(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 116997820 A
(43)申请公布日 2023.11.03

(21)申请号 202280020080.X

(22)申请日 2022.02.15

(30)优先权数据
2021-057407 2021.03.30 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2023.09.08

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/005824 2022.02.15

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2022/209367 JA 2022.10.06

(71)申请人 松下知识产权经营株式会社
地址 日本大阪府

(72)发明人 加藤弓子 菊池孝平 鸣海建治
高木宏幸 稻田安寿

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司 72002
专利代理师 高迪

(51)Int.Cl.
G01S 17/34(2006.01)

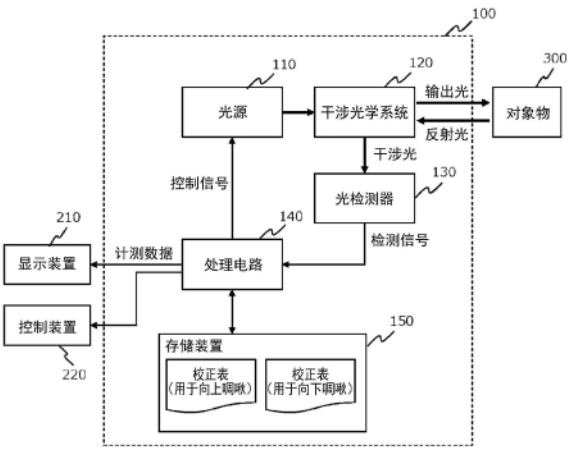
权利要求书3页 说明书22页 附图22页

(54)发明名称

计测对象物的距离以及/或者速度的装置及方法

(57)摘要

计测装置具备光源、干涉光学系统、光检测器、处理电路和存储装置。干涉光学系统将从所述光源出射的光分离为参照光和输出光，并生成所述输出光被对象物反射而产生的反射光与所述参照光的干涉光。所述光检测器输出与所述干涉光的强度相应的检测信号。所述处理电路对从所述光源出射的所述光的频率以包括频率增加的向上啁啾期间以及频率减少的向下啁啾期间的周期进行调制。所述存储装置存储用于所述向上啁啾期间的第1校正用数据以及用于所述向下啁啾期间的第2校正用数据。所述处理电路根据基于所述第1校正用数据或者所述第2校正用数据对所述检测信号进行校正而得到的信号，决定距离或者速度。



CN 116997820 A

1.一种计测装置,具备:

光源,出射频率被调制的光;

干涉光学系统,将从所述光源出射的所述光分离为参照光和输出光,并生成所述输出光被对象物反射而产生的反射光与所述参照光的干涉光;

光检测器,接受所述干涉光,并输出与所述干涉光的强度相应的检测信号;

处理电路,对从所述光源出射的所述光的频率以包括所述频率增加的向上啁啾期间以及所述频率减少的向下啁啾期间的周期进行调制,基于所述检测信号,生成与所述对象物的距离以及/或者速度相关的计测数据并输出;以及

存储装置,存储用于所述向上啁啾期间的第1校正用数据以及用于所述向下啁啾期间的第2校正用数据,

所述处理电路根据基于所述第1校正用数据对与所述向上啁啾期间对应的所述检测信号进行校正而得到的第1校正信号、以及/或者基于所述第2校正用数据对与所述向下啁啾期间对应的所述检测信号进行校正而得到的第2校正信号,生成所述计测数据。

2.如权利要求1所述的计测装置,其中,

所述处理电路决定所述第1校正信号的频率和所述第2校正信号的频率,基于所述第1校正信号的所述频率和所述第2校正信号的所述频率,决定从所述计测装置到所述对象物的距离,并生成包括所述距离的信息的所述计测数据。

3.如权利要求1或者2所述的计测装置,

所述处理电路决定所述第1校正信号的频率和所述第2校正信号的频率,

基于所述第1校正信号的所述频率与所述第2校正信号的所述频率之差,决定所述对象物的速度,并生成包括所述速度的信息的所述计测数据。

4.如权利要求1至3中任一项所述的计测装置,

所述处理电路使所述光源被施加的控制电压变化,从而使从所述光源出射的所述光的频率变化,

所述第1校正用数据及所述第2校正用数据是规定所述控制电压与校正值的对应关系的表或者函数的数据,

所述处理电路基于与所述控制电压对应的所述校正值,对所述检测信号进行校正。

5.如权利要求4所述的计测装置,

所述第1校正用数据是规定作为所述向上啁啾期间的一部分的第1期间中的所述控制电压与所述校正值的对应关系的表或者函数的数据,

所述第2校正用数据是规定作为所述向下啁啾期间的一部分的第2期间中的所述控制电压与所述校正值的对应关系的表或者函数的数据,

所述处理电路,

从所述检测信号中提取与所述第1期间对应的第1信号以及与所述第2期间对应的第2信号,

基于所述第1校正用数据中的所述校正值对所述第1信号进行校正,从而生成所述第1校正信号,

基于所述第2校正用数据中的所述校正值对所述第2信号进行校正,从而生成所述第2校正信号。

6.如权利要求1至3中任一项所述的计测装置，

所述干涉光学系统将从所述光源出射的所述光分离为所述输出光、以及作为所述参照光的第1参照光和第2参照光，

所述计测装置还具备对所述第2参照光的波长或频率进行计测的计测器，

所述第1校正用数据及所述第2校正用数据是规定所述第2参照光的波长或频率与校正值的对应关系的表或者函数的数据。

7.如权利要求6所述的计测装置，

所述第1校正用数据是规定作为所述向上啁啾期间的一部分的第1期间中的所述第2参照光的波长或频率与所述校正值的对应关系的表或者函数的数据，

所述第2校正用数据是规定作为所述向下啁啾期间的一部分的第2期间中的所述第2参照光的波长或频率与所述校正值的对应关系的表或者函数的数据，

所述处理电路，

从所述检测信号中提取与所述第1期间对应的第1信号以及与所述第2期间对应的第2信号，

基于所述第1校正用数据中的所述校正值对所述第1信号进行校正，从而生成所述第1校正信号，

基于所述第2校正用数据中的所述校正值对所述第2信号进行校正，从而生成所述第2校正信号。

8.如权利要求1至3中任一项所述的计测装置，

所述处理电路使所述光源出射频率调制的周期一定的所述光，

所述第1校正用数据及所述第2校正用数据是规定所述频率调制中的各周期内的相位与校正值的对应关系的表或者函数的数据。

9.如权利要求1至3中任一项所述的计测装置，

所述第1校正用数据及所述第2校正用数据是规定所述光源的所述频率调制中的相对于基准时刻的时间与校正值的对应关系的表或者函数的数据。

10.如权利要求1至9中任一项所述的计测装置，

所述第1校正用数据及所述第2校正用数据是包括用于对所述检测信号的采样定时进行变更的校正值的信息的表或者函数的数据。

11.一种由包括计测装置的系统中的计算机执行的方法，

所述计测装置具备：

光源，出射以包括频率增加的向上啁啾期间以及所述频率减少的向下啁啾期间的周期对所述频率进行了调制的光；

干涉光学系统，将从所述光源出射的所述光分离为参照光和输出光，并生成所述输出光被对象物反射而产生的反射光与所述参照光的干涉光；

光检测器，接受所述干涉光，并输出与所述干涉光的强度相应的检测信号；以及

存储装置，存储用于所述向上啁啾期间的第1校正用数据以及用于所述向下啁啾期间的第2校正用数据，

所述方法包括：

生成基于所述第1校正用数据对与所述向上啁啾期间对应的所述检测信号进行校正而

得到的第1校正信号、以及/或者基于所述第2校正用数据对与所述向下啁啾期间对应的所述检测信号进行校正而得到的第2校正信号;以及

基于所述第1校正信号以及/或者所述第2校正信号,生成与所述距离以及/或者速度相关的计测数据并输出。

12.一种由包括计测装置的系统中的计算机执行的计算机程序,

所述计测装置具备:

光源,出射以包括频率增加的向上啁啾期间以及所述频率减少的向下啁啾期间的周期对所述频率进行了调制的光;

干涉光学系统,将从所述光源出射的所述光分离为参照光和输出光,并生成所述输出光被对象物反射而产生的反射光与所述参照光的干涉光;

光检测器,接受所述干涉光,并输出与所述干涉光的强度相应的检测信号;以及

存储装置,存储用于所述向上啁啾期间的第1校正用数据以及用于所述向下啁啾期间的第2校正用数据,

所述计算机程序使所述计算机执行:

生成基于所述第1校正用数据对与所述向上啁啾期间对应的所述检测信号进行校正而得到的第1校正信号、以及/或者基于所述第2校正用数据对与所述向下啁啾期间对应的所述检测信号进行校正而得到的第2校正信号;以及

基于所述第1校正信号以及/或者所述第2校正信号,生成与所述距离以及/或者速度相关的计测数据并输出。

计测对象物的距离以及/或者速度的装置及方法

技术领域

[0001] 本公开涉及计测对象物的距离以及/或者速度的装置及方法。

背景技术

[0002] 基于FMCW(调频连续波(Frequency Modulated Continuous Wave))方式的测距装置发出被频率调制的电磁波,基于发送波与反射波的频率之差来计测距离。在使用的电磁波是毫米波等电波的情况下,FMCW方式的测距装置被称为FMCW雷达。在FMCW雷达中,例如使用电压控制振荡器(VCO)作为电波的振荡源。在电磁波是可见光或者红外光等光的情况下,FMCW方式的测距装置被称为FMCW激光雷达(LiDAR)。在FMCW激光雷达中,例如使用激光源作为光源。

[0003] FMCW激光雷达从光源朝向对象物出射频率被周期性调制的光,使来自对象物的反射光与来自光源的参照光干涉来得到干涉光。干涉光被光检测器检测,并转换为电信号。在该电信号中,包含相当于反射光的频率与参照光的频率之差的频率的信号成分。该信号成分被称为“节拍信号”。节拍信号的频率被称为“节拍频率”。在节拍频率与距对象物的距离之间存在相关性。因此,能够基于节拍频率计算对象物的距离。进而,也能够利用来自移动的对象物的反射光的多普勒频移来计算对象物的速度。例如,基于从光源出射的光的频率增加的向上啁啾期间以及频率减少的向下啁啾期间中的节拍信号的频率之差,能够计算对象物的速度。

[0004] FMCW激光雷达与ToF(飞行时间(Time of Flight))方式的激光雷达不同,由于检测从光检测器输出的电信号的频率,因此具有测距结果不容易受到干扰光的影响的特征。另一方面,FMCW激光雷达的距离计测的精度被认为依赖于能够以何种程度将光的频率调制得相对于时间成为线性。

[0005] 专利文献1记载了,即使在FMCW雷达的电压控制发信号器使电压相对于时间以线性进行扫描的情况下,频率也以非线性变化,因此测距性能降低。为了解决该问题,专利文献1公开了基于从人工目标得到的扫描信号使干涉信号的采样的定时动态地变化的方法。其记载了由此能够对扫频的非线性进行补偿。

[0006] 专利文献2公开了使用与多个距离及多个周围温度对应的校正数据对干涉信号的频率进行校正的FMCW雷达装置。其记载了由此提高检测精度。

[0007] 专利文献3公开了连续地计测节拍信号的频率、并基于计测的频率的平均值计算距对象物的距离的FMCW激光雷达装置的例子。其记载了由此能够去除激光的非线性啁啾的影响而实现准确的距离测定。

[0008] 在先技术文献

[0009] 专利文献

[0010] 专利文献1:国际公布第2006/035199号

[0011] 专利文献2:日本特开2014-185973号公报

[0012] 专利文献3:日本特开2019-45200号公报

发明内容

[0013] 本发明所要解决的课题

[0014] 本公开提供用于抑制由于在向上啁啾与向下啁啾中不同的频率变化的非线性引起的距离以及/或者速度的计测性能降低的新技术。

[0015] 用于解决课题的手段

[0016] 本公开的一个方式所涉及的计测装置具备:光源,出射频率被调制的光;干涉光学系统,将从所述光源出射的所述光分离为参照光和输出光,并生成所述输出光被对象物反射而产生的反射光与所述参照光的干涉光;光检测器,接受所述干涉光,并输出与所述干涉光的强度相应的检测信号;处理电路,对从所述光源出射的所述光的频率以包括所述频率增加的向上啁啾期间以及所述频率减少的向下啁啾期间的周期进行调制,基于所述检测信号,生成与所述对象物的距离以及/或者速度相关的计测数据并输出;以及存储装置,存储用于所述向上啁啾期间的第1校正用数据以及用于所述向下啁啾期间的第2校正用数据。所述处理电路根据基于所述第1校正用数据对与所述向上啁啾期间对应的所述检测信号进行校正而得到的第1校正信号、以及/或者基于所述第2校正用数据对与所述向下啁啾期间对应的所述检测信号进行校正而得到的第2校正信号,生成所述计测数据。

[0017] 本公开的概括或者具体的方式也可以通过系统、装置、方法、集成电路、计算机程序或者计算机能够读取的记录盘等记录介质实现,也可以通过系统、装置、方法、集成电路、计算机程序及记录介质的任意组合来实现。计算机可读取的记录介质既可以包括易失性的记录介质,也可以包括CD-ROM(紧凑盘-只读存储器(Compact Disc-Read Only Memory))等非易失性的记录介质。装置也可以由1个以上的装置构成。在装置由2个以上的装置构成的情况下,该2个以上的装置既可以配置在1个设备内,也可以分开配置在分离的2个以上的设备内。在本说明书及权利要求书中,“装置”不仅可以指1个装置,也可以指由多个装置构成的系统。

[0018] 发明效果

[0019] 根据本公开的一个方式,通过针对向上啁啾期间和向下啁啾期间中的一方或者双方进行恰当的信号校正,能够提高距离以及/或者速度的计测性能。

附图说明

[0020] 图1A是表示光源被施加的控制电压的时间变化的例子的曲线图。

[0021] 图1B是表示通过检测干涉光而得到的电信号的时间变化的曲线图。

[0022] 图1C是表示图1B所示的干涉波信号的瞬间频率的时间变化的曲线图。

[0023] 图2是表示实施方式1所涉及的计测装置100的概略构成的框图。

[0024] 图3是表示光源及干涉光学系统的构成例的框图。

[0025] 图4是表示从处理电路输出的控制信号、以及从驱动电路输出的驱动电流信号的例子的图。

[0026] 图5是表示干涉光学系统为光纤光学系统的计测装置的构成例的框图。

[0027] 图6是表示具备光偏转器的计测装置的一例的框图。

[0028] 图7A是示意性地表示对象物静止的情况下的参照光及反射光的频率的时间变化的例子的图。

[0029] 图7B是示意性地表示对象物向计测装置100接近的情况下的参照光及反射光的频率的时间变化的图。

[0030] 图8是表示计测装置所进行的校准动作的流程图。

[0031] 图9是表示检测信号的周期的分析结果的例子的曲线图。

[0032] 图10是表示主存储装置中存放的周期的数据的一例的图。

[0033] 图11A是表示显示画面的一例的图。

[0034] 图11B是表示显示画面的其他例的图。

[0035] 图12是表示校正表的例子的图。

[0036] 图13是用于说明估计峰点的处理的一例的图。

[0037] 图14是表示显示画面的再其他例的图。

[0038] 图15是表示显示画面的再其他例的图。

[0039] 图16是表示计测装置所进行的距离及速度的计测动作的例子的流程图。

[0040] 图17是表示在计测中显示装置所显示的画面的一例的图。

[0041] 图18是表示校正前后的检测信号的波形例的图。

[0042] 图19是表示规定节拍频率与距离的关系的转换表的一例的图。

[0043] 图20A是表示规定节拍频率与距离的关系的用于向上啁啾的转换表的例子的图。

[0044] 图20B是表示规定节拍频率与距离的关系的用于向下啁啾的转换表的例子的图。

[0045] 图21是表示规定频率差与速度的关系的转换表的例子的图。

[0046] 图22A表示对象物静止的情况下的测距结果的画面例。

[0047] 图22B表示对象物移动时的测距及距离计测结果的画面例。

[0048] 图23A是表示校正表的其他例的图。

[0049] 图23B是表示校正表的再其他例的图。

[0050] 图23C是表示校正表的再其他例的图。

[0051] 图24是用于说明实施方式1的变形例1中的动作的图。

[0052] 图25是表示实施方式1的变形例3中的计测装置的概略构成的框图。

[0053] 图26A是表示实施方式1的变形例3中的用于向上啁啾的校正表和用于向下啁啾的校正表的例子的图。

[0054] 图26B是表示实施方式1的变形例3中的用于向上啁啾的校正表和用于向下啁啾的校正表的其他例的图。

[0055] 图27是表示用于验证本公开的实施方式的效果的实验例中的计测装置的构成的框图。

具体实施方式

[0056] (作为本公开的基础的知识)

[0057] 发明人们关于FMCW激光雷达中的干涉光,发现了以下的现象。即使为了对光的频率以线性进行调制而使光源的控制电压以线性进行了扫描,频率也以非线性变化,而该非线性在作为使频率上升的过程的向上啁啾与作为使频率下降的过程的向下啁啾中不同。以下,参照图1A至图1C说明该现象。

[0058] 图1A至图1C表示了通过本发明人们进行的实验而得到的数据的例子。在该实验

中，从被置于静止点的半导体激光器光源，朝向作为静止的对象物的反射板出射了激光。以规定的电压范围且规定的周期使向光源输入的控制信号的电压(以下也称为“控制电压”)以线性进行扫描，从而从光源出射频率被周期性调制的激光。使用干涉光学系统，使来自反射板的反射光与来自光源的出射光干涉，并由光检测器检测干涉光，记录了所取得的信号。

[0059] 图1A是表示光源被施加的控制电压的每1周期的时间变化的例子的曲线图。在该实验中，控制信号如图1A所示按照电压以三角波状变动的方式被扫描。该控制信号包括电压从下限值上升到上限值的向上啁啾、以及电压从上限值下降到下限值的向下啁啾。将控制电压上升的期间称为“向上啁啾期间”，将控制电压下降的期间称为“向下啁啾期间”。

[0060] 图1B是表示通过检测干涉光而得到的电信号(以下也称为“检测信号”或者“干涉波信号”)的时间变化的曲线图。图1B所示的曲线图表示干涉波信号的电位变动，反映了干涉波的强度的时间性变动。

[0061] 图1C表示图1B所示的干涉波信号的瞬间频率的时间变化。瞬间频率通过对图1B所示的波形进行频率分析而得到。将该频率称为“节拍频率”。

[0062] 在图1A至图1C所示的曲线图中，横轴的时间是共通的。在各曲线图中都表现了控制电压的1周期量的信号的变化。以下，有时将控制电压的周期称为“调制周期”。

[0063] 在本实验中，从静止点向静止的对象物照射光，因此如果光的频率对应于控制电压的线性的扫描也线性地扫描，则干涉波信号的频率(即节拍频率)除了向上啁啾期间与向下啁啾期间切换的极短的期间之外，就应该成为一定。但是，根据实验的结果可知，在向上啁啾期间和向下啁啾期间中节拍频率都不成为一定，进而，在向上啁啾期间与向下啁啾期间中节拍频率的变化的倾向不同。如图1C所示，在向上啁啾期间中，干涉波的频率逐渐上升，在一定以上的频率反复上升和下降。另一方面，在向下啁啾期间中，干涉波的频率急剧上升，但止于比向上啁啾期间低的频率，在反复上升和下降后急剧下降。像这样，干涉波无论在向上啁啾和向下啁啾中，无论相对于控制电压还是相对于时间都示出非线性的变动。另外，这样的干涉波的频率相对于控制电压和时间的非线性，按被用作光源的每个激光元件及其动作状态而不同。可以考虑由于以下的理由而发生了这样的现象。根据控制电压的变化的方式，对激光元件进行驱动的电流向激光元件赋予的热的时间性变化的方式不同。可以想到，该变化的方式的差异对激光元件的共振器长度、增益曲线以及振荡模式的时间性变化造成影响，使激光的振荡频率的变动产生差异。

[0064] 如果节拍频率像这样相对于控制电压或者时间而变动，进而在向上啁啾与向下啁啾中频率调制的非线性不同，则对象物的距离及速度无法唯一确定。出于使节拍频率的变动稳定的目的，也考虑在控制电压或者时间上针对通过频率分析而得到的谱进行积分(即平均化)。但是，在进行了这样的积分的情况下，由于节拍信号的谱线宽度变粗，导致难以决定节拍信号的峰频率，距离及速度的计测精度降低。

