



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118525220 A

(43) 申请公布日 2024. 08. 20

(21) 申请号 202280088238.7

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司  
72002

(22) 申请日 2022.11.09

专利代理人 高迪

(30) 优先权数据

2022-010910 2022.01.27 JP

(51) Int. Cl.

G01S 7/481 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

G01S 17/34 (2006.01)

2024.07.09

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/041785 2022.11.09

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/145191 JA 2023.08.03

(71) 申请人 松下知识产权经营株式会社

地址 日本

(72) 发明人 高木宏幸 稻田安寿 久田和也

加藤弓子 鸣海建治 菊池孝平

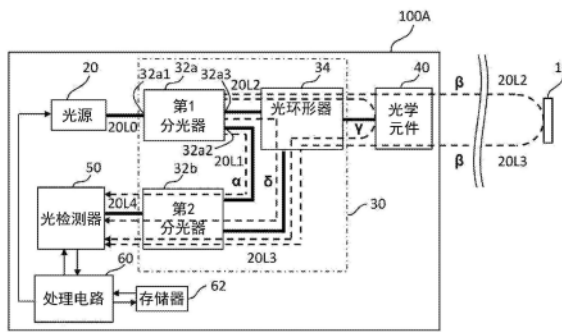
权利要求书3页 说明书14页 附图7页

(54) 发明名称

计测装置

(57) 摘要

计测装置具备:光源;干涉光学系统,使来自所述光源的光分离为参照光和照射光,并使所述照射光被物体反射而产生的反射光与所述参照光干涉来生成干涉光;光学元件,出射所述照射光,而且接受所述反射光;以及光检测器,对所述干涉光进行检测,所述干涉光学系统具备分光器,该分光器输入来自所述光源的所述光,而且输出所述参照光及所述照射光,在将从所述分光器到所述光检测器为止的光路长度设为 $d_1$ ,将从所述分光器到所述光学元件为止的光路长度设为 $d_2$ ,将从所述光学元件到所述光检测器为止的光路长度设为 $d_3$ ,并将从所述分光器经过所述干涉光学系统的内部的噪声光路径并到达所述光检测器为止的光路长度设为 $d_4$ 时,满足 $d_1 \leq d_2 + d_3$ 而且 $|d_2 + d_3 - d_1| \geq |d_4 - d_1|$ 的关系。



1. 一种计测装置,具备:

光源;

干涉光学系统,使来自所述光源的光分离为参照光以及用于对物体进行照射的照射光,并使所述照射光的至少一部分被所述物体反射而产生的反射光与所述参照光干涉来生成干涉光;

至少1个光学元件,出射所述照射光的所述至少一部分,而且接受所述反射光;以及光检测器,对所述干涉光进行检测,

所述干涉光学系统具备分光器,该分光器具有供来自所述光源的所述光输入的第1端子、输出所述参照光的第2端子、以及输出所述照射光的第3端子;

在将从所述分光器的所述第2端子到所述光检测器为止的第1路径的光路长度设为 $d_1$ ,

将从所述分光器的所述第3端子到所述光学元件为止的第2路径的光路长度设为 $d_2$ ,

将从所述光学元件到所述光检测器为止的第3路径的光路长度设为 $d_3$ ,

并将从所述分光器的所述第3端子经过所述干涉光学系统的内部的噪声光路径并到达所述光检测器为止的第4路径的光路长度设为 $d_4$ 时,

满足如下关系:

[数1]

$$d_1 \leq D (D = d_2 + d_3) \quad (1)$$

[数2]

$$D - d_1 \geq d_4 - d_1 \quad (2)。$$

2. 如权利要求1所述的计测装置,

所述干涉光学系统具备光环形器,

所述光环形器与所述分光器的所述第3端子及所述至少1个光学元件连接,

所述光检测器与所述分光器的所述第2端子及所述光环形器连接,

所述噪声光路径是经过所述光环形器的路径。

3. 如权利要求1所述的计测装置,

所述干涉光学系统具备其他分光器,

所述其他分光器与所述分光器的所述第3端子及所述至少1个光学元件连接,

所述光检测器与所述分光器的所述第2端子及所述其他分光器连接,

所述噪声光路径是经过所述其他分光器的路径。

4. 如权利要求1至3中任一项所述的计测装置,

所述至少1个光学元件包括多个光学元件,所述多个光学元件中的各个光学元件出射所述照射光的一部分,

对于所述多个光学元件中的各个光学元件,满足式(1)及式(2)的关系。

5. 一种计测装置,具备:

光源;

干涉光学系统,使来自所述光源的光分离为参照光以及用于对物体进行照射的照射光,并使所述照射光的至少一部分被所述物体反射而产生的反射光与所述参照光干涉来生成干涉光;

至少1个光学元件,出射所述照射光的所述至少一部分,而且接受所述反射光;

光检测器,对所述干涉光进行检测;以及  
其他光检测器,

所述干涉光学系统具备分光器,该分光器具有供来自所述光源的所述光输入的第1端子、输出所述参照光的第2端子、以及输出所述照射光的第3端子;

所述其他光检测器检测从所述分光器的所述第3端子到所述光学元件的所述照射光的一部分,

在将从所述分光器的所述第2端子到所述光检测器为止的第1路径的光路长度设为 $d_1$ ,

将从所述分光器的所述第3端子到所述光学元件为止的第2路径的光路长度设为 $d_2$ ,

将从所述光学元件到所述光检测器为止的第3路径的光路长度设为 $d_3$ ,

将从所述分光器的所述第3端子到所述其他光检测器为止的第5路径的光路长度设为 $d_5$ ,

并将从所述其他光检测器到所述光检测器为止的第6路径的光路长度设为 $d_6$ 时,

满足如下关系:

[数1]

$$d_1 \leq D (D = d_2 + d_3) \quad (1)$$

[数3]

$$D d_1 d_1 (D d_5 + d_6) \geq 3 \quad (3)$$

6. 如权利要求1至5中任一项所述的计测装置,具备:

处理电路,处理从所述光检测器输出的信号,

所述光源能够使所述光的频率变化。

7. 一种计测装置,具备:

光源;

干涉光学系统,使来自所述光源的光分离为参照光以及用于对物体进行照射的照射光,并使所述照射光的至少一部分被所述物体反射而产生的反射光与所述参照光干涉来生成干涉光;

至少1个光学元件,出射所述照射光的所述至少一部分,而且接受所述反射光;以及  
光检测器,对所述干涉光进行检测,

在将通过所述照射光之中的被所述光学元件反射并到达所述光检测器的光与所述参照光的干涉而产生的节拍频率设为 $f_1$ ,

并将通过所述照射光之中的经过所述干涉光学系统的内部的噪声光路径并到达所述光检测器的光与所述参照光的干涉而产生的节拍频率设为 $f_2$ 时,

满足如下关系:

[数4]

$$f_1 \geq f_2 \quad (4)$$

8. 如权利要求7所述的计测装置,

所述干涉光学系统具备:光环形器,将所述照射光的所述至少一部分向所述至少1个光学元件输入,而且将所述反射光向所述光检测器输入,

所述噪声光路径是经过所述光环形器的路径。

9. 如权利要求7所述的计测装置,

所述干涉光学系统具备其他分光器，

所述其他分光器将所述照射光的所述至少一部分向所述至少1个光学元件输入，而且将所述反射光向所述光检测器输入，

所述噪声光路径是经过所述其他分光器的路径。

10. 如权利要求7至9中任一项所述的计测装置，

所述至少1个光学元件包括多个光学元件，所述多个光学元件中的各个光学元件出射所述照射光的一部分，

对于所述多个光学元件中的各个光学元件，满足式(4)的关系。

11. 一种计测装置，具备：

光源；

干涉光学系统，使来自所述光源的光分离为参照光以及用于对物体进行照射的照射光，并使所述照射光的至少一部分被所述物体反射而产生的反射光与所述参照光干涉来生成干涉光；

至少1个光学元件，出射所述照射光的所述至少一部分，而且接受所述反射光；

光检测器，对所述干涉光进行检测；以及

其他光检测器，检测从所述干涉光学系统到所述光学元件的所述照射光的一部分，

在将通过所述照射光之中的被所述光学元件反射并到达所述光检测器的光与所述参照光的干涉而产生的节拍频率设为 $f_1$ ，

并将通过所述照射光之中的从所述其他光检测器到达所述光检测器的光与所述参照光的干涉而产生的节拍频率设为 $f_3$ 时，

满足如下关系：

[数5]

$f_1 \geq f_3$  (5)。

12. 如权利要求7至11中任一项所述的计测装置，具备：

处理电路，处理从所述光检测器输出的信号，

所述光源能够使所述光的频率变化。

## 计测装置

### 技术领域

[0001] 本公开涉及计测装置。

### 背景技术

[0002] 以往,存在LiDAR(光感探测及测距(Light Detection and Ranging))技术,用光对物体进行照射,并检测来自该物体的反射光,从而生成与该物体的距离及/或速度相关的计测数据。使用LiDAR技术的计测装置的典型例具备光源、光检测器及处理电路。光源出射用于对物体进行照射的光。光检测器对来自物体的反射波进行检测,从而输出与反射波的时间延迟相应的信号。处理电路基于从光检测器输出的信号,例如利用FMCW(调频连续波(Frequency Modulated Continuous Wave))技术生成与物体的距离及速度相关的计测数据。专利文献1及2以及非专利文献1公开了使用FMCW技术的计测装置的例子。

[0003] 在先技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特许第6274368号

[0006] 专利文献2:日本特开2019-45200号公报

[0007] 非专利文献

[0008] 非专利文献1:Christopher V.P.et.al.,OFC2016,W4E.3

### 发明内容

[0009] 本发明所要解决的课题

[0010] 本公开提供具有大测距范围的计测装置。

[0011] 用于解决课题的手段

[0012] 本公开的一个方式所涉及的计测装置具备:光源;干涉光学系统,使来自所述光源的光分离为参照光以及用于对物体进行照射的照射光,并使所述照射光的至少一部分被所述物体反射而产生的反射光与所述参照光干涉来生成干涉光;至少1个光学元件,出射所述照射光的所述至少一部分,而且接受所述反射光;以及光检测器,对所述干涉光进行检测,所述干涉光学系统具备分光器,该分光器具有供来自所述光源的所述光输入的第1端子、输出所述参照光的第2端子、以及输出所述照射光的第3端子;在将从所述分光器的所述第2端子到所述光检测器为止的第1路径的光路长度设为 $d_1$ ,将从所述分光器的所述第3端子到所述光学元件为止的第2路径的光路长度设为 $d_2$ ,将从所述光学元件到所述光检测器为止的第3路径的光路长度设为 $d_3$ ,并将从所述分光器的所述第3端子经过所述干涉光学系统的内部的噪声光路径到达所述光检测器为止的第4路径的光路长度设为 $d_4$ 时,满足如下关系。

