



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110575201 A  
(43)申请公布日 2019.12.17

(21)申请号 201910952607.2

(22)申请日 2019.10.09

(71)申请人 珠海医凯电子科技有限公司  
地址 519000 广东省珠海市金湾区三灶镇  
机场东路288号D栋厂房四楼

(72)发明人 屠娟 朱逸斐 张国峰 丁波  
王建和

(74)专利代理机构 上海交达专利事务所 31201  
代理人 王毓理 王锡麟

(51) Int. Cl.  
A61B 8/00(2006.01)  
A61N 7/00(2006.01)

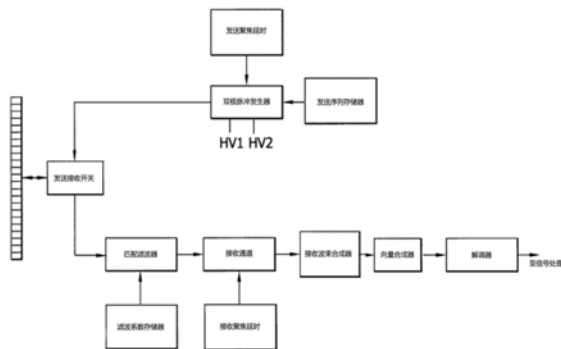
权利要求书2页 说明书3页 附图4页

(54)发明名称

基于反相Golay码的超声微泡空化成像方法及装置

(57)摘要

一种基于反相Golay码的超声微泡空化成像方法及装置,通过将待发射的若干空化成像脉冲采用Golay码编码后,得到一对正相及其180°反相空化脉冲,经与常规成像超声脉冲协同控制后发射;再通过对回波进行匹配滤波、分通道时延和叠加后解调,与常规成像超声脉冲得到的图像叠加后实现。本发明能够精确采集空化发生时的所有非线性的能量,检测到的空化强度更为准确。同时由于使用了脉冲压缩技术。空化成像的精度提高。



1. 一种基于反相Golay码的超声微泡空化成像方法,其特征在于,通过将待发射的若干空化成像脉冲采用Golay码编码后,得到一对正相及其 $180^\circ$ 反相空化脉冲,经与常规成像超声脉冲协同控制后发射;再通过对回波进行匹配滤波、分通道时延和叠加后解调,与常规成像超声脉冲得到的图像叠加后实现;

所述的Golay码,具体为正交互补Golay (A,B) 码,其长度与对应的空化成像脉冲相匹配。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征是,所述的一对正相及其反相空化脉冲,包括经Golay码的A序列、B序列编码后的信号以及其反相后的信号;

所述的发射,将A、B及其 $180^\circ$ 反相后的 $\bar{A}$ 、 $\bar{B}$ 四组信号经调制后依次发射。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征是,所述的叠加,通过将匹配滤波后得到的一对正相及其反相空化回波信号经叠加处理后得到空化脉冲回波的基波分量和非线性分量。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征是,所述的协同控制是指:控制空化成像脉冲与正常B模式和/或造影模式脉冲的发射时序完全错开从而将干扰显著降低,实现分时全双工,具体为:以满足空化脉冲发射后得到的回波强度衰减至小于等于常规成像超声脉冲的强度所需要的安全时间,即: $20 \lg \left( \frac{V_t}{V_B} \right) \cdot f_t \cdot \alpha \cdot \theta \cdot c \leq f_B \cdot \alpha \cdot d$ ,其中: $f_t$ 为空化脉冲频率, $f_B$ 为常规成像脉冲频率, $V_t$ 为空化脉冲电压, $V_B$ 为常规成像脉冲电压, $d$ 为当前成像深度, $\alpha$ 为超声在人体内的衰减系数。

5. 一种基于Golay码的超声微泡空化成像装置,其特征在于,包括:用于生成单个空化脉冲和成像脉冲的发射端、用于接收回波并解析出空化图像的接收端和分别与之相连发送接收开关,其中:发送接收开关与换能器相连并正对待测位置。

