



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101281031 B

(45) 授权公告日 2011. 07. 20

(21) 申请号 200810096322. 5

(22) 申请日 2008. 04. 01

(30) 优先权数据

2007-097244 2007. 04. 03 JP

2008-054699 2008. 03. 05 JP

(73) 专利权人 株式会社山武

地址 日本东京都

(72) 发明人 上野达也

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 汪惠民

(51) Int. Cl.

G01C 3/00 (2006. 01)

G01P 3/36 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 6100965 A, 2000. 08. 08, 全文.

JP 特开 2006-313080, 2006. 11. 16, 全文.

CN 101319892 A, 2008. 12. 10, 权利要求

1-3, 17-19.

JP 特开 2000-65931, 2000. 03. 03, 全文.

CN 1589396 A, 2005. 03. 02, 全文.

审查员 章锦

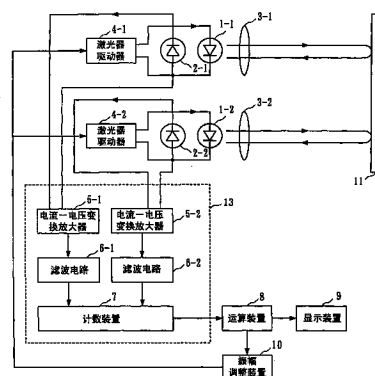
权利要求书 4 页 说明书 14 页 附图 9 页

(54) 发明名称

距离 / 速度计和距离 / 速度测量方法

(57) 摘要

本发明距离 / 速度计, 包括: 第 1、第 2 半导体激光器, 向测定对象照射平行的激光; 第 1 激光器驱动器, 驱动第 1 半导体激光器使得至少振荡波长连续地单调增加的振荡期间反复地存在; 第 2 激光器驱动器, 驱动第 2 半导体激光器使得振荡波长的增减与第 1 半导体激光器相反; 第 1、第 2 光接收器, 至少将第 1、第 2 半导体激光器的光输出变换为电信号; 计数机构, 对因第 1 激光和该激光的来自测定对象的返回光所产生的干涉波形的数量, 与因第 2 激光和该激光的来自测定对象的返回光所产生的干涉波形的数量分别计数; 以及运算机构, 根据第 1 和第 2 半导体激光器的最小振荡波长和最大振荡波长与计数机构的计数结果, 计算距测定对象的距离和测定对象的速度。



1. 一种距离 / 速度计, 包括:

第 1 半导体激光器 (1-1), 其向测定对象 (11) 照射第 1 激光;

第 2 半导体激光器 (1-2), 其向测定对象按照与第 1 激光平行的方式照射第 2 激光;

第 1 激光器驱动器 (4-1), 其按照振荡波长连续地单调增加的振荡期间反复地存在的方式对上述第 1 半导体激光器进行驱动;

第 2 激光器驱动器 (4-2), 其按照振荡波长的增减与上述第 1 半导体激光器相反的方式对上述第 2 半导体激光器进行驱动;

第 1 光接收器 (2-1), 其至少将上述第 1 半导体激光器的光输出变换为电信号;

第 2 光接收器 (2-2), 其至少将上述第 2 半导体激光器的光输出变换为电信号;

计数机构 (13), 其对上述第 1 光接收器的输出信号中包含的、由第 1 激光和该激光的来自测定对象的返回光所产生的干涉波形的数量, 与上述第 2 光接收器的输出信号中包含的、由第 2 激光和该激光的来自测定对象的返回光所产生的干涉波形的数量分别进行计数; 以及

运算机构 (8), 其根据上述第 1 和第 2 半导体激光器的最小振荡波长和最大振荡波长与上述计数机构的计数结果, 计算距上述测定对象的距离和测定对象的速度中的至少一方。

2. 根据权利要求 1 所述的距离 / 速度计, 其中:

上述第 1 光接收器, 将第 1 激光和其返回光变换为电信号,

上述第 2 光接收器, 将第 2 激光和其返回光变换为电信号。

3. 根据权利要求 1 所述的距离 / 速度计, 其中:

上述计数机构, 对通过上述第 1 及第 2 激光与各自的返回光之间的自耦合效果所产生的干涉波形的数量进行计数。

4. 根据权利要求 1 所述的距离 / 速度计, 其中:

上述计数机构, 在短于上述振荡期间的第 1 计数期间, 求出与上述第 1 和第 2 半导体激光器中、振荡波长正在增加的半导体激光器相对应的光接收器的输出信号所包含的干涉波形的数量, 在短于上述振荡期间并且至少一部分的时刻与第 1 计数期间不同的第 2 计数期间, 求出与上述第 1 及第 2 半导体激光器中、振荡波长正在减少的半导体激光器相对应的光接收器的输出信号所包含的干涉波形的数量, 根据与振荡波长正在增加的半导体激光器相对应的光接收器的输出信号和与振荡波长正在减少的半导体激光器相对应的光接收器的输出信号, 交替地求出干涉波形的数量。

5. 根据权利要求 1 所述的距离 / 速度计, 其中:

上述运算机构, 包括:

距离 / 速度计算部 (80), 其基于上述第 1 和第 2 半导体激光器的最小振荡波长和最大振荡波长与上述计数机构的计数结果, 计算距测定对象的距离的候补值和测定对象的速度候补值;

历史位移计算部 (81), 其计算由上述距离 / 速度计算部计算的距离的候补值和前次计算的距离的候补值之间的差值即历史位移;

状态判断部 (83), 其基于上述距离 / 速度计算部及上述历史位移计算部的计算结果, 判定测定对象的状态; 以及

距离 / 速度确定部 (84), 其基于上述状态判断部的判定结果, 确定距测定对象的距离

和测定对象的速度中的至少一方。

6. 根据权利要求 5 所述的距离 / 速度计, 其中:

上述距离 / 速度计算部和上述历史位移计算部, 使测定对象的状态为微小位移状态和变动比微小位移状态快的位移状态中的任一种, 针对假定测定对象处于微小位移状态的情况和假定处于位移状态的情况中的各情况, 每次上述计数机构求出干涉波形的数量时, 计算距离的候补值、速度的候补值与上述历史位移;

上述状态判断部, 在每次上述距离 / 速度计算部和上述历史位移计算部进行计算时, 基于上述距离 / 速度计算部和上述历史位移计算部的计算结果, 判断测定对象是处于微小位移状态, 还是处于位移状态, 并且判断测定对象是进行等速运动、还是进行等速运动以外的运动。

7. 根据权利要求 6 所述的距离 / 速度计, 其中:

上述状态判断部, 在假定测定对象处于微小位移状态所计算的历史位移的符号恒定, 并且假定测定对象处于微小位移状态所计算的速度的候补值与假定测定对象处于微小位移状态所计算的历史位移的绝对值的平均值相等时, 判定测定对象以微小位移状态进行等速运动。

8. 根据权利要求 6 所述的距离 / 速度计, 其中:

上述状态判断部, 在假定测定对象处于位移状态所计算的历史位移的符号恒定, 并且假定测定对象处于位移状态所计算的速度的候补值与假定测定对象处于位移状态所计算的历史位移的绝对值的平均值相等时, 判定测定对象以位移状态进行等速运动。

9. 根据权利要求 6 所述的距离 / 速度计, 其中:

上述状态判断部, 在假定测定对象处于微小位移状态所计算的历史位移的符号在每次历史位移的计算时取反, 并且假定测定对象处于微小位移状态所计算的速度的候补值和假定测定对象处于微小位移状态所计算的历史位移的绝对值的平均值不一致的情况下, 判定测定对象以微小位移状态进行等速运动以外的运动。

10. 根据权利要求 6 所述的距离 / 速度计, 其中:

上述状态判断部, 在假定测定对象处于位移状态所计算的速度的候补值的绝对值等于假定测定对象处于微小位移状态所计算的距离的候补值与上述第 1 和第 2 半导体激光器的波长变化率的乘积的值, 并且假定测定对象处于微小位移状态所计算的速度的候补值和假定测定对象处于微小位移状态所计算的历史位移的绝对值的平均值不一致的情况下, 判定测定对象以微小位移状态进行等速运动以外的运动。

11. 根据权利要求 6 所述的距离 / 速度计, 其中:

上述状态判断部, 假定测定对象处于位移状态所计算的历史位移符号在每次历史位移的计算时取反, 并且假定测定对象处于位移状态所计算的速度的候补值和假定测定对象处于位移状态所计算的历史位移的绝对值的平均值不一致的情况下, 判定测定对象以位移状态进行等速运动以外的运动。

12. 根据权利要求 6 所述的距离 / 速度计, 其中:

上述状态判断部, 在假定测定对象处于微小位移状态所计算的速度的候补值的绝对值等于假定测定对象处于位移状态所计算的距离的候补值与上述第 1 和第 2 半导体激光器的波长变化率的乘积的值, 并且假定测定对象处于位移状态所计算的速度的候补值和假定测

定对象处于位移状态而计算的历史位移的绝对值的平均值不一致时,判定测定对象以位移状态进行等速运动以外的运动。

13. 根据权利要求 1 所述的距离 / 速度计,其中:

上述运算机构,在测定对象处于具有微小位移的运动状态时,代替距测定对象的距离和测定对象的速度计算结果,将位移的积分结果作为距测定对象的距离的变化。

14. 根据权利要求 6 所述的距离 / 速度计,其中:

还包括振幅调整机构(10),其按照在假定测定对象处于微小位移状态的情况下的速度的候补值和假定测定对象处于位移状态的情况下的速度的候补值中、上述状态判定部判断不是真值而未选择的速度的候补值,基本等于上述状态判定部判断是真值而选择的距离的候补值与上述第 1 和第 2 半导体激光器的波长变化率的乘积的值的方式,调整从上述第 1 和第 2 激光器驱动器向上述第 1 和第 2 半导体激光器供给的驱动电流中的至少一方的振幅。

15. 一种距离 / 速度测定方法,包括:

按照振荡波长连续地单调增加的振荡期间反复存在的方式,驱动对测定对象(11)照射第 1 激光的第 1 半导体激光器(1-1)的步骤;

按照振荡波长的增减与上述第 1 半导体激光器相反的方式,驱动对测定对象与第 1 激光平行地照射第 2 激光的第 2 半导体激光器(1-2)的步骤;

对第 1 光接收器(2-1)的输出信号中包含的、因第 1 激光和该激光的来自测定对象的返回光所产生的干涉波形的数量,与第 2 光接收器(2-2)的输出信号中包含的、因第 2 激光和该激光的来自测定对象的返回光所产生的干涉波形的数量进行计数的计数步骤;以及

根据上述第 1 和第 2 半导体激光器的最小振荡波长及最大振荡波长、与第 1 和第 2 激光各自相关的干涉波形的数量,计算距测定对象的距离和测定对象的速度中的至少一方的计算步骤。

16. 根据权利要求 15 所述的距离 / 速度测定方法,还包括:

通过上述第 1 光接收器,将第 1 激光和其返回光变换为电信号的步骤,

通过上述第 2 光接收器,将第 2 激光和其返回光变换为电信号的步骤;

17. 根据权利要求 15 所述的距离 / 速度测定方法,还包括:

通过上述第 1 光接收器,将上述第 1 半导体激光器的光输出变换为电信号的步骤;以及

通过上述第 2 光接收器,将上述第 2 半导体激光器的光输出变换为电信号的步骤;

所述计数步骤,包括对因第 1 及第 2 激光与各自的返回光之间的自耦合效应而产生的干涉波形的数量进行计数的步骤。

18. 根据权利要求 15 所述的距离 / 速度测定方法,其中:

所述计数步骤包括:

在短于振荡期间的第 1 计数期间,求出上述第 1 和第 2 半导体激光器中、与振荡波长正在增加的半导体激光器相对应的光接收器的输出信号中包含的干涉波形的数量的求出步骤;以及

在短于振荡期间并且至少一部分的时刻与第 1 计数期间不同的第 2 计数期间,求出与上述第 1 和第 2 半导体激光器中、振荡波长正在减少的半导体激光器相对应的光接收器的输出信号所包含的干涉波形的数量的求出步骤;

该 2 个求出步骤交替地执行。

19. 根据权利要求 15 所述的距离 / 速度测定方法, 其中 :

所述计算步骤包括 :

基于上述第 1 和第 2 半导体激光器的最小振荡波长和最大振荡波长与已计数的干涉波形的数量, 计算距测定对象的距离的候补值和测定对象的速度的候补值的步骤 ;

计算距离的候补值和前次计算的距离的候补值的差值即历史位移的步骤 ;

基于距测定对象的距离的候补值和测定对象的速度的候补值与历史位移, 判断测定对象的状态的判定步骤 ; 以及

基于判断结果, 确定距测定对象的距离和测定对象的速度中的至少一方的步骤。

20. 根据权利要求 19 所述的距离 / 速度测定方法, 其中 :

计算候补值和历史位移的步骤包括 : 使测定对象的状态为微小位移状态和变动比微小位移状态快的位移状态中的任意一种, 针对假定测定对象处于微小位移状态的情况和假定位于位移状态的情况中的每种情况, 在每次对干涉波形的数量进行计数时, 计算距离的候补值、速度的候补值与历史位移的步骤 ;

