

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101809458 B

(45) 授权公告日 2013. 10. 23

(21) 申请号 200880108587. 0
 (22) 申请日 2008. 09. 08
 (30) 优先权数据
 11/904, 454 2007. 09. 26 US
 (85) PCT申请进入国家阶段日
 2010. 03. 25
 (86) PCT申请的申请数据
 PCT/US2008/010468 2008. 09. 08
 (87) PCT申请的公布数据
 W02009/042027 EN 2009. 04. 02
 (73) 专利权人 美国西门子医疗解决公司
 地址 美国宾夕法尼亚州
 (72) 发明人 C·E·布拉利 C·M·达夫特
 P·A·瓦纳 S·潘达
 (74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
 72001
 代理人 刘春元 李家麟
 (51) Int. Cl.
 A61B 8/00(2006. 01)
 (56) 对比文件
 US 2006/0173342 A1, 2006. 08. 03, 权利要求

书、说明书第 0033-0051 段。
 US 2006/0173342 A1, 2006. 08. 03, 权利要求书、说明书第 0033-0051 段。
 WO 96/03919 A1, 1996. 02. 15, 权利要求书、说明书第 5-8 页、说明书附图 4B。
 US 2006/0173342 A1, 2006. 08. 03, 权利要求书、说明书第 0033-0051 段。
 WO 96/03919 A1, 1996. 02. 15, 权利要求书、说明书第 5-8 页、说明书附图 4B。
 EP 1795917 A2, 2007. 06. 13, 全文。

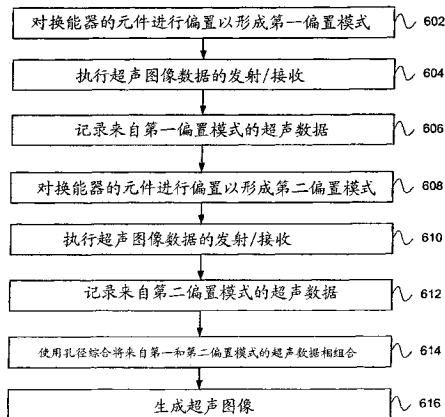
审查员 肖丁

权利要求书2页 说明书10页 附图7页

(54) 发明名称
 使用 CMUT 的孔径综合

(57) 摘要

超声成像系统 (100) 可利用偏置线路元件选择和各种孔径综合 (614) 技术使用电容性薄膜或电致伸缩超声换能器 (102) 来实现各向同性的容积成像。可通过使用波束形成器来沿着一个维度聚焦、然后沿着另一个方向执行第二轮的“离线”或“回顾式”波束形成来执行二维波束形成。



CN 101809458 B

1. 一种用于容积超声成像的系统 (100), 包括:
换能器 (102), 包括由偏置电压激活的元件 (304);
与所述换能器 (102) 耦合的偏压生成器 (206), 该偏压生成器 (206) 用于生成建立所述元件 (304) 的第一偏置模式 (602) 的偏置信号以及生成用于建立所述元件 (304) 的第二偏置模式 (608) 的偏置信号; 以及
与所述换能器 (102) 耦合的波束形成器 (104), 所述换能器 (102) 用于响应于所述波束形成器 (104) 而基于所述第一偏置模式 (602) 发射和接收超声数据以及基于所述第二偏置模式 (608) 发射和接收超声数据;
其中基于来自所述第一偏置模式 (602) 的超声数据和来自所述第二偏置模式 (608) 的超声数据的孔径综合生成图像。
2. 根据权利要求 1 所述的系统 (100), 其中所述波束形成器 (104) 在方位方向上执行波束形成, 并且所述第一和第二偏置模式 (608) 在高程方向上变化。
3. 根据权利要求 1 所述的系统 (100), 其中所述孔径综合 (614) 包括 Hadamard 编码。
4. 根据权利要求 1 所述的系统 (100), 其中所述换能器 (102) 包括电容性薄膜超声换能器 (cMUT) 或电致伸缩换能材料中的至少一个, 所述电容性薄膜超声换能器 (cMUT) 或电致伸缩换能材料包括由所述偏置电压激活的元件 (304)。
5. 根据权利要求 1 所述的系统 (100), 其中以大于或等于所述偏置模式 (602, 608) 之间的跨度大小的有效宽度对所述第一和第二模式 (602, 608) 进行切趾或者进行发射 / 接收。
6. 一种利用响应于偏压来换能的超声换能器 (102) 进行超声成像的方法, 所述方法包括:
利用所述超声换能器 (102) 的第一偏置模式 (602) 和利用所述超声换能器 (102) 的第二偏置模式 (608) 从响应于偏压来换能的所述超声换能器 (102) 发射超声数据;
利用所述超声换能器 (102) 并响应于所述发射来从所述第一偏置模式 (602) 和所述第二偏置模式 (608) 接收所述超声数据; 以及
将由所述第一偏置模式 (602) 的发射和接收得到的超声数据与由所述第二偏置模式 (608) 的发射和接收得到的超声数据进行孔径综合 (614) 以便生成图像。
7. 根据权利要求 6 所述的方法, 其中响应于偏压来换能的所述超声换能器 (102) 包括多个元件 (304), 并且其中所述第一偏置模式 (602) 对应于被偏置为接通的元件 (304) 的第一模式。
8. 根据权利要求 7 所述的方法, 其中所述第二偏置模式 (608) 对应于被偏置为接通的元件 (304) 的第二模式。
9. 根据权利要求 8 所述的方法, 其中在第一偏置模式 (602) 中被偏置为接通的元件 (304) 和在第二偏置模式 (608) 中被偏置为接通的元件 (304) 在高程方向上有所变化。
10. 根据权利要求 8 所述的方法, 其中所述第一偏置模式 (602) 包括在方位方向上的在第二偏置模式 (608) 中没有被激活的元件 (304)。
11. 根据权利要求 6 所述的方法, 其中响应于偏压来换能的所述超声换能器 (102) 包括电容性薄膜超声换能器 (cMUT) 或者电致伸缩材料中的至少一个。
12. 根据权利要求 6 所述的方法, 其中所述接收包括由所述超声换能器 (102) 利用第三

偏置模式所进行的接收。

13. 根据权利要求 6 所述的方法,其中所述孔径综合 (614) 包括只发射 (TX)、只接收 (RX)、或者发射和接收 (TX-RX)。

14. 根据权利要求 13 所述的方法,其中所述偏置模式 (602,608) 的有效宽度大于或等于所述偏置模式的跨度大小。

15. 根据权利要求 6 所述的方法,其中所述孔径综合 (614) 包括延迟求和波束形成、相移、横向匹配滤波或横向逆滤波中的至少一个。

16. 根据权利要求 6 所述的方法,其中发射包括:

在所述超声换能器 (102) 上激活所述第一偏置模式 (602);并且

对来自应用所述第一偏置模式 (602) 的信号应用第一时间延迟模式;以及

其中接收包括:

对所述超声换能器 (102) 应用所述第二偏置模式 (608);并且

对来自超声换能器 (102) 的应用所述第二偏置模式 (608) 的信号应用第二时间延迟模式。

17. 根据权利要求 6 所述的方法,进一步包括:

沿着容积中的多个扫描线路重复所述发射和接收;并且

产生所述容积的表示 (616)。

18. 一种使用响应于偏置的电致伸缩材料来进行超声成像的方法,包括:

使用偏压生成器 (206) 来生成用于在所述材料上建立元件 (304) 的第一偏置模式 (602) 的偏置信号;

利用所述第一偏置模式 (602) 来发射和接收第一超声图像数据;

使用偏压生成器 (206) 来生成用于在所述材料上建立元件 (304) 的第二偏置模式 (608) 的偏置信号;

利用所述第二偏置模式 (608) 来发射和接收第二超声图像数据;

将所述第一超声图像数据和所述第二超声图像数据执行孔径综合 (614);以及

根据所述孔径综合形成图像 (616)。

19. 根据权利要求 18 所述的方法,其中所述第一偏置模式 (602) 和所述第二偏置模式 (608) 处于高程方向上。

20. 根据权利要求 18 所述的方法,其中所述电致伸缩材料包括电容性薄膜或者微组装的超声换能器 (102) (cMUT)。

21. 一种用于容积超声成像的系统 (100),包括:

换能器 (102),包括由偏置电压激活的元件 (304);

与所述换能器 (102) 耦合的波束形成器 (104),所述换能器 (102) 用于发射和接收超声数据;

与所述换能器 (102) 耦合的综合器,所述综合器用于对所述发射和接收功能执行孔径综合 (614);

其中对根据第一偏置模式 (602) 偏置的元件 (304) 执行第一超声数据的发射和接收,并且对根据第二偏置模式 (608) 偏置的元件 (304) 执行第二超声数据的发射和接收,所述综合器对所述第一和第二超声数据执行孔径综合并根据所述孔径综合生成超声图像。

使用 CMUT 的孔径综合

背景技术

[0001] 随着诊断超声行业从用于二维 (2D) 成像的一维 (1D) 超声阵列迈向用于容积成像的 2D 超声阵列,可能存在缩放的问题。例如,如果常规的 1D 阵列具有 $N = 200$ 个元件,则相应的 2D 阵列将具有 $N \times N = 40,000$ 个元件。超声系统传统上所具有的通道数目粗略地对应于探针中元件的数目。然而,系统通道的成本使得这样的对应对于 2D 阵列是不实际的。