6. 根据权利要求5所述的成像装置,其特征是,所述的发射端包括:双极脉冲发生器和发送序列存储器,其中:双极脉冲发生器的控制端接收发送聚焦延时以发射用于常规成像的正常B模式、多普勒模式或造影模式脉冲,发送序列存储器用于提供Golay码以编码空化成像脉冲。

7. 根据权利要求5或6所述的成像装置,其特征是,所述的发射端采用四次发射,通过分别发射A序列、B序列编码后的脉冲以及A序列、B序列编码后的反向脉冲,实现对回波中的基波成分和强非线性成分的分离。

8. 根据权利要求5所述的成像装置,其特征是,所述的接收端包括:匹配滤波器、带有延时的接收通道、接收波束合成器、累加器以及解调器,其中:匹配滤波器与预存有滤波器系数的存储器相连并将接收到的回波信号与对应发射信号的接收码相卷积后输出至接收通道以进行对应的的时延、放大以及模数转换处理,累加器将合成后的同一发射焦点位置的匹配滤波信号叠加以实现谐波信号的脉冲压缩和基波信号的抑制,解调器经对累加器输出的信号解调并输出至后续信号处理器进行相应的包络检测、边缘增强和/或对数压缩处理。

9. 根据权利要求8所述的成像装置,其特征是,所述的接收端对收到的四组信号先通过匹配滤波器进行对应A序列、B序列的匹配滤波以及反相处理,得到 $R_A$ 和 $R_B$ 以及反相滤波信号 $\overline{R_A}$ 和 $\overline{R_B}$ ;

所述的匹配滤波器的导通截止设置与发送端的A序列、B序列相同;

所述的累加器进行叠加从而分别得到基波成分 $X = (R_A + R_B) - (\overline{R_A} + \overline{R_B})$ 以及非线性成

分  $Y = (R_A + R_B) + (\overline{R_A} + \overline{R_B})$ ;

所述的信号处理器计算  $h = \log \frac{E_Y}{E_X}$  得到每个回波点的空化强度,并通过扫描变换与用于成像的正常B模式、多普勒模式或造影模式图像相叠加即可得到空化成像。

10. 根据权利要求6~11中任一所述的成像装置,其特征是,所述的发射端进一步设有协同控制模块,用于控制单个空化脉冲和成像超声脉冲的发射时序;

当发射间隙满足条件时的情况,即理想状态下在一个周期内发射若干次空化脉冲,相邻空化脉冲的时间间隔为  $1/prf$ ;在最后一次空化脉冲发射后间隔安全时隙后发射若干次的常规成像脉冲Image,相邻的常规成像脉冲的时间间隔为  $\frac{d}{c} + extra$ ,其中:c为声波在人体内传播速度,d为成像深度,extra为额外等待时间;通常d与extra成反比;

当发射间隙不满足条件时的情况,即根据当前成像深度信息得到的安全时隙以及上述发射端采用四次发射中的任意一次或任意四次所需时间超过了发射间隙时,协同控制模块将临时暂停双极脉冲发生器,通过强制增加空化脉冲之间的间隙以保证常规成像脉冲的不受干扰。

## 基于反相Golay码的超声微泡空化成像方法及装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及的是一种超声治疗领域的技术,具体是一种基于反相Golay码的超声微泡空化成像方法及装置。

### 背景技术

[0002] 空化成像是监测微泡空化强度的一个必要手段,合适的空化强度对于医生和实验者都是非常必要参数。通常空化激励需要连续的强超声脉冲,通过回波的非线性强度来判断空化的强度,回波的非线性成分越多则表明空化强度越高;而空化成像脉冲数越多反而分辨率越低。因此空化成像的分辨率和空化强度产了一对矛盾。

### 发明内容

[0003] 本发明针对现有技术存在的上述不足,提出一种基于反相Golay码的超声微泡空化成像方法及装置,通过编码发射和脉冲压缩技术,将空化激励超声和成像超声融合并同时发送。

