



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105339788 A

(43) 申请公布日 2016. 02. 17

(21) 申请号 201480020191. 6

G10K 11/32(2006. 01)

(22) 申请日 2014. 04. 11

(30) 优先权数据

13/861173 2013. 04. 11 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 10. 08

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/033754 2014. 04. 11

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/169183 EN 2014. 10. 16

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

申请人 V 和 M 德国有限责任公司

(72) 发明人 S. 法尔特 S.G. 尼特舍

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司  
72001

代理人 叶晓勇 姜甜

(51) Int. Cl.

G01N 29/22(2006. 01)

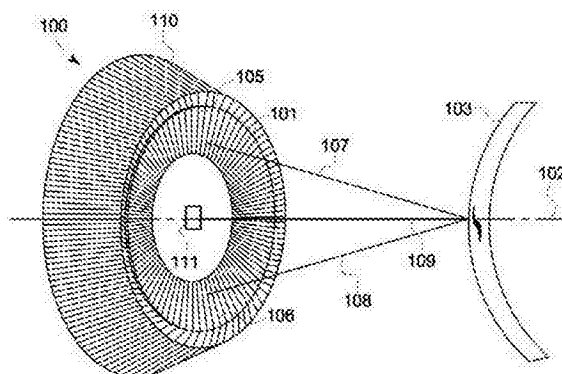
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

圆锥形超声波探头

(57) 摘要

本发明公开了一种圆锥形形式的超声波换能器阵列,其同时发射超声波脉冲,从而可以有效率地检测测试对象中任何取向的异常。



1. 一种用于检查测试对象的超声波测试系统,所述超声波测试系统包括:  
布置成圆锥形形式的超声波换能器阵列;以及  
连接到所述超声波换能器阵列的电子处理电路,所述电子处理电路用于触发所述超声波换能器阵列中所有超声波换能器同时向所述测试对象发射超声波能量脉冲。
2. 根据权利要求1所述的系统,其中所述圆锥形形式包括多个超声波换能器,所述多个超声波换能器均等分布于圆形布置中并加以定向,使得所有超声波换能器同时发射的超声波能量收敛。
3. 根据权利要求1所述的系统,其中所述电子处理电路包括存储信息,所述存储信息用于识别所述超声波换能器阵列中检测到反射脉冲增强幅度的一个或多个超声波换能器在所述超声波换能器阵列中的位置。
4. 根据权利要求3所述的系统,其中用于识别在所述超声波换能器阵列中的位置的存储信息是用于分析异常特性的电子处理电路的输入。
5. 根据权利要求1所述的系统,其中所述超声波换能器阵列为一维阵列。
6. 根据权利要求1所述的系统,其中所述超声波换能器阵列为多维阵列。
7. 根据权利要求1所述的系统,其中所述电子处理电路判定所述超声波换能器阵列中一个或多个超声波换能器检测到超声波能量脉冲幅度增强表示所述测试对象中存在异常。
8. 根据权利要求7所述的系统,其中所述超声波换能器阵列中检测到超声波能量脉冲幅度增强的一个或多个超声波换能器在圆锥形形式中的位置表示所述测试对象中异常的取向。
9. 一种超声波处理系统,包括:  
布置成圆锥形形式的超声波换能器阵列;  
连接到所述超声波换能器阵列的电子处理电路,所述电子处理电路用于触发所述超声波换能器阵列中所有超声波换能器同时发射超声波能量脉冲;以及  
多个接收机电路,每个所述接收机电路都电连接到所述超声波换能器阵列中的超声波换能器之一,用于接收所述超声波换能器阵列中连接的一个超声波换能器检测的回波,所述回波包括幅度,其中所述电子处理电路能够识别所述超声波换能器阵列中回波检测包括比所述超声波换能器阵列中其余超声波换能器更大幅度的一個超声波换能器的位置。
10. 根据权利要求9所述的系统,其中所述电子处理电路包括用于存储信息的存储器,所述信息用于识别所述超声波换能器阵列中回波检测包括更大幅度的一個超声波换能器的位置。
11. 根据权利要求10所述的系统,其中所述电子处理电路能够基于所述超声波换能器阵列中一个超声波换能器中检测到包括更大幅度的回波,确定存在异常。
12. 根据权利要求11所述的系统,其中所述电子处理电路使用所述一个超声波换能器在所述超声波换能器阵列中的位置分析异常的特性。
13. 根据权利要求9所述的系统,其中所述异常的特性之一包括异常的取向。
14. 根据权利要求9所述的系统,其中所述超声波换能器阵列为多维阵列。
15. 一种操作超声波测试系统的方法,包括:  
同时激发配置为超声波换能器圆锥形阵列的多个超声波换能器,包括在测试对象处瞄准超声波换能器的圆锥形阵列;以及

