



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109498057 A

(43)申请公布日 2019.03.22

(21)申请号 201811640422.X

(22)申请日 2018.12.29

(71)申请人 深圳开立生物医疗科技股份有限公司

地址 518052 广东省深圳市南山区南头街  
道玉泉路毅哲大厦2、4、5、8、9、10、13  
楼

(72)发明人 朱建武 冯乃章

(74)专利代理机构 深圳市深佳知识产权代理事  
务所(普通合伙) 44285

代理人 王仲凯

(51)Int.Cl.

A61B 8/00(2006.01)

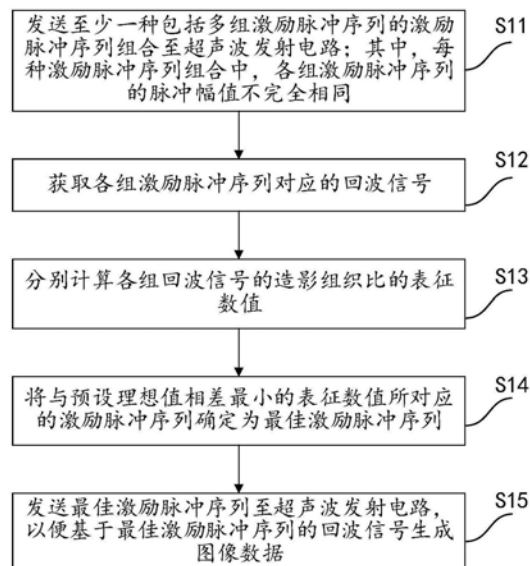
权利要求书2页 说明书10页 附图7页

(54)发明名称

一种超声造影成像方法、系统、控制设备及  
存储介质

(57)摘要

本申请公开了一种超声造影成像方法,包  
括:发送至少一种包括多组激励脉冲序列的激励  
脉冲序列组合至超声波发射电路;其中,每种激  
励脉冲序列组合中,各组激励脉冲序列的脉冲幅  
值不完全相同;获取各组激励脉冲序列对应的回  
波信号;分别计算各组回波信号的造影组织比的  
表征数值;将与预设理想值相差最小的表征数值  
所对应的激励脉冲序列确定为最佳激励脉冲序  
列;发送最佳激励脉冲序列至超声波发射电路,  
以便基于最佳激励脉冲序列的回波信号生成图  
像数据。本申请对于任一成像目标均可有力确保  
超声造影成像的图像质量,极大地提高了适用性  
和灵活性。本申请还公开了一种超声造影成像系  
统、控制设备及计算机可读存储介质,同样具有  
上述有益效果。



1. 一种超声造影成像方法,其特征在于,包括:

发送至少一种包括多组激励脉冲序列的激励脉冲序列组合至超声波发射电路;其中,每种激励脉冲序列组合中,各组所述激励脉冲序列的脉冲幅值不完全相同;

获取各组所述激励脉冲序列对应的回波信号;

分别计算各组所述回波信号的造影组织比的表征数值;

将与预设理想值相差最小的表征数值所对应的激励脉冲序列确定为最佳激励脉冲序列;

发送所述最佳激励脉冲序列至所述超声波发射电路,以便基于所述最佳激励脉冲序列的回波信号生成图像数据。

2. 根据权利要求1所述的超声造影成像方法,其特征在于,每种激励脉冲序列组合中,各组所述激励脉冲序列均包括预设数量个激励脉冲;其中,至少一个所述激励脉冲的脉冲幅值随各组所述激励脉冲序列呈等差变化。

3. 根据权利要求2所述的超声造影成像方法,其特征在于,所述分别计算各组所述回波信号的造影组织比的表征数值包括:

分别计算各组所述回波信号的叠加信号;所述叠加信号为所述激励脉冲序列中各个所述激励脉冲的回波信号的加权叠加值;

分别对各组所述叠加信号进行傅里叶变换以获取频域信号;

分别计算各组所述频域信号中二次谐波分量与基波分量的比值,以作为所述表征数值。

4. 根据权利要求3所述的超声造影成像方法,其特征在于,在所述发送至少一种包括多组激励脉冲序列的激励脉冲序列组合至超声波发射电路之前,还包括:

获取超声造影成像系统的系统预置帧频;

根据所述系统预置帧频确定各组所述激励脉冲序列的所述预设数量的取值。

5. 根据权利要求4所述的超声造影成像方法,其特征在于,所述根据所述系统预置帧频确定各组所述激励脉冲序列的所述预设数量的取值包括:

根据所述超声造影成像系统的系统参数计算连续2帧扫查时长;

根据所述连续2帧扫查时长计算对应的第一帧频;

判断所述第一帧频是否小于所述系统预置帧频;

若是,则确定所述预设数量的取值为2;

若否,则确定所述预设数量的取值为3。

6. 根据权利要求5所述的超声造影成像方法,其特征在于,若所述预设数量的取值为2,则各组所述激励脉冲序列均包括第一激励脉冲和第二激励脉冲;

第*i*组所述第一激励脉冲的脉冲幅值为 $|V_1(i)| = V_{\min} + \Delta V \cdot (i-1)$ ;  $i = 1, 2, \dots, N$ ;  $N$ 为激励脉冲序列的总组数,  $N = \text{floor}((V_{\max} - V_{\min}) / \Delta V) + 1$ ,  $\text{floor}$ 表示向下取整;  $V_{\max}$ 为预设最大电压;  $V_{\min}$ 为预设最小电压;  $\Delta V$ 为预设电压幅度差; 所述第二激励脉冲的脉冲幅值为 $|V_2| = V_{\max}$ 。

7. 根据权利要求6所述的超声造影成像方法,其特征在于,所述分别计算各组所述回波信号的叠加信号包括:

根据 $RF(i) = RF_{V_2} + S_1(i) \cdot RF_{V_1}(i)$ 分别计算各组所述回波信号的叠加信号;

其中,RF(i)为第i组所述叠加信号;RF\_V<sub>2</sub>为与所述第二激励脉冲对应的第二回波信号;RF\_V<sub>1</sub>(i)为与第i组所述第一激励脉冲对应的第一回波信号;S<sub>1</sub>(i)为第一权值,当所述第一激励脉冲与所述第二激励脉冲的相位相反时, $S_1(i) = |V_2|/|V_1(i)|$ ,当所述第一激励脉冲与所述第二激励脉冲的相位相同时, $S_1(i) = -|V_2|/|V_1(i)|$ 。

8. 根据权利要求5所述的超声造影成像方法,其特征在于,若所述预设数量的取值为3,则各组所述激励脉冲序列均包括第三激励脉冲、第四激励脉冲和第五激励脉冲;

第i组所述第三激励脉冲和第i组所述第五激励脉冲的脉冲幅值为 $|V_3(i)| = |V_5(i)| = V_{\min} + \Delta V \cdot (i-1)$ ;  $i=1, 2, \dots, N$ ; N为激励脉冲序列的总组数, $N = \text{floor}((V_{\max} - V_{\min}) / \Delta V) + 1$ , floor表示向下取整;V<sub>max</sub>为预设最大电压;V<sub>min</sub>为预设最小电压;ΔV为预设电压幅度差;所述第四激励脉冲的脉冲幅值为 $|V_4| = V_{\max}$ 。

9. 根据权利要求8所述的超声造影成像方法,其特征在于,所述分别计算各组所述回波信号的叠加信号包括:

根据 $RF(i) = RF_{V_4} + S_2(i) \cdot [RF_{V_3}(i) + RF_{V_5}(i)]$ 分别计算各组所述回波信号的叠加信号;

其中,RF(i)为第i组所述叠加信号;RF\_V<sub>4</sub>为与所述第四激励脉冲对应的第四回波信号;RF\_V<sub>3</sub>(i)为与第i组所述第三激励脉冲对应的第三回波信号;RF\_V<sub>5</sub>(i)为与第i组所述第五激励脉冲对应的第五回波信号;S<sub>2</sub>(i)为第二权值,当所述第三激励脉冲与所述第五激励脉冲的相位相同,并与所述第四激励脉冲的相位相反时, $S_2(i) = 0.5|V_4|/|V_3(i)| = 0.5|V_4|/|V_5(i)|$ ,当所述第三激励脉冲、所述第四激励脉冲、所述第五激励脉冲的相位均相同时, $S_2(i) = -0.5|V_4|/|V_3(i)| = -0.5|V_4|/|V_5(i)|$ 。

10. 一种超声造影成像系统,其特征在于,包括:

超声波发射电路,用于根据接收到的激励脉冲序列生成并发射超声波至成像目标;

超声波接收电路,用于接收从所述成像目标返回的超声波并生成对应的回波信号;

