



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104905815 B

(45)授权公告日 2018.05.01

(21)申请号 201510266841.1

(22)申请日 2015.05.22

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104905815 A

(43)申请公布日 2015.09.16

(73)专利权人 深圳先进技术研究院

地址 518055 广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号

(72)发明人 郭宁 王丛知 郑海荣 叶为锵

(74)专利代理机构 深圳鼎合诚知识产权代理有限公司 44281

代理人 任葵 彭家恩

(51)Int.Cl.

A61B 8/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 103300889 A,2013.09.18,

CN 101443678 A,2009.05.27,

李衍.超声波阵列探头的结构和特性.《无损

探伤》.2005,第29卷(第6期),1-5.

Gabriel Montaldo,ect.Coherent plane-wave compounding for very high frame rate ultrasonography and transient elastography.《IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control》.2009,第56卷(第3期),489-506.

Minfen Shen,ect.Beam-space sparse representation weighting beamforming for plane wave emission ultrasound instrument.《Binjiang: IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference》.2011,1-5.

Iben Kraglund Holfort,ect.PLANEWAVE MEDICAL ULTRASOUND IMAGING USING ADAPTIVE BEAMFORMING.《Sensor Array and Multichannel Signal Processing Workshop》.2008,288-292.

审查员 张玲玲

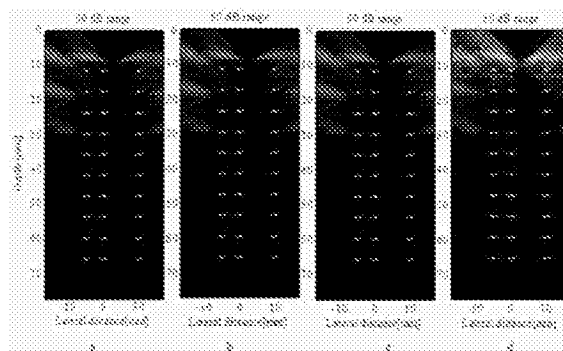
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种线阵超声探头

(57)摘要

本申请公开了一种线阵超声探头,包括外壳、阵元阵列、匹配层和声透镜,所述外壳设有腔体且前端设有开口,所述声透镜设置在所述开口上,所述阵元阵列和所述匹配层设置在所述腔体内,且所述匹配层夹持在所述阵元阵列和所述声透镜之间,穿过所述声透镜的超声波束在高程方向无聚焦,使所述超声波束实现平面波发射。由于穿过声透镜的超声波束在高程方向无聚焦,使超声波束实现平面波发射,使在数据采集范围内的波束更加均匀,成像范围有望从原来的一个面扩展到三维扫描,通过复合成像算法,能更好地实现快速高帧频成像,且硬件成本远低于二维换能器。



1. 一种线阵超声探头,包括外壳、阵元阵列、匹配层和声透镜,所述外壳设有腔体且前端设有开口,所述声透镜设置在所述开口上,所述阵元阵列和所述匹配层设置在所述腔体内,且所述匹配层夹持在所述阵元阵列和所述声透镜之间,其特征在于,穿过所述声透镜的超声波束在高程方向无聚焦,使所述超声波束实现平面波发射。

2. 如权利要求1所述的线阵超声探头,其特征在于,所述声透镜包括凸透镜,所述凸透镜的焦点设置在无穷远处。

3. 如权利要求1所述的线阵超声探头,其特征在于,所述声透镜包括凹透镜,所述凹透镜的焦点设置在无穷远处。

4. 如权利要求1至3中任一项所述的线阵超声探头,其特征在于,所述匹配层的厚度为 $\frac{1}{4}\lambda \times N$ ,其中, $\lambda$ 为超声波波长, $N$ 为正整数。

5. 如权利要求4所述的线阵超声探头,其特征在于, $N$ 的值为1、2或3。

## 一种线阵超声探头

### 技术领域

[0001] 本申请涉及医疗器械领域,尤其涉及一种线阵超声探头。

### 背景技术

[0002] 随着脑功能成像、实时三维超声成像、高速多普勒血流速度流场成像等成像技术的出现,对成像帧频的要求变高,目前市场上的超声成像探头多采用电子扫描的方式,进行多次聚焦发射产生一副完整图像,这种模式成像的帧频较低,已很难满足新的成像要求。实现超声仪器的高帧频成像成为市场的迫切需求,平面波发射是一种可以快速提高成像帧频的方法,近年来平面波成像算法成为研究热点,通过一次发射即可覆盖整个成像区域,很大程度上提高了成像的帧频。为提高平面波成像质量,有学者提出了平面波相干复合成像的方法,该方法很大程度上提高了成像质量。大多数的研究都局限在对超声成像算法的探究上,对于超声探头的结构和工作方式与平面波成像效果之间关系的研究却被大家所忽视,而线阵超声探头结构对成像效果有重要影响。

