



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112654887 B

(45) 授权公告日 2025. 05. 09

(21) 申请号 201980058065.2
 (22) 申请日 2019.09.04
 (65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 112654887 A
 (43) 申请公布日 2021.04.13
 (30) 优先权数据
 62/728,291 2018.09.07 US
 (85) PCT国际申请进入国家阶段日
 2021.03.05
 (86) PCT国际申请的申请数据
 PCT/EP2019/073511 2019.09.04
 (87) PCT国际申请的公布数据
 W02020/049012 EN 2020.03.12
 (73) 专利权人 皇家飞利浦有限公司
 地址 荷兰艾恩德霍芬
 (72) 发明人 M·阮 J-L·F-M·罗伯特
 (74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
 72002
 专利代理师 孟杰雄

(51) Int.Cl.
 G01S 7/52 (2006.01)
 G01S 15/89 (2006.01)
 (56) 对比文件
 Jean Provost 等.3D ultrafast ultrasound imaging in vivo.《Physics in Medicine and Biology》.2014,第59卷(第19期),第L1-L13页.
 Jean Provost 等.3D ultrafast ultrasound imaging in vivo.《Physics in Medicine and Biology》.2014,第59卷(第19期),第L1-L13页.
 Pedro Santos 等.Diverging wave volumetric imaging using subaperture beamforming.《IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control》.2014,第63卷(第12期),第2114-2124页.

审查员 孟佳帅

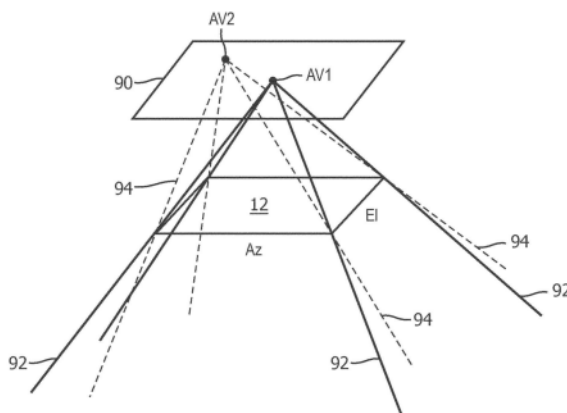
权利要求书2页 说明书6页 附图9页

(54) 发明名称

利用宽聚焦发射波束以高显示帧速率进行3D超声成像

(57) 摘要

超声系统以高显示帧速率产生3D图像。利用平面波或发散发射波束扫描体积区域以随着每个发射事件而声穿透大部分或者甚至整个体积区域。为了避免在方位角和仰角维度上采集到杂波信号,以在仰角和方位角方向中间的角度发射平面波或发散波束。通过以均为仰角和方位角方向两者的组合的多个不同角度发射平面波或发散波束,在得到的复合图像中减少了旁瓣杂波。



1. 一种产生目标体积的三维图像的超声成像系统,包括:

超声探头(10),其包括换能器元件的二维阵列(12),所述二维阵列适于向所述目标体积发射平面波或发散波并且采集从所述目标体积返回的超声回波信号,

接收器,其被耦合以接收来自每个发射的所述回波信号,并且适于在空间基础上处理从所述目标体积返回的所述回波信号;

图像数据复合器,其被耦合到所述接收器,并且适于在空间基础上对响应于每个发射而产生的图像数据进行复合;

图像处理器(30、32、34),其被耦合以接收复合的图像数据,并且适于产生体积图像;以及

显示器(40),其适于显示所述体积图像,

其特征在于,所述二维阵列还适于以不同的角度向所述目标体积发射多个这样的波,所述不同的角度在相对于所述二维阵列后面的网格(90)的方位角方向和仰角方向的对角线上,并且

所述多个这样的波中的每个波是发散波束,所述发散波束具有的顶点是位于所述二维阵列后面的所述网格(90)上的虚拟顶点,使得所述发散波束具有截断棱锥的形式,其中,多个所述虚拟顶点形成所述网格(90)。

2. 根据权利要求1所述的超声成像系统,其中,所述二维阵列还适于以包括方位角维度和仰角维度两者的角度来发射多个这样的波。

3. 根据权利要求1所述的超声成像系统,其中,所述接收器包括波束形成器(20),所述波束形成器(20)适于通过波束形成来处理接收到的回波信号。

4. 根据权利要求3所述的超声成像系统,其中,所述超声探头(10)还包括微波束形成器(14),所述微波束形成器被耦合到所述二维阵列的所述元件,所述微波束形成器适于执行对由阵列元件的贴片接收的回波信号的部分波束形成。

5. 根据权利要求4所述的超声成像系统,其中,所述波束形成器(20)还适于对由所述微波束形成器(14)产生的部分波束形成回波信号进行波束形成。

6. 根据权利要求3所述的超声成像系统,其中,所述图像数据复合器适于存储在空间基础上的回波信号。

7. 根据权利要求1所述的超声成像系统,其中,所述图像数据复合器包括扫描复合存储器(22)和合成聚焦处理器(122)中的一个。

8. 根据权利要求1所述的超声成像系统,其中,所述接收器包括适于存储在空间基础上的由所述二维阵列采集的回波信号的多通道存储器(120)。

9. 根据权利要求7所述的超声成像系统,其中,所述合成聚焦处理器(122)适于在空间基础上对来自多个发射的从所述目标体积接收的回波信号进行组合。

10. 根据权利要求1所述的超声成像系统,其中,所述图像处理器还包括B模式处理器(30)。

11. 根据权利要求1所述的超声成像系统,其中,所述图像处理器还包括多普勒处理器(34)。

12. 根据权利要求1所述的超声成像系统,其中,所述图像处理器还包括多平面重新格式化器(32),所述多平面重新格式化器(32)适于从3D数据集提取图像平面的图像数据。

13. 根据权利要求1所述的超声成像系统,其中,所述图像处理器还包括体积绘制器(42),所述体积绘制器适于根据3D图像数据集来产生投影图像。

14. 一种用于产生目标体积的三维图像的方法,包括:

使用包括换能器元件的二维阵列(12)的超声探头(10)向所述目标体积发射平面波或发散波并且采集从所述目标体积返回的超声回波信号;

接收来自每个发射的所述回波信号;

在空间基础上处理从所述目标体积返回的所述回波信号;

在空间基础上对响应于每个发射而产生的图像数据进行复合;

根据复合的图像数据来生成体积图像;并且

显示所述体积图像,

其特征在于,所述方法适于使用所述二维阵列来以不同的角度向所述目标体积发射多个这样的波,所述不同的角度在相对于所述二维阵列后面的网格(90)的方位角方向和仰角方向的对角线上,并且

所述多个这样的波中的每个波是发散波束,所述发散波束具有的顶点是位于所述二维阵列后面的所述网格(90)上的虚拟顶点,使得所述发散波束具有截断棱锥的形式,其中,多个所述虚拟顶点形成所述网格(90)。

