

1. 一种热声成像系统,所述热声成像系统与用于对组织的特征进行成像的超声波成像系统结合使用,所述超声波成像系统包括发射-接收换能器阵列,其中,所述发射-接收换能器阵列接收和检测来自所述发射-接收换能器阵列传送到组织中的超声波束的回波,并将所述回波转换成超声波输出信号,所述热声成像系统包括:

电磁能量源;以及

只接收换能器阵列,所述只接收换能器阵列包括多个只接收阵列元件,其中,所述只接收阵列元件与所述发射-接收换能器阵列配准,其中,所述只接收换能器阵列接收和检测响应于由电磁能量源传送到所述组织中的电磁能量而热声生成的声信号,并将所述热声生成的声信号转换成热声输出信号。

2. 如权利要求1所述的热声成像系统,其中,所述发射-接收换能器阵列包括被容纳在第一超声波探头中的多个发射-接收阵列元件,并且包括多个只接收阵列元件的所述只接收换能器阵列被容纳在第二超声波探头中。

3. 如权利要求2所述的热声成像系统,其中,所述第二超声波探头机械地接合到所述第一超声波探头。

4. 如权利要求2所述的热声成像系统,其中,所述第二超声波探头是机械地接合到所述第一超声波探头的套筒。

5. 如权利要求2所述的热声成像系统,其中,被容纳在所述第二超声波探头中的所述多个只接收阵列元件围绕被容纳在所述第一超声波探头内的所述多个发射-接收阵列元件。

6. 如权利要求1到5中任一项所述的热声成像系统,其中,包括所述多个只接收阵列元件的所述只接收换能器阵列被配置用于进行热声成像。

7. 如权利要求1所述的热声成像系统,其中,所述发射-接收换能器阵列包括发射-接收阵列元件的第一线性阵列,并且所述只接收阵列元件具有选自以下项组成的组中的配置:所述第一线性阵列的一侧上的第二线性阵列;所述第一线性阵列的不止一侧上的多重线性阵列;围绕所述第一线性阵列的矩形环阵列;以及围绕所述第一线性阵列的矩形密集阵列。

8. 如权利要求1所述的热声成像系统,其中,所述发射-接收换能器阵列包括发射-接收阵列元件的矩形阵列,并且所述只接收阵列元件具有选自以下组中的配置:所述矩形阵列的一侧上的线性阵列;所述矩形线性阵列的不止一侧上的多重线性阵列;围绕所述矩形阵列的矩形环阵列;围绕所述矩形阵列的矩形密集阵列。

9. 如权利要求1所述的热声成像系统,其中,所述发射-接收换能器阵列包括发射-接收阵列元件的圆形阵列,并且所述只接收阵列元件具有选自以下组中的配置:围绕所述圆形阵列的单个环阵列;围绕所述圆形阵列的多重环阵列。

10. 如权利要求1到9中任一项所述的热声成像系统,还包括成像配件,所述成像配件对所述热声输出信号和所述超声波输出信号进行处理,以生成组织的特征的合成图像。

11. 一种热声成像探头,所述热声成像探头与用于对组织的特征进行成像的超声波成像系统一起使用,所述超声波成像系统包括发射-接收换能器阵列和容纳所述发射-接收换能器阵列的超声波成像探头,所述发射-接收换能器阵列接收和检测来自所述发射-接收换能器阵列传送到组织中的超声波束的回波,并将所述回波转换成超声波输出信号;所述热声成像探头包括:

只接收换能器阵列,所述只接收换能器阵列包括被容纳在所述热声成像探头中的多个只接收阵列元件,其中,所述只接收换能器阵列接收和检测响应于由电磁能量源传送到所述组织中的电磁能量而热声生成的声信号,并将所述热声生成的声信号转换成热声输出信号;以及

其中,被容纳在所述热声成像探头中的所述多个只接收阵列元件与被容纳在所述超声波成像探头中的所述多个发射-接收阵列元件配准。

12. 如权利要求11所述的热声成像探头,其中,所述热声成像探头包括机械地接合到所述超声波成像探头的外壳。

13. 如权利要求11所述的热声成像探头,其中,所述只接收换能器阵列被容纳在围绕所述超声波成像探头安装的套筒内。

14. 如权利要求11所述的热声成像探头,其中,所述发射-接收换能器阵列包括发射-接收阵列元件的第一线性阵列,并且所述只接收阵列元件具有选自以下组中的配置:所述第一线性阵列的一侧上的第二线性阵列;所述第一线性阵列的不止一侧上的多重线性阵列;围绕所述第一线性阵列的矩形环阵列;围绕所述第一线性阵列的矩形密集阵列。

15. 如权利要求11所述的热声成像探头,其中,所述发射-接收换能器阵列包括发射-接收阵列元件的矩形阵列,并且所述只接收阵列元件具有选自由以下项组成的组中的配置:所述矩形阵列的一侧上的线性阵列;所述矩形线性阵列的不止一侧上的多重线性阵列;围绕所述矩形阵列的矩形环阵列;以及围绕所述矩形阵列的矩形密集阵列。

16. 如权利要求11所述的热声成像探头,其中,所述发射-接收换能器阵列包括发射-接收阵列元件的圆形阵列,并且所述只接收阵列元件具有选自由以下项组成的组中的配置:围绕所述圆形阵列的单个环阵列以及围绕所述圆形阵列的多重环阵列。

17. 一种合成成像系统,包括如权利要求11到16中任一项所述的热声成像探头和超声波成像系统,并且所述合成成像系统还包括成像配件,所述成像配件对所述热声输出信号和所述超声波输出信号进行处理,以生成组织的特征的合成图像。

18. 如权利要求17所述的合成成像系统,其中,所述组织的特征的所述合成图像包括根据所述超声波输出信号生成的第一图像分量和根据所述热声输出信号生成的第二图像分量,以及

其中,所述合成成像系统使所述第一图像分量在所述组织的特征的所述合成图像中与所述第二图像分量互相关。

19. 如权利要求18所述的合成成像系统,其中,所述第一图像分量表示根据所述超声波输出信号生成的所述组织的特征的位置,并且所述第二图像分量表示根据所述热声输出信号生成的所述组织的特征的功能特性。

用于对生物组织结构进行成像的系统和方法

技术领域

[0001] 本公开涉及使用超声波和热声技术对组织的结构和性质进行成像。

[0002] 背景

[0003] 在常规的超声波医学成像或超声波检查中,超声波换能器的单个阵列(这里有时被称为发射-接收阵列)操作,用于发射和接收超声波能量。超声波换能器元件将超声波传输到对象(例如,组织)中。传输的能量被组织散射和反射,并且散射和反射的超声波能量由相同的超声波换能器元件接收。超声波换能器将所接收的超声波能量转换成电信号。通过信号处理来分析和解释所接收的超声波信号,通常提供关于组织内的结构的位置的信息。

[0004] 在医学超声波成像中,超声波脉冲以与雷达类似的方式来使用,其中,脉冲被传输,并且随后从组织内的散射和从反射中接收回波。在雷达(无线电检测与测距)中,传输短脉冲的电磁(射频或微波)载波,并由通常与发射机共置的接收器检测回波或反射。雷达的范围受到所接收的信号能量的限制。类似地,在超声波医学成像中,由超声波系统传输的强的短的电脉冲以期望的频率来驱动换能器,以便实现良好的范围分辨率。所接收的回波的双向飞行时间给出范围信息,并且所接收的回波的强度提供关于声阻抗的信息(例如,当所发射的脉冲遇到具有不同密度的组织内的结构并且反射回到换能器时)。通过了解所发射的脉冲的方向,创建超声波图像或声波图。在超声波医学成像中,最大传输的功率受到系统电子组件中所容许的电压以及由与组织暴露有关的安全考虑所准许的峰值强度限制。与在雷达中一样,该范围受到所接收的信号对抗背景噪声的限制,而其反过来又受到总脉冲能量的限制。

[0005] 热声成像(有时被称为光声或光声成像)是一种用在基于材料的电磁和热性质来对材料进行表征和成像中的技术,在无损测试、临床诊断、医学成像、生命科学和显微镜学中具有应用。热声成像使用短脉冲的电磁(EM)能量(即,激发能量)来快速加热吸收EM能量(激发部位)的对象内的特征。这种快速加热导致材料(例如,组织)的压力稍微增加,引发作为超声波从激发部位辐射的声脉冲。这些声脉冲使用位于材料表面处的声接收器(诸如,超声波换能器阵列)来检测。通过使用飞行时间和相关算法的信号处理来分析和解释所得到的测量结果,其重建了所吸收的EM能量的分布,有时被称为热声计算的断层摄影(TCAT)。结果可以作为深度剖面图或作为2维、3维或4维图像显示给用户。

[0006] 对于在发射-接收模式中操作的临床超声波换能器相对在热声成像中采用的只接收超声波换能器有不同的要求。构建和优化临床超声波换能器阵列以在发射和接收的超声模式二者中工作。这些超声波换能器在发射和接收超声波能量中需要高的操作效率,这不是对用在热声成像中的只接收发射器的要求。临床超声波换能器通常使用透镜来提供最佳的聚焦深度,并且以优化的操作频率设计。常规的超声波成像依赖于对图像分辨率的窄带接收。

[0007] 相比之下,在热声成像中,对于只接收换能器来说,接收和处理宽频带是重要的。热声换能器的元件和阵列被设计为在只接收模式中以高灵敏度操作,而只接收换能器不必满足对发射-接收的元件和阵列的传输效率要求。热声图像分辨率由声信号的频率决定。该

频率由被成像的材料特性决定,而不是由所发出的电磁能量(“EM”能量或激发能量)的频率决定。为了能够区分热声成像中的材料性质的范围(例如,小型结构和大型结构;成像浅层材料和成像深层材料),宽的接收带宽至关重要。大约3-6MHz的接收带宽被认为是相当宽的范围,并且更高的带宽是令人期望的。

[0008] 超声波成像和热声成像二者中的图像形成的一个考虑因素是换能器几何形状,例如,换能器阵列的几何形状。不同的换能器几何形状,诸如单聚焦换能器、线性阵列和二维阵列,都能够形成不同的图像模式。部分地根据换能器几何形状,成像系统可以例如对单线、二维区域或三维体积进行成像。成像操作还可以采用换能器或换能器阵列的运动或扫描来使换能器操作适应于不同的成像模式。

[0009] 常规的临床超声波技术指示组织或其他材料内的特征的位置,但不提供功能特性。另一方面,热声成像使声学接收的精细超声波分辨率特性与通过所成像材料与EM激发能量的相互作用实现的吸收对比度相结合,从而实现了在活体成像中的深度穿透。热声技术可以检测动态特征,并可以测量解剖结构的各种功能特性。

[0010] 概述

[0011] 将临床超声波换能器和热声换能器组合在单个系统中以用于对组织特征进行成像是已知的,但是传统的组织成像系统不使用其中换能器和相关组件被配置为在两种类型的成像中最有效地操作的这些技术的每一种。传统的组织成像系统也不给包括常规超声波技术的位置信息特性的有效合成图像提供可通过热声技术提供的动态特性和功能特性。由于上述原因,需要采用超声波成像技术与热声成像技术有效结合的超声波成像技术以及组织特征的多功能合成成像的系统和方法。

[0012] 本文中所描述的实施例包括用于对组织进行成像的组合的超声波换能器系统,包括第一换能器阵列和第二换能器阵列。第一换能器阵列被配置用于发射-接收超声波成像。第二换能器阵列系统被配置用于热声只接收成像。在一个实施例中,本公开提供了用于对组织的结构进行成像的超声波系统,包括耦合到组织的组合的超声波换能器阵列。在另一实施例中,本公开提供了热声成像系统,其被设计为被添加到现有的超声波成像系统以提供组合的超声波换能器阵列。在这两个实施例中,组合的超声波换能器阵列包括具有多个发射-接收阵列元件的发射-接收换能器阵列和具有多个只接收阵列元件的只接收换能器阵列。只接收阵列元件与发送接收阵列元件配准。

[0013] 在实施例中,用于对组织的结构进行成像的换能器包括:包括多个发射-接收阵列元件的发射-接收换能器阵列,其中该发射-接收换能器阵列接收和检测来自自由发射-接收换能器阵列传送到组织中的超声波束的回波,并将该回波转换成超声波输出信号;以及包括多个只接收阵列元件的只接收换能器阵列,其中该只接收换能器阵列接收和检测响应于由电磁能量源传送到组织中的电磁能量而热声生成的声信号,并将该热声生成的声信号转换成热声输出信号,其中只接收阵列元件在换能器中与发射-接收阵列元件配准。

[0014] 在实施例中,用于对组织的结构进行成像的成像系统包括:超声波探头以及成像配件,超声波探头包括含有多个发射-接收阵列元件的发射-接收换能器阵列和含有多个只接收阵列元件的只接收换能器阵列,其中只接收阵列元件在超声波探头内与发射-接收阵列元件配准并围绕发射-接收阵列元件;其中只接收换能器阵列接收和检测响应于由电磁能量源传送到组织中的并由只接收换能器阵列检测到的电磁能量而热声生成的声信号,并

将该热声生成的声信号转换成热声输出信号;以及其中发射-接收换能器阵列接收和检测来自自由发射-接收换能器阵列传送到组织中的超声波束的回波,并将该回波转换成超声波输出信号,成像配件用于对热声输出信号和超声波输出信号进行处理以生成组织的结构的图像。