[0002] 2D 超声成像可利用微加工或微组装的电容性薄膜超声换能器 (cMUT) 或者电致伸缩材料换能器。电容性换能器 (诸如 cMUT) 和由电致伸缩材料制成的换能器在利用施加直流 (DC) 偏置电压进行激活方面可能是类似的。该偏置允许执行换能操作。cMUT 可由半导体材料或者由其它材料构成。多个薄膜或其它具有电极的柔性结构在声能和电能之间进行换能。薄膜组作为不同元件来工作。可在 cMUT 上提供各种元件布置,诸如元件的多维或二维阵列。为了操作 cMUT,通过 DC 电压对薄膜进行偏置。对所述元件施加交变信号以生成声能。由所述元件接收到的声能被转换成交变电信号。

发明内容

[0003] 作为介绍,下面描述的优选实施例包括利用电容性微加工超声换能器 (cMUT) 或电致伸缩超声换能器电容性来进行超声成像的系统和方法。可利用偏置线路元件选择和各种孔径综合技术来实现各向同性的容积成像。可通过使用波束形成器来沿着一个维度聚焦、然后沿着另一个方向执行第二轮的“离线”或“回顾式”波束形成来执行二维波束形成。

[0004] 在第一方面中,提供有一种用于容积超声成像的系统,该系统包括换能器,所述换能器包括由偏置电压所激活的元件。偏压生成器与所述换能器耦合,并且生成建立所述元件的第一偏置模式的偏置信号以及生成用于建立所述元件的第二偏置模式的偏置信号。波束形成器与所述换能器耦合,并且所述换能器基于所述第一偏置模式发射和接收超声数据以及基于所述第二偏置模式发射和接收超声数据。基于来自所述第一偏置模式的超声数据和来自所述第二偏置模式的超声数据的组合生成图像。

[0005] 在第二方面中,提供一种利用响应于偏压来换能的超声换能器进行超声成像的方法。所述超声换能器利用第一偏压模式和第二偏压模式进行发射。所述超声换能器响应于所述发射根据所述第一偏置模式和所述第二偏置模式接收数据。将由所述第一偏置模式的发射和接收得到的信号与由所述第二偏置模式的发射和接收得到的信号相组合。

[0006] 在第三方面中,提供一种使用响应于偏置的电致伸缩材料来进行超声成像的方法。激活所述材料上元件的第一偏置模式。利用所述第一偏置模式来发射和接收第一超声成像数据。激活所述材料上元件的第二偏置模式。利用所述第二偏置模式来发射和接收第二超声成像数据。将所述第一超声图像数据和所述第二超声图像数据相组合并且根据所述组合形成图像。

[0007] 在第四方面中,提供一种用于容积超声成像的系统,该系统包括换能器,该换能器包括由偏置电压所激活的元件。波束形成器与所述换能器耦合,并且用于执行发射和接收功能。综合器与所述换能器耦合。所述综合器用于对所述发射和接收功能执行孔径综合。

在根据第一偏置模式偏置的元件上执行第一发射和接收功能,并且在根据第二偏置模式偏置的元件上执行第二发射和接收功能。

[0008] 本发明由下面的权利要求书限定,该部分中的任何内容都不应视为对所述权利要求书的限制。本发明的其它方面和优点在下面结合优选实施例来讨论,并且可以在后面独立地或者以结合方式来要求权利。

附图说明

[0009] 部件和附图不一定是成比例的,将重点改为放在示出本发明的原理。此外在附图中,相同的附图标记标出所有不同视图中的对应部分。

[0010] 图 1 是用于超声成像的系统的图示;

[0011] 图 2 是 2D 阵列的图解;

[0012] 图 3 是偏置模式的一个实施例的图形化表示;

[0013] 图 4 是偏置模式的替换实施例的图形化表示;

[0014] 图 5 是示例切趾函数的图形化表示;

[0015] 图 6 是利用偏置进行超声成像的方法的一个实施例的流程图;

[0016] 图 7 是偏置模式的替换实施例的图形化表示;

[0017] 图 8 是图 7 中偏置模式的图形化表示;

[0018] 图 9 是一组元件的偏置模式的图解;以及

[0019] 图 10 是图 9 中偏置模式的图形化表示。

具体实施方式

[0020] 题为“ROTATING APERTURE FOR ULTRASOUND IMAGNG WITH ACAPACITIVE MEMBRANE OR ELECTROSTRICTIVE ULTRASOUND TRANSDUCER”的美国专利申请公开 No. 2007/0079658 说明了一种探针设计,其利用 cMUT 换能器的性质并且允许到换能器的电连接的数目为 $2 \times N$ 而不是 $N \times N$,该美国专利申请通过引用结合于此。可替换地,所述电连接可以是 $M \times N$ 而不是 $N \times N$,这样的结果是 $M \times N$ 个元件。本公开涉及 cMUT 换能器和电致伸缩换能器的使用,诸如在一个实施例中具有 $M \times N$ 个电连接的 cMUT 探针的使用。不是需要 $N \times N$ 个波束形成器通道,而是以连续的两阶段波束形成过程来利用 N 个波束形成器通道。所述过程可以实现各向同性的容积成像。

[0021] 图 1 示出用于根据超声数据生成图像的超声系统 100。该超声系统 100 包括换能器 102、波束形成器 104、探测器 106、具有存储器 110 的处理器 108、以及显示器 112。可提供附加的、不同的或更少的部件。例如,处理器 108 可以是计算机处理单元 (CPU) 或图形处理单元 (GPU),并且存储器 110 可与处理器 108 结合为单个单元。处理器 108 对系统 100 进行配置,并且处理超声数据或者执行其它功能。在替换实施例中,系统 100 是对利用另一设备获得的超声数据进行操作的工作站或计算机。

[0022] 换能器 102 可包括元件阵列,诸如二维 (2D) 阵列。所述元件阵列可被配置用于直线、曲线、扇形 (sector)、矢量[®]或其它成像配置。在一个实施例中,换能器 102 可包括电致伸缩材料,该电致伸缩材料包括由 DC 偏置电压激活的元件。例如,换能器 102 可以是电容性微加工超声换能器 (cMUT) 或者具有电致伸缩材料的结构。特别地,cMUT 是被用于生成

和用于探测超声波的元件阵列。cMUT 设备通常包括由被置于薄膜上或薄膜内的上电极、被置于衬底上或衬底中的下电极、以及薄膜与下电极之间的空腔构成的单元格 (cell), 使得 cMUT 成为具有两个电极的平行板电容器。所述上电极 (例如金属化薄膜) 是可移动的, 并且衬底上或衬底中的所述下电极可以是固定的。在所述电极之间是电介质 (真空或气隙)。

[0023] cMUT 设备包括成组的以元件为形式的单元格, 其对所施加的 DC 偏压做出反应以将声能转换成电能以及反之亦然。所述单元格一起工作以将机械能转换成电能, 反之亦然。因为 cMUT 通常非常小并且具有机械部分和电气部分二者, 所以 cMUT 可被称为微电子机械系统 (“MEMS”) 设备。常规的 cMUT 通常具有地电极和热电极。所述热电极可以被用来在超声成像期间发射和接收超声声波。由于与发射和接收超声波相关联的不同特性, 常规的 cMUT 热电极通常被优化以便于以高灵敏性来接收或发射超声波, 这可能损害最大发射功率。

[0024] 可以在发射器模式下或在接收器模式下操作 cMUT。cMUT 的发射器模式可被用于生成超声波, 而发射器模式可探测超声波。当在两个电极之间设置静态电压时, 所述薄膜被库仑力吸引到衬底。当 AC 电压被叠加在 DC 电势上时, 所述薄膜将响应于该信号而运动并且超声波被生成并被投射 (launch) 到环境中。如果在 DC 偏压下, 超声波接近薄膜, 则所述薄膜将振动并且可以从设备电极处测量输出 AC 电压。所施加的 DC 偏压供给电荷, 由薄膜运动调制该电荷以产生 AC 信号。

[0025] 换能器 102 可以是如题为 “ROTATING APERTURE FOR ULTRASOUNDIMAGING WITH A CAPACITIVE MEMBRANE OR ELECTROSTRICTIVEULTRASOUND TRANSDUCER” 的美国专利申请公开 No. 2007/0079658 所述的换能器, 该美国专利申请通过引用结合于此。特别地, 图 2 示出换能器的一个实施例。该设计基于对 cMUT 类型的换能的特定特征的应用。压电换能器使用施加 AC 信号来进行辐射, 而 cMUT 换能器使用 AC 信号和 DC 偏压。图 2 所示的 2D 阵列具有 M 行和 N 列, 总共有 $M \times N$ 个元件。M 和 N 是大于 1 的整数, 并且 M 和 N 相等或不相等。偏置电压由具有 M 个通道的偏置电压生成器来提供。承载偏置电压的 M 条线路中的每一条线路都被水平定向并且对其行中的每个元件进行偏置。相反, N 条 AC 信号线路中的每一条被垂直定向并且将其信号传送给其列中的每个元件。为了激励或激活第 (m, n) 个元件, 偏置电压被施加给第 m 条偏置线路, 并且 AC 信号被施加给第 n 条信号线路。沿着第 m 行的所有元件都被偏置为 “接通”, 并且沿着第 n 列的所有元件都被供给 AC 信号。然而, 既被偏置为接通又被供给 AC 信号的唯一元件是第 (m, n) 个元件。因此, 该元件是发出辐射的元件。在给定时间可以有多个元件发出辐射。

