



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101940479 B

(45) 授权公告日 2012. 10. 03

(21) 申请号 201010228089. 9

CN 101116622 A, 2008. 02. 06, 说明书摘要、

(22) 申请日 2010. 07. 15

说明书第 2 页第 2 段 - 第 5 页第 3 段、附图 1-4.

(73) 专利权人 重庆大学

审查员 陈响

地址 400044 重庆市沙坪坝区沙正街 174 号

(72) 发明人 王平 许琴 何为 陈民铀 张莉

(74) 专利代理机构 北京同恒源知识产权代理有限公司 11275

代理人 谢殿武

(51) Int. Cl.

A61B 8/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 6066099 A, 2000. 05. 23, 全文.

CN 101373181 A, 2009. 02. 25, 说明书第 5 页
倒数第 1 段 - 第 11 页第 2 段、附图 1-9.

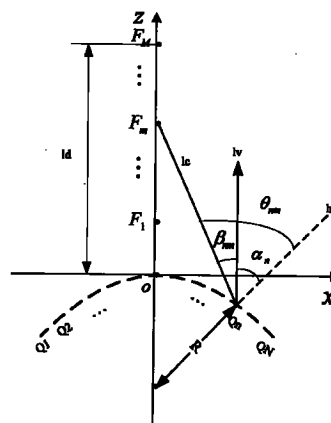
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 发明名称

基于分段动态变迹系数的超声成像波束合成
方法及其装置

(57) 摘要

本发明公开了基于分段动态变迹系数的超声成像波束合成方法,沿探测深度方向将阵元列的中心轴线分段生成各接收焦点;根据接收焦点与超声探头阵元列中阵元的连线和阵元法线的夹角构建与夹角大小呈反比的分段动态变迹系数。本发明在系数中纳入接收焦点深度为参考因素,在合成声束前直接生成分段动态变迹系数;不同分段所对应不同变迹函数,克服了单一幅度变迹函数只能作用局部区域的缺点,降低合成声束旁瓣等级,提高超声成像分辨率;还提出使用该方法的装置,通过 DSP 计算动态变迹系数,初始化存储变迹系数的双口 RAM 和动态变迹系数读取控制器,实现各阵元回波数据的动态变迹,然后经过聚焦模块,对各个阵元的回波数据进行延时叠加,实现波束合成。



1. 基于分段动态变迹系数的超声成像波束合成方法,其特征在于:根据接收焦点深度生成各阵元对应的动态变迹系数,将各阵元的回波数据与该阵元对应的动态变迹系数相乘,然后对各阵元相乘后的回波数据进行延时叠加,获得该接收焦点深度的合成波束,所述动态变迹系数通过如下步骤获得:

1) 以阵元列与其中心轴线的交点为起点,沿探测深度方向将阵元列的中心轴线分段,各分段点为接收焦点,获取接收焦点到阵元列与中心轴线交点的距离,作为各接收焦点深度;

2) 计算各接收焦点与阵元列中各阵元的连线 and 该阵元法线的夹角;

3) 根据步骤 2) 获得的夹角构建与夹角大小呈反比关系分段动态变迹系数;

步骤 2) 具体为:

21) 计算第 n 个阵元的法线与深度方向第一夹角;

22) 计算第 m 个接收焦点与第 n 个阵元的连线 and 深度方向第二夹角;

23) 第 m 个接收焦点与第 n 个阵元的连线 and 该阵元法线的第三夹角为: $\theta_{nm} = \alpha_n + \beta_{nm}$, 其中 α_n 为第一夹角值, β_{nm} 为第二夹角值, θ_{nm} 为第三夹角值;

24) 重复步骤 21) 至 23) 遍历所有阵元和所有接收焦点,获取各接收焦点与各阵元的连线 and 该阵元法线的第三夹角;

步骤 1) 具体为:

沿探测深度方向将阵元列中心轴均匀分段,接收焦点为等分线与阵元列中心轴线的交点,得到接收焦点深度为

$$z_m = \text{depth} * m / M, m = 1, 2, 3, \dots, M;$$

其中 depth 为探测总深度值, M 为均匀分段数, z_m 为第 m 个接收焦点的深度值;

阵元以阵元列中心轴线为对称轴,分布于探头两端并呈轴对称排列;阵元列所排列的探头为凸阵探头时,

步骤 21) 中第 n 个阵元的法线与深度方向的第一夹角为:

$$\alpha_n = \frac{d}{R} \cdot \left(n - \frac{N+1}{2} \right), n = 1, 2, 3, \dots, N;$$