控制设备,用于发送至少一种包括多组激励脉冲序列的激励脉冲序列组合至所述超声波发射电路;其中,各组所述激励脉冲序列的脉冲幅值不完全相同;获取各组所述激励脉冲序列对应的回波信号;分别计算各组所述回波信号的造影组织比的表征数值;将与预设理想值相差最小的表征数值所对应的激励脉冲序列确定为最佳激励脉冲序列;发送所述最佳激励脉冲序列至所述超声波发射电路;基于所述最佳激励脉冲序列的回波信号生成图像数据;

显示器,用于根据所述控制设备发送的所述图像数据进行图像显示。

11. 一种超声造影成像控制设备,其特征在于,包括:

存储器,用于存储计算机程序;

处理器,用于执行所述计算机程序以实现如权利要求1至9任一项所述的超声造影成像方法的步骤。

12. 一种计算机可读存储介质,其特征在于,所述计算机可读存储介质中存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时用以实现如权利要求1至9任一项所述的超声造影成像方法的步骤。

## 一种超声造影成像方法、系统、控制设备及存储介质

### 技术领域

[0001] 本申请涉及超声成像技术领域,特别涉及一种超声造影成像方法、系统、控制设备及计算机可读存储介质。

### 背景技术

[0002] 超声造影成像技术在现代医疗健康领域中得到了广泛应用,它利用一定形式的脉冲序列激励并发射超声波至待成像区域,利用造影剂(多为包含微气泡的悬浮液)的非线性特性,基于反射的回波信号进行信号处理实现成像。由于成像背景中的生物组织的反射信号会影响到成像效果,因此,在超声成像中,需要最大程度地获取造影剂反射的回波信号(即造影信号),并尽量抑制生物组织所反射的回波信号(即组织信号)。造影组织比(Contrast-to-tissue ratio,CTR),即造影信号强度与组织信号强度的比值,是衡量成像质量的一个重要指标,不同脉冲序列激励的超声波所对应的造影组织比也不相同。然而,现有技术中的超声造影成像系统一般均采用固定的脉冲序列,但不同病人的不同病理特征具有不同的超声表现,固定的某一脉冲序列无法在所有病人身上得到理想的成像效果,适用性和灵活性较差。鉴于此,提供一种解决上述问题的方法是本领域技术人员所亟需关注的。

### 发明内容

[0003] 本申请的目的在于提供一种超声造影成像方法、系统、控制设备及计算机可读存储介质,以便确保对于不同目标对象均可得到理想的成像效果,有效提高适用性和灵活性。

[0004] 为解决上述技术问题,第一方面,本申请公开了一种超声造影成像方法,包括:

[0005] 发送至少一种包括多组激励脉冲序列的激励脉冲序列组合至超声波发射电路;其中,每种激励脉冲序列组合中,各组所述激励脉冲序列的脉冲幅值不完全相同;

[0006] 获取各组所述激励脉冲序列对应的回波信号;

[0007] 分别计算各组所述回波信号的造影组织比的表征数值;

[0008] 将与预设理想值相差最小的表征数值所对应的激励脉冲序列确定为最佳激励脉冲序列;

[0009] 发送所述最佳激励脉冲序列至所述超声波发射电路,以便基于所述最佳激励脉冲序列的回波信号生成图像数据。

[0010] 可选地,每种激励脉冲序列组合中,各组所述激励脉冲序列均包括预设数量个激励脉冲;其中,至少一个所述激励脉冲的脉冲幅值随各组所述激励脉冲序列呈等差变化。

[0011] 可选地,所述分别计算各组所述回波信号的造影组织比的表征数值包括:

[0012] 分别计算各组所述回波信号的叠加信号;所述叠加信号为所述激励脉冲序列中各个所述激励脉冲的回波信号的加权叠加值;

[0013] 分别对各组所述叠加信号进行傅里叶变换以获取频域信号;

[0014] 分别计算各组所述频域信号中二次谐波分量与基波分量的比值,以作为所述表征数值。

[0015] 可选地,在所述发送至少一种包括多组激励脉冲序列的激励脉冲序列组合至超声波发射电路之前,还包括:

[0016] 获取超声造影成像系统的系统预置帧频;

[0017] 根据所述系统预置帧频确定各组所述激励脉冲序列的所述预设数量的取值。

[0018] 可选地,所述根据所述系统预置帧频确定各组所述激励脉冲序列的所述预设数量的取值包括:

[0019] 根据所述超声造影成像系统的系统参数计算连续2帧扫查时长;

[0020] 根据所述连续2帧扫查时长计算对应的第一帧频;

[0021] 判断所述第一帧频是否小于所述系统预置帧频;

[0022] 若是,则确定所述预设数量的取值为2;

[0023] 若否,则确定所述预设数量的取值为3。

[0024] 可选地,若所述预设数量的取值为2,则各组所述激励脉冲序列均包括第一激励脉冲和第二激励脉冲;

[0025] 第*i*组所述第一激励脉冲的脉冲幅值为 $|V_1(i)| = V_{\min} + \Delta V \cdot (i-1)$ ;  $i = 1, 2, \dots, N$ ;  $N$ 为激励脉冲序列的总组数,  $N = \text{floor}((V_{\max} - V_{\min}) / \Delta V) + 1$ ,  $\text{floor}$ 表示向下取整;  $V_{\max}$ 为预设最大电压;  $V_{\min}$ 为预设最小电压;  $\Delta V$ 为预设电压幅度差; 所述第二激励脉冲的脉冲幅值为 $|V_2| = V_{\max}$ 。

[0026] 可选地,所述分别计算各组所述回波信号的叠加信号包括:

[0027] 根据 $RF(i) = RF\_V_2 + S_1(i) \cdot RF\_V_1(i)$ 分别计算各组所述回波信号的叠加信号;

[0028] 其中,  $RF(i)$ 为第*i*组所述叠加信号;  $RF\_V_2$ 为与所述第二激励脉冲对应的第二回波信号;  $RF\_V_1(i)$ 为与第*i*组所述第一激励脉冲对应的第一回波信号;  $S_1(i)$ 为第一权值,当所述第一激励脉冲与所述第二激励脉冲的相位相反时,  $S_1(i) = |V_2| / |V_1(i)|$ ,当所述第一激励脉冲与所述第二激励脉冲的相位相同时,  $S_1(i) = -|V_2| / |V_1(i)|$ 。

[0029] 可选地,若所述预设数量的取值为3,则各组所述激励脉冲序列均包括第三激励脉冲、第四激励脉冲和第五激励脉冲;

[0030] 第*i*组所述第三激励脉冲和第*i*组所述第五激励脉冲的脉冲幅值为 $|V_3(i)| = |V_5(i)| = V_{\min} + \Delta V \cdot (i-1)$ ;  $i = 1, 2, \dots, N$ ;  $N$ 为激励脉冲序列的总组数,  $N = \text{floor}((V_{\max} - V_{\min}) / \Delta V) + 1$ ,  $\text{floor}$ 表示向下取整;  $V_{\max}$ 为预设最大电压;  $V_{\min}$ 为预设最小电压;  $\Delta V$ 为预设电压幅度差; 所述第四激励脉冲的脉冲幅值为 $|V_4| = V_{\max}$ 。

[0031] 可选地,所述分别计算各组所述回波信号的叠加信号包括:

[0032] 根据 $RF(i) = RF\_V_4 + S_2(i) \cdot [RF\_V_3(i) + RF\_V_5(i)]$ 分别计算各组所述回波信号的叠加信号;

[0033] 其中,  $RF(i)$ 为第*i*组所述叠加信号;  $RF\_V_4$ 为与所述第四激励脉冲对应的第四回波信号;  $RF\_V_3(i)$ 为与第*i*组所述第三激励脉冲对应的第三回波信号;  $RF\_V_5(i)$ 为与第*i*组所述第五激励脉冲对应的第五回波信号;  $S_2(i)$ 为第二权值,当所述第三激励脉冲与所述第五激励脉冲的相位相同,并与所述第四激励脉冲的相位相反时,  $S_2(i) = 0.5 |V_4| / |V_3(i)| = 0.5 |V_4| / |V_5(i)|$ ,当所述第三激励脉冲、所述第四激励脉冲、所述第五激励脉冲的相位均相同时,  $S_2(i) = -0.5 |V_4| / |V_3(i)| = -0.5 |V_4| / |V_5(i)|$ 。

[0034] 第二方面,本申请还公开了一种超声造影成像系统,包括:

[0035] 超声波发射电路,用于根据接收到的激励脉冲序列生成并发射超声波至成像目标;

[0036] 超声波接收电路,用于接收从所述成像目标返回的超声波并生成对应的回波信号;

