



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105793674 B

(45)授权公告日 2019.05.28

(21)申请号 201480063198.6

(22)申请日 2014.11.21

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105793674 A

(43)申请公布日 2016.07.20

(30)优先权数据

61/907,765 2013.11.22 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.05.19

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/CA2014/051111 2014.11.21

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/074152 EN 2015.05.28

(73)专利权人 新宁医院

地址 加拿大安大略省多伦多市

(72)发明人 马克·卢卡奇 布赖恩·科特尼

切尔西·蒙丁

(74)专利代理机构 北京英赛嘉华知识产权代理  
有限责任公司 11204

代理人 王达佐 王艳春

(51)Int.Cl.

G01D 5/48(2006.01)

A61B 8/12(2006.01)

G01S 7/52(2006.01)

(56)对比文件

CN 101969764 A, 2011.02.09,

CN 101605288 A, 2009.12.16,

CN 1776928 A, 2006.05.24,

CN 1942218 A, 2007.04.04,

CN 2841166 Y, 2006.11.29,

US 2011050039 A1, 2011.03.03,

US 2007205697 A1, 2007.09.06,

CN 102873018 A, 2013.01.16,

何涛焘等.背衬对压电传感器瞬态特性影响的模拟研究.《压电与声光》.2011,第33卷(第1期),

审查员 陈珊

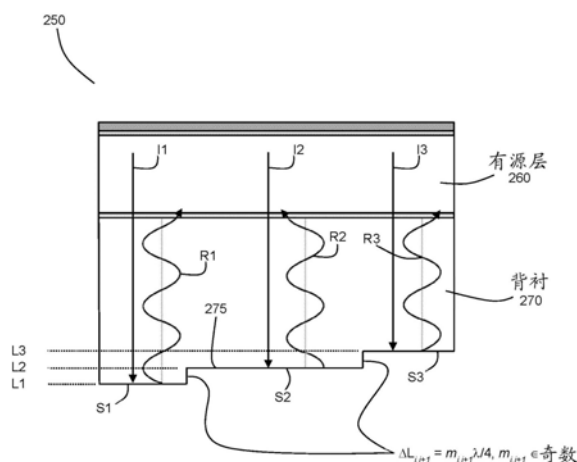
权利要求书2页 说明书15页 附图18页

### (54)发明名称

包括具有空间分段表面的背衬的超声换能器

### (57)摘要

提供用于抑制具有背衬的超声换能器内混响的方法和装置,由此背衬可仅通过声吸收和散射不充分地使声能衰减。背衬表面的至少一部分被分段成由表面区段限定的多个水平面。水平面可在空间上偏移以使得来自分段表面的声反射在时间上延展,从而减少内反射波在其与压电层相互作用时的净振幅。邻近(相邻)水平面可在空间上偏移纵向距离,以使得从邻近水平面反射的声波发生破坏性干涉,其中该纵向距离近似等于换能器的四分之一操作波长的奇数倍。描述了分段表面的各种示例性配置,并且提供用于选择分段表面的轮廓的方法。



1. 一种超声换能器,包括:

有源层;以及

背衬,具有邻近于所述有源层的邻近表面和所述邻近表面下方的另外表面,其中所述另外表面的至少一部分是分段表面;

其中所述分段表面包括多个平面的区段,每个区段平行于所述邻近表面;以及

其中,所述区段中的至少两个在垂直于所述邻近表面的纵向方向上空间偏移,从而限定所述分段表面的两个或更多个水平面,以使得每个水平面具有与其相关联的不同背衬厚度;

其中,与每个水平面相关联的表面积改变以补偿深度相关衰减,以便实现反射声波的合适干涉。

2. 根据权利要求1所述的超声换能器,其中所述超声换能器具有充分小的以用于在微创导管内使用的尺寸。

3. 根据权利要求1所述的超声换能器,其中所述超声换能器是高频超声换能器。

4. 根据权利要求1所述的超声换能器,其中所述区段中的至少三个在所述纵向方向上空间偏移,从而限定所述分段表面的三个或更多个水平面。

5. 根据权利要求1所述的超声换能器,其中所述水平面空间偏移以使得入射到所述分段表面上的内部传播声脉冲通过时间延展脉冲轮廓朝向所述有源层反射,从而在随后传输经过所述有源层时减少所述有源层的激励的振幅。

6. 根据权利要求1至4中任一项所述的超声换能器,其中每个水平面具有与其相关联的、由形成所述水平面的所述区段的表面积总和限定的表面积,并且其中,相邻水平面分开等于与所述超声换能器相关联的四分之一操作波长的奇数倍的距离,以使得从相邻水平面反射的声波在随后传输经过所述有源层时异相,从而减少在所述有源层中的激励的振幅。

7. 根据权利要求6所述的超声换能器,其中所述水平面的所述表面积被选择使得来自所有奇数水平面的反射声功率等于来自所有偶数水平面的反射声功率。

8. 根据权利要求6所述的超声换能器,其中所述水平面的所述表面积被选择使得所有奇数水平面的总表面积等于所有偶数水平面的总表面积。

9. 根据权利要求6所述的超声换能器,其中所述水平面的所述表面积是相等的。

10. 根据权利要求6所述的超声换能器,其中至少一对邻近水平面分开等于与所述超声换能器相关联的四分之一操作波长的距离。

11. 根据权利要求6所述的超声换能器,其中所述区段被配置成使得所述背衬的厚度在一个横向维度上变化。

12. 根据权利要求6所述的超声换能器,其中所述区段被配置成使得所述背衬的厚度在两个横向维度上改变。

13. 根据权利要求11所述的超声换能器,其中所述区段被布置成使得所述背衬的厚度沿一个横向维度单调改变。

14. 根据权利要求6所述的超声换能器,其中至少一个水平面包括彼此横向偏移的两个或更多个区段,并且具有与其相关联的共同背衬厚度。

15. 根据权利要求6所述的超声换能器,其中所述水平面的所述表面积被配置以减少由短的主脉冲而导致的所述有源层的激励的振幅,其中所述短的主脉冲具有1个循环至3个循

环的持续时间。

16. 根据权利要求6所述的超声换能器,其中所述水平面的所述表面积从第一水平面单调增加到具有共同表面积的一个或多个中间水平面,并且随后单调减少到最终水平面。

17. 根据权利要求16所述的超声换能器,其中对于所述分段表面的所述第一水平面与所述一个或多个中间水平面之间的每个水平面,存在处于所述一个或多个中间水平面与所述最终水平面之间的、具有相等表面积的关联水平面。

18. 根据权利要求15所述的超声换能器,其中与每个水平面相关联的表面积改变以补偿深度相关衰减。

19. 根据权利要求17所述的超声换能器,其中每个水平面的所述表面积通过等于整数的乘数与所述第一水平面的表面积相关。

20. 根据权利要求6所述的超声换能器,其中所述操作波长等于基本谐振波长。

21. 根据权利要求1至4中任一项所述的超声换能器,其中所述背衬的最小厚度是充分的以使得主声波不与所述有源层内的反射声波重叠。

22. 根据权利要求1至4中任一项所述的超声换能器,其中所述另外表面是形成在所述背衬的第一层与所述背衬的第二层之间的内部表面,其中所述背衬的所述第一层具有与所述背衬的所述第二层的声阻抗不同的声阻抗。

23. 一种超声换能器阵列,包括多个根据权利要求1至4中任一项所述的超声换能器。

## 包括具有空间分段表面的背衬的超声换能器

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本专利申请要求于2013年11月22日提交的且标题为“包括具有空间分段表面的背衬的超声换能器”的第61/907,765号美国临时申请的优先权,该申请的全部内容以引用方式并入本文。

### 背景技术

[0003] 本公开涉及超声换能器。更具体地,本公开涉及超声成像和治疗装置。

[0004] 超声换能器在多种应用和行业中采用,并且通常在治疗装置和成像装置中采用。

[0005] 通常,超声换能器包括附接到背衬的有源压电元件,其中背衬由阻止杂散声反射到达有源元件并且干扰其性能的材料制成。超声换能器的背衬通常被设计成足够厚以便将杂散声反射减少到低于系统的电噪声基底的水平,或至少减少到允许超声图像中的可接受的灰度级动态范围的水平,以区分组织结构并且允许具有类似声阻抗的组织结构之间的充分对比。在许多情况下,例如手持式超声探头,对换能器堆叠的总厚度几乎不加以限制,从而允许换能器堆叠的背衬层是厚的,以使残余声能衰减并且维持装置的短脉冲响应。

[0006] 然而,如果超声换能器包含薄背衬层,以使得进入背衬的声能不被完全吸收或衰减,那么从背衬的底部表面反射的声能将返回压电层,声能具有足以干扰装置性能的充分大的振幅。此时间延迟的能量由此在换能器堆叠内产生次级信号或混响信号。在发送模式中,次级脉冲表示在传播到成像介质中的主脉冲后面的尾随脉冲。在接收模式中,次级脉冲产生横跨有源层的电极的电势差,该电势差也将被接收电子装置检测到并且将为任何重建图像中的伪像。

[0007] 例如,这种伪像对于需要使用超声换能器的高轴向分辨率超声生物成像装置可能是有问题的,该超声换能器通过会减少超声图像的声动态范围的最小次级脉冲或堆叠混响来展示短时间响应。具体地,高频临床超声(通常被认为包含大于近似5MHz以及特别地大于10MHz的频率)已经发现微创成像中的显著用途,诸如心内应用和血管内应用。对于这些应用,超声换能器被结合到导管或可插入体内的管腔或空腔中的其他装置中。这限制了可能包括在换能器设计中的换能器堆叠的尺寸和背衬材料的体积。

[0008] 增加换能器堆叠内的超声衰减以避免次级信号和混响的常见实践是将散射体引入背衬中。散射体通过诱导传播声波的空间变化和局部部分反射,帮助部分地中断背衬介质内的声能的空间相干性。散射体在中断相干性中的影响程度将取决于散射体相对于传播波波长的尺寸。例如,在一些导管应用中,取决于所期望的成像频率和导管的尺寸约束,散射不是必须足以抑制混响的。

[0009] 在换能器相对于保持换能器堆叠的外壳是静止的某些导管应用中,在背衬中或在外壳中可采用倾斜表面或成角表面,以帮助以不同方向反射声能,使得在背衬中的声能的路径长度有效增加或使得能量不返回压电有源层、或使得在背衬中的声能的路径长度有效增加且能量不返回压电有源层。然而,在换能器可相对于其周围环境移动的其他导管应用中,背衬层可能是可用于减少换能器堆叠内的次级脉冲和混响的唯一层。

[0010] 一种减轻杂散反射影响的方法是使用具有不同声阻抗的多层材料的堆叠,实际上产生了例如在纤维光学和电信中广泛使用的、类似于光栅的一维声光栅结构。此光栅结构在换能器堆叠的有源区域下具有均匀截面。实现比换能器堆叠自身的带宽更宽的声光栅频率带宽需要具有若干声阻抗的若干层。这使得光栅结构的加工复杂,并且增加在实现所期望的层厚度中所需的精度。此方法还会首先需要超过堆叠的空间约束的厚度。换句话说,由于光栅的功能带宽可能变得比换能器自身的功能带宽更窄,所以足够小的以满足基于导管的成像换能器的尺寸约束的光栅可能导致主信号/脉冲的带宽大幅减少。

## 发明内容

[0011] 提供了用于抑制具有背衬的超声换能器内的混响的方法和装置,其中背衬仅通过声吸收和散射的方式可能未充分地使声能衰减。背衬的表面的至少一部分被分段成由表面区段限定的多个水平面。水平面可在空间上偏移以使得来自分段表面的声反射在时间上延展,从而减少内反射波在其与压电层相互作用时的净振幅。邻近的(相邻的)水平面可在空间上偏移纵向距离,该纵向距离近似等于换能器的四分之一操作波长的奇数倍,以使得从邻近水平面反射的声波发生破坏性干涉。描述了分段表面的各种示例性配置,并且提供了用于选择分段表面的轮廓的方法。

[0012] 因此,在一个方面,提供了一种超声换能器,其包括:

[0013] 有源层;以及

[0014] 背衬,具有邻近所述有源层的邻近表面及邻近表面下方的另外表面,其中所述另外表面的至少一部分是分段表面;

[0015] 其中所述分段表面包括多个近似平面的区段,每个区段近似平行于所述邻近表面;以及

[0016] 其中区段中的至少两个在近似垂直于所述邻近表面的纵向方向上空间偏移,从而限定所述分段表面的两个或更多个水平面,以使得每个水平面具有与其相关联的不同背衬厚度。

[0017] 在另一个方面,提供了包括多个这种超声换能器的超声阵列。

[0018] 可通过参考以下详细的描述和附图来进一步理解本公开的功能方面和有利方面。

## 附图说明

[0019] 现将参照附图仅通过实施例来描述本公开的实施方式,在附图中:

[0020] 图1为包括具有平坦远侧表面的背衬的示例性换能器的截面视图。

[0021] 图2为用于将信号发送到超声换能器并且从超声换能器接收信号的示例性系统。

[0022] 图3为通过从换能器的远侧表面的声波反射产生的次级信号的曲线图。

[0023] 图4A为包括具有分段表面的背衬的示例性换能器的截面视图。

[0024] 图4B示出来自图4A所示的分段表面的区段的声波的反射。

[0025] 图4C为包括具有由三个水平面限定的分段表面的背衬的示例性换能器的截面视图,其中邻近水平面之间的阶梯近似等于与换能器相关联的操作波长的奇数倍。

[0026] 图4D示出包括具有分段表面的背衬的示例性换能器,该换能器与图4C所示的换能器在功能上等同。

[0027] 图4E为包括具有由三个水平面限定的分段表面的背衬的示例性换能器的截面视图,其中水平面之间的过渡壁是倾斜的。

[0028] 图4F为包括具有内部分段表面的背衬的示例性换能器的截面视图,所述内部分段表面形成在具有不等的声阻抗的两个层之间。

[0029] 图5A为换能器的示例性背衬的截面视图,其中背衬的分段表面包括4个阶梯式水平面。

[0030] 图5B为换能器的示例性背衬的截面视图,其中背衬的分段表面由复制和移位操作限定。

[0031] 图5C为换能器的示例性背衬的截面视图,其中背衬的分段表面由多个复制和移位操作限定。

[0032] 图5D为换能器的示例性背衬的截面视图,其中背衬的分段表面由对区段的超集的复制和移位操作限定。

[0033] 图5E为换能器的示例性背衬的截面视图,其中背衬的分段表面在功能上等同于图5D所示的背衬。

[0034] 图5F为换能器的示例性背衬的截面视图,其中背衬的分段表面由在图5D所示的分段表面上执行的复制和移位操作限定。

[0035] 图5G为换能器的示例性背衬的截面视图,其中背衬的分段表面在功能上等同于图5D所示的背衬。

[0036] 图6为超声阵列的示例性实施方式的视图,该超声阵列包括其中背衬的另外表面被分段的超声换能器的阵列。

[0037] 图7A示出通过具有平坦背衬以及具有各种阶梯式分段背衬的换能器产生的模拟次级信号。

[0038] 图7B示出通过具有平坦背衬以及具有由复制和移位操作限定的各种分段背衬的换能器产生的模拟次级信号。

[0039] 图8绘制由具有各种分段背衬轮廓的换能器产生的模拟次级信号,对于模拟主信号由单全循环脉冲构成的情况。

[0040] 图9示出具有多边形孔的单元件换能器的示意图(从背衬的底部表面)。PZT和匹配层未示出。

[0041] 图10A绘制具有平坦背衬(实线)的换能器堆叠的、相对于具有匹配图8所示图案的图案化分段背衬(虚线)的相同堆叠的单向测量时间响应。

[0042] 图10B绘制具有平坦背衬(实线)的换能器堆叠的、相对于具有匹配图8所示图案的图案化分段背衬(虚线)的相同堆叠的双向测量时间响应。

[0043] 图11为来自图8所展示的换能器堆叠设计的发送信号的模拟时间响应,展示了分段式换能器背衬的相对于通过平坦换能器背衬获得的减少的次级发送信号。

## 具体实施方式

[0044] 将参考以下讨论的细节来描述本公开的各种实施方式和方面。以下描述和附图示出了本公开并且不应解释为限制本公开。描述了许多具体细节以提供对本公开的实施方式的全面理解。然而,在某些实施例中,不描述众所周知的或常规的细节以便提供本公开的实

