

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
A61B 8/14 (2006.01)
G01S 7/52 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780023922.2

[43] 公开日 2009年7月8日

[11] 公开号 CN 101478922A

[22] 申请日 2007.6.20

[21] 申请号 200780023922.2

[30] 优先权

[32] 2006.6.27 [33] US [31] 60/805,922

[86] 国际申请 PCT/IB2007/052384 2007.6.20

[87] 国际公布 WO2008/001280 英 2008.1.3

[85] 进入国家阶段日期 2008.12.25

[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 C·库利

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

代理人 王 英

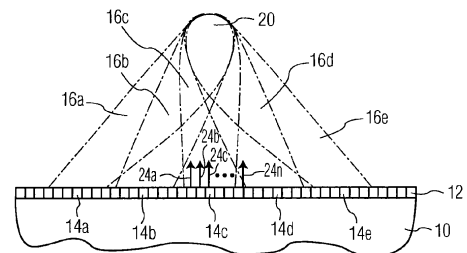
权利要求书 3 页 说明书 6 页 附图 4 页

[54] 发明名称

采用具有高帧率的多线采集的超声成像系统和
方法

[57] 摘要

一种超声成像系统包括具有换能器元件阵列(12)的超声探头,所述换能器元件阵列被划分成多个连续的发射子孔径(14a、b、c、d、e)。耦合至所述超声换能器的子孔径的多个发射器向所述子孔径施加处于不同频率上的相应发射信号,所述相应的发射信号具有延迟,所述延迟使得所述子孔径发出的相应发射波束在感兴趣区域(20)内相互重叠。耦合至所述换能器元件的多线波束形成器对对应于超声回波的信号进行处理,以输出图像信号。处理器从所述多线波束形成器接收所述图像信号,并输出对应于所述图像信号的图像数据。通过图像处理器对所述图像数据进行处理,以输出施加至显示器的对应显示信号。



1、一种采集超声图像的方法，包括：

将至少两个发射波束引导至感兴趣区域内，至少一些所述发射波束在所述感兴趣区域内相互重叠，所述重叠发射波束处于不同的频带上；

从所述感兴趣区域内的多条线接收超声回波；

对所接收到的超声回波进行处理，以生成图像数据；以及

采用所述图像数据显示所述超声图像。

2、根据权利要求1所述的方法，其中，所有的所述重叠发射波束的频谱都是连续的，不存在任何明显的谱间隙。

3、根据权利要求1所述的方法，其中，每一重叠波束的频率从所述感兴趣区域的一侧向另一侧以线性方式增大。

4、根据权利要求1所述的方法，其中，将至少两个发射波束引导至感兴趣区域内的所述步骤包括将至少两个发射波束引导至二维感兴趣区域内。

5、根据权利要求1所述的方法，其中，将至少两个发射波束引导至感兴趣区域内的所述步骤包括将至少两个发射波束引导至三维感兴趣区域内，从而允许显示体积超声图像。

6、一种多线波束形成方法，包括：

将至少两个发射波束引导至感兴趣区域内，至少一些所述发射波束在所述感兴趣区域内相互重叠，所述重叠发射波束处于不同的频带上；

从所述感兴趣区域内的多个区域接收超声；以及

对与从每一所述区域接收的超声回波相对应的信号进行处理，以形成相应于接收线的信号。

7、根据权利要求6所述的方法，其中，所有的所述重叠发射波束的频谱都是连续的，不存在任何明显的谱间隙。

8、根据权利要求6所述的方法，其中，每一重叠波束的频率从所述感兴趣区域的一侧向另一侧以线性方式增大。

9、根据权利要求6所述的方法，其中，将至少两个发射波束引导至感兴趣区域内的所述步骤包括将至少两个发射波束引导至二维感兴趣区域内。

10、根据权利要求6所述的方法，其中，将至少两个发射波束引导至感兴趣区域内的所述步骤包括将至少两个发射波束引导至三维感兴趣区域内，从而允许显示体积超声图像。

11、一种超声成像系统，包括：

具有换能器元件阵列的超声探头，所述换能器元件被划分成多个发射子孔径；

耦合至所述发射子孔径的多个发射器，所述发射器向相应的发射子孔径施加处于相应的频带上的发射信号，所述频带不同于其他发射器向其他相应的发射子孔径施加的发射信号的频带，将每一所述发射器向相应的发射子孔径施加的信号进行聚焦，从而使所述发射子孔径发出的相应的发射波束在感兴趣区域内相互重叠；