[0037] 控制设备,用于发送至少一种包括多组激励脉冲序列的激励脉冲序列组合至所述超声波发射电路;其中,各组所述激励脉冲序列的脉冲幅值不完全相同;获取各组所述激励脉冲序列对应的回波信号;分别计算各组所述回波信号的造影组织比的表征数值;将与预设理想值相差最小的表征数值所对应的激励脉冲序列确定为最佳激励脉冲序列;发送所述最佳激励脉冲序列至所述超声波发射电路;基于所述最佳激励脉冲序列的回波信号生成图像数据;

[0038] 显示器,用于根据所述控制设备发送的所述图像数据进行图像显示。

[0039] 第三方面,本申请还公开了一种超声造影成像控制设备,包括:

[0040] 存储器,用于存储计算机程序;

[0041] 处理器,用于执行所述计算机程序以实现如上所述的任一种超声造影成像方法的步骤。

[0042] 第四方面,本申请还公开了一种计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质中存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时用以实现如上所述的任一种超声造影成像方法的步骤。

[0043] 本申请所提供的超声造影成像方法包括:发送至少一种包括多组激励脉冲序列的激励脉冲序列组合至超声波发射电路;其中,每种激励脉冲序列组合中,各组所述激励脉冲序列的脉冲幅值不完全相同;获取各组所述激励脉冲序列对应的回波信号;分别计算各组所述回波信号的造影组织比的表征数值;将与预设理想值相差最小的表征数值所对应的激励脉冲序列确定为最佳激励脉冲序列;发送所述最佳激励脉冲序列至所述超声波发射电路,以便基于所述最佳激励脉冲序列的回波信号生成图像数据。

[0044] 可见,本申请对于每一个成像目标,均先利用多组脉冲幅值不完全相同的、甚至多种类型的激励脉冲序列进行超声造影成像测试,根据各组激励脉冲序列的造影组织比的表征数值,为成像目标确定出与其对应的、具有最佳成像效果的最佳激励脉冲序列,从而利用该最佳激励脉冲序列为该成像目标进行超声造影成像。由此可见,本申请对于任一成像目标均可有力确保超声造影成像的图像质量,极大地提高了适用性和灵活性。本申请所提供的超声造影成像系统、控制设备及计算机可读存储介质可以实现上述超声造影成像方法,同样具有上述有益效果。

## 附图说明

[0045] 为了更清楚地说明现有技术和本申请实施例中的技术方案,下面将对现有技术和本申请实施例描述中需要使用的附图作简要的介绍。当然,下面有关本申请实施例的附图描述的仅仅是本申请中的一部分实施例,对于本领域普通技术人员来说,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据提供的附图获得其他的附图,所获得的其他附图也属于本申请的保护范围。

[0046] 图1为本申请所提供的一种超声造影成像方法的流程图;

- [0047] 图2为本申请所提供的一种计算造影组织比的表征数值的步骤流程图；
- [0048] 图3为本申请所提供的一种激励脉冲序列组合的示意图；
- [0049] 图4为本申请所提供的另一种激励脉冲序列组合的示意图；
- [0050] 图5为本申请所提供的又一种激励脉冲序列组合的示意图；
- [0051] 图6为本申请所提供的又一种激励脉冲序列组合的示意图；
- [0052] 图7为本申请所提供的又一种激励脉冲序列组合的示意图；
- [0053] 图8为本申请所提供的又一种激励脉冲序列组合的示意图；
- [0054] 图9为本申请所提供的又一种激励脉冲序列组合的示意图；
- [0055] 图10为本申请所提供的又一种激励脉冲序列组合的示意图；
- [0056] 图11为本申请所提供的又一种激励脉冲序列组合的示意图；
- [0057] 图12为本申请所提供的又一种激励脉冲序列组合的示意图；
- [0058] 图13为本申请所提供的一种超声造影成像系统的结构框图。

### 具体实施方式

[0059] 本申请的核心在于提供一种超声造影成像方法、系统、控制设备及计算机可读存储介质,以便确保对于不同目标对象均可得到理想的成像效果,有效提高适用性和灵活性。

[0060] 为了对本申请实施例中的技术方案进行更加清楚、完整地描述,下面将结合本申请实施例中的附图,对本申请实施例中的技术方案进行介绍。显然,所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本申请保护的范围。

[0061] 本申请实施例公开了一种超声造影成像方法,参照图1所示,该方法主要包括以下步骤:

[0062] S11:发送至少一种包括多组激励脉冲序列的激励脉冲序列组合至超声波发射电路;其中,每种激励脉冲序列组合中,各组激励脉冲序列的脉冲幅值不完全相同。

[0063] S12:获取各组激励脉冲序列对应的回波信号。

[0064] S13:分别计算各组回波信号的造影组织比的表征数值。

[0065] S14:将与预设理想值相差最小的表征数值所对应的激励脉冲序列确定为最佳激励脉冲序列。

[0066] S15:发送最佳激励脉冲序列至超声波发射电路,以便基于最佳激励脉冲序列的回波信号生成图像数据。

[0067] 具体地,本申请所提供的超声造影成像方法,并非像现有技术中那样只采用固定统一的激励脉冲序列,而是先分别采用多组不同的激励脉冲序列进行测试,根据测试结果选择出造影组织比最理想的最佳激励脉冲序列,然后再采用该最佳激励脉冲序列进行超声造影成像。

[0068] 一般地,一组激励脉冲序列可用一个数组表示,例如 $[-0.5, 1, -0.5]$ ,其中,数组中的每个数据均表示该激励脉冲序列中的一个激励脉冲,数据的正负符号表示该激励脉冲的相位,数据的绝对值大小表示该激励脉冲的幅值,这里定义1为激励脉冲的预设最大电压。

[0069] 值得注意的是,由于在利用接收到的回波信号进行成像时,主要是利用造影剂的非线性谐波信号,所以一般可用不同幅值的激励脉冲的回波信号进行叠加以提取非线性成

分。因此,在本申请中,各组激励脉冲序列的脉冲幅值不完全相同,即,每组激励脉冲序列中至少有一个激励脉冲的脉冲幅值与其他组不同。例如,激励脉冲序列[0.3]与激励脉冲序列[0.6]均只包括一个激励脉冲,两组的脉冲幅值完全不同;激励脉冲序列[-0.2,1,0.2]与激励脉冲序列[-0.5,1,0.5]则因部分激励脉冲的脉冲幅值不同而不完全相同。

[0070] 在一组激励脉冲序列中,激励脉冲的预设数量一般可以为2个或者3个;也可以为1个,此时在通过叠加计算提取非线性信号时需要结合另一个固定幅值(如预设最大电压)激励脉冲的回波信号;此外,预设数量还可以为4个或者更多,此时均类似于2个和3个的情况。当然,一个激励脉冲序列中激励脉冲的预设数量为多个时,其中脉冲幅值随激励脉冲序列变化的激励脉冲的个数也可以有多种选择。

[0071] 另一方面,在一个激励脉冲序列中,各个激励脉冲的相位可以相同,即可全为正脉冲或全为负脉冲;也可以不全相同,此时优选地,可以正负相间,以便提高信噪比。

[0072] 如上所述,激励脉冲的预设数量、各激励脉冲的相位关系、幅值随激励脉冲序列变化的激励脉冲的数量等均决定了激励脉冲序列的类型,因此,本申请可采用多种类型的激励脉冲序列,其中,每一种类型中均选用多组脉冲幅值不完全相同的激励脉冲序列,构成一种激励脉冲序列组合。由此,本申请通过采用至少一种激励脉冲序列组合进行造影成像效果测试,可在较大范围内选择效果最佳的激励脉冲序列,有效地保证了超声造影成像的图像质量,提高了对不同成像目标的适用性和灵活性。

[0073] 需要说明的是,用于评价各组激励脉冲序列成像效果的指标为造影组织比的表征数值,本领域技术人员可选择合适的计算方法来获取所说的表征数值。造影组织比越高,对应造影图像的识别度越高。为求最终得到的造影图像能达到一定的识别度要求,可预先为造影组织比的表征数值设定一个预设理想值,由此,在各种激励脉冲序列组合中,表征数值与该预设理想值相差最小的激励脉冲序列即为最佳激励脉冲序列,从而可采用该最佳激励脉冲序列对该成像目标进行超声造影成像。

