



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104422931 B

(45)授权公告日 2019.03.08

(21)申请号 201410449672.0

(22)申请日 2014.09.04

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104422931 A

(43)申请公布日 2015.03.18

(30)优先权数据
2013-187153 2013.09.10 JP

(73)专利权人 精工爱普生株式会社
地址 日本东京

(72)发明人 林正树

(74)专利代理机构 北京康信知识产权代理有限
责任公司 11240

代理人 余刚 吴孟秋

(51)Int.Cl.

G01S 15/89(2006.01)

G01S 7/52(2006.01)

(56)对比文件

CN 101442937 A,2009.05.27,

US 20130194891 A1,2013.08.01,

CN 101238992 A,2008.08.13,

EP 0713102 A1,1995.11.15,

审查员 崔瑞云

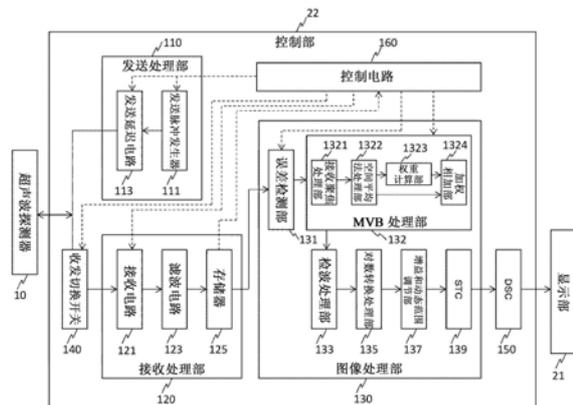
权利要求书2页 说明书14页 附图10页

(54)发明名称

超声波测量装置、超声波图像装置及超声波
测量方法

(57)摘要

本发明提供即使一部分元件不能正确接收
信号也能防止自适应波束形成的效果下降的超
声波测量装置、超声波图像装置及超声波测量方
法。超声波测量装置具有：接收处理部，经由具有
多个通道的超声波元件阵列将向目标物发送的
超声波相关的超声波回波作为每个所述通道的
接收信号进行接收；误差检测部，按照每个所述
通道检测误差；信号处理部，对于被检测到所述
误差的误差通道之外的每个正常通道的接收信
号，以与每个所述正常通道的接收信号相应的权
重进行加权相加；以及图像生成部，基于进行了
所述加权相加后的信号生成图像。



1. 一种超声波测量装置,其特征在于,具有:

接收处理部,经由具有多个通道的超声波元件阵列接收向目标物发送的超声波相关的超声波回波作为每个所述通道的接收信号;

误差检测部,对每个所述通道检测误差;

信号处理部,对于被检测到所述误差的误差通道之外的每个正常通道的接收信号,以及与每个所述正常通道的接收信号相应的权重进行加权相加;以及

图像生成部,基于进行了所述加权相加后的信号,生成图像。

2. 根据权利要求1所述的超声波测量装置,其特征在于,

每当用于生成一条线的图像的超声波被发送时,所述接收处理部均接收发送的该超声波相关的超声波回波作为每个所述通道的接收信号,

所述误差检测部在每当每个所述通道的接收信号被接收时均检测每个所述通道的误差,

所述信号处理部在每当每个所述通道的接收信号被接收时均进行所述加权相加,

所述图像生成部在每当每个所述通道的接收信号被接收时均生成图像。

3. 根据权利要求1或2所述的超声波测量装置,其特征在于,

所述误差检测部基于接收的每个所述通道的接收信号的值,将所述接收信号的值相对更低的通道检测为误差通道。

4. 根据权利要求3所述的超声波测量装置,其特征在于,

所述误差检测部基于接收的每个所述通道的接收信号中来自包括所述超声波元件阵列的超声波探测器内的特定目标物的反射信号的值,将所述反射信号的值相对更低的通道检测为误差通道。

5. 根据权利要求1或2所述的超声波测量装置,其特征在于,

所述误差检测部基于接收的每个所述通道的接收信号的值,将所述接收信号的值小于规定值的通道检测为误差通道。

6. 根据权利要求1或2所述的超声波测量装置,其特征在于,

所述信号处理部判断检测到的所述误差通道的数量是否为规定数量以下,

在检测到的所述误差通道的数量为所述规定数量以下的情况下,所述信号处理部对于每个所述正常通道的接收信号,以及与每个所述正常通道的接收信号相应的权重进行加权相加,

在检测到的所述误差通道的数量不为所述规定数量以下的情况下,所述信号处理部以预定的固定的权重对所有所述误差通道和所述正常通道中的每一个的接收信号进行加权相加。

7. 根据权利要求1或2所述的超声波测量装置,其特征在于,

所述信号处理部求出各所述正常通道的权重与各所述正常通道的接收信号相乘后的值的方差为最小的各所述正常通道的权重作为与所述接收信号相应的权重。

8. 一种超声波图像装置,其特征在于,具有:

接收处理部,经由具有多个通道的超声波元件阵列接收向目标物发送的超声波相关的超声波回波作为每个所述通道的接收信号;

误差检测部,对每个所述通道检测误差;

信号处理部,对于被检测到所述误差的误差通道之外的每个正常通道的接收信号,与每个所述正常通道的接收信号相应的权重进行加权相加;

图像生成部,基于进行了所述加权相加后的信号,生成图像;以及
显示部,显示生成的所述图像。

9. 一种超声波测量方法,其特征在于,包括:

接收处理步骤,经由具有多个通道的超声波元件阵列接收向目标物发送的超声波相关的超声波回波作为每个所述通道的接收信号;

误差检测步骤,对每个所述通道检测误差;

信号处理步骤,对于被检测到所述误差的误差通道之外的每个正常通道的接收信号,与每个所述正常通道的接收信号相应的权重进行加权相加;以及

图像生成步骤,基于进行了所述加权相加后的信号,生成图像。

超声波测量装置、超声波图像装置及超声波测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及超声波测量装置、超声波图像装置及超声波测量方法。

背景技术

[0002] 关于超声波测量装置,已知有针对已发送超声波的超声波回波的接收波进行自适应波束形成(適応型ビームフォーミング)的技术。自适应波束形成可以最大化来自期望方向的接收波的灵敏度、并最小化来自期望方向以外的方向的无用波的灵敏度。即,可以自适应地改变接收波的灵敏度特性,提高方位分辨率。

[0003] 作为自适应波束形成的例子,专利文献1中披露了将所输入的超声波信号在观测空间上划分成多个区域、按区域计算加权值并对各个像素计算像素加权值来计算波束形成值的超声波束形成方法。

[0004] 先行技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本特开2012-170826号公报

发明内容

[0007] 发明拟要解决的课题

[0008] 但是,下述问题将会存在:当一部分接收超声波的超声波换能器元件不能正确接收信号时,不能正确求得灵敏度特性,不能得到自适应波束形成的效果。元件不能正确接收信号是指例如元件本身或控制元件的电路等发生了故障的情况、在元件与被检测体之间存在气泡等反射超声波的障碍物的情况等。

[0009] 鉴于这种情况,本发明的目的在于,提供一种即使一部分元件不能正确接收信号也能防止自适应波束形成的效果下降的技术。

[0010] 解决课题的方案

[0011] 用于解决上述课题的本发明的第一方面是一种超声波测量装置,其特征在于,具有:接收处理部,经由具有多个通道的超声波元件阵列将向目标物发送的超声波相关的超声波回波作为每个所述通道的接收信号进行接收;误差检测部,对每个所述通道检测误差;信号处理部,对于被检测到所述误差的误差通道之外的每个正常通道的接收信号,以与每个所述正常通道的接收信号相应的权重进行加权相加;以及图像生成部,基于进行了所述加权相加后的信号,生成图像。根据本发明的第一方面,检测误差通道,并对误差通道以外的正常通道的接收信号执行与各正常通道的接收信号相应的加权相加(重み付き加算)处理。通过这样,即使存在误差通道,也可以避免误差通道的接收信号的影响,防止自适应波束形成等的加权相加处理的效果下降。

[0012] 也可以具有以下特征:每当用于生成一条线的图像的超声波被发送时,所述接收处理部均将发送的该超声波相关的超声波回波作为每个所述通道的接收信号进行接收,所述误差检测部在每当每个所述通道的接收信号被接收时均检测每个所述通道的误差,所述

信号处理部在每当每个所述通道的接收信号被接收时均进行所述加权相加,所述图像生成部在每当每个所述通道的接收信号被接收时均生成图像。这样,可以高精度地检测由于各通道的老化等引起的故障等。另外,对于各条线,由于针对正常通道的接收信号执行自适应波束形成,因此,可使自适应波束形成的效果不易降低。

[0013] 也可以具有以下特征:所述误差检测部基于接收的每个所述通道的接收信号的值,将所述接收信号的值相对更低的通道检测为误差通道。这样,即使所有通道发生老化等,也可以高精度地检测误差通道。

[0014] 也可以具有以下特征:所述误差检测部基于接收的每个所述通道的接收信号中来自包括所述超声波元件阵列的超声波探测器内的特定目标物的反射信号的值,将所述反射信号的值相对更低的通道检测为误差通道。这样,可以不受外部环境等的影响而高精度地检测误差通道。

[0015] 也可以具有以下特征:所述误差检测部基于接收的每个所述通道的接收信号的值,将所述接收信号的值小于规定值的通道检测为误差通道。这样,无需用于进行与其它通道的相对比较的运算处理,可以减少误差检测的处理时间。

[0016] 也可以具有以下特征:所述信号处理部判断检测到的所述误差通道的数量是否为规定数量以下,在检测到的所述误差通道的数量为所述规定数量以下的情况下,所述信号处理部对于每个所述正常通道的接收信号,与每个所述正常通道的接收信号相应的权重进行加权相加,在检测到的所述误差通道的数量不为所述规定数量以下的情况下,所述信号处理部以预定的固定的权重对所有所述误差通道和所述正常通道中的每一个的接收信号进行加权相加。这样,在执行自适应波束形成等的加权相加反而会导致分辨率下降的情况下,可通过通常的波束形成来提高分辨率。

[0017] 也可以具有以下特征:所述信号处理部求出各所述正常通道的权重与各所述正常通道的接收信号相乘后的值的方差为最小的各所述正常通道的权重作为与所述接收信号相应的权重。这样,可以根据来波改变各通道的权重。

