

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200580022107.5

[51] Int. Cl.

G01S 15/89 (2006.01)

G01S 7/52 (2006.01)

A61B 8/00 (2006.01)

A61B 8/14 (2006.01)

[43] 公开日 2007 年 6 月 6 日

[11] 公开号 CN 1977186A

[22] 申请日 2005.6.22

[21] 申请号 200580022107.5

[30] 优先权

[32] 2004.6.30 [33] US [31] 60/584,402

[86] 国际申请 PCT/IB2005/052057 2005.6.22

[87] 国际公布 WO2006/003556 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 S·詹森 M·阿弗基欧

[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

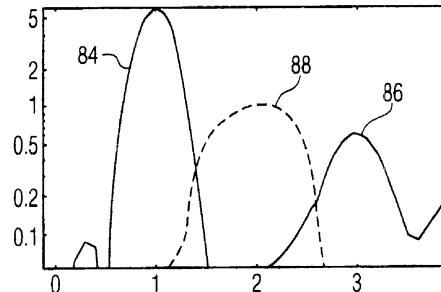
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 5 页

[54] 发明名称

利用互调分量信号的非线性超声波诊断成像

[57] 摘要

一种超声成像系统发射包含第一和第二主频成分的波形，通过穿过非线性媒质或者与造影剂微泡相互作用互调该第一和第二主频成分，从而生成差频成分。在所示实施例中，发射波形是仅具有奇次谐波成分的方波。通过非线性作用使一次和三次谐波成分互调，从而生成处于二次谐波频率的差频信号。



1. 一种由非线性信号生成超声图像的方法，包括：

利用阵列换能器向目标位置发射方波，每个方波传送第一和第二主频成分，其中该第二主频成分为第一主频成分频率的三倍；

响应于方波接收回波信号；

响应于所发射的方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；

分离第一和第二主频成分的差频信号，而相对排除具有主频成分的线性信号成分；以及

显示由差频信号形成的图像。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其中发射还包括发射基频的奇次谐波，而相对排除处于基频的二次谐波频率的信号。

3. 根据权利要求 2 所述的方法，其中接收还包括接收一次和三次谐波频率的互调分量信号。

4. 根据权利要求 3 所述的方法，其中接收还包括接收处于基频的第二谐波频率的一次和三次谐波频率的互调分量。

5. 根据权利要求 3 所述的方法，其中接收还包括接收由第一和第二主频成分穿过非线性媒质或者造影剂微泡的非线性特性中的至少一个而形成的互调分量信号。

6. 根据权利要求 1 所述的方法，其中发射还包括利用在离散的电压电平之间切换输出信号的切换发射器发射方波。

7. 根据权利要求 1 所述的方法，其中发射还包括发射第一和第二不同调制的方波；其中分离还包括通过脉冲反转来分离非线性回波信号成分。

8. 根据权利要求 1 所述的方法，其中分离还包括通过带通滤波来分离第一和第二主频成分的差频信号。

9. 一种由非线性信号生成超声图像的方法，包括：

发射第一和第二不同调制的超声波，每个所发射的波包括第一和第二主频成分，其中该第二主频成分为第一主频成分的频率的两倍；

响应于所发射的波接收回波信号；

响应于接收到的回波信号形成相干回波信号，包括第一和第二主

---

频成分的差频信号；

通过脉冲反转处理来分离第一和第二主频成分的差频信号，而相对排除第一主频成分的线性信号成分；以及

显示由差频信号形成的图像。

10. 根据权利要求 9 所述的方法，其中形成相干回波信号还包括形成第一和第二主频成分的互调分量信号。

11. 根据权利要求 10 所述的方法，其中形成互调分量信号还包括形成处于第一主频成分的频率的差信号。

12. 根据权利要求 11 所述的方法，其中分离差频信号还包括分离第一主频成分的频率处的非线性信号，而相对排除处于第一主频成分的频率的线性信号。

---

## 利用互调分量信号的非线性超声波诊断成像

### 技术领域

本发明涉及医疗诊断成像系统，尤其涉及其中将发射信号的非线性互调分量用于成像的超声波诊断成像系统。

### 背景技术

目前，利用非线性信号的成像在诊断超声中具有两个主要的用途。一个用途是组织谐波成像，在成像过程中在线性（通常为正弦波）发射波形穿过人体时可以允许其经历自然畸变。该畸变引起非线性谐波成分的出现，最显著的非线性谐波成分通常位于基本发射频率的二次谐波处。过滤接收到的回波，从而使非线性成分与线性成分分离。一种优选的分离技术称作脉冲反转，如（Hwang 等人的）美国专利 5951478 中所述的技术。由于多路径散射，非线性成分生成的图像干扰程度低，因此需要这种图像。

