



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107278271 A

(43)申请公布日 2017. 10. 20

(21)申请号 201680013783.4

(22)申请日 2016.03.07

(30)优先权数据

62/128,525 2015.03.05 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2017.09.05

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2016/051273 2016.03.07

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/139647 EN 2016.09.09

(71)申请人 克里斯塔维尔医学影像有限公司

地址 英国泽西岛,圣赫利尔泽西,拉如勒马
叙瑞尔,勒马叙瑞尔屋

(72)发明人 吉尔·次维恩

(74)专利代理机构 杭州千克知识产权代理有限公司 33246

代理人 裴金华

(51)Int.Cl.

G01S 7/52(2006.01)

A61B 8/14(2006.01)

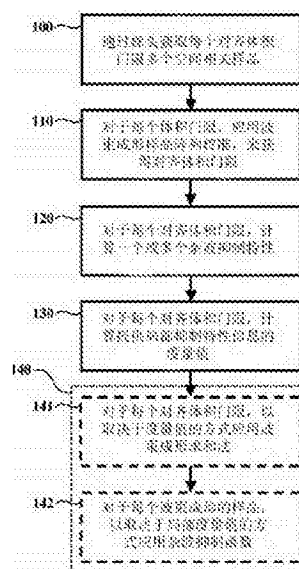
权利要求书8页 说明书34页 附图8页

(54)发明名称

超声成像系统中的杂波抑制

(57)摘要

超声成像的方法,其中一些包括:产生一个或多个发射波束,每个发射波束的视轴都指向与目标区域相关联的方向;使用包括换能器阵列(30)的探头(26)产生一个或多个接收波束;对于每个或每组接收波束,单次或多次对接收信号采样,其中每个样品都与目标区域的特定体积(“体积门限”)相关联,通过探头为每个体积门限接管多个空间相关样品;并处理这些样品,所述处理包括:应用波束成形样品校准以致与体积门限相关的每个空间相关样品是对齐的;对于每个对齐体积门限,计算一个或多个杂波抑制特性,其中杂波抑制特性取决于空间相关样品的信号变化度;对于每个对齐体积门限,计算一个度量值,该度量值取决于对齐体积门限的一个或多个杂波抑制特性的一个或多个值,并依照这个度量值执行波束形成求和步骤。



1. 一种超声成像的方法,所述方法包括:

产生一个或者多个发射波束,其中每个发射波束的视轴都指向与目标区域相关联的方向;

使用包括换能器阵列(30)的探头(26)产生一个或者多个接收波束;

对于每个接收波束或者每组接收波束,单次或多次对接收信号进行采样,其中每个样品都与目标区域中的特定体积(即“体积门限”)相关联,并且其中通过探头为每个体积门限接管多个空间相关样品;并

处理这些空间相关样品,所述处理包括:

应用波束成形样品校准以致与体积门限相关联的每个空间相关样品是对齐的;

对于每个对齐体积门限,计算一个或者多个杂波抑制特性,其中杂波抑制特性取决于空间相关样品的信号变化度;

对于每个对齐体积门限,计算一个度量值,其中这个度量值取决于用于对齐体积门限的一个或多个杂波抑制特性中的一个或多个的值,

并依照这个度量值执行波束形成求和步骤。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,波束成形求和步骤包括改性与和度量值保持一致的对齐体积门限相关联的空间相关样品,和应用波束成形求和法对与对齐体积门限相关联的改性样品进行求和以提供一个波束成形样品值。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中,波束形成求和步骤包括应用波束成形求和法对与对齐体积门限相关联的空间相关样品进行求和以提供一个波束成形样品值,和对波束成形样品值应用杂波抑制函数,其中杂波抑制函数是一个取决于用于相应对齐体积门限的度量值的函数。

4. 根据以上任意一项权利要求所述的方法,该方法进一步包括对结果应用输出转移函数。

5. 根据以上任意一项权利要求所述的方法,其中,取样可以在应用匹配滤波之前或者之后执行。

6. 根据以上任意一项权利要求所述的方法,其中,取样可以是实数或者复数。

7. 根据以上任意一项权利要求所述的方法,其中,与探头接管多个空间相关样品相关联的每个样品或每组样品与以下之一相关联:

换能器阵列(30)的不同接收单元;

换能器阵列(30)的不同接收子阵列;和

不同相位中心。

8. 根据权利要求7所述的方法,其中,探头接管的多个空间相关样品可以包含以下中的一个或多个:

使用每通道取样,这样探头接管的多个空间相关样品中的每一个与换能器阵列(30)的不同接收单元相关联;

对每个子阵列取样,这样探头接管的多个空间相关样品中的每一个与换能器阵列(30)的不同接收子阵列相关联;

产生两个或多个接收波束,每个具有不同的相位中心,应用每个这样的接收波束的波束成形,并一起收集与每个体积门限相关联的数据来得到探头接管多个空间相关样品;

使用合成孔径数据采集,其中,每个发射脉冲使用换能器阵列(30)的单个单元或特定的子阵列,并且该脉冲的接收也使用相同的单元或子阵列;

使用合成孔径数据采集,其中,每个发射脉冲使用换能器阵列(30)的单个单元或特定的子阵列,并且对于每个发射脉冲在接受时使用特定单元或特定子阵列或整个换能器阵列,其中发射时使用的单元设置和接收时使用的单元设置并不总是相匹配;并

使用具有每通道取样或对每个子阵取样的正交子阵列编码激励。

9.根据以上任意一项权利要求所述的方法,其中,波束成形样品校准与下列之一相关:

仅仅在接收时的波束成形;和

在发射时和在接收时的波束成形。

10.根据以上任意一项权利要求所述的方法,其中,应用波束成形样品校准的步骤可以进一步包括在传输时应用与波束成形相关联的波束成形求和法。

11.根据以上任意一项权利要求所述的方法,其中,空间相关样品阵列是整理探头接管的空间相关样品用于阵列中的给定体积门限的结果,这个阵列可以是一维的、二维的或多维的;并且

其中杂波抑制特性中的至少一个是从以下一个或者多个算的:

i)空间相关样品阵列的标准偏差或方差,将阵列信号的以下组件的一个或多个列入考虑:幅度、相位、实数分量、和/或虚数分量;

ii)空间相关样品阵列中的空间导数的某一统计量(如平均值,中值,预定义的百分比),将阵列信号的以下分量的一个或多个列入考虑:幅度、相位、实数分量、和/或虚数分量;

iii)与空间相关样品阵列中零交点计算相关联的特性;其中当空间相关样品阵列为实数时,零交点定义为相邻阵列单元间和/或非常接近0的值的出现的信号改变;并且当空间相关样品阵列为复数时,零交点定义为信号幅度的局部最小值;

iv)与空间相关样品阵列中峰宽估算相关联的特性,其中,这些峰可以与阵列信号的以下组件的一个或多个相关联:幅度,相位,实数分量,和/或虚数分量;

v)应用于空间相关样品阵列的自相关函数的输出的宽度;

vi)与空间相关样品阵列中功率谱计算相关的特性,其中,该特性是以下其中之一或是以下中的一个或多个函数:

1)空间相关样品阵列功率谱中的一组低频分量和一组高频分量间的能量比;

2)空间相关样品阵列功率谱中的一组低频分量和总能量间的能量比;

3)空间相关样品阵列功率谱中最高能级的光谱元素和总能量间的能量比;

4)与空间相关样品阵列功率谱中最高能级的光谱元素相关联的绝对频率;和

5)与空间相关样品阵列累计功率谱的元素相关联的最低频率,该频率的能量高于(或等于)空间相关样品阵列中的总能量乘以一个预定义常数。

12.根据权利要求1-11任意一项所述的方法,包括:

通过堆叠空间相关样品阵列用于多个体积门限来定义堆叠空间相关样品阵列;其中,空间相关样品阵列是整理探头接管的空间相关样品用于阵列中的给定体积门限的结果,该阵列可以是一维的、二维的或多维的;并且

其中,对来自于堆叠空间相关样品阵列中的相应单元的每个对齐体积门限,导出了杂

波抑制特性中至少一个特性。

13. 根据权利要求12所述的方法, 其中, 空间相关样品阵列是整理探头接管的空间相关样品用于阵列中的给定体积门限的结果, 是以下中的一个或多个:

i) 与相同接收波束中的不同体积门限相关联, 以与探头表面相应体积门限的距离相一致的顺序排布, 其中所有空间相关样品阵列的内部顺序是相同的; 和

ii) 与不同接收波束相关, 以空间角度(在一个或多个轴上)的增加或减少顺序和/或电影环路帧索引的增加或减少顺序排布;

其中堆叠样品阵列分量是以下中的一个或多个: 堆叠空间相关样品阵列的(i)幅度, (ii)相位, (iii)实数分量, 和(iv)虚数分量。

14. 根据权利要求12或13所述的方法, 其中, 杂波抑制特性中至少一个特性是从以下中的一个或多个算的:

堆叠空间相关样品阵列和/或堆叠样品阵列分量中的局部堆叠空间导数的某一统计(如平均值, 加权平均数, 中值, 特定百分比);

堆叠空间相关样品阵列和/或堆叠样品阵列分量中的局部二进制大对象斜率的某一统计(如平均值, 加权平均数, 中值, 特定百分比);

对角线零交叉的数量;

除以打开换能器单元(30)数量的对角线零交叉的数量。

15. 根据权利要求14所述的方法, 当杂波抑制特性中的至少一个特性是从局部二进制大对象斜率的某一统计算得,

其中二维或多维中的二进制大对象是一个连续的空间区域, 该空间区域中不含零交叉但是在其边界有零交叉和/或阵列边界。

16. 根据以上任意一项权利要求所述的方法, 其中, 杂波抑制特性中一个或多个特性的计算步骤进一步包括应用校正到杂波抑制特性的计算值, 其中用于每个对齐体积门限的校正取决于以下中的一个或多个:

发射波束视轴和接收波束视轴之间的空间角度;

接收波束视轴和宽边间的空间角度; 和

沿波束路径测量探头表面与样品的距离。

17. 根据以上任意一项权利要求所述的方法, 其中度量值:

仅取决于用于相应对齐体积门限的杂波抑制特性的值; 或者

取决于用于相应对齐体积门限和附加对齐体积门限的杂波抑制特性的值, 该值可以是以下中的至少一个:

在一个或多个轴或任意一个轴上的空间相邻; 和

时间相邻。

18. 根据以上任意一项权利要求所述的方法, 其中, 度量值是一个或多个杂波抑制特性局部值的预定义函数。

19. 根据以上任意一项权利要求所述的方法, 其中, 度量值是一个或多个杂波抑制特性局部值的自适应测定函数。

20. 根据权利要求19所述的方法, 其中, 计算度量值包括:

计算一个或多个度量值, 其中每个度量值与一组对齐体积门限(“对齐体积门限组”)

和一个或多个杂波抑制特性(“特性组”)中的一个或多个相关联;并且

对于每个一个或多个对齐体积门限,设置与一个或多个度量模型的值相一致的局部度量值,该一个或多个度量模型的值与杂波抑制特性的局部值相关。

21. 根据权利要求20所述的方法,其中,对齐体积门限组要么包含在所有帧中的所有对齐体积门限,要么是对齐体积门限的一个子集,与下列中的一个或多个相关:

针对探头表面的范围;

探头表面的大片波束相位中心带;

接收波束视轴和宽面之间的空间角度;

发射波束和接收波束的视轴间的空间角度;和

时间带。

22. 根据权利要求20或21所述的方法,其中,局部度量值基于以下中的一项:

与当前对齐体积门限组相关的度量模型;或者

与当前对齐体积门限组相关的度量模型和一个或多个空间和/或时间相邻对齐体积门限组。

23. 根据权利要求20-22任意一项所述的方法,其中,计算度量模型用于对齐体积门限组包括:

计算与度量模型相关的特性组的联合概率密度函数(联合-PDF),仅将与体积门限组相关联的体积门限列入考虑,该体积门限组与度量模型相关;并且将联合概率密度函数转换成联合累积概率密度函数(联合-CDF)。

24. 根据权利要求23所述的方法,其中,通过联合概率密度函数描述度量模型,并且其中基于用于特性组和给定度量模型的对应值,测定用于对齐体积门限得局部度量值,包含其中之一:

用于协调匹配特性组值的度量模型上的内插法;和

寻找度量模型中的最近邻点插值法,用于协调匹配特性组的值。

25. 根据权利要求23或24所述的方法,其中,计算度量模型用于对齐体积门限组进一步包括应用转移函数到联合-CDF,来得到一个合适的度量模型,用于度变量计算。

26. 根据权利要求25所述的方法,其中,转移函数取决于以下来源于联合-PDF和/或联合-CDF的参数中的一个或多个:

与联合-PDF峰值相关联的杂波抑制特性定义为以下之一:

值最高的联合-PDF中的单元;

联合-PDF的质心;或者

在舍弃除了具有最高峰和/或最高总概率联合概率密度函数外的所有联合-PDF分布模式之后的联合-PDF的质心;

与联合-PDF正扩展峰相关的杂波抑制特性值;和

与联合-PDF负扩展峰相关的杂波抑制特性值。

27. 根据以上任意一项权利要求所述的方法,其中,在应用匹配滤波之前、之中或之后,将波束成形求和步骤应用到对齐体积门限。

28. 根据以上任意一项权利要求所述的方法,其中,波束成形求和步骤取决于其中之一:

相应对齐体积门限的度量值;和

在一个或多个轴上或在任意轴上,相应对齐体积门限和附加对齐体积门限的度量值,该度量值可能是空间相邻中的至少一个;和时间相邻。

29.根据以上任意一项权利要求所述的方法,其中,用于每个对齐体积门限的波束成形求和步骤取决于应用空间低通滤波器到与相应对齐体积门限和空间相邻对齐体积门限相关联,且与相同接收波束相关联的度量值的结果。

30.根据以上任意一项权利要求所述的方法,其中,波束成形求和步骤包括适应性测定一个或多个以下波束成形求和参数,这些参数取决于用于相应对齐体积门限的度量值,并且可能取决于用于附加对齐体积门限的度量值:

用于相应对齐体积门限的打开的换能器单元(30)的集合;

用于相应对齐体积门限的变迹模式;

应用于与相应对齐体积门限相关的所有样品的倍增器。

31.根据以上任意一项权利要求所述的方法,其中,在应用匹配滤波之前、之中或之后,将杂波抑制函数应用到波束成形样品值。

32.根据以上任意一项权利要求所述的方法,其中,杂波抑制函数是以下之一:

a. 取决于用于相应对齐体积门限的度量值;

b. 取决于用于相应对齐体积门限和附加对齐体积门限的度量值,可以是以下中的至少一个:(i)空间相邻,将词语“空间相邻”的范围限制到一个或多个轴上或者是任意一个轴上;(ii)时间相邻。

33.一种超声成像的方法,所述方法包括:

产生一个或多个发射波束,其中,每个发射波束的视轴都指向与目标区域相关联的方向;

对于每个发射波束,使用包括换能器阵列(30)的探头(26)产生一个或多个接收波束;

对于每个接收波束或者每组接收波束,单次或多次对接收信号进行取样,其中每个样品都与目标区域中的特定体积(即“体积门限”)相关联,并且其中通过探头为每个体积门限接管多个空间相关的样品;并

处理这些样品,所述处理包括:

对于一个或多个体积门限,应用波束成形样品校准和整理堆叠的空间相关样品阵列中的结果;

检测堆叠的空间相关样品阵列中的一个或多个二进制大对象,并为每个所述二进制大对象检测其边界;

对于一个或多个二进制大对象中的至少一个,计算一个或多个二进制大对象特性,并

对于每个二进制大对象特性已经计算的二进制大对象,应用函数到与二进制大对象相关联的堆叠的空间相关样品阵列单元的值中(“二进制大对象函数”),其中二进制大对象函数取决于相应的二进制大对象特性的值。

34.根据权利要求33所述的方法,其中,检测一个或多个二进制大对象和使用分割方法执行边界的测定。

35.根据权利要求33或34所述的方法,其中对于二进制大对象中的堆叠的空间相关样品阵列的每个单元,二进制函数的输出是下列之一:

a. 仅取决于所述单元的值和相应二进制大对象特性的值;和

b. 取决于用于空间相邻和/或时间相邻中所述单元的堆叠的空间相关样品阵列的值,同时也取决于相应二进制大对象特性的值。

36. 根据权利要求33-35任意一项所述的方法,其中,波束成形样品校准包括对与波束成形相关的样品应用相移和/或时延。

37. 根据权利要求33-36任意一项所述的方法,其中,堆叠的样品阵列分量是下列之一或多个:堆叠的空间相关样品阵列的(i)幅度,(ii)相位,(iii)实数分量,和(iv)虚数分量。

38. 根据权利要求33-37任意一项所述的方法,其中,空间相关样品阵列是整理探头接管的空间相关样品用于阵列中的给定体积门限的结果,该阵列可以是一维的,二维的或多维的。

39. 根据权利要求38所述的方法,其中,堆叠的空间相关样品阵列是堆叠空间相关样品阵列用于多个体积门限的结果。

40. 根据权利要求39所述的方法,其中,堆叠空间相关样品阵列用于多个体积门限的结果是下列之一或多个:

与相同接收波束中的不同体积门限相关联,以与探头表面相应体积门限的距离相对应的顺序排布,其中所有空间相关样品阵列的内部顺序是相同的;和

与不同接收波束相关,以空间角度(在一个或多个轴上)的增加或减少顺序和/或电影环路帧索引的增加或减少顺序排布。

41. 根据权利要求33-40任意一项所述的方法,其中,二维或多维阵列中的二进制大对象是一个连续的空间区域,该空间区域中不含零交叉但是在其边界有零交叉和/或阵列边界。

42. 根据权利要求33-41任意一项所述的方法,其中,二进制大对象特性表明下列至少一个:

堆叠的阵列空间导数,定义为沿着除了与探针表面距离相对应的一个或多个轴上的堆叠的样品阵列分量的空间导数;和

在一个或多个轴上的二进制大对象斜率,其中二进制大对象斜率定义为堆叠的样品阵列分量中二进制大对象的方向和与距离探头表面的距离相对应的轴的垂直面之间差值。

43. 根据权利要求33-42任意一项所述的方法,其中,二进制函数进一步取决于本地或区域信噪比(SNR)。

44. 根据权利要求33-43任意一项所述的方法,其中,使用复合发射序列,并且其中处理样品按下列方式之一执行:

分别对于每个发射脉冲,其中,产生的输出用作与复合发射序列相关联的复合方案的输入;和

遵循与复合发射序列相关联的复合方案的应用,其中复合输出用作处理样品的输入。

45. 根据权利要求33-44任意一项所述的方法,其中,处理样品进一步包括根据二进制大对象特性的本地或区域值调整波束成形样品阵列。

46. 根据权利要求45所述的方法,调整波束成形样品阵列有效地旋转倾斜的二进制大对象,以便于减小其二进制大对象斜率的绝对值和增强距离分辨率。

47. 根据权利要求45-46任意一项所述的方法,其中,根据调整的波束成形样品阵列重

新计算二进制大对象特性值中的至少一些。

48. 根据权利要求45-47任意一项所述的方法,其中,调整波束成形样品阵列的应用可以关于所有二进制大对象或者仅仅关于二进制大对象中的一些。

49. 根据权利要求48所述的方法,其中,调整波束成形样品阵列的应用仅关于斜率绝对值比较小的二进制大对象。

50. 一种超声成像的方法,所述方法包括:

产生一个或多个发射波束,其中每个发射波束的视轴都指向与目标区域相关联的方向,

对于每个发射波束,使用包括换能器阵列(30)的探头(26)产生一个或者多个接收波束;

对于每个接收波束或者每组接收波束,单次或多次对接收信号进行采样,其中每个样品都与目标区域中的特定体积(即“体积门限”)相关联,并且其中通过探头为每个体积门限接管多个空间相关样品;并

处理这些样品,所述处理包括:

对于一个或多个体积门限,应用波束成形样品校准和整理堆叠的空间相关样品阵列中的结果;