所述判定步骤包括 : 在每次计算候补值和变更历史时, 判定测定对象是处于微小位移状态、还是处于位移状态, 测定对象是进行等速运动、还是进行等速运动以外的运动的步骤。

21. 根据权利要求 20 所述的距离 / 速度测定方法, 其中 :

还包括 : 按照在假定测定对象处于微小位移状态时的速度的候补值和假定测定对象处于位移状态时的速度的候补值中、由所述判定步骤判断不是真值而未选择的速度的候补值基本等于由所述判定步骤判断是真值而选择的距离的候补值与上述第 1 和第 2 半导体激光器的波长变化率的乘积的值的方式, 调整向上述第 1 和第 2 半导体激光器供给的驱动电流中的至少一方的振幅的步骤。

## 距离 / 速度计和距离 / 速度测量方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及利用光的干涉对距测定对象的距离以及测定对象的速度中的至少一方进行测量的距离 / 速度计和距离 / 速度测定方法。

### 背景技术

[0002] 利用了由激光器产生的光的干涉的距离测量因属于非接触测定,因而不会扰乱测定对象,以往一直被用作高精度的测定方法。最近,为了实现装置的小型化,半导体激光器被用作光测定用光源。作为其代表性的实例,有采用 FM 外差 (heterodyne) 干涉计的类型。这种情况下可进行较长距离的测定,精度也良好,但是由于在半导体激光器的外部采用干涉仪,故具有光学系统复杂的缺点。

[0003] 相对于此,在文献 1(JP 特开 2006-313080 号)、文献 2(上田正、山田淳、紫藤近,“半导体レーザの自己結合効果を利用した距離計”,1994 年度電気関係学会東海支部連合大会講演論文集,1994 年)、文献 3(山田淳、紫藤近、津田紀生、上田正,“半导体レーザの自己結合効果を利用した小型距離計に関する研究”,爱知工业大学研究報告,第 31 号 B, p. 35 ~ 42,1996 年)、文献 4(Guido Giuliani, Michele Norgia, Silvano Donati and Thierry Bosch,“Laser diode self-mixing technique for sensing applications”, JOURNAL OF OPTICS A: PURE AND APPLIED OPTICS, p. 283 ~ 294, 2002 年)等中提出了利用激光器的输出光和来自测定对象的返回光之间在半导体激光器内部的干涉(自耦合型效果)的测定器。

[0004] 采用这样的自耦合型的激光测定器,由于内置光电二极管的半导体激光器兼有发光、干涉、接收光的各功能,故可大幅度地简化外部干涉光学系统。因此,传感部仅仅由半导体激光器和透镜构成,与过去的情况相比较,为小型。另外,具有距离测定范围大于三角测量法的特征。

[0005] 图 13 表示 FP 型 (Fabry-Perot 型) 半导体激光器的复合谐振器模型。来自测定对象 104 的反射光的一部分容易返回到振荡区域的内部。返回来的微弱的光与半导体激光器谐振器 101 内的激光耦合,动作变得不稳定,产生噪音(复合谐振器噪音或返回光噪音)。即使相对输出光的相对返回光量极其微小,因返回光引起的半导体激光器的特性的变化仍显著呈现。这样的现象并不限于法布里-珀罗 (Fabry-Perot) 型(以下称为 FP 型)半导体激光器,在垂直空腔表面发射激光器 (Vertical Cavity Surface Emitting Laser) 型(以下称为 VCSEL 型)、分布反馈激光器 (Distributed Feedback Laser) 型(以下称为 DFB 激光器型)等其它种类的半导体激光器中也同样呈现。

[0006] 如果激光器的振荡波长由  $\lambda$  表示,从接近测定现象 104 的半导体晶体的壁开面 102 到测定对象 104 为止的距离由  $L$  表示,则在满足以下的谐振条件时,返回光和谐振器 101 内的激光相互加强,激光器输出稍稍增加。

[0007]  $L = q \lambda / 2$  ... (1)

[0008] 在式 (1) 中,  $q$  表示整数。该现象即便在来自测定对象 104 的散射光极其微弱的

情况下,通过半导体激光器的谐振器 101 内的表观反射率增加故而产生放大作用,也能够充分观测该现象。

[0009] 在半导体激光器中,由于根据注入电流的大小,照射频率不同的激光,因此在调制振荡频率时,不需要外部调制器,可通过注入电流直接进行调制。图 14 为表示在按照某个恒定的比例使半导体激光器的振荡波长改变时的振荡波长和光电二极管 103 的输出波形之间的关系的图。在满足式 (1) 所示的  $L = q\lambda/2$  时,返回光和谐振器 101 内的激光的相位差变成  $0^\circ$  (相同相位),返回光和谐振器 101 内的激光相互加强最大程度;当  $L = q\lambda/2 + \lambda/4$  时,相位差为  $180^\circ$  (相反相位),返回光和谐振器 101 内的激光相互加强最小程度。由此,如果使半导体激光器的振荡波长改变,则激光输出增强的情形和减弱的情形交替反复地出现,在通过设置于谐振器 101 上的光电二极管 103,检测此时的激光输出时,如图 14 所示那样,获得恒定周期的阶梯状波形。这样的波形一般称为干涉条纹。

[0010] 将该阶梯状的波形,即干涉条纹中的一个称为模式跳模跃脉冲 (mode hoppulse) (在下面称为 MHP)。MHP 是与跳模 (mode hopping) 现象不同的现象。比如,在距测定对象 104 的距离为  $L_1$  时,如果 MHP 的数量为 10 个,则在一半的距离  $L_2$  时,MHP 的数量为 5 个。即,在某一定时间使半导体激光器的振荡波长改变时,MHP 的数量与测定距离成比例地改变。因此,如果通过光电二极管 103 检测 MHP,并测定 MHP 的频率,则可容易进行距离测定。

[0011] 在自耦合型的激光测定器中,由于可大幅度地简化谐振器外部的干涉光学系统,故具有可使装置小型化,并且不需要高速的电路,抗扰乱光强的优点。另外,由于来自测定对象的返回光也可极其微弱,故具有不影响测定对象的反射率,即不选择测定对象的优点。但是,在包括自耦合型在内的过去的干涉型测定器中,存在的问题在于,即使可测量距静止的测定对象的距离,也无法测量具有速度的测定对象的距离。

[0012] 于是,本发明人提出了一种距离/速度计(参照文献 1),其不仅能够测量距静止的测定对象的距离,而且能够测量测定对象的速度。图 15 表示该距离/速度计的结构。图 15 的距离/速度计,包括:向测定对象照射激光的半导体激光器 201;将半导体激光器 201 的光输出变换为电信号的光电二极管 202;透镜 203,其会聚来自半导体激光器 201 的光,向测定对象 210 照射,并且会聚来自测定对象 210 的返回光,使其向半导体激光器 201 入射;激光器驱动器 204,其使半导体激光器 201 中振荡波长连续地增加的第 1 振荡期间和振荡波长连续地减少的第 2 振荡期间交替反复出现;电流—电压变换放大器 205,其将光电二极管 202 的输出电流变换为电压并进行放大;信号提取电路 206,其对电流—电压变换放大器 205 的输出电压进行 2 次微分处理;计数电路 207,其对信号提取电路 206 的输出电压中包含的 MHP 的数量进行计数;运算装置 208,其计算距测定对象 210 的距离和测定对象 210 的速度;表示装置 209,其显示运算装置 208 的计算结果。

[0013] 激光器驱动器 204 将关于时间以恒定的变化率反复增减的三角波驱动电流作为注入电流,向半导体激光器 201 供给。由此,半导体激光器 201 按照交替地反复产生振荡波长以恒定的变化率连续地增加的第 1 振荡期间和振荡波长以恒定的变化率连续地减少的第 2 振荡期间的方式被驱动。图 16 为表示半导体激光器 201 的振荡波长的时间变化的图。在图 16 中,P1 表示第 1 振荡期间,P2 表示第 2 振荡期间, $\lambda_a$  表示各期间的振荡波长的最小值, $\lambda_b$  表示各期间的振荡波长的最大值,T 表示三角波的周期。

[0014] 从半导体激光器 201 射出的激光通过透镜 203 会聚,射入测定对象 210。由测定对象 210 反射的光通过透镜 203 会聚,射入半导体激光器 201。光电二极管 202,将半导体激光器 201 的光输出变换为电流。电流—电压变换放大器 205 将光电二极管 202 的输出电流变换为电压进行放大,信号提取电路 206,对电流—电压变换放大器 205 的输出电压进行 2 次微分处理。计数电路 207,针对第 1 振荡期间 P1 和第 2 振荡期间 P2 的各期间,对信号提取电路 206 的输出电压中包含的 MHP 的数量进行计数。运算装置 208,根据半导体激光器 1 的最小振荡波长  $\lambda_a$ 、最大振荡波长  $\lambda_b$ 、第 1 振荡期间 P1 中的 MHP 的数量、以及第 2 振荡期间 P2 的 MHP 的数量,计算距测定对象 210 的距离和测定对象 210 的速度。

[0015] 根据在文献 1 中公开的距离 / 速度计,可以测量距测定对象的距离和测定对象的速度。但是,在该距离 / 速度计中,为了测定距离、速度,需要至少 3 次例如在第 1 振荡期间  $t-1$ 、第 2 振荡期间  $t$  以及第 1 振荡期间  $t+1$  对 MHP 的数量进行计数,存在测定所需要的时间较长的问题。

## 发明内容

[0016] 本发明就是为了解决上述课题而研发的,其目的在于提供一种利用光的干涉不仅能够测量距静止的测定对象的距离,还能够对测定对象的速度进行测量的距离 / 速度计和距离 / 速度测定方法,缩短测定时间。

[0017] 为了达到这样的目的,本发明的距离 / 速度计包括:第 1 半导体激光器 (1-1),其向测定对象 (11) 照射第 1 激光;第 2 半导体激光器 (1-2),其向测定对象按照与第 1 激光平行的方式照射第 2 激光;第 1 激光器驱动器 (4-1),其按照至少振荡波长连续地单调增加的振荡期间反复地存在的方式对上述第 1 半导体激光器进行驱动;第 2 激光器驱动器 (4-2),其按照振荡波长的增减与上述第 1 半导体激光器相反的方式对上述第 2 半导体激光器进行驱动;第 1 光接收器 (2-1),其至少将上述第 1 半导体激光器的光输出变换为电信号;第 2 光接收器 (2-2),其至少将上述第 2 半导体激光器的光输出变换为电信号;计数机构 (13),其对上述第 1 光接收器的输出信号中包含的、由第 1 激光和该激光的来自测定对象的返回光所产生的干涉波形的数量,与上述第 2 光接收器的输出信号中包含的、由第 2 激光和该激光的来自测定对象的返回光所产生的干涉波形的数量分别进行计数;运算机构 (8),其根据上述第 1 和第 2 半导体激光器的最小振荡波长和最大振荡波长与上述计数机构的计数结果,计算距上述测定对象的距离和测定对象的速度中的至少一方。

[0018] 本发明的距离 / 速度测定方法,包括:按照至少振荡波长连续地单调增加的振荡期间反复存在的方式,驱动对测定对象 (11) 照射第 1 激光的第 1 半导体激光器 (1-1) 的步骤;按照振荡波长的增减与上述第 1 半导体激光器相反的方式,驱动对测定对象与第 1 激光平行地照射第 2 激光的第 2 半导体激光器 (1-2) 的步骤;对第 1 光接收器 (2-1) 的输出信号中包含的、由第 1 激光和该激光的来自测定对象的返回光所产生的干涉波形的数量,与第 2 光接收器 (2-2) 的输出信号中包含的、由第 2 激光和该激光的来自测定对象的返回光所产生的干涉波形的数量进行计数的计数步骤;以及根据上述第 1 和第 2 半导体激光器的最小振荡波长及最大振荡波长、与第 1 和第 2 激光各自相关的干涉波形的数量,计算距测定对象的距离和测定对象的速度中的至少一方的计算步骤。

## 附图说明

- [0019] 图 1 为表示本发明的第 1 实施例的距离 / 速度计的结构方框图。
- [0020] 图 2 为表示本发明的第 1 实施例的半导体激光器的振荡波长随时间变化的一例的图。
- [0021] 图 3A 和图 3B 为以示意方式表示本发明的第 1 实施例的电流—电压变换放大器的输出电压波形的图,图 3C 和图 3D 为以示意方式表示上述滤波电路的输出电压波形的图。
- [0022] 图 4 为表示本发明的第 1 实施例的计数装置的结构一例的方框图。
- [0023] 图 5 为表示图 4 的计数装置的动作的流程图。
- [0024] 图 6A ~ 6D 为表示图 4 的计数装置的计数期间的图。
- [0025] 图 7 为表示本发明的第 1 实施例的运算装置的结构一例的方框图。
- [0026] 图 8 为表示本发明的第 1 实施例的运算装置的动作的流程图。
- [0027] 图 9 为用于说明本发明的第 1 实施例中、从激光器驱动器向半导体激光器供给的三角波驱动电流的振幅的调整方法的图。
- [0028] 图 10 为表示本发明的第 2 实施例的距离 / 速度计的结构方框图。
- [0029] 图 11 为表示本发明的第 1、第 2 实施例的半导体激光器的振荡波长随时间变化的另一例的图。
- [0030] 图 12 为表示本发明的第 1、第 2 实施例的半导体激光器的振荡波长随时间变化的又一例的图。
- [0031] 图 13 为表示过去的激光测定器中的半导体激光器的复合谐振器模型的图。
- [0032] 图 14 为表示半导体激光器的振荡波长和内置光电二极管的输出波形的关系的图。
- [0033] 图 15 为表示过去的距离 / 速度计的结构方框图。
- [0034] 图 16 为表示图 15 的距离 / 速度计中的半导体激光器的振荡波长随时间变化的一例的图。

