



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112129833 B

(45) 授权公告日 2024. 09. 24

(21) 申请号 202010903937.5

(22) 申请日 2016.12.27

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112129833 A

(43) 申请公布日 2020.12.25

(30) 优先权数据
2016-000750 2016.01.05 JP

(62) 分案原申请数据
201680076989.1 2016.12.27

(73) 专利权人 雅马哈精密科技株式会社
地址 日本静冈县

(72) 发明人 奈良晃宽

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105

专利代理师 金兰

(51) Int.Cl.
G01N 29/04 (2006.01)
G01N 29/265 (2006.01)
G01N 29/48 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 101438150 A, 2009.05.20

审查员 胡世聪

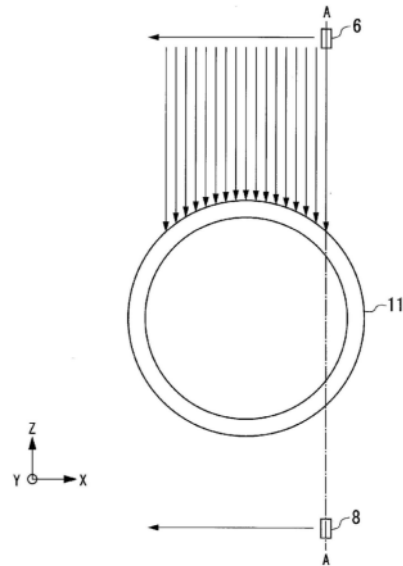
权利要求书1页 说明书13页 附图17页

(54) 发明名称

超声波检查方法

(57) 摘要

提供一种超声波检查方法,即使除了被检查体内传播而来的超声波之外还接收到经由被检查体的外侧的介质而直接到达的超声波,也能够进行被检查体的检查。一种对被检查体进行检查的超声波检查方法,其中,将超声波发送元件和超声波接收元件对置地配置,从所述超声波发送元件发送超声波,通过所述超声波接收元件经由所述被检查体而接收被发送的所述超声波,将接收到的所述超声波在时间上区分为所述被检查体的透射波即第1超声波信号、和在空中传播而来的绕射波引起的第2超声波信号,基于所述第1超声波信号而对所述被检查体进行检查。



1. 一种对被检查体进行检查的超声波检查方法,其中,
以所述被检查体被配置在中间的方式将超声波发送元件和超声波接收元件对置地配置,

从所述超声波发送元件发送超声波,
通过所述超声波接收元件经由所述被检查体而接收被发送的所述超声波,
将接收到的所述超声波区分为所述被检查体的透射波即第1超声波信号、和在空中传播而来的绕射波引起的第2超声波信号,

基于所述第1超声波信号而对所述被检查体进行检查,
关于超声波信号的强度的阈值,对所述第1超声波信号设定用于判定为正常的第1阈值,对所述第2超声波信号设定比所述第1阈值大的第2阈值,

在所述区分的过程中,在通过所述超声波接收元件接收到的超声波信号在所述第1阈值以上的情况下,判定该超声波信号是否在所述第2阈值以上,在所述超声波信号在所述第2阈值以上的情况下,判定为所述超声波信号是所述第2超声波信号,

基于在该第2超声波信号之前是否检测到所述第1阈值以上的所述第1超声波信号,进行所述被检查体的检查。

2. 如权利要求1所述的超声波检查方法,其中,
在该第2超声波信号之前被检测到所述第1阈值以上的所述第1超声波信号的情况下,判定为所述被检查体是正常的。

3. 如权利要求1所述的超声波检查方法,其中,
在未被检测到所述第1阈值以上的所述第1超声波信号的情况下,判定为所述被检查体中有缺陷。

超声波检查方法

[0001] 本申请是申请日为2016年12月27日、申请号为201680076989.1、发明名称为“超声波检查方法”的发明专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及对圆筒形状的被检查体的内部进行超声波检查的方法。

[0003] 本申请基于2016年1月5日在日本申请的特愿2016-750号而主张优先权,并将其内容引用于此。

背景技术

[0004] 在对管或圆筒等圆筒形状的被检查体的内部进行超声波检查的情况下,需要进行调整,使得以导波(在像管或板这样具有界面的物体中传播的横波或者板波)的激发角度对被检查体入射超声波,并在接收侧以方向相反的相同角度接收经由了被检查体内部的超声波。

[0005] 例如,在专利文献1中,公开了如下管体超声波探伤方法,该方法设定接收超声波探头相对于外周面的姿势,使得通过将发送超声波探头和接收超声波探头在被检查管的圆周上分离地配置,且将发送超声波探头的入射角相对于被检查管的外周面的法线的倾斜方向和接收超声波探头的入射角相对于外周面的法线的倾斜方向设定为互为相反方向,从而从发送超声波探头输出的超声波脉冲在被检查管中以导波的传播模式进行传播,并在该超声波脉冲接触到缺陷时,能够在相对于由该缺陷产生的超声波脉冲的相反方向上检测到以导波的传播模式传播的缺陷反射波(echo)。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献1:特开2010-25817号公报

发明内容

[0009] 发明要解决的课题

[0010] 但是,被超声波接收元件接收的超声波不仅包含被检查体内传播而来的超声波,还包含经由被检查体的外侧的介质(空气)而直接到达的超声波。

[0011] 本发明是鉴于上述情况而完成的,其目的在于,提供一种超声波检查方法,即使除了被检查体内传播而来的超声波之外还接收到经由被检查体的外侧的介质而直接到达的超声波,也能够进行被检查体的检查。

[0012] 用于解决课题的手段

[0013] 本发明的超声波检查方法是一种对被检查体进行检查的超声波检查方法,其中,将超声波发送元件和超声波接收元件对置地配置,从所述超声波发送元件发送超声波,通过所述超声波接收元件经由所述被检查体而接收被发送的所述超声波,将接收到的所述超声波在时间上区分为所述被检查体的透射波即第1超声波信号、和在空中传播而来的绕射

波引起的第2超声波信号,基于所述第1超声波信号而对所述被检查体进行检查。

[0014] 在本发明的超声波检查方法,也可以在比所述绕射波被所述超声波接收元件接收的时刻更早的时刻设置时间窗,将进入该时间窗的信号作为所述第1超声波信号,从而对所述第1超声波信号和所述第2超声波信号进行区分。

[0015] 在本发明的超声波检查方法,也可以在通过所述超声波接收元件接收到的超声波信号在作为超声波的强度的阈值的第1阈值以上的情况下,判定该超声波信号是否在比该第1阈值更大的第2阈值以上,在所述超声波信号在所述第2阈值以上的情况下,判定为所述超声波信号是所述第2超声波信号,基于在该第2超声波信号之前是否检测到所述第1阈值以上的所述第1超声波信号,进行所述被检查体的检查。

[0016] 在本发明的超声波检查方法,也可以在该第2超声波信号之前被检测到所述第1阈值以上的所述第1超声波信号的情况下,判定为所述被检查体是正常的。

[0017] 在本发明的超声波检查方法,也可以在未被检测到所述第1阈值以上的所述第1超声波信号的情况下,判定为所述被检查体中有缺陷。

[0018] 发明效果

[0019] 根据本发明的超声波检查方法,即使除了被检查体内传播而来的超声波之外还接收到经由被检查体的外侧的介质而直接到达的超声波,也能够进行被检查体的检查。

附图说明

[0020] 图1是表示本发明的第一实施方式的超声波检查方法的截面图。

[0021] 图2是表示在图1所示的超声波检查方法中,以激发导波的角度发送接收超声波的状态的截面图。

[0022] 图3是表示本发明的第一实施方式的超声波检查方法的流程图。

[0023] 图4是表示在第一实施方式的超声波检查方法中接收的信号波形图,且是表示设定用于检测由在被检查体中传播的透射波引起的超声波信号的时间窗口的第一方法的图形。

[0024] 图5是表示在第一实施方式的超声波检查方法中接收的信号波形图,且是表示设定用于检测由在被检查体中传播的透射波引起的超声波信号的时间窗口的第二方法的图形。

[0025] 图6是表示在第一实施方式的超声波检查方法中接收的信号波形图,且是表示设定用于检测由在被检查体中传播的透射波引起的超声波信号的时间窗口的第三方法的图形。

[0026] 图7是表示在第一实施方式的超声波检查方法中,在不接收由在被检查体内部传播的透射波引起的超声波,而仅接收了经由被检查体的外侧的绕射波引起的超声波的情况下的波形图。

[0027] 图8是表示在第一实施方式的超声波检查方法中,在仅接收了由在被检查体内部传播了的透射波引起的超声波的情况下的波形图。

[0028] 图9是表示用于本发明的第一实施方式的超声波检查方法的超声波检查装置的框图。

[0029] 图10是表示对于第一实施方式的超声波检查方法,在被检查体的外侧设置屏蔽体

的变形例的截面图。

[0030] 图11是表示本发明的第二实施方式的超声波检查方法的流程图。

[0031] 图12是表示本发明的第三实施方式的超声波检查方法的流程图。

[0032] 图13是表示本发明的第四实施方式的超声波检查方法的截面图。

[0033] 图14是表示本发明的第五实施方式的超声波检查方法的截面图。

[0034] 图15是表示本发明的第六实施方式的超声波检查方法的截面图。

[0035] 图16是表示在图15所示的超声波检查方法中以激发导波的角度发送接收超声波的状态的截面图。

[0036] 图17是表示用于本发明的第六实施方式的超声波检查方法的超声波检查装置的框图。

[0037] 图18是表示对于第六实施方式的超声波检查方法,在被检查体的外侧设置屏蔽体的变形例的截面图。

[0038] 图19是表示本发明的第七实施方式的超声波检查方法的截面图。

[0039] 图20是表示本发明的第八实施方式的超声波检查方法的截面图。

具体实施方式

[0040] 以下,参照附图说明本发明的实施方式。

[0041] <第一实施方式>

[0042] [超声波检查装置]

[0043] 首先,说明用于本发明的第一实施方式的超声波检查方法的超声波检查装置,如图9所示,该超声波检查装置1由脉冲器接收器部2、探测部3、以及信号处理部4构成。

[0044] 脉冲器接收器部2具有:信号发生器5,产生超声波驱动信号;信号发送部7,向超声波发送元件6发送所产生的超声波驱动信号;信号接收部9,接收来自超声波接收元件8的信号;以及接收信号放大部10,放大接收到的信号。

[0045] 探测部3具有:超声波发送元件6,根据从信号发送部7发送的超声波驱动信号而向被检查体11发送超声波;以及超声波接收元件8,接收在被检查体11中传播并穿透了的超声波,并作为接收电压信号发送给信号接收部9。这些超声波发送元件6和超声波接收元件8优选使超声波束点聚焦的点聚焦类型的探头,在内部具有由压电元件组成的超声波振动元件(未图示),且在超声波发送元件6中,根据输入的电压信号从振动元件发送超声波,在超声波接收元件8中,将接收到的超声波通过振子变换为电压信号而输出。

[0046] 超声波发送元件6以及超声波接收元件8通过未图示的框架构件保持为在Z轴方向上对置的状态。被检查体11被配置于超声波发送元件6和超声波接收元件8之间,使得在Y轴方向上延伸的圆筒轴正交于超声波发送元件6以及超声波接收元件8的对置方向(Z轴方向)。进一步,被检查体11被配置为使得与圆筒轴正交的圆筒形状的截面的直径成为与Y轴以及Z轴正交的X轴方向。因此,将被设置于超声波发送元件6以及超声波接收元件8的前端的振子配置为面向被检查体11的状态。进一步,超声波发送元件6以及超声波接收元件8在Z-X平面上,关于通过在被检查体11的X轴方向上延伸的直径的直线成为对称的位置。

[0047] 使超声波发送元件6以及超声波接收元件8对于被检查体11在与被检查体11的直径方向平行的X方向、与被检查体11的圆筒轴方向平行的Y方向、以及对于被检查体11远离/

接近的Z方向上分别移动,并对被检查体11进行超声波检查。

[0048] 即,也如图1所示,被检查体11被水平地配置为使得其圆筒轴成为Y轴方向。被检查体11的圆筒形截面的直径以及与直径平行的直线成为X轴方向。与这些X轴以及Y轴正交的上下方向成为Z轴方向。

[0049] 使超声波发送元件6以及超声波接收元件8分别移动使得在其对置方向(Z轴方向)上相互远离/接近,但使它们在X轴方向以及Y轴方向上成为一体地移动。另外,由于该X轴方向以及Y轴方向的移动只要使被检查体11和超声波发送元件6以及超声波接收元件8相对地移动即可,所以也可以使被检查体11在X轴方向以及Y轴方向上移动。

[0050] 信号处理部4包括:条件设定部31,设定用于在信号发生器5中产生超声波驱动信号的条件;缺陷判定部32,基于来自信号接收部9的接收电压信号判定被检查体11内是否有缺陷;显示部33,显示接收电压信号等;扫描控制部34,控制超声波发送元件6以及超声波接收元件8的扫描操作;以及操作部35,向这些条件设定部31、缺陷判定部32、显示部33、以及扫描控制部34输入各种控制值。

[0051] 该信号处理部4能够由个人计算机等构成,并在显示部(监视器)33的画面上设置触摸面板式的操作部35,能够通过该操作部35设定后述的各种条件或对于扫描控制部34的位置信息等的控制值。当然,操作部35也可以使用键盘等。

[0052] [超声波检查方法]

