像处理获得超声图像，

其特征在於，所述将所述数字信号通过指定的校正合成为射频信号的步骤，包括权利要求1-5任意一项所述的波束合成方法。

7. 一种波束合成装置，其特征在於，包括如下具体模块：

校准模块，用于通过指定步骤校准每条波束对应的聚焦深度值 Z ，并将校准后的聚焦深度值 Z_2 替换相对应波束原有的聚焦深度值 Z ；

合成模块，用于根据所述校准后的聚焦深度值 Z_2 波束集进行信号对准，并获取信号对准后的波束集中的BF1信号集，再将所述BF1信号集中的各BF1信号进行指定叠加得到BF2信号。

8. 一种超声成像装置，包括如下具体模块：

获取模块，用于获取超声波数据并转化为相应的数字信号；
波束合成模块，用于将所述数字信号通过指定的校正合成为射频信号；
分离模块，用于将所述射频信号通过指定的信号处理分离出载波信号；
成像模块，用于将所述载波信号通过指定的图像处理获得超声图像；
其特征在於，所述波束合成模块，包括权利要求7所述的波束合成装置。

9. 一种超声成像设备，其特征在於，包括产生超声波信号辐射到被测试组织中和吸收反射声波信号的信号收发器，将接收的声波转换为电信号的振动传感器，将接收信号采样和数字化的模数转换器(A/D)，补偿由於深度导致的超声波幅值衰减的时间增益补偿器(TGC)，将数字信号转化为RF信号的接收波束合成器，将RF信号进行包络提取和解调处理分离出载波信号的信号处理器，将载波信号进行扫描转换和后端图像处理的数字扫描转换器DSC以及用于最终显示的图像的显示器。

其中，所述接收波束合成器，包括相位校正模块、用于合成BF1信号的第一次波束波束合成模块、有效声场判断模块和用于合成BF2信号的第二次波束合成器，且所述相位校正模块、用于合成BF1信号的第一次波束波束合成模块、有效声场判断模块和用于合成BF2信号的第二次波束合成器依次相连。

10. 一种计算机设备，包括存储器、处理器以及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序，其特征在於，所述处理器执行所述程序时实现如权利要求1~6中任意一项所述的方法。

波束合成方法、超声成像方法、装置及设备

技术领域

[0001] 本申请涉及计算机技术领域,特别是涉及一种波束合成方法、超声成像方法、装置及设备。

背景技术

[0002] 超声成像因其具有安全、实时、便携、无创及成本低等优势,被广泛应用于临床医学诊断。而波束合成是超声成像系统中处于核心位置,对成像质量起着决定性的作用。波束合成中主瓣宽度和旁瓣幅度用来判断所形成波束质量的高低,通常主瓣的宽度越窄,那么成像的横向分辨率越高;旁瓣的幅度越小,那么成像的对比度就越大,并且伪影噪声越少。

[0003] 另外波束形成接收分为单波束和多波束接收,在运动器官的实时诊断中,多波束接收可以极大的提高帧率,然而每次发射接受的多波束之间相位不对齐,这样叠加得到的RF信号同样具有较高的伪影噪声。

[0004] 传统方法通过进行延时叠加波束,图像质量差,旁瓣等级较高,空间分辨率低,虽然可以通过动态聚焦、幅度变迹和动态孔径三种方法来控制波束主瓣宽度与旁瓣幅度,从而抑制旁瓣改善超声成像的质量,但是同时也抑制主瓣,对图像分辨率有影响;而现有的其他方法亦是以降低旁瓣幅度,提高分辨率,提高信噪比等方面改善聚焦效果,但提高帧率,改善空间分辨率的方法仍然是现有的技术盲区。

发明内容

[0005] 鉴于上述问题,提出了本发明实施例以便提供一种克服上述问题或者至少部分地解决上述问题的波束合成的方法及装置。

[0006] 为了解决上述问题,本发明实施例公开了一种波束合成方法,包括如下步骤:

[0007] 通过指定步骤校准每条波束对应的聚焦深度值 Z ,并将校准后的聚焦深度值 Z_2 替换相对应波束原有的聚焦深度值 Z ;

[0008] 根据上述校准后的聚焦深度值 Z_2 波束集进行信号对准,并获取信号对准后的波束集中的BF1信号集,再将上述BF1信号集中的各BF1信号进行指定叠加得到BF2信号。

[0009] 进一步地,上述根据上述校准后的聚焦深度值 Z_2 波束集进行信号对准,并获取信号对准后的波束集中的BF1信号集,再将上述BF1信号集中的各BF1信号进行指定叠加得到BF2信号的步骤之前,还包括如下步骤:

[0010] 对上述BF1信号集进行有效信号过滤,并区分标记出上述BF1信号集中的有效BF1信号和无效BF1信号。

[0011] 进一步地,上述通过指定步骤校准每条波束对应的聚焦深度值 Z ,并将校准后的聚焦深度值 Z_2 替换相对应波束原有的聚焦深度值 Z 的步骤,包括如下步骤:

[0012] 通过阵元数 $N_{elements}$ 、相邻阵元间距 $pitch$ 、发射线数 $nlines$ 和移动步长 $step$ 计算出线阵中各波束线的间距 dx ;

[0013] 通过线阵中各波束线的间距 dx 、每次发射或接受的波束数量 $beam$ 、发射线上样本

点到发射点的距离 $z_sample1$ 和焦距 F 分别换算出中心发射线上的样本点到各条波束线上的虚拟焦点的横向距离 $Dx_{i\text{beam}}$ 和纵向距离 $Dy_{i\text{beam}}$;

[0014] 根据中心发射线上的样本点到各条波束线上的虚拟焦点的横向距离 $Dx_{i\text{beam}}$ 和纵向距离 $Dy_{i\text{beam}}$ 换算出中心发射线上的样本点到各波束线虚拟焦点的距离 $dr_{i\text{beam}}$;

[0015] 根据中心发射线上的样本点到各波束线虚拟焦点的距离 $dr_{i\text{beam}}$ 和焦距 F 换算出各波束线对应的校准后的聚焦深度值 $Z2$ 。

[0016] 进一步地,上述对上述BF1信号集进行有效信号过滤,并区分标记出上述BF1信号集中的有效BF1信号和无效BF1信号的步骤,包括如下步骤:

[0017] 通过超声波发射器的孔径 A 、通道数 $N_channel$ 、相邻阵元间距 $pitch$ 和焦距 F 换算出发射声场的角度 $\theta1$;

[0018] 计算出各波束线上各样本点偏离发射线的角度 $angle_{i\text{beam}}$;

[0019] 判断上述角度 $angle_{i\text{beam}}$ 是否大于 $\theta1/2$;

[0020] 若否,则判定与上述角度 $angle_{i\text{beam}}$ 对应的样本点处于有效声场范围内。

[0021] 进一步地,上述根据上述校准后的聚焦深度值 $Z2$ 波束集进行信号对准,并获取信号对准后的波束集中的BF1信号集,再将上述BF1信号集中的各BF1信号进行指定叠加得到BF2信号的步骤,包括如下步骤:

[0022] 通过接收线的坐标 $ref1$ 、阵元坐标 $xe1$ 和各波束线的校准后的聚焦深度值 $Z2$ 换算出各阵元到聚焦样本点的距离 $dn_{i\text{beam}}$;

[0023] 通过接收线的坐标 $ref1$ 、阵元坐标 $xe1$ 、各波束线的校准后的聚焦深度值 $Z2$ 和各阵元到聚焦样本点的距离 $dn_{i\text{beam}}$ 换算出各阵元的延时 $\tau1$;

[0024] 通过各阵元的延时 $\tau1$ 将与之对应的波束线进行相位对齐,并将信号对准后的波束线的BF1信号集进行叠加得到上述BF2信号。

[0025] 进一步地,上述通过各阵元的延时 $\tau1$ 将与之对应的波束线进行相位对齐,并将信号对准后的波束线的BF1信号集进行叠加得到上述BF2信号的步骤,包括如下步骤:

[0026] 根据各阵元的延时 $\tau1$ 和处于有效声场范围内的上述角度 $angle_{i\text{beam}}$ 换算出对应样本点回波信号;

[0027] 将上述对应样本点的回波信号汇集形成上述信号对准后的BF1信号集。

[0028] 进一步地,上述通过指定步骤校准每条波束对应的聚焦深度值 Z ,并将校准后的聚焦深度值 $Z2$ 替换相对应波束原有的聚焦深度值 Z 的步骤,包括如下步骤:

[0029] 根据阵元数 $N_elements$ 、相邻阵元间距 $pitch$ 和凸阵圆心半径 R 换算出凸阵圆心角 β ;

[0030] 根据发射线数 $nlines$ 、移动步长 $step$ 和上述凸阵圆心角 β 换算出接收线间角 dx_beta ;

[0031] 根据每次发射或接受的波束数量 $beam$ 和上述接收线间角 dx_beta 换算出接收波束到发射波束的夹角 $Angle_beam$;

[0032] 根据焦距 F 、上述凸阵圆心半径 R 和接收波束到发射波束的夹角 $Angle_beam$ 分别换算出样本点到接收波束虚拟焦点的横向距离 $Hx_{i\text{beam}}$ 和纵向距离 $Hy_{i\text{beam}}$,并根据上述上述凸阵圆心半径 R 和纵向距离 $Hy_{i\text{beam}}$ 换算出校正焦距 FA ;

[0033] 根据发射线上样本点到圆心的距离 $z_sample2$ 、上述凸阵圆心半径 R 、横向距离

Hxibeam和纵向距离Hyibeam换算出中心发射线上的样本点到各波束线虚拟焦点的距离dr2ibeam;

[0034] 根据上述中心发射线上的样本点到各波束线虚拟焦点的距离dr2ibeam、焦距F和校正焦距FA换算出各波束线对应的校准后的聚焦深度值Z2。

[0035] 进一步地,上述对上述BF1信号集进行有效信号过滤,并区分标记出上述BF1信号集中的有效BF1信号和无效BF1信号的步骤,包括如下步骤:

