



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102641136 B

(45) 授权公告日 2016.08.03

(21) 申请号 201210041062.8

(22) 申请日 2012.02.21

(30) 优先权数据

10-2011-0015223 2011.02.21 KR

(73) 专利权人 三星电子株式会社

地址 韩国京畿道水原市

(72) 发明人 朴成灿 金圭洪 金晶滢

(74) 专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限公司 11286

代理人 郭鸿禧

(51) Int. Cl.

A61B 8/00(2006.01)

(56) 对比文件

CN 101527590 A, 2009.09.09,  
CN 1103774 A, 1995.06.21,  
JP 特许第 3711335 号 B2, 2005.11.02,  
Iben Kraglund Holfort. Minimum Variance Beamforming for High Frame-Rate Ultrasound Imaging. 《ILTRASONICS SYMPOSIUM 2007 IEEE》. 2007,  
Iben Kraglund Holfort. Broadband Minimum Variance Beamforming for

Ultrasound Imaging. 《IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control》. 2009, 第 56 卷 (第 2 期),  
Iben Kraglund Holfort. PLANEWAVE MEDICAL ULTRASOUND IMAGING USING ADAPTIVE BEAMFORMING. 《SENSOR APPAY AND MULTICHANNEL SIGNAL PROCESSING WORKSHOP 2008》. 2008,  
Babak Mohammadzadeh Asl. Eigenspace-Based Minimum Variance Beamforming Applied to Medical Ultrasound Imaging. 《IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control》. 2010, 第 57 卷 (第 11 期),

审查员 李陆美

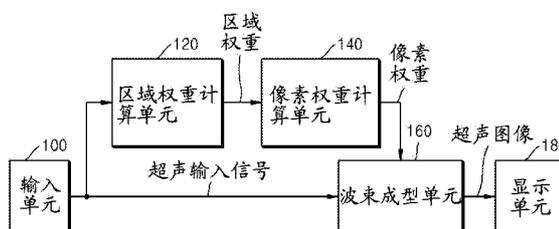
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

超声波束成型的方法和用于该方法的设备

(57) 摘要

提供一种超声波束成型的方法和用于该方法的设备。所述超声波束成型方法包括：在观测空间中将输入的超声信号划分为多个区域；计算用于所述多个区域中的每个区域的权重值；使用用于每个区域的权重值来计算用于每个像素的像素权重值；以及使用像素权重值来计算波束成型值。



1. 一种超声波束成型方法,包括:

在观测空间中将输入的超声信号划分为多个区域;计算用于所述多个区域中的每个区域的权重值;

使用用于每个区域的权重值来计算用于每个像素的像素权重值;以及  
使用像素权重值来计算波束成型值,

其中,计算用于所述多个区域中的每个区域的权重值的步骤包括:

针对超声图像中的所有像素中的每个像素来计算像素协方差值;

针对所述多个区域中的每个区域,通过对用于每个区域中所包括的所有像素的像素协方差值求和来计算用于每个区域的区域协方差值;以及

针对所述多个区域使用区域协方差值来计算用于每个区域的权重值。

2. 如权利要求1所述的超声波束成型方法,其中,将输入的超声信号划分为多个区域的步骤包括:将所述超声信号划分为彼此不重叠的多个块。

3. 如权利要求1所述的超声波束成型方法,其中,将输入的超声信号划分为多个区域的步骤包括:将所述超声信号划分为彼此部分重叠的多个块。

4. 如权利要求1所述的超声波束成型方法,其中,针对所述多个区域使用区域协方差值

来计算用于每个区域的权重值的步骤包括:当给出区域协方差值  $\bar{R}(j,i)$  和导向矢量  $a = \begin{pmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{pmatrix}$

时,通过等式  $\bar{W}(j,i) = \frac{\bar{R}(j,i)^{-1}a}{a^H \bar{R}(j,i)^{-1}a}$  来计算用于每个区域的区域权重值  $\bar{W}(j,i)$ , 其中,  $(j,i)$  表示每个区域的位置。