对于堆叠的空间相关样品阵列中的一个或多个单元,计算一个或多个局部抑制特性:和

对于堆叠的空间相关样品阵列中的一个或多个单元,应用函数到堆叠的空间相关样品阵列的值(“局部抑制函数”),其中局部抑制函数取决于一个或多个局部抑制特性的值。

51. 根据权利要求50所述的方法,其中,对于堆叠的空间相关样品阵列的每个单元,局部抑制函数输出是下列之一:

a. 仅仅取决于所述单元的值和相应局部抑制特性的值;和

b. 取决于用于所述单元和空间相邻和/或时间相邻中单元的堆叠的空间相关样品阵列的值,也取决于相应局部抑制特性的值。

52. 根据权利要求50或51所述的方法,其中,波束成形样品校准包括对与波束成形相关联的样品应用相移和/或时延。

53. 根据权利要求50-52任意一项所述的方法,其中,堆叠的样品阵列分量是下列之一或多个:堆叠的空间相关样品阵列的(i)幅度,(ii)相位,(iii)实数分量,和(iv)虚数分量。

54. 根据权利要求50-53任意一项所述的方法,其中,空间相关样品阵列是整理探头接管的空間相关样品用于阵列中的给定体积门限的结果,这个阵列可以是一维的,二维的或多维的。

55. 根据权利要求54所述的方法,其中,堆叠的空间相关样品阵列是堆叠空间相关样品阵列用于多个体积门限的结果。

56. 根据权利要求55所述的方法,其中,堆叠的空间相关样品阵列用于多个体积门限的结果为下列之一或多个:

与相同接收波束中的不同体积门限相关联,以与探头表面相应体积门限的距离相对应的顺序排布,其中所有空间相关样品阵列的内部顺序是相同的;和

与不同接收波束相关联,以空间角度(在一个或多个轴上)的增加或减少顺序和/或电

影环路帧索引的增加或减小顺序排布。

57. 根据权利要求50-56任意一项所述的方法,其中,每个局部抑制特性表明下列中的至少一个:

局部堆叠阵列空间导数,定义为沿着不同于与探针表面距离相对应的一个或多个轴的堆叠样品阵列分量的空间导数;和

在一个或多个轴上的二进制大对象斜率的局部识别法,其中,二进制大对象斜率定义为堆叠样品阵列分量中二进制大对象的方向和与距离探头表面的距离相对应的轴的垂直面之间差值。

58. 根据权利要求57所述的方法,其中,二维或多维阵列中的二进制大对象是一个连续的空间区域,该空间区域中不含零交叉但是在其边界有零交叉和/或阵列边界。

59. 根据权利要求50-58任意一项所述的方法,其中,局部抑制函数是根据局部抑制特性的局部或区域值预定义的或自适应测定的。

60. 根据权利要求50-59任意一项所述的方法,其中,本地抑制函数进一步取决于局部或区域信噪比(SNR)。

61. 根据权利要求50-60任意一项所述的方法,其中,使用复合发射序列,并且其中处理样品按下列方式之一执行:

分别对于每个发射脉冲,其中产生的输出用作与复合发射序列相关联的复合方案的输入;和

遵循与复合发射序列相关联的复合方案的应用,其中,复合输出用作处理样品的输入。

62. 根据权利要求50-61任意一项所述的方法,其中,处理样品进一步包括根据局部抑制特性的本地或区域值调整波束成形样品阵列。

63. 根据权利要求62所述的方法,其中,调整波束成形样品阵列有效地旋转倾斜的二进制大对象,以便于减小其二进制大对象斜率的绝对值和增强范围分辨率。

64. 根据权利要求62或63任意一项所述的方法,其中,根据调整的波束成形样品阵列重新计算局部抑制特性中的至少一些。

65. 根据权利要求62-64任意一项所述的方法,其中,调整波束成形样品阵列可以关于堆叠的空间相关样品阵列中的所有单元,或者仅仅关于堆叠的空间相关样品阵列中的一些单元应用。

66. 根据权利要求65所述的方法,其中,调整波束成形样品阵列仅仅应用于堆叠的空间相关样品阵列中的单元,该堆叠的空间相关样品阵列中的局部抑制特性表明二进制大对象斜率相对较低的绝对值。

67. 一种用于超声成像的设备,包括:

探头(26),其适用于发射超声辐射和接收反射的超声辐射;

和扫描器(22);其中该设备用于执行根据上述任意一项权利要求所述的方法。

超声成像系统中的杂波抑制

[0001] 相关申请

本申请要求2015年3月5日申请的美国临时专利申请62/128525的优先权,在此将其内容通过引用的方式并入。

技术领域

[0002] 本发明整体上涉及超声成像系统,例如用于医学成像的超声成像系统,并特别涉及用于在超声成像系统中抑制杂波效应的方法和系统。

背景技术

[0003] 超声医学成像在现代医学中发挥着重要作用,随着新的开发产品进入市场其逐渐变得越来越重要。其中一些最常见的超声成像应用是心脏成像(也被称为超声心动图)、腹部成像、产科学和妇产医学。超声成像也在各种其他产业中使用,例如,用于硬件制造过程中的探伤检测。

[0004] 超声成像通常包括副产物,使得这些图像的分析 and/或诊断成受过高度训练的专家的任务。其中一种最有问题的成像副产物是妨碍感兴趣的数据的杂波,即,出现在成像平面中的不想要的信息。

[0005] 超声成像的杂波的一个主要来源是探头主瓣外面的物体的有效成像,也被称为旁瓣杂波。这些物体可能会造成与某一成像空间区域相关联的信号失真,从来自于不相关的空间方向为它们增加信号。在大多数情况下,如果它们对超声波具有高反射性和/或它们位于探头旁瓣电平相对较高的空间角度,探头旁瓣中的物体会造成严重的信号失真。例如,在超声心电图,探头主瓣外的主反射体一般是胸腔和肺。

[0006] 杂波的另一来源是多路径反射,称作混响。在一些情况下,相对于探头的被扫描的组织几何关系以及扫描区域中的局部反射特性导致所传输的能像的很大份额在到达探头之前再组织中来回反射。因此,所测量的相对于探头的特定范围的信号可以包括来自想要的范围之外的其他范围的贡献。如果从其它范围发出的信号是高反射元件导致的,则它可以对图像质量产生很大的影响。

[0007] 用于加强想要的超声成像相对于杂波的可见性的常见方法是采用造影剂。这种造影剂加强来自血液的超声反向散射并有助于它与周围组织的区别。例如,它们被用于加强低回波反射性的病人(肥胖病人中的一种常见现象)的图像质量。例如,Krishna等人于1999年在“医学和生物学中的物理学”的44卷、第681-694页发表的题为“产生于超声造影剂的分谐波”的论文中描述了这种方法。

[0008] 采用谐波成像代替基波成像,即,以某个频率传输超声信号并以传输频率的两倍频率接收,也减少杂波效应。Spencer等人于1998年在心脏科的美国杂志的82卷、第794-799页发表的题为“使用没有超声心动图对比度的谐波成像来提高二维图像质量”的论文中描述了这种方法。

[0009] 在2001年6月26号公告的Averkiou等人的题为“超声组织谐波成像”的美国专利

6251074描述了超声诊断成像系统和方法,其根据发射的基频的谐波回波分量产生组织谐波超声图像。基频波由阵列换能器发射以在焦点深度聚焦。随着发射的波穿透身体,谐波效应由于波分量开始聚焦而发展。来自组织的谐波相应被检测和显示,同时通过排除基频而减少来自基频响应的杂波。

[0010] 此外,可以使用合适的探针设计来减少杂波。Walters等人于1995年4月25日发布的题为“具有减少旁瓣的超声波传感器及其制造方法”的美国专利5,410,208公开了一种具有锥形压电层侧面的传感器,旨在减少旁瓣电平。此外,设置在压电层上的匹配层可以类似地变细以进一步提高性能。作为使压电层逐渐变细的替代方案,顶部电极和/或匹配层的尺寸可以相对于压电层减小,使得它们产生破坏性地干扰不期望的横向波的波。

[0011] 此外,图像处理方法通过后处理已经发展用于检测在超声心动图图像中的受杂波影响的像素。Zwirn和Akselrod于2006年在“医学和生物学超声”的32卷、第43-52页发表的题为“超声心动图中固定杂乱回波”的论文中提出了这种方法。

[0012] 其他方法使用辅助接收超声波束。在2011年10月25日公告的名称为“超声成像系统中的杂波抑制”的美国专利8045777中,Zwirn描述了一种用于超声成像方法,包括:朝目标区域发射超声辐射;接收来自目标区域的主反射信号和一个或多个辅助反射信号形式的超声辐射的反射,其中每个反射信号与不同且明显的波束方向图相关联,其中所有反射信号都具有相同的频率;确定下述各项中的至少一个的解相关时间:主反射信号和一个或多个辅助反射信号;将线性组合应用到主反射信号和一个或多个辅助反射信号,以产生具有减少的杂波的输出信号,其中每个复数权重被选择为使得每一个由于杂波而被估算的反射无效,其中如果被确定的解相关时间超过制定阈值则反射会被确定为与杂波相关。

[0013] 在2012年6月21日公告的Zwirn的名称为“超声成像系统中的杂波抑制”的美国专利2012/0157851描述了一种超声成像方法包括下列步骤:朝目标区域发射超声辐射并接收来自目标区域的主反射信号和一个或多个辅助反射信号形式的超声辐射的反射,其中每个反射信号都包括输入数据组并与不同且明显的波束方向图相关联;通过复合函数的使用,复合来自主反射信号和一个或多个辅助反射信号的输入数据组,所述函数使用由输入数据组的空间分析产生的参数。

[0014] 在2012年8月28日公告的Yen和Seo的名称为“超声成像中的旁瓣抑制使用双重变迹与交叉相关”的美国专利8254654描述了超声图像中抑制旁瓣的方法,该方法包括:发射聚焦的超声波束穿过子孔径进入目标并接收产生的回波;在接收时,采用第一变迹函数来创建第一个数据集;在接收时,采用第二变迹函数来创建第二数据集;组合这两个数据集来创建组合的RF数据;计算每个像素的归一化互相关;对每个相关值执行阈值操作;以及将产生的互相关矩阵与组合的RF数据相乘。

[0015] 另外的杂波抑制方法是基于超声数据中的空间和/或时间自相似分析。在2014年9月3日公开的Zwirn的名称为“在超声成像系统中抑制混响和/或杂波”的英国专利2502997中公开了超声成像中的杂波抑制方法,该方法包括:通过探头朝目标介质发射超声辐射;通过扫描器接收来自所述目标介质的反射信号形式的超声辐射的反射,其中反射信号在扫描数据阵列(可以是一维的,二维的或者三维的)中空间排布,以至于每次进入扫描数据阵列都与像素或体积像素(像素或体积像素统称为“体元”),并且其中反射信号也可以分成帧,每一帧都与特定的时间帧相对应(所有帧统称为“电影环路”);所述方法通过下列步骤表

征:步骤110-计算电影环路或电影环路已处理子集中的两个或多个体元或体元组之间的一个或多个自相似度量;步骤120-对于下列中的至少一个:(i)每个体元;(ii)电影环路或电影环路中已处理子集中的每组相邻体元;和(iii)受杂波影响的每组体元,基于一个或多个标准,至少一个标准与步骤110中自相似度量计算相联系,计算一个或多个杂波特性,至少一个特性取决于步骤110中计算的自相似度量;和步骤130-对于下列至少一个:(i)每个体元;(ii)电影环路或电影环路中已处理子集中的每组相邻体元;和(iii)受杂波影响的每组体元基于一个或多个标准,至少一个标准与步骤110中计算的自相似度量相联系,使用相应的抑制特性应用杂波抑制。

[0016] 另外一类当前可用的处理杂波的方法是在彩色多普勒流动成像中采用的一类杂波抑制算法。这种方法估算血管或心腔中的流动速度并抑制缓慢移动物体的影响,使用假设血液流动速度远高于周围组织的运动速度;例如,Herment等人于1996年在“生物医学工程学中的IEEE处理”的43卷、第919-927页发表的题为“通过将平均频率估计器适应于杂波抑制滤波器改进彩色多普勒成像中低速度的估计”的论文中描述了这些方法。

发明内容

[0017] 本发明的实施方式提供了用于在超声成像系统中减少杂波效应的方法和设备。

[0018] 根据本发明的第一方面,提供一种超声成像的方法,所述方法包括:一种超声成像的方法,所述方法包括:产生一个或者多个发射波束,其中每个发射波束的视轴都指向与目标区域相关联的方向;使用包括换能器阵列的探头(26)产生一个或者多个接收波束,对于每个接收波束或者每组接收波束,单次或多次对接收信号进行采样,其中每个样品都与目标区域中的特定体积(即“体积门限”)相关联,并且其中通过探头为每个体积门限接管多个空间相关样品;并处理这些空间相关样品,所述处理包括:应用波束成形样品校准以致与体积门限相关联的每个空间相关样品是对齐的;对于每个对齐体积门限,计算一个或者多个杂波抑制特性,其中一个杂波抑制特性取决于空间相关样品的信号变化度;对于每个对齐的体积门限,计算一个度量值,其中这个度量值取决于对齐体积门限的一个或多个杂波抑制特性的一个或多个值,并依照这个度量值执行波束形成求和步骤。

[0019] 波束形成求和步骤可以包括根据度量值改性与对齐体积门限相关联的空间相关样品,和应用波束成形求和法对与对齐体积门限相关联的改性样品进行求和以提供一个波束成形样品值。

[0020] 波束形成求和步骤可以包括应用波束成形求和法对与对齐体积门限相关联的空间相关样品进行求和以提供一个波束成形样品值,和对波束成形样品值应用杂波抑制函数,其中杂波抑制函数是一个取决于用于相应对齐体积门限的度量值的函数。

[0021] 该方法进一步包括对结果应用输出转移函数。

[0022] 取样可以在应用匹配滤波之前或者之后执行。

[0023] 取样可以是实数或者复数。

[0024] 与探头接管多个空间相关样品相关联的每个样品或每组样品与下列之一相关联:换能器阵列的不同接收单元;换能器阵列的不同接收子阵列;和不同相位中心。

[0025] 探头接管的多个空间相关样品可以包含下列一个或多个:使用每通道取样,这样探头接管的多个空间相关样品中的每一个与换能器阵列(30)的不同接收单元相关联;对每个子

阵列取样,这样探头接管的多个空间相关样品中的每一个与换能器阵列(30)的不同接收子阵列相关联;产生两个或多个接收波束,每个具有不同的相位中心,对每个这样的接收波束应用波束成形,并一起收集与每个体积门限相关联的数据来得到探头接管多个空间相关样品;使用合成孔径数据采集,其中,每个发射脉冲使用换能器阵列(30)的单个单元或特定的子阵列,并且该脉冲的接收也使用相同的单元或子阵列;使用合成孔径数据采集,其中,每个发射脉冲使用换能器阵列(30)的单个单元或特定的子阵列,并且对于每个发射脉冲在接受时使用特定单元或特定子阵列或整个换能器阵列,其中发射时使用的单元设置和接收时使用的单元设置并不总是相匹配;并使用具有每通道取样或对每个子阵取样的正交子阵列编码激励。

[0026] 波束成形样品校准与下列之一相关:仅仅在接收时的波束成形;和在发射时和在接收时的波束成形。

[0027] 应用波束成形样品校准的步骤可以进一步包括应用与发射时的波束成形相关联的波束成形求和法。

[0028] 空间相关样品阵列可以是整理探头接管的多个空间相关样品用于阵列中的给定体积门限的结果,这个阵列可以是一维的,二维的或多维的;并且,其中杂波抑制特性中的至少一个是从下列中的一个或者多个算得:

i) 空间相关样品阵列的标准偏差或方差,将阵列信号的下列分量中的一个或多个列入考虑:幅度,相位,实数分量,和/或虚数分量;

ii) 空间相关样品阵列中的空间导数的某一统计(如平均值,中值,预定义的百分比),将阵列信号的下列分量中的一个或多个列入考虑:幅度,相位,实数分量,和/或虚数分量;

iii) 与空间相关样品阵列中零交叉计算相关联的特性;其中当空间相关样品阵列为实数时,零交点定义为相邻阵列单元间和/或非常接近0的值的出现的信号改变;并且当空间相关样品阵列为复数时,零交点定义为信号幅度的局部最小值;

iv) 与空间相关样品阵列中峰宽估算相关联的特性,其中,这些峰值可以与阵列信号的下列分量中的一个或多个相关联:幅度,相位,实数分量,和/或虚数分量;

v) 应用于空间相关样品阵列的自相关函数的输出的宽度;

vi) 与空间相关样品阵列中功率谱计算相关的特性,其中,该特性是下列之一或是下列中的一个或多个函数:

1) 空间相关样品阵列的功率谱中的一组低频分量和一组高频分量间的能量比;

2) 空间相关样品阵列的功率谱中的一组低频分量和总能量间的能量比;

3) 空间相关样品阵列的功率谱中最高能级的光谱元素和总能量间的能量比;

4) 与空间相关样品阵列的功率谱中最高能级的光谱元素相关的绝对频率;和

5) 与空间相关样品阵列的累计功率谱的元素相关的最低频率,该频率的能量高于(或等于)空间相关样品阵列中的总能量乘以一个预定义常数。

[0029] 该方法进一步包括通过堆叠空间相关样品阵列用于多个体积门限来定义堆叠的空间相关样品阵列;其中,空间相关样品阵列是整理探头接管的多个空间相关样品用于阵列中的给定体积门限的结果,该阵列可以是一维的,二维的或多维的;并且,其中对来自于堆叠的空间相关样品阵列的相应单元的每个对齐体积门限,导出了杂波抑制特性特性中的至少一个特性。

[0030] 堆叠的空间相关样品阵列是整理探头接管的空间相关样品阵列用于多个体积门限的结果,是下列中的一个或多个:

i) 与相同接收波束中的不同体积门限相关联,以与探头表面相应体积门限的距离相对应的顺序排布,其中所有空间相关样品阵列的内部顺序是相同的;和

ii) 与不同接收波束相关联,以空间角度(在一个或多个轴上)的增加或减少顺序和/或电影环路帧索引的增加或减少顺序排布;

其中堆叠的样品阵列分量是下列之一或多个:堆叠的空间相关样品阵列的(i)幅度,(ii)相位,(iii)实数分量,和(iv)虚数分量。

[0031] 杂波抑制特性中的至少一个特性是从下列中的一个或多个算得:

堆叠的空间相关样品阵列和/或堆叠的样品阵列分量中的局部堆叠空间导数的某一统计(如平均值,加权平均数,中值,特定百分比);

堆叠的空间相关样品阵列和/或堆叠的样品阵列分量中的局部二进制大对象斜率的某一统计(如平均值,加权平均数,中值,特定百分比);

对角线零交叉的数量;

除以开启的换能器单元(30)数量的对角线零交叉的数量。

[0032] 当杂波抑制特性中的至少一个是从局部二进制大对象斜率的某一统计计算得到时,二维或多维阵列中的二进制大对象是一个连续的空间区域,该空间区域中不含零交叉但是在其边界有零交叉和/或阵列边界。

[0033] 计算一个或多个杂波抑制特性的步骤进一步包括对杂波抑制特性的计算值应用校正,其中用于每个对齐体积门限的校正取决于下列中的一个或多个:发射波束视轴和接收波束视轴之间的空间角度;接收波束视轴和宽边间的空间角度;和沿波束路径测量探头表面到样品的距离。

[0034] 度量值可以仅取决于用于相应对齐体积门限的杂波抑制特性的值;或者取决于用于相应对齐体积门限和附加对齐体积门限的杂波抑制特性的值,附加对齐体积门限可以是下列中的至少一个:在一个或多个轴上或任意一个轴上的空间相邻;和时间相邻。

[0035] 度量值可以是一个或多个杂波抑制特性局部值的预定义函数。

[0036] 度量值可以是一个或多个杂波抑制特性局部值的自适应测定函数。

[0037] 计算度量值可以包括计算一个或多个度量模型,其中每个度量模型与一组对齐体积门限(“对齐体积门限组”)和一个或多个杂波抑制特性(“特性组”)中的一个或多个相关;并且对于一个或多个对齐体积门限中的每一个,根据与杂波抑制特性的局部值相关联的一个或多个度量模型的值设置局部度量值。

[0038] 对齐体积门限组或是包含所有帧中的所有对齐体积门限,或是对齐体积门限的一个子集,与下列中的一个或多个相关:相对于探头表面的范围;探头表面的波束相位中心;接收波束视轴和宽边之间的空间角度;发射波束和接收波束的视轴间的空间角度;和时间带。

[0039] 局部度量值可以基于下列之一:与当前对齐体积门限组相关联的度量模型;或者与当前对齐体积门限组和一个或多个空间和/或时间相邻对齐体积门限组相关联的度量模型。

