

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G11B 7/0045 (2006.01)

G11B 7/125 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480020806.1

[45] 授权公告日 2008 年 6 月 11 日

[11] 授权公告号 CN 100394486C

[22] 申请日 2004.7.16

[21] 申请号 200480020806.1

[30] 优先权

[32] 2003.7.18 [33] JP [31] 199522/2003

[32] 2003.9.25 [33] JP [31] 334342/2003

[86] 国际申请 PCT/JP2004/010574 2004.7.16

[87] 国际公布 WO2005/013267 日 2005.2.10

[85] 进入国家阶段日期 2006.1.18

[73] 专利权人 三菱化学媒体股份有限公司

地址 日本东京

[72] 发明人 堀江通和 大野孝志 清野贤二郎

久保正枝

[56] 参考文献

CN1347553A 2002.5.1

JP2003-30836A 2003.1.31

JP10-83573A 1998.3.31

审查员 孔 芳

[74] 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

代理人 李 辉

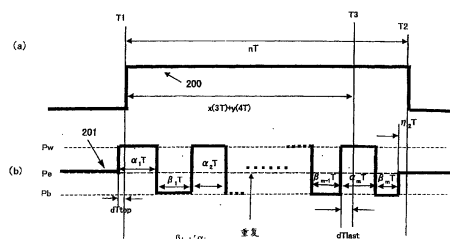
权利要求书 5 页 说明书 97 页 附图 34 页

[54] 发明名称

光记录方法

[57] 摘要

本发明提供一种光记录方法。当在记录介质上记录标记长度调制信息时，使用 m 个记录脉冲 $\alpha_i T$ 和 m 个空态脉冲 $\beta_i T$ 来形成一个记录标记的记录标记长度 nT ，前导记录脉冲 $\alpha_1 T$ 将从记录标记的前导位置偏移时间 dT_{top} 上升，有关 m 至少为 2 的所有记录标记都满足 $2.5 \leq n/m$ ，当利用同一脉冲划分数 m 分别形成多个不同记录标记长度时，通过改变 α_1 和/或 α_m ，来分别形成具有不同长度的多个记录标记长度，并且当改变 α_1 时，改变了 dT_{top} 和/或 β_1 ，而当改变 α_m 时，改变了 β_{m-1} 和/或 β_m 。



1、一种光记录方法，用于通过向记录介质局部地施加记录激光束来在记录介质上记录标记长度调制信息，其特征在于：

如果 T 是基准时钟周期， n 是至少为 2 的自然数，则当由 nT 表示一个记录标记的记录标记长度时，

为了形成 nT 的记录标记长度，使用由 $\alpha_1 T, \beta_1 T, \alpha_2 T, \beta_2 T, \dots, \alpha_i T, \beta_i T, \dots, \alpha_m T, \beta_m T$ 表示的 $1 \leq i \leq m$ 时的 m 个记录脉冲 $\alpha_i T$ 和 $1 \leq i \leq m$ 时的 m 个空态脉冲 $\beta_i T$ ，其中 m 为表示脉冲划分数值的自然数， $1 \leq i \leq m$ 时的 α_i 为大于 0 的实数， $1 \leq i \leq m-1$ 时的 β_i 为大于 0 的实数，而 β_m 为至少为 0 的实数，并且

在任何 $1 \leq i \leq m$ 时的 $\alpha_i T$ 的时间内，施加具有写功率 P_{w_i} 的记录激光束，

在任何 $1 \leq i \leq m-1$ 时的 $\beta_i T$ 的时间内施加具有偏置功率 P_{b_i} 的记录激光束，其中 $P_{b_i} < P_{w_i}$ 并且 $P_{b_i} < P_{w_{i+1}}$ ，

前沿记录脉冲 $\alpha_i T$ 将从长度为 nT 的记录标记的前沿位置偏移时间 dT_{top} 上升，当该上升从长度为 nT 的记录标记的前沿位置起延迟时， dT_{top} 为正，

对于至少 2 个记录标记，脉冲划分数 m 至少为 2，并且对于 m 至少为 2 时的所有记录标记， $n/m \geq 2.5$ ，

在要利用同一脉冲划分数 m 分别形成多个不同记录标记长度的情况下，在满足以下条件的同时，改变 α_i 和/或 α_m 以形成分别具有不同长度的多个这种记录标记长度：

当改变 α_i 时，也改变了 dT_{top} 和/或 β_i ，并且

当改变 α_m 时，也改变了 β_{m-1} 和/或 β_m ，

其中，对于脉冲划分数 m 至少为 2 时的所有记录标记， $1 \leq i \leq m-1$ 时的 $(\alpha_i + \beta_i)$ 取 3 或 4 的值。

2、如权利要求 1 所述的光记录方法，其中，对于脉冲划分数 m 至少为 2 时的所有记录标记， $n/m \leq 5$ 。

3、如权利要求 1 或 2 所述的光记录方法，其中，基于用于形成要利用同一脉冲划分数 m 形成的多个不同记录标记长度中的一个记录标记长度 A 的光记录方法，

在这种光记录方法中改变 α_l 或 α_m ，以形成除上述多个不同记录标记长度中的记录标记长度 A 以外的记录标记长度。

4、如权利要求 1 或 2 所述的光记录方法，其中，利用同一脉冲划分数 m 形成至少 3 个不同记录标记长度。

5、如权利要求 1 或 2 所述的光记录方法，其中，每当 n 增大 3 或 4 时， m 增大 1。

6、如权利要求 5 所述的光记录方法，其中，

对于 $n=2、3$ 或 4 时的记录标记长度， $m=1$ ；

对于 $n=5、6$ 或 7 时的记录标记长度， $m=2$ ；

对于 $n=8、9$ 或 10 时的记录标记长度， $m=3$ ；

对于 $n=11、12$ 或 13 时的记录标记长度， $m=4$ ；以及

对于 $n=14、15$ 或 16 时的记录标记长度， $m=5$ 。

7、如权利要求 6 所述的光记录方法，其中，把要利用同一划分数 $m=L$ 形成的 $n=3L-1、3L$ 以及 $3L+1$ 时的 3 个记录标记长度当作一组，并根据用于形成 $n=3L$ 时的记录标记长度的光记录方法，在这种光记录方法中至少增大或减小 α_m ，以分别形成 $n=3L-1$ 或 $n=3L+1$ 时的记录标记长度，其中 $L \geq 2$ 。

8、如权利要求 7 所述的光记录方法，其中，对于所述 $n=3L-1、3L$ 以及 $3L+1$ 时的 3 个记录标记长度，它们的各 α_m 、 β_{m-1} 以及 β_m 值是恒定的而与 L 无关，其中 $L \geq 2$ 。

9、如权利要求 7 所述的光记录方法，其中，对于所述 $n=3L-1、3L$ 以及 $3L+1$ 时的 3 个记录标记长度，除 $n=5$ 的情况以外，它们的各 α_m 、 β_{m-1} 以及 β_m 值是恒定的而与 L 无关，其中 $L \geq 2$ 。

10、如权利要求 6 所述的光记录方法，其中，把要利用同一划分数 $m=L$ 形成的 $n=3L-1、3L$ 以及 $3L+1$ 时的 3 个记录标记长度当作一组，其中 $L \geq 2$ ；并且

根据用于形成 $n=3L$ 时的记录标记长度的光记录方法,在这种光记录方法中至少减小 α_m 以形成 $n=3L-1$ 时的记录标记长度,而且,

根据用于形成 $n=3L$ 时的记录标记长度的光记录方法,在这种光记录方法中至少增大 α_l 以形成 $n=3L+1$ 时的记录标记长度。

11、如权利要求 10 所述的光记录方法,其中,对于所述 $n=3L-1$ 、 $3L$ 以及 $3L+1$ 时的 3 个记录标记长度,它们的各 α_l 、 dT_{top} 、 β_l 、 α_m 、 β_{m-1} 以及 β_m 值是恒定的而与 L 无关,其中 $L \geq 2$ 。

12、如权利要求 10 所述的光记录方法,其中,对于所述 $n=3L-1$ 、 $3L$ 以及 $3L+1$ 时的 3 个记录标记长度,除 $n=5$ 的情况以外,它们的各 α_l 、 dT_{top} 、 β_l 、 α_m 、 β_{m-1} 以及 β_m 值是恒定的而与 L 无关,其中 $L \geq 2$ 。

13、如权利要求 1 或 2 所述的光记录方法,其中,对于 n 至少为 6 时的所有记录标记长度,使 n/m 至少为 3。

14、如权利要求 5 所述的光记录方法,其中,

对于 $n=2$ 、3 或 4 时的记录标记长度, $m=1$;

对于 $n=5$ 、6、7 或 8 时的记录标记长度, $m=2$;

对于 $n=9$ 、10 或 11 时的记录标记长度, $m=3$;

对于 $n=12$ 、13 或 14 时的记录标记长度, $m=4$; 以及

对于 $n=15$ 、16 或 17 时的记录标记长度, $m=5$ 。

15、如权利要求 14 所述的光记录方法,其中,把要利用同一划分数 $m=L$ 形成的 $n=3L$ 、 $3L+1$ 以及 $3L+2$ 时的 3 个记录标记长度当作一组,其中 $L \geq 2$; 并且

根据用于形成 $n=3L$ 时的记录标记长度的光记录方法,在这种光记录方法中至少增大 α_m 以形成 $n=3L+1$ 时的记录标记长度,而且,

根据用于形成 $n=3L+1$ 时的记录标记长度的光记录方法,在这种光记录方法中至少增大 α_l 以形成 $n=3L+2$ 时的记录标记长度。

16、如权利要求 14 所述的光记录方法,其中,把要利用同一划分数 $m=L$ 形成的 $n=3L$ 、 $3L+1$ 以及 $3L+2$ 时的 3 个记录标记长度当作一组,其中 $L \geq 2$; 并且

根据用于形成 $n=3L$ 时的记录标记长度的光记录方法,在这种光记录

方法中至少增大 α_l 以形成 $n=3L+1$ 时的记录标记长度, 而且,

根据用于形成 $n=3L+1$ 时的记录标记长度的光记录方法, 在这种光记录方法中至少增大 α_m 以形成 $n=3L+2$ 时的记录标记长度。

17、如权利要求 15 或 16 所述的光记录方法, 其中, 对于所述 $n=3L$ 、 $3L+1$ 以及 $3L+2$ 时的 3 个记录标记长度, 它们的各 α_l 、 dT_{top} 、 β_l 、 α_m 、 β_{m-1} 以及 β_m 值是恒定的而与 L 无关, 其中 $L \geq 2$ 。

18、如权利要求 5 所述的光记录方法, 其中,

对于 $n=2$ 、3 或 4 时的记录标记长度, $m=1$;

对于 $n=5$ 、6、7 或 8 时的记录标记长度, $m=2$;

对于 $n=9$ 、10、11 或 12 时的记录标记长度, $m=3$; 以及

对于 $n=13$ 、14、15 或 16 时的记录标记长度, $m=4$ 。

19、如权利要求 18 所述的光记录方法, 其中, 把要利用同一划分数 $m=L$ 形成的 $n=4L-3$ 、 $4L-2$ 、 $4L-1$ 以及 $4L$ 时的 4 个记录标记长度当作一组, 其中 $L \geq 2$; 并且

根据用于形成 $n=4L-2$ 时的记录标记长度的光记录方法, 在这种光记录方法中至少增大或减小 α_m 以分别形成 $n=4L-1$ 或 $4L-3$ 时的记录标记长度, 而且,

根据用于形成 $n=4L-1$ 时的记录标记长度的光记录方法, 在这种光记录方法中至少增大 α_l 以形成 $n=4L$ 时的记录标记长度。

20、如权利要求 18 所述的光记录方法, 其中, 把要利用同一划分数 $m=L$ 形成的 $n=4L-3$ 、 $4L-2$ 、 $4L-1$ 以及 $4L$ 时的 4 个记录标记长度当作一组, 其中 $L \geq 2$; 并且

根据用于形成 $n=4L-2$ 时的记录标记长度的光记录方法, 在这种光记录方法中至少减小 α_m 以形成 $4L-3$ 时的记录标记长度,

根据用于形成 $n=4L-2$ 时的记录标记长度的光记录方法, 在这种光记录方法中至少增大 α_l 以形成 $n=4L-1$ 时的记录标记长度, 而且,

根据用于形成 $n=4L-1$ 时的记录标记长度的光记录方法, 在这种光记录方法中至少增大 α_m 以形成 $n=4L$ 时的记录标记长度。

21、如权利要求 19 或 20 所述的光记录方法, 其中, 对于所述 $n=4L-3$ 、

4L-2、4L-1 以及 4L 时的 4 个记录标记长度，它们的各 α_1 、 dT_{top} 、 β_1 、 α_m 、 β_{m-1} 以及 β_m 值是恒定的而与 L 无关，其中 $L \geq 2$ 。

22、如权利要求 19 或 20 所述的光记录方法，其中，对于所述 $n=4L-3$ 、4L-2、4L-1 以及 4L 时的 4 个记录标记长度，除 $n=5$ 的情况以外，它们的各 α_1 、 dT_{top} 、 β_1 、 α_m 、 β_{m-1} 以及 β_m 值是恒定的而与 L 无关，其中 $L \geq 2$ 。

23、如权利要求 1 或 2 所述的光记录方法，其中，当 $n=4$ 时， $n/m=2$ 。

24、一种用于如权利要求 1 所述的光记录方法的光记录装置，其包括用于形成并控制权利要求 1 中所述的记录脉冲和空态脉冲的电路。

光记录方法

技术领域

本发明涉及光记录方法。更具体来说，涉及一种用于可重写光记录介质的高速光记录方法。

背景技术

对于光盘（CD）或数字多媒体盘（DVD），通常通过利用由来自镜面与坑底的反射光的干涉而导致的反射率变化来执行对二进制信号的记录和对寻道信号的检测。

近年来，已将相变型可重写光盘（CD-RW，CD-可重写）或相变型可重写 DVD（商品名称：DVD-RW，DVD+RW，在本说明书中，有时可能将可重写 DVD 称为 RW- DVD）用作可重写光记录介质。

这种相变型 CD-RW 或 RW- DVD 利用由非晶态与晶态之间的折射率差而导致的相差和反射率差来检测记录信息信号。通常的相变型 CD-RW 或 RW- DVD 具有这样的结构，即，该结构包括衬底和形成在该衬底上的下保护层、相变型记录层、上保护层以及反射层，从而可以利用这些层的多重干涉来控制反射率差和相差并提供与 CD 或 DVD 的可互换性。此外，在 CD-RW 或 RW-DVD 上进行记录意味着通过覆写（overwrite）进行记录，在覆写中同时执行记录和擦除。

在上述通过覆写进行的记录中，把晶态用作未记录或擦除状态，而把局部形成的非晶态用作记录标记。

如果通过记录激光束将记录层局部地加热到至少熔点然后突然急冷，那么无论记录前的记录层状态（晶态或非晶态）如何，都会形成非晶标记。通常通过瞬间地关掉记录激光束以耗散掉热来实现急冷。另一方面，如果通过具有比在记录时更弱的功率的记录激光束把记录层加热到至少结晶温度且低于熔点的温度，那么无论记录前的记录层状态（晶

态或非晶态) 如何, 记录层都会成为擦除后的晶态。如上所述, 利用可重写相变型介质, 通过记录激光束的功率变化及其强度变化来控制记录层中的加热和冷却过程, 以实现覆写。通常在不超过约几十纳秒的短时间内执行这种记录激光束强度的变化。

然而, 使用 CD-RW 或 RW-DVD 的一个问题在于记录速度和传输速率很低。

CD 的记录/再现的基准速度(以下也被称为 1-倍速)是从 1.2 到 1.4 m/s 的线速度(在本说明书中, 可以将“线速度”简称为“线速率”)。然而, 对于 CD-ROM, 已经实现了最高 40 倍速级的高速再现, 并且将 1 倍速级的低速仅用于对音乐或图像的再现。通常, 在高达 16 倍速再现中, 使用 CD 固有的恒定线速度模式(CLV), 而在 24 到 40 倍速再现中, 通过部分地在内周缘部分处应用恒定角速度模式(P-CAV)显著地加快了外周缘数据的传输速率、存取和查找时间。

作为计算机的外围存储设备, CD-RW 已通过 P-CAV 模式实现了最高 32 倍速。另一方面, 一次写入型 CD-R 已实现了最高 52 倍速记录, 对于 CD-RW 也是如此, 希望进一步提高记录的传输速率。

另一方面, 在 DVD 的再现过程中的基准速度(以下也称为 1-倍速)是 3.49 m/s 的线速度, 而对于 DVD-ROM, 已经实现了最高 16 倍速级的高速再现, 并且将 1 倍速级的低速仅用于对音乐和图像的再现。

对于 RW-DVD, 对记录的加速也在进行中, 但是在 CLV 模式中, 最佳仍然在 4 倍速级上。另一方面, 一次写入型 RW-DVD 已实现了最高 8 倍速记录, 而且对于 RW-DVD, 希望进一步提高记录中的传输速率。

因此, 希望有这样的可重写相变介质和记录方法, 即, 通过该可重写相变介质和记录方法, 可以按更高的速度执行记录。

然而, 尚未实现这样的可重写相变介质, 即, 对于 CD, 其能够按高达 32 倍速以上的高线速度进行记录, 对于 RW-DVD, 其能够按高达 10 倍速以上的高线速度进行记录。

无法实现这种可重写相变介质的第一个原因在于: 难以通过非晶标记的高速结晶同时满足非晶标记的存档稳定性和在短时间内进行擦除。

本发明人已发现了包含 Sb 作为主要组分的记录层材料。如果使用这种材料,可以实现约 50 m/s 的记录线速度的覆写。

尽管已经提出了可按至少 40 m/s 的高线速度覆写的几种相变记录材料,但是尚未实现可按这种高线速度的高数据传输速率进行覆写的 CD-RW 或 RW-DVD 的第二个原因在于:公知的常规记录脉冲策略(脉冲划分方法)存在其局限性。

即,在 CD-RW 标准橙皮书第 3 部分中,对如图 1 所示的记录脉冲策略进行了具体说明。在当前实际使用的记录设备中,使用了用于生成这种记录脉冲策略的 IC。因此,对于这种设备,不得不通过这种记录脉冲策略或通过经一定修改的记录脉冲策略在从 1 倍速到 8 至 10 倍速或从 1 倍速到 8 至 32 倍速的宽线速度范围内执行记录。

同样在作为可重写 DVD 的标准的 DVD-RW 或 DVD+RW 标准中,具体说明了类似的记录策略。这种记录策略的特征在于:将具有 nT 标记长度(T 为基准时钟周期)的非晶标记划分成用于进行记录的 $n-1$ 记录脉冲和冷却脉冲(空态脉冲)。因此,在这种记录策略中,将成对的记录脉冲和冷却脉冲的平均重复周期设置为约 $1T$ 。

图 1 (a) 表示用于 CD 格式的标记长度调制方法的示例并示出了具有从 $3T$ 到 $11T$ 的时间长度的数据信号,图 1 (b) 和 1 (c) 示出了根据这种数据信号生成的实际记录激光功率。以下,把如图 1 (b) 所示的记录脉冲策略(其中总体上根据基准时钟周期 T (100) 重复记录脉冲的占态(ON)和空态)称为 $1T$ 策略,而将其中总体上按周期 $2T$ (即,基准脉冲周期的两倍)重复记录脉冲的占态和空态的记录脉冲策略称为 $2T$ 策略。 P_w 表示用于通过使记录层熔化并急冷形成非晶标记的写功率, P_e 表示用于通过结晶擦除非晶标记的擦除功率,一般来说,偏置功率 P_b 与再现激光束的再现功率 P_r 基本上相同。将写功率(P_w)照射段称为记录脉冲,将偏置功率照射段称为冷却脉冲(有时可将“冷却脉冲”称为空态脉冲)。在 EFM+调制的情况下,将时间长度为 $14T$ 的数据信号加入到时间长度为 $3T$ 到 $11T$ 的上述数据信号。

其中,在上述记录策略中,记录脉冲和空态脉冲的重复周期基本上

是恒定的，其为基准时钟周期 T 或 2 倍周期 $2T$ 。使基准时钟周期 T 具有与高线速度记录的线速度成比例的高频。

在 CD 的 1 倍速基准速度下， $T=231$ 纳秒，但是在 40 倍速下， $T=5.8$ 纳秒，在 48 倍速下， $T=4.7$ 纳秒。因此，即使在按至少 40 倍速的高线速度记录中使用图 1 (c) 所示的 $2T$ 策略的情况下，根据与高速记录对应的高时钟频率的上述变化，划分后的记录脉冲和空态脉冲的时间宽度最长约为 6 纳秒。

另一方面，在 DVD 的 1 倍速基准速度下， $T=38.2$ 纳秒，但是在 10 倍速下， $T=3.82$ 纳秒，在 12 倍速下， $T=3.2$ 纳秒，在 16 倍速下， $T=2.4$ 纳秒。因此，在按至少 10 倍速的高线速度记录中，即使使用如图 2 (c) 所示的 $2T$ 策略，根据与这种高速记录对应的高频的上述变化，划分后的记录脉冲和空态脉冲的时间宽度最长约为 4 纳秒。

然而，通过使用具有通常写功率的激光束进行照射时，上升或下降需要 1 到 2 纳秒。因此，在这种高频下，不能忽略上升时间或下降时间，并且记录脉冲段长度和空态脉冲段长度将被显著缩短并显著地小于 5 纳秒（在 CD-RW 的情况下）或小于 3 纳秒（在 RW-DVD 的情况下）。在这种情况下，记录脉冲的加热趋于不足，而所需写功率将会非常高。另一方面，空态脉冲段的冷却也趋于不足，因而趋于难以获得变化到非晶态所需的冷却速率。此外，对于高线速度记录，通常针对 CD-RW 或 RW-DVD 的记录层使用具有高擦除速率（即，高结晶速率）的材料。因此，上述空态脉冲段的冷却速率的不足趋于导致一次熔化区的再结晶。随着记录变成高线速度和高数据传输速率（高密度），该倾向性趋于显著。

对于相变型可重写光记录介质（在本发明中有时称为“可重写相变介质”），这种问题趋于非常显著。然而，在通过使用如图 1 所示的划分记录脉冲控制加热过程和冷却过程来执行标记长度调制记录的情况下，随着时钟频率变高，一般来说，由于记录层的热容而导致的热响应延迟以及激光二极管光输出响应时间的限制的问题在光记录中趋于更加显著。

本发明人通过其中将记录脉冲和空态脉冲的重复周期设置为 $2T$ 的

2-T 策略, 实现了 CD 的 20 倍速或更高速的擦写记录和 DVD 的 5 倍速或更高速的擦写记录 (Proceedings of PCOS2000, The Society of Phase Change Recording, November 3, 2000, November 30-December 1, 2000, p. 52-55, Proc. SPIE, The International Society for Optical Engineering, 2002, No. 4090, p. 135-143, Proc, SPIE. The International Society for Optical Engineering, 2000, No. 4342, p. 76-87, JP-A-2001-331936)。

然而, 已经发现, 即使使用如上述文献中报道的这种 2T 基 (2T base) 的划分方法, 如上所述, 针对 CD 的至少 32 倍速级或 DVD 的至少 12 倍速级的高线速度记录, 也必需使用具有高结晶速率的材料, 然而, 如果使用这种材料, 再结晶现象会由于冷却率的不足而更严重。

这种问题并不限于相变型可重写光记录介质, 而是在以下情况中的普遍问题: 针对通过划分记录脉冲对其应用了用于控制加热和冷却过程的记录方法的介质, 按高数据传输速率 (高基准时钟周期、高线速度) 执行记录。

在这一如上所述的基准时钟频率变高并且基准时钟周期 T 通常变得短于 5 纳秒的情况下, 作为自然延伸, 可以想到减小记录脉冲划分数。实际上, 已公开了几种利用 $n/3$ 的划分方法 (JP-A-2003-30836、W002/089121)。

然而, 在 JP-A-2003-30836 和 W002/089121 中公开的划分方法存在脉冲的发生与基准时钟周期不同步的问题。此外, 用于限定记录脉冲划分方法的独立参数不精确; 或者, 参数数量太多, 以至于难以设计用于生成记录脉冲的电路。此外, 存在只公开了其概念的方法, 在该方法的具体应用中, 不一定能够获得良好的结果。

发明内容

本发明的一个目的是提供一种特别有用的光记录方法, 该光记录方法用于按高数据传输速率进行记录, 使得基准时钟频率至少约为 200 MHz (基准时钟周期最大约为 5 纳秒) 并且线速度约为 40 m/s。

为了解决这种问题,在本发明中,使用了利用所谓的划分记录脉冲的记录方法,其中,在向记录介质局部地施加光以通过标记长度调制方法形成记录标记的情况下,通过把记录标记划分成多个记录脉冲和冷却脉冲来执行记录。

即,根据本发明的光记录方法是一种用于通过向记录介质局部施加记录激光束把标记长度调制信息记录在记录介质上的光记录方法,其特征在于:

当由 nT (其中, T 是基准时钟周期, n 是至少为 2 的自然数) 表示一个记录标记的记录标记长度时,

为了形成 nT 的记录标记长度,使用由 $\alpha_1 T, \beta_1 T, \alpha_2 T, \beta_2 T, \dots, \alpha_i T, \beta_i T, \dots, \alpha_m T, \beta_m T$ (其中 m 为表示脉冲划分数度的自然数, α_i ($1 \leq i \leq m$) 为大于 0 的实数, β_i ($1 \leq i \leq m-1$) 为大于 0 的实数, β_m 为至少为 0 的实数) 表示的 m 个记录脉冲 $\alpha_i T$ ($1 \leq i \leq m$) 和 m 个空态脉冲 $\beta_i T$ ($1 \leq i \leq m$), 并且在任何 $1 \leq i \leq m$ 时的 $\alpha_i T$ 的时间内施加具有写功率 P_{w_i} 的记录激光束, 在任何 $1 \leq i \leq m-1$ 时的 $\beta_i T$ 的时间内施加具有偏置功率 P_{b_i} ($P_{b_i} < P_{w_i}$ 并且 $P_{b_i} < P_{w_{i+1}}$) 记录激光束, 前沿记录脉冲 $\alpha_i T$ 将从长度为 nT 的记录标记的前沿位置偏移时间 dT_{top} 上升 (当该上升从长度为 nT 的记录标记的前沿位置起延迟时, dT_{top} 为正), 对于至少 2 个记录标记, 脉冲划分数 m 至少为 2, 对于 m 至少为 2 的所有记录标记, $n/m \geq 2.5$, 在按相同的脉冲划分数 m 分别形成多个不同记录标记长度的情况下, 只要当改变 α_i 时, 也改变 dT_{top} 和/或 β_i , 并且当改变 α_m 时, 也改变 β_{m-1} 和/或 β_m , 那么改变 α_i 和/或 α_m 以形成分别具有不同长度的多个这种记录标记长度, 其中, 对于脉冲划分数 m 至少为 2 时的所有记录标记, $1 \leq i \leq m-1$ 时的 $(\alpha_i + \beta_i)$ 取 3 或 4 的值。

此外, 根据本发明的光记录装置是一种用于上述光记录方法的光记录装置, 其包括用于形成并控制上述记录脉冲和空态脉冲的电路。

根据本发明, 可以提供这样一种光记录方法或光记录装置, 即, 其能够按高线速度和高数据传输速率进行记录, 使得在进行记录时记录激光束相对于记录层的扫描线速度至少约为 40 m/s 或者时钟频率至少约为

200 MHz (时钟周期: 最大为 5 纳秒)。此外, 可以提供这样一种记录方法或光记录装置, 即, 其能够在宽记录线速度范围内执行良好的记录。更具体来说, 可以提供适合于可重写光记录介质的高速光记录方法或光记录装置, 该可重写光记录介质具有与常规 CD-ROM 或 DVD (-ROM) 标准中指定的只读介质的再现互换性。

本发明的效果

因此, 根据本发明, 可以提供一种适合于按高数据传输速率进行记录的光记录方法或光记录装置。

附图说明

图 1 是示出在常规 CD-RW 标准橙皮书第 3 部分中示出的记录脉冲策略的图。图 1 (a) 示出了待用于 CD 格式的标记长度调制系统示例并示出了具有从 3T 到 11T 的时间长度的数据信号, 图 1 (b) 和 1 (c) 示出了根据这种数据信号生成的实际记录激光功率。

图 2 是示出在待向其应用实用模式的光记录方法中执行脉冲划分方法的情况下的各记录脉冲的关系的定时图。图 2 (a) 示出了待形成的具有 nT 长度的记录标记, 图 2 (b) 示出了用于形成这种记录标记的记录脉冲划分方法的定时图。

图 3 是示出用于执行待向其应用实用模式的光记录方法中的记录脉冲划分方法的逻辑电路的定时图的具体示例。图 3 (a) 示出了具有时间宽度 nT 的 nT 标记长度信号 (301), 图 3 (b) 到图 3 (e) 示出了用于控制各记录脉冲的选通信号。

图 4 是其中将记录脉冲划分方法 (IIa) 应用于 $n=2$ 到 16 的标记长度的定时图具体示例的图。图 4 (a) 示出了 $n=3L-1$ 的情况, 图 4 (b) 示出了 $n=3L$ 的情况, 图 4 (c) 示出了 $n=3L+1$ 的情况。

图 5 是示出在图 4 的 $L=4$ 的情况下把 $n=3L-1$ 、 $n=3L$ 以及 $n=3L+1$ 的 3 个标记长度当作一组的周期参数变化的图。图 5 (a) 示出了 $3L-1$ 、 $3L$ 以及 $3L+1$ 的 3 个标记长度, 图 5 (b) 示出了 $n=3L-1$ 的情况, 图 5 (c)

示出了 $n=3L$ 的情况，图 5 (d) 示出了 $n=3L+1$ 的情况。

图 6 是示出其中把记录脉冲划分方法 (IIIa) 应用于 $n=2$ 到 17 的标记长度的具体示例的图。图 6 (a) 示出了 $n=3L$ 的情况，图 6 (b) 示出了 $n=3L+1$ 的情况，图 6 (c) 示出了 $n=3L+2$ 的情况。

图 7 是示出在图 6 的 $L=4$ 的情况下把 $n=3L$ 、 $n=3L+1$ 以及 $n=3L+2$ 的 3 个标记长度当作一组的周期参数变化的图。图 7 (a) 示出了 $3L$ 、 $3L+1$ 以及 $3L+2$ 的 3 个标记长度，图 7 (b) 示出了 $n=3L$ 的情况，图 7 (c) 示出了 $n=3L+1$ 的情况，图 7 (d) 示出了 $n=3L+2$ 的情况。

图 8 是示出其中把记录脉冲划分方法 (IVa) 应用于 $n=2$ 到 16 的标记长度的定时图具体示例的图。图 8 (a) 示出了 $n=4L-3$ 的情况，图 8 (b) 示出了 $n=4L-2$ 的情况，图 8 (c) 示出了 $n=4L-1$ 的情况，图 8 (d) 示出了 $n=4L$ 的情况。

图 9 是示出在图 8 的 $L=3$ 的情况下把 $n=4L-3$ 、 $n=4L-2$ 、 $n=4L-1$ 以及 $n=4L$ 的 4 个标记长度当作一组的周期参数变化的图。图 9 (a) 示出了 $4L-3$ 、 $4L-2$ 、 $4L-1$ 以及 $4L$ 的 4 个标记长度，图 9 (b) 示出了 $n=4L-3$ 的情况，图 9 (c) 示出了 $n=4L-2$ 的情况，图 9 (d) 示出了 $n=4L-1$ 的情况，图 9 (e) 示出了 $n=4L$ 的情况。

图 10 是示出用于示例 1 所示的“3T 策略”的各标记长度的划分记录脉冲的图表。

图 11 是示出用于对比示例 1 所示的“2T 策略”的各标记长度的划分记录脉冲的图表。

图 12 (a) 和 (b) 是示出示例 1 和对比示例 1 中的在 9 次覆写之后的抖动写功率依赖性和调制的图，图 12 (c) 是示出抖动的覆写次数依赖性的图。

图 13 是示出用于示例 2 所示的“3T 策略”的各标记长度的划分记录脉冲的图表。

图 14 是示出用于对比示例 2 所示的“2T 策略”的各标记长度的划分记录脉冲的图表。

图 15 (a) 和 (b) 是示出示例 2 和对比示例 2 中的在 9 次覆写之后

的抖动写功率依赖性和调制的图，图 15 (c) 是示出抖动的覆写次数依赖性的图。

图 16 是示出用于示例 3 所示的“3T 策略”的各标记长度的划分记录脉冲的图表。

图 17 是示出用于对比示例 3 所示的“2T 策略”的各标记长度的划分记录脉冲的图表。

图 18 (a) 和 (b) 是示出示例 3 和对比示例 3 中的在 9 次覆写之后的抖动写功率依赖性和调制的图，图 18 (c) 是示出抖动的覆写次数依赖性的图。

图 19 是示出用于示例 4 所示的“3T 策略”的各标记长度的划分记录脉冲的图表。

图 20 是示出用于对比示例 4 所示的“2T 策略”的各标记长度的划分记录脉冲的图表。

图 21 (a) 和 (b) 是示出示例 4 和对比示例 4 中的在 9 次覆写之后的抖动写功率依赖性和调制的图，图 21 (c) 是示出抖动的覆写次数依赖性的图。

图 22 是示出其中把记录脉冲划分方法 (IIb) 应用于 $n=2$ 到 16 的标记长度的定时图具体示例的图。图 22 (a) 示出了 $n=3L-1$ 的情况，图 22 (b) 示出了 $n=3L$ 的情况，图 22 (c) 示出了 $n=3L+1$ 的情况。

图 23 是示出在图 22 的 $L=4$ 的情况下把 $n=3L-1$ 、 $n=3L$ 以及 $n=3L+1$ 的 3 个标记长度当作一组的周期参数变化的图。图 23 (a) 示出了 $3L-1$ 、 $3L$ 以及 $3L+1$ 的 3 个标记长度，图 23 (b) 示出了 $n=3L-1$ 的情况，图 23 (c) 示出了 $n=3L$ 的情况，图 23 (d) 示出了 $n=3L+1$ 的情况。

图 24 是示出其中把记录脉冲划分方法 (IIIb) 应用于 $n=2$ 到 17 的标记长度的具体示例的图。图 24 (a) 示出了 $n=3L$ 的情况，图 24 (b) 示出了 $n=3L+1$ 的情况，图 24 (c) 示出了 $n=3L+2$ 的情况。

图 25 是示出在图 24 的 $L=4$ 的情况下把 $n=3L$ 、 $n=3L+1$ 以及 $n=3L+2$ 的 3 个标记长度当作一组的周期参数变化的图。图 25 (a) 示出了 $3L$ 、 $3L+1$ 以及 $3L+2$ 的 3 个标记长度，图 25 (b) 示出了 $n=3L$ 的情况，图 25

(c) 示出了 $n=3L+1$ 的情况，图 25 (d) 示出了 $n=3L+2$ 的情况。

图 26 是示出其中把记录脉冲划分方法 (IVb) 应用于 $n=2$ 到 16 的标记长度的定时图具体示例的图。图 26 (a) 示出了 $n=4L-3$ 的情况，图 26 (b) 示出了 $n=4L-2$ 的情况，图 26 (c) 示出了 $n=4L-1$ 的情况，图 26 (d) 示出了 $n=4L$ 的情况。

图 27 是示出在图 26 的 $L=3$ 的情况下把 $n=4L-3$ 、 $n=4L-2$ 、 $n=4L-1$ 以及 $n=4L$ 的 4 个标记长度当作一组的周期参数变化的图。图 27 (a) 示出了 $4L-3$ 、 $4L-2$ 、 $4L-1$ 以及 $4L$ 的 4 个标记长度，图 27 (b) 示出了 $n=4L-3$ 的情况，图 27 (c) 示出了 $n=4L-2$ 的情况，图 27 (d) 示出了 $n=4L-1$ 的情况，图 27 (e) 示出了 $n=4L$ 的情况。

图 28 是示出用于示例 5 所示的“3T 策略”的各标记长度的划分记录脉冲的图表。

图 29 是示出用于示例 6 所示的“3T 策略”的各标记长度的划分记录脉冲的图表。

图 30 (a) 和 (b) 是示出示例 5 和示例 6 中的在 9 次覆写之后的抖动写功率依赖性和调制的图，图 30 (c) 是示出抖动的覆写次数依赖性的图。

图 31 是示出用于示例 7 所示的“3T 策略”的各标记长度的划分记录脉冲的图表。

图 32 (a) 和 (b) 是示出示例 7 中的在 9 次覆写之后的抖动写功率依赖性和调制的图，图 32 (c) 是示出抖动的覆写次数依赖性的图。

图 33 是用于执行本发明光记录方法的光记录装置的一个示例的结构示图。

图 34 是本发明光记录装置中的 LD 驱动器的一个示例的结构示图。

具体实施方式

下面，对用于实现本发明的最佳模式（以下称为本发明的实用模式）进行详细描述。然而，应当明白，本发明决不限于以下实用模式，而是可以被实现为在其要旨的范围内进行各种修改。

(1) 光记录方法

在被应用了实用模式的多种光记录方法中，通过划分记录脉冲把最基本的记录方法应用于所谓的光记录方法，其中，在利用标记长度调制方法形成记录标记的情况下，通过把光局部地施加给记录介质，通过把记录标记划分成多个记录脉冲和冷却脉冲来执行记录。把该最基本的记录方法称为如下所示的记录脉冲划分方法 (I)。

记录脉冲划分方法 (I)：

这是一种特征如下的脉冲划分方法：当以 nT （其中 T 是基准时钟周期， n 是至少为 2 的自然数）表示一个记录标记的记录标记长度时，为了形成 nT 的记录标记长度，使用由 $\alpha_1 T, \beta_1 T, \alpha_2 T, \beta_2 T, \dots, \alpha_i T, \beta_i T, \dots, \alpha_m T, \beta_m T$ （其中 m 为表示脉冲划分数度的自然数， α_i ($1 \leq i \leq m$) 为大于 0 的实数， β_i ($1 \leq i \leq m-1$) 为大于 0 的实数， β_m 为至少为 0 的实数）表示的 m 个记录脉冲 $\alpha_i T$ ($1 \leq i \leq m$) 和 m 个空态脉冲 $\beta_i T$ ($1 \leq i \leq m$)，并且在任何 $1 \leq i \leq m$ 时的 $\alpha_i T$ 的时间内施加具有写功率 P_{w_i} 的记录激光束，在任何 $1 \leq i \leq m-1$ 时的 $\beta_i T$ 的时间内施加具有偏置功率 P_{b_i} ($P_{b_i} < P_{w_i}$ 且 $P_{b_i} < P_{w_{i+1}}$) 的记录激光束，前沿记录脉冲 $\alpha_i T$ 将从长度为 nT 的记录标记的前沿位置偏移 dT_{top} 的时间上升（当该上升从长度为 nT 的记录标记的前沿位置起延迟时， dT_{top} 是正的），对于至少两个记录标记，脉冲划分数 m 至少为 2，对于 m 至少为 2 的所有记录标记， $2.5 \leq n/m$ ，在要按相同的脉冲划分数 m 分别形成多个不同记录标记长度的情况下，只要当 α_i 改变时， dT_{top} 和/或 β_i 也改变，并且当 α_m 改变时， β_{m-1} 和/或 β_m 也改变，则改变 α_i 和/或 α_m 以形成分别具有不同长度的多个这种记录标记长度。

通过根据使用这种记录脉冲划分方法 (I) 的记录方法执行光记录，变得可以按至少约 200 MHz 的基准时钟频率（基准时钟周期：最长约 5 纳秒）的高数据传输速率满意地执行标记长度调制记录。更具体来说，变得可以对 RW-DVD 按至少约 4 倍速或对 CD-RW 按至少约 32 倍速的记录线速度满意地执行信息的擦写。此外，通过根据上述记录方法执行光记录，变得可以尤其按至少约 300 MHz 的基准时钟频率（基准时钟周期：

最长约 3 纳秒) 的高数据传输速率满意地执行记录。更具体来说, 通过根据上述记录方法执行光记录, 变得可以对 RW-DVD 按至少约 8 倍速的记录线速度通过以常规记录策略无法实现的良好标记长度调制来实现覆写。

在应用了实用模式的光记录方法中, 通常把用于控制记录激光能量束的能量的方法称为记录脉冲策略或脉冲策略。特别地, 把用于通过具有被划分成规定时间长度的多个写功率电平脉冲序列形成 nT 标记的方法称为划分记录脉冲策略、记录脉冲划分方法、脉冲划分方法或划分记录脉冲生成方法。

P_{w_i} 和 P_{b_i} 是记录激光束的强度, 其中 $1 \leq i \leq n$ 。特别地, 将 P_{w_i} 称为写功率, 将 P_{b_i} 称为偏置功率、消去功率或冷却功率。在实用模式中, 除非另有说明, 功率是指激光能量的强度。

此外, 把其中施加写功率 P_{w_i} 的段 $\alpha_i T$ 称为占态脉冲段或记录脉冲段, 而把要施加给段 $\alpha_i T$ 的强度为 P_{w_i} 的激光能量称为占态或记录脉冲。通过施加 P_{w_i} , 记录层将被最低加热到形成记录标记所需的临界温度 T_{cm} 。更具体来说, 对于可重写相变介质, T_{cm} 是记录层的熔点。

另一方面, 把其中施加偏置功率 P_{b_i} 的段 $\beta_i T$ 称为空态脉冲段或冷却脉冲段, 而把待施加给段 $\beta_i T$ 的强度为 P_{b_i} 的激光能量称为消去或冷却脉冲。

并且, 在 P_{b_i} 照射段处, 从在前面或后面的记录脉冲段 $\alpha_i T$ 处加热的记录层散热以进行冷却。更具体来说, 对于可重写相变介质, 确保形成非晶标记所需的冷却率 (单位时间的温度下降)。为此, 要求 P_{b_i} ($1 \leq i \leq m-1$) 比至少前面紧接的记录脉冲的写功率 P_{w_i} 和后面紧跟的记录脉冲的写功率 $P_{w_{i+1}}$ 要低。具体来说, 要求 $P_{b_i} < P_{w_i}$ 并且 $P_{b_i} < P_{w_{i+1}}$ 。针对用于形成非晶标记的可重写相变介质, 特别地, 将偏置功率设置成 $P_{b_i} \leq 0.2 P_{w_i}$ 并且 $P_{w_i} \leq 0.2 P_{w_{i+1}}$, 从而可以在冷却脉冲段更有效地进行散热。

在本实用模式中, 可以使写功率 P_{w_i} 和偏置功率 P_{b_i} 可根据 i 的值而变化。然而, 为了使记录方法简单并更实用, 优选地, 作为一般规则,

P_{wi} 和 P_{bi} 取恒定值 P_w 和 P_b 。尤其是当 n 为 6 或更大时, 优选地, 通过只调节记录脉冲段 $\alpha_i T$ 或冷却脉冲段 $\beta_i T$ 的时间宽度的参数来形成取相同划分数 m 的多个标记长度, 使得 P_{wi} 和 P_{bi} 都取恒定值 P_w 和 P_b 而与 i 和 n 无关。即使在这种情况下, P_{b_n} 也可以取与 $P_{bi}=P_b$ ($1 \leq i \leq m-1$) 不同的值, 以获得好的结果。

在按比时钟频率至少高约一个数值的高频生成输出功率的情况下 (即, 执行所谓的高频叠加), 为了使激光二极管的操作稳定, 由平均功率电平表示写功率电平。由平均功率电平表示写功率电平是公知的。此外, 在本发明中, 通过对由于高频叠加而导致的功率变化进行平均来处理它。

在本说明书中, 在需要针对每个 i ($1 \leq i \leq m$) 考虑写功率 P_{wi} 的情况下, 使用表达式 “ P_{wi} ”。另一方面, 在不需要针对每个 i ($1 \leq i \leq m$) 考虑记录功率 P_{wi} 的情况下, 或者在认为写功率 P_{wi} 是恒定的而与 i ($1 \leq i \leq m$) 无关的情况下, 使用表达式 “ P_w ”。类似地, 在需要针对每个 i ($1 \leq i \leq m$) 考虑偏置功率 P_{bi} 的情况下, 使用表达式 “ P_{bi} ”。另一方面, 在不需要针对每个 i ($1 \leq i \leq m$) 考虑偏置功率 P_{bi} 的情况下, 或者在认为偏置功率 P_{bi} 是恒定的而与 i ($1 \leq i \leq m$) 无关的情况下, 使用表达式 “ P_b ”。

在本实用模式中, 未具体指定在除 $\alpha_i T$ 和 $\beta_i T$ 以外的段处的记录激光强度, 但是该记录激光强度根据使用的记录介质而变化。例如, 对于可覆写可重写相变介质, 施加擦除功率 P_e 。即, 对于可覆写可重写相变介质 (其中结晶态是未记录或擦除状态, 而非晶态是记录标记), 擦除功率 P_e 是能够把记录层加热到至少结晶温度并最高到熔点的温度。在这种情况下, P_e/P_w 通常至少为 0.1, 优选地, 至少为 0.2。另一方面, P_e/P_w 通常最高为 0.6, 优选地, 最高为 0.4。在上述范围中, 更优选地, P_e/P_w 是在从 0.1 到 0.6 的范围内的值, 尤其优选的是在从 0.2 到 0.4 的范围内。如果该比值小于上述范围, 则擦除功率趋于太低, 因此可能残留未被擦除的非晶标记。另一方面, 如果该比值大于上述范围, 则利用 P_e 照射的部分在被熔化之后可能重新变成非晶的。此外, 在这种情况下, 优

选地，把在最末端处的冷却脉冲段 $\beta_m T$ 处的偏置功率 P_{b_m} 设置成 $P_{b_m} < P_{w_m}$ 并且 $0 \leq P_{b_m} \leq P_e$ 。

将本实用模式中的记录标记（或简单地称为标记）理解为局部形成在记录层中的物理状态并且在光学上可将其与其他部分区分开来。只要在光学上可将其与其他部分区分开来，就可以连续地形成一个记录标记，或者，可以形成由物理分开的多个标记形成的一个记录标记，只要这些标记在光学上相连接即可。在可覆写可重写相变记录介质的情况下，在未记录或初始状态下的记录层中，由局部地并且空间连续地形成的非晶标记或由单独形成的多个非晶标记形成一记录标记。

在待由物理分开的多个标记形成记录标记的情况下，如果将该多个标记形成为彼此比约 $0.2 (\lambda / NA)$ 的间距要靠近，那么可以将该多个物理标记在光学上看作单个标记（即，不是多个分开的标记）。其中，NA是用于聚焦再现激光的物镜的数值孔径， λ 是再现激光的波长。