施方式的简洁讨论。

[0045] 如本文所用,术语“包括(comprises)”和“包括(comprising)”将理解成包括在内并且是开放式的以及并非是非排他性的。具体地,当在说明书和权利要求中使用,术语“包括(comprises)”和“包括(comprising)”以及其变型意味着包括所指的特征、步骤或部件。这些术语不被解释成排除其他特征、步骤或部件的存在。

[0046] 如本文所用,术语“示例性”意思是“用作实施例、例子或示例”,并且不应认为比本文公开的其他配置更佳或更优。

[0047] 如本文所用,术语“大约”和“近似”意味着覆盖可能在数值范围的上限和下限中存在的变化,诸如特性、参数和尺寸的变化。在一个非限制性实施例中,术语“大约”和“近似”意味着加或减百分之十或更少。

[0048] 除非另外定义,否则本文所用的所有技术术语和科学术语旨在具有与本领域普通技术人员通常所理解相同的意思。

[0049] 本公开的实施方式提供了具有背衬的超声换能器,该背衬被配置为减少在背衬内产生的反射对换能器性能的影响。一般来讲,超声换能器被形成为多层装置,如图1所示的示例性换能器100所示。在构成换能器的层的堆叠内的有源层110可例如基于压电材料或基于电容微机械加工技术。

[0050] 对于产生在相对于有源层110的垂直方向上传播的纵波的压电换能器,有源压电层110的厚度在确定装置的中央声学谐振频率中扮演主要角色。有源层的顶部表面和底部表面通常各自涂覆有一个或多个导电电极(112和114),以便允许将换能器电连接到电激励和/或检测系统。可替代地,匹配层或背衬层、或匹配层和背衬层可以是导电的(例如,导电环氧树脂),并且消除对单独的导电层的需要。

[0051] 这种系统的实施例如图2所示,并且可包括发送器210(例如,超声脉冲发生器),发送器210被用来产生用于通过超声换能器100传输超声脉冲的电波形,并且也可连接到接收器220以感测来自成像介质的声学回声。开关电路215用于分别在发送模式与接收模式之间交替,并且控制器225(诸如计算装置、模拟电路、数字化装置和/或计算机硬件)被采用以控制开关电路215,并且任选地制备由发送器210发送的波形以及处理通过接收器220接收的波形。

[0052] 现参考图1和图2,在发送模式中,发送器210的电输出在换能器100的电极上出现,声能在有源压电层110内产生,并且该声能朝向有源压电层的顶部表面和底部表面传播。任选地,一个或多个匹配层130声学联接到有源层的顶部表面,以便提供用于改善将成像介质中的声能以时间有效方式与最小声混响联接的手段。一个或多个匹配层130可以是导电的。

[0053] 在接收模式中,普通设计包含使用电联接到换能器电极的接收放大器和ADC电路(被示出为图2中的接收器220)。在入射到换能器的压力波穿过有源层时,有源压电层110内的电势差作为时间函数进行监测。匹配层130提供用于联接来自成像介质的声能的手段,并且限制在该装置内的声混响。

[0054] 在超声成像中期望具有短时间响应的换能器,以便最大化所产生的图像的轴向分辨率。换能器内存在混响可有效地延长所发送的主脉冲响应(从而减少所得图像的轴向分辨率)或可能导致次级(虚假)脉冲,该次级脉冲导致所得图像中的不期望的伪像,或可能导致这两种效果。匹配层130被提供以减少或基本上消除源自与有源层110相关联的上界面

处的反射的混响。匹配层130由具有特定声阻抗和特定厚度的一种或多种特定材料形成。每个匹配层的厚度通常近似等于装置的中心频率的四分之一波长,并且从而与材料的声速相关。匹配层130从而在装置的中心频率附近的频率带宽内,改善来自有源层的声能对传播介质的联接(以及反之亦然)。

[0055] 背衬120也被选择以便提供与有源层110的声匹配,换言之,以便相对于有源层自身的声阻抗呈现对于有源层的底部表面的特定声阻抗。背衬120的材料也被选择以具有期望的声衰减水平,以便吸收或以其它方式衰减进入该层中的杂散向后传播声能。通过使用更重的声阻抗背衬材料,此层可帮助降低消声学层的谐振的品质因数(或Q)。背衬120任选地可以是导电的。导电的背衬可消除对于单独的电极层114的需要。

[0056] 通过有源层110以及朝向有源层的底部表面传播的声能将在有源层底部表面与背衬层顶部表面之间的界面处部分反射和部分传输。电极厚度通常是充分薄的(例如,通常小于1微米),使得其在装置的声响应中不扮演显著角色。反射程度是两层的声阻抗差异的函数。反射的能量将朝向匹配层130传播并且传播到成像介质中。发送的能量理想上在背衬120内完全衰减,并且不有助于发送的声脉冲。理论上,可通过具有最小衰减的无限厚背衬层来实现此结果。更具体地,可通过具有特定衰减的背衬材料来近似实现这种结果,该背衬材料是足够厚的以使得从背衬层的底部表面的反射信号基本上减少到低于系统的任何感知噪声基底的水平。

[0057] 在换能器必须适配于有限空间体积的情况下,诸如能够在成像导管或其它微创成像探头中侧视的换能器,从背衬层的底部表面125反射出的信号可能导致跟随初始成像脉冲的次级脉冲。脉冲之间的时间间隔近似等于声信号行进与换能器背衬厚度两倍相等的距离所需要的时间。换言之,穿进背衬材料中的主信号将行进背衬材料的厚度,从背衬120的底部表面125反射出,随后在部分再进入换能器堆叠的有源层110之前再次行进背衬材料的厚度。由于能量在背衬120的顶部表面122和底部表面125处的分裂以及通过背衬层的衰减损失,信号强度将低于初始脉冲但在超声图像中可视化时仍可以是相当可观的,尤其在检测信号通常被对数压缩以便增加感测信号的动态范围的情况下。

[0058] 通常,随着背衬120的厚度减少,主成像/接收脉冲与次级混响脉冲之间的时间间隔缩短,并且次级脉冲的强度相对于主脉冲增加。对于尺寸约束禁止用于使次级脉冲充分衰减的足够厚的背衬(针对给定背衬材料)的换能器,可能导致使伪像成像的次级脉冲好像是不可避免的。

[0059] 对于具有不充分厚的背衬或不充分衰减的背衬或具有两者的换能器,在接收模式中获得的主信号的次级脉冲的实施例如在图3中示出。如可见,所检测的主信号310之后是次级信号,该次级信号是主信号的衰减版本。在成像区域包括在大于或等于通过背衬的往返行程的轴向区域上扩散的声散射的成像应用中,次级信号的存在可能难以从主信号部分提取,从而导致具有减少的信噪比的图像。

[0060] 此后描述所选择的实施方式,在该实施方式中换能器设置有背衬,该背衬具有邻近有源层的邻近表面和位于邻近表面下的另外表面,其中背衬的另外表面的至少一部分在空间上被分段,以便减少由从其反射的声波产生的次级信号的振幅。如以下所讨论的,在一些实施方式中,可在背衬厚度中设置空间变化,以使得背衬具有空间可变的厚度,从而通过在背衬内的混响行进时间中引入空间变化来中断背衬内混响的空间相干性。混响的波前空

间相干性的中断超过仅由散射体产生的效果。在一些实施方式中,背衬可包括被配置使得在反射声波前中发生干涉的分段表面,从而减少换能器对于混响的敏感性。

[0061] 如以下进一步讨论的,具有分段的背衬表面的换能器可被采用作为超声成像元件和装置。超声成像基于测量入射到换能器堆叠的有源层上的声波(或波前)的振幅,并且通过跟踪信号的到达时间来辨别成像介质内的原始信号或反射的距离。惠更斯(Huygens)原理规定在波前上的每个点可被认为在向前传播方向上以一定传播速度在介质内延展的次级球形微波源。新波前是与所有的这些次级微波相切的表面。在有源声层的全孔上的电极(例如,导电层)集成任何给定时间的所有入射波形的振幅。

[0062] 在接收模式中,主要垂直入射到换能器上的入射波被记录成主信号,并且如果传播到背衬中的任何波遵循使部分能量引导回换能器的有源层中的路径,那么这些信号被记录成次级信号。如果波在背衬内的路径被分成不同区段使得分布式惠更斯微波在空间上去相关,那么波前将中断并且能量的不同部分将在不同时刻返回有源层,并且在声学有源层的整个孔上的任何混响的瞬时相加的振幅是小的。

[0063] 如以上指出的,可通过改变背衬材料的厚度来实现去相关,以使得背衬的另外表面包括多个区段。通过加权背衬在每个可变厚度处的百分比,返回换能器堆叠的有源层的混响的每个区段的振幅和相对相位可被控制。

[0064] 图4A以截面视图示出了这种超声换能器的非限制示例性实施方案。换能器200的背衬220具有邻近换能器的有源层的邻近表面222,以及在邻近表面下的分段表面225,分段表面225被配置为减少从其反射的声波的效果。分段表面包括近似平行于平面表面222的表面区段S1-S3,以使得表面区段S1-S3将声波反射回朝向有源层210。如图所示,三个表面区段S1-S3在纵向方向(近似垂直于平面表面222的方向)上空间偏移,以使得表面区段处于三个空间偏移水平面(level)L1-L3处。本发明的图4A示出了三个水平面的非限制示例性情况,在此非限制示例性实施方式中,背衬的被分段的部分是背衬的完整范围。

[0065] 如图4B所示,当换能器在接收模式中使用时,区段S1-S3到三个或更多个水平面(L1-L3)的空间偏移导致有源层210内由反射的声波产生的次级信号的减少振幅。在一些实施方式中,至少部分由于反射声波的时间伸展和/或延展发生次级信号的振幅的减少。因为来自处于三个或更多个水平面的区段的多个反射导致反射波的、产生次级信号的延缓分量,所以时间伸展和/或延展发生。这在图4B中是显而易见的,其中由入射波I1-I3的反射导致的三个反射波R1-R3通过不同的时间延迟朝向有源层210反射,在更广的持续时间上延展其能量,从而减少在有源层210中产生的次级信号的振幅。因此,每个水平面具有与其关联的不同的背衬厚度。

[0066] 在一些实施方式中,水平面的空间偏移和处于不同水平面的区段的面积被设置,以在从源自相邻水平面的反射声波生成次级信号中产生破坏性干涉,从而导致通过有源层产生的次级信号减少。

[0067] 当换能器用于传输声信号时,从不同分段水平面反射的波前将作为波前衍射破坏性干涉。当换能器用于接收声信号时,与直接在反射声波中的破坏性干涉相反,破坏性干涉发生在由各种反射声波在有源层中诱导的电激励中。

[0068] 可通过控制邻近水平面之间的间距来实现以上提及的破坏性干涉效果,以使得相邻水平面*i*与*i+1*之间的纵向空间偏移 $\Delta L_{i,i+1}$ 满足 $\Delta L_{i,i+1} \sim m_{i,i+1} \lambda / 4$ ,其中 $m_{i,i+1}$ 是奇整数,

并且其中 $\lambda$ 是换能器的操作波长。将理解 $m_{i,i+1}$ 的值可在不同对的相邻水平面中变化。信号脉冲的空间波形应具有超过水平面间距两倍的脉冲长度,以使得由来自相邻区段的反射声波产生的破坏性干涉可能发生。应当理解水平面之间的间距可被调整以说明换能器的宽带本质,并且因此路径差可与四分之一波长的近似奇数倍偏离这样的量,该量导致路径长度等同于换能器响应带宽的所选择部分内的任何频率的四分之一波长。以下进一步描述这种实施方式。

[0069] 在图4C中示出了该示例性实施方式,其中示例性换能器250包括具有分段表面275的背衬270,其中三个区段S1、S2和S3横向地偏移背衬层内的传播波形的四分之一波长的奇数倍。图中所示的特定实施方式示出了纵向空间偏移 $\Delta L \sim \lambda/4$  (注意此图未按比例绘制)的示例性情况。如图所示,R1和R2彼此相差 $\pi$ 相位延迟。类似地,R2和R3彼此相差 $\pi$ 相位延迟。该相位延迟导致反射波在其传播通过有源层260时在电域中产生次级信号中的破坏性干涉。因此显而易见的是由于反射声波的时间延展以及由于反射波的干涉,图4C所示的实施方式减少了反射波对通过其穿过有源层260产生的伪像的影响。

[0070] 主脉冲与来自每个水平面的反射信号的次级混响的到达之间的时间间隔将取决于与背衬厚度相关联的路径长度,该背衬厚度与水平面相关联。具有最小路径长度的水平面是具有最小厚度的水平面,并且此水平面对应于最短的时间间隔。类似地,具有最大路径长度的水平面是具有最大厚度的水平面,并且此水平面对应于最长的时间间隔。对于短的主脉冲,次级混响脉冲的脉冲持续时间近似为最短时间间隔与最长时间间隔之间的时间差。