非线性成像的第二种重要用途是超声波造影剂成像。能够设计造影剂的微泡，从而在被超声波声穿透时非线性振荡或者分裂。这种振荡或者破裂使得从微泡返回的回波富有非线性成分。按照与组织谐波信号类似的方式接收并处理回波，从而使微泡回波的非线性成分分离。利用这些回波生成的图像能够清晰地将包含造影剂的血流和脉管系统分段。

美国专利 6440075 (Averkiou) 描述了一种非线性成像技术，其增强了非线性信号成分的产生。这是通过发射具有两个主频率的波形实现的。当该波形穿过组织或者遇到微泡时，将按照上述方式出现每个发射频率的非线性成分。此外，两个传送频率成分互调，从而出现非线性和与差频率成分。接收并利用这两种非线性信号，从而形成利用两种非线性机构增强的图像。该专利给出了能够形成并定位和与差频率的几种方式的实例，例如将换能器通带侧边用于主发射频率以及将中心用于差与谐波频率。'075 专利的图 7 给出了在换能器通带的侧边发射频率  $f_1$  和  $f_2$  以及在通带的中心接收回波成分  $f_1 - f_2$  和  $2f_2$  的实例。有利的是，还可以由数字存储的发射波形生成所示的发射技术。

为了在人体更深的位置成像，需要较低的频率来抵消取决于深度

的频率衰减的影响，这对于深度腹部成像而言通常是必要的，例如对肝脏成像。按照'075 专利所示，互调分量通常位于通带的中心或者更高的位置，并且因此能够受到较深深度成像中相当大的衰减的影响。这种衰减会降低接收到的回波的信噪特性，并且因此降低图像的诊断质量。因此，希望能够按照在人体较深的深度处成像时生成高度诊断图像的方式采用互调非线性成像。

### 发明内容

根据本发明的原理，描述了利用互调分量在较深深度非线性成像的方法和装置。发射波形为方波，其仅表示出发射波形的奇次谐波。有利的是，该发射波形在较低主频率成分的二次谐波处表示出低信号电平。以很大程度上未被发射波形的成分损害的频率接收非线性差信号成分和较低主频率的二次谐波。

### 附图说明

在附图中：

图 1 表示了根据本发明的原理构建的超声波诊断成像系统的简图。

图 2A - 5B 表示了根据本发明的原理用于生成非线性回波信号成分的波形。

图 6A 和 6B 表示了利用图 3A 和 5A 的回波信号进行脉冲反转分离的结果。

图 7A 和 7B 表示了根据本发明另一实施例的两种不同调制的发射方波。

图 7C 表示了图 7A 和 7B 的发射方波谱线以及接收到的回波信号的非线性成分。

### 具体实施方式

首先参照图 1，其中表示了根据本发明的原理构建的超声波诊断成像系统。图 1 的超声系统利用了发射器 16，其发射多频波束，以用于在所要成像的物体内非线性生成差频信号。该发射器通过发射/接收开关 14 而被耦合到扫描头 10 的阵列换能器 12 的元件上。该发射器响应于多个控制参数，这些参数确定了发射波束的特性，如图所示。控制多频波束的两个主频率  $f_1$  和  $f_2$ ，这两个频率确定了差 ( $f_1 - f_2$ ) 频成分所处的频率。还受到控制的是两个发射频率成分的振幅

或强度  $a$  和  $b$ ，从而使得发射波束具有  $(bsin(2\pi f_1 t) + asin(2\pi f_2 t))$  的形式。然而，作为由非线性作用产生的差信号，接收到的差信号成分  $(f_1 - f_2)$  的振幅  $c$  不是  $a$  和  $b$  强度的线性分量。

