



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103126723 B

(45) 授权公告日 2014. 09. 24

(21) 申请号 201310087804. 5

CN 101548199 A, 2009. 09. 30,

(22) 申请日 2013. 03. 19

CN 101744639 A, 2010. 06. 23,

(73) 专利权人 飞依诺科技(苏州)有限公司

审查员 杨星

地址 215000 江苏省苏州市苏州工业园区星湖街 218 号生物纳米园 C8 楼 501 单元

(72) 发明人 陈惠人

(74) 专利代理机构 苏州威世朋知识产权代理事务所(普通合伙) 32235

代理人 杨林洁

(51) Int. Cl.

A61B 8/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102326093 A, 2012. 01. 18,

US 2007/0078347 A1, 2007. 04. 05,

US 2008/0194958 A1, 2008. 08. 14,

US 2006/0241454 A1, 2006. 10. 26,

CN 101442938 A, 2009. 05. 27,

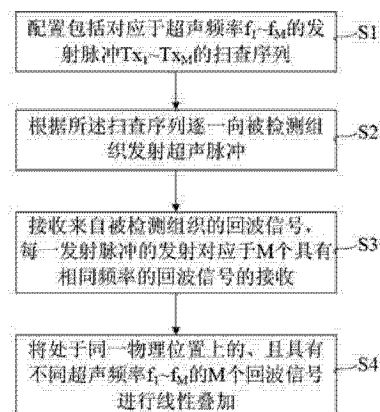
权利要求书1页 说明书7页 附图7页

(54) 发明名称

多波束的频率复合成像方法及系统

(57) 摘要

本发明提供一种多波束的频率复合成像方法及系统, 其中, 所述方法包括: S1、配置包括对应于超声频率 $f_1 \sim f_m$ 的发射脉冲 $Tx_1 \sim Tx_m$ 的扫查序列; S2、向被检测组织发射超声脉冲; S3、接收来自被检测组织的回波信号; 其中, 每一发射脉冲的发射对应于 M 个具有相同频率的回波信号的接收; S4、将处于同一物理位置上的、且具有不同超声频率 $f_1 \sim f_m$ 的 M 个回波信号进行线性叠加。本发明采取多波束接收技术, 同时实现波束失真校正和多频率信号的超声复合成像的目的, 方法简单易实现。



1. 一种多波束的频率复合成像方法,其特征在于,该方法包括如下步骤:

S1、配置包括对应于超声频率 $f_1 \sim f_M$ 的发射脉冲 $T_{x_1} \sim T_{x_M}$ 的扫查序列;

S2、根据所述扫查序列逐一向被检测组织发射超声脉冲;

S3、接收来自被检测组织的回波信号;其中,每一发射脉冲的发射对应于 M 个具有相同频率的回波信号的接收,其中, M 个回波信号以对应的发射脉冲为基准呈对称分布,且相邻两个发射脉冲所对应的回波信号在物理位置上的排布规则为:后一发射脉冲所对应的回波信号较于前一发射脉冲所对应的回波信号错开一个回波间隔;

S4、对超声回波的射频信号分别以相应的频率进行解调,并进行相应的滤波处理;将处于同一物理位置上的、且具有不同超声频率 $f_1 \sim f_M$ 的 M 个回波信号进行线性叠加。

2. 一种多波束的频率复合成像方法,其特征在于,该方法包括如下步骤:

S1、配置包括若干发射脉冲的扫查序列;其中,每一发射脉冲具有 $f_1 \sim f_M$ 的混合频率;

S2、根据所述扫查序列逐一向被检测组织发射超声脉冲;

S3、接收来自被检测组织的回波信号;其中,每一发射脉冲的发射对应于 M 个具有频率 $f_1 \sim f_M$ 的回波信号的接收,其中, M 个回波信号以对应的发射脉冲为基准呈对称分布,且相邻两个发射脉所对应的回波信号在物理位置上的排布规则为:后一发射脉冲所对应的回波信号较于前一发射脉冲所对应的回波信号错开一个回波间隔;

S4、对超声回波的射频信号分别以相应的频率进行解调,并进行相应的滤波处理;将处于同一物理位置上的、且具有不同超声频率 $f_1 \sim f_M$ 的 M 个回波信号进行线性叠加。

3. 一种多波束的频率复合成像系统,其特征在于,该系统包括:

配置模块、用于配置包括对应于超声频率 $f_1 \sim f_M$ 的发射脉冲 $T_{x_1} \sim T_{x_M}$ 的扫查序列;

发射模块、用于根据所述扫查序列逐一向被检测组织发射超声脉冲;

接收模块、用于接收来自被检测组织的回波信号;其中,每一发射脉冲的发射对应于 M 个具有相同频率的回波信号的接收,其中, M 个回波信号以对应的发射脉冲为基准呈对称分布,且相邻两个发射脉冲所对应的回波信号在物理位置上的排布规则为:后一发射脉冲所对应的回波信号较于前一发射脉冲所对应的回波信号错开一个回波间隔;及

复合模块、用于对超声回波的射频信号分别以相应的频率进行解调,并进行相应的滤波处理;并用于将处于同一物理位置上的、且具有不同超声频率 $f_1 \sim f_M$ 的 M 个回波信号进行线性叠加。

4. 一种多波束的频率复合成像系统,其特征在于,该系统包括:

配置模块、用于配置包括若干发射脉冲的扫查序列;其中,每一发射脉冲具有 $f_1 \sim f_M$ 的混合频率;

发射模块、用于根据所述扫查序列逐一向被检测组织发射超声脉冲;

接收模块、用于接收来自被检测组织的回波信号;其中,每一发射脉冲的发射对应于 M 个具有频率 $f_1 \sim f_M$ 的回波信号的接收,其中, M 个回波信号以对应的发射脉冲为基准呈对称分布,且相邻两个发射脉所对应的回波信号在物理位置上的排布规则为:后一发射脉冲所对应的回波信号较于前一发射脉冲所对应的回波信号错开一个回波间隔;及

复合模块、用于对超声回波的射频信号分别以相应的频率进行解调,并进行相应的滤波处理;并用于将处于同一物理位置上的、且具有不同超声频率 $f_1 \sim f_M$ 的 M 个回波信号进行线性叠加。

多波束的频率复合成像方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及超声诊断领域技术,尤其涉及一种多波束的频率复合成像方法及系统。

背景技术

[0002] 频率复合成像技术通过发射具有几种频率的基波信号,同时采集不同频率带宽的超声扫描线,最后形成超声图像。在保证时间分辨率的同时,频率复合成像技术进一步增强了超声图像的空间分辨率及整体图像的均匀一致性。

[0003] 现有技术中,比较常见的频率复合成像技术包括两种,其中之一具体为:在设定的物理扫描线位置发射一次超声波,该超声波具有一定的频率带宽,然后在同样位置接收一次超声回波信号,并把接收到的同一回波信号经过不同的时间频率曲线的解调和滤波处理得到不同的 I/Q 信号,最后把这些 I/Q 信号进行线性叠加,从而得到频率复合的图像信号。然而,这种频率复合成像的方法过于粗糙,复合的频率成分由于受到发射波形的限制,通常局限于一定的窄带范围内,频率复合后得到的超声图像的空间分辨率及整体图像的均匀一致性没有得到显著的改善。另一种技术具体为:在设定的同一物理扫描线位置发射多次超声波,每次发射的超声波频率不同,此后,在该物理扫描线位置也进行多次超声回波信号的接收,并把接收到的不同回波信号经过与之相对应的时间频率曲线的解调和滤波处理得到不同的 I/Q 信号,最后把这些 I/Q 信号进行线性叠加,从而得到频率复合的图像信号。这种频率复合成像的方法虽然能较好地改善超声图像的空间分辨率及整体图像的均匀一致性,却导致超声帧频降低,时间分辨率变差。