利用宽聚焦发射波束以高显示帧速率进行3D超声成像

技术领域

[0001] 本发明涉及超声成像系统,并且具体涉及利用宽聚焦或未聚焦发射波束以高显示帧速率进行三维(3D)超声成像。

背景技术

[0002] 二维(2D)超声成像通常通过利用一维(1D)阵列换能器扫描平面图像场来进行。在图像场内发射波束,并且响应于每次发射而采集回波。通过延迟和求和波束形成器对接收的回波进行波束形成以跨图像场形成相干回波信号的扫描线。针对图像的典型数量的扫描线可以是128-196个扫描线。通过B模式或多普勒处理对扫描线进行处理以形成平面图像场中的组织和/或流的平面图像。

[0003] 类似的方法能够用来扫描体积图像场以产生体积区域的三维(3D)图像。再次发射波束并接收回波,但是这次在整个体积内并不仅是平面。因此,对于3D成像而言扫描体积花费长得多时间。如果例如体积具有与上面描述的平面图像的方位角维度相同的仰角和方位角维度,等效质量的图像需要128x128扫描线,总共超过16000扫描线。由于回波采集时间受对象中的固定声速管理,因此采集整个体积图像所需的时间是长的,并且因此显示帧速率将是慢的。

[0004] 慢帧速率问题的解决方案是发射均声穿透体积的更大区域并从体积的更大区域返回回波的波束,由此需要更少的发射波束来扫描整个体积并产生3D图像。这种构思的最终扩展是发射声穿透大部分或甚至全部体积区域的波束。然而,折衷办法是差的图像分辨率,因为存在很少的(如果有的话)发射波束聚焦。能够被采取以克服这种问题的措施是多次扫描体积区域并且然后对结构进行组合,组合的扫描引起遍及图像的分辨率的改进。

[0005] 但是这种措施仍然能够导致具有显著图像杂波的3D图像,因为极大地未聚焦的发射波束图案的旁瓣水平一般会是非常高的。高旁瓣水平捕获将作为图像杂波出现在最终图像中的离轴能量。

[0006] Jean Provost等人的“3D ultrafast imaging in vivo”(Phys.Med.Biol.59(2014))公开了基于声穿透整个感兴趣体积的散焦波的使用的3D超快超声成像系统和方法。Pedro Santos等人的“Diverging wave volumetric imaging using subaperture beamforming”(IEEE transactions on ultrasonics,ferroelectrics and frequency control,vol.63,no.12(2016))公开了使用子孔径波束形成的另一高帧速率3D成像系统。

发明内容

[0007] 本发明由权利要求书限定。其有利地实现具有提供显示帧速率的改进的仅几个宽波束但是没有得到的3D图像中的过多杂波的发展的体积区域的成像。

[0008] 根据本发明的原理,描述了一种以高显示帧速率产生3D图像的超声成像系统。利用平面波或发散发射波束扫描体积区域以随着每个发射事件声穿透大部分或甚至整个体积区域。为了避免在方位角和仰角维度上采集到杂波信号,以在仰角和方位角方向中间的

角度发射平面波或发散波束。通过以均为仰角和方位角维度两者的组合的多个不同角度发射平面波或发散波束,在得到的复合图像中减少了旁瓣杂波。

[0009] 根据另一方面,本发明提供了一种用于生成三维图像的方法。在一个实施例中,所述方法包括向所述目标体积发射平面波或发散波并且采集从所述目标体积返回的超声回波信号。以不同的角度向所述目标体积发射多个这样的波。从所述发射接收所述回波信号,并且然后在空间基础上处理所述回波信号。可以在空间基础上对响应于每个发射而产生的图像数据进行复合。从复合的图像数据生成体积图像。显示所述体积图像。

附图说明

[0010] 在附图中:

[0011] 图1a、1b和1c图示了二维换能器阵列孔的旁瓣图案。

[0012] 图2图示了通过利用发散波束以在方位角和仰角方向中间的角度扫描体积区域获得的旁瓣改进。

[0013] 图3a和3b图示了两个不同的发散波束扫描图案,两者在包含方位角和仰角方向两者的角度处。

[0014] 图4图示了针对图3a的顶点中的两个的发散扫描体积。

[0015] 图5图示了由图3a的发散波束扫描图案的使用引起的旁瓣改进。

[0016] 图6图示了由图3b的发散波束扫描图案的使用引起的旁瓣改进。

[0017] 图7以方框图形式图示了根据本发明的原理构建的超声成像系统。

[0018] 图8以方框图形式图示了根据本发明的原理构建的第二超声成像系统。

具体实施方式

[0019] 图1a是换能器元件的二维阵列12的孔的透视图,二维阵列12具有在方位角(Az)和仰角(EI)维度上延伸的元件的行和列。这样的阵列的波束图案是其孔的傅立叶补充,在图1b中以透视方式被图形地示出。如波束图案图示的,波束的主导瓣在元件的列的仰角方向上并且在元件的行的方位角方向上被对准。在图1c中示出了通过这些主导方向中的一个上获取的横截面。该曲线图图示了在任一侧由旁瓣52的下降图案侧接的中心主瓣50。期望主瓣的能量被认为伴随被显著幅度的许多旁瓣52捕获的可观量的离轴能量。期望降低这些旁瓣的水平以减少超声图像中的杂波。

[0020] 当平面波或发散波束发射的发射角度既不是方位角也不是或仰角而是在两者中间(诸如对角于两个参考维度)时,能够降低旁瓣水平。得到的波束图案由此将跨图1b的发射波束图案是对角的。图2参考在中心水平平面62中包含9个点目标反射体的超声体模60说明了这种效果。当该体模通过分散波束的9x9序列,所有来自81个单独且均匀间隔开的发射体积顶点的81次发射被扫描时,图像由体模的中心方位角平面64形成,如通过图像面板70的左侧的超声图像70a图示的。图像中的亮斑是体模中的3个反射体的中心行,并且被认为由于高旁瓣水平而在目标之间具有可观量的杂波。在波束曲线图面板80的左侧图示80a中示出了该方位角平面的波束曲线图,其示出了具有大约-30dB的中间旁瓣水平的目标反射体的3个峰。超声图像70b和波束曲线图80b针对体模的中心仰角平面66中的三个目标反射体的图像示出了类似的结果。

[0021] 但是当图像由跨阵列孔被对角地对准的体模的对角平面68形成时,得到的旁瓣是显著更低的,在右侧波束曲线图80c中具有在-50dB之下的水平。作为结果,对角平面68中的三个点目标具有低得多的杂波水平,如通过图像面板70中的最右侧超声图像70c示出的。