[0018] 用于解决上述课题的本发明的第二方面是一种超声波图像装置,其特征在于,具有:接收处理部,经由具有多个通道的超声波元件阵列将向目标物发送的超声波相关的超声波回波作为每个所述通道的接收信号进行接收;误差检测部,对每个所述通道检测误差;信号处理部,对于被检测到所述误差的误差通道之外的每个正常通道的接收信号,与每个所述正常通道的接收信号相应的权重进行加权相加;图像生成部,基于进行了所述加权相加后的信号,生成图像;以及显示部,显示生成的所述图像。由此,即使存在误差通道,也可以避免误差通道的接收信号的影响,防止自适应波束形成等的加权相加处理的效果下降。其结果,可以得到提高了方位分辨率的超声波图像。

[0019] 用于解决上述课题的本发明的第三方面是一种超声波测量方法,其特征在于,包括:接收处理步骤,经由具有多个通道的超声波元件阵列将向目标物发送的超声波相关的超声波回波作为每个所述通道的接收信号进行接收;误差检测步骤,对每个所述通道检测误差;信号处理步骤,对于被检测到所述误差的误差通道之外的每个正常通道的接收信号,与每个所述正常通道的接收信号相应的权重进行加权相加;以及图像生成步骤,基于进行了所述加权相加后的信号,生成图像。由此,即使存在误差通道,也可以避免误差通道的接收信号的影响,防止自适应波束形成等的加权相加处理的效果下降。

附图说明

[0020] 图1是表示本发明实施方式涉及的超声波图像装置的外观的一个例子的图。

[0021] 图2的(A)~(C)是表示超声波换能器元件的构成的一个例子的图。

[0022] 图3是表示超声波换能器装置(元件芯片)的构成的一个例子的图。

[0023] 图4是表示超声波换能器元件群UG(UG1~UG64)的构成的例子的图,图4的(A)表示元件列数为4列的情况,图4的(B)表示元件列数为1列的情况。

[0024] 图5是表示控制部的功能构成的一个例子的框图。

[0025] 图6是说明存储于存储器中的各通道的数据的结构的一个例子的图。

[0026] 图7是表示实现控制部的功能的硬件构成的一个例子的图。

[0027] 图8是用于说明到达各通道的信号的延迟的图。

[0028] 图9是用于说明空间平均法中的子开口(サブ開口)的图。

[0029] 图10是表示通过超声波图像装置实现的处理的一个例子的流程图(其一)。

[0030] 图11是表示通过超声波图像装置实现的处理的一个例子的流程图(其二)。

[0031] 图12是表示通过超声波图像装置实现的处理的一个例子的流程图(其三)。

[0032] 图13是表示通过超声波图像装置实现的处理的一个例子的流程图(其四)。

[0033] 附图标记说明

[0034] 1超声波图像装置,10超声波探测器,11超声波换能器装置,12超声波换能器元件,15电缆,20超声波图像装置主体,21显示部,22控制部,30压电体层,31第一电极层,32第二电极层,40开口,50振动膜,60基板,110发送处理部,111发送脉冲发生器,113发送延迟电路,120接收处理部,121接收电路,123滤波电路,125存储器,130图像处理部,131误差检测部,132 MVB处理部,1321接收聚焦处理部,1322空间平均法处理部,1323权重计算部,1324加权相加部,133检波处理部,135对数转换处理部,137增益和动态范围调节部,139STC,140收发切换开关,150DSC,160控制电路,221CPU,222RAM,223ROM,224HDD,225I/F电路,226通信装置,227总线,CL公共电极线,DL驱动电极线,UE超声波换能器元件,UG超声波换能器元件群,VCOM公共电压,VR接收信号,VT发送信号

具体实施方式

[0035] 以下,参照附图,就本发明的实施方式进行说明。

[0036] 图1是表示本发明实施方式涉及的超声波图像装置的外观的一个例子的图。超声波图像装置1例如是简易式(ハンディタイプ)装置,具有超声波探测器10和超声波图像装置主体20。超声波探测器10与超声波图像装置主体20通过电缆15连接。另外,超声波图像装置1不局限于简易式,例如也可以是固定式、将超声波探测器内置于装置主体中的一体式。

[0037] 超声波探测器10具有超声波换能器装置11。超声波换能器装置11边沿扫描面扫描目标物,边向目标物发送超声波束并接收基于超声波束的超声波回波。

[0038] 另外,超声波探测器10在超声波换能器装置11的发送接收超声波的一侧具有声匹配层和声透镜(都未图示)。声匹配层是用于减少来自目标物表面的超声波的反射并使超声波高效射入目标物的部件。声透镜是用于防止从超声波换能器装置11射出的超声波束扩散并使其会聚在切片方向(スライス方向)的部件。

[0039] 以使用压电元件的类型为例,超声波换能器装置11具有多个超声波换能器元件12

(超声波元件阵列、参照图2等)、以及多个开口被配置成阵列状的基板。

[0040] 图2示出超声波换能器元件的构成的一个例子。在本实施方式中,超声波换能器元件12采用薄的压电元件和金属板(振动膜)粘贴在一起的单晶(ユニモルフ;单层压电片)结构。

[0041] 图2的(A)是形成在基板(硅基板)60上的超声波换能器元件12的从元件形成面侧的垂直于基板60的方向观察的俯视图。图2的(B)是示出沿着图2的(A)的A-A'的截面的截面图。图2的(C)是示出沿着图2的(A)的B-B'的截面的截面图。

[0042] 超声波换能器元件12具有压电元件部和振动膜(隔膜、支撑部件)50。压电元件部具有压电体层(压电体膜)30、第一电极层(下部电极)31、以及第二电极层(上部电极)32。

[0043] 压电体层30例如由PZT(锆钛酸铅)薄膜形成,设置成覆盖第一电极层31的至少一部分。此外,压电体层30的材料不限于PZT,也可使用例如钛酸铅(PbTiO_3),锆酸铅(PbZrO_3),钛酸铅镧($(\text{Pb},\text{La})\text{TiO}_3$)等。

[0044] 第一电极层31在振动膜50的上层例如由金属薄膜形成。该第一电极层31也可以是如图2的(A)所示那样的向元件形成区域的外侧延长并与相邻的超声波换能器元件12连接的布线。

[0045] 第二电极层32例如由金属薄膜形成,设置成覆盖压电体层30的至少一部分。该第二电极层32也可以是如图2的(A)所示那样的向元件形成区域的外侧延长并与相邻的超声波换能器元件12连接的布线。

[0046] 超声波换能器元件12的下部电极(第一电极)由第一电极层31形成,上部电极(第二电极)由第二电极层32形成。具体而言,第一电极层31中的被压电体层30覆盖的部分形成下部电极,第二电极层32中的覆盖压电体层30的部分形成上部电极。即,压电体层30设置成被下部电极和上部电极夹着。

[0047] 开口40是通过从基板60(硅基板)的背面(未形成有元件的面)侧利用反应性离子蚀刻(RIE:Reactive Ion Etching)等进行蚀刻而形成的。由该开口40的尺寸决定超声波的共振频率,其超声波向压电体层30侧(图2的(A)中是从纸面里侧向近前方向)发射。

[0048] 振动膜(メンブレン;隔膜)50设置成以例如 SiO_2 薄膜和 ZrO_2 薄膜的两层结构堵住开口40。该振动膜50支撑压电体层30及第一电极层31、第二电极层32并随压电体层30的伸缩而振动,从而产生超声波。

[0049] 图3表示超声波换能器装置(元件芯片)的构成的一个例子。本构成例的超声波换能器装置11包括多个超声波换能器元件群UG1~UG64、驱动电极线DL1~DL64(广义上是第1~第m驱动电极线,m是2以上的整数)、公共电极线CL1~CL8(广义上是第1~第n公共电极线,n是2以上的整数)。另外,驱动电极线的数量(m)、公共电极线的数量(n)并不限于图3所示的数量。

[0050] 多个超声波换能器元件群UG1~UG64沿着第二方向D2(扫描方向)配置成64列。UG1~UG64中的各超声波换能器元件群具有沿着第一方向D1(切片方向)配置的多个超声波换能器元件。

[0051] 图4的(A)示出超声波换能器元件群UG(UG1~UG64)的例子。在图4的(A)中,超声波换能器元件群UG由第一元件列~第四元件列构成。第一元件列由沿第一方向D1配置的超声波换能器元件UE11~UE18构成,第二元件列由沿第一方向D1配置的超声波换能器元件UE21

~UE28构成。第三元件列(UE31~UE38)和第四元件列(UE41~UE48)也是一样。在这些第一元件列~第四元件列上共同连接有驱动电极线DL(DL1~DL64)。并且,在第一元件列~第四元件列的超声波换能器元件上连接有公共电极线CL1~CL8。

[0052] 并且,图4的(A)的超声波换能器元件群UG构成超声波换能器装置的一个通道。即,驱动电极线DL相当于一个通道的驱动电极线,来自发送电路的一个通道的发送信号被输入到驱动电极线DL。并且,来自超声波换能器元件群UG的一个通道的接收信号从驱动电极线DL输出。另外,构成一个通道的元件列数不限于图4的(A)所示的4列,既可以少于4列,也可以多于4列。例如图4的(B)所示,元件列数也可以是1列。

[0053] 返回图3的说明。驱动电极线DL1~DL64(第1~第m驱动电极线)沿第一方向D1布线。驱动电极线DL1~DL64中的第i(i 是 $1 \leq i \leq m$ 的整数)驱动电极线DL i (第 i 通道)与第 i 超声波换能器元件群UG i 的超声波换能器元件所具有的第一电极(例如下部电极)连接。

[0054] 在发射超声波的发送期间,发送信号VT1~VT64经由驱动电极线DL1~DL64被供给至超声波换能器元件。并且,在接收超声波回波信号的接收期间,来自超声波换能器元件的接收信号VR1~VR64经由驱动电极线DL1~DL64输出。

[0055] 公共电极线CL1~CL8(第1~第n公共电极线)沿着第二方向D2布线。超声波换能器元件所具有的第二电极与公共电极线CL1~CL8中的任一条连接。具体是,例如图3所示,公共电极线CL1~CL8中的第j(j 是 $1 \leq j \leq n$ 的整数)公共电极线CL j 与配置在第j行的超声波换能器元件所具有的第二电极(例如上部电极)连接。

