



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105578966 A

(43) 申请公布日 2016. 05. 11

(21) 申请号 201580001858. 2

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2015. 04. 02

A61B 8/12(2006. 01)

A61B 8/14(2006. 01)

(30) 优先权数据

2014-178308 2014. 09. 02 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2016. 03. 11

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2015/060458 2015. 04. 02

(87) PCT国际申请的公布数据

W02016/035370 JA 2016. 03. 10

(71) 申请人 奥林巴斯株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 川岛知直 松井祥一 儿玉启成

仁科研一 宫木浩仲 江田弘孝

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事

务所(普通合伙) 11277

代理人 刘新宇

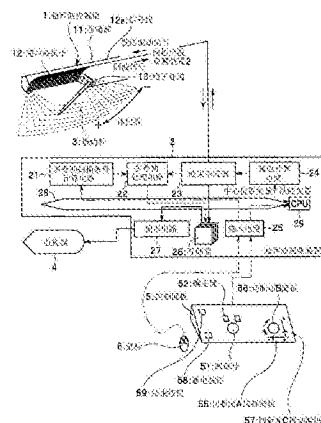
权利要求书2页 说明书27页 附图8页

(54) 发明名称

超声波诊断装置、超声波诊断装置的动作方法

(57) 摘要

一种超声波诊断装置,具备:振动元件以二维状排列而成的超声波振子(12);波束形成器(23),其驱动超声波振子(12)来进行三维扫描,并获取三维空间的超声波数据;延迟计算电路(24),其设定波束形成器(23)的扫描条件;图形电路(27),其根据三维空间的超声波数据来生成规定的切断面的超声波断层图像;以及CPU(29),其使延迟计算电路(24)根据设定在期望位置处的切断面来变更扫描条件。



1. 一种超声波诊断装置,利用超声波进行扫描,该超声波诊断装置的特征在于,具备:
超声波振子,其包括以二维状排列的超声波振动元件;
扫描部,其驱动所述超声波振子来生成所述超声波并发送该超声波来在三维空间内进行扫描,根据接收到的所述超声波来获取所述三维空间的超声波数据;
扫描条件设定部,其设定所述扫描部的扫描条件;
断层图像生成部,其根据所述三维空间的所述超声波数据来生成所述三维空间内的规定的切断面的超声波断层图像;
切断面设定部,其将所述切断面设定在期望的位置处;以及
控制部,其进行以下控制:根据由所述切断面设定部设定的所述切断面来变更由所述扫描条件设定部设定的所述扫描条件。
2. 根据权利要求1所述的超声波诊断装置,其特征在于,
所述控制部进行控制,使得所述扫描部基于变更后的所述扫描条件再次进行所述超声波的扫描,
所述断层图像生成部基于通过再次进行的所述扫描而获取到的超声波数据,来生成由所述切断面设定部设定的所述切断面的所述超声波断层图像。
3. 根据权利要求2所述的超声波诊断装置,其特征在于,
通过所述控制部的控制被变更的所述扫描条件包括与所述超声波振动元件的驱动定时有关的延迟量。
4. 根据权利要求3所述的超声波诊断装置,其特征在于,
所述控制部基于从所述超声波振子看来的所述切断面的朝向来设定所述延迟量。
5. 根据权利要求3所述的超声波诊断装置,其特征在于,
所述控制部基于从所述超声波振子到所述切断面的距离来设定所述延迟量。
6. 根据权利要求5所述的超声波诊断装置,其特征在于,
利用所述超声波的焦距或者所述超声波的焦点深度来表示从所述超声波振子到所述切断面的距离。
7. 根据权利要求3所述的超声波诊断装置,其特征在于,
所述控制部设定所述延迟量,以对将所述切断面均等地分割的各点进行扫描。
8. 根据权利要求1所述的超声波诊断装置,其特征在于,
由所述控制部变更的所述扫描条件包括所述超声波振子中以二维状排列的所述超声波振动元件内的、与所述超声波的发送或接收有关的超声波振动元件的排列范围的条件。
9. 根据权利要求1所述的超声波诊断装置,其特征在于,
所述切断面设定部包括直线设定部,该直线设定部在由所述断层图像生成部生成的所述切断面的所述超声波断层图像上指定多个点来设定直线或者指定点和方向来设定直线,在所述三维空间内,能够使所述切断面绕由所述直线设定部设定的所述直线旋转来设定新的所述切断面。
10. 根据权利要求1所述的超声波诊断装置,其特征在于,
所述切断面设定部包括指定部,该指定部在由所述断层图像生成部生成的所述切断面的所述超声波断层图像上指定多个点,
该超声波诊断装置还具备:

计算部,其基于所述多个点的坐标来计算所述切断面的所述超声波断层图像上的新的点;以及

标记叠加部,其对所述新的点附加标记来将所述标记叠加于所述切断面的所述超声波断层图像。

11.一种超声波诊断装置的动作方法,该超声波诊断装置利用超声波进行扫描,该超声波诊断装置的动作方法的特征在于,

扫描部驱动包括以二维状排列的超声波振动元件的超声波振子来生成所述超声波并发送该超声波来在三维空间内进行扫描,根据接收到的所述超声波来获取所述三维空间的超声波数据,

扫描条件设定部设定所述扫描部的扫描条件,

断层图像生成部根据所述三维空间的所述超声波数据来生成所述三维空间内的规定的切断面的超声波断层图像,

切断面设定部将所述切断面设定在期望的位置处,

控制部进行以下控制:根据由所述切断面设定部设定的所述切断面来变更由所述扫描条件设定部设定的所述扫描条件。

超声波诊断装置、超声波诊断装置的动作方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种利用超声波进行扫描的超声波诊断装置和超声波诊断装置的动作方法。

背景技术

[0002] 关于一边进行使发送和接收方向变化的扫描(scan)一边向生物体内发送超声波并接收来自生物体组织的反射波来将生物体的状态作为图像进行观察的超声波诊断装置,为了能够实时地观察生物体内的情形,近年来提出并普及了各种超声波诊断装置。

[0003] 在使用这种超声波诊断装置例如观察肿瘤的情况下,有时使用用于采集细胞、组织的穿刺针或者用于进行治疗的烧灼针等处理器具,此时,期望确认肿瘤与处理器具的位置关系、处理器具的周围的生物体的情形。因此,提出了一种根据由立体地进行扫描得到的超声波断层图像组成的体数据来获得所期望的切断面的图像的技术。

[0004] 例如,在日本特开2008-289858号公报中记载了如下一种超声波诊断装置及其控制方法:在监视器中显示三维触发扫描的各种扫描条件、任意断面的位置、斜率、表示扫描范围的模型以及用于设定和变更这些内容的画面,并利用输入装置进行设定和变更。

[0005] 另外,在日本特开2006-231035号公报中记载了如下一种技术:在胎儿观察用的超声波诊断装置中,基于根据预先收集到的二维图像而得到的信息,来自动设定三维的摄像条件。

[0006] 而且,在日本特开2009-233197号公报中记载了在乳腺癌检测装置中进行以下控制的技术,该控制是:根据进行预扫描得到的二维图像来计算乳房的中心位置的偏移,并基于该计算结果来使探头移动。

[0007] 并且,例如在日本特开2007-175431号公报中记载了如下一种超声波诊断装置:向生物体内插入装载有矩阵阵列的超声波内窥镜来获取由多个一系列超声波断层图像(以下称为原始图像)构成的体数据,在基于获取到的体数据新生成的超声波断层图像(以下称为重构图像)的下面对异常组织进行穿刺来进行活检。在该公报所记载的技术中,当手术操作者在原始图像上指定点时,装置基于该指定点来设定作为穿刺针插入轴的直线,并以使切断体数据的面包含该直线的方式设定该切断体数据的面,根据体数据来生成与该切断面对应的重构图像。由此,在重构图像中描绘出穿刺针整体,因此手术操作者能够确认穿刺针是否到达肿瘤等关注区域内的适当位置,从而能够提高到达肿瘤的到达率,进而提高活检成果。

[0008] 另外,在日本专利4443672号公报中,关于连接有体外式超声波探头的超声波诊断装置,记载了与上述日本特开2007-175431号公报中的超声波诊断装置大致相同的结构。在该公报中还记载了如下一种技术:除了包含上述直线的上述切断面以外,还设定垂直于上述直线(即、垂直于穿刺针)的切断面并生成该切断面的重构图像。

[0009] 另外,作为对于生物体组织的治疗方法,存在如下一种能量治疗(RFA:Radio Frequency Ablation:射频消融):使用输出高频电磁波的治疗用处理器具在异常组织内产

生热来对异常组织进行烧灼。另外,还存在一种将异常组织冻结凝固的能量治疗(低温)。

[0010] 在这些治疗中,在大多情况下不仅想要确认治疗用处理器具是否到达关注区域的适当位置,还想要确认治疗是否扩及处理器具周围的期望范围。另外,有时还想在治疗前确认在处理器具周围是否存在不想损伤的血管、其它脏器,想要确认与治疗范围之间是否存在足够的余量。在这些情况下,如果能够确认不仅由获取体数据时的包含音轴的特定的切断面构建还由与音轴交叉的各种切断面(例如,相对于音轴倾斜或垂直的切断面等)构建而成的重构图像,则能够提高确认精度。而且,在上述日本特开2007-175431号公报和日本专利4443672号公报所记载的技术中,能够生成这样的各种切断面的重构图像。

[0011] 关于能够生成并观察各种切断面的重构图像的技术的可用性,不仅在上述治疗的情况下被认可,在其它用途中也被认可。

[0012] 但是,在利用重构图像生成切断面的情况下,存在超声波断层图像的空间分辨率低于原始图像的空间分辨率这样的问题。发生该问题的理由例如是以下要说明的理由(1)、(2)。

[0013] (1)一般地,如果除去波束间隔和采样间隔,则超声波断层图像的空间分辨率由超声波脉冲宽度和波束直径这两者决定,但在重构图像的情况下,通常波束直径对空间分辨率的降低的贡献度大。这是由于,重构图像的斜率越接近垂直于音轴的斜率,波束直径对重构图像的空间分辨率的影响越大。

[0014] (2)而且,获取体数据时的发送/接收开口、波束焦点深度、焦距以及焦点个数是与在获取体数据后设定的切断面的位置、方向无关地决定的,并非为了针对重构图像优化波束直径。

[0015] 因此,在日本特开2011-024827号公报中公开了如下一种超声波诊断装置:采用摆动型机械探头、旋转型机械探头或二维阵列探头,当在利用某个探头预先拍摄到的三维图像上指定任意的切断面时,再次获取该切断面的超声波数据来生成切断面的二维图像(参照该公报的例如第[0016]段等)。在该公报所记载的技术中,能够不伴有图像质量的劣化地显示所指定的切断面的图像(参照该公报的例如第[0051]段等)。

[0016] 但是,在上述日本特开2011-024827号公报中没有具体地公开使用二维阵列的情况下的切断面的指定方法、扫描方法。另外,虽然公开了使用了摆动型、旋转型的一维阵列的机械探头指定方法、扫描方法,但以使切断面经过相当于摆动轴上或者旋转轴上的一点的“三维图像的顶点”的方式、即包含一维阵列的方式指定该切断面来进行扫描(参照该公报的例如第[0031]段等)。因此,在切断面是不包含一维阵列的切断面、例如是相对于音轴倾斜或垂直的切断面的情况下,不能像包含一维阵列的切断面的情况那样“不伴有图像质量的劣化地显示所指定的切断面的图像”。这样,在上述以往的技术中不能排除上述(1)、(2)的理由,从而不能解决重构图像的空间分辨率低于原始图像的空间分辨率这样的问题。

[0017] 本发明是鉴于上述情况而完成的,其目的在于提供一种能够提高与同音轴交叉的切断面对应的超声波断层图像的空间分辨率的超声波诊断装置、超声波诊断装置的动作方法。

发明内容

[0018] 用于解决问题的方案

[0019] 根据本发明的某个方式的超声波诊断装置利用超声波进行扫描,该超声波诊断装置具备:超声波振子,其包括以二维状排列的超声波振动元件;扫描部,其驱动所述超声波振子来生成所述超声波并发送该超声波来在三维空间内进行扫描,根据接收到的所述超声波来获取所述三维空间的超声波数据;扫描条件设定部,其设定所述扫描部的扫描条件;断层图像生成部,其根据所述三维空间的所述超声波数据来生成所述三维空间内的规定的切断面的超声波断层图像;切断面设定部,其将所述切断面设定在期望的位置处;以及控制部,其进行以下控制:根据由所述切断面设定部设定的所述切断面来变更由所述扫描条件设定部设定的所述扫描条件。

[0020] 根据本发明的某个方式的超声波诊断装置的动作方法,该超声波诊断装置利用超声波进行扫描,在该超声波诊断装置的动作方法中,扫描部驱动包括以二维状排列的超声波振动元件的超声波振子来生成所述超声波并发送该超声波来在三维空间内进行扫描,根据接收到的所述超声波来获取所述三维空间的超声波数据,扫描条件设定部设定所述扫描部的扫描条件,断层图像生成部根据所述三维空间的所述超声波数据来生成所述三维空间内的规定的切断面的超声波断层图像,切断面设定部将所述切断面设定在期望的位置处,控制部进行以下控制:根据由所述切断面设定部设定的所述切断面来变更由所述扫描条件设定部设定的所述扫描条件。

附图说明

[0021] 图1是表示本发明的实施方式1中的超声波诊断装置的结构图。

[0022] 图2是表示上述实施方式1中超声波振动元件阵列面与切断面的位置关系的图。

[0023] 图3是表示上述实施方式1的监视器中显示的切断面A的超声波断层图像的例子图。

[0024] 图4是表示上述实施方式1的监视器中显示的切断面B的超声波断层图像的例子图。

[0025] 图5是表示上述实施方式1的监视器中显示的切断面C1的超声波断层图像的例子图。

[0026] 图6是表示上述实施方式1的监视器中显示的切断面C2的超声波断层图像的例子图。

[0027] 图7是表示上述实施方式1的监视器中显示的切断面C3的超声波断层图像的例子图。

[0028] 图8A是表示上述实施方式1中的超声波诊断装置的作用的流程图。

[0029] 图8B是表示上述实施方式1的图8A的步骤S14中的切断面B旋转处理的详细内容的流程图。

[0030] 图8C是表示上述实施方式1的图8A的步骤S16中的切断面C移动处理的详细内容的流程图。

[0031] 图9是表示上述实施方式1中超声波振动元件阵列面与切断面B的位置关系的图。

[0032] 图10是表示上述实施方式1中超声波振动元件阵列面与切断面A的位置关系的图。

[0033] 图11是表示上述实施方式1中切断面A上的标准正交基的旋转的图。

[0034] 图12是表示上述实施方式1中切断面B上的任意点P在超声波振动元件阵列面上的

投影点P'的位置的图。

[0035] 图13是表示上述实施方式1中切断面C上的任意点Q的位置的图。

[0036] 图14是表示上述实施方式1中使超声波振动元件阵列的开口的大小根据焦距变化时的函数形式的例子的框图。

具体实施方式

[0037] 下面,参照附图来说明本发明的实施方式。

[0038] [实施方式1]

[0039] 图1至图14是示出本发明的实施方式1的图,图1是表示超声波诊断装置的结构图。此外,在图1中,利用实线箭头表示发送驱动信号、回波信号、回波数据以及图像数据的流动,利用虚线箭头表示彩色血流相关信号和彩色血流相关数据的流动,利用双点划线箭头表示切断面设定、超声波波束条件、多普勒扫描条件相关信号以及多普勒扫描条件相关数据的流动。