其中, d 为阵元间距值, R 为探头曲率半径值, N 为阵元总数;

步骤 22) 中第 m 个接收焦点与第 n 个超声探头阵元的连线 and 深度方向第二夹角为:

$$\beta_{nm} = \arctan \frac{R \cdot \sin \alpha_n}{z_m + R \cdot (1 - \cos \alpha_n)}.$$

2. 如权利要求 1 所述的基于分段动态变迹系数的超声成像波束合成方法,其特征在于:步骤 3) 中利用汉宁窗形式函数计算第 n 个阵元相对于第 m 个接收焦点的分段动态变迹系数:

$$w_{nm} = a + b \cos(\pi \cdot \tan \theta_{nm});$$

其中, $a+b=1$, θ_{nm} 为第 m 个接收焦点与第 n 个阵元的连线 and 该阵元法线的第三夹角值, w_{nm} 为分段动态变迹系数值。

3. 如权利要求 2 所述的基于分段动态变迹系数的超声成像波束合成方法,其特征在于: a 取值为 0.5, b 取值为 0.5。

4. 使用如权利要求 1 至 3 任意一项所述的基于分段动态变迹系数的超声成像波束合成方法的装置,其特征在于:包括 n 个阵元对应的 n 个双口 RAM、DSP 芯片、动态变迹系数读取控制器、地址译码器、 n 个乘法器和聚焦模块;聚焦模块包括 n 个延时模块和累加器;DSP 芯片的数据输出端分别与 n 个阵元对应的 n 个双口 RAM 和动态变迹系数读取控制器的数据输入端连接;DSP 芯片的地址输出端与地址译码器的地址输入端连接,地址译码器的地址片选端与 n 个阵元对应的 n 个双口 RAM 和动态变迹系数读取控制器的片选端连接;动态变迹系数读取控制器的读取控制端分别与 n 个阵元对应的 n 个双口 RAM 的读取被控端连接, n 个阵元对应的 n 个双口 RAM 输出的数据通过 n 个乘法器和 n 个延时模块输入累加器,其中 n 为大于等于 1 的整数。

5. 如权利要求 4 所述的装置,其特征在于:装置对超声成像波束合成具体步骤为:

1) DSP 芯片将计算出的各接收焦点对应的各组分段动态变迹系数输出存储到 n 个阵元对应的 n 个双口 RAM 中;

2) DSP 芯片把各组分段动态变迹系数与各接收焦点的对应关系写入到变迹系数读取控制器中;

3) 当超声信号发射完毕, n 个阵元接收回波数据,动态变迹系数控制器根据回波数据对应的接收焦点,依次输出各组分段动态变迹系数;

4) 各组分段动态变迹系数与 n 个阵元的回波数据通过乘法器进行相乘变迹,生成变迹数据;

5) n 个阵元的回波数据经过变迹后,经聚焦模块对 n 个阵元的变迹数据分别进行延时,然后通过累加器进行叠加,实现波束合成。

基于分段动态变迹系数的超声成像波束合成方法及其装置

技术领域

[0001] 本发明涉及超声成像技术领域,具体涉及一种基于分段动态变迹系数的超声成像波束合成方法及其装置。

背景技术

[0002] 在超声成像系统中,通过引入幅度变迹函数来降低合成声束中旁瓣的等级,以抑制图像中的伪像影响,而通常单一的幅度变迹函数只能作用整个图像的局部区域,使得在该区域具有较好的图像分辨率,在该区域外,图像的分辨率明显下降。

[0003] 分段动态变迹控制是近年来,针对单一幅度变迹控制的缺点,而提出的改进方式。现有技术的分段动态变迹控制系数通过实验,将不同变迹函数应用到不同接收焦点范围段的超声成像技术中,以获得较理想的合成声束,由于使用了不同的变迹函数,而且在合成理想声束前需要反复实验获得不同变迹函数对应的最佳分段范围,增加了声束合成的运算复杂度;现有技术的变迹函数的系数中未考虑接收焦点深度对合成声束的影响,对于不同深度的接收焦点,同一变迹函数获得的一系列变迹系数为一组不变值,无法获得拥有理想旁瓣和理想主瓣关系的合成声束。

