



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115326924 A

(43) 申请公布日 2022. 11. 11

(21) 申请号 202210492132.5

(22) 申请日 2022.05.07

(30) 优先权数据

2021-080200 2021.05.11 JP

PCT/JP2021/029156 2021.08.05 JP

(71) 申请人 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 小山孝生

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

专利代理师 岳雪兰

(51) Int. Cl.

G01N 29/04 (2006.01)

G01N 29/22 (2006.01)

G01N 29/26 (2006.01)

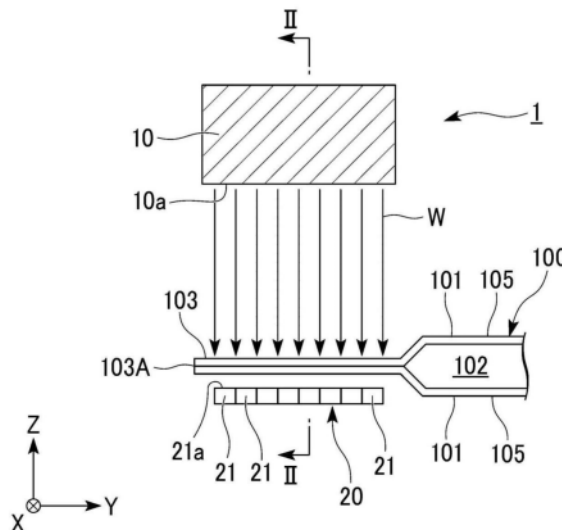
权利要求书2页 说明书8页 附图6页

(54) 发明名称

超声波检查装置

(57) 摘要

一种超声波检查装置,其具备:发送部,其具有朝向被检查体发送超声波波束的发送面;多个接收部,其具有接收透过了被检查体的超声波波束的接收面,并排列成阵列状。在使超声波波束的波长为 $\lambda$ 时,接收面的面积为 $(10 \times \lambda)^2$ 以下。



1. 一种超声波检查装置,其特征在于,具备:  
发送部,其具有朝向被检查体发送超声波波束的发送面;  
多个接收部,其具有接收透过了所述被检查体的所述超声波波束的接收面,并根据规定的图案而排列;  
在使所述超声波波束的波长为 $\lambda$ 时,所述接收面的面积为 $(10 \times \lambda)^2$ 以下。
2. 如权利要求1所述的超声波检查装置,其特征在于,  
多个所述接收部以矩阵状或阵列状排列。
3. 如权利要求1或2所述的超声波检查装置,其特征在于,  
形成为正方形的所述接收面的一边的长度为 $(10 \times \lambda)$ 以下。
4. 如权利要求1或2所述的超声波检查装置,其特征在于,  
形成为长方形的所述接收面的短边的长度为 $(10 \times \lambda)$ 以下。
5. 如权利要求1或2所述的超声波检查装置,其特征在于,  
形成为圆形的所述接收面的直径的长度为 $(10 \times \lambda)$ 以下。
6. 如权利要求1~5中任一项所述的超声波检查装置,其特征在于,  
所述接收面的面积为 $(6 \times \lambda)^2$ 以下。
7. 如权利要求1~5中任一项所述的超声波检查装置,其特征在于,  
所述接收面的面积为 $(4 \times \lambda)^2$ 以下。
8. 如权利要求1~5中任一项所述的超声波检查装置,其特征在于,  
所述接收面的面积为 $(2 \times \lambda)^2$ 以下。
9. 如权利要求1~8中任一项所述的超声波检查装置,其特征在于,  
多个所述接收部相互隔开间隔地排列。
10. 如权利要求9所述的超声波检查装置,其特征在于,  
在相邻的所述接收部之间介入声学特性与所述接收部不同的树脂或空气层。
11. 如权利要求1~10中任一项所述的超声波检查装置,其特征在于,  
具有基于参考波形和检查对象波形的关系判定在所述检查对象被检查体中是否有缺陷的判定部,所述检查对象波形是透过所述被检查体中成为有无缺陷的检查对象的检查对象被检查体并由所述接收部接收到的所述超声波波束的波形。
12. 如权利要求11所述的超声波检查装置,其特征在于,  
所述参考波形是透过所述被检查体中的参考被检查体并由所述接收部接收时的所述超声波波束的波形,  
所述判定部计算该参考波形的相位和所述检查对象波形的相位的相关值,并基于该相关值的值来判定所述检查对象被检查体中是否有缺陷。
13. 如权利要求11所述的超声波检查装置,其特征在于,  
所述参考波形是透过所述被检查体中的参考被检查体并由所述接收部接收时的所述超声波波束的波形,  
所述判定部通过所述检查对象波形的相位是否包含与所述参考波形的相位不同的相位,判定所述检查对象被检查体中是否有缺陷。
14. 如权利要求11~13中任一项所述的超声波检查装置,其特征在于,  
具备存储所述参考波形的存储部。

15. 如权利要求1~14中任一项所述的超声波检查装置,其特征在于,  
所述发送部及所述接收部的至少一方在与所述超声波波束的发送方向交叉的交叉方向上,相对于所述被检查体的端部位于靠内侧至少所述超声波波束的波长长度的位置。

16. 如权利要求1~15中任一项所述的超声波检查装置,其特征在于,  
具有输出与所述接收部接收到的超声波波束对应的接受信号的FET基板,  
多个所述接收部一体地设置于所述FET基板。

## 超声波检查装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种超声波检查装置。

[0002] 本申请基于2021年5月11日在日本申请的特愿2021-080200号主张优先权,在此引用其内容。

### 背景技术

[0003] 以往,具有如下结构的超声波检查装置,其具有向被检查体发送超声波的发送部、以及接收透过了被检查体的超声波的接收部,通过分析对接收部的超声波的接收状况,来检测被检查体内部的缺陷。在专利文献1中公开有如下的超声波检查装置(超声波探伤装置),该超声波检查装置通过使接收部的接收面比发送部的发送面小而以高精度检测被检查体内部的缺陷。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:(日本)特开2020-176916号公报

### 发明内容

[0007] 发明所要解决的技术问题

[0008] 然而,在以往的超声波检查装置中,具有以下问题:如果要在大范围内以高精度(高分辨率)对被检查体进行缺陷检查时,会耗费时间。

[0009] 本发明是鉴于上述情况而开发的,其目的在于提供一种即使应检查的被检查体的面积大,也能够以高精度且短时间地进行被检查体的缺陷检查的超声波检查装置。

[0010] 用于解决技术问题的手段

[0011] 本发明第一方式的超声波检查装置具备:发送部,其具有朝向被检查体发送超声波波束的发送面;多个接收部,其具有接收透过了所述被检查体的所述超声波波束的接收面,并排列成矩阵状或阵列状;在使所述超声波波束的波长为 $\lambda$ 时,所述接收面的面积为 $(10 \times \lambda)^2$ 以下。