[0040] 该超声波诊断装置具备作为超声波探头的超声波内窥镜1、超声波观测装置2、烧灼针3、监视器4、控制面板5以及鼠标6。

[0041] 超声波内窥镜1在向被检体内插入的细长的插入部的前端部11处具备超声波振子12。

[0042] 该超声波振子12构成为将多个超声波振动元件以二维状排列而成的二维超声波振动元件阵列。在此,作为二维超声波振动元件阵列中的超声波振动元件的具体的排列的一例,能够列举由与插入方向平行的振动元件列和与插入方向垂直的振动元件列构成的二维平面状的排列(但是,如后述那样并不限定于该排列)。

[0043] 而且,超声波振子12的各超声波振动元件上分别连接有信号线12s,各信号线12s与超声波观测装置2相连接。在这种结构中,在超声波观测装置2与超声波振子12之间经由这些信号线12s发送和接收用于驱动超声波振动元件的脉冲状的发送驱动信号和来自超声波振动元件的回波信号。因而,构成超声波振子12的各超声波振动元件能够以各自的定时、强度被驱动,通过该定时控制和强度控制来调节超声波波束UB(参照图2)的方向(音轴的方向:在此,音轴为一个方向的扫描(scan)中的超声波波束的中心轴)、焦点深度等。

[0044] 另外,在超声波内窥镜1的插入部设置有用于使烧灼针3、穿刺针等处理器具(以下列举烧灼针3为例来进行说明,但并不限定于烧灼针3)贯穿的钳子通道13。而且,当将烧灼针3插入钳子通道13时,烧灼针3从前端部11的钳子通道13的前端侧开口伸出到超声波振子12的超声波扫描范围内。此时,以使伸出的烧灼针3的中心轴相对于超声波内窥镜1的插入部的插入轴成规定的角度的方式构成钳子通道13。并且,关于钳子通道13,如后述那样以在使切断面A绕y轴(该y轴被设定为与插入部的插入轴方向平行)旋转时(参照图10)能够在任一切断面A中描绘出烧灼针3的中心轴方向(参照图3)的方式设定钳子通道13与超声波振子12的超声波振动元件阵列面12a(参照图2)的位置关系。

[0045] 超声波观测装置2具备多普勒扫描条件计算电路21、多普勒处理电路22、波束形成器23、延迟计算电路24、输入电路25、存储器26、图形电路27、总线28以及CPU 29。

[0046] CPU 29是控制包括超声波观测装置2在内的该超声波诊断装置整体的控制部,也是进行必要的运算等的运算部。该CPU 29将通过控制面板5、鼠标6设定的与切断面有关的

信息、例如切断面的中心位置矢量和切断面的法线矢量经由总线28发送到延迟计算电路24。

[0047] 在此,总线28是用于将命令、数据等从超声波观测装置2内的某个部分传送到其它部分的传送路径。

[0048] 延迟计算电路24是如下的扫描条件设定部:用于决定超声波振动元件阵列面12a的发送开口尺寸(在发送超声波时使用的超声波振动元件的排列范围(二维排列数))、接收开口尺寸(在接收超声波时使用的超声波振动元件的排列范围(二维排列数))、与从发送开口中心到切断面(后述的切断面B或切断面C等)的距离相应的焦点深度、焦距、频率滤波器、作为与深度相应的信号衰减的补偿的STC(Sensitivity Time Control:灵敏度时间控制)等。另外,在进行针对切断面优化后的再次扫描时,存在进行切片扫描的情况和进行体扫描的情况,但是在进行体扫描的情况下,延迟计算电路24还决定多聚焦的焦点个数。而且,延迟计算电路24计算关于能够在由CPU 29指示的切断面上获得最高的空间分辨率的各超声波振动元件的驱动定时的延迟量,并向波束形成器23发送该延迟量。

[0049] 波束形成器23是如下的扫描部:基于从延迟计算电路24接收到的延迟量来生成对于排列在超声波振动元件阵列面12a上的各超声波振动元件的发送驱动信号,并向超声波振子12发送该发送驱动信号。

[0050] 另外,波束形成器23基于CPU 29和延迟计算电路24的控制来接收来自超声波振子12的多个超声波振动元件的回波信号并进行信号处理,将处理后的信号发送到存储器26并进行存储。在本实施方式中,进行通过获取多个超声波断层图像来获取关于被检体的三维信息的体扫描,因此在存储器26中存储有超声波体数据(以下简称为“体数据”)。并且,在本实施方式中,如后述那样进行针对切断面优化后的再次扫描,因此在存储器26中存储有通过再次扫描得到的切断面的切片数据、或者包含切断面的体数据。

[0051] 另一方面,将来自波束形成器23的发送驱动信号和回波信号的频率变化的信息发送到作为多普勒处理部的多普勒处理电路22。多普勒处理电路22依据多普勒效应来描绘血流。

[0052] 多普勒扫描条件计算电路21是设定多普勒处理电路22的多普勒扫描条件的多普勒扫描条件设定部。该多普勒扫描条件计算电路21基于用户通过输入电路25进行的输入设定,例如计算与彩色多普勒模式(但并不限于彩色多普勒模式)有关的扫描条件,并向多普勒处理电路22发送该扫描条件。多普勒扫描条件计算电路21根据由作为切断面设定部的CPU 29设定的切断面来变更多普勒扫描的条件。

[0053] 此时,在由多普勒扫描条件计算电路21设定的条件中包含多普勒扫描的重复频率。多普勒扫描的重复频率的最大值是根据深度而决定的,因此在后述的切断面B或切断面C内的各点处取重复频率的最大值,从而能够提高多普勒灵敏度并提高彩色血流成像的精度。

[0054] 在通过多普勒扫描条件计算电路21被变更了的条件下,作为扫描部的波束形成器23利用超声波波束对三维空间内和/或切断面内进行扫描,来获取新的超声波多普勒数据。

[0055] 这样,作为多普勒处理部的多普勒处理电路22根据获取到的超声波多普勒数据(或者,获取到的新的超声波多普勒数据),来构成例如被分配了与血流的流速相应的颜色的彩色图像,并向存储器26发送该彩色图像。由此,在存储器26中还存储有彩色多普勒模式

图像。

[0056] 图形电路27是根据存储器26中存储的体数据来构成超声波断层图像的断层图像生成部。并且,图形电路27在所构成的超声波断层图像中例如叠加彩色多普勒模式图像并向作为显示部的监视器4输出。由此,在例如由液晶监视器等构成的监视器4中显示彩色多普勒模式的图像,该彩色多普勒模式的图像是在单色的超声波断层图像上例如用与流速相应的颜色叠加血流而得到的。此时,在根据切断面重新获取到超声波断层图像的情况下,图形电路27在该新的超声波断层图像上叠加新的超声波多普勒数据。

[0057] 输入电路25接收来自构成操作部的控制面板5的输入信号和来自构成操作部的鼠标6的输入信号。

[0058] 控制面板5是用于将切断面设定在期望的位置的切断面设定部(包括直线设定部、指定部),例如具备包括跟踪球51、确定键52、切断面A选择滑块55、切断面B旋钮56、切断面C移动滑块57、通电按钮58以及结束按钮59在内的各种操作构件。

[0059] 关于跟踪球51和确定键52,例如在使如图3所示的呈箭头状的光标(也称为指针)移动时、使用光标来指定电极位置(后述的凹痕的位置)等时使用,兼作直线设定部和指定部。此外,也可以使用鼠标6和设置于鼠标6的操作按钮来进行使用跟踪球51和确定键52进行的各种操作、设定。在该情况下,鼠标6也作为用于将切断面设定在期望的位置的切断面设定部(包括直线设定部、指定部)来发挥作用。

[0060] 切断面A选择滑块55是作为选择后述的切断面A(参照图3等)的切断面设定部的操作部。通过该切断面A选择滑块55的操作,来将切断面A相对于图10所示的 zy 平面(图10中的 y 轴为纸面近前方向)的角度 ψ_y 设定为输入值。

[0061] 切断面B旋钮56是作为使后述的切断面B绕烧灼针3的中心轴旋转的切断面设定部的操作部。以使切断面B包括烧灼针3的中心轴的方式选择该切断面B,通过该切断面B旋钮56的操作来设定图3和图9所示的切断面B的烧灼针3绕中心轴旋转的旋转角度 τ 。

[0062] 切断面C移动滑块57是作为切断面设定部的操作部,该切断面设定部使与烧灼针3的中心轴垂直的(进而与切断面A和切断面B垂直的)后述切断面C沿着烧灼针3的中心轴移动。以使烧灼针3的中心轴经过切断面C的点成为面的中心的方式来选择该切断面C,通过该切断面C移动滑块57的操作来设定切断面C沿着烧灼针3的中心轴移动的平行的移动量 L (参照图4)。另外,通电按钮58是用于对烧灼针3进行通电的操作部,结束按钮59是用于在治疗完成时结束全部处理的操作部。

[0063] 接着,图2是表示超声波振动元件阵列面12a与切断面的位置关系的图。

[0064] 在此,设超声波振动元件阵列面12a是平面来进行说明,但如后述那样,并不限定于平面。

[0065] 将超声波振子12的超声波振动元件阵列面12a的中心作为原点0,将经过原点0并与超声波振动元件阵列面12a垂直的轴作为 z 轴,将经过原点0并与超声波内窥镜1的插入部的插入轴方向平行的轴作为 y 轴(参照图9),将经过原点0并与 z 轴及 y 轴垂直的轴作为 x 轴,来设定右手系的标准正交坐标系 $0-xyz$ 。

[0066] 而且,在超声波振动元件阵列面12a上将多个超声波振动元件以二维状排列,例如沿 x 轴方向和 y 轴方向排列为矩阵状。

[0067] 此时,并不限于使用排列在超声波振动元件阵列面12a上的所有超声波振动元件

来产生超声波波束UB,有时使用排列在局部的特定区域(以下称为开口12b)内的超声波振动元件群来产生超声波波束UB。作为该开口12b,例如使用一对边平行于x轴且另一对边平行于y轴的矩形开口,利用 Δx 来表示该开口12b的x轴方向上的超声波振动元件数,利用 Δy 来表示该开口12b的y轴方向上的超声波振动元件数。关于该开口元件数 Δx 、 Δy ,既可以是固定值,也可以如后述那样由延迟计算电路24根据焦距等来改变。此外,关于开口12b,在发送超声波和接收超声波时,既可以使用同一开口,也可以使用大小形状不同的开口。

[0068] 在此,考虑相对于超声波振动元件阵列面12a处于任意的位置关系的切断面。任意的切断面一般为与音轴交叉的切断面,因此即使根据存储器26中存储的体数据来创建该切断面的超声波断层图像,也不一定能够获得高的空间分辨率。因此,在本实施方式中,使用针对所选择的切断面优化后的超声波波束UB进行切断面的再次扫描,来获取空间分辨率更高的超声波断层图像。

[0069] 通过如上述那样依次进行以下动作来进行切断面的再次扫描:以使切断面上的关注点(图2的任意点P)收敛于焦域的方式发送和接收超声波波束UB,接着使任意点P的位置在切断面上移动规定量,并同样地对移动后的任意点P进行扫描。通过这样来获取与切断面对应的超声波断层图像。

[0070] 因此,延迟计算电路24基于用于定义从CPU 29获取到的切断面的信息(在此为切断面的中心位置矢量和法线矢量),来针对各个超声波波束UB的方向 $I(\theta, \Phi)$ 决定焦点深度 z_P ,以使超声波波束UB优化(具体地说,使切断面的任意点P收敛于超声波波束UB的焦域)。在此, Φ 是OP相对于z轴的角度。另外,当将从任意点P向超声波振动元件阵列面12a引出的垂线的垂足、即任意点P在超声波振动元件阵列面12a上的投影点设为P'时, θ 是OP'相对于x轴的角度。此外,在图2中,OP表示焦距,P'P(平行于z轴)表示焦点深度 z_P 。

[0071] 基本上如以下那样进行向切断面发出的超声波波束UB的优化。当将O-xyz坐标系中的切断面的中心位置矢量设为 (x_0, y_0, z_0) 、将切断面的法线矢量设为 (a, b, c) 时,基于从CPU 29向延迟计算电路24发送的这些消息,如下面的数式1所示那样记载任意的切断面的方程式。

[0072] [式1]

$$[0073] \quad a(x-x_0)+b(y-y_0)+c(z-z_0)=0$$

[0074] 在此,如果使 $a \cdot x_0+b \cdot y_0+c \cdot z_0=-K$,则如下面的数式2所示那样记载任意的切断面的数式1。

[0075] [式2]

$$[0076] \quad ax+by+cz+K=0$$

[0077] 另外,能够使用多变量函数f,如下面的数式3所示那样记载排列在超声波振动元件阵列面12a上的超声波振动元件的延迟量d,该多变量函数f将从作为超声波振动元件阵列面12a的中心的原点O到切断面上的关注点(图2的任意点 $P=(x, y, z)$)的距离 $|p|$ (如上所述,该距离 $|p|=OP$ 相当于焦距)和从原点O朝向任意点P的方向 (θ, Φ) 作为变量。此外,该延迟量d还依赖于超声波振动元件在超声波振动元件阵列面12a内的位置。但是,关于该依赖性的内容,会在后述说明中示出式子,从数式3中省略。

[0078] [式3]

$$[0079] \quad d=f(|p|, \theta, \Phi)$$

[0080] 这样,与超声波波束UB的扫描有关的条件(在此为延迟量d)根据超声波波束UB的音轴的方向(OP的方向)的不同而不同。

[0081] 首先,基于受到数式2的限制的任意点P的坐标(x,y,z),如下面的数式4所示那样记载距离|p|。

[0082] [式4]

$$[0083] \quad |p| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

[0084] 另外,基于下面的数式5,在 $0 \leq \theta \leq 2\pi$ 的范围内唯一地决定 θ 。

[0085] [式5]

$$[0086] \quad \cos \theta = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}$$

$$[0087] \quad \sin \theta = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}}$$

[0088] 而且,基于下面的数式6来决定 Φ 。

[0089] [式6]

$$[0090] \quad \cos \phi = \frac{z}{|p|} = \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}$$

[0091] 通过这样,根据数式3(应代入数式3的变量值为数式4~数式6)求出用于针对切断面上的任意点P对超声波波束UB进行优化的延迟条件,因此针对数式2的限制条件下的切断面上的各任意点P,使用数式3对超声波波束UB进行优化并发送优化后的超声波波束UB,由此能够获取切断面整体被优化后的空间分辨率高的超声波断层图像。

[0092] 此外,关于对于由本实施方式的操作系统的操作系统选择的切断面B、C的超声波波束UB的优化,在后文中进一步具体地进行说明。

[0093] 图8A是表示超声波诊断装置的作用的流程图。该图8A示出了超声波诊断装置的整体作用的流程,在后文中,参照图8B和图8C对作为作用的一部分的“切断面B旋转处理”和“切断面C移动处理”的详细内容进行说明。

[0094] 当开始该处理时,波束形成器23基于CPU 29的控制来进行体扫描(步骤S1)。

[0095] 具体地说,当扫描开始时,基于CPU 29和延迟计算电路24的控制,从波束形成器23向超声波振子12发送各超声波振动元件的被施加延迟的脉冲电压状的发送驱动信号。