因此，当要由多个物理标记形成标记长度为 nT 的一个记录标记时，优选地，将该多个物理标记之间的间距设置成小于 $0.2 (\lambda / NA)$ 。

下面，可以参照附图，对应用了本实用模式的光记录方法进行描述。图2是示出在光记录方法（可以对其应用本实用模式）中执行脉冲划分方法的情况下的各记录脉冲的关系示例的定时图。图2(a)示出了待形成的具有 nT 记录标记长度的记录标记的定时图，图2(b)示出了用于形成该记录标记的记录脉冲划分方法的定时图。

在用于在光记录介质上执行信息记录的记录装置中，根据图2(b)所示的定时图设计用于控制写功率 P_w 、偏置功率 P_b 以及擦除功率 P_e 的各激光束的照射定时的电子电路（集成电路），将这些功率设置成 $P_b \leq P_e \leq P_w$ ，在记录脉冲段 $\alpha_i T$ （ i =从1到 m 的整数）处的写功率恒定为 P_w ，在冷却脉冲段 $\beta_i T$ （ i =从1到 m 的整数）处的偏置功率恒定为 P_b ，在标记之间与除 $\alpha_i T$ （ $i=1$ 到 m ）和 $\beta_i T$ （ $i=1$ 到 m ）以外的段处的激光束照射功率恒定为 P_e 。

在图2(a)中，200对应于与具有长度 nT 的记录标记对应的时间长度。图2(b)是示出用于以多个激光能量进行照射的时间变化的波形，

其被划分成多个记录脉冲段 $\alpha_i T$ 和冷却脉冲段 $\beta_i T$ ，以形成 nT 标记长度。200将在与基准时钟相同步的时间 $T1$ （其被称为 nT 标记的起点或前沿位置）处上升，并且当时间 nT 终止时，200将在与基准时钟相同步的时间 $T2$ （其被称为 nT 标记的终点或后端位置）处下降。在标记长度调制记录中， n 可以取多个整数。此外，标记之间的间距可以类似地取多个时间 nT 。将该间距称为标记间长度或间距长度。

将前沿记录脉冲 $\alpha_i T$ 的上升定时（起点）取为从时间宽度 nT 的上升（ $T1$ ）偏移时间 dT_{top} 。在可对其应用本实用模式的光记录方法中，当该定时从 $T1$ 延迟时（当该定时从宽度为 nT 的记录标记的前沿位置延迟时），将 dT_{top} 视为取正值。在图2和以下描述中，对于 dT_{top} ，取从 $-2T$ 到 $2T$ 的范围，但是图2（a）（时间长度 nT 标记的信号）与图2（b）（实用划分记录脉冲）之间的时间位置关系是相对的，并且把时间 $T1$ 取在何处是可选的。此外，假设 dT_{top} 具有从 $-2T$ 到 $2T$ 的值，自然可以取 $dT_{top}=0$ （没有时间偏移的情况）。

另一方面， $\beta_m T$ 的端点从 $T2$ 起的时间偏移是 $\eta_2 T$ ，当从 $T2$ 起延迟时，其取负值。根据上述限定， $\Sigma(\alpha_i + \beta_i)T + dT_{top} + \eta_2 T = nT$ 。 $\Sigma(\alpha_i + \beta_i)T$ 不必准确地是 nT ，而是通常与 nT 之差优选地在 $\pm 2T$ 的范围之内。

与图1所示的常规记录方法相反，图2所示的可对其应用本实用模式的光记录方法存在以下要点。即，在常规CD-RW或RW-DVD标准所公开的划分方法中，将 m 设置为 $m=n-1$ 、 $m=n/2$ 或 $m=(n+1)/2$ 。即，由记录脉冲和空态脉冲组成的重复周期的平均值（在本实用模式中，这种重复周期的平均值包括一对记录脉冲和消去（冷却）脉冲，即， $(\alpha_i + \beta_i)T$ ，有时可以将其称为“划分（记录）脉冲的平均周期”）为约 $1T$ 或约 $2T$ 。然而，在本实用模式中，对于其中记录脉冲划分数 m 至少为2的所有记录标记长度，将 n/m 调节成至少为2.5。当 n 为6或更大时，将 n/m 调节成至少为2.5，优选地，至少为3。另一方面， n/m 通常最大为5，优选地，最大为4.5，更优选地，最大为4。

在本实用模式中，把至少两个记录标记长度划分成用于记录的至少两个记录脉冲。即，存在至少两个 $m=2$ 或更大的记录标记长度。在标记

长度调制记录中,对于 n ,从至少为 2 的自然数选择多个且有限个值,但是根据上述限定,基本上假定其中 n 包含至少为 5 的值的值的情况。在通常用于 CD 的标记长度调制方法中, n 可以取从 3 到 11 的自然数。此外,在通常用于 DVD 的标记长度调制方法中, n 可以取从 3 到 11 和 14 的自然数。因此,在实用标记长度调制方法中,基本上假定其中 n 包含至少为 5 的值的值的情况。可对其应用本实用模式的记录方法适用于根据上述实用标记长度调制方法进行记录。

此外, n 可取根据编码理论的有限值。此外,不必设置 n 取值的上限。然而, n 通常取最大为 100 的值,实用中最大为 50,更实用地,最大为 20。将 n 可取的最大值表示为 $n_{\max}$ 。另一方面, n 的最小值($n_{\min}$)通常为 2 或 3。

其中,如果假设 dT_{top} 和 η_2 为 0,则 $\sum_i(\alpha_i + \beta_i)/m = n/m$ 。因此, n/m 是与平均长度 $(\alpha_i + \beta_i)$ 对应的值, $(n/m)T$ 为与划分脉冲的平均周期对应的值。因此,在本实用模式中,可以使包括记录脉冲和空态脉冲的重复平均周期(划分脉冲平均周期)约为 $3T$ 。

约 $3T$ 意味着在 m 至少为 2 的所有标记长度中,各值 $(\alpha_i + \beta_i)T$ ($1 \leq i \leq m-1$) 将至少为 $2.5T$,优选地至少为 $3T$ 。另一方面,在“约 $3T$ ”的情况下, $(\alpha_i + \beta_i)T$ ($1 \leq i \leq m-1$) 的各值通常最大为 $5T$,优选地最大为 $4.5T$,更优选地最大为 $4T$ 。此外,各个 $(\alpha_i + \beta_i)T$ ($1 \leq i \leq m-1$) 的平均值通常为 $2.5T$ 到 $4.5T$ 。

其中,把 $(\alpha_m + \beta_m)T$ 的情况排除在外的原因如下。即,如稍后要描述的, $\beta_m T$ 可以取与其他 $\beta_i T$ 基本上不同的值,从而它可取 0。因此,可能存在这样的情况: $(\alpha_m + \beta_m)T$ 可不必在从 $2.5T$ 到 $4.5T$ 的范围之内。

在此情况下,存在这样的特性:待利用相同的划分数 m 记录的不同记录标记长度的数量平均至少为 3。即,如果 n/m 约为 3,则待利用相同的划分数 m 形成的记录标记长度必定平均为 3。

在本实用模式的描述中,通过考查记录脉冲的重复周期,把图 1 (b)和(c)中所指定的常规脉冲划分方法称为“1T 策略”和“2T 策略”。另一方面,把可对其应用本实用模式的脉冲划分方法称为“3T 策略”,

这是因为其中的划分脉冲的平均周期约为 $3T$ 。

如果基准时钟周期 T 小于约 3 纳秒,则在常规“1T 策略”中,划分脉冲平均周期将短于约 3 纳秒;而在常规“2T 策略”中,划分脉冲平均周期将短于 6 纳秒。在这种情况下,在“1T 策略”中记录脉冲段 $\alpha_i T$ 的平均值或空态脉冲段 $\beta_i T$ 的平均值最大约为 1.5 纳秒,或者在“2T 策略”中最大约为 3 纳秒。这表示:对于至少一个 i ,在常规策略中, $\alpha_i T$ 或 $\beta_i T$ 中的一个将最大为 3 纳秒。此外,在上述描述中,即使把任何特定 α_i 或 β_i 设置成比平均值长,也意味着另一 β_i 或 α_i 被进一步缩短。因此, $\alpha_i T$ 或 $\beta_i T$ 中的一个仍然很小。并且,如果 $\alpha_i T$ 或 $\beta_i T$ 中的一个变成最大约为 3 纳秒或进而最大为 2 纳秒,那么在高速记录中存在这样的情况:无法确保足够的束照射和冷却时间。

另一方面,在可对其应用本实用模式的光记录方法中,对于 m 至少为 2 的所有记录标记长度,使得 n/m 至少为 2.5。此外,当 n 至少为 6 时,使 m 至少为 2,并使 n/m 至少为 2.5。优选地,当 n 至少为 6 时,使 m 至少为 2,使 n/m 至少为 3。另一方面,优选地,使 n/m 的上限至少为 5。

通过如上所述地指定 m 和 n/m ,可以使包括记录脉冲和空态脉冲的重复平均周期约为 $3T$,并可以使 $\alpha_i T$ 和 $\beta_i T$ 的长度足够长。例如,记录脉冲段 $\alpha_i T$ 和空态脉冲段 $\beta_i T$ 可以取得比 $1T$ 足够长,并且即使基准时钟周期 T 变成约 3 纳秒,也可以使平均记录脉冲宽度和冷却脉冲宽度为至少约 2 纳秒。因此,可以充分执行对记录层的加热,同时可以抑制随后的脉冲的供热以获得充分的冷却效果。为此,优选地,在 m 至少为 2 的情况下,相邻记录脉冲的上升时间之间的间隔至少为 $2.5T$,更优选地,至少为 $3T$,并且除 $\beta_m T$ 以外的所有 $\beta_i T$ ($1 \leq i \leq m-1$) 都大于 $1T$ 。相反,在本实用模式中,即使基准时钟周期 T 变成最大约 3 纳秒,也可以容易地使 $\beta_i T$ ($1 \leq i \leq m-1$) 大于 $1T$ 。

如果在 m 至少为 2 的一个记录标记长度时 n/m 小于 2.5,那么这处于图 1 所示的常规策略的范围内,因而在记录标记的一部分处将不能获得本发明的上述效果,从而抖动等趋于恶化。因此,对于 m 至少为 2 的所有记录标记长度, n/m 至少为 2.5 是很重要的。

另一方面，除要由一个记录脉冲形成 $n=5$ 的记录标记的情况以外，通常使 n/m 最大为 5，优选地，使 n/m 最大为 4.5。如果 n/m 大于 5，各记录脉冲之间的间隔趋于太大，以至于变得难以形成光学上连续的记录标记。

在图 2 中，优选地，使 $\alpha_i T$ 的上升和 $\alpha_i T$ 的下降与时钟周期相同步，使得至少 m 至少为 2 的所有记录标记长度取 $3T$ 或 $4T$ 周期，由此将存在这样的优点，即，将简化用于生成划分记录脉冲的电路。为此，在 $1 \leq i \leq m-1$ 内的各 $(\alpha_i + \beta_i)T$ 值将基本上为 $3T$ 或 $4T$ ($1 \leq i \leq m-1$ 内的 $(\alpha_i + \beta_i)$ 将取约 3 或 4 的值)。并且，根据 $3T$ 或 $4T$ 周期，优选地，使前端 $\alpha_i T$ 和后端 $\alpha_m T$ 的上升（或下降）或 $\beta_m T$ 的终点的定时（从 P_b 到 P_e 的切换定时）偏移一定程度。其中， $\alpha_i T$ 与基准时钟周期可以在 $\alpha_i T$ 的上升（起点）处相同步，或者可以在 $\alpha_i T$ 的下降（终点）处与相同步。

即，根据与 nT 标记长度对应的时间宽度 nT 的起点 T_1 ，优选地，将多个记录脉冲设置成与 $3T$ 或 $4T$ 周期相同步的上升（或下降）。它们可以全都具有 $3T$ 周期，但是其中一些记录脉冲可以具有 $4T$ 周期。

其中，允许 $\alpha_i T$ 从这种同步定时 T_1 偏移 dT_{top} 。此外，当由 T_3 表示 $\alpha_m T$ 的上升时间时，从 $\alpha_i T$ 的上升时间 T_1 起经过 x 个 $3T$ 周期和 y 个 $4T$ 周期（其中 x 和 y 是整数）达到 T_3 。然而，如图 2 (b) 所示，允许 $\alpha_m T$ 的上升时间从这种同步定时偏移 dT_{last} 。并且，把从 T_3 的偏移限定为 dT_{last} 。其中，当该上升从 T_3 起延迟时， dT_{last} 具有正值。在可对其应用本实用模式的光记录方法中，将对应于 dT_{top} 和 dT_{last} 的这种偏移考虑在内，利用“ $(\alpha_i + \beta_i)$ 取约 3 或 4 的值”来表示 $(\alpha_i + \beta_i)$ 的限制。

在可对其应用本实用模式的光记录方法中，针对至少 2 个（优选地，至少 3 个）记录标记长度， m 至少为 2，即，通过划分成至少两个记录脉冲来执行记录。如果 n/m 如上所述地约为 3，则待利用相同的划分数 m 形成的记录标记长度自然地平均为 3。因此，优选地，利用相同的划分数形成分别具有不同长度的至少 3 个记录标记。

在可对其应用本实用模式的光记录方法中，为了利用相同的划分数 m 分别形成多个不同的记录标记长度，至少改变 α_i 和/或 α_m 。即，主要改

变前沿记录脉冲段 $\alpha_i T$ 或后端记录脉冲段 $\alpha_m T$ ，以形成这种分别具有不同长度的记录标记。并且，当改变 α_i 时，也改变 dT_{top} 和/或 β_i ，当改变 α_m 时，也改变 β_{m-1} 和/或 β_m 。在这种情况下，更优选的是，除如上所述地可以改变的“ α_i 、 dT_{top} 、 β_i ”和/或“ α_m 、 β_{m-1} 、 β_m ”以外， α_i ($2 \leq i \leq m-1$) 和 β_i ($2 \leq i \leq m-2$) 将取恒定值 α_c 和 β_c ，而与 i 无关。

在可对其应用本实用模式的光记录方法中，优选地，至少改变 α_i 或 α_m 以利用相同的脉冲划分数 m 分别形成多个不同的记录标记长度。并且，当改变 α_i 时，也改变 dT_{top} 和/或 β_i ，当改变 α_m 时，也改变 β_{m-1} 和/或 β_m 。在这种情况下，更优选的是，除如上所述地可以改变的“ α_i 、 dT_{top} 、 β_i ”或“ α_m 、 β_{m-1} 、 β_m ”以外， α_i ($2 \leq i \leq m-1$) 和 β_i ($2 \leq i \leq m-2$) 将取恒定值 α_c 和 β_c ，而与 i 无关。

在可对其应用本实用模式的光记录方法中，更优选的是以下方法。即，基于这样一种光记录方法进行考虑，该光记录方法用于形成利用相同脉冲划分数 m 形成的多个不同记录标记长度中的一个记录标记长度 A 。并且，在作为这种基础的该光记录方法中，改变 α_i 或 α_m 以形成除上述多个不同记录标记长度中的上述记录标记长度 A 以外的记录标记长度。通过把这种标记长度确定为待利用相同脉冲划分数 m 形成的多个不同记录标记长度的基础，可以减少独立参数的数量。结果，可以简化用于控制激光束的电子电路的设计。

其中，优选地，利用相同脉冲划分数 m 形成至少 3 个不同记录标记长度。通过按这种方式按相同脉冲划分数 m 形成至少 3 个记录标记，可以进一步减少独立参数的数量。结果，可以进一步简化用于控制激光束的电子电路的设计。

(dT_{top} 、 $\alpha_i T = T_{top}$ 、 β_i) 和 (β_{m-1} 、 $\alpha_m T = T_{last}$ 、 $\beta_m T = T_{cl}$) 是分别用于对标记和抖动的的前沿位置和后沿位置进行细调的参数，并主要通过增大或减小这种涉及时间的参数来实现对与 nT 对应的标记长度的校正。此外，在($\alpha_i + \beta_i$)取约 3 或 4 的值的条件下，如上所述，通过 $\beta_i T = (3T$ 或 $4T) - (T_{top} + dT_{top})$ 自动设置 $\beta_i T$ ，通过 $\beta_{m-1} T = (3T$ 或 $4T) - \alpha_c T + dT_{last}$ 自动设置 $\beta_{m-1} T$ 。在这种情况下，通过 (T_{top} 、 dT_{top}) 执行在标记的前端处的调节，

通过 (T_{inst} , dT_{inst} , T_{cl}) 执行在标记的后端处的调节。

在上述文献(例如, Proceedings of PCOS2000, The Society of Phase Change Recording, November 30, 2000, November 30–December 1, 2000, p. 52–55) 中, 本发明人已提出主要将 $\beta_1 T$ 和 $\beta_{m-1} T$ 分别校正为 $\beta_1' T$ 和 $\beta_{m-1}' T$, 以按相同划分数 m 有效地实现偶数长度标记与奇数长度标记之间的 $1T$ 的标记长度差。

然而, 根据进一步的研究, 已经发现, 只通过对 β_1 和 β_{m-1} 的校正, 不可能按相同划分数 m 有效地形成多个不同标记长度。具体来说, 已经发现, 在待按相同划分数 m 分别形成至少 3 个不同标记长度的情况下, 难以在只调节 β_1 和 β_{m-1} 以及其他空态脉冲段的其他长度以按相同脉冲划分数 m 形成多个标记长度的情况下实现良好的记录特性, 并且在一定程度上改变了写功率。

在常规记录脉冲划分方法中, 在只通过调节空态脉冲段 $\beta_1 T$ (主要是 $\beta_1 T$ 、 $\beta_{m-1} T$) 按相同划分数 m 形成多个不同标记长度的情况下, 用于形成这种标记的记录脉冲段的和 $\Sigma \alpha_i T$ 对于这种标记长度来说将是相同的。此外, 在本实用模式中, 优选地, 假设这样的情况: 在形成一个记录标记的时候记录脉冲段中的写功率 P_w 是恒定的(即, 在从 $\alpha_1 T$ 到 $\alpha_m T$ 的各段中写功率 P_w 是恒定的)。因此, 尽管标记长度不同, 但是 $\Sigma \alpha_i T$ 是相同的, 这意味着用于按相同划分数形成多个标记长度的记录能量之和(即, $P_w \times (\Sigma \alpha_i T)$) 是相同的。

然而, 在各记录装置中的激光发生装置的输出中, 用于在光记录介质上执行记录的记录装置(驱动器)通常存在一定的波动。这意味着要么在多个记录装置中上述写功率 P_w 是波动的, 要么甚至在同一装置中, 每当执行记录时上述写功率 P_w 是波动的。根据本发明人进行的大量研究, 已经发现, 在所述记录能量照射方法(其中待用于通过上述相同划分数形成多个标记长度的记录能量之和(即, $P_w \times (\Sigma \alpha_i T)$) 是恒定的)中, 存在以下问题: 由于在上述多个记录装置中 P_w 的波动或由于在通过同一装置进行的各记录过程中 P_w 的波动, 由利用相同划分数 m 的各标记长度的 P_w 导致的变化率 ΔT_{mark} 是不同的。即, 当 P_w 波动并且 ΔP_w 变化时,

如果各标记长度的变化率 ΔT_{mark} 基本上相同,则不存在问题,但是如果作为记录方法(其中 $P_w \times (\sum \alpha_i T)$)恒定的方法)只对空态脉冲段执行校正,则各标记的 ΔT_{mark} 的差变得随 ΔP_w 而不同。在这种情况下,尤其是标记之间的抖动(被称为间距抖动或纹间表面抖动)趋于很大。

然而,在图1所示的常规的基于 $1T$ 的记录脉冲划分方法中,每当标记长度改变 $1T$ 时增加一个记录脉冲,因此,保持了这样的规则,即,随着标记长度变长,记录能量之和简单地增大。因此,由于在多个记录装置中 P_w 的波动或由于在通过同一装置进行的各记录过程中 P_w 的波动基本上是恒定的,从而不会出现该问题。

另一方面,在本发明的“ $3T$ 策略”记录脉冲划分方法中,当上述 P_w 变化时,要求 ΔT_{mark} 在待按相同划分数 m 形成的多个标记长度中基本上恒定,并且需要进行特殊的考虑。

因此,本发明人已发现,以下方法可有效地使得由多个记录装置中的 ΔP_w 导致的 ΔT_{mark} 在待按相同划分数 m 形成的多个标记长度中基本上恒定。即,他们发现,在待按相同划分数 m 形成多个不同标记长度的情况下,对 $\alpha_m T$ 或 $\alpha_1 T$ 中的至少任何一个进行特定的校正以简单地使记录能量之和 $P_w \times (\sum \alpha_i T)$ 与标记长度一起增加是有效的。

即,在要缩短标记长度的情况下,优选地,减小 $\alpha_m T$ 和 $\alpha_1 T$ 中的至少一个。另一方面,在要延长标记长度的情况下,优选地,增加 $\alpha_m T$ 和 $\alpha_1 T$ 中的至少一个。

另一方面,对于应当调节记录脉冲 $\alpha_i T$ ($1 \leq i \leq m$)中的哪一个,最优选的是调节最后一个 $\alpha_i T$ (即,相同 m 的 $\alpha_m T$)的长度,以便每当 m 增大或减小时都获得与最后一个 $\alpha_i T$ 的增大相同的功能。因而可以减少独立参数的数量,这是因为可以使得用于生成从 $\alpha_1 T$ 到 $\alpha_{m-1} T$ 的划分记录脉冲的方法是不变的。

然后,优选的是调节 $T_{\text{top}} = \alpha_1 T$ 。之所以优选地对前沿 α_1 和最后一个 α_m 进行调节的原因在于,通过这种调节,至少可以使中间记录脉冲 $\alpha_i T$ ($2 \leq i \leq m-1$)保持恒定,并可以使 $\alpha_i + \beta_i$ ($2 \leq i \leq m-1$)具有约3或4的值。

并且,在标记长度相对于基准标记长度增加或减少 $\pm 1T$ 的情况下,首先,优选地,使 $T_{\text{last}}=\alpha_m T$ 增加或减小约 $1T$ 以内的值。除此之外,在要使标记长度增加或减小至少 $2T$ 的情况下,优选地,还使 $T_{\text{top}}=\alpha_1 T$ 增加或减小约 $1T$ 以内的值。

此外,根据本发明人进行的研究,已经发现,在改变 $T_{\text{top}}=\alpha_1 T$ 并且调节 dT_{top} 和/或 $\beta_1 T$ 以及调节 $\alpha_m T$ 的情况下,对 $\beta_{m-1} T$ 和/或 $\beta_m T$ 进行调节也是有效的,因而除了将标记长度校正了 $1T$ 以外,还在标记末端处实现了低抖动。

$\alpha_1 T$ 的长度变化不仅导致由 $\alpha_1 T$ 照射的记录层的熔化区纵向地延伸。即,伴随着记录层的熔化区的纵向延伸,剩余的热效应也改变了。因此,如果改变 $\alpha_1 T$ 的长度,那么标记前端的结晶状态趋于改变。因此,在本发明中,为了补偿结晶状态这种变化,将调节 $\beta_1 T$ 。并且,更优选地,也对 dT_{top} 进行细调。

即,当延长 $\alpha_1 T$ 时,上述剩余热效应将加强,因此,也延长 $\beta_1 T$ 以加强冷却效应。并且,若有必要,调节 dT_{top} 的长度以准确控制标记的前端位置。另一方面,当缩短 $\alpha_1 T$ 时,上述剩余热效应将减弱,因此,也缩短 $\beta_1 T$ 以减弱冷却效应。然而,如果缩短 $\alpha_1 T$ 和 $\beta_1 T$,可能存在要求使得 $(\alpha_1 + \beta_1)T$ 的周期大大短于 $3T$ 的情况。因此,优选地,执行延长 $\alpha_1 T$ 的调节。

与改变 $\alpha_1 T$ 的长度的情况类似, $\alpha_m T$ 的长度变化不仅导致由 $\alpha_m T$ 照射的记录层的熔化区纵向地延伸。即,伴随着记录层的熔化区的这种纵向延伸,剩余的热效应也改变了。因此,如果改变 $\alpha_m T$ 的长度,那么标记后端的结晶状态趋于改变。因此,在本发明中,为了补偿结晶状态的变化,也将调节 $\beta_{m-1} T$ 。并且,更优选地,也对 $\beta_m T$ 进行调节。

即,当延长 $\alpha_m T$ 时,上述剩余热效应也将加强,因此,延长 $\beta_{m-1} T$ 或 $\beta_m T$ 以加强冷却效应。另一方面,当缩短 $\alpha_m T$ 时,上述剩余热效应将减弱,因此,缩短 $\beta_{m-1} T$ 或 $\beta_m T$ 以减弱冷却效应。然而,当对在要缩短 $\alpha_m T$ 的情况下缩短 $\beta_{m-1} T$ 或 $\beta_m T$ 的操作与在要延长 $\alpha_m T$ 的情况下延长 $\beta_{m-1} T$ 或 $\beta_m T$ 的操作进行比较时,更重要的是在要缩短 $\alpha_m T$ 的情况下缩短 $\beta_{m-1} T$ 或 $\beta_m T$ 的操作。因此,在某些情况下,可以略去在要延长 $\alpha_m T$ 的情况下延

长 $\beta_{m-1}T$ 或 β_mT 的操作。

在本发明中,当调节 α_i 时,调节了 dT_{top} 和/或 β_i ,当调节 α_m 时,调节了 β_{m-1} 和/或 β_m 。然而,在按相同划分数 m 形成至少3个记录标记长度的情况下,如果对于2个记录标记长度上述条件得到了满足,那么可以在某种程度上获得所述效果。因此,例如,以下控制方法也在本发明之内。即,例如,通过减小 α_m 并且同时通过调节 β_{m-1} 和/或 β_m 形成在待按相同划分数 m 形成的至少3个记录标记长度中的2个记录标记长度。并且,在增大 α_m 以形成与上述2个记录标记长度不同的记录标记长度的情况下,可以不改变 β_{m-1} 和 β_m 。

已经发现,由此可以确定地执行良好的高速记录,尤其是执行在诸如上述CAV或P-CAV记录的宽线速度范围内的良好记录。

此外,根据本发明人进行的研究,已经发现,在通过增大或减小 α_m 提供对应于 $1T$ 的标记长度差的情况下,优选地,增大量或减小量在从0到1的范围之内而非准确地为1。类似地,已经发现,在通过增大或减小 α_i 提供对应于 $1T$ 的标记长度差的情况下,优选地,增大量或减小量在从0到1的范围之内而非准确地为1。

下面,为了使实用划分记录脉冲激光束从激光二极管如图2所示地发射出来,向激光器驱动电路输入用于通过如图3的示例所示的定时图生成选通信号的理论电平集成电路输出。然后对用于驱动激光器的大电流进行控制以控制从激光二极管输出的激光从而控制写功率,由此可以实现如图2所示的对划分记录脉冲激光的控制。

图3是示出用于生成可对其应用本实用模式的光记录方法中的记录脉冲划分方法的(理论)电路的定时图的具体示例,具体示出了以下示例:在 $n=11$ 并且 $m=4$ 的情况下,把各记录脉冲段和冷却脉冲段设置成使得它们尽可能地与基准时钟(300)相同步。即,其是这样的示例:其中, $1 \leq i \leq m-1$ 时的 $(\alpha_i + \beta_i)T$ 约为 $3T$ 周期,但是其部分地或全部可以混合有 $4T$ 周期。在图3中,与逻辑电平的高二进制电平和低二进制电平的切换对应地确定各脉冲的形成(占态)或停止(空态)。

图3(a)示出了具有时间宽度 nT 的 nT 标记长度信号(301),由分

别在图 3 (b) 到 (e) 中的 302、303、304 以及 305 处所示的用于控制记录脉冲的多个选通的组合形成该 nT 标记长度信号 (301)。即, 分别形成用于形成前沿记录脉冲 $\alpha_i T$ 的选通信号 $G1$ (302)、用于形成中间记录脉冲组 $\alpha_i T$ ($2 \leq i \leq m-1$) 的选通信号 $G2$ (303)、用于形成后端沿记录脉冲 $\alpha_m T$ 的选通信号 $G3$ (304), 以及用于通过限定施加 P_e 和 P_b 的段来形成冷却功率脉冲的冷却脉冲/擦除功率开关选通信号 $G4$ (305), 并将它们组合起来。在 $G1$ 、 $G2$ 以及 $G3$ 中, 在占态电平下发出写功率。此外, 将选通信号 $G4$ 的占态段设置成从作为起点的 $\alpha_i T$ 的上升开始 (即, 从 $T1$ 起在对应于 dT_{top} 的延迟之后) 的 $\Sigma(\alpha_i + \beta_i)T$ 段。

通过使选通脉冲的占态/空态对应于理论 1 (高) 和 0 (低) 电平, 来对用于控制各选通的逻辑信号执行求和, 由此可以获得这种选通信号的优先级关系。具体来说, $G1$ 、 $G2$ 以及 $G3$ 的占态信号具有超过 $G4$ 的占态信号的优先级, 并且即使在 $G4$ 占态期间 (在 P_b 照射期间), 如果 $G1$ 、 $G2$ 或 $G3$ 变成占态, 也照射 P_w 。因此, 选通信号 $G4$ 限定了在其中 $G1$ 、 $G2$ 以及 $G3$ 中的每一个都变成空态的段处空态脉冲段 $\beta_i T$ 的定时。此外, 在 $G1$ 、 $G2$ 、 $G3$ 以及 $G4$ 全都为空态的情况下, 将照射 P_e 。

图 33 示出了用于执行本发明光记录方法的光记录装置的示例, 其作为用于记录计算机数据的光盘记录/再现装置的实用模式的示例。

在图 33 中, 2001 是用于向未示出的主机传送数据并从该主机传送数据的接口 (I/F) 电路, 2002 是用于对待记录数据进行编码的编码电路, 2003 是用于形成划分记录脉冲以根据由编码电路 2002 修改的信号形成划分记录脉冲的控制电路。此外, 2004 是用于根据从划分记录脉冲形成电路 2003 输出的逻辑电平控制信号对激光束输出进行控制的 LD 驱动器, 2005 是作为光盘记录/再现装置的功率源的半导体激光器 (LD)。此外, 2006 是分束器, 其使来自上述半导体激光器 2005 的激光束作为发射光输出到作为记录介质的光盘 2007 上, 并把来自该光盘的反射光分离开并将其导引到光电探测器 2008。2009 是用于将激光束聚焦到光盘上的物镜。此外, 光电探测器 2008 是用于接收上述反射光并将其转换为电信号的组件。

此外, 2010 是用于根据从上述光电探测器 2008 输出的电信号检测记录在光盘上的信号并用于为其形成基准时钟(周期 T)的再现电路。此外, 2011 是用于对由上述再现电路 2010 再现的记录在光盘上的数据进行解码的解码电路, 2012 是用于对整个光盘记录/再现装置进行控制的微型计算机。此外, 2013 是用于使上述光盘(记录介质) 2007 旋转的主轴马达。为了把记录数据记录在光盘(记录介质) 2007 上, 采用标记调制记录系统, 其中, 把由上述编码电路 2002 编码的并行数据进一步转换成串行不归零翻转(NRZI)信号。此时的时钟频率是从上述再现电路 2010 输出的基准时钟。通常, 在 2010 中, 检测到预先形成在光盘上的导槽的摆动(wobble)信号, 并提取出基准时钟。因此, 可以获得与记录线速度对应的基准时钟。

根据本发明, 在划分记录脉冲形成电路 2003 中, 通过包括如图 3 的定时图示例所示的多个部分脉冲的选通信号形成用于形成 nT 标记长度的多个划分记录脉冲。然后, 输出其中具有关于记录脉冲的选通信号 G1、G2 以及 G3 的划分记录脉冲控制信号 Gs 以及 G4。随着顺序地生成一系列 nT 标记长度, 顺序地生成了限定了标记之间的擦除功率电平的对应该选通信号 Gs 和选通信号 G4。

此外, 在图 3 的定时图中, 使用了用于形成 4 个部分脉冲组 G1、G2、G3 以及 G4 的选通脉冲。然而, 在本发明的划分记录脉冲的形成中, 若有必要, 可以使用不同组合的选通信号。

另一方面, 在生成这 4 个选通信号时, 可以提供分别适合于多个记录介质的多个选通信号, 如选通信号 GA(G1A、G2A、G3A 以及 G4A)(用于生成针对记录介质 A 优化的记录脉冲)和选通信号 GB(G1B、G2B、G3B 以及 G4B)(用于生成针对记录介质 B 优化的记录脉冲), 从而可由来自控制微型计算机 2012 的选择信号 2020 选择这些选通信号。此外, 可以选择性地使用选通信号来形成适合于各记录线速度的划分记录脉冲。

LD 驱动器 2004 具有如图 34 所示的结构。选择器 2030 用于向多个(这里为 3 个)通道(输出端子)输出数字电压控制信号。从选择器 2030 输出的分别针对这些通道指定的数字电压控制信号, 表示从各通道(Ch1、

Ch2 以及 Ch3) 提供的用于驱动 LD 的电流电平。根据由上述控制微型计算机 2012 设置的最适于光盘的划分记录脉冲, 例如, 向 Ch1 输出与偏置功率 Pb 对应的电压值; 向 Ch2 输出与擦除功率 Pe 结合偏置功率 Pb 对应的电压值; 向 Ch3 输出与写功率 Pw 结合偏置功率 Pb 和擦除功率 Pe 对应的电压值。然后把从选择器 2030 的各通道输出的这种数字电压输入给数模转换器 (以下有时称为 DAC) 1、DAC2 以及 DAC3 (分别是 2031、2032 以及 2033) 并将它们转换为模拟电压, 进而由相应的电压/电流 (V/I) 转换器 2034、2035 以及 2036 转换成电流。然后, 分别通过配备有用于放大电流的使能端子的电流放大器 2037、2038 以及 2039 把各通道的这种电流导引到电流加法器 2040。在其输出处, 将获得 LD 驱动电流以控制并驱动半导体激光器 2005。

向各通道 ch1 和 ch2 的电流放大器 2037 和 2038 的使能端子输入由来自相应划分记录脉冲形成控制电路的选通信号 Gs 和 G4 形成的 2 种通道使能信号 (ch1 enb、ch2 enb)。

此外, 表 A 示出了各通道使能信号 (选通信号) 与通道信号 (各功率电平) 之间的关系。

由此, 可以获得用于希望电流模式的 LD 控制信号。

表 A

	ch1 enb (Gs)	ch2 enb (G4)
ch1 (Pb)	占态	空态
ch2 (Pe)	空态	空态
ch3 (Pw)	占态	占态

此外, 在选择器 2030 中, 通常, 除上述 ch1 和 ch2 以外, 还添加有用于输出再现激光功率电平和通道使能信号 ch3 enb 的通道 ch3。此外, 当要分别针对 G1、G2 以及 G3 使用不同的写功率电平时, 将它们分别输入不同的通道。

当 m 至少为 3 时, 会存在一组中间记录脉冲 $\alpha_i T$ ($2 \leq i \leq m-1$), 但是, 优选地, 它们的值取与 i 无关的恒定值 $\alpha_c T$, 从而可以简化选通 G2。此外, α_c 可以根据 n 而取不同的值, 但是, 优选地, 它取与 n 无关的恒定

值，使得可以简化电路。

标记的后端位置取决于最后一个后端记录脉冲 $\alpha_m T = T_{last}$ 的上升位置和随后的冷却记录层温度的步骤。此外，标记的后端位置取决于位于标记后端处的划分脉冲周期 $(\alpha_m + \beta_m)T$ 处的写功率 P_{w_m} 、偏置功率 P_{b_m} 、 β_{m-1} 、 α_m 以及 β_m 的值。在可对其应用本实用模式的光记录方法中，后端记录脉冲段 $\alpha_m T = T_{last}$ 和空态脉冲段 $\beta_m T = T_{c1}$ 的值将对记录层的冷却率产生重要影响。

T_{last} 的下降（终点）是 T_{c1} 的起始位置（起点）。再次通过从基准时钟 T3 偏移 dT_{last} 来限定 T_{last} 的上升（起点），由此当该偏移是从 T3 起的延迟时 dT_{last} 为正。按同样的方式限定后述 dT_{last+} 和 dT_{last-} 。

dT_{last} 通常至少为 $-1.5T$ ，优选地，至少为 $-T$ ，更优选地，至少为 $-0.5T$ 。另一方面， dT_{last} 通常最大为 $1.5T$ ，优选地，最大为 T ，更优选地，最大为 $0.5T$ 。如果从 $\alpha_{m-1}T$ 的上升（起点）到 T3 的时间为 $3T$ 或 $4T$ ，则通过 $\beta_{m-1}T = (3T \text{ 或 } 4T) - \alpha_c T + dT_{last}$ 自动设置 $\beta_{m-1}T$ 。

首先，使 T_{last} 增加或减小约 $1T$ ，更优选地，使 T_{last} 增加或减小从 0 到 $1T$ 的范围内的值，以使标记长度增加或减小 $1T$ ；将 T_{c1} 用于进行调节以降低抖动；并将 T_{last} 用于进行细调以准确地获得对应于 $1T$ 的标记长度差。对于 T_{c1} 的调节和 dT_{last} 的调节，可能存在它们中的任何一者都不足的情况。此外，如上所述，可以通过周期 $3T$ 或 $4T$ 、 T_{last} 或 dT_{last} 自动设置 β_{m-1} 。在这种情况下，可以减少独立参数的数量。

另一方面，标记的前端位置基本上由前沿记录脉冲 $\alpha_1 T = T_{top}$ 处的写功率激光束的上升位置所确定，并且其抖动由 $\alpha_1 T$ 和 $\beta_1 T$ 处的功率 P_{w1} 和 P_{b1} 进而由 $\alpha_1 T$ 与 $\beta_1 T$ 的占空比所确定。此外，根据时钟周期， $\alpha_1 T = T_{top}$ 的上升位置还取决于偏移 dT_{top} ，从而当该偏移是从 T1 起的延迟时 dT_{top} 为正。

dT_{top} 通常至少为 $-1.5T$ ，优选地，至少为 $-T$ ，更优选地，至少为 $-0.5T$ 。另一方面， dT_{top} 通常最大为 $1.5T$ ，优选地，最大为 T ，更优选地，最大为 $0.5T$ 。如果从 T1 到 $\alpha_2 T$ 的上升（起点）的时间为 $3T$ 或 $4T$ ，则通过 $\beta_1 T = (3T \text{ 或 } 4T) - (T_{top} + dT_{top})$ 自动设置 $\beta_1 T$ 。

首先，使 T_{top} 增加或减小约 $1T$ ，更优选地，使 T_{top} 增加或减小从 0 到

1T 的范围内的值, 以使标记长度增加或减小 1T。然后, 将 β_1 用于进行调节以降低抖动。此外, 将 dT_{top} 用于进行细调以准确地获得对应于 1T 的标记长度差。

对于 β_1 的调节和 dT_{top} 的调节, 可能存在它们中的任何一者都不足的情况。此外, 如上所述, 可以通过周期 3T 或 4T、 T_{top} 或 dT_{top} 自动设置 β_1 。在这种情况下, 可以减少独立参数的数量。

已经提及, 在划分数 m 至少为 3 的情况下, 可以通过使存在于前沿脉冲与后端脉冲之间的中间记录脉冲组中的 $\alpha_i T$ ($i=2$ 到 $m-1$) 取恒定值 α_c ($\alpha_c T = T_{mp}$), 来简化脉冲发生电路。此外, 还提及, 优选地, $(\alpha_i + \beta_i)T$ 只取 3T 或 4T 的值, 因而可以简化脉冲发生电路。其中, “恒定值”是指允许由于例如电子电路的实际性能而不可避免地产生的偏移。即, 可以产生一定程度的偏移, 只要可以获得本实用模式的能够得到良好记录的效果即可。例如, 在由于例如电子电路的实际性能而不可避免地产生的允许偏移中含有 $\pm 0.2T$ 级的偏移。

根据上述结构, 可以更加简化控制电路(理论电路和激光器驱动电路)的设计, 该控制电路用于控制记录脉冲策略的记录脉冲和空态脉冲的激光束(脉冲束)的生成。

在可对其应用本实用模式的光记录方法中, 根据按如图 3 所示的逻辑电路电平的时间宽度, 限定了脉冲宽度。即, 在诸如图 3 所示的定时图的划分脉冲形成逻辑电路中, 通过在 P_w 与 P_b 之间的功率电平跃迁中或在对应于 P_w 与 P_e 之间的功率电平跃迁的逻辑电平跃迁中逻辑电平电压或电流输出从一个电平达到另一电平的一半的时间(半值宽度), 来限定 $\alpha_i T$ 的时间宽度。 $P_e \rightarrow P_w$ 跃迁和 $P_b \rightarrow P_w$ 跃迁中的每一个都是作为逻辑电平的二进制电平之间的跃迁, 因此在半值宽度的限定中没有区别。其中, 例如, 在 TTL 中, 逻辑电平是与低电平(通常为 0 V)与高电平(通常从 3.5 到 5 V)之间的二进制电压对应的电平。

实际输出激光波形存在 1 到 2 纳秒级的延迟并含有过冲或下冲, 因此写功率随时间的变化不会呈如图 2 所示那样简单的方波波形。然而, 在可对其应用本实用模式的光记录方法中, 通过增大写功率 P_{wi} 可以确保

用于记录所需的照射能，尽管在记录激光束的上升/下降中可能存在问题，但是只要记录脉冲段 $\alpha_i T$ ($i=1$ 到 m) 至少约为 2 纳秒即可。即使在这种情况下，也可以使记录激光束脉冲的上升和下降短于 2 纳秒，更优选地，短于 1.5 纳秒，更优选地，短于 1 纳秒，从而可以抑制所需写功率 P_w 。

此外，当功率在功率电平 P_e 或 P_b 以及 P_w 之间经历跃迁时，实际写功率的上升或下降时间通常是从一个电平到另一电平之差的从 10% 到 90% 的跃迁所需的时间。上升或下降时间之和通常小于 $\alpha_i T$ ，优选地最长为 $\alpha_i T$ 的 80%，更优选地最长为 $\alpha_i T$ 的 50%。

在可对其应用本实用模式的光记录方法中的记录脉冲划分方法中，即使在逻辑电平与写功率实际响应的的时间宽度之间存在偏移，但是如果这种偏移是在上述上升和下降时间级下的延迟，那么就不会存在问题，并且可以获得在优选可变范围内限定了后述记录脉冲划分方法（通过逻辑电平进行限定）的各参数的良好特性。反过来说，可对其应用本实用模式的光记录方法的一个重要特征是：即使使用必定含有这种延迟或过冲的激光二极管输出，也可以利用短于 5 纳秒的时钟周期实现通过划分记录脉冲进行的标记长度调制记录。

另一方面，同样对于空态脉冲段 $\beta_i T$ ($i=1$ 到 $m-1$)，如果它们各自至少为 2 纳秒，那么通过把偏置功率 P_b 降低到与再现激光功率 P_r 相同的水平或降低到 0 可以确保冷却效果，除非这样会给诸如寻道伺服系统的其他系统带来麻烦。

为了进一步获得更好的冷却效果，优选地，对于所有记录标记的时间长度，使 $\sum_i(\alpha_i)$ 小于 0.5 n。更优选地， $\sum_i(\alpha_i)$ 最大为 0.4 n。即，使记录脉冲段的和 $\sum_i(\alpha_i T)$ 比 $\sum_i(\beta_i T)$ 要短，以使空态脉冲段在各标记中较长。尤其优选地，对于在 $i=2$ 到 $m-1$ 的情况下的所有 i ， $\alpha_i T \leq \beta_i T$ ，并且在至少第二个或随后的记录脉冲行中，使 $\beta_i T$ 比 $\alpha_i T$ 长。

在本实用模式中，可以使 β_m 为 0，使得可以不使用偏置功率激光束照射最后一个空态脉冲段 $T_{c1} = \beta_m T$ 。然而，通常，为了防止在标记的后端部分处出现热累积，优选地，设置 $\beta_m T$ 。 β_m 是至少为 0 的实数。 β_m 的上

限通常最大为 10。

具体来说, $\beta_m T$ 通常至少为 2 纳秒, 优选地, 至少为 3 纳秒。这里, 可以按与上述 $\alpha_i T$ 相同的方式限定 $\beta_m T$ 的脉冲时间宽度。即, 针对 P_w 与 P_b 之间的功率电平跃迁和 P_b 与 P_e 之间的功率电平跃迁, 可以将从达到对应于 $P_w - P_b$ 的一半的功率电平的时刻到达到对应于 $P_e - P_b$ 的一半的功率电平的时刻的时段取为 $\beta_m T$ 的脉冲时间宽度。并且, 该脉冲时间宽度可由理论电平时间宽度替换。

在可对其应用本实用模式的记录方法中, 根据记录脉冲段 $\alpha_i T$ ($i=1$ 到 m) 的值、空态脉冲段 $\beta_i T$ ($i=1$ 到 $m-1$) 的值等合适地设置 α_i ($i=1$ 到 m) 和 β_i ($i=1$ 到 $m-1$) 的值, 它们分别大于 0, 优选地, 至少为 0.1, 更优选地, 至少为 0.5, 另一方面, 优选地, 最大为 3, 更优选地, 最大为 2。特别地, 对于 α_i ($i=1$ 到 m), 如果记录脉冲段 $\alpha_i T$ 很长, 则热趋于在熔化区累积, 因而趋于妨碍用于形成非晶标记的急冷。因此, 优选地, 将其上限设置成最大为 2。另一方面, 对于 β_i ($i=1$ 到 $m-1$), 为了确保充分的冷却效果, 优选地, 将其设置成至少为 1。

延长空态脉冲段的效果在第一空态脉冲段 $\beta_1 T$ (其对标记前端形状有很大影响) 和最后一个空态脉冲段 $\beta_m T$ (其对标记后端形状有很大影响) 处尤其明显。

在本实用模式中, 将待施加给记录脉冲段 $\alpha_i T$ ($i=1$ 到 m) 的记录激光束功率 P_{w_i} 和待施加给空态脉冲段 $\beta_i T$ ($i=1$ 到 $m-1$) 的记录激光束功率 P_{b_i} 设置成 $P_{b_i} < P_{w_i}$ 且 $P_{b_i} < P_{w_{i+1}}$ 。然而, 无论 i 和 n 是多少, 在一个记录脉冲段或空态脉冲段中, 优选地, 将 P_w 或 P_b 设置为恒定值。为了获得大冷却效果, 优选地, 针对所有记录标记的时间长度, 将 P_w 和 P_b 设置成 $0 \leq P_b < P_w$, 更优选地, 设置成 $0 \leq P_b/P_w \leq 0.2$, 更优选地, 设置成 $0 \leq P_b/P_w \leq 0.1$ 。此外, 可以将偏置功率 P_b 设置成等于所施加的用于再现的激光束功率 P_r 。结果, 将简化对脉冲划分所需的划分脉冲电路的设计。

优选地, 可以按至少 $1/16T$ 的高分辨力指定有关脉冲宽度的参数 α_i ($i=1$ 到 m) 和 β_i ($i=1$ 到 $m-1$)。更优选地, 可以按至少 $1/20T$ 的激光束

