

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

A61B 8/00 (2006.01)

A61B 8/14 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200580021999.7

[43] 公开日 2007 年 6 月 6 日

[11] 公开号 CN 1976635A

[22] 申请日 2005.6.22

[21] 申请号 200580021999.7

[30] 优先权

[32] 2004.6.30 [33] US [31] 60/584,403

[86] 国际申请 PCT/IB2005/052056 2005.6.22

[87] 国际公布 WO2006/003555 英 2006.1.12

[85] 进入国家阶段日期 2006.12.29

[71] 申请人 皇家飞利浦电子股份有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

[72] 发明人 M·阿弗基欧 S·詹森

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 程天正 张志醒

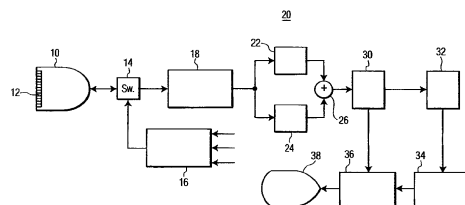
权利要求书 3 页 说明书 6 页 附图 5 页

[54] 发明名称

使用互调分量信号的非线性超声诊断成像

[57] 摘要

一种超声成像系统，发送包括第一和第二主频成分的波形，这些主频成分由通过非线性媒介或者与造影剂微泡相接触而互调以产生差频成分。在示出的实施方式中，该第二主频的频率是第一主频的两倍，使得差频信号处于第一主频。发送两种以不同方式调制的发送波形并通过脉冲反转分离差频成分。



1. 一种用于以互调分量信号进行非线性成像的超声诊断成像系统，包括：

阵列换能器，用于发送超声波并响应于该超声波接收回波信号；

发送器，与该阵列换能器耦合，这使得该阵列换能器发送以不同方式调制的第一和第二波到目标位置，每个波包括第一和第二主频成分，其中该第二主频成分的频率是第一主频成分的两倍；

波束生成器，其与阵列换能器耦合，该波束生成器响应于发送的波形成相干回波信号，包括第一和第二主频成分的差频信号；

脉冲反转处理器，其与波束生成器耦合，该脉冲反转处理器用于分离第一和第二主频成分的差频信号以相对排除第一主频成分的线性信号成分；以及

显示器，其与脉冲反转处理器耦合，以显示从差频信号形成的图像。

2. 如权利要求1所述的超声诊断成像系统，其中该波束生成器进一步包括响应于发送的波而形成相干回波信号的装置，包括第一和第二主频成分在第一主频成分频率处的差频信号。

3. 如权利要求1所述的超声诊断成像系统，其中脉冲反转处理器进一步包括分离该第一和第二主频成分的非线性差频信号以相对排除第一主频成分的线性信号成分的装置。

4. 如权利要求1所述的超声诊断成像系统，其中该发送器进一步包括使得阵列换能器发送在振幅上以不同方式调制的第一和第二波到目标位置的装置。

5. 如权利要求1所述的超声诊断成像系统，其中该发送器进一步包括使得阵列换能器发送至少在相位或者频率之一上以不同方式调制的该第一和第二波到目标位置的装置。

6. 如权利要求1所述的超声诊断成像系统，其中该换能器进一步包括用于发送超声波和响应于该波从景深接收回波的阵列换能器，更高频率的信号在该景深具有显著的依赖于深度的频率衰减。

7. 如权利要求1所述的超声诊断成像系统，其中该阵列换能器进一步包括用于接收包括差频成分的回波的装置，该差频成分由非线性

目标或者媒介引起的第一和第二主频的互调形成。

8. 如权利要求7所述的超声诊断成像系统, 其中非线性目标包括造影剂微泡。

9. 如权利要求7所述的超声诊断成像系统, 其中非线性媒介包括身体组织。

10. 一种用于以互调分量信号进行非线性成像的超声诊断成像系统, 包括:

阵列换能器, 其用于发送超声波并响应于该波接收回波信号;

发送器, 其与该阵列换能器耦合, 这使得该阵列换能器发送方波到目标位置, 每个方波发送第一和第二主频成分, 其中该第二主频成分的频率是第一主频成分的三倍;