[0022] 在图3a和3b中示出了用来产生图2的实验结果的发射波束位置的网格90。图2的结果通过从2D阵列孔12发射81个发散波束的序列来获得,其中,每个发散波束的顶点是位于阵列的表面后面的虚拟顶点,使得得到的发散波束具有截断棱锥的形式。81个发散波束具有位于网格90的每个水平和垂直线交点处的其顶点。在图4中示出了通过大圆点AV1和AV2界定的波束体积中两个的形状。一个发散波束体积的顶点AV1位于2D阵列孔12后面的网格90上,如附图中示出的。该点相对于孔被中心地定位为图3a示出的点AV1,其引起发散波束能量的截断棱锥相对于孔被对称地定位,如图4中示出的。实线92标记棱锥波束体积的边缘。如果从棱锥顶点AV1向下绘制中心线,则其将从2D阵列12的中心并且垂直于阵列的表面延伸。在朝向如图4中示出的网格的左后角落的对角线上的AV2发散波束的发散波束能量的棱锥导致相对于AV1波束成角的波束,如通过标记AV2棱锥波束体积的边缘的虚线94的看出的。整个AV2发散波束因此在不同的方向上和相对于AV1发散波束的角度被转向。尽管AV2棱锥的中心线朝向体积图像场的中心被引导,但是其然而从阵列表面的与AV1的点不同的点并且以不同的(非正交)角度延伸。当从发散波束发射接收的回波被复合时,发散发射波束的这些角度差异导致得到的图像的更低旁瓣水平。

[0023] 在图3a中,跨网格90的对角方向上的17个网格交点界定从对应的2D阵列孔12发射的17个发散平面波的虚拟顶点。如图4图示的,17个平面波将会以相对于孔的表面的17个不同的角度被发射。当17个这样的发射平面波波束被发射并且其引起的回波被阵列采集并在体积空间的基础上被相干地组合时,产生体模60的对应的方位角64、仰角66和对角68平面的图像,如通过图5中的图像面板170示出的。在面板182中示出了三幅图像的对应的波束曲线图,其中,针对对角平面的波束曲线图180c示出了在-40dB周围的旁瓣水平,其在附图中通过182被圈出。

[0024] 图3b的网格90示出了跨网格均匀分布并且处于与彼此的对角关系的41个发射事件的中间序列,导致具有41个不同发射角度的平面波发散波束。当体模60利用该扫描序列被扫描并且相同的三个参考平面64、66和68被成像时,图像如图6的图像面板270中所示被呈现。利用41个不同的发射体积角度,对角平面的旁瓣水平在-50dB周围,如面板280c中的282处圈出的,接近图2中示出的81个发射事件序列的结果。

[0025] 现在参考图7,以方框图形式示出了根据本发明的原理构建的超声诊断成像系统。换能器元件的二维阵列被提供在超声探头10中,用于发射超声波和接收回波信息。换能器阵列12能够在三维上进行扫描,其中,波束在仰角和方位角两者上进行转向。换能器阵列12被耦合到探头中的微波束形成器14,微波束形成器14控制通过阵列元件的信号的发射和接收。微波束形成器是能够对由换能器元件的组或“贴片”接收的信号进行发射波束转向和至少部分波束形成的探头集成电路,如在美国专利US 5997479 (Savord等人)、US 6013032 (Savord)、US 6623432 (Powers等人)和US 8177718 (Savord)中描述的。微波束形成器由探头线缆耦合到发射/接收(T/R)开关16,发射/接收(T/R)开关16在发射和接收之间进行切换并且保护系统波束形成器免受高能量发射信号损害。平面波或发散超声波束在微波束形成器14的控制下从换能器阵列12的发射由被耦合到T/R开关和主波束形成器20的波束形成器

控制器18引导,其接收来自用户接口或控制面板38的用户操作的输入。在由发射控制器控制的发射特性之中的是发射波形的焦点、数量、间距、幅度、形状、相位、频率、极性和分集。在波束发射的方向上形成的波束可以从换能器阵列径直向前转向或以在未转向波束的任一侧面上转向以用于更宽扇形视场的不同角度。对于上面描述的3D成像技术,未聚焦平面波或发散波束被用于发射。

[0026] 由换能器元件(“贴片”)的相邻组接收的回波通过适当地延迟它们并且然后在微波束形成器14中对它们进行组合而被波束形成。由来自每个贴片的微波束形成器14产生的部分波束形成信号被耦合到主波束形成器20形式的接收器,其中,来自换能器元件的个体贴片的部分波束形成信号被组合成来自整个被扫描目标体积上的完全波束形成相干回波信号的被接收到的扫描线。优选地,波束形成器20是从在发射事件之后接收的回波产生多条接收扫描线的多个波束形成器。例如,主波束形成器20可以从被声穿透的目标体积产生数百或甚至数千适当转向且间隔的接收到的扫描线。

[0027] 从每个平面波或发散波束扫描接收的扫描线的相干回波信号被存储在扫描复合存储器22中,其中,它们在空间基础上与从目标体积的之前扫描接收的回波信号进行组合。当每个发射体积的接收到的扫描线相对于其被声穿透的棱锥体积的维度在共同空间分布中时,便于波束形成器编程,来自不同扫描的扫描线实际上全部在与彼此不同的空间角度处并且来自交点的回波在空间基础上被组合。由于每个回波的飞行时间确定其在体积中的空间位置,在目标体积中具有相同x、y、z坐标的回波被添加在一起并且被存储在扫描复合存储器22的对应的x、y、z存储位置中。当来自每个不同扫描体积的回波被接收时,它们被添加到之前从目标体积的相同x、y、z位置接收的回波数据并且被存储在存储器中。以这种方式,从之前范例的所有81(或17或41)个体积扫描接收的回波在存储器22中相干地复合。

[0028] 相干回波信号经历通过信号处理器26的信号处理,所述信号处理包括通过数字滤波器的滤波和如通过频率复合的噪声或散斑减少。经滤波的回波信号也在信号处理器26中经历正交带通滤波。该操作执行三种功能:对RF回波信号数据进行频带限制,产生回波信号数据的同相和正交对(I和Q),以及对数字采样速率进行抽取。信号处理器也能够将频带移位到更低或基带频率范围。例如,信号处理器26的数字滤波器能够是美国专利US5833613(Averkiou等人)中公开的类型滤波器。

[0029] 经复合和处理的相干回波信号被耦合到B模式处理器30,B模式处理器30产生用于对象中的结构的B模式图像(诸如组织图像)的信号。B模式处理器通过计算 $(I^2+Q^2)^{1/2}$ 形式的回波信号幅度来执行正交解调的I和Q信号分量的幅度(包络)检测。正交回波信号分量还被耦合到多普勒处理器34。多普勒处理器34存储来自图像场中的离散点的回波信号的系综,所述系综然后用来利用快速傅立叶变换(FFT)处理器来估计图像中的点处的多普勒频移。系综被采集的速率确定系统能够准确地测量并在图像中描绘的运动的范围。多普勒频移与图像场中的点处的运动(例如,血流和组织运动)成比例。对于彩色多普勒图像,血管中的每个点处的估计的多普勒流动值被壁滤波,并且使用查找表被转换为颜色值。壁滤波器具有可调节截止频率,当对流动的血液进行成像时,在所述可调截止频率之上或之下将拒绝诸如血管壁的低频运动的运动。B模式图像信号和多普勒流动值被耦合到多平面重新格式化器32,当被扫描的体积的平面图像被期望时,多平面重新格式化器32提取3D图像数据集的期望平面的图像信号。在组织和流动信号的3D数据集的x、y、z坐标的基础上进行提取,

