



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101836869 B

(45) 授权公告日 2015.06.17

(21) 申请号 201010149607.8

CN 101068499 A, 2007.11.07,

(22) 申请日 2010.03.18

CN 101081169 A, 2007.12.05,

(30) 优先权数据

CN 1755357 A, 2006.04.05,

12/406731 2009.03.18 US

CN 101006931 A, 2007.08.01,

CN 1458808 A, 2003.11.26,

(73) 专利权人 通用电气公司

审查员 李明泽

地址 美国纽约州

(72) 发明人 S·G·卡利斯蒂 F·兰特里

L·史密斯 C·鲍姆加特纳

J·-F·热利

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 柯广华 徐予红

(51) Int. Cl.

A61B 8/00(2006.01)

(56) 对比文件

US 2009/0219108 A1, 2009.09.03,

US 2003/0032884 A1, 2003.02.13,

US 2007/0205698 A1, 2007.09.06,

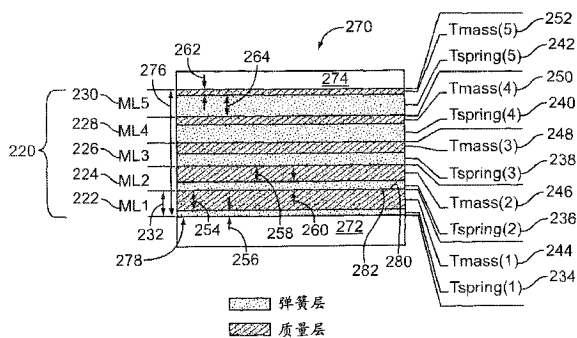
权利要求书2页 说明书12页 附图9页

(54) 发明名称

超声波探头的多层阻抗匹配结构

(57) 摘要

一种用于超声波探头(106)的声学叠层(270),包括具有顶侧和底侧的压电层(272)以及形成匹配层结构(220)的多个匹配层段(222,224,226,228,230)。匹配层段(222-230)中的每个包括包含第一材料的弹簧层(234,236,238,240,242)以及包含与第一材料不同的第二材料的质量层(244,246,248,250,252)。位于最接近压电层(272)的匹配层段(222)中的弹簧层(234)比其它匹配层段(224-230)中的弹簧层(236-242)薄。



1. 一种用于超声波探头 (106) 的声学叠层 (270), 包括:  
具有顶侧和底侧的压电层 (272); 以及  
形成匹配层结构 (220) 的多个匹配层段 (222, 224, 226, 228, 230), 所述匹配层段 (222-230) 中的每个匹配层段包括:  
由第一材料构成的弹簧层 (234, 236, 238, 240, 242); 以及  
由与所述第一材料不同的第二材料构成的质量层 (244, 246, 248, 250, 252), 其中, 位于最接近所述压电层 (272) 的匹配层段 (222) 中的弹簧层 (234) 比其它匹配层段 (224-230) 中的弹簧层 (236-242) 薄, 位于最接近所述压电层 (272) 的匹配层段 (222) 中的质量层 (244) 比其它匹配层段 (224-230) 中的质量层 (246-252) 厚;  
其中, 所述第一材料是低损耗和低密度材料并且具有低于 1.5 兆瑞利的声阻抗, 所述第二材料是高密度材料并且具有更接近 30 兆瑞利的声阻抗。
2. 如权利要求 1 所述的声学叠层 (270), 其中, 所述位于最接近所述压电层 (272) 的匹配层段 (222) 包括比离所述压电层 (272) 最远的匹配层段 (230) 的声阻抗大的声阻抗。
3. 如权利要求 1 所述的声学叠层 (270), 其中, 所述第一材料具有比所述第二材料低的密度。
4. 如权利要求 1 所述的声学叠层 (270), 还包括: 四分之一波长匹配层段 (404), 位于所述压电层 (272) 与所述匹配层结构 (220) 之间和所述匹配层结构 (220) 与透镜 (274) 之间中之一; 所述透镜形成在所述声学叠层的匹配层结构上。
5. 如权利要求 1 所述的声学叠层 (270), 其中, 在所述匹配层段 (222-230) 中所述弹簧层 (234-242) 的厚度 (256) 随所述匹配层段 (222-230) 与所述压电层 (272) 的距离增加而增加, 并且在所述匹配层段 (222-230) 中所述质量层 (244-252) 的厚度 (254) 随所述匹配层段 (222-230) 与所述压电层 (272) 的距离增加而减小。
6. 一种用于形成超声波探头 (106) 的声学叠层 (270) 的匹配层结构 (220) 的方法, 所述方法包括:  
形成第一匹配层段 (222), 所述第一匹配层段 (222) 包括在所述第一匹配层段 (222) 的底侧 (278) 的弹簧层 (234) 和在所述第一匹配层段 (222) 的顶侧 (282) 的质量层 (244), 所述第一匹配层段 (222) 的所述底侧 (278) 配置成附连到压电层 (272) 和四分之一波长匹配层 (404) 中之一, 在所述第一匹配层段 (222) 的底侧 (278) 的所述弹簧层 (234) 由弹簧材料构成, 而在所述第一匹配层段 (222) 的顶侧 (282) 的所述质量层 (244) 由阻抗高于所述弹簧材料的质量材料构成; 以及  
形成至少一个附加匹配层段, 所述至少一个附加匹配层段包括第一附加匹配层段 (224), 所述第一附加匹配层段 (224) 包括在所述第一附加匹配层段 (224) 的底侧 (280) 的弹簧层 (236) 和在所述第一附加匹配层段 (224) 的顶侧的质量层 (246), 所述第一附加匹配层段 (224) 的所述底侧 (280) 配置成附连到所述第一匹配层段 (222) 的所述顶侧 (282), 在所述第一附加匹配层段 (224) 的底侧 (280) 的所述弹簧层 (236) 由所述弹簧材料构成, 而在所述第一附加匹配层段 (224) 的顶侧的所述质量层 (246) 由所述质量材料构成;  
其中, 所述弹簧材料是低损耗和低密度材料并且具有低于 1.5 兆瑞利的声阻抗, 所述质量材料是高密度材料并且具有更接近 30 兆瑞利的声阻抗。
7. 如权利要求 6 所述的方法, 还包括:

确定 (376) 所述第一匹配层段 (222) 和所述至少一个附加匹配层段的声阻抗 ; 以及根据所述声阻抗和所述质量材料的波长和声阻抗及所述弹簧材料的声阻抗, 确定 (378) 所述质量层 (244, 246) 的厚度 (254, 258)。

8. 如权利要求 6 所述的方法, 还包括 :

确定 (376) 所述第一匹配层段 (222) 和所述至少一个附加匹配层段的声阻抗 ; 以及根据所述声阻抗和所述弹簧材料的波长和声阻抗, 确定 (378) 所述弹簧层 (234, 236) 的厚度 (256, 260)。

9. 如权利要求 6 所述的方法, 其中所述弹簧材料具有声阻抗, 并且其中所述质量材料具有声阻抗和材料波长, 所述方法还包括根据目标声阻抗、所述质量材料材料波长、所述质量材料的声阻抗和所述弹簧材料的声阻抗确定 (378) 所述质量层 (244, 246) 的厚度。

10. 如权利要求 6 所述的方法, 其中, 所述弹簧材料具有声阻抗和材料波长, 所述方法还包括根据目标声阻抗、所述弹簧材料材料波长和所述弹簧材料的声阻抗确定 (378) 所述弹簧层 (234, 236) 的厚度 (256, 260)。

## 超声波探头的多层阻抗匹配结构

### 技术领域

[0001] 一般来说,本文所公开的主题涉及超声波探头 (ultrasound probe),更具体来说,涉及超声波探头中的声学叠层 (acoustical stack)。

### 背景技术

[0002] 超声波探头通常具有许多各自与探头的成像元件对应的声学叠层。各声学叠层具有以堆叠配置附连在一起的若干层。叠层中的压电层由具有高阻抗的压电材料、例如压电陶瓷形成。

[0003] 匹配 (matching) 层设置在压电层的顶侧,以便在具有高阻抗的压电层与探头中具有低阻抗的外部或透镜之间变换声阻抗。低阻抗可基于待扫描的水、人体或者其它对象的声阻抗。许多探头包括基于四分之一波长匹配的两个匹配层,其中每个匹配层大约四分之一波长厚。各四分之一波长匹配层用于变换有限宽带中的阻抗。使用两个四分之一波长匹配层将带宽范围限制在 80% 与 90% 之间。为了在较大带宽中实现阻抗匹配,需要较大数量的四分之一波长匹配层。但是,增加四分之一波长匹配层的数量极大地增加叠层的厚度,并且增加信号衰减。另外,堆叠材料变得越来越难以切割,并且可能难以在仍然控制预期几何形状和阻抗的同时找到用于每个四分之一波长匹配层的适当材料。

[0004] 另外,已经提出使用具有连续变化阻抗的材料的梯度或分级 (graded) 匹配层或者具有不同声阻抗的多种不同材料的多个层来代替离散的四分之一波长匹配层。但是,这些分级匹配层配置要求匹配层的总厚度过厚。仅当分级匹配层的厚度在至少一个或两个波长的范围之内时,才实现良好的匹配特性。在这种厚度,发生超声波信号的强衰减。切割操作因层的厚度而非常困难,因为切割对于较厚层是困难的,而对于薄的层则不是,并且要求高的刀片曝露量。但是,如果分级匹配层的厚度小于一个波长,则将产生带宽中的不良匹配或鸣振 (ringing)。

### 发明内容

[0005] 在一个实施例中,用于超声波探头的声学叠层包括具有顶侧和底侧的压电层以及形成匹配层结构的多个匹配层段 (section)。每个匹配层段包括包含第一材料的弹簧 (spring) 层以及包含与第一材料不同的第二材料的质量 (mass) 层。位于最接近压电层的匹配层段中的弹簧层比其它匹配层段中的弹簧层薄。

