



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112890870 A

(43) 申请公布日 2021.06.04

(21) 申请号 202011373365.0

(22) 申请日 2020.11.30

(30) 优先权数据

2019-219894 2019.12.04 JP

(71) 申请人 尼德克株式会社

地址 日本爱知县

(72) 发明人 三轮哲之 植村努

(74) 专利代理机构 北京信慧永光知识产权代理有限公司 11290

代理人 崔迎宾 李雪春

(51) Int.Cl.

A61B 8/10 (2006.01)

A61B 8/08 (2006.01)

A61B 8/00 (2006.01)

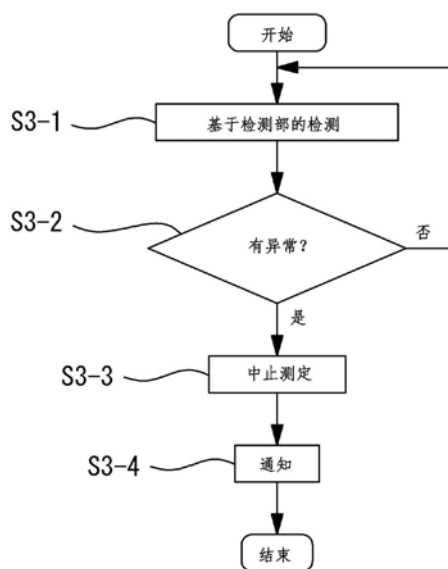
权利要求书1页 说明书12页 附图9页

(54) 发明名称

超声波眼压计

(57) 摘要

本发明提供一种超声波眼压计,在抑制对超声波的照射造成影响的同时监视超声波输出。超声波眼压计用于测定受检眼的眼压,具备:超声波产生部,具有振子,朝向所述受检眼产生超声波;检测部,检测所述超声波产生部的输出;以及控制部,监视所述检测部的检测信号,所述检测部配置在从所述超声波产生部朝向受检眼照射的超声波的照射路径之外。



1. 一种超声波眼压计, 用于测定受检眼的眼压, 具备:
超声波产生部, 具有振子, 朝向所述受检眼产生超声波;
检测部, 检测所述超声波产生部的输出; 以及
控制部, 监视所述检测部的检测信号,
所述检测部配置在从所述超声波产生部朝向所述受检眼照射的超声波的照射路径之外。

2. 根据权利要求1所述的超声波眼压计, 其中,
所述检测部配置在所述超声波产生部的侧方或者后方。

3. 根据权利要求1或2所述的超声波眼压计, 其中,
所述检测部是检测从所述超声波产生部产生的超声波的超声波传感器。

4. 根据权利要求1或2所述的超声波眼压计, 其中,
所述检测部是检测所述超声波产生部的位移的位移传感器。

5. 根据权利要求1至4中任一项所述的超声波眼压计, 其中,
所述控制部基于所述检测部的检测信号的大小判定所述超声波产生部有无异常。

6. 根据权利要求1至4中任一项所述的超声波眼压计, 其中,
所述控制部基于所述检测部的检测信号的频率判定所述超声波产生部有无异常。

7. 根据权利要求5或6所述的超声波眼压计, 其中,
所述超声波眼压计还具备存储部, 所述存储部存储在正常状态下从所述检测部输出的检测信号的初始值,

所述控制部通过对存储于所述存储部的初始值与检测值进行比较, 判定所述超声波产生部有无异常。

8. 根据权利要求5或6所述的超声波眼压计, 其中,
所述控制部基于所述检测信号的变化判定所述超声波产生部有无异常。

9. 根据权利要求1至8中任一项所述的超声波眼压计, 其中,
所述控制部使显示部显示所述检测部的检测状态。

10. 根据权利要求5至9中任一项所述的超声波眼压计, 其中,
所述超声波眼压计还具备通知部, 在由所述控制部判定为在所述超声波产生部有异常的情况下, 该通知部向检查者通知异常。

11. 根据权利要求5至10中任一项所述的超声波眼压计, 其中,
所述控制部在判定为所述超声波产生部有异常的情况下, 中断所述受检眼的测定。

12. 根据权利要求5至11中任一项所述的超声波眼压计, 其中,
所述控制部在判定为所述超声波产生部有异常的情况下, 使所述超声波产生部的控制变化。

13. 根据权利要求1至12中任一项所述的超声波眼压计, 其中,
所述控制部基于所述检测部的检测信号计算所述照射路径内的超声波的输出。

超声波眼压计

技术领域

[0001] 本公开的方式涉及使用超声波测定受检眼的眼压的超声波眼压计。

背景技术

[0002] 作为非接触式眼压计,一般还使用空气喷射式眼压计。空气喷射式眼压计通过检测向角膜喷射空气时的角膜的压平状态和向角膜喷射的空气压,从而将空气压换算成角膜处于规定的变形状态的情况下的眼压。

[0003] 另外,作为非接触式眼压计,提出有使用超声波测定眼压的超声波眼压计(参见日本特开平5-253190)。日本特开平5-253190的超声波式眼压计检测向角膜放射超声波时的角膜的压平状态和向角膜喷射的辐射压力,并且将该辐射压力换算成角膜处于规定的变形状态的情况下的眼压。

[0004] 另外,作为超声波眼压计,提出有基于来自角膜的反射波的特性(振幅、相位)与眼压的关系来测定眼压的装置(参见日本特开2009-268651)。

[0005] 在日本特开平5-253190的装置中,设有超声波输出测定用的超声波传感器,对超声波输出电平进行反馈控制。

[0006] 但是,在日本特开平5-253190所公开的装置中,超声波被超声波传感器遮挡。因此,难以对受检眼充分照射超声波。因而,难以对角膜适当地照射超声波。实际上,难以对受检眼施加使角膜扁平或者凹陷的程度的超声波。

发明内容

[0007] 本公开是鉴于以往的问题点而完成的。本发明的技术课题在于提供一种超声波眼压计,在抑制对超声波的照射造成影响的同时监视超声波输出。

[0008] 为了解决上述课题,本公开的方式具备以下的构成。

[0009] (1)一种超声波眼压计,用于测定受检眼的眼压,具备:超声波产生部,具有振子,朝向所述受检眼产生超声波;检测部,检测所述超声波产生部的输出;以及控制部,监视所述检测部的检测信号,所述检测部配置在从所述超声波产生部朝向受检眼照射的超声波的照射路径之外。

附图说明

[0010] 图1是本实施例的超声波眼压计的外观图。

[0011] 图2是表示本实施例的光学系统的示意图。

[0012] 图3是表示本实施例的控制系统的框图。

[0013] 图4是表示本实施例的控制动作的流程图。

[0014] 图5是表示变形检测系统的检测信号的图。

[0015] 图6是表示变形检测系统的检测信号的图。

[0016] 图7是表示本实施例的控制动作的流程图。

- [0017] 图8是表示变形检测系统的检测信号的图。
- [0018] 图9是表示本实施例的控制动作的流程图。
- [0019] 图10是表示显示部的显示的一个例子的图。

具体实施方式

[0020] <第1实施方式>

[0021] 以下,对本公开所涉及的第1实施方式进行说明。第1实施方式的超声波眼压计以非侵入方式测定受检眼的眼压。超声波眼压计例如基于向受检眼照射超声波时的角膜形状的变化或者来自受检眼的超声波的反射波来测定受检眼的眼压。

[0022] 超声波眼压计例如具备超声波产生部(例如超声波单元100)、检测部(例如检测部300)以及控制部(例如控制部70)。超声波产生部例如具有振子,朝向受检眼产生超声波。检测部例如检测超声波产生部的输出。检测部例如检测超声波、辐射压力或者振子的振动状况等。检测部输出与检测结果对应的检测信号。控制部接收检测部的检测信号。

[0023] 另外,检测部配置在照射路径之外。照射路径是从超声波产生部朝向受检眼的超声波的照射路径。照射路径例如是将超声波产生部的前表面与超声波的照射点(或者照射目标)连结的范围。通过在该范围的外侧配置检测部,从而能够使检测部成为向受检眼照射的超声波的障碍的可能性降低。

[0024] 例如,在将面向受检眼的方向设为超声波产生部的前方的情况下,检测部可以配置于超声波产生部的侧方或者后方。在该情况下,检测部从超声波产生部的侧方或者后方检测超声波产生部的输出。当然,检测部也可以配置于超声波产生部的内侧或者内部。例如,检测部可以配置于超声波产生部的开口部(例如开口部110),也可以组装于超声波产生部。

[0025] 另外,检测部可以是检测超声波的超声波传感器。在该情况下,检测部通过超声波传感器检测从振子产生的超声波。检测部检测泄漏到照射路径外(超声波产生部的侧方或者后方等)的超声波。超声波传感器如果配置在照射路径的附近或者超声波产生部的后方,则容易检测超声波。