[0071] 如以上指出的,一个特定的示例性实施方案包括具有近似 $\lambda/4$ 的横向偏移的水平面。当试图抑制来自短脉冲的混响时,该实施方式可以是有用的或有利的,因为在水平面中最小阶梯确保来自邻近水平面的反射波具有最小相对时移以便实现有效的破坏性干涉。换言之,如果邻近反射声波之间的相对时间延迟是大的(例如,脉冲宽度数量级,与脉冲基频周期数量级相反),那么相邻反射声波的振幅可以是非常不同的,并且从而阻止实现充分的破坏性干涉,尤其对于脉冲包络随时间显著变化的脉冲前沿和后沿。

[0072] 尽管图4C所示的配置示出了每个水平面存在一个区段(S1:L1、S2:L2和S3:L3)的示例性实施方式,但是应理解这只是一个示例性配置,并且在其他实施方式中,给定水平面可具有与其相关联的两个或更多个区段。在这种情况下,与给定水平面相关联的两个或更多个区段是近似共面的,以使得它们具有与其相关联的共同背衬厚度。这种替代性配置的实施例在图4D中示出,图4D示出了功能上等同于图4C的实施方式,因为分段表面325被设置为使得与每个水平面相关联的总面积对于两个实施方式是相等的,其中通过对组成每个水平面的区段的面积求和来获得所述总面积。

[0073] 因此,尽管图4C和图4D所示的两个实施方式采用了不同的分段表面几何形状,但是它们被期望在抑制与换能器背衬内的杂散混响相关联的伪像中展示类似的性能。然而,应指出在一些实施方式和应用中,提供每个水平面一个区段的水平面可以是有利的,例如以简化加工的成本和复杂度,和/或以避免或减少可能由于散射效应而导致降低装置性能的中间纵向侧壁的数目。

[0074] 将图4C与图4B比较,可见在图4B中近似相等的、形成不同水平面的区段的面积在图4C中是不相等的。在图4B中,水平面在空间上偏移以便随更广的持续时间延展反射声波,

从而在接收模式下产生具有减少振幅的次级信号。然而,在图4C(和图4D)中,邻近水平面也在空间上偏移换能器的四分之一操作波长的奇数倍,以使得来自邻近表面的反射声波在其传播通过有源层时是异相的。

[0075] 来自各种区段的反射声波基于其组合效果而在有源层内一起产生净响应。来自每个水平面的反射信号的强度将与水平面的相对于背衬总面积的部分面积成比例。在一个实施方式中,为了在反射声波通过有源层传播期间的任何给定时刻处产生破坏性干涉,来自与奇数水平面(例如,水平面1、3、5、...)相关联的反射声波,以及与偶数水平面(例如,水平面2、4、6、...)相关联的反射声波的贡献应该是近似相等的。例如,当奇数水平面的总面积近似等于偶数水平面的总面积时,可满足此情况。

[0076] 应理解示出了包括三个水平面的换能器的图4A-4D所示的实施方式仅被设置成例示性实施例,并且水平面数目在其他示例性实现中可变化。例如在一些实施方式中,空间偏移水平面的数目可以是两个。例如在寻求小型背衬尺寸以支持将换能器包括在诸如超声成像和/或治疗导管(或包括用于一个或多个成像模态和/或治疗模态的超声的多模态导管)的微创导管内的应用中,这种实施方式可以是有用的。此外,在包括窄带声信号的应用中,或例如在包括多普勒超声的应用中,采用这种低剖面分段内衬可以是有利的。在其他实施方式中,空间偏移水平面的数目可以是三个或更多个。如以上指出的以及以下进一步描述的,在一些实施方式中,换能器的尺寸充分小以用于在微创导管内使用(以下描述这种导管的示例性尺寸)。

[0077] 在一些实施方式中,水平面的表面积可被设置为补偿深度相关衰减,以便实现反射声波的合适干涉。由于在背衬内的由具有更大局部背衬厚度的区段反射的声波经历的增加传播路径长度,所以发生这种深度相关衰减。例如,如果两个水平面被四分之一波长分开,那么从较深区段(具有较大局部背衬厚度)反射的声波将相对于较浅区段(具有较小局部厚度)反射的声束在声强上减少 $e^{-\alpha\lambda/2}$ ,其中 $\alpha$ 是背衬的能量衰减系数。为了补偿从较深区段反射的波长的强度损失,较深区段的表面积可增加近似 $e^{\alpha\lambda/2}$ 的因数(或相当于,较浅区段的表面积可减少 $e^{-\alpha\lambda/2}$ )。此补偿确保了两个反射的和相位偏移的声波的强度近似相等,以使得两个波在有源层中有效地干涉。

[0078] 现参照图4C,可见第一水平面L1和第三水平面L3分别具有近似相等的面积,并且第二水平面L2(中央或中间水平面)具有近似为第一水平面或第三水平面的面积两倍的面积,以使得第二水平面(唯一偶数水平面)的面积近似等于奇数水平面的组合面积(第一水平面和第三水平面的面积和)。如在图4C中可见,从水平面L1和水平面L3反射的声波通过 $2\pi$ 相位延迟相关,以使得它们建设性地相加,而从水平面L2反射的声波与从水平面L1和水平面L3反射的声波异相。因此,各种反射声波的净效果在有源层260内总计,以使得它们对于产生次级信号的贡献破坏性干涉。

[0079] 然而,应指出在包括被配置为采用反射声波干涉的背衬的一些实施方式中,形成不同水平面的区段的面积可以是相等的,同时仍实现干涉。例如,在水平面数目是偶数的实施方式中,水平面可具有近似相等的面积,如这将产生来自偶数水平面和奇数水平面的具有基本上相等贡献的反射声波,从而导致对次级信号的破坏性干涉和抑制。

[0080] 因此,按照区段的面积的角色,应理解在一些实施方式中,可挑选、设计或选择在给定水平面(或与给定背衬厚度相关联)包括的不同区段的数目和包括在给定

水平面的区段的面积,以使得区段的面积的加权产生来自各种水平面的反射声波的合适干涉。

[0081] 前面的实施方式示出了示例性实施方案,其中分段表面的不同水平面通过陡峭过渡壁分开,该过渡壁近似垂直于区段的平面(诸如图4A中的过渡壁227)。这种垂直壁的效果将取决于在用于来自分段表面的每个给定反射的垂直壁处发生的漫射/偏斜,以及反射返回有源层的每个部分的所得相位关系将是什么。然而应理解,在其他实施方式中,一个或多个过渡壁可以是倾斜的。具有倾斜过渡壁的示例性实施方案在图4E中示出,其中换能器350具有包括倾斜过渡壁380的背衬表面375。倾斜侧壁可采用各种各样的几何形状,诸如图4E所示的直倾斜部分或例如弯曲的倾斜部分。倾斜部分的几何形状在一些情况下可由制造过程和其内部公差指定。在一些实施方式中,倾斜过渡壁可假定是成角度的,例如如图4E所示,以提供在横向方向上反射入射声束的一部分的无回声表面,从而增加反射声波的路径长度和其相关联的衰减。在一些实施方式中,背衬370的侧壁382和384可包括附加的无回声表面或特征。

[0082] 尽管前面实施方式示出了分段表面是背衬的远侧表面的实施例,但是应理解,分段表面可设置或成形在背衬的更远离邻近有源层的表面的任何表面中。例如,在一些实施方式中,分段表面可形成在为背衬内的内表面的另外表面中。这种内表面将具有不同声阻抗的两个不同背衬层分开,以使得由内表面产生声反射。

[0083] 图4F示出了这种实施方式的附加示例性实施方案,其中分段表面形成在内表面390中,内表面390形成在第一背衬层392与第二背衬层394之间。背衬层392和394具有不同的声阻抗,以使得声反射由内表面390产生。具有不分段远侧表面396的第二背衬层394的存在可有利于减少或阻止可能以其它方式形成在分段远侧表面处的气泡积聚。

[0084] 层的声阻抗可选择成使得第二背衬层394的声阻抗低于第一背衬层392的声阻抗,以使得在第二背衬层394与背衬的外部区域之间的声阻抗失配减少,从而减少从表面396的反射。表面396也可具有倾斜的或无回声的表面几何形状,以便减少朝向有源层传播返回的声反射的产生。第二背衬层394可由具有这样的厚度的衰减背衬材料形成,该厚度足以基本上减少通过内表面390传播回的来自表面396的反射的振幅(例如,减少反射的振幅50%或更多、75%或更多、90%或更多、或95%或更多)。

[0085] 在一些实施方式中,背衬可以是分段的以使得背衬的最小厚度区段充分薄而使混响脉冲干涉主脉冲。

[0086] 本文所述的各种实施方指的是换能器的“操作波长”。术语“操作波长”可如下述限定。当设计基于压电的超声换能器堆叠时,有源层的厚度经常基本上小于有源层的宽度(通常是尺寸的十分之一或更小)。这样做以将层的基本厚度谐振模式的频率与任何横向谐振模式分开。在任何传播材料或介质(诸如导电银胶或人体组织)内,传播波形将具有根据以下关系通过材料或介质的声速与基频谐振模式的频率相关的基本波长:波长=声速/频率。在一些实施方式中,操作波长可以是该基本设计波长。

[0087] 在真实换能器中,材料不是完美(理想)的谐振器,并且因此基本频率实际是可通过中心频率和激励频率带宽来特征化的激励频率带。匹配层和背衬层被添加,以便在尽可能短的时间内有效联接尽可能多的从换能器堆叠前面出来的以及进入传播介质的谐振能量。这将导致又一个更宽的堆叠频率响应(即更宽的激励频率带宽),允许换能器堆叠更紧

密地复制来自短激励发送信号(即单循环波形)以及来自更窄带激励脉冲(诸如在持续时间中的若干循环的音调突发)的超声脉冲响应波形。加工公差也可导致换能器的时间和频率响应的偏差。在一些实施方式中,与换能器相关联的操作波长可以是堆叠的频率响应内的波长,诸如中心波长。例如,在一些实施方式中,与换能器相关联的操作波长可包括在此组合设计内的任何波长、激励脉冲、以及加工公差相关带宽。

[0088] 进一步注意的是,从分段表面的反射产生的残余次级信号可具有包络以使得它们具有与主信号不同的频谱。因此,在一些实施方式中,水平面之间的任何阶梯不需要恰好是四分之一操作波长的奇数倍。在一些实施方式中,给定操作波长对应于波形带宽相对于波形的中心频率的给定百分比(诸如带宽的50%)内的任何频率。例如:对于具有10MHz中心频率和10MHz带宽的短脉冲激励波形,人们可基于近似7.5MHz至12.5MHz范围内的频率来考虑将阶梯值选择成四分之一波长的奇数倍。在其他实施方式中,阶梯高度的选择可与在其他范围内的频率上所选操作波长相关地选择,例如相对于中心频率的带宽的10%、20%、30%或40%内的频率。

[0089] 背衬可由各种各样的材料形成,包括但不限于环氧树脂、粉末装载环氧树脂、多孔金属、多孔陶瓷、以及工程化2相复合结构。在采用来自不同区段的反射声波以产生破坏性干涉的实施方式中,背衬可由这样的材料形成,该材料将期望基本上保存在其中传播的声波的相干性。这种背衬材料的实施例包括单相材料(环氧树脂、聚合物、金属)、粉末装载环氧树脂,从而掺杂颗粒的尺寸不被良好地调谐到操作波长处的超声散射。如以上指出的,背衬厚度可以使得背衬仅通过声吸收和散射的方式可能不使声能充分衰减。背衬可涂布有亲水性和/或电绝缘的层。合适涂层的非限制性实施例包括聚对二甲苯和TiO<sub>2</sub>。

[0090] 尽管以上实施方式公开了包括具有被分段以使区段沿一个维度变化的表面的背衬的示例性换能器,但是将理解背衬可被分段以使得区段在两个空间维度上变化。换言之,背衬的分段表面可在至多三个维度上变化--一个维度限定不同水平面,以及一个或两个维度限定区段的变化。

[0091] 在一个示例性实施方案中,背衬的另外表面的至少一部分可被分段成多个方形和/或矩形的区段,以使得区段在两个维度上变化。在另一个示例性实施方案中,背衬的另外表面的至少一部分可被分段成围绕中心圆形或椭圆形区段的一系列成角度区段。

[0092] 如本文所用,应理解短语“分段表面”是指换能器背衬的另外表面,其中另外表面的至少一部分被分段成限定三个或更多个如以上描述的水平面的区段。在一些实施方式中,仅另外表面的一部分被分段。例如,在一个示例性实施方案中,背衬的另外表面可具有通过其第一部分附接到其的一个或多个功能装置,并且另外表面的剩余部分可如以上所述地分段。附接到换能器背衬表面的一部分的功能装置的一个实施例是角度检测换能器,如在2012年1月31日提交的并且题为“ULTRASONIC PROBE WITH ULTRASONIC TRANSDUCERS ADDRESSABLE ON COMMON ELECTRICAL CHANNEL”的专利合作条约专利申请号PCT/CA/2012/050057中描述的,该申请通过引用整体并入本文。

[0093] 在一些实施方式中,分段表面被配置为抑制通过短脉冲(诸如包括具有近似等于大约1个循环、两个循环或三个循环的持续时间的包络的脉冲)的反射产生的次级信号。例如,典型的医学成像脉冲是在时间上可能持续1-2个循环(1-2波长)或更多的短脉冲。短时间脉冲波形的包络可被认为具有上升的或正倾斜部分,以及在其不久之后跟随下降的或负

倾斜部分。这与若干波长的音调突发成对比,其中此脉冲波形的包络的特征在于初始上升倾斜部分之后跟随最终下降倾斜部分,该初始上升倾斜部分具有零斜率的基本上平坦包络的区段。

[0094] 在一个实施方式中,为了抑制反射信号的上升沿和下降沿的效果,分段表面可形成多个“n”阶梯式分段,从而每个邻近区段在信号中产生近似附加 $1/2$ 的操作波长延迟,以使得信号的前沿和后沿在强度上减少到 $1/n$ ,并且来自所有中间反射信号的贡献破坏性地抵消。这种实施方式在以下的实施例1中示出。

[0095] 在一个实施方式中,分段表面可以如下限定。第一组区段由两个邻近区段限定,纵向偏移大约换能器的四分之一操作波长,从而限定具有分段表面的两个水平面。分段表面的附加部分随后通过复制(cloning)第一组区段以及使复制组偏移换能器的近似四分之一操作波长(其中 $m=1$ )来形成。