波束生成器, 其与该阵列换能器耦合, 该波束生成器响应于发送的方波而形成相干回波信号, 包括第一和第二主频成分的差频信号;

信号分离电路, 其与该波束生成器耦合, 该信号分离电路用于分离第一和第二主频成分的差频信号以相对排除第一主频成分的线性信号成分; 以及

显示器, 其与该脉冲反转处理器耦合, 以显示从差频信号形成的图像。

11. 如权利要求10所述的超声诊断成像系统, 其中该发送器进一步包括用于使得该阵列换能器发送以不同方式调制的方波到目标位置的装置, 每个方波发送基频的奇次谐波。

12. 如权利要求11所述的超声诊断成像系统, 其中该发送器进一步包括用于使得该阵列换能器发送以不同方式调制的方波到目标位置的装置, 每个方波发送基频的一次和三次谐波频率并相对缺少处于基频二次谐波频率位置的信号分量。

13. 如权利要求12所述的超声诊断成像系统, 其中该波束生成器进一步包括响应于该发送的方波形成相干回波信号的装置, 包括第一和第二主频成分的处于基频二次谐波频率的差频信号。

14. 如权利要求12所述的超声诊断成像系统, 其中该波束生成器进一步包括响应于该发送的方波而形成相干回波信号的装置, 包括第一和第二主频成分的互调分量。

15. 如权利要求14所述的超声诊断成像系统, 其中该波束生成器

进一步包括响应于该发送的方波而形成相干回波信号的装置，包括第一和第二主频成分的互调分量，其中该互调分量位于该基频的二次谐波频率。

16. 如权利要求10所述的超声诊断成像系统，其中该发送器进一步包括用于在离散的电压电平之间切换输出波形的切换发送器。

17. 如权利要求10所述的超声诊断成像系统，其中该信号分离电路进一步包括带通滤波器。

18. 如权利要求10所述的超声诊断成像系统，其中该发送器进一步包括使得该阵列换能器发送以不同方式调制的第一和第二方波到目标位置的装置；

其中该波束生成器进一步包括用于响应于以不同方式调制的该第一和第二方波而形成相干回波信号的装置；以及

其中该信号分离电路进一步包括脉冲反转电路，所述脉冲反转电路对响应于以不同方式调制的该第一和第二方波而接收到的相干回波信号敏感。

19. 如权利要求 18 所述的超声诊断成像系统，其中该发送器进一步包括用于使得该阵列换能器发送在振幅、相位或极性至少一个中以不同方式调制的第一和第二方波的装置。

使用互调分量信号的非线性超声诊断成像

技术领域

本发明涉及医学诊断成像系统，并且特别涉及，在其中使用发送的信号的非线性互调分量进行成像的超声诊断成像系统。

背景技术

现今发现用非线性信号进行的成像在诊断超声中有两种主要应用。一种是组织谐波成像，其中当线性（通常是正弦曲线）发送波形穿过身体时，其被允许经历自然失真。该失真引起非线性谐波成分的发生，该谐波最重要的部分通常在基本发送频率的二次谐波中。对接收到的回波进行滤波以从线性成分中分离非线性成分。优选的分离技术被称为脉冲反转，在美国专利 5,951,478（Hwang 等）中对其进行了描述。由于因多路扫描而使其干扰水平低，因此需要从非线性成分产生的图像。

非线性成像的第二种重要应用是超声造影剂的成像。造影剂的微泡可以被设计成非线性振荡或者当被超声穿透时破裂。这种振荡或者破裂将导致从微泡返回的回波富含非线性成分。这些回波以与组织谐波信号相似的方式被接收和处理以分离该微泡回波的非线性成分。以这些回波产生的图像能清晰地分割血流和包括造影剂的血管。

