



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108027436 A

(43)申请公布日 2018.05.11

(21)申请号 201680052021.5

(22)申请日 2016.02.25

(30)优先权数据

62/215,548 2015.09.08 US

62/237,414 2015.10.05 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2018.03.08

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/CA2016/050193 2016.02.25

(87)PCT国际申请的公布数据

W02017/041166 EN 2017.03.16

(71)申请人 达尔豪斯大学

地址 加拿大新斯科舍省

(72)发明人 杰雷米·布朗 凯瑟琳·莱萨姆

(74)专利代理机构 北京英赛嘉华知识产权代理有限公司 11204

代理人 王达佐 王艳春

(51)Int.Cl.

G01S 15/89(2006.01)

A61B 8/00(2006.01)

G01S 7/523(2006.01)

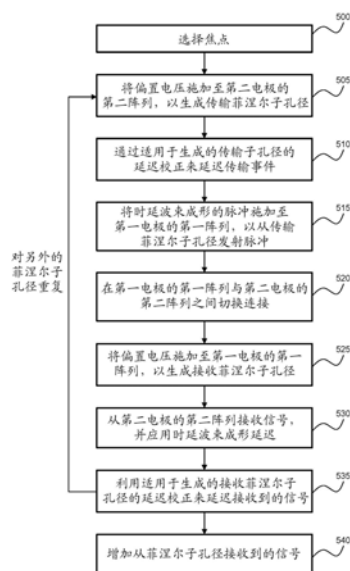
权利要求书4页 说明书13页 附图12页

(54)发明名称

结合相位阵列与使用延迟校正的菲涅尔子孔径的菲涅尔波带片波束成形的系统和方法

(57)摘要

公开了用于利用交叉电极超声换能器阵列来执行成像的系统和方法,其中,超声换能器阵列配置为用于经由传统的时间延迟相位阵列波束成形来在一个方向上聚焦,并用于经由施加偏置电压而形成的菲涅尔孔径在第二方向上聚焦。在传输操作与接收操作之间切换超声换能器阵列连接,以使得菲涅尔孔径在传输时在第一方向上生成,并在接收时在第二方向上生成。传输菲涅尔孔径与接收菲涅尔孔径的一个或两个被配置为延迟校正的菲涅尔子孔径的集合,其中,与每一个菲涅尔子孔径有关的延迟被选择为补偿菲涅尔子孔径与聚焦点之间的路径长度上的偏差。多个菲涅尔子孔径与时间延迟校正的使用克服了与转向引发的带宽劣化有关的问题。



1. 超声成像系统,包括:

超声换能器,包括:

超声元件的阵列,其中,每一超声元件均能在被施加偏置电压时进行声学换能,以使得在所述偏置电压存在的情况下,所述超声换能器在被施加电压脉冲时发射超声能量;

第一电极的第一阵列,设置在所述超声元件的阵列的第一侧,每一个第一电极在第一方向上延伸;

第二电极的第二阵列,设置在所述超声元件的阵列的第二侧,每一个第二电极在第二方向上延伸,其中,所述第一方向和所述第二方向配置为使得所述第一电极的第一阵列和所述第二电极的第二阵列布置成交叉电极配置;以及

控制和处理硬件,操作性地联接到所述超声换能器,所述控制和处理硬件包括处理电子器件,所述处理电子器件配置为执行传输操作,所述传输操作包括:

向所述第一电极的第一阵列提供传输电压脉冲,并向所述第二电极的第二阵列提供第一偏置电压,以使得将超声脉冲沿聚焦的瞄准线传输至聚焦点;

其中,向所述第一电极的第一阵列提供所述电压脉冲,以使得时间延迟传输波束成形孔径被用于将所述超声脉冲聚焦至第一平面中的聚焦点,所述第一平面包括所述第一方向并垂直于所述超声换能器的发射表面;以及

其中,向所述第二电极的第二阵列提供所述第一偏置电压,以使得传输菲涅尔孔径被形成为用于将所述超声脉冲聚焦至第二平面中的聚焦点,所述第二平面包括所述第二方向并垂直于所述超声换能器的发射表面;以及

其中,所述处理电子器件配置为执行接收操作,所述接收操作包括:

向所述第一电极的第一阵列施加第二偏置电压,并利用所述第二电极的第二阵列接收信号;

其中,向所述第一电极的第一阵列提供所述第二偏置电压,以使得接收菲涅尔孔径被形成为用于使从所述第一平面中的聚焦点接收到的超声能量聚焦;

其中,将从所述第二电极的第二阵列获得的信号动态地波束成形,以使得时间延迟接收波束成形孔径被用于使所述第二平面中接收到的超声能量聚焦;

其中,所述处理电子器件还配置为使得所述传输菲涅尔孔径和所述接收菲涅尔孔径中的一个或两个被顺序地生成为菲涅尔子孔径的集合,其中,来自与所述菲涅尔子孔径的集合相关的多个传输/接收事件的信号被相加在一起;以及

其中,所述处理电子器件还配置为使得:

在所述传输菲涅尔孔径被生成为传输菲涅尔子孔径的集合时,通过选择为补偿所述传输菲涅尔子孔径与所述聚焦点之间的路径长度的偏差的相应传输时间延迟,来延迟与相应的传输菲涅尔子孔径对应的每一传输事件;以及

在所述接收菲涅尔孔径被生成为接收菲涅尔子孔径的集合时,在将来自所述接收菲涅尔子孔径的相应信号相加到一起之前,通过选择为补偿所述接收菲涅尔子孔径与所述聚焦点之间的路径长度的偏差的时间延迟,来延迟与相应的接收菲涅尔子孔径对应的每一信号;

其中,所述处理电子器件配置为沿着多个聚焦的瞄准线执行传输操作和接收操作,以生成用于产生超声图像的超声图像数据。

2. 根据权利要求1所述的超声成像系统,其中,通过所述第一电极的第一阵列并通过所述第二电极的第二阵列将所述超声元件的阵列限定在电致伸缩层内部。

3. 根据权利要求1所述的超声成像系统,其中,所述超声元件的阵列包括电容式微型机械超声换能器(CMUT)阵列元件。

4. 根据权利要求1所述的超声成像系统,其中,所述超声元件的阵列包括切口电致伸缩阵列元件。

5. 根据权利要求1至4中任一项所述的超声成像系统,其中,所述第一方向垂直于所述第二方向。

6. 根据权利要求1至4中任一项所述的超声成像系统,其中,所述第一方向位于方位角平面内,并且其中,所述第二方向位于高程平面内。

7. 根据权利要求1至6中任一项所述的超声成像系统,其中,所述处理电子器件还配置为使得所述传输菲涅尔孔径和所述接收菲涅尔孔径分别被生成为传输菲涅尔子孔径的集合和接收菲涅尔子孔径的集合。

8. 根据权利要求7所述的超声成像系统,其中,所述处理电子器件还配置为使得所述接收菲涅尔子孔径的集合被顺序地生成为用于每一传输菲涅尔子孔径,以使得对于给定的聚焦的瞄准线,传输/接收事件的总数等于传输菲涅尔子孔径的数量与接收菲涅尔子孔径的数量的乘积。

9. 根据权利要求7所述的超声成像系统,其中,所述处理电子器件还配置为使得一个或多个传输菲涅尔子孔径均具有与之相关的单个唯一的接收菲涅尔子孔径,从而使得单个传输/接收事件被生成为用于一个或多个传输菲涅尔子孔径中的每一个。

10. 根据权利要求7至9中任一项所述的超声成像系统,其中,所述处理电子器件配置为使得传输菲涅尔子孔径的数量等于接收菲涅尔子孔径的数量。

11. 根据权利要求7所述的超声成像系统,其中,所述处理电子器件配置为使得传输菲涅尔子孔径的数量等于接收菲涅尔子孔径的数量;以及

其中,所述处理电子器件还配置为使得单个唯一的接收菲涅尔子孔径被生成为用于每一个传输菲涅尔子孔径。

12. 根据权利要求1至7中任一项所述的超声成像系统,其中,所述处理电子器件还配置为使得菲涅尔子孔径的数量取决于转向角,以使得菲涅尔子孔径的数量随转向角的增加而增加。

13. 根据权利要求12所述的超声成像系统,其中,菲涅尔子孔径的数量以适于产生分辨率一致的图像的速率随转向角而增加。

14. 内窥镜,包括根据权利要求1至13中任一项所述的超声成像系统。

15. 使用超声换能器执行超声成像的方法:

所述超声换能器包括:

超声元件的阵列,其中,每一超声元件均能在被施加偏置电压时进行声学换能,以使得在所述偏置电压存在的情况下,所述超声换能器在被施加电压脉冲时发射超声能量;

第一电极的第一阵列,设置在所述超声元件的阵列的第一侧,每一个第一电极在第一方向上延伸;

第二电极的第二阵列,设置在所述超声元件的阵列的第二侧,每一个第二电极在第二

方向上延伸,其中,所述第一方向和所述第二方向配置为使得所述第一电极的第一阵列和所述第二电极的第二阵列布置成交叉电极配置;

所述方法包括:

通过下述步骤执行传输操作:

向所述第一电极的第一阵列提供传输电压脉冲,并向所述第二电极的第二阵列提供第一偏置电压,以使得将超声脉冲沿聚焦的瞄准线传输至聚焦点;

其中,向所述第一电极的第一阵列提供所述电压脉冲,以使得时间延迟传输波束成形孔径被用于将所述超声脉冲聚焦至第一平面中的聚焦点,所述第一平面包括所述第一方向并垂直于所述超声换能器的发射表面;以及

其中,向所述第二电极的第二阵列提供所述第一偏置电压,以使得传输菲涅尔孔径被形成为用于将所述超声脉冲聚焦至第二平面中的聚焦点,所述第二平面包括所述第二方向并垂直于所述超声换能器的发射表面;以及

通过下述步骤执行接收操作:

向所述第一电极的第一阵列施加第二偏置电压,并利用所述第二电极的第二阵列接收信号;

其中,向所述第一电极的第一阵列提供所述第二偏置电压,以使得接收菲涅尔孔径被形成为用于使从所述第一平面中的聚焦点接收到的超声能量聚焦;

其中,将从所述第二电极的第二阵列获得的信号动态地波束成形,以使得时间延迟接收波束成形孔径被用于使所述第二平面中接收到的超声能量聚焦;

其中,所述传输菲涅尔孔径和所述接收菲涅尔孔径中的一个或两个被顺序地生成为菲涅尔子孔径的集合,其中,来自与所述菲涅尔子孔径的集合相关的多个传输/接收事件的信号被相加在一起;以及

其中,所述传输菲涅尔孔径和所述接收菲涅尔孔径中的一个或两个还配置为使得:

在所述传输菲涅尔孔径被生成为传输菲涅尔子孔径的集合时,通过选择为补偿所述传输菲涅尔子孔径与所述聚焦点之间的路径长度的偏差的相应传输时间延迟,来延迟与相应的传输菲涅尔子孔径对应的每一传输事件;以及

在所述接收菲涅尔孔径被生成为接收菲涅尔子孔径的集合时,在将来自所述接收菲涅尔子孔径的相应信号相加之前,通过选择为补偿所述接收菲涅尔子孔径与所述聚焦点之间的路径长度的偏差的时间延迟,来延迟与相应的接收菲涅尔子孔径对应的每一信号的集合;

其中,传输操作和接收操作沿着多个聚焦的瞄准线来执行,从而提供用于生成超声图像的超声图像数据。

16. 根据权利要求15所述的方法,其中,通过所述第一电极的第一阵列并通过所述第二电极的第二阵列将所述超声元件的阵列限定在电致伸缩层内部。

17. 根据权利要求15所述的方法,其中,所述超声元件的阵列包括电容式微型机械超声换能器(CMUT)阵列元件。

18. 根据权利要求15所述的方法,其中,所述超声元件的阵列包括切口电致伸缩阵列元件。

19. 根据权利要求15至18中任一项所述的方法,其中,所述第一方向垂直于所述第二方

向。

20. 根据权利要求15至18中任一项所述的方法, 其中, 所述第一方向位于方位角平面内, 并且其中, 所述第二方向位于高程平面内。

21. 根据权利要求15至20中任一项所述的方法, 其中, 所述传输菲涅尔孔径和所述接收菲涅尔孔径分别被生成为传输菲涅尔子孔径的集合和接收菲涅尔子孔径的集合。

22. 根据权利要求21所述的方法, 其中, 所述接收子孔径的集合被顺序地生成为用于每一传输菲涅尔子孔径, 以使得对于给定的聚焦的瞄准线, 传输/接收事件的总数等于传输菲涅尔子孔径数量与接收菲涅尔子孔径数量的乘积。