在图 1 中，该换能器阵列 12 从人体接收包含差频成分的回波，该差频成分在换能器通带内。这些回波信号通过开关 14 耦合到波束生成器 18，该波束生成器使来自不同元件的回波信号适当延迟，然后将它们组合起来，从而沿着波束从浅到较深的深度形成差信号序列。优选的是，该波束生成器为数字波束生成器，其作用在数字化回波信号上，从而从近到远景深生成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，其响应于单一发射波束沿着多个空间上不同的接收扫描线生成两个或多个回波信号序列。将波束生成的回波信号耦合到非线性信号分离器 20。该分离器 20 可以是带通滤波器，其传递和或差通带 66、76，而相对排除发射带 62、64 或 72、74（衰减）。在所示实施例中，该分离器 20 为脉冲反转处理器，其利用脉冲反转技术将包括差频成分的非线性信号分离。因为利用非线性作用来产生差频信号，所以可以有利地通过脉冲反转处理来使它们分离。对于脉冲反转而言，该发射器具有另一个可变的发射参数，其为如图所示的发射脉冲的相位、极性或者振幅。该超声系统发射具有不同发射极性、振幅和/或相位的两个或多个波束。对于所示的两个脉冲实施例而言，将响应于第一发射脉冲而接收到的扫描线回波存储在 Line1 缓存器 22 中。将响应于第二发射脉冲而接收到的扫描线回波存储在 Line2 缓存器 24 中，然后利用加法器 26 将这些脉冲与 Line1 缓存器中的空间对应回波组合起来。可选的是，可以直接将回波的第二扫描线与所存储的第一扫描线的回波组合起来，而不用缓存。由于发射脉冲的不同相位或者极性，异相基本（线性）回波成分将相互抵消，并且同相的非线性差频成分将组合起来，从而相互增强，由此生成增强并分离的非线性差频信号。滤波器 30 可以进一步过滤该差频信号，从而去除不需要的信号，例如由诸如抽取之类的操作而产生的信号。然后利用探测器 32 探测该信号，该探测器可以是振幅或相位探测器。然后利用信号处理器 34 为随后的灰度级、多普勒或其它超声显示处理该回波信号，然后利用图像处理器 36 为形成二维、三维、光谱、参量或其它显示进一步处理该回波信号。在显示器 38 上显示

所生成的显示信号。

根据本发明的原理，发射器发射具有两个主发射频率  $f_1$  和  $f_2$  的波形，其中  $f_2 = 2f_1$ 。这两个发射频率会在人体内互调，这是由于非线性作用造成的，例如该波形穿过组织或者被造影剂微泡反射。这种互调生成了频率为两个主频率之和以及两个主频率之差处的成分。由于选定的主频率，差频率  $f_2 - f_1 = f_1$  包括发射频率较低的非线性信号成分。因为较低的发射频率会表现出最大的穿透深度，所以非线性信号成分将从能够接收到最低频率  $f_1$  的最大深度返回。因此，有助于在较大深度处成像。

图 2A 到 6B 表示了这种方法的实例。图 2A 是表现出第一调制特性的第一发射波形 50 的图形时域图，在本实例中该第一调制特性为特定的相位特性。该图的横坐标为时间，纵坐标为振幅。发射波形 50 具有图 2B 所示的两个主频率成分。该图形表示了发射波形 50 的频谱。该图的横坐标可以看作以 MHz 为单位的频率标度或者谐波的阶，纵坐标为振幅。该频谱表示了第一发射波形在 1MHz 附近具有第一主频成分 52，并且在 2MHz 附近具有第二主频成分 53。可以看出该第二主频成分 53 为第一主频成分的值的两倍。可选择的是，能够将该频谱视为具有两个主基频成分，其中较高的频率成分处于较低的频率成分的二次谐波频率。

当将第一发射波形引导到非线性媒质或者目标时，如图 3A 所示，换能器 12 使回波 54 返回并接收该回波。该回波具有如图 3B 所示频谱响应。该频谱包括基频成分 55、56 和 57。为了便于说明，将响应特性 55 称作基波响应，将特性 56 称作二次谐波响应，并且将响应特性 57 称作三次谐波响应。基波成分 55 包括来自发射成分 52 的线性响应，还包括来自发射频率的互调分量的非线性响应。在这种情况下，互调分量为差频  $f_2 - f_1$ ，在本实例中如果  $f_2 = 2f_1$ ，则该差频为  $f_1$ 。二次谐波成分 56 为来自发射成分 53 的线性响应和来自发射成分 52 的非线性响应的二次谐波。第三谐波成分 57 仅为非线性响应。该成分包括发射频率成分 52 的三次谐波成分和互调频率的和  $f_1 + f_2$ ，在这种情况下  $f_1 + f_2 = 3f_1$ 。使该回波信号 54 被波束形成并且存储在 Line1 缓存器 22 中。