## 具体实施方式

[0035] 本发明是一种根据在采用波长调制的传感时射出的波和由对象物反射的波之间的干涉信号,测量距离的技术。因此,也可适用于自耦合型以外的光学式的干涉计、光以外的干涉计。如果对采用半导体激光器的自耦合的情况进行更具体地描述,则在一边从半导体激光器对测定对象照射激光,一边使激光器的振荡波长改变时,在振荡波长从最小振荡波长变为最大振荡波长的期间(或从最大振荡波长至最小振荡波长变化的期间)的测定对象的位移由 MHP 的数量反映。于是,可通过研究使振荡波长改变时的 MHP 的数量来检测测定对象的状态。以上为干涉计的基本原理。

### [0036] (第 1 实施例)

[0037] 下面参照附图,对本发明的第 1 实施例进行具体描述。图 1 为表示本发明的第 1 实施例的距离 / 速度计的结构方框图。图 1 的距离计,包括:对测定对象 11 照射激光的第 1、第 2 半导体激光器 1-1、1-2;分别将半导体激光器 1-1、1-2 的光输出变换为电信号的第 1、第 2 光接收器、即光电二极管 2-1、2-2;分别会聚来自半导体激光器 1-1、1-2 的光,向测定对象 11 照射,并且会聚来自测定对象 11 的返回光,使向半导体激光器 1-1、1-2 射入

的透镜 3-1、3-2；使半导体激光器 1-1、1-2 交替地反复产生振荡波长连续地增加的第 1 振荡期间和振荡波长连续地减少的第 2 振荡期间的第 1、第 2 激光器驱动器 4-1、4-2；分别将光电二极管 2-1、2-2 的输出电流变换为电压，并放大的电流—电压变换放大器 5-1、5-2；从电流—电压变换放大器 5-1、5-2 的输出电压中去除载波的滤波电路 6-1、6-2；对滤波电路 6-1、6-2 的输出电压中包含的 MHP 的数量进行计数的计数装置 7；计算距测定对象 11 的距离和测定对象 11 的速度的运算装置 8；显示运算装置 8 的计算结果的显示装置 9；按照半导体激光器 1-1、1-2 的驱动电流的振幅变得适当的方式控制激光器驱动器 4-1、4-2 的振幅调整器 10。电流—电压变换放大器 5-1、5-2、滤波电路 6-1、6-2 和计数装置 7 构成计数部 13。

[0038] 下面为了容易说明，假定半导体激光器 1 采用不具有跳模 (mode hopping) 现象的类型 (VCSEL 型、DFB 激光型)。

[0039] 激光器驱动器 4-1、4-2 将关于时间按照恒定的变化率而反复增减的三角波驱动电流作为注入电流，供给半导体激光器 1-1、1-2。由此，半导体激光器 1-1、1-2 按照交替反复地产生第 1 振荡期间和第 2 振荡期间的方式被驱动，该第 1 振荡期间中，振荡波长与注入电流的大小成比例以恒定的变化率连续地增加，该第 2 振荡期间中，振荡波长与注入电流的大小成比例以恒定的变化率减少。此时，激光器驱动器 4-1、4-2，按照半导体激光器 1-1、1-2 中振荡波长的增减相反的方式供给驱动电流。即，在半导体激光器 1-1、1-2 中，振荡波长的变化率的绝对值相同，而变化率的极性相反。于是，在半导体激光器 1-1 的振荡波长为最大值时，半导体激光器 1-2 的振荡波长为最小值，在半导体激光器 1-1 的振荡波长为最小值时，半导体激光器 1-2 的振荡波长为最大值。

[0040] 图 2 为表示半导体激光器 1-1、1-2 的振荡波长随时间变化的图。在图 2 中，LD1 表示半导体激光器 1-1 的振荡波形，LD2 表示半导体激光器 1-2 的振荡波形，P1 表示第 1 振荡期间，P2 表示第 2 振荡期间， $\lambda_a$  表示各期间的振荡波长的最小值， $\lambda_{ba}$  表示各期间的振荡波长的最大值，T 表示三角波的周期。在本实施例中，振荡波长的最大值  $\lambda_b$  和振荡波长的最小值  $\lambda_a$  分别始终保持恒定，它们的差值  $\lambda_b - \lambda_a$  始终保持一定。

[0041] 从半导体激光器 1-1、1-2 射出的激光通过透镜 3-1、3-2 而会聚，射入测定对象 11。此时，半导体激光器 1-1、1-2 的激光相互平行地射出，并射入测定对象 11。由测定对象 11 反射的半导体激光器 1-1、1-2 的光分别通过透镜 3-1、3-2 会聚，并射入半导体激光器 1-1、1-2 中。另外，透镜 3-1、3-2 的聚光不是必需的。光电二极管 2-1、2-2 分别将半导体激光器 1-1、1-2 的光输出变换为电流。电流—电压变换放大器 5-1、5-2 分别将光电二极管 2-1、2-2 的输出电流变换为电压，并进行放大。

[0042] 滤波电路 6-1、6-2 具有从调制波提取重叠信号的功能。图 3A、图 3B 分别为以示意方式表示电流—电压变换放大器 5-1、5-2 的输出电压波形的图，图 3C，图 3D 分别为以示意方式表示滤波电路 6-1、6-2 的输出电压波形的图。这些附图表示从相当于光电二极管 2-1、2-2 的输出的图 3A、图 3B 的波形（调制波）中，去除图 2 的半导体激光器 1-1、1-2 的振荡波形（载波），以提取图 3C、图 3D 的 MHP 波形（重叠波）的过程。

[0043] 计数装置 7 针对滤波电路 6-1、6-2 的各电路，随时地对滤波电路 6-1、6-2 的输出中包含的、每单位时间的 MHP 的数量进行计数。图 4 为表示计数装置 7 的结构一例的方框图，图 5 为表示计数装置 7 的动作的流程图。计数装置 7 由切换开关 70、周期测定部 71-1、

71-2、变换部 72-1、72-2 构成。

[0044] 首先,计数装置 7 的切换开关 70 判断是否切换(图 5 的步骤 S100),如果切换,则切换滤波电路 6-1、6-2 的输出与周期测定部 71-1、71-2 之间的连接(步骤 S101)。切换开关 70 的切换,在每隔三角波的周期  $T$  的  $1/2$  的时间时发生。即,切换开关 70 在第 1 振荡期间  $P1$ ,将滤波电路 6-1 的输出与周期测定部 71-1 的输入连接,将滤波电路 6-2 的输出与周期测定部 71-2 的输入连接;在第 2 振荡期间  $P2$ ,将滤波电路 6-2 的输出与周期测定部 71-1 的输入连接,将滤波电路 6-1 的输出与周期测定部 71-2 连接(步骤 S101)。

[0045] 周期测定部 71-1,每当在切换开关 70 的输出中产生上升边沿时,测定第 1 计数期间内的切换开关 70 的输出的上升边沿的周期(即,MHP 的周期)(图 5 的步骤 S102)。同样,周期测定部 71-2,每当在切换开关 70 的输出中产生上升边沿时,测定第 2 计数期间内的切换开关 70 的输出的上升边沿的周期(MHP 的周期)(步骤 S102)。

[0046] 在这里,采用图 6A ~ 图 6D,对第 1、第 2 的计数期间进行说明。图 6A、图 6B 分别为以示意方式表示电流—电压变换放大器 5-1、5-2 的输出电压波形的图,图 6C、图 6D 分别为以示意方式表示滤波电路 6-1、6-2 的输出电压波形的图。 $Pn1$ 、 $Pn2$ 、 $Pn3$ 、 $Pn4$ 、 $Pn5$ 、 $Pn6$ 、 $Pn7$ 、 $Pn8$  分别表示第 1 计数期间, $Pm1$ 、 $Pm2$ 、 $Pm3$ 、 $Pm4$ 、 $Pm5$ 、 $Pm6$ 、 $Pm7$ 、 $Pm8$  分别表示第 2 计数期间, $tn1$ 、 $tn2$ 、 $tn3$ 、 $tn4$ 、 $tn5$ 、 $tn6$ 、 $tn7$ 、 $tn8$  分别表示第 1 计数期间  $Pn1$ 、 $Pn2$ 、 $Pn3$ 、 $Pn4$ 、 $Pn5$ 、 $Pn6$ 、 $Pn7$ 、 $Pn8$  的中间时刻, $tm1$ 、 $tm2$ 、 $tm3$ 、 $tm4$ 、 $tm5$ 、 $tm6$ 、 $tm7$ 、 $tm8$  分别表示第 2 计数期间  $Pm1$ 、 $Pm2$ 、 $Pm3$ 、 $Pm4$ 、 $Pm5$ 、 $Pm6$ 、 $Pm7$ 、 $Pm8$  的中间时刻。

[0047] 如图 6C、图 6D 所示,第 1 计数期间  $Pn$ ( $Pn1$ 、 $Pn2$ 、 $Pn3$ 、 $Pn4$ 、 $Pn5$ 、 $Pn6$ 、 $Pn7$ 、 $Pn8$ ) 相对滤波电路 6-1 或 6-2 的输出中、与振荡波长增加的半导体激光器 1-1 或 1-2 对应的输出而设定,第 2 计数期间  $Pm$ ( $Pm1$ 、 $Pm2$ 、 $Pm3$ 、 $Pm4$ 、 $Pm5$ 、 $Pm6$ 、 $Pm7$ 、 $Pm8$ ) 相对滤波电路 6-1 或 6-2 的输出中的,与振荡波长减少的半导体激光器 1-1 或 1-2 对应的输出而设定。

[0048] 优选第 1 计数期间  $Pn$  和第 2 计数期间  $Pm$  比第 1 振荡期间  $P1$  和第 2 振荡期间  $P2$  的长度,即三角波的周期  $T$  的  $1/2$  时间短。另外,第 1 计数期间  $Pn$  和第 2 计数期间  $Pm$  的时间需要错开。但是,第 1 计数期间  $Pn$  和第 2 计数期间  $Pm$  的时间可以部分重合。另外,第 1 计数期间  $Pn$  之间的时间也可以部分重合,第 2 计数期间  $Pm$  之间的时间也可以部分重合。

[0049] 输入到周期测定部 71-1 中的栅极信号  $GS1$  是在第 1 计数期间  $Pn$  的起始时上升,在第 1 计数期间  $Pn$  的结束时下降的信号,输入到周期测定部 71-2 中的栅极信号  $GS2$  是在第 2 计数期间  $Pm$  的起始时上升,在第 2 计数期间  $Pm$  的结束时下降的信号。

[0050] 接着,变换部 72-1,将周期测定部 71-1 所测定的 MHP 的周期的平均值变换为第 1 计数期间  $Pn$  中的每单位时间的 MHP 的数量  $n$ (振荡波长正在增加的情况下半导体激光器的干涉波形的数量),变换部 72-2,将周期测定部 71-2 所测定的 MHP 的周期的平均值变换为第 2 计数期间  $Pm$  中的每单位时间的 MHP 的数量  $m$ (振荡波长正在减少的情况下半导体激光器的干涉波形的数量)(图 5 的步骤 S103)。如果 MHP 的平均周期由  $T_s$  表示,三角波的频率由  $f$  表示,则每单位时间的 MHP 的数量可通过  $\{2/(f \times T_s)\}$  而计算。此时的单位时间为三角波的周期  $T$  的  $1/2$  的时间。

[0051] 计数装置 7,每当第 1 计数期间  $Pn$  和每当第 2 计数期间  $Pm$  时进行以上那样的处理。根据图 6C、图 6D,显然第 1 计数期间  $Pn$  和第 2 计数期间  $Pm$  交替地存在。因此,按照如下方式交替地计算 MHP 的数量  $n$  和  $m$ ,即在第 1 计数期间  $Pn$  根据周期测定部 71-1 和变换

部 72-1 的动作,计算 MHP 的数量  $n$ ,接着在第 2 计数期间  $P_m$ ,根据周期测定部 71-2 和变换部 72-2 的动作,计算 MHP 的数量  $m$ 。