并且提取的信号然后被格式化以用于以期望的显示格式(例如,直线显示格式或扇形显示格式)进行显示。B模式图像或多普勒图像可以被单独显示,或两者以解剖配准的方式一起被示出,其中,彩色多普勒叠加示出了B模式组织图像的血管中的组织和脉管中的血流。另一显示可能性是并排显示已经被不同地处理的相同解剖结构的图像。当比较图像时,这种显示格式是有用的。

[0030] 图像数据被耦合到图像存储器36,其中,图像数据被存储在可根据从其采集图像值的空间位置寻址的存储器位置中。来自3D扫描的图像数据能够被体积绘制器42访问,体积绘制器42将3D数据集的回波信号转换成如从给定参考点查看的投影的3D图像,如美国专利US 6530885(Entrekin等人)中描述的。由体积绘制器42产生的3D图像和由多平面重新格式化器32从被扫描的体积的平面产生的2D图像被耦合到用于进一步增强、缓冲和暂时存储的显示处理器48以显示在图像显示器40上。

[0031] 在图8中以方框图形式图示了本发明的超声成像系统的第二实施方式。具有相同附图标记的部件在图8实施方式中以与图7中相同的方式运行。然而,代替控制主系统波束形成器,除了微波束形成器的其控制之外,波束形成器控制器118现在控制微通道存储器120形式的接收器的寻址。微通道存储器是3D数据存储器,所述3D数据存储器接收并存储由2D阵列换能器的元件的贴片产生的信号,与其在被扫描的目标体积中的位置对应地存储它们。在已经根据平面波或发散波束的发射从目标体积接收所有回波信号之后,由合成聚焦处理器122在空间基础上将数据的3D体积与从之前发射事件接收的3D数据进行组合。在空间基础上添加从平面波或发散发射事件接收的所有回波实现合成聚焦,由此遍及体积的点处的图像数据被完全聚焦。参见例如用于描述合成聚焦的美国专利US 4604697(Luthra等人)。类似于之前的实施方式,通过合成聚焦处理器对数据的组合提供了来自目标体积的多个平面波或发散扫描的3D数据集的复合。

[0032] 应注意,适于使用在本发明的实施方式中的超声系统并且特别地图7和8的超声系统的部件结构可以以硬件、软件或其组合实施。超声系统的各种实施例和/或部件和其控制器、或其中的部件和控制器也可以被实施为一个或多个计算机或微处理器的部分。计算机或者处理器可以包括计算设备、输入设备、显示单元和接口,例如以用于访问因特网。计算机或者处理器可以包括微处理器。微处理器可以被连接到通信总线,例如,以访问PACS系统或者数据网络以用于导入训练图像。计算机或者处理器还可以包括存储器。存储器设备(诸如扫描复合存储器22、图像存储器36和多通道存储器120)可以包括随机存取存储器(RAM)和只读存储器(ROM)。计算机或处理器还可以包括存储设备,其可以是硬盘驱动器或可移除存储驱动器,诸如软盘驱动器、光盘驱动器、固态拇指驱动器等。存储设备还可以是用于将计算机程序或其他指令加载到计算机或处理器中的其他类似模块。

[0033] 如本文所使用的,术语“计算机”或“模块”或“处理器”或“工作站”可以包括任何基于处理器或基于微处理器的系统,包括使用微控制器、精简指令集计算机(RISC)、ASIC、逻辑电路以及能够执行本文所述功能的任何其他电路或处理器的系统。以上范例仅是示范性的,并且因此无意以任何方式限制这些术语的定义和/或含义。

[0034] 计算机或处理器执行存储在一个或多个存储元件中的指令集,以便处理输入数据。存储元件还可以按照期望或根据需要存储数据或其他信息。存储元件可以是在处理机器内的信息源或物理存储器元件的形式。包括如上所述的那些控制超声图像的采集、处理

和显示的指令的超声系统的指令集可以包括各种命令,这些命令指示作为处理器的计算机或处理器执行特定的操作,例如本发明的各种实施例的方法和过程。指令集可以是软件程序的形式。该软件可以采用各种形式,例如系统软件或应用软件,并且可以体现为有形且非瞬态的计算机可读介质。扫描复合存储器和合成聚焦处理器的操作通常由软件例程的方向或在其下执行。此外,软件可以采取在较大的程序内的单独的程序或模块的集合或者程序模块的部分的形式。软件还可以包括面向对象编程形式的模块化编程。处理机器对输入数据的处理可以响应于操作员命令,或者响应于先前处理的结果,或者响应于另一处理机器的请求。

