

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
A61B 8/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710124060.4

[43] 公开日 2009 年 4 月 22 日

[11] 公开号 CN 101411625A

[22] 申请日 2007.10.15

[21] 申请号 200710124060.4

[71] 申请人 深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司
地址 518057 广东省深圳市南山区高新技术产业园区科技南 12 路迈瑞大厦

[72] 发明人 姚 斌 黄 勇 胡勤军

[74] 专利代理机构 深圳市睿智专利事务所
代理人 陈鸿荫 林 青

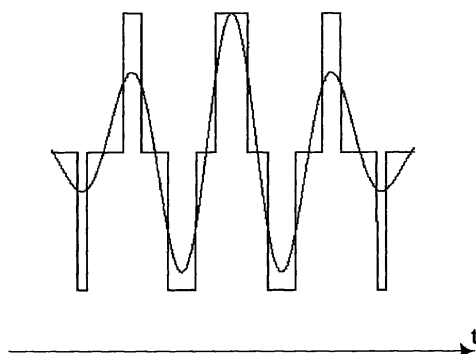
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 5 页

[54] 发明名称

超声系统双极性脉冲调制发射方法

[57] 摘要

一种超声系统双极性脉冲调制发射方法，用于超声系统，所述系统的探头阵元存在发射和接收两种状态；在所述发射状态时，探头发射孔径中的各个阵元在该阵元的对应激励信号作用下发射声波，从而形成发射波束；各所述激励信号为由双极性电压产生的双极性激励信号，尤其是，各所述双极性激励信号包括能量、中心频率和带宽在内的基带频谱参数中至少有两个参数在起调节变化。由该基带频谱所确定的波形来模拟生成所述双极性激励信号，提供给对应的发射阵元，可以实现发射变迹对发射波形幅度或形状的控制，及使探头的发射能量更加有效率，并具有实现成本低、易于实施的优点。



1. 一种超声系统双极性脉冲调制发射方法，用于超声系统，所述系统的探头阵元存在发射和接收两种状态；在所述发射状态时，探头发射孔径中的各个阵元在该阵元的对应激励信号作用下发射声波，从而形成发射波束；各所述激励信号为由双极性电压产生的双极性激励信号，其特征在于，

各所述双极性激励信号包括能量、中心频率和带宽在内的基带频谱参数中至少有两个参数在起调节变化。

2. 根据权利要求1所述的超声系统双极性脉冲调制发射方法，其特征在于：

所述起调节变化的基带频谱参数或者为能量和中心频率；或者为能量和带宽；或者为中心频率和带宽；或者为能量、中心频率和带宽。

3. 根据权利要求1或2所述的超声系统双极性脉冲调制发射方法，其特征在于，各所述双极性激励信号的产生步骤是：

- A. 依据所述起调节变化的基带频谱参数来设置各所述双极性激励信号的基带频谱；
- B. 依据该基带频谱来确定对应的预定波形；
- C. 利用该预定波形来模拟生成对应的所述双极性激励信号，该双极性激励信号的正/负脉冲分别对应该预定波形的正/负波段。

4. 根据权利要求3所述的超声系统双极性脉冲调制发射方法，其特征在于：步骤C中

所述正/负脉冲的宽度决定于所述双极性电压的幅度与所述正/负波段的能量，即在波形图上所述正/负脉冲所覆盖的面积等于对应的正/负波段所覆盖的面积；

所述正/负脉冲的位置决定于所述正/负波段的能量，即在波形图上所述正/负脉冲的中心位置设置在对应正/负波段的能量最大处。

5. 根据权利要求3所述的超声系统双极性脉冲调制发射方法，其特征在于：步骤A中

所述起调节变化的基带频谱参数为能量和中心频率时，探头发射孔径中心阵元所对应双极性激励信号的基带频谱被设置成具有与探头中心频率大体一致的中心频率和最高能量；逐渐偏离该中心阵元的边上阵元所对应的被设置成具有逐渐偏移所述探头中心频率的中心频率和逐渐降低的能量。

6. 根据权利要求3所述的超声系统双极性脉冲调制发射方法，其特征在于：步骤A中

所述起调节变化的基带频谱参数为能量和带宽时，探头发射孔径中心阵元所对应双极性激励信号的基带频谱被设置成具有最大带宽和最高能量；逐渐偏离该中心阵元的边上阵元所对应的被设置成具有逐渐缩小的带宽和能量。

7. 根据权利要求3所述的超声系统双极性脉冲调制发射方法，其特征在于：步骤A中

所述起调节变化的基带频谱参数为中心频率和带宽时，探头发射孔径中心阵元所对应双极性激励信号的基带频谱被设置成具有与探头中心频率大体一致的中心频率和最小带宽；逐渐偏离该中心阵元的边上阵元所对应的被设置成具有逐渐偏移所述探头中心频率的中心频率和逐渐增大的带宽。

