



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110367943 A

(43)申请公布日 2019.10.25

(21)申请号 201910787376.4

(22)申请日 2019.08.23

(71)申请人 中国科学技术大学

地址 230026 安徽省合肥市包河区金寨路  
96号

(72)发明人 田超

(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 张静

(51) Int. Cl.

A61B 5/00(2006.01)

A61B 8/00(2006.01)

G01N 29/22(2006.01)

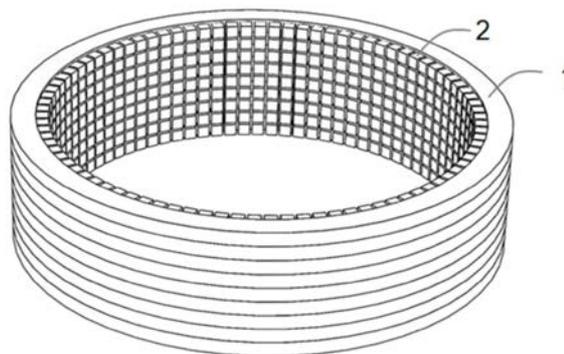
权利要求书1页 说明书7页 附图6页

(54)发明名称

相控阵超声换能器和超声相控检测系统

(57)摘要

本发明公开了一种相控阵超声换能器和超声相控检测系统,设置相控阵超声换能器的换能器阵列位于同一柱状基底上,换能器阵列用于采集和/或发射三维空间超声波,换能器阵列具有多个超声换能器阵元。本发明技术方案可以采集和/或发射三维空间超声波,提高对向三维空间传播的光声信号的采集率以及实现三维空间超声波发射,实现三维空间成像。可设置柱状基底为具有通孔的中空结构,将超声换能器阵元设置于通孔内壁,通孔内用于放置待成像物体。还可设置柱状基底包括多个可拆分的子柱状基底。本发明技术方案具备同时向三维空间发射和接收声波信号的能力,为医学光声成像、超声成像和工业无损检测等领域提供了一种新型的三维相控阵超声换能器。



1. 一种相控阵超声换能器,其特征在于,所述相控阵超声换能器包括:  
柱状基底;  
固定在所述柱状基底上的换能器阵列,所述换能器阵列包括多排环绕所述柱状基底中轴线的超声换能器阵元,所述换能器阵列用于采集和/或发射三维空间超声波;所述轴线为所述柱状基底的顶面中点与底面中点连线。
2. 根据权利要求1所述的相控阵超声换能器,其特征在于,所述超声换能器阵元的功能区为平面,所述功能区用于发射超声波和/或采集超声波。
3. 根据权利要求2所述的相控阵超声换能器,其特征在于,所述超声换能器阵元的功能区的表面固定有超声透镜,所述超声透镜用于将所述超声换能器阵元出射超声波聚焦到设定位置。
4. 根据权利要求1所述的相控阵超声换能器,其特征在于,所述柱状基底具有贯穿其顶面和底面的通孔,所述超声换能器阵元均固定在所述通孔的内壁。
5. 根据权利要求1所述的相控阵超声换能器,其特征在于,所述超声换能器阵元均固定在所述柱状基底的外侧面。
6. 根据权利要求1所述的相控阵超声换能器,其特征在于,所述柱状基底为圆柱体、或是方柱体。
7. 根据权利要求1所述的相控阵超声换能器,其特征在于,所述柱状基底包括多个可拆分的子柱状基底;  
所述子柱状基底上至少设置一排所述超声换能器阵元。
8. 根据权利要求7所述的相控阵超声换能器,其特征在于,所述子柱状基底上均设置一排所述超声换能器阵元,所述子柱状基底上所述超声换能器阵元的数量以及分布相同。
9. 根据权利要求1-8任一项所述的相控阵超声换能器,其特征在于,所述相控阵超声换能器执行第一控制指令时,处于仅采集超声波的接收模式;执行第二控制指令时,处于仅发射超声波的发射模式;执行第三控制指令时,处于同步发射和采集超声波的收发模式。
10. 一种超声相控检测系统,其特征在于,包括:如权利要求1-9任一项所述的相控阵超声换能器。

## 相控阵超声换能器和超声相控检测系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及光声和超声技术领域,更具体的说,涉及一种相控阵超声换能器和超声相控检测系统。

### 背景技术

[0002] 与传统的超声检测技术相比,超声相控技术具有很多的优点。超声相控技术采用电子方法控制声束偏转、聚焦和扫描,可以在不移动或少移动换能器的情况下进行快捷的扫描,而且具有良好的声束可达性,能对复杂几何形状的待测物体及其盲区进行检测,还可以通过优化控制焦点尺寸、焦区深度和声束方向,使得检测分辨率和信噪比等性能得到提高,使得检测图像更加清晰,使得检测速度更加快速。

[0003] 由于具有上述优点,基于超声相控技术的超声相控检测系统被广泛的应用于医学超声成像以及工业无损检测等领域。相控阵超声换能器是超声相控检测系统的核心部件,现有的相控阵超声换能器用于光声成像时,对光声信号采集率较低,成像灵敏度低,且成像质量差。