所述超声波换能器的圆锥形阵列从所述测试对象接收由同时激发的多个超声波换能器导致的回波。

16. 根据权利要求 15 所述的方法,还包括确定所述超声波换能器圆锥形阵列中的多个超声波换能器中的一个或多个是否比所述超声波换能器圆锥形阵列中其他超声波换能器检测到显著更大的回波幅度。

17. 根据权利要求 16 所述的方法,还包括响应于确定所述超声波换能器圆锥形阵列中多个超声波换能器的一个或多个检测到显著更大的回波幅度的步骤,确定所述测试对象包含异常。

18. 根据权利要求 17 所述的方法,还包括确定检测到显著更大的回波幅度的一个或多个超声波换能器在所述超声波换能器圆锥形阵列中的位置。

19. 根据权利要求 17 所述的方法,还包括响应于确定一个或多个检测到显著更大的回波幅度的超声波换能器在所述超声波换能器圆锥形阵列中位置的步骤,确定所述异常的特性。

20. 根据权利要求 15 所述的方法,还包括激发定位于所述超声波换能器圆锥形阵列中心的一个或多个超声波换能器,其中所述一个或多个超声波换能器均进一步被定位以在垂直于所述测试对象外部表面的方向上发射超声波脉冲。

## 圆锥形超声波探头

### 技术领域

[0001] 本文公开的主题涉及一种超声波探头,具体而言,涉及一种超声波换能器在探头中的布置。

### 背景技术

[0002] 非破坏性测试装置可用于检查、测量或测试对象,以发现并分析对象中的异常。这些装置允许检查技术人员在测试对象表面处或附近操控探头以便对对象表面及其底层结构都进行测试。在一些行业中,例如,航空和航天、发电和油气运输或精炼(例如管路和焊缝)中,非破坏性测试可能尤其有用。必须要在不从周围结构去除对象的情况下进行测试对象的检查,其中,可以定位本来通过目测检查不能识别的隐藏异常。超声波测试是非破坏性测试的一个范例。在进行超声波测试时,从探头中安装的超声波换能器发射超声波脉冲或波束并传递到测试对象中。在脉冲或波束形式的超声波能量进入对象时,由于超声波束与测试对象的内部结构(例如,表面或异常)交互作用,会发生被称为回波的各种超声波反射。这些回波被超声波换能器检测到并由连接到超声波换能器的处理电子设备分析。

[0003] 相控阵超声波探头包括多个在电学和声学上独立的超声波换能器,它们结合了压电材料并安装于单个探头外壳中。在工作期间,产生预定模式的电脉冲并发送到探头。将电脉冲施加于相控阵换能器的电极,导致压电材料中的物理偏转,产生超声波能量(例如,超声波信号或波束),其被发射到探头耦合到的测试对象中。通过改变施加于相控阵超声波换能器的电脉冲的定时,相控阵超声波探头产生在不同角度冲击测试对象的超声波束。波束引导的这种过程控制着所发射超声波能量的方向,以便于检查测试对象的不同区域,以检测其中的异常或特性。可以通过程序控制相控阵探头个体换能器的幅度和激发序列以便调节发射到测试对象中的超声波束的角度和穿透强度。在获得的超声波回波返回接触换能器压电材料的表面时,它产生跨换能器电极两端的可检测电压差,然后由处理电子设备将其记录为回波数据,且其包括幅度和返回延迟时间。通过跟踪发射电脉冲和接收回波数据之间的时间差,并测量所接收的回波数据的幅度,可以确定测试对象的各种特性,例如其厚度、其中异常的深度和尺寸。