[0006] 在另一个实施例中,一种用于形成超声波探头的声学叠层的匹配层结构的方法,包括形成第一匹配层段,所述第一匹配层段包括在第一匹配层段的底侧的弹簧层以及在第一匹配层段的顶侧的质量层。第一匹配层段的底侧配置成附连到压电层和四分之一波长匹配层中之一。弹簧层包括弹簧材料,并且质量层包括阻抗高于弹簧材料的质量材料。形成至少一个附加匹配层段,所述附加匹配层段包括在附加匹配层段的底侧的弹簧层以及在附加匹配层段的顶侧的质量层。附加匹配层段的底侧配置成附连到第一匹配层段的顶侧。弹簧层包括弹簧材料,且质量层包括质量材料。

[0007] 在又一个实施例中,一种用于形成超声波探头的声学叠层的匹配层结构的方法,包括:通过形成包括弹簧材料的弹簧层并且在弹簧层上形成包括质量材料的质量层,形成第一匹配层段。质量材料具有高于弹簧材料的密度。通过形成与包括质量材料的质量层交替的、包括弹簧材料的弹簧层,在第一匹配层段之上形成 N 个匹配层段。

### 附图说明

[0008] 图 1 示出根据本发明的一个实施例形成的超声波系统。

[0009] 图 2 示出根据本发明的一个实施例形成的具有三维 (3D) 能力的小型化超声波系统。

[0010] 图 3 示出根据本发明的一个实施例形成的移动超声波成像系统。

[0011] 图 4 示出根据本发明的一个实施例形成的手携式或袖珍超声波成像系统。

[0012] 图 5 示出根据本发明的一个实施例形成的用于超声波探头的匹配层结构。

[0013] 图 6 示出根据本发明的一个实施例形成的用于四分之一波长传输线的集总电路 (lumped circuit),其提供构建图 5 的匹配层结构所用的匹配层段的机械性质的电等效。

[0014] 图 7-10 示出根据本发明的一个实施例、基于图 5 的匹配层结构的带宽性能的声学模拟。

[0015] 图 11 示出根据本发明的一个实施例、用于确定要包含在探头的匹配层结构中的匹配层段的数量的方法。

[0016] 图 12 示出包括根据本发明的一个实施例形成的匹配层结构和四分之一波长匹配层的声学叠层。

### 具体实施方式

[0017] 上述发明内容以及下面对本发明的某些实施例的详细描述在结合附图阅读时将会被更好地理解。在附图示出各个实施例的功能块的简图的意义,这些功能块不一定指示硬件电路之间的划分。因此,例如,这些功能块中的一个或多个(例如处理器或存储器)可在单片硬件(例如,通用信号处理器或随机存取存储器、硬盘等)中实现。类似地,程序可以是独立程序,可以作为子例程合并到操作系统中,可以是已安装软件包中的功能,等。应当理解,各个实施例不限于附图所示的布置和工具。

[0018] 本文所使用的、以单数形式所述并且冠有词“一个”或“一种”的要素或步骤应该被理解为不排除多个所述要素或步骤的情况,除非明确说明了这种排除情况。此外,本发明中对“一个实施例”的引用不是意在解释为排除同样结合了所述特征的其它实施例的存在。此外,除非相反的确切说明,否则,“包括”或“具有”带特定性质的要素或多个要素的实施例可包括别的没有那种性质的这类要素。

[0019] 图 1 示出包括发射器 102 的超声波系统 100,发射器 102 驱动探头 106 中的元件(例如压电元件)阵列 104,以便将脉冲超声波信号发射到体内。探头 106 可包括匹配层结构(如图 5 和图 12 所示)。元件 104 例如可设置成一维或二维。可使用各种几何形状。系统 100 可具有用于容纳探头 106 的探头端口 120,或者探头 106 可硬连线到系统 100。

[0020] 超声波信号从人体的结构、如脂肪组织或肌肉组织背散射 (back-scatter),以便产生返回到元件 104 的回波。回波由接收器 108 接收。所接收的回波经过波束形成器 110,

所述波束形成器 110 执行波束形成并且输出射频 (RF) 信号。然后,RF 信号经过 RF 处理器 112。备选地,RF 处理器 112 可包括复合解调器(未示出),所述复合解调器对 RF 信号进行解调以便形成表示回波信号的同相和正交(in-phase and quadrature:IQ)数据对。然后,RF 或 IQ 信号数据可被直接路由到存储器 114 以供存储。

[0021] 超声波系统 100 还包括处理器模块 116,以便处理所获超声波信息(例如 RF 信号数据或 IQ 数据对),并且准备超声波信息帧以供在显示器 118 上的显示。处理器模块 116 适合对所获超声波信息按照多个可选超声波形态(modality)执行一个或多个处理操作。所获超声波信息可在接收回波信号时在扫描会话期间实时处理和显示。作为补充或替代,超声波信息可在扫描会话期间暂存在存储器 114 或存储器 122 中,然后以离线操作进行处理和显示。

[0022] 用户接口 124 可用于向系统 100 输入数据、调整设定以及控制处理器模块 116 的操作。用户接口 124 可具有键盘、轨迹球和/或鼠标以及多个旋钮、开关或例如触摸屏的其它输入装置。显示器 118 包括向用户呈现包括诊断超声波图像的患者信息以供诊断和分析的一个或多个监视器。存储器 114 和存储器 122 中的一个或两个可存储超声波数据的二维(2D)和/或三维(3D)数据集,其中存取(access)这类数据集以便呈现 2D 和 3D 图像。还可随时间获取和存储多个连续 3D 数据集,例如以便提供实时 3D 或四维(4D)显示。通过使用用户接口 124,可修改图像并且也手动调整显示器 118 的显示设定。

[0023] 图 2 示出具有 3D 能力的小型化超声波系统 130,它具有可包括匹配层结构的探头 132。探头 132 可配置成获取 3D 超声波数据。例如,探头 132 可具有先前针对图 1 的探头 106 所述的换能器元件的 2D 阵列 104。提供(也可包括集成显示器 136 的)用户接口 134,以接收来自操作人员的命令。

[0024] 本文所使用的“小型化”表示超声波系统 130 是手持或手携式装置,或者配置成用人手、口袋、公文包大小的小箱或背包来携带。例如,超声波系统 130 可以是具有典型膝上型计算机大小-例如具有大约 2.5 英寸厚、大约 14 英寸宽及大约 12 英寸高的尺寸的手携式装置。超声波系统 130 可重大约 10 磅,因而易于操作人员携带。还提供集成显示器 136(例如内部显示器),并且将它配置成显示医疗图像。

[0025] 超声波数据可经由有线或无线网络 140(或者直接连接,例如经由串行或并行电缆或 USB 端口)发送到外部装置 138。在一些实施例中,外部装置 138 可以是具有显示器的计算机或者工作站。备选地,外部装置 138 可以是能够从手携式超声波系统 130 接收图像数据并且能够显示或打印图像的独立外部显示器或者打印机,其可具有比集成显示器 136 高的分辨率。应当注意,各个实施例可结合具有不同尺寸、重量和功耗的小型化超声波系统来实现。

[0026] 图 3 示出设置在活动底座 146 上的移动超声波成像系统 144。超声波成像系统 144 又可称作基于推车的系统。提供显示器 142 和用户接口 148,并且应当理解,显示器 142 可独立于用户接口 148 或者可与其分离。系统 144 具有至少一个探头端口 150,用于接纳可包括匹配层结构的探头(未示出)。

[0027] 可选地,用户接口 148 可以是触摸屏,从而允许操作人员通过触摸所显示的图形、图标等选择选项。用户接口 148 还包括控制按钮 152,所述控制按钮可用于根据预期或需要和/或按照通常所提供来控制超声波成像系统 144。用户接口 148 提供多个接口选项,用户

可物理操作所述接口选项以便与可被显示的超声波数据和其它数据进行交互,以及输入信息并设置与改变扫描参数。接口选项可用于特定输入、可编程输入、文本输入等。例如可提供键盘 154 和轨迹球 156。

[0028] 图 4 示出手携式或袖珍超声波成像系统 170,其中显示器 172 和用户接口 174 形成单个单元。作为示例,袖珍超声波成像系统 170 可以是大约 2 英寸宽、大约 4 英寸长且大约 0.5 英寸厚及重量小于 3 盎司。显示器 172 可以是例如 320×320 像素彩色 LCD 显示器(在其上可显示医疗图像 176)。可选地,按钮 182 的打字机式键盘 180 可以包含在用户接口 174 中。可包括匹配层结构的探头 178 与系统 170 互连。

[0029] 可按照系统操作模式各自给多功能控件(control)184 分配功能。因此,多功能控件 184 中的每个可配置成提供多个不同动作。必要时,与多功能控件 184 关联的标签显示区域 186 可包含在显示器 172 上。系统 170 可具有用于特殊功能的附加按键和/或控件 188,所述特殊功能可包括但不限于“冻结(freeze)”、“深度控制”、“增益控制”、“彩色模式”、“打印”和“存储”。

[0030] 本文所述的匹配层结构可在超声波探头 106 的声学叠层中用来取代四分之一波长匹配层或分级匹配层中至少之一。至少一个实施例的技术效果在于,基于集总机械匹配电路(在本文中又称作集总电路)的机械等效可用于近似通过匹配层结构实现的分级阻抗锥度(taper)。集总机械匹配电路的实际实现使用具有所选机械性质的薄材料层的组合来形成。具有不同机械性质的层的组件将模仿等效质量和弹簧振荡器。