[0026] 另外,检测部可以是位移传感器。在该情况下,检测部通过位移传感器检测振子的位移。控制部对由检测部检测到的振子的位移进行监视。另外,位移传感器例如可以是激光位移计那样的光学地检测位移的传感器。

[0027] 另外,控制部可以基于从检测部输出的检测信号的大小(强度)、振幅或者频率等判定超声波产生部有无异常。例如,控制部可以在检测信号的强度、振幅、频率等处于规定范围内的情况下判定为超声波产生部无异常。另外,控制部可以在检测信号的强度、振幅、频率等比规定范围大或者小的情况下判定为超声波产生部有异常。由此,能够自动地判定超声波产生部的异常。

[0028] 另外,控制部可以基于检测信号的初始值与检测信号的检测值的比较结果判定超声波产生部有无异常。初始值是在正常状态下从检测部输出的检测信号的值(强度、振幅或者频率等)。检测值是在对受检眼进行检查时从检测部输出的检测信号的值。初始值例如存储于设置于超声波眼压计的存储部(例如存储部74)。控制部例如可以在检测信号的初始值与检测信号的检测值之差处于规定范围内的情况下判定为超声波产生部无异常,也可以在

该差处于规定范围外的情况下判定为超声波产生部有异常。

[0029] 另外,控制部可以基于从检测部输出的检测信号的变化判定超声波产生部有无异常。例如,控制部可以在从检测部输出的检测信号变化了规定量以上的情况下判定为超声波产生部有异常。

[0030] 另外,控制部可以将检测部的检测状态显示于显示部(例如显示部75)。检查者能够通过确认显示部的检测状态判断是否正常照射超声波。

[0031] 另外,超声波眼压计可以还具备通知部。通知部向检查者通知超声波的输出有异常。通知部例如可以是显示部、扬声器、振动装置或者灯。例如,控制部在判定为超声波产生部有异常的情况下,通过向显示器的显示、来自扬声器的声音、振动装置的振动或者灯的点亮等向检查者通知超声波产生部的异常。由此,检查者能够掌握未正常照射超声波这一情况。

[0032] 另外,控制部也可以在判定为超声波产生部有异常的情况下,使受检眼的测定中断。由此,能够减少不必要的测定所花费的时间。另外,能够抑制向受检眼照射不必要的超声波。

[0033] 另外,控制部可以在判定为超声波产生部有异常的情况下使超声波产生部的控制变化。例如,控制部可以自动地使向超声波产生部施加的电压变化以使得向受检眼施加的辐射压力正常。在该情况下,控制部可以调整向超声波产生部施加的电压以使得来自检测部的检测信号的值回到正常值。由此,即便在超声波的输出异常的情况下,也能够立即使超声波的输出回到正常状态并进行测定。当然,能够任意选择有无对超声波产生部自动调整的功能。

[0034] 另外,控制部可以基于从检测部输出的检测信号推定照射路径内的超声波的输出。例如,控制部预先取得检测部的检测信号与在照射路径内传播的超声波的大小之间的相关关系。然后,控制部预先将表示该相关关系的数值表存储于存储部。控制部基于存储于存储部的数值表以及检测部的检测信号计算超声波的输出。由此,控制部能够监视在照射路径内传播的超声波的大小。

[0035] <第2实施方式>

[0036] 以下,对本公开所涉及的第2实施方式进行说明。第2实施方式的超声波眼压计例如具备超声波产生部、变形检测部(变形检测系统260)和控制部。超声波产生部朝向受检眼产生超声波。变形检测部检测角膜的变形状态。变形检测部例如光学地检测角膜的变形状态。例如,变形检测部可以设定为在角膜变形成规定形状的情况下检测信号的强度最大。另外,变形检测部可以通过拍摄图像检测角膜的变形状态。变形检测部输出与检测结果对应的检测信号。控制部对超声波产生部进行控制。

[0037] 控制部基于由变形检测部得到的检测信号停止超声波产生部的超声波照射。例如,控制部在基于检测信号检测到角膜变形至能够测定眼压的形状的情况下停止超声波的照射。这样,通过基于检测信号停止超声波的照射,能够抑制向受检眼照射必要以上的超声波。由此,能够抑制对受检者造成的不适感。

[0038] 另外,变形检测部有时被调整为,在角膜变形成能够测定眼压的形状即规定形状时,变形检测部的检测信号的强度变为最大。在该情况下,控制部可以基于检测信号的最大值(检测信号的强度的最大值)的出现停止超声波的照射。此处,所谓最大值例如是指:由变

形检测部得到的检测信号整体当中的最大的强度。例如,控制部可以在检测信号的最大值出现的情况下停止超声波的照射。

[0039] 例如,控制部可以将检测信号的极大值(检测信号的强度的极大值)视为最大值,在检测信号的极大值出现的情况下停止超声波。但是,存在由于变形检测部的误检测而出现多个检测信号的极大值的情况。因此,控制部可以执行用于确认检测信号的极大值是否被视为最大值的处理。

[0040] 在即使检测信号的强度成为最大值之后也还继续超声波的照射的情况下,声辐射压力变大,角膜从规定形状更大地变形。因此,检测信号的强度应该降低。因此,控制部可以在检测信号的强度成为极大值之后还继续超声波的照射。在该情况下,控制部可以在检测信号的强度降低了规定量的情况下将极大值视为最大值。然后,控制部可以在检测信号的极大值出现时停止超声波的照射。由此,控制部能够抑制基于误检测而得的非最大的极大值停止超声波的情况发生。

[0041] 另外,控制部可以在检测信号的强度成为极大值后在规定时间内检测信号的最大值未被更新的情况下停止超声波的照射。也就是说,在检测信号的强度在规定时间内持续衰减的情况下,控制部可以判定为在检测信号衰减之前的时刻角膜已变形成规定形状,并停止超声波的照射。

[0042] 另外,控制部可以基于到检测信号成为极大值为止的超声波的照射时间计算眼压。例如,超声波的照射时间与受检眼产生的声辐射压力之间具有相关性。因而,控制部可以基于与超声波的照射时间对应的声辐射压力的大小计算受检眼的眼压。例如,可以针对各眼压的受检眼预先测定角膜变形成规定形状时的声辐射压力的大小,将声辐射压力与眼压之间的对应关系存储于存储部。然后,控制部基于存储于存储部的对应关系决定受检眼的眼压。

[0043] 另外,控制部可以在检测信号具有多个极大值的情况下,将多个极大值当中最大的极大值(也就是说最大值)出现的时刻作为基准来计算眼压。也就是说,控制部可以基于检测信号的强度成为最大值时的超声波的照射时间来计算眼压。另外,控制部可以在检测信号具有多个极大值的情况下,基于检测信号的强度成为各极大值时的照射时间的统计(例如平均等)来计算眼压。

[0044] <第3实施方式>

[0045] 以下,对本公开所涉及的第3实施方式进行说明。第3实施方式的超声波眼压计具备超声波产生部以及控制部。超声波产生部朝向受检眼产生超声波。控制部对超声波产生部进行控制。如果超声波产生部向受检眼照射超声波并经过规定的照射时间,则控制部停止超声波的照射。由此,超声波眼压计能够降低对受检者造成的不适感。

[0046] 另外,超声波眼压计可以还具备变形检测部,该变形检测部检测受检眼的角膜的变形状态。变形检测部输出与检测结果对应的检测信号。控制部可以基于由变形检测部得到的检测信号判定角膜是否变形成能够测定眼压的规定形状。控制部可以在检测到角膜已变形成规定形状的情况下,基于由变形检测部得到的检测信号计算受检眼的眼压。另外,控制部可以在未检测到角膜已变形成规定形状的情况下变更下一次照射的超声波的照射时间。例如,控制部可以延长下一轮的超声波照射时间。

[0047] 在向受检眼照射超声波的情况下,照射时间长可能对受检者造成不适感。例如,在

以10毫秒(msec)以上照射超声波的情况下,对受检者造成不适感。因此,控制部可以为了抑制对受检者造成不适感,在第一次的测定中以10msec以下进行超声波照射,在第一次的测定中变形检测部得到的检测信号未出现峰值的情况下,在第二次以后的测定中以10msec以上照射超声波。另外,在第一次的测定中,控制部可以以2msec以下进行超声波的照射。由此,能够进一步降低对受检者造成不适感的可能性。

[0048] 另外,控制部可以在由变形检测部检测到角膜已变形成规定形状的情况下,基于变形检测部得到的检测信号计算受检眼的眼压。此外,控制部可以在未检测到角膜已变形成规定形状的情况下,在下一次照射超声波时变更照射输出(照射强度)。这样,控制部可以通过逐渐增大超声波的输出直至能够测定为止,从而减小对受检者造成的不适感。

[0049] 另外,控制部可以在从上一轮的照射起10msec以内向受检眼照射下一轮的超声波。由此,能够缩短测定时间。另外,控制部可以从上一轮的照射起隔开1~2msec左右的间隔向受检眼照射下一轮的超声波。由此,超声波眼压计能够降低对受检者造成不适感的可能性。