8. 根据权利要求3所述的超声系统双极性脉冲调制发射方法，其特征在于：步骤A中

所述起调节变化的基带频谱参数为能量、中心频率和带宽时，探头发射孔径中心阵元所对应双极性激励信号的基带频谱被设置成具有与探头中心频率大体一致的中心频率和最高能量及最大带宽；逐渐偏离该中心阵元的边上阵元所对应的被设置成具有逐渐偏移所述探头中心频率的中心频率和逐渐降低的能量及逐渐减小的带宽。

超声系统双极性脉冲调制发射方法

技术领域 本发明涉及超声技术，尤其涉及超声成像系统中的信号处理，特别是涉及探头发射的激励信号。

背景技术 现有超声系统的构成一般如图1所示。探头由阵元组成；每个阵元可以接受电激励信号而发射声波，也可以接收声波并转换之为电信号。与该探头相连接的发射/接收转换模块主要负责切换系统的发射状态与接收状态；在发射状态时，来自发射模块的激励信号通过发射/接收转换模块送达探头阵元，激励该探头阵元发射出声波。探头发射孔径中多个阵元的发射声波形成了发射波束。该发射波束进入人体组织内部后，在传播过程中有一部分能量会被组织反射或散射回探头表面。所述发射过后，发射/接收转换模块进入接收状态，探头接收孔径的多个阵元分别接收来自组织反射或散射的回波信息，并通过A/D（模拟/数字）转换形成多个通道的数字信号进入波束合成模块，被合成为射频超声电信号后传输给信号处理模块。所述信号处理模块根据系统预定的成像模式对所述射频超声电信号进行成像处理后送往显示器显示。

在上述传统超声系统中，许多环节技术与探头的发射波形相关，故探头的发射波形对系统成像有相当大的影响。

因为对信号有过滤作用，探头阵元可以被看作为一个带通滤波器，从而对于不同的组织，一般使用具有不同滤波特性的探头阵元。例如，对于腹部这类对图象深度要求比较高的，一般要使用基带频率较低的探头（例如2~5MHz）；对于颈动脉这类浅表组织一般使用频率高的探头（例如6~12MHz）。因此对于激励信号而言，必需根据探头的特性以及系统成像需要来设置合适的波形。可以知道，如果激励信号的频率特性与探头带通滤波特性一致的话，就容易得到较高的发射效率，即发射出去的能量与使用的激励能量之间的比值较高。这样，不仅在一定的发射能量下可以提高穿透力，还可以改善探头的发热情况。

对于降低发射波束的旁瓣，采取发射变迹是一种有效的措施。所述发射变迹就是通过控制给予各发射阵元的激励信号，来使得阵元发射波形的幅度有一定的变化。例如，要使发射孔径的发射声束有较低的旁瓣，可以使发射孔径中的所有阵元的发射波幅度呈一定的窗形状(例如 Hanning 窗)，即发射孔径中间的阵元发射高幅度波形；从中间到边界，各阵元发射波幅度逐渐降低，这样可以有效改善由于旁瓣造成的成像质量问题。

为了使激励信号具有与探头基本一致的带通特性，激励信号的波形要与高斯波相类似；同时为了能够使每个阵元发射波形的幅度任意可调，比较简单的做法就是调节各个阵元的激励信号的激励电压强度；因此为了使探头可以发射任意波形，需要超声发射系统可以任意调节发射电压，或使用 N (一自然数，越大越好) 极电平来发射激励信号。但是，这种实现方案成本非常高，一些系统不得已仅使用很少电压级数来设计发射前端，来尽量满足各种发射波形的需求。

因此常规激励信号的波形如图 3 所示， T 为激励信号长度， W 为脉冲宽度，假设发射基带频率为 f_0 ，那么一般有 $T=1/f_0$ ； $W=T/2$ 。

美国专利 US 6,135,963 公开了一种用占空比调制激励信号的方法来实现发射变迹的方案。占空比就是正负脉冲在一个脉冲周期内的比例。如图 2 所示，假设发射孔径有 8 个阵元，发射变迹需要实现的发射波形的幅度曲线类似高斯曲线，即在第四和第五阵元发射波形幅度大，两边幅度小；该图左边一列为传统通过调制发射电压实现的激励信号实施例。右边表示对应的使用调节占空比实现的激励信号，该列信号在图 3 的基础上，针对不同发射阵元，采用不同的脉宽设置。

上述现有技术的不足之处在于：使用占空比调制的方法，只适用于实现对发射波形的幅度控制；而实际上，对于各种不同的技术，需要模拟实现的各种发射波形不仅仅是如发射变迹所要求的具有幅度变化这么简单。例如对于使用传播过程中生成的谐波成分进行成像的谐波成像技术，就还对发射波形的谐波能量有一定要求，因为该谐波能量越大，对成像效果的影响越大。