[0031] 匹配层结构包括至少两个在本文中称作匹配层段的匹配层等效段。每个匹配层段包括可在层中形成的至少两种材料。这两种材料根据材料的机械性质来选取。例如,所述材料中之一,在本文中称作弹簧材料,是较低损耗和低密度材料,例如诸如环氧树脂基负性光致抗蚀剂(epoxy-based negative photoresist)SU8™或者聚酰亚胺材料(polyimide material)Kapton™的聚合物或薄膜,并且可具有低于 1.5 兆瑞利(MegaRayl;MR)的声阻抗。另一种材料,在本文中称作质量材料,是较高密度材料,例如钨、铜或其它金属,并且可具有更接近 30MR 的声阻抗。应当理解,可使用其它材料。每个匹配层段具有远小于四分之一波长、例如大约 50 微米( $\mu\text{m}$ )的厚度,但也预期其它厚度。

[0032] 匹配层段通过调整每个匹配层段中每种材料的量或百分比来形成。例如,具有最高阻抗的匹配层段具有质量材料的最高百分比和弹簧材料的最低百分比,而具有最低阻抗的层具有质量材料的最低百分比和弹簧材料的最高百分比。具有最高阻抗的匹配层段在叠层中定位成最接近压电层,而具有最低阻抗的匹配层段定位成当与较低阻抗介质匹配时最接近透镜。

[0033] 图 5 示出具有 5 个等效匹配层段的匹配层结构 220。应当理解,可使用其它数量的匹配层段。这些匹配层段可称作第一匹配层段(ML1)222、第二匹配层段(ML2)224、第三匹配层段(ML3)226、第四匹配层段(ML4)228 和第五匹配层段(ML5)230。匹配层结构 220 具有厚度 276,并且包含在至少具有压电层 272 的声学叠层 270 中。可在叠层 270 上形成透镜 274。虽然未示出,但在叠层 270 中可包含附加层,例如解匹配(dematching)层段、支持(backing)块、如四分之一波长层的附加匹配层等。

[0034] 匹配层段 222-230 中的每个具有包括质量材料和弹簧材料二者的厚度 232。在一个实施例中,匹配层段 222-230 中的每个可具有相同厚度 232。在另一个实施例中,匹配层

段 222-230 的厚度 232 可变。应当注意,仅为了便于说明示出匹配层段 222-230 的厚度,而不是相对于压电层 272 和透镜 274 的厚度进行缩放。

[0035] 匹配层段 222-230 中的每个包括质量层和弹簧层。在一些实施例中,匹配层段 222-230 中的一个或多个可以仅包括质量层或者仅包括弹簧层。术语“弹簧层”表示具有厚度和特定阻抗的材料层,它在附连到质量层时使层机械阻抗作用主要就像弹簧。术语“质量层”表示具有厚度和特定阻抗的材料层,它在附连到弹簧层时使层机械阻抗作用就像质量。第一匹配层段 222 包括弹簧层 234 和质量层 244。第二匹配层段 224 包括弹簧层 236 和质量层 246。第三匹配层段 226 包括弹簧层 238 和质量层 248。第四匹配层段 228 包括弹簧层 240 和质量层 250。第五匹配层段 230 包括弹簧层 242 和质量层 252。弹簧层 234-242 和质量层 244-252 中的每个具有厚度(后面进一步论述),但是在一些实施例中,弹簧层和质量层中每个的厚度在匹配层段 222-230 可根据制造工艺略微改变。

[0036] 可改变匹配层段 222-230 中每个的质量材料与弹簧材料的比率或百分比,以便实现声阻抗沿传输线的预期变化。例如采用导电胶、粘合剂或其它材料将第一匹配层段 222 的底侧 278 附连到压电层 272。为了匹配压电层 272 的声阻抗,第一匹配层段 222 具有匹配层段 222-230 中任一个的最高阻抗。为了实现最高阻抗,与其它匹配层段 222-230 相比,第一匹配层段 222 具有质量材料的最大百分比或比例。因此,一般来说,对于实际材料,质量层 244 的厚度 254 大于其它匹配层段 224-230 中任一个的质量层 246-252 的厚度,并且一般来说,对于实际材料,在与阻抗低于压电层 272 的例如水或透镜 274 的介质匹配时,弹簧层 234 的厚度 256 比其它匹配层段 224-230 中任一个的弹簧层 236-242 的厚度薄。

[0037] 第二匹配层段 224 的底侧 280 附连到第一匹配层段 222 的顶侧 282。第二匹配层段 224 的声阻抗小于第一匹配层段 222 的阻抗。为了实现更低的声阻抗,将比第一匹配层段 222 中更少的质量材料加入第二匹配层段 224 中。因此,质量层 246 的厚度 258 比质量层 244 的厚度 254 薄。另外,弹簧层 236 的厚度 260 大于弹簧层 234 的厚度 256。在整个匹配层结构 220 重复这种模式,以使第五匹配层段 230 具有匹配层段 222-230 中任一个的最低声阻抗。为了实现最低声阻抗,与所有其它匹配层段 222-230 相比,将最少量的质量材料加入第五匹配层段 230。因此,质量层 252 的厚度 262 比其它质量层 244-250 中任一个薄,且弹簧层 242 的厚度 264 比其它弹簧层 234-240 中任一个厚。换言之,弹簧层 234-242 在距压电层 272 的距离增加时可具有连续增加的厚度,而质量层 244-252 在距压电层 272 的距离增加时可具有连续降低的厚度。在另一个实施例中,厚度的变化可以不连续,也就是说,一个或多个弹簧层 234-242 可具有与另一弹簧层 234-242 相同的厚度,并且一个或多个质量层 244-252 可具有与另一质量层 244-252 相同的厚度。在又一个实施例中,质量层或弹簧层中之一的厚度可保持恒定,同时减小或增加另一层的厚度。

[0038] 图 6 示出用于四分之一波长传输线的集总电路 200,其提供构建图 5 的匹配层结构 220 所用的匹配层段 222-230 的机械性质的电等效。换言之,集总电路 200 中的电组件(例如电感器、电容器等)可用于估计弹簧层材料和质量层材料的声学性质。因此,集总电路 200 示出弹簧层 234-242 和质量层 244-252 的关联。在这个示例中,集总电路 200 对应于匹配层结构 220 中的一个匹配层段 222-230。匹配层段 222-230 中的每个由单独的集总电路 200 表示。集总电路 200 具有三个电感器 202、204、206 和两个电容器 208、210。在另一个实施例中,在电路 200 的最简单形式下,可使用单个电感器和单个电容器;而在其它实

施例中,可使用不同数量的电感器和电容器。弹簧层 234-242 可用电容器 208 和 210 的电容表征,而质量层 244-252 可用电感器 202-206 的电感表征。

[0039] 图 6 所示的示例模拟三个质量层(电感器)和两个弹簧层(电容器),以便模仿四分之一波长层功能,但是应当理解,这个功能可根据至少预期相对带宽用其它配置来实现。在如上所述的最简单配置中,可使用单个电感器和单个电容器。图 6 可用于示出对匹配层段的结构的物理解释。一般解决方案还可通过经典 LC 梯式(ladder)滤波器理论来分析。

[0040] 在等式 1 和等式 2 中提供构建匹配层段 222-230 所用的质量层和弹簧层的机械性质的电等效。

$$[0041] \quad LS := \frac{ZL \cdot 4}{\omega_r \cdot \pi^2} \quad (1)$$

$$[0042] \quad CP := \frac{1}{ZL \cdot \omega_r \cdot \sqrt{2}} \quad (2)$$

[0043] 因此,集总电路 200 示例的电感(LS)和电容(CP)的值基于匹配层段 222-230 的线路阻抗(ZL)(例如声阻抗)以及探头 106 的中心频率的谐振频率  $\omega_r$ 。四分之一波长效应通过(LS+CP)和(2×LS+CP)单元的串行关联来实现。ZL 可以是所选或预定阻抗值或者按照下文进一步所述来计算。

[0044] 质量层和弹簧层的电等效的组合提供对匹配层段 222-230 中之一建模的特性。对匹配层段 222-230 中的每个,重复等式 1 和等式 2 以计算 LS 和 CP,其中匹配层段 222-230 中的每个具有不同的 ZL。如前面所述,ZL 随着在离开压电层 272 的方向的各匹配层段 222-230 而减小。因此,具有适当组件的至少两个电路 200 可相互级联,以便实现谐振频率  $\omega_r$  周围的大带宽匹配。各匹配层段 222-230 的 LS 和 CP 值可用于又称作 Mason 模型的所建议声学叠层 270 的电模拟,从而允许电元件与声学结构匹配。

[0045] 图 7-10 示出基于叠层 270 中匹配层结构 220 的带宽性能的声学模拟。当计算模拟时,匹配层段 222-230 的厚度 276 可基于没有材料性质优化的经典 Mason 模型,也就是说,没有考虑匹配层段 222-230 中的衍射定律和透镜衰减。声学模拟 300、302、330 和 332 可使用分别用等式 1 和等式 2 计算的电感和电容值来计算。

[0046] 在设计探头 106 时,可模拟叠层结构,以使可识别满足探头规范所需的最少数量的匹配层段 222-230。较少的匹配层段带来更小的厚度 276,这改进衰减。可被指定的一个参数是在 -6 分贝(dB)和 -20dB 的预期带宽。还可考虑其它参数。

[0047] 图 7 和图 8 分别示出根据在叠层 270 中合并有匹配层结构 220 的探头 106 所计算的探头传递函数的声学模拟 300 和 302。图 7 中,使用具有 500  $\mu\text{m}$  的总厚度 276 的 10 个匹配层段 222-230。图 8 中,使用具有 250  $\mu\text{m}$  的总厚度 276 的 5 个匹配层段 222-230。模拟基于 3 兆赫兹(MHz)中心频率阵列。