[0004] 为了提高超声成像的帧频,多波束接收技术被广泛采用。多波束接收技术就是超声每发射一次就接收成像多条扫描线,保证同样接收线密度的情况下,减少发射的次数,从而提高帧率。请参阅图 1 所示,超声在物理位置 A 处发射一次 (T_{xn}),对应地在物理位置 B/C 分别接收成像两条(甚至更多)扫描线 ($R_{x(2n-1)}/R_{x(2n)}$)。然而,由于发射波束对两侧的接收波束有拉动效应,越靠近焦点,拉动效应越明显,接收波束失真越严重。因此,可以认为发射接收合成效果后超声回波接收波束的实际位置处于 D 和 E,与物理扫描线位置 B 和 C 产生了偏差,从而引起超声波束的失真,降低了图像质量。

[0005] 有鉴于此,非常有必要采取一些补偿技术来补偿多波束的失真,从而提高超声成像图像的质量。

发明内容

[0006] 本发明所需解决的技术问题在于提供一种多波束的频率复合成像方法,以校正多波束回波信号的失真,并且通过将多个具有不同频率的超声回波信号进行复合,以优化图像质量。

[0007] 相应地,本发明还提供一种多波束的频率复合成像系统。

[0008] 为解决上述技术问题,本发明所采取的技术方案为:

[0009] 在本发明一实施例中,所述多波束的频率复合成像方法,包括如下步骤:

[0010] S1、配置包括对应于超声频率 $f_1 \sim f_M$ 的发射脉冲 $T_{x_1} \sim T_{x_M}$ 的扫查序列;

[0011] S2、根据所述扫查序列逐一向被检测组织发射超声脉冲;

[0012] S3、接收来自被检测组织的回波信号;其中,每一发射脉冲的发射对应于 M 个具有相同频率的回波信号的接收,其中, M 个回波信号以对应的发射脉冲为基准呈对称分布,且相邻两个发射脉冲所对应的回波信号在物理位置上的排布规则为:后一发射脉冲所对应的回波信号较于前一发射脉冲所对应的回波信号错开一个回波间隔;

[0013] S4、对超声回波的射频信号分别以相应的频率进行解调,并进行相应的滤波处理;将处于同一物理位置上的、且具有不同超声频率 $f_1 \sim f_M$ 的 M 个回波信号进行线性叠加。

[0014] 在本发明另一实施例中,所述多波束的频率复合成像方法,包括如下步骤:

[0015] S1、配置包括若干发射脉冲的扫查序列;其中,每一发射脉冲具有 $f_1 \sim f_M$ 的混合频率;

[0016] S2、根据所述扫查序列逐一向被检测组织发射超声脉冲;

[0017] S3、接收来自被检测组织的回波信号;其中,每一发射脉冲的发射对应于 M 个具有频率 $f_1 \sim f_M$ 的回波信号的接收,其中, M 个回波信号以对应的发射脉冲为基准呈对称分布,且相邻两个发射脉所对应的回波信号在物理位置上的排布规则为:后一发射脉冲所对应的回波信号较于前一发射脉冲所对应的回波信号错开一个回波间隔;

[0018] S4、对超声回波的射频信号分别以相应的频率进行解调,并进行相应的滤波处理;将处于同一物理位置上的、且具有不同超声频率 $f_1 \sim f_M$ 的 M 个回波信号进行线性叠加。

[0019] 相应地,在本发明一实施例中,所述多波束的频率复合成像系统,包括:

[0020] 配置模块、用于配置包括对应于超声频率 $f_1 \sim f_M$ 的发射脉冲 $T_{x_1} \sim T_{x_M}$ 的扫查序列;

[0021] 发射模块、用于根据所述扫查序列逐一向被检测组织发射超声脉冲;

[0022] 接收模块、用于接收来自被检测组织的回波信号;其中,每一发射脉冲的发射对应于 M 个具有相同频率的回波信号的接收,其中, M 个回波信号以对应的发射脉冲为基准呈对称分布,且相邻两个发射脉冲所对应的回波信号在物理位置上的排布规则为:后一发射脉冲所对应的回波信号较于前一发射脉冲所对应的回波信号错开一个回波间隔;及

[0023] 复合模块、用于对超声回波的射频信号分别以相应的频率进行解调,并进行相应的滤波处理;并用于将处于同一物理位置上的、且具有不同超声频率 $f_1 \sim f_M$ 的 M 个回波信号进行线性叠加。

[0024] 在本发明另一实施例中,所述多波束的频率复合成像系统,包括:

[0025] 配置模块、用于配置包括若干发射脉冲的扫查序列;其中,每一发射脉冲具有 $f_1 \sim f_M$ 的混合频率;

[0026] 发射模块、用于根据所述扫查序列逐一向被检测组织发射超声脉冲;

[0027] 接收模块、用于接收来自被检测组织的回波信号;其中,每一发射脉冲的发射对应于 M 个具有频率 $f_1 \sim f_M$ 的回波信号的接收,其中, M 个回波信号以对应的发射脉冲为基准呈对称分布,且相邻两个发射脉所对应的回波信号在物理位置上的排布规则为:后一发射脉冲所对应的回波信号较于前一发射脉冲所对应的回波信号错开一个回波间隔;及

[0028] 复合模块、用于对超声回波的射频信号分别以相应的频率进行解调,并进行相应的滤波处理;并用于将处于同一物理位置上的、且具有不同超声频率 $f_1 \sim f_M$ 的 M 个回波信号

进行线性叠加。

[0029] 根据上述技术方案可以看出,本发明采取多波束接收技术,在一定程度上提高图像的帧频,从而改善了图像的分辨率;此外,采用具有多个频率的超声信号进行超声扫查,并将不同频率的回波信号进行线性叠加,以自然校正多波束回波信号的失真,本发明同时实现波束失真校正和多频率信号的超声复合成像的目的,方法简单易实现。

附图说明

- [0030] 图 1 是现有技术中超声多波束接收技术的原理图;
- [0031] 图 2 是本发明多波束的频率复合成像方法的一实施例的基本流程图;
- [0032] 图 3 是图 2 所示的实施例中回波信号合成($M=2$)的原理图;
- [0033] 图 4 是图 2 所示的实施例中回波信号合成($M=3$)的原理图;
- [0034] 图 5 是图 2 所示的实施例中回波信号合成($M \geq 2$)的原理图;
- [0035] 图 6 是本发明多波束的频率复合成像方法的另一实施例的基本流程图;
- [0036] 图 7 是图 6 所示的实施例中回波信号合成($M=2$)的原理图;
- [0037] 图 8 是图 6 所示的实施例中回波信号合成($M=3$)的原理图;
- [0038] 图 9 是图 6 所示的实施例中回波信号合成($M \geq 2$)的原理图;
- [0039] 图 10A 是图 6 所示的实施例中发射脉冲($M=2$)的波形示意图;
- [0040] 图 10B 是图 6 所示的实施例中发射脉冲($M=3$)的波形示意图;
- [0041] 图 10C 是图 6 所示的实施例中发射脉冲($M \geq 2$)的波形示意图;
- [0042] 图 11 是本发明多波束的频率复合成像系统的模块示意图。