[0026] 如所描述的那样, 可能不存在针对每个元件的独立系统通道。尽管提供了到 2D 阵列中所有元件的独立访问, 但是可能不存在同时访问。因此, 波束形成技术可能不同于用于传统超声成像的那些技术。在一个实施例中, 在此所述的波束形成技术可利用上述换能器体系结构, 使得利用 2D 阵列的等距容积超声成像更加实用。

[0027] 返回参照图 1, 波束形成器 104 与换能器 102 连接以生成沿着声网的声束。通过利用机械运动使换能器摇动、旋转或滑动或者使用电子束调向来收集声数据。波束形成器 104 还可被称为孔径综合引擎, 用于通过综合来自多个接收事件的孔径来实现数千个元件上的 2D 波束形成。替换地, 分开的处理器和存储器被提供用于在波束形成之前或之后综合来自多个信号的孔径。在一个实施例中, 该技术可被称为高程孔径综合 (Elevation

Aperture Synthesis, EAS) 并且沿着一个轴使用常规的超声波束形成而沿着另一个轴使用孔径综合技术。这两种操作可串行进行以在两个轴上提供聚焦成像。一个示例孔径综合在题为“ULTRASOUND IMAGING TRANSDUCER ARRAY FOR SYNTHETIC APERTURE”的美国专利公开 2007/0167752 中有所描述,其全部公开内容通过引用结合于此。

[0028] 图 2 示出具有 M 行和 N 列的二维 (2D) 阵列 202, 其中 M 行中的每一行都附接到 M 通道偏置电压生成器 206 的独立通道上, 而 N 列中的每一列都附接到 N 通道超声系统 204 的独立通道上。所述偏置电压生成器 206 是可切换的 DC 电压源。当偏置电压被切换到“接通”并且被施加给换能器时, 可能存在瞬时电流流动, 但是在稳定的偏置状态下, 可能存在最小漏电流。当所述偏置电压生成器 206 被“关断”时, 基本上不存在电流。当所述偏置电压生成器 206 被“接通”时, 存在预定的 DC 电流值。

[0029] 偏压生成器 206 被配置为生成特定模式的偏置电压, 并且超声系统 204 被触发以进行发射和接收, 如在常规 1D 超声阵列的常规超声成像中那样。偏压生成器 206 可以是与电压源连接的高电压 FET 网。可以使用不同的晶体管、开关、分压器、变压器、电压生成器或其它设备。可以使用任何现在公知的或者以后所发展的偏压生成器 206。在一个实施例中, 偏压生成器 206 生成频率小于换能器 102 的交变操作频率 (超声频率) 的交变波形以基本上起到 DC 偏压的作用。小于或等于交变信号频率的 1/3 的偏置电压频率可以“基本上是 DC”。例如, 生成有 500KHz 的波形。通过在大约 500KHz 处切换, 可使用正弦波形来逐渐增加和减小发射和接收事件之间的偏置电压。该逐渐过渡 (诸如在一微秒或两微秒内) 可避免生成不期望的声发射。在过渡期间所生成的任何不想要的声音都可以从所接收的信号中滤除掉。

[0030] 偏压生成器 206 用于生成至少两个不同的偏压电平, 诸如为换能器 102 的期望灵敏度 (诸如 10-120 伏) 所选的负偏压和正偏压以及零偏压和非零偏压。可使用更多数目的偏压电平, 诸如五个或七个偏压电平。不同的偏压电平被施加给形成在发射和 / 或接收事件期间使用的切趾孔径的不同电极 (未示出)。在接收时, 偏压电平和 / 或菲涅耳偏置模式可能以基于相位动态聚焦的方式在接收事件的持续时间内发生波动。

[0031] 沿着一个方向发射超声的聚焦波束。对所得的接收信号执行标准聚焦波束形成操作。然后, 所得的超声波束数据流被存储起来以便后续处理。可对偏置电压的模式进行更新并且重复该过程。在一个实施例中, 该过程重复 L 次, 其中每次通常都与不同的偏置配置有关。一旦完成, 结果包括 L 组超声波束数据。偏压控制还在题为“MICROFABRICATED ULTRASONIC TRANSDUCER ARRAY FOR 3-D IMAGING AND METHOD OF OPERATING THE SAME”的美国专利公开 No. 2005/0119575 中有所描述, 其全部公开内容通过引用结合于此。

[0032] 所述波束数据是沿着一个维度聚焦的聚焦超声波束数据。所述超声系统通道可对应于阵列 202 的列。因此, 由超声系统 204 所执行的聚焦在阵列 202 的列上进行。该维度可被称为如图 2 所示的方位 (azimuth)。相对的维度可被称为高程 (elevation)。

[0033] 图 3 示出偏置模式集合的实施例。所述换能器具有若干行, 每行都与偏置电压生成器的通道或线路相连接。如图所示, 偏置线路由孔径索引 302 标识出。由孔径索引 302 所表示的每一行都可以被偏置为接通或者偏置为关断。孔径索引 302 表示不同偏置线路中的每一条, 并且这些偏置线路的状态建立了偏置模式。孔径索引 302 标识出元件索引 304

中的每个元件可用的孔径。来自元件索引 304 的每个元件都可以由相应行的孔径索引 302 偏置为接通或关断。

[0034] 在偏置线路的第一模式中,所有偏置线路都是关断的(在一个示例中处于大约 0 伏),除了孔径索引 302 中的第一条偏置线路。第一条偏置线路被接通(在一个示例中处于诸如 100 伏的电压)。在孔径索引 302 等于 2 的第二模式中,除了第二条线路之外的所有偏置线路都是关断的。在第三模式中,除了第三条线路之外的所有偏置线路都是关断的,以此类推。该图中的每行都表示被施加给换能器的偏置电压的模式。因为该图示出 L 个这样的行,所以有 L 个不同的偏置模式被依次施加给换能器。因此,所述超声系统对波束数据执行 L 次采集。作为一个示例,元件 310 被示出为偏置为接通。每个白色盒形体都可以被称为元件 310,并且所述白色盒形体表示被偏置为接通的元件。如图所示,每个行可以是指针对一个发射/接收事件的偏置模式。对于图 3 所示的偏置配置集合来说,在第一发射/接收事件期间,偏置线路 1 被偏置为接通。在第二发射/接收事件中,偏置线路 2 被偏置为接通。

[0035] 根据所述偏置模式产生所得的波束数据集合。如图 3 所示,在每个偏置状态下都有单个偏置线路被接通。特别地,如 $N_{e1subap} = 1$ (306) 所表明的那样,一次有单个元件被偏置为接通。 $N_{e1subap}$ 可以是每个“子孔径”中的元件数目,诸如针对每个发射/接收事件所接通的偏置线路的数目。 N_{skip} 可以是在每个发射/接收事件的情况下,该偏置线路集合(即子孔径)平移多远。如图 3 所示, $N_{e1subap} = 1$ 并且 $N_{skip} = 1$,因此对于任何发射/接收事件存在单个偏置线路被接通,并且对于随后的发射/接收事件,该偏置组(在这种情况下是单个偏置线路)以一的增量在该孔径上平移。发射/接收偏置模式可具有大于或等于所述偏置模式之间的 N_{skip} 跨度大小的有效宽度。

[0036] 换句话说,每次有一个元件行被偏置为接通。此外,如 $N_{skip} = 1$ (308) 所表明的那样,元件行的行进逐一地移动到下一元件行。因此,单个元件行被偏置为接通,并且在发射循环期间将辐射声脉冲,并且在接收循环期间是活动的以接收反向散射的超声。因为换能器元件与用于成像的声波长具有相同量级,所以单个元件行将生成宽的全向声场,该宽的全向声场在其远离该元件行传播时将在高程上圆柱式地扩散。同样地,接收时的灵敏度模式以及往返传播(round-trip)的灵敏度模式都将是宽的。

[0037] 如图 3 所示,M 个偏置模式的集合中的每个偏置模式包括被接通的单个偏置线路。因此,除了横向平移之外,每个相关的往返传播的灵敏度模式都是类似的。该阵列是具有高程方向和方位方向的 2D 阵列。所接收的数据可通过方位方向上的波束形成来聚焦。往返传播的灵敏度模式可以与 1D(仅高程)阵列的单元响应相类似。该特定的偏置模式集合可以在该(仅高程)阵列的每个元件上提供串行的发射和接收。这与在用于海洋声纳成像的“侧向扫描”声纳中使用的发射-接收设置相类似。在侧向扫描声纳中,换能器是牵引通过海洋的单个发射器-接收器。在被牵引时,换能器每次从不同的位置发射并接收、发射并接收。在每个这样的发射-接收循环期间,对所得的数据流进行存储。这生成数据流集合,利用通常称为孔径综合的波束形成过程来分析该数据流集合。该过程用于回顾式地聚焦往返传播的“单元件”数据以生成聚焦图像。

[0038] 该孔径综合方法可被用于聚焦来自 2D 阵列的往返传播的数据。所述数据已经通过超声系统所执行的第一轮波束形成被聚焦在方位方向上。第二轮波束形成用于在高程方向上聚焦通过所述孔径。结果是针对所综合的孔径既在方位方向又在高程方向上聚焦的图