[0050] <实施例>

[0051] 以下,对本公开所涉及的实施例进行说明。本实施例的超声波眼压计例如使用超声波以非接触方式测定受检眼的眼压。

[0052] 图1表示本实施例的超声波眼压计1的外观。超声波眼压计1例如具备基台2、测定部3、脸支承部4以及驱动部5等。将在后面对测定部3进行说明。脸支承部4支承受检眼的脸。脸支承部4例如设置于基台2。驱动部5例如为了对准而使测定部3相对于基台2移动。

[0053] 图2是测定部3的主要构成的示意图。测定部3例如进行受检眼的测定以及观察等。测定部3例如具备超声波单元100、光学单元200以及检测部300等。使用图2依次对超声波单元100、光学单元200以及检测部300进行说明。

[0054] 超声波单元100例如向受检眼E照射超声波。例如,超声波单元100对角膜照射超声波,使角膜产生声辐射压力。声辐射压力例如是沿着音波行进的方向作用的力。本实施例的超声波眼压计1例如利用该声辐射压力使角膜变形。超声波单元100例如具备超声波元件。超声波元件例如产生超声波。例如,超声波元件可以是压电元件(例如压电陶瓷)或者磁致伸缩元件等。

[0055] 另外,超声波单元100可以具备开口部110。例如,开口部110可以形成为使来自后述的光学单元200的光通过。

[0056] 超声波单元100可以是螺栓紧固郎之万型振子(Bolt-clamped Langevin-type Transducer:BLT)。BLT例如通过由金属块夹紧层积的2个压电元件并将其螺栓紧固而形成。由此,压电元件的拉伸强度增强。因此,压电元件也能够耐受因震荡而引起的大拉伸应力。另外,超声波单元100可以是参量扬声器。参量扬声器例如可以包括并列的多个超声波元件。

[0057] 光学单元200例如进行受检眼的观察或者测定等。光学单元200例如具备物镜系统210、观察系统220、固视目标投影系统230、指标投影系统250、变形检测系统260、分色镜201、分束器202、分束器203以及分束器204等。

[0058] 物镜系统210例如是用于将来自测定部3之外的光取入光学单元200或者用于将来自光学单元200的光向测定部3之外照射的光学系统。物镜系统210例如具备光学元件。物镜

系统210可以具备光学元件(对物透镜、中继透镜等)。

[0059] 照明光学系统240对受检眼进行照明。照明光学系统240例如通过红外光对受检眼进行照明。照明光学系统240例如具备照明光源241。照明光源241例如配置于受检眼的斜前方。照明光源241例如射出红外光。照明光学系统240可以具备多个照明光源241。

[0060] 观察系统220例如拍摄受检眼的观察图像。观察系统220例如拍摄受检眼的前眼部图像。观察系统220例如具备受光透镜221以及受光元件222等。观察系统220例如接受被受检眼反射的、从照明光源241产生的光。观察系统例如接受以光轴01为中心的、来自受检眼的反射光束。例如,来自受检眼的反射光经过超声波单元100的开口部110后,经由物镜系统210以及受光透镜221被受光元件222接受。

[0061] 固视目标投影系统230例如向受检眼投影固视目标。固视目标投影系统230例如具备视标光源231、光圈232、投光透镜233以及光圈234等。来自视标光源231的光沿着光轴02行进,经过光圈232、投光透镜233以及光圈234等被分色镜201反射。分色镜201例如使固视目标投影系统230的光轴02与光轴01同轴。被分色镜201反射的、来自视标光源231的光沿着光轴01行进,经过物镜系统210照射至受检眼。固视目标投影系统230的视标被受检者固视,因此受检者的视线稳定。

[0062] 指标投影系统250例如向受检眼投影指标。指标投影系统250向受检眼投影XY对准用的指标。指标投影系统250例如具备指标光源(例如可以是红外光源)251、光圈252以及投光透镜253等。来自指标光源251的光沿着光轴03行进,经过光圈252以及投光透镜253被分束器202反射。分束器202例如使指标投影系统250的光轴03与光轴01同轴。被分束器202反射的、来自指标光源251的光沿着光轴01行进,经过物镜系统210后被照射至受检眼。照射至受检眼的、来自指标光源251的光被受检眼反射,再沿着光轴01行进,经过物镜系统210以及受光透镜221等被受光元件222接受。被受光元件接受的指标例如利用于XY对准。在该情况下,例如指标投影系统250以及观察系统220作为XY对准检测部发挥功能。

[0063] 变形检测系统260例如检测受检眼的角膜形状。变形检测系统260例如检测受检眼的角膜的变形。变形检测系统260例如具备受光透镜261、光圈262以及受光元件263等。变形检测系统260例如可以基于被受光元件263接受的角膜反射光检测角膜的变形。例如,变形检测系统260可以由受光元件263接受通过由受检眼的角膜反射来自指标光源251的光而得到的光,从而检测角膜的变形。例如,角膜反射光沿着光轴01行进,经过物镜系统210被分束器202以及分束器203反射。然后,角膜反射光沿着光轴04行进,经过受光透镜261以及光圈262被受光元件263接受。

[0064] 变形检测系统260例如可以基于受光元件236的受光信号的大小检测角膜的变形状态。例如,变形检测系统260可以在受光元件236的受光量成为最大时检测为角膜成为压平状态。在该情况下,例如,变形检测系统260被设定为在受检眼的角膜成为压平状态时受光量成为最大。

[0065] 另外,变形检测系统260可以是OCT或者沙伊姆普夫卢格相机(Scheimplug camera)等前眼部断面像摄像单元。例如,变形检测系统260可以检测角膜的变形量或者变形速度等。

[0066] 角膜厚度测定系270例如测定受检眼的角膜厚度。角膜厚度测定系270例如可以具备测定光源271、投光透镜272、光圈273、受光透镜274以及受光元件275等。来自测定光源

271的光例如沿着光轴05行进,经过投光透镜272以及光圈273后照射至受检眼。然后,被受检眼反射的反射光沿着光轴06行进,被受光透镜274聚光,被受光元件275接受。

[0067] Z对准检测系统280例如检测Z方向的对准状态。Z对准检测系统280例如具备受光元件281。Z对准检测系统280例如可以通过检测来自角膜的反射光而检测Z方向的对准状态。例如,Z对准检测系统可以接受通过由受检眼的角膜反射来自测定光源271的光而得到的反射光。在该情况下,Z对准检测系统280例如可以接受通过受检眼的角膜反射来自测定光源271的光而形成的亮点。这样,测定光源271可以兼做Z对准检测用的光源使用。例如,被角膜反射的、来自光源271的光沿着光轴06行进,被分束器204反射后被受光元件281接受。

[0068] <检测部>

[0069] 检测部300例如检测超声波单元100的输出。检测部300例如是超声波传感器、位移传感器以及压力传感器等传感器。超声波传感器检测从超声波单元100产生的超声波。位移传感器检测超声波单元100的位移。位移传感器可以通过持续检测位移而检测超声波单元100产生超声波时的振动。

[0070] 如图2所示,检测部300配置于超声波的照射路径A之外。照射路径A例如是将超声波单元的前表面F与超声波的照射目标Ti连结的区域。检测部300例如配置于超声波单元100的侧方或者后方等。如本实施例所示,在检测部300配置于侧方的情况下,容易进行观察系统220中的受检眼的观察。在作为检测部300使用超声波传感器的情况下,检测部300检测从超声波单元100的侧方或者后方泄漏的超声波。在作为检测部300使用位移传感器的情况下,检测部300从超声波单元100的侧方或者后方检测超声波单元100的位移。位移传感器例如向超声波单元100照射激光,并基于反射的激光检测超声波单元100的位移。检测部300输出与检测结果对应的检测信号。从检测部300输出的检测信号被发送到控制部。

[0071] <控制部>

[0072] 接下来,使用图3对控制系统的构成进行说明。控制部70例如进行装置整体的控制以及测定值的运算处理等。控制部70例如通过普通的CPU (Central Processing Unit) 71、ROM72以及RAM73等实现。在ROM72中存储有用于对终端装置10的动作进行控制的各种程序以及初始值等。RAM73暂时存储各种信息。另外,控制部70可以由1个控制部或者多个控制部(也就是说多个处理器)构成。控制部70例如可以与存储部74、显示部75、操作部76、超声波单元100、光学单元200以及检测部300等连接。控制部70接收来自检测部300的检测信号。

[0073] 存储部74是即使被切断电源供给也能够保持存储内容的非暂时性的存储介质。例如,能够将硬盘驱动器、闪存ROM或者可拆装USB存储器等作为存储部74使用。

[0074] 显示部75例如显示受检眼的测定结果。显示部75可以具备触摸面板功能。

[0075] 操作部76接受检查者做出的各种操作指示。操作部76向控制部70输出与检查者输入的操作指示对应的操作信号。例如可以使用触摸面板、鼠标、操纵杆或者键盘等中的至少任一个用户接口作为操作部76。另外,在显示部75是触摸面板的情况下,显示部75可以作为操作部76发挥功能。

