

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01S 13/08 (2006.01)

G01S 13/22 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510070983.7

[45] 授权公告日 2009年2月11日

[11] 授权公告号 CN 100460891C

[22] 申请日 2005.5.19

[21] 申请号 200510070983.7

[30] 优先权

[32] 2004.9.8 [33] JP [31] 2004-261479

[73] 专利权人 富士通株式会社

地址 日本神奈川县

共同专利权人 富士通天株式会社

[72] 发明人 森谷正义 石井聪 关哲生

浜田和亮 冈谦治 太田明宏

[56] 参考文献

CN1221114A 1999.6.30

GB2335103A 1999.9.8

US6111537A 2000.8.29

JP61133885A 1986.6.21

EP0184424A2 1986.6.11

US6639546 B1 2003.10.28

JP2000111639A 2000.4.21

US4973968A 1990.11.27

CN1173226A 1998.2.11

审查员 侯新宇

[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

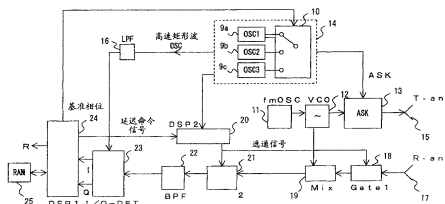
权利要求书 3 页 说明书 18 页 附图 9 页

[54] 发明名称

通过脉冲雷达来测量距离的方法及装置

[57] 摘要

通过脉冲雷达来测量距离的方法及装置。为了提供用于通过能够可靠地消除来自超过由脉冲产生周期确定的可检测极限的距离的假反射的脉冲雷达来测量距离的方法及装置，该脉冲雷达包括：脉冲信号发送单元，其在 OSC (9a ~ 9c) 处产生具有不同周期的脉冲信号，通过 OSC 转换器(10) 切换为预定时间间隔，并将该脉冲信号发送到目标；反射信号接收单元，其接收反射信号并将数据存储在 RAM (25) 中；反射信号数据获取单元，其获取各个反射信号的数据；以及反射信号识别单元，其在发送基准脉冲信号后，对在预定时间段内的相同滞后时间接收的反射信号的接收强度进行比较，并识别所发送的基准脉冲信号的反射信号。



1、一种脉冲雷达，其包括：

脉冲信号产生单元，用于产生具有至少两个不同周期的脉冲信号；

脉冲信号切换单元，用于以预定的时间间隔来切换由所述脉冲信号产生单元产生的脉冲信号，并输出所述信号；

脉冲信号发送单元，用于从所述脉冲信号切换单元向目标发送脉冲信号；

反射信号接收单元，用于接收来自所述目标的反射信号，并将至少包含所述反射信号的接收强度和所述反射信号的接收时间的数据在内的接收数据存储在其存储单元中；

反射信号数据获取单元，用于从由所述反射信号接收单元存储的所述接收数据中，获得具有不同周期的所有脉冲信号的每一个反射信号的反射信号数据；以及

反射信号识别单元，用于对由所述反射信号数据获取单元获得的具有不同周期的脉冲信号的各个反射信号数据，在发送基准脉冲信号之后，对在预定时间段内接收的反射信号的接收强度进行比较，以计算接收强度的最低值，并且仅当所述最低值大于或等于预定接收强度时，才将所述反射信号识别为所述基准脉冲信号的反射信号。

2、根据权利要求1所述的脉冲雷达，其中所述反射信号接收单元仅在所请求的时间段内接收来自所述目标的反射信号，并将至少包含所述请求的时间段内的所述反射信号的接收强度在内的数据存储在其存储单元中，并且

所述反射信号识别单元对于由所述反射信号数据获取单元获得的具有不同周期的脉冲信号的各个反射信号数据，对所述请求的时间段内的所述反射信号的接收强度进行比较，并且仅当作为该比较的结果，检测到等于或大于预定接收强度的接收强度时，才将所述反射信号识别为所述基准脉冲信号的反射信号。

3、根据权利要求1所述的脉冲雷达，其中所述反射信号接收单元在

所述存储单元中仅存储来自所述目标的反射信号的接收强度的数据以及所述反射信号的滞后时间的数据。

4、根据权利要求 1 所述的脉冲雷达，其中所述脉冲信号产生单元产生具有三个不同周期  $T_a$ 、 $T_b$  和  $T_c$  的脉冲信号，并且这些脉冲信号的频率  $f_a$ 、以及频率  $f_b$  和  $f_c$  通过以下使用  $m$  的公式来表示，其中  $m$  是当频率是  $f_a$  时可检测距离的极限的倍数：

$$f_b = f_a * (m+N1)/m,$$

$$f_c = f_a * m / (m+N2),$$

$$0 < N1 < m,$$

$$0 < N2 < m.$$

5、一种通过脉冲雷达来测量距离的方法，包括：

脉冲信号产生处理，用于产生具有至少两个不同周期的脉冲信号；

脉冲信号切换处理，用于以预定的时间间隔来切换通过所述脉冲信号产生处理产生的脉冲信号，并输出所述信号；

脉冲信号发送处理，用于根据所述脉冲信号切换处理向目标发送脉冲信号；

反射信号接收处理，用于接收来自所述目标的反射信号，并将至少包含所述反射信号的接收强度和所述反射信号的接收时间的数据在内的接收数据存储于存储单元中；

反射信号数据获取处理，用于从通过所述反射信号接收处理进行了存储的所述接收数据中，获得具有不同周期的所有脉冲信号的每一个反射信号的反射信号数据；以及

反射信号识别处理，用于对通过所述反射信号数据获取处理获得的具有不同周期的脉冲信号的各个反射信号数据，在发送基准脉冲信号之后，对在预定时间段内接收的反射信号的接收强度进行比较，以计算接收强度的最低值，并且仅当所述最低值大于或等于预定接收强度时，才将所述反射信号识别为所述基准脉冲信号的反射信号。

6、根据权利要求 5 所述的方法，其中所述反射信号接收处理仅在所请求的时间段内接收来自所述目标的反射信号，并将至少包含所述请求

的时间段内的所述反射信号的接收强度在内的数据存储在所述存储单元中，并且所述反射信号识别处理对于通过所述反射信号数据获取处理获得的具有不同周期的脉冲信号的各个反射信号数据，对所述请求的时间段内的所述反射信号的接收强度进行比较，并且仅当作为该比较的结果，检测到等于或大于预定接收强度的接收强度时，才将所述反射信号识别为所述基准脉冲信号的反射信号。

7、根据权利要求5所述的方法，其中所述反射信号接收处理在所述存储单元中仅存储来自所述目标的反射信号的接收强度的数据以及所述反射信号的滞后时间的数据。

8、根据权利要求5所述的方法，其中所述脉冲信号产生处理产生具有三个不同周期  $T_a$ 、 $T_b$  和  $T_c$  的脉冲信号，并且这些脉冲信号的频率  $f_a$ 、以及频率  $f_b$  和  $f_c$  通过以下使用  $m$  的公式来表示，其中  $m$  是当频率是  $f_a$  时可检测距离的极限的倍数：

$$f_b = f_a * (m+N1)/m,$$

$$f_c = f_a * m / (m+N2),$$

$$0 < N1 < m,$$

$$0 < N2 < m.$$

## 通过脉冲雷达来测量距离的方法及装置

### 技术领域

本发明涉及用于通过脉冲雷达来测距的一种方法和一种装置，该方法和装置基于一反射脉冲信号来精确测量该装置与目标的距离，所述反射脉冲信号是从该装置发出并由所述目标反射的高频信号。

### 背景技术

通常，脉冲雷达发射经过调制并且具有指定频率（例如，对于车载雷达为 76GHz）的脉冲，并通过计算来自目标的反射脉冲信号的滞后时间来测量该雷达到该目标的距离。

图 1A 表示向四个目标发送的脉冲信号及其反射脉冲信号。这些图分别表示（1）单个脉冲信号、（2）接收信号、（3）重复脉冲信号以及（4）接收信号。

在此，接收信号 A1、B1、C1 和 D1 是由脉冲雷达的接收单元测量的脉冲信号 S1 的反射信号，并由其强度来表示。这些反射信号来自多个目标（目标 A、B、C 和 D），这些目标到信号发送点的距离各不相同。类似地，接收信号 A2、B2、C2 和 D2 是来自这些目标的脉冲信号 S2 的反射信号，并由它们的强度来表示。

如图 1A（1）所示，当发射单个脉冲信号 S1 时，反射信号从这些目标返回，并对接收信号 A1、B1、C1 和 D1 进行检测。在此，将接收信号 C1 和 D1 到脉冲信号产生点的滞后时间分别表示为滞后时间  $\tau_1$  和滞后时间  $\tau_2$ 。

同时，如图 1A（3）所示，当向这些目标发射周期 T（脉冲周期）的重复脉冲信号时，在脉冲信号 S1 的同一脉冲周期内测量脉冲信号 S1 的接收信号 A1、B1 和 C1。然而，因为接收信号 D1 的滞后时间  $\tau_2$  比脉冲周期 T 长，所以将接收信号 D1 检测为脉冲信号 S2 的接收信号。（下

文中，将类似于该示例中的 D1 的接收信号称作假信号（ghost signal）。

因此，当脉冲信号的产生周期为  $\tau$ ，并且最大可测量距离为  $L$  时，脉冲信号的产生周期  $T$  必须大于  $2L/c$ （ $c$  为光速），即脉冲信号被目标反射并返回到发射处的时间。将这种情况称为由重复脉冲导致的距离测量的不确定性。