[0074] 本申请所提供的超声造影成像方法,通过发送至少一种包括多组激励脉冲序列的激励脉冲序列组合至超声波发射电路;其中,每种激励脉冲序列组合中,各组激励脉冲序列的脉冲幅值不完全相同;获取各组激励脉冲序列对应的回波信号;分别计算各组回波信号的造影组织比的表征数值;并将与预设理想值相差最小的表征数值所对应的激励脉冲序列确定为最佳激励脉冲序列;从而发送最佳激励脉冲序列至超声波发射电路,以便基于最佳激励脉冲序列的回波信号进行超声造影成像。可见,本申请对于每一个成像目标,均先利用多组脉冲幅值不完全相同的、甚至多种类型的激励脉冲序列进行超声造影成像测试,根据各组激励脉冲序列的造影组织比的表征数值,为成像目标确定出与其对应的、具有最佳成像效果的最佳激励脉冲序列,从而利用该最佳激励脉冲序列为该成像目标进行超声造影成像。由此可见,本申请对于任一成像目标均可有力确保超声造影成像的图像质量,极大地提高了适用性和灵活性。

[0075] 本申请所提供的超声造影成像方法,在上述内容的基础上,作为一种优选实施例,每种激励脉冲序列组合中,各组激励脉冲序列均包括预设数量个激励脉冲;其中,每种激励脉冲序列组合中,至少一个激励脉冲的脉冲幅值随各组激励脉冲序列呈等差变化。

[0076] 具体地,不妨将每组激励脉冲序列中脉冲幅值随序列变化的激励脉冲称为“幅值可变激励脉冲”。考虑到方案实现的便利性,在一种激励脉冲序列组合中,各组激励脉冲序

列发送时的排布顺序优选按照“幅值可变激励脉冲”的脉冲幅值递增或递减的顺序排列。进一步地,相邻两组中“幅值可变激励脉冲”的脉冲幅值之差可优选设置为固定值,不妨称为预设电压幅度差,则各组的“幅值可变激励脉冲”的脉冲幅值呈等差变化。

[0077] 当然,理论上来说,本领域技术人员也可以随意安排各组激励脉冲序列的发送顺序,甚至还可以穿插发送多组激励脉冲序列中的激励脉冲,只要所有的激励脉冲都能够发送,并且在叠加计算叠加信号时能够确定对应的回波信号即可。

[0078] 本申请所提供的超声造影成像方法,在上述内容的基础上,作为一种优选实施例,参照图2,图2为本申请所提供的一种计算造影组织比的表征数值的方法的流程图,主要包括以下步骤:

[0079] S21:分别计算各组回波信号的叠加信号;叠加信号为激励脉冲序列中各个激励脉冲的回波信号的加权叠加值。

[0080] 具体地,一组激励脉冲序列中包括预设数量个激励脉冲,每个激励脉冲均对应一个回波信号。如前所述,超声造影成像主要是利用造影剂的非线性谐波信号,因此为提取非线性成分,可将各个激励脉冲的回波信号进行加权叠加计算。对于每组激励脉冲序列,其各个激励脉冲的各个回波信号经叠加计算后便只得到一个结果,即所说的叠加信号。

[0081] 在加权叠加时,对于相同相位激励脉冲的回波信号,应进行减法计算;对于相反相位激励脉冲的回波信号,应进行加法计算;即,激励脉冲的相位关系决定了权值的正负。至于权值大小,则应当根据激励脉冲的脉冲幅值关系设定,以便令叠加信号中的线性成分得到抑制,非线性成分得到增强。

[0082] S22:分别对各组叠加信号进行傅里叶变换以获取频域信号。

[0083] 叠加计算后的每组激励脉冲序列的回波信号依然是时域信号,可通过傅里叶变换以获取对应的频域信号。

[0084] 这里需要说明的是,由于在成像过程中,一帧图像实际上需要多次激励脉冲的发射以覆盖成像区域,因此,对于一组激励脉冲序列,其中的每一个激励脉冲均需要多次发射,在视觉上对应于成像图像中的多条线。因此,在计算出与每条线对应的频域信号之后,可求出各条线对应的频域信号的平均值,作为该组激励脉冲序列的频域信号。

[0085] S23:分别计算各组频域信号中二次谐波分量与基波分量的比值,以作为表征数值。

[0086] 具体地,若二次谐波分量的幅值为B,基波分量的幅值为A,则可将比值B/A作为造影组织比的表征数值。

[0087] 还需说明的是,在利用激励脉冲序列组合进行成像效果测试时,无需对加权叠加得到的叠加信号进行解调滤波、动态范围变换等信号处理过程,而是直接进行傅里叶变换和分析。而在最佳激励脉冲序列被确定后,则可对由最佳激励脉冲序列的回波信号得到的叠加信号进行解调滤波、动态范围变换等信号处理,以便根据信号处理后的数据进行造影成像。

[0088] 在上述内容的基础上,本申请所提供的超声造影成像方法,作为一种优选实施例,在发送至少一种包括多组激励脉冲序列的激励脉冲序列组合至超声波发射电路之前,还包括:

[0089] 获取超声造影成像系统的系统预置帧频;

[0090] 根据系统预置帧频确定各组激励脉冲序列的预设数量的取值。

[0091] 具体地,激励脉冲序列中激励脉冲的预设数量会受限制于超声造影系统的系统预置帧频。由于实际成像过程中有一定的帧速要求,因此当实际帧频远达不到系统预置帧频时,会影响到成像的正常进行。

[0092] 其中,作为一种优选实施例,根据系统预置帧频确定各组激励脉冲序列的预设数量的取值包括:

[0093] 根据超声造影成像系统的系统参数计算连续2帧扫查时长;

[0094] 根据连续2帧扫查时长计算对应的第一帧频;

[0095] 判断第一帧频是否小于系统预置帧频;

[0096] 若是,则确定预设数量的取值为2;

[0097] 若否,则确定预设数量的取值为3。

[0098] 具体的,可根据  $T_0 = \frac{\text{Width} \cdot \text{EleNum}}{\text{BeamNum} \cdot \text{LineDensity}} \cdot \text{PRI}$  计算单帧扫查时间  $T_0$ ,并根据  $T_1 =$

$2 \cdot T_0$  计算连续2帧扫查时长  $T_1$ ,则连续2帧扫查时长对应的第一帧频即为  $f_1 = 1/T_1$ 。

[0099] 其中,所涉及的系统参数有:Width为扫查的成像比例,范围为0~1.0, EleNum为探头阵元数,BeamNum为波束合成器个数,LineDensity为扫查线密度,PRI为系统超声波完成一次发射接收所需要的时间。

[0100] 由于采用3个激励脉冲会具有较高的信噪比,因此,在情况允许时,优选将激励脉冲序列中激励脉冲的预设数量取为3。但是,激励脉冲的预设数量越大,对应的帧频就越低,会影响到成像的连贯性。由于连续3帧扫查时长所对应的第二帧频势必小于连续2帧扫查时长所对应的第一帧频,因此,特别地,当连续2帧扫查时长对应的第一帧频小于系统预置帧频时,连续3帧扫查时长对应的第二帧频将远达不到成像要求,可在此时将预设数量选择为2。

[0101] 本申请所提供的超声造影成像方法,在上述内容的基础上,作为一种优选实施例,若预设数量的取值为2,则各组激励脉冲序列均包括第一激励脉冲和第二激励脉冲;

[0102] 第*i*组第一激励脉冲的脉冲幅值为  $|V_1(i)| = V_{\min} + \Delta V \cdot (i-1)$ ;  $i = 1, 2, \dots, N$ ;  $N$ 为激励脉冲序列的总组数,  $N = \text{floor}((V_{\max} - V_{\min}) / \Delta V) + 1$ , floor表示向下取整;  $V_{\max}$ 为预设最大电压;  $V_{\min}$ 为预设最小电压;  $\Delta V$ 为预设电压幅度差;第二激励脉冲的脉冲幅值为  $|V_2| = V_{\max}$ 。

[0103] 具体地,如前所述,可令各组激励脉冲序列中的“幅值可变激励脉冲”呈等差排列,在本实施例中,具体为等差递增排列。其中,每组中的第一激励脉冲即为所说的“幅值可变激励脉冲”,而每组中的第二激励脉冲则优选以预设最大电压为脉冲幅值。

[0104] 其中,由于造影剂中的微气泡对声压非常敏感,在高声压下容易破裂而导致成像时间不足,因此,本领域技术人员可设计合理的预设最大电压  $V_{\max}$  以确保足够的成像持续时间。但是,声压过低也会令微气泡无法进行共振,因此,本领域技术人员还需设计合理的预设最小电压  $V_{\min}$ 。当然,预设最小电压  $V_{\min}$  也会受限制于系统的具体电源设计。

[0105] 通过设置第一激励脉冲和第二激励脉冲的相位,可得到激励脉冲序列组合四种不同的具体实施方式,具体可分别参考图3至图6。

[0106] 具体地,以虚线框内的第一组激励脉冲序列为例,在图3中,第一激励脉冲为负电

压脉冲,第二激励脉冲为正电压脉冲;在图4中,第一激励脉冲为正电压脉冲,第二激励脉冲为负电压脉冲;在图5中,第一激励脉冲和第二激励脉冲均为正电压脉冲;在图6中,第一激励脉冲和第二激励脉冲均为负电压脉冲。