[0052] 然后,运算装置 8 基于半导体激光器 1-1、1-2 的最小振荡波长  $\lambda_a$  和最大振荡波长  $\lambda_b$  与 MHP 的数量  $n$ 、 $m$ ,计算距测定对象 11 的距离以及测定对象 11 的速度。图 7 为表示运算装置 8 的结构一例的方框图,图 8 为表示运算装置 8 的动作用的流程图。运算装置 8,包括:距离/速度计算部 80,其基于半导体激光器 1-1、1-2 的最小振荡波长  $\lambda_a$  和最大振荡波长  $\lambda_b$  与 MHP 的数量  $n$ 、 $m$ ,计算距测定对象 11 的距离的候补值和测定对象 11 的速度的候补值;历史位移计算部 81,其计算由距离/速度计算部 80 计算的距测定对象 11 的距离的候补值与之前计算的距测定对象 11 的距离的候补值之间的差值即历史位移;存储部 82,其存储距离/速度计算部 80 和历史位移计算部 81 的计算结果;状态判断部 83,其根据距离/速度计算部 80 和历史位移计算部 81 的计算结果,判断测定对象 11 的状态;距离/速度确定部 84,其根据状态判断部 83 的判断结果,确定距测定对象 11 的距离和测定对象 11 的速度的距离和测定对象 11 的速度 4。

[0053] 在本实施例中,设测定对象 11 的状态为满足规定条件的微小位移状态、或变动比微小位移状态更大的位移状态中的任意一种。在设计数期间  $P_n$  和计数期间  $P_m$  的每个期间的测定对象 11 的平均位移为  $V$  时,所谓微小位移状态,是指满足  $(\lambda_b - \lambda_a) / \lambda_b > V / L_b$  的状态,所谓位移状态,是指满足  $(\lambda_b - \lambda_a) / \lambda_b \leq V / L_b$  的状态。其中,  $L_b$  为时刻  $t_n$  ( $t_{n1}$ 、 $t_{n2}$ 、 $t_{n3}$ 、 $t_{n4}$ 、 $t_{n5}$ 、 $t_{n6}$ 、 $t_{n7}$ 、 $t_{n8}$ ) 或  $t_m$  ( $t_{m1}$ 、 $t_{m2}$ 、 $t_{m3}$ 、 $t_{m4}$ 、 $t_{m5}$ 、 $t_{m6}$ 、 $t_{m7}$ 、 $t_{m8}$ ) 时的距离。另外,如果根据将计数期间  $P_n$  和计数期间  $P_m$  合并后的时间,对位移  $V$  进行正规化处理,则可获得测定对象 11 的速度。

[0054] 首先,运算装置 8 的距离/速度计算部 80 如下式那样,计算在当前时刻  $t$  的距离的候补值  $L_a(t)$ ,  $L_b(t)$  和速度的候补值  $V_a(t)$ ,  $V_b(t)$ ,将其存储于存储部 82 中(图 8 的步骤 S1)。

$$[0055] \quad L_a(t) = \lambda_a \times \lambda_b \times (MHP(t-1) + (MHP(t))) / \{4 \times (\lambda_b - \lambda_a)\} \quad \dots (2)$$

$$[0056] \quad L_b(t) = \lambda_a \times \lambda_b \times (|MHP(t-1) - (MHP(t))|) / \{4 \times (\lambda_b - \lambda_a)\} \quad \dots (3)$$

$$[0057] \quad V_a(t) = (MHP(t-1) - (MHP(t))) \times \lambda_b / 4 \quad \dots (4)$$

$$[0058] \quad V_b(t) = (MHP(t-1) + (MHP(t))) \times \lambda_b / 4 \quad \dots (5)$$

[0059] 在式(2)~式(5)中,  $MHP(t)$  为在当前时刻  $t$  计算的 MHP 的数量,  $MHP(t-1)$  为在  $MHP(t)$  的前 1 次计算的 MHP 的数量。比如,如果  $MHP(t)$  为通过计数装置 7 的变换部 72-2 计算的数量  $m$ ,则  $MHP(t-1)$  为通过变换部 72-1 计算的数量  $n$ ,相反,如果  $MHP(t)$  为通过变换部 72-1 计算的数  $n$ ,则  $MHP(t-1)$  为通过变换部 72-2 计算的数  $m$ 。

[0060] 另外,上述式(2)和(3)为假定半导体激光器 1-1、1-2 采用不具有跳模现象的类型的情况。如果半导体激光器 1-1、1-2 采用具有跳模现象的类型,则需要代替上述式(2)和(3),采用下述式(2A)和(3A)。

$$[0061] \quad L_a(t) = \lambda_a \times \lambda_b \times (MHP(t-1) + (MHP(t))) / \{4 \times (\lambda_b - \lambda_a - \sum \lambda_{mp})\} \quad \dots (2A)$$

$$[0062] \quad L_b(t) = \lambda_a \times \lambda_b \times (|MHP(t-1) - (MHP(t))|) / \{4 \times (\lambda_b - \lambda_a - \sum \lambda_{mp})\} \quad \dots (3A)$$

[0063] 在这里,  $\lambda_{mp}$  表示因跳模现象而变得不连续的频率的宽度的值。在 1 个期间  $t$  内产生多个跳模现象时,任一  $\lambda_{mp}$  都表示基本相同的值。 $\sum \lambda_{mp}$  为将在 1 个期间  $t$  内产生的跳模现象引起的频率的不连续宽度的大小  $\lambda_{mp}$  全部相加所得到的值。

[0064] 候补值  $L\alpha(t)$ ,  $V\alpha(t)$  为假定测定对象 11 处于微小位移状态而计算的值, 候补值  $L\beta(t)$ ,  $V\beta(t)$  为假定测定对象 11 处于微小位移状态而计算的值。运算装置 8, 在每当通过计数装置 7 测定 MHP 的数量的时刻, 进行式 (2) ~ 式 (5) 的计算。

[0065] 接着, 运算装置 8 的历史位移计算部 81, 按照下式针对微小位移状态和位移状态的各状态, 计算在当前时刻  $t$  的距离的候补值, 与存储于存储部 82 中的之前的时刻的距离的候补值之间的差、即历史位移, 将其存储于存储部 82 中 (图 8 的步骤 S2)。另外, 在式 (6), 式 (7) 中, 设在当前时间  $t$  的前 1 次计算的距离的候补值为  $L\alpha(t-1)$ ,  $L\beta(t-1)$ 。

$$[0066] \quad Vcal\alpha(t) = L\alpha(t) - L\alpha(t-1) \quad \dots (6)$$

$$[0067] \quad Vcal\beta(t) = L\beta(t) - L\beta(t-1) \quad \dots (7)$$

[0068] 历史位移  $Vcal\alpha(t)$  为假定测定对象 11 处于微小位移状态而计算的值, 历史位移  $Vcal\beta(t)$  为假定测定对象 11 处于位移状态而计算的值。运算装置 8, 在每当通过计数装置 7 计算 MHP 的数量的时刻, 进行式 (6) ~ (7) 的计算。另外, 在式 (4) ~ 式 (7) 中, 将测定对象 11 接近本实施例的距离 / 速度计的方向规定为正的速度, 将远离该距离 / 速度计的方向规定为负的速度。

[0069] 接着, 运算装置 8 的状态判断部 83 采用存储于存储部 82 中的式 (2) ~ 式 (7) 的计算结果, 判断测定对象 11 的状态 (图 8 的步骤 S3)。

[0070] 如文献 1 中所记载, 在测定对象 11 以微小位移状态 (等速运动) 移动的情况下, 假定测定对象 11 为微小位移状态所计算的历史位移  $Vcal\alpha(t)$  的符号恒定, 并且假定测定对象 11 为微小位移状态而计算的速度的候补值  $V\alpha(t)$  和历史位移  $Vcal\alpha(t)$  的绝对值的平均值相等。另外, 在测定对象 11 以微小位移状态等速运动的情况下, 每当计算 MHP 的数量的时刻, 将假定测定对象 11 为位移状态而计算的历史位移  $Vcal\beta(t)$  的符号取反。

[0071] 于是, 状态判断部 83, 在假定测定对象 11 处于微小位移状态所计算的历史位移  $Vcal\alpha(t)$  的符号恒定, 并且假定测定对象 11 处于微小位移状态所计算的速度的候补值  $V\alpha(t)$  与历史位移  $Vcal\alpha(t)$  的绝对值的平均值相等时, 判定测定对象 11 以微小位移状态等速运动。

[0072] 如文献 1 中所记载, 在测定对象 11 以位移状态移动 (等速运动) 时, 假定测定对象 11 为位移状态所计算的历史位移  $Vcal\beta(t)$  的符号是恒定的, 并且假定测定对象 11 为位移状态所计算的速度的候补值  $V\beta(t)$  和历史位移  $Vcal\beta(t)$  的绝对值的平均值相等。另外, 在测定对象 11 以位移状态进行等速运动的情况下, 每当计算 MHP 的数量的时刻, 将假定测定对象 11 为微小位移状态而计算的历史位移  $Vcal\alpha(t)$  的符号取反。

[0073] 于是, 状态判断部 83, 在假定测定对象 11 处于位移状态所计算的历史位移  $Vcal\beta(t)$  的符号为恒定, 并且假定测定对象 11 处于位移状态所计算的速度的候补值  $V\beta(t)$  和历史位移  $Vcal\beta(t)$  的绝对值的平均值相等时, 判定测定对象 11 以位移状态等速运动。

[0074] 如文献 1 所记载, 在测定对象 11 以微小位移状态进行等速运动以外的运动的情况下, 假定测定对象 11 为微小位移状态所计算的速度的候补值  $V\alpha(t)$  和假定测定对象 11 为微小位移状态所计算的历史位移  $Vcal\alpha(t)$  的绝对值的平均值不一致。同样, 假定测定对象 11 为位移状态所计算的速度的候补值  $V\beta(t)$  和假定测定对象 11 为位移状态所计算的历史位移  $Vcal\beta(t)$  的绝对值的平均值也不一致。

[0075] 另外,在测定对象 11 以微小位移状态进行等速运动以外的运动的情况下,每当计算 MHP 的数量的时刻,假定测定对象 11 为微小位移状态所计算的历史位移  $V_{cal\alpha}(t)$  的符号取反,即使在假定测定对象 11 为位移状态所计算的历史位移  $V_{cal\beta}(t)$  存在符号变动的情况下,每当计算 MHP 的数量的时刻,也不产生该变动。

[0076] 于是,状态判断部 83 在每当计算 MHP 的数量的时刻,假定测定对象 11 处于微小位移状态所计算的历史位移  $V_{cal\alpha}(t)$  的符号取反,并且在假定测定对象 11 处于微小位移状态所计算的速度的候补值  $V_{\alpha}(t)$  和历史位移  $V_{cal\alpha}(t)$  的绝对值的平均值不一致的情况下,判定测定对象 11 以微小位移状态进行等速运动以外的运动。

[0077] 另外,如果着眼于速度的候补值  $V_{\beta}(t)$ ,则  $V_{\beta}(t)$  的绝对值为常数,该绝对值等于假定测定对象 11 处于微小位移状态所计算的距离的候补值  $L_{\alpha}(t)$  与半导体激光器 1-1、1-2 的波长变化率  $(\lambda_b - \lambda_a)/\lambda_b$  的乘积的值。于是,状态判断部 83,也可在假定测定对象 11 处于位移状态所计算的速度的候补值  $V_{\beta}(t)$  的绝对值等于距离的候补值  $L_{\alpha}(t)$  与波长变化率  $(\lambda_b - \lambda_a)/\lambda_b$  的乘积的值,并且假定测定对象 11 处于微小位移状态所计算的速度的候补值  $V_{\alpha}(t)$  和历史位移  $V_{cal\alpha}(t)$  的绝对值的平均值不一致的情况下,判定测定对象 11 以微小位移状态进行等速运动以外的运动。

[0078] 如文献 1 所记载,测定对象 11 在位移状态进行等速运动以外的运动的情况下,假定测定对象 11 为微小位移状态所计算的速度的候补值  $V_{\alpha}(t)$  和假定测定对象 11 为微小位移状态所计算的历史位移  $V_{cal\alpha}(t)$  的绝对值的平均值不一致,假定测定对象 11 为位移状态所计算的速度的候补值  $V_{\beta}(t)$  和假定测定对象 11 为位移状态所计算的历史位移  $V_{cal\beta}(t)$  的绝对值的平均值也不一致。

[0079] 此外,在测定对象 11 在位移状态进行等速运动以外的运动的情况,每当计算 MHP 的数量的时刻,将假定测定对象 11 为位移状态所计算的历史位移  $V_{cal\beta}(t)$  的符号取反转,即使在假定测定对象 11 为微小位移状态所计算的历史位移  $V_{cal\alpha}(t)$  的符号有变动的情况下,每当计算 MHP 的数量的时刻,也不产生该变化。

[0080] 于是,状态判断部 83,在每当计算 MHP 的数量的时刻,假定测定对象 11 处于位移状态所计算的历史位移  $V_{cal\beta}(t)$  的符号取反,并且假定测定对象 11 处于位移状态而计算的速度的候补值  $V_{\beta}(t)$  和历史位移  $V_{cal\beta}(t)$  的绝对值的平均值不一致的情况下,判定测定对象 11 以位移状态进行等速运动以外的运动。