分辨力指定它们,更优选地,可以按至少 $1/32T$ 的激光束分辨力指定它们。在低于 $1/8T$ 的低分辨力下,可能存在找不到能够进行良好记录的最佳脉冲宽度的参数值的情况。

在这种情况下,针对特定的一个记录标记的时间长度,根据 i ,可以使用不同的两个或更多个值作为 P_{b_i} 和/或 P_{w_i} 。例如,可以将前沿记录脉冲段 $\alpha_1 T$ 和最后一个记录脉冲段 $\alpha_m T$ 的写功率 P_{w_1} 和 P_{w_m} 设置成具有与中间记录脉冲段 $\alpha_i T$ ($i=2$ 到 $m-1$) 的写功率 P_{w_i} ($i=2$ 到 $m-1$) 不同的值,由此可以准确地控制标记的前端和后端部分处的标记形状。在这种情况下,优选地,将中间记录脉冲段 $\alpha_i T$ ($i=2$ 到 $m-1$) 的写功率 P_{w_i} 设置成全部具有相同功率值,由此将简化对划分脉冲电路的设置。同样,对于空态脉冲段 $\beta_i T$ ($i=1$ 到 $m-1$) 的偏置功率 P_{b_i} ,类似地,优选地对于所有 i 都具有相同功率值,并且,优选地,只互补地使得 $\beta_m T$ 处的偏置功率 P_{b_m} 具有与其他 P_b 不同的值。此外,为了满意地记录具有 m 为 1 的多个标记长度的标记,在具有不同 n 的至少两个记录标记中,对于相同的 i , P_{w_i} 和/或 P_{b_i} 可以具有不同的值。即使在这种情况下,优选地,也将 P_b 设置为恒定的。

优选地,将偏置功率 P_b 设置成具有与用于再现所需的再现激光束再现功率 P_r 相同的值。对于 CD-RW,其通常具有最大为 2 mW 的值,优选地,具有最大为 1.5 mW 的值,更优选地,具有最大为 1 mW 的值,更优选地,具有最大为 0.5 mW 的值。只要聚焦或寻道伺服系统不会出现问题,则优选地将其设置为尽可能接近 0,由此可以增强 P_b 照射段(空态脉冲段)处的记录层急冷效果。此外,不必要求 P_w 、 P_e 以及 P_b 的值按直流形式恒定。例如,通过(例如,按最大约时钟周期 T 的 $1/10$ 的周期)叠加高频来施加激光,由此可以使操作稳定。在这种情况下, P_w 、 P_e 以及 P_b 可以是其平均值。

在本实用模式中,只通过控制(有关脉冲宽度的)时间参数(即, $T_{top}=\alpha_1 T$ 、 dT_{top} 、 $\beta_1 T$ 、 $T_{last}=\alpha_m T$ 、 dT_{last} 以及 $\beta_m T=T_{cl}$),主要可以实现对标记长度的准确控制和低抖动。因此,只有在对上述时间参数的设置存在某些限制时,才优选地独立地对 P_{w_1} 、 P_{w_m} 或 P_{b_m} 进行细调以简化电路。具体来说,在以下情况下存在这种限制:设置有关脉冲宽度的参数值的分

辨力如此粗糙，以至于只通过脉冲宽度设置无法执行良好的记录。

更具体来说，对于 $\alpha_i T$ 和 $\beta_i T$ ，希望通过比 $1/8T$ （优选地， $1/10T$ ）更细的每个时间单位对设置值进行优化。然而，根据电子电路的性质，通常，在许多情况下该设置限度是从0.01到0.2纳秒。例如，在0.2纳秒是该限度的情况下，如果基准时钟周期比2纳秒（即，该限度的10倍）要短，那么在只通过控制记录脉冲或冷却脉冲的时间宽度的情况下记录质量（如抖动）有时可能不够。在这种情况下，以下方式有时可能是有效的：在上述 $\alpha_i T$ 、 $\alpha_m T$ 或 $\beta_m T$ 的时段内互补地在 $\alpha_i T$ 、 $\alpha_m T$ 或 $\beta_m T$ 的时段中逐步改变写功率强度或冷却功率强度；或者对其进行调节以使其具有与其他 $\alpha_i T$ 或 $\beta_i T$ 处的写功率强度或冷却功率强度不同的值。

对于在可对其应用本实用模式的光记录方法中的“3T策略”，优选地，保持划分数 m 到 n 的周期性。即，对于保持“划分数 m 到 n 的周期性”的情况，可以构想以下情况：每当 n 增加3时， m 增加1；以及当 n 增加4时， m 增加1。以下分别将它们称为“ $n/3$ 策略”和“ $n/4$ 策略”。其中，如果使用相同的表示方法，考虑到记录脉冲的重复周期，可以把图1(b)的“1T策略”和图1(c)的“2T策略”分别称为“ $n/1$ 策略”和“ $n/2$ 策略”。

以下，针对“ $n/3$ 策略”和“ $n/4$ 策略”，通过考虑周期性对具体方法进行描述。然而，以下，当 $n=2$ 、3或4时，并且在某些情况下，当 $n=5$ 时，在许多情况下可以不遵循划分数的这种周期性增加或减小，或者图5的参数（ α_i 、 β_i 、 dT_{top} 以及 dT_{last} ）的周期性变化规则。

当 $n=5$ 时， m 可以取1或2。因此，仅当 $m=1$ 时， $n/m=5$ ，当 $m=2$ 时， $n/m=2.5$ 。即，当 n 至少为5时， n/m 的最小值可以取2.5。然而，当 n 至少为6时，优选地，使 n/m 约为3。具体来说，使其具有在 $2.5 < n/m \leq 4.5$ 的范围内的值。此外，当基准时钟周期小于约2纳秒时，设置 $m=1$ ，当基准时钟周期大于2纳秒时，可能存在优选地 $m=2$ 的情况。在按 $m=2$ 形成5T标记（ $n=5$ ）的情况下，为了准确地形成标记长度与 $m=2$ 时的其他记录标记长度之差，将 P_w 或 P_b 的值设置为与 $m=2$ 时的其他标记长度不同的值也是有效的。

此外, 当 $n=2, 3$ 或 4 时, 将 m 设置为 1 。如果将这种短标记 ($2T$ 标记、 $3T$ 标记或 $4T$ 标记) 划分成两个或更多个用于记录的记录脉冲, 则变得难以使记录脉冲段或冷却脉冲段的宽度平均起来大于 $2T$ 。因此, 如果如可对其应用本实用模式的光记录方法所意图地那样缩短基准时钟周期, 则记录段的时间长度或冷却段的时间长度趋于不足。

当划分数 m 为 1 时, α_1 和 β_1 将同时分别充当 α_m 和 β_m 。因此, 作为与其他 n 不同的值, 必需只通过 α_1 和 β_1 调节标记长度、标记前端处的抖动和后端的抖动。当 $n=2, 3$ 或 4 时, 通过主要调节作为脉冲宽度参数的 α_1 和 β_1 分别形成不同标记长度, 但是尤其是针对这些标记长度, 更有效的是: 通过互补地使用与其他标记长度的写功率 P_w 或偏置功率 P_b 不同的 P_{w1} 或 P_{b1} , 分别形成不同标记长度。

现在, 作为“ $n/3$ 策略”的具体示例, 下面对记录脉冲划分方法(II) 进行描述。

记录脉冲划分方法 (II)

将讨论这样的记录方法, 即, 其中, 对于 $n=2, 3$ 以及 4 的标记长度, $m=1$; 对于 $n=5, 6$ 以及 7 的标记长度, $m=2$; 对于 $n=8, 9$ 以及 10 的标记长度, $m=3$; 对于 $n=11, 12$ 以及 13 的标记长度, $m=4$; 对于 $n=14, 15$ 以及 16 的标记长度, $m=5$ 。即, 在“ $n/3$ 策略”中, 同一划分数 m 适于每组 3 个不同标记长度。针对 $n=2$ 到 16 (对每 3 个 n 使用同一 m 进行划分) 计算出的 n/m 值依次是 $(2, 3, 4)$ 、 $(2.5, 3, 3.5)$ 、 $(2.67, 3, 3.3)$ 、 $(2.75, 3, 3.25)$ 以及 $(2.8, 3, 3.2)$ 。而且, 当 n 为 17 或更大时, 类似地, 对于一组 $n=3L-1, 3L$ 以及 $3L+1$ (其中 L 为自然数), $m=L$ 。

在这种情况下, 在所有标记长度中 n/m 的平均值刚好变成 3 。此外, 在 m 至少为 2 的情况下的 n/m 平均值刚好变成 3 。此外, 在 n 至少为 5 (m 至少为 2) 的标记长度中, 各 n/m 也变成至少为 2.5 , 由此可以使 $\alpha_i + \beta_i$ 也至少为 2.5 。此外, 同样在 $n=5, 8, 11$ 以及 14 的标记长度中 (其中 n/m 小于 3), 除 $n=5$ ($m=2$) 的情况以外, 可以使 n/m 大于约 2.7 。因此, 可以使 $\alpha_i T$ 的重复周期具有接近约 3 的值。

此外, 可以讨论以下记录脉冲划分方法 (III), 在该方法中, 把关

于 n 的每 3 个数的周期性只应用于 $n=6$ 或更大的 n ，由此，对于所有为 6 或更大的 n ，可以使得 n/m 至少为 3，并且一定可以使 $\alpha_i + \beta_i$ 至少为 3。

记录脉冲划分方法 (III)：

可以讨论这样的记录方法，即，其中，对于 $n=2、3$ 以及 4 的标记长度， $m=1$ ；对于 $n=5、6、7$ 以及 8 的标记长度， $m=2$ ；对于 $n=9、10$ 以及 11 的标记长度， $m=3$ ；对于 $n=12、13$ 以及 14 的标记长度， $m=4$ ；对于 $n=15、16$ 以及 17 的标记长度， $m=5$ 。对于 6 或更大的 n ，同一划分数 m 适用于每组 3 个不同标记长度。针对 $n=2$ 到 17（对每个组使用同一 m 进行划分）计算出的 n/m 值依次是 (2、3、4)、(2.5、3、3.5、4)、(3、3.3、3.67)、(3、3.3、3.67) 以及 (3、3.3、3.67)。而且，当 $n=18$ 或更大时，类似地，对于一组 $n=3L、3L+1$ 以及 $3L+2$ （其中 L 为自然数）， $m=L$ 。

与“ $n/3$ 策略” (II) 相比 (III) 的优点在于：对于 6 或更大的 n ，可以使 $\alpha_i + \beta_i$ 至少为 3，并且，如下所述，可以减少独立参数数量，并且易于使记录脉冲的上升和下降与基准时钟相同步。

另一方面，作为“ $n/4$ 策略”的具体示例，以下对记录脉冲划分方法 (IV) 进行描述。

记录脉冲划分方法 (IV)：

可以讨论这样的记录方法，即，其中，对于 $n=2、3$ 以及 4 的标记长度， $m=1$ ；对于 $n=5、6、7$ 以及 8 的标记长度， $m=2$ ；对于 $n=9、10、11$ 以及 12 的标记长度， $m=3$ ；对于 $n=13、14、15$ 以及 16 的标记长度， $m=4$ 。即，在“ $n/4$ 策略”中，除了 $n=2、3$ 以及 4 的情况，同一划分数 m 适用于每组 4 个不同标记长度。针对 $n=2$ 到 16（对每个组使用同一 m 进行划分）计算出的 n/m 值依次是 (2、3、4)、(2.5、2、3.5、4)、(3、3.3、3.67、4) 以及 (3.25、3.5、3.75 以及 4)。而且，当 $n=17$ 或更大时，类似地，对于一组 $n=4L-3、4L-2、4L-1$ 以及 $4L$ ， $m=L$ 。

与“ $n/3$ 策略”相比“ $n/4$ 策略”的优点在于：除 $n=2$ 或 5 的情况以外，对于所有 n ，可以使 n/m 至少为 3，并可以使各 $\alpha_i + \beta_i$ 为 3 或 4，由此一定可以使 $\alpha_i T$ 和 $\beta_i T$ 为大于 $1T$ 的值。此外，可以使 $\alpha_i T$ 和 $\beta_i T$ 为大于约 $1.5T$ 的值，从而可以将该方法甚至应用于基准时钟频率更高（基准时

钟周期更短)的情况。

以下,以减少独立参数数量并使得记录脉冲的上升和下降与基准时钟相同步为目的,参照更具体的优选模式对各记录脉冲划分方法进行描述。以下描述进一步着眼于适用于图3所示的理论电路的方法,其中,把划分记录脉冲生成为被划分成三部分,即,前沿记录脉冲 $\alpha_1 T = T_{top}$ 、一组中间记录脉冲 $\alpha_i T = \alpha_c T = T_{mp}$ ($2 \leq i \leq m-1$, α_c 为与这种 i 无关的恒定值),以及后端记录脉冲 $\alpha_m T = T_{last}$ 。

图4示出了其中将记录脉冲划分方法(II)应用于 $n=2$ 到16的标记长度的定时图的具体示例。并且,使各记录脉冲的上升或下降位置尽可能地与基准时钟相同步。同时,将关于 n 的周期性考虑在内,尽可能规则地改变多个记录长度下的各参数。在图4中,特别地,当 m 为2或更大时,将 $n=3L-1$ (图4(a))、 $n=3L$ (图4(b))以及 $n=3L+1$ (图4(c)) (其中 L 为 $L \geq 2$ 的整数)的3个标记长度当作一组,并且当 L 增大或减小1时 m 增大或减小1。并且,根据待用于形成 $n=3L$ 的记录标记长度的光记录方法(记录脉冲划分方法),原则上通过与 L 无关的恒定参数实现 $\pm 1T$ 的标记长度差。具体来说,把按相同划分数 $m=L$ ($L \geq 2$)形成的 $n=3L-1$ 、 $n=3L$ 以及 $n=3L+1$ 的3个记录标记长度当作一组,并根据待用于形成 $n=3L$ 的记录标记长度的光记录方法(记录脉冲划分方法),至少增大或减小 α_m 以分别形成 $n=3L-1$ 或 $n=3L+1$ 的记录标记长度。并且,对于 $n=3L$ 序列、 $n=3L-1$ 序列以及 $n=3L+1$ 序列中的每一个,确定不依赖于 L 的独立参数。按此方式,可以很大程度减小独立参数数量。以下将该具体示例称为记录脉冲划分方法(IIa)。

图5示出了在 $L=4$ 的情况下的具体示例。通过考虑图4(其中把 $n=3L-1$ 、 $n=3L$ 以及 $n=3L+1$ (L 为 $L \geq 2$ 的整数)的3个记录标记长度当作一组)的参数的周期变化,对该示例进行详细描述。

首先,记录脉冲宽度基本上为恒定值,即, $T_{mp} = \alpha_c T$ 。并且,作为规则,按照 $3T$ 的周期将记录脉冲生成为与基准时钟周期 T 相同步。并且,每当 n 增大3(每当标记长度增加 $3T$,或者每当 L 增大1)时,按照 $3T$ 的周期添加一组时间长度为 T_{mp} 的中间记录脉冲和随后的空态脉冲。如图

5 (a) 所示, 由一个方框部分 500 表示基准时钟周期 T , 并且 nT 标记的前沿位置位于时刻 $T1$ 处, 该时刻 $T1$ 是与基准时钟相同步的一点。

如图 5 (c) 所示, 当 $n=3L$ 时, 按照从 $T1$ 起的时间偏移 dT_{top} (503) 生成 $T_{top}=\alpha_1 T$ (501)。在该图中, 当该偏移是从 $T1$ 起的延迟时 dT_{top} 为正值。 dT_{top} 限定了从 T_{top} 的前沿位置处的 nT 标记的前沿位置 ($T1$) 起的同步偏移时间, 并被用于对标记的前沿位置进行准确的调节。通常, 前沿记录脉冲没有来自先前记录脉冲的残余热。因此, 优选地, 设置 $T_{top} \geq T_{mp}$, 使得可以获得与在后续 T_{mp} 段中的加热等效的加热效果。在这种情况下, $\beta_1 T$ (504) 由 $\beta_1 T = 3T - (T_{top} + dT_{top})$ 来确定, 并且不是独立参数。

在 T_{top} 之后, 按照 $m-2$ 段 T_{mp} (502) 以及 $T_{last}=\alpha_m T$ (505) 的顺序, 与基准时钟相同步地根据 $3T$ 周期生成多个记录脉冲, 最后, 生成空态脉冲 $T_{cl}=\beta_m T$ (506)。因此, 空态脉冲段 $\beta_i T$ ($2 \leq i \leq m-2$) 将为 $3T - T_{mp} = (3 - \alpha_c) T = \beta_c T$ (507)。此外, $\beta_{m-1} T$ (508) 再次由 $\beta_{m-1} T = 3T - T_{mp}$ 来确定并且不是独立参数。如上所述, 每 $3T$ 个周期与基准时钟周期相同步地重复生成 T_{mp} 。当然, 当 $n=5, 6$ 或 7 时, 不形成中间记录脉冲段 T_{mp} 。此外, 若有必要, 可以在 T_{last} 的起点处加入偏移 dT_{last} 。然而, 优选地, 设置 $dT_{last}=0$ 。

另一方面, 如图 5 (d) 所示, 在 $n=3L+1$ 的情况下, 再次, 按照从 $T1$ 起的时间偏移 dT_{top} 生成 $T_{top}=\alpha_1 T$ 。此外, 在 T_{top} 之后, 按照 $m-2$ 段 T_{mp} 以及 T_{last} 的顺序生成多个记录脉冲, 最后, 生成 T_{cl} 。其中, T_{last} 和 T_{cl} 是独立参数, 它们可以取与 $n=3L$ 的情况不同的值 T_{last+} (510) 和 T_{cl+} (511)。此外, 通过加入校正值 dT_{last+} (512), 可以使 T_{last+} (510) 具有与基准时钟偏移的同步。通过 T_{last+} 、 T_{cl+} 以及 dT_{last+} , 将形成比 $n=3L$ 的情况要长 $1T$ 的标记长度。通常, 优选地, $T_{last+} > T_{last}$ 并且 $0 < (T_{last+} - T_{last}) \leq T$ 。此外, $\beta_{m-1} T$ (513) 由 $\beta_{m-1} T = 3T - T_{mp} + dT_{last+}$ 来确定, 因而不是独立参数。即, 利用 dT_{last+} 的调节意味着对 $\beta_{m-1} T$ 执行调节。

如图 5 (b) 所示, 当 $n=3L-1$ 时, 再次, 按照从 $T1$ 起的时间偏移 dT_{top} 生成 $T_{top}=\alpha_1 T$ 。此外, 在 T_{top} 之后, 按照 $m-2$ 段 T_{mp} 以及 T_{last} 的顺序生成多个记录脉冲, 最后, 生成 T_{cl} 。其中, T_{last} 和 T_{cl} 是独立参数, 它们可以取与 $n=3L$ 的情况不同的值 T_{last-} (520) 和 T_{cl-} (521)。此外, 通过加入校正

值 dT_{last-} (522), 可以使 T_{last-} (520) 具有与基准时钟偏移的同步。通过 T_{last-} 、 T_{cl-} 以及 dT_{last-} , 将形成比 $n=3L$ 的情况短 $1T$ 的标记长度。通常, 优选地, $T_{last} > T_{last-}$ 并且 $0 < (T_{last} - T_{last-}) \leq T$ 。此外, $\beta_{m-1}T$ (523) 由 $\beta_{m-1}T = 3T - T_{mp} + dT_{last-}$ 来确定, 因而不是独立参数。即, 对 dT_{last-} 的调节意味着对 $\beta_{m-1}T$ 执行调节。

然而, 希望 $n=5$ 的情况具有确定与 $n=3L-1$ 的其他情况不同的 dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{last} 、 dT_{last} 以及 T_{cl} 的自由度。因此, 为了清楚地表明它们是独立的参数, 在图 4 中, 分别以 dT_{top5} 、 T_{top5} 、 T_{last5} 、 dT_{last5} 以及 T_{cl5} 来表示它们。对于 $5T$ 标记长度, $n/m=2.5$, 因此这与 $n=3L-1$ 的其他标记长度不同, 记录脉冲的重复周期将较小, 约为 $2.5T$ 。因此, 对于 $5T$ 标记长度, 有时难以通过与针对 $n=3L-1$ 的其他标记长度的参数相同的参数来实现低抖动和准确的标记长度。

当 $n=2$ 、3 或 4 时, $m=1$ 。因此, 通过一对记录脉冲段 T_{top} 和空态脉冲段 $\beta_1T = T_{cl}$, 可以分别形成 $n=2$ 、3 以及 4 的标记长度, 与此同时, 可以实现低标记端抖动。每种情况都由 3 个参数 dT_{top} 、 T_{top} 以及 T_{cl} 来限定。并且, 在其他标记长度下, 与 dT_{top} 、 T_{top} 以及 T_{cl} 相独立地设置相应的参数。即, 如图 4 所示, 通过 dT_{top2} 、 T_{top2} 以及 T_{cl2} 形成 $2T$ 标记长度, 通过 dT_{top3} 、 T_{top3} 以及 T_{cl3} 形成 $3T$ 标记长度, 通过 dT_{top4} 、 T_{top4} 以及 T_{cl4} 形成 $4T$ 标记长度, 以提供不同标记长度。

综上所述, 在图 4 中限定的标记脉冲划分方法 (IIa) 中, 独立参数数量为: 在 $n=2$ 、3 以及 4 时各 3 个, 共 9 个参数 (dT_{top2} 、 T_{top2} 、 T_{cl2} 、 dT_{top3} 、 T_{top3} 、 T_{cl3} 、 dT_{top4} 、 T_{top4} 、 T_{cl4}); 在 $n=5$ 时共 5 个参数 (dT_{top5} 、 T_{top5} 、 T_{last5} 、 dT_{last5} 以及 T_{cl5}); 而在 $n=6$ 或更大时为 11 个参数 (dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{mp} 、 T_{last} 、 T_{cl} 、 T_{last+} 、 T_{cl+} 、 dT_{last+} 、 T_{last-} 、 T_{cl-} 、 dT_{last-})。参数数量总共为 $9+5+11=25$ 个。此外, 通常, dT_{last+} 和 T_{cl+} 中的任何一个可能是 $dT_{last+}=0$ 或 $T_{cl+}=T_{cl}$, 因此独立参数数量可以减少 1 个。类似地, dT_{last-} 和 T_{cl-} 中的任何一个可能是 $dT_{last-}=0$ 或 $T_{cl-}=T_{cl}$, 因此独立参数数量可以减少 1 个。也就是说, 可以使 $n=6$ 或更大时的独立参数为 9 个参数 (dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{mp} 、 T_{last} 、 T_{cl} 、 T_{last+} 、 dT_{last+} 、 T_{last-} 、 dT_{last-}), 或 9 个参数 (dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{mp} 、 T_{last} 、 T_{cl} 、 T_{last+} 、 T_{cl}

+、 T_{last-} 、 T_{cl-})。

优选地，在 $n=5$ 时的 5 个参数 (dT_{top5} 、 T_{top5} 、 T_{last5} 、 dT_{last5} 以及 T_{cl5}) 中的一些或全部与在 $n=6$ 或更大的情况下 $n=3L-1$ 时的参数 (dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{last-} 、 dT_{last-} 以及 T_{cl}) 相同，由此可以进一步减少独立参数数量。

记录脉冲划分方法 (IIa) 的优点在于：通过调节后端记录脉冲段 $\alpha_m T = T_{last}$ 和前一或后一段 ($\beta_{m-1} T$ 、 $\beta_m T = T_{cl}$)，可以分别形成 $n=3L-1$ 、 $3L$ 以及 $3L+1$ 的 3 个标记长度。其中，通过调节 dT_{last} 执行对 $\beta_{m-1} T$ 的调节。并且，在 $n=6$ 或更大时的 11 个参数 (dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{mp} 、 T_{last} 、 T_{cl} 、 T_{last+} 、 T_{cl+} 、 dT_{last+} 、 T_{last-} 、 T_{cl-} 、 dT_{last-}) 是恒定的而与 L 无关，这意味着除了 $n=5$ 的情况以外，在 $n=3L-1$ 、 $3L$ 以及 $3L+1$ ($L \geq 2$) 的 3 个标记长度中，相应的 (α_m 、 β_{m-1} 、 β_m) 值是恒定的而与 L 无关。此外，如果在 $n=5$ 时的 5 个参数 (dT_{top5} 、 T_{top5} 、 T_{last5} 、 dT_{last5} 以及 T_{cl5}) 与在 $L \geq 3$ 的情况下 $n=3L-1$ 的情况下的参数相同，则在 $L \geq 2$ 的所有情况下，在 $n=3L-1$ 、 $3L$ 以及 $3L+1$ ($L \geq 2$) 的 3 个记录标记长度中相应的 (α_m 、 β_{m-1} 、 β_m) 值是恒定的而与 L 无关。

图 22 是记录脉冲划分方法 (II) 的另一示例。在图 22 中，特别地，当 m 为 2 或更大时，将 $n=3L-1$ 、 $n=3L$ 以及 $n=3L+1$ (L 为 $L \geq 2$ 的整数) 的 3 个标记长度当作一组，并且将其设计成当 L 增大或减小 1 时 m 增大或减小 1。并且，根据待用于形成 $n=3L$ 的记录标记长度的光记录方法，原则上通过与 L 无关的恒定参数实现 $\pm 1T$ 的标记长度差。具体来说，把按相同划分数 $m=L$ ($L \geq 2$) 形成的 $n=3L-1$ 、 $n=3L$ 以及 $n=3L+1$ 的 3 个记录标记长度当作一组；并根据待用于形成 $n=3L$ 的记录标记长度的光记录方法，在这种光记录方法中至少减小 α_m 以形成 $n=3L-1$ 的记录标记长度，此外，根据待用于形成 $n=3L$ 的记录标记长度的光记录方法，在这种光记录方法中至少增大 α_1 以形成 $n=3L+1$ 的记录标记长度。并且，在 $n=3L$ 序列、 $n=3L-1$ 序列以及 $n=3L+1$ 序列中的每一个中，确定不依赖于 L 的独立参数。按此方式，可以很大程度地减少独立参数数量。以下将该具体示例称为记录脉冲划分方法 (IIb)。

参照图 23 (其示出了 $L=4$ 的情况下的示例)，通过具体考虑图 22 (其

中把 $n=3L-1$ 、 $n=3L$ 以及 $n=3L+1$ (L 为 $L \geq 2$ 的整数) 的 3 个记录标记长度当作一组) 的周期性参数变化, 对该示例进行详细描述。

首先, 记录脉冲宽度基本上为 $T_{mp} = \alpha_c T$ 的恒定值。并且, 作为规则, 按照 $3T$ 的周期将记录脉冲生成为与基准时钟周期 T 相同步。并且, 每当 n 增大 3 时 (每当标记长度增加 $3T$, 或者每当 L 增大 1), 按照 $3T$ 的周期添加一组时间长度为 T_{mp} 的中间记录脉冲和随后的空态脉冲。在图 23 (a) 中, 由一个方框部分 600 表示基准时钟周期 T , 并且 nT 标记在其前沿处的时刻 $T1$ 是与基准时钟相同步的一点。

而且, 当 $n=3L$ (图 23 (c)) 时, 按照从 $T1$ 起的时间偏移 dT_{top} (603) 生成 $T_{top} = \alpha_l T$ (601)。在该图中, 当该偏移是从 $T1$ 起的延迟时, dT_{top} 为正值。 dT_{top} 限定了从 T_{top} 的前沿位置处的 nT 标记的前沿位置 ($T1$) 起的同步偏移时间, 并被用于对标记的前端位置进行准确的调节。通常, 前沿记录脉冲没有来自前一记录脉冲的残余热, 因此, 优选地, 设置 $T_{top} \geq T_{mp}$, 使得可以获得与在后续 T_{mp} 段中的加热等效的加热效果。在此情况下, $\beta_l T$ (604) 由 $\beta_l T = 3T - (T_{top} + dT_{top})$ 来确定, 因此不是独立参数。

在 T_{top} 之后, 按照 $m-2$ 段 T_{mp} (602) 以及 $T_{last} = \alpha_m T$ (605) 的顺序, 与基准时钟相同步地根据 $3T$ 周期生成多个记录脉冲, 最后生成空态脉冲 $T_{ci} = \beta_m T$ (606)。因此, 空态脉冲段 $\beta_i T$ ($2 \leq i \leq m-2$) 将为 $3T - T_{mp} = (3 - \alpha_c) T = \beta_c T$ (607)。此外, 在这种情况下, $\beta_{m-1} T$ (608) 也由 $\beta_{m-1} T = 3T - T_{mp}$ 来确定, 因而不是独立参数。此外, 可选地, 可以在 T_{last} 的起点处加入偏移 dT_{last} , 然而, 优选地, $dT_{last} = 0$ 。

如上所述, 与基准时钟周期相同步地按照 $3T$ 周期重复生成 T_{mp} 。当然, 当 $n=5$ 、6 或 7 时, 不形成中间记录脉冲段 T_{mp} 。

另一方面, 在 $n=3L+1$ (图 23 (d)) 的情况下, 再次, 按照从 $T1$ 起的时间偏移 dT_{top} 生成 $T_{top} = \alpha_l T$, 但是, T_{top} 和 dT_{top} 可以取与 $n=3L$ 的情况不同的值 T_{top+} (610) 和 dT_{top+} (611)。

此外, 在 T_{top+} 之后, 按照 $m-2$ 段 T_{mp} 以及 T_{last} 的顺序生成多个记录脉冲, 最后将生成 T_{ci} 。主要通过调节 T_{top} 以使其具有与 $n=3L$ 的情况不同的值 T_{top+} 并通过 dT_{top+} 对其进行校正, 形成比 $n=3L$ 的情况长 $1T$ 的标记长度。

此时, $\alpha_2 T$ 将从 T_1 按照 $4T$ 的周期上升。通常, 优选地, 设置 $T_{top+} > T_{top}$ 并且 $0 < (T_{top+} - T_{top}) \leq T$ 。因此, $\beta_1 T$ (612) 由 $\beta_1 T = 4T - (T_{top+} + dT_{top+})$ 来确定, 因而不是独立参数。即, 对 dT_{top+} 和 T_{top+} 的调节意味着对 $\beta_1 T$ 执行调节。

在按这种方式增大或减小 T_{top} 的情况下, 通过使从 T_1 到 $\alpha_2 T$ 的上升的时段增大或减小 $1T$, 可以使后续记录脉冲的生成按照 $1T$ 的偏移保持与基准时钟周期的同步。此外, 在要减小 T_{top} 的情况下, 从 T_1 到 $\alpha_2 T$ 的上升的时段将为 $2T$, 因此无法保持足够的冷却时间 $\beta_1 T$ 。因此, 在要通过改变 T_{top} 引入 $1T$ 的标记长度差的情况下, 优选地, 使其增大 $1T$ 。

当 $n=3L-1$ 时 (图 23 (b)), 再次, 按照从 T_1 起的时间偏移 dT_{top} 生成 $T_{top} = \alpha_1 T$ 。此外, 在 T_{top} 之后, 按照 $m-2$ 段 T_{mp} 以及 T_{last} 的顺序生成多个记录脉冲, 最后, 生成 T_{cl} 。其中, T_{last} 和 T_{cl} 是独立参数, 它们分别可以取与 $n=3L$ 的情况不同的值 T_{last-} (620) 和 T_{cl-} (621)。此外, 通过加入校正 dT_{last-} (622), 可以使 T_{last-} (620) 具有与基准时钟偏移的同步。通过 T_{last-} 、 T_{cl-} 以及 dT_{last-} , 将形成比 $n=3L$ 的情况短 $1T$ 的标记长度。通常, 优选地, 设置 $T_{last} > T_{last-}$ 并且 $0 < (T_{last} - T_{last-}) \leq T$ 。此外, $\beta_{m-1} T$ (623) 由 $\beta_{m-1} T = 3T - T_{mp} + dT_{last-}$ 来确定, 因而不是独立参数。即, 对 dT_{last-} 的调节意味着对 $\beta_{m-1} T$ 执行调节。

然而, 优选地, $n=5$ 的情况具有确定分别与 $n=3L-1$ 的其他情况不同的 dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{last} 、 dT_{last} 以及 T_{cl} 的自由度。因此, 为了清楚地表明它们各自是独立的参数, 在图 22 中, 分别以 dT_{top5} 、 T_{top5} 、 T_{last5} 、 dT_{last5} 以及 T_{cl5} 来表示它们。对于 $5T$ 标记长度, $n/m=2.5$, 从而这与 $n=3L-1$ 的其他标记长度不同, 记录脉冲的重复周期将较小, 约为 $2.5T$ 。因此, 对于 $5T$ 标记长度, 有时难以通过与用于 $n=3L-1$ 的其他标记长度的参数相同的参数来实现低抖动和准确的标记长度。

当 $n=2$ 、3 或 4 时, $m=1$ 。因此, 通过一对记录脉冲段 T_{top} 和空态脉冲段 $\beta_1 T = T_{cl}$, 可以分别形成 $n=2$ 、3 以及 4 的标记长度, 与此同时, 可以实现低标记端抖动。每种情况都由 3 个参数 dT_{top} 、 T_{top} 以及 T_{cl} 来限定。并且, 在任何其他标记长度下, 与 dT_{top} 、 T_{top} 以及 T_{cl} 相独立地设置相应的参数。即, 如图 4 所示, 通过 dT_{top2} 、 T_{top2} 以及 T_{cl2} 形成 $2T$ 标记长度, 通过 dT_{top3} 、

T_{top3} 以及 T_{cl3} 形成 3T 标记长度, 通过 dT_{top4} 、 T_{top4} 以及 T_{cl4} 形成 4T 标记长度, 以分别提供不同标记长度。

综上所述, 在图 22 中限定的标记脉冲划分方法 (IIb) 中, 独立参数数量为: 在 $n=2$ 、3 以及 4 时各 3 个, 共 9 个参数 (dT_{top2} 、 T_{top2} 、 T_{cl2} 、 dT_{top3} 、 T_{top3} 、 T_{cl3} 、 dT_{top4} 、 T_{top4} 、 T_{cl4}); 在 $n=4$ 时共 5 个参数 (dT_{top5} 、 T_{top5} 、 T_{last5} 、 dT_{last5} 以及 T_{cl5}); 以及在 $n=6$ 或更大时为 10 个参数 (dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{mp} 、 T_{last} 、 T_{cl} 、 dT_{top+} 、 T_{top+} 、 T_{last-} 、 T_{cl-} 、 dT_{last-})。即, 参数数量总共为 $9+5+10=24$ 个。

此外, 在按照 $n=3L-1$ 、 $m=2$ 或更大形成标记长度时, 可以将 dT_{last-} 设置为 0 或 $T_{cl-}=T_{cl}$ 。即, 可以使在 $n=3L-1$ 时的 dT_{last} 或 T_{cl} 中的任何一个具有与 $n=3L$ 的情况不同的值, 由此可以在许多情况下获得好的结果。在这种情况下, 可以使 $n=6$ 或更大时的独立参数为 9 个参数 (dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{mp} 、 T_{last} 、 T_{cl} 、 dT_{top+} 、 T_{top+} 、 T_{last-} 、 T_{cl-}), 或 9 个参数 (dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{mp} 、 T_{last} 、 T_{cl} 、 dT_{top+} 、 T_{top+} 、 dT_{last-} 、 T_{last-})。

优选地, 在 $n=5$ 时的 5 个参数 (dT_{top5} 、 T_{top5} 、 T_{last5} 、 dT_{last5} 以及 T_{cl5}) 与在 $n=3L-1$ ($L \geq 3$) 时的独立参数 (dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{last-} 、 dT_{last-} 以及 T_{cl-}) 中的一些或全部相同, 由此可以进一步减少独立参数数量。

记录脉冲划分方法 (IIb) 的优点在于: 把相同划分数 $m=L$ ($L \geq 2$) 时对于 $n=3L-1$ 、 $n=3L$ 以及 $n=3L+1$ 的 3 个记录标记长度当作一组, 并根据待用于形成 $n=3L$ 的记录标记长度的光记录方法, 通过调节后端记录脉冲段 $\alpha_m T = T_{last}$ 和前一或后一段 ($\beta_{m-1} T$ 、 $\beta_m T = T_{cl}$) 可以形成 $n=3L-1$ 的记录标记长度。

此外, 记录脉冲划分方法 (IIb) 的另一优点在于: 把相同划分数 $m=L$ ($L \geq 2$) 时对于 $n=3L-1$ 、 $n=3L$ 以及 $n=3L+1$ 的 3 个记录标记长度当作一组, 并根据待用于形成 $n=3L$ 的记录标记长度的光记录方法, 在上述光记录方法中通过调节前沿记录脉冲段 $\alpha_1 T = T_{top}$ 和后一段 $\beta_1 T$ 可以形成 $n=3L+1$ 的记录标记长度。

此外, 通过调节 dT_{last} 执行对 $\beta_{m-1} T$ 的调节, 通过调节 $T_{top} = \alpha_1 T$ 和 dT_{top} 执行对 $\beta_1 T$ 的调节。

并且, 在 $n=6$ 或者更大时的 10 个参数 (dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{up} 、 T_{last} 、 T_{cl} 、 dT_{top+} 、 T_{top+} 、 T_{last+} 、 T_{cl+} 、 dT_{last+}) 是恒定的而与 L 无关, 这意味着除了 $n=5$ 的情况以外, 在 $n=3L-1$ 、 $3L$ 以及 $3L+1$ ($L \geq 2$) 的 3 个记录标记长度中, 相应的 (α_1 、 dT_{top} 、 β_1 、 α_m 、 β_{m-1} 、 β_m) 值是恒定的而与 L 无关。此外, 如果在 $n=5$ 时的 5 个参数 (dT_{top5} 、 T_{top5} 、 T_{last5} 、 dT_{last5} 以及 T_{cl5}) 与 $n=6$ 或更大时在 $n=3L-1$ 的情况下的参数相同, 则在 $L \geq 2$ 的所有情况下, 在 $n=3L-1$ 、 $3L$ 以及 $3L+1$ ($L \geq 2$) 的 3 个记录标记长度中相应的 (α_1 、 dT_{top} 、 β_1 、 α_m 、 β_{m-1} 、 β_m) 值是恒定的而与 L 无关。

此外, 在记录脉冲划分方法 (IIa) 或 (IIb) 中, 可以通过减小 α_1 而非减小 α_m 调节 $n=3L-1$ 的标记长度。然而, 存在这样的情况, 即, 通过减小 α_1 , 使 $\alpha_1 + \beta_1$ 变得比 3 要短。在这种情况下, 优选地, 减小 α_m 。

图 6 示出了其中将记录脉冲划分方法 (III) 应用于 $n=2$ 到 17 的标记长度的具体示例。并且, 各记录脉冲的上升或下降位置尽可能地与基准时钟相同步。同时, 将关于 n 的周期性考虑在内, 尽可能规则地改变多个记录长度中的各参数。以下, 将该具体示例称为记录脉冲划分方法 (IIIa)。

当 n 为 6 或更大时, 将 $n=3L$ 、 $n=3L+1$ 以及 $n=3L+2$ (L 为 $L \geq 2$ 的整数) 的 3 个标记长度当作一组。并且, 根据待用于形成 $n=3L$ 的记录标记长度的光记录方法 (记录脉冲划分方法), 原则上通过与 L 无关的恒定参数实现正 $1T$ 和正 $2T$ 的标记长度差。具体来说, 把要按相同划分数 $m=L$ ($L \geq 2$) 形成的 $n=3L$ 、 $n=3L+1$ 以及 $n=3L+2$ 的 3 个记录标记长度当作一组, 并根据待用于形成 $n=3L$ 的记录标记长度的光记录方法 (记录脉冲划分方法), 在这种光记录方法中至少增大 α_m 以形成 $n=3L+1$ 的记录标记长度, 此外, 根据待用于形成 $n=3L+1$ 的记录标记长度的光记录方法 (记录脉冲划分方法), 在这种光记录方法中至少增大 α_1 以形成 $n=3L+2$ 的记录标记长度。并且, 在 $n=3L$ 序列、 $n=3L+1$ 序列以及 $n=3L+2$ 序列中的每一个中, 确定与 L 无关的独立参数。按此方式, 可以很大程度地减少独立参数数量。

图 7 是 $L=4$ 时的示例。通过具体考虑图 6 (其中把 $n=3L$ 、 $n=3L+1$ 以

及 $n=3L+2$ (L 为 $L \geq 2$ 的整数) 的 3 个标记长度当作一组) 的周期性参数变化进行详细描述。

首先, 记录脉冲宽度基本上为 $T_{mp} = \alpha_c T$ 的恒定值。并且, 作为规则, 按照 $3T$ 的周期将记录脉冲生成为与基准时钟周期 T 相同步。并且, 每当 n 增大 3 时 (每当标记长度增加 $3T$, 或者每当 L 增大 1), 按照 $3T$ 的周期添加一组时间长度为 T_{mp} 的中间记录脉冲和随后的空态脉冲。如图 7 (a) 所示, 由一个方框部分 700 表示基准时钟周期 T , 并且 nT 标记在其前端处的时刻 $T1$ 是与基准时钟相同步的一点。

并且, 如图 7 (b) 所示, 当 $n=3L$ 时, 按照从 $T1$ 起的时间偏移 dT_{top} (703) 生成 $T_{top} = \alpha_i T$ (701)。在该图中, 当该偏移是从 $T1$ 起的延迟时 dT_{top} 为正值。 dT_{top} 限定了从 T_{top} 的前沿位置处的 nT 标记的前沿位置 ($T1$) 起的同步偏移时间, 并被用于对标记的前端位置进行准确的调节。通常, 前沿记录脉冲没有来自前一记录脉冲的残余热, 因此, 优选地, 设置 $T_{top} \geq T_{mp}$, 使得可以获得与在后续 T_{mp} 段中的加热等效的加热效果。在这种情况下, $\beta_i T$ (704) 由 $\beta_i T = 3T - (T_{top} + dT_{top})$ 来确定, 因此不是独立参数。

在 T_{top} 之后, 按照 $m-2$ 段 T_{mp} (702) 以及 $T_{last} = \alpha_m T$ (705) 的顺序, 与基准时钟相同步地根据 $3T$ 周期生成多个记录脉冲, 最后按 $T_{cl} = \beta_m T$ 生成空态脉冲 (706)。因此, 空态脉冲段 $\beta_i T$ ($2 \leq i \leq m-2$) 将为 $3T - T_{mp} = (3 - \alpha_c) T = \beta_c T$ (707)。此外, $\beta_{m-1} T$ (708) 再次由 $\beta_{m-1} T = 3T - T_{mp}$ 来确定, 因而不是独立参数。如上所述, 与基准时钟周期相同步地按照 $3T$ 周期重复生成 T_{mp} 。当然, 当 $n=5, 6, 7$ 或 8 时, 不形成中间记录脉冲段 T_{mp} 。此外, 可选地, 可以在 T_{last} 的起点处加入偏移 dT_{last} , 但是, 优选地, 设置 $dT_{last} = 0$ 。

另一方面, 如图 7 (c) 所示, 当 $n=3L+1$ 时, 再次, 按照从 $T1$ 起的时间偏移 dT_{top} 生成 $T_{top} = \alpha_i T$ 。此外, 在 T_{top} 之后, 按照 $m-2$ 段 T_{mp} 以及 T_{last} 的顺序生成多个记录脉冲, 最后生成 T_{cl} 。其中, T_{last} 和 T_{cl} 是独立参数, 它们可以取分别与 $n=3L$ 的情况下不同的值 T_{last+} (710) 和 T_{cl+} (711)。此外, 通过加入校正值 dT_{last+} (712), 可以使同步偏移基准时钟。通过 T_{last+} 、 T_{cl+} 以及 dT_{last+} , 将形成比 $n=3L$ 的情况短 $1T$ 的标记长度。通常, 优选地,

设置 $T_{last+} > T_{last}$, 使得 $0 < (T_{last+} - T_{last}) \leq T$ 。此外, $\beta_{m-1}T$ (713) 由 $\beta_{m-1}T = 3T - T_{mp} + dT_{last+}$ 来确定, 因而不是独立参数。即, 对 dT_{last+} 的调节意味着对 $\beta_{m-1}T$ 执行调节。

如图 7(d) 所示, 当 $n=3L+2$ 时, 再次, 按照从 T_1 起的时间偏移 dT_{top} 生成 $T_{top} = \alpha_1 T$ 。但是, T_{top} 和 dT_{top} 可以取分别与 $3L$ 和 $3L+1$ 的情况下不同的值 T_{top+} (720) 和 dT_{top+} (721)。此外, 在 T_{top+} 之后, 按照 $m-2$ 段 T_{mp} 以及 T_{last} 的顺序生成多个记录脉冲, 最后, 生成 T_{cl} 。其中, T_{last} 和 T_{cl} 可以取与在 $n=3L+1$ 的情况下相同的值 T_{last+} (723)、 T_{cl+} (724) 以及校正值 dT_{last+} (725)。主要通过调节 T_{top} 以使其具有与 $n=3L+1$ 的情况不同的值 T_{top+} 并利用 dT_{top+} 对其进行校正, 形成比 $n=3L+1$ 的情况长 $1T$ 的标记长度。此时, $\alpha_2 T$ 将从 T_1 按照 $4T$ 的周期上升。通常, 优选地, 设置 $T_{top+} > T_{top}$, 使得 $0 < (T_{top+} - T_{top}) \leq T$ 。因此, $\beta_1 T$ (722) 由 $\beta_1 T = 4T - (T_{top+} + dT_{top+})$ 来确定, 因而不是独立参数。即, 对 dT_{top+} 和 T_{top+} 的调节意味着对 $\beta_1 T$ 执行调节。

在按这种方式增大 T_{top} 的情况下, 通过使从 T_1 到 $\alpha_2 T$ 的上升的时段增大或减小 $1T$, 可以使后续记录脉冲的生成按照 $1T$ 的延迟保持与基准时钟周期的同步。此外, 在减小 T_{top} 的情况下, 从 T_1 到 $\alpha_2 T$ 的上升的时间将为 $2T$, 从而无法保持足够的冷却时间 $\beta_1 T$ 。因此, 在要通过改变 T_{top} 引入 $1T$ 的标记长度差的情况下, 优选地, 使其增大 $1T$ 。

然而, 希望 $n=5$ 的情况具有分别确定与 $n=3L+2$ 的其他情况不同的 dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{last} 、 dT_{last} 以及 T_{cl} 的自由度。因此, 为了清楚地表明它们各自是独立的参数, 在图 6 中, 以 dT_{top5} 、 T_{top5} 、 T_{last5} 、 dT_{last5} 以及 T_{cl5} 来表示它们。对于 $5T$ 标记长度, $n/m=2.5$, 因此这与 $n=3L+2$ 的其他标记长度不同, 记录脉冲的重复周期变得较小, 约为 $2.5T$ 。因此, 对于 $5T$ 标记长度, 有时可能难以通过与 $n=3L+2$ 的其他标记长度的参数相同的参数来实现低抖动和准确的标记长度。