[0056] 公共电极线CL1~CL8被供给有公共电压VCOM。该公共电压VCOM是一定的直流电压即可,也可以不是0V、即地电位(グラウンド電位;接地电位)。

[0057] 在发送期间,发送信号电压与公共电压之差的电压被施加在超声波换能器元件上,发射规定频率的超声波。

[0058] 另外,超声波换能器元件的配置并不限于图3所示的矩阵配置,也可以是相邻的两列元件错开地配置成锯齿形的所谓的之字形配置(千鳥配置)等。另外,在图4的(A)、图4的(B)中,示出了一个超声波换能器元件兼用作发送元件和接收元件两者的情况,但本实施方式并不局限于此。例如,也可以分别设置发送元件用的超声波换能器元件和接收元件用的超声波换能器元件并使之配置成阵列状。

[0059] 另外,超声波换能器元件12不限于使用压电元件的形式。例如,既可以采用使用c-MUT(Capacitive Micro-machined Ultrasonic Transducers:电容式微超声换能器)等电容性元件的换能器,也可以采用块型(バルクタイプ)的换能器。

[0060] 返回图1的说明。在超声波图像装置主体20上设有显示部21。显示部21显示由设置于超声波图像装置主体20内的控制部22(参考图5)生成的显示用图像数据。可以将例如液晶显示器、有机EL显示器、电子纸等显示装置用于显示部21。

[0061] 图5是示出控制部22的功能构成的一个例子的框图。控制部22具有发送处理部110、接收处理部120、图像处理部130、收发切换开关140、DSC(Digital Scan Converter:数字扫描转换器)150、以及控制电路160。在本实施方式中,控制部22被设置在超声波图像装置主体20上,但控制部22的至少一部分构成也可以设置在超声波探测器10内。

[0062] 发送处理部110进行对目标物发送超声波的处理。发送处理部110具有发送脉冲发生器111和发送延迟电路113。

[0063] 发送脉冲发生器111施加发送脉冲电压并使超声波探测器10驱动。

[0064] 发送延迟电路113进行发送聚焦控制(送波フォーカシング制御),使超声波探测器10向目标物发射与所生成的脉冲电压相应的超声波束。为此,发送延迟电路113针对发送脉冲电压的施加定时,在通道之间赋予时间差,使从多个振动元件产生的超声波会聚。这样,通过改变延迟时间,可以任意改变焦距。

[0065] 在线性扫描的情况下,划分整个开口(在图3所示的例子中是64通道),以所划分的开口(使用开口)进行收发,边转移使用开口边生成各线(ライン)。使用开口例如可以设为8通道。另外,使用开口越大,波束宽度越窄,方位分辨率越高。在扇形扫描的情况下,使用整个开口作为使用开口,边改变波束方向边生成各线(ライン)。

[0066] 收发切换开关140进行超声波的发送和接收的切换处理。收发切换开关140防止发送时的振幅脉冲输入到接收处理部120,并使接收时的信号通到接收处理部120。

[0067] 接收处理部120进行接收对应所发送的超声波的超声波回波的接收波(以下称为接收波)的处理。接收处理部120具有接收电路121、滤波电路123和存储器125。

[0068] 接收电路121将每个通道的接收波(模拟信号)转换成数字接收信号,并向滤波电路123输出。另外,接收波的聚焦控制由后述的图像处理部130进行。

[0069] 滤波电路123通过带通滤波器等对从接收电路121输出的每个通道的接收信号进行滤波处理,去除噪声。然后,滤波电路123将经过了滤波处理的每个通道的接收信号向存储器125输出。

[0070] 存储器125将从滤波电路123输出的每个通道的接收信号按通道进行存储。存储器125的功能可以通过利用RAM(Random Access Memory:随机存取存储器)等存储装置来实现。

[0071] 图6是用于说明存储于存储器中的各通道的数据的结构的一个例子。存储器125针对M个通道中的每一个,将一次超声波的发送和与其对应的超声波回波的接收波作为N个样本接收信号的波形数据进行存储。另外,M是使用开口的通道总数,N是抽样总数。抽样总数根据例如超声波图像装置1的规定的抽样频率(例如50MHz)和一次接收波的观测时间所确定。

[0072] 返回图5的说明。接收处理部120的功能例如可以通过由LNA(低噪声放大器)、PGA(可编程增益放大器)、滤波电路、A/D转换器(模拟/数字转换器)等构成的AFE(模拟前端)来实现。

[0073] 另外,接收处理部120的构成不局限于图示的例子。例如,也可以将滤波电路123设置在图像处理部130内部的MVB处理部132的上游(前段)来针对每个通道的接收信号进行滤波处理。这种情况下,也可以用软件实现滤波电路的功能。

[0074] 图像处理部130获取存储于接收处理部120的存储器125中的接收信号,并进行各种图像处理。图像处理部130具有误差检测部131、MVB(Minimum Variance Beamforming:最小方差波束形成)处理部132、检波处理部133、对数转换处理部135、增益和动态范围调节部137、以及STC(Sensitivity Time Control:灵敏度时间控制)139。也可以将MVB处理部称为信号处理部。另外,也可以将图像处理部130的功能中与图像生成相关的功能(通过检波处理部133、对数转换处理部135、增益和动态范围调节部137以及STC139实现。)称为图像生成部。

[0075] 误差检测部131基于存储于存储器125中的每个通道的接收信号检测各通道的误差。之后将就误差检测部131进行详细说明。

[0076] MVB处理部132基于存储于存储器125中的各通道的接收信号中的除了由误差检测部131检测到误差的通道(以下也称为“误差通道”)以外的通道(以下也称为“正常通道”)的接收信号,进行约束了方向的自适应波束形成、即MVB处理。但,在误差通道的数量多于规定数量的情况下,MVB处理部132进行通常的波束形成处理。因此,MVB处理部132具有接收聚焦处理部1321、空间平均法处理部1322、权重计算部1323以及加权相加部1324。之后将就MVB处理部132进行详细说明。

[0077] 检波处理部133对MVB处理后或通常的波束形成处理后的接收信号进行绝对值(整流)处理,然后,用低通滤波器提取非调制信号。

[0078] 对数转换处理部135对所提取的非调制信号进行Log压缩,并转换表现形式,以便容易地同时确认接收信号的信号强度的最大部分和最小部分。

[0079] 增益和动态范围调节部137调节信号强度和感兴趣区域。例如,在增益调节处理中,在Log压缩后的输入信号上加上直流分量。另外,在动态范围调节处理中,对Log压缩后的输入信号乘以任意的数。

[0080] STC139根据深度校正放大度(亮度),得到整个画面统一亮度的图像。

[0081] 另外,图像处理部130的功能可以通过各种处理器(CPU等)、ASIC(门阵列等)等硬件或程序等实现。

[0082] DSC150对B模式图像数据进行扫描转换处理。例如,DSC150通过双线性等内插处理(補間处理)将线信号(ライン信号)转换成图像信号。并且,DSC150向显示部21输出图像信号。由此,图像在显示部21显示。

[0083] 控制电路160控制发送脉冲发生器111、发送延迟电路113、收发切换开关140、接收电路121、存储器125、MVB处理部132等。

[0084] 虽然在说明本实施方式的特征时说明了超声波图像装置1的以上主要构成,但超声波图像装置1的构成并不限于上述构成。本发明申请不受组成成分的分类方法或名称的限制。超声波图像装置1的构成还可以根据处理内容分类为更多的组成成分。另外,一个组成成分还可以分类为执行更多的处理。并且,各组成成分的处理既可以由一个硬件执行,也可以由多个硬件执行。

[0085] 图7是示出实现控制部的功能的硬件构成的一个例子的图。如图7所示,控制部22例如可以通过计算机实现,该计算机具备作为运算装置的CPU(Central Processing Unit:中央处理单元)221、作为易失性存储装置的RAM(Random Access Memory:随机存取存储器)222、作为非易失性存储装置的ROM(Read Only Memory:只读存储器)223、硬盘驱动器(HDD)224、连接控制部22与其它单元的接口(I/F)电路225、与外部装置进行通信的通信装置226、以及将它们相互连接的总线227。

[0086] 上述控制部22的至少一部分功能例如可以通过CPU221将存储在ROM223或HDD224中的规定程序读出到RAM222中执行来实现。另外,规定程序例如既可以事先安装在ROM223或HDD224中,也可以经由通信装置226从网络下载来安装或更新。

[0087] 以下就误差检测部131进行详细说明。

[0088] 如上所述,超声波探测器10除了具备超声波换能器装置11之外,还具备声匹配层

和声透镜。在此,从超声波换能器装置11发送的超声波不仅被目标物反射,而且还被声透镜等超声波探测器10内部的部件反射。即,超声波换能器装置11的各通道不仅接收来自目标物的反射波,而且还接收来自声透镜等部件的反射波。

[0089] 因此,在本实施方式中,基于来自声透镜的反射波的接收信号判断误差通道。例如,如果设从换能器元件到声透镜的距离为 d (例如2mm)、声速为 c (例如1000m/秒),则从各通道发送超声波之后,反射波用 $2d/c$ 微秒到达各通道。这样,由于确定了来自声透镜的反射波被各通道接收的时间带,因此,可以从存储于存储器125中的各通道的接收信号各抽样点的数据指定并取得对应于(符合)来自声透镜的反射波的期间的数据。

[0090] 在此,如以图6所说明的,设使用开口的通道总数为 M 个、抽样总数为 N 个样本。并且,将第 m ($1\sim M$)个通道的接收信号表示为 x_m ,将通道 m 的抽样点 n ($1\sim N$)中的接收信号表示为 $x_m[n]$ 。并且,将对应于来自声透镜的反射波的期间(抽样点)设为样本编号 $1\sim 100$ (不过, N 远大于100)。

[0091] 误差检测部131按照以下公式(1)对每个通道计算对应于来自声透镜的反射波的期间的数据的合计值 S_m 。

$$[0092] \quad S_m = \sum_{n=1}^{100} |x_m[n]| \cdots \text{式(1)}$$

[0093] 并且,误差检测部131基于各通道的合计值 S_m ,按照以下公式(2)计算各通道间的标准偏差 σ 。

$$[0094] \quad \sigma = \pm \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (S_i - \bar{S})^2} \cdots \text{式(2)}$$