发明内容 本发明要解决的技术问题是针对上述现有技术的不足之处，而提出一种超声系统脉冲调制发射方法，便于简单实现各种需要的发射波形，以及便于提高阵元发射效率。

为解决上述技术问题，本发明的基本构思为：为了使发射波形能够实现发射变迹，或能够使激励信号能量尽可能多地通过探头从而提高发射效率，本发明根据系统的各种技术要求（例如不同成像模式及探头发射特性对探头发射波形的约束），利用并设计激励信号的基带频谱，以简单的方式来实现调节并生成各个合适的激励信号，从而使激励信号的波形频谱能够符合一定的要求，并使得通过探头发射的波形达到所述设计目标。

作为实现本发明构思的技术方案是，提供一种超声系统双极性脉冲调制发射方法，用于超声系统，所述系统的探头阵元存在发射和接收两种状态；在所述发射状态时，探头发射孔径中的各个阵元在该阵元的对应激励信号作用下发射声波，从而形成发射波束；各所述激励信号为由双极性电压产生的双极性激励信号，尤其是，各所述双极性激励信号包括能量、中心频率和带宽在内的基带频谱参数中至少有两个参数在起调节变化。

上述方案中，所述起调节变化的基带频谱参数或者为能量和中心频率；或者为能量和带宽；或者为中心频率和带宽；或者为能量、中心频率和带宽。

上述方案中，各所述双极性激励信号的产生过程是：依据所述起调节变化的基带频谱参数来确定各所述双极性激励信号的基带频谱；依据该基带频谱来确定对应的预定波形；利用该预定波形来模拟生成对应的所述双极性激励信号，该双极性激励信号的正/负脉冲分别对应该预定波形的正/负波段。

上述方案中，所述正/负脉冲的宽度决定于所述双极性电压的幅度与所述正/负波段的能量，即在波形图上所述正/负脉冲所覆盖的面积等于对应的正/负波段所覆盖的面积；所述正/负脉冲的位置决定于所述正/负波段的能量，即在波形图上所述正/负脉冲的中心位置设置在对应正/负波段的能量最大处。

采用上述技术方案，均可以利用激励信号来实现发射变迹对发射波形幅度或形状的控制，还可以使探头的发射能量更加有效率。并具有实现成本低、易于实施的优点。

附图说明 图 1 是现有超声系统构成示意图

图 2 是现有幅度调制与占空比调制比较示意图

图 3 是现有探头激励信号示意图

图 4 是本发明探头激励信号示例图

图 5 是对任意波形的分段示意图

图 6 是各种激励信号的频谱示意图

图 7 是本发明要实现的发射变迹图例

图 8 是本发明实施例之一：能量与中心频谱调节方式示例

图 9 是本发明实施例之二：能量与带宽调节方式示例

图 10 是本发明实施例之三：中心频率与带宽调节方式示例

图 11 是本发明实施例之四：能量、中心频率与带宽调节方式示例

具体实施方式 下面，结合附图所示之最佳实施例进一步阐述本发明。

假设探头基带频率为 f_0 ，那么可以使用 f_0 来计算得到一个具有很好带通特性的激励信号。以图 4 的波形图和图 6 相应的频谱图为例，假设理想激励信号的曲线 a（见图 4）为一高斯波形，它的中心频率为 f_0 ，当该波形具有与探头阵元较为一致的带通特性时，可以带来较高的发射效率；此时假设该波形具有如图 6 中点线所示意的频谱，设（但不限制） f_0 为 3MHz，频谱集中在 2~4 MHz 范围内。为了以简单的方式实现该波形，本发明使用双极性波形 b（见图 4）来模拟该曲线 a，该双极性波形 b 对应的频谱如图 6 的实线所示。图 6 中的虚线代表如图 3 所示的常规激励信号的频谱。可见，在 2~4 MHz 范围内，所述双极性波形 b 的基带频谱与所述理想激励信号的频谱大体一致，具有基本一致的能量分布比例，而常规激励信号的基带频谱则是分散在 0~5 MHz 的范围内。因此，若将实际激励信号设置为如所述双极性波形 b，可以使激励信号能量更加集中，更接近于所需要发射波形的要求。同时，这种激励信号具有便于使用双极性脉冲发生器来实现的优点。