5. 如权利要求1所述的超声波束成型方法,其中,使用用于每个区域的权重值来计算用于每个像素的像素权重值的步骤包括:通过对用于所述多个区域的权重值进行线性插值来计算像素权重值。

6. 一种超声波束成型设备,包括:

输入单元,用于接收超声信号;

区域权重计算单元,用于在观测空间中将超声信号划分为多个区域,并计算用于所述多个区域中的每个区域的权重值;

像素权重计算单元,用于使用用于每个区域的权重值来计算用于每个像素的像素权重值;以及

波束成型单元,用于使用像素权重值来计算波束成型值,并使用计算的波束成型值来产生超声图像,

其中,区域权重计算单元针对超声图像中的所有像素中的每个像素来计算像素协方差值,针对所述多个区域中的每个区域,通过对用于每个区域中所包括的所有像素的像素协方差值求和来计算用于每个区域的区域协方差值,并针对所述多个区域使用区域协方差值来计算用于每个区域的权重值。

7. 如权利要求6所述的超声波束成型设备,其中,区域权重计算单元将超声信号划分为彼此不重叠的多个块。

8. 如权利要求6所述的超声波束成型设备,其中,区域权重计算单元将超声信号划分为彼此部分重叠的多个块。

9. 如权利要求6所述的超声波束成型设备,其中,当给出区域协方差值  $\bar{R}(j,i)$  和导向矢量  $a = \begin{pmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{pmatrix}$  时,区域权重计算单元通过等式  $\bar{W}(j,i) = \frac{\bar{R}(j,i)^{-1}a}{a^H \bar{R}(j,i)^{-1}a}$  来计算用于每个区域的区域权重值  $\bar{W}(j,i)$ ,其中,(j,i)表示每个区域的位置。

10. 如权利要求6所述的超声波束成型设备,其中,像素权重计算单元通过对用于所述多个区域的权重值进行线性插值来计算像素权重值。

11. 一种超声成像系统,包括:

输入单元,用于接收超声信号;

区域权重计算单元,用于在观测空间中将超声信号划分为多个区域,并计算用于所述多个区域中的每个区域的权重值;

像素权重计算单元,用于使用用于每个区域的权重值来计算用于每个像素的像素权重值;

波束成型单元,用于使用像素权重值来计算波束成型值,并使用计算的波束成型值来产生超声图像;以及

显示单元,用于显示产生的超声图像,

其中,区域权重计算单元针对超声图像中的所有像素中的每个像素来计算像素协方差值,针对所述多个区域中的每个区域,通过对用于每个区域中所包括的所有像素的像素协方差值求和来计算用于每个区域的区域协方差值,并针对所述多个区域使用区域协方差值来计算用于每个区域的权重值。

## 超声波束成型的方法和用于该方法的设备

### 技术领域

[0001] 本公开涉及一种超声成像系统,更具体地讲,涉及一种高清晰度超声波束成型技术。

### 背景技术

[0002] 超声图像被用于通过输出脉冲并接收所述脉冲的反射信号来对组织的特性进行分析。超声成像系统需要聚焦,以获得位于期望位置的组织的反射特性。在延迟叠加(DAS)处理中,超声成像系统在聚焦期间从输入到超声换能器的信号产生数据。

[0003] 由于邻近组织之间的信号速度的差或者折射和反射效应,难以对处于期望位置的组织精确聚焦。为了解决该问题,自适应权重波束成型技术已被提出,在所述自适应权重波束成型技术中,通过对输入到超声换能器的每个元件的信号给予权重来执行DAS处理。具有权重控制效果的自适应权重波束成型技术可最小化信号噪声,从而减少变化值。根据该技术,与简单的DAS方法相比,可获得高分辨率图像。然而,自适应权重波束成型技术的简单应用会增加计算量。

### 发明内容

[0004] 提供了一种可在自适应权重波束成型中减少计算量的超声波束成型方法和设备,并提供了一种超声成像系统以及一种其上记录有用于执行超声波束成型方法的程序的计算机可读记录介质。