[0095] 然后,如公式(3)所示,误差检测部131以各通道的合计值 S_m 的平均值为基准,判断各通道的合计值 S_m 是大于该平均值的上侧 2σ 还是小于该平均值的下侧 2σ 。在合计值 S_m 大于上侧 2σ 或小于下侧 2σ 的情况下,误差检测部131判断该通道是误差通道。另外,误差的范围不局限于 2σ 的范围,也可以是 3σ 等其它范围。

$$[0096] \quad S_m > \bar{S} + 2\sigma \text{ 或 } S_m < \bar{S} - 2\sigma \cdots \text{式(3)}$$

[0097] 这样,误差检测部131可以将来自声透镜的反射波的信号相对于通过各通道中的来自声透镜的反射波的信号确定的相对基准值大或小的通道判断为误差通道。利用该方法主要可以检测通道故障等。另外,所使用的超声波探测器10内部的部件不限于声透镜。此外,不限于超声波探测器10内部的部件,也可以基于来自超声波探测器10外部的目标物的反射波指定误差通道。

[0098] 当然,误差检测的方法并不限于上述方法。例如,上述方法中基于相对的基准来判断误差,但也可以基于绝对的基准来判断误差。具体是,由于声匹配层和声透镜的声阻抗是已知的,因此可以事先求出声透镜的超声波的反射强度(反射率)。误差检测部131按每个通道求出对应于来自声透镜的反射波的期间的数据的合计值,判断是否小于根据反射强度确定的规定值(例如,对发送波的强度乘以反射强度并进一步用系数等进行调整后的值)。如果来自声透镜的反射波的信号小于规定值,则可以判断为误差。该方法也可以主要检测通道元件的故障等。另外,也可以在反射波的信号大于第二规定值的情况下判断为误差。另

外,所使用的超声波探测器10内部的部件不限于声透镜。另外,也可以基于超声波探测器10外部的目标物的反射强度确定规定值,并基于来自该目标物的反射波指定误差通道。

[0099] 另外,例如在上述方法中,利用对应于来自声透镜的反射波的期间的数据相对地判断各通道的误差,但也可以使用所有各通道的接收信号(1~N)。即,在公式(1)中,求出 $n=1\sim N$ 的合计值 S_m 并基于其求出标准偏差 σ 即可。该方法中,可以将因气泡等的影响而接收波不能正确到达通道的情况下的、即不能正常接收超声波的通道检测为误差通道。当然,也可以检测通道元件的故障。

[0100] 以下就MVB处理部132进行详细说明。

[0101] MVB处理部132进行约束了方向的自适应波束形成、即MVB处理。自适应波束形成是指根据来波改变各通道的权重(weight)而动态地改变灵敏度特性、使对无用波(不要波)不具有灵敏度的处理。即使发送的是正面的声压强的超声波束,由于超声波具有球面状扩散的特性,因此超声波也到达位于正面以外的反射体。如果接收到目标以外的反射体所反射的无用波,则因无用波的影响导致方位分辨率变差。相对于此,自适应波束形成约束了方向,使对无用波不具有灵敏度,因此可以改善由无用波导致的方位分辨率下降的问题。

[0102] 在本实施方式中,MVB处理部132对由误差检测部131检测到的误差通道以外的正常通道进行MVB处理。在MVB处理中,将使用开口的M个通道中的除误差通道以外的正常通道的总数设为 M_{fix} 个。另外,将第 $m(1\sim M_{fix})$ 个通道的接收信号表示为 x_{fixm} ,将通道 m 中的抽样点 $n(1\sim N)$ 的接收信号表示为 $x_{fixm}[n]$ 。

[0103] 接收聚焦处理部1321对各正常通道接收的信号施加与该通道对应的预定的延迟时间(delay time) D_m ,以使各正常通道接收的信号同相。由于来自某反射体的反射波球面状扩散,因此赋予延迟时间,使到达各振荡器的时间相同,考虑到延迟时间地将反射波相加。

[0104] 按照数学公式(4)求出第 m 个正常通道的输出信号 X_m 。另外,如果用向量表示法(ベクトル表記)表示各正常通道的输出信号,则形成公式(5)。

$$[0105] \quad X_m = x_m[n - D_m[n]] \quad \dots (4)$$

$$[0106] \quad \mathbf{X}[n] = \begin{bmatrix} x_1[n - D_1[n]] \\ x_2[n - D_2[n]] \\ \vdots \\ x_{M_{fix}}[n - D_{M_{fix}}[n]] \end{bmatrix} \quad \dots (5)$$

[0107] 如图8所示,从位于超声波换能器装置11的深度方向 Z 的反射物(目标物)反射的超声波形成球面波并到达各通道。因此,反射信号到达各通道的元件的时间取决于从反射物到各通道的直线距离 q_m ,离反射物越远的元件,超声波越晚到达。每个元件的到达时间 D'_m 如公式(6)所示,用几何学求出,并取决于超声波换能器元件12的位置 p_m 和深度距离 Z 。 c 是声速(固定值)。另外,在本图的说明中, m 是 $1\sim M$ 。

$$[0108] \quad q_m = \sqrt{p_m^2 + Z^2}$$

$$[0109] \quad D'_m = q_m / c \quad \dots (6)$$

[0110] 由接收聚焦处理部1321算出的各正常通道的输出信号被输入到空间平均法处理部1322。

[0111] 空间平均法处理部1322从由M_fix个正常通道构成的开口提取多个子开口(サブ開口),并进行分别取平均值的处理。空间平均法是为了防止在直接使用各通道的值时、因具有相关性的干涉波的影响导致方位估计精度变差而进行的处理。

[0112] 例如,如图9所示,考虑从正常通道总数为M_fix的开口提取K个(K=M_fix-S+1)通道数量为S的子开口的情况。这种情况下,第s的各子开口的输入向量如数学公式(7)所表示。

$$[0113] \quad \tilde{\mathbf{x}}_{\text{fix}_s}[n] = \begin{bmatrix} x_{\text{fix}_s}[n - D_s[n]] \\ x_{\text{fix}_{s+1}}[n - D_{s+1}[n]] \\ \vdots \\ x_{\text{fix}_{s+S-1}}[n - D_s[n]] \end{bmatrix} \dots (7)$$

[0114] 另外,除了空间平均法以外,还可以进行在各通道的时间方向上取平均的时间平均法的处理。通过空间平均法处理部1322进行了处理的信号被输出到权重计算部1323和加权相加部1324。

[0115] 另外,空间平均法处理部1322并不是必须的构成。在不进行空间平均法的处理时,将通过接收聚焦处理部1321进行了处理的信号输出到权重计算部1323和加权相加部1324即可。

[0116] 权重计算部1323计算应用在各正常通道的输出上的权重(重み)。这里就权重的计算进行说明。

[0117] 首先,就不使用空间平均法的情况进行说明。由加权相加部1324输出的输出z是各正常通道的权重 w_m 与从接收聚焦处理部1321输出的各正常通道的延迟处理后的信号 x_{fix_m} 相乘后再对其相乘结果求和而得的结果,用公式(8)表示。

$$[0118] \quad z[n] = \sum_{m=1}^{M_{\text{fix}}} w_m[n] x_{\text{fix}_m}[n - D_m[n]] \dots (8)$$

[0119] 如果用向量表示法表示,则形成数学公式(9)、(10)。H是复共轭转置(複素共役転置),*是复共轭。

$$[0120] \quad z[n] = \mathbf{w}[n]^H \mathbf{X}_{\text{FIX}}[n] \dots (9)$$

$$[0121] \quad \mathbf{w}[n] = \begin{bmatrix} w_1^*[n] \\ w_2^*[n] \\ \vdots \\ w_{M_{\text{fix}}}^*[n] \end{bmatrix} \dots (10)$$

[0122] 相关矩阵R由数学公式(11)、(12)给出。

$$[0123] \quad \mathbf{R}[n] = E[\mathbf{X}_{\text{FIX}}[n] \mathbf{X}_{\text{FIX}}[n]^T] \dots (11)$$

$$[0124] \quad E\left[z[n]^2\right]=\mathbf{w}[n]^H \mathbf{R}[n] \mathbf{w}[n] \quad \dots (12)$$

[0125] 为了计算使数学公式(11)、(12)中 $z[n]$ 的方差最小化的权重,如果解决数学公式(13)、(14)所示的有条件的最小化问题,就可以如数学公式(15)所示地求出权重。

$$[0126] \quad \min_{\mathbf{w}[n]} \mathbf{w}[n]^H \mathbf{R}[n] \mathbf{w}[n] \quad \dots (13)$$

[0127] 符合条件 $\mathbf{w}[n]^H \mathbf{a}=1 \dots (14)$

$$[0128] \quad \mathbf{w}[n]=\frac{\mathbf{R}[n]^{-1} \mathbf{a}}{\mathbf{a}^H \mathbf{R}[n]^{-1} \mathbf{a}} \quad \dots (15)$$

[0129] 在此, \mathbf{a} 是导向矢量(ステアリングベクトル;steering vector)。在本实施方式中,由于已经进行了调相,所以方向是0度。因此,将 \mathbf{a} 设为1即可。

[0130] 加权相加部1324使用由权重计算部1323算出的各正常通道的权重和由接收聚焦处理部1321算出的各正常通道的接收信号进行加权相加。即,用公式(8)进行运算,得到输出 z 。由加权相加部1324算出的信号被输出到检波处理部133。

[0131] 下面,就使用空间平均法的情况进行说明。这种情况下,相关矩阵如数学公式(16)这样表示。

$$[0132] \quad \tilde{\mathbf{R}}[n]=\frac{1}{M_FIX-S+1} \sum_{s=1}^{M_FIX-S+1} \tilde{\mathbf{x}}_fix_s[n] \tilde{\mathbf{x}}_fix_s^H[n] \quad \dots (16)$$

[0133] 此时,通过公式(17)求出最佳权重。

$$[0134] \quad \tilde{\mathbf{w}}[n]=\frac{\tilde{\mathbf{R}}[n]^{-1} \mathbf{a}}{\mathbf{a}^H \tilde{\mathbf{R}}[n]^{-1} \mathbf{a}} \quad \dots (17)$$

[0135] 加权相加部1324使用由权重计算部1323算出的各正常通道的权重和由空间平均法处理部1322算出的各正常通道的接收信号进行加权相加。即,用公式(18)进行运算,得到输出 z 。由加权相加部1324算出的信号被输出到检波处理部133。

$$[0136] \quad z[n]=\frac{1}{M_FIX-S+1} \sum_{s=1}^{M_FIX-S+1} \tilde{\mathbf{w}}[n]^H \tilde{\mathbf{x}}_fix_s[n] \quad \dots (18)$$