[0036] 根据凸阵圆心半径R、通道数N_channel、焦距F和相邻阵元间距pitch换算出发射声场的角度 θ_2 ;

[0037] 获取各波束线上样本点偏离发射线的角度angle2ibeam;

[0038] 判断上述角度angle2ibeam是否大于 $\theta_2/2$

[0039] 若否,则判定与上述角度angle2ibeam对应的样本点处于有效声场范围内。

[0040] 进一步地,上述根据上述校准后的聚焦深度值Z2波束集进行信号对准,并获取信号对准后的波束集中的BF1信号集,再将上述BF1信号集中的各BF1信号进行指定叠加得到BF2信号的步骤,包括如下步骤:

[0041] 根据接收线的起始位置坐标M、阵元的位置坐标N、上述校准后的聚焦深度值Z2换算出阵元到聚焦点的距离dn2ibeam;

[0042] 根据上述校准后的聚焦深度值Z2和阵元到聚焦点的距离dn2ibeam换算出各阵元的延时 τ_2 ;

[0043] 通过各阵元的延时 τ_2 将与之对应的波束线进行相位对齐,并将信号对准后的波束线的BF1信号集进行叠加得到上述BF2信号。

[0044] 进一步地,上述通过各阵元的延时 τ_2 将与之对应的波束线进行相位对齐,并将信号对准后的波束线的BF1信号集进行叠加得到上述BF2信号的步骤,包括如下步骤:

[0045] 根据各阵元的延时 τ_2 和处于有效声场范围内的上述角度angle2ibeam换算出对应样本点回波信号;

[0046] 将上述对应样本点的回波信号汇集形成上述信号对准后的BF1信号集。

[0047] 为了解决上述问题,本发明实施例公开了一种超声成像方法,包括如下步骤,

[0048] 获取超声波数据并转化为相应的数字信号;

[0049] 将上述数字信号通过指定的校正合成为射频信号;

[0050] 将上述射频信号通过指定的信号处理分离出载波信号;

[0051] 将上述载波信号通过指定的图像处理获得超声图像;

[0052] 上述将上述数字信号通过指定的校正合成为射频信号的步骤,包括上述任一实施例所述的波束合成方法。

[0053] 为了解决上述问题,本发明实施例公开了一种波束合成装置,包括如下具体模块:

[0054] 校准模块,用于通过指定步骤校准每条波束对应的聚焦深度值Z,并将校准后的聚焦深度值Z2替换相对应波束原有的聚焦深度值Z;

[0055] 合成模块,用于根据上述校准后的聚焦深度值Z2波束集进行信号对准,并获取信号对准后的波束集中的BF1信号集,再将上述BF1信号集中的各BF1信号进行指定叠加得到BF2信号。

[0056] 为了解决上述问题,本发明实施例公开了一种超声成像装置,包括如下具体模块:

- [0057] 获取模块,用于获取超声波数据并转化为相应的数字信号;
- [0058] 波束合成模块,用于将上述数字信号通过指定的校正合成为射频信号;
- [0059] 分离模块,用于将上述射频信号通过指定的信号处理分离出载波信号;
- [0060] 成像模块,用于将上述载波信号通过指定的图像处理获得超声图像,
- [0061] 上述波束合成模块,包括上述任一实施例所述的波束合成装置。
- [0062] 为了解决上述问题,本发明实施例公开了一种超声成像设备,包括产生超声波信号辐射到被测试组织中和吸收反射声波信号的信号收发器,将接收的声波转换为电信号的振动传感器,将接收信号采样和数字化的模数转换器(A/D),补偿由于深度导致的超声波幅值衰减的时间增益补偿器(TGC),将数字信号转化为RF信号的接收波束合成器,将RF信号进行包络提取和解调处理分离出载波信号的信号处理器,将载波信号进行扫描转换和后端图像处理的数字扫描转换器DSC以及用于最终显示的图像的显示器。
- [0063] 其中,上述接收波束合成器,包括相位校正模块、用于合成BF1信号的第一次波束波束合成模块、有效声场判断模块和用于合成BF2信号的第二次波束合成器,且上述相位校正模块、用于合成BF1信号的第一次波束波束合成模块、有效声场判断模块和用于合成BF2信号的第二次波束合成器依次相连。
- [0064] 为了解决上述问题,本发明实施例公开了一种计算机设备,包括存储器、处理器以及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述程序时实现本发明实施例中任意一项所述的波束合成方法。
- [0065] 与现有技术相比,本申请包括以下优点:
- [0066] 本发明实施例中,通过实现多波束的空间对准和相位对齐,能够较好地抑制旁瓣,提高图像分辨率及信噪比;通过多波束叠加极大的提高线密度,提高了图像的空间分辨率;本方法实现算法简单,在消耗少量处理资源的情况下即可实现多帧率,高信噪比,高分辨率的效果;装置通过在波束合成模块中增加了校准模块和合成模块,使波束合成后更数据更精确;并且通过声场判断,对有效声场数据叠加,相较于传统方法实现了较好的聚焦效果,提高了图像质量。

附图说明

- [0067] 图1是本发明一实施例的波束合成方法的步骤流程示意图;
- [0068] 图2是本发明一实施例的波束合成方法的步骤流程示意图;
- [0069] 图3是本发明一实施例的波束合成方法的步骤流程示意图;
- [0070] 图4是本发明一实施例的波束合成方法的步骤流程示意图;
- [0071] 图5是本发明一实施例的线阵聚焦深度校正计算示意图;
- [0072] 图6是本发明一实施例的线阵有效声场计算示意图;
- [0073] 图7是本发明一实施例的线阵延时距离计算示意图;
- [0074] 图8是本发明一实施例的凸阵聚焦深度校正计算示意图;
- [0075] 图9是本发明一实施例的凸阵有效声场计算示意图;
- [0076] 图10是本发明一实施例的凸阵延时距离计算示意图;
- [0077] 图11是本发明一实施例的波束合成装置的模块结构示意图;
- [0078] 图12是本发明一实施例的一种计算机设备的结构示意图。

[0079] 1、校准模块;2、合成模块;12、计算机设备;14、外部设备;16、处理单元;18、总线;20、网络适配器;22、(I/O)接口;24、显示器;28、系统存储器;30、随机存取存储器(RAM);32、高速缓存存储器;34、存储系统;40、程序/实用工具;42、程序模块。

[0080] 本发明目的实现、功能特点及优点将结合实施例,参照附图做进一步说明。

具体实施方式

[0081] 为使本申请的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本申请作进一步详细的说明。

[0082] 显然,所描述的实施例仅仅是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0083] 另外,各个实施例之间的技术方案可以相互结合,但是必须是以本领域普通技术人员能够实现为基础,当技术方案的结合出现相互矛盾或无法实现时应当认为这种技术方案的结合不存在,也不在本发明要求的保护范围之内。

[0084] 最后,本说明书中的各个实施例均采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可。

[0085] 需要说明的是,在本发明任一实施例中,信号对准包含空间对准和相位对齐;空间对准:指接收线位置相同;相位对齐:是指不同接收线(空间对准后的接收线)采用不同的延时时间,使信号能够同时到达空间位置相同的一点(即聚焦到一点),通过校正使信号能够聚集到同一位置。

[0086] 需要说明的是,为方便公式的表达,在下列任意实施例中所提及的计算参数“ $X_{i\text{beam}}$ ”表示为参数任一波束线*i*对应的“ X ”, $X_{i\text{beam}}(j)$ 表示为任一波束线*i*中的任一点*j*对应的“ X ”,如:将任一波束线对应的校准后的聚焦深度值 Z_2 以 $Z_{2i\text{beam}}$ 在公式中进行表示。

[0087] 参照图1,示出了本申请一种波束合成方法,包括如下步骤:

[0088] S1、通过指定步骤校准每条波束对应的聚焦深度值 Z ,并将校准后的聚焦深度值 Z_2 替换相对应波束原有的聚焦深度值 Z ;

[0089] S2、根据上述校准后的聚焦深度值 Z_2 波束集进行信号对准,并获取信号对准后的波束集中的BF1信号集,再将上述BF1信号集中的各BF1信号进行指定叠加得到BF2信号。

[0090] 如上述步骤S1所述,通过指定步骤校准每条波束对应的聚焦深度值 Z ,并将校准后的聚焦深度值 Z_2 替换相对应波束原有的聚焦深度值 Z ,需要说明的是,对所述聚焦深度值进行校准的方式在本发明实施例中包括两种,分别为根据线阵校正法和凸阵校正法,其中,线阵校正法通过阵元数 N_{elements} 、相邻阵元间距 pitch 、发射线数 n_{lines} 、移动步长 step 、每次发射或接受的波束数量 beam 、发射线上样本点到发射点的距离 z_{sample1} 和焦距 F 对所述聚焦深度值 Z 进行校正;凸阵校正法通过根据阵元数 N_{elements} 、相邻阵元间距 pitch 、凸阵圆心半径 R 、发射线数 n_{lines} 、移动步长 step 、每次发射或接受的波束数量 beam 、焦距 F 、发射线上样本点到圆心的距离 z_{sample2} 对所述聚焦深度值 Z 进行校正。

[0091] 如上述步骤S2所述,根据上述校准后的聚焦深度值 Z_2 波束集进行信号对准,并获取信号对准后的波束集中的BF1信号集,再将上述BF1信号集中的各BF1信号进行指定叠加得到BF2信号,需要说明的是,步骤S2的实现方法包括两种,分别为根据线阵校准法和凸阵

校准法,其中,线阵校准法通过接收线的坐标 $ref1$ 、阵元坐标 $xe1$ 、校准后的聚焦深度值 $Z2$ 将对应的波束线进行相位对齐,并将信号对准后的BF1信号集进行叠加得到所述BF2信号;凸阵校准法通过接收线的起始位置坐标 M 、阵元的位置坐标 N 、所述校准后的聚焦深度值 $Z2$ 将对应的波束线进行相位对齐,并将信号对准后的BF1信号集进行叠加得到所述BF2信号。在通过校准后的聚焦深度值 $Z2$ 将对应的波束线进行相位对齐前,波束线已经空间对准完毕,通过上述校准后的聚焦深度值 $Z2$ 对波束进行延时。得到BF1,判断数据的有效性,再叠加得到BF2由于BF1信号的相位已经对齐,所以只需同一空间数据相叠加。