[0096] 限定分段表面的方法的示例性实施方案参考图5A和图5B示出,其示出了换能器的背衬部分。在图5A中,背衬400的分段表面405由四个区段形成,限定水平面L1-L4,其中每个水平面具有共同表面区域,并且每个水平面是阶梯式的且与另一个水平面移位换能器的四分之一操作波长。相比之下,图5B示出了具有分段表面455的背衬450,分段表面455基于第一组区段460的复制和移位来限定。具体地,第二组区段470是已向上移位换能器的四分之一操作波长的第一组区段460的副本。

[0097] 通过复制和偏移来限定分段表面的方法可重复多于一次。由三个复制和移位操作形成的分段表面的示例性实施方式在图5C中示出。背衬500的分段表面505通过多个复制和移位操作形成,以便根据第一组区段460限定第二组区段470、第三组区段472和第四组区段474。

[0098] 在另一实施方式中,分段表面可通过以下的双复制和移位方法来限定。可执行一个或多个复制和移位操作以限定第一分段表面部分,该第一分段表面部分可被称为区段超集(a superset of segments)。随后使用区段超集来执行一个或多个复制和移位操作,以限定包括被复制并且相对于第一区段超集移位的、至少一个附加区段超集的分段表面。

[0099] 此实施方式的示例性实施方案在图5D中示出,其中表面超集被复制和移位以产生背衬550的分段表面555。此分段表面通过复制和移位第一超集560以获得第二表面超集570而产生。如图所示,超集570相对于第一超集560移位四分之一操作波长。第一表面超集560通过图5B所示的复制和移位操作来获得其自身。

[0100] 如以上讨论的,与给定水平面(或局部背衬厚度)相关联的区段的空间分布可变化,并且由于次级脉冲的振幅是电极整体面积上的总和,所以一个区段可被分成具有相等总面积的若干区段。这在图5E中示出,其示出了具有分段表面580的背衬575,分段表面580的在每个水平面处区段的面积等于图5D中的面积,以使得分段表面580在功能上等同于图5D的分段表面555。

[0101] 因此,应理解,一维区段或二维区段的空间排列可通过传输到背衬中的初始波的满含量由于背衬层底部表面的各种反射的相位干涉而导致抵消的程度来分类,并且可根据任何次级信号的强度减少以及其与主脉冲强度的关系来表达。

[0102] 应当理解,复制和移位超集的前述方法也可执行一个或多个附加次数,以限定具有附加水平面和复杂性的表面。例如,图5F的背衬600示出了已基于复制和移位操作限定的

分段表面605,其中第一超集610采用的是图5D所示的分段表面。超集610被复制和移位以获得附加表面部分620。所得的复杂分段表面在功能上等同于图5G所示的背衬650的分段表面655。

[0103] 在图6A和图6B中示出复制和分段的面相对于阶梯式表面的模拟性能。在图7A中,示出各种次级信号波形,其基于具有短脉冲包络(具有近似三个循环的持续时间)的现实波形,将阶梯式分段表面(诸如图5A所示的阶梯式表面)与从平坦(控制)表面获得的次级信号相比较。如从图可见,对于所有分段表面,次级信号的振幅减少但保持可观的,其中针对5水平面阶梯式分段平面获得最佳性能。次级波形基于破坏性干涉的不完全抵消可以理解成因为在脉冲前沿和后沿处的脉冲波形振幅中的快速变化而发生。这些边沿对次级信号的贡献由于从水平面的共同表面区域产生的所有水平面的反射分量的相等加权而未抵消。

[0104] 相比之下,图7B示出了针对由本文所述的复制和移位方法限定的分段表面发生的改进的抵消。附图示出了从基于图5B的单个复制和移位表面和图5D所示的基于超集的复制和移位操作的分段表面而获得的次级信号的广泛抵消。

[0105] 图7B因此示出了在短脉冲的情况下,归零的次级信号可通过根据以上所述的复制和移位方法限定分段表面来改善。然而,应当理解也可采用更常规的方案来获得类似结果。该更常规的方案可通过检查水平面的总表面积级数来理解,其在图5E和图5G中示出,其中分别示出了在功能上等同于图5D和图5F所示的分段表面的分段表面。图5E所示的分段表面的特征在于如下以第一水平面的表面积为单位改变的每个水平面表面积:1 (L1)、3 (L2)、3 (L3) 和1 (L4)。类似地,图5G所示的分段表面的特征在于如下以第一水平面的表面积为单位改变的每个水平面表面积:1 (L1)、4 (L2)、6 (L3)、4 (L4) 和1 (L5)。

[0106] 这些分段表面的特征在于单调增加到一个或多个中间水平面以及随后单调减少的每个水平面表面积。对于第一水平面与一个或多个中间水平面之间的每个水平面也显而易见的是:存在处于一个或多个中间水平面与最终水平面之间的具有近似相等表面积的关联水平面。

[0107] 因此,用于限定分段表面的一个方案包括提供这样的分段表面,该分段表面的特征在于单调增加到一个或多个中间水平面以及随后单调减少的每个水平面表面积。分段表面可进一步特征化为使得对于第一水平面与一个或多个中间水平面之间的每个水平面,存在处于一个或多个中间水平面与最终水平面之间的具有近似相等表面积的关联水平面。尽管图中所示的示例性实施方式示出了每个水平面表面积与整数乘数相关的分段表面,但是应理解这不是通常要求,并且在其他实施方式中,两个或更多的每一水平面表面积可与除整数之外的数字相关。如上所述,各种水平面的表面积可被限定为补偿深度相关衰减,以实现反射声波的合适干涉。

[0108] 可以根据各种过程来加工如在前面实施方式中公开的超声换能器和用于超声换能器的背衬。用于形成分段的背衬表面的一个示例性方法是采用标准换能器处理设备以将背衬分段成若干阶梯。这些阶梯可由如上所述的过渡壁分开,并且可使用诸如切割锯的设备来加工。阶梯的宽度可由切割锯机器的叶片宽度和步长指数来控制。

[0109] 也构想诸如CNC加工或激光加工的其他材料移除过程。使用3轴、4轴或5轴CNC机器可用于提供本质上更加渐缩的过渡壁。类似地,激光加工可被采用来控制壁轮廓,因为激光点通常在每个激光脉冲仅移除少量材料,并且从而提供对背衬表面的几何形状轮廓的精密

控制。

[0110] 尽管呈现了用于单元件换能器的图像,本技术也可应用于1D、1.25D、1.5D、1.75D和2D排列装置的环形、线性和相控阵列以及稀疏插装的阵列。图6示出了包括换能器阵列705的超声阵列700的实施例,每个换能器具有背衬,该背衬具有在其至少一部分上分段的另外表面710(附图示出了另外表面为背衬的远侧表面的示例性情况)。

[0111] 也应当理解换能器堆叠设计也可包含多于一个的有源层。有源层的偏振可在相同方位上或在相反方位上偏振。利用背衬层的任何换能器类型可根据本公开中提供的实施方式来修改,以减少或修改背衬层自身内的混响效果。

[0112] 在一些实施方式中,本文所述的装置可被采用作为在微创超声应用(诸如成像导管和/或治疗导管)中的超声换能器。具有可被修改以包括分段背衬的超声换能器的这种微创超声导管的非限制性实施例包括在2009年3月27日提交的且题目为“用于成像探头的扫描机构”的第8,460,195号美国专利中描述的那些,该专利通过引用整体并入本文,以及在如以上参考的第PCT/CA/2012/050057号专利合作条约专利申请中描述的那些。导管的有用超声频率通常在5-100MHz范围中。其中的导管可能是有用的血管的尺寸的结果是近似2-15French的导管。假定类似导电环氧树脂的典型背衬(具有1950m/s的声速)和在4-6水平面范围中的合理数目的区段水平面,那么10MHz PZT换能器的堆叠厚度可保持在近似600微米的总厚度内。使用具有相对慢的声速的材料(诸如橡胶材料,具有1000-1500m/s量级的声速)将导致大约400微米的最小厚度。取决于将换能器保持在导管护套内的远侧外壳的本质,具有合理轴向成像能力的60MHz换能器可在近似2Fr导管或更小导管内装配和实现。

[0113] 应当理解本公开的允许背衬厚度减少的实施方式可在换能器可获得有限空间的各种超声应用中采用。这些实施方式可以是有用的,例如,将超声换能器放置成靠近组织的能力允许使用较高频率超声来成像感兴趣区域以改善成像分辨率的应用。因此,心内成像、血管内成像、基于针和内窥镜式应用(诸如膀胱成像应用和其他尿道成像应用)或听觉成像应用可分别得益于此公开。尽管本文所提供的许多实施例涉及医疗超声换能器和包括超声换能器的医疗应用(诸如超声成像换能器和超声治疗装置),应当理解本公开的各种实施方式可在其他应用和领域中采用。例如,根据前面实施方式的具有分段背衬的超声换能器可被采用以用于诸如非接触感测、运动传感器、流感测、非破坏性测试、测距、位置感测和通信的应用。它们也可用于减少在治疗超声期间递送的能量的脉冲持续时间,诸如高强度聚焦超声(HIFU)。

[0114] 呈现以下实施例以使本领域技术人员能够理解和实践本公开的实施方式。它们不应被视为限制本公开的范围,而仅应视为是本发明的说明和代表。

[0115] 实施例

[0116] 实施例1:对单循环脉冲的反射产生的次级信号模型化

[0117] 采用数学模型以展示不同分段轮廓对于由单循环脉冲构成的主信号的影响。对多个不同的分段轮廓建模,并且在图8中示出了所得的次级信号。模型示出了反射脉冲的各个部分如何通过由反射波导致的破坏性干涉来移除,以及反射脉冲的未移除的一些残余部分如何由于反射脉冲的时间延展而在振幅上减少。

[0118] 图8示出对应于背衬的远侧表面的不同轮廓的四个不同次级信号(主信号未示出)。粗实黑线示出由具有均匀厚度“T”的背衬产生的次级信号。此曲线仅是主脉冲的再现。

该次级信号以下被称为“对照”次级信号。

[0119] 浅灰虚线示出从由两个具有相等面积的区段构成的两个水平面分段背衬所获得的次级信号,其中第一区段具有厚度“ $T$ ”,并且第二区段具有厚度“ $T+\lambda/4$ ”,其中 $\lambda$ 是在背衬层内传播的声波的中心频率的波长。所得的次级信号是双脉冲形状,其中该脉冲是从平坦表面获得的对照次级信号的信号强度的1/2。在此实施例中的次级信号在时间上延伸额外的1/2周期。形成次级信号的两个反射声波相位偏移180度,以使得当一个信号具有最大正强度时,另一个信号具有最大负强度,以及当相加时信号的重叠部分抵消。来自较短区段的反射信号的前半波区段和来自较长区段的反射信号的后半波区段保持。它们不抵消并且它们各自是具有1/2波长的分离空隙的对照次级信号的前区段和后区段的1/2强度。

[0120] 深灰虚线示出从具有可变厚度的背衬的反射信号,其中存在五个具有相等面积的区段,其中第一区段具有厚度“ $T$ ”并且附加的四个区段各自具有等于“ $T+N(\lambda/4)$ ”的附加厚度,其中相对于最薄区段 $N=1..4$ 。此曲线示出增加区段数目导致残余峰值之间的较长分离,以及残余峰值的增加的衰减。区段数目可增加以进一步最小化峰强度并且进一步延长次级脉冲的脉冲持续时间,这可能增加加工复杂度。

[0121] 浅灰点线示出获得的具有背衬的换能器的次级信号,该背衬包括具有21个区段的分段远侧表面,其中区段各自具有等于“ $T+N(\lambda/80)$ ”的附加厚度,并且其中相对于最薄区段 $N=1..20$ (对于四分之一波长的总厚度变化)。此示例性分段表面表示楔形背衬的近似,其中背衬在厚度上线性增加。尽管此方法提供了通过在增加的持续时间上延展次级信号来减少次级信号振幅的益处,但是次级信号的振幅保持可测量的。

[0122] 深灰点线示出获得的具有背衬的换能器的次级信号,该背衬包括具有81个区段的分段远侧表面,其中区段各自具有等于“ $T+N(\lambda/80)$ ”的附加厚度,并且其中相对于最薄区段 $N=1..80$ (对于一个波长的总厚度变化)。未完全抵消的前倾斜部分和后倾斜部分已经部分地延展。残余上升倾斜部分和下降倾斜部分的峰值实际上略低于分段方法的峰值。

[0123] 实施例2:包括具有分段远侧表面的背衬的换能器中的抑制次级信号的数学模型和试验展示

[0124] 在本示例性设计中,对带分段背衬的换能器进行加工,并且对声响应进行试验性测量和数学建模。图9为换能器设计的分段背衬的一个图示。如图所示,示例性换能器为具有多边形孔的单元件换能器,其具有被分段成七个水平面(L1-L7)的背衬层800,其中各种区段的面积相等。有源层和匹配层未在图中示出。暗带右侧的区段820不是有源的。背衬层的远侧表面包括由形成七个水平面L1-L7的区段限定的分段表面,以及该背衬在其上端和下端处的两个附加基区805和810。背衬厚度在装置的顶部和底部处较厚,以及在中间最薄。

[0125] 被设计用于10MHz的中心频率的换能器堆叠被加工为具有5H类型PZT作为有源层、作为背衬和银胶的400um银胶层、以及作为相应匹配层的非导电环氧树脂。随后使用常规切割锯将换能器背衬切割成按照图9的区段。将换能器安装到夹具,装置可放置在水箱中以及用单循环发送脉冲来激励。通过水听器,可测量沿换能器主轴线的单向波形。也采用在平坦塑性表面测量的双向测量值。