[0065] 如上可知，在FMCW激光雷达中产生了如上所述的课题。本发明人们为了解决上述的课题，想到了以下说明的本公开的实施方式的构成。本发明人们想到了，通过在向上啁啾期间与向下啁啾期间中准备不同的校正用数据，在计测时，使用这些校正用数据对干涉波的检测信号进行校正，能够提高距离以及/或者速度的计测的精度。以下，说明本公开的例示性的实施方式。

[0066] 本公开的一个实施方式所涉及的计测装置具备光源、干涉光学系统、光检测器、处

理电路和存储装置。所述光源出射频率被调制的光。所述干涉光学系统将从所述光源出射的所述光分离为参照光和输出光，并生成所述输出光被对象物反射而产生的反射光与所述参照光的干涉光。所述光检测器接受所述干涉光，并输出与所述干涉光的强度相应的检测信号。所述处理电路对从所述光源出射的所述光的频率以包括所述频率增加的向上啁啾期间以及所述频率减少的向下啁啾期间的周期进行调制，基于所述检测信号，生成与所述对象物的距离以及/或者速度相关的计测数据并输出。所述存储装置存储用于所述向上啁啾期间的第1校正用数据以及用于所述向下啁啾期间的第2校正用数据。所述处理电路根据基于所述第1校正用数据对与所述向上啁啾期间对应的所述检测信号进行校正而得到的第1校正信号、以及/或者基于所述第2校正用数据对与所述向下啁啾期间对应的所述检测信号进行校正而得到的第2校正信号，生成所述计测数据。

[0067] 根据上述的构成，在向上啁啾期间与向下啁啾期间中基于不同的校正用数据对检测信号进行校正。由此，能够抑制由于在向上啁啾与向下啁啾中不同的频率变化的非线性引起的计测性能的降低。

[0068] 所述处理电路也可以决定所述第1校正信号的频率以及所述第2校正信号的频率，基于所述第1校正信号的所述频率以及所述第2校正信号的所述频率，决定从所述计测装置到所述对象物的距离，并生成包括所述距离的信息的所述计测数据。例如，处理电路也可以计算第1校正信号的频率和第2校正信号的频率的平均值，并根据该平均值决定距对象物的距离。通过这样的动作，能够更准确地计测距离。此外，规定频率与距离的对应关系的表或者函数等的数据可以被预先记录于存储装置。处理电路基于该数据，能够根据频率决定距离。

[0069] 所述处理电路也可以决定所述第1校正信号的频率以及所述第2校正信号的频率，基于所述第1校正信号的所述频率与所述第2校正信号的所述频率之差，决定所述对象物的速度，并生成包括所述速度的信息的所述计测数据。通过这样的动作，能够更准确地计测对象物的速度。此外，规定第1校正信号的频率与第2校正信号的频率之差和速度之间的对应关系的表或者函数等的数据可以被预先存储于存储装置。处理电路基于该数据，能够根据频率之差决定速度。

[0070] 所述处理电路也可以使所述光源被施加的控制电压变化，从而使从所述光源出射的所述光的频率变化。所述第1校正用数据及所述第2校正用数据也可以是规定所述控制电压与校正值的对应关系的表或者函数的数据。所述处理电路也可以基于与所述控制电压对应的所述校正值，对所述检测信号进行校正。通过这样的动作，能够缓和与控制电压的值相应地变化的频率调制的非线性的影响，提高距离以及/或者速度的计测性能。

[0071] 校正值例如也可以是用于对检测信号的周期进行校正的系数。在该情况下，处理电路能够根据检测信号决定周期，并通过对周期乘以校正值来对周期进行校正。通过使用以这样的方法校正后的检测信号，能够提高距离以及/或者速度的计测性能。

[0072] 所述第1校正用数据也可以是规定作为所述向上啁啾期间的一部分的第1期间中的所述控制电压与所述校正值的对应关系的表或者函数的数据。所述第2校正用数据也可以是规定作为所述向下啁啾期间的一部分的第2期间中的所述控制电压与所述校正值的对应关系的表或者函数的数据。所述处理电路也可以从所述检测信号中提取与所述第1期间对应的第1信号以及与所述第2期间对应的第2信号，基于所述第1校正用数据中的所述校正

值对所述第1信号进行校正从而生成所述第1校正信号，并基于所述第2校正用数据中的所述校正值对所述第2信号进行校正从而生成所述第2校正信号。作为第1期间及第2期间，例如可以选择信号的变动比较稳定的期间。通过像这样从向上啁啾期间及向下啁啾期间各自中仅提取信号的变动比较稳定的一部分期间来进行信号的校正，能够进行精度更高的计测。

[0073] 所述干涉光学系统也可以构成为将从所述光源出射的所述光分离为所述输出光、以及作为所述参照光的第1参照光和第2参照光。所述计测装置也可以还具备对所述第2参照光的波长或频率进行计测的计测器。所述第1校正用数据及所述第2校正用数据也可以是规定所述第2参照光的波长或频率与校正值的对应关系的表或者函数的数据。由于在控制电压与从光源出射的光的频率及波长之间具有相关性，因此能够替代控制电压，而基于出射的光的频率或波长决定校正值。通过这样的动作，能够得到与基于控制电压决定校正值的情况同样的效果。

[0074] 所述第1校正用数据也可以是规定作为所述向上啁啾期间的一部分的第1期间中的所述第2参照光的波长或频率与所述校正值的对应关系的表或者函数的数据。所述第2校正用数据也可以是规定作为所述向下啁啾期间的一部分的第2期间中的所述第2参照光的波长或频率与所述校正值的对应关系的表或者函数的数据。所述处理电路也可以从所述检测信号中提取与所述第1期间对应的第1信号以及与所述第2期间对应的第2信号，基于所述第1校正用数据中的所述校正值对所述第1信号进行校正从而生成所述第1校正信号，并基于所述第2校正用数据中的所述校正值对所述第2信号进行校正从而生成所述第2校正信号。作为第1期间及第2期间，例如可以选择信号的变动比较稳定的期间。通过像这样从向上啁啾期间及向下啁啾期间各自中仅提取信号的变动比较稳定的一部分期间来进行信号的校正，能够进行精度更高的计测。

[0075] 所述处理电路也可以使所述光源出射频率调制的周期一定的所述光。所述第1校正用数据及所述第2校正用数据也可以是规定所述频率调制中的各周期内的相位与校正值的对应关系的表或者函数的数据。或者，所述第1校正用数据及所述第2校正用数据也可以是规定所述光源的所述频率调制中的相对于基准时刻的时间与校正值的对应关系的表或者函数的数据。

[0076] 所述第1校正用数据及所述第2校正用数据也可以是包括用于对所述检测信号的采样定时进行变更的校正值的信息的表或者函数的数据。处理电路通过依照校正值决定检测信号的采样定时，能够对检测信号进行校正。

[0077] 本公开的其他实施方式所涉及的方法由包括计测装置的系统中的计算机执行。所述计测装置具备：光源，出射以包括频率增加的向上啁啾期间和所述频率减少的向下啁啾期间的周期对所述频率进行了调制的光；干涉光学系统，将从所述光源出射的所述光分离为参照光和输出光，并生成所述输出光被对象物反射而产生的反射光与所述参照光的干涉光；光检测器，接受所述干涉光，并输出与所述干涉光的强度相应的检测信号；以及存储装置，存储用于所述向上啁啾期间的第1校正用数据以及用于所述向下啁啾期间的第2校正用数据。所述方法包括：生成基于所述第1校正用数据对与所述向上啁啾期间对应的所述检测信号进行校正而得到的第1校正信号、以及/或者基于所述第2校正用数据对与所述向下啁啾期间对应的所述检测信号进行校正而得到的第2校正信号；以及基于所述第1校正信号以

及/或者所述第2校正信号,生成与所述距离以及/或者速度相关的计测数据并输出。

[0078] 本公开的再其他实施方式所涉及的计算机程序由包括计测装置的系统中的计算机执行。所述计测装置具备:光源,出射以包括频率增加的向上啁啾期间和所述频率减少的向下啁啾期间的周期对所述频率进行了调制的光;干涉光学系统,将从所述光源出射的所述光分离为参照光和输出光,并生成所述输出光被对象物反射而产生的反射光与所述参照光的干涉光;光检测器,接受所述干涉光,输出与所述干涉光的强度相应的检测信号;以及存储装置,存储用于所述向上啁啾期间的第1校正用数据以及用于所述向下啁啾期间的第2校正用数据。所述计算机程序使所述计算机执行:生成基于所述第1校正用数据对与所述向上啁啾期间对应的所述检测信号进行校正而得到的第1校正信号、以及/或者基于所述第2校正用数据对与所述向下啁啾期间对应的所述检测信号进行校正而得到的第2校正信号;以及基于所述第1校正信号以及/或者所述第2校正信号,生成与所述距离以及/或者速度相关的计测数据并输出。

[0079] 在本公开中,电路、单元、装置、部件或者部的全部或者一部分、或者框图中的功能模块的全部或者一部分,例如能够由半导体装置、半导体集成电路(IC)或者包含LSI(large scale integration:大规模集成电路)的1个或者多个电子电路执行。LSI或者IC既可以被集成于1个芯片,也可以组合多个芯片而构成。例如,存储元件以外的功能模块也可以被集成于1个芯片。在此称为LSI或者IC,但根据集成的程度而叫法改变,也可以是被称为系统LSI、VLSI(very large scale integration:超大规模集成电路)或ULSI(ultra large scale integration:特大规模集成电路)的电路。在LSI的制造后被编程的现场可编程逻辑门阵列(FPGA、Field Programmable Gate Array)或者能够重构LSI内部的接合关系或者设置LSI内部的电路划分的可重构逻辑器件(reconfigurable logic device)也能够以相同的目的使用。

[0080] 进而,电路、单元、装置、部件或者部的全部或者一部分的功能或者操作,也能够通过软件处理来执行。在该情况下,软件被记录于1个或者多个ROM、光盘、硬盘驱动器等非易失性记录介质,在软件由处理装置(processor)执行时,由该软件确定的功能由处理装置(processor)及周边装置执行。系统或者装置也可以具备记录有软件的1个或者多个非易失性记录介质、处理装置(processor)、以及所需的硬件设备例如接口。

[0081] 以下,具体地说明本公开的例示性的实施方式。此外,以下说明的实施方式均表示概括性或者具体性的例子。以下的实施方式中示出的数值、形状、构成要素、构成要素的配置位置及连接方式、步骤、步骤的顺序、显示画面的布局等是一例,其意图不在于限定本公开。另外,在以下的实施方式中的构成要素之中,关于在表示最上位概念的独立权利要求中未记载的构成要素,作为任意的构成要素进行说明。另外,各图是示意图,不一定是严密的图示。进而,在各图中,针对相同或者相似的构成要素附加相同的标记。有时省略或者简化重复的说明。

[0082] (实施方式1)

[0083] 说明本公开的例示性的第1实施方式所涉及的计测装置。本实施方式的计测装置是利用FMCW-LiDAR技术计测距对象物的距离的测距装置。计测装置也可以除了距离之外或者替代距离而计测对象物的速度。计测装置例如可以被搭载于自动驾驶车、无人搬运车(AGV)、无人飞行器(UAV)或者移动机器人等移动体。计测装置不限定于被搭载于移动体,可

以被搭载于任意的设备使用。

[0084] [构成]

[0085] 图2是表示本实施方式所涉及的计测装置100的概略构成的框图。在图2中，粗箭头表示光的流动，细箭头表现信号或者数据的流动。在图2中，也表示了作为距离以及/或者速度的计测对象的对象物300、以及与计测装置100连接的显示装置210及控制装置220。对象物300例如是障碍物、人或者移动体(例如汽车、两轮车、移动机器人或者无人机)等任意的物体。

[0086] 图2所示的计测装置100具备光源110、干涉光学系统120、光检测器130、处理电路140和存储装置150。光源110能够响应于从处理电路140输出的控制信号，使出射的光的频率变化。干涉光学系统120将来自光源110的出射光分离为参照光和输出光，使输出光被对象物300反射而产生的反射光与参照光干涉而生成干涉光。干涉光向光检测器130入射。关于光源110及干涉光学系统120的详细构成后述。

[0087] 光检测器130接受干涉光，生成与干涉光的强度相应的电信号并输出。以下将该电信号称为“检测信号”或者“干涉波信号”。光检测器130具备1个以上的受光元件。受光元件例如包括光电二极管等光电转换元件。光检测器130也可以是例如图像传感器那样的具备多个受光元件的传感器。

[0088] 处理电路140是对光源110进行控制并基于从光检测器130输出的检测信号进行处理的电子电路。处理电路140可以包括对光源110进行控制的控制电路、以及基于检测信号进行信号处理的信号处理电路。处理电路140既可以作为1个电路构成，也可以是分离的多个电路的集合体。处理电路140向光源110发出控制信号。控制信号使光源110在规定的范围内周期性地改变出射光的频率。换言之，控制信号是使从光源110出射的光的频率进行扫描的信号。控制信号是向光源110输入以某振幅周期性地变动的电压的信号。处理电路140取得在光源110正出射被频率调制的光的状态下从光检测器130输出的检测信号。处理电路140基于存储装置150中存放的校正用数据，对取得的检测信号进行校正。处理电路140基于校正后的检测信号，决定距对象物300的距离以及/或者对象物300的速度。处理电路140生成表示该距离以及/或者速度的数据并输出。以下将该数据称为“计测数据”。

[0089] 存储装置150例如包括半导体存储器、磁盘、光盘等任意的存储介质。存储装置150存储由处理电路140执行的校正处理中使用的校正用数据。本实施方式中的校正用数据包括用于向上啁啾期间的第1校正表、以及用于向下啁啾期间的第2校正表。向上啁啾期间是控制信号的电压单调增加的期间，是从光源110出射的光的频率增加的期间。向下啁啾期间是控制信号的电压单调减少的期间，是从光源110出射的光的频率减少的期间。第1校正表用于对基于在向上啁啾期间中出射的光的干涉光的检测信号进行校正。第2校正表用于对基于在向下啁啾期间中出射的光的干涉光的检测信号进行校正。各校正表例如规定光源110的动作状态与校正值的对应关系。关于这些校正表的详细情况后述。各校正表是校正用数据的一例。校正用数据不限于校正表，也可以是规定动作状态与检测信号的校正值的对应关系的函数等任意的形式的数据。存储装置150也存储由处理电路140执行的计算机程序。

[0090] 处理电路140及存储装置150既可以被集成于1个电路基板，也可以被设置于个别的电路基板。处理电路140的功能也可以分散于多个电路。处理电路140的功能的至少一部

分也可以由被设置在与其他构成要素相离的场所的外部的计算机实现。这样的外部的计算机也可以经由有线或者无线的通信网络，执行光源110及光检测器130的动作的控制、或者基于从光检测器130输出的检测信号的信号处理。

[0091] 处理电路140在计测对象物300的距离以及/或者速度时，执行以下的动作。

[0092] • 向光源110发出控制信号，使光源110出射以包括频率增加的向上啁啾期间以及所述频率减少的向下啁啾期间的周期对频率进行了调制的光。

[0093] • 基于存储装置150中存放的用于向上啁啾的第1校正表及用于向下啁啾的第2校正表，对检测信号的波形进行校正。

[0094] • 通过基于校正后的波形的频率分析，针对向上啁啾期间及向下啁啾期间各自决定节拍频率。

[0095] • 基于向上啁啾期间及向下啁啾期间的至少一方中的节拍频率，决定距对象物300的距离。

[0096] • 基于向上啁啾期间与向下啁啾期间中的节拍频率之差，决定对象物300的速度。• 输出包括距离及速度的信息的计测数据。

[0097] 计测数据的输出目的地例如是显示装置210。在计测装置100被搭载于移动体的情况下，也可以向控制移动体的动作(例如转向及速度等)的控制装置220输出计测数据。计测数据可以被记录于存储装置150或者外部的存储装置。

[0098] 显示装置210基于计测数据，显示距离以及/或者速度。显示装置210例如是显示数值或者图表的显示器。也可以替代显示装置210或者除了显示装置210之外，向输出朗读数值的语音的扬声器或者打印数值或图表的打印机等输出装置输出计测数据。

[0099] 接下来，说明光源110及干涉光学系统120的更详细的构成例。

[0100] 图3是表示光源110及干涉光学系统120的构成例的框图。该例中的光源110具备驱动电路111和发光元件112。驱动电路111接受从处理电路140输出的控制信号，生成与控制信号相应的驱动电流信号并向发光元件112输入。发光元件112例如可以是半导体激光器元件等出射具有高相干性的激光的元件。发光元件112响应于驱动电流信号，出射频率被调制的激光。

[0101] 从发光元件112出射的激光的频率以一定的周期被调制。频率的调制周期例如可以是1微秒(μs)以上且10毫秒(ms)以下。频率的调制振幅例如可以是100MHz以上且1THz以下。激光的波长例如可以被包含在700nm以上且2000nm以下的近红外的波段中。在太阳光中，近红外光的光量比可见光的光量少。因此，通过使用近红外光作为激光，能够减小太阳光的影响。根据用途，激光的波长也可以被包含在400nm以上且700nm以下的可见光的波段、或者紫外光的波段中。

[0102] 图4是表示从处理电路140输出的控制信号以及从驱动电路111输出的驱动电流信号的例子的图。图4的部分(a)及(b)分别表示控制信号及驱动电流信号的波形例。控制信号向光源110的驱动电路111施加以规定的周期及规定的振幅变动的电压。例如图4的部分(a)所示，控制信号的电压可以被调制为三角波状。控制信号的电压不限于被调制为三角波状，也可以被调制为锯齿波状。通过如三角波或者锯齿波那样电压反复进行线性的变化的控制信号，能够以接近于线性的方式使从发光元件112出射的光的频率进行扫描。但是，如上所述，频率的扫描不会完全成为线性。将这样的控制信号的调制波形的振幅称为调制电压振

幅，将调制范围的中央的电压称为偏置电压。控制信号向光源110的驱动电路111施加以偏置电压为中心变动的电压。

[0103] 驱动电路111将控制信号转换为驱动电流信号，并利用驱动电流信号对发光元件112进行驱动。如图4的部分(b)所示，驱动电流信号以与控制信号对应的波形变化。将驱动电流信号的调制范围即振幅称为调制电流振幅，将调制范围的中央的电流称为偏置电流。如果控制信号的电压增加，则驱动电流信号增加，从发光元件112出射的激光的频率变高(即波长变短)。相反地，如果控制信号的电压减少，则驱动电流信号减少，从发光元件112出射的激光的频率变低(即波长变长)。

[0104] 图3所示的例中的干涉光学系统120包括分支器121、反射镜122及准直器123。分支器121将从光源110的发光元件112出射的激光分为参照光和输出光，使来自对象物300的反射光与参照光耦合来生成干涉光。反射镜122对参照光进行反射而使其返回至分支器121。准直器123包括准直透镜，使输出光成为接近于平行的扩展角并向对象物300照射。此外，干涉光学系统120不限定于图3所示的构成，例如也可以是光纤光学系统。在该情况下，可以使用光纤耦合器作为分支器121。参照光不一定必须被反射镜122反射，例如也可以利用光纤的引绕来使参照光返回至分支器121。

[0105] 图5是表示干涉光学系统120为光纤光学系统的计测装置100的构成例的框图。在图5所示的例中，干涉光学系统120包括第1光纤分路器125、第2光纤分路器126和光环形器127。第1光纤分路器125将从光源110出射的激光20分离为参照光21和输出光22。第1光纤分路器125使参照光21向第2光纤分路器126入射，使输出光22向光环形器127入射。光环形器127使输出光22向准直器123入射。光环形器127另外使由输出光22照射对象物300而产生的反射光23向第2光纤分路器126入射。第2光纤分路器126使参照光21与反射光23的干涉光24向光检测器130入射。准直器123对输出光22的光束形状进行整形，并将输出光22朝向对象物300出射。

[0106] 计测装置100也可以还具备使出射光的方向变化的光偏转器。图6是表示具备光偏转器170的计测装置100的一例的框图。光偏转器170例如可以包括MEMS(微机电系统(Micormechanical Electrosystem))反射镜或者电流镜。光偏转器170通过依照来自处理电路140的指令使反射镜的角度变化，能够使输出光22的出射方向变化。由此，能够通过光束扫描实现大范围的测距。光偏转器170不限定于上述的构成，例如也可以是如国际公布第2019/130720号所记载的使用光相控阵列及慢光波导的光束扫描装置。