[0040] 计算度量模型用于对齐体积门限组可以包括计算与度量模型相关的特性组的联

合概率密度函数(联合联合-PDF),仅将与体积门限组相关联的体积门限列入考虑,该体积门限组与度量模型相关;并且将联合概率密度函数转换成联合累积概率密度函数(联合联合-CDF)。

[0041] 通过联合概率密度函数描述度量模型,并且其中基于用于特性组和给定度量模型的对应值,测定用于对齐体积门限的局部度变量,包含下列之一:用于协调匹配特性组的值的度量模型上的内插法;和寻找用于协调匹配特性组的值的度量模型中的最近邻点。

[0042] 计算度量模型用于对齐体积门限组进一步包括对联合累积概率密度函数应用转移函数,来得到一个合适的度量模型,用于度变量计算。

[0043] 转移函数取决于来源于联合概率密度函数和/或联合累积概率密度函数的下列参数中的一个或多个:

与联合概率密度函数峰值相关联的杂波抑制特性定义为下列之一:值最高的联合概率密度函数中的单元;联合概率密度函数的质心;或者在舍弃不同于具有最高峰值和/或最高总概率的联合概率密度函数的所有联合概率密度函数分布模式之后的联合概率密度函数的质心;与联合概率密度函数正扩展峰相关的杂波抑制特性值;和与联合概率密度函数负扩展峰值相关的杂波抑制特性值。

[0044] 在应用匹配滤波之前、之中或之后,将波束成形求和步骤应用到对齐体积门限。

[0045] 波束成形求和步骤取决于下列之一:相应对齐体积门限的度变量;和在一个或多个轴上或在任意轴上,相应对齐体积门限和附加对齐体积门限的度量值,该度量值可能是空间相邻中的至少一个;和时间相邻。

[0046] 用于每个对齐体积门限的波束成形求和步骤取决于应用空间低通滤波器到与相应对齐体积门限和空间相邻对齐体积门限相关联的度量值的结果,该空间相邻对齐体积门限与相同接收波束相关联。

[0047] 波束成形求和步骤可以包括自适应地测定一个或多个取决于用于相应对齐体积门限的度量值和可能取决于用于附加对齐体积门限的度量值的下列波束成形求和参数:用于相应对齐体积门限的开启的换能器单元(30)的集合;用于相应对齐体积门限的变迹法模式;应用于与相应对齐体积门限相关联的所有样品的倍增器。

[0048] 在应用匹配滤波之前、之中或之后,将杂波抑制函数应用到波束成形样品值。

[0049] 杂波抑制函数是下列之一:取决于用于相应对齐体积门限的度量值;取决于用于相应对齐体积门限和附加对齐体积门限的度量值,可以是下列中的至少一个:(i)空间相邻,将词语“空间相邻”的范围限制到一个或多个轴上或者是任意一个轴上;(ii)时间相邻。

[0050] 根据本发明的第二方面,提供一种超声成像的方法,所述方法包括产生一个或多个发射波束,其中,每个发射波束的视轴都指向与目标区域相关联的方向,对于每个发射波束,使用包括换能器阵列的探头产生一个或者多个接收波束;对于每个接收波束或者每组接收波束,单次或多次对接收信号进行采样,其中每个样品都与目标区域(即“体积门限”)中的特定体积相关联,并且其中通过探头为每个体积门限接管多个空间相关样品;并处理这些样品,所述处理包括:对于一个或多个体积门限,应用波束成形样品校准和整理堆叠的空间相关样品阵列中的结果;检测堆叠的空间相关样品阵列中的一个或多个二进制大对象,并为每个所述二进制大对象检测其边界;对于一个或多个二进制大对象中的至少一个,计算一个或多个二进制大对象特性,并对于每个已经计算的二进制大对象特性,应用函数

到与二进制大对象相关联的堆叠的空间相关样品阵列单元的值中(“二进制大对象函数”),其中二进制大对象函数取决于相应的二进制大对象特性的值。

[0051] 检测一个或多个二进制大对象和使用分割方法执行边界的测定。

[0052] 对于二进制大对象中的堆叠的空间相关样品阵列的每个单元,二进制大对象函数的输出是下列之一:仅取决于所述单元的值和相应二进制大对象特性的值;和取决于用于空间相邻和/或时间相邻中所述单元的堆叠的空间相关样品阵列的值,同时也取决于相应二进制大对象特性的值。

[0053] 波束成形样品校准可以包括对与波束成形相关的样品应用相移和/或时延。

[0054] 堆叠的样品阵列分量是下列之一或多个:堆叠的空间相关样品阵列的(i)幅度,(ii)相位,(iii)实数分量,和(iv)虚数分量。

[0055] 空间相关样品阵列可以是整理探头接管的空间相关样品用于阵列中的给定体积门限的结果,该阵列可以是一维的,二维的或多维的。

[0056] 堆叠的空间相关样品阵列是堆叠空间相关样品阵列用于多个体积门限的结果。

[0057] 堆叠空间相关样品阵列用于多个体积门限的结果可以是下列之一或多个:与相同接收波束中的不同体积门限相关联,以与探头表面相应体积门限的距离相对应的顺序排布,其中所有空间相关样品阵列的内部顺序是相同的;和与不同接收波束相关,以空间角度(在一个或多个轴上)的增加或减少顺序和/或电影环路帧索引的增加或减少顺序排布。

[0058] 二维或多维中的二进制大对象是一个连续的空间区域,该空间区域中不含零交叉但是在其边界有零交叉和/或阵列边界。

[0059] 二进制大对象特性表明下列至少一个:堆叠的阵列空间导数,定义为沿着不同于与探针表面距离相对应的一个或多个轴上的堆叠的样品阵列分量的空间系数;和在一个或多个轴上的二进制大对象斜率,其中二进制大对象斜率定义为堆叠的样品阵列分量中二进制大对象的方向和与距离探头表面的距离相对应的轴的垂直面之间差值。

[0060] 进制函数进一步取决于本地或区域信噪比(SNR)。

[0061] 使用复合发射序列,并且其中处理样品按下列方式之一执行:分别对于每个发射脉冲,其中,产生的输出用作与复合发射序列相关联的复合方案的输入;和遵循与复合发射序列相关联的复合方案的应用,其中复合输出用作处理样品的输入。

[0062] 处理样品进一步包括根据二进制大对象特性的局部或区域值调整波束成形样品阵列。

[0063] 调整波束成形样品阵列有效地旋转倾斜的二进制大对象,以便于减小其二进制大对象斜率的绝对值和增强范围分辨率。

[0064] 根据调整的波束成形样品阵列重新计算二进制特性值中的至少一些。

[0065] 调整波束成形样品阵列可以相对于所有二进制大对象或者仅仅相对于二进制大对象中的一些应用。

[0066] 调整波束成形样品阵列仅相对于斜率绝对值比较小的二进制大对象应用。

[0067] 根据本发明的第三方面,提供一种超声成像的方法,所述方法包括:产生一个或多个发射波束,其中每个发射波束的视轴都指向与目标区域相关联的方向,对于每个发射波束,使用包括换能器阵列(30)的探头(26)产生一个或者多个接收波束;对于每个接收波束或者每组接收波束,单次或多次对接收信号进行采样,其中每个样品都与目标区域中的特

定体积(即“体积门限”)相关联,并且其中通过探头为每个体积门限接管多个空间相关样品;并处理这些样品,所述处理包括:对于一个或多个体积门限,应用波束成形样品校准和整理堆叠的空间相关样品阵列中的结果;对于堆叠的空间相关样品阵列中的一个或多个单元,计算一个或多个局部抑制特性;和对于堆叠的空间相关样品阵列中的一个或多个单元,应用函数到堆叠的空间相关样品阵列的值(“局部抑制函数”),其中局部抑制函数取决于一个或多个局部抑制特性的值。

[0068] 对于堆叠的空间相关样品阵列的每个单元,局部抑制函数输出是下列之一:仅仅取决于所述单元的值和相应局部抑制特性的值;和取决于用于所述单元和空间相邻和/或时间相邻中单元的堆叠的空间相关样品阵列的值,也取决于相应局部抑制特性的值。

[0069] 波束成形样品校准可以包括对与波束成形相关联的样品应用相移和/或时延。

[0070] 堆叠的样品阵列分量可以是下列之一或多个:堆叠的空间相关样品阵列的(i)幅度,(ii)相位,(iii)实数分量,和(iv)虚数分量。

[0071] 空间相关样品阵列是整理探头接管的空間相关样品用于阵列中的给定体积门限的结果,这个阵列可以是一维的,二维的或多维的。

[0072] 堆叠的空间相关样品阵列是堆叠空间相关样品阵列用于多个体积门限的结果。

[0073] 堆叠的空间相关样品阵列用于多个体积门限的结果为下列之一或多个:与相同接收波束中的不同体积门限相关联,以与探头表面相应体积门限的距离相对应的顺序排布,其中所有空间相关样品阵列的内部顺序是相同的;和与不同接收波束相关联,以空间角度(在一个或多个轴上)的增加或减少顺序和/或电影环路帧索引的增加或减小顺序排布。

[0074] 每个局部抑制特性表明下列中的至少一个:局部堆叠阵列空间导数,定义为沿着不同于与探针表面距离相对应的一个或多个轴的堆叠样品阵列分量的空间导数;和在一个或多个轴上的二进制大对象斜率的局部识别法,其中,二进制大对象斜率定义为堆叠样品阵列分量中二进制大对象的方向和与距离探头表面的距离相对应的轴的垂直面之间差值。

[0075] 二维或多维阵列中的二进制大对象是一个连续的空间区域,该空间区域中不含零交叉但是在其边界有零交叉和/或阵列边界。

[0076] 局部抑制函数是根据局部抑制特性的局部或区域值预定义的或自适应测定的。

[0077] 局部抑制函数进一步取决于本地或区域信噪比(SNR)。

[0078] 使用复合发射序列,并且其中处理样品按下列方式之一执行:分别对于每个发射脉冲,其中产生的输出用作与复合发射序列相关联的复合方案的输入;和遵循与复合发射序列相关联的复合方案的应用,其中,复合输出用作处理样品的输入。

[0079] 处理样品进一步包括根据局部抑制特性的本地或区域值调整波束成形样品阵列。

[0080] 调整波束成形样品阵列有效地旋转倾斜的二进制大对象,以便于减小其二进制大对象斜率的绝对值和增强范围分辨率。

[0081] 根据调整的波束成形样品阵列重新计算局部抑制特性值中的至少一些。

[0082] 调整波束成形样品阵列可以相对于堆叠的空间相关样品阵列中的所有单元,或者仅仅相对于堆叠的空间相关样品阵列中的一些单元应用。

[0083] 调整波束成形样品阵列仅仅应用于堆叠的空间相关样品阵列中的单元,该堆叠的空间相关样品阵列中的局部抑制特性表明二进制大对象斜率相对较低的绝对值。

[0084] 根据本发明的第四方面,提供一种用于超声成像的设备,包括:

探头(26),其适用于发射超声辐射和接收反射的超声辐射;和扫描器(22),其中该设备用于执行根据上述任意一项权利要求所述的方法。

附图说明

[0085] 本发明用于在超声成像系统中的杂波抑制,其参考附图、仅通过实例的方式在本文中进行描述。

[0086] 现在详细地具体参考附图,需要强调的是,所示的详细说明是通过实例的方式并仅用于本发明的优选实施方式的说明性讨论的目的,并且为了提供被认为是本发明原理和概念方面的最有用且容易理解的描述而被示出。处于这个考虑,并不试图显示比用于本发明的基本理解所必须的更详细的本发明的结构细节,结合附图做出的描述使本领域的技术人员清楚本发明的各种形式可如何在实际中应用。

[0087] 图1A是根据本发明的实施方式的超声成像系统的示意性的、形象化的图示;

图1B是根据本发明的实施方式的超声成像系统中所使用的探头的示意性的、形象化的图示;

图2A是根据本发明的实施方式的,使用一维线性探头产生未聚焦波束时设置相移和/或时延的方法的示意性、形象化的图示;

图2B是根据本发明的实施方式的,当使用一维线性探头产生聚焦波束时设置相移和/或时延的方法的示意性、形象化的图示;

图3是根据本发明的实施方式的堆叠的空间样品阵列的示意性、形象化的图示。水平轴对应于空间相关样品阵列的索引(例如,当使用每通道取样是,这就是换能器单元30的索引),和垂直轴对应于对齐体积门限索引(例如,当使用每通道取样时,这就是对齐体积门限索引)。与强反射器相关联的二进制大对象的边界通过虚线椭圆标记。在这个例子中,二进制大对象52源于相关反射器,然而二进制大对象54源于杂波反射器。

[0088] 图4 是根据本发明的实施方式的基于特性的杂波抑制处理的示意性框图。该处理涉及具有虚线轮廓的两块141和142中的至少一块。

[0089] 图5是根据本发明的实施方式的度量模型计算的示意性框图。具有虚线轮廓230的块是可选择的。

[0090] 图6是根据本发明的实施方式的,与度量模型相关联的两个杂波抑制特性的联合概率密度函数步骤210的输出的示例的示意性、形象化的图示。垂直轴和水平轴与两个特性值相对应,并且局部灰度级表示每对特征值的联合密度函数值。

[0091] 图7是根据本发明的实施方式的,与度量模型相关联的两个杂波抑制特性的联合累积概率密度函数步骤220的输出的示例的示意性、形象化的图示。垂直轴和水平轴与两个特性值相对应,和局部灰度级表示每对特征值的联合累积密度函数值。

[0092] 图8是根据本发明的实施方式的,用于两个杂波抑制特性的适用度量模型,在将自适应拉伸转移函数应用到联合累积密度函数后,步骤230的输出的示例的示意性、形象化的图示。

[0093] 图9是根据本发明的实施方式的,基于二进制大对象的直接杂波抑制处理示意框图。

[0094] 图10是根据本发明的实施方式的,局部直接杂波抑制处理示意框图。

具体实施方式

[0095] 广义上讲,本发明涉及用于在超声成像系统中抑制杂波效应的方法和系统。

[0096] 在详细解释本发明的至少一个实施方式之前,应理解的是,本发明没有将其应用限制到在下面描述中阐述或在附图中示出的组件的结构和布置的细节。本发明能够是它实施方式或能够以各种方式应用和实施。还应理解的是,本文采用的措辞和术语是以描述为目的的而不应该被当作限制。

[0097] 系统描述

图1A是根据本发明的实施方式的超声成像系统20的示意性的、形象化的图示;

系统20包括超声扫描器22,其使用超声辐射扫描目标区域,例如,患者的器官。显示单元24,显示扫描的图像。通过电缆28与扫描器22相连的探头26,通常抵靠于成像对象上,例如患者身体,以便对特定目标区域成像。或者,探头可适于插入成像对象,例如,医学应用中的食道成像和阴道成像。探头26和/或扫描器22包括用于控制探头26和处理探头接收的信号的控制和处理电路。

[0098] 图1B是根据本发明的实施方式的超声成像系统中所使用的探头的示意性的、形象化的图示;探头包括换能器阵列30,例如压电换能器,其可配置为相控阵。在发射时,换能器将扫描器22产生的电信号转换成超声辐射波束,并传输到目标区域。在接收时,换能器接收从目标区域反射过来的超声辐射,并将其转换成电信号,这些信号由探头26和/或扫描器22进一步处理。

[0099] 应用于接受时的处理一般包括:

i) 波束成形,即,复合到达换能器阵列30中每个换能器的反射信号并将其转换成电信号,以便得到与所述反射信号产生的声波束相关联的信号。该波束可以是聚焦的或未聚焦的。

[0100] 当使用脉冲波(PW)发射时,脉冲发射和信号接收间的时延表示探头表面和信号已被反射的成像对象中的空间位置的距离R(描述准确假定单反射,无散射或多路径)。使用介质中恒定速度c的简单假设,冒充发射和信号接收之间的时延简单的等于 $2R/c$ 。在一些系统20中,接受聚焦可以设置为随着脉冲发射的时间函数变化,以便于优化沿着光束路径的接收波束的宽度(“自适应聚焦”);和

ii) 匹配滤波。例如,当发射具有恒定载波频率 f_c 的脉冲时,匹配滤波可以包括混合接收信号和参考信号,该参考信号是与发射信号的频率和相位匹配的余弦信号,以及对输出应用时间低通滤波器(混合两种纯净的余弦信号造成两种余弦信号的和,其中一个的频率与混合信号频率间的差异匹配,另外一个的频率与混合信号频率的和匹配;低通滤波器舍弃了后一组件),以得到匹配滤波输出信号,这里称为“实数匹配滤波信号”。类似的,当发射编码脉冲时,发射信号的复共轭被用作参考信号。

[0101] 一些系统也混合接收信号和第二参考信号,该第二参考信号拥有与第一参考信号相同的频率(作为时间函数),但是相位偏移 90° ,并将时间低通滤波器用于输出,以获得第二匹配滤波输出信号。对于每个时间索引,第一匹配滤波输出信号与第二匹配滤波输出信号乘以 j (-1的平方根)的加和结果被称作“复数I/Q信号”(I代表“正相”,Q代表“正交”)。

[0102] 实数匹配滤波信号和复数I/Q信号都可以用在各种应用中。如果需要,实际匹配滤

波信号和复数I/Q信号间的简单变换是本领域所周知的。例如,可以将希尔伯特转换应用到实际匹配滤波信号来得到复数I/Q信号。

[0103] 类似地,复数I/Q信号的实数分量可以用作实数匹配滤波信号。注意,与复数I/Q信号相关联的样品数目是与实数匹配滤波信号相关联的样品数目的两倍,所以在舍弃复数I/Q信号的虚数分量之前可能需要沿着范围轴的内插,以便将信息保留在复数I/Q信号内。

[0104] 还要注意,即使在应用匹配滤波之前,某些系统也采用复数信号(“复数预匹配滤波信号”)。这样复数预匹配滤波信号可以通过用两个模数转换器对每个信号同时取样产生,它们之间有 90° 的相位差(相对于参考信号);或者,将希尔伯特转换应用到实数样品中。

[0105] 波束成形和匹配滤波都可以模拟地,数字地或以组合的方式应用(数字处理应用到模数转换后的信号)。此外,波束成形和匹配滤波可以一步或多步执行,并且波束成形和匹配滤波不同步骤之间的顺序可以在不同系统中变化。例如,匹配滤波可以在波束成形之前应用到与换能器阵列30中的每个换能器相关联的信号,或者是应用到波束成形信号。

[0106] 在接收中应用的附加处理通常是特定于系统20的操作模式。例如,当以A模式,B模式或M模式产生作为时间函数的目标区域形态的灰度图像时,将波束形成之后的每个信号样品变换成显示的视频强度可以包括下列各项中的至少一个,以任何顺序:

- i) 测定信号包络的幅度。对于复数I/Q样品,可以通过应用绝对算子执行;
- ii) 将信号转换为对数单元(称为“对数压缩”的过程);
- iii) 对信号应用转换函数;
- iv) 将所有低于最小值的值替换为最小值,和/或将所有高于最大值的值替换为最大值;和
- v) 根据显示的动态范围缩放信号。

[0107] 显示信息可以进一步包括“扫描转换”,即将数据从数据采集坐标转换为显示单元24的坐标。例如,在超声心动图中,数据采集通常采用极坐标,其中多个波束以不同空间角度发射,且都具有相同的相位中心(该术语在本文下面定义),对于每个这样的波束产生一个或多个接收波束,并且对于每个接收波束多个样品生成,每个样品与探头表面的不同距离相匹配;相反,显示坐标通常是笛卡尔坐标。

[0108] 对基于多普勒的操作模式可以应用另外的或不同的处理。

[0109] 探头设计

探头26通常包括几十个甚至多达几千个换能器30。一般来说,沿着给定轴的探头的波束宽度与发射波长和沿该轴的探头有效尺寸间的比例成正比。对于宽频带信号,波束宽度从一个波长变化到下一个波长,并且通常使用典型的发射波长来估算,例如平均波长。探头的“有效尺寸”受探头物理尺寸的影响,但是也受波束成形过程中的分配给不同换能器的权重的幅度的影响(如下文所述)。

[0110] 换能器阵列的长轴将被称作“水平轴”或“方位轴”,同时,换能器阵列的短轴将被称作“垂直轴”或“仰角轴”。在探头与 90° 旋转对称的情况下,探头的主轴之一将任意选择为“水平轴”或“方位轴”。