[0013] [数1]

[0014]  $d_1 \leq D (D = d_2 + d_3)$  (1)

[0015] [数2]

[0016]  $D - d_1 \geq d_4 - d_1$  (2)

[0017] 本公开的概括性或者具体性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可读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实现。计算机可读的记录介质例如可以包括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] 根据本公开的技术,能够实现具有大测距范围的计测装置。

## 附图说明

[0020] 图1是示意性地表示本公开的例示性的实施方式1所涉及的计测装置的构成的框图。

[0021] 图2是示意性地表示物体静止的情况下的参照光及反射光的频率的时间变化的图。

[0022] 图3是概略性地表示在实施方式1中处理电路所执行的计测动作的例子的流程图。

[0023] 图4是表示比较例中的检测信号的谱的曲线图。

[0024] 图5是用于说明实施方式1所涉及的计测装置所包括的构成要素间的光路长度的图。

[0025] 图6是表示实施例中的检测信号的谱的曲线图。

[0026] 图7是示意性地表示实施方式1所涉及的计测装置的变形例的构成的框图。

[0027] 图8是示意性地表示本公开的例示性的实施方式2所涉及的计测装置的构成的框图。

[0028] 图9是示意性地表示本公开的例示性的实施方式3所涉及的计测装置的构成的框图。

[0029] 图10是概略性地表示在实施方式3中处理电路所执行的计测动作的例子的流程图。

[0030] 图11是表示比较例中的信号谱的曲线图。

[0031] 图12是用于说明实施方式3所涉及的计测装置所包括的构成要素间的光路长度的图。

## 具体实施方式

[0032] 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。

[0033] 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了软件的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。

[0034] 在本公开中,“光”意味着不仅包含可见光(波长为大致400nm~大致700nm)而且包含紫外线(波长为大致10nm~大致400nm)及红外线(波长为大致700nm~大致1mm)的电磁波。在本说明书中,将紫外线也称为“紫外光”,将红外线也称为“红外光”。

[0035] 以下,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。以下的实施方式中表示的数值、形状、构成要素、构成要素的配置位置及连接方式、步骤、步骤的顺序等为一例,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,对于在实质上相同的构成要素赋予同一标记,有时省略或者简化重复的说明。

[0036] 首先,说明成为本公开的基础的见识。近年来,正在开发关于距离兼顾大动态范围和高分辨率,不容易受到干扰的影响,而能够检测高速移动的物体的速度的FMCW-LiDAR技术。通过利用光而不是毫米波,能够使对物体进行照射的光的点径相对变小,能够更准确地取得物体的计测数据。

[0037] 在使用FMCW-LiDAR技术的计测装置中,有时产生内部散射光。专利文献1公开了一种方法,将由向外部出射光的光天线产生的内部散射光作为计测开始的触发,从而准确地进行测距。专利文献1所公开的内部散射光能够有助于提高测距精度。另一方面,本发明人发现,在利用FMCW-LiDAR技术的计测装置中,除了专利文献1所公开的内部散射光之外,还存在被认为在光学部件的内部产生的多重散射光,这样的多重散射光有可能使测距范围变小。

[0038] 在利用FMCW-LiDAR技术的本公开的某实施方式所涉及的计测装置中,通过恰当地设计内部的构成要素间的光路长度,能够减小多重散射光的影响,能够扩大测距范围。以下说明本公开的实施方式所涉及的计测装置。

[0039] 第1项目所涉及的计测装置具备:光源;干涉光学系统,使来自所述光源的光分离为参照光以及用于对物体进行照射的照射光,并使所述照射光的至少一部分被所述物体反射而产生的反射光与所述参照光干涉来生成干涉光;至少1个光学元件,出射所述照射光的所述至少一部分,而且接受所述反射光;以及光检测器,对所述干涉光进行检测。所述干涉光学系统具备分光器,该分光器具有供来自所述光源的所述光输入的第1端子、输出所述参照光第2端子、以及输出所述照射光的第3端子。在将从所述分光器的所述第2端子到所述光检测器为止的第1路径的光路长度设为 $d_1$ ,将从所述分光器的所述第3端子到所述光学元件为止的第2路径的光路长度设为 $d_2$ ,将从所述光学元件到所述光检测器为止的第3路径的光路长度设为 $d_3$ ,并将从所述分光器的所述第3端子经过所述干涉光学系统的内部的噪声光

路径并到达所述光检测器为止的第4路径的光路长度设为 $d_4$ 时,所述计测装置满足如下关系。

[0040] [数1]

[0041]  $d_1 \leq D (D = d_2 + d_3)$  (1)

[0042] [数2]

[0043]  $D - d_1 \geq d_4 - d_1$  (2)

[0044] 在该计测装置中,能够减小干涉光学系统的内部所产生的多重散射光的影响并扩大测距范围。

[0045] 第2项目所涉及的计测装置在第1项目所涉及的计测装置中,所述干涉光学系统具备光环形器。所述光环形器与所述分光器的所述第3端子及所述至少1个光学元件连接。所述光检测器与所述分光器的所述第2端子及所述光环形器连接。所述噪声光路径是经过所述光环形器的路径。

[0046] 在该计测装置中,能够减小光环形器的内部所产生的多重散射光的影响并扩大测距范围。

[0047] 第3项目所涉及的计测装置在第1项目所涉及的计测装置中,所述干涉光学系统具备其他分光器。所述其他分光器与所述分光器的所述第3端子及所述至少1个光学元件连接。所述光检测器与所述分光器的所述第2端子及所述其他分光器连接。所述噪声光路径是经过所述其他分光器的路径。

[0048] 在该计测装置中,能够减小其他分光器的内部所产生的多重散射光的影响并扩大测距范围。

[0049] 第4项目所涉及的计测装置在第1至第3项目中的任一个所涉及的计测装置中,所述至少1个光学元件包括多个光学元件,所述多个光学元件中的各个光学元件出射所述照射光的一部分。所述计测装置对于所述多个光学元件中的各个光学元件,满足式(1)及式(2)的关系。

[0050] 在该计测装置中,即使光学元件的数量为多个,也能够扩大测距范围。

[0051] 第5项目所涉及的计测装置具备:光源;干涉光学系统,使来自所述光源的光分离为参照光以及用于对物体进行照射的照射光,并使所述照射光的至少一部分被所述物体反射而产生的反射光与所述参照光干涉来生成干涉光;至少1个光学元件,出射所述照射光的所述至少一部分,而且接受所述反射光;光检测器,对所述干涉光进行检测;以及其他光检测器。所述干涉光学系统具备分光器,该分光器具有供来自所述光源的所述光输入的第1端子、输出所述参照光第2端子、以及输出所述照射光的第3端子。所述其他光检测器检测从所述分光器的所述第3端子到所述光学元件的所述照射光的一部分。在将从所述分光器的所述第2端子到所述光检测器为止的第1路径的光路长度设为 $d_1$ ,将从所述分光器的所述第3端子到所述光学元件为止的第2路径的光路长度设为 $d_2$ ,将从所述光学元件到所述光检测器为止的第3路径的光路长度设为 $d_3$ ,将从所述分光器的所述第3端子到所述其他光检测器为止的第5路径的光路长度设为 $d_5$ ,并将从所述其他光检测器到所述光检测器为止的第6路径的光路长度设为 $d_6$ 时,所述计测装置满足如下关系。

[0052] [数1]

[0053]  $d_1 \leq D (D = d_2 + d_3)$  (1)

[0054] [数3]

[0055]  $D-d1 \geq D'-d1$  ( $D'=d5+d6$ ) (3)

[0056] 在该计测装置中,能够减小被其他光检测器反射的光的影响并扩大测距范围。

[0057] 第6项目所涉及的计测装置在第1至第5项目所涉及的计测装置中,具备:处理电路,处理从所述光检测器输出的信号。所述光源能够使所述光的频率变化。

[0058] 在该计测装置中,能够利用FMCW-LiDAR技术进行测距及/或测速。

[0059] 第7项目所涉及的计测装置具备:光源;干涉光学系统,使来自所述光源的光分离为参照光以及用于对物体进行照射的照射光,并使所述照射光的至少一部分被所述物体反射而产生的反射光与所述参照光干涉来生成干涉光;至少1个光学元件,出射所述照射光的所述至少一部分,而且接受所述反射光;以及光检测器,对所述干涉光进行检测。在将通过所述照射光之中的被所述光学元件反射并到达所述光检测器的光与所述参照光的干涉而产生的节拍频率设为 $f1$ ,且将通过所述照射光之中的经过所述干涉光学系统的内部的噪声光路径并到达所述光检测器的光与所述参照光的干涉而产生的节拍频率设为 $f2$ 时,所述计测装置满足如下关系。

[0060] [数4]

[0061]  $f1 \geq f2$  (4)

[0062] 在该计测装置中,能够减小干涉光学系统的内部所产生的多重散射光的影响并扩大测距范围。

[0063] 第8项目所涉及的计测装置在第7项目所涉及的计测装置中,所述干涉光学系统具备:光环形器,将所述照射光的所述至少一部分向所述至少1个光学元件输入,而且将所述反射光向所述光检测器输入。所述噪声光路径是经过所述光环形器的路径。

[0064] 在该计测装置中,能够减小光环形器的内部所产生的多重散射光的影响并扩大测距范围。

[0065] 第9项目所涉及的计测装置在第7项目所涉及的计测装置中,所述干涉光学系统具备其他分光器。所述其他分光器将所述照射光的所述至少一部分向所述至少1个光学元件输入,而且将所述反射光向所述光检测器输入。所述噪声光路径是经过所述其他分光器的路径。