[0107] 接下来，参照图7A及图7B，简单地说明本实施方式中使用的FMCW-LiDAR技术。

[0108] 图7A是示意性地表示对象物300静止的情况下的参照光及反射光的频率的时间变化的例子的图。在此，说明频率以三角波状变化的情况的例子。在图7A中，实线表现参照光，虚线表现反射光。图7A所示的参照光的频率在1个周期的期间中以线性增加，其后与增加量相应地以线性减少。反射光的频率与参照光的频率相比，与输出光从计测装置100出射并被对象物300反射而返回的时间相应地沿着时间轴偏移。因此，参照光与反射光的干涉光具有相当于反射光的频率与参照光的频率之差的频率。图7A所示的双向箭头表现两者的频率之差。光检测器130输出表示干涉光的强度的信号。该信号被称为节拍信号。节拍信号的频率即节拍频率等于上述的频率之差。处理电路140基于节拍频率，能够计算从计测装置100到对象物300的距离。

[0109] 图7B是示意性地表示对象物300向计测装置100接近的情况下的参照光及反射光的频率的时间变化的图。在对象物300接近的情况下，由于多普勒频移，反射光的频率与对象物300静止的情况相比沿着频率轴向增加的方向偏移。反射光的频率偏移的量，依赖于将对象物300的某部分处的速度矢量投影至反射光的方向而得到的成分的大小。节拍频率在参照光及反射光的频率以线性增加的情况下与以线性减少的情况下不同。在图7B所示的例中，两者的频率以线性减少的情况下的节拍频率比两者的频率以线性增加的情况的节拍频率高。处理电路140能够基于上述节拍频率之差计算对象物300的速度。在对象物300从计测装置100远离的情况下，反射光的频率与对象物300静止的情况相比沿着频率轴向减少的方向偏移。在该情况下，也能够基于参照光及反射光的频率以线性增加的情况下与以线性减少的情况下的节拍频率之差计算对象物300的速度。

[0110] [动作]

[0111] 以下，说明本实施方式的计测装置100的动作。

[0112] 本实施方式的计测装置100的动作能够大体分为(1)校准及(2)计测这2个工序。校准例如在计测装置100出厂前由制造厂商的负责人(以下称为“操作者”)进行。测距主要由计测装置100的使用者进行。

[0113] 在校准中，生成用于向上啁啾的校正表和用于向下啁啾的校正表，并记录至存储装置150。校准的动作的概要如下。

[0114] • 在计测装置100静止的状态下，光源110朝向静止的对象物出射激光。激光被例如图4所示的三角波状的控制电压控制。

[0115] • 光检测器130检测来自对象物的反射光与参照光的干涉光，并输出检测信号。

[0116] • 处理电路140基于检测信号，以无论控制电压的大小如何，与向上啁啾期间对应的干涉光的谱峰的频率以及与向下啁啾期间对应的干涉光的谱峰的频率都对应于距对象物的距离的方式，生成用于对检测信号进行校正的校正表并存储至存储装置150。

[0117] 在计测动作中，根据基于通过校准而生成的校正表校正后的检测信号，计测距对象物的距离以及/或者对象物的速度。计测工序中的动作的概要如下。

[0118] • 光源110朝向对象物出射激光。激光被例如图4所示的三角波状的控制电压控制。

[0119] • 光检测器130检测来自对象物的反射光与参照光的干涉光，并输出检测信号。

[0120] • 处理电路140针对向上啁啾期间及向下啁啾期间中的至少一方，基于校正表，与控制电压相应地对检测信号进行校正，基于校正后的检测信号的谱峰决定从计测装置100到对象物的距离。进而，处理电路140根据向上啁啾期间中的谱峰与向下啁啾期间中的谱峰之间的差量，决定该对象物与计测装置100的相对速度。

[0121] 以下，更详细地说明各个动作。

[0122] [校准动作]

[0123] 图8是表示计测装置100所进行的校准动作的流程图。在校准中，计测装置100执行图8所示的步骤S1110至S1230的动作。以下，说明各步骤的动作。

[0124] 计测装置100响应于由未图示的输入机构输入校准动作的开始命令而开始校准动作。

[0125] ＜步骤S1110＞

[0126] 处理电路140使光源110开始照射激光。处理电路140施加以规定的振幅周期性变动的控制电压，从而使频率在某范围内周期性变动的激光出射。激光被干涉光学系统120分为输出光和参照光。输出光照射静止的对象物(例如反射板等)。干涉光学系统120使来自对象物的反射光与参照光的干涉光向光检测器130入射。光检测器130接受干涉光，并输出与干涉光的强度相应的检测信号。

[0127] ＜步骤S1120＞

[0128] 处理电路140判断是否输入了数据处理的结束命令。处理电路140例如判断是否从用户输入了结束命令。例如可以由用户在显示装置210所显示的画面上按压特定的按钮，从而输入结束命令。关于显示装置210上显示的画面的详细情况后述。在未输入数据结束命令的情况下，向步骤S1130前进。在输入了数据结束命令的情况下，向步骤S1190前进。

[0129] ＜步骤S1130＞

[0130] 处理电路140取得从光检测器130输出的检测信号。处理电路140将检测信号积蓄至处理电路140内的存储器等主存储装置。

[0131] ＜步骤S1140＞

[0132] 处理电路140判断是否积蓄了相当于光源110所输出的激光的频率调制的1个周期、即控制电压的上升和下降的1个周期的数据长度以上的检测信号。在积蓄的检测信号的数据长度为频率调制的1周期量以上的情况下，向步骤S1150前进。在积蓄的检测信号的数据长度小于频率调制的1周期量的情况下，返回至步骤S1130。

[0133] ＜步骤S1150＞

[0134] 处理电路140从临时存储装置中积蓄的检测信号中，提取向上啁啾期间的信号和向下啁啾期间的信号。处理电路140针对提取的向上啁啾期间和向下啁啾期间各自的信号，独立地进行步骤S1160及步骤S1170的处理。

[0135] ＜步骤S1160＞

[0136] 处理电路140对提取的检测信号的周期进行分析。在周期的分析方法中例如有如下方法：确定检测信号的波形中的向上凸的部分的取最大值的点或者向下凸的部分的取最小值的点，将从取最大值的点到下一个取最大值为止的点的期间、或者从取最小值的点到下一个取最小值的点为止的期间，作为1个周期。或者，在检测信号的值在正侧与负侧均等分布的情况下，也可以基于过零点决定周期。过零点是信号的值从正向负或者从负向正变化的点。处理电路140也可以从检测信号中提取过零点，将从正向负的过零点到下一个从正向负的过零点为止的期间、或者从负向正的过零点到下一个从负向正的过零点为止的期间，作为1个周期。

[0137] 图9是表示检测信号的周期的分析结果的例子的曲线图。在该例中，标绘了表示控制信号的电压与检测信号的电压的关系的波形。将成为检测信号的电压向上凸的部分的顶点(即最大值)的控制信号电压为Vi，Vi+1，Vi+2，…时的周期，定义为Pi，Pi+1，Pi+2，…。在该例中，从控制信号电压为Vi的时刻到Vi+1的时刻为止的时间长度被定义为周期Pi。

[0138] ＜步骤S1170＞

[0139] 处理电路140使决定的周期存储至处理电路140内的主存储装置。例如，处理电路140使决定的周期与对应的控制电压的值或者一个周期内的相对于基准时刻的经过时间建立对应地存储至主存储装置。

[0140] 图10是表示主存储装置中存放的周期的数据的一例的图。在该例中，关于向上啁啾和向下啁啾，分别将控制电压与周期建立对应地记录。也可以将周期与相对于基准时刻的时间建立对应地记录，来替代与控制电压建立对应地记录。

[0141] ＜步骤S1180＞

[0142] 处理电路140使显示装置210显示周期分析的结果。例如，处理电路140按每次啁啾使针对向上啁啾和向下啁啾分别生成的控制电压与周期的关系成为曲线图(图表)并显示。在步骤S1180之后，返回至步骤S1120，并反复进行上述的动作。

[0143] 图11A是表示显示装置210所显示的显示画面的一例的图。在该例中，将向上啁啾中的干涉波的周期及向下啁啾中的干涉波的周期与控制电压相对应地标绘。在显示画面上，除此之外还可以显示日期、距作为校准对象的对象物的距离、扫频的周期或者频率等的信息。在图11A所示的显示画面上，还显示了用于决定校正函数的按钮410、以及用于使校准强制结束的按钮420。用于决定校正函数的按钮410是用于指示结束步骤S1130至步骤S1170的动作并使动作前进至步骤S1190以后的按钮。用于强制结束的按钮420是用于指示动作立即结束的按钮。如果用于强制结束的按钮420被按压，则无论在图8的流程图的哪一时刻，都立即结束动作。此外，在图8的流程图中，未表示图11A所示的用于立即结束的按钮420被按压的情况下的强制结束的动作。

[0144] ＜步骤S1190＞

[0145] 如果显示画面中的用于决定校正函数的按钮410被按压，则处理电路140在步骤S1120中，判断为发出了数据处理的结束命令，使光源110停止照射激光。

[0146] ＜步骤S1200＞

[0147] 处理电路140利用模型函数对干涉波的周期相对于控制电压的曲线图进行近似。模型函数例如是2次以上的多项式，例如可以通过使用最小二乘法而决定。处理电路140使决定的模型函数作为校正函数显示在显示装置210上。

[0148] 图11B是表示在步骤S1200中显示的画面例的图。在该例中，在向上啁啾的曲线图和向下啁啾的曲线图上，分别以点线重叠了近似函数的曲线图进行显示。进而，显示了用于指示写入表的按钮430、用于指示重新校准的按钮440、以及用于指示强制结束的按钮420。

[0149] ＜步骤S1210＞

[0150] 在步骤S1210中，处理电路140判断是否发出了使用在步骤S1200中决定的校正函数生成校正表并向存储装置150写入的指示。在图11B所示的“写入表”的按钮430被按压的情况下发出写入的指示。在按钮430被按压的情况下，向步骤S1220前进。在按钮430未被按压而经过了预先决定的时间的情况下，或者在“重新校准”的按钮440被按压的情况下，返回至步骤S1110，重新开始校准。

[0151] ＜步骤S1220＞

[0152] 处理电路140基于在步骤S1200中生成的函数的值制作校正表。具体而言，处理电路140以与距校准的对象物的距离对应的值a除以校正函数的值而得到的值作为校正值，按每个控制电压计算校正值。如果将控制电压设为V，且将校正函数设为f(V)，则与控制电压V对应的校正值是a/f(V)。处理电路140针对向上啁啾和向下啁啾，分别生成规定控制电压与校正值的对应关系的校正表。在计测距离或者速度时，校正表用于对检测信号的周期或者频率进行校正。

[0153] ＜步骤S1230＞

[0154] 处理电路140将步骤S1220中生成的用于向上啁啾的校正表和用于向下啁啾的校正表向存储装置150输出。存储装置150存储这些校正表。

[0155] 图12是表示存储装置150所存储的校正表的例子的图。该例中的用于向上啁啾和用于向下啁啾的各个校正表具有相同的数据形式。各校正表保持了光源110被施加的控制电压的值、以及作为用于对检测信号的周期进行修正的数值的周期修正比率的信息。此外，校正表的形式不限定于图示的例子。不拘泥于形式，校正表可以包括用于对与原本相比过长或者过短的检测信号的周期进行调整的校正值的信息。

[0156] 周期修正比率例如可以是用规定的常数对周期进行归一化而得到的值，该值使得对检测信号的波形进行校正后的节拍频率，成为根据基准对象物的距离、调制周期、调制频率范围及光速在理论上导出的值。常数可以被设定为使得校正后的检测信号的波形的节拍频率与理论值一致的值。

[0157] 本实施方式中的计测装置100通过反复进行步骤S1120至步骤S1180，能够积蓄对决定校正函数而言充分的数据。另外，通过反复进行步骤S1110至步骤S1210，在数据不稳定的情况下，能够重新进行校准动作来制作优选的校正表。

[0158] 此外，在步骤S1160中，例如可以将从向上凸的部分的最大点到下一个向上凸的部分的最大点为止的期间、或者从向下凸的部分的最小点到下一个向下凸的部分的最小点为止的期间等决定为周期，但周期的决定方法不限定于这样的方法。在数字化的数据中，在对周期而言采样点不充分的情况下，基于数据点的向上凸的部分的最大点或者向下凸的部分的最小点有时与实际的信号的峰点等不一致。在该情况下，也可以通过适用模型波形来估计信号的峰点。

[0159] 图13是用于说明估计峰点的处理的一例的图。在图13的例中，处理电路140具备模拟/数字(A/D)转换器、以及存储器等主存储装置。处理电路140利用A/D转换器对检测信号的波形进行数字化，并存放至主存储装置。在图13中，数字化后的多个数据点由○记号表示。图中的横轴表现时间。处理电路140将正弦波作为模型波，决定使与数据点的距离最小的模型波。在图13中，例示了与数据点的距离最小的正弦波、以及与数据点的距离较大的正弦波。处理电路140也可以基于决定的模型波的峰点(即最大点)、最小点或者过零点等，决定检测信号的周期。此外，由于周期与频率处于互为倒数的关系，因此决定周期等价于决定频率。

[0160] 在图8所示的流程图中，在步骤S1120中，用户进行数据积蓄结束的判断，但也可以由处理电路140自动地判断数据积蓄的结束。例如，也可以根据积蓄了预先决定的数量的数据的情况或者积蓄的数据的离散(方差)的变动变得比预先决定的值小的情况等基准，自动地结束数据积蓄。在自动地进行步骤S1120的判断的情况下，也可以省略步骤S1180的显示动作。

[0161] 另外，在步骤S1120对结束的判断被自动进行的情况下，也可以使显示装置210显示能够由用户针对自动进行的结束判断指示修正的用户界面。图14是表示这样的用户界面的例子的图。在该例中，在显示画面上顺次显示向上啁啾和向下啁啾各自的数据、以及校正函数，也显示了用于指示重新校准的按钮440。用户对显示的校正函数进行监视，在判断为应该重新制作校正函数、或者对决定校正函数而言数据过少、或者数据不恰当的情况下，按

压重新校准按钮440。处理电路140响应于此，反复进行步骤S1120至步骤S1180的动作。由此，能够进一步积累用于制作校正函数的数据。结果，即使在由于某些因素而发生了噪声混入数据等问题的情况下，也能够设定准确的校正函数。

[0162] 在图8的流程图中，并行制作用于向上啁啾的校正表和用于向下啁啾的校正表，与校正表的制作相关的各步骤同样地进行，但也可以各自在不同的定时进行。即，也可以在向上啁啾与向下啁啾中个别地进行步骤S1120对数据积蓄的结束的判断。另外，也可以在向上啁啾与向下啁啾中个别地进行步骤S1210对周期的校正值的写入的判断。

[0163] 图15是表示能够在向上啁啾与向下啁啾中个别地进行校正值的写入的判断的用户界面的例子的图。在该例中，针对向上啁啾的曲线图和向下啁啾的曲线图，分别准备了用于决定校正函数的按钮450。用户可以仅对向上啁啾及向下啁啾之中的被判断为积蓄了对于决定校正函数而言充分的数据的一方的按钮450进行按压。如果一方的按钮450被按压，则处理电路140停止被按压的一方的数据积蓄并决定校正函数。处理电路140针对向上啁啾及向下啁啾之中的按钮450未被按压的一方，进一步反复进行积蓄数据的动作。如果用户针对两个啁啾都判断为结束数据的积蓄，并按压了双方的决定校正函数的按钮450，则处理电路140使光源110停止照射激光。

[0164] 此外，关于步骤S1120中的数据积蓄的结束的判断，处理电路140也可以基于积蓄数据的数量或者统计性基准等自动地判断结束。在该情况下，也可以设为能够个别地设定针对向上啁啾的判断基准和针对向下啁啾的判断基准。

[0165] [距离及速度的计测动作]

[0166] 接下来，说明计测装置100对距离及速度的计测动作的例子。

[0167] 图16是表示计测装置100对距离及速度的计测动作的例子的流程图。计测装置100在对距离及速度进行计测时，执行图16所示的步骤S1110至S2150的动作。步骤S1110至S1150以及S1190的动作与图8所示的对应的步骤的动作同样。以下，说明各步骤的动作。

[0168] 计测装置100响应于由未图示的输入机构输入计测动作的开始命令而开始计测动作。

[0169] ＜步骤S1110＞

[0170] 处理电路140使光源110开始照射激光。处理电路140施加以规定的振幅周期性变动的控制电压，从而使频率在某范围内周期性变动的激光出射。激光被干涉光学系统120分为输出光和参照光。输出光照射对象物300。干涉光学系统120使来自对象物300的反射光与参照光的干涉光向光检测器130入射。光检测器130接受干涉光，并输出与干涉光的强度相应的检测信号。

[0171] ＜步骤S1120＞

[0172] 处理电路140判断是否输入了计测的结束命令。处理电路140例如判断是否从用户输入了结束命令。例如可以由用户在显示装置210所显示的画面上按压特定的按钮，从而输入结束命令。

[0173] 图17是表示在计测中显示装置210所显示的画面的一例的图。在该画面上，包括用于指示计测结束的结束按钮520。如果用户按压了该按钮520，则输入计测的结束命令。处理电路140在未被输入结束命令的情况下，向步骤S1130前进。在被输入了结束命令的情况下，向步骤S1190前进。

[0174] ＜步骤S1130＞

[0175] 处理电路140取得从光检测器130输出的检测信号。处理电路140将检测信号积蓄至处理电路140内的存储器等主存储装置。

[0176] ＜步骤S1140＞

[0177] 处理电路140判断是否积蓄了相当于光源110所输出的激光的频率调制的1个周期的数据长度以上的检测信号。在积蓄的检测信号的数据长度为频率调制的1周期量以上的情况下，向步骤S1150前进。在积蓄的检测信号的数据长度小于频率调制的1周期量的情况下，返回至步骤S1130。

[0178] ＜步骤S1150＞

[0179] 处理电路140从临时存储装置中积蓄的检测信号中，提取向上啁啾期间的信号和向下啁啾期间的信号。

[0180] ＜步骤S2110＞

[0181] 处理电路140参照存储装置150中存放的校正表，针对步骤S1150中提取的向上啁啾期间和向下啁啾期间各自的信号进行校正。

[0182] 图18是表示校正前后的检测信号的波形例的图。实线表示校正前的检测信号，虚线表示校正后的检测信号。横轴表现与校正前的检测信号对应的时间。处理电路140将检测信号分为向上啁啾期间的信号和向下啁啾期间的信号，使用校正表中记述的校正值的信息对各个信号进行校正。例如，处理电路140对各啁啾的信号的周期的瞬间值乘以校正表所表示的校正值，从而使该信号中的比原本长的周期的部分缩短，而使比原本短的周期的部分伸长。由此，能够将各啁啾的信号校正为大致一定的周期的状态持续。

[0183] 更具体而言，处理电路140首先从步骤S1150中提取的各啁啾的信号中提取1周期量。可以与校准时同样，例如通过提取在时间轴上相邻的2个峰点或者过零点(例如从负向正变化的点)之间的信号部分的方法，提取1周期量的信号。接下来，处理电路140以提取的1周期量的信号的开始点作为基准点，决定所对应的驱动电压。接下来，处理电路140参照存储装置150中存放的校正表(参照图12)，取得与决定的驱动电压对应的校正值(即周期修正比率)。处理电路140将取得的周期修正比率与检测信号的周期相乘从而对周期进行校正，并使检测信号的波形变形。处理电路140通过按检测信号的每个周期执行上述的动作，从而得到校正后的检测信号的波形。针对步骤S1150中提取的向上啁啾期间的信号和向下啁啾期间的信号两者分别独立地进行该处理。步骤S2110至步骤S2130的处理可以针对向上啁啾期间的信号和向下啁啾期间的信号双方独立地进行。

[0184] ＜步骤S2120＞

[0185] 处理电路140针对步骤S2110中校正后的向上啁啾及向下啁啾的各检测信号施以窗函数例如汉宁窗，从而将各信号的波形变形为适于频率分析的波形。

[0186] ＜步骤S2130＞

[0187] 处理电路140针对向上啁啾期间及向下啁啾期间各自的检测信号，进行傅立叶变换处理，并生成频谱。

[0188] ＜步骤S2140＞

[0189] 处理电路140针对步骤S2130中生成的向上啁啾期间的频谱和向下啁啾期间的频谱中的各个频谱，提取最大的谱峰，从而决定各啁啾的频率(即节拍频率)。接下来，处理电

路140参照存储装置150中存放的转换表，根据各啁啾期间的频率求出距离的值。

[0190] 图19是表示规定节拍频率与距离的关系的转换表的一例的图。这样的转换表可以预先存放于存储装置150。此外，如图20A及图20B所示，也可以将与向上啁啾和向下啁啾分别对应的转换表存放于存储装置150。另外，也可以替代转换表，而通过函数等其他形式的数据记录节拍频率与距离的关系。