[0096] 排列在开口12b(参照图2)内的超声波振动元件接收来自波束形成器23的脉冲电压状的作为激励信号的发送驱动信号,并将该发送驱动信号变换为作为介质的疏密波的超声波。此时,由各超声波振动元件激励的超声波在被检体内叠加时形成一个超声波波束UB(参照图2)(延迟计算电路24对各发送驱动信号施加上述延迟来使该一个超声波波束UB形成)。通过这样,从超声波振子12产生的超声波波束UB被发送到被检体的关注区域。来自被检体的关注区域的反射波沿着与超声波波束UB相反的路径到达超声波振子12的各超声波振动元件。各超声波振动元件将反射波分别变换为电回波信号并向波束形成器23发送该电回波信号。波束形成器23将接收到的回波信号放大并进行调相加法运算。

[0097] 通过将利用这种超声波波束UB进行的一个点(一个方向)扫描改变方向地进行多

次,来进行获得一个超声波断层图像的面扫描,并且,通过将面扫描改变方向地进行多次来进行体扫描。通过体扫描获取到的多个超声波断层图像被存储到存储器26中,构成被检体的关注区域的三维的体数据。

[0098] 接着,用户通过操作切断面A选择滑块55来选择切断面A(步骤S2)。在此,切断面A是通过步骤S1的体扫描得到的超声波断层图像中的任一个、即沿着音轴进行扫描得到的超声波断层图像,因此成为能够获得高空间分辨率的图像。而且,用户一边观察监视器4中显示的切断面A的超声波断层图像,一边搜索并选择描绘出烧灼针3的面,由此进行切断面A的选择。而且,通过该步骤S2的选择操作来设定切断面A的角度 ψ_y (参照图10)。

[0099] 当通过这样进行选择时,在监视器4中显示描绘出烧灼针3的切断面A的超声波断层图像(参照图3)(步骤S3)。在此,图3是表示监视器4中显示的切断面A的超声波断层图像的例子图。

[0100] 图形电路27构建沿默认的位置和方向的切断面B、C将体数据切断后得到的超声波断层图像(步骤S4)。

[0101] 在此,将切断面B的默认的位置设定为,切断面B的中心与切断面A的中心(成为纵向高度的中央且横向宽度的中央的点)一致。将切断面B的默认的方向设定为,切断面B包含根据在烧灼针3突出到切断面A的情况下假定的设计值而预先决定的方向(例如图3中的表示为“烧灼针3”的方向)且切断面B的法线与切断面A平行。

[0102] 将切断面C的默认的位置设定为,切断面C的中心与将切断面B沿上述“预先决定的方向”进行二等分的二等分点一致。将切断面C的默认的方向设定为,切断面C与“预先决定的方向”垂直且切断面C的上方向与切断面A平行。

[0103] 另外,在进行图像处理等并根据切断面A的超声波断层图像来自动检测烧灼针3的情况下,也可以在该时间点选择包含烧灼针3那样的默认位置的切断面B和垂直于烧灼针3的默认位置的切断面C。另外,在不进行(或者不能进行)自动检测的情况下,可以使适当的默认位置的选择待机,直到在后述的步骤S6中由用户指定电极位置为止。

[0104] 然后,在监视器4中显示切断面B的超声波断层图像(参照图4)和切断面C的超声波断层图像(参照图5~图7)(步骤S5)。通过这样,在监视器4中例如并排地同时显示如图3所示的切断面A的超声波断层图像(将显示部分适当地称为画面A)、如图4所示的切断面B的超声波断层图像(同样将显示部分适当地称为画面B)以及如图5~图7所示的切断面C的超声波断层图像(同样将显示部分适当地称为画面C)。在此,图4是表示监视器4中显示的切断面B的超声波断层图像的例子图,图5是表示监视器4中显示的切断面C1的超声波断层图像的例子图,图6是表示监视器4中显示的切断面C2的超声波断层图像的例子图,图7是表示监视器4中显示的切断面C3的超声波断层图像的例子图。在此,切断面C1~C3是切断面C的三个例子。但是,也可以代替并排地显示而构成为由用户切换在监视器4中显示哪一个切断面的超声波断层图像。

[0105] 通过上述处理,成为至少在图3所示的切断面A的超声波断层图像中将烧灼针3沿着其中心轴描绘出的状态。在该状态下,用户进行烧灼针3的电极位置的指定(步骤S6)。

[0106] 图3和图4所示的例子示出了双极型烧灼针3,在烧灼针3中沿着中心轴设置有极性不同的两个电极。在这些电极中分别形成有凹痕,从而在超声波断层图像上能够作为亮点被容易地识别出。因此,用户进行以下操作:使用作为直线设定部和指定部而发挥功能的跟

踪球51和确定键52、或者使用作为者直线设定部和指定部而发挥功能的鼠标6,来指定与两个电极对应的亮点。图形电路27在切断面A上设定经过所指定的这两个亮点的直线。

[0107] 此外,在此,直线设定部通过在由作为断层图像生成部的图形电路27生成的切断面的超声波断层图像上指定多个点,来设定直线,但并不限于此,也可以通过指定点和方向来设定直线。

[0108] 另外,在假设在电极的位置处没有设置凹痕而在其它位置处设置有凹痕的情况下,也可以是,在超声波观测装置2中预先存储电极与凹痕的位置关系,当用户指定凹痕的位置时,作为计算部发挥功能的CPU 29根据凹痕的位置来自动运算电极位置、后述的烧灼中心的位置,并基于运算结果来叠加后述的电极标记、烧灼中心标记。

[0109] 作为标记叠加部发挥功能的图形电路27接受该指定操作,并基于CPU 29的控制如图3所示那样将前端侧的电极标记31和基端侧的电极标记32叠加地显示于画面A的超声波断层图像(步骤S7)。

[0110] 并且,图形电路27变更切断面B的方向,使得切断面B包含由直线设定部设定的直线且切断面B的法线与切断面A平行。而且,图形电路27变更切断面C的位置和方向,使得切断面C与由直线设定部设定的直线垂直且切断面C的上方向与切断面A平行。并且,如果烧灼针3是双极型,则图形电路27进行变更以使切断面C的中心与前端侧的电极位置一致,如果烧灼针3是单极型,则图形电路27使切断面C的位置进一步平行移动来进行变更,使得切断面C的中心与一个电极位置自身一致(步骤S8)。此外,如果默认的位置和方向是如上所述那样的位置和方向,则不进行变更。

[0111] 通过这样,无论是否自动检测出上述烧灼针3,都将画面B中显示的超声波断层图像的切断面B设定为包含烧灼针3的中心轴的面,将画面C中显示的超声波断层图像的切断面C设定为与烧灼针3的中心轴垂直的面。

[0112] 而且,如图4所示,在画面B的超声波断层图像中还叠加地显示电极标记31和基端侧的电极标记32(步骤S9)。

[0113] 此外,在画面A中显示光标条CSB和光标CS,其中,该光标条CSB表示切断面C与切断面A的交线,该光标CS是通过跟踪球51或者鼠标6进行移动的指针。在此,为了便于说明,在图3中还将表示切断面B的四边形、表示切断面C与切断面B的交线的光标条CSB同表示切断面C与切断面A的交线的光标条CSB、光标CS一并示出,但是在画面A上并不显示该四边形和后者光标条CSB。

[0114] 另外,在画面B中也显示光标条CSB和光标CS,其中,该光标条CSB表示切断面C与切断面B的交线,该光标CS是通过跟踪球51或者鼠标6进行移动的指针。

[0115] 双极性电极的烧灼范围一般为以两个电极的中点为中心的旋转椭球体状。在此,CPU 29运算两个电极的中点的位置来作为烧灼中心位置(步骤S10)。

[0116] 图形电路27基于CPU 29的控制,如图3和图4所示那样在画面A、画面B上在运算出的烧灼中心位置处叠加显示烧灼中心标记30(步骤S11)。

[0117] 此外,在此说明了烧灼针3是双极型的例子,因此根据两个电极位置来运算烧灼中心位置并进行显示,但是烧灼针3也可以是单极型,在该情况下,将单极性电极的位置设定为烧灼中心位置并叠加地显示电极标记或烧灼中心标记30。

[0118] 之后,用户通过实施以下的I~IV的操作中的任一操作来进行向超声波诊断装置

的输入(步骤S12)。

[0119] I. 例如,用户对切断面B旋钮56进行操作,来在烧灼前确认烧灼针3的周边的状况、具体地说确认在烧灼针3的周围是否存在不想损伤的血管、脏器等,。在此,为了完全(遍及环绕烧灼针3的整周)确认烧灼针3的周边的状况,用户期望至少在旋转一半时实施确认。

[0120] II. 另外,例如,用户在判断为基于上述切断面B的旋转的确认完成的情况下,对切断面C移动滑块57进行操作,来一边使切断面C在烧灼针3的中心轴方向上移动一边确认周边的状况。此外,也可以代替切断面C移动滑块57的操作而使用跟踪球51和确定键52、或者使用鼠标6来利用光标CS移动光标条CSB,由此使切断面C移动。在此,为了完全确认烧灼范围,用户期望在烧灼针3的中心轴方向上实施一个行程的确认。通过这样,用户一边通过操作上述切断面B旋钮56来确认烧灼针3的周边的状况或通过操作上述切断面C移动滑块57来确认烧灼针3的中心轴方向的状况,一边充分地烧灼对象区域。

[0121] III. 另外,例如,用户在判断为治疗尚未完成的情况下,操作控制面板5上的通电按钮58或监视器4上的通电菜单,以对烧灼针3进行通电来进行对象区域的烧灼。

[0122] IV. 另一方面,用户在判断为治疗完成的情况下,操作控制面板5上的结束按钮59或监视器4上的结束菜单,以结束全部的处理。此外,关于结束菜单和通电菜单,虽然没有图示,但是显示在监视器4上,构成为通过鼠标6、或者通过跟踪球51和确定键52来进行操作。

[0123] 接着,CPU 29判断步骤S12中的输入是否为来自切断面B旋钮56的输入(步骤S13)。在此,在判断为来自切断面B旋钮56的输入的情况下,实施如在后文中参照图8B说明那样的切断面B旋转处理(步骤S14)。

[0124] 另外,在步骤S13中判断为不是来自切断面B旋钮56的输入的情况下,CPU 29判断步骤S12中的输入是否为来自切断面C移动滑块57的输入(步骤S15)。在此,在判断为来自切断面C移动滑块57的输入的情况下,实施如在后文中参照图8C说明那样的切断面C移动处理(步骤S16)。

[0125] 在步骤S15中判断为不是来自切断面C移动滑块57的输入的情况下,CPU29判断步骤S12中的输入是否为来自通电按钮58或通电菜单的输入(步骤S17)。在此,在判断为来自通电按钮58或通电菜单的输入的情况下,对烧灼针3进行通电来进行对象区域的烧灼(步骤S18)。

[0126] 在步骤S17中判断为不是来自通电按钮58或通电菜单的输入的情况下,CPU 29判断步骤S12中的输入是否为来自结束按钮59或结束菜单的输入(步骤S19)。在此,在判断为不是来自结束按钮59或结束菜单的输入的情况下,CPU 29进入上述步骤S12并等待由用户进行输入操作,另一方面,在判断为来自结束按钮59或结束菜单的输入的情况下,使全部的处理结束。

[0127] 这样,用户能够返回到步骤S12并变更上述切断面B和切断面C来确认超声波断层图像,直到在步骤S19中能够判断为烧灼完成为止。因而,用户能够一边进行步骤S18的烧灼一边确认烧灼状态的变化。并且,例如能够确认烧灼后的被检体的关注区域的状态。此时,也可以根据需要在烧灼完成后从步骤S1的体扫描起再次执行。而且,在步骤S19中判断为烧灼完成的情况下,用户能够任意地结束该处理。

[0128] 接着,图8B是表示图8A的步骤S14中的切断面B旋转处理的详细内容的流程图。

[0129] CPU 29基于在步骤S12中从切断面B旋钮56输入的旋转输入值来设定切断面B的角

度 τ (参照图3和图9)(步骤S21)。这样,在三维空间内,使切断面(在此为切断面B)绕由直线设定部设定的直线(在此为烧灼针3的中心轴)旋转,从而能够设定新的切断面。然后,CPU 29计算所设定的角度 τ 的切断面B的中心位置矢量和法线矢量的信息并发送到延迟计算电路24。

[0130] 于是,延迟计算电路24计算各超声波振动元件的延迟量,使得超声波波束UB针对所设定的角度 τ 的切断面B被优化(步骤S22)。

[0131] 波束形成器23从延迟计算电路24接收延迟量并进行再次扫描,通过切片扫描来获取与切断面B一致的一个超声波断层图像,或者通过体扫描来获取包含切断面B的多个超声波断层图像(步骤S23)。这样,只要超声波波束针对切断面而言成为最佳即可,既可以通过体扫描进行再次扫描也可以通过切片扫描进行再次扫描(关于下述说明的切断面C的再次扫描也是同样的)。

[0132] 图形电路27生成将电极标记31、32、烧灼中心标记30以及光标条CSB叠加于通过再次扫描获取到的空间分辨率高的切断面B的超声波断层图像而得到的图像数据(步骤S24),在如图4所示那样在监视器4中进行显示之后(步骤S25),返回到图8A所示的处理。此外,在最初进行该步骤S24的处理时,光标条CSB位于图4的C1的位置。

[0133] 图8C是表示图8A的步骤S16中的切断面C移动处理的详细内容的流程图。

[0134] CPU 29基于在步骤S12中从切断面C移动滑块57输入的输入值来设定切断面C的移动量L(参照图4)(步骤S31)。

[0135] 接着,CPU 29向延迟计算电路24发送所设定的移动量L的切断面C的中心位置矢量和法线矢量的信息,延迟计算电路24计算各超声波振动元件的延迟量,使得超声波波束UB针对所设定的移动量L的切断面C被优化(步骤S32)。

[0136] 波束形成器23从延迟计算电路24接收延迟量并进行再次扫描,通过切片扫描来获取与切断面C一致的一个超声波断层图像,或者通过体扫描来获取包含切断面C的多个超声波断层图像(步骤S33)。

[0137] 图形电路27生成将与电极标记31、32对应的标记ME(参照图5)或者与烧灼中心标记30对应的标记M0(参照图7)叠加于通过再次扫描获取到的空间分辨率高的切断面C的超声波断层图像而得到的图像数据(步骤S34),在监视器4中进行显示之后(步骤S35),返回到图8A所示的处理。

[0138] 在此,由于切断面C是垂直于烧灼针3的面,因此或者描绘出与电极标记31、电极标记32以及烧灼中心标记30中的任一个对应的标记,或者与电极标记31、电极标记32以及烧灼中心标记30对应的标记均未被描绘出。即,在切断面C与以电极标记31为中心的规定半径 δr 的球、以电极标记32为中心的规定半径 δr 的球以及以烧灼中心标记30为中心的规定半径 δr 的球中的任一个交叉的情况下,显示所交叉的半径为 δr 的球的中心的标记,在切断面C与三个球均不交叉的情况下,不显示标记。该 δr 是预先决定的极小的值。

[0139] 图5是表示监视器4中显示的切断面C1的超声波断层图像的例子图,图6是表示监视器4中显示的切断面C2的超声波断层图像的例子图,图7是表示监视器4中显示的切断面C3的超声波断层图像的例子图。

[0140] 在切断面C是与以电极标记31为中心的规定半径 δr 的球交叉的切断面C1的情况下,如图5所示,在画面C中显示与电极标记31对应的例如“+”状的标记ME。此外,在切断面C