[0092] 参照图2-4,示出了本申请一种波束合成方法实施例2的步骤流程图,具体可以包括如下步骤:

[0093] 在本发明实施例中,上述根据上述校准后的聚焦深度值 $Z2$ 波束集进行信号对准,并获取信号对准后的波束集中的BF1信号集,再将上述BF1信号集中的各BF1信号进行指定叠加得到BF2信号的步骤之前,还包括如下步骤:

[0094] S3、对上述BF1信号集进行有效信号过滤,并区分标记出上述BF1信号集中的有效BF1信号和无效BF1信号。

[0095] 如上述步骤S3所述,对上述BF1信号集进行有效信号过滤,并区分标记出上述BF1信号集中的有效BF1信号和无效BF1信号需要说明的是,步骤S3的实现方法包括两种,分别为根据线阵校准法和凸阵校准法,其中,线阵校准法通过通过超声波发射器的孔径 A 、通道数 $N_channel$ 、相邻阵元间距 $pitch$ 、焦距 F 和各波束线上各样本点偏离发射线的角度 $angle1_{i\text{beam}}$ 计算并筛选出有效声场范围内的BF1信号;凸阵校准法根据凸阵圆心半径 R 、通道数 $N_channel$ 、焦距 F 、相邻阵元间距 $pitch$ 和各波束线上样本点偏离发射线的角度 $angle2_{i\text{beam}}$ 计算并筛选出有效声场范围内的BF1信号。

[0096] 在本发明实施例中,上述通过指定步骤校准每条波束对应的聚焦深度值 Z ,并将校准后的聚焦深度值 $Z2$ 替换相对应波束原有的聚焦深度值 Z 的步骤,包括如下步骤:

[0097] S111、通过阵元数 $N_elements$ 、相邻阵元间距 $pitch$ 、发射线数 $nlines$ 和移动步长 $step$ 换算出线阵中各波束线的间距 dx ;

[0098] S112、通过线阵中各波束线的间距 dx 、每次发射或接受的波束数量 $beam$ 、发射线上样本点到发射点的距离 $z_sample1$ 和焦距 F 分别换算出中心发射线上的样本点到各条波束线上的虚拟焦点的横向距离 $Dx_{i\text{beam}}$ 和纵向距离 $Dy_{i\text{beam}}$;

[0099] S113、根据中心发射线上的样本点到各条波束线上的虚拟焦点的横向距离 $Dx_{i\text{beam}}$ 和纵向距离 $Dy_{i\text{beam}}$ 换算出中心发射线上的样本点到各波束线虚拟焦点的距离 $dr1_{i\text{beam}}$;

[0100] S114、根据中心发射线上的样本点到各波束线虚拟焦点的距离 $dr1_{i\text{beam}}$ 和焦距 F 换算出各波束线对应的校准后的聚焦深度值 $Z2$ 。

[0101] 如上述步骤S111所述,通过阵元数 $N_elements$ 、相邻阵元间距 $pitch$ 、发射线数 $nlines$ 和移动步长 $step$ 换算出线阵中各波束线的间距 dx ,需要说明的是,上述计算过程所采用的公式在本发明实施例中优选为:

$$[0102] \quad dx = \frac{(N_elements - 1) \times pitch}{(nlines - 1) \times step} \quad step = 1/2/4/8 \quad \text{公式 (1)}$$

[0103] 其中,当移动步长 $step$ 为1时,接收线间距等于发射线间距。 $step$ 与最终的线密度相关,当 $step$ 越大线密度越高,但是多波束叠加的数量就减少,具体关系如下:

[0104] 波束叠加数 \times step = beam

[0105] 式中, beam为每次发射或接受的波束数量。

[0106] 如上述步骤S112所述, 通过线阵中各波束线的间距dx、每次发射或接受的波束数量beam、发射线上样本点到发射点的距离z_sample1和焦距F分别换算出中心发射线上的样本点到各条波束线上的虚拟焦点的横向距离Dx_ibeam和纵向距离Dy_ibeam, 需要说明的是, 上述计算过程所采用的公式在本发明实施例中优选为:

[0107] $Dx = \text{abs}(-(\text{beam}-1) \times dx \times 1/2 + (\text{i}\text{beam}-1) * dx)$ ibeam=1, 2, ..., beam 公式(2)

[0108] $Dy = \text{abs}(z_sample - F)$

[0109] 式中, abs代表为式中的计算结果取绝对值。

[0110] 如上述步骤S113所述, 根据中心发射线上的样本点到各条波束线上的虚拟焦点的横向距离Dx_ibeam和纵向距离Dy_ibeam换算出中心发射线上的样本点到各波束线虚拟焦点的距离dr₁beam, 需要说明的是, 上述计算过程所采用的公式在本发明实施例中优选为:

[0111] $dr1 = \sqrt{Dx_{i\text{beam}}^2 + Dy_{i\text{beam}}^2}$ 公式(3)

[0112] 以图5为例: 图中P1, Pn为发射线上近场和远场的两个样本点, 以样本点P1为例, 接收波束线以bm2为例进行说明, S为bm2上与发射焦点同位置的虚拟焦点。S到发射线上每个样本点的距离为dr_{bm2}, Dx₁为发射线上任意样本点P到接收虚拟焦点S的横向距离; Dy₁为纵向深度。通过公式(3), 即可计算得到发射线上样本点P1到波束线bm2虚拟焦点S的距离, 即dr₁。

[0113] 如上述步骤S114所述, 根据中心发射线上的样本点到各波束线虚拟焦点的距离dr₁beam和焦距F换算出各波束线对应的校准后的聚焦深度值Z2, 需要说明的是, 上述计算过程所采用的公式在本发明实施例中优选为:

[0114] $Z2_{i\text{beam}}(j) = F \pm dr_{i\text{beam}}(j)$ 公式(4)

[0115] 需要说明的是, 式中, 当z_sample1小于F使用'-' ; 当z_sample1大于F使用'+' ; 当z_sample1等于F时, 即焦点位置。此时焦点处声场集中, 受到其他发射声场的影响较小, 因此, 当z_sample1等于F时, 仅采用当前线焦点处的数据。

[0116] 通过上述公式(4)即可得到任一条将要接收的波束线ibeam上任一个点j的校正聚焦深度值Z2, 延时计算时, 使用对应的Z2值, 即可接收到相位一致的多波束BF1。

[0117] 在本发明实施例中, 上述对上述BF1信号集进行有效信号过滤, 并区分标记出上述BF1信号集中的有效BF1信号和无效BF1信号的步骤, 包括如下步骤:

[0118] S311、通过超声波发射器的孔径A、通道数N_channel、相邻阵元间距pitch和焦距F换算出发射声场的角度 θ_1 ;

[0119] S312、计算出各波束线上各样本点偏离发射线的角度angle₁beam;

[0120] S313、判断上述角度angle₁beam是否大于 $\theta_1/2$;

[0121] S314、若否, 则判定与上述角度angle₁beam对应的样本点处于有效声场范围内。

[0122] 如上述步骤S311所述, 通过超声波发射器的孔径A、通道数N_channel、相邻阵元间距pitch和焦距F换算出发射声场的角度 θ_1 , 需要说明的是, 线阵的声场形状类似沙漏状, 如图6所示。以孔径大小为A发射超声波, 进行多波束接收, 其中P2, P3为指定的一条接收波束线上的两个样本点, 从P2, P3到中心发射线做垂线, 垂点为N1, N2。

[0123] 因此发射声场的角度优选通过下列公式计算：

$$[0124] \quad \theta_1 = 2 \arctan \frac{(N_channel - 1) \times pitch}{2F} \quad \text{公式 (5)}$$

[0125] 如上述步骤S312所述,计算出各波束线上各样本点偏离发射线的角度 $angle_{1_beam}$,需要说明的是,上述计算过程所采用的公式在本发明实施例中优选为:

$$[0126] \quad angle_{1_beam}(j) = \arctan \left(\frac{Dx_{ibeam}}{Dy_{ibeam}(j)} \right) \quad \text{公式 (6)}$$

[0127] 如上述步骤S313所述,判断上述角度 $angle_{1_beam}$ 是否大于 $\theta_1/2$,如图6所示,可知P2不在发射声场之内,其与中心发射线的夹角 $angle_{1_1}$ 大于 $\theta_1/2$;样本点P3在发射声场之内,其与中心发射线的夹角 $angle_{1_2}$ 小于 $\theta_1/2$ 。因此可以通过判断波束线上各点与中心发射线焦点的夹角判断各点是否在有效声场之内。

[0128] 如上述步骤S314所述,若否,则判定与上述角度 $angle_{1_beam}$ 对应的样本点处于有效声场范围内,具体地,判断后对对应的样本点进行标记,具体标记为:

$$[0129] \quad angle = \begin{cases} 1 & angle \leq \theta/2 \\ 0 & angle > \theta/2 \end{cases} \quad \text{公式 (7)}$$

[0130] 在本发明实施例中,上述根据上述校准后的聚焦深度值Z2波束集进行信号对准,并获取信号对准后的波束集中的BF1信号集,再将上述BF1信号集中的各BF1信号进行指定叠加得到BF2信号的步骤,包括如下步骤:

[0131] S211、通过接收线的坐标 $ref1$ 、阵元坐标 $xe1$ 和各波束线的校准后的聚焦深度值Z2换算出各阵元到聚焦样本点的距离 dn_{1_beam} ;

[0132] S212、通过接收线的坐标 $ref1$ 、阵元坐标 $xe1$ 、各波束线的校准后的聚焦深度值Z2和各阵元到聚焦样本点的距离 dn_{1_beam} 换算出各阵元的延时 τ_1 ;