[0015] 在另一实施例中,用于操作超声波成像系统对组织的特征进行成像的方法,包括:通过发射-接收换能器阵列的发射-接收阵列元件将超声波束从组合的换能器阵列的发射-接收换能器阵列发射到组织,该组合的换能器阵列具有发射-接收换能器阵列和只接收换能器阵列,其中只接收换能器阵列的只接收阵列元件与发射-接收换能器阵列的发射-接收阵列元件配准;通过只接收阵列元件接收响应于传送到组织的电磁能量而在组织内生成的热声生成的声信号,并将该热声生成的声信号转换成热声输出信号;通过发射-接收阵列元件接收发射到组织的超声波束的回波,并将该回波转换成超声波输出信号;以及通过超声波成像系统根据热声输出信号和超声波输出信号来生成组织的合成图像。

[0016] 在另一实施例中,用于对组织的结构进行成像的换能器包括:包括多个发射-接收阵列元件的发射-接收换能器阵列,其中发射-接收换能器阵列具有第一操作模式和第二操作模式,在该第一操作模式中,该发射-接收换能器阵列被配置为接收和检测来自自由发射-接收换能器阵列传送到组织中的超声波束的回波,并将该回波转换成超声波输出信号,在该第二操作模式中,该发射-接收换能器阵列被配置为接收和检测响应于由电磁能量源传送到组织中的电磁能量而热声生成的声信号,并将该热声生成的声信号转换成热声输出信号;以及包括多个只接收阵列元件的只接收换能器阵列,其中只接收换能器阵列被配置为接收和检测响应于由电磁能量源传送到组织中的电磁能量而热声生成的声信号,并将该热声生成的声信号转换成热声输出信号。

[0017] 在又一实施例中,用于与对组织的特征进行成像的超声波成像系统组合使用的热声成像系统,该超声波成像系统包括:发射-接收换能器阵列,其中该发射-接收换能器阵列接收并检测来自自由发射-接收换能器阵列传送到组织中的超声波束的回波,并将该回波转换成超声波输出信号,该热声成像系统包括电磁能量源;以及包括多个只接收阵列元件的只接收换能器阵列,其中只接收阵列元件与发射-接收换能器阵列对准,其中只接收换能器阵列接收和检测响应于由电磁能量源传送到组织中的电磁能量而热声生成的声信号,并将该热声生成的声信号转换成热声输出信号。

[0018] 在又一另外的实施例中,提供了用于与对组织的特征进行成像的超声波成像系统组合使用的热声成像探头,该超声波成像系统包括:发射-接收换能器阵列,其接收和检测来自自由发射-接收换能器阵列传送到组织中的超声波束的回波,并将该回波转换成超声波输出信号;以及超声波成像探头,其容纳发射-接收换能器阵列;其中该热声成像探头包括含有被容纳在热声成像探头中的多个只接收阵列元件的只接收换能器阵列,其中只接收换能器阵列接收和检测响应于由电磁能量源传送到组织中的电磁能量而热声生成的声信号,并将该热声生成的声信号转换成热声输出信号;以及其中容纳在热声成像探头中的多个只接收阵列元件与容纳在超声波成像探头中的多个发射-接收阵列元件配准。

[0019] 实施例的附加特征和优点将在下面的描述中阐述,并且从描述中将部分地变得明显。本发明的目标和其他优点将通过文字的说明书中的示例性实施例及其权利要求书以及附图中特别指出的结构来实现和获得。

[0020] 将理解的是,前面的一般性描述和下面的详细描述二者都是示例性和解释性的,且旨在提供如所要求权利的本发明的进一步解释。

[0021] 附图简述

[0022] 本公开的非限制性的实施例将参照附图通过示例来进行描述,附图是示意性的并且不旨在按比例进行绘制。除非指示表示背景技术,否则附图表示本公开的方面。

[0023] 图1图示了根据示例性实施例的包括组合换能器阵列的成像系统的系统概览。

[0024] 图2图示了根据示例性实施例的组合换能器阵列。

[0025] 图3图示了根据示例性实施例的组合换能器阵列。

[0026] 图4图示了根据示例性实施例的组合换能器阵列。

[0027] 图5图示了根据示例性实施例的组合换能器阵列。

[0028] 图6图示了根据示例性实施例的组合换能器阵列。

[0029] 图7图示了根据示例性实施例的组合换能器阵列。

[0030] 图8图示了根据示例性实施例的组合换能器阵列。

[0031] 图9图示了根据示例性实施例的组合换能器阵列。

[0032] 图10图示了根据示例性实施例的组合换能器阵列。

[0033] 图11A是根据示例性实施例的组合换能器阵列的透视图。

[0034] 图11B是图11A的组合换能器阵列的侧视图。

[0035] 图12图示了根据示例性实施例的组合换能器阵列。

[0036] 图13图示了根据示例性实施例的组合换能器阵列。

[0037] 图14图示了根据示例性实施例的组合换能器阵列。

[0038] 图15A是根据示例性实施例的包括被设置用于对组织进行成像的组合换能器阵列的超声波探头的侧视图。

[0039] 图15B是具有图15A的组合换能器阵列的超声波探头的前视平面图。

[0040] 图16A是根据示例性实施例的组合换能器阵列的透视图。

[0041] 图16B是图16A的组合换能器阵列的侧视图。

[0042] 图17说明了根据示例性实施例的操作超声波成像系统以对组织的特征进行成像的步骤。

[0043] 详细描述

[0044] 在此,参照附图所示的实施例对本公开进行详细描述,这些实施例形成本文的一部分。在不偏离本公开的精神或范围的情况下,可以使用其他实施例和/或可以进行其他改变。在详细描述中所描述的说明性实施例不意在限制本文呈现的主题。此外,在不背离本发明的精神或范围的情况下,本文中所描述的各种组件和实施例可以组合以形成未明确描述的附加实施例。

[0045] 现在将参考附图中所示的示例性实施例,并且这里将使用具体语言来描述示例性实施例。然而,将理解的是,由此不意图限制本发明的范围。将由相关领域的以及具有本公开的所有权的技术人员想到的、对本文所示的发明特征的改变和进一步的修改以及这里所示的本发明的原理的附加的应用,被认为在本发明的范围内。

[0046] 本公开描述了包括第一换能器元件阵列和第二换能器元件阵列(本文中也被称为换能器阵列)的组合的超声波换能器系统。第一换能器阵列被配置用于发射-接收超声波成

像。第二换能器阵列被配置用于热声只接收成像。第一换能器阵列在本文中可以被称为发射-接收阵列、发射-接收换能器或发射-接收换能器阵列。第二换能器阵列在本文中可以被称为只接收(或接收)阵列、只接收换能器或只接收换能器阵列。

[0047] 在实施例中,如本公开中使用的“换能器”可以表示将压力波转换成另一形式的能量的组件,通常作为用于超声波成像、热声成像或两种类型的成像的系统的一部分。在一个实施例中,换能器将压力转换成电能。在其他实施例中,换能器将压力转换成其它形式的能量,诸如光能或机械能。当换能器在热声成像中操作时,换能器的输出信号在本文中有时被称为“热声输出信号”。当换能器在超声波成像中操作时,换能器的输出信号在本文中有时被称为“超声波输出信号”。在另一实施例中,对于在“发射”操作中的换能器,换能器将电能或其他能量转换成超声压力波。

[0048] 如在本公开中所使用的,“元件”(在本文中也被称为“换能器元件”或“阵列元件”)可以表示能够独立于换能器的其他元件发出或检测声压、或者发出并检测声压的换能器的单个物理区域。通常,元件是换能器的非连续区域。

[0049] 如本公开中所使用的,“阵列”(在本文中也被称为“换能器阵列”)可以表示多个换能器元件。在一个实施例中,换能器阵列包括换能器元件的规则排列。

[0050] 在一个实施例中,用于对组织的结构进行成像的成像系统包括被配置用于发射-接收超声波成像的换能器阵列和被配置用于只接收热声成像的换能器阵列。发射-接收换能器阵列包括多个发射-接收阵列元件,并且只接收换能器阵列包括多个只接收阵列元件。只接收换能器阵列接收和检测响应于由电磁能量源传送到组织中的电磁能量而热声生成的声信号,并将该热声生成的声信号转换成热声输出信号。发射-接收换能器阵列接收和检测来自自由发射-接收换能器阵列传送到组织中的超声波束的回波,并将该回波转换成超声波输出信号。

[0051] 在实施例中,发射-接收换能器阵列和只接收换能器阵列被容纳在单个超声波探头中,其中只接收阵列元件在超声波探头内与发射-接收阵列元件配准。在一个实施例中,只接收换能器阵列在超声波探头内围绕发射-接收换能器阵列。

[0052] 在实施例中,成像系统包括成像配件,用于对热声输出信号和超声波输出信号进行处理,以生成组织的结构的合成图像。如下所述,成像系统中的只接收阵列元件与发射-接收阵列元件的配准在合成成像中提供了各种操作优点。

[0053] 在另一实施例中,热声成像系统被设计成与对组织的结构进行成像的现有或传统的超声波成像系统一起使用。现有的超声波成像系统包括在第一超声波探头中的发射-接收换能器阵列。发射-接收换能器阵列接收和检测来自自由发射-接收换能器阵列传送到组织中的超声波束的回波,并将该回波转换成超声波输出信号。

[0054] 热声成像系统被设计为添加到现有的超声波成像系统,以提供组合成像系统。热声成像系统包括具有被容纳在第二超声波探头中的多个只接收阵列元件的只接收换能器阵列。在实施例中,第二超声探头采用机械地接合到第一超声波探头的套筒的形式。热声成像系统包括被传送到组织中的电磁能量的源。只接收换能器阵列接收和检测响应于传送到组织中的电磁能量而生成的热声生成的声信号,并将该热声生成的声信号转换成热声输出信号。在一个实施例中,组合成像系统包括成像配件,其接收超声波输出信号和热声输出信号以生成组织结构的合成图像。

[0055] 发射-接收换能器阵列和被包括在发射-接收换能器阵列中的换能器元件被配置用于发射-接收超声波成像。发射-接收换能器阵列和被包括在发射-接收换能器阵列中的各个换能器元件被配置为以高操作效率发射和接收超声波能量。超声波成像依赖于生成超声波能量的清晰的、区别性的反射、散射或回波的一定量的组织。另一个重要的考虑是带宽。超声波成像依赖于对图像分辨率的窄带接收。这样的超声波图像主要呈现出通过小(亚毫米)特征的声散射。诸如器官的大的对象通过收集组织内的许多小散射来形成。

[0056] 只接收换能器阵列和被包括在只接收换能器阵列中的各个换能器元件被配置用于只接收超声波成像。与常规的超声波成像中接收的回波相比,热声信号(即从电磁能量的吸收器发出的压力波)非常小。因此,热声成像的图像质量的主导因素是换能器的灵敏度。这种灵敏度是由许多因素确定的,尤其是包括换能器元件通过其转换声压(通常转换成电信号)的效率。通常,这种灵敏度随着如下所讨论的热声换能器材料而变化。另一因素是换能器元件的面积。这些因素呈现出一定的权衡:增加换能器元件的面积导致换能器元件的角度响应上的复杂性。随着该面积的增加,换能器元件的视场减小,导致角响应上的旁瓣(side-lobe)和零点(null)。

[0057] 在配置换能器阵列和被包括在阵列中的各个换能器元件时另一考虑是频率响应(包括中心频率和分数带宽)。热声图像由多个接收的声频形成,该声频(通过组织中的声音的速度)与形成对象的空间频率相关。在用RF能量激励的情况下,所发射的电磁“激励”脉冲的带宽直接影响由对象发出的、由对象的频谱频率内容调制的热声信号的频率含量。在实践中,RF脉冲具有远大于热声换能器的带宽。所得到的热声图像的总灵敏度与伪像程度在很大程度上取决于热声换能器的带宽。在一个实施例中,只接收换能器阵列具有基于峰值灵敏度的频率的80%带宽。例如,具有5MHz的峰值灵敏度的换能器将具有FWHM灵敏度为3MHz至7MHz的4MHz带宽。理想的热声成像系统将具有达0Hz的灵敏度。在实施例中,热声换能器具有达100kHz的出色的灵敏度。

[0058] 换能器材料的选择是在将换能器阵列(和各个换能器元件)配置为发射-接收换能器或只接收换能器时的另一主要考虑。通常情况下,灵敏度和带宽之间存在折衷,其中换能器材料阻抗起关键作用。PZT(锆钛酸铅)是用于传统的超声波换能器中的常见材料。虽然声音到电信号的转换有效(反之亦然),单PZT是高密度陶瓷,并且与组织相比具有典型的高声阻抗。声能倾向于反射出组织PZT界面,而不是有效耦合(传输或检测)。匹配层和背衬材料以带宽和灵敏度为代价改善了耦合。调制解调器材料(例如,PMN、PZN单晶和其他材料)和加工技术(诸如,合成材料)正在改善现状,但这些耦合特性目前仍然是热声成像的问题。