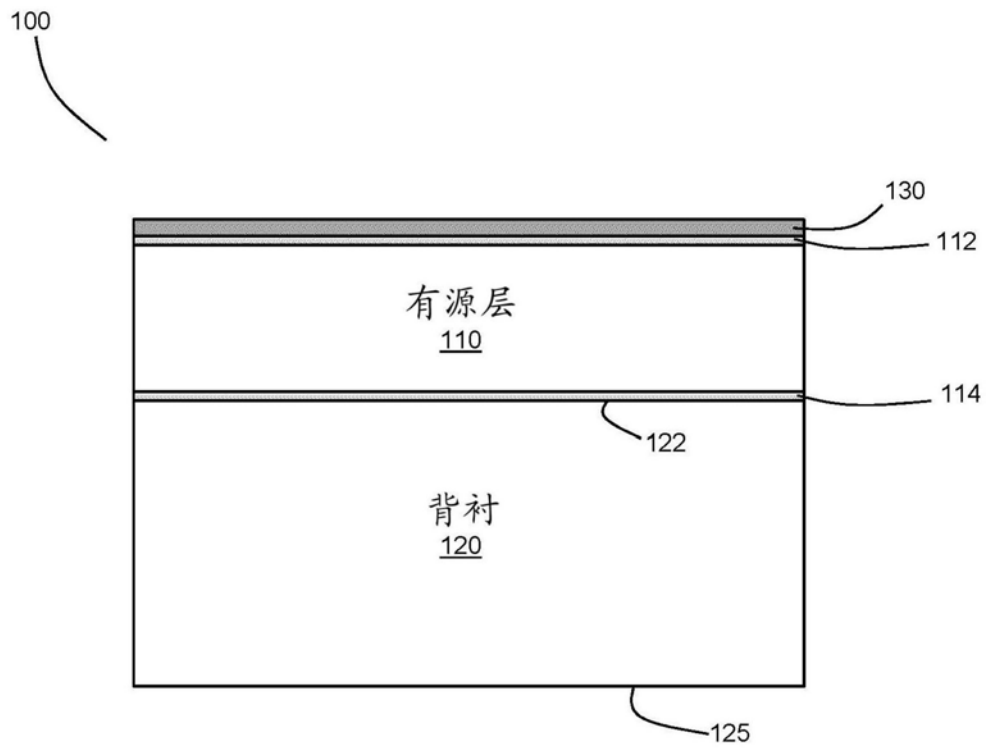
[0126] 单向信号(或响应)是通过换能器的有源压电层一次转换结果的信号。例如,如果使用声传感器(诸如水听器)从换能器检测到发送的声信号,那么所检测到的水听器信号是单向信号。双向信号(或响应)是通过换能器的有源压电层两次转换结果的信号。例如,当相

同换能器用于声学地传输电驱动信号并且继而用于感测来自介质的反射的传输声信号,那么由换能器检测到的电信号是双向信号。

[0127] 在形成分段层之前和之后获得用于换能器的单向测量值和双向测量值。如图10A和图10B分别所示,比较具有和不具有分段表面的次级信号的强度,x轴是采样(具有5nsec的采样周期-200MHz的采样速率)。单向信号的振幅减少大约16.5dB,并且双向信号振幅减少大约20dB。

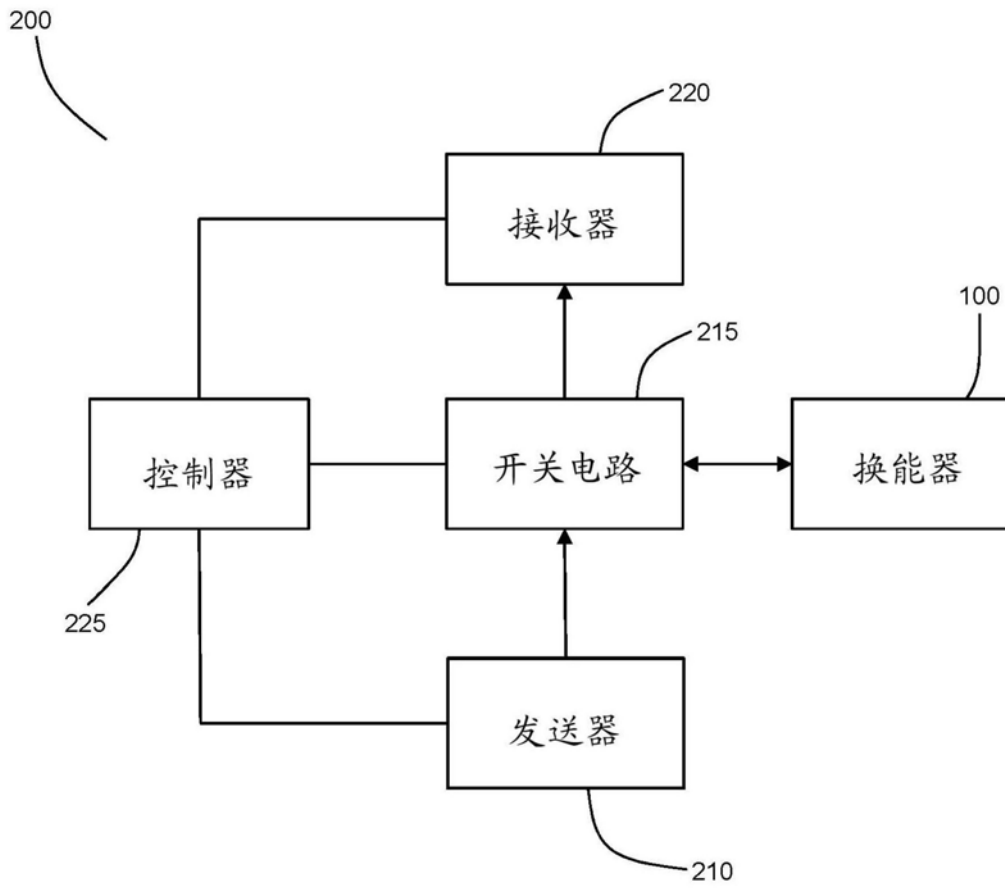
[0128] 线性传播模型模拟工具(在<http://www.k-wave.org/index.php>发现的K波)也被采用以对换能器的声响应建模。单元件换能器被建模为具有12.5MHz中心频率,并且银胶背衬层具有近似450微米的厚度。对用于驱动换能器的模拟主信号与来自分段图案化背衬的模拟反射信号相比较(背衬以3D CAD产生),提供模拟单向结果。由数学模型预测的次级脉冲在图3(平面背衬)和图11(分段背衬)中示出。发现在采用分段背衬时,次级信号的传输电压减少近似19dB。

[0129] 以上描述的具体实施方式已经以举例的方式示出,并且应理解这些实施方式可能易受各种修改和替代性形式影响。应进一步理解,权利要求不限于所公开的特定形式,相反涵盖落入本公开的精神和范围内的所有修改、等同和替代。