与以电极标记32为中心的规定半径 δr 的球交叉的情况下,与该图5同样地,也在画面C中显示标记ME。

[0141] 另外,在切断面C是位于电极标记31与烧灼中心标记30之间且不与任一个半径为 δr 的球交叉的切断面C2的情况下,如图6所示那样在画面C中不显示标记。此外,在切断面C位于比电极标记31靠前端侧的位置处、或者位于烧灼中心标记30与电极标记32之间、或者位于比电极标记32靠基端侧的位置处且不与半径为 δr 的球交叉的情况下,与该图6同样地,在画面C中也不显示标记。

[0142] 并且,在切断面C是与以烧灼中心标记30为中心的规定半径 δr 的球交叉的切断面C3的情况下,如图7所示,在画面C中显示与电极标记31对应的例如“×”状的标记M0。

[0143] 接着,参照图9~图14对本实施方式的针对切断面B、C的超声波波束UB的优化进行说明。此外,在本说明书中,为了便于字符表示,省略表示矢量的箭头、表示矢量或者矩阵的粗体字的记载,根据需要标明是矢量还是矩阵。

[0144] 以下,(1)、(2-1)~(2-3)以及(3-1)~(3-3)与用于优化超声波波束UB的关系式的导出有关,(2-4)、(3-4)与超声波诊断装置的动作有关。另外,(4-1)~(4-6)与变形例有关。

[0145] 并且,以下,(2-1)~(2-4)与用切断面B上的任意点P连接焦点(任意点P收敛于焦域)的超声波波束UB的生成有关。

[0146] 另外,以下,(3-1)~(3-4)与用切断面C上的任意点Q连接焦点(任意点Q收敛于焦域)的超声波波束UB的生成有关。

[0147] 此外,在下述说明中示出了多个坐标系,但是在指某个关注点的“位置矢量”时,设为表示从坐标系0-xyz的原点0至该关注点的矢量。

[0148] (1)超声波振动元件阵列面12a与切断面B上的电极位置 E_1 、 E_2 (与上述电极标记31、32中的一方及另一方对应)的关系

[0149] 图9是表示超声波振动元件阵列面12a与切断面B的位置关系的图。

[0150] 如上所述,将坐标系0-xyz设定为固定于超声波振动元件阵列面12a的右手系的标准正交坐标系。即,如上所述,将原点0定义超声波振动元件阵列面12a的中心,将经过原点0且与超声波振动元件阵列面12a平行的轴定义为z轴,将经过原点0且与超声波内窥镜1的插入部的插入轴方向平行的轴定义为y轴,将经过原点0且与z轴和y轴垂直的轴定义为x轴。因而,如果例如以xy平面为水平面的方式将超声波振动元件阵列面12a朝下配置,则z轴的正向为铅垂下方(参照图10)。

[0151] 而且,利用矢量 i 表示该标准正交坐标系0-xyz中的x轴方向的标准正交基,利用矢量 j 表示y轴方向的标准正交基,利用矢量 k 表示z轴方向的标准正交基。

[0152] 当利用切断面A选择滑块55指定切断面A时,向超声波观测装置2输入图10所示的角度 ψ_y 。在此,图10是表示超声波振动元件阵列面12a与切断面A的位置关系的图。

[0153] 将矢量 i' 、 j 、 k' 定义为使上述矢量 i 、 j 、 k 各自绕着y轴旋转了角度 ψ_y 后的矢量。此时,能够使用如数式8所示的绕y轴的角度 ψ_y 的旋转矩阵 $T_y(\psi_y)$,根据矢量 i 、 j 、 k 并利用数式7求出矢量 i' 、 j 、 k' 。

[0154] [式7]

[0155] $[i' \ j \ k'] = [i \ j \ k] T_y(\psi_y)$

[0156] [式8]

$$[0157] \quad T_y(\psi_y) = \begin{pmatrix} \cos \psi_y & 0 & \sin \psi_y \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \psi_y & 0 & \cos \psi_y \end{pmatrix}$$

[0158] 将由所求出的矢量*i'*、*j*、*k'*的标准正交基表示的标准正交坐标系设为O-x'yz'。此时,当在切断面A上使用跟踪球51和确定键52来指定设置于烧灼针3的两个电极中的一个电极时,如图11所示那样决定切断面A上的第一电极位置E₁的坐标(E_{1y},E_{1z'})。在此,图11是表示切断面A上的标准正交基的旋转的图。此外,第一电极位置E₁也在图9中作为切断面B上的位置被示出。

[0159] 此时,如数式9所示那样求出|OE₁|的值,如数式10所示那样求出y轴与OE₁所成的角度ψ_x的值。

[0160] [式9]

$$[0161] \quad |OE_1| = \sqrt{E_{1y}^2 + E_{1z'}^2}$$

[0162] [式10]

$$[0163] \quad \psi_x = \tan^{-1} \frac{E_{1z'}}{E_{1y}}$$

[0164] 并且,将矢量*i''*、*j''*、*k''*定义为使上述矢量*i'*、*j*、*k'*各自绕x'轴旋转了角度ψ_x后的矢量。此时,使用下面的数式11、12并根据矢量*i'*、*j*、*k'*求出矢量*i''*、*j''*、*k''*。在此,数式12的T_x(ψ_x)是绕x'轴的角度ψ_x的旋转矩阵。

[0165] [式11]

$$[0166] \quad [i'' \ j'' \ k''] = [i' \ j \ k'] T_x(\psi_x)$$

[0167] [式12]

$$[0168] \quad T_x(\psi_x) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \psi_x & -\sin \psi_x \\ 0 & \sin \psi_x & \cos \psi_x \end{pmatrix}$$

[0169] 并且,关于*j''*、OE₁以及|OE₁|,下面的数式13成立。

[0170] [式13]

$$[0171] \quad j'' = \frac{\overrightarrow{OE_1}}{|OE_1|}$$

[0172] 因而,根据数式13和数式9,如下面的数式14所示那样求出OE₁。

[0173] [式14]

$$[0174] \quad \begin{aligned} \overrightarrow{OE_1} &= |OE_1| j'' \\ &= \left(\sqrt{E_{1y}^2 + E_{1z'}^2} \right) j'' \end{aligned}$$

[0175] 并且,根据数式11、数式7以及数式10,如下面的数式15所示那样求出数式14中的矢量*j''*。

[0176] [式15]

$$\begin{aligned} [i' \ j' \ k'] &= [i \ j \ k] T_x(\psi_x) \\ &= [i \ j \ k] T_y(\psi_y) T_x(\psi_x) \end{aligned}$$

[0177]

$$= [i \ j \ k] T_y(\psi_y) T_x\left(\tan^{-1} \frac{E_{1z'}}{E_{1y}}\right)$$

[0178] 这样,通过将根据数式15求出的*j'*用于数式14,能够基于作为已知量的角度 ψ_y 和第一电极在切断面A上的坐标($E_{1y}, E_{1z'}$)求出矢量*i*、*j*、*k*与第一电极位置 E_1 的位置矢量 OE_1 的关系。并且,也能够基于作为已知量的角度 ψ_y 和第二电极在切断面A上的坐标($E_{2y}, E_{2z'}$),与数式14和数式15同样地求出矢量*i*、*j*、*k*与第二电极位置 E_2 的位置矢量 OE_2 的关系。

[0179] (2-1)切断面B上的任意点P的位置矢量 p (=位置矢量OP)的导出。

[0180] 如图9所示,将坐标系 $E_1-X_P Y_P Z_P$ 设为固定于切断面B的标准正交坐标系。在此,将 X_P 轴、 Y_P 轴以及 Z_P 轴正交的轴定义为第一电极位置 E_1 ,将经过第一电极位置 E_1 且与切断面B垂直的轴定义为 Z_P 轴,将经过第一电极位置 E_1 且由两个电极位置决定的矢量 $E_1 E_2$ 的方向为正向的轴定义为 Y_P 轴,将经过第一电极位置 E_1 且与 Z_P 轴及 Y_P 轴垂直的轴定义为 X_P 轴。

[0181] 而且,利用矢量 i_B 表示该正交坐标系 $E_1-X_P Y_P Z_P$ 中的 X_P 轴方向的标准正交基,利用矢量 j_B 表示 Y_P 轴方向的标准正交基,利用矢量 k_B 表示 Z_P 轴方向的标准正交基。

[0182] 此时,使用如上所述那样已经求出的位置矢量 OE_1 和位置矢量 OE_2 ,如下面的数式16所示那样求出矢量 j_B 。

[0183] [式16]

$$\begin{aligned} j_B &= \frac{\overrightarrow{E_1 E_2}}{|\overrightarrow{E_1 E_2}|} \\ &= \frac{\overrightarrow{OE_2} - \overrightarrow{OE_1}}{|\overrightarrow{OE_2} - \overrightarrow{OE_1}|} \end{aligned}$$

[0185] 另外,关于切断面B上的任意点P(X_P, Y_P),根据图9而下面的关系式成立。

[0186] [式17]

$$\overrightarrow{E_1 P} = X_P i_B + Y_P j_B$$

[0188] 在此,当对切断面B旋钮56进行操作时,切断面B绕 Y_P 轴旋转与操作量相应的角度 τ 。因此,在 $OE_1 \times j_B$ 与 i_B 平行时,将角度 τ 定义为 $\tau=0$ 。当将 $\tau=0$ 时的 i_B 定义为 i_{B0} 、即将 $OE_1 \times j_B$ 的方向的单位矢量定义为 i_{B0} 时, i_B 是使 i_{B0} 绕 Y_P 轴旋转了角度 τ 后的矢量。同样地,当将 $\tau=0$ 时的 k_B 定义为 k_{B0} 时, k_B 是使 k_{B0} 绕 Y_P 轴旋转了角度 τ 后的矢量。另外,能够根据 i_B 和 j_B 来定义 k_B ,能够根据 i_{B0} 和 j_B 来定义 k_{B0} 。由此,通过下面的数式18~22来表示标准正交基 i_B 和 k_B 、 i_{B0} 和 k_{B0} 。

[0189] [式18]

$$\begin{aligned}
 [0190] \quad i_{B0} &= \frac{\overline{OE_1} \times j_B}{|\overline{OE_1} \times j_B|} \\
 &= \frac{\overline{OE_1} \times (\overline{OE_2} - \overline{OE_1})}{|\overline{OE_2} - \overline{OE_1}|} \\
 &= \frac{|\overline{OE_1} \times (\overline{OE_2} - \overline{OE_1})|}{|\overline{OE_2} - \overline{OE_1}|} \\
 &= \frac{(\overline{OE_1} \times \overline{OE_2})}{|\overline{OE_1} \times \overline{OE_2}|}
 \end{aligned}$$

[0191] [式19]

$$\begin{aligned}
 [0192] \quad k_{B0} &\equiv i_{B0} \times j_B \\
 &= \left\{ \frac{(\overline{OE_1} \times \overline{OE_2})}{|\overline{OE_1} \times \overline{OE_2}|} \right\} \times \left\{ \frac{(\overline{OE_2} - \overline{OE_1})}{|\overline{OE_2} - \overline{OE_1}|} \right\} \\
 &= \frac{(\overline{OE_1} \times \overline{OE_2}) \times (\overline{OE_2} - \overline{OE_1})}{|\overline{OE_1} \times \overline{OE_2}| \cdot |\overline{OE_2} - \overline{OE_1}|} \\
 &= \frac{(\overline{OE_1} \times \overline{OE_2}) \times \overline{OE_2} - (\overline{OE_1} \times \overline{OE_2}) \times \overline{OE_1}}{|\overline{OE_1} \times \overline{OE_2}| \cdot |\overline{OE_2} - \overline{OE_1}|} \\
 &= \frac{-\overline{OE_2} \times (\overline{OE_1} \times \overline{OE_2}) - \overline{OE_1} \times (\overline{OE_2} \times \overline{OE_1})}{|\overline{OE_1} \times \overline{OE_2}| \cdot |\overline{OE_2} - \overline{OE_1}|} \\
 &= \frac{\overline{OE_1} \times (\overline{OE_2} \times \overline{OE_1}) + \overline{OE_2} \times (\overline{OE_1} \times \overline{OE_2})}{|\overline{OE_1} \times \overline{OE_2}| \cdot |\overline{OE_2} - \overline{OE_1}|} \\
 &= \frac{-\overline{OE_2}|\overline{OE_1}|^2 - \overline{OE_1}(\overline{OE_1} \cdot \overline{OE_2}) + \overline{OE_1}|\overline{OE_2}|^2 - \overline{OE_2}(\overline{OE_1} \cdot \overline{OE_2})}{|\overline{OE_1} \times \overline{OE_2}| \cdot |\overline{OE_2} - \overline{OE_1}|} \\
 &= \frac{\{|\overline{OE_2}|^2 - (\overline{OE_1} \cdot \overline{OE_2})\} \overline{OE_1} + \{|\overline{OE_1}|^2 - (\overline{OE_1} \cdot \overline{OE_2})\} \overline{OE_2}}{|\overline{OE_1} \times \overline{OE_2}| \cdot |\overline{OE_2} - \overline{OE_1}|}
 \end{aligned}$$

[0193] [式20]

[0194] $k_B \equiv i_B \times j_B$

[0195] [式21]

$$[0196] \quad T_y(\tau) = \begin{pmatrix} \cos \tau & 0 & \sin \tau \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \tau & 0 & \cos \tau \end{pmatrix}$$

[0197] [式22]

$$\begin{aligned}
[l_B \ j_B \ k_B] &= [l_{B0} \ j_B \ k_{B0}]T_y(\tau) \\
\therefore l_B &= \cos \tau l_{B0} - \sin \tau k_{B0} \\
[0198] \quad &= \cos \tau \frac{(\overrightarrow{OE_1} \times \overrightarrow{OE_2})}{|\overrightarrow{OE_1} \times \overrightarrow{OE_2}|} + \frac{\sin \tau}{|\overrightarrow{OE_1} \times \overrightarrow{OE_2}| \cdot |\overrightarrow{OE_2} - \overrightarrow{OE_1}|} \\
&\cdot \left[\left(|\overrightarrow{OE_2}|^2 - (\overrightarrow{OE_1} \cdot \overrightarrow{OE_2}) \right) \overrightarrow{OE_1} + \left(|\overrightarrow{OE_1}|^2 - (\overrightarrow{OE_1} \cdot \overrightarrow{OE_2}) \right) \overrightarrow{OE_2} \right]
\end{aligned}$$

[0199] 在此,在矢量之间的运算中使用的符号“×”表示外积,在数式18的变形中使用了数式16,在数式19的变形中使用了数式16和数式18,在数式22的变形中使用了数式18、数式19以及数式21。另外,数式21的 $T_y(\tau)$ 是绕 Y_P 轴的角度 τ 的旋转矩阵。

[0200] 切断面B上的矢量 E_1P 如下面的数式23所示那样表示。

[0201] [式23]

$$[0202] \quad \overrightarrow{E_1P} = X_P l_B + Y_P j_B$$

[0203] 因而,如果使用数式23,则从原点O至任意点P(X_P, Y_P)的位置矢量 p 如下面的数式24所示那样。

[0204] [式24]

$$\begin{aligned}
p &= \overrightarrow{OE_1} + \overrightarrow{E_1P} \\
&= \overrightarrow{OE_1} + X_P l_B + Y_P j_B \\
&= \overrightarrow{OE_1} \\
[0205] \quad &+ X_P \left(\cos \tau \frac{(\overrightarrow{OE_1} \times \overrightarrow{OE_2})}{|\overrightarrow{OE_1} \times \overrightarrow{OE_2}|} + \frac{\sin \tau}{|\overrightarrow{OE_1} \times \overrightarrow{OE_2}| \cdot |\overrightarrow{OE_2} - \overrightarrow{OE_1}|} \right. \\
&\cdot \left. \left[\left(|\overrightarrow{OE_2}|^2 - (\overrightarrow{OE_1} \cdot \overrightarrow{OE_2}) \right) \overrightarrow{OE_1} + \left(|\overrightarrow{OE_1}|^2 - (\overrightarrow{OE_1} \cdot \overrightarrow{OE_2}) \right) \overrightarrow{OE_2} \right] \right) \\
&+ Y_P \frac{\overrightarrow{OE_2} - \overrightarrow{OE_1}}{|\overrightarrow{OE_2} - \overrightarrow{OE_1}|}
\end{aligned}$$