为了使双极性脉冲发生器实现的双极性激励信号可以保持与预定需求相近似的有效频谱特性，本发明经实践，设定产生各所述双极性激励信号的过程如下：先确定各所述双极性激励信号的基带频谱；再依据该基带频谱来确定对应的预定波形；最后利用该预定波形来模拟生成对应的所述双极性激励信号，该双极性激励信号的正/负脉冲分别对应该预定波形的正/负波段。具体如图 5 所示，实际上任意的所述预定波形均是由正波段与负波段交替形成的，姑且将它们划分表示为 $w_1 \sim w_7$ 这七个组成部分，其中 w_1, w_3, w_5, w_7 为负波段，

w_2, w_4, w_6 为正波段。为了生成与该波形具有类似频谱的双极性激励信号，首先要计算各个波段部分的能量，即该波段覆盖的面积。假设每部分的能量为 P_i ($i = 1 \sim 7$)；再利用每部分的能量来计算每个部分对应的分段脉冲的宽度，使该分段脉冲的能量与 P_i 一致；最后确定各分段脉冲在 w_i 部分的位置，选择并将能量最集中的部分（即该分段脉冲的中心位置）置于 w_i 的能量最大值位置；最终得到以图 4 波形 b 为例的双极性激励信号。

因为超声系统的探头阵元存在发射和接收两种状态；在所述发射状态时，探头发射孔径中的各个阵元在该阵元的对应激励信号作用下发射声波，从而形成发射波束。各所述激励信号为由双极性脉冲发生器利用双极性电压而产生的双极性激励信号。本发明双极性脉冲调制发射方法的关键在于利用基带频谱参数的调节变化来确定各所述双极性激励信号。为了实现发射变迹，本发明根据系统不同成像模式及探头发射特性对探头发射波形的约束等各种技术要求，针对不同的通道设计出具有不同基带频谱的激励信号，以激励相应的阵元。从而，通过频谱区别与探头带通特性的作用，可以使每个阵元发射波形的幅度各不相同。例如，为了得到类似 hanning 窗的发射变迹，可以使中间阵元的激励信号具有与探头最为一致的带通特性，从而通过该阵元发射的能量最多；对于发射孔径边缘的阵元，使用具有与探头越来越不一致的带通特性的激励信号，以减少通过这些阵元发射的能量。这样，实现的效果与使用不同激励电压进行发射变迹所实现的效果一致，但成本明显降低。

举例而言，如图 7 所示，以矩形表示的多个阵元按顺序排列，其中黑色实心矩形为发射孔径。为了得到旁瓣被压制的点扩散曲线，可以采用对发射波形进行加权的方法。以图示的 Hanning 窗发射变迹曲线为例，要求发射孔径的发射波形幅度能量在中心阵元处最大，往边界阵元方向逐渐变小。本发明针对不同的阵元设计不同的双极性激励信号以得到不同的发射波形幅度和能量，具体可以通过调节变化包括能量、中心频率和带宽在内的基带频谱参数中的至少两个来实现，主要有以下几种方式：

假设中心阵元为 E_0 ，发射孔径边上的阵元是 E_1 ，那么需要的是使 E_0 的发射波形幅度比 E_1 的发射波形幅度大。

实施例之一是，使用能量和中心频率这两个参数来调节设计各所述双极性激励信号的基带频谱。如图 8 所示，图 8a 示意了探头带宽特性（黑实线所示）与不同阵元所对应双极

性激励信号基带频谱之间的关系。依据所述探头带宽特性来设计波形频谱：与探头中心频率大体一致的一个波形频谱（虚线所示）具有较高能量，提供给所述中心阵元 E0；与探头中心频率逐渐偏移的波形频谱被赋予逐渐降低的能量（以点虚线为例，频率偏移 0.5MHz，能量降为一半），提供给以所述阵元 E1 为代表的各对应边上阵元。以图示的两个波形频谱为例，可以分别得到如图 8b 和 8c 所示的两个对应波形，再根据这两个波形按前述的方法得到对应的双极性激励信号，分别提供给相应的阵元。波形频谱 0 由于更加符合探头的带宽特性且能量大，将导致对应阵元得到的发射波形幅度更大。

实施例之二是，使用能量和带宽这两个参数来调节设计各所述双极性激励信号的基带频谱。如图 9 所示，图 9a 示意了探头带宽特性与不同阵元所对应双极性激励信号基带频谱之间的关系。依据所述探头带宽特性来设计波形频谱：提供给所述中心阵元 E0 的波形频谱（虚线所示）具有较大带宽和较高能量；提供给逐渐远离该中心阵元 E0 的波形频谱具有逐渐缩小的带宽和能量（以点虚线为例，能量和带宽均降至 0.7 倍）。以图示的两个波形频谱为例，可以分别得到如图 9b 和 9c 所示的两个对应波形，再根据这两个波形按前述的方法得到对应的双极性激励信号，分别提供给相应的阵元。由于带宽不一样，因此生成的脉冲周期长度不一样。波形频谱 0 由于更加符合探头的带宽特性且能量大，将导致对应阵元得到的发射波形幅度更大。