现有技术

图1



现有技术

图2

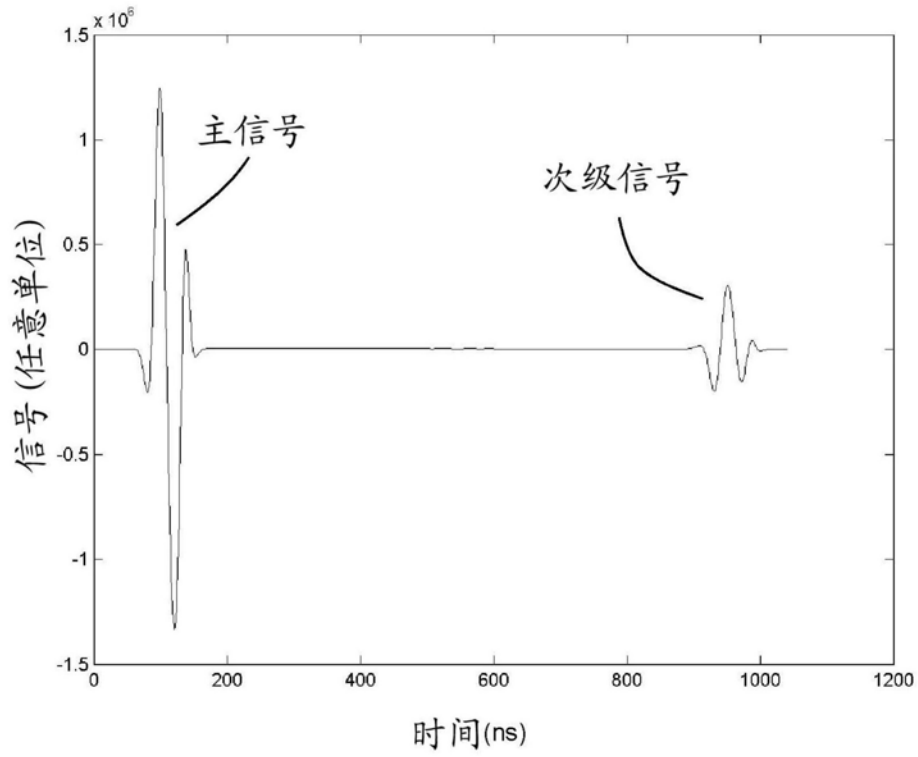


图3

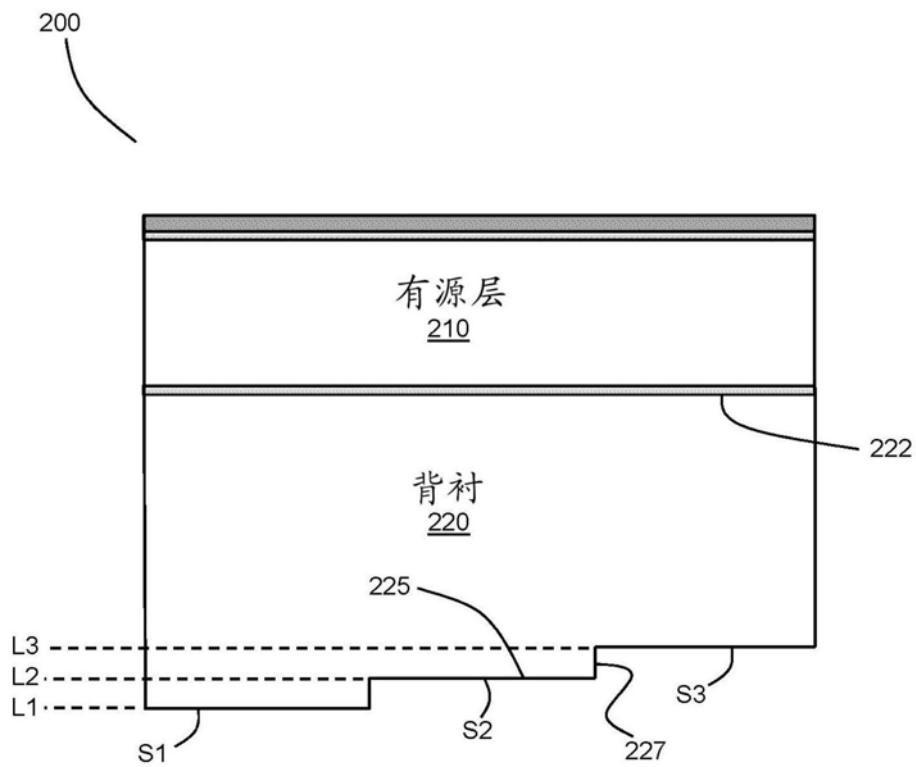


图4A

200

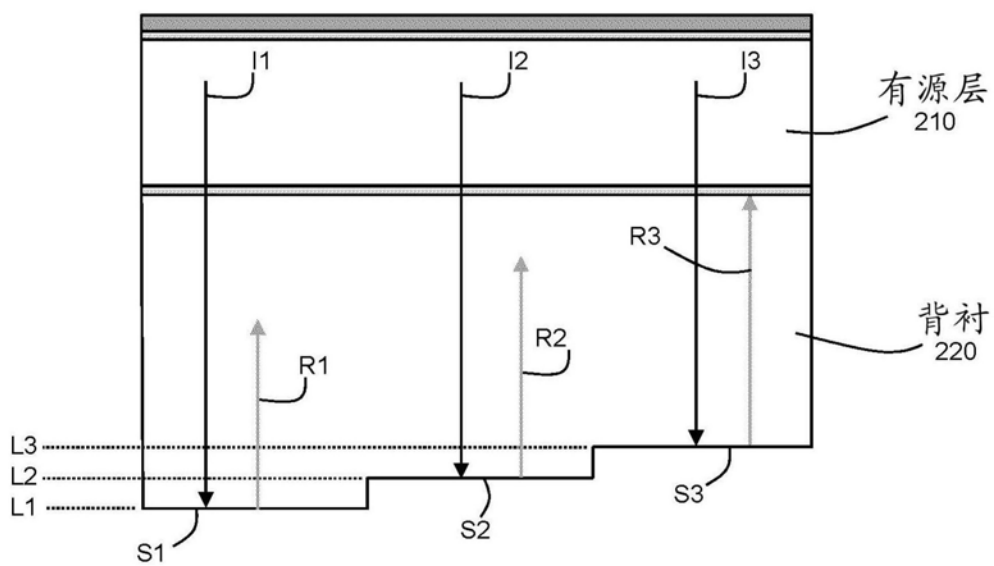


图4B

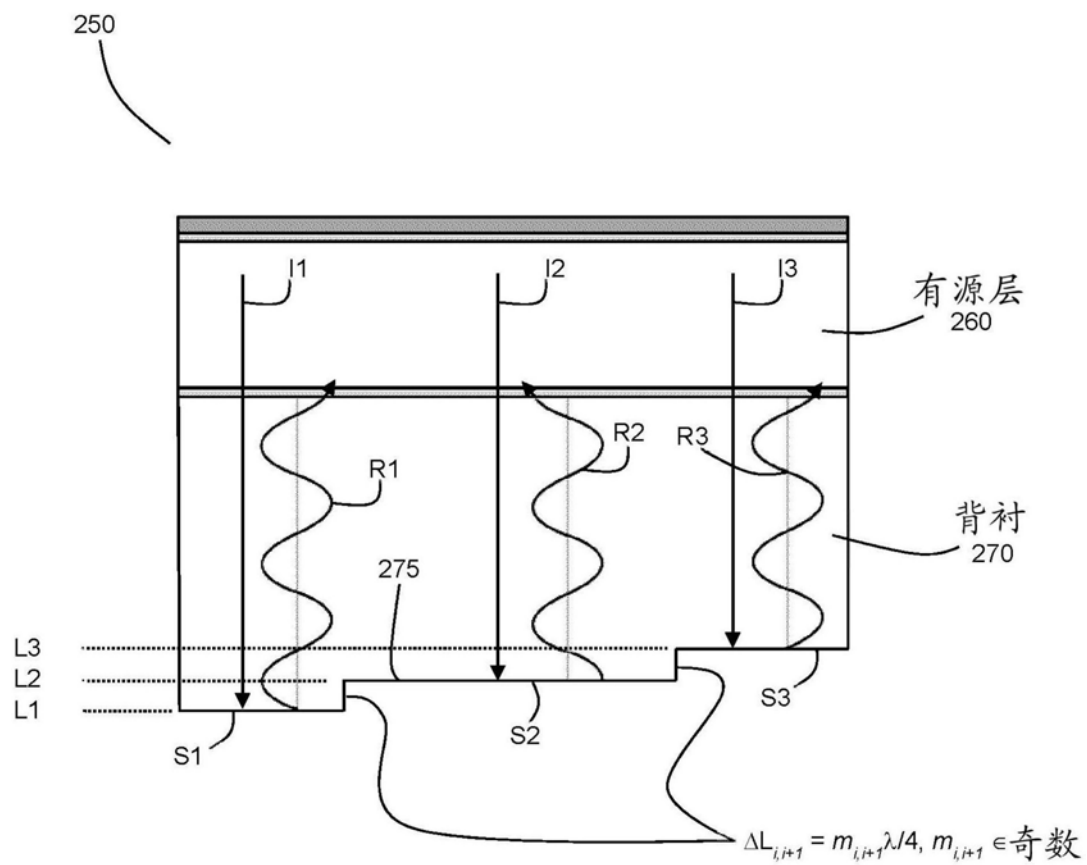


图4C

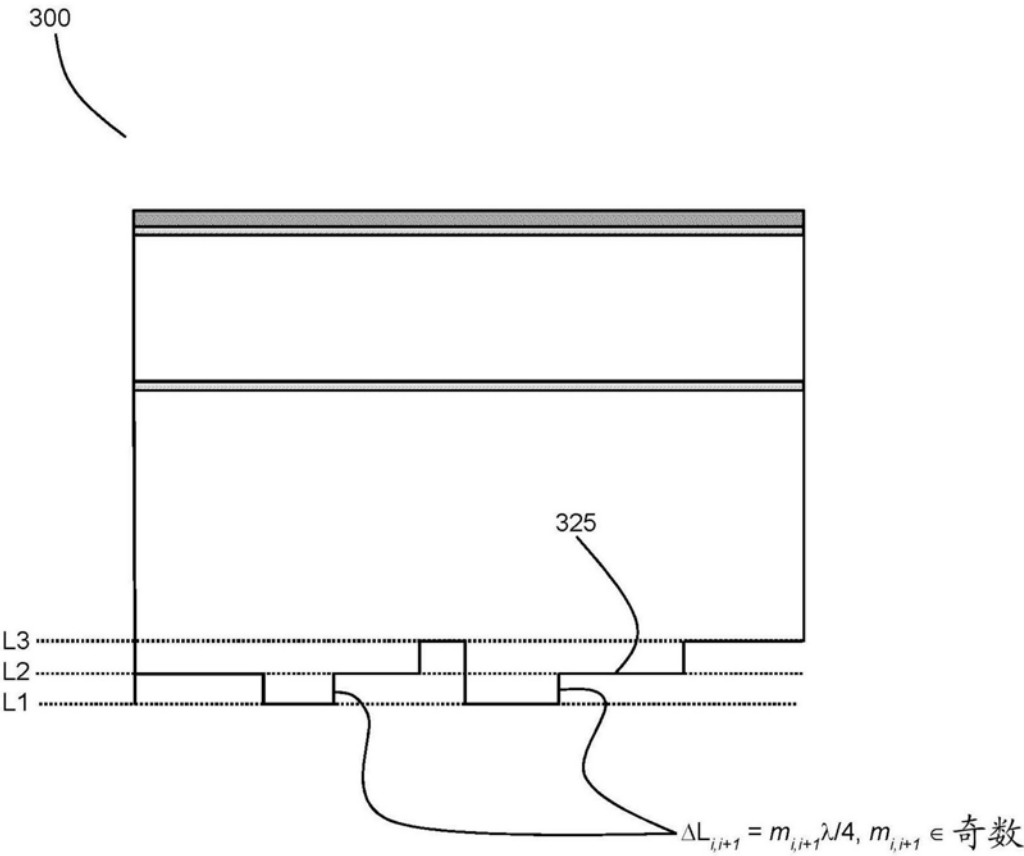


图4D

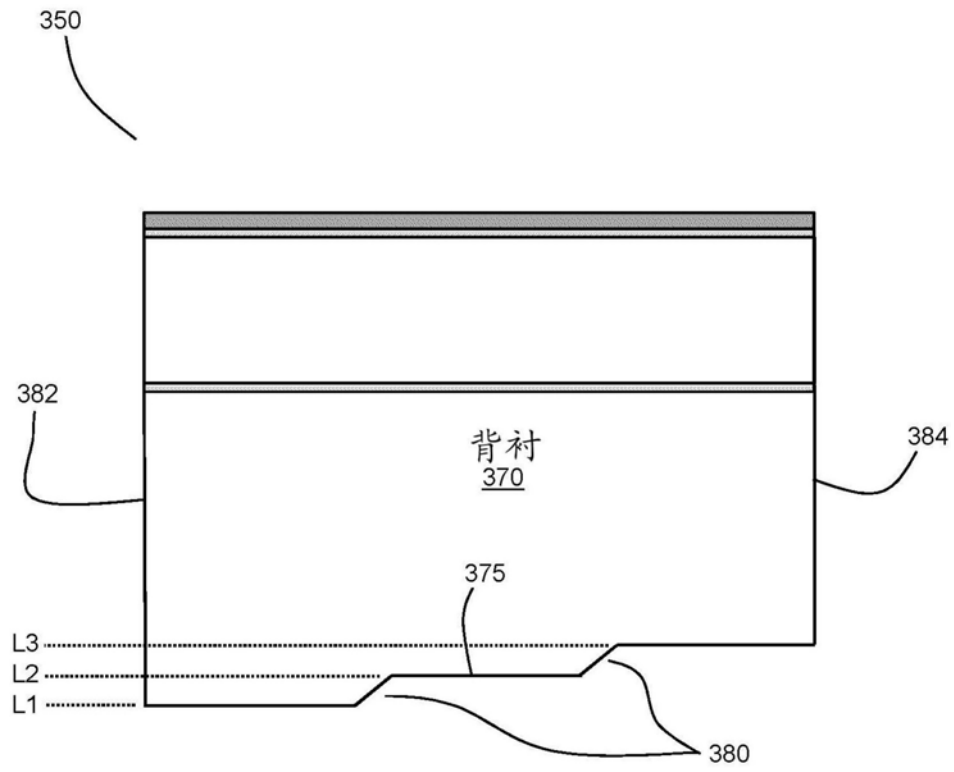


图4E

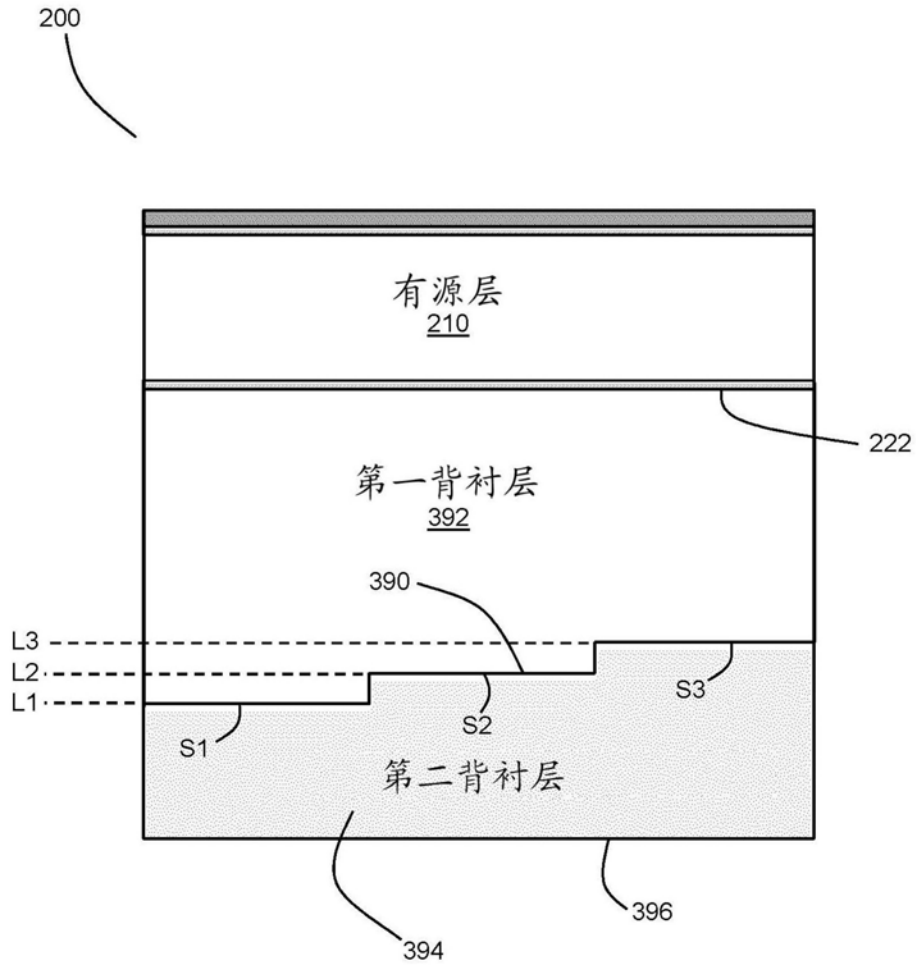


图4F

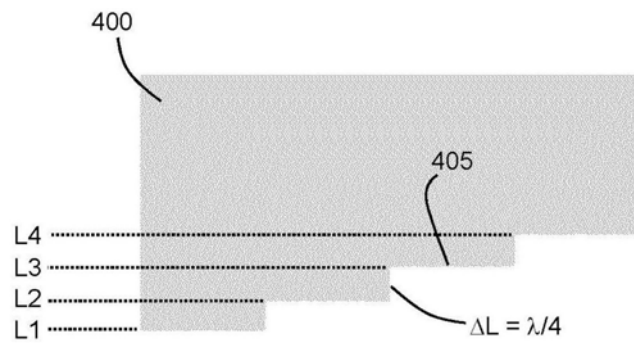


图5A

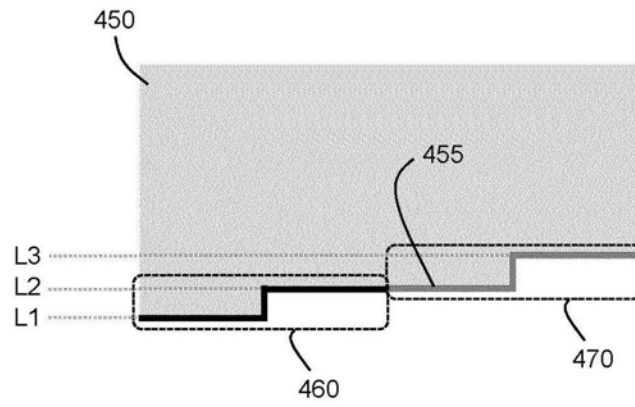


图5B

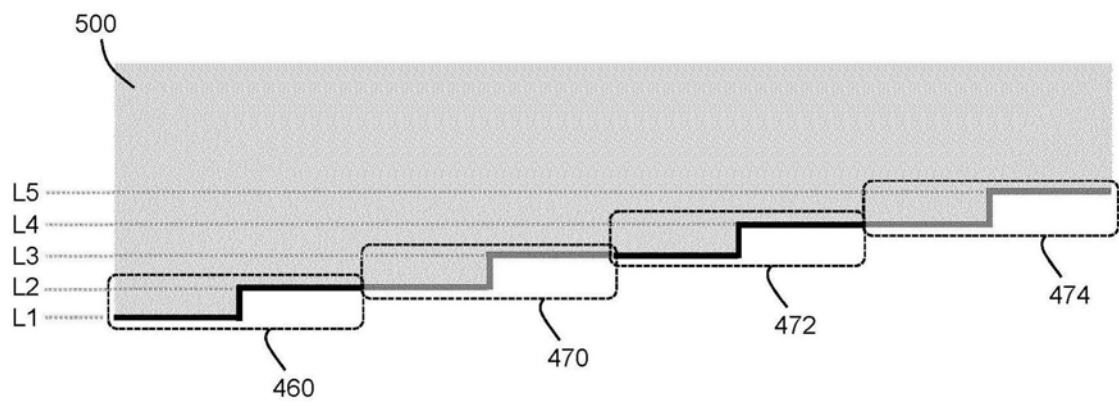


图5C

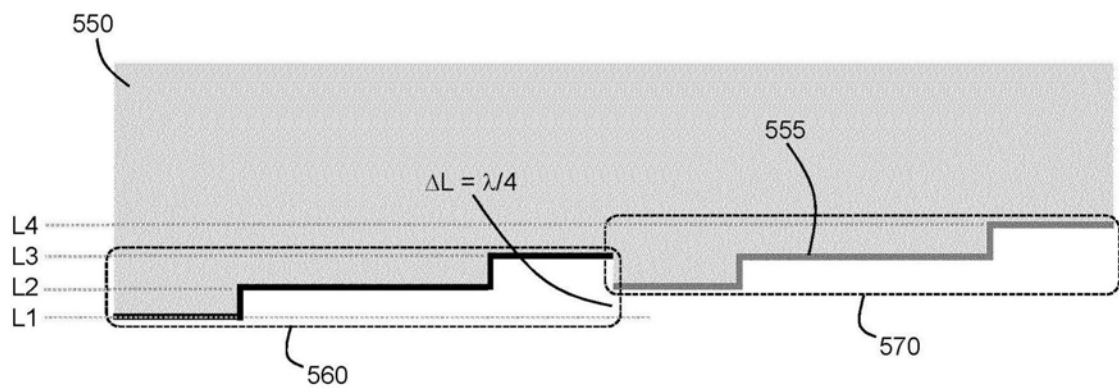


图5D

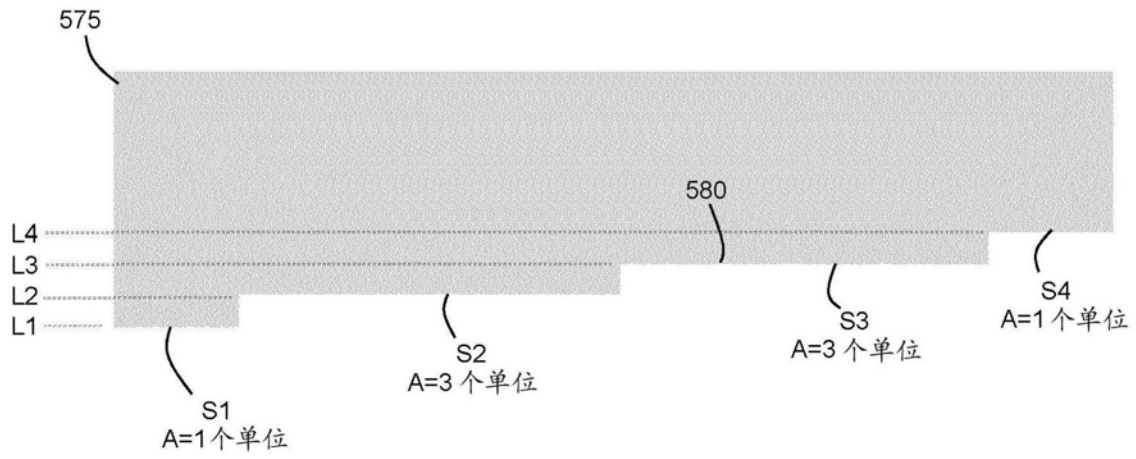


图5E

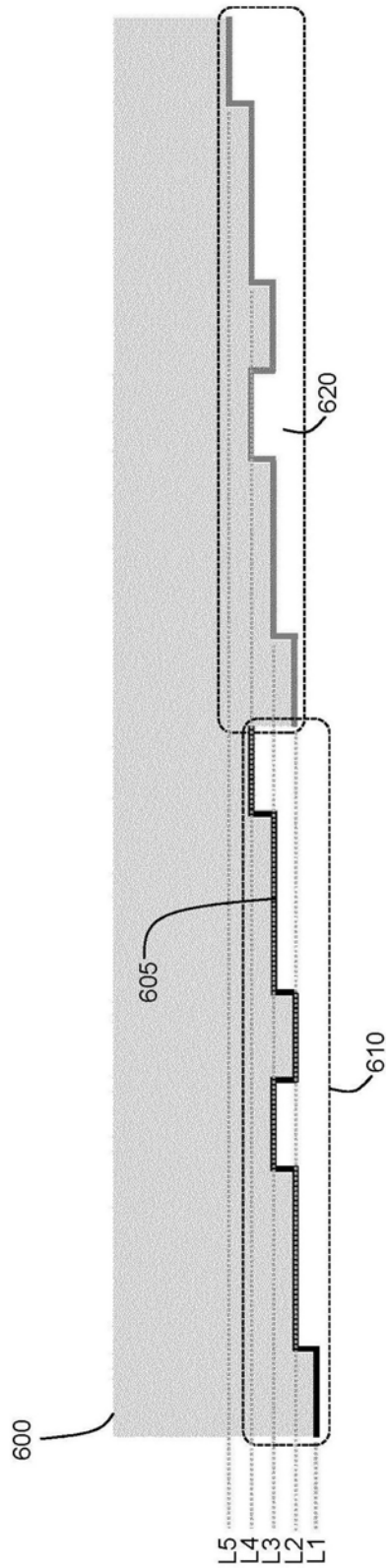


图5F

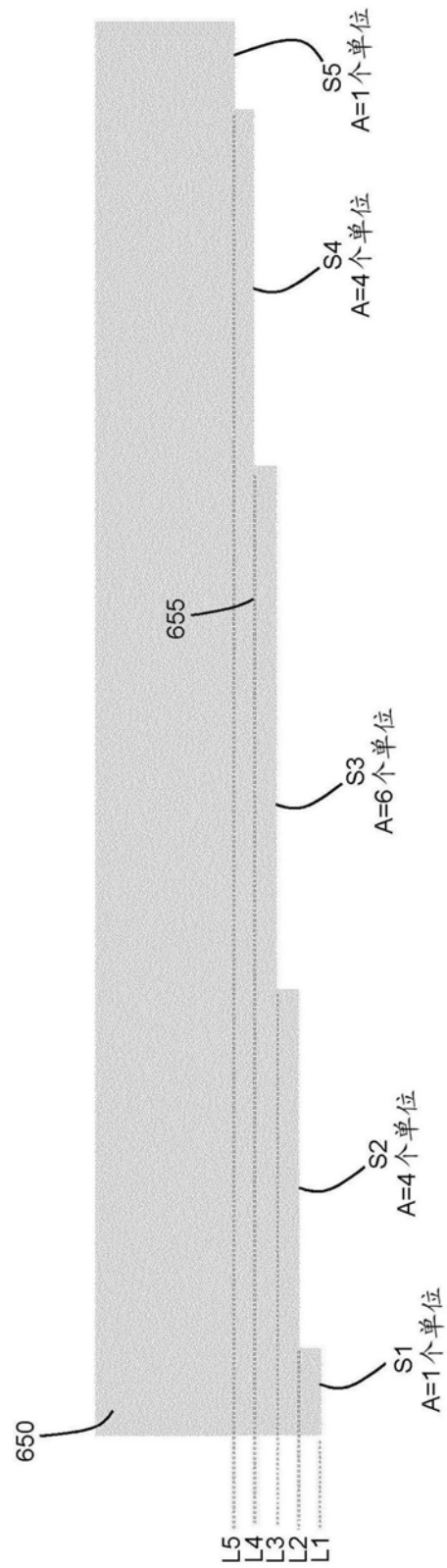


图5G

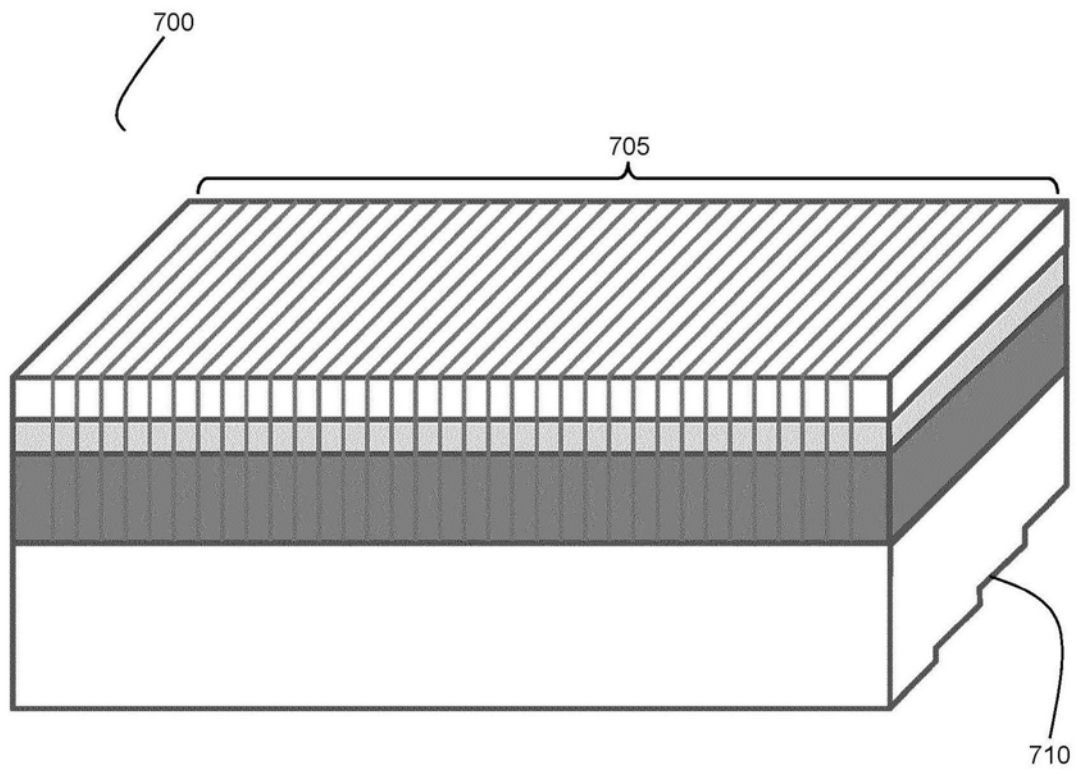


图6

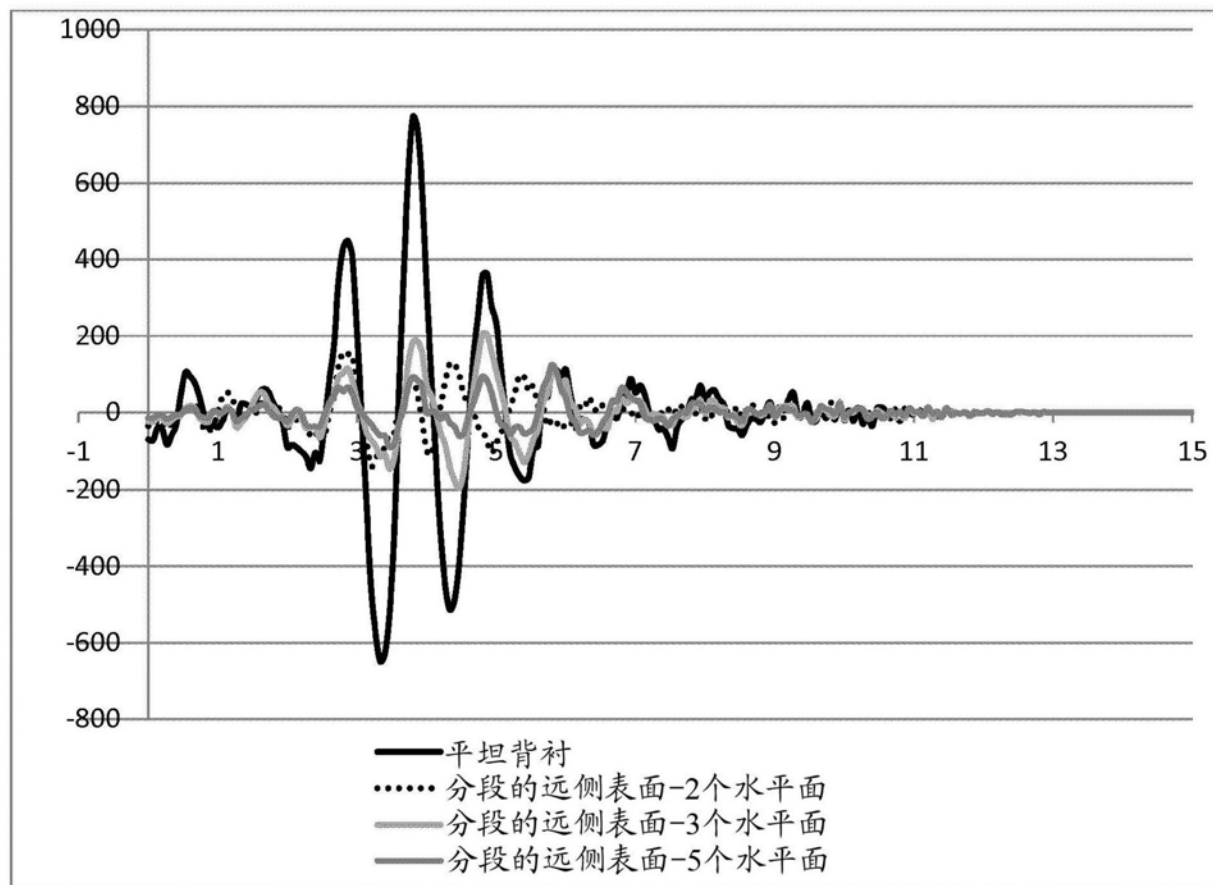


图7A

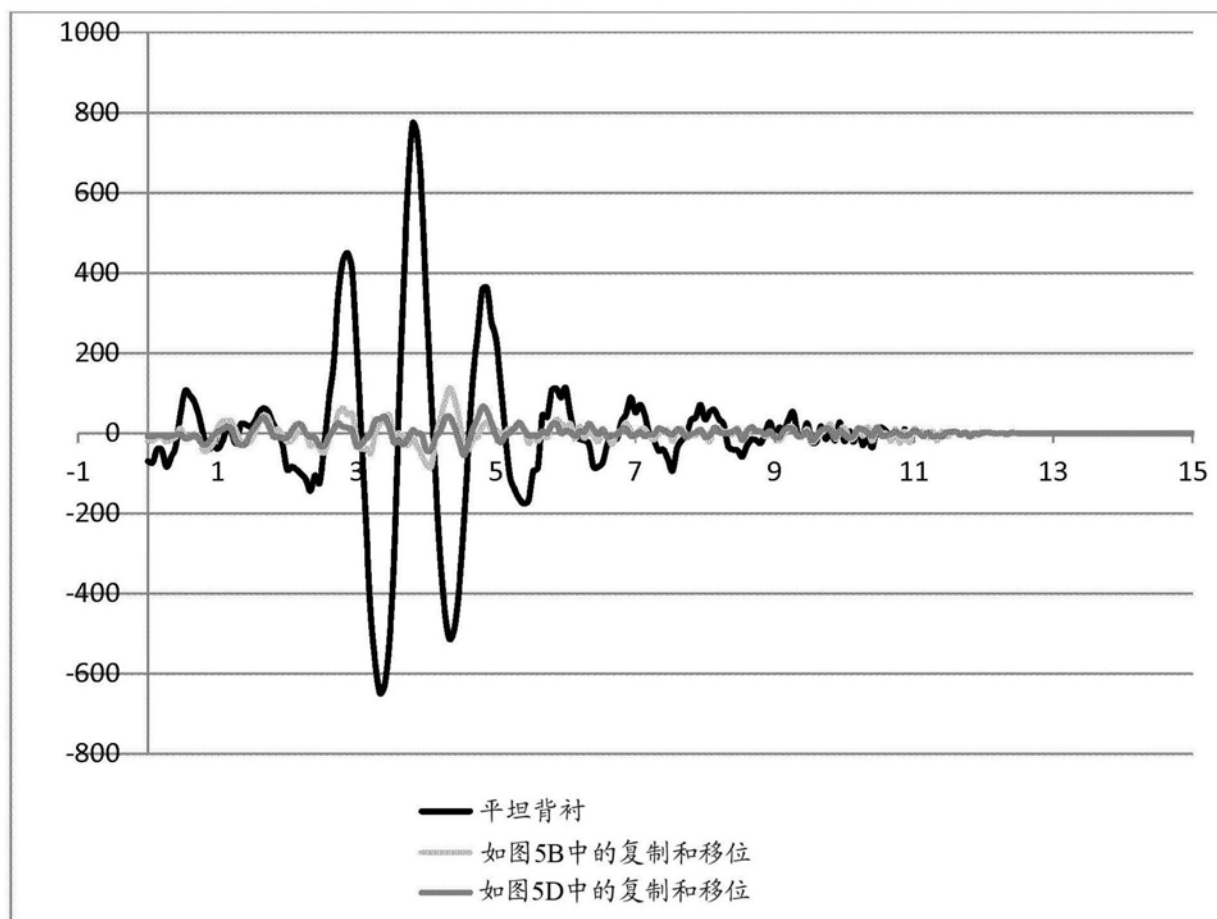


图7B

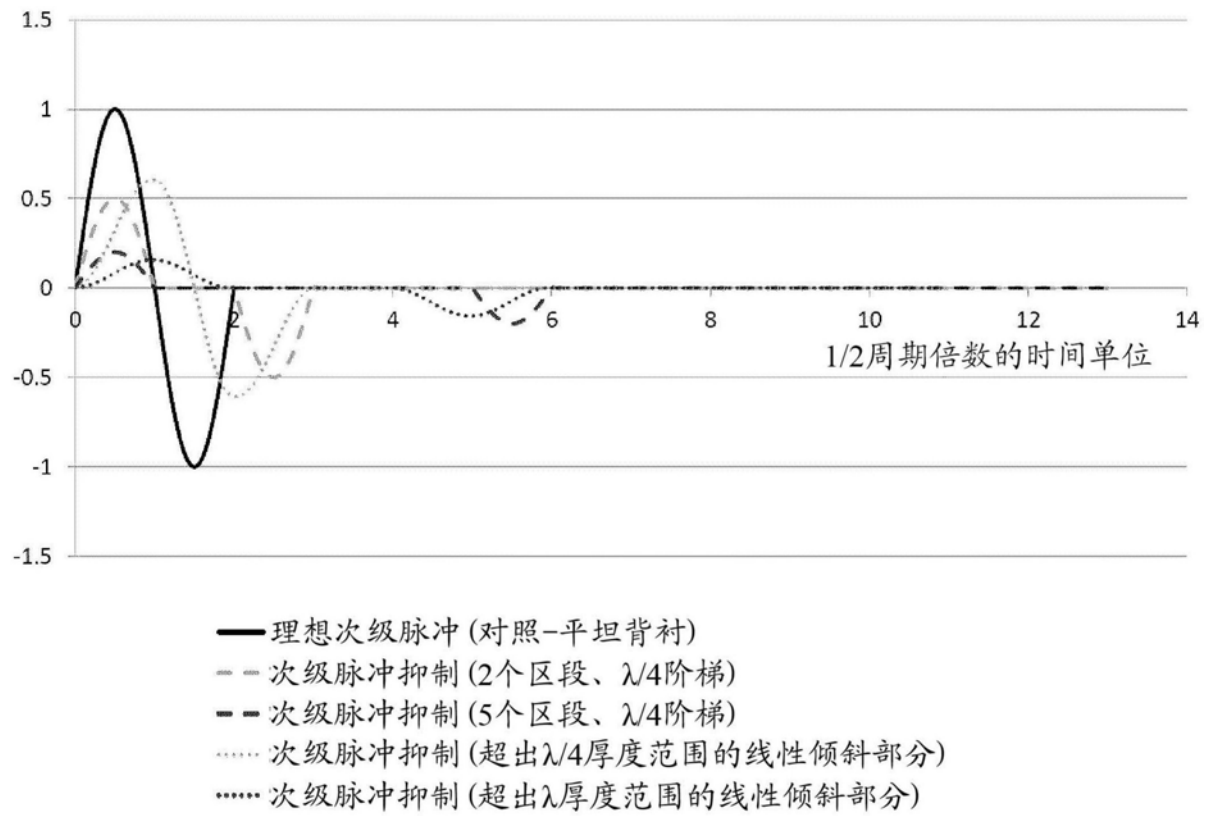


图8

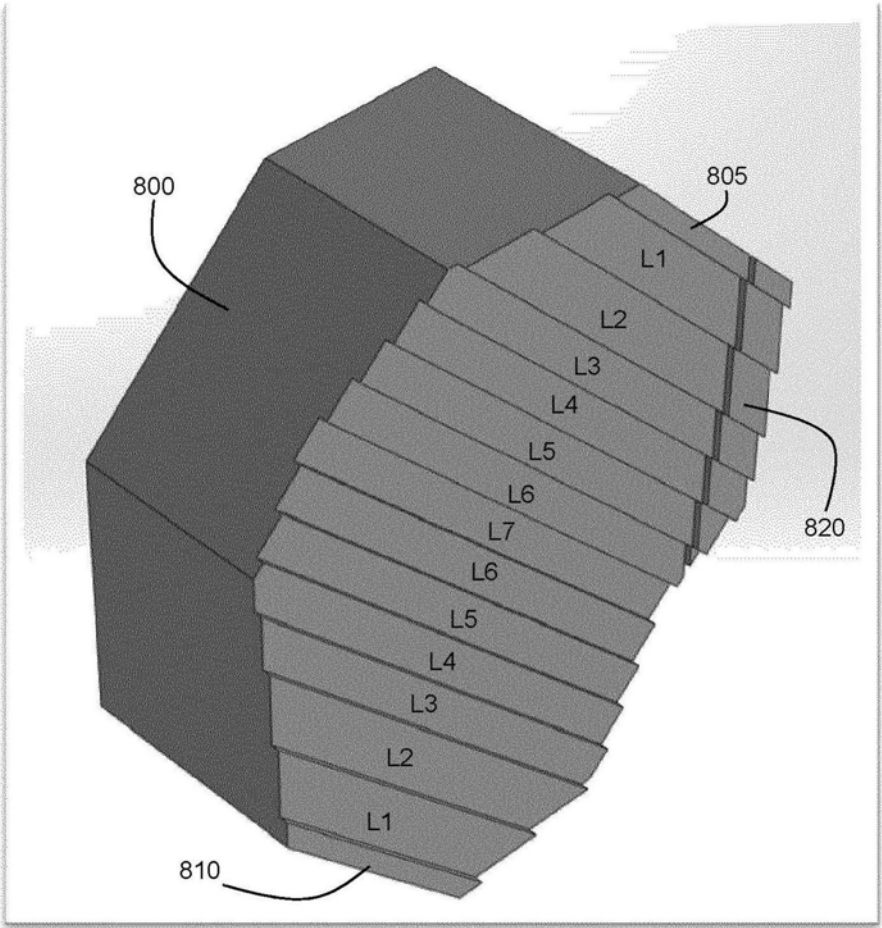


图9

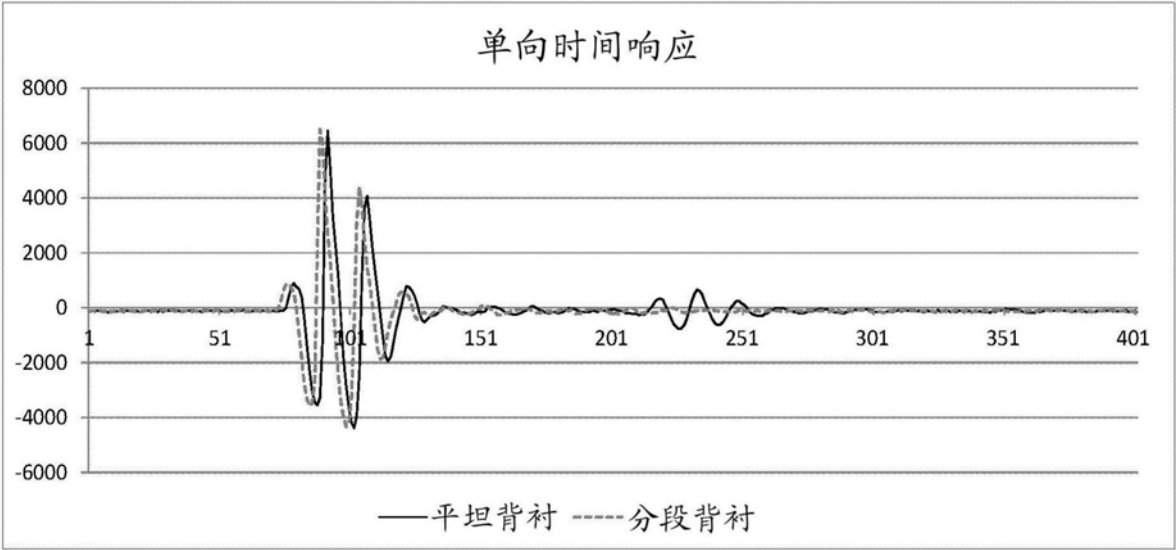


图10A

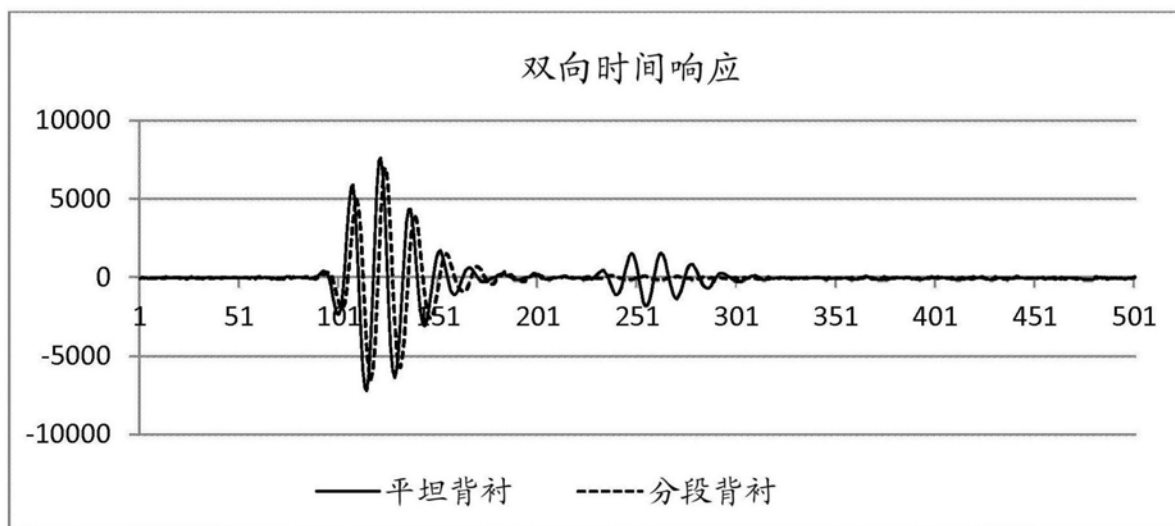


图10B

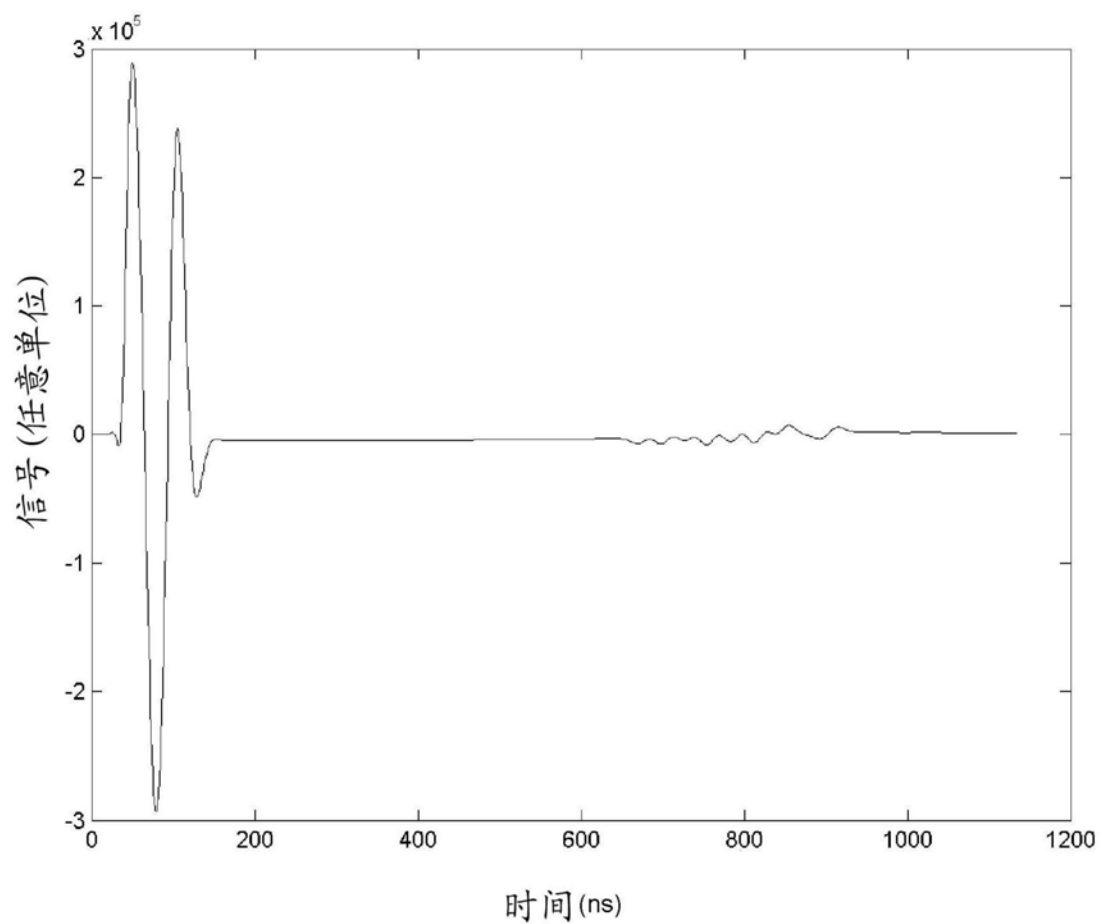


图11