### 发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明技术方案提供了一种相控阵超声换能器和超声相控检测系统,在用于光声成像时,提高了对光声信号的采集率,提高了成像灵敏度,具有较好的成像质量。

[0005] 为了实现上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0006] 一种相控阵超声换能器,所述相控阵超声换能器包括:

[0007] 柱状基底;

[0008] 固定在所述柱状基底上的换能器阵列,所述换能器阵列包括多排环绕所述柱状基底中轴线的超声换能器阵元,所述换能器阵列用于采集和/或发射三维空间超声波;所述轴线为所述柱状基底的顶面中点与底面中点连线。

[0009] 优选的,在上述相控阵超声换能器中,所述超声换能器阵元的功能区为平面,所述功能区用于发射超声波和/或采集超声波。

[0010] 优选的,在上述相控阵超声换能器中,所述超声换能器阵元的功能区的表面固定有超声透镜,所述超声透镜用于将所述超声换能器阵元出射超声波聚焦到设定位置。

[0011] 优选的,在上述相控阵超声换能器中,所述柱状基底具有贯穿其顶面和底面的通孔,所述超声换能器阵元均固定在所述通孔的内壁。

[0012] 优选的,在上述相控阵超声换能器中,所述超声换能器阵元均固定在所述柱状基底的外侧面。

[0013] 优选的,在上述相控阵超声换能器中,所述柱状基底为圆柱体、或是方柱体。

[0014] 优选的,在上述相控阵超声换能器中,所述柱状基底包括多个可拆分的子柱状基底;

[0015] 所述子柱状基底上至少设置一排所述超声换能器阵元。

[0016] 优选的,在上述相控阵超声换能器中,所述子柱状基底上均设置一排所述超声换能器阵元,所述子柱状基底上所述超声换能器阵元的数量以及分布相同。

[0017] 优选的,在上述相控阵超声换能器中,所述相控阵超声换能器执行第一控制指令时,处于仅采集超声波的接收模式;执行第二控制指令时,处于仅发射超声波的发射模式;执行第三控制指令时,处于同步发射和采集超声波的收发模式。

[0018] 本发明还提供了一种超声相控检测系统,其特征在于,包括:上述任一项所述的相控阵超声换能器。

[0019] 通过上述描述可知,本发明技术方案提供的相控阵超声换能器和超声相控检测系统中,设置相控阵超声换能器的换能器阵列位于同一柱状基底上,所述换能器阵列用于采集和/或发射三维空间超声波,所述换能器阵列具有多个超声换能器阵元。可见,本发明技术方案可以采集和/或发射三维空间超声波,提高对向三维空间传播的光声信号的采集率以及实现三维空间超声波发射,实现三维空间成像。可设置柱状基底为具有通孔的中空结构,将超声换能器阵元设置于通孔内壁,通孔内用于放置待成像物体。还可设置柱状基底包括多个可拆分的子柱状基底。本发明技术方案具备同时向三维空间发射和接收声波信号的能力,为医学光声成像、超声成像和工业无损检测等领域提供了一种新型的三维相控阵超声换能器。

## 附图说明

[0020] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据提供的附图获得其他的附图。

[0021] 图1为本发明实施例提供的一种相控阵超声换能器的结构示意图;

[0022] 图2为图1所示相控阵超声换能器中超声换能器阵元结构以及布局示意图;

[0023] 图3为本发明实施例提供的一种片段式相控阵超声换能器的结构示意图;

[0024] 图4为本发明实施例提供的一种7.5MHz的圆柱形三维相控阵超声换能器中单个超声换能器阵元的时域信号图;

[0025] 图5为图4对应时域信号的频谱图;

[0026] 图6为本发明实施例提供的一种7.5MHz的圆柱形三维相控阵超声换能器中单个超声换能器阵元的声场分布图;

[0027] 图7为本发明实施例提供的一种7.5MHz的圆柱形三维相控阵超声换能器在单个平面的声场分布图;

[0028] 图8为本发明实施例提供的一种待成像物体的仿真模型图;

[0029] 图9为1.0微秒时刻三维球形模型周围光声波分布图;

[0030] 图10为利用本发明实施例所述圆柱形三维相控阵换能器接收到的超声信号图;

[0031] 图11为基于本发明实施例所述圆柱形三维相控阵换能器探测结果重建的三维球形模型图像。

## 具体实施方式

[0032] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述。显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0033] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0034] 相控阵超声换能器由许多超声换能器阵元排成阵列组成,每个超声换能器阵元为一个超声波辐射单元,通过控制各阵元辐射超声的幅度和相位,调整声波的辐射方向,可以在一定空间范围内合成灵活快速扫描的声波波束。超声相控阵是超声探头晶片的组合,由多个压电晶片按一定的规律分布排列,然后逐次按预先规定的延迟时间激励各个晶片,所有晶片发射的超声波形成一个整体波阵面,能有效地控制发射超声波束的形状和方向,能实现超声波的波束扫描、偏转和聚焦。超声相控阵为确定不连续性的形状、大小和方向提供出比单个或多个探头系统更大的能力。超声相控阵检测技术使用不同形状的多阵元换能器产生和接收超声波束,通过控制换能器阵列中各阵元发射脉冲的不同时间,改变声波到达物体内部的相位关系,实现焦点和声束方向的变化,从而实现超声波的波束扫描、偏转和聚焦。