实施例之三是，使用中心频率和带宽这两个参数来调节设计各所述双极性激励信号的基带频谱。如图 10 所示，图 10a 示意了探头带宽特性与不同阵元所对应双极性激励信号基带频谱之间的关系。依据所述探头带宽特性来设计波形频谱：与探头中心频率一致的一个波形频谱（虚线所示）具有较小带宽，提供给所述中心阵元 E0；与探头中心频率逐渐偏移的波形频谱被赋予逐渐增大的带宽（以点虚线为例，频率偏移 0.5MHz，带宽增大至 1.3 倍），提供给以所述阵元 E1 为代表的各对应边上阵元。以图示能量基本一致的两个波形频谱为例，可以分别得到如图 10b 和 10c 所示的两个对应波形，再根据这两个波形按前述的方法得到对应的双极性激励信号，分别提供给相应的阵元。由于带宽不一样，因此生成的脉冲周期长度不一样。波形频谱 0 由于更加符合探头的带宽特性且能量大，将导致对应阵元得到的发射波形幅度更大。

实施例之四是，使用能量、中心频率和带宽这三个参数来调节设计各所述双极性激励

信号的基带频谱。如图 11 所示，图 11a 示意了探头带宽特性与不同阵元所对应双极性激励信号基带频谱之间的关系。依据所述探头带宽特性来设计波形频谱：与探头中心频率一致的一个波形频谱（虚线所示）具有较高能量和较大带宽，提供给所述中心阵元 E0；与探头中心频率逐渐偏移的波形频谱被赋予逐渐降低的能量和逐渐减小的带宽（以点虚线为例，频率偏移 0.5MHz，带宽和能量均降低为虚线所对应的 0.7 倍），提供给以所述阵元 E1 为代表的各对应边上阵元。以图示的两个波形频谱为例，可以分别得到如图 11b 和 11c 所示的两个对应波形，再根据这两个波形按前述的方法得到对应的双极性激励信号，分别提供给相应的阵元。由于带宽不一样，因此生成的脉冲周期长度不一样。波形频谱 0 由于更加符合探头的带宽特性且能量大，将导致对应阵元得到的发射波形幅度更大。

上述实施例为了描述如何获得所需要特性的双极性激励信号，所举的例子并不局限于上述特定数值，而是可以根据需要来进行设计，其原理思想均是一样的。

在谐波成像的应用场合，同样可以使用上述方法来生成合适的双极性激励信号，从而实现对探头发射波形的控制；不同的是对所述双极性激励信号基带频谱的具体设计和选择，因非本发明重点，不在此赘述。