[0066] 在该计测装置中,能够减小其他分光器的内部所产生的多重散射光的影响并扩大测距范围。

[0067] 在第10项目所涉及的计测装置中,所述至少1个光学元件包括多个光学元件,所述多个光学元件中的各个光学元件出射所述照射光的一部分。所述计测装置对于所述多个光学元件中的各个光学元件,满足式(4)的关系。

[0068] 在该计测装置中,即使光学元件的数量为多个,也能够扩大测距范围。

[0069] 第11项目所涉及的计测装置具备:光源;干涉光学系统,使来自所述光源的光分离为参照光以及用于对物体进行照射的照射光,并使所述照射光的至少一部分被所述物体反射而产生的反射光与所述参照光干涉来生成干涉光;至少1个光学元件,出射所述照射光的所述至少一部分,而且接受所述反射光;光检测器,对所述干涉光进行检测;以及其他光检测器,检测从所述干涉光学系统到所述光学元件的所述照射光的一部分。在将通过所述照射光之中的被所述光学元件反射并到达所述光检测器的光与所述参照光的干涉而产生的

节拍频率设为 $f_1$ ,并将通过所述照射光之中的从所述其他光检测器到达所述光检测器的光与所述参照光的干涉而产生的节拍频率设为 $f_3$ 时,所述计测装置满足如下关系。

[0070] [数5]

[0071]  $f_1 \geq f_3$  (5)

[0072] 在该计测装置中,能够减小被其他光检测器反射的光的影响并扩大测距范围。

[0073] 第12项目所涉及的计测装置在第7至第11项目中的任一个所涉及的计测装置中,具备:处理电路,处理从所述光检测器输出的信号。所述光源能够使所述光的频率变化。

[0074] 根据该计测装置,能够利用FMCW-LiDAR技术进行测距及/或测速。

[0075] (实施方式1)

[0076] [计测装置]

[0077] 首先,参照图1,说明本公开的实施方式1所涉及的计测装置的构成例。图1是示意性地表示本公开的例示性的实施方式1所涉及的计测装置的构成的框图。图1表示了计测对象的物体10。图1所示的计测装置100A具备光源20、干涉光学系统30、光学元件40、光检测器50、处理电路60和存储器62。干涉光学系统30具备第1分光器32a、第2分光器32b和光环形器34。图1所示的粗线表现将2个构成要素相互连接的光纤。图1所示的带箭头的实线表现信号的收发。图1所示的带箭头的虚线表现光的流动。

[0078] 如后所述,认为在光环形器34中会产生多重散射光,这有可能造成测距范围变小。在实施方式1所涉及的计测装置100A中,通过恰当地设计内部的构成要素间的光路长度,能够减小这样的多重散射光的影响,能够扩大测距范围。关于减小多重散射光的影响的具体条件,详细情况后述。

[0079] 以下说明计测装置100A的构成要素。

[0080] 光源20出射激光20L0。光源20能够使激光20L0的频率变化。频率例如可以按照三角波状或锯齿状以一定的时间周期在时间上变化。该时间周期例如可以是 $1\mu$ 秒以上且10m秒以下。该时间周期也可以变动。频率的变化幅度例如可以是100MHz以上且1THz以下。激光20L0的波长例如可以被包含在700nm以上且2000nm以下的近红外光的波段中。太阳光具有近红外光及可见光,近红外光的光量比可见光的光量少,因此如果使用近红外光作为激光20L0,则能够减小太阳光作为噪声的影响。激光20L0的波长不一定必须被包含在近红外光的波段中。激光20L0的波长也可以被包含在400nm以上且700nm以下的可见光的波段中,还可以被包含在紫外光的波段中。光源20例如可以具备分布式反馈型激光二极管或外部共振器型激光二极管。这些激光二极管廉价而且小型,能够进行单模振荡,能够与施加的电流量相应地使激光20L0的频率变化。

[0081] 干涉光学系统30所包括的第1分光器32a使从光源20出射的激光20L0分离为参照光20L1以及用于对物体10进行照射的照射光20L2。第1分光器32a进而将参照光20L1向第2分光器32b输入,并将照射光20L2向光环形器34输入。第1分光器32a具有供激光20L0输入的第1端子32a1、输出参照光20L1的第2端子32a2、以及输出照射光20L2的第3端子32a3。

[0082] 干涉光学系统30所包括的光环形器34将照射光20L2向光学元件40输入,并将物体10被照射光20L2照射而产生的反射光20L3向第2分光器32b输入。光环形器34与第1分光器32a的第3端子32a3、第2分光器32b及光学元件40连接。

[0083] 干涉光学系统30所包括的第2分光器32b将通过使参照光20L1及反射光20L3重叠

并干涉而成的干涉光20L4向光检测器50输入。第2分光器32b与第1分光器32a同样,具有用于输入参照光20L1及反射光20L3以及输出干涉光20L4的3个端子。

[0084] 光学元件40向外部出射照射光20L2,而且接受反射光20L3。在本说明书中,将照射光20L2从光学元件40出射的方向也称为“前方”。光学元件40例如可以是使照射光20L2准直的准直透镜。在本说明书中,“准直”不仅意味着使照射光20L2成为平行光的情况,而且也意味着使照射光20L2的扩散减小的情况。或者,光学元件40也可以是将照射光20L2作为0次衍射光及/或 $\pm N$ 次衍射光( $N$ 为自然数)向外部出射的衍射栅格。通过利用向相互不同的方向出射的多个衍射光对物体10进行测距,能够扩大物体10的测距的角度范围。在以下的说明中,光学元件40设为准直透镜。

[0085] 在计测装置100A中,照射光20L2从干涉光学系统30到达物体10为止的路径,与反射光20L3从物体10到达干涉光学系统30为止的路径相互重叠。通过采用这样的同轴光学系统,能够简化计测装置100A的构成,能够实现稳定的计测。

[0086] 光检测器50对干涉光20L4进行检测。光检测器50包括1个或者多个光检测元件。光检测元件输出与干涉光20L4的强度对应的信号。光检测器50经由第2分光器32b,与第1分光器32a的第2端子32a2及光环形器34连接。

[0087] 处理电路60对光源20及光检测器50的动作进行控制。处理电路60使用FMCW-LiDAR技术,对从光检测器50输出的信号进行处理。处理电路60基于该信号,生成与物体10的距离及/或速度相关的计测数据并输出。关于处理电路60的详细动作后述。

[0088] 由处理电路60执行的计算机程序被存放于ROM或者RAM(随机存取存储器(Random Access Memory))等存储器62。像这样,计测装置100A具备包括处理电路60及存储器62的处理装置。处理电路60及存储器62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60的控制及信号处理的功能也可以分散于多个电路。处理装置也可以被设置在与其它构成要素相离的远程地点,经由有线或者无线的通信网络,对光源20及光检测器50的动作进行控制。

[0089] [FMCW-LiDAR技术]

[0090] 接下来,参照图2简单地说明FMCW-LiDAR技术。FMCW-LiDAR技术的详细情况例如在非专利文献1中被公开。

[0091] 图2是示意性地表示物体10静止的情况下的参照光20L1及反射光20L3的频率的时间变化的图。实线表现参照光20L1,虚线表现反射光20L3。图2所示的参照光20L1的频率反复以三角波状在时间上变化。即,参照光20L1的频率反复进行向上啁啾和向下啁啾。向上啁啾期间中的频率的增加量与向下啁啾期间中的频率的减少量相互相等。反射光20L3的频率与参照光20L1的频率相比,沿着时间轴向正方向偏移。反射光20L3的时间所偏移的量,等于照射光20L2从计测装置100A向外部出射并被物体10反射而作为反射光20L3返回为止的时间。结果,参照光20L1与反射光20L3重叠并干涉而成的干涉光20L4,具有相当于反射光20L3的频率与参照光20L1的频率的频率差的频率。图2所示的双向箭头表现两者的频率差。光检测器50输出表示干涉光20L4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差。处理电路60根据节拍频率,能够生成与物体10的距离相关的计测数据。

[0092] 在物体10静止的情况下,向上啁啾期间中的节拍频率与向下啁啾期间中的节拍频

率相互相等。如果将向上啁啾期间或向下啁啾期间中的光的频率的增减量设为  $\Delta f$ ，将  $\Delta f$  的变化所需的时间设为  $\Delta t$ ，将光速设为  $c$ ，并将参照光20L1的光路长度与对射光20L2的光路长度及反射光20L3的光路长度进行合计的长度之差设为  $2d$ ，则向上啁啾期间或向下啁啾期间中的节拍频率  $f_{beat}$  由下式 (6) 表现。

[0093] [数6]

$$[0094] \quad f_{beat} = \frac{2\Delta f}{c\Delta t} d \quad (6)$$

[0095] 通过将频率的时间变化率  $\Delta f / \Delta t$ ，与照射光20L2从计测装置100A向外部出射并被物体10反射而作为反射光20L3返回为止的时间 ( $2d/c$ ) 相乘，可以得到式 (6) 的节拍频率  $f_{beat}$ 。

$f_{beat}$

[0096] 在物体10移动的情况下，反射光20L3的频率与参照光20L1的频率相比，沿着频率轴向正方向或负方向进行多普勒频移。在该情况下，向上啁啾期间中的节拍频率与向下啁啾期间中的节拍频率相互不同。处理电路60根据上述节拍频率的频率差及平均值，能够分别生成与物体10的速度及距离相关的计测数据。

[0097] [处理电路60所执行的动作]

[0098] 接下来，参照图3，说明实施方式1中处理电路60所执行的动作的例子。图3是概略性地表示处理电路60所执行的计测动作的例子的流程图。处理电路60执行图3所示的步骤S101至S103的动作。

[0099] <步骤S101>

[0100] 处理电路60使光源20出射其频率以时间变化的激光20L0。

[0101] <步骤S102>

[0102] 处理电路60使光检测器50检测干涉光20L4。光检测器50输出与干涉光20L4的强度对应的信号。

[0103] <步骤S103>

[0104] 处理电路60基于从光检测器50输出的信号，生成与物体10的距离及/或速度相关的计测数据。

[0105] 通过处理电路60的上述动作，能够进行物体10的测距及/或测速。

[0106] [计测装置100A中的光的流动]