当 $n=2$ 、 3 或 4 时, $m=1$ 。因此, 通过一对记录脉冲段 T_{top} 和空态脉冲段 $\beta_1 T = T_{cl}$, 可以分别形成 $n=2$ 、 3 以及 4 的标记长度, 与此同时, 可实现低标记端抖动。每种情况都由 3 个参数 dT_{top} 、 T_{top} 以及 T_{cl} 来限定。并且, 在任何其他标记长度下, 与 dT_{top} 、 T_{top} 以及 T_{cl} 独立地设置相应的参数。即,

如图 6 所示, 通过 dT_{top2} 、 T_{top2} 以及 T_{cl2} 形成 $2T$ 标记长度, 通过 dT_{top3} 、 T_{top3} 以及 T_{cl3} 形成 $3T$ 标记长度, 通过 dT_{top4} 、 T_{top4} 以及 T_{cl4} 形成 $4T$ 标记长度, 以分别提供不同标记长度。

综上所述, 在图 6 中限定的标记脉冲划分方法 (IIIa) 中, 独立参数数量为: 在 $n=2$ 、 3 以及 4 时各 3 个, 共 9 个参数 (dT_{top2} 、 T_{top2} 、 T_{cl2} 、 dT_{top3} 、 T_{top3} 、 T_{cl3} 、 dT_{top4} 、 T_{top4} 、 T_{cl4}); 在 $n=5$ 时共 5 个参数 (dT_{top5} 、 T_{top5} 、 T_{last5} 、 dT_{last5} 以及 T_{cl5}); 以及在 $n=6$ 或更大时为 10 个参数 (dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{mp} 、 T_{last} 、 T_{cl} 、 T_{last+} 、 dT_{last+} 、 T_{cl+} 、 dT_{top+} 、 T_{top+})。即, 参数数量总共为 $9+5+10=24$ 个。

此外, 在按照 $n=3L+2$ 、 $m=2$ 或更大形成标记长度时, T_{last+} 和 T_{cl+} 可以取与 $n=3L+1$ 的标记长度的情况不同的值 T_{last+2} 和 T_{cl+2} 。通过单独地把 T_{last+2} 和 T_{cl+2} 设置为独立的参数, 有时可以获得更好的抖动。另一方面, 可以使 dT_{last+} 和 dT_{last+2} 为 0 , 或者 $T_{cl+}=T_{cl}$, 并且 $T_{cl+2}=T_{cl}$ 。即, 可以使在 $n=3L+1$ 或 $3L+2$ 时的 dT_{last} 或 T_{cl} 中的任何一个具有与 $n=3L$ 的情况不同的值, 由此可以在许多情况下获得好的结果。在这种情况下, 可以使 $n=6$ 或更大时的独立参数为 9 个参数 (dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{mp} 、 T_{last} 、 T_{cl} 、 T_{last+} 、 T_{cl+} 、 dT_{top+} 、 T_{top+}), 或 (dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{mp} 、 T_{last} 、 T_{cl} 、 T_{last+} 、 dT_{last+} 、 dT_{top+} 、 T_{top+})。

优选地, 在 $n=5$ 时的 5 个参数 (dT_{top5} 、 T_{top5} 、 T_{last5} 、 dT_{last5} 以及 T_{cl5}) 与在 $n=3L+2$ ($L \geq 2$) 时的独立参数 (dT_{top+} 、 T_{top+} 、 T_{last+} 、 dT_{last+} 、 T_{cl+}) 中的一些或全部相同, 由此可以进一步减少独立参数数量。

记录脉冲划分方法 (IIIa) 的优点在于: 把相同划分数 $m=L$ ($L \geq 2$) 时对于 $n=3L$ 、 $n=3L+1$ 以及 $n=3L+2$ 的 3 个记录标记长度当作一组, 并根据待用于形成 $n=3L$ 的记录标记长度的光记录方法, 在这种光记录方法中可以只通过调节后端记录脉冲段 $\alpha_m T = T_{last}$ 和前一或后一段 ($\beta_{m-1} T$ 、 $\beta_m T = T_{cl}$) 形成 $n=3L+1$ 的记录标记长度。

记录脉冲划分方法 (IIIa) 的另一优点在于: 把相同划分数 $m=L$ ($L \geq 2$) 时对于 $n=3L$ 、 $n=3L+1$ 以及 $n=3L+2$ 的 3 个记录标记长度当作一组, 并根据待用于形成 $n=3L+1$ 的记录标记长度的光记录方法, 在这种光记录方法中可以通过调节前沿记录脉冲段 $\alpha_1 T = T_{top}$ 和后一段 $\beta_1 T$ 形成 $n=3L+2$ 的记

录标记长度。

此外，通过调节 dT_{last} 执行对 $\beta_{m-1}T$ 的调节，通过调节 $T_{top}=\alpha_1T$ 和 dT_{top} 执行对 β_1T 的调节。

并且，在 $n=6$ 或者更大时的 10 个参数 (dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{mp} 、 T_{last} 、 T_{cl} 、 T_{last+} 、 dT_{last+} 、 T_{cl+} 、 dT_{top+} 、 T_{top+}) 是恒定的而与 L 无关，仅意味着在 $n=3L$ 、 $3L+1$ 以及 $3L+2$ ($L \geq 2$) 的 3 个记录标记长度中，相应的 (α_1 、 dT_{top} 、 β_1 、 α_m 、 β_{m-1} 、 β_m) 值是恒定的而与 L 无关。

图 24 示出了记录脉冲划分方法 (III) 的另一示例。以下，将该具体示例称为记录脉冲划分方法 (IIIb)。

当 $n=6$ 或更大时，将 $n=3L$ 、 $n=3L+1$ 以及 $n=3L+2$ (L 为 $L \geq 2$ 的整数) 的 3 个标记长度当作一组。并且，根据待用于形成 $n=3L$ 的记录标记长度的光记录方法，原则上通过与 L 无关的恒定参数实现正 $1T$ 和正 $2T$ 的标记长度差。具体来说，把要按相同划分数 $m=L$ ($L \geq 2$) 形成的 $n=3L$ 、 $n=3L+1$ 以及 $n=3L+2$ 的 3 个记录标记长度当作一组；并根据待用于形成 $n=3L$ 的记录标记长度的光记录方法，在这种光记录方法中至少增大 α_1 以形成 $n=3L+1$ 的记录标记长度，此外，根据待用于形成 $n=3L+1$ 的记录标记长度的光记录方法，在这种光记录方法中至少增大 α_m 以形成 $n=3L+2$ 的记录标记长度。并且，在 $n=3L$ 序列、 $n=3L+1$ 序列以及 $n=3L+2$ 序列中的每一个中，确定与 L 无关的独立参数。按此方式，可以很大程度地减少独立参数数量。

参照图 25 (其示出了 $L=4$ 的情况下的示例)，通过考虑图 24 (其中把 $n=3L$ 、 $n=3L+1$ 以及 $n=3L+2$ (L 为 $L \geq 2$ 的整数) 的 3 个记录标记长度当作一组) 的周期性参数变化，对该示例进行详细描述。

首先，记录脉冲宽度基本上为 $T_{mp}=\alpha_cT$ 的恒定值。并且，作为规则，按照 $3T$ 的周期将记录脉冲生成为与基准时钟周期 T 相同步。并且，每当 n 增大 3 时 (每当标记长度增加 $3T$ ，或者每当 L 增大 1)，按照 $3T$ 的周期添加一组中间记录脉冲 T_{mp} 和随后的空态脉冲。在图 25 (a) 中，由一个方框部分 800 表示基准时钟周期 T ，并且 nT 标记在其前沿处的时刻 $T1$ 是与基准时钟相同步的一点。

并且, 当 $n=3L$ (图 25 (b)) 时, 按照从 T_1 起的时间偏移 dT_{top} (803) 生成 $T_{top}=\alpha_1 T$ (801)。在该图中, 当该偏移是从 T_1 起的延迟时 dT_{top} 为正值。 dT_{top} 限定了从 T_{top} 的前沿位置处的 nT 标记的前沿位置 (T_1) 起的同步偏移时间, 并被用于对标记的前端位置进行准确的调节。通常, 前沿记录脉冲没有来自前一记录脉冲的残余热, 因此, 优选地, 设置 $T_{top} \geq T_{mp}$, 使得可以获得与在后续 T_{mp} 段中的加热等效的加热效果。在这种情况下, $\beta_1 T$ (804) 由 $\beta_1 T = 3T - (T_{top} + dT_{top})$ 来确定, 因此不是独立参数。

在 T_{top} 之后, 按照 $m-2$ 段 T_{mp} (802) 以及 $T_{last}=\alpha_m T$ (805) 的顺序, 与基准时钟相同步地根据 $3T$ 周期生成多个记录脉冲, 最后生成空态脉冲 $T_{cl}=\beta_m T$ (806)。因此, 空态脉冲段 $\beta_i T$ ($2 \leq i \leq m-2$) 将为 $3T - T_{mp} = (3 - \alpha_c) T = \beta_c T$ (807)。此外, $\beta_{m-1} T$ (808) 还由 $\beta_{m-1} T = 3T - T_{mp}$ 来确定, 因而不是独立参数。此外, 可选地, 可以在 T_{last} 的起点处加入偏移 dT_{last} , 但是, 优选地, 设置 $dT_{last}=0$ 。

如上所述, 与基准时钟周期相同步地按照 $3T$ 周期重复生成 T_{mp} 。当然, 当 $n=5, 6, 7$ 或 8 时, 不生成中间记录脉冲段 T_{mp} 。

另一方面, 当 $n=3L+1$ 时 (图 25 (c)), 再次, 按照从 T_1 起的时间偏移 dT_{top} 生成 $T_{top}=\alpha_1 T$, 但是 T_{top} 和 dT_{top} 可以取与 $3L$ 的其他情况不同的值 T_{top+} (810) 和 dT_{top+} (811)。

此外, 在 T_{top+} 之后, 按照 $m-2$ 段 T_{mp} 以及 T_{last} 的顺序生成多个记录脉冲, 最后, 生成 T_{cl} 。主要通过调节 T_{top} 以使其具有与 $n=3L$ 的情况不同的值 T_{top+} 并利用 dT_{top+} 对其进行校正, 形成比 $n=3L$ 的情况长 $1T$ 的标记长度。此时, $\alpha_2 T$ 将从 T_1 按照 $4T$ 的周期上升。通常, 优选地, 设置 $T_{top+} > T_{top}$, 使得 $0 < (T_{top+} - T_{top}) \leq T$ 。因此, $\beta_1 T$ (812) 由 $\beta_1 T = 4T - (T_{top+} + dT_{top+})$ 来确定, 因而不是独立参数。即, 对 dT_{top+} 和 T_{top+} 的调节意味着对 $\beta_1 T$ 执行调节。

当 $n=3L+2$ 时 (图 25 (d)), 再次, 按照从 T_1 起的时间偏移 dT_{top} 生成 $T_{top}=\alpha_1 T$, 但是, T_{top} 和 dT_{top} 将取与 $n=3L+1$ 的情况相同的值 T_{top+} (820) 和 dT_{top+} (821)。此时, $\alpha_2 T = T_{mp}$ 将从 T_1 按照 $4T$ 的周期上升。因此, $\beta_1 T$ (822) 由 $\beta_1 T = 4T - (T_{top+} + dT_{top+})$ 来确定, 因而不是独立参数。即, 对 T_{top+} 和 dT_{top+} 的调节意味着对 $\beta_1 T$ 执行调节。

在生成了包括 $\alpha_2 T$ 的 $m-2$ 段 T_{mp} 之后, 将生成记录脉冲 T_{last} , 最后, 生成冷却脉冲 T_{cl} 。其中, T_{last} 和 T_{cl} 可以取与在 $n=3L+1$ 的情况下不同的值 T_{last+} (823) 和 T_{cl+} (824)。此外, 通过加入校正 dT_{last+} (825), 可以使同步偏移基准时钟。通过 T_{last+} 、 T_{cl+} 以及 dT_{last+} , 将形成比 $n=3L+1$ 的情况长 $1T$ 的标记长度。通常, 优选地, 设置 $T_{last+} > T_{last}$, 使得 $0 < (T_{last+} - T_{last}) \leq T$ 。此外, $\beta_{m-1} T$ (826) 由 $\beta_{m-1} T = 3T - T_{mp} + dT_{last+}$ 来确定, 因而不是独立参数。即, 对 dT_{last+} 的调节意味着对 $\beta_{m-1} T$ 执行调节。

希望 $n=5$ 的情况具有确定与 $n=3L+2$ 的其他情况不同的 dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{last} 、 dT_{last} 以及 T_{cl} 的自由度。因此, 为了清楚地表明它们是独立的参数, 在图 24 中, 以 dT_{top5} 、 T_{top5} 、 T_{last5} 、 dT_{last5} 以及 T_{cl5} 来表示它们。对于 $5T$ 标记长度, $n/m=2.5$, 因此这与 $n=3L+2$ 的其他标记长度不同, 记录脉冲的重复周期将较小, 在 $2.5T$ 的水平。因此, 对于 $5T$ 标记长度, 有时可能难以通过与 $n=3L+2$ 的其他标记长度的参数相同的参数来实现低抖动和准确的标记长度。

当 $n=2$ 、 3 或 4 时, $m=1$ 。因此, 通过一对记录脉冲段 T_{top} 和空态脉冲段 $\beta_1 T = T_{cl}$, 将分别形成 $n=2$ 、 3 以及 4 的标记长度, 同时, 可以实现低标记端抖动。每种情况都由 3 个参数 dT_{top} 、 T_{top} 以及 T_{cl} 来限定。并且, 在任何其他标记长度下, 与 dT_{top} 、 T_{top} 以及 T_{cl} 独立地设置相应的参数。即, 如图 24 所示, 通过 dT_{top2} 、 T_{top2} 以及 T_{cl2} 形成 $2T$ 标记长度, 通过 dT_{top3} 、 T_{top3} 以及 T_{cl3} 形成 $3T$ 标记长度, 通过 dT_{top4} 、 T_{top4} 以及 T_{cl4} 形成 $4T$ 标记长度, 以分别提供不同标记长度。

综上所述, 在如图 24 所限定的记录脉冲划分方法 (IIIb) 中, 独立参数数量为: 在 $n=2$ 、 3 以及 4 时各 3 个, 共 9 个参数 (dT_{top2} 、 T_{top2} 、 T_{cl2} 、 dT_{top3} 、 T_{top3} 、 T_{cl3} 、 dT_{top4} 、 T_{top4} 、 T_{cl4}); 在 $n=5$ 时共 5 个参数 (dT_{top5} 、 T_{top5} 、 T_{last5} 、 dT_{last5} 以及 T_{cl5}); 以及在 $n=6$ 或更大时为 10 个参数 (dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{mp} 、 T_{last} 、 T_{cl} 、 dT_{top+} 、 T_{top+} 、 T_{last+} 、 dT_{last+} 、 T_{cl+})。即, 参数数量总共为 $9+5+10=24$ 个。

此外, 在按照 $n=3L+2$ 、 $m=2$ 或更大形成标记长度时, 可以使 T_{top+} 和 dT_{top+} 取与 $3L+1$ 的标记长度的情况不同的值 T_{top+2} 和 dT_{top+2} 。通过单独地把

T_{top+2} 和 dT_{top+2} 设置为独立的参数, 有可能获得更好的抖动。另一方面, 可以将 dT_{last+} 设置为 0, 或者 $T_{cl+}=T_{cl}$ 。即, 可以使在 $3L+2$ 时的 dT_{last} 或 T_{cl} 中的任何一个具有与 $n=3L$ 和 $3L+1$ 的情况不同的值, 由此可以在许多情况下获得好的结果。在这种情况下, 可以使 $n=6$ 或更大时的独立参数为 9 个参数 (dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{mp} 、 T_{last} 、 T_{cl} 、 dT_{top+} 、 T_{top+} 、 T_{last+} 、 T_{cl+}), 或 9 个参数 (dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{mp} 、 T_{last} 、 T_{cl} 、 dT_{top+} 、 T_{top+} 、 dT_{last+} 、 T_{last+})。

优选地, 在 $n=5$ 时的 5 个参数 (dT_{top5} 、 T_{top5} 、 T_{last5} 、 dT_{last5} 以及 T_{cl5}) 与在 $n=3L+2$ ($L \geq 3$) 时的独立参数 (dT_{top+} 、 T_{top+} 、 T_{last+} 、 dT_{last+} 、 T_{cl+}) 中的一些或全部相同, 由此可以进一步减少独立参数数量。

记录脉冲划分方法 (IIIb) 的优点在于: 把相同划分数 $m=L$ ($L \geq 2$) 时对于 $n=3L$ 、 $n=3L+1$ 以及 $n=3L+2$ 的 3 个记录标记长度当作一组, 并根据待用于形成 $n=3L$ 的记录标记长度的光记录方法, 在这种光记录方法中可以通过调节前沿记录脉冲段 $\alpha_1 T = T_{top}$ 和后一段 $\beta_1 T$ 形成 $n=3L+1$ 的记录标记长度。

记录脉冲划分方法 (IIIb) 的另一优点在于: 把相同划分数 $m=L$ ($L \geq 2$) 时对于 $n=3L$ 、 $n=3L+1$ 以及 $n=3L+2$ 的 3 个记录标记长度当作一组, 并根据待用于形成 $n=3L+1$ 的记录标记长度的光记录方法, 可以通过调节后端记录脉冲段 $\alpha_m T = T_{last}$ 和前一或后一段 ($\beta_{m-1} T$ 、 $\beta_m T = T_{cl}$) 形成 $n=3L+2$ 的记录标记长度。

此外, 通过调节 dT_{last} 执行对 $\beta_{m-1} T$ 的调节, 通过调节 $T_{top} = \alpha_1 T$ 和 dT_{top} 执行对 $\beta_1 T$ 的调节。

并且, 在 $n=6$ 或者更大时的 10 个参数 (dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{mp} 、 T_{last} 、 T_{cl} 、 T_{last+} 、 dT_{last+} 、 T_{cl+} 、 dT_{top+} 、 T_{top+}) 是恒定的而与 L 无关, 这意味着在 $n=3L$ 、 $3L+1$ 以及 $3L+2$ ($L \geq 2$) 的 3 个记录标记长度中, 相应的 (α_1 、 dT_{top} 、 β_1 、 α_m 、 β_{m-1} 、 β_m) 值是恒定的而与 L 无关。

图 8 是其中将记录脉冲划分方法 (IV) 应用于 $n=2$ 到 16 的标记长度的定时图的具体示例。并且, 各记录脉冲的上升或下降位置尽可能地与基准时钟相同步。同时, 将关于 n 的周期性考虑在内, 尽可能规则地改变多个记录长度的各参数。在图 8 中, 把 $n=4L-3$ 、 $n=4L-2$ 、 $n=4L-1$ 以及

$n=4L$ (L 为 $L \geq 2$ 的整数)、 m 为 2 或更大的 4 个标记长度当作一组, 如果 L 增大或减小 1, 则 m 增大或减小 1。并且, 作为规则, 根据待用于形成 $n=4L-2$ 的记录标记长度的光记录方法(记录脉冲划分方法), 原则上通过与 L 无关的恒定参数实现正 $2T$ 和负 $1T$ 的标记长度差。

具体来说, 把要按相同划分数 $m=L$ ($L \geq 2$) 形成的 $n=4L-3$ 、 $n=4L-2$ 、 $n=4L-1$ 以及 $n=4L$ 的 4 个记录标记长度当作一组, 并根据待用于形成 $n=4L-2$ 的记录标记长度的光记录方法(记录脉冲划分方法), 在这种光记录方法中至少增大或减小 α_m 以分别形成 $n=4L-1$ 和 $n=4L-3$ 的记录标记长度, 此外, 根据待用于形成 $n=4L-1$ 的记录标记长度的光记录方法(记录脉冲划分方法), 在这种光记录方法中至少增大 α_l 以形成 $n=4L$ 的记录标记长度。并且, 在 $n=4L-3$ 序列、 $n=4L-2$ 序列、 $n=4L-1$ 序列以及 $n=4L$ 序列中的每一个中, 确定与 L 无关的独立参数。按此方式, 可以很大程度地减少独立参数数量。以下, 将该具体示例称为记录脉冲划分方法(VIa)。

图 9 是 $L=3$ 的情况下的示例。通过考虑图 8(其中把 $n=4L-3$ 、 $n=4L-2$ 、 $n=4L-1$ 以及 $n=4L$ (L 为 $L \geq 2$ 的整数) 的 4 个记录标记长度当作一组) 的周期性参数变化, 对该示例进行详细描述。

首先, 记录脉冲宽度基本上为 $T_m = \alpha_c T$ 的恒定值。并且, 作为规则, 按照 $3T$ 或 $4T$ 的周期将记录脉冲生成为与基准时钟周期 T 相同步。并且, 每当 n 增大 4 时(每当标记长度增加 $4T$, 或者每当 L 增大 1), 按照 $4T$ 的周期添加一组中间记录脉冲 T_m 和随后的空态脉冲。在图 9(a) 中, 由一个方框部分 900 表示基准时钟周期 T , 并且 nT 标记在其前沿处的时刻 $T1$ 是与基准时钟相同步的一点。

并且, 如图 9(c) 所示, 当 $n=4L-2$ 时, 按照从 $T1$ 起的时间偏移 dT_{top} (903) 生成 $T_{top} = \alpha_l T$ (901)。在该图中, 当该偏移是从 $T1$ 起的延迟时 dT_{top} 为正值。

dT_{top} 限定了从 T_{top} 的前沿位置处的 nT 标记的前沿位置($T1$)起的同步偏移时间, 并被用于对标记的前沿位置进行准确的调节。通常, 前沿记录脉冲没有来自前一记录脉冲的残余热, 因此, 优选地, 设置 $T_{top} \geq T_m$, 使得可以获得与在后续 T_m 段中的加热等效的加热效果。在这种情况下,

$\beta_i T$ (904) 由 $\beta_i T = 3T - (T_{top} + dT_{top})$ 来确定, 因此不是独立参数。

在 T_{top} 之后, 按照这样的顺序生成多个记录脉冲: 与基准时钟相同步地根据 $3T$ 周期在 T_4 处生成第一个 T_{mp} (902), 然后将周期变成 $4T$, 最后在 T_4 处生成 $T_{last} = \alpha_m T$ (905), 最后形成空态脉冲 $T_{cl} = \beta_m T$ (906)。因此, 空态脉冲段 $\beta_i T$ ($2 \leq i \leq m-2$) 将为 $4T - T_{mp} = (4 - \alpha_c)T = \beta_c T$, 但是不会出现在图 9 所示的示例中。此外, 在此情况下, 可以使 $\beta_{m-1} T$ (907) 为 $4T - T_{mp} = (4 - \alpha_{m-1})T$ 。该记录脉冲划分方法与记录脉冲划分方法 (IIa) 和 (IIIa) 的不同之处在于: 如果 L 增大 1, 则每 $4T$ 个周期与基准时钟周期相同步地重复生成 T_{mp} 。当然, 当 $n=5, 6, 7$ 或 8 时, 不生成中间记录脉冲段 T_{mp} 。此外, 可选地, 可以在 T_{last} 的起点处加入偏移 dT_{last} , 但是, 优选地, 设置 $dT_{last}=0$ 。

如图 9 (b) 所示, 当 $n=4L-3$ 时, 按照从 T_1 起的时间偏移 dT_{top} 生成 $T_{top} = \alpha_l T$ 。此外, 在 T_{top} 之后, 按照这样的顺序生成多个记录脉冲: 与基准时钟相同步地根据 $3T$ 周期在 T_4 处生成第一个 T_{mp} , 然后将周期变成 $4T$ 并在 T_5 处生成 $T_{last} = \alpha_m T$, 最后生成空态脉冲 $T_{cl} = \beta_m T$ 。其中, T_{last} 和 T_{cl} 可以分别取与在 $n=4L-2$ 的情况下不同的值 T_{last-} (910) 和 T_{cl-} (911)。此外, 通过加入校正值得 dT_{last-} (912), T_{last-} (910) 可以具有与基准时钟相偏移的同步。通过 T_{last-} 、 T_{cl-} 以及 dT_{last-} , 将形成比 $n=4L-2$ 的情况短 $1T$ 的标记长度。通常, 优选地, 设置 $T_{last} > T_{last-}$, 使得 $0 < (T_{last} - T_{last-}) \leq T$ 。此外, 在此情况下, $\beta_{m-1} T$ (913) 由 $\beta_{m-1} T = 4T - T_{mp} + dT_{last-}$ 来确定, 因而不是独立参数。即, 对 dT_{last-} 的调节意味着对 $\beta_{m-1} T$ 执行调节。

另一方面, 如图 9 (d) 所示, 在 $n=4L-1$ 的情况下, 按照从 T_1 起的时间偏移 dT_{top} 生成 $T_{top} = \alpha_l T$ 。此外, 在 T_{top} 之后, 按照这样的顺序生成多个记录脉冲: 与基准时钟相同步地根据 $3T$ 周期在 T_4 处生成第一个 T_{mp} , 然后将周期变成 $4T$ 并且最后在 T_5 处生成 $T_{last} = \alpha_m T$, 最后生成空态脉冲 $T_{cl} = \beta_m T$ 。其中, T_{last} 和 T_{cl} 可以分别取与在 $n=4L-2$ 的情况下不同的值 T_{last+} (920) 和 T_{cl+} (921)。此外, 通过加入校正值得 dT_{last+} (922), T_{last+} (920) 可以具有与基准时钟相偏移的同步。通过 T_{last+} 、 T_{cl+} 以及 dT_{last+} , 将形成比 $n=4L-2$ 的情况长 $1T$ 的标记长度。通常, 优选地, 设置 $T_{last+} > T_{last}$, 使得

$0 < (T_{last+} - T_{last}) \leq T$ 。此外, $\beta_{m-1}T$ (923) 由 $\beta_{m-1}T = 4T - T_{mp} + dT_{last+}$ 来确定, 因而不是独立参数。即, 对 dT_{last+} 的调节意味着对 $\beta_{m-1}T$ 执行调节。

如图 9 (e) 所示, 当 $n=4L$ 时, 对于 T_{top} , 再次, 按照从 T_1 起的时间偏移 dT_{top} 生成 $T_{top} = \alpha_1 T$, 但是 T_{top} 和 dT_{top} 可以分别取与 $4L-3$ 、 $4L-2$ 以及 $4L-1$ 的其他情况不同的值 T_{top+} (930) 和 dT_{top+} (931)。

此外, 在 T_{top+} 之后, 按照 $m-2$ 段 T_{mp} 以及 T_{last} 的顺序根据 $4T$ 周期生成多个记录脉冲, 最后, 生成 T_{cl} , 但是 T_{last} 和 T_{cl} 可以取与 $n=4L-1$ 的情况相同的值 T_{last+} (933)、 T_{cl+} (934) 以及校正值 dT_{last+} (935)。主要通过调节 T_{top} 以使其具有与 $n=4L-1$ 的情况不同的值 T_{top+} 并利用 dT_{top+} 对其进行校正, 形成比 $n=4L-1$ 的情况长 $1T$ 的标记长度。通常, 优选地, 设置 $T_{top+} > T_{top}$, 使得 $0 < (T_{top+} - T_{top}) \leq T$ 。因此, $\beta_1 T$ (934) 由 $\beta_1 T = 4T - (T_{top+} + dT_{top+})$ 来确定, 因而不是独立参数。即, 对 T_{top+} 和 dT_{last+} 的调节意味着对 $\beta_1 T$ 执行调节。

然而, 希望 $n=5$ 的情况具有确定与 $n=4L-3$ 的其他情况不同的 dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{last} 、 dT_{last} 以及 T_{cl} 的自由度。因此, 为了清楚地表明它们是独立的参数, 在图 8 中, 以 dT_{top5} 、 T_{top5} 、 T_{last5} 、 dT_{last5} 以及 T_{cl5} 来表示它们。对于 $5T$ 标记长度, $n/m=2.5$, 因此这与 $n=4L-3$ 的其他标记长度不同, 记录脉冲的重复周期将较小, 在 $2.5T$ 的水平上。因此, 对于 $5T$ 标记长度, 有时可能难以通过与 $n=3L-1$ 的其他标记长度的参数相同的参数来实现低抖动和准确的标记长度。

当 $n=2$ 、 3 或 4 时, $m=1$ 。因此, 通过一对记录脉冲段 T_{top} 和空态脉冲段 $\beta_1 T = T_{cl}$, 将分别形成 $n=2$ 、 3 以及 4 的标记长度, 同时, 可以实现低标记端抖动。每种情况都由 3 个参数 dT_{top} 、 T_{top} 以及 T_{cl} 来限定。并且, 在任何其他标记长度下, 与 dT_{top} 、 T_{top} 以及 T_{cl} 无关地设置相应的参数。即, 如图 8 所示, 通过 dT_{top2} 、 T_{top2} 以及 T_{cl2} 形成 $2T$ 标记长度, 通过 dT_{top3} 、 T_{top3} 以及 T_{cl3} 形成 $3T$ 标记长度, 通过 dT_{top4} 、 T_{top4} 以及 T_{cl4} 形成 $4T$ 标记长度, 以分别提供不同标记长度。

综上所述, 在如图 8 所限定的标记脉冲划分方法 (IVa) 中, 独立参数数量为: 在 $n=2$ 、 3 以及 4 时各 3 个, 共 9 个参数 (dT_{top2} 、 T_{top2} 、 T_{cl2} 、

dT_{top3} 、 T_{top3} 、 T_{cl3} 、 dT_{top4} 、 T_{top4} 、 T_{cl4}); 在 $n=5$ 时共 5 个参数(dT_{top5} 、 T_{top5} 、 T_{last5} 、 dT_{last5} 、 T_{cl5}); 以及在 $n=6$ 或更大时为 13 个参数(dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{mp} 、 T_{last} 、 T_{cl} 、 T_{last+} 、 T_{cl+} 、 dT_{last+} 、 T_{last-} 、 T_{cl-} 、 dT_{last-} 、 dT_{top+} 、 T_{top+})。即, 参数数量总共为 $9+5+13=27$ 个。

此外, 通常, dT_{last+} 和 T_{cl+} 中的任何一个为 $dT_{last+}=0$ 或 $T_{cl+}=T_{cl}$, 因此独立参数数量可以减少 1 个。类似地, dT_{last-} 和 T_{cl-} 中的任何一个可能是 $dT_{last-}=0$ 或 $T_{cl-}=T_{cl}$, 因此独立参数数量可以减少 1 个。即, 在 $n=6$ 或者更大时, 可以使独立参数为 11 个参数(dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{mp} 、 T_{last} 、 T_{cl} 、 T_{last+} 、 dT_{last+} 、 T_{last-} 、 dT_{last-} 、 dT_{top+} 、 T_{top+}), 或 11 个参数(dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{mp} 、 T_{last} 、 T_{cl} 、 T_{last+} 、 T_{cl+} 、 T_{last-} 、 T_{cl-} 、 dT_{top+} 、 T_{top+})。

记录脉冲划分方法(IVa)的优点在于: 把相同划分数 $m=L$ ($L \geq 2$) 时对于 $n=4L-3$ 、 $n=4L-2$ 、 $n=4L-1$ 以及 $n=4L$ 的 4 个记录标记长度当作一组, 并根据待用于形成 $n=4L-2$ 的记录标记长度的光记录方法, 在这种光记录方法中可以通过调节后端记录脉冲段 $\alpha_m T = T_{last}$ 和前一或后一段($\beta_{m-1} T$ 、 $\beta_m T = T_{cl}$) 形成 $n=4L-3$ 和 $n=4L-1$ 的记录标记长度。

记录脉冲划分方法(IVa)的另一优点在于: 把相同划分数 $m=L$ ($L \geq 2$) 时对于 $n=4L-3$ 、 $n=4L-2$ 、 $n=4L-1$ 以及 $n=4L$ 的 4 个记录标记长度当作一组, 并根据待用于形成 $n=4L-1$ 的记录标记长度的光记录方法, 在这种光记录方法中可以通过调节前端记录脉冲段 $\alpha_1 T = T_{top}$ 和后一段 $\beta_1 T$ 形成 $n=4L$ 的记录标记长度。

此外, 通过调节 dT_{last} 执行对 $\beta_{m-1} T$ 的调节, 通过调节 $T_{top} = \alpha_1 T$ 和 dT_{top} 执行对 $\beta_1 T$ 的调节。

并且, 在 $n=6$ 或者更大时的 13 个参数(dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{mp} 、 T_{last} 、 T_{cl} 、 T_{last+} 、 T_{cl+} 、 dT_{last+} 、 T_{last-} 、 T_{cl-} 、 dT_{last-} 、 dT_{top+} 、 T_{top+}) 是恒定的而与 L 无关, 这仅意味着在 $n=4L-3$ 、 $n=4L-2$ 、 $n=4L-1$ 以及 $n=4L$ ($L \geq 2$) 的 4 个记录标记长度中, 除了 $n=5$ 的情况以外, 相应的(α_1 、 dT_{top} 、 β_1 、 α_m 、 β_{m-1} 、 β_m) 值是恒定的而与 L 无关。更具体来说, 使它们是恒定的而与 L 无关, 包括 $n=5$ 的情况。

图 26 是记录脉冲划分方法(IV)的另一示例。在图 26 中, 特别地,

当 $m=2$ 或更大时, 把 $n=4L-3$ 、 $n=4L-2$ 、 $n=4L-1$ 以及 $n=4L$ (L 为 $L \geq 2$ 的整数) 的 4 个标记长度当作一组, 如果 L 增大或减小 1, 则 m 增大或减小 1。并且, 作为规则, 根据待用于形成 $n=4L-2$ 的记录标记长度的光记录方法, 通过使用与 L 无关的恒定参数实现正 $2T$ 和负 $1T$ 的标记长度差。

具体来说, 把要按相同划分数 $m=L$ ($L \geq 2$) 形成的 $n=4L-3$ 、 $n=4L-2$ 、 $n=4L-1$ 以及 $n=4L$ 的 4 个记录标记长度当作一组, 并根据待用于形成 $n=4L-2$ 的记录标记长度的光记录方法, 在这种光记录方法中至少减小 α_m 以形成 $n=4L-3$ 的记录标记长度, 并根据待用于形成 $n=4L-2$ 的记录标记长度的光记录方法, 在这种光记录方法中至少增大 α_l 以形成 $n=4L-1$ 的记录标记长度, 此外, 根据待用于形成 $n=4L-1$ 的记录标记长度的光记录方法, 在这种光记录方法中至少增大 α_m 以形成 $n=4L$ 的记录标记长度。然后, 在 $n=4L-3$ 序列、 $n=4L-2$ 序列、 $n=4L-1$ 序列以及 $n=4L$ 序列中的每一个中, 确定与 L 无关的独立参数。按这种方式, 可以很大程度地减少独立参数数量。以下, 将该具体示例称为记录脉冲划分方法 (IVb)。

具体来说, 参照图 27 (其示出了 $L=3$ 的情况的示例), 通过考虑图 26 (其中把 $n=4L-3$ 、 $n=4L-2$ 、 $n=4L-1$ 以及 $n=4L$ (L 为 $L \geq 2$ 的整数) 的 4 个记录标记长度当作一组) 的周期性参数变化, 对该示例进行详细描述。

首先, 记录脉冲宽度基本上为 $T_{np} = \alpha_c T$ 的恒定值。并且, 作为规则, 按照 $3T$ 或 $4T$ 的周期将记录脉冲生成为与基准时钟周期 T 相同步。然后, 每当 n 增大 4 时 (每当标记长度增加 $4T$, 或者每当 L 增大 1), 按照 $4T$ 的周期添加一组中间记录脉冲 T_{np} 和随后的空态脉冲。在图 27 (a) 中, 由一个方框部分 1000 表示基准时钟周期 T , 并且 nT 标记在其前沿处的时刻 $T1$ 是与基准时钟相同步的一点。

并且, 当 $n=4L-2$ 时 (图 27(c)), 按照从 $T1$ 起的时间偏移 $dT_{top}(1003)$ 生成 $T_{top} = \alpha_l T$ (1001)。在该图中, 当该偏移是从 $T1$ 起的延迟时 dT_{top} 为正值。

dT_{top} 限定了从 T_{top} 的前沿位置处的 nT 标记的前沿位置 ($T1$) 起的同步偏移时间, 并被用于对标记的前端位置进行准确的调节。通常, 前沿记录脉冲没有来自前一记录脉冲的残余热, 因此, 优选地, 设置 $T_{top} \geq T_{np}$,

使得可以获得与在后续 T_{mp} 段中的加热等效的加热效果, $\beta_1 T$ (1004) 由 $\beta_1 T = 3T - (T_{top} + dT_{top})$ 来确定, 因此不是独立参数。

在 T_{top} 之后, 按照这样的顺序生成多个记录脉冲: 与基准时钟相同步地根据 $3T$ 周期在 T_4 处生成第一个 T_{mp} (1002), 然后将周期变成 $4T$, 最后在 T_5 处形成 $T_{last} = \alpha_m T$ (1005), 最后生成空态脉冲 $T_{cl} = \beta_m T$ (1006)。因此, 空态脉冲段 $\beta_i T$ ($2 \leq i \leq m-2$) 将为 $4T - T_{mp} = (4 - \alpha_c)T = \beta_c T$, 但是不会出现在图 27 所示的示例中。此外, $\beta_{m-1} T$ 也是 $4T - T_{mp}$, 因此不是独立参数。该记录脉冲划分方法与记录脉冲划分方法 (IIb) 和 (IIIb) 的不同之处在于: 如果 L 增大 1, 则每 $4T$ 个周期与基准时钟周期相同步地重复生成 T_{mp} 。当然, 当 $n=5$ 、6、7 或 8 时, 不形成中间记录脉冲段 T_{mp} 。此外, 可选地, 可以为 T_{last} 的起点加入偏移 dT_{last} , 但是, 优选地, 设置 $dT_{last}=0$ 。

以下, 在记录脉冲划分方法 (IIb) 中, 在 $n=4L-3$ 、 $n=4L-2$ 以及 $n=4L-1$ 时的记录方法的关系与在 $n=3L-1$ 、 $n=3L$ 以及 $n=3L+1$ 时的记录方法的关系相同。此外, 以下, 在记录脉冲划分方法 (IIIb) 中, 在 $n=4L-2$ 、 $n=4L-1$ 以及 $n=4L$ 时的记录方法的关系与在 $n=3L$ 、 $n=3L+1$ 以及 $n=3L+2$ 时的记录方法的关系相同。

即, 当 $n=4L-3$ 时 (图 27 (b)), 按照从 T_1 起的时间偏移 dT_{top} 生成 $T_{top} = \alpha_1 T$ 。此外, 在 T_{top} 之后, 按照这样的顺序生成多个记录脉冲: 与基准时钟相同步地根据 $3T$ 周期在 T_4 处生成第一个 T_{mp} , 然后将周期变成 $4T$ 并最后在 T_5 处生成 $T_{last} = \alpha_m T$, 最后生成空态脉冲 $T_{cl} = \beta_m T$ 。其中, T_{last} 和 T_{cl} 可以分别取与在 $n=4L-2$ 的情况下不同的值 T_{last-} (1010) 和 T_{cl-} (1011)。此外, 通过加入校正值 dT_{last-} (1012), T_{last-} (1010) 可以具有与基准时钟相偏移的同步。通过 T_{last-} 、 T_{cl-} 以及 dT_{last-} , 将形成比 $n=4L-2$ 的情况短 $1T$ 的标记长度。通常, 优选地, 设置 $T_{last} > T_{last-}$, 使得 $0 < (T_{last} - T_{last-}) \leq T$ 。此外, $\beta_{m-1} T$ (1013) 由 $\beta_{m-1} T = 4T - T_{mp} + dT_{last-}$ 来确定, 因而不是独立参数。即, 对 dT_{last-} 的调节意味着对 $\beta_{m-1} T$ 执行调节。

另一方面, 在 $n=4L-1$ 时 (图 27 (d)), 按照从 T_1 起的时间偏移 dT_{top} 生成 $T_{top} = \alpha_1 T$, 但是 T_{top} 和 dT_{top} 可以取与 $4L-3$ 和 $4L-2$ 的其他情况不同的值 T_{top+} (1020) 和 dT_{top+} (1021)。

此外, 在 T_{top+} 之后, 按照 $m-2$ 段 T_{mp} 以及 T_{last} 的顺序生成多个记录脉冲, 最后, 生成 T_{cl} 。主要通过调节 T_{top} 以使其具有与 $n=4L-2$ 的情况不同的值 T_{top+} 并利用 dT_{top+} 对其进行校正, 形成比 $n=4L-2$ 的情况长 $1T$ 的标记长度。此时, 将 $\alpha_2 T$ 设置成从 $T1$ 起按照 $4T$ 周期上升。通常, 优选地, 设置 $T_{top+} > T_{top}$, 使得 $0 < (T_{top+} - T_{top}) \leq T$ 。因此, $\beta_1 T$ (1022) 由 $\beta_1 T = 4T - (T_{top+} + dT_{top+})$ 来确定, 因而不是独立参数。即, 对 dT_{top+} 和 T_{top+} 的调节意味着对 $\beta_1 T$ 执行调节。

当 $n=4L$ 时(图 27(e)), 按照从 $T1$ 起的时间偏移 dT_{top} 生成 $T_{top} = \alpha_1 T$, 但是 T_{top} 和 dT_{top} 可以取与 $n=4L-1$ 的情况下相同的值 T_{top+} (1030) 和 dT_{top+} (1031)。此时, 将 $\alpha_2 T = T_{mp}$ 设置成从 $T1$ 起按照 $4T$ 周期上升。因此, $\beta_1 T$ (1032) 由 $\beta_1 T = 4T - (T_{top+} + dT_{top+})$ 来确定, 因而不是独立参数。即, 对 dT_{top+} 和 T_{top+} 的调节意味着对 $\beta_1 T$ 执行调节。

在生成了包括 $\alpha_2 T$ 的 $m-2$ 段 T_{mp} 之后, 将生成记录脉冲 T_{last} , 最后, 生成冷却脉冲 T_{cl} 。 T_{last} 和 T_{cl} 是独立参数, 它们可以分别取与在 $n=4L-1$ 的情况下不同的值 T_{last+} (1033) 和 T_{cl+} (1034)。此外, 通过加入校正值 dT_{last+} (1035), 可以使 T_{last+} (1033) 具有偏移基准时钟的同步。通过 T_{last+} 、 T_{cl+} 以及 dT_{last+} , 将形成比 $n=4L-1$ 的情况下长 $1T$ 的标记长度。通常, 优选地, 设置 $T_{last+} > T_{last}$, 使得 $0 < (T_{last+} - T_{last}) \leq T$ 。此外, $\beta_{m-1} T$ (1036) 由 $\beta_{m-1} T = 4T - T_{mp} + dT_{last+}$ 来确定, 因而不是独立参数。即, 对 dT_{last+} 的调节意味着对 $\beta_{m-1} T$ 执行调节。

然而, 希望 $n=5$ 的情况具有分别确定与 $n=4L-3$ 的情况下不同的 dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{last} 、 dT_{last} 以及 T_{cl} 的自由度。因此, 为了清楚地表明它们是独立的参数, 在图 26 中, 以 dT_{top5} 、 T_{top5} 、 T_{last5} 、 dT_{last5} 以及 T_{cl5} 来表示它们。对于 $5T$ 标记长度, $n/m=2.5$, 因此这与 $n=4L-3$ 的其他标记长度不同, 记录脉冲的重复周期将较小, 约为 $2.5T$ 。因此, 对于 $5T$ 标记长度, 存在这样的情况, 即, 难以通过与 $n=4L-3$ 的其他标记长度的参数相同的参数来实现低抖动和准确的标记长度。

当 $n=2, 3$ 或 4 时, $m=1$ 。因此, 通过一对记录脉冲段 T_{top} 和空态脉冲段 $\beta_1 T = T_{cl}$, 将分别形成 $n=2, 3$ 以及 4 的标记长度, 同时, 可实现低标记

端抖动。每种情况都由 3 个参数 dT_{top} 、 T_{top} 以及 T_{cl} 来限定。并且，在任何其他标记长度下，与 dT_{top} 、 T_{top} 以及 T_{cl} 无关地设置相应的参数。即，如图 26 所示，通过 dT_{top2} 、 T_{top2} 以及 T_{cl2} 形成 2T 标记长度，通过 dT_{top3} 、 T_{top3} 以及 T_{cl3} 形成 3T 标记长度，通过 dT_{top4} 、 T_{top4} 以及 T_{cl4} 形成 4T 标记长度，以分别提供不同标记长度。

综上所述，在如图 26 中所限定的标记脉冲划分方法 (IVb) 中，独立参数数量为：在 $n=2$ 、3 以及 4 时各 3 个，共 9 个参数 (dT_{top2} 、 T_{top2} 、 T_{cl2} 、 dT_{top3} 、 T_{top3} 、 T_{cl3} 、 dT_{top4} 、 T_{top4} 、 T_{cl4})；在 $n=5$ 时为 5 个参数 (dT_{top5} 、 T_{top5} 、 T_{last5} 、 dT_{last5} 以及 T_{cl5})；以及在 $n=6$ 或更大时为 13 个参数 (dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{mp} 、 T_{last} 、 T_{cl} 、 T_{last-} 、 T_{cl-} 、 dT_{last-} 、 dT_{top+} 、 T_{top+} 、 T_{last+} 、 T_{cl+} 、 dT_{last+})。即，参数数量总共为 $9+5+13=27$ 个。

此外，通常，把 dT_{last+} 或 T_{cl+} 中的任何一个设置为 $dT_{last+}=0$ 或 $T_{cl+}=T_{cl}$ ，因此独立参数数量可以减少 1 个。类似地，可以把 dT_{last-} 和 T_{cl-} 中的任何一个设置成 $dT_{last-}=0$ 或 $T_{cl-}=T_{cl}$ ，因此独立参数数量可以减少 1 个。即，可以使 $n=6$ 或更大时的独立参数为 11 个参数 (dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{mp} 、 T_{last} 、 T_{cl} 、 T_{last-} 、 dT_{last-} 、 dT_{top+} 、 T_{top+} 、 T_{last+} 、 dT_{last+})，或 11 个参数 (dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{mp} 、 T_{last} 、 T_{cl} 、 T_{last-} 、 T_{cl-} 、 dT_{top+} 、 T_{top+} 、 T_{last+} 、 T_{cl+})。