[0005] 在以下描述中将部分阐述另外的方面,还有部分通过描述将是清楚的,或者可通过本实施例的实施而获知。

[0006] 根据本发明的一方面,一种超声波束成型方法包括:在观测空间中将输入的超声信号划分为多个区域;计算用于所述多个区域中的每个区域的权重值;使用用于每个区域的权重值来计算用于每个像素的像素权重值;使用像素权重值来计算波束成型值。

[0007] 将输入的超声信号划分为多个区域的步骤可包括:将所述超声信号划分为彼此不重叠的多个块。

[0008] 将输入的超声信号划分为多个区域的步骤可包括:将所述超声信号划分为彼此部分重叠的多个块。

[0009] 计算用于所述多个区域中的每个区域的权重值的步骤可包括:针对超声图像中的所有像素中的每个像素来计算像素协方差值;针对所述多个区域中的每个区域,通过对用于每个区域中所包括的所有像素的像素协方差值求和来计算用于每个区域的区域协方差值;针对所述多个区域使用区域协方差值来计算用于每个区域的权重值。

[0010] 针对所述多个区域使用区域协方差值来计算用于每个区域的权重值的步骤可包

括:当给出区域协方差值  $\bar{R}(j,i)$  和导向矢量  $a = \begin{pmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{pmatrix}$  时,通过等式  $\bar{W}(j,i) = \frac{\bar{R}(j,i)^{-1}a}{a^H \bar{R}(j,i)^{-1}a}$  来计

算用于每个区域的区域权重值 $\bar{W}(j,i)$ ，其中，(j,i)表示每个区域的位置。

[0011] 使用用于每个区域的权重值来计算用于每个像素的像素权重值的步骤可包括：通过对用于所述多个区域的权重值进行线性插值来计算像素权重值。

[0012] 根据本发明的另一方面，一种超声波束成型设备包括：输入单元，用于接收超声信号；区域权重计算单元，用于在观测空间中将超声信号划分为多个区域，并计算用于所述多个区域中的每个区域的权重值；像素权重计算单元，用于使用用于每个区域的权重值来计算用于每个像素的像素权重值；波束成型单元，用于使用像素权重值来计算波束成型值，并使用计算的波束成型值来产生超声图像。

[0013] 区域权重计算单元可将超声信号划分为彼此不重叠的多个块。

[0014] 区域权重计算单元可将超声信号划分为彼此部分重叠的多个块。

[0015] 区域权重计算单元可针对超声图像中的所有像素中的每个像素来计算像素协方差值，针对所述多个区域中的每个区域，通过对用于每个区域中所包括的所有像素的像素协方差值求和来计算用于每个区域的区域协方差值，并针对所述多个区域使用区域协方差值来计算用于每个区域的权重值。

[0016] 当给出区域协方差值 $R(j,i)$ 和导向矢量 $a = \begin{pmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{pmatrix}$ 时，区域权重计算单元可通过等式

$$\bar{W}(j,i) = \frac{\bar{R}(j,i)^{-1}a}{a^H \bar{R}(j,i)^{-1}a}$$
来计算用于每个区域的区域权重值 $\bar{W}(j,i)$ ，其中，(j,i)表示每个区域的位置。

[0017] 像素权重计算单元可通过对用于所述多个区域的权重值进行线性插值来计算像素权重值。

[0018] 根据本发明的另一方面，一种超声成像系统包括：输入单元，用于接收超声信号；区域权重计算单元，用于在观测空间中将超声信号划分为多个区域，并计算用于所述多个区域中的每个区域的权重值；像素权重计算单元，用于使用用于每个区域的权重值来计算用于每个像素的像素权重值；波束成型单元，用于使用像素权重值来计算波束成型值，并使用计算的波束成型值来产生超声图像；显示单元，用于显示产生的超声图像。

[0019] 根据本发明的另一方面，一种其上记录有用于执行超声波束成型方法的程序的计算机可读记录介质，所述超声波束成型方法包括：在观测空间中将输入的超声信号划分为多个区域；计算用于所述多个区域中的每个区域的权重值；使用用于每个区域的权重值来计算用于每个像素的像素权重值；使用像素权重值来计算波束成型值。

