

[51] Int. Cl.

G02F 1/01 (2006.01)

H04B 10/14 (2006.01)



[12] 发 明 专 利 说 明 书

专利号 ZL 99118514.5

[45] 授权公告日 2006 年 3 月 29 日

[11] 授权公告号 CN 1248028C

[22] 申请日 1999.9.6 [21] 申请号 99118514.5

[30] 优先权

[32] 1998. 11. 25 [33] JP [31] 333958/1998

[71] 专利权人 富士通株式会社

地址 日本神奈川

[72] 发明人 大井宽己 中元洋 石川丈二

山本拓司 西泽义德

审查员 钟焱鑫

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

代理人 马 浩

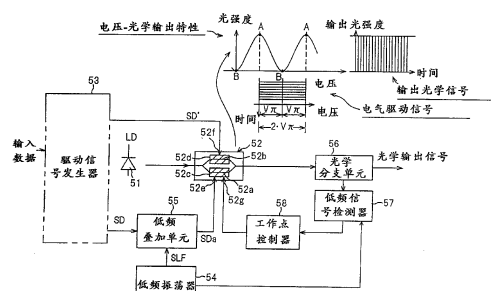
权利要求书 3 页 说明书 35 页 附图 40 页

[54] 发明名称

光学调制设备和控制光学调制器的方法

[57] 摘要

一种光学调制器由一个调制器驱动电压信号驱动，该电压信号具有在电压 - 光学输出特性的两个光发射极点或两个光熄灭极点之间的 $2 \cdot V_{\pi}$ 幅值。一个低频叠加单元把一个规定的低频信号叠加到调制器驱动电压信号上，并且一个工作点控制器，通过根据包含在从光学调制器输出的光学信号中的低频信号分量检测光学调制器的工作点漂移、和根据对光学调制器的工作点漂移的依赖关系控制光学调制器的偏置电压，来控制光学调制器的工作点。



1.一种光学调制设备，包括：一个光学调制器，带有其中光学输出相对于电气驱动信号的电压值周期性地变化的电压-光学输出特性；和一个驱动信号发生器，用来产生一个按照电压-光学输出特性的两个光发射极点或两个光熄灭极点之间的幅值来驱动光学调制器的电气驱动信号，所述设备包括：

一个低频振荡器，用来产生规定的低频信号；

低频叠加装置，用来把规定低频信号叠加到驱动信号上；

低频信号检测装置，用来根据包含在从所述光学调制器输出的光学信号中的低频信号分量，检测光学调制器的工作点漂移；及

工作点控制装置，用来根据对光学调制器的工作点漂移的依赖关系来控制光学调制器的工作点。

2.根据权利要求1所述的设备，其中所述光学调制器包括：

一些光学波导管，在光输入侧分支而在光输出侧合并；

两个信号电极，用来把相位调制施加到两侧的分支光学波导管中的光学信号上；及

两个驱动信号输入终端，用来把互补驱动信号输入到所述信号电极的相应电极上。

3.根据权利要求2所述的设备，其中进行光学双二进制调制，在该调制中，把一个二进制数据信号转换成3值电信号，并且把3值电信号转换成一个光学信号。

4.根据权利要求1所述的设备，其中所述低频叠加装置通过由所述低频信号改变驱动信号的中心电平把低频信号叠加到驱动信号上。

5.根据权利要求1所述的设备，其中所述低频叠加装置通过控制驱动信号的增益来叠加低频信号。

6.根据权利要求1所述的设备，其中所述低频叠加装置以把所述驱动信号的上和下包络线的相位重合的方式把低频信号叠加到驱动

信号上。

7.根据权利要求1所述的设备,其中所述低频叠加装置以只有所述驱动信号的上或下包络线改变的方式把低频信号叠加到驱动信号上。

8.根据权利要求1所述的设备,其中所述低频叠加装置以所述驱动信号的上和下包络线的幅值不同的方式把低频信号叠加到驱动信号上。

9.根据权利要求1所述的设备,其中所述低频叠加装置以所述驱动信号的上和下包络线的频率不同的方式把低频信号叠加到驱动信号上。

10.根据权利要求1所述的设备,其中所述低频叠加装置以所述驱动信号的上和下包络线的相位不同的方式把低频信号叠加到驱动信号上。

11.根据权利要求1所述的设备,进一步包括用来移动在所述光学调制器的电压-光学输出特性中的调制中使用的电压范围的工作点变换装置。

12.根据权利要求1所述的设备,进一步包括一个用来根据所述光学调制器的电压-光学输出特性把工作点复位到规定初始状态的复位开关。

13.根据权利要求1所述的设备,其中所述低频信号检测装置检测从光学调制器的光学波导管泄漏的光,并且由检测光检测低频分量。

14.根据权利要求2所述的设备,其中光学调制器带有一块插入在光学调制器每一侧的分支光学波导管的中部的半波板,并且能够调制任何偏振光。

15.一种通过具有在电压-光学输出特性的两个光发射极点或两个光熄灭极点之间的幅值的电气驱动信号来控制光学调制器的方法,该光学调制器具有一种其中光学输出相对于电气驱动信号的电压值周期性地变化的电压-光学输出特性,所述方法包括步骤:

把规定的低频信号叠加到驱动信号上；

根据包含在从所述光学调制器输出的光学信号中的低频信号分量，检测光学调制器的工作点漂移；及

根据对光学调制器的工作点漂移的依赖关系，控制光学调制器的工作点，其中进一步包括步骤：

把一种包括下述部件的光学调制器用作所述光学调制器：诸光学波导管，在光输入侧分支而在光输出侧合并；两个信号电极，用来把相位调制施加到两侧的分支光学波导管中的光学信号上；及两个驱动信号输入终端，用来把互补驱动信号输入到所述信号电极的相应电极上；及

产生两个具有在光学调制器的电压-光学输出特性的一个光发射极点与一个相邻光熄灭极点之间的幅值的互补驱动信号，及把互补驱动信号输入到所述信号电极的相应电极上。

16.根据权利要求 15 所述的方法，其中低频信号以所述驱动信号的上和下包络线的相位重合的方式叠加到驱动信号上。

17.根据权利要求 15 所述的方法，其中低频信号以只有所述驱动信号的上或下包络线改变的方式叠加到驱动信号上。

18.根据权利要求 15 所述的方法，其中低频信号以所述驱动信号的上和下包络线的幅值不同的方式叠加到驱动信号上。

19.根据权利要求 15 所述的方法，其中低频信号以所述驱动信号的上和下包络线的频率不同的方式叠加到驱动信号上。

20.根据权利要求 15 所述的方法，其中低频信号以所述驱动信号的上和下包络线的相位不同的方式叠加到驱动信号上。

光学调制设备和控制光学调制器的方法

技术领域

本发明涉及一种光学调制设备和一种控制光学调制器的方法。更具体地说，本发明涉及一种光学调制设备和一种控制光学调制器的方法，其中即使其光学输出周期性地相对于驱动电压变化的光学调制器的工作点，由于环境温度或老化而波动，也能以稳定的方式补偿操作点的波动。更具体地说，本发明涉及一种用在时分多路复用(TDM)或波分多路复用(WDM)光学传送系统中使用的光学传送机中稳定马赫策恩德光学调制器(称作MZ型光学调制器)的操作点的控制方法。

背景技术

最近几年可用信息量迅速增大，一直希望扩大光学通信系统的容量和延长距离。容纳 10 Gbps 传送速度的在线光学放大器系统现在正在投入实际使用。将来将需要更大的容量，并且在光学传送的 TDM 和 WDM 方面都在进行着研究和开发。

●直接调制

强度调制和直接检测(所谓的“直接调制”)是用于在光学通信系统中采用的电-光转换电路的最简单技术。根据这种技术，由数据信号的“0”和“1”直接接通或断开致动半导体激光器的电流，以控制激光束的发射和熄灭。然而当直接接通和断开激光器本身时，光信号由于半导体的性质而经历波长的波动(所谓的“啁啾声(chirping)”。数据的传送速度(位速率)越高，啁啾声的影响越大。其原因是光学纤维呈现出一种色散性质，其中传播速度对于不同的波长是变化的。当由直接调制引起啁啾声时，传播速度波动，波形在通过光学纤维传播期间失真，并且变得难以进行长距离传送和以高速度传送。

●外部调制

由于上述原因，外部调制用于 2.5 至 10 Gbps 的高传送速度。根据外部调制，一个激光二极管连续地发射光，并且通过数据的“1”和“0”使用一个外部调制器接通或断开发射的光。上述 MZ 型调制器主要用作外部调制器。图 32A 和 32B 是在描述 MZ 型调制器时有用的图，其中图 32A 是调制器构造的示意图，而图 32B 用来描述调制操作。

在图 32A 中所示的是一个在大于 1 Gbps 的速度下在长距离传送中使用的分布反馈半导体激光二极管(DFB-LD) 1、一个 MZ 型调制器 2 及光学纤维 3a、3b。MZ 型调制器 2 在 LiNbO_3 基片上包括：(1) 一个输入光学波导管 2a，形成在基片上，用来从激光二极管 1 引入光；(2) 分支光学波导管 2b、2c；(3) 一个输出光学波导管 2d，形成在基片上，用来输出调制光；(4) 两个信号电极 2e、2f，形成在基片上，用来把相位调制施加到分支光学波导管 2b、2c 中的光学信号上；及 (5) 一个信号输入终端 2g，形成基片上，用来把一个 NRZ 电气驱动信号输入到信号电极之一，即电极 2e。

如果施加到信号电极 2e、2f 上的电压由数据的“1”和“0”控制，则分支光学波导管 2b、2c 产生折射率的差，并且光学波导管中的光学信号的光波在他们之间产生相位差。例如，如果数据是“0”，则以这样一种方式进行控制，以致在两个光学波导管 2b、2c 中的光学信号的光波之间的相位差变成 180° ；如果数据是“1”，则以这样的方式进行控制，以致在两个光学波导管 2b、2c 中的光学信号的光波之间的相位差变成 0° 。如果采用这种装置，则在通过数据的“1”和“0”调制(接通和断开)时，叠加两个光学波导管 2b、2c 的光学信号将有可能输出输入光。

如图 32B 中所示，在其两个电极之间有电压差的 MZ 型光学调制器的光学输出特性，周期性地依据施加的电压而变化。点 A 代表光发射的极点，而点 B 代表熄灭的极点。电压在一个周期上的范围是 $2V\pi$ 。因此，当数据是“1”时，具有 $V\pi$ 幅值的电压被施加在信号电极 2e、2f 之间，由此发射光。当数据是“0”时，零电压被施加在信号

电极 2e、2f 之间，由此熄灭光。

上述 MZ 型光学调制器的便利之处在于，传送光呈现很小的啁啾声。然而，构成基片的 LiNbO_3 的温度变化、其上电场的延期施加及其老化，都伴随有基片本身的极化，电荷保持在基片的表面上，并且信号电极两端的偏置电压波动。因此，MZ 型光学调制器的电压-光学输出特性从图 33 中的理想曲线 a 向左和右即向曲线 b 和 c 波动。换句话说，MZ 型光学调制器的工作点随时间通过而漂移，由此通/断光级变化，并且引起代码之间的符号间干扰(参考图 33 中的输出眼图)。

•在 NRZ 调制中的偏置控制方法

因而，为了稳定工作点，常规实践是以这样的方式进行控制，从而如果曲线向右移动，则相应增大偏置电压，而如果曲线向左移动，则相应减小。更准确地说，已经提出了一种补偿方法(以下称作“自动偏电压控制”(ABC))，该方法包括把一个低频信号叠加到电气驱动信号上、检测操作点的偏移量和这种偏移的方向、及通过反馈控制偏置电压(见日本专利申请公开 No. 3-251815 的说明书)。图 34 表示用来稳定光学调制器的工作点的电路构造，该光学调制器实现补偿调制器工作点的当前可用方法，而图 35 是描述操作点稳定原理有用的图。

在图 34 中所示的是半导体激光二极管(DFB-LD) 1、MZ 型光学调制器(LN 光学调制器)2、光学纤维 3a、3b 及一个驱动电路 4。一个 NRZ 电信号(数据信号)输入到驱动电路 4，驱动电路 4 进而产生一个在 MZ 型光学调制器 2 的电压-光学输出特性(见图 32B)中具有在光发射的极点 A 与光熄灭的极点 B 之间的幅值($=V\pi$)的电气驱动信号 SD。一个低频振荡器 5 产生一个具有一个低频率 f_0 (例如 1KHz)的低频信号 SLF，一个低频叠加电路 6 把一个低频信号叠加到驱动信号 SD 上，一个光学分支单元 7 分支来自光学调制器 2 的光学信号，及一个诸如光电二极管之类的光接收器(PD)8 把由光学调制器 2 输出的光学信号转换成一个电信号。标号 9 指示一个放大器。一个相位比

较器 10 检测和输出在由光学调制器 2 输出的光学信号中包含的频率 f_0 的低频信号分量、与由低频振荡器 5 输出的低频信号之间的相位差 θ 。一个低通滤波器(LPF)11 整流相位比较器 10 的输出信号, 并且一个偏置电源电路 12 控制偏置电压, 该偏置电压以这样一种方式施加到一个信号电极上, 以致相位差 θ 将变成零。

低频叠加电路 6 使 MZ 型光学调制器 2 的驱动信号通过具有 f_0 低频的信号经受幅值调制, 光电二极管 8 把光学调制器 2 的输出光转换成一个电信号, 相位比较器 10 进行在驱动信号上施加的低频信号、与在光学信号中包含低频信号分量之间的相位比较, 及偏置电源电路 12 以这样一种方式控制施加到信号电极上的偏置电压, 从而相位差 θ 将变成零。

MZ 型光学调制器的最佳工作点是点 A 和 B(见图 35), 在点 A 和 B 处驱动信号 SD 的波形的两个级给出最大和最小输出光学功率。在 MZ 型光学调制器 2 的电压-光学输出特性没有波动的情况下, 即使把具有低频 f_0 的信号 SLF 施加到驱动信号 SD 上, 输出光的上和下包络线 ELU、ELL 也不包含 f_0 的分量, 并且两倍于 f_0 的频率分量也以理想状态出现(曲线 a)。

另一方面, 如果特性曲线以表明的方式从 a 到 b 向左或从 a 到 c 向右移动(如果工作点向左或向右移动), 则输出光的上和下包络线 ELU、ELL 都变成由相同相位调制的信号。这些信号包含 f_0 分量。另外, 在特性曲线 b 中输出光的上和下包络线 ELU、ELL 的相位, 与在特性曲线 c 中输出光的上和下包络线 ELU、ELL 的相位相反。

根据以上描述, 通过把叠加在驱动信号上的低频信号 SLF 的相位与包含在光学信号中的低频信号分量的相位相比较, 能检测其中工作点漂移的方向。能以这样一种方式控制偏置电压, 以致该相位差变成零。

●光学双二进制调制

在打算通过 TDM 增大容量的情况下, 一个因素是色散(GVD)支配着传送距离。色散允许偏差与数据传送速度(位速率)的平方成反

比。因此,在 10-Gbps 系统中是约 800 ps/nm 的色散允许偏差,就在 40-Gbps 系统中下降到该数值的约 1/16,即约 50 ps/nm。一种减少由色散引起的波形变坏的方法是光学双二进制调制。(例如,见 A.J. Price 等的“借助于改进色散允许偏差减小带宽光学数字强度调制 (Reduced bandwidth optical digital intensity modulation with improved chromatic dispersion tolerance)”,Electron. Lett., vol. 31, No. 1, pp 58 -59, 1995。)

与 NRZ 调制方案相比较,光学双二进制调制把光学信号频谱的带宽减小到约一半,由此它减小色散的影响。例如,尽管 10-Gbps NRZ 信号的光学信号频谱的带宽按照频率是 10 GHz,而按照波长是 0.2 nm,但 10-Gbps 双二进制信号的光学信号频谱的带宽按照频率是 5 GHz,而按照波长是 0.1 nm。因为光速依据波长而不同,所以光学信号频谱的带宽越大,光传播的速度变化量越大,并因此,由长距离传送造成的波形失真越大。因而,如果光学信号频谱的带宽能通过光学双二进制调制而变小,则能减小速度的波动量,并且能增大色散允许偏差。

图 36 表示依赖于光学双二进制调制的调制设备的构造,图 37A、37B 在描述光学双二进制调制时是有用的图,及图 39A、39B 是有关信号的波形图。

在图 36 中所示的是半导体激光二极管(DFB-LD) 1、和 MZ 型光学调制器 2, MZ 型光学调制器 2 带有两个用来把相位调制施加到两侧的光学波导管中的光学信号上的信号电极、和用来把互补驱动信号输入到信号电极的驱动信号输入终端。

一个预编码器 21 编码 40-Gbps 二进制 NRZ 电输入信号。一个 D 型触发器(D-FF)22 以 40-GHz 的时钟抽取和存储预编码器 21 的输出,并且输出一个非倒相信号 D 和一个倒相信号 *D。移相器 23a、23b 调节触发器 22 的输出相位,并且把这里的输出分别施加到幅值调节器 24a、24b 上。其输出分别施加到电气低通滤波器 25a、25b 上,滤波器 25a、25b 具有是四分之一位速率(=40 Gbps)的带宽。偏置调

节电路(偏置 T 形接头)以 26a、26b 表示, 而终端连接器以 27a、27b 表示。通过低通滤波器 25a、25b 使由预编码器 21 编码的二进制 NRZ 电输入信号成为具有倒相符号的 3 值电信号 S1 和 S2, 并且这些信号又通过偏置 T 形接头 26a、26b, 由此产生互补 3 值电气驱动信号(推挽信号) S1'、S2', 信号 S1'、S2' 施加到 MZ 型光学调制器 2 的两个对称信号电极的相应电极上。

在 MZ 型光学调制器 2 中, 接通和切断 CW 光必需的驱动幅值, 根据电压-光学输出特性一般是 $V\pi$ (见图 37B)。然而, 在光学双二进制调制中, 两个信号电极的每一个通过幅值 $V\pi$ 经受推挽调制。(这是其中把符号总是相反的电压施加到两个电极上的调制)。施加到光学调制器 2 上的电压是输入信号 S1' 与 S2' 之间的电压差($=S1'-S2'$)。换句话说, 在光学双二进制调制中, MZ 型光学调制器 2 由驱动幅值 $2V\pi$ 调制, 即由两倍于 $V\pi$ 的幅值调制。而且, 偏置电压(电信号的中心电压)以这样的方式设置, 从而在电压-光学输出特性曲线上的两个光发射极点 A、A 之间驱动光学调制器。

现在将描述光学双二进制调制的细节。

如图 38 所示, 预编码器 21 包括一个用来倒相一个输入信号 a_n 的非门 21a、一个 1 位(25 ps)延迟门 21b、及一个用来输出通过在上个输出 c_{n-1} 与当前倒相的输入 b_n 之间采取异得到的一个信号 c_n 的异门 21。如果参照倒相信号 b_n 、异门的上个输出信号 c_{n-1} 及异门的当前输出信号 c_n 的真值表, 则我们有如下结果:

- (1) 如果 $b_n = "0"$ 保持, 则 $c_n = c_{n-1}$ (符号不变); 及
- (2) 如果 $b_n = "1"$ 保持, 则 $c_n = 1 - c_{n-1}$ (符号颠倒)。

低通滤波器 25a 具有仅是位速率四分之一的带宽, 即 10 GHz。考虑输入信号 c_n 的两个连续位。如果输入数据在高速下以“0、1”或“1、0”的方式变化, 则低通滤波器 25a 不能跟随这种变化, 并且输出是 0 与 1 级中间的级 0.5。如果输入数据是两个连续的“1”, 即“1、1”, 则低通滤波器 25a 输出级 1.0; 如果输入数据是两个连续的“0”, 即“0、0”, 则低通滤波器 25a 输出级 0.0。更准确地说, 低通滤波器

25a:

(3)在预编码器的输出 c_n 是连续的“0”(“00”: 符号不变)的情况下, 输出 0.0 级;

(4)在预编码器的输出 c_n 是连续的“1”(“11”: 符号不变)的情况下, 输出 1.0 级; 及

(5)在预编码器的输出 c_n 的符号反向(“01”或“10”)的情况下, 输出 0.5 级。

以上从(1)至(5), 如果预编码器输出的符号变化, 则低通滤波器 25a 的输出变化。就是说, 如果输入数据 a_n 是“1”, 则低通滤波器 25a 输出 0.0 或+1.0 级作为输出 d_n , 而如果输入数据 a_n 是“0”, 则输出 +0.5 级作为输出 d_n 。类似地, 如果输入数据 a_n 是“1”, 则低通滤波器 25b 输出 0.0 或-1.0 级作为输出 $*d_n$, 而如果输入数据 a_n 是“0”, 则输出 -0.5 级作为输出 $*d_n$ 。因而, 如果级 ± 1.0 是 $\pm V\pi$, 并且级 ± 0.5 是 $\pm V\pi/2$, 那么当输入数据 a_n 是“1”时, MZ 型光学调制器 2 的信号电极两端的输入是 $2V\pi$ 或 0, 而当输入数据 a_n 是“0”时, MZ 型光学调制器 2 的信号电极两端的输入是 $V\pi$ 。作为结果, 参照图 37B,

(1)如果输入数据 a_n 是“1”, 这时 MZ 型光学调制器 2 的信号电极两端的输入值是 $2V\pi$ 或 0, 则输出“1”(发射光); 及

(2)如果输入数据 a_n 是“0”, 这时 MZ 型光学调制器 2 的信号电极两端的输入值是 $V\pi$, 则输出“0”(熄灭光)。

因而, 来自低通滤波器 25a、25b 的输出信号 S1、S2 的波形如图 39A 中所示, 并且来自 MZ 型光学调制器 2 的光学信号输出 S3 成为如图 39B 中所示。

光学双二进制调制方法的特性化特征在于, 光学信号频谱的带宽近似是用上述常规 NRZ 调制方法得到的带宽的一半。这使得有可能减小色散的影响。

而且, 按照光学双二进制调制, 在 WDM 方案中能以较高密度处理通道。在目的是通过 WDM 技术扩大容量的情况下, 光学放大器能放大的波长的带宽是限制因素。然而, 如果使用光学双二进制调

制，则能利用该方法为光学信号频谱提供窄带宽的事实，并且在光放大器的放大带宽内能以较高密度处理通道。

而且，在光学双二进制调制中，因为推挽驱动而能减小啁啾声。当光学调制器的施加电压增大和减小时，啁啾声出现并且其方向颠倒。然而，就光学双二进制调制而论，电极由互补电信号驱动。因此，当施加电压在一个电极处增大时，在另一个处减小，而施加电压在一个电极处减小时，在另一个处增大。由于输出光学信号的光学相位是在两个电极处产生的光学相位之和，所以通过抵消减小啁啾声。

MZ 型光学调制器一个优点在于发射光经历很小啁啾声的事实，如上所述。然而，构成基片的 LiNbO_3 温度的变化及其老化，伴随有电压-光学输出特性的工作点的暂时漂移。

为此，必须依据工作点的漂移控制偏置电压，正如在 NRZ 调制方案中、以及光学双二进制调制中那样。然而，当把 NRZ 调制的工作点补偿技术直接应用于光学双二进制调制时，产生下面描述的问题。图 40 在描述把 NRZ 调制的工作点补偿技术直接应用于光学双二进制调制的情形时是有用的。

就光学双二进制调制而论，使驱动电压是在 NRZ 调制中使用的两倍。如果电压-光学输出特性从理想特性 a 向左或右即向 b 或 c 移动，则与经受低频调制的调制器的电气驱动信号的接通侧和断开侧部分 EU 和 EL 相对应的光学信号的包络线 ELU、ELL，具有彼此相反的相位且相互抵消，使得不可能检测低频率 f_0 的信号分量。因此，产生的问题是，在常规 NRZ 调制方法中采用的 ABC 控制方法不能应用于包括光学双二进制调制的调制方案，其中在电压-光学输出特性两个光发射极点之间、或两个光熄灭极点之间驱动一个光学调制器。

另一个问题是，常规 ABC 控制方法仅假定使用为一侧上的电极驱动配置的 MZ 型光学调制器。这意味着，在光学双二进制调制、NRZ 调制及 RZ 调制中使用为两侧上驱动电极配置的光学调制器的

情况下，也必须考虑工作点的设置。

发明内容

因而，本发明的一个目的在于，使得有可能补偿伴有光学调制设备的电压-光学输出特性变化的工作点的漂移，在该光学调制设备中，一个光学调制器由电压-光学输出特性的两个光发射极点或两个光熄灭极点之间的幅值驱动。

本发明的另一个目的在于如此布置调节器，从而，即使在光学双二进制调制、NRZ 调制及 RZ 调制中使用为两侧上驱动电极配置的光学调制器的情况下，光学调制器的电压-光学输出特性变化，也能控制工作点以呈现适当位置。

根据本发明，提供了一种光学调制设备，包括：一个光学调制器，带有其中光学输出相对于电气驱动信号的电压值周期性地变化的电压-光学输出特性；和一个驱动信号发生器，用来产生一个按照电压-光学输出特性的两个光发射极点或两个光熄灭极点之间的幅值来驱动光学调制器的电气驱动信号，所述设备包括：一个低频振荡器，用来产生规定的低频信号；低频叠加装置，用来把规定低频信号叠加到驱动信号上；低频信号检测装置，用来根据包含在从所述光学调制器输出的光学信号中的低频信号分量，检测光学调制器的工作点漂移；及工作点控制装置，用来根据对光学调制器的工作点漂移的依赖关系来控制光学调制器的工作点。

