



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108464014 A

(43)申请公布日 2018.08.28

(21)申请号 201680078813.X

(22)申请日 2016.10.21

(30)优先权数据

14/997,381 2016.01.15 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2018.07.12

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2016/058033 2016.10.21

(87)PCT国际申请的公布数据

WO2017/123303 EN 2017.07.20

(71)申请人 蝴蝶网络有限公司

地址 美国康涅狄格州

(72)发明人 泰勒·S·拉尔斯顿

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 王萍 杨林森

(51)Int.Cl.

H04R 1/40(2006.01)

G01S 15/89(2006.01)

A61B 8/14(2006.01)

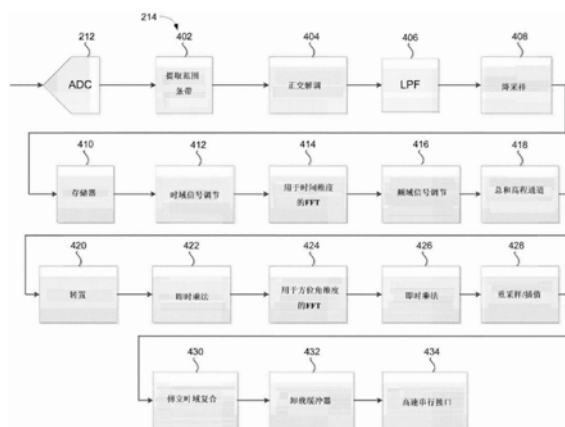
权利要求书3页 说明书19页 附图8页

(54)发明名称

超声信号处理电路系统和相关设备及方法

(57)摘要

描述了超声信号处理电路系统和相关设备及方法。与由超声换能器阵列执行的各个采集相对应的各个信号样本组可以通过被变换至傅立叶域并且经由应用一个或多个加权函数来被进行处理。经变换的各个信号组可以在傅立叶域中彼此结合,以获得可以被用于图像形成的经傅立叶复合的信号集。



1. 一种超声装置,包括:
半导体管芯;
多个微机械超声换能器元件,其被集成在所述半导体管芯上并且被配置成响应于检测到超声信号而输出电信号;以及
接收电路系统,其耦接至所述多个微机械超声换能器元件并且被配置成:
基于由所述多个微机械超声换能器元件提供的第一电信号来获得表示第一采集的第一信号样本集;
基于由所述多个微机械超声换能器元件提供的第二电信号来获得表示第二采集的第二信号样本集;
对所述第一信号样本集应用傅立叶变换以生成第一经傅立叶变换的信号集并且对所述第二信号样本集应用傅立叶变换以生成第二经傅立叶变换的信号集;以及
至少部分地通过将所述第一经傅立叶变换的信号集与所述第二经傅立叶变换的信号集结合来生成经傅立叶复合的信号集。
2. 根据权利要求1所述的超声装置,其中,所述接收电路系统还被配置成:
基于由所述多个超声微机械换能器元件提供的第三电信号来获得表示第三采集的第三信号样本集;
对所述第三信号样本集应用傅立叶变换以生成第三经傅立叶变换的信号集;以及
至少部分地通过将所述第一经傅立叶变换的信号集、所述第二经傅立叶变换的信号集和所述第三经傅立叶变换的信号集结合来生成所述经傅立叶复合的信号集。
3. 根据权利要求1所述的超声装置,其中,所述第一信号样本集包括多组信号样本,所述多组信号样本中的每组信号样本与多个通道中的相应通道相关联。
4. 根据权利要求3所述的超声装置,其中,所述接收电路系统被配置成至少部分地通过以下操作来对所述第一信号样本集应用傅立叶变换:
相对于时间对所述第一信号样本集应用第一一维快速傅立叶变换FFT以获得复数值化数据,所述应用包括:相对于时间对所述多组信号样本中的每组信号样本应用所述第一一维FFT。
5. 根据权利要求4所述的超声装置,其中,所述接收电路系统还被配置成:
在对所述第一信号样本集应用所述第一一维FFT之前,对所述第一信号样本集应用时域加权。
6. 根据权利要求4所述的超声装置,
其中,所述复数值化数据包括多组复数值,所述多组复数值中的每组复数值与多个频率窗口中的相应频率窗口相关联,并且
其中,所述接收电路系统还配置成至少部分地通过相对于横向距离对所述复数值化数据应用第二一维FFT来对所述第一信号样本集应用傅立叶变换,所述应用包括:对所述多组复数值中的每组复数值应用所述第二一维FFT。
7. 根据权利要求6所述的超声装置,其中,所述接收电路系统还被配置成:
在对所述复数值化数据应用所述第二一维FFT之前,对所述复数值化数据应用频域加权。
8. 根据权利要求1所述的超声装置,其中,所述第一经傅立叶变换的信号集包括第一多

个复数值,其中,所述第二经傅立叶变换的信号集包括第二多个复数值,并且其中,将所述第一经傅立叶变换的信号集与所述第二经傅立叶变换的信号集结合包括:将所述第一多个复数值中的复数值与所述第二多个复数值中的相应复数值相加。

9. 根据权利要求1所述的超声装置,其中,所述经傅立叶复合的信号集被提供给另外的装置以用于图像形成。

10. 根据权利要求9所述的超声装置,其中,所述经傅立叶复合的信号集经由高速数字接口被提供给另外的装置。

11. 一种由超声装置执行的方法,所述超声装置包括:半导体管芯;多个微机械超声换能器元件,其被集成在所述半导体管芯上并且被配置成响应于检测到超声信号而输出电信号;以及接收电路系统,其耦接至所述多个微机械超声换能器元件;所述方法包括使用所述接收电路系统来执行以下操作:

基于由所述多个微机械超声换能器元件提供的第一电信号来获得表示第一采集的第一信号样本集;

基于由所述多个微机械超声换能器元件提供的第二电信号来获得表示第二采集的第二信号样本集;

对所述第一信号样本集应用傅立叶变换以生成第一经傅立叶变换的信号集并且对所述第二信号样本集应用傅立叶变换以生成第二经傅立叶变换的信号集;以及

至少部分地通过将所述第一经傅立叶变换的信号集与所述第二经傅立叶变换的信号集结合来生成经傅立叶复合的信号集。

12. 根据权利要求11所述的方法,还包括:使用所述接收电路系统来执行以下操作:

基于由所述多个超声微机械换能器元件提供的第三电信号来获得表示第三采集的第三信号样本集;

对所述第三信号样本集应用傅立叶变换以生成第三经傅立叶变换的信号集;以及

至少部分地通过将所述第一经傅立叶变换的信号集、所述第二经傅立叶变换的信号集和所述第三经傅立叶变换的信号集结合来生成所述经傅立叶复合的信号集。

13. 根据权利要求11所述的方法,其中,所述第一信号样本集包括多组信号样本,所述多组信号样本中的每组信号样本与多个通道中的相应通道相关联。

14. 根据权利要求13所述的方法,其中,对所述第一信号样本集应用傅立叶变换还包括:

相对于时间对所述第一信号样本集应用第一一维快速傅立叶变换FFT以获得复数值化数据,所述应用包括:相对于时间对所述多组信号样本中的每组信号样本应用所述第一一维FFT。

15. 根据权利要求14所述的方法,还包括:

在对所述第一信号样本集应用所述第一一维FFT之前,对所述第一信号样本集应用时域加权。

16. 根据权利要求14所述的方法,其中,所述复数值化数据包括多组复数值,所述多组复数值中的每组复数值与多个频率窗口中的相应频率窗口相关联,并且其中,对所述第一信号样本集应用傅立叶变换还包括:相对于横向距离对所述复数值化数据应用第二一维FFT,所述应用包括:对所述多组复数值中的每组复数值应用所述第二一维FFT。

17. 根据权利要求16所述的方法,还包括:

在对所述复数值化数据应用所述第二一维FFT之前,对所述复数值化数据应用频域加权。

18. 根据权利要求11所述的方法,还包括:在将所述第一经傅立叶变换的信号集与所述第二经傅立叶变换的信号集结合之前,对所述第一经傅立叶变换的信号集和所述第二经傅立叶变换的信号集进行重采样。

超声信号处理电路系统和相关设备及方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2016年1月15日提交的美国申请序列号14/997,381的权益,其全部内容通过引用并入本文。

技术领域

[0003] 本公开内容的各方面涉及超声信号处理电路系统,并且涉及相关的超声设备和方法。

背景技术

[0004] 用于医疗应用的超声换能器阵列通常产生大量的数据,以根据需要产生超声图像以用于医疗应用。期望的图像的质量和复杂度越高,通常需要的数据越多。

[0005] 将多个通道的模拟信号从超声换能器阵列传送至超声系统的控制和处理电子设备的问题限制了改善超声成像的分辨率并且实现高质量3D容积成像所需的更大且更密集的换能器阵列的效用。

发明内容

[0006] 本公开内容描述了对从基于超声换能器的成像系统中的超声换能器阵列接收的信号进行处理的各方面,包括用于处理信号的数字和模拟电路系统。数字电路系统包括接收电路系统,所述接收电路系统被配置成执行与由超声换能器阵列执行的不同的数据采集相对应的超声信号的傅立叶域复合。

[0007] 一些实施方式针对超声装置。超声装置包括:半导体管芯(semiconductor die);多个微机械超声换能器元件,其被集成在半导体管芯上并且被配置成响应于检测到超声信号而输出电信号;以及接收电路系统,其耦接至所述多个微机械超声换能器元件。接收电路系统被配置成:基于由所述多个微机械超声换能器元件提供的第一电信号来获得表示第一采集的第一信号样本集;基于由所述多个微机械超声换能器元件提供的第二电信号来获得表示第二采集的第二信号样本集;对第一信号样本集应用傅立叶变换以生成第一经傅立叶变换的信号集并且对第二信号样本集应用傅立叶变换以生成第二经傅立叶变换的信号集;以及至少部分地通过将第一经傅立叶变换的信号集与第二经傅立叶变换的信号集结合起来生成经傅立叶复合的信号集(Fourier-compounded set of signals)。

[0008] 一些实施方式提供了由超声装置执行的方法,该超声装置包括:半导体管芯;多个微机械超声换能器元件,其被集成在半导体管芯上并且被配置成响应于检测到超声信号而输出电信号;以及接收电路系统,其耦接至所述多个微机械超声换能器元件。所述方法包括使用接收电路系统来执行:基于由所述多个微机械超声换能器元件提供的第一电信号来获得表示第一采集的第一信号样本集;基于由所述多个微机械超声换能器元件提供的第二电信号来获得表示第二采集的第二信号样本集;对第一信号样本集应用傅立叶变换以生成第一经傅立叶变换的信号集并且对第二信号样本集应用傅立叶变换以生成第二经傅立叶变

换的信号集;以及至少部分地通过将第一经傅立叶变换的信号集与第二经傅立叶变换的信号集结合起来生成经傅立叶复合的信号集。

附图说明

[0009] 将参照下面的附图来描述所公开的技术的各个方面和实施方式。应当理解的是,附图不一定按比例绘制。出现在多个附图中的项目在其中它们出现的所有附图中由相同的附图标记表示。

[0010] 图1是体现所公开的技术的各方面的单片式超声装置的说明性示例的框图。

[0011] 图2是示出在一些实施方式中用于给定换能器元件的发送 (TX) 电路系统和接收 (RX) 电路系统可以如何被用于激励元件以发出超声脉冲、或者对来自元件的表示由换能器元件感测的超声脉冲的信号进行接收和处理的框图。

[0012] 图3示出了根据本文中描述的技术的一些实施方式的与单个衬底超声装置的衬底集成的超声换能器的说明性布置。

[0013] 图4是根据本文中描述的技术的一些实施方式的RX电路系统的数字处理框的框图。

[0014] 图5A至图5F示出了根据本文中描述的技术的一些实施方式的由RX电路系统的数字处理框执行的数字处理。

[0015] 图6是根据本文中描述的技术的一些实施方式的执行傅立叶域复合的信号处理方法的示例的流程图。

具体实施方式

[0016] 本公开内容的各方面涉及对从超声换能器阵列接收的信号的数字信号处理。在一些实施方式中,超声换能器阵列和电路系统可以被集成在单个互补金属氧化物半导体 (CMOS) 芯片或衬底上,或者可以在超声探头内的多个芯片上。本公开内容提供了独特的、成本有效的且可缩放的集成信号处理架构,以对来自超声换能器元件或超声换能器元件组的信号进行处理,并且提供对于高级高质量成像应用足够鲁棒的数据。因此,本公开内容的各方面提供了一种可以与具有集成的超声换能器(例如,CMOS超声换能器)和数字电路系统的单个衬底超声装置一起使用的架构。