[0206] 如上所述,根据关于位置矢量 OE_1 的数式14和数式15以及与这些数式相同的关于位置矢量 OE_2 的数式,基于作为已知量的角度 ψ_y 、第一电极的坐标(E_{1y}, E_{1z}')以及第二电极的坐标(E_{2y}, E_{2z}')求出矢量 i, j, k 与电极位置 E_1, E_2 的位置矢量的关系。

[0207] 因此,根据数式24,也基于作为已知量的矢量 i, j, k 、角度 ψ_y 、角度 τ 、第一电极位置 $E_1(E_{1y}, E_{1z}')$ 、第二电极位置 $E_2(E_{2y}, E_{2z}')$ 以及变量(X_P, Y_P)求出位置矢量 p 。

[0208] (2-2)用切断面B上的任意点P连接焦点(任意点P收敛于焦域)的超声波波束UB的音轴的角度、即 $\theta(0^\circ \leq \theta \leq 360^\circ)$ 和 $\varphi(0^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ)$ 的导出

[0209] 关于任意点P的位置矢量 p ,下面的数式25成立。

[0210] [式25]

$$[0211] \quad p = (i \cdot p)i + (j \cdot p)j + (k \cdot p)k$$

[0212] 另外,关于角度 ϕ ,根据图2而下面的数式26以及数式27成立。

[0213] [式26]

$$[0214] \quad k \cdot p = |p| \cos \phi$$

[0215] [式27]

$$[0216] \quad \phi = \cos^{-1} \frac{k \cdot p}{|p|}$$

$$(0^\circ \leq \phi \leq 90^\circ)$$

[0217] 在此,根据上述数式24,基于作为已知量的矢量 i 、 j 、 k 、角度 ψ_y 、角度 τ 、第一电极位置 $E_1(E_{1y}, E_{1z'})$ 、第二电极位置 $E_2(E_{2y}, E_{2z'})$ 以及变量 (X_p, Y_p) 求出位置矢量 p 。

[0218] 因此,根据数式27,基于作为已知量的矢量 i 、 j 、 k 、角度 ψ_y 、角度 τ 、第一电极位置 $E_1(E_{1y}, E_{1z'})$ 、第二电极位置 $E_2(E_{2y}, E_{2z'})$ 以及变量 (X_p, Y_p) 唯一地求出角度 $\phi(0^\circ \leq \phi \leq 90^\circ)$ 。

[0219] 对于任意点 P 在超声波振动元件阵列面12a上的投影点 P' ,根据图12而下面的数式28~数式30成立。在此,图12是表示切断面B上的任意点 P 在超声波振动元件阵列面上的投影点 P' 的位置的图。

[0220] [式28]

$$[0221] \quad \overrightarrow{OP'} = (i \cdot p)i + (j \cdot p)j$$

[0222] [式29]

$$[0223] \quad i \cdot \overrightarrow{OP'} = |\overrightarrow{OP'}| \cos \theta$$

[0224] [式30]

$$[0225] \quad j \cdot \overrightarrow{OP'} = |\overrightarrow{OP'}| \sin \theta$$

[0226] 根据数式28,位置矢量 OP' 的大小 $|OP'|$ 如下面的数式31所示。

[0227] [式31]

$$[0228] \quad |\overrightarrow{OP'}| = \sqrt{(i \cdot p)^2 + (j \cdot p)^2}$$

[0229] 而且,根据数式28~31求出下面的数式32、33。

[0230] [式32]

$$|\overrightarrow{OP'}| \cos \theta = i \cdot \overrightarrow{OP'} = i \cdot p$$

[0231]

$$\therefore \cos \theta = \frac{i \cdot p}{|\overrightarrow{OP'}|} = \frac{i \cdot p}{\sqrt{(i \cdot p)^2 + (j \cdot p)^2}}$$

[0232] [式33]

$$|\overline{OP'}| \sin \theta = j \cdot \overline{OP'} = j \cdot p$$

$$[0233] \quad \therefore \sin \theta = \frac{j \cdot p}{|\overline{OP'}|} = \frac{j \cdot p}{\sqrt{(i \cdot p)^2 + (j \cdot p)^2}}$$

[0234] 在此,根据上述数式24,基于作为已知量的矢量*i*、*j*、*k*、角度 ψ_y 、角度 τ 、第一电极位置 $E_1(E_{1y}, E_{1z'})$ 、第二电极位置 $E_2(E_{2y}, E_{2z'})$ 以及变量 (X_P, Y_P) 求出位置矢量*p*。

[0235] 因此,根据数式32~33,基于作为已知量的矢量*i*、*j*、*k*、角度 ψ_y 、角度 τ 、第一电极位置 $E_1(E_{1y}, E_{1z'})$ 、第二电极位置 $E_2(E_{2y}, E_{2z'})$ 以及变量 (X_P, Y_P) 唯一地求出 θ ($0^\circ \leq \theta \leq 360^\circ$)。

[0236] 此外,在数式32和数式33中求出 $\cos \theta$ 和 $\sin \theta$ 这两者来作为用于决定角度 θ 的式子的理由是,为了决定角度 θ 位于第一象限~第四象限中的哪一个象限。

[0237] (2-3)用于产生用切断面B上的任意点P连接焦点(任意点P收敛于焦域)的超声波波束UB的延迟量 d_{st} 的计算

[0238] 将在超声波振动元件阵列面12a上沿*x*方向和*y*方向排列成矩阵状的多个超声波振动元件内的、在*x*方向(*i*矢量方向)上配置于第*s*个位置处且在*y*方向(*j*矢量方向)上配置于第*t*个位置处的超声波振动元件表示为 $A(s, t)$ 。在此,设*s*、*t*包括0且能够取正值或负值。并且,将超声波振动元件 $A(s, t)$ 的延迟量表示为 d_{st} 。

[0239] 在数式3中也如上述那样,超声波振动元件的各延迟量 d_{st} 通常作为距离原点O的焦距 $|p|$ 和超声波波束UB的扫描角度 θ 、 Φ 的多变量函数*f*,能够如下面的数式34那样唯一地决定。

[0240] [式34]

$$[0241] \quad d_{st} = f_{st}(|p|, \theta, \Phi)$$

[0242] 在此,基于作为已知量的矢量*i*、*j*、*k*、角度 ψ_y 、角度 τ 、第一电极位置 $E_1(E_{1y}, E_{1z'})$ 、第二电极位置 $E_2(E_{2y}, E_{2z'})$ 以及变量 (X_P, Y_P) ,根据数式24求出焦距 $|p|$,根据数式27求出角度 Φ ,根据数式32和数式33求出角度 θ ,因此如下面的数式35那样表现延迟量 d_{st} 。

[0243] [式35]

$$[0244] \quad d_{st} = g_{st}(\psi_y, \tau, E_{1y}, E_{1z'}, E_{2y}, E_{2z'}; X_P, Y_P)$$

[0245] 结果,除了与 $|p|$ 有关的变量以外,通过赋予*s*和*t*唯一地求出延迟量 d_{st} 。

[0246] (2-4)生成用切断面B上的任意点P连接焦点(任意点P收敛于焦域)的超声波波束UB的装置的动作

[0247] 将切断面B上的 X_P 轴方向的微小量设为 δX ,将 Y_P 轴方向的微小量设为 δY 。此时,延迟计算电路24将使任意点P的坐标 (X_P, Y_P) 偏移微小量 $(\delta X, 0)$ 的情况和偏移微小量 $(0, \delta Y)$ 的情况适当组合,并且使用数式35反复计算各超声波振动元件对于均等地分割切断面B的各点的延迟量。

[0248] 每当延迟计算电路24计算延迟量时,波束形成器23都生成发送驱动信号并向超声波振子12发送该发送驱动信号。由此,超声波振子12针对均等地分割切断面B的各点反复地发送和接收超声波波束UB。

[0249] 通过像这样反复地进行发送和接收,来利用优化后的超声波波束UB对切断面B进行均匀的再次扫描。

[0250] (3-1)切断面C上的任意点Q的位置矢量 q (=矢量OQ)的导出

[0251] 切断面C的中心 E_c 位于烧灼针3的中心轴上,也就是说,位于直线 E_1E_2 上。因而,如果将作为切断面C移动滑块57的输入值的移动量 L 定义为以长度 $|E_1E_2|$ 为单位的从第一电极位置 E_1 起的移动量,则位置矢量 OE_c 如下面的数式36那样表现。

[0252] [式36]

$$[0253] \quad \overrightarrow{OE_c} = \overrightarrow{OE_1} + L \cdot \overrightarrow{E_1E_2}$$

[0254] 切断面C是与图9所示的切断面B的 Y_P 轴垂直的面,如图13所示那样利用矢量 k_B 和矢量 i_B 赋予切断面C的标准正交基(在图13中将该坐标系设为ZX坐标系)。在此,图13是表示切断面C上的任意点Q的位置的图。因而,如果将位于切断面C上的任意点Q的坐标设为 (Z_Q, X_Q) ,则关于任意点 $Q(Z_Q, X_Q)$,根据图13而下方的数式37成立。

[0255] [式37]

$$[0256] \quad \overrightarrow{E_cQ} = Z_Q k_B + X_Q i_B$$

[0257] 因而,如果使用数式36和数式37,则通过下方的数式38来赋予任意点 $Q(X_Q, Y_Q)$ 的位置矢量 q 。

[0258] [式38]

$$[0259] \quad \begin{aligned} q &= \overrightarrow{OE_c} + \overrightarrow{E_cQ} \\ &= \overrightarrow{OE_1} + L \cdot \overrightarrow{E_1E_2} + Z_Q k_B + X_Q i_B \\ &= (1-L)\overrightarrow{OE_1} + L \cdot \overrightarrow{OE_2} + Z_Q k_B + X_Q i_B \end{aligned}$$

[0260] 在此,根据(2-1)的数式16、数式20以及数式22,基于电极位置 E_1 、 E_2 的位置矢量 OE_1 、 OE_2 、作为已知量的输入值的角度 τ 求出矢量 i 、 j 、 k 与矢量 j_B 、 k_B 的关系。并且,根据关于位置矢量 OE_1 的数式14和数式15以及与此数式同样的关于位置矢量 OE_2 的数式,基于作为已知量的角度 ψ_y 、第一电极的坐标 $(E_{1y}, E_{1z'})$ 以及第二电极的坐标 $(E_{2y}, E_{2z'})$ 求出矢量 i 、 j 、 k 与电极位置 E_1 、 E_2 的位置矢量。

[0261] 因此,根据数式38,基于作为已知量的矢量 i 、 j 、 k 、角度 ψ_y 、角度 τ 、第一电极位置 $E_1(E_{1y}, E_{1z'})$ 、第二电极位置 $E_2(E_{2y}, E_{2z'})$ 以及变量 (Z_Q, X_Q) 来求出位置矢量 q 。

[0262] (3-2)作为用切断面C上的任意点Q连接焦点(任意点Q收敛于焦域)的超声波波束UB的音轴的角度 θ' ($0^\circ \leq \theta' \leq 360^\circ$)和 ϕ' ($0^\circ \leq \phi' \leq 90^\circ$)的导出

[0263] 与上述(2-2)同样地导出角度 θ' 、 ϕ' 。

[0264] (3-3)用于产生用切断面C上的任意点Q连接焦点(任意点Q收敛于焦域)的超声波波束UB的延迟量 d_{st}' 的计算

[0265] 与上述(2-3)同样地计算延迟量 d_{st}' 。

[0266] (3-4)生成用切断面C上的任意点Q连接焦点(任意点Q收敛于焦域)的超声波波束UB的装置的动作

[0267] 与上述(2-4)同样。即,首先将切断面C上的 X_Q 轴方向的微小量设为 δX ,将 Y_Q 轴方向的微小量设为 δY 。此时,延迟计算电路24将使任意点Q的坐标 (X_Q, Y_Q) 偏移微小量 $(\delta X, 0)$ 的情况与使任意点Q的坐标 (X_Q, Y_Q) 偏移微小量 $(0, \delta Y)$ 的情况适当组合,并且使用数式35反复计

算各超声波振动元件相对于均等地分割切断面C的各点的延迟量。

[0268] 每当延迟计算电路24计算延迟量时,波束形成器23都生成发送驱动信号并向超声波振子12发送该发送驱动信号。由此,超声波振子12针对均等地分割切断面C的各点反复地发送和接收超声波波束UB。

[0269] 通过像这样反复地进行发送和接收,来利用优化后的超声波波束UB对切断面C进行均匀的再次扫描。

[0270] (4-1)变形例1

[0271] 在上述情况下,对于开口元件数 Δx 和 Δy 使用了常数,但是在焦距 $|p|$ (在切断面B上进行扫描的情况)或焦距 $|q|$ (在切断面C上进行扫描的情况)小于规定距离的情况下,难以使超声波波束UB收敛,从而变得比适当的波束直径大(当作为常数的开口元件数 Δx 、 Δy 大时,该倾向更强)。

[0272] 因此,波束形成器23也可以使超声波振动元件阵列面12a的在实际的激励时使用的开口12b的大小(开口元件数: Δx 、 Δy)根据角度 ψ_y 、角度 τ 、移动量L、第一电极位置 E_{1y} (E_{1y} , $E_{1z'}$)、第二电极位置 E_2 (E_{2y} , $E_{2z'}$)以及变量(X_P , Y_P)或变量(X_Q , Y_Q)而变化。

[0273] 例如,在任意点P位于超声波振子12的附近且焦距 $|p|$ 小于规定距离的情况下,使开口元件数 Δx 、 Δy 根据焦距 $|p|$ 而变小,在焦距 $|p|$ 为规定距离以上的情况下,可以将开口元件数 Δx 、 Δy 设为比小于规定距离的情况下的开口元件数 Δx 、 Δy 大的固定值。

[0274] 在此,图14是表示使超声波振动元件阵列的开口的大小根据焦距而变化时的函数形式的例子线图。

[0275] 将 x 作为变量的函数 $h(x)$ 为以下函数:在 $x=0$ 时取初始值 $h(0)$,在 $0 \leq x < x_0$ 时单调增加,在 $x_0 \leq x$ 时取固定值 $h(x_0)$ 。

[0276] 例如能够使用取这种函数 $h(x)$ 的形状的函数,如下面的数式39~数式42所示那样表现 Δx 、 Δy ,具体地说,在对切断面B进行再次扫描时使用对 Δx 应用的函数 h_{Bx} ,在对切断面B进行再次扫描时使用对 Δy 应用的函数 h_{By} ,在对切断面C进行再次扫描时使用对 Δx 应用的函数 h_{Cx} ,在对切断面C进行再次扫描时使用对 Δy 应用的函数 h_{Cy} 。

[0277] [式39]

$$[0278] \quad \Delta x = h_{Bx}(\psi_y \tau, E_{1y}, E_{1z'}, E_{2y}, E_{2z'}; X_P, Y_P)$$