[0004] 在一些应用中,超声波探头包括安装于探头外壳中的一维或二维换能器阵列。在扫描操作中根据一系列编程的序列对阵列中换能器的一个或多个子集激发,其撞击测试对象并产生回波数据。可以由处理电子设备分析回波数据,其确定测试对象中被检测特征,例如,异常的特性。对于大部分扫描序列而言,不需要阵列中的所有换能器都激发,在每次检查期间通常执行多个扫描序列。尽管超声波换能器在阵列中可以是呈几何分布的,但检测超声波回波的特定换能器的物理位置并不用于回波数据分析。通过在处理回波数据中包括这一额外的位置信息,减少了处理时间。

[0005] 提供以上论述仅仅是用于一般背景信息,并非要用于辅助确定所主张主题的范围。

## 发明内容

[0006] 本发明的一个方面是一种包括超声波换能器阵列的超声波探头,所述超声波换能器阵列同时向测试对象在各种角度发射超声波能量脉冲,从而可以有效率地检测部件中任何取向的异常。实践超声波测试系统一些公开实施例时可能实现的优点在于,同时多方向发射和检测超声波能量减少了扫描测试时间,尤其是如果在分析中使用换能器阵列中检测换能器的几何位置的情况下。

[0007] 在一个实施例中,一种用于检查测试对象的超声波测试系统包括布置成圆锥形形式的超声波换能器阵列。连接到所述超声波换能器阵列的电子处理电路触发所述超声波换能器阵列中所有超声波换能器同时向测试对象发射超声波能量脉冲。

[0008] 在另一实施例中,一种超声波处理系统包括布置成圆锥形形式的超声波换能器阵列。连接到所述超声波换能器阵列的电子处理电路触发阵列中所有超声波换能器同时发射超声波能量脉冲。多个接收机电路均接收由连接的一个超声波换能器检测到的回波。回波包括幅度,其中电子处理电路能够识别回波检测包括比其余超声波换能器更大幅度的超声波换能器的位置。

[0009] 在另一实施例中,一种操作超声波测试系统的方法包括同时激发配置为超声波换能器圆锥形阵列的多个超声波换能器。超声波换能器的圆锥形阵列在激发时瞄准测试对象,它们从测试对象接收由同时激发导致的回波。

[0010] 本发明内容仅仅是为了提供本文根据一个或多个例示性实施例公开的主题的简单概要,并不充当解释权利要求的导言或界定或限制本发明的范围,本发明的范围仅由所附权利要求界定。提供本发明内容是为了在简化形式介绍概念的例示性选择,下文将在具体实施方式中进一步描述。本发明内容并非要标识所主张主题的关键特征或必要特征,也并不是要用作确定所主张主题范围的辅助。所主张的主题不限于解决背景技术中指出的任何或全部缺点的实施方式。

## 附图说明

[0011] 为了能够理解本发明特征的方式,可以参考某些实施例对本发明进行详细描述,附图中例示了其中一些实施例。不过,要指出的是,附图仅仅例示了本发明的某些实施例,因此不应被认为限制其范围,因为本发明的范围涵盖了其他同样有效的实施例。附图未必是成比例的,重点一般放在例示本发明某些实施例的特征上。在附图中,在各个附图中,使用类似数字表示类似部分。于是,为了进一步理解本发明,可以参考结合附图阅读的以下详细描述,附图中:

[0012] 图 1 是示范性探头的透视图,该探头包括扫描测试对象的圆锥形超声波换能器阵列;