[0111] 在“一维探头”中,换能器以一维阵列排布,其中换能器中心沿着直线或曲线(例如凸曲线)放置。“11/2维探头”包括垂直方向的几排换能器,提供垂直的扇形样波束图案。“二维探头”包括完整的二维(或多维)换能器阵列,能够控制水平和垂直方向的波束图。

[0112] 探头26可以进一步包括通常位于换能器和目标区域之间的声透镜。例如,在一维探头中,垂直波束宽度通常由声透镜调节。

[0113] 换能器阵列30可以是静止,或者可以机械扫描。例如,在一维和1½维探头中,换能器阵列30可以沿垂直轴机械扫描,以补充沿水平轴制成的电子扫描。

[0114] 波束成像

每个发射或接收波束可以通过相位中心,波束图和视轴表征。

[0115] “相位中心”定义为沿着波束发射的换能器阵列30表面的点。当使用未聚焦波束时,相位中心可能是不明确的,在这种情况下它可以任意定义,例如在探头的中心。

[0116] “波束图”定义为作为空间位置函数的探头增益。在很多情况下,介质不是先验知的,并且假设传播是在均匀介质内,不需考虑诸如反射、折射、衰减、散射、衍射等物理效应来计算波束图。注意,在某些情况下,假定为均匀介质计算的波束图仅随空间角度而变化(例如,在接收波束的远场中,当接收聚焦恒定时,即不自适应),而在其他情况下,波束图也随着脉冲发射的时间函数而变化,也就是说,随着距离探头表面的距离(例如,在接收波束的近场,和/或在接收时使用自适应聚焦)。在其他情况下,计算波束图用于给定介质。术语“主瓣”是指包括波束图的最高峰值的空间角度的范围,其中如果我们以与最高探头增益相关联的空间角度开始,并且在任一方向上连续扫描,只要我们还没有达到零或下降我们就保持在主瓣内。波束图中的其他增益峰也被称作“旁瓣”。

[0117] “视轴”是从波束相位中心指向波束主瓣中心的单位矢量。“宽边”通常用作视轴的参考,其中宽边是垂直于源于波束相位中心的换能器阵列表面的单位矢量。

[0118] 波束成形的过程基于对与每个换能器30相关联的信号应用相移和/或时延。当发送信号的带宽远低于载波频率时,通常采用基于相移的波束成形,以至于相移被很好地定义。

[0119] 为了描述在接收时基于相移的波束形成的一种常见形式,令 k 为换能器索引(即使换能器阵列包括多个维度, k 应囊括所有换能器), s_k 为换能器 k 测量的信号(s_k 可能是模拟的或数字的,匹配滤波之前或之后,实数或复数), a_k 为接收时换能器 k 的变迹法系数, ϕ_k 为接收时换能器 k 的相移, j 为减-1的平方根。时间为 t 时的波束形成信号 S 可以使用等式(1)计算:

$$(1) S(t) = \sum_k a_k(t) e^{j\phi_k(t)} s_k(t)$$

或者,当使用时延而不是相移时,其中 τ_k 是换能器 k 的时延,可以对接收时的波束成形使用等式(2):

$$(2) S(t) = \sum_k a_k(t) s_k(t - \tau_k)$$

类似的方程式可用于组合时延和相移设计。可比的等式也可以在发射时使用。

[0120] 相移和/或时延决定波束的视轴,并影响波束图。变迹法系数 a_k 通常是实数,并且通常用于调整波束图。

[0121] 变迹法系数 a_k 与光谱分析中使用的窗口具有非常相似的效果,例如,当对数字信号应用离散傅里叶变换(DFT)时。光谱分析中已知的各种窗口,例如汉明、布莱克曼或泰勒窗口可以用作变迹图。基于傅立叶光学原理,作为空间角度函数的远场波束图可以基于对探头的孔径应用傅里叶变换来估算,将发射孔径上的功率分布或接收孔径上的相对灵敏度分布列入考虑。功率分布或灵敏度分布由变迹法系数决定。

[0122] 一般来说,并不是所有的传感器都必须一直在使用。目前使用的换能器被称为“开启”,而未使用的换能器被“关闭”。关闭的换能器的变迹法系数分配为0,而开启的换能器的变迹法系数通常分配为从0到1。所有换能器30(“变迹图案”)中变迹法系数的值可能影响波束主瓣的宽度和波束旁瓣的分布(例如,最高旁瓣的峰值与主瓣的峰值之间的增益比称为“峰值-旁瓣比”)。

[0123] 对于未聚焦波束,通常设置接收相移和/或时延以便于确定源于垂直于视轴的平面上的点的相位校正和/或时移信号将同时和/或同相位到达所有的换能器单元30。对于聚焦波束,通常设置接收相移和/或时延以便于确定源于焦点的相位校正和/或时移信号将同时和/或同相位到达所有的换能器单元30。在发射时应用类似的方法。

[0124] 例如,对于一维线性探头,在图2A中示出了用于设置相移和/或时延以形成未聚焦接收波束的可能方案。令 α 为换能器阵列30的表面和所需波前平面32之间的角度,同时也等于波束视轴和其宽边之间的角度。通过基于相移的波束成形,对于表示为单元k的换能器阵列30的给定单元40,设置单向相移 ϕ_k 匹配单元40的中心到所需波前平面32的距离42:

$$(3) \quad \phi_k = \text{mod} \left(\frac{2\pi}{\lambda} k D \sin(\alpha), 2\pi \right)$$

其中 λ 为发射波长, D 为相邻换能器单元之间的距离,和 mod 为模运算符。

[0125] 通过基于时延的波束成形,对于表示为单元k的换能器阵列30的给定单元40,同样设置单向时延 τ_k 匹配单元40的中心到所需波前平面32的距离42:

$$(4) \quad \tau_k = \frac{k D \sin(\alpha)}{c}$$

其中 c 为介质中的估算声速。

[0126] 类似地,对于一维线性探针,在图2B中示出了用于设置相移和/或时延以形成聚焦接收波束的可能方案。通过基于相移的波束形成,对于表示为单元k的换能器阵列30的给定单元41,单向相移 ϕ_k 遵循等式(5):

$$(5) \quad \phi_k = \text{mod} \left(\frac{2\pi}{\lambda} R_k, 2\pi \right)$$

其中 λ 为发射波长, R_k 为焦点34到单元k中心的距离43。

[0127] 通过基于时延的波束形成,对于表示为单元k的换能器阵列30的给定单元41,单向时延 τ_k 遵循等式(6):

$$(6) \quad \tau_k = \frac{R_k}{c}$$

传感器的单个阵列可以产生具有不同相位中心、射影和波束图的波束。此外,在接收时一些系统20同时使用,对于单个发射脉冲,采用多于一组变迹法系数 a_k 和/或多于一组相移 ϕ_k 和/或多于一组时间延迟 τ_k 。该设置通常被称为多线路采集或MLA。在MLA配置中,发射时使用的波束图有时比接收时使用的波束图更宽,以便于为由不同的并发接收波束覆盖的大部分或全部体积提供足够的超声波能量。

[0128] 系统20的其他类型在传输时使用多个并发波束。下面描述系统20的相关构架的示例。

[0129] 波束成形构架

波束成形可以使用不同的系统构架来实现。两种常见的构架是“模拟波束成形”(ABF)

和“数字波束成形”(DBF)。注意,一些系统20在一个探头轴中使用ABF,在另一个中使用DBF。

[0130] 在ABF中,类似地应用波束成形,例如,使用等式(1)和/或等式(2),并且在波束成形后采样;然而,匹配滤波可以以数字方式或组合的方式类似地应用。每个发射波束的并发接收波束的数量通常在脉冲发射之前确定,并且通常等于或低于可用模拟-数字转换器(ADC)的数量。每个这样的接收波束的参数也在采样之前确定。

[0131] 在DBF中,数字地执行至少一些波束成形步骤。在波束成形之前或在一些但不是全部波束成形步骤之后应用采样;仍然可以用模拟方式、数字方式或组合方式应用匹配滤波。在一些配置中,对换能器阵列30的每个单元分配ADC;该配置通常被称为“每通道采样”。在其他配置中,对换能器阵列30相邻单元组分配ADC,其中每个这样的组被称为“子阵列”。术语“子阵列”还可以指包括单个单元或整个换能器阵列的换能器阵列30的单元组。当使用每通道采样时,所有波束成形步骤通常是数字的,而对于子阵列,波束成形可以是部分数字的和部分模拟的。DBF容许大的波束成形灵活性,例如,在采样之后选择接收波束的数量及其参数。DBF通常涉及非常高的数据速率,需要相对先进的硬件。

[0132] 在ABF和DBF中,波束形成可由探测器26、扫描仪22或其组合来执行。此外,波束成形参数可能会随时间而变化。例如,在扫描期间,发射和/或接收时使用的波束可以采用不同的相位中心、视轴方向或波束图。另外,通过自适应聚焦,在给定发射脉冲的信号的接收期间,相移和/或时延根据接收聚焦的改变而变化。一些系统20还使用接收聚焦对变迹图同步地进行改变。

[0133] 在DBF中,可以将波束成形处理分成两组步骤:

- i) “波束形成样品校准”-包括对样品应用相移和/或时延,并且可能应用变迹法系数;
- ii) “波束成形求和法”-包括对与换能器阵列30的不同单元或子阵列相关联的样本进行求和,并且可能预先应用变迹法系数。

[0134] 另一种众所周知的系统配置采用合成孔径,即,使用多个发射脉冲产生发射和/或接收时的全探头孔径。在一些合成孔径系统20中,每个发射脉冲采用单个单元或换能器阵列30的某个子阵列,并且在接收该脉冲时使用相同的单元或子阵列。在其他合成孔径系统20中,每个发射脉冲采用单个单元或换能器阵列30的某个子阵列,其中在接收时使用某个单元或子阵列,其可能与发射子阵列不匹配;或者,在接收时使用整个换能器阵列30。在另外的合成孔径系统20中,每个发射脉冲采用整个换能器阵列30,但是在接收时使用换能器阵列30的子阵列。

[0135] 本领域已知的附加系统设计采用多个并发发射波束(“多个正交激励”)。在发射时,换能器阵列30中的一些或所有单元都被送入两个或多个信号的总和,每个信号与不同的发射波束相关联,并且每个信号具有不同的波形,例如,不同的中心发射频率和/或不同的脉冲编码配置。在这些情况中,每个接收波束通常是使用与发射波形的一种相对应的特定匹配滤波器产生。

[0136] 本领域已知的进一步系统设计是基于在发射时向正交波形分配换能器阵列30的不同单元或子阵列(“正交子阵列编码激励”)。通常,至少两个正交波形采用相同的频带。在接收时,换能器阵列30的每个单元或子阵列可以对多于一个波形应用匹配滤波,产生与发射单元/子阵列对和接收单元/子阵列对相关联的信号。结果,可以在处理期间应用发送和接收两者的波束成形方程(“通过处理的双向波束成形”)。这容许除了接收外的自适应地确

定发射波束图的灵活性,例如用于发射时的自适应聚焦。例如,Zheng等人于2006在“超声学、铁电体、频率控制中的IEEE处理”的53卷、第1079-1087页发表的题为“用于医疗超声B扫描的非常大的聚焦深度的新型传播孔径”的论文中对该结构进行了描述。

[0137] 甚至更进一步的系统设计在不使用多个正交波形的情况下对发射进行自适应聚焦。Hoctor等人于2015年2月19日公布的题为“超声回波发射聚焦波束形成系统与方法”的美国专利申请2015/0049578中描述了组合与多个发射波束相关联的数据的这种系统设计的示例。

[0138] 某些系统配置采用发射序列,其中使用相同相位中心、波束图和视轴来发射多个脉冲,但是发射波形在所有脉冲中不相同。对于每个体积门限,复合与不同发射脉冲(在波束成形样品校准之后或在波束成形之后)相关联的样品以获得某一目标。这种序列在本文中称为“复合发射序列”。

[0139] 一个这样的序列称为“反向脉冲”。它使用成对的发射脉冲,其中第二脉冲的发射波形是第一脉冲的发射波形的复共轭。对于每个体积门限,然后将两个脉冲样品相加。这导致接收信号的线性分量的显著衰减,而非线性分量受影响较小。例如,在对比成像中,反向脉冲增强造影剂和周围组织之间的区别,因为造影剂通过显著的非线性响应表征。

[0140] 目标区域扫描

在系统20的一些操作模式中,获取的所有数据与目标区域内的相同体积相关联。例如,这适用于医学成像中的许多连续波(CW)多普勒研究。

[0141] 在其他操作模式下,已进行的不同测量与目标区域内的不同体积相关联。

[0142] 如上所述,通过PW发射,脉冲发射和信号接收之间的时延表示探测器表面与信号已经反射的成像对象中的空间位置之间的距离R。结果,对于每个接收波束,数据可以被排布在“体积门限”中,每个都与不同的距离R相关联。在波束成形之后,每个体积门限都有一个样品,该样品可以是实数(例如,匹配滤波之前的实数样品,或实数匹配滤波信号)或复数(例如,复数预匹配滤波信号,或复数I/Q信号)。在波束成形之前或者期间,当使用每通道采样或对每个子阵列采样时,每个体积门限的样品数通常较高;例如,当接收波束不采用正交子阵列编码激励或合成孔径时,每个体积门限的样品数等于使用的换能器阵列30(用于每通道采样)的单元数或者使用的子阵列(用于对每个子阵列采样)的数量。作为另一示例,当使用具有M正交编码(可应用于接收波束)的正交子阵列编码激励时,在匹配滤波之后,每个体积门限的样品数等于使用的换能器阵列30(用于每通道采样)的单元数量的M倍或者使用的子阵列数(用于对每个子阵列采样)。

[0143] 当多个样品与每个体积门限相关联时,可以定义两种类型的体积门限:(i)“预对齐体积门限”,包括波束成形样品校正之前的用于每个体积门限的样品;以及(ii)“对齐体积门限”,包括波束成形样品校正之后、但在波束成形求和之前的用于每个体积门限的样品。

[0144] 通过CW发射,脉冲发射和信号接收之间的时延可能未定义,因此不能区分不同体积门限的反射。然而,当应用适当的匹配滤波时,使用编码CW发射,产生距离门限信息,例如频率调制连续波(FMCW)。

[0145] 此外,数据采集可以包括随着时间进行的扫描发射和/或接收波束。扫描通常包括改变以下之一:(i)波束的相位中心;和(ii)波束的视轴。在发射中使用PW信号或编码CW信

号时,对于每个接收波束,对于每个体积门限都采集一个或多个样品。相应地定义数据采集坐标和样品排列。例如,在超声心动图中,B-扫描通常包含保持恒定的相位中心,但是扫描接收波束视轴以覆盖二维(2D)或三维(3D)扇区。使用极坐标(对于2D扇区)或球面坐标(对于3D扇区)来这样排布样品。在另一个示例中,对于通常成像使用的线性探头,典型的B扫描配置包括随着时间从一侧扫描到另一侧相位中心,并且所有接收波束近似垂直于探头表面。使用2D或3D笛卡尔坐标这样来排布样品。

[0146] 此外,数据采集可能包括相同目标区域的重复扫描,以便于提供关于所述目标区域的时间相关信息。与目标区域的每次扫描相关联的信息被称为“帧”。

[0147] 变换显示单元24上显示的信息以匹配显示的坐标系。在2D成像中,术语“像素”是指在某一时刻与成像平面内的某个体积相关联的图像单元。在3D成像中,术语“体元”是指在某一时刻与成像体积内的某个体积相关联的图像单元。在本披露文件的上下文中,术语“像素”将被扩展以指代像素和体元。例如,在用于医学成像的M模式扫描中,接收波束的相位中心和视轴通常保持恒定,并且信号显示为探头表面的距离函数和时间函数。相反地,在B-扫描中,通常按照数据采集的顺序逐个地显示不同的帧。

[0148] 用于杂波抑制的数据采集配置

在本发明的实施例中,数据采集包括:

- i) 产生一个或多个发射波束,其中每个这样的发射波束都与发射PW或CW信号相关联;
- ii) 对于每个发射波束,产生一个或多个接收波束;和
- iii) 对于每个接收波束,一次或多次对接收信号进行采样,其中每个样品都与目标区域中的特定体积(即“体积门限”)相关联。对于PW或编码CW发射信号,每个体积门限就是距离门限;而对于未编码CW发射信号,每个体积门对应于由适用的发射波束和接收波束的整个双向波束图覆盖的体积。

[0149] 注意,术语“体积门限”的使用不应该理解为将描述范围限定为三维数据采集。事实上,不同体积门限可以跨越空间点、线、平面或体积。

[0150] 在一些实施例中,在应用匹配滤波之前执行采样,而在其它实施例中,在应用匹配滤波之后执行采样。在某些实施例中,采样是实数,而在其他实施例中,采样是复数。

[0151] 在一些实施例中,在波束形成之前执行采样,并且在其他实施例中,在波束形成之后执行采样。

[0152] 与本发明相关的处理要求:对于每个体积门限,将采集“探头接管的多个空间相关样品”。也就是说,对于每个体积门,将采集多个样品,其中每个样本或每组样品与下列中的至少一个相关联:(i) 换能器阵列30的不同接收单元;(ii) 换能器阵列30的不同接收子阵列;和(iii) 不同的相位中心。这可以以各种方式实现,例如:

i) 使用每通道采样,在这种情况下,探头接管的多个空间相关样品中的每一个与换能器阵列30的不同接收单元相关联(可以为所有单元或仅为开启的单元存储样品);

ii) 对每个子阵列采样,在这种情况下,探头接管的多个空间相关样品中的每一个与换能器阵列(30)的不同接收子阵列相关联(可以为所有子阵列或仅为开启的子阵列存储样品);

iii) 产生两个或多个接收波束,每个具有不同的相位中心,对每个这样的接收波束应用波束成形,并一起收集与每个体积门限相关联的数据来得到探头接管多个空间相关样

品。注意,两个或多个接收波束可以与一个或多个发射波束相关联。

[0153] iv) 使用合成孔径数据采集,其中,每个发射脉冲使用换能器阵列(30)的单个单元或特定的子阵列,并且该脉冲的接收也使用相同的单元或子阵列(“基本合成孔径数据采集”)。在发射覆盖换能器阵列30的相关区域的一系列脉冲之后,与每个体积门限相关联的数据应该一起收集以获得探头接管的多个空间相关样本;

v) 使用合成孔径数据采集,其中,每个发射脉冲使用换能器阵列(30)的单个单元或特定的子阵列,并且对于每个发射脉冲在接受时使用特定单元或特定子阵列或整个换能器阵列,其中发射时使用的单元设置和接收时使用的单元设置并不总是相匹配(“扩展合成孔径数据采集”)。在发射覆盖换能器阵列30的相关区域的一系列脉冲之后,与每个体积门限相关联的数据应该一起收集以获得探头接管的多个空间相关样本;和

vi) 使用具有每通道采样或对每个子阵列采样的正交子阵列编码激励。在应用所有适用匹配滤波器之后,与每个体积门限相关联的数据应该一起收集以获得探头接管的多个空间相关样品。

[0154] 注意,当使用选项(i)-(v)时,也可以使用多个正交激励。

[0155] 还要注意,当使用选项(iii)时,用于源自波束成形数据的每个体积门限的探头接管的多个空间相关样品与多个接收波束相关联。当使用其他选项时,用于每个体积门限的探头接管的多个空间相关样品对应于波束成形之前的数据。当在波束成形之前使用数据时,用于每个体积门限的所需数据可以用在一个或多个并发接收波束中。

[0156] 杂波抑制的基本概念

用于每个体积门限的探头接管的多个空间相关样品对应于波束成形之前的数据时,我们将“对齐体积门限”定义为在波束成形样品校准后、但是在波束成形求和前的体积门限数据。对于PW或编码CW发射信号,对齐体积门限对应于预先定义的对齐距离门限。

[0157] 用于每个体积门限的探头接管的多个空间相关样品对应于波束成形之后的数据时(参见以上选项(iii)),我们将“对齐体积门限”定义为一起收集与每个体积门限相关联数据的输出来获得探头接管的多个空间相关样品。