[0133] S213、通过各阵元的延时 τ_1 将与之对应的波束线进行相位对齐,并将信号对准后的波束线的BF1信号集进行叠加得到上述BF2信号。

[0134] 如上述步骤S211所述,通过接收线的坐标 $ref1$ 、阵元坐标 $xe1$ 和各波束线的校准后的聚焦深度值Z2换算出各阵元到聚焦样本点的距离 dn_{1_beam} ,需要说明的是,延时距离的计算方法如图7所示,样本点P0在波束线上移动, dn 为各阵元到聚焦样本点距离,因此,上述换算过程所采用的公式在本发明实施例中优选为:

$$[0135] \quad dn_{ibeam} = \sqrt{(ref - xe)^2 + Z2_{ibeam}^2} \quad \text{公式 (8)}$$

[0136] 如上述步骤S212所述,通过接收线的坐标 $ref1$ 、阵元坐标 $xe1$ 、各波束线的校准后的聚焦深度值Z2和各阵元到聚焦样本点的距离 dn_{1_beam} 换算出各阵元的延时 τ_1 ,需要说明的是,上述换算过程所采用的公式在本发明实施例中优选为:

$$[0137] \quad \tau_{1_j} = \left(Z2_{ibeam}(j) + \sqrt{(ref1 - xe1(j))^2 + Z2_{ibeam}(j)^2} \right) / c \quad \text{公式 (9)}$$

[0138] 式中, c 为组织中的平均声速, $c=1540\text{m/s}$ 。

[0139] 如上述步骤S213所述,通过各阵元的延时 τ_1 将与之对应的波束线进行相位对齐,

并将信号对准后的波束线的BF1信号集进行叠加得到上述BF2信号,需要说明的是,在BF1信号进行相位对齐的步骤具体为如下过程:

[0140] S213-1、根据各阵元的延时 τ_1 和处于有效声场范围内的上述角度 $angle1_{ibeam}$ 换算出对应样本点回波信号,需要说明的是,上述换算过程所采用的公式在本发明实施例中优选为:

$$[0141] \quad S1_{ibeam}(j) = \sum_{j=1}^{N_{elements}} W_{ibeam}(j) \times angle1_{ibeam}(j) \times s1_j(\tau_1) \quad \text{公式 (10)}$$

[0142] 式中, $S1_{ibeam}(j)$ 为第 $ibeam$ 条接收波束线上第 j 个样本点的接收回波信号, $s1_j(\tau_1)$ 为子孔径中阵元 j 接收到的回波, $W_{ibeam}(j)$ 为信号幅度变迹系数。

[0143] 通过上述公式(10)即可得到相位对齐的多波束回波信号,即,BF1信号。其中,BF1信号的线数与beam有关,发射1次接收beam次,因此发射 $nlines$ 次,共接收到得到 $nlines \times beam$ 条波束。

[0144] 需要说明的是,在将信号对准后的BF1信号集进行叠加得到上述BF2信号之前,还包括如下步骤:

[0145] S213-2、将上述对应样本点的回波信号汇集形成上述信号对准后的BF1信号集,将 $nlines \times beam$ 条波束的BF1信号,汇集为BF1信号集,该BF1信号集即为本次波束合成过程中所有有效声场中的BF1信号的总集。

[0146] 当汇集完BF1信号集后对信号集中的BF1信号进行叠加最后形成BF2信号,由于BF1信号的相位已经对齐,所以只需同一空间数据相叠加即可获得BF2信号。

[0147] 在本发明实施例中,上述通过指定步骤校准每条波束对应的聚焦深度值 Z ,并将校准后的聚焦深度值 $Z2$ 替换相对应波束原有的聚焦深度值 Z 的步骤,包括如下步骤:

[0148] S121、根据阵元数 $N_{elements}$ 、相邻阵元间距 $pitch$ 和凸阵圆心半径 R 换算出凸阵圆心角 $beta$;

[0149] S122、根据发射线数 $nlines$ 、移动步长 $step$ 和上述凸阵圆心角 $beta$ 换算出接收线间角 dx_beta ;

[0150] S123、根据每次发射或接受的波束数量 $beam$ 和上述接收线间角 dx_beta 换算出接收波束到发射波束的夹角 $Angle_beam$;

[0151] S124、根据焦距 F 、上述凸阵圆心半径 R 和接收波束到发射波束的夹角 $Angle_beam$ 分别换算出样本点到接收波束虚拟焦点的横向距离 Hx_{ibeam} 和纵向距离 Hy_{ibeam} ,并根据上述上述凸阵圆心半径 R 和纵向距离 Hy_{ibeam} 换算出校正焦距 FA ;

[0152] S125、根据发射线上样本点到圆心的距离 $z_sample2$ 、上述凸阵圆心半径 R 、横向距离 Hx_{ibeam} 和纵向距离 Hy_{ibeam} 换算出中心发射线上的样本点到各波束线虚拟焦点的距离 $dr2_{ibeam}$;

[0153] S126、根据上述中心发射线上的样本点到各波束线虚拟焦点的距离 $dr2_{ibeam}$ 、焦距 F 和校正焦距 FA 换算出各波束线对应的校准后的聚焦深度值 $Z2$ 。

[0154] 如上述步骤S121所述,根据阵元数 $N_{elements}$ 、相邻阵元间距 $pitch$ 和凸阵圆心半径 R 换算出凸阵圆心角 $beta$,需要说明的是,上述换算过程所采用的公式在本发明实施例中优选为:

$$[0155] \quad \beta = \frac{(N_{elements} - 1) * pitch}{R} \quad \text{公式 (11)}$$

[0156] 如上述步骤S122所述,根据发射线数 $nlines$ 、移动步长 $step$ 和上述凸阵圆心角 β 换算出接收线间角 dx_beta ,需要说明的是,上述换算过程所采用的公式在本发明实施例中优选为:

$$[0157] \quad dx_beta = \frac{\beta}{(nlines - 1) * step} \quad \text{公式 (12)}$$

[0158] 需要说明的是,同线阵,当 $step=1$ 时,发射线间角等于接收线间角, $step$ 越大,接收线间角越小,则线密度越高,在 $beam$ 一定时,则叠加的波束数越少。一般线密度越高,叠加次数越多聚焦效果越好,但是 $step$ 与叠加次数呈反比关系,因此实际应用中一般会根据实际情况对 $step$ 、 $beam$ 、叠加数目进行权衡,以得到较好的聚焦效果。

[0159] 如上述步骤S123所述,根据每次发射或接受的波束数量 $beam$ 和上述接收线间角 dx_beta 换算出接收波束到发射波束的夹角 $Angle_beam$,需要说明的是,上述换算过程所采用的公式在本发明实施例中优选为:

$$[0160] \quad Angle_beam = \frac{-((beam - 1) * dx_beta)}{2} + (ibeam - 1) * dx_beta \quad \text{公式(13)}$$

($ibeam = 1, 2, \dots, beam$)

[0161] 如上述步骤S124所述,根据焦距 F 、上述凸阵圆心半径 R 和接收波束到发射波束的夹角 $Angle_beam$ 分别换算出样本点到接收波束虚拟焦点的横向距离 Hx_{ibeam} 和纵向距离 Hy_{ibeam} ,并根据上述凸阵圆心半径 R 和纵向距离 Hy_{ibeam} 换算出校正焦距 FA ,需要说明的是,换算出样本点到接收波束虚拟焦点的横向 Hx_{ibeam} 、纵向距离 Hy_{ibeam} 所采用的公式在本发明实施例中优选为:

$$[0162] \quad Hx_{ibeam} = |(F + R) * \cos(Angle_beam_{ibeam})|$$

$$[0163] \quad Hy_{ibeam} = |(F + R) * \sin(Angle_beam_{ibeam})| \quad \text{公式 (14)}$$

[0164] 如图8所示,图中以 $bm4$ 为例, $P4, P5$ 为发射波束线上近场和远场的两个样本点,接收波束虚拟焦点为 S , F_curve 为焦距圆弧,从 F_curve 的虚拟焦点 S 上向中心发射波束线做垂线,垂点为 F_A1 ,样本点到 S 点的横纵距离如图8所示;由于相对于线阵而言 Hy 恒定不变为焦距,凸阵虚拟焦点垂直中心发射线,垂点为校正的焦点,则校正焦距为 FA ,因此

$$[0165] \quad FA_{ibeam} = Hy_{ibeam} - R \quad \text{公式 (15)}$$

[0166] 如上述步骤S125所述,根据发射线上样本点到圆心的距离 $z_sample2$ 、上述凸阵圆心半径 R 、横向距离 Hx_{ibeam} 和纵向距离 Hy_{ibeam} 换算出中心发射线上的样本点到各波束线虚拟焦点的距离 $dr2_{ibeam}$,需要说明的是,上述换算过程所采用的公式在本发明实施例中优选为:

$$[0167] \quad dr = \sqrt{Dx^2 + (Dy - (z_sample + R))^2} \quad \text{公式 (16)}$$

[0168] 如上述步骤S126所述,根据上述中心发射线上的样本点到各波束线虚拟焦点的距离 $dr2_{ibeam}$ 、焦距 F 和校正焦距 FA 换算出各波束线对应的校准后的聚焦深度值 $Z2$,需要说明的是,上述换算过程所采用的公式在本发明实施例中优选为:

$$[0169] \quad Z_{2_{i_{beam}}}(j) = \begin{cases} F - dr_{i_{beam}}(j) & \text{当 } z_sample \leq FA_{i_{beam}} \\ F + dr_{i_{beam}}(j) & \text{当 } z_sample > FA_{i_{beam}} \end{cases} \quad \text{公式 (17)}$$

[0170] 在本发明实施例中,上述对上述BF1信号集进行有效信号过滤,并区分标记出上述BF1信号集中的有效BF1信号和无效BF1信号的步骤,包括如下步骤:

[0171] S321、根据凸阵圆心半径R、通道数N_channel、焦距F和相邻阵元间距pitch换算出发射声场的角度 θ_2 ;

[0172] S322、获取各波束线上样本点偏离发射线的角度 $angle_{2_{i_{beam}}}$;

[0173] S323、判断上述角度 $angle_{2_{i_{beam}}}$ 是否大于 $\theta_2/2$;