[0137] 下面,就通过超声波图像装置实现的动作流程进行说明。

[0138] 图10~图13是表示通过超声波图像装置实现的处理的一个例子的流程图(其一~其四)。另外,图10~图13的流程图示出的是生成一帧图像的流程。

[0139] 首先,控制电路160将表示生成图像的线的编号、即扫描线编号1初始设定为1(1=1)(步骤S100)。扫描线编号1是表示是构成图3所示的超声波换能器装置的超声波换能器元件群UG1~UG64中的哪个元件群的编号。例如,将设置在任意端的元件群、这里是超声波换能器元件群UG1的扫描线编号1设为“1”。另外,将与扫描线编号“1”的元件群相邻的元件群、这里是超声波换能器元件群UG2的扫描线编号1设为“2”。这样,对所有的元件群都编有扫描

线编号1。超声波换能器元件群UG1~UG64与扫描线编号1的关系存储在ROM等存储器中即可。

[0140] 然后,控制电路160经由与在步骤S100中初始设定的扫描线编号1或在后述的步骤S128中更新的扫描线编号1对应的使用开口的所有通道,以频率1f进行相位为 0° 的超声波脉冲的收发(步骤S101~步骤S106)。例如,扫描线编号“1”时的使用开口的通道是超声波换能器元件群UG1~UG8,扫描线编号“2”时的使用开口的通道是超声波换能器元件群UG2~UG9。扫描线编号与所对应的使用开口的通道的关系存储在ROM等存储器中即可。

[0141] 发送脉冲发生器111生成用于以频率1f发送相位为 0° 的超声波脉冲的脉冲电压(步骤S101)。发送延迟电路113进行发送聚焦控制(步骤S102),超声波探测器10向目标物发射与在步骤S101中生成的脉冲电压相应的超声波束(步骤S103)。

[0142] 控制电路160通过收发切换开关140进行发送和接收的切换处理。超声波探测器10用使用开口的所有通道接收所发射的超声波束在声透镜和目标物反射后返回的接收波,并使所接收的信号通到接收处理部120。接收电路121将使用开口的每一通道的接收波(模拟信号)转换成数字接收信号并向滤波电路123输出(步骤S104)。

[0143] 滤波电路123对使用开口的每个通道的接收信号进行带通滤波处理(步骤S105)。控制电路160将从滤波电路123输出的使用开口的每个通道的接收信号保存在存储器125中(步骤S106)。然后,进入步骤S111的处理(图11)。

[0144] 然后,控制电路160向误差检测部131发出指令,误差检测部131对应使用开口的每个通道获取在步骤S106中保存在存储器125中的接收信号,根据所获取的接收信号检测误差(步骤S111)。参照图12说明步骤S111的处理。

[0145] 首先,误差检测部131将表示检查对象的通道数和编号的计数器i设定为1,并将表示正常通道的数量和编号的计数器j设定为0(步骤S1111)。另外,计数器i表示与扫描线编号1对应的使用开口的所有通道M中的各通道。

[0146] 然后,误差检测部131判断与在步骤S1111中初始设定的计数器i或在后述的步骤S1116中更新的计数器i对应的通道是否有误差(步骤S1112)。检测误差的具体方法如上所述。

[0147] 如果通道i没有误差(步骤S1112,否),则误差检测部131在计数器j上加1,对计数器j进行更新(步骤S1113)。另外,误差检测部131获取通道i的接收信号的数据 x_i ,并在RAM等存储器上作为正常通道的接收信号的数据 x_{fixj} 进行存储(步骤S1114)。

[0148] 如果通道i有误差(步骤S1112,是)、或者在步骤S1114之后,误差检测部131判断表示检查对象的通道编号的计数器i是否小于总通道数M(步骤S1115)。

[0149] 如果计数器i小于总通道数M(步骤S1115,是),则误差检测部131在计数器i上加1,对计数器i进行更新(步骤S1116)。然后,返回步骤S1112的处理。

[0150] 相反,如果计数器i不小于总通道数M(步骤S1115,否)、即计数器i与总通道数M一致时,误差检测部131将正常通道数 M_{fix} 设为计数器j的值(步骤S1117)。然后,误差检测部131进入步骤S112(图11)的处理。

[0151] 返回图11的说明。MVB处理部132判断误差通道数是否在规定数量以下(步骤S112)。具体是,MVB处理部132计算在步骤S1117(图12)中设定的正常通道数 M_{fix} 与使用开口的总通道数M之差(误差通道数)。于是,判断误差通道数是否在规定数量以下。规定数量

事先设定为例如可以充分得到自适应波束形成的效果的值,并存储在ROM等存储器中。

[0152] 如果误差通道数在规定数量以下(步骤S112,是),则MVB处理部132基于使用开口的所有通道中在步骤S1114(图12)中获取的每个正常通道的接收信号,进行约束了方向的自适应波束形成、即MVB处理(步骤S121)。详细情况已在上面进行描述。即,接收聚焦处理部1321对各正常通道的接收信号进行就各正常通道事先确定了的延迟处理,空间平均法处理部1322对由接收聚焦处理部1321实施了延迟处理的信号进行空间平均法处理。然后,权重计算部1323计算对于各正常通道的权重,加权相加部1324使用算出的权重,对各正常通道的信号进行加权相加。

[0153] 另一方面,如果误差通道数超过规定数量(步骤S112,否),则MVB处理部132基于使用开口的所有通道的接收信号进行通常的波束形成处理(步骤S122)。具体是,接收聚焦处理部1321对各通道的接收信号进行就各通道事先确定了的延迟处理,并输出到加权相加部1324。于是,加权相加部1324使用对各通道事先确定的固定的权重,对各通道的信号进行加权相加。

[0154] 然后,检波处理部133进行包络检波,在该包络检波中,对在步骤S121或步骤S122中由MVB处理部132输出的有关扫描线编号1的输出信号进行了绝对值(整流)处理后,运用低通滤波器,提取非调制信号(步骤S123)。然后,对数转换处理部135进行对数转换处理(步骤S124)。

[0155] 然后,增益和动态范围调节部137对信号强度和感兴趣区域进行调节(步骤S125)。然后,STC139根据深度校正放大度(亮度)(步骤S126)。

[0156] 接着,控制电路160判断表示生成图像的线的编号、即扫描线编号1是否小于扫描线数量L(步骤S127)。在图3所示的超声波换能器装置的情况下,扫描线数量L根据超声波换能器元件群UG1~UG64的数量而确定。

[0157] 如果扫描线编号1小于扫描线数量L(步骤S127,是),则控制电路160在扫描线编号1上加“1”来更新扫描线编号1(步骤S128)。于是,返回步骤S101(图10)的处理。

[0158] 相反,如果扫描线编号1不小于扫描线数量L(步骤S127,否)、即扫描线编号1与扫描线数量L一致时,控制电路160向图像处理部130发出指令,图像处理部130根据在步骤S121至步骤S126中处理过的所有扫描线的信号生成帧图像,并进入步骤S131(图13)的处理。

[0159] DSC150基于图像处理部130生成的所有扫描线的信号(帧图像)进行扫描转换处理,生成B模式图像数据(显示用图像数据)并输出到显示部21(步骤S131)。显示部21显示所生成的显示用图像数据(步骤S132)。由此,结束图10~图13所示的流程图的处理。

[0160] 以上就本发明的实施方式进行了说明。根据本实施方式,即使一部分元件不能正确地接收信号也能防止自适应波束形成的效果下降。

[0161] 即,在本实施方式中,检测误差通道,并对误差通道以外的正常通道的接收信号执行自适应波束形成。由此,可以避开不能正确接收信号的通道的接收信号的影响,可使自适应波束形成的效果(高方位分辨率等)不易降低。

[0162] 另外,在本实施方式中,在生成一条线的图像时进行误差通道的检测。由此,可以高精度地检测因元件的老化等造成的故障等。另外,对于各线,由于针对正常通道的接收信号执行自适应波束形成,因此,可使自适应波束形成的效果不易降低。

[0163] 另外,在本实施方式中,利用多个通道的接收信号的值,相对地检测误差通道。由此,即使所有通道都发生老化等,也可以高精度地检测误差通道。

[0164] 另外,在本实施方式中,利用诸如声透镜等探测器内部的特定部件的反射波检测误差通道。由此,可以不受外部环境等的影响来高精度地检测误差通道。

[0165] 另外,在本实施方式中,如果误差通道多于规定数量,则不进行自适应波束形成,而进行通常的波束形成。由此,在执行自适应波束形成反而会导致分辨率下降的情况下,可通过通常的波束形成来提高分辨率。

[0166] 以上,采用实施方式就本发明进行了说明,但本发明的技术范围并不限于上述实施方式中记载的范围。本领域技术人员应当明白,可以对上述实施方式进行各种变更或改进。另外,由权利要求书的记载可知,进行了那样的变更或改进的方式也包含于本发明的技术范围之内。另外,本发明不局限于超声波图像装置,可以以超声波图像装置的图像处理办法、超声波图像装置的程序、存储该程序的存储介质等各种方式提供。另外,本发明也可以作为超声波测量装置而提供,在该超声波测量装置中,超声波测量装置主体不具有显示部21,所生成的显示用图像数据向外部的显示部输出。并且,还可以以超声波测量装置的图像处理办法、超声波测量装置的程序、存储该程序的存储介质等各种方式提供。另外,在本发明中,也可以不包括超声波探测器在内地将超声波图像装置主体称为超声波图像装置,将超声波测量装置主体称为超声波测量装置。

[0167] 另外,对于划分探测器的开口并通过子开口生成线(line)的线性扫描、通过调整各通道的延迟时间而使超声波束具有角度的扇形扫描、使用于凸形探测器的偏移扇形扫描(オフセットセクタスキャン)等任何扫描方式,本发明也是可以适用的。另外,即便是诸如开口合成法这样的不按每条线进行收发的扫描方式,本发明也是可以适用的。