[0012] 发明效果

[0013] 根据本发明,通过超声波检查装置即使应检查的被检查体的面积大,也能够以高精度且短时间地检查被检查体的缺陷。

### 附图说明

[0014] 图1是示意地示出一个实施方式的超声波检查装置的主要部分的剖视图。

[0015] 图2是图1的II-II的向视剖视图。

[0016] 图3是示出一个实施方式的超声波检查装置的接收单元的第一例的剖视图。

[0017] 图4是示出一个实施方式的超声波检查装置的接收单元的第二例的剖视图。

[0018] 图5是示出一个实施方式的超声波检查装置的接收部的接收面的第一例的平面

图。

[0019] 图6是示出一个实施方式的超声波检查装置的接收部的接收面的第二例的平面图。

[0020] 图7是示出一个实施方式的超声波检查装置的接收部的接收面的第三例的平面图。

[0021] 图8是示出在一个实施方式的超声波检查装置中,被检查体的端部和发送部及接收部的位置关系的剖视图。

[0022] 图9是一个实施方式的超声波检查装置的功能框图。

[0023] 图10是示出从一个实施方式的超声波检查装置的发送部发送的超声波在被检查体的缺陷的边缘处衍射的情况的图。

[0024] 图11是示意地示出其他实施方式的超声波检查装置的主要部分的立体图。

[0025] 附图标记说明

[0026] 1:超声波检查装置;

[0027] 10:发送部;

[0028] 10a:发送面;

[0029] 21:接收部;

[0030] 21a:接收面;

[0031] 22:树脂;

[0032] 23:FET基板;

[0033] 30:存储部;

[0034] 40:判定部;

[0035] 100:被检查体;

[0036] 104:缺陷;

[0037] W:超声波波束。

## 具体实施方式

[0038] 以下,参照图1~10说明本发明的一个实施方式。

[0039] 如图1、2所示,本实施方式的超声波检查装置1使用超声波进行被检查体100中的缺陷的检查。本实施方式的被检查体100是通过将容器用部件101的边缘重叠接合而在内部形成了收纳空间102的包装容器。图示例中的容器用部件101是薄片部件,但容器用部件101可以是杯状部件等任意的部件。作为包装容器的被检查体100中成为缺陷检查对象的部位是将容器用部件101重叠接合的接合部分103。在以下的说明中,有时也将该接合部分103称为被检查体100。如图10所示例地,本实施方式的被检查体100中的缺陷104是接合部分103中的容器用部件101的剥离部分。

[0040] 在附图中,在接合部分103中,以Z轴方向表示容器部件101重叠的方向。另外,将接合部分103离开非接合部分105的方向设为接合部分103的宽度方向,以Y轴方向表示,所述非接合部分105在容器用部件101中不接合而形成收纳空间102。另外,以X轴方向表示与Z轴方向及Y轴方向正交的接合部分103的长度方向。

[0041] 如图1、2所示,超声波检查装置1具备发送部10和接收单元20。

[0042] 发送部10具有向被检查体100发送超声波波束W的发送面10a。在本实施方式中,发送部10朝向作为被检查体100的包装容器的接合部分103发送超声波波束W。从发送部10发送的超声波波束W大致在容器用部件101重叠的方向上透过接合部分103。超声波波束W透过接合部分103的方向不是严格地仅限于容器用部件101的重叠方向(Z轴方向),也可以是相对于容器用部件101的重叠方向倾斜的方向。

[0043] 在本实施方式中,如图2所示,发送部10的发送面10a形成为从Y轴方向观察向Z轴正方向侧凹陷的圆弧状。另外,如图1所示,发送面10a在Y轴方向上直线状地延伸。因此,从Y轴方向观察的发送面10a的形状与Y轴方向的位置无关地不变化。即,本实施方式的发送面10a的形状是与圆柱的内周面的周向的一部分相同的形状。

[0044] 通过发送面10a如上所述地形成,从发送部10的发送面10a发送的超声波波束W如图1、图2所示,随着朝向Z轴负方向在X轴方向上会聚(聚焦),但在Y轴方向上不会聚。由此,超声波波束W在会聚的位置成为X轴方向上的长度小、Y轴方向上的长度大的线状。

[0045] 接收单元20具有多个接收部21。各个接收部21具有接收面21a,该接收面21a接收透过了被检查体100的超声波波束W。接收面21a的面积有限制,使用超声波波束W的波长来表示。将超声波波束W的波长设为 $\lambda$ ,接收面21a的面积例如是 $(10 \times \lambda)^2$ 以下。

[0046] 例如,如图5所示,接收部21的接收面21a可以形成为正方形。在接收面21a的面积为 $(10 \times \lambda)^2$ 以下的情况下,接收面21a的一边长度11可以是 $(10 \times \lambda)$ 以下。需要注意的是,作为正方形的接收面21a的对角线的长度也可以为 $(10 \times \lambda)$ 以下。

[0047] 例如如图6所示,接收部21的接收面21a也可以形成为长方形。在接收面21a的面积为 $(10 \times \lambda)^2$ 以下的情况下,接收面21a的短边的长度12可以为 $(10 \times \lambda)$ 以下。需要注意的是,作为长方形的接收面21a的长边及对角线的长度也可以为 $(10 \times \lambda)$ 以下。

[0048] 例如,如图7所示,接收部21的接收面21a可以形成圆形。在接收面21a的面积为 $(10 \times \lambda)^2$ 以下的情况下,接收面21a的直径的长度13可以为 $(10 \times \lambda)$ 以下。

[0049] 需要注意的是,接收面21a的面积也可以为例如 $(6 \times \lambda)^2$ 以下。在这种情况下,作为正方形的接收面21a的一边的长度11、作为长方形的接收面21a的短边的长度12、和作为圆形的接收面21a的直径的长度13等可以为 $(6 \times \lambda)$ 以下。

[0050] 另外,接收面21a的面积可以为例如 $(4 \times \lambda)^2$ 以下。在该情况下,作为正方形的接收面21a的一边的长度11、作为长方形的接收面21a的短边的长度12、作为圆形的接收面21a的直径的长度13等可以为 $(4 \times \lambda)$ 以下。

[0051] 此外,接收面21a的面积也可以为例如 $(2 \times \lambda)^2$ 以下。在该情况下,作为正方形的接收面21a的一边的长度11、作为长方形的接收面21a的短边的长度12、和作为圆形的接收面21a的直径的长度13等可以为 $(2 \times \lambda)$ 以下。