[0003] 二维线阵超声探头是在探头的纵横两个方向都排布压电晶片(通常叫阵元),常规超声线阵换能器只是在探头横向有阵元排布。二维线阵超声探头通过控制阵元的发射和接收可以更灵活的控制波束,其成像算法目前还处在研究阶段。二维线阵超声探头可以灵活的实现波束的控制,并且原则上可以实现探头下方整个组织的立体扫描,但由于其造价昂贵,制作工艺复杂,使其应用受到了很大的限制。

### 发明内容

[0004] 本申请要解决的技术问题是针对现有技术的不足,提供一种线阵超声探头。

[0005] 本申请要解决的技术问题通过以下技术方案加以解决:

[0006] 一种线阵超声探头,包括外壳、阵元阵列、匹配层和声透镜,所述外壳设有腔体且前端设有开口,所述声透镜设置在所述开口上,所述阵元阵列和所述匹配层设置在所述腔体内,且所述匹配层夹持在所述阵元阵列和所述声透镜之间,穿过所述声透镜的超声波束在高程方向无聚焦,使所述超声波束实现平面波发射。

[0007] 上述线阵超声探头,所述声透镜包括凸透镜,所述凸透镜的焦点设置在无穷远处。

[0008] 上述线阵超声探头,所述声透镜包括凹透镜,所述凹透镜的焦点设置在无穷远处。

[0009] 上述线阵超声探头,所述匹配层的厚度为 $\frac{1}{4} \lambda \times N$ ,其中, $\lambda$ 为超声波波长, $N$ 为正整数。

[0010] 上述线阵超声探头, $N$ 的值为1、2或3。

[0011] 由于采用了以上技术方案,使本申请具备的有益效果在于:

[0012] 在本申请的具体实施方式中,由于穿过声透镜的超声波束在高程方向无聚焦,使超声波束实现平面波发射,使在数据采集范围内的波束更加均匀,成像范围有望从原来的一个面扩展到三维扫描,通过复合成像算法,能更好地实现快速高帧频成像,且硬件成本远

低于二维换能器。

### 附图说明

- [0013] 图1为本申请的线阵超声探头在一种实施方式中的结构示意图；  
[0014] 图2为声透镜聚焦原理图；  
[0015] 图3为不同种类探头对不同类型仿体散射子的成像效果；  
[0016] 图4为两种探头在超声平台上采集仿体数据对比。

### 具体实施方式

[0017] 下面通过具体实施方式结合附图对本申请作进一步详细说明。

[0018] 通常使用的线阵超声探头在高程方向有聚焦,聚焦深度根据不同探头有所差异,本申请称该种线阵超声探头为高程聚焦探头(Elevation-Focused Probe,EFP)。通过改进线阵探头的匹配层和声透镜的纵向弧度使其产生完全意义的平面波发射声场,称之为的非高程聚焦探头(Non-Elevation-Focused Probe,NEFP)。

[0019] 本申请主要对传统的线阵超声探头进行改进,传统线阵超声探头在发射平面波时只是在横向(探头宽度方向)上采用无延时发射形成平面波,而在探头的高程方向上则都有一个由声透镜实现的物理聚焦,并不是真正的纯平面波。本申请对普通线阵超声探头进行改进,使其高程方向无聚焦,从而发射完全的平面波。

[0020] 如图1、图2所示,本申请的线阵超声探头,其一种实施方式,包括外壳11、阵元阵列12、匹配层13和声透镜14,外壳11设有腔体,且外壳11前端设有与腔体贯通的开口,声透镜14设置在开口上,阵元阵列12和匹配层13设置在腔体内,且匹配层13夹持在阵元阵列12和声透镜14之间,穿过声透镜14的超声波束在高程方向无聚焦,使所述超声波束实现平面波发射。图1中横向X为阵元排布方向,纵向Y为高程方向,深度Z为发射方向。