为了消除由重复脉冲导致的距离测量的不确定性，激光处理技术（Matsuo Sekine, IEICE）描述了一种脉冲雷达，该脉冲雷达利用反射脉冲信号的特性去除了回波（echo），也就是说，目标越远，其反射的强度变得越小。

另外，日本未审专利申请公报 No.Showa61-133885 公开了一种发送混合脉冲的方法。将具有不同重复周期的多个短脉冲混合在长脉冲重复周期的一个周期中，用来消除在每一个周期中的不同时间点出现的短脉冲的信号，其中将任何发送脉冲定时都称为基准脉冲定时。

日本未审专利申请公报 No.2000-111639 公开一种用于检测位于与距离测量的不确定性相对应的范围内的目标的方法；也就是说，通过同时产生具有不同频率的多个信号并使用  $N$  个检测器来检测相位，该距离的往返需要比脉冲产生的周期更长的时间。

然而，利用激光处理技术来进行短距离测量的脉冲雷达存在下述问题：不能通过分离反射强度来确保消除假信号。该处理需要短的脉冲产生周期，以保证足够的分离精度（分辨率）。当目标的尺寸和反射强度相差很大（例如汽车和人），尤其在需要高精度地进行短距离测量时，这成为一个问题。

另外，日本未审专利申请公报 No.Showa61-133885 所公开的方法仅消除了长短混合脉冲雷达中的脉冲之间的干涉；该方法并不用于消除超过脉冲重复的时间周期的回波（假信号）。

日本未审专利申请公报 No.2000-111639 中的方法需要用于同时发出多个信号的装置以及测量距离的相位检测器的较大结构。如上所述，对于能够在大约 10cm 到超过 10m 范围内进行高精度测量的短脉冲雷达，难以分离该假信号，如图 1A 所示，该假信号是在增加脉冲频率重复以改

善接收信号的 S/N (信噪比) 时, 来自超出重复周期的检测距离限制的目标的反射脉冲。此外, 还存在发送信号和接收信号干涉 (也就是当脉冲雷达发出脉冲信号时, 该脉冲雷达错误地接收它自己的发送信号作为接收信号) 妨碍了对反射信号的周期性检测的某些情况。

此外, 类似于现有的用于气象观察的脉冲雷达, 长周期脉冲的使用大大增加了脉冲发射点所需的电能, 以改善 S/N, 并导致成本以及电路制造方面的问题。

### 发明内容

鉴于上述问题提出了本发明。本发明的一个目的是提供一种脉冲雷达, 其可靠地消除了来自目标的假回波 (假信号), 该目标位于由脉冲周期确定的可测量极限以外。本发明的另一目的是提供一种用于使用脉冲雷达来测量距离的方法和装置, 其能够测量由脉冲重复周期限制的距离。

为了实现上述目的, 根据本发明的脉冲雷达包括:

脉冲信号产生单元, 用于产生具有至少两个不同周期的脉冲信号;

脉冲信号切换单元, 用于以预定的时间间隔来切换由所述脉冲信号产生单元产生的脉冲信号, 并输出所述信号;

脉冲信号发送单元, 用于从所述脉冲信号切换单元向目标发送脉冲信号;

反射信号接收单元, 用于接收来自所述目标的反射信号, 并将至少包含所述反射信号的接收强度和所述反射信号的接收时间的数据在内的接收数据存储在其存储单元中;

反射信号数据获取单元, 用于从由所述反射信号接收单元存储的所述接收数据中, 获得具有不同周期的所有脉冲信号的每一个反射信号的反射信号数据; 以及

反射信号识别单元, 用于对由所述反射信号数据获取单元获得的具有不同周期的脉冲信号的各个反射信号数据, 在发送基准脉冲信号之后, 对在预定时间段内接收的反射信号的接收强度进行比较, 以计算接收强度的最低值, 并且仅当所述最低值大于或等于预定接收强度时, 才将所

述反射信号识别为所述基准脉冲信号的反射信号。

另外，由所述脉冲雷达执行的距离测量方法包括：

脉冲信号产生处理，用于产生具有至少两个不同周期的脉冲信号；

脉冲信号切换处理，用于以预定的时间间隔来切换通过所述脉冲信号产生处理产生的脉冲信号，并输出所述信号；

脉冲信号发送处理，用于根据所述脉冲信号切换处理向目标发送脉冲信号；

反射信号接收处理，用于接收来自所述目标的反射信号，并将至少包含所述反射信号的接收强度和所述反射信号的接收时间的数据在内的接收数据存储在其存储单元中；

反射信号数据获取处理，用于从通过所述反射信号接收处理进行了存储的所述接收数据中，获得具有不同周期的所有脉冲信号的每一个反射信号的反射信号数据；以及

反射信号识别处理，用于对通过所述反射信号数据获取处理获得的具有不同周期的脉冲信号的各个反射信号数据，在发送基准脉冲信号之后，对在预定时间段内接收的反射信号的接收强度进行比较，以计算接收强度的最低值，并且仅当所述最低值大于或等于预定接收强度时，才将所述反射信号识别为所述基准脉冲信号的反射信号。

#### 附图说明

图 1A 表示由传统的脉冲雷达发射到四个目标的脉冲信号及其反射信号的示例。

图 1B 是表示根据本发明优选实施例的脉冲雷达的结构方框图。

图 2A 表示发射到目标的脉冲周期为  $T_a$  的脉冲信号及其反射信号。

图 2B 表示发射到目标的脉冲周期为  $T_b$  的脉冲信号及其反射信号。

图 2C 表示发射到目标的脉冲周期为  $T_c$  的脉冲信号及其反射信号。

图 2D 表示用于对图 2A 至图 2C 中的反射信号进行比较的任意基准脉冲信号，以及用于对该基准信号之后的反射信号进行比较的检测信号。

图 3 是描述反射信号识别处理的细节的流程图。



图4是反射信号识别处理的变型示例的流程图。

图5是仅当存在强度时,反射信号数据1(Ta)、反射信号数据2(Tb)以及反射信号数据3(Tc)的反射信号数据的测量结果表。

### 具体实施方式

为了解决上述问题,根据本发明的脉冲雷达包括:

脉冲信号产生单元,用于产生具有至少两个不同周期的脉冲信号;

脉冲信号切换单元,用于以预定的时间间隔来切换由脉冲信号产生单元产生的脉冲信号,并输出该信号;

脉冲信号发送单元,用于从脉冲信号切换单元向目标发送脉冲信号;

反射信号接收单元,用于接收来自目标的反射信号,并将至少包含该反射信号的接收强度和该反射信号的接收时间的数据在内的接收数据存储在其存储单元中;

反射信号数据获取单元,用于从由反射信号接收单元存储的接收数据,获得具有不同周期的所有脉冲信号的每一个反射信号的反射信号数据;以及

反射信号识别单元,用于对由反射信号数据获取单元获得的各个反射信号数据,在发送基准脉冲信号之后,对在预定时间段内的相同滞后时间所接收的反射信号的接收强度进行比较,并仅当所比较的所有接收强度都基本不为零时,才将该反射信号识别为该基准脉冲信号的反射信号。

根据本发明,通过以预定时间间隔切换脉冲的脉冲信号切换单元,将由脉冲信号产生单元产生的具有不同周期的脉冲信号发射到目标。在反射信号接收单元中接收其反射脉冲,并将其作为接收数据存储于存储单元中。

在反射信号数据获取单元上,从接收数据中获得具有不同周期的上述脉冲信号的各个反射信号的反射信号数据,并且将反射信号数据和在与该反射脉冲信号相同的滞后时间获得的其他反射信号数据进行比较。当所有反射信号数据的强度都不为零时,将该反射信号识别为上述基准

脉冲信号的反射信号。

通过这种方法，当上述用于进行比较的接收信号数据中仅有一个具有上述非零的强度时，不将该强度识别为发射到目标的上述基准脉冲信号的反射信号。这种方法使得能够在发射基准脉冲之前，可靠地消除脉冲信号的反射信号（假信号）。

以下情况也是可以接受的：上述反射信号接收单元仅在所请求的时间段内接收来自目标的反射信号，并在所请求的时间段内将至少包含该反射信号的接收强度的数据存储单元中，并且反射信号识别单元在所请求的时间段内，对于由反射信号数据获取单元获得的各个反射信号数据，对反射信号的接收强度进行比较，并仅当所比较的所有接收强度都基本不为零时，才将该反射信号识别为该基准脉冲信号的反射信号。

通过这种方法，可以在所请求的时间段内快速地识别该基准脉冲信号的反射信号，这是因为在所请求的时间段（从发射基准脉冲信号开始的滞后时间）内接收来自上述目标的反射信号，并由上述反射信号识别单元对其进行识别。