如图 4A 所示，将第二发射波形 60 发射到与第一波形 50 相同的

目标或媒质。与第一发射波形不同地调制该第二发射波形，在本实例中由不同的相位特性来调制。图 4B 表示了第二发射波形的频谱特性 62，所示的该频谱特性与第一发射波形的频谱特性相同，并且具有第一和第二主频率成分。图 5B 中表示了响应于第二发射波形从媒质或目标接收到的回波 64，所示的该回波不同于来自第一发射波形的回波 54，这是因为波形的相位调制不同。回波信号 64 与回波 54 具有基本上相同的频谱特性，如图 5B 中的频谱响应曲线 65、66 和 67 所示。来自第二发射波形的回波包括具有发射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，以及频率为 1MHz 的两个主频成分的差信号互调分量。使该回波信号 64 被波束形成并且存储在 Line2 缓存器 24 中。

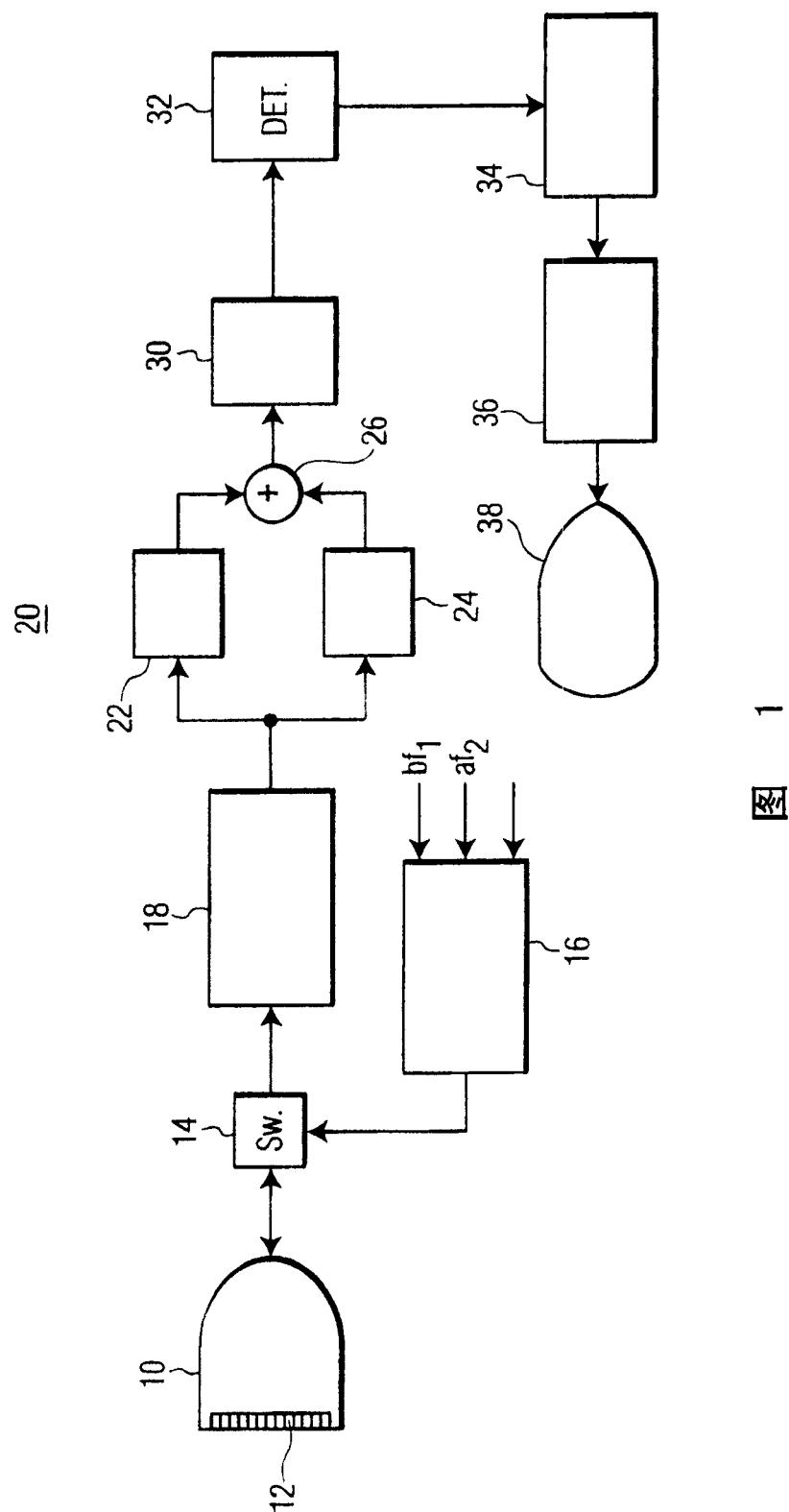
通过利用加法器 26 将两个存储的回波相加，由脉冲反转将回波信号的非线性成分分离。两个信号的组合使线性成分相互抵消，这是由于发射波形的不同调制造成的，并且可以使两个回波的非线性成分相互增强。对于本实例而言，这种组合的结果是图 6A 所示的信号 70。图 6B 表示了这种信号的频谱，并且该频谱具有三个不同的成分 71、72 和 73。所示该频谱包括处于  $f_1$  频率的二次和三次谐波频率的第一主频成分  $f_1$  的非线性成分  $2f_1$  和  $3f_1$ 。该频谱还具有处于  $f_1$  成分的基本频率的非线性成分，该频率为第一和第二主频成分差频率，另一成分在  $3f_1$ ，它是第一和第二主频率成分的和频率。当将发射波形发射到大体的景深并且从该景深接收到回波时，能够预料到接收到的回波受到取决于深度的频率衰减的显著影响。这将造成较高的二次和三次谐波频率的显著衰减，从而导致暗淡的或有噪声的谐波图像。然而，差频成分处于与第一频率成分一样低的频率  $f_1$ ，这是因为利用了  $f_2 = 2f_1$ 。即  $2f_1 - f_1 = f_1$ 。因为该成分是在物体内产生的非线性互调分量，所以其不会受到基本（线性） $f_1$  发射信号本身的杂乱回波的影响。差频成分的频率衰减不会大于  $f_1$  频率的频率衰减，从而能够生成来自更大景深的诊断上更有效的图像，这是因为能够利用  $f_1$ 、 $2f_1$  和  $3f_1$  频率的成分来构成非线性图像。此外，能够组合不同的频率成分  $f_1$ 、 $2f_1$  和  $3f_1$  来降低美国专利申请第 60/xxx, xxx 中所述的图像中的斑点伪影。