[0048] 图 7 示出简单或单向传输线 304 和双向传输线 306。图 8 示出单向传输线 316 和双向传输线 318。双向传输线 306 和 318 显示因超声波信号传播通过叠层 270 两次(例如发射和接收信号)而引起的带宽的减小。换言之,当考虑发射和接收信号时,总体衰减更大。由于图 7 中存在更多匹配层段,所以线路 304 和 306 与线路 316 和 318 相比在带宽上具有更大纹波。在一个实施例中,可通过使用例如梯式滤波器合成算法微调层性质来减小纹波幅度。带宽可在例如双向传输线 306 与 318 之间进行比较,以便确定具有 5 个匹配层

段的匹配层结构是否提供预期性能。附加模拟可使用少于 5 个匹配层段或者在 5 与 10 个匹配层段之间的任何数量的匹配层段来进行。另外,还预期具有多于 10 个匹配层段的匹配层结构 220。在一些实施例中,可进行模拟以便识别将满足探头规范的匹配层段 222-230 的最少数量。

[0049] 类似地,图 9 和图 10 分别示出根据在叠层 270 中合并有匹配层结构 220 的探头 106 所计算的探头传递函数的声学模拟 330 和 332。模拟 330 和 332 基于 8MHz 中心频率阵列。图 9 中,使用具有 500  $\mu\text{m}$  的总厚度 276 的 10 个匹配层段 222-230。图 10 中,使用具有 250  $\mu\text{m}$  的总厚度 276 的 5 个匹配层段 222-230。

[0050] 图 9 示出单向传输线 334 和双向传输线 336。图 10 示出单向传输线 346 和双向传输线 348。可再次比较两个模拟 330 与 332 之间的带宽性能,以便识别满足探头规范的匹配层段 222-230 的最少数量。

[0051] 通过将作为单个四分之一波长匹配层的等效的双层结构(例如匹配层段 222-230 中之一)中的重型材料(质量)与弹性材料(弹簧)的关联,实现将传输线参数转换成机械性质,即质量-弹簧振荡模式而不是如等式 1 和等式 2 中的诸如电感和电容的纯粹电传输线参数。双层结构的目标声阻抗 ZL 与这两个层中每层的有效机械厚度之间的关系使用等式 3 和等式 4 来确定。

$$[0052] \quad T_{\text{mass}}(n) := \frac{\lambda_m}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{ZL \cdot \left( 1 - \frac{z_s^2}{ZL^2} \right)}{z_m} \quad (3)$$

$$[0053] \quad T_{\text{spring}}(n) := \frac{\lambda_s}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{z_s}{ZL} \quad (4)$$

[0054] 等式 3 给出作为匹配层阻抗 (ZL)、重型或质量 (m) 材料性质和弹簧 (s) 材料性质-即质量材料的波长 ( $\lambda_m$ )、质量材料的声阻抗 ( $z_m$ ) 和弹簧材料的声阻抗 ( $z_s$ ) 的函数的质量层厚度 ( $T_{\text{mass}}$ )。等式 4 给出作为匹配层阻抗 (ZL) 和弹簧 (s) 材料性质、即弹簧材料的波长 ( $\lambda_s$ ) 和弹簧材料的声阻抗 ( $z_s$ ) 的函数的弹簧层厚度 ( $T_{\text{spring}}$ )。通过改变匹配层阻抗,等式 (3) 和等式 4 可用于描述匹配层段 222-230 中的每个。

[0055] 图 11 示出一种用于确定要包含在探头 106 中匹配层结构 220 内的匹配层段 222-230 的数量的方法。在 370,确定探头 106 的几何形状以及目标或预期性能。例如,选择中心频率。另外还可指定带宽的百分比,例如带宽在 -6db 和 -20db 中每个的百分比。

[0056] 在 372,选择用于弹簧层 234-242 和质量层 244-252 的材料。例如,可选择 SU8TM 用于弹簧材料,并且可选择钨用于质量材料。可使用其它材料。在一个实施例中,相同的弹簧材料可用于所有弹簧层 234-242,并且相同的质量材料可用于所有质量层 244-252。在另一个实施例中,不同的弹簧材料和 / 或质量材料可用于层 234-252 中的一个或多个。

[0057] 在 374,确定待模拟的匹配层段 222-230 的数量。如前面所述,探头性能可使用不同数量的匹配层段 222-230 来模拟,以便确定将提供预期性能的最小数量的匹配层段 222-230。备选地,可选择预定数量的匹配层段 222-230,例如 3 个、5 个或 10 个匹配层段 222-230。在另一实施例中,可选择 2 个或 3 个匹配层段 222-230 作为待考虑的最小数量的匹配层段 222-230。

[0058] 在 376,可确定匹配层段 222-230 中每个的声阻抗。在一个实施例中,匹配层段

222-230 中每个的声阻抗可基于指数递减声阻抗、规则递减声阻抗或者将声阻抗从压电层的高声阻抗（其在一个实施例中可为 30 兆瑞利）减小到透镜的低声阻抗（其在一个实施例中可为 1.5 兆瑞利）的任何其它曲线。在另一个实施例中，对于解匹配技术，匹配层段 222-230 的目标声阻抗可使用下式 5 和 6 来确定：

$$[0059] \quad Z_{RCKSym}(N, k) := \left[ ZC \cdot \left( 1 - k^2 + \frac{8}{\pi^2} \cdot k^2 \right)^2 \cdot \omega_r(k) \right]^{2 \cdot N} \cdot ZR^{\frac{1}{2 \cdot N + 1}} \quad (5)$$

$$[0060] \quad Z_{mL}(N, n, k) := \left( \frac{Z_{RCKSym}(N, k)}{ZR} \right)^{\frac{2 \cdot (N - n) + 1}{2 \cdot N}} \cdot ZR \quad (6)$$

[0061] 其中， $ZC$  是压电层 272 的声阻抗， $ZR$  是辐射介质的声阻抗， $\omega_r(k)$  是与压电耦合系数相关的谐振频率（脉动）， $k$  是耦合系数， $N$  是匹配层段的数量， $n$  是对第  $n$  个匹配层段的从压电层 272 向透镜 274 计数的计数器，以及  $Z_{mL}(N, n, k)$  是第  $n$  个匹配层段的声阻抗。因此，匹配层段 222-230 的声阻抗可基于探头 106 的谐振频率（ $\omega_r$ ）、压电层 272 的声阻抗（或者四分之一波长匹配层（若使用的话）的声阻抗）和透镜 274 的声阻抗中至少之一。应当理解，对于其它技术，匹配层段 222-230 的声阻抗可使用不同等式来确定。在另一个实施例中，可选择不同的材料用于匹配层段 222-230 中的一个或多个。例如，可选择具有较低阻抗的弹簧材料用于最接近透镜 274 的层，而可选择具有较高阻抗的不同弹簧材料用于最靠近压电层 272 的匹配层段。

[0062] 在一个实施例中，在 378，匹配层段 222-230 中每个内的质量层 244-252 和弹簧层 234-242 中每个的厚度可根据声阻抗、例如用等式 3 和等式 4 来确定。因此，可以确定匹配层结构 220 的总厚度 276 是否可接受，从而产生可允许的信号衰减。另外，质量层 244-252 和弹簧层 234-242 在如下面进一步论述的制造过程中形成，并且在一些实施例中，可能存在基于材料性质和用于在某些容差之内形成某些材料层的制造能力的限制。

[0063] 在 380，例如通过使用用等式 1 和等式 2 计算的电容和电感计算声阻抗，以生成图 7-10 的图表。在 382，确定声阻抗是否可接受。另外，可确定质量层 244-252 和弹簧层 234-242 的厚度以及匹配层结构 220 的总厚度 276 是否可接受。在一个实施例中，如果带宽性能不可接受，则该方法可返回到 374，以便指定更大数量的匹配层段 222-230。在另一个实施例中，如果带宽性能可接受，则该方法可返回到 374 以指定更少数量的匹配层段 222-230，以便确定是否已经识别最薄的匹配层结构 220。例如，希望具有最小数量的匹配层结构、并且因而具有最少的信号衰减（例如传播损耗）量，同时仍然满足探头 106 的性能。另外，更少的匹配层段 222-230 可更易于制造并且产生更低的成本。在一些实施例中，图 11 的方法可被完成多次，从而选择不同数量的匹配层段 222-230 以确定将实现目标性能的最少数量的匹配层段 222-230。在又一个实施例中，如果例如性能不可接受或者匹配层结构 220 可能难以根据可用制造技术来实现，则该方法可返回到 372，以便选择用于质量层 244-252 和弹簧层 234-242 中一个或多个的不同材料。

[0064] 在另一个实施例中，可形成包括四分之一波长匹配层的叠层。图 12 示出包括匹配层结构 402 和四分之一波长匹配层 404 的声学叠层 400。四分之一波长匹配层 404 的底侧

406 附连到压电层 410 的顶侧 408, 并且匹配层结构 402 附连到四分之一波长匹配层 404 的顶侧 412。

[0065] 在一个实施例中, 四分之一波长匹配层 404 可包含在叠层 400 中, 以便当选择弹簧材料时提供附加灵活性。例如, 可选择具有较低阻抗的弹簧材料, 从而允许匹配层结构 402 中最靠近透镜 414 的匹配层段的较好阻抗。

[0066] 在另一个实施例中, 四分之一波长匹配层 404 可位于匹配层结构 402 与透镜 414 之间。

[0067] 存在若干可用于在匹配层结构 220 和 402 中形成质量层 244-252 和弹簧层 234-242 的方法。一种所用方法基于微电子技术和晶圆处理。弹簧材料可以是光致抗蚀剂, 所述光致抗蚀剂经过特殊处理、例如进行额外的填充 (loading), 以具有适合弹簧材料的声阻抗要求的密度 / 速率性质。质量材料可以是具有适合质量材料的声阻抗要求的密度 / 速度性质的金属。质量材料可以是任何较密且硬的材料, 例如但不限于钨。质量材料和弹簧材料均需要与可变厚度夹层制造兼容。