[0017] 本公开内容描述了对从基于超声换能器的成像系统中的超声换能器阵列接收的信号进行处理的各方面。特别地,本公开内容描述了对与由超声换能器阵列执行的各个采集相对应的各个信号组进行处理的各方面。与由超声换能器阵列执行的各个采集相对应的各个电信号组可以使用模拟电路系统进行处理,并被采样以获得各个数字信号样本组。转而,各个数字信号样本组可以至少部分地通过被变换到傅立叶域并且可选地经由应用一个或多个加权函数来被数字电路系统进行处理。经变换的信号组可以在傅立叶域中彼此结合以获得可以被用于图像形成的经傅立叶复合的信号集。

[0018] 使用通过多次采集获得的数据的超声图像形成的常规方法在时域中对数据进行复合。相比之下,本文中描述的傅立叶域复合技术允许在对获得的信号进行复合之前在傅立叶域中对所述信号进行调节,这引起更高质量的超声成像。

[0019] 因此,在一些实施方式中,从由超声换能器在多个相应采集期间收集的电信号获

得多个信号样本集。在可选的数据缩减和时域调节之后,可以将多个信号样本集中的每个信号样本集变换到傅立叶域,其中,在应用频域调节之后,可以在傅立叶域中对经变换的信号样本集进行复合以获得经傅立叶复合的数据以用于超声图像形成。

[0020] 在一些实施方式中,可以在两个阶段中将采集相对应的信号样本集变换至傅立叶域。在两个阶段中的每个阶段中,对信号样本集应用一维快速傅立叶变换(FFT)。信号样本集可以包括多组信号样本,其中,多个组中的每个组与一通道相对应。在第一阶段中,相对于时间对多组信号样本中的每组信号样本应用一维FFT。作为由第一阶段执行的处理的结果而获得的复数值化数据包括多组复数值,多组复数值中的每组复数值与多个频率窗口(frequency bin)中的相应频率窗口相对应。在第二阶段中,对多组复数值中的每组复数值应用一维FFT。

[0021] 在下面进一步描述以上描述的各方面和实施方式以及另外的方面和实施方式。这些方面和/或实施方式可以被独立使用、全部一起使用、或者以两种或更多种的任意组合的形式使用,因为本文中描述的技术在该方面不受限制。

[0022] 图1示出了体现本文中描述的技术的各个方面的单片式超声装置100的说明性示例。如所示出的,装置100可以包括一个或多个换能器布置(例如,阵列)102、发送(TX)电路系统104、接收(RX)电路系统106、定时与控制电路108、信号调节/处理电路110、电力管理电路118和/或高强度聚焦超声(HIFU)控制器120。在所示出的实施方式中,所有示出的元件形成在单个半导体管芯112上。然而,应当理解的是,在可替选的实施方式中,示出的元件中的一个或多个可以替代地位于片外。此外,尽管示出的示例示出了TX电路系统104和RX电路系统106两者,但是在可替选的实施方式中,可以采用仅TX电路系统或仅RX电路系统。例如,这样的实施方式可以在如下情况下被采用:一个或多个仅发送装置100被用于发送声学信号并且一个或多个仅接收装置100被用于接收已经被发送通过或者反射离开被进行超声成像的受试体的声学信号。

[0023] 应当理解的是,可以以多种方式中的任何方式来执行示出的部件中的一个或多个之间的通信。在一些实施方式中,例如,可以使用例如由统一北桥采用的一个或多个高速总线(未示出)来允许高速片内通信或者与一个或多个片外部件通信。

[0024] 所述一个或多个换能器阵列102可以采取多种形式中的任何一种形式,并且本技术的各方面不一定需要使用任何特定类型或特定布置的换能器单元或换能器元件。事实上,尽管在本说明书中使用了术语“阵列”,但是应当理解的是,在一些实施方式中,换能器元件可以不被组织在阵列中,而是可以替代地以一些非阵列方式被布置。在各种实施方式中,阵列102中的换能器元件中的每个可以例如包括一个或多个电容式微机械超声换能器(CMUT)、一个或多个CMOS超声换能器(CUT)、一个或多个压电微机械超声换能器(PMUT)以及/或者一个或多个其他合适的超声换能器单元。在一些实施方式中,换能器阵列102的换能器元件可以与TX电路系统104和/或RX电路系统106的电子器件形成在同一芯片上。换能器元件102、TX电路系统104和RX电路系统106在一些实施方式中可以集成在单个超声探头中。在一些实施方式中,单个超声探头可以是手持式探头。在其他实施方式中,单个超声探头可以被体现在可以耦接至患者的贴片中。贴片可以被配置成将由贴片收集的数据无线地发送至一个或多个外部装置以用于进一步处理。

[0025] CUT可以例如包括形成在CMOS晶片中的腔,其中,膜覆盖腔,并且在一些实施方式

中膜密封腔。可以提供电极以根据覆盖的腔结构来创建换能器单元。CMOS晶片可以包括换能器单元可以连接至的集成电路系统。换能器单元和CMOS晶片可以被单片式集成,从而在单个衬底(CMOS晶片)上形成集成的超声换能器单元和集成电路。

[0026] TX电路系统104(如果包括的话)可以例如生成驱动换能器阵列102的各个元件或者换能器阵列102内的一组或更多组元件以生成被用于进行成像的声学信号的脉冲。另一方面,RX电路系统106可以在声学信号碰撞到换能器阵列102的各个元件时对由这样的元件生成的电子信号进行接收和处理。

[0027] 在一些实施方式中,定时与控制电路108可以例如负责生成被用于对装置100中的其它元件的操作进行同步和协调的所有定时与控制信号。在示出的示例中,定时与控制电路108由供应至输入端口116的单个时钟信号CLK驱动。时钟信号CLK例如可以是被用于驱动片上电路部件中的一个或更多个的高频时钟。在一些实施方式中,时钟信号CLK例如可以是被用于驱动信号调节/处理电路110中的高速串行输出装置(图1中未示出)的1.5625GHz或2.5GHz时钟、或者是被用于驱动管芯112上的其他数字部件的20MHz或40MHz时钟,并且定时与控制电路108可以根据需要除或乘时钟CLK,以驱动管芯112上的其他部件。在其他实施方式中,两个或更多个不同频率的时钟(例如上面提到的那些)可以从片外源分别供应给定时与控制电路108。

[0028] 电力管理电路118可以例如负责将来自片外源的一个或更多个输入电压 V_{IN} 转换成执行芯片的操作所需的电压并且还负责管理装置100内的电力消耗。在一些实施方式中,例如,单个电压(例如,12V、80V、100V、120V等)可以被供应给芯片,并且电力管理电路118可以使用电荷泵电路或者经由一些其他DC转DC电压转换机制来根据需要升高或降低该电压。在其他实施方式中,可以将多个不同的电压分别供应给电力管理电路118以用于进行处理并且/或者分配给其他片上部件。

[0029] 如图1中所示,在一些实施方式中,HIFU控制器120可以集成在管芯112,以便使得能够经由换能器阵列102中的一个或更多个元件来生成HIFU信号。在其它实施方式中,用于驱动换能器阵列102的HIFU控制器可以位于片外,或者甚至位于与装置100分离的装置内。也就是说,本公开内容的各方面涉及提供具有和不具有超声成像能力的片上超声HIFU系统。然而,应当理解的是,一些实施方式可能不具有任何HIFU能力,并且因此可能不包括HIFU控制器120。

[0030] 此外,应当理解的是,HIFU控制器120可以不代表在提供HIFU功能的那些实施方式中的不同电路系统。例如,在一些实施方式中,图1的(除了HIFU控制器120之外的)剩余电路系统可以适合于提供超声成像功能和/或HIFU,即,在一些实施方式中,相同的共享电路系统可以被操作为成像系统并且/或者用于HIFU。是否呈现成像或HIFU功能可以取决于提供给系统的电力。HIFU通常以比超声成像的电力更高的电力工作。因此,向系统提供适合于成像应用的第一电力电平(或电压电平)可以使系统作为成像系统来操作,而提供更高的电力电平(或电压电平)可以使系统操作于HIFU。在一些实施方式中,这样的电力管理可以由片外控制电路系统提供。

[0031] 除了使用不同的电力水平之外,成像和HIFU应用可以利用不同的波形。因此,可以使用波形生成电路系统来提供合适的波形以将系统操作为成像系统或HIFU系统。

[0032] 在一些实施方式中,该系统可以作为成像系统和HIFU系统(例如,能够提供图像引

导的HIFU)两者来操作。在一些这样的实施方式中,可以利用同一片上电路系统来提供两种功能,其中,合适的定时序列被用于控制两种模态之间的操作。

[0033] 在示出的示例中,一个或更多个输出端口114可以输出由信号调节/处理电路110的一个或更多个部件生成的高速串行数据流。这样的数据流可以例如是由集成在管芯112上的一个或更多个USB 3.0模块、和/或一个或更多个10GB、40GB或100GB以太网模块生成的。在一些实施方式中,在输出端口114上产生的信号流可以被馈送到计算机、平板计算机或智能电话,以用于生成和/或显示二维、三维和/或断层图像。在其中图像形成能力被结合在信号调节/处理电路110中的实施方式中,甚至是相对低功率的装置——例如仅具有有限量的处理能力和可用于应用执行的存储空间智能电话或平板计算机——也可以仅使用来自输出端口114的串行数据流来显示图像。如以上所提及的,使用片上模拟至数字转换和高速串行数据链路来卸载数字数据流是帮助促进根据本文中描述的技术的一些实施方式的“片上超声”解决方案的特征之一。

[0034] 装置100例如图1所示的装置可以被用于许多成像和/或治疗(例如,HIFU)应用中的任何应用,并且本文中论述的特定示例不应被视为限制。在一个说明性实现方式中,例如,包括CMUT元件的 $N \times M$ 平面或基本上平面的阵列的成像装置本身可以通过以下操作来采集受试体——例如人的腹部——的超声图像:在一个或更多个发送阶段期间(一起或独立地)激励阵列102中的元件中的一些或全部;并且在一个或更多个接收阶段期间对由阵列102中的元件中的一些或全部生成的信号进行接收和处理,使得在每个接收阶段期间,CMUT元件感测由受试体反射的声学信号。在其他实现方式中,阵列102中的元件中的一些可以仅被用于发送声学信号,并且相同阵列102中的其他元件可以同时仅用于接收声学信号。此外,在一些实现方式中,单个成像装置可以包括各个装置的 $P \times Q$ 阵列、或者CMUT元件的各个 $N \times M$ 平面阵列的 $P \times Q$ 阵列,这些部件可以并行地、顺序地或者根据一些其他定时方案来操作,以便允许从可以实施在单个装置100中或者单个管芯112上的大量CMUT元件累积数据。

[0035] 在仍然其他实现方式中,一对成像装置可以被定位成跨立于受试体,使得在受试体的一侧的成像装置的装置100中的一个或更多个CMUT元件可以在这样的脉冲基本上不受受试体衰减的程度上感测由在受试体的另一侧的成像装置的装置100中的一个或更多个CMUT元件生成的声学信号。此外,在一些实现方式中,可以使用同一装置100来测量来自其自身CMUT元件中的一个或更多个CMUT元件的声学信号的散射以及来自设置在受试体的相对侧的成像装置中的CMUT元件中的一个或更多个CMUT元件的声学信号的发送两者。

[0036] 图2是示出在一些实施方式中用于给定换能器元件204的TX电路系统104和RX电路系统106可以如何被用于激励换能器元件204以发出超声脉冲、或者对来自换能器元件204的表示由换能器元件204感测的超声脉冲的信号进行接收和处理的框图。在一些实现方式中, TX电路系统104可以在“发送”阶段期间使用,并且RX电路系统可以在与发送阶段不交叠的“接收”阶段期间使用。在其他实现方式中,例如当一对超声单元仅被用于透射成像时, TX电路系统104和RX电路系统106中的一个可以简单地不被用在给定装置100中。如以上所提及的,在一些实施方式中,装置100可以可替代地仅采用TX电路系统104或者仅采用RX电路系统106,并且本技术的各方面不一定要求存在这两种类型的电路。在各种实施方式中, TX电路系统104和/或RX电路系统106可以包括与单个换能器单元(例如,CUT或CMUT)、单个换能器元件204内的一组两个或更多个换能器单元、包括一组换能器单元的单个换能器元件