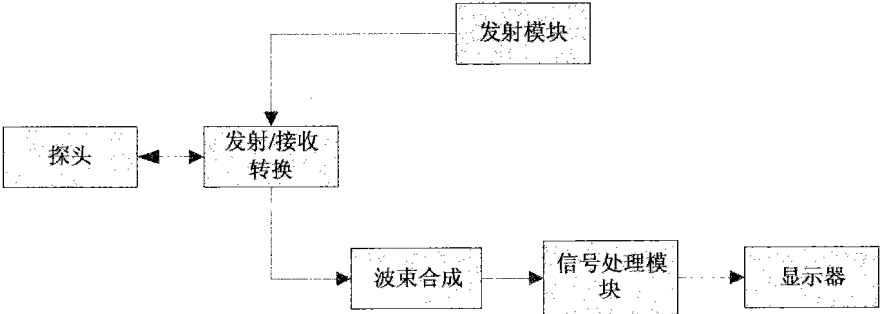


图 1

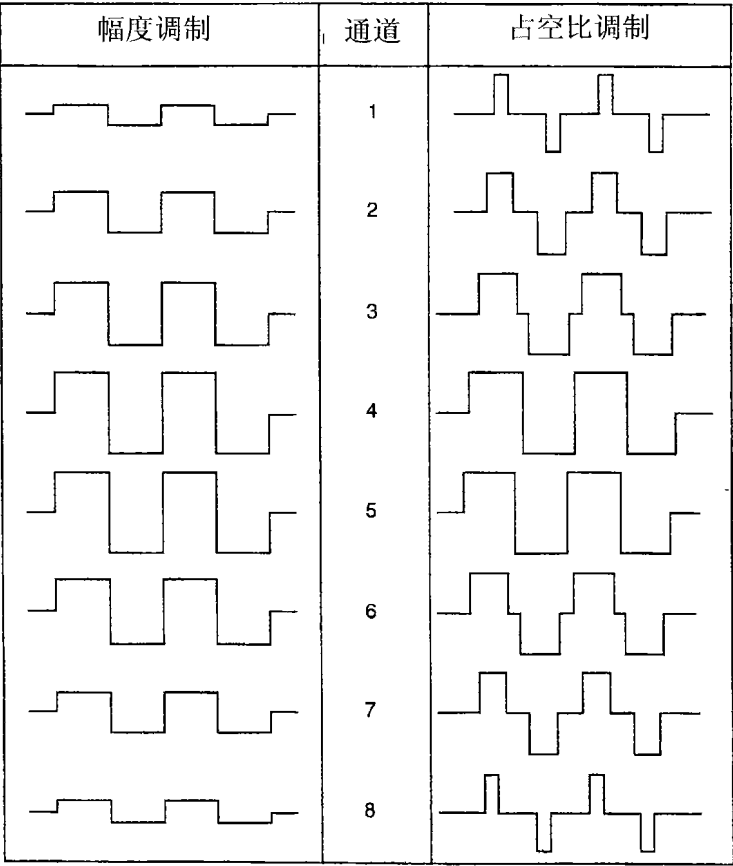


图 2

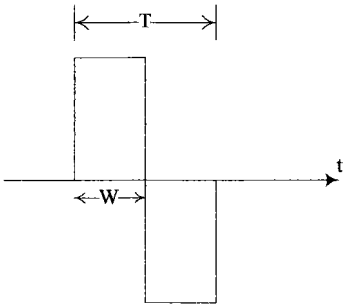


图 3

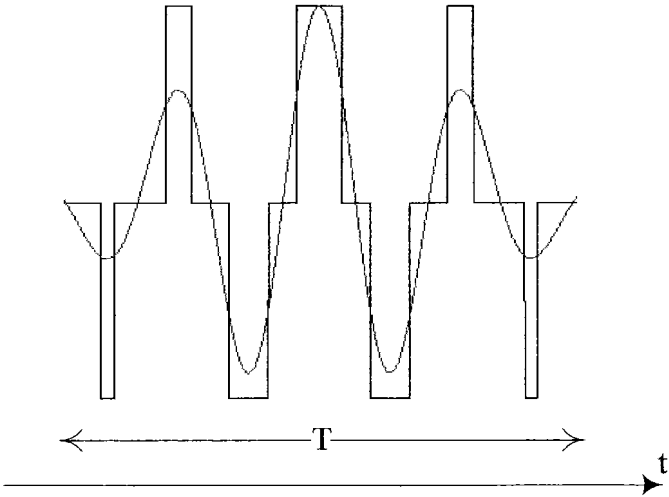


图 4

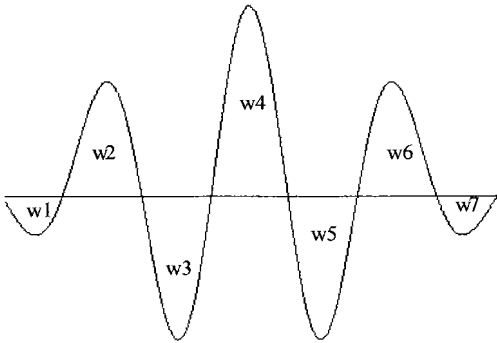