[0191] 在使用图20A及图20B所示的转换表的情况下，处理电路140参照用于向上啁啾的转换表，根据向上啁啾期间的节拍频率求出距离。处理电路140另外参照用于向下啁啾的转换表，根据向下啁啾期间的节拍频率求出距离。

[0192] 处理电路140例如对根据向上啁啾期间的节拍频率得到的距离与根据向下啁啾期间的节拍频率得到的距离进行平均化，从而求出最终输出的距离。此外，处理电路140也可以将根据向上啁啾期间的节拍频率得到的距离与根据向下啁啾期间的节拍频率得到的距离中的一方，作为最终输出的距离。

[0193] 另一方面，处理电路140基于向上啁啾期间的节拍频率与向下啁啾期间的节拍频率之差(以下也称为“频率差”)，求出对象物300的速度。在向上啁啾期间的节拍频率比向下啁啾期间的节拍频率大的情况下，示出对象物300正在远离。在向上啁啾期间的节拍频率比向下啁啾期间的节拍频率小的情况下，示出对象物300正在接近。

[0194] 图21是表示规定频率差与速度的关系的转换表的例子的图。这样的转换表可以被预先生成，并记录于存储装置150。处理电路140能够参照这样的转换表，根据差频求出速度。此外，不限于这样的转换表，也可以使用规定频率差与速度的关系的函数等其他形式的数据。

[0195] ＜步骤S2150＞

[0196] 处理电路140在显示装置210上显示步骤S2140中求出的距离和速度。例如图17所示，距离及速度的计测值可以由指示器以及/或者数值显示。在步骤S2150之后，返回至步骤S1120。

[0197] ＜步骤S1190＞

[0198] 在步骤S1120中检测出结束命令的情况下，处理电路140向步骤S1190前进，结束光源110对激光的照射，并结束计测装置100的动作。

[0199] 此外，在对象物300移动的情况下，在向上啁啾期间的节拍频率与向下啁啾期间的节拍频率之间产生差异。于是，处理电路140也可以使显示装置210显示向上啁啾期间的节拍频率和向下啁啾期间的节拍频率。通过这样的显示，用户在未计测对象物300的速度时，能够知晓对象物300正在移动。

[0200] 图22A及图22B是表示显示各啁啾期间的节拍频率的画面例的图。图22A表示对象物300静止的情况下的测距结果的画面例。图22B表示对象物300移动时的测距及距离计测结果的画面例。在该例中，显示装置210的显示不仅表示距离及速度的计测结果，而且显示表示向上啁啾期间和向下啁啾期间各自的节拍频率的大小的指示器、以及速度计测按钮530。处理电路140通常仅对距离进行计测，而不对速度进行计测。如果由用户按压了速度计测按钮530，则处理电路140除了距离之外还对速度进行计测，并使显示装置210显示计测结果。用户能够在指示器中确认画面上显示的向上啁啾期间的节拍频率与向下啁啾期间的节拍频率之差。如图22A的例子所示，在两者的节拍频率没有差异的情况下，意味着对象物300

静止。另一方面，在如图22B的例子那样，向上啁啾期间与向下啁啾期间的节拍频率产生了差异的情况下，意味着对象物300移动。在这样的情况下，如果用户按压了速度计测按钮530，则处理电路140对速度进行计测，并显示计测结果。在图22B的显示例中，用户能够确定对象物30在从计测装置100远离的方向上以9km/h移动。通过这样的显示，用户通过观察距离、以及向上啁啾期间和向下啁啾期间各自的节拍频率的显示，能够知晓对象物300是在移动还是静止，能够进行适合于对象物300的计测。

[0201] 在本实施方式中，作为校正用数据，针对向上啁啾和向下啁啾分别制作了规定控制电压与周期的校正值的对应关系的校正表或者校正函数，并存放于存储装置150。校正用数据不限于这样的数据，例如也可以是规定激光源的驱动电流和周期的校正值的表或者函数等的数据。另外，在以周期性进行激光的频率调制的情况下，也可以使用规定调制周期中的相位和周期的校正值的表或者函数等的数据作为校正用数据。

[0202] 本实施方式中的处理电路140基于校正用数据，对相对于时间以非线性变动的检测信号的周期进行校正，从而对检测信号进行校正。也可以替代这样的方法，例如通过对检测信号的采样的定时进行变更来实现同样的效果。即，也可以通过与控制电压、驱动电流或者相位相应地对原本应该以等时间间隔采样的数字化的定时恰当地进行变更，从而对检测信号进行校正。

[0203] 图23A是表示包括用于对检测信号的采样定时进行变更的校正值的信息的校正表的例子的图。在该例中，用于向上啁啾的校正表及用于向下啁啾的校正表各自包括与驱动电压的各个值对应的采样间隔的信息。处理电路140也可以参照这样的表，对原本等间隔的采样间隔进行校正，从而对检测信号进行校正。

[0204] 图23B是表示校正表的其他例的图。该例中的校正表包括激光的频率调制的周期中的相位、以及与各相位对应的周期修正比率的信息。FMCW方式的激光雷达装置反复进行激光的频率调制，连续地执行测距和速度计测。在频率调制的周期一定，且同样的控制信号反复施加的情况下，使用如图23B那样规定扫描周期的相位和周期修正比率的校正表，能够得到与上述同样的效果。或者，也可以如图23C所示，使用规定扫描周期中的相位和采样间隔的校正用表。处理电路140通过参照这样的表对检测信号的采样定时进行校正，能够得到与上述同样的效果。在图23B及图23C的例中，1个表包括用于向上啁啾期间(即相位为0至π的期间)的校正用数据以及用于向下啁啾期间(即相位为π至2π的期间)的校正用数据。也可以替代这样的表，分为用于向上啁啾的校正表和用于向下啁啾的校正表来记录。

[0205] [效果]

[0206] 如上，在本实施方式中，处理电路140使用通过事先的校准而生成的用于向上啁啾期间的校正用数据和用于向下啁啾期间的校正用数据，对干涉波的检测信号进行校正。各校正用数据例如可以包括用于对检测信号的周期进行校正的校正值或者用于对检测信号的采样定时进行校正的校正值的信息。校正值例如可以与使从光源110出射的激光的频率进行扫描的控制电压、激光驱动电流的值或者频率调制的周期中的相位建立关联地记录。处理电路140基于这样的校正用数据，在时间方向上对检测信号进行校正。处理电路140根据对校正后的检测信号进行傅立叶变换而得到的谱峰的频率，计算距离。处理电路140能够进一步基于向上啁啾中的谱峰的频率与向下啁啾中的谱峰的频率之差，决定对象物300的速度。像这样，处理电路140在傅立叶变换之前，针对向上啁啾期间和向下啁啾期间各自进

行检测信号的时间校正。由此，能够减小通过各啁啾期间的检测信号的傅立叶变换而得到的谱模式的失真。结果，能够提高在各啁啾期间中得到的距离数据的精度。由于各期间中得到的距离数据的精度提高，根据这些期间的频率之差而求出的速度的计测精度也提高。

[0207] (变形例1)

[0208] 图24是用于说明实施方式1的变形例1中的动作的图。在FMCW方式中，频率的调制周期有时比干涉波的观测期间即取得检测信号的期间长。例如，检测信号可以在图24所示的由虚线划分的a、b、c、d那样的比调制周期短的期间中取得。在这样的情况下，上述的在时间方向上对检测信号进行校正之后进行傅立叶变换的方法也是有效的。

[0209] 例如，可以在控制信号的1个周期(即调制频率的1个周期)中，生成图12所例示的记录与控制信号的电压对应的干涉波信号的周期修正比率等的校正值的表。在该情况下，即使在如图24的a、b、c、d各自的情况那样，为了进行距离及速度计测而取得的检测信号的时间长度比调制频率的周期短的情况下，也能够进行与实施方式1同样的校正处理。

[0210] (变形例2)

[0211] 在如图24的例子那样，基于检测信号之中的切取短期间而得到的部分对距离及速度进行计测的情况下，优选切取相对于控制电压而言检测信号的表现稳定的范围的信号。在图24的例中，在期间b及期间d中，检测信号处于反复上升和下降的不稳定的状态。另一方面，在期间a和期间c中，检测信号均相对于控制电压的上升而均一地上升，虽然为非线性，但比期间b及期间d稳定。于是，也可以从处于一定的控制电压的范围内的期间的检测信号中，切取用于计测距离及速度的信号。在该情况下，校正表也可以仅针对关于控制电压的向上啁啾和向下啁啾各自个别地设定的用于计测的控制电压的范围内，保持校正值。在本变形例中，处理电路140在图16所示的步骤S1130中，在控制电压处于预先决定的控制电压的范围内的情况下取得检测信号。

[0212] 像这样，用于向上啁啾的校正用数据也可以是规定作为向上啁啾期间的一部分的第1期间(例如图24中的期间a)中的控制电压与校正值的对应关系的表或者函数的数据。用于向下啁啾期间的校正用数据也可以是规定作为向下啁啾期间的一部分的第2期间(例如图24中的期间c)中的控制电压与校正值的对应关系的表或者函数的数据。在该情况下，处理电路140从检测信号中提取与第1期间对应的第1信号以及与第2期间对应的第2信号。处理电路140基于用于向上啁啾的校正用数据中的校正值对第1信号进行校正，从而生成第1校正信号。处理电路140另外基于用于向下啁啾的校正用数据中的校正值对第2信号进行校正，从而生成第2校正信号。处理电路140基于第1校正信号和第2校正信号，能够决定距对象物300的距离及速度中的至少一方。

[0213] 根据本变形例，能够削减存储装置150所保持的数据量并且进行稳定的计测。

[0214] (变形例3)

[0215] 图25是表示实施方式1的变形例3中的计测装置100的概略构成的框图。在本变形例中，计测装置100除了图2所示的构成要素之外，还具备对光的频率或波长进行计测的计测器160。

[0216] 本变形例中的干涉光学系统120将从光源110出射的激光分离为输出光、第1参照光和第2参照光。输出光朝向对象物300出射。第1参照光相当于实施方式1中的参照光，与来自对象物300的反射光干涉并作为干涉光向光检测器130入射。第2参照光向计测器160入

射。

[0217] 波长计测器160接受第2参照光，对第2参照光的波长或频率进行检测，并向处理电路140发送表示检测结果的信号。

[0218] 处理电路140取得从光检测器输出的表示干涉光的强度的时间变动的检测信号、以及从计测器160输出的表示第2参照光的频率的信号。处理电路140基于这些信号、以及存储装置150中存放的2个校正表，生成表示对象物300的距离以及/或者速度的计测数据。

[0219] 本变形例中的校准时的动作的概要如下。

[0220] • 在计测装置100静止的状态下，光源110朝向静止的对象物，出射频率被调制的激光。

[0221] • 光检测器130对来自对象物的反射光与第1参照光的干涉光进行检测，并输出检测信号。

[0222] • 计测器160对第2参照光的波长或频率进行计测，并输出表示计测值的信号。

[0223] • 处理电路140基于从光检测器130输出的检测信号以及从计测器160输出的信号，以无论第2参照光的频率如何，与向上啁啾期间对应的干涉光的谱峰的频率以及与向下啁啾期间对应的干涉光的谱峰的频率都对应于距对象物的距离的方式，生成用于对检测信号进行校正的校正表并存储至存储装置150。

[0224] 本变形例中的距离及速度的计测动作的概要如下。

[0225] • 光源110朝向对象物出射频率被调制的激光。

[0226] • 光检测器130检测来自对象物的反射光与参照光的干涉光，并输出检测信号。

[0227] • 处理电路140针对向上啁啾期间及向下啁啾期间中的至少一方，基于校正表，与第2参照光的频率相应地对检测信号进行校正，并基于校正后的检测信号的谱峰决定从计测装置100到对象物的距离。进而，处理电路140根据向上啁啾期间中的谱峰与向下啁啾期间中的谱峰之间的差量，决定该对象物与计测装置100的相对速度。

[0228] 图26A及图26B是表示本变形例中的用于向上啁啾的校正表和用于向下啁啾的校正表的例子的图。图26A所示的各校正表包括由计测器160计测的第2参照光的频率、以及与各频率对应的周期修正比率的信息。图26B所示的各校正表包括由计测器160计测的第2参照光的频率、以及与各频率对应的采样间隔的信息。像这样，本变形例中的校正表规定第2参照光的频率与校正值的对应关系。此外，校正表也可以规定第2参照光的波长与校正值的对应关系。

[0229] 在本变形例中，使用规定从光源110出射的光的频率或波长与校正值的对应关系的校正表，替代规定驱动电压与校正值的对应关系的校正表。由于驱动电压与从光源110出射的光的频率及波长具有相关性，因此通过使用出射光的频率或波长替代驱动电压，也能够得到与实施方式1同样的效果。

[0230] 在本变形例中，也如图24所示的例子那样，也可以基于比频率调制的一个周期短的期间的检测信号对距离及速度进行计测。在该情况下，第1校正用数据也可以是规定作为向上啁啾期间的一部分的第1期间中的第2参照光的波长或频率与校正值的对应关系的表或者函数的数据。同样，第2校正用数据也可以是规定作为向下啁啾期间的一部分的第2期间中的第2参照光的波长或频率与校正值的对应关系的表或者函数的数据。处理电路140也可以从检测信号中提取与第1期间对应的第1信号以及与第2期间对应的第2信号，基于第1

校正用数据中的校正值对第1信号进行校正从而生成第1校正信号，处理电路140基于第2校正用数据中的校正值对第2信号进行校正从而生成第2校正信号。处理电路140基于第1校正信号和第2校正信号，能够决定各啁啾期间中的节拍频率，并决定对象物300的距离以及/或者速度。

[0231] ＜用于说明实施方式的效果的实验例＞

[0232] 图27是表示用于对本公开的实施方式的效果进行验证的实验例中的计测装置2601的图。在计测装置2601中，与图2所示的计测装置100的构成不同，替代来自光检测器130的检测信号，而将从外部的信号生成器2602输出的伪检测信号输入至处理电路140。信号生成器2602取得从处理电路140向光源110输出的控制信号，生成与光源110所输出的激光的频率调制同步的伪检测信号。在此，伪检测信号是频率变动的伪正弦波，其振幅及中心频率分别被设定为与原本的检测信号的振幅及频率相近的值(例如1Vpp和50MHz)。另外，伪检测信号包括与激光的频率调制的向上啁啾期间同步的检测信号以及与向下啁啾期间同步的检测信号，在向上啁啾期间与向下啁啾期间中，频率的变动幅度和变动的定时不同。

[0233] 在本实验例中的存储装置150中，也与上述的实施方式同样地针对向上啁啾与向下啁啾而存储有不同的校正表。设想如下情况：在将伪检测信号输入至处理电路140，并且适用了用于向上啁啾及用于向下啁啾的校正表的状态下，执行计测装置2601的计测动作。此时计测的距离值是对在向上啁啾期间中计测的距离值与在向下啁啾期间中计测的距离值进行平均而得到的值，因此距离值的偏差成为将向上啁啾期间中的偏差与向下啁啾期间中的偏差合并而得到的偏差。

[0234] 首先，设想将伪检测信号的频率变动幅度在向上啁啾期间中和向下啁啾期间中都设为零的情况，即伪检测信号为频率一定的正弦波信号的情况。此时，针对伪检测信号进行与用于向上啁啾的校正表和用于向下啁啾的校正表分别相应的校正，因此在距离值中产生与该校正相应的偏差。将此时通过多次计测而得到的距离值的偏差设为σ_{00}。

[0235] 接下来，设想使伪检测信号的向上啁啾期间中的频率变动与向下啁啾期间中的频率变动不同的情况。在将伪检测信号的仅向上啁啾期间的频率变动幅度设为a，而将向下啁啾期间的频率变动幅度设为零时，将通过多次计测而得到的距离值的偏差设为σ_{a0}。另一方面，在将伪检测信号的仅向下啁啾期间的频率变动幅度设为a，而将向上啁啾期间的频率变动幅度设为零时，将通过多次计测而得到的距离值的偏差设为σ_{0a}。在此，频率变动幅度为a的期间中的频率变动的模式无论是向上啁啾期间还是向下啁啾期间都设定为相同。

[0236] 在实施了如上的实验的情况下，距离值的偏差应该成为$\sigma_{a0}\neq\sigma_{0a}$。其理由在于，如果针对频率变动的幅度及变动模式相同的伪检测信号适用不同的校正表，则校正后的检测信号的谱线宽度变化，与该线宽的变化相应地，距离值的偏差也变化。如果对输入上述的2个种类的伪检测信号的情况进行比较，则在向上啁啾期间中产生的距离值的偏差相互不同，在向下啁啾期间中产生的距离值的偏差也相互不同，因此对两者进行平均而求出的距离值的偏差也不同。

[0237] 另一方面，在以往那样对频率分析后的节拍信号频率适用校正的装置中，即使在向上啁啾期间与向下啁啾期间中适用了不同的校正，原来的节拍信号的谱线宽度也不变化，因此距离值的偏差应该成为$\sigma_{a0}=\sigma_{0a}$。

[0238] 根据如上的实验可知，在本公开的实施方式中的计测装置中，通过在频率分析前

的检测信号中的向上啁啾期间与向下啁啾期间中适用不同的校正表，距离值的偏差得到了控制。

[0239] 在上述的本公开的实施方式中，通过针对频率分析前的检测信号进行校正，能够抑制由于激光的频率调制中的非线性而引起的计测精度的降低。针对同样的课题，也可以采用对用于对激光进行频率调制的控制信号自身进行校正来消除非线性的方法。但是，在那样的方法中，需要将向光源的控制信号校正为非线性。生成非线性的控制信号、以及基于该控制信号对电流或者电压进行控制是困难的，与此相比，针对频率分析前的检测信号的校正在信号处理的水平上执行，因此简易且精度高。因此，根据本公开的实施方式，能够进行与以往相比更简易且精度高的计测。

