



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102265178 B

(45) 授权公告日 2013. 05. 29

(21) 申请号 200980151525. 2

(22) 申请日 2009. 12. 18

(30) 优先权数据

2008-330162 2008. 12. 25 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 06. 21

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2009/071145 2009. 12. 18

(87) PCT申请的公布数据

W02010/073994 JA 2010. 07. 01

(73) 专利权人 株式会社拓普康

地址 日本东京

(72) 发明人 大石政裕 德田义克

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 陈萍

(51) Int. Cl.

G01S 17/10 (2006. 01)

G01C 3/06 (2006. 01)

(56) 对比文件

EP 0022747 A2, 1981. 01. 21, 全文.

JP 特开平 5-232231 A, 1993. 09. 07, 全文.

CN 1110398 A, 1995. 10. 18, 全文.

JP 特开平 8-226969 A, 1996. 09. 03, 全文.

JP 特开 2004-257961 A, 2004. 09. 16, 全文.

JP 特开 2007-93514 A, 2007. 04. 12, 全文.

JP 特开 2007-127541 A, 2007. 05. 24, 全文.

审查员 王海峰

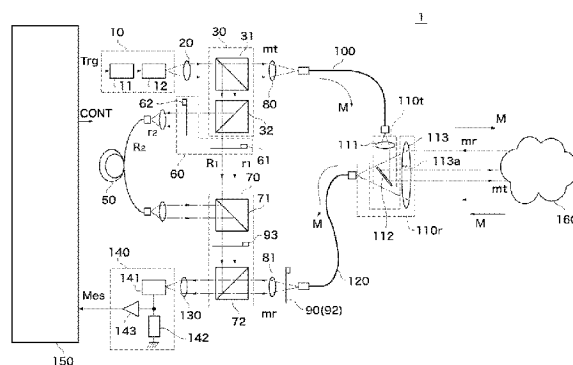
权利要求书2页 说明书13页 附图11页

(54) 发明名称

距离测定装置及距离测定方法

(57) 摘要

本发明实现一种距离测定装置及方法, 将距离测定装置内部的延迟电路的变动抵消, 能够进行高精度且快速的测定。该距离测定装置及方法从进行脉冲发光的光源部 (10) 分支出第一基准光 r_1 、第二基准光 r_2 、测定发送光 mt , 通过对在大致不发生光学变化的第一参照光路 R_1 中传播的第一基准光 r_1 、在插入有光学延迟发生部 (50) 的第二参考光路中传播的第二基准光 r_2 、将测定发送光照射到测定对象物 (160) 而反射回来的测定接收光 mr 之间的检测时间差进行测定, 从而测定与测定对象物 (160) 之间的距离, 其中, 在测定接收光 mr 与第一基准光 r_1 在时间上分离的情况下, 根据两者的检测时间差计算距离, 在测定接收光 mr 与第一基准光 r_1 在时间上不分离的情况下, 根据第一基准光 r_1 与第二基准光 r_2 之间的检测时间差 T_d 、及测定接收光 mr 与第二基准光 r_2 之间的检测时间插 T_d' , 计算距离 L 。



1. 一种距离测定装置,具备:

光源部,与触发信号同步进行脉冲发光;

分光部,将来自所述光源部的光分支成第一基准光、第二基准光及测定发送光;

第一参考光路,使所述第一基准光通过,而不发生光学距离变化;

第二参考光路,包括相对于所述第一参考光路发生时间延迟的光学延迟发生部,使所述第二基准光通过;

参考光路切换部,具有将所述第一及所述第二参考光路的任意一个设置为通过、将双方设置为通过、及将双方设置为遮蔽的功能;

发送部,向测定对象物照射所述测定发送光;

接收部,将所述照射的光在测定对象物上发生了反射的测定接收光接收;

测定光量调整部,将所述测定发送光或所述测定接收光遮蔽;

光合成部,将所述第一参考光路的输出光、所述第二参考光路的输出光、以及被所述接收部接收到的测定接收光合成;

光电变换部,将由所述光合成部合成出的光信号变换为电信号;以及

测定控制部,具有如下的功能,即,对所述参考光路切换部和所述测定光量调整部进行控制,根据由所述光电变换部得到的信号的检测时间来决定距离。

2. 根据权利要求1所述的距离测定装置,其中,

所述测定控制部,

1) 具有这样的功能,控制所述参考光路切换部,将第一及第二参考光路设置为通过,控制所述测定光量调整部,将所述测定发送光或测定接收光遮蔽,根据所述光电变换部输出,测定所述触发信号与所述第一基准光之间的时间差、即 $Tr1$,以及所述触发信号与所述第二基准光之间的时间差、即 $Tr2$,并进行存储;

2) 具有这样的功能,将所述第一及第二参考光路遮蔽,且将所述测定发送光和测定接收光设置为通过,测定所述测定接收光与所述触发信号之间的时间差、即 Tm ;

3) 具有第一测定功能,将所述第一参考光路设置为通过,将所述第二参考光路设置为遮蔽,将所述测定发送光和所述测定接收光设置为通过,根据所述测定接收光与所述第一基准光之间的时间差、即 $Tm-Tr1$ 的值,决定测定光路差、即 Tt ;

4) 具有第二测定功能,将所述第一参考光路设置为遮蔽,将所述第二参考光路设置为通过,将所述测定发送光和所述测定接收光设置为通过,求出所述第二基准光与所述测定接收光之间的时间差 $Td'=Tr2-Tm$,进一步由在上述1)中求出的 $Tr2$ 、 $Tr1$ 的值,求出 $Td=Tr2-Tr1$,计算 $Td-Td'$,从而决定测定光路差、即 Tt ;

5) 具有这样的功能,根据在上述2)中得到的所述时间差 Tm ,区分使用所述第一测定功能和所述第二测定功能;以及

6) 具有这样的功能,根据所述测定光路差、即 Tt 决定到测定对象物的距离。

3. 根据权利要求2所述的距离测定装置,其中,

所述测定光量调整部还具有使所述测定接收光或所述测定发送光衰减的功能,并且还具有使所述测定接收光的电平与第一基准光 $r1$ 及第二基准光 $r2$ 的电平大概一致的功能。

4. 根据权利要求1或权利要求2所述的距离测定装置,其中,

所述光学延迟发生部的延迟时间被设定成,使所述第一参考光路与所述第二参考光路

之间的通过时间差是在所述光源部生成的脉冲光的脉冲宽度的 2 倍以上。

5. 根据权利要求 2 ~ 4 的任意一项所述的距离测定装置, 其中,

所述测定控制部对第一基准光与所述测定接收光之间的时间的差和所述脉冲光的脉冲宽度进行比较, 从而判断所述第一基准光和所述测定接收光是否分离,

在判断为分离时, 将所述第一测定功能设置为有效,

在判断为未分离时, 将所述第二测定功能设置为有效。

6. 根据权利要求 1 ~ 5 的任意一项所述的距离测定装置, 其中,

所述光学延迟发生部是光纤。

7. 一种距离测定方法, 使用了距离测定装置, 该距离测定装置具备:

光源部, 与触发信号同步进行脉冲发光;

分光部, 将来自所述光源部的光分支成第一基准光、第二基准光及测定发送光;

第一参考光路, 使所述第一基准光通过, 而不发生光学距离变化;

第二参考光路, 包括相对于所述第一参考光路发生时间延迟的光学延迟发生部, 使所述第二基准光通过;

参考光路切换部, 具有将所述第一及所述第二参考光路的任意一个设置为通过、将双方设置为通过、及将双方设置为遮蔽的功能;

发送部, 向测定对象物照射所述测定发送光;

接收部, 将所述照射的光在测定对象物上发生了反射的测定接收光接收;

测定光量调整部, 将所述测定发送光或所述测定接收光遮蔽;

光合成部, 将所述第一参考光路的输出光、所述第二参考光路的输出光、以及被所述接收部接收到的测定接收光合成; 以及

光电变换部, 将由所述光合成部合成出的光信号变换为电信号,

所述距离测定方法包括如下工序:

1) 控制所述参考光路切换部, 将第一及第二参考光路设置为通过, 控制所述测定光量调整部, 将所述测定发送光或测定接收光遮蔽, 根据所述光电变换部输出, 测定所述触发信号与所述第一基准光之间的时间差、即 $Tr1$, 以及所述触发信号与所述第二基准光之间的时间差、即 $Tr2$, 并进行存储的工序;

2) 将所述第一及第二参考光路遮蔽, 且将所述测定发送光和测定接收光设置为通过, 测定所述测定接收光与所述触发信号之间的时间差、即 Tm 的工序;

3) 将所述第一参考光路设置为通过, 将所述第二参考光路设置为遮蔽, 将所述测定发送光和所述测定接收光设置为通过, 根据所述测定接收光与所述第一基准光之间的时间差、即 $Tm-Tr1$ 的值, 决定测定光路差、即 Tt 的第一测定工序;

4) 将所述第一参考光路设置为遮蔽, 将所述第二参考光路设置为通过, 将所述测定发送光和所述测定接收光设置为通过, 求出所述第二基准光与所述测定接收光之间的时间差 $Td' = Tr2 - Tm$, 进一步由在上述 1) 中求出的 $Tr2$ 、 $Tr1$ 的值, 求出 $Td = Tr2 - Tr1$, 计算 $Td - Td'$, 从而决定测定光路差、即 Tt 的第二测定工序;

5) 根据在上述 2) 中得到的所述时间差 Tm , 区分使用所述第一测定工序和所述第二测定工序的工序; 以及

6) 根据所述测定光路差、即 Tt 决定到测定对象物的距离的工序。

距离测定装置及距离测定方法

技术领域

[0001] 本发明涉及距离测定装置及方法,通过对测定对象物照射光脉冲并测定到该反射光返回为止的时间,从而测定与测定对象物之间的距离。尤其涉及如下的距离测定装置及方法,即,在采用了在参考光路中包括延迟元件的测定方式的距离测定装置中,能够消除该延迟元件的延迟时间的温度变动等的影响,能够进行高精度的测定。

背景技术

[0002] 以往已知有这样一种技术,朝向测定对象物照射脉冲光,利用距离测定装置检测从该测定对象物反射来的脉冲光,根据该脉冲光的往返传播时间,测定与测定对象物之间的距离。

[0003] 在这种距离测定装置中,为了尽可能提高精度,采用在光处理阶段确定传播时间的方式,以便不受距离测定装置内的电气变动的影响。例如,如图 15 所示,在距离测定装置 100 上设置脉冲光源 101、从脉冲光源 101 分支出的参考光路 Rc、光检测器 104,以在参考光路 Rc 中的光脉冲到达时间为基准,利用光检测器 104 检测与到测定对象物 160 的测定光路 Mc 之间的传播时间差,由此测定距离 L。在此,参考光路 Rc 和测定光路 Mc 被光路切换器 103a、103b 机械地切换,以时间上不同的定时独立地测定分别经由光路 Rc、Mc 的脉冲光的传播时间,根据测定结果计算传播时间差。但是,该方法难以进行快速动作,成为限制测定时间缩短的主要原因。

[0004] 作为解决该问题的一个方法,也可以想到过这样的方法,即,不对经由参考光路 Rc 的光(参考光 rc)和经由测定光路 Mc 的光(测定光 mc)进行切换,而将参考光 rc 和测定光 mc 合成,利用一个光检测器进行检测。但是,该方法在测定对象物 160 与距离测定装置 100 之间的距离较短的情况下,参考光 rc 和测定光 mc 在时间轴上重合,难以正确地检测参考光 rc 与测定光 mc 之间的时间差(参见图 15(b) 的示例 1)。于是,又提出了这样的方法,将预先准确地知道该延迟时间的光学延迟发生器插入到参考光路 Rc 或测定光路 Mc 中,使测定光 mc 和参考光 rc 在时间轴上分离,测定其时间差,然后对由光学延迟发生器的延迟时间值测定到的时间差进行修正(参见图 15(b) 的示例 2,例如专利文献 1)。

[0005] 此外,在对脉冲光源 101 进行驱动时,由于发光的瞬间的较大电流变化而导致在光检测器 104 的电气输出侧发生电磁感应噪声。若参考光路 Rc 的通过时间较短,则该感应噪声与参考光 rc 在时间轴上重合,有时产生测定误差。为了避免该问题,在参考光路 Rc 上附加具有一定延迟时间的延迟元件,将参考光 rc 和测定光 mc 分离(例如,专利文献 2)。