像。所述图像可以是等距的 (isometric) 和容积超声图像。

[0039] 如所描述的那样,图 3 涉及单个偏置线路模式,但是来自单行元件的辐射可能太宽。从横向分辨率的角度来说该宽度可能是足够的,但是从 SNR 的角度来说可能是不足的。另外,考虑到横向空间频率方面的常规阵列元件的大小,所得的数据集可能是欠采样的,并且可能受到光栅波瓣的影响。可替换地,可使用不同的偏置模式来达到不同的结果。例如,可对邻近的元件组或元件集合进行偏置(这增加了有效元件大小),而不是将单个元件行偏置为“接通”。有效元件大小的增加可减低所辐射的声场横向扩散的程度,这可改善 SNR 并降低光栅波瓣的幅度。

[0040] 图 4 示出替换的偏置线路模式。如图所示,每个偏置模式包括一组被偏置为接通的三个相邻的偏置线路,并且该组按一个或多个在高程上间隔的元件(行)在模式间平移。所述换能器具有若干行,每行都与偏置电压生成器的通道或线路相连接。如图所示,所述偏置线路由孔径索引 402 标识。孔径索引 402 标识出元件索引 404 中的每个元件可使用的孔径。来自元件索引 404 的每个元件可通过相应行的孔径索引 402 被偏置为接通或者关断。例如,元件 410 被偏置为接通。所述元件对应于三行元件。对于图 4 所示的偏置配置来说, $N_{el\text{subap}} = 3$ 并且 $N_{\text{skip}} = 1$, 所以对于每个发射/接收事件,有三个相邻的偏置线路被接通,并且在随后的发射/接收事件中,该偏置组平移一。特别地,如通过 $N_{el\text{subap}} = 3$ (406) 所表明的那样,一次有三个元件行被偏置为接通。元件的行进逐一地移动到下一元件,如 $N_{\text{skip}} = 1$ 所表明的那样 (408)。换句话说,第一元件行和下两个元件行(第二和第三元件行)被偏置为接通,并且因为 $N_{\text{skip}} = 1$, 所以第二元件行和下两个元件行(第三和第四元件行)接下来被偏置为接通。偏置模式通过一次增加一个元件行继续通过剩余的 N 个元件。对于图 4 所示的偏置配置集合来说,在第一发射/接收事件期间,偏置线路 1、2 和 3 被偏置为接通。在第二发射/接收事件中,偏置线路 2、3 和 4 被偏置为接通。

[0041] 孔径综合处理可被描述为延迟求和波束形成过程。如果 x_m 表示在第 m 个偏置模式中被偏置为接通的元件组的“质心”的位置,并且 (x, z) 表示图像中点的坐标,则可通过 $t = 2[(x_m - x)^2 + z^2]^{(1/2)}/c_0$ 来给出应用到数据的延迟,其中 c_0 是声速。所述延迟可用于对准信号,以改善光束求和中的相干增益和横向分辨率。虽然所述延迟可表示在所有深度上改善了的相干聚焦,但与深度无关的延迟可减少计算要求(例如定焦波束形成)。在一个实施例中,所述和可以是均匀加权的和。可替换地,非均匀加权可在求和之前被应用到信号上以改善旁瓣结构。换句话说,波束形成可包括在下面参照图 5 所述的切趾。该切趾可以本身是静态的以利于计算上的简化,或者可替换地可以发生变化以随范围改善旁瓣控制。

[0042] 波束形成的其它变型方式可以是可行的。例如,可利用不相干波束形成或部分相干波束形成。在不相干波束形成中,在波束求和之前探测 RF 波束数据的幅度。在部分相干波束形成中,数次利用不同的切趾对相同的数据集应用波束形成操作,并且所得的图像集合被不相干地组合。

[0043] 例如,可采集数据集并利用综合孔径波束形成器使用诸如图 5 所示的一组切趾函数对该数据集进行三次操作。在 y 轴上示出切趾 502,而组索引 504 被示出为 x 轴。切趾函数可改变数据的输入强度分布以改善所述数据的动态范围。三个切趾函数中的每一个都可加强来自阵列的不同部分的数据。当所得的切趾数据集被形成波束时,所述波束形成可被有效地控制。

[0044] 换句话说,作为图 5 所示的三个切趾函数的结果,图像数据可被记录下来,就好像换能器的物理位置在三次相继的采集期间是不同的。因此,三个所得图像可能相类似,但是散斑模式可能稍有不同。如果该三个图像在探测过程之后被组合起来(即被不相干地组合),则散斑方差可能减小,不过可能以横向分辨率为代价。部分相干波束形成可以是回顾式空间复合的形式,并且提供与在常规空间复合中相类似的益处。

[0045] 替换实施例可以是可行的。在上述实施例中,应用偏置模式,发起并完成发射-接收事件,并且应用下一偏置模式。改变发射和接收循环之间的偏置模式可提供一定的益处。在替换实施例中,可在接收循环期间使用上述偏置模式,但是在发射循环期间可接通所有的偏置线路。在该实施例中,发射场可以是平面波,并且对于每个发射-接收循环可以是相同的,但是接收偏置组随着事件的不同而改变。因此,可以在波束形成期间使用不同的延迟,诸如 $t = \{[(x_m - x)^2 + z^2]^{(1/2)} + z\} / c_0$, 其中 c_0 是声速并且所得的波束形成可被视为是单向、只接收的波束形成。往返传播的波束形成可具有更好的横向分辨率,但是在 SNR 方面不那么好。另外,这样的单向技术允许使用诸如 Hadamard 编码的孔径编码方案,其可提供进一步的 SNR 优势并且在下面参照图 7 和 8 来说明。

[0046] 图 6 是利用上面所述的偏置模式来进行超声成像的一个实施例的流程图。在方框 602 中,根据第一偏置模式对换能器的元件、诸如 cMUT 的元件进行偏置。偏置模式的示例在上面在图 3 和 4 中有所描述。如在方框 604 中那样,基于第一偏置模式执行发射/接收功能以收集超声图像数据。如在方框 606 中那样,该超声图像数据可被记录或保存以便进一步处理。在方框 608 中,调整偏置模式,并且根据第二偏置模式对换能器的元件进行偏置。在方框 610 中,基于第二偏置模式执行发射/接收功能以收集超声图像数据。如在方框 612 中那样,该第二超声图像数据集合可被记录或保存以便进一步处理。在方框 614 中,可使用孔径综合来将来自第一偏置模式和来自第二模式的超声图像数据相组合。例如,通过电子聚焦沿着被偏置为接通的元件行或多个元件行中的元件的阵列使每个数据集形成波束(例如在方位上形成波束)。沿着综合方向(例如高程)不提供聚焦。沿着综合方向,通过综合、诸如波束形成对多次采集的形成波束的采样进行组合(例如,在高程上选择与期望延迟关联的方位上形成波形的采样并求和)。换言之,以综合孔径并且将数据形成波束或聚焦的方式来组合信号。所组合的超声数据被用于生成超声图像,该超声图像是每个发射/接收事件的复合,如在方框 616 中那样。

[0047] 上述实施例可具有替换实施例。在上面的示例中,应用偏置模式,发起并完成发射-接收事件,以及应用下一偏置模式。改变发射和接收循环之间的偏置模式可能是有益的。在一个实施例中,可在接收循环期间使用上述偏置模式,但是在发射循环期间接通所有 M 条偏置线路。在该实施例中,发射场是平面波并且对于每个发射-接收循环都可以是相同的。接收偏置组随着事件的不同而改变。可在波束形成期间使用不同的延迟:

$$[0048] \quad t = \{[(x_m - x)^2 + z^2]^{(1/2)} + z\} / c_0$$

[0049] 所得的波束形成可被称为单向、只接收形式的波束形成。与上述往返传播的波束形成相比,该波束形成可能在横向分辨率方面不是最优的,但是其在 SNR 方面更优。替换实施例可以是切换发射和接收的角色。换句话说,在发射循环期间应用不同的偏置模式,并且在接收期间将所有元件都偏置为接通。所得的波束形成也是单向形式的波束形成,但是可被称为是只发射的。

[0050] 在只接收或只发射技术的情况下,可能期望只将发射(或接收)孔径的一部分、而不是整个孔径偏置为接通。例如,在只接收技术中,整个发射孔径被偏置为接通。可能期望减小孔径的被偏置为接通部分的宽度以减小发射平面波的宽度、进而减小旁瓣和图像杂波。所得的图像可能更窄,但是有效孔径可能被移位。

[0051] 使用诸如 Hadamard 编码的孔径编码方案可达到进一步的 SNR 优势。在 Hadamard 编码中,应用宽的编码模式的序列。考虑图 3 所示的偏置模式集合,其中每个偏置模式由除了单个线路偏置为接通而其它所有偏置线路都关断的偏置线路构成。如果如图 7 所示那样应用 Hadamard 编码的偏置模式并且利用线性代数解码操作对所得的数据集合进行操作,则除了 SNR 可能大 $20 \cdot \log(\sqrt{N})$ 倍之外,所得的解码数据集合与使用图 3 的偏置模式所获得的数据集合相似,其中 N 是偏置线路的总数。