[0021] 为了使线阵超声探头可以发射完整意义的平面波,对声透镜的弧度进行改进,利用声学凸透镜、声学凹透镜等实现平面波发射。超声在透镜中的声速 $c_1$ 和在人体中的声速 $c_2$ 不同,当 $c_1 < c_2$ 时采用凸透镜,当 $c_1 > c_2$ 时采用凹透镜。使用凸透镜时,中间厚边缘薄,且凸透镜中声速小于人体声速,超声在透镜的边缘穿越时被延时较少,而在凸透镜中心穿越时则被延时较多;因此,边缘和中心的声波总会在某一时刻汇聚在声束轴上的一点,此即声学焦点,使声场聚焦。在透镜中声速大于在人体组织中传播的声速时使用凹透镜,凹透镜边缘越厚传播总时间越短,同样的可以形成声学聚焦点。如果需要得到平面波,可对声透镜的曲率进行调整,将其焦点设置在无穷远处。

[0022] 本申请的线阵超声探头,在一种实施方式中,声透镜可以包括凸透镜,凸透镜的焦点设置在无穷远处。在另一种实施方式中,声透镜还可以包括凹透镜,凹透镜的焦点也设置在无穷远处。

[0023] 本申请的线阵超声探头,匹配层的厚度为 $\frac{1}{4} \lambda \times N$ ,其中, $\lambda$ 为超声波波长, $N$ 为正整数。在一种实施方式中, $N$ 的值为1、2或3。探头的匹配层主要作用是为了匹配线阵超声探头和人体组织之间的声阻抗。声透镜同时与阵元阵列12和人体组织接触,两者的声阻抗差别甚大,声波在该种情况下无法顺利进入人体组织中,超声在不同阻抗值界面传播时会在

界面上处产生反射,界面发射会产生很大的能量损失,为了使声波能量更多的入射到人体,往往需要采用匹配层来实现探头与组织之间的匹配。另外匹配层还起到隔离阵元阵列12和人体组织的作用,其可以保护阵元阵列12,免受外界损坏,同时保护人体,免受探头中物质和电流的伤害。对匹配层有对厚度和声阻抗及阻尼的要求,以减小传播中对超声能量的损耗。因此匹配层的目的是为了声波顺利的传播出去,设计是根据声透镜的形状来设计的,匹配层13的厚度可以为四分之一波长或其倍数(3倍以内),过厚可能会造成不必要的声波衰减。

[0024] 改进后NEFP探头在成像速度方面明显优于传统探头成像,且使用平面波相干复合成像算法,成像质量较好。相对于EFP探头的平面波相干复合成像,NEFP探头的成像对比度更高,在各深度处的成像更均匀,且在非中心面的成像上也取得了较好的成像效果,可实现单次发射采集多幅数据,实现直接的三维数据采集。且改进后的探头并没有太多的增加支出,有较好的市场应用前景。

[0025] 图2表示声透镜聚焦原理图,阵元晶体,匹配层和声透镜的位置如图所示,阵元的长度方向代表探头的纵向,宽度表示阵元的厚度,匹配层位于声透镜和晶体之间,厚度较小。声透镜的曲率决定了聚焦的深度,若想得到纵向的平面波可设焦点在无穷远处(焦距远大于阵元长度)。

[0026] 本申请已经过仿真和实验验证,详细验证方案如下:

[0027] (1)仿真两种平面波发射探头,利用MATLAB工具软件通过Field 11超声仿真程序,通过设置换能器参数进行仿真实验。假设声传播介质为均匀的人体组织,不考虑声衰减和组织的非均匀性,声速被统一设置为1540m/s。换能器采用7.5MHZ的发射频率,阵元数目为128个,阵元间距为2.7mm,高程方向长度为5mm,为仿真实现其在高程方向上的声透镜聚焦效果,将EFP探头阵元在高程方向上分为10等份,以实现电子聚焦,EFP探头设置高程聚焦深度为30mm。NEFP探头在阵元高程方向上与EFP探头分为同样的10等份,但不做电子聚焦。两种探头的其余参数相同。仿真实验采用30个点散射目标进行验证,仿真成像深度为0~80mm,30个点有规律的分布在11~65mm之间,点在深度方向间距为6mm,横向位置在-5mm和10mm处,纵向设高程聚焦中心面的位置为0mm处,将该仿真仿体标记为仿体1。将仿体的所以散射子纵向进行1.5mm的偏移,其余参数相同,标记为仿体2。通过复合成像算法进行仿真实验,复合角度从 $\theta = -((N-1)/2) * \pi / 180$ , (若N为偶数则以 $\theta = -(N/2) * \pi / 180$ 开始)以 $\Delta \theta = \pi / 180$ 的间隔变换,N表示复合成像副数,本次仿真采用N=9。复合成像结果如图2所示。为了进一步分析不同方法分辨率和对比度的情况,在图2深度为30mm,60mm深处取横截面进行分析,数据结果列表至表1。