[0006] 通常,脉冲光源 101 大多使用脉冲宽度为 10n 秒左右的光源,但是为了产生该 10n 秒的延迟,延迟元件(使用了折射率 1.5 的光纤的情况下)的长度至少要 2 米。实际上,设定延迟时间时还会留出富余,所以优选延迟时间为脉冲宽度的几倍以上。作为延迟时间,假设要得到个位数以上的 100n 秒,则在作为延迟元件使用了光纤的情况下,光纤的长度达到约 20 米。此外,在采用了后述的、通过衰减振荡波形进行零点检测而得到高精度的时间差测定方法的情况下,优选将噪声电平设在 -58dB(1/800) 以下,该情况下,作为延迟元件,经

光学距离换算需要 200 米以上的长尺寸。

[0007] 作为上述延迟元件,为了能够自由弯曲、且以较小的形状得到较大的延迟时间,适合使用光纤。但是,光纤具有传播延迟时间因温度而改变的特性。石英光纤的折射率的温度系数为 10ppm/℃左右(例如,非专利文献 1、非专利文献 2),作为光纤长度,使用能够得到与上述 200 米相当的延迟时间的 130 米,在将室外的温度变化量设为 50℃的情况下,由延迟时间的变化引起的测定距离误差为 10cm 左右。该误差作为测定精度在 1mm 左右的精密距离测定装置的误差来说是不能够允许的。

[0008] 专利文献

[0009] 专利文献 1:日本特开昭 57-147800 号公报

[0010] 专利文献 2:日本特开平 5-232231 号公报

[0011] 非专利文献

[0012] 非专利文献 1:I. H. Malitson; " Interspecimen Comparison of the Refractive Index of Fused Silica", Journal of the Optical Society of America, vol. 55, no. 10, pp. 1205 (oct. 1965)

[0013] 非专利文献 2:Gorachaud Ghosh; " Temperature Dispersion of Refractive Indexes in some Silicate Fiber Glasses", IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, vol. 6, no. 3, pp. 431 (Mar. 1994)

发明内容

[0014] 本发明是为了解决上述问题而提出的,其目的在于,提供一种距离测定装置及方法,将距离测定装置内部的延迟电路的变动的的影响抵消,能够进行高精度且高速的测定。

[0015] 为了达到上述目的,本发明的第一方面所涉及的距离测定装置 1,例如,如图 1 所示,具备:光源部 10,与触发信号 Trg 同步进行脉冲发光;分光部 30,将来自光源部 10 的光分支成第一基准光 r1、第二基准光 r2 及测定发送光 mt;第一参考光路 R1,使第一基准光 r1 通过,而不发生光学距离变化;第二参考光路 R2,包括相对于第一参考光路 R1 发生时间延迟的光学延迟发生部 50,使第二基准光 r2 通过;参考光路切换部 60,具有将第一参照光路 R1 和第二参考光路 R2 的任意一个设置为通过、将双方设置为通过、及将双方设置为遮蔽的功能;发送部 110t,向测定对象物 160 照射测定发送光 mt;接收部 110r,将照射的测定发送光 mt 在测定对象物上发生了反射的测定接收光 mr 接收;测定光量调整部 90(91(参见图 2)、92),将测定发送光 mt 或测定接收光 mr 遮蔽;光合成部 70,将第一参考光路 R1 的输出光、第二参考光路 R2 的输出光、以及被接收部 110r 接收到的测定接收光 mr 合成;光电变换部 140,将由光合成部 70 合成出的光信号变换为电信号;以及测定控制部 150,具有如下的功能,即,通过控制信号 CONT 对参考光路切换部 60、测定光量调整部 90 进行控制,根据由光电变换部 140 得到的信号的检测时间来决定距离。

[0016] 在此,“与触发信号 Trg 同步地进行脉冲发光”是指,根据触发信号 Trg 的定时,决定发光定时,换句话说,只要触发信号 Trg 的定时与发光的定时在时间上存在一定关系即可。“进行脉冲发光”是指包括单脉冲、重复脉冲的双方,而不是连续光。“发光”是指产生包括可见光、不可见光在内的光。“光源”包括激光光线这类的相干光、从 LED 等发出的非相干光的全部。“第一参考光路不发生光学距离变化变化”是指,相对于温度等测定环境的能

够想到的变化,在第一参考光路中产生的通过时间的变化与距离测定装置的测定精度相比小到可以忽略。也可以说“在实际应用上不影响精度”或“几乎不发生”。例如,在要求测定精度为 1mm 左右的情况下,相对于测定环境的变化,产生测定精度的 1/10、即 0.1mm 左右的变化。“通过”是指使入射的光能的全部或一部分通过。“遮蔽”是指使入射的全部光能不通过。“发送部”是指从距离测定装置 1 向测定对象物 160 发射束状测定发送光 mt 的部分,“接收部”是指用于将在测定对象物 160 反射而返回到距离测定装置 1 的测定接收光 mr 导入到光电变换部 140 的部分。发送部、接收部有时构成为双方具有公用部分。例如,在图 1 中,透镜 113 是发送部 110t 的一部分,也是接收部 110r 的一部分。

[0017] 像这样能够独立对第一及第二基准光、测定发送光、接收测定光的遮断 / 通过进行控制,所以能够提供能够实施下面叙述的第二方面以下的发明的安全性高的测定模式。并且,仅测定第一及第二基准光时,能够在对测定对象物进行了准直的状态进行测定,能够在与用于计算距离的测定接收光测定时接近的条件进行测定。也就是说,无需为了仅测定第一及第二基准光,而解除准直状态,以便不将接收测定光接收。

[0018] 为了达到上述目的,本发明的第二方面涉及的距离测定装置 1 的测定控制装置 150,例如,如图 1 及图 4、图 5 所示,在第一方面涉及的距离测定装置中,

[0019] 1) 具有这样的功能,控制参考光路切换部 60,将第一参考光路 $R1$ 和第二参考光路 $R2$ 设置为通过,控制测定光量调整部 90 (91 (参见图 2), 92),将测定发送光 mt 或测定接收光 mr 遮蔽,根据光电变换部 140 的输出,测定触发信号 Trg 与第一基准光 $r1$ 之间的时间差 ($Tr1$)、以及触发信号 Trg 与第二基准光 $r2$ 之间的时间差 ($Tr2$),并进行存储;

[0020] 2) 具有这样的功能,将第一参考光路 $R1$ 和第二参考光路 $R2$ 遮蔽,且将测定发送光 mt 和测定接收光 mr 设置为通过,对测定接收光 mr 与触发信号 Trg 之间的时间差 (Tm) 进行测定;

[0021] 3) 具有第一测定功能,将第一参考光路 $R1$ 设置为通过,将第二参考光路 $R2$ 设置为遮蔽,将测定发送光 mt 和所述测定接收光 mr 设置为通过,根据测定接收光 mr 与第一基准光 $r1$ 之间的时间差 ($Tm-Tr1$) 的值,决定测定光路差 (Tt);

[0022] 4) 具有第二测定功能,将第一参考光路 $R1$ 设置为遮蔽,将第二参考光路 $R2$ 设置为通过,将所述测定发送光 mt 和测定接收光 mr 设置为通过,求出第二基准光 $r2$ 与测定接收光 mr 之间的时间差 $Td' = Tr2 - Tm$,进一步由在上述 1) 中求出的 $Tr2$ 、 $Tr1$ 的值,求出 $Td = Tr2 - Tr1$,计算 $Td - Td'$,从而决定测定光路差 (Tt);

[0023] 5) 具有这样的功能,根据在上述 2) 中得到的所述时间差 Tm ,区分使用所述第一测定功能和所述第二测定功能;以及

[0024] 6) 具有这样的功能,根据所述测定光路差 Tt 决定到测定对象物 160 的距离。

[0025] 由于采用这种结构,所以能够在从近距离到远距离的宽距离范围内,进行高精度的测定。即,在进行远距离测定这样的、测定接收光和基准光能够在时间轴上分离的情况下,不插入延迟机构而进行测定,所以处理简单,且能够进行高精度的测定。并且,在进行近距离测定这样的、测定接收光和基准光在时间轴上的分离不足,不能够进行高精度的测定的情况下,通过插入延迟机构,将测定接收光和基准光分离,并且能够将由上述延迟机构的温度变化等引起的延迟时间变动抵消,所以能够进行高精度的测定。

[0026] 为了达到上述目的,本发明的第三方面涉及的距离测定装置 1,例如,如图 1 及图

4、图 5 所示,在第一方面涉及的距离测定装置中,测定光量调整部 90 还具有使测定接收光 mr 或测定发送光 mt 衰减的功能,并且还具有使测定接收光 mr 的电平与第一基准光 r1 及第二基准光 r2 的电平大概一致的功能。

[0027] 在此,测定光量调整部 90 的调整对象包括测定发送光 mt、测定接收光 mr、或双方的电平的调整。另外,插入测定光量调整部 90 的位置不限于图 1 所示的设置于接收侧的测定光量调整部 91,也可以是如图 2 所示的设置于发送侧的测定光量调整部 91。即,只要能够控制测定接收光 mr 的电平即可,也可以是距离测定装置的其他部分。“使电平大概一致”是指,在能够防止因测定接收光 mr、第一基准光 r1、以及第二基准光 r2 的各脉冲的电平差而引起测定误差,能够高精度地测定时间位置的程度上,使电平一致。

[0028] 由于这样构成,所以能够以良好的精度测定在参考光路中传播的基准光 r1、r2 与接收光 mr 之间的时间间隔。

[0029] 为了达到上述目的,本发明的第四方面涉及的距离测定装置 1,在上述第一方面或第二方面涉及的发明中,光学延迟发生部 50 的延迟时间被设定成,使第一参考光路 R1 与所述第二参考光路 R2 之间的通过时间的差是在光源部 10 上生成的脉冲光 mt 的脉冲宽度 T_p 的 2 倍以上。另外,在此,所述脉冲光不单单是指单脉冲光,也包括例如图 11、图 14 所示的、由多个脉冲(脉冲宽度: T_s)构成的脉冲串信号。此时的脉冲宽度 T_p 为脉冲串长度。

[0030] 若像这样进行设定,则即使不对第一参考光路 R1 和第二参考光路 R2 进行切换,而将第一基准光 r1 和第二基准光 r2 的双方输入到一个光电变换部 140 中,也能够将第一基准光 r1 和第二基准光 r2 在时间上进行分离,所以能够以高精度测定 T_{r1} 与 T_{r2} 的时间差。

[0031] 为了达到上述目的,本发明的第 5 方面涉及的距离测定装置 1,在上述第二方面乃至第四方面的任意一个方面涉及的发明中,例如,如图 4 的 (2)、图 5 的 (2) 所示,对第一基准光 r1 与测定接收光 mr 之间的时间差和所述脉冲光的脉冲宽度 T_p 进行比较,从而判断所述 T_{r1} 和所述 T_m 是否分离。另外,在此,所述脉冲光不单单是指单脉冲光,也包括例如图 11、图 14 所示的、由多个脉冲(脉冲宽度: T_s)构成的脉冲串信号。此时的脉冲宽度 T_p 为脉冲串长度。

[0032] 若像这样构成,则即使发送光 mt 的脉冲宽度 T_p 因光源部 10 的特性变动而改变,也能够适当地进行在参考光路切换部 60 中的切换,能够确保高精度。

[0033] 为了达到上述目的,本发明的第 6 方面涉及的距离测定装置 1,在上述第一方面乃至第 5 方面的任意一个方面涉及的发明中,例如,如图 1 所示,光学延迟发生部 50 是光纤。

[0034] 若像这样使用光纤,则通过将光纤卷得较小,从而能够实现小型且延迟时间较大的光学延迟发生部,所以能够将距离测定装置整体小型化。

[0035] 为了达到上述目的,本发明的第 7 方面涉及的距离测定装置 1,在上述第二方面乃至第 6 方面的任意一个方面涉及的发明中,例如,如图 7、图 8 所示,光电变换部 140 具有谐振电路部 170,该谐振电路部 170 将接受到的脉冲光信号变换为衰减振荡波形,根据该衰减振荡波形的零交叉点 t_1 、 t_2 、 $\dots$ t_n ,决定所述时间差。