[0076] <控制动作>

[0077] 对具备以上构成的超声波眼压计1的控制动作进行说明。首先,控制部70进行测定部3相对于脸支承于脸支承部4的受检者的受检眼的对准。例如,控制部70根据由受光元件222取得的前眼部图像检测由指标投影系统250形成的亮点。控制部70对驱动部5进行驱动,

以使得亮点的位置成为规定的位置。当然,检查者可以一边观察显示部75一边使用操作部76等手动地进行相对于受检眼的对准。控制部70在对驱动部5进行驱动后,通过前眼部图像的亮点的位置是否成为规定的位置来判定对准是否适当。

[0078] 在相对于受检眼E的对准完成后,控制部70通过角膜厚度测定系270测定角膜厚度。例如,控制部70基于由受光元件275接受的受光信号计算角膜厚度。例如,控制部70可以基于受光信号,根据角膜表面的反射光的峰值与角膜背面的反射光的峰值之间的位置关系求出角膜厚度。控制部70例如将所求出的角膜厚度存储于存储部74等。

[0079] 接下来,控制部70使用超声波单元100测定受检眼的眼压。例如,控制部70对超声波元件施加电压,向受检眼E照射超声波。控制部70例如通过由超声波产生声辐射压力而使角膜变形。然后,控制部70通过变形检测系统260检测角膜的变形状态。例如,控制部70基于受光元件263的受光信号检测角膜变形成规定形状(压平状态或者扁平状态)。

[0080] 控制部70例如基于受检眼的角膜变形成规定形状时的声辐射压力计算受检眼的眼压。向受检眼施加的声辐射压力与超声波的照射时间相关联,随着超声波的照射时间变长而变大。因而,控制部70基于超声波的照射时间求出角膜变形成规定形状时的声辐射压力。预先通过实验等求出角膜变形成规定形状时的声辐射压力与受检眼的眼压之间的关系,并存储于存储部74等。控制部70基于角膜变形成规定形状时的声辐射压力与存储于存储部74的关系决定受检眼的眼压。

[0081] 当然,作为眼压的计算方法,不限于上述说明,可以采用多种方法。例如,控制部70可以通过由变形检测系统260求出角膜的变形量,对变形量乘以换算系数,从而求出眼压。另外,控制部70例如也可以根据存储于存储部74的角膜厚度校正计算出的眼压值。

[0082] <超声波的照射控制>

[0083] 以下,基于图4的流程图对进行眼压测定时的超声波的照射控制进行说明。图4表示从角膜测定结束后到眼压计算前的控制。

[0084] (步骤S1-1:照射超声波)

[0085] 在步骤S1-1中,控制部70通过超声波单元100产生超声波。所产生的超声波被照射至受检眼。由于通过超声波对受检眼施加声辐射压力,因此角膜变形。变形检测系统260检测角膜的变形,向控制部70发送与检测结果对应的检测信号。

[0086] (步骤S1-2:取得检测信号)

[0087] 在步骤S1-2中,控制部70从变形检测系统260取得检测信号。

[0088] (步骤S1-3:检测信号的降低判定)

[0089] 在步骤S1-3中,在检测信号的强度成为极大值后,控制部70判定检测信号的强度是否降低了规定量。例如,如图5所示,控制部70将信号强度的极大值与成为极大值后的信号强度的最小值之差D和规定量 D_a 进行比较。控制部70在差D小于规定量 D_a 的情况下进入步骤S1-4。控制部70在差D大于规定量 D_a 的情况下进入步骤S1-5。例如,在图5的时刻T1的情况下,检测信号的极大值P1与在极大值P1出现以后的最小值M1之差D小于规定量 D_a 。因此,控制部70进入步骤S1-4。在图5的时刻T2的情况下,检测信号的最大值被更新成大于极大值P1的极大值P2。由于极大值P2与在极大值P2出现以后的最小值M2之差D大于规定量 D_a ,因此控制部70进入步骤S1-5。

[0090] (步骤S1-4:经过规定时间的判定)

[0091] 在步骤S1-4中,控制部70判定从检测信号的最大值被更新起是否经过了规定时间Ta。例如,如图6所示,控制部70将从最大值被更新的时刻到当前为止的经过时间T与规定时间Ta进行比较。控制部70在经过时间T比规定时间Ta长的情况下进入步骤S1-5。控制部70在经过时间T比规定时间Ta短的情况下回到步骤S1-2。在图6的时刻T4的情况下,从检测出最近的最大值亦即极大值P1的时刻T3起的经过时间Tb比规定时间Ta短。因此,控制部70回到步骤S1-2。在图6的时刻T6的情况下,检测出最近的最大值亦即极大值P2的时刻T5起的经过时间Tc比规定时间Ta长。因此,控制部70进入步骤S1-5。

[0092] (步骤S1-5:停止超声波)

[0093] 在步骤S1-5中,控制部70控制超声波单元100而使超声波停止,转移到眼压的计算。

[0094] 如上所述,控制部70通过基于检测信号停止超声波的照射,从而能够抑制向受检眼照射必要以上的超声波。因而,能够抑制对受检者造成不适感的可能性。

[0095] 在以往的空气喷出式装置中,为了避免向受检眼喷射多余的空气,而在角膜变形成规定形状前停止空气喷出部的驱动,然后通过活塞的惯性喷出空气。但是,在超声波式的情况下,如果在角膜变形开始的阶段停止超声波单元100的驱动,则超声波的照射立即结束,因此难以得到使角膜变形成规定状态的程度的声辐射压力。因此,如本实施例那样,控制部70通过确认检测信号的强度在成为极大值后降低规定量,从而能够容易地判定检测到的极大值是因基于误检测而引起的,还是因角膜变形成规定形状而引起的。由此,能够降低超声波的照射时间不足而导致眼压测定不准确的可能性。

[0096] 另外,如步骤S1-4所示,通过对到检测信号的最大值被更新为止的时间设置限制,从而能够抑制超声波的照射不必要地延长。

[0097] <超声波停止的变形例>

[0098] 另外,控制部70可以对进行眼压测定时的超声波的照射控制执行图7的流程图所示的控制动作。图7所示的控制动作与图4的控制动作相比停止超声波的时机不同。另外,图7表示从角膜测定结束后到眼压的计算前为止的控制。

[0099] (步骤S2-1:照射超声波)

[0100] 在步骤S2-1中,控制部70通过超声波单元100产生超声波。所产生的超声波被照射至受检眼。由于通过超声波对受检眼施加声辐射压力,因此角膜变形。变形检测系统260检测角膜的变形,向控制部70发送与检测结果对应的检测信号。

[0101] (步骤S2-2:停止超声波)

[0102] 在步骤S2-2中,控制部70当经过规定的照射时间时,控制超声波单元100使超声波停止。

[0103] (步骤S2-3:有无极大值的判定)

[0104] 在步骤S2-3中,控制部70监视从变形检测系统260接收到的检测信号的变化(强度变化),判定检测信号的极大值的有无。例如,控制部70计算相对于时间的检测信号的曲线图的斜率,基于该斜率的正负判定有无极大值。当然,控制部70可以仅基于检测信号的强度的增减判定有无极大值。另外,也可能由于误检测而出现极大值。因此,控制部70可以在超声波照射结束的时刻判定是否存在成为最大值的极大值。在该情况下,例如,控制部70在判定为超声波照射结束的时刻不存在成为最大值的极大值的情况下,进入步骤S2-4,在判定

为存在成为最大值的极大值的情况下,转移到眼压的计算。另外,控制部70可以如前述的实施例那样采用“检测信号的强度在成为极大值后是否降低规定量”作为判定基准。

[0105] (步骤S2-4:变更照射时间)

[0106] 在步骤S2-4中,控制部70在检测信号未出现峰值的情况下延长照射时间。例如,如图8所示,在超声波的第一次照射中,在以照射时间Td照射了超声波的情况下,未检测到检测信号的极大值P1。在该情况下,控制部70将超声波的照射时间Td变更为照射时间Te。在本实施例中,照射时间Te被设定为用于求出在超声波眼压计1中能够测定的最大眼压的照射时间。

[0107] 控制部70如果变更照射时间则回到步骤S2-1。在步骤S2-1以及步骤S2-2中,控制部70再次通过超声波单元100以照射时间Te向受检眼照射超声波。如上所述,在已将超声波的照射时间变更为最大照射时间Te的情况下,在步骤S2-3中,检测信号出现极大值P1(参见图8)。

[0108] 如上所述,通过使超声波的照射停止预先设定的照射时间,能够降低对正常眼压的受检者造成的不适感。

[0109] 另外,控制部70可以不实施如上述那样在最初的照射时间变更中将照射时间变更为最大照射时间Te。控制部70可以每当重复步骤S2-1~S2-4的处理时,逐渐延长照射时间。由此,在超声波眼压计1中,能够使受检者逐渐察觉照射超声波的感觉。因而,能够在受检者的恐惧心理减弱的状态下进行测定。