204、阵列102内的一组两个或更多换能器元件204或换能器元件204的整个阵列102相关联的TX电路和/或RX电路。

[0037] 在图2所示的示例中，TX电路系统104/RX电路系统106包括用于阵列102中的每个换能器元件204的单独TX电路和单独RX电路，但是仅存在定时与控制电路108和信号调节/处理电路110中的每个的一个实例。因此，在这样的实现方式中，定时与控制电路108可以负责对管芯112上的TX电路系统104/RX电路系统106组合中的所有的操作进行同步和协调，并且信号调节/处理电路110可以负责对来自管芯112上的所有RX电路系统106的输入进行处理。在其他实施方式中，可以针对每个换能器元件204或针对换能器元件204组来复制定时与控制电路108。

[0038] 如图2所示，除了生成和/或分配时钟信号以驱动装置100中的各种数字部件之外，定时与控制电路108可以输出对TX电路系统104的每个TX电路的操作进行使能的“TX使能”信号或者对RX电路系统106的每个RX电路的操作进行使能的“RX使能”信号。在示出的示例中，RX电路系统106中的开关202可以在TX电路系统104被使能之前始终被断开，以便防止TX电路系统104的输出对RX电路系统106进行驱动。开关202可以在RX电路系统106的操作被使能时闭合，以便允许RX电路系统106对由换能器元件204生成的信号进行接收和处理。

[0039] 如所示出的，用于相应换能器元件204的TX电路系统104可以包括波形发生器206和脉冲器208两者。波形发生器206可以例如负责生成要被施加至脉冲器208的波形，以便使脉冲器208将与生成的波形相对应的驱动信号输出至换能器元件204。

[0040] 在图2所示的示例中，用于相应换能器元件204的RX电路系统106包括模拟处理框210、模拟至数字转换器(ADC) 212和数字处理框214。ADC 212可以例如包括10位或12位的20Msps、25Msps、40Msps、50Msps或80Msps ADC。

[0041] 在进行数字处理框214中的处理之后，管芯上112的所有RX电路(其数目在该示例中等于芯片上的换能器元件204的数目)的输出被馈送到信号调节/处理电路110中的多路复用器(MUX) 216。在其他实施方式中，换能器元件的数目大于RX电路的数目，并且若干换能器元件将信号提供给单个RX电路。MUX 216对来自RX电路的数字数据进行多路复用，并且MUX 216的输出被馈送到信号调节/处理电路110中的多路复用数字处理框218，以用于在例如经由一个或更多个高速串行输出端口114从管芯112输出数据之前进行最终处理。MUX 216是可选的，并且在一些实施方式中，执行并行信号处理。高速串行数据端口可以被设置在框之间或框内的任何接口处、芯片之间的任何接口处和/或到对主机的任何接口处。模拟处理框210和/或数字处理框214中的各种部件可以减少需要经由高速串行数据链路或以其他方式从管芯112输出的数据量。在一些实施方式中，例如，模拟处理模块210和/或数字处理框214中的一个或更多个部件因此可以用于使得RX电路系统106能够以改善的信噪比(SNR)并且以与波形的多样性兼容的方式接收发送的和/或散射的超声压力波。在一些实施方式中，包含这样的元件因此可以进一步促进和/或增强所公开的“片上超声”解决方案。

[0042] 尽管下面描述了可以可选地包括在模拟处理框210中的特定部件，但是应当理解的是，这样的模拟部件的数字对应物可以另外地或备选地被采用在数字处理框214中。反过来也是如此。也就是说，尽管下面描述了可以可选地包括在数字处理框214中的特定部件，但是应当理解的是，这样的数字部件的模拟对应物可以另外地或备选地被采用在模拟处理框210中。

[0043] 超声换能器的布局

[0044] 图3示出了超声装置的衬底302(例如,半导体衬底),衬底302上形成有多个超声电路系统模块304。如所示出的,超声电路系统模块304可以包括多个超声元件306。超声元件306可以包括多个超声换能器308。

[0045] 在示出的实施方式中,衬底302包括被布置为具有两行和72列的阵列的144个模块。然而,应当理解的是,单个衬底超声装置的衬底可以包括任何合适数目的超声电路系统模块(例如,至少两个模块、至少十个模块、至少100个模块、至少1000个模块、至少5000个模块、至少10,000个模块、至少25,000个模块、至少50,000个模块、至少100,000个模块、至少250,000个模块、至少500,000个模块、在两个与一百万个模块之间等),所述合适数目的超声电路系统模块可以被布置为具有任何合适数目的行和列的二维模块阵列或者以任何其他合适的方式布置。

[0046] 在示出的实施方式中,每个超声电路系统模块304包括被布置为具有32行和两列的阵列的64个超声元件。然而,应当理解的是,超声电路系统模块可以包括任何合适数目的超声元件(例如,一个超声元件、至少两个超声元件、至少四个超声元件、至少八个超声元件、至少16个超声元件、至少32个超声元件、至少64个超声元件、至少128个超声元件、至少256个超声元件、至少512个超声元件、在两个与1024个元件之间、至少2500个元件、至少5,000个元件、至少10,000个元件、至少20,000个元件、在1000个与20,000个元件之间等),所述合适数目的超声元件可以被布置为具有任何合适数目的行和列的超声元件二维阵列或者以任何其他合适的方式布置。

[0047] 在示出的实施方式中,每个超声元件306包括被布置为具有四行和四列的二维阵列的16个超声换能器。然而,应当理解的是,超声元件可以包括任何合适数目的超声换能器(例如,一个、至少两个、至少四个、至少16个、至少25个、至少36个、至少49个、至少64个、至少81个、至少100个、在1个与200个之间等),所述合适数目的超声换能器可以被布置为具有任何合适数目的行和列(正方形或矩形)的二维阵列或者以任何其他合适的方式布置。

[0048] 应当理解的是,以上描述的部件(例如,超声发送单元、超声元件、超声换能器)中的任何部件可以被布置为一维阵列、二维阵列、或者以任何其他合适的方式布置。

[0049] 在一些实施方式中,超声电路系统模块可以包括除了一个或更多个超声元件之外的电路系统。例如,超声电路系统模块可以包括一个或更多个波形发生器和/或任何其他合适的电路系统。

[0050] 在一些实施方式中,模块互连电路系统可以与衬底302集成,并且被配置成将超声电路系统模块连接至彼此以允许数据在超声电路系统模块之间流动。例如,装置模块互连电路系统可以提供相邻超声电路系统模块之间的连接性。以这种方式,超声电路系统模块可以被配置成向装置上的一个或更多个其他超声电路系统模块提供数据并且/或者从装置上的一个或更多个其他超声电路系统模块接收数据。

[0051] 数字信号处理电路系统

[0052] 图4是根据本文中描述的技术的一些实施方式的RX电路系统106的数字处理框214的框图。数字处理框214被配置为信号处理电路系统,该信号处理电路系统从ADC 212接收数字信号样本、对信号样本进行处理、并且将经处理的信号样本提供给高速串行接口以供后续用于图像形成处理。由框214执行的信号处理可以包括但不限于用于数据缩减、数据压

缩和/或降采样的处理、用于补偿各种物理和电路效应的处理、以及执行在多个不同采集上获得的数据的傅立叶域复合。

[0053] 如图4所示,信号处理电路包括提取范围条带框402、正交解调框404、示出为低通滤波器(LPF)的滤波器框406、降采样框408、存储器410、时域信号调节框412、快速傅立叶变换(FFT)框414、频域信号调节框416、总和通道框418、转置框420、第一乘法框422、第二FFT框424、第二乘法框426、重采样/插值框428、傅立叶域复合框430、卸载缓冲器框432以及信号处理链的输出可以供应至的高速串行接口框434。转而,经由高速串行接口434卸载的数据可以被用于使用任何合适的图像形成技术形成一个或多个图像,因为本文中描述的技术的各方面在这方面不受限制。

[0054] 图4的信号处理电路对经由ADC 212从单个超声换能器元件或从超声换能器元件组接收的信号进行处理。因此,针对每个超声换能器元件或超声换能器元件组,重复信号处理链的至少一部分。例如,在一些实施方式中,可以针对每个超声换能器元件或超声换能器元件组,重复框402至框410,使得经处理的超声数据被存储在存储器410中,之后框412至框434可以对存储在存储器410中的超声数据进行处理。框412至434可以被应用于存储在存储器410中的所有经处理的超声数据,或者重复应用于存储在存储器410中的经处理的数据的一部分,使得在时间多路复用的基础上成块地对存储在存储器410中的经处理的超声数据进行处理。作为一个非限制性示例,可以重复框402至框410,直到表示由超声装置执行的多次采集的数据被存储在存储器410中。然后,如下面更详细描述,框412至434可以例如通过执行傅立叶域复合来对在多次采集期间获得的数据(一次或成块地)进行处理。

[0055] 如可以从前述理解的,在一些实施方式中,信号处理链的一部分利用减少的数目的通道,并且在时间多路复用的基础上对若干通道的信号进行处理。通过利用减少的数目的通道进行信号处理,与针对每个超声换能器元件或超声换能器元件组使用一个信号处理通道的配置相比,可以减小芯片面积和电力消耗。仅作为示例,超声换能器阵列可以包括1000个超声换能器元件,从而需要1000个信号处理通道。在一些实施方式中,与存储器410之前的处理通道的数目相比,存储器410之后的处理通道的数目减少。例如,可以在存储器410之后使用4个、8个或16个通道,但是该架构关于通道的数目不受限制。如所指出的,存储器410可以位于信号处理电路中的任何点处,以经由时间多路复用来实现有效的速率变化。还应当理解的是,在一些实施方式中,可以通过使用其中并行处理硬件被用于在多个不同通道上对数据进行并行处理(在一些情况下,不使用时间多路复用)的全流式架构来在没有存储器410的情况下实现图4的信号处理电路。

[0056] 图4的信号处理电路可以具有各种配置,其中,取决于特定超声系统的要求,一些框被绕过或省略。例如,正交解调框404、滤波器框406和降采样框408执行数据缩减,并且可以在不需要数据缩减的系统中被绕过或省略。作为另一示例,可以绕过或省略时域调节框412。作为另一示例,可以绕过或省略频域信号调节框。作为另一示例,可以绕过或省略乘法框422和框426中的一者或两者。作为另一示例,可以绕过或省略卸载缓冲器432。在一些实施方式中,可以绕过或省略本段中上面列出的框的任何组合。

[0057] 提取范围条带框402

[0058] 提取范围条带框402选择有助于图像的输入样本,并且丢弃无助于图像的输入样本。为了对其像素相对于孔径具有给定范围和位置的图像进行处理并且使用具有给定脉冲

长度的波形,存在将有助于用于给定的接收器/激励组合的图像像素的时间样本集;可以丢弃该时间样本集之外的时间样本。在一些实施方式中,可以通过来自ADC 212的数据的流传输来实现提取范围条带框402,其中,所选择的数据范围由数据被数字化和/或被注入到信号处理电路中时的开始时间和结束时间来定义。

[0059] 提取接收条带的有帮助部分可以减少数据传输要求(当在板上完成时)、数据存储要求(无论是在存储器中或是写入磁盘)和处理负担。这可以取决于数据缩减的重要性被完成成为各种紧凑程度。基本实现包括跨所有接收器和所有激励的恒定时间延伸范围,其具有跨所有接收器和所有激励的恒定开始时间。其他实现可以针对每个接收器和每个激励使用单独的开始时间和时间延伸范围。在数据传送之后,以用于进行处理所需的任何形式对数据进行对齐和排列。

[0060] 不管任何接收器保护器电路系统或开关,通常不时在系统正在传输时或之后不久存在非零接收A/D样本,导致因饱和或其他非线性而产生的高度失真的A/D值。这些样本无助于可用成像,并且可以导致成像中出现许多问题和伪影,这使得通常更加难以进行基本诊断。当执行任何类型的反卷积或其他时间频率域处理(通常甚至只是截断到处理带)时,扩展的时域中的能量会污染整个图像。利用存在的这些样本对频谱进行估计(以用于诊断或校准)可能会有问题,因为这些样本中的能量支配整个接收通道中的能量。相应地,在一些实施方式中,可以在框402中丢弃这些样本。