[0035] 在医学超声成像和工业无损检测领域中,使用较多的相控阵超声换能器主要有三种,即线阵换能器、矩阵换能器和环阵换能器。线阵换能器中的多个阵元成直线排列,声场分布在一个平面内,可以得到二维平面内的图像。矩阵换能器中的多个阵元排布于矩形区域,声场分布于三维矩形空间,可以对三维空间内的物体进行成像。环阵换能器中的阵元呈环形,按同心圆环排列,声场也分布于三维空间,可以对三维空间内的物体进行成像。以上三种相控阵超声换能器形状较为简单,设计和加工复杂度不高,成本可控,可以满足大多数医学超声成像和工业无损检测的需求。

[0036] 基于由光至声的能量转换,新兴的生物学光声成像技术是近年来快速发展的一种无创、高分辨率、高对比度生物学成像模态。光声成像具备了光学成像高对比度和超声成像大穿透深度的优点,微观成像可至单个细胞器,宏观成像可至小动物全体,并可提供生物组织结构、功能、代谢、分子和遗传等不同层面的信息。目前光声成像装备中采用的换能器大多是直接借用超声成像中的线阵、矩阵和环阵换能器,但光声与超声成像原理不同,直接借用并非最优的信号接收方案。超声成像是向待成像物体发射超声波,基于脉冲回波,由换能器发射的超声波被组织反射后原路返回实现成像,线阵或环阵换能器可以满足绝大多数需求。光声成像基于光热效应,通过激光脉冲照射待成像物体,待成像物体由于激光激发产生的光声信号会向三维空间传播,基于线阵或环阵换能器的接收策略会极大损失有用信号,降低图像质量和成像灵敏度。设计适合于光声信号三维空间采集的超声相控阵换能器,最大限度捕获空间中的光声信号,对成像质量的提升有重要意义。其中,光声信号为超声波。激光激发待成像物体时,待成像物体产生的超声波为光声信号。

[0037] 为了解决上述问题,本发明实施例提供了一种相控阵超声换能器,不仅可以用于采集超声波信号,以用于超声成像,还可以用于采集三维空间传播的光声信号,用于光声成像。进行光声成像时,可以提高三维光声信号的采集率,进而可以提高成像灵敏度,实现三

维空间成像。

[0038] 参考图1和图2,图1为本发明实施例提供的一种相控阵超声换能器的结构示意图,图2为图1所示相控阵超声换能器中超声换能器阵元结构以及布局示意图。所示相控阵超声换能器包括:柱状基底1;固定在所述柱状基底1上的换能器阵列,所述换能器阵列包括多排环绕所述柱状基底中轴线的超声换能器阵元2,所述换能器阵列用于采集和/或发射三维空间超声波;所述轴线为所述柱状基底1的顶面中点与底面中点连线。

[0039] 其中,所述柱状基底1具有相对的顶面和底面以及侧面。顶面和底面相同。所述柱状基底1可以为圆柱状基底或是方柱状基底。每排可以具有相同数量的超声换能器阵元2,相邻两排中,超声换能器阵元2一一相对设置。其他方式中,也可以设置每排具有不同数量的超声换能器阵元2。

[0040] 所述超声换能器阵元2的功能区为平面,所述功能区用于发射超声波和/或采集超声波。可以设置所述超声换能器阵元2的功能面为矩形,该矩形宽度为 $W$ ,高度为 $h$ ,同一排相邻两个所述超声换能器阵元2的间距为 $s$ ,相邻两排所述超声换能器阵元2的间距为 $g$ 。可以基于识别精度以及其他检测参数设置各个尺寸参数的取值,本发明实施例中对各个尺寸参数不做具体限定。

[0041] 本发明实施例中,单个的超声换能器阵元2的功能面不局限于为长方形,也可以圆形或是其他多边形结构。相邻所述超声换能器阵元2之间具有间隔,使得每个所述超声换能器阵元2可以独立工作。

[0042] 可选的,所述超声换能器阵元2的功能区的表面固定有超声透镜,所述超声透镜用于将所述超声换能器阵元出射超声波聚焦到设定位置,超声透镜为双凸面结构,可以实现声场的聚焦。

[0043] 在图1和图2所示方式中,所述柱状基底1具有贯穿其顶面和底面的通孔,所述超声换能器阵元2均固定在所述通孔的内壁。图1以所述柱状基底1为圆柱体,以所述通孔为圆孔为例进行图示说明。此时,超声换能器阵元2的功能面均朝向所述轴线。

[0044] 实现方式不局限于图1所示方式,所述柱状基底1可以为圆柱体、或是方柱体;所述通孔可以为圆孔或是方孔。可以采用图1所示圆柱体与圆孔的结构,其他方式中,也可以采用圆柱体与方孔的结构,也可以采用方柱体与圆孔的结构,也可以采用方柱体与方孔的结构。