## 附图说明

[0020] 从以下结合附图对实施例进行的描述中，这些和/或其他方面将变得清楚并更容易理解，其中：

[0021] 图1示出根据本发明的实施例的超声成像系统的结构的框图；

[0022] 图2A和图2B示出以像素为单位计算权重值和情况和以区域为单位计算权重值的情况；

- [0023] 图3是用于解释根据本发明的实施例的超声波束成型方法的示例的流程图；
- [0024] 图4是用于详细解释根据本发明的实施例的计算区域权重值的操作的流程图；
- [0025] 图5A、图5B和图5C示出通过应用本发明的实施例获得的测试的结果。

### 具体实施方式

[0026] 现在将详细描述实施例,其示例在附图中示出,其中,相同的标号始终是指相同的元件。在这点上,本实施例可具有不同形式,并且不应该被解释为限于在此阐述的描述。因此,通过参照附图,以下实施例仅被描述用于解释本发明的多个方面。

[0027] 本发明涉及基于区域计算权重值的高速波束成型(BF)技术。

[0028] 图1是示出根据本发明的实施例的超声成像系统的结构的框图。图3是用于解释根据本发明的实施例的超声波束成型方法的示例的流程图。图4是用于详细解释根据本发明的实施例的计算区域权重值的操作的流程图。

[0029] 参照图1,根据本实施例的超声成像系统包括:输入单元100、区域权重计算单元120、像素权重计算单元140、波束成型单元160和显示单元180。输入单元100接收超声信号。

[0030] 区域权重计算单元120在观测空间中,将输入的超声信号划分为多个区域(S100),并计算用于每个划分区域(区域)的区域权重值(S120)。也就是说,区域权重计算单元120是用于基于输入信号计算用于每个观测区域的参数的模块。详细地,区域权重计算单元120针对超声图像中的所有像素中的每个像素计算像素协方差值(S122),通过对每个区域中的所有像素的像素协方差值求和来计算用于每个区域的区域协方差值(S124),并通过使用区域的区域协方差值来计算用于每个区域的区域权重值(S126)。

[0031] 像素权重计算单元140通过使用区域权重值来计算用于每个像素的像素权重值(S140)。详细地,像素权重计算单元140通过对区域权重值进行插值来计算像素权重值。

[0032] 这样,根据本发明,针对每个像素计算像素权重值,不是通过直接计算权重值来计算像素权重值,而是通过将输入的超声信号划分为多个区域,计算用于每个区域的区域权重值并通过使用区域权重值来计算像素权重值。

[0033] 图2A和图2B示出以像素为单位计算权重值的情况和以区域为单位计算权重值的情况。图2A示出以像素为单位直接计算权重值的示例。在这种情况下,计算量增加。

[0034] 在本发明中,如图2B中所示,观测空间中的超声信号被划分为多个区域,针对每个区域计算DAS所需的代表性权重值,并通过使用区域权重来计算每个像素的权重。超声信号可被划分为彼此不重叠的多个块,如图2B中所示,或者超声信号可被划分为彼此部分重叠的多个块。另外,超声信号可被划分为多个区域,每个区域具有与块不同的形状。

[0035] 波束成型单元160通过使用像素权重值应用DAS来计算波束成型值(S160),并使用计算的波束成型值产生超声图像。显示单元180显示(输出)产生的超声图像。将以将超声信号划分为如图2B中所示的彼此不重叠的多个块的示例使用数学表达式来详细描述波束成型处理。

[0036] 当每个块的索引是 $(i, j)$ 并且每个像素的索引是 $(x, y)$ 时,考虑用于每个像素的协方差矩阵 $\hat{R}(x, y)$ 、用于每个块的区域协方差矩阵 $\bar{R}(j, i)$ 、用于每个块的区域权重值

$\bar{W}(j,i)$ 、导向矢量  $a = \begin{pmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{pmatrix}$  和像素权重值  $w(x,y)$  的情况。超声信号被输入到输入单元100,并