美国专利 6,440,075（Averkiou）描述了一种增强非线性信号成分之产生的非线性成像技术。这通过发送具有两个主频的波形实现。当波形通过组织或者遇到微泡时，每个发送频率的非线性成分将如上面描述的那样发生。此外，这两个发送频率成分将互调，从而发生非线性和频成分以及差频成分。这两种类型的非线性信号都被接收并用于形成图像，这些图像通过使用两种非线性机制而得到增强。该专利给出多种方式的实施例，其中可以形成以及定位和频以及差频，例如通过对主发送频率使用换能器通频带各侧和对差频和谐波频率使用中心。专利 '075 的图 7 给出在换能器通频带各侧发送频率 f_1 和 f_2 且在该通频带中心接收回波成分 $f_1 - f_2$ 和 $2f_2$ 的实施例。所示出的发送技术还可以有利地从数字存储的发送波形产生。

对于例如肝脏成像的深腹成像经常需要的在体内更深深度的成

像，需要较低频率以应对依赖于深度的频率衰减效应。如专利‘075中的实施例所示，互调分量通常在通频带的中心或者更高处，并因此在更深深度成像中可能受到大幅衰减的影响。这种衰减可能降低所接收到的回波的信噪比特性并且因此降低这些图像的诊断质量。因此当在身体更深处成像时需要能够以产生高诊断图像的方式利用互调非线性成像。

发明内容

根据本发明的原理，描述了一种用于在更深深度以互调分量进行非线性成像的方法和装置。发送波形包括两个主频成分，其中一个频率是另一个频率的两倍。发送波形被发送两次，每次具有不同的发送调制。将从这两次发送接收到的回波相结合以通过脉冲反转分离两个主频成分的非线性差频成分。这些差频成分定位在这两个主频成分中较低那个处，并因此较少受到依赖于深度的衰减效果的影响。

附图说明

在下列附图中：

图 1 示出形成根据本发明的原理构建的超声诊断成像系统的方框图。

图 2A - 5B 示出根据本发明的原理用于产生非线性回波信号成分的波形。

图 6A 和 6B 示出使用图 3A 和 5A 中的回波信号的脉冲反转分离的结果。

图 7A 和 7B 示出根据本发明另一实施方式的两个不同调制的发送方波。

图 7C 示出图 7A 和 7B 中发送方波的频谱和接收到的回波信号的非线性成分。

具体实施方式

首先参考附图 1，其示出根据本发明的原理构建的超声诊断成像系统。图 1 中的超声系统利用一个发送器 16，其发送多频率束以便在要被成像的受检者内非线性生成差频信号。该发送器通过发送/接收开关 14 耦合到扫描头 10 的阵列换能器 12 的元件上。如图所示，该发送器响应于许多控制参数，这些参数确定了发送束的特性。多频率束的两个主频 f_1 和 f_2 受到控制，这两个频率确定了差 $(f_1 - f_2)$ 频成

分所处的频率。这两个被发送的频率成分的幅度和强度 a 和 b 也受到控制，使得发送束形成 $(b\sin(2\pi f_1 t) + a\sin(2\pi f_2 t))$ 的形式。接收到的差信号成分 $(f_1 - f_2)$ 将具有幅度 c ，其不是 a 和 b 强度的线性分量，而是由于非线性效应产生的差信号。

图 1 中，换能器阵列 12 从身体接收回波，含有在换能器通频带范围内的差频成分。这些回波信号通过开关 14 耦合到波束生成器 18，该波束生成器适当地延迟来自不同元件的回波信号，然后对其进行组合以沿束形成深度从浅到深的差信号序列。波束生成器优选地是数字波束生成器，其操作数字化的回波信号以产生从近景深到远景深的离散相干数字回波信号序列。该波束生成器可以是多线波束生成器，其沿响应于单个发送束而沿着多个在空间不同的接收扫描线产生两个或者更多的回波信号序列。波束生成的回波信号耦合到非线性信号分离器 20。分离器 20 可以是带通滤波器，其通过和通频带或者差通频带 66、76，而相对排除（衰减）发送频带 62、64 或者 72、74。在示出的实施方式中，分离器 20 是通过脉冲反转技术分离包括差频成分的非线性信号的脉冲反转处理器。由于该差频信号由非线性效应产生的，它们可以有利地通过脉冲反转处理而被分离。为了脉冲反转，该发送器具有另一可变的发送参数，该参数是发送脉冲的相位、极性或者幅度，如图所示。该超声系统发送两个或者多个不同发送极性、幅度和/或相位的束。对于示出的两个脉冲的实施方式，响应于该第一发送脉冲而被接收的扫描线回波存储在 Line1 缓冲器 22 中。响应于该第二发送脉冲而被接收的扫描线回波存储在 Line2 缓冲器 24 中，并然后通过加法器 26 与 Line1 缓冲器中的空间相应回波相结合。可选择地，该回波的第二扫描线可以直接与存储的第一扫描线的回波相结合而不需要缓冲。由于发送脉冲的相位或者极性不同，异相的基本（线性）回波成分将抵消，并且同相的非线性差频成分将结合以彼此加强，从而产生增强的和隔离的非线性差频信号。该差频信号可以由滤波器 30 进一步过滤以移除不希望的信号，例如那些由抽取等操作产生的信号。然后由检测器 32 检测这些信号，检测器可以是幅度或者相位检测器。这些回波信号然后由信号处理器 34 处理以便于随后的灰度级、Doppler 或者其它超声显示，然后由图像处理器 36 进一步处理以用于二维、三维、频谱的、参数的、或者其它显示形式。