23. 根据权利要求21所述的方法, 其中, 一个或多个传输菲涅尔子孔径均具有与之相关的单个唯一的接收菲涅尔子孔径, 从而使得单个传输/接收事件被生成为用于一个或多个传输菲涅尔子孔径中的每一个。

24. 根据权利要求21至23中任一项所述的方法, 其中, 传输菲涅尔子孔径的数量等于接收菲涅尔子孔径的数量。

25. 根据权利要求21所述的方法, 其中, 传输子孔径的数量等于接收子孔径的数量; 以及

其中, 单个唯一的接收菲涅尔子孔径被生成为用于每一个传输菲涅尔子孔径。

26. 根据权利要求15至25中任一项所述的方法, 其中, 菲涅尔子孔径的数量取决于转向角, 以使得菲涅尔子孔径的数量随转向角的增加而增加。

27. 根据权利要求26所述的方法, 其中, 菲涅尔子孔径的数量以适于产生分辨率一致的图像的速率随转向角而增加。

结合相位阵列与使用延迟校正的菲涅尔子孔径的菲涅尔波带片波束成形的系统和方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2015年9月8日提交的名称为“SYSTEMS AND METHODS OF COMBINED PHASED-ARRAY AND FRESNEL ZONE PLATE BEAMFORMING EMPLOYING DELAY-CORRECTED FRESNEL SUB-APERTURES (结合相位阵列与使用延迟校正的菲涅尔子孔径的菲涅尔波带片波束成形的系统和方法)”的第62/215,548号美国临时申请的优先权,其全部内容通过引用并入本文,并要求于2015年10月5日提交的题为“SYSTEMS AND METHODS OF COMBINED PHASED-ARRAY AND FRESNEL ZONE PLATE BEAMFORMING EMPLOYING DELAY-CORRECTED FRESNEL SUB-APERTURES (结合相位阵列与使用延迟校正的菲涅尔子孔径的菲涅尔波带片波束成形的系统和方法)”的第62/237,414号美国临时申请的优先权,其全部内容通过引用并入本文。

技术领域

[0003] 本公开涉及超声波束成形和超声成像。在一些方面中,本公开涉及容积超声成像。

背景技术

[0004] 基于菲涅尔(Fresnel)的波束聚焦已被研究用作三维(3D)成像阵列的可转向透镜。与光一样,声波可利用菲涅尔透镜或波带片方法来聚焦。菲涅尔波带片能够产生紧密的焦点,特别是在使用大孔径时。传统的菲涅尔波带片由交替的透射和非透射区域的环或条组成。波在非透射波带附近衍射,并且由于特定间距,在焦点附近相长干涉。在相位波带片中,两种波带均传输波,然而对于其它每个波带都存在相位反转。这种类型的片具有效率优势,并显示出了成为被动式超声聚焦的好方法的潜力。

发明内容

[0005] 公开了用于利用交叉电极超声换能器阵列来执行成像的系统和方法,其中,超声换能器阵列配置为用于经由传统的时间延迟相位阵列波束成形来在一个方向上聚焦,并用于经由施加偏置电压而形成的菲涅尔孔径在第二方向上聚焦。在传输与接收操作之间切换超声换能器阵列连接,以使得菲涅尔孔径在传输时在第一方向上生成,并在接收时在第二方向上生成。传输菲涅尔孔径与接收菲涅尔孔径的一个或两个被配置为延迟校正的菲涅尔子孔径的集合,其中,与每一个菲涅尔子孔径有关的延迟被选择为补偿菲涅尔子孔径与聚焦点之间的路径长度上的偏差。多个菲涅尔子孔径与时间延迟校正的使用克服了与转向引发的带宽劣化有关的问题。

[0006] 相应地,在第一方面中,提供了超声成像系统,包括:

[0007] 超声换能器,包括:

[0008] 超声元件的阵列,其中,每一超声元件均能在被施加偏置电压时进行声学换能,以使得在偏置电压存在的情况下,超声换能器在被施加电压脉冲时发射超声能量;

[0009] 第一电极的第一阵列,设置在超声元件的阵列的第一侧,每一个第一电极在第一方向上延伸;

[0010] 第二电极的第二阵列,设置在超声元件的阵列的第二侧,每一个第二电极在第二方向上延伸,其中,第一方向和第二方向配置为使得第一电极的第一阵列和第二电极的第二阵列布置成交叉电极配置;以及

[0011] 控制和处理硬件,操作性地联接到超声换能器,控制和处理硬件包括处理电子器件,处理电子器件配置为执行传输操作,传输操作包括:

[0012] 向第一电极的第一阵列提供传输电压脉冲,并向第二电极的第二阵列提供第一偏置电压,以使得将超声脉冲沿聚焦的瞄准线传输至聚焦点;

[0013] 其中,将电压脉冲提供至第一电极的第一阵列,以使得时间延迟传输波束成形孔径被用于将超声脉冲聚焦至第一平面中的聚焦点,第一平面包括第一方向并垂直于超声换能器的发射表面;以及

[0014] 其中,向第二电极的第二阵列提供第一偏置电压,以使得传输菲涅尔孔径被形成为用于将超声脉冲聚焦至第二平面中的聚焦点,第二平面包括第二方向并垂直于超声换能器的发射表面;以及

[0015] 其中,处理电子器件配置为执行接收操作,接收操作包括:

[0016] 向第一电极的第一阵列施加第二偏置电压,并利用第二电极的第二阵列接收信号;

[0017] 其中,向第一电极的第一阵列提供第二偏置电压,以使得接收菲涅尔孔径被形成为用于使从第一平面中的聚焦点接收到的超声能量聚焦;

[0018] 其中,将从第二电极的第二阵列获得的信号动态地波束成形,以使得时间延迟接收波束成形孔径被用于使第二平面中接收到的超声能量聚焦;

[0019] 其中,处理电子器件还配置为使得传输菲涅尔孔径和接收菲涅尔孔径中的一个或两个被顺序地生成为菲涅尔子孔径的集合,其中,来自与菲涅尔子孔径的集合相关的多个传输/接收事件的信号被相加在一起;以及

[0020] 其中,处理电子器件还配置为使得:

[0021] 在传输菲涅尔孔径被生成为传输菲涅尔子孔径的集合时,通过选择为补偿传输菲涅尔子孔径与聚焦点之间的路径长度的偏差的相应传输时间延迟,来延迟与相应的传输菲涅尔子孔径对应的每一传输事件;以及

[0022] 在接收菲涅尔孔径被生成为接收菲涅尔子孔径的集合时,在将来自接收菲涅尔子孔径的相应信号相加到一起之前,通过选择为补偿接收菲涅尔子孔径与聚焦点之间的路径长度的偏差的时间延迟,来延迟与相应的接收菲涅尔子孔径对应的每一信号;

[0023] 其中,处理电子器件配置为沿着多个聚焦的瞄准线执行传输操作和接收操作,以生成用于产生超声图像的超声图像数据。

[0024] 在另一方面,提供了使用超声换能器执行超声成像的方法:

[0025] 超声换能器包括:

[0026] 超声元件的阵列,其中,每一超声元件均能在被施加偏置电压时进行声学换能,以使得在偏置电压存在的情况下,超声换能器在被施加电压脉冲时发射超声能量;

[0027] 第一电极的第一阵列,设置在超声元件的阵列的第一侧,每一个第一电极在第一

方向上延伸;

[0028] 第二电极的第二阵列,设置在超声元件的阵列的第二侧,每一个第二电极在第二方向上延伸,其中,第一方向和第二方向配置为使得第一电极的第一阵列和第二电极的第二阵列布置成交叉电极配置;

[0029] 该方法包括:

[0030] 通过下述步骤执行传输操作:

[0031] 向第一电极的第一阵列提供传输电压脉冲,并向第二电极的第二阵列提供第一偏置电压,以使得将超声脉冲沿聚焦的瞄准线传输至聚焦点;

[0032] 其中,向第一电极的第一阵列提供电压脉冲,以使得时间延迟传输波束成形孔径被用于将超声脉冲聚焦至第一平面中的聚焦点,该第一平面包括第一方向并垂直于超声换能器的发射表面;以及

[0033] 其中,向第二电极的第二阵列提供第一偏置电压,以使得传输菲涅尔孔径被形成用于将超声脉冲聚焦至第二平面中的聚焦点,该第二平面包括第二方向并垂直于超声换能器的发射表面;以及

[0034] 通过以下步骤执行接收操作:

[0035] 向第一电极的第一阵列施加第二偏置电压,并利用第二电极的第二阵列接收信号;

[0036] 其中,向第一电极的第一阵列提供第二偏置电压,以使得接收菲涅尔孔径被形成用于使从第一平面中的聚焦点接收到的超声能量聚焦;

[0037] 其中,将从第二电极的第二阵列获得的信号动态地波束成形,以使得时间延迟接收波束成形孔径被用于使第二平面中接收到的超声能量聚焦;

[0038] 其中,传输菲涅尔孔径和接收菲涅尔孔径中的一个或两个被顺序地生成为菲涅尔子孔径的集合,其中,来自与菲涅尔子孔径的集合相关的多个传输/接收事件的信号被相加在一起;以及

[0039] 其中,传输菲涅尔孔径和接收菲涅尔孔径中的一个或两个还配置为使得:

[0040] 在传输菲涅尔孔径被生成为传输菲涅尔子孔径的集合时,通过选择为补偿传输菲涅尔子孔径与聚焦点之间的路径长度的偏差的相应传输时间延迟,来延迟与相应的传输菲涅尔子孔径对应的每一传输事件;以及

[0041] 在接收菲涅尔孔径被生成为接收菲涅尔子孔径的集合时,在将来自接收菲涅尔子孔径的相应信号相加之前,通过选择为补偿接收菲涅尔子孔径与聚焦点之间的路径长度的偏差的时间延迟,来延迟与相应的接收菲涅尔子孔径对应的每一信号的集合;

[0042] 其中,传输操作和接收操作沿着多个聚焦的瞄准线来执行,从而提供用于生成超声图像的超声图像数据。

[0043] 通过参考以下详细描述和附图可以实现对本公开的功能和有利方面的进一步理解。

附图说明

[0044] 现将参照附图,仅通过示例的方式来对实施方式进行描述,附图中:

[0045] 图1A和图1B示出了高程-方位角平面中的双向辐射模式(radiation pattern)和

用于阵列的波束轮廓 (beam profile), 该阵列在高程中使用可转向菲涅尔孔径并在方位角中使用相位阵列波束成形在两个平面的A) 轴上以及B) 20度处聚焦。

[0046] 图2示出了用于传输与接收模式的交叉的阵列切换方案。

[0047] 图3A和图3B示出了高程-方位角平面中的双向辐射模式和用于阵列的波束轮廓, 阵列使用了可转向菲涅尔孔径在两个平面中的A) 轴上以及B) 20度处聚焦, 其中, 在传输期间, 菲涅尔孔径被用于在方位角方向上聚焦, 并且传统的相位阵列波束成形被用在高程方向上, 然而在接收期间, 菲涅尔孔径被用于在高程方向上聚焦, 并且传统的相位阵列波束成形被用在方位角方向上。

[0048] 图4A示出了涉及交叉电极换能器的示例成像系统。

[0049] 图4B为示出了在用于给定的瞄准线的传输与接收中使用多个菲涅尔子孔径的示例方法的流程图。

[0050] 图5A和图5B示出了 (A) 从子孔径至聚焦点的路径长度与由菲涅尔子孔径所产生的有效路径长度之间的比较, 以及 (B) 从子孔径至聚焦点的路径长度与由菲涅尔子孔径利用附加校正延迟所产生的有效路径长度之间的比较。示例涉及被分成4个子孔径的菲涅尔模式。

[0051] 图6A示出了在 8×8 交叉电极阵列中将菲涅尔子孔径用于传输与接收二者中的示例实施方式, 并且其中单个唯一的接收菲涅尔子孔径被生成为用于每一个传输菲涅尔子孔径, 以及其中4个子孔径被用于传输并且4个子孔径被用于接收。

[0052] 图6B示出了 8×8 交叉电极阵列中将菲涅尔子孔径用于传输与接收二者中的示例实施方式, 其中, 4个子孔径用于传输并且4个子孔径用于接收。该图示出了对应于与第一传输菲涅尔子孔径相关的传输/接收事件的传输与接收菲涅尔子孔径的结合。然后针对另外的传输菲涅尔子孔径执行类似的传输/接收事件, 以使得对于每一个传输菲涅尔子孔径, 针对接收菲涅尔子孔径中的每一个执行传输/接收事件的集合。