[0004] 本发明是通过以下技术方案实现的:

[0005] 本发明涉及一种基于反相Golay码的超声微泡空化成像方法,通过将待发射的若干空化成像脉冲采用Golay码编码后,得到一对正相及其 $180^\circ$ 反相空化脉冲,经与常规成像超声脉冲协同控制后发射;再通过对回波进行匹配滤波、分通道时延和叠加后解调,与常规成像超声脉冲得到的图像叠加后实现。

[0006] 所述的Golay码,具体为正交互补Golay(A,B)码,其长度与对应的空化成像脉冲相匹配。

[0007] 所述的一对正相及其反相空化脉冲,包括经Golay码的A序列、B序列编码后的信号以及其反相后的信号。

[0008] 所述的发射,将A、B及其 $180^\circ$ 反相后的 $\bar{A}$ 、 $\bar{B}$ 四组信号经调制后依次发射。

[0009] 所述的叠加,通过将匹配滤波后得到的一对正相及其反相空化回波信号经叠加处理后得到空化脉冲回波的基波分量和非线性分量。

[0010] 所述的常规成像超声脉冲,包括正常B模式、多普勒模式或造影模式脉冲或其组合。

[0011] 所述的协同控制,优选控制空化成像脉冲与正常B模式和/或造影模式脉冲的发射时序。

[0012] 所述的协同控制是指:控制空化成像脉冲和常规成像超声脉冲的发射时序,使两者在时序上的完全错开从而将干扰显著降低,实现分时全双工,具体为:以满足空化脉冲发射后得到的回波强度衰减至小于等于常规成像超声脉冲的强度所需要的安全时间,即:

$20 \lg \left( \frac{V_t}{V_B} \right) \cdot f_t \cdot \alpha \cdot \theta \cdot c \leq f_B \cdot \alpha \cdot d$ ,其中: $f_t$ 为空化脉冲频率, $f_B$ 为成像脉冲频率, $V_t$ 为空化脉冲电压, $V_B$ 为成像脉冲电压, $d$ 为当前成像深度, $\alpha$ 为超声在人体内的衰减系数,一般为0.5dB/MHz/cm。

### 技术效果

[0013] 相比现有技术,本发明创新地先使用匹配滤波器天然滤除二次谐波,再通过反相技术,将基波和非线性成分分离,从而精确采集空化发生时的所有非线性的能量,检测到的空化强度更为准确。同时由于使用了脉冲压缩技术。空化成像的精度提高。

### 附图说明

[0014] 图1为本发明发射装置示意图;

[0015] 图2为本发明发射流程示意图;

[0016] 图3为实施例Golay码发射波形图;

[0017] 图中:a、b分别为互补序列;

[0018] 图4为实施例接收端匹配滤波器示意图;

[0019] 图中:a、b分别用于接收AB互补序列;

[0020] 图5为AB分别匹配滤波过后相加得到的脉冲压缩过后的波形图;

[0021] 图6为实施例协同控制示意图。

### 具体实施方式

[0022] 如图1所示,为本实施例涉及一种基于Golay码的超声微泡空化成像装置,包括:用于生成单个空化脉冲和成像脉冲的发射端、用于接收回波并解析出空化图像接收端和分别与之相连发送接收开关,其中:发送接收开关与换能器相连并正对待测位置。

[0023] 所述的发射端包括:双极脉冲发生器和发送序列存储器,其中:双极脉冲发生器的控制端接收发送聚焦延时以发射用于常规成像的正常B模式、多普勒模式或造影模式脉冲,发送序列存储器用于提供Golay码以编码空化成像脉冲。

[0024] 所述的Golay码,具体为正交互补Golay (A,B) 码,即 $A(a(n), n=1, \dots, N)$ ,  $B(b(n), n=1, \dots, N)$ , 满足 $a(n)*a(-n)+b(n)*b(-n)=2N\delta(n)$ , 其中:\*为卷积, $N$ 为自然常数, $\delta(n)$ 为脉冲序列。