[0059] 虽然机械切割成单个元件的PZT是用于构建超声波换能器的常见材料,但其他材料和结构也是可用的。PVDF(聚偏二氟乙烯)是在非常宽的频率范围内提供超声波传导的压电聚合物,尽管与压电陶瓷相比换能效率降低了。该材料的声阻抗与PZT相比较低,因此提供了与组织更接近的匹配和较少的进入身体的损耗。结果是,可以实现宽的带宽,而无需复杂的薄的匹配层。PVDF通常用于构造超声波水听器,其在校准后可以准确地测量在宽的频率范围内的声压(例如,用于表征来自超声波成像阵列的输出)。阻止其被更广泛地采用为换能器材料的PVDF的缺点在于其作为机电发射器的性能有些差。然而,对于用于热声成像的只接收换能器阵列,PVDF可以提供良好的解决方案,因为专用换能器阵列主要需要优异的接收效率和带宽。除了选择用于构建超声波换能器的基底材料之外,涂层材料和涂层厚

度也可能会实质上影响换能器性能,即,在热声只接收换能器方面。

[0060] 在配置超声波换能器阵列时的另一特性是换能器结构的几何形状。元件几何形状(整体元件和子切割图案的尺寸);阵列几何形状(元件数量、元件间距、切口)和厚度都可能对超声波发射-接收换能器和热声只接收换能器的性能产生材料影响。在一个实施例中,热声只接收阵列的各个阵列元件具有比热声成像技术中典型的更大的整体元件尺寸。

[0061] 在一个实施例中,热声换能器被配置为包括聚焦元件;可选择地,热声换能器不包括聚焦元件。

[0062] 在一个实施例中,发射-接收换能器阵列接收和检测来自自由发射-接收换能器阵列传送到组织中的超声波束的回波,并将该回波转换成超声波输出信号。只接收换能器阵列接收和检测响应于由电磁能量源传送到组织中的电磁能量而热声生成的声信号,并将该热声生成的声信号转换成热声输出信号。在该实施例中,发射-接收换能器阵列不被配置为检测响应于由电磁能量源传送到组织中的电磁能量而热声生成的声信号,并且只接收换能器阵列不被配置为检测来自自由发射-接收换能器阵列传送到组织中的超声波束的回波。

[0063] 在另一实施例中,发射-接收换能器阵列、只接收换能器阵列、或这两种阵列被配置为实现两种超声波检测模式:(a)接收和检测来自自由发射-接收换能器阵列传送到组织中的超声波束的回波,并将该回波转换成超声波输出信号;以及(b)接收和检测响应于由电磁能量源传送到组织中的电磁能量而热声生成的声信号(超声波),并将该热声生成的声信号转换成热声输出信号。在实施例中,发射-接收换能器阵列在第一操作模式和第二操作模式之间复用,在该第一操作模式中,发射-接收换能器阵列将超声波束传送到组织中,并将该超声波束的回波转换成超声波输出信号,在该第二操作模式中,发射-接收换能器阵列充当只接收换能器。在第二操作模式中,发射-接收换能器阵列检测响应于由电磁能量源传送到组织中的电磁能量而热声生成的声信号,并将该热声生成的声信号转换成热声输出信号。换能器阵列之一或二者的双模式操作可以通过扩展双模式阵列的操作占空比来提供增加的成像效率,同时复用避免了两种检测模式之间的干扰。

[0064] 在图1中所示的一个实施例中,用于对三维体积的组织进行成像的合成超声波成像系统102包括发射-接收换能器阵列106和只接收换能器阵列108。发射-接收阵列106可以被包含在包括超声波外壳112的超声波成像探头110内,而只接收换能器阵列108可以被包含在包括热声外壳116的热声成像探头114内。发射-接收阵列包括多个发射-接收阵列元件106A、106B、106C等,其中每个发射-接收阵列元件是发射-接收换能器的单个物理区域,其能够将超声波束发射到三维体积的组织中,并且能够接收和检测来自超声波束的回波并将该回波转换成超声波输出信号。类似地,只接收换能器阵列108包括多个只接收元件108A、108B、108C等,其中每个只接收元件是只接收换能器的单个物理区域,其能够接收和检测响应于由电磁能量源传送到组织中的电磁能量而热声生成的声信号,并能够将该热声生成的声信号转换成热声输出信号。在合成超声波成像系统102中,只接收换能器阵列元件108A、108B、108C与发射-接收阵列元件106A、106B、106C配准。

[0065] 图1示出了发射-接收换能器阵列106和只接收换能器阵列108,但不限制这些阵列、阵列元件的形式、以及包含这些阵列的超声波成像探头110和热声成像探头114的形式、或一体化的超声波探头104的形式。发射-接收换能器阵列106和只接收换能器阵列108可以假设如本领域已知的各种各样的二维(2d)阵列几何形状,例如包括线性、弯曲线性、圆形、

正方形和矩形的阵列几何形状。发射-接收换能器阵列106和只接收换能器阵列108的各个元件可以具有各种形状,诸如,正方形、圆形、椭圆形、矩形和多边形。发射-接收超声波换能器阵列和只接收换能器阵列可以具有广泛的规模,诸如,单个元件、几个元件、几十个元件、数百个元件或数千个元件。

[0066] 尽管图1图示了三个发射-接收阵列元件106A、106B、106C和三个只接收元件108A、108B、108C,但旨在任意数量的元件可用在发射-接收阵列或只接收阵列中。本文公开的实施例不旨在限于任何特定数量的发射-接收阵列元件或只接收元件,或者限于图中所示的发射-接收阵列元件或只接收元件的数量。

[0067] 在合成超声波成像系统102中,发射-接收换能器阵列106和只接收换能器阵列108中的每个可以跨平坦表面、凸表面或凹表面形成。在弯曲表面上形成的阵列可以在一个维度上弯曲,或者在两个维度上弯曲。发射-接收阵列106和只接收阵列108各自可以包括刚性或非刚性的结构。合成超声波探头104可以安装或设置到各种安装表面,例如,弯曲的、平坦的或不规则的安装表面。在一个实施例中,发射-接收换能器阵列106和只接收换能器阵列108中的任一个或二者包括可以符合组织表面的共形表面。发射-接收阵列106和只接收阵列108可以安装成在超声探头或其它外壳内一起移动;这些阵列之一可以是可移动的,而另一阵列是静止的;或者两个阵列都可以安装在静止位置中。成像系统可以控制发射-接收阵列、只接收阵列或两个阵列的运动,以用期望的成像模式扫描组织。例如,可以以线性扫描、2D平面内的直线扫描图案、旋转扫描和其它扫描图案使一个或两个换能器阵列进行扫描;并且可以以不同的扫描图案使发射-接收阵列和只接收阵列进行扫描。

[0068] 诸如一体化的超声波成像探头104或单独的超声波成像探头110和热声成像探头114的超声波探头的组件包括外壳、换能器阵列(或对于一体化的探头104是两个换能器阵列)和内部布线。超声探头可以包括诸如电缆(例如,将超声波探头连接到接收来自探头的输出信号的成像配件或用于对电池电源充电的电缆)、信号处理电路、屏蔽和电池电源的其他组件。在实施例中,一体化的超声波探头104或单独的超声波成像探头110和热声成像探头114可以包括省略外部电缆的无线超声波探头。

[0069] 在合成超声波成像系统102的一个实施例中,射频(RF)脉冲用作热声成像中的电磁能量,并且系统将组合的超声波换能器阵列从射频(RF)脉冲屏蔽。RF脉冲可以以至少两种方式与发射-接收换能器或只接收换能器交互。首先,电场可以通过直接电场耦合到引线或通过在换能器材料内产生电信号,来在连接到换能器元件的电引线上产生信号。数据采集系统可以忽略该信号,因为它在从组织接收到声信号之前出现。在一个实施例中,系统提供在只接收换能器的激励之后的一段衰荡时间(通常为几微秒),即允许换能器的振动降到可忽略的水平。其次,在使用射频(RF)脉冲作为激励源的情况下,换能器可以产生响应于外加电场的声脉冲。这种声脉冲传播到被检查的身体中,并且一些声能被散射并返回到接收换能器,显示为伪信号。

[0070] 在实施例中,为了减少或最小化穿透合成换能器外壳的RF能量的这些影响,合成换能器及其信号电缆应屏蔽特定的RF能量,以最小化RF拾取。该屏蔽可以采取覆盖整个换能器和电缆到信号检测点(通常为数据采集系统)的导电且连续的层的形式。在电缆中,这可以通过屏蔽技术来提供,诸如一个或更多个编织导线护套、镀铝聚酯薄膜包裹体和同轴电缆的组合。换能器本身周围的屏蔽可以是声学透明的,并且可以形成换能器元件的一个

公共端子。有利地,屏蔽层厚度在RF频率下具有提供充足衰减的足够数量的趋肤深度。

[0071] 在实施例中,超声波成像探头110和热声成像探头114组合在单个超声探头104中;在该实施例中,箭头“A”和参考数字104指示一体化探头中的上结构和下结构的组合。一体化的超声波探头104的组件可以包括在图1中的110和114处所示的配件的所有组件。超声波探头104可以包括用于所有换能器结构的单个外壳,或者可以包括容纳发射-接收换能器阵列106的超声波外壳112和容纳只接收换能器阵列108的热声外壳116。发射-接收换能器阵列106在超声波探头104内与只接收换能器阵列108配准。在一个实施例中,只接收换能器阵列108包括超声波探头104的内部结构,并且只接收换能器阵列包括围绕发射-接收换能器阵列106的超声波探头104的外部结构。在该配置中,只接收换能器阵列108可以设置在最靠近待成像组织的超声波探头104的表面处,该物理布置可以提高只接收换能器阵列108在热声成像中的灵敏度。

[0072] 除了一体化的超声波探头104的组件之外,组合的成像系统102还包括在122处统一示出的附加组件。附加组件122可以包括例如:成像配件,其用于对来自只接收换能器阵列108的热声输出信号和来自发射-接收换能器阵列106的超声波输出信号进行处理,以生成组织的结构的图像;电磁能量源,其用于将电磁能量传送到组织中,以在组织内的激励部位处热声生成声信号;以及组合的超声波和热声的成像系统的其他机电组件。

[0073] 在一个实施例中,热声成像探头114被提供为热声成像系统的一部分,该热声成像系统被设计成被添加到包括具有发射-接收阵列106的超声波成像探头110的现有超声波成像系统。在该实施例中,箭头“A”和参考数字104指示将热声探头114机械地接合到超声波探头110以形成组合的探头配件104。套筒的只接收换能器阵列108在组合的探头配件104内与发射-接收换能器阵列106配准。在实施例中,热声探头114和超声波探头110各自可以具有单独的外壳、内部布线、外部电缆以及可选的其他结构,诸如内部电子器件和屏蔽。在一个实施例中,热声探头114与超声波探头110的连接涉及机械接合但不电互连这些探头。在另一实施例中,热声探头114与超声波探头110的连接涉及机械接合和电互连这些探头。在实施例中,热声探头外壳116采取套筒的形式,其机械接合在现有超声波成像系统的超声波探头外壳112的周围。

[0074] 除了热声探头114的组件之外,热声成像系统包括在122处统一示出的附加组件,其设计为被添加到现有的超声波成像系统,以提供组合的成像系统102。热声成像系统的附加组件122可以包括例如成像配件,其用于对来自热声探头114的只接收换能器阵列108的热声输出信号和来自现有超声波探头110的发射-接收换能器阵列106的超声波输出信号进行处理,以生成组织的结构的合成图像。另一示例是,热声成像系统可以包括电磁能量源,电磁能量被传送到组织中以在组织内的激励部位处热声生成声信号。

[0075] 成像配件接收来自超声波成像探头110 (或一体化探头104) 的超声波输出信号,接收来自热声成像探头114 (或一体化探头104) 的热声输出信号,以及通过信号处理对这些信号进行分析,以便提供关于组织的特征的信息。在实施例中,成像配件将超声波输出信号和热声输出信号数字化,并对经数字化的信号进行处理,以提供表示超声波输出信号和热声输出信号的成像信息。在实施例中,成像配件在根据热声输出信号和超声波输出信号来重建相应图像(超声波和热声)时使用表示发射-接收换能器阵列和只接收换能器阵列的元件的已知的几何结构和位置的数据。结果可以作为深度剖面图或作为2维、3维或4维图像连同

其他图像格式显示给用户。在实施例中,成像配件提供表示超声波输出信号和热声输出信号的合成图像。在实施例中,成像配件122包括与超声波成像探头110的外壳和热声成像探头114的外壳(或一体化探头104的单个外壳)分离的外壳,并且成像探头外壳可以系到成像配件122的外壳。

[0076] 在实施例中,只接收换能器阵列106在合成超声波成像系统102中与发射-接收换能器阵列108的配准在根据热声输出信号和超声波输出信号来重建相应图像(超声波和热声)时使用表示这两个阵列的元件的已知的几何形状和位置的数据。只接收换能器阵列106与发射-接收换能器阵列108的配准的另一面是这两个阵列的元件的物理对准或接近,这种接近产生了两个阵列对组织的相同区域或结构进行成像的趋势,以对这些区域或结构进行合成成像。

[0077] 图2和图3示意性地图示了用于发射-接收换能器阵列106的元件和只接收换能器阵列108的元件的物理对准或接近的方法。在图2中,换能器阵列106、108形成两层阵列元件,其中只接收阵列元件108A、108B、108C覆盖发射-接收阵列元件106A、106B、106C并大致与它们对准。阵列106的各个阵列元件与阵列108的各个元件的物理对准可以涉及各个元件的基本上完全的重叠、或者阵列元件的不太完全的重叠。在这种布置中,由发射-接收阵列元件106A、106B、106C发射的超声波可以“射穿”只接收换能器阵列元件108A、108B、108C。在一个实施例中,只接收换能器阵列元件108A、108B、108C被调谐为对通过该换能器阵列发射的超声波能量不敏感。