[0110] 另外,控制部70可以将从上一次超声波照射到下一次超声波照射的照射间隔设定为10msec以内。由此,能够不对受检眼造成不适感而以更短时间进行测定。

[0111] 另外,在测定时的对准偏移的情况下或者由于受检者的眨眼等而未进行正常测定的情况下,控制部70也可以在步骤S2-4中不变更超声波的照射时间。例如,控制部70可以基于超声波照射时的、由观察系统220拍摄到的前眼部图像或者Z对准检测系统280的检测结果,检测对准的偏移或者受检者的眨眼。在检测到对准的偏移或者眨眼的情况下,控制部70可以以相同照射时间再次进行测定。这样,在认为存在超声波的输出以外的、角膜不变形的主要原因的情况下,控制部70能够通过维持超声波的照射时间,抑制在下次测定中必要以上地照射超声波。

[0112] <超声波的监视>

[0113] 接下来,基于图9的流程图对关于眼压测定时的超声波输出的监视的控制动作进行说明。控制部70在通过超声波单元100照射超声波时执行以下的处理,监视超声波输出。

[0114] (步骤S3-1:基于检测部的检测)

[0115] 在步骤S3-1中,检测部300检测从超声波单元100的侧面泄漏的超声波,将与检测结果对应的检测信号发送到控制部70。另外,如图10所示,控制部70可以使检测信号显示于显示部75。由此,检查者能够通过确认显示部75的检测状态判断是否正常照射超声波。

[0116] (步骤S3-2:有无异常的判定)

[0117] 在步骤S3-2中,控制部70基于从检测部300接收到的检测信号的大小判定超声波单元100有无异常。例如,控制部70基于存储于存储部74的检测信号的初始值与测定时的检测信号的检测值的比较结果,判定超声波单元100有无异常。初始值例如是在超声波单元100正常的状态下从检测部300输出的检测信号的大小的值。控制部70例如如果检测值与初

始值之差在正常范围内,则判定为超声波单元100无异常,如果该差在正常范围外,则判定为超声波单元100有异常。正常范围存储于存储部74,可以由检查者适当设定。控制部70在判定为超声波单元100有异常的情况下进入步骤3-3,在判定为无异常的情况下回到步骤3-1继续超声波的检测。

[0118] (步骤S3-3:测定中止)

[0119] 在步骤S3-3中,控制部70中止由超声波单元100产生超声波而中断测定。由此,能够缩短不准确的测定所花费的时间。另外,能够抑制向受检眼照射不必要的超声波。

[0120] (步骤S3-4:通知)

[0121] 在步骤S3-4中,控制部70向检查者通知超声波单元100有异常。例如,如图10所示,控制部70使显示部75显示超声波有异常的内容的警告79。检查者通过确认显示部75的显示,能够掌握未正常照射超声波。另外,不限于向显示部75的显示,控制部70可以通过扬声器的声音、振动装置的振动或者灯的点亮等向检查者通知超声波单元100的异常。

[0122] 例如,在检测部300配置于照射路径A(参见图2)的情况下,超声波可能由于检测部300而变得紊乱,难以向受检眼照射足够输出的超声波。在该情况下,由于难以使受检眼充分变形,因此,难以适当地测定眼压。但是,如上所述,通过将检测部300配置于超声波的照射路径A之外,能够抑制向受检者照射的超声波被检测部300遮挡的情况。因而,除了监视超声波的输出之外,还能够照射足够使受检眼变形的超声波。由此,在超声波眼压计1中,能够监视超声波输出的过量或不足,并且能够安全地进行眼压测定。

[0123] 另外,控制部70在判定为超声波单元100有异常的情况下,可以使超声波单元100的控制变化。例如,控制部70可以使向超声波单元100施加的电压自动地变化,以使得向受检眼施加的辐射压力正常。在该情况下,控制部70可以调整向超声波单元100施加的电压,以使得来自检测部300的检测信号的值回到正常值。由此,控制部70即便在超声波的输出异常的情况下也能够立即使超声波的输出回到正常状态进行测定。当然,可以能够任意选择有无针对超声波单元100的自动调整。

[0124] 另外,在以上的说明中,控制部70基于与检测信号的初始值的比较判定超声波单元100有无异常。但是,超声波单元100有无异常的判定方法并不限于此。例如,也可以预先设定检测信号的正常范围,控制部70基于检测信号是否进入正常范围内来判定超声波单元100有无异常。

[0125] 另外,控制部70可以基于从检测部300输出的检测信号的变化判定超声波单元100有无异常。例如,控制部70在从检测部300输出的检测信号相比规定的变化量有更大变化的情况下,判定为超声波单元100有异常。例如,控制部70在检测信号变化了30%以上的情况下,判定为超声波单元100有异常。

[0126] 另外,控制部70基于从检测部300输出的检测信号推定照射路径A中的超声波的输出。例如,在超声波的照射目标Ti的位置设置超声波传感器。然后,求出由超声波传感器检测到的超声波的大小与从检测部300输出的检测信号的大小之间的相关关系。进而,预先将表示该相关关系的数值表存储于存储部74。在该情况下,控制部70基于存储于存储部74的数值表将检测部300的检测信号的大小换算成超声波的输出值。由此,控制部70能够监视在照射路径A中传播的超声波的大小。

[0127] 另外,以上的实施例设想超声波的输出是固定值的情况。与此相关,超声波眼压计

1可以构成能够调整超声波的输出值。例如,超声波可以以其输出逐渐增大的方式被输出。在这样的情况下,控制部70可以基于检测部300的检测信号检测超声波输出的变化。

[0128] 另外,如图6所示,在检测信号具有多个极大值(极大值P1、P2)的情况下,控制部70可以以检测信号的强度成为最大的极大值(例如极大值P2的时刻(例如时刻T5)为基准计算眼压。或者,控制部70可以以出现多个极大值的时刻(例如图6的时刻T3、T5)的平均时刻等为基准计算眼压。上述的眼压的计算方法可以由检查者适当地设定。

[0129] 另外,控制部70可以将检测部300的检测结果利用于眼压的测定。例如,控制部70可以基于由检测部300得到的检测信号校正基于超声波的照射时间计算出的眼压。由此,控制部70即便在超声波单元100的输出不稳定的情况下也能够更准确地计算受检眼的眼压。

[0130] 另外,控制部70可以基于被受检眼反射的超声波测定眼压。例如可以基于被受检眼反射的超声波的特性变化测定眼压。或者,控制部70可以从被受检眼反射的超声波取得角膜的变形量,基于该变形量测定眼压。

[0131] 附图标记说明:

[0132] 1:超声波眼压计;2:基台;3:测定部;4:脸支承部;70:控制部;100:超声波单元;200:光学单元;300:检测部。

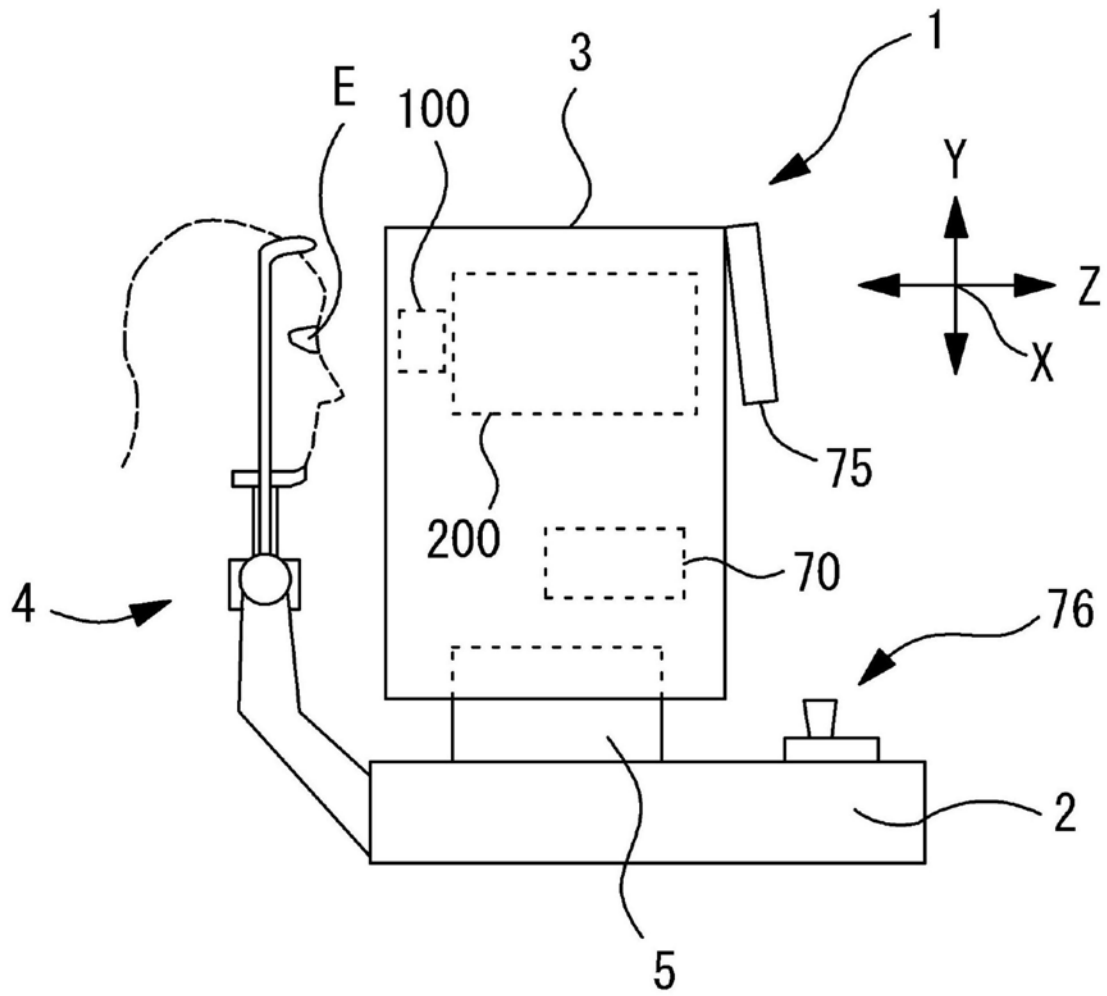


图1

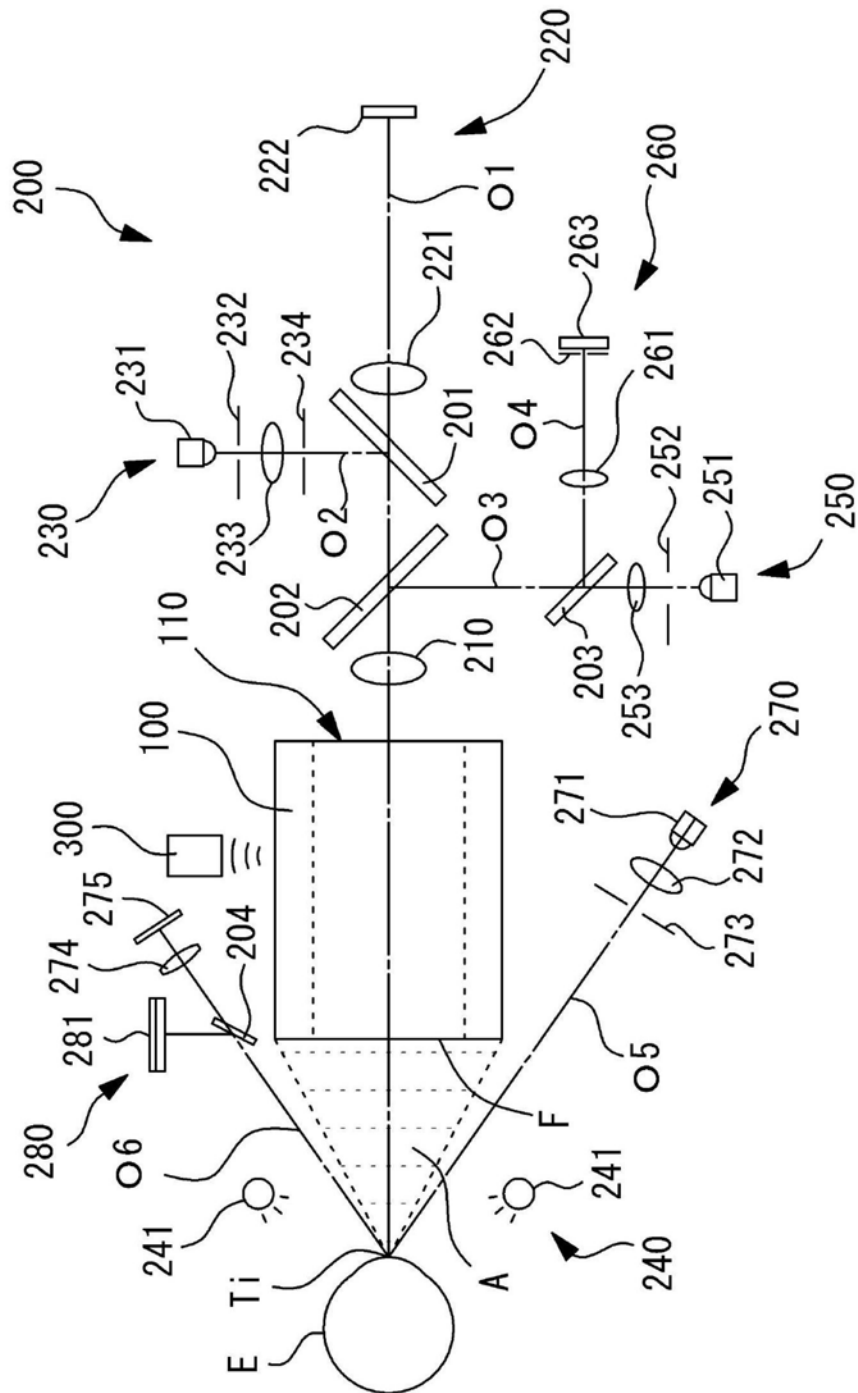


图2