[0052] 如图1、图2所示,多个接收部21排列成与会聚的线状超声波波束W对应的阵列状。即,多个接收部21在Y轴方向上排成一行。多个接收部21不限于严格地配置在超声波波束W会聚的位置,例如可以配置在与超声波波束W会聚的位置相比向离开发送部10的方向(Z轴负方向)偏移的位置。但是,优选多个接收部21尽可能地配置在超声波波束W会聚的位置附近。

[0053] 在本实施方式中,如图3、图4所示,多个接收部21彼此隔开间隔而排列。在彼此相邻的接收部21之间可以介入声学特性与接收部21不同的层或部件。声学特性包含声阻抗。

在图3、图4所示例的接收单元20中,树脂22介于相邻的接收部21之间。需要注意的是,在相邻的接收部21之间也可以介入例如空气层或纸等。

[0054] 在本实施方式中,树脂22将多个接收部21一体固定。

[0055] 本实施方式的接收单元20还具备FET(场效应管)基板23。FET基板23向外部输出与接收部21接收到的超声波波束W对应的接收信号。多个接收部21一体地设置于该FET基板23。在图3、4中,树脂22介入接收部21与FET基板23之间,但是例如接收部21和FET基板23也可以直接接触。

[0056] 本实施方式的接收单元20还具备划分壁部24。划分壁部24在离开接收部21的接收面21a的方向(Z轴正方向)延伸,将多个接收面21a上的空间按每个接收面21a划分。划分壁部24构成为从各个接收面21a的周围沿Z轴正方向延伸的多个筒状体25。

[0057] 例如,如图4所示,接收单元20还可以具备盖部26,该盖部26覆盖划分壁部24(筒状体25)的延长方向的前端开口。在盖部26形成有连接各个筒状体25的内侧和外侧的连通孔27。从Z轴方向观察,连通孔27的大小比筒状体25内侧的空间小。

[0058] 如图1、2所示,在发送部10和接收单元20(特别是接收部21)之间配置被检查体100。具体地,作为被检查体100的包装容器的接合部分103配置于从发送部10发送的超声波波束W会聚的位置。另外,包装容器的接合部分103被配置成其宽度方向(Y轴方向)朝向会聚的线状的超声波波束W的长度方向。由此,从发送部10发送的超声波波束W在透过作为被检查体100的接合部分103之后,在接收部21被接收。

[0059] 在以下的说明中,将接合部分103相对于非接合部分105的延长方向(Y轴负方向)的前端称为接合部分103(被检查体100)的端部103A。

[0060] 如图8所示,在本实施方式中,发送部10及接收部21在与超声波波束W的发送方向(主要是Z轴负方向)正交的正交方向(Y轴方向)上,相对于接合部分103(被检查体100)的端部103A位于内侧(Y轴正方向侧)。即,发送部10及接收部21定位为不比接合部分103的端部103A更向Y轴负方向侧伸出。在Y轴方向上的接合部分103的端部103A与发送部10的间隔d1及接合部分103的端部103A与接收部21的间隔d2中的至少一方是超声波波束W的波长的长度以上。

[0061] 需要注意的是,在上述结构中,发送部10及接收部21可以配置成例如比接合部分103(被检查体100)的端部103A更向外侧(Y轴负方向侧)伸出。在这种情况下,在信号处理中只要忽略在发送部10及接收部21中从端部103A伸出的部分发送或接收的超声波波束W即可。由此,可以视为:发送部10及接收部21从接合部分103的端部103A向外侧伸出的状态实质上与发送部10及接收部21位于接合部分103的端部103A的更内侧(Y轴正方向侧)的状态相同。

[0062] 另外,在上述结构中,接合部分103相对于非接合部分105的延伸的方向可以不与超声波波束W的发送方向严格正交。因此,发送部10及接收部21可以在例如与超声波波束W的发送方向(主要是Z轴负方向)交叉的交叉方向上相对于接合部分103(被检查体100)的端部103A位于内侧。

[0063] 如图9所示,本实施方式的超声波检查装置1还具备存储部30和判定部40。另外,本实施方式的超声波检查装置1还具备输出部50。

[0064] 存储部30将透过在被检查体100中没有缺陷104(参见图10)的参考被检查体并由

接收部21接收时的超声波波束W的波形作为参考波形而存储。参考波形可以是实际由接收部21接收的超声波波束W的波形,也可以是模仿由接收部21接收时的超声波波束W的波形。

[0065] 判定部40基于检查对象波形的相位和存储部30所存储的参考波形的相位,判定检查对象被检查体100中是否有缺陷104,所述检查对象波形是透过成为有无缺陷104的检查对象的检查对象被检查体(即被检查体100)并由接收部21接收的超声波波束W的波形。

[0066] 输出部50将在判定部40判定的结果输出到显示装置等。

[0067] 以下,对判定部40判定有无缺陷104的方法的一例进行说明。

[0068] 首先,判定部40计算存储于存储部30中的参考波形的相位和检查对象波形的相位的相关值。相关值是将参考波形和检查对象波形的乘积积分后的值。之后,判定部40基于相关值的值来判定检查对象被检查体100中是否有缺陷104。具体地,在相关值高的情况下,判定部40判定在检查对象被检查体100没有缺陷104,在相关值低的情况下,判定部40判定在检查对象被检查体100有缺陷104。

[0069] 如以上说明地,在本实施方式的超声波检查装置1中,接收从发送部10发送的超声波波束W的各个接收部21的接收面21a的面积为 $(10 \times \lambda)^2$ 以下,接收面21a的面积足够小。由此,能够以高精度进行被检查体100中的缺陷104的检测。

[0070] 另外,通过将接收面21a的尺寸小的多个接收部21排列成阵列状,能够扩大接收面21a的总面积。由此,即使应检查的被检查体100的面积大,也能够高精度且短时间地进行被检查体100中的缺陷104的检查。

[0071] 另外,在本实施方式的超声波检查装置1中,通过将形成为正方形的接收面21a的一边的长度 $l_1$ ,或形成为圆形的接收面21a的直径的长度 $l_3$ 设为 $(2 \times \lambda)$ 以下,能够使接收面21a的面积为 $(2 \times \lambda)^2$ 以下。

[0072] 另外,通过使作为长方形的接收面21a的短边的长度 $l_2$ 比 $(10 \times \lambda)$ 小,为了使接收面21a的面积为 $(10 \times \lambda)^2$ 以下,能够允许作为长方形的接收面21a的长边的长度超过 $(10 \times \lambda)$ 。