[0174] S324、若否,则判定与上述角度 $angle_{2_{i_{beam}}}$ 对应的样本点处于有效声场范围内。

[0175] 如上述步骤S321所述,根据凸阵圆心半径R、通道数N_channel、焦距F和相邻阵元间距pitch换算出发射声场的角度 θ_2 ,需要说明的是,通过超声波发射器的孔径A、通道数N_channel、相邻阵元间距pitch和焦距F换算出发射声场的角度 θ_2 ,需要说明的是,凸阵的声场如线阵为沙漏状,如图9所示,以孔径A发射超声波,多波束接收。其中,从焦点F到中心发射线做垂线,垂点为N3。

[0176] 因此发射声场的角度优选通过下列公式计算:

$$[0177] \quad \theta_2 = \arctan \left(\frac{R \sin \left(\frac{(N_channel - 1) * pitch}{2R} \right)}{R - R \cos \left(\frac{(N_channel - 1) * pitch}{2R} \right) + F} \right) \quad \text{公式 (18)}$$

[0178] 如上述步骤S322所述,获取各波束线上样本点偏离发射线的角度 $angle_{2_{i_{beam}}}$,需要说明的是,波束线上样本点偏离发射线的角度 $angle_2$ 优选通过以下方法计算获取,通过例子对以下具体步骤进行解释,具体为:

[0179] ①当样本点位于垂点N3之前

[0180] 即计算三角形OFP1中, $\angle OFP1$ 为 $angle_{2_1}$,其中令 $OF = a_1$, $FP1 = b_1$, $OP1 = c_1$

[0181] $a_1 = F + R$

[0182] $b_1 = dr(1:mark_{i_{beam}}, i_{beam}) \quad i_{beam} = 1, 2, 3, \dots, beam$

[0183] $c_1 = z_sample + R$

$$[0184] \quad angle_{2_1} = \angle OFP1 = \arccos \left(\frac{a_1^2 + b_1^2 - c_1^2}{2 \times a_1 \times b_1} \right)$$

[0185] mark为各波束线上校正焦距的点坐标。

[0186] ②样本点位于垂点N3之后

[0187] 即计算三角形OFP2中, $\angle OFP2$ 为 $angle_{2_2}$,其中令 $OF = a_2$, $FP2 = b_2$, $OP2 = c_2$

[0188] $a_2 = F + R$

[0189] $b_2 = dr(mark_{i_{beam}}:end, i_{beam}) \quad i_{beam} = 1, 2, 3, \dots, beam$

[0190] $c_2 = z_sample + R$

$$[0191] \quad angle_{2_2} = \pi - \angle OFP2 = \pi - \arccos \left(\frac{a_2^2 + b_2^2 - c_2^2}{2 \times a_2 \times b_2} \right)$$

[0192] 如上述步骤S323所述,判断上述角度 $\text{angle}_{2\text{ibeam}}$ 是否大于 $\theta/2$,如图9所示,以接收的波束线 bm_4 为例,判断波束线上每个样本点是否在有效声场之内。 P_6, P_7 为 bm_4 上近场和远场的两个样本点,由图可知 P_6 不在发射声场之内,其与中心发射线的夹角 angle_{2_1} 大于 $\theta/2$;样本点 P_7 在发射声场之内,其与中心发射线的夹角 angle_{2_2} 小于 $\theta/2$ 。因此可以通过判断波束线上各点与中心发射线焦点的夹角判断各点是否在有效声场之内。

[0193] 如上述步骤S324所述,若否,则判定与上述角度 $\text{angle}_{2\text{ibeam}}$ 对应的样本点处于有效声场范围内,具体地,判断后对对应的样本点进行标记,具体标记为:

$$[0194] \quad \text{angle} = \begin{cases} 1 & \text{angle} \leq \theta/2 \\ 0 & \text{angle} > \theta/2 \end{cases} \quad \text{公式 (19)}$$

[0195] 在本发明实施例中,上述根据上述校准后的聚焦深度值 Z_2 波束集进行信号对准,并获取信号对准后的波束集中的BF1信号集,再将上述BF1信号集中的各BF1信号进行指定叠加得到BF2信号的步骤,包括如下步骤:

[0196] S221、根据接收线的起始位置坐标 M 、阵元的位置坐标 N 、上述校准后的聚焦深度值 Z_2 换算出阵元到聚焦点的距离 $\text{dn}_{2\text{ibeam}}$;

[0197] S222、根据上述校准后的聚焦深度值 Z_2 和阵元到聚焦点的距离 $\text{dn}_{2\text{ibeam}}$ 换算出各阵元的延时 τ_2 ;

[0198] S223、通过各阵元的延时 τ_2 将与之对应的波束线进行相位对齐,并将信号对准后的波束线的BF1信号集进行叠加得到上述BF2信号。

[0199] 如上述步骤S221所述,根据接收线的起始位置坐标 M 、阵元的位置坐标 N 、上述校准后的聚焦深度值 Z_2 换算出阵元到聚焦点的距离 $\text{dn}_{2\text{ibeam}}$,需要说明的是,阵元到聚焦点的距离 $\text{dn}_{2\text{ibeam}}$ 的计算公式通过以下过程获得:

[0200] 如图10所示, M 为接收线的起始位置, N 点为阵元的位置,聚焦点

[0201] Q 在波束线上移动, dn 为阵元到聚焦点距离,由图可知:

$$[0202] \quad MN = 2 \sin\left(\frac{\text{ref} - xe}{2R}\right) \quad \text{公式 (20)}$$

[0203] 式中, $(\text{ref} - xe)$ 为阵元到接收线起始位置的距离。

[0204] 由于阵元到聚焦点的距离为 dn

$$[0205] \quad \text{dn} = \sqrt{|MN|^2 + |MP|^2 - 2|MN||MP|\cos\angle NMP} \quad \text{公式 (21)}$$

[0206] 式中, $|MP| = Z_{2\text{ibeam}}(j)$, $\angle NMP = \delta$

[0207] 因此可得:

[0208]

$$\text{dn}_{\text{ibeam}}(j) = \sqrt{(\text{ref} - xe)^2 + Z_{2\text{ibeam}}(j)^2 - 2 \times |\text{ref} - xe| \times Z_{2\text{ibeam}}(j) \times \cos \delta} \quad \text{公式 (23)}$$

[0209] 如上述步骤S222所述,根据上述校准后的聚焦深度值 Z_2 和阵元到聚焦点的距离 $\text{dn}_{2\text{ibeam}}$ 换算出各阵元的延时 τ_2 ,需要说明的是,上述换算过程所采用的公式在本发明实施例中优选为:

$$[0210] \quad \tau_{2j} = (Z_{2\text{ibeam}}(j) + \text{dn}_{\text{ibeam}}(j)) / c \quad \text{公式 (24)}$$

[0211] 如上述步骤S223所述,通过各阵元的延时 τ_2 将与之对应的波束线进行相位对齐,并将信号对准后的波束线的BF1信号集进行叠加得到上述BF2信号,需要说明的是,在BF1信号进行相位对齐的步骤具体为如下过程:

[0212] S223-1、根据各阵元的延时 τ_2 和处于有效声场范围内的上述角度 $angle_{2_ibeam}$ 换算出对应样本点回波信号,需要说明的是,上述换算过程所采用的公式在本发明实施例中优选为:

$$[0213] \quad S_{2_ibeam}(j) = \sum_{j=1}^{N_elements} W_{ibeam}(j) \times angle_{2_ibeam}(j) \times s_{2_j}(\tau_2) \quad \text{公式 (25)}$$

[0214] 式中, $S_{2_ibeam}(j)$ 为第 i_{beam} 条接收波束线上第 j 个样本点的接收回波信号, $s_{2_j}(\tau_2)$ 为子孔径中阵元 j 接收到的回波。

[0215] 通过上述公式(25)即可得到相位对齐的多波束回波信号,即,BF1信号。其中,BF1信号的线数与 $beam$ 有关,发射1次接收 $beam$ 次,因此发射 $nlines$ 次,共接收到得到 $nlines \times beam$ 条波束。

[0216] 需要说明的是,在将信号对准后的BF1信号集进行叠加得到上述BF2信号之前,还包括如下步骤:

[0217] S223-2、将上述对应样本点的回波信号汇集形成上述信号对准后的BF1信号集,将 $nlines \times beam$ 条波束的BF1信号,汇集为BF1信号集,该BF1信号集即为本次波束合成过程中所有有效声场中的BF1信号的总集。

[0218] 当汇集完BF1信号集后对信号集中的BF1信号进行叠加最后形成BF2信号,由于BF1信号的相位已经对齐,所以只需同一空间数据相叠加即可获得BF2信号。

[0219] 在实际应用中,如图7所示,图中为接收16波束, $step=4$ 的情况下的多波束叠加示意图,其他情况,如波束32, $step=4$ 等,可以同理得到。

[0220] 为了解决上述问题,本发明实施例公开了一种超声成像方法,包括如下步骤,

[0221] 获取超声波数据并转化为相应的数字信号;

[0222] 将上述数字信号通过指定的校正合成为射频信号;

[0223] 将上述射频信号通过指定的信号处理分离出载波信号;

[0224] 将上述载波信号通过指定的图像处理获得超声图像,

[0225] 上述将上述数字信号通过指定的校正合成为射频信号的步骤,包括上述任一实施例所述的波束合成方法。

[0226] 对于装置实施例而言,由于其与方法实施例基本相似,所以描述的比较简单,相关之处参见方法实施例的部分说明即可。

[0227] 参照图11,示出了本发明的一种波束合成装置,包括如下具体模块:

[0228] 校准模块1,用于通过指定步骤校准每条波束对应的聚焦深度值 Z ,并将校准后的聚焦深度值 Z_2 替换相对应波束原有的聚焦深度值 Z ;

[0229] 合成模块2,用于根据上述校准后的聚焦深度值 Z_2 波束集进行信号对准,并获取信号对准后的波束集中的BF1信号集,再将上述BF1信号集中的各BF1信号进行指定叠加得到BF2信号。