[0279] [式40]

$$[0280] \quad \Delta y = h_{By}(\psi_y, \tau, E_{1y}, E_{1z'}, E_{2y}, E_{2z'}; X_P, Y_P)$$

[0281] [式41]

$$[0282] \quad \Delta x = h_{Cx}(\psi_y, \tau, E_{1y}, E_{1z'}, E_{2y}, E_{2z'}; X_P, Y_P)$$

[0283] [式42]

$$[0284] \quad \Delta y = h_{Cy}(\psi_y, \tau, E_{1y}, E_{1z'}, E_{2y}, E_{2z'}; X_P, Y_P)$$

[0285] (4-2)变形例2

[0286] 在上述(2-3)中,使用了能够将扫描切断面B时的超声波振动元件 $A(s, t)$ 的各延迟量 d_{st} 唯一地决定为焦距 $|p|$ 和超声波波束UB的扫描角度 θ 、 Φ 的多变量函数 f 的计算方法、即数式34(或数式35)所示的一般公知的计算方法。

[0287] 但是,当将音速设为 c 时,也可以利用以下计算方法:基于从超声波振动元件 $A(s, t)$ 向任意点P的矢量 $A_{st}P$,使用下面的数式43进行计算。

[0288] [式43]

$$[0289] \quad d_{st} = \frac{|A_{st}P|}{c}$$

[0290] 在此,如图9所示,当将 δx 设为超声波振动元件的x轴方向的元件间距、将 δy 设为超声波振动元件的y轴方向的元件间距时,以下的关系式成立。

[0291] [式44]

$$[0292] \quad \overrightarrow{OA_{st}} = (s \cdot \delta x)\mathbf{i} + (t \cdot \delta y)\mathbf{j}$$

[0293] 如果使用该数式44和上述数式24,则数式43如下面的数式45所示那样表现。

[0294] [式45]

$$\begin{aligned}
 & d_{st} = \frac{|A_{st}P|}{c} \\
 & = \frac{|\overrightarrow{OP} - \overrightarrow{OA_{st}}|}{c} \\
 & = \frac{|\mathbf{p} - (s \cdot \delta x)\mathbf{i} - (t \cdot \delta y)\mathbf{j}|}{c} \\
 [0295] \quad & = \frac{1}{c} |\overrightarrow{OE_1}| \\
 & + X_p \left(\cos \tau \frac{(\overrightarrow{OE_1} \times \overrightarrow{OE_2})}{|\overrightarrow{OE_1} \times \overrightarrow{OE_2}|} + \frac{\sin \tau}{|\overrightarrow{OE_1} \times \overrightarrow{OE_2}| \cdot |\overrightarrow{OE_2} - \overrightarrow{OE_1}|} \right. \\
 & \cdot \left[(|\overrightarrow{OE_2}|^2 - (\overrightarrow{OE_1} \cdot \overrightarrow{OE_2})) \overrightarrow{OE_1} + (|\overrightarrow{OE_1}|^2 - (\overrightarrow{OE_1} \cdot \overrightarrow{OE_2})) \overrightarrow{OE_2} \right] \\
 & \left. + Y_p \frac{\overrightarrow{OE_2} - \overrightarrow{OE_1}}{|\overrightarrow{OE_2} - \overrightarrow{OE_1}|} - (s \cdot \delta x)\mathbf{i} - (t \cdot \delta y)\mathbf{j} \right|
 \end{aligned}$$

[0296] 在此,根据关于位置矢量 OE_1 的数式14和数式15以及与这些数式相同的关于位置矢量 OE_2 的数式,基于作为已知量的角度 ψ_y 、第一电极的坐标 (E_{1y}, E_{1z}') 以及第二电极的坐标 (E_{2y}, E_{2z}') 求出矢量 i 、 j 、 k 与电极位置 E_1 、 E_2 的位置矢量的关系。

[0297] 因此,根据数式45,也基于作为已知量的矢量 i 、 j 、 k 、角度 ψ_y 、角度 τ 、第一电极位置 $E_1(E_{1y}, E_{1z}')$ 、第二电极位置 $E_2(E_{2y}, E_{2z}')$ 、元件间距 $(\delta x, \delta y)$ 、变量 (X_p, Y_p) 以及变量 (s, t) 求出延迟量 d_{st} 。

[0298] 关于扫描切断面C时的超声波振动元件 $A(s, t)$ 的各延迟量 d_{st} ,也能够与上述大致同样地求出。

[0299] (4-3)变形例3

[0300] 在上述(2-1)~(2-4)中,将再次扫描的切断面B设为包含烧灼针3的面,但是也可以是任意的面。

[0301] (4-4)变形例4

[0302] 在上述(2-1)~(2-4)中使用两个电极位置 E_1 、 E_2 和角度 ψ_y (即、使用两个点和一个方向)设定了再次扫描的切断面、例如切断面B,但是再次扫描的切断面的设定方法并不限于该例子。例如,也可以采用通过指定三个点来设定再次扫描的切断面的方法,或者也可以是通过指定一个点和两个方向来设定再次扫描的切断面的方法。

[0303] (4-5)变形例5

[0304] 在上述(2-1)~(2-4)中,设再次扫描的切断面B是平面,但也可以是曲面。

[0305] (4-6)变形例6

[0306] 在上述说明中,作为超声波振动元件阵列面12a,列举了形成为二维平面状的形状的阵列面来作为例子,但并不限于该形状,例如也可以使用如日本专利4488288号(日本特开2005-168768号公报)的图7、图10或图12中记载的那样的形成为凸面状的形状的阵列面。在该情况下,具有视角变大且扫描范围大的优点。

[0307] (4-7)变形例7

[0308] 在上述步骤S6中,在切断面A的超声波断层图像中将烧灼针3沿着其中心轴描绘出,在该状态下用户进行了烧灼针3的电极位置的指定。但是,烧灼针3原本就有弯曲的倾向从而导致从钳子通道13突出的角度与最初的设计值存在微妙的差异,或者在对组织的对象区域进行穿刺或烧灼的期间由于对象区域硬等原因而导致烧灼针3弯曲,从而有可能在一个切断面的超声波断层图像中拍不进烧灼针3的整体像。并且,在烧灼针3为双极型的情况下,作为两个电极的像的亮点在切断面A上无法同时被描绘出。在这种情况下,可以如下面那样发挥作用。

[0309] 用户对切断面A选择滑块55进行操作来搜索描绘出各亮点的切断面。

[0310] 用户对作为直线设定部的操作跟踪球51、确定键52、鼠标6进行操作,在各个切断面上分别进行各电极位置的指定。

[0311] 图形电路27将前端侧的电极标记31或基端侧的电极标记32叠加地显示于描绘出各亮点的切断面的超声波断层图像(与步骤S8相同)。

[0312] 图形电路27变更切断面B的方向,使得切断面B包含经过两个电极位置的直线且切断面B的法线与指定了前端侧的电极标记31的切断面A'(未图示)平行。

[0313] 图形电路27变更切断面C的位置和方向,使得切断面C与经过两个电极位置的直线垂直且切断面C的上方向平行于切断面A'。

[0314] 图形电路27使切断面C的位置进一步平行移动来进行变更,使得切断面C的中心与前端侧的电极位置一致(与步骤S8相同)。

[0315] 图形电路27将电极标记31和基端侧的电极标记32也叠加于画面B的超声波断层图像并在监视器4上进行显示(与步骤S9相同)。

[0316] 通过这样发挥作用,虽然在切断面A'上没有描绘出烧灼针3的整体像,但在创建的切断面B上描绘出整体像,因此能够一边俯视整体一边进行烧灼或判定治疗效果。

[0317] 此外,在上述情况下,设图2等中示出的原点0是超声波振子12的超声波振动元件阵列面12a的中心,但也可以是非中心的位置。

[0318] 根据这种实施方式1,根据所设定的切断面变更由扫描条件设定部设定的扫描条件来进行再次的扫描(再次扫描),并生成基于通过再次扫描获取到的超声波数据设定的切

断面的超声波断层图像,因此能够提高与同音轴交叉的切断面对应的超声波断层图像的空间分辨率。因而,即使变更切断面B或切断面C并重新进行了设定,也能够利用优化后的超声波波束UB进行再次扫描,从而能够观察到空间分辨率高的切断面B或切断面C的超声波断层图像。

[0319] 另外,在变更扫描条件时,以包含与超声波振动元件的驱动定时有关的延迟量的方式进行变更,因此仅变更由延迟计算电路24计算出的延迟量就能够获取提高了空间分辨率的超声波断层图像。

[0320] 此时,通过基于从超声波振子看到的切断面的朝向来设定延迟量,能够设定与切断面的朝向相应的适当的延迟量。另外,通过基于从超声波振子到切断面的距离来设定延迟量,能够设定与到切断面的距离相应的适当的延迟量。此时,通过利用超声波的焦距或者超声波的焦点深度来表示到切断面的距离,还能够使用适于超声波波束的设定的距离信息。

[0321] 并且,通过以对均等地分割切断面的各点进行扫描的方式设定延迟量,能够获得与切断面相应的分辨率比以往更均匀的超声波断层图像。

[0322] 而且,在以包含与超声波的发送或接收有关的超声波振动元件的排列范围的条件变更扫描条件的情况下,能够适当地维持焦点位置处的超声波波束UB的波束直径。

[0323] 另外,在通过在切断面的超声波断层图像上指定多个点来设定直线或者指定点和方向来设定直线,使切断面绕所设定的直线旋转来设定新的切断面的情况下,能够容易地设定包含烧灼针3等处理器具那样的切断面。而且,能够在治疗前确认在处理器具的周围是否存在不想损伤的血管、其它脏器,能够可靠地确保与治疗范围之间的足够的余量。

[0324] 除此以外,基于在切断面的超声波断层图像上指定的多个点的坐标来计算新的点,对该新的点附加标记,并将该标记叠加于切断面的超声波断层图像,因此,例如通过将双极型烧灼针3的烧灼中心显示为烧灼中心标记,能够容易地确认烧灼中心。这样,例如能够容易地确认烧灼治疗是否扩及关注区域内的处理对象部位。

[0325] 而且,在通过体扫描进行再次扫描的情况下,需要一边进行多聚焦一边进行多次切片扫描,因此实时性降低,但是在仅通过切片扫描进行再次扫描的情况下,能够提高帧频(例如为体扫描时的多倍)并提高实时性。

[0326] 根据上述实施方式1,输入电路25、CPU 29、波束形成器23、延迟计算电路24以及图形电路27等待用户对切断面B旋钮56和切断面C移动滑块57的操作,当接受操作时,立即发挥作用。因而,当用户使切断面B旋转或者使切断面C平行移动时,立即对变更后的切断面实施再次扫描。因此,用户在变更切断面时,能够立即观察到以与变更相应的适当的扫描条件进行扫描得到的良好的超声波断层图像。特别是,在切断面变更之后,不需要进行多余的图像调整而自动且简便地立即观察到分辨率均匀的均质的超声波断层图像。由此,在烧灼治疗中等繁忙的状况下,对于用户来说非常便利。

[0327] [附记]

[0328] 根据如上所述的本发明的实施方式,能够获得如下那样的结构。或者,也可以在如上所述的本发明的实施方式中进一步加入如下那样的结构。

[0329] (1)一种超声波诊断装置,具备:

[0330] 扫描部,其驱动超声波振动元件以二维状排列而成的超声波振子来生成超声波波

束,根据使所述超声波波束在三维空间内进行扫描而得到的回波来获取所述三维空间的超声波数据;

[0331] 扫描条件设定部,其设定所述超声波波束的条件;以及

[0332] 断层图像生成部,其生成所述三维空间内的面内的超声波断层图像,

[0333] 该超声波诊断装置还具备切断面设定部,该切断面设定部在获取所述超声波数据之后,设定相对于所述三维空间的切断面,

[0334] 所述扫描条件设定部根据由所述切断面设定部设定的所述切断面来变更所述超声波扫描的条件,

[0335] 在由所述扫描条件设定部变更后的所述条件下,所述扫描部利用所述超声波波束在所述三维空间内和/或所述切断面内进行扫描来获取新的超声波数据,

[0336] 所述断层图像生成部根据由所述扫描部获取到的所述新的超声波数据来生成新的超声波断层图像。

[0337] (2)根据附记1所述的超声波诊断装置,其特征在于,

[0338] 由所述扫描条件设定部设定的所述条件包括所述超声波波束的焦点深度或焦距。

[0339] (3)根据附记1所述的超声波诊断装置,其特征在于,

[0340] 由所述扫描条件设定部设定的所述条件包括所述超声波波束的焦点个数。

[0341] (4)根据附记1所述的超声波诊断装置,其特征在于,

[0342] 由所述扫描条件设定部设定的所述条件包括与所述超声波波束的开口有关的条件。

[0343] (5)根据附记4所述的超声波诊断装置,其特征在于,

[0344] 与所述超声波波束的开口有关的条件包括发送开口尺寸、接收开口尺寸、发送元件数以及接收元件数中的任一个。

[0345] (6)根据附记1所述的超声波诊断装置,其特征在于,

[0346] 由所述扫描条件设定部设定的所述条件包括与对于超声波回波的频率滤波器有关的条件。

[0347] (7)根据附记1所述的超声波诊断装置,其特征在于,

[0348] 由所述扫描条件设定部设定的所述条件包括与对于超声波回波的STC有关的条件。

[0349] (8)根据附记1所述的超声波诊断装置,其特征在于,还具备:

[0350] 多普勒处理部,其基于多普勒效应来描绘血流;以及

[0351] 多普勒扫描条件设定部,其设定所述多普勒处理部的多普勒扫描条件,

[0352] 其中,所述多普勒扫描条件设定部根据由所述切断面设定部设定的所述切断面来变更所述多普勒扫描的条件,

[0353] 在由所述多普勒扫描条件设定部变更后的所述条件下,所述扫描部利用所述超声波波束在所述三维空间内和/或所述切断面内进行扫描来获取新的超声波多普勒数据,

[0354] 所述断层图像生成部根据由所述扫描部获取到的所述新的超声波多普勒数据在所述超声波断层图像上叠加新的超声波多普勒数据。

[0355] (9)根据附记8所述的超声波诊断装置,其特征在于,

[0356] 由所述多普勒扫描条件设定部设定的所述条件包括所述多普勒扫描的重复频率。

- [0357] (10)根据附记1所述的超声波诊断装置,其特征在于,
- [0358] 由所述扫描条件设定部设定的所述条件根据所述扫描部进行扫描的所述超声波波束的音轴的方向不同而不同。
- [0359] (11)根据附记10所述的超声波诊断装置,其特征在于,
- [0360] 在由所述切断面设定部设定的所述切断面相对于所述超声波振子中的超声波振动元件的排列面的中心轴倾斜的情况下,由所述扫描条件设定部设定的所述焦点深度、所述焦距、所述焦点个数、所述发送开口尺寸、所述接收开口尺寸、所述发送元件数、所述接收元件数、所述频率滤波器、所述STC以及由所述多普勒扫描条件设定部设定的所述多普勒扫描的重复频率中的至少一个根据所述扫描部进行扫描的所述超声波波束的音轴的方向不同而不同。
- [0361] (12)根据附记1所述的超声波诊断装置,其特征在于,
- [0362] 所述切断面设定部通过设定所述切断面的位置和方向来设定所述切断面。
- [0363] (13)根据附记1所述的超声波诊断装置,其特征在于,
- [0364] 所述切断面设定部包括直线设定部,该直线设定部通过在由所述断层图像生成部生成的所述三维空间内的所述超声波断层图像上指定多个点来设定直线或者指定点和方向来设定直线,
- [0365] 所述切断面设定部以使所述切断面能够绕由所述直线设定部设定的所述直线旋转来进行变更的方式设定所述切断面。
- [0366] (14)根据附记1所述的超声波诊断装置,其特征在于,
- [0367] 所述切断面设定部包括直线设定部,该直线设定部通过在由所述断层图像生成部生成的所述三维空间内的所述超声波断层图像上指定多个点来设定直线或者指定点和方向来设定直线,
- [0368] 所述切断面设定部将与由所述直线设定部设定的所述直线垂直的面设定为所述切断面。
- [0369] (15)根据附记14所述的超声波诊断装置,其特征在于,
- [0370] 所述切断面设定部将与由所述直线设定部设定的所述直线垂直的切断面设定为能够沿着所述直线平行移动。
- [0371] (16)根据附记1所述的超声波诊断装置,其特征在于,
- [0372] 所述切断面设定部包括指定部,该指定部在由所述断层图像生成部生成的所述三维空间内的所述超声波断层图像上指定多个点,
- [0373] 所述超声波诊断装置还具备:
- [0374] 计算部,其对根据所述多个点的坐标计算出的新的点进行计算;以及
- [0375] 标记叠加部,其对所述新的点附加标记来将所述标记叠加于由所述断层图像生成部生成的所述三维空间内的所述超声波断层图像上。
- [0376] (17)根据附记16所述的超声波诊断装置,其特征在于,
- [0377] 所述切断面设定部将与经过由所述指定部指定的所述多个点的直线垂直的切断面设定为能够沿着所述直线平行移动,
- [0378] 所述断层图像生成部新生成所述切断面的超声波断层图像,
- [0379] 所述标记叠加部在由所述断层图像生成部新生成的所述切断面的所述超声波断