[0240] 工业实用性

[0241] 本公开中的计测装置例如能够利用于无人搬运车(AGV)、汽车、无人飞行器或工业机器人等移动体、或者监视装置中搭载的FMCW激光雷达系统等用途。

[0242] 附图标记说明：

[0243] 100 测距装置

[0244] 110 光源

[0245] 111 驱动电路

[0246] 112 发光元件

[0247] 120 干涉光学系统

[0248] 121 分支器

[0249] 122 反射镜

[0250] 123 准直器

[0251] 124 准直透镜

[0252] 125第1光纤分路器

[0253] 126第2光纤分路器

[0254] 127 光环形器

[0255] 130 光检测器

[0256] 140 处理电路

[0257] 150 存储装置

[0258] 160 计测器

[0259] 170 光偏转器

[0260] 210 显示装置

[0261] 220 控制装置

[0262] 300 对象物

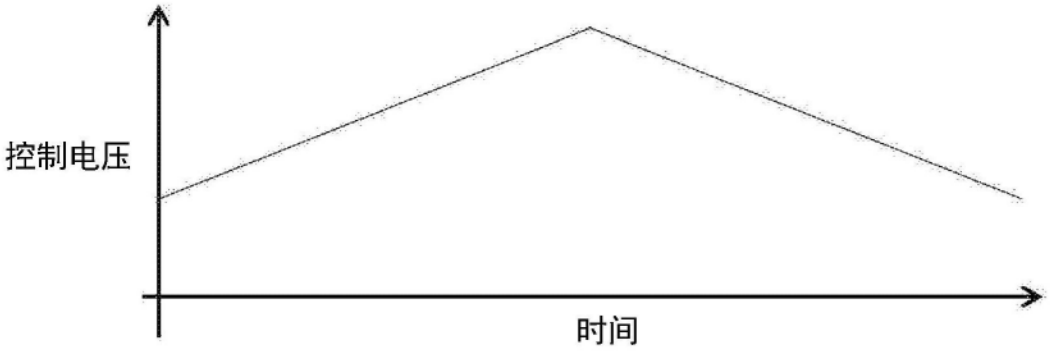

控制电压
时间

图1A

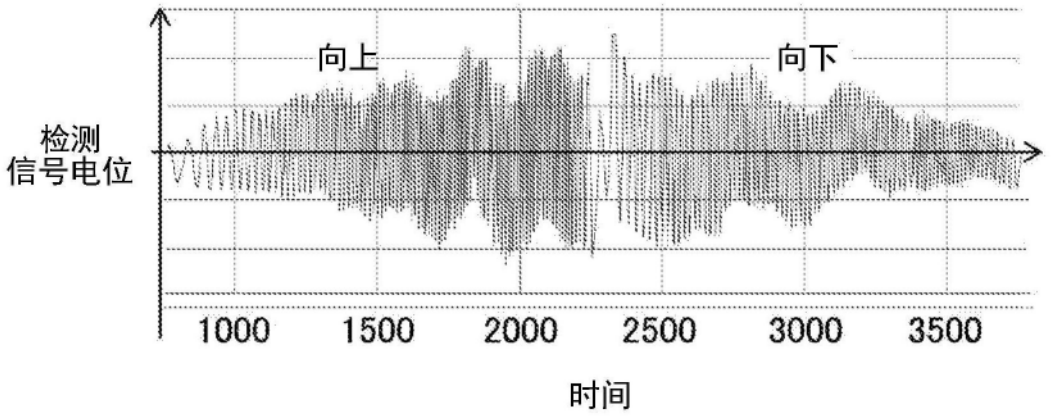

向上
向下
检测
信号电位
1000
1500
2000
2500
3000
3500
时间

图1B

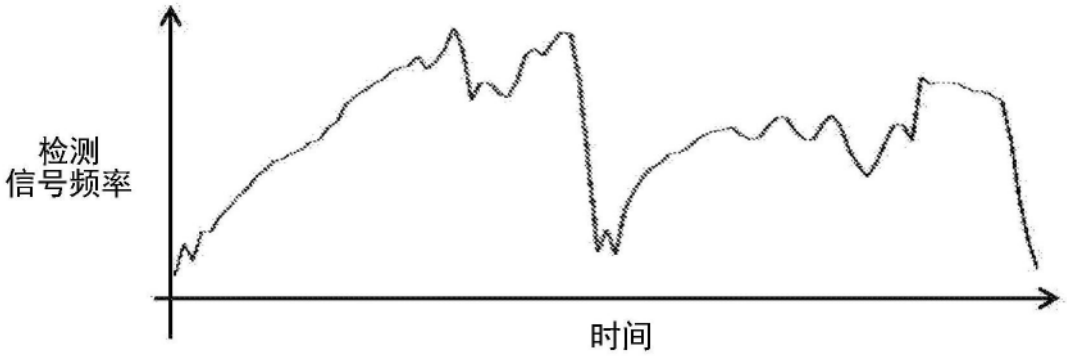

检测
信号频率
时间

图1C

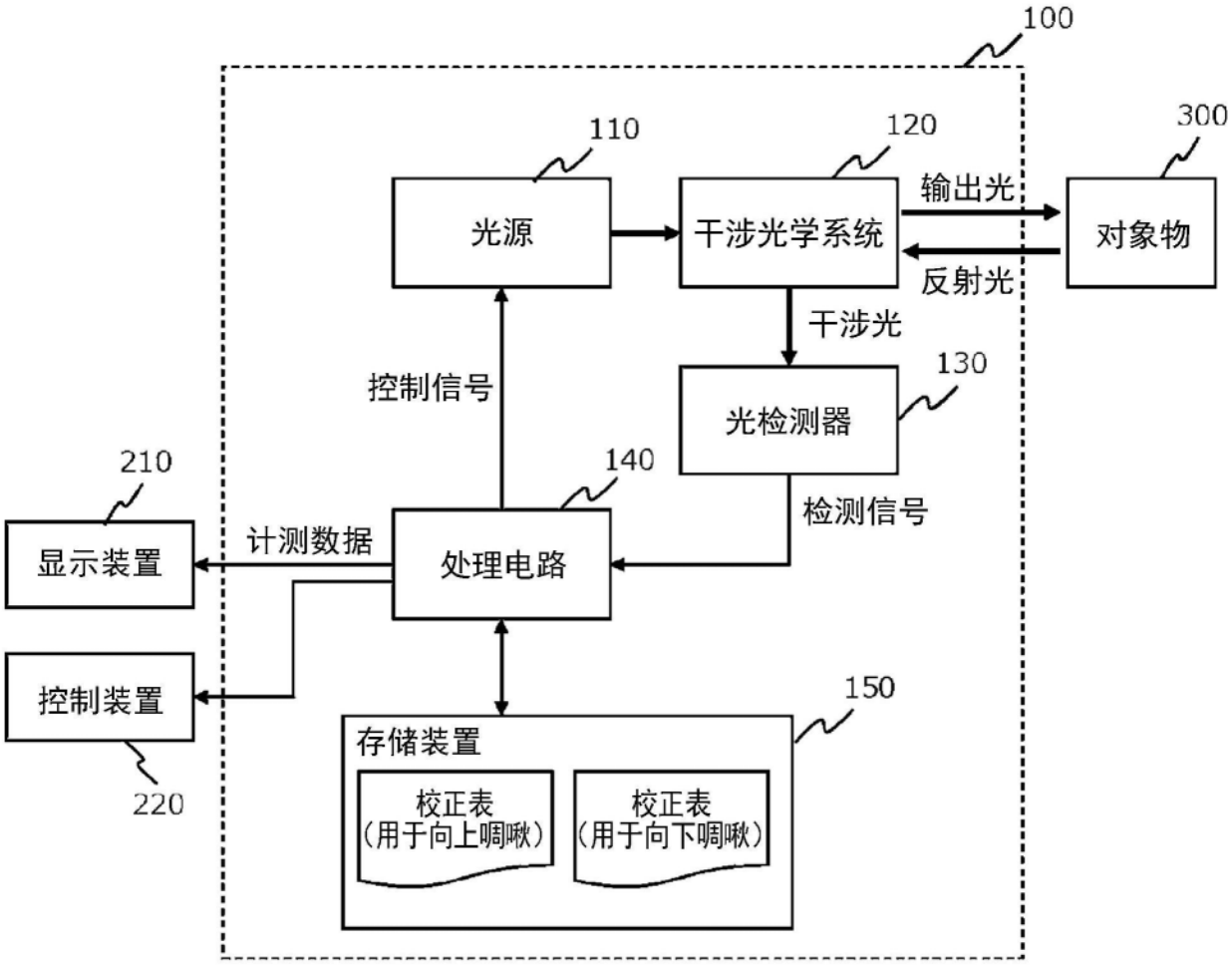

100
110
120
300
光源
干涉光学系统
输出光
对象物
反射光
干涉光
控制信号
130
光检测器
210
140
检测数据
显示装置
计测数据
处理电路
控制装置
150
存储装置
校正表
(用于向上啁啾)
校正表
(用于向下啁啾)
220

图2

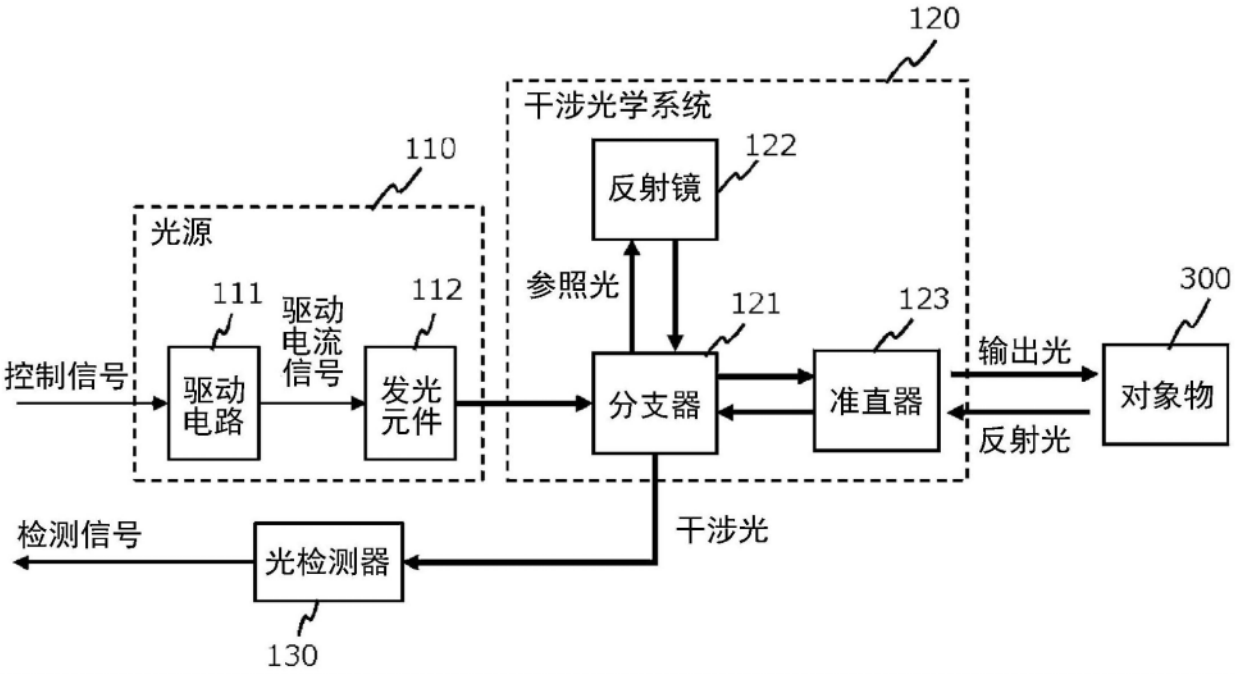

120
干涉光学系统
110
光源
111
驱动
电流
信号
112
反射镜
122
参照光
121
123
300
控制信号
驱动
电路
发光
元件
分支器
准直器
输出光
对象物
反射光
检测信号
光检测器
干涉光
130

图3

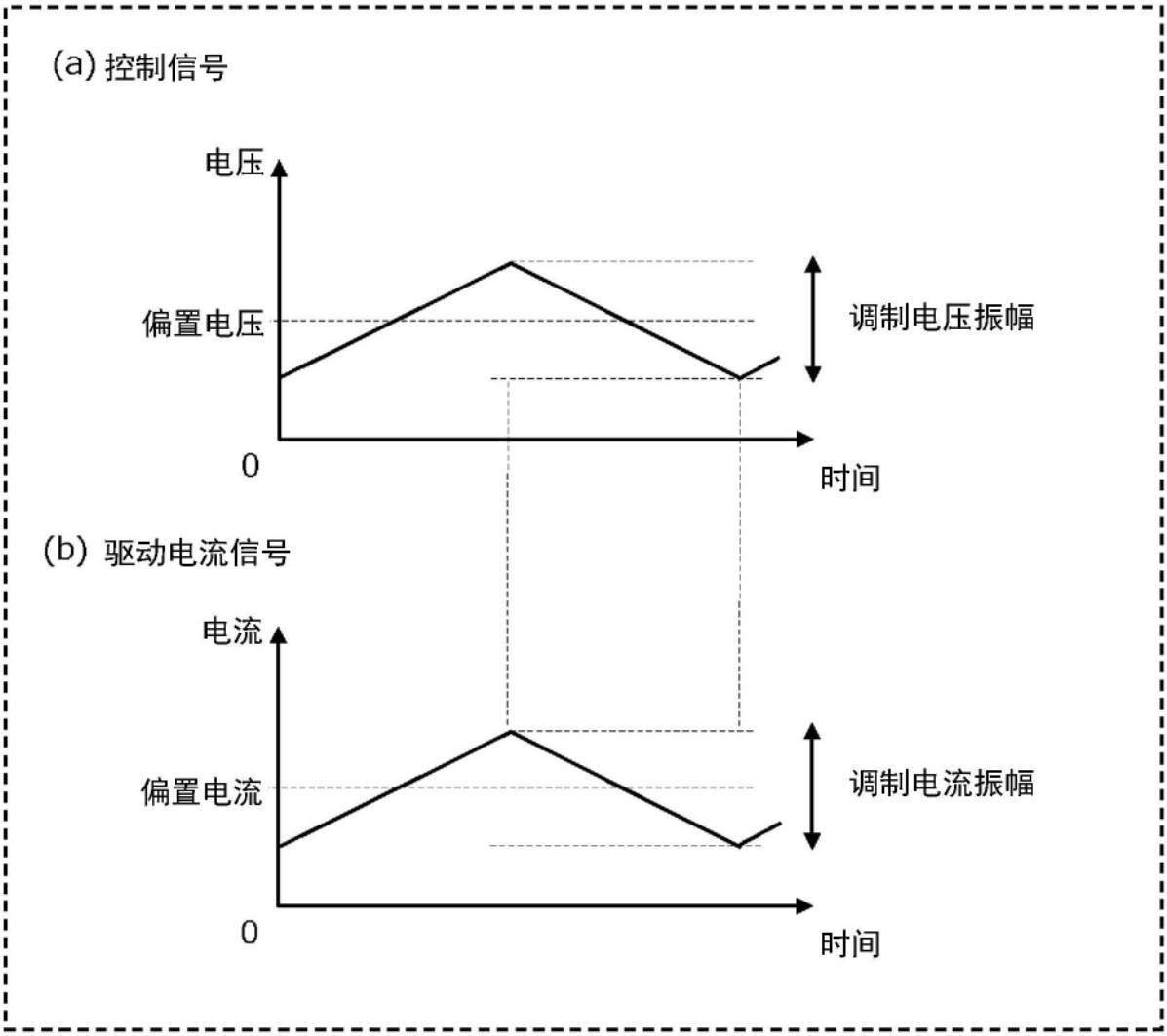


图4

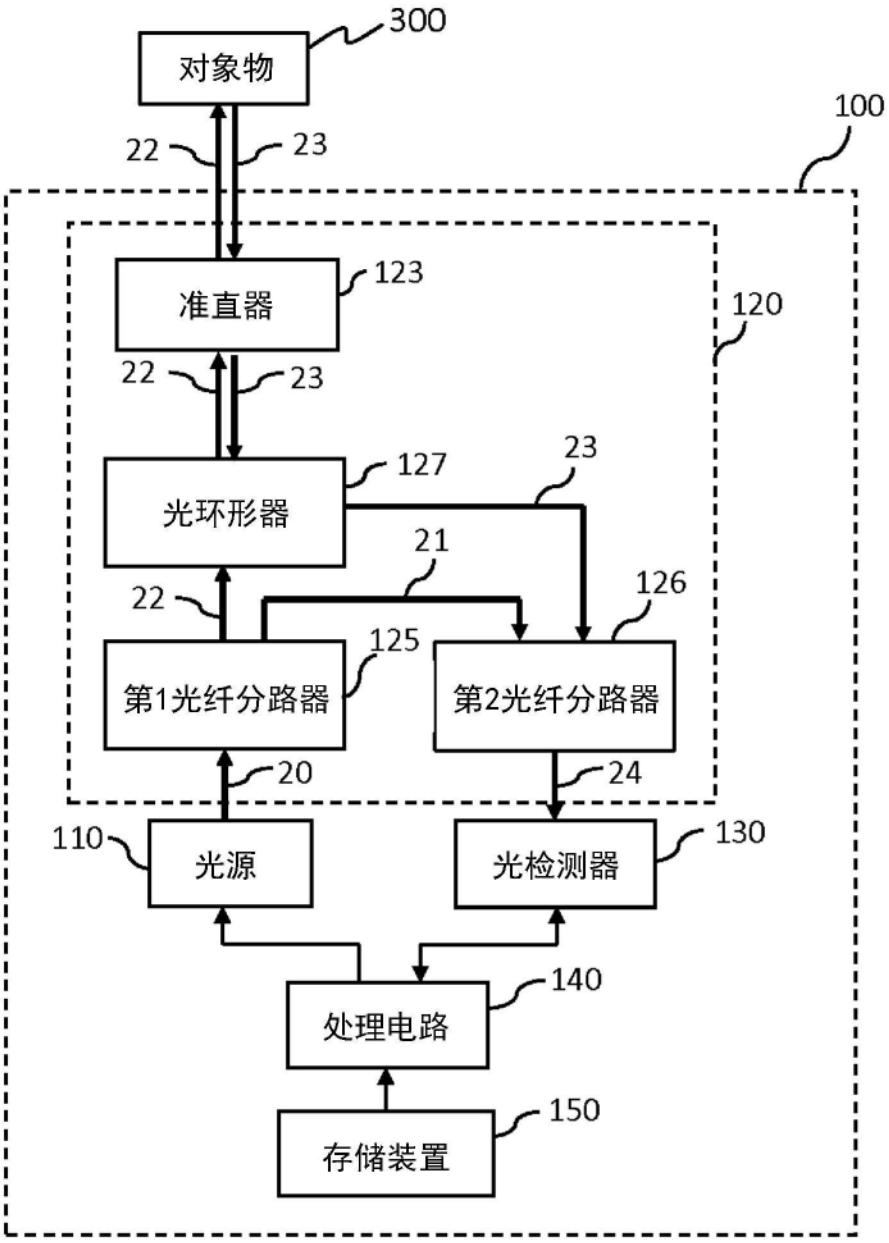

300
对象物
100
22
23
准直器
123
120
22
23
光环形器
127
23
21
22
126
第1光纤分路器
125
第2光纤分路器
20
24
110
光源
光检测器
130
处理电路
140
存储装置
150

图5

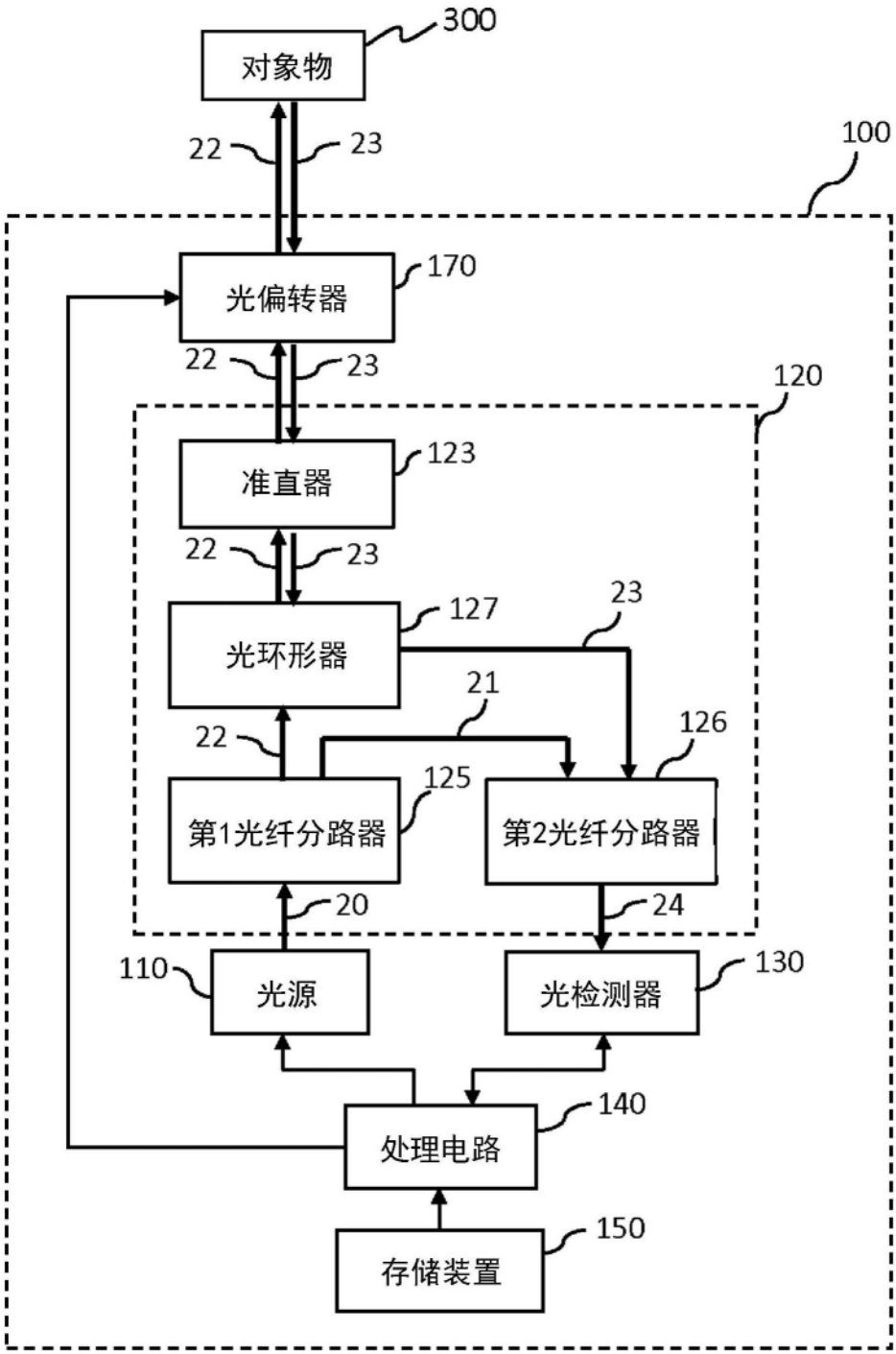

300
对象物
22
23
100
光偏转器
170
22
23
120
准直器
123
22
23
光环形器
127
23
21
22
126
125
第1光纤分路器
第2光纤分路器
20
24
110
光源
光检测器
130
处理电路
140
存储装置
150