当在相位和振幅方面一个脉冲接一个脉冲地调制发射波时，将产生以下的频谱。第一谐波频率范围包括发射频率 52 和 62 的非线性基本成分加上 53-52 和 63-62 的差频。第二谐波频率范围包括频率 53 的非线性基本成分和频率 52 的第二谐波。第三谐波响应包括频率 52 的第三谐波以及频率 52 与 53 的和频率。

根据本发明的另一方面，可以由方波形生成具有第一和第二主频率成分的发射波形。图 7A 和 7B 表示了第一和第二发射波形，它们是不同调制的方波形 80 和 82。所示的这些波形相互具有  $180^\circ$  异相，从而生成回波，由该回波通过脉冲反转可以使非线性成分分离。利用价格低廉的切换发射器能够生成该方波形，在该发射器中通过在不同电压轨道之间进行切换来生成输出。这种发射器相对于对数字存储的波形进行数模转换的发射器而言制造成本更低，其能够生成具有特定波形的精确修整的发射信号。因此，本实施例非常适合在具有简单切换发射器的廉价超声系统中使用。

方波信号的明显切换造成该信号包含大量谐波频率成分。方波会生成具有处于奇次谐波频率的主频成分的发射信号。图 7C 以实线表示了方波信号的频谱，如图所示其具有处于基本（一次谐波）频率  $f_1$  的第一主频成分 84 和处于三次谐波频率  $3f_1$  的第二主频成分 86，从而使中间的二次谐波频率基本上不存在发射信号频率。由非线性媒质或目标造成的第一和第二主频成分 84 和 86 的互调，将在返回回波信号中生成处于中间二次谐波频率的差频成分 ( $3f_1 - f_1 = 2f_1$ )，如虚线通带 88 所示。通带 88 还包括具有通带 84 中的频率的二次谐波。通过利用具有通带 88 的滤波器进行带通滤波或者通过脉冲反转分离能够使接收到的差信号分离，这将进一步使接收到的线性信号成分衰减。因此，接收到并且已分离的非线性回波信号基本上没有受到杂乱回波和发射信号的其它成分的损害。