通过调整（sliding）所请求的时间段，实现了在所请求的滞后时间的范围内，快速识别该基准信号的反射信号的存在，即，快速识别所请求范围的距离内的目标。

以下情况也是可以接受的：上述反射信号接收单元仅将来自目标的反射信号的接收强度的数据，以及该反射信号的滞后时间的数据存储单元中。

通过这种方式，可以将存储单元（例如，RAM 和 EEPROM）的容量保持得较小。

另外，上述脉冲信号产生单元产生具有三个不同周期  $T_a$ 、 $T_b$  和  $T_c$  的脉冲信号，并且这三个脉冲信号的频率  $f_a$ 、 $f_b$  和  $f_c$  是下述的频率或者接近于该频率的值的组合，可以通过使用  $m$ （当该频率是  $f_a$  时可检测距离的极限的倍数）的以下公式来计算该频率： $f_b = f_a * (m + N_1) / m$ ， $f_c = f_a * m / (m + N_2)$ ， $0 < N_1 < m$ ， $0 < N_2 < m$ 。

这种频率组合的使用防止了在所发射的脉冲信号被目标（该目标位

于比可测量极限远  $m$  倍的距离处) 反射的时间内的相同滞后时间接收周期为  $T_a$ 、 $T_b$  和  $T_c$  的脉冲信号。

以下情况也是可以接受的: 仅当接收强度的最低值基本上不为零时, 上述反射信号识别单元将该反射信号识别为基准脉冲信号的反射信号。

由于即使反射信号数据之一通过发射和接收干涉记录了大的强度, 也可以通过取反射信号数据的其他强度中的最低值, 来识别该反射信号的强度, 所以这些步骤使得能够由反射信号识别单元来识别反射信号, 而不受发射和接收干涉的影响。另外, 因为由位于该距离范围内的目标反射的接收信号的滞后时间不相等, 所以可测量距离可以比处理极限大  $m$  倍。

如上所述, 根据本发明, 可以提供一种脉冲雷达, 其完全消除了来自超出可测量极限(由脉冲周期确定)的距离处的假回波(假信号)。还可以提供由脉冲雷达来进行测量的方法和装置, 其使得能够进行超出重复脉冲周期的检测。

下面, 基于图 1B 至图 5 对本发明的优选实施例进行说明。

图 1B 是根据本发明优选实施例的脉冲雷达的结构方框图。

图 1B 中所示的脉冲雷达的发射单元具有  $f_m$ OSC 11、高频振荡器(VCO)12、ASK 切换电路 13、高速矩形波 OSC 14 以及发射天线(T-ant) 15。接收单元中具有低通滤波器(LPF) 16、接收天线(R-ant) 17、Gate1 (高频门电路) 18、接收混频器(Mix) 19、Gate2 (中频带门电路) 21、数字信号处理器 1(DSP1)24、带通滤波器(BPF)22、I/Q 检测器(I/Q-DET) 23, 以及数字信号处理器 2 (DSP2) 20。此外, 高速矩形波 OSC 14 包括三个 OSC 9a~9c 以及 OSC 转换器 10, 该三个 OSC 9a~9c 在矩形波(重复脉冲信号)产生周期方面不同。

$f_m$ OSC 11 向高频振荡器 12 输出具有频率  $f_m$  的矩形波信号。高频振荡器 12 是用于基于从  $f_m$ OSC 11 输入的直流电压值对频率进行调制的压控振荡器, 并且作为载波向 ASK 切换电路 13 输出高频 FM 波(与输入电压成比例的调制频率)。ASK 切换电路 13 通过来自高速矩形波 OSC 14 的矩形波对从 VCO 12 输入的载波进行切换, 并使用 ASK (幅移键控)

方法对其进行调制。

OSC 9a~9c 是产生各个不同信号周期  $T_a$ 、 $T_b$  和  $T_c$  的矩形波（分别具有频率  $f_a$ 、 $f_b$  和  $f_c$ ）的高频振荡器。可以通过 OSC 转换器 10 将这些 OSC 9a~9c 的输出切换为周期  $T_0$ （频率为  $f_0$ ）。在本优选实施例中，利用 OSC 转换器 10 进行的切换周期  $T_0$  为 10ms。因此，以 OSC 9a、OSC 9b、OSC 9c 的顺序每 10ms 对信号进行切换，然后将其从高速矩形波 OSC 14 输出。

然而，周期  $T_0$ （频率为  $f_0$ ）并不仅限于 10ms。考虑 DSP1 24 的计算能力，随着需求的增加，可以基于周期大于  $T_a+T_b+T_c$  的频率来确定周期。

在本优选实施例中，通过从根据以下公式（1）~（4）计算的频率或者那些计算出的频率的近似值的组合中进行选择，来确定周期  $T_a$ 、 $T_b$  和  $T_c$ ，其中  $m$  是可以通过频率  $f_a$ （周期  $T_a$ ）测量的极限距离的倍数。

$$f_b \doteq f_a \cdot (m+N_1)/m \quad (1)$$

$$f_c \doteq f_a \cdot m / (m+N_2) \quad (2)$$

$$0 < N_1 < m \quad (3)$$

$$0 < N_2 < m \quad (4)$$

假定使用 10MHz 的频率  $f_a$  时可检测距离的极限是 15m。当所请求的距离测量为 45m 时， $m$  为 3（=检测距离/可检测距离的极限=45/15），并且根据方程（3）和（4）， $N_1$  和  $N_2$  为 1 或 2。

因此，在这种情况下，根据方程（1）和（2）， $f_a$ 、 $f_b$  和  $f_c$  的组合为以下四种：

$$(f_a, f_b, f_c) = (10, 10 \cdot 4/3, 10 \cdot 3/4) \quad (5)$$

$$(f_a, f_b, f_c) = (10, 10 \cdot 4/3, 10 \cdot 3/5) \quad (6)$$

$$(f_a, f_b, f_c) = (10, 10 \cdot 5/3, 10 \cdot 3/4) \quad (7)$$

$$(f_a, f_b, f_c) = (10, 10 \cdot 5/3, 10 \cdot 3/5) \quad (8)$$

可以使用方程（5）至（8）中的任一组合。采用组合（6）的示例， $(T_a, T_b, T_c)$  为（100ns, 80ns, 170ns）。在计算方程（1）和（2）时，答案可能除不尽。在这种情况下，可以采用近似值。更具体地，可以将

该值舍入为整数，或者可以根据振荡器的精度约束而使用最接近于所计算的组合的 25 的倍数。

通过这种方式确定  $T_a$ 、 $T_b$  和  $T_c$ ，至少在接收来自 45m 内的目标的反射信号时，防止了各个频率的重复定时重叠。

高速矩形波 OSC 14 将来自通过 OSC 转换器 10 选择的 OSC 的矩形波分配给 ASK 切换电路 13、DSP2 20 以及 I/Q 检测器 23。另外，发射天线 15 发出从 ASK 切换电路 13 输出的信号。

低通滤波器 16 从高速矩形波 OSC 14 输出信号中仅提取  $f_a$ 、 $f_b$  和  $f_c$  的基波分量，并将其输出给 I/Q 检测器 23。接收天线 17 接收由目标反射的信号，该信号最初是从发射天线 15 发射的。接收天线 17 将该信号作为接收信号输入给 Gate1 18。

Gate1 18 和 Gate2 21 是高速与门。这些门电路基于来自 DSP2 20 的选通信号控制选通并输出数据。

接收混频器 19 通过来自高频振荡器 12 的 FM 波对来自 Gate1 18 的高频信号进行转换。DSP2 20 通过基于来自 DSP1 24 的延迟命令信号对来自高速矩形波 OSC 14 的脉冲信号进行延迟，来产生选通信号。所产生的选通信号被发送给 Gate1 18 和 Gate2 21。

带通滤波器 22 从 Gate2 21 的输出信号中提取频率  $f_a$ 、 $f_b$  和  $f_c$  周围的分量，并将该分量发送给 I/Q 检测器 23。I/Q 检测器 23 采用低通滤波器 16 的信号作为基准相位，检测来自带通滤波器 22 的输入信号的相位，并将同相 (Ich) 和正交相位 (Qch) 送出到 DSP1 24。

DSP1 24 通过来自 DSP2 20 的延迟命令信号来控制选通信号的延迟时间，计算出接收信号的滞后时间  $\tau$ ，以使 I/Q 检测器 23 的输出为最大电平，并将滞后时间  $\tau$  和接收信号（反射信号）存储在易失性 RAM（随机存取存储器）25 中。

存储在 RAM 25 中的数据包括：按照  $T_a$ 、 $T_b$  和  $T_c$  的顺序以周期  $T_0$  进行切换的发射信号（脉冲信号）；反射信号（来自 I/Q 检测器 23 的 I 和 Q 相位）；反射信号的强度；以及反射信号的接收时间。

DSP1 24 从该数据中专门提取出仅具有周期  $T_a$ 、周期  $T_b$  和周期  $T_c$

的发射信号、反射信号（来自 I/Q 检测器 23 的 I 和 Q 相位）、该反射信号的接收强度的数据，以及该反射信号的接收时间的数据，并生成反射信号数据 1、反射信号数据 2 和反射信号数据 3。

通过比较反射信号数据 1 至反射信号数据 3 来识别反射信号，并根据所识别的反射信号的滞后时间  $\tau$  来计算到目标的距离 R，并输出该结果 R。

例如，使用该 I 和 Q 相位、I/Q 检测器 (I/Q-DET) 23 的输出、发射脉冲的高频矩形波 OSC 14 重复周期 T (T 为  $T_a$ 、 $T_b$  或  $T_c$ )，以及光速 c，可以通过以下公式计算出相位差  $\theta$ 、滞后时间  $\tau$ 、到目标的距离 R：

$$\theta = \tan^{-1}(Q/I) \quad (9)$$

$$\tau = \theta * T / 2\pi \quad (10)$$

$$R = \tau * c / 2 = \theta * T * c / 4\pi \quad (11)$$

如上所述，由 OSC 9a~9c 来实现脉冲产生单元，由 OSC 转换器 10 和 DSP1 (数字信号处理器 1) 24 来实现脉冲切换单元，而由 fmOSC 11、高频振荡器 12、ASK 切换电路 13、高速矩形波 OSC 14 以及发射天线 15 来实现脉冲信号发送单元。