[0073] 另外,在本实施方式的超声波检查装置1中,多个接收部21相互隔开间隔地排列。因此,能够抑制在规定的接收部21接收到的超声波波束W的声压向相邻的其他接收部21传递。即,能够将相邻的接收部21之间声绝缘。因此,能够减少彼此相邻的接收部21之间的物理串扰。

[0074] 另外,在本实施方式的超声波检查装置1中,在相邻的接收部21之间介入声学特性与接收部21不同的树脂22。因此,即使减小相邻的接收部21之间的间隔,也能够更有效地降低彼此相邻的接收部21之间的物理串扰。因此,能够以更高的精度进行被检查体100中的缺陷104的检查。另外,在树脂22介入接收部21之间的情况下,也能够利用该树脂22将多个接收部21一体固定。

[0075] 需要注意的是,即使在相邻的接收部21之间介入空气层的情况下,由于在空气层和接收部21的声学特性不同,也可起到与上述相同的效果。

[0076] 另外,在本实施方式的超声波检查装置1中,判定部40计算存储于存储单元30中的参考波形的相位和检查对象波形的相位的相关值,并基于相关值的值判定检查对象被检查体100中是否有缺陷104。因此,即使在检查对象被检查体100中的缺陷104的尺寸为接收部21(接收面21a)的尺寸同等以下的情况下,也能够检测该缺陷104。以下,对这一点进行说明。

[0077] 通过相关值的计算,判定部40能够判定检查对象波形的相位是否与参考波形的相位一致。而且,在检查对象波形的相位与参考波形的相位一致的情况下,判定部40能够判定为在检查对象被检查体100没有缺陷104。另一方面,在参考波形的相位和检查对象波形的相位偏移时,如图10所示,超声波波束W2在尺寸较小的缺陷104的边缘处衍射后到达接收部21的接收面21a。因此,在缺陷104衍射的超声波波束W2的相位相对于未衍射的超声波波束W1的相位偏移。由此,判定部40能够判定为在检查对象被检查体100有缺陷104。

[0078] 如上所述,在本实施方式的超声波检查装置1中,也能够检测为接收部21的尺寸的同等以下的缺陷104。即,能够提高缺陷104的检测性能。

[0079] 另外,在本实施方式的超声波检查装置1中,发送部10和接收部21中的至少一方在与超声波波束W的发送方向(Z轴方向)交叉的交叉方向(例如Y轴方向)上相对于被检查体100的端部103A位于靠内侧至少超声波波束W的波长的长度的位置。因此,如图8所示,从发送部10不透过被检查体100到达接收部21的超声波波束W3成为绕过被检查体100的端部103A的衍射波。该衍射波的路径比从发送部10透过被检查体100到达接收部21的超声波波束W1(透射波)的路径长。因此,从在规定时刻发送超声波波束W1、W3到衍射波(超声波波束W3)到达接收部21的时间比透射波(超声波波束W1)到达接收部21的时间长。由此,在比超声波波束W中绕过被检查体100的端部103A的衍射波(超声波波束W3)被接收部21接收的时刻早的时刻设置时间窗,能够仅基于在时间窗透过被检查体100而被接收部21接收的透射波(超声波波束W1),检查被检查体100中是否有缺陷104。

[0080] 另外,在本实施方式的超声波检查装置1中,通过多个接收部21被一体地设置在FET基板23上,能够抑制超声波检查装置1的灵敏度降低。

[0081] 关于这点进行说明,当接收部21的接收面21a的尺寸变小时,在接收部21接收的超声波波束W的强度(振幅)变小。因此,当接收部21和FET基板23分开形成并相互通过电配线连接时,由于电损失,灵敏度降低。对此,通过将接收部21一体地设置在FET基板23上,能够消除或缩短上述电配线。由此,能够抑制由于电损失而降低灵敏度。

[0082] 另外,本实施方式的超声波检查装置1具备将多个接收面21a上的空间根据每个接收面21a划分的划分壁部24。划分壁部24构成为在离开各个接收面21a的方向上延伸的筒状体25。由此,能够进一步减少彼此相邻的接收部21(接收表面21a)之间的物理串扰。另外,通过将由划分壁部24构成的筒状体25活用为共振管,能够提高接收部21(接收面21a)接收的超声波波束W的灵敏度。

[0083] 另外,本实施方式的超声波检查装置1也可以具备如图4所示例地覆盖划分壁部24(筒状体25)的延长方向(Z轴正方向)的前端的开口的盖部26。在盖部26形成有连接筒状体25的内侧和外侧的连通孔27。从Z轴方向观察的连通孔27的大小比筒状体25内侧的大小小。在划分壁部24的前端设置盖部26的情况下,能够将筒状体25及盖部26构成为赫尔姆霍兹共振器。即,通过改变连通孔27的面积,能够调整筒状体25中的共振频率,适当地调整接收部21(接收面21a)接收的超声波的灵敏度。

[0084] 以上对本发明进行了详细说明,但本发明不限于上述实施方式,在不脱离本发明宗旨的范围内可进行各种变更。

[0085] 在本发明中,判定部40也可以利用与上述实施方式不同的方法判定有无缺陷104。例如也可以在检查对象波形的相位不包含与存储在存储部30中的参考波形(没有缺陷104

的情况下的波形)的相位不同的相位时,判定部40判定为检查对象被检查体100没有缺陷104,在检查对象波形的相位包含与参考波形的相位不同的相位时,判定部40判定为在检查对象被检查体100具有缺陷104。

[0086] 在判定部40如上述那样地判定有无缺陷104的情况下,即使检查对象被检查体100中的缺陷104的尺寸为接收部21(接收面21a)的尺寸的同等以下,也能够检测该缺陷104。以下,对这一点进行说明。

[0087] 如图10所例示,检查对象波形的相位包含与参考波形的相位不同的相位(特定相位)意味着超声波波束W2在尺寸较小的缺陷104的边缘衍射后到达接收部21。这是由于通过超声波波束W2在尺寸较小的缺陷104的边缘处衍射的后到达接收部21,从而衍射的超声波波束W2的相位相对于未衍射的超声波波束W1的相位偏移。因此,在检查对象波形的相位包含与参考波形的相位不同的相位(特定相位)的情况下,判定部40能够判定为在检查对象被检查体100具有缺陷104。

[0088] 在本发明中,存储部30可以将例如具有缺陷的被检查体100作为参考被检查体,并且将透过该参考被检查体的缺陷部分被接收部21接收时的超声波波束W的波形作为参考波形来存储。