[0052] Hadamard 矩阵中的点可能是具有相同幅度但是符号(元件极性)不同的非零值。图 8 示出一个示例,该示例表示与图 7 所示的偏置模式集合的第六个发射/接收事件相关联的偏置模式。注意到所有偏置线路都不是零,而是偏置到要么 +v 要么 -v 的值,其中 v 是偏置电压的幅度。图 7 的偏置模式对于线性换能方案是可行的,其中对于线性换能方案来说,偏置电压的逆向导致所发射信号的逆向。可替换地,对于利用线性程度较低的换能形式的换能器,可以使用修正技术。在该修正技术中,每个发射/接收事件被分成两个分开的发射/接收事件,这两个分开的发射/接收事件中的每一个都使用具有相同符号的偏置电压。例如,图 8 所示的偏置模式,其是图 7 所示的集合中的第六个偏置模式。我们可以以两个步骤来执行该偏置模式。在第一步骤中,接通所述集合的正偏置电压部分,而其余被保持为不偏置。然后,该系统被触发以执行发射/接收事件。然后,偏置模式被切换,并且只应用偏置模式的负电压分量,但是是作为正电压来应用的。该系统被触发以执行发射/接收事件,并且可以将两个事件的结果相减。

[0053] 在图 3 和 4 所示的偏置模式中, N_{skip} 是可能影响光栅波瓣性能的参数。 N_{skip} 的较大值可能与较快的采集、但是较大的光栅波瓣进而更糟的杂波性能有关。如图 3 和 4 所示, N_{skip} 可能被限制为整数值。对于具有大俯仰(coarse pitch)的换能器来说,可能期望使用小于一的 N_{skip} 值。利用偏置模式中的切趾可以实现此。为了实现偏置模式的切趾,可以使用能够生成若干不同偏置电压的偏压生成器。 N_{skip} 是所述偏置模式在发射/接收事件之间平移多少的度量。

[0054] 图 9 是一组元件的偏置模式的图解。图 9 利用三个不同的非零偏置电压($1/3, 2/3, 1$)。从声学角度来看,该偏置模式的位置是被偏置为接通的元件组的“质心”。质心计算揭示出,这些偏置组的质心在偏置组与偏置组之间移位 $N_{\text{skip}} = 1/3$ 的量。换句话说,第一偏置组 902 的质心与第二偏置组 904 的质心之间移位 $1/3$ 。第二偏置组 904 的质心与第三偏置组 906 的质心之间移位 $1/3$ 。第三偏置组 906 的质心与第四偏置组 908 的质心之间移位 $1/3$ 。

[0055] 图 10 是图 9 中偏置模式的图形化表示。特别地,图 10 示出在图 9 中所示的偏置模式的集合。根据图 10 所示的这种偏置集合形成的图像可能倾向于较不易于受到光栅波瓣伪影(artifact)的影响。

[0056] 尽管孔径综合可以在高程上执行并且传统的波束形成可以在方位上执行,但是有可能通过在这两个维度上进行孔径综合来形成容积图像。可以在高程上应用标准步态(walking)偏置模式或 Hadamard 码,并且可以对发射和接收二者在方位上进行固定聚焦时

间延迟波束形成,其中发射和接收的焦点位于相同深度。然后,为大量发射-接收事件收集并存储接收数据,所述发射-接收事件电子地平移以描绘出容积。然后,可以通过基于所述偏置模式的中心与高程范围平面中的预期焦点之间的距离对波形进行延迟求和来在高程上综合孔径。同时或者随后,通过假定固定焦点处的“虚拟点源”并且实施基于这些虚拟点与方位范围平面中的预期焦点之间的距离对波形进行延迟求和来在方位上综合孔径。例如,用于容积超声成像的方法可包括响应于偏置换能的多维声换能器,其中在高程上应用第一偏置模式并且发生第一发射/接收事件。对于发射来说,在方位上应用具有一个集合的固定时间延迟的交变信号,并且对于接收来说,利用不随时间动态变化的另一个集合的固定时间延迟来对方位上的交变信号进行波束形成。然后,可以在高程上应用第二偏置模式,并且实施第二发射/接收事件。对来自第一和第二事件的波形进行“离线”组合,使得在高程和方位上同时综合孔径,或者首先在高程上综合孔径、然后在方位上综合孔径、或者相反。

[0057] 如所描述的那样,可利用“V3”类型的 cMUT 2D 阵列来进行孔径综合,其中偏置在高程上是固定的,而时间延迟发射/接收波束形成在方位上是固定的。在替换实施例中,可利用其它孔径综合技术,所述其它孔径综合技术适用于“SV3”类型的旋转孔径换能器,其中对于发射来说在高程上应用时间延迟并在方位上应用所述偏置模式,而对于接收来说在高程上应用所述偏置模式并在方位上应用时间延迟。例如,用于容积超声成像的方法可包括响应于偏置换能的 2D 换能器,其以孔径旋转模式(例如,如在题为“ULTRASOUND IMAGING TRANSDUCER ARRAY FOR SYNTHETIC APERTURE”的美国专利公开 2007/0167752 中所描述的那样,该美国专利公开的全部内容通过引用结合于此)工作。在高程上使用第一和第二发射时间延迟分布来获得两个发射-接收事件,然后以在高程上实施孔径综合、匹配滤波、和/或动态发射聚焦的方式对来自这两个事件的接收波形进行组合。

[0058] 非旋转孔径模式下的高程孔径综合技术可具有良好的各向同性的 3D 分辨率,但是小于理想的 SNR。旋转孔径模式成像也具有各向同性的 3D 分辨率,但是由于非零的电子切换时间而可能不能在近场中成像。这两种模式的组合可实现总场成像解决方案。例如,用于容积超声成像的方法可包括根据如下两个数据集合来构造容积:第一集合是利用以非旋转孔径模式工作的换能器所获得的高程孔径综合数据的集合,第二集合是利用以旋转孔径模式工作的换能器所获得的数据的集合,其中所述第二集合可以或不涉及孔径综合。可以对来自两个集合的数据进行相干或不相干组合、复合、接合(stitched)、交错、或者并列地或从上到下地设置。

[0059] 当换能器孔径小于要被成像或要被检查的容积的占用面积(footprint)或区域时,可能有必要将孔径综合与机械平移和接合相组合以覆盖整个容积。例如,用于容积超声成像的方法可包括根据利用以非旋转孔径模式工作的换能器所获得的高程孔径综合数据的第一和第二集合来构造容积,其中所述换能器在采集第一和第二集合之间在高程或方位上被机械地平移或移位。可以以相干、不相干或者部分相干的方式将来自两个集合的数据接合在一起。

[0060] 返回参考图 1,探测器 106 是 B 型多普勒流探测器和/或其它探测器,以用于从波束形成器信号中识别出强度、能量、速度和其它信息。超声数据可以是 B 型多普勒速度信息或多普勒能量信息的任何之一。

[0061] 系统 100 可包含可选的扫描转换器（未示出），该扫描转换器从声网转换到笛卡尔坐标网，诸如与显示器 24 相关联的笛卡尔坐标网。在一些数据位于笛卡尔坐标系中的实施例中，扫描转换器将一些数据从声网转换到笛卡尔坐标网。例如，扫描转换器将多个二维图像或平面从声网扫描转换到笛卡尔坐标网。可替换地，扫描转换器、CPU、GPU 或其它处理器将一些或全部声网数据转换到 3D 笛卡尔网。

[0062] 存储器 110 可包括视频随机存取存储器、随机存取存储器或者用于存储数据或视频信息的其它存储设备。存储器 110 可以是计算机可读的存储介质或者存储器，诸如高速缓冲存储器、缓存、RAM、可移动介质、硬盘驱动器或其它计算机可读的存储介质。计算机可读的存储介质包括各种类型的易失和非易失存储介质。在这里在图中所示出的或者所描述的功能、行为或任务被作为对存储在计算机可读存储介质之中或之上的一个或多个指令集的响应来执行。所述功能、行为或任务与特定类型的指令集、存储介质、处理器或处理策略无关，并且可以被软件、硬件、集成电路、固件、微代码等等单独地或相组合地执行。同样，处理策略可包括多处理、多任务、并行处理等等。在一个实施例中，指令被存储在可移动介质设备上以便由本地或远程系统读取。在其它实施例中，指令被存储在远程位置处以便通过计算机网络或者在电话线路上传输。在又一实施例中，指令被存储在给定计算机、CPU、GPU 或系统中。

[0063] 在一个实施例中，存储器 110 包括处理器 108 的视频随机存取存储器。在替换实施例中，存储器 110 与处理器 108 分离，诸如处理器的高速缓冲存储器、系统存储器或其它存储器。存储器 110 用来存储位于声网、笛卡尔网、笛卡尔坐标网和声网两者中的超声数据或者表示 3D 网中的容积的超声数据。

[0064] 在一个实施例中，处理器 108 可以是包括图形加速器芯片、处理器、专用集成电路、电路或者加速卡的 GPU。在第二实施例中，处理器 108 是个人计算机图形加速卡或部件，诸如由 nVidia（例如 Quadro4900XGL 等）、ATI（例如 Radeon9700 等）或者 Matrox（例如 Parhelia 等）所制造的个人计算机图形加速卡或部件。处理器 108 提供硬件设备以加速容积再现过程，诸如使用应用编程接口来进行三维纹理映射。示例 API 包括 OpenGL 和 DirectX，但是其它 API 可与处理器 108 无关地使用或者与处理器 108 一起使用。

[0065] 处理器 108 和 / 或存储器 110 可被包括在系统 100 中作为单个超声系统部件（诸如同一壳体中的诊疗床（cart）上的超声系统）的一部分。在替换实施例中，提供的处理器 108 和存储器 110 与超声数据采集系统分离，诸如被提供在工作站或个人计算机中。超声数据可被无线地、通过计算机网络、或通过可转移的存储介质而传输给处理器 108。