[0230] 上述校准模块1,一般用于通过指定步骤校准每条波束对应的聚焦深度值 Z ,并将

校准后的聚焦深度值 Z_2 替换相对应波束原有的聚焦深度值 Z ,需要说明的是,对所述聚焦深度值进行校准的方式在本发明实施例中包括两种,分别为根据线阵校正法和凸阵校正法,其中,线阵校正法通过阵元数 $N_{elements}$ 、相邻阵元间距 $pitch$ 、发射线数 n_{lines} 、移动步长 $step$ 、每次发射或接受的波束数量 $beam$ 、发射线上样本点到发射点的距离 $z_{sample1}$ 和焦距 F 对所述聚焦深度值 Z 进行校正;凸阵校正法通过根据阵元数 $N_{elements}$ 、相邻阵元间距 $pitch$ 、凸阵圆心半径 R 、发射线数 n_{lines} 、移动步长 $step$ 、每次发射或接受的波束数量 $beam$ 、焦距 F 、发射线上样本点到圆心的距离 $z_{sample2}$ 对所述聚焦深度值 Z 进行校正。

[0231] 上述合成模块2,一般用于根据上述校准后的聚焦深度值 Z_2 波束集进行信号对准,并获取信号对准后的波束集中的BF1信号集,再将上述BF1信号集中的各BF1信号进行指定叠加得到BF2信号,需要说明的是,步骤S2的实现方法包括两种,分别为根据线阵校准法和凸阵校准法,其中,线阵校准法通过接收线的坐标 $ref1$ 、阵元坐标 $xe1$ 、校准后的聚焦深度值 Z_2 将对应的波束线进行相位对齐,并将信号对准后的BF1信号集进行叠加得到所述BF2信号;凸阵校准法通过接收线的起始位置坐标 M 、阵元的位置坐标 N 、所述校准后的聚焦深度值 Z_2 将对应的波束线进行相位对齐,并将信号对准后的BF1信号集进行叠加得到所述BF2信号。在通过校准后的聚焦深度值 Z_2 将对应的波束线进行相位对齐前,波束线已经空间对准完毕,通过上述校准后的聚焦深度值 Z_2 对波束进行延时。得到BF1,判断数据的有效性,再叠加得到BF2由于BF1信号的相位已经对齐,所以只需同一空间数据相叠加。

[0232] 示出了本发明的一种超声成像装置,包括如下具体模块:

[0233] 获取模块,用于获取超声波数据并转化为相应的数字信号;

[0234] 波束合成模块,用于将上述数字信号通过指定的校正合成为射频信号;

[0235] 分离模块,用于将上述射频信号通过指定的信号处理分离出载波信号;

[0236] 成像模块,用于将上述载波信号通过指定的图像处理获得超声图像;

[0237] 上述波束合成模块,包括上述任一实施例所述的波束合成装置。

[0238] 示出了本发明的一种超声成像设备,包括产生超声波信号辐射到被测试组织中和吸收反射声波信号的信号收发器,将接收的声波转换为电信号的振动传感器,将接收信号采样和数字化的模数转换器(A/D),补偿由于深度导致的超声波幅值衰减的时间增益补偿器(TGC),将数字信号转化为RF信号的接收波束合成器,将RF信号进行包络提取和解调处理分离出载波信号的信号处理器,将载波信号进行扫描转换和后端图像处理的数字扫描转换器DSC以及用于最终显示的图像的显示器。

[0239] 其中,上述接收波束合成器,包括相位校正模块、用于合成BF1信号的第一次波束合成模块、有效声场判断模块和用于合成BF2信号的第二次波束合成器,且上述相位校正模块、用于合成BF1信号的第一次波束合成模块、有效声场判断模块和用于合成BF2信号的第二次波束合成器依次相连。

[0240] 参照图12,示出了本发明的一种实现所述波束合成方法的计算机设备,具体可以包括如下:

[0241] 上述计算机设备12以通用计算设备的形式表现,计算机设备12的组件可以包括但不限于:一个或者多个处理器或者处理单元16,系统存储器28,连接不同系统组件(包括系统存储器28和处理单元16)的总线18。

[0242] 总线18表示几类总线18结构中的一种或多种,包括存储器总线18或者存储器控制

器,外围总线18,图形加速端口,处理器或者使用多种总线18结构中的任意总线18结构的局域总线18。举例来说,这些体系结构包括但不限于工业标准体系结构 (ISA) 总线18,微通道体系结构 (MAC) 总线18,增强型ISA总线18、音视频电子标准协会 (VESA) 局域总线18以及外围组件互连 (PCI) 总线18。

[0243] 计算机设备12典型地包括多种计算机系统可读介质。这些介质可以是任何能够被计算机设备12访问的可用介质,包括易失性和非易失性介质,可移动的和不可移动的介质。

[0244] 系统存储器28可以包括易失性存储器形式的计算机系统可读介质,例如随机存取存储器 (RAM) 30和/或高速缓存存储器32。计算机设备12可以进一步包括其他移动/不可移动的、易失性/非易失性计算机体统存储介质。仅作为举例,存储系统34可以用于读写不可移动的、非易失性磁介质(通常称为“硬盘驱动器”)。尽管图12中未示出,可以提供用于对可移动非易失性磁盘(如“软盘”)读写的磁盘驱动器,以及对可移动非易失性光盘(例如CD~ROM,DVD~ROM或者其他光介质)读写的光盘驱动器。在这些情况下,每个驱动器可以通过一个或者多个数据介质界面与总线18相连。存储器可以包括至少一个程序产品,该程序产品具有一组(例如至少一个)程序模块42,这些程序模块42被配置以执行本发明各实施例的功能。

[0245] 具有一组(至少一个)程序模块42的程序/实用工具40,可以存储在例如存储器中,这样的程序模块42包括——但不限于——操作系统、一个或者多个应用程序、其他程序模块42以及程序数据,这些示例中的每一个或某种组合中可能包括网络环境的实现。程序模块42通常执行本发明所描述的实施例中的功能和/或方法。

[0246] 计算机设备12也可以与一个或多个外部设备14(例如键盘、指向设备、显示器24、摄像头等)通信,还可与一个或者多个使得用户能与该计算机设备12交互的设备通信,和/或与使得该计算机设备12能与一个或多个其他计算设备进行通信的任何设备(例如网卡,调制解调器等等)通信。这种通信可以通过输入/输出(I/O)界面22进行。并且,计算机设备12还可以通过网络适配器20与一个或者多个网络(例如局域网(LAN),广域网(WAN)和/或公共网络(例如因特网)通信。如图所示,网络适配器20通过总线18与计算机设备12的其他模块通信。应当明白,尽管图12中未示出,可以结合计算机设备12使用其他硬件和/或软件模块,包括但不限于:微代码、设备驱动器、冗余处理单元16、外部磁盘驱动阵列、RAID系统、磁带驱动器以及数据备份存储系统34等。

[0247] 处理单元16通过运行存储在系统存储器28中的程序,从而执行各种功能应用以及数据处理,例如实现本发明实施例所提供的波束合成方法。

[0248] 也即,上述处理单元16执行上述程序时实现:通过对原始乳腺图像进行显著性检测,调整上述原始乳腺图像的目标区域和非目标区域之间的对比度,获得显著性图像;对上述显著性图像进行乳腺轮廓分割处理,确定上述显著性图像中的有效乳腺区域;将确定有效乳腺区域后的上述显著性图像进行区域粗分割,保留满足指定灰度阈值的粗分割区域,获得粗分割图像;采用K-means聚类方法对上述粗分割图像中的指定粗分割区域进行细分割,获得细分割图像;根据指定形态学特征对上述细分割图像进行假阳性区域滤除,获得真阳性区域图像;将真阳性区域图像中的真阳性区域标记在上述对显著性图像进行乳腺轮廓分割处理后的图像中,获得标记出了病变区域的乳腺图像。

[0249] 在上述任一发明实施例中,通过实现多波束的空间对准和相位对齐,能够较好地

抑制旁瓣,提高图像分辨率及信噪比;通过多波束叠加极大的提高线密度,提高了图像的空间分辨率;本方法实现算法简单,在消耗少量处理资源的情况下即可实现多帧率,高信噪比,高分辨率的效果;装置通过在波束合成模块中增加了校准模块和合成模块,使波束合成后更数据更精确;并且通过声场判断,对有效声场数据叠加,相较于传统方法实现了较好的聚焦效果,提高了图像质量。

[0250] 以上对本申请所提供的一种波束合成方法及装置,进行了详细介绍,本文中应用了具体个例对本申请的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本申请的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本申请的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处,综上所述,本说明书内容不应理解为对本申请的限制。