[0053] 图7示出了位于利用切换菲涅尔聚焦的交叉电极阵列焦点处的脉冲的仿真结果 (顶部), 以及在 (底部) 分别地使用4、6或8个子孔径时、位于该阵列焦点处的脉冲的仿真结果 (底部), 其中, 该阵列在方位角中转向20度并且在高程中转向20度。

[0054] 图8A和8B示出了 (A) 使用SA的活性阵列和脉冲回波以及 (B) 全交叉电极行/列。

[0055] 图9A至图9D比较了子孔径菲涅尔型技术与切换SA技术, 其中, 子孔径菲涅尔型技术如同本文及用于 (A) 0度和 (C) 25度转向角的示例2所描述, 切换SA技术如同用于 (B) 0度和 (D) 25度转向角的示例2所描述。每一轮廓与全取样、传统地波束成形的二维阵列的轮廓 (黑色虚线) 进行比较。

[0056] 图10A和图10B示出了在传输时使用单个菲涅尔孔径 (图10A) 以及然后在传输时使用8个子孔径 (图10B)、位于偏离轴线20度处的点散射体的仿真图像。这些图像示出为具有30dB的动态范围。

具体实施方式

[0057] 将参照下文所讨论的细节来描述本公开的多种实施方式和方面。下文的描述和附图是对本公开的说明, 且不应理解为限制本公开。对多个具体细节进行描述供以深入理解本公开的多种实施方式。然而, 在某些情况下, 为了提供对本公开实施方式的简要讨论, 省

略对众所周知或常规的细节的描述。

[0058] 如本文所使用的措辞“包括(comprises)”和“包括(comprising)”被视为具有包含性和开放性,而非排他性。具体地,措辞“包括(comprises)”和“包括(comprising)”及其变型被使用在说明书和权利要求时,意为包括所说明的特征、步骤或组件。这些措辞不应理解为排除其它特征、步骤或组件的存在。

[0059] 如本文所使用的,措辞“示例性(exemplary)”意为“用作示例、实例或说明”,且不应视为比本文所公开的其它配置更优选或更有利。

[0060] 如本文所使用的,措辞“约(about)”和“近似(approximately)”意味着覆盖可存在于数值范围的上限和下限中的偏差,诸如性能、参数和尺寸上的偏差。除非另作说明,否则措辞“约(about)”和“近似(approximately)”意为上下25%或更小。

[0061] 应理解的是,除非另作说明,否则任何特定的区间或群组是作为单独表示区间或群组中的每一个组成部分和在其中包括的每一个可能的子区间或子群组的简写,这也同样地适用于其中任一个子区间或子群组。除非另作说明,否则本公开涉及并明确地包括子区间或子群组的每一个特定组成部分以及子区间或子群组的组合。

[0062] 如本文所使用的,在与数量或参数结合使用时,措辞“在…的量级”表示跨度近似为所述数量或参数的十分之一或十倍的范围。

[0063] 超声波束成形和成像中的菲涅尔波带片

[0064] 在超声换能器中实施菲涅尔波带片方法需要控制脉冲极性。例如,由于每一阵列元件的响应均由直流(DC)偏压来控制,因此这种方法适合构建在电致伸缩陶瓷上的阵列或电容式微型机械换能器阵列。诸如PMN-PT(铌镁酸铅)陶瓷的电致伸缩陶瓷可被用作阵列基板来代替常规的压电体。这种类型的材料仅在施加偏置电压的情况下具有压电活性,并且响应可利用偏置电压的振幅来调节。在没有电压施加至换能器时,响应可忽略,并在施加直流偏压时,依据偏压是正或负来将所产生的声波的相位量化为+90度或-90度。因此,可单独且并行地处理限定在电致伸缩基板上的阵列元件。这允许通过改变偏压模式来产生可重构的干涉测量的菲涅尔波带片。

[0065] 传统的线性相位阵列使用声学透镜来改善图像的高程切片分辨率(厚度)。如果高程透镜可重新配置为转向适中的角度,则可在没有增加额外的波束成形通道、仅适度增加了电连接数量的情况下捕获三维容积图像。这可通过利用近似于菲涅尔波带片的可重构的电学透镜来代替机械声学透镜来完成。可通过沿着阵列的高程方向施加适当的、确定来自每一元件的脉冲极性的正和负偏压模式来产生菲涅尔波带片。

[0066] 在一个示例实施方式中,交叉电极阵列可形成为具有与顶部电极正交延伸的底部电极的集合。底部电极在高程平面上提供了主动透镜控制,并产生需要大约2N次电连接的阵列。捕获三维图像容积的另一种方法是使用具有 N^2 个元件的二维阵列。这种交叉电极方法优于容积图像中所用的其它二维阵列设计的优势在于波束成形复杂性低且电学连通性最小。

[0067] 在这种交叉电极阵列的配置中,可沿底部电极(高程方向)应用菲涅尔偏压模式,而顶部电极(方位角方向)承载信号并进行传统的波束成形(即,在传输和接收时使用常规的时间延迟波束成形孔径,可选地在接收时使用动态的波束成形)。在这种示例实施方式中,菲涅尔模式直接类似于透镜。然而,仅通过依靠用于在高程平面中聚焦的可重构的菲涅

尔波带片,会产生高的难以接受的副瓣,从而不利于该技术产生有用的诊断图像。

[0068] 图1A和图1B示出了用于交叉电极阵列的示例辐射模式,其中,交叉电极阵列配置为使得在方位角平面中使用传统的相位阵列时间延迟波束成形,并且在高程片中使用可重构的菲涅尔波带片。即使在没有使菲涅尔波带片转向(零度,图1A)的情况下,副瓣也是过高的,这对于该图中的阵列而言限制了图像可以展示的对比度。

[0069] 双向聚焦的菲涅尔/相位阵列方法

[0070] 然而,可通过在传输与接收之间切换阵列上的偏压线和信号线的位置来改进阵列的辐射模式(图2)(即,将菲涅尔孔径从一个方向切换至另一个,同时也将时间延迟波束成形孔径从一个方向切换至另一个方向)。该图中的菲涅尔孔径将会在传输时聚焦在方位角中,同时使用传统的时间延迟波束成形将高程元件波束成形(或反之亦然)。信号在传输与接收事件之间切换。然后在高程中施加用于使菲涅尔波带片聚焦的偏压,并且可在方位角中完成动态的接收波束成形(DRB)。在两个成像平面中产生等同的双向聚焦。

[0071] 该技术仿真的代表性辐射模式和波束轮廓示出在图3A和图3B中。该结果与被完全采样并波束成形的4096元件(64×64)阵列进行比较。在分别被转向0、15和25度时,使用菲涅尔孔径-6dB的波束宽度为102、111和137 μm 。为了进行比较,对于相同的转向角集合,4096元件阵列的仿真波束宽度为89、92和96 μm 。使用菲涅尔方法将旁瓣电平升高大约15dB。由于所接收的能量幅度相当,因而灵敏度基本保持不受影响。在传输与接收之间切换具有信号维度的偏压维度能够最大限度地减小菲涅尔孔径所涉及的近似值的负面影响。使用该方法,方位角中与高程中的波束宽度是相等的。

[0072] 可通过谨慎选择菲涅尔模式来进行另外的改进。如前文所述,对于给定的聚焦点位置,菲涅尔模式并不是唯一的。对于给定的聚焦点,可通过选择最佳的菲涅尔模式来改善波束特性。菲涅尔孔径仿真表明,利用与传统波束形成的二维阵列相当的波束宽度,可在每一个成像平面中实现双向聚焦。这种可转向透镜技术可仅利用N个信号通道和N个偏压通道来生成三维图像。在仿真的角度范围内,示出在该图中的阵列的性能可与需要 N^2 个通道的传统二维阵列的性能相当。

[0073] 双向聚焦的菲涅尔/相位阵列方法的问题

[0074] 前述菲涅尔方法将相位延迟量化为两个值($+\pi/2$ 或 $-\pi/2$ 弧度或相当于 $+\lambda/4$ 或 $-\lambda/4$ 的路径长度的相位延迟)。菲涅尔波带片的理论是基于连续波操作。在将传统技术应用至脉冲的超声成像时存在挑战,尤其是,脉冲带宽的劣化。这在转向路径长度差异较大的广角时是尤其不利的:因阵列与焦点之间的路径延迟增加而使轴向分辨率随转向角而下降,从而引起朝向更广转向角的图像的模糊度增加。

[0075] 例如,随着转向角的增加,阵列元件到聚焦点的路径长度的差异变大。即使在适中的角度处,在元件与参考路径长度之间的路径长度差可能是波长的许多倍(例如,在20度处,高达10个波长)。在同时脉冲所有元件时,路径长度差仅可被校正在一个波长内;因此,在焦点处的脉冲没有重叠,并且所产生的相长干涉脉冲在时间上被拉伸(窄频带)。由于轴向分辨率与脉冲长度成比例,因而像这样的窄频带脉冲对于成像是不可接受的。

[0076] 经由带有延迟校正的孔径分离菲涅尔波束成形的双向聚焦的菲涅尔/相位阵列方法

[0077] 在一些示例实施方式中,交叉电极换能器可配置为用于使用上述双向聚焦方法进

行成像(在传输与接收之间切换偏压和信号连接),并且进一步修正为将传输菲涅尔孔径与接收菲涅尔孔径中的一个或两个配置为延迟校正的菲涅尔子孔径的集合。不同于前述使用单个的菲涅尔孔径的示例,本示例性实施方式在间隔和连续的传输/接收事件期间使用菲涅尔子孔径的集合,其中,针对子孔径与聚焦点之间的路径长度偏差对涉及菲涅尔子孔径的传输和/或接收操作的时序进行校正,因此在焦点处缩短了每个已传输脉冲的脉冲长度(即扩大了带宽)。因此,可使用这种修正来解决并克服上述与转向所引发的带宽劣化有关的限制。

[0078] 现参照图4A,示出了用于基于交叉电极、利用延迟校正的多个菲涅尔子孔径来执行双向聚焦成像的示例成像系统。示例系统包括交叉电极超声换能器400(可以是超声成像装置的组件,诸如超声成像内窥镜)、带有脉冲发生器-接收器电路320的传输波束成形器300、接收波束成形器310、偏压生成器330、MUX开关340以及控制和处理硬件200(例如控制器、计算机或其它计算机系统)。

[0079] 控制和处理硬件200被用来控制传输波束成形器300和接收波束成形器310、MUX开关340,并用于处理波束成形的接收信号。如图4所示,在一个实施方式中,控制和处理硬件200可包括处理器210、存储器220、系统总线205、一个或多个输入/输出装置230以及诸如通信接口260、显示器240、外部存储器250以及数据采集接口270的多个可选附加装置。

[0080] 在题为“ROTATING APERTURE FOR ULTRASOUND IMAGING WITH A CAPACITIVE MEMBRANE OR ELECTROSTRICTIVE ULTRASOUND TRANSDUCER(用于利用电容式膜或电致伸缩超声换能器进行超声成像的旋转孔径)”的第2007/0079658号美国专利申请(Wagner)中公开了交叉电极超声换能器400的示例。在图4中,示出了交叉电极超声换能器的另一示例,示出为在电致伸缩层430的两侧上包括第一电极410的第一阵列和第二电极420的第二阵列。第一电极410在第一方向上延伸,并且第二电极420在第二方向上延伸。第一电极410用于将超声能量聚焦在第一平面中,该第一平面与超声换能器的发射表面垂直并包括第一方向。第二电极420用于将超声能量聚焦在第二平面中,该第二平面与超声换能器的发射表面垂直并包括第二方向。第一平面和第二平面可以是垂直的,从而能够在正交方向(例如,方位角和高程)上进行扫描。

[0081] 在本示例实施方式中,第一电极410和第二电极420以垂直交叉的配置示出,但是在其它示例实施方式中,电极可设置在具有除90度之外的其它角度的交叉配置中。此外,尽管附图示出了第一电极和第二电极作为纵向电极,但应理解的是,电极在形状上不必为严格的直线,只要第一电极在第一方向上延伸且第二电极在第二方向上延伸并将超声元件的线性阵列限定在两个维度中即可。

[0082] 应理解的是,尽管附图示出了涉及将电致伸缩材料的无切口层(unkerfed layer)作为超声换能层的示例实施方式,但也可使用其它材料和配置。例如,超声换能层可以是电致伸缩阵列元件的切口阵列(kerfed array),或电容式微型机械超声换能器的阵列,二者均如同无切口的电致伸缩层一样能够在施加偏置电压时进行声学换能,使得在存在偏置电压的情况下,在施加电压脉冲时发射超声能量。

[0083] 第一电极410的第一阵列和第二电极420的第二阵列经由导体360与MUX开关340单独的输出进行电通信,以使得在传输期间,第一电极的第一阵列经由Tx/Rx开关320与传输波束成形器300进行电通信,并使得向第一电极的第一阵列提供传输电压脉冲,该第一电极