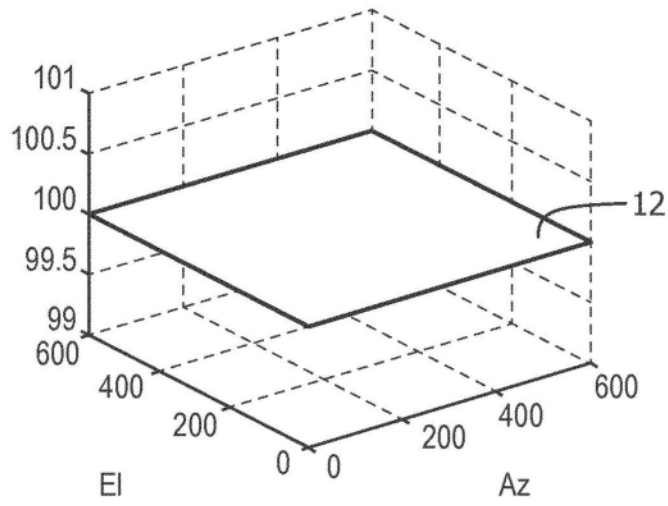


图1a

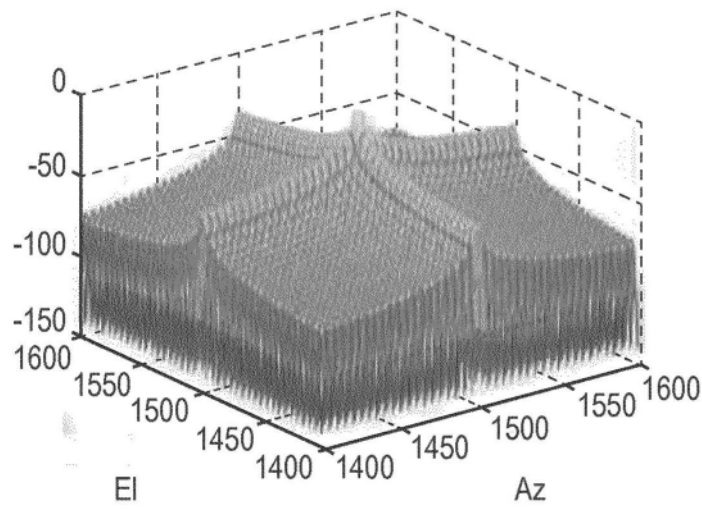


图1b

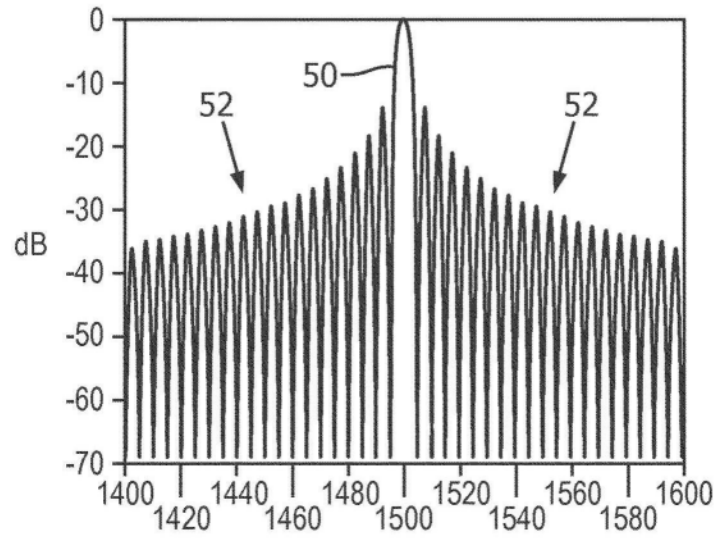