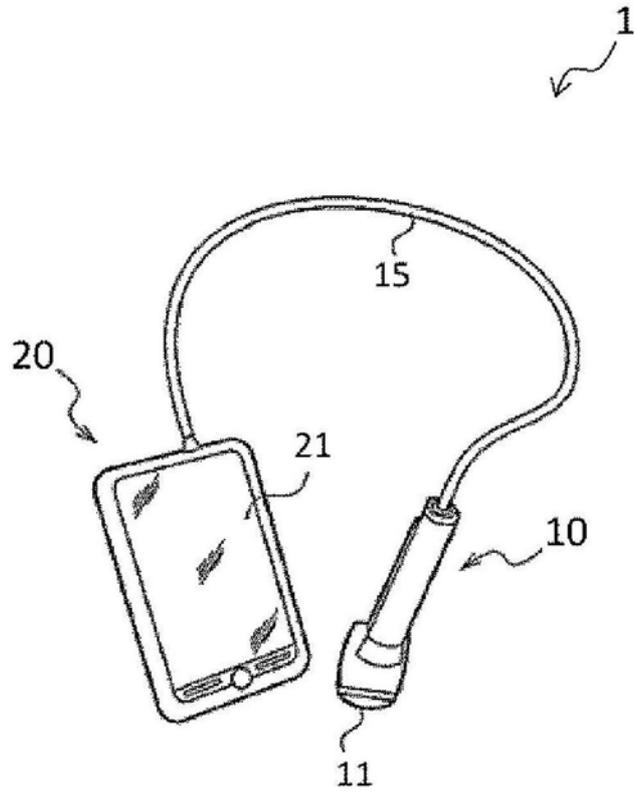


图1

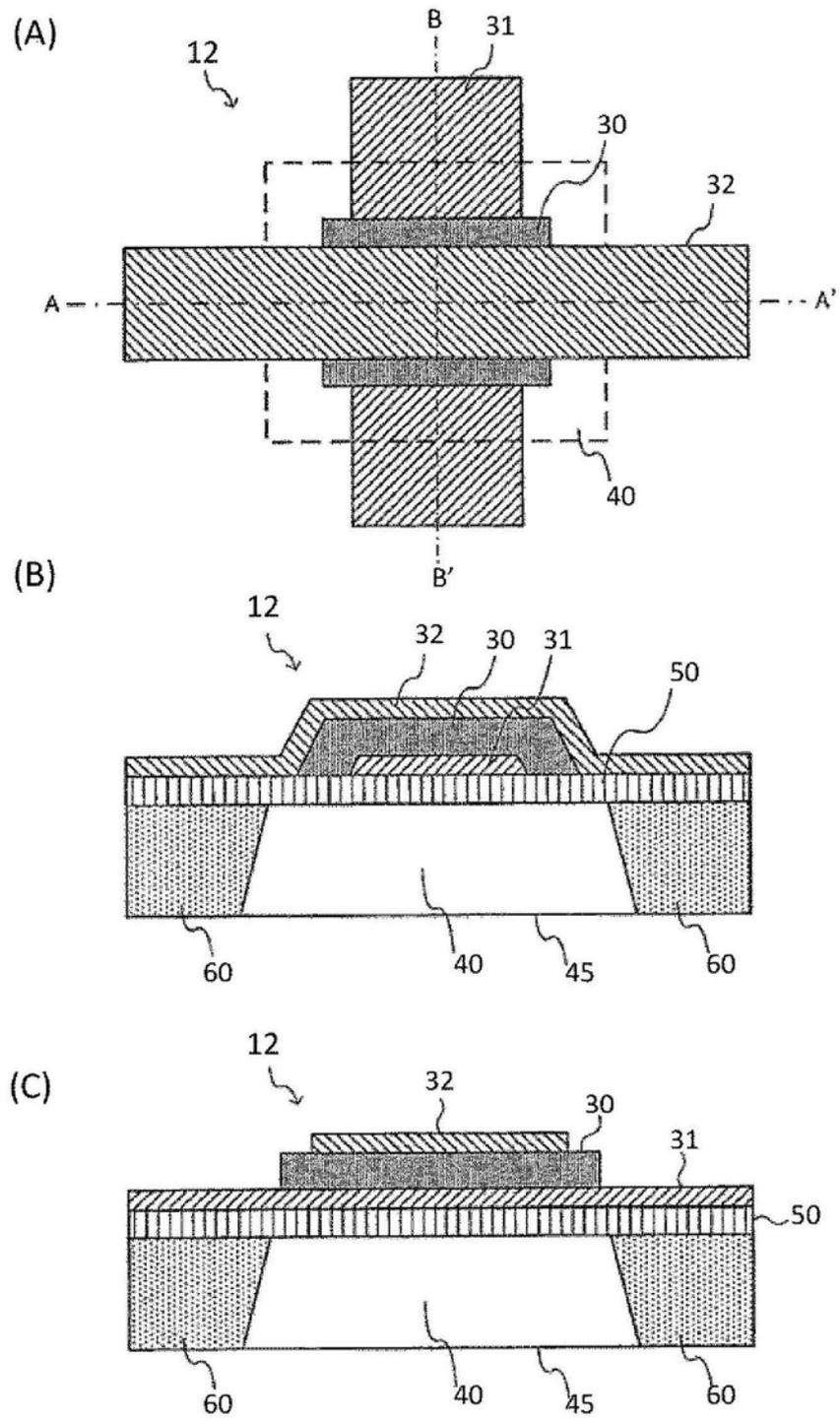


图2

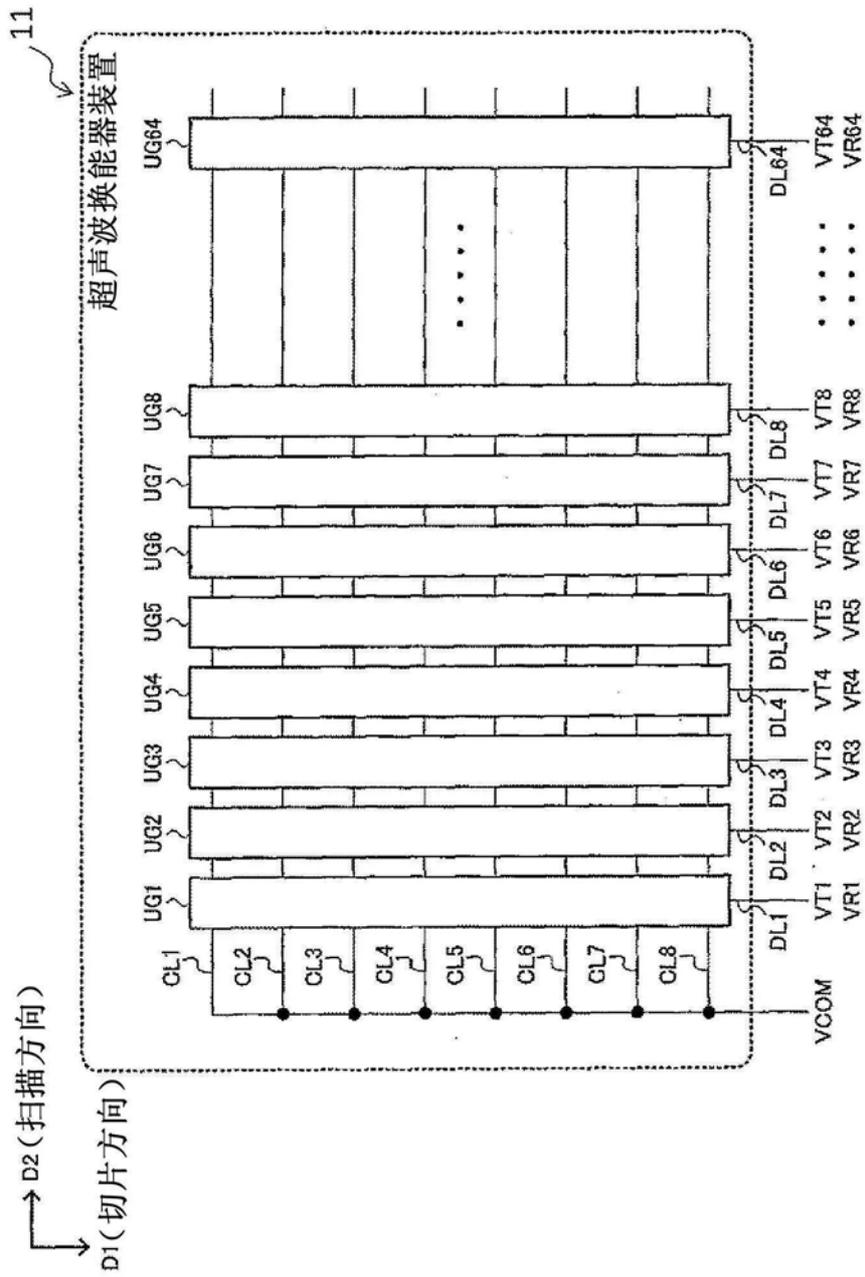


图3

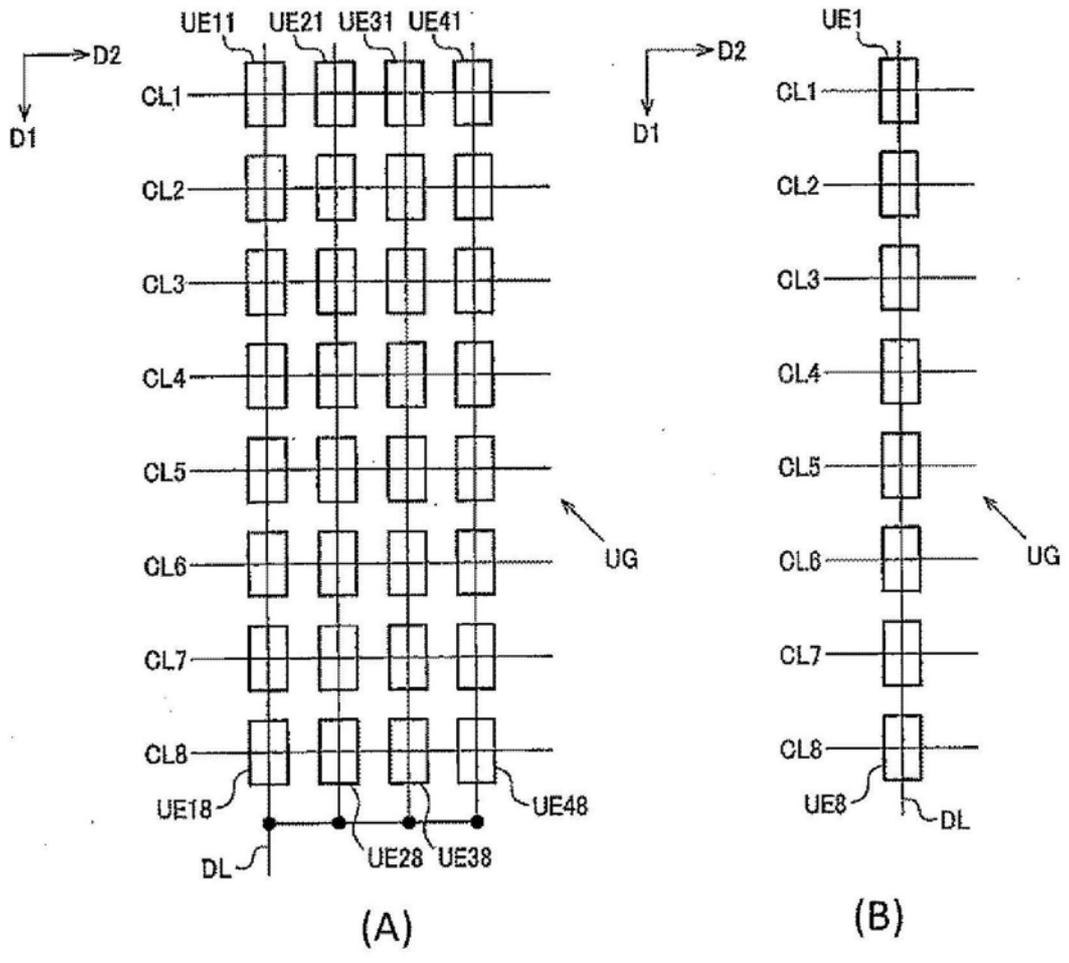


图4