[0025] 所述的Golay码,其长度与空化成像脉冲相同:当空化成像脉冲为10个周期,则采用10个码字的Golay (A,B) 码,例如 $A=1, -1, -1, 1, -1, 1, -1, -1, -1, 1$ ;  $B=1, -1, -1, -1, 1, -1, 1, -1, -1, 1$ 。

[0026] 如图2所示,所述的发射端采用四次发射,通过分别发射A序列、B序列编码后的脉冲以及A序列、B序列编码后的反向脉冲,实现对回波中的基波成分和强非线性成分的分离。

[0027] 所述的接收端包括:匹配滤波器、带有延时的接收通道、接收波束合成器、累加器以及解调器,其中:匹配滤波器与预存有滤波器系数的存储器相连并将接收到的回波信号与对应发射信号的接收码相卷积后输出至接收通道以进行对应的的时延、放大以及模数转换处理,累加器将合成后的同一发射焦点位置的匹配滤波信号叠加以实现谐波信号的脉冲压缩和基波信号的抑制,解调器经对累加器输出的信号解调并输出至后续信号处理器进行相应的包络检测、边缘增强和/或对数压缩处理。

[0028] 如图2和图4所示,所述的接收端对收到的四组信号先通过匹配滤波器进行对应A序列、B序列的匹配滤波以及反相处理,得到 $R_A$ 和 $R_B$ 与以及反相滤波信号 $\overline{R_A}$ 和 $\overline{R_B}$ 。

[0029] 如图4a和图4b所示,所述的匹配滤波器的导通截止设置与发送端的A序列、B序列

相同。本实施例中通过发送序列存储器和滤波系数存储器实现,图中纵坐标 $\pm 0.05$ 分别对应A、B序列中的1和-1,横坐标为时间(图中20为示意性)。

[0030] 所述的累加器进行叠加从而分别得到基波成分 $X = (R_A + R_B) - (\overline{R_A} + \overline{R_B})$ 以及非线性成分 $Y = (R_A + R_B) + (\overline{R_A} + \overline{R_B})$ 。

[0031] 所述的解调器分别对基波成分和非线性成分进行希尔伯特变换,相应得到基波成分能量 $E_X$ ,和非线性成分能量 $E_Y$ 并输出至信号处理器。

[0032] 所述的信号处理器计算 $h = \log \frac{E_Y}{E_X}$ 得到每个回波点的空化强度,并通过扫描变换与用于成像的正常B模式、多普勒模式或造影模式图像相叠加即可得到空化成像。

[0033] 优选地,所述的发射端进一步设有协同控制模块,用于控制单个空化脉冲和成像超声脉冲的发射时序。

[0034] 如图6a所示,为发射间隙满足条件时的情况:理想状态下在一个周期内发射若干次空化脉冲,相邻空化脉冲的时间间隔为 $1/\text{prf}$ 。在最后次空化脉冲发射后间隔安全时隙后发射若干次的常规成像脉冲Image,相邻的常规成像脉冲的时间间隔根据影像系统本身的间隔决定,通常为: $\frac{d}{c} + \text{extra}$ ,其中: $c$ 为声波在人体内传播速度, $d$ 为成像深度(可通过现有技术采集获取), $\text{extra}$ 为额外等待时间;通常 $d$ 与 $\text{extra}$ 成反比。

[0035] 如图6b所示,为发射间隙不满足条件时的情况:即根据当前成像深度信息得到的安全时隙以及上述发射端采用四次发射中的任意一次或任意四次所需时间超过了发射间隙时,协同控制模块将临时暂停双极脉冲发生器,通过强制增加空化脉冲之间的间隙(虚线框部分治疗脉冲关闭)以保证常规成像脉冲的不受干扰。