获得的显示信号被显示在在显示器 38 上。

根据本发明的原理，该发送器发送具有两个主发送频率 f_1 和 f_2 的波形，其中 $f_2 = 2f_1$ 。由于例如波形通过组织或由非线性造影剂微泡反射的非线性效应，这两个发送频率将在体内互调。该互调在这两个主频的和频率以及差频率处产生成分。由于所选择的主频，差频 $f_2 - f_1 = f_1$ ，其包括较低的发送频率处的非线性信号成分。由于该较低发送频率将展现最大的穿透深度，非线性信号成分将从该最大深度返回，在该深度可以接收最低频率的 f_1 。由此，方便了在较深深度的成像。

该处理的实施例由图 2A 至 6B 示出。图 2A 是展现第一调制特性的第一发送波形 50 的图解时域图，在本实施例中该第一调制特性是特定的相位特性。该曲线图的横坐标是时间，而纵坐标是幅度。如图 2B 所示，发送波形 50 具有两个主频成分。该图解图示出发送波形 50 的频谱。该曲线图的横坐标可以看做以 MHz 为单位的频率或者谐波次序 (order)，而纵坐标是幅度。该频谱示出该第一发送波形具有大约 1MHz 的第一主频成分 52 和大约 2MHz 的第二主频成分 53。可以看出第二主频成分 53 是第一主频成分的值的两倍。可选择地，该频谱可以看做具有两个主基频成分，其中较高的频率成分在较低频率成分的二次谐波频率处。

如图 3A 所示，当该第一发送波形入射到非线性媒介或者对象，回波 54 返回并被换能器 12 接收。该回波具有如图 3B 所示的频谱响应。该频谱包括基频成分 55、56 和 57。为了便于解释，将响应特性 55 称为基本响应，将特性 56 称为二次谐波响应，而将响应特性 57 称作三次谐波响应。基本成分 55 包括来自发送成分 52 的线性响应，也包括来自发送频率的互调分量的非线性响应。在这种情况下，互调分量是差频 $f_1 - f_2$ ，在该 $f_2 = 2f_1$ 的实施例中，差频等于 f_1 。二次谐波成分 56 是来自发送成分 53 的线性响应并且该二次谐波是发送成分 52 的非线性响应。三次谐波成分 57 完全是非线性响应。该成分包括发送频率成分 52 的三次谐波成分和互调频率的和 $f_1 + f_2$ ，在该情况下互调频率的和为 $3f_1$ 。将回波信号 54 波束生成并存储在 Line1 缓冲器 22 中。

如图 4A 所示，第二发送波形 60 发送到与第一波形 50 相同的目

标或者媒介。该第二发送波形以与第一发送波形不同的方式调制，在该实施例中是通过不同相位特性。该第二发送波形的频谱特性 62 在图 4B 中示出，可以看出其与第一发送波形的特性相同并展现第一和第二主频率成分。响应于该第二发送波形而从该媒介或者目标接收的回波 64 在图 5B 中示出，并可以看出由于波形的相位调制不同其与第一发送波形的回波 54 不同。回波信号 64 的频谱特性与回波 54 的大体相同，这可以从图 5B 中的频谱响应曲线 65、66 和 67 看出。来自该第二发送波形的回波包括发送波形的第一和第二主频成分的基本成分、第一（较低）主频成分的三次谐波、第一和第二主频成分的非线性（二次）谐波、以及 1MHz 处两个主频成分的差信号互调分量。将回波信号 64 波束生成并存储在 Line2 缓冲器 24 中。