具体实施方式

- [0043] 以下将结合附图所示的具体实施方式对本发明进行详细描述。
- [0044] 请参照图 2 至图 5 所示,其示出了本发明多波束的频率复合成像方法的一种实施例。
- [0045] 如图 2 所示,一种超声成像系统中波束叠加方法,包括如下步骤:
- [0046] S1、配置包括对应于超声频率 $f_1 \sim f_M$ 的发射脉冲 $Tx_1 \sim Tx_M$ 的扫查序列;其中, M 大于或等于 2。
- [0047] S2、根据所述扫查序列逐一向被检测组织发射超声脉冲;
- [0048] S3、接收来自被检测组织的回波信号;其中,每一发射脉冲的发射对应于 M 个具有相同频率的回波信号的接收,其中, M 个回波信号以对应的发射脉冲为基准呈对称分布,且相邻两个发射脉冲所对应的回波信号在物理位置上的排布规则为:后一发射脉冲所对应的回波信号较于前一发射脉冲所对应的回波信号错开一个回波间隔;
- [0049] S4、对超声回波的射频信号分别以相应的频率进行解调,并进行相应的滤波处理;将处于同一物理位置上的、且具有不同超声频率 $f_1 \sim f_M$ 的 M 个回波信号进行线性叠加。
- [0050] 为了更好的说明本发明技术的具体实现,下面分别以 $M=2$ 、 $M=3$ 以及 M 为任意数(大于或等于 2)的具体实施例进行描述。
- [0051] 如图 3 所示,当 $M=2$ 时,即超声波束发射一次,在不同的位置进行两次超声回波信号的接收,假设 f_1 、 f_2 分别表示两种不同的发射频率,此时的超声脉冲扫查序列为 $Tx_n(f_1)$ 、

$T_x(n+1)(f_2)$ 、 $T_x(n+2)(f_1)$ 、 $T_x(n+3)(f_2)\cdots$ 。

[0052] 其中, $T_xn(n \geq 1, n \in Z)$ 表示在物理位置 A 的一次超声发射脉冲, 发射频率 f_1 , $R_x(2n-1)$ 和 $R_x(2n)$ 表示与之相对应的两次超声回波信号接收, 接收频率均为 f_1 , 物理位置分别为 B 和 C。从图中可以看出, 发射波束对两侧接收波束有拉动效应, 越靠近焦点, 拉动效应越明显, 接收波束失真越严重。因此, 可以认为发射接收合成效果后超声回波接收波束的实际位置处于 D 和 E, 与物理扫描线位置 B 和 C 产生了偏差。

[0053] $T_x(n+1)$ 表示在物理位置 A' 的一次超声发射脉冲, 发射频率 f_2 , $R_x(2(n+1)-1)$ 和 $R_x(2(n+1))$ 表示与之相对应的两次超声回波信号接收, 接收频率均为 f_2 , 物理位置分别为 B' 和 C'。同样地, 发射波束对两侧接收波束有拉动效应, 越靠近焦点, 拉动效应越明显, 接收波束失真越严重。因此, 可以认为发射接收合成效果后超声回波接收波束的实际位置处于 D' 和 E', 与预设物理扫描线位置 B' 和 C' 产生了偏差。

[0054] $T_x(n+2)$ 表示在物理位置 A'' 的一次超声发射脉冲, 发射频率 f_1 , $R_x(2(n+2)-1)$ 和 $R_x(2(n+2))$ 表示与之相对应的两次超声回波信号接收, 接收频率均为 f_1 , 物理位置分别为 B'' 和 C''。同样地, 发射波束对两侧接收波束有拉动效应, 越靠近焦点, 拉动效应越明显, 接收波束失真越严重。因此, 可以认为发射接收合成效果后超声回波接收波束的实际位置处于 D'' 和 E'', 与物理扫描线位置 B'' 和 C'' 产生了偏差。

[0055] 然后, 进行不同频率超声回波信号的线性叠加, 从而得到载波频率 f_1 和 f_2 复合的超声信号 $R_x'(2n)$ 和 $R_x'(2(n+1))$ 。从图中可以看到, 对得到的超声回波的射频信号 $R_x(2n)$ 以频率 f_1 为基础的时间频率曲线进行解调, 和相应的 EQ 滤波器进行滤波等处理; 对得到的超声回波的射频信号 $R_x(2(n+1)-1)$ 以频率 f_2 为基础的时间频率曲线进行解调, 和相应的 EQ 滤波器进行滤波等处理; 对得到的超声回波的射频信号 $R_x(2(n+1))$ 以频率 f_2 为基础的时间频率曲线进行解调, 和相应的 EQ 滤波器进行滤波等处理; 对得到的超声回波的射频信号 $R_x(2(n+2)-1)$ 以频率 f_1 为基础的时间频率曲线进行解调, 和相应的 EQ 滤波器进行滤波等处理;

[0056] 具体地, $R_x'(2n)(f_1, f_2) = 1/2 * R_x(2n)(f_1) + 1/2 * R_x(2(n+1)-1)(f_2)$, 由于发射接收合成效果后超声回波接收波束 $R_x(2n)$ 的实际位置处于 E, 而发射接收合成效果后超声回波接收波束 $R_x(2(n+1)-1)$ 的实际位置处于 D', 两者线性相加得到的超声回波接收波束 $R_x'(2n)$ 的位置就回到了 C(B'), 与物理扫描线位置一致, 从而自然校正了由多波束引起的接收波束的失真。同样地, $R_x'(2(n+1))(f_1, f_2) = 1/2 * R_x(2(n+1))(f_2) + 1/2 * R_x(2(n+2)-1)(f_1)$, 由于发射接收合成效果后超声回波接收波束 $R_x(2(n+1))$ 的实际位置处于 E', 而发射接收合成效果后超声回波接收波束 $R_x(2(n+2)-1)$ 的实际位置处于 D'', 两者线性相加得到的超声回波接收波束 $R_x'(2(n+1))$ 的位置就回到了 C'(B''), 与物理扫描线位置一致, 从而自然校正了由多波束引起的接收波束的失真。

[0057] 如图 4 所示, 当 $M=3$ 时, 即超声波束发射一次, 在不同的位置进行三次超声回波信号的接收, 此时的超声脉冲扫描序列为 $T_xn(f_1)$ 、 $T_x(n+1)(f_2)$ 、 $T_x(n+2)(f_3)$ 、 $T_x(n+3)(f_1)\cdots$ 。

[0058] 其中, T_xn 表示在物理位置 A 的一次超声发射脉冲, 发射频率为 f_1 , $R_x(3n-2)$ 、 $R_x(3n-1)$ 及 $R_x(3n)$ 表示与之相对应的三次超声回波信号接收, 接收频率均为 f_1 ; $T_x(n+1)$ 表示在物理位置 A' 的另一次超声发射脉冲, 发射频率为 f_2 , $R_x(3(n+1)-2)$ 、 $R_x(3(n+1)-1)$

及 $R_x(3(n+1))$ 表示与之相对应的三次超声回波信号接收,接收频率均为 f_2 ; $T_x(n+2)$ 表示在物理位置 A'' 的另一次超声发射脉冲,发射频率为 f_3 , $R_x(3(n+2)-2)$ 、 $R_x(3(n+2)-1)$ 及 $R_x(3(n+2))$ 表示与之相对应的三次超声回波信号接收,接收频率均为 f_3 ; $T_x(n+3)$ 表示在物理位置 A''' 的另一次超声发射脉冲,发射频率为 f_1 , $R_x(3(n+3)-2)$ 、 $R_x(3(n+3)-1)$ 及 $R_x(3(n+3))$ 表示与之相对应的三次超声回波信号接收,接收频率均为 f_1 。