[0045] 其他方式中,可以设置所述超声换能器阵元2均固定在所述柱状基底1的外侧面。同样所述柱状基底1可以为圆柱体、或是方柱体。所述柱状基底1可以设置通孔或为实心结构。此时,超声换能器阵元2的功能面均为平面,超声换能器阵元2采集和发射超声波的方向朝外,背离所述轴线。

[0046] 如图3所示,图3为本发明实施例提供的一种片段式相控阵超声换能器的结构示意图,图3所示方式中,所述柱状基底1包括多个可拆分的子柱状基底11;所述子柱状基底11上至少设置一排所述超声换能器阵元2。

[0047] 图3所示方式中,以每个所述子柱状基底11分别设置一排所述超声换能器阵元2为例进行图示说明,所述子柱状基底11相同,且每个所述子柱状基底11上设置有相同数量以及相同分布的多个所述超声换能器阵元2。子柱状基底11在柱状基底1轴线上可以相互堆叠。

[0048] 其他方式中,也可以设置所述子柱状基底11具有多排所述超声换能器阵元2,不同所述子柱状基底11中可以设置相同或不同排数的所述超声换能器阵元2。

[0049] 图3所示方式,以所述柱状基底1为柱形壳体为例进行说明,所述超声换能器阵元2位于柱形壳体的内侧面。柱形壳体分为多个圆环结构的子柱状基底11,每个圆环结构的子柱状基底11内侧面设置有相同数量以及相同分布的多个所述超声换能器阵元2。这样,待成像物体位于柱形壳体内部,可以基于待成像物体的高度,设置圆环结构的子柱状基底11堆叠的数量。

[0050] 当所述柱形基底1包括多个可拆分圆环结构的子柱状基底11时,也可以将所述超声换能器阵元2设置在圆环结构的子柱状基底11的外侧面,此时,可以用于测量具有空腔结构的待成像物体,将相控阵超声换能器置于空腔结构内。

[0051] 其他方式中,所述柱状基底1为实心柱体,此时可以设置其包括多个可拆分的实心子柱体,每个实心子柱体的外侧面具有至少一排所述超声换能器阵元2。

[0052] 优选设置子柱状基底11上设置相同数量以及相同分布的多个所述超声换能器阵元2。

[0053] 本发明实施例所述相控阵超声换能器中,所述相控阵超声换能器具有仅采集超声波的接收模式、处于仅发射超声波的发射模式以及处于同步发射和采集超声波的收发模式。可以设置所述相控阵超声换能器执行第一控制指令时,处于仅采集超声波的接收模式;执行第二控制指令时,处于仅发射超声波的发射模式;执行第三控制指令时,处于同步发射和采集超声波的收发模式。可以通过与所述相控阵超声换能器通信连接的控制器为所述相控阵超声换能器输入对应指令,以控制器工作模式。所述控制器可以基于操作人员的输入操作产生对应指令。

[0054] 本发明实施例所述相控阵超声换能器中,可以设置换能器阵列位于柱状基底1的外侧面,此时可以置于具有空腔结构的待成像物体内部,用于发射超声波和/或采集超声波,可以基于采集的超声波信号进行超声成像和光声成像;也可以设置换能器阵列位于柱状基底1的内侧面,此时待成像物体位于柱状基底1的通孔内,同样可以用于发射超声波和/或采集超声波,可以基于采集的超声波信号进行超声成像和光声成像。

[0055] 本发明实施例提供了一种新型的三维相控阵超声换能器,所述相控阵超声换能器具备同时向三维空间发射和接收声波信号的能力,可以用于光声成像、超声成像和工业无损检测等领域。

[0056] 常规光声成像中采用的换能器为线阵或是换阵换能器,只能重建特定平面内的图像,无法进行三维空间成像,本发明实施例所述相控阵超声换能器具备同时向三维空间发射和接收声波信号的能力,可以一次性实现三维待成像物体成像,能够快速实现三维光声成像,有效解决了现有常规超声换能器成像视角受限问题。

[0057] 下面以图1和图2所示相控阵超声换能器为例,对其工作原理以及性能进行说明。

[0058] 如上述单个超声换能器阵元2功能面为矩形,宽度为 $W$ ,高度为 $h$ ,可以独立工作,两个水平方向上相邻的超声换能器阵元2间距为 $s$ ,两个垂直方向上相邻的超声换能器阵元2间距为 $g$ ,此时,单个超声换能器阵元2在空间远场中声场分布可以如下表示:

$$[0059] \quad p(\theta_x, \theta_y, r, t) = -\frac{u_0 \rho_0 f}{r} Wh \sin(\omega t - kr) \left[ \frac{\sin(kW/2 \sin \theta_x)}{kW/2 \sin \theta_x} \frac{\sin(kh/2 \sin \theta_y)}{kh/2 \sin \theta_y} \right] \quad (1)$$

[0060] 上式(1)中,  $\omega$ 为声波角频率,  $k$ 为声波波数,  $\theta_x$ 和 $\theta_y$ 为远场被考察点与x轴和y轴的夹角,  $r$ 为超声换能器阵元2内的电的坐标,  $t$ 为时间,  $u_0$ 为超声换能器阵元2运动速度,  $\rho_0$ 为声波传播介质的介质密度,  $f$ 为超声波频率。其中, 上式中最后一项设定为:

$$[0061] \quad D(\theta_x, \theta_y) = \left[ \frac{\sin(kW/2 \sin \theta_x)}{kW/2 \sin \theta_x} \frac{\sin(kh/2 \sin \theta_y)}{kh/2 \sin \theta_y} \right] \quad (2)$$