发明内容

[0004] 有鉴于此,为了解决上述问题,本发明公开了一种基于分段动态变迹系数的超声成像波束合成方法,使用同一形式变迹函数的系数,在系数中纳入接收焦点深度为声束合成参考因素,在合成声束前可直接计算出分段动态变迹系数。

[0005] 本发明的目的是这样实现的:基于分段动态变迹系数的超声成像波束合成方法,根据接收焦点深度生成各阵元对应的动态变迹系数,将各阵元的回波数据与该阵元对应的动态变迹系数相乘,然后对各阵元相乘后的回波数据进行延时叠加,获得该接收焦点深度的合成波束,所述动态变迹系数通过如下步骤获得:

[0006] 1) 以阵元列与其中心轴线的交点为起点,沿探测深度方向将阵元列的中心轴线分段,各分段点为接收焦点,获取接收焦点到阵元列与中心轴线交点的距离,作为各接收焦点深度;

[0007] 2) 计算各接收焦点与阵元列中各阵元的连线和该阵元法线的夹角;

[0008] 3) 根据步骤 2) 获得的夹角构建与夹角大小呈反比关系分段动态变迹系数。

[0009] 进一步,步骤 1) 具体为:

[0010] 沿探测深度方向将阵元列中心轴均匀分段,接收焦点为等分线与阵元列中心轴线的交点,得到接收焦点深度为

[0011] $z_m = \text{depth} * m / M, m = 1, 2, 3, \dots, M;$

[0012] 其中 depth 为探测总深度值, M 为均匀分段数, z_m 为第 m 个接收焦点的深度值。

[0013] 进一步,步骤 2) 具体为:

[0014] 21) 计算第 n 个阵元的法线与深度方向第一夹角;

[0015] 22) 计算第 m 个接收焦点与第 n 个阵元的连线和深度方向第二夹角；

[0016] 23) 第 m 个接收焦点与第 n 个阵元的连线和该阵元法线的第三夹角为： $\theta_{nm} = \alpha_n + \beta_{nm}$ ，其中 α_n 为第一夹角值， β_{nm} 为第二夹角值， θ_{nm} 为第三夹角值；

[0017] 24) 重复步骤 21) 至 23) 遍历所有阵元 and 所有接收焦点，获取各接收焦点与各阵元的连线和该阵元法线的第三夹角；

[0018] 进一步，阵元以阵元列中心轴线为对称轴，分布于探头两端并呈轴对称排列；

[0019] 进一步，阵元列所排列的探头为凸阵探头时，

[0020] 步骤 21) 中第 n 个阵元的法线与深度方向的第一夹角为：

$$[0021] \quad \alpha_n = \frac{d}{R} \cdot \left(n - \frac{N+1}{2} \right), \quad n = 1, 2, 3, \dots, N;$$

[0022] 其中， d 为阵元间距值， R 为探头曲率半径值， N 为阵元总数；

[0023] 步骤 22) 中第 m 个接收焦点与第 n 个超声探头阵元的连线和深度方向第二夹角为：

$$[0024] \quad \beta_{nm} = \arctan \frac{R \cdot \sin \alpha_n}{z_m + R \cdot (1 - \cos \alpha_n)};$$

[0025] 进一步，步骤 3) 中利用汉宁窗形式函数计算第 n 个阵元相对于第 m 个接收焦点的分段动态变迹系数为：

$$[0026] \quad w_{nm} = a + b \cos(\pi \cdot \tan \theta_{nm});$$

[0027] 其中， $a+b=1$ ， θ_{nm} 为第 m 个接收焦点与第 n 个阵元的连线和该阵元法线的第三夹角值， w_{nm} 为分段动态变迹系数值；

[0028] 进一步， a 取值为 0.5， b 取值为 0.5。

[0029] 还公开了使用基于分段动态变迹系数的超声成像波束合成方法的装置，包括 n 个阵元对应的 n 个双口 RAM、DSP 芯片、动态变迹系数读取控制器、地址译码器、 n 个乘法器和聚焦模块；聚焦模块包括 n 个延时模块和累加器；DSP 芯片的数据输出端分别与 n 个阵元对应的 n 个双口 RAM 和动态变迹系数读取控制器的数据输入端连接；DSP 芯片的地址输出端与地址译码器的地址输入端连接，地址译码器的地址片选端与 n 个阵元对应的 n 个双口 RAM 和动态变迹系数读取控制器的片选端连接；动态变迹系数读取控制器的读取控制端分别与 n 个阵元对应的 n 个双口 RAM 的读取被控端连接， n 个阵元对应的 n 个双口 RAM 输出的数据通过 n 个乘法器和 n 个延时模块输入累加器，其中 n 为大于等于 1 的整数。