[0089] 在这种情况下,在判定部40通过计算参考波形的相位与检查对象波形的相位的相关值来判定有无缺陷时,判定部40在相关值高的情况下判定为在检查对象被检查体100具有缺陷104。另外,判定部40在相关值低的情况下判定为在检查对象被检查体100没有缺陷104。

[0090] 另外,在参考波形是透过了缺陷部分的波形的情况下,在判定部40基于检查对象波形的相位是否包含与参考波形的相位不同的相位来判定有无缺陷时,判定部40在检查对象波形的相位不包含与参考波形的相位不同的相位时,判定为在检查对象被检查体100具有缺陷104。另外,判定部40在检查对象波形的相位包含与参考波形的相位不同的相位时,判定为在检查对象被检查体100没有缺陷104。

[0091] 在本发明中,发送部10的发送面10a例如也可以如图11所示是平坦面。在该情况下,从发送部10的发送面10a发送的超声波波束W不会聚地朝向被检查体100传播。因此,与超声波波束W的发送方向(Z轴负方向)正交的超声波波束W的形状与Z轴方向的位置无关地成为与发送面10a的形状对应的面状。由于图11所示例的发送面10a的形状形成为长方形(或正方形),所以与超声波波束W的发送方向正交的超声波波束W的形状也成为长方形(或正方形)。在图11中,用标记BA表示与超声波波束W的发送方向正交的超声波波束W的形状(区域)。

[0092] 在该情况下,多个接收部21排列成与上述的面状超声波波束W对应的矩阵状。即,多个接收部21在与Z轴方向正交的两个方向(X轴方向以及Y轴方向)上排列。在图11中,通过多个接收部21在与Z轴方向正交的两个方向上排列,多个接收部21的接收面21a整体的形状成为与发送面10a的形状对应的长方形(或正方形)。需要注意的是,多个接收部21优选在Z轴方向上尽可能地配置在被检查体100附近。

[0093] 通过将接收面21a的尺寸小(接收面21a的面积为 $(2 \times \lambda)^2$ 以下)的接收部21以矩阵状排列,能够与上述实施方式相同地扩大接收面21a的总面积。由此,即使应检查的被检查体100的面积大,也能够以高精度且短时间地进行被检查体102中的缺陷104的检查。

[0094] 在本发明中,多个接收部21不限于排列成纵横无间隙地排列的矩阵状或在直线方向上无间隙地排列的阵列状,至少根据规定的图案排列即可。多个接收部21可以排列成例如从矩阵排列的状态按照规定的法则去除接收部21的图案(例如格子状(lattice pattern)或方格状(checkered pattern)。另外,多个接收部21也可以沿着弯曲的线状(例如螺旋状)排列成一系列。另外,多个接收部21也可以排列成例如从无间隙地排列成一系列的状态按照规定的法则去除接收部21的图案(例如将由两个接收部21构成的单元隔开间隔地配置成一系列的图案)。

[0095] 在本发明中,发送部10也可以以例如随着离开发送部10的发送面10a而扇形地、球面状地扩展的方式发送超声波波束W。

[0096] 在本发明中,如上所述,判定检查对象被检查体100中是否有缺陷的判定部40不限于基于参考波形的相位和检查对象波形的相位的关系来判定。判定部40也可以例如基于参考波形的形状与检查对象波形的形状之间的关系来判定。作为具体例,判定部40可以基于参考波形和检查对象波形的形状差异来判定有无缺陷。即,本发明的判定部40可以基于参考波形与检查对象波形的关系来判定有无缺陷。

[0097] 本发明的超声波检查装置也可以不具有例如存储参考波形的存储部30。在该情况下,在超声波检查装置中,例如可以通过在向被检查体100发送超声波来获得检查对象波形的同时,向另外准备的参考被检查体发送超声波来生成参考波形,从而将这些参考波形与检查对象波形比较。