的第一阵列用于经由传统的时间延迟传输波束成形来使超声脉冲聚焦。如上所述,第一电极的第一阵列在第一平面中使超声脉冲聚焦。此外,在传输期间,偏压生成器330经由导体370向第二电极420的第二阵列施加偏压,以使得经由菲涅尔孔径将超声脉冲聚焦在第二平面内。

[0084] 在执行接收操作之前,通过控制和处理硬件200激活MUX开关340,从传输与接收中切换偏压和信号连接。第二电极410的第二阵列经由Tx/Rx开关320与接收波束成形器300发生电通信,以使得沿着所选的瞄准线通过第二电极的第二阵列接收超声信号,其中,第二电极的第二阵列用于经由传统的时间延迟接收波束成形(可选地经由动态的接收波束成形)来使超声脉冲聚焦。此外,在接收期间,偏压生成器330经由导体370向第一电极420的第一阵列施加偏压,以使得经由菲涅尔孔径将接收超声信号聚焦在第二平面内。

[0085] 如上所述,本示例实施方式涉及在传输和/或接收期间使用菲涅尔子孔径。对于每一个菲涅尔子孔径,偏置电压被施加至电极的子集,以使得形成菲涅尔模式的一部分,其中,将完整的菲涅尔孔径配置为在该部分中沿所需的转向角(沿所需的瞄准线)生成焦点。

[0086] 在本示例实施方式中,为避免上述有关于在时间上拉伸脉冲的不利效果的问题,可在给定的菲涅尔子孔径被用于传输和/或接收中时,增加额外的延迟。为任何给定的子孔径提供额外的延迟来补偿传输菲涅尔子孔径与聚焦点之间的路径长度上的偏差。因此,额外的延迟补偿了被量化为 $+\lambda/4$ 或 $-\lambda/4$ 路径长度的菲涅尔技术的限制。如下所述,可在菲涅尔子孔径被用于传输和/或在接收中时,增加额外的延迟。在一个示例实施方式中,可通过计算每一个菲涅尔子孔径的中心(或与每一菲涅尔子孔径有关的其它位置)与聚焦点之间的路径长度差并生成延迟以补偿子孔径间路径长度上的差异,来确定相应菲涅尔子孔径的延迟。

[0087] 通过向第一电极的第一阵列施加偏置电压而形成的传输菲涅尔孔径可实施为传输菲涅尔子孔径的集合,其中,每一个传输菲涅尔子孔径具有与其相关的、单独且被顺序激活的传输/接收事件,并且其中,为每一传输时间增加了额外的延迟以如上所述地补偿路径长度偏差。此外或可选地,可将通过向第二电极的第二阵列施加偏置电压而形成的接收菲涅尔孔径实施为接收菲涅尔子孔径的集合,其中,每一个接收菲涅尔子孔径具有与其相关的、单独且被顺序激活的传输/接收事件,并且其中,为每一接收事件增加了额外的延迟以如上所述地补偿路径长度偏差。图4B中以流程图示出了涉及使用用于传输和接收二者的菲涅尔子孔径的示例方法。

[0088] 在对单个瞄准线/聚焦点执行了上述方法之后,可对另外的瞄准线重复该方法,以采集用于生成图像(诸如容积图像)的数据集。然后,图像处理模块280可使用例如扫描转换方法来处理该数据集以渲染图像。

[0089] 对菲涅尔子孔径使用带有如上所述额外的延迟补偿的、量化的菲涅尔模式,产生了从不同的菲涅尔子孔径、历经类似或相等的有效路程长度而传输和/或接收的脉冲。这种用于菲涅尔子孔径的延迟介导的路径长度补偿被示出在图5A和图5B中。图5A示出了在缺少额外的延迟的情况下远端的聚焦点与每一阵列元件之间路径长度上的差异的图示,这与相对平坦的、由菲涅尔模式的相位滞后单独生成(本示例示出了四个子孔径延迟校正的配置)的 $\lambda/4$ 量化的有效路程长度相比较。与其形成鲜明对比,图5B示出了元件至聚焦点的路径长度差与有效路径长度差之间的密切对应关系,该有效路径长度差由菲涅尔模式与对每一个

菲涅尔子孔径使用的延迟校正的组合产生。

[0090] 除了其他优点之外,在传输和/或接收中使用路径长度补偿菲涅尔子孔径使得在较大的转向角处保持脉冲带宽,这校正了菲涅尔方法中所固有的波束成形偏差。在接收时将来自多个传输/接收事件的、与每一子孔径相关的相应信号相加在一起,并如上所述地使用每一子孔径延迟校正来补偿孔径路径长度的偏差的同时,接收到的回波在不破坏所期望的辐射模式和横向分辨率的情况下维持较宽的带宽。使用这种实施方式所得到的脉冲长度对于大范围转向角处的相位阵列成像而言是合乎情理的。

[0091] 在一些实施方式中,菲涅尔子孔径与路径长度延迟校正可如上所述地被使用在传输与接收二者中。图6A示出了涉及对 8×8 交叉电极阵列在传输与接收二者中使用菲涅尔子孔径的示例实施方式。在本示例实施方式中,基于一对相邻的电极将菲涅尔子孔径限定在传输与接收二者中,以使得在传输与接收中的每一个中均使用四个菲涅尔子孔径。总数为四个的传输/接收事件被使用于每一条瞄准线。在第一个传输/接收事件中,在传输时使用最左侧的方位角菲涅尔子孔径,并在接收时使用最顶侧的高程菲涅尔子孔径。在随后的传输/接收事件期间变换传输与接收菲涅尔子孔径二者,以使得使用仅包括四个传输/接收事件的紧凑顺序来利用所有的传输菲涅尔子孔径和所有的接收菲涅尔子孔径。在本示例实施方式中,传输菲涅尔子孔径的数量等于接收菲涅尔子孔径的数量。

[0092] 图6B示出了涉及使用用于传输与接收操作二者的菲涅尔子孔径的替代性示例实施方式,其中,对于给定的瞄准线,使用所有的传输菲涅尔子孔径和接收菲涅尔子孔径的组合来执行传输/接收事件的序列。图6B示出了四个传输/接收事件的第一集合,其中,所有接收菲涅尔子孔径的集合被用于第一(最左侧的方位角)传输孔径。接下来将执行另外12个传输/接收事件,以使得针对其余三个传输菲涅尔子孔径中的每一个执行传输/接收事件,以使得针对与所有四个接收菲涅尔子孔径对应的其余每一个传输菲涅尔子孔径执行四个传输/接收事件。应理解的是,在图6A和图6B中示出的子孔径配置和顺序仅提供为示例,并且可替代地使用其它数量的传输与接收菲涅尔子孔径以及其它子孔径顺序。

[0093] 在一些示例实施方式中,在菲涅尔子孔径被使用于传输与接收二者时,传输菲涅尔子孔径的数量不必与接收菲涅尔子孔径的数量相等。例如,一个方向上的横向分辨率可通过使用比另一方向上更少的菲涅尔子孔径来降低。

[0094] 可经由处理器210和/或存储器220来实施使用菲涅尔子孔径执行传输/接收操作的本示例方法。如图4所示,可通过控制和处理硬件200经由表示为菲涅尔子孔径模块290的可执行指令来实施对菲涅尔子孔径的控制,该菲涅尔子孔径的控制包括对子孔径的选择以及与菲涅尔子孔径相关的传输/接收事件的时序控制。控制和处理硬件200可包括并执行扫描转换软件(例如,实时的扫描转换软件)。

[0095] 本文所描述的功能可经由处理器210中硬件逻辑并部分地使用存储在存储器220中的指令来部分地实施。一些实施方式可以使用处理器210而不需要存储在存储器220中另外的指令来实施。一些实施方式使用存储在存储器220中、用于被一个或多个通用的微处理器执行的指令来实施。因此,本公开不受限于硬件和/或软件的特定配置。

[0096] 在一些实施方式中,所限定的多个菲涅尔子孔径可同时等于换能器孔径的面积。在一些实施方式中,子孔径为阵列元件相等的直线区域。

[0097] 在一个示例实施方式中,菲涅尔子孔径可限定为相等的直线区域,并且这些区域

的总和可在面积上与换能器孔径的总和相等。在另一示例实施方式中,菲涅尔子孔径可限定为两个或更多个不相等的直线区域,并且这些区域的总和可在面积上与换能器孔径的总和相等。

[0098] 在另一示例实施方式中,菲涅尔子孔径可限定为相等的直线区域,并且这些区域的总和可以等于比换能器孔径小的面积,从而仅使用换能器孔径的一部分来生成完整的菲涅尔孔径。在另一示例实施方式中,菲涅尔子孔径可限定为两个或更多个不相等的直线的区域,并且这些区域的总和可以等于比换能器孔径小的面积,从而仅利用换能器孔径的一部分来生成完整的菲涅尔孔径。

[0099] 在一个示例实施方式中,菲涅尔子孔径可代表菲涅尔模式的子部分,使得子部分共同地对应于基于菲涅尔模式的菲涅尔型孔径。

[0100] 在另一个示例实施方式中,菲涅尔子孔径可以代表菲涅尔模式的子部分,使得子部分共同地对应于与基于菲涅尔模式的菲涅尔型孔径的菲涅尔模式不同的菲涅尔模式。

[0101] 在一些示例实施方式中,一个或多个菲涅尔子孔径可包括至少两行或两列的阵列元件。在一些示例实施方式中,每一个菲涅尔子孔径均包括至少两行或两列阵列元件。

[0102] 在一些实施方式中,菲涅尔子孔径限定为从上至下穿过阵列。在一些实施方式中,菲涅尔子孔径限定为从左到右穿过阵列。在一些实施方式中,所使用的菲涅尔子孔径的集合可限定为在接收模式中从上至下,并在传输模式中从左至右,反之亦然。在一些实施方式中,至少有8个菲涅尔子孔径。在一些实施方式中,有6至8个菲涅尔子孔径。在一些实施方式中,有4至8个菲涅尔子孔径。在一些实施方式中,有3至8个菲涅尔子孔径。

[0103] 在一些实施方式中,菲涅尔子孔径的数量可基于菲涅尔成像平面中的成像角度进行动态配置。例如,菲涅尔子孔径的数量随转向角的增加而增加。菲涅尔子孔径的数量可以以适于产生分辨率一致的图像的速率随转向角的增加而增加。可在控制和处理硬件200中对子孔径的数量与转向角的相关性进行编程,使得可通过控制和处理硬件200动态地控制偏压生成器330从而生成合适的菲涅尔子孔径数量。

[0104] 例如,当在阵列前方聚焦时,可以仅需要一个或两个菲涅尔子孔径来获取宽带脉冲。这是因为这种情况下阵列上的路径长度差很小,例如,只有大约两个波长。随着转向角的增加,阵列上产生了较大的路径长度,并因而需要由一个波长变换更多个菲涅尔子孔径来维持宽带脉冲。

[0105] 应理解的是,待被限定为用于给定的成像应用的子孔径数量可取决于多种因素,包括应用、转向角的大小或待聚焦的角度、待成像的容积以及所期望的帧率。

[0106] 在使用交叉电极阵列的实施方式中,传输/接收事件的数量以及由此产生的总采集时间与高程和方位角方向上的成像线的数量及所使用的子孔径的平均数量有关。例如,如果在两个方向上具有64个成像线和6个子孔径的平均值(在菲涅尔子孔径的数量取决于转向角时,对与不同的转向角对应的多条瞄准线求平均值),则采用24576个传输/接收事件来捕获容积,对于12mm的成像深度这将会产生约2.5Hz的帧率。在一些实施方式中,通过在高程中限定扇形角度可对更小的容积成像;然后,由于将会具有更少的成像线并且子孔径的平均数量也将会减少,因而将需要更少的传输/接收事件。

[0107] 再参照图4,应理解的是,在附图中示出的示例系统并非旨在受限于可在给定的实施方式中使用的组件。例如,系统可包括一个或多个另外的处理器。此外,控制和处理硬件

200中的一个或多个组件可设置为与处理装置连接的外部组件。例如,如图所示,传输波束成形器300、接收波束成形器310和偏压生成器330中的任何一个或多个可被包括为控制和处理硬件200组件(如虚线内所示),或可设置为一个或多个外部设备。

[0108] 传输波束成形器300、接收波束成形器310、图像处理模块280和延迟生成模块290可被配置或编程为运行用于执行本文所述方法的算法。

[0109] 虽然一些实施方式可实施在全功能计算机和计算机系统中,但多种实施方式能够以多种形式被分配为计算产品并且能够被应用,而与所使用的实际进行该分配的特定类型的机器或计算机可读介质无关。