[0066] 显示器 24 是 CRT、LCD、平板、等离子屏幕、视频投影仪或者用于显示三维容积或表示的二维图像的其它设备。显示器 24 可被配置为显示超声图像的输出。

[0067] 尽管已经在上面参考各个实施例描述了本发明，但是应该理解，可以做出许多改变和修改而不脱离本发明的范围。因此，前面的详细描述意旨被视为是说明性的而不是限制性的，并且应该理解下面的权利要求书、包括所有等同物意旨对本发明的精神和范围进行限定。

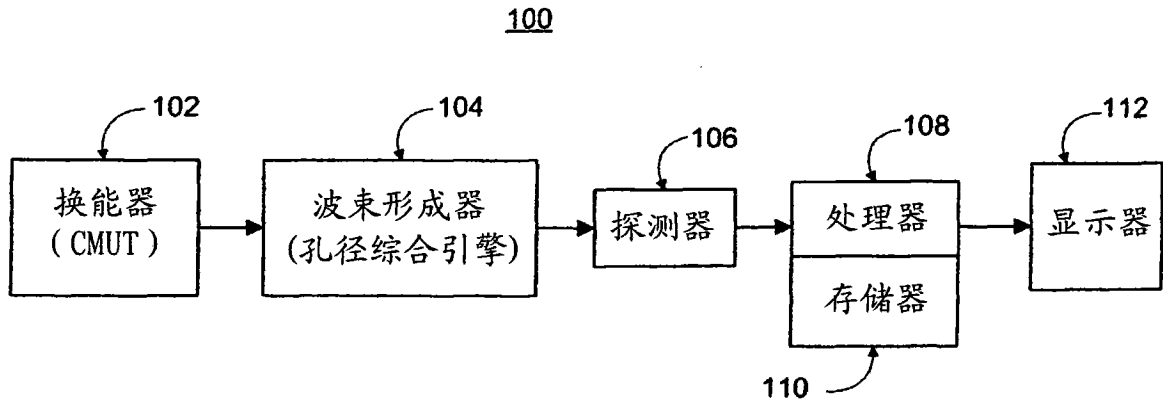


图 1

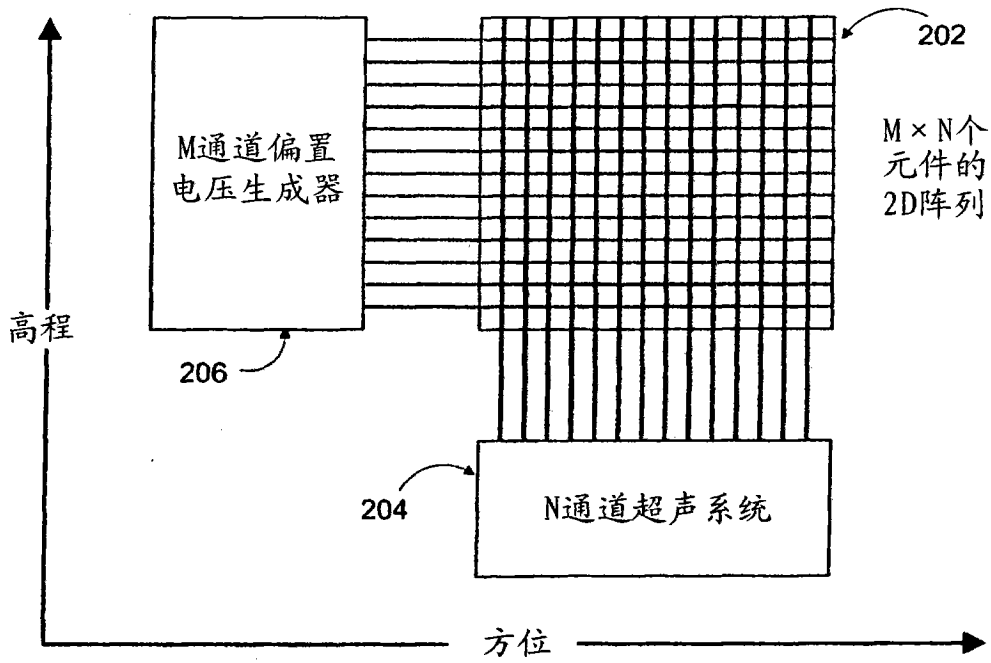


图 2

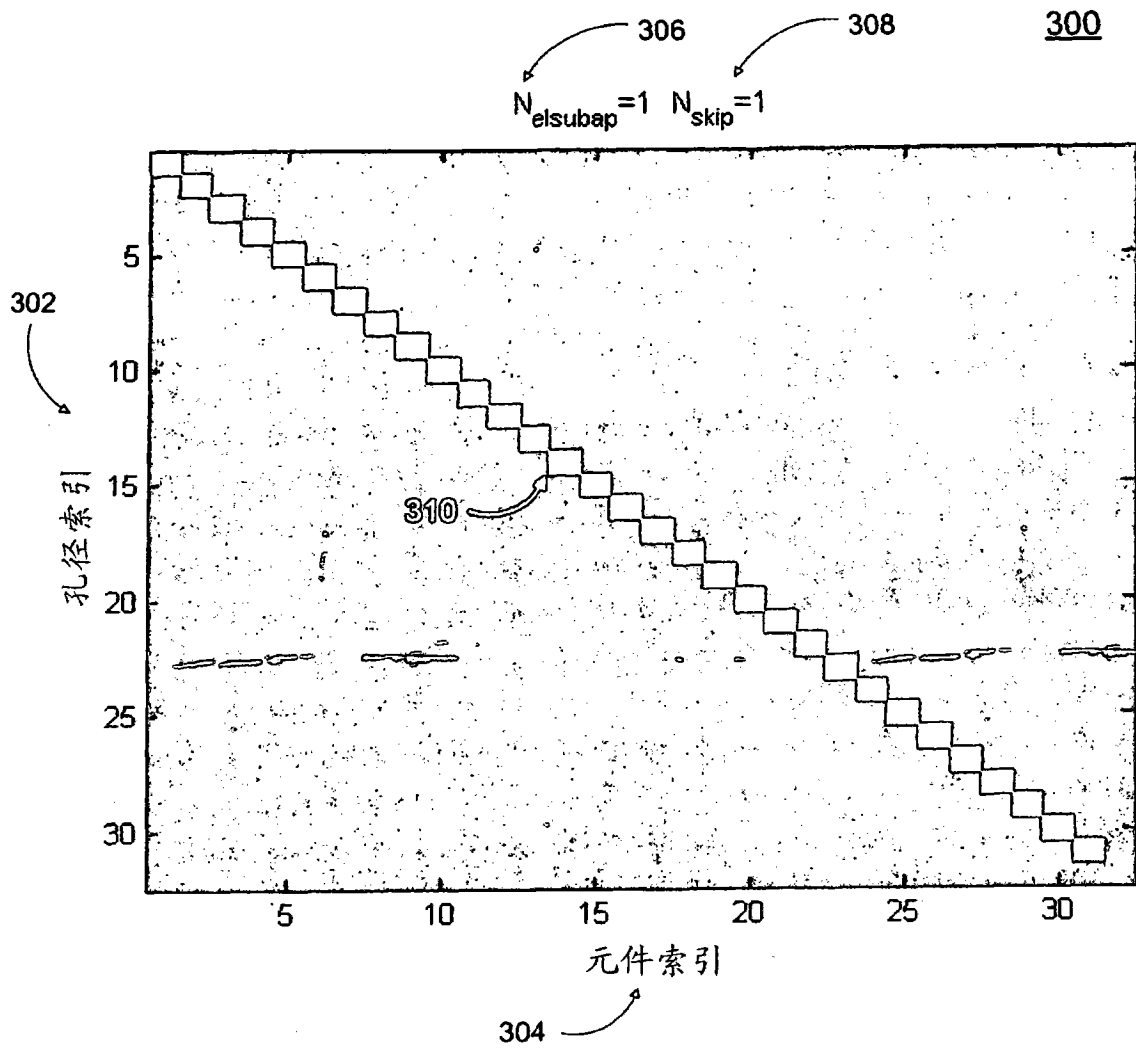


图 3

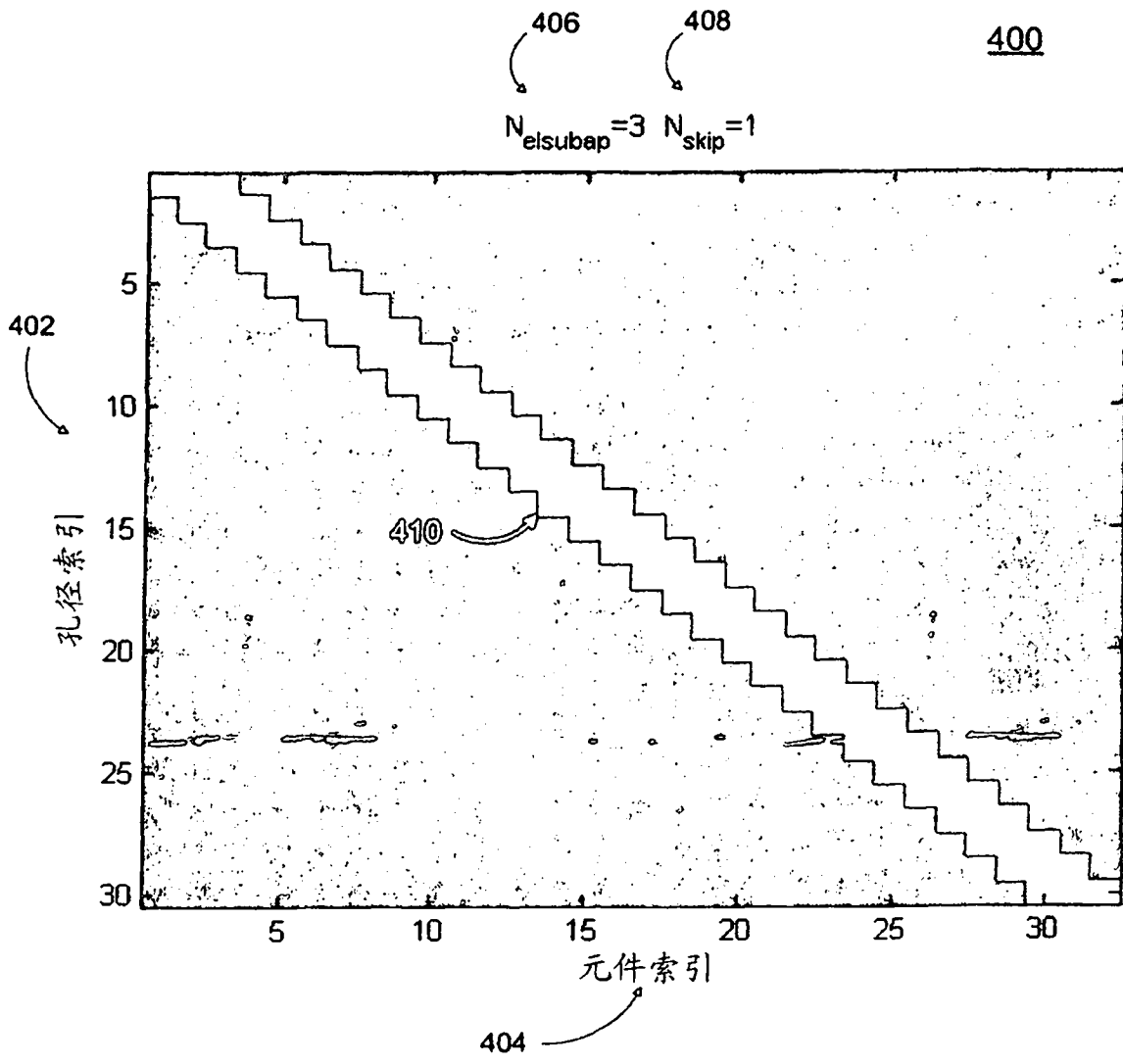


图 4

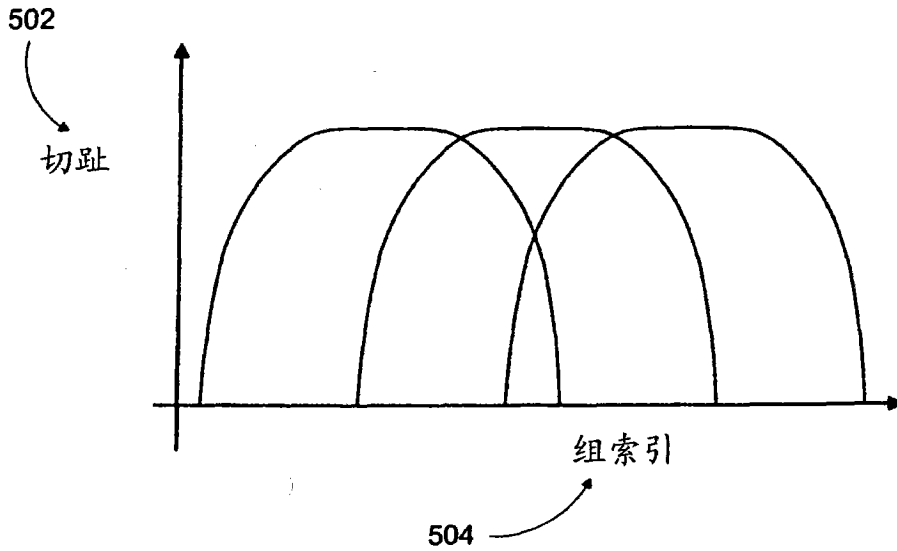