图1c

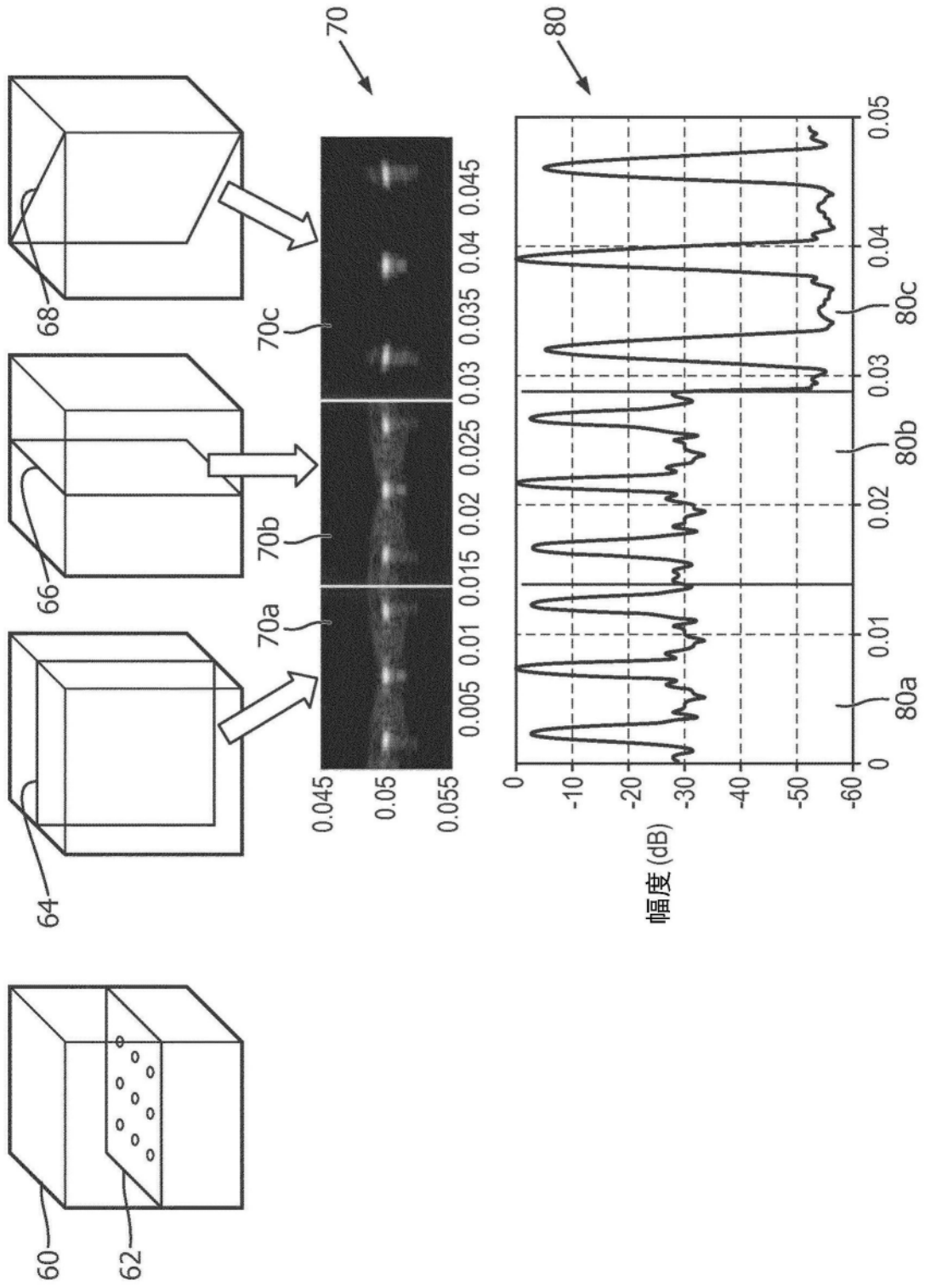


图2

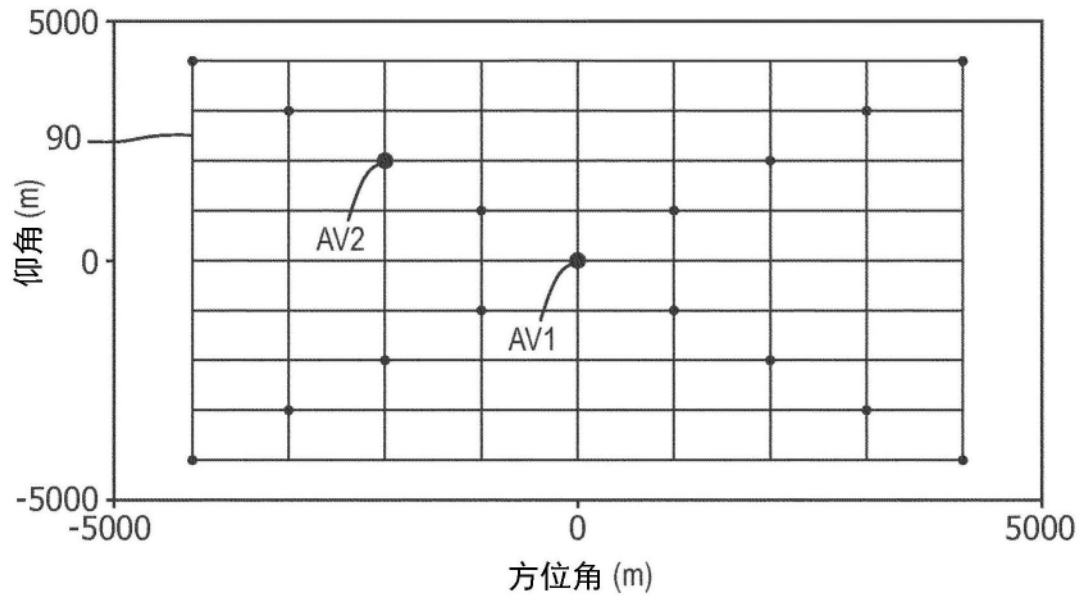


图3a

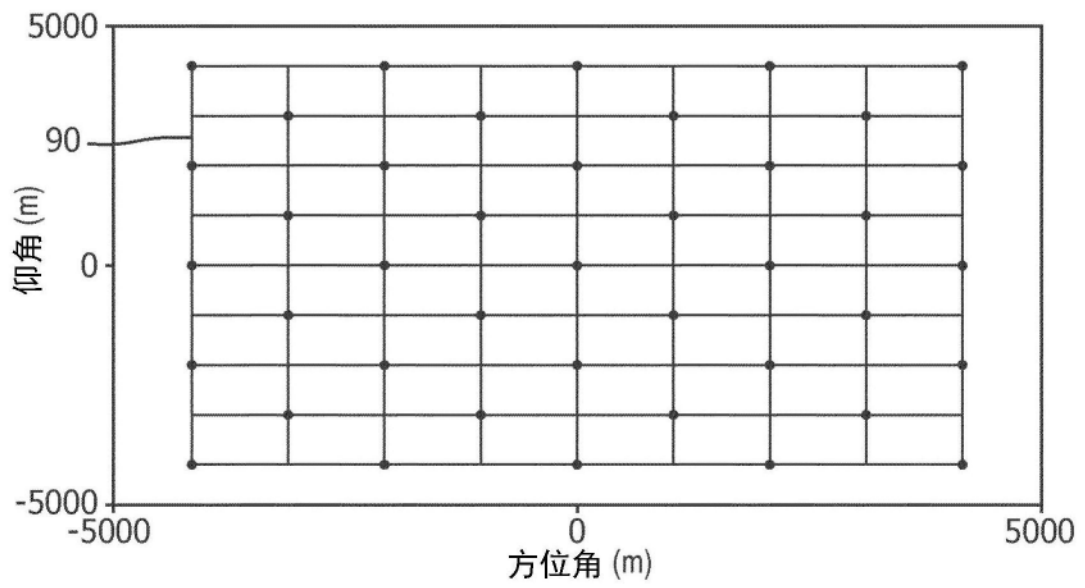