[0107] 其中,对于图3和图4,第一激励脉冲与第二激励脉冲的相位相反,则分别计算各组回波信号的叠加信号具体包括:

[0108] 根据 $RF(i) = RF_{V_2} + S_1(i) \cdot RF_{V_1}(i)$ 分别计算各组回波信号的叠加信号;其中, $RF(i)$ 为第*i*组叠加信号; $RF_{V_2}$ 为与第二激励脉冲对应的第二回波信号; $RF_{V_1}(i)$ 为与第*i*组第一激励脉冲对应的第一回波信号; $S_1(i)$ 为第一权值, $S_1(i) = |V_2| / |V_1(i)|$ 。由于第一激励脉冲与第二激励脉冲相位相反,则第一权值 $S_1(i)$ 为正值。

[0109] 类似地,对于图5和图6,第一激励脉冲与第二激励脉冲的相位相同,则此时的第一权值 $S_1(i)$ 应修改为 $S_1(i) = -|V_2| / |V_1(i)|$ ,即为负值。此外,如前所述,激励脉冲正负相间时有助于提高信噪比,因此,图3和图4所示方案优选于图5和图6所示方案。

[0110] 本申请所提供的超声造影成像方法,作为另一种优选实施例,若预设数量的取值为3,则各组激励脉冲序列均包括第三激励脉冲、第四激励脉冲和第五激励脉冲;第*i*组第三激励脉冲和第*i*组第五激励脉冲的脉冲幅值为 $|V_3(i)| = |V_5(i)| = V_{\min} + \Delta V \cdot (i-1)$ ;  $i=1, 2, \dots, N$ ;  $N$ 为激励脉冲序列的总组数, $N = \text{floor}((V_{\max} - V_{\min}) / \Delta V) + 1$ ,  $\text{floor}$ 表示向下取整; $V_{\max}$ 为预设最大电压; $V_{\min}$ 为预设最小电压; $\Delta V$ 为预设电压幅度差;第四激励脉冲的脉冲幅值为 $|V_4| = V_{\max}$ 。

[0111] 类似地,可令各组激励脉冲序列中的“幅值可变激励脉冲”呈等差排列,在本实施例中,具体为等差递增排列。此外,在本实施例中,“幅值可变激励脉冲”的数量为2。其中,每组中的第三激励脉冲和第五激励脉冲均为所说的“幅值可变激励脉冲”,而每组中的第四激励脉冲则优选以预设最大电压为脉冲幅值。

[0112] 在此基础上,通过设置第三激励脉冲、第四激励脉冲和第五激励脉冲的相位,又可得激励脉冲序列组合多种不同的具体实施方式,图7至图10示出了其中四种方案。

[0113] 具体地,以虚线框内的第一组激励脉冲序列为例,在图7中,第三激励脉冲和第五激励脉冲均为负电压脉冲,第四激励脉冲为正电压脉冲;在图8中,第三激励脉冲和第五激励脉冲均为正电压脉冲,第四激励脉冲为负电压脉冲;在图9中,第三激励脉冲、第四激励脉冲和第五激励脉冲均为正电压脉冲;在图10中,第三激励脉冲、第四激励脉冲和第五激励脉冲均为负电压脉冲。类似地,如前所述,激励脉冲正负相间时有助于提高信噪比,因此,图7和图8所示方案优选于图9和图10所示方案。

[0114] 其中,对于图7和图8所示的正负相间的优选方案,第三激励脉冲与第五激励脉冲的相位相同,并与第四激励脉冲的相位相反;则分别计算各组回波信号的叠加信号包括:

[0115] 根据 $RF(i) = RF_{V_4} + S_2(i) \cdot [RF_{V_3}(i) + RF_{V_5}(i)]$ 分别计算各组回波信号的叠加信号 $RF(i)$ ;其中, $RF_{V_4}$ 为与第四激励脉冲对应的第四回波信号; $RF_{V_3}(i)$ 为与第*i*组第三激励脉冲对应的第三回波信号; $RF_{V_5}(i)$ 为与第*i*组第五激励脉冲对应的第五回波信号; $S_2(i)$ 为第二权值, $S_2(i) = 0.5|V_4| / |V_3(i)| = 0.5|V_4| / |V_5(i)|$ 。其中,因为第四激励脉冲与其他两个激励脉冲相位相反,因此第二权值 $S_2(i)$ 为正值。

[0116] 类似地,对于图9和图10,由于第三激励脉冲、第四激励脉冲和第五激励脉冲的相位均相同,则应当将第二权值修改为 $S_2(i) = -0.5|V_4| / |V_3(i)|$ ,即大小不变,符号取反。

[0117] 当预设数量的取值为3时,作为另外一种实施方式,本申请所提供的超声造影成像方法中,各组激励脉冲序列均包括第六激励脉冲、第七激励脉冲和第八激励脉冲;第*i*组第六激励脉冲的脉冲幅值为 $|V_6(i)| = V_{\min} + \Delta V \cdot (i-1)$ ;  $i=1, 2, \dots, N$ ;  $N$ 为激励脉冲序列的总组数,  $N = \text{floor}((V_{\max} - V_{\min}) / \Delta V) + 1$ ,  $\text{floor}$ 表示向下取整;  $V_{\max}$ 为预设最大电压;  $V_{\min}$ 为预设最小电压;  $\Delta V$ 为预设电压幅度差;第七激励脉冲和第八激励脉冲的脉冲幅值为 $|V_7| = |V_8| = V_{\max}$ 。

[0118] 具体地,与上一实施例不同的是,本实施例中“幅值可变激励脉冲”的数量为1。其中,每组中的第六激励脉冲即为所说的“幅值可变激励脉冲”,而每组中的第七激励脉冲和第八激励脉冲则优选以预设最大电压为脉冲幅值。

[0119] 在此基础上,通过设置第六激励脉冲、第七激励脉冲和第八激励脉冲的相位,又可得多种激励脉冲序列组合的具体实施方式,图11和图12示出了其中两种方案。

[0120] 具体地,以虚线框内的第一组激励脉冲序列为例,在图11中,第六激励脉冲和第八激励脉冲均为负电压脉冲,第七激励脉冲为正电压脉冲;在图12中,第六激励脉冲和第八激励脉冲均为正电压脉冲,第七激励脉冲为负电压脉冲。当然,还可以将第六激励脉冲、第七激励脉冲和第八激励脉冲均设置为相同相位,此种情况与图9或者图10类似,就不再赘述。

[0121] 对于图11和图12,“幅值可变激励脉冲”即第六激励脉冲与第七激励脉冲相位相反,同时又与第八激励脉冲相位相同,则分别计算各组回波信号的叠加信号包括:

[0122] 根据 $RF(i) = 0.5 \times (RF_{V_7} + S_3(i) \cdot RF_{V_6}(i)) + 0.5 \times (RF_{V_8} + RF_{V_7})$ 分别计算各组回波信号的叠加信号 $RF(i)$ ;其中, $RF_{V_7}$ 为与第七激励脉冲对应的第七回波信号; $RF_{V_8}$ 为与第八激励脉冲对应的第八回波信号; $RF_{V_6}(i)$ 为与第*i*组第六激励脉冲对应的第六回波信号; $S_3(i)$ 为第三权值,  $S_3(i) = |V_7| / |V_6(i)| = |V_8| / |V_6(i)|$ 。

[0123] 或者,对于图11和图12,还可以采用第二种公式来分别计算各组回波信号的叠加信号: $RF(i) = 0.5 \times (RF_{V_8} + S_4(i) \cdot RF_{V_6}(i)) + 0.5 \times (RF_{V_8} + RF_{V_7})$ ;其中, $S_4(i)$ 为第四权值,  $S_4(i) = -|V_8| / |V_6(i)| = -|V_7| / |V_6(i)|$ 。即,可以将公式第一项中与 $RF_{V_6}(i)$ 进行叠加的信号由 $RF_{V_7}$ 更换为 $RF_{V_8}$ ,并更换相应的权值。而容易理解的是,由于利用相位相反的激励脉冲所对应的回波信号进行叠加有助于提高信噪比,因此,将 $RF_{V_7}$ 与 $RF_{V_6}(i)$ 叠加的第一种公式优于将 $RF_{V_8}$ 与 $RF_{V_6}(i)$ 叠加的第二种公式。

[0124] 下面对本申请所提供的超声造影成像系统进行介绍。

[0125] 请参阅图13,图13为本申请所提供的一种超声造影成像系统的结构框图;包括:

[0126] 超声波发射电路1,用于根据接收到的激励脉冲序列生成并发射超声波至成像目标;