记录脉冲划分方法 (IVb) 的优点在于：把相同划分数 $m=L$ ($L \geq 2$) 时对于 $n=4L-3$ 、 $n=4L-2$ 、 $n=4L-1$ 以及 $n=4L$ 的 4 个记录标记长度当作一组，并根据待用于形成 $n=4L-2$ 的记录标记长度的光记录方法，在这种光记录方法中只通过调节后端记录脉冲段 $\alpha_m T = T_{last}$ 和前一或后一段 ($\beta_{m-1} T$ 、 $\beta_m T = T_{cl}$) 分别形成 $n=4L-3$ 和 $n=4L-2$ 的记录标记长度，根据待用于形成 $n=4L-1$ 的记录标记长度的光记录方法，在这种光记录方法中只通过调节前端记录脉冲段 $\alpha_1 T = T_{top}$ 和后一段 $\beta_1 T$ 分别形成 $n=4L-1$ 和 $n=4L-2$ 的记录标记长度，根据待用于形成 $n=4L-1$ 的记录标记长度的光记录方法，在这种光记录方法中只通过调节后端记录脉冲段 $\alpha_m T = T_{last}$ 和前一或后一段 ($\beta_{m-1} T$ 、 $\beta_m T = T_{cl}$) 分别形成 $n=4L-1$ 和 $n=4L$ 的记录标记长度。此外，通过调节 dT_{last} 执行对 $\beta_{m-1} T$ 的调节，通过调节 $T_{top} = \alpha_1 T$ 和 dT_{top} 执行对 $\beta_1 T$ 的调节。

并且, 在 $n=6$ 或更大时的 13 个参数 (dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{mp} 、 T_{last} 、 T_{cl} 、 T_{last-} 、 T_{cl-} 、 dT_{last-} 、 dT_{top+} 、 T_{top+} 、 T_{last+} 、 T_{cl+} 、 dT_{last+}) 是恒定的而与 L 无关, 仅意味着在 $n=4L-3$ 、 $n=4L-2$ 、 $n=4L-1$ 以及 $n=4L$ ($L \geq 2$) 的 4 个记录标记长度中, 除了 $n=5$ 的情况以外, 相应的 (α_1 、 dT_{top} 、 β_1 、 α_m 、 β_{m-1} 、 β_m) 值是恒定的而与 L 无关。更具体来说, 将它们设置成恒定的而与 L 无关, 包括 $n=5$ 的情况。

下面, 对上述多个记录方法中的每一个所共有的某些点进行描述。

可以将上述描述中用于限定划分记录脉冲策略的独立参数 (即, 在 $n=2$ 、3、4 以及 5 时的独立参数 (dT_{top2} 、 T_{top2} 、 T_{cl2} 、 dT_{top3} 、 T_{top3} 、 T_{cl3} 、 dT_{top4} 、 T_{top4} 、 T_{cl4})、(dT_{top5} 、 T_{top5} 、 T_{last5} 、 dT_{last5} 以及 T_{cl5}) 和在 $n=6$ 或更大时的独立参数 (dT_{top} 、 T_{top} 、 T_{mp} 、 T_{last} 、 T_{cl} 、 T_{last+} 、 T_{cl+} 、 dT_{last+} 、 T_{last-} 、 T_{cl-} 、 dT_{last-} 、 dT_{top+} 、 T_{top+}) 等) 替换成由基准时钟周期 T 归一化的值。由 α_{12} 、 α_{1+} 、 α_{m2} 、 α_{m+} 、 β_{m2} 、 β_{m+} 等表示由基准时钟周期 T 归一化 T_{top2} 、 T_{top+} 、 T_{last2} 、 T_{last+} 、 T_{cl2} 、 T_{cl+} 后的参数, 下标保持不变。另一方面, 由 η_{top2} 、 η_{top+} 、 η_{last2} 、 η_{last+} 等表示由基准时钟周期 T 归一化 dT_{top2} 、 dT_{top+} 、 dT_{last2} 、 dT_{last+} 等后的参数, 下标保持不变。

此外, 在各种方法中, $T_{top}=T_{mp}-dT_{top*}$ 、 $T_{last}=T_{mp}-dT_{last*}$ (*表示诸如 2、3、4、5、+或-的下标), 由此可以使 T_{top*} 或 T_{last*} 成为次级参数。

根据上述多个记录脉冲划分方法, 通过根据与基准时钟周期的同步和关于标记长度 n 的周期性尽可能保持规则性, 减少了独立参数数量。并且, 根据上述多个记录脉冲划分方法, 实现了简化记录脉冲发生电路和便于确定最优参数的目的。

当然, 根据上述记录脉冲划分方法所示的定时, 可选地, 可以使特定记录脉冲或冷却脉冲的上升或下降定时按 $\pm 0.2T$ 的水平偏移。此外, 特别地, 根据记录标记长度或在所讨论的记录标记之前的记录标记之间的间距长度, 或者根据记录标记长度或在所讨论的记录标记之后的记录标记之间的间距长度, 可以针对每个记录标记对 dT_{top} 、 $\beta_m T$ 等进行细调, 由此可以抑制相邻记录标记之间的热干扰。即使按该方式额外增加了独立参数数量, 这也不超出本发明的要旨。

在以上描述中,已经说明了 $n=2$ 到 16 或 2 到 17 的情况。然而,本发明决不限于 n 可取的这些值。对于 $n=16$ 或 17 或更大,例如,在记录方法(IIa)、(IIIa)或(IVa)中,按照 $3T$ 或 $4T$ 的周期可以简单地在 β_{m-1} 之前添加一对冷却脉冲和记录脉冲 T_{mp} , 因此不会增加独立参数数量。另一方面,不必使用关于 n 的所有这种值(从 2 到 16、或从 2 到 17)。另一方面, n 的最大值 n_{max} 不限于 16 或 17。

例如,在要将可对其应用本实用模式的光记录方法应用于 CD-RW 的情况下,当通过多个记录标记长度和记录标记之间的间距长度记录 EFM-修改信息时, $n_{max}=11$, 并且 n 取从 3 到 11 的整数。并且,优选地,通常将擦除功率 P_e 与写功率 P_w 之比设置为 $P_e/P_w=0.1$ 到 0.6, 将偏置功率 P_b 设置为 $P_b \leq 0.2P_e$ 。

此外,在要将可对其应用本实用模式的光记录方法用作 RW-DVD 的记录方法的情况下,当通过多个记录标记长度和记录标记之间的间距长度记录 EFM+修改信息时, $n_{max}=14$, 并且 n 取从 3 到 11 和 14 的整数。并且,优选地,通常将擦除功率 P_e 与写功率 P_w 之比设置为 $P_e/P_w=0.1$ 到 0.6, 将偏置功率 P_b 设置为 $P_b \leq 0.2P_e$ 。

在用于 CD-RW 或 RW-DVD 的记录脉冲划分方法(IIa)、(IIIa)或(IVa)的情况下的独立参数数量将为通过减去 3 (即,在 $n=2$ 的情况下的独立参数数量)而获得的数量。

此外,在要将可对其应用本实用模式的光记录方法用作例如用于蓝光(其最近受到关注)的记录方法的情况下, $n_{max}=8$, 并且 n 取从 2 到 8 的整数。并且,优选地,通常将擦除功率 P_e 与写功率 P_w 之比设置为 $P_e/P_w=0.2$ 到 0.6, 将偏置功率 P_b 设置为 $P_b \leq 0.2P_e$ 。

此外,在要将可对其应用本实用模式的光记录方法应用于 CD-RW 的情况下,优选地,将记录脉冲段 $\alpha_i T$ ($i=1$ 到 m) 的平均值和空态脉冲段 $\beta_i T$ ($i=1$ 到 $m-1$) 的平均值皆设置成至少为 3 纳秒,从而变得容易确保待施加激光功率的时间跟随特性。更优选地,将各 $\alpha_i T$ ($i=1$ 到 m) 和 $\beta_i T$ ($i=1$ 到 $m-1$) 设置成至少为 3 纳秒。

另一方面,在要将可对其应用本实用模式的光记录方法应用于

RW-DVD 或密度更高的介质的情况下, 优选地, 将记录脉冲段 $\alpha_i T$ ($i=1$ 到 m) 的平均值和空态脉冲段 $\beta_i T$ ($i=1$ 到 $m-1$) 的平均值皆设置成至少为 2 纳秒, 从而变得容易确保待施加激光功率的时间跟随特性。

其中, 通过在 P_w 与 P_b (或 P_w-P_e) 之间的功率电平跃迁中功率达到 P_w-P_b (或 P_w-P_e) 的一半功率电平时的时间来限定脉冲 $\alpha_i T$ ($i=1$ 到 m) 的时间宽度。因此, 例如, 图 5 中的记录脉冲 $\alpha_i T$ 时间宽度是从在脉冲从 P_e 上升到 P_w 的变化过程中功率达到 P_e-P_w 的一半功率电平的时刻到在脉冲从 P_w 下降到 P_b 的变化过程中功率达到 P_w-P_b 的一半功率电平的时刻的持续时间。

将要阐述以下问题的原因: 为何在 CD 的情况下, 优选地, 将 $\alpha_i T$ ($\beta_i T$) 设置成至少为 3 纳秒, 而在至少为 DVD 级的高密度记录中, 优选地, 将 $\alpha_i T$ ($\beta_i T$) 设置成至少为 2 纳秒。即, 在至少为 DVD 级的高密度记录的情况下, 用于记录的聚焦激光束的直径至多约为 CD 情况下的 70%, 因此, 一次记录脉冲照射所造成的空间影响也约为 70%。因此减小聚焦激光束的直径, 从而提高空间分辨率, 与 3 纳秒的约 70%对应的约 2 纳秒的短时间的脉冲照射是有效的。此外, 在更小的束系统的情况下, 待加热的面积也较小, 因此冷却很快, 而且对于脉冲段, 即使将其缩短到约 2 纳秒级, 也可以获得足够的冷却效果。

此外, 在上述记录脉冲划分方法中, 仅当 $n=4$ 时可以使划分数 m 为 2, 因而有时可以获得好的结果。最优选地, 将这种操作应用于 CD-RW。即, 在 CD-RW 的情况下, 4T 记录标记的长度约 $1.1\mu\text{m}$, 即, 比至少 RW-DVD (4T 标记长度: 约 $0.53\mu\text{m}$) 级的高密度介质至少大 2 倍, 因此对于单个记录脉冲, 在熔化区积累的热趋于难以耗散, 因而可能发生再结晶。在这种情况下, 例如, 在图 4 的 5T 标记中, 从标记的基点 T1 到基准时钟的成为 dT_{last} 的起点的位置的时间可能不一定是 3T, 而可能是 2T 或 2.5T。即, 可以把从 T1 起经过 2T 或 2.5T 的定时视为 dT_{last} 的起点。

此外, 作为弥补 4T 标记长度中的冷却不足的另一方法, 在 $\alpha_i T$ 之前插入约短 1T 的冷却脉冲 $\beta_0 T$ 同时保持记录脉冲划分数为 1 也是有效的。

此外, 可以将 $\beta_0 T$ 的插入应用于所有 nT 标记。

根据可对其应用本实用模式的光记录方法 (I), 一旦设定了其记录方法, 则约 40 m/s 的高线速度就可以是上限, 并且即使在不高于其一半的可选线速度下也可以进行良好的记录或再现。并且, 如果使用上述划分记录脉冲生成方法 (II)、(III) 或 (IV), 通过改变 α_i 与 β_i (其中 $i=1$ 到 $m-1$) 之比同时保持记录脉冲组的切换周期恒定为约 $3T$ 或 $4T$, 并同时保持划分数 m 恒定, 可以在不同线速度下使用相同的介质。此外, 如果使用上述划分记录脉冲生成方法 (IIa)、(IIb)、(IIIa)、(IIIb)、(IVa) 或 (IVb), 通过改变 α_i 与 β_i (其中 $i=1$ 到 $m-1$) 之比, 同时根据关于划分数 m 、与基准时钟的同步以及 n 这 3 者的周期性保持规定的规则性, 可以在不同线速度下使用相同的介质。

在这种情况下, 在任何线速度下, 通常使用如图 6 所示的脉冲划分方法 (其中交替施加写功率 P_w 和偏置功率 P_b 以形成长度为 nT 的标记), 并且通常用于确定这种具体方法的最优参数值根据线速度而变化。因此, 优选地, 在可对其应用本实用模式的介质上, 预先记录以下适合于记录线速度的记录脉冲划分方法信息中的至少一个: 如最优写功率 P_{w0} 、最优擦除功率 P_{e0} 、最优偏置功率 P_{b0} 、 α_i (i 为从 1 到 m 中的至少一个)、 β_i (i 为从 1 到 m 中的至少一个)、划分数 m 等。

并且, 基于记录脉冲划分方法 (I), 应用记录脉冲划分方法 (V)。
记录脉冲划分方法 (V)

这是这样一种光记录方法, 其中, 可重写光记录介质是盘, 并且在同一盘面上, 按多个记录线速度执行记录, 通常保持记录标记的空间线密度约为恒定的, 其中使用上述记录脉冲划分方法 (I), 使得把最高线速度 $V_{\max} = \alpha_{i\max}$ ($i=1$ 到 m) 时的 α_i 设置为从 0.5 到 2, 并且随着线速度变低, 在保持 m 恒定的同时分别简单地减小 α_i ($i=1$ 到 m)。通过与线速度成反比地改变基准时钟周期, 可以实现保持记录标记的空间线密度约为恒定的目的。在这种情况下, 优选地, 保持 $(\alpha_i + \beta_i)$ 为约 3 或 4, 并且优选地使 $\alpha_i + \beta_i$ ($2 \leq i \leq m-1$) 恒定而与线速度无关。

按相同的方式, 也可以分别针对从记录脉冲划分方法 (I) 衍生的 (II)、(III)、(IV)、(IIa)、(IIb)、(IIIa)、(IIIb)、(IVa) 以及 (IVb)

限定记录脉冲划分方法，并且分别把它们称为 (VI)、(VII)、(VIII)、(VIa)、(VIb)、(VIIa)、(VIIb)、(VIIIa) 以及 (VIIIb)。

把在保持 m 恒定的同时可以执行良好记录下的记录线速度的下限表示为 $V_{\min}$ 。

在记录脉冲划分方法 (VIa)、(VIb)、(VIIa)、(VIIb)、(VIIIa) 或 (VIIIb) 中，可以保持 m 恒定，此外，在保持 $\alpha_i + \beta_i$ ($2 \leq i \leq m-1$) 约为 3 或 4 的同时，可以使比值 $V_{\max}/V_{\min}$ 至少为 2。从而可以在宽线速度范围内保持与变化的基准时钟周期的同步和关于 n 的周期性。此外，可以简化用于生成划分记录脉冲的逻辑电路。此外，可以减少优化各线速度所需的独立参数数量。

特别地，在这些记录脉冲划分方法中，在 $T_{mp} = \alpha_i T$ 时，优选地，使线速度与 α_i 彼此成大致比例关系。具体来说，通过将 $\alpha_i T$ 的绝对时间宽度设置为大致恒定，可以使线速度与 α_i 彼此准确地成比例关系。此外，对于 $T_{mp} = \alpha_c T$ ($2 \leq i \leq m-1$)，可以把其中绝对时间宽度恒定的部分 T_{mp0} 和由取决于基准时钟周期的 γT 限定（因此，由线速度限定）的部分放在一起，成为 $T_{mp} = \alpha_c T = T_{mp0} + \gamma T$ 。通常， γ 为 $0 < \gamma < 3$ 的实数，优选地， $0 < \gamma \leq 2$ 。即使在此情况下，优选地，也使 α_c 与线速度大致成比例关系。在 $\alpha_i T = T_{top} = dT_{top} - T_{mp}$ 的情况下，优选地，也保持 T_{mp} 的绝对时间宽度大致恒定，同时 dT_{top} 在各线速度下独立变化。

此外，当把这种方法作为具体示例应用于 CD-RW 和 RW-DVD 时，针对 1 倍速基准线速度、最高线速度 $V_{\max}$ 和最低线速度 $V_{\min}$ ，可以将不同的值用于 CD-RW 和 RW-DVD。即，在 CD-RW 的情况下，1 倍速基准线速度 V_i 为从 1.2 m/s 到 1.4 m/s，在 RW-DVD 的情况下，其为 3.49 m/s。此外，在 CD-RW 的情况下，最高线速度 $V_{\max}$ 通常为在从 32 倍速到约 48 倍速的范围之内的线速度，尤其是用于 CD-RW 的上述基准线速度的 40 倍速或 48 倍速。在 RW-DVD 的情况下，最高线速度 $V_{\max}$ 通常为在从 10 倍速到约 16 倍速的范围之内的线速度，尤其是用于 RW-DVD 的上述基准线速度的 10 倍速、12 倍速以及 16 倍速。

类似地，在 CD-RW 的情况下，最低线速度 $V_{\min}$ 通常为最高约 12 倍速

的线速度，在 RW-DVD 的情况下，最低线速度 $V_{\min}$ 通常为最高约 6 倍速的线速度。当然，当要成对使用 $V_{\max}$ 和 $V_{\min}$ 时，从 $V_{\max} > V_{\min}$ 的线速度范围选择它们。

因此，在考虑 CD-RW 的情况下，作为 1 倍速基准线速度、 $V_{\max}$ 以及 $V_{\min}$ ，使用用于 CD-RW 的上述值，当考虑 RW-DVD 时，作为 1 倍速基准线速度、 $V_{\max}$ 以及 $V_{\min}$ ，使用用于 RW-DVD 的上述值。

其中，本发明绝不限于上述实用模式。上述实用模式是本发明的示例，具有与如权利要求所公开的本发明的技术概念基本上相同的结构并展现了相同效果的任何示例都将被包括在本发明的技术范围之内。

此外，作为可应用本发明的具体示例，可以实现可用于至少 10 倍速的高线速度记录的可重写 DVD 记录介质。更具体来说，通过执行 EFM+ 调制（针对数据的基准时钟周期 T 与从 $3T$ 到 $11T$ 以及 $14T$ 的时间长度相对应的标记长度和标记之间的间距长度的组合）的标记长度调制记录，可以提供一种用于在记录信号格式方面与 DVD 具有再现兼容性的可重写记录介质的记录方法，其中把记录层的非晶态用作记录标记。

此外，可以实现可用于至少 40 倍速的高线速度记录的 CD-RW。更具体来说，通过执行 EFM 调制（针对数据的基准时钟周期 T 与从 $3T$ 到 $11T$ 的时间长度相对应的标记长度和标记之间的间距长度的组合）的标记长度调制记录，可以提供一种用于在记录信号格式方面与 CD 具有再现兼容性的可重写记录介质的记录方法，其中把记录层的非晶态用作记录标记。

此外，可以实现可用于至少 200 Mbps 的高数据传输速率记录的 DVR。更具体来说，通过执行 (1, 7) 空转受限 (Run-Lenght-Limited) 调制（针对数据的基准时钟周期 T 与从 $2T$ 到 $8T$ 的时间长度相对应的标记长度和标记之间的间距长度的组合）的标记长度调制记录，可以提供一种用于高密度可重写记录介质的记录方法，其中把记录层的非晶态用作记录标记。

(2) 待用于光记录方法的记录介质

作为待用于本发明光记录方法的记录介质，例如可以考虑具有相变型记录层的光记录介质。作为这种光记录介质的具体示例，可以考虑一

种具有以下分层结构的光记录介质，其在盘形衬底上按以下顺序具有第一保护层（下保护层）、记录层（相变型记录层）、第二保护层（上保护层）、反射层以及保护涂层，由此通过施加透过该衬底的激光束执行信号的记录或再现（其被用作衬底侧入射型光信息记录介质）。此外，作为这种具有相变型记录层的光记录介质的另一具体示例，可以考虑一种具有以下分层结构的光记录介质，其在盘形衬底上按以下顺序具有反射层、第二保护层（下保护层）、记录层（相变型记录层）、第一保护层（上保护层）以及保护涂层，由此通过施加透过该上保护层的激光束执行信号的记录或再现（其被用作膜侧入射型光信息记录介质）。根据该膜侧入射型光信息记录介质，通过施加来自上保护层侧而不经由衬底的激光束执行信号的记录或再现，由此可以使记录层与光头之间的间距减小到最大数百 μm ，并且可以通过使用具有至少0.7的数值孔径的物镜，提高介质的记录密度。

这里，衬底侧入射型光记录介质和膜侧入射型光记录介质的上述分层结构仅仅是例示性的。例如，在衬底侧入射型光记录介质或膜侧入射型光记录介质中，可以在保护层与反射层之间设置界面层，而在膜侧入射型光记录介质中，可以在衬底与反射层之间设置底层。

在本发明中，优选地，使用这样的记录介质，其把具有高结晶速率的记录材料用于记录层，这使得可以实现高数据传输速率。

下面，对衬底的每一层、记录层以及其他层（保护层、反射层以及保护涂层）进行描述。

（1）衬底

对于衬底，例如可以使用诸如聚碳酸酯、丙烯酸树脂或聚烯烃的树脂，或者玻璃。其中，在实用中已将聚碳酸酯树脂非常广泛地例如用于CD-ROM，而且它很廉价，因此是最优选的。该衬底的厚度通常至少为0.1 mm，优选地，至少为0.3 mm。另一方面，其通常最厚为20 mm，优选地，最厚为15 mm。其一般在约0.6 mm到1.2 mm。在衬底侧入射型光记录介质中，要求衬底透射激光束，因此要求它对激光束透明。另一方面，在膜侧入射型光记录介质中，不必要求衬底是透明的。

在衬底上,通常,形成同心或螺旋道(槽)。此外,衬底形状为盘形。这里,“盘形”是指可旋转形状并且通常是指平盘形,但是不限于平盘形。例如,为了使光信息记录介质的设计吸引人,其形状可以是平椭圆形或正方形。

(2) 记录层

对于记录层,选择诸如 GeSbTe、InSbTe、AgSbTe 以及 AgInSbTe 型的化合物作为可重复记录材料。其中,在许多情况下使用含有 Sb_2Te_3 和 GeTe 的拟二元合金(更具体来说, $\{(\text{Sb}_2\text{Te}_3)_{1-\alpha}(\text{GeTe})_\alpha\}_{1-\beta}\text{Sb}_\beta$ 组成(其中 $0.2 \leq \alpha \leq 0.9$, $0 \leq \beta \leq 0.1$))作为主要组分的组成,或者使用含有 Sb 作为主要组分的组成(其至少含有 50% 的 Sb 原子)。

优选地,将本发明光记录方法应用于把具有高结晶速率的材料用于记录层的记录介质。为了提高结晶速率,更优选地,对于记录层,使用含有 Sb 作为主要组分的组成。这里,在本发明中,“含有 Sb 作为主要组分”是指基于整个记录层,Sb 的含量至少为 50 原子%。使用 Sb 作为主要组分的原因在于,非晶 Sb 可以按很高的速率结晶,因此非晶标记可以在很短的时间内结晶。因此,很容易擦除非晶态下的记录标记。从这种观点来看,优选地,Sb 含量至少为 60 原子%,更优选地,至少为 70 原子%。然而,另一方面,除了只使用 Sb,优选地,与 Sb 一起使用附加元素以加速非晶态的形成并提高非晶态的存档稳定性。为了加速记录层非晶态的形成并提高非晶态的存档稳定性,使上述附加元素的含量通常至少为 1 原子%,优选地,至少为 5 原子%,更优选地,至少为 10 原子%,另一方面,通常使其最多为 30 原子%。

上述用于加速非晶态的形成并提高非晶态的存档稳定性的附加元素还具有提高结晶温度的效果。作为这种附加元素,例如可以使用 Ge、Te、In、Ga、Sn、Pb、Si、Ag、Cu、Au、稀土元素、Ta、Nb、V、Hf、Zr、W、Mo、Cu、Cr、Co、氮、氧或 Se。在这些附加元素中,优选地,使用从由 Ge、Te、In、Ga 以及 Sn 组成的组中选择出的至少一种元素,尤其优选地,从加速非晶态的形成、提高非晶态的存档稳定性以及提高结晶温度的角度来看,使用 Ge 和/或 Te 或使用 In、Ga 以及 Sn 中的至少一种。

如上所述,在记录介质的记录层中,尤其优选地,为了按高速结晶、为了形成非晶态并且为了提高非晶态的存档稳定性,组合地使用 Sb 以及 Ge 和/或 Te 作为记录层材料。当向 Sb 添加 Ge 和/或 Te 时,优选地,使记录层中的 Ge 或 Te 的含量至少为 1 原子%并且最多为 30 原子%。即,优选地,按至少 1 原子%并且最多 30 原子%的量分别并且独立地含有 Ge 和 Te。然而,当记录层的主要组分是 Sb 时,Sb 的含量至少为 50 原子%,在要将 Ge 和 Te 与 Sb 一起加入记录层的情况下,Ge 和 Te 的总量将少于 50 原子%。

更优选地,在记录层中 Ge 和 Te 中的每一种的含量都至少为 3 原子%,更优选地,至少为 5 原子%。在该范围内,可以充分地获得稳定非晶态标记的效果。另一方面,在记录层中 Ge 和 Te 中的每一种的含量更优选地最多为 20 原子%,更优选地,最多为 15 原子%。在该范围内,可以有效地抑制非晶态稳定太过并且结晶相反地趋于变慢的倾向,因而可以抑制由于在晶粒边界处的光散射而导致的噪声。

根据记录层中含有的 Te 量可以把含有 Sb 作为主要组分的上述组成分成两种类型。一种是至少含有 10 原子%的 Te 的组成,另一种是含有少于 10 原子%的 Te 的组成(包括不含有 Te 的情况)。

作为示例,使记录层材料至少含有约 10 原子%的 Te 并具有这样的成分范围,即,其中含有除 $\text{Sb}_{70}\text{Te}_{30}$ 的共晶组成以外的 Sb 的合金是主要组分。以下将该记录材料称为 SbTe 共晶体。其中,优选地,使 Sb/Te 至少为 3,更优选地,至少为 4。

作为含有 Sb 作为主要组分的另一组成(根据记录层中含有的 Te 量对其进行分类),可以考虑以下说明。即,使记录层的组成含有 Sb 作为主要成分并且含有少于 10 原子%的量的 Te,并且还含有 Ge 作为基本组分。作为这样一种记录层的组成的具体示例,优选地,考虑这样一种合金,即,其含有共晶合金作为主要组分,该共晶合金具有在 $\text{Sb}_{90}\text{Ge}_{10}$ 附近的成分并含有少于 10 原子%的量的 Te(在本说明书中,将该合金称为 SbGe 共晶体)。

该含有少于 10 原子%的量的 Te 的组成不是 SbTe 共晶体,而是趋于

具有如同 SbGe 共晶体的性质。对于该 SbGe 共晶合金，即使 Ge 含量高达 10 原子%的水平，在初始结晶之后的多晶态下的晶体粒度也相对较细，因此结晶态趋于形成单相，从而噪声很低。在 SbGe 共晶合金中，仅仅是附加地添加 Te，它不是基本元素。

对于 SbGe 共晶合金，通过使 Sb/Ge 比相对较高，可以提高结晶速率，并可通过再结晶实现非晶标记的再结晶。

在通过把含有 Sb 作为主要组分的组成用于记录层来形成非晶标记，由此执行记录的情况下，当晶态是非记录或擦除状态时，由于以下原因，具有良好的冷却效率变得很重要。

即，对于含有例如 SbTe 共晶体或 SbGe 共晶体的 Sb 作为主要组分的记录层，为了满足高速记录的要求，通过还在 $\text{Sb}_{70}\text{Te}_{30}$ 共晶点或 $\text{Sb}_{90}\text{Ge}_{10}$ 共晶点附近以外添加 Sb，通过提高晶体生长速率而非提高晶核形成速率来提高结晶速率。因此，根据这种记录层，优选地，提高记录层的冷却速率，从而通过再结晶抑制非晶标记的变化（非晶标记变得比希望的尺寸小的变化）。因此，使记录层急冷以在使记录层熔化之后确定地形成非晶标记变得重要，并且使记录层具有良好的冷却效率变得很重要。因此，在上述记录层组成中，尤其优选地，针对反射层使用具有高散热性质的 Ag 或 Ag 合金。

尤其优选地，使用含有例如 SbTe 共晶体或 SbGe 共晶体的 Sb 作为主要组分的上述记录层还含有 In、Ga 以及 Sn 中的至少一种，使得该记录层中的 In、Ga 以及 Sn 中的每一种的含量都在 1 原子%到 30 原子%。

下面，参照具体示例对含有 Sb 作为主要组分的组成进一步进行描述。

作为含有 Sb 作为主要组分的组成，首先，优选地，可以考虑含有 $(\text{Sb}_x\text{Te}_{1-x})_{1-y}\text{M}_y$ 合金（其中， $0.6 \leq x \leq 0.9$ ， $0 \leq y \leq 0.3$ ，并且 M 是从 Ge、Ag、In、Ga、Zn、Sn、Si、Cu、Au、Pd、Pt、Pb、Cr、Co、O、S、Se、V、Nb 以及 Ta 中选出的至少一种成分）作为主要组分的 SbTe 共晶组成。其中，在上述组成配方中，组成由原子比表示。因此，例如， $x=0.6$ 是指 60 原子%。

在上述 $(\text{Sb}_x\text{Te}_{1-x})_{1-y}\text{M}_y$ 组成中，从诸如覆写特性的记录特性的角度来

看, 尤其优选地, 单独使用 Ge、Ga、Ag 或 In 或组合使用它们作为 M。

在上述 $(\text{Sb}_x\text{Te}_{1-x})_{1-y}\text{M}_y$ 组成中, x 通常至少为 0.6, 优选地, 至少为 0.7, 更优选地, 至少为 0.75, 另一方面, x 通常最大为 0.9。此外, y 通常至少为 0, 优选地, 至少为 0.01, 更优选地, 至少为 0.03, 另一方面, y 通常最大为 0.3, 优选地, 最大为 0.2, 更优选地, 最大为 0.1。当 x 和 y 在上述范围之内时, 可以获得能够满足高速记录的记录层。

对于上述 $(\text{Sb}_x\text{Te}_{1-x})_{1-y}\text{M}_y$ 组成, 对使用 Ge 作为 M 的组成进一步进行描述。作为这种组成, 优选地, 使用由 $\text{Ge}_y(\text{Sb}_x\text{Te}_{1-x})_{1-y}$ (其中, $0.01 \leq y \leq 0.06$, $0.7 \leq x \leq 0.9$) 表示的组成, 其含有 $\text{Sb}_{70}\text{Te}_{30}$ 合金作为基底材料并还含有 Ge, 该 $\text{Sb}_{70}\text{Te}_{30}$ 合金具有 $\text{Sb}_{70}\text{Te}_{30}$ 共晶组成作为基底并含有大大过量的 Sb。作为 $\text{Ge}_y(\text{Sb}_x\text{Te}_{1-x})_{1-y}$ 中的 y 值, Ge 的量优选地至少为 0.01, 尤其优选地, 至少为 0.02。另一方面, 在具有这种大 Sb 含量的 SbTe 共晶组成中, 如果 Ge 的量太多, 那么可能淀积 GeTe 或 GeSbTe 型金属间化合物, 也可能淀积 SbGe 合金, 因此, 假定在记录层中, 混合存在具有不同光学常数的晶粒。并且, 由于晶粒的这种混合存在, 记录层的噪声可能增加, 并且抖动有时可能会增加。此外, 如果添加太多 Ge, 非晶标记的存档稳定性的效果将饱和。因此, 作为 $\text{Ge}_y(\text{Sb}_x\text{Te}_{1-x})_{1-y}$ 中的 y 值, Ge 的量通常最大为 0.06, 优选地, 最大为 0.05, 更优选地, 最大为 0.04。

在上述 GeSbTe 共晶组成中, 尤其优选地, 还加入 In、Ga 和/或 Sn。即, 尤其优选地, 使用由 $\text{M1}_z\text{Ge}_y(\text{Sb}_x\text{Te}_{1-x})_{1-y-z}$ ($0.01 \leq z \leq 0.4$, $0.01 \leq y \leq 0.06$, $0.7 \leq x \leq 0.9$, 并且 M1 是从由 In、Ga 以及 Sn 组成的组中选出的至少一种元素) 表示的组成。通过添加从由 In、Ga 以及 Sn 表示的元素组中选出的至少一种元素作为 M1, 可以进一步改进其特性。诸如 In、Ga 或 Sn 的元素能够提高晶态与非晶态之间的光学对比度, 还具有减小抖动的效果。其中, 表示 M1 含量的 z 通常至少为 0.01, 优选地, 至少为 0.02, 更优选地, 至少为 0.05, 另一方面, z 通常最大为 0.15, 优选地, 最大为 0.1。在该范围内, 可以满意地获得上述改进特性的效果。

在含有 In 和 Sn 的上述 GeSbTe 合金中, 可以考虑 $\text{Ge}_x(\text{In}_w\text{Sn}_{1-w})_y\text{Te}_z\text{Sb}_{1-x-y-z}$ 作为另一优选组成范围。其中, Sb 的含量比 Ge 的

含量、In 的含量、Sn 的含量以及 Te 的含量中的任何一个都要大，并且表示原子比的 x 、 y 、 z 以及 w 满足以下关系 (i) 到 (vi)。

$$(i) 0 \leq x \leq 0.3$$

$$(ii) 0.07 \leq y-z$$

$$(iii) w \times y-z \leq 0.1$$

$$(iv) 0 < z$$

$$(v) (1-w) \times y \leq 0.35$$

$$(vi) 0.35 \leq 1-x-y-z$$

根据以上记录层组成，可以按至少 20 m/s 的线速度满意地执行覆写。下面，对上述记录层组成中各元素含量之间的关系及其特性进行详细描述。

(Sb, 公式 (vi))

Sb 的含量比 Ge 的含量、In 的含量、Sn 的含量以及 Te 的含量中的任何一个都要大。即，本发明的记录材料含有 Sb 作为主要材料。具体来说，Sb 含量至少为 35 原子%并比所含有的其他多种元素中的任何元素的含量都要大。为了充分地获得本发明的效果，Sb 含量优选地至少为 40 原子%，更优选地至少为 45 原子%。

(Sn, 公式 (ii) 和 (v))

Sn 含量对晶态下的反射率或晶态与非晶态之间的反射率差（信号振幅）的影响以及 In 含量对晶态下的反射率或晶态与非晶态之间的反射率差（信号振幅）的影响大致相等。因此，在上述记录层组成中，加入 Sn 或 In。并且，使 Sn 含量和 In 含量之和在一定范围内比 Te 含量要大，从而可以提高晶体反射率或信号振幅。另一方面，如果 Te 含量变大，那么晶体反射率或信号振幅将变低。因此，为了获得希望的晶态下的反射率和信号振幅，控制 Sn 和/或 In 的含量与 Te 含量之间的关系变得很重要。

因此，上述公式中的 $(y-z)$ 值至少为 0.07，优选地，至少为 0.1，更优选地，至少为 0.13，尤其优选地，至少为 0.15。如果 y 值变大，最优功率趋于变小，这是所希望的。

此外，如果 Sn 太多，则抖动特性趋于劣化。因此，公式中的 $(1-w) \times y$

值最大为 0.35, 优选地, 最大为 0.3。因此, 如果大量加入 Te, 则从控制信号振幅的角度来看要求 In 含量与 Sn 含量之和较大, 但是考虑到抖动特性, 不能使 Sn 增加太多。因此, 当 Te 含量很大时, 优选地, 除 Sn 以外还加入 In。具体来说, 在以下情况下可以加入 In, 即, Te 含量大得以至于需要加入超过 35 原子%的 Sn 来抑制由于 Te 而导致的信号振幅或晶体反射率的降低。

(In, 公式 (iii))

通过使用 In, 可以加大晶态下的反射率和晶态与非晶态之间的反射率差 (信号振幅), 因此优选地, 使用 In 作为要加入记录层的元素。

通过使用 In, 除了具有可以加大晶态下的反射率和晶态与非晶态之间的反射率差 (信号振幅) 的优点, 还存在这样的优点, 即, 与 Sn 相比, 可以减小对抖动特性的影响。还考虑到胜过 Sn 或 Te 的是, In 具有降低晶粒边界处的噪声的功能。另一方面, In 导致长时间存储过程中的反射率降低, 这被认为是源自亚稳 (metastable) 晶态。然而, Te 会抑制长时间存储过程中的反射率降低。因此, 从抑制长时间存储过程中的光信息记录介质的反射率降低的角度来看, 使 In 含量和 Te 含量满足规定的关系变得很重要。即, 在上述公式中, 将 (In 含量-Te 含量) 的值调节成在规定范围之内, 从而可以抑制长时间存储过程中的反射率降低。具体来说, 如果在上述公式中 $w \times y - z$ 的值很小, 则长时间存储过程中的反射率降低速率变得很小, 因此, $w \times y - z$ 的值优选地最大为 0.1, 更优选地最大为 0.05, 更加优选地最大为 0。其中, $w \times y - z = 0$ 意味着 In 含量与 Te 含量相同。因此, 在本发明中更加优选的是, In 含量与 Te 含量相同, 或者 In 含量比 Te 含量要少。

因此, 如果试图使长时间存储过程中的反射率降低最小, 相对于 Te, 可以不加入那么多 In。因此, 为了满足上述关系式 $0.07 \leq y - z$, 优选地, 在上述记录层组成中除 In 以外还加入 Sn。具体来说, 如果 $w \times y - z < 0.07$, 则变得不可能满足 $0.07 \leq y - z$, 除非除 In 以外还加入 Sn。此外, 如果增加 In 和 Te 的含量而不加入 Sn, 则趋于难以获得适合于高速记录的结晶速率。同样从这个角度来看, 优选地, 加入 In 和 Sn。即, 优选地, 设置

$0 < w < 1$ 。

此外, 如果 In 太多, 在光信息记录介质的长时间存储过程中信号质量趋于劣化。此外, 如果增加 In 而不加入 Sn, 则可能出现具有低反射率的稳定结晶层 (通过 In-Sb 系统可以观察到该稳定结晶层)。因此, In 含量 (即, $w \times y$ 的值) 优选地最大为 0.35。

(Te, 公式 (iv))

在上述记录层组成中, 加入了 Te。Te 能够改进重复记录持久性。因此, 优选地, 使 Te 含量大到一定程度, 但是, 如上所述, 必须将 In 和/或 Sn 与 Te 之间的关系以及 In 与 Te 之间的关系控制在规定范围内。具体来说, 使在上述公式中表示 Te 含量的 z 为 $0 < z$, 优选地, $0.01 \leq z$, 更优选地, $0.05 \leq z$, 更加优选地, $0.08 \leq z$, 尤其优选地, $0.1 \leq z$, 最优选地, $0.1 < z$ 。

通常, 表示 Te 含量的 z 变得小于 0.29, 但是这是通过由上述通用公式限定的其他关系式自然确定的值。如上所述, 优选地, 使 In 和 Te 的含量大到一定程度, 但是由于 Te 具有降低结晶速率的功能, 所以为了获得适合于高速记录的结晶速率, 使表示 Te 含量的 z 优选地最大为 0.25, 更优选地最大为 0.20。

(Ge, 公式 (i))

可以使用 Ge 来调节结晶速率。即, Ge 基本上与以下特性不相关: 如反射率、信号振幅 (晶态与非晶态之间的反射率差) 以及介质在长时间存储过程中的反射率降低。因此, 可以使用 Ge 来获得适合于希望使用的记录条件的结晶速率。如果 Ge 增加, 则结晶速率降低。因此, 例如, 针对用于更高速记录的光信息记录介质, 可以减少 Ge 含量以调节结晶速率。然而, 结晶速率受到其他元素含量的影响。即, 如果 Sn 增加, 则结晶速率增大, 如果 In 或 Te 增加, 则结晶速率降低。因此, 优选地, 在考虑到上述各种特性确定除 Ge 以外的其他元素的含量比之后, 通过调节 Ge 含量根据记录条件对结晶速率进行调节。如果 Ge 含量太多, 结晶速率趋于太慢。因此, 在上述公式中 x 最多为 0.3, 优选地最多为 0.25, 更优选地最多为 0.2。此外, 对于 Ge 和 Te, 其含量对结晶速率的影响尤其大。

此外, 如果 Ge 含量很大, 当记录非晶标记存储了长时段时, 存储前的记录非晶标记趋于比存储之后的难以结晶。如果该现象变得显著, 那么当把记录光信息记录介质存储很长时间段之后执行覆写时, 覆写信号的信号质量趋于不足。即, 不能充分擦除存储了长时段之后的旧标记, 因此新记录标记的信号质量会很差。只有在存储了长时段之后第一次进行记录时这种变得难以结晶的现象才存在问题, 在存储了长时段之后新记录的非晶标记将具有正常的结晶速率。在任何情况下, 可以通过减少 Ge 含量减弱该现象。在此情况下, Ge 含量越少越好, 因此, 使上述公式中的 x 值尤其优选地最大为 0.1, 最优选地, 最大为 0.07。

如上所述, Te 或 In 具有降低结晶速率的效果。因此, 当要降低结晶速率时, 为了获得相同的结晶速率, 当 Te 和 In 的含量很大时, 可以使 Ge 含量很小。在此情况下, Te 含量 (即, z 值) 优选地至少为 0.05, 更优选地至少为 0.08, 最优选地至少为 0.1。此外, 同时, In 含量 (即, $w \times y$ 值) 优选地至少为 0.05, 更优选地至少为 0.08。此外, 如上所述, 当 Te 含量很大时, 优选地, 加入 In 和 Sn。即, 在最优选的组成中, 加入 Ge、In、Sb、Sn 以及 Te 中的所有元素。

另一方面, 如果 Ge 含量太少, 则非晶标记的存储稳定性趋于劣化, 它们在长时间存储过程中会结晶。通过增加 In 的量会提高非晶标记的存储稳定性, 但是 Ge 的影响往往更强。另一方面, 由于其他元素的影响, 可能存在即使 Ge 含量为 0 非晶标记的存储稳定性也相对较好的情况。因此, 上述公式中的 x 值至少为 0, 但是优选地大于 0, 更优选地至少为 0.01, 更加优选地至少为 0.02。

在上述 GeSbTe 共晶组成中, 作为除 In、Ga 以及 Sn 以外还可以加入的元素, 可以考虑氮、氧以及硫。这些元素具有在重复覆写过程中防止偏析或对光学特性进行细调的效果。根据 Sb、Te 以及 Ge 的总量, 氮、氧以及硫的含量更优选地最多为 5 原子%。

此外, 可以将 Sn、Cu、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr 和/或 Co 加入上述 GeSbTe 共晶组成。通过很少量地加入这些元素, 它们具有提高结晶温度和进一步提高存档稳定性而不降低晶体生长速率的效果。然而, 如果这

些元素的量太多，可能发生特定衬底的存档偏析或由于重复覆写导致的偏析。因此，它们的加入量优选地最多为 5 原子%，尤其优选地最多为 3 原子%。如果发生偏析，则可能改变记录层最初具有的非晶稳定性、再结晶速率等，并且覆写特性可能劣化。

另一方面，作为 SbGe 共晶组成（其是含有 Sb 作为主要组分的组成），可以考虑含有向 SbGe 共晶体添加 Te 的 TeGeSb 型三元合金作为主要组分的组成，或含有向 SbGe 共晶体添加 In、Ga 或 Sn 的 InGeSb 型、GaGeSb 型或 SnGeSb 型三元合金作为主要组分的组成。通过向 SbGe 共晶合金添加 Te、In、Ga 或 Sn，可以使增大晶态与非晶态之间的光学特性差异的效果变得明显。尤其优选的是添加 Sn。

作为这种 SbGe 共晶合金的优选组成，可以考虑 $\text{Te}_\gamma\text{M2}_\delta(\text{Ge}_\varepsilon\text{Sb}_{1-\varepsilon})_{1-\delta-\gamma}$ （其中， $0.01 \leq \varepsilon \leq 0.3$ ， $0 \leq \delta \leq 0.3$ ， $0 \leq \gamma < 0.1$ ， $2 \leq \delta / \gamma$ ， $0 < \delta + \gamma \leq 0.4$ ，并且 M2 是从由 In、Ga 以及 Sn 组成的组中选出的一种元素）。通过向 SbGe 共晶合金添加 In、Ga 或 Sn，可以使增大晶态与非晶态之间的光学特性差异的效果变得显著。

通过使用 In 或 Ga 作为元素 M2，将改进超高速记录中的抖动，并且可以提高光学对比度。为此，表示 In 和/或 Ga 含量的 δ 通常至少为 0，优选地至少为 0.01，更优选地至少为 0.05。然而，如果 In 或 Ga 过多，除待用作擦除状态的晶相以外，有时可能形成 In-Sb 型或 Ga-Sb 型的反射率很低的其他晶相。因此，通常使 δ 最多为 0.3，优选地最多为 0.2。此外，当对 In 与 Ga 进行比较时，使用 In 可以实现更低的抖动，因此优选地把 In 作为上述 M2。

另一方面，通过使用 Sn 作为元素 M2，可以改进超高速记录时的抖动，并且可以具有很大的光学对比度（晶态与非晶态之间的反射率差）。为此，表示 Sn 含量的 δ 通常至少为 0，优选地至少为 0.01，更优选地至少为 0.05。然而，如果 Sn 过多，紧接在记录之后的非晶相有时可能变成具有低反射率的另一非晶相。特别地，当长时间存储时，这种稳定的非晶相会淀积，从而劣化擦除性能。因此，使 δ 通常最多为 0.3，优选地最多为 0.2。

可以使用 In、Ga 以及 Sn 中的多种元素作为元素 M2，但是，尤其优选地，加入 In 和 Sn。当要加入 In 和 Sn 时，使这些元素的总量通常至少为 1 原子%，优选地至少为 5 原子%，通常最多为 40 原子%，优选地最多为 30 原子%，更优选地最多为 25 原子%。

在上述 TeM_2GeSb 型组成中，可以改进超高速记录中的擦除率的存档变化。为此，使表示 Te 含量的 γ 通常至少为 0，优选地至少为 0.01，尤其优选地至少为 0.05。然而，如果 Te 过多，噪声有时可能变高，从而通常使 γ 小于 0.1。

此外，在上述 TeM_2GeSb 型组成中，当要加入 Te 和元素 M2 时，控制它们的总量是有效的。因此，使表示 Te 和元素 M2 的含量的 $\delta + \gamma$ 通常大于 0，优选地至少为 0.01，更优选地至少为 0.05。通过在上述范围内调节 $\delta + \gamma$ ，可以有效地获得同时加入 Te 和元素 M2 的效果。另一方面，为了有效地获得使用 GeSb 型共晶合金作为主要组分的效果，使 $\delta + \gamma$ 通常最大为 0.4，优选地最大为 0.35，更优选地最大为 0.3。另一方面，使表示元素 M2 与 Te 的原子比的 δ / γ 优选地至少为 2。通过加入 Te，光学对比度趋于变低，因此，当加入 Te 时，优选地，将元素 M2 的含量增加到一定程度（将 δ 增大到一定程度）。

作为可向上述 TeM_2GeSb 型组成添加的元素，可以考虑 Au、Ag、Pd、Pt、Si、Pb、Bi、Ta、Nb、V、Mo、稀土元素、N、O 等，并将它们用于例如对光学特性或结晶速率进行细调，但是它们的添加量最多约 10 原子%。