[0068] 在一个实施例中, 光致抗蚀剂或聚合物、如 SU8™ 可用作弹簧材料, 并且可使用微电子光刻术来形成图案。例如, 可旋涂 SUI™ 层以形成预期厚度。在另一实施例中, 为了降低材料密度, 可在匹配层段 222-230 中更接近透镜 274 的一个或多个上实现点阵图案 (dot pattern), 以便达到预期密度。在又一个实施例中, 可真空沉积形成质量层的金属。

[0069] 匹配层结构 220 可与叠层 270 的其它层分开形成。在一个实施例中, 二氧化硅 (SiO<sub>2</sub>) 层可沉积在用于构建匹配层结构 220 的硅晶圆上。在为了构建匹配层结构 220 而进行的掩蔽和蚀刻操作期间, 可形成穿过或贯穿匹配层结构 220 的孔。当已经形成所有质量层 244-252 和弹簧层 234-242 时, SiO<sub>2</sub> 蚀刻液可通过所述孔馈送到 SiO<sub>2</sub> 层。SiO<sub>2</sub> 层的完全蚀刻将使匹配层结构 220 脱离硅晶圆。

[0070] 在另一个实施例中, 匹配层结构 220 可通过层叠 (lamination) 来形成。因此, 弹簧层 234-242 可使用预制的例如 Kapton™ 的材料的层来形成, 而质量层 244-252 可使用预制的例如铜的金属材料的层来形成。弹簧层 234-242 和质量层 244-252 的不同厚度可用于形成不同的匹配层段 222-230, 以便实现预期声阻抗。金属材料层 (例如质量层 244) 可层叠在弹簧材料层 (例如弹簧层 234) 之上, 以便形成第一匹配层段 222。第二弹簧材料层 (例如弹簧层 236) 可层叠在金属材料层 (例如质量层 244) 之上, 而第二金属材料层 (例如质量层 246) 可层叠在第二弹簧材料层 (例如弹簧层 236) 之上, 依此类推。

[0071] 在又一个实施例中, 匹配层结构 220 可使用数字微印刷来形成, 数字微印刷是一种允许材料沉积的技术。

[0072] 大家要理解, 以上描述只是说明性而不是限制性的。例如, 上述实施例 (和 / 或其方面) 可相互结合使用。另外, 可对本发明的理论在没有脱离其范围的情况下进行多种修改以适应具体情况或材料。虽然本文所述材料的尺寸和类型意在定义本发明的参数, 但是它们决不是限制性的, 而只是示范实施例。通过阅读以上描述, 许多别的实施例对本领域技术人员是显而易见的。因此, 本发明的范围应当参照随附权利要求连同授权给这类权利要求的全部等效范围确定。在随附权利要求书中, 术语“包括”和“其中”用作相应术语“包含”和“在其中”的普通英语等效。此外, 在随附权利要求书中, 术语“第一”、“第二”和“第三”等只用作标记, 而不是意在给其对象施加数字要求。此外, 随附权利要求书的限制并不是按

照部件加功能格式编写的,并且不是意在根据 35U. S. C. § 112 第六节来解释,除非这类权利要求限制在没有其它结构的功能陈述之前明确使用词语“用于... 的部件”。

[0073] 本书面描述使用包括最佳模式的示例来公开本发明,并且还使本领域技术人员能够实施本发明,包括制作和使用任何装置或系统以及执行任何所结合方法。本发明的专利范围由权利要求书定义,并且可包括本领域技术人员想到的其它示例。如果这类其它示例具有没有不同于权利要求书的文字语言的结构要素,或者如果它们包括具有与权利要求书的文字语言的非实质差异的等效结构要素,则它们意在落入权利要求书的范围之内。

- [0074] 配件表
- [0075] 超声波系统 100
- [0076] 发射器 102
- [0077] 元件 104
- [0078] 探头 106
- [0079] 接收器 108
- [0080] 波束形成器 110
- [0081] RF 处理器 112
- [0082] 存储器 114
- [0083] 处理器模块 116
- [0084] 显示器 118
- [0085] 探头端口 120
- [0086] 存储器 122
- [0087] 用户接口 124
- [0088] 小型化超声波系统 130
- [0089] 探头 132
- [0090] 用户接口 134
- [0091] 集成显示器 136
- [0092] 外部装置 138
- [0093] 网络 140
- [0094] 显示器 142
- [0095] 移动超声波成像系统 144
- [0096] 活动底座 146
- [0097] 用户接口 148
- [0098] 探头端口 150
- [0099] 控制按钮 152
- [0100] 键盘 154
- [0101] 轨迹球 156
- [0102] 袖珍超声波成像系统 170
- [0103] 显示器 172
- [0104] 用户接口 174
- [0105] 医疗图像 176

- [0106] 探头 178
- [0107] 键盘 180
- [0108] 按钮 182
- [0109] 多功能控件 184
- [0110] 标签显示区域 186
- [0111] 控件 188
- [0112] 集总电路 200
- [0113] 电感器 202
- [0114] 电感器 204
- [0115] 电感器 206
- [0116] 电容器 208
- [0117] 电容器 210
- [0118] 匹配层结构 220
- [0119] 第一匹配层段 222
- [0120] 第二匹配层段 224
- [0121] 第三匹配层段 226
- [0122] 第四匹配层段 228
- [0123] 第五匹配层段 230
- [0124] 厚度 232
- [0125] 弹簧层 234
- [0126] 弹簧层 236
- [0127] 弹簧层 238
- [0128] 弹簧层 240
- [0129] 弹簧层 242
- [0130] 质量层 244
- [0131] 质量层 246
- [0132] 质量层 248
- [0133] 质量层 250
- [0134] 质量层 252
- [0135] 厚度 254
- [0136] 厚度 256
- [0137] 厚度 258
- [0138] 厚度 260
- [0139] 厚度 262
- [0140] 厚度 264
- [0141] 声学叠层 270
- [0142] 压电层 272
- [0143] 透镜 274
- [0144] 厚度 276

- [0145] 底侧 278
- [0146] 底侧 280
- [0147] 顶侧 282
- [0148] 声学模拟 300
- [0149] 声学模拟 302
- [0150] 单向传输线 304
- [0151] 双向传输线 306
- [0152] 单向传输线 316
- [0153] 双向传输线 318
- [0154] 声学模拟 330
- [0155] 声学模拟 332
- [0156] 单向传输线 334
- [0157] 双向传输线 336
- [0158] 单向传输线 346
- [0159] 双向传输线 348
- [0160] 定义探头的几何形状和性能 370
- [0161] 选择弹簧材料和质量材料 372
- [0162] 确定匹配层段的数量 374
- [0163] 确定各匹配层段的声阻抗 376
- [0164] 确定质量层和弹簧层的厚度 378
- [0165] 计算声学性能 380
- [0166] 性能可接受? 382
- [0167] 声学叠层 400
- [0168] 匹配层结构 402
- [0169] 四分之一波长匹配层 404
- [0170] 底侧 406
- [0171] 顶侧 408
- [0172] 压电层 410
- [0173] 顶侧 412
- [0174] 透镜 414