[0036] 所述的强制增加,具体是指:协同控制模块以1为步长依次递增的方式缩短一个周期内空化脉冲的个数并重新尝试计算安全时隙,即扩大双极脉冲发射器的发射间隙,直至发射间隙大于安全时隙和成像脉冲所需时间之和时所对应的空化脉冲缩短的个数。

[0037] 本实施例中增加的间隙由发射包数目(packet size)决定,该参数控制治疗超声每发射 $n$ 次暂停1次的比例。

[0038] 上述具体实施可由本领域技术人员在不背离本发明原理和宗旨的前提下以不同的方式对其进行局部调整,本发明的保护范围以权利要求书为准且不由上述具体实施所限,在其范围内的各个实现方案均受本发明之约束。

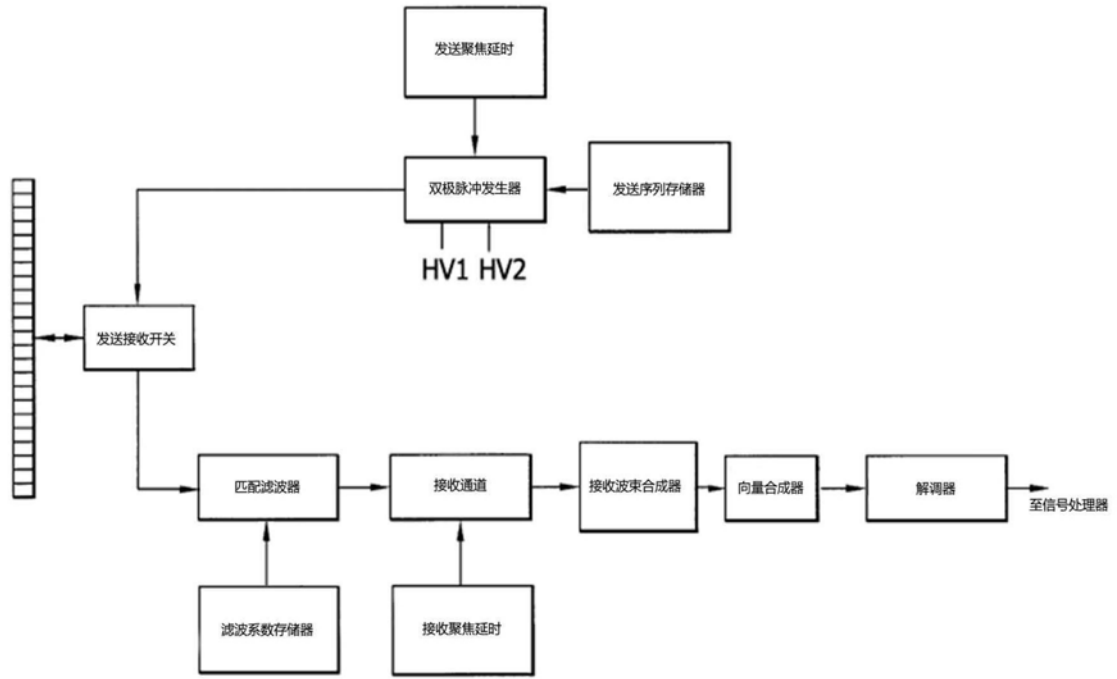


图1

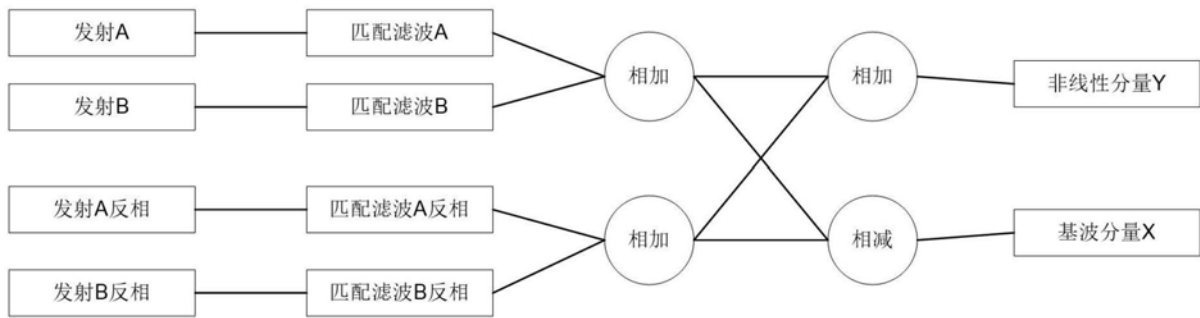
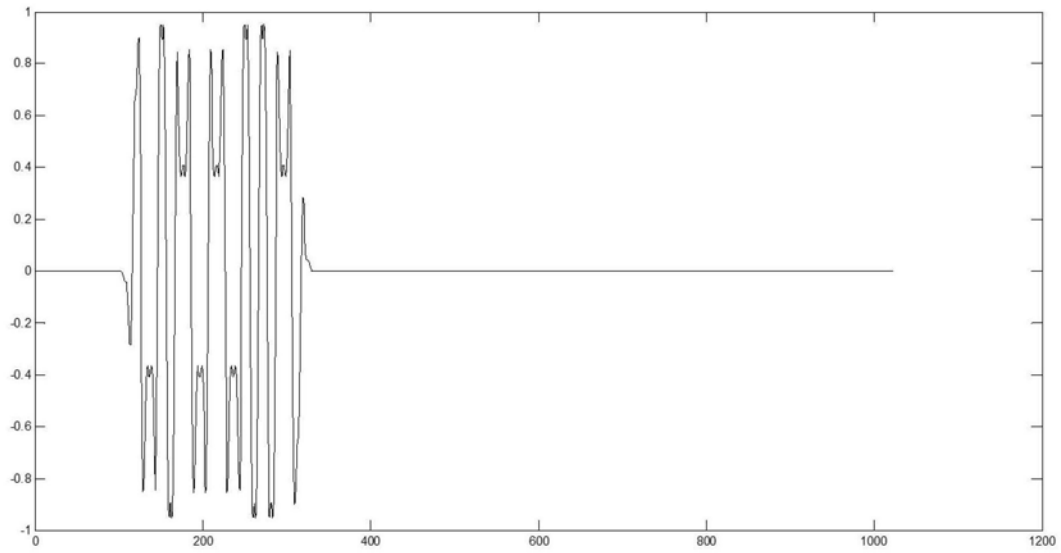
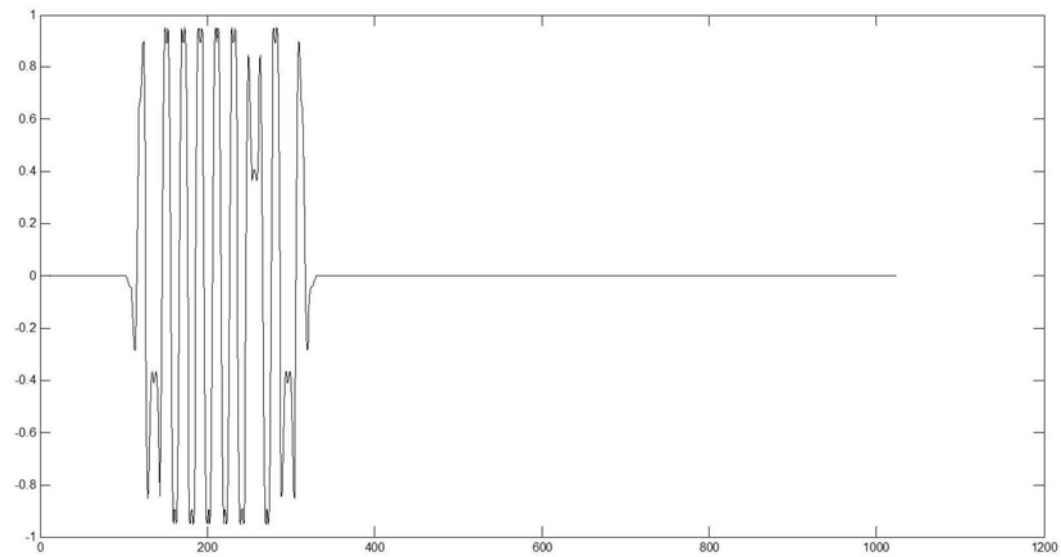