由低通滤波器 16、接收天线 17、Gate1 18、接收混频器 19、DSP2 (数字信号处理器 2) 20、Gate2 21、带通滤波器 22、I/Q 检测器 23、DSP1 (数字信号处理器 1) 24 以及 RAM 25 来实现反射信号接收单元。将由反射信号接收单元接收的数据存储在 RAM 25 中。

此外，由 DSP1 24 和 RAM 25 来实现反射信号数据获取单元、反射信号识别单元以及距离计算单元。反射信号数据获取单元根据所接收的数据产生反射信号数据 1、2 和 3，并将它们存储在 RAM 25 中。反射信号识别单元通过比较这三个反射信号 1、2 和 3 来识别反射信号。距离计算单元通过使用经识别的反射信号的滞后时间，利用公式 (9) 至 (11)，来计算脉冲雷达到目标的距离。

图 2A 至图 2D 表示根据本发明优选实施例的检测信号与脉冲信号（使用脉冲雷达将这些脉冲信号发射到四个目标）的反射信号之间的关系。

图 2A 表示当将由 OSC 9a 产生的周期为  $T_a$  的脉冲信号发射到目标时的脉冲信号及其反射信号。并且图 2A 与反射信号数据 1 相对应。图 2B 表示当将由 OSC 9b 产生的周期为  $T_b$  的脉冲信号发射到目标时的脉冲信号及其反射信号。并且图 2B 与反射信号数据 2 相对应。图 2C 表示当将由 OSC 9c 产生的周期为  $T_c$  的脉冲信号发射到目标时的脉冲信号及其反射信号。并且图 2C 与反射信号数据 3 相对应。图 2D 表示通过对任意基准脉冲信号和在该基准脉冲信号之后接收的反射信号进行比较而确定的检测信号。为了对图 2A 至图 2C 中的反射信号进行比较，将该任意基准脉冲信号确定为基准（检测基准）。

图 2A 中所示的  $S_{a0}$  至  $S_{a2}$  是发射到目标的周期为  $T_a$  的脉冲信号。它们由 OSC 9a 产生。反射信号  $A_{a0}$ 、 $B_{a0}$ 、 $C_{a0}$  和  $D_{a0}$  表示来自这四个目标的反射信号的强度，并且到各个目标的距离不同。与脉冲信号  $S_{a0}$  的强度相比较地示出了该强度。类似地，反射信号  $A_{a1}$ 、 $B_{a1}$ 、 $C_{a1}$  和  $D_{a1}$  表示来自上述目标的反射信号的强度，并且与脉冲信号  $S_{a1}$  的强度相比较地示出了该强度。

如图所示，在从脉冲信号  $S_{a0}$  发送开始的一个周期内不能检测到反射信号  $D_{a0}$ ，这是因为到目标的距离大于周期  $T_a$  的可检测距离极限。因此，不能从下一个脉冲信号  $S_{a1}$  的反射信号（例如， $A_{a1}$ 、 $B_{a1}$ 、 $C_{a1}$  和  $D_{a1}$ ）中区分或者分离出该信号。下文中将反射信号  $D_{a0}$  称为脉冲信号  $S_{a1}$  的假信号  $D_{a0}$ 。

图 2B 中所示的  $S_{b0}$  至  $S_{b2}$  是发射到目标的周期为  $T_b$  的脉冲信号。它们由 OSC 9b 产生。反射信号  $A_{b0}$ 、 $B_{b0}$ 、 $C_{b0}$  和  $D_{b0}$  表示来自与图 2A 所使用的相同目标的反射信号的强度。反射信号  $A_{b1}$ 、 $B_{b1}$ 、 $C_{b1}$  和  $D_{b1}$  表示来自上述目标的反射信号的强度，并且与脉冲信号  $S_{b1}$  的强度相比较地示出了该强度。

反射信号  $D_{b0}$  是脉冲信号  $S_{b1}$  的假信号，因为到目标的距离大于距离极限，该距离极限是可以通过周期  $T_b$  检测的。不能从脉冲信号  $S_{b1}$  的反射信号中区分出假信号  $D_{b0}$ 。

图 2C 中所示的  $S_{c0}$  至  $S_{c2}$  是发射到目标的周期为  $T_c$  的脉冲信号。

它们由 OSC 9c 产生。反射信号 Ac0、Bc0、Cc0 和 Dc0 表示来自与图 2A 中所使用的相同目标的反射信号的强度。反射信号 Ac1、Bc1、Cc1 和 Dc1 表示来自上述目标的脉冲信号 Sc0 的反射信号的强度，并且与脉冲信号 Sc1 的强度相比较地示出了该强度。

反射信号 Dc0 是脉冲信号 Sc1 的假信号，因为到目标的距离大于距离极限，该距离极限是可以通过周期 Tc 检测的。不能从脉冲信号 Sc1 的反射信号中区分出假信号 Dc0。

图 2D 中的脉冲信号 Sd 表示任意脉冲定时基准。该脉冲定时基准是用于对图 2A 至图 2C 中所示的反射信号进行比较的基准。在本优选实施例中，选择图 2A 中的脉冲信号 Sa1、图 2B 中的脉冲信号 Sb1、图 2C 中的脉冲信号 Sc1 作为脉冲定时基准，并且基于该基准对反射信号进行比较。

然而，这些脉冲定时基准是任意的。因此尽管在本优选实施例中选择了脉冲信号 Sa1、Sb1 和 Sc1 作为脉冲定时基准，但是，例如，脉冲信号 Sa0、Sb0 和 Sc0 也可以作为脉冲定时基准。此外，脉冲信号 Sa0、Sb1 和 Sc0 也可以作为脉冲定时基准。

图 2D 中的检测信号是在图 2A 中的脉冲定时基准（脉冲信号 Sa1 的发射）之后检测到的反射信号、图 2B 中的脉冲定时基准（脉冲信号 Sb1 的发射）之后检测到的反射信号、以及图 2C 中的脉冲定时基准（脉冲信号 Sc1 的发射）之后检测到的反射信号的比较中，所有反射信号中强度最低的信号。该信号被选择为脉冲定时基准中的脉冲信号 Sd 的反射信号。

例如，在从脉冲定时基准开始的滞后时间为  $t_0$  的情况下，对反射信号 Aa1（图 2A）、反射信号 Ab1（图 2B）、反射信号 Ac1（图 2C）的强度进行检测。比较这些信号的强度并选择具有最低强度的反射信号作为检测信号 Ad。

另外，当从脉冲定时基准开始的滞后时间为  $t_1$  时，尽管在图 2B 中的 Sb1 的反射信号数据中检测到假信号 Db0 的强度，但在图 2A 和图 2C 中的反射信号数据中没有检测到该强度（该强度基本为零）。因此，当比较这些信号的强度时，最低强度为零。则没有检测到假信号 Db0。



在此，强度基本为零是指，由于接收到噪声而不是反射信号，所以即使实际强度不为零，也认为该强度为零。因此，应该根据脉冲雷达的反射信号接收单元的精度来确定强度基本为零的范围，并基于该范围，判定该零强度（或者没有反射信号）。

如上所述，通过对具有不同周期的脉冲信号的反射信号（强度）进行比较，可以容易地识别出用作为基准（脉冲定时基准）的脉冲信号的反射信号，并且还可以可靠地消除假信号。

另外，在通过脉冲信号发送单元发射脉冲信号时，为了避免接收该装置输出的信号，关闭该反射信号接收单元中的 Gate1 18，然而，这些信号往往被该脉冲信号接收单元接收（发射和接收干涉）。该干涉的可能起因是在脉冲雷达内部发射信号。

因此，在发生该发射和接收干涉的时刻接收反射信号，难以分清接收信号是反射信号还是由发射和接收干涉产生的信号，即，接收信号不是反射信号。然而，对具有不同重复周期的脉冲信号的反射信号（强度）的比较使得即使在发射和接收干涉时也能够识别反射信号或强度。

此外，即使在基准脉冲信号的反射信号的重复之前的滞后时间比重复周期（例如， $T_a$ 、 $T_b$  和  $T_c$ ）长时，也可以检测到基准脉冲信号的反射信号。

图 3 是表示反射信号识别处理的细节的流程图。

当图 1B 所示的脉冲雷达的开始进行操作时，在步骤 S301，DSP1 24 命令 OSC 转换器 10 选择 OSC 9a，并且由脉冲信号发送单元通过 ASK 调制将周期为  $T_a$  的脉冲信号（高速矩形波）发射到目标。

反射信号接收单元接收信号，测量（通过调整滞后时间来检测）反射信号的强度，并且将数据存储在 RAM 25 中。在本优选实施例中，OSC 转换器以 20KHz 的频率进行切换，因此，在  $50\mu\text{s}$  的强度测量后，步骤前进到 S302。