[0110] 本文公开的至少一些方面可被至少部分地呈现在软件中。也就是说,可在计算机系统或响应于其处理器(诸如微处理器)的其它数据处理系统中实施该技术,执行包含在诸如ROM、易失性RAM、非易失性存储器、缓存或远程存储装置的存储器中的指令序列。

[0111] 计算机可读存储介质可被用来存储软件和数据,在通过数据处理系统执行该软件和数据时使得系统执行多种方法。可执行的软件和数据可以被存储在包括例如ROM、易失性RAM、非易失性存储器和/或缓存的不同位置。该软件和/或数据的一部分可被存储在这些存储装置中的任一个中。如本文所使用的,短语“计算机可读材料”和“计算机可读存储介质”表示除了自身暂时性传播信号之外的所有计算机可读介质。

[0112] 示例

[0113] 提供以下示例以使本领域技术人员能够理解并实践本公开的实施方式。这些示例不应被认为是对本公开的范围的限制,而仅是本公开的说明和代表。

[0114] 示例1:利用子孔径对脉冲带宽的仿真

[0115] 通过考虑元件与焦点之间的几何路径长度来计算用于菲涅尔型阵列中每一元件的偏压值。该元件相对的相位延迟由(1)给出。

$$[0116] \quad \varphi = 2\pi[z - \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}] / \lambda \quad (1)$$

[0117] 其中,x、y和z是所期望焦点相对于阵列元件的坐标,并且λ是介质中激励脉冲的中心频率的波长。偏压(S_{bias})的符号由(2)给出。

$$[0118] \quad S_{bias} = \text{sign}[\text{mod}(\varphi + \text{offset}, -2\pi) - \pi] \quad (2)$$

[0119] 在这里,我们将每一元件相对的相位延迟近似为落入单个波长(量化为偏移+ $\pi/2$ 或- $\pi/2$ 弧度)内的部分。这模拟了波带片的纯透射区域和脉冲反转区域。可在偏移中心元件的参考相位的计算中添加偏移相位。因此,对于给定的聚焦点,没有一个唯一的菲涅尔模式。可选择模式来优化不同的波束形状(例如,主瓣宽度、旁瓣电平、灵敏度)。

[0120] 使用Field II来将菲涅尔孔径仿真为可转向透镜,显示出了成像技术的潜力。通过设置切趾值(apodization value)来对菲涅尔孔径仿真,以与如上所述的用于每一元件的偏压的符号相对应。所有的仿真均针对40MHz示例阵列来完成,该阵列具有λ间距、64个方位角元件和64个高程元件,类似于先前开发的40MHz内窥镜。在辐射模式中绘制峰值绝对压力。

[0121] 在使用Field II软件包的仿真中,结合如上所述的交叉电极阵列一起限定不同数量的子孔径。当在轴上(0度转向角)聚焦时,脉冲带宽计算为36%。在15度转向角处,在使用1个孔径、4个子孔径和8个子孔径时,脉冲带宽计算为8%、27%和36%。波束宽度也从单个

孔径时的111 μm 改善至使用8个子孔径时的97 μm 。图7中示出了脉冲长度的减小。

[0122] 示例2:菲涅尔孔径/交叉电极阵列与全传输/接收合成孔径(SA)成像的比较

[0123] 在如上所述的交叉电极阵列上实施菲涅尔孔径比全传输/接收合成孔径(SA)成像具有优势。合成孔径技术在图像的所有点处聚焦,然而,它具有两个主要的缺点:1) 活性元件的尺寸小;2) 容积成像所需的传输/接收事件的数量大。

[0124] 全合成孔径需要脉冲单个元件以产生散焦脉冲。元件阻抗与有效面积成反比。单个元件具有很大的阻抗,并且因此具有电匹配与灵敏度问题。在交叉电极的整行或整列激活时,面积大了N倍,这意味着阻抗小了N倍。为了说明,使用KLM模型对两个阵列元件进行仿真。在维度上,第一元件为 $\lambda \times \lambda$,并且第二元件为 $\lambda \times N\lambda$,分别表示合成孔径单个元件和交叉电极阵列的行/列(图8A和图8B)。源和负载阻抗模拟为50 Ω 。元件的数量N设置为64,以与以上仿真的阵列匹配。如预期的那样,较小元件具有比较大元件大64倍的阻抗(6.5k Ω 相比于102 Ω)。此外,小元件的插入损耗比全行或全列元件的插入损耗大了34dB。

[0125] 与传统合成孔径成像相比,利用交叉电极阵列的菲涅尔方法的另一优势在于传输/接收事件的数量(或帧率)。在传统的合成孔径成像中,脉冲单个元件,并且并行接收所有元件。然后,通过脉冲单独的元件以对整个阵列重复该过程。在图像中的所有点处聚焦所需的延迟在数据采集之后被增加,并可能产生相对快的帧率。然而,在交叉电极阵列中,无法从每一个顶部和底部阵列元件处并行地采集信号。因此,为了获取SA成像所需的所有数据,底部电极(列)必须进行多路复用,为每一个散焦的传输/接收事件增加N个接收事件。在传统SA方法中,交叉电极阵列所需的传输/接收事件的总数量为 N^3 。传输/接收事件的数量通常超过本文描述的方法所需的数量:约为 $N^2 \times [\text{子孔径的数量}]$ 。

[0126] 第二合成孔径技术被认为是与上述菲涅尔技术的比较。在与菲涅尔技术类似的方式中,传输期间传统的波束成形可在一个平面上完成,并且然后在接收时切换至另一平面。由于双向聚焦是单向传统波束成形(高质量)和单向菲涅尔聚焦(低质量)的结合,因而该技术是有效的。同样地,通过切换顶部电极和底部电极,可利用单向传统波束成形与单向合成孔径的组合来生成图像(这种示例实施方式不必使用取决于用于换能的电压偏置的超声换能材料)。这可降低单向合成孔径聚焦的质量,虽然仍是通过将元件分组成很小的散焦子孔径。通过这样做,在传输/接收事件的总数与聚焦质量之间进行了权衡。然而,类似于切换菲涅尔透镜,高质量聚焦与低质量聚焦之间的结合产生了可接受的辐射模式。在图9A至图9D中,将用于SA成像方案的仿真的波束轮廓与本文所描述的方法进行比较。为简单起见,仅使用一维(1D)阵列在一个平面中完成仿真。在该仿真中,4个元件被分组形成16个子孔径,有效地产生用于合成孔径的 4λ 宽的元件。因为本文所描述的方法仅需要平均大约6至8个子孔径,因此利用16个子孔径的SA要花费7.1倍长的时间来产生具有可比拟的分辨率的三维图像。

[0127] 示例3:具有和不具有菲涅尔子孔径的点散射体的仿真成像

[0128] 图10A和图10B示出了在传输上使用单个菲涅尔孔径(图10A)以及然后在传输上使用8个子孔径(图10B)、位于偏离轴线20度处的点散射体的仿真图像。这些图像示出为具有30dB的动态范围。

[0129] 已通过示例的方式示出了以上所描述的具体实施方式,并且应理解的是这些实施方式可以容许各种修改和替代形式。还应理解的是,权利要求并非旨在受限于所公开的具