[0059] 接下来进行不同频率超声回波信号的线性叠加,从而得到载波频率 f_1 、 f_2 和 f_3 复合的超声信号 $R_x'(3n)$, $R_x'(3(n+1))$ 和 $R_x'(3(n+2))$ 。从图中可以看到,对得到的超声回波的射频信号 $R_x(3n)$ 以频率 f_1 为基础的时间频率曲线进行解调,和相应的 EQ 滤波器进行滤波等处理;对得到的超声回波的射频信号 $R_x(3(n+1)-1)$ 以频率 f_2 为基础的时间频率曲线进行解调,和相应的 EQ 滤波器进行滤波等处理;对得到的超声回波的射频信号 $R_x(3(n+2)-2)$ 以频率 f_3 为基础的时间频率曲线进行解调,和相应的 EQ 滤波器进行滤波等处理;对得到的超声回波的射频信号 $R_x(3(n+1))$ 以频率 f_2 为基础的时间频率曲线进行解调,和相应的 EQ 滤波器进行滤波等处理;对得到的超声回波的射频信号 $R_x(3(n+2)-1)$ 以频率 f_3 为基础的时间频率曲线进行解调,和相应的 EQ 滤波器进行滤波等处理;对得到的超声回波的射频信号 $R_x(3(n+3)-2)$ 以频率 f_1 为基础的时间频率曲线进行解调,和相应的 EQ 滤波器进行滤波等处理。

[0060] $R_x'(3n)(f_1, f_2, f_3) = 1/3 * R_x(3n)(f_1) + 1/3 * R_x(3(n+1)-1)(f_2) + 1/3 * R_x(3(n+2)-2)(f_3)$;

[0061] $R_x'(3(n+1))(f_1, f_2, f_3) = 1/3 * R_x(3(n+1))(f_2) + 1/3 * R_x(3(n+2)-1)(f_3) + 1/3 * R_x(3(n+3)-2)(f_1)$;

[0062] $R_x'(3(n+2))(f_1, f_2, f_3) = 1/3 * R_x(3(n+2))(f_3) + 1/3 * R_x(3(n+3)-1)(f_1) + 1/3 * R_x(3(n+4)-2)(f_2)$ 。通过将上述回波信号进行线性叠加不仅得到了频率复合的超声信号,而且自然校正了由多波束引起的接收波束的失真。

[0063] 从 $M=2$ 和 $M=3$ 的具体实现,可类推出基于任意 M ($M \geq 2$) 波束的频率复合实现。具体请参图 5 所示,其中,假设 $f_1, f_2, \dots, f_M$ 分别表示 M 种不同的超声频率。其中,超声序列为: $T_x(n)(f_1), T_x(n+1)(f_2), \dots, T_x(n+(M-1))(f_M), T_x(n+M)(f_1), \dots, T_x(n+2M-2)(f_{M-1}), T_x(n+2M-1)(f_M), \dots$ 。

[0064] 本发明中,对于包括 M 种频率的超声扫描序列而言,每一发射脉冲对应 M 个回波信号的接收,其中, M 个回波信号以相对应的发射脉冲为基准对称分布(左右对称),且相邻两个发射脉冲的回波信号在物理位置上的排布规则为:后一发射脉冲所对应的回波信号较于前一发射脉冲所对应的回波信号错开一个回波间隔。例如,参图 5,假设发射脉冲 $T_x(n)$ 的 M 个回波信号的物理位置分别为 $X_1, X_2, X_3, \dots, X_M$,其中,处于图中最左边的回波信号 $R_x(Mn-(M-1))$ 的位置为 X_1 ,最右边的 $R_x(Mn)$ 的物理位置为 X_M ,那么,对于接下来的发射脉冲 $T_x(n+1)$ 的 M 个回波信号而言,其位于图中最左边的回波信号 $R_x(M(n+1)-(M-1))$ 的物理位置为 X_2 ,并且其最右边的回波信号 $R_x(M(n+1))$ 的物理位置较于物理位置 X_M 向右移动了一个回波间隔(本发明所述的“一个回波间隔”即同一发射脉冲所对应的相邻两个回波信号之间的物理位置差异)。

[0065] 故,在接收到各个频率的超声脉冲所对应的回波信号后,对得到的超声回波的射频信号一一以相应频率为基础的时间频率曲线进行解调,并和相应的 EQ 滤波器进行滤波

等处理；此后以将处于同一物理位置上的、且具有不同超声频率 $f_1 \sim f_M$ 的 M 个回波信号进行线性叠加。值得一提的是，本发明所述的“同一物理位置”并不一定表示 M 个回波信号在物理位置上完全重叠，而是表示在图中纵向方向上位于同一条直线上，比如，附图 3 中具有波速 f_1 的回波信号 $R_x(2n)$ 、具有波速 f_2 的回波信号 $R_x(2(n+1)-1)$ 在同一直线上。

[0066] 当 M 为任意值时(大于或等于 2)，其线性叠加公式具体为：

[0067] $R_x'(Mn)(f_1, f_2, \dots, f_M) = 1/M * R_x(Mn)(f_1) + 1/M * R_x(M(n+1)-1)(f_2) + \dots + 1/M * R_x(M(n+(M-1))-(M-1))(f_M)$ ；

[0068]

[0069] $R_x'(M(n+(M-1)))(f_1, f_2, \dots, f_M) = 1/M * R_x(M(n+(M-1)))(f_M) + 1/M * R_x(M(n+M)-1)(f_1) + \dots + 1/M * R_x(M(n+(2M-2))-(M-1))(f_{M-1})$ 。通过以上对同一物理位置的具有不同波速的回波信号进行线性叠加，不仅得到了 M ($M \geq 2$) 种不同超声波传播速度的超声回波信号复合的超声信号，而且自然校正了由多波束引起的接收波束的失真。

[0070] 参图 6 至图 9 所示，请为本发明多波束的频率复合成像方法的另外一种实施例。

[0071] 如图 6 所示，所述多波束的频率复合成像方法，包括如下步骤：

[0072] S1、配置包括若干发射脉冲的扫查序列；其中，每一发射脉冲具有 $f_1 \sim f_M$ 的混合频率；

[0073] S2、根据所述扫查序列逐一向被检测组织发射超声脉冲；

[0074] S3、接收来自被检测组织的回波信号；其中，每一发射脉冲的发射对应于 M 个具有频率 $f_1 \sim f_M$ 的回波信号的接收，其中， M 个回波信号以对应的发射脉冲为基准呈对称分布，且相邻两个发射脉冲所对应的回波信号在物理位置上的排布规则为：后一发射脉冲所对应的回波信号较于前一发射脉冲所对应的回波信号错开一个回波间隔；

[0075] S4、对超声回波的射频信号分别以相应的频率进行解调，并进行相应的滤波处理；将处于同一物理位置上的、且具有不同超声频率 $f_1 \sim f_M$ 的 M 个回波信号进行线性叠加。