在上述说明中，最优选组成中的一个组成是含有由 $\text{In}_p\text{Sn}_q\text{Te}_r\text{Ge}_s\text{Sb}_t$ ($0 \leq p \leq 0.3$, $0 \leq q \leq 0.3$, $0 < p+q \leq 0.3$, $0 \leq r < 0.1$, $0 < s \leq 0.2$, $0.5 \leq t \leq 0.9$, 并且 $p+q+r+s+t=1$) 表示的合金型作为主要组分的组成。在组合使用 Te、以及 In 和/或 Sn 的情况下，优选地，设置 $(p+q)/r \geq 2$ 。

为了获得充分的光学对比度并且通过提高结晶速率在短时间内实现记录或擦除，优选地，记录层厚度至少为 5 nm。此外，为了使反射率充分地高，更优选地，记录层厚度至少为 10 nm。

另一方面，为了防止破裂同时获得充分的光学对比度，使记录层厚度优选地最大为 100 nm，更优选地最大为 50 nm。这是为了减小热容和

提高记录敏感性。此外，在上述范围内，可以使由于相变造成的体积变化最小化，从而可以使由于重复覆写造成的重复体积变化对上保护层和下保护层的影响最小化。因此，可以抑制不可逆微观形变的累积，降低噪声，并改进重复覆写持久性。

对于诸如可重写 DVD 的高密度记录介质，对噪声的要求更严格，因此，使记录层厚度更优选地最大为 30 nm。

通常通过在惰性气体（尤其是 Ar 气）中对规定的合金目标进行 DC 或 RF 溅射获得上述记录层。

此外，记录层密度通常为体密度的至少 80%，优选地为体密度的至少 90%。其中，作为体密度 ρ ，通常使用由以下公式（1）表示的近似值，但是也可以通过准备一块构成记录层的合金组成来实际测量体密度。

$$\rho = \sum m_i \rho_i \quad (1)$$

（其中， m_i 是各元素 i 的摩尔浓度， $m_i \rho_i$ 是元素 i 的原子量。）

在溅射淀积方法中，可以通过增加照射到记录层的高能 Ar 的量，通过降低淀积过程中的溅射气体（通常是诸如 Ar 的稀有气体，针对 Ar 的情况进行以下描述）的压力，或者通过将衬底靠近放置在目标前，来提高记录层密度。高能 Ar 要么是照射到溅射目标的 Ar 离子被部分地弹回并到达衬底的 Ar，要么是等离子体中的 Ar 离子在衬底的整个表面上被鞘层电压加速并到达衬底的 Ar。

把利用高能稀有气体进行照射的这种效应称为原子喷砂效应。在利用通常使用的 Ar 气体进行的溅射中，通过原子喷砂效应将 Ar 加入溅射膜中。因此，根据膜中的 Ar 量，可以估计原子喷砂效应。即，Ar 的量越少，高能 Ar 照射效应越小，并且趋于形成具有低密度的膜。

另一方面，如果 Ar 的量很大，利用高能 Ar 的照射变强，因此膜的密度将很高，但是包括在膜中的 Ar 在重复覆写时趋于淀积成空穴，并趋于劣化重复覆写持久性。因此，通常在从 10^{-2} 到 10^{-1} Pa 量级的范围内的合适气压下执行放电。

（3）其他层

（保护层）

为了防止由于记录层相变造成的蒸发或形变并控制此时的热扩散，通常在记录层的一侧或每一侧（优选地，在每一侧）形成有保护层。通过考虑折射率、导热系数、化学稳定性、机械强度、附着力等来确定用于保护层的材料。通常，可以使用电介质，如金属或半导体的氧化物、硫化物、氮化物或碳化物、或 Ca、Mg、Li 等的氟化物，它们具有高透明度和高熔点。

在这种情况下，这种氧化物、硫化物、氮化物、碳化物或氟化物可以不必具有化学计量组成 (stoichiometrical composition)，控制其组成或混合地使用它们以控制折射率等是有效的。当把重复记录特性考虑在内时，电介质混合物是优选的。更具体来说，可以考虑硫族化合物（如 ZnS）或稀土硫化物与耐热化合物（如氧化物、氮化物、碳化物或氟化物）的混合物。例如，优选保护层组成的一个示例是含有 ZnS 作为主要组分的耐热化合物的混合物，或含有稀土硫酸盐（尤其是 Y_2O_3S ）作为主要组分的耐热化合物的混合物。

作为用于保护层的材料，通常可以考虑介电材料。该介电材料例如可以是：Sc、Y、Ce、La、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Zn、Al、Cr、In、Si、Ge、Sn、Sb、Te 等的氧化物；Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、Mo、W、Zn、B、Al、Ga、In、Si、Ge、Sn、Sb、Pb 等的氮化物；Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、Mo、W、Zn、B、Al、Ga、In、Si 等的碳化物；或者它们的混合物。此外，该介电材料例如可以是：Zn、Y、Cd、Ga、In、Si、Ge、Sn、Pb、Sb、Bi 等的硫化物、硒化物或碲化物；Mg、Ca、Li 等的氟化物；或者它们的混合物。

此外，这种介电材料的具体示例可以是 ZnS-SiO₂、SiN、GeN、SiO₂、TiO₂、CrN、TaS₂ 以及 Y₂O₃S。在这些材料中，从淀积速率、小膜应力、由于温度变化而导致的小体积变化以及优异的气候抵抗性的角度来看，广泛使用 ZnS-SiO₂。在使用 ZnS-SiO₂ 的情况下，ZnS 与 SiO₂ 的成分比（即，ZnS:SiO₂）通常为从 0:1 到 1:0，优选地为从 0.5:0.5 到 0.95:0.05，更优选地为从 0.7:0.3 到 0.9:0.1。最优选地，ZnS:SiO₂ 是 0.8:0.2。

更具体来说，含有从 50 摩尔%到 90 摩尔%的诸如 La、Ce、Nd 或 Y

的稀土元素的硫化物或硫酸盐的复合电介质 (composite dielectric) 或者含有从 70 摩尔%到 90 摩尔%的 ZnS 或 TaS_2 的复合电介质是优选的。

考虑到重复记录特性,从机械强度的角度来看,保护层的膜密度优选地为体状态 (bulk state) 的至少 80%。当要使用电介质的混合物时,使用由上述公式 (1) 表示的理论密度作为体密度。

保护层厚度通常至少为 1 nm, 最大为 500 nm。根据至少 1 nm 的厚度,可以充分确保防止衬底或记录层形变的效果,并且可以充分地执行作为保护层的作用。此外,根据最大 500 nm 的厚度,在充分地执行作为保护层的作用的同时,可以防止由于保护层本身的内应力的显著增大或与衬底的弹性特性差而导致的破裂。

尤其是当要设置第一保护层 (其位于记录层的激光束入射侧) 时,要求该第一保护层抑制由于热而导致的衬底形变,因此使其厚度通常至少为 1 nm, 优选地至少为 5 nm, 更优选地至少为 10 nm, 更优选地至少为 20 nm, 尤其优选地至少为 40 nm。按此方式,可以抑制在重复记录过程中衬底微观形变的累积,并且可以避免由于再现激光束的散射而导致噪声的显著增加。

另一方面,从与淀积膜所需的时间的关系来讲,第一保护层的厚度通常最大为 400 nm, 优选地最大为 300 nm, 更优选地最大为 200 nm, 更加优选地最大为 150 nm, 尤其优选地最大为 100 nm。按此方式,可以避免从记录层面所观察到的衬底的槽的形状变化。即,可以抑制这样的现象,即,槽的深度或宽度变得比在衬底表面上所预期的形状要小。

另一方面,当要设置第二保护层 (从记录层观察,其位于与激光束入射侧相对的一侧) 时,为了抑制记录层形变,第二保护层的厚度通常至少为 1 nm, 优选地至少为 5 nm, 更优选地至少为 10 nm, 更加优选地至少为 15 nm。此外,为了防止在重复记录过程中在上保护层中形成的微观塑性形变的累积并抑制由于再现激光束的散射而导致的噪声增加,第二保护层的厚度优选地最大为 200 nm, 更优选地最大为 150 nm, 进一步优选地最大为 100 nm, 更进一步优选地最大为 60 nm, 尤其优选地最大为 50 nm, 最优选地最大为 30 nm。

此外，可以将保护层形成具有多层结构。

此外，除了机械强度和可靠性方面的限制以外，考虑到由于多层结构而导致的干涉效应，将记录层和保护层的厚度选择为，使得对激光束的吸收效率很好并且记录信号的振幅较大，即，使记录态与非记录态之间的对比度较大。

保护层通常通过溅射来形成，使包括目标本身中的杂质量和在膜淀积过程中将被包括进来的水分和氧气的量在内的杂质总量优选地少于 2 原子%。为此，在通过溅射形成保护层时，将处理室的极限真空度设置为优选地低于 1×10^{-3} Pa。

（反射层）

在光记录介质中，还可以设置反射层。要设置反射层的位置通常取决于再现激光束的入射方向，将其置于记录层的与入射侧相对的一侧。即，当允许再现激光束从衬底侧进入时，通常将反射层置于记录层的与衬底相对的一侧，而当允许再现激光束从记录层侧进入时，通常将反射层置于记录层与衬底之间。

用于反射层的材料优选地是具有高反射率的材料，尤其优选地是诸如 Au、Ag 或 Al 的金属，由此还可以期望散热效果。散热性能由膜厚度和导热系数来确定，导热系数基本上与这些金属的体电阻率成比例。因此，可以由面电阻率来表示散热性能。面电阻率通常至少为 $0.05 \Omega/\square$ ，优选地至少为 $0.1 \Omega/\square$ ，另一方面，面电阻率通常最大为 $0.6 \Omega/\square$ ，优选地最大为 $0.5 \Omega/\square$ 。

这保证了散热性能特别高，并且，与用于上述记录层的组成相似，当在非晶标记的形成过程中非晶转换与再结晶之间的竞争很显著时，要求该散热性能以将再结晶抑制到一定程度。为了控制反射层本身的导热系数或提高耐蚀性，可以向上述金属少量添加 Ta、Ti、Cr、Mo、Mg、V、Nb、Zr、Si 等。这种添加的量通常至少为 0.01 原子%，最多为 20 原子%。

下面对适合于本发明的反射层的材料进行更具体的描述。可以考虑 Al 合金，其在 Al 中含有从由 Ta、Ti、Co、Cr、Si、Sc、Hf、Pd、Pt、

Mg、Zr、Mo 以及 Mn 组成的组中选出的至少一种元素。这种合金具有改进的抗异常析出 (hillock) 性, 因此, 考虑到持久性、体电阻率、淀积速率等, 可以使用该 Al 合金。上述元素的含量通常至少为 0.1 原子%, 优选地至少为 0.2 原子%, 另一方面, 通常最多为 2 原子%, 优选地最多为 1 原子%。对于 Al 合金, 如果添加杂质的量太少, 则抗异常析出性在许多情况下趋于不足, 尽管这还取决于膜淀积条件。另一方面, 如果添加杂质的量太多, 则往往难以获得充分的散热效果。

作为该铝合金的具体示例, 含有至少 15 原子%的 Ta 和 Ti 中的至少一种的铝合金在耐蚀性方面很优良, 从而是用于反射层的材料, 尤其优选地, 其可以提高光记录介质的可靠性。

作为用于反射层的材料的优选示例, 可以考虑纯 Ag 或 Ag 中含有从由 Ti、V、Ta、Nb、W、Co、Cr、Si、Ge、Sn、Sc、Hf、Pd、Rh、Au、Pt、Mg、Zr、Mo、Cu、Zn、Mn 以及稀土元素组成的组中选出的至少一种元素的 Ag 合金。在存档稳定性更重要的情况下, 优选地, 使用 Ti、Mg 或 Pd 作为添加组分。上述元素的含量通常至少为 0.01 原子%, 优选地至少为 0.2%原子, 另一方面, 通常最多为 10 原子%, 优选地最多为 5%原子。

特别地, 优选的是使用在 Ag 中含有至少 0.01 原子%和最多 10 原子%的 Mg、Ti、Au、Cu、Pd、Pt、Zn、Cr、Si、Ge 以及稀土元素中的至少一种元素的 Ag 合金, 这是因为其反射率和导热系数高, 并且耐热性也很优良。

此外, 在上述保护层的厚度至少为 40 nm 并且最大为 50 nm 的情况下, 为了使反射层具有高导热系数, 尤其优选地, 使所含的添加元素最多为 2 原子%。

作为用于反射层的材料, 尤其优选的是含有 Ag 作为主要组分的材料, 更优选的是纯 Ag。优选地含有 Ag 作为主要组分的原因如下。即, 如果再记录长时间存储的记录标记, 有时会出现这样的现象, 即, 相变记录层的再结晶速率只在紧接存储之后的第一次记录中增大。还不清楚出现这种现象的原因。然而, 人们认为, 由于在紧接存储之后记录层再结晶速率的增大, 通过紧接存储之后的第一次记录形成的非晶标记的尺

寸趋于比希望的标记尺寸要小。因此，在出现这种现象的情况下，可以将具有很高散热性能的 Ag 用于反射层，以提高记录层的冷却速率，从而抑制在紧接存储之后的第一次记录过程中的记录层的再结晶，由此可以使非晶标记的尺寸保持在希望的尺寸。

为了完全反射入射光而不使光透射，反射层的厚度通常至少为 10 nm，优选地至少为 20 nm，更优选地至少为 40 nm，更加优选地至少为 50 nm。此外，即使厚度如此大，散热效果也不会有变化，并且成品率往往很低，或者可能发生破裂。因此，该厚度通常最大为 500 nm，优选地最大为 400 nm，更优选地最大为 300 nm，更加优选地最大为 200 nm。

此外，通常通过溅射法或真空汽相淀积法来形成反射层，因此，优选地，使包括目标或汽相淀积材料本身中的杂质量和在膜淀积过程中将被包括进来的水分和氧气的量在内的总杂质量少于 2 原子%。为此，在通过溅射形成反射层时，优选地，将处理室的极限真空度设置为低于 1×10^{-3} Pa。

此外，如果按比 10^{-4} Pa 差的极限真空度执行淀积，则将淀积速率调节成至少为 1 nm/s，优选地至少为 10 nm/s，以防止包含杂质。或者，在包含有量大于 1 原子%的期望添加元素的情况下，优选地，将淀积速率调节成至少为 10 nm/s，以尽可能地防止包含附加杂质。

为了获得更高的导热系数和高可靠性，使反射层具有多层结构是有效的。在这种情况下，优选地，按厚度为总反射层厚度的至少 50% 的方式由上述材料制成至少一层。它被构造成，使得该层基本上控制散热效果，而其他层对耐蚀性、与保护层的附着力并抗异常析出性的改进起作用。具体来说，在例如含有 ZnS（含硫）的保护层相接触地设置由纯 Ag 制成的反射层或含有 Ag 作为主要组分的保护层的情况下，为了防止由于 Ag 与硫的反应而导致的腐蚀，通常设置不含硫的界面层，优选地，这种界面层由充当反射层的金属制成。可以考虑 Ta 或 Nb 作为这种界面层的材料。

为了防止氧化或各层之间的污染，优选地，将用于记录层的目标、用于保护层的目标以及若有必要还将用于反射层材料的目标设置在同一

真空室内，在成行（inline）装置中执行淀积。此外，从成品率的角度来看，这也是非常优异的。

（保护涂层）

在光记录介质的最外表面侧，优选地，设置由紫外线可固化树脂或热固性树脂制成的保护涂层，以防止由于与外物接触而造成的擦伤。该保护涂层通常具有从 1 μm 到数百 μm 的厚度。此外，还可以设置具有高硬度的介电保护层，或进一步在该介电保护层上设置树脂层。

（其他）

这里，已经参照作为示例具有一层结构的介质（如 CD-RW）对介质进行了描述，本发明并不限于此，而是适用于具有其他结构的介质（如具有双层结构的介质，或具有更多层结构的介质，以及具有单侧入射型或双侧入射型的双层结构的介质）。

示例

下面，参照示例对本实用模式进行更详细的描述。然而，本实用模式绝不受以下示例的限制。

（基本示例）

通过注模成形来形成厚度为 0.6 mm 和道距（track pitch）为 0.74 μm 的聚碳酸酯树脂衬底。槽宽度约为 0.31 μm ，深度约为 28 nm。使用波长为 441.6 nm 的 He-Cd 激光束，通过 U 槽近似的光衍射方法确定各槽形状。通过相位调制为槽摆动进一步提供 ADIP 地址信息。

然后，在衬底上按顺序形成下保护层、相变型记录层、上保护层、反射层以及紫外线可固化树脂层。通过不破坏真空地进行溅射的顺序淀积，来执行各层的淀积。然而，通过旋涂来涂敷紫外线可固化树脂层（厚度约为 4 μm ）。然后，通过粘附剂接合厚度为 0.6 mm 的未淀积衬底，使得上述记录层侧位于内侧。

紧接淀积之后，记录层是非晶的。因此，通过利用激光束（其波长约为 810 nm，并被聚焦成长轴约为 75 μm 、短轴约为 1.0 μm 的椭圆形）照射记录层，使整个表面结晶以获得初始（未记录）状态。为了使初始结晶之后的记录特性是满意的，通过在合适的范围内选择线速度和初始

化功率来执行该初始化步骤。

对于各层的厚度，准确测量淀积速率，然后通过溅射时间控制厚度。通过利用化学分析（原子吸收光谱法）独立获得的绝对组成对由荧光 X 射线分析获得的各元素的荧光强度进行校正，来确定记录层的组成。

通过使用 Pulsteck Co. 制造的 DDU1000 测试器（波长约 650 nm，NA=0.65，光点（spot）形状：强度为 $1/e^2$ 的约 0.86 μm 的圆形，以下将该测试器称为测试器 1）在初始结晶之后在记录层中形成非晶标记，来执行记录/再现评估。根据 1 倍速 DVD 的基准线速度 3.49 m/s，对至少 4 倍速的速度下的覆写特性进行了评估。各线速度下的数据基准时钟周期是与针对 1 倍速下的数据基准时钟周期 38.2 纳秒的各线速度成反比的数据基准时钟周期。

除非另有说明，否则按 1 倍速执行再现。来自 DDU1000 的输出信号经过一高频通过滤波器（其在 5 kHz 与 20 kHz 之间截止），之后通过时间间隔分析器（由横滨电机公司制造）测量抖动。通过在示波器上检查眼图来读出调制度 m_{14} ($=I_{14}/I_{\text{top}}$)。其中， m_{14} 是通过将信号振幅 I_{14} 除以眼图的上端值 (I_{top} 对应于擦除状态下的高反射率) 而获得的值。

覆写 10 次 EFM+随机数据，从而测量针对记录数据的时钟抖动的数据（以下，把由基准时钟周期 T 归一化并由 % 表示的时钟抖动简称为抖动）、调制度 m_{14} 、 R_{top} 以及非对称值。除非另有说明，在单个道上覆写 10 次（在未记录状态下写第一次，接着在同一道上覆写 9 次）之后执行对覆写特性的评估。

通过任意信号发生器（AWG710，由 Sony Tektronix Co. 制造）执行用于控制记录脉冲划分方法的逻辑电平的形成。从该信号发生器取出 2 个通道选通信号（其包括一般与将图 3 中的 G1、G2 以及 G3 集成的逻辑信号对应的逻辑信号和与 G4 对应的逻辑信号），并且作为 ECL 电平逻辑信号，将其输入为上述测试器的激光驱动器的选通信号。

示例 1 和对比示例 1

在以上基本示例中，准备了一盘并且如下地执行记录。

在衬底上，通过溅射按顺序形成由 $(\text{ZnS})_{80}(\text{SiO}_2)_{20}$ 制成的约 70 nm 的

下保护层（由 ZnS 和 SiO₂ 的摩尔百分比表示保护层组成，下同此）、由 Ge₄In₁₁Sn₂₂Sb₅₂Te₁₁ 合金制成的约 13 nm 的记录层（由原子百分比表示记录层组成，下同此）、由 (ZnS)₈₀(SiO₂)₂₀ 制成的约 14 nm 的上保护层、由 Ta 制成的约 2 nm 的界面层，以及由 Ag 制成的约 200 nm 的反射层。

对于初始化，使用这样的激光二极管束，其波长约为 810 nm，并具有椭圆光斑形状，该椭圆光斑形状的长轴约为 75 μm，短轴约为 1.0 μm。然后，在使该激光二极管束的短轴沿周向排列并使长轴沿径向每转移动约 50 μm 的状态下，通过按约 24 m/s 的线速度进行扫描来执行初始化。照射功率约为 1500 mW。

在该盘上，通过 NA=0.65 的测试器 1，按 10 倍速执行对 DVD 兼容 EFM+ 调制信号的覆写，并评估了其特性。当保持擦除功率 Pe 和偏置功率 Pb 恒定时，Pw 从约 20 mW 到约 30 mW 按每次 1 mW 变化，从而评估在各写功率下的覆写特性。通过覆写 10 次之后的值来评估各写功率下的覆写特性。

图 10 示出了用于示例 1 所示的“3T 策略”中所用的各标记长度的划分记录脉冲。在图 10 中，分别由图 10 中的上标线列和下标线列表示各标记长度中的 α_i 和 β_i 值。通过按基准时钟周期 T 的每 (1/15)T 对各参数值执行最优化，选择 α_i 和 β_i 值以使抖动最小化，因此由以 15 为分母的值来表示这些值。

图 10 所示的记录脉冲策略对应于图 4 所示的记录脉冲划分方法 (IIa)。表 1 示出了利用图 4 和 5 中限定的独立参数来表示该记录脉冲策略。如表 1 所示，T_{c1+}=T_{c1-}=T_{c1} 并且 dT_{top}=0，因此，独立参数数量总共为 19 个。

表 1

dT_{top3}	0
dT_{top4}	1/15T
dT_{top5}	-2/15T
T_{top3}	20/15T
T_{top4}	25/15T
T_{top5}	20/15T

T_{top}	$20/15T$
T_{mp}	$20/15T$
dT_{last5}	$-7/15T$
dT_{last-}	$-5/15T$
dT_{last+}	$5/15T$
T_{last5}	$17/15T$
T_{last-}	$16/15T$
T_{last}	$21/15T$
T_{last+}	$30/15T$
T_{cl3}	$12/15T$
T_{cl4}	$21/15T$
T_{cl5}	$11/15T$
$T_{cl}=T_{cl+}=T_{cl-}$	$11/15T$

图 11 示出了用于对比示例 1 所示的“2T 策略”中所用各标记长度的划分记录脉冲。在图 11 中，分别由图 11 中的上标线列和下标线列表示各标记长度中的 α_i 和 β_i 值。根据图 11，显见的是，由于划分脉冲方法是“2T 策略”，所以在 m 至少等于 2 的所有记录标记中，除 $n=5$ 的情况以外 n/m 均小于 2.5，即，在“2T 策略”中，对于 m 至少等于 2 的所有记录标记，不满足 $2.5 \leq n/m$ 。

图 12 (a) 和 (b) 是示出示例 1 (3T 策略) 和对比示例 1 (2T 策略) 中的抖动写功率依赖性和在 9 次覆写 (包括第一次写在内的 10 次写) 之后的调制的图。此外，图 12 (c) 是示出在重复覆写 (直接覆写 DOW) 中抖动对覆写次数的依赖性的图。图 12 (c) 的横坐标是覆写次数 (DOW 次数)，0 次是在未记录状态下的盘上的第一次写。

在图 12 (a) 和 (b) 中对写功率依赖性的测量中， P_e 是恒定的，即，在“3T 策略”中， $P_e=6.0$ mW，在“2T 策略”中， $P_e=5.7$ mW。此外，在图 12 (c) 中，在“3T 策略”中，按照 $P_w=24$ mW 并且 $P_e=6.0$ mW 执行测量，而在“2T 策略”中，按照 $P_w=26$ mW 并且 $P_e=5.7$ mW 执行测量。在各

情况下, $P_b=0.8 \text{ mW}$ 是恒定的。

根据图 12 (a) 和 (b), 显见的是, 在示例 1 中的“3T 策略”中, 与对比示例 1 中的“2T 策略”相比, 抖动很低, 并且可以针对调制获得很高的值。显见的是, 通过使用“3T 策略”, 获得了良好的记录特性, 其中抖动值最大为 10%, 调制最低为 0.55。此外, 根据“3T 策略”用于获得良好特性的写功率也较低, 而且记录灵敏度提高了。

示例 2 和对比示例 2

在如示例 1 所使用的盘上, 通过 $NA=0.65$ 的测试器 1, 按 4 倍速执行 DVD 兼容 EFM+调制信号的覆写, 并评估了其特性。

图 13 示出了针对用于“3T 策略”的各标记长度的划分记录脉冲, 作为示例 2。在图 13 中, 分别由图 13 中的上标线列和下标线列表示各标记长度中的 α_i 和 β_i 值。通过按基准时钟周期 T 的每 $(1/15)T$ 对各参数值执行最优化, 选择这些 α_i 和 β_i 值以使抖动值最小化, 从而由以 15 为分母的值来表示这些值。

图 13 所示的记录脉冲策略对应于记录脉冲划分方法 (VIa), 其中按低线速度应用图 4 所示的记录脉冲划分方法 (IIa)。表 2 通过图 4 和 5 中限定的独立参数表示该记录脉冲策略。如表 2 所示, $T_{cl+}=T_{cl-}=T_{cl}$ 并且 $dT_{top}=0$, 因此, 独立参数数量总共为 19 个。

表 2

dT_{top3}	$-1/15T$
dT_{top4}	$1/15T$
dT_{top5}	$-2/15T$
T_{top3}	$7/15T$
T_{top4}	$11/15T$
T_{top5}	$7/15T$
T_{top}	$7/15T$
T_{mp}	$7/15T$
dT_{last5}	$-12/15T$

dT_{last-}	$-13/15T$
dT_{last+}	$7/15T$
T_{last5}	$6/15T$
T_{last-}	$6/15T$
T_{last}	$7/15T$
T_{last+}	$11/15T$
T_{cl3}	$32/15T$
T_{cl4}	$40/15T$
T_{cl5}	$34/15T$
$T_{cl}=T_{cl-}=T_{cl+}$	$34/15T$

图 14 示出了用于如对比示例 2 中所示的“2T 策略”中所用的各标记长度的划分记录脉冲。在此情况下,按每 $(1/16)T$ 对参数值执行最优化。在图 14 中,分别由图 14 中的上标线列和下标线列表示各标记长度中的 α_i 和 β_i 值。从图 14 显见,划分脉冲方法是“2T 策略”,因此在 m 至少等于 2 的所有记录标记中,除 $n=5$ 的情况以外 n/m 均小于 2.5。即,显见的是,在“2T 策略”中,对于 m 至少等于 2 的所有记录标记,不满足 $2.5 \leq n/m \leq 5$ 。

图 15 (a) 和 (b) 是示出示例 2 (3T 策略) 和对比示例 2 (2T 策略) 中的抖动写功率依赖性和在 9 次覆写 (包括第一次写在内的 10 次写) 之后的调制的图。此外,图 15 (c) 是示出抖动对覆写次数的依赖性的图。在图 15 (a) 和 (b) 中对写功率依赖性的测量中, P_e 是恒定的,即,在“3T 策略”中, $P_e=6$ mW,而在“2T 策略”中, $P_e=7$ mW。此外,在图 15 (c) 中,在“3T 策略”中,按照 $P_w=22$ mW 并且 $P_e=6$ mW 执行测量,而在“2T 策略”中,按照 $P_w=26$ mW 并且 $P_e=7$ mW 执行测量。在各情况下, $P_b=0.5$ mW 是恒定的。

利用示例 2 中的“3T 策略”,与对比示例 2 的“2T 策略”相比,抖动相当低,并且可以针对调制获得很高的值。显见的是,通过使用“3T 策略”,获得了良好的记录特性,其中抖动值约为 10%,调制最低为 0.6。此外,利用“3T 策略”,还降低了用于获得良好特性的写功率,而且提高了记录灵敏度。

示例 3 和对比示例 3

在上述基本示例中，准备了一盘并按如下执行记录。

在衬底上，通过溅射按顺序形成由 $(\text{ZnS})_{80}(\text{SiO}_2)_{20}$ 制成的约 80 nm 的下保护层、由 $\text{Ge}_8\text{In}_{10}\text{Sn}_{15}\text{Sb}_{62}\text{Te}_5$ 合金制成的约 13 nm 的记录层、由 $(\text{ZnS})_{80}(\text{SiO}_2)_{20}$ 制成的约 20 nm 的上保护层、由 Ta 制成的约 2 nm 的界面层，以及由 Ag 制成的约 200 nm 的反射层。

对于初始化，使用这样的激光二极管束，其波长约为 810 nm，并具有椭圆光斑形状，该椭圆光斑形状的长轴约为 75 μm ，短轴约为 1.0 μm 。然后，在使该激光二极管束的短轴沿周向排列并使长轴沿径向每转移动约 50 μm 的状态下，通过按约 24 m/s 的线速度进行扫描来执行初始化。照射功率约为 1500 mW。

在该盘上，通过 NA=0.65 的测试器 1，按 10 倍速执行对 DVD 兼容 EFM+ 调制信号的覆写，并评估了其特性。当保持擦除功率 P_e 和偏置功率 P_b 恒定时， P_w 从约 20 mW 到约 30 mW 每次变化 1 mW，由此来评估各写功率下的覆写特性。利用覆写 10 次之后的该值来评估各写功率下的覆写特性。

图 16 示出了针对用于示例 3 所示的“3T 策略”的各标记长度的划分记录脉冲。在图 16 中，分别由图 16 中的上标线列和下标线列表示各标记长度中的 α_i 和 β_i 值。通过按基准时钟周期 T 的每 $(1/15)T$ 对各参数值执行最优化，选择这些 α_i 和 β_i 值以使抖动值最小化，从而由以 15 为分母的值来表示这些值。

图 16 所示的记录脉冲策略对应于图 8 所示的记录脉冲划分方法 (IIIa)。表 3 通过图 8 和 9 中限定的独立参数表示该记录脉冲策略。 $T_{cl+}=T_{cl-}=T_{cl}$ 并且 $dT_{top}=0$ ，因此，独立参数数量总共为 18 个。此外，在表 3 中，对于 5T 标记，根据当从 T1 起经过 3T 时的时间点来限定 dT_{last5} 。

表 3

dT_{top3}	$-1/15T$
dT_{top4}	0
dT_{top5}	$-1/15T$
T_{top3}	$18/15T$

T_{top4}	$29/15T$
T_{top5}	$20/15T$
T_{top}	$25/15T$
T_{top+}	$30/15T$
T_{mp}	$25/15T$
dT_{last5}	$-9/15T$
dT_{last+}	0
T_{last5}	$15/15T$
T_{last}	$18/15T$
T_{last+}	$30/15T$
T_{c13}	$5/15T$
T_{c14}	$8/15T$
T_{c15}	$8/15T$
$T_{c1}=T_{c1+}$	$8/15T$

图 17 示出了用于如对比示例 3 所示的“2T 策略”中所用的各标记长度的划分记录脉冲。在图 14 中，分别由图 17 中的上标线列和下标线列表示各标记长度中的 α_i 和 β_i 值。从图 17 显见，由于划分脉冲方法是“2T 策略”，所以在 m 至少等于 2 的所有记录标记中，除 $n=5$ 的情况以外 n/m 均小于 2.5。即，显见的是，在“2T 策略”中，对于 m 至少等于 2 的所有记录标记，不满足 $2.5 \leq n/m$ 。

图 18 (a) 和 (b) 是示出示例 3 (3T 策略) 和对比示例 3 (2T 策略) 中的抖动写功率依赖性和在 9 次覆写 (包括第一次写在内的 10 次写) 之后的调制的图。此外，图 18 (c) 是示出抖动对覆写次数的依赖性的图。在图 18 (a) 和 (b) 中对写功率依赖性的测量中， P_e 是恒定的，即，在“3T 策略”中， $P_e=5.8$ mW，而在“2T 策略”中， $P_e=5.6$ mW。此外，在图 18 (c) 中，在“3T 策略”中，按照 $P_w=24$ mW 并且 $P_e=5.8$ mW 执行测量，而在“2T 策略”中，按照 $P_w=24$ mW 并且 $P_e=5.6$ mW 执行测量。在各情况下， $P_b=0.5$ mW 是恒定的。

在示例 3 中的“3T 策略”中，与对比示例 3 中的“2T 策略”相比，抖动低，并且可以针对调制获得很高的值。显见的是，通过使用“3T 策略”，获得了良好的记录特性，其中抖动值约为 10%，调制最低为 0.6。此外，利用“3T 策略”，还降低了用于获得良好特性的写功率，而且提高了记录灵敏度。

示例 4 和对比示例 4

在示例 3 中所使用的盘上，通过 $NA=0.65$ 的测试器 1，按 4 倍速执行对 DVD 兼容 EFM+调制信号的覆写，并评估了其特性。

图 19 示出了用于示例 4 所示的“3T 策略”中所用的各标记长度的划分记录脉冲。在图 19 中，分别由图 19 中的上标线列和下标线列表示各标记长度中的 α_i 和 β_i 值。通过按基准时钟周期 T 的每 $(1/16)T$ 对各参数值执行最优化，选择这些 α_i 和 β_i 值以使抖动值最小化，从而由以 16 为分母的值来表示这些值。

图 19 所示的记录脉冲策略对应于记录脉冲划分方法 (VIIa)，其中按低线速度应用图 8 所示的记录脉冲划分方法 (IIIa)。表 4 通过在图 8 和 9 中限定的独立参数表示该记录脉冲策略。 $T_{cl+}=T_{cl}$ 并且 $dT_{top}=0$ ，因此，独立参数数量总共为 18 个。此外，在表 4 中，对于 5T 标记，根据当从 T_1 起经过 3T 时的时间点限定 dT_{last5} 。

表 4

dT_{top3}	$-2/16T$
dT_{top4}	$-1/16T$
dT_{top5}	$-1/16T$
T_{top3}	$8/16T$
T_{top4}	$14/16T$
T_{top5}	$10/16T$
T_{top}	$10/16T$
T_{top+}	$13/16T$
T_{mp}	$10/16T$

dT_{last5}	$-12/16T$
dT_{last+}	0
T_{last5}	$12/16T$
T_{last}	$7/16T$
T_{last+}	$18/16T$
T_{c13}	$21/16T$
T_{c14}	$30/16T$
T_{c15}	$12/16T$
$T_{c1} = T_{c1+}$	$24/16T$

图 20 示出了用于如对比示例 4 所示的“2T 策略”中所用的各标记长度的划分记录脉冲。在图 20 中，分别由图 20 中的上标线列和下标线列表示各标记长度中的 α_i 和 β_i 值。从图 20 显见，由于划分脉冲方法是“2T 策略”，所以在 m 至少等于 2 的所有记录标记中，除 $n=5$ 的情况以外 n/m 均小于 2.5。即，在“2T 策略”中，对于 m 至少等于 2 的所有记录标记，不满足 $2.5 \leq n/m$ 。

图 21 (a) 和 (b) 是示出示例 4 (3T 策略) 和对比示例 4 (2T 策略) 中的抖动写功率依赖性和在 9 次覆写 (包括第一次写在内的 10 次写) 之后的调制的图。此外，图 21 (c) 是示出在重复覆写的情况下抖动对覆写次数的依赖性的图。在图 21 (a) 和 (b) 中对写功率依赖性的测量中， P_e 是恒定的，即，在“3T 策略”中， $P_e=5.5$ mW，而在“2T 策略”中， $P_e=5.5$ mW。此外，在图 21 (c) 中，在“3T 策略”中，按照 $P_w=23$ mW 并且 $P_e=5.5$ mW 执行测量，而在“2T 策略”中，按照 $P_w=22$ mW 并且 $P_e=5.5$ mW 执行测量。在各情况下， $P_b=0.1$ mW 是恒定的。

在示例 4 中的“3T 策略”中，与对比示例 4 中的“2T 策略”相比，对于抖动和调制，可以获得相当的值。显见的是，通过使用“3T 策略”，获得了良好的记录特性，其中抖动值为 10%，调制最低为 0.6。此外，利用“3T 策略”，降低了用于获得良好特性的写功率，而且改进了记录灵敏度和重复覆写持久性。

示例 5 和示例 6

在上述基本示例中，准备了一盘并按如下执行记录。

在衬底上，通过溅射按顺序形成由 $(\text{ZnS})_{80}(\text{SiO}_2)_{20}$ 制成的约 65 nm 的下保护层（由 ZnS 和 SiO_2 的摩尔百分比表示保护层组成，以下同此）、约 5 nm 的 GeN 界面层、由 $\text{Ge}_7\text{In}_6\text{Sn}_{24}\text{Sb}_{56}\text{Te}_7$ 合金制成的约 13 nm 的记录层（由原子百分比表示记录层组成）、约 5 nm 的 GeN 界面层、由 $(\text{ZnS})_{80}(\text{SiO}_2)_{20}$ 制成的约 10 nm 的上保护层、由 Ta 制成的约 2 nm 界面层以及由 Ag 制成的约 150 nm 的反射层。

对于初始化，使用这样的激光二极管束，其波长约为 810 nm，并具有椭圆光斑形状，该椭圆光斑形状的长轴约为 75 μm ，短轴约为 1.0 μm 。然后，在使得该激光二极管束的短轴沿周向排列并使长轴沿径向每转移约 50 μm 的状态下，通过按约 30 m/s 的线速度进行扫描来执行初始化。照射功率约为 1600 mW。

在上述盘上，通过 NA=0.65 的测试器 1，按 12 倍速（示例 5）或按 4 倍速（示例 6）执行对 DVD 兼容 EFM+调制信号的覆写，并评估了其特性。对于示例 5 和 6 中的“4T 策略”，将如图 28 和 29 所示的划分记录脉冲用于各标记长度。在图 28 和 29 中，分别由图中的上标线列和下标线列表示各标记长度中的 α_i 和 β_i 值。通过分别按示例 5 和 6 中的基准时钟周期 T 的每 $(1/12)T$ 和 $(1/15)T$ 对各参数值执行最优化，选择这些 α_i 和 β_i 值以使抖动值最小化，从而由以 12 或 15 为分母的值来表示这些值。

图 28 和 29 所示的记录脉冲策略对应于图 8 所示的记录脉冲划分方法（IVa）以及记录脉冲划分方法（VIIIa），其中，按低线速度应用该记录脉冲划分方法（VIIIa）。当通过图 8 中限定的独立参数表示时，通过如表 5 所示的值限定图 28 和 29 中的划分记录脉冲。独立参数数量总共为 24 个。在这些参数中，如果扣除为 0 的参数的数量，则独立参数数量为 18 个。此外，在表 5 中，对于 5T 标记，根据当从 T1 起经过 3T 时的时间点限定 $dT_{1\text{ast}5}$ 。

表 5

	4 倍速	12 倍速
$dT_{\text{top}3}$	0	0

dT_{top4}	0	0
dT_{top5}	0	0
dT_{top}	0	0
dT_{top+}	0	0
T_{top3}	$4/15T$	$12/12T$
T_{top4}	$11/15T$	$22/12T$
T_{top5}	$5/15T$	$13/12T$
T_{top}	$5/15T$	$16/12T$
T_{top+}	$10/15T$	$20/12T$
T_{mp}	$10/15T$	$20/12T$
dT_{last5}	$-11/15T$	$-6/12T$
dT_{last-}	$-12/15T$	$-11/12T$
dT_{last+}	0	0
$T_{last5}T$	$5/15T$	$9/12T$
T_{last}	$6/15T$	$12/12T$
T_{last-}	$5/15T$	$12/12T$
T_{last+}	$10/15T$	$22/12T$
T_{cl3}	$34/15T$	$6/12T$
T_{cl4}	$44/15T$	$8/12T$
T_{cl5}	$28/15T$	$8/12T$
T_{cl}	$30/15T$	$8/12T$
T_{cl-}	$28/15T$	$8/12T$
T_{cl+}	$42/15T$	$8/12T$

图 30 (a) 和 (b) 示出了抖动写功率依赖性和在 9 次覆写（包括第一次写在内的 10 次写）之后的调制。此外，图 30 (c) 示出了在重复覆写中抖动对覆写次数的依赖性。在这些图中，分别通过图注“12 倍速”和“4 倍速”来区分示例 5 与 6 的结果。在图 30 (a) 和 (b) 中对写功率依赖性的测量中， P_e 和 P_b 是恒定的，即，在“12 倍速”中， $P_e=6.4 \text{ mW}$

并且 $P_b=0.3 \text{ mW}$ ，而在“4 倍速”中， $P_e=6.2 \text{ mW}$ 并且 $P_b=0. \text{ mW}$ 。此外，在图 30 (c) 中，在“12 倍速”中，按照 $P_w=30 \text{ mW}$ 、 $P_e=6.4 \text{ mW}$ 并且 $P_b=0.3 \text{ mW}$ 执行测量，而在“4 倍速”中，按照 $P_w=30 \text{ mW}$ 、 $P_e=6.2 \text{ mW}$ 并且 $P_b=0.1 \text{ mW}$ 执行测量。

通过在示例 5 和 6 中的“4T 策略”，对于抖动和调制都可以获得相当的值。显见的是，通过使用“4T 策略”，获得了良好的记录特性，其中抖动值最大约为 10%，调制最低为 0.6。此外，在记录灵敏度和重复覆写持久性方面也获得了良好的结果。

另一方面，当把“2T 策略”应用于这些示例中的记录介质时，在 12 倍速和 4 倍速中的每一个下，冷却段的冷却效果都不足。具体来说，在“2T 策略”中，难以形成良好的非晶标记，并且没有获得低于约 13% 的抖动值。此外，在“1T 策略”中，写功率所熔化的部分基本上完全再结晶了，从而难以形成非晶标记。

示例 7

按如下准备基于 CD-RW 格式的盘，并执行记录。

通过注模成形形成厚度为 1.2 mm 并且道距为 $1.6 \text{ } \mu\text{m}$ 的聚碳酸酯树脂衬底。槽宽度约为 $0.6 \text{ } \mu\text{m}$ ，深度约为 30 nm 。

然后，在衬底上，按顺序形成由 $(\text{ZnS})_{80}(\text{SiO}_2)_{20}$ 制成的约 80 nm 的下保护层（由 ZnS 和 SiO_2 的摩尔百分比表示保护层组成，以下同此）、由 $\text{Sn}_{25}\text{Ge}_{13}\text{Sb}_{62}$ 合金制成的约 15 nm 的记录层（由原子百分比表示记录层组成）、由 $(\text{ZnS})_{80}(\text{SiO}_2)_{20}$ 制成的约 30 nm 的上保护层、由 Ta 制成的约 3 nm 的界面层以及由 Ag 制成的约 150 nm 的反射层，最后，按顺序形成紫外线可固化树脂层。通过不破坏真空地进行溅射，在衬底上顺序地淀积各层。然而，紫外线可固化树脂层（厚度：约为 $4 \text{ } \mu\text{m}$ ）是通过旋涂来涂敷的。

紧接淀积之后，记录层是非晶的，接着利用激光束（其波长约为 810 nm ，并被聚焦成长轴约为 $75 \text{ } \mu\text{m}$ 短轴约为 $1.0 \text{ } \mu\text{m}$ 的椭圆形），按 12 m/s 的线速度通过约 800 mW 的初始化功率使整个表面结晶，以获得初始（未记录）状态。

通过使用 Pulsteck Co. 制造的 DDU1000 测试器（波长：约 780 nm，NA=0.5，光斑形状：强度为 $1/e^2$ 的约 $1.42 \times 1.33 \mu\text{m}$ 的椭圆形，以下将该测试器称为测试器 2）执行记录/再现评估。

将数据的基准时钟周期设置为约 5.8 纳秒，即设置为与针对 1 倍速时的数据基准时钟周期 231 纳秒的各线速度成反比的值。

除非另有说明，否则按 1 倍速执行再现。来自 DDU1000 的输出信号经过一高频通过滤波器（其在 5 kHz 与 20 kHz 之间截止），从而通过时间间隔分析器（由横滨电机公司制造）测量抖动。通过在示波器上检查眼图来读出调制 m_{11} ($=I_{11}/I_{top}$)。

通过任意信号发生器（AWG620 或 AWG710，由 Sony Tektronix Co. 制造）执行用于控制记录脉冲划分方法的逻辑电平的形成。从该信号发生器取出 2 个通道选通信号（其包括一般与将图 5 中的 G1、G2 以及 G3 集成的逻辑信号对应的逻辑信号和与 G4 对应的逻辑信号），并作为 ECL 电平逻辑信号，将其输入为针对上述测试器 2 的激光驱动器的选通信号。

覆写 10 次 EFM 随机数据，从而测量标记长度和间距长度抖动以及 m_{11} 。针对 EFM 随机数据，从 3T 到 11T 的标记长度和间距长度随机出现。将 40 倍速时的数据基准时钟周期设置为与针对 1 倍速时的数据基准时钟周期 231 纳秒的线速度成反比的值（约 5.8 纳秒），并执行利用 EFM 调制的标记长度调制记录。按 1 倍速执行再现。

在示例 7 中，对于“3T 策略”，将图 31 所示的划分记录脉冲用于各标记长度。在图 31 中，分别由图中的上标线列和下标线列表示各标记长度中的 α_i 和 β_i 值。在示例 7 中，分别按基准时钟周期 T 的每 $1/15T$ 对各参数值执行最优化，选择这些 α_i 和 β_i 值以使抖动值最小化，从而由以 15 为分母的值来表示这些值。

图 31 中的记录脉冲策略对应于图 4 和 5 所示的记录脉冲划分方法（IIa），但是其不同之处在于把 2 个划分记录脉冲用于 4T 标记长度的形成，并且在于在 6T 和 7T 标记长度与 8T、9T、10T 以及 11T 标记长度之间 dT_{top} 不同，因此进一步增加了独立参数数量。在该示例中，在规定记录标记与前一或后一记录标记之间观察到热干扰效应，因此，执行利用

dT_{top} 的校正。当把分别用于形成 4T 标记的参数 (dT_{top4} 、 T_{top4} 、 dT_{last4} 、 T_{last4} 、 T_{cl4})、用于形成 6-7T 标记长度和 8-11T 标记长度的 dT_{top} 值 (即, dT_{top6} 和 dT_{top8}) 加入图 4 中限定的独立参数时, 将由如表 6 所示的值限定图 31 中的划分记录脉冲。独立参数数量总共为 23 个。此外, 在表 6 中, 对于 4T 和 5T 标记, 根据当从 T1 起经过 3T 时的时间点限定 dT_{last4} 和 dT_{last5} 。