[0078] 只接收换能器阵列108的元件与发射-接收换能器阵列106的元件的物理对准或接近的另一种方法是提供这些阵列的二维(2d)图案或平面图案。在合成超声波成像系统102中,只接收换能器阵列可以形成在一侧或多侧上围绕发射-接收换能器阵列106的2d图案。例如,如图3中所示,只接收阵列元件的两个线性阵列108A-108C和108D-108F设置在发射-接收阵列元件106A-106C的线性阵列的相对侧处。发射-接收阵列和只接收阵列的其他二维(2d)图案在提供合成成像方面是可能的。例如,在上述图案的反转中,发射-接收换能器阵列可以形成围绕只接收换能器阵列106的2d图案。在阵列元件的其他类型的2d图案中,只接收换能器阵列的元件可以与发射-接收换能器阵列的元件穿插散布或交错。

[0079] 除了物理配准只接收换能器阵列108的元件与发射-接收换能器阵列106的元件之外,合成超声波成像系统还可以在用于重建相应图像(超声波和热声)的算法中使用代表两个阵列的元件的已知的几何形状和位置的数据。在一个实施例中,用于重建相应图像的算法在表示相应图像的数据中使用相同的图像坐标系,并在同一图像坐标系中重建热声成像数据和超声波成像数据。在另一实施例中,用于重建相应图像的算法在表示相应图像的数据中使用第一和第二图像坐标系。例如,热声成像数据可以被重建成第一图像坐标系,并且超声波成像数据可以被重建成第二图像坐标系。在形成合成图像时,第一图像坐标系中的数据可以被变换成第二图像坐标系中的数据,反之亦然。

[0080] 合成超声波成像系统可以生成合成图像,其将与组织内的给定回波位置相关联的超声波图像和与位于回波位置处或其附近的热声激励部位相关联的热声图像组合。在合成超声波成像示例中,合成图像包括表示根据超声输出信号生成的组织的特征的位置的第一图像分量和表示根据热声输出信号生成的组织的特征的功能特性的第二图像分量。

[0081] 发射-接收换能器阵列和只接收换能器阵列的物理配准可与由这些阵列生成的成

像数据的配准相关联的一种方式使合成成像系统电子器件中的通道(电子数据通道)与阵列元件相关联。在一个实施例中,发射-接收换能器阵列的每个元件与成像系统的单个通道相关联,并且只接收换能器阵列的每个元件与成像系统的单个通道相关联。在另一实施例中,发射-接收换能器阵列的多个元件与成像系统的单个通道相关联。在另一实施例中,只接收换能器阵列的多个元件与成像系统的单个通道相关联。在具有一体化超声波探头的超声波成像系统的实施例中,发射-接收换能器阵列的一个或更多个元件结合只接收换能器阵列的一个或更多个元件,与超声波成像系统的单个共享通道相关联。

[0082] 图17示出了用于操作超声波成像系统对组织的特征进行成像的方法。在1702,该方法提供具有发射-接收阵列元件和只接收阵列元件的组合换能器阵列。组合换能器阵列可以被设置为整体超声波成像系统的一部分,或者可以通过将热声成像探头和热声成像系统的其它组件添加到预先存在的超声波成像系统来设置。在一个实施例中,在1702,组合的阵列被容纳在单个超声波成像探头内。在另一实施例中,具有发射-接收阵列元件的换能器阵列被容纳在超声波成像探头内,并且具有只接收阵列元件的换能器阵列被容纳在热声成像探头内。

[0083] 步骤1704将只接收阵列元件与发射-接收阵列元件配准。如本公开所述,该步骤可以采用将只接收阵列元件与发射-接收阵列元件配准的各种方法。在实施例中,将只接收阵列元件与发射-接收阵列元件配准涉及给定的只接收阵列元件与给定的发射-接收阵列元件的物理对准和接近。在只接收阵列元件与发射-接收阵列元件配准的另一实施例中,合成超声波成像系统储存表示这两个阵列的元件的已知的几何形状和位置的数据,并使用该数据重建相应图像(超声波和热声)。在步骤1704的实施例中,将只接收阵列元件与发射-接收阵列元件配准的这些方法被组合。只接收阵列元件可以在具有一体化超声波探头的超声波成像系统中与发射-接收阵列元件配准,或者在将热声成像系统添加到先前存在的超声波成像系统时,只接收阵列元件可以与发射-接收阵列元件配准。在又一实施例中,只接收阵列元件在校准组合的超声波成像系统期间可以与发射-接收阵列元件配准。

[0084] 在1706,只接收换能器阵列检测响应于由电磁能量源传送到组织中的电磁能量而热声生成的声信号,并将该检测到的热声生成的声信号转换成热声输出信号。在1708,发射-接收换能器阵列将超声波束传送到组织,检测来自组织的超声波束的回波,并将检测到的回波转换成超声波输出信号。

[0085] 在1710,包括组合换能器阵列的超声波成像系统根据热声输出信号和超声波输出信号生成组织的合成图像。超声波成像系统在用于重建相应图像的算法中可以使用表示发射-接收换能器阵列和只接收换能器阵列的元件的已知的几何形状和位置的数据。可以采用其它成像技术,诸如例如在2D或3D成像中扫描一个或两个换能器阵列;基于随着时间的推移接收的一系列图像的动态成像;组合了结构和功能成像的合成成像;等等。

[0086] 如下所述,组合的超声波成像系统可以并入发射-接收阵列的各种几何形状以及只接收阵列的各种几何形状。可以选择发射-接收阵列的几何形状以提供期望的超声波成像模式,并且可以选择发射-接收阵列的几何形状以提供期望的热声成像模式。此外,可以选择阵列几何形状的组合以提供期望的合成成像模式。附加地,发射-接收阵列和只接收阵列可以安装在成像探头或其它外壳内,以准许这些阵列中的任一个的运动,以及一个或两个阵列在成像期间可以被扫描。

[0087] 可以选择发射-接收换能器阵列的几何形状和可选的扫描,以提供各种超声波成像模式。A模式(幅度模式)超声波采用单个换能器来扫描通过组织的线,其中回波被绘制为深度的函数。B模式(亮度模式)超声波(也被称为2D模式)采用线性阵列的换能器来同时扫描通过组织的平面,该平面可被视为二维图像。C模式超声波在垂直于A模式线的平面中形成图像。成像系统选择来自A模式扫描的特定深度的数据,然后在该固定的深度处在2D平面上移动超声波换能器,以对整个区域进行采样。在M模式(运动模式)超声波中,脉冲以快速连续的方式发出-每次采用A模式图像或B模式图像。随着时间的推移,M模式超声波类似于以超声波录像。

[0088] 类似地,可以选择发射-接收换能器阵列的几何形状和可选的扫描,以提供各种热声成像模式。在热声成像中,对于任何给定的飞行时间,给定的换能器将接收源于与被认为是一点的换能器相同距离处的激励部位处的热声波的总和。可以选择只接收阵列几何形状和换能器阵列的任何扫描,以解决当尝试用点换能器定位激励部位时会出现的模糊性。例如,弯曲的和直的线性换能器只接收阵列均可用在组织的2D热声成像中。成像平面内的热声信号可以通过计算从平面内的每个位置到线性只接收阵列的每个元件的飞行时间来进行定位。只接收元件的2D阵列可用于对三维(3D)的组织体积进行成像。类似于M模式超声波,在热声成像中,电磁能量可以被发射到组织,以随着时间的推移提供一系列激励,其中每次产生的声脉冲由只接收换能器阵列捕获并用于生成动态热声图像。

[0089] 图4-6示出了组合换能器阵列的各种实施例,该组合换能器阵列包括线性阵列形式的超声波发射-接收阵列和围绕超声波发射-接收阵列的各种形式的热声只接收阵列。图4的组合换能器阵列400包括具有各个阵列元件452、454、465等的线性发射-接收阵列451。具有各个阵列元件402、404、406等的线性只接收换能器阵列401在一侧围绕发射-接收阵列451。图5的组合换能器阵列500包括具有各个阵列元件532、534、536等的线性发射-接收阵列531。两个线性只接收换能器阵列在相对侧围绕发射-接收阵列531,包括具有各个阵列元件502、504、506等的第一线性只接收阵列501和具有各个阵列元件502、504、506等的第二线性只接收阵列501。图6的组合换能器阵列600包括具有各个阵列元件672、674、676等的线性发射-接收阵列670。包括各个阵列元件602、604、606等的只接收换能器阵列元件601的矩形环阵列在所有四侧围绕线性发射-接收阵列。

[0090] 图7的组合换能器阵列700类似于图6的阵列600,但是反转了只接收换能器阵列和发射-接收换能器阵列的几何关系。组合换能器阵列700包括具有各个阵列元件772、774、776等的线性只接收阵列770。包括各个阵列元件702、704、706等的发射-接收换能器阵列元件701的矩形环阵列在所有四侧围绕线性发射-接收阵列。

[0091] 在图4-图6中所示的实施例中,发射-接收换能器具有作为线性阵列的二维(2d)配置。只接收阵列结合线性发射-接收阵列的示例性2d配置包括例如:(a)邻近线性发射-接收阵列的一侧的单个线性阵列;(b)邻近线性发射-接收阵列的两侧的双线性阵列;(c)围绕线性发射-接收阵列的矩形环阵列;以及(d)围绕线性发射-接收阵列的矩形密集阵列。

[0092] 图8、图9、图13和图14图示了用于通过在两个维度上对这些阵列进行图案化来将发射-接收换能器阵列与只接收换能器阵列配准的可选实施例。在该变型中,发射-接收阵列元件与只接收阵列元件穿插散布或交错。发射-接收阵列元件可以有规则图案或不规则图案与只接收阵列元件穿插散布或交错。有规则或不规则的图案可以包括单个阵列元

件、或补片或一系列阵列元件。例如,阵列元件的交错或穿插散布的图案可以包括发射-接收阵列元件和只接收阵列元件的交替行;发射-接收阵列元件和只接收阵列元件的交替矩形补片;交替的各个阵列元件;以及与另一类型的阵列元件的密集阵列穿插散布的一种类型的阵列元件的稀疏阵列。

[0093] 在图8的线性组合换能器阵列800中,发射-接收阵列元件的阵列801在一个维度上与只接收阵列元件的阵列821交错。在该交错的图案中,发射-接收阵列801的各个阵列元件802、806、810等与只接收阵列821的各个阵列元件804、808、812等交替出现。图9的线性组合换能器阵列900表示发送-接收阵列元件的阵列901的元件在一个维度上与只接收阵列元件的阵列921的元件交错的另一图案。在换能器阵列900的交错的图案中,发射-接收阵列901的一系列阵列元件902、904、906、908之后是发射-接收阵列921的一系列阵列元件922-936。发射-接收阵列921的一系列阵列元件922-936之后是发射-接收阵列901的另一系列阵列元件910、912、914、916。

[0094] 在图13的矩形阵列1300中,发射-接收阵列元件的阵列1301在两个维度中与只接收阵列元件的阵列1351交错。在该交错的图案中,发射-接收阵列1301的各个阵列元件1302、1306、1310等以元件水平和垂直地交替的方格图案在只接收换能器阵列1351的各个阵列元件1354、1358、1362等内交替发生。像图8的组合换能器800的一维交错图案一样,图13的组合换能器1300的2d图案是阵列元件的有规则地交错或穿插散布的图案。图14提供了矩形换能器阵列1400的不规则图案的示例,其中发射-接收阵列元件穿插散布在只接收元件的阵列中。只接收阵列元件的阵列1401是相对密集的阵列(多于总阵列元件的50%),而发射-接收阵列元件的阵列1451是元件在密集阵列内不规则地穿插散布的相对稀疏的阵列(少于总阵列元件的50%)。

[0095] 在某些实施例中,发射-接收阵列具有作为矩形阵列的二维配置。发射-接收阵列可以被配置为正方形阵列,或者被配置为具有不等边的矩形阵列。只接收阵列与矩形发射-接收阵列组合的示例性2d配置包括:(a)邻近矩形发射-接收阵列的单侧线性阵列;(b)临近矩形发射-接收阵列的三侧的双侧线性阵列;(c)围绕矩形发射-接收阵列的矩形环阵列;以及(d)具有围绕矩形发射-接收阵列的两行或更多行的矩形密集阵列。

[0096] 矩形超声波阵列的一个应用有时被称为区域检测器,该阵列适于感测在诸如三维组织体积的对象区域内的特征(诸如位置、功能特性和动态性质)。图12示出了包括热声只接收阵列元件1252、1254、1256等的矩形密集阵列1251的组合区域检测器1200的示例。热声只接收阵列1251被包括阵列元件1202、1204、1206等的超声波发射-接收阵列元件的矩形环阵列1201围绕。在使用组合区域检测器1200形成合成图像时,矩形密集热声阵列1251内的各个元件或元件的补片可以与矩形环超声波阵列1201内的各个元件或元件的补片配准。