[0053] 说明由如此构成的超声波检查装置1实施圆筒形状的被检查体11的超声波检查的方法。

[0054] 按照图3的流程图说明检查方法的概略,在使超声波发送元件6和超声波接收元件8经由被检查体11而对置的状态下,配置于用于开始一行的扫描的初始位置(S1)。开始一行的扫描的初始位置为图1的A-A线上的位置,并如图1的左方向箭头所示将沿着被检查体11的直径方向的移动设为一行的扫描。

[0055] 接下来,从超声波发送元件6发射脉冲串(burst)或者脉冲(pluse)型超声波(S2)。在超声波接收元件8中,对于所接收的超声波,区别绕过被检查体11而在介质(空气)中直接传播的绕射波和穿透被检查体11内部而来的透射波(S3),并针对透射波分析强度(S4),将当前扫描位置上的强度记录在缺陷判定部32中(S5)。区别绕射波和透射波的具体方法在后面叙述。

[0056] 然后,使超声波发送元件6以及超声波接收元件8维持对置的姿势,并且使这些超声波发送元件6以及超声波接收元件8在被检查体11的圆筒的直径方向(X轴方向)上以规定的扫描间距移动(S6)。对此进行重复直到一行的扫描结束为止,如果判断为一行的扫描已结束(S7),则判断在该一行的扫描中,检测出超过规定的强度的超声波信号的部位是否存在两处(S8)。在认为检测出超过规定的强度的超声波信号的部位存在两处的情况下(S8的判断为“是”的情况)在显示部33上显示“OK”(S9),在不认为存在两处的情况下(S8的判断为“否”的情况)在显示部33上显示“NG”(S10),从而结束处理。

[0057] 接下来,包含超声波的传播方式、以及所接收的超声波的区别方法等而详细地说明该检查方法。

[0058] 超声波发送元件6和超声波接收元件8被配置于经由被检查体11而关于通过与被检查体11的圆筒轴正交的被检查体11的X轴方向的直径的直线对称地对置的位置(图1中由

A-A表示的一行扫描的初始位置)。超声波发送元件6和超声波接收元件8被保持为对置的状态,超声波发送元件6对被检查体11发送脉冲串或者脉冲型超声波。在从该超声波发送元件6发送的超声波以激发导波的角度以外的角度到达被检查体11内部的情况下,由于在被检查体11内部沿着圆筒状的圆周方向而传播的超声波的强度变得非常小,所以也可以看做在超声波接收元件8中没有接收到作为在被检查体11内部传播的超声波信号。

[0059] 使超声波发送元件6以及超声波接收元件8保持对置的状态从由图1的A-A表示的位置向与该对置方向正交的被检查体11的直径方向(X轴方向)移动,并从超声波发送元件6如箭头所示发送超声波。通过该移动,从超声波发送元件6发送并到达被检查体11的超声波相对于被检查体11的表面的发送方向的角度慢慢变化。若从超声波发送元件6发送的超声波相对于被检查体11的发送方向的角度在被检查体11内部变成激发导波的角度,则对被检查体11内部入射的超声波被变换为导波,穿透被检查体11而在圆周方向上传播。例如,在被检查体11为铁质的圆筒体的情况下,若考虑来自空气的入射,则折射角超过 90° 的临界角成为约 3.3° 。因此,通过超过入射角成为约 3.3° 的位置而进行扫描,能够全部覆盖可能在被检查体11内部被变换为导波而传播的角度范围。

[0060] 由此在从超声波发送元件6发送的超声波作为导波穿透被检查体11内部而传播时,超声波接收元件8保持与超声波发送元件6对置的姿势而同步地移动。因此,变为以超声波接收元件8的接收方向相对于被检查体11成为与超声波发送元件6相同大小的反方向的角度姿势而对置。因此,在被检查体11内部传播了的导波进行模式变换,从而能够接收从被检查体11的表面输出的超声波。

[0061] 图2模式化地表示了该状态,来自超声波发送元件6的超声波向被检查体11以激发导波的角度 θ 入射,并穿透被检查体11内部而在圆周方向上传播,以相同大小的反方向的角度 θ 被超声波接收元件8接收。在前述铁制的被检查体的情况下,以该入射角 θ 入射的超声波在被检查体11中大约传播了半周之后被在相反侧对置的超声波接收元件8接收。

[0062] 若由超声波发送元件6以及超声波接收元件8对被检查体11在直径方向上进行扫描,则如图2所示,以超声波直角地到达被检查体11的表面的位置为中心,在左右相反侧也相同地产生如下位置,在所述位置上来自超声波发送元件6的超声波以激发导波的角度 θ 入射被检查体11,并穿透被检查体11内而在圆周方向上传播,以相同角度 θ (大小相同而反方向的角度)被超声波接收元件8接收。

[0063] 因此,通过由超声波发送元件6以及超声波接收元件8对被检查体11在直径方向上进行扫描,能够在左右两处(图2中表示的位置)接收在被检查体11内部传播了的超声波。

[0064] 另外,由超声波接收元件8接收的超声波不仅包含在被检查体11内部传播而来的超声波,还包含经由被检查体11的外侧的介质(空气)中而直接到达的超声波。前者为透射波,后者为绕射波。

[0065] 这些超声波中,在被检查体11内部传播的超声波(透射波)的声速比经由被检查体11的外侧而在空中传播而来的超声波(绕射波)显著地快。因此,在超声波接收元件8中在被检查体11内部传播而来的超声波(透射波)先到达,在空中传播而来的超声波(绕射波)在稍后到达。

[0066] 若将这些接收到的超声波的信号作为时间波形而图形化则如图4所示。该图4中,横轴为时间,纵轴表示信号的强度(振幅)。在超声波接收元件8中,首先产生由在被检查体

11内部传播而来的透射波引起的第一超声波信号U,然后,产生由在空中传播而来的绕射波引起的第二超声波信号S。因此,通过将这两个信号U、S在时间上进行区别,能够在检测到第一超声波信号U时,识别为在被检查体11内部传播而得到的超声波信号。能够在该第一超声波信号U的强度(振幅)降低的情况下判定为在被检查体11内部存在缺陷。

[0067] 即,判定在第二超声波信号S之前产生的第一超声波信号U的强度(振幅)是否为规定值以上,并在为规定值以上的情况下判定被检查体11正常,在小于规定值的情况下判定在被检查体11中存在缺陷。

[0068] 具体描述区别该超声波信号S和超声波信号U的方法。

[0069] 将脉冲串或者脉冲型超声波的发送定时设为 $0\mu\text{sec}$,由于在超声波发送元件6以及超声波接收元件8之间没有被检查体11的情况下的超声波传播例如以空气为介质传来,所以在 $C = (\text{超声波发送元件以及超声波接收元件间距mm}) / (\text{空气的声速m/S}) \times 1000\mu\text{sec}$ 的时刻被接收。因此如图4所示,将比C早 $d\mu\text{sec}$ 的时刻设为 $B\mu\text{sec}$,将比其早 $f\mu\text{sec}$ 的时刻设为 $A\mu\text{sec}$,并设定从 $A\mu\text{sec}$ 到 $B\mu\text{sec}$ 的范围的时间窗口。将容纳于该从A到B的时间窗口的超声波信号设为U。例如在 $C = 125\mu\text{sec}$ 的情况下,通过设定时间窗口使 $A = 100\mu\text{sec}$ 、 $B = 124\mu\text{sec}$ ($d = 1\mu\text{sec}$ 、 $f = 24\mu\text{sec}$),并设进入该时间窗口的信号为超声波信号U,从而能够区别超声波信号S和超声波信号U。

[0070] 如图5所示,还有一种方法为,自 $0\mu\text{sec}$ 起的延迟时间d之后设定宽度f的时间窗口,使得时间窗口在C之前的时刻到来。

[0071] 关于超声波振动S和超声波信号U的区别方法,参照图6进一步在以下具体描述其他方法。

[0072] 在被检查体11内部传播而来的超声波(透射波)的强度(振幅)比在空中传播而来的超声波(绕射波)小。因此,预先设定两个关于超声波信号的强度的阈值,对第一超声波信号U设定用于判定为正常的第一阈值 α ,对第二超声波信号S设定比第一阈值 α 大的第二阈值 β 。在由超声波接收元件8接收到的超声波信号的强度在第一阈值 α 以上的情况下,判定是否在第二阈值 β 以上。在该超声波信号的强度被判定为在第二阈值 β 以上的情况下,将该超声波信号判定为前述第二超声波信号S。

[0073] 然后,在该第二超声波信号S之前,判定是否接收到比第二超声波信号S强度小的第一超声波信号U。即,如图6所示,在比检测第二阈值 β 以上的第二超声波信号S提前规定时间(例如 $5\mu\text{S}$)检测到小于第二阈值 β 且在第一阈值 α 以上的超声波信号时,将其判定为第一超声波信号U,并在检测到该第一超声波信号U的情况下判定为被检查体11正常。在第二超声波信号S之前没有检测到在第一阈值 α 以上的第一超声波信号U的情况下,判定为被检查体11中存在缺陷或者未能检查到被检查体11。

[0074] 如图1以及图2所示,通过在被检查体11的直径方向上扫描超声波发送元件6以及超声波接收元件8,在两处导波的超声波在被检查体11内部传播,在被检查体11正常的情况下如图4所示能够检测两种超声波信号U、S。另一方面,在这两处之外的位置上,由于对被检查体11的超声波的发送角度不是激发导波的角度,所以不被检测为在被检查体11内部传播的第一超声波信号U。在该情况下,由于仅检测由经由被检查体11的外侧而被接收的绕射波引起的第二超声波信号S,所以成为如图7所示的仅第二超声波信号S的波形。此外,即使在图2所示的两处位置上,在被检查体11内部存在缺陷的情况下,也不被检测为第一阈值以上

的第一超声波信号U,而成为小于第一阈值的超声波信号。

[0075] 在前述检查方法中,在检测到该第一超声波信号U在第一阈值以上时,判定为被检查体11正常,并在并非如此的情况下,判定为在被检查体11中存在缺陷、或者超声波发送元件6以及超声波接收元件8的发送接收方向没有被配置为在被检查体11内部激发导波的角度。

[0076] 在以上说明的超声波检查方法中,由于将超声波发送元件6在圆筒状被检查体11的直径方向上移动,所以能够在从超声波发送元件6发送的超声波以激发导波的角度到达被检查体11的位置上,使超声波在被检查体11内部在圆周方向上传播。此时,超声波接收元件8被配置于隔着被检查体11而与超声波发送元件6始终对置的位置上,能够以与入射角相同角度(大小相同而方向相反的角度)从被检查体11接收超声波,并能够根据该接收到的超声波信号对被检查体11内部进行检查。即使被检查体11的直径改变,不用进行设定的变更就能够进行超声波检查。

[0077] 因此,在该超声波检查方法中,即使在构成被检查体11的材料内部的声速数据不明的情况或由不同种类材料的层压材料组成的情况下,也能够不需要对于被检查体11的入射角度的定位作业。此外,由于使超声波发送元件6以及超声波接收元件8保持始终对置的姿势而扫描被检查体11,所以即使在被检查体11的直径在中途变化的情况下,不用进行入射角度的计算就能够向被检查体11内部入射超声波并进行检查。

[0078] 特别地,通过使用点聚焦型的探头作为超声波发送元件6以及超声波接收元件8,由于向被检查体11以规定的角度发送聚焦的超声波,所以能够可靠地进行向导波的变换,并能够在被检查体为扩径状的圆筒的情况下也可靠地进行检查。

[0079] 另外,在被检查体内部传播的超声波(透射波)在被检查体内部传播多周。然后,在超声波发送元件6以及超声波接收元件8为图2所示的配置时,在超声波接收元件8中,在被检查体11内部每旋转一次则接收到超声波,但由于旋转了一周以上出来的超声波信号与通过被检查体11的外侧而接收到的超声波信号(第二超声波信号S)混在一起而难以识别,所以在前述检查中,根据在被检查体11内部传播而在最初被检测的超声波信号来判定有没有缺陷。

[0080] 另外,如前所述,被超声波接收元件8接收的超声波不仅包含在被检查体11内部传播而来的超声波(透射波),还包括经由被检查体11的外侧而在空中传播而来的超声波(绕射波)。在前述实施方式中,利用接收的超声波信号的时间上的偏差来判定是否是在被检查体11内部传播了的超声波(第一超声波信号U),但由于在存在缺陷的情况下接收的超声波信号的强度降低,所以也能够仅根据在被检查体11内部传播了的超声波信号而进行检查。在该情况下,在接收到的超声波信号比前述第一阈值 α 大的情况下判定为正常,在比第一阈值 α 小的情况下判定为存在缺陷。

[0081] 但是,在实施该检查方法的情况下,需要使得超声波接收元件8不接收经由被检查体11的外部而在空中传播而来的超声波(绕射波)。

[0082] 因此,如图10所示,在被检查体11的外周面上配置屏蔽体41使得截断通过被检查体11的外侧从超声波发送元件6到达超声波接收元件8的超声波信号,进行超声波检查。在图10所示的例子中,将在相对于超声波发送元件6和超声波接收元件8的对置方向正交的方向上延伸的块状的屏蔽体41配置为与被检查体11的外周面接触的状态。作为屏蔽体41,例

如能够使用丙烯酸树脂或铝。

[0083] 通过在设置了该屏蔽体41的状态下进行超声波检查,能够不接收前述第二超声波信号S(参照图4),而仅有效地检测第一超声波信号U,并能够实施正确的超声波检查。