耦合至所述换能器元件的多线波束形成器，所述多线波束形成器对与超声回波相对应的信号进行处理，以输出与所述感兴趣区域内的相应接收线相对应的图像信号；

信号处理器，其被耦合为从所述多线波束形成器接收所述图像信号，所述信号处理器输出对应于所述图像信号的图像数据；

图像处理器，其被耦合为从所述信号处理器接收所述图像数据，所述图像处理器生成对应于所述图像数据的显示信号；以及

显示器，其被耦合为从所述图像处理器接收所述显示信号，所述显示

器用于采用所述显示信号提供对应于所述显示信号的超声图像。

12、根据权利要求 11 所述的超声成像系统，其中，所述多线波束形成器包括匹配滤波器。

13、根据权利要求 12 所述的超声成像系统，其中，所述匹配滤波器包括深度相关匹配滤波器。

14、根据权利要求 11 所述的超声成像系统，其中，所述超声探头中的所述换能器元件阵列包括一维换能器元件阵列。

15、根据权利要求 11 所述的超声成像系统，其中，所述超声探头中的所述换能器元件的阵列包括二维换能器元件阵列。

16、根据权利要求 11 所述的超声成像系统，其中，所述信号处理器包括多普勒处理器。

17、根据权利要求 11 所述的超声成像系统，其中，所述信号处理器包括 B 模式检测器。

18、根据权利要求 11 所述的超声成像系统，其中，所述相应的发射器向所述相应的子孔径施加的所述发射信号的频率从所述阵列的一侧到另一侧，从一个发射子孔径到下一发射子孔径是连续的。

19、根据权利要求 11 所述的超声成像系统，其中，所述相应的发射器向所述相应的子孔径施加的所述发射信号的频率从所述阵列的一侧到另一侧，从一个发射子孔径到下一发射子孔径以线性方式增大。

采用具有高帧率的多线采集的超声成像系统和方法

技术领域

【001】本发明涉及超声成像系统，更具体而言，涉及一种采用多线采集技术采集图像的超声成像系统。

背景技术

【002】超声诊断成像系统通过发射沿发射波束进行导引和聚焦的超声波生成身体内部的图像。沿发射波束路径接收回波，并将其用于生成沿所述发射波束路径遇到的结构或运动的图像。可以采用若干相邻发射波束及其回波对身体的平面区域进行询问（interrogate），并采用所述回波生成身体的平面图像。还可以发射波束使之在三维中彼此相邻地通过体积区域，并采用所得到的回波生成所述体积区域内的结构或流动的三维图像。

【003】传统上，通过生成发射波束，之后从受到所述发射波束声照射的区域或体积接收回波来获得超声图像。之后，通过发射波束对相邻区域或体积进行声照射，并再次从所述受到声照射的区或体积接收回波。通过这种方式，依次扫描由其接收了回波的区或体积。令人遗憾的是，接收回波的速率受到发射波束传播所需的时间以及所产生的回波从正被检查的区或体积内的组织返回所需的时间的限制。因此，“帧率”，即能够采集整个图像的速率受到限制。受限的帧率可能带来问题，尤其是在对移动的组织成像时。对于必须沿两个维度扫描发射波束的三维超声成像而言，受限的帧率所带来的问题会更加严重。

【004】一种提高超声图像的帧率的方法是采用“多线”波束形成器采集超声回波。在多线波束形成过程中，采用相对较宽的发射波束图案对区或体积进行声照射，与此同时沿几个空间隔开的接收线接收所得到的回波。多线波束形成能够在不降低线密度的情况下提供高帧率，这是因为对于每一发射波束而言，能够同时接收到多条线的回波。因此，在很多种情况下，即使在三维中，也能够获得移动组织的实时图像。

【005】如上所述，多线成像需要宽到足以包括几条接收线的发射波束图案。常规上，采用比用于形成多条接收线的接收孔径小得多的发射孔径生成大的发射波束图案。用于提供这些发射波束图案的常规手段是采用一定数量的换能器元件形成发射波束，该数量小于用于形成每条接收线的换能器元件的数量。令人遗憾的是，由于发射波束的功率通常与生成发射波束的换能器元件的组合面积成比例，因而难以从小的孔径生成具有良好的组织穿透性的发射波束。由于常规多线超声成像系统中采用的发射波束的功率有限，因而与沿每条线接收的回波相对应的信号可能具有低信噪比，从而有时会导致不佳的图像质量。在三维多线成像系统中这一问题甚至更加严重，因为发射孔径必须在两个维度内小，这样才能使发射波束图案在所述两个维度内宽。