[0076] 结合图 7~9 所示，其分别以 $M=2$ 、 $M=3$ 、以及 $M \geq 2$ 为例表达了本实施例的原理。本实施例与图 2~5 所示的实施例的不同之处在于：所配置的每一发射脉冲具有 $f_1 \sim f_M$ 的混合频率，并且每一发射脉冲对应的 M 个回波信号分别具有 $f_1 \sim f_M$ 的单一频率。其中，混合频率的实现可以是超声探头的部分基元发射频率为 f_1 ，部分基元发射频率为 f_2 ，……乃至部分基元发射频率为 f_M 。或者以图 10A~10C 所示的脉冲波形进行发射混合频率。此方式同样可通过将不同频率的回波信号进行线性叠加以自然消除波束失真，其中，具体细节描述请参上一实施例，在此不再予以赘述。

[0077] 接下来，请参照图 11 所示，其为本发明多波束的频率复合成像系统的模块示意图。其中，本文所描述的系统实施例仅仅是示意性的，并且本发明的系统实施例中的具体技术特征、功能、技术效果等，请参照文中所记载的多波束的频率复合成像方法的实施例，下文不再予以详述。

[0078] 在本发明一实施例中，所述多波束的频率复合成像系统，包括：

[0079] 配置模块 10、用于配置包括对应于超声频率 $f_1 \sim f_M$ 的发射脉冲 $T_{x1} \sim T_{xM}$ 的扫查序列；

[0080] 发射模块 20、用于根据所述扫查序列逐一向被检测组织发射超声脉冲；

[0081] 接收模块 30、用于接收来自被检测组织的回波信号；其中，每一发射脉冲的发射

对应于 M 个具有相同频率的回波信号的接收,其中, M 个回波信号以对应的发射脉冲为基准呈对称分布,且相邻两个发射脉冲所对应的回波信号在物理位置上的排布规则为:后一发发射脉冲所对应的回波信号较于前一发射脉冲所对应的回波信号错开一个回波间隔;及

[0082] 复合模块 40、用于对超声回波的射频信号分别以相应的频率进行解调,并进行相应的滤波处理;并用于将处于同一物理位置上的、且具有不同超声频率 $f_1 \sim f_M$ 的 M 个回波信号进行线性叠加。

[0083] 在本发明另一实施例中,所述多波束的频率复合成像系统,包括:

[0084] 配置模块 10、用于配置包括若干发射脉冲的扫查序列;其中,每一发射脉冲具有 $f_1 \sim f_M$ 的混合频率;

[0085] 发射模块 20、用于根据所述扫查序列逐一向被检测组织发射超声脉冲;

[0086] 接收模块 30、用于接收来自被检测组织的回波信号;其中,每一发射脉冲的发射对应于 M 个具有频率 $f_1 \sim f_M$ 的回波信号的接收,其中, M 个回波信号以对应的发射脉冲为基准呈对称分布,且相邻两个发射脉冲所对应的回波信号在物理位置上的排布规则为:后一发发射脉冲所对应的回波信号较于前一发射脉冲所对应的回波信号错开一个回波间隔;及

[0087] 复合模块 40、用于对超声回波的射频信号分别以相应的频率进行解调,并进行相应的滤波处理;并用于将处于同一物理位置上的、且具有不同超声频率 $f_1 \sim f_M$ 的 M 个回波信号进行线性叠加。

[0088] 综上所述,本发明的方法及相应系统采取多波束接收技术,在一定程度上提高图像的帧频,从而改善了图像的分辨率;此外,采用具有多个频率的超声信号进行超声扫查,并将不同频率的回波信号进行线性叠加,以自然校正多波束回波信号的失真,本发明同时实现波束失真校正和多频率信号的超声复合成像的目的,其改善了图像分辨率,增强了超声图像的空间分辨率及整体图像的均匀一致性,且本发明的方法简单易实现。

[0089] 应当理解,虽然本说明书按照实施方式加以描述,但并非每个实施方式仅包含一个独立的技术方案,说明书的这种叙述方式仅仅是为清楚起见,本领域技术人员应当将说明书作为一个整体,各实施方式中的技术方案也可以经适当组合,形成本领域技术人员可以理解的其他实施方式。

[0090] 上文所列出的一系列详细说明仅仅是针对本发明的可行性实施方式的具体说明,它们并非用以限制本发明的保护范围,凡未脱离本发明技艺精神所作的等效实施方式或变更均应包含在本发明的保护范围之内。