[0084] 在使用该屏蔽体41来进行超声波检查的情况下,由于不接收前述第二超声波信号S,所以如图8所示,也能够接收在被检查体11内部旋转1周以上而传播的超声波信号来作为分析对象。如前所述,在被检查体11内部传播的超声波在被检查体11的大约半周中传播而被超声波接收元件8接收,但通过也接收大约传播了1周半、2周半的超声波来进行分析,能够实施更高精度的检查。另外,在接收在被检查体11内部旋转1周以上的超声波而进行检查的情况下,也可以不在左右两处发送接收超声波信号,而通过仅在其任一方进行发送接收来进行检查,并仅扫描被检查体11的直径方向的一半(右半或者左半)即可。

[0085] <第二实施方式>

[0086] 以上的超声波检查是对被检查体11的特定的横切位置沿直径方向扫描而进行检查的方法,但在遍及被检查体11的全长而进行超声波检查的情况下,按照图11所示的流程图进行处理。在该图11的流程图中,对与图3的流程图处理相同的部分附加相同的符号而简化说明(以下,在后述图12的流程图中也同样适用)。

[0087] 在对被检查体11的全长进行超声波检查的情况下,在被检查体11的圆筒的轴方向(Y方向)上以规定间距移动,并且直到轴的末端为止重复从S1到S10的处理即可。

[0088] 即,在从S1到S10的处理之后,判断该一行的扫描是否为被检查体11的轴末端(S11),并在没有判断为轴末端的情况下,在被检查体11的轴方向上以规定的传送间距移动超声波发送元件6以及超声波接收元件8(S12),并重复从S1开始的处理。

[0089] 在该图11的流程图中,设为按每一行的扫描在显示部33上进行“OK”或者“NG”的显示,但除此之外,或者代替这样,也可以设为在遍及被检查体11的全长而进行了检查之后,在显示部33上进行“OK”或者“NG”的显示。或者,也可以设为:在S8的一行的扫描中没有判断为存在两处超过规定的强度的部位(S8的判断为“否”)的情况下,在显示部33上显示“NG”,但在判断为存在两处(S8的判断为“是”)的情况下,在显示部33上不显示“OK”,而是进行S11之后的处理,在被检查体11的轴方向上移动超声波发送元件6以及超声波接收元件8,并在直到轴末端为止进行了检查之后(在全部每一行的扫描中S8的判断结果都为“是”的情况下),在显示部33上显示“OK”。

[0090] 此外,在图11中,在S10中在显示部33上显示为“NG”之后,也使被检查体11在轴方向上移动而进行检查,但如果在S10中根据最初的一行扫描的检查结果在显示部33上显示为“NG”,则也可以结束之后的检查。

[0091] <第三实施方式>

[0092] 另外,如之前所述,通过在每一行的扫描中,判断是否在两处检测到超过规定的强度的超声波信号,能够对被检查体11的圆周方向的大部分进行超声波检查。但是,成为将发送的超声波变换为导波的入射角的超声波发送元件6的配置是发送方向相对于被检查体11的表面成为稍微倾斜的位置关系,所以在对被检查体11以 90° 的角度(即,超声波发送元件6被配置于被检查体11的直径方向的延伸上的角度)入射超声波的位置的附近,超声波入射至内部而不变换为导波。因此,不能够实施该部分的超声波检查。

[0093] 因此,如前所述,在对被检查体11在一个直径方向上扫描并进行超声波检查之后,

使被检查体11绕着圆筒轴中心O例如旋转 90° ,再次在直径方向上扫描并进行超声波检查。

[0094] 以图12的流程图进行说明,在S8中判断为存在两处超过规定的强度的部位的情况下,判定是否改变角度而重复了两次线扫描(S13),在判定为没有重复两次的情况下,使被检查体11绕圆筒轴心例如旋转 90° (S14)之后,再次实施从S1开始的检查,并在S13中判定为改变角度而重复了两次的情况下,在显示部33上显示“OK”。之后,在被检查体11的圆筒轴方向上以规定的传送间距移动超声波发送元件6以及超声波接收元件8(S11),并重复从S1开始的检查。

[0095] 由此,通过使被检查体11绕轴中心旋转,在对于被检查体11的两个不同方向的直径方向上扫描而进行超声波检查,能够对整个被检查体11进行检查。

[0096] 然后,在被检查体11的特定的长度方向位置上进行了超声波检查之后,使超声波发送元件6以及超声波接收元件8在被检查体11的长度方向(Y方向)上移动之后,与前述同样地在被检查体11的直径方向上进行扫描。通过使超声波发送元件6以及超声波接收元件8在被检查体11的长度方向(Y方向)上一点点地移动并重复该操作,能够遍及被检查体11的全长而进行超声波检查。

[0097] 另外,在图12中,在S10中在显示部33上显示为“NG”之后,也使被检查体11在轴方向上移动而进行检查,但如果在S10中根据最初的一行扫描的检查结果而在显示部33上显示为“NG”,则也可以结束之后的检查。

[0098] <第四实施方式>

[0099] 图13表示了在本发明的超声波检查方法中,与超声波发送元件6以及超声波接收元件8的扫描方法不同的第四实施方式。在从第一实施方式到第三实施方式的超声波检查方法中,使用一组超声波发送元件6和超声波接收元件8,使这些超声波发送元件6以及超声波接收元件8以对置的状态移动。在第四实施方式中,使用多组超声波发送元件6和超声波接收元件8,将他们排列为阵列状而使用。

[0100] 即,多组超声波发送元件6和超声波接收元件8被排列在被检查体11的直径方向(X轴方向)上,并且各组超声波发送元件6以及超声波接收元件8经由被检查体11而分离地被配置在Z轴上,在Z轴方向上对置。在该状态下,若从各超声波发送元件6向被检查体11发送超声波,则来自发送方向对于被检查体11成为激发导波的角度(参照图2的角度 θ)的超声波发送元件6的超声波入射到被检查体11内部,作为导波在被检查体11内部在圆周方向上传播。此时,由于与该超声波发送元件6对置的超声波接收元件8也被设定在与入射角度大小相同而反方向的角度上,所以能够接收在被检查体11内部传播了的超声波。在图13所示的例子中,在由B-B表示的位置上,从超声波发送元件6发送并在被检查体11内部传播了的超声波被超声波接收元件8接收。

[0101] <第五实施方式>

[0102] 此外,也可以设为如下方法:将超声波发送元件6和超声波接收元件8的任一方在被检查体11的直径方向(X方向)上排列为阵列状而配置多个,并在另一方配置1个超声波发送元件6和超声波接收元件8的任意另一方,在被检查体11的直径方向(X方向)上移动并且进行超声波检查。

[0103] 在图14中,表示了如下方法:将超声波接收元件8在被检查体11的直径方向(X轴方向)上排列为阵列状而配置,并使超声波发送元件6在箭头所示的直径方向(X轴方向)上移

动并且发送超声波而进行检查。在该检查方法中,在超声波发送元件6被配置于对被检查体11以激发导波的角度(参照图2的角度 θ)发送超声波的位置时,能够由阵列状的超声波接收元件8中处于与超声波发送元件6的位置对置的位置关系的超声波接收元件8(处于由图14的B-B表示的对置关系的超声波接收元件)接收在被检查体11内部传播而来的超声波。

[0104] 在图14中,使1个超声波发送元件6在被检查体11的直径方向上移动,并将多个超声波接收元件8在被检查体11的直径方向上排列地配置,但反过来,也可以是如下方法:将多个超声波发送元件6在被检查体11的直径方向上排列而配置,并使1个超声波接收元件8在被检查体11的直径方向上移动并且接收超声波。

[0105] <第六实施方式>

[0106] 接下来,参照图15到图17,说明本发明的第六实施方式。在上述第三实施方式中,为了针对来自超声波发送元件6的超声波以 90° 的角度入射到被检查体11的部分也进行超声波检查,设为使得将被检查体11绕圆筒轴中心旋转 90° 并再次在直径方向上扫描而进行超声波检查。

[0107] 与此相对,在第六实施方式中,如图15以及图16所示,在将第三实施方式中的超声波发送元件6以及超声波接收元件8以被检查体11的圆筒轴为中心旋转了 90° 的位置上,设置了第二超声波发送元件61以及第二超声波接收元件81的组。若由超声波发送元件6以及超声波接收元件8对被检查体11的图15的在左方向(X轴方向)上的扫描结束,则不使被检查体11绕圆筒轴旋转,而是使第二超声波发送元件61以及第二超声波接收元件81在箭头方向上扫描并且从超声波发送元件61发送超声波,从而针对无法由超声波发送元件6以及超声波接收元件8进行超声波检查的部分也能够进行超声波检查。

[0108] 即,如图16所示,来自第二超声波发送元件61的超声波以激发导波的角度 θ 入射被检查体11,并穿透被检查体11内部而在圆周方向上传播,以相同大小的反方向的角度 θ 出射并被第二超声波接收元件81接收。从第二超声波发送元件61以入射角 θ 入射的超声波在被检查体11中传播了大约半周之后被在相反侧对置的第二超声波接收元件81接收。由于在该超声波的传播部位中,也包含来自超声波发送元件6的超声波以 90° 的角度入射的部分,所以针对无法由超声波发送元件6以及超声波接收元件8进行超声波检查的部分也能够进行超声波检查。

[0109] 另外,在第六实施方式中,在将超声波发送元件6以及超声波接收元件8以被检查体11的圆筒轴为中心旋转了 90° 的位置上,设置了第二超声波发送元件61以及第二超声波接收元件81的组。但是,超声波发送元件6以及超声波接收元件8、和第二超声波发送元件61以及第二超声波接收元件81的配置位置并不限定于以被检查体11的圆筒轴为中心而仅旋转 90° 的角度的位置。该角度也可以是 30° 、 45° 等任意的角度。此外,在本实施方式中,设置了两组超声波发送元件以及超声波接收元件,但并不限定于两组,也可以设置更多组。

[0110] 参照图17说明被用于该第六实施方式的超声波检查方法的超声波检查装置。在图17中,对与图9所示的超声波检查装置相同的结构附加相同的参照编号,并省略它们的说明。

[0111] 参照图17,如上所述,第二超声波发送元件61以及第二超声波接收元件81的组被设置在将超声波发送元件6以及超声波接收元件8以被检查体11的圆筒轴为中心旋转了 90° 的位置上。第二超声波发送元件61以及第二超声波接收元件81能够通过扫描控制部34在Z

轴方向上驱动。第二超声波发送元件61与超声波发送元件6同样地,被连接到信号发送部7。第二超声波发送元件61根据从信号发送部7发送的超声波驱动信号而向被检查体11发送超声波。第二超声波接收元件81与超声波接收元件8同样地,被连接到信号接收部9。第二超声波接收元件81与超声波接收元件8同样地,接收在被检查体11中传播而穿透的超声波并作为接收电压信号发送给信号接收部9。其他动作与图9所示的超声波检查装置相同。

[0112] 在实施该第六实施方式的检查方法的情况下,与图10所示的超声波检查方法同样地,期望设为在超声波接收元件81中不从超声波发送元件61接收经由被检查体11的外部而在空中传播而来的超声波(绕射波)。

[0113] 因此,如图18所示,除了屏蔽体41,还在被检查体11的外周面上配置屏蔽体42使得截断通过被检查体11的外侧而从超声波发送元件61到达超声波接收元件81的超声波信号,从而进行超声波检查。在图18所示的例子中,将在相对于超声波发送元件61和超声波接收元件81的对置方向正交的方向上延伸的块状的屏蔽体42以与被检查体11的外周面接触的状态配置在从屏蔽体41旋转90°的位置上。作为屏蔽体42,与屏蔽体41同样地例如能够使用丙烯酸树脂或铝。

[0114] 通过在设置了该屏蔽体42的状态下进行超声波检查,能够在超声波接收元件81中不接收前述第二超声波信号S(参照图4),仅有效地检测第一超声波信号U,并能够实施正确的超声波检查。

[0115] <第七实施方式>

[0116] 参照图19,说明本发明的第七实施方式的超声波检查方法。在上述第四实施方式中,如图13所示,使用多组超声波发送元件6和超声波接收元件8,将它们排列为阵列状而使用。在第七实施方式中,除了第四实施方式的结构,还使用多组第二超声波发送元件61以及第二超声波接收元件81,将它们排列为阵列状而使用。

[0117] 即,除了第四实施方式的结构,多组超声波发送元件61和超声波接收元件81被排列在被检查体11的Z轴方向的直径方向上,并且各组超声波发送元件61以及超声波接收元件81经由被检查体11而在X轴上被分离地配置,在X轴方向上对置。即,在第七实施方式中,多组超声波发送元件61和超声波接收元件81被配置于将多组超声波发送元件6和超声波接收元件8以被检查体11的圆筒轴为中心旋转了90°的位置上。

[0118] 在该状态下,若从各超声波发送元件61向被检查体11发送超声波,则来自发送方向相对于被检查体11成为激发导波的角度(参照图16的角度 θ)的超声波发送元件61的超声波入射到被检查体11内部,并作为导波在被检查体11内部在圆周方向上传播。此时,由于与该超声波发送元件61对置的超声波接收元件81也被设定在与入射角度相同大小而反方向的角度上,所以能够接收在被检查体11内部传播而出射的超声波。在图19所示的例子中,在由C-C表示的位置上,从超声波发送元件61发送并在被检查体11内部传播了的超声波被超声波接收元件81接收。