在步骤 S302 中，DSP1 24 命令 OSC 转换器 10 选择 OSC 9b，并且由脉冲信号发送单元通过 ASK 调制将周期为  $T_b$  的脉冲信号（高速矩形波）发射到目标。反射信号接收单元接收信号，测量（通过调整滞后时

间来检测)反射信号的强度,并且将数据存储在RAM 25中。在50 $\mu$ s的强度测量后,步骤前进至S303。

与步骤S301和S302相似,在步骤S303中,DSP1 24命令OSC转换器10选择OSC 9c,并且由脉冲信号发送单元通过ASK调制将周期为Tc的脉冲信号(高速矩形波)发射到目标,由反射信号接收单元对反射信号的强度测量(通过调整滞后时间来检测)50 $\mu$ s,并且将数据存储在RAM 25中。

在此,通过打开和关闭Gate1来调整滞后时间,以测量反射信号的强度,在预定时间段内对反射信号进行间歇或连续的检测。

在测量具有不同周期Ta、Tb和Tc的脉冲信号的反射信号的强度的步骤S301至步骤S303之后,处理转到步骤S304。

在步骤S304中,DSP1 24读出存储在RAM 25中的接收数据,并产生反射信号数据1(参见图2A)、反射信号数据2(参见图2B)、反射信号数据3(参见图2C)。

根据各个反射信号数据确定脉冲定时基准,对从各个反射信号的脉冲定时基准开始的滞后时间t(初始值为0s)期间的特定时间间隔(以下称为细分时间(minced time))的强度进行比较,并指定各个反射信号的最低强度。

在本优选实施例中,将该细分时间设置为0.5ns,因此,当周期Ta为100ns时,将每个周期分为200个细小时间间隔,并且逐个比较这些时间间隔中的每一个中的强度。

当指定了最低强度时,步骤转到步骤S305,在步骤S305确定步骤S304中指定的最低强度是否基本为零。例如,当最高强度为 $50 \times 10^{-3}$ mW时,考虑噪声,将低于该最高强度的0.1%的强度判定为基本为零,并且确定为零强度的信号。

在步骤S305中,在没有强度的情况下,处理转到步骤S306,在步骤S306,将滞后时间t增加该细分时间0.5ns,并随后返回步骤S304。重复步骤S304至步骤S306,直到找到基本不为零的强度为止。

当在步骤S305中检测到该强度时,处理转到步骤S307,在步骤S307

通过将滞后时间  $t$  作为  $\tau$  代入公式 (9)、(10) 和 (11) 来计算到目标的距离  $R$ 。  $\tau$  是滞后时间，在该滞后时间之后检测该非零强度。

当该滞后时间  $t$  大于 100ns 时，在步骤 S306 中设定新的滞后时间  $t$ 。处理转到步骤 S301，并重复步骤 S301 至步骤 S307。当该滞后时间小于 100ns 时，在步骤 S306 中将该滞后时间增加该细分时间 0.5ns。处理转到步骤 S304，并重复步骤 S304 至步骤 S307。

在上述处理中，在步骤 S301 至步骤 S303 中，在特定时间段（本优选实施例为 10ms）内对周期  $T_a$ 、 $T_b$  和  $T_c$  的脉冲信号的反射信号强度进行测量，然后，通过步骤 S304 至步骤 S306 的处理来获得来自目标的反射信号的强度。然而，可以通过仅测量用于控制 Gate1 18 的滞后时间  $t$  的强度（例如，图 2A 至图 2C 中的滞后时间  $t_0$ ），来确定来自目标的反射信号的强度。调整该滞后时间  $\tau$ ，或者使其连续增加为  $\tau + \Delta \tau$ 。图 4 中对这种情况的处理进行了描述。

图 4 是描述反射信号识别处理的变型示例的流程图。

如图 4 所示，当脉冲雷达的操作开始时，在步骤 S401 设定该滞后时间  $t$ （例如，初始值为 0.5ns）。

处理转到步骤 S402，DSP1 24 命令 OSC 转换器 10 选择 OSC 9a，并由脉冲信号发送单元通过 ASK 调制来发射周期为  $T_a$  的脉冲信号（高速矩形波）。

仅当达到从脉冲定时基准开始的滞后时间时，才通过打开反射信号接收单元的 Gate1 18 来测量强度，并将数据存储在 RAM 25 中。（Gate1 18 打开的时间例如为 0.5ns）。

在完成该强度测量后，DSP1 24 将处理转到步骤 S403，命令 OSC 转换器 10 选择 OSC 9b，并由脉冲信号发送单元通过 ASK 调制来发射周期为  $T_b$  的脉冲信号（高速矩形波）。

仅当达到从脉冲定时基准开始的滞后时间时，才通过打开反射信号接收单元的 Gate1 18 来测量强度，并将数据存储在 RAM 25 中。

另外，在完成该强度测量后，DSP1 24 将处理转到步骤 S404，命令 OSC 转换器 10 选择 OSC 9c，并由脉冲信号发送单元通过 ASK 调制来发

射周期为  $T_c$  的脉冲信号（高速矩形波）。仅当达到从脉冲定时基准开始的滞后时间时，才通过打开反射信号接收单元的 Gate1 18 来测量强度，并将数据存储于 RAM 25 中。

在此，步骤 S402 至步骤 S404 的处理的脉冲定时基准为：选择从脉冲信号发送单元发射的脉冲信号中的任何一个，并且将所选择的发射定时设定为该基准。

另外，在本优选实施例中，由 OSC 转换器 10 进行的切换周期  $T_0$  为  $50 \mu s$ 。因此，每  $50 \mu s$  从以 OSC 9a、OSC 9b 和 OSC 9c 的顺序进行切换的高速矩形波 OSC 14 输出该脉冲信号。

通过步骤 S402 至步骤 S404 的处理，完成了从各个周期  $T_a$ 、 $T_b$  和  $T_c$  的基准脉冲定时开始的滞后时间处的强度的测量，并且处理转到步骤 S405。

在步骤 S405，DSP1 24 读出存储在 RAM 25 中的接收数据，并生成反射信号数据 1、反射信号数据 2 和反射信号数据 3。对强度进行比较，并指定最低强度。

在本优选实施例中，反射信号数据 1 是在滞后时间（例如， $0.5ns$ ）内的 Gate1 18 打开期间测量的强度的数据。因此，与图 3 中所示的反射信号数据相比较，该数据的不同之处在于，测量的时间段要短得多。反射信号数据 2 和反射信号数据 3 也以同样的方式区别于图 3 中的数据。

当指定了最低强度时，步骤转到步骤 S406，在步骤 S406 确定在步骤 S405 中指定的最低强度是否基本为零。如在图 3 中所示，例如，当最高强度为  $50 \times 10^{-3} mW$  时，考虑噪声，将低于该最高强度的 0.1% 的强度判定为基本为零，并判定为零强度的信号。

在步骤 S406 中，在没有强度的信号的情况下，处理转到步骤 S401，在步骤 S401，将滞后时间增加该细分时间  $0.5ns$ 。重复步骤 S401 至步骤 S406，直到找到基本不为零的强度为止。

当在步骤 S406 中检测到该强度时，处理转到步骤 S407，在步骤 S407，通过将滞后时间  $t$  作为  $\tau$  代入公式 (9)、(10) 和 (11) 来计算到目标的距离  $R$ 。 $\tau$  是滞后时间，在该滞后时间之后检测该非零强度。

在上述处理中，通过 Gate1 18 的打开和关闭控制来仅在预定的滞后时间  $\tau$  的时间点测量强度，以给出来自目标的反射信号的强度，可以在该预定的滞后时间  $\tau$  处进行快速的强度检测。并且通过对滞后时间  $\tau$  连续地进行调整，或者将其增加至  $\tau + \Delta \tau$ ，可以快速检测预定滞后时间范围内的反射信号的强度。即，可以在特定的距离范围内对强度进行快速检测。

如图 2A 至 2C 所示，不论强度是否可以测量，都连续获取图 3 中所示的反射信号数据 1、反射信号数据 2 和反射信号数据 3、以 10ms 的时间间隔测量的发射信号的数据、该发射信号的反射信号（来自 I/Q 检测器 23 的 I 和 Q 相位）、该反射信号的强度以及该反射信号接收的定时。并将所获得的数据存储在 RAM 25 中。然而，还可以仅当通过反射信号接收单元检测到该强度时，才存储该数据。

也就是说，在强度测量的处理（步骤 S301 至步骤 S303）中，可以通过与步骤 S305 相同的处理来判定输入到 DSP1 24 的强度是否基本为零，并且仅当所述强度基本不为零（存在强度）时，才应该将数据存储在 RAM 25 中。

图 5 表示反射信号数据 1、反射信号数据 2 以及反射信号数据 3 的示例数据。仅当存在强度时才存储该测量结果。

如图 5 所示，反射信号数据 1 26、反射信号数据 2 27 和反射信号数据 3 28 以及检测结果 29 是由强度和该强度检测的滞后时间组成的表。

如上所述，通过步骤 S301 至步骤 S303 中的强度测量的处理，在反射信号数据 1 26 中，在 6ns、20ns、...、98ns 的滞后时间处检测到 8 个强度。将该强度和滞后时间存储在 RAM 25 中。还以相同的方式存储反射信号数据 2 27 和反射信号数据 3 28 的数据。

对反射信号数据 1 26、反射信号数据 2 27 和反射信号数据 3 28 的滞后时间进行比较，并且如果强度是在同一滞后时间检测到的，则选择最低强度，并生成诸如检测结果 29 的表。将该表存储在 RAM 25 中。