体形式,而是涵盖落入本公开的精神和范围内的所有修改、等同物和替代物。

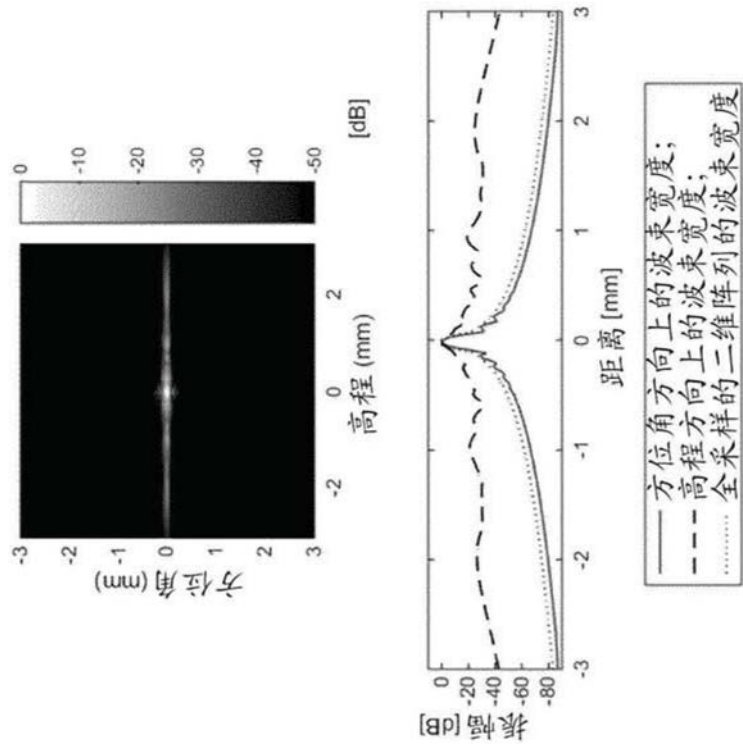


图1A

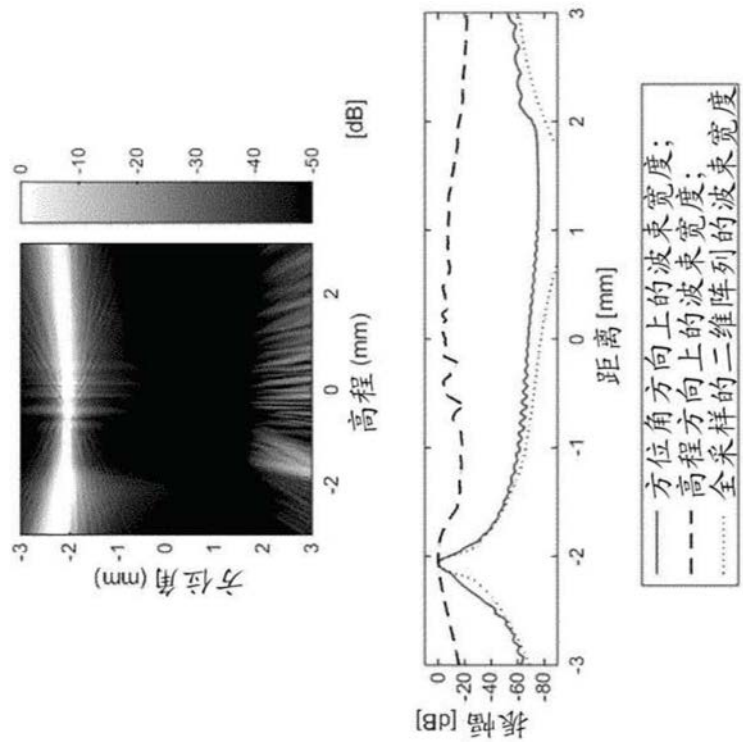


图1B

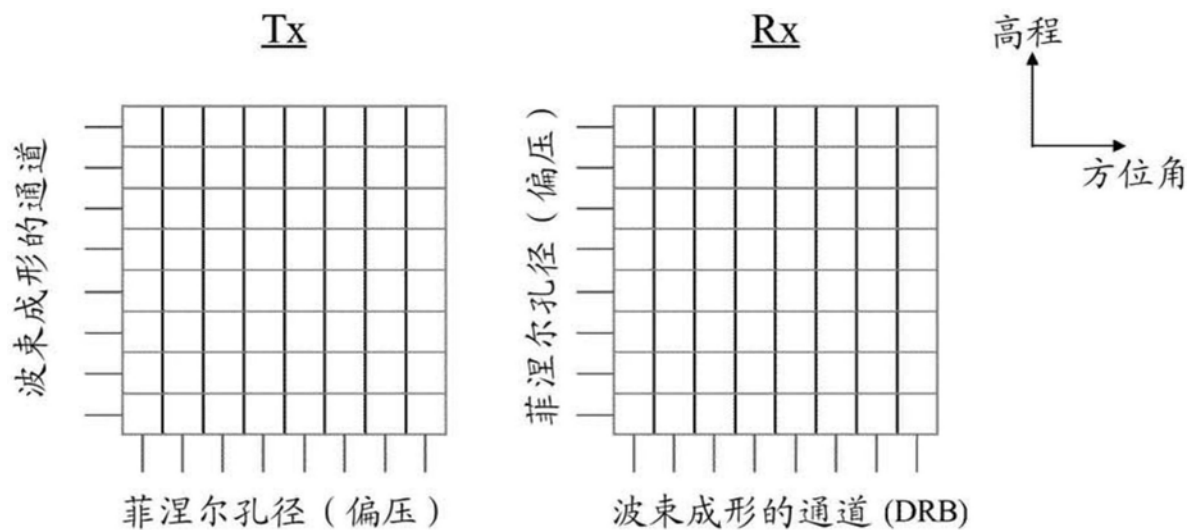


图2

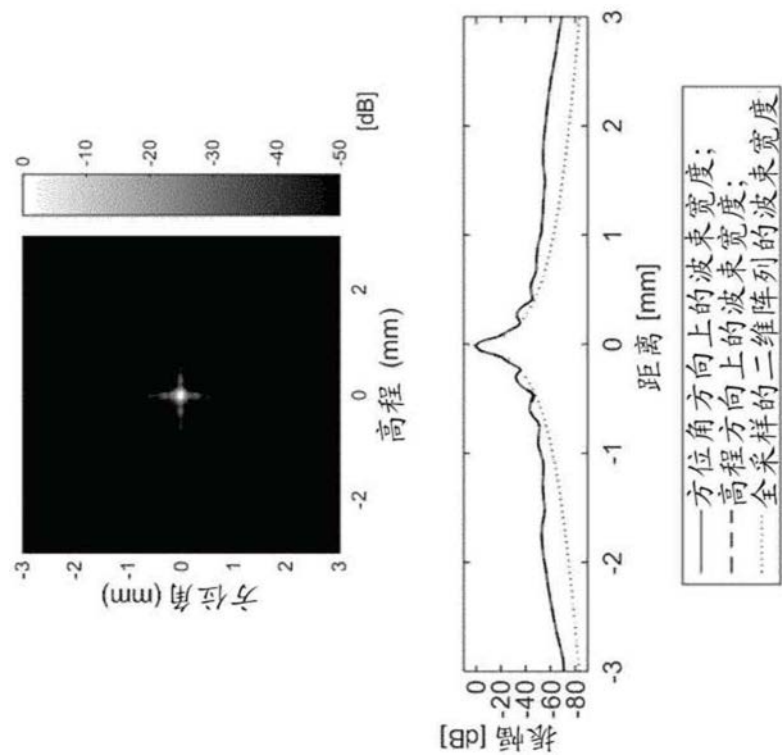


图3A

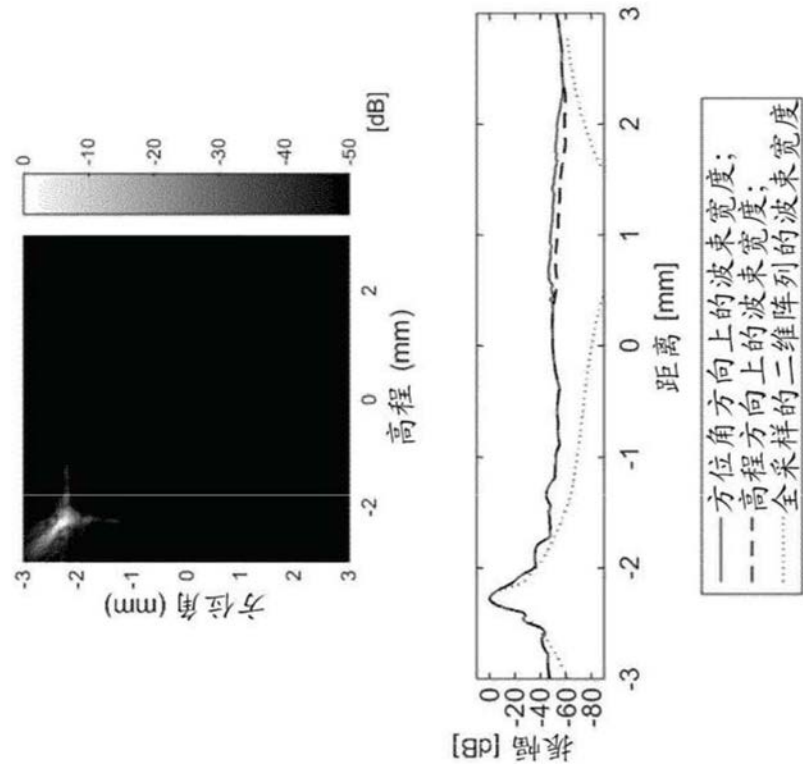


图3B

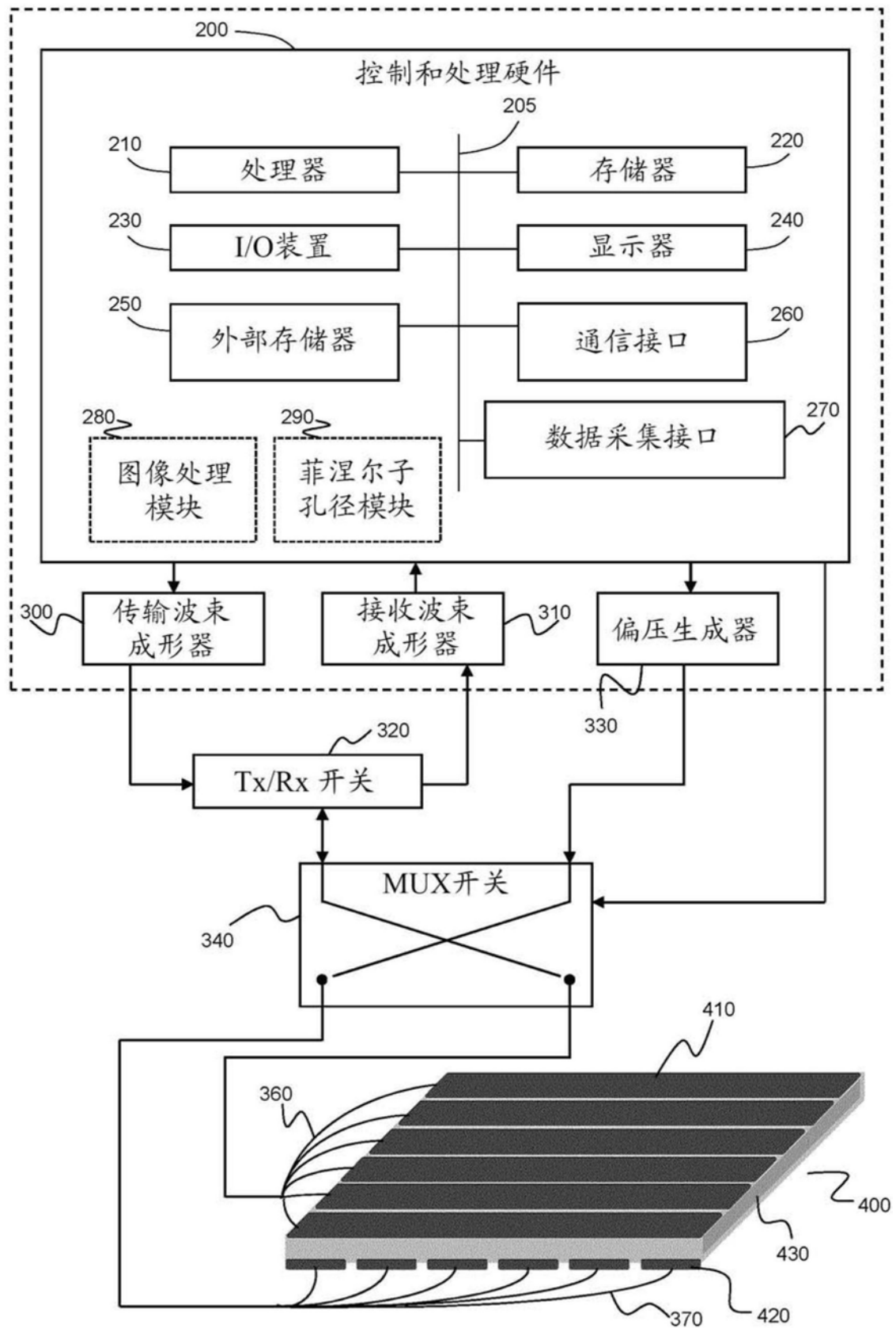


图4A

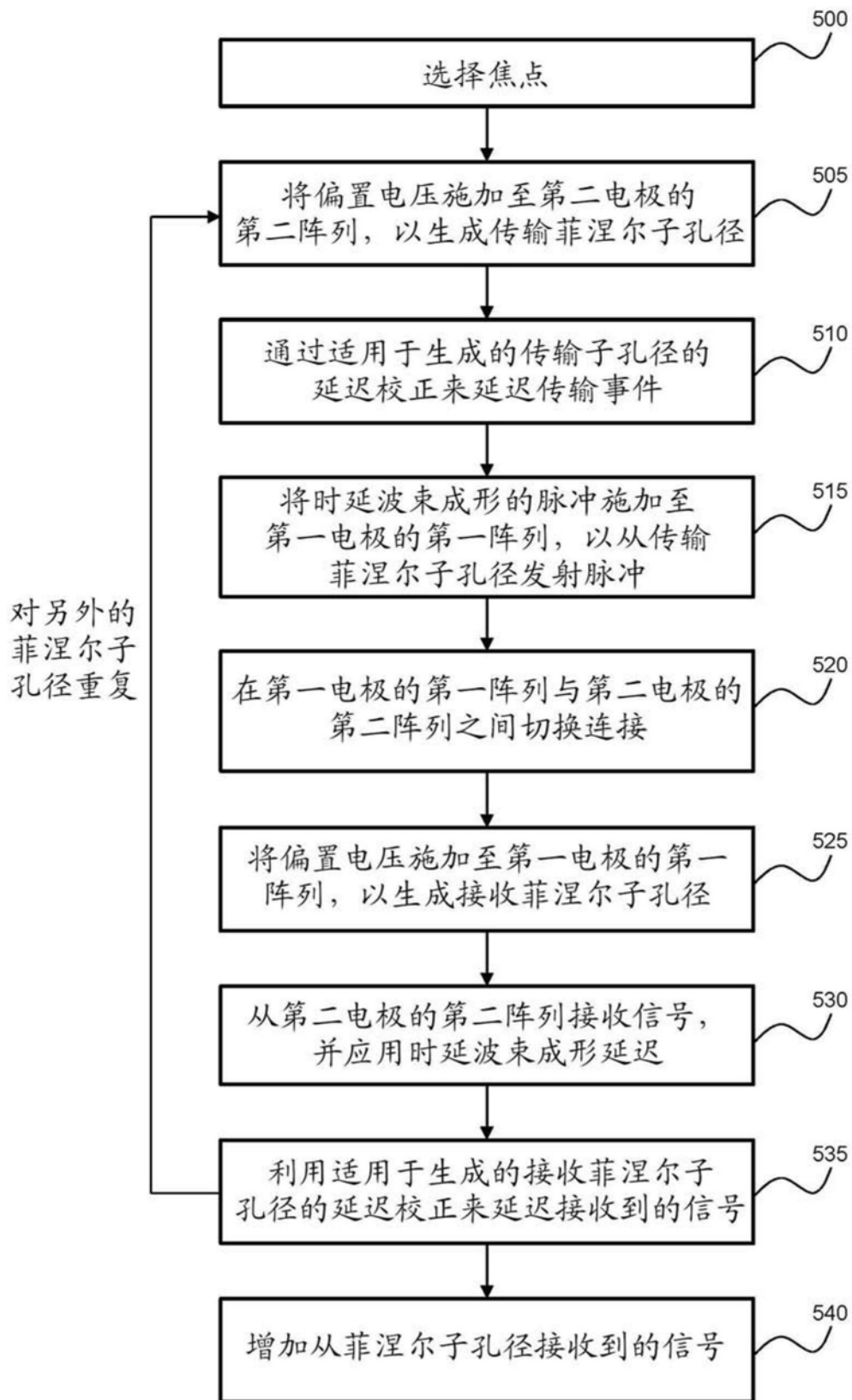


图4B

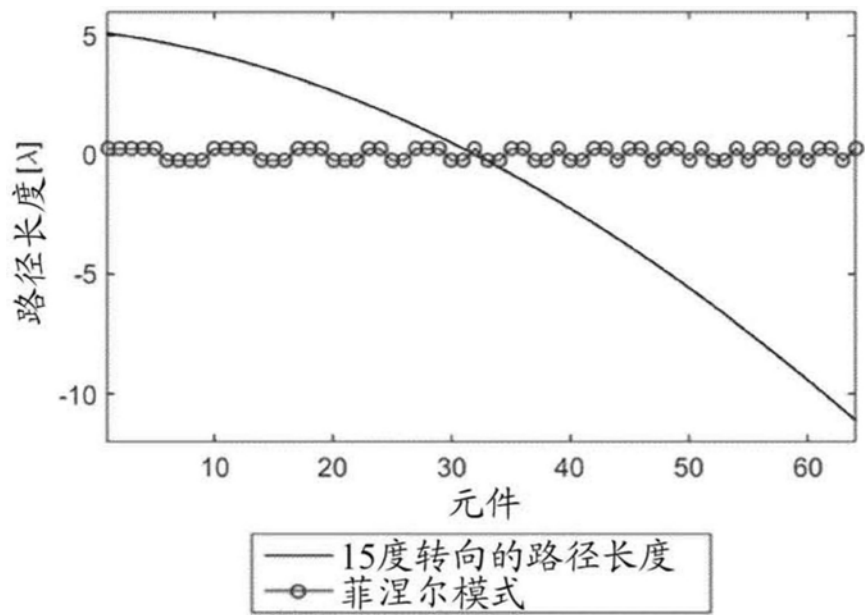


图5A

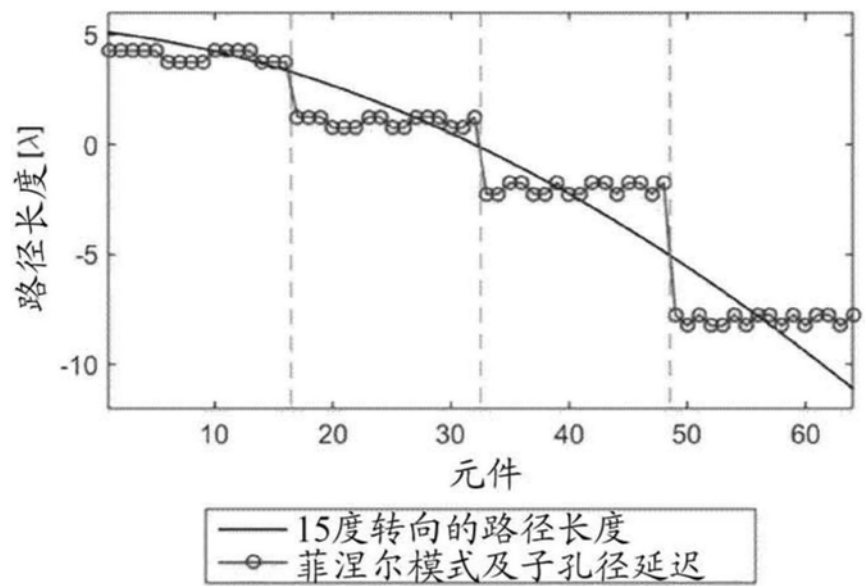


图5B

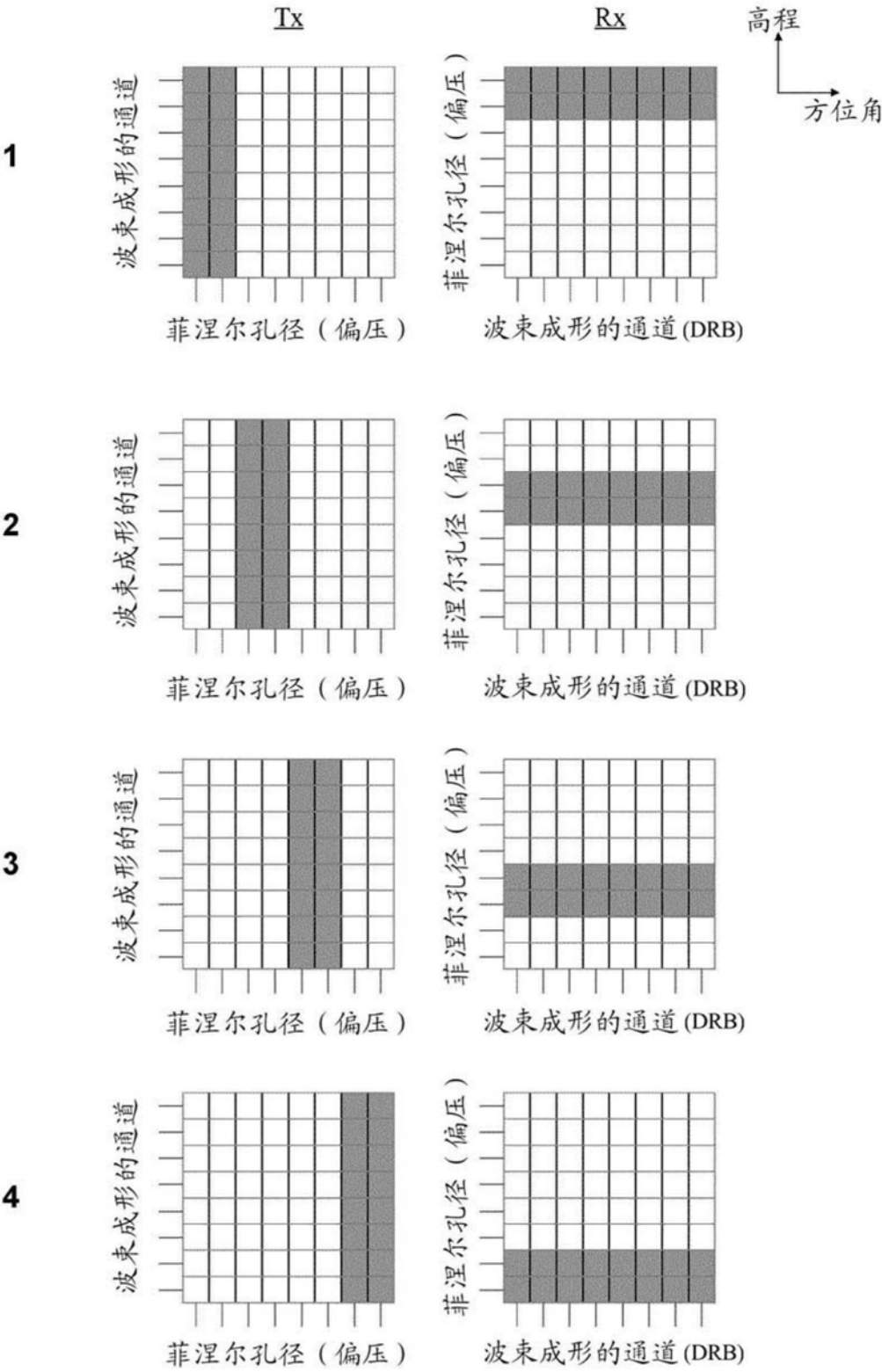


图6A

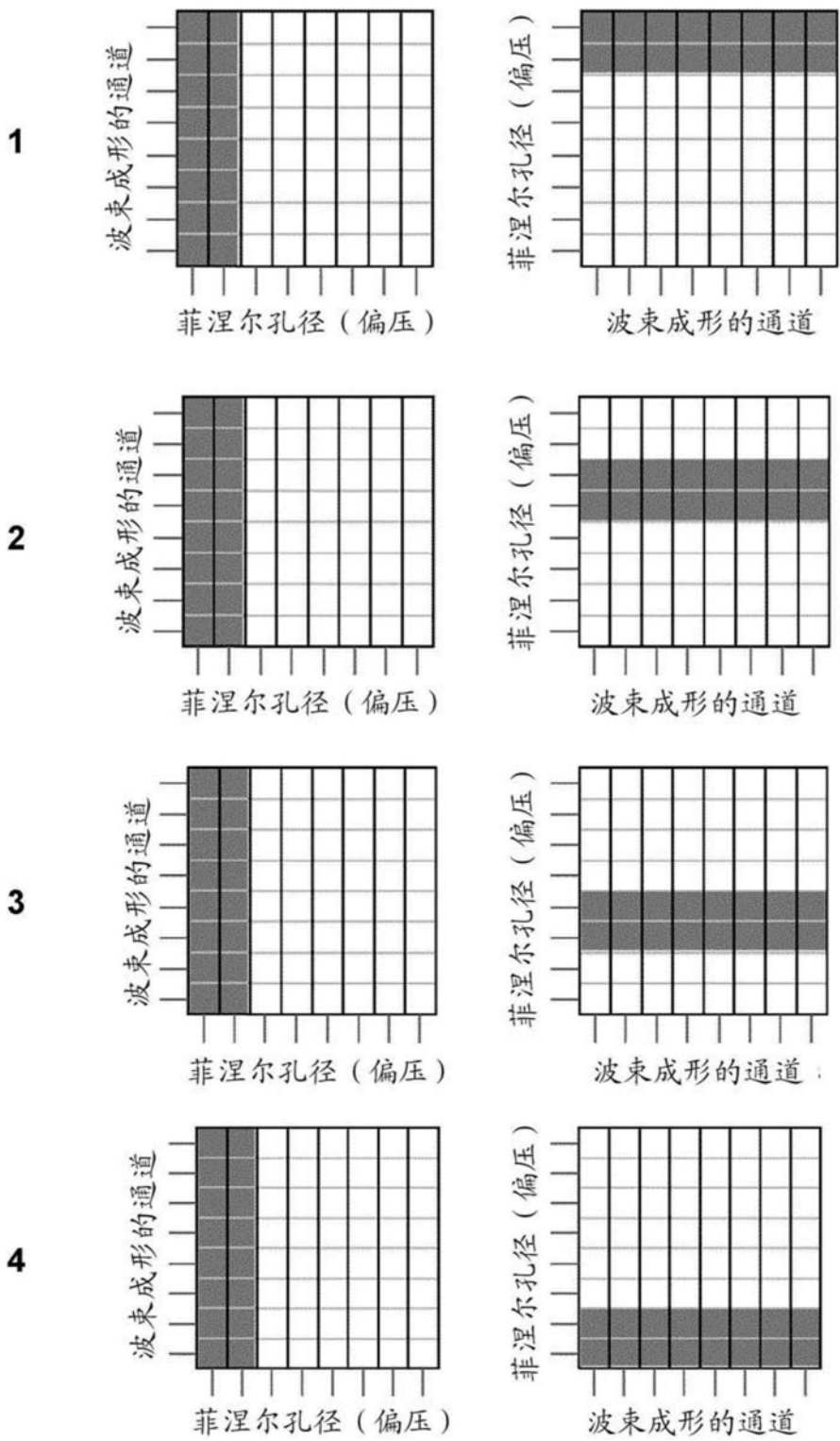


图6B

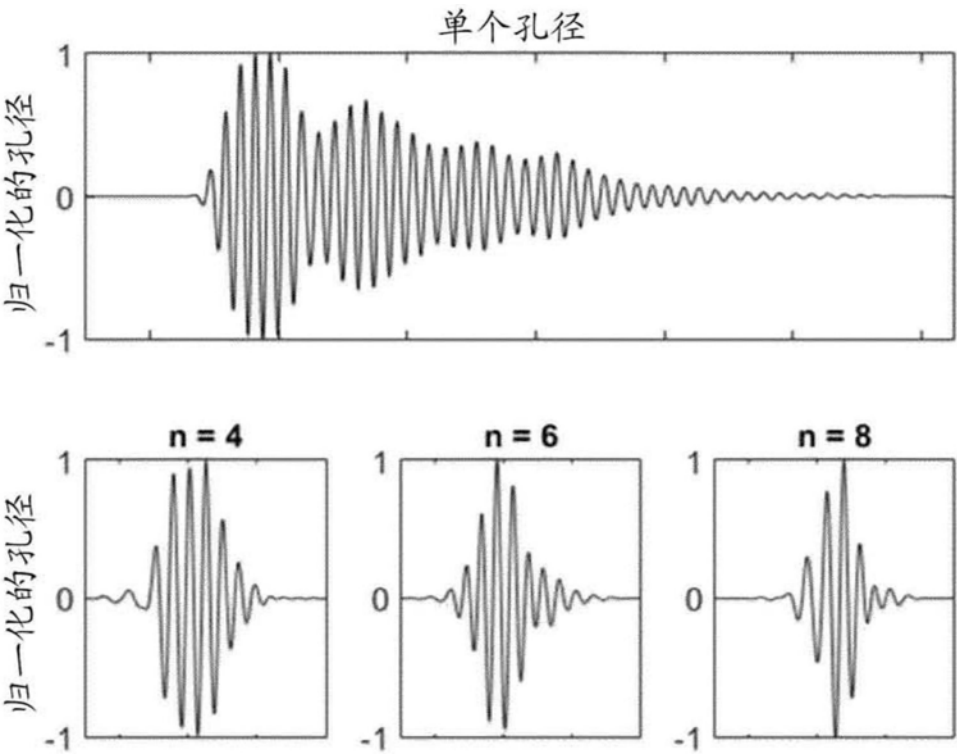