[0119] 另外,在第七实施方式中,在将多组超声波发送元件6以及超声波接收元件8以被检查体11的圆筒轴为中心旋转90°的位置上,设置了多组第二超声波发送元件61以及第二超声波接收元件81。但是,多组超声波发送元件6以及超声波接收元件8、和多组第二超声波发送元件61以及第二超声波接收元件81的配置位置并不限定于以被检查体11的圆筒轴为中心而仅旋转90°的角度的位置。该角度也可以是30°、45°等任意的角度。此外,在本实施方

式中,设置了两组多组超声波发送元件以及超声波接收元件,但并不限于两组,也可以设置更多组。

[0120] <第八实施方式>

[0121] 参照图20说明本发明的第八实施方式的超声波检查方法。在上述第五实施方式中,如图14所示,将超声波接收元件8在被检查体11的直径方向(X轴方向)上排列为阵列状而配置,使超声波发送元件6在箭头所示的直径方向(X轴方向)上移动并发送超声波而进行检查。在第八实施方式中,除了第五实施方式的结构,还将多个超声波接收元件81在被检查体11的Z轴方向的直径方向上排列为阵列状而配置,使超声波发送元件61在箭头所示的Z轴方向上移动并发送超声波而进行检查。即,在第八实施方式中,超声波发送元件61和多个超声波接收元件81被配置于将超声波发送元件6和多个超声波接收元件8以被检查体11的圆筒轴为中心旋转了90°的位置上。

[0122] 在该检查方法中,在超声波发送元件61被配置在对被检查体11以激发导波的角度(参照图2的角度 θ)发送超声波的位置上时,能够由阵列状的超声波接收元件81中处于与超声波发送元件61的位置对置的位置关系的超声波接收元件81(处于由图20的C-C表示的对置关系的超声波接收元件)接收在被检查体11内部传播而来的超声波。

[0123] 在第八实施方式中,使1个超声波发送元件61在被检查体11的Z轴方向的直径方向上移动,并将多个超声波接收元件8在被检查体11的Z轴方向的直径方向上排列而配置。但是反过来,也可以设为如下方法:将多个超声波发送元件61在被检查体11的Z轴方向的直径方向上排列而配置,并使1个超声波接收元件81在被检查体11的Z轴方向的直径方向上移动并接收超声波。

[0124] 另外,在第八实施方式中,在将1个超声波发送元件6以及多个超声波接收元件8以被检查体11的圆筒轴为中心旋转90°的位置上设置了1个超声波发送元件61以及多个超声波接收元件81的组。但是,1个超声波发送元件6以及多个超声波接收元件8的组、和1个超声波发送元件61以及多个超声波接收元件81的组的配置位置并不限于以被检查体11的圆筒轴为中心而仅旋转90°的角度的位置。该角度也可以是30°、45°等任意的角度。此外,在本实施方式中,设置了两组超声波发送元件以及超声波接收元件,但并不限于两组,也可以设定更多组。

[0125] 另外,本发明并不限于上述实施方式,能够在不脱离本发明主旨的范围内追加各种变更。

[0126] 例如,在所述实施方式中,着眼于接收到的超声波信号的强度(振幅)来区别第一超声波信号U和第二超声波信号S,但也可以着眼于频率特性来区别第一超声波信号U和第二超声波信号S。在该情况下,进行频率分析而从两个峰值中选择特定的频率的一方,或者,由于绕射波强度非常强,所以也可以设为选择强度较弱的峰值。

[0127] 此外,在所述实施方式中,使超声波发送元件以及/或者超声波接收元件在X方向以及Y方向移动而进行说明,但也可以使被检查体在X方向以及Y方向上移动。

[0128] 进一步,在上述实施方式中,表示了被检查体11为圆筒形状的例子。但是,只要被检查体的形状为筒状,则与筒状轴正交的截面也可以是椭圆形状。

[0129] 在被检查体的截面为椭圆形状且使超声波发送元件6或者超声波接收元件8进行扫描的情况下,只要与该椭圆形状的长轴或者短轴平行地使超声波发送元件6或者超声波

接收元件8进行扫描即可。此外,在被检查体的截面为椭圆且排列设置多个超声波发送元件6或者超声波接收元件8的情况下,只要与被检查体的截面的椭圆形状的长轴或者短轴平行地设置多个超声波发送元件6或者超声波接收元件8即可。因此,在本说明书中,“圆筒形状”这个词不仅指圆筒形的筒,也包含椭圆形的筒。

[0130] 工业适用性

[0131] 本发明能够应用于使用超声波的圆筒形状的被检查体的内部检查,并且不需要对于圆筒形状的被检查体的入射角的麻烦的定位作业,且在被检查体的材料内部的声速数据不明的情况或被检查体由层压材料组成等情况下也能够容易地检查被检查体的缺陷等。

[0132] 标号说明

[0133] 1 超声波检查装置

[0134] 2 脉冲器接收器部

[0135] 3 探测部

[0136] 4 信号处理部

[0137] 5信号发生器

[0138] 6超声波发送元件(检查波发送机)