例如，DSP1 24 连续地对反射信号数据 1 26 的滞后时间和存储在 RAM 25 中的反射信号数据 2 28 的滞后时间进行比较。如果发现相同的

滞后时间，则 DSP1 24 在反射信号数据 3 28 中搜索该相同的滞后时间。

当找到反射信号数据 1 至 3 中的相同滞后时间时，对各个数据的强度进行比较，并将最低强度与滞后时间一起记录在检测结果 29 中。

例如，在图 5 中，DSP1 24 检测 6ns 的滞后时间，该滞后时间对于反射信号数据 1 26 和反射信号数据 2 27 是公共的，DSP1 24 在反射信号数据 3 中搜索该 6ns 的滞后时间。在图 5 中，该 6ns 的滞后时间存在于反射信号数据 3 28 中。通过比较 6ns 的滞后时间处的各个强度，将最低强度存储在检测结果 29 中。（在图 5 中，6ns 的滞后时间的所有强度都是  $33 \times 10^{-3} \text{mW}$ ，因此，最低强度为  $33 \times 10^{-3} \text{mW}$ 。）

当完成检测结果 29 的表时，DSP1 24 通过将存储在检测结果 29 中的滞后时间  $\tau$  代入公式 (9)、(10) 和 (11) 来计算到目标的距离 R。

上述处理使得能够极大地减小强度测量结果所需的存储器（对于本示例为 RAM 25）的容量。

在上述说明中，使用了具有三个不同周期  $T_a$ 、 $T_b$  和  $T_c$  的脉冲信号的示例。然而，不同周期的数量并不受限制。可以通过具有两个或更多个不同周期的脉冲信号来获得相似的结果。可以在考虑电路规模、成本，以及所需测量精度，来灵活地设定不同周期的数量。

另外，在图 1B 的示例中，由 OSC 转换器 10 切换的周期为  $T_a$ 、 $T_b$  和  $T_c$  的脉冲信号的顺序不是固定的，可以是任何已知的顺序。