[0028] (2)用EFP探头和NEFP探头进行仿体数据采集,实验数据采集平台The Verasonics System由美国Verasonics公司开发生产,该平台与matlab有很好的兼容性。超声探头具体成像系统参数为:128阵元,阵元间距为0.49mm,中心频率为7.5MHz,采样频率为100MHz。声速为1540m/s。成像动态范围设为60dB,数据采集过程中保持声波发射电压为30V,为了分析各个深度处的成像效果,采集图像深度选择0~110mm的范围。成像结果如图4。

[0029] 结果表明:在近场区域内NEFP探头的对比度明显优于EFP探头。对同一探头的不同深度分析,发现NEFP探头在远场处分辨率略微降低,但对比度无明显变化;EFP探头在远场处对比度有所增大,但分辨率改变不明显。对比两种探头在中心位置和非中心位置的成像,

在两种探头在偏移中心处成像质量有所降低,但EFP探头成像质量下降严重。通过以上的数据对比可以看出,NEFP探头的确在一些方面优于EFP探头,这为进一步改善超声平面波成像质量有十分重要的意义。

[0030] 图3表示不同种类探头对不同类型仿体散射子的成像效果。a表示NEFP探头对聚焦中心面上的散射子的成像,b表示EFP探头对聚焦中心面上的散射子的成像,c表示EFP探头对偏离中心面1.5mm处散射子的成像,d表示NEFP探头对偏离中心面1.5mm处散射子的成像。为了更明显的区分成像效果,将图3中数据定量分析列表至表1。

[0031] 表1表示两种探头在各种成像方式下的对比分析,仿体1中散射子全在高程聚焦中心面上,仿体2中散射子全部偏离中心面1.5mm。参数FWHM(Full Width at Half Maximum)表示半高全宽,其越小表明图像分辨率越好。PSL(Peak Side-lobe Level)指峰值旁瓣水平,PSL越小表示旁瓣抑制得越好图像对比度越好。表中选取了深度为30mm处和60mm处进行分析。

探头 参数/mm	仿体 1				仿体 2			
	FWHM3	FWHM	PSL	PSL	FWHM3	FWHM	PSL	PSL
	0mm	60mm	30mm	60mm	0mm	60mm	30mm	60mm
NEFP	1.771	2.188	-130	-135	1.875	2.187	-120	-150
EFP	1.458	1.875	-105	-135	2.500	2.292	-120	-135

[0032] 表1:两种探头在各种成像方式下的对比分析

[0033] 图4为两种探头在超声平台上采集仿体数据对比,a图表示EFP探头成像结果,b表示NEFP探头成像结果,图中可看出,两幅图片分辨率差别不大,b图成像对比度高于a图。

[0034] 以上内容是结合具体的实施方式对本申请所作的进一步详细说明,不能认定本申请的具体实施只局限于这些说明。对于本申请所属技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本申请构思的前提下,还可以做出若干简单推演或替换。