[0013] 图 2 是图 1 的示范性探头连接到用于控制扫描测试对象的电子处理电路的侧视示意图;以及

[0014] 图 3 是操作图 1 的示范性探头的方法流程图。

## 具体实施方式

[0015] 参考图 1,例示了超声波探头 100 的透视图,其包括截头圆锥形超声波探头外壳

110 中的超声波换能器 101 的阵列以及中心超声波换能器 111。尽管这里图示和描述为单个超声波换能器,中心超声波换能器 111 可以与多个超声波换能器互换。超声波探头外壳 110 中的代表性超声波换能器 105 向着测试对象 103 发射第一超声波脉冲 107,超声波探头外壳 110 中的代表性超声波换能器 106 与第一超声波脉冲 107 同时向测试对象 103 发射第二超声波脉冲 108。在一个替代实施例中,处于超声波换能器 101 圆锥形阵列中心的中心超声波换能器 111 可用于相对于测试对象 103 的外表面,与超声波换能器 101 的圆锥形阵列发射的超声波脉冲同时发射垂直超声波脉冲 109。在超声波换能器 101 阵列中所有超声波换能器在工作中都同时发射超声波能量脉冲的意义上,超声波换能器 105、106 是具有代表性的。由于从超声波换能器 101 阵列中所有的超声波换能器同时发射超声波能量脉冲导致超声波脉冲向着探头轴 102 收敛,这里将超声波换能器 101 的阵列定义为布置成圆锥形式。

[0016] 如图 1 中所示,超声波换能器 101 的阵列布置成圆锥形式并非要限制超声波换能器的可能配置,因为超声波换能器的数量和布置能够采取各种量和布局。例如,超声波换能器 101 的阵列可以包括一百二十八个超声波换能器。如图 1 的实施例中所示,超声波换能器 101 的阵列均等分布于圆锥形式的圆形几何形状周围。在一个实施例中,圆锥形式包括均等分布于以探头轴 102 为中心的圆形布置中的超声波换能器 101 阵列,其中对每个超声波换能器进行取向,使其向着探头轴 102 倾斜,因此,所有超声波换能器发射的超声波脉冲向着探头轴 102 收敛。中心超声波换能器 111 相对于测试对象 103 的外表面发射垂直超声波脉冲 109。超声波换能器 101 阵列中的每个超声波换能器和中心超声波换能器 111 向着测试对象 103 在根据超声波探头外壳 110 中超声波换能器取向固定的方向上发射超声波能量脉冲。超声波换能器 101 阵列中的每个超声波换能器和中心超声波换能器 111 还检测被测试对象 103 反射的超声波回波。在发射的超声波脉冲 107、108、109 入射到测试对象 103 的外表面时且在入射到测试对象 103 的内部结构,例如异常 104 时,所发射超声波脉冲 107、108、109 的一部分被测试对象 103 反射回超声波换能器作为回波。超声波探头 100 通常利用水柱(未示出)作为介质声耦合到测试对象 103,用于更好地发射超声波脉冲和接收超声波回波。

[0017] 如图 2 中的示意侧视图所示,超声波测试系统 200 包括连接到超声波换能器 101 阵列的电子处理电路 310,其控制超声波探头 100 的工作。预计的回波将返回超声波探头 100 中的超声波换能器的时间窗口是事先已知的,并可以编程控制以由电子处理电路 310 在预计时刻被接收。已知测试对象 103 中异常 104 的取向基于所发射超声波脉冲 107、108、109 的冲击角影响其可检测能力。如果发射的超声波脉冲 107、108、109 以类似于异常 104 的取向角的角度冲击测试对象 103 中的异常 104,返回的回波幅度更大,即,“得到增强”,并且更容易检测。在图 1 中所示的超声波换能器 101 阵列的圆锥形形式中,与超声波换能器 101 阵列中的其他超声波换能器相比,一个或多个超声波换能器将检测到具有增强幅度的回波。发生这种情况是因为超声波换能器 101 阵列中所有的超声波换能器都同时以均等间距角度发射超声波脉冲。这些超声波脉冲中的一个或多个将比其他超声波换能器以更可比拟的角度冲击异常,由此产生具有增强幅度的回波。