[0097] 图10以及图11A-图11B图示了发射-接收换能器元件和只接收阵列元件的圆形阵列,其中圆形阵列是另一种常见的超声波阵列形式。在图10的组合换能器阵列1000中,发射-接收阵列1005包括有时被称为环形阵列的阵列或同心环1004、1006。只接收阵列1001包括与发射-接收阵列元件交错的同心环1002、1006和圆形元件1010。在图11A的组合换能器阵列1100中,超声波发射-接收阵列1101和热声只接收阵列1131是环形阵列,其中发射-接收阵列1101是多个环的外部阵列,并且只接收阵列1131是多个环的内部阵列(环形阵列)。图11B以侧视图示出了发射-接收换能器阵列1101(具有阵列元件1102、1104等)和只接收换

能器阵列1131(具有阵列元件1132、1134等)。在圆形组合换能器阵列的另外的实施例中,只接收阵列元件的热声阵列可以包括围绕发射-接收元件的圆形阵列的单个或多个环(每个由多个元件组成)。

[0098] 图15A以侧视示意图示出,以及图15B示出了平面视图,其中超声波成像系统1500包括超声波探头1510,其容纳发射元件(被配置用于超声波发射-接收性质的阵列元件)的阵列1520和只接收元件的阵列1530。在成像系统1500中,发射阵列仅被配置为发射超声波能量(仅发射操作),而只接收阵列1530被配置为在超声波和热声成像模式中作为接收器操作。只接收阵列1530可以构成“接收”元件的混合阵列,包括被配置用于超声波成像的元件和被配置用于热声成像的元件的混合。有利地,被配置用于超声波成像的只接收阵列元件1530可以具有窄的带宽,而被配置用于热声成像的只接收阵列元件1530可以具有宽的带宽。

[0099] 超声波探头1510被设置在组织1540附近。发射元件的阵列1520和接收元件的阵列1530形成两层,其中只接收阵列元件位于探头表面处(最接近组织1540),并且发射阵列元件位于接收元件后面。(在图15A和图15B中,接收阵列的淡阴影和发射阵列的暗阴影与其它图中的发射-接收阵列和只接收阵列的阴影相反)。只接收阵列1530的表面位置可以提高操作用于热声成像的只接收换能器阵列元件的灵敏度。如图15B中所示,各个接收阵列元件基本上与各个发射元件重叠。由发射阵列1520发射的超声波“穿透”只接收换能器阵列1530。

[0100] 图16A和图16B示出了包括以弯曲表面(在一个方向上弯曲)形成的超声波探头1600的组合换能器1600的实施例。探头1600容纳矩形阵列的只接收阵列元件1620和发射-接收阵列元件1630。这些阵列元件穿插散布在不规则的阵列中,其中只接收阵列元件形成相对密集的阵列,而发射-接收阵列元件1630形成相对稀疏的阵列。

[0101] 虽然已经公开了各个方面和实施例,但考虑了其他方面和实施例。依据以下权利要求所指示的真实范围和精神,所公开的各种方面和实施方案是为了说明而不旨在限制。

[0102] 上述方法描述和界面配置仅仅被提供为说明性示例,并且不旨在要求或暗示各个实施例的步骤必须按照所呈现的顺序执行。如本领域中的技术人员将认识到的,前述实施例中的步骤可以以任何顺序执行。诸如“然后”、“下一个”等的词不旨在限制步骤的顺序;这些词仅仅用于通过对方法的描述来指导读者。尽管流程图可以将操作描述为顺序过程,但许多操作可以并行或同时执行。另外,操作的顺序可被重新布置。过程可对应于方法、函数、规程、子例程、子程序等。当过程对应于函数时,其终止可以对应于调用函数或主函数的函数返回。

[0103] 结合本文公开的实施例描述的各种说明性逻辑块、模块、电路和算法步骤可以被实施为电子硬件、计算机软件或两者的组合。为了清楚说明硬件和软件的这种可互换性,各种说明性组件、块、模块、电路和步骤已就其功能在上面进行了一般描述。这类功能被实施为硬件还是软件取决于施加在整个系统的特定应用和设计约束条件。熟练的技术人员可以为每个特定应用以各种方式实施所描述的功能,但是此类实施决定不应被理解为导致偏离本发明的范围。

[0104] 以计算机软件实现的实施例可以以软件、固件、中间件、微码、硬件描述语言或它们的任意组合来实现。代码段或机器可执行指令可表示过程、函数、子程序、程序、例程、子例程、模块、软件包、类、或者指令、数据结构或程序语句的任意组合。代码段可通过传递和/

或接收信息、数据、自变量、参数或存储器内容耦合到另一代码段或硬件电路。信息、自变量、参数、数据等可经由包括存储器共享、消息传递、令牌传递、网络传输等的任何适当的途径被传递、转发或传输。

[0105] 用于实现这些系统和方法的实际软件代码或专用控制硬件不是本发明的限制。因此，系统和方法的操作和行为在不参考特定的软件代码的情况下进行了描述，应理解，软件和硬件可设计成基于本文的描述来实现系统和方法。

[0106] 当以软件实现时，功能可以作为一个或多个指令或代码储存在非暂时性计算机可读的或处理器可读的储存介质上。本文所公开的方法或算法的步骤可以体现在处理器可执行的软件模块中，其可以驻留在计算机可读的或处理器可读的储存介质上。非暂时性计算机可读的或处理器可读的介质包括有利于计算机程序从一个位置传递到另一位置的计算机储存介质和有形的储存介质。非暂时性处理器可读储存介质可以是可通过计算机访问的任何可用的介质。作为示例，并且是非限制性的，这样的非暂时性处理器可读介质可以包括RAM、ROM、EEPROM、CD-ROM或其他光盘储存器、磁盘储存器或其他磁储存设备、或可用于以指令或数据结构的形式储存期望的程序代码并可以通过计算机或处理器访问的任何其他有形的储存介质。如本文中所使用的磁盘和光盘，包括压缩光盘(CD)、激光光盘、光盘、数字多功能光盘(DVD)、软盘和蓝光光盘，其中磁盘通常以磁化方式再现数据，而光盘用激光以光学方式再现数据。上述的组合也被包括在计算机可读介质的范围内。另外，方法或算法的操作可以作为一个代码和/或指令或代码和/或指令的任意组合或集合驻留在非暂时性处理器可读介质和/或计算机可读介质上，其可以并入到计算机程序产品中。