总之，通带 88 包括通带 84 中的发射频率成分的二次谐波 ( $2f_1$ ) 和通带 84 和 86 中成分的差频率  $3f_1 - f_1$ 。当采用相位（或极性）和振幅调制时，接收到的成分包括频率处于发射带 84 中的基频成分；中间带 88 中的二次谐波 ( $2f_1$ ) 和差频成分 ( $3f_1 - f_1$ )；以及更高通带 86 中的三次谐波 ( $3f_1$ ) 成分。



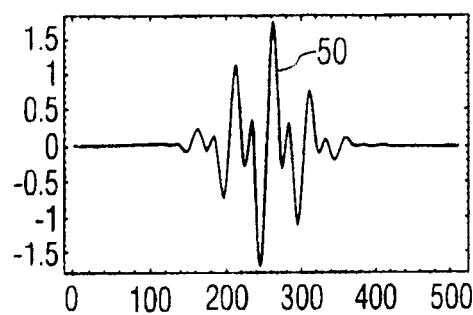


图 2A

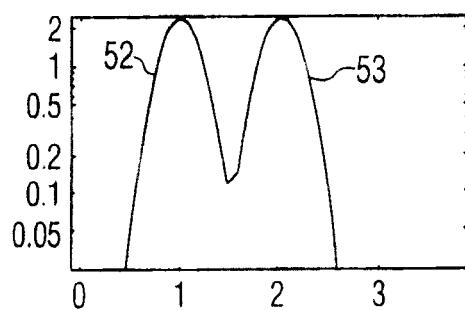


图 2B

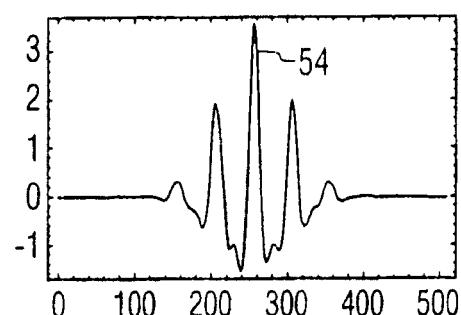


图 3A

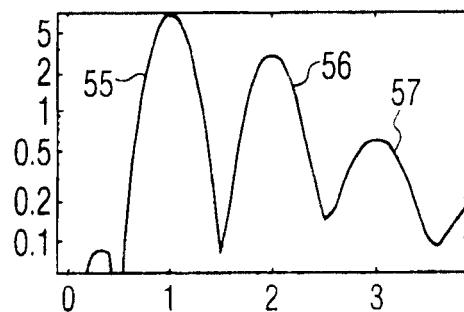


图 3B

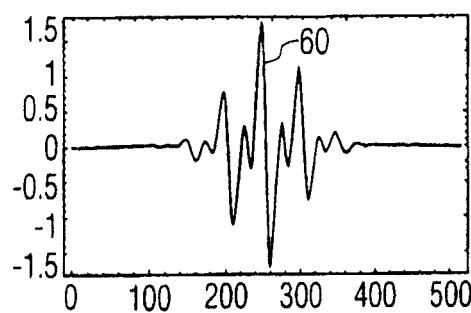


图 4A

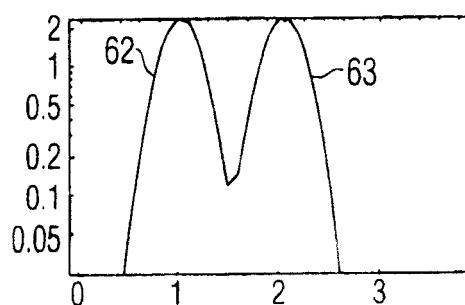


图 4B

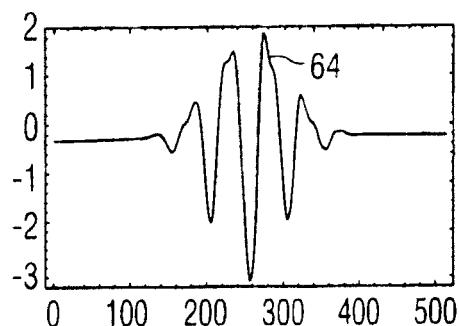


图 5A

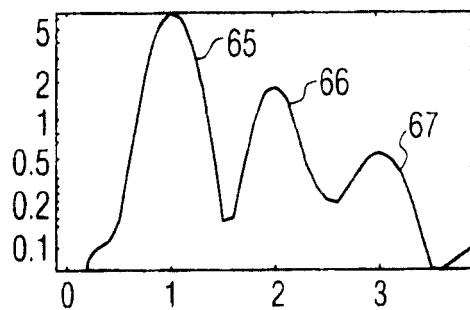


图 5B

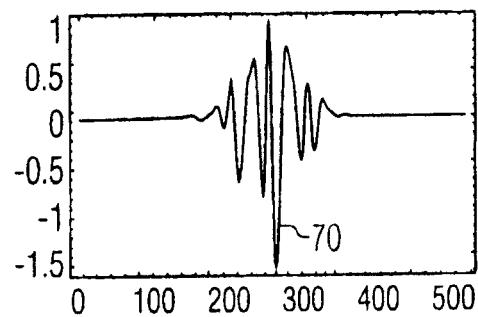


图 6A

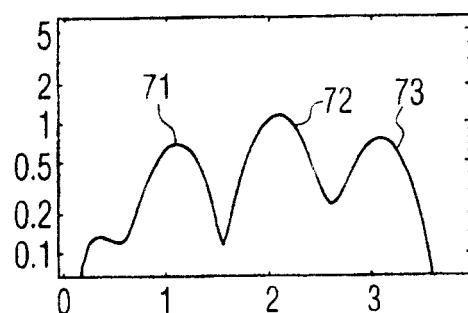