层图像上,进一步将所述标记叠加于与由所述计算部计算出的所述新的点对应的位置处。

[0380] (18)根据附记16所述的超声波诊断装置,其特征在于,

[0381] 所述计算部将所述新的点设为所述多个点内的两个点的中点。

[0382] (19)根据附记附记16~18中的任一项所述的超声波诊断装置,其特征在于,

[0383] 由所述指定部指定的所述多个点与组合使用的设置于穿刺针的电极的位置对应,

[0384] 由所述计算部计算出的所述新的点与使用所述电极进行烧灼的区域中心对应。

[0385] 此外,上面主要对超声波诊断装置进行了说明,但也可以是使超声波诊断装置如上所述那样动作的动作方法,还可以是用于使计算机进行使超声波诊断装置如上所述那样动作的控制的控制程序、能够由利用记录该控制程序的计算机读取的非临时性的记录介质等。

[0386] 另外,本发明不限于上述实施方式,在实施阶段在不脱离其宗旨的范围内能够将结构要素变形并具体化。另外,通过将上述实施方式所公开的多个结构要素适当进行组合,能够形成各种发明的方式。例如,也可以从实施方式中示出的所有结构要素中删除几个结构要素。并且,也可以将不同的实施方式中的结构要素适当地组合。这样,在不脱离发明的主旨的范围内能够进行各种变形、应用是不言而喻的。