[0081] 另外,如果着眼于速度的候补值  $V_{cal\alpha}(t)$ ,则  $V_{\alpha}(t)$  的绝对值为常数,该绝对值等于假定测定对象 11 处于位移状态所计算的距离的候补值  $L_{\beta}(t)$  与半导体激光器 1-1、1-2 的波长变化率  $(\lambda_b - \lambda_a)/\lambda_b$  的乘积的值。于是,状态判断部 83,也可在假定测定对象 11 处于微小位移状态所计算的速度的候补值  $V_{\alpha}(t)$  的绝对值,等于距离的候补值  $L_{\beta}(t)$  和波长变化率  $(\lambda_b - \lambda_a)/\lambda_b$  的乘积的值,并且假定测定对象 11 处于位移状态所计算的速度的候补值  $V_{\beta}(t)$  和历史位移  $V_{cal\beta}(t)$  的绝对值的平均值不一致的情况下,判定测定对象以位移状态进行等速运动以外的运动。

[0082] 表 1 表示以上的状态判断部 83 的判断动作。

[0083] 表 1

[0084]

|    |        | 历史位移                            |                           | 速度的候补值          |                                                  |
|----|--------|---------------------------------|---------------------------|-----------------|--------------------------------------------------|
|    |        | $V_{cal\alpha}(t)$              | $V_{cal\beta}(t)$         | $V_{\alpha}(t)$ | $V_{\beta}(t)$                                   |
| 移动 | 微小位移状态 | 符号恒定速度的候补值和历史位移的绝对值的平均值一致       | 每当计算符号时取反                 | —               | —                                                |
|    | 位移状态   | 每当计算符号时取反转                      | 符号恒定速度的候补值和历史位移的绝对值的平均值一致 | —               | —                                                |
| 振动 | 微小位移状态 | 每当计算符号时取反速度的候补值和历史位移的绝对值的平均值不一致 | —                         | —               | 速度的候补值的绝对值与假定测定对象处于微小位移状态所计算的距离的候补值和波长变化率的乘积的值一致 |

[0085]

|  |      |   |                                 |                                                |   |
|--|------|---|---------------------------------|------------------------------------------------|---|
|  | 位移状态 | - | 每当符号计算时取反速度的候补值和历史位移的绝对值的平均值不一致 | 速度的候补值的绝对值与假定测定对象处于位移状态所计算的距离的候补值和波长变化率的乘积的值一致 | - |
|--|------|---|---------------------------------|------------------------------------------------|---|

[0086] 运算装置 8 的距离 / 速度确定部 84, 根据状态判断部 83 的判断结果, 确定测定对象 11 的速度和距测定对象 11 的距离 ( 图 8 的步骤 S4 )。

[0087] 即, 距离 / 速度确定部 84, 在判定测定对象 11 以微小位移状态进行等速运动的情况下, 将速度的候补值  $V_{\alpha}(t)$  作为测定对象 11 的速度, 距离的候补值  $VL_{\alpha}(t)$  作为距测定对象 11 的距离, 在判定测定对象 11 以位移状态进行等速运动的情况下, 将速度的候补值  $V_{\beta}(t)$  作为测定对象 11 的速度, 距离的候补值  $L_{\beta}(t)$  作为距测定对象 11 的距离。

[0088] 另外, 距离 / 速度确定部 84 在判定测定对象 11 以微小位移状态进行等速运动以外的运动的情况下, 将速度的候补值  $V_{\alpha}(t)$  作为测定对象 11 的速度, 距离的候补值  $VL_{\alpha}(t)$  作为距测定对象 11 的距离。其中, 实际的距离为距离的候补值  $L_{\alpha}(t)$  的平均值。另外, 距离 / 速度确定部 84, 在判定测定对象 11 以位移状态进行等速运动以外的运动的情况下, 将速度的候补值  $V_{\beta}(t)$  作为测定对象 11 的速度, 距离的候补值  $VL_{\beta}(t)$  作为距测定对象 11 的距离。其中, 实际的距离为距离的候补值  $VL_{\beta}(t)$  的平均值。

[0089] 另外, 根据  $MHP(t-1)$  和  $MHP(t)$  的大小关系,  $V_{\beta}(t)$  必须为正的,  $V_{\alpha}(t)$  为正、负值中的任意一种, 但是它们的符号并不表现测定对象 11 的速度的方向。在振荡波长增加的情形下的半导体激光器的 MHP 的数量大于振荡波长减少的情形下的半导体激光器的 MHP 的数量时, 即, 在  $n > m$  时, 测定对象 11 的速度为正向 ( 接近激光器的方向 )。

[0090] 运算装置 8, 在比如有来自用户的测定结束的指示之前 ( 图 8 的步骤 S5 中的“是”), 每当通过计数装置 7 计数 MHP 的数量的时刻, 执行以上那样的步骤 S1 ~ S4 的处理。

[0091] 显示装置 9, 实时表示通过运算装置 8 计算的距测定对象 11 的距离和测定对象 11 的速度。

[0092] 另一方面, 振幅调整器 10 采用运算装置 8 的状态判断部 83 的判断结果, 按照半导体激光器 1-1、1-2 的三角波驱动电流的振幅成为适当的方式控制激光驱动器 4-1、4-2。振幅调整器 10, 采用运算装置 8 的距离 / 速度计算部 80 所计算的速度的候补值  $V_{\alpha}(t)$ ,  $V_{\beta}(t)$  中的、状态判断部 83 判断为不是真值而未选择的速度的候补值, 进行振幅调整。在判定测定对象 11 以微小位移状态进行速度运动或等速运动以外的运动的情况下, 状态判断部 83 未选择的速度的候补值为  $V_{\beta}(t)$ , 在判定测定对象 11 以位移状态进行等速运动或等速运动以外的运动的情况下, 状态判断部 83 未选择的速度的候补值为  $V_{\alpha}(t)$ 。

[0093] 振幅调整器 10, 按照状态判断部 83 未选择的速度的候补值基本等于状态判断部 83 判定为真值而选择的距离的候补值与半导体激光器 1-1、1-2 的波长变化率  $(\lambda_b - \lambda_a) /$

$\lambda b$  的乘积的值的方式,通过激光器驱动器 4-1、4-2,调整三角波驱动电流的振幅。此时,可以调整从激光器驱动器 4-1 向半导体激光器 1-1 供给的驱动电流和从激光器驱动器 4-2 向半导体激光器 1-2 供给的驱动电流双方的振幅,也可调整任意一方。

[0094] 图 9 为用于说明从激光器驱动器 4-1、4-2 向半导体激光器 1-1、1-2 供给的三角波驱动电流的振幅的调整方法的图。根据来自振幅调整器 10 的指示,激光器驱动器 4-1、4-2,将驱动电流的最大值一直固定在恒定值(在图 9 的例中,由半导体激光器 1-1、1-2 规定的驱动电流的上限值 CL)的状态,通过增加或减小驱动电流的最小值,来调整驱动电流的振幅 AMP。如此,可将驱动电流的振幅设定在适合的值。

[0095] 如本实施例那样,在采用多个半导体激光器 1-1、1-2 的距离/速度计中,如果半导体激光器 1-1、1-2 的波长变化量的绝对值存在差异,则测定值会产生误差。于是,如本实施例那样,通过调整三角波驱动电流的振幅,可使半导体激光器 1-1、1-2 的波长变化量的绝对值相等,可降低距离和速度的测定误差。

[0096] 另外,在本实施例中,按照状态判断部 83 未选择的速度的候补值等于状态判断部 83 判定为真值而选择的距离的候补值与波长变化率  $(\lambda b - \lambda a) / \lambda b$  的乘积的值的方式,调整三角波驱动电流的振幅,但是,不必使速度的候补值完全等于距离的候补值与波长变化率的乘积的值,只要使其基本相等即可。

[0097] 如上述那样,在本实施例中,使半导体激光器 1-1、1-2 中交替地反复产生振荡波长连续增加的第 1 振荡期间和振荡波长连续地减少的第 2 振荡期间,针对光电二极管 2-1 和 2-2 的各二极管,对光电二极管 2-1、2-2 的输出信号中包含的 MHP 的数量进行计数,根据该计数结果和半导体激光 1-1、1-2 的最小振荡波长  $\lambda a$  以及最大振荡波长  $\lambda b$ ,可以计算距测定对象 11 的距离和测定对象 11 的速度。其结果是,在本实施例中,(a) 可以使装置小型化;(b) 不需要高速的电路;(c) 抗扰乱光强;(d) 既灵活采用未选择测定对象的过去的自耦合型的激光测定器的优点,同时不仅能够测量距测定对象 11 的距离,还能够测量测定对象 11 的速度。另外,根据本实施例,可以判断测定对象 1 是进行等速运动,还是进行等速运动以外的运动。

[0098] 此外,在本实施例中,从振荡波长的增减相反的半导体激光器 1-1、1-2,使相互平行的激光同时射向测定对象 11,在比第 1 振荡期间和第 2 振荡期间短的第 1 计数期间  $P_n$ ,计算光电二极管 2-1 或 2-2 的输出中包含的 MHP 的数量  $n$ ,在短于第 1 振荡期间和第 2 振荡期间,并且至少一部分的时刻与第 1 计数期间  $P_n$  不同的第 2 计数期间  $P_m$ ,计算光电二极管 2-2 或 2-1 的输出中包含的 MHP 的数量  $m$ ,从而对比于文献 1 中公开的距离/速度计,能够以更短时间测定距离与速度。在文献 1 中公开的距离/速度计中,需要在至少 3 次的比如第 1 振荡期间  $t-1$  和第 2 振荡期间  $t$  以及第 1 振荡期间  $t+1$  的期间,对 MHP 进行计数,在本实施例中,只要在至少 3 次的比如第 1 计数期间  $P_{n1}$  和第 2 计数期间  $P_{m1}$  以及第 1 计数期间  $P_{n2}$  的期间,对 MHP 的数量进行计数即可。

[0099] 另外,在本实施例中,通过使半导体激光器 1-1、1-2 的波长变化量的绝对值相等,从而可使距离和速度的测定精度提高。

[0100] 此外,在本实施例中计算的速度和距离为图 6A ~ 图 6D 的时刻  $t_n(t_{n1}, t_{n2}, t_{n3}, t_{n4}, t_{n5}, t_{n6}, t_{n7}, t_{n8})$  与时刻  $t_m(t_{m1}, t_{m2}, t_{m3}, t_{m4}, t_{m5}, t_{m6}, t_{m7}, t_{m8})$  的中间的时刻的值。比如,采用第 1 计数期间  $P_{n1}$  中的 MHP 的数量  $n$  与第 2 计数期间  $P_{m1}$  中的 MHP 的数量

m 所计算的速度和距离为时刻  $tn1$  与  $tm1$  的中间时刻的值, 采用在第 2 计数期间  $Pm1$  的 MHP 的数量  $m$  与第 1 计数期间  $Pn2$  的 MHP 的数量  $n$  所计算的速度和距离为在时刻  $tm1$  和  $tn2$  的中间时刻的值。因此, 也可在图 4 所示的计数装置 7 的内部, 设置计算与速度和距离的计算值相对应的时刻的时刻计算部。

[0101] (第 2 实施例)

[0102] 在第 1 实施例中, 针对本发明应用于自耦合型的干涉计的情况进行了说明, 但是, 也可将本发明应用于自耦合型以外的干涉计。图 10 为表示本发明的第 2 实施例的距离/速度计的结构方框图, 对与图 1 相同的结构采用同一标号。在图 10 中, 标号 12-1、12-2 表示将入射光和反射光分离的分束镜 (beam splitter)。

[0103] 半导体激光器 1-1、1-2 的激光相互平行地射出, 并射入测定对象 11 这一点与第 1 实施例相同。透过分束镜 12-1、12-2 和透镜 3-1、3-2 的激光射入测定对象 11。另外, 在本实施例中, 由测定对象 11 反射的半导体激光器 1-1、1-2 的光分别通过分束镜 12-1、12-2, 分离为向测定对象 11 的入射光, 并导向光电二极管 2-1、2-2。

[0104] 由于光电二极管 2-1、2-2 以后的方案与第 1 实施例相同, 故说明省略。这样, 即使对于自耦合型以外的干涉计, 也可获得与第 1 实施例相同的效果。

[0105] 第 1、第 2 实施例的计数装置 7 和运算装置 8 可通过具有比如 CPU、存储装置和接口的计算机和控制这些硬件的程序来实现。用于使这样的计算机动作的程序在记录于软盘、CD-ROM、DVD-ROM、存储卡等记录介质中的状态提供。CPU 将已读入的程序写入存储器中, 按照该程序, 执行在第 1、第 2 实施例中说明的处理。

[0106] 另外, 在第 1、第 2 实施例中, 在测定对象 11 具有非常小的位移的振动时 (比如最大速度 2nm)、实际的距离的变化 (振幅) 为数 nm, 但由于距离计算的分辨率低于位移分辨率, 故误差变大。因此, 在测定对象处于具有微小位移的运动状态的情况下, 代替计算结果, 将对位移 (速度) 进行积分后的值作为距离的变化时, 精度提高。