图 6B

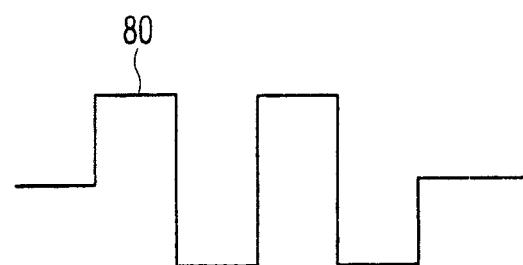


图 7A

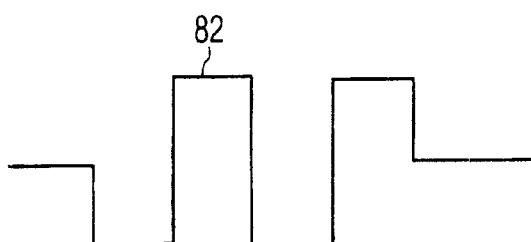


图 7B

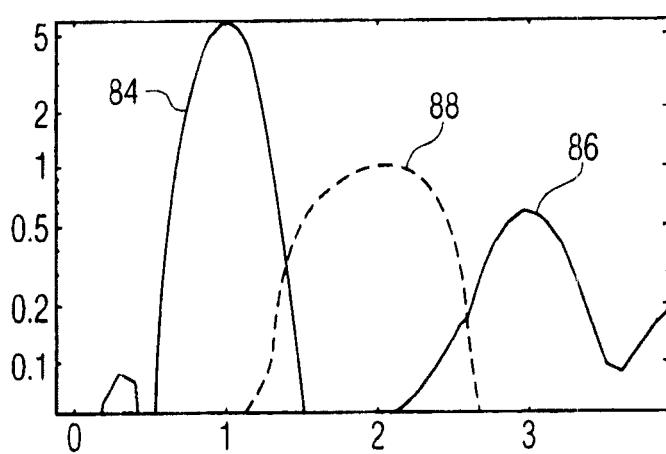


图 7C

专利名称(译)	利用互调分量信号的非线性超声波诊断成像		
公开(公告)号	<a href="#">CN1977186A</a>	公开(公告)日	2007-06-06
申请号	CN200580022107.5	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	S·詹森 M·阿弗基欧		
发明人	S·詹森 M·阿弗基欧		
IPC分类号	G01S15/89 G01S7/52 A61B8/00 A61B8/14		
CPC分类号	G01S7/52038 A61B8/481 G01S7/5202 G01S15/8952 G01S15/8963		
优先权	60/584402 2004-06-30 US		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

## 摘要(译)

一种超声成像系统发射包含第一和第二主频成分的波形，通过穿过非线性媒质或者与造影剂微泡相互作用互调该第一和第二主频成分，从而生成差频成分。在所示实施例中，发射波形是仅具有奇次谐波成分的方波。通过非线性作用使一次和三次谐波成分互调，从而生成处于二次谐波频率的差频信号。