图6

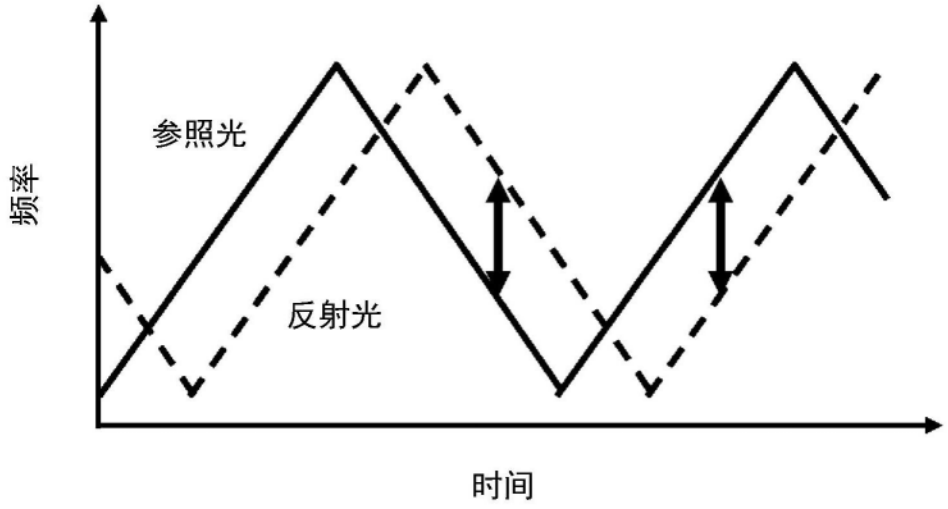


图7A

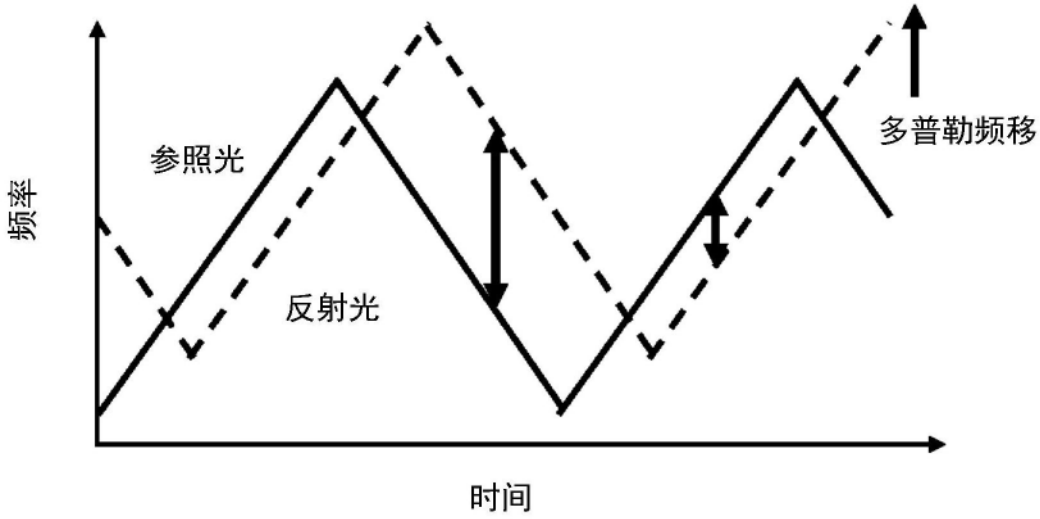


图7B

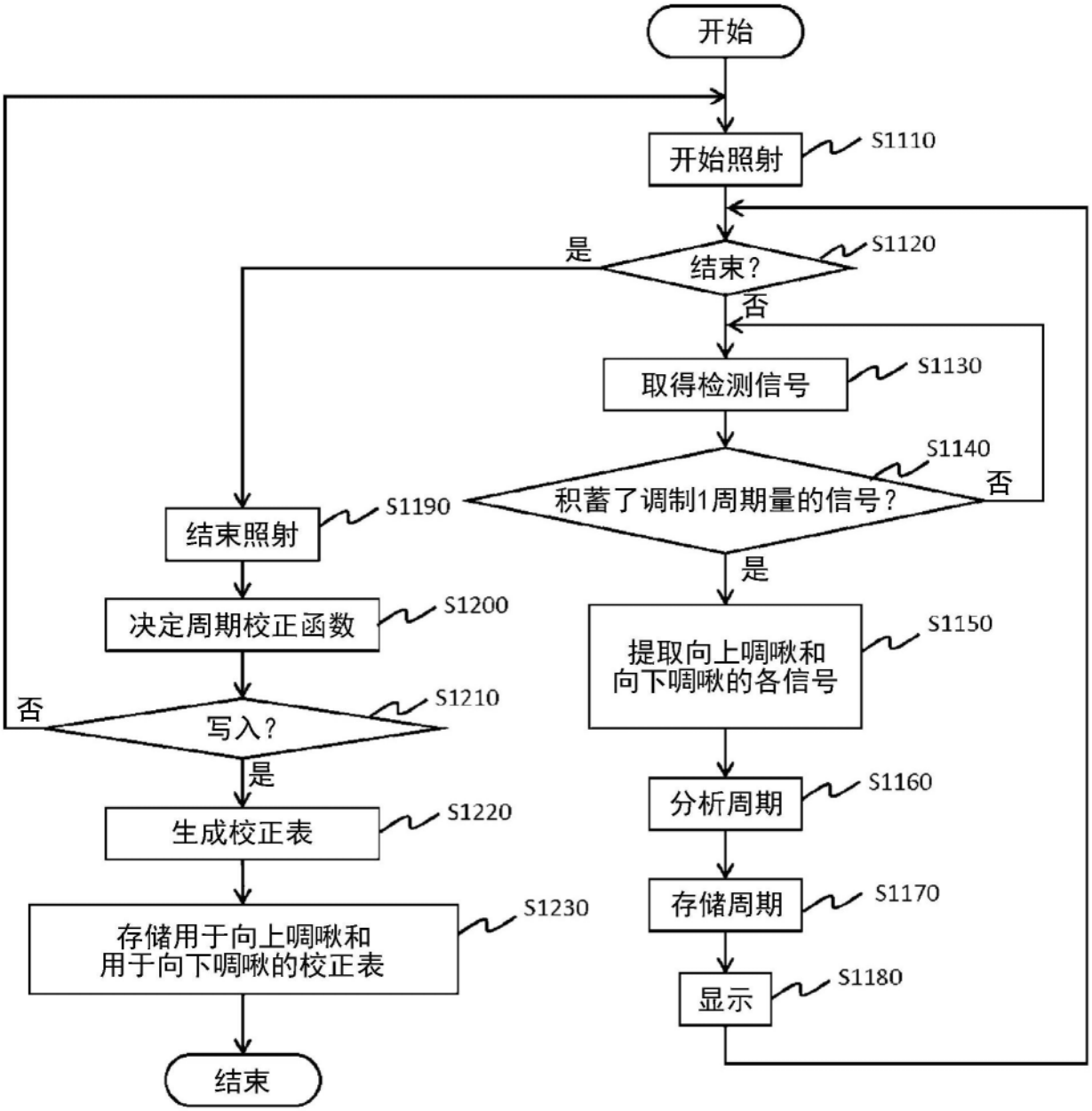

开始
开始照射
S1110
结束？
S1120
是
否
取得检测信号
S1130
积蓄了调制1周期量的信号？
S1140
否
是
结束照射
S1190
决定周期校正函数
S1200
写入？
S1210
否
是
生成校正表
S1220
存储用于向上啁啾和
用于向下啁啾的校正表
S1230
结束
提取向上啁啾和
向下啁啾的各信号
S1150
分析周期
S1160
存储周期
S1170
显示
S1180

图8

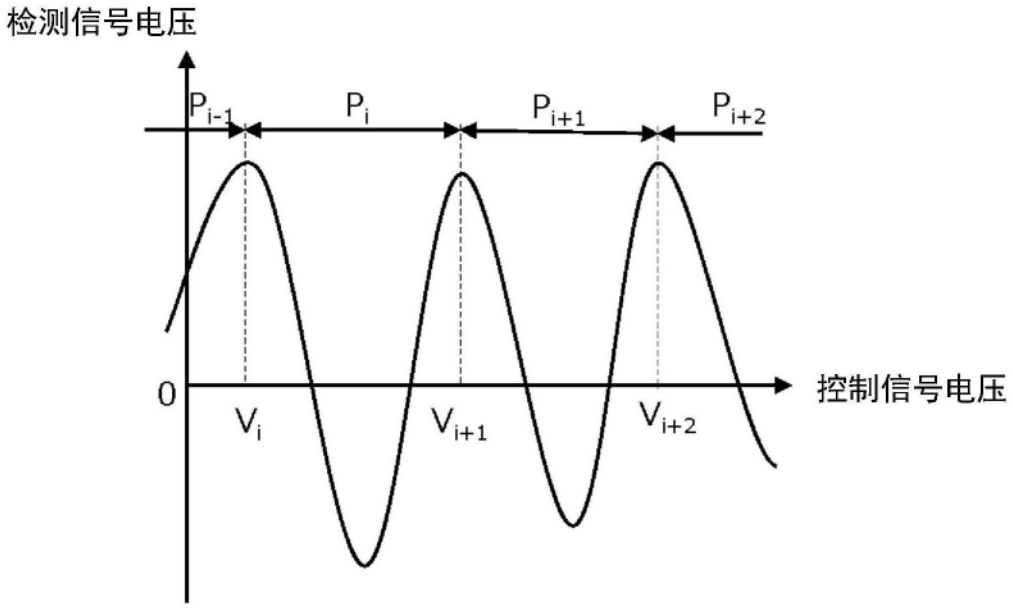

检测信号电压
P_{i-1}
P_i
P_{i+1}
P_{i+2}
0
V_i
V_{i+1}
V_{i+2}
控制信号电压

图9

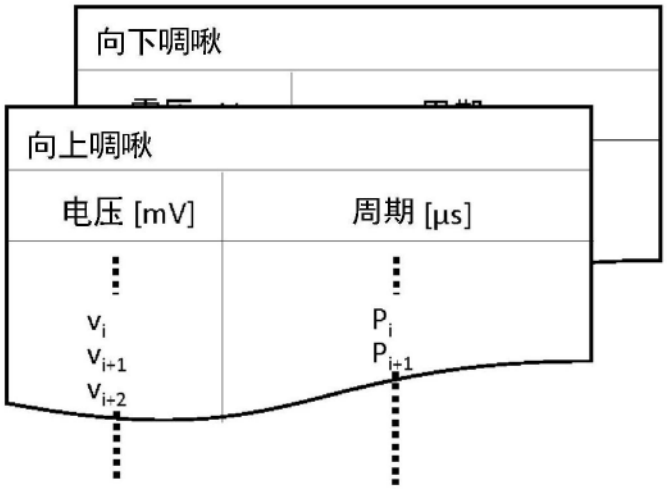

向下啁啾
向上啁啾
电压 [mV]
周期 [μs]
v_i
v_{i+1}
v_{i+2}
P_i
P_{i+1}

图10

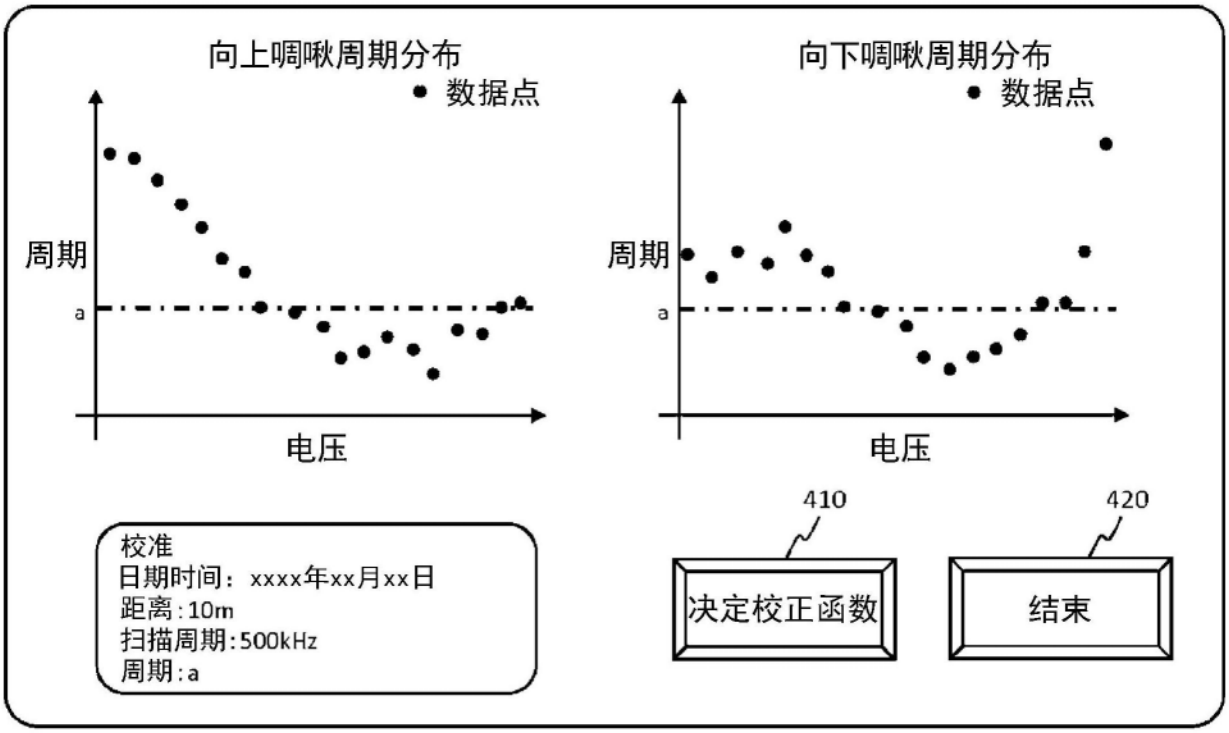

向上啁啾周期分布
数据点
周期
a
电压
向下啁啾周期分布
数据点
周期
a
电压
校准
日期时间：xxxx年xx月xx日
距离:10m
扫描周期:500kHz
周期:a
410
420
决定校正函数
结束

图11A

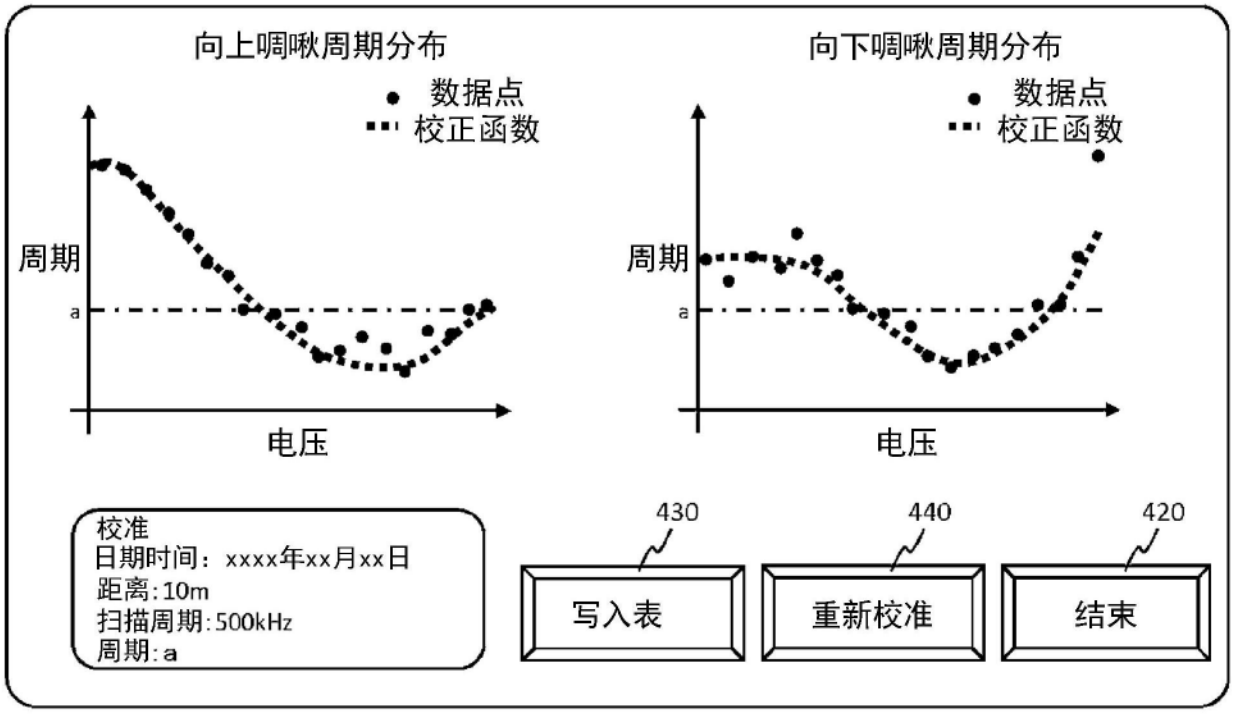

向上啁啾周期分布
数据点
校正函数
周期
a
电压
向下啁啾周期分布
数据点
校正函数
周期
a
电压
校准
日期时间：xxxx年xx月xx日
距离:10m
扫描周期:500kHz
周期:a
430
440
420
写入表
重新校准
结束

图11B

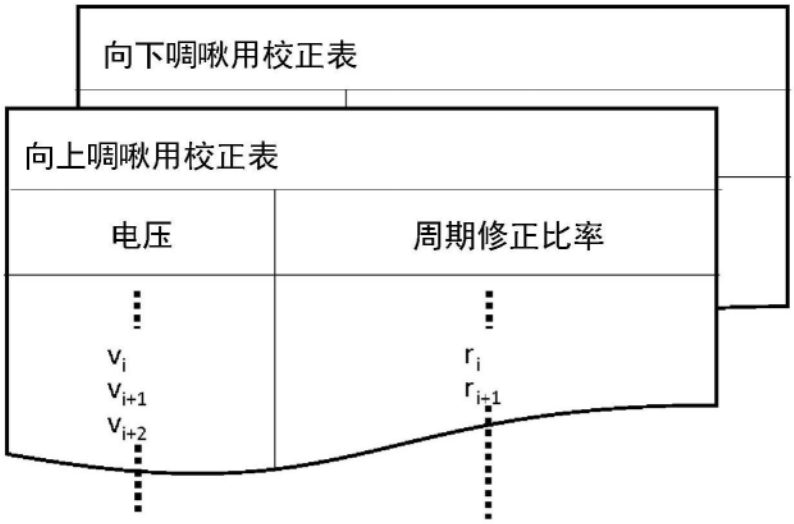


图12

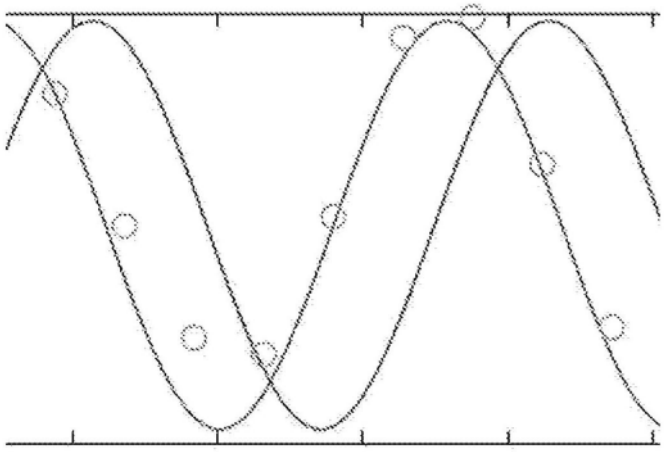


图13

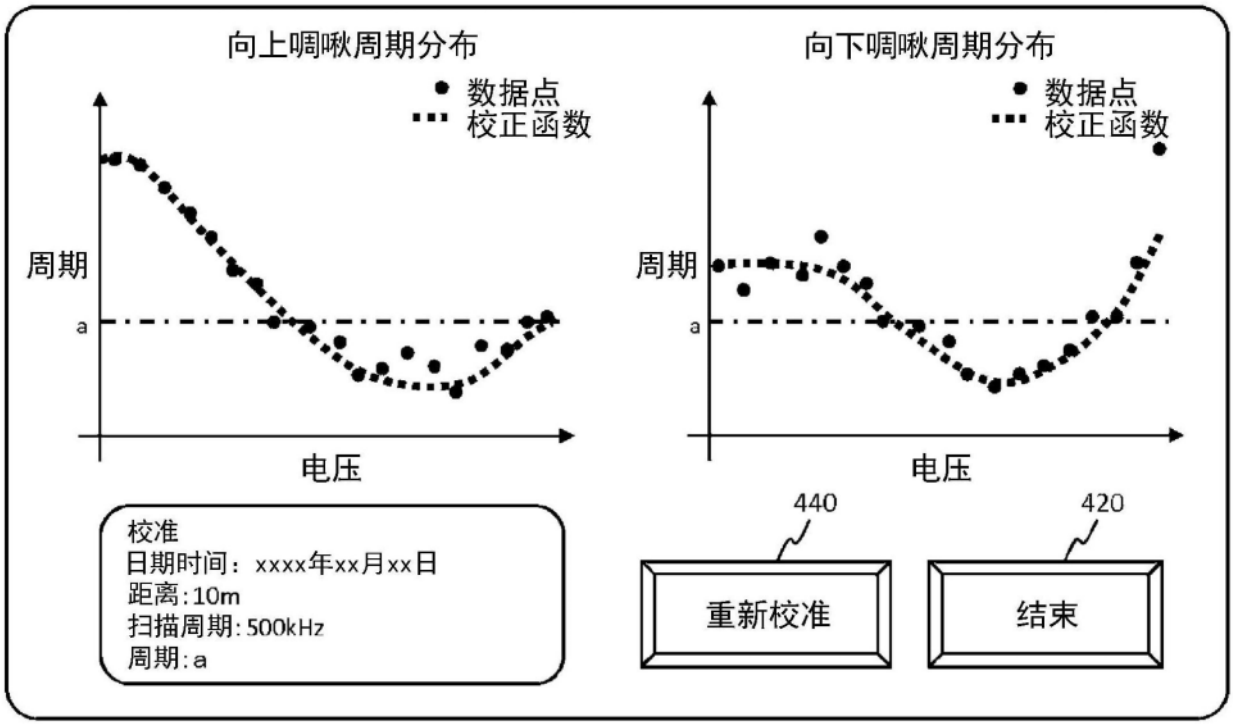

向上啁啾周期分布
数据点
校正函数
周期
a
电压
向下啁啾周期分布
数据点
校正函数
周期
a
电压
校准
日期时间：xxxx年xx月xx日
距离:10m
扫描周期:500kHz
周期:a
440
420
重新校准
结束