[0107] 此外, 在第 1、第 2 实施例中, 对半导体激光器 1-1、1-2 的最小振荡波长  $\lambda a$  相同, 并且半导体激光器 1-1 和 1-2 的最大振荡波长  $\lambda b$  相同的情况进行了说明, 但是并不限于此, 也可如图 11 所示的那样, 在半导体激光器 1-1、1-2 之间, 最小振荡波长  $\lambda a$  和最大振荡波长  $\lambda b$  不同。在图 11 中,  $\lambda a1$ 、 $\lambda b1$  表示半导体激光器 1-1 的最小振荡波长, 最大振荡波长,  $\lambda a2$ 、 $\lambda b2$  表示半导体激光器 1-2 的最小振荡波长, 最大振荡波长。在此情况下,  $\lambda a1 \propto 1 \times \lambda b1 / \{4 \times (\lambda b1 - \lambda a1)\}$  与  $\lambda a2 \propto 1 \times \lambda b2 / \{4 \times (\lambda b2 - \lambda a2)\}$  始终为相同的固定值。在此情况, 式 (2) ~ 式 (5)、式 (2A)、式 (3A) 中的  $\lambda a$ 、 $\lambda b$ , 可以采用  $\lambda a1$ 、 $\lambda b1$ , 也可以采用  $\lambda a2$ 、 $\lambda b2$ 。

[0108] 此外, 虽然在第 1、第 2 实施例中, 使半导体激光器 1-1、1-2 呈三角波状, 但是, 但并不限于此, 也可如图 12 所示的那样, 使半导体激光器 1-1、1-2 呈锯齿状振荡。即, 在本发明中, 只要按照至少第 1 振荡期间  $P1$  反复存在的方式使半导体激光器 1-1 动作, 按照振荡波长的增减与半导体激光器 1-1 相反的方式使半导体激光器 1-2 动作即可。可以与图 11 的情况相同, 实现  $\lambda a1 \neq \lambda a2$ ,  $\lambda b1 \neq \lambda b2$ , 还可与图 2 的情况相同, 实现  $\lambda a1 = \lambda a2$ ,  $\lambda b1 = \lambda b2$ 。

[0109] 第 1 振荡期间  $P1$  的动作与三角波振荡的情况相同。其中, 在半导体激光器 1-1、1-2 呈锯齿状振荡的情况下, 计数装置 7 的切换开关 70 的输出必须固定。即, 切换开关 70

将滤波电路 6-1 的输出始终与周期测定部 71-1 的输入连接,将滤波电路 6-2 的输出始终与周期测定部 71-2 的输入连接。

[0110] 另外,在使半导体激光器 1-1、1-2 呈三角波状振荡的情况下,能够与测定对象 11 的状态无关地进行振幅调整器 10 的振幅调整,但是,在使半导体激光器 1-1、1-2 呈锯齿状振荡的情况下,仅仅在测定对象 11 为静止状态时能够进行振幅调整。

[0111] 本发明能够适用于测量距测定对象的距离和测定对象的速度技术。

[0112] 由于干涉型的距离计在测定距离时,以测定对象静止为绝对条件,故无法测定与具有速度的测定对象之间的距离。对此,在本发明中,还可以测定距不静止的测定对象的距离。即,按照本发明,可以同时测定对象的速度(大小、方向)和距离进行测定。另外,按照本发明,根据激光测量器的最小振荡波长和最大振荡波长与计数机构的计数结果,能够判断测定对象是在进行等速运动,还是在进行等速运动以外的运动。另外,根据本发明,从振荡波长的增减处于相反的第 1、第 2 半导体激光器,同时向测定对象照射相互平行的激光,针对第 1、第 2 光接收器的输出信号的每一个,对第 1、第 2 光接收器的输出信号中包含的干涉波形的数量进行计数,由此,能够以比过去短的时间,测定距离和速度。

[0113] 此外,在本发明中,按照假定测定对象处于微小位移状态时的速度的候补值和假定测定对象处于位移状态时的速度的候补值中、状态判定部判断不是真值而未选择的速度的候补值,基本等于状态判定部判断是真值而选择的距离的候补值与第 1、第 2 半导体激光器的波长变化率的乘积值的方式,通过调整从第 1、第 2 激光器驱动器向第 1、第 2 半导体激光器供给的驱动电流中的至少一方的振幅,从而可使第 1、第 2 半导体激光器的波长变化量的绝对值相等,能够提高距离和速度的测定精度。

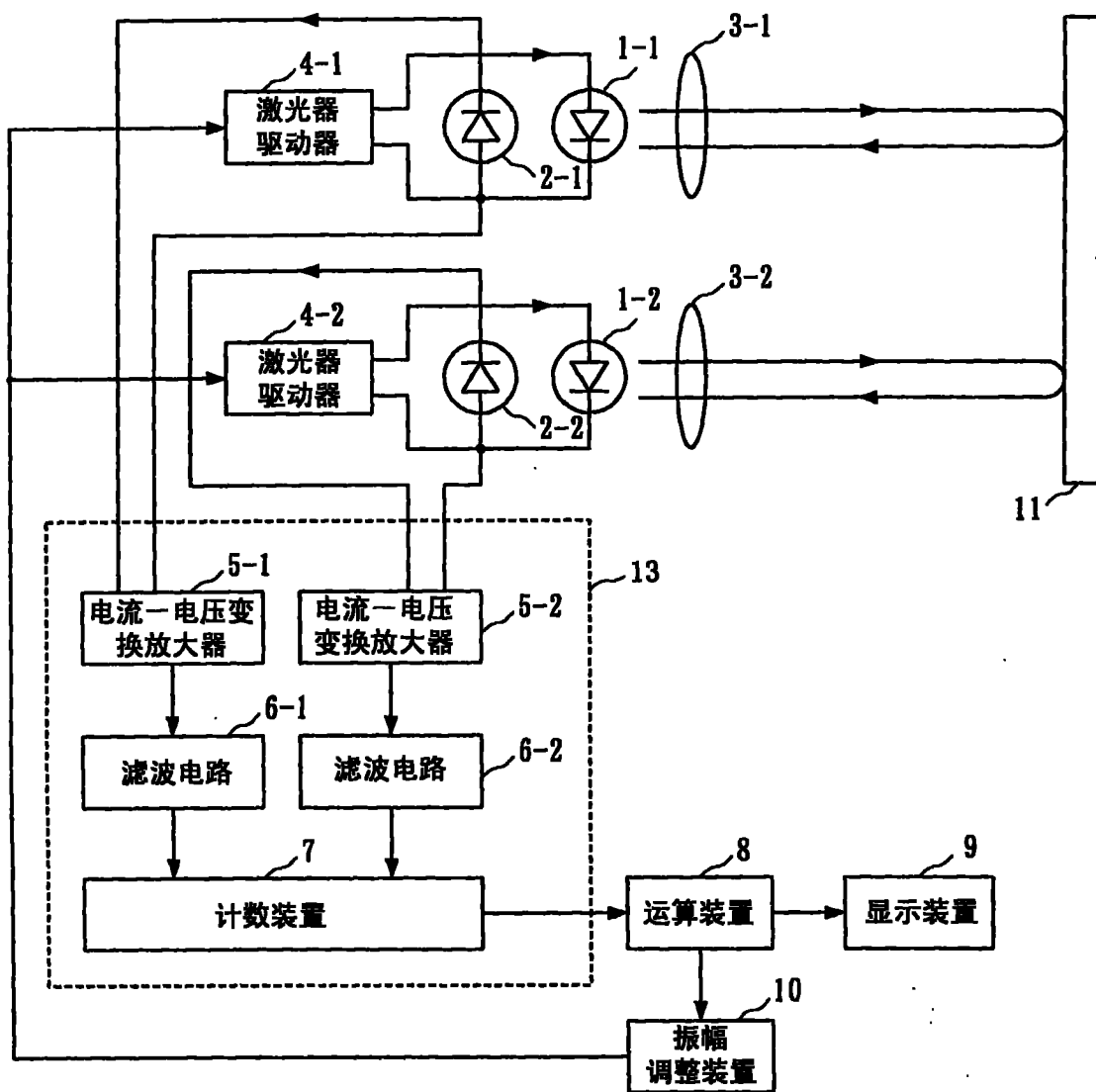


图 1

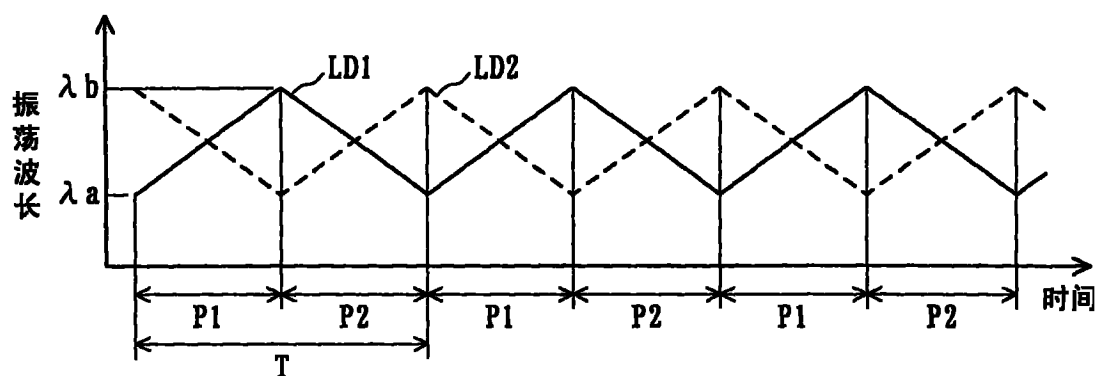
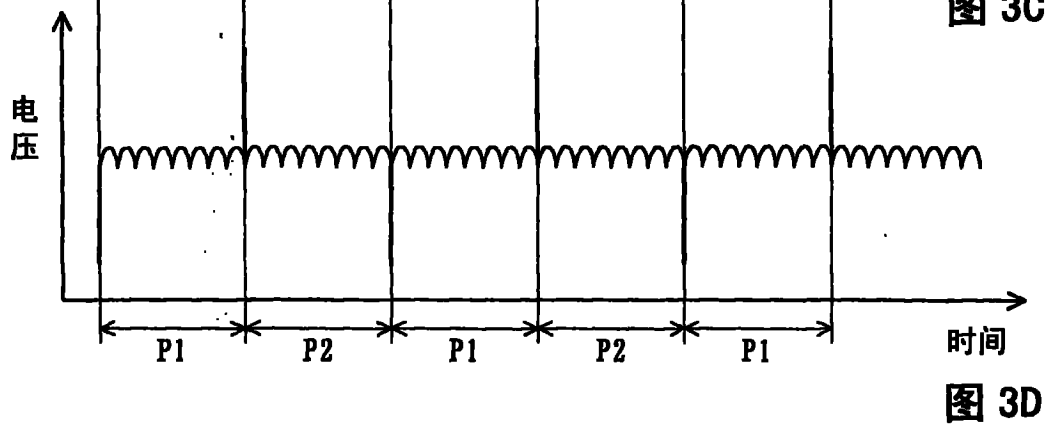
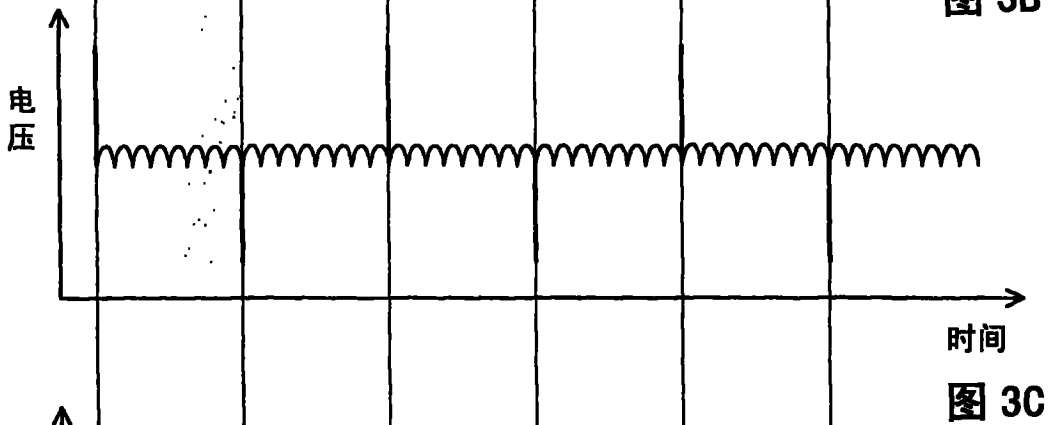
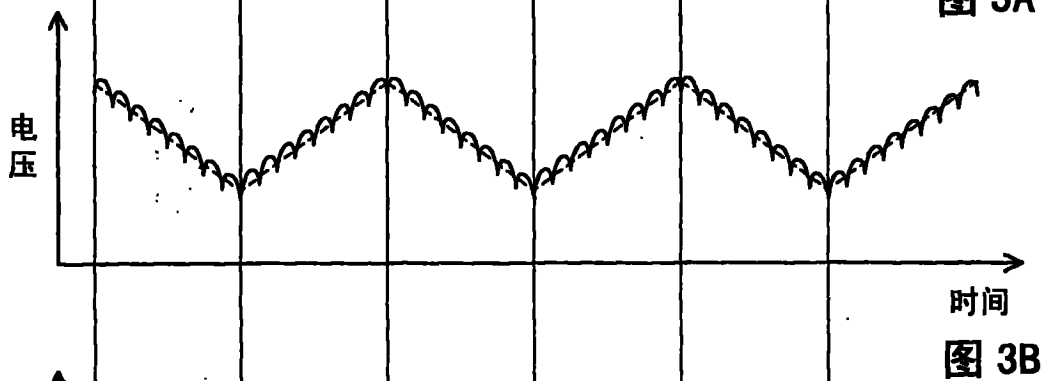
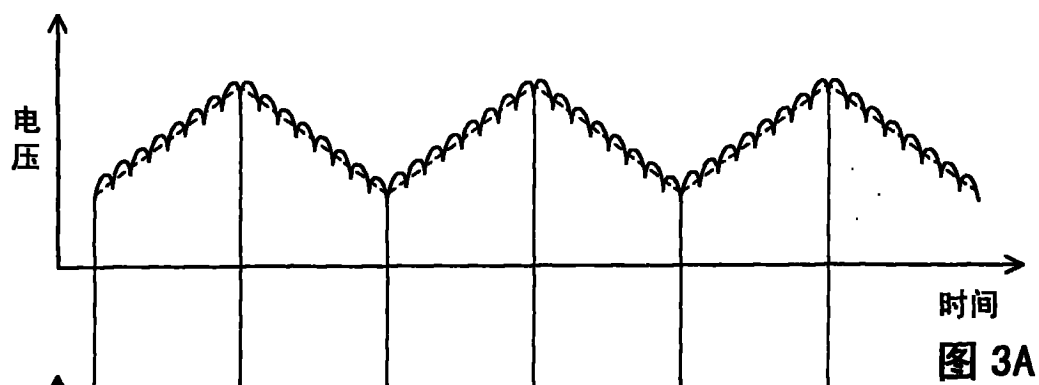