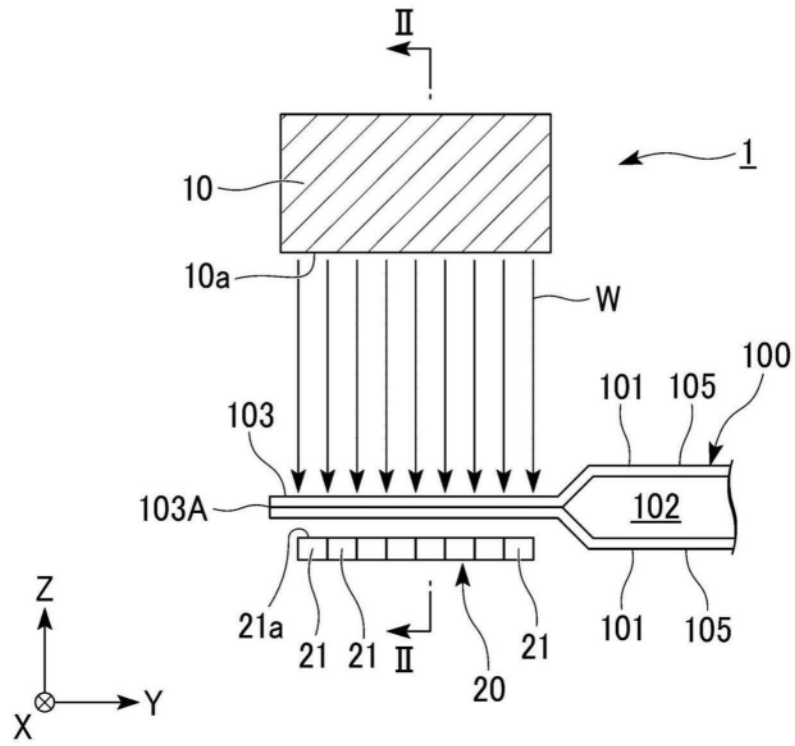


图1

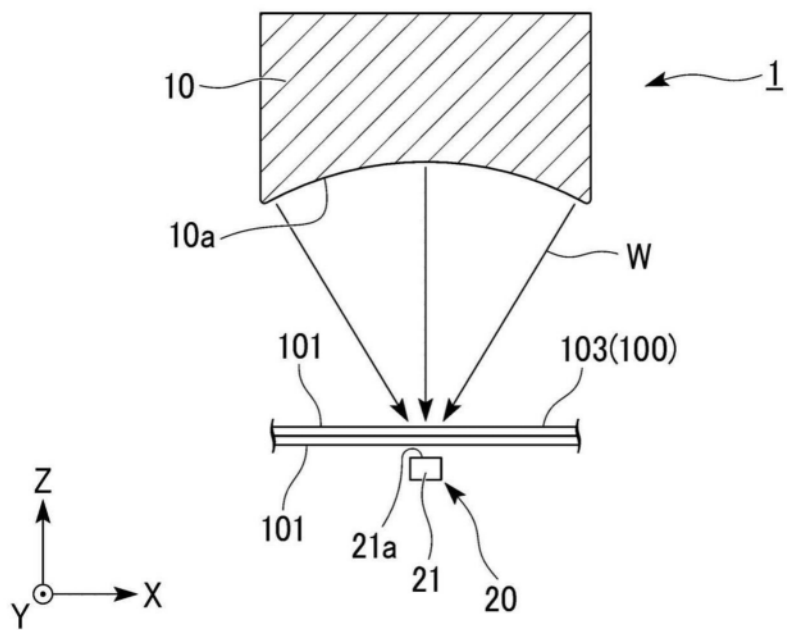


图2

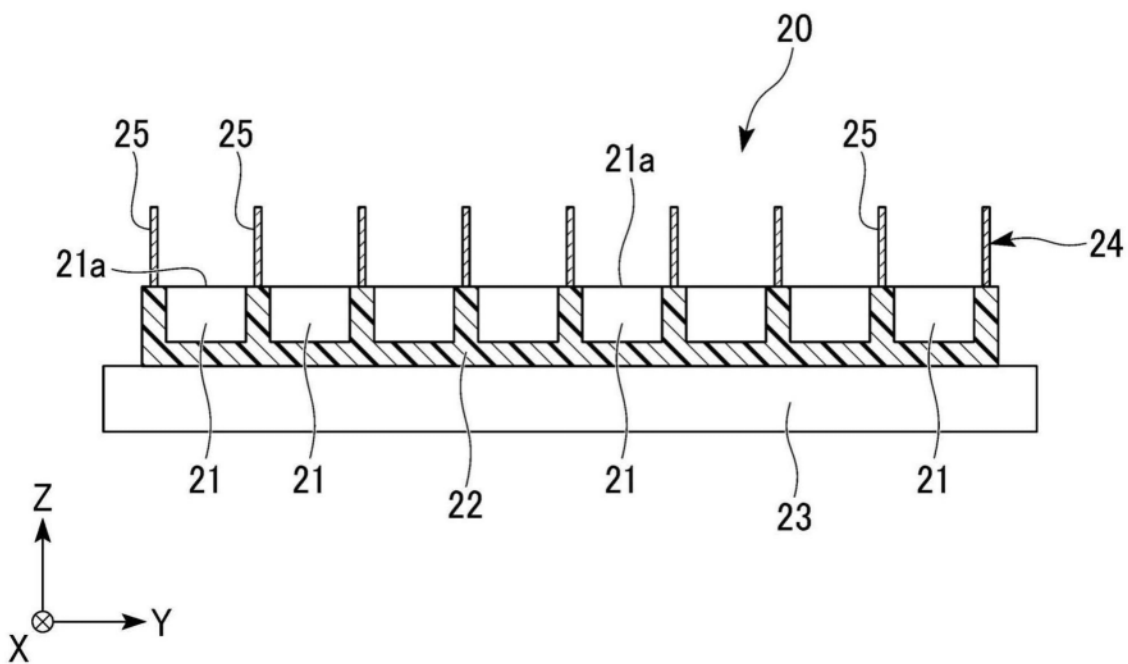


图3

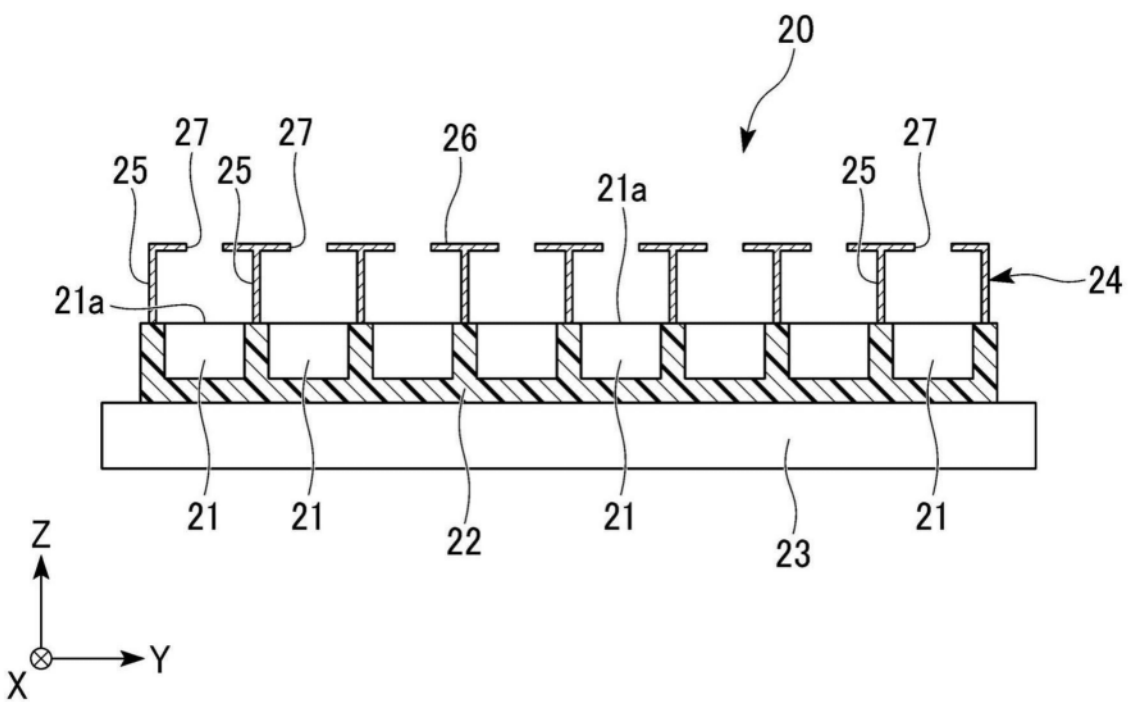