[0062] 上式(2)为单个超声换能器阵元2声场分布的指向性函数, 整个圆柱形三维相控阵超声换能器声场分布的计算可以对所有超声换能器阵元2进行积分得到。

[0063] 如图4所示, 图4为本发明实施例提供的一种7.5MHz的圆柱形三维相控阵超声换能器中单个超声换能器阵元的时域信号图, 横轴为时间, 纵轴为信号幅值, 此时, 单个超声换能器阵元2的高度 $h=8\text{mm}$ ,  $W=0.56\text{mm}$ , 间距 $s=0.05\text{mm}$ 。

[0064] 如图5所示, 图5为图4对应时域信号的频谱图, 可知该圆柱形三维相控阵超声换能器中心频率为7.5MHz, -6dB灵敏度, 带宽上下线分别为10.1MHz和4.9MHz, 带宽约为80%。

[0065] 通过开源软件Field II进行了仿真模拟, 以展示本发明实施例所述相控阵超声换能器的声场分布特性。如图6所示, 图6为本发明实施例提供的一种7.5MHz的圆柱形三维相控阵超声换能器中单个超声换能器阵元的声场分布图, 图6为单个超声换能器阵元在 $20\text{mm} \times 20\text{mm}$ 平面内的声压级分布。由图6可以看出, 声场中存在主瓣和旁瓣。如图7所示, 图7为本发明实施例提供的一种7.5MHz的圆柱形三维相控阵超声换能器在单个平面的声场分布图, 图7给出了相控阵超声换能器在特定同一层所有超声换能器阵元的声场分布图。由图7可知, 声场最大幅值出现在中心区域, 且成对称分布。

[0066] 下面通过光声成像仿真实验, 以说明本发明实施例所述圆柱形三维相控阵换能器的优势。仿真采用的圆柱形三维相控阵换能器涉及参数为: 内圈直径为50mm, 高度为200mm, 高度方向上超声换能器阵元的排数为1496, 每个圆环内壁上超声换能器阵元数目为800。超声换能器阵元为矩形, 高度为0.13mm, 宽度为0.16mm, 同一圆环上超声换能器阵元间距为0.04mm, 待成像物体的仿体为三维球形模型, 包括8个直径为1.2mm的小球和1个直径为1.6mm的大球, 其仿真模型如图8所示, 图8为本发明实施例提供的一种待成像物体的仿真模型图, 采用本发明实施例所述圆柱形三维相控阵换能器对图8所示待成像物体的仿真模型成像时, 激光照射三维球形的模型时, 会激发出向三维空间传播的超声信号(光声信号), 图9为1.0微秒时刻三维球形模型周围光声波分布图。图10为利用本发明实施例所述圆柱形三维相控阵换能器接收到的超声信号图, 图10中, 横轴为时间, 纵轴为换能器中阵元个数。图11为基于本发明实施例所述圆柱形三维相控阵换能器探测结果重建的三维球形模型图像, 利用反投影算法重建三维球形模型图像, 由图11可看出, 利用本发明实施例所述圆柱形三维相控阵换能器, 可以很好的重建三维空间中的原图像。

[0067] 需要注意的是, 为了实现比较理想的重建效果, 上述仿真的圆柱形三维相控阵换能器在高度方向和径向方向使用了较多的传感器阵元。在实际使用中, 可以适当放宽对重建伪影的限制, 以大幅度减小阵元数目。

[0068] 基于上述实施例,本发明另一实施例还提供了一种超声相控检测系统,该超声相控检测系统包括上述实施例所述的相控阵超声换能器,可以用于超声成像、光声成像、或同时进行超声成像和光声成像。

[0069] 本说明书中各个实施例采用递进、或并行、或递进和并行相结合的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。对于实施例公开的装置而言,由于其与实施例公开的方法相对应,所以描述的比较简单,相关之处参见方法部分说明即可。

[0070] 还需要说明的是,在本文中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括上述要素的物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0071] 对所公开的实施例的上述说明,使本领域专业技术人员能够实现或使用本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