[0387] 本申请主张2014年9月2日在日本申请的特愿2014-178308号的优先权,上述的公开内容被引用到本申请说明书、权利要求书、附图中。

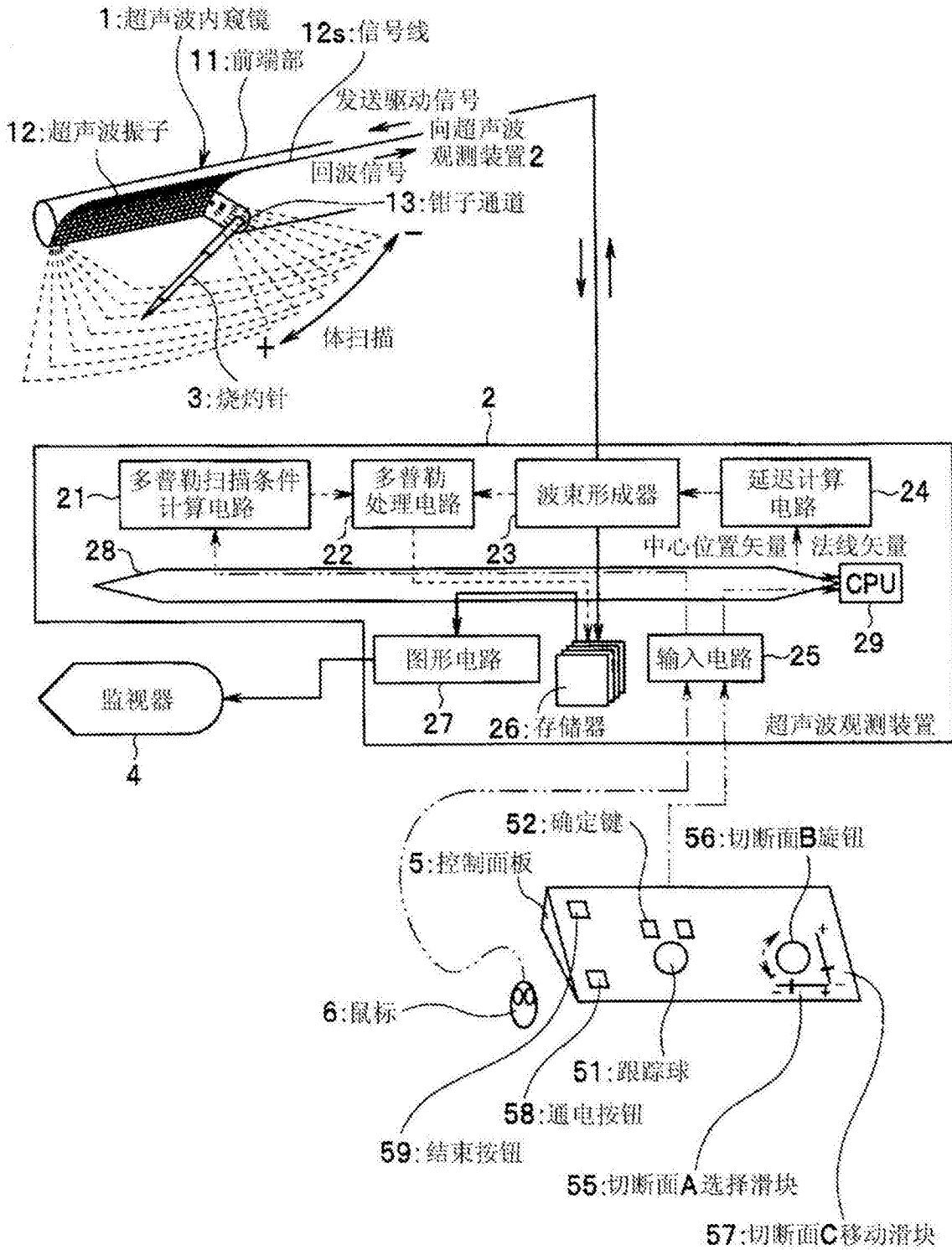


图1

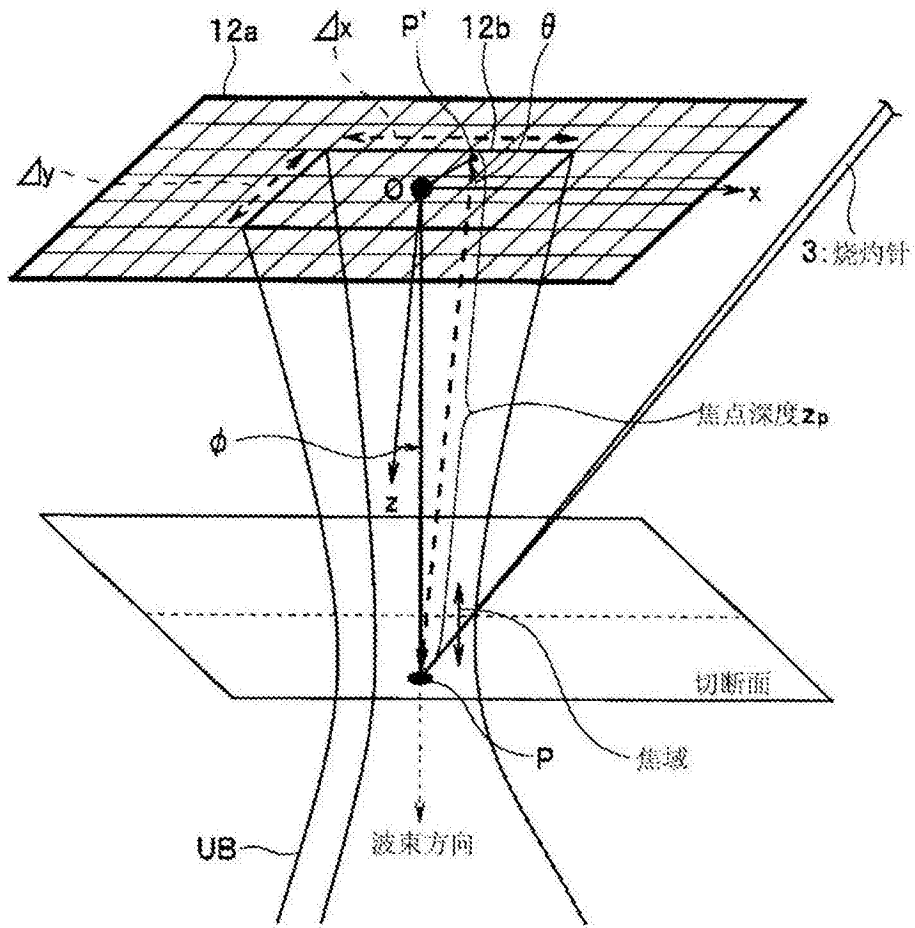


图2

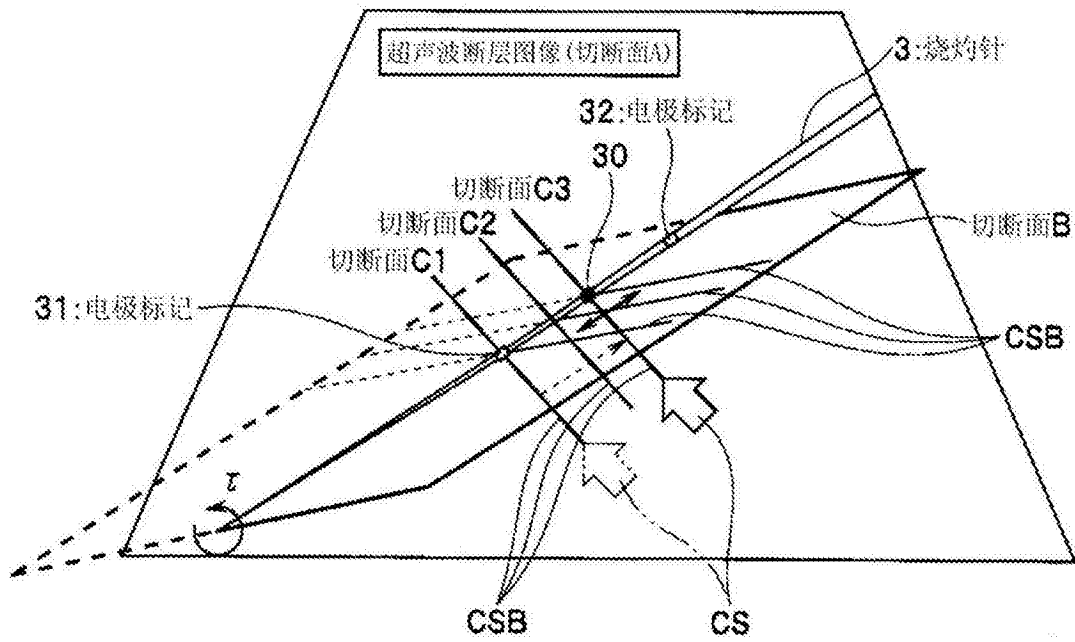


图3

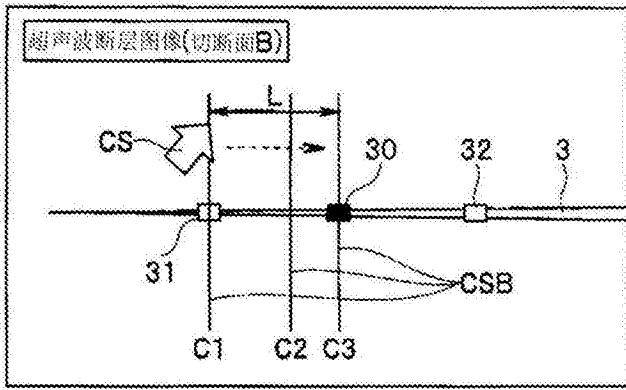


图4

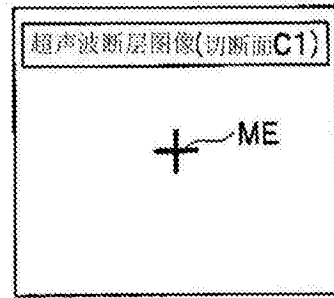


图5



图6

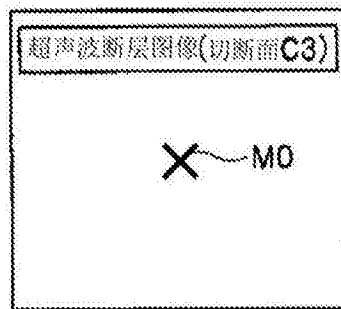


图7

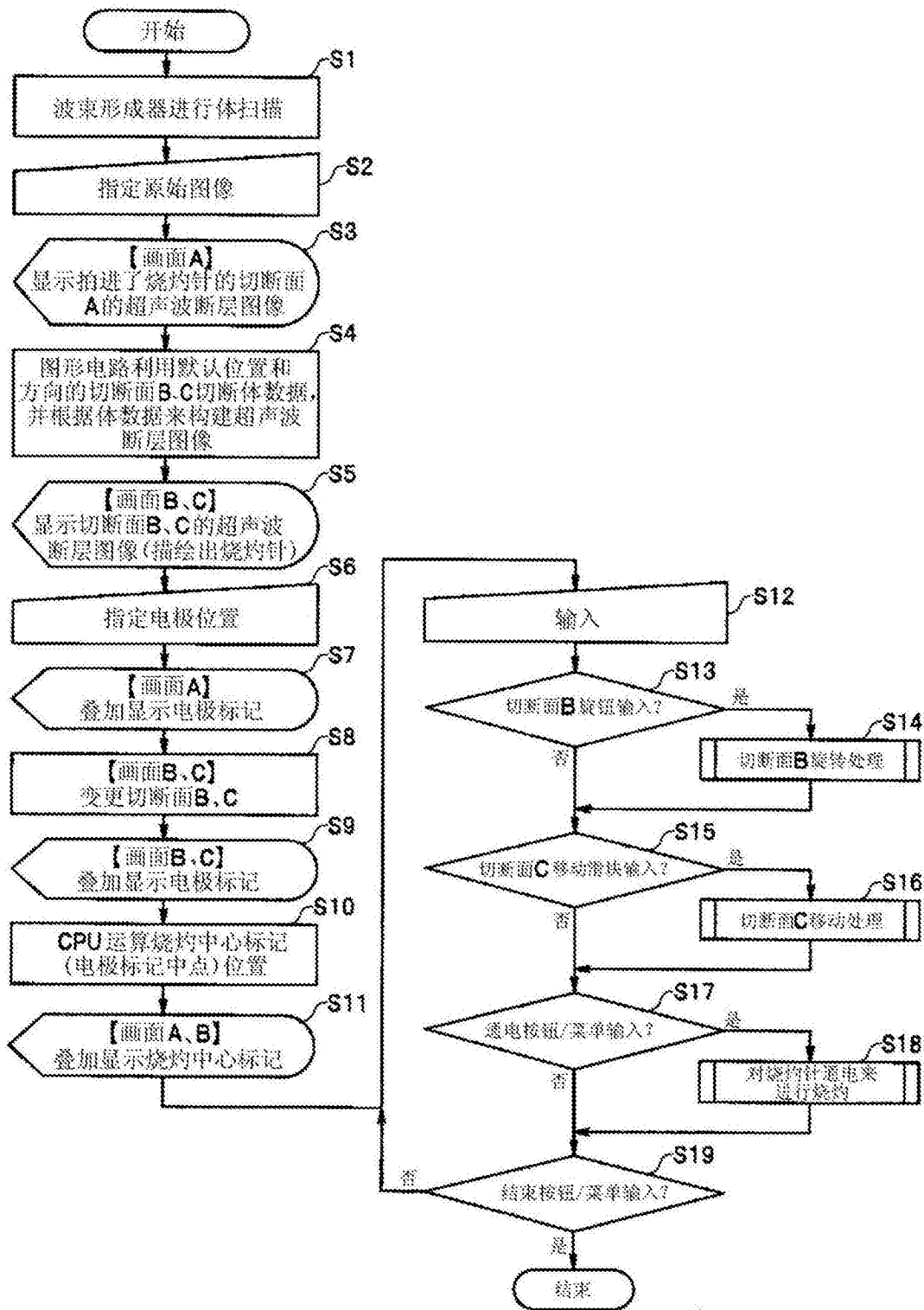


图8A

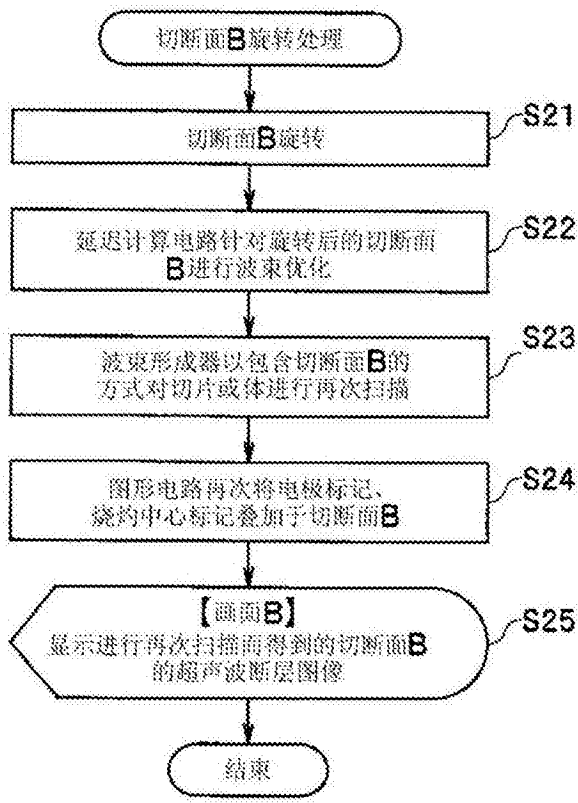


图8B

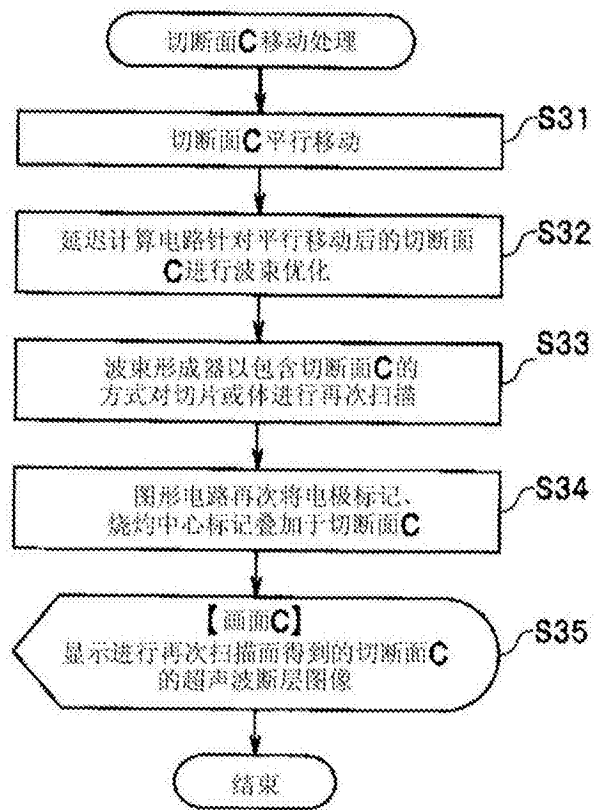


图8C

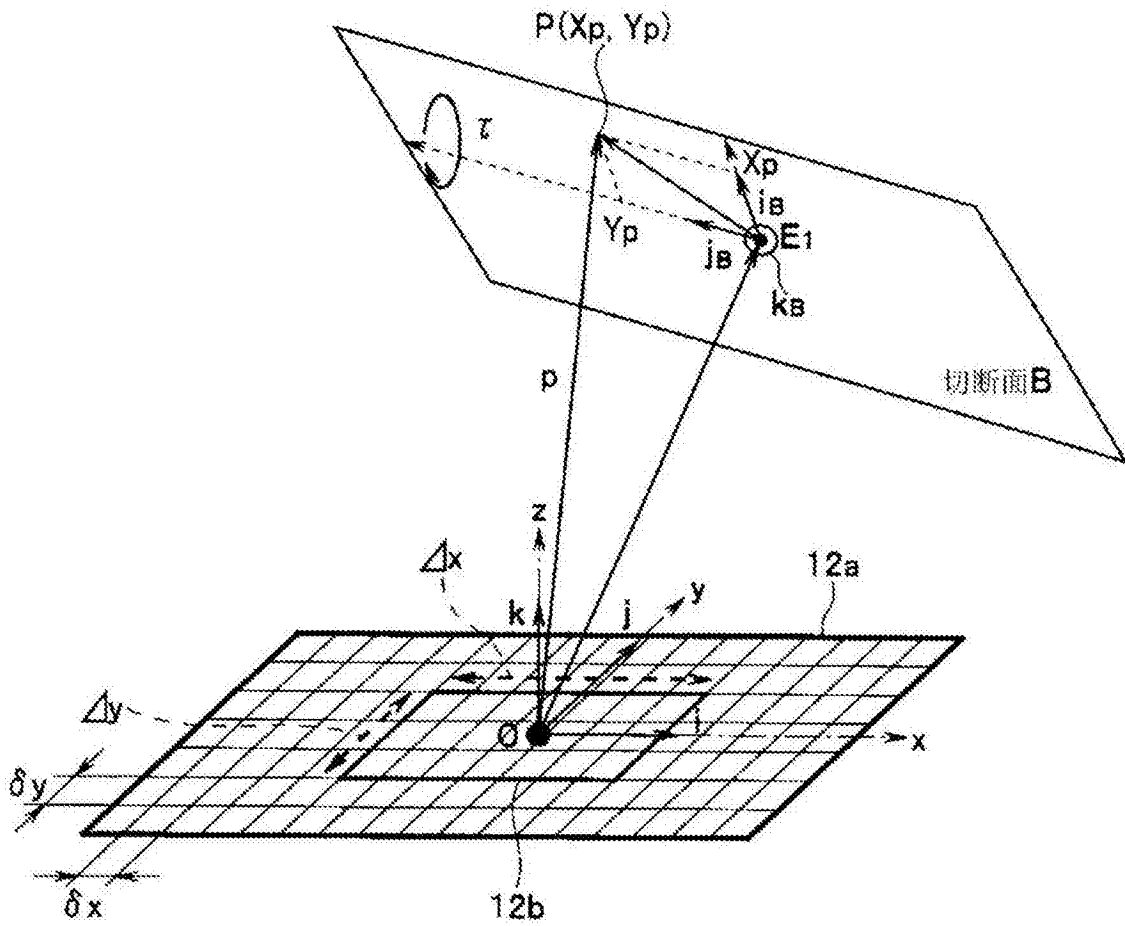


图9

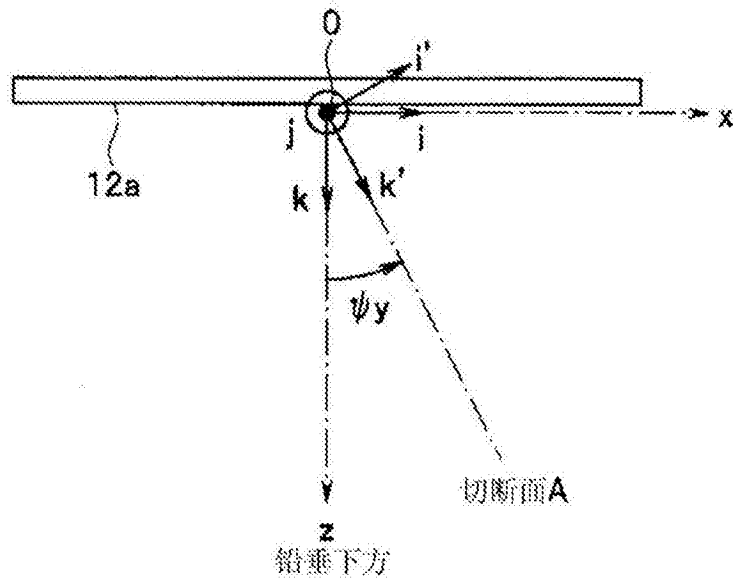


图10

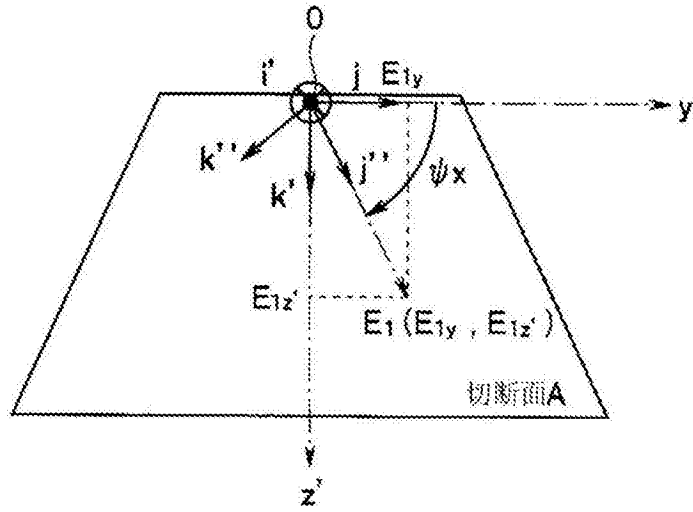


图11

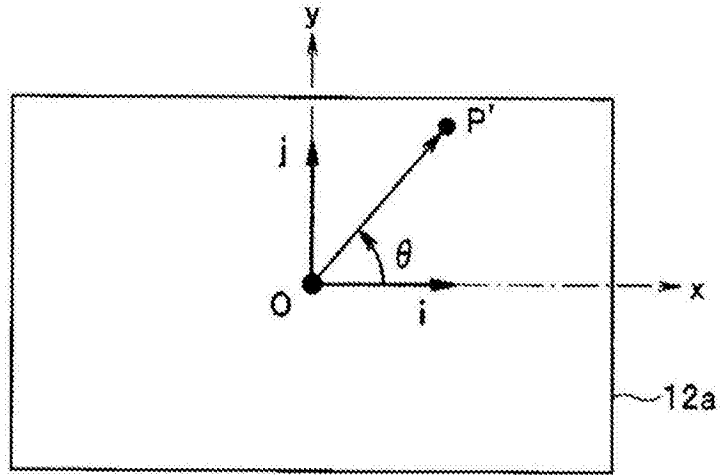


图12

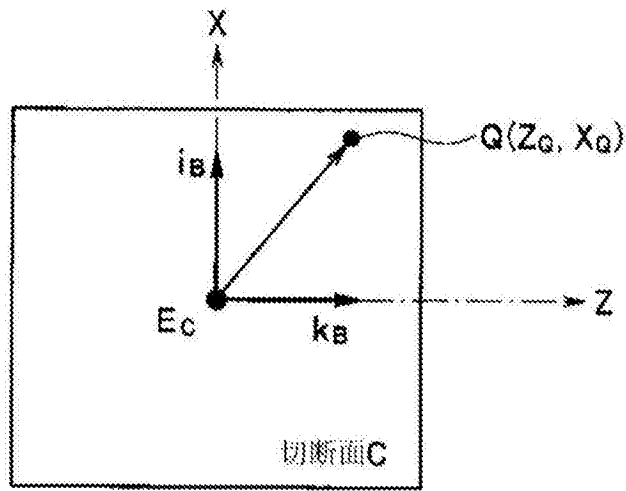


图13

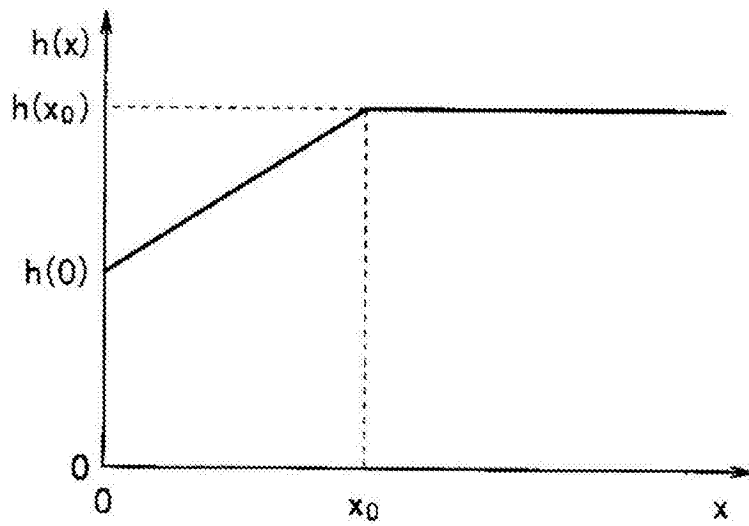


图14

专利名称(译)	超声波诊断装置、超声波诊断装置的动作方法		
公开(公告)号	CN105578966A	公开(公告)日	2016-05-11
申请号	CN201580001858.2	申请日	2015-04-02
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
[标]发明人	川岛知直 松井祥一 儿玉启成 仁科研一 宫木浩仲 江田弘孝		
发明人	川岛知直 松井祥一 儿玉启成 仁科研一 宫木浩仲 江田弘孝		
IPC分类号	A61B8/12 A61B8/14		
CPC分类号	A61B1/018 A61B8/12 A61B8/14 A61B8/4488 A61B8/488 A61B8/523 A61B8/54 A61B18/1477 A61B18/1492 A61B2018/00333 A61B2018/00595 A61B2090/3784 A61B8/5207		
代理人(译)	刘新宇		
优先权	2014178308 2014-09-02 JP		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种超声波诊断装置，具备：振动元件以二维状排列而成的超声波振子(12)；波束形成器(23)，其驱动超声波振子(12)来进行三维扫描，并获取三维空间的超声波数据；延迟计算电路(24)，其设定波束形成器(23)的扫描条件；图形电路(27)，其根据三维空间的超声波数据来生成规定的切断面的超声波断层图像；以及CPU(29)，其使延迟计算电路(24)根据设定在期望位置处的切断面来变更扫描条件。