[0158] 发明人已经发现,当获取探头接管的多个空间相关样品用于对齐体积门限时,包含主要所需信息(并且因此很少或没有杂波贡献)的对齐体积门限论证了下列一个或多个特征(“期望信息特性”):

i) 当波束成形样品校准涉及完美聚焦时,位于当前体积门限(完全无杂波)中心的单个反射器将导致探头上近似恒定的空间相关样品;可以通过当前体积门限的增益差引入一些变化度(例如,在每通道采样中,不同单元的单元图可能导致每个换能器单元30的稍微不同的增益)。

[0159] 在实际情况中,诸如沿着波束路径散射的物理效应进一步增加了探针接管的空间相关样品的信号变化度(“探头空间变化度”),其中可以在下列中一个或多个中看到变化度:(a) 信号幅度;(b) 信号相位;(c) 信号的实数分量;和/或(d) 信号的虚数分量。然而,包含主要所需信息的对齐体积门限的探头空间变化度通常要低于具有显着杂波贡献的对齐体积门限的探头空间变化度。这源于以下事实:源自远离当前体积门限中心的空间角度和/或距离的信号在波束成形样品校准过程中未准确聚焦,所以它们的波束成形相移和/或时延不精确,从而增加了探头空间变化度。

[0160] 整理探头接管的空间相关样品用于阵列(“空间相关样品阵列”)中的给定体积门限时,其中空间相关样品阵列可以是:

a. 一维的。例如,在每通道采样或基本合成孔径数据采集集中,阵列单元索引可以对应于换能器阵列30的相应单元的索引;

b. 二维的。例如,当使用具有每通道采样的二维探头时,行和列索引可以匹配换能器阵列30的相应单元的行和列索引;或

c. 多维的。这种配置是有用的,例如,正交子阵列编码激励;

可以使用各种属性(特征)来估算探头空间变化度,所述的属性可能属于下列属性组中的一个或多个:

a. 空间相关样品阵列的标准偏差或方差,将阵列信号的下列分量中的一个或多个列入考虑:幅度,相位,实数分量,和/或虚数分量。低值与探头空间变化度相关,因此杂波显著影响对齐体积门限的低的局部杂波电平和/或低的局部概率;

b. 空间相关样品阵列中的空间导数的某一统计(如平均值,中值,预定义的百分比),将阵列信号的下列分量中的一个或多个列入考虑:幅度,相位,实数分量,和/或虚数分量。这里的术语“空间导数”可以指任意导数,例如,一阶导数或二阶导数。当空间相关样品阵列是二维或多维时,所述空间导数可以在空间相关样品阵列的一个或多个轴中,其中每个轴可以但不必非得与探头主轴中的一个对齐。低值与低探头空间变化度相关联;

c. 与空间相关样品阵列中零交叉计算相关的特性。当空间相关样品阵列为实数时,零交叉定义为相邻阵列单元间和/或非常接近0的值的出现的信号改变;并且当空间相关样品阵列为复数时,零交叉定义为信号幅度的局部最小值;可以添加其他标准,例如,幅度低于阈值。此类特性的示例如下:

1. 空间相关样品阵列中的零交叉数。低值与低探头空间变化度相关联;和

2. 除以开启的换能器单元(30)数量的空间相关样品阵列中的零交叉数。低值与低探头空间变化度相关联;

d. 与空间相关样品阵列中峰宽估算相关的特性,其中,这些峰值可以与阵列信号的下列分量中的一个或多个相关联:幅度,相位,实数分量,和/或虚数分量。当空间相关样品阵列是二维或多维时,所述峰宽可以沿着空间相关样品阵列的一个或多个轴进行估算,其中每个轴可以但不必非得与探头主轴中的一个对齐。为此,可以使用例如零峰值到零峰值的峰宽或低于峰值的某一水平的峰宽(例如,3dB峰宽)。此类特性的示例如下:

1. 空间相关样品阵列中的峰宽的某一统计(如平均值,中值,预定义的百分比)。高值与低探头空间变化度相关联;和

2. 具有最大幅度的空间相关样品阵列中的峰的宽度。高值与低探头空间变化度相关联;

e. 应用于空间相关样品阵列的自相关函数的输出的宽度。当空间相关样品阵列是二维或多维时,所述峰宽可以沿着空间相关样品阵列的一个或多个轴进行估算,其中每个轴可以但不必非得与探头主轴中的一个对齐。高值与低探头空间变化度相关联;和

f. 涉及空间相关样品阵列的功率谱计算的特征。当空间相关样品阵列是二维或多维时,所述功率谱可以与沿着空间相关样品阵列的一个或多个轴的光谱分析相关联,其中每个轴可以但不必非得与探头主轴中的一个对齐。此类特性的示例如下:

1. 空间相关样品阵列的功率谱中的一组低频分量和一组高频分量间的能量比。高值与低探头空间变化度相关联；

2. 空间相关样品阵列的功率谱中的一组低频分量和总能量间的能量比。高值与低探头空间变化度相关联；

3. 空间相关样品阵列的功率谱中最高能级的光谱元素和总能量间的能量比。高值与低探头空间变化度相关联；

4. 与空间相关样品阵列的功率谱中最高能级的光谱元素相关的绝对频率。低值与低探头空间变化度相关联；

5. 与空间相关样品阵列的累计功率谱的元素相关联的最低频率,该频率的能量高于(或等于)空间相关样品阵列中的总能量乘以一个预定义常数(在0-1之间)。低值与低探头空间变化度相关联。信号的累积功率谱定义为由下列所述确定:

i. 计算信号的功率谱;

ii. 对于每个绝对频率,复合功率谱用于相应正频率和负频率来获得“折叠功率谱”,例如,对两个相应功率谱单元取平均值或最大值;和

iii. 对于每个绝对频率,累积功率谱等于与低于或相等的绝对频率相关联的所有折叠功率谱单元的总和;并且

将“堆叠的空间相关样品阵列”定义为堆叠空间相关样品阵列用于多个体积门限的结果,所有体积门限都与相同接收波束相关联,以与探头表面相应体积门限的距离相对应的顺序,其中所有空间相关样品阵列的内部顺序是相同的。注意,对于每个接收波束仅需单个体积门限时,例如,当使用未编码CW发射信号时,所述堆叠的空间相关阵列仅包括单个体积门限。

[0161] 进一步将二维或多维阵列中的“二进制大对象”定义为不含零交叉但是在其边界有零交叉(和/或阵列边界)的连续的空间区域。在这种情况下,当二维或多维阵列为实数时,零交叉定义为相邻阵列单元间和/或非常接近0的值的出现的信号改变。当二维或多维阵列为复数时,零交叉定义为信号幅度的局部最小值;可以添加其他标准,例如,幅度低于阈值。

[0162] 测定堆叠的空间相关样品阵列的一个或多个分量,或者一个或多个所述分量(“堆叠的样本阵列分量”)的函数,其中,这里的术语“分量”是指幅度,相位,实数分量,和/或虚数分量。

[0163] 当波束成形样品校准涉及完美聚焦时,位于当前体积门限(完全无杂波)中心的单个反射器将导致沿着除了对应于探针表面距离的轴的所有轴的堆叠的样品阵列分量的低空间导数分量,其中术语“空间导数”可以指任意导数,例如一阶导数或二阶导数。可以使用本领域已知的任何方法来执行空间导数计算,例如,通过将信号与空间线性滤波内核进行卷积。与一阶导数计算相关联的一维内核的示例: $(-1 \ 0 \ 1)$; 与二阶导数计算相关联的一维内核的示例: $(-\frac{1}{2} \ 1 \ -\frac{1}{2})$ 。

[0164] 类似地,与位于当前体积门限中心的单个反射器相关联的堆叠的样品阵列分量中的二进制大对象应具备几乎垂直于与探针表面的距离相对应的轴的长轴。

[0165] 在实际情况下,诸如沿波束路径的散射以及体积门限中多个反射器的存在的物理效应预计会增加:

a. 沿着不同于与探针表面距离相对应的一个或多个轴的堆叠样品阵列分量的空间导数(“堆叠的阵列空间导数”), 其中:

i. 空间导数可以是任意空间导数, 例如, 一阶导数或二阶导数;

ii. 空间导数可以以各种方式归一化。例如, 空间导数归一化可以匹配沿着适用轴(例如距离或横向距离轴)的空间维度。或者, 空间导数归一化可以匹配堆叠的样品阵列分量适用轴的索引, 例如体积门限索引; 和

iii. 每个轴可以但不必非得与探头主轴中的一个对齐; 和

b. 堆叠的样品阵列分量中二进制大对象的方向和与探头表面距离相对应的轴的垂直面的方向之间差值(“二进制大对象斜率”)的绝对值, 其中:

i. 二进制大对象斜率可以用角度或空间角度来描述。可以使用各种坐标系。例如, 可以使用诸如极坐标, 球面坐标或者笛卡尔坐标的数据采集坐标系。另一个例子是将索引应用到堆叠的样品阵列分量中; 和

ii. 可以分别对于一个或多个轴计算二进制大对象斜率, 其中每个轴可以但不必非得与探头主轴中的一个对齐。或者, 二进制大对象斜率可以在多维空间中计算, 作为二进制大对象平面和与探头表面距离相对应的轴的垂直面之间的角度。

[0166] 然而, 对于包含主要所需信息的对齐体积门限, 堆叠的阵列空间导数和二进制大对象斜率的值通常要低于具有显著杂波贡献的对齐体积门限的。这源于以下事实: 源自远离当前体积门限中心的空间角度和/或距离的信号在波束成形样品校准过程中未准确聚焦, 并且它们的波束成形相移和/或时延不精确。为了说明, 图3示出了堆叠的空间相关样品阵列。与强反射器相关联的二进制大对象的边界通过虚线椭圆标记。在该示例中, 二进制大对象52源于相关反射器, 而二进制大对象54源于杂波反射器。

[0167] 这种说法可以采用以下一种或多种方式:

a. 定义提供关于受杂波显著影响的对齐体积门限的局部杂波电平和/或局部概率信息的属性(特性)。这种定义每个体积门限的属性的示例:

1. 堆叠的空间相关样品阵列和/或堆叠的样品阵列分量中的局部堆叠空间导数的某一统计(如平均值, 加权平均数, 中值, 特定百分比);

2. 堆叠的空间相关样品阵列和/或堆叠的样品阵列分量中的局部二进制大对象斜率的某一统计(如平均值, 加权平均数, 中值, 特定百分比);

3. 对角线零交叉的数量。使用下列方案检测对角线零交叉:

i. 对堆叠的空间相关样品阵列和/或堆叠的样品阵列分量应用零交叉检测, 产生二进制矩阵(“零交叉矩阵”), 其中“1”出现在零交叉的单元中, 而“0”出现在所有其他单元中;

ii. 对角线零交叉沿着零交叉矩阵内“1”的对角线发生。对于二维零交叉矩阵, 可以通过将零交叉矩阵与第一内核例如,

$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$, 和第二内核, 例如, $\begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$, 进行卷积, 并且确定至少一个内核的卷积输出等于1的单元。

[0168] 这些数字在高二进制大对象斜率的存在下增加; 和

4. 除以开启的换能器单元(30)数量的对角线零交叉的数量。这些数字在高二进制斜率的存在下增加;

b. 基于二进制大对象的直接杂波抑制处理, 执行如下:

1. 对堆叠的空间相关样品阵列和/或堆叠的样品阵列分量应用二进制大对象检测;
2. 计算与堆叠的阵列空间导数和/或二进制大对象斜率(“二进制大对象特性”)相关联的一个或多个二进制大对象属性(特性); 和

3. 对于已经计算了二进制特征的每个二进制大对象, 调整堆叠的空间相关样品阵列的所有相关单元, 其中堆叠的空间相关样品阵列每个单元的新值是原始局部值和已计算的二进制大对象特征的函数(“二进制大对象函数”)。例如, 每个二进制大对象的堆叠的空间相关样品阵列信号可以被乘以取决于堆叠的阵列空间导数和/或二进制大对象斜率的因子。具有高堆叠的阵列空间导数和/或二进制大对象斜率的二进制大对象的乘数应低于具有低堆叠的阵列空间导数和/或二进制大对象斜率的二进制大对象的乘数。

[0169] 二进制大对象函数可以是预定义的或者是二进制大对象特性的局部值或区域值的自适应测定函数。

[0170] 二进制大对象函数还可以取决于其他局部参数, 例如, 区域信噪比(SNR)。区域SNR是相关的, 因为在低SNR区域中二进制特性的计算值可能不太准确。因此, 在堆叠的空间相关样品阵列的低SNR区域中, 可以优选地减少杂波抑制过程对阵列值的影响; 和

局部直接杂波抑制处理。该方法不一定涉及二进制大对象检测。它调整堆叠的空间相关样品阵列的一些或所有单元, 其中堆叠的空间相关样品阵列的每个经调整的单元的新值是原始局部值(“局部抑制函数”)和表明局部堆叠的阵列空间导数和/或二进制大对象斜率的局部估算的一个或多个属性(特性)的函数, 作为计算用于堆叠的空间相关样品阵列和/或堆叠的样品阵列分量(“局部抑制特性”)。

[0171] 例如, 当使用一维探头时, 可以基于沿着探头长轴(对于线性探头, 该轴与横向距离匹配)的堆叠的阵列空间导数和沿着距离轴的堆叠的阵列空间导数之间的比例的反正切来估算二进制大对象斜率(例如, 如果所述比率的反正切表示为 a_r , 并且 $|\cdot|$ 表示绝对算子, 则二进制大对象斜率可定义为: $1 - (2/\pi) \cdot ||a_r| - (\pi/2)||$)。如上所述, 可以采用任意空间导数, 例如, 一阶导数或二阶导数。

[0172] 当使用二维或多维探头时, 可以沿着一个或多个平面类似地估算二进制大对象斜率, 例如, 通过距离轴和水平轴定义的平面和/或通过距离轴和垂直轴定义的平面。附加地或可替代地, 可以进一步将沿着两个或多个平面的估算的二进制大对象斜率变换为全局斜率, 匹配估算的二进制大对象平面与距离探头表面的距离相对应的轴的垂直面之间的角度。

[0173] 局部抑制函数可以取决于表明局部堆叠的阵列空间导数和/或各种方式的二进制大对象斜率(或其组合)的每个属性, 例如线性地, 分段线性地, 指数地, 对数地, 以多项式方式, 以类似S型的方式, 等等。

[0174] 局部抑制函数可以是预定义的或者是表明局部堆叠的阵列空间导数和/或二进制大对象斜率的属性的局部值或区域值的自适应测定函数。

[0175] 局部抑制函数还可以取决于其他局部参数, 例如区域SNR。区域SNR是相关的, 因为在低SNR区域中局部抑制特性的计算值可能不太准确。因此, 在堆叠的空间相关样品阵列的低SNR区域中, 可以优选地减少杂波抑制过程对阵列值的影响。

[0176] 附加地或替代地, 可以对与以空间角度(在一个或多个轴上)的增加或减少顺序

和/或电影环路帧索引的增加或减少顺序排布的不同接收波束相对应的体积门限执行空间相关样品阵列的堆叠。在这种情况下可以采用类似于上述处理的处理。

[0177] 基于特性的杂波抑制处理

杂波抑制方案

在本发明的实施例中,所获取数据的处理包括:

i) 步骤110: 对于一个或多个体积门限,应用波束成形样品校准(包括对与波束成形相关联的样品应用相移和/或时延),以获得一个或多个对齐体积门限;

ii) 步骤120: 对于一个或多个对齐体积门限中的每一个,计算一个或多个杂波抑制特性,其中杂波抑制特性自行提供或与其他杂波抑制特性结合提供表明局部杂波电平或受杂波显著影响的对齐体积门限概率的信息;

iii) 步骤130: 对于一个或多个对齐体积门限中的每一个,计算表明局部杂波电平或受杂波显著影响的对齐体积门限概率的度量值,其中,所述度量值取决于对齐体积门限并且可能是附加对齐体积门限的一个或多个杂波抑制特征的一个或多个的值;和

iv) 步骤140: 执行下列中的一个或多个:

a. 步骤141: 对于一个或多个对齐体积门限中的一个或多个,以取决于用于相应对齐体积门限的度量值,并且可能取决于用于附加对齐体积门限的度量值的方式应用波束成形求和(“自适应波束成形求和”);和

b. 步骤142: 对于一个或多个波束成形的样品,其中的每一个都与一个或多个对齐体积门限相关联,对波束成形的样品值应用杂波抑制函数,其中杂波抑制函数是一个取决于用于相应对齐体积门限的度量值,并且可能取决于用于附加对齐体积门限的度量值的函数。

[0178] 在步骤110的一些实施例中,其中,使用每通道采样或对每个子阵列采样,对齐体积门限等同于对齐距离门限。

[0179] 在步骤110的另外的实施例中,每个体积门限可用于产生一个或多个对齐体积门限。例如,当使用每通道采样或对每个子阵列采样时,每个体积门限所获得的数据可以在一个或多个并发接收波束中使用,并且不同的接收波束可以使用不同的相移和/或时延。

[0180] 在步骤110的某些实施例中,波束成形样品校准仅仅与接收时的波束成形相关联。

[0181] 在步骤110的其它实施例中,当使用通过处理的双向波束成形时(例如,当采用正交子阵列编码激励时),波束成形样品校准可以与下列之一相关联:

i) 仅仅在接收时的波束成形;和

ii) 在发射时和在接收时的波束成形。

[0182] 在另外的实施例中,当使用通过处理的双向波束成形时(例如,当采用正交子阵列编码激励),步骤110可以进一步包括应用与发射时的波束成像相关联的波束成形求和法。

[0183] 在一些实施例中,步骤140进一步包括对步骤141和/或步骤142的输出应用转移函数(“输出转移函数”)。

[0184] 杂波抑制特性计算(步骤120)

在步骤120的实施例中,一个或多个所需信息特征导出了杂波抑制特性特性中的至少一个特性。

[0185] 在步骤120的另外的实施例中,杂波抑制特性中的至少一个特性是下列之一:

i) 以下列方式之一从空间相关样品阵列中导出用于每个对齐体积门限的特性:

a. 空间相关样品阵列的标准偏差或方差, 将阵列信号的下列阵列信号分量中的一个或多个列入考虑: 幅度, 相位, 实数分量, 和/或虚数分量;

b. 空间相关样品阵列中的空间导数的某一统计 (如平均值, 中值, 预定义的百分比), 将阵列信号的下列分量中的一个或多个列入考虑: 幅度, 相位, 实数分量, 和/或虚数分量。这里的术语“空间导数”可以指任意导数, 例如, 一阶导数或二阶导数。当空间相关样品阵列是二维或多维时, 所述空间导数可以在空间相关样品阵列的一个或多个轴中, 其中每个轴可以但不必非得与探头主轴中的一个对齐;

c. 与空间相关样品阵列中零交叉计算相关的特性。当空间相关样品阵列为实数时, 零交叉定义为相邻阵列单元间和/或非常接近0的值的出现的信号改变; 当空间相关样品阵列为复数时, 零交叉定义为信号幅度的局部最小值; 可以添加其他标准, 例如, 幅度低于阈值。此类特性的示例如下:

1. 空间相关样品阵列中的零交叉数; 和
2. 除以开启的换能器单元30数量的空间相关样品阵列中的零交叉数;

d. 与空间相关样品阵列中峰宽估算相关的特性, 其中, 这些峰值可以与阵列信号的下列分量中的一个或多个相关联: 幅度, 相位, 实数分量, 和/或虚数分量。当空间相关样品阵列是二维或多维时, 所述峰宽可以沿着空间相关样品阵列的一个或多个轴进行估算, 其中每个轴可以但不必非得与探头主轴中的一个对齐。为此, 可以使用例如零峰值到零峰值的峰宽或低于峰值的某一水平的峰宽 (例如, 3dB峰宽)。此类特性的示例如下:

1. 空间相关样品阵列中的峰宽的某一统计 (如平均值, 中值, 预定义的百分比); 和
2. 具有最大幅度的空间相关样品阵列中的峰的宽度;

e. 应用于空间相关样品阵列的自相关函数的输出的宽度。当空间相关样品阵列是二维或多维时, 所述峰宽可以沿着空间相关样品阵列的一个或多个轴进行估算, 其中每个轴可以但不必非得与探头主轴中的一个对齐;

f. 涉及空间相关样品阵列的功率谱计算的特征。当空间相关样品阵列是二维或多维时, 所述功率谱可以与沿着空间相关样品阵列的一个或多个轴的光谱分析相关联, 其中每个轴可以但不必非得与探头主轴中的一个对齐。此类特性的示例如下:

1. 空间相关样品阵列的功率谱中的一组低频分量和一组高频分量间的能量比;
2. 空间相关样品阵列的功率谱中的一组低频分量和总能量间的能量比;
3. 空间相关样品阵列的功率谱中最高能级的光谱元素和总能量间的能量比;
4. 与空间相关样品阵列的功率谱中最高能级的光谱元素相关的绝对频率;
5. 与空间相关样品阵列的累计功率谱的元素相关联的最低频率, 该频率的能量高于 (或等于) 空间相关样品阵列中的总能量乘以一个预定义常数 (在0-1之间); 和

g. 上述 (a)-(f) 之一的函数; 和

ii) 以下列方式之一从堆叠的空间相关样品阵列相应单元中导出用于每个对齐体积门限的特性:

a. 堆叠的空间相关样品阵列和/或堆叠的样品阵列分量中的局部堆叠空间导数的某一统计 (如平均值, 加权平均数, 中值, 特定百分比);

b. 堆叠的空间相关样品阵列和/或堆叠的样品阵列分量中的局部二进制大对象斜率的某一统计 (如平均值, 加权平均数, 中值, 特定百分比);

- c. 对角线零交叉的数量。使用下列方案检测对角线零交叉：
- d. 除以开启的换能器单元 (30) 数量的对角线零交叉的数量；和
- e. 上述 (a) - (d) 一个或多个输出的函数

在一些实施例中，步骤120进一步包括对杂波抑制特性的计算值进行校准（“特性校准”，例如，将每个计算值乘以校正因子），其中每个对齐体积门限的校准取决于下列中的一个或更多的：

i) 发射波束视轴和接收波束视轴之间的空间角度；这种校准适用于，例如，使用MLA的系统；

ii) 接收波束视轴和宽边间的空间角度；这种校准适用于，例如，执行数字波束控制的相控阵探头；和

iii) 沿波束路径测量的距离探头表面的样品的距离。这种校准基于目标区域内介质相关的效应的模型。

[0186] 例如，对于值与主瓣的局部宽度线性相关的杂波抑制特性，特性校准可以包括将所述杂波抑制特性的计算值乘以波束视轴和宽边间的局部空间角度的余弦值，从而补偿由于波束操作引起的波束主瓣的增宽。

[0187] 度量值计算 (步骤130)

在步骤130的某些实施例中，度量值是下列之一：

i) 表明相应对齐体积门限的概率基本上仅受到杂波效应的影响，即，基本上所有接收能量源于杂波效应；

ii) 表明相应对齐体积门限的概率基本上不受杂波效应的影响；

iii) 表明源自杂波效应的相应对齐体积门限内的接收能量的百分比；

iv) 表明源自相关信息的相应对齐体积门限内的接收能量的百分比；和

v) 设为某一常数，例如，0.0，如果相应对齐体积门限不受杂波效应的显著影响，否则设为不同的常数，例如1.0。

[0188] 在步骤130的一些实施例中，度量值仅取决于相应对齐体积门限的杂波抑制特性的值。在步骤130的其它实施例中，度量值取决于相应对齐体积门限和附加对齐体积门限的杂波抑制特征的值，其可以是下列中的至少一个：(i) 空间相邻，将术语“空间相邻”的范围限制到一个或多个轴上或者是任意一个轴上；和(ii) 时间相邻，例如，与相邻帧相关联的时间相邻。

[0189] 在步骤130的一些实施例中，度量值是可以是一个或多个杂波抑制特性局部值的预定义函数。例如，预定义函数可以是一个或多个杂波抑制特性局部值的线性函数。另一个可能的预定义函数可以是乘以一个或多个杂波抑制特性的每一个的线性函数的结果。

[0190] 在步骤130的其它实施例中，度量值可以是一个或多个杂波抑制特性局部值或区域值的自适应测定函数。自适应测定函数可以用于处理沿波束路径的介质相关的物理现象，影响杂波抑制特性值的局部分布，即使对于包括主要所需信息的对齐体积门限。

[0191] 在步骤130的某些实施例中，对自适应测定函数采用以下假设：

i) 如果对齐体积门限的信号可以与单个主要反射器相关联，并且杂波抑制特征根据所需信息特性定义，对齐体积门限的计算的杂波抑制特性的值取决于单个主反射器与波束视轴之间的空间角度（该假设被称为“空间角度相关假设”）；

ii)与关于波束视轴的某一空间角度相关联的杂波抑制特性的一组值的流行与在该空间角度处的波束增益相关(该假设被称为“流行假设”)。如果空间角度相关假设是正确的,当目标区域内的介质近似均匀时,流行假设是精确的。

[0192] 附加地或替代地,可以采用以下假设:

i)根据定义,杂波抑制特征提供表明局部杂波电平或受杂波显著影响的对齐体积门限的概率的信息。对于每个特性,理论上可以确定所需的度量值(与局部杂波电平的估算或者受杂波显著影响的对齐体积门限的概率相关联)是否会随着下列之一增加或减小:(a)特性值;或(b)特性值的函数,例如,特性值的绝对值(该假设被称为“特征趋势假设”)。

[0193] 给定上述假设,给定空间和/或时间区域的自适应测定函数可以基于空间和/或时间区域中的杂波抑制特性的值的空间和/或时间分析。

[0194] 因此,在步骤130的某些实施例中,计算度量值包括:

i)计算一个或多个度量值,其中每个度量模型与一组对齐体积门限(“对齐体积门限组”)和一个或多个杂波抑制特性(“特性组”)中的一个或多个相关。对齐体积门限可以包括所有帧中的所有对齐体积门限。或者,可以根据下列中的一个或多个,将对齐体积门限分成对齐体积门限组:

- a.相对于探针表面的距离;
- b.探头表面的波束相位中心;
- c.接收波束视轴和宽边之间的空间角度;
- d.发射波束和接收波束的视轴间的空间角度;和
- e.时间段,例如,定义为一定数量的连续帧。

[0195] 注意,对齐体积门限组可以与上述参数中多于一个参数相关联。例如,在2D扫描中,对齐体积门限可以与所有波束相关联,其中接收波束的方位角的绝对值介于预定义最小值和预定义最大值之间(在这种情况下,对齐体积门限组包括两个独立的空间角度);

ii)对于一个或多个对齐体积门限的每一个,根据与杂波抑制特性局部值相关联的一个或多个度量模型的值来设置局部度量值。

[0196] 在某些实施例中,当多于一个对齐体积门限组被定义时,局部度量值可以基于下列之一:

- a.与当前对齐体积门限组相关联的度量模型;或
- b.与当前对齐体积门限组和一个或多个空间和/或时间相邻对齐体积门限组相关联的度量模型。例如,可以将每个模型与对齐体积门限组的空间和/或时间质心联系,并且对于每个对齐体积门限,根据关于所述质心的对齐体积门限的空间位置,在不同模型的值之间应用内插法。

[0197] 在步骤130的一些实施例中,计算对齐体积门限的度量模型包括:

i)步骤210:计算与度量模型相关联的特性组的联合概率密度函数(联合联合-PDF),仅将与体积门限组相关联的体积门限列入考虑,该体积门限组与度量模型相关。

[0198] 联合联合-PDF可以,例如,通过计算联合直方图和归一化直方图来实现,以致于所有值的总和等于1.0。联合直方图的每个轴的值的范围可以是基于计算的相应杂波抑制特性的值的范围的预定义或自适应测定。用于联合直方图的每个轴的接收器的设置可以等间隔或不均匀地确定。图6中可以看到包含两个特性的特性组的步骤210的输出的示例;和

ii) 步骤220: 将联合联合-PDF转换为联合累积概率密度函数(联合联合-CDF)。联合联合-CDF可以使用与联合联合-PDF相同的接收器组用于每个轴。联合联合-CDF的值通常在0.0至1.0的范围内。联合联合-CDF的计算可以以下列方式之一执行:

a. 联合联合-CDF的每个单元等于值为下列之一的所有联合联合-CDF单元的值的总和:
(1) 等于或高于当前单元的联合联合-PDF值; (2) 等于或低于当前单元的联合联合-PDF值;
(3) 高于当前单元的联合联合-PDF值; 和 (4) 低于当前单元的联合联合-PDF值。对于选项(1)和(3), 联合联合-CDF的值随着局部杂波电平或受杂波显著影响的对齐体积门限的概率而增加。对于选项(2)和(4), 联合联合-CDF的值随着局部杂波电平或受杂波显著影响的对齐体积门限的概率而降低。

[0199] 该方法可以通过流行假设来解释; 和

b. 联合联合-CDF的每个单元等于与对应于下列之一的特征组的值相关联的所有联合-CDF单元的值的总和: (1) 等于或高于杂波电平或受杂波显著影响的对齐体积门限的概率;
(2) 等于或低于杂波电平或受杂波显著影响的对齐体积门限的概率; (3) 较高的杂波电平或受杂波显著影响的对齐体积门限的概率; 和 (4) 较低的杂波电平或受杂波显著影响的对齐体积门限的概率。

[0200] 该方法可以通过流行假设和特性趋势假设的组合来解释。

[0201] 例如, 如果特征组包括两个特征, 其中每个所述特性的值随估算的杂波电平而增加, 并且我们定义: 度量值随着局部杂波电平而增加, 联合联合-CDF的每个单元应该等于联合联合-CDF的所有单元的值的总和, 所述联合联合-CDF对应于特性组中每个特性的较低(和可选相等)值。例如, 如果我们对与每个特性的低值或等值相对应的联合联合-CDF单元求和, 则求和可以由等式(7)定义:

$$(7) P(a, b) = \sum_{n=1}^a \sum_{m=1}^b p(n, m)$$

其中p为联合联合-PDF和P为联合联合-CDF, 两者都是作为特性组中第一和第二杂波抑制特性的接收器索引给出。

[0202] 在图7中可以看到包含两个特性的特性组的步骤220的输出的示例。

[0203] 步骤220的输出是度量模型, 也就是说, 通过由联合联合-CDF接收器定义的网格来定义特征组的每组值的度量值的矩阵。当测定对齐体积门限的局部度量值时, 基于特征组和给定度量模型的对应值, 可以使用插值或使用度量模型中的最近邻点。

[0204] 在步骤130的某些实施例中, 计算对齐体积门限的度量模型进一步包括步骤230: 对联合联合-CDF应用转移函数, 以获得用于量度值计算的适合的度量模型。

[0205] 在步骤230的一些实施例中, 转移函数是预定的, 而在其它实施例中, 传递函数是自适应的。在图8中可以看到在将自适应拉伸转移函数应用到联合联合-CDF后, 包含两个特性的特征组的步骤230的输出的示例。

[0206] 在步骤230的实施例中, 自适应转移函数使用源于联合联合-PDF和/或联合联合-CDF(即, 度量模型)的下列参数中的一个或多个:

i) 与联合-PDF峰相关联的杂波抑制特性值, 定义为下列之一: (a) 值最高的联合-PDF中的单元; (b) 联合-PDF的质心; 或(c) 在舍弃不同于具有最高峰值和/或最高总概率的联合-PDF的所有联合-PDF分布模式之后的联合-PDF的质心。

[0207] 联合-PDF峰对应于特征组的最普遍的值组。根据流行假设, 这组值预计对应于基

本上无杂波的对齐体积门限；

ii) 与联合-PDF正扩展峰值相关的杂波抑制特性值,其中采用以下定义:

a. “联合-PDF的长轴”是联合-PDF中的单位向量,指向联合-CDF值相对于联合-PDF峰最快增长的方向。注意,如果特性组包括单个杂波抑制特性,则联合-PDF是一维的,并且联合-PDF的长轴与所述一维的轴线重合;和

b. “联合-PDF的正扩展峰”是联合-PDF中的单元,发现于当从联合PDF峰开始并沿着联合-PDF的长轴的方向,直到到达值等于或低于最高联合-PDF值的联合-PDF的单元的过程中,该最高联合-PDF值乘以在0.0和1.0之间的预定义因子,例如0.5。如果在到达联合-PDF外围之前没有被发现,则采用沿边界的适用的联合-PDF单元;和

iii) 与联合-PDF的负扩展峰值相关的杂波抑制特性值,其中采用以下定义:

a. “联合-PDF的负扩展峰”是联合-PDF中的单元,发现于当从联合PDF峰开始并沿着联合-PDF的长轴的方向,直到到达值等于或低于最高联合-PDF值的联合-PDF的单元的过程中,该最高联合-PDF值乘以在0.0和1.0之间的预定义因子,例如0.5。如果在到达联合-PDF外围之前没有被发现,则采用沿边界的适用的联合-PDF单元。

[0208] 在步骤230的另外的实施例中,自适应转移函数包含下列中的一个或多个,以任何顺序:

i) 将值低于(和可选相等)自适应测定值的所有度量模型单元设置为特定值,例如,在联合-PDF的峰处的度量模型值,其中自适应测定值是下列之一:

- a. 联合-PDF的峰的度量模型值;
- b. 具有一定预定义因子的联合-PDF的正扩展峰的度量模型值;和
- c. 具有一定预定义因子的联合-PDF的负扩展峰的度量模型值;

ii) 将值高于(和可选相等)自适应测定值的所有度量模型单元设置为特定值,例如,在联合-PDF的峰处的度量模型值,其中自适应测定值是下列之一:

- a. 联合-PDF的峰的度量模型值;
- b. 具有一定预定义因子的联合-PDF的正扩展峰的度量模型值;和
- c. 具有一定预定义因子的联合-PDF的负扩展峰的度量模型值;

iii) 线性拉伸在第一边界和第二边界之间度量模型值,其中,第一和第二边界中的每一个是下列之一:

- a. 联合-PDF的峰的度量模型值;
- b. 具有一定预定义因子的联合-PDF的正扩展峰的度量模型值;
- c. 具有一定预定义因子的联合-PDF的负扩展峰的度量模型值;
- d. 最小度量模型值;
- e. 最大度量模型值;和
- f. 预定义常数,例如0或1。

[0209] 其中拉伸可以由等式(8)描述:

$$(8) M_{out} = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{if } M_{in} \leq M_{min} \\ 1 & \text{if } M_{in} \geq M_{max} \\ \frac{M_{in} - M_{min}}{M_{max} - M_{min}} & \text{if } M_{max} > M_{in} > M_{min} \end{array} \right\}$$

其中 M_{in} 为转移函数的输入, M_{out} 为转移函数的输出, M_{min} 为第一边界, M_{max} 为第二边界;和

- iv) 应用到度量模型值之一:
 - a. 多项式函数,例如抛物线函数;
 - b. 指数函数;和
 - c. 对数函数。

[0210] 在步骤230的另外的实施例中,转移函数的应用与联合-CDF的计算相结合。

[0211] 自适应波束成形(步骤141)

在步骤141的实施例中,在应用匹配滤波之前,之中或之后,将自适应波束成形求和应用到对齐体积门限。

[0212] 在步骤141的一些实施例中,自适应波束成形求和仅取决于相应对齐体积门限的度量值。在步骤141的其他实施例中,自适应波束成形求和仅取决于相应对齐体积门限和附加体积门限的度量值,其可以是下列中的至少一个:(i)空间相邻,将术语“空间相邻”的范围限制到一个或多个轴上或者是任意一个轴上;和(ii)时间相邻,例如,与相邻帧相关联的时间相邻。

[0213] 在一些实施例中,每个对齐体积门限的自适应波束成形求和取决于应用空间低通滤波器到与相应对齐体积门限和空间相邻体积门限相关联的度量值的结果,其中空间相邻体积门限与相同接收波束相关联。低通滤波器可以是线性的(例如,使用加权平均)或非线性(例如,使用最小或最大运算符)。例如,在基于源于实数匹配滤波信号的杂波抑制特性计算度量值时,这是有用的,在这种情况下,局部度量值可以受到与信号包络中的相位变化相关联的空间变化的影响。在这种情况下,可以设置应用低通滤波器的空间相邻度量值的数量,以便匹配接收时的采样频率和发射载波频率之间的比率(即,每个载波波长的样品数量)。

[0214] 在步骤141的某些实施例中,自适应波束成形求和包括测定一个或多个下列中的波束成形求和参数,这些参数取决于相应对齐体积门限的度量值,并且可能也取决于附加对齐体积门限的度量值:

- i) 相应体积门限的开启的换能器30的集合;
- ii) 相应对齐体积门限的变迹法模式。例如,当局部度量值表明对齐体积门限或受杂波显著影响的对齐体积门限的相对高的概率中的相对较高的杂波电平,可以使用变迹法模式产生相对于其它示例的较低旁瓣电平(并因此减小旁瓣杂波效应);和
- iii) 应用于与相应对齐体积门限相关联的所有样本的乘数(“全局乘数”)。例如,可以设置全局乘数,以便于补偿由于使用所选择的相应对齐体积门限的变迹法模式导致的信噪比的降低。

[0215] 附加地或替代地,全局乘数可以是相应对齐体积门限的度量值的函数,例如,线性函数。

[0216] 杂波抑制函数应用(步骤142)

在步骤142的实施例中,在应用匹配滤波之前,之中或之后,将杂波抑制函数应用到波束成形样品值。此外,如上所述,杂波抑制函数可以在接收时应用的任何附加处理之前或之后应用。例如,可以在应用对数压缩之前或之后应用杂波抑制函数。

[0217] 在步骤142的一些实施例中,杂波抑制函数仅取决于相应对齐体积门限的度量值。例如,杂波抑制函数可以简单地将波束成形的样品值乘以相应对齐体积门限的度量值。

[0218] 在步骤142的其他实施例中,杂波抑制函数取决于相应对齐体积门限和附加对齐体积门限的度量值,其可以是下列中的至少一个:(i)空间相邻,将术语“空间相邻”的范围限制到一个或多个轴上或者是任意一个轴上;和(ii)时间相邻,例如,与相邻帧相关联的时间相邻。

[0219] 在一些实施例中,杂波抑制函数取决于将空间低通滤波器取决于应用空间低通滤波器到与相应对齐体积门限和空间相邻体积门限相关联的度量值的结果其中空间相邻体积门限与相同接收波束相关联。低通滤波器可以是线性的(例如,使用加权平均)或非线性(例如,使用最小或最大运算符)。例如,在基于源于实数匹配滤波信号的杂波抑制特性计算度量值时,这是有用的,在这种情况下,局部度量值可以受到与信号包络中的相位变化相关联的空间变化的影响。在这种情况下,可以设置应用低通滤波器的空间相邻度量值的数量,以便匹配接收时的采样频率和发射载波频率之间的比率(即,每个载波波长的样品数量)。

[0220] 输出转移函数(步骤140)

在步骤140的实施例中,输出转移函数是预定义的,而在其它实施例中,输出转移函数是自适应的。

[0221] 在步骤140的一些实施例中,自适应输出转移函数包括下列中的一个或多个,以任何顺序:

i)应用下列之一:

- a.多项式函数,例如线性函数或抛物线函数;
- b.指数函数;和
- c.对数函数;和

ii)应用取决于相应体积门限的度量值,和可能取决于附加对齐体积门限的度量值的线性函数。

[0222] 在步骤140的另外的实施例中,自适应输出转移函数使用源于联合-PDF和/或联合-CDF(即,度量模型)的下列参数中的一个或多个:

- i)与联合-PDF峰相关联的杂波抑制特性;
- ii)具有一定预定义因子的联合-PDF的正扩展峰的度量模型值;和
- iii)具有一定预定义因子的联合-PDF的负扩展峰的度量模型值。

[0223] 示例

作为执行该方法的超声装置的示例,探针具有一维换能器阵列,并且采用每通道采样。在示例方法中,对于每个接收波束或每组接收波束,对于每个体积门限,应用波束成形样品校准。然后,对于每个对齐体积门限,计算单个杂波抑制特性,在该示例中,空间相关样品阵列中的零交叉数与空间相关样品阵列中开启的单元数之间的比例。例如,参考图3可以看出,零交叉数与开启的单元数之间的比例表明局部杂波电平。垂直轴对应于对齐体积门限索引,所以每个对齐体积门限对应于图中的一行。在波束中心的完美聚焦反射器预计会产生一个水平二进制大对象(如52)。在这种情况下,单个二进制大对象预计将通过该行。每个二进制大对象的边界由零交叉定义,因此零交叉的数量应该相对较少。相反地,杂波反射器的区域预计会产生倾斜的二进制大对象(如54)。因此,多个二进制大对象将通过每一行,