[0139] 7 信号发送部

[0140] 8 超声波接收元件

[0141] 9 信号接收部

[0142] 10 接收信号放大部

[0143] 11 被检查体

[0144] 21 扫描机构部

[0145] 22 平台

[0146] 23 X方向驱动部

[0147] 24 Y方向驱动部

[0148] 25、26Z方向驱动部

[0149] 31 条件设定部

[0150] 32 缺陷判定部

[0151] 33 显示部

[0152] 34 扫描控制部

[0153] 35 操作部

[0154] 41 屏蔽体

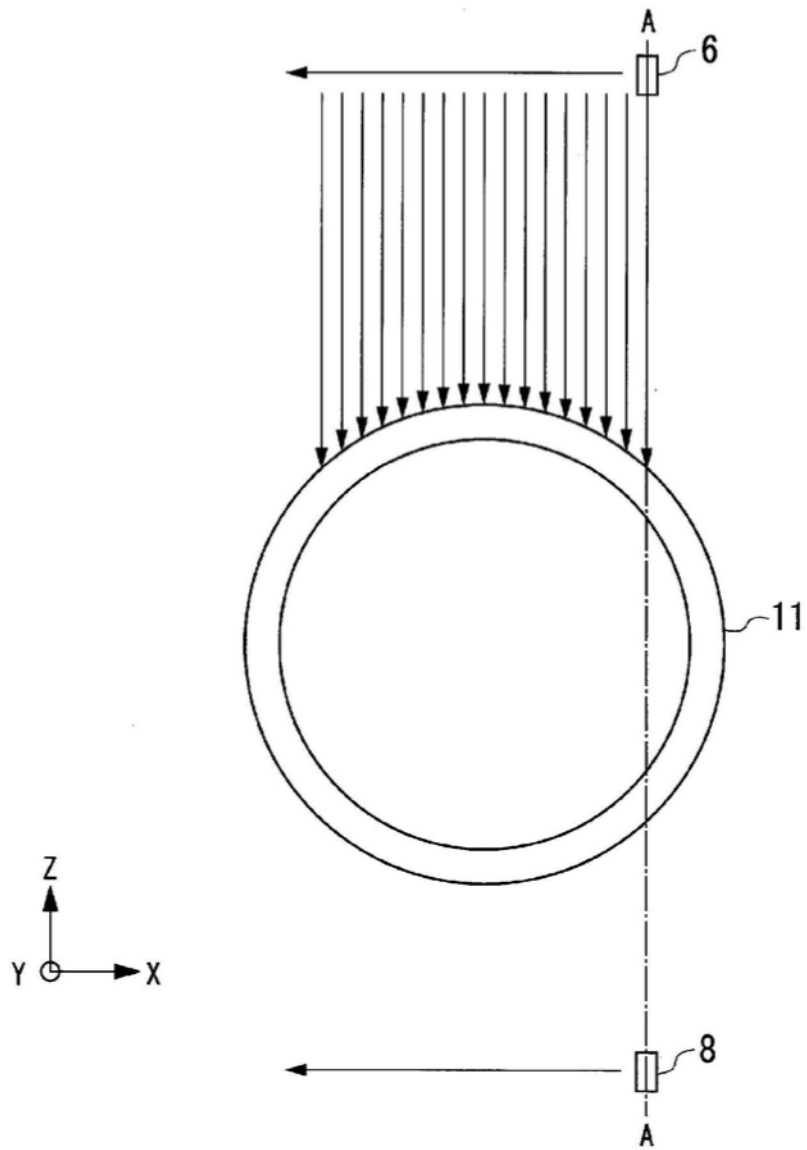