根据本发明，提供了一种通过具有在电压-光学输出特性的两个光发射极点或两个光熄灭极点之间的幅值的电气驱动信号来控制光学调制器的方法，该光学调制器具有一种其中光学输出相对于电气驱动信号的电压值周期性地变化的电压-光学输出特性，所述方法包括步骤：把规定的低频信号叠加到驱动信号上；根据包含在从所述光学调制器输出的光学信号中的低频信号分量，检测光学调制器的工作点漂移；及根据对光学调制器的工作点漂移的依赖关系，控制光学调制器的工作点，其中进一步包括步骤：把一种包括下述部件的光学调制器用作所述光学调制器：诸光学波导管，在光输入侧分

支而在光输出侧合并；两个信号电极，用来把相位调制施加到两侧的分支光学波导管中的光学信号上；及两个驱动信号输入终端，用来把互补驱动信号输入到所述信号电极的相应电极上；及产生两个具有在光学调制器的电压-光学输出特性的一个光发射极点与一个相邻光熄灭极点之间的幅值的互补驱动信号，及把互补驱动信号输入到所述信号电极的相应电极上。

根据本发明的第一方面，当一个具有其中光学输出相对于电气驱动信号的电压值周期地变化的电压-光学输出特性的光学调制器，由具有在电压-光学输出特性的两个光发射极点或两个光熄灭极点之间的幅值($=2V\pi$)的电气驱动信号驱动时，(1)把一个规定的低频信号叠加在该驱动信号上，(2)根据包含在由光学调制器输出的光学信号中的低频信号分量，检测光学调制器的工作点漂移，及(3)依据工作点漂移控制光学调制器的工作点(NRZ调制、RZ调制)。

根据本发明的第二方面，产生具有在光学调制器的电压-光学输出特性的一个光发射极点与一个相邻光熄灭极点之间的幅值的两个互补驱动信号，把一个低频信号叠加在这些互补驱动信号的至少一个上，及把驱动信号输入到信号电极以驱动在光学调制器两侧的电极(光学双二进制调制)。

在本发明的第一和第二方面，该光学调制器是一种光学调制器，例如 MZ 型光学调制器，带有：光学波导管，在光输入侧分支而在光输出侧合并；两个信号电极，用来把相位调制施加到两侧的分支光学波导管中的光学信号上；及两个驱动信号输入终端，用来把互补驱动信号输入到信号电极的相应电极上。

而且，在本发明的第一和第二方面，把一个低频信号叠加在一个驱动信号上的例子是：

(1)把低频信号以这样一种方式叠加在驱动信号上，从而使驱动信号的上和下包络线重合；

(2)把低频信号以这样一种方式叠加在驱动信号上，从而使驱动信号的上和下包络线变化；

(3)把低频信号以这样一种方式叠加在驱动信号上,从而使驱动信号的上和下包络线的幅值不同;

(4)把低频信号以这样一种方式叠加在驱动信号上,从而使驱动信号的上和下包络线的频率不同;和

(5)把低频信号以这样一种方式叠加在驱动信号上,从而使驱动信号的上和下包络线的相位不同。

按照上述本发明的第一和第二方面,根据由光学调制器输出的一个光学信号,能检测一个低频信号分量,并且通过一种简单装置,能补偿伴随光学调制器的电压-光学输出特性波动的工作点漂移。而且,按照本发明第二方面的光学双二进制调制,能减小色散的影响,并且通过推挽驱动能减小啁啾声。

根据本发明的第三方面,一个光学调制器具有:一些光学波导管,在光输入侧分支而在光输出侧合并;两个信号电极,用来把相位调制施加到两侧的光学波导管中的光学信号上;两个驱动信号输入终端,用来把互补驱动信号输入到信号电极的相应电极上;及一种周期变化的电压-光学输出特性,该光学调制器由具有在电压-光学输出特性的一个光发射极点与一个相邻光熄灭极点之间的幅值($=V\pi$)的驱动信号驱动。这时,(1)产生其幅值是幅值($=V\pi$)的一半的互补驱动信号,(2)把一个规定的低频信号叠加在互补驱动信号的一个上,及(3)根据包含在由光学调制器输出的光学信号中的低频信号分量,检测光学调制器的工作点漂移,并且依据工作点漂移控制光学调制器的工作点。

本发明的第三方面是这样的,从而当光学调制器由具有在电压-光学输出特性的光发射极点与相邻光熄灭极点之间的幅值 $V\pi$ 的驱动信号驱动时,产生两个幅值为 $V\pi/2$ 的互补驱动信号,并且光学调制器通过这些互补驱动信号经受推挽驱动。结果,能减小啁啾声。况且,根据由光学调制器输出的光学信号能可靠地检测低频信号分量,由此使得有可能补偿工作点的漂移。

按照第一至第三发明方面,如上所述,根据由光学调制器输出的

光学信号通过一种简单装置，能可靠地检测低频信号分量，由此使得有可能补偿伴随光学调制器的电压-光学输出特性变化的工作点漂移，即使在光学双二进制调制、NRZ 调制及 RZ 调制中使用为两侧上驱动配置的光学调制器的情况下，也是如此。

附图说明

由结合附图进行的如下描述，将明白本发明的其他特征和优点。

图 1 是根据本发明表示一种光学调制器所依赖的原理的图；

图 2 是在根据本发明描述第一方法所依赖的原理时有用的图（相同相位低频调制施加到电气驱动信号的接通和断开侧）；

图 3 是在根据本发明描述第二方法所依赖的原理时有用的图（低频调制仅施加到电气驱动信号的接通侧）；

图 4 是在根据本发明描述第三方法所依赖的原理时有用的图（不同幅值的低频调制施加到电气驱动信号的接通和断开侧）；

图 5 是在根据本发明描述第四方法所依赖的原理时有用的图（不同频率的低频调制施加到电气驱动信号的接通和断开侧）；

图 6 是在描述根据本发明第五方法所依赖的原理时有用的图（不同相位的低频调制施加到电气驱动信号的接通和断开侧）；

图 7 是根据第一实施例表示一种光学调制设备的构造的图；

图 8 是与图 7 有关的信号的波形图；

图 9 是根据第一实施例的光学调制设备的第一种改进；

图 10 是与图 9 有关的信号的波形图；

图 11 是根据第一实施例的光学调制设备的第二种改进；

图 12 是与图 11 有关的信号的波形图；

图 13 是根据第二实施例表示一种光学调制设备的构造的图；

图 14 是与图 13 有关的信号的波形图；

图 15 是根据第二实施例的光学调制设备的一种改进；

图 16 是与图 15 有关的信号的波形图；

图 17 是根据第三实施例表示一种光学调制设备的构造的图；

图 18 是与图 17 有关的信号的波形图；

- 图 19 是根据第四实施例的光学调制设备的构造的图；
图 20 是与图 19 有关的信号的波形图；
图 21 是根据第五实施例的光学调制设备的构造的图；
图 22 是与图 21 有关的信号的波形图；
图 23 是根据第六实施例的光学调制设备的构造的图；
图 24 是与图 23 有关的信号的波形图；
图 25 是根据第七实施例的光学调制设备的构造的图；
图 26 是根据第八实施例的光学调制设备的构造的图；
图 27 是与图 26 有关的信号的波形图；
图 28A 和 28B 是在描述调制器一个偏置点的切换时有用的图；
图 29 是根据第九实施例的光学调制设备的构造的图；
图 30A 和 30B 是在描述一个光接收器包含在基片中的情况时有用的图；
图 31 是表示能够调制任何偏振光波的一种光学调制器的构造的图；
图 32A 和 32B 是用来描述马赫策恩德光学调制器的图；
图 33 是在描述由光学调制器的工作点漂移引起的问题时有用的图；
图 34 是表示用来在 NRZ 调制中稳定光学调制器的工作点的一种电路构造的图；
图 35 是表示用来在 NRZ 调制中稳定光学调制器的工作点的电路所依赖的原理的图；
图 36 是表示使用光学双二进制调制的调制器构造的例子的图；
图 37A 和 37B 是用来描述光学双二进制调制的原理的图；
图 38 是用来描述光学双二进制调制的原理的另一张图；
图 39A 和 39B 是表示与光学双二进制调制器有关的信号的波形图；
图 40 是在描述把类似于 NRZ 调制的技术应用于光学双二进制调制的情况的图。

具体实施方式

(A)发明概述

(a)基本构造

图 1 是根据本发明表示一种第一光学调制设备的基本构造的图。表示在图 1 中的是：一个半导体激光器(DFB-LD) 51；一个光学调制器(例如 MZ 型光学调制器)52，其电压-光学输出特性周期地变化；一个驱动信号发生器 53，用来按照电压-光学输出特性的两个光发射极点 A、A 或两个光熄灭极点 B、B 之间的幅值 $2 \cdot V\pi$ 产生驱动光学调制器的电气驱动信号 SD、SD'；一个低频振荡器 54，用来产生规定的低频信号；一个低频叠加单元 55，用来把低频信号叠加到驱动信号 SD 上；一个光学分支单元 56，用来分支由光学调制器 52 输出的光学信号；一个低频信号检测器 57，用来检测包含在由光学调制器输出的光学信号中的低频信号分量、和根据低频信号分量检测光学调制器的工作点漂移；及一个工作点控制单元 58，用来依据光学调制器的工作点漂移方向，通过控制光学调制器的偏置电压来控制工作点的位置。

当光学调制器 52 由具有幅值 $2 \cdot V\pi$ 的电信号驱动时，低频叠加单元 55 把一个低频信号 SLF 叠加到由驱动信号发生器 53 输出的电气驱动信号 SD 上。低频信号检测器 57 检测包含在由光学调制器 52 输出的光学信号中的低频信号分量，并且工作点控制单元 58 根据这个检测的低频信号分量，识别工作点漂移的方向，且控制光学调制器 52 的偏置电压。更准确地说，工作点控制单元 58 以这样一种方式控制工作点，从而使施加到调制器上的电气驱动信号(调制器电压驱动电压信号)的中心级与特性曲线的熄灭极点 B 的级重合，并且使在电气驱动信号两侧上的级与特性曲线的光发射极点 A、A 重合。

(b)叠加低频信号的方法

把低频信号叠加到驱动信号上的方法如下：

(1)第一种方法(图 2)，把低频信号 SLF 以这样一种方式叠加到驱动信号 SD 上，从而调制器驱动电压信号(调制器的输入电气驱动信

号)的上和下包络线 EU、EL 的相位将重合;

(2)第二种方法(图 3),把低频信号 SLF 以这样一种方式叠加到驱动信号 SD 上,从而仅改变调制器驱动电压信号的上包络线 EU 或下包络线 EL;

(3)第三种方法(图 4),把低频信号 SLF 以这样一种方式叠加到驱动信号 SD 上,从而调制器驱动电压信号的上和下包络线 EU 和 EL 的幅值将不同;

(4)第四种方法(图 5),把低频信号 SLF 以这样一种方式叠加到驱动信号 SD 上,从而调制器驱动电压信号的上和下包络线 EU 和 EL 的频率将不同;及

(5)第五种方法(图 6),把低频信号 SLF 以这样一种方式叠加到驱动信号 SD 上,从而调制器驱动电压信号的上和下包络线 EU 和 EL 的相位将不同。

如图 2 中所示,第一方法是一种以这样的方式进行调制的方法,从而分别与调制器驱动电压信号的接通和断开侧相对应的包络线 EU 和 EL 具有相同的相位。MZ 型光学调制器 52 的最佳工作点是,在其处调制器驱动电压信号的波形的两个级给出最大输出光学功率的点 A、A、及在其处中间级给出最小输出光学功率的点 B。在 MZ 型光学调制器 52 的电压-光学输出特性没有波动的情况下,即使把具有低频率 f_0 的信号 SLF 加在调制器驱动电压信号上,输出光的上和下包络线 ELU、ELL 也不包含 f_0 分量,并且两倍于 f_0 的频率分量以理想状态出现(曲线 a)。

另一方面,如果特性曲线从 a 向左或右移动,如由 b、c 指示的那样(如果工作点向左或右移动),则输出光的上和下包络线 ELU、ELL 将包含 f_0 分量。在这种情况下,使分别在调制器驱动电压信号的接通和断开侧上的包络线 EU 和 EL 在相位上相同,由此使光学信号的包络线 ELU、ELL 在相位上相同,这不象图 40 中表明的情形。结果, f_0 分量没有抵消掉,并且能可靠地检测。况且,根据特性曲线移动的方向颠倒输出光包络线 ELU、ELL 的相位。这意味着,即使

调制器的电压-光学输出特性从理想曲线 a 向曲线 b 或 c 而向左或右移动, 即, 即使工作点离开最佳工作点, 也能检测叠加的低频率 f_0 的信号分量。而且, 由于根据工作点漂移的方向, f_0 分量信号的相位相差 180° , 所以通过把该相位与叠加在电气驱动信号 SD 上的低频信号 SLF 的相位相比较, 能检测工作点漂移的方向。

如图 3 中所示, 第二方法是一种仅在接通侧上(或在断开侧上)进行低频调制的方法。第二方法是这样的: 如果特性曲线从 a 向左或右移动, 如由 b、c 指示的那样, 则只有输出光的上侧包络线 ELU 将包含 f_0 分量。结果, 能可靠地检测低频信号分量。况且, 还根据移动方向颠倒输出光包络线 ELU 的相位。这意味着, 即使调制器的电压-光学输出特性从理想曲线 a 向曲线 b 或 c 而向左或右移动, 即, 即使工作点离开最佳工作点, 也能检测叠加的低频率 f_0 的信号分量。而且, 由于根据工作点漂移的方向, f_0 分量信号的相位相差 180° , 所以通过把该相位与叠加在电气驱动信号 SD 上的低频信号 SLF 的相位相比较, 能检测工作点漂移的方向。

如图 4 中所示, 第三方法是一种以这样的方式进行幅值调制的方法, 从而与调制器驱动电压信号的接通和断开侧相对应的包络线 EU 和 EL 具有不同的幅值。如果电压-光学输出特性曲线从 a 向左或右移动, 如由 b、c 指示的那样, 则输出光的上和下包络线 ELU、ELL 将包含 f_0 分量。在这种情况下, 分别在调制器驱动电压信号的接通和断开侧上的包络线 EU 和 EL 在相位上相反, 并因此而使光学信号包络线 ELU、ELL 的相位在相位上相反。然而, 由于包络线 EU、EL 的幅值不同, 所以通过组合光学信号的包络线 ELU、ELL 得到的信号不是零, 并且能可靠地检测 f_0 分量。况且, 还根据移动的方向颠倒通过组合输出信号的包络线 ELU、ELL 得到的信号的相位。这意味着, 即使调制器的电压-光学输出特性从理想曲线 a 向曲线 b 或 c 而向左或右移动, 即, 即使工作点离开最佳工作点, 也能检测叠加的低频率 f_0 的信号分量。而且, 由于根据工作点漂移的方向, f_0 分量信号的相位相差 180° , 所以通过把该相位与叠加在电气驱动信号 SD

上的低频信号 SLF 的相位相比较，能检测工作点漂移的方向。

如图 5 中所示，第四方法是一种得到与调制器驱动电压信号的接通和断开侧相对应的包络线 EU 和 EL 的低频调制的不同频率 f_1 、 f_2 的方法。如果电压-光学输出特性曲线从 a 向左或右移动，如由 b、c 指示的那样，则输出光的上和下包络线 ELU、ELL 将分别包含 f_1 、 f_2 分量。结果，能可靠地检测这些信号分量。况且，还根据工作点移动的方向颠倒输出光的包络线 ELU、ELL 的相位。这意味着，即使调制器的电压-光学输出特性从理想曲线 a 向曲线 b 或 c 而向左或右移动，也能由调制器的输出光检测叠加的频率 f_1 、 f_2 的信号分量。而且，由于根据工作点漂移的方向，频率 f_1 、 f_2 的信号分量的相位相差 180° ，所以能检测到该方向。

如图 6 中所示，第五方法是一种得到与调制器驱动电压信号的接通和断开侧相对应的包络线 EU 和 EL 的低频调制的不同相位的方法。如果电压-光学输出特性曲线从 a 向左或右移动，如由 b、c 指示的那样，则输出光的上和下包络线 ELU、ELL 将包含 f_0 分量。在这种情况下，在调制器驱动电压信号的接通和断开侧上的包络线 EU 和 EL 的相位偏移 θ ，并因此而使通过组合光学信号的包络线 ELU、ELL 得到的信号不是零，并且能可靠地检测 f_0 分量。况且，还根据移动的方向颠倒通过组合输出光的包络线 ELU、ELL 得到的信号的相位。这意味着，即使调制器的电压-光学输出特性从理想曲线 a 向曲线 b 或 c 而向左或右移动，也能检测叠加的低频率 f_0 的信号分量。而且，由于根据工作点漂移的方向，颠倒 f_0 分量信号的相位，所以能检测到该方向。

(c)为两侧的电极驱动而配置的光学调制器

以上没有限定光学调制器。用作光学调制器 52 的是一种为两侧的电极驱动配置的 LN 光学调制器(MZ 型光学调制器)，具有：(1)光学波导管 52a、52b，形成在 LiNbO_3 基片上，并且在光输入侧分支而在光输出侧合并；(2)两个信号电极 52c、52d，用来把相位调制施加到两侧的分支光学波导管中的光学信号上；(3)两个驱动信号输入终

端 52e、52f, 用来把互补驱动信号输入到信号电极的相应电极; 及(4) 一个偏置电压输入终端 52g。

在利用这样一种在其两侧带有驱动电极的光学调制器的情况下, 驱动信号发生器 53 产生两个具有在光学调制器的电压-光学输出特性的一个光发射极点 A 与一个相邻光熄灭极点 B 之间的幅值 $V\pi$ 的互补驱动信号(推挽驱动信号)SD、SD', 并且低频叠加单元 55 把低频信号 SLF 叠加在电气驱动信号的至少一个上, 即驱动信号 SD 上, 且把生成信号输入到信号电极 52c。另一个驱动信号 SD' 被输入到信号电极 52d。因而, 驱动调制器的两侧。应该注意, 在 NRZ 调制和 RZ 调制等中使用调制器两侧驱动的光学调制器的情况下, 也能应用上述的低频信号叠加方法。

(B) 实施例

(a) 第一实施例

图 7 是根据第一实施例表示一种光学调制设备的构造的图。这是一个例子, 其中为两侧驱动(即调制器在两侧带有驱动电极)配置的 LN 光学调制器(MZ 型光学调制器)被用作光学调制器, 并且以这样一种方式实现低频调制, 从而使分别在施加到光学调制器的调制器电压驱动信号的接通侧和断开侧上的包络线具有相同的相位(见表示本发明第一方法所依赖的原理的图 2)。图 8 是与图 7 有关的信号的波形图。

表示在图 7 中的是半导体激光器(DFB-LD)51、和其电压-光学输出特性周期地变化的 MZ 型光学调制器 52。光学调制器 52 包括: 一些光学波导管 52a、52b, 形成在 LiNbO_3 基片上, 并且在光输入侧分支而在光输出侧合并; 两个信号电极 52c、52d, 用来把相位调施加到两侧的分支光学波导管中的光学信号上; 两个驱动信号输入终端 52e、52f, 用来把互补驱动信号输入到信号电极的相应电极; 及偏置电压输入终端 52g、52f, 用来把偏置电压输入到信号电极。

该装置进一步包括驱动信号发生器 53, 驱动信号发生器 53 产生两个具有在光学调制器 52 的电压-光学输出特性(见图 1)的光发射极

点 A 与相邻光熄灭极点 B 之间的幅值 $V\pi$ 的互补驱动信号(推挽驱动信号)SD、SD'。与图 36 从预编码器 21 至低通滤波器 25a、25b 的电路相对应的驱动信号发生器 53, 把二进制输入数据转换成 3 值推挽驱动信号 SD、SD', 并且输出这些信号。驱动信号 SD 是一个 3 值信号, 即如果输入数据是“1”, 则信号具有 $V\pi$ 或 0 级, 而如果输入数据是“0”, 则具有 $V\pi/2$ 级。驱动信号 SD' 是一个 3 值信号, 即如果输入数据是“1”则具有 $-V\pi$ 或 0 级, 而如果输入数据是“0”, 则具有 $-V\pi/2$ 级。

该装置进一步包括: 低频振荡器 54, 用来产生规定的例如频率 f_0 为 1 KHz 的低频信号 SLF; 和低频叠加单元 55, 由用来通过低频信号的一个线圈 L、和一个用来切断直流的电容器 C1 组成, 用于把低频信号叠加到一个驱动信号上, 即驱动信号 SD 上。低频叠加单元 55 使用一个偏置 T 形接头, 以通过在光学调制器 52 输入侧处频率为 f_0 的低频信号来改变驱动信号 SD 的中心电压。光学分支单元 56 分支由 MZ 型光学调制器 52 输出的光学信号。一个诸如光电二极管之类的光接收器 57a 把分支的光转换成一个电信号, 一个放大电路 57b 放大光电二极管 57a 的输出, 一个向其输入由低频振荡器 54 输出的低频信号 SLF、和与光电二极管输出相一致的一个电信号的相位比较器 57c, 通过相位比较检测包含在光电二极管输出中的低频信号分量, 并且输出检测的低频信号分量作为指示调制器工作点漂移的信号, 及一个低通滤波器 57d 滤平相位比较器的输出。光电二极管 57a、放大电路 57b、相位比较器 57c 及低通滤波器 57d 构成图 1 的、检测光学调制器工作点漂移的低频信号检测器 57。为了提高相位比较器的精度, 可在放大电路 57b 的输出侧插入一个用于频率 f_0 的带通滤波器。

由一个偏置 T 形接头 58a、和一个 50- Ω 终端连接器 58b 构成的偏置电源电路(工作点控制单元)58, 根据光学调制器工作点漂移的方向, 通过控制施加到信号电极 52a 上的偏置电压 V_{b1} 来控制工作点的位置。偏置 T 形接头 58a 带有一个用来把偏置电压 V_{b1} 供应给光

学调制器的信号电极 52a 的线圈 L、和一个用来把来自调制器的高频信号输入到终端连接器 58b 的电容器 C。一个由一个线圈 L 和一个电容器 C 组成的偏置 T 形接头 59, 把偏置电压 V_{b2} 供应给光学调制器的另一个信号电极 52b。一个终端连接器 60 连接到偏置 T 形接头 59 上。驱动电路 61、62 把由驱动信号发生器 53 输出的驱动信号 SD、SD' 输入到光学调制器 52 的相应信号电极, 由此驱动调制器。

在第一实施例中, 施加到光学调制器 52 上的调制器驱动电压信号的幅值是 $2 \cdot V\pi$ (在电压-光学输出特性的两个光发射极点 A、A 之间的电压)。结果, 调制器进行推挽调制, 其中由驱动电路 61、62 输出的相互颠倒的幅值 $V\pi$ 的驱动信号[见图 8 的(a)和(d)], 被输入到光学调制器 52。光学调制信号的啁啾声通过这种推挽调制成为零, 并且能减小传送波形的退化。

沿光学调制器 52 的电压-光学输出特性(图 1)的水平轴画出的电压, 不是两个电极电位的绝对值, 而是这些电极之间的电位差。与驱动电路 62 相对应的偏置电压 V_{b2} 因此使用偏置 T 形接头 59 固定在零处(或在另一个恒定电压处)。根据工作点漂移仅控制与驱动电路 61 相对应的偏置电压 V_{b1} 。而且, 使用低频信号 SLF 进行低频幅值调制, 低频信号 SLF 由低频振荡器 54 输出, 由低频叠加单元 55 仅叠加在来自驱动电路 61 的驱动信号上。

电容 C1、C2 和 C3 在指示的位置处中断施加到光学调制器信号电极上的偏置电压。要求电容 C3 有足够大的值, 以便能够通过低频信号 SLF。

来自低频叠加单元 55 和驱动电路 62 的输出信号的中心, 与光学调制器 52a、52b 的偏置电压 V_{b1} 、 $V_{b2}(=0 \text{ V})$ 一致, 并因此信号波形成为图 8 的(c)和(e)中所示的那样。结果, 施加到光学调制器 52 上的调制器驱动电压信号具有幅值 $2 \cdot V\pi$ [由图 8 中的(c)-(e)所示], 幅值 $2 \cdot V\pi$ 对应于跨过两个电极的电位差, 以及在接通和断开侧上、由低频率 f_0 调制及具有相同相位的包络线 EU、EL。

如果光学调制器 52 的工作点移开最佳值, 则在由光学调制器 52

输出的光学信号中产生具有与漂移方向一致的低频信号分量。因此，从这点向前，在会抵消这个低频分量的方向上控制光学调制器的偏置电压 V_{b1} 。更准确地说，光学分支单元 56 分支从光学调制器 52 输出的光学信号部分，光电二极管 57a 把这个光学信号转换成一个电信号，及放大电路 57b 在把信号放大到要求幅值时，把电信号输入到相位比较器 57c。在其上输入由低频振荡器 54 输出的低频信号 SLF、和与光电二极管输出一一致的电信号的相位比较器 57c，通过相位比较从光电二极管输出中抽取低频信号，并且把抽取的低频信号输入到偏置电源电路 58。后者在这样一种使光电二极管输出中的低频信号分量变到零的方向上，控制偏置电压 V_{b1} 。

图 7 表明一种其中低频仅叠加在驱动电路 61 上的方法。然而，也可能使来自两个驱动电路 61、62 的驱动信号在彼此相反的相位下同时经受类似的低频幅值调制。在这样一种情况下，在图 8 中(c)-(e)指示的调制器驱动电压信号的低频调制幅值将加倍。