[0107] 再次参照图1。在图1所示的计测装置100A中，如带箭头的虚线所示，产生多个光的流动。光的流动 $\alpha$ 是参照光20L1从第1分光器32a的第2端子32a2到达光检测器50为止的流动。光的流动 $\beta$ 是照射光20L2从第1分光器32a的第3端子32a3到达物体10、且反射光20L3从物体10到达光检测器50为止的流动。

[0108] 另一方面，在多个光的流动之中，除了光的流动 $\alpha$ 及 $\beta$ 之外，还存在对检测信号引起噪声的光的流动 $\gamma$ 及 $\delta$ 。光的流动 $\gamma$ 是照射光20L2的一部分从第1分光器32a的第3端子32a3开始、被光学元件40反射并到达光检测器50为止的流动。这样的反射在光学元件40与空气的界面处产生。光的流动 $\delta$ 是照射光20L2的其他一部分从第1分光器32a的第3端子32a3开始、经过光环形器34的内部的噪声光路径并到达光检测器50为止的流动。噪声光路径可以认为是经过光环形器34的路径，更具体而言，是在光环形器34中朝向光学元件40的照射光

20L2的泄漏光在内部被多重散射并行进的路径。起因于内部的多重散射的噪声光路径的光路长度,与光环形器34之中的从输入照射光20L2的位置到输出反射光20L3的位置为止的最短距离相比,例如长10倍至100倍左右。

[0109] 如上述那样,照射光20L2的一部分被光学元件40反射,其他一部分在光环形器34的内部被多重散射,因此在实际上从光学元件40向外部出射的是照射光20L2的剩余部分。但是,在本说明书中,只要不发生误解,就记作“光学元件40将照射光20L2向外部出射”。

[0110] 以下参照图4,与比较例一起说明光的流动 $\gamma$ 对测距范围不造成影响而光的流动 $\delta$ 有可能使测距范围变小的情况。在比较例中,由以下的计测装置对物体10进行了测距。该计测装置具备图1所示的构成要素,但不满足用于减小多重散射光的影响的后述的条件。在比较例中,从光学元件40到物体10的距离为1m。在本说明书中,从光学元件40到物体10的距离,意味着从光学元件40对照射光20L2的上述一部分进行反射的位置到物体10对照射光20L2的上述剩余部分进行反射的位置为止的距离。

[0111] 图4是表示比较例中的检测信号的谱的曲线图。图4所示的纵轴及横轴分别表现信号的强度及频率。关于横轴,左端表现零频率,1个刻度表现250MHz/512。频率对应于距离。在图4中,将向上啁啾期间中的检测信号的谱与向下啁啾期间中的检测信号的谱重叠示出。在物体10静止的情况下,两者的表现大致相同。

[0112] 如图4所示,在检测信号的谱中出现多个峰。图4所示的箭头表现其中的代表性的4个峰。峰 $\alpha$ 具有参照光20L1彼此的节拍频率即零频率。峰 $\beta$ 具有通过被物体10反射并到达光检测器50的反射光20L3与参照光20L1的干涉而得到的节拍频率。峰 $\gamma$ 具有通过照射光20L2之中的被光学元件40反射并到达光检测器50的光与参照光20L1的干涉而得到的节拍频率。峰 $\delta$ 具有通过照射光20L2之中的经过干涉光学系统30的内部、更具体是光环形器34的内部噪声光路径并到达光检测器50的光与参照光20L1的干涉而得到的节拍频率。

[0113] 峰 $\beta$ 由于被物体10反射的反射光20L3而产生。峰 $\gamma$ 是噪声,由于照射光20L2之中的被光学元件40反射的光而产生。物体10位于比光学元件40靠前方,因此如果将光学元件40对照射光20L2进行反射的位置设为零距离,则峰 $\gamma$ 虽然是噪声,但作为零距离的指标是有益的。峰 $\gamma$ 的节拍频率比峰 $\beta$ 的节拍频率低,因此峰 $\gamma$ 对峰 $\beta$ 不造成影响。在图4所示的例中,峰 $\beta$ 的节拍频率与峰 $\gamma$ 的节拍频率之差相当于1m的距离。

[0114] 峰 $\delta$ 是噪声,由于在光环形器34的内部产生的多重散射光而产生。峰 $\delta$ 的节拍频率比峰 $\gamma$ 的节拍频率高,两者之差相当于3.5m的距离。在从光学元件40到物体10的距离为大致3.5m的情况下,峰 $\beta$ 与峰 $\delta$ 相互接近,因此不容易判别哪一个峰是峰 $\beta$ 。结果存在如下课题:在峰 $\delta$ 附近的频带中,无法准确地对物体10进行测距,测距范围变小。

[0115] [减小多重散射光的影响的条件]

[0116] 以下参照图5,说明为了解决上述课题而计测装置100A所满足的条件。图5是用于说明实施方式1所涉及的计测装置100A所包括的构成要素间的光路长度的图。将从第1分光器32a的第2端子32a2到光检测器50为止的第1路径的光路长度设为第1光路长度 $d_1$ 。将从第1分光器32a的第3端子32a3到光学元件40为止的第2路径的光路长度设为第2光路长度 $d_2$ 。将从光学元件40到光检测器50为止的第3路径的光路长度设为第3光路长度 $d_3$ 。将从第1分光器32a的第3端子32a3经过干涉光学系统30的内部、更具体是光环形器34的内部噪声光路径并到达光检测器50为止的第4路径的光路长度设为第4光路长度 $d_4$ 。将光学元件40与物

体10的往返距离设为 $2L$ 。

[0117] 对检测信号造成噪声的是图1所示的光的流动 $\gamma$ 及 $\delta$ 。光的流动 $\gamma$ 的光路长度是第2光路长度及第3光路长度的合计,即 $D=d_2+d_3$ 。光的流动 $\delta$ 的光路长度是第4光路长度 $d_4$ 。在检测信号的谱中,如果峰 $\gamma$ 的节拍频率比峰 $\delta$ 的节拍频率高,则峰 $\beta$ 与峰 $\delta$ 不会相互接近,因此不发生上述课题,能够扩大物体10的测距范围。在实施方式1所涉及的计测装置100A中上述的光路长度所满足的条件由下式(7)及式(8)表现。

[0118] [数7]

[0119]  $d_1 \leq D$  (7)

[0120] [数8]

[0121]  $D-d_1 \geq d_4-d_1$  (8)

[0122] 式(7)意味着光的流动 $\gamma$ 的光路长度 $D$ 比光的流动 $\alpha$ 的第1光路长度 $d_1$ 长。式(8)意味着峰 $\gamma$ 的节拍频率比峰 $\delta$ 的节拍频率高。在式(8)的右侧,光的流动 $\delta$ 的第4光路长度 $d_4$ 既可以比光的流动 $\alpha$ 的第1光路长度 $d_1$ 长,也可以比其短。光的流动 $\beta$ 的光路长度比光的流动 $\gamma$ 的光路长度 $D$ 长 $2L$ ,因此峰 $\beta$ 的节拍频率比峰 $\gamma$ 的节拍频率高。因此,峰 $\gamma$ 对峰 $\beta$ 不造成影响。

[0123] 也可以替代式(8),而将峰 $\gamma$ 的节拍频率设为 $f_1$ ,且将峰 $\delta$ 的节拍频率设为 $f_2$ ,并使用式(9)。

[0124] [数9]

[0125]  $f_1 \geq f_2$  (9)

[0126] 在实施方式1所涉及的计测装置100A中,满足式(7)至式(9)的关系,因此能够减小干涉光学系统30的内部的多重散射光的影响,能够扩大测距范围。

[0127] 接下来,参照图6,说明由实施方式1所涉及的计测装置100A对物体10进行测距的实施例。图6是表示实施例中的检测信号的谱的曲线图。图6所示的纵轴及横轴与图4所示的纵轴及横轴分别相同。如图6所示,峰 $\gamma$ 的节拍频率比峰 $\delta$ 的节拍频率高,峰 $\beta$ 的节拍频率比峰 $\gamma$ 的节拍频率高。因此,在实施例中,峰 $\beta$ 与峰 $\delta$ 不会相互接近,与比较例相比能够扩大物体10的测距范围。

[0128] [计测装置100A的校准方法]

[0129] 实施方式1所涉及的计测装置100A的校准方法如下。在从光学元件40到物体10的距离例如为1m、且物体10对于照射光20L2的反射率例如为10%以上的构成中,对物体10进行测距。校准用的物体10例如可以是银漫射板。对光路长度 $D$ 及 $d_1$ 进行调整,以在该构成中满足式(7)至式(9)的关系。例如,通过增减将光环形器34与光学元件40相互连接的光纤的长度,能够对光路长度 $D$ 进行调整。同样,例如,通过增减将第1分光器32a与第2分光器32b相互连接的光纤的长度,能够对第1光路长度 $d_1$ 进行调整。如果将光纤卷绕,则即使延长光路长度 $D$ 及/或 $d_1$ ,也不会占用大的空间。

[0130] 在干涉光学系统30的内部存在多个噪声光路径的情况下,在检测信号的谱中出现多个峰 $\delta$ 。在该情况下,也可以选择从第1分光器32a的第3端子32a3开始经过干涉光学系统30的内部的最长的噪声光路径并到达光检测器50为止的路径的光路长度,作为第4光路长度 $d_4$ 。同样,也可以选择多个峰 $\delta$ 的节拍频率之中的最高的节拍频率,作为节拍频率 $f_2$ 。

[0131] 与上述的例子不同,在物体10移动的情况下,图2所示的向上啁啾期间及向下啁啾期间中的节拍频率以与物体10的距离相应的频率 $f_0$ 为中心而偏移依赖于物体10的速度的

多普勒频率 $f_d$ ,成为 $f_0 \pm f_d$ 。在该情况下,对从光学元件40到物体10的距离 $L$ 进行调整以使 $f_0 - f_d \geq f_1$ 。

[0132] (实施方式1的变形例)