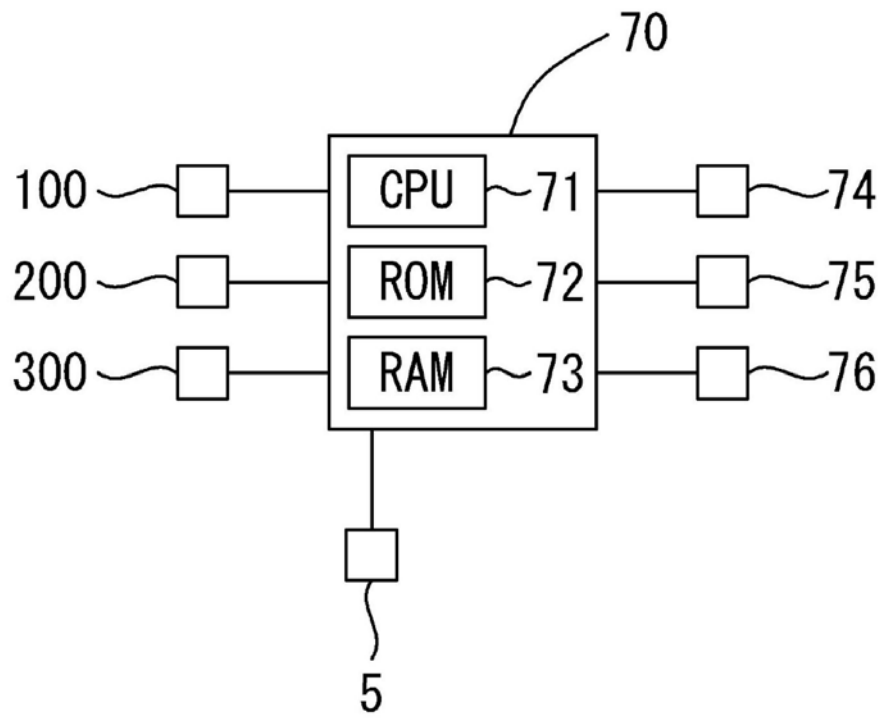


图3

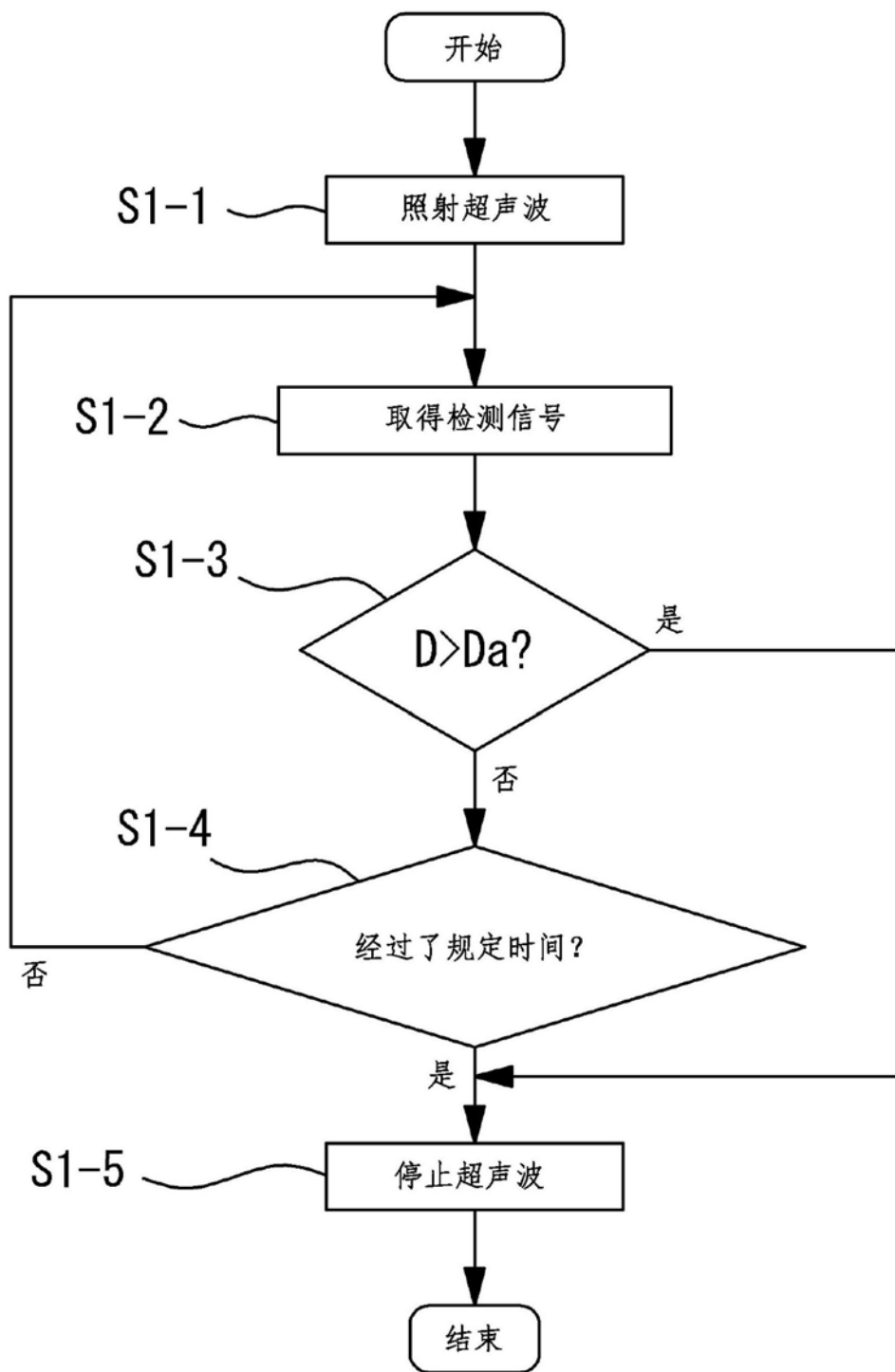


图4

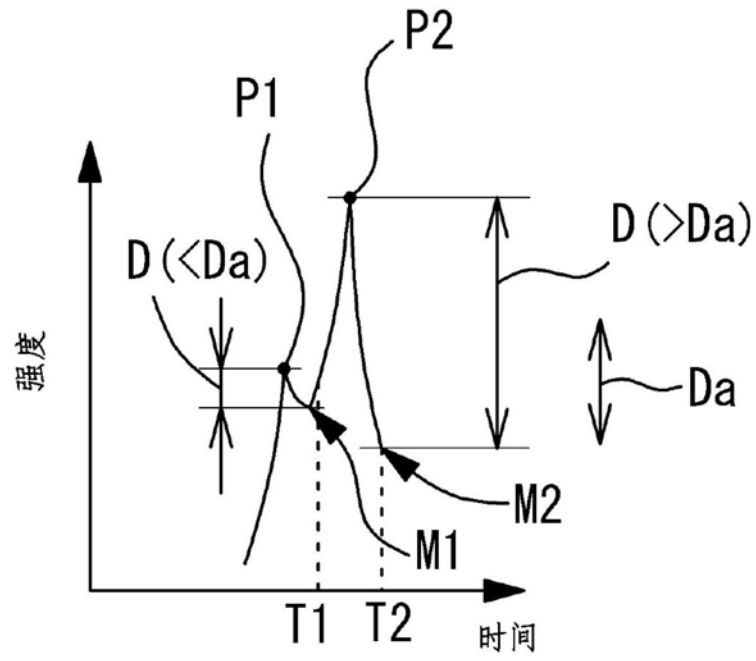


图5

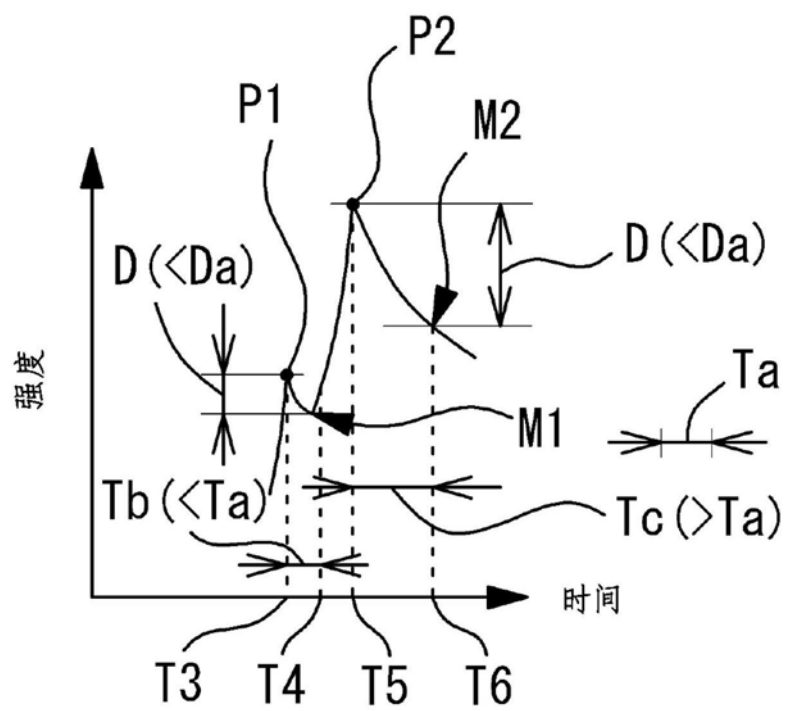


图6