图 9 根据第一实施例表明光学调制设备的第一种改进。与图 7 中所示那些相同的元件用类似参考字符指示。在第一实施例中，驱动信号 SD 的中心电压由光学调制器 52 输入侧处的频率 f_0 的低频信号改变。然而，在这种改进中，输入到信号电极 52c 的偏置电压能由频率 f_0 的低频信号改变。图 9 的改进在如下方面不同于第一实施例：

(1)低频振荡器 54 的输出终端和偏置电源电路 58 的输出终端连接，以通过频率 f_0 的低频信号改变偏置电压 V_{b1} 。

(2)其幅值由低频改变的偏置电压 V_{b1} ，经低频叠加单元 55 输入到光学调制器 52 的信号电极 52c。电容 C1、C2 和 C3 在指示的位置处中断施加到光学调制器信号电极上的偏置电压，由此防止这些电压输入到驱动电路和低频振荡器。

与图 9 的布置有关的信号波形与第一实施例的那些相同，如图 10 中所示。就是说，施加到光学调制器 52 上的调制器驱动电压信号 [见图 10 中的(c)-(e)]具有幅值 $2 \cdot V_{\pi}$ ，以及在接通和断开侧上的包络线 EU、EL 都由低频率 f_0 调制，且具有相同相位。工作点的以后控

制与第一实施例中相同。

图 11 根据第一实施例表明光学调制设备的第二种改进。与图 7 中所示那些相同的元件用类似参考字符指示。在第一实施例和第一种改进中,施加调制信号的光学调制器 52 的信号电极与施加中心电压的偏置电极共用。然而,这些电极能提供成用于驱动信号和用于偏置电压的独立电极。把这些电极提供成独立电极,使得有可能消除用来中断偏置电压的电容 C1、C2。

图 11 的改进在如下方面不同于第一实施例:

(1)低频振荡器 54 的输出终端和偏置电源电路 58 的输出终端连接,以通过频率 f_0 的低频信号改变偏置电压 V_{b1} 。

(2)电极 52c 被分离成分别用于驱动信号和偏置电压的电极 52c₁、52c₂,而电极 52d 被分离成分别用于驱动信号和偏置电压的电极 52d₁、52d₂。

(3)由驱动电路 61、62 输出的驱动信号分别输入到信号电极 52c₁、52d₁。

(4)其幅值由低频信号改变的偏置电压 V_{b1} ,经低频叠加单元 55 输入到光学调制器 52 的偏置电压电极 52c₂,并且偏置电压 $V_{b2}(=0)$ 输入到偏置电压电极 52d₂。

(5)删去电容 C1 和 C2。

由低频叠加单元 55 输出的偏置电压具有在其上叠加低频信号的波形,如图 8 中(c)处所示。作为分别提供用于驱动信号的电极和用于偏置电压的电极的结果,在图 12 中(a)+(c)-(d)处指示的调制器驱动电压信号进入光学调制器 52。调制器驱动电压信号拥有具有幅值 $2 \cdot V_{\pi}$ 的波形,以及在接通和断开侧上的包络线 EU、EL 由低频率 f_0 调制,且具有相同相位。

在图 11 中,在第一种改进(图 9)的布置中的电极分离成用于驱动信号的电极和用于偏置电压的电极。然而,在图 7 中所示第一实施例的布置中的电极也能分离成用于驱动信号的电极和用于偏置电压的电极。

(b)第二实施例

图 13 是根据第二实施例表示光学调制设备的构造的图，而图 14 表示有关的信号波形。第二实施例在叠加低频信号的方法上不同于第一实施例。与图 7 中所示那些相同的元件用类似参考字符指示。

根据第一实施例，布置是这样的，从而光学调制器 52 的输入侧装有低频叠加单元 55，以通过低频信号改变驱动信号 SD 的中心电压。然而，根据第二实施例，驱动电路 61、62 的增益由一个低频信号改变，由此通过低频信号幅值调制驱动信号。

表示在图 13 中的是：半导体激光器(DFB-LD)51；MZ 型光学调制器 52；驱动信号发生器 53，产生两个具有幅值 $V\pi$ 的互补驱动信号(推挽驱动信号)SD、SD'[图 14 中的(a)、(e)]；低频振荡器 54，用来产生频率 f_0 的低频信号 SLF；及一个幅值调制信号发生器 55'，向其输入低频 SLF，用来产生其相位彼此移动 180° 的两个幅值调制信号 SAM₁、SAM₂ [图 14 中的(c)、(f)]。幅值调制信号发生器 55' 起用来把一个低频信号叠加在驱动信号)SD、SD' 上的低频叠加装置的作用。

也表示在图 13 中的是：光学分支单元 56，用来分支由 MZ 型光学调制器 52 输出的光学信号；光电二极管 57a；放大电路 57b，用来放大光电二极管 57a 的输出；相位比较器 57c，用来检测包含在光电二极管输出中的低频信号分量，并且输出低频信号分量作为指示调制器工作点漂移的信号；及低通滤波器 57d，用来滤平相位比较器的输出。还表示的是偏置电源电路(工作点控制器)58，用来根据包含在光电二极管输出中的低频信号分量，即光学调制器 52 的工作点漂移，通过控制施加到信号电极 52c 上的偏置电压 V_{b1} 来控制工作点的位置。驱动电路 61、62 把由驱动信号发生器 53 输出的驱动信号，输入到光学调制器 52 的相应信号电极 52c、52d，由此驱动调制器。驱动电路 61、62 带有在其上施加分别来自幅值调制信号发生器 55' 的幅值调制信号 SAM₁、SAM₂ 的增益控制终端。电容 C1 和 C2 在他们占据的位置处，中断施加到调制器相应信号电极上的偏置电压。

通过以图 14 中的(c)和(f)处所示的方式，相互颠倒分别施加到驱

动电路 61、62 上的幅值调制信号 SAM_1 、 SAM_2 ，使驱动电路 61、62 输出分别在图 14 中的(d)和(g)处指示的驱动信号。结果，施加到光学调制器 52 上的调制器驱动电压信号，成为施加在信号电极 52c、52d 之间的电位差[指示在图 14 中的(d)-(g)处]。这与图 8 中所示第一实施例的波形相同。工作点的以后控制与第一实施中相同。

在图 14 中，“1”、“0”对应于输入电信号的逻辑。因为推挽驱动，故驱动信号(g)在驱动信号(d)呈现“1”级的瞬时具有“1”级，并因此指示在(d)-(g)处的包络线 EU 成为如在 d1-g1 处所示的那样。类似地，驱动信号(g)在驱动信号(d)呈现“0”级的瞬时具有“0”级，并因此指示在(d)-(g)处的包络线 EL 成为如在 d0-g0 处所示的那样。在图 14 中，(e)是一个(a)反相的信号。

图 15 根据第二实施例表明光学调制设备的一种改进。与图 13 中所示那些相同的元件用类似参考字符指示。在第二实施例中，用来输入驱动信号的电极与用来输入偏置电压的电极共用。然而，在这种改进中这些电极能提供成用于驱动信号和用于偏置电压的独立电极。把这些电极提供成独立电极，使得有可能消除用来中断偏置电压的电容。

图 15 的改进在如下方面不同于第二实施例：

(1)电极 52c 分离成分别用于驱动信号和偏置电压的电极 52c₁、52c₂，而电极 52d 分离成分别用于驱动信号和偏置电压的电极 52d₁、52d₂。

(2)由驱动电路 61、62 输出的驱动信号分别输入到信号电极 52c₁、52d₁。

(3)偏置电压 V_{b1} (= V_b) 输入到光学调制器 52 的偏置电压电极 52c₂，并且偏置电压 V_{b2} (=0)输入到偏置电压电极 52d₂。

(4)删去电容 C1 和 C2。

通过以图 16 中的(c)和(f)处所示的方式，相互颠倒分别施加到驱动电路 61、62 上的幅值调制信号 SAM_1 、 SAM_2 ，使驱动电路 61、62 输出分别在图 16 中的(d)和(g)处指示的驱动信号。作为在图 15 的改

进中独立提供用于驱动信号和偏置电压的电极的结果，施加到光学调制器 52 上的调制器驱动电压信号，具有通过把偏置电极 52c₂ 的偏置电压 $V_{b1}(=V_b)$ 添加到在两个信号电极 52c₁、52d₁ 之间输入的电位差上得到的值。这种调制器驱动电压信号的波形如图 16 中的 (d)+(h)-(g) 处所示。这是与第二实施例的波形相类似的波形。

(c) 第三实施例

图 17 是根据第三实施例表示光学调制设备的构造的图。与图 13 中所示第二实施例的那些相同的元件用类似参考字符指示。在第二实施例中，驱动信号 SD、SD' 都由低频信号进行幅值调制，由此调制器驱动电压信号的接通和断开侧由具有相同相位的低频信号调制。在第三实施中，驱动信号 SD、SD' 中只有一个由低频信号进行幅值调制，由此只有调制器驱动电压信号的接通侧或断开侧由低频信号调制。

图 17 中所示的第三实施例在如下方面不同于图 13 的第二实施例：频率 f_0 的低频信号 SLF 输入到驱动电路 61 的增益控制终端，用作幅值调制信号 SAM_1 ；不控制驱动电路 62 的增益。如果幅值调制信号 SAM_1 输入到驱动电路 61 的增益控制终端，则这个驱动电路的增益改变。结果，驱动电路 61 输出在图 18 中的 (c) 处指示种类的驱动信号。然而，由于另一个驱动电路 62 的增益保持恒定，所以这个驱动电路输出在图 18 中的 (e) 处指示种类的驱动信号，这个信号的中心是偏置电压 $V_{b2}(=0)$ 。结果，施加到光学调制器 52 上的调制器驱动电压信号，产生在信号电极 52c、52d 之间施加的电位差[指示在图 18 中的 (c)-(e) 处]。这是图 3 中所示的波形。因而，由这点向前，以这样一种方式控制工作点，从而包含在由光学调制器 52 输出的光学信号中的频率 f_0 的低频信号分量将成为零。

(d) 第四实施例

图 19 是根据第四实施例表示光学调制设备的构造的图。与图 13 中所示第二实施例的那些相同的元件用类似参考字符指示。在第二实施例中，驱动信号 SD、SD' 分别由低频信号 SAM_1 和通过倒相信号

SAM₁得到的低频信号 SAM₂ 调制, 由此调制器驱动电压信号的接通和断开侧由具有相同相位的低频信号调制。在第四实施中, 驱动信号 SD、SD' 由相同相位但不同幅值的低频信号 SAM₁、SAM₂ 进行幅值调制, 由此调制器驱动电压信号的接通和断开侧由相同相位但不同幅值的低频信号调制。

图 19 中所示的第四实施例在如下方面不同于图 13 的第二实施例:

(1) 提供由具有不同增益的放大器构成的第一和第二幅值调制信号发生器 55a、55b, 来代替幅值调制信号发生器 55', 并且低频信号 SLF 输入到这些信号发生器中的每一个。

(2) 由第一幅值调制信号发生器 55a 输出的幅值调制信号 SAM₁ 被输入到驱动电路 61 的增益控制终端, 而由第二幅值调制信号发生器 55b 输出的幅值调制信号 SAM₂ 被输入到驱动电路 62 的增益控制终端。

通过改变分别施加到驱动电路 61、62 上的幅值调制信号 SAM₁、SAM₂ 的幅值, 如图 20 中的(c)和(f)处所示, 驱动电路 61、62 分别输出在图 20 中的(d)和(g)处指示的驱动信号。结果, 施加到光学调制器 52 上的调制器驱动电压信号, 产生施加在信号电极 52c、52d 之间的电位差[指示在图 20 中的(d)-(g)处]。这是图 4 中所示的波形。因而, 由这点向前, 以这样一种方式控制工作点, 从而包含在由光学调制器 52 输出的光学信号中的频率 f_0 的低频信号分量将成为零。

(e) 第五实施例

图 21 是根据第五实施例表示光学调制设备的构造的图。与图 13 中所示第二实施例的那些相同的元件用类似参考字符指示。在第二实施中, 驱动信号 SD、SD' 分别由低频信号 SAM₁ 和通过倒相信号 SAM₁ 得到的相低频信号 SAM₂ 调制, 由此调制器驱动电压信号的接通和断开侧由具有相同相位的低频信号调制。在第五实施例中, 驱动信号 SD、SD' 由具有不同频率的幅值调制信号 SAM₁、SAM₂ 进行幅值调制, 由此调制器驱动电压信号的接通和断开侧由不同频率的

信号调制。

图 21 中所示的第五实施例在如下方面不同于图 13 的第二实施例：

(1)提供用来分别产生频率 f_1 和 f_2 的低频信号的第一和第二低频信号振荡器 54a、54b。

(2)把频率 f_1 的低频信号 SLF_1 输入到驱动电路 61 的增益控制终端，用作幅值调制信号 SAM_1 ，而把频率 f_2 的低频信号 SLF_2 输入到驱动电路 62 的增益控制终端，用作幅值调制信号 SAM_2 。

(3)提供第一和第二相位比较器 57c₁、57c₂。至相位比较器 57c₁、57c₂ 的输入是分别由低频信号振荡器 54a、54b 输出的低频信号 SLF_1 、 SLF_2 ，以及与光电二极管输出信号一致的电气信号。第一和第二相位比较器 57c₁、57c₂ 分别检测和输出包含在光检测器输出中的频率 f_1 、 f_2 的低频信号分量。

(4)提供用来滤平由第一和第二相位比较器 57c₁、57c₂ 输出的信号的低通滤波器 57d₁、57d₂。

(5)提供一个平均电路 57e。该电路计算包含在光检测器输出信号中的频率 f_1 、 f_2 的低频信号分量的平均值，并且把该平均值输入到偏置电源电路 58。

(6)偏置电源电路 58 以这样一种方式控制偏置电压，从而平均值成为零。

当把频率 f_1 的幅值调制信号 SAM_1 输入到驱动电路 61 的增益控制终端时，驱动电路 61 的增益变化，并且后者输出一个在图 22 中(d)处指示的种类的驱动信号。当把频率 f_2 的幅值调制信号 SAM_2 输入到驱动电路 62 的增益控制终端时，驱动电路 62 的增益变化，并且后者输出一个在图 22 中(g)处指示的种类的驱动信号。结果，施加到光学调制器 52 上的调制器驱动电压信号，成为施加在信号电极 52c、52d 之间的电位差[指示在图 22 中的(d)-(g)处]。这与图 5 中所示的波形相同。因此，由这点向前，以这样一种方式控制工作点，从而包含在由光学调制器 52 输出的光学信号中的频率 f_1 、 f_2 的低频信号分量将

成为零。例如，如果光学调制器 52 的偏置点移开最佳值，则低频率 f_1 、 f_2 的两个低频信号分量出现在光学信号中，并且每个信号的相位给出用来把偏置点变化到最佳位置的控制方向。因而，平均电路 57e 计算两个信号分量的平均值，并且以这样一种方式进行偏置控制，从而使该平均值成为零。这使得有可能改进控制精度。

(f) 第六实施例

图 23 是根据第六实施例表示光学调制设备的构造的图。与图 13 中所示第二实施例的那些相同的元件用类似参考字符指示。在第二实施中，驱动信号 SD、SD' 分别由低频信号 SAM₁ 和通过倒相信号 SAM₁ 得到的低频信号 SAM₂ 调制，由此调制器驱动电压信号的接通和断开侧由具有相同相位的低频信号调制。在第六实施例中，驱动信号 SD、SD' 由低频信号 SAM₁ 和不同相位的低频倒相信号 SAM₂ 调制，由此调制器驱动电压信号的接通和断开侧由不同相位的低频信号调制。

图 23 中所示的第六实施例在如下方面不同于图 13 的第二实施例：

(1) 提供一个用来把频率 f_0 的低频信号 SLF 延迟一段规定的时间 T 的第一延迟电路 71，并且把由第一延迟电路 71 输出的延迟信号输入到驱动电路 62 的增益控制终端，用作幅值调制信号 SAM₂。

(2) 提供一个用来把低频信号 SLF 延迟一半第一延迟电路 71 的延迟时间(即 T/2)、且把延迟信号输入到相位比较器 57c 的第二延迟电路 72。

(3) 相位比较器 57c 通过把由延迟电路 72 输出的、其延迟是 T/2 的低频信号的相位，与光学信号中低频信号分量的相位相比较，检测光学调制器偏置点的移动方向。

当把通过倒相低频信号 SLF 得到的幅值调制信号 SAM₁ 输入到驱动电路 61 的增益控制终端时，驱动电路的增益变化。结果，驱动电路 61 输出在图 24 中(c)处指示的种类的一个驱动信号。当把通过低频信号 SLF 的相位被延迟一段 T 得到的幅值调制信号 SAM₂ 输入

到驱动电路 62 的增益控制终端时,驱动电路 62 的增益变化,并且驱动电路 62 输出在图 24 中(g)处指示的种类的一个驱动信号。结果,施加到光学调制器 52 上的调制器驱动电压信号,成为施加在信号电极 52c、52d 之间的电位差[指示在图 24 中的(d)-(g)处]。这与图 6 中所示的第一实施例的波形相同。因此,由这点向前,以这样一种方式控制工作点,从而包含在由光学调制器 52 输出的光学信号中的频率 f_0 的低频信号分量将成为零。

例如,如果光学调制器 52 的偏置点移动,则相位延迟与移动方向一致的延迟 $T/2$ 的低频信号分量出现在光学信号中。这使得有可能通过把经施加延迟 $T/2$ 的延迟电路 72 输入的低频信号的相位,与包含在光学信号中的低频信号的相位相比较,来检测光学调制器的偏置点移动方向。

(g)第七实施例

图 25 是根据第七实施例表示光学调制设备的构造的图。与图 7 中所示第一实施例的那些相同的元件用类似参考字符指示。有关信号波形与图 8 中所示第一实施例的那些相同。

在第一实施例中,由光学信号检测一个与由低频振荡器 54 产生的频率 f_0 相同的频率分量,以控制工作点。然而,如将从图 2 至 6 理解的那样,当光学调制器的工作点在最佳值时,其频率两倍于频率 f_0 (即 $2 \cdot f_0$)的低频信号分量出现在光学信号中,并且该信号分量具有最大值。因此,根据第七实施例,检测包含在光学信号中的频率 $2 \cdot f_0$ 的低频信号分量,并且控制工作点以便使该信号分量最大。

如图 25 中所示,第一实施例的布置另外装有一个用来加倍由低频振荡器 54 输出的低频信号 SLF 的频率 f_0 的倍频器 73。由倍频器 73 输出的频率 $2 \cdot f_0$ 的低频信号、和与由光学调制器输出的光学信号一致的电信号,都输入到通过相位比较进行检测频率 $2 \cdot f_0$ 的低频率的相位比较器 57c。偏置电源电路 58 控制施加到光学调制器的信号电极 52c 上的偏置电压,以便使低频信号分量最大。

(h)第八实施例

根据以上实施例, 调制设备产生其中每个都具有在光学调制器 52 的电压-光学输出特性的光发射极点 A 与相邻光熄灭极点 B 之间的幅值 $V\pi$ 的两个互补驱动信号(推挽驱动信号)SD、SD', 并且把这些驱动信号输入到具有在其两侧驱动的类型的光学调制器的相应信号电极, 由此把 $2 \cdot V\pi$ 的调制器驱动电压信号施加到光学调制器上。然而, 如果目的是通过推挽调制消除光学调制信号的啁啾声, 和减小传送波形退化, 则不必总是向光学调制器施加 $2 \cdot V\pi$ 的调制器驱动电压信号。因此, 根据第八实施例, 产生其中每个幅值为 $V\pi/2$ 的两个互补驱动信号 SP、SP', 并且把信号 SP、SP' 输入到具有在其两侧驱动的类型的光学调制器的相应信号电极, 由此把 $V\pi$ 的调制器驱动电压信号施加到光学调制器上, 以产生一个 NRZ 光学信号或一个 RZ 光学信号。

图 26 是根据第八实施例表示光学调制设备的构造的图, 并且图 27 是有关信号波形的波形图。与图 7 中所示第一实施例的那些相同的元件用类似参考字符指示。图 26 中所示的第八实施例在如下方面不同于图 7 的第一实施例:

(1)提供一个用来产生其中每个幅值为 $V\pi/2$ 的两个互补驱动信号 SP、SP' 的推挽驱动信号发生器 74。

(2)低频信号叠加单元 55 以这样一种方式把频率 f_0 的低频信号叠加到驱动信号 SP 上, 从而使分别在调制器驱动电压信号的接通和断开侧上的包络线 EU、EL 的相位彼此移动 180° [见图 27 的(c)]。

(3)使调制器驱动电压信号的幅值为 $V\pi$, 并且分别在调制器驱动电压信号的接通和断开侧上的包络线 EU、EL 的相位彼此移动 180° [见图 27 的(d)-(f)]。

使来自低频信号叠加单元 55 的输出信号的中心、和来自驱动电路 62 的输出信号的中心分别与信号电极 52c、52d 的各偏置电压 $Vb1$ 和 $Vb2 (=0V)$ 重合。因此, 这些输出信号波形如图 27 的(d)和(f)处所示。结果, 施加到光学调制器 52 上的调制器驱动电压信号具有对应于两个电极两端的电位差的幅值 $V\pi$ [指示在图 27 中的(d)-(f)处], 以

及在接通和断开侧上的包络线 EU、EL 由低频率 f_0 调制，并且处于 180° 的相位差。

如果光学调制器 52 的工作点移开最佳值，则在由光学调制器 52 输出的光学信号中产生一个具有与漂移方向一致的相位的低频信号分量。因此，从这点开始，在抵消该低频分量的方向上控制光学调制器的偏置电压 V_{b1} 。

因而，按照第八实施例，通过推挽调制使光学调制信号的啁啾声为零，能减小传送波形的退化，及通过偏置电压的控制能补偿工作点的漂移。

根据第八实施例，在根据光学信号检测一个与由低频振荡器 54 产生的频率 f_0 相同的频率分量时，控制工作点。然而，也可能采用与第七实施例的布置(见图 25)类似的布置，其中检测包含在光学信号中的频率 $2 \cdot f_0$ 的低频信号分量，并且以这样一种方式控制工作点，从而使该信号分量具有最大值。

而且，如上所述，把频率 f_0 的低频信号以这样一种方式叠加到驱动信号 SP 上，从而使分别在调制器驱动电压信号的接通和断开侧上的包络线 EU、EL 的相位彼此移动 180° 。然而，也可能采用如下布置：

(1)把低频信号以这样一种方式叠加到驱动信号 SP 或 SP' 上，从而使分别在调制器驱动电压信号的接通和断开侧上的包络线 EU、EL 中只有一根包络线改变，或者

(2)把低频信号以这样一种方式叠加到驱动信号 SP 或 SP' 上，从而使分别在调制器驱动电压信号的接通和断开侧上的包络线 EU、EL 的幅值不同，或者

(3)把低频信号以这样一种方式叠加到驱动信号 SP 或 SP' 上，从而使分别在调制器驱动电压信号的接通和断开侧上的包络线 EU、EL 的频率不同，或者

(4)把低频信号以这样一种方式叠加到驱动信号 SP 或 SP' 上，从而使分别在调制器驱动电压信号的接通和断开侧上的包络线 EU、EL

的相位不同，并且根据光学信号检测一个与频率 f_0 相同的频率分量时，控制工作点。当工作点由这些方法的任一种控制时，能应用第二至第六实施例的布置。

(i) 第九实施例

光学调制器的电压-光学输出特性的周期性是这样的，从而 $2 \cdot V\pi$ 等于电压的一个周期。因而，光学调制设备能具有用来按照光学调制器的电压-光学输出特性来改变驱动范围的功能。

例如，在 NRZ 调制中通过 $V\pi$ 的驱动幅值实现调制的情况下，光学调制设备具有用来使偏置电压在 V_{bA} 与 V_{bB} 之间移动 $V\pi$ 的功能，如图 28A 中所示，并且通过这种偏置电压移动使驱动电压范围从 A 变到 B。工作点的这种移动能直接应用于第八实施例的光学调制设备（见图 26），该光学调制设备使用在两侧驱动的光学调制器产生 NRZ、RZ 信号。

而且，在诸如光学双二进制调制之类的调制由 $2 \cdot V\pi$ 的驱动幅值进行的情况下，光学调制设备具有用来把偏置电压在 V_{bA} 与 V_{bB} 之间移动 $2 \cdot V\pi$ 的功能，如图 28B 中所示，并且通过这种偏置电压的移动使驱动电压范围从 A 变到 B。

工作点的上述变换能应用于把啁啾声设置到有利于传送的方向的情况、和必须选择其中电压-光学输出特性具有适当形状的范围的情况。通过响应外部施加的变换信号有意地把偏置电压移动一个固定量，能实现该变换。

图 29 是根据具有工作点移动功能的第九实施例表示光学调制设备的构造的图。与图 7 中所示第一实施例的那些相同的元件用类似参考字符指示。

一个工作点变换电路 81 响应外部施加的变换信号 CS 把偏置电压移动一个固定量，由此变换电压-光学输出特性的驱动范围。

一个工作点复位电路 82 响应一个工作点复位信号 RS 强迫性地使偏置点复位到零。(1)当把系统初始投入运行时、和(2)当偏置点漂移在系统工作期间变得如此之大，以致于受控以实现稳定性的调制