[0133] 接下来,参照图7说明本公开的实施方式1所涉及的计测装置100A的变形例。图7是示意性地表示实施方式1所涉及的计测装置的变形例的构成的框图。图7所示的计测装置110A与图1所示的计测装置100A的不同点在于,干涉光学系统30具备第3分光器32c,来替代图1所示的光环形器34。第3分光器32c与光环形器34同样,与第1分光器32a的第3端子32a3、第2分光器32b及光学元件40连接。在计测装置110A中,噪声光路径是经过光环形器34的路径。在本说明书中,将第1分光器32a也称为“分光器”,将第3分光器32c也称为“其他分光器”。第3分光器32c将照射光20L2向光学元件40输入。光环形器34将反射光20L3向第2分光器32b输入。但是,在第3分光器32c中,反射光20L3的一部分有可能经由第1分光器32a返回至光源20。也可以在光源20与第1分光器32a之间设置光隔离器来去除这样的返回光。在计测装置110A中,也与计测装置100A同样,能够扩大测距范围。

[0134] (实施方式2)

[0135] 接下来,参照图8说明本公开的实施方式2所涉及的计测装置的构成例。图8是示意性地表示本公开的例示性的实施方式2所涉及的计测装置的构成的框图。省略了图1所示的物体10。图8所示的计测装置100B与图1所示的计测装置100A的不同点在于,计测装置100B不是具备图1所示的单一的光学元件40,而是具备第4分光器32d、第1光学元件40a、第2光学元件40b和第3光学元件40c。在本说明书中,将第1光学元件40a、第2光学元件40b及第3光学元件40c也统称为“光学元件40a~40c”。第4分光器32d与光环形器34连接。光学元件40a~40c与第4分光器32d连接。光学元件40a~40c也能够说是经由第4分光器32d与光环形器34连接。

[0136] 第4分光器32d使照射光20L2分支为第1至第3光。光学元件40a~40c将第1至第3光分别向外部出射,而且分别接受第1至第3光被物体10反射而产生的第1至第3反射光。第1至第3光分别是照射光20L2的一部分。第1至第3光的输出(功率)既可以相互相等,也可以相互不同。第4分光器32d的分支数没有限制,是2以上的多个。关于光学元件40a~40c的数量也是同样的。

[0137] 从第4分光器32d到光学元件40a~40c为止的3个路径的光路长度既可以相互相等,也可以相互不同。在该3个路径的光路长度相互不同的情况下,能够使从光学元件40a~40c向外部出射的第1至第3光的零距离相互不同。因此,在检测信号的谱中,能够分别分配与向外部出射的第1至第3光相应的第1至第3频带。结果,根据有峰出现的频带,能够知晓是通过第1至第3光之中的哪个光对物体10进行了测距。

[0138] 在对于光学元件40a~40c中的各个光学元件满足式(7)至式(9)的关系的情况下,在实施方式2所涉及的计测装置100B中,也与实施方式1所涉及的计测装置100A同样,能够扩大测距范围。其中,上述的第2路径及第3路径经过第4分光器32d。在对于光学元件40a~40c之中的、上述的第2光路长度 $d_2$ 及第3光路长度 $d_3$ 的合计 $D$ 最短的光学元件,满足式(7)至式(9)的关系的情况下,对于剩余的光学元件也必然满足式(7)至式(9)的关系。在图8所示的例中,第2光路长度 $d_2$ 及第3光路长度 $d_3$ 的合计 $D$ 最短的光学元件是第1光学元件40a。

[0139] (实施方式3)

[0140] [计测装置]

[0141] 接下来,参照图9说明本公开的实施方式3所涉及的计测装置的构成例。图9是示意性地表示本公开的例示性的实施方式3所涉及的计测装置的构成的框图。省略了图1所示的物体10。图9所示的计测装置100C与图1所示的计测装置100A的不同点在于,计测装置100C具备第5分光器32e和第2光检测器50b。第5分光器32e位于光环形器34与光学元件40之间,且与两者连接。第2光检测器50b与第5分光器32e连接。光学元件40也能够说是经由第5分光器32e与光环形器34连接。第1光检测器50a与图1所示的光检测器50相同。在本说明书中,将第1光检测器50a也称为“光检测器”,将第2光检测器50b也称为“其他光检测器”。

[0142] 第5分光器32e将从第1分光器32a的第3端子32a3到光学元件40的照射光20L2的一部分,作为监视光20L5向第2光检测器50b输入。第2光检测器50b对监视光20L5进行检测。监视光20L5的输出相对于从光学元件40向外部出射的照射光20L2的输出而言,例如可以是5%以下。第2光检测器50b的检测信号可以被用于各种用途。例如,也可以利用第2光检测器50b的检测信号,作为用于对光源20的动作进行控制以使向外部出射的照射光20L2不超过人眼安全的基准值的监视信号。人眼安全的基准值例如可以是10mW。在以人眼安全为目的的情况下,由于照射光20L2从光学元件40向外部出射,因此如图9所示,优选将光学元件40的近处的光设为监视光20L5。

[0143] 在FMCW-LiDAR技术中,从光源20出射的激光20L0的频率被周期性调制。如果使用能够出射高输出的激光的激光二极管作为光源20,则能够稳定地进行这样的频率调制。但是,由于光源20能够出射高输出的激光,因此例如有可能由于故障或误动作而造成激光20L0的输出超过人眼安全的基准值。处理电路60基于来自第2光检测器50b的检测信号对光源20的动作进行控制,以使激光20L0的输出不超过人眼安全的基准值。

[0144] [处理电路60所执行的动作]

[0145] 接下来,参照图10说明在实施方式3中处理电路60所执行的动作的例子。图10是概略性地表示处理电路60所执行的计测动作的例子的流程图。处理电路60执行图10所示的步骤S201至S206的动作。

[0146] <步骤S201、S204及S205>

[0147] 步骤S201、S204及S205的动作分别与图3所示的步骤S101至S103的动作相同。

[0148] <步骤S202>

[0149] 处理电路60使第2光检测器50b检测监视光20L5。

[0150] <步骤S203>

[0151] 处理电路60基于监视光20L5的输出,判断从光学元件40向外部出射的照射光20L2的输出是否为人眼安全的基准值以下。在计测装置100C的校准中,通过将监视光20L5的输出与向外部出射的照射光20L2的输出建立对应,根据监视光20L5的输出,可知向外部出射的照射光20L2的输出。在判定为“是”的情况下,处理电路60执行步骤S204及S205的动作。在判定为“否”的情况下,处理电路60执行步骤S206的动作。

[0152] <步骤S206>

[0153] 处理电路60使光源20停止出射激光20L0。

[0154] 通过处理电路60的上述动作,能够通过其输出为人眼安全的基准值以下的照射光20L2对物体10进行测距及/或测速。

[0155] [计测装置100C中的光的流动]

[0156] 再次参照图9。在图9所示的计测装置100C中,除了图1所示的光的流动 $\alpha$ 至 $\delta$ 之外,还存在图9所示的光的流动 $\epsilon$ 。其中,光的流动 $\beta$ 及 $\gamma$ 经过图9所示的第5分光器32e。光的流动 $\epsilon$ 是照射光20L2从第1分光器32a的第3端子32a3开始、被第2光检测器50b反射并到达第1光检测器50a的流动。光的流动 $\epsilon$ 对检测信号引起噪声。

[0157] 以下参照图11,与比较例一起说明即使满足式(7)至式(9)的关系也有可能由于光的流动 $\epsilon$ 使测距范围变小的情况。在比较例中,由以下的计测装置对物体10进行了测距。该计测装置具备图9所示的构成要素,但不满足用于减小被第2光检测器50b反射的光的影响的后述的条件。

[0158] 图11是表示比较例中的检测信号的谱的曲线图。图11所示的纵轴及横轴与图4所示的纵轴及横轴分别相同。如图11所示,在检测信号的谱中出现多个峰。图11所示的箭头表现其中的代表性的5个峰。关于峰 $\alpha$ 至 $\delta$ ,与参照图4的说明相同。峰 $\epsilon$ 具有通过照射光20L2之中的从第2光检测器50b到达第1光检测器50a的光与参照光20L1的干涉而得到的节拍频率。峰 $\epsilon$ 是噪声,起因于照射光20L2之中的被第2光检测器50b反射的光。由于满足式(7)至式(9)的关系,因此峰 $\gamma$ 的节拍频率比峰 $\delta$ 的节拍频率高,峰 $\beta$ 的节拍频率比峰 $\gamma$ 的节拍频率高。峰 $\gamma$ 成为零距离的指标。相对于此,峰 $\epsilon$ 的节拍频率比峰 $\gamma$ 的节拍频率高。因此存在如下课题:在峰 $\epsilon$ 与峰 $\beta$ 相互接近的情况下,在峰 $\epsilon$ 附近的频带中,无法准确地对物体10进行测距。

[0159] [减小被第2光检测器50b反射的光的影响的条件]

[0160] 以下参照图12,说明为了解决上述课题而计测装置100C所满足的条件。图12是用于说明实施方式3所涉及的计测装置100C所包括的构成要素间的光路长度的图。将从第1分光器32a的第3端子32a3到第2光检测器50b为止的第5路径的光路长度设为第5光路长度 $d_5$ 。将从第2光检测器50b到第1光检测器50a为止的第6路径的光路长度设为第6光路长度 $d_6$ 。

[0161] 图9所示的光的流动 $\epsilon$ 对检测信号引起在实施方式1中未出现的新的噪声。光的流动 $\epsilon$ 的光路长度是第5光路长度及第6光路长度的合计,即 $D' = d_5 + d_6$ 。如果峰 $\gamma$ 的节拍频率比峰 $\epsilon$ 的节拍频率高,则峰 $\epsilon$ 与峰 $\beta$ 不会相互接近,因此能够扩大物体10的测距范围。在实施方式3所涉及的计测装置100C中上述的光路长度所满足的条件由下式(10)表现。

[0162] [数10]

$$[0163] \quad D - d_1 \geq D' - d_1 \quad (10)$$

[0164] 式(8)意味着峰 $\gamma$ 的节拍频率比峰 $\epsilon$ 的节拍频率高。也可以替代式(10),而将峰 $\epsilon$ 的节拍频率设为 $f_3$ ,并使用式(11)。