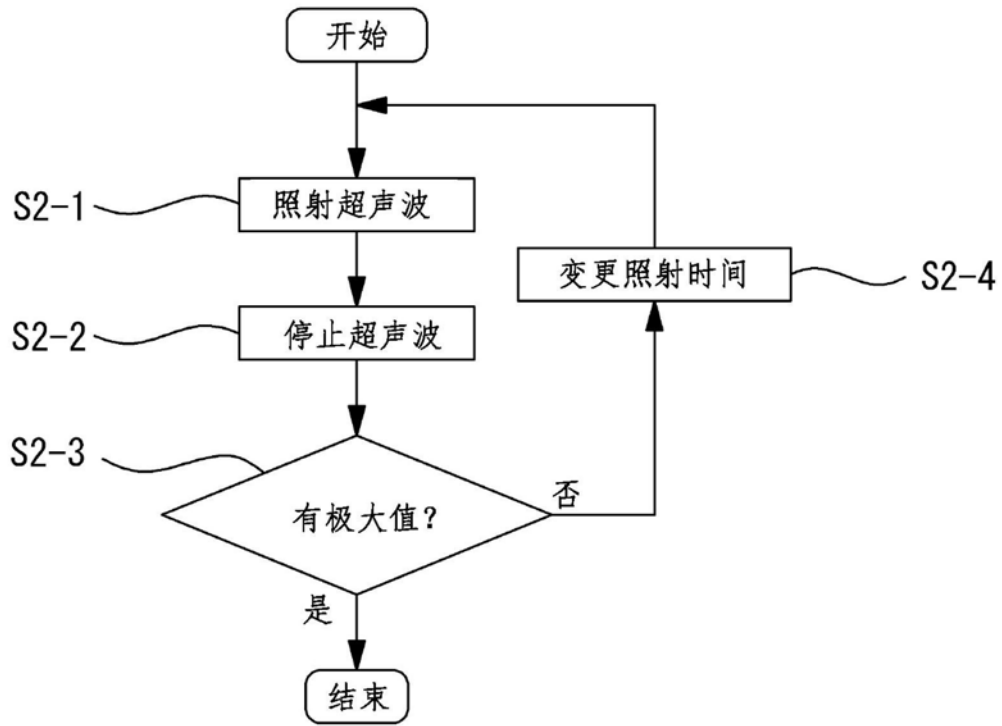


图7

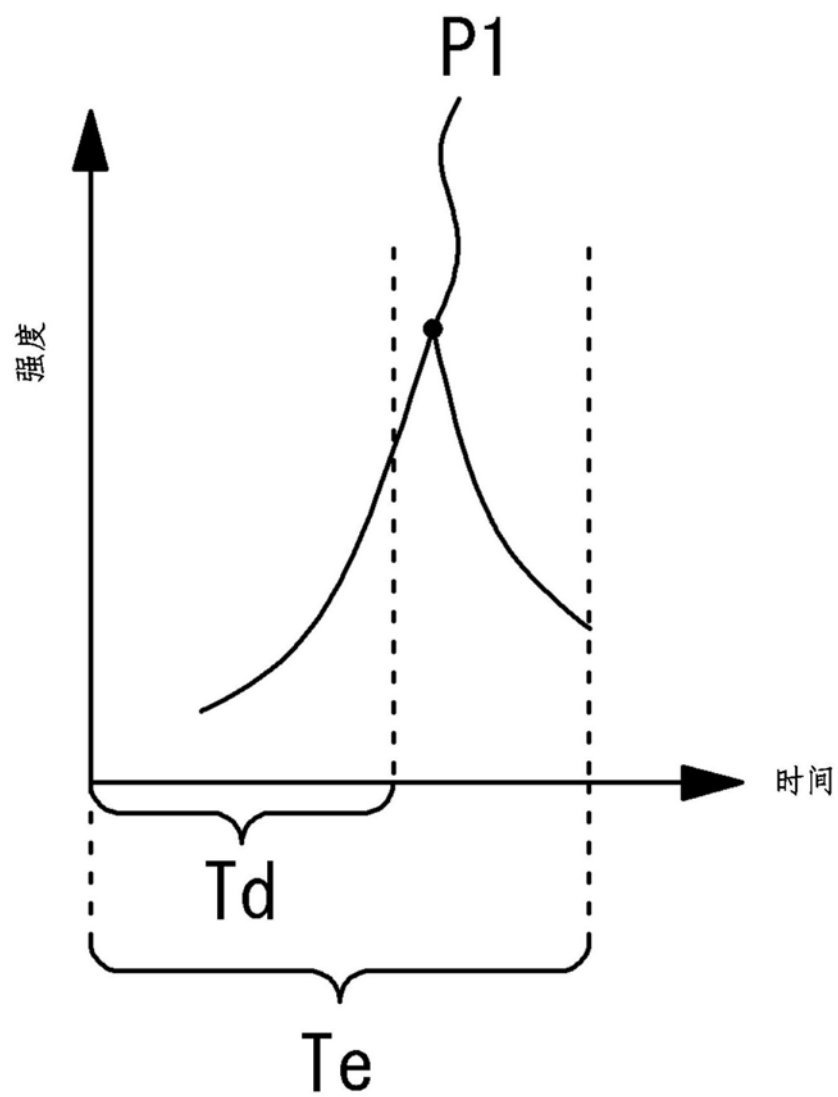


图8

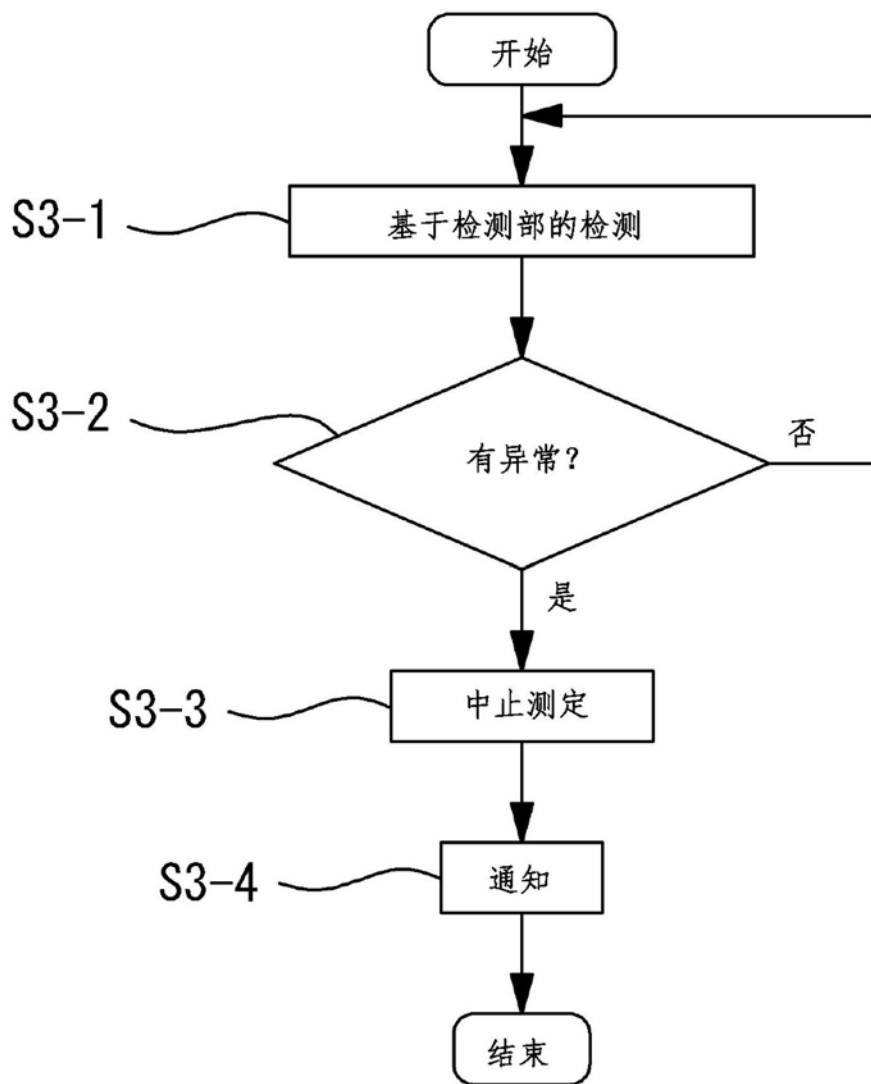


图9

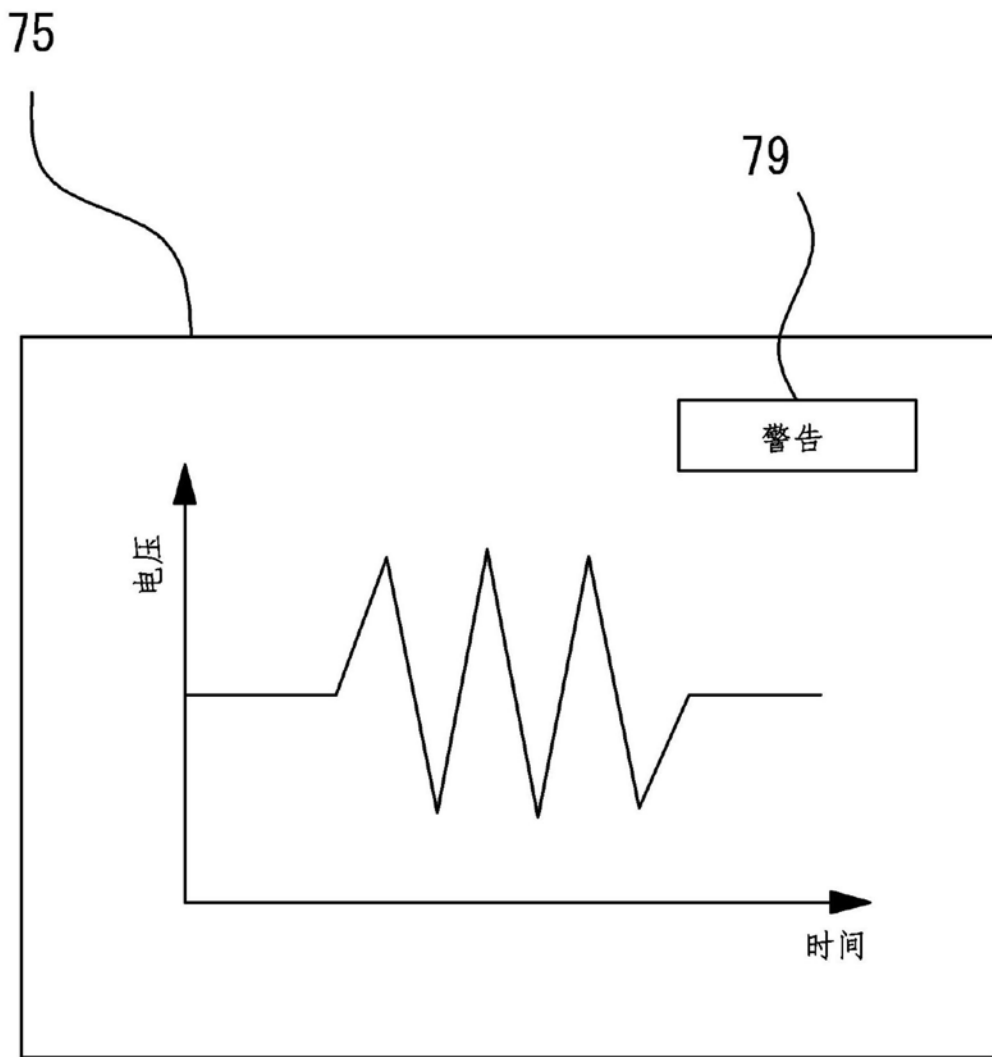


图10