器的偏置电压超过允许范围时，必须复位工作点。在这些情况下，工作点复位电路 82 通过从外部进入的工作点复位信号 RS，强迫性地使偏置点复位到零。

如图 29 中所示，工作点变换电路 81 由一个固定电压电源(尽管可变电压电源是可能的)、和一个用来切换偏置电源线的切换装置构成，而工作点复位电路 82 由一个地电位点(GND)、和一个用来切换偏置电源线的切换装置构成。然而，只要能够实现相同的工作点变换功能和工作点复位功能，其他方法也是可接收的。而且，必要时输入工作点变换信号 CS 或工作点复位信号 RS，并且按照输入的信号进行通过工作点变换电路的工作点变换、或通过工作点复位电路的工作点复位。

应该注意，图 29 中用来移动工作点和用来复位工作点的元件能原样地应用于图 26 的第八实施例。

(j)光检测器的位置

在以上实施例的每一个中，光学调制器外部装有光学分支单元 56 和光检测器 57a。然而，通过把一个光电二极管 57a 并入光学调制器 52 的 LiNbO_3 基片 52 中、且检测在光学调制器内产生的光发射强度，也能实现相同的功能，如图 30A 中所示。(见 ECOC'97 vol. 2, pp. 167 -170, Y. Kubota 等人, "10Gb/s Ti; LiNbO_3 Mach-Zehnder modulator with Built-in Monitor Photodiode Chip(带有内装监视器光电二极管芯片的 10Gb/s Ti; LiNbO_3 马赫策恩德调制器")。

特别是，在 MZ 型光学调制器 52 处，即使组合通过分支光学波导管 52a、52b 传播的相位移动 180° 的光波，光能量实际上也不消失。而是，模式的组合由于光学波导管的宽度而发生，并且可归因于多余模式的辐射光从干涉点辐射到光学波导管的外部。如果直接从基片上方看，辐射光沿分支光学波导管 52a' 的延伸线辐射，如图 30B 中所示。因而，一个孔 HL 在规定位置处沿延伸线切入基片中，光电二极管 57a 嵌在孔 HL 内，并且接上电线。如果采用这种布置，则能省去光学分支单元和外部光电二极管，由此使得有可能简化结构。

(k)用来处理任何偏振输入光的布置

如果在光源与光学调制器之间的光纤布线具有较大长度,或者布置不是其中固定偏振的一种布置,那么必须采用其中光学调制器调制任何偏振光的一种布置。图 31 表示能够处理这样一种情形的 MZ 型光学调制器的构造的一个例子。表示在图 31 中的是:两个在光学调制器内的分支光学波导管 52a、52b; 电极 52c、52d, 向其输入用来调制相应光学波导管中的光学信号的电信号; 及插入在相应光学波导管中部中的半波板 91、92。通过在光学波导管处把孔切到基片中、且用呈现双折射的材料填充诸孔, 得到半波板。半波板的宽度以这样一种方式确定, 从而在由双折射引起的偏振模式之间的光程差是信号波长的一半。

在 TM 模式中, 在光学调制器的光学波导管中的相位调制的效率比在 TE 模式中好。如果具有混合 TE 模式和 TM 模式分量的任何偏振光输入调制器, 则 TM 模式分量沿光学波导管 52a、52b 的第一半(在半波板的前面)经受相位调制, 此后他们由半波板 91、92 转换成 TE 模式分量。TE 模式分量然后沿光学波导管的第二半(在半波板的后面)经受相位调制。相反, 在半波板前面没有经受相位调制的 TE 模式分量, 由半波板 91、92 转换成模式 TM 分量, 并且然后在光学波导管的第二半中被相位调制。

因而, 通过考虑诸如用来得到在沿光学波导管的第一和第二半中必需的相位调制量的电极长度之类的结构, 即使在任何偏振光照射到调制器上的情况下, 也能进行调制。

因而, 按照上述的本发明, 当光学调制器由具有在电压-光学输出特性的两个光发射极点或两个光熄灭极点之间的 $2 \cdot V_{\pi}$ 幅值的电气驱动信号驱动时, 借助于一种简单布置能根据光学调制器输出的光学信号可靠地检测低频信号分量, 使用该低频分量能补偿光学调制器的电压-光学输出特性的波动, 即工作点的漂移。通过把本发明的工作点控制方法应用于光学双二进制调制, 能减小波形分散的影响。况且, 推挽驱动使得有可能减小啁啾声。

按照本发明，当光学调制器由具有在电压-光学输出特性的一个光发射极点与一个相邻光熄灭极点之间的幅值的驱动信号驱动时，产生其中每个具有 $V\pi/2$ 幅值的两个互补驱动信号，并且使光学调制器受到通过这些驱动信号的推挽驱动。结果，能减小啁啾声。况且，根据由光学调制器输出的光学信号能可靠地检测低频信号分量，并且有可能补偿工作点的漂移。

按照本发明，在光学调制器的电压-光学输出特性中能移动调制使用的范围。结果，能把啁啾声设置到有利于传送的方向，或者能根据电压-光学输出特性的形状选择具有适当形状的范围，及使用该范围能驱动调制器。

按照本发明，能把在光学调制器的电压-光学输出特性上的工作点设置到规定的初始点。因而，在偏置点漂移在系统工作开始时或系统工作期间变得如此之大，以致于偏置电压超过允许范围的情况下，能强迫性地把偏置点复位到零，并且重新启动系统。

按照本发明，采用一种其中把光电二极管嵌在光学调制器的基片中的布置，检测从光学波导管泄漏的光，并且从检测的光中抽取低频分量。这使得有可能省去光学分支单元，由此简化整个结构。

按照本发明，把一块半波板插入在调制器每一侧的分支光学波导管的中部。这使得有可能调制任何偏振光。

按照本发明，进行控制，以便使包含在一个光检测器输出中的频率 $2 \cdot f_0$ 的信号分量最大，由此使得有可能补偿伴随光学调制器的电压-光学输出特性波动的工作点漂移。

本发明是这样的，从而当在光学双二进制调制、NRZ 调制或 RZ 调制中，使用配置成在其两侧驱动的光学调制器时，借助于一种简单布置能根据光学调制器输出的光学信号可靠地检测低频信号分量，并且有可能补偿伴随光学调制器的电压-光学输出特性波动的工作点漂移。