[0061] 数据缩减框404至408

[0062] 在图4所示的信号处理链214的实施方式中,在框404至框408处对由提取范围条带框402选择的样本执行数据缩减。如以上所描述的,在其中没有使用数据缩减的一些配置中,可以绕过或省略框404至408。在被实现的情况下,数据缩减可以通过在框404处执行正交解调、在框406处进行滤波并且在框408处进行降采样来执行。

[0063] 在一些实施方式中,正交解调框404可以被实现为用于复数输入信号 $x[n]$ 的虚数(I[n])部分和正交(Q[n])部分的两个单独的数据流。QDM框404可以包括可以被用于生成 $\cos(2\pi f_c t)$ 和 $\sin(2\pi f_c t)$ 的数字控制振荡器或任何其他合适的部件,其中,选择中心频率 f_c 。以提供特定的解调量。解调可以将信号相位调制成以0Hz为中心或以某个期望的频率范围为界限以用于进行滤波。在一些实施方式中,可以期望将 f_c 与阵列102中使用的换能器的关注频率进行匹配。由滤波器框406和降采样框408对来自QDM框404的虚数数据流和正交数据流进行进一步处理。

[0064] 在图4所示的实施方式中,滤波器框406被示出为执行低通滤波(LPF)。然而,应当理解的是,可以在滤波器框406中可替代地使用其他类型的滤波,例如带通滤波(BPF)和高通滤波(HPF)。

[0065] 在一些实施方式中,级联积分梳状(CIC)滤波器架构可以被用于执行滤波(例如,用于滤波器框406)和抽取(例如,用于降采样框408)。例如,这样的CIC滤波器架构可以被用于使用精确的延迟时间指数准确地计算范围值。在抽取输入数据流 $x[n]$ 以产生输出数据流 $y[n]$ 时,CIC滤波器可以包括多个(N个)阶段并且用作低通滤波器。增加阶段的数目可以导致通带中更多的下垂,同时增加阶段的数目导致更好的图像载波抑制(image rejection)。在一些实例中,可以使用在CIC滤波器已经被应用于数据之后应用的补偿滤波器来至少部分地解决通带下垂(droop)。

[0066] 存储器410

[0067] 再次参照图4,存储器410存储由提取范围条带框402、正交解调框404、低通滤波器406和降采样框408对接收到的信号样本进行处理之后的信号样本。存储在存储器410中的信号样本可以根据时间被索引。因此,信号样本可以一经从超声换能器阵列接收到并在(例如,由框402、404、406和408)进行初始处理之后被写入存储器410。信号样本可以在由存储器410之后的处理框(例如,包括时域信号调节框412的实现中的时域信号调节框412)需要时从存储器410读取。

[0068] 在一些实施方式中,在多次采集中的每次采集期间获得的信号样本可以被存储在存储器410中。例如,如图5A所示,存储器410可以存储与由超声换能器阵列执行的M个相应的采集相对应的M个信号样本集(即,信号样本集502-1、502-2、...、502-M),其中,M是大于或等于1的任何正整数。在图5A所示的说明性示例中,每个信号样本集包括针对288个通道中的每个通道随时间获得的1024个信号样本。例如,可以通过组合由一组超声元件获得的数据来获得288个通道中的每个通道中的数据。例如,288个通道中的每个通道可以与相应超声模块304中的单列超声元件相对应(衬底302包括各自具有两列超声元件的144个总超声模块)。例如,可以通过对由相应超声模块的相应列中的超声元件获得的信号样本进行相加或平均来获得288个通道中的每个通道中的数据。

[0069] 应当理解的是,图5A的示例是说明性的而非限制性的,因为每个信号样本集可以包括针对任何合适数目的通道中的每个通道获得的任何合适数目的信号样本。每个通道可以与超声换能器阵列的任何合适的超声元件集相对应,因为本文中描述的技术的各方面在这方面不受限制。另外,在一些实施方式中,存储器410中的信号样本可以根据采集、时间和通道来被索引。然而,在其他实施方式中,信号样本可以以任何其他合适的方式被索引。另外,尽管每个信号样本集在图5A中被示出为以二维阵列进行组织,但是这是为了清楚呈现而不是为了作为限制,因为可以以任何其他合适的方式来组织(例如,存储)每个信号样本集。

[0070] 如以上所描述的,在存储器410后面的处理框需要时,信号样本可以被从存储器410读取。在一些实施方式中,与各个采集相对应的信号样本集可以由存储器410后面的处理框从存储器410中读取并且进行处理。如下面更详细描述,处理框412至428可以彼此独立地对信号样本集中的每个信号样本集中的信号样本进行处理(例如,框412至框428中的每个可以独立于信号样本集502-2来对信号样本集502-1进行处理)。如下面参考处理框430所描述的,可以将与各个采集相对应的信号样本集结合,以执行傅立叶域复合。

[0071] 在图4所示的实施方式中,存储器410被设置在框408与框412之间。然而,本文中描述的技术的各方面在这方面不受限制,因为在其他实施方式中,存储器410可以被设置在任何一对框甚至是子框(框内的框)之间。在处理电路中的任何点处,存储器框可以有助于降低流化处理的速率,从而减少进行处理所需的并行资源的数目(例如,被同时处理的1152个通道可以保存到存储器,然后在存储器之后,流处理可以一次仅包括4个通道)。降低流速率的一个原因是通过匹配数据速率接口(例如,通用串行总线(USB)、火线、低压差分信号(LVDS)、雷电接口等)来在速度与资源之间进行优化。

[0072] 时域信号调节框412

[0073] 图4所示的时域信号调节框412在时域中执行信号样本的信号调节。信号调节可以

涉及时域信号的加权以补偿各种效应。可以使用加权函数或掩码来执行加权。加权函数可以包括与参考时间——例如发送事件——之后的时间范围相对应的系数或加权值。因此，例如，信号样本可以包括在参考时间之后的时间 t_0 、 t_1 、 t_2 、...、 t_n 处的样本，并且加权函数可以包括与参考时间之后的每个信号样本相对应的系数或加权值。每个信号样本可以乘以相应的系数以提供加权信号样本。时域信号调节框412可以包括用于存储一个或更多个加权函数的系数的存储器。加权函数可以是固定的，或者可以从主计算机下载以提供灵活性。加权函数可以是通道依赖的或通道独立的。信号样本乘以加权值可以是复数乘法。

[0074] 时域信号调节框412可以被配置成从存储器410读取信号样本并且对所读取的信号样本应用一个或更多个加权函数。例如，框412可以存取与采集相对应的信号样本集（例如，信号样本集502-2）并且对所述信号样本集中的样本应用一个或更多个加权函数。在框412中，可以对针对特定通道随时间获得的信号样本序列（例如，对图5A所示的信号样本集502-1的特定行中的信号样本）应用加权函数。另外地或可替代地，可以对跨不同通道同时获得的样本集（例如，对图5A所示的信号样本集502-1的特定列中的信号样本）应用加权函数。

[0075] 在一些实施方式中，框412可以执行从存储器410存取的信号样本的通道独立的（例如，接收器和激励独立的）加权。当要被跨时间应用的唯一加权是通道独立的时，则可以节省存储器以及简化索引。当使用任何其他形式的时域加权（接收器依赖的、激励依赖的或通道依赖的）时，该通道独立的权重可以被吸收到另一时域加权中。通道独立的时域权重的非限制性示例包括：（1）载波频率调整；（2）对样本应用线性相位；以及（3）时间增益补偿（TGC），在一些情况下，时间增益补偿（TGC）可以针对每个接收器和每个激励使用相同的TGC曲线来被执行。

[0076] 在一些实施方式中，框412可以执行从存储器410存取的信号样本的通道依赖的加权。应用通道依赖的加权可以包括应用不取决于被用于获得信号样本的激励的接收器依赖的加权函数。例如，可以针对每个接收器使用不同加权函数来执行时间增益补偿（例如，在接收器放大器增益的变化足够大以至于它们需要被单独处理的情况下）。另外地或可替代地，应用通道依赖的加权可以包括应用激励依赖的加权函数（例如，在有意地使用不同的时间增益补偿设置以跨所有激励最佳地量化信号的情况下）。

[0077] 虽然当在框412处执行的加权依赖于通道、激励和/或一个或更多个其他因素时所得到的图像的质量可以提高，但是实现这样的加权可能需要额外的电力、处理、和/或存储器资源。可以在实现超声探头时考虑一方面的图像质量与另一方面的硬件尺寸和电力消耗之间的权衡。在一些实施方式中，探头可以被配置成实现具有依赖性（例如，对通道依赖、对激励依赖等）的加权或没有依赖性的加权两者，并且可以基于可用电力、处理和/或存储器资源，在探头的操作期间来做出要使用哪种类型的加权的决定。

[0078] 快速傅立叶变换框414

[0079] 在图4所示的实施方式中，FFT框414接收由时域信号调节框414执行加权之后的信号样本，并且对所接收的信号样本执行FFT处理。FFT框414可以通过针对每个通道对在该通道上随时间获得的信号样本应用FFT来相对于时间对信号样本应用一维快速傅立叶变换。例如，框414可以存取与采集相对应的信号样本集（例如，信号样本集504-1），并且对所述信号样本集中的针对通道中的每个通道的信号样本执行FFT（例如，对信号样本集504-1的每

个行例如行505-1应用FFT)。

[0080] 因此,在一些实施方式中,在框414处接收到的信号样本可以包括多组信号样本,其中,多个组中的每个组与多个相应通道中的相应通道相对应。因此,多个组中的每个组包括从通过相应通道获得的数据获得的信号样本。FFT框414可以通过对多个组中的每个组应用一维FFT来对信号样本应用一维FFT。作为对信号样本应用一维FFT的结果而获得的复数值化数据包括多组复数值,每组复数值与在相应通道上获得的数据中的频率/相位信息相对应。

[0081] 在一些实施方式中,框414可以针对每个通道以及针对每次采集相对于时间对信号样本应用一维FFT。例如,如图5B所示,框414可以对信号样本集504-1中的每行样本(例如,包括行505-1)应用FFT、对信号样本集504-2中的每行样本(例如,包括行505-2)应用FFT、...、以及对信号样本集504-M中的每行样本(例如,包括行505-M)应用FFT。在该示例中,样本集504-1、504-2和504-M可以从作为由时域信号调节框412执行的处理的结果的样本集502-1、502-2和502-M中获得。在执行FFT之后,样本集504-1、504-2、...、504-M中的每行表示通过应用快速傅立叶变换而获得的频率和相位值。应当理解的是,图5A至图5F的示例中所示的每行信号样本与针对相应通道随时间获得的信号样本相对应,并且图5A至图5F所示的信号样本的组织不代表并且可以不同于超声换能器阵列中的超声元件的布局,例如图3所示的布局。

[0082] 应当理解的是,可以通过对要被变换的信号样本进行零填充来执行由框414执行的任何FFT。可以通过将时域数据放置在较大预定尺寸的零填充的阵列的FFT中心中来对信号样本进行零填充。例如,尽管在图5B所示的实施方式中,对具有1024个信号样本的每行数据应用1024点FFT,但是在其他实施方式中,可以对具有1024个信号样本的每行数据应用2048点或4096点FFT。此外,零填充可以是通道独立的(即,针对每个通道中的数据使用相同量的零填充)或通道依赖的(即,针对不同通道中的数据使用不同量的零填充)。

[0083] 另外,在一些实施方式中,在对信号样本的序列应用FFT之后,结果可以被截断(在频域中),使得仅所得光谱的选定部分被用于形成图像。可以选择所得光谱的任何部分(例如,针对指定的频带、通过去除高频等)。

[0084] 频域信号调节框416

[0085] 频域信号调节框416接收作为由FFT框414执行的处理的结果而获得的频域值,并且在频域中执行信号调节。特别地,频域信号调节框416执行频域值的加权以补偿一个或多个效应,并且提供加权的频域值。框416可以被配置成对针对特定通道随时间获得的信号样本的序列应用加权函数。例如,框416可以被配置成在FFT框414中已经对图5B所示的信号样本集504-1的特定行应用FFT之后对所述特定行中的信号样本应用加权函数。如下面更详细描述,可以对与不同通道相对应的信号样本应用相同的或不同的加权函数。

[0086] 可以通过利用相应传递函数对许多不同的物理效应中的每个进行建模并且使用该传递函数抵消所述效应来使用由框416执行的处理将所述许多不同的物理效应考虑在内。框416还可以被用于执行运动补偿/相位调整。