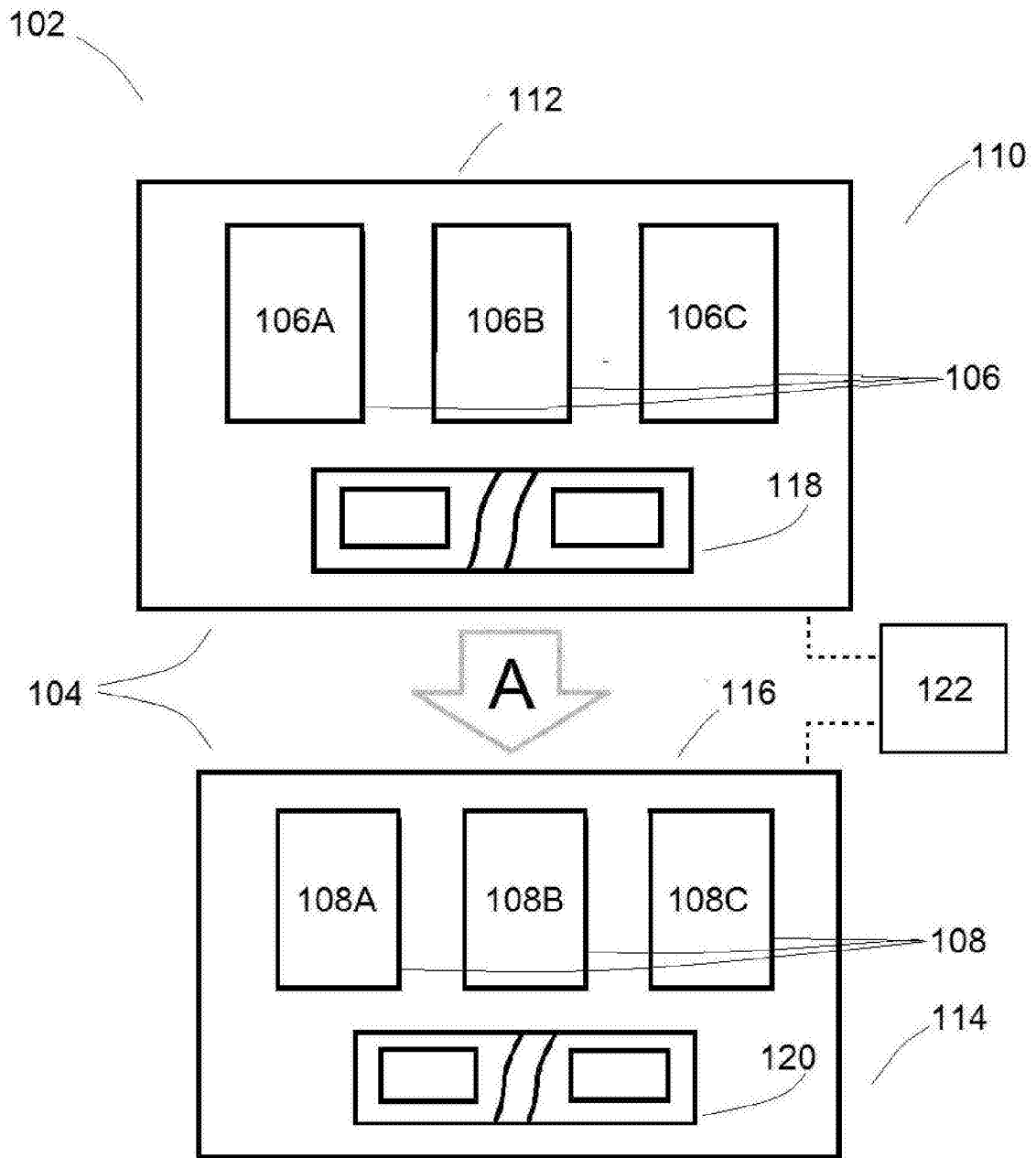


图1

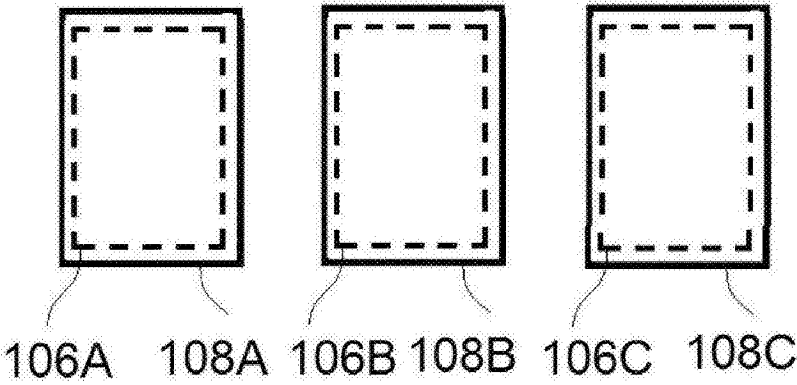


图2

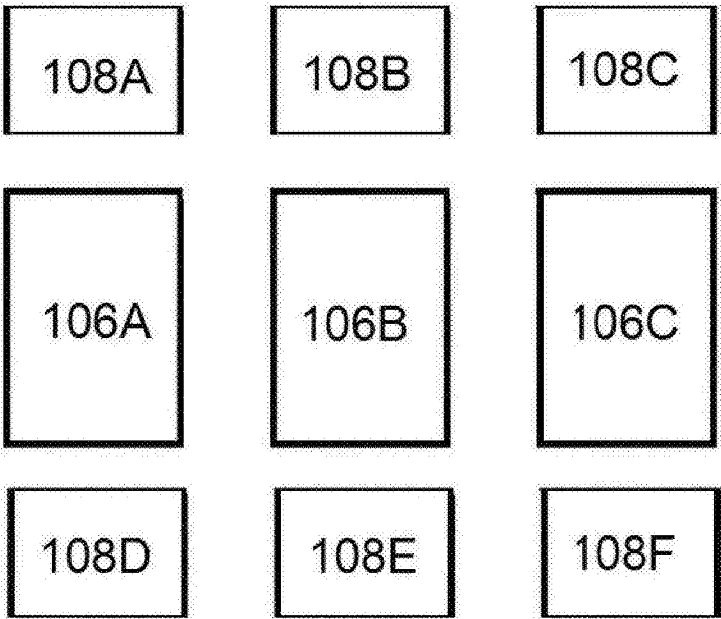


图3

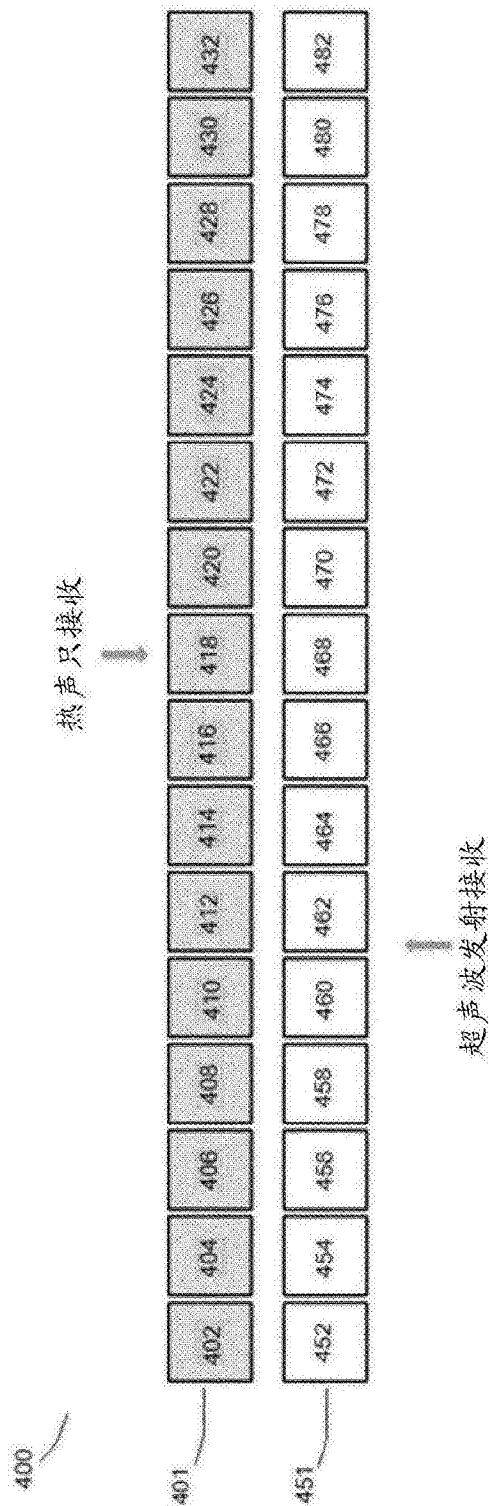


图4

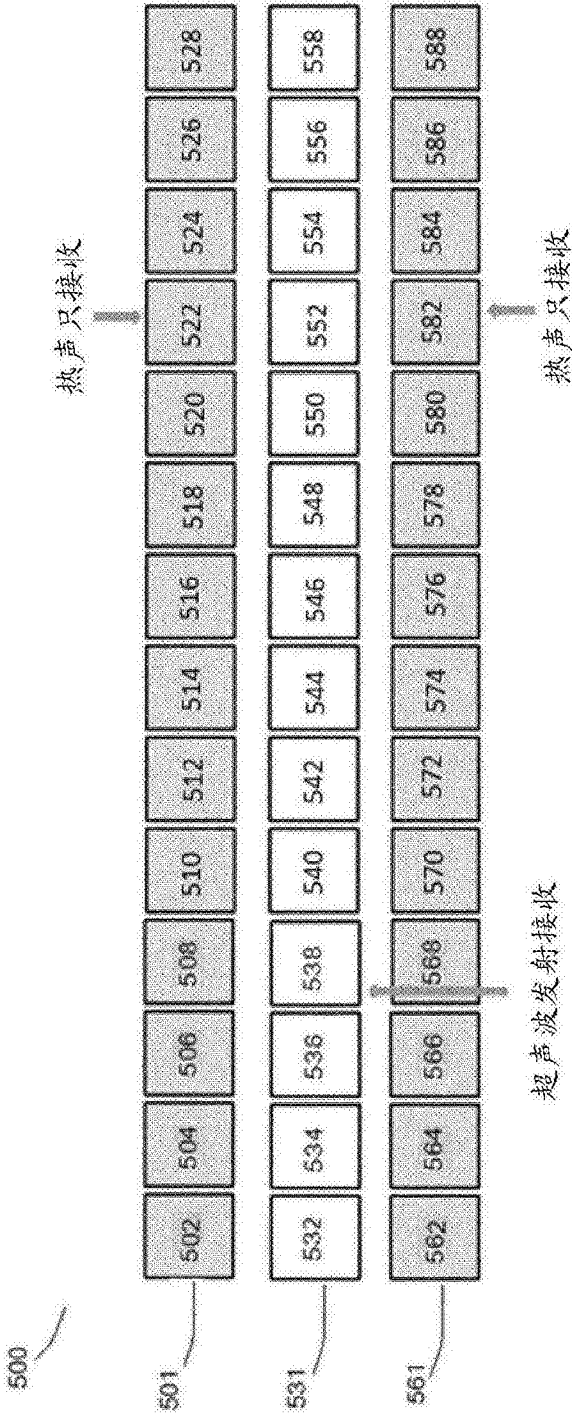


图5

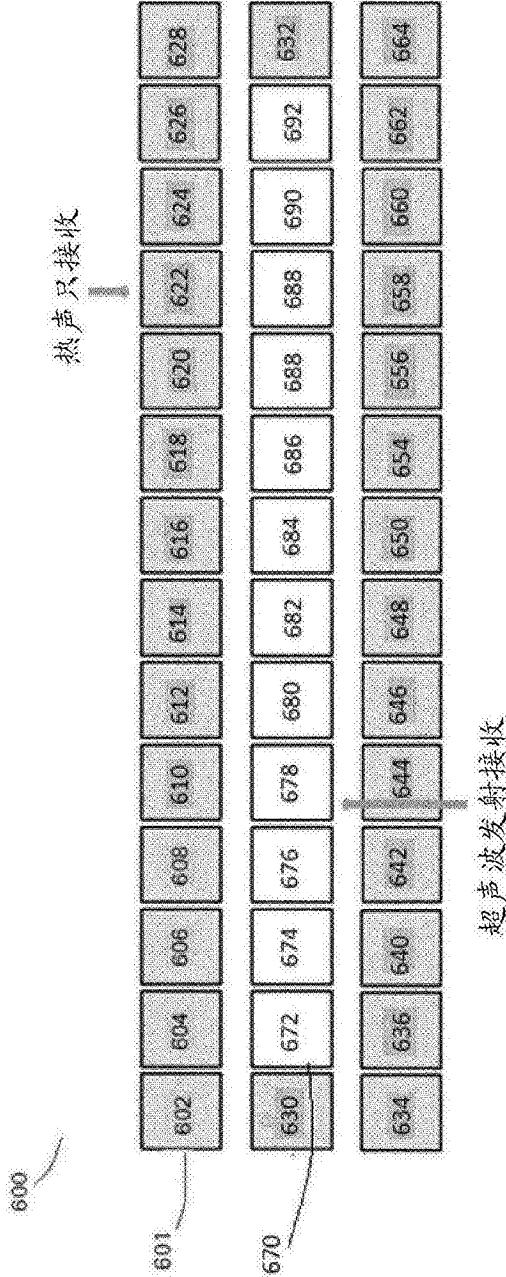


图6

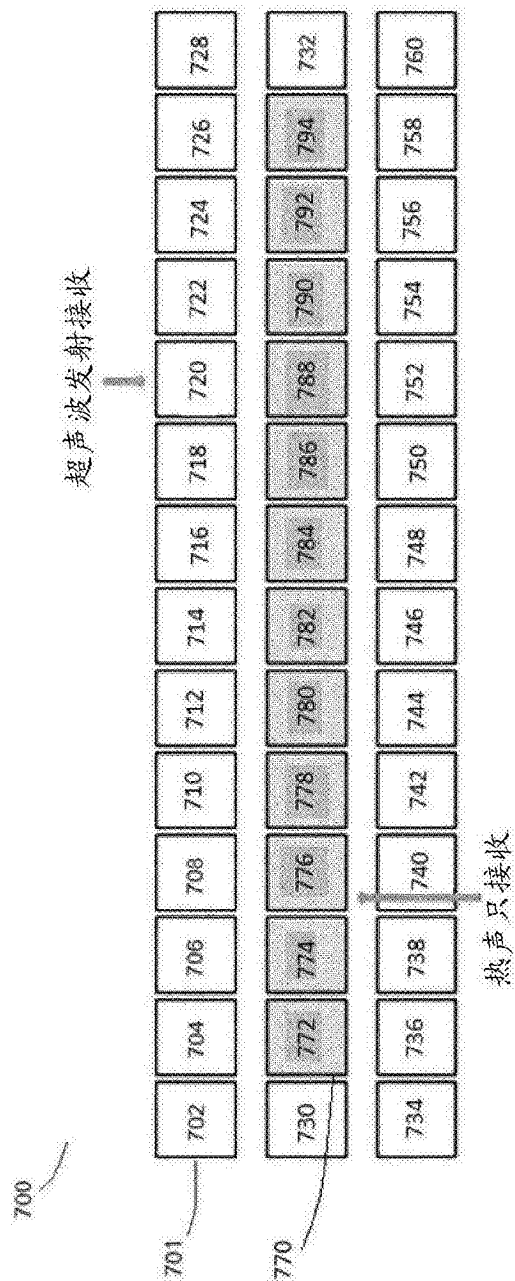


图7

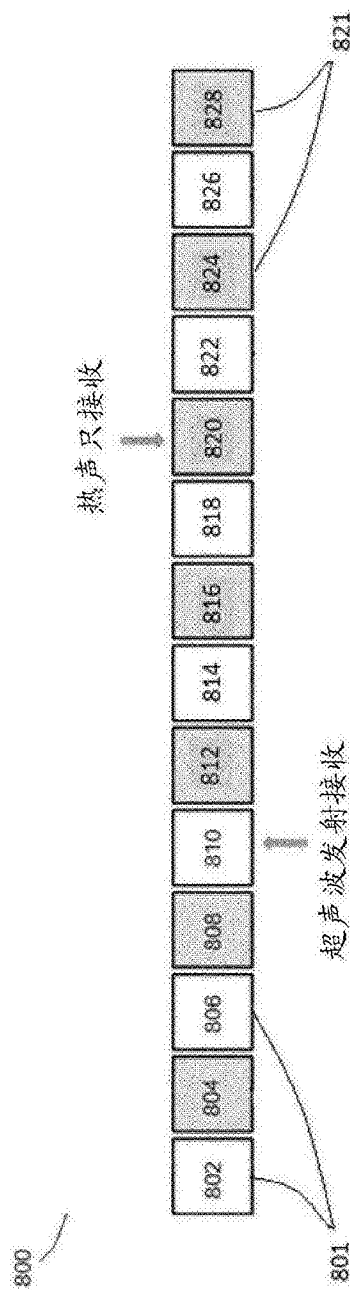


图8

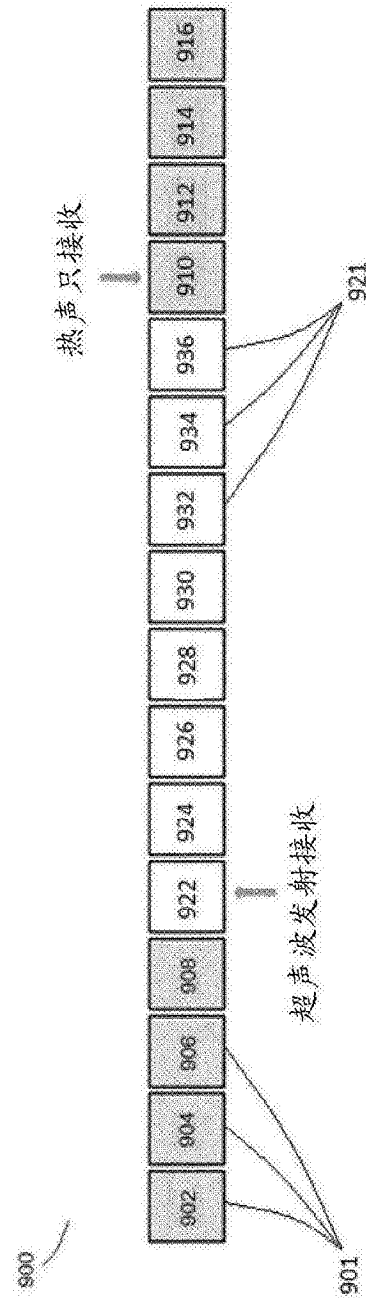


图9

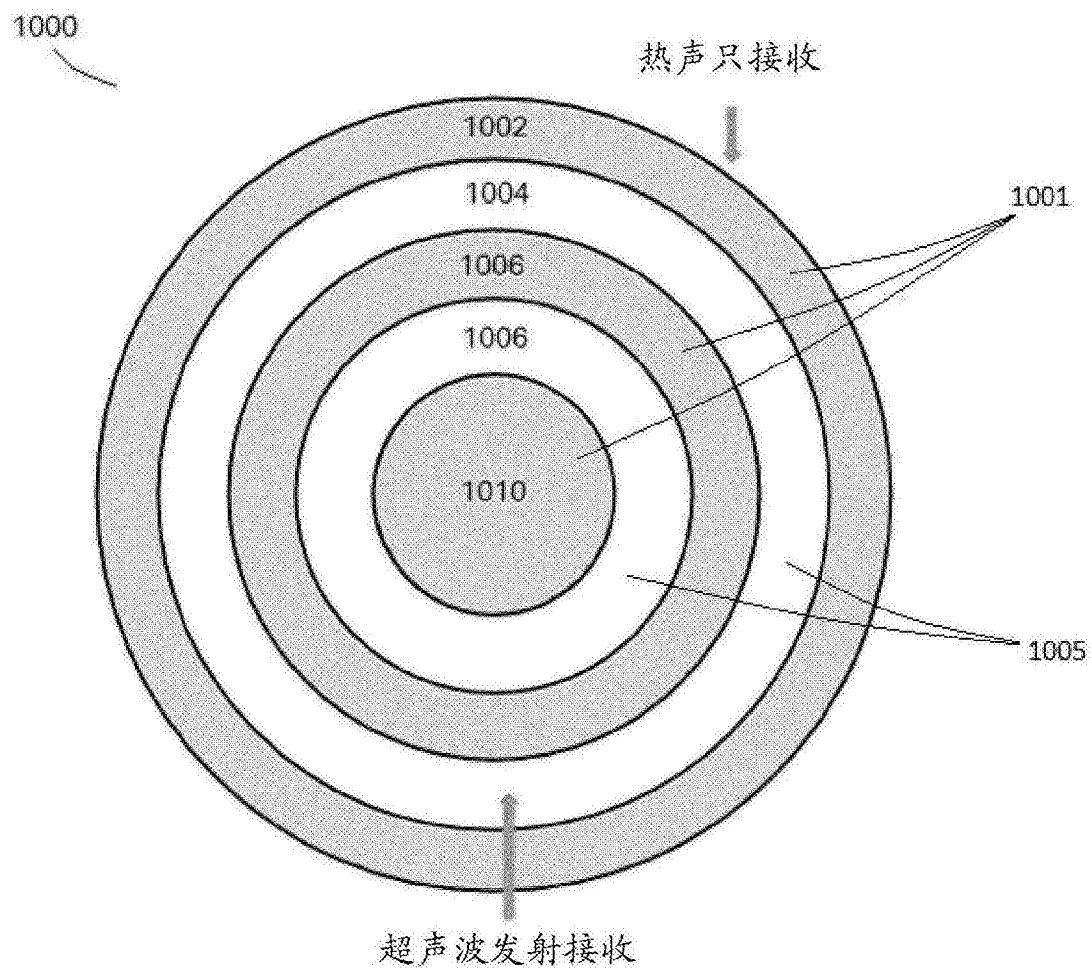


图10

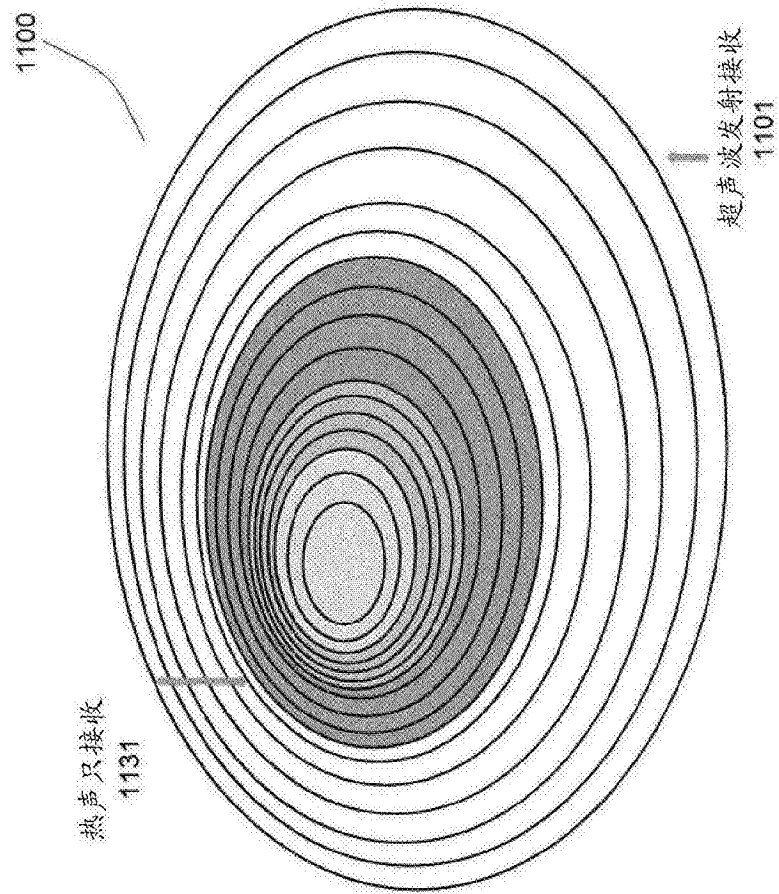


图11A

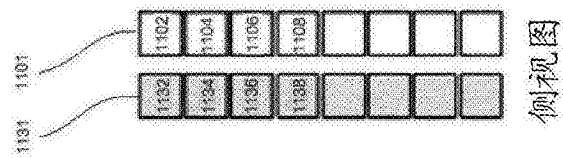