【006】因此，需要一种能够生成大的高功率发射波束图案的多线超声成像系统，从而以高帧率提供高质量超声图像。

发明内容

【007】描述了一种超声成像系统和方法，其包括将至少两个发射波束从相应的子孔径引导至感兴趣区域内的超声探头。至少一些所述发射波束在感兴趣区域内相互重叠。所有的重叠发射波束都含有处于不同频率上的超声。之后通过多线波束形成器接收并处理来自感兴趣区域内的多条线的超声回波。之后，对所接收到的超声回波进行处理，以生成图像数据。之后，采用所述图像数据显示超声图像。

附图说明

【008】在附图中：

【009】图 1 是示出了用于为多线成像生成宽的高功率发射波束的技术的一个例子的示意图；

【010】图 2A 和 2B 示出了根据本发明的原理的脉冲及其子带；

【011】图 3A 和 3B 示出了根据本发明的原理对子带进行组合的结果；

【012】图 4 是根据本发明的一个例子能够用于通过多线波束形成技术生成三维超声图像的二维超声换能器的等角视图；

【013】图 5 是根据本发明的一个例子的超声成像系统的方框图；

【014】图 6 是根据本发明的另一个例子的超声成像系统的方框图。

具体实施方式

【015】图 1 示出了用于生成能够实现多线波束形成的大的高功率发射波束的技术的一个例子。超声探头 10 包括被划分成五个子孔径 14a、b、c、d、e 的换能器元件 12。形成第一子孔径 14a 的换能器元件 12 采用具有第一频率 f_1 的相应发射信号来生成第一发射波束图案 16a。处于第一子孔径 14a 内的各发射信号具有相应的延迟，其将导致波束图案 16a 被向右导引。形成第二子孔径 14b 的换能器元件采用具有第二频率 f_2 并且具有相应的延迟的相应发射信号，以生成被向右导引的第二发射波束图案 16b，其被向右导引的程度小于第一发射波束图案 16a 被向右导引的程度。形成第三子孔径 14c 的换能器元件 12 采用具有第三频率 f_3 并且具有相应的延迟的相应发射信号，以生成垂直于换能器元件 12 的第三发射波束图案 16c。类似地，形成第四孔径 14d 和第五孔径 14e 的换能器元件分别发射具有相应的第四频率 f_4 和第五频率 f_5 并且具有相应的导引方向的相应波束图案 16d 和 16e，所述相应的导引方向将所述波束图案向左导引不同角度。因此，发射波束图案 16a、b、c、d、e 全部都聚焦在感兴趣区域 20 内。在极限情况下，每一元件都可以是一个子孔径，并且其频率随着跨越所述元件阵列前进而连续变化。正是从这一区域 20 接收回波，从而形成了多条接收线 24a-n。

【016】采用处于不同频率上的多个发射波束具有几项优点。首先，通过为发射波束 16a、b、c、d、e 设置不同频率，所述波束中的信号将不会因彼此发生相长或相消干扰而产生不希望看到的波束形成效果。其次，感兴趣区域 20 内的超声的幅度是所有子孔径发射波束的各个幅度的总和。在图 1 所示的例子中，区域 20 内的超声峰值幅度大约是单个子孔径发射波束的峰值幅度的五倍。根据本发明的原理，在适于多线接收的横向展宽的发射波束宽度上实现这一峰值幅度。再次，如下面更加详细所描述的，每一发射脉冲的有效脉冲长度大于通常用于生成常规多线“粗 (fat) 波束”的脉冲长度。更长的发射脉冲将使所得到的每一子带与典型的多线粗波束相比具有更窄的带宽。这样的多个重叠子带的总和跨越了期望的宽带宽，其回

波幅度也得到了相加，因而能够得到良好的分辨率和信噪比。尽管图 1 所示的例子采用了生成五个发射波束的超声探头，但是用于生成至少两个重叠发射波束图案的探头也将提供这些优点，尽管程度不尽相同。