[0036] 即使接受到的光信号的振幅存在偏差,衰减振荡波形的零交叉点在时间轴上的位置在光信号的时间轴上的变化仍较小。因此,各种干扰的影响较小。并且,由于将在电气处理中产生的偏压的变动等的影响较小的零点作为基准,所以能够得到高精度。尤其,在开始

振荡后的第一个零交叉点 t_1 与其他零交叉点 t_2 、 $\dots$ 、 t_n 相比,在时间轴上的位置更加稳定,所以所述时间差优选根据该零交叉点 t_1 来决定。

[0037] 为了达到上述目的,本发明涉及的距离测定方法,例如,如图 1、图 4、图 5、图 6 所示,是使用了距离测定装置 1 的距离测定方法,距离测定装置 1 具备:光源部 10,与触发信号 Trg 同步进行脉冲发光;分光部 30,将来自光源部 10 的光分支成第一基准光 r_1 、第二基准光 r_2 及测定发送光 m_t ;第一参考光路 R1,使第一基准光 r_1 通过,而不发生光学距离变化;第二参考光路 R2,包括相对于第一参考光路 R1 发生时间延迟的光学延迟发生部 50,使第二基准光 r_2 通过;参考光路切换部 60,具有将第一参照光路 R1 和第二参考光路 R2 的任意一个设置为通过、将双方设置为通过、及将双方设置为遮蔽的功能;发送部 110t,向测定对象物 160 照射测定发送光 m_t ;接收部 110r,将照射的测定发送光 m_t 在测定对象物上发生了反射的测定接收光 m_r 接收;测定光量调整部 90(91(参见图 2)、92),将测定发送光 m_t 或测定接收光 m_r 遮蔽;光合成部 70,将第一参考光路 R1 的输出光、第二参考光路 R2 的输出光、以及被接收部 110r 接收到的测定接收光 m_r 合成;以及光电变换部 140,将由光合成部 70 合成出的光信号变换为电信号,

[0038] 该距离测定方法包括:

[0039] 1) 工序 S10,控制参考光路切换部 60,将第一参考光路 R1 和第二参考光路 R2 设置为通过,控制测定光量调整部 90(91(参见图 2)),将测定发送光 m_t 或测定接收光 m_r 遮蔽,根据光电变换部 140 的输出,测定触发信号 Trg 与第一基准光 r_1 之间的时间差 (Tr_1)、触发信号 Trg 与第二基准光 r_2 之间的时间差 (Tr_2),并进行存储;

[0040] 2) 工序 S20,将第一参考光路 R1 和第二参考光路 R2 遮蔽,且将测定发送光 m_t 和测定接收光 m_r 设置为通过,对测定接收光 m_r 与触发信号 Trg 之间的时间差 (T_m) 进行测定;

[0041] 3) 第一测定工序 S40,将第一参考光路 R1 设置为通过,将第二参考光路 R2 设置为遮蔽,将测定发送光 m_t 和测定接收光 m_r 设置为通过,根据测定接收光 m_r 与第一基准光 r_1 之间的时间差 ($T_m - Tr_1$) 的值,决定测定光路差 (T_t);

[0042] 4) 具有第二测定工序 S50,将第一参考光路 R1 设置为遮蔽,将第二参考光路 R2 设置为通过,将所述测定发送光 m_t 和测定接收光 m_r 设置为通过,求出第二基准光 r_2 与测定接收光 m_r 之间的时间差 $T_d' = Tr_2 - T_m$,进一步由在上述 1) 中求出的 Tr_2 、 Tr_1 的值,求出 $T_d = Tr_2 - Tr_1$,计算 $T_d - T_d'$,从而决定测定光路差 (T_t);

[0043] 5) 工序 S30,根据在上述 2) 中得到的所述时间差 T_m ,区分使用所述第一测定工序 (S40) 和所述第二测定工序 (S50);以及

[0044] 6) 工序 S60,由所述测定光路差 (T_t) 决定到测定对象物 160 的距离。

[0045] 由于采用这种结构,所以能够在从近距离到远距离的宽距离范围内,进行高精度的测定。即,在进行远距离测定这类的、测定接收光和基准光能够在时间轴上分离的情况下,不插入延迟机构而进行测定,所以处理简单,且能够进行高精度的测定。并且,在进行近距离测定这类的、测定接收光和基准光在时间轴上的分离不足,不能够进行高精度的测定的情况下,通过插入延迟机构,将测定接收光和基准光分离,并且能够将由上述延迟机构的温度变化等引起的延迟时间变动抵消,所以能够进行高精度的测定。

附图说明

- [0046] 图 1 是本发明的第一实施方式的距离测定装置的整体结构图。
- [0047] 图 2 示出将测定光量调整部设置在发送侧的结构。
- [0048] 图 3 示出使用了棱镜的发送部 / 接收部的结构。
- [0049] 图 4 是示出本发明的测定（远距离：示例 1）的各部波形的图。
- [0050] 图 5 是示出本发明的测定（近距离：示例 2）的各部波形的图。
- [0051] 图 6 是示出本发明的测定流程的图。
- [0052] 图 7 示出用于生成衰减振荡波形的谐振电路的例。
- [0053] 图 8 是示出用于生成衰减振荡波的输入 / 输出波形的图。
- [0054] 图 9 是示出第一基准光和第二基准光的关系的图。
- [0055] 图 10 是示出衰减振荡波零交叉点法中的干扰的图。
- [0056] 图 11 是说明串状光脉冲的图。
- [0057] 图 12 是用线性调频 (chirp) 信号进行了调制的光脉冲信号的图。
- [0058] 图 13 是说明进行了振幅调制的光脉冲的图。
- [0059] 图 14 是说明特定图案的相关检测的图。
- [0060] 图 15 是说明现有的测定原理的图。

具体实施方式

[0061] 本申请是以于 2008 年 12 月 25 日在日本提出的特愿 2008-330162 号申请为基础，其内容作为本申请的内容，构成其一部分。本发明能够通过下面的详细说明进一步完整地理解。本发明的进一步的应用范围将通过下面的详细说明更加明确。但是，详细说明及特定的实例只是本发明的优选实施方式，是为了便于说明而记载的。显然，对于本领域的技术人员来说，可以根据此详细说明，在本发明的宗旨和范围内进行各种变更、改变。申请人并不意图将所记载的实施方式的任何一项献于公众，对于在改变、代替案之中、即使在字面上不包括在权利要求书范围内的内容，在等效论下也属于发明的一部分。

[0062] 下面，参照附图，说明本发明的实施方式。另外，在各图中，对于相同或相应的部分赋予相同的符号，省略重复说明。

[0063] [距离测定装置的结构例]

[0064] 参照图 1，对作为本发明的第一实施方式的距离测定装置 1 进行说明。光源部 10 根据触发信号 Trg，以一定的定时生成脉冲光（测定发送光 mt）。光源部 10 由发光元件 12 和发光用驱动电路 11 构成，发光用驱动电路 11 对发光元件 12 进行驱动。发光元件 12 比较典型的是采用能够对远距离的测定对象物 160 照射较细的光束的半导体激光器，但如果用于测定与近距离的测定对象物 160 之间的距离，则也可以使用 LED 这样的非相干 (coherent) 光源。在此，说明采用半导体激光器、尤其是脉冲激光二极管的情况。发光用驱动电路 11 使驱动电流流入发光元件 12，只在想要进行发光的期间流入阈值以上的电流。即，在想要进行发光的瞬间一口气流入驱动电流。在发光用驱动电路 11 中，根据触发信号，生成所需脉冲宽度的发光元件驱动脉冲，驱动脉冲可以是单脉冲，也可以是根据触发信号 Trg 具有预定周期的重复脉冲。在发光元件 12 中生成的光脉冲被准直透镜 20 变换成平行光束。

[0065] 被准直透镜 (collimator lens) 20 变换为平行光束的光脉冲被分光部 30 分离成测定发送光 mt、第一基准光 r1、第二基准光 r2。分光部 30 例如由两个分束器 (beam

splitter)31、32 构成。即,利用分束器 31 将来自准直透镜 20 的平行光束分离成 2 个光束,将其中一个光束作为测定发送光 mt,再用分束器 32 对另一个光束进行二分割,并分别作为第一基准光 r1、第二基准光 r2。从分束器 31 输出的测定发送光 mt 被聚光透镜 80 聚光,输入到用于与发送部 110t 连接的光纤 100。

[0066] 在发送部 110t 中,利用准直透镜 111 再次将在光纤 100 内传播的测定发送光 mt 变换为平行光束,利用投光镜 112 将其方向变换为直角方向,通过在物镜 113 的中心附近开口的孔 113a,朝向测定对象物 160 照射。

[0067] 在测定对象物 160 上进行了反射的光被设置于接收部 110r 上的物镜 113 聚光,输入到连接用光纤 120。在光纤 120 内传播的光被准直透镜 81 变换为平行光束。

[0068] 图 3 示出发送部 110t/接收部 110r 的其他实施方式。如图所示,本实施方式采用了在透镜 180 和透镜 190 之间、以及在透镜 200 和透镜 190 之间插入了棱镜 210 的结构。

[0069] 再次返回到图 1,继续进行说明。在聚光透镜 80 和光纤 100 之间(发送侧)、或者在准直透镜 81 和光纤 120 之间(接收侧)设置有测定光量调整部 90(91、92)。测定光量调整部的插入位置可以是在发送侧,也可以是在接收侧,但优选在接收侧。这是因为,若在发送侧使光量改变,则由装置内部的光学部件的表面反射等引起的内部反射噪声的量改变,难以得到稳定的测距精度,而若设置在接收侧,则该内部反射噪声量恒定,能够得到稳定的测距精度。这些部件用于对入射的光赋予所需的衰减,由测定控制部 150 进行控制。衰减量可以到无限大,如果构成为能够将入射的光完全遮蔽,则也能够作为在后面进行说明的测定光的遮蔽单元使用。并且,除了图 1 中示出的位置之外,测定光量调整部 90(91、92)的配置位置还可以在聚光透镜 80 和分光部 30 之间,或者准直透镜 81 和光合成部 70 之间。

[0070] 被分束器 32 分离的第一基准光 r1 和第二基准光 r2 被参考光路切换部 60 选为基准光。例如,如图 1 所示,被分离的第一基准光 r1 和第二基准光 r2 分别被输入到第一参考光路切换器 61 和第二参考光路切换器 62。第一参考光路切换器 61 和第二参考光路切换器 62 由测定控制部 150 进行控制,以便能够使入射的光通过或是将入射的光遮蔽。

[0071] 通过了第一参考光路切换器 61 的光经由第一参考光路 R1 输入到光合成部 70。第一参考光路 R1 比较典型的是光路长度较短的单一空间。即,第一参考光路切换器 61 和光合成部 70 在光学上串联,基本不会发生光学距离变化。另外,第一参考光路 R1 能够使用在实际使用时基本不会发生距离变化的短光纤。例如,在精度为 1 毫米的情况下,光纤长度为几十厘米左右。

[0072] 通过了第二参考光路切换器 62 的光经由第二参考光路 R2 输入到光合成部 70。在第二参考光路 R2 上插入有光学延迟发生部 50。光学延迟发生部 50 对第一参考光路 R1 和第二参考光路 R2 的传播时间赋予差,比较典型的是光纤。此外,具体地讲,采用梯度型光纤(Graded index fiber)。

[0073] 分别在第一参考光路 R1 和第二参考光路 R2 中传播的光被光合成部 70 内的分束器 71 合成,利用基准光量调整部 93 对合成后的信号的电平进行调整之后,进一步利用分束器 72 与测定接收光 mr 合成。

[0074] 利用分束器 72 进行了合成的光信号被聚光透镜 130 聚光,入射到设置于光电变换部 140 内的受光元件 141。受光元件 141 比较典型的是 APD(Avalanche Photo Diode,雪崩光电二极管),但只要能够充分地、对从光源部 10 射出的光脉冲进行响应,具有必要的灵敏