[0087] 框416可以被配置成使用任何适合的加权来执行频域加权。例如,框416可以被配置成使用通道独立的加权、通道依赖的加权或它们的任何适合的组合。通道依赖的加权的示例包括接收器依赖的加权和激励依赖的加权。存在用于将通道独立的加权和通道依赖的

加权进行结合的许多选项和组合。下面描述了这些选项和组合中的一些选项和组合。

[0088] 通道独立的频域加权可以被用于将若干效应——例如：(1) 时间频率线性孔径加权，其被选择以在成像中施加特定的旁瓣结构；(2) 跨所有通道应用的恒定“主波形”；(3) 通用换能器传递函数——考虑在内。

[0089] 在一些实施方式中，在至少一个接收器/激励/通道依赖的频域加权被应用在预处理内时，通道独立的频域加权可以在该处被吸收。一个可能的例外可以是当接收器/激励/通道依赖的频域加权是纯相位的时，其中，相位是通过低阶多项式（例如，具有线性相位的运动补偿或者具有二次相位函数的其他相位调整）描述的。在这种情况下，可以即时地有效计算纯相位函数，并且通道独立的权重被应用为单独的乘法步骤。这将引起更多的总体乘法，但是节省了将被用于存储预先计算的权重的大量存储空间（特别是对于完全通道依赖的权重）。

[0090] 接收器依赖的频域加权可以在某些情况下被应用。这可以在其中每个组合的发射器/换能器/接收器的传递函数足够不同以保证分别考虑它们的情况下进行。

[0091] 可以对接收器独立的数据应用激励依赖的频域加权。相关示例是用于平面波激励的，在平面波激励中，常常存在作为平面波角的函数的相对于中直接接收器处的相位参考的偏移延迟。虽然这可以被吸收到时域插值或完全通道依赖的频域加权中，但是用于整个权重集的存储器存储空间的数量可能使得激励依赖的加权有吸引力。

[0092] 还可以利用通道依赖的频域加权。最一般的加权是关于每个数据通道可能不同的加权，其中，通道与唯一的接收器/激励组合相对应。任何通道独立的加权都可以被吸收到通道依赖的、接收器依赖的或激励依赖的加权中。

[0093] 当使用接收器依赖的加权和激励依赖的加权时，会存在将两个加权吸收到单个通道依赖的加权中所需的附加存储空间与使用具有两个独立乘法的较少存储空间之间的权衡。此外，在存储乘法系数的存储空间的数量与即时生成这些参数所需的逻辑之间可能存在权衡。利用即时系数生成方法可以实现存储器的显著节省，从而在低成本硬件上实现高质量处理。

[0094] 可能需要提供频率独立、时间/范围独立、但是通道依赖的加权。该加权的最常见类型是因接收器不同而不同、但跨激励恒定的标量增益。这些权重将可能具有最少数目的系数（因为快速A/D样本支配接收器的数目），但是如果每个复数乘法是昂贵的，则这些类型的权重可以以任何最合适的方式（以快速时间或沿着频率的方式，取决于哪一个具有相应的权重集，该权重集具有相同的接收器/激励/通道依赖性）被吸收到其他通道依赖的权重中。如果在预处理内的任何地方不存在接收器/激励/通道依赖的校正，则可以在具有单独的乘法阶段与其中可以吸收这些快速时间/频率独立的权重的完全通道依赖的权重的存储空间之间进行权衡。

[0095] 局部化声学能量随着它传播通过组织而降低可以是显著的。可以期望利用估计的范围依赖曲线来对原始数据进行去加权，以便平衡图像。补偿大致的范围衰减可能是有用的。特别地，许多2D成像公式化假定无限的线源和无限的线换能器元件，这会导致柱形波衰减。这些公式化中的许多公式化实际上对原始数据施加了正确的柱形波行为（在用于正向意义时，并且在用于“反向”意义时使用时被准确地移除）。但是由于实际的换能器表现得更像点源并且由点散射体构成容积，因此球形波更适合于描述基本的传播损耗。

[0096] 通常没有提前已知通过组织的信号衰减特性。然而,利用估计的参数将衰减近似为均匀过程可以帮助根据向下范围(downrange)来对图像亮度进行平衡。即使利用所具有的均匀的衰减参数,也应当通过多项式或其他基本扩展、多速率或者通过其他方式来根据频率施加/消除衰减。如果这在计算上太繁重,则可以使用单个频率处的参数对其进行近似。

[0097] 总和与高程通道框418

[0098] 由频域信号调节框416处理的数据被提供给对频域中的高程通道数据进行求和的总和与高程通道框418。总和可以是加权的或未加权的。框418可以对每次采集的高程通道数据进行求和。在一些实施方式中,可以省略框418,并且可以不跨高程对每次采集的通道数据进行求和。另外,在一些实施方式中,先前描述的框中的任何框可以在时域中或者经由频域中的频率调制乘法来对信号应用时域延迟。例如,这样的时域延迟可以在被求和时在高程中创建接收波束图案,该接收波束图案可以是聚焦波束。

[0099] 参照图5B和图5C可以理解其中由总和与高程通道框418执行处理的方式。在由框414和框416对信号样本集504-1、504-2、...、504-M(图5B示出的)执行FFT和频域信号调节之后,每个得到的信号样本集可以包括 288×1024 个复数值(具有表示每个通道的频率和相位的1024个复数值的288个通道)。第一144个通道可以表示图3所示的衬底302的顶部部分(即,衬底302中的超声模块的第一行)中的超声元件的列。第二144个通道可以表示图3所示的衬底302的底部部分(即,衬底302中的超声模块的第二行)中的列。在该示例中,框418可以将第一144个通道的频率数据与第二144个通道的频率数据相加以获得 144×1024 个复数值(具有表示每个通道的频率和相位的1024个复数值的144个通道)。这在图5C中示出,其中,通过将第一144个通道的频率数据与第二144个通道的频率数据相加(在框418中)来获得复数值集506-1、506-2、...、506-M(每个包含 144×1024 个复数值)。

[0100] 转置框420

[0101] 在其中与各个采集相对应的信号样本集被存储在阵列中(或实现复数值的二维索引的任何合适的数据结构)的实施方式中,转置框420可以重新组织信号样本集以对其进行转置。因此,如果与采集相对应的信号样本集被组织在(例如,被存储在、经由其被索引等) 144×1024 的复数值阵列中,则在转置之后,该信号样本集被组织在 1024×144 的复数值阵列中。该处理可以减少在框424处(下面描述的)执行横向距离FFT的计算负荷,使得可以对被用于存储信号样本的数据结构的行有效地应用FFT。在一些实施方式中,可以通过有组织的读取和写入缓冲器、利用流传输并且不用处罚来完成在该阶段处执行的处理。

[0102] 乘法框422与乘法框426

[0103] 如以下所描述的,乘法框422和乘法框426可以被用于在执行框424中的数据的横向距离或方位角FFT(cross range or azimuthal FFT)处理之前(在框422中)和之后(在框426中)在频域中有效地对数据应用加权。在一些实施方式中,可以使用即时乘法架构(on-the-fly multiply architecture)来实现乘法框422和426。这些加权可以被用于补偿上面提供的众多效应示例中的任何效应示例。乘法框422和426可以被用于将信号样本与根据通道、频率、激励和/或任何其他合适的因子而确定的权重相乘。

[0104] 在一些实施方式中,第一乘法框422可以被用于调节总体投射距离或反向传播距离、时间频域滤波、横向距离变迹以及/或者作为参数的函数的任何合适的因子。第一乘法

框422可以被用于通过在转置方向上进行系数计算来使用更少的资源应用附加系数(例如,所计算的值可以在一个方向上比在另一个方向上被更多地重复使用)。

[0105] 在一些实施方式中,第二乘法框426可以被用来调整横向距离频域滤波、衍射内核乘法(基于频率的衍射传播)、倏逝波滤波或作为参数的函数的任何合适的因子。

[0106] 快速傅立叶变换框424

[0107] 在图4所示的实施方式中,FFT框424接收在由框422执行的任何加权之后的数据,并且对接收到的数据执行FFT处理。特别地,FFT框424相对于横向距离或方位角方向对复数值化数据应用一维快速傅立叶变换。

[0108] 从前面可以理解的是,在一些实施方式中,在框424处接收到的数据可以包括针对多个采集中的每个采集的数据。每个采集的数据可以包括针对多个通道中的每个通道(例如,144个通道中的每个通道)的复数值集(例如,表示1024个相应频率窗口的相位和频率的1024个复数值)。在这样的实施方式中,FFT框424可以针对每个频率窗口、跨通道来应用一维FFT,从而相对于横向距离或方位角方向实现数据的一维快速傅立叶变换。如以上所描述的,144个通道中的每个通道可以与布置在图3所示的衬底302上的相应列中的超声元件相对应。当衬底平行于被用于执行成像的超声探头的面设置时,各列在超声探头的面上从左到右布置,这与横向距离或方位角方向(cross-range or azimuth direction)相对应。为此,针对每个频率窗口、跨通道执行一维FFT在本文中被称为执行横向距离或方位角FFT。

[0109] 例如,如图5D所示,FFT框424可以获得与采集相对应的数据(例如,与采集相对应的数据508-1)并且对包含跨多个通道的用于单个频率窗口的复数值的复数值的列507-1执行一维FFT。应当理解的是,虽然图5D将跨多个通道的用于单个频率窗口的复数值示出为被组织在列中,但是当包括转置框420时,这些复数值可以被组织在行中。

[0110] 因此,提供给FFT框424的复数值化数据可以包括多组复数值,多组复数值中的每组复数值与多个频率窗口中的相应的频率窗口相对应。如以下描述的,FFT框424可以通过对多组复数值中的每组复数值应用一维FFT来对复数值化数据进行处理,以获得要被傅立叶复合框使用的经变换的复数值。

[0111] 在一些实施方式中,FFT框424可以针对每个频率窗口和每个采集、关于通道来对信号样本应用一维FFT。例如,如图5D所示,框424可以对复数值集508-1的每列复数值(包括列507-1)应用一维FFT、对复数值集508-2的每列复数值(包括列507-2)应用FFT、...、以及对复数值集508-M的每列样本(包括列507-M)应用FFT。在该示例中,作为由乘法框422执行的处理的结果,复数值集508-1、508-2和508-M可能已经从复数值集506-1、506-2和506-M获得。

[0112] 应当理解的是,可以通过对要被变换的数据进行零填充来执行由FFT框424执行的任何FFT。可以通过将数据放置在更大预定尺寸的零填充阵列的FFT中心中来对数据进行零填充。例如,尽管在图5D所示的实施方式中,每列数据包括144个复数值,但是可以对每列数据应用2048点FFT。如图5E所示,这导致各自具有 2048×1024 个复数值的复数值集510-1、510-2、...、510-M。这些复数值集中的每个复数值集是从相应采集期间收集的数据获得的。

[0113] 此外,零填充可以是通道独立的(即,针对每个通道中的数据使用相同量的零填充)或通道依赖的(即,针对不同通道中的数据使用不同量的零填充)。

[0114] 重采样/插值框428

[0115] 在一些情景中,在执行FFT框424以及可选地执行框426中的乘法之后,可能有必要对所得到的数据进行重采样。重采样可以被用于实现从从传感器收集的数据的傅立叶空间到被成像的对象的傅立叶空间的重采样映射。可以从分散度关系中获得该重采样映射。因此,重采样/插值框428可以被用于将时间频率和横向距离频率映射到空间纵向频率和空间横向频率。所得到的样本可以在被成像的对象的空间中被均匀地间隔开。如此,在一些情况下,由框428执行的重采样操作可以将均匀样本间隔变换为具有不均匀样本集的新样本间隔。

[0116] 傅立叶复合框430

[0117] 在傅立叶复合框430处,在傅立叶域中将多个不同的采集相对应的数据进行结合——有时被称为复合。特别是,将各复数值集——每个复数值集是从在相应采集期间收集的数据获得的——进行结合以产生单个傅立叶复合值集。各复数值集可以以任何合适的方式结合,并且例如可以通过未加权求和或加权求和(例如,平均)来进行结合。因此,傅立叶复合值集可以作为多个复数值集的(加权或未加权的)线性组合而被获得,其中所述多个复数值集中的每个复数值集与相应的采集相对应。转而,傅立叶复合值集可以被用于使用任何合适的图像形成技术(例如,傅立叶逆变换)形成超声图像。