[0030] 进一步，装置对超声成像波束合成具体步骤为：

[0031] 1) DSP 芯片将计算出的各接收焦点对应的各组分段动态变迹系数输出存储到 n 个阵元对应的 n 个双口 RAM 中；

[0032] 2) DSP 芯片把各组分段动态变迹系数与各接收焦点的对应关系写入到变迹系数读取控制器中；

[0033] 3) 当超声信号发射完毕， n 个阵元接收回波数据，动态变迹系数控制器根据回波数据对应的接收焦点，依次输出各组分段动态变迹系数；

[0034] 4) 各组分段动态变迹系数与 n 个阵元的回波数据通过乘法器进行相乘变迹，生成变迹数据；

[0035] 5) n 个阵元的回波数据经过变迹后，经聚焦模块对 n 个阵元的变迹数据分别进行

延时,然后通过累加器进行叠加,实现波束合成。

[0036] 本发明的有益效果是:使用同一形式变迹函数的系数,在系数中纳入接收焦点深度为声束合成参考因素,在合成声束前直接计算出分段动态变迹系数,提高了声束合成效率;由于引入接收焦点深度为参考因素,在不同分段所对应的变迹函数系列各不相同,克服了单一的幅度变迹函数只能作用整个图像的局部区域的缺点,降低合成声束中旁瓣的同时提高了超声成像的分辨率。

附图说明

[0037] 为了使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明作进一步的详细描述:

[0038] 图 1 示出了阵元列以及接收焦点结构关系;

[0039] 图 2 示出了凸阵探头的分段动态系数值分布示意图;

[0040] 图 3 示出了动态变迹与波束合成的原理框图。

具体实施方式

[0041] 以下将对本发明的优选实施例进行详细地描述。

[0042] 本发明公开了基于分段动态变迹系数的超声成像波束合成方法,在接收焦点深度生成各阵元对应的动态变迹系数,各阵元的回波数据与该阵元对应的动态变迹系数相乘,对各阵元相乘后的回波数据进行延时叠加,获得该接收焦点深度的合成波束,如图 1 所示,所述动态变迹系数通过如下步骤获得:

[0043] 1) 沿探测深度方向 1_v 将阵元列中心轴 Z 均匀分段,接收焦点为等分线与阵元列中心轴线 Z 的交点,得到接收焦点深度为

[0044] $z_m = \text{depth} * m / M, m = 1, 2, 3, \dots, M;$

[0045] 其中 depth 为探测总深度值, M 为均匀分段数, z_m 为第 m 个接收焦点的深度值;

[0046] 2) 计算不同接收焦点与阵元列中某阵元的连线 and 该阵元法线的夹角探头为凸阵探头时,计算第 n 个阵元 Q_n 的法线 1_n 与深度方向 1_v 第一夹角 α_n :

[0047] $\alpha_n = \frac{d}{R} \cdot \left(n - \frac{N+1}{2} \right), n = 1, 2, 3, \dots, N;$

[0048] 其中, d 为阵元间距值, R 为探头曲率半径值, NN 为阵元总数;

[0049] 计算第 m 个接收焦点 F_m 与第 n 个阵元 Q_n 的连线 1_c 和深度方向 1_v 的第二夹角 β_{nm} 为:

[0050] $\beta_{nm} = \arctan \frac{R \cdot \sin \alpha_n}{z_m + R \cdot (1 - \cos \alpha_n)};$

[0051] 第 m 个接收焦点 F_m 与第 n 个阵元 Q_n 的连线 1_c 和该阵元法线 1_n 的第三夹角 θ_{nm} 为:

[0052] $\theta_{nm} = \alpha_n + \beta_{nm};$

[0053] 其中 α_n 为第一夹角值, β_{nm} 为第二夹角值, θ_{nm} 为第三夹角值;

[0054] 遍历所有阵元和所有接收焦点,获取不同接收焦点与不同阵元的连线 and 该阵元法

线的第三夹角；

[0055] 3) 根据步骤 2) 获得的夹角构建与夹角大小呈反比关系的分段动态变迹系数。

[0056] 利用汉宁窗形式函数计算第 n 个阵元的单一幅度变迹系数公式：

$$[0057] \quad w_n = a + b \cos\left(\frac{2\pi(n - (\frac{N+1}{2}))}{N}\right) \quad n = 1, 2, 3, \dots, N;$$