图7

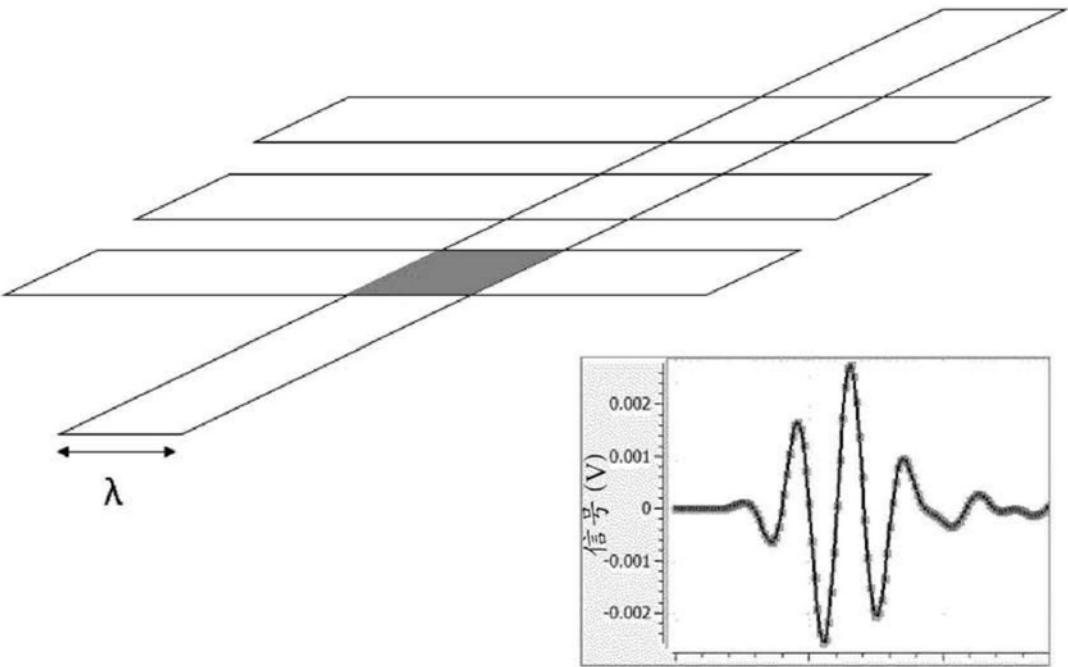


图8A

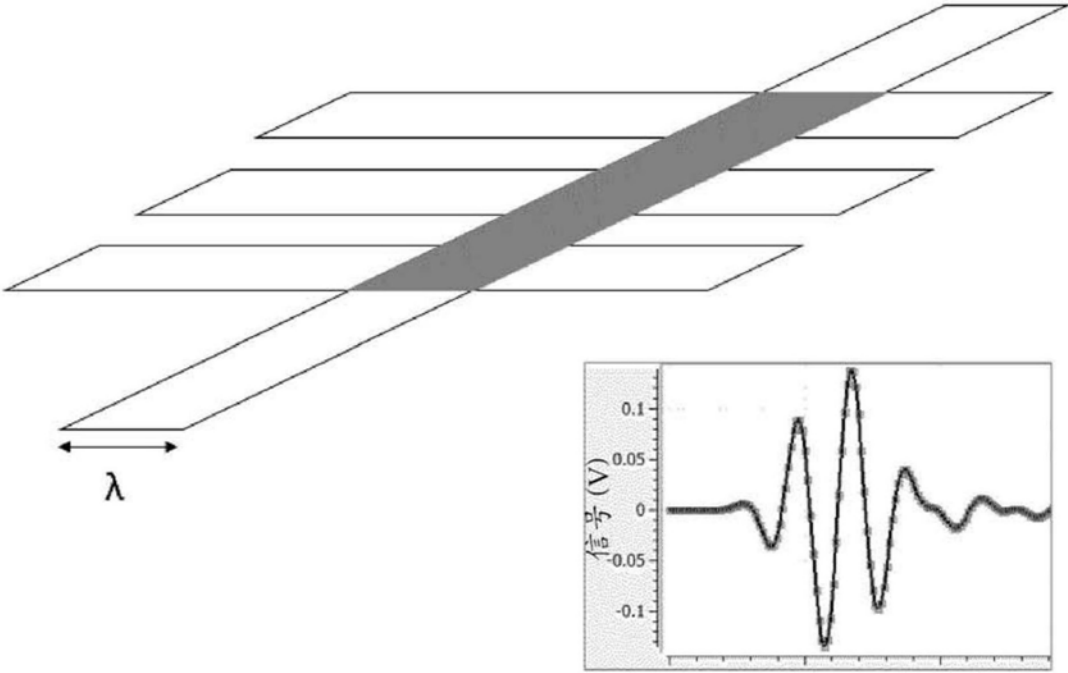


图8B

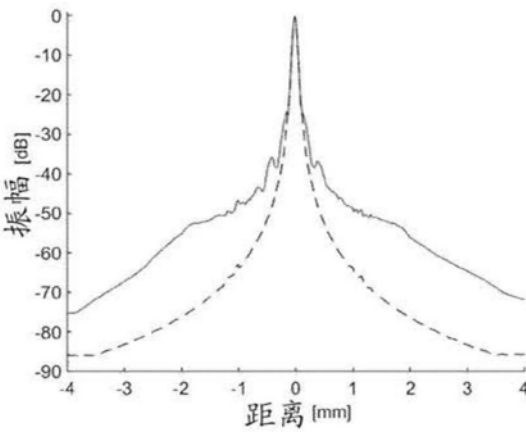


图9A

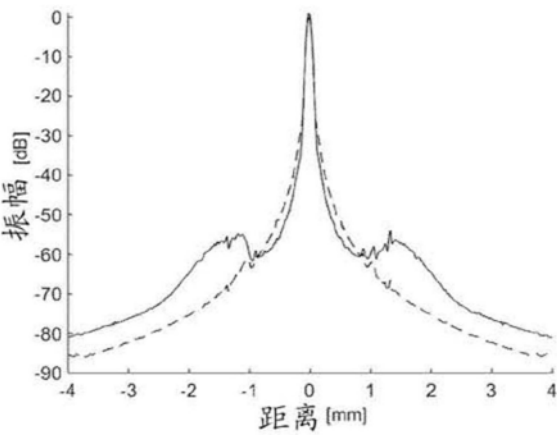


图9B

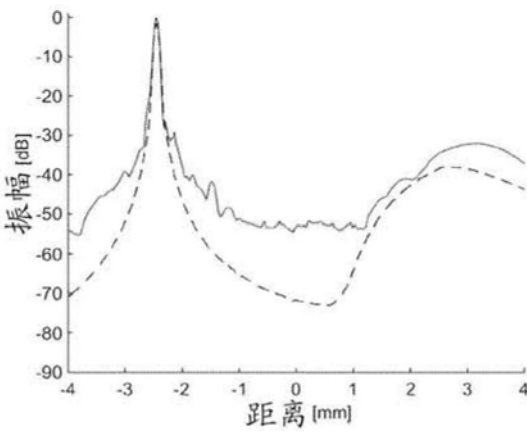


图9C

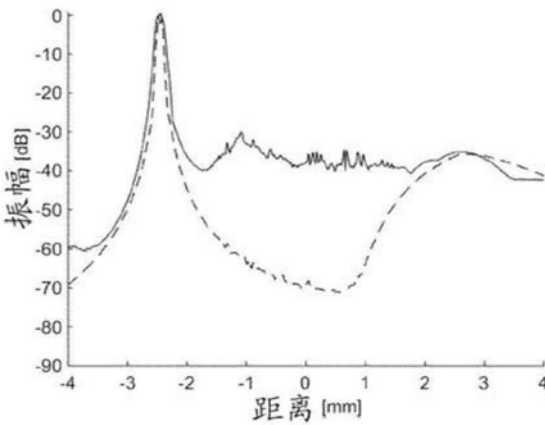


图9D

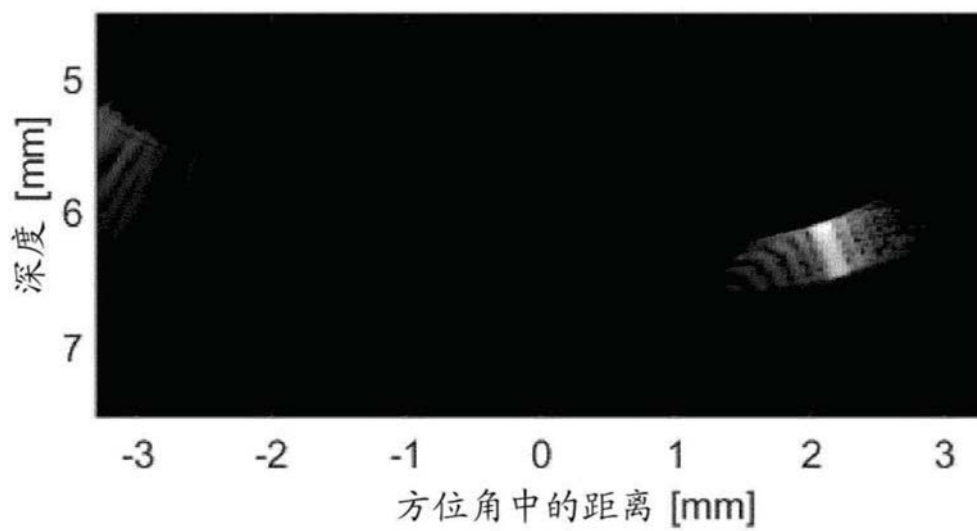


图10A

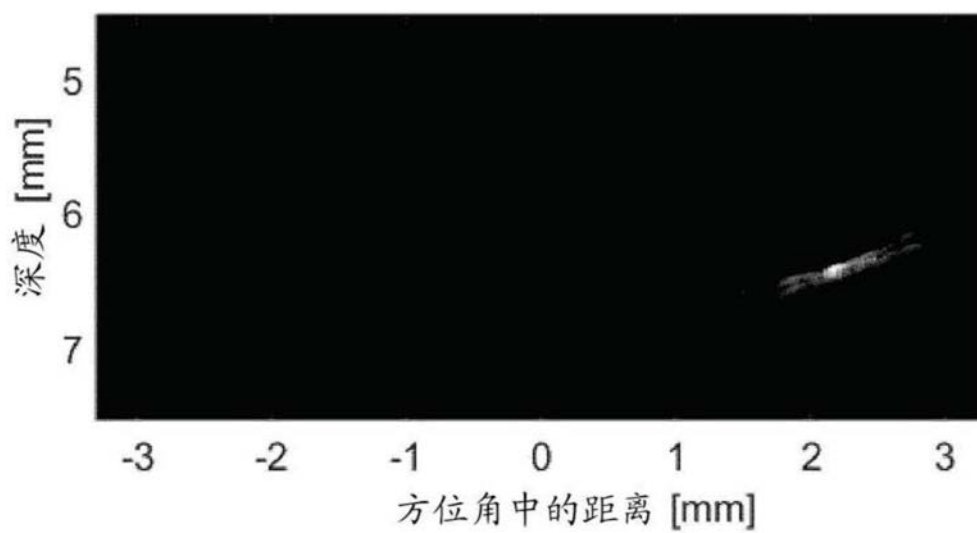


图10B

专利名称(译)	结合相位阵列与使用延迟校正的菲涅尔子孔径的菲涅尔波带片波束成形的系统和方法		
公开(公告)号	CN108027436A	公开(公告)日	2018-05-11
申请号	CN201680052021.5	申请日	2016-02-25
[标]发明人	杰雷米布朗 凯瑟琳莱萨姆		
发明人	杰雷米·布朗 凯瑟琳·莱萨姆		