【017】现在将参照图 2A 和 2B 以及图 3A 和 3B 说明在感兴趣区域 20 内具有不同频率的重叠发射波束图案提供宽的有效带宽的方式。如图 2A 所示，处于单个发射波束图案内的超声脉冲具有处于以 f_1 为中心的窄范围内的频谱。图 2B 示出了与图 2A 所示的频谱相对应的时域信号 S_1 。应当指出，由于信号 S_1 的相对较长的持续时间，信号 S_1 的带宽围绕中心频率 f_1 相对较窄。

【018】与图 2A、B 所示的信号 S_1 形成对照的是，图 1 所示的五个发射波束图案 16a、b、c、d、e 的组合具有以 f_3 为中心的相当宽的频谱，如图 3A 所示。图 3B 所示的组合子带的对应有效信号 S_2 具有相对较短的脉冲长度。为了提供相当恒定的连续的频谱，所述重叠的发射波束图案中采用的超声频率应当是连续的，不存在任何谱间隙。而且，所述频率优选从超声探头的一侧向另一侧以线性方式增大，尽管并不要求这样。通过采用频率从一侧向另一侧线性增大或降低的孔径，对从源自于不同孔径的发射波束接收回波的唯一影响就是每一发射波束的聚焦深度存在微小的差异。所述组合波形在沿横向方向的整个主瓣上基本都是相同的，但是所述有效深度沿跨越波束的横向方向在时间/深度方面存在少量的轴偏移。就轴向分辨率而言，这一影响并不显著，因而无需校正，其并不妨碍获得良好的图像，但是在信号的相干处理过程中需要将其考虑在内，以实现深度配准。如果所述频率不是在所述组合波形内从一侧到另一侧按照线性方式分布，那么即使所述组合带宽在整个组合的发射波束主瓣上基本上相同，时间中的组合波形的形状和长度将取决于在发射波束主瓣内的横向位置。通过在接收时采用取决于发射波束内的横向位置的适当滤波器，能够将所有的接收多线波形压缩成基本同样短的波形。适当的滤波器的例子是与根据每一像点处的点目标所期望的信号相匹配的匹配滤波器。

【019】图 4 示出了可以用来采用多线波束形成器生成三维超声图像的二维超声换能器 40 的例子。换能器 40 具有划分成 16 个段的换能器面 44，每一段以相对较宽的发射波束图案发射处于相应的频率 f_{1-16} 上的超声。发

射波束图案发生重叠，并以之对处于换能器面 44 之下的感兴趣的体积进行声照射。之后从感兴趣的体积内的多条接收线接收回波。

【020】图 5 示出了根据本发明的一个例子的超声成像系统 100。系统 100 包括能够采用一维或线性阵列的换能器元件 112 进行二维成像的超声探头 110。使换能器元件 112 通过相应的线 114 耦合至通过常规控制电路（未示出）操作的发射/接收开关 124。按照发射子阵列布置换能器元件 112，并且使每一子阵列通过开关 124 并经由相应的线 128 连接至相应的发射器 126a-n。发射器 126a-n 中的每一个生成处于相应的频率上的发射信号，适当掌控每一发射器 126a-n 向其相应的子阵列内的换能器元件 112 施加的信号定时，从而像上文参照图 1 说明的那样导引发射波束图案。因此，所述发射波束图案在处于换能器元件 112 下面的二维感兴趣区域内重叠。

【021】在由探头 110 生成重叠发射波束图案之后，开关 124 将换能器元件 112 通过相应的信号线 130 连接至具有常规设计的多线波束形成器 138。之后，将换能器元件 112 响应于发射波束接收的回波信号耦合至多线波束形成器 138。所述波束形成器 138 对所接收到的回波信号进行处理，从而提供针对多条接收线的回波数据。在美国专利 No.6695783 中描述了用于这一目的的适当的多线波束形成器。多线波束形成器 138 还可以包括匹配滤波器 140，其用于校正接收自重叠发射波束的回波信号在时间上的轻微的散焦，这一点如上文所述。此外，所述多线波束形成器 138 可以包括深度相关匹配滤波器 144，以获得扩展的场深，并由此获得最佳深度分辨率，这一点也如上文所述。在独立的波束形成器输出线 b1、b2.....bn 上从波束形成器 138 输出与多线波束形成器 138 形成的多条接收线相对应的回波数据，但是也可以将其按照其他格式输出，例如，较少的线上的时间交错信号、单条线上的频率复用信号，或者将其作为光信号通过光纤输出。