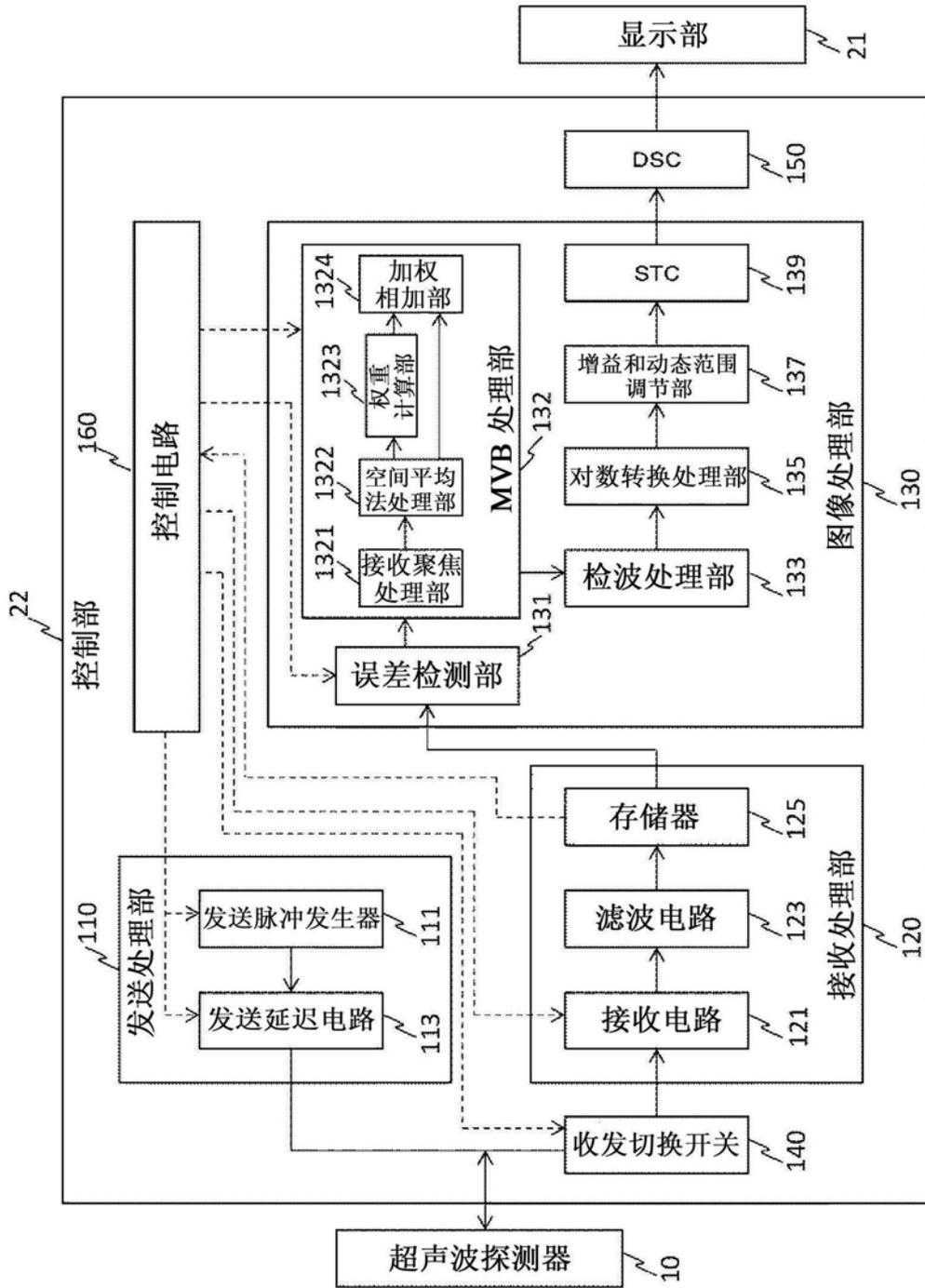


图5

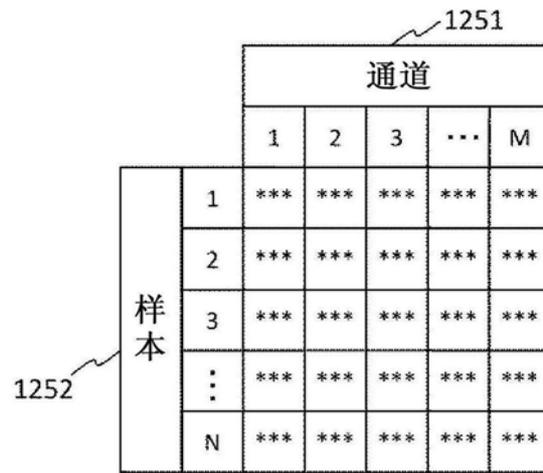


图6

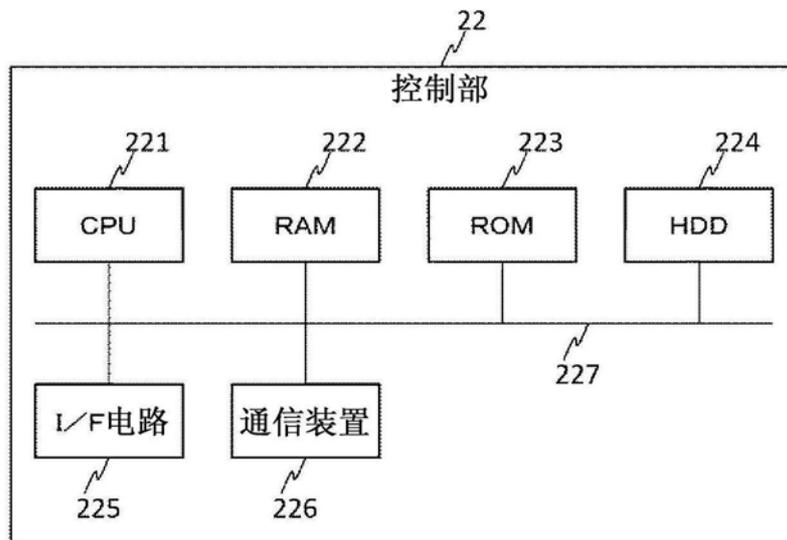


图7

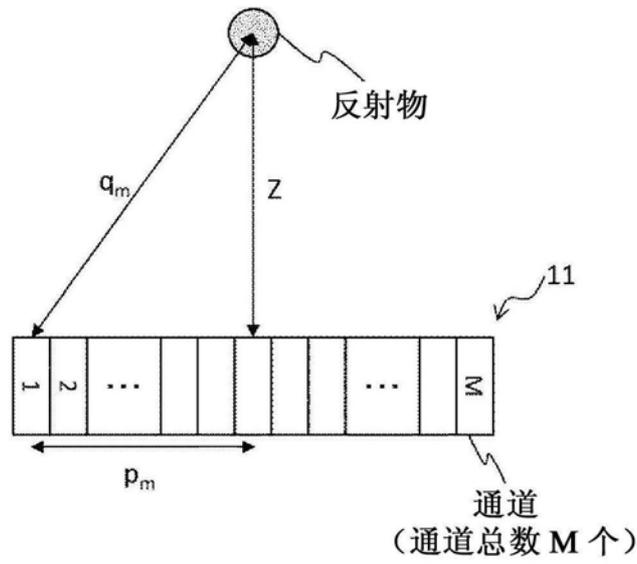


图8

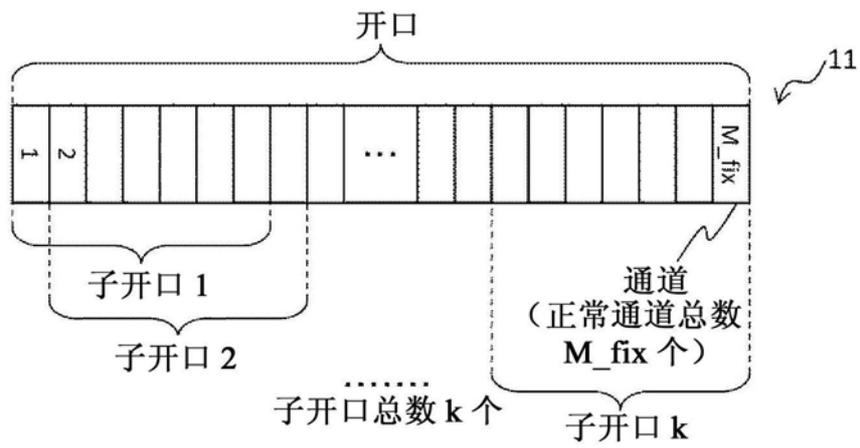