图1

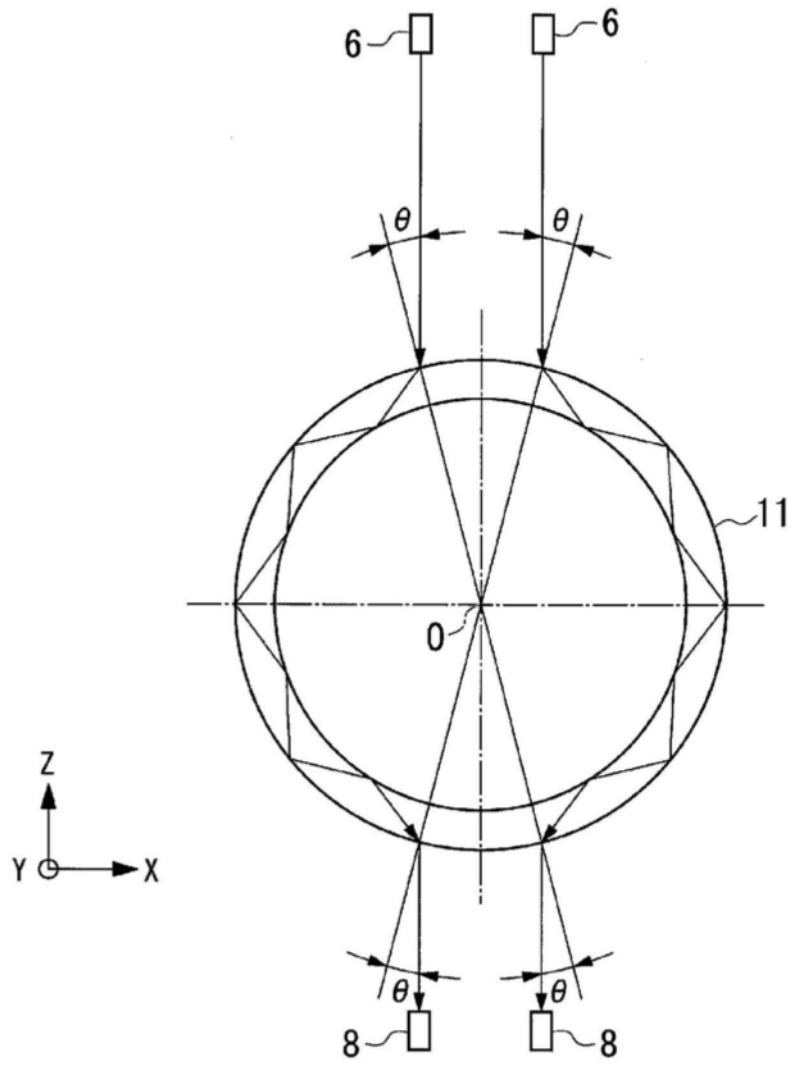


图2

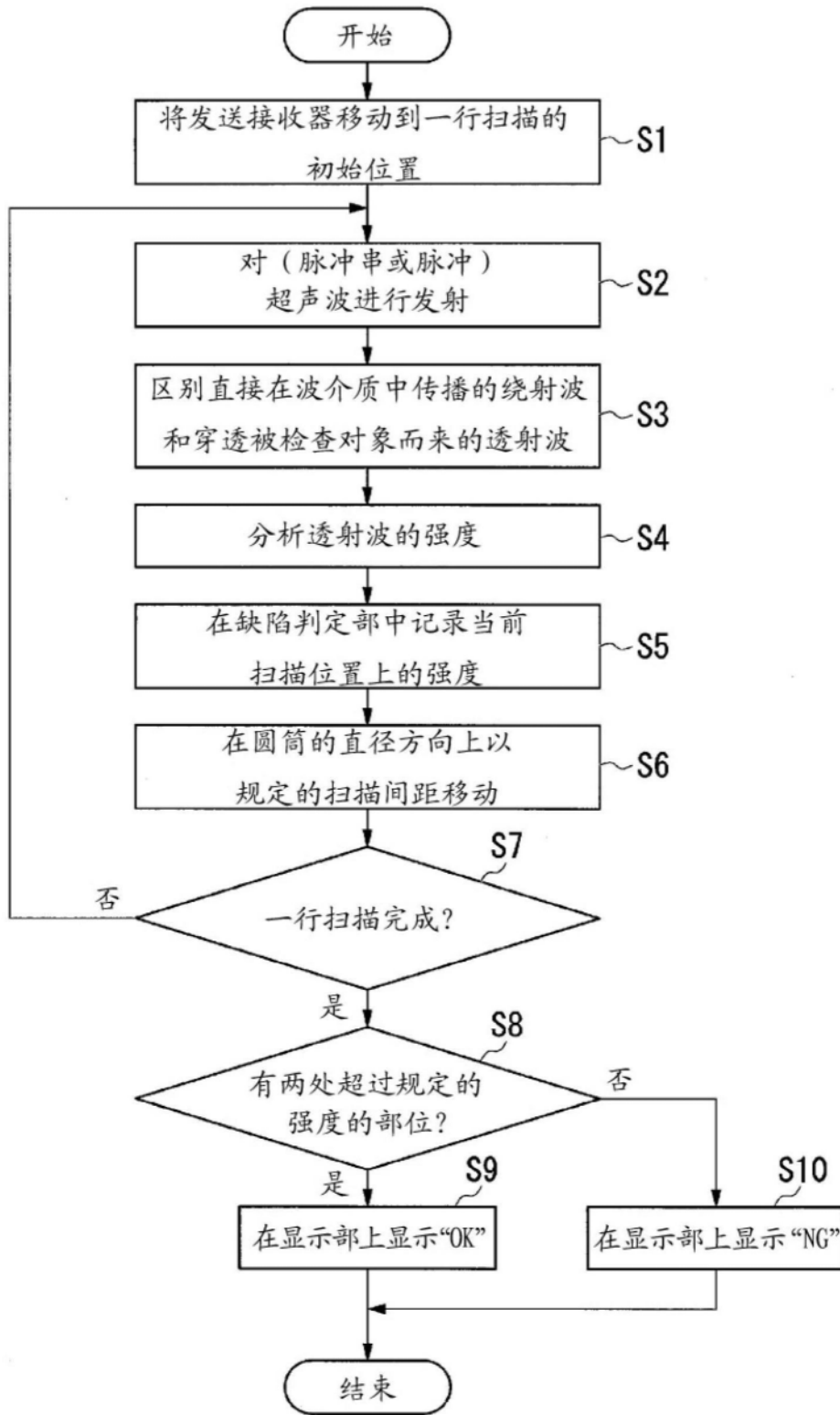


图3

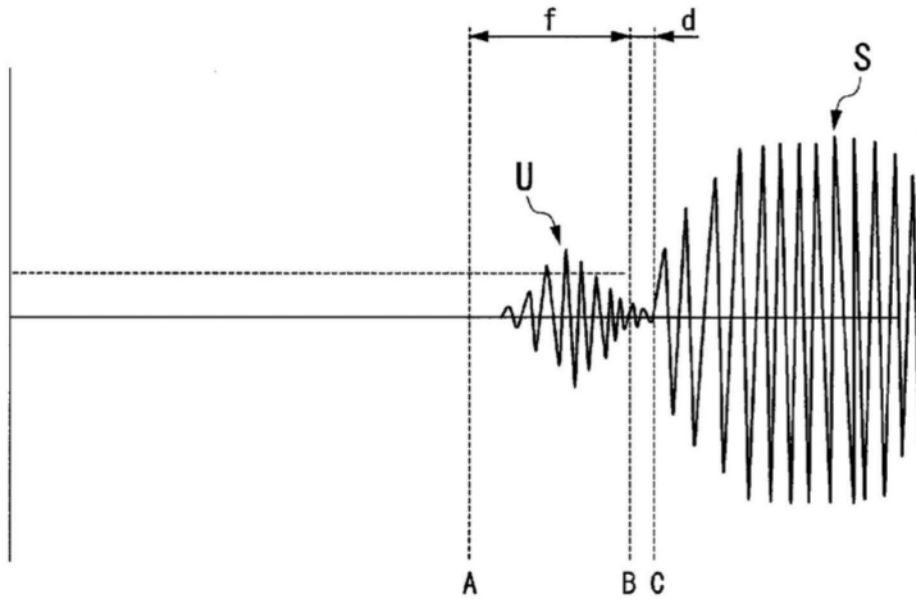


图4

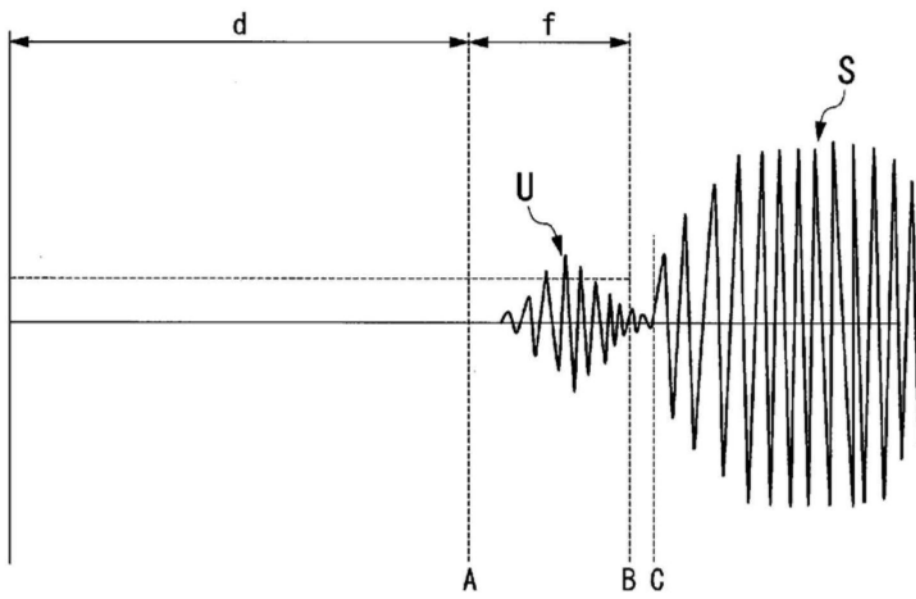


图5

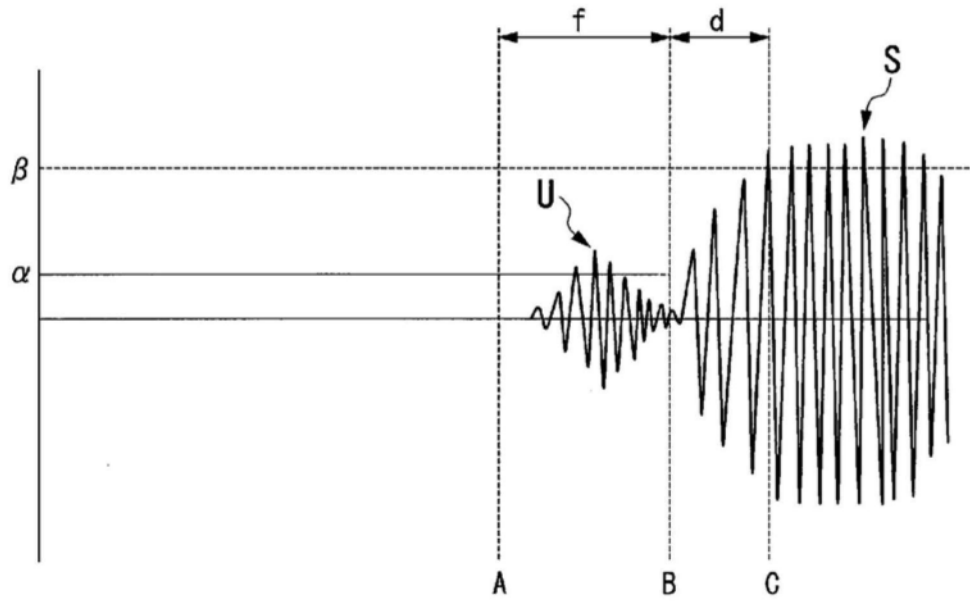


图6

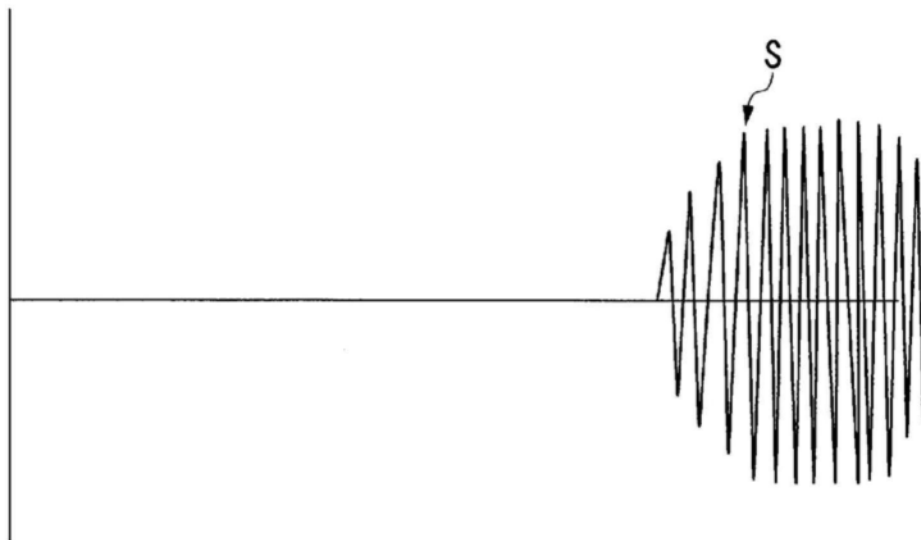


图7