度,则也可以使用其他元件。受光元件 141 的检测输出作为电信号出现在负载 142 的两端,被前置放大器 143 放大后,作为测定输出 Mes 输出。

[0075] 使用图 6 的测定流程图和图 4、图 5,说明本距离测定装置 1 的动作。如图 6 所示,本流程由 (1) 校正用数据取得过程、(2) 目标物 (测定对象物) 概略位置检测过程、(3) 测距过程构成。在测距过程中,进一步根据到测定对象物的距离,分为第一测定和第二测定。首先,在图 6 中,在步骤 S10 中,求出光在第一参考光路 R1 和第二参考光路 R2 中的通过时间之差 T_d ,将该值存储。步骤 S10 由步骤 S11 ~ 步骤 S12 构成。在步骤 S11 中,根据测定控制部 150 的指令,将第一参考光路切换器 61 设置为通过,以及将第二参考光路切换器 62 设置为通过,而将测定光量调整部 90 设置为遮蔽。接着,在步骤 S12 中,测定第一基准光 r_1 和第二基准光 r_2 之间的时间差 T_d 。这样,来自光源部 10 的光在第一参考光路 R1 和第二参考光路 R2 中传播,并入射到光电变换部 140 中,但是测定发送光 m_t 不传播。将该情况示于图 4 的 (1) 和图 5 的 (1)。另外,在图 4、图 5 中,以触发信号 Trg 的定时 T_0 为基准,测定 Tr_1 、 Tr_2 ,但不限于此,只要与测定发送光 m_t 保持一定的时间间隔即可。其中,以触发信号 Trg 的定时 T_0 为基准时,能够作为电信号进行处理,不稳定因素较少,能够进行高精度的测定。下面的说明以 T_0 为基准。

[0076] 图 4 的 (1) 和图 5 的 (1) 中示出第一基准光 r_1 和第二基准光 r_2 在光电变换部 140 中的输出波形。第一基准光 r_1 和第二基准光 r_2 被受光元件 141 接受时,分别从基准时刻 T_0 延迟 Tr_1 、 Tr_2 的量。各个脉冲宽度为 T_p (另外,如后所述,光源部的输出波形是由多个脉冲的集合构成的脉冲串信号 (burst signal) 时,为脉冲串宽度)。在图 6 的步骤 S12 中,测定第一基准光 r_1 和第二基准光 r_2 的光源部 10 的输出定时,以便以触发信号 Trg 的输入时间为基准,在一定的定时将第一基准光 r_1 和第二基准光 r_2 接受。测定发送光 m_t 的发生定时与触发信号 Trg 的输入定时 T_0 同步,但是通常会有一定的时间延迟。即使在该情况下,光源部 10 的输出的上升定时和触发信号 Trg 的输入时刻 T_0 的时间间隔仍保持恒定。因此,能够以触发信号 Trg 的输入时刻 T_0 为基准 (下面称为基准时刻 T_0),决定第一基准光 r_1 和第二基准光 r_2 的传播时间 T_d 。即,

$$[0077] \quad T_d = Tr_2 - Tr_1 \quad (1)$$

[0078] 将 T_d 的值和 Tr_1 存储到控制部 150 的存储器中。

[0079] Tr_2 的值因插入到第二参考光路 R2 的作为光学延迟发生部 50 的光纤的温度变化等而变动。将该变动量设为 ΔTr_2 。另一方面,由于第一参考光路 R1 中不包括较大的延迟元件,所以 ΔTr_1 几乎可以忽略。 ΔTr_2 是测定误差的主要原因,而本发明的特征在于,能够抵消该误差。对于这一点,将在后面详细进行说明。

[0080] 接着,将测定光量调整部 90 设置为通过,使测定光在测定光路 M 中传播,将第一参考光路 R1 和第二参考光路 R2 设置为遮蔽,利用光电变换部 140 对测定接收光 m_r 进行观测,对接收定时 T_m 进行测定 (步骤 S20)。使用 T_m 的值和在 S10 中记录的 Tr_1 和脉冲宽度 T_p ,判断是否为 $T_m < Tr_1 + T_p$ (示例 2),或者是否为 $T_m \geq Tr_1 + T_p$ (示例 1) (步骤 S30)。在示例 2 的情况下,测定对象物 160 与距离测定装置 1 之间的距离较短,有时测定接收光 m_r 和第一基准光 r_1 的脉冲在时间上重合。将这种情况下的波形示于图 5 的 (2)。在示例 1 的情况下,测定对象物 160 与距离测定装置 1 之间的距离较长,测定接收光 m_r 和第一基准光 r_1 的脉冲不会在时间上重合。将这种情况下的波形示于图 4 的 (2)。

[0081] 在步骤 S30 中的比较结果,在属于示例 1 的情况下,通过下面的数学式 (2) 来计算 T_t (步骤 S40)。

$$[0082] \quad T_t = T_m - Tr1 \quad (2)$$

[0083] 采用下述数学式,由 T_t 求出到测定对象物 160 的距离 L (步骤 S60)。

$$[0084] \quad L = cT_t/2 \quad (3)$$

[0085] 在此, c 为光速。

[0086] 在属于示例 2 的情况下,有时不能进行以第一基准光 $r1$ 为基准的测定。在这种情况下,执行图 6 的步骤 S50 的处理。即,使用 $Tr2$ 与 T_m 之间的时间差 T_d' 、及存储于存储器中的 T_d ,实施下面的运算 (步骤 S51、S52)。

$$[0087] \quad T_d = Tr2 - Tr1 \quad (4)$$

$$[0088] \quad T_d' = Tr2 - T_m \quad (5)$$

$$[0089] \quad T_t = T_d - T_d' \quad (6)$$

[0090] 接着,采用与示例 1 的情况相同的方式,使用数学式 (3),求出到测定对象物 160 的距离 L (步骤 S60)。

[0091] 上述处理是以第二基准光 $r2$ 为基准进行测定,该第二基准光 $r2$ 与第一基准光 $r1$ 的通过时间不同,由此,能够将测定接收光 mr 和第一基准光 $r1$ 之间的脉冲的重合分开。

[0092] 但是,如上所述, $Tr2$ 中包括光学延迟发生部 50 的延迟时间变动,在由光纤构成的情况下,存在因温度等的变化而引起的通过时间的变动。即,若 $Tr2$ 变动为 $Tr2 + \Delta Tr2$,则变为

$$[0093] \quad T_d = Tr2 + \Delta Tr2 - Tr1 \quad (4')$$

$$[0094] \quad T_d' = Tr2 + \Delta Tr2 - T_m \quad (5')$$

[0095] 但是,

$$[0096] \quad T_t = T_d - T_d' = T_m - Tr1 \quad (6')$$

[0097] 对于 T_t , $\Delta Tr2$ (通常为 $Tr2$) 的影响相抵消。另一方面,对于 $Tr1$,虽然存在变动的的影响,然而如上所述,由于延迟时间被设定得较短,所以温度变化对于 $Tr1$ 的影响较小。因此,能够几乎不受温度等的影响,进行高精度的测定。

[0098] 以上,对一个对象物进行的测定结束,在重复进行测定的情况下 (步骤 S70 中为“是”),再次在下一次测定中判断测定环境是否变更 (步骤 S80)。在此,“测定环境的变更”是指温度的变更、距离测定装置的设置位置的变更等,有时在步骤 S10 中测定到的校正数据发生变动。在不发生这种变动的情况下 (步骤 S80 中为“否”),返回到步骤 S20,重复进行测定。在发生了测定环境的变动的情况下 (步骤 S80 中为“是”),返回到步骤 S10,再次测定作为校正用数据的 T_d ,改写已存储的测定值。由于采用这种结构,所以无需在全部测定中,每次进行测定时都实施步骤 S10。因此,能够实现迅速的测定。在结束测定的情况下 (步骤 S70 中为“否”),结束图 6 的流程。

[0099] 另外,显而易见,在每次测定中都进行校正用数据取得的过程的情况下,或者在每次测定中都省略的情况下,可以省略步骤 S80。并且,步骤 S70 和步骤 S80 的判断可以按照预先制定的流程自动进行,也可以在每次测定时手动进行。

[0100] 若测定接收光 mr 、第一基准光 $r1$ 、第二基准光 $r2$ 之间的电平差较大,则测定误差增大。因此,优选使上述 3 个光的电平一致。对于第一基准光 $r1$ 、第二基准光 $r2$ 的电平,由

于传播路径在距离测定装置内,所以只要在第一参考光路 R1 或第二参考光路 R2 内设置适当的电平调整单元即可,无需根据测定环境进行调整。另一方面,测定接收光 mr 的电平根据测定距离 L、测定对象物 160 的反射条件等测定环境发生变动。

[0101] 如图 1 所示,在本实施方式中,为了吸收该变动,在接收侧设置测定光量调整部 92。另外,如图 2 所示,有时也在发送侧设置测定光量调整部 91,或者在发送侧和接收侧的两侧都设置,但是最好在接收侧设置。测定光量调整部 90 (91、92) 例如能够使用对 ND 滤波器进行机械调整的机构或液晶透光板这样的采用了电光学效果的机构。另外,如图 6 的步骤 S11 所示,由于需要将测定光路 M 完全遮蔽,所以需要能够将透过的光完全遮蔽的机构。对这些机构的控制由测定控制部 150 根据未予图示的电平检测单元的检测结果进行。另外,除了进行上述自动控制之外,也可以采用基于手动的控制方式。

[0102] 使用图 9,说明光学延迟发生部 50 的所需延迟设定量 T_q 。如在图 4、图 5 中所说明的, T_d 是第一基准光 r1 和第二基准光 r2 通过各自光路的时间之差,具有大致与光学延迟发生部 50 的延迟时间设定值 T_q 接近的值,但是因距离测定装置的其他部分的延迟时间的影响而稍有偏差。为了在这样的情况下也能够使第一基准光 r1 和第二基准光 r2 不在时间上重合,以良好的精度决定 T_d ,将 T_q 设定为测定发送光脉冲的脉冲宽度 T_p (如后述的图 11 所示,在 1 个测定发送光是由脉冲宽度 T_s 的 n 个单脉冲构成的脉冲串 (burst) 光的情况下, $T_p > nT_s$) 的 2 倍以上较好。

[0103] T_{r1} 、 T_{r2} 、 T_m 的测定能够使用测定两个脉冲之间的时间差 ΔT 的现有技术。例如,可以举出如下的方法等,为了测定开始信号 M1 (脉冲信号) 与停止信号 M2 (脉冲信号) 之间的时间差,使基准频率发生器生成具有 $\pi/2$ 相位差的 2 个基准信号 S1、S2,根据开始信号 M1 和停止信号 M2 的各个生成定时处的基准信号 S1、S2 的基准频率发生器的对应振幅值 A_{11} 、 A_{12} 及 A_{21} 、 A_{22} ,检测相位差 $\Delta \theta$,根据检测到的相位差 $\Delta \theta$ 和基准信号 S1、S2 的周期,计算 ΔT (例如,日本特开 2006-133214 号:脉冲时间差方式)。这些是周知技术,所以无需进一步说明。

[0104] [采用衰减振荡波的方法]

[0105] 由于测定接收光 mr 在空气中传播,所以有时在传播途中,会因空气中的波动等导致接收光的峰值变动。在这种情况下,若采用上述脉冲时间差测定方式,则受到峰值变动的的影响,有时会产生测定误差。但是,若使测定接收光 mr 的电气变换后的信号通过谐振电路,则成为由谐振电路的常数决定的时间常数 τ 的衰减波形,众所周知,只要测定接收光 mr 的重心位置不变动,此时的衰减波形的零交叉点就不会变动 (例如,日本特开 2003-185747)。因此,通过检测该零交叉点的位置,能够进行正确的测定。另外,下面将这种距离测定方法称为“衰减振荡波零交叉点法”。

[0106] 图 7 示出应用了衰减振荡波零交叉点法的情况下的结构。如图所示,在光电变换部 140 的输出端上连接有谐振电路 170。谐振电路 170 比较典型的是电阻器 R_d 、电感器 L_d 、电容器 C_d 的串联电路或并联电路。另外, R_d 包括前置放大器 143 的输出电阻。

[0107] 图 8 示出光电变换部 140 和谐振电路 170 的输出波形。如图 8(b) 所示,相对于图 8(a) 的单脉冲,得到衰减振荡波形。衰减振荡的各频率 $\omega_0 = 1/(L_d \cdot C_d)^{1/2}$,在串联谐振电路的情况下,衰减时间常数 τ 为 $\tau = R_d \cdot C_d$ 。虚线示出峰值变动 (增加) 的情况。如图所示,即使峰值变动,零交叉点 $t_1 \sim T_n$ 也不变动。因此,只要对基准时刻与在波形上最