图14

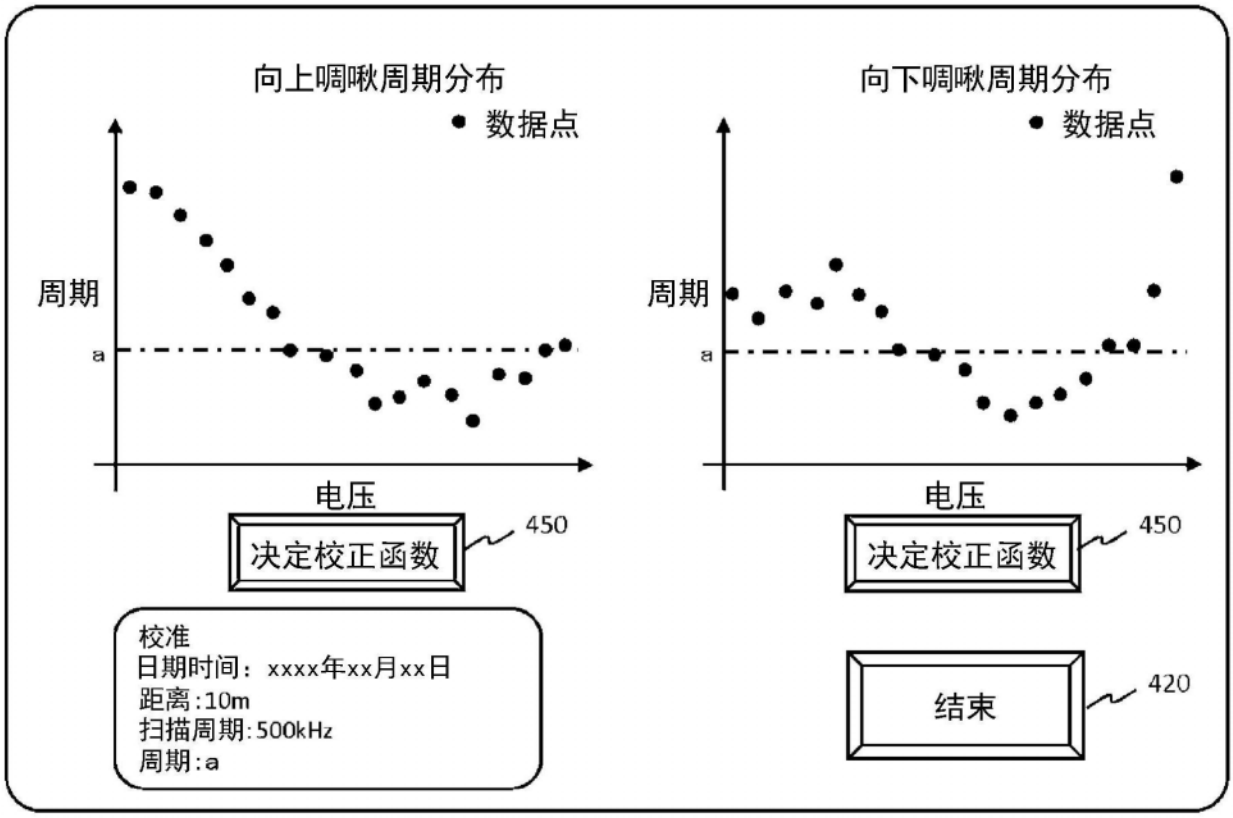

向上啁啾周期分布
数据点
周期
a
电压
向下啁啾周期分布
数据点
周期
a
电压
决定校正函数
450
决定校正函数
450
校准
日期时间：xxxx年xx月xx日
距离:10m
扫描周期:500kHz
周期:a
结束
420

图15

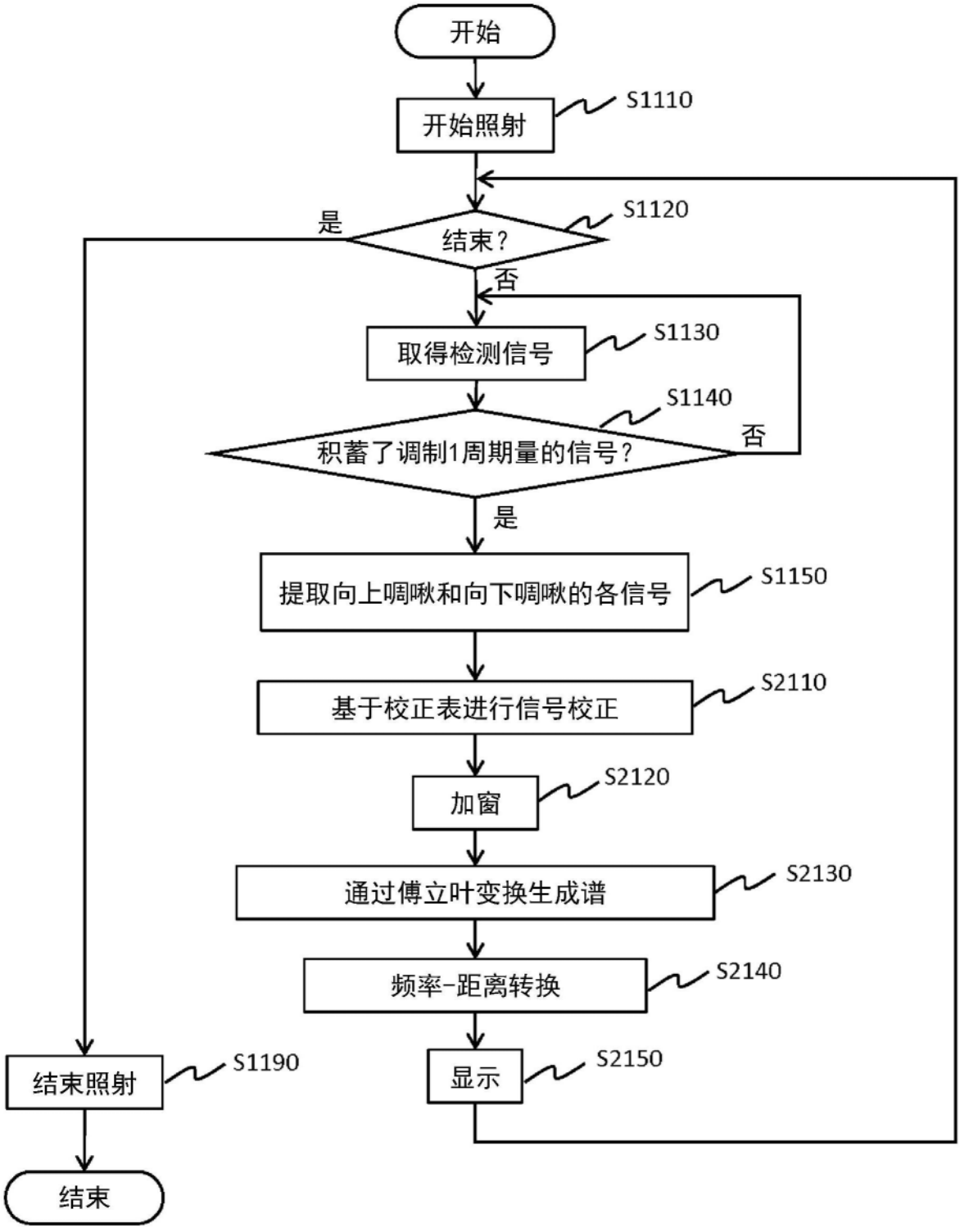

开始
开始照射
S1110
结束？
S1120
是
否
取得检测信号
S1130
积蓄了调制1周期量的信号？
S1140
否
是
提取向上啁啾和向下啁啾的各信号
S1150
基于校正表进行信号校正
S2110
加窗
S2120
通过傅立叶变换生成谱
S2130
频率-距离转换
S2140
显示
S2150
结束照射
S1190
结束