如图2B中所示由区域权重计算单元120划分为  $N \times M$  个块。

[0037] 区域权重计算单元120基于针对每个块输入的数据值来计算平均协方差矩阵或总和协方差矩阵。也就是说,用于每个像素的协方差矩阵  $\hat{R}(x,y)$  被计算(S122),并通过使用用于每个像素的协方差矩阵  $\hat{R}(x,y)$  获得处于位置  $(j,i)$  并具有  $M \times N$  的大小的块中的所有像素的协方差矩阵的和,来计算用于每个块的区域协方差矩阵  $\bar{R}(j,i)$ 。

[0038] 当在图像坐标系中执行计算时,获得以下等式。

$$[0039] \quad \bar{R}(j,i) = \sum_{m=-M/2}^{M/2} \sum_{n=-N/2}^{N/2} \hat{R}_k(Mj+m, Ni+n) \quad [\text{等式1}]$$

[0040] 另外,当以少于换能器的全部元件的数量的数量来设置多个子孔径(sub-aperture)时,可获得所述多个子孔径的协方差值之和。当子孔径索引为  $K$  时,如下表示  $\bar{R}(j,i)$ 。

$$[0041] \quad \bar{R}(j,i) = \sum_{m=-M/2}^{M/2} \sum_{k=-K/2}^{K/2} \hat{R}_k(Mj+m, Ni) \quad [\text{等式2}]$$

[0042] 接下来,区域权重计算单元120根据以下等式计算用于每个块的区域权重值。

$$[0043] \quad \bar{W}(j,i) = \frac{\bar{R}(j,i)^{-1} a}{a^H \bar{R}(j,i)^{-1} a} \quad [\text{等式3}]$$

[0044] 根据等式3,为了计算权重值,计算协方差的逆矩阵  $R$ 。当针对每个像素直接计算权重值时,在等式3中,  $\hat{R}(x,y)$  被用于代替  $\bar{R}(j,i)$ 。

[0045] 假定换能器包括  $P$  个元件,相对于  $P \times P$  矩阵,逆矩阵的计算具有复杂度  $O(P^3)$ 。然而,当针对  $N \times M$  的块执行逆矩阵的计算时,计算量会减少至当直接计算用于每个像素的权重时获得的计算量的  $1/MN$ 。

[0046] 像素权重计算单元140使用双线性插值来计算用于每个像素  $(x,y)$  的像素权重值,所述双线性插值由以下等式表示。

$$[0047] \quad w(x,y) = \text{interpolation}(\bar{W}(j,i)) \quad [\text{等式4}]$$

[0048] 接下来,波束成型单元160使用自适应权重值来计算最小方差(MV)波束成型值,然后使用计算的波束成型值来产生超声图像数据,并将产生的数据输出到显示单元180。

[0049] 权重值的插值计算以及执行DAS所需的计算具有复杂度  $O(P)$ 。因此,整个计算中具有最多计算量的部分会是权重值的计算部分。

[0050] 因此,在本发明中,在具有最高复杂度的权重计算部分中,通过计算用于每个划分区域的权重而不是直接计算用于每个像素的权重来降低复杂度。例如,当用于超声信号的观测空间被划分为  $4 \times 32$  的大小的块时,计算量会整体降低至当直接计算用于每个像素的权重时获得的计算量的  $1/128$ 。

[0051] 图5A、图5B和图5C是示出通过应用本发明的实施例获得的测试的结果的图像。图5A示出一般DAS的情况,图5B示出当直接计算用于每个像素的权重时的MV波束成型的情况,图5C示出根据本发明的实施例的当计算用于每个区域的权重并且通过对计算的用于每个区域的权重进行插值来计算用于每个像素的权重时的MV波束成型的情况。

[0052] 在每个图像中,横轴表示角度,纵轴表示轴向距离。将图5C的图像与图5A的图像相比,可看出图像的分辨率被提高。另外,将图5C的图像与图5B的图像相比,可看出:在计算量降低的同时,在分辨率上几乎不存在差别。这样,当根据本发明的波束成型方法被采用时,计算量降低,并且可获得与在计算用于每个像素的权重的方法中的图像质量相同的图像质量。

[0053] 上述描述仅是实施例之一,在通过将整个图像划分为多个区域来计算权重的过程中,各种实施例是可行的。尽管区域的形状或区域之间重叠的程度会不同,但是计算量的显著降低是可能的。