图 5

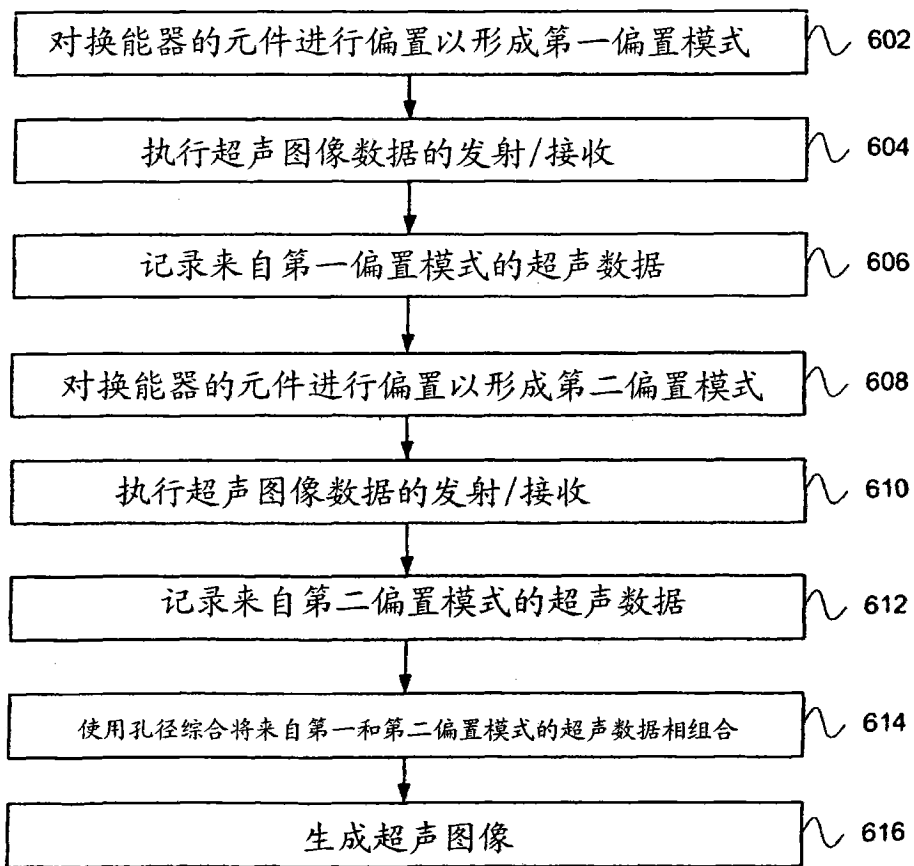


图 6

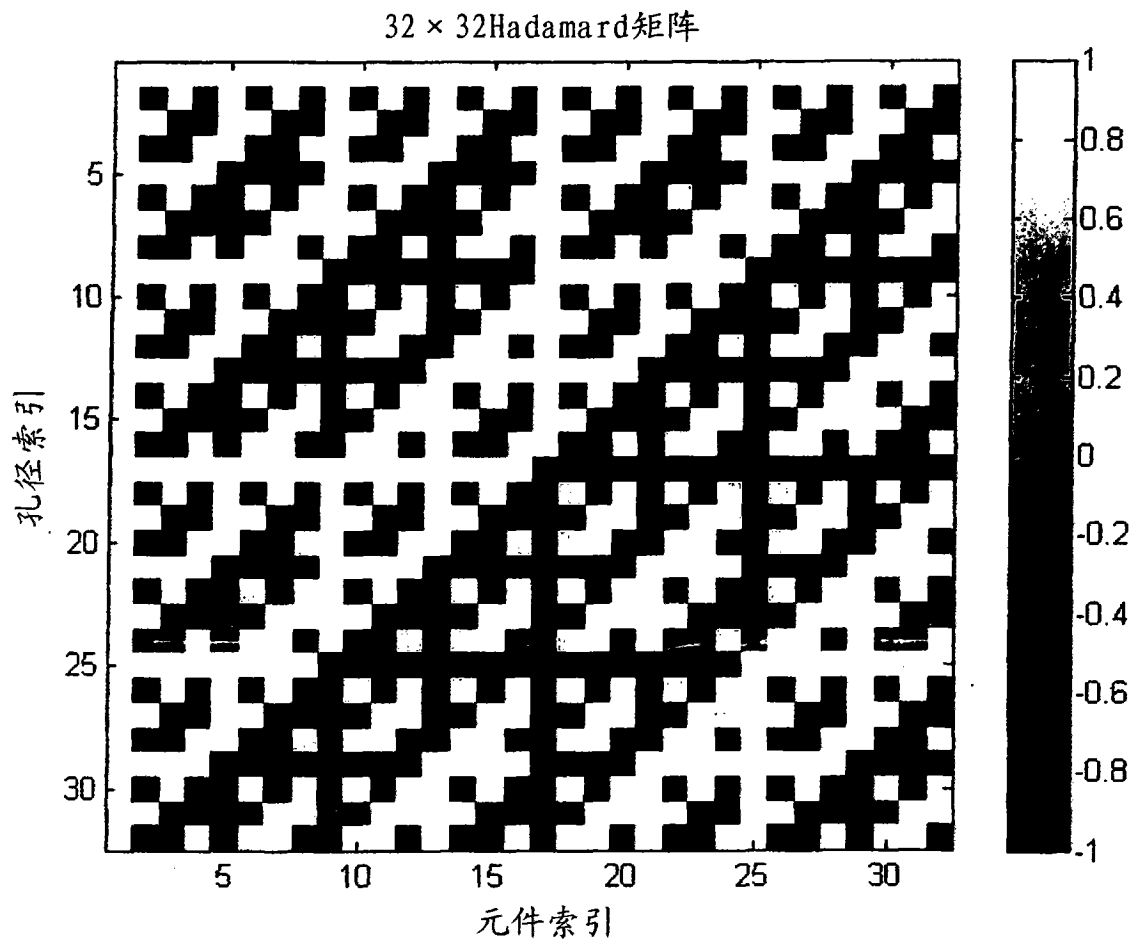


图 7

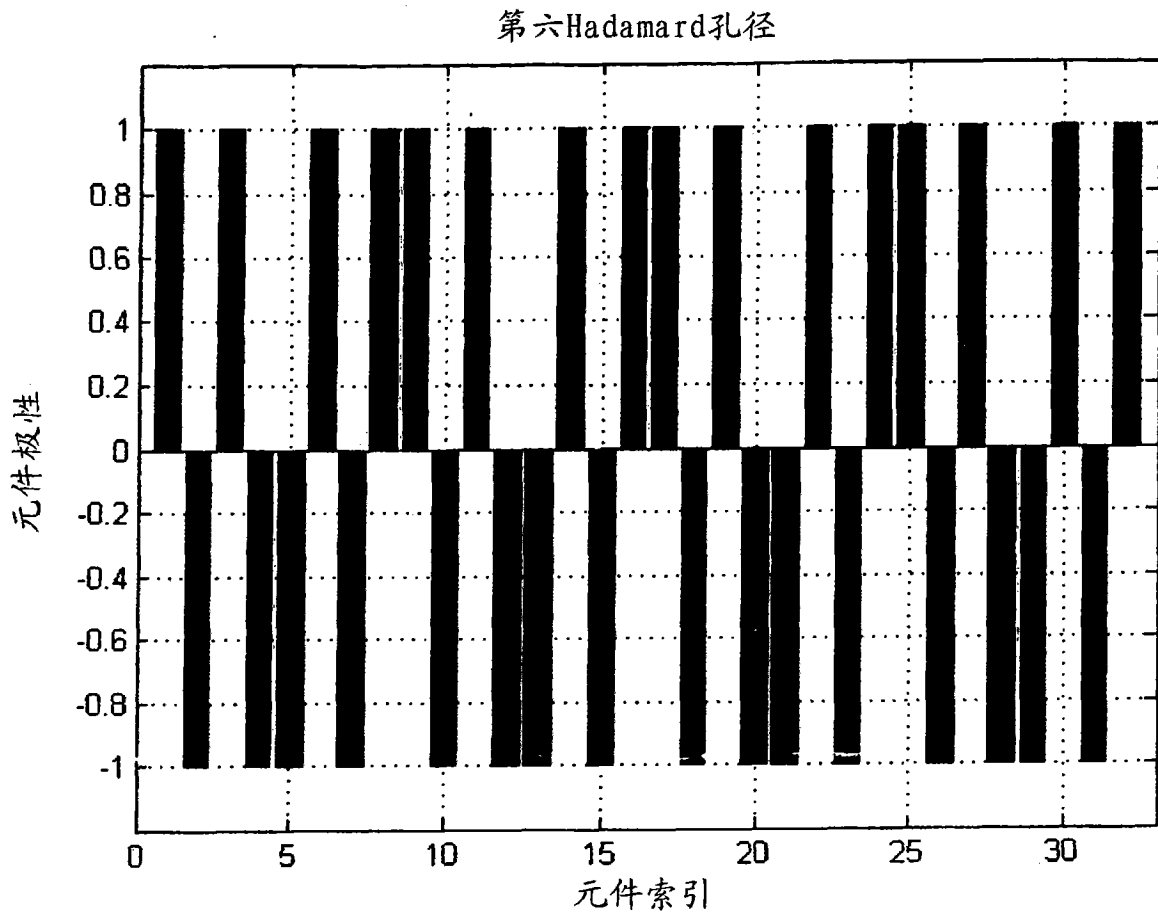


图 8

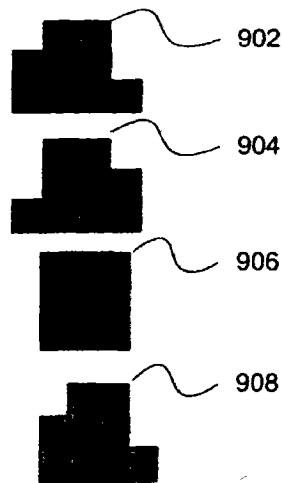


图 9

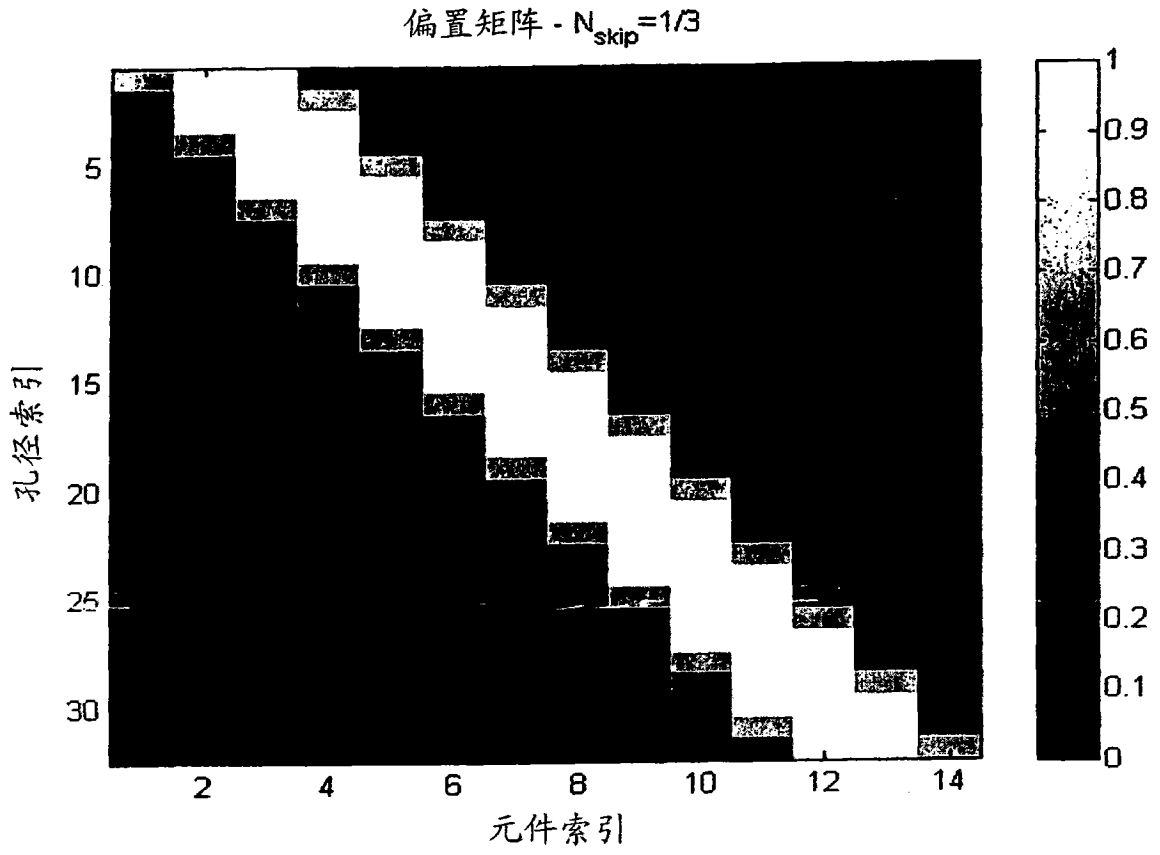


图 10

专利名称(译)	使用CMUT的孔径综合		
公开(公告)号	CN101809458B	公开(公告)日	2013-10-23
申请号	CN200880108587.0	申请日	2008-09-08
[标]申请(专利权)人(译)	美国西门子医疗解决公司		
申请(专利权)人(译)	美国西门子医疗解决公司		
当前申请(专利权)人(译)	美国西门子医疗解决公司		
[标]发明人	CE布拉利 CM达夫特 PA瓦纳 S潘达		
发明人	C·E·布拉利 C·M·达夫特 P·A·瓦纳 S·潘达		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	G01S15/8927 G01S15/8925 G01S15/8995 G01S15/8997 G01S15/8959 G01S13/90 G01S15/89		
代理人(译)	刘春元 李家麟		
审查员(译)	肖丁		
优先权	11/904454 2007-09-26 US		
其他公开文献	CN101809458A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

超声成像系统(100)可利用偏置线路元件选择和各种孔径综合(614)技术使用电容性薄膜或电致伸缩超声换能器(102)来实现各向同性的容积成像。可通过使用波束形成器来沿着一个维度聚焦、然后沿着另一个方向执行第二轮的“离线”或“回顾式”波束形成来执行二维波束形成。