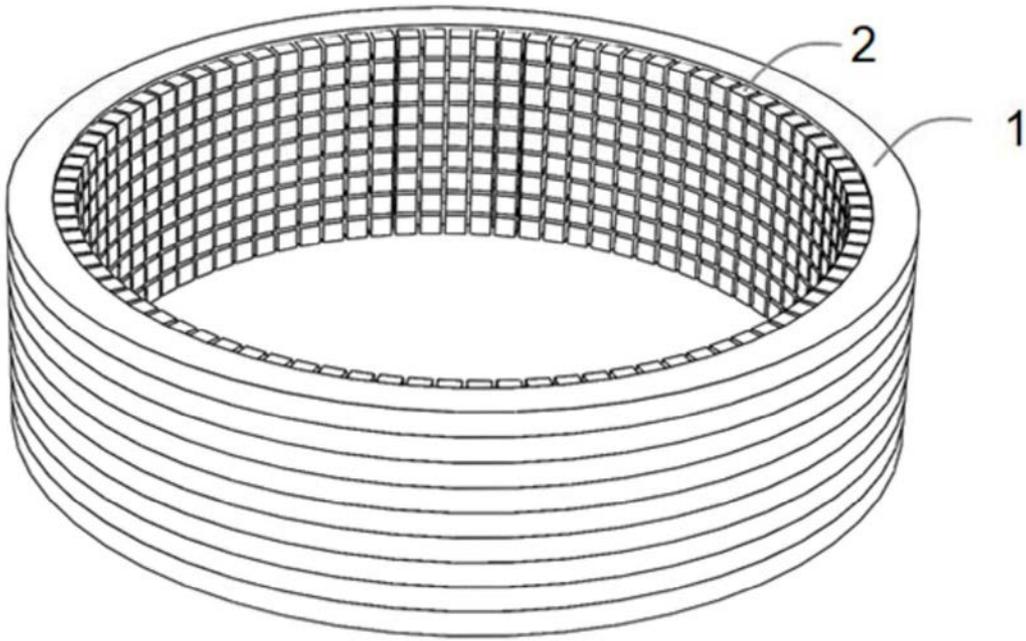


图1

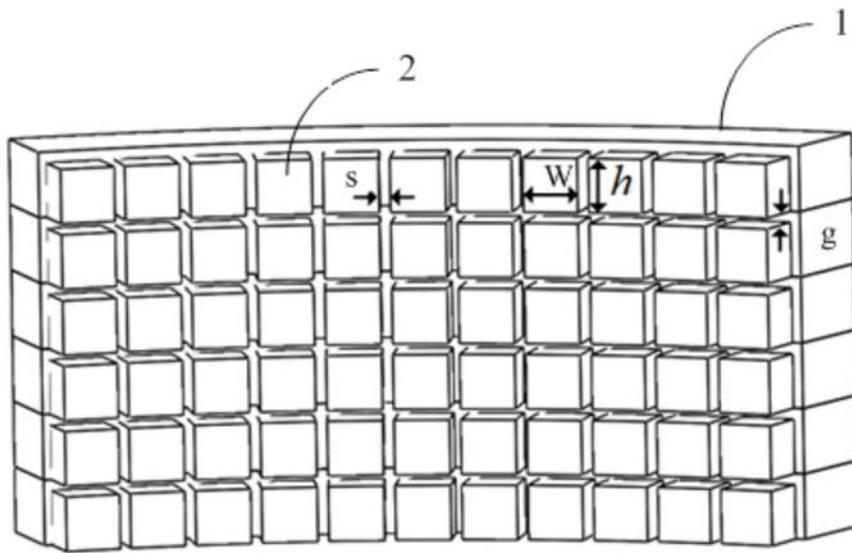


图2

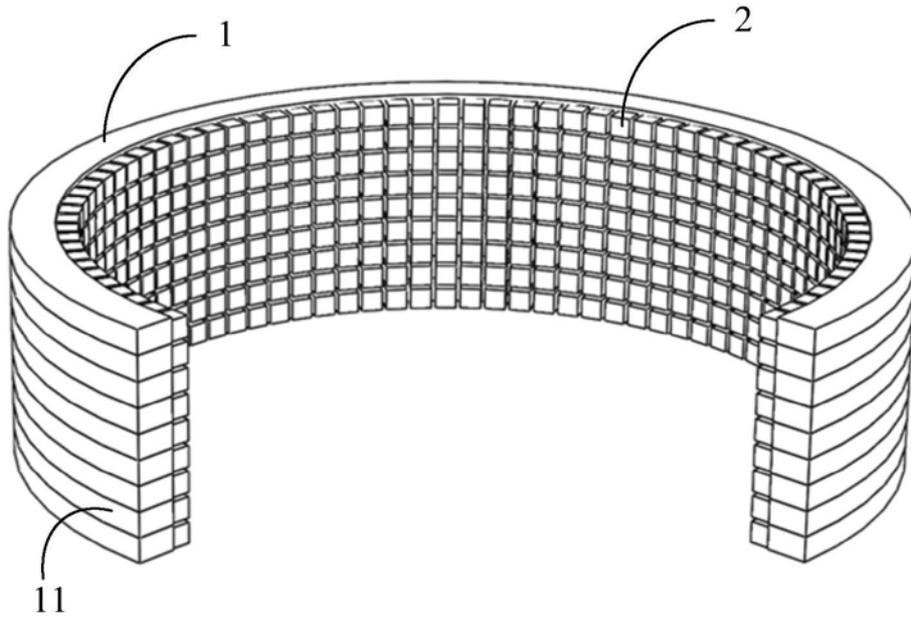


图3

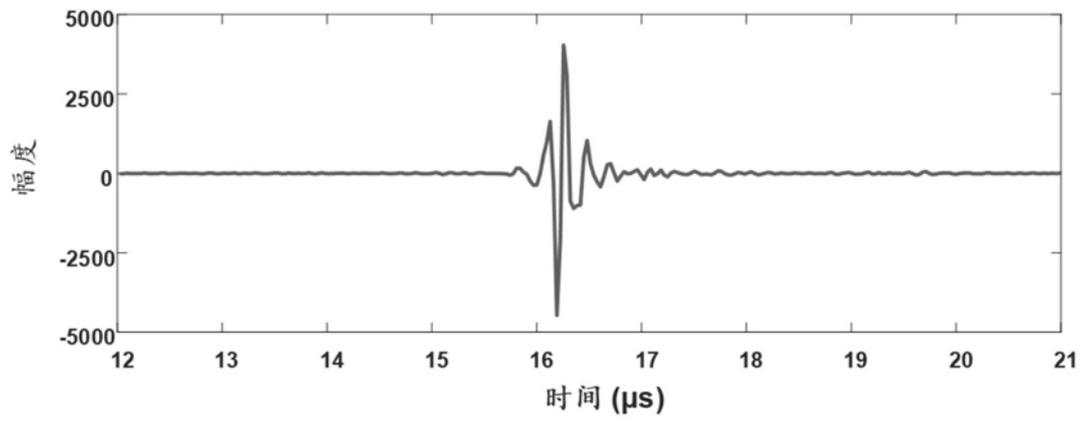


图4

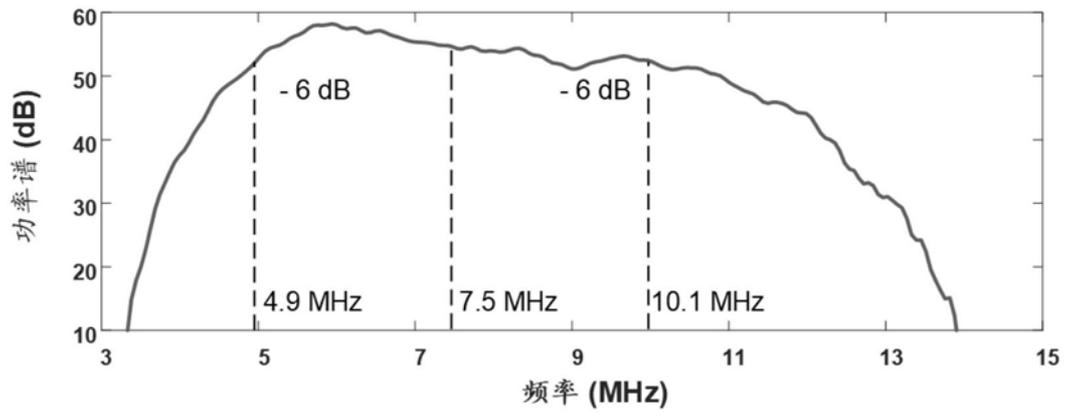


图5

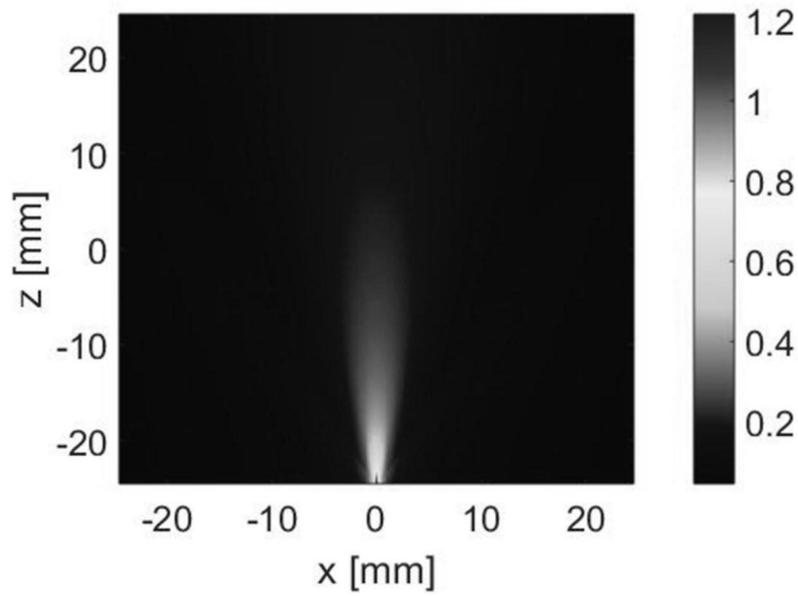


图6

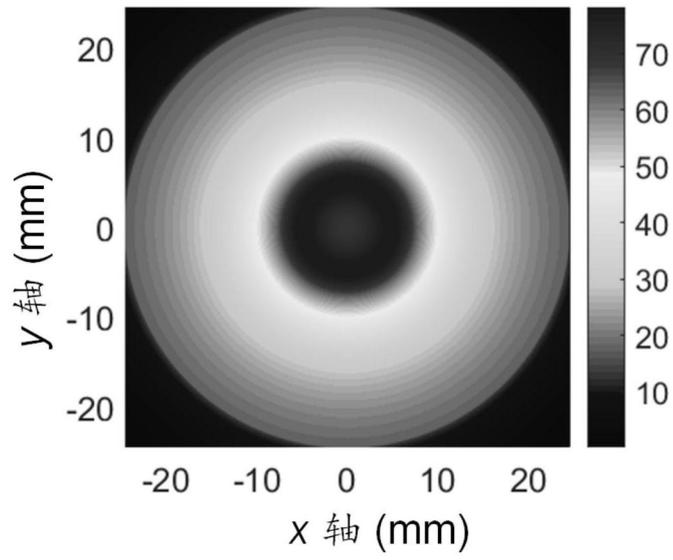


图7

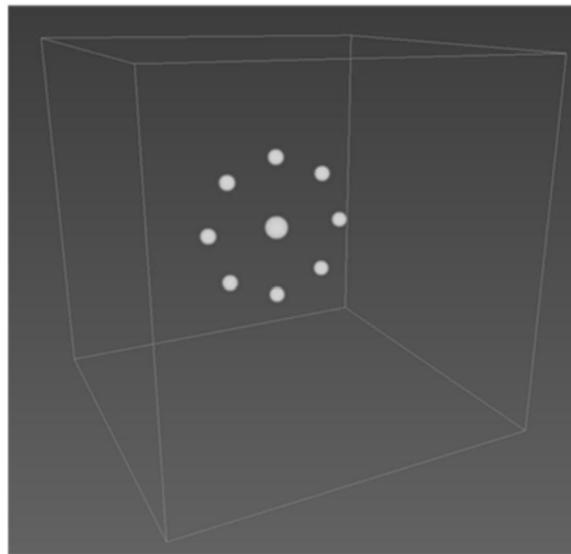


图8