由于能产生本发明的多个明显大不相同的实施例，而不脱离其精神和范围，所以应该理解，本发明除在附属权利要求书中定义的那样之外，不限于其具体实施例。

一 圖

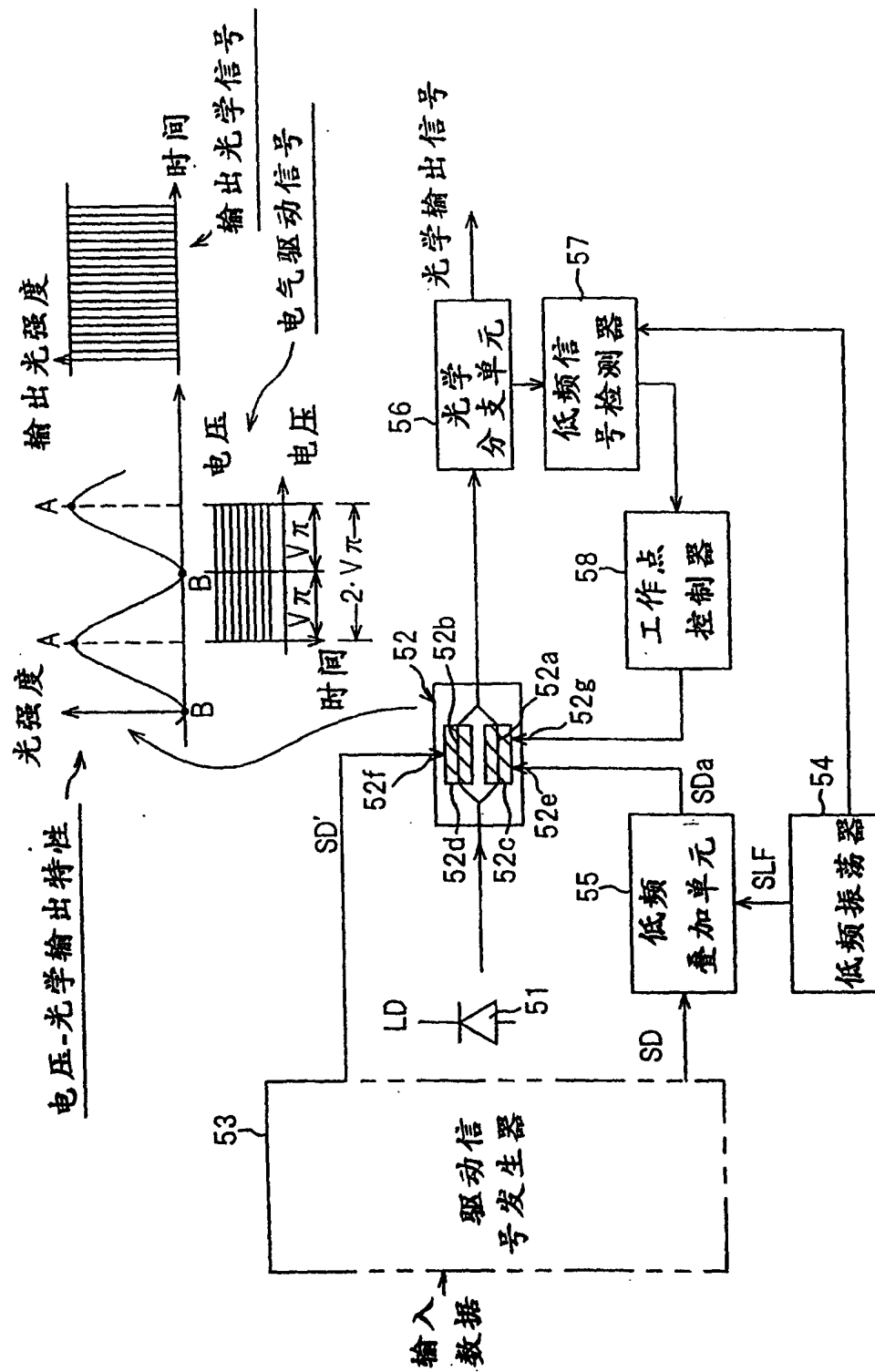


图2

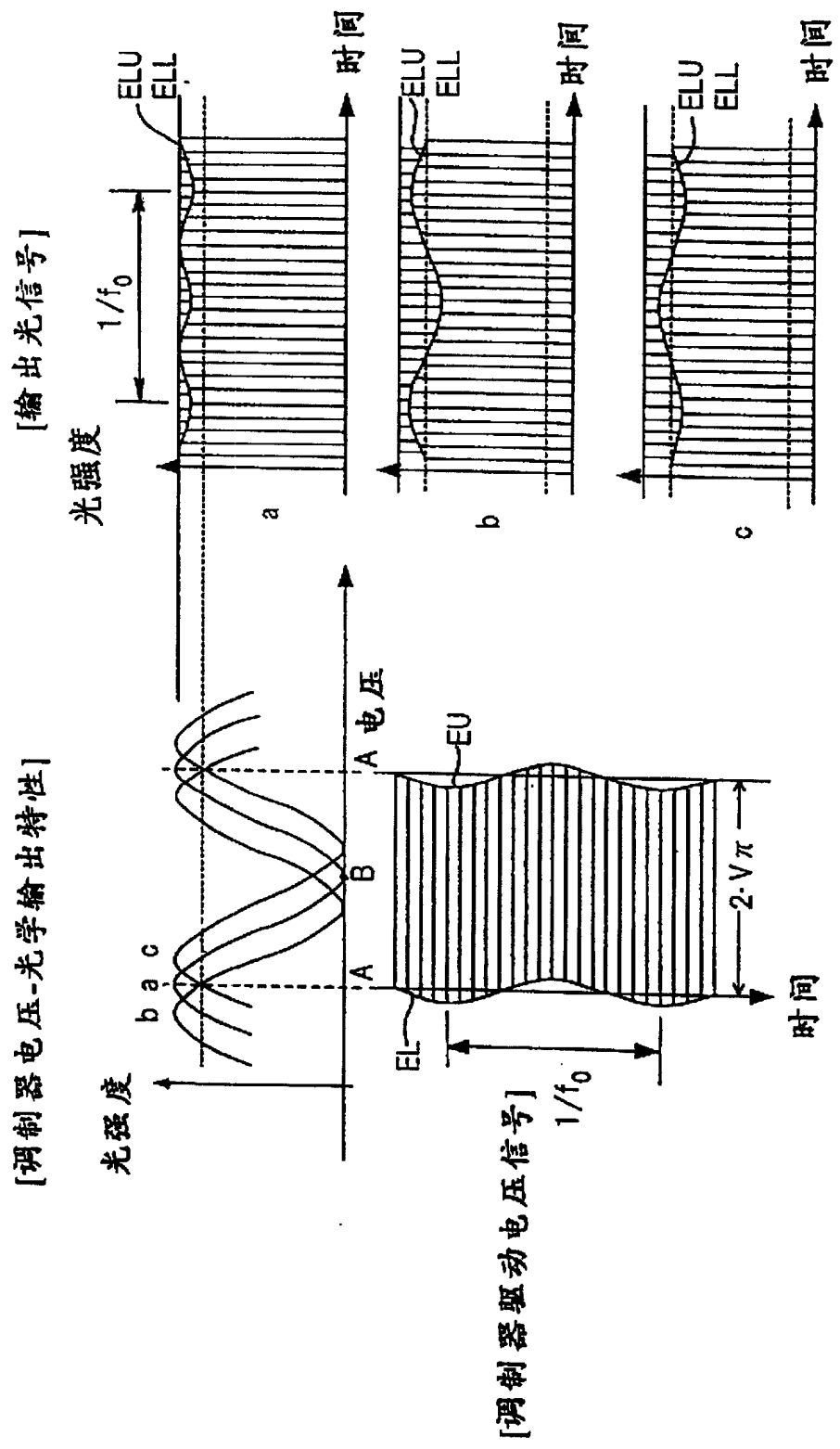


图3

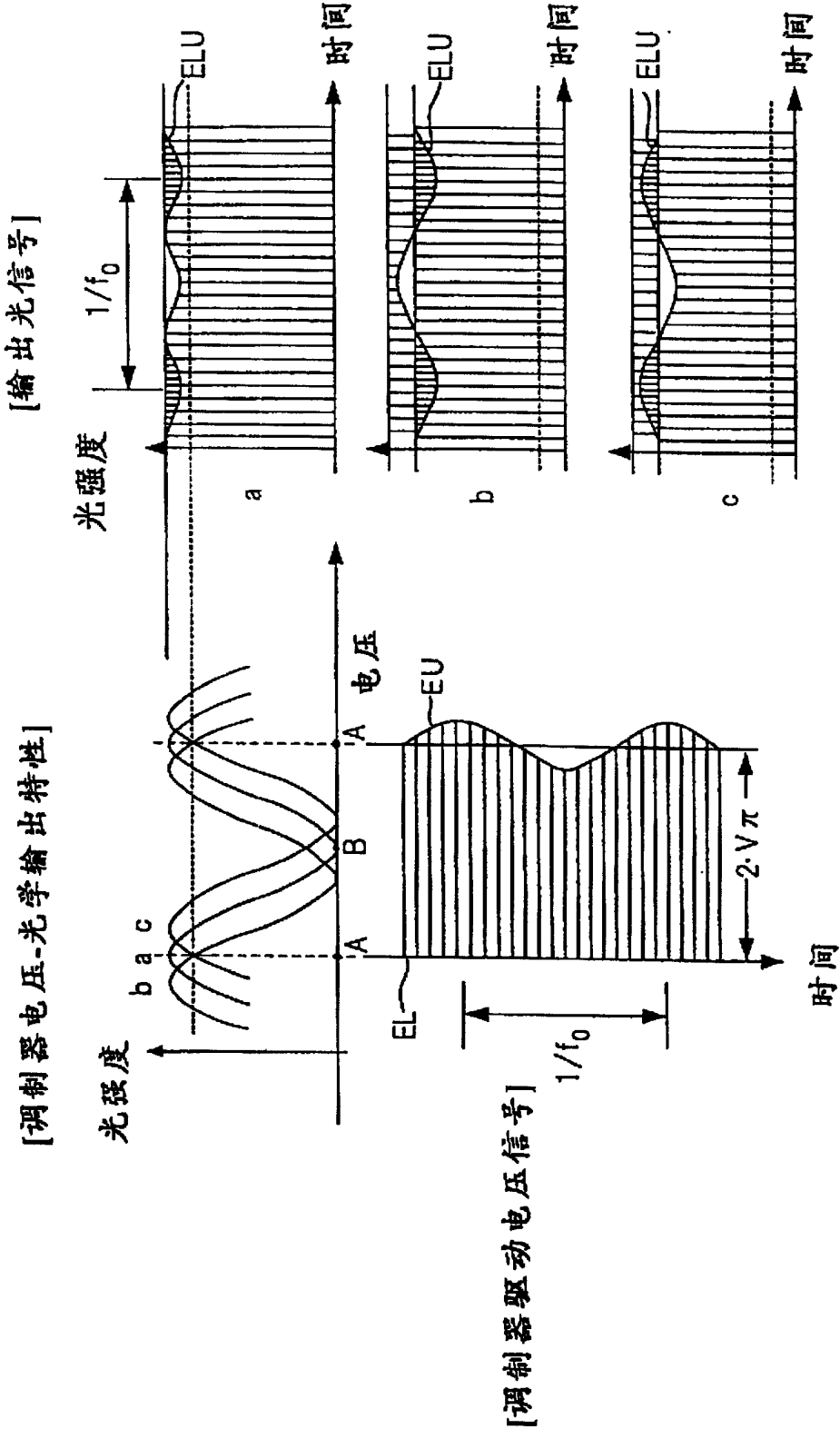


图4

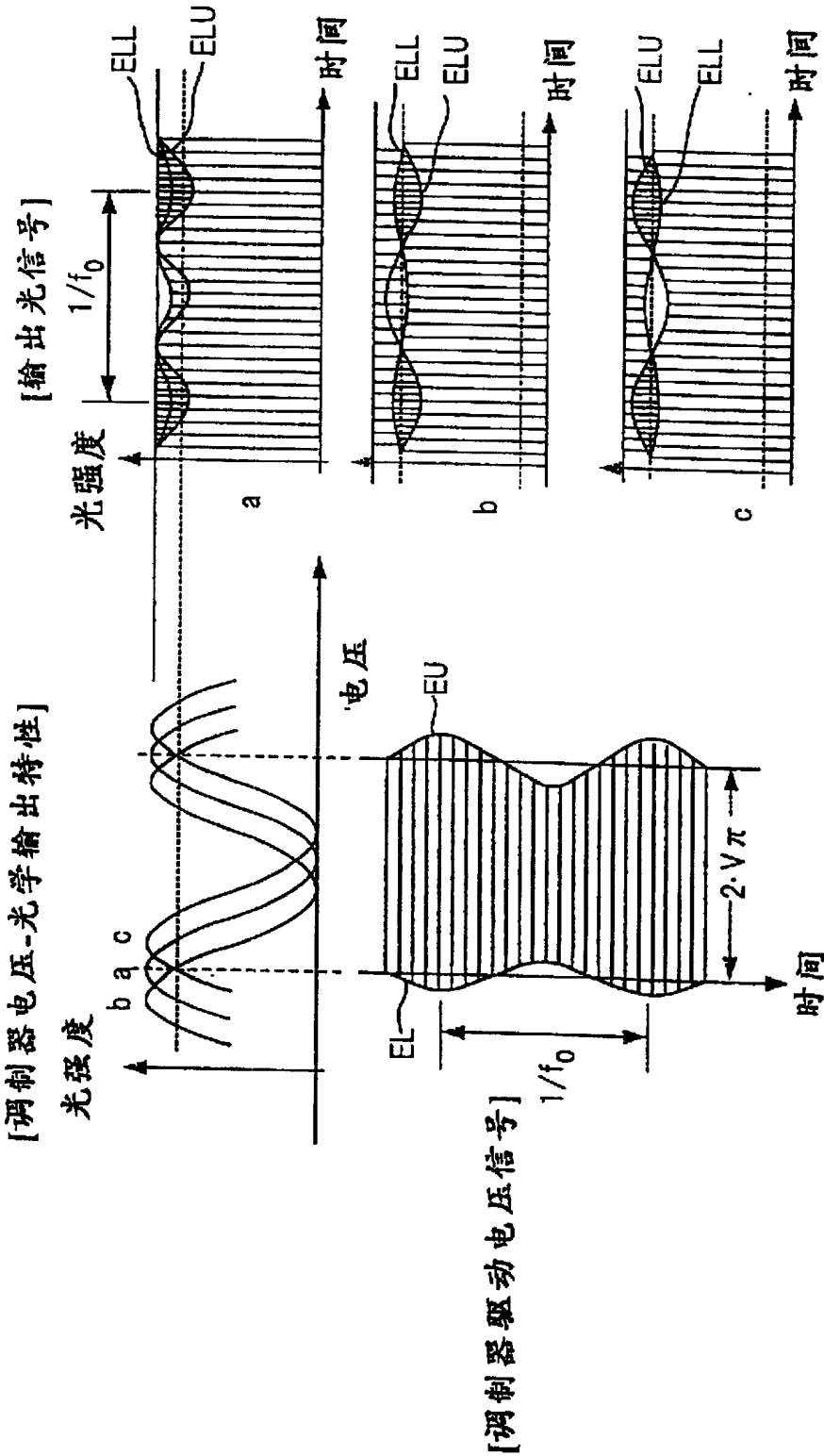


图5

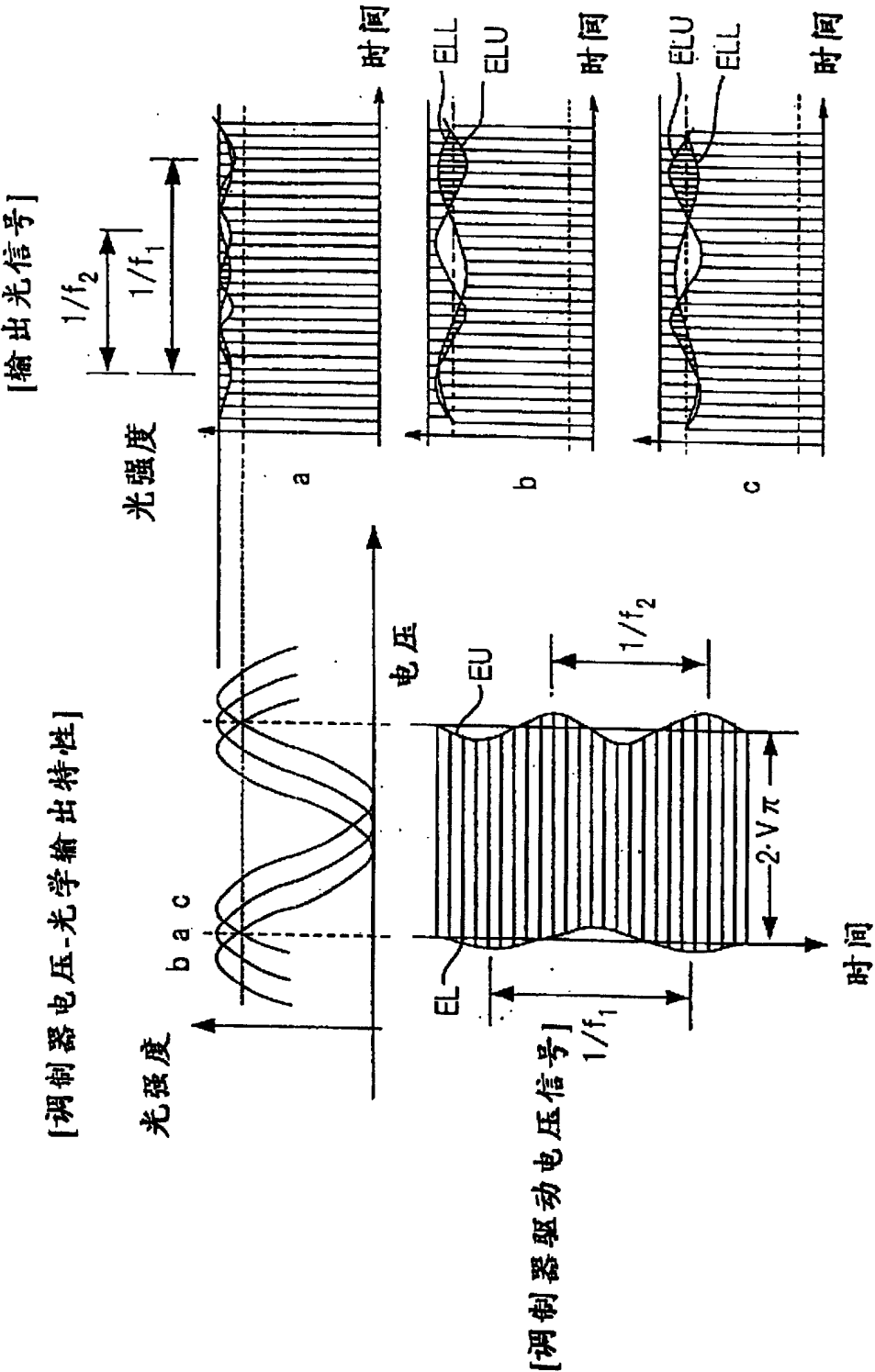


图8

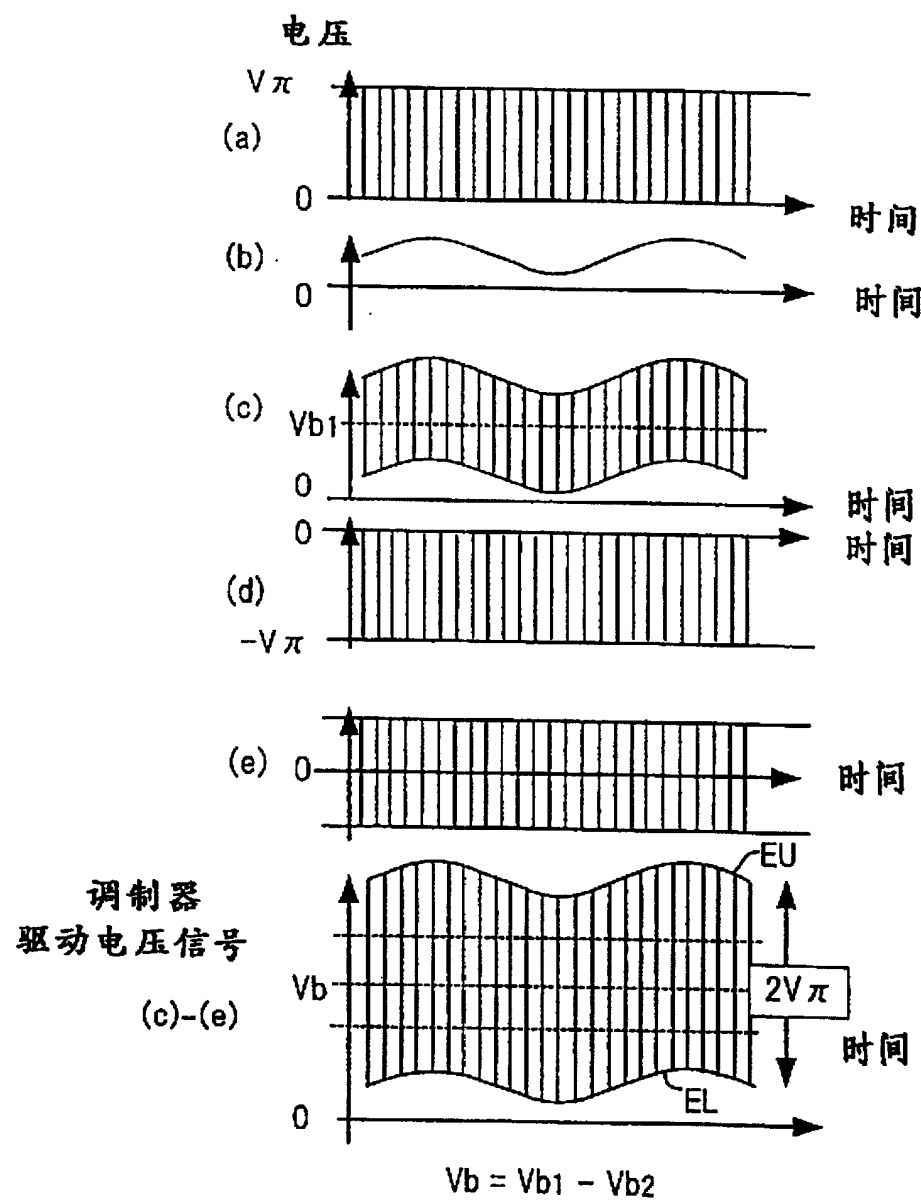


图9

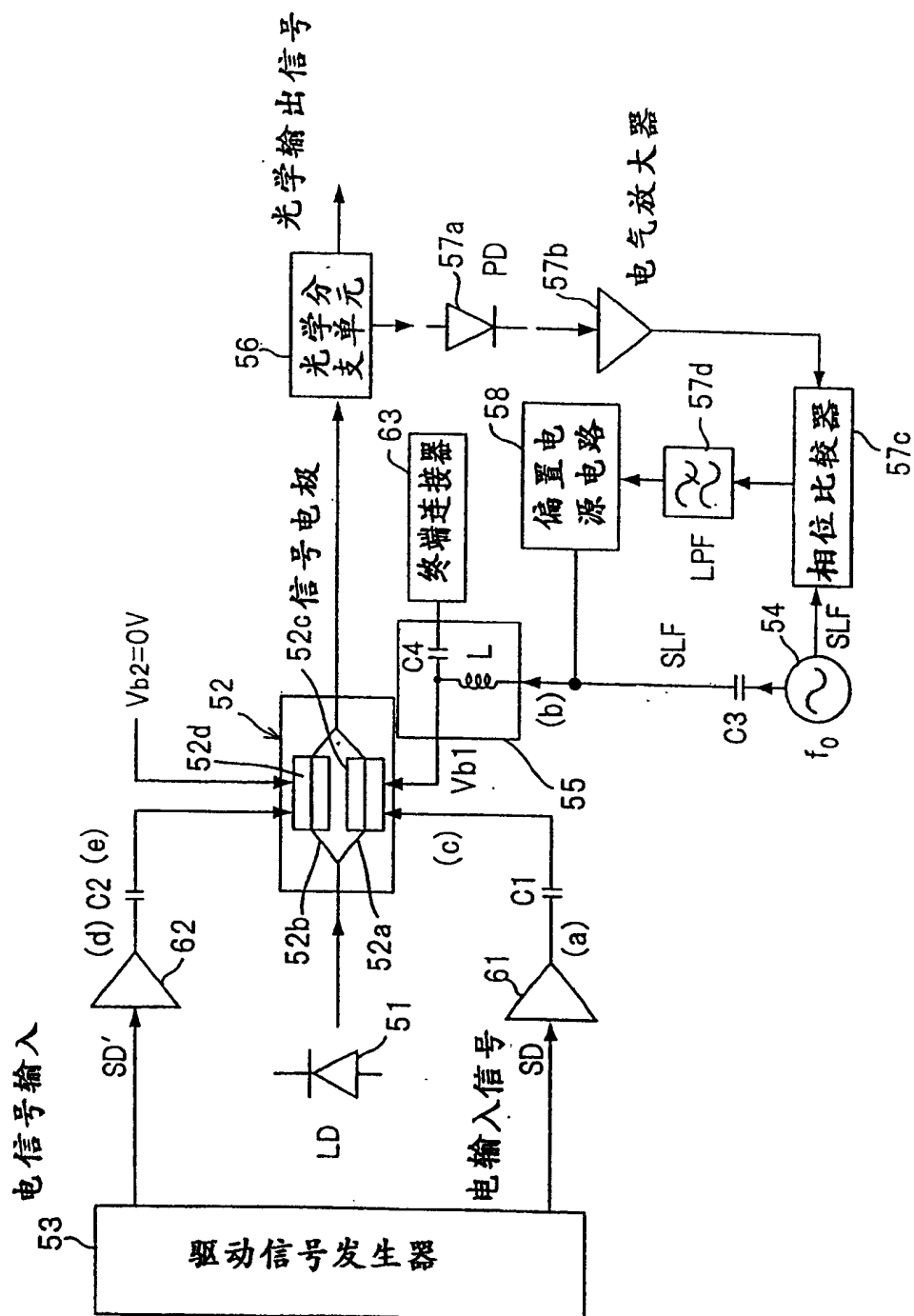


图10

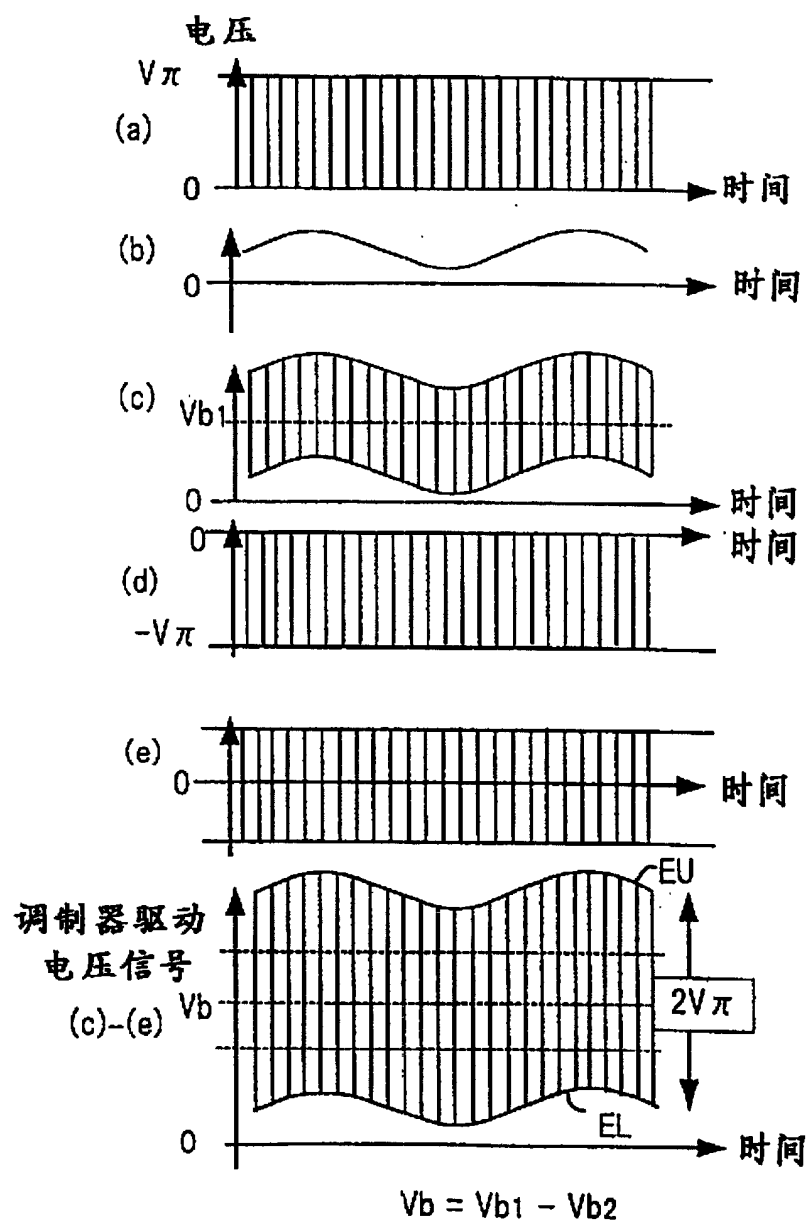


图11

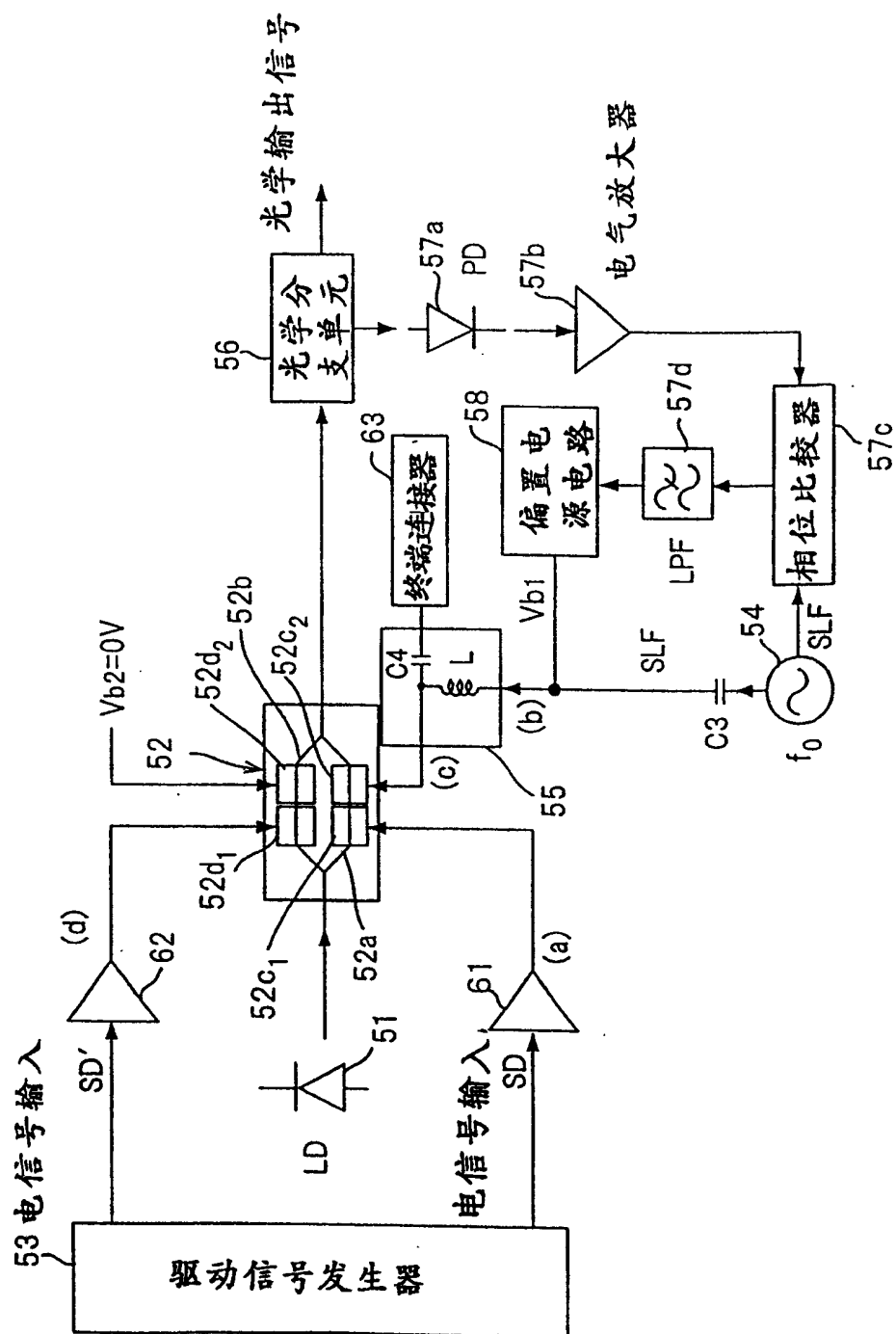


图12