[0165] [数11]

$$[0166] \quad f_1 \geq f_3 \quad (11)$$

[0167] 如上,在实施方式3所涉及的计测装置100C中,不仅满足式(7)至式(9)的关系,而且满足式(10)及式(11)的关系,因此能够减小照射光20L2之中的被第2光检测器50b反射的光的影响,能够扩大测距范围。

[0168] 在上述的计测装置100A、110A、100B、100C中,在对构成要素间进行连接时使用光纤。在将多个构成要素设置在基板上的构成中,在对构成要素间进行连接时也可以使用光波导。也可以通过利用微细加工技术对半导体材料或介电体材料进行构图来形成光波导。另外,也可以将各构成要素与光波导集成在同一基板上。

[0169] 进而,关于上述的计测装置100A、110A、100B、100C的构成要素,只要没有矛盾,也可以任意地组合。

[0170] 工业实用性

[0171] 本公开的实施方式中的计测装置例如能够利用于汽车、UAV(无人机(Unmanned Aerial Vehicle))或AGV(自动引导车(Automated Guided Vehicle))等车辆中搭载的测距系统、或者车辆检测的用途。

[0172] 附图标记说明:

[0173] 10物体

[0174] 20光源

[0175] 20L0激光

[0176] 20L1参照光

[0177] 20L2照射光

[0178] 20L3反射光

[0179] 20L4干涉光

[0180] 30干涉光学系统

[0181] 32a第1分光器

[0182] 32a1第1端子

[0183] 32a2第2端子

[0184] 32a3第3端子

[0185] 32b第2分光器

[0186] 32c第3分光器

[0187] 32d第4分光器

[0188] 32e第5分光器

[0189] 34光环形器

[0190] 40光学元件

[0191] 40a第1光学元件

[0192] 40b第2光学元件

[0193] 40c第3光学元件

[0194] 50光检测器

[0195] 50a第1光检测器

[0196] 50b第2光检测器

[0197] 60处理电路

[0198] 62存储器

[0199] 100A、110A、100B、100C计测装置

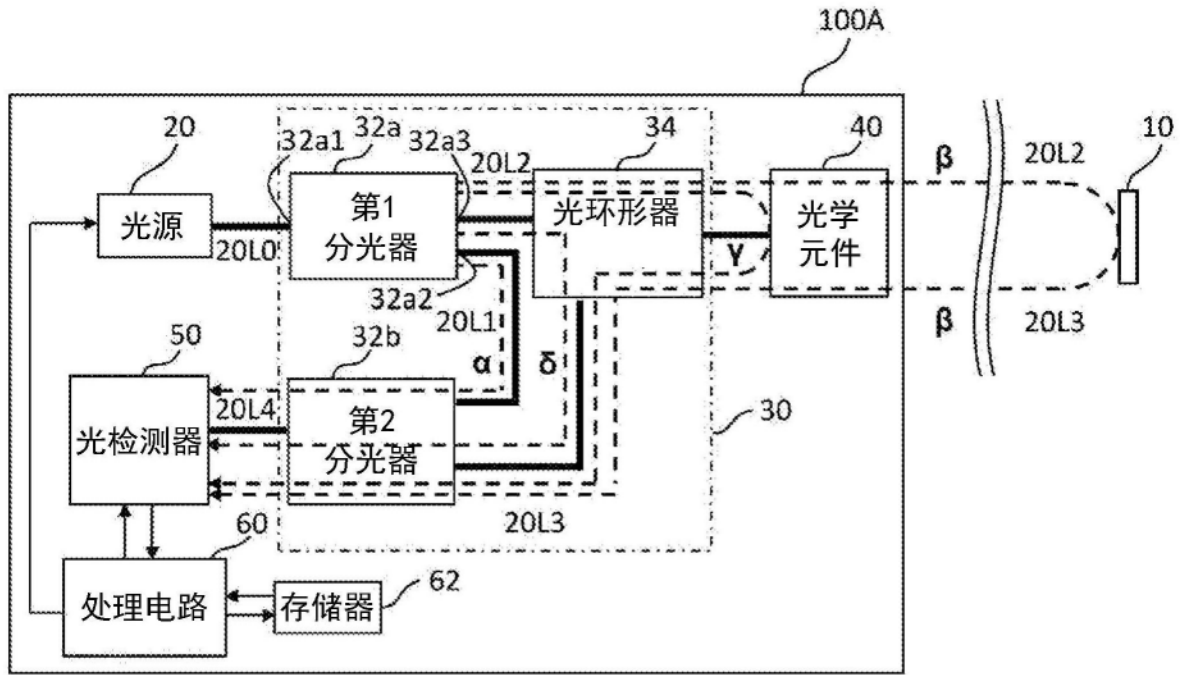


图1