图 5

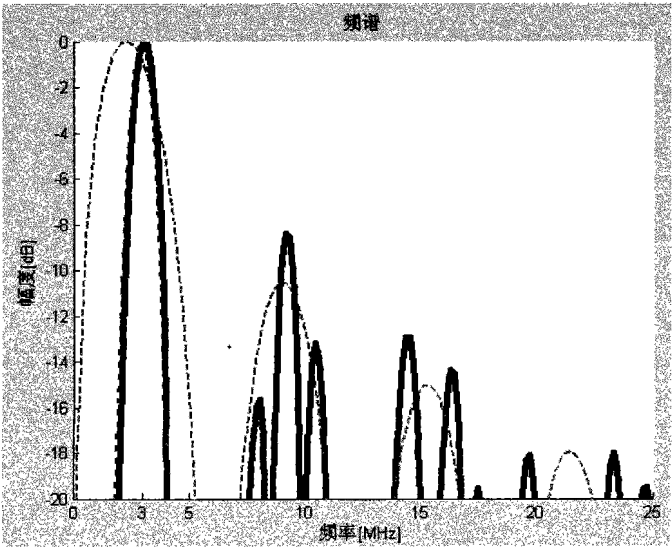


图 6

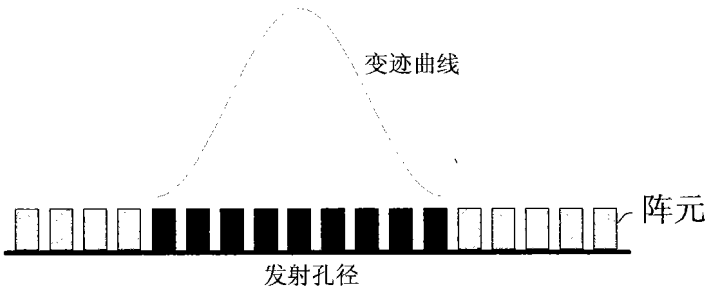


图 7

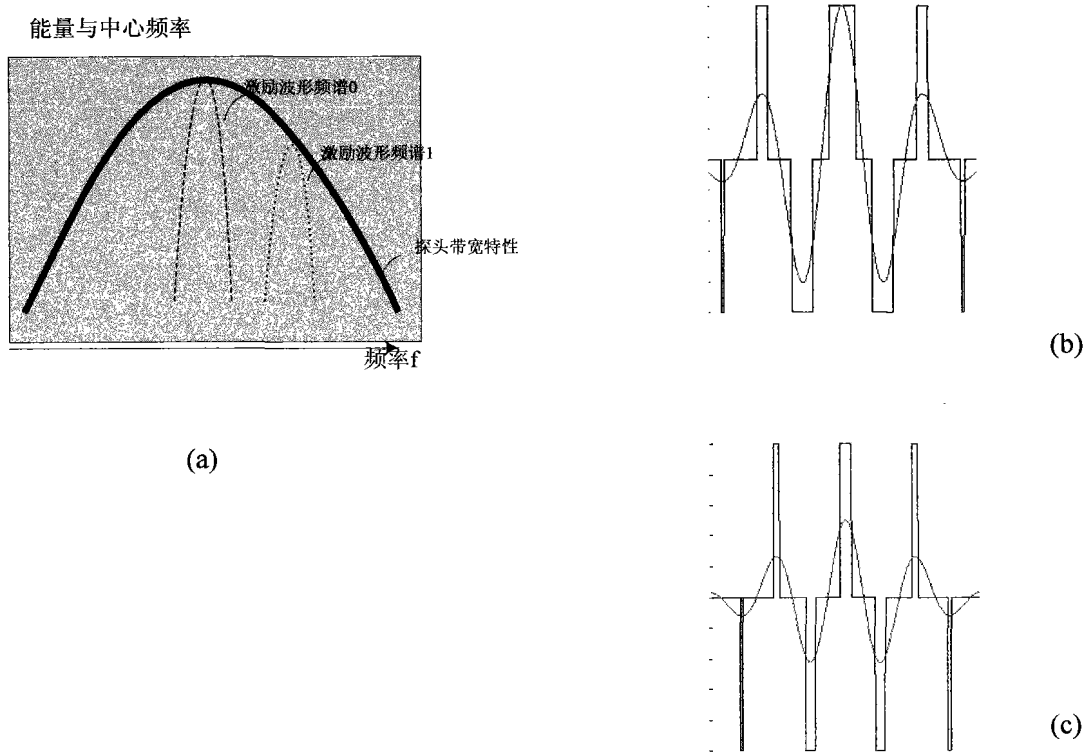


图 8

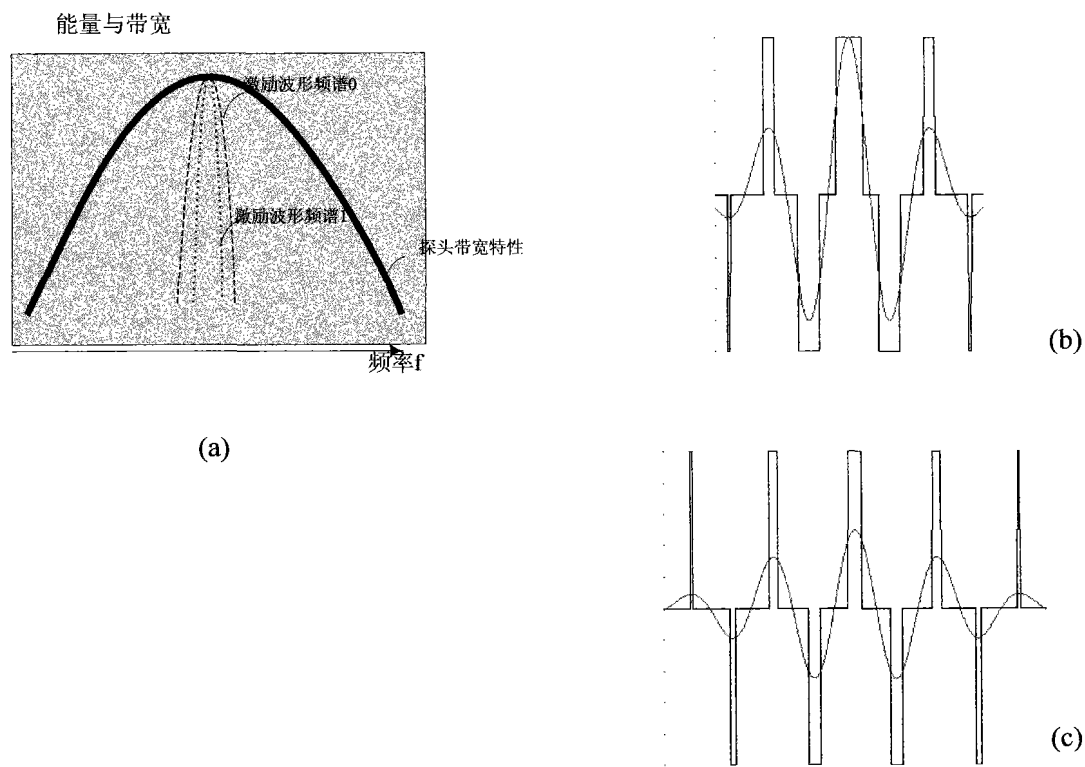
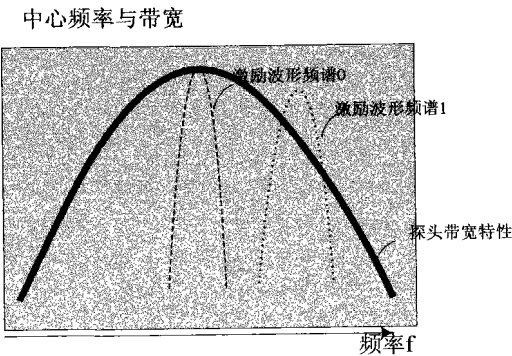