图16

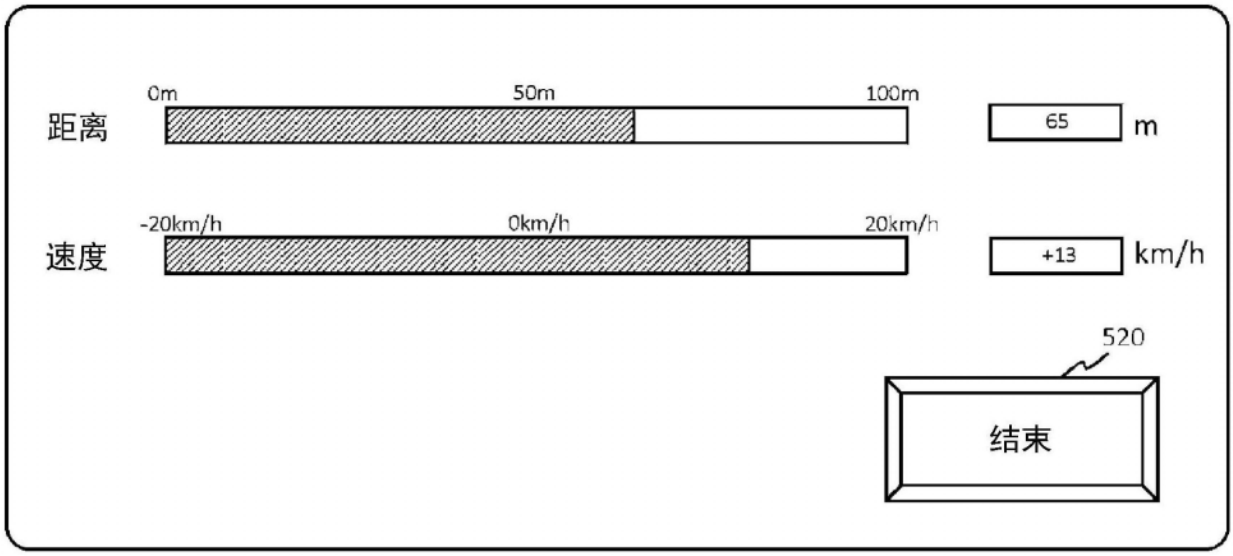

距离
0m
50m
100m
65
m
速度
-20km/h
0km/h
20km/h
+13
km/h
520
结束

图17

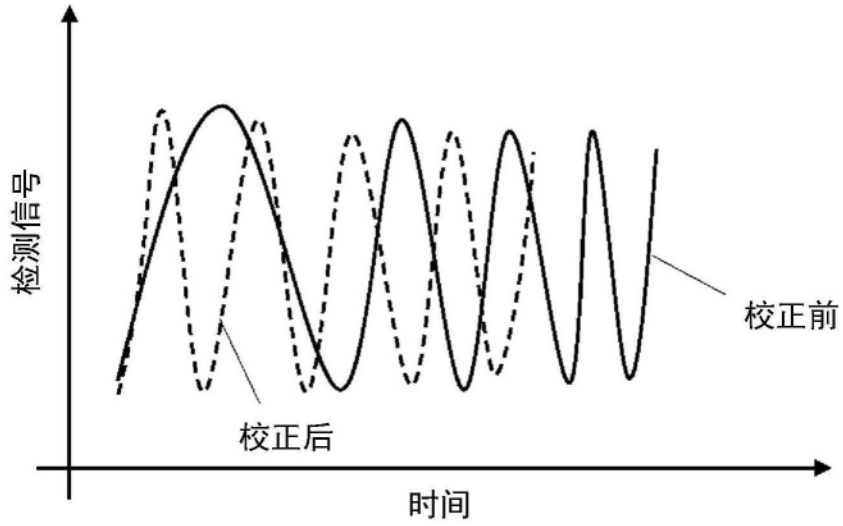

检测信号
校正前
校正后
时间

图18

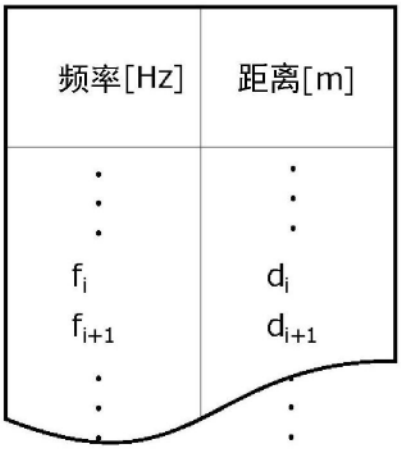


图19

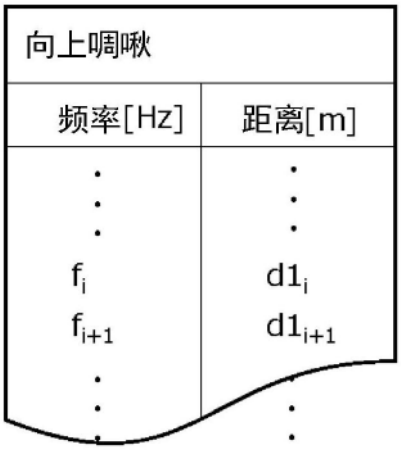


图20A

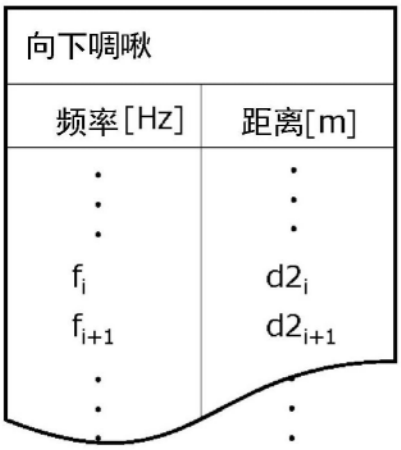


图20B

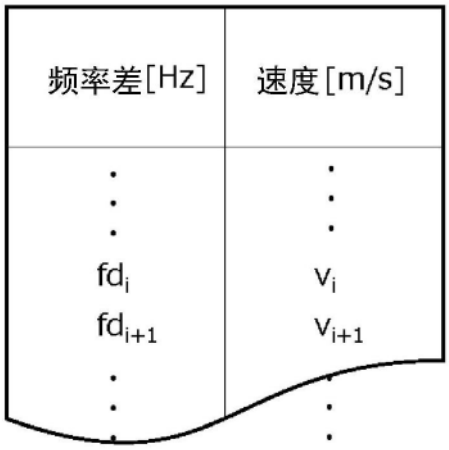

频率差[Hz]
速度[m/s]
fd_i
fd_{i+1}
v_i
v_{i+1}

图21

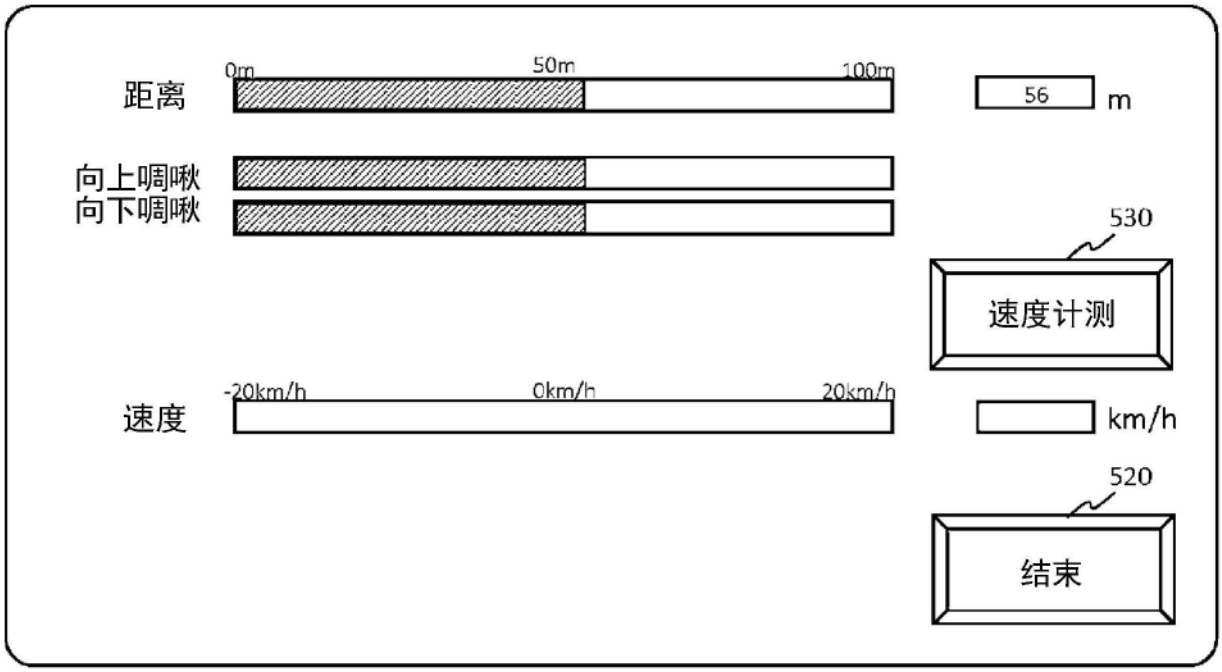

距离
0m
50m
100m
56
m
向上啁啾
向下啁啾
530
速度计测
速度
-20km/h
0km/h
20km/h
km/h
520
结束

图22A

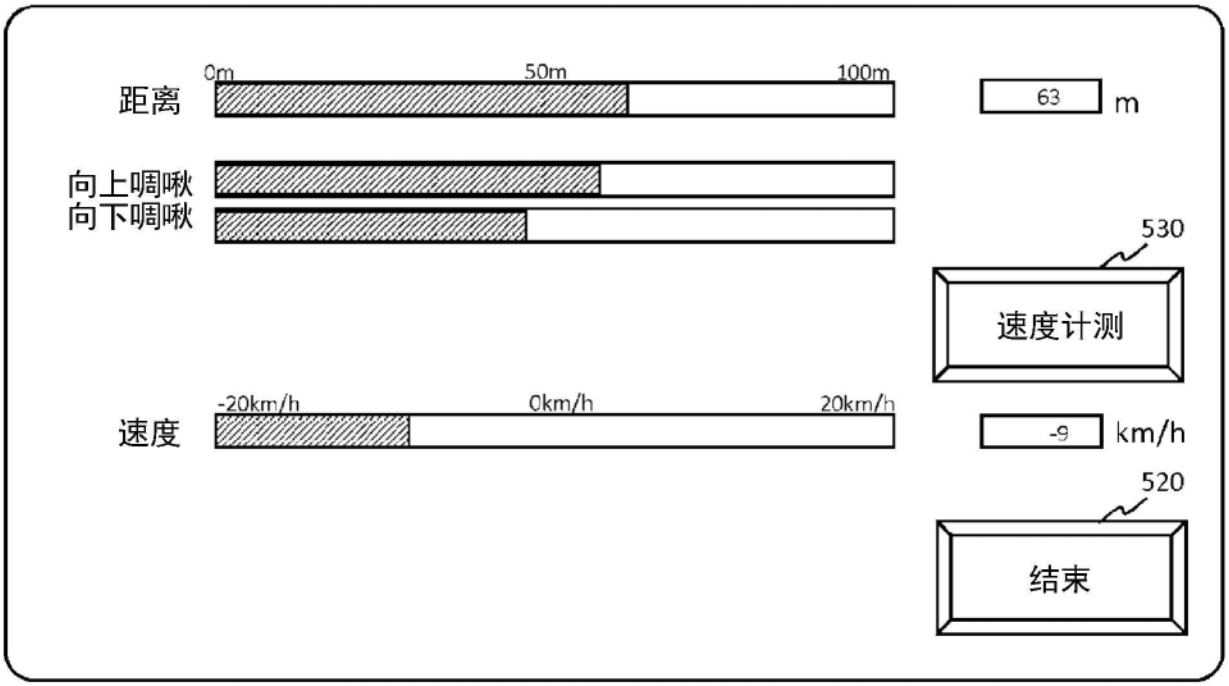

0m
50m
100m
距离
63
m
向上啁啾
向下啁啾
530
速度计测
-20km/h
0km/h
20km/h
速度
-9
km/h
520
结束

图22B

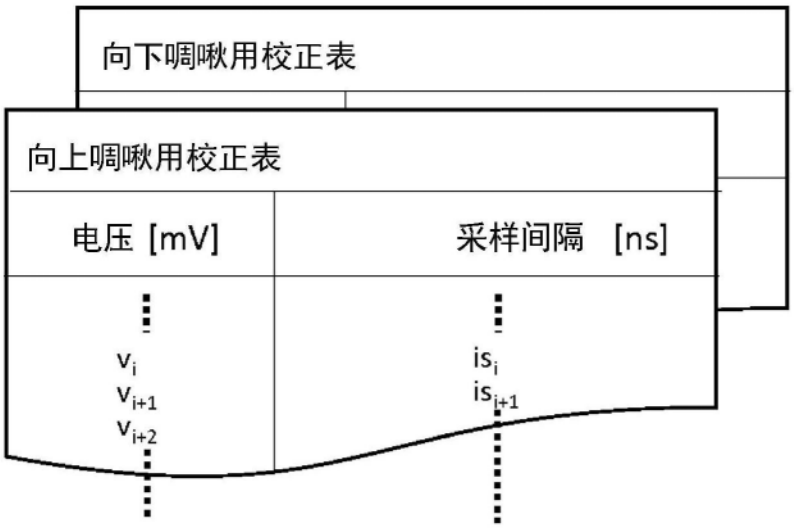

向下啁啾用校正表
向上啁啾用校正表
电压 [mV]
采样间隔 [ns]
v_i
v_{i+1}
v_{i+2}
is_i
is_{i+1}

图23A

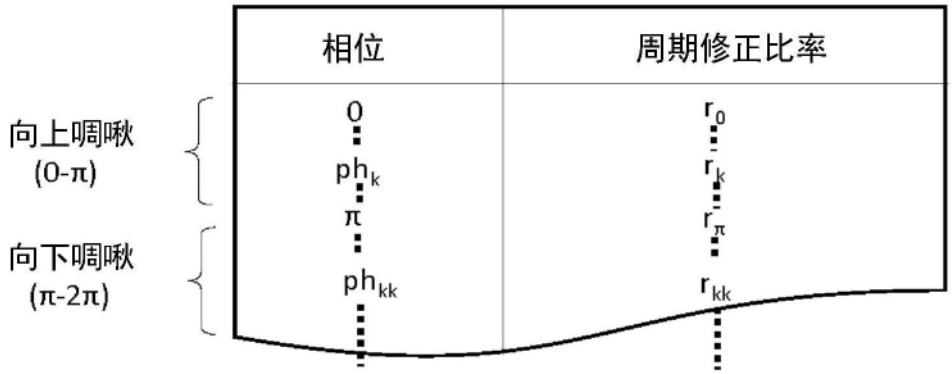

相位
周期修正比率
向上啁啾
(0-π)
向下啁啾
(π-2π)
0
ph_k
π
ph_{kk}
r_0
r_k
r_π
r_{kk}

图23B

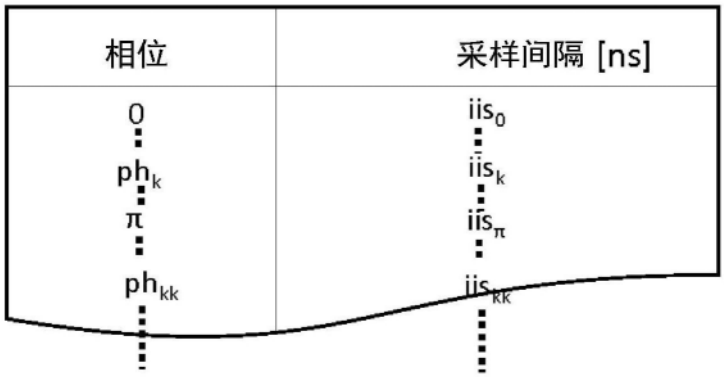

相位
采样间隔 [ns]
0
ph_k
π
ph_{kk}
iis_0
iis_k
iis_π
iis_{kk}

图23C

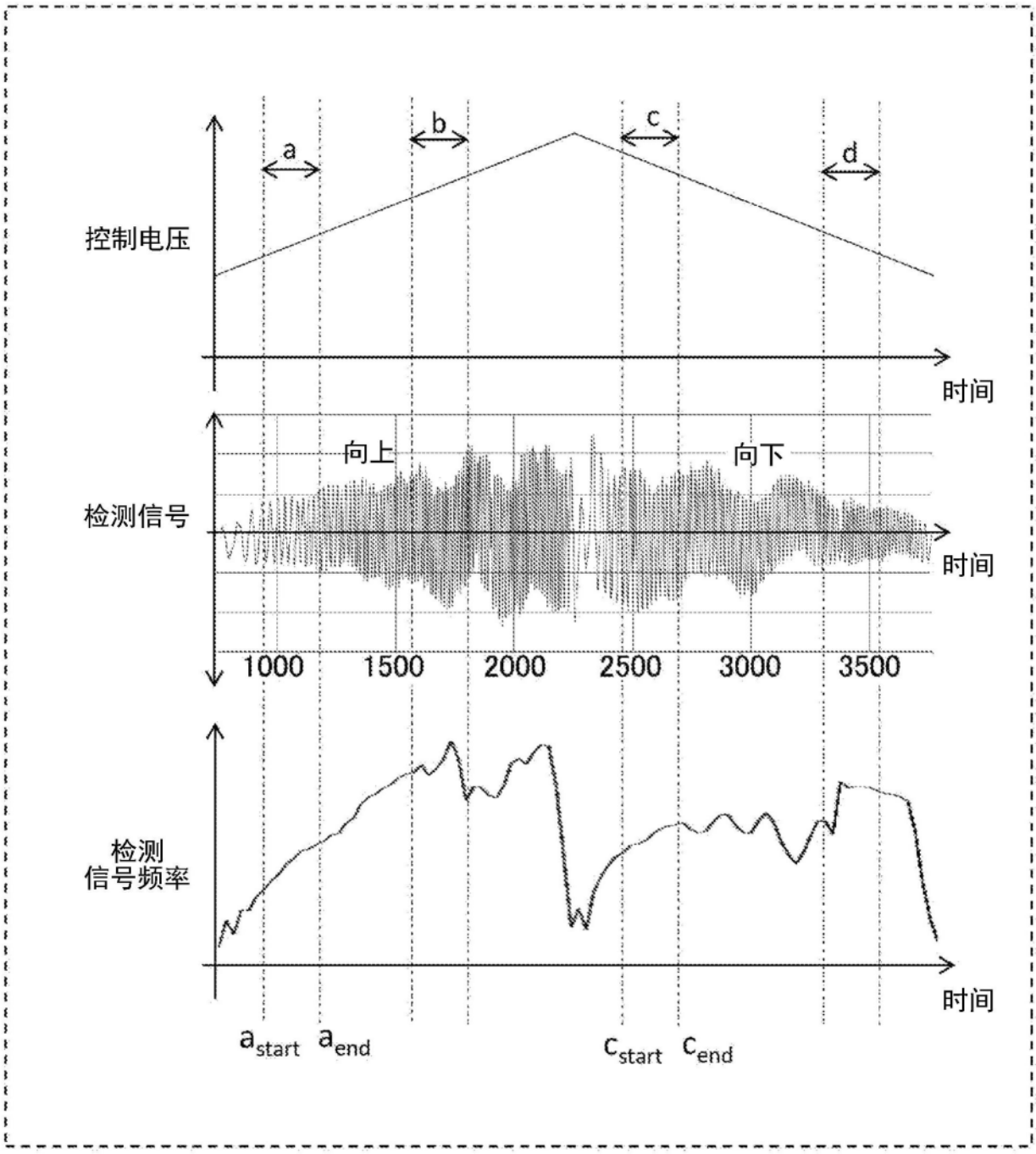

a
b
c
d
控制电压
时间
向上
向下
检测信号
时间
1000
1500
2000
2500
3000
3500
检测
信号频率
时间
a_{start}
a_{end}
c_{start}
c_{end}

图24

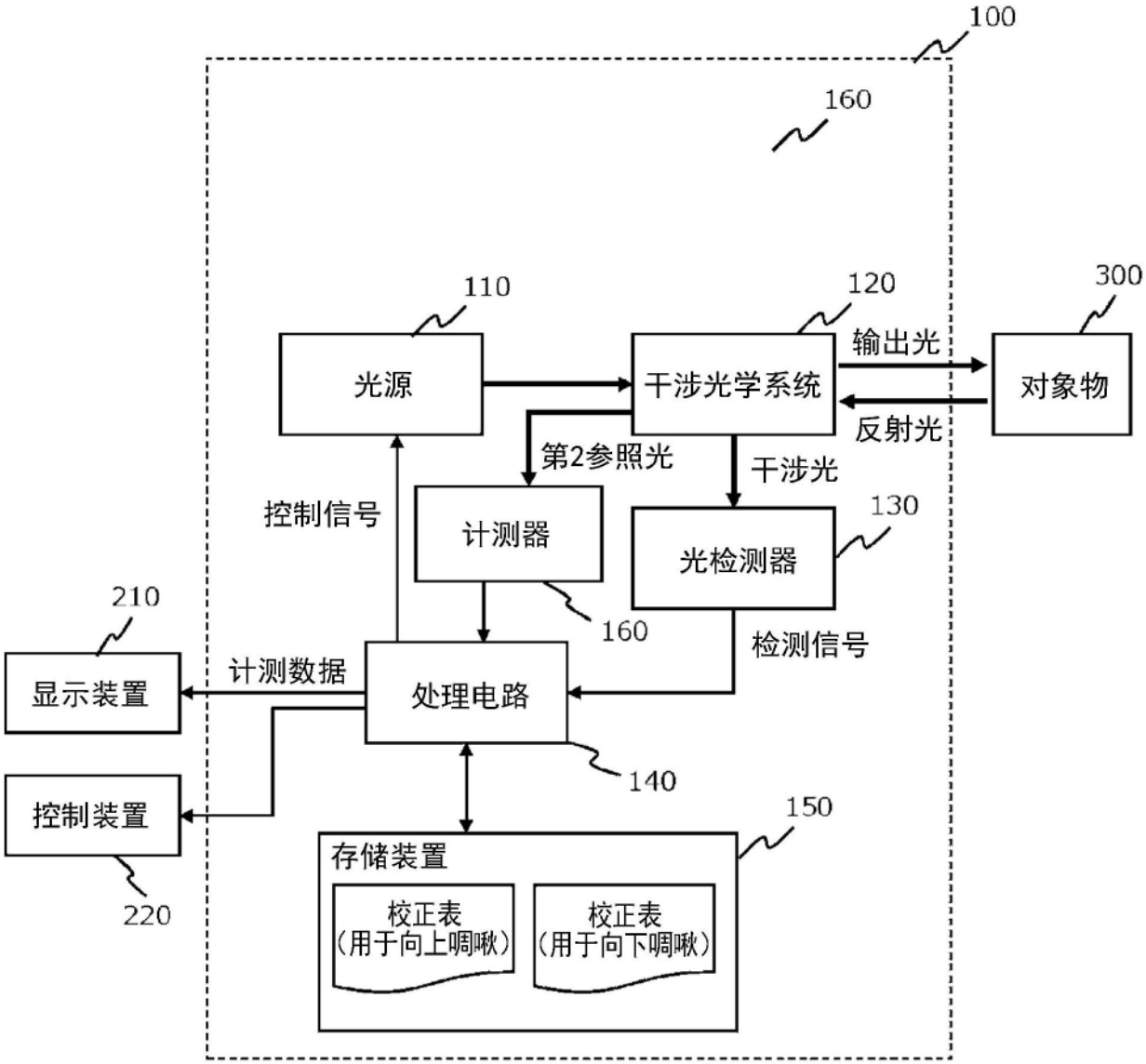

100
160
110
120
300
光源
干涉光学系统
输出光
对象物
反射光
第2参照光
干涉光
控制信号
计测器
光检测器
130
210
160
检测信号
显示装置
计测数据
处理电路
140
控制装置
150
存储装置
220
校正表
(用于向上啁啾)
校正表
(用于向下啁啾)

图25

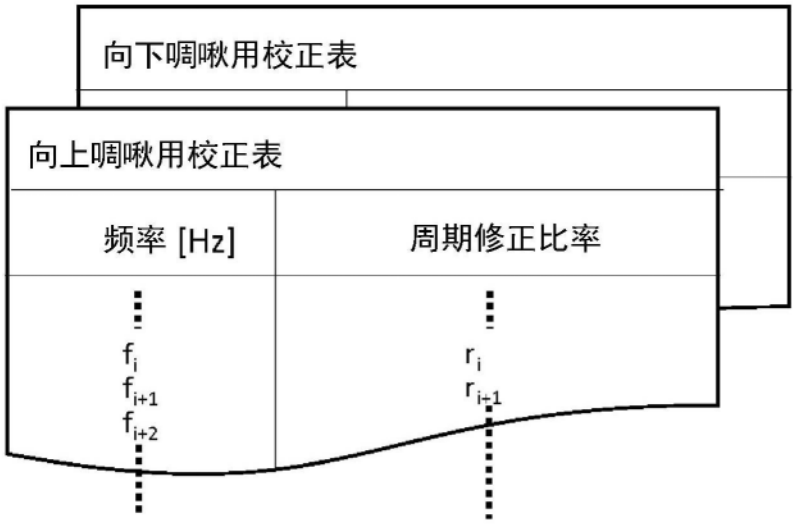

向下啁啾用校正表
向上啁啾用校正表
频率 [Hz]
周期修正比率
f_i
f_{i+1}
f_{i+2}
r_i
r_{i+1}

图26A

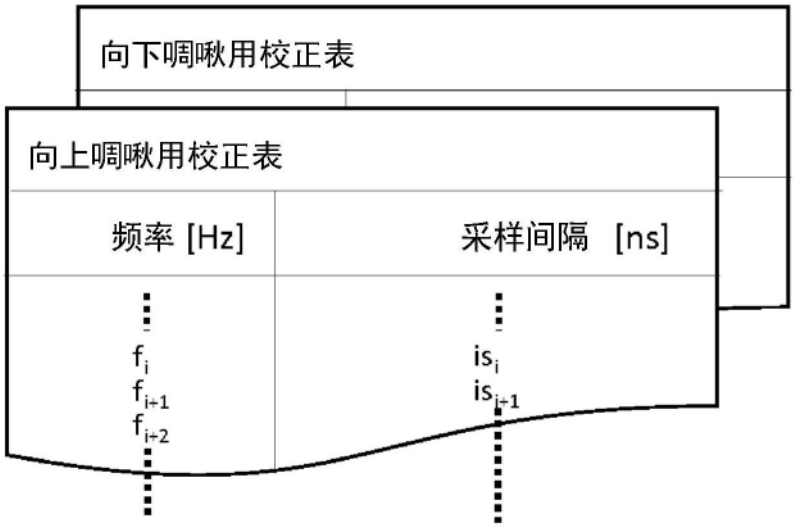

向下啁啾用校正表
向上啁啾用校正表
频率 [Hz]
采样间隔 [ns]
f_i
f_{i+1}
f_{i+2}
is_i
is_{i+1}

图26B

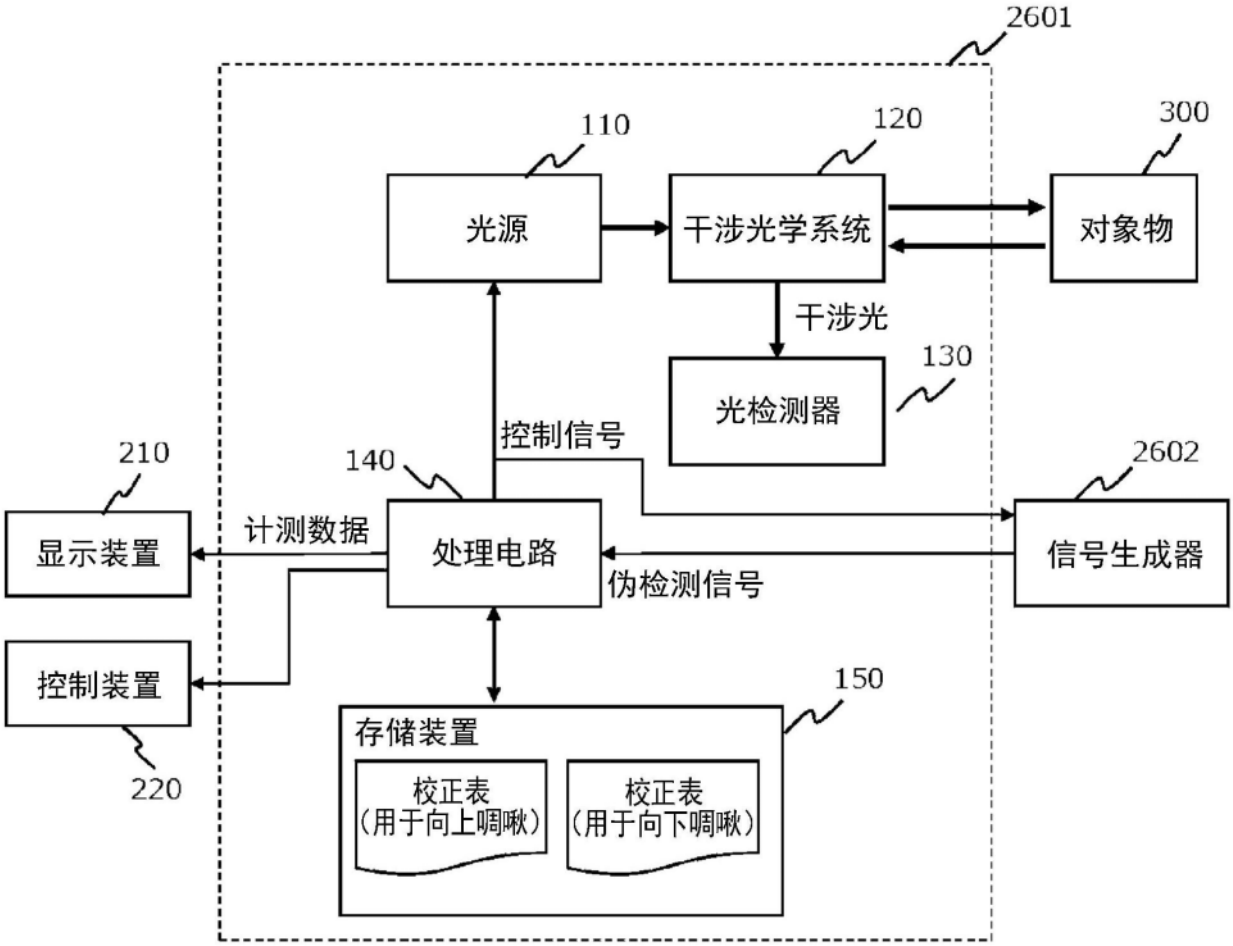

2601
110
120
300
光源
干涉光学系统
对象物
干涉光
130
光检测器
控制信号
210
140
2602
显示装置
计测数据
处理电路
信号生成器
伪检测信号
控制装置
150
存储装置
校正表
(用于向上啁啾)
校正表
(用于向下啁啾)
220

图27