图4

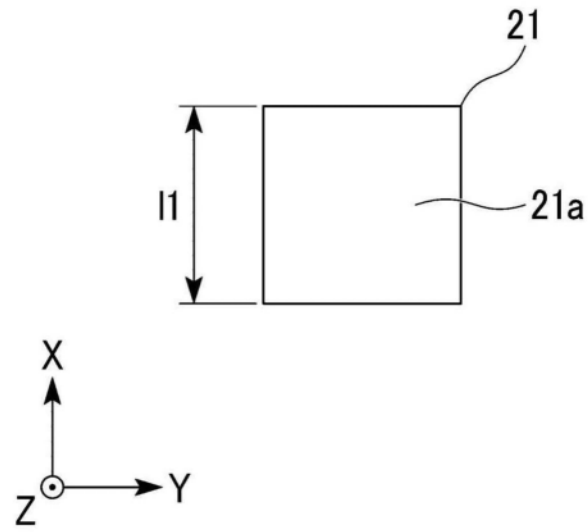


图5

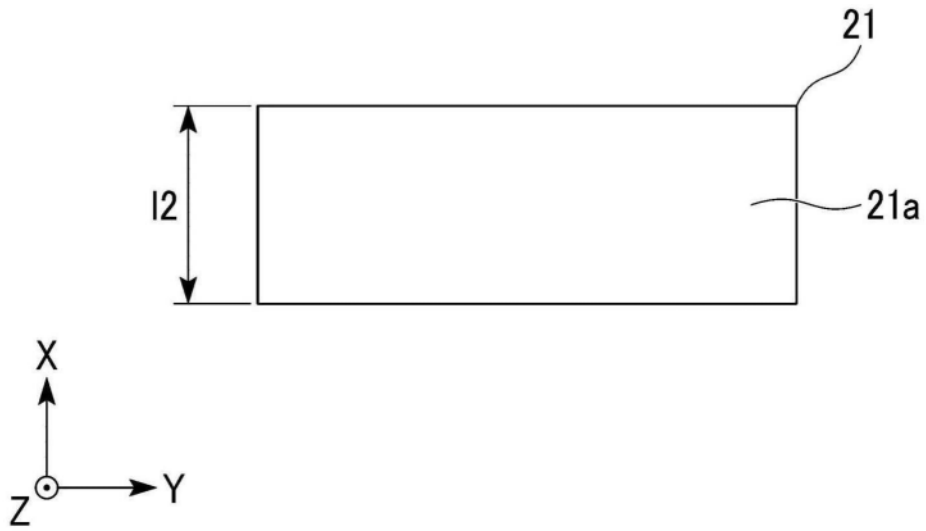


图6

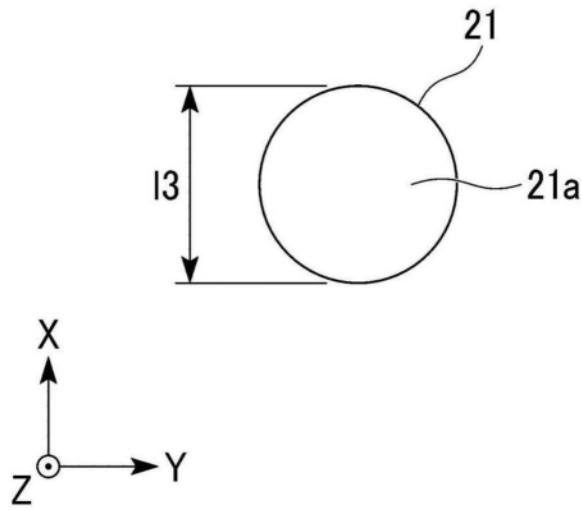


图7