通过用加法器 26 对这两个存储的回波相加，而经由脉冲反转将这些回波信号的非线性成分分离开。由于发送波形的不同调制这两个信号的结合导致线性成分彼此抵消，并使得这两个回波的非线性成分彼此增强。对于该实施例来说，结合的结果是图 6A 所示的信号 70。该信号的频谱在图 6B 中示出并且具有三个分立的成分 71、72 和 73。可以看出该频谱在 f_1 频率的二次和三次谐波频率处包括第一主频率成分 f_1 的非线性成分 $2f_1$ 和 $3f_1$ 。该频谱在 f_1 成分的基本频率处也具有非线性成分，其是第一和第二主频成份的差频并且在 $3f_1$ 处还具有补偿（contribution）， $3f_1$ 是第一和第二主频成分的和频率。当发送波形发送到物质的（substantial）景深并从该景深接收回波时，可以预期该接收到的回波受到依赖于深度的频率衰减的显著影响。这将导致较高的二次和三次谐波频率的显著衰减，结果使二次谐波图像模糊或者出现噪声。然而由于使用了 $f_2 = 2f_1$ ，差频成分与第一频率成分有同样低的频率 f_1 。也就是， $2f_1 - f_1 = f_1$ 。由于该成分是在受检者内发生的非线性互调分量，其将不会受到自身基本（线性） f_1 发送信号的干扰效果影响。差频成分的频率衰减将不会大于 f_1 频率的频率衰减，使得能够从更深的景深产生在诊断中更为有效的图像，这是因为可以利用来自 f_1 、 $2f_1$ 和 $3f_1$ 频率的成分形成非线性图像。此外，能够将差频成分 f_1 、 $2f_1$ 和 $3f_1$ 结合以减少图像中的噪点，如申请号为 60/527,538 的美国专利申请中描述的那样。

当在相位和幅度两者上逐脉冲地调制发送波时，将得到下列频

谱。一次谐波频率范围将包括发送频率 52 和 62 的非线性基本成分加上 $53 - 52$ 和 $63 - 62$ 的差频。二次谐波频率范围将包括频率 53 的非线性基本成分和频率 52 的二次谐波。三次谐波响应将包括频率 52 的三次谐波以及频率 52 和 53 的和频率。

根据本发明的另一方面,具有第一和第二主频率成分的发送波形可以由方波形产生。图 7A 和 7B 示出第一和第二发送波形,它们是被不同调制的方波形 80 和 82。可以看出这些波形是彼此 180° 异相的,从而产生回波,非线性成分可以通过脉冲反转处理从这些回波分离出来。方波形能够通过廉价的切换发送器产生,其中通过在不同电压电平(rail)之间切换来产生输出。制造这种发送器比对数字存储的波形执行数模转换的发送器更廉价,后者能产生精确加工的特定波形的发送信号。由此该实施方式有助于在具有简单切换发送器的廉价超声系统中使用。

方波信号的陡峭切换使得信号富含谐波频率成分。在奇次谐波频率方波将产生具有主频成分的发送信号。图 7C 以实线示出方波信号的频谱,可以看出其具有在基本(一次谐波)频率 f_1 的第一主频成分 84,以及在三次谐波频率 $3f_1$ 的第二主频成分 86,留下基本上摆脱发送信号频率的媒介二次谐波频率。由非线性媒介或者目标导致的第一和第二主频成分 84 和 86 的互调将在返回的回波信号中的媒介二次谐波频率处生成差频成分 $3f_1 - f_1 = 2f_1$,如虚线通频带 88 所指出的那样。通频带 88 还将包括在通频带 84 中频率的二次谐波。接收的差信号能够通过用具有通频带 88 的滤波器进行带通滤波而被分离或者通过将进一步衰减接收到的线性信号成分的脉冲反转而被分离。被接收并分离的非线性回波信号将由此基本不会被干扰或者发送信号的其它成分所污染。