表 6

dT_{top3}	$-2/15T$
dT_{top4}	$-5/15T$
dT_{top5}	$-2/15T$
dT_{top6}	0
dT_{top8}	$-1/15T$
T_{top3}	$23/15T$
T_{top4}	$21/15T$
T_{top5}	$21/15T$
T_{top}	$21/15T$
T_{mp}	$20/15T$
dT_{last4}	$-14/15T$
dT_{last5}	$-7/15T$
dT_{last-}	$-6/15T$
dT_{last+}	$3/15T$
T_{last4}	$11/15T$
T_{last5}	$16/15T$
T_{last-}	$15/15T$
T_{last}	$21/15T$
T_{last+}	$32/15T$
T_{cl3}	$15/15T$
T_{cl4}	$12/15T$
T_{cl5}	$12/15T$

$T_{cl} = T_{cl-} = T_{cl+}$	12/15T
------------------------------	--------

图 32 (a) 和 (b) 示出了抖动写功率依赖性和在 9 次覆写（包括第一次写在内的 10 次写）之后的调制。对于 CD-RW，通常，针对每个标记长度或标记间的（间距）长度测量（未通过时钟周期归一化的）抖动。然而，这里，针对 3T 和 11T 标记长度以及标记间的（间距）长度，代表性地示出抖动。

此外，图 32 (c) 示出了在重复覆写中抖动对覆写次数的依赖性。在图 32 (a) 和 (b) 中对写功率依赖性的测量中， P_e/P_w 和 P_b 是恒定的，即， $P_e/P_w=0.27$ （使 P_e/P_w 的比恒定，而非使 P_e 值恒定），并且 $P_b=0.8 \text{ mW}$ 。此外，在图 32 (c) 中， $P_w=42 \text{ mW}$ 、 $P_e=11 \text{ mW}$ 并且 $P_b=0.8 \text{ mW}$ 。通过示例 7 中的“3T 策略”，对于抖动和调制，都获得了良好的值。即，获得了良好的记录特性，其中抖动值最大为 35 纳秒，调制最低为 0.6，这是 CD-RW 标准所要求的。

另一方面，当把“2T 策略”应用于该示例的记录介质时，在冷却段的冷却效果是不足的。通过使用“2T 策略”，难以形成良好的非晶标记，并且没有获得低于约 40 纳秒的抖动值。此外，通过“1T 策略”，写功率所熔化的部分基本上完全再结晶了，从而难以形成非晶标记。

对比示例 5

通过使用示例 1 中的盘和表 1 中的记录脉冲策略和测量条件，考虑 $L=3$ 的 8T、9T 以及 10T 标记的情况，通过只改变 α_m 来尝试调节标记长度。

将用于 9T 标记的 $\alpha_m=21/15T$ 用作基。然后，针对 8T 标记，缩短 α_m 以调节标记长度。此外，针对 10T 标记，延长 α_m 以调节标记长度。具体来说，针对 8T 标记， $\alpha_m=14/15T$ ，由此获得了 8T 标记长度。然而，针对 10T 标记， $\alpha_m=25/15T$ ，由此获得了 10T 标记长度。

针对各标记长度，分别测量抖动，由此，对于 8T、9T 以及 10T 各标记，抖动分别是 16.7%、9.5%以及 10.2%。

在示例 1 中，对于 8T、9T 以及 10T 各标记，抖动分别是 10.4%、9.2% 以及 8.8%（其中，在该情况下的针对时钟抖动的数据约为 9%）。

根据上述结果，显然，通过只调节 α_m ，在标记长度后端处的抖动趋

于很高。这表示,通过改变 α_m ,在利用 $\alpha_m T$ 照射前与照射后之间,热分布也改变了。因此,显然,当改变 α_m 时,至少需要调节 β_{m-1} 或 β_m 。

对比示例 6

通过使用示例 3 中的盘和表 3 中的记录脉冲策略和测量条件,考虑 $L=3$ 时的 10T 和 11T 标记的情况,通过只改变 α_1 来尝试调节标记长度。

将用于 10T 标记的 $\alpha_1=25/15T$ 用作基。然后,针对 11T 标记,延长 α_1 以调节标记长度。然而,即使试图延长 α_1 ,也不可能获得 11T 标记长度(在 1 倍速时约 420 纳秒)。此时获得的最大标记长度在 400 纳秒级。

如果试图仅仅增大 α_1 ,由于前一脉冲 $\alpha_1 T$ 的热累积效应,标记的前端还是趋于再结晶。因此,认为即使延长 α_1 ,标记长度也不会延长到超出某个值。因此,将 $\alpha_1 T$ 与 $\alpha_2 T$ 之间的间距取为 $4T$ (准确地说,在图 7 中,使从 $T1$ 到 $\alpha_2 T$ 的上升的长度为 $4T$),从而延长了 $\beta_1 T$ 。结果,获得了与示例 3 相当的良好结果。这表示,通过延长 $\beta_1 T$,抑制了 $\alpha_1 T$ 的热累积效应,从而抑制了标记前端的再结晶。

工业应用性

根据本发明,将提供可应用于高数据传输速率记录的光记录方法或光记录装置。

在前述说明中,参照具体实施例对本发明进行了详细描述。然而,对于本领域的技术人员显见的是,在不脱离本发明的概念和范围的前提下可以进行各种修改和变型。

此外,本申请基于 2003 年 7 月 18 日提交的日本申请(JP2003-199522)和 2003 年 9 月 25 日提交的日本申请(JP2003-334342),通过引用将其全部内容并入于此。

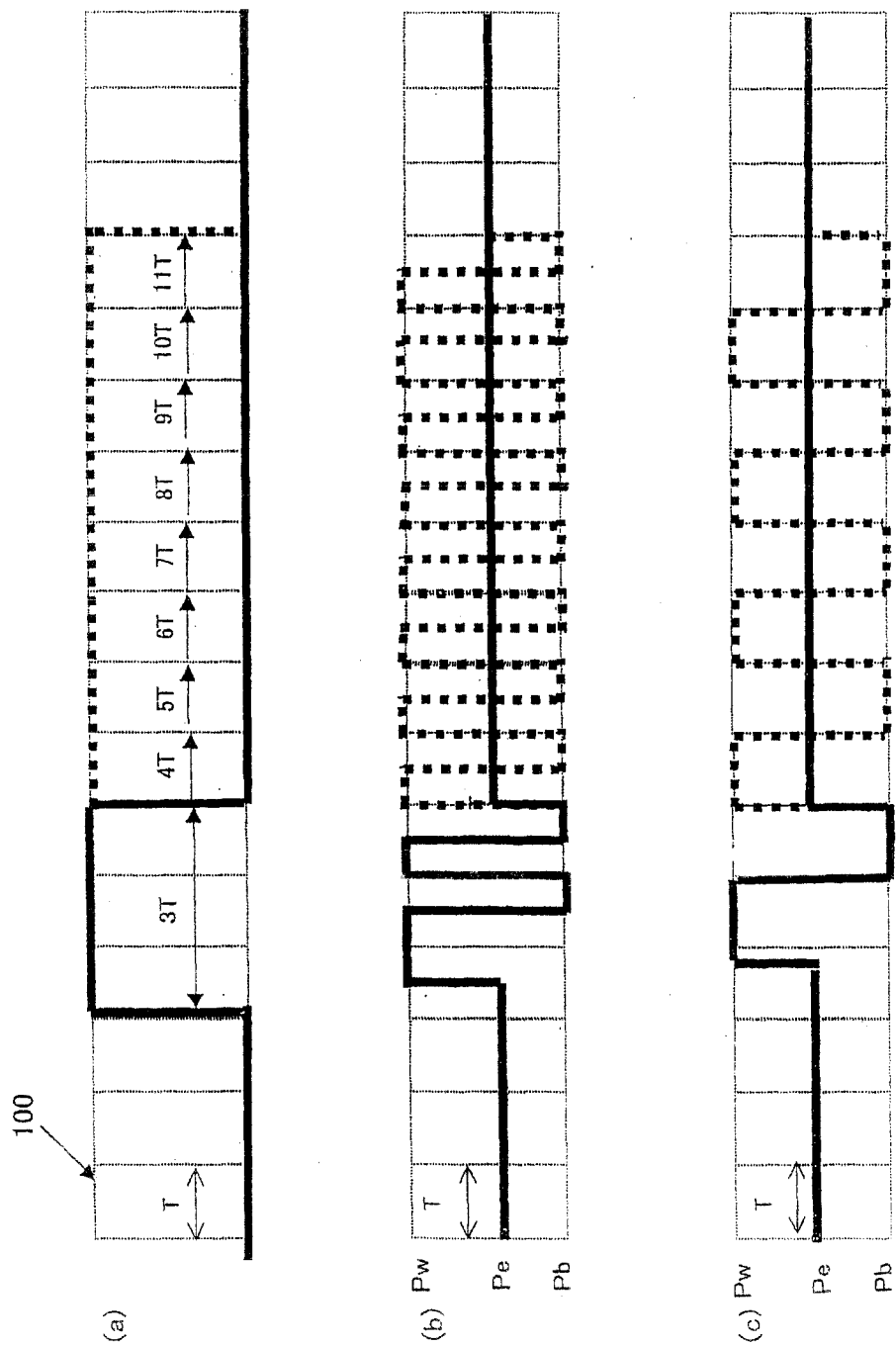


图1

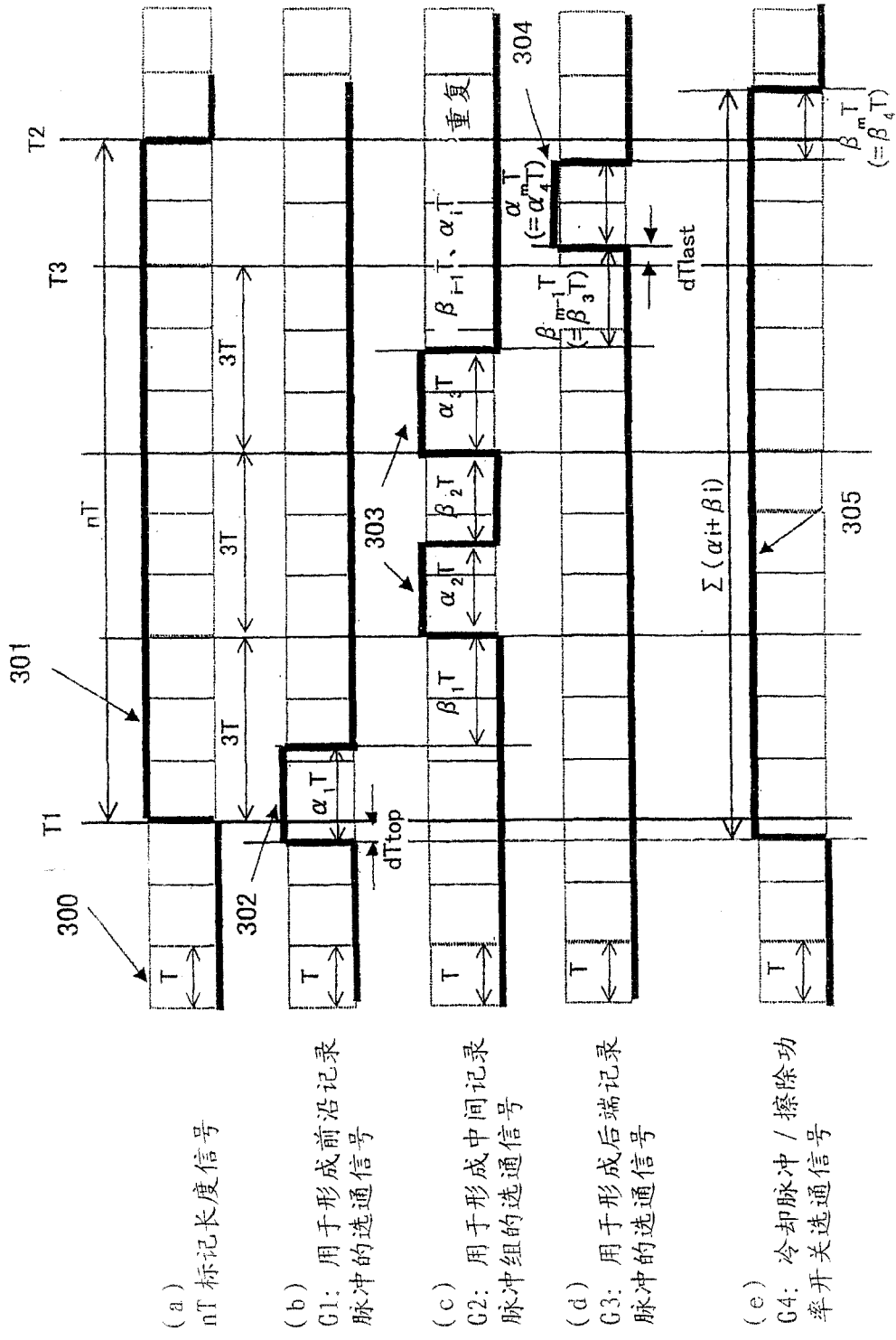


图 3

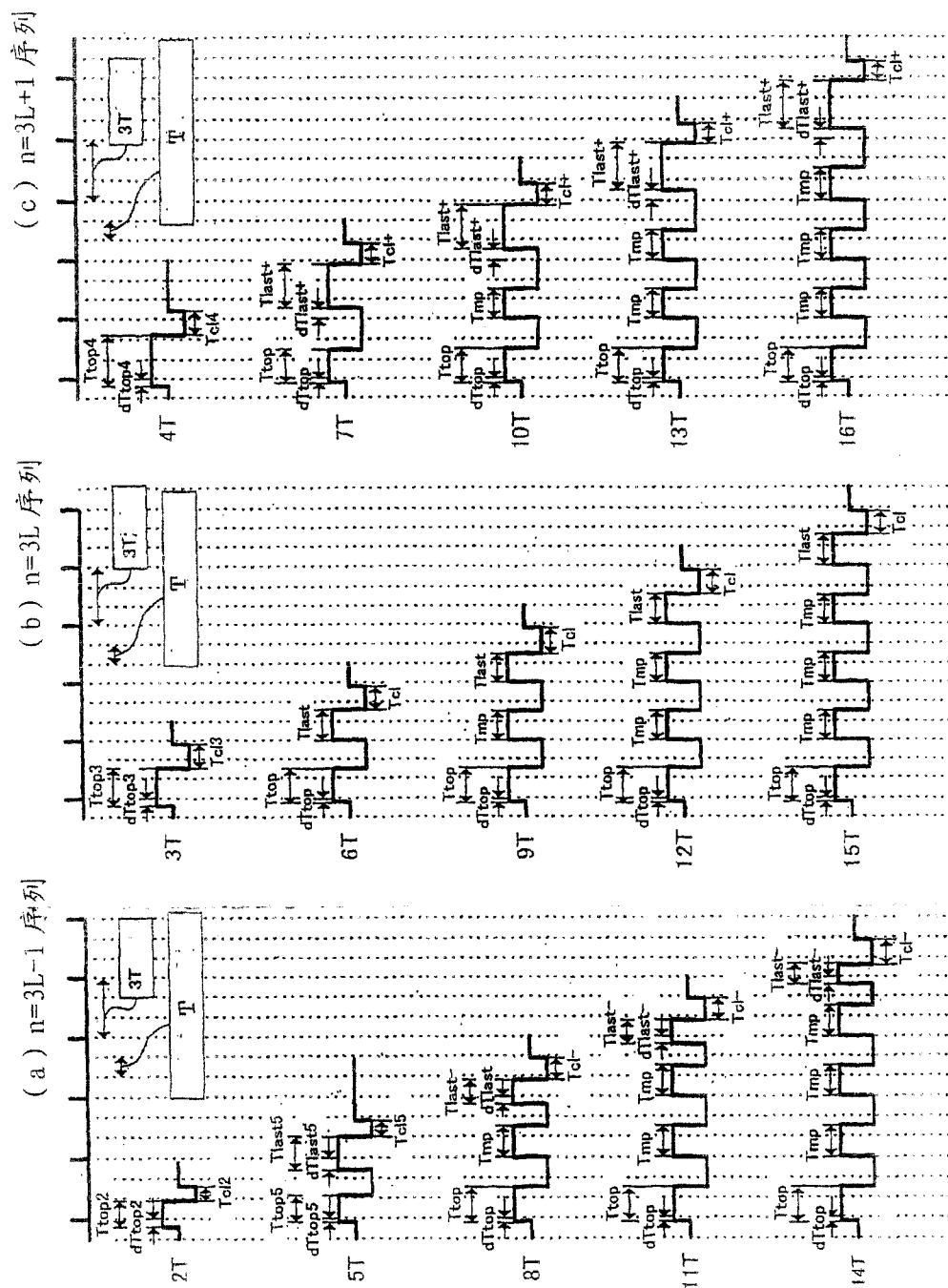


图 4

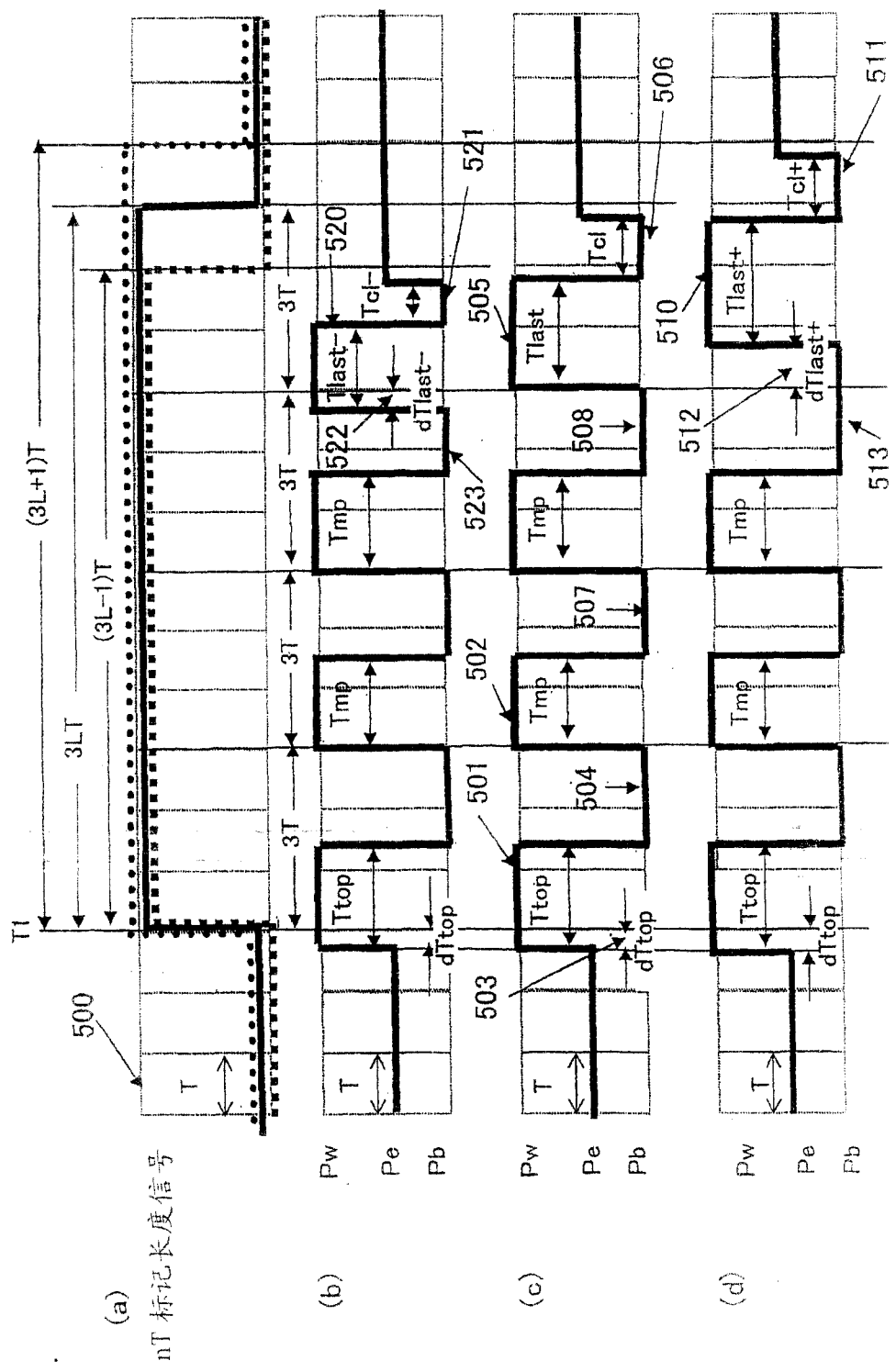


图 5

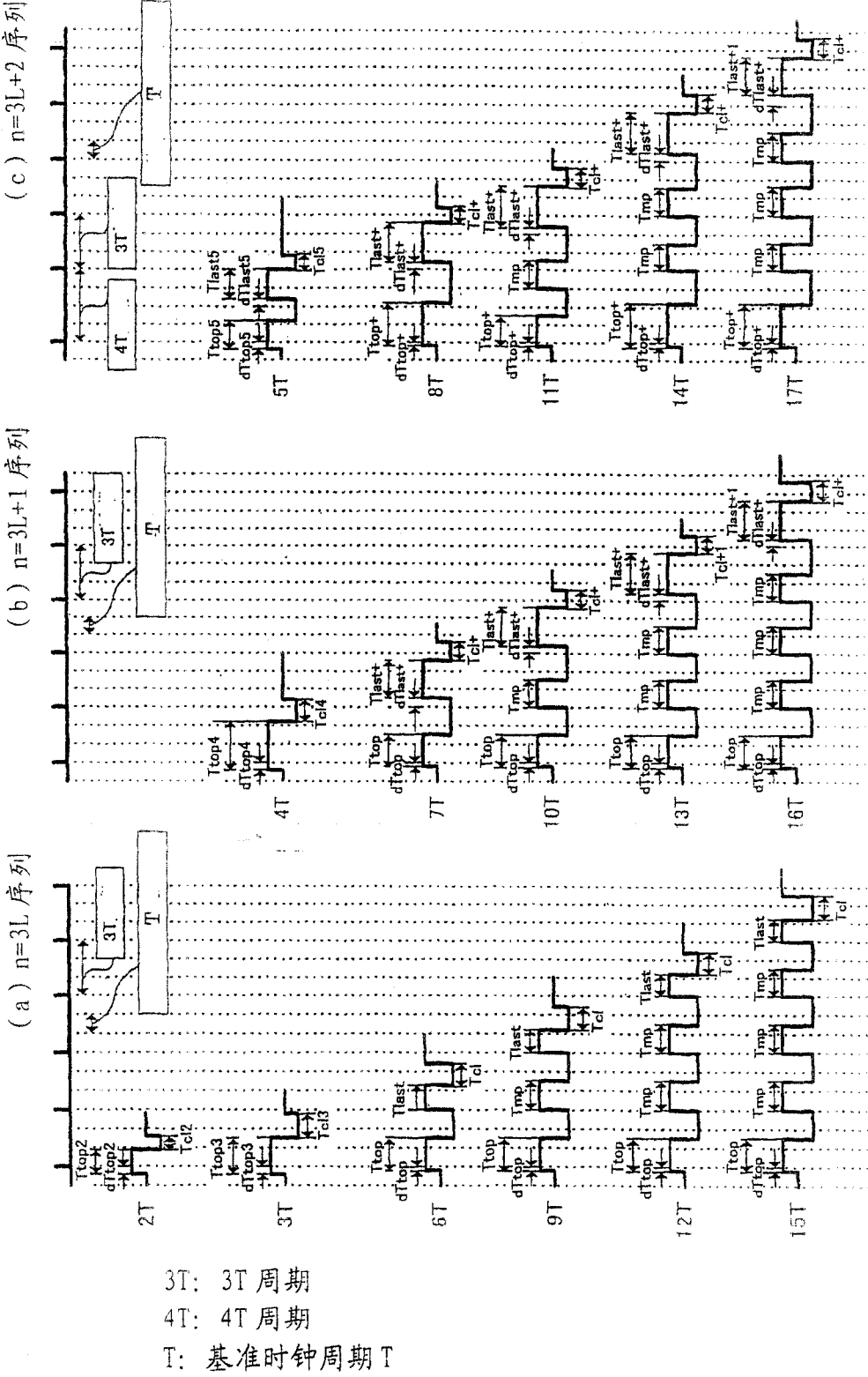
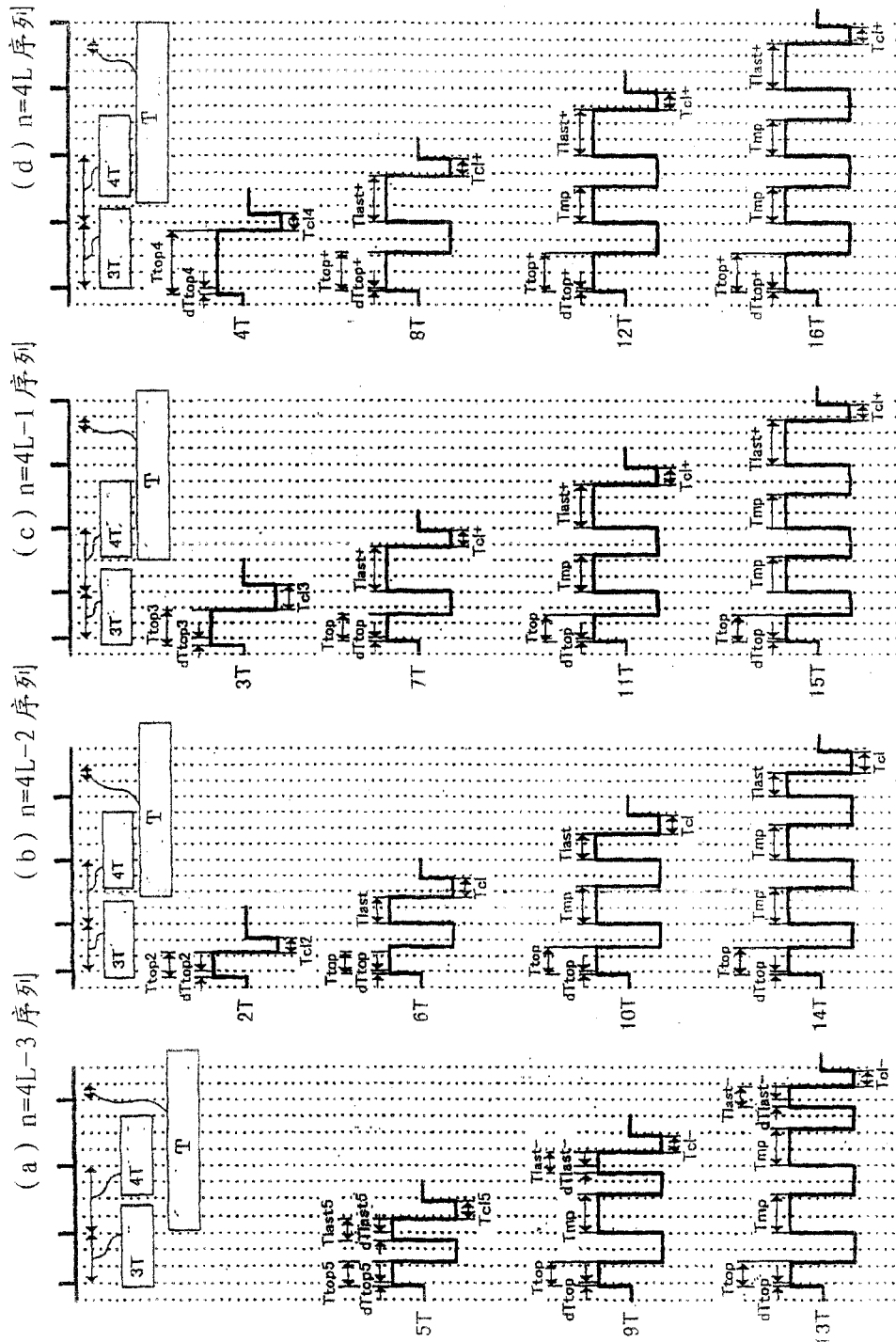


图 6



3T: 3T 周期
4T: 4T 周期
T: 基准时钟周期 T

图 8

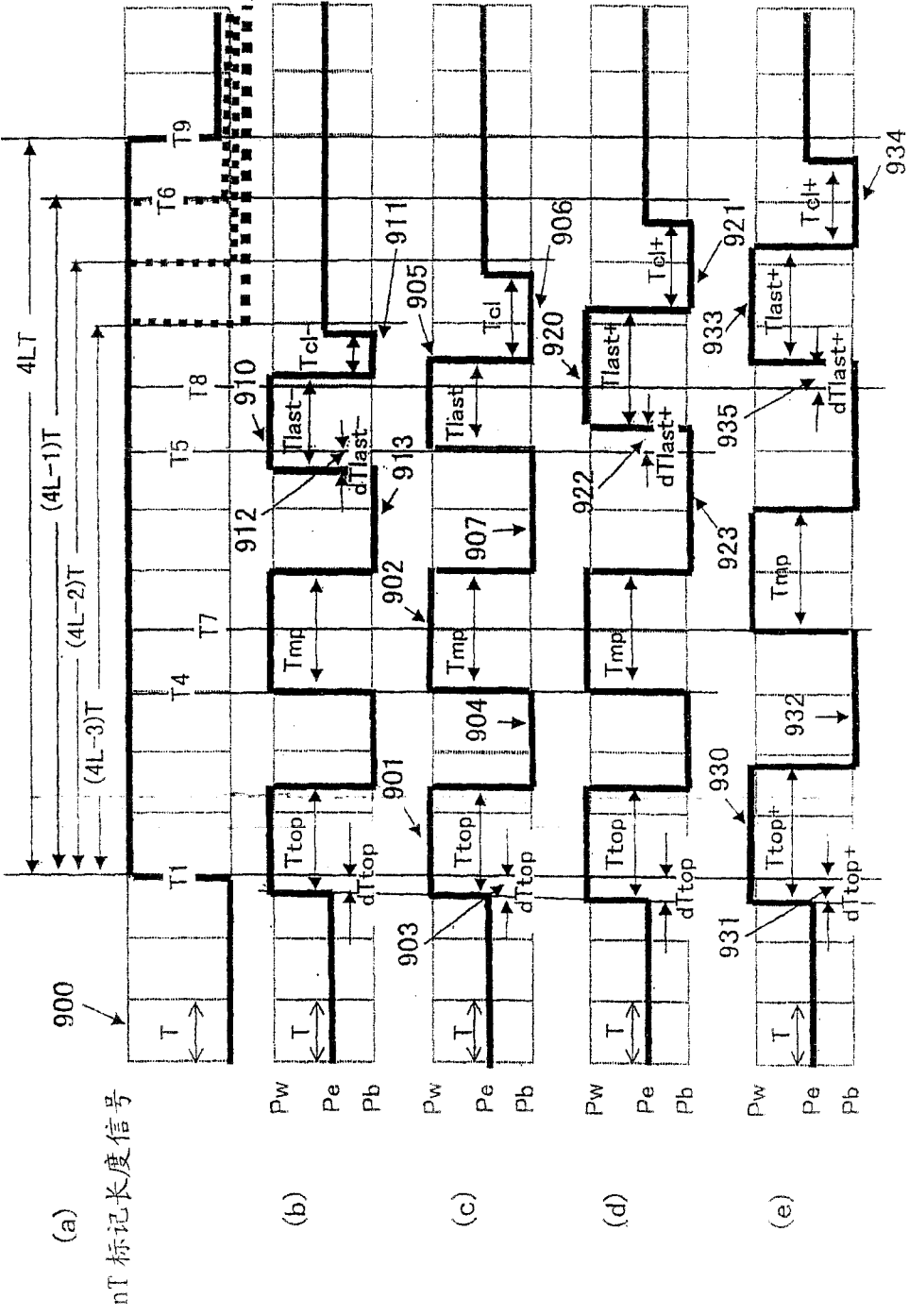


图 9

	m	dTtop	α_1	β_1	α_2	β_2	α_3	β_3	α_4	β_4	α_5	β_5
3T	1	0	20/15	12/15								
4T	1	1/15	25/15	21/15								
5T	2	-2/15	20/15	20/15	17/15	11/15						
6T	2	0	20/15	25/15	21/15	11/15						
7T	2	0	20/15	30/15	30/15	11/15						
8T	3	0	20/15	25/15	20/15	20/15	16/15	11/15				
9T	3	0	20/15	25/15	20/15	25/15	21/15	11/15				
10T	3	0	20/15	25/15	20/15	30/15	30/15	11/15				
11T	4	0	20/15	25/15	20/15	25/15	20/15	20/15	16/15	11/15		
14T	5	0	20/15	25/15	20/15	25/15	20/15	25/15	20/15	20/15	16/15	11/15

图 10

	m	dItop	α_1	β_1	α_2	β_2	α_3	β_3	α_4	β_4	α_5	β_5	α_6	β_6	α_7	β_7
3T	1	0	15/15	13/15												
4T	2	-4/15	15/15	19/15	11/15	11/15										
5T	2	-3/15	15/15	22/15	15/15	11/15										
6T	3	-4/15	15/15	19/15	11/15	19/15	12/15	11/15								
7T	3	-4/15	15/15	19/15	11/15	23/15	15/15	11/15								
8T	4	-4/15	15/15	19/15	11/15	19/15	11/15	19/15	12/15	11/15						
9T	4	-4/15	15/15	19/15	11/15	19/15	11/15	23/15	15/15	11/15						
10T	5	-4/15	15/15	19/15	11/15	19/15	11/15	19/15	11/15	19/15	12/15	11/15				
11T	5	-4/15	15/15	19/15	11/15	19/15	11/15	19/15	11/15	23/15	15/15	11/15				
14T	7	-4/15	15/15	19/15	11/15	19/15	11/15	19/15	11/15	19/15	11/15	19/15	11/15	19/15	12/15	11/15

图 11

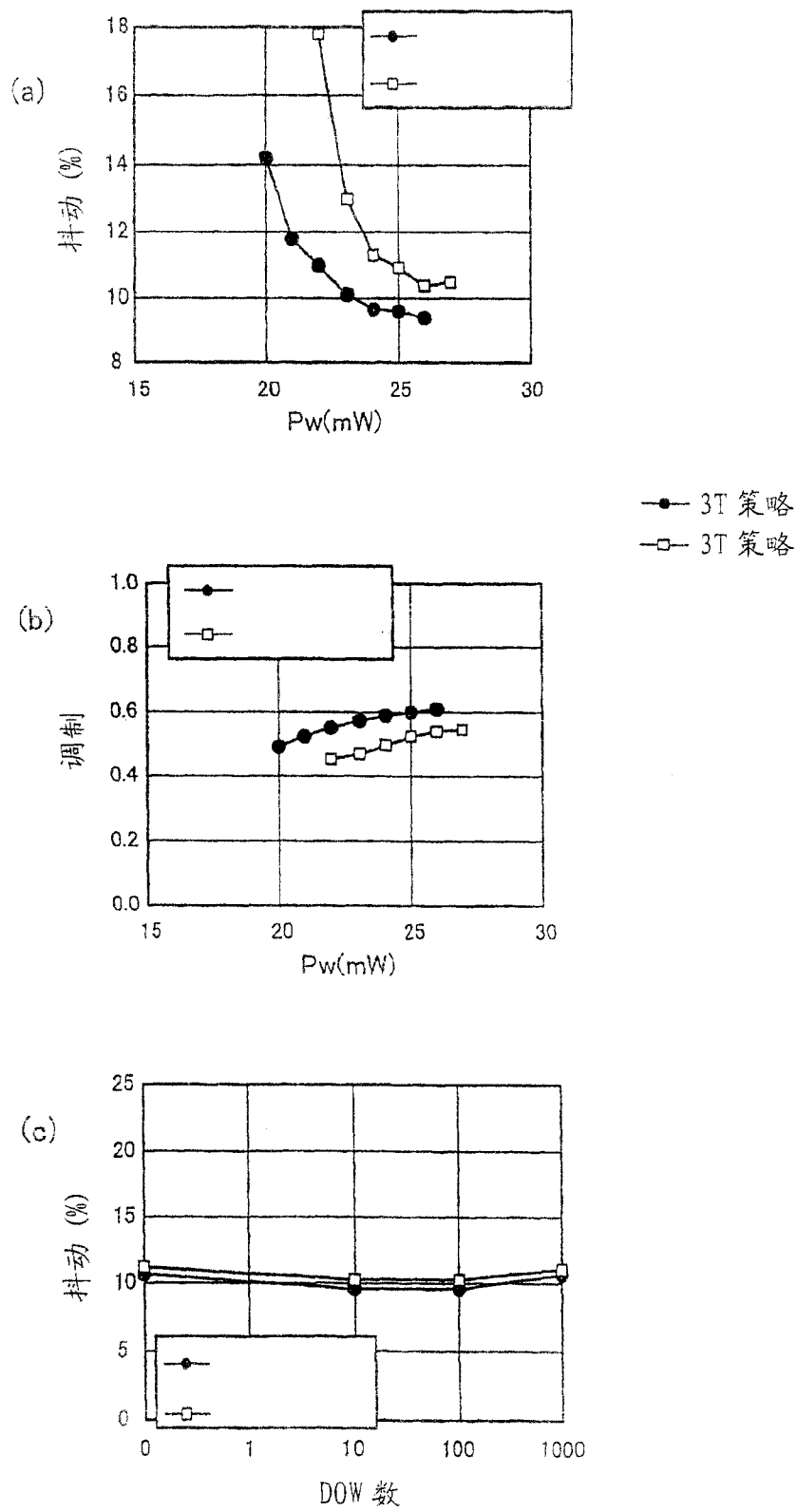


图 12

	m	dTtop	α_1	β_1	α_2	β_2	α_3	β_3	α_4	β_4	α_5	β_5
3T	1	-1/15	7/15	32/15								
4T	1	1/15	11/15	40/15								
5T	2	-2/15	7/15	28/15	6/15	34/15						
6T	2	0	7/15	38/15	7/15	34/15						
7T	2	0	7/15	45/15	11/15	34/15						
8T	3	0	7/15	38/15	7/15	25/15	6/15	34/15				
9T	3	0	7/15	38/15	7/15	38/15	7/15	34/15				
10T	3	0	7/15	38/15	7/15	45/15	11/15	34/15				
11T	4	0	7/15	38/15	7/15	38/15	7/15	38/15	6/15	34/15		
14T	5	0	7/15	38/15	7/15	38/15	7/15	38/15	7/15	38/15	6/15	34/15

图 13

	m	dTtop	α_1	β_1	α_2	β_2	α_3	β_3	α_4	β_4	α_5	β_5	α_6	β_6	α_7	β_7
3T	1	8/16	7/16	38/16												
4T	2	-1/16	6/16	24/16	6/16	36/16										
5T	2	-1/16	6/16	31/16	10/16	36/16										
6T	3	0	6/16	26/16	6/16	25/16	6/16	36/16								
7T	3	0	6/16	26/16	6/16	31/16	10/16	36/16								
8T	4	0	6/16	26/16	6/16	26/16	6/16	26/16	6/16	36/16						
9T	4	0	6/16	26/16	6/16	26/16	6/16	31/16	10/16	36/16						
10T	5	0	6/16	26/16	6/16	26/16	6/16	26/16	6/16	26/16	6/16	36/16				
11T	5	0	6/16	26/16	6/16	26/16	6/16	26/16	6/16	31/16	10/16	36/16				
14T	7	0	6/16	26/16	6/16	26/16	6/16	26/16	6/16	26/16	6/16	26/16	6/16	26/16	6/16	36/16

图 14

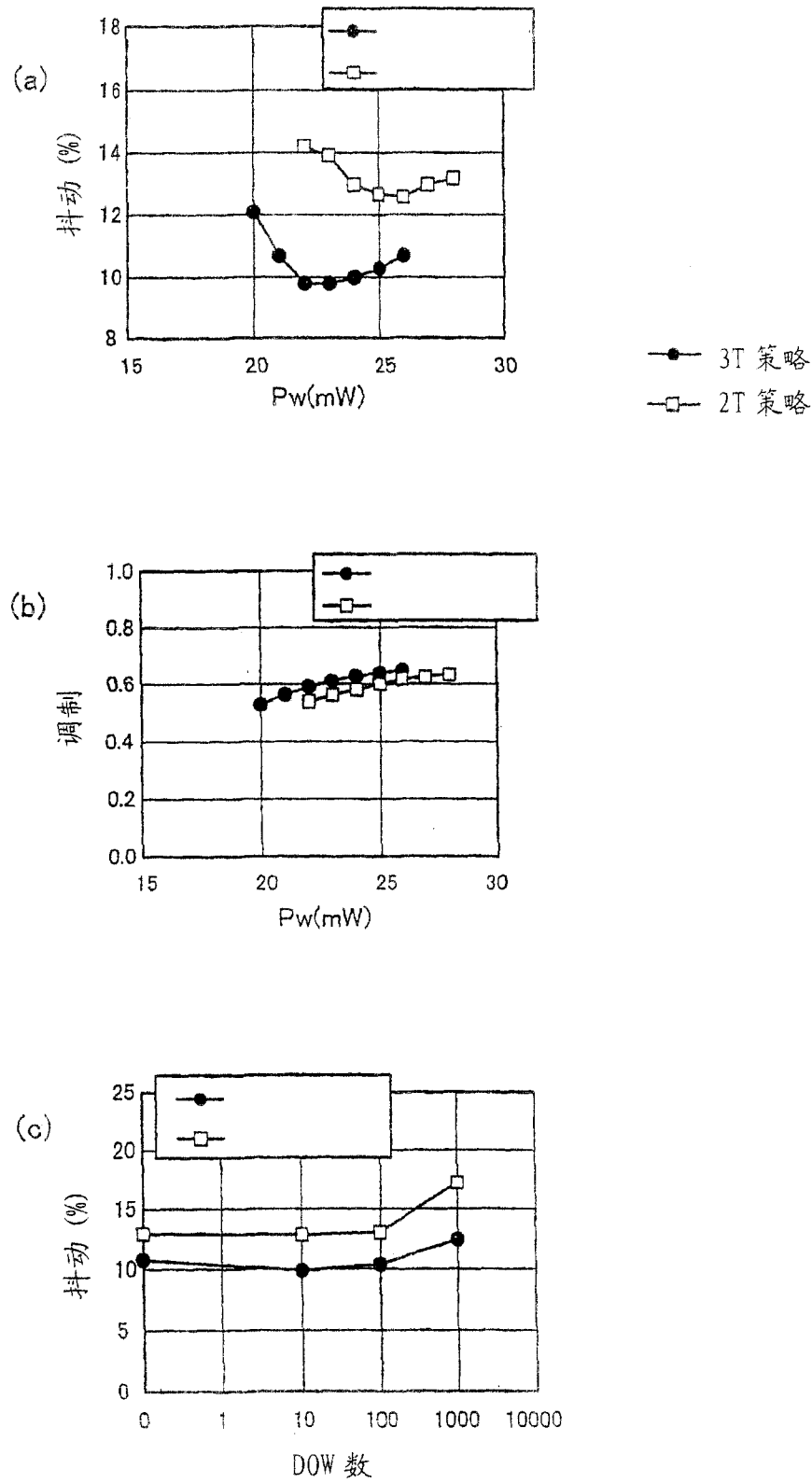


图 15

	m	dTtop	α_1	β_1	α_2	β_2	α_3	β_3	α_4	β_4	α_5	β_5
3T	1	-1/15	18/15	5/15								
4T	1	0	29/15	8/15								
5T	2	-1/15	20/15	17/15	15/15	8/15						
6T	2	0	25/15	20/15	18/15	8/15						
7T	2	0	25/15	20/15	30/15	8/15						
8T	2	0	30/15	30/15	30/15	8/15						
9T	3	0	25/15	20/15	25/15	20/15	18/15	8/15				
10T	3	0	25/15	20/15	25/15	20/15	30/15	8/15				
11T	3	0	30/15	30/15	25/15	20/15	30/15	8/15				
14T	4	0	30/15	30/15	25/15	20/15	25/15	20/15	30/15	8/15		

图 16

	m	dTtop	α_1	β_1	α_2	β_2	α_3	β_3	α_4	β_4	α_5	β_5	α_6	β_6	α_7	β_7
3T	1	3/15	17/15	7/15												
4T	2	-4/15	16/15	18/15	12/15	10/15										
5T	2	-4/15	16/15	19/15	17/15	10/15										
6T	3	-4/15	16/15	18/15	12/15	18/15	12/15	10/15								
7T	3	-4/15	16/15	18/15	12/15	21/15	16/15	10/15								
8T	4	-4/15	16/15	18/15	12/15	18/15	12/15	18/15	12/15	10/15						
9T	4	-4/15	16/15	18/15	12/15	18/15	12/15	21/15	16/15	10/15						
10T	5	-4/15	16/15	18/15	12/15	18/15	12/15	18/15	12/15	19/15	12/15	10/15				
11T	5	-4/15	16/15	18/15	12/15	18/15	12/15	18/15	12/15	21/15	16/15	10/15				
14T	7	-4/15	16/15	18/15	12/15	18/15	12/15	18/15	12/15	18/15	12/15	18/15	12/15	18/15	12/15	10/15