增加零交叉数,从而指示更大的杂乱可能性。零交叉的数量除以开启的单元的数量,因为在任何给定的情况下,开启的单元的较少的数量会减少预期的零交叉数量。

[0224] 在此示例中,对于每个对齐体积门限,使用计算用于帧中的所有对齐体积门限的度量模型来计算度量值。度量模型以下列方式计算。使用与通过使用直方图计算的当前帧相关联的所有接收波束的所有对齐体积门限来计算杂波抑制特征的概率分布函数(PDF),其中每个接收器都与杂波抑制特性值的范围相关联。使用累积求和将PDF转换为CDF,并将转移函数应用于如下的CDF中。测定对应于最高PDF值的PDF中单元索引,并测定对应于找到的单元索引的CDF值。将线性转移函数应用到CDF中,将发现的CDF值转换为0,并将1转换为1。然后将所有低于0的校正CDF值设置为0。注意,当给定一个特定的杂波抑制特性值时,可以使用度量模型上的内插来测定度量模型值。对于每个对齐体积门限,应用波束形成求和,并将输出乘以1减去局部度量值。以这种方式,与空间相关样品阵列中的高可变值相关联的每个对齐体积门限获得高的度量值,然后在波束形成求和期间被抑制或消除。

[0225] 基于二进制大对象的直接杂波抑制处理

在本发明的实施例中,所获取数据的处理包括:

i) 步骤310: 对于一个或多个体积门限,应用波束成形样品校准(包括对与波束成形相关联的样品应用相移和/或时延),并整理堆叠的空间相关样品阵列中的结果;

ii) 步骤320: 测定堆叠的空间相关样品阵列中的一个或多个二进制大对象,并测定每个这样的二进制大对象的边界;

iii) 步骤330: 对于一个或多个二进制大对象中的至少一个,计算一个或多个二进制大对象特征,其中二进制大对象特征表明下列中的至少一个: (a) 一个或多个轴中的堆叠的阵列空间导数;和(b) 一个或多个轴上的二进制大对象斜率;和

iv) 步骤340: 对于已经计算了二进制大对象特性的每个二进制大对象,将函数应用到对与二进制大对象相关联的堆叠的空间相关样品阵列单元的值(“二进制大对象函数”),其中二进制大对象函数取决于相应二进制大对象特性的值。

[0226] 在步骤320的某些实施例中,测定一个或多个二进制大对象并测定其边界是直接堆叠的空间相关样品阵列上,或者使用阵列信号的下列分量中的一个或多个执行: 幅度,相位,实数分量,和/或虚数分量。

[0227] 在步骤320的一些实施例中,使用本领域已知的切分方法来执行测定一个或多个二进制大对象并测定其边界。例如,可以检测堆叠的空间相关样品阵列的高幅度单元,并且采用区域增长方法来测定其边界,其中零交叉发生的地方可见边界。

[0228] 在步骤340的实施例中,二进制大对象函数可以是预定义的或者是二进制大对象特性局部值或区域值的自适应测定函数。

[0229] 在步骤340的某些实施例中,对于二进制大对象中的堆叠的空间相关样品阵列的每个单元,二进制大对象函数输出仅取决于所述单元的值和相应二进制大对象特性的值。例如,二进制大对象函数可以包括将二进制大对象中的堆叠的空间相关样品阵列的每个单元乘以0.0和1.0之间的因子,其中因子是二进制大对象特性相应值的函数。

[0230] 在步骤340的其他实施例中,二进制大对象中的堆叠的空间相关样品阵列的每个单元,二进制大对象函数输出取决于用于所述单元和空间/或时间相邻中的单元的堆叠的空间相关样品阵列的值,也取决于相应二进制特性的值。例如,在二进制特性的值暗示显

著的杂波效应的情况下,可以使用通过采用空间和/或时间内插匹配相邻单元的值来代替二进制大对象中的堆叠的空间相关样品阵列的值。

[0231] 在步骤340的某些实施例中,二进制大对象函数可以以各种方式取决于每个二进制特性(或特性的组合),例如,线性地,分段线性地,指数地,对数地,以多项式方式,以类似S型的方式,等等。

[0232] 在步骤340的另外的实施例中,二进制大对象函数可以取决于局部抑制特性的局部值的平均值,加权平均值,或者取决于某一百分位数(例如,最小值或最大值)。可以使用本领域已知的任何类型的平均值,例如算术平均值,几何平均值,中值等。

[0233] 在步骤340的另外的实施例中,二进制大对象函数还取决于其他局部参数,例如区域信噪比。例如,在堆叠的空间相关样品阵列的低信噪比区域中,可以优选地减少杂波抑制过程对阵列值的影响。

[0234] 可以以各种方式估算区域信噪比。例如,对于每个空间和/或时间区域(“时空区”),例如,对于每个帧中的每个对齐体积门限索引,可以基于下列中的一个或多个:

- i) 理论估算,例如,基于相对于探头和/或扫描区域类型的距离;
- ii) 基于在与空时区相关联的波束成形之前采样的样品的计算;和/或
- iii) 基于在与空时区相关联的波束成形之后的数据的计算。在这种情况下,通过局部抑制函数应用区域信噪比可以与当前帧或与前一帧有关。前一种选择可能需要执行两次波束成形求和,即,一次用于信噪比估算和一次在杂波抑制之后。后一种选择在计算上更有效率,但可能不那么精确。

[0235] 可以使用本领域已知的任何方法来执行信噪比计算。例如,如果所有采取的样品的动态范围保持恒定,则噪声信号分布也预计在所有样本中保持不变。结果,对于每个空时区,区域信噪比应该与区域信号功率的统计属性线性相关,例如区域信号功率的预定百分位数。

[0236] 在本发明的一些实施例中,所获取的数据的处理进一步包括根据二进制大对象特性的局部值或区域值来调整波束成形样品校准。调整波束成形样品校准的可能目标可以是有效地旋转倾斜的二进制大对象,以便于减小其二进制大对象斜率的绝对值,从而改善聚焦并提高范围分辨率。

[0237] 可以在步骤340之前或之后应用调整波束成形样品校准。当在步骤340之前应用时,根据调整的波束成形样品校准可以(或不能够)重新计算二进制特性的某些或全部值。

[0238] 调整波束成形样品校准可以相对于所有二进制大对象应用。或者,波束成形样品校准可以相对于一些与波束中的一些未聚焦的反射器相关联而不是与杂波反射器相关联的二进制大对象应用,例如仅对于斜率的绝对值相对较小的二进制大对象。

[0239] 本发明的某些实施例采用复合发射序列。在这种情况下,基于二进制大对象的直接杂波抑制处理可以以下列一种或多种方式进行:

- i) 对与每个发射脉冲相关联的数据单独应用基于二进制大对象的直接杂波抑制处理,并且对于每个对齐体积门限,使用杂波抑制输出作为与复合发射序列相关联的复合方案的输入。

[0240] ii) 对于每个对齐体积门限,应用与复合发射序列相关联的复合方案,并使用复合输出作为基于二进制大对象的直接杂波抑制处理的输入。

[0241] 局部直接杂波抑制处理

在本发明的实施例中,所获取的数据的处理包括:

i) 步骤410: 对于一个或多个体积门限,应用波束成形样品校准(包括对与波束成形相关联的样品应用相移和/或时延),并整理堆叠的空间相关样品阵列中的结果;

ii) 步骤420: 对于堆叠的空间相关样品阵列中的一个或多个单元,计算一个或多个局部抑制特性,其中局部抑制特征表明下列中的至少一个:(a) 在一个或多个轴上的局部堆叠的阵列空间导数;和(b) 在一个或多个轴上的二进制大对象斜率的局部估计;和

iii) 步骤430: 对于堆叠的空间相关样品阵列中的一个或多个单元,对堆叠的空间相关样品阵列的值应用函数(“局部抑制函数”),其中局部抑制函数取决于一个或多个局部抑制特征的值。

[0242] 在步骤420的一些实施例中,当使用一维探头时,可以基于沿着探头长轴(对于线性探头,该轴与横向距离匹配)的堆叠的阵列空间导数和沿着距离轴的堆叠的阵列空间导数之间的比例的反正切来估算二进制大对象斜率。例如,如果所述比率的反正切表示为 a_r ,并且 $|\cdot|$ 表示绝对算子,则二进制大对象斜率可定义为: $1 - (2/\pi) \cdot \left| |a_r| - (\pi/2) \right|$ 。可以采用任意空间导数,例如,一阶导数或二阶导数。

[0243] 在示例性装置中,探针具有一维换能器阵列,并且采用每通道采样。对于每个接收波束,对于每个体积门限,执行波束成形样品校准,并且在堆叠的空间相关样品阵列中处理结果。对于堆叠的空间相关样品阵列的每个单元,计算沿着两个轴的一维空间导数,在本示例中沿着范围轴和探头单元轴。通过计算沿着探头单元轴的局部导数和沿着距离轴的局部导数之间的比例的反正切来计算局部二进制大对象斜率。使用公式 $1 - (2/\pi) \cdot \left| |a_r| - (\pi/2) \right|$ 将该值转换成介于0到1之间的值,其中 a_r 为导数比例的反正切。对方程的输出应用预定义转移函数,例如S型转移函数,并且将堆叠的空间相关样品阵列的单元乘以1减去转移函数的输出。因此,例如,相对于沿着探头单元轴沿着距离轴具有更大导数的单元被保留。如图3所示,对于对应于波束中心的完美聚焦反射器的水平二进制大对象(52),沿着水平轴的二进制大对象中的相对较小的空间导数是预期的(即,从与对齐体积门限相关联的空间相关样品中接收一致的信号),但是沿着垂直轴的显著的空间导数是预期的(通过二进制大对象边界)。相反,对于对应于杂波反射器的倾斜的二进制大对象(54),沿着水平轴的空间导数预期会更高,并且沿垂直轴的空间导数预期是类似地。

[0244] 当使用二维或多维探头时,可以沿着一个或多个平面类似地估算二进制大对象斜率,例如,由范围轴和水平轴定义的平面和/或由范围轴和垂直轴定义的平面。附加地或替代地,可以进一步将沿着两个或多个平面的估算的二进制大对象斜率变换为全局斜率,匹配估算的二进制大对象平面与距离探头表面的距离相对应的轴的垂直面之间的角度。

[0245] 在步骤430的一些实施例中,局部抑制函数是预定义的,而在其他实施例中,局部抑制函数是根据局部抑制特性的局部值或区域值自适应测定的。

[0246] 在步骤430的某些实施例中,对于堆叠的空间相关样品阵列的每个单元,局部抑制函数输出仅取决于所述单元的值和相应局部抑制特性的值。例如,局部抑制函数可以包括将堆叠的空间相关样品阵列的每个单元乘以0.0和1.0之间的因子,其中因子是局部抑制特性相应值的函数。

[0247] 在步骤430的其他实施例中,对于堆叠的空间相关阵列的每个单元,局部抑制函数输出取决于用于所述单元和空间和/或时间相邻中的单元的堆叠空间相关样品阵列的值,也取决于相应局部抑制特性的值。在局部抑制特性的值暗示显著的杂波效应的单元中,可以使用通过采用空间和/或时间内插匹配相邻单元的值来代替这些单元中的堆叠的空间相关样品阵列的值。

[0248] 在步骤430的一些实施例中,局部抑制函数可以以各种方式取决于每个局部抑制特性(或特性的组合),例如,线性地,分段线性地,指数地,对数地,以多项式方式,以类似S型的方式,等等。

[0249] 在步骤430的另外的实施例中,局部抑制函数可以取决于局部抑制特性局部值的平均值,加权平均值,或某个百分位数(例如,最小值或最大值)。可以使用本领域已知的任何类型的平均值,例如算术平均值,几何平均值,中值等。

[0250] 在步骤430的另外的实施例中,局部抑制函数还取决于其他局部参数,例如区域信噪比。例如,在堆叠的空间相关样品阵列的低信噪比区域中,可以优选地减少杂波抑制过程对阵列值的影响。

[0251] 可以以各种方式估算区域信噪比。例如,对于每个空间和/或时间区域(“时空区”),例如,对于每个帧中的每个对齐体积门限索引,可以基于下列中的一个或多个:

i) 理论估算,例如,基于相对于探头和/或扫描区域类型的距离;

ii) 基于在与空时区相关联的波束成形之前采样的样品的计算;和/或

iii) 基于在与空时区相关联的波束成形之后的数据的计算。在这种情况下,通过局部抑制函数应用区域信噪比可以与当前帧或与前一帧有关。前一种选择可能需要执行两次波束成形求和,即,一次用于信噪比估算,一次在杂波抑制之后。后一种选择在计算上更有效率,但可能不那么精确。

[0252] 可以使用本领域已知的任何方法来执行信噪比计算。例如,如果所有采取的样品的动态范围保持恒定,则噪声信号分布也预计在所有样本中保持不变。结果,对于每个空时区,区域信噪比应该与区域信号功率的统计属性线性相关,例如区域信号功率的预定百分位数。

[0253] 在本发明的一些实施例中,所获取的数据的处理进一步包括根据局部抑制特性的局部值或区域值来调整波束成形样品校准。调整波束成形样品校准的可能目标可以是有效地旋转倾斜的二进制大对象,以便于减小其二进制大对象斜率的绝对值,从而改善聚焦并提高范围分辨率。

[0254] 用于调整波束成形样本对准的可能目标可以是有效地旋转倾斜的斑点,以便减小其斑点斜率的绝对值,从而改善聚焦并提高范围分辨率。

[0255] 可以在步骤430之前或之后应用调整波束成形样品校准。当在步骤430之前应用时,根据调整的波束成形样品校准可以(或不能够)重新计算局部抑制特性的某些或全部值。

[0256] 调整波束成形样品校准可以相对于堆叠的空间相关样品阵列的所有单元应用。或者,波束成形样品校准可以仅仅相对于堆叠的空间相关样品阵列的一些单元应用,例如仅对于局部抑制特性表明与波束中的一些未聚焦的反射器相关联而不是与杂波反射器相关联的二进制大对象的相对低的绝对值的单元应用。

[0257] 本发明的某些实施例采用复合发射序列。在这种情况下，局部直接杂波抑制处理可以以下列中的一种或多种方式执行：

i) 对与每个发射脉冲相关联的数据单独应用直接杂波抑制处理，并且，对于每个对齐体积门限，使用杂波抑制输出作为与复合发射序列相关联的复合方案的输入。

[0258] ii) 对于每个对齐体积门限，应用与复合发射序列相关联的复合方案，并使用复合输出作为直接杂波抑制处理的输入。

[0259] 在上面的描述中，实施例是本发明的示例或实施方式。“一个实施例”，“实施例”，“一些实施例”或“某些实施例”的各种表达方式不一定全都指同一实施例。

[0260] 尽管可以在单个实施例中描述本发明的各种特性，但是也可以单独地或以任何合适的组合方式提供特性。相反，尽管为了清楚起见在本文中可以在单独的实施例中描述本发明，但是本发明也可以在单个实施例中实现。此外，应当理解，本发明可以以各种方式实施，并且本发明可以在除了上述描述中所概述的实施例之外的实施例中实现。