【022】可以将对应于多条接收线的回波数据施加至多普勒处理器 150，所述多普勒处理器 150 将所述回波数据处理成二维多普勒功率或速度信息。将所述二维多普勒信息存储到 2D 数据存储器 152 内，从所述存储器可以通过各种格式对所述信息加以显示。可以将针对多条接收线的回波数据耦合至 B 模式检测器 162，在所述检测器中对所述回波信号进行包络检测。之后，可以将对应于所检测到的回波数据的数据存储到 2D 数据存储器 152 内。

【023】可以对存储在所述 2D 数据存储器 152 内的二维图像数据进行处理，以供通过各种常规手段对其加以显示。将对应于所得到的图像的信号耦合至图像处理器 168，从所述图像处理器 168，可以将所述信号显示到图像显示器 170 上。

【024】在本发明的另一个例子中，图 6 所示的超声成像系统 200 能够生成表现三维体积区域内的解剖结构的超声图像。成像系统 200 包括很多与图 5 所示的二维成像系统 100 中采用的相同的部件。因此，出于简明扼要的目的，将不再赘述基本按照相同方式工作的部件的结构和功能。系统 200 与系统 100 的区别在于，系统 200 采用了具有二维阵列的换能器元件 212 的超声探头 210。因此，发射波束图案在三维感兴趣区域内重叠。

【025】系统 200 与系统 100 的区别还在于，系统 200 采用了生成三维多普勒信息的三维多普勒处理器 250 而不是二维多普勒处理器 150。此外，系统 200 采用 3D 数据存储器 252 存储三维多普勒信息，从所述存储器能够通过各种格式，例如，通过 3D 功率多普勒显示对所述信息加以显示。例如，可以对存储在 3D 数据存储器 252 内的三维图像数据进行处理，从而通过生成所述体积的多个 2D 平面而对其加以显示。通过多平面格式重排器（reformatter）254 生成这样的体积区域的平面图像。还可以通过体积绘制器（renderer）256 对三维图像数据加以绘制，以形成 3D 显示。将所得到的图像耦合至图像处理器 168，从所述图像处理器 168，可以将所述图像显示到图像显示器 170 上。

【026】尽管已经参考所公开的实施例描述了本发明，但是本领域技术人员应当认识到，在不脱离本发明的精神和范围的情况下可以做出各种形式和细节上的变化。例如，可以通过向像场内发射宽带宽信号，接收不同的子带频率，之后结合所接收到的子带信号而在接收时形成本发明的宽波束效应。这样的修改也处于本领域技术人员的技能范围内。因此，本发明除了受到权利要求的限定外不受任何限制。