总之,通频带 88 包括通频带 84 中发送的频率成分的二次谐波($2f_1$),和在带 84 和 86 中成分 $3f_1 - f_1$ 的差频。当使用相位(或者极性)和幅度调制两者时,接收到的成分包括发送带 84 中频率的非线性基本频率成分;媒介带 88 中的二次谐波($2f_1$)和差频成分($3f_1 - f_1$);以及更高通频带 86 中的三次谐波($3f_1$)成分。

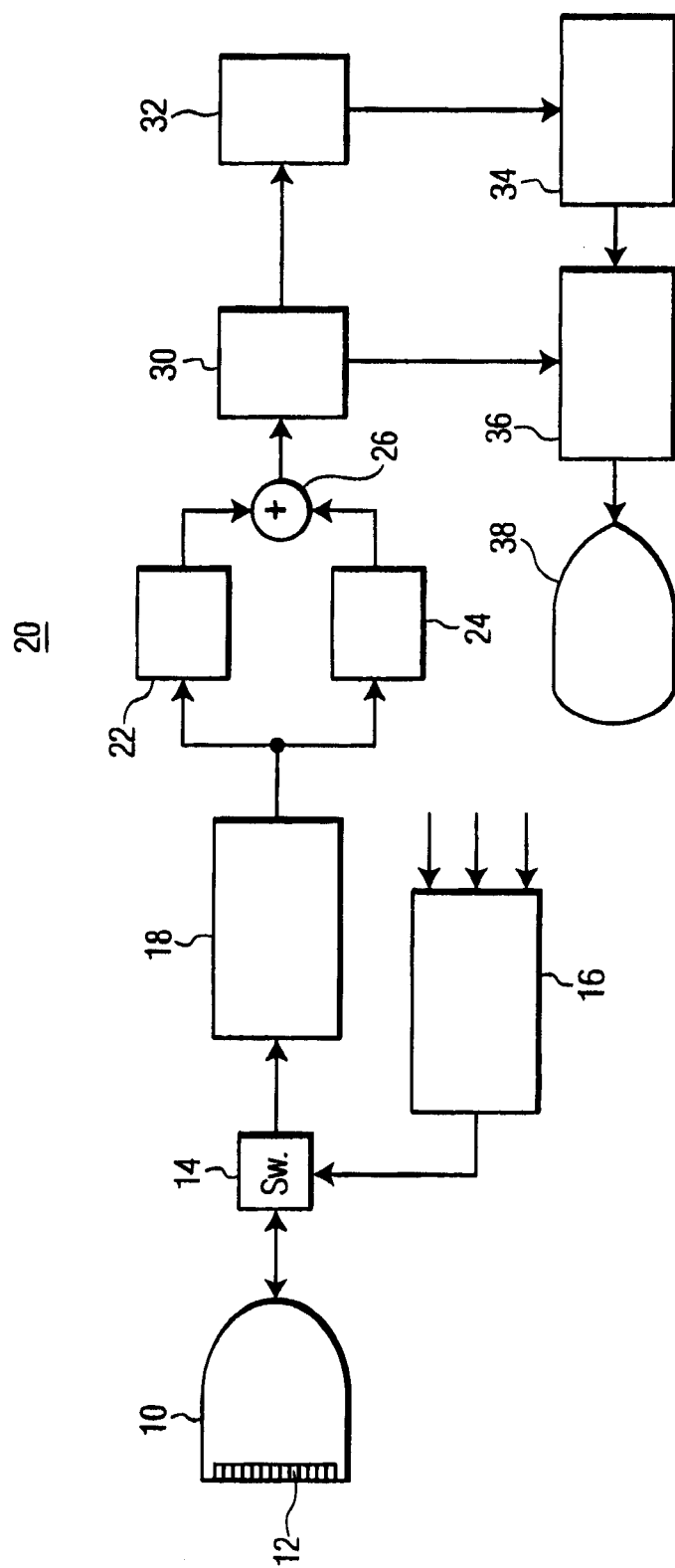


图 1

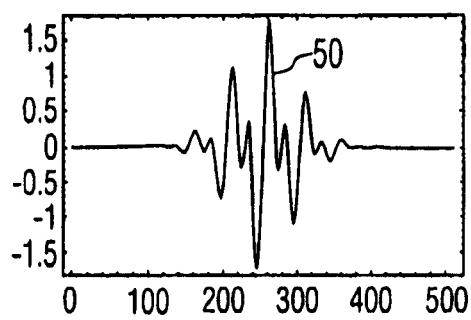


图 2A

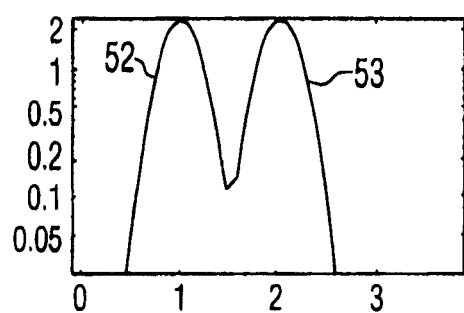


图 2B

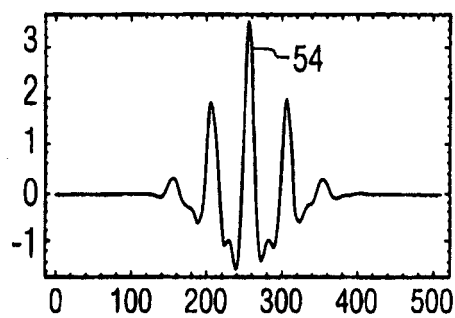


图 3A

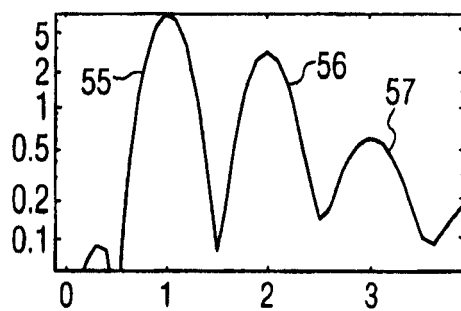


图 3B

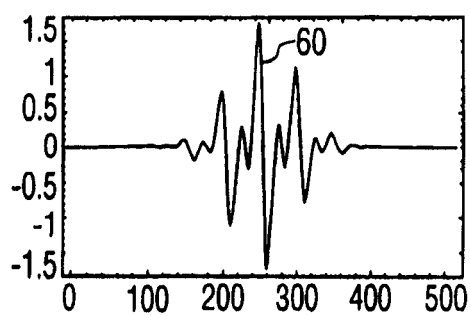


图 4A