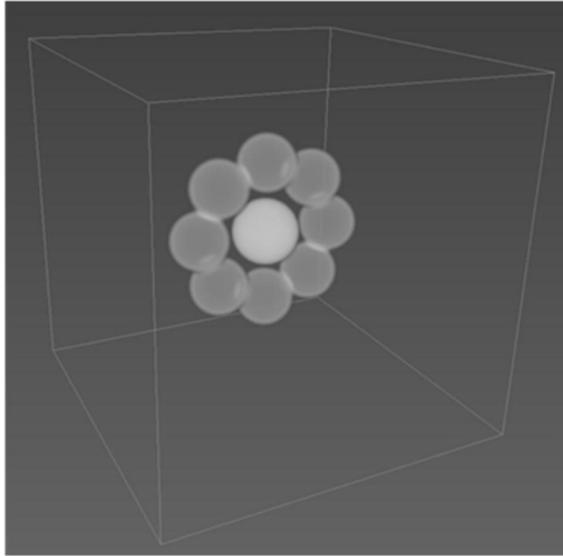


图9



图10

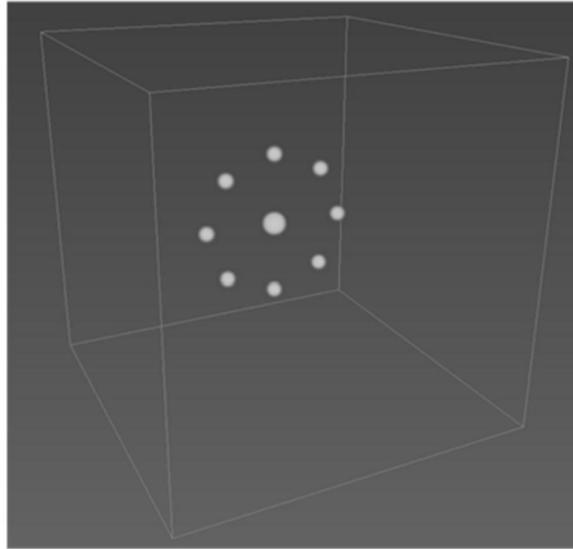


图11

专利名称(译)	相控阵超声换能器和超声相控检测系统		
公开(公告)号	<a href="#">CN110367943A</a>	公开(公告)日	2019-10-25
申请号	CN201910787376.4	申请日	2019-08-23
[标]申请(专利权)人(译)	中国科学技术大学		
申请(专利权)人(译)	中国科学技术大学		
当前申请(专利权)人(译)	中国科学技术大学		
[标]发明人	田超		
发明人	田超		
IPC分类号	A61B5/00 A61B8/00 G01N29/22		
CPC分类号	A61B5/0095 A61B8/4488 G01N29/22 G01N2291/106		
代理人(译)	张静		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本发明公开了一种相控阵超声换能器和超声相控检测系统，设置相控阵超声换能器的换能器阵列位于同一柱状基底上，换能器阵列用于采集和/或发射三维空间超声波，换能器阵列具有多个超声换能器阵元。本发明技术方案可以采集和/或发射三维空间超声波，提高对向三维空间传播的光声信号的采集率以及实现三维空间超声波发射，实现三维空间成像。可设置柱状基底为具有通孔的中空结构，将超声换能器阵元设置于通孔内壁，通孔内用于放置待成像物体。还可设置柱状基底包括多个可拆分的子柱状基底。本发明技术方案具备同时向三维空间发射和接收声波信号的能力，为医学光声成像、超声成像和工业无损检测等领域提供了一种新型的三维相控阵超声换能器。