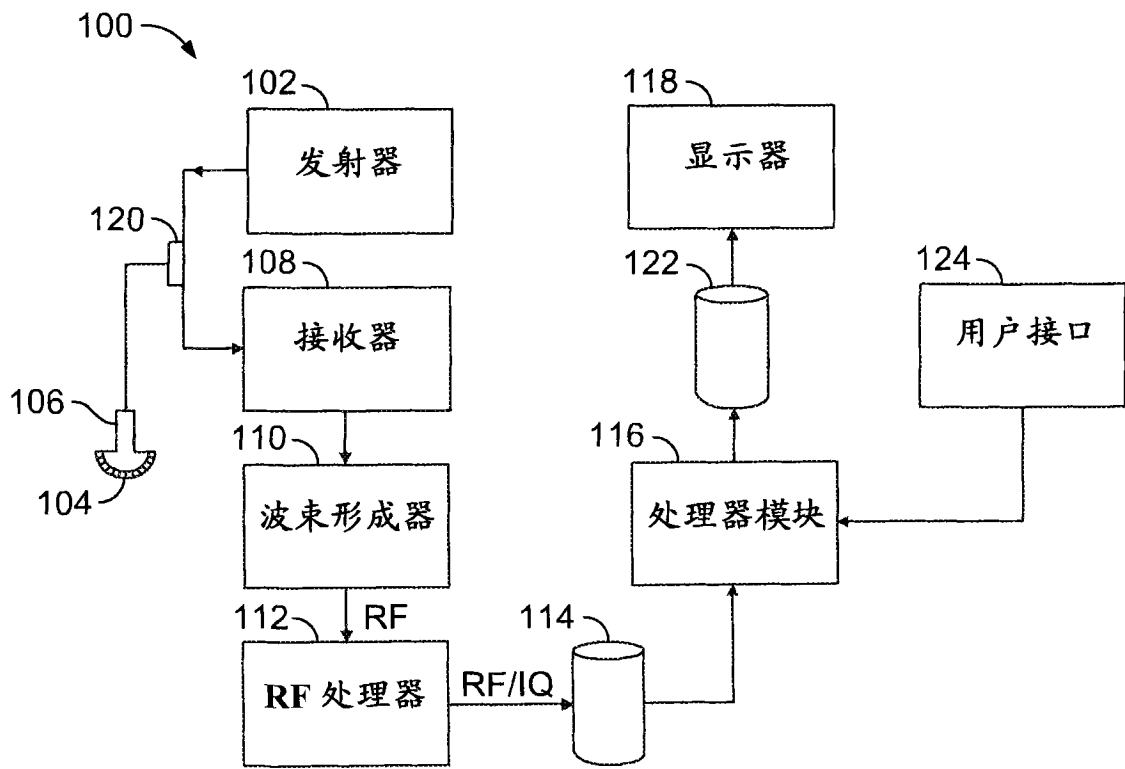


图 1

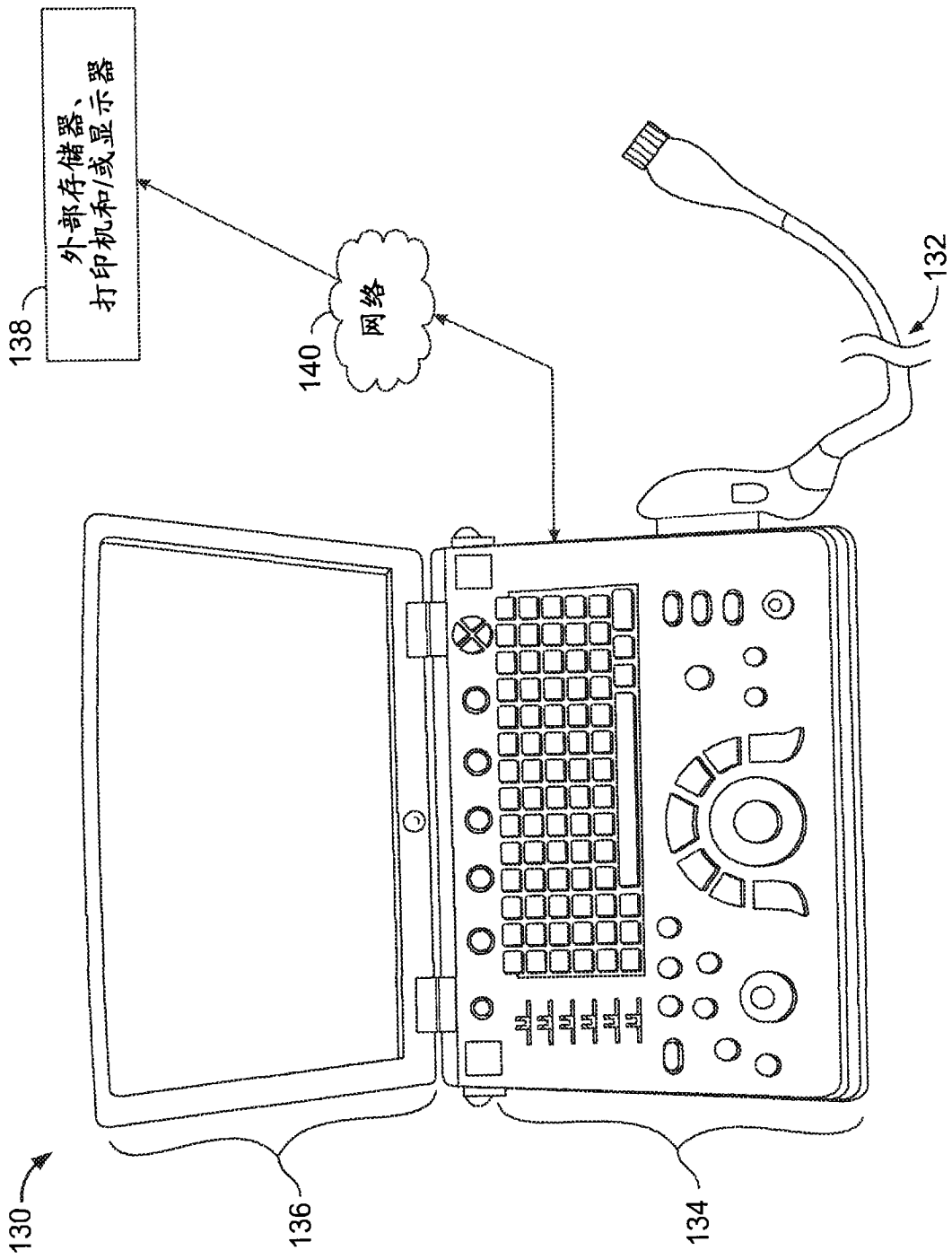


图 2

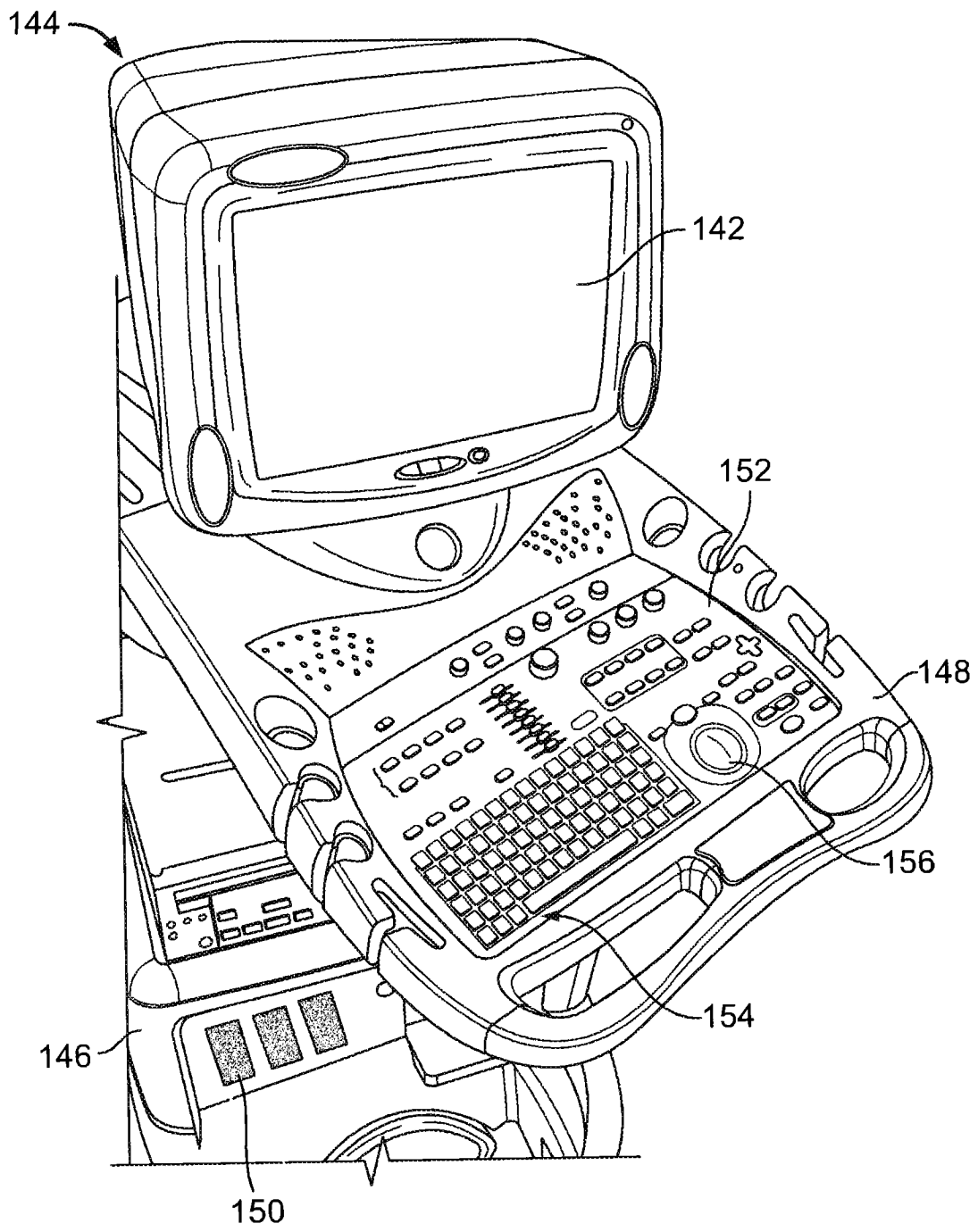


图 3

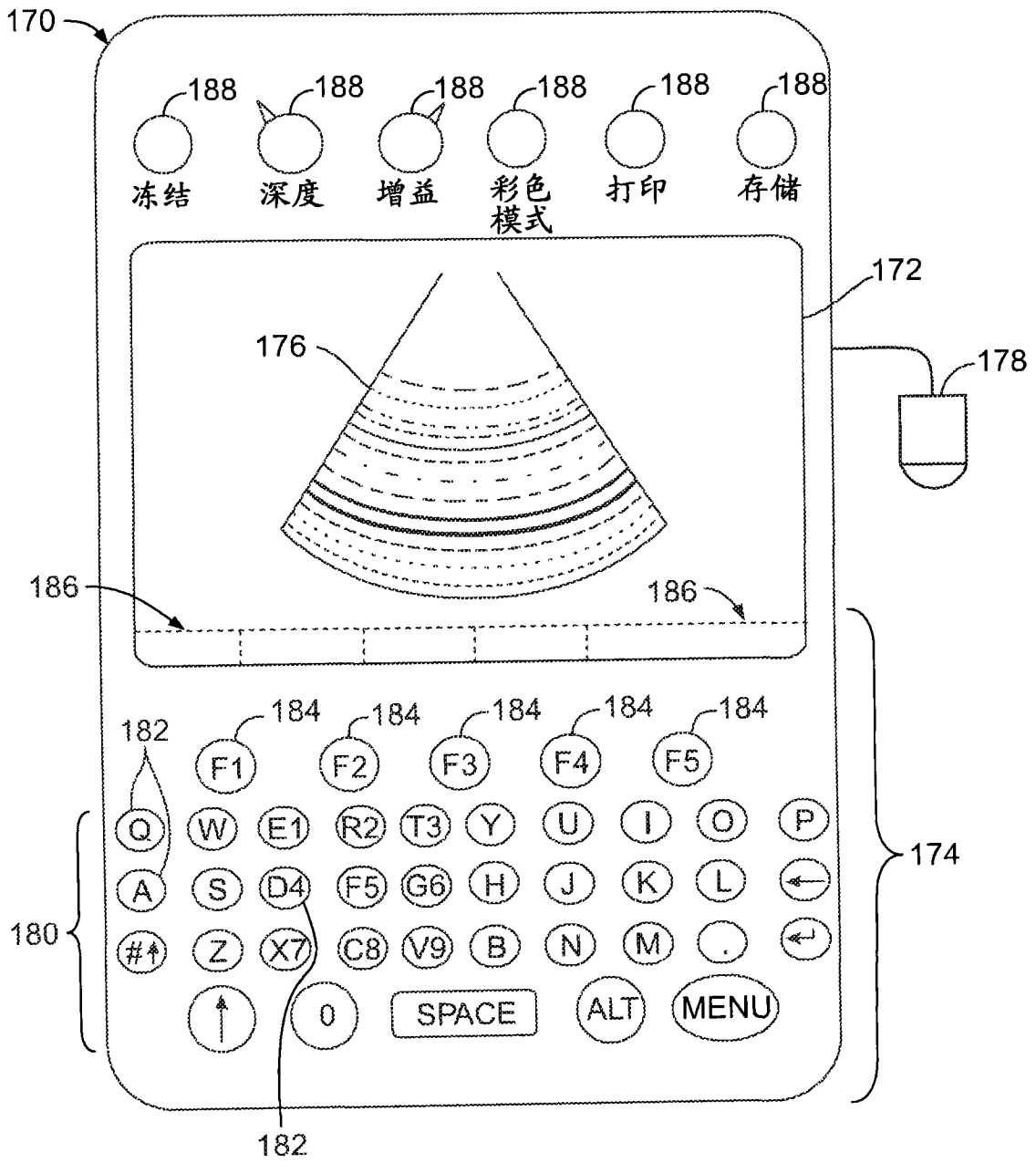


图 4

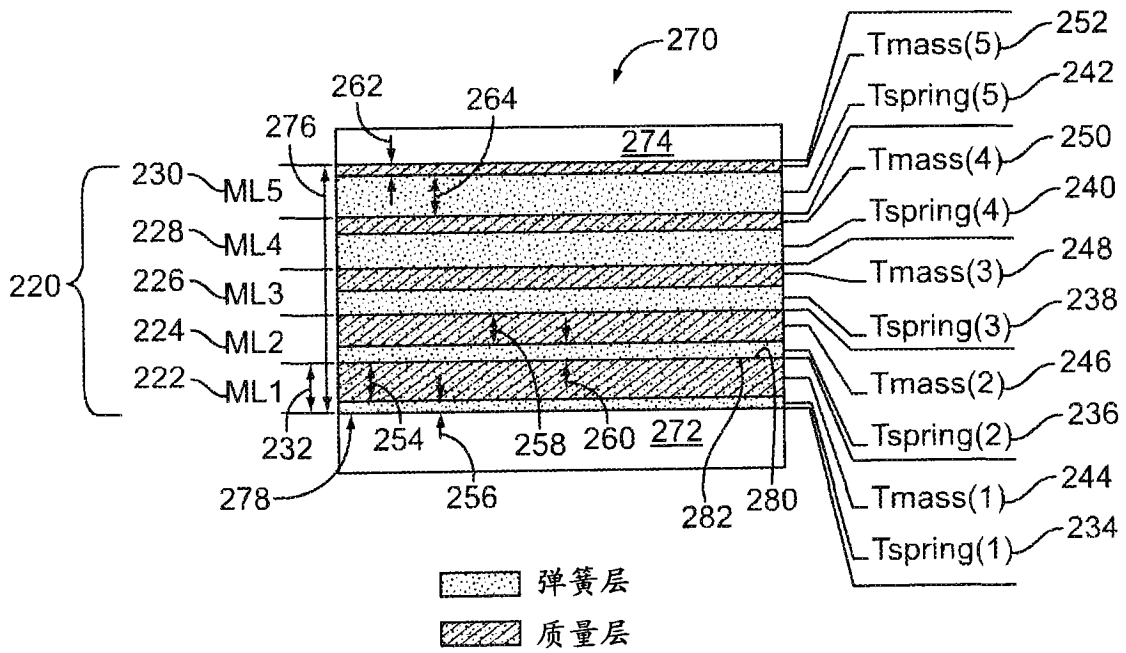


图 5

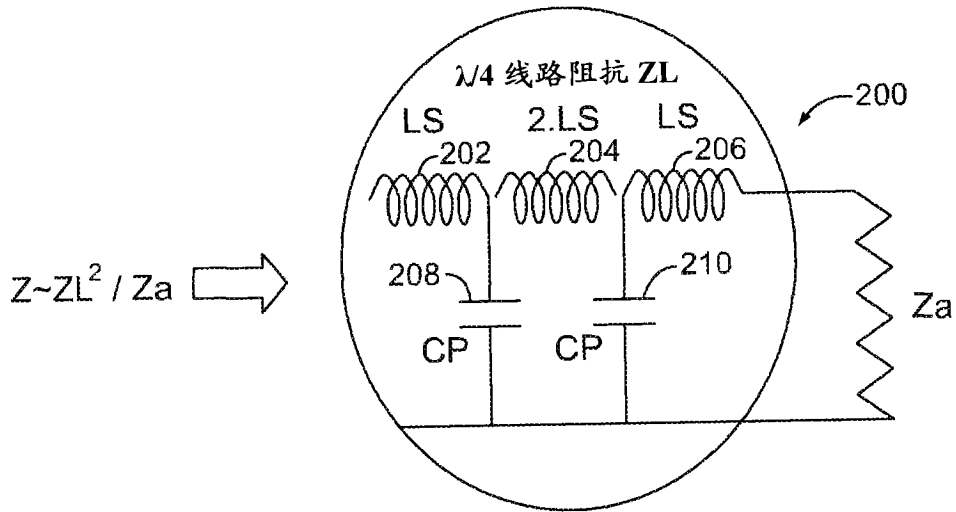


图 6

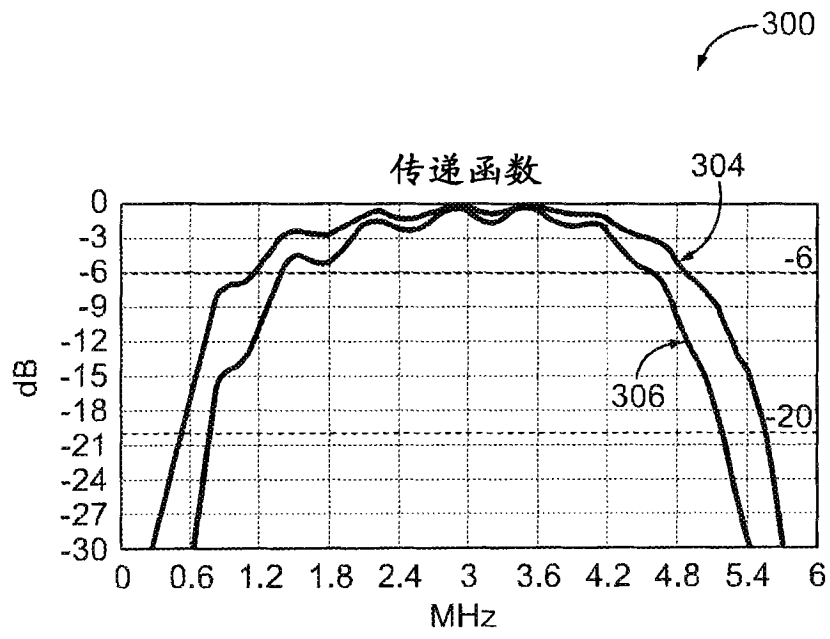


图 7

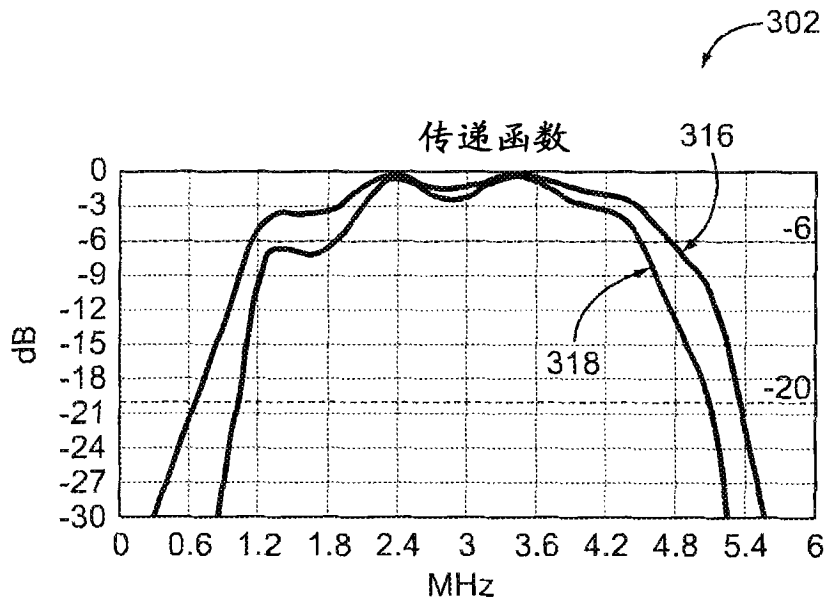


图 8

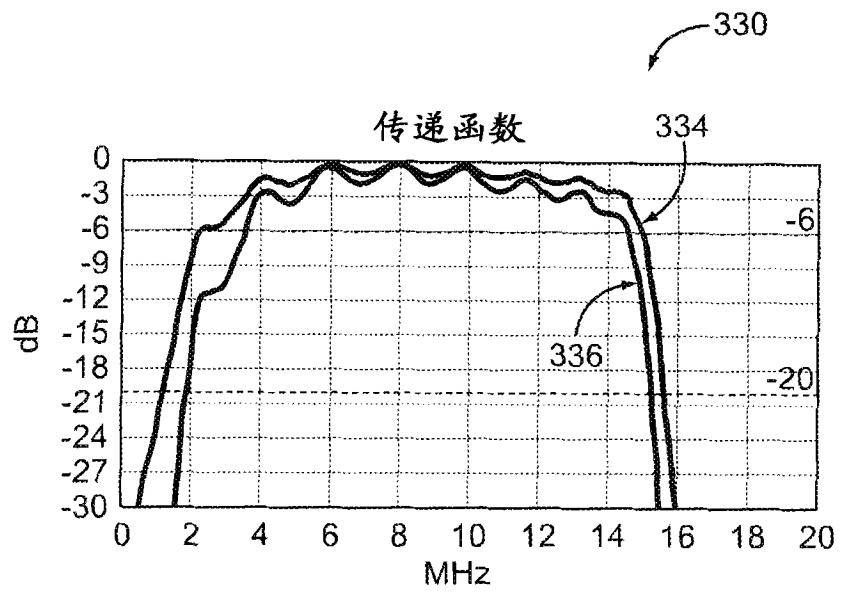


图 9

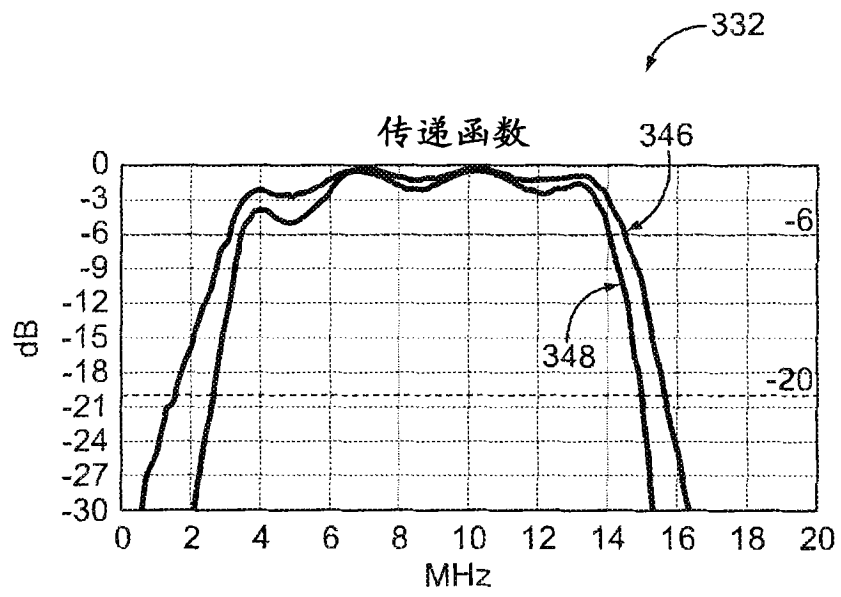