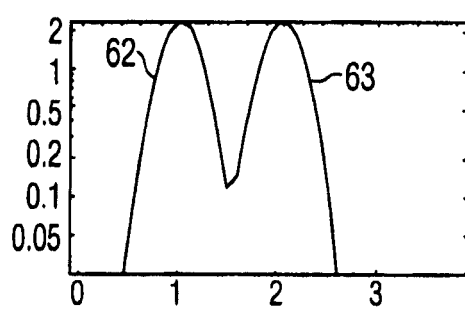


图 4B

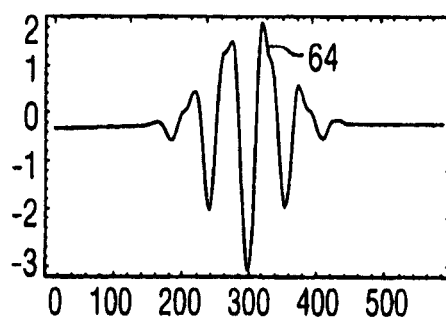


图 5A

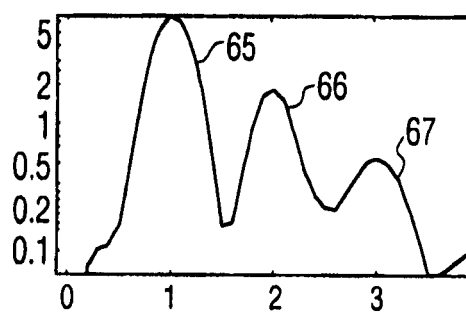


图 5B

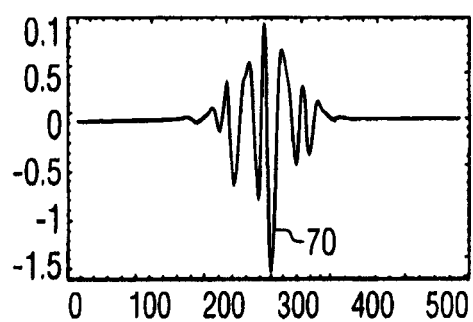


图 6A

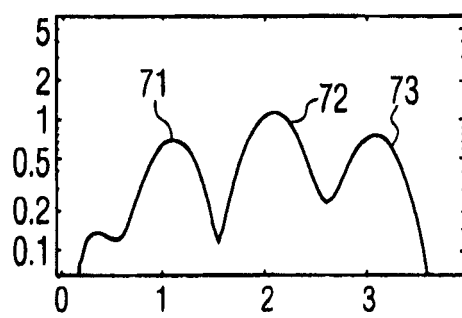


图 6B

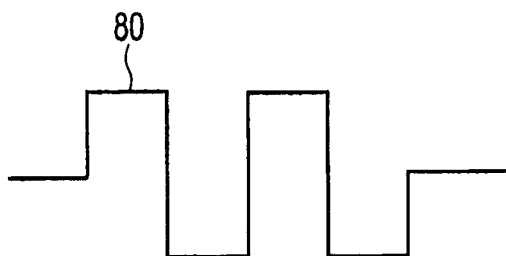


图 7A

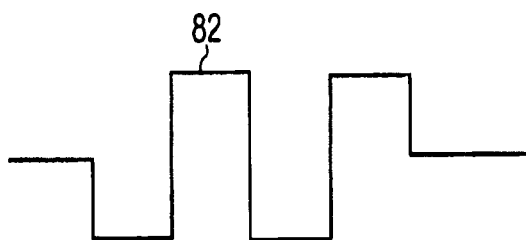


图 7B

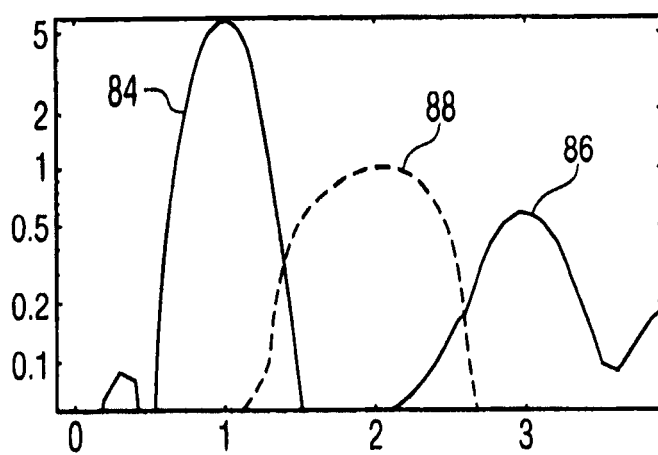


图 7C

专利名称(译)	使用互调分量信号的非线性超声诊断成像		
公开(公告)号	CN1976635A	公开(公告)日	2007-06-06
申请号	CN200580021999.7	申请日	2005-06-22
[标]申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子股份有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子股份有限公司		
[标]发明人	M阿弗基欧 S詹森		
发明人	M·阿弗基欧 S·詹森		
IPC分类号	A61B8/00 A61B8/14		
CPC分类号	A61B8/14 G01S7/52038 A61B8/00 A61B8/481 G01S15/8952 G01S15/8963		
优先权	60/584403 2004-06-30 US		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种超声成像系统，发送包括第一和第二主频成分的波形，这些主频成分由通过非线性媒介或者与造影剂微泡相接触而互调以产生差频成分。在示出的实施方式中，该第二主频的频率是第一主频的两倍，使得差频信号处于第一主频。发送两种以不同方式调制的发送波形并通过脉冲反转分离差频成分。