图9

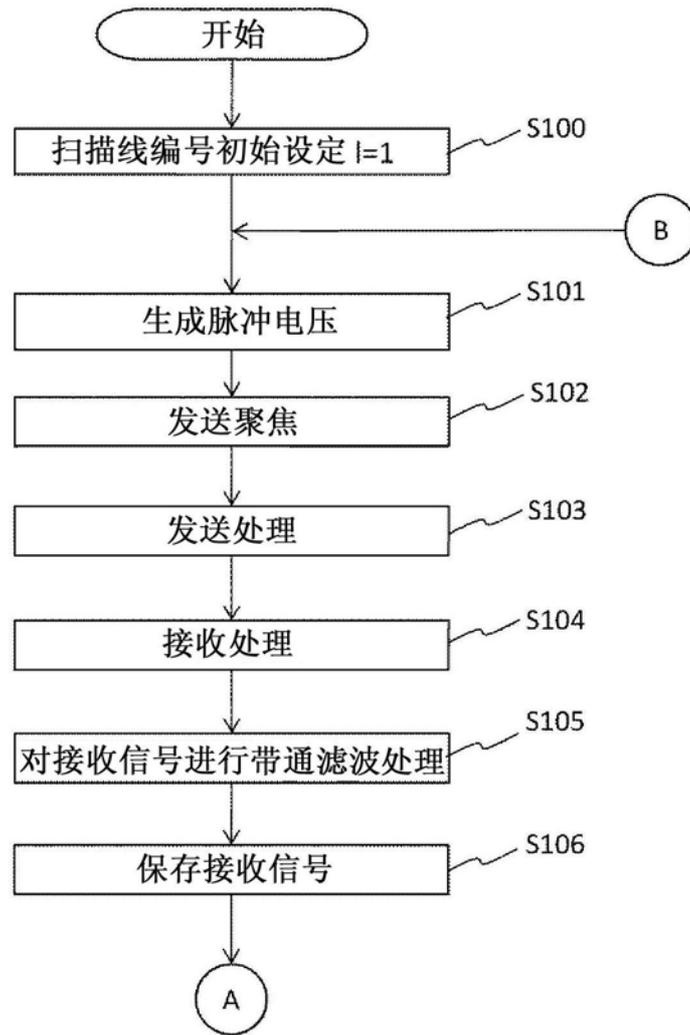


图10

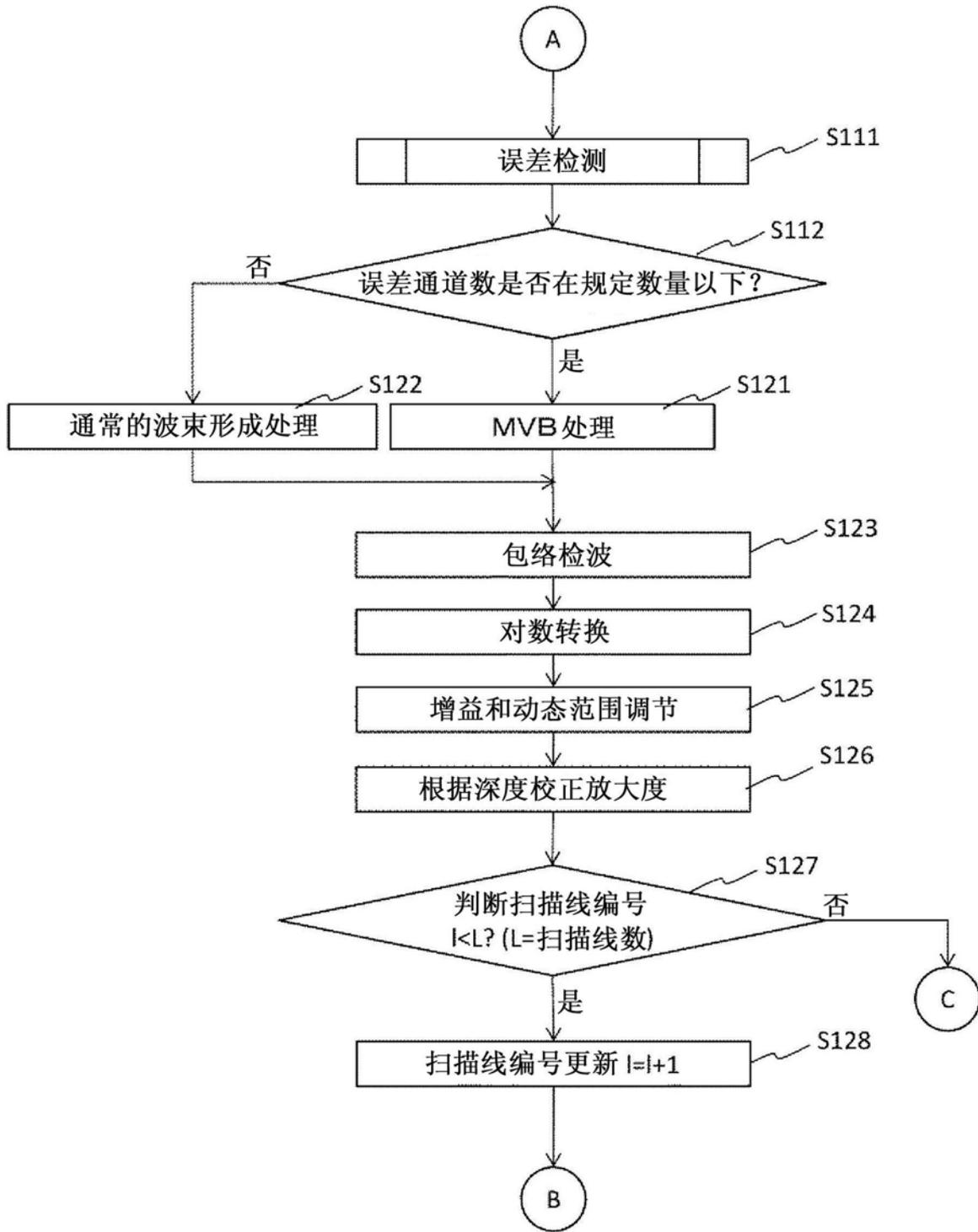


图11

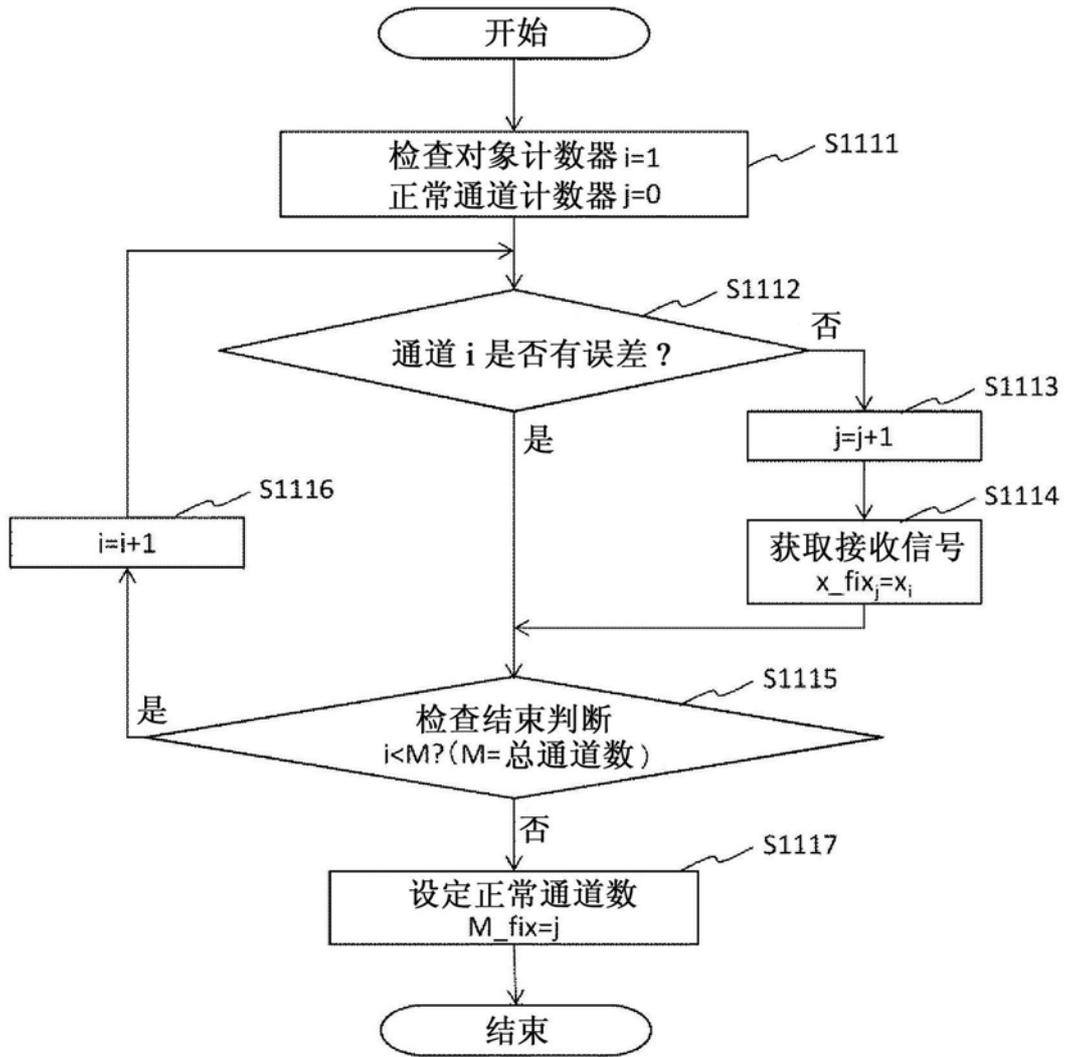


图12

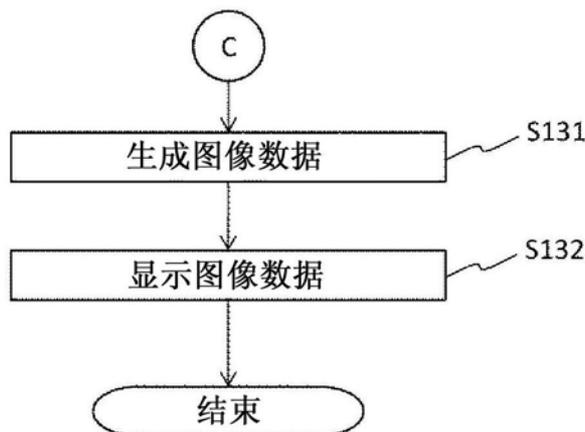


图13