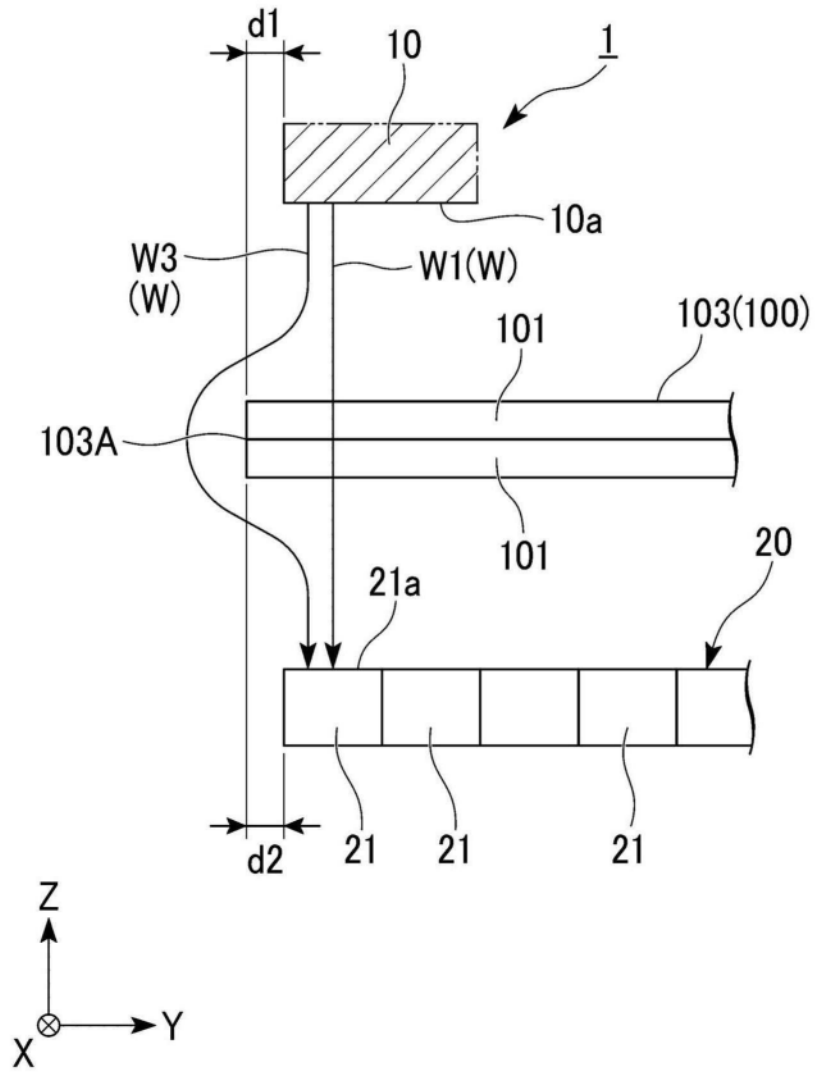


图8

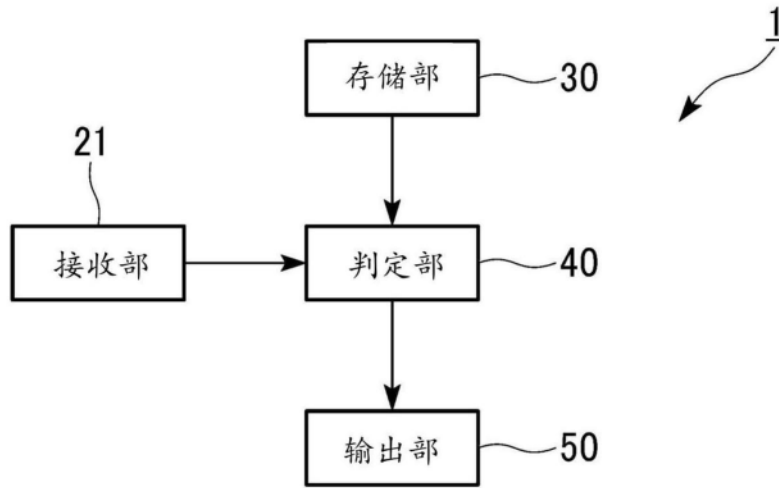


图9

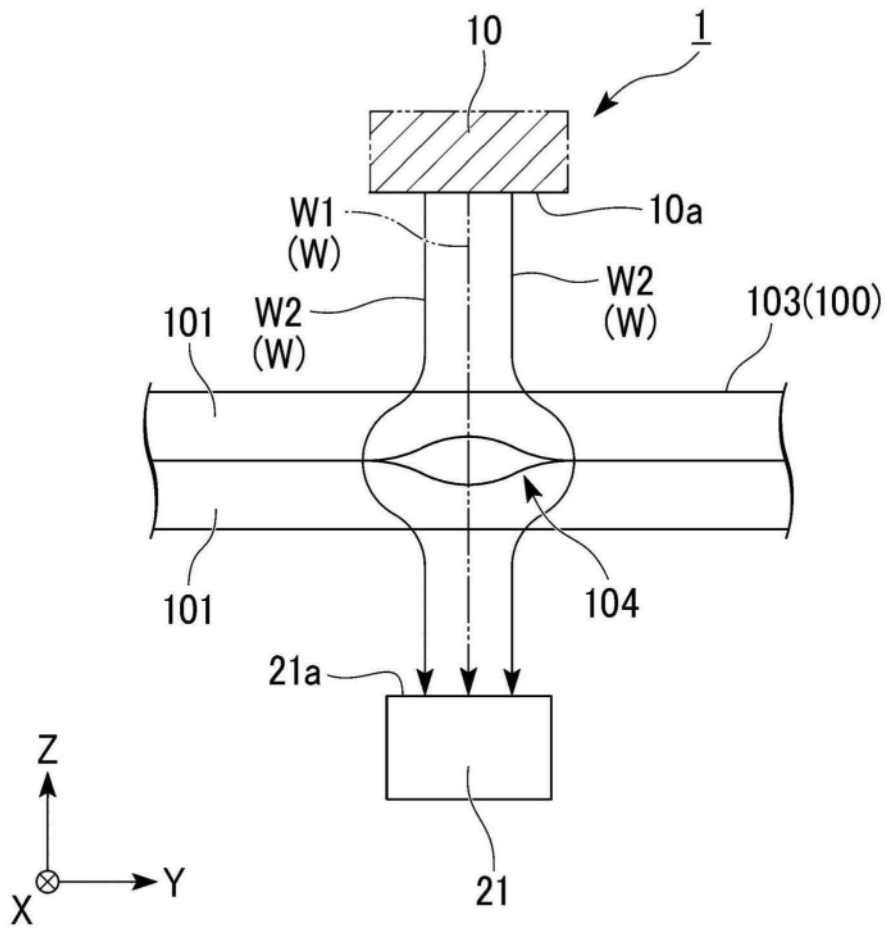


图10

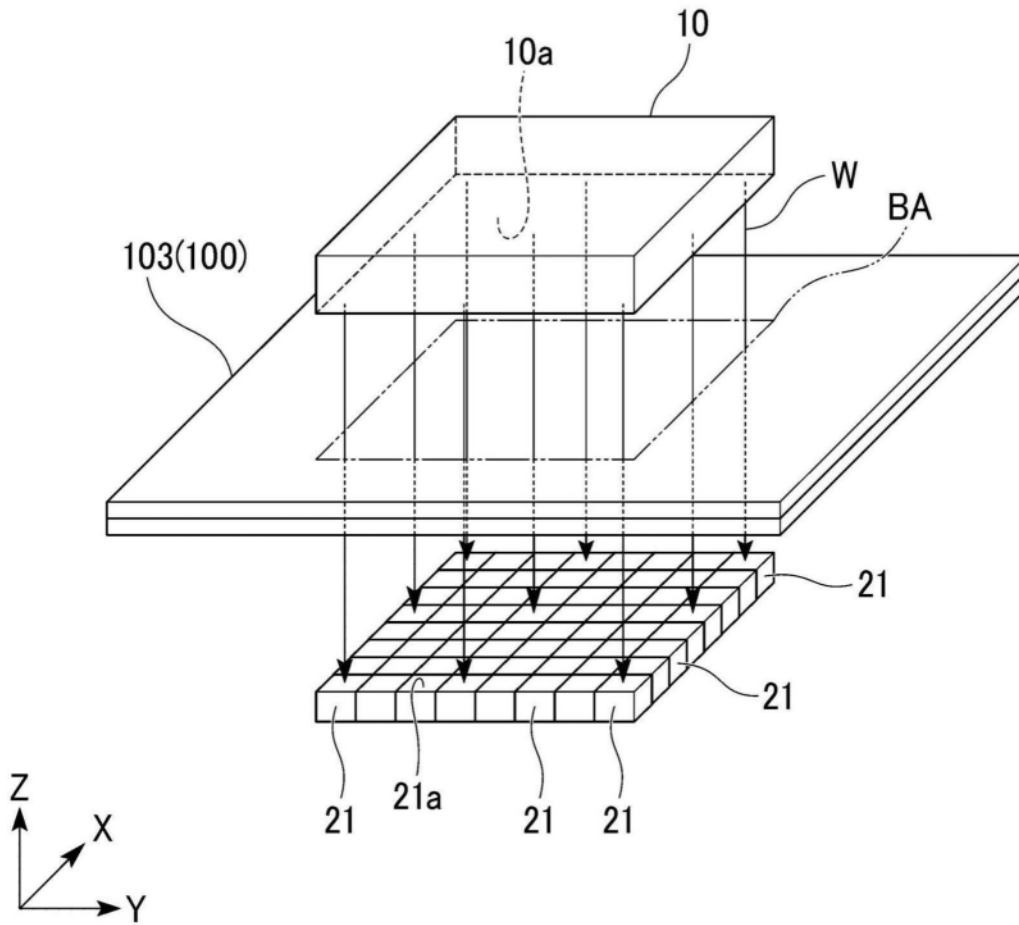


图11