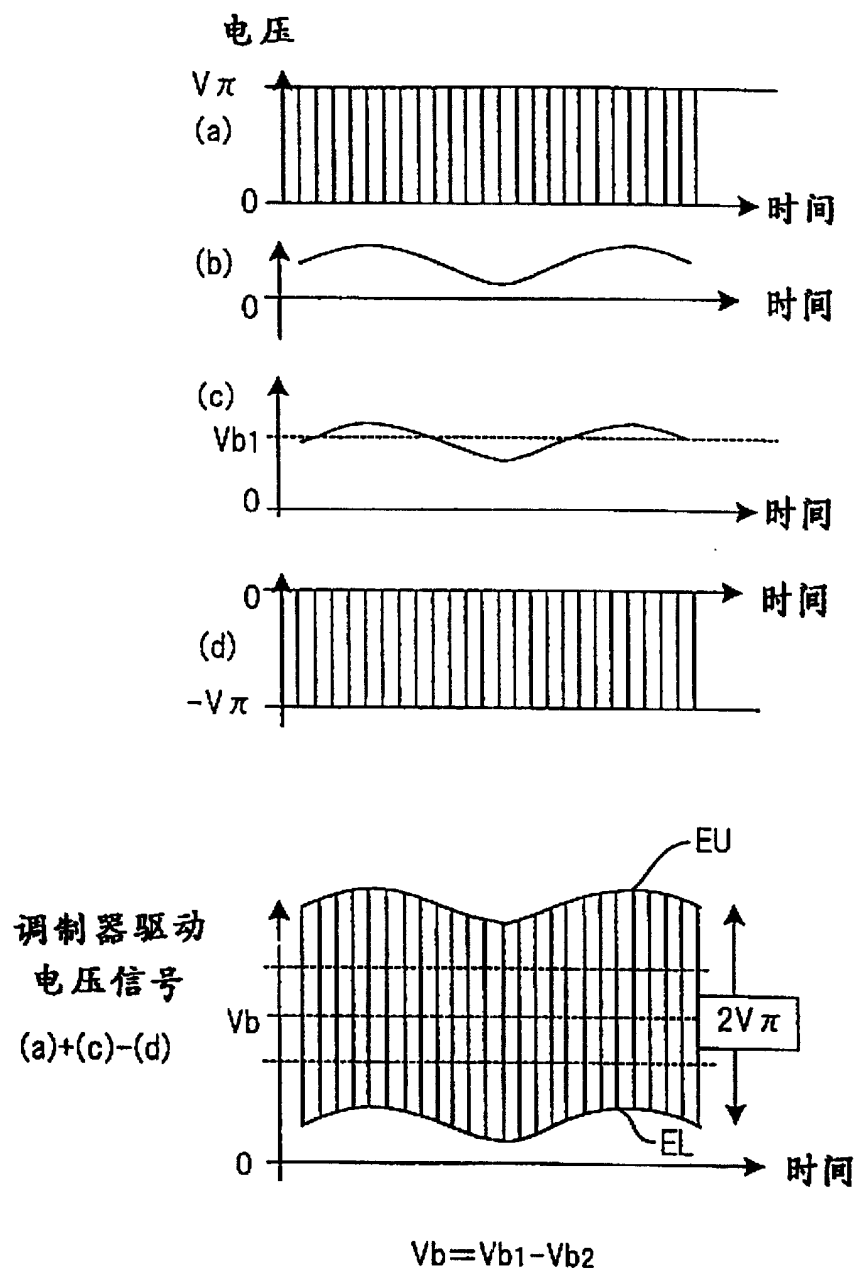


图13

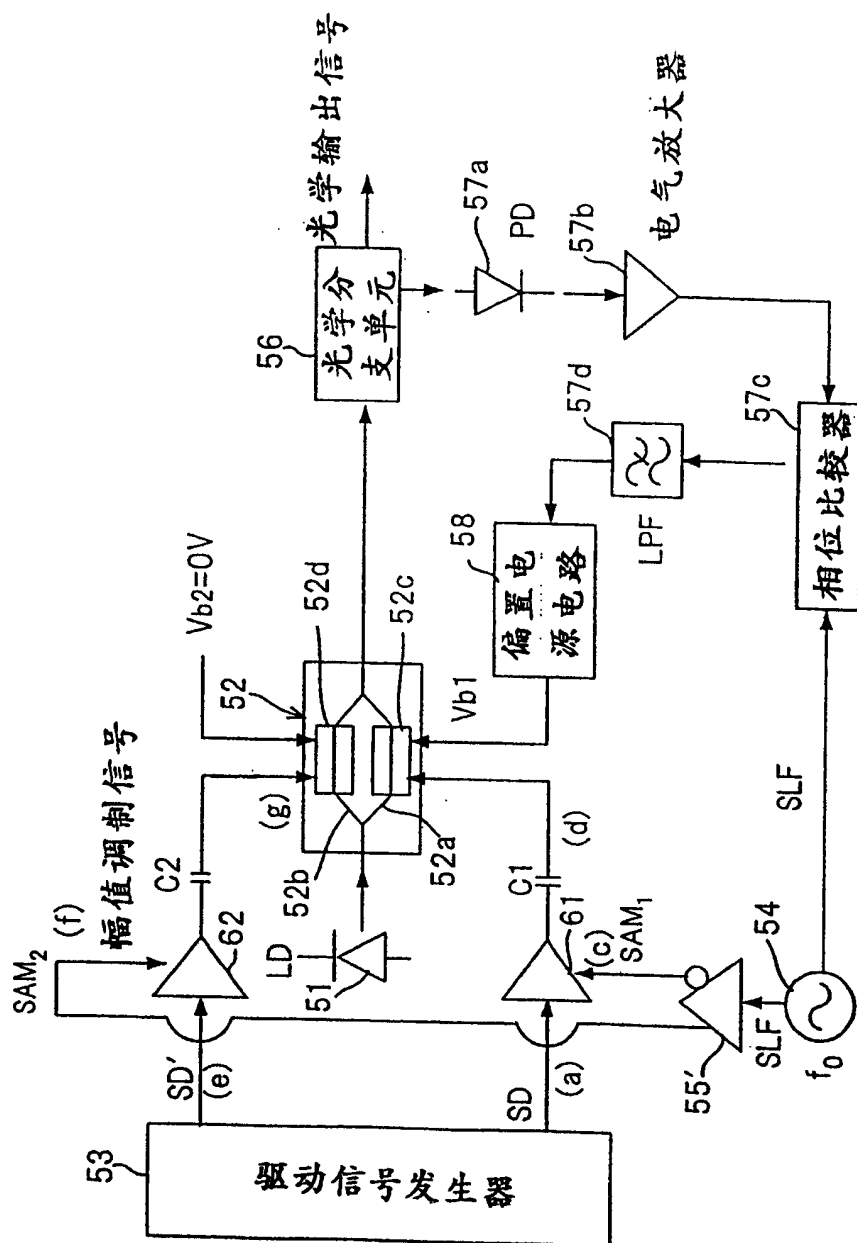


图14

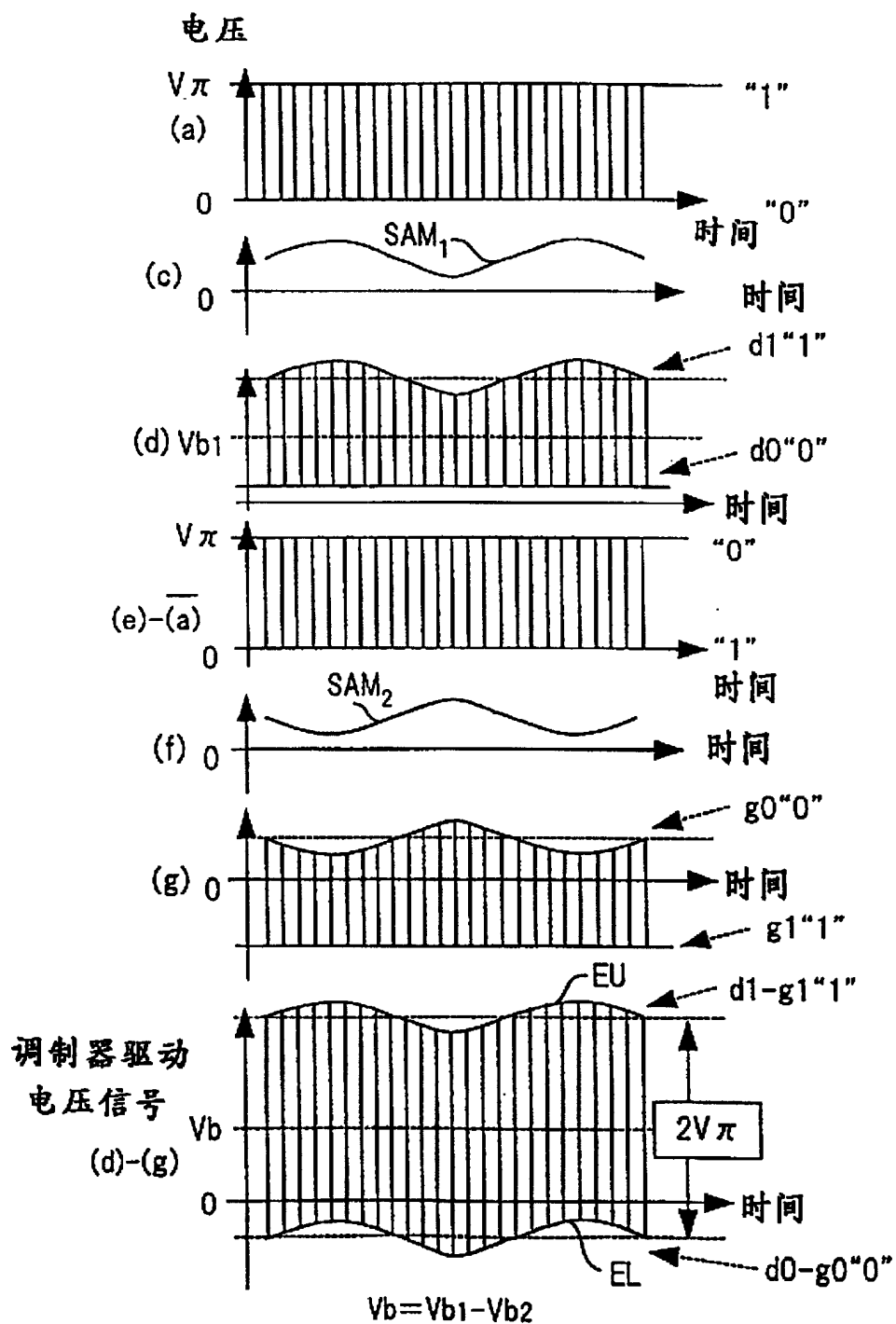


图15

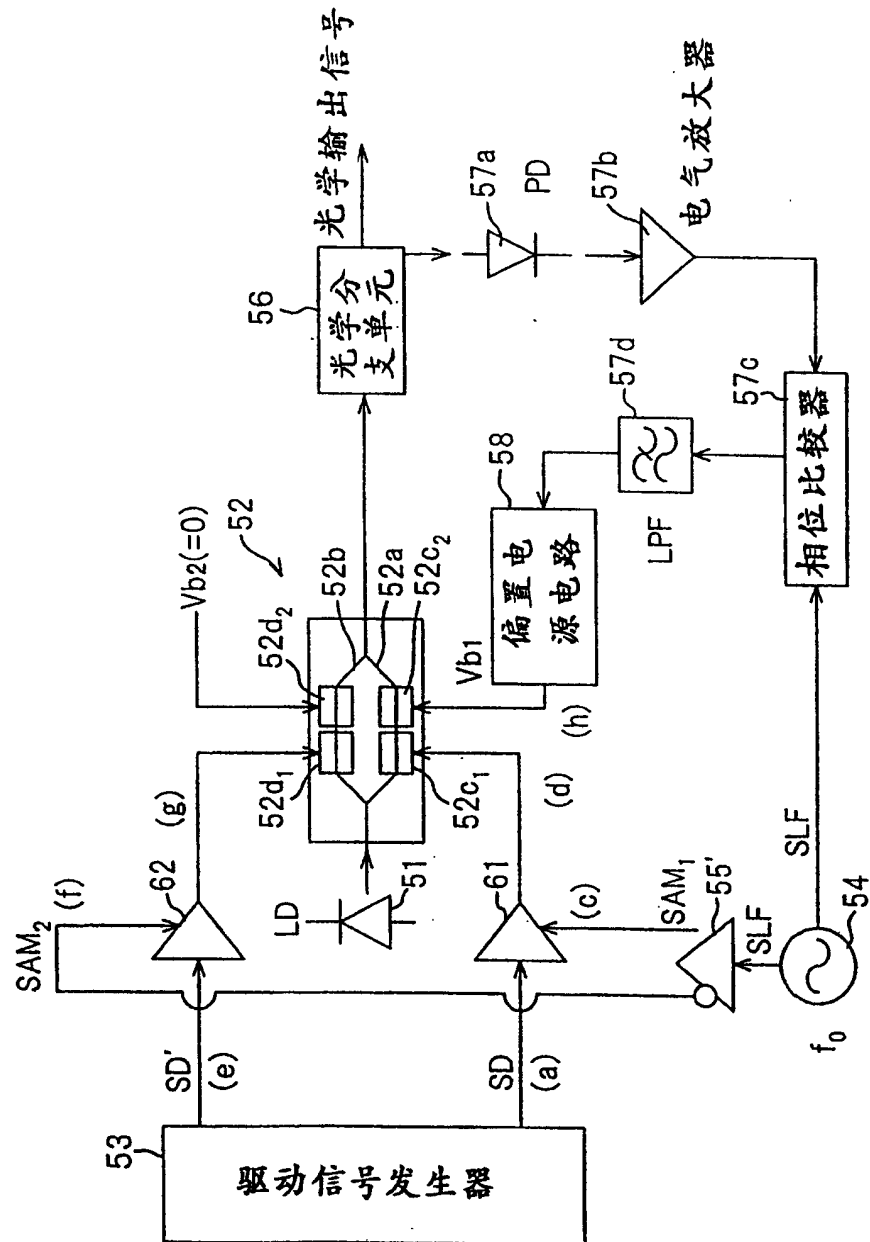


图16

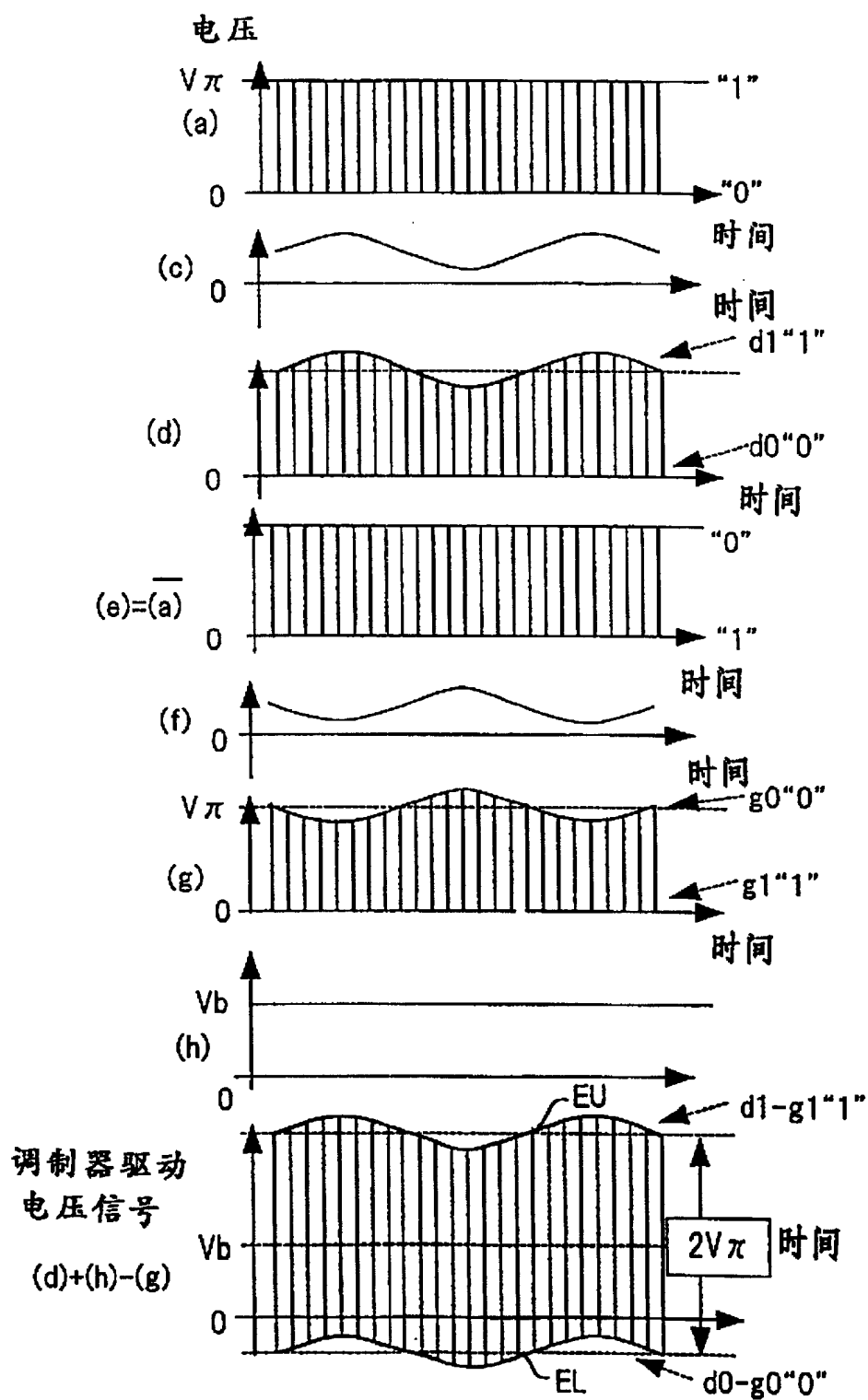


图17

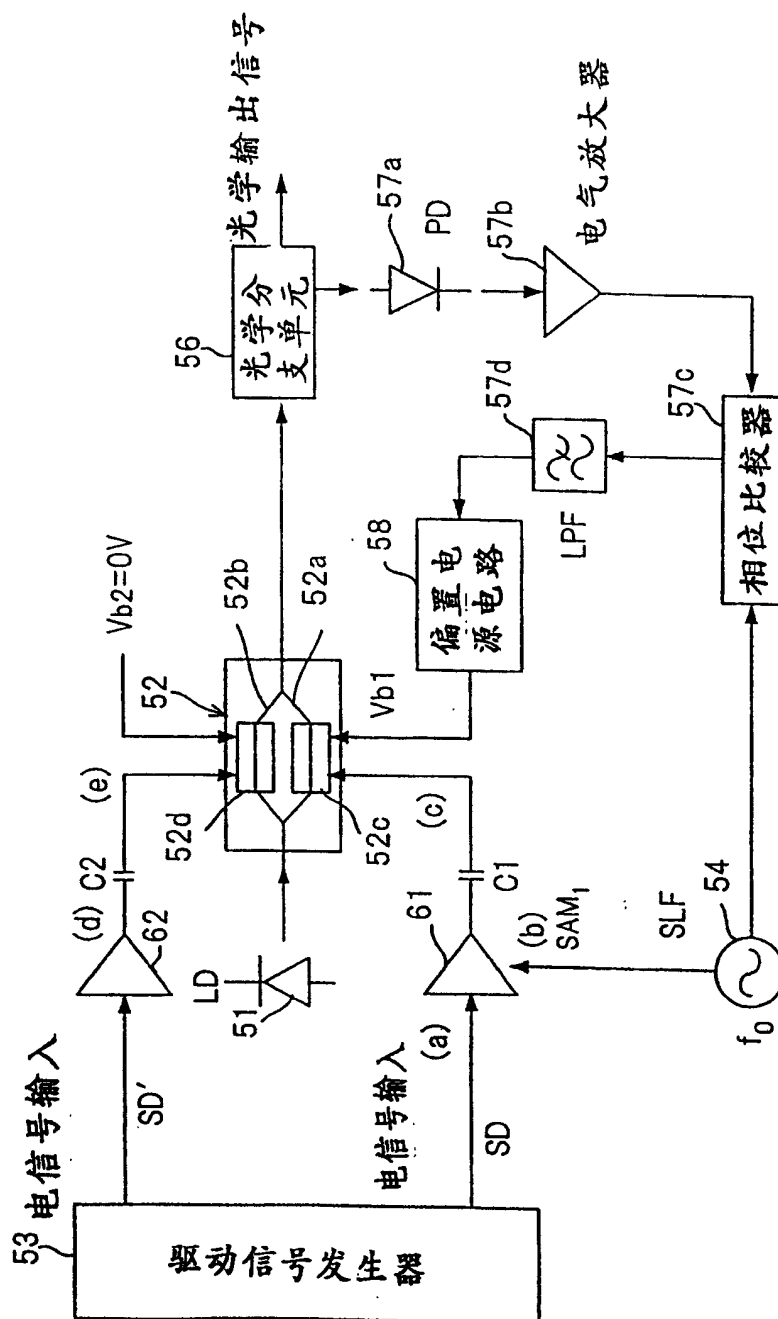


图18

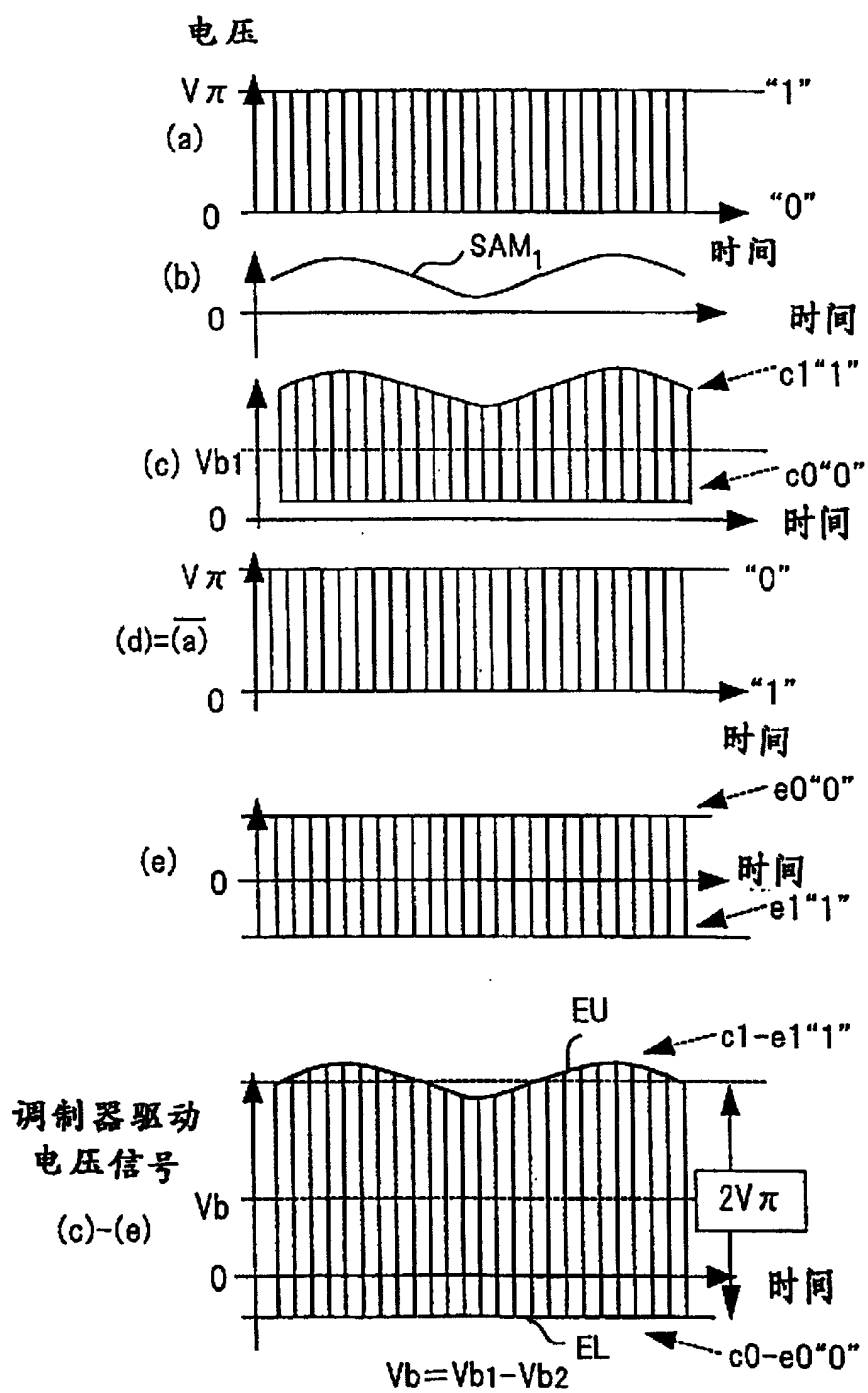


图19

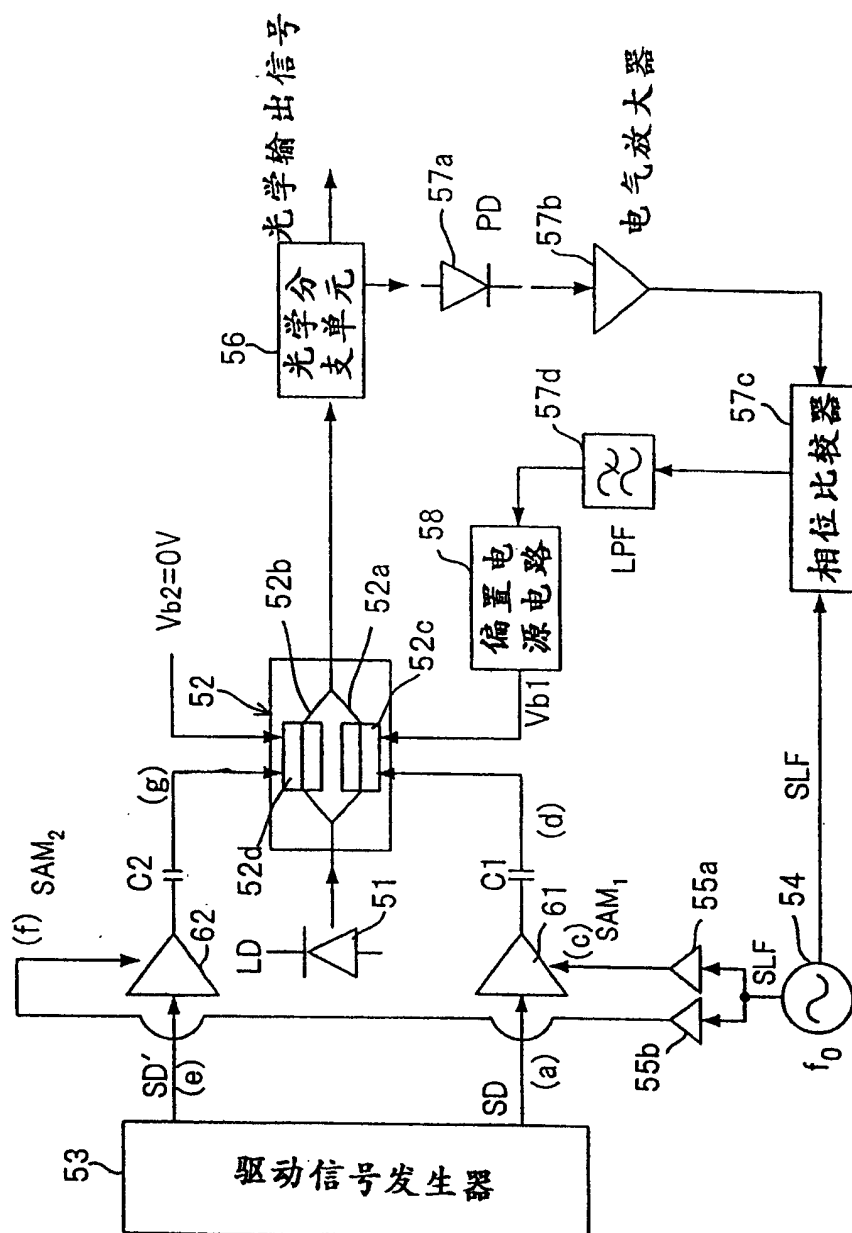


图 20

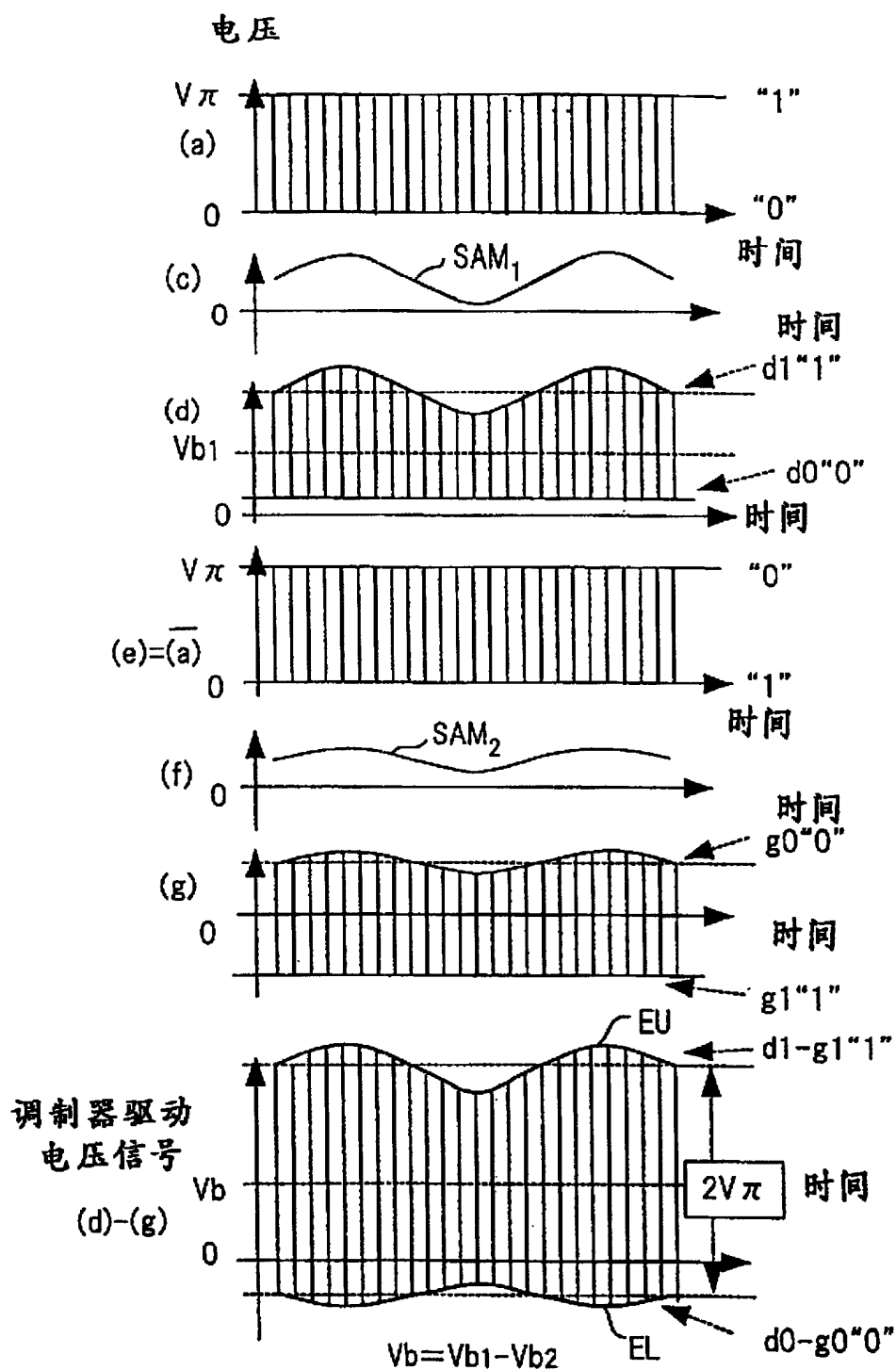


图22

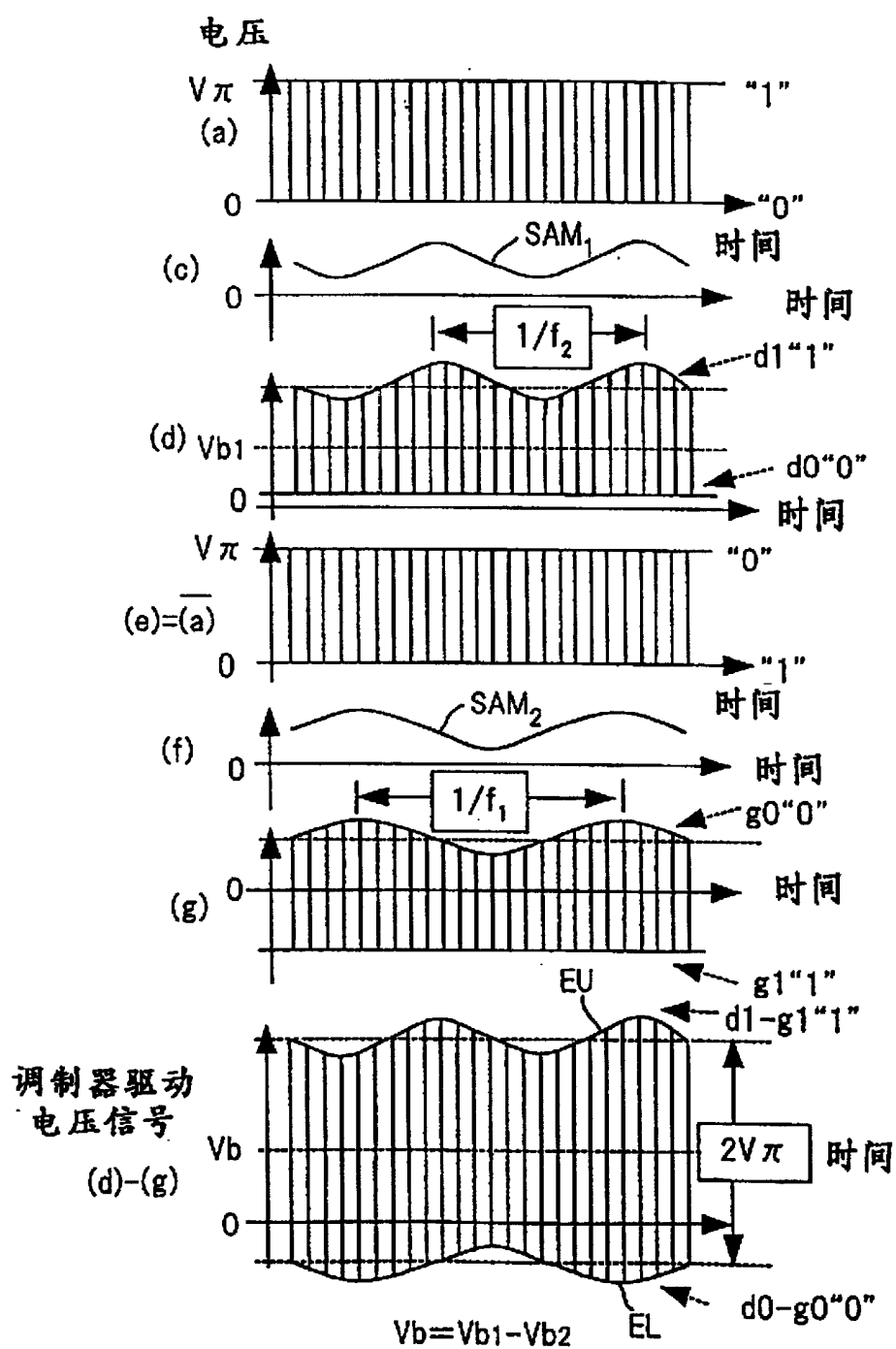


图 23