[0018] 典型地,超过一个超声波换能器检测到具有增强幅度的回波,这些超声波换能器通常在超声波换能器 101 阵列中彼此相邻。然后可以使用检测到幅度增强的回波的一个或多个超声波换能器在超声波换能器 101 阵列中的位置确定异常 104 的位置和取向特性。发

生这种情况是因为超声波换能器 101 阵列的圆锥形布置在可能角度的整个 360 度范围上均等分布。通过将检测到的增强幅度数据与在超声波换能器 101 阵列中具有已知几何位置的特定超声波换能器相关,获得检测到具有增强幅度的回波的超声波换能器位置。例如,可以通过可编程地为每个超声波换能器分配标识号码并在电子处理电路 310 的存储器中连同其对应的超声波换能器位置存储标识号码,对超声波换能器 101 阵列中的每个超声波换能器进行索引。之后,可以将检测到的回波数据,尤其是检测到的幅度增强的回波数据,与检测到增强回波数据的特定超声波换能器的标识号码和在阵列中的位置相关。

[0019] 如上所述,异常 104 的取向以及所发射超声波脉冲 107、108、109 的冲击角决定了反射回波的大小。通过同时向测试对象 103 激发超声波换能器 101 阵列中的所有超声波换能器,或者中心超声波换能器 111,超声波换能器中的特定一个或多个将基于发射对应超声波脉冲 107 的超声波换能器的取向和异常 104 的取向检测增强幅度的回波。在回波数据分析期间使用检测到幅度增强的回波的超声波换能器的位置确定异常 104 的特性,例如其在测试对象 103 中的位置。

[0020] 参考图 2,超声波换能器 101 阵列的代表性个体超声波换能器 106 被例示为示范性超声波换能器,用于以下描述的目的。应当理解,本文描述的超声波换能器 106 的操作也适用于超声波换能器 101 阵列中的每个超声波换能器和中心超声波换能器 111。如图所示,超声波换能器 106 通过电气连通线路 312 与电子处理电路 310 电气连通。电子处理电路 310 包括脉冲发射器 314,向超声波换能器 106 中连接的一个发射电脉冲,令超声波换能器 106 发射超声波脉冲。发送电路 315 包括定时数据,用于控制脉冲发射器 314 发射的电脉冲定时。超声波换能器 106 也通过电气连通线路 312 与放大器 321 和接收机电路 322 电气连通。放大器 321 和接收机电路 322 接收由超声波换能器 106 的连接的一个检测到的超声波回波数据。

[0021] 电子处理电路 310 包括电连接到个体发射机电路 315、接收机电路 322、脉冲发射器 314 和放大器 321 的标准控制电子设备 320。标准控制电子设备 320 向连接到其上的所有发射机电路 315 和脉冲发射器 314 馈送定时控制数据,例如,针对超声波换能器 101 阵列中数量  $n$  个超声波换能器,如图 2 所示第 1 到第  $n$  个,用于协调由脉冲发射器 314 提供的电信号。标准控制电子设备 320 包括用于对接收的超声波回波进行数字化的模数 (A/D) 转换器,以及若干连接到 A/D 转换器的加法器电路,用于波束形成并产生 A 扫描信息作为输出。标准控制电子设备 320 从连接到其上的所有放大器 321 和接收机电路 322 接收回波数据,例如,针对超声波换能器 101 阵列中数量  $n$  个超声波换能器,如图 2 所示的第 1 到第  $n$  个。在一个实施例中,电子处理电路 310 能够对超声波换能器 101 的圆锥形阵列和中心超声波换能器 111 检测到的进入超声波回波数据进行多次并行评价。对进入的超声波回波数据进行这种并行评价提供了增大的测试效率。例如,标准控制电子设备 320 由现场可编程门阵列 (FPGA)、专用集成电路 (ASIC) 或其组合构成。标准控制电子设备 320 还包括存储器,用于存储:用于执行诸如检查计划的超声波检查的各种程序设计;用于发射模式和定时控制数据的诸如参数的数字信息;数字化的超声波回波数据;A 扫描信息;以及超声波换能器 101 阵列中所有超声波换能器的标识和位置信息。