[0118] 例如,可以将图5E所示的并且每个均包含 2048×1024 个复数值的复数值集510-1、510-2、……、510-M结合以获得包含 2048×1024 个复数值的单个复数值集512。这样的复数值集512可以作为M个复数值集的加权或未加权的线性组合而获得,其中所述M个复数值集中的每个复数值集是从根据相应采集获得的信号样本获得的。

[0119] 尽管在该说明性示例中,在傅立叶域中对与M个不同的采集相对应的M个复数值集进行复合,以获得单个复数值集,但是在其他实施方式中,并非对所有的采集进行复合以产生单个复合的数据集。例如,在一些实施方式中,可以对与一组相应采集相对应的数据集进行复合以获得可以后续被用于产生一个超声图像的一个复合的数据集,并且可以对与另一组相应采集相对应的数据集进行复合以获得可以后续被用于产生另一超声图像的另一复合的数据集。

[0120] 卸载缓冲器432和高速接口434

[0121] 在框430处执行傅立叶域复合之后,将所得到的复合数据经由卸载缓冲器432和高速接口434提供至另一装置以用于促进图像形成中的后续处理。卸载缓冲器432是可选的,但是在使用时可以减小经由高速接口434卸载数据的带宽要求。高速接口可以是用于卸载数字数据的任何合适的高速数字接口,并且例如可以是USB 3.0接口或雷电接口。如以上所提及的,使用高速串行数据链路来卸载数字数据流是帮助促进根据本文中描述的技术的一些实施方式的“片上超声”解决方案的特征之一。

[0122] 数字信号处理方法

[0123] 图6示出了作为由图4的数字信号处理电路系统执行的方法的示例的说明性过程600的流程图。在阶段602中,数字信号处理电路系统从ADC212接收信号样本。在阶段604中,可以使用提取范围条带框402来丢弃无助于图像的信号样本。也可以丢弃非线性信号样本。在阶段606中,可以通过使用正交解调框404执行正交解调、使用滤波框406执行低通滤波并且使用降采样框408执行降采样来执行数据缩减。然后可以在阶段608中将经部分处理的信号样本存储在存储器410中。

[0124] 在阶段610中,从存储器410读取数据值,并且由时域信号调节框412来执行时域信号调节。如以上所描述的,时域信号调节可以包括对时域信号应用一个或更多个加权函数。在阶段612中,使用FFT框414相对于时间对信号样本应用一维快速傅立叶变换。信号样本可以包括多组信号样本,多个组中的每个组与相应的通道相关联,并且对信号样本应用一维FFT可以包括:相对于时间对多组信号样本中的每组信号样本应用一维FFT。在阶段614中,使用频域调节框416对在阶段612处经由一维FFT的应用获得的复数值化数据执行频域信号调节。如以上所描述的,频域信号调节可以包括:对频域数据应用一个或更多个频域加权函数。在阶段616中,由总和通道框418对高程通道进行求和,从而减少为图像形成处理供应的数据量。

[0125] 在阶段618中,可以使用转置框420来对复数值化数据进行转置,并且可以在阶段620中使用乘法框422来执行即时乘法。在阶段622中,可以使用FFT框424来相对于横向距离或方位角方向对复数值化数据应用一维FFT。复数值化数据可以包括多组复数值,多个组中的每个组与多个频率窗口中的相应频率窗口相关联。在阶段622中应用一维FFT可以包括:对多组复数值中的每组复数值应用一维FFT。在阶段624中,可以使用乘法框426执行乘法,并且可以在阶段428中由重采样/插值框428来执行重采样/插值。在阶段626中,由傅立叶域复合框626来执行傅立叶域复合。如以上所描述的,傅立叶域复合可以包括:在傅立叶域中将从多个不同的采集获得的数据结合。在阶段628中,将傅立叶复合数据用于图像形成处理。

[0126] 在图6的过程600中,可以省略可选的功能。例如,可以省略阶段606中执行的数据缩减操作。另外地或可替代地,可以省略阶段610、614、616、618、620和624中的一个或更多个阶段。此外,图6所示的过程600内可以包括附加步骤。

[0127] 如此描述了本公开内容中阐述的技术的若干方面和实施方式,但是应当理解的是,本领域的技术人员将容易地想到各种变更、修改和改进。这样的变更、修改和改进意在落入本文中描述的技术的精神和范围内。例如,本领域普通技术人员将容易地预想到用于执行功能并且/或者获得结果和/或本文中描述的优点中的一个或更多个的各种其他装置和/或结构,并且这样的变化和/或修改中的每个被认为是在本文中描述的实施方案的范围内。本领域技术人员将认识到或仅仅使用常规实验就能够确定本文中描述的具体实施方案的许多等同物。因此,要理解的是,前述实施方式仅以示例的方式呈现,并且在所附权利要求书及其等同物的范围内,可以以与具体描述的方式不同的其他方式来实践发明性实施方式。此外,本文中描述的两个或更多个特征、系统、物品、材料、套具和/或方法的任何组合在这样的特征、系统、物品、材料、套具和/或方法不相互矛盾的情况下被包括在本公开内容的范围内。

[0128] 可以以多种方式中的任何方式来实现以上描述的实施方案。本公开内容的涉及过程或方法的执行的一个或更多个方面和实施方式可以利用由装置(例如,计算机、处理器或其他装置)可执行的程序指令来执行或控制过程或方法的执行。在这方面,各种发明构思可以被体现为编码有一个或更多个程序的一个计算机可读存储介质(或多个计算机可读存储介质)(例如,计算机存储器、一个或更多个软盘、致密盘、光盘、磁带、闪存存储器、现场可编程门阵列或其他半导体装置中的电路配置、或其他有形计算机存储介质),所述一个或更多个程序当被在一个或更多个计算机或其他处理器上执行时执行实现以上描述的各种实施

方式中的一个或更多个实施方式的方法。一个计算机可读介质或多个计算机可读介质可以是可移动的,使得其上存储的一个程序或多个程序可以被加载到一个或更多个不同的计算机或其他处理器上以实现以上描述的各方面中的各个方面。在一些实施方式中,计算机可读介质可以是非暂态介质。

[0129] 术语“程序”或“软件”在本文中以一般意义使用以指代可以被用来对计算机或其他处理器进行编程以实现如以上描述的各个方面的任何类型的计算机代码或计算机可执行指令集。此外,应当理解的是,根据一个方面,在被执行时执行本公开内容的方法的一个或更多个计算机程序不需要驻留在单个计算机或处理器上,而是可以以模块化方式分布在多个不同的计算机或处理器中以实现本公开内容的各个方面。

[0130] 计算机可执行指令可以呈多种形式,例如由一个或更多个计算机或其他装置执行的程序模块。通常,程序模块包括执行特定任务或实现特定抽象数据类型的例程、程序、对象、部件、数据结构等。通常,程序模块的功能可以根据需要在各种实施方式中组合或分配。

[0131] 另外,数据结构可以以任何合适的形式被存储在计算机可读介质中。为了简化说明,数据结构可以被示出成具有通过数据结构中的位置而相关的字段。这样的关系同样可以通过向字段的存储空间分配计算机可读介质中的传达字段之间的关系的位来实现。然而,可以使用任何合适的机制——包括通过使用指针、标签或建立数据元素之间的关系的其他机制——来建立数据结构的字段中的信息之间的关系。

[0132] 当在软件中被实现时,软件代码可以在任何合适的处理器或处理器集合上执行,而不管其是设置在单个计算机中还是分布在多个计算机之间。

[0133] 另外,应当理解的是,计算机可以以许多形式中的任何形式来体现,例如作为非限制性示例的机架式计算机、台式计算机、膝上型计算机、或平板计算机。此外,计算机可以嵌入在通常不被视为计算机但是具有适当处理能力的装置中,包括个人数字助理(PDA)、智能电话或任何其他合适的便携式或固定式电子装置。

[0134] 另外,计算机可以具有一个或更多个输入装置和输出装置。这些装置此外还可以被用于呈现用户接口。可以被用于提供用户接口的输出装置的示例包括用于视觉呈现输出的打印机或显示屏以及扬声器或用于可听地呈现输出的其他声音生成装置。可以被用于用户接口的输入装置的示例包括键盘和定点装置,例如鼠标、触摸板和数字化平板计算机。作为另一示例,计算机可以通过语音识别或其他可听格式来接收输入信息。

[0135] 这样的计算机可以通过任何合适形式的一个或更多个网络——包括局域网或广域网例如企业网络以及智能网络(IN)或因特网——来互连。这样的网络可以基于任何合适的技术,并且可以根据任何合适的协议来工作,并且可以包括无线网络、有线网络或光纤网络。

[0136] 另外,如所描述的,一些方面可以被体现为一个或更多个方法。可以以任何合适的方式来对作为方法的一部分执行的动作进行排序。因此,可以构造其中以不同于所示的次序来执行动作的实施方式,这可以包括同时执行即使在说明性实施方式中示出为顺序动作的一些动作。

[0137] 本文中定义和使用的定义应当被理解成掌控了词典定义、通过引用合并的文献中的定义、和/或所定义的术语的普通含义。

[0138] 本文中在说明书和权利要求书中使用的冠词“一”和“一种”,除非明确指出相

反,否则应当被理解成意指“至少一个”。

[0139] 本文中在说明书和权利要求中使用的短语“和/或”应当被理解成意指如此结合的要素中的“任一或两者”,即,是在一些情况下结合地存在并且在其他情况下分离地存在的要素。用“和/或”列出的多个要素应当以相同的方式解释,即,如此结合的要素中的“一个或更多个”。除了由“和/或”子句具体标识的要素之外,其他要素可以可选地存在,而不管与具体标识的那些要素相关还是不相关。因此,作为非限制性示例,当与开放式语言例如“包括”结合使用时,对“A和/或B”的引用可以在一个实施方式中仅指代A(可选地包括除了B之外的要素),在另一实施方式中仅指代B(可选地包括除了A之外的要素),在又一实施方式中指代A和B两者(可选地包括其他要素)等。

[0140] 如本文中在说明书和权利要求书中所使用的,关于一个或更多个要素的列表的短语“至少一个”应当理解成意指选自要素列表中的要素中的任何一个或更多个要素的至少一个要素,但是不一定包括要素列表内具体列出的每个和每一要素中的至少一个,并且不排除要素列表中的要素的任何组合。该定义还允许除了短语“至少一个”所指代的要素列表内具体标识的要素之外的要素可以可选地存在,而不管与具体标识的那些要素相关还是不相关。因此,作为非限制性示例,“A和B中的至少一个”(或者等效地,“A或B中的至少一个”,或者等效地“A和/或B中的至少一个”)可以在一个实施方式中指代至少一个——可选地包括多于一个——A,不存在B(并且可选地包括除了B之外的要素);在另一实施方式中,指代至少一个——可选地包括多于一个——B,不存在A(并且可选地包括除了A之外的要素);在又一实施方式中,指代至少一个——可选地包括多于一个——A以及至少一个——可选地包括多于一个——B(并且可选地包括其他要素)等。

[0141] 另外,本文中使用的措辞和术语是出于描述的目的并且不应当被视为进行限制。本文中的“包括”、“包含”或“具有”、“含有”、“涉及”及其变体的使用意在涵盖其后列出的项目及其等同物以及附加项目。

[0142] 在权利要求书中,以及在上面的说明书中,所有过渡性短语例如“包括”、“包含”、“带有”、“具有”、“含有”、“涉及”、“持有”、“由…构成”等应当被理解为是开放式的,即,意指包括但不限于此。只有过渡性短语“由…组成”和“基本上由…组成”分别应当是封闭或半封闭的过渡性短语。