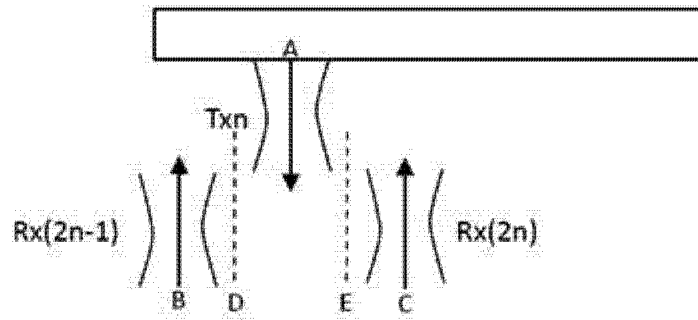


图 1

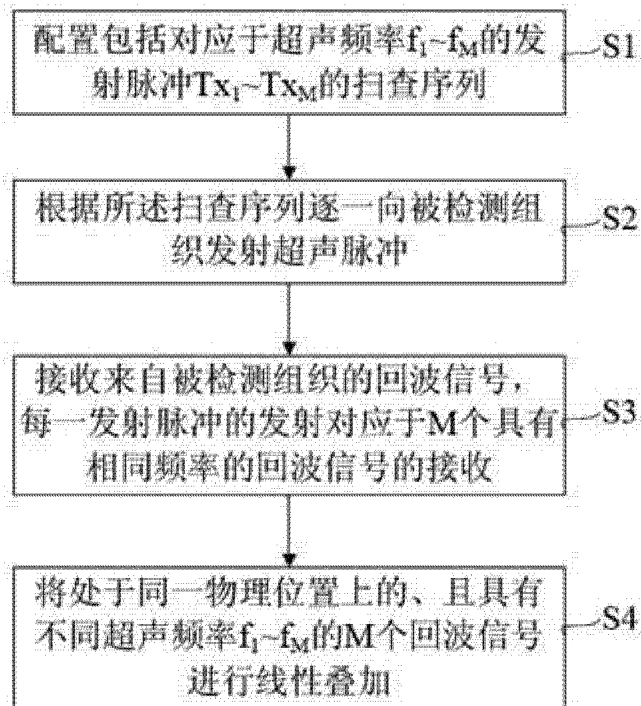


图 2

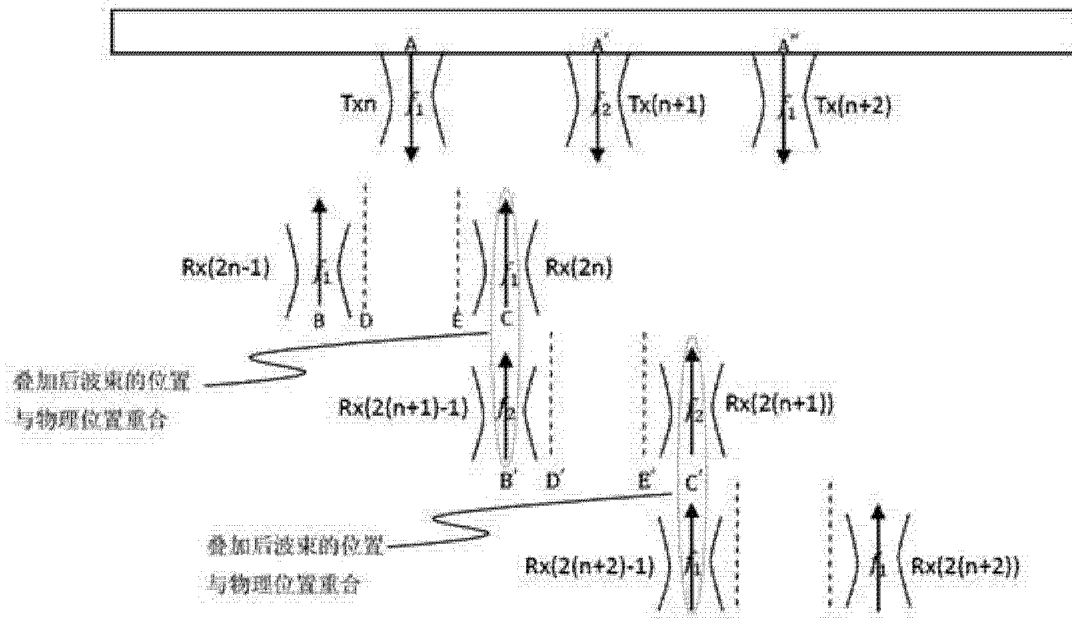


图 3

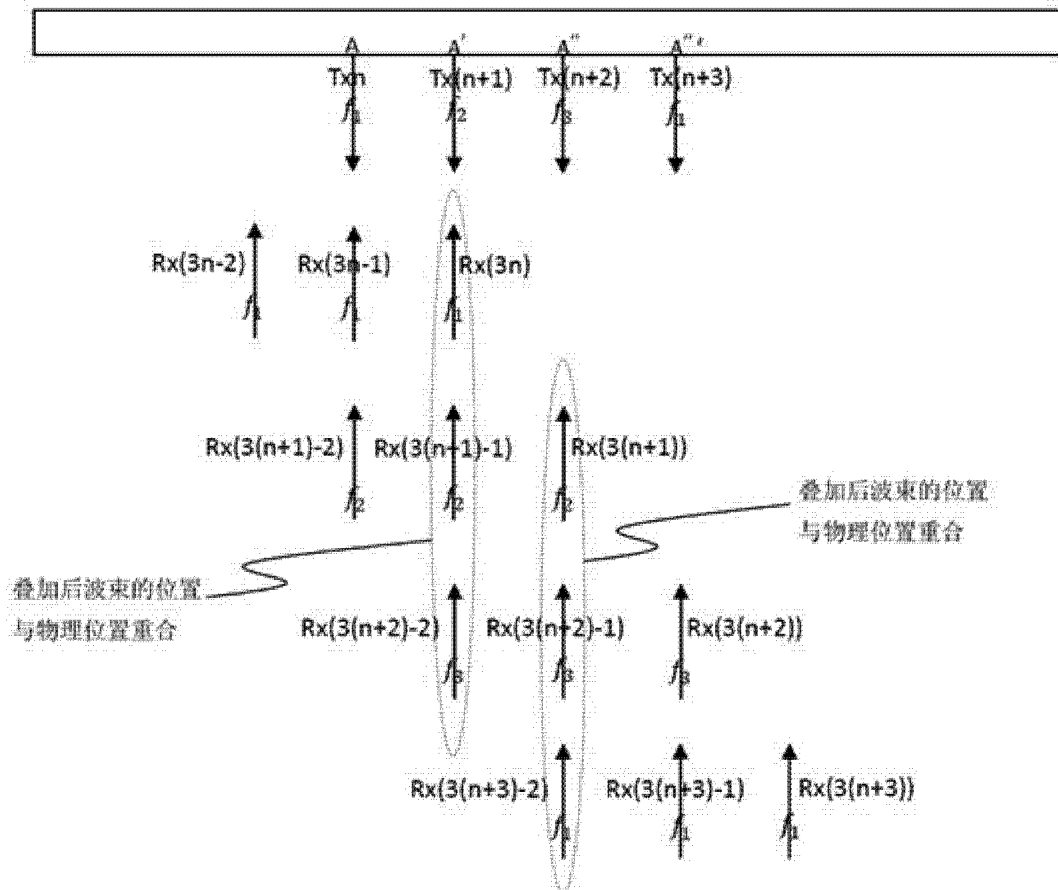


图 4

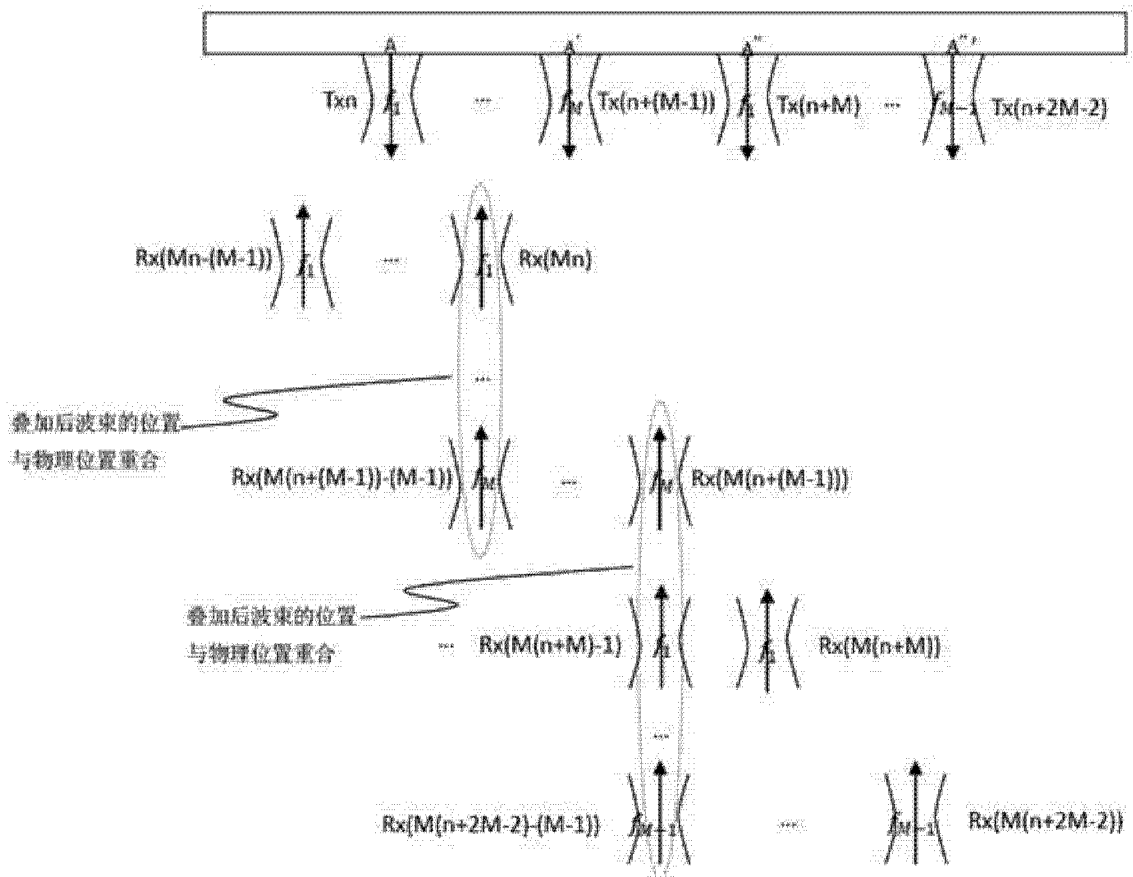


图 5

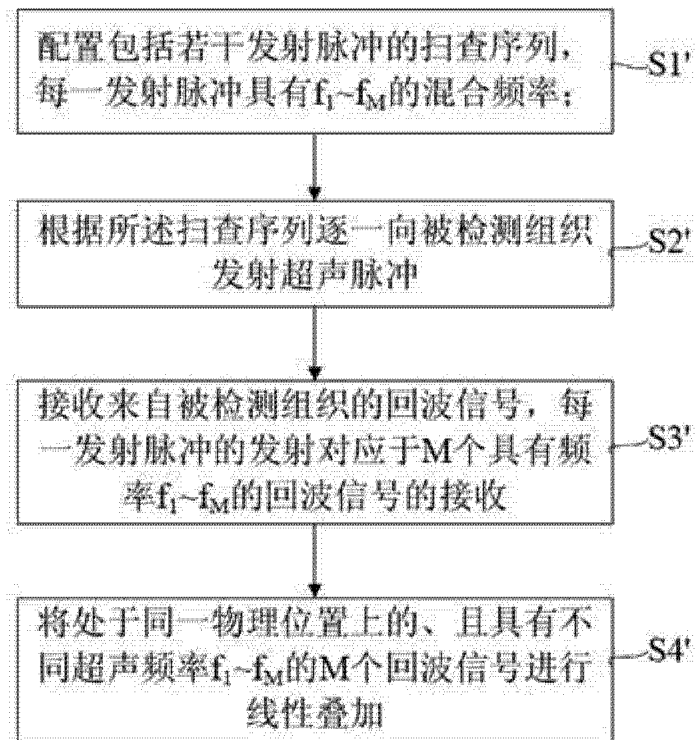


图 6

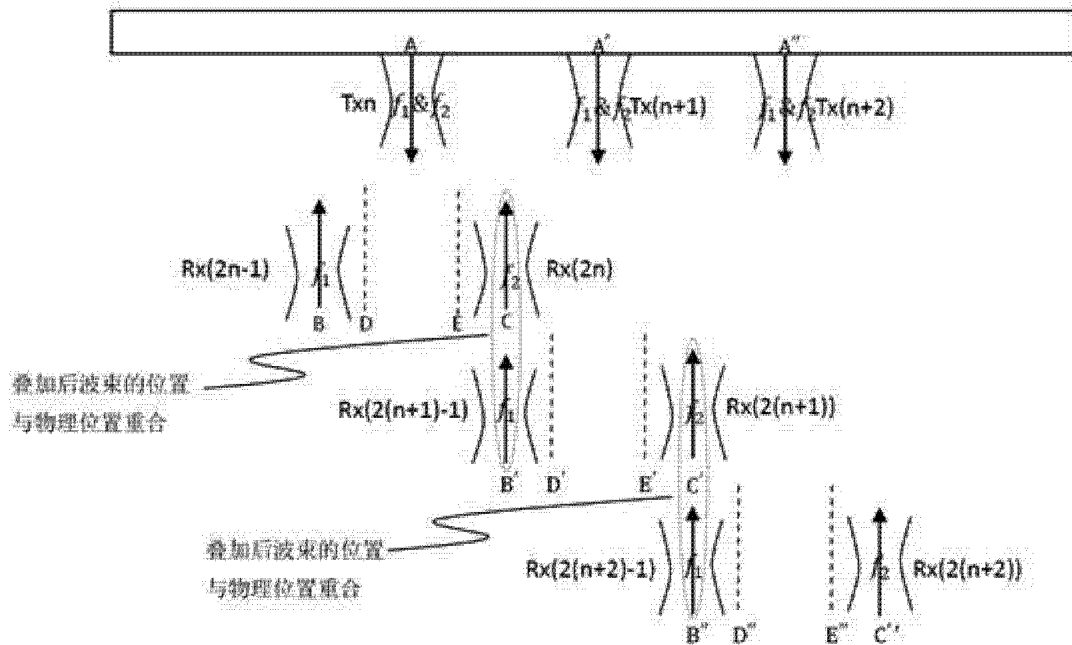


图 7

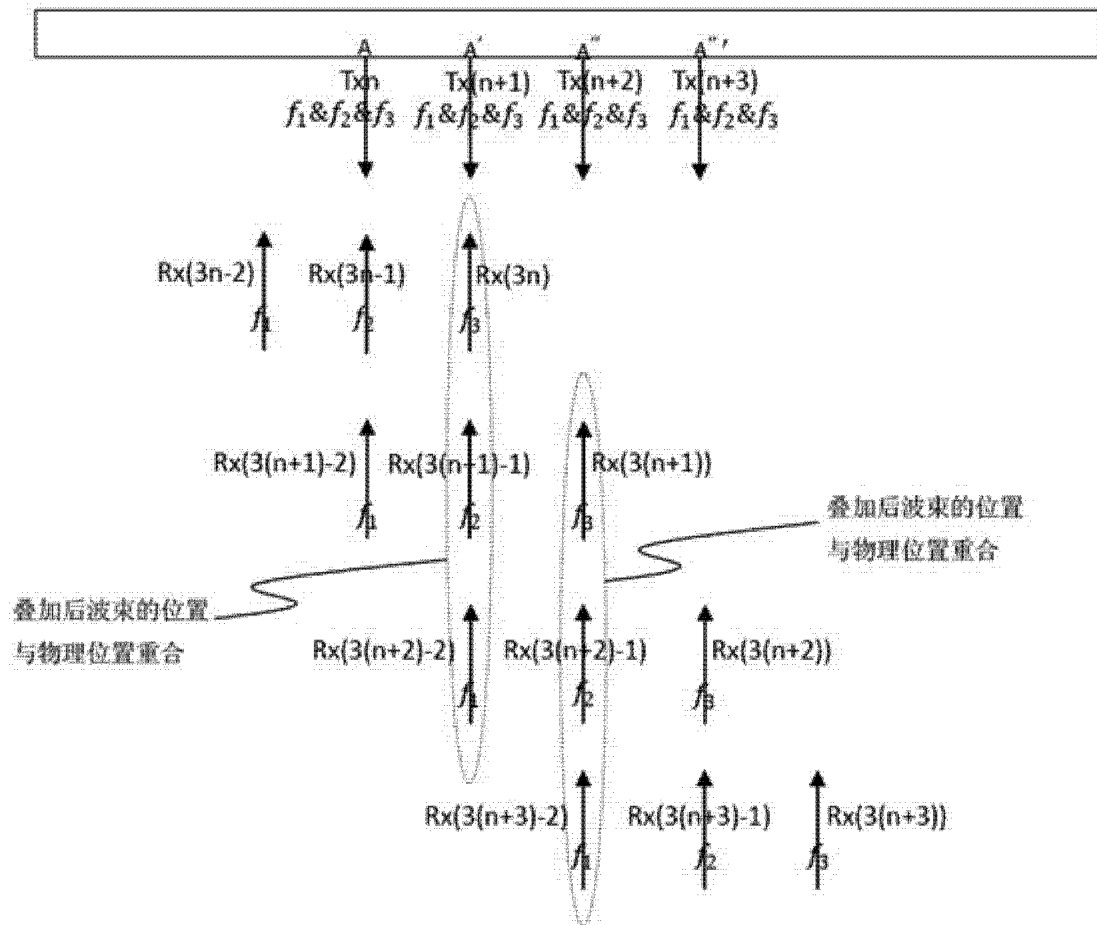


图 8

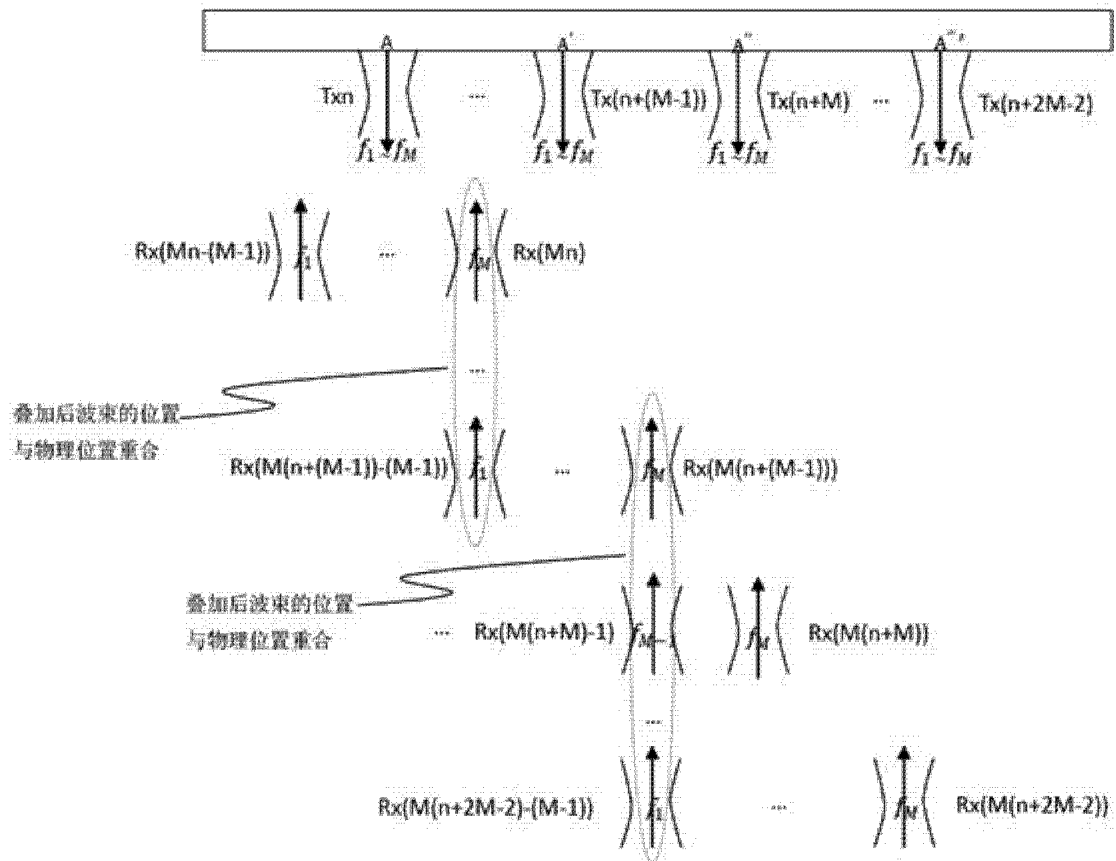