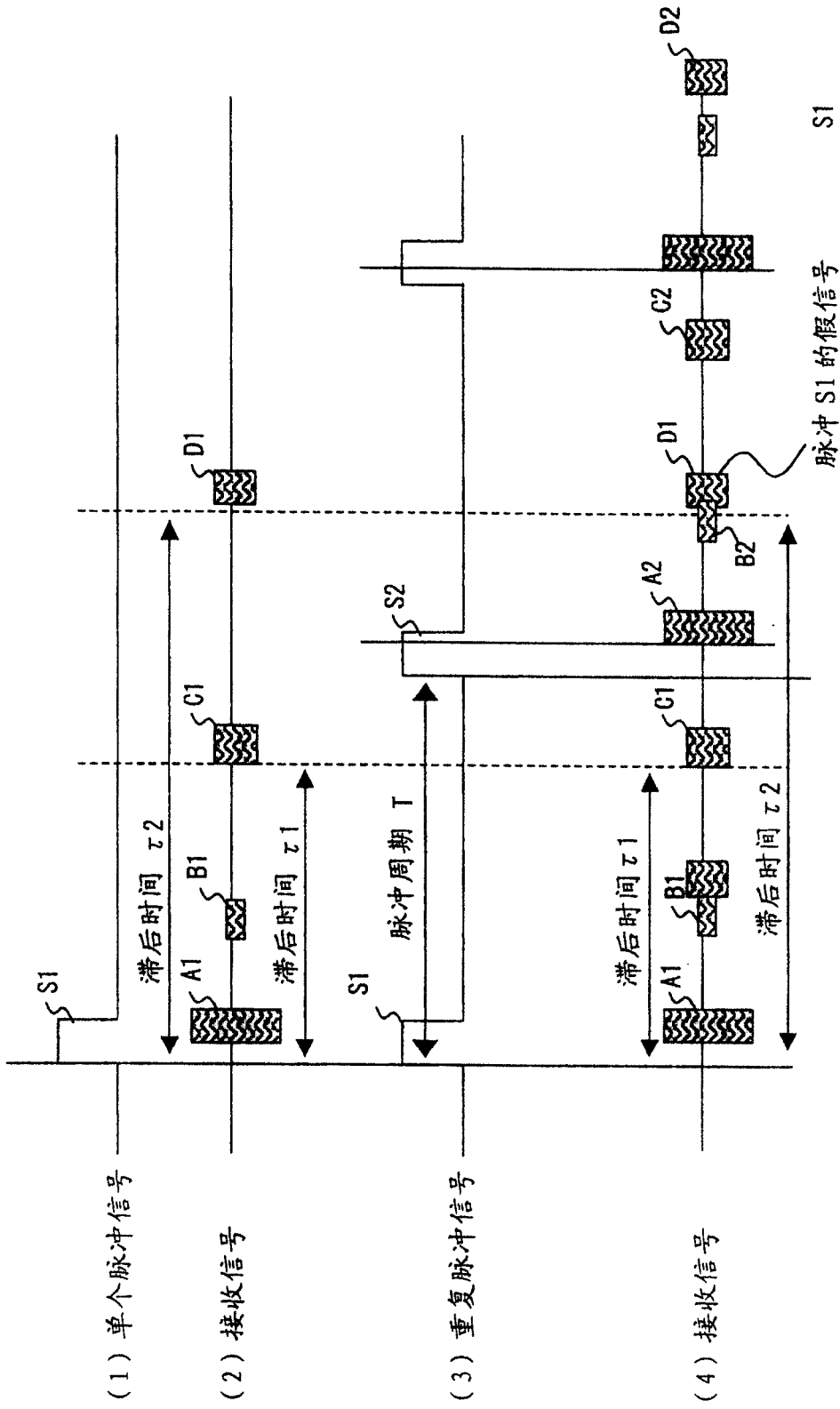


图 1A

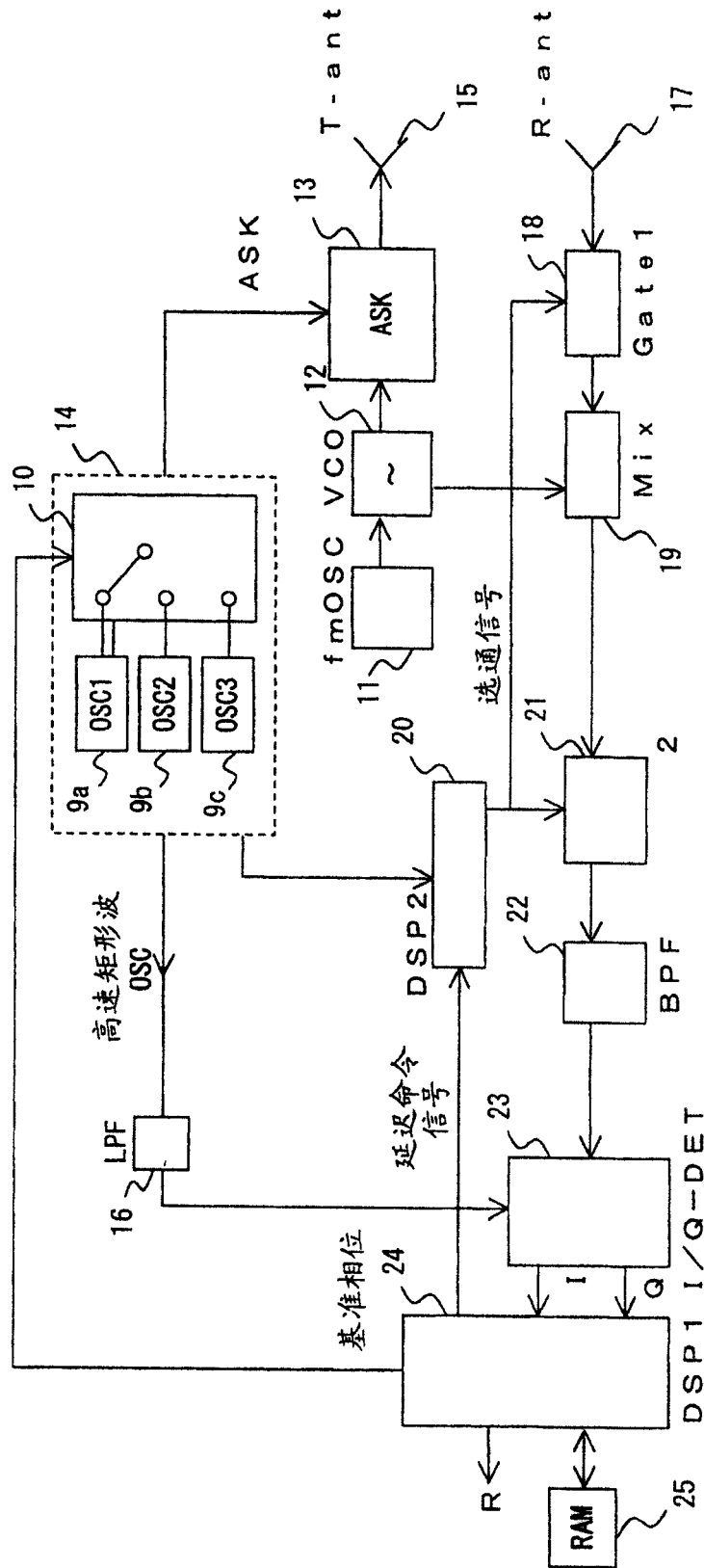


图 1B



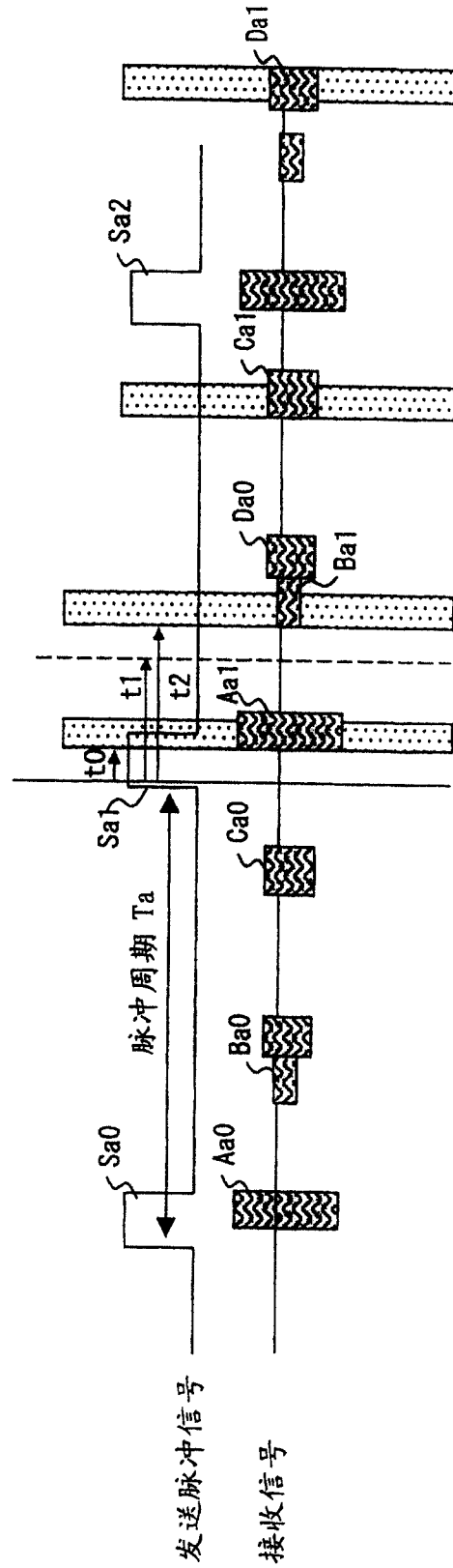


图 2A

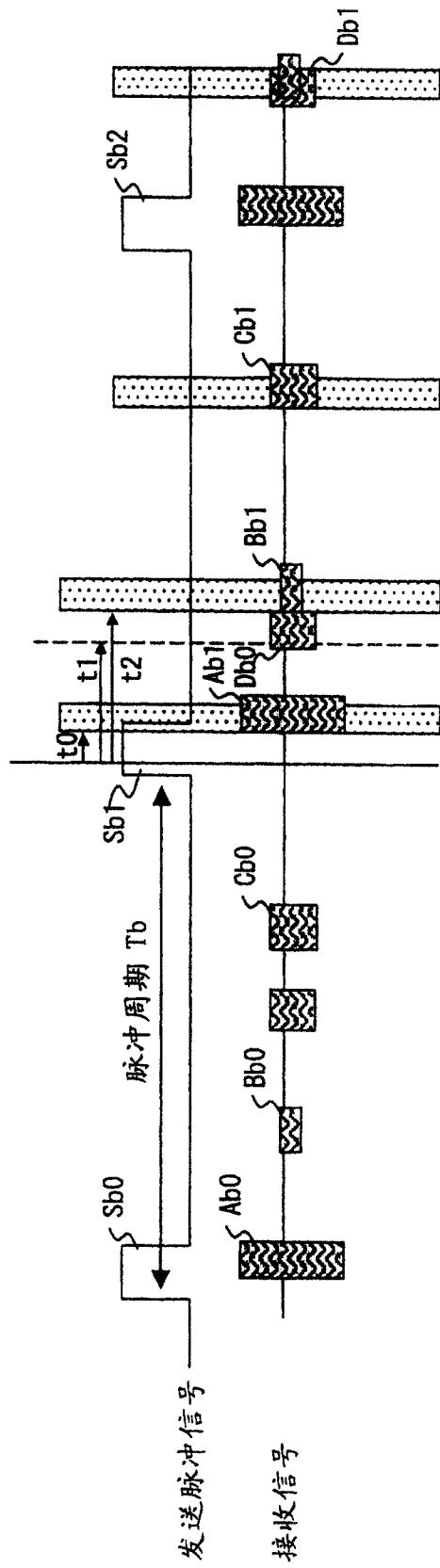


图 2B