[0261] 除非另有定义，本文所用技术和科学术语的含义通常为本发明所属领域的普通技术人员理解。

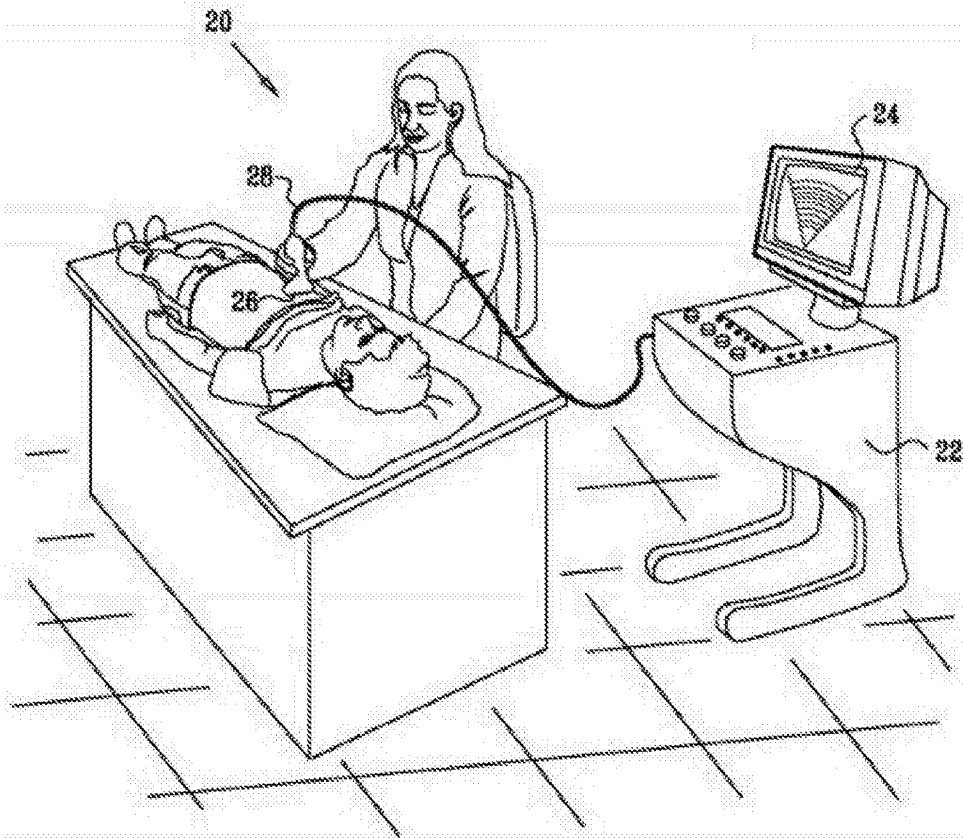


图1A

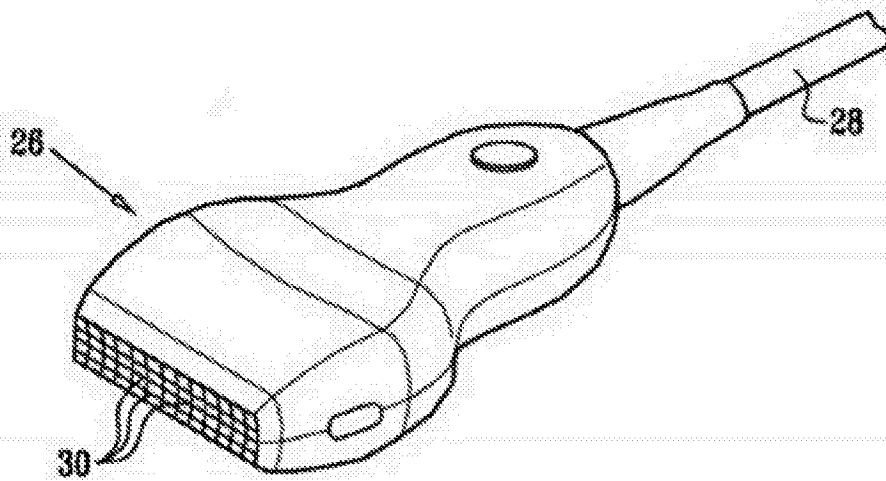


图1B

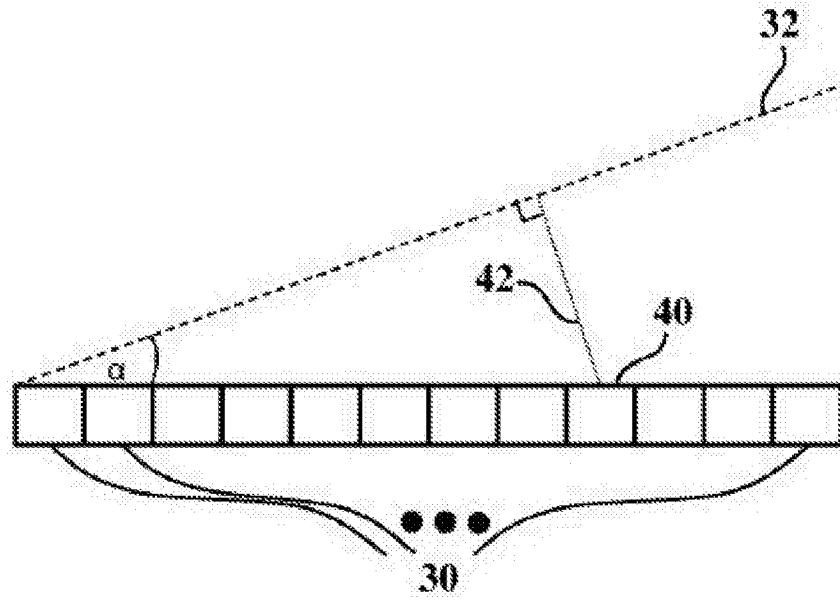


图2A

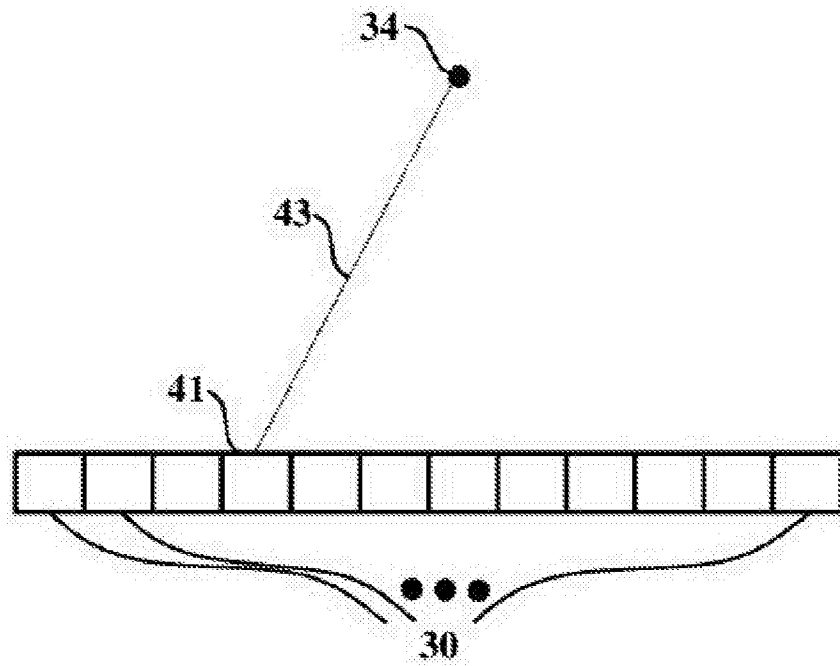


图2B

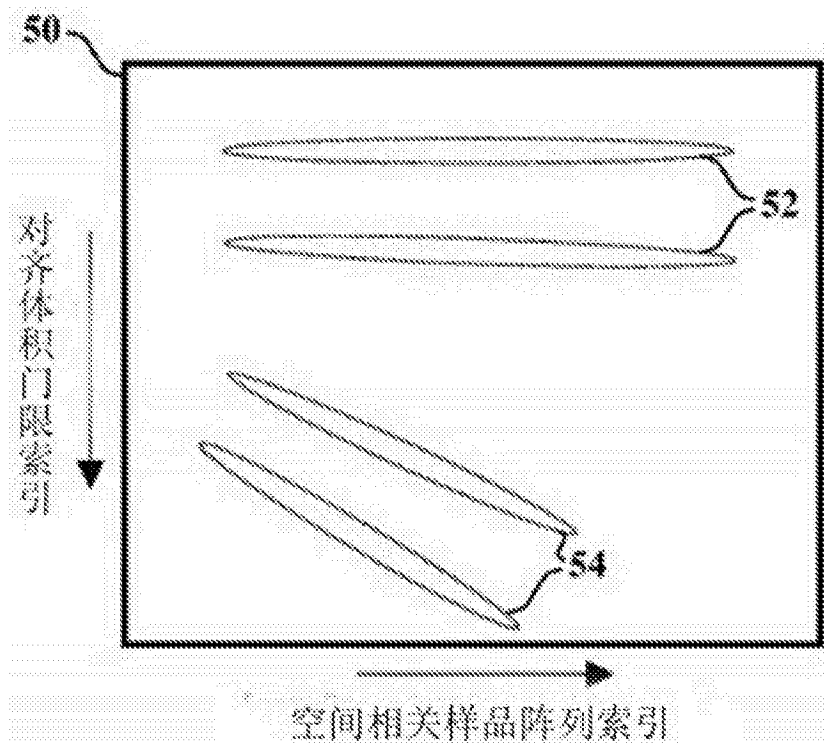


图3

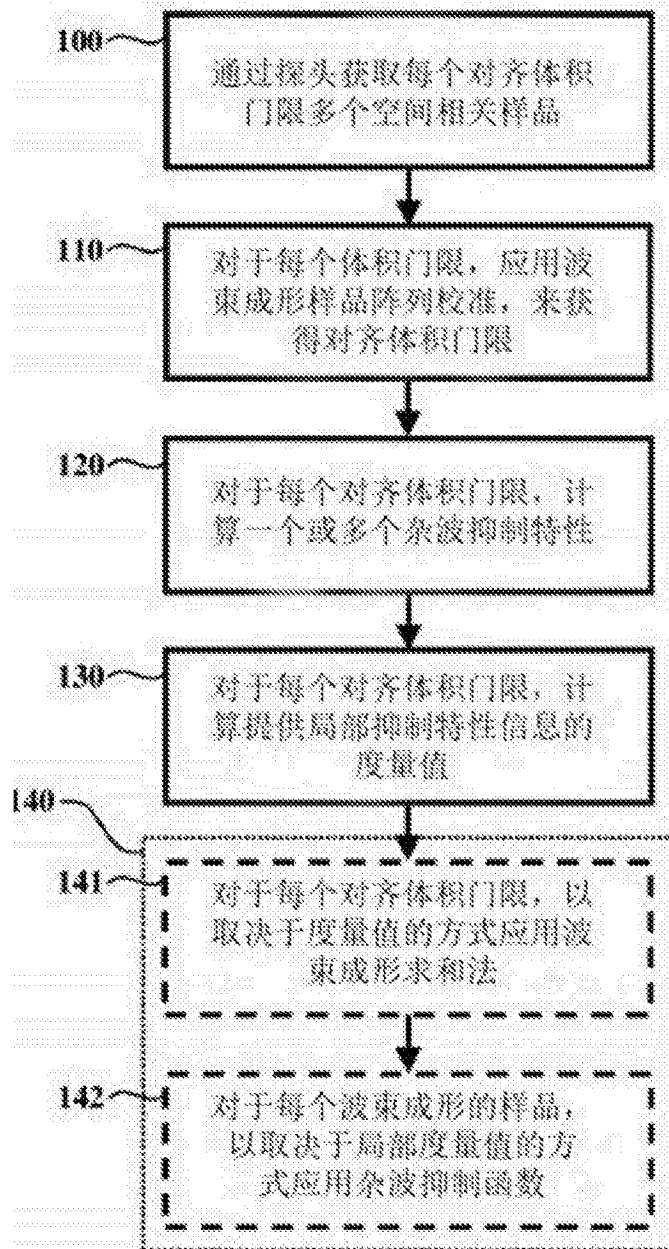


图4

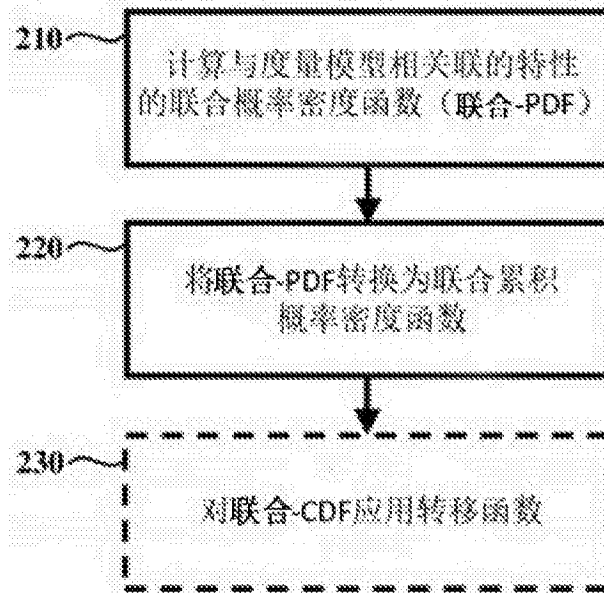


图5

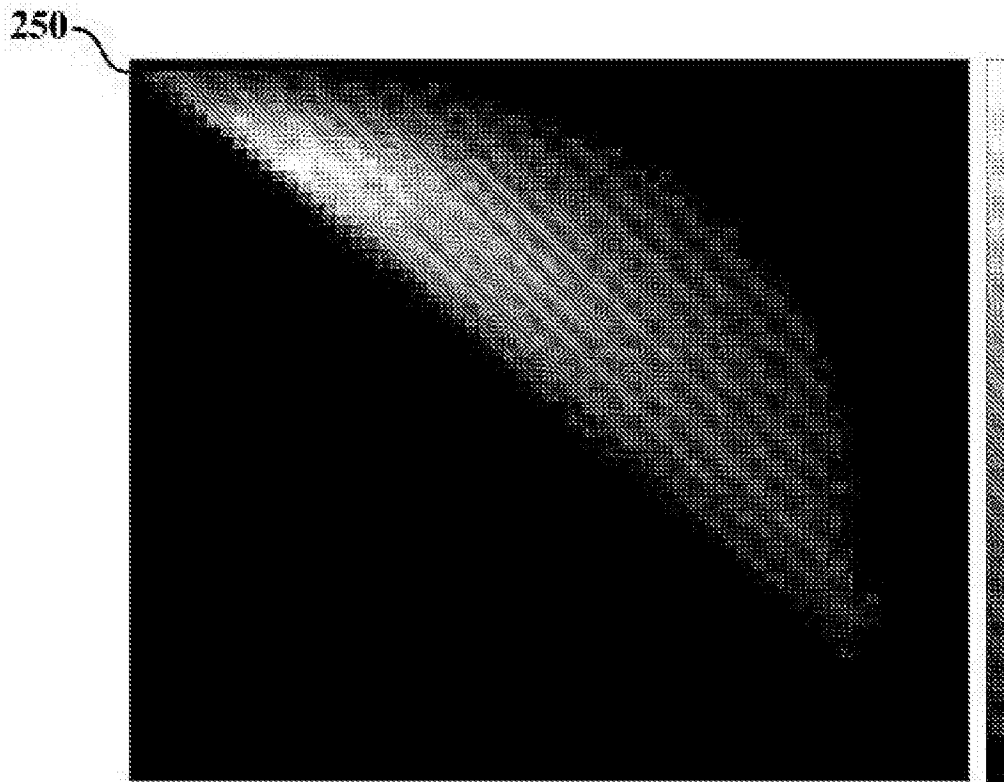


图6

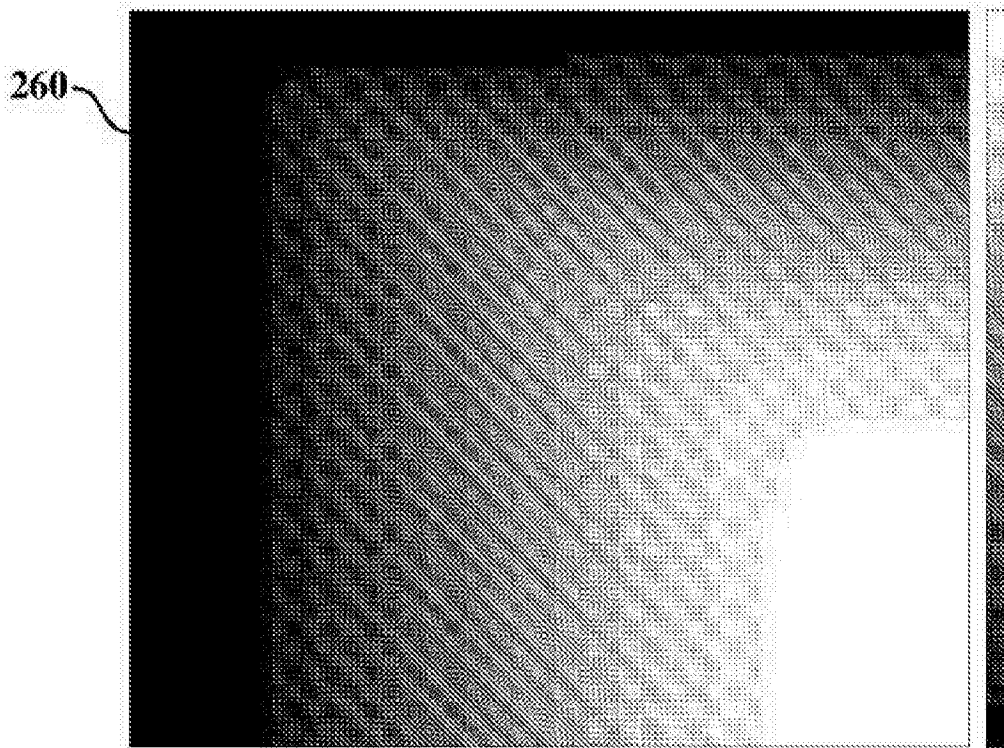


图7

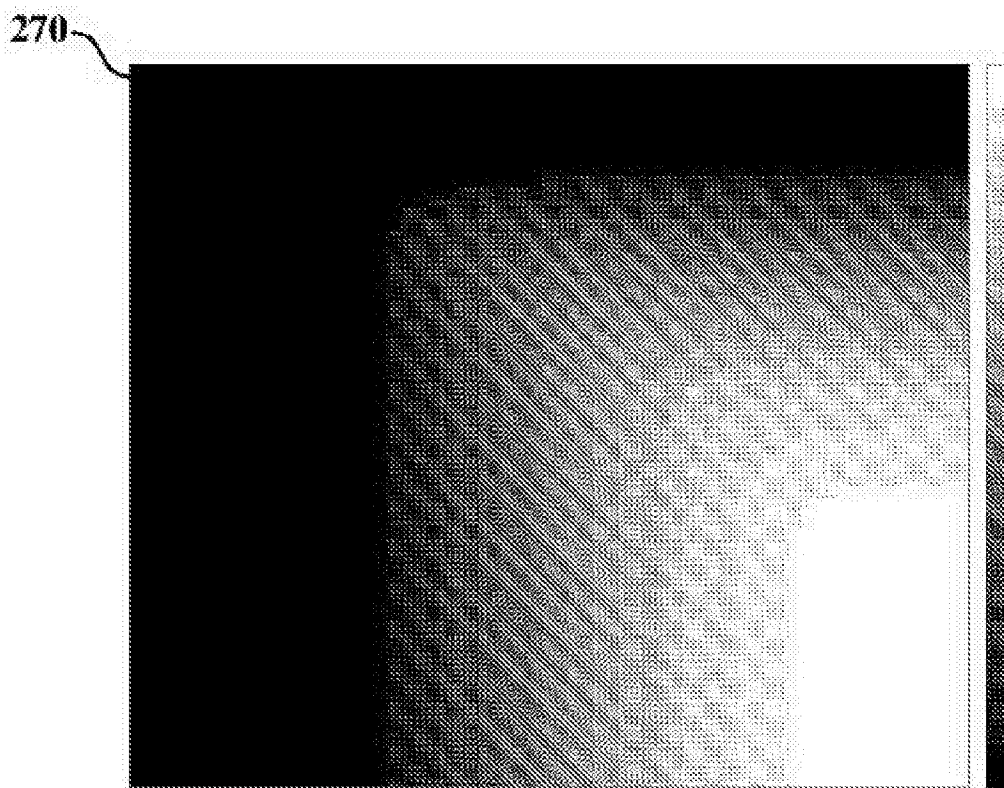


图8

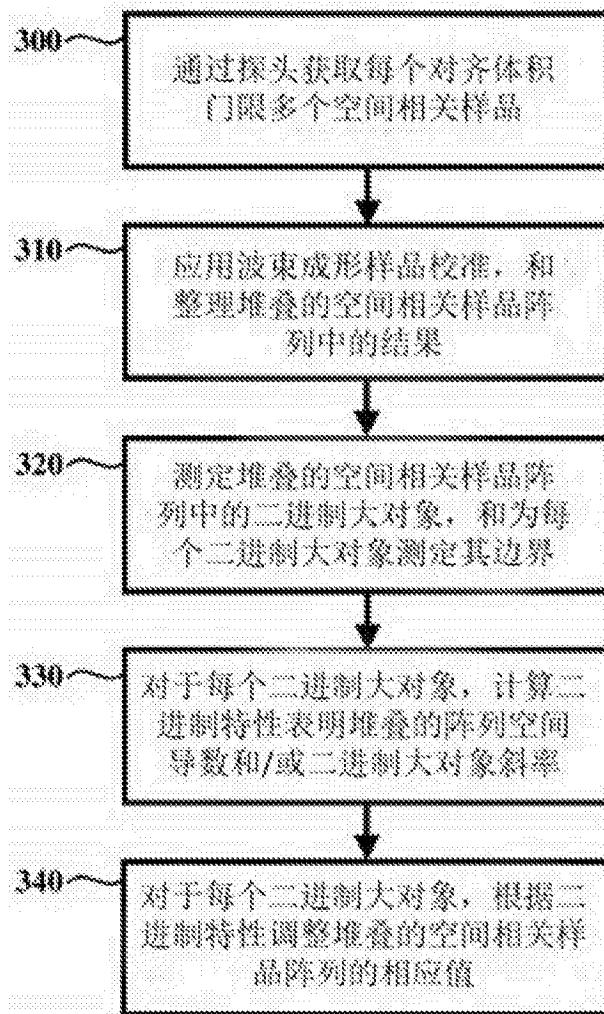


图9

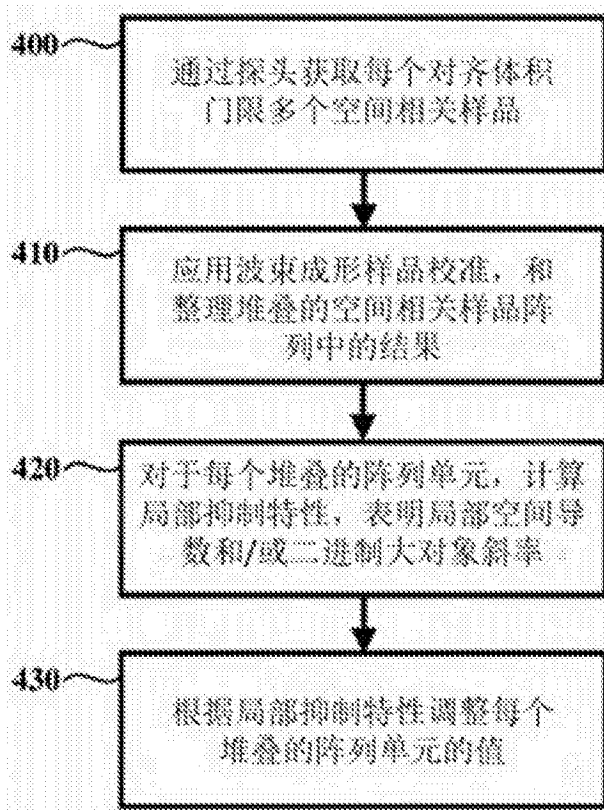


图10

专利名称(译)	超声成像系统中的杂波抑制		
公开(公告)号	CN107278271A	公开(公告)日	2017-10-20
申请号	CN201680013783.4	申请日	2016-03-07
[标]发明人	吉尔次维恩		
发明人	吉尔·次维恩		
IPC分类号	G01S7/52 A61B8/14		
CPC分类号	A61B8/14 G01S7/52026 G01S7/52047 G01S7/52077 G01S7/52085 G01S15/8915 G01S15/8918 G01S15/8927 G01S15/8997 A61B8/4494		
优先权	62/128525 2015-03-05 US		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

超声成像的方法，其中一些包括：产生一个或多个发射波束，每个发射波束的视轴都指向与目标区域相关联的方向；使用包括换能器阵列（30）的探头（26）产生一个或多个接收波束；对于每个或每组接收波束，单次或多次对接收信号采样，其中每个样品都与目标区域的特定体积（“体积门限”）相关联，通过探头为每个体积门限接管多个空间相关样品；并处理这些样品，所述处理包括：应用波束成形样品校准以致与体积门限相关的每个空间相关样品是对齐的；对于每个对齐体积门限，计算一个或多个杂波抑制特性，其中杂波抑制特性取决于空间相关样品的信号变化度；对于每个对齐体积门限，计算一个度量值，该度量值取决于对齐体积门限的一个或多个杂波抑制特性的一个或多个值，并依照这个度量值执行波束成形求和步骤。