图 9

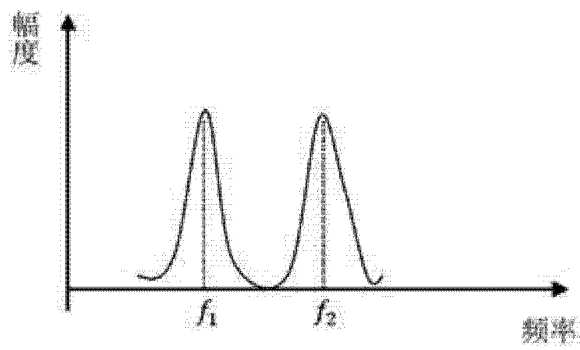


图 10A

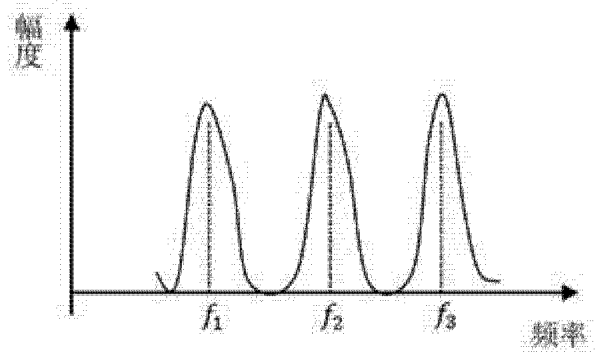


图 10B

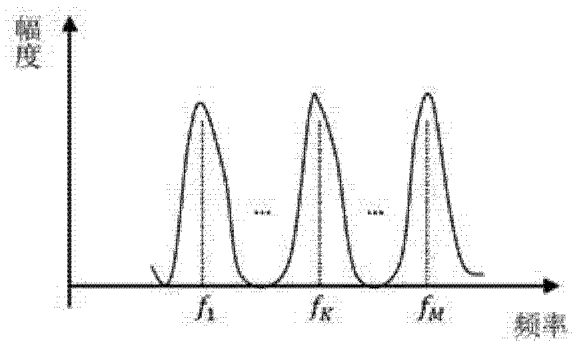


图 10C

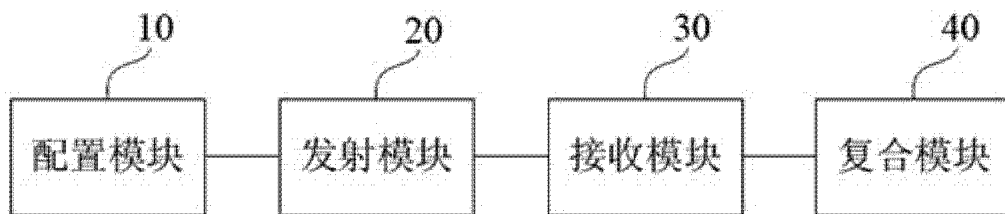


图 11

专利名称(译)	多波束的频率复合成像方法及系统		
公开(公告)号	CN103126723B	公开(公告)日	2014-09-24
申请号	CN201310087804.5	申请日	2013-03-19
[标]申请(专利权)人(译)	飞依诺科技(苏州)有限公司		
申请(专利权)人(译)	飞依诺科技(苏州)有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	飞依诺科技(苏州)有限公司		
[标]发明人	陈惠人		
发明人	陈惠人		
IPC分类号	A61B8/00		
代理人(译)	杨林洁		
审查员(译)	杨星		
其他公开文献	CN103126723A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明提供一种多波束的频率复合成像方法及系统，其中，所述方法包括：S1、配置包括对应于超声频率 $f_1 \sim f_M$ 的发射脉冲 $T_{x1} \sim T_{xM}$ 的扫描序列；S2、向被检测组织发射超声脉冲；S3、接收来自被检测组织的回波信号；其中，每一发射脉冲的发射对应于M个具有相同频率的回波信号的接收；S4、将处于同一物理位置上的、且具有不同超声频率 $f_1 \sim f_M$ 的M个回波信号进行线性叠加。本发明采取多波束接收技术，同时实现波束失真校正和多频率信号的超声复合成像的目的，方法简单易实现。