图 17

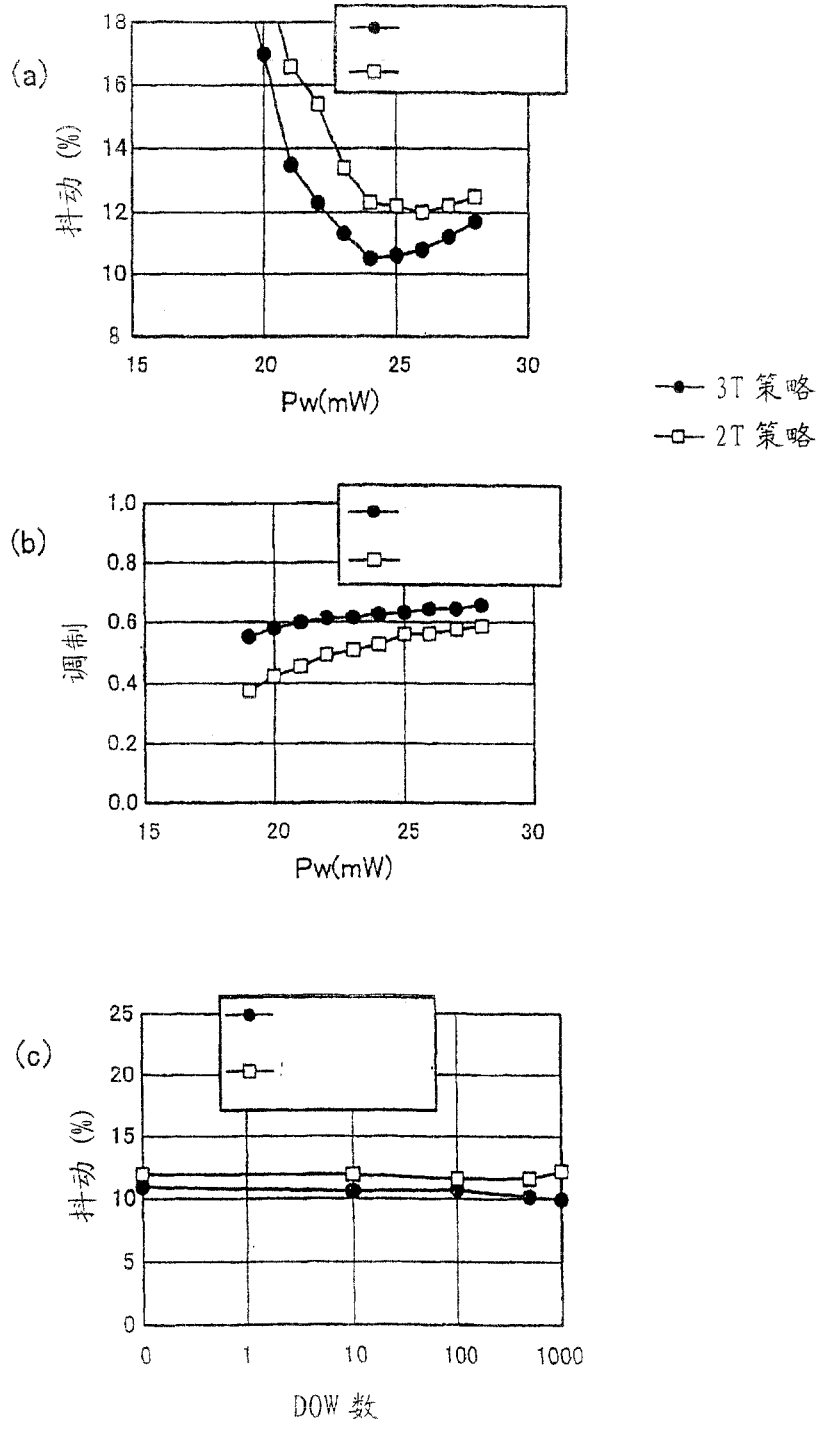


图 18

	m	dTtop	α_1	β_1	α_2	β_2	α_3	β_3	α_4	β_4	α_5	β_5
3T	1	-2/16	8/16	21/16								
4T	1	-1/16	14/16	30/16								
5T	2	-1/16	10/16	27/16	12/16	12/16						
6T	2	0	10/16	38/16	7/16	24/16						
7T	2	0	10/16	38/16	18/16	24/16						
8T	2	0	13/16	51/16	18/16	24/16						
9T	3	0	10/16	38/16	10/16	38/16	7/16	24/16				
10T	3	0	10/16	38/16	10/16	38/16	18/16	24/16				
11T	3	0	13/16	51/16	10/16	38/16	18/16	24/16				
14T	4	0	13/16	51/16	10/16	38/16	10/16	38/16	18/16	24/16		

图 19

	m	dTtop	α_1	β_1	α_2	β_2	α_3	β_3	α_4	β_4	α_5	β_5	α_6	β_6	α_7	β_7
3T	1	2/16	8/16	22/16												
4T	2	0	9/16	23/16	9/16	11/16										
5T	2	0	9/16	32/16	14/16	11/16										
6T	3	0	9/16	23/16	9/16	23/16	9/16	11/16								
7T	3	0	9/16	23/16	9/16	32/16	14/16	11/16								
8T	4	0	9/16	23/16	9/16	23/16	9/16	23/16	9/16	11/16						
9T	4	0	9/16	23/16	9/16	23/16	9/16	32/16	14/16	11/16						
10T	5	0	9/16	23/16	9/16	23/16	9/16	23/16	9/16	23/16	9/16	11/16				
11T	5	0	9/16	23/16	9/16	23/16	9/16	23/16	9/16	32/16	14/16	11/16				
14T	7	0	9/16	23/16	9/16	23/16	9/16	23/16	9/16	23/16	9/16	23/16	9/16	23/16	9/16	11/16

图 20

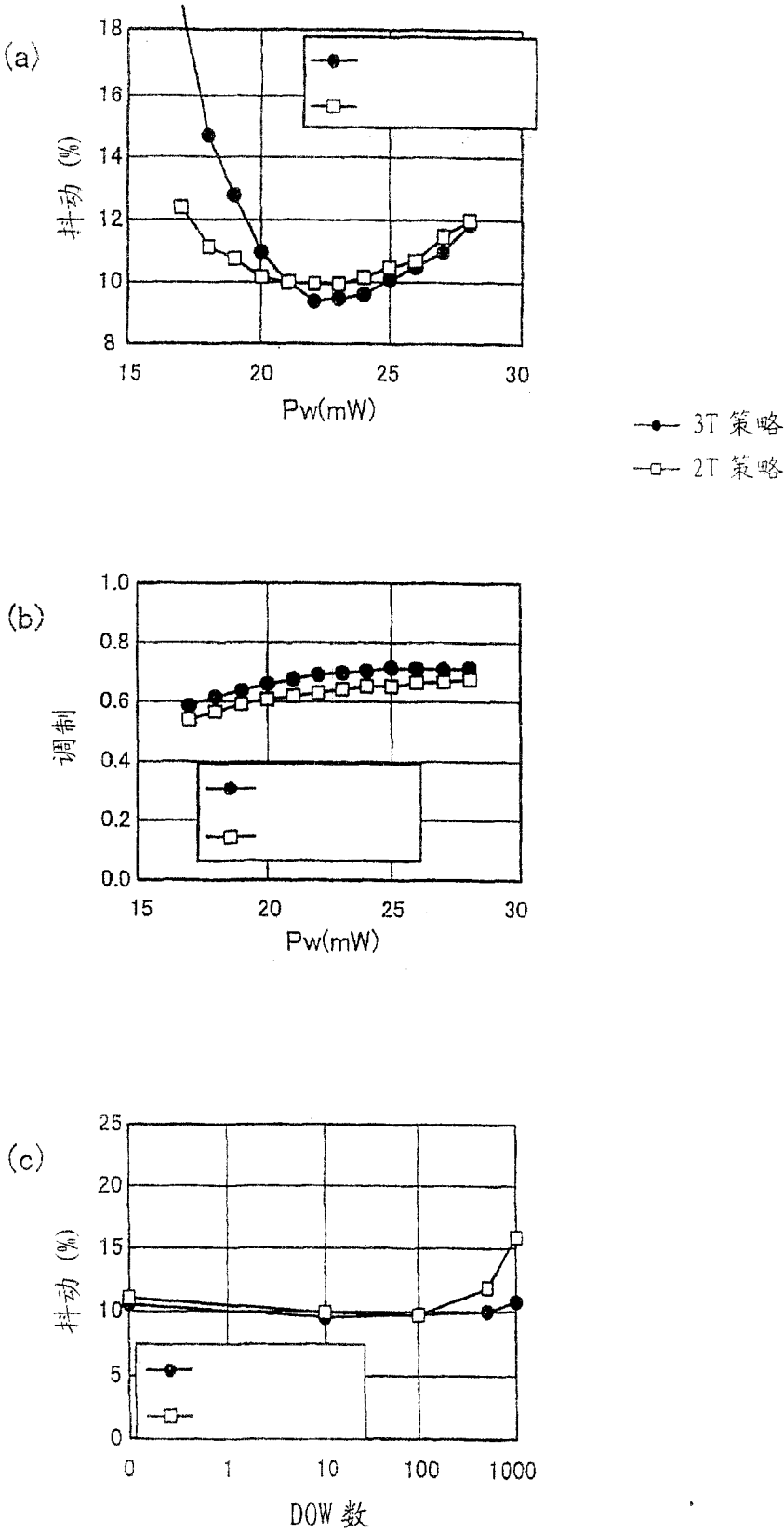
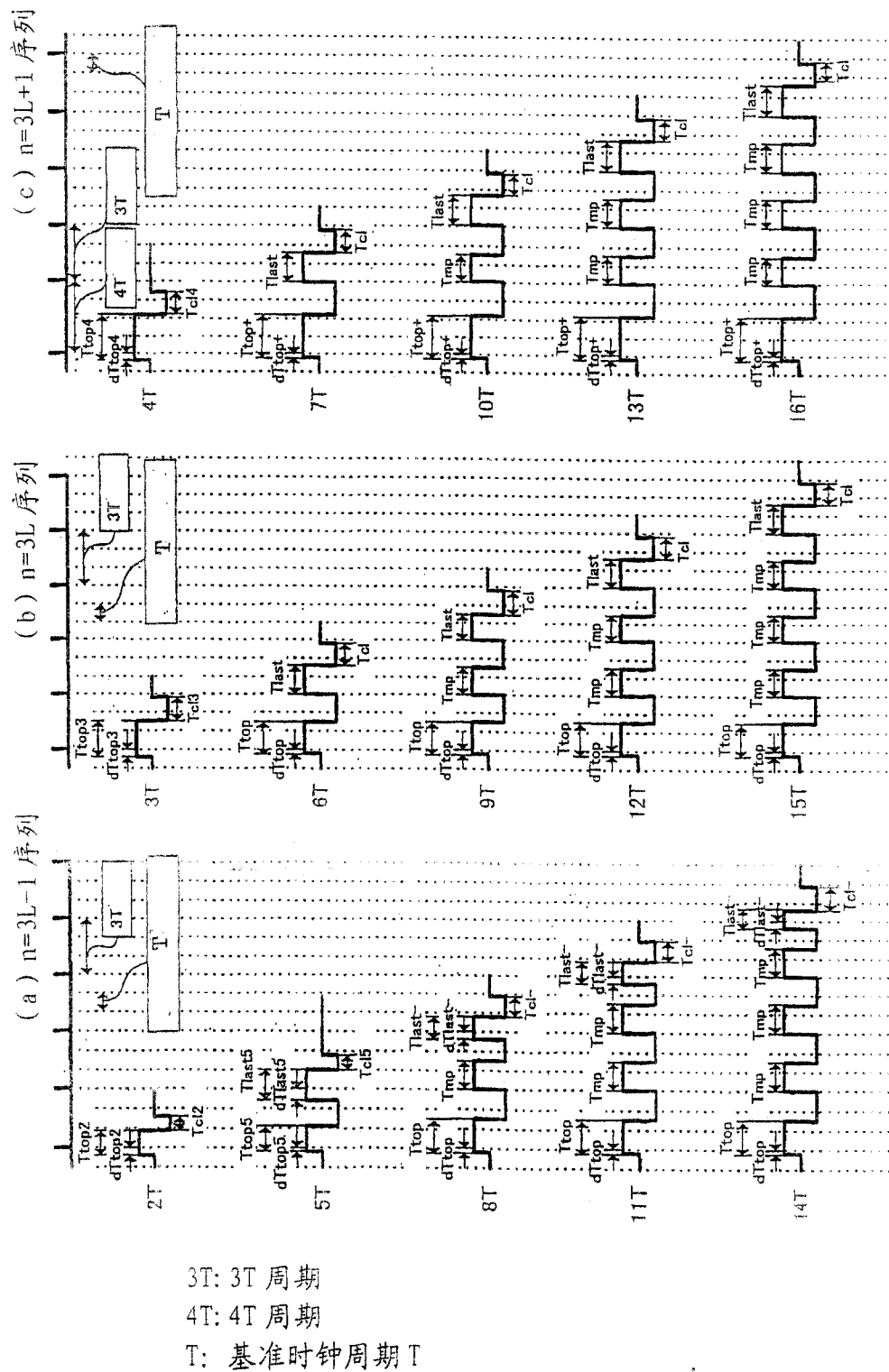


图 21



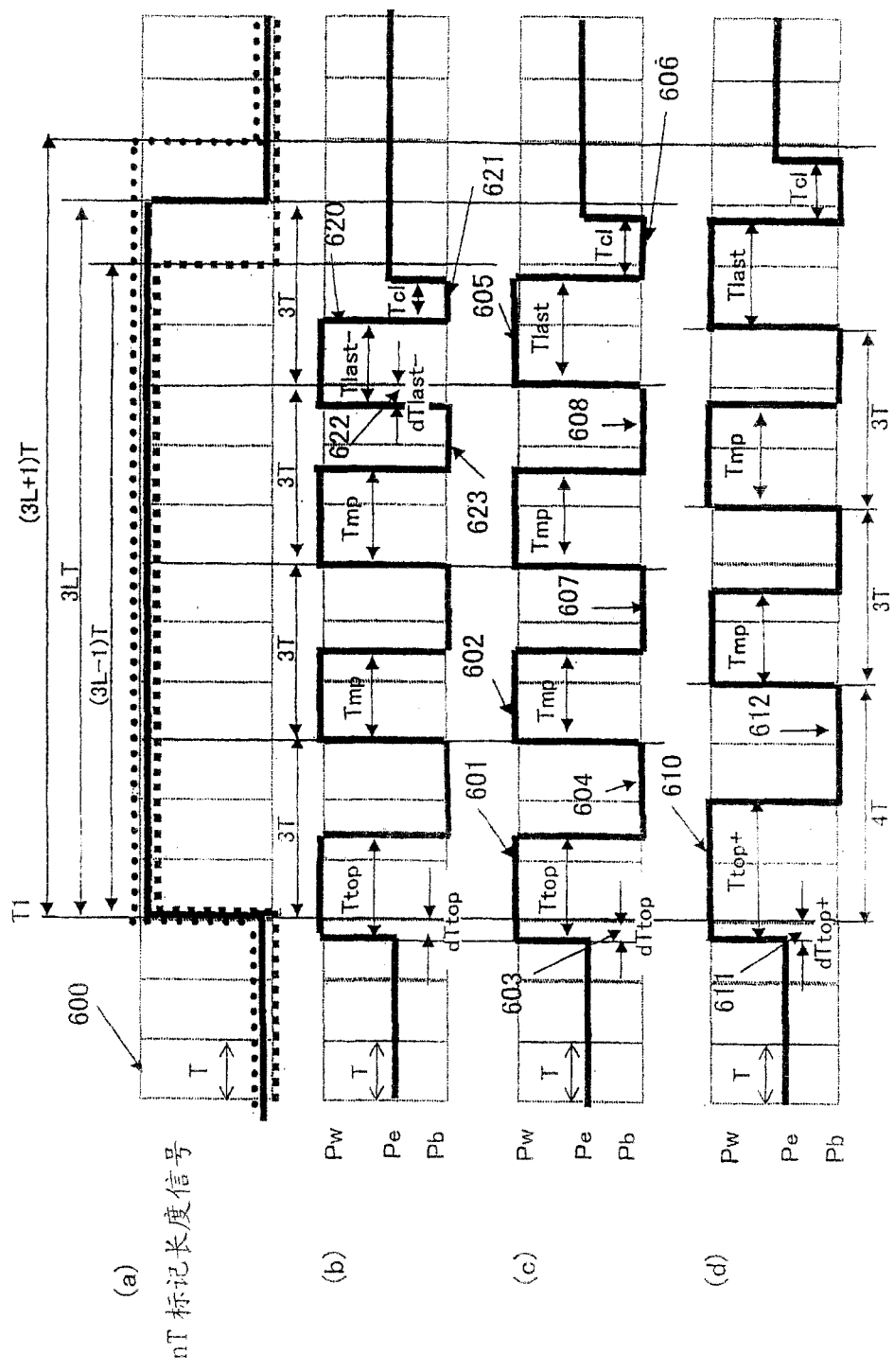


图 23

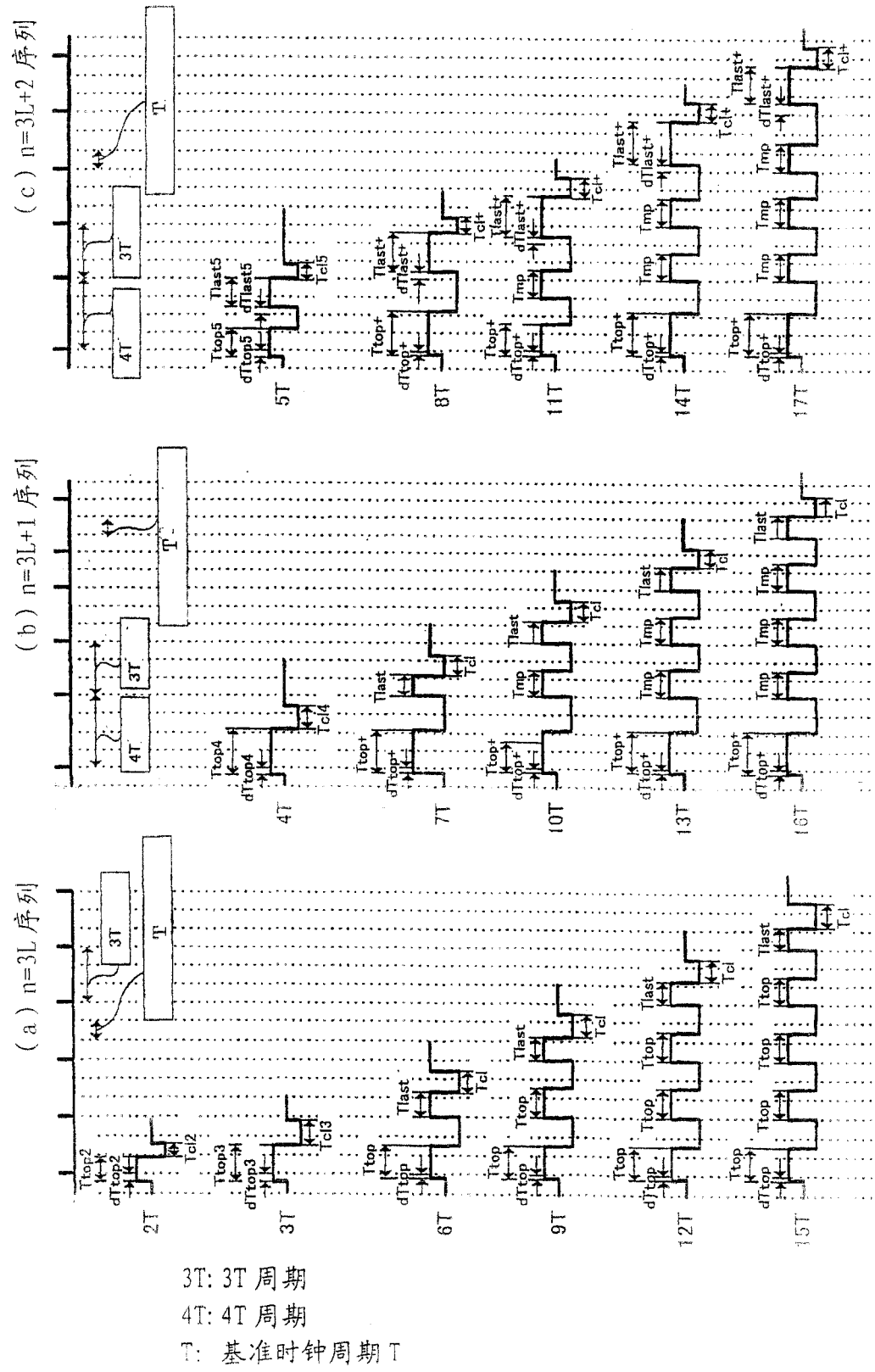
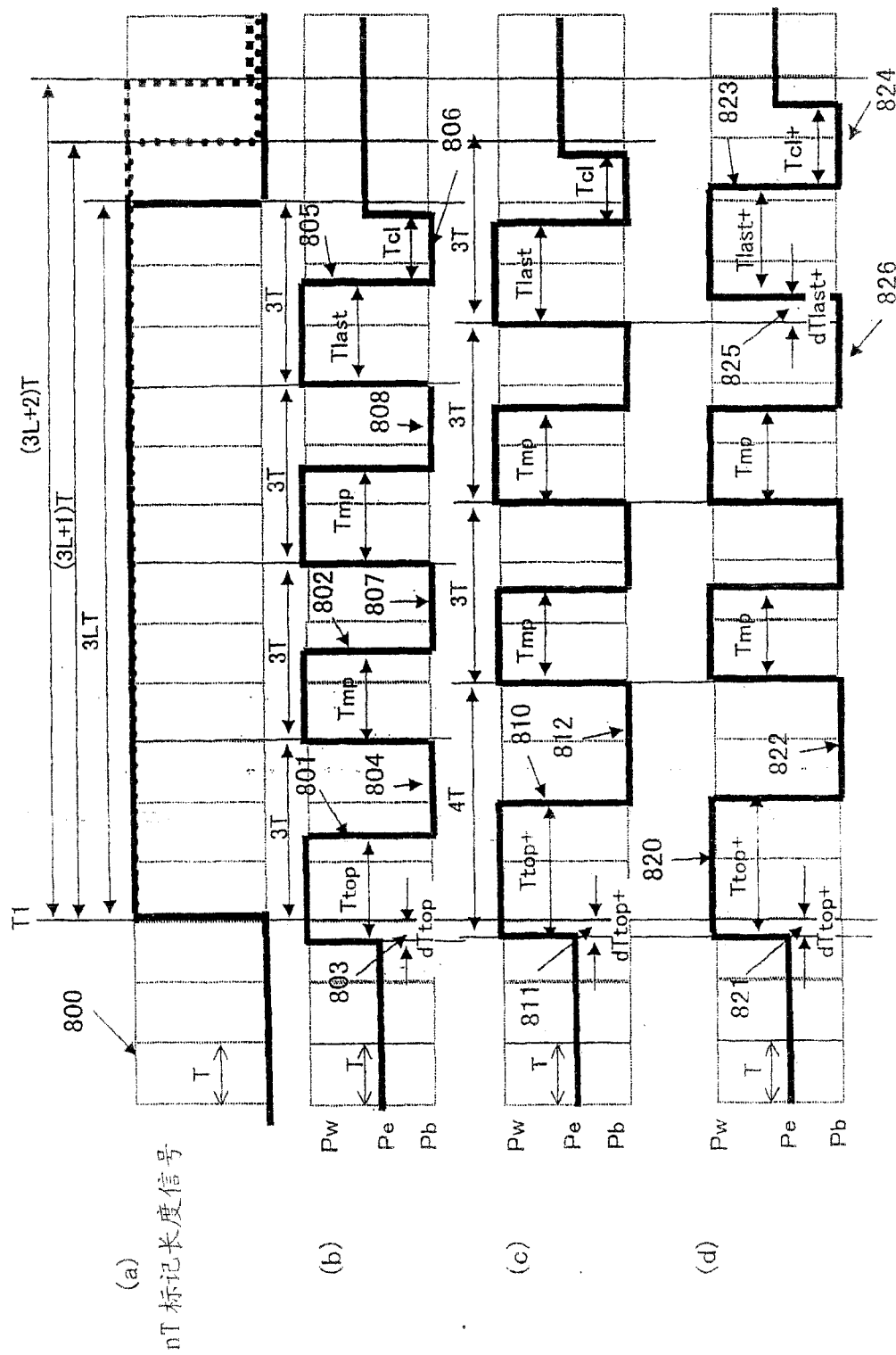


图 24



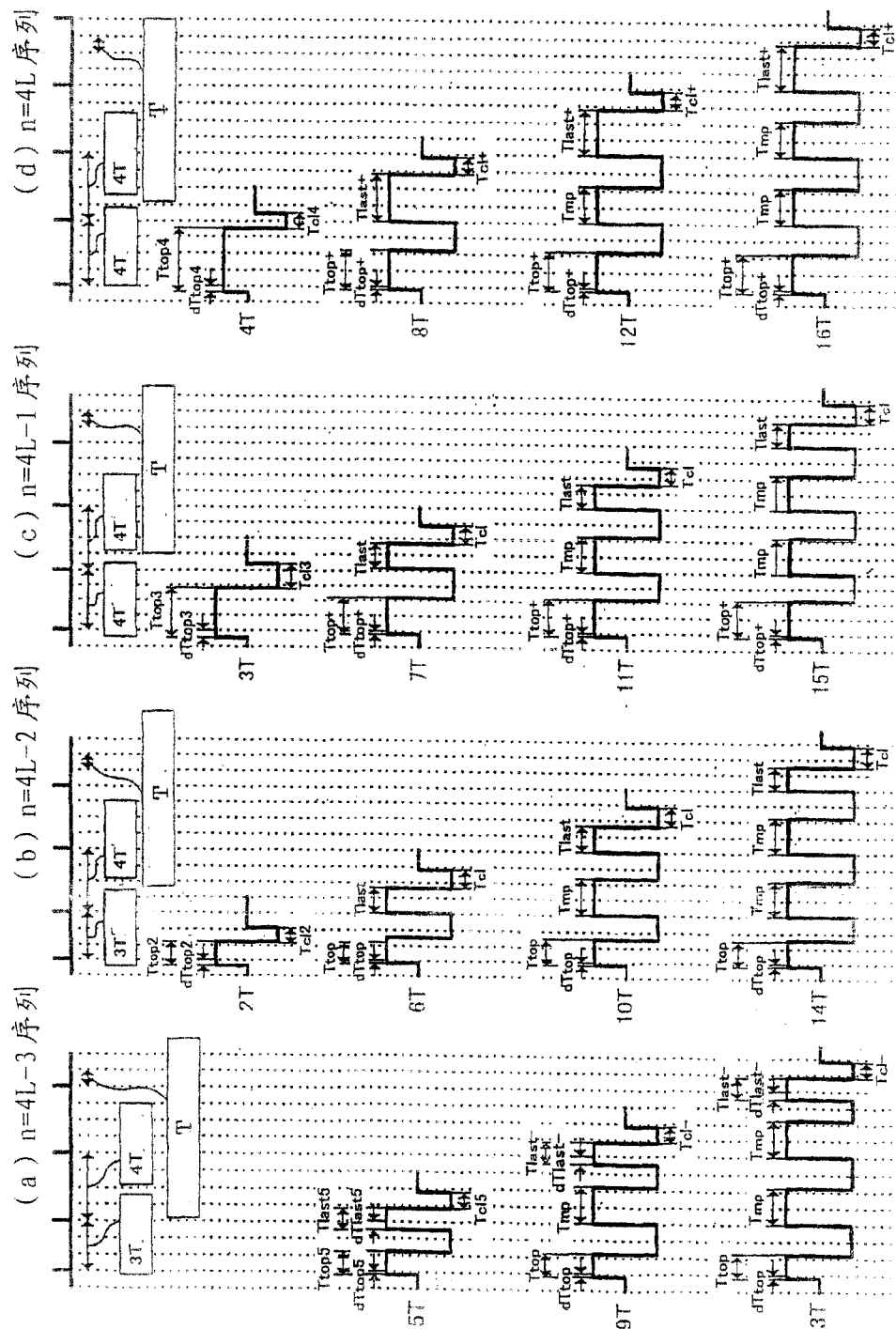
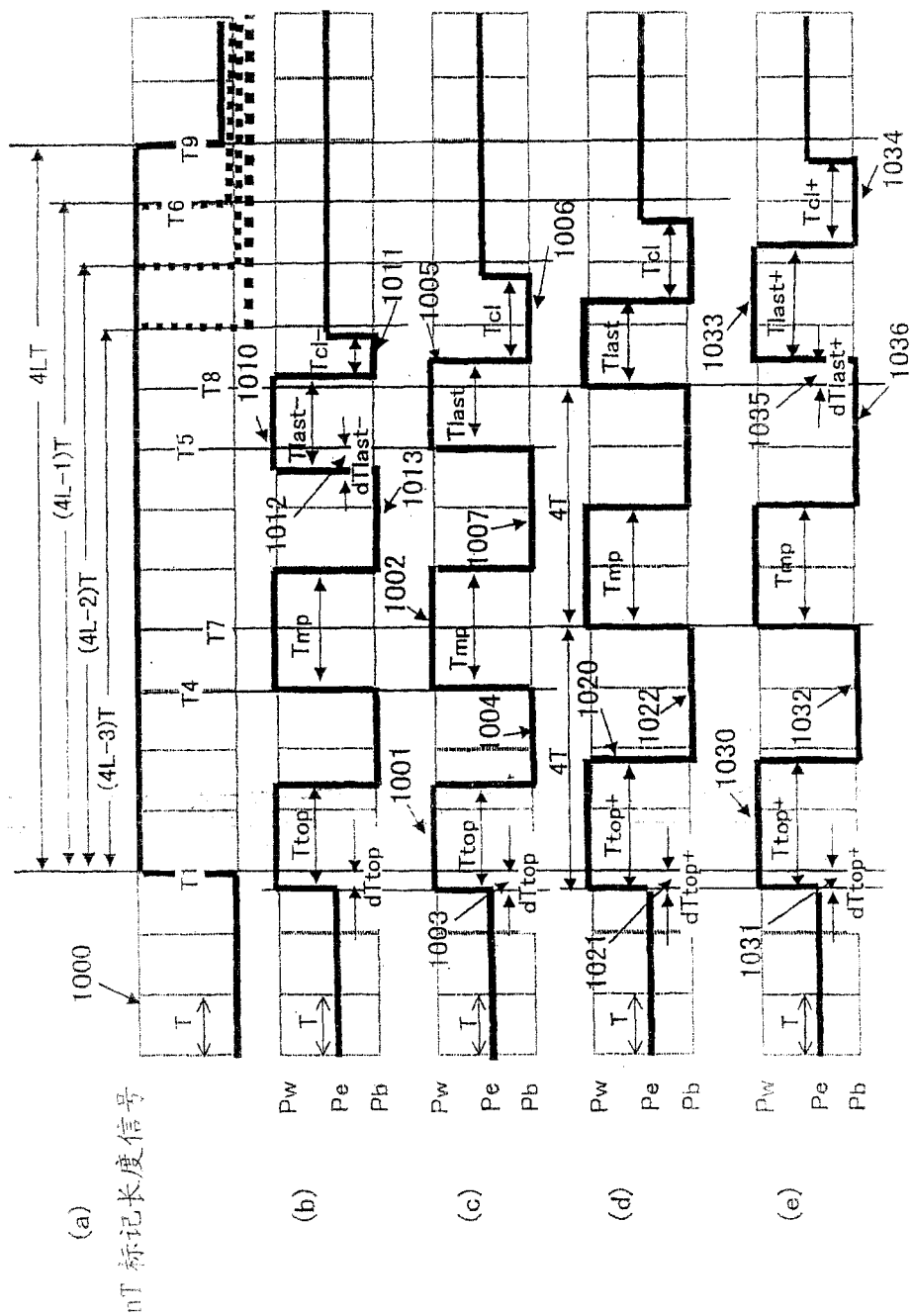


图 26



	m	dTtop	α_1	β_1	α_2	β_2	α_3	β_3	α_4	β_4
3T	1	0	12/12	6/12						
4T	1	0	22/12	8/12						
5T	2	0	13/12	17/12	9/12	8/12				
6T	2	0	16/12	20/12	12/12	8/12				
7T	2	0	16/12	20/12	22/12	8/12				
8T	2	0	20/12	28/12	22/12	8/12				
9T	3	0	16/12	20/12	20/12	17/12	12/12	8/12		
10T	3	0	16/12	20/12	20/12	28/12	12/12	8/12		
11T	3	0	16/12	20/12	20/12	28/12	22/12	8/12		
14T	4	0	16/12	20/12	20/12	28/12	20/12	28/12	12/12	8/12

图 28

	m	dT _{top}	α_1	β_1	α_2	β_2	α_3	β_3	α_4	β_4
3T	1	0	4/15	34/15						
4T	1	0	11/15	44/15						
5T	2	0	5/15	29/15	5/15	28/15				
6T	2	0	5/15	40/15	6/15	30/15				
7T	2	0	5/15	40/15	10/15	42/15				
8T	2	0	10/15	50/15	10/15	42/15				
9T	3	0	5/15	40/15	10/15	38/15	5/15	28/15		
10T	3	0	5/15	40/15	10/15	50/15	6/15	30/15		
11T	3	0	5/15	40/15	10/15	50/15	10/15	42/15		
14T	4	0	5/15	40/15	10/15	50/15	10/15	50/15	6/15	30/15

图 29

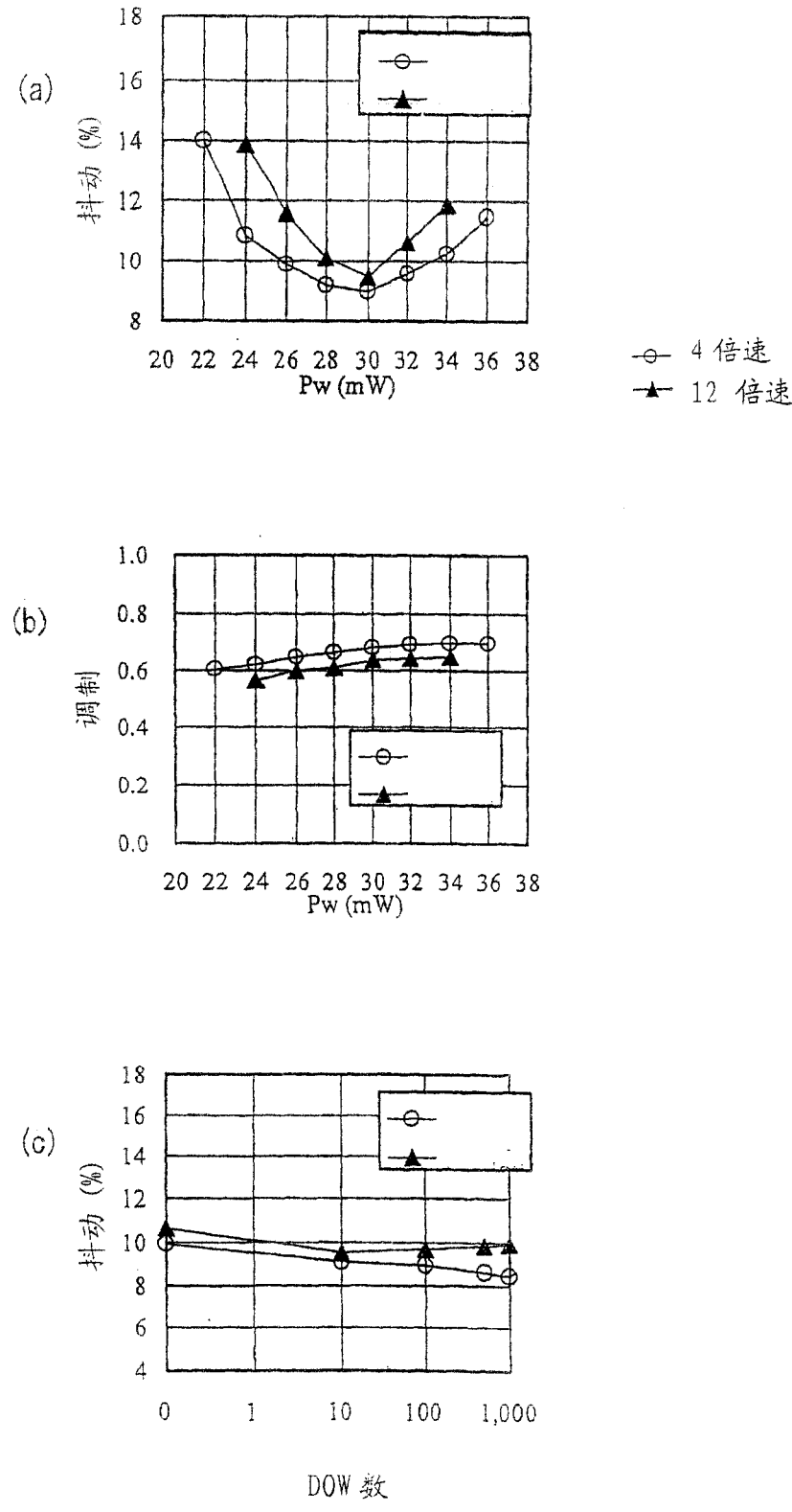


图 30

	m	dTtop	α_1	β_1	α_2	β_2	α_3	β_3	α_4	β_4
3T	1	-2/15	23/15	15/15						
4T	2	-5/15	21/15	15/15	11/15	12/15				
5T	2	-2/15	21/15	19/15	16/15	12/15				
6T	2	0	21/15	24/15	21/15	12/15				
7T	2	0	21/15	27/15	32/15	12/15				
8T	3	-1/15	21/15	25/15	20/15	19/15	15/15	12/15		
9T	3	-1/15	21/15	25/15	20/15	25/15	21/15	12/15		
10T	3	-1/15	21/15	25/15	20/15	28/15	32/15	12/15		
11T	4	-1/15	21/15	25/15	20/15	25/15	20/15	19/15	15/15	12/15

图 31

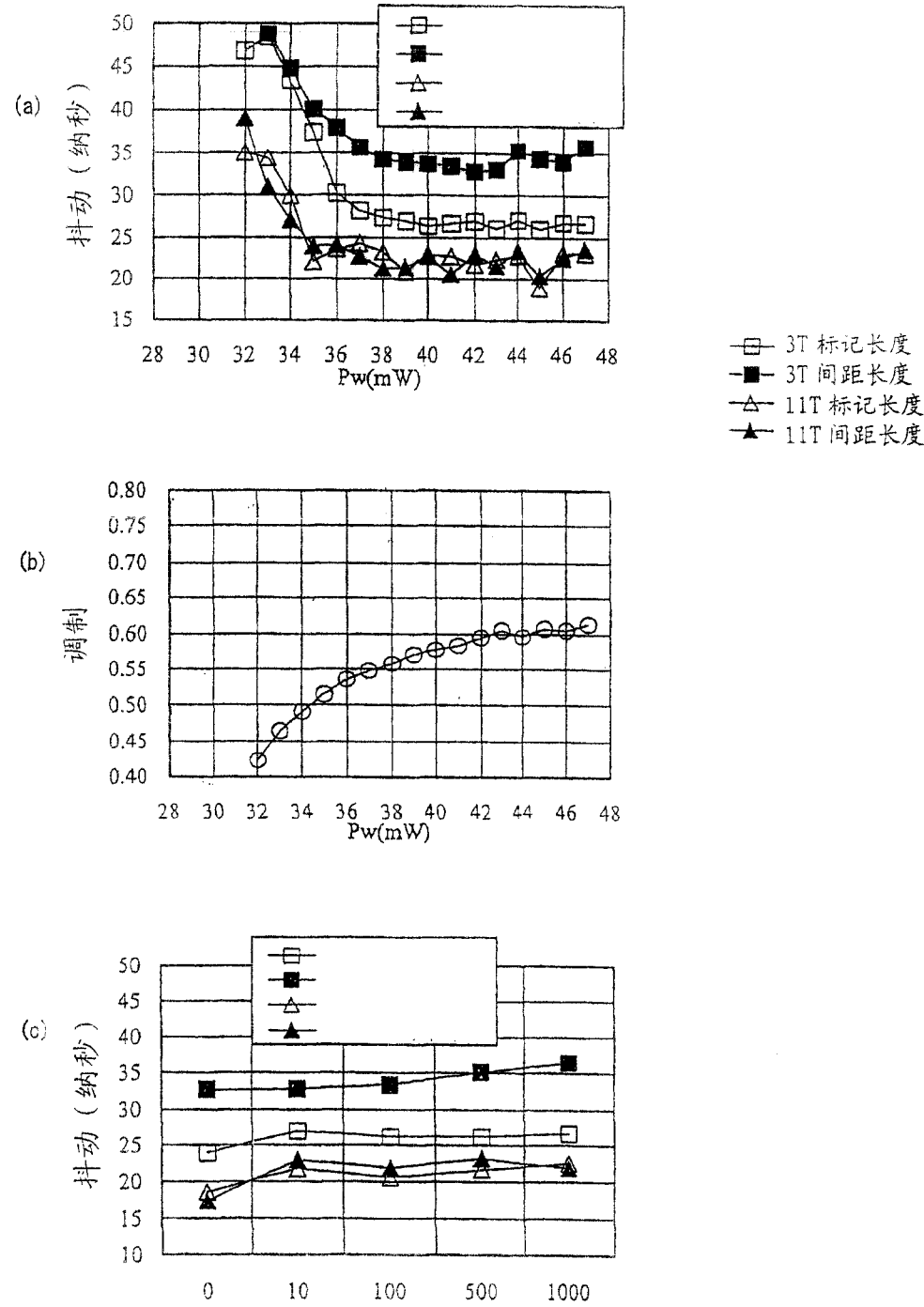


图 32

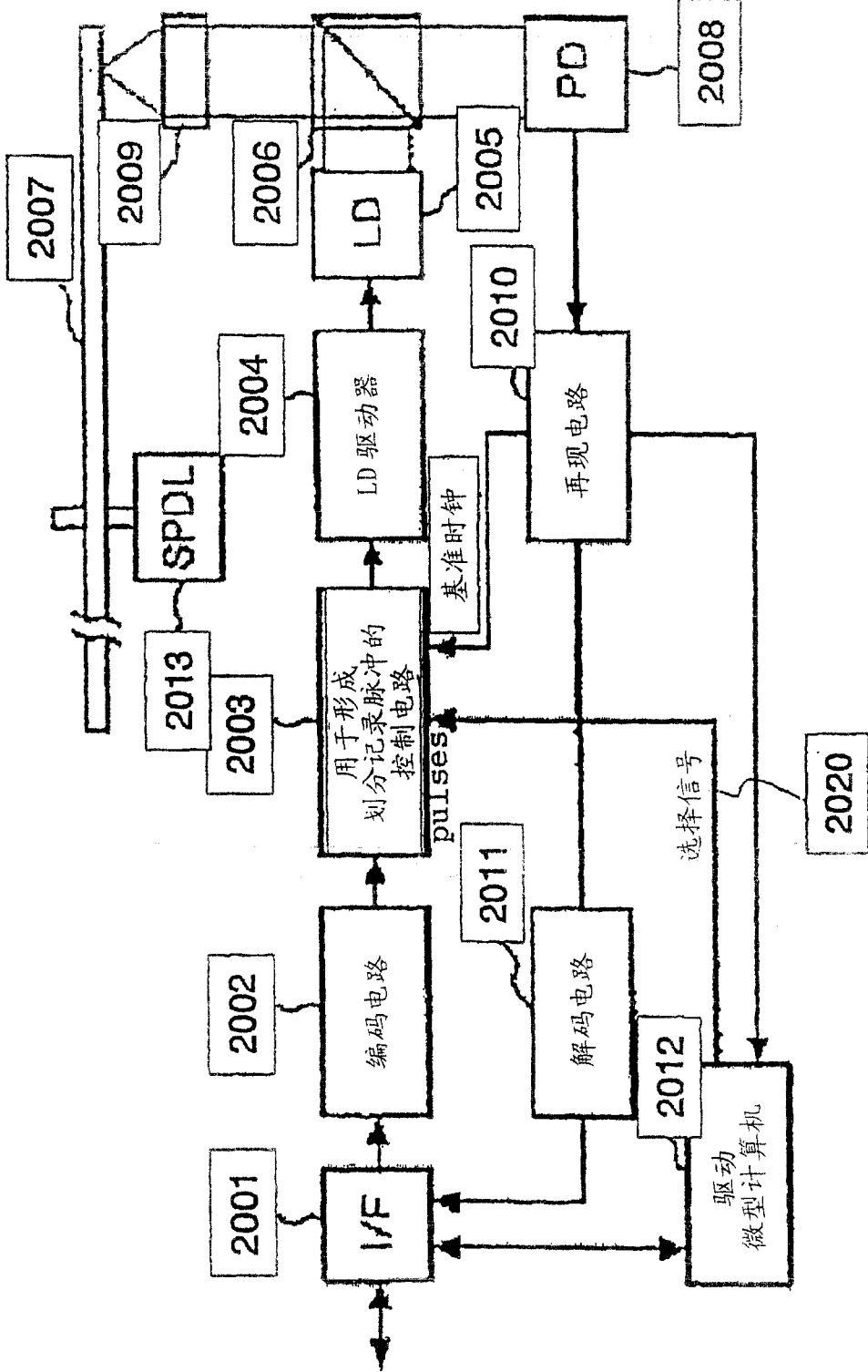


图 33

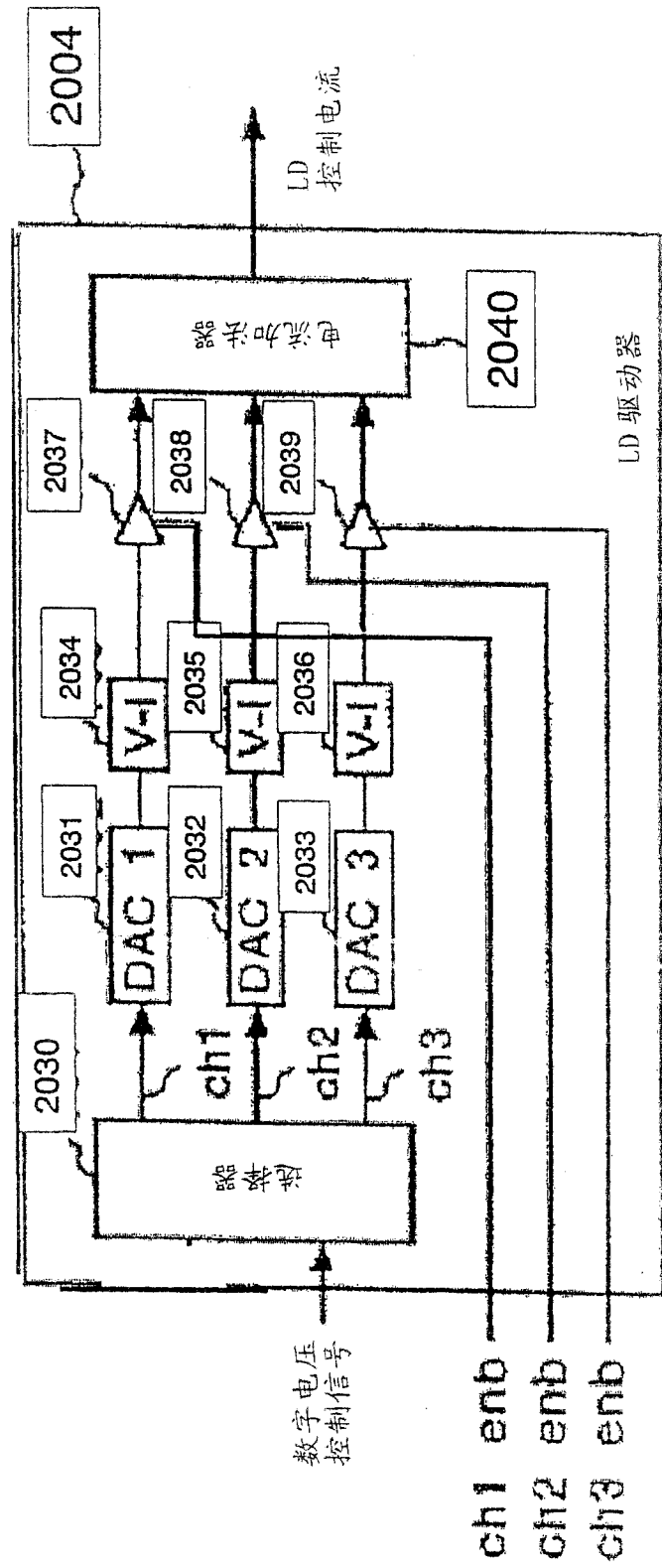


图 34