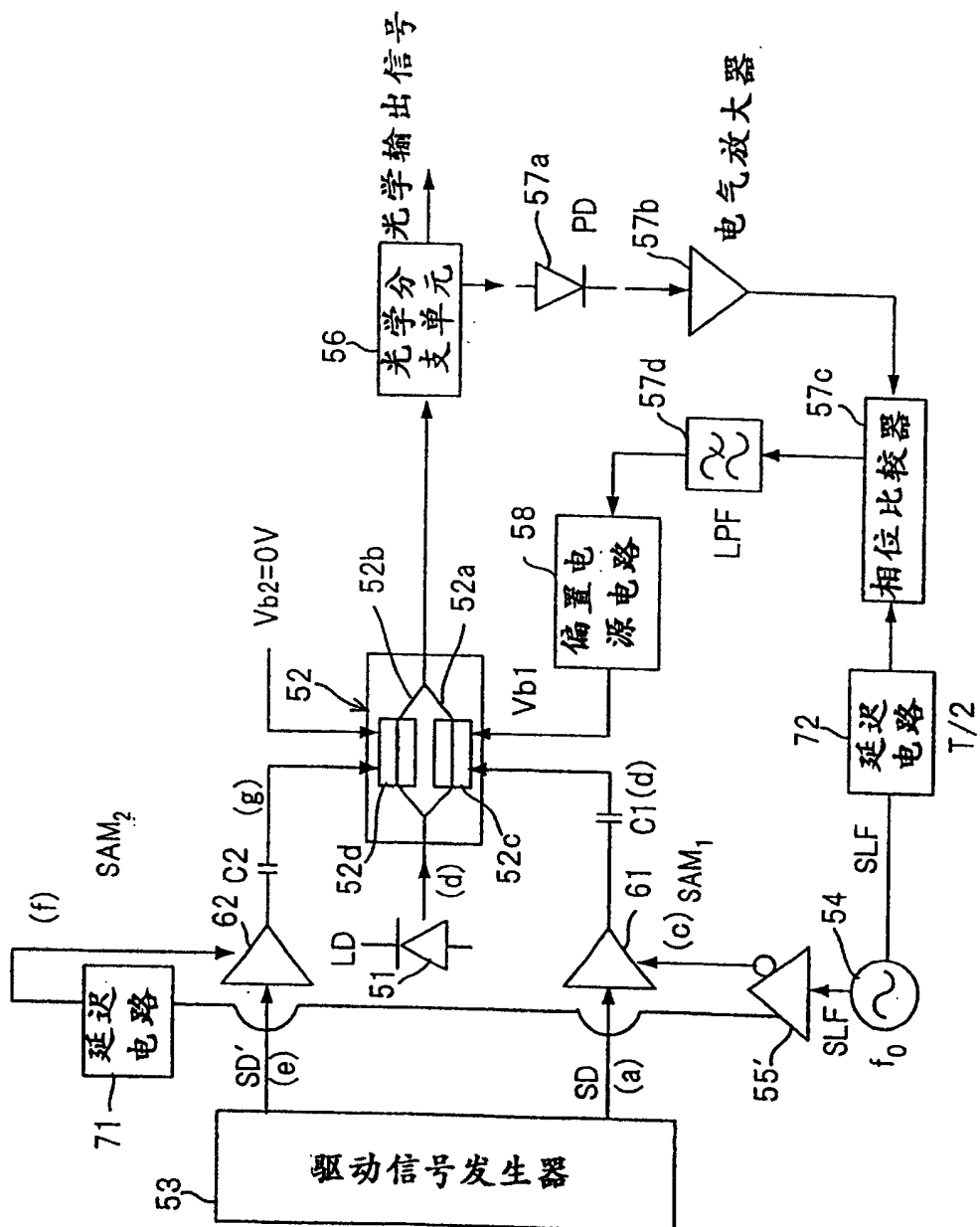


图 24

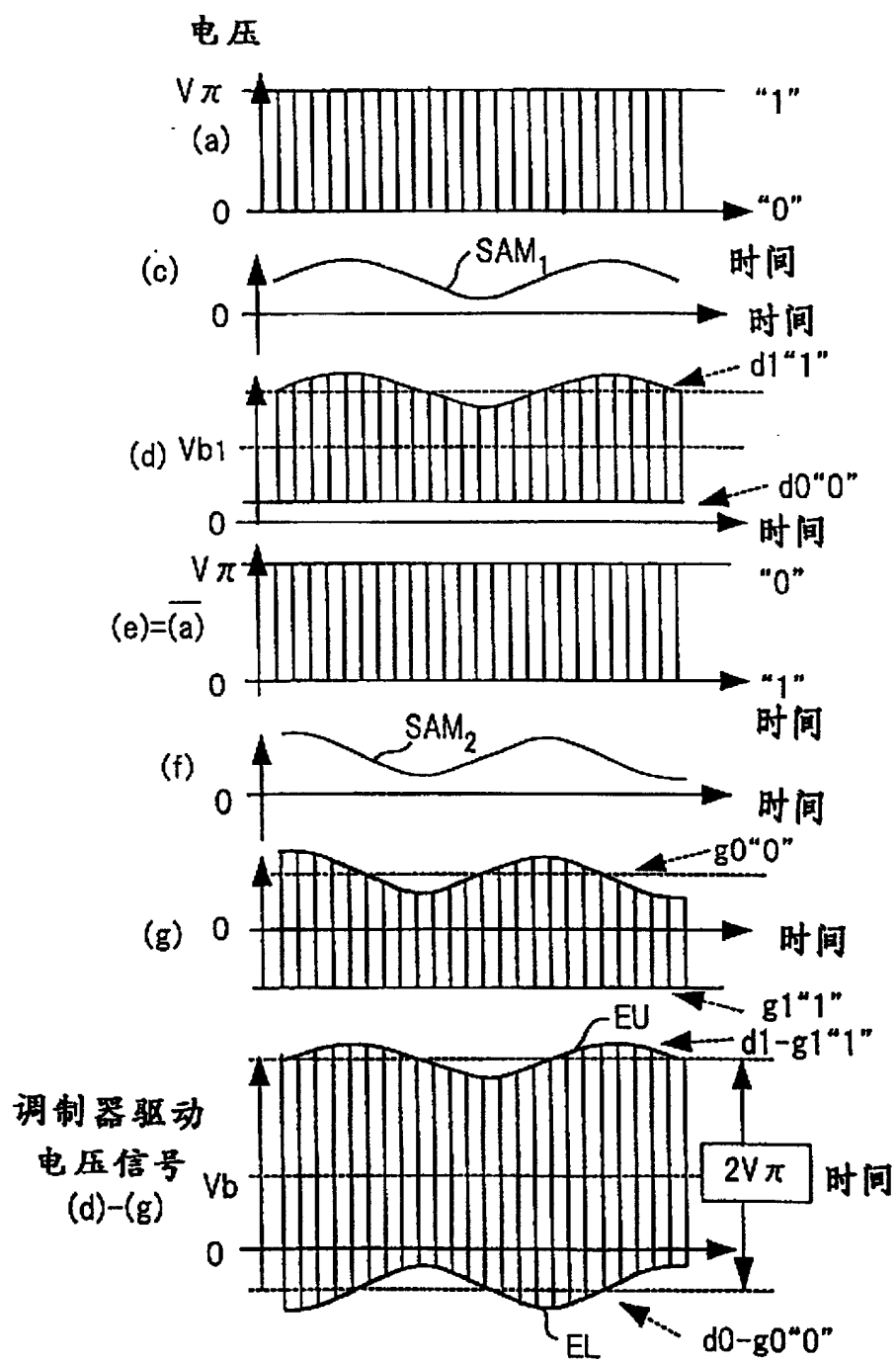


图25

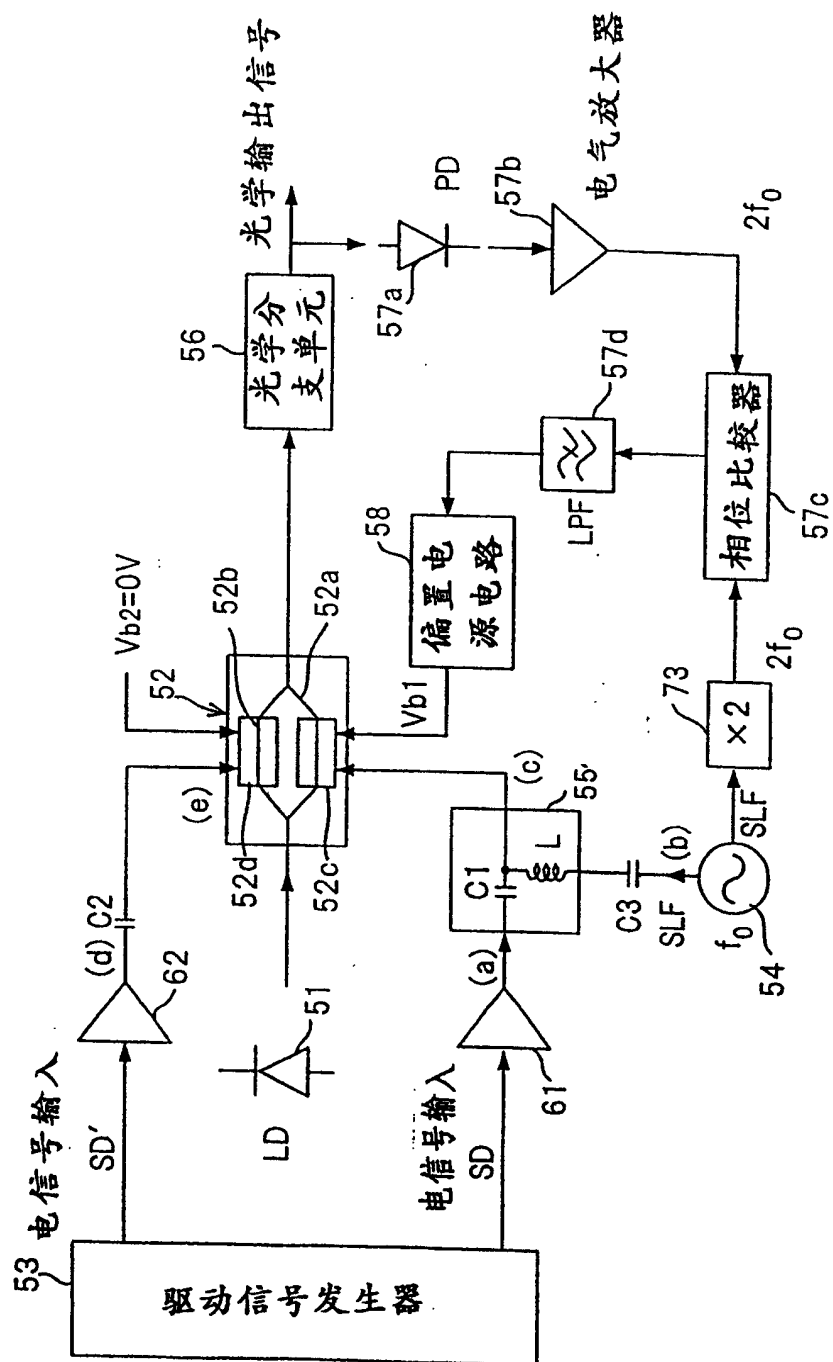


图26

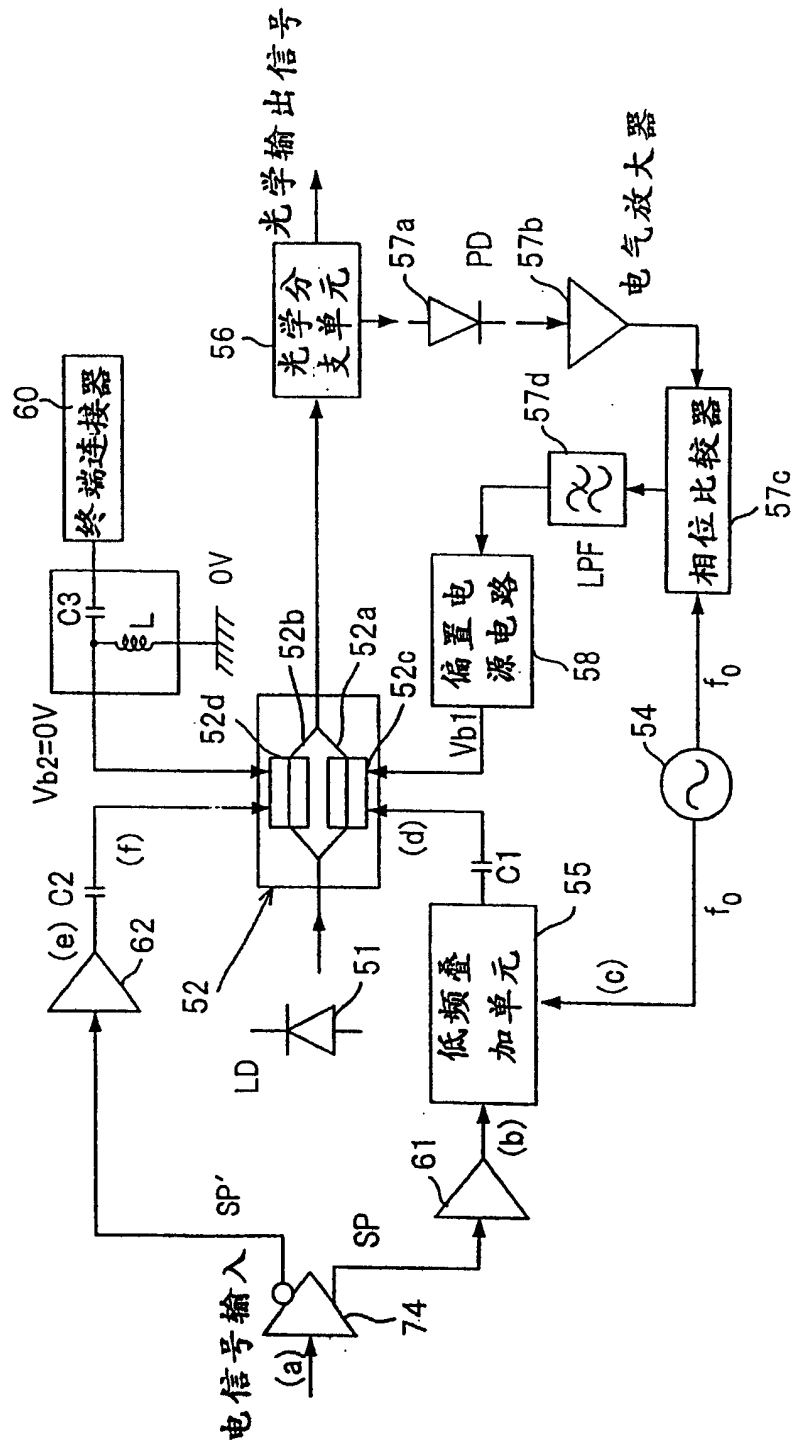


图28A

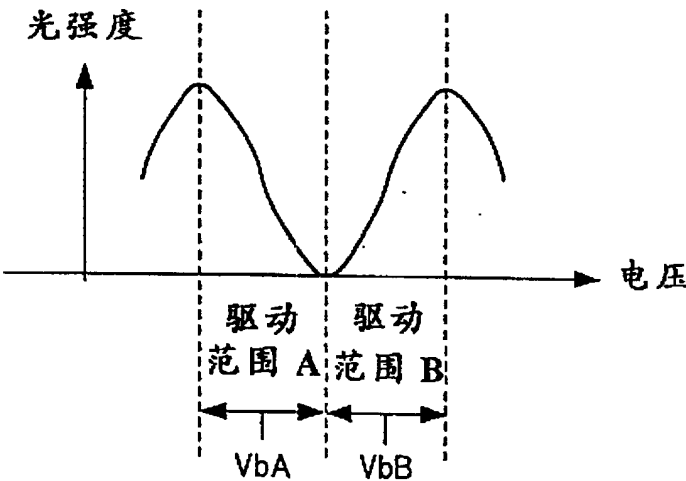


图28B

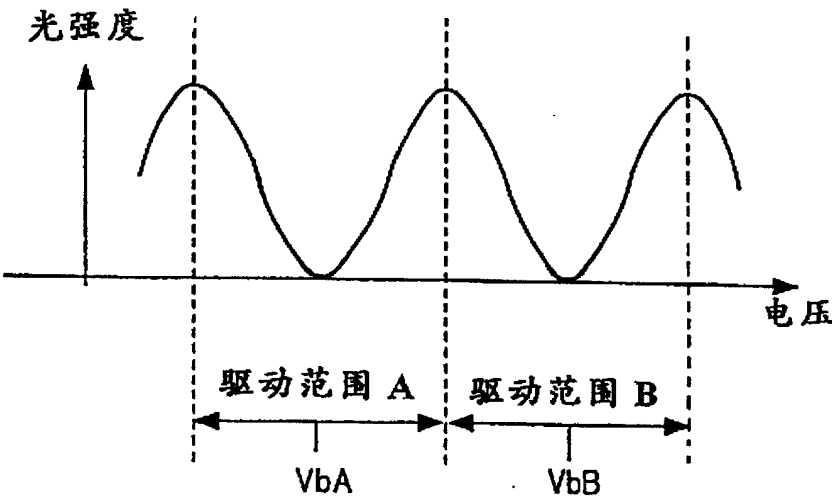


图29

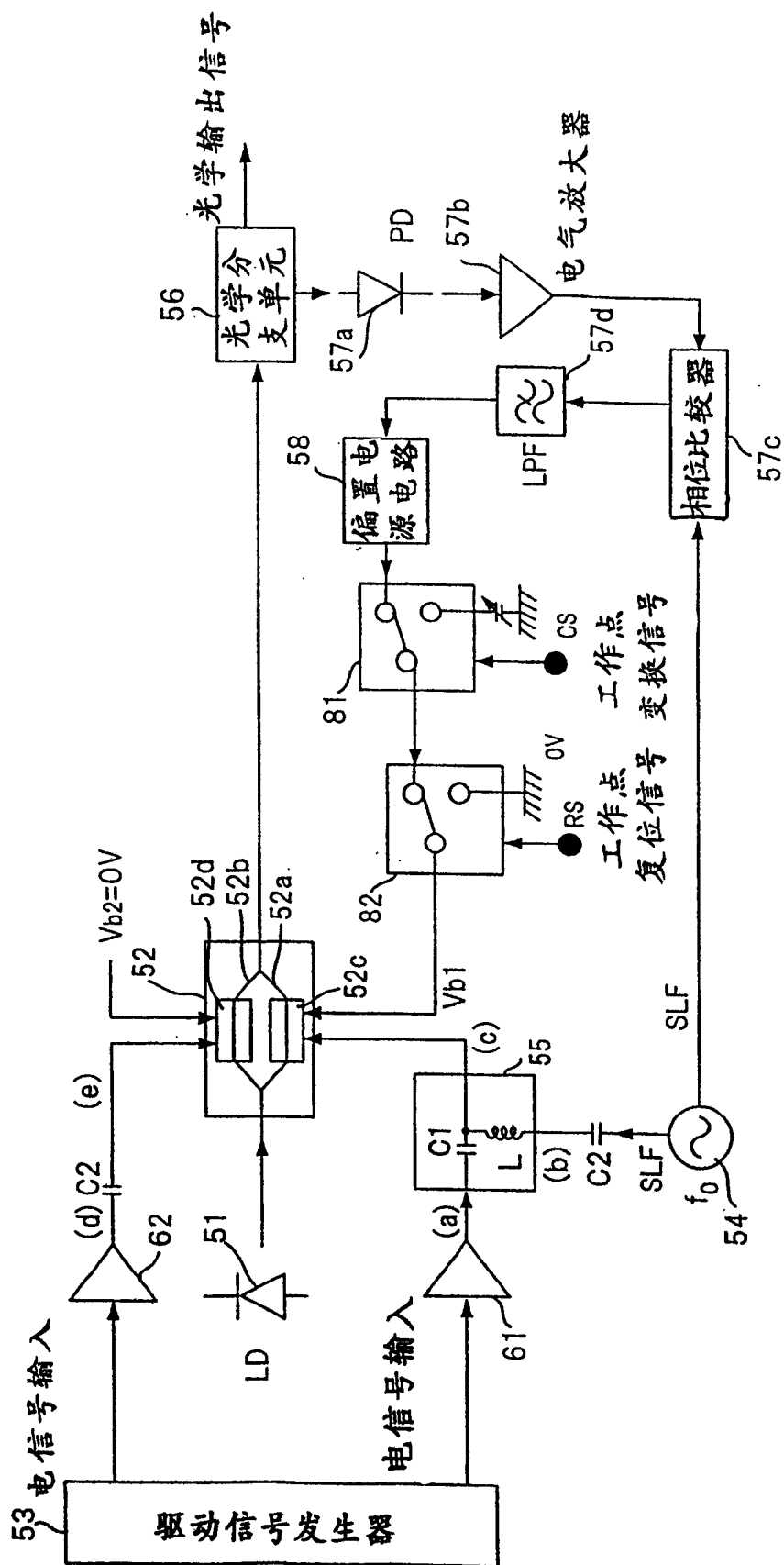


图30A

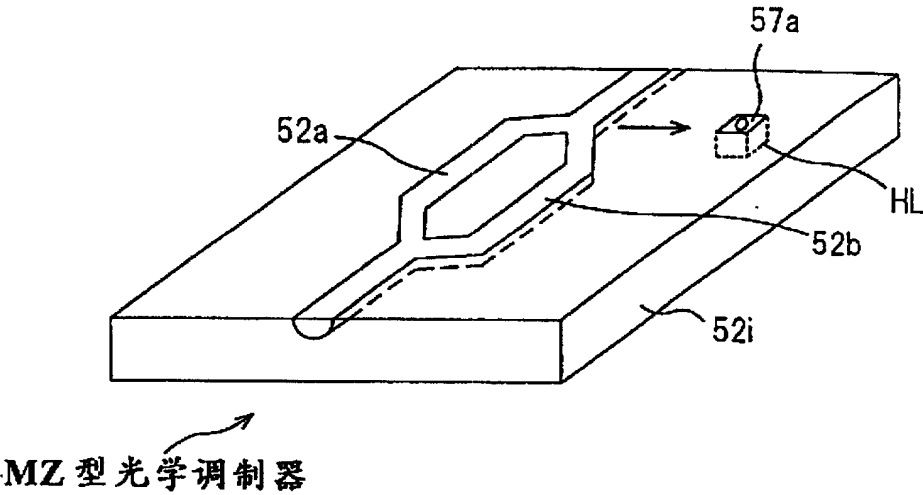


图30B

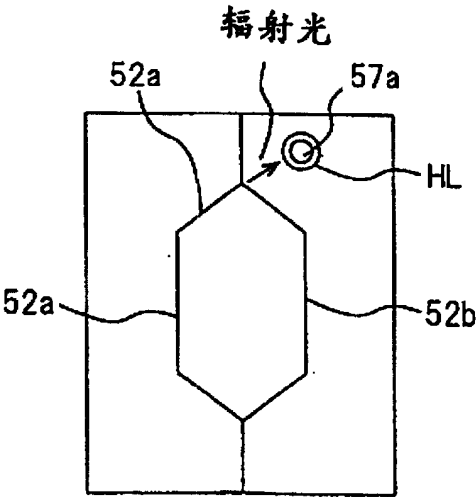


图31

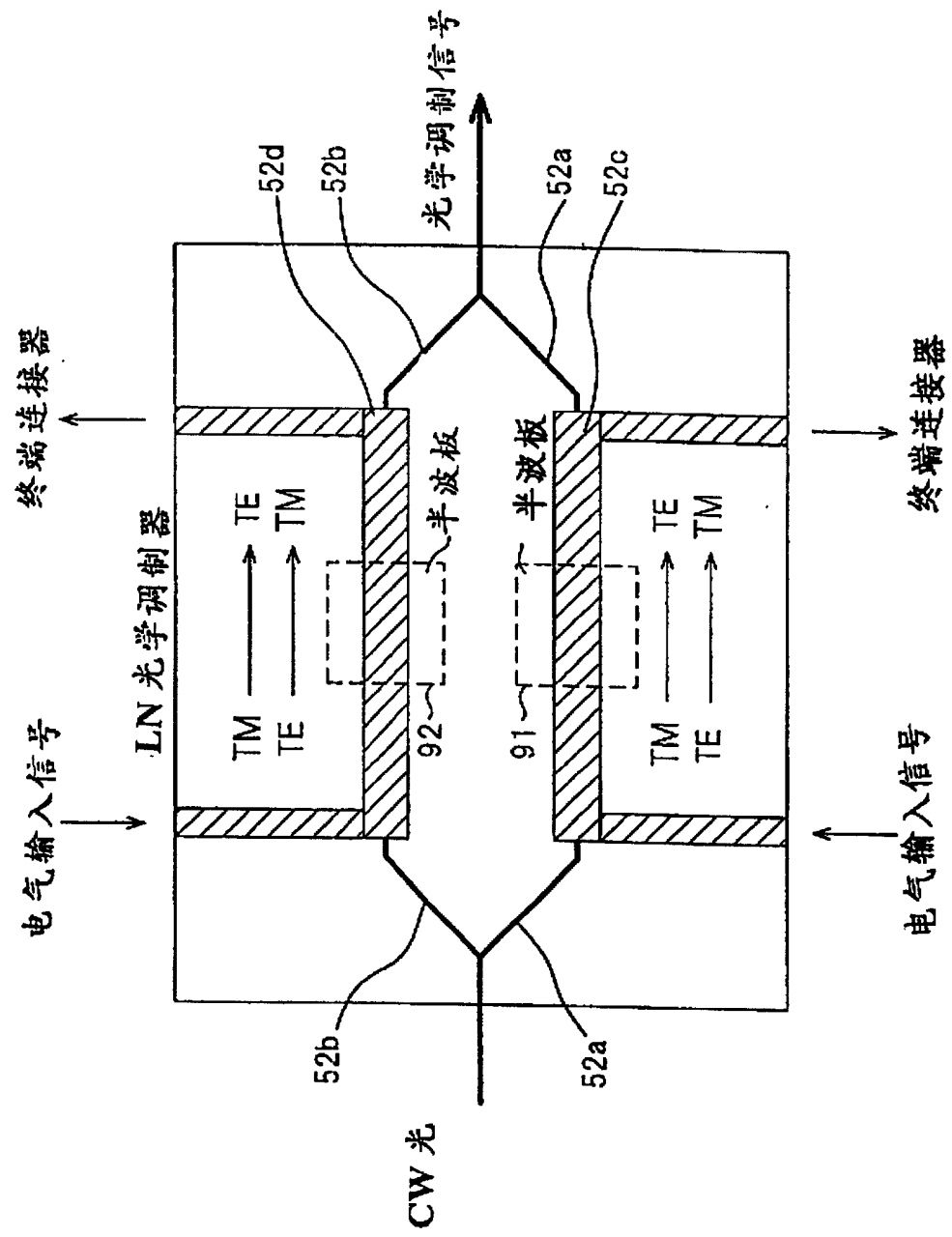


图32A 现有技术

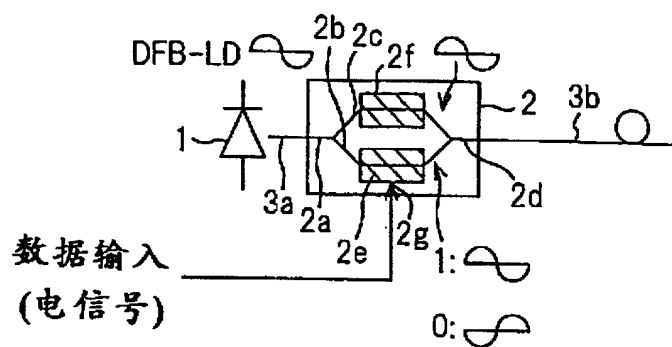