[0058] 其中, N 为阵元总数, $a+b=1$, w_n 为单一的幅度变迹系数值；

[0059] θ_{nm} 替换上式, 构建分段动态变迹系数计算公式为：

$$[0060] \quad w_{nm} = a + b \cos(\pi \cdot \tan \theta_{nm});$$

[0061] 其中, w_{nm} 为分段动态变迹系数值；

[0062] 可以取 $a=0.5$, $b=0.5$ 带入上式有：

$$[0063] \quad w_{nm} = 0.5 + 0.5 \cos(\pi \cdot \tan \theta_{nm});$$

[0064] 遵循接收焦点与超声探头阵元列中阵元的连线 and 该阵元法线的第三夹角越大, 分段动态变迹系数应该越小的原则建立的分段动态变迹函数可实现降低合成声束中旁瓣的等级的同时, 不影响合成声束的分辨率。按照这个规律, 可以将接收焦点与超声探头阵元列中阵元的连线 and 该阵元法线的夹角变形应用到将余弦窗形式、海明窗形式、Blackman 窗形式等单一幅度变迹函数向分段动态变迹函数转换变形中, 下列列出了除汉宁窗形式外的, 另外几种动态变迹系数获取式：

[0065] 余弦窗：

$$[0066] \quad w_{nm} = \sin\left(\frac{\pi}{2} \cdot \tan \theta_{nm}\right)$$

[0067] 海明窗：

$$[0068] \quad w_{nm} = 0.54 + 0.46 \cos(\pi \cdot \tan \theta_{nm})$$

[0069] Blackman 窗：

$$[0070] \quad w_{nm} = 0.42 + 0.5 \cos(\pi \cdot \tan \theta_{nm}) + 0.08 \cos(2\pi \cdot \tan \theta_{nm})$$

[0071] 本发明还公开了使用基于分段动态变迹系数的超声成像波束合成方法的装置, 包括 n 个阵元对应的 n 个双口 RAM4、DSP 芯片 1、动态变迹系数读取控制器 3、地址译码器 2、 n 个乘法器 5 和聚焦模块 6；聚焦模块 6 包括 n 个延时模块 7 和累加器 8；DSP 芯片 1 的数据输出端分别与 n 个阵元对应的 n 个双口 RAM4 和动态变迹系数读取控制器 3 的数据输入端连接；DSP 芯片 1 的地址输出端与地址译码器 2 的地址输入端连接, 地址译码器 2 的地址片选端与 n 个阵元对应的 n 个双口 RAM4 和动态变迹系数读取控制器 3 的片选端连接；动态变迹系数读取控制器 3 的读取控制端分别与 n 个阵元对应的 n 个双口 RAM4 的读取被控端连接, n 个阵元对应的 n 个双口 RAM4 输出的数据通过 n 个乘法器 5 和 n 个延时模块 7 输入累加器 8。

[0072] 装置通过以下步骤完成超声成像波束合成：

[0073] 1) DSP 芯片 1 将计算出的各接收焦点对应的各组分段动态变迹系数输出存储到 n 个阵元对应的 n 个双口 RAM4 中；

[0074] 2) DSP 芯片 1 把各组分段动态变迹系数与各接收焦点的对应关系写入到变迹系数读取控制器 3 中；

[0075] 3) 当超声信号发射完毕, n 个阵元接收回波数据, 动态变迹系数控制器根据回波数据对应的接收焦点, 依次输出各组分段动态变迹系数;

[0076] 4) 各组分段动态变迹系数与 n 个阵元的回波数据通过乘法器 5 进行相乘变迹, 生成变迹数据;

[0077] 5) n 个阵元的回波数据经过变迹后, 经聚焦模块 6 对 n 个阵元的变迹数据分别进行延时, 然后通过累加器 8 进行累加, 实现波束合成。

[0078] 图 2 示出了凸阵探头的分段动态系数值分布。其中探头参数为: 阵元总数为 64, 阵元间距为 0.48mm, 探头曲率半径 60mm; 超声声速 1540m/s, 脉冲中心频率 3.5MHz, 凸阵探头在深度 20-200mm 上分为 8 段, 得到的分段动态变迹系数如图 2。图 2 中横坐标为阵元序号, 纵坐标为变迹系数值, 8 组曲线由上之下依次对应接收焦点 F_8 至 F_1 处的变迹系数值。