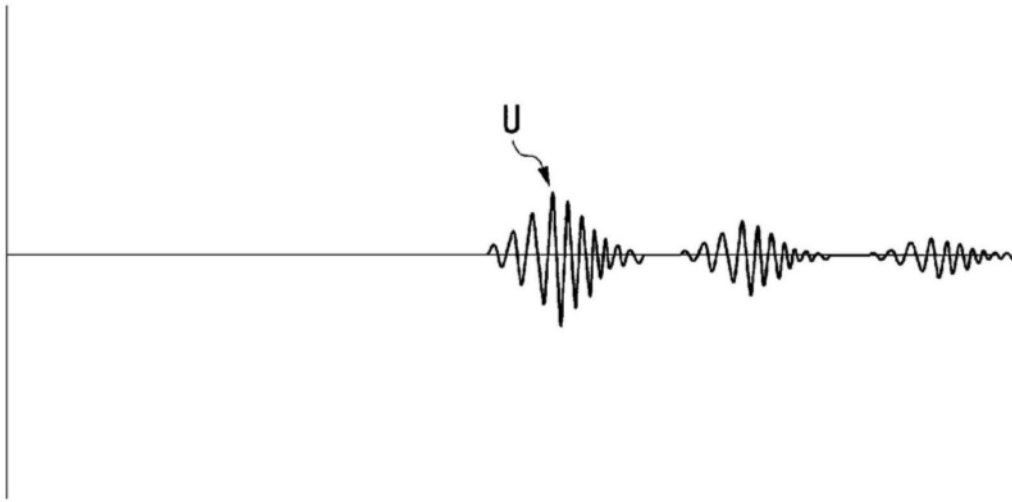


图8

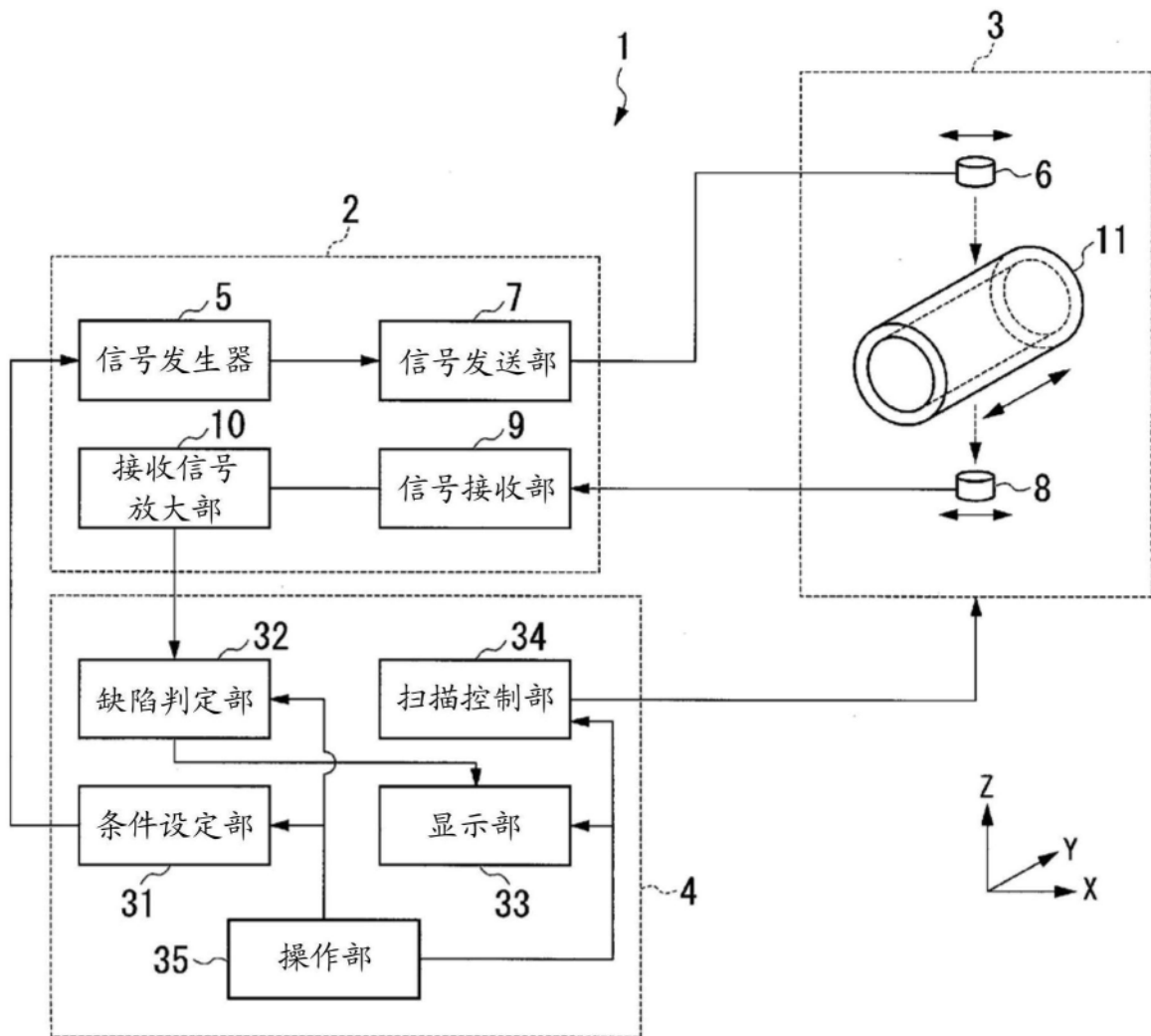


图9

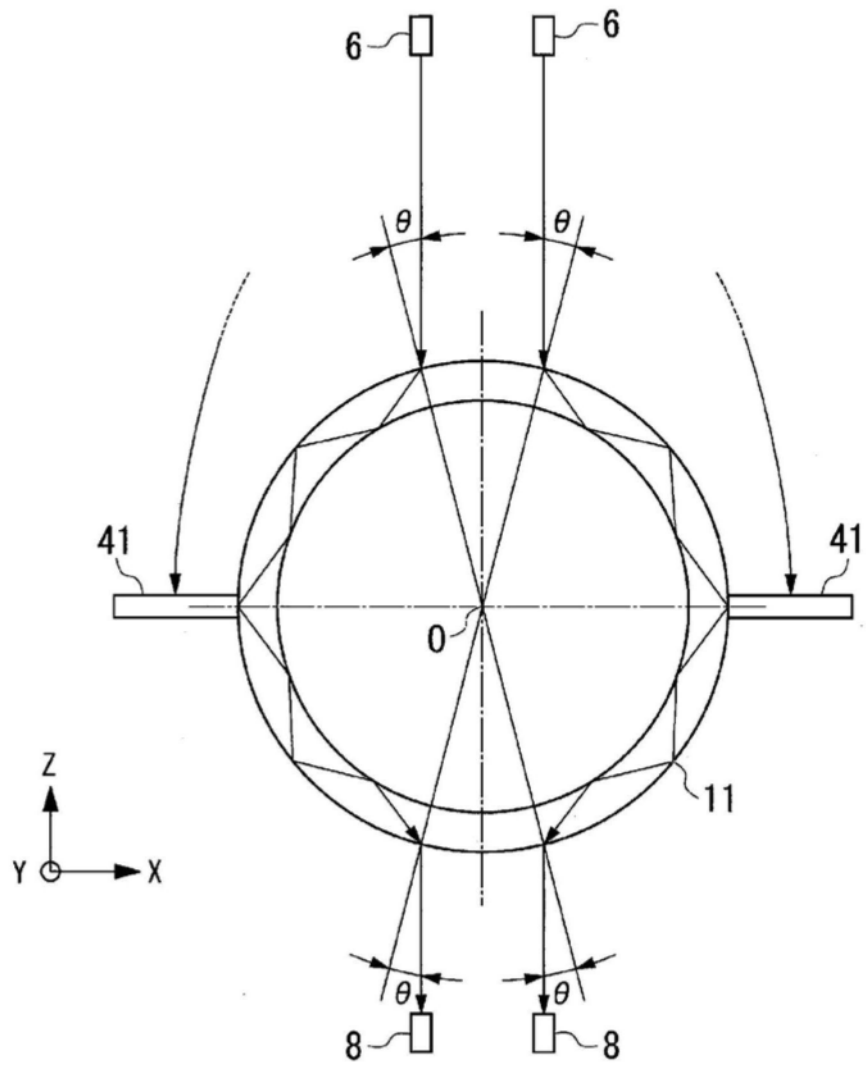


图10

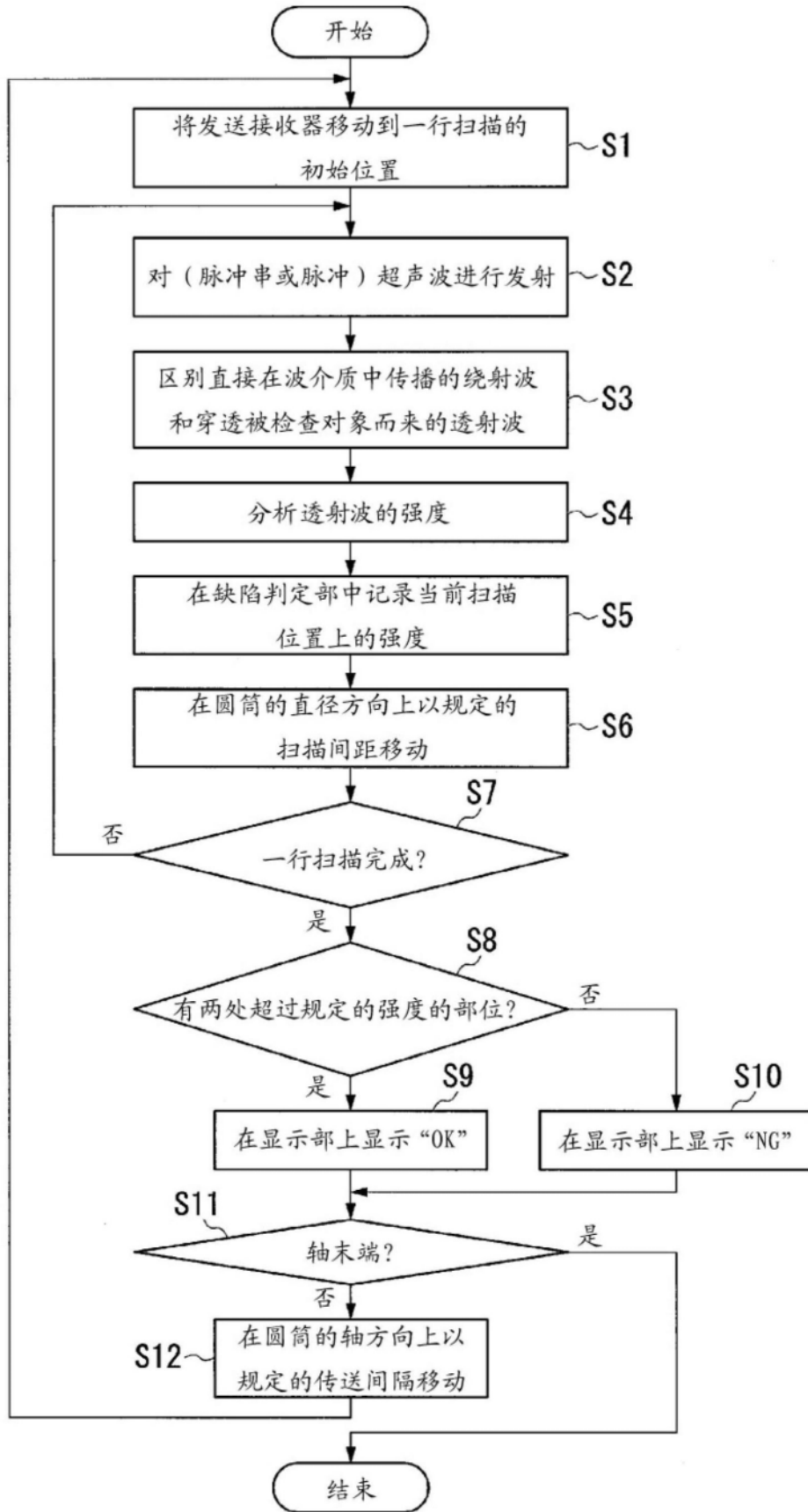


图11

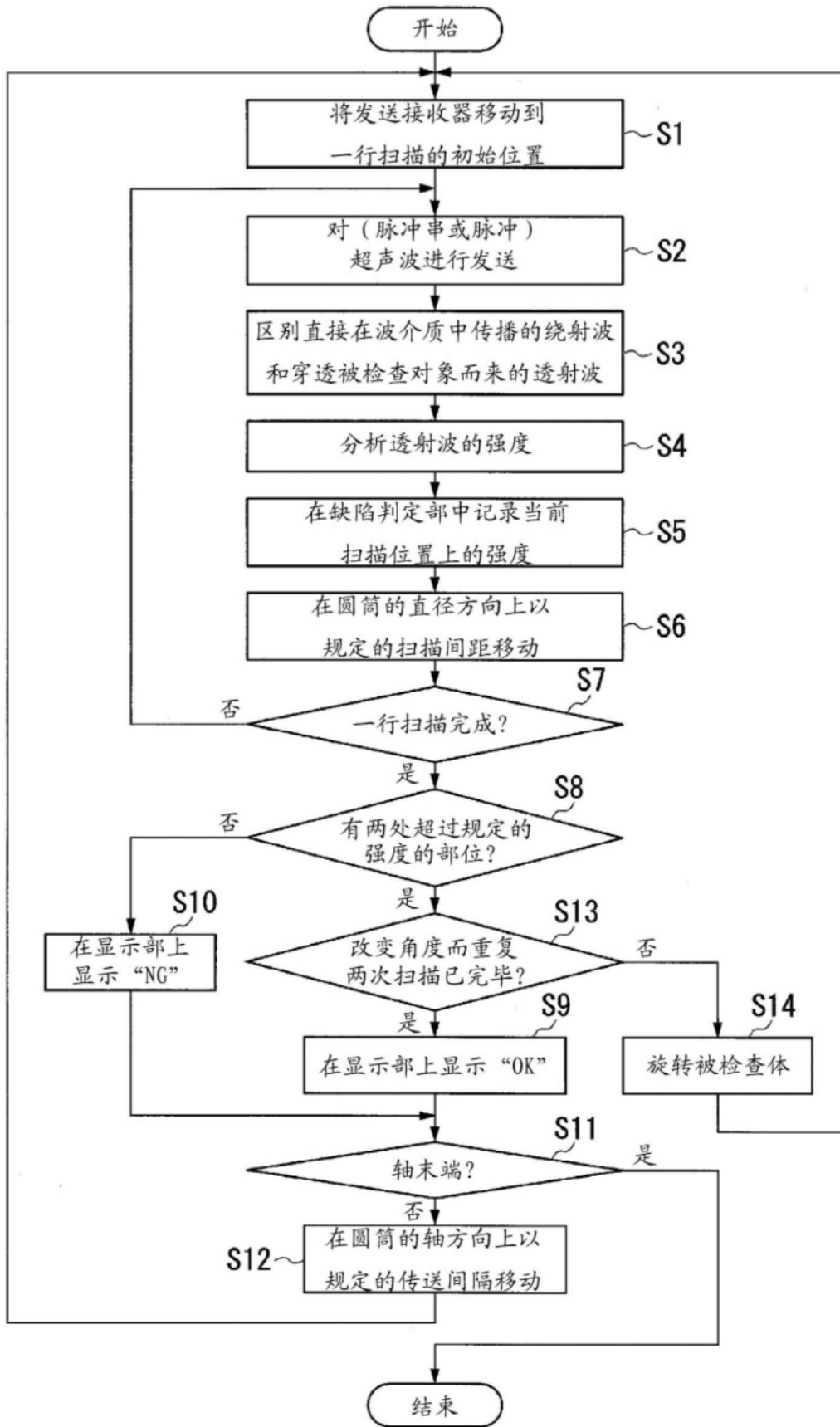


图12

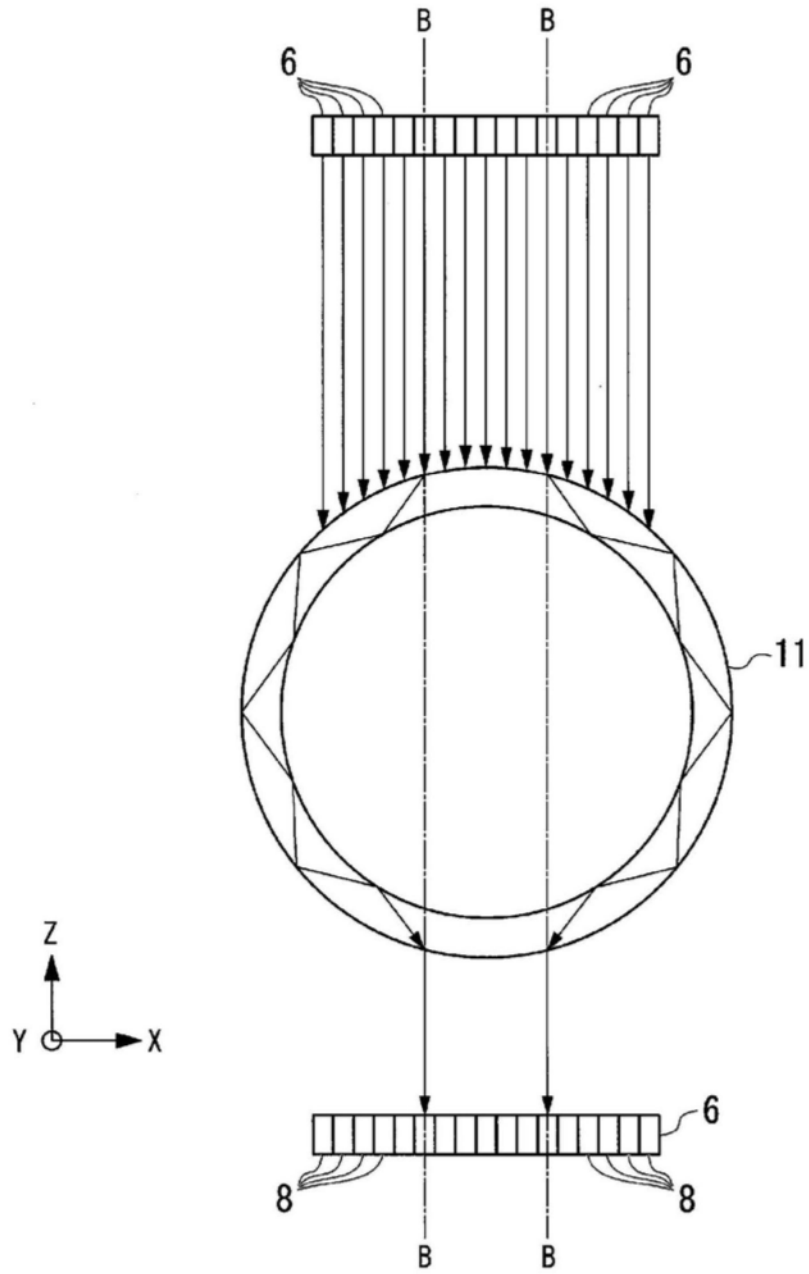


图13

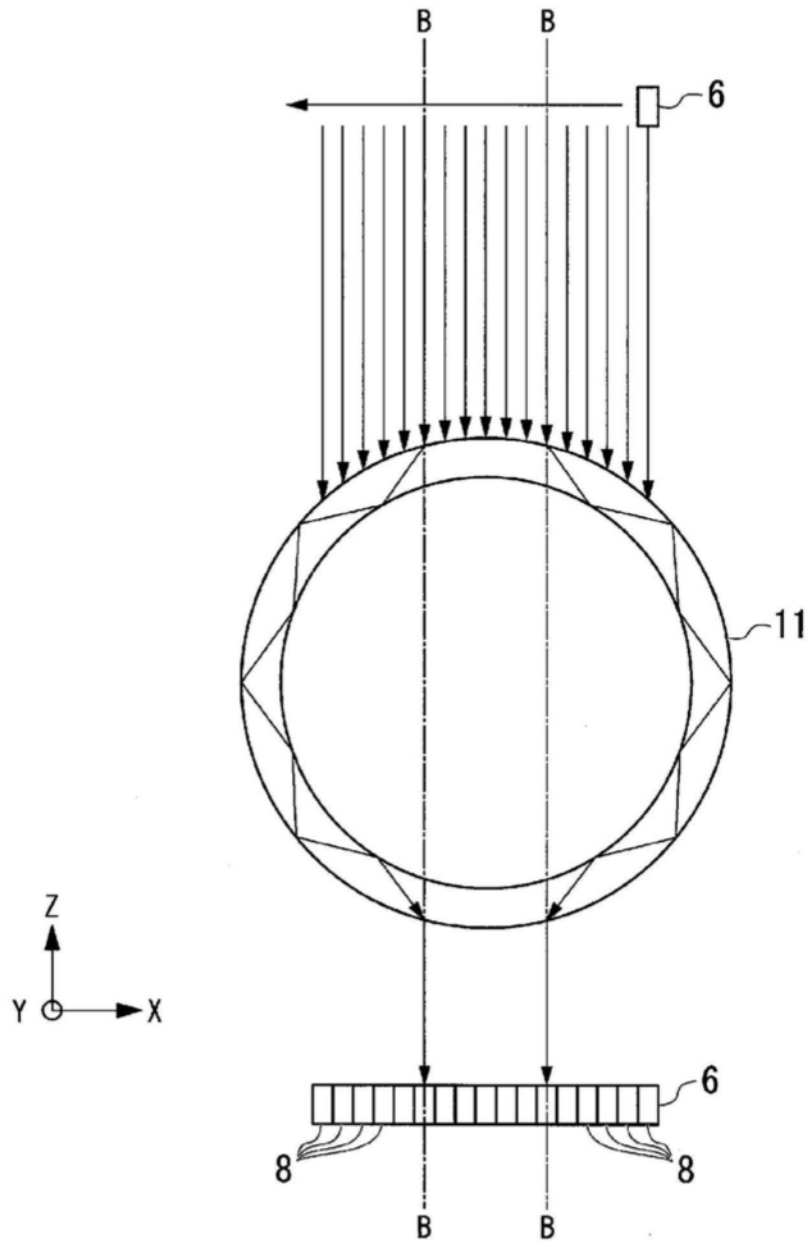