[0054] 通过将整个图像划分为多个区域来计算权重的实施例可包括基于查找表(LUT)、Capon波束成型、均方差波束成型、最小方差波束成型、广义旁瓣相消和宽带波束成型来计算用于每个区域的权重的方法。

[0055] 依据根据本发明的超声图像波束成型技术,可通过分析输入的图像数据来提高分辨率和对比度。由于用于每个区域的权重被计算,并且随后通过使用计算的用于每个区域的权重来计算用于每个数据的权重,因此可以以高速度获得高质量图像。主题技术可被应用于各种超声成像技术(诸如超声成像或弹性图像(elastic image)),并可被进一步应用于雷达信号处理或声音信号处理。

[0056] 另外,还可通过介质(例如,计算机可读介质)中/上的计算机可读代码/指令来实现本发明的其他实施例,以控制至少一个处理元件实现上述任意实施例。所述介质可与允许存储和/或传输计算机可读代码的任意介质/媒介相对应。

[0057] 计算机可读代码可以以任何方式被记录/传送在介质上,以包括记录媒介(诸如磁存储媒介(例如,ROM、软盘、硬盘等)和光学记录媒介(例如,CD-ROM或DVD))以及传输媒介(诸如互联网传输媒介)的介质为例。因此,所述介质可以是这样定义和可测量的包括或携带信号或信息的结构,诸如根据本发明的一个或多个实施例的携带比特流的装置。所述媒介还可以是分布式网络,从而计算机可读代码以分布式方式被存储/传送和执行。另外,处理元件可包括处理器或计算机处理器,并且处理元件可被分布和/或包括在单个装置中。

[0058] 应该理解,在此描述的示例性实施例应该仅以描述性的含义被考虑,而不是用于限制的目的。每个实施例内的特征或方面的描述通常应该被视为可用于其他实施例中的其他相似特征或方面。