[0079] 本发明在超声成像技术领域, 通过对探头接收的回波数据进行动态加权变迹控制, 从而有效抑制声束旁瓣, 并在整个探测深度上保持良好的分辨率, 能够整体提高超声图像的质量。

[0080] 以上所述仅为本发明的优选并不用于限制本发明, 显然, 本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样, 倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内, 则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

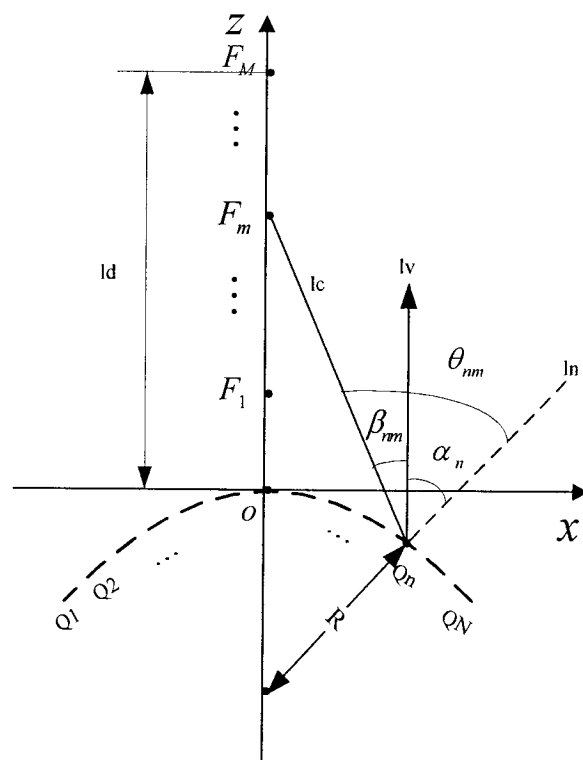


图 1

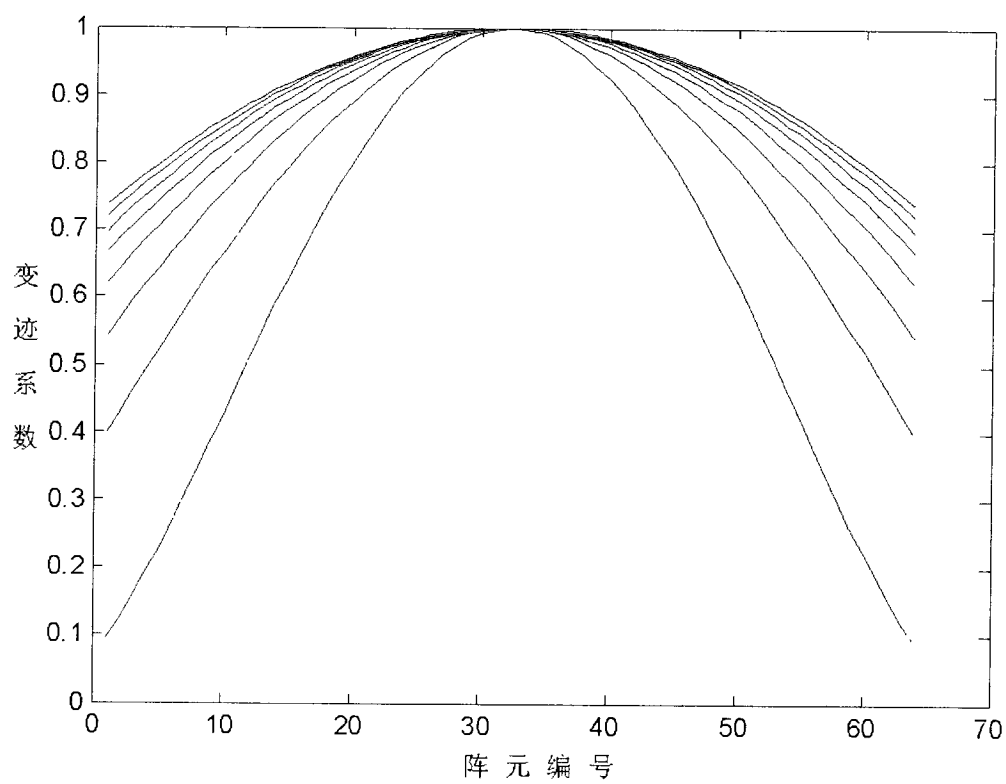


图 2

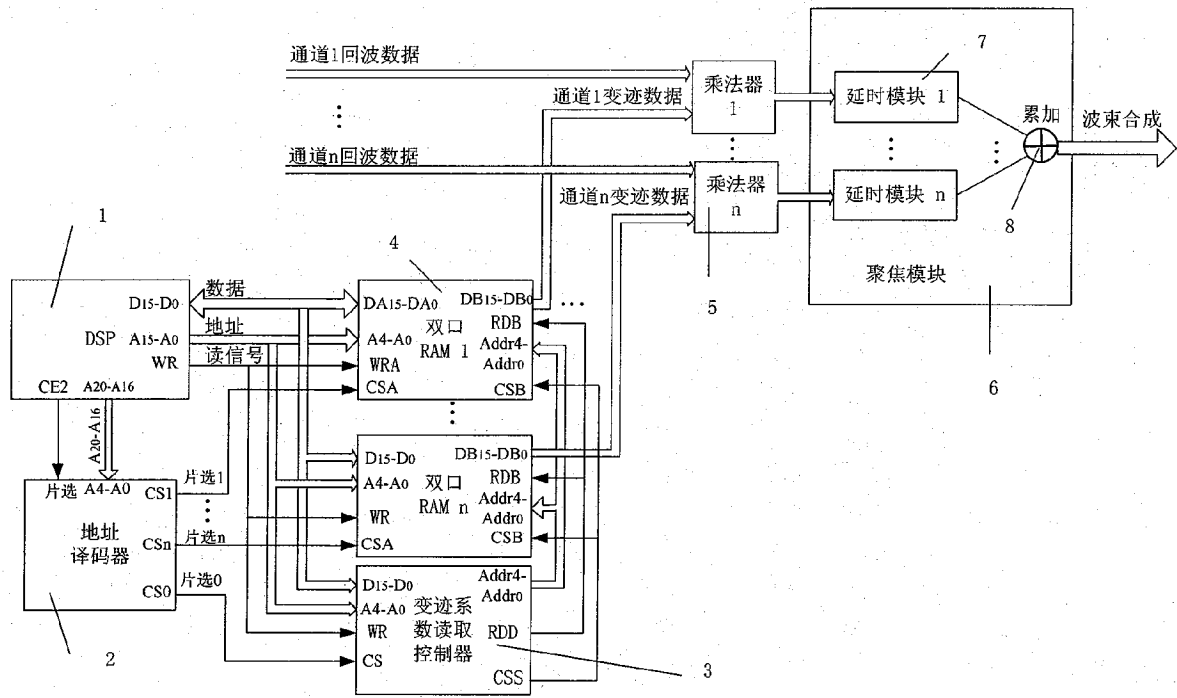


图 3

专利名称(译)	基于分段动态变迹系数的超声成像波束合成方法及其装置		
公开(公告)号	CN101940479B	公开(公告)日	2012-10-03
申请号	CN201010228089.9	申请日	2010-07-15
[标]申请(专利权)人(译)	重庆大学		
申请(专利权)人(译)	重庆大学		
当前申请(专利权)人(译)	重庆大学		
[标]发明人	王平 许琴 何为 陈民铀 张莉		
发明人	王平 许琴 何为 陈民铀 张莉		
IPC分类号	A61B8/00		
审查员(译)	陈响		
其他公开文献	CN101940479A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了基于分段动态变迹系数的超声成像波束合成方法，沿探测深度方向将阵元列的中心轴线分段生成各接收焦点；根据接收焦点与超声探头阵元列中阵元的连线和阵元法线的夹角构建与夹角大小呈反比的分段动态变迹系数。本发明在系数中纳入接收焦点深度为参考因素，在合成声束前直接生成分段动态变迹系数；不同分段所对应不同变迹函数，克服了单一幅度变迹函数只能作用局部区域的缺点，降低合成声束旁瓣等级，提高超声成像分辨率；还提出使用该方法的装置，通过DSP计算动态变迹系数，初始化存储变迹系数的双口RAM和动态变迹系数读取控制器，实现各阵元回波数据的动态变迹，然后经过聚焦模块，对各个阵元的回波数据进行延时叠加，实现波束合成。