[0127] 超声波接收电路2,用于接收从成像目标返回的超声波并生成对应的回波信号;

[0128] 控制设备3,用于发送至少一种包括多组激励脉冲序列的激励脉冲序列组合至超声波发射电路1;其中,各组激励脉冲序列的脉冲幅值不完全相同;获取各组激励脉冲序列对应的回波信号;分别计算各组回波信号的造影组织比的表征数值;将与预设理想值相差最小的表征数值所对应的激励脉冲序列确定为最佳激励脉冲序列;发送最佳激励脉冲序列至超声波发射电路;基于最佳激励脉冲序列的回波信号生成图像数据;

[0129] 显示器4,用于根据控制设备3发送的图像数据进行图像显示。

[0130] 具体地,超声波发射电路1、超声波接收电路2是利用超声波探头来发射、接收超声

波的。一般地，超声波接收电路2还包括对回波信号进行放大和时间增益补偿等的电路结构。

[0131] 可见，本申请所提供的超声造影成像系统，对于每一个成像目标，均先利用多组脉冲幅值不完全相同的、甚至多种类型的激励脉冲序列进行超声造影成像测试，根据各组激励脉冲序列的造影组织比的表征数值，为成像目标确定出与其对应的、具有最佳成像效果的最佳激励脉冲序列，从而利用该最佳激励脉冲序列为该成像目标进行超声造影成像。由此可见，本申请对于任一成像目标均可有力确保超声造影成像的图像质量，极大地提高了适用性和灵活性。

[0132] 进一步地，本申请还公开了一种超声造影成像控制设备，包括：

[0133] 存储器，用于存储计算机程序；

[0134] 处理器，用于执行所述计算机程序以实现如上所述的任一种超声造影成像方法的步骤。

[0135] 进一步地，本申请还公开了一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质中存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时用以实现如上所述的任一种超声造影成像方法的步骤。

[0136] 本申请所提供的超声造影成像系统、控制设备及计算机可读存储介质的具体实施方式与上文所描述的超声造影成像方法可相互对应参照，这里就不再赘述。

[0137] 本申请中各个实施例采用递进的方式描述，每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处，各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。对于实施例公开的设备而言，由于其与实施例公开的方法相对应，所以描述的比较简单，相关之处参见方法部分说明即可。

[0138] 还需说明的是，在本申请文件中，诸如“第一”和“第二”之类的关系术语，仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或者操作区分开来，而不一定要求或者暗示这些实体或者操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。此外，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个……”限定的要素，并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0139] 以上对本申请所提供的技术方案进行了详细介绍。本文中应用了具体个例对本申请的原理及实施方式进行了阐述，以上实施例的说明只是用于帮助理解本申请的方法及其核心思想。应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本申请原理的前提下，还可以对本申请进行若干改进和修饰，这些改进和修饰也落入本申请的保护范围内。