稳定的零交叉点 t_1 之间的时间差进行测定,就能够进行高精度的测定。

[0108] 检测零交叉点并测定与基准时刻之间的时间差的结构属于公知技术,所以省略进一步的说明(例如,日本特开平 5-232229 号公报)。

[0109] [采用衰减振荡波零交叉点法的情况下的所需延迟量的设定]

[0110] 图 10 示出两个衰减振荡波在时间上较接近地存在时的情况。例如,求出第一基准光 r_1 和测定接收光 mr 之间的时间差的情况。如上所述,通过检测衰减振荡波的零交叉点,能够进行高精度的测定,但是,若在该零交叉点附近存在干扰波,则成为零交叉点的定时的测定误差。因此,如图 10 所示,到测定接收光 mr 的零交叉点附近为止,第一基准光 r_1 的衰减波形的回声持续的情况下,需要使测定接收光 mr 与第一基准光 r_1 之间的时间间隔足够大,以便使第一基准光 r_1 的回声成分充分衰减。在此,如图 10 所示,将测定接收光 mr 的第一周期以振幅电平 S (电压表示)、频率 f_s 的正弦波进行近似。在此,频率 f_s 是谐振电路 170 的谐振频率。同样地,若将作为干扰波的第一基准光 r_1 的回声成分,以振幅电平 N (电压表示)、频率 f_s 的正弦波进行近似,则干扰波引起的测定距离的误差 ΔL_s 和 (N/S) 存在如下关系。

$$[0111] \quad \Delta L_s \approx \{(N/S)/2\pi\} \cdot \{(c/f_s)/2\} \quad (7)$$

[0112] 在此,若将频率 f_s 设为 30MHz,将测定误差 $|\Delta L_s|$ 设为 1mm,则需要满足 $N/S < 1/800$ (-58dB) 这样的关系。在此,若代入到衰减信号波形为每一周期衰减 1/3 振幅的情况,则振幅衰减到 1/800 所需的光学距离为 30m。在此基础上加上余量,若光学距离为 50m,则能够充分满足条件。由此,在使用第一基准光 r_1 的情况下,测定对象物 160 设定为 50m 以上的范围较好。

[0113] 以上是使用第一基准光 r_1 时的结果,即使在使用了第二基准光 r_2 的情况下,也会发生同样的干扰。由于将在使用第一基准光 r_1 的情况下的测距范围设为 50m 以后,所以测定光在时间上最接近第二基准光 r_2 这一情况表示测定对象物 160 存在于 50m 的距离的情况。因此,在使用第二基准光 r_2 进行测定的情况下(图 4 的示例 1 的情况下),为了能够忽略干扰波的影响($N/S < 1/800$),所需的光学距离需要设定为在上述基础上相加了 50m 的值、即 100m。由于该光学距离 100m 是将光的往返换算为测定距离的值,所以实际上光行进的距离为 200m。具体地说,在利用光纤实现了光学延迟发生部 50 的情况下,若考虑光纤的折射率(1.5),则其物理长度为 130m。像这样,若使用衰减振荡波的零交叉点检测法,精度虽然提高,但需要较大的延迟发生部,该延迟时间的温度等引起的变动增大。即使在这种情况下,若应用本发明,则通过时间变动被抵消,能够维持高精度的测定。

[0114] 如图 10,在衰减振荡波零交叉点法中,变换为电信号的光脉冲信号的脉冲宽度 $T_{p'}$ 比测定发送光 mt 的脉冲宽度 T_p 宽。因此,到现在为止所说明的与脉冲宽度 T_p 有关的记载之中,对于受光脉冲宽度,替代单脉冲时的 T_p ,使用衰减振荡的持续时间 $T_{p'}$ 。 $T_{p'}$ 由衰减常数 τ 和测定发送光 mt 的脉冲宽度 T_p 决定。

[0115] 以上的说明是发送测定光 mt 为单脉冲的情况。单脉冲以外有如图 11 ~ 图 14 所示的实施方式。

[0116] 图 11(a) 表示光脉冲(脉冲宽度: T_p) 是由连续的多个单脉冲(脉冲宽度: T_s) 构成的串状脉冲的情况。

[0117] 图 11(b) 表示在图 11(a) 的串状脉冲的情况下,各个单脉冲以不同的脉冲宽度

Ts1、Ts2、Tsn 连续的情况。

[0118] 图 12 表示利用线性调频信号对光脉冲进行了调制。在此,线性调频信号是指,频率在时间上连续变化的信号。

[0119] 图 13 表示对光脉冲进行了振幅调制。

[0120] 图 14 表示一个光脉冲采用某种特定图案的符号构成。或者,采用某一特定图案的符号进行了调制。通过对这种脉冲(被测定脉冲串)和相同图案的基准脉冲串之间进行相关检测,从而测定与基准脉冲串之间的时间差 ΔT 。

[0121] 通过以上的实施方式,能够准确地测定接收测定光 mr、基准光 r1、r2 的检测时间。

[0122] 对于在本发明的说明(尤其是权利要求书)中使用的名词及代词,在本说明书中没有特别指出的情况下,而且上下文没有明显矛盾的情况下,应被解释为涉及单数和复数的双方。在没有特别指出的情况下,词语“具备”、“具有”、“包括”应被解释为开放式(即,“包括但不限于”的意思)。在本说明书中没有特别指出的情况下,本说明书中的数值范围只是起到用于分别表示属于该范围内的各个值的省略记法的作用,各个值是以在本说明书中分别列举那样代入到说明书。在本说明书中没有特别指出,而且上下文没有明显矛盾的情况下,在本说明书中说明的全部方法能够以任意适当的顺序进行。对于在本说明书中使用的全部例或例示性表现(例如“等”),在没有特别主张的情况下,只是为了更加良好地说明本发明,并不限制本发明的范围。说明书中的任何表达方式,都不应被解释为实施本发明不可缺少的、权利要求中没有记载的要素。

[0123] 在本说明书中,包括本发明人所知的为实施本发明而最佳的实施方式在内,对本发明的优选实施方式进行了说明。对于本领域技术人员来说,在阅读了上述说明之后,显然也能够了解到这些优选实施方式的变形。本发明人期待熟练者能够适当应用这种变形,也打算利用在本说明书中具体说明的方法以外的方法实施本发明。因此,如法律上所允许的,本发明包括附加在说明书后的权利要求书中记载的内容的修正及等效物的全部。此外,在本说明书中没有特别指出,而且上下文没有明显矛盾的情况下,全部变形的上述要素的任意组合也包括在本发明中。

[0124] 附图标记说明

[0125] 1 距离测定装置

[0126] 10 光源部

[0127] 11 发光用驱动电路

[0128] 12 发光元件

[0129] 20 准直透镜

[0130] 30 分光部

[0131] 31 分束器

[0132] 32 分束器

[0133] 50 光学延迟发生部

[0134] 60 参考光路切换部

[0135] 61 第一参考光路切换器

[0136] 62 第二参考光路切换器

[0137] 70 光合成部

- [0138] 71 分束器
- [0139] 72 分束器
- [0140] 80 聚光透镜
- [0141] 81 准直透镜
- [0142] 90 测定光量调整部
- [0143] 91 测定光量调整部（发送侧）
- [0144] 92 测定光量调整部（接收侧）
- [0145] 93 基准光量调整部
- [0146] 100 光纤
- [0147] 104 光检测器
- [0148] 110r 接收部
- [0149] 110t 发送部
- [0150] 111 准直透镜
- [0151] 112 投光镜
- [0152] 113 物镜
- [0153] 113a 孔（物镜）
- [0154] 120 光纤
- [0155] 130 聚光透镜
- [0156] 140 光电变换部
- [0157] 141 受光元件
- [0158] 143 前置放大器
- [0159] 150 测定控制部
- [0160] 160 测定对象物
- [0161] 170 谐振电路
- [0162] 180 透镜
- [0163] 190 透镜
- [0164] 200 透镜
- [0165] 210 棱镜
- [0166] Cont 控制信号
- [0167] M 测定光路
- [0168] Mes 测定输出
- [0169] mr 测定接收光
- [0170] mt 测定发送光
- [0171] r1 第一基准光
- [0172] R1 第一参考光路
- [0173] r2 第二基准光
- [0174] R2 第二参考光路
- [0175] Trg 触发信号