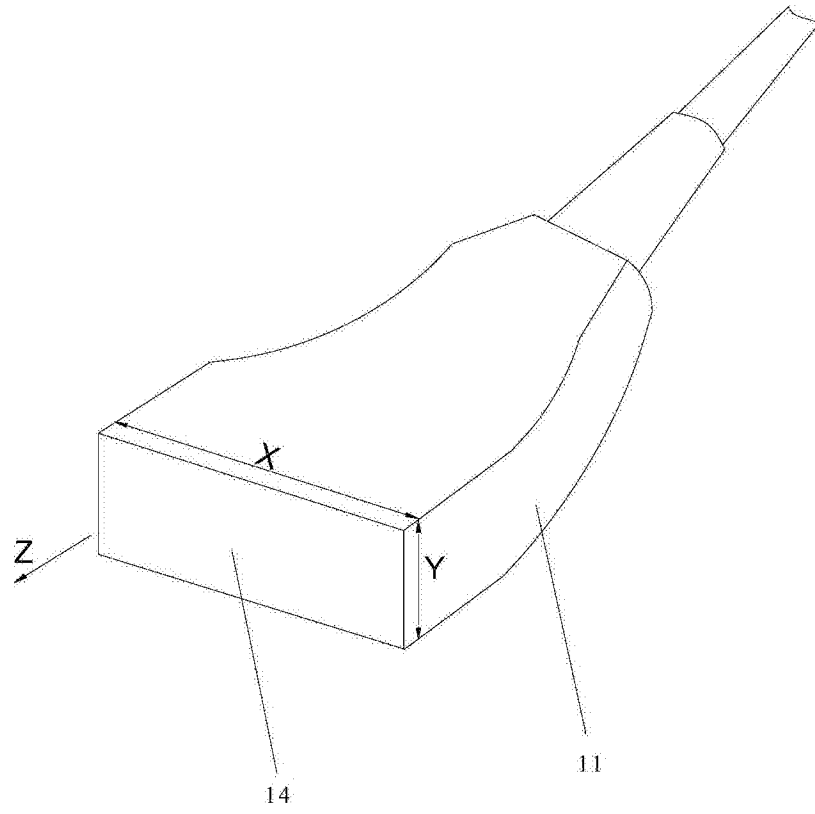


图1

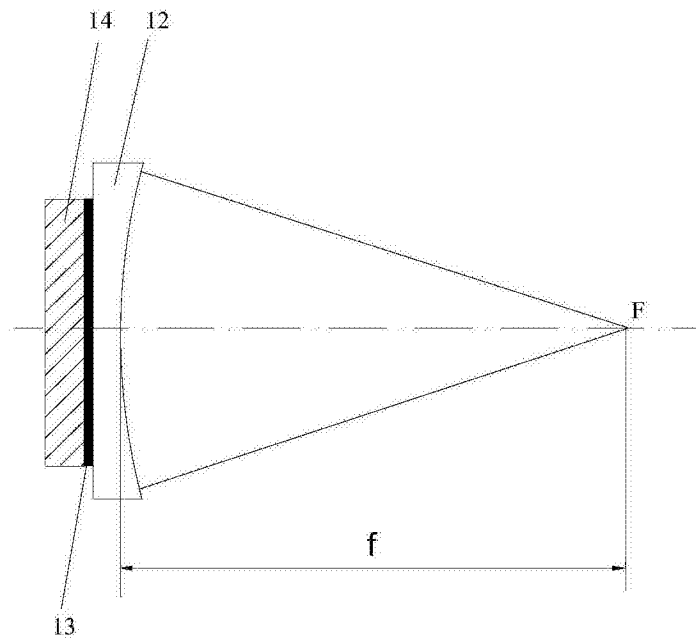


图2

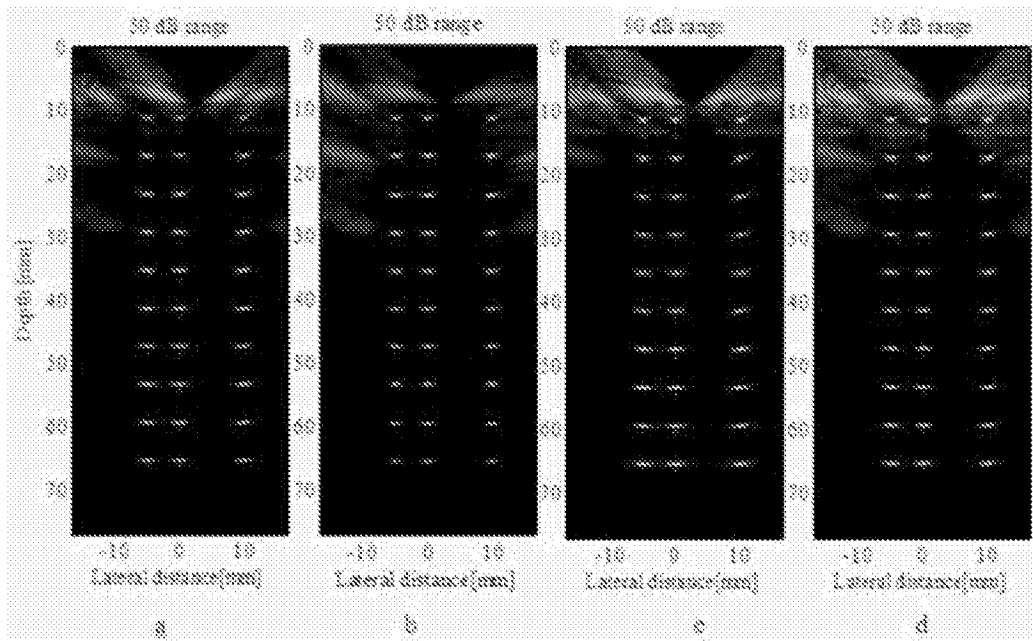


图3

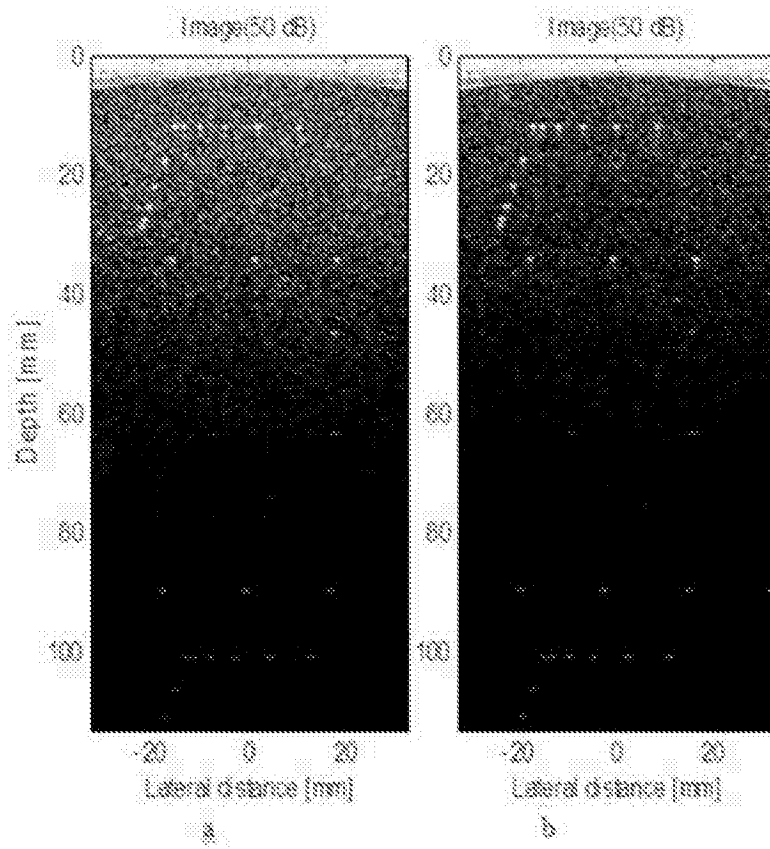


图4

专利名称(译)	一种线阵超声探头		
公开(公告)号	<a href="#">CN104905815B</a>	公开(公告)日	2018-05-01
申请号	CN201510266841.1	申请日	2015-05-22
[标]申请(专利权)人(译)	深圳先进技术研究院		
申请(专利权)人(译)	深圳先进技术研究院		
当前申请(专利权)人(译)	深圳先进技术研究院		
[标]发明人	郭宁 王丛知 郑海荣 叶为锵		
发明人	郭宁 王丛知 郑海荣 叶为锵		
IPC分类号	A61B8/00		
审查员(译)	张玲玲		
其他公开文献	CN104905815A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本申请公开了一种线阵超声探头，包括外壳、阵元阵列、匹配层和声透镜，所述外壳设有腔体且前端设有开口，所述声透镜设置在所述开口上，所述阵元阵列和所述匹配层设置在所述腔体内，且所述匹配层夹持在所述阵元阵列和所述声透镜之间，穿过所述声透镜的超声波束在高程方向无聚焦，使所述超声波束实现平面波发射。由于穿过声透镜的超声波束在高程方向无聚焦，使超声波束实现平面波发射，使在数据采集范围内的波束更加均匀，成像范围有望从原来的一个面扩展到三维扫描，通过复合成像算法，能更好地实现快速高帧频成像，且硬件成本远低于二维换能器。