图 10

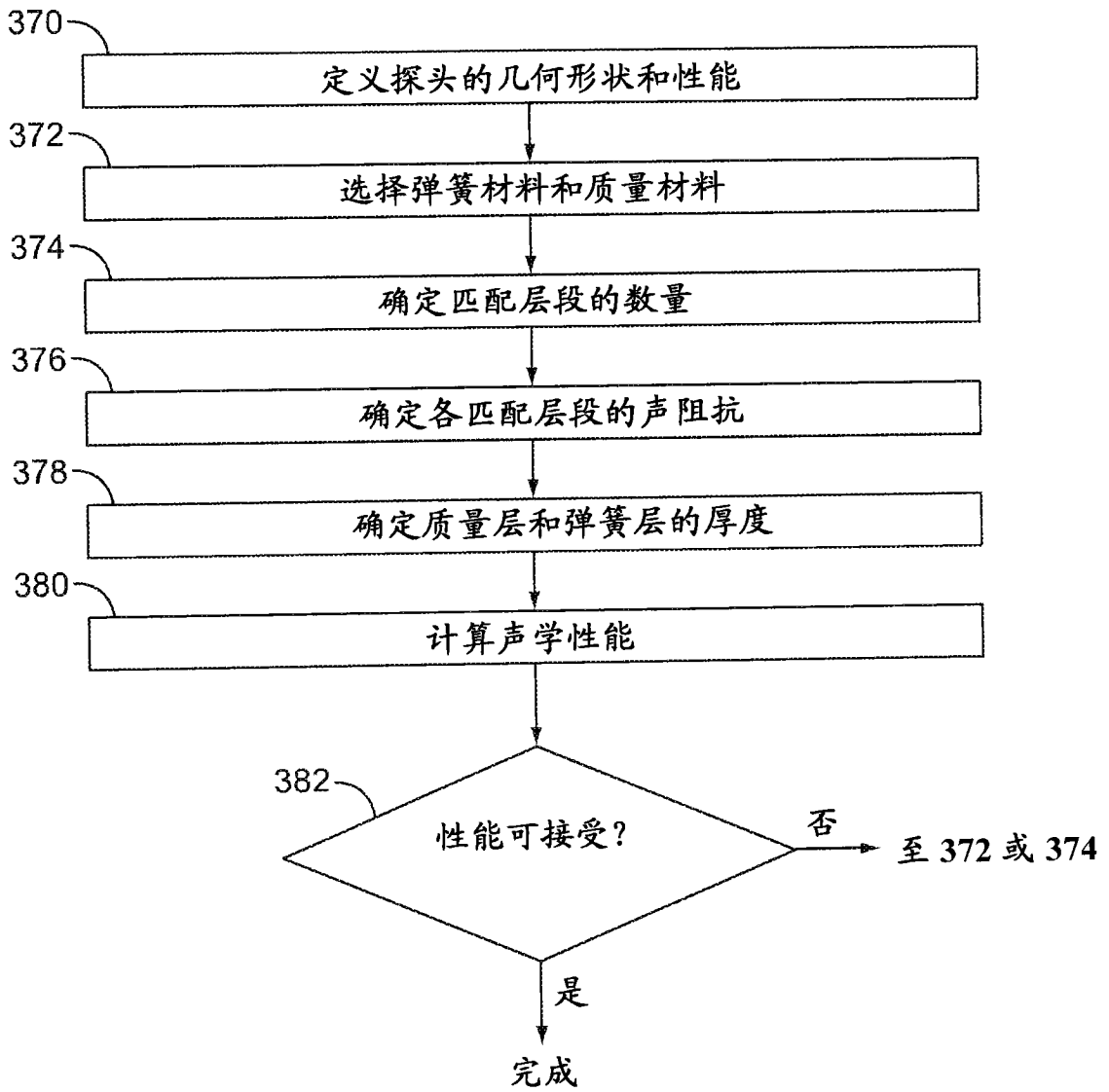


图 11

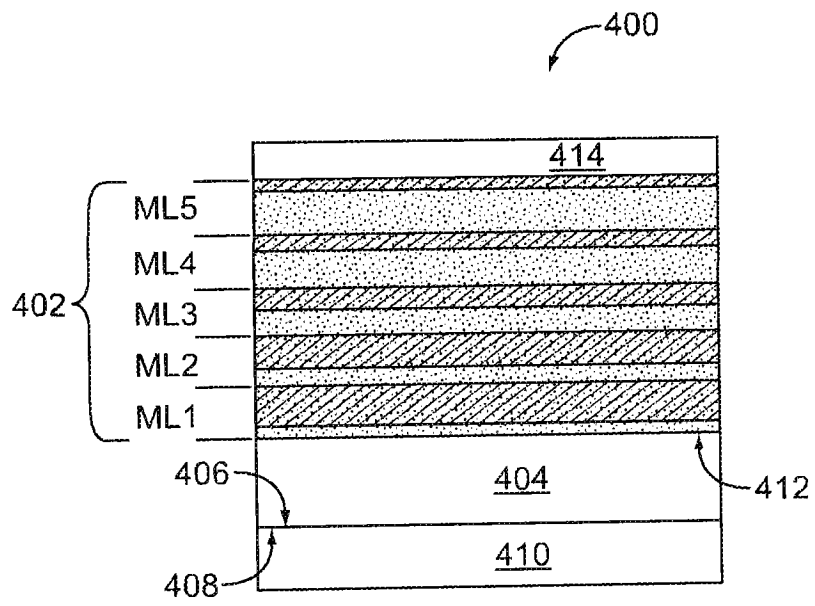


图 12

专利名称(译)	超声波探头的多层阻抗匹配结构		
公开(公告)号	<a href="#">CN101836869B</a>	公开(公告)日	2015-06-17
申请号	CN201010149607.8	申请日	2010-03-18
[标]申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
当前申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
[标]发明人	SG卡利斯蒂 F兰特里 L史密斯 C鲍姆加特纳 J F热利		
发明人	S·G·卡利斯蒂 F·兰特里 L·史密斯 C·鲍姆加特纳 J·F·热利		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	B06B1/0618 A61B8/4455 A61B8/483 Y10T29/42 Y10T29/49002 Y10T29/49005 Y10T29/4908		
审查员(译)	李明泽		
优先权	12/406731 2009-03-18 US		
其他公开文献	CN101836869A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

一种用于超声波探头(106)的声学叠层(270)，包括具有顶侧和底侧的压电层(272)以及形成匹配层结构(220)的多个匹配层段(222, 224, 226, 228, 230)。匹配层段(222-230)中的每个包括包含第一材料的弹簧层(234, 236, 238, 240, 242)以及包含与第一材料不同的第二材料的质量层(244, 246, 248, 250, 252)。位于最接近压电层(272)的匹配层段(222)中的弹簧层(234)比其它匹配层段(224-230)中的弹簧层(236-242)薄。