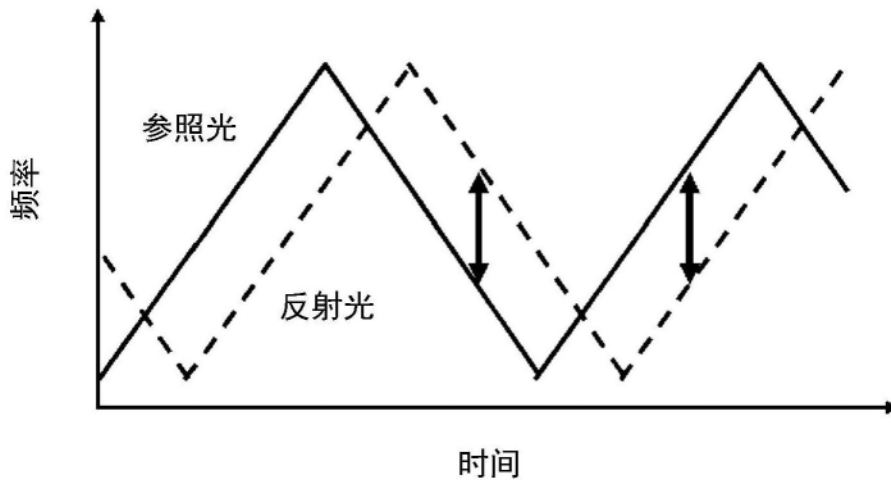


图2

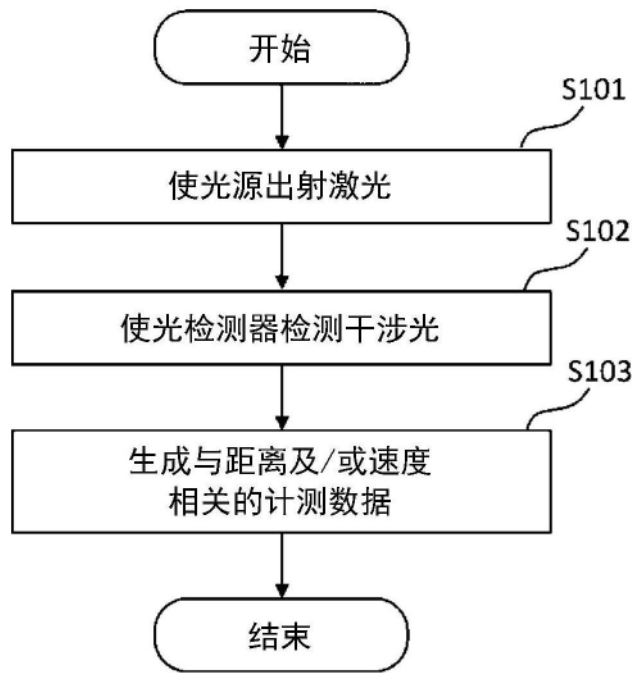


图3

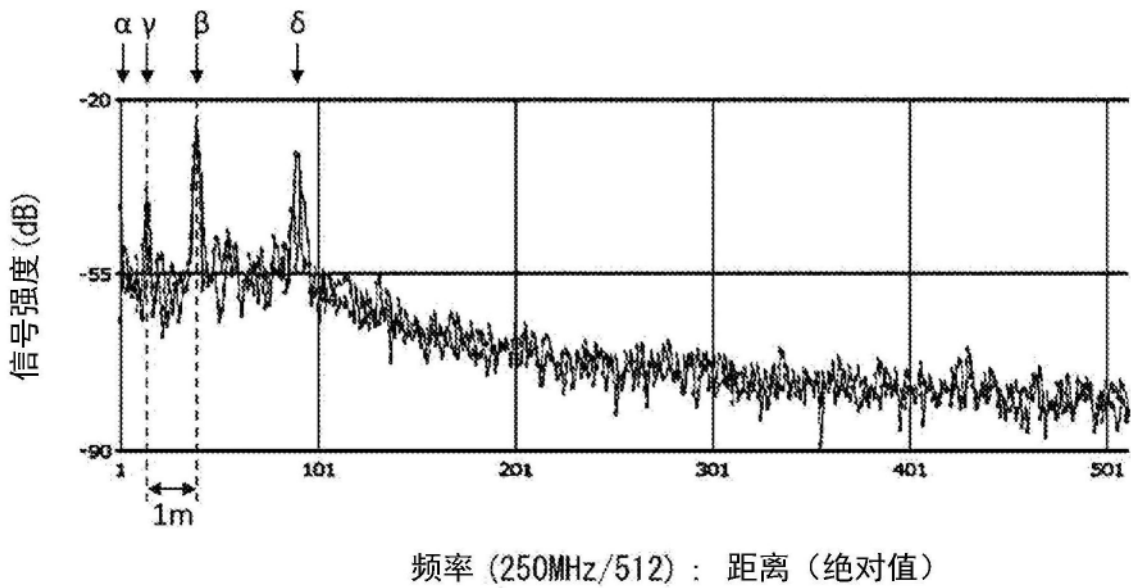


图4

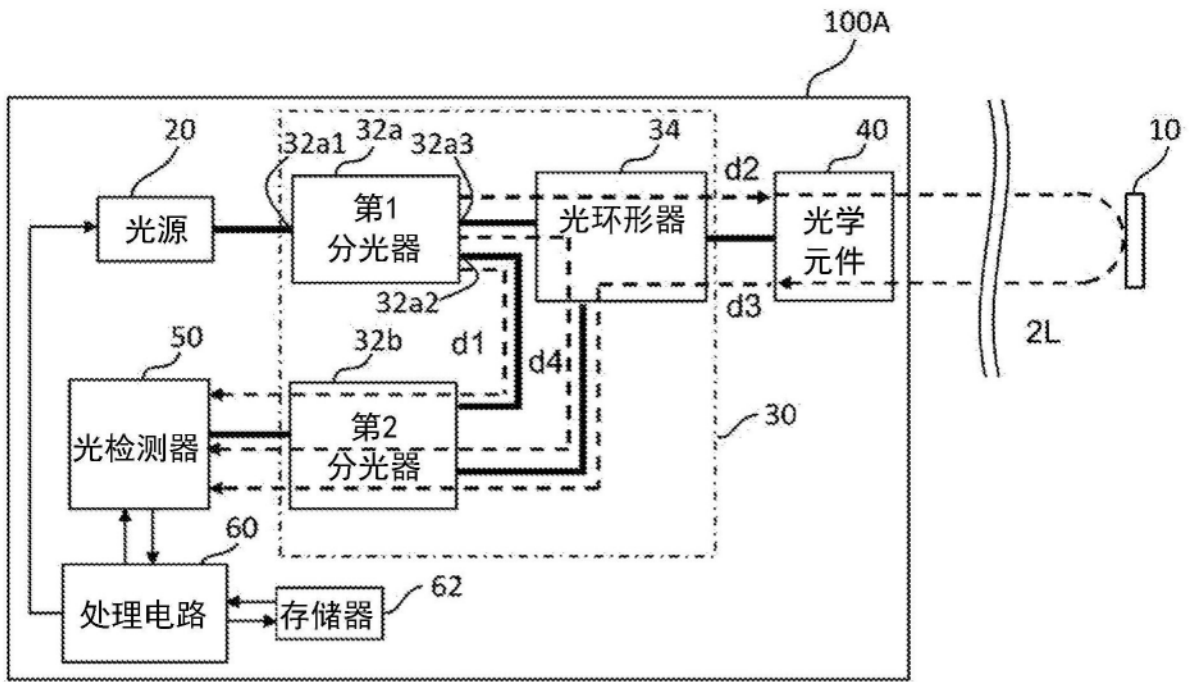


图5

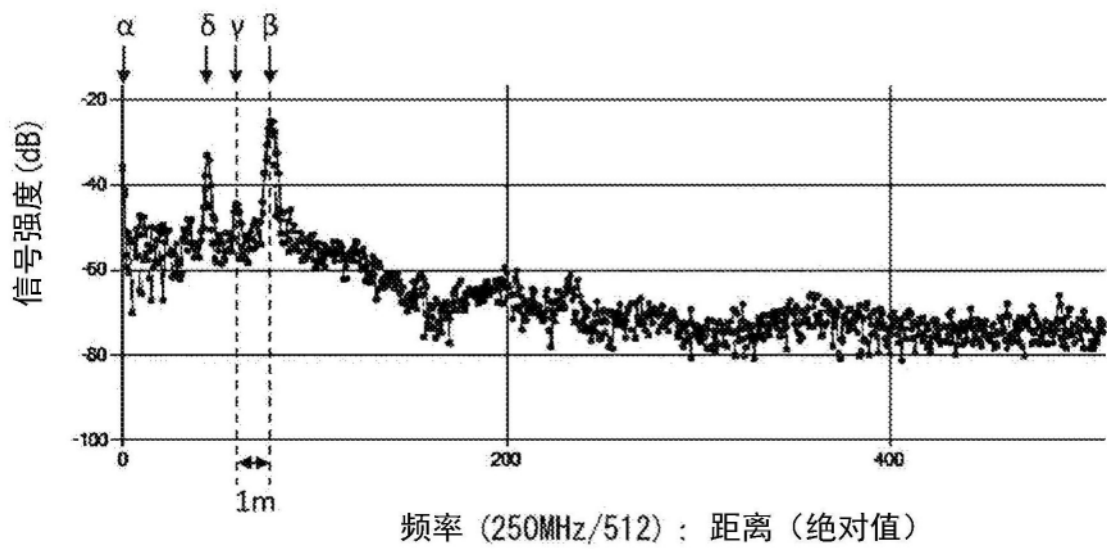


图6

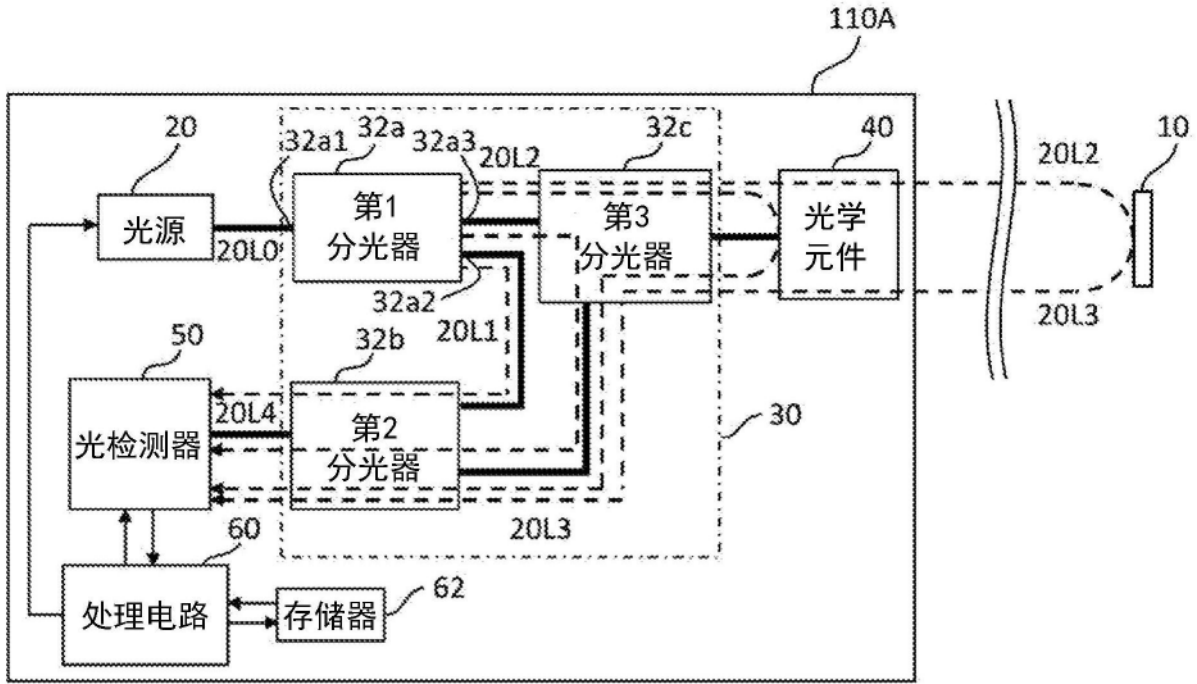


图7

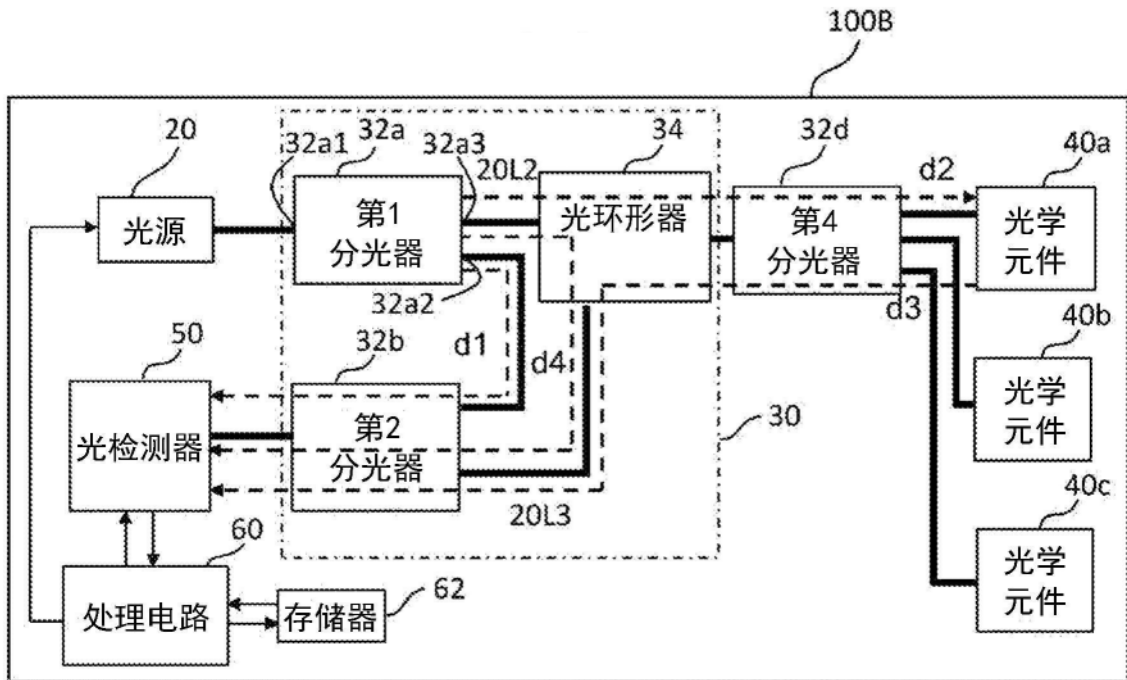


图8

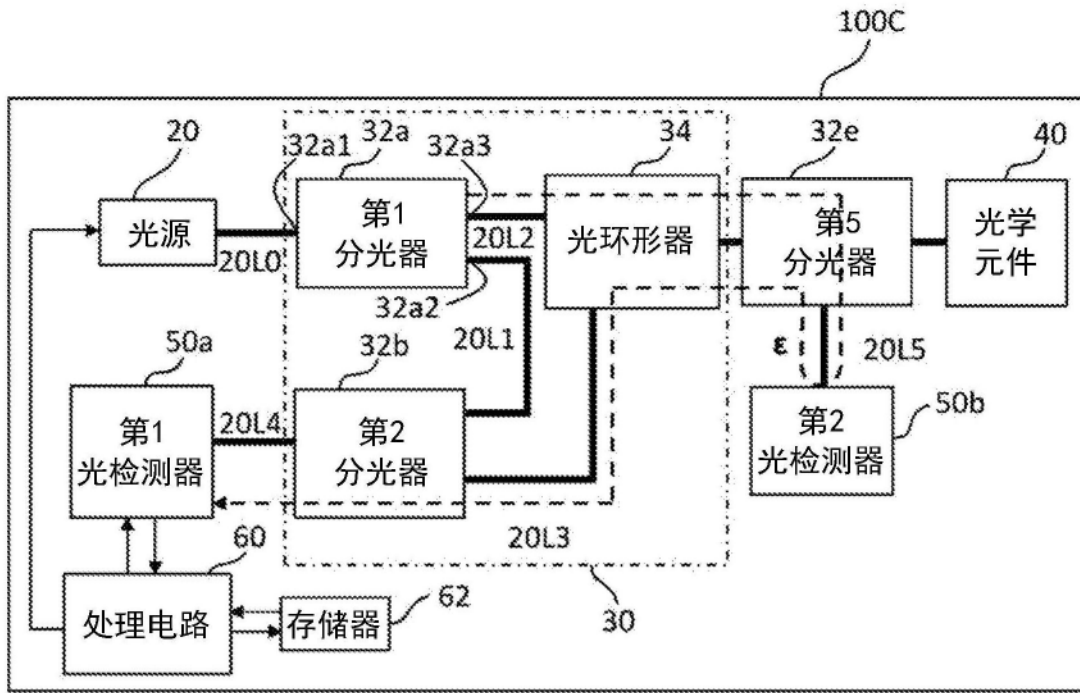


图9

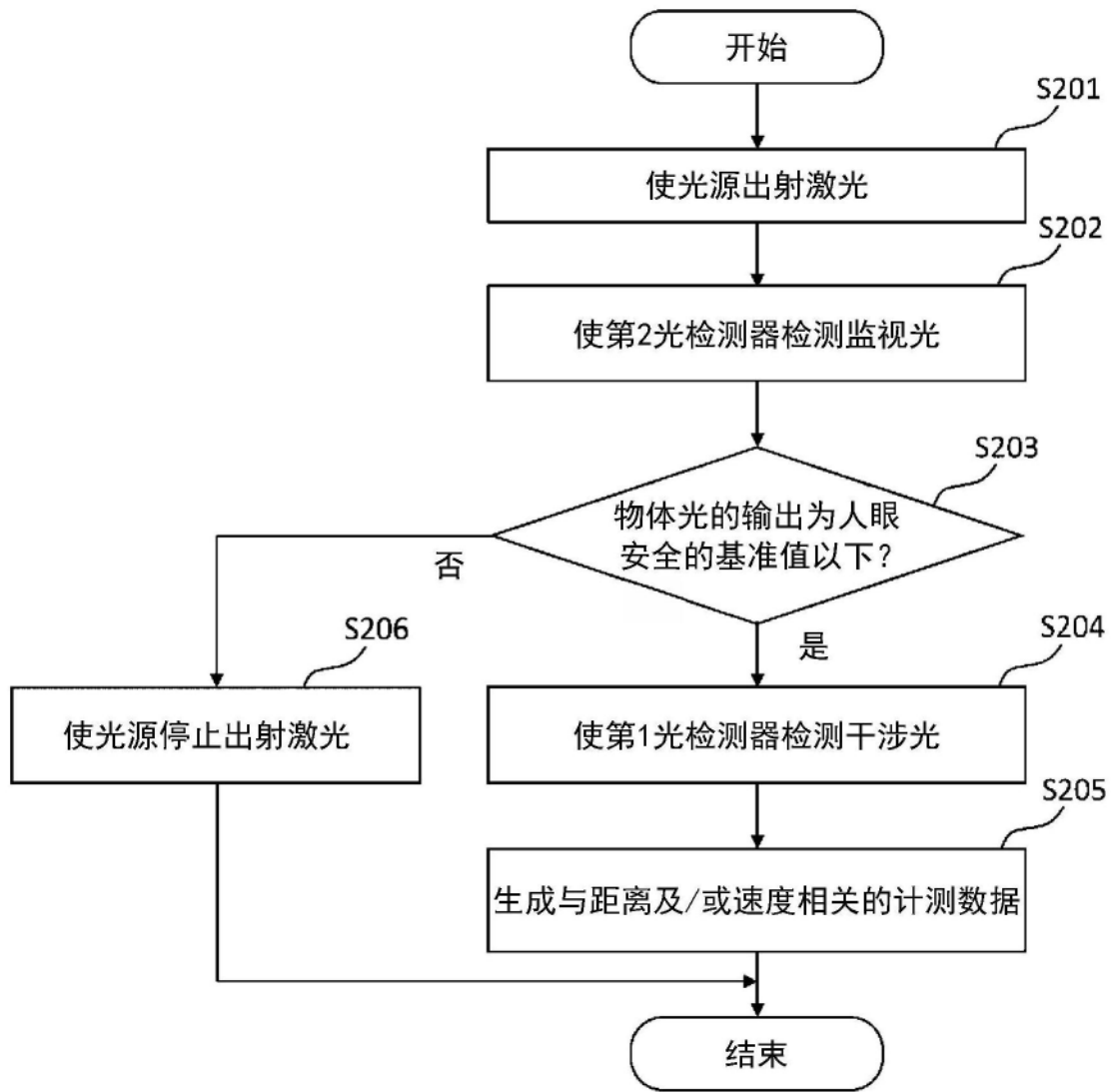


图10

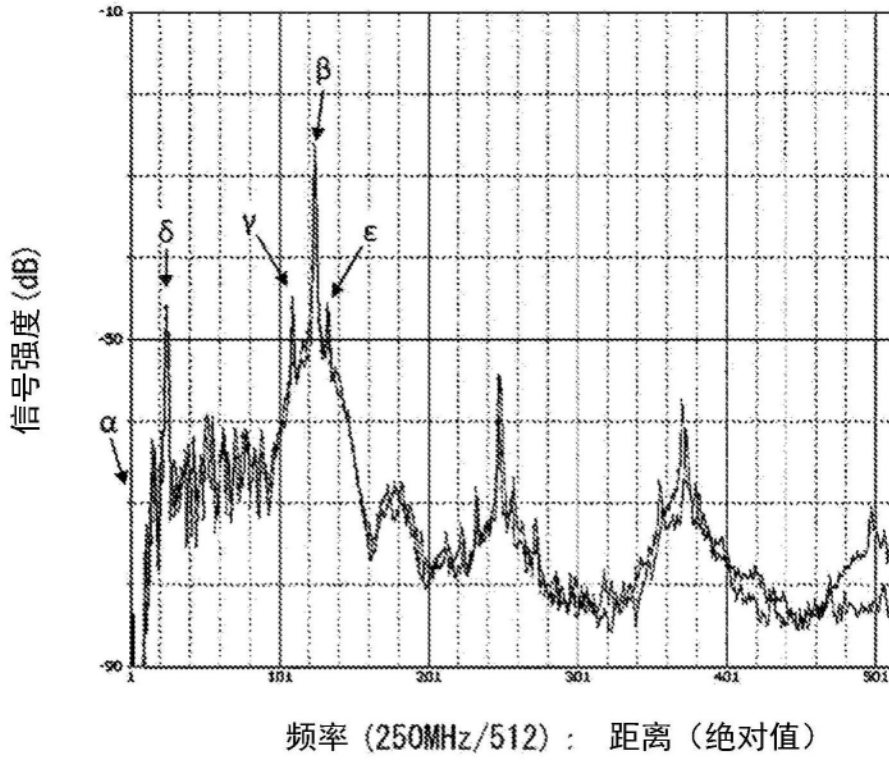


图11

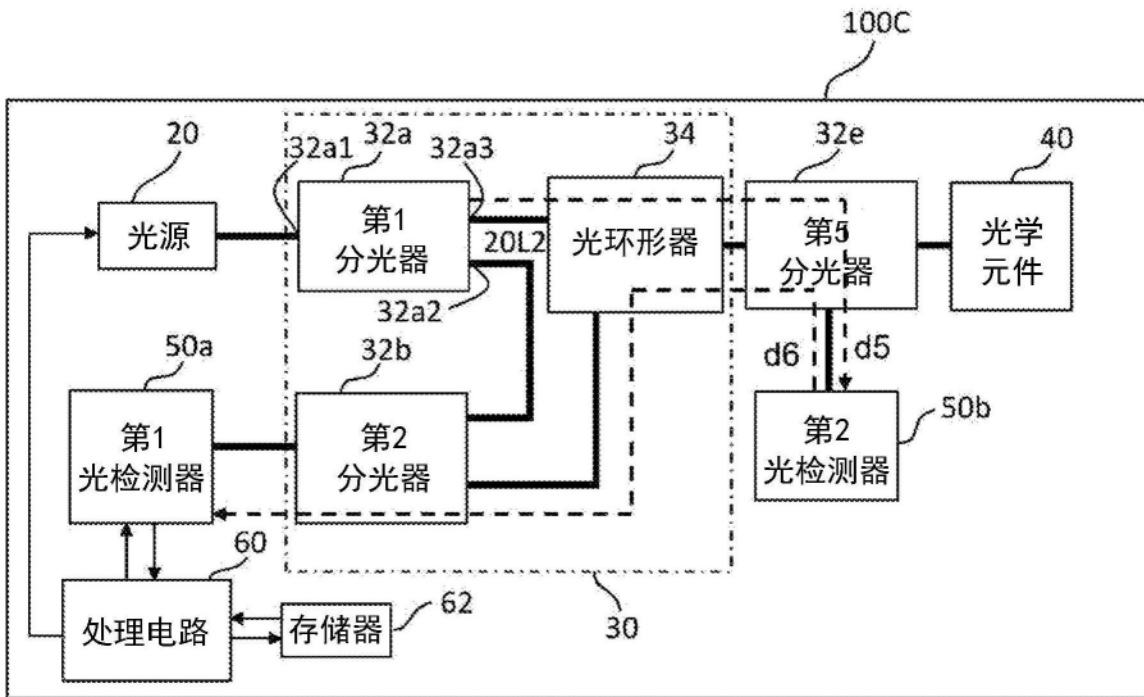


图12