图3b

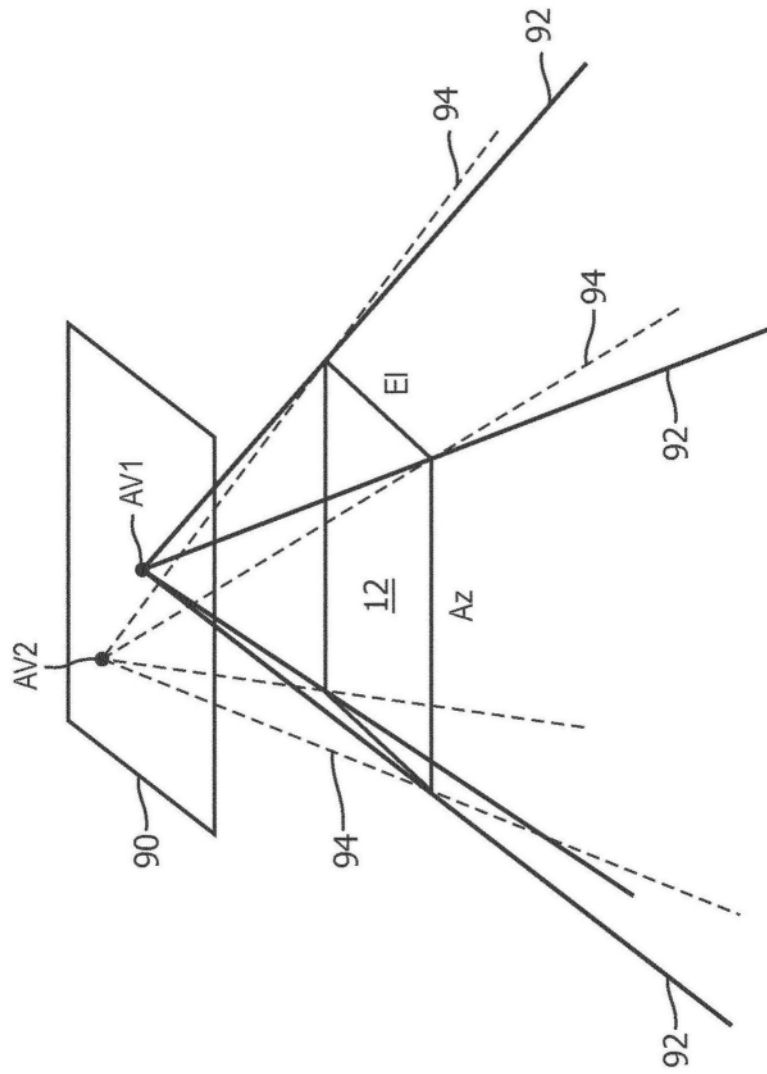


图4

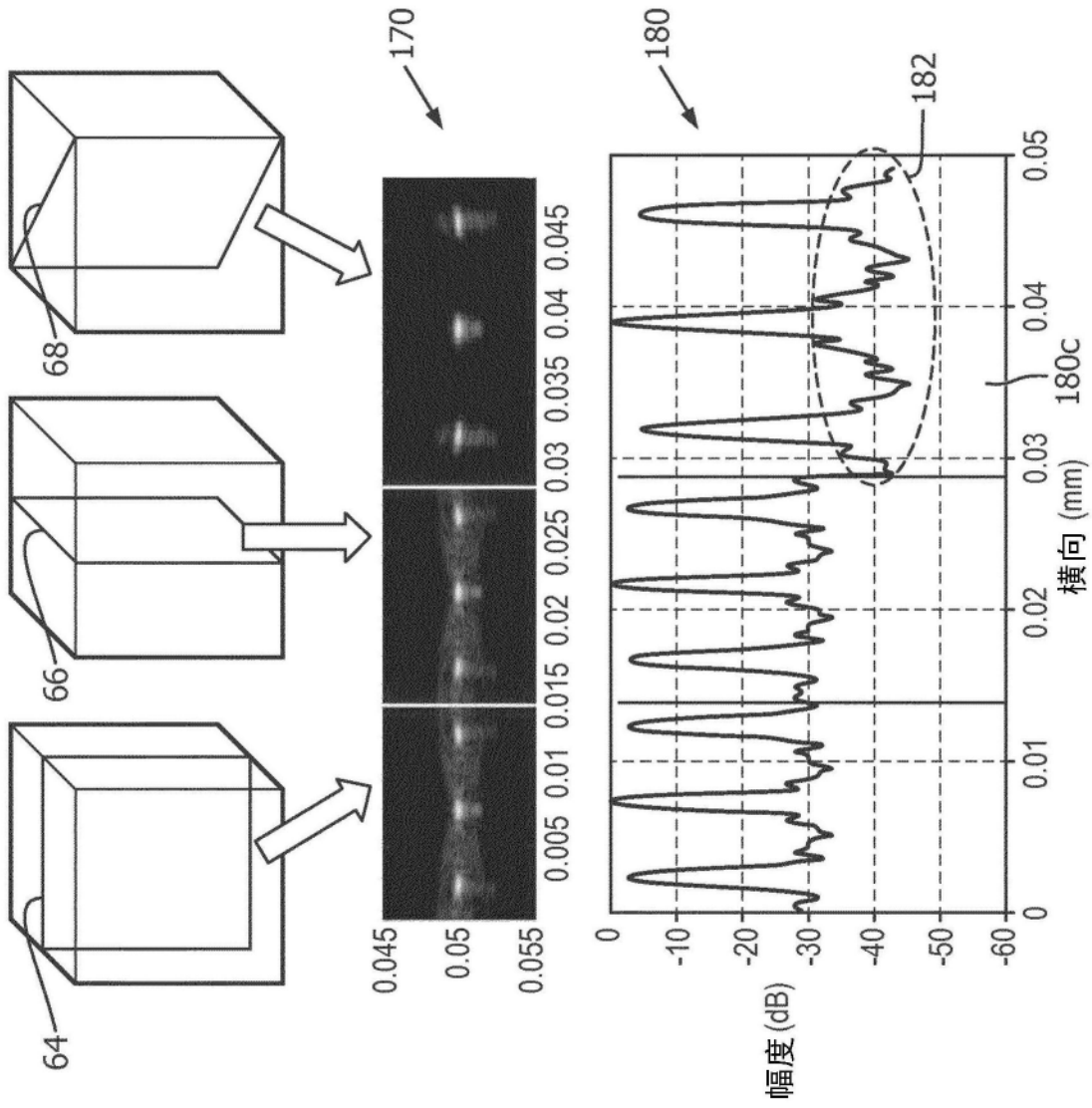


图5