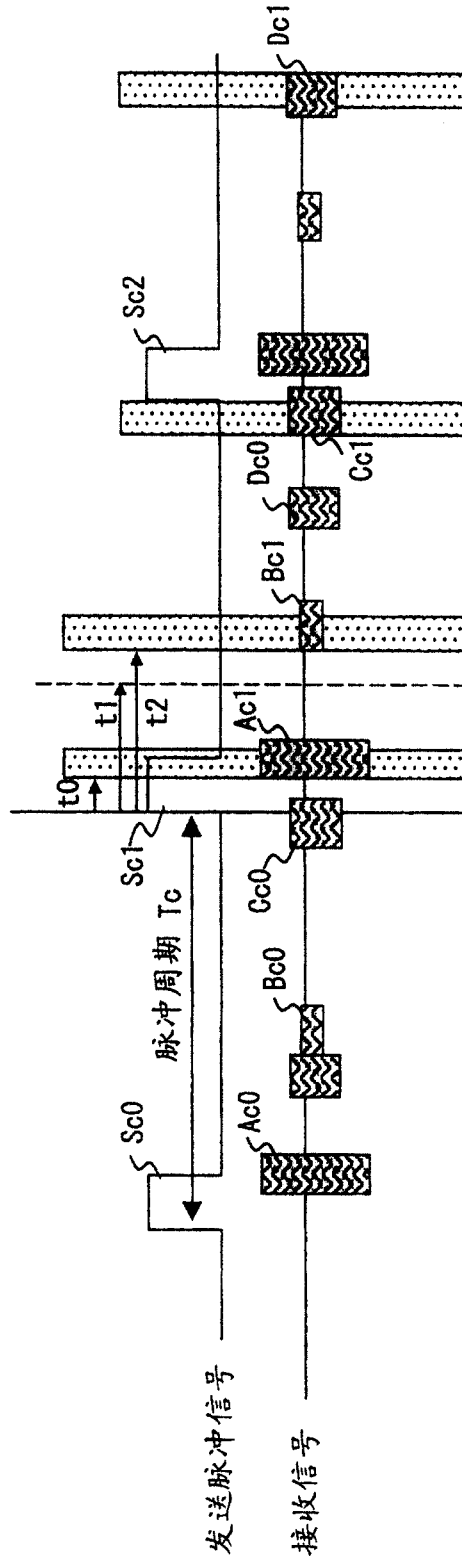


图 2C

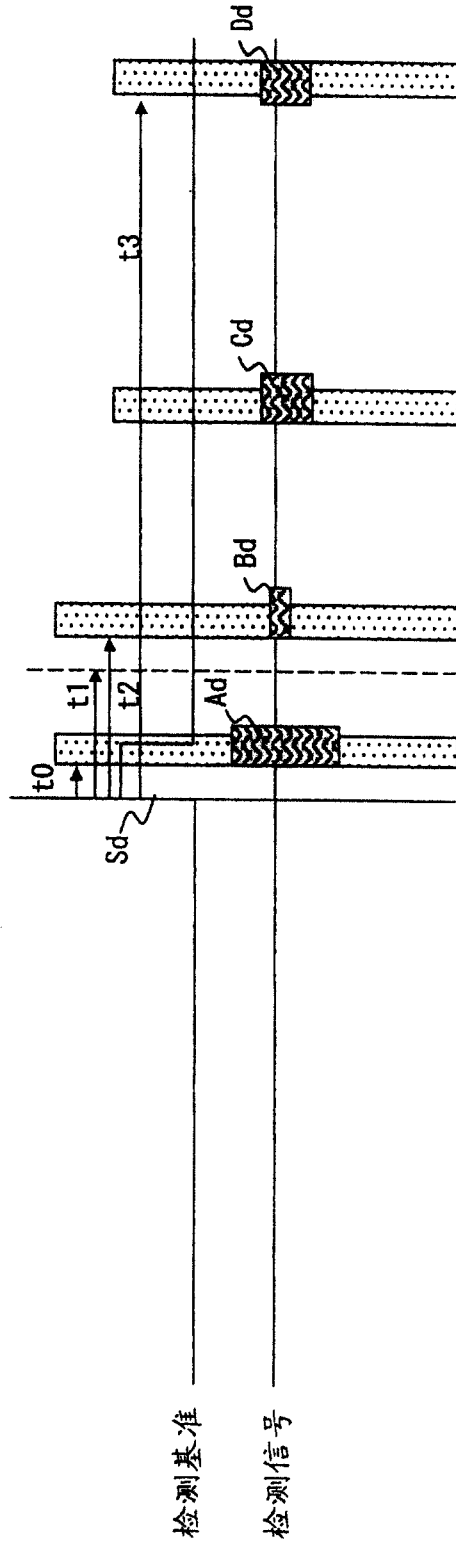


图 2D

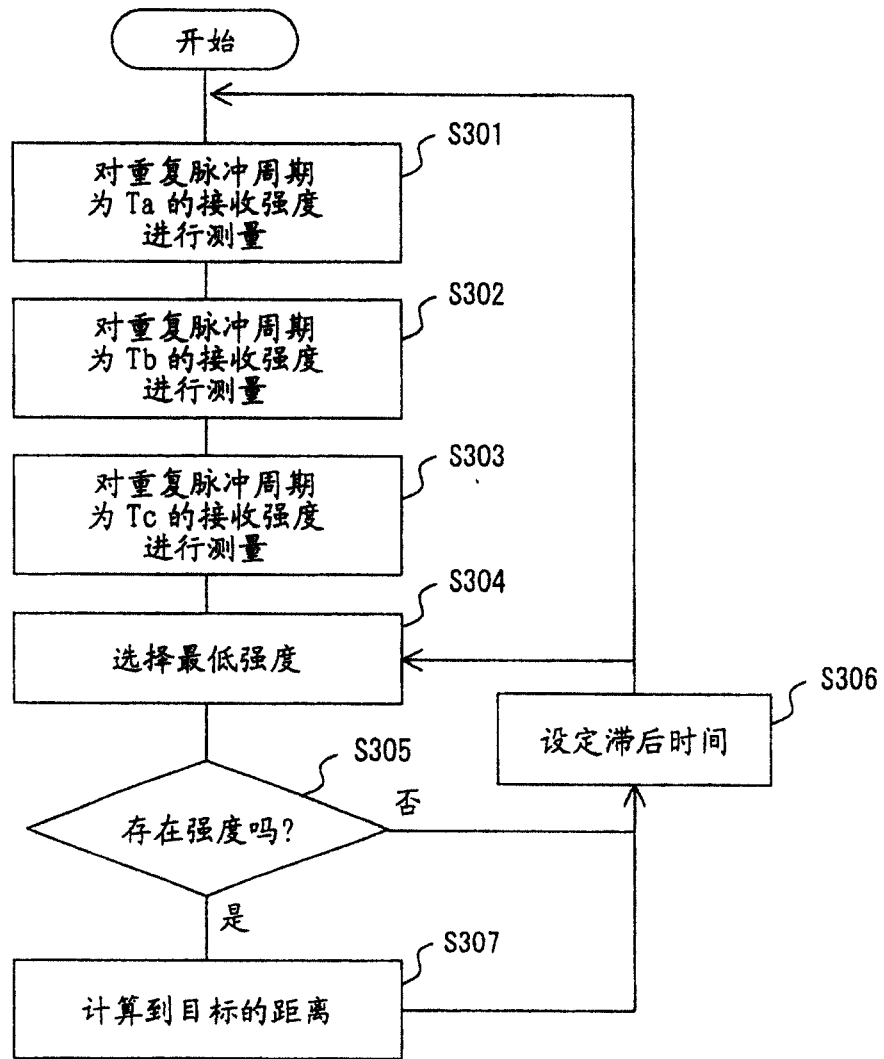


图 3

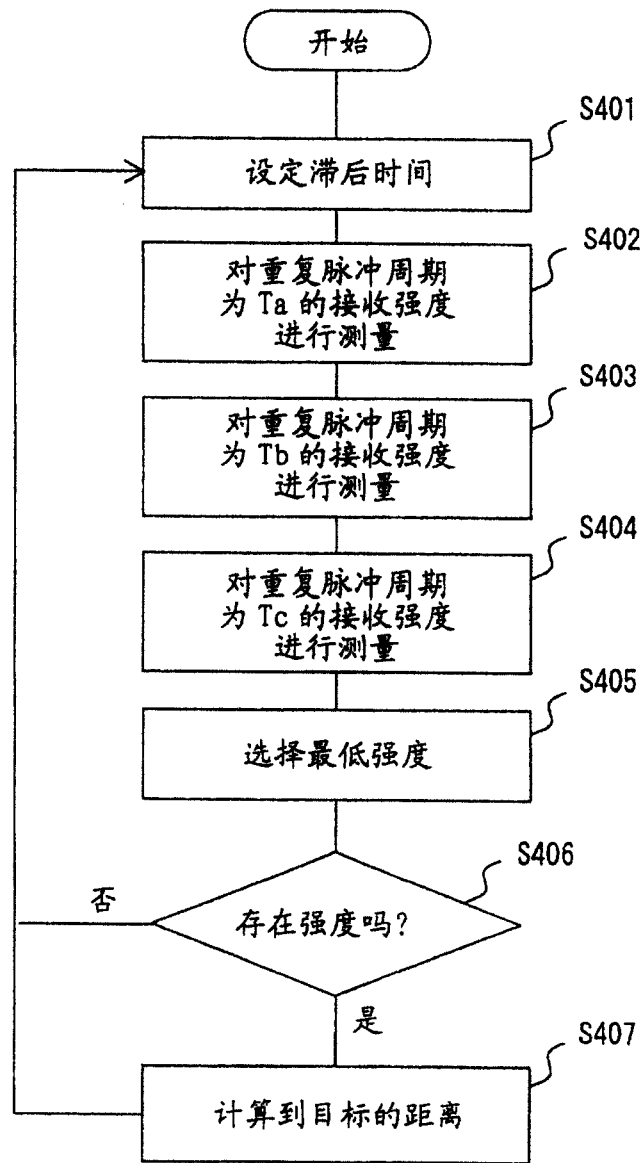


图 4

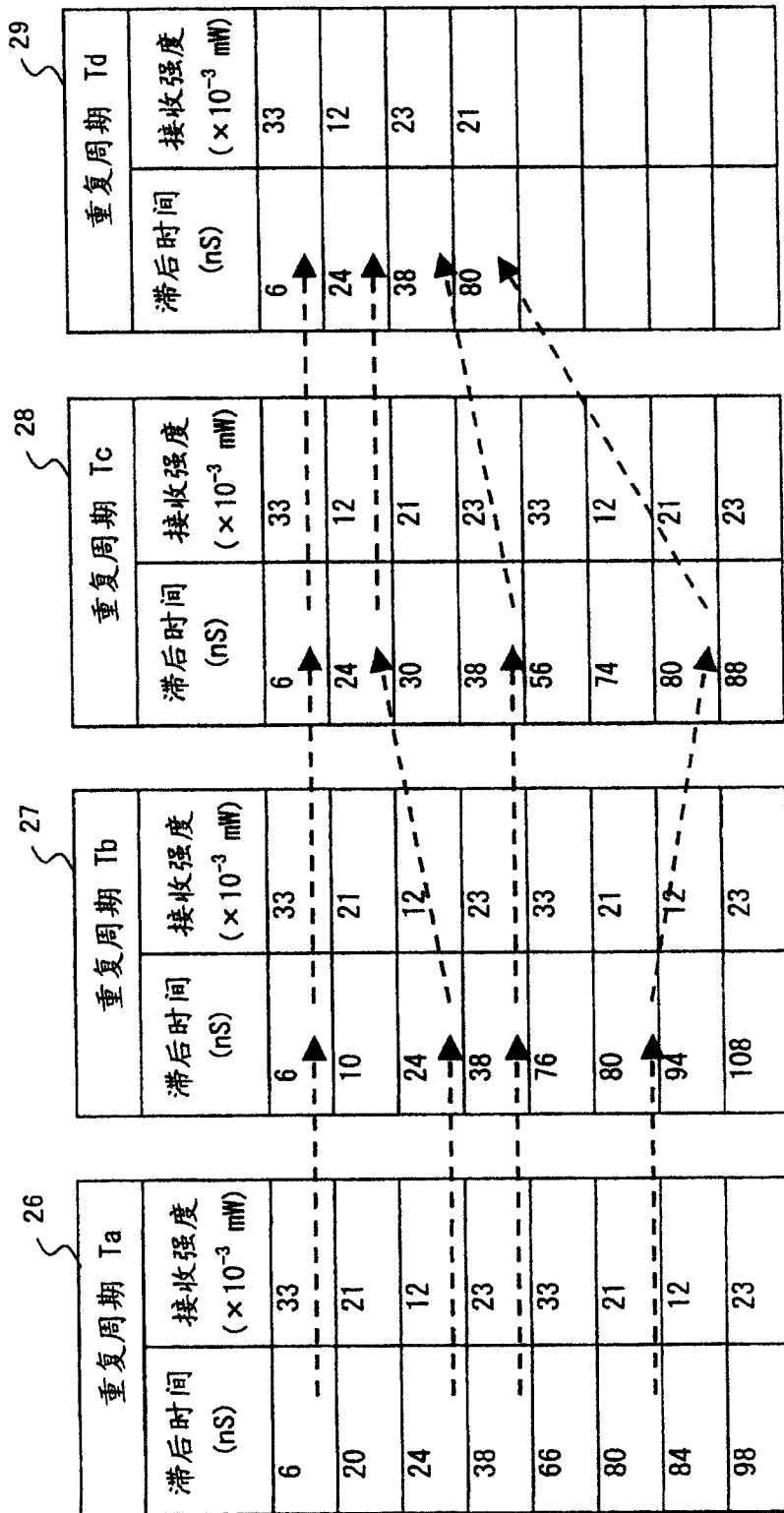


图 5