图 2



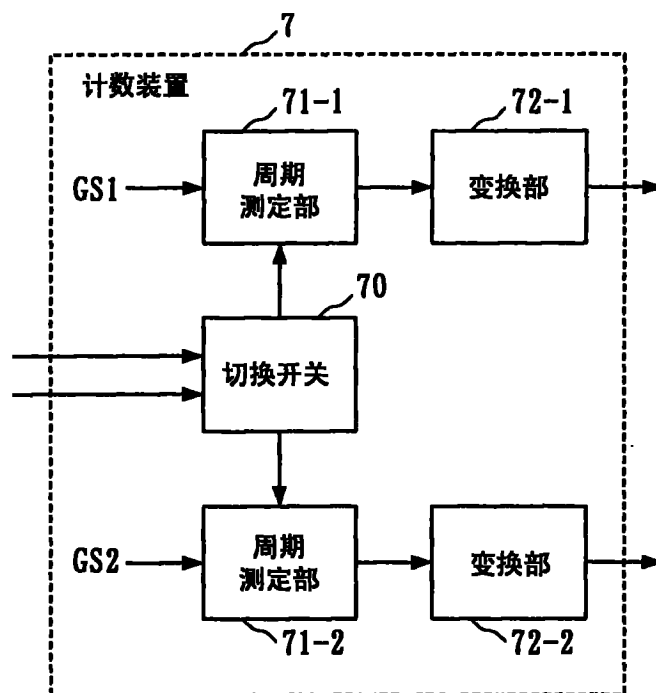


图 4

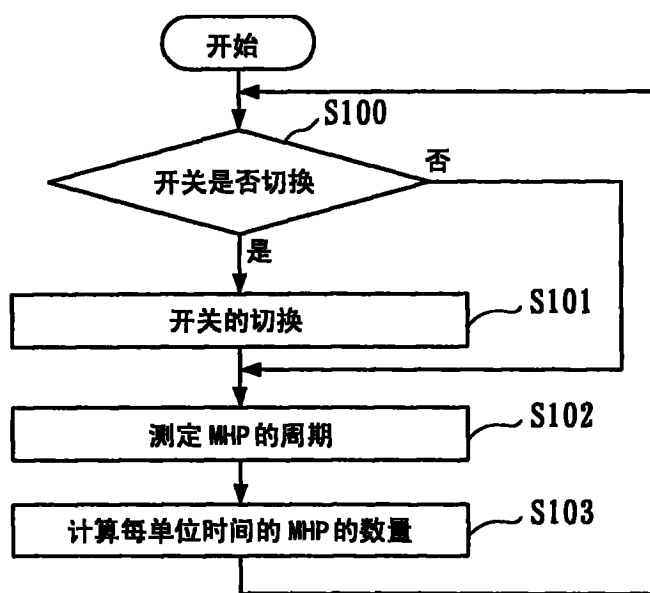
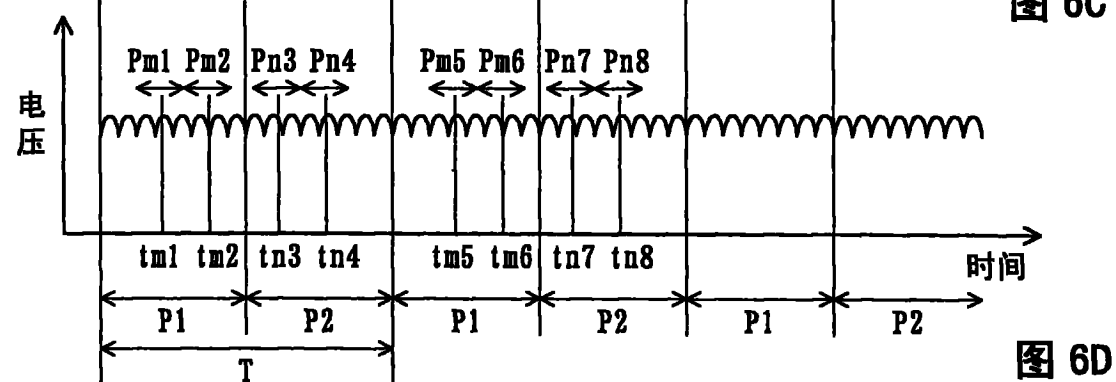
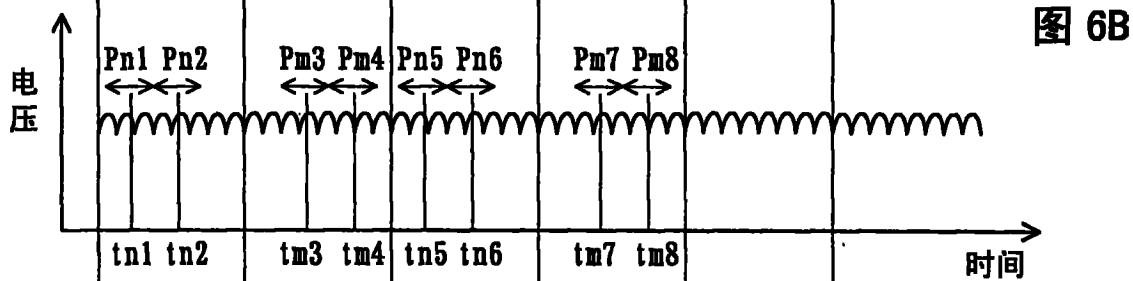
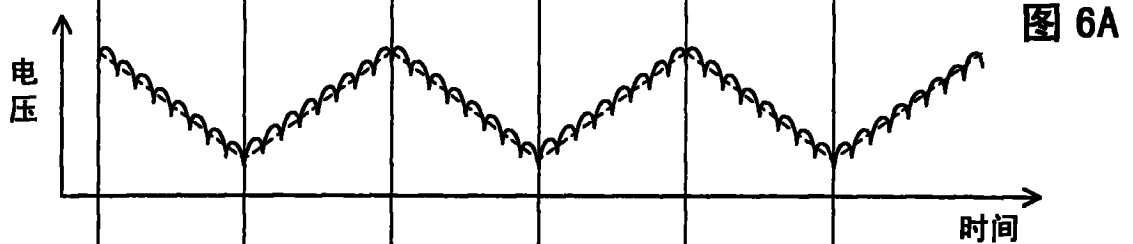
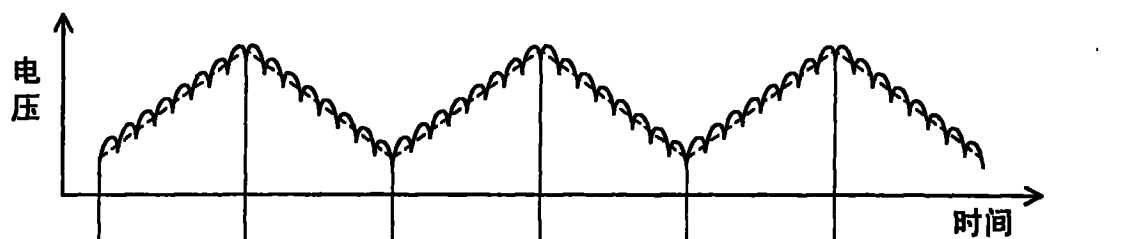