[0022] 图 3 示出了超声波探头 100 操作的流程图。超声波探头 100 的操作开始于步骤 301,向测试对象 103 同时激发超声波换能器 101 阵列中的所有超声波换能器或者中心超声

波换能器 111。这导致在步骤 302 在超声波换能器 101 阵列中的超声波换能器处接收从测试对象反射的回波数据。下一步,步骤 303 涉及确定超声波换能器 101 阵列中是否有任何超声波换能器比超声波换能器 101 阵列中其他超声波换能器检测到更高幅度的回波。如果是这样的话,在步骤 304 确认测试对象中存在异常 104。下一步,即步骤 305 是确定检测到具有更高幅度的回波的超声波换能器在超声波换能器 101 的阵列和中心超声波换能器 111 中的位置。基于该换能器的位置,在步骤 306 可以分析异常 104 的特性。

[0023] 鉴于以上内容,本发明的实施例通过向测试对象 103 同时发射超声波能量脉冲提高了测试效率,以便检测取向在任何角度的异常。技术效果在于,对接收到的超声波回波数据的合成处理将包括在超声波换能器 101 阵列中已知位置处的一个或多个特定超声波换能器处接收的增强超声波回波数据。

[0024] 本领域的技术人员将要认识到,本发明的各方面可以实现为系统、方法或计算机程序产品。因此,本发明的各方面可以采取完全硬件实施例、完全软件实施例(包括固件、常驻软件、微代码等)或组合软件和硬件方面的实施例的形式,在这里可以将它们全部称为“服务”、“电路”、“线路”、“电子设备”、“模块”和/或“系统”。此外,本发明的各方面可以采取在其上包含计算机可读程序代码的一个或多个计算机可读介质中实现的计算机程序产品的形式。

[0025] 可以利用一个或多个计算机可读介质的任意组合。计算机可读介质可以是计算机可读信号介质或计算机可读存储介质。计算机可读存储介质例如可以是,但不限于电子、磁性、光学、电磁、红外或半导体系统、设备或装置,或上述任何适当组合。计算机可读存储介质的更具体范例(非穷举列表)会包括如下:具有一个或多个导线的电连接、便携式计算机磁盘、硬盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、可擦除可编程只读存储器(EPROM 或闪速存储器)、光纤、便携式光盘只读存储器(CD-ROM)、光存储装置、磁存储装置或其任意适当组合。在本文的语境中,计算机可读存储介质可以是能够包含或存储程序的任何有形介质,程序供或结合指令执行系统、设备或装置使用。

[0026] 可以利用任何适当的介质,包括,但不限于无线、有线、光缆、RF 等或其任何适当组合,发送计算机可读介质上包含的程序代码和/或可执行指令。

[0027] 可以在一种或多种程序设计语言的任意组合中编写用于执行本发明各方面的操作的计算机程序代码,程序设计语言包括诸如 Java、Smalltalk、C++ 等面向对象编程语言,以及诸如“C”程序设计语言的常规过程程序设计语言或类似程序设计语言。程序代码可以完全在用户的计算机(装置)上,部分在用户的计算机上,作为独立的软件包,部分在用户的计算机上部分在远程计算机上,或完全在远程计算机或服务器上执行。在后一种情形中,远程计算机可以通过任何类型的网络连接到用户的计算机,网络包括局域网(LAN)或广域网(WAN),或者可以建立与外部计算机的连接(例如,利用因特网服务提供商通过因特网)。

[0028] 这些计算机程序指令也可以存储于计算机可读介质中,所述计算机可读介质能够指示计算机、其他可编程数据处理设备或其他装置通过特定方式工作,使得计算机可读介质中存储的指令产生一种制品,所述制品包括实施流程图和/或方框图方框中指定功能/动作的指令。