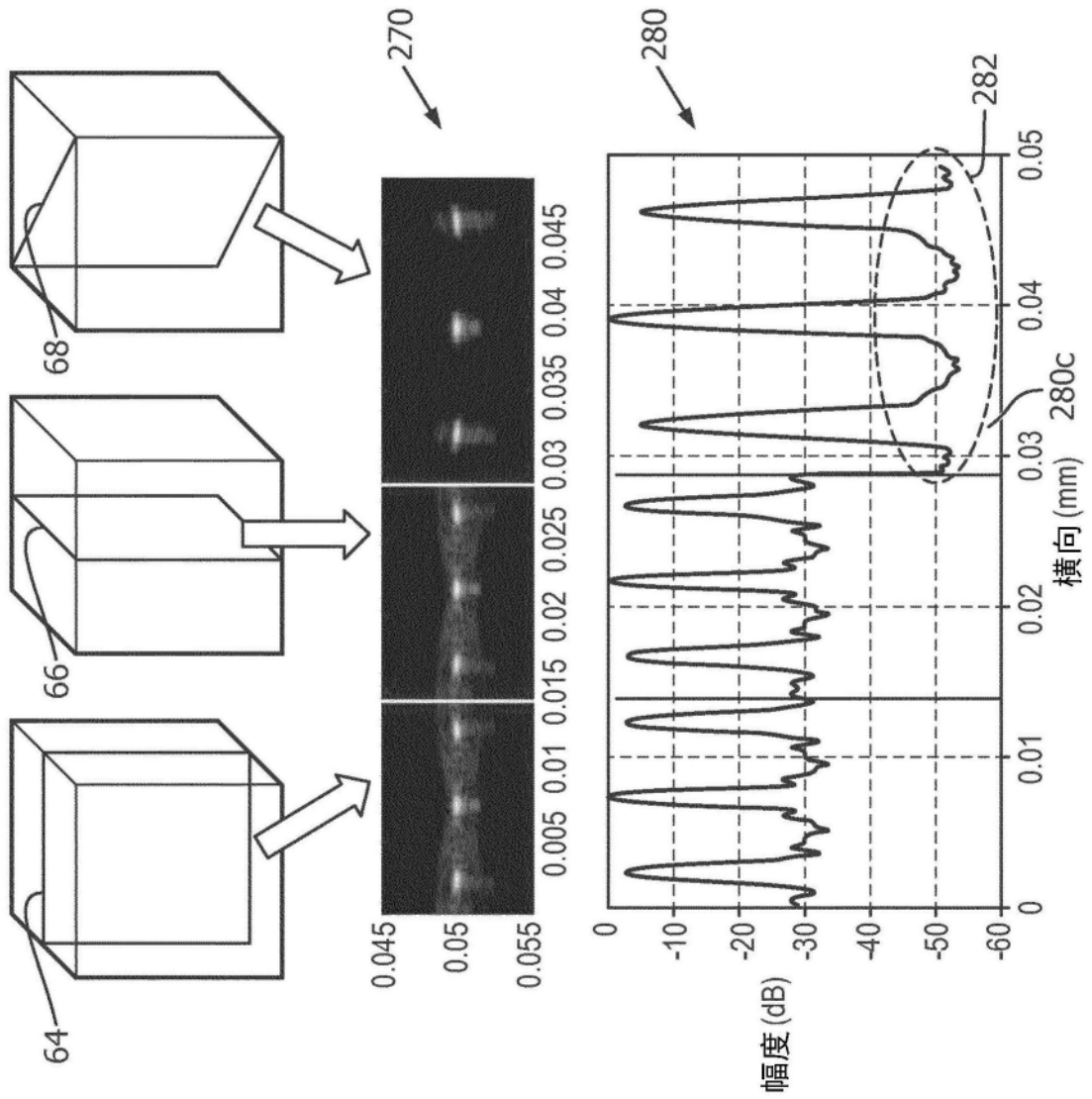


图6

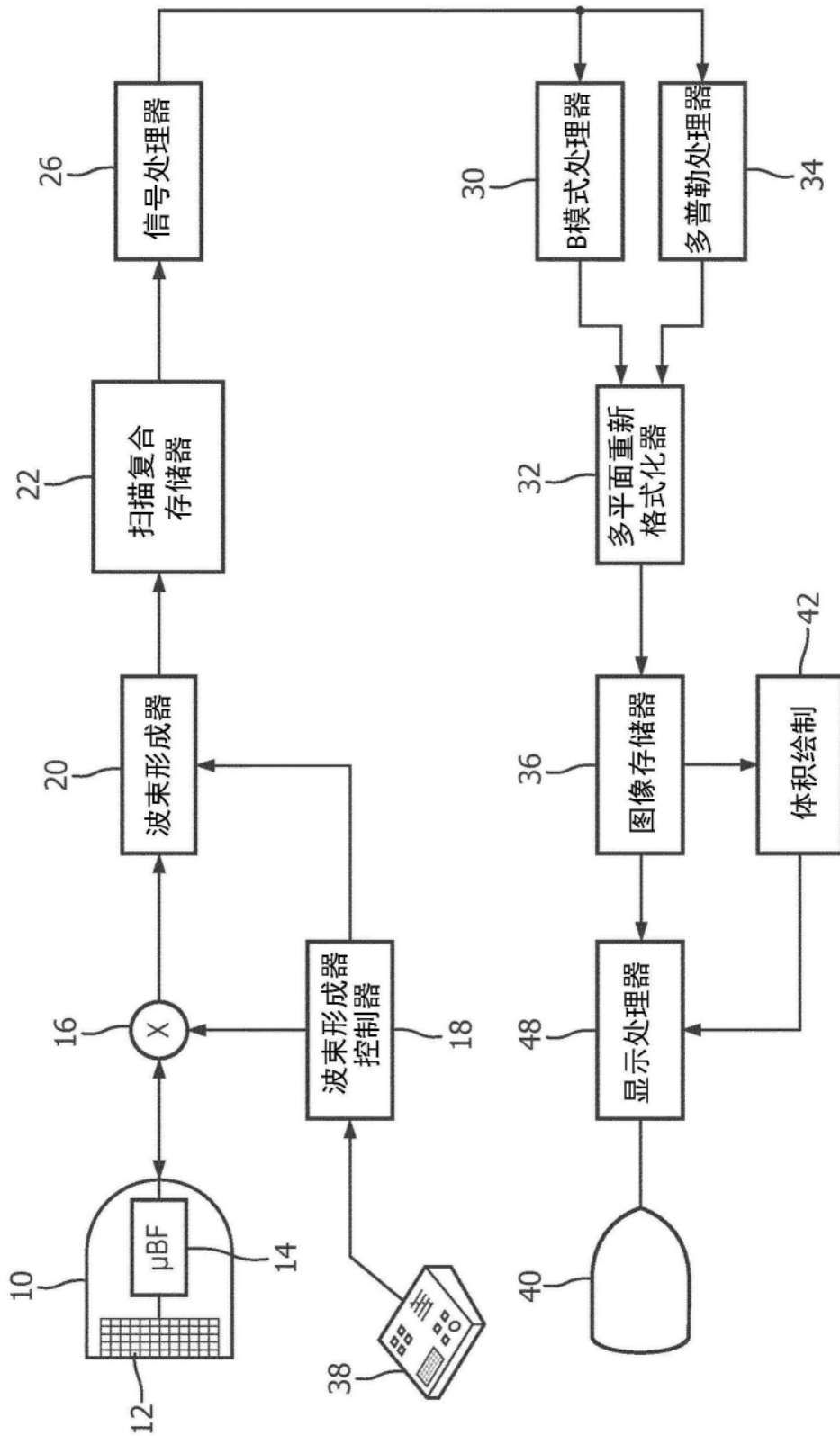


图7

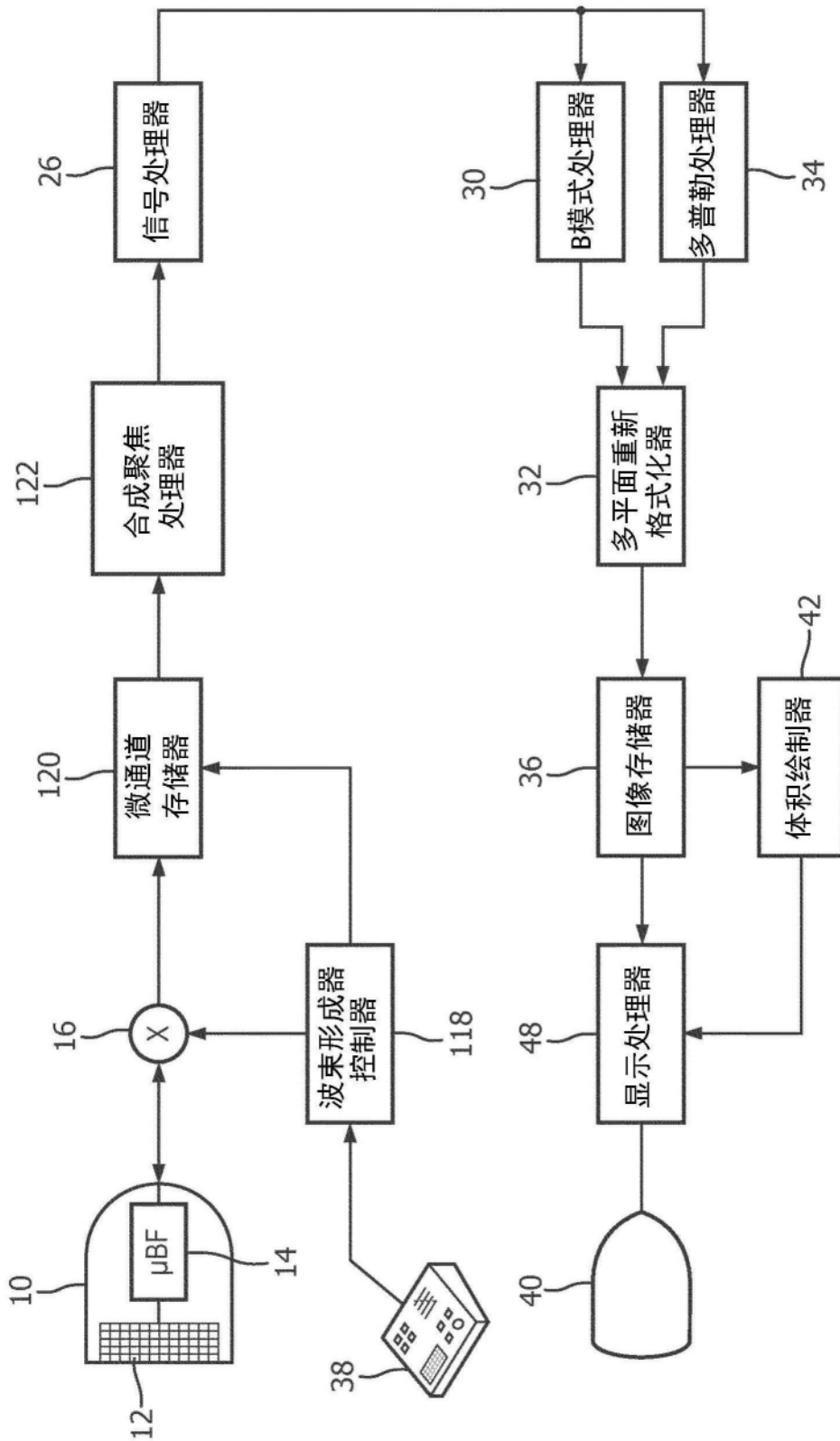


图8