图14

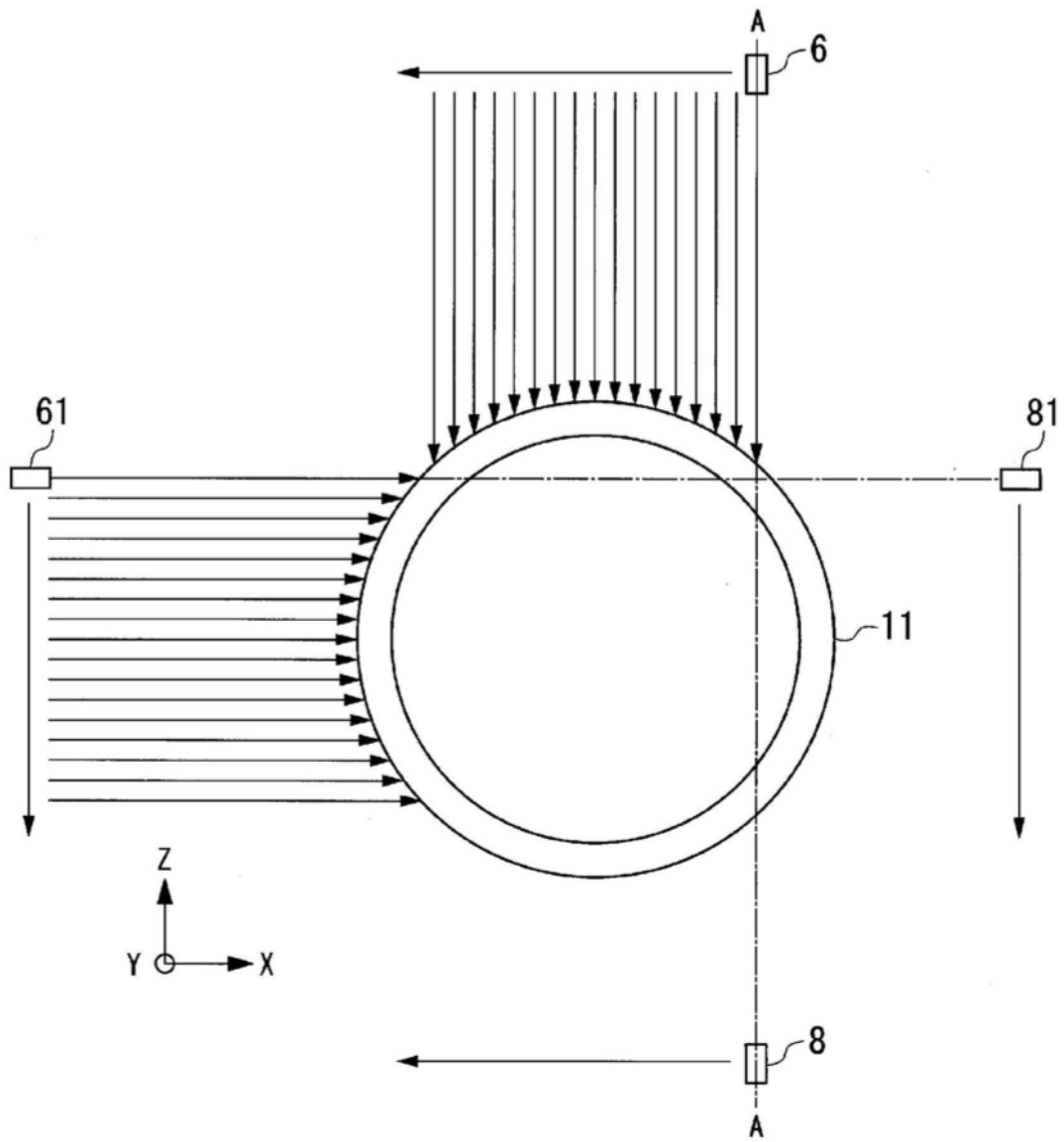


图15

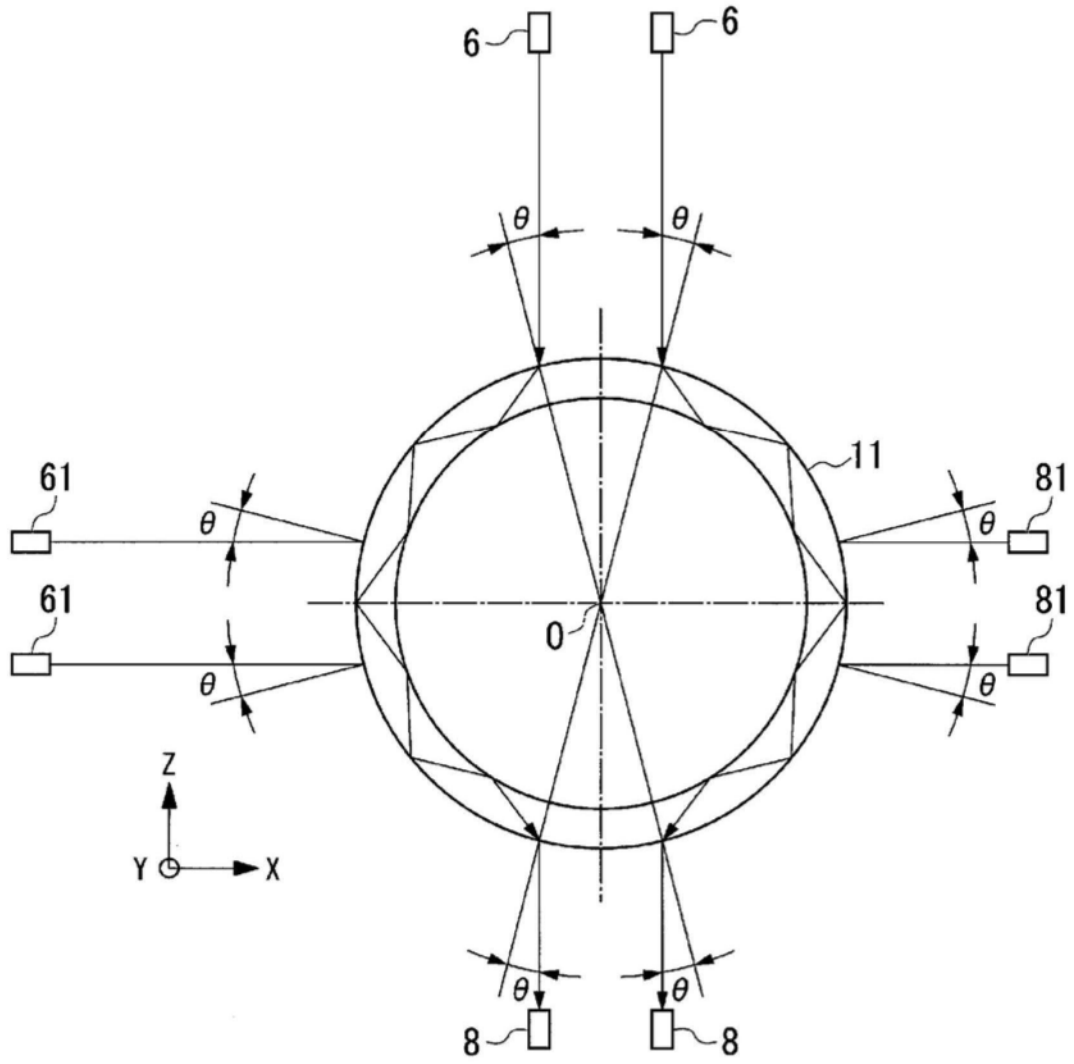


图16

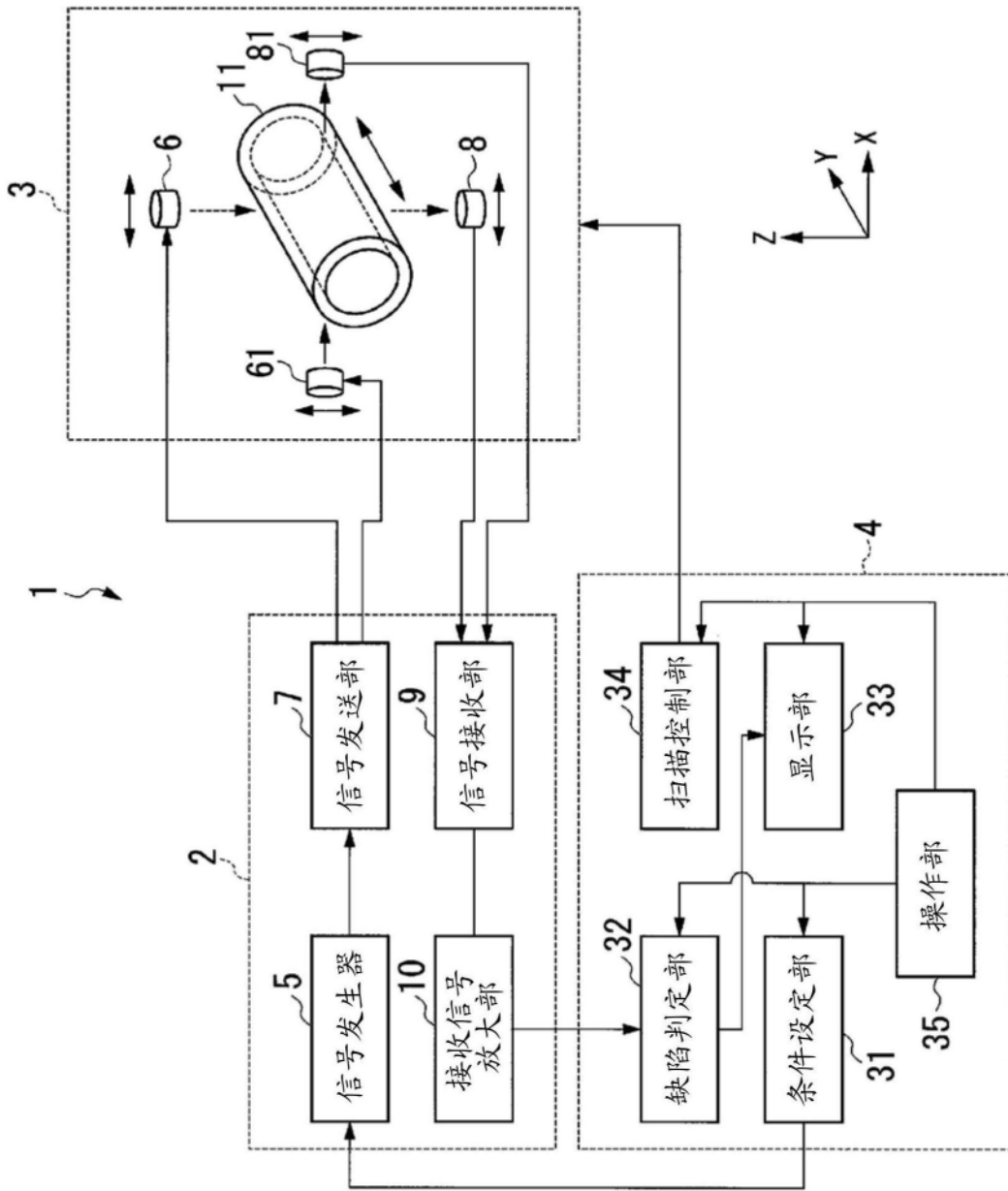


图17

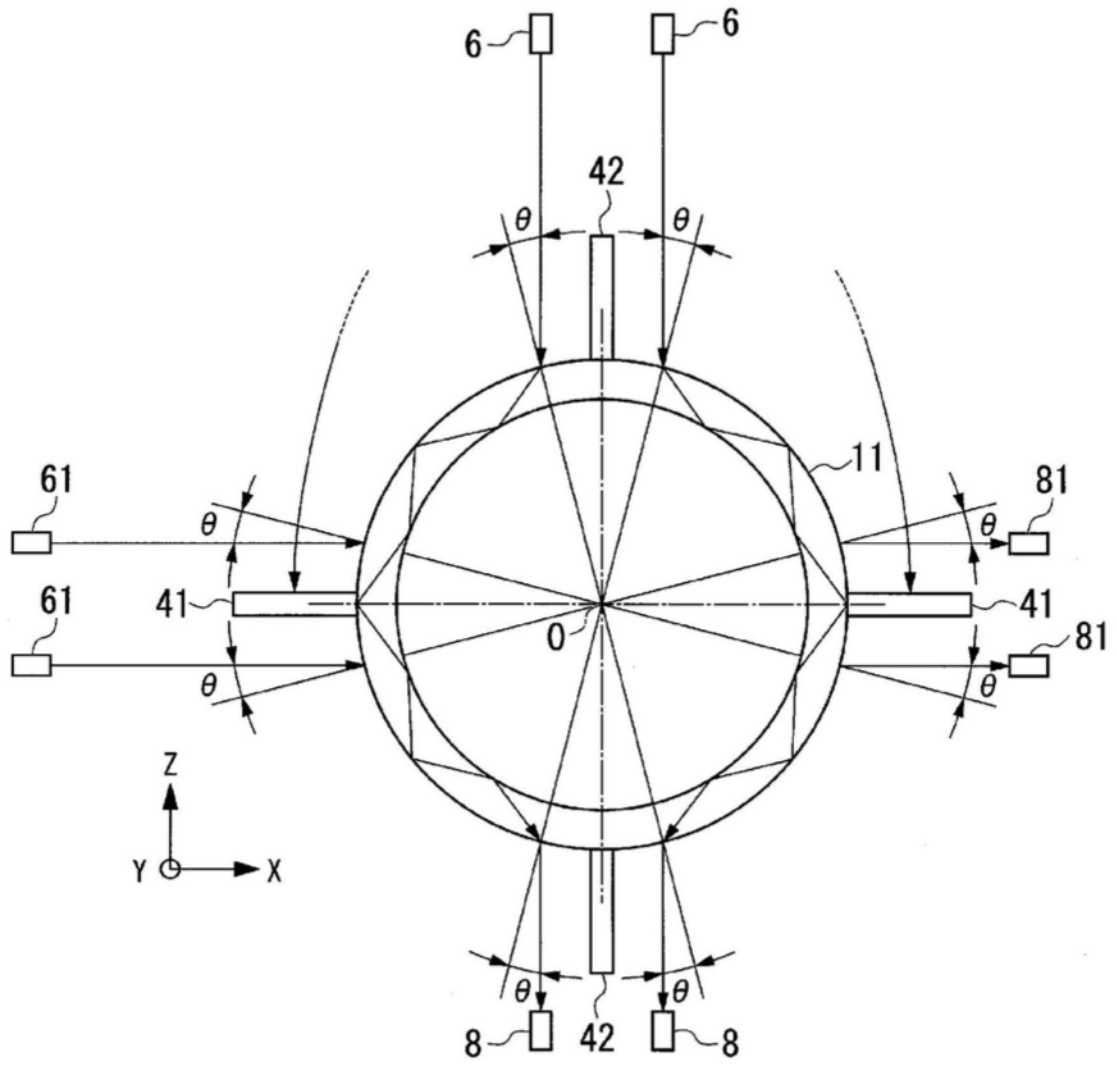


图18

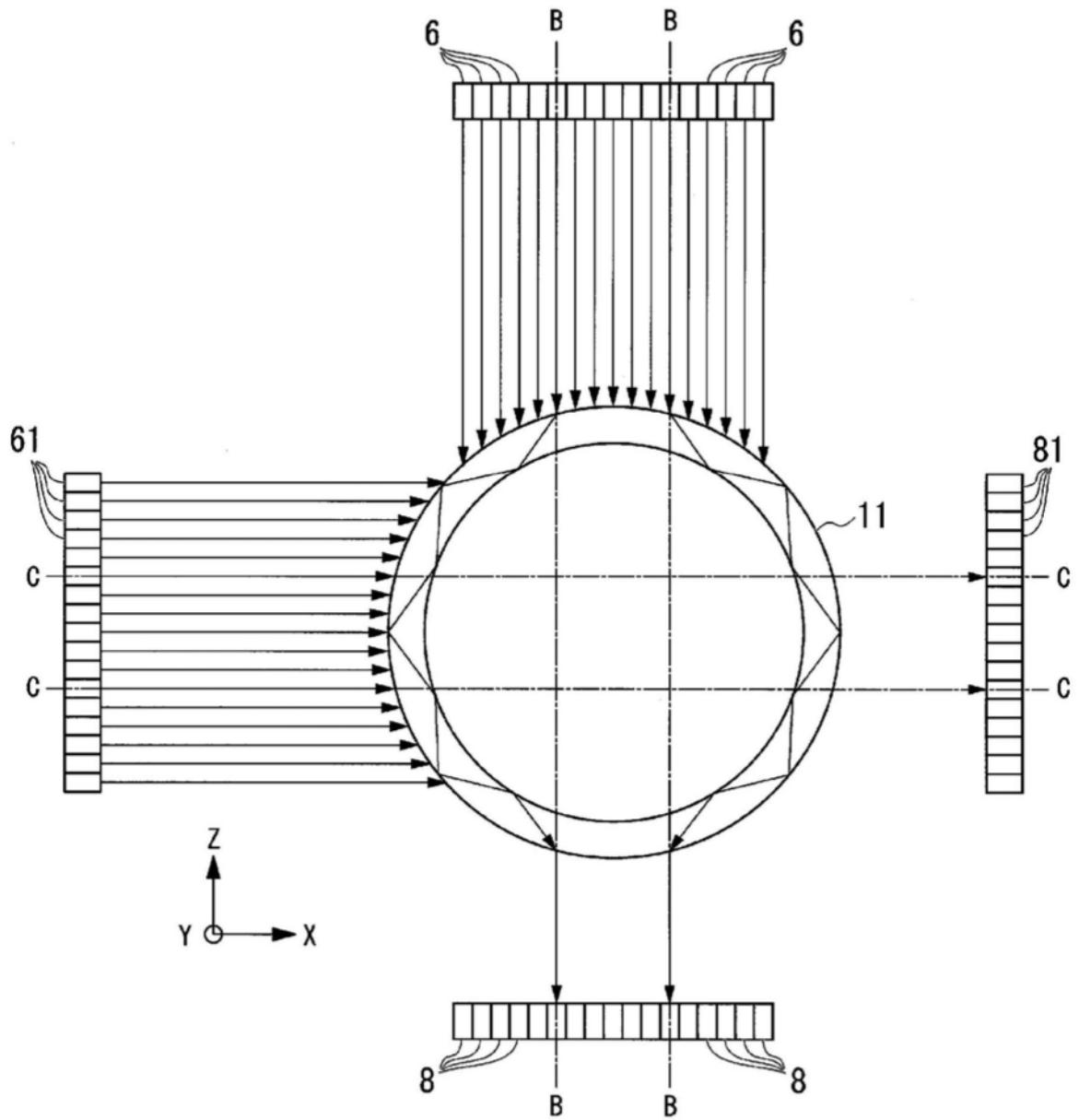


图19

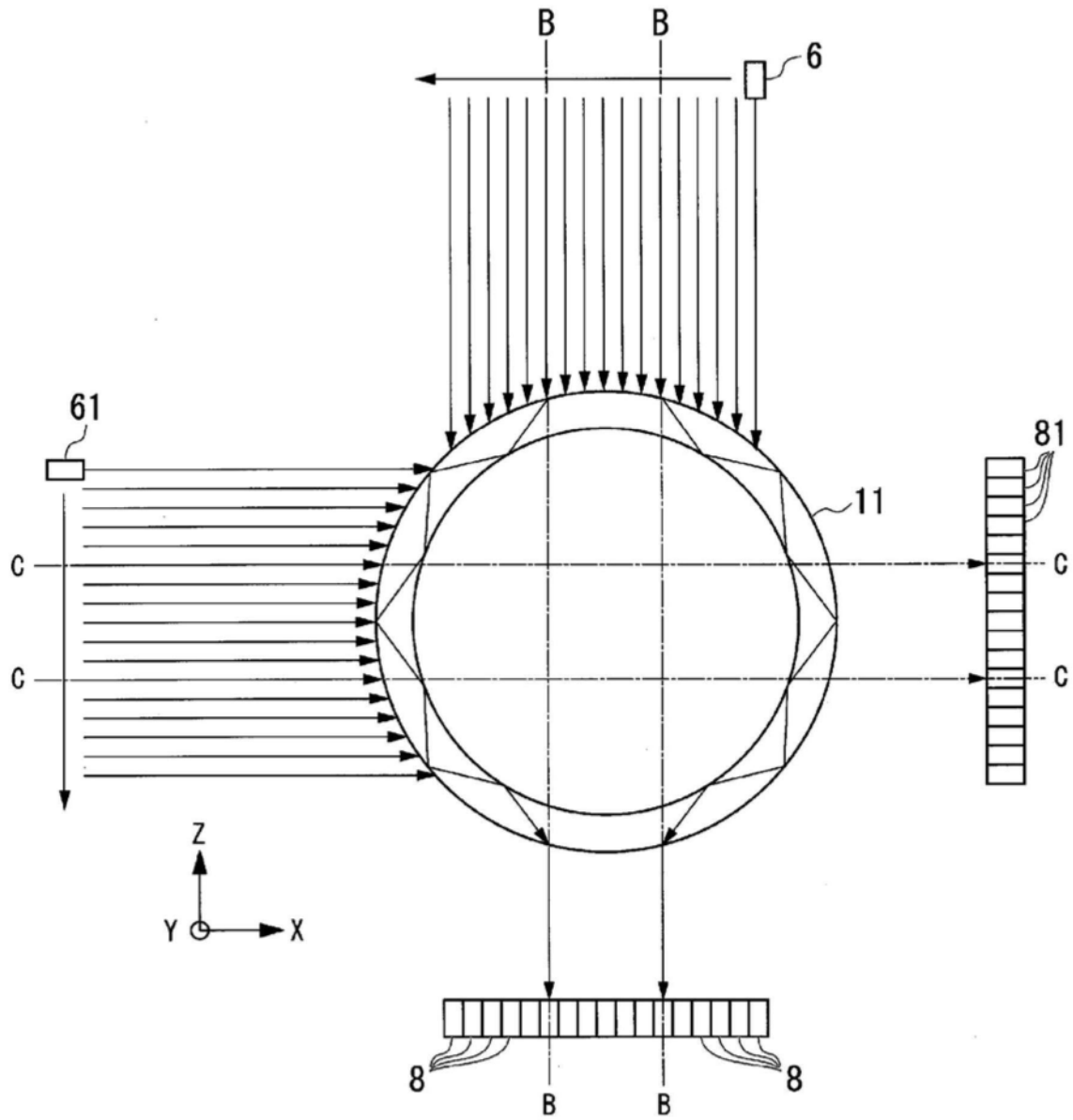


图20