图 5



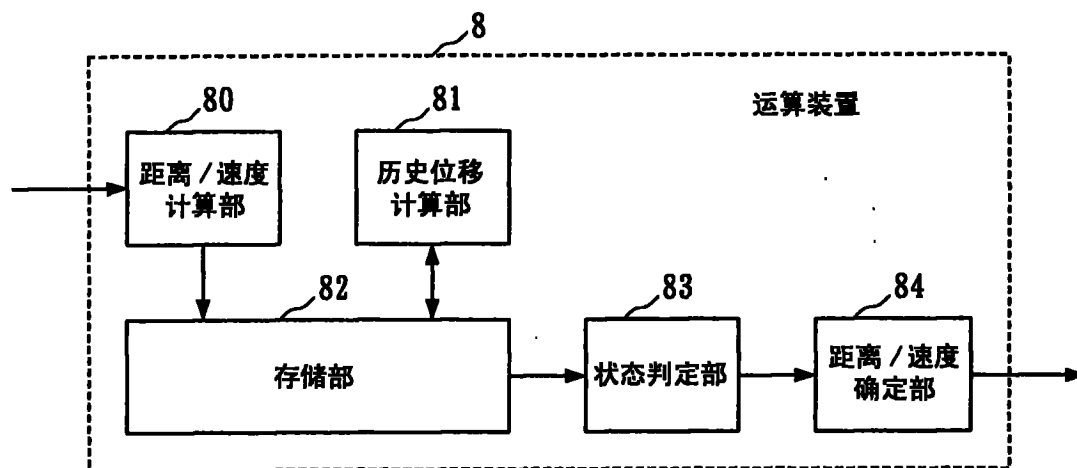


图 7

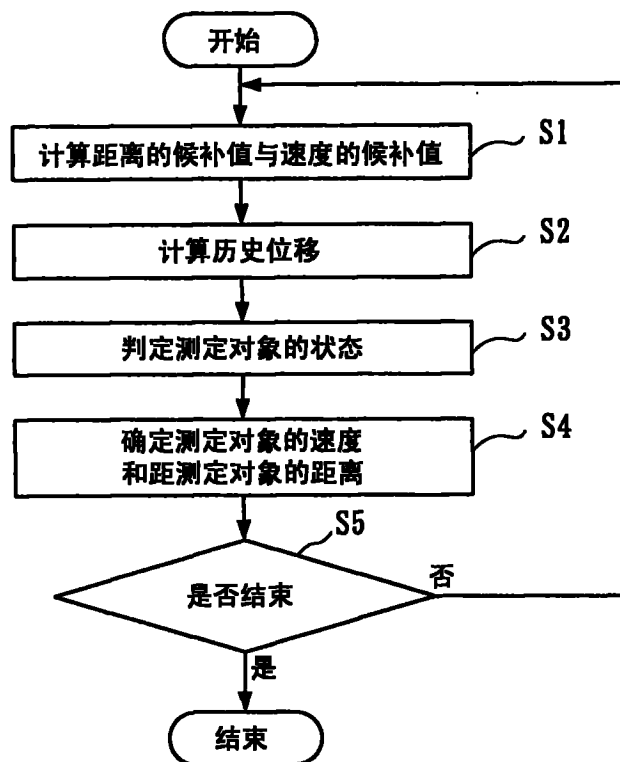


图 8

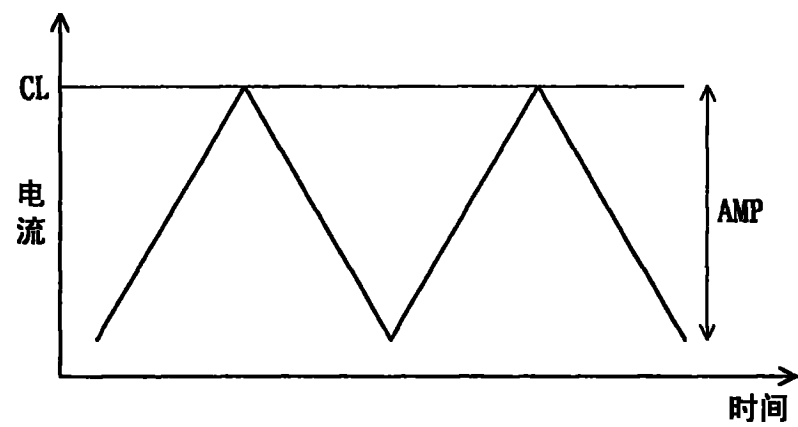


图 9

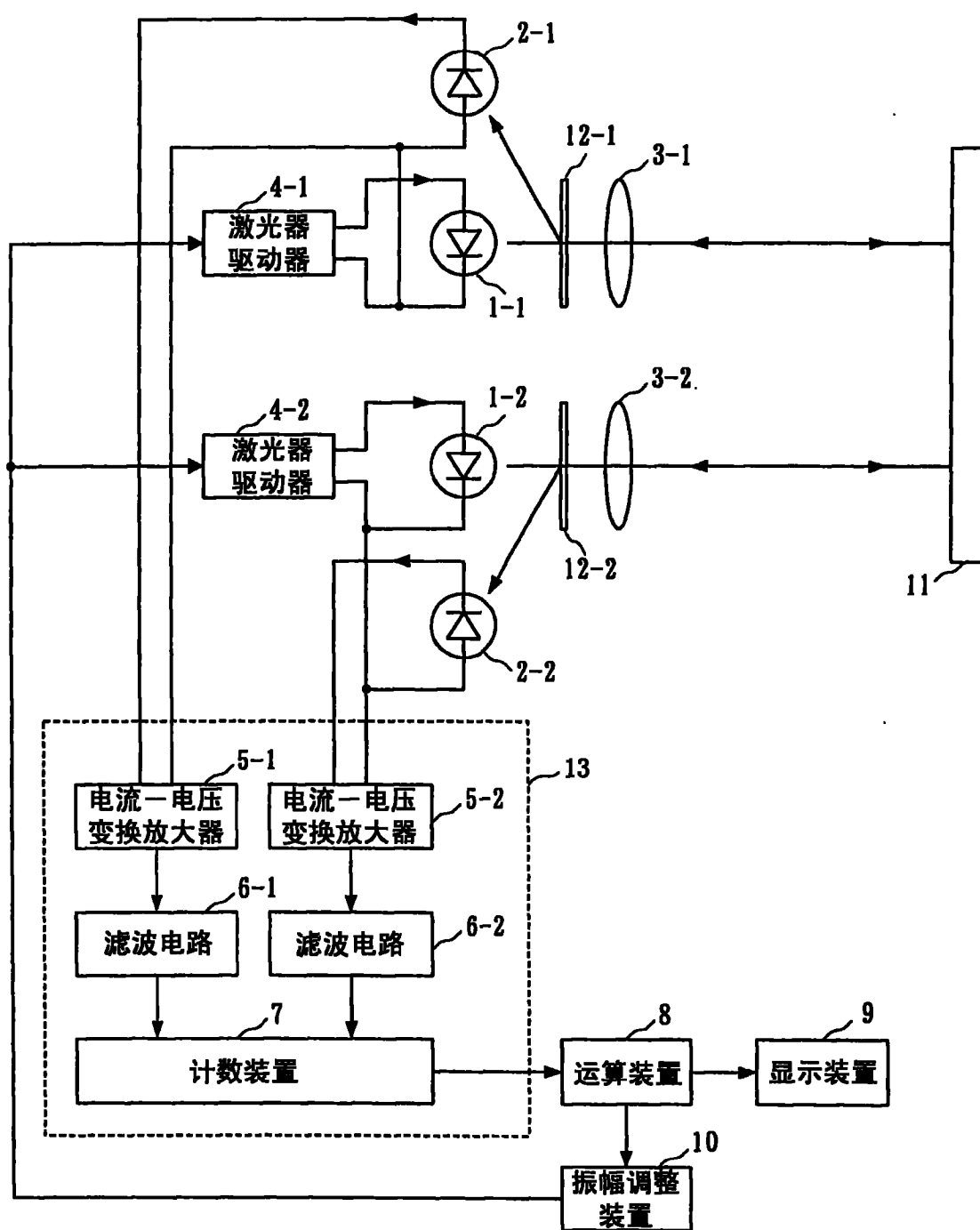


图 10

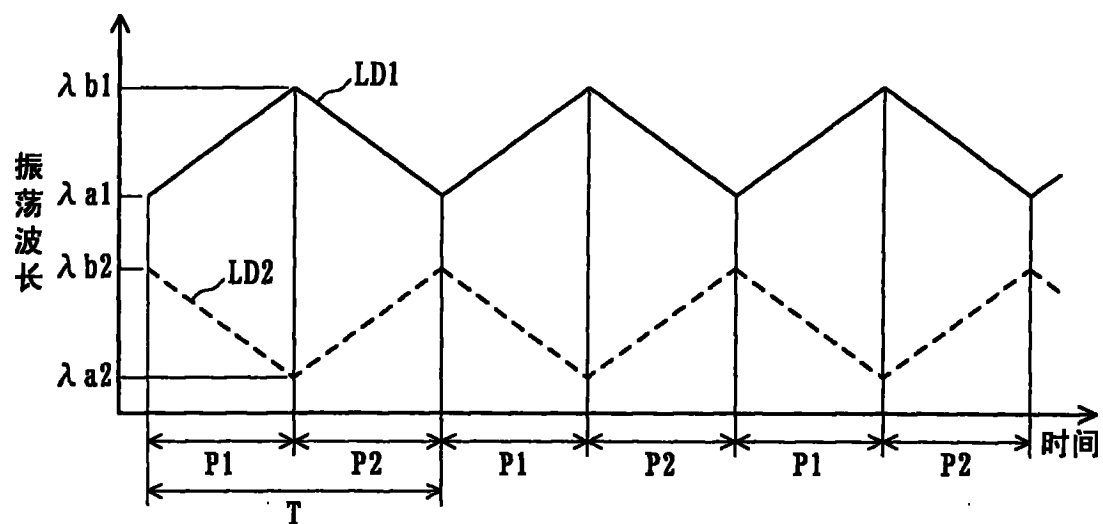


图 11

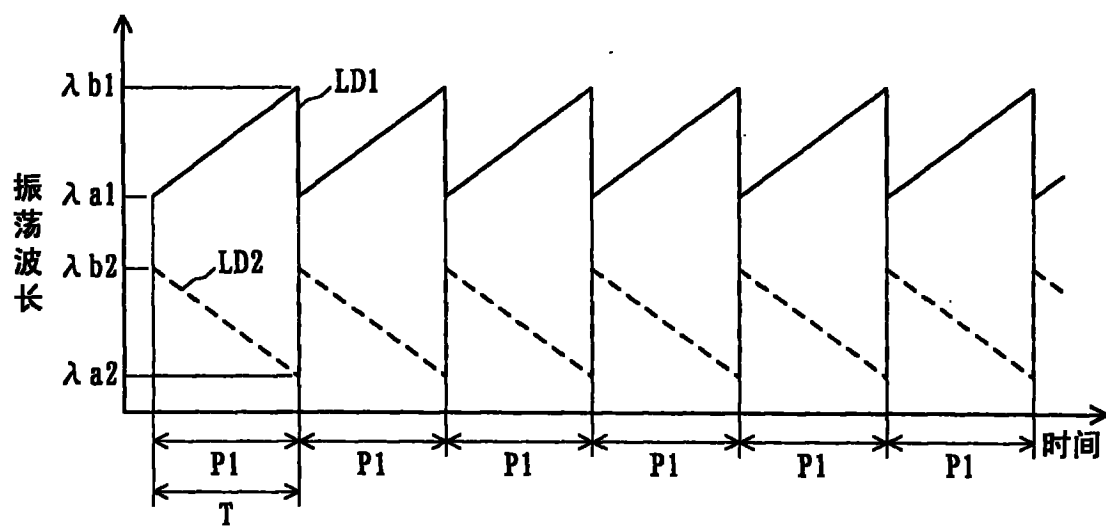


图 12

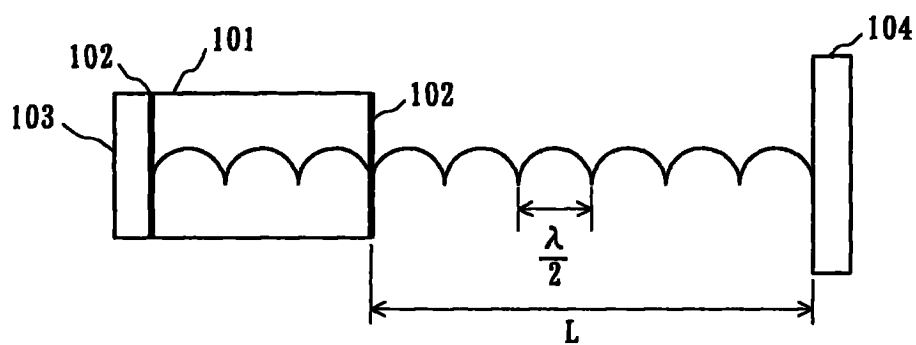


图 13

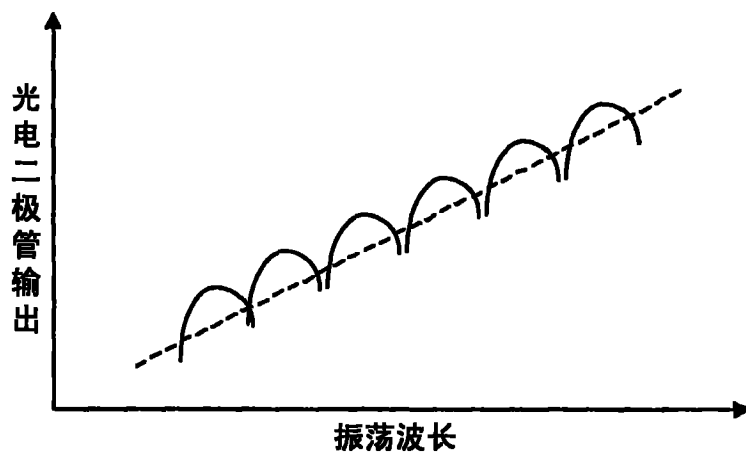


图 14

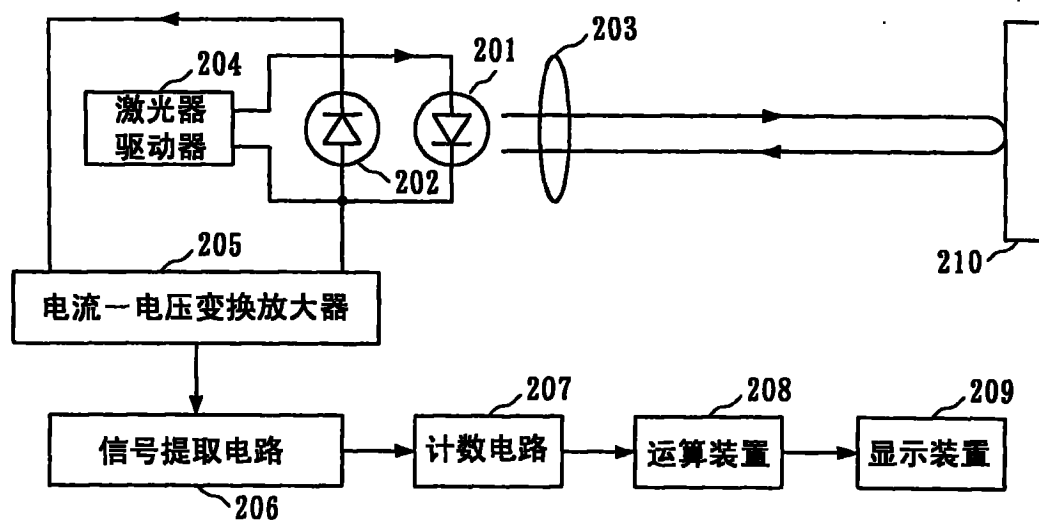


图 15

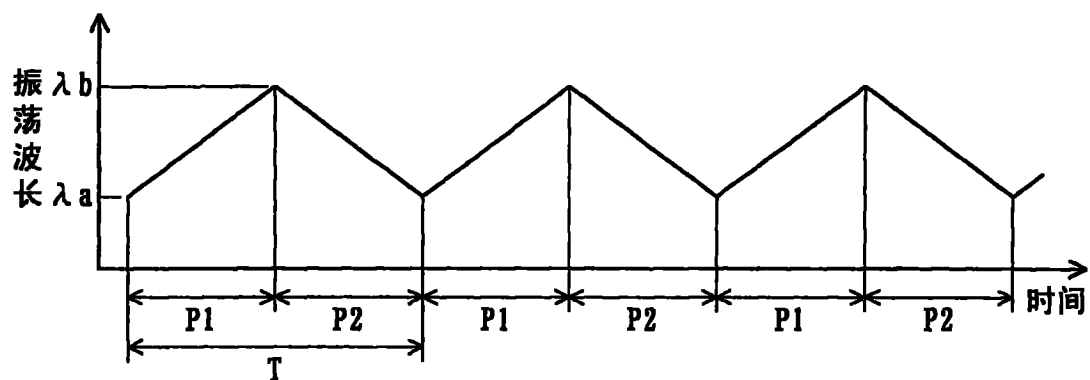


图 16