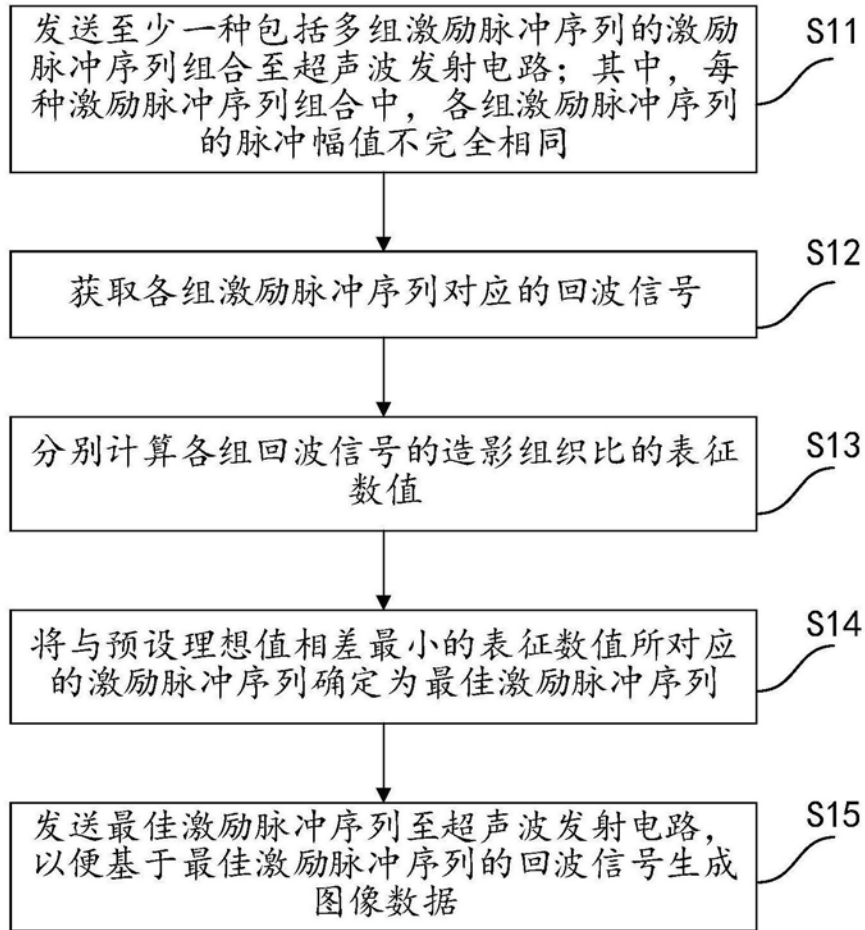


图1

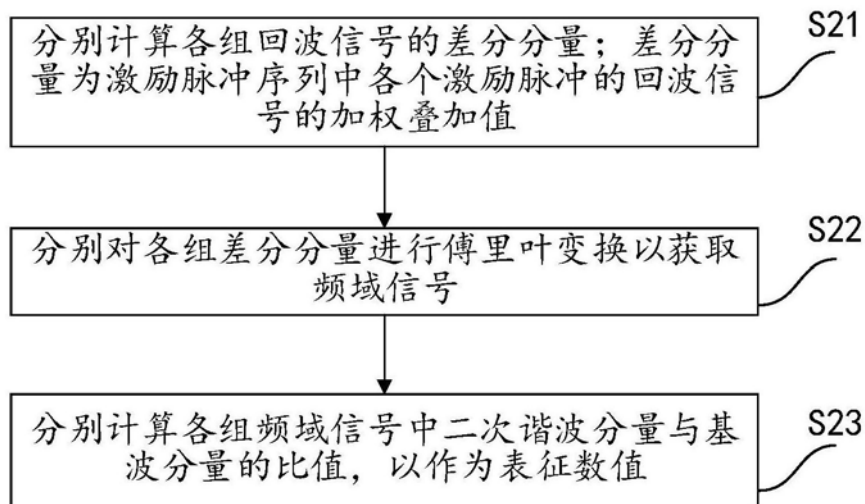


图2

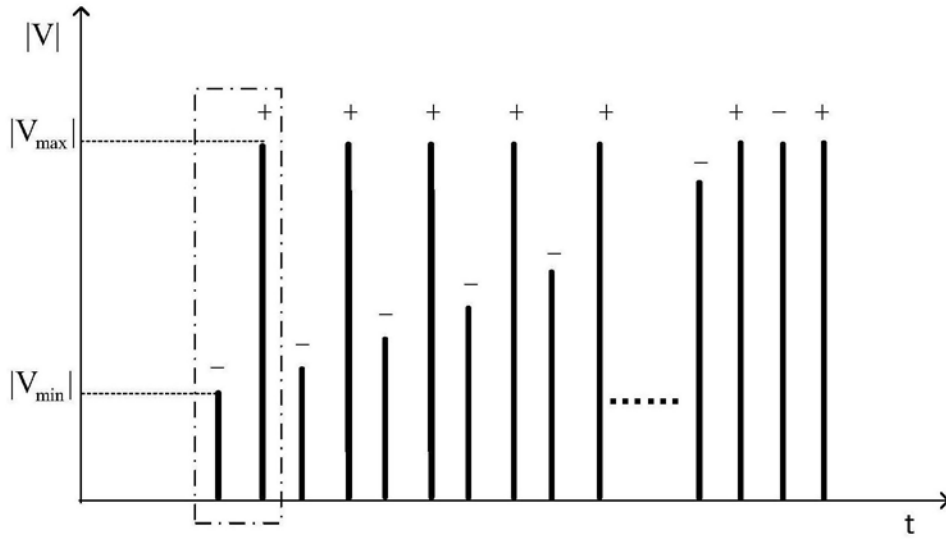


图3

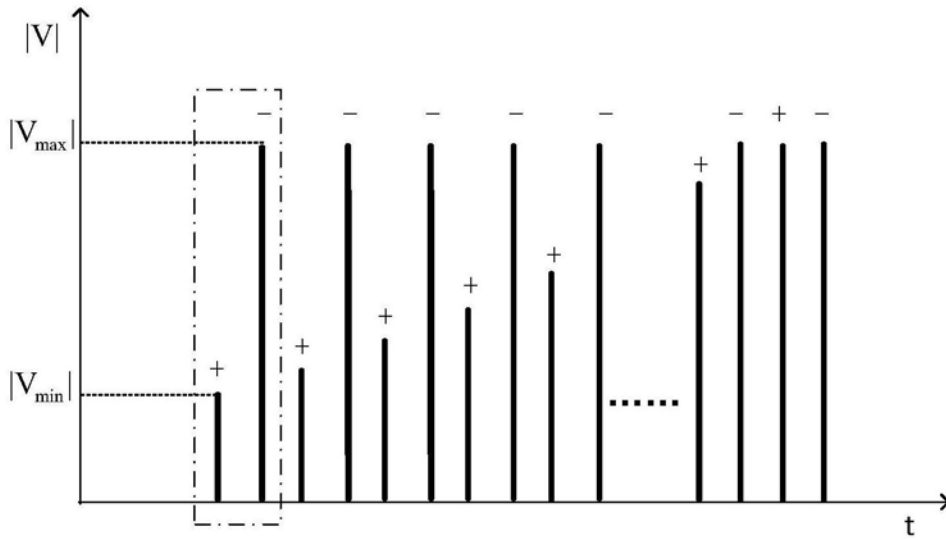


图4

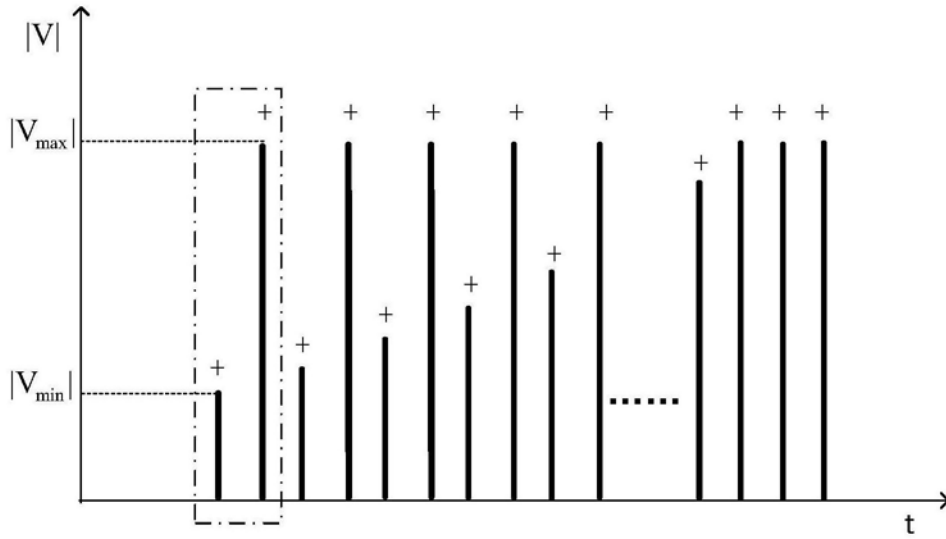


图5

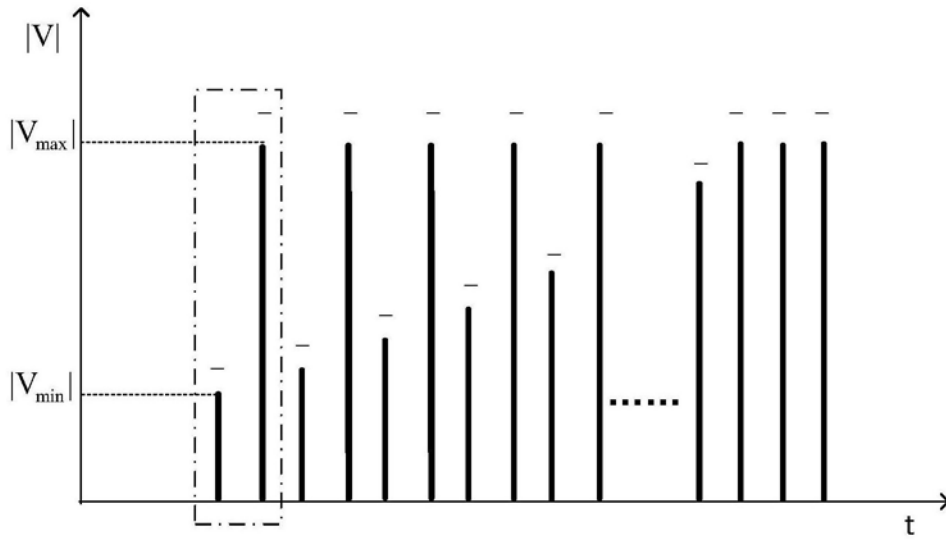


图6

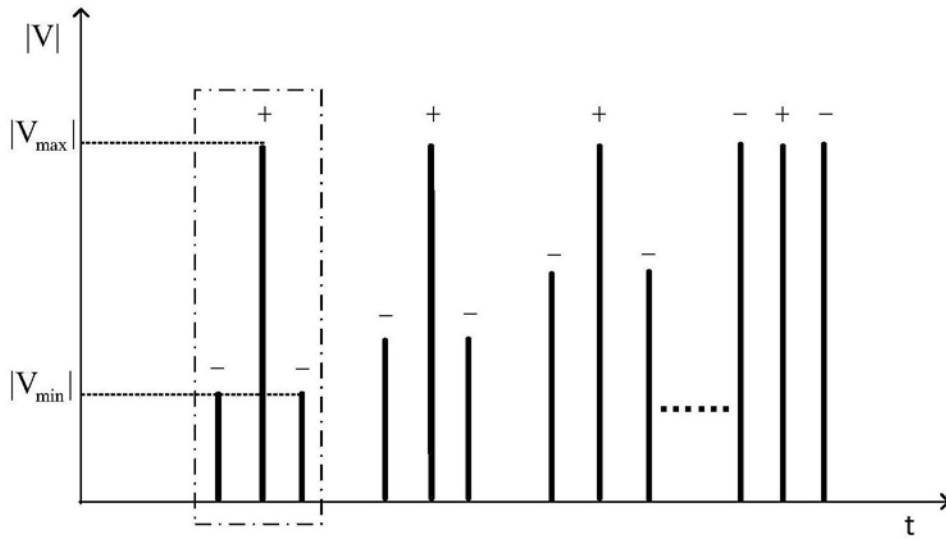


图7

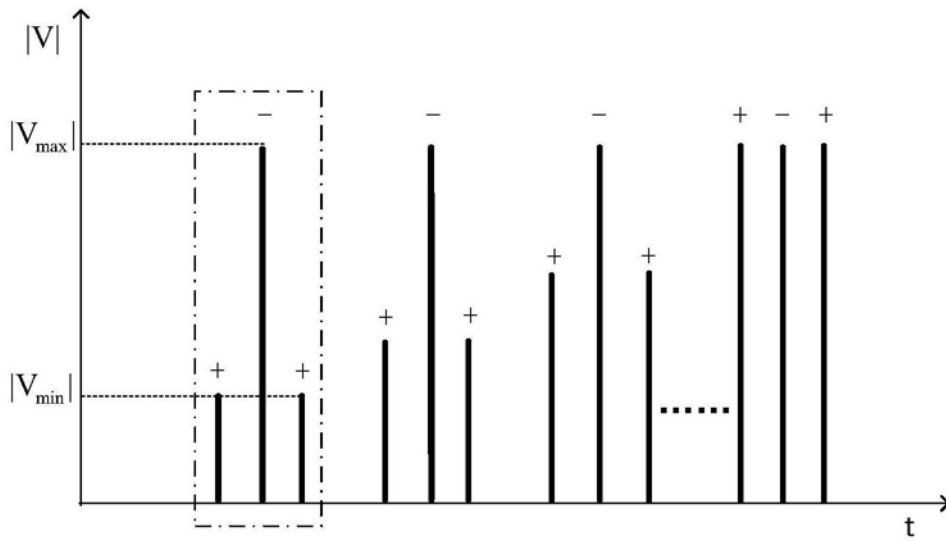


图8

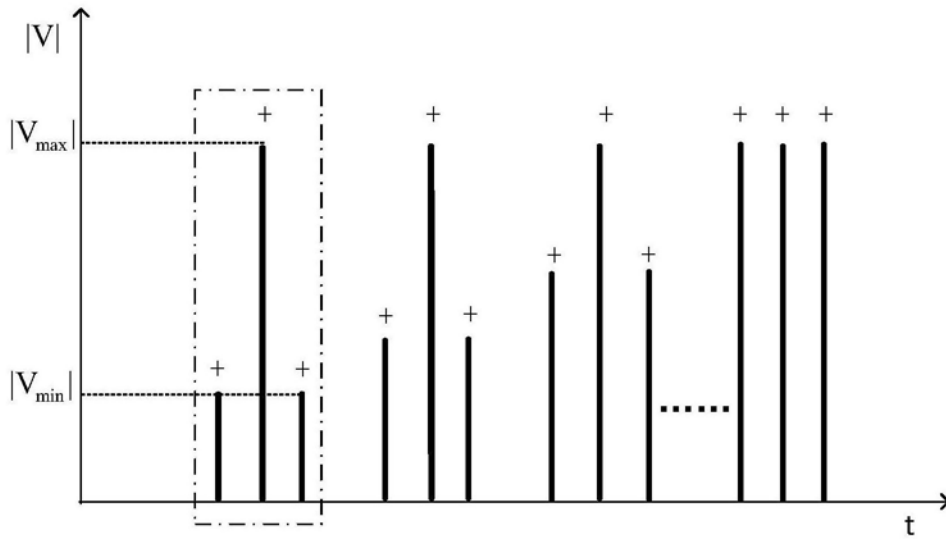


图9

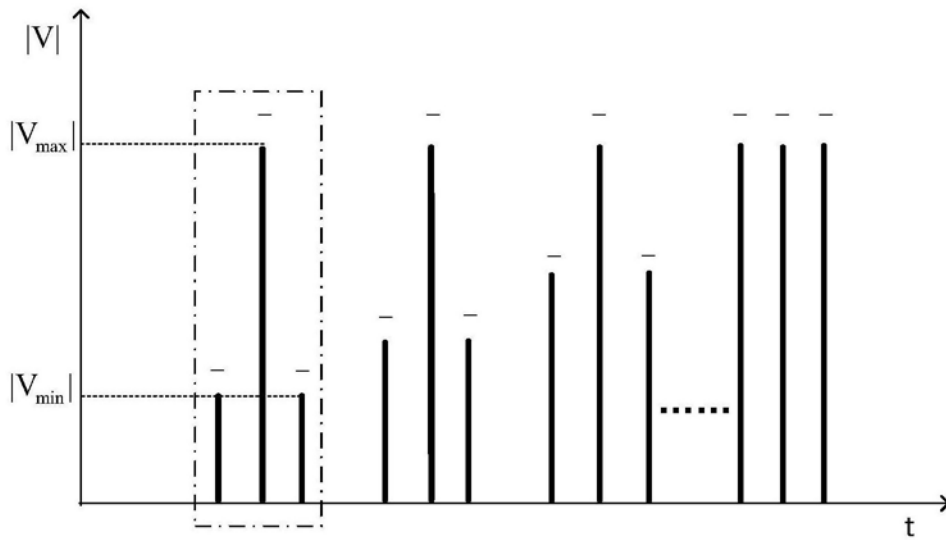


图10

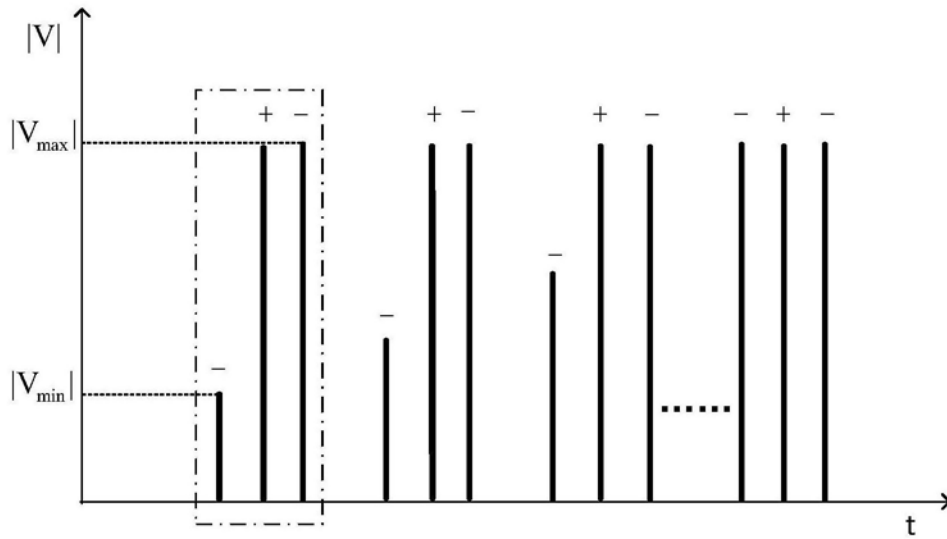


图11

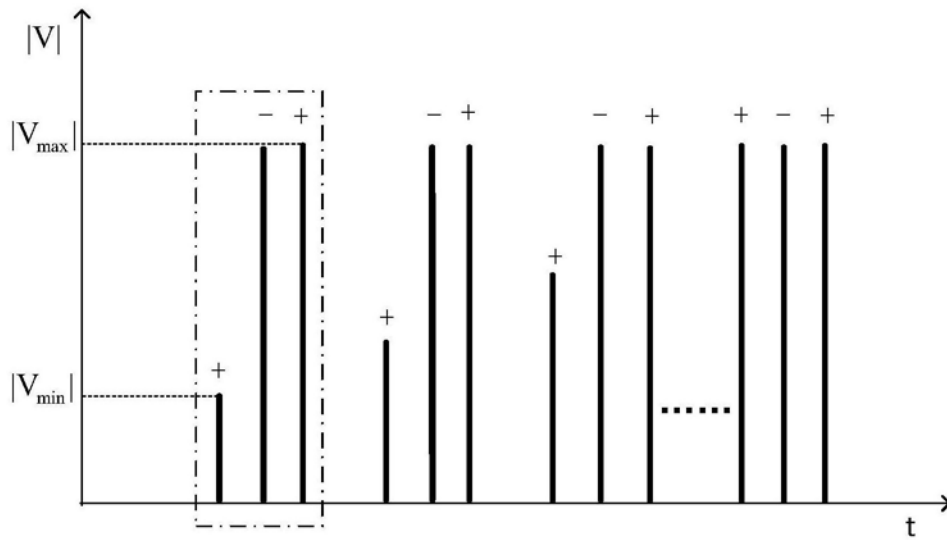


图12

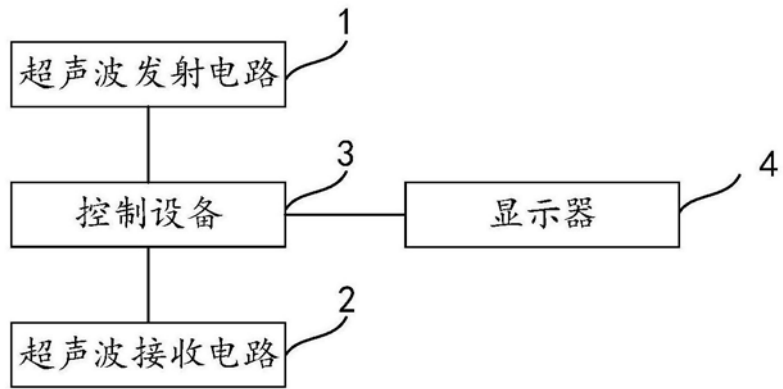


图13

专利名称(译)	一种超声造影成像方法、系统、控制设备及存储介质		
公开(公告)号	<a href="#">CN109498057A</a>	公开(公告)日	2019-03-22
申请号	CN201811640422.X	申请日	2018-12-29
[标]申请(专利权)人(译)	深圳开立生物医疗科技股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	深圳开立生物医疗科技股份有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	深圳开立生物医疗科技股份有限公司		
[标]发明人	朱建武 冯乃章		
发明人	朱建武 冯乃章		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/481 A61B8/5207 A61B8/5269 A61B8/543		
代理人(译)	王仲凯		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本申请公开了一种超声造影成像方法，包括：发送至少一种包括多组激励脉冲序列的激励脉冲序列组合至超声波发射电路；其中，每种激励脉冲序列组合中，各组激励脉冲序列的脉冲幅值不完全相同；获取各组激励脉冲序列对应的回波信号；分别计算各组回波信号的造影组织比的表征数值；将与预设理想值相差最小的表征数值所对应的激励脉冲序列确定为最佳激励脉冲序列；发送最佳激励脉冲序列至超声波发射电路，以便基于最佳激励脉冲序列的回波信号生成图像数据。本申请对于任一成像目标均可有力确保超声造影成像的图像质量，极大地提高了适用性和灵活性。本申请还公开了一种超声造影成像系统、控制设备及计算机可读存储介质，同样具有上述有益效果。