图2

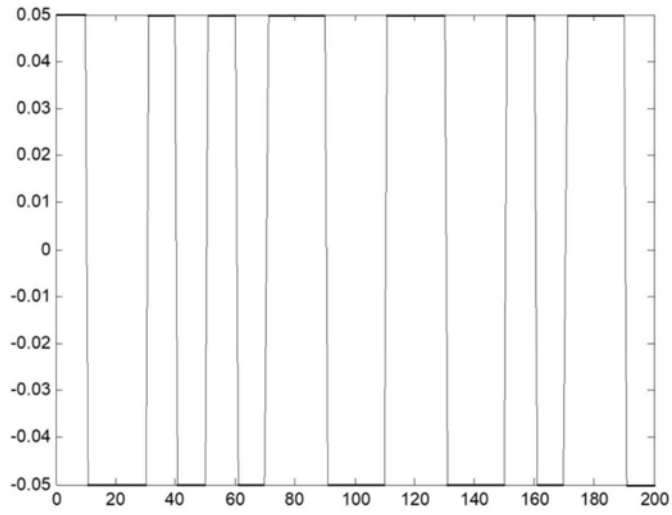


a

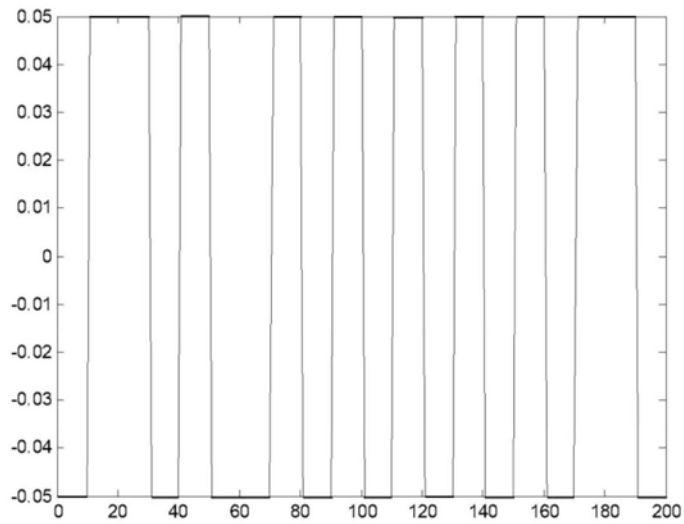


b

图3



a



b

图4

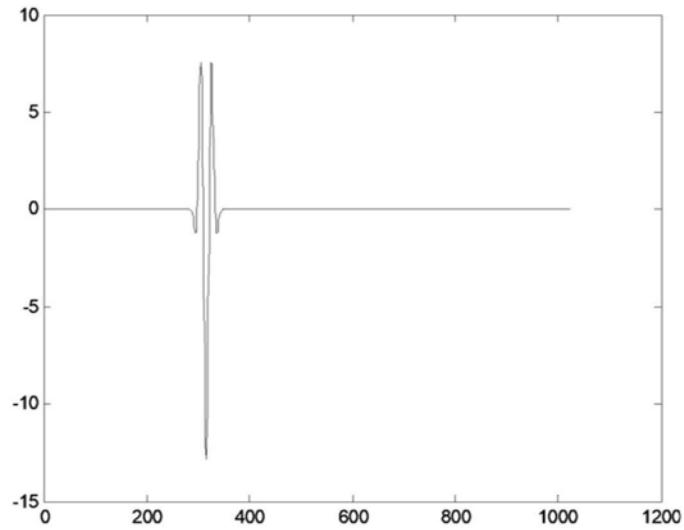
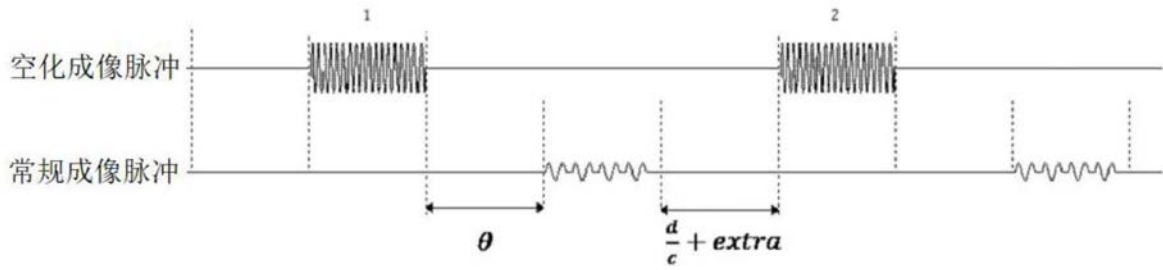
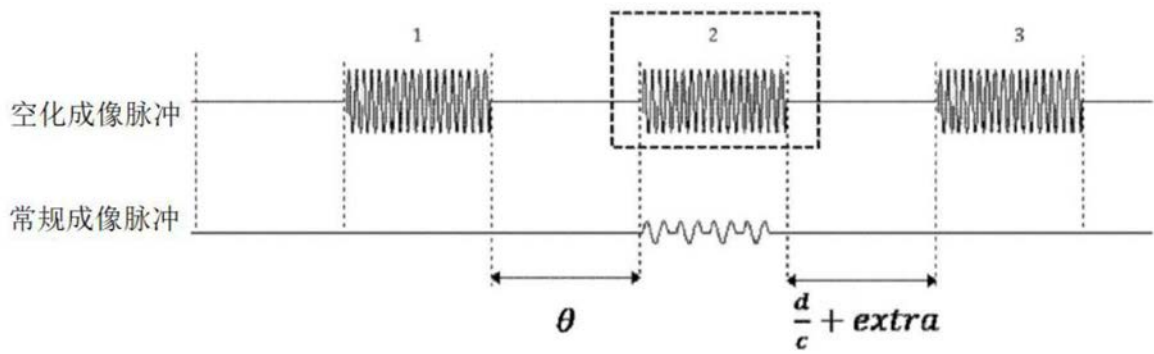


图5



a



b

图6

专利名称(译)	基于反相Golay码的超声微泡空化成像方法及装置		
公开(公告)号	<a href="#">CN110575201A</a>	公开(公告)日	2019-12-17
申请号	CN201910952607.2	申请日	2019-10-09
[标]申请(专利权)人(译)	珠海医凯电子科技有限公司		
申请(专利权)人(译)	珠海医凯电子科技有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	珠海医凯电子科技有限公司		
[标]发明人	屠娟 朱逸斐 张国峰 丁波 王建和		
发明人	屠娟 朱逸斐 张国峰 丁波 王建和		
IPC分类号	A61B8/00 A61N7/00		
CPC分类号	A61B8/481 A61B8/488 A61B8/5207 A61B8/54 A61N7/00 A61N2007/0039 A61N2007/0052		
代理人(译)	王锡麟		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

一种基于反相Golay码的超声微泡空化成像方法及装置，通过将待发射的若干空化成像脉冲采用Golay码编码后，得到一对正相及其180°反相空化脉冲，经与常规成像超声脉冲协同控制后发射；再通过对回波进行匹配滤波、分通道时延和叠加后解调，与常规成像超声脉冲得到的图像叠加后实现。本发明能够精确采集空化发生时的所有非线性的能量，检测到的空化强度更为准确。同时由于使用了脉冲压缩技术。空化成像的精度提高。