图32B 现有技术

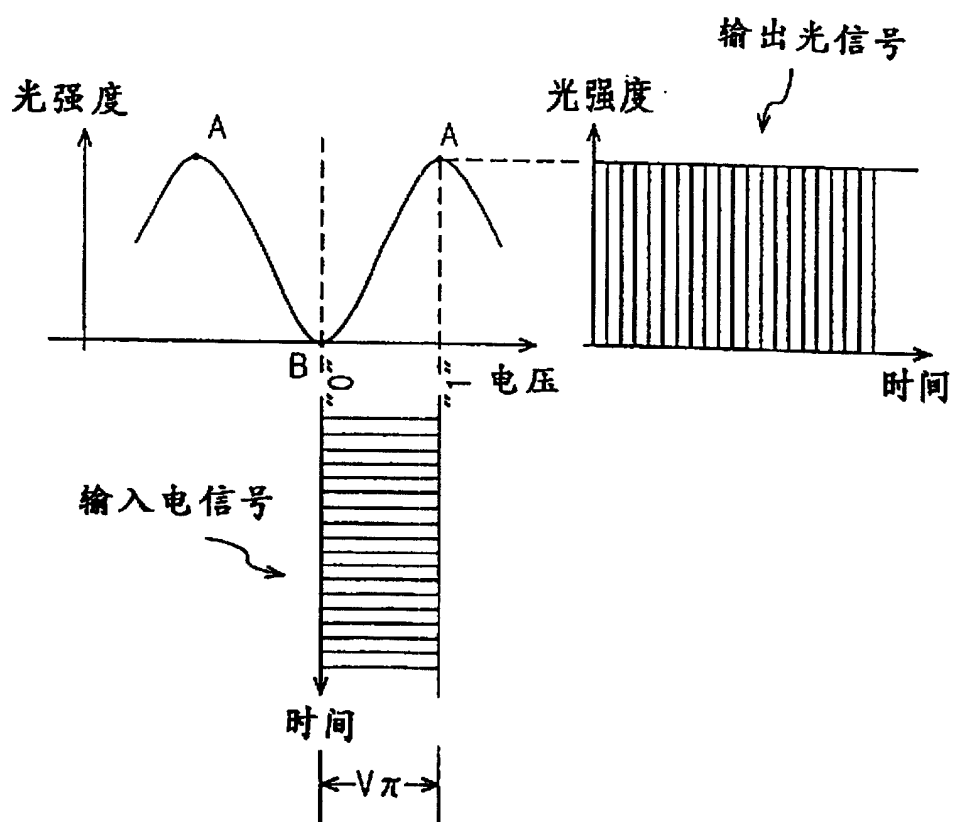


图33 现有技术

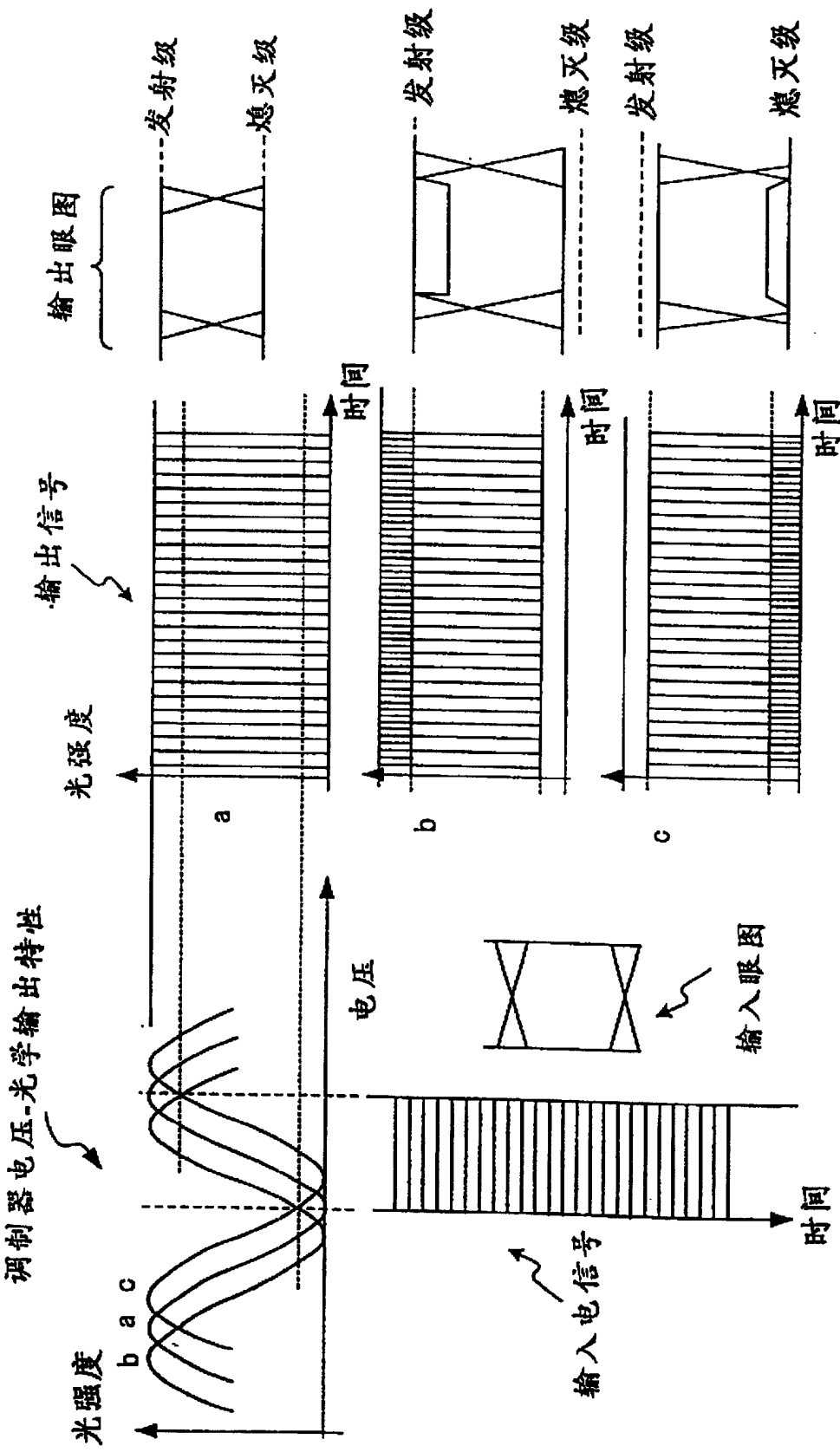


图34 现有技术

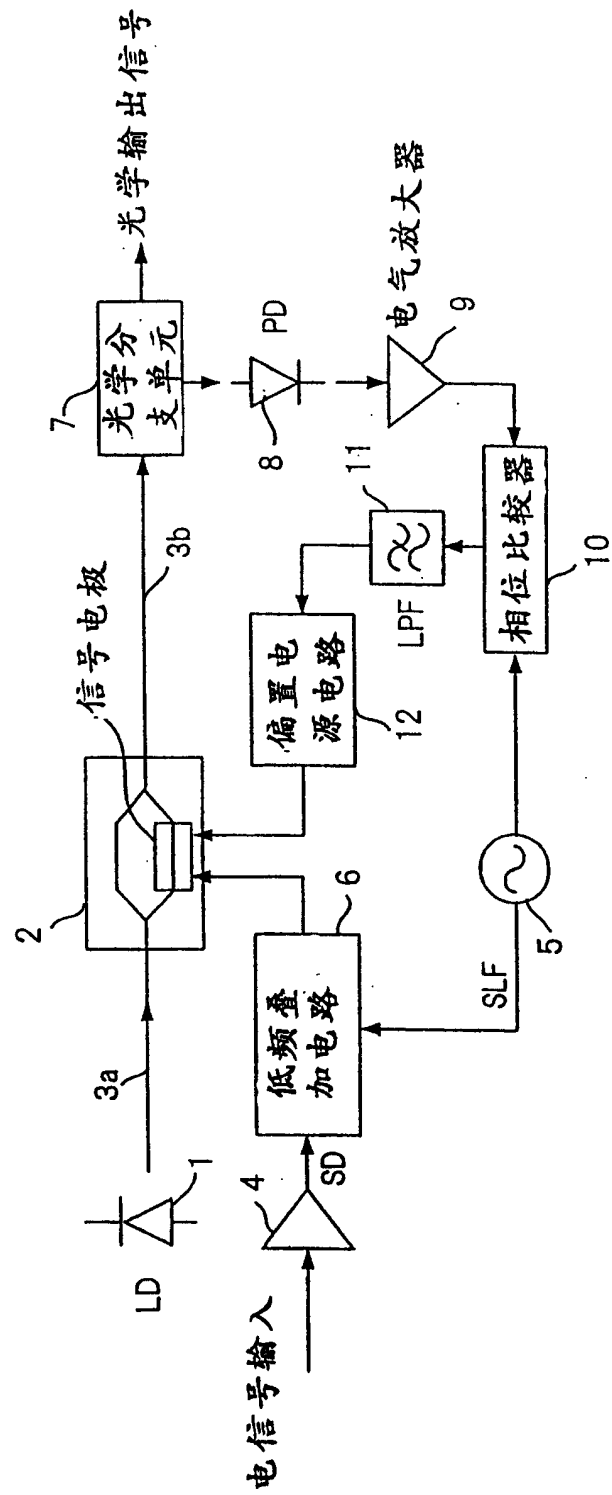


图35 现有技术

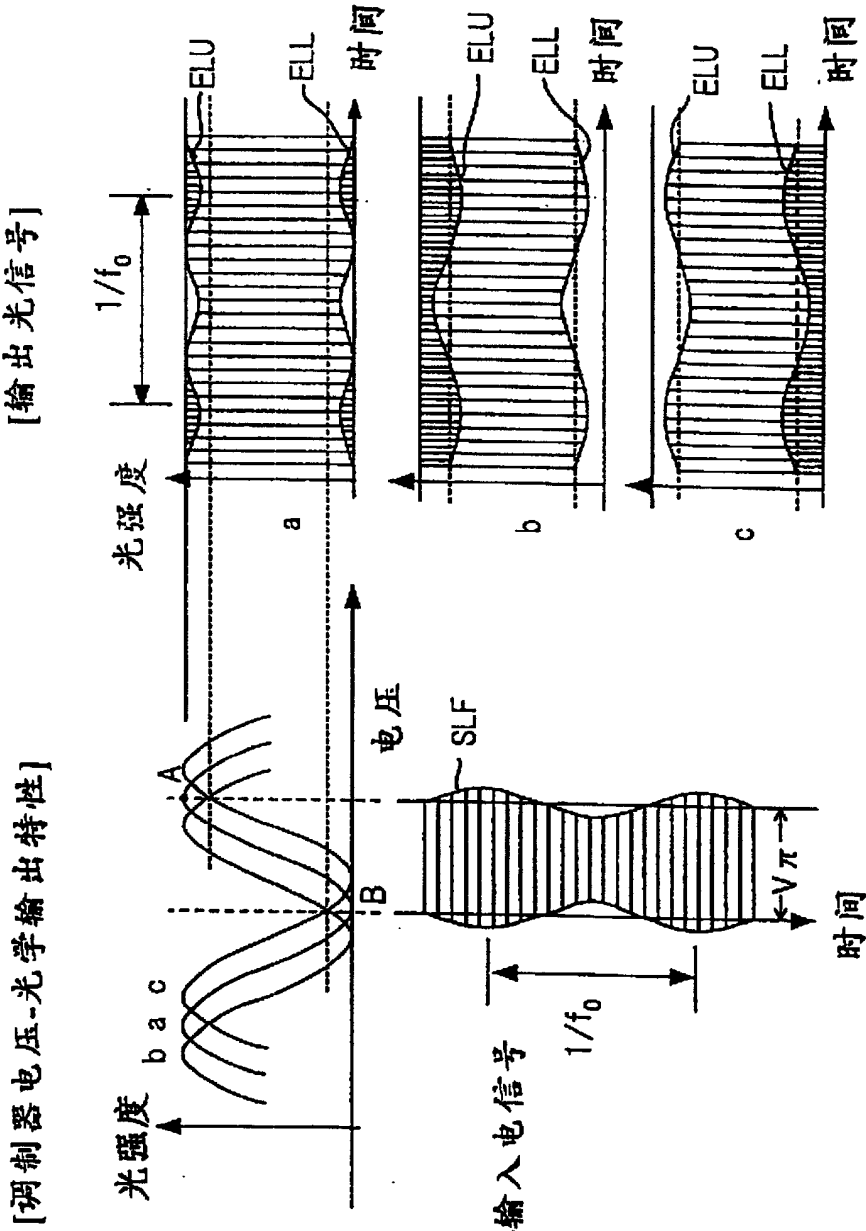


图36 现有技术

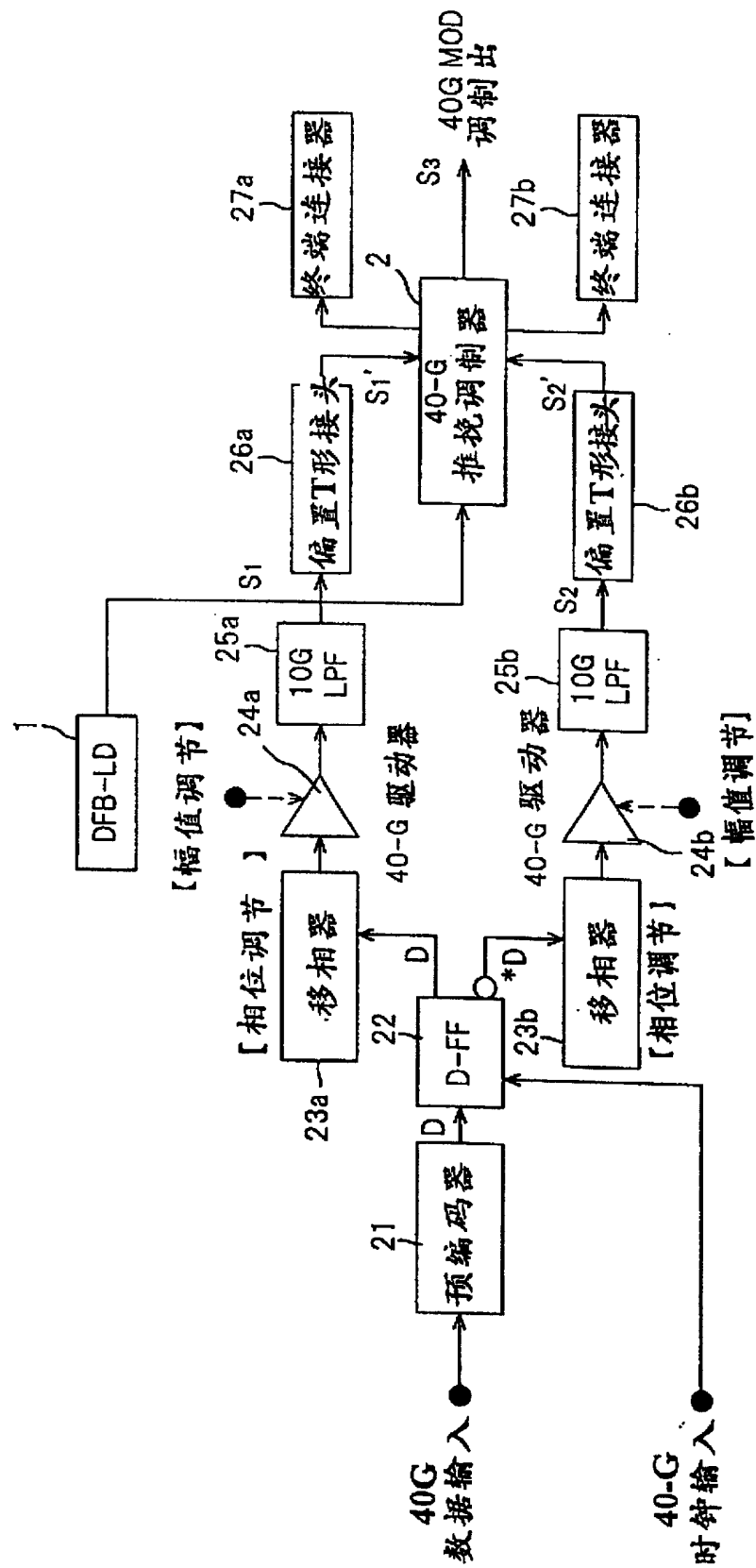


图37A 现有技术

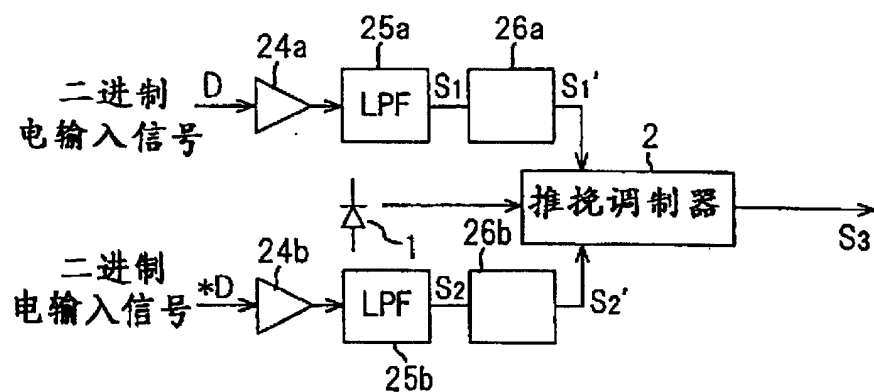


图37B 现有技术

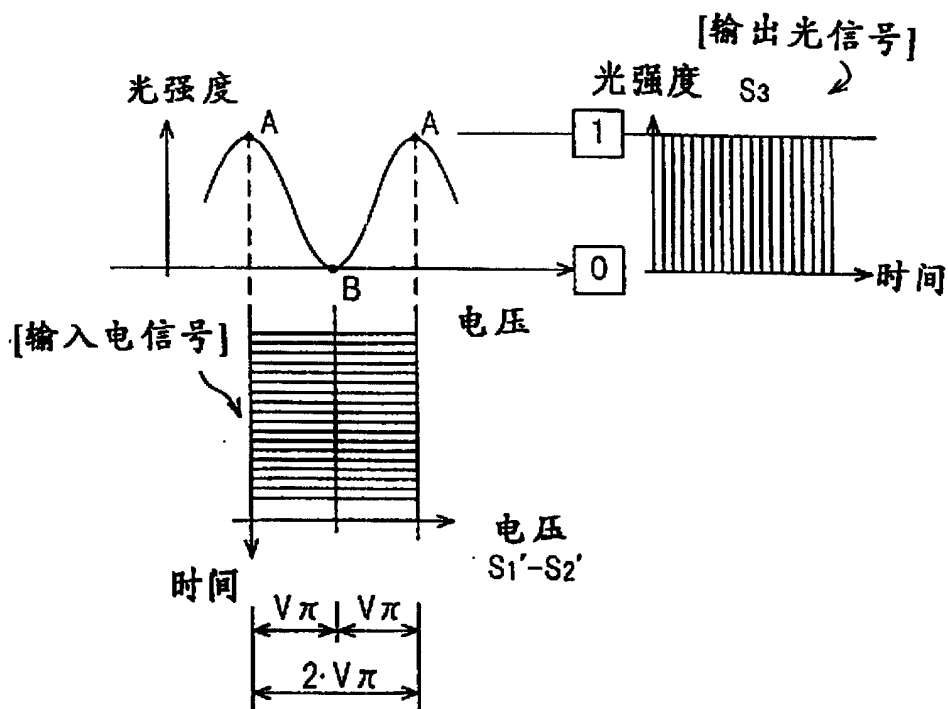


图38 现有技术

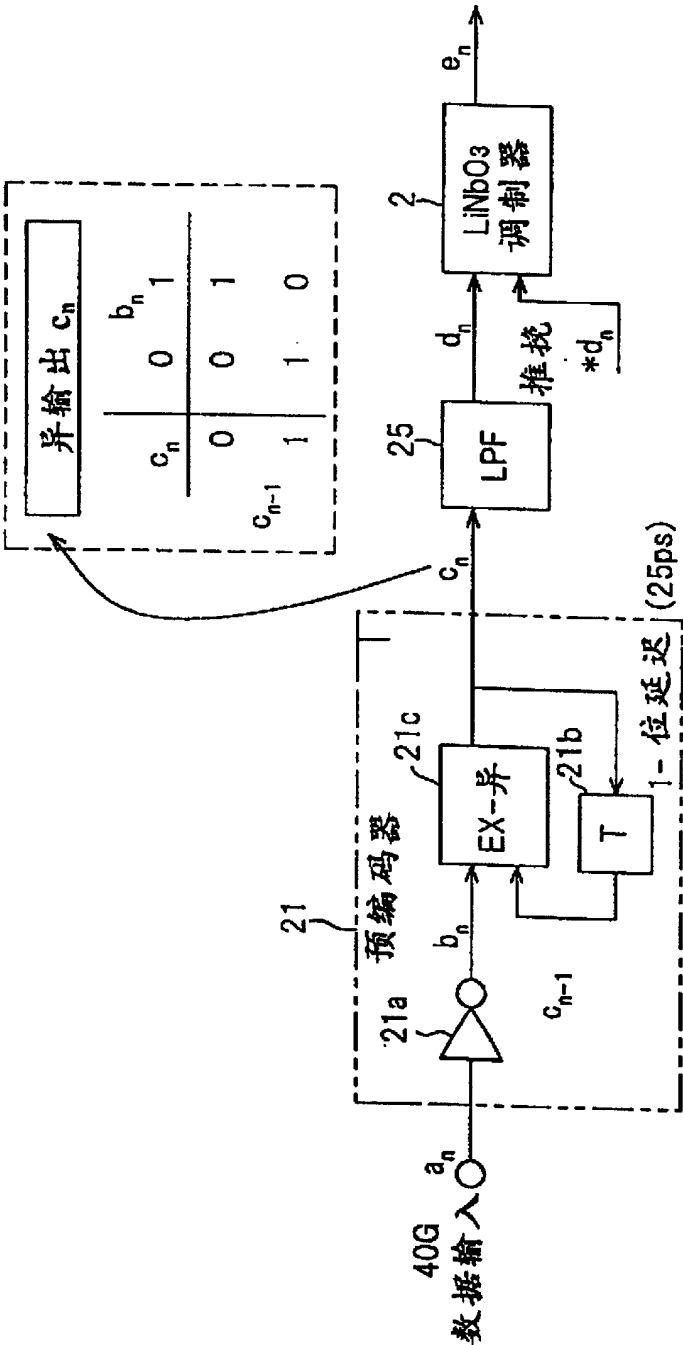


图39A 现有技术

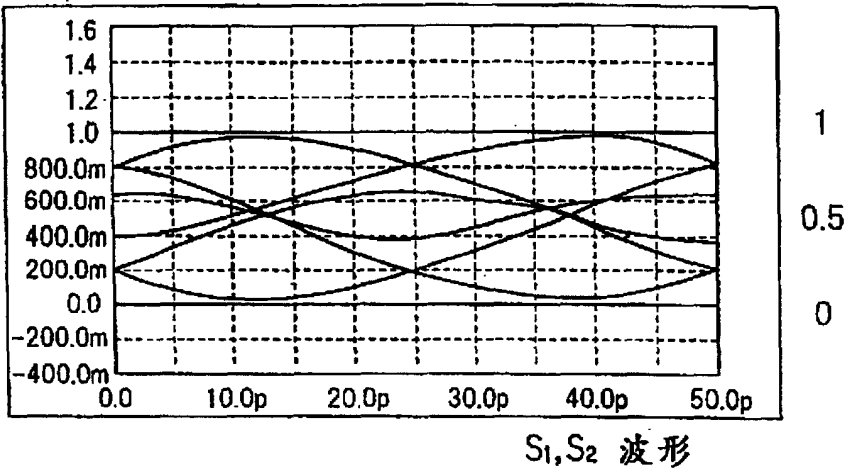


图39B 现有技术