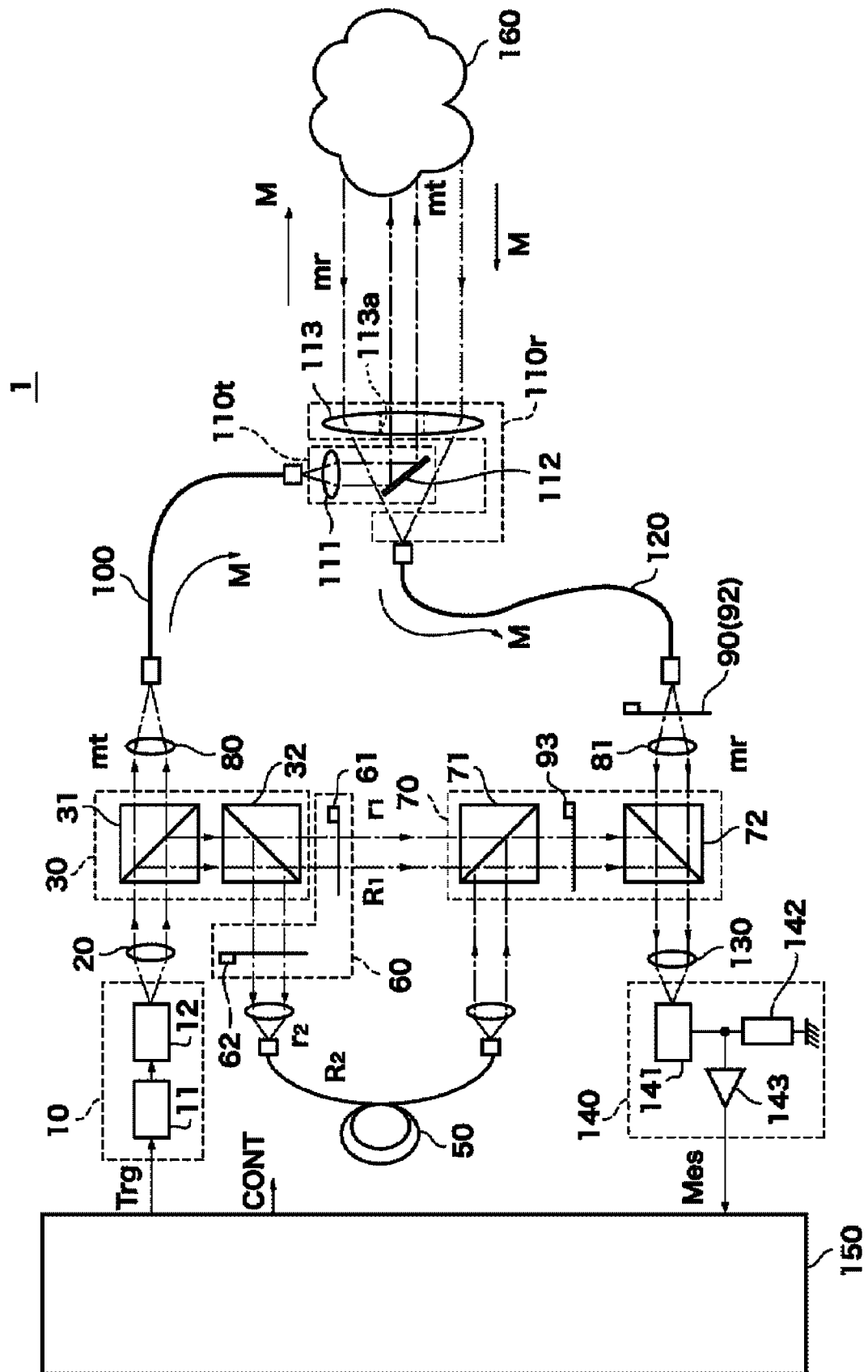


图 1

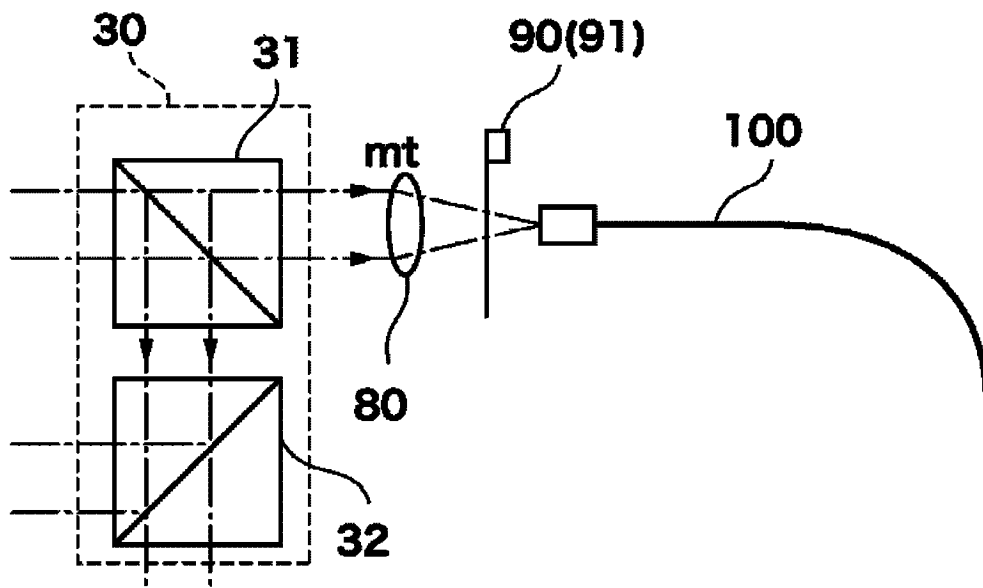


图 2

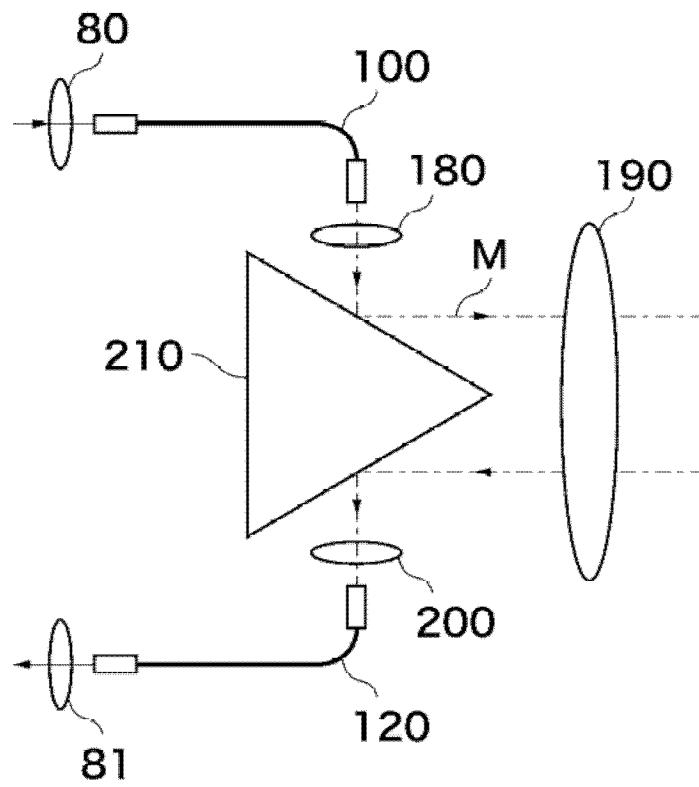
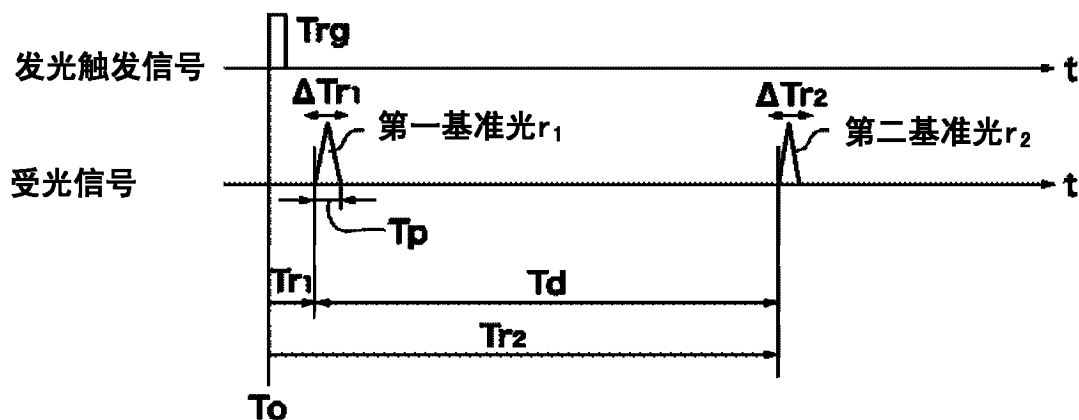


图 3

$T_m \geq T_{r1} + T_p$ (远距离的情况: 示例1)

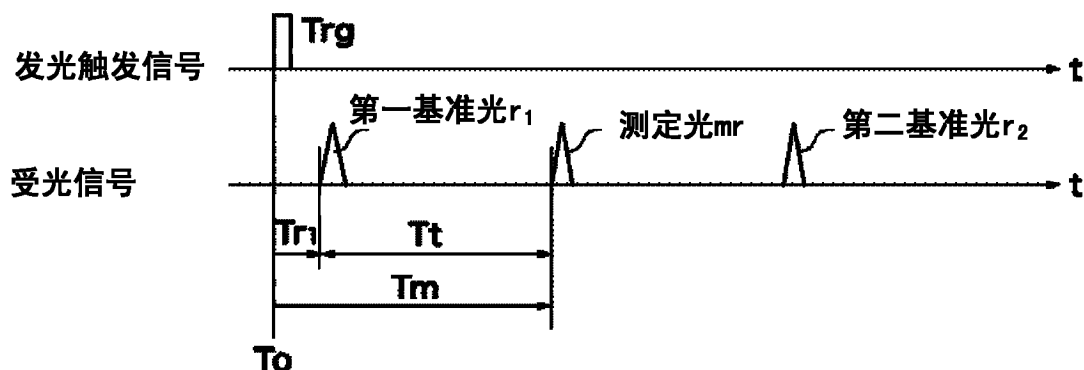
(1) 校正用数据取得过程

[第一参考光路: 通过 第二参考光路: 通过 测定光路: 遮蔽]



(2) 目标物概略位置检测过程

[第一参考光路: 遮蔽 第二参考光路: 遮蔽 测定光路: 通过]



(3) 测距过程

[第一参考光路: 通过 第二参考光路: 遮蔽 测定光路: 通过] (第一测定)

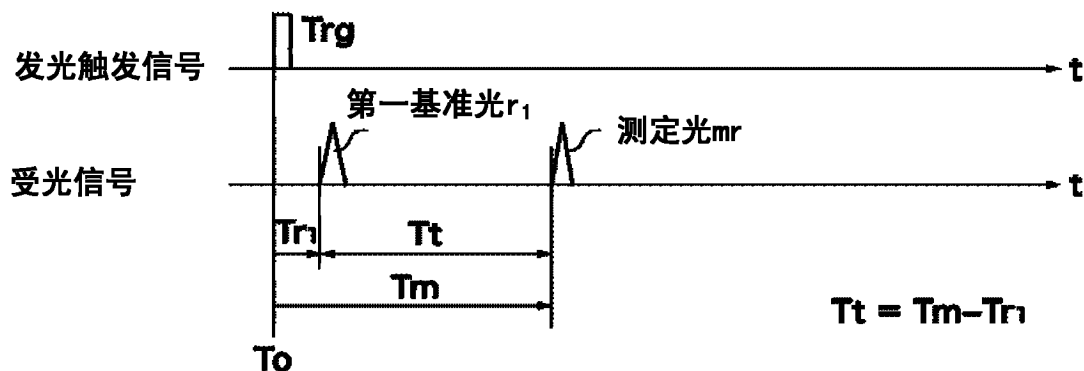
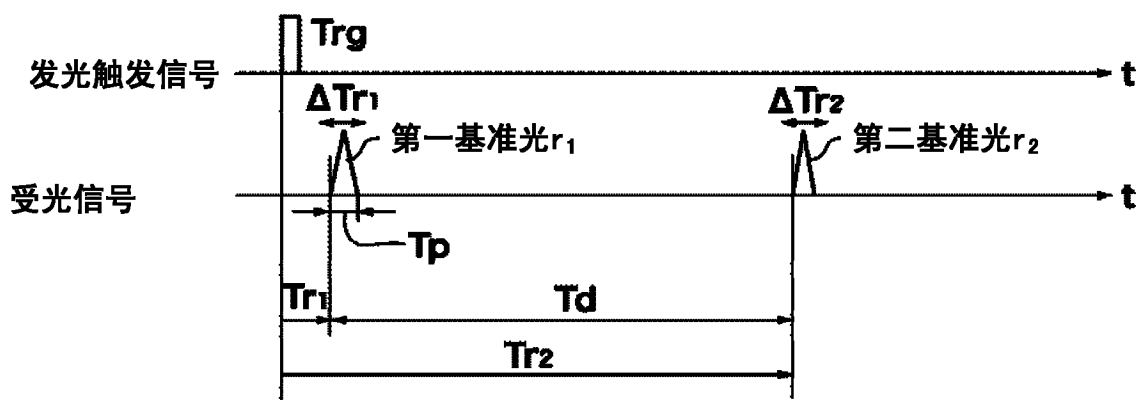


图 4

$T_m \leq T_{r1} + T_p$ (近距离的情况: 示例2)

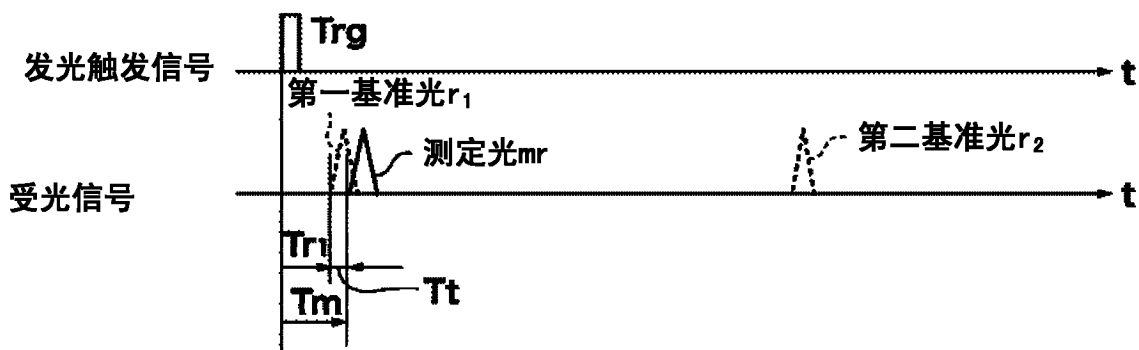
(1) 校正用数据取得过程

[第一参考光路: 通过 第二参考光路: 通过 测定光路: 遮蔽]



(2) 目标物概略位置检测过程

[第一参考光路: 遮蔽 第二参考光路: 遮蔽 测定光路: 通过]



(3) 测距过程

[第一参考光路: 遮蔽 第二参考光路: 通过 测定光路: 通过] (第二测定)