IPC分类号	G01S15/89 A61B8/00 G01S7/523		
CPC分类号	A61B8/12 A61B8/4488 A61B8/4494 A61B8/5207 B06B1/0292 G01N29/2406 G01N29/262 G01S7/5202 G01S15/8915 G01S15/8925 G01S15/8927 G10K11/346 G10K11/341		
代理人(译)	王艳春		
优先权	62/215548 2015-09-08 US 62/237414 2015-10-05 US		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

公开了用于利用交叉电极超声换能器阵列来执行成像的系统和方法，其中，超声换能器阵列配置为用于经由传统的时间延迟相位阵列波束成形来在一个方向上聚焦，并用于经由施加偏置电压而形成的菲涅尔孔径在第二方向上聚焦。在传输操作与接收操作之间切换超声换能器阵列连接，以使得菲涅尔孔径在传输时在第一方向上生成，并在接收时在第二方向上生成。传输菲涅尔孔径与接收菲涅尔孔径的一个或两个被配置为延迟校正的菲涅尔子孔径的集合，其中，与每一个菲涅尔子孔径有关的延迟被选择为补偿菲涅尔子孔径与聚焦点之间的路径长度上的偏差。多个菲涅尔子孔径与时间延迟校正的使用克服了与转向引发的带宽劣化有关的问题。