|                |                                                                                     |         |            |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------|
| 专利名称(译)        | 包括具有空间分段表面的背衬的超声换能器                                                                 |         |            |
| 公开(公告)号        | <a href="#">CN105793674B</a>                                                        | 公开(公告)日 | 2019-05-28 |
| 申请号            | CN201480063198.6                                                                    | 申请日     | 2014-11-21 |
| [标]申请(专利权)人(译) | 新宁医院                                                                                |         |            |
| 申请(专利权)人(译)    | 新宁医院                                                                                |         |            |
| 当前申请(专利权)人(译)  | 新宁医院                                                                                |         |            |
| [标]发明人         | 马克卢卡奇<br>布赖恩科特尼<br>切尔西蒙丁                                                            |         |            |
| 发明人            | 马克·卢卡奇<br>布赖恩·科特尼<br>切尔西·蒙丁                                                         |         |            |
| IPC分类号         | G01D5/48 A61B8/12 G01S7/52                                                          |         |            |
| CPC分类号         | A61B8/12 A61B8/4483 B06B1/0685 G01D5/48 G01S15/8909 G10K11/002 B06B1/0622 G01N29/36 |         |            |
| 代理人(译)         | 王艳春                                                                                 |         |            |
| 审查员(译)         | 陈珊                                                                                  |         |            |
| 优先权            | 61/907765 2013-11-22 US                                                             |         |            |
| 其他公开文献         | CN105793674A                                                                        |         |            |
| 外部链接           | <a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>                                      |         |            |

#### 摘要(译)

提供用于抑制具有背衬的超声换能器内混响的方法和装置，由此背衬可仅通过声吸收和散射不充分地使声能衰减。背衬表面的至少一部分被分段成由表面区段限定的多个水平面。水平面可在空间上偏移以使得来自分段表面的声反射在时间上延展，从而减少内反射波在其与压电层相互作用时的净振幅。邻近(相邻)水平面可在空间上偏移纵向距离，以使得从邻近水平面反射的声波发生破坏性干涉，其中该纵向距离近似等于换能器的四分之一操作波长的奇数倍。描述了分段表面的各种示例性配置，并且提供用于选择分段表面的轮廓的方法。