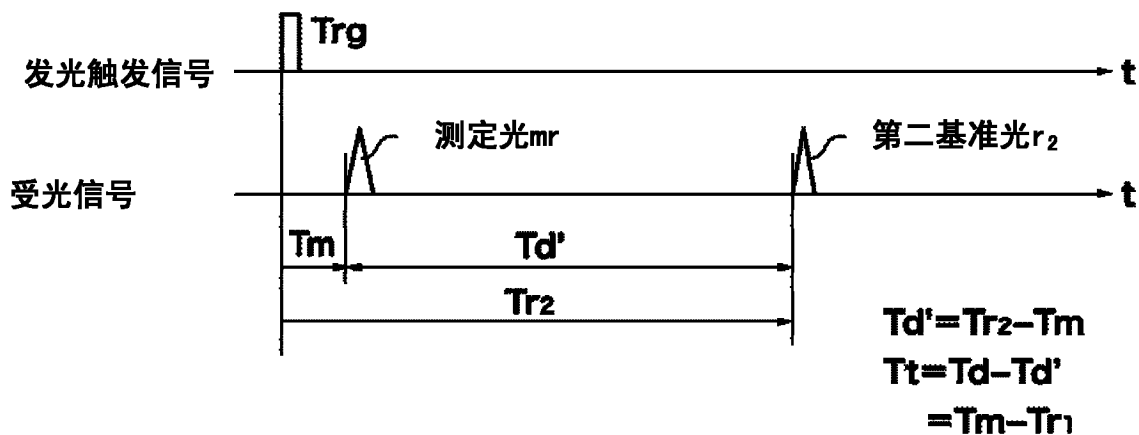


图 5

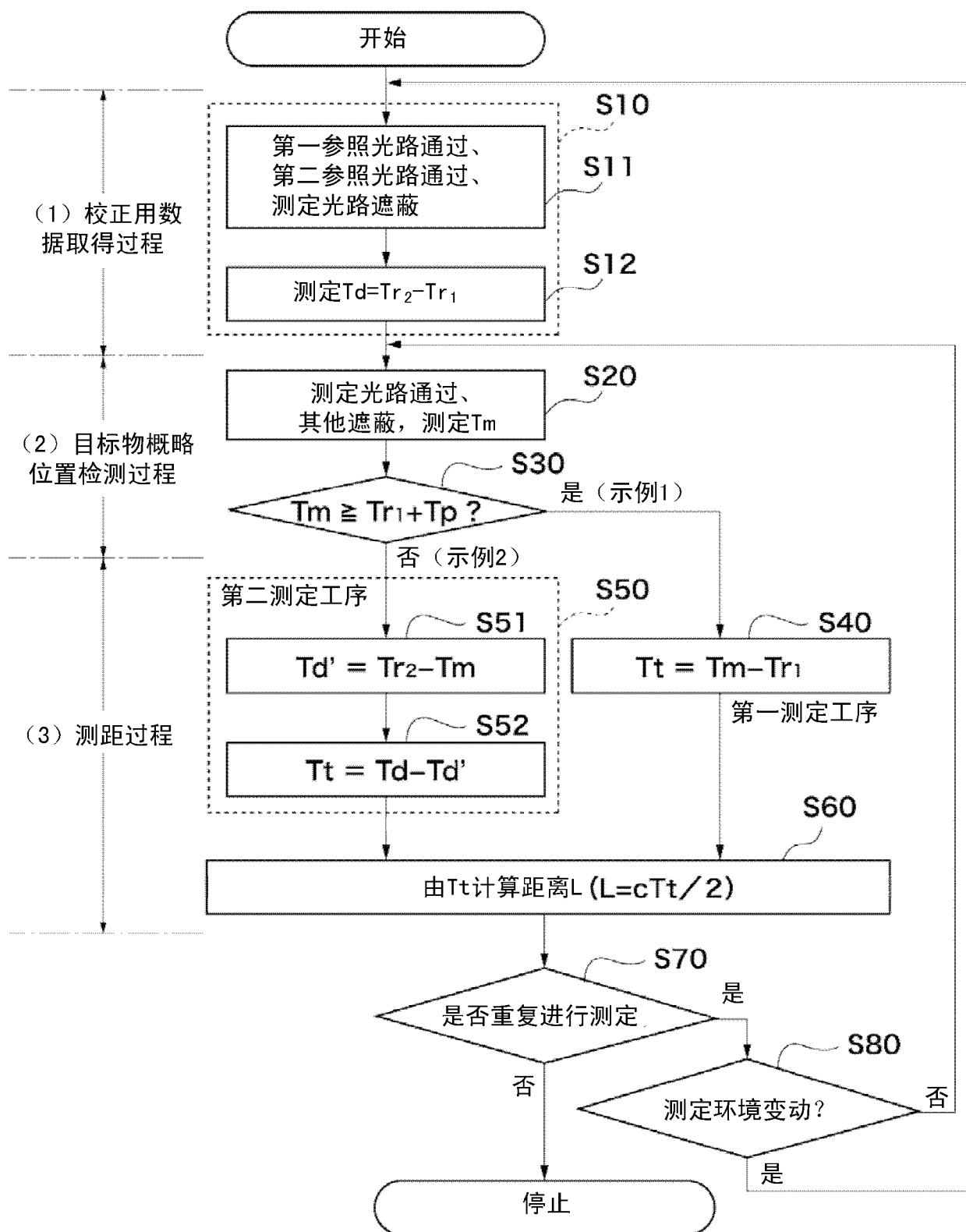


图 6

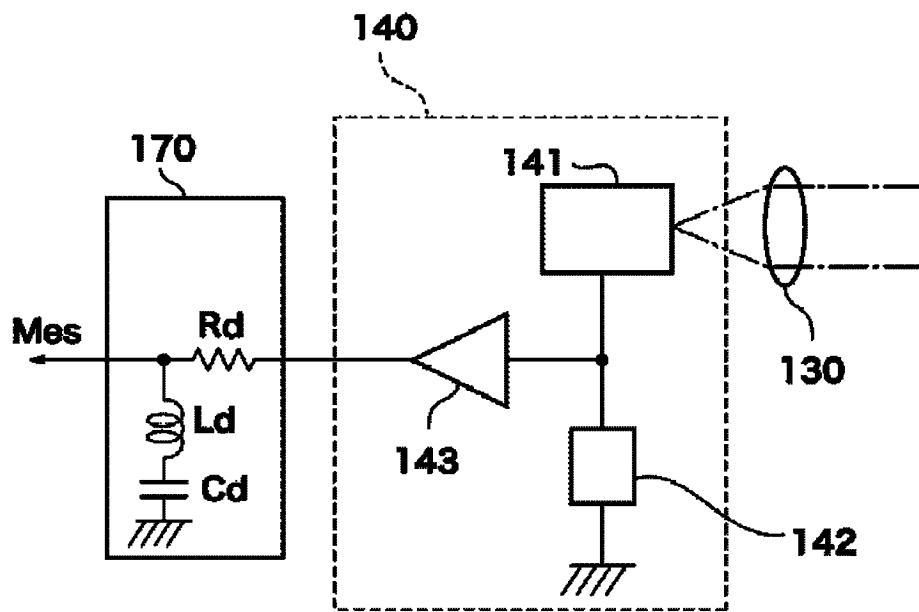


图 7

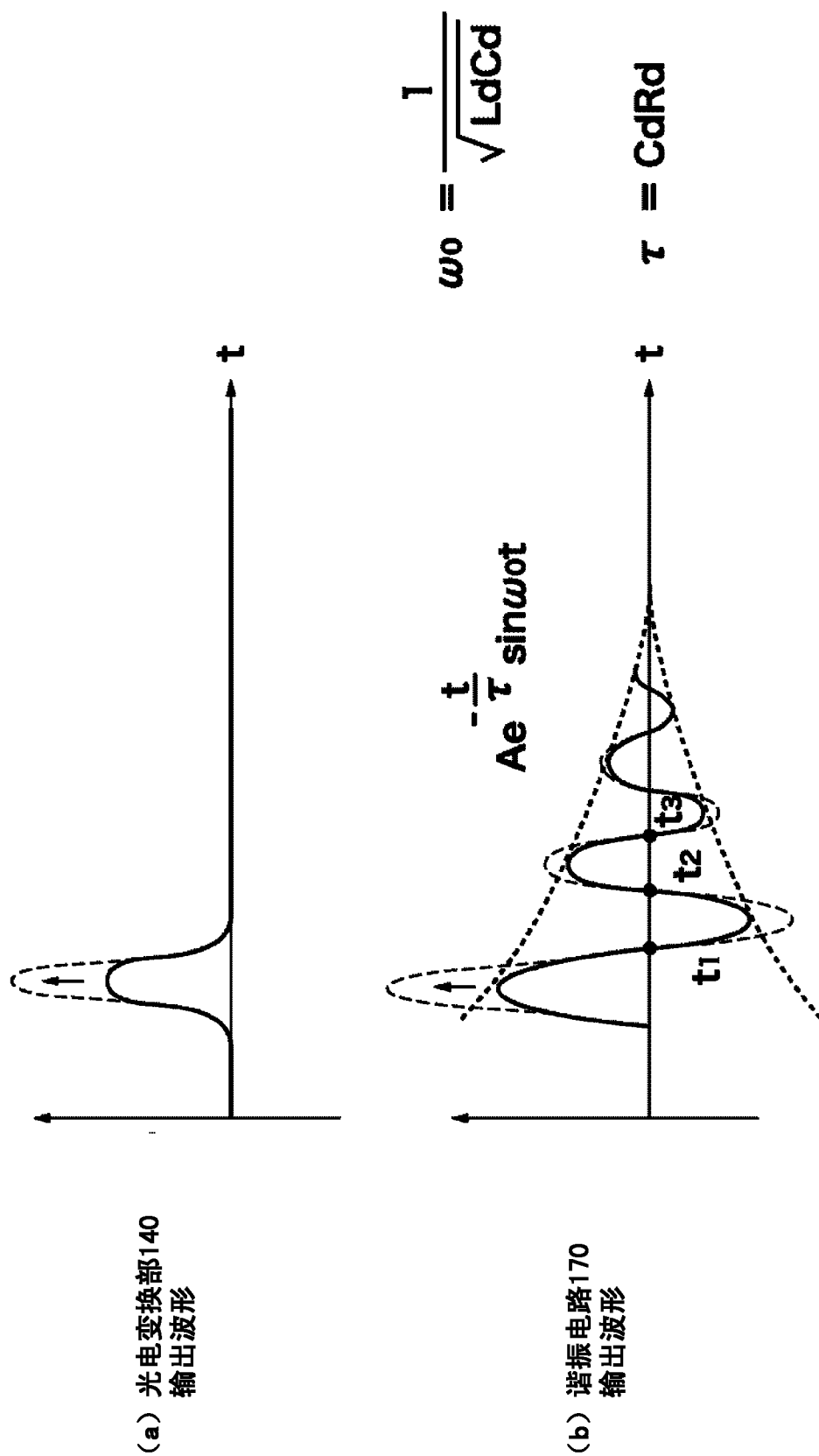


图 8

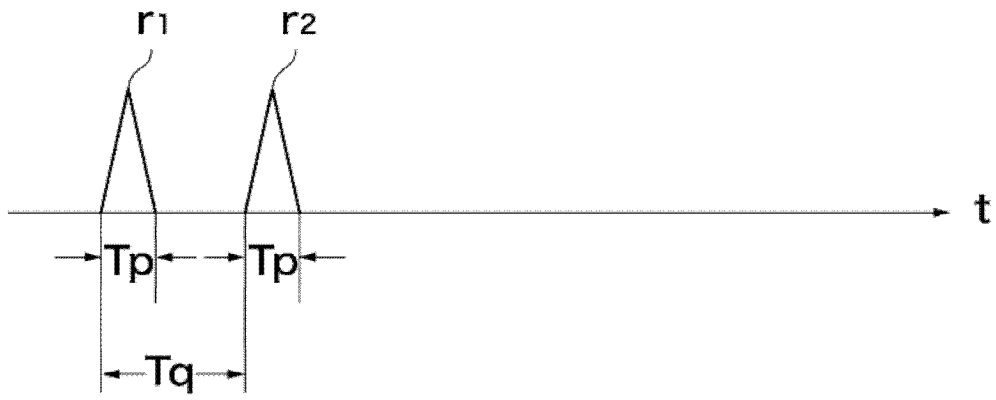


图 9

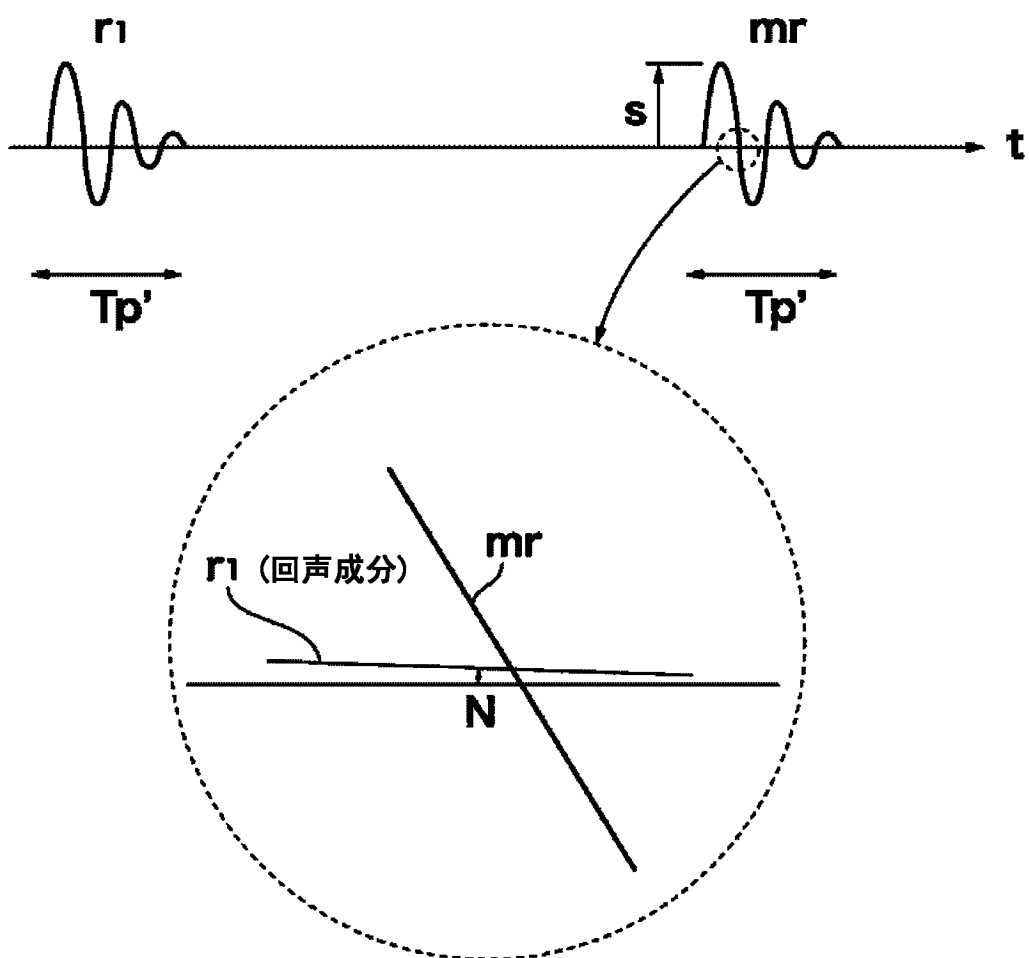