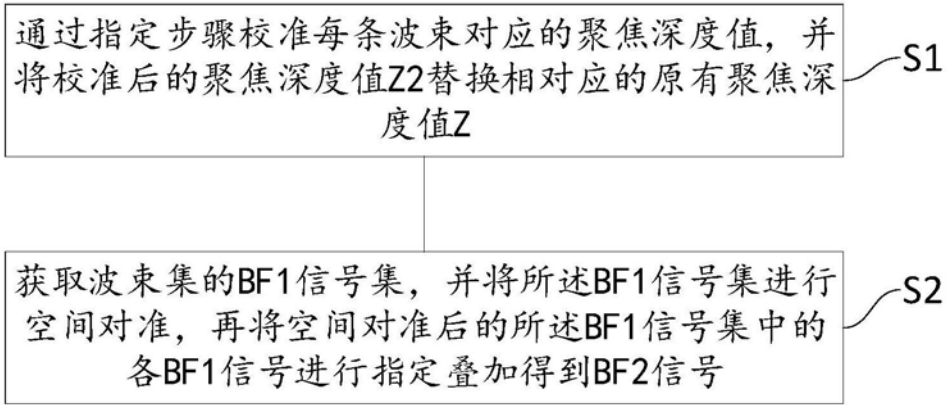


图1

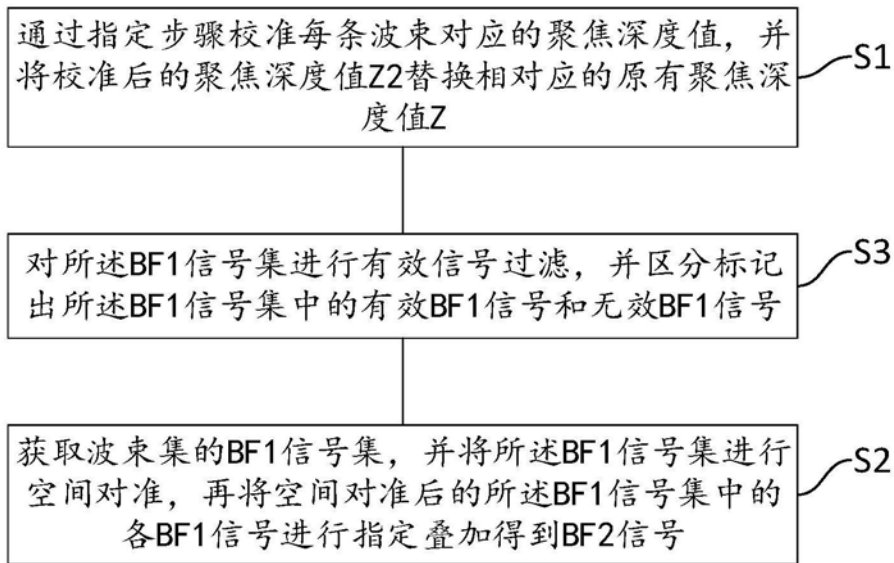


图2

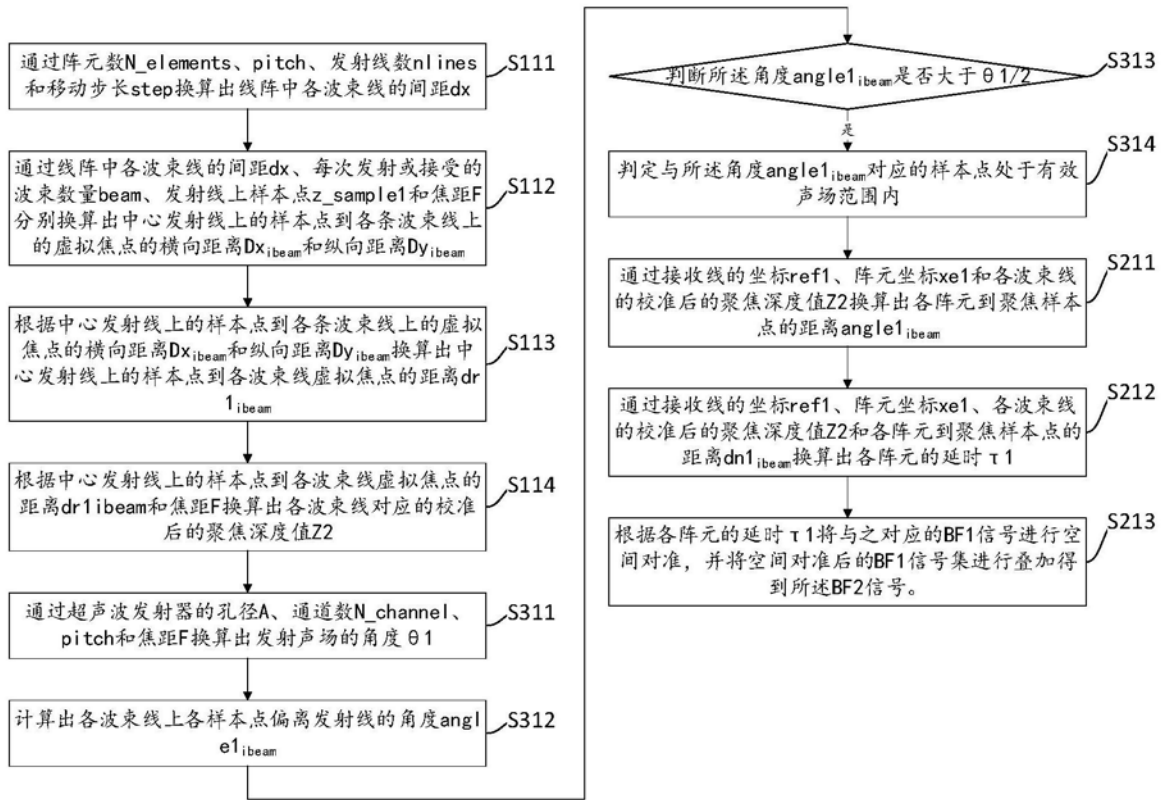


图3

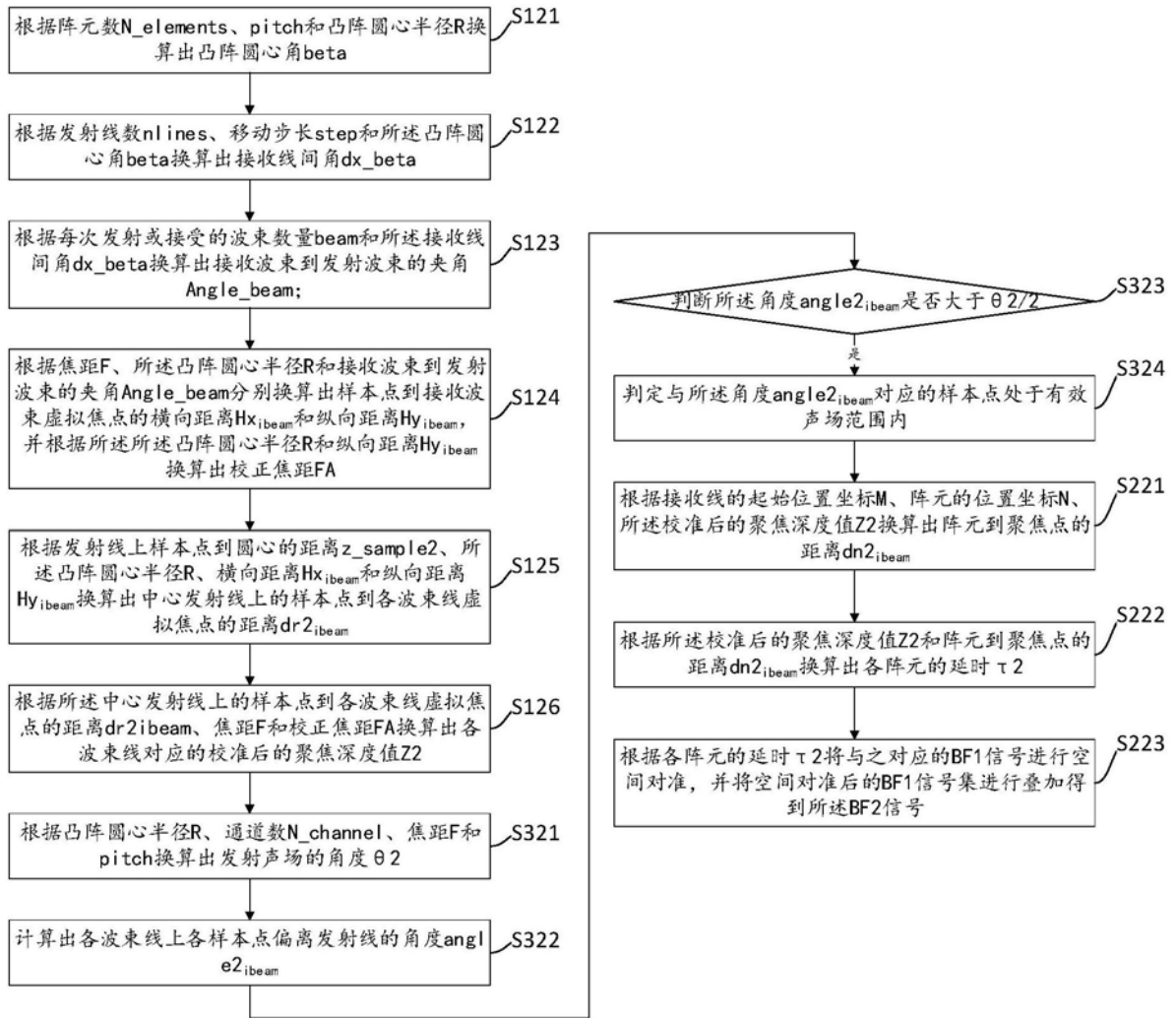


图4

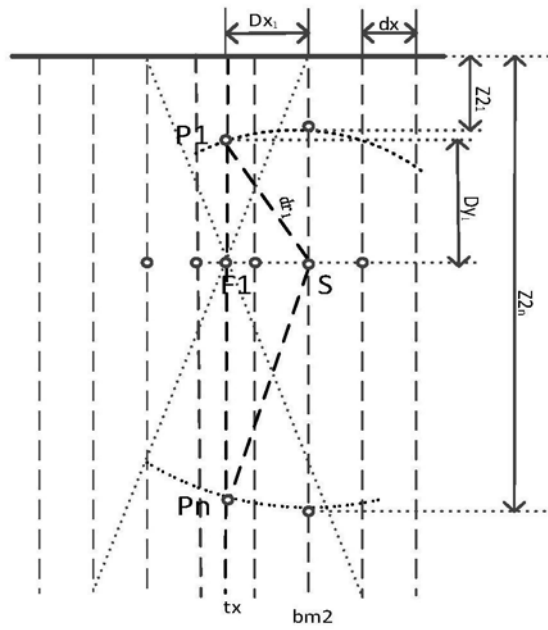


图5

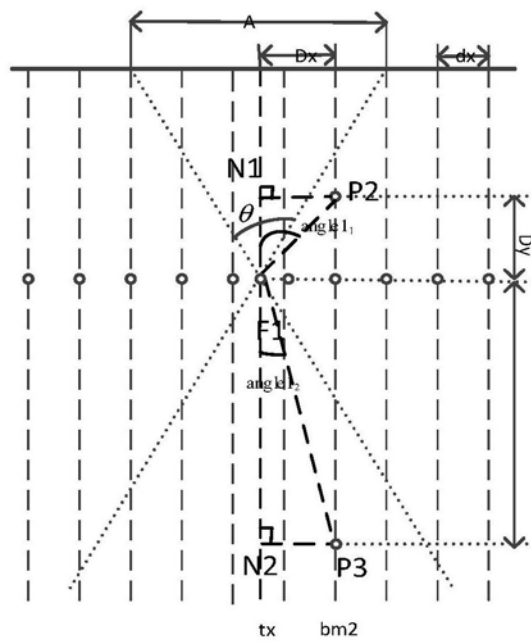


图6

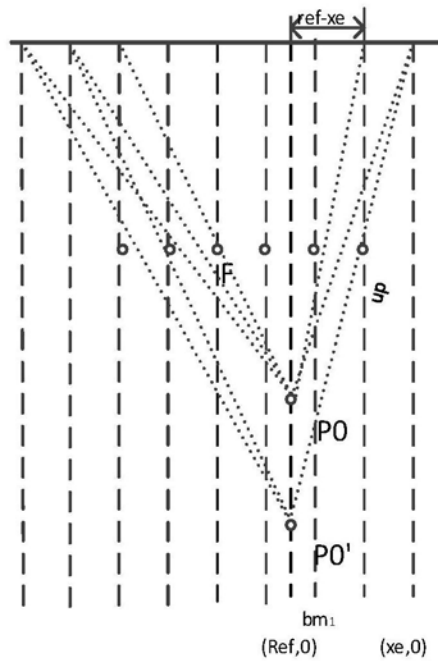


图7

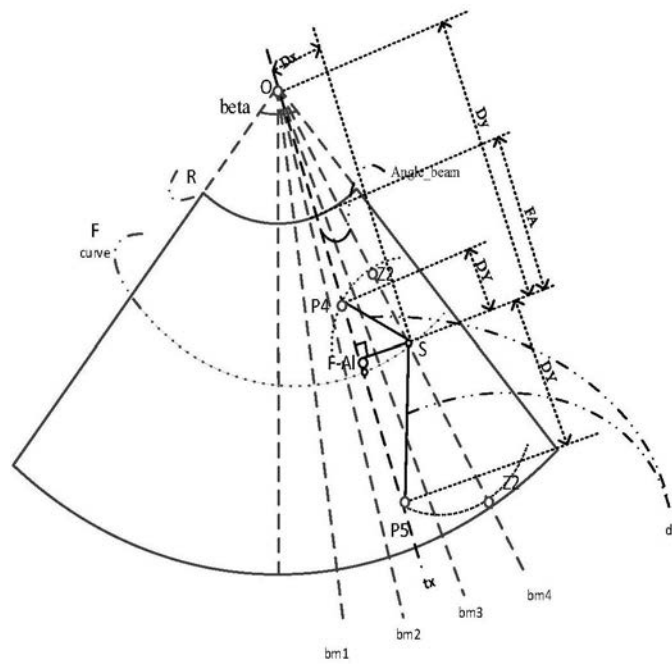


图8

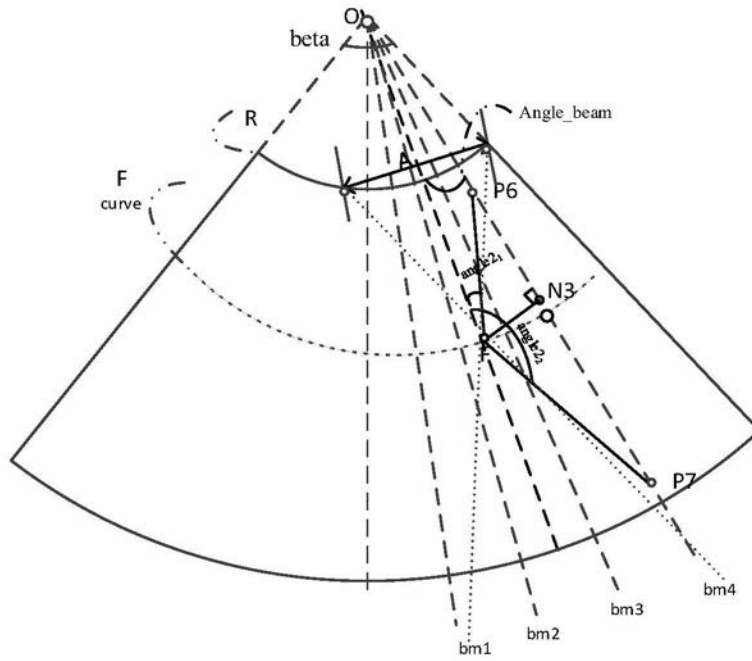


图9

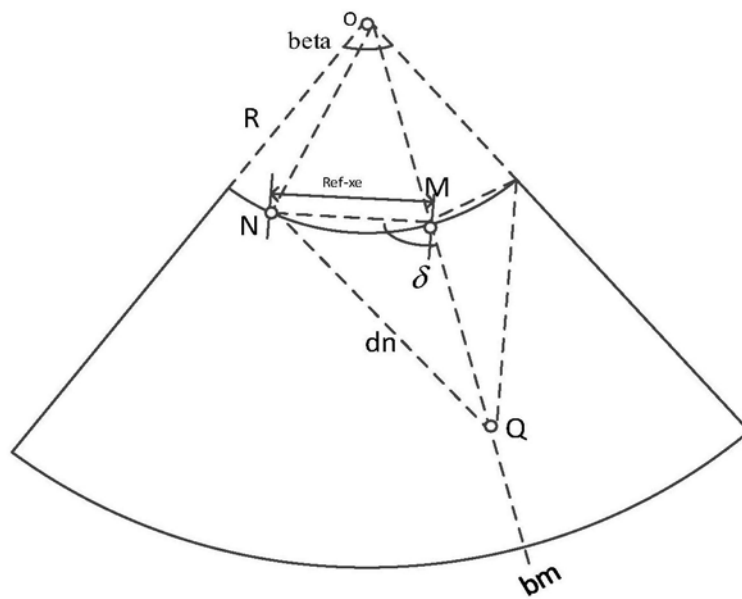


图10



图11

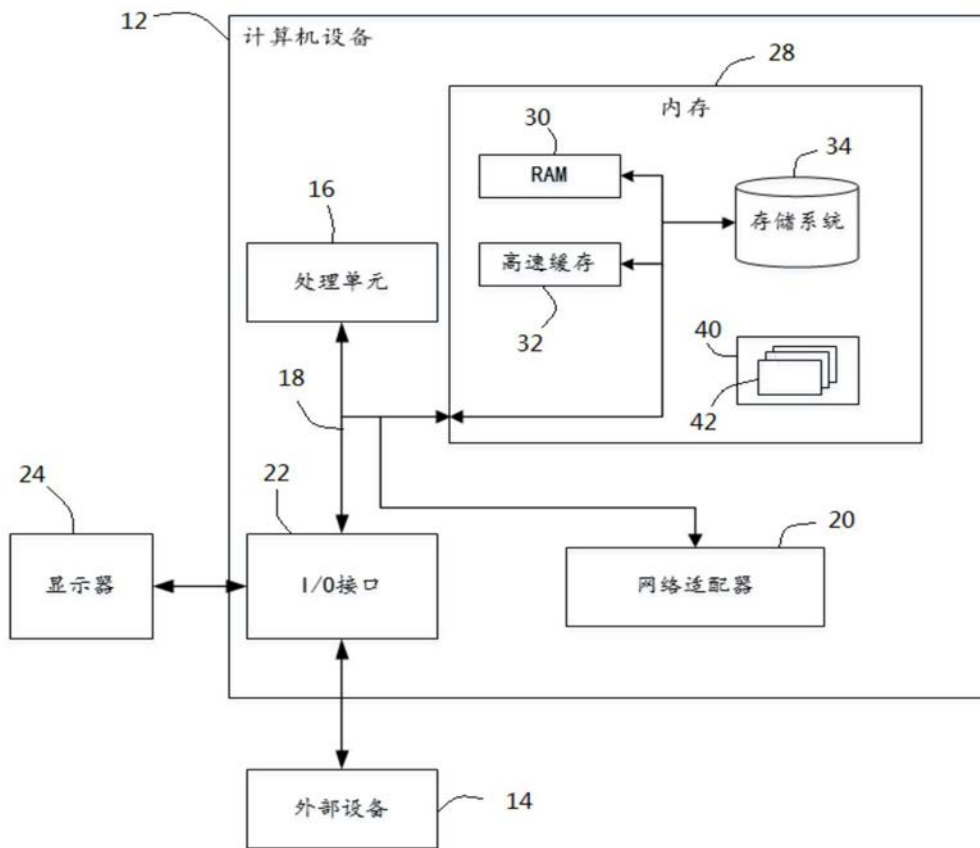


图12

专利名称(译)	波束合成方法、超声成像方法、装置及设备		
公开(公告)号	CN110101409A	公开(公告)日	2019-08-09
申请号	CN201910204036.4	申请日	2019-03-18
[标]申请(专利权)人(译)	深圳蓝韵医学影像有限公司		
申请(专利权)人(译)	深圳蓝韵医学影像有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	深圳蓝韵医学影像有限公司		
[标]发明人	孙瑞超 陈晶 龙丽 李彬		
发明人	孙瑞超 陈晶 邢锐桐 龙丽 李彬		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/5207 A61B8/5269		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本申请提供了一种波束合成方法、超声成像方法、装置及设备，包括如下步骤：通过指定步骤校准每条波束对应的聚焦深度值Z，并将校准后的聚焦深度值Z2替换相对应波束原有的聚焦深度值Z；根据校准后的聚焦深度值Z2波束集进行信号对准，并获取信号对准后的波束集中的BF1信号集，再将BF1信号集中的各BF1信号进行指定叠加得到BF2信号。通过实现多波束的信号对准，能够较好地抑制旁瓣，提高图像分辨率及信噪比；通过多波束叠加极大的提高线密度，提高了图像的空间分辨率；装置通过在波束合成模块中增加了校准模块和合成模块，使波束合成后数据更精确；并且通过声场判断，对有效声场数据叠加，相较于传统方法实现了较好的聚焦效果，提高了图像质量。