图11B

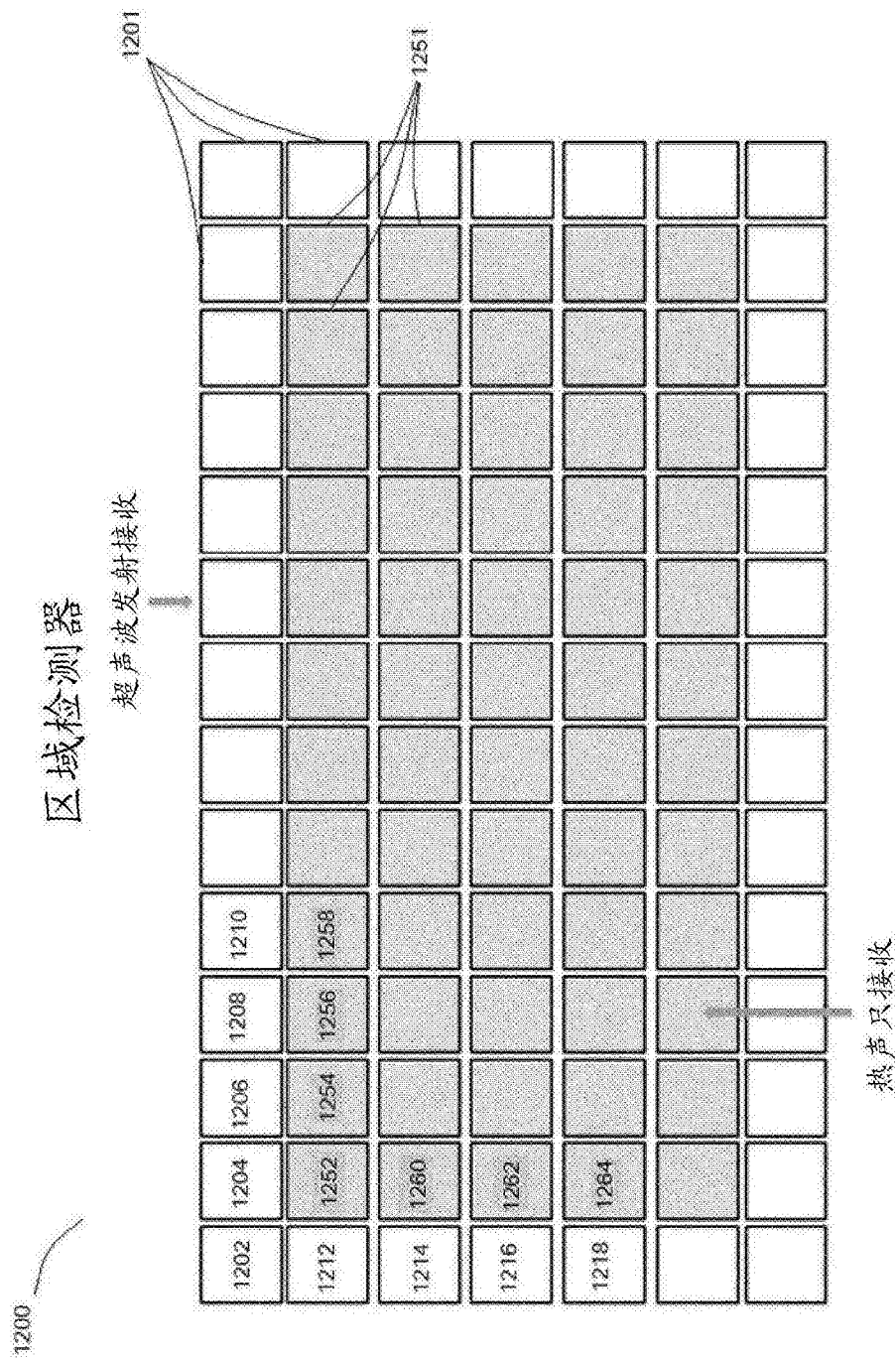


图12

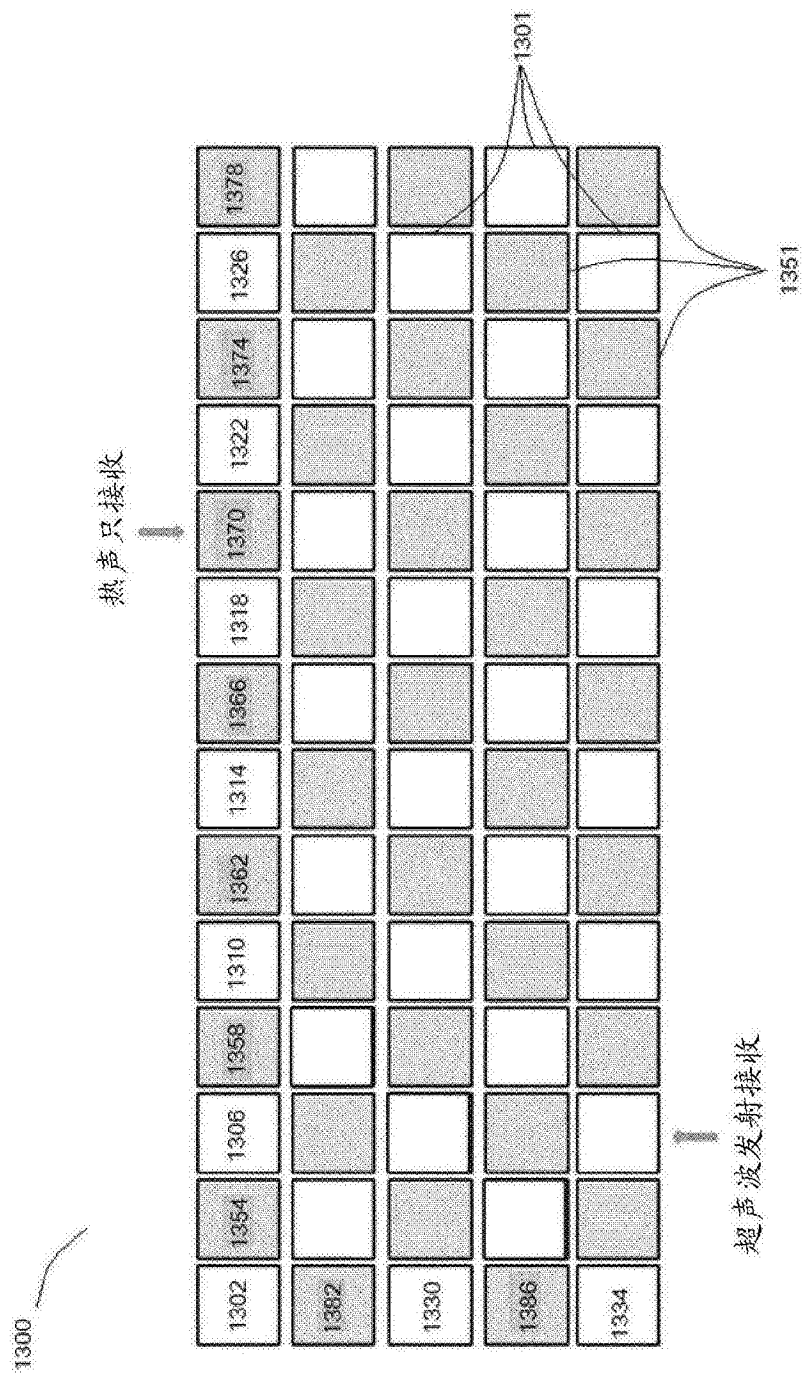


图13

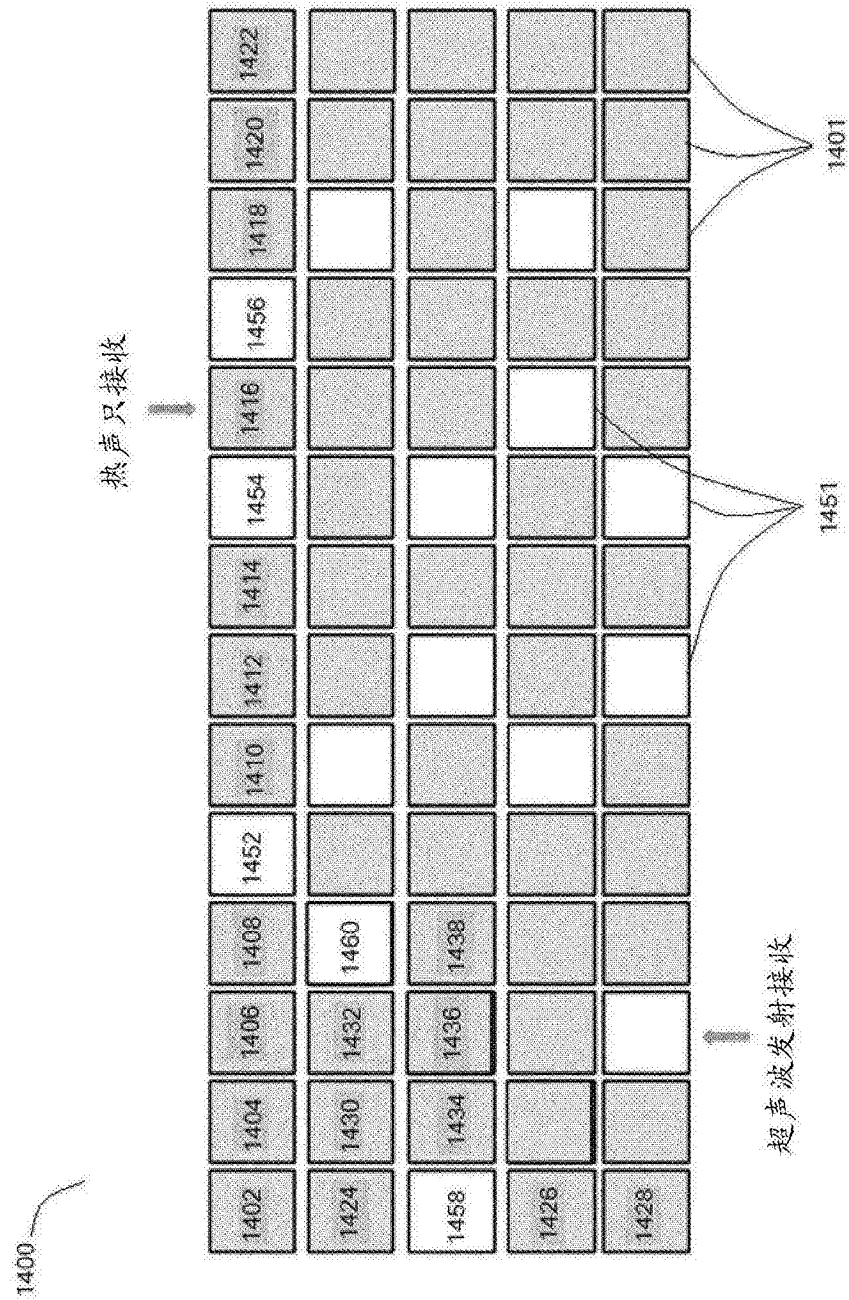


图14

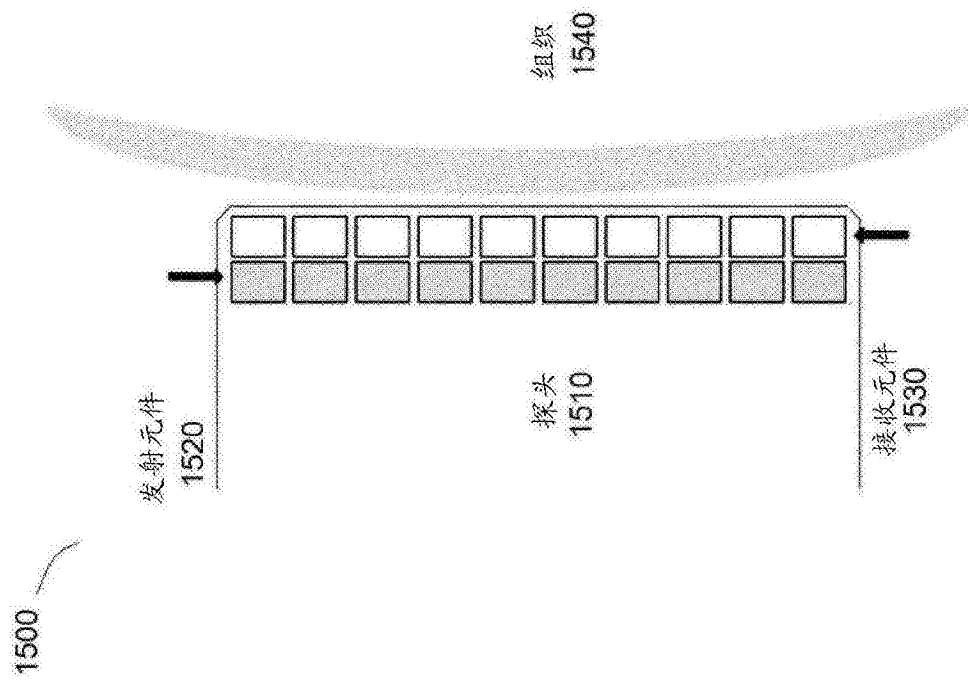


图15A

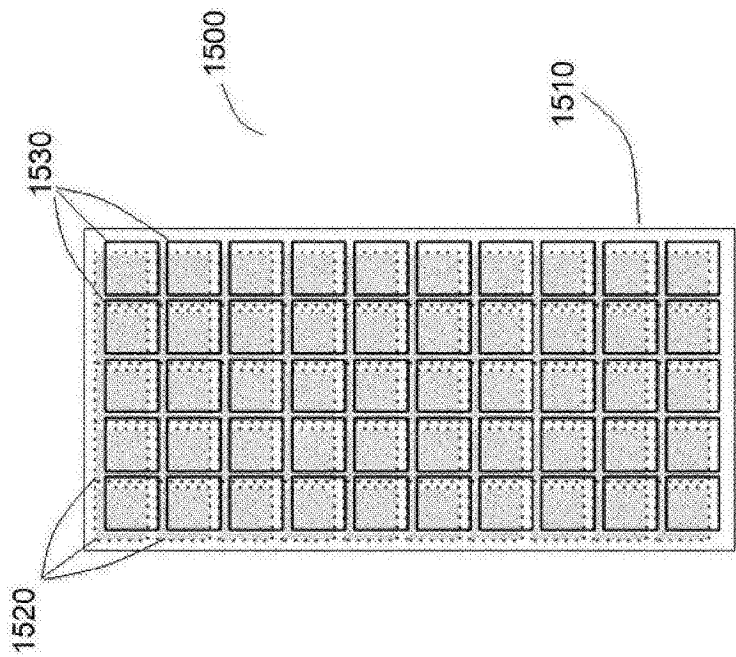


图15B

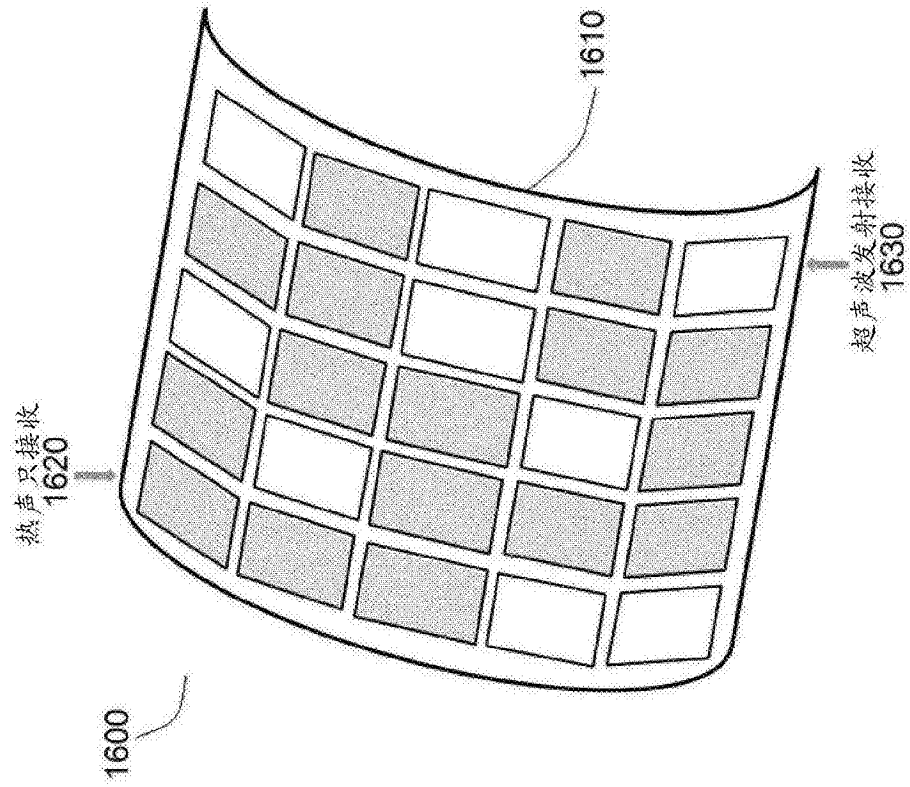


图16A

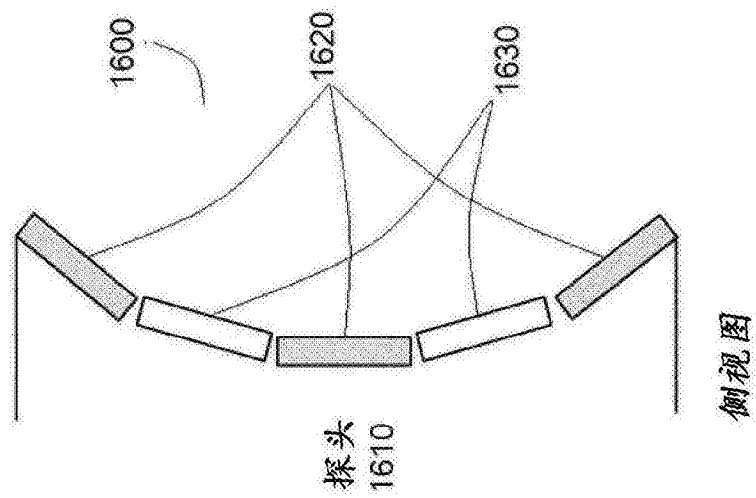


图16B

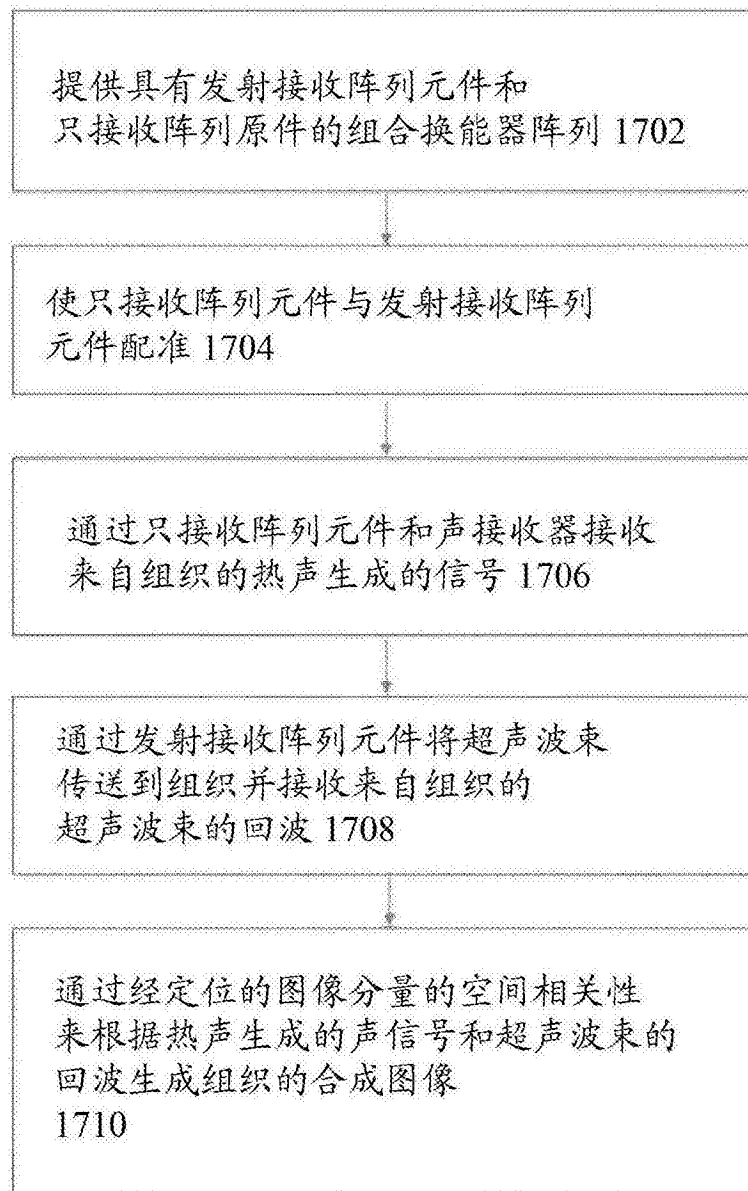


图17

专利名称(译)	用于对生物组织结构进行成像的系统和方法		
公开(公告)号	CN107613882A	公开(公告)日	2018-01-19
申请号	CN201680026728.9	申请日	2016-05-13
[标]发明人	迈克尔M桑顿 保罗A皮科特		
发明人	迈克尔·M·桑顿 保罗·A·皮科特		
IPC分类号	A61B8/14 A61B5/05		
CPC分类号	A61B5/0095 A61B8/14 A61B8/4416 A61B8/4477 A61B8/4483 A61B8/4494 A61B5/0035 A61B5/0093 A61B8/145 A61B8/42 A61B8/5261		
代理人(译)	周靖		
优先权	14/712214 2015-05-14 US		
其他公开文献	CN107613882B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

提供了与用于对组织的特征进行成像的超声波成像系统结合使用的热声成像系统，该超声波成像系统包括超声波成像探头，该超声波成像探头包括具有多个发射-接收阵列元件的发射-接收换能器阵列。热声成像系统包括具有与多个发射-接收阵列元件配准的多个只接收阵列元件的只接收换能器阵列。发射-接收换能器阵列被容纳在超声波成像探头中，并且只接收换能器阵列被容纳在热声成像探头中。热声成像探头例如作为安装到超声波成像探头的套筒机械地接合到超声波成像探头。包括超声波成像探头和热声成像探头的组合的超声波换能器系统可以基于只接收阵列元件与发射-接收阵列元件的配准用在组织的合成成像中。