图 10

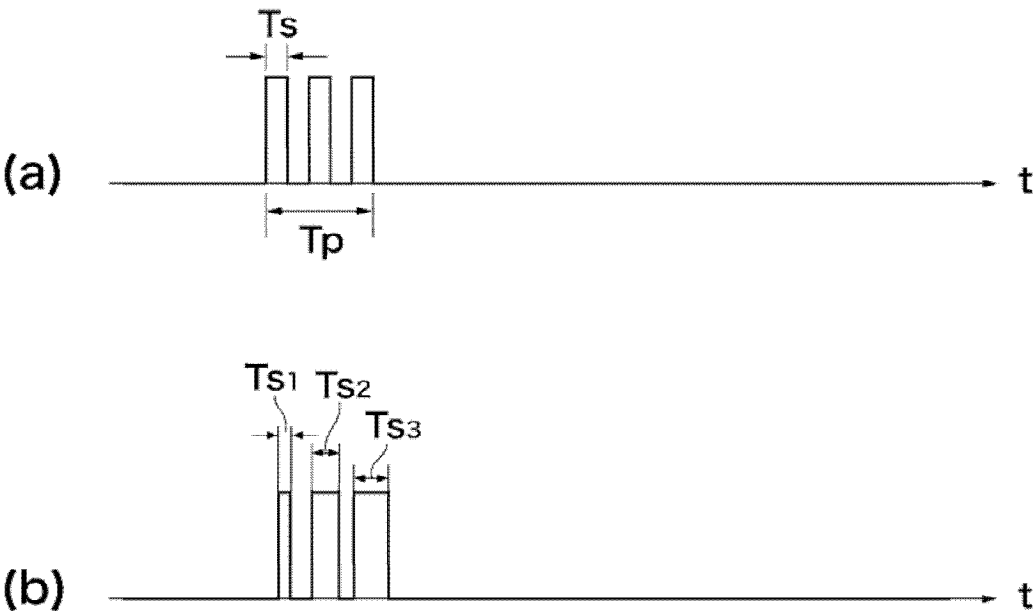


图 11

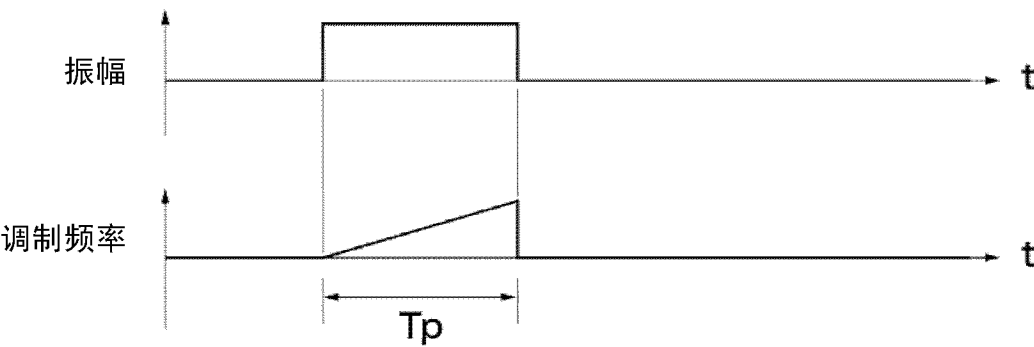


图 12

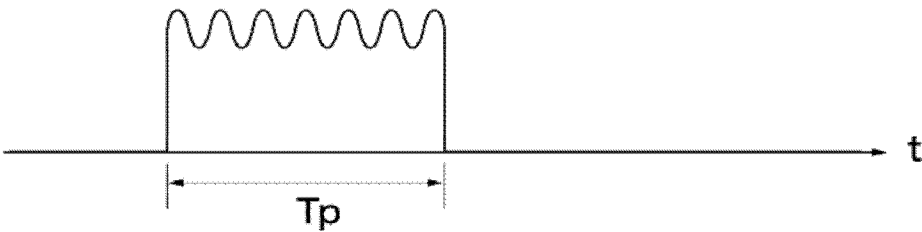


图 13

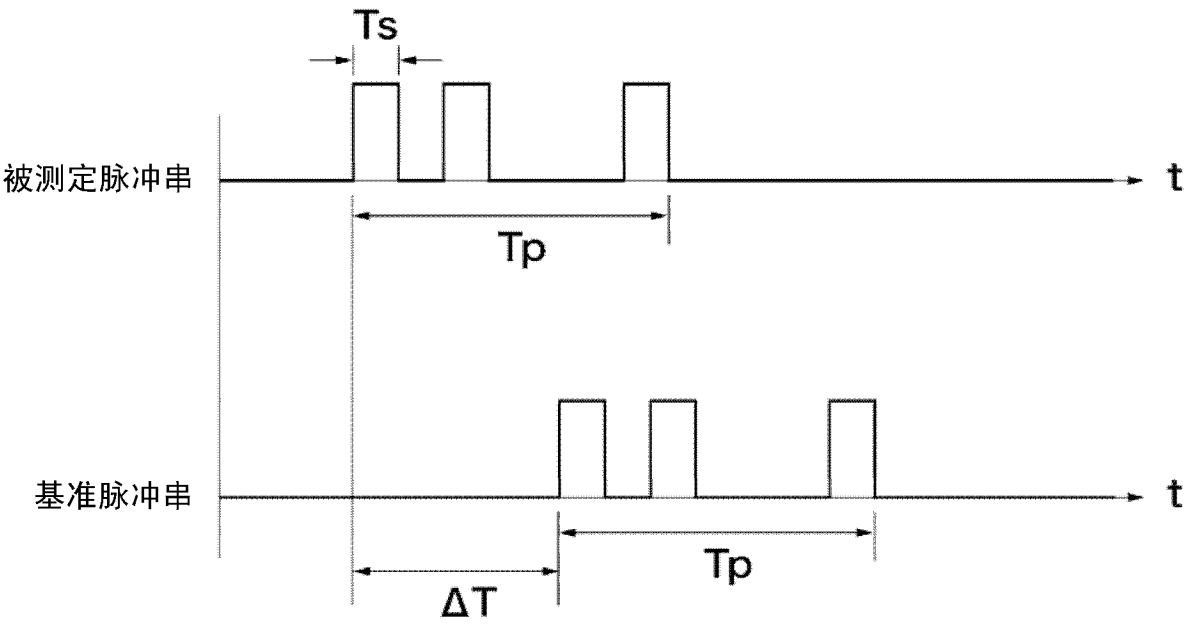


图 14

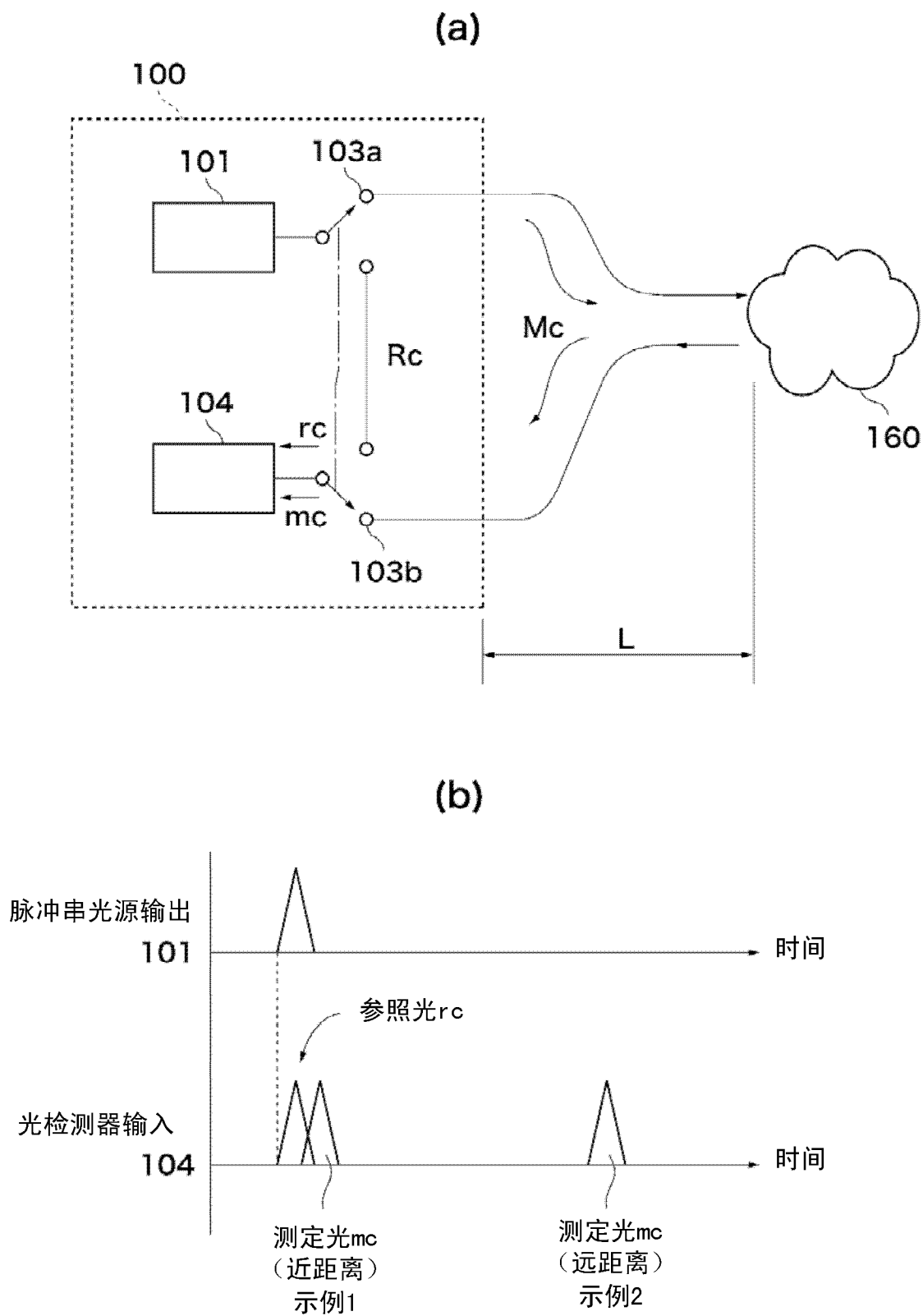


图 15