[0029] 计算机程序指令也可以加载到计算机、其他可编程数据处理设备或其他装置上,以令一系列操作性步骤在计算机、其他可编程设备或其他装置上被执行,以产生计算机实

施的过程,使得在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实施流程图和 / 或方框图方框中指定的功能 / 动作的过程。

[0030] 本书面说明使用范例来公开本发明,包括最佳模式,还使本领域的任何技术人员能够实践本发明,包括制造和使用任何装置或系统并执行任何并入的方法。本发明可取得专利权的范围由权利要求界定,可以包括本领域技术人员想到的其他范例。如果这样的其他范例具有并不与权利要求字面措辞不同的结构元件,或者如果它们包括与权利要求字面措辞无实质差异的等价结构元件,它们意在处于权利要求的范围之内。

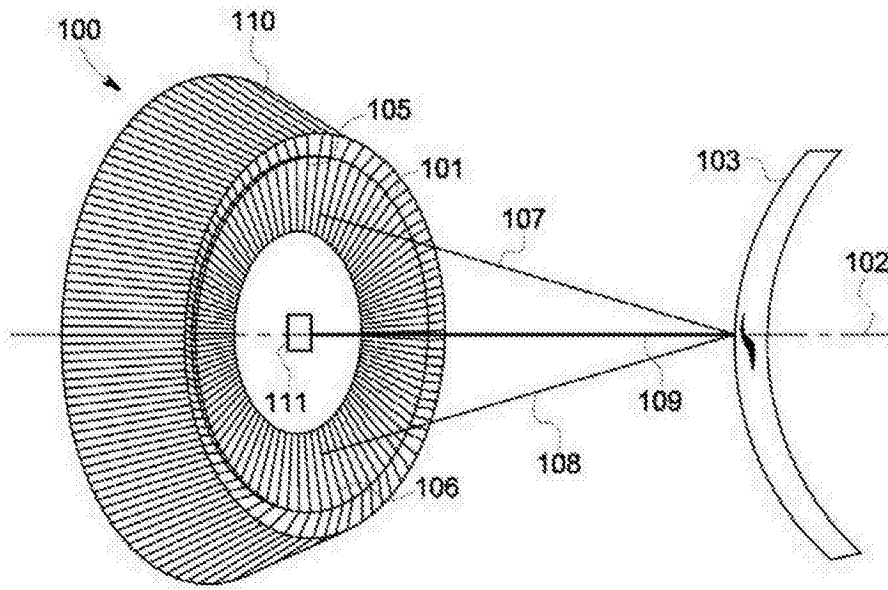


图 1

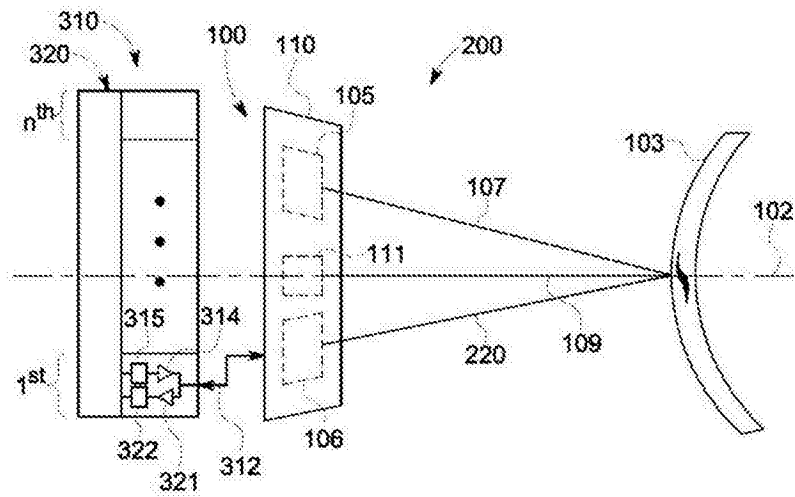


图 2

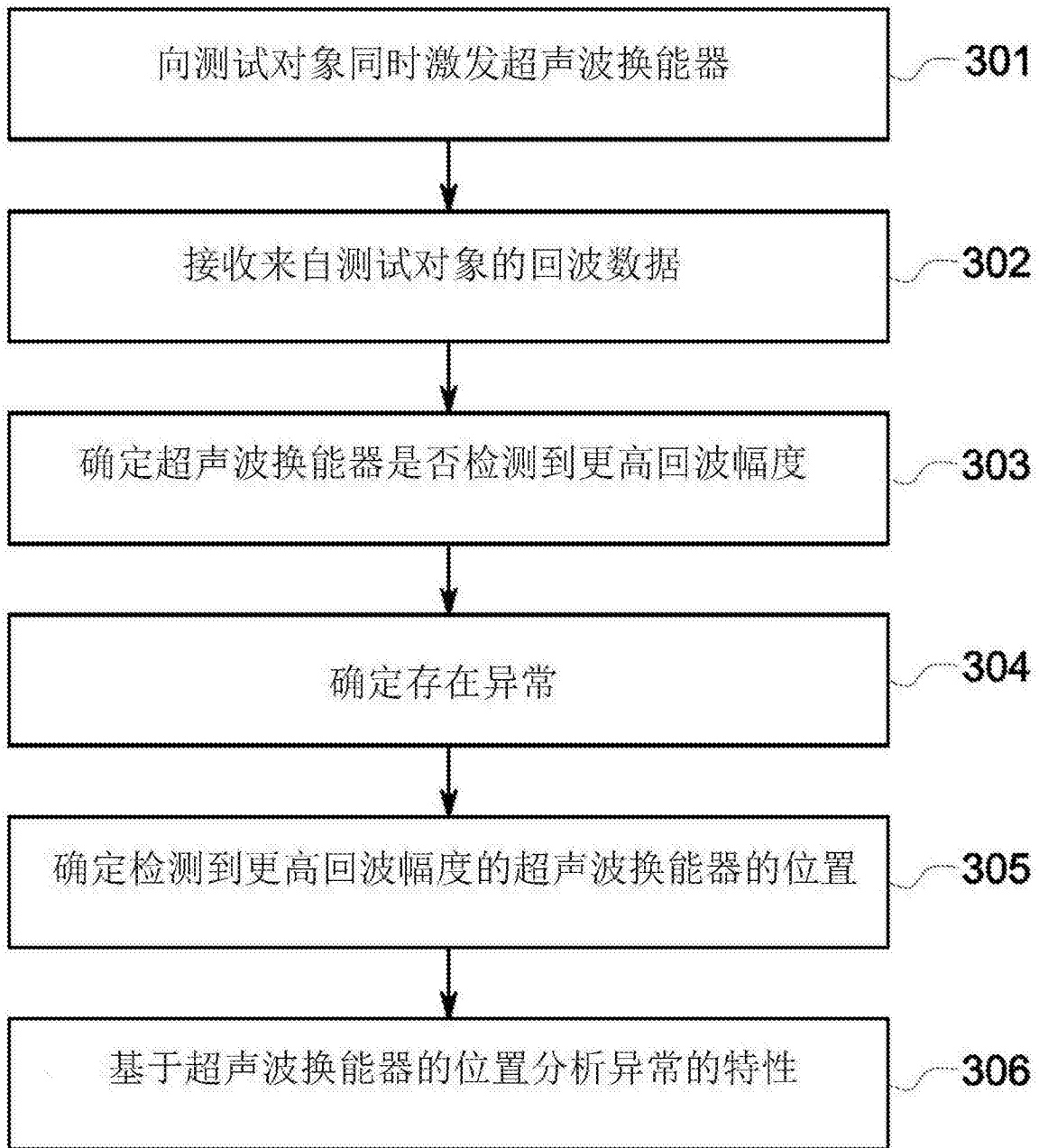


图 3