图 9



(a)

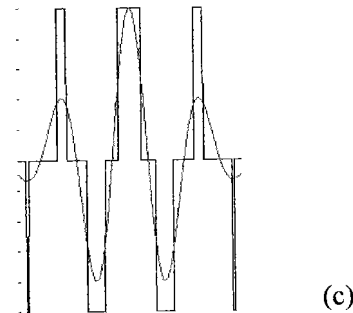
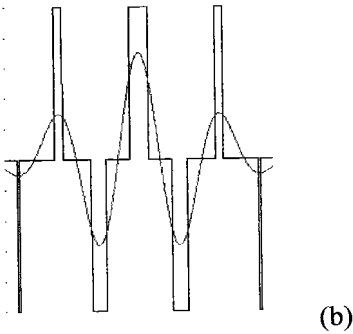
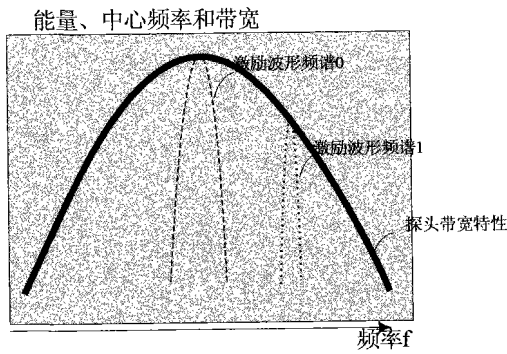


图 10



(a)

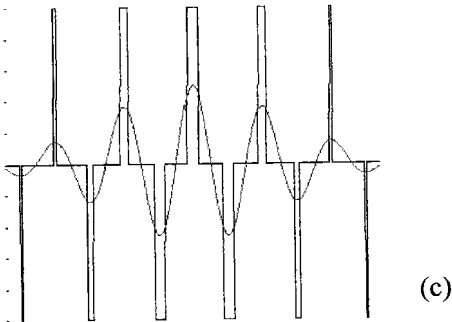
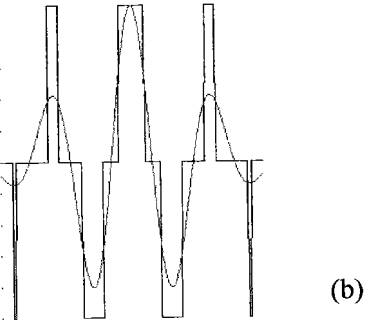


图 11

专利名称(译)	超声系统双极性脉冲调制发射方法		
公开(公告)号	CN101411625A	公开(公告)日	2009-04-22
申请号	CN200710124060.4	申请日	2007-10-15
[标]申请(专利权)人(译)	深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司		
[标]发明人	姚斌 黄勇 胡勤军		
发明人	姚斌 黄勇 胡勤军		
IPC分类号	A61B8/00		
代理人(译)	林青		
其他公开文献	CN101411625B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种超声系统双极性脉冲调制发射方法，用于超声系统，所述系统的探头阵元存在发射和接收两种状态；在所述发射状态时，探头发射孔径中的各个阵元在该阵元的对应激励信号作用下发射声波，从而形成发射波束；各所述激励信号为由双极性电压产生的双极性激励信号，尤其是，各所述双极性激励信号包括能量、中心频率和带宽在内的基带频谱参数中至少有两个参数在起调节变化。由该基带频谱所确定的波形来模拟生成所述双极性激励信号，提供给对应的发射阵元，可以实现发射变迹对发射波形幅度或形状的控制，及使探头的发射能量更加有效率，并具有实现成本低、易于实施的优点。