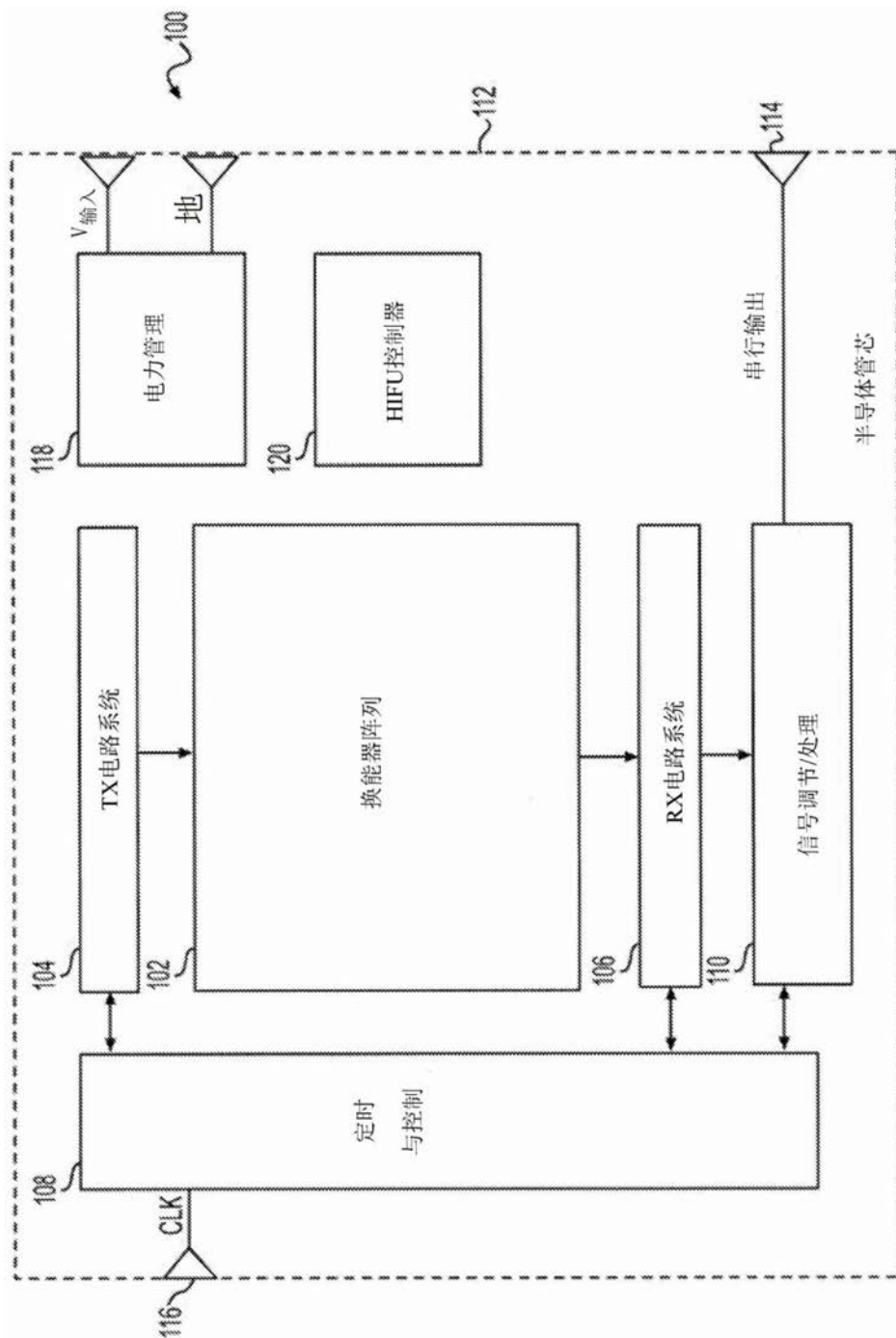


图1

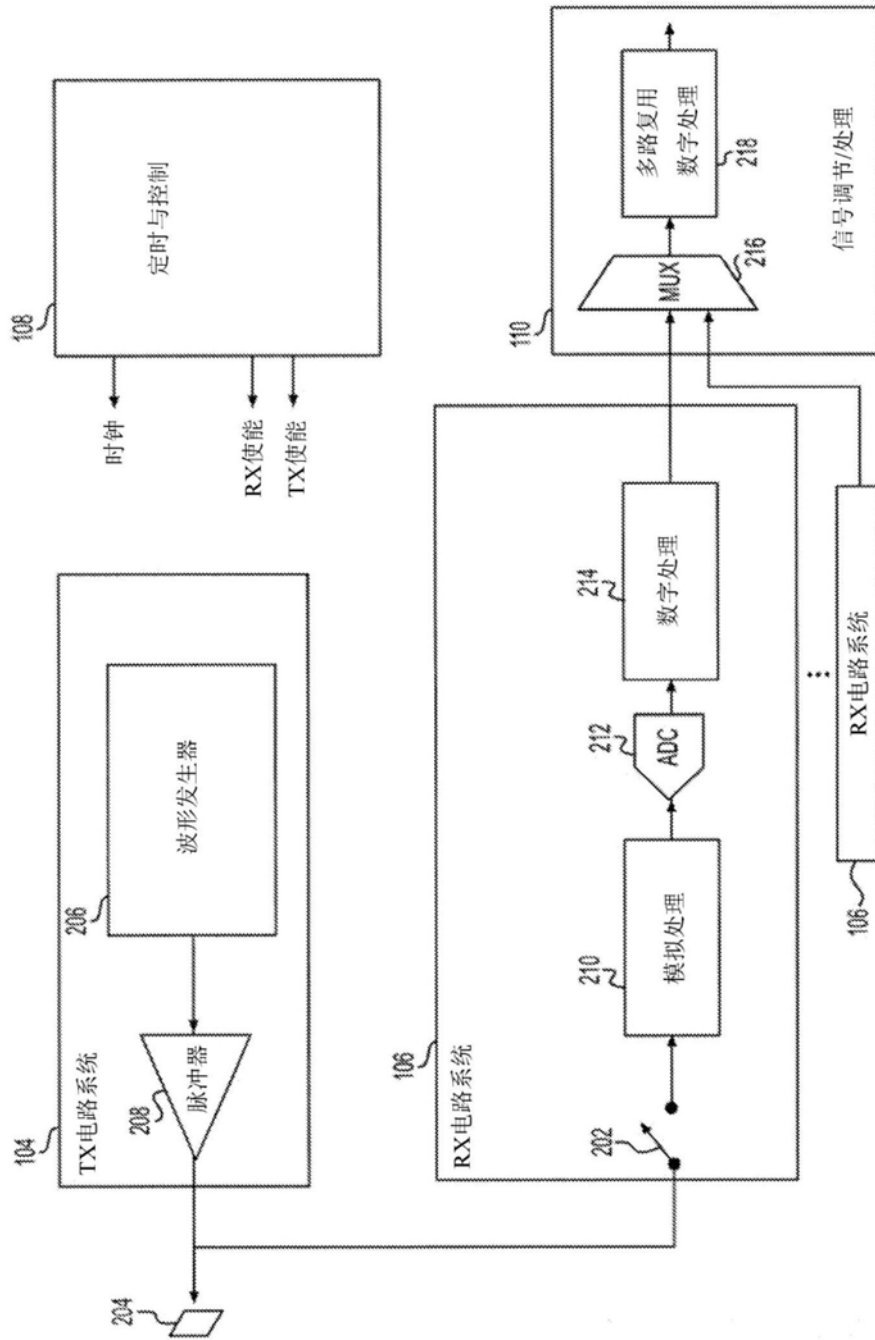


图2

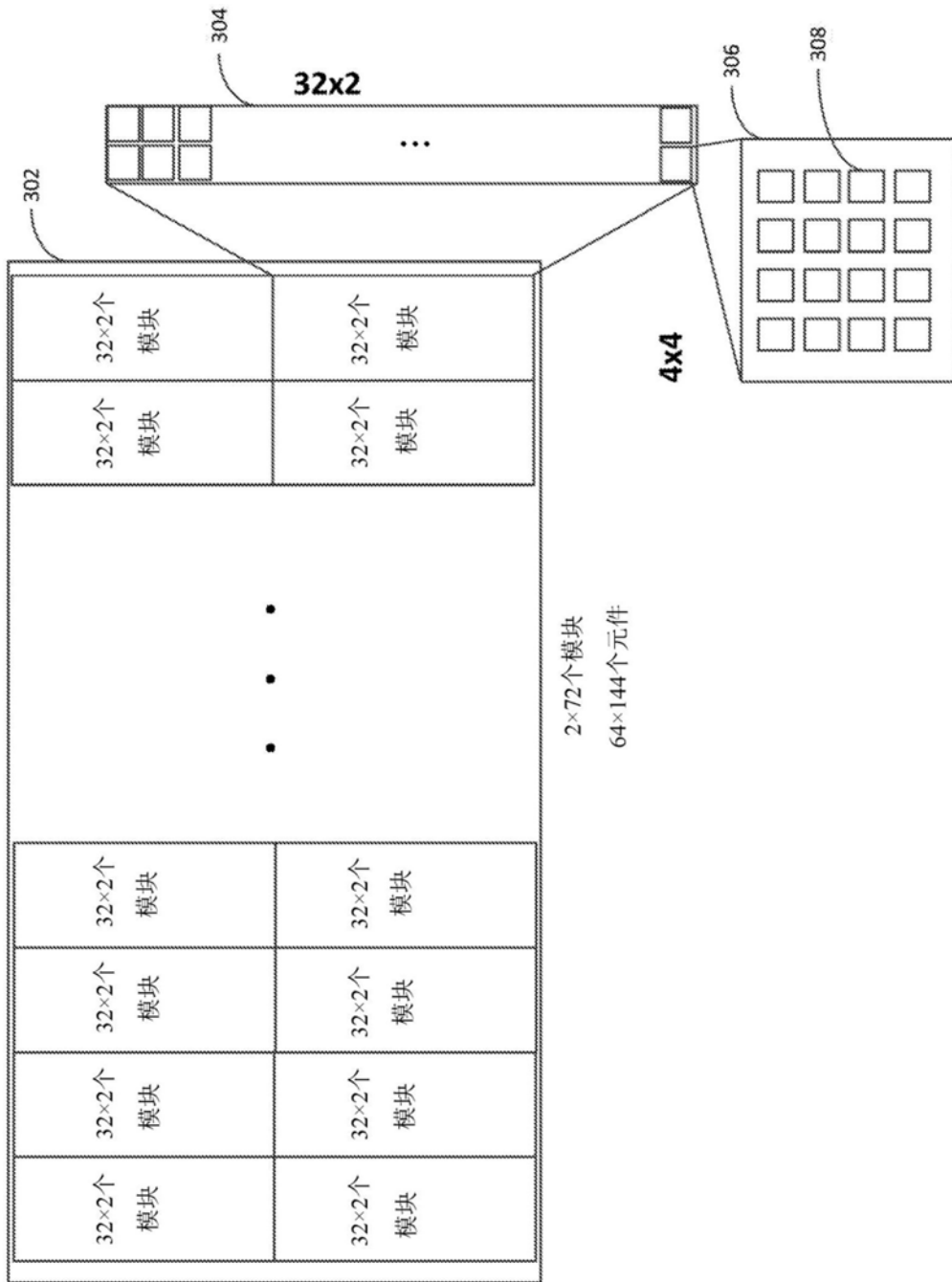


图3

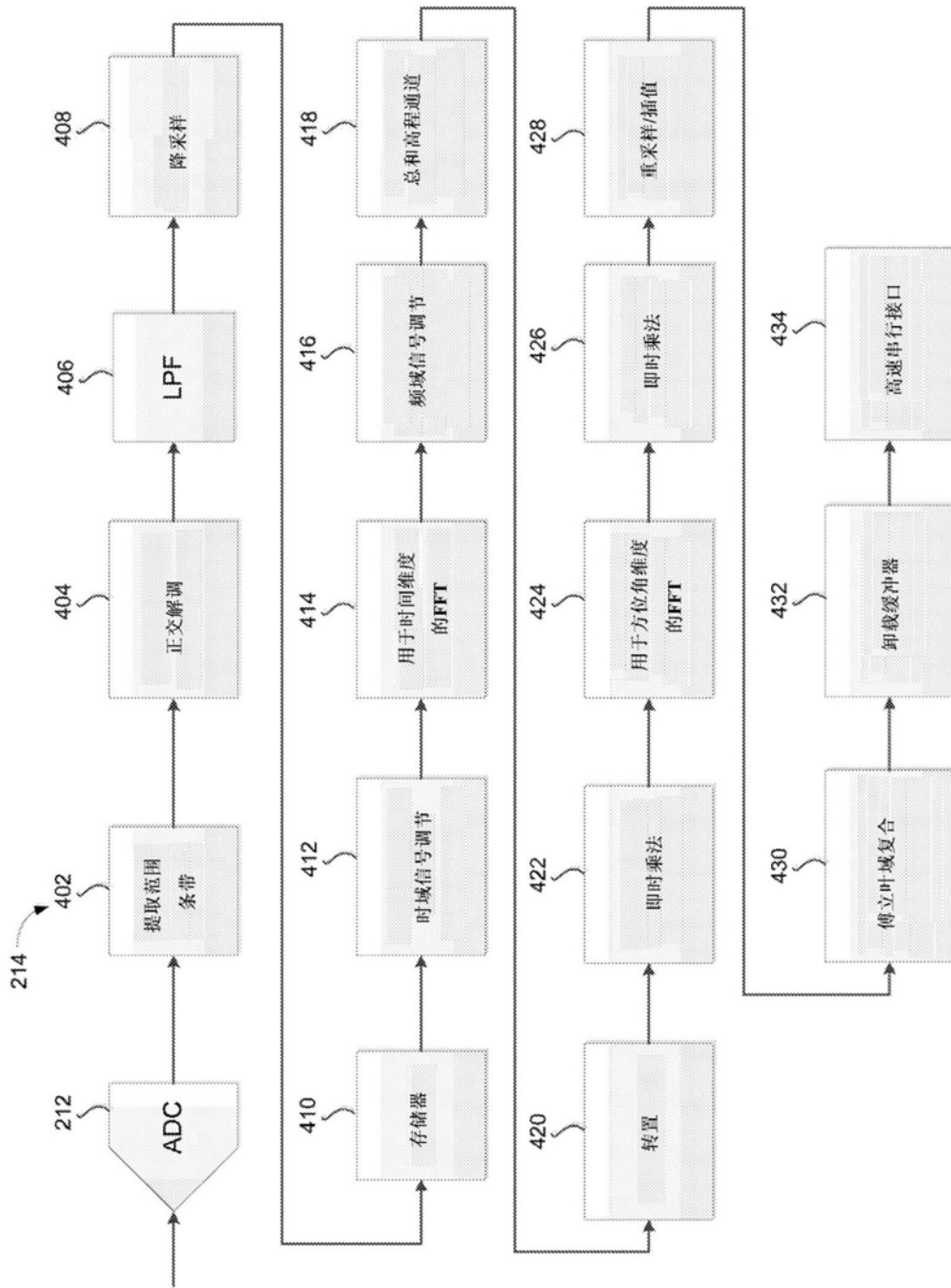


图4

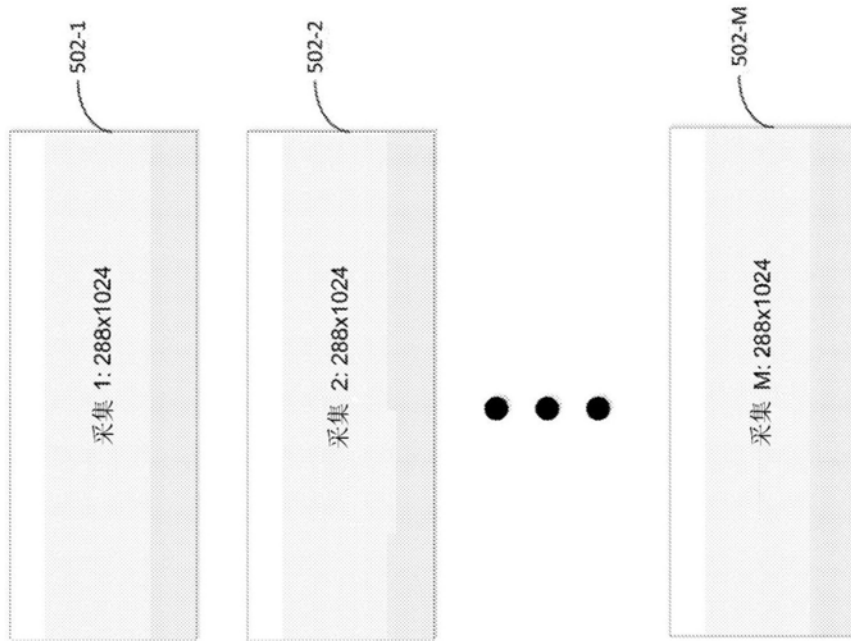


图5A

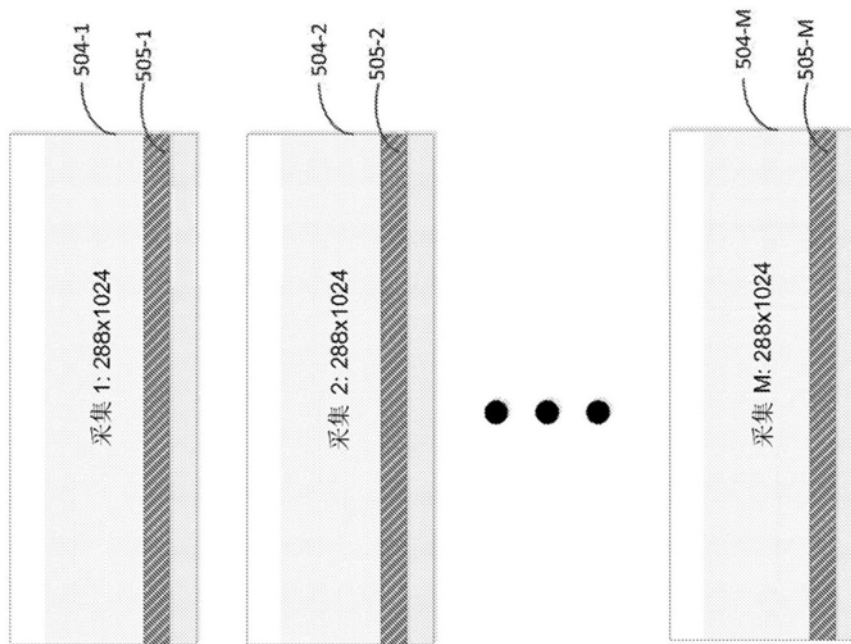


图5B

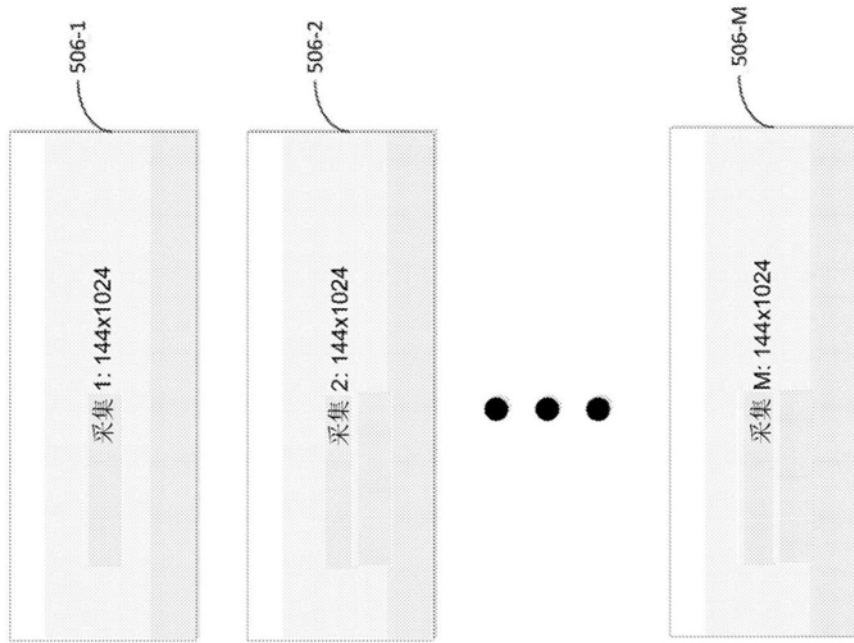


图5C

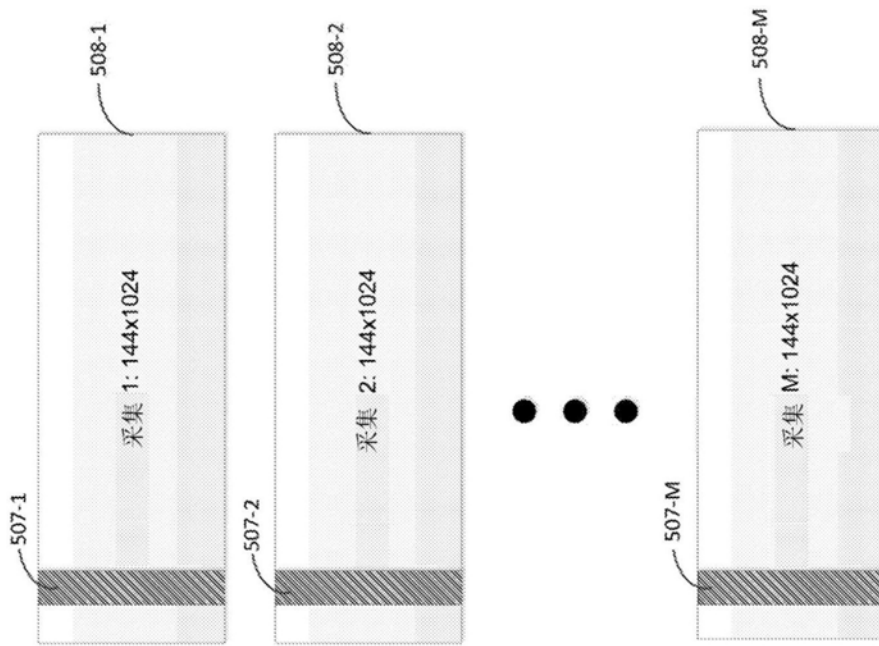


图5D

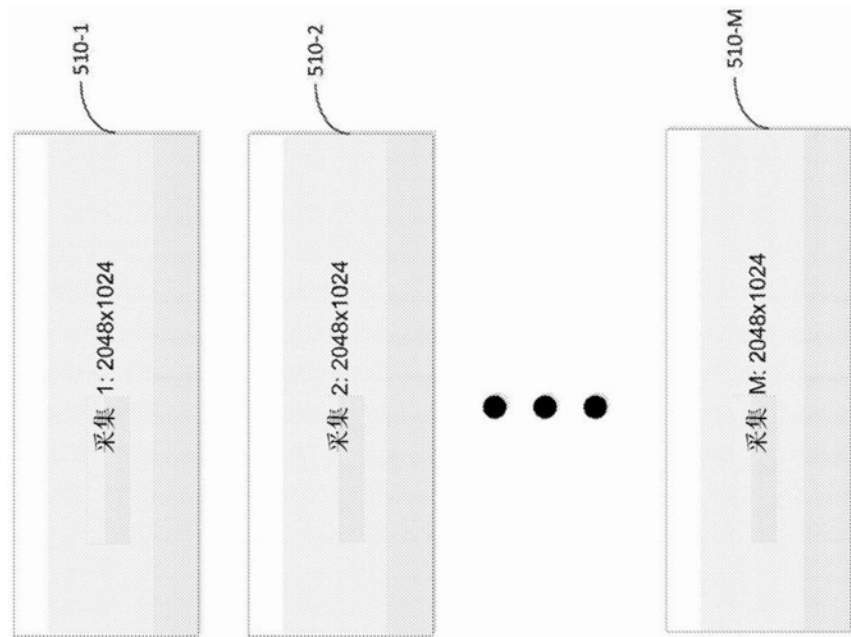


图5E

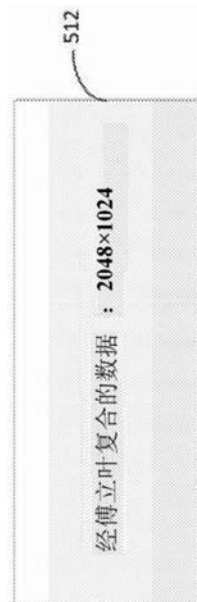


图5F



图6

专利名称(译)	超声信号处理电路系统和相关设备及方法		
公开(公告)号	CN108464014A	公开(公告)日	2018-08-28
申请号	CN201680078813.X	申请日	2016-10-21
[标]申请(专利权)人(译)	蝴蝶网络有限公司		
申请(专利权)人(译)	蝴蝶网络有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	蝴蝶网络有限公司		
[标]发明人	泰勒S拉尔斯顿		
发明人	泰勒·S·拉尔斯顿		
IPC分类号	H04R1/40 G01S15/89 A61B8/14		
CPC分类号	A61B8/4494 A61B8/5207 G01S7/52034 G01S7/5208 G01S15/8915 G01S15/8977		
代理人(译)	王萍 杨林森		
优先权	14/997,381 2016-01-15 US		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

描述了超声信号处理电路系统和相关设备及方法。与由超声换能器阵列执行的各个采集相对应的各个信号样本组可以通过被变换至傅立叶域并且经由应用一个或多个加权函数来被进行处理。经变换的各个信号组可以在傅立叶域中彼此结合，以获得可以被用于图像形成的经傅立叶复合的信号集。