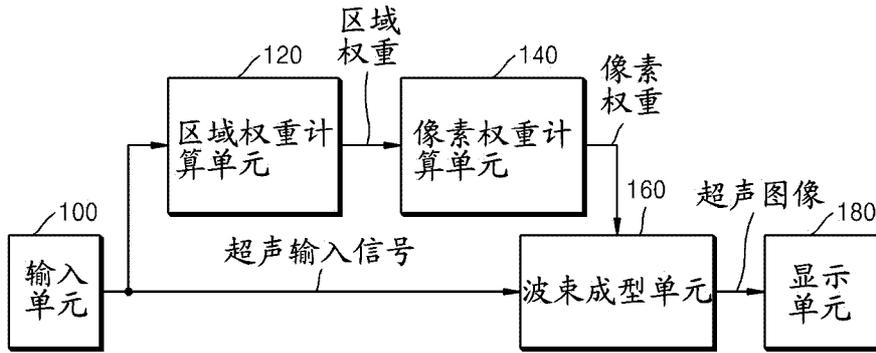


图1

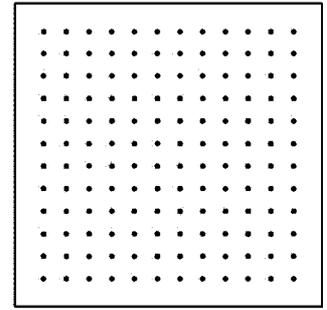


图2A

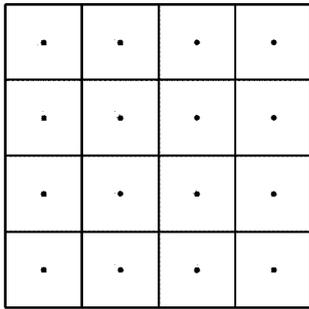


图2B

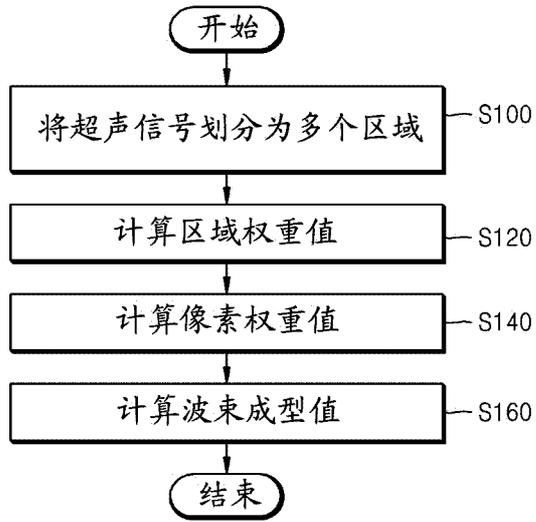


图3

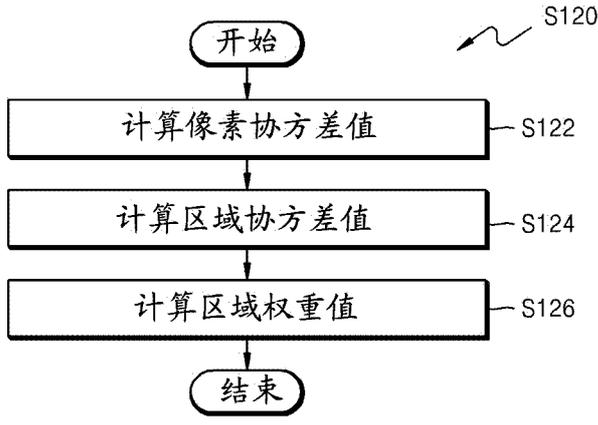


图4

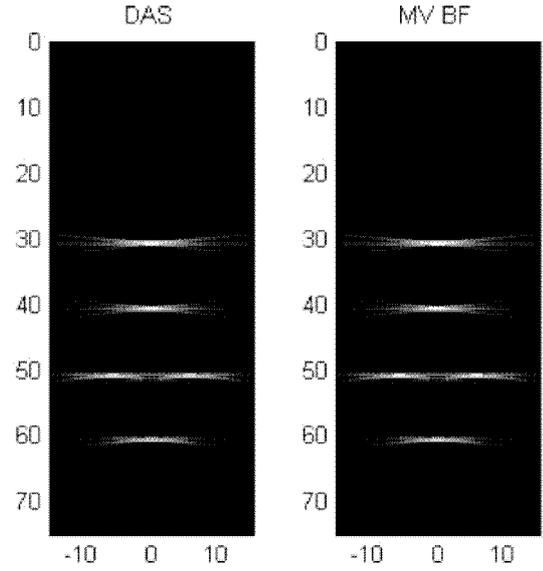


图5A

图5B

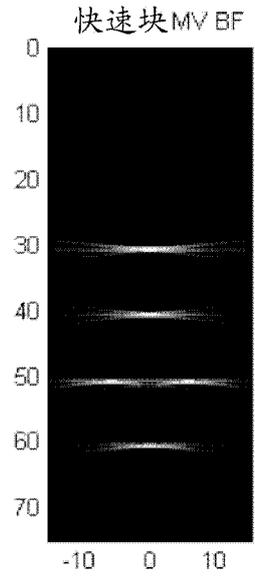


图5C

专利名称(译)	超声波束成型的方法和用于该方法的设备		
公开(公告)号	<a href="#">CN102641136B</a>	公开(公告)日	2016-08-03
申请号	CN201210041062.8	申请日	2012-02-21
[标]申请(专利权)人(译)	三星电子株式会社		
申请(专利权)人(译)	三星电子株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	三星电子株式会社		
[标]发明人	朴成灿 金圭洪 金晶滢		
发明人	朴成灿 金圭洪 金晶滢		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	G01S15/8977 G01S7/52047		
优先权	1020110015223 2011-02-21 KR		
其他公开文献	CN102641136A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

提供一种超声波束成型的方法和用于该方法的设备。所述超声波束成型方法包括：在观测空间中将输入的超声信号划分为多个区域；计算用于所述多个区域中的每个区域的权重值；使用用于每个区域的权重值来计算用于每个像素的像素权重值；以及使用像素权重值来计算波束成型值。