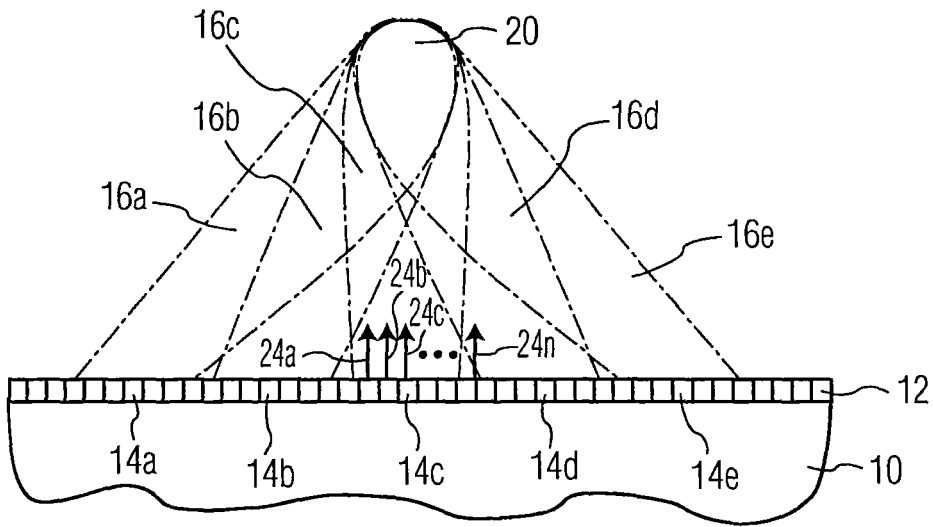


图1

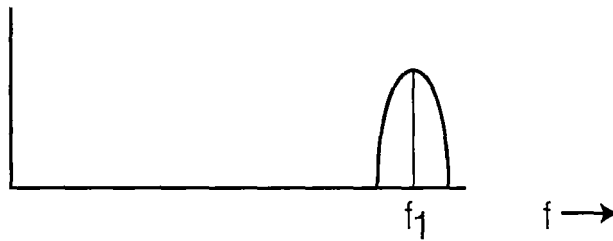


图2A

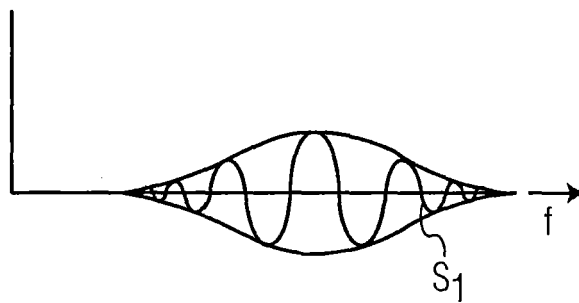


图2B

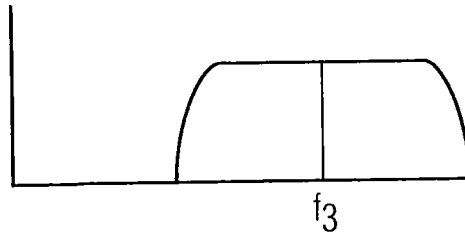


图3A

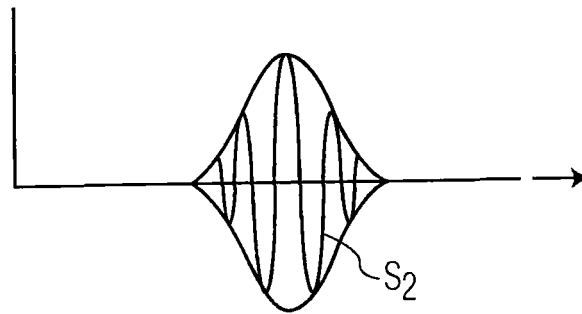


图3B

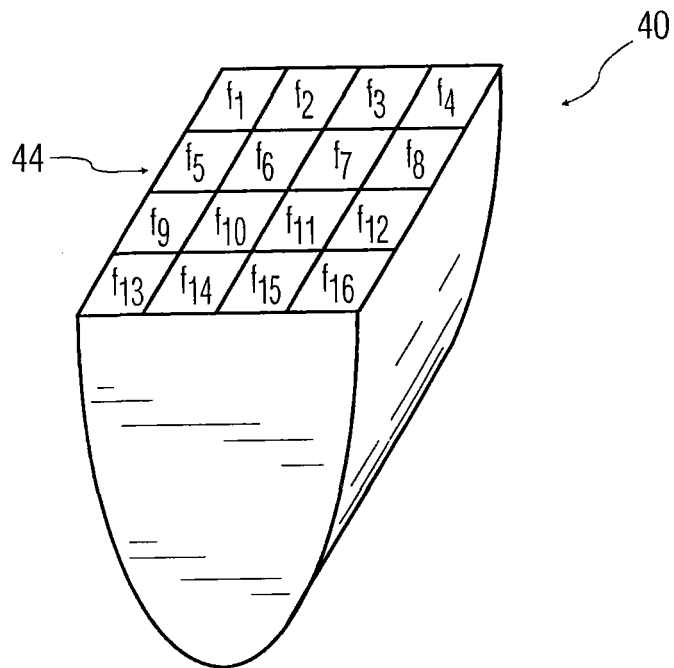


图4

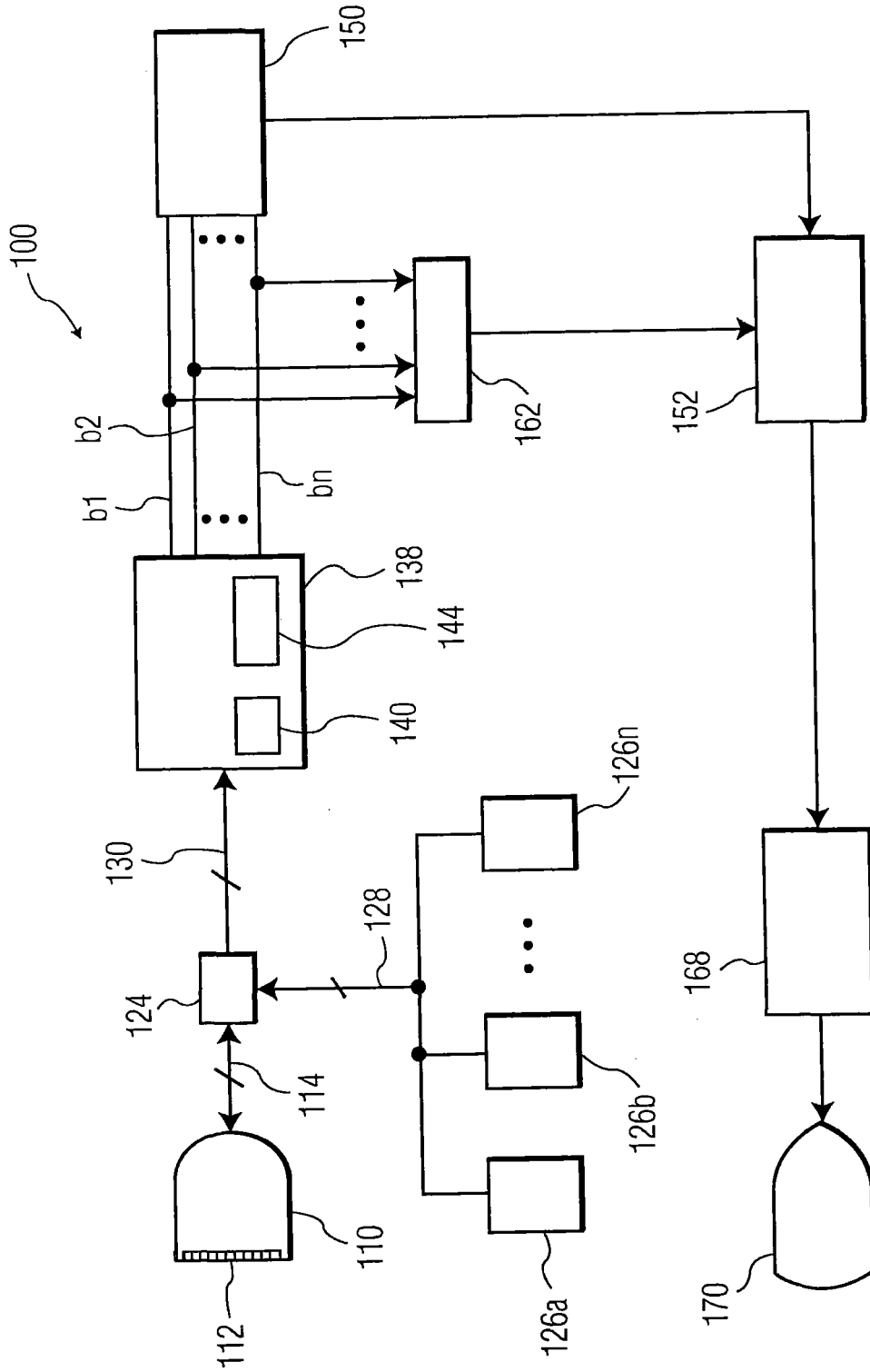


图5

专利名称(译)	采用具有高帧率的多线采集的超声成像系统和方法		
公开(公告)号	CN101478922A	公开(公告)日	2009-07-08
申请号	CN200780023922.2	申请日	2007-06-20
[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	C·库利		
发明人	C·库利		
IPC分类号	A61B8/14 G01S7/52		
CPC分类号	G01S15/8979 G01S7/5209 G01S7/52095 G01N29/0609 G01S15/8927 G01S7/52092 G01S15/8954 G01N2291/044 G01N2291/106 G01N29/06		
代理人(译)	王英		
优先权	60/805922 2006-06-27 US		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种超声成像系统包括具有换能器元件阵列(12)的超声探头，所述换能器元件阵列被划分成多个连续的发射子孔径(14a、b、c、d、e)。耦合至所述超声换能器的子孔径的多个发射器向所述子孔径施加处于不同频率上的相应发射信号，所述相应的发射信号具有延迟，所述延迟使得所述子孔径发出的相应发射波束在感兴趣区域(20)内相互重叠。耦合至所述换能器元件的多线波束形成器对对应于超声回波的信号进行处理，以输出图像信号。处理器从所述多线波束形成器接收所述图像信号，并输出对应于所述图像信号的图像数据。通过图像处理器对所述图像数据进行处理，以输出施加至显示器的对应显示信号。

