

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01S 13/34 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510002719.X

[45] 授权公告日 2008 年 9 月 10 日

[11] 授权公告号 CN 100417951C

[22] 申请日 2005.1.19

[21] 申请号 200510002719.X

[30] 优先权

[32] 2004.7.13 [33] JP [31] 2004-205920

[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 洞井义和 石井聪 八塚弘之

岛伸和 一津屋正树

[56] 参考文献

US5517197A 1996.5.14

CN1190466A 1998.8.12

US2003146826A1 2003.8.7

US2965896A 1960.12.20

US5987395A 1999.11.16

US2003142010A1 2003.7.31

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

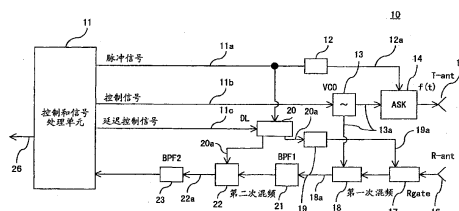
权利要求书 4 页 说明书 15 页 附图 14 页

[54] 发明名称

雷达设备和雷达设备控制方法

[57] 摘要

雷达设备和雷达设备控制方法。一种雷达设备，包括：发送器单元，其具有高频振荡单元和脉冲调幅单元，所述高频振荡单元的振荡频率是可变的，所述脉冲调幅单元用于根据第一控制脉冲信号对从所述高频振荡单元输出的发送高频信号的脉冲进行调幅；接收器单元，其具有门控单元，该门控单元用于根据第二控制脉冲信号来控制收到的高频信号的输入的导通/截止；以及，控制和信号处理单元，用于控制发送器单元和接收器单元，并且用于切换第一操作模式和第二操作模式，所述第一操作模式用于使得所述设备用作调频-连续波雷达，所述第二操作模式用于使得所述设备用作脉冲雷达。



1. 一种雷达设备，该雷达设备包括：

发送器单元，其具有高频振荡单元和脉冲调幅单元，所述高频振荡单元的振荡频率是可变的，所述脉冲调幅单元用于根据第一控制脉冲信号对从所述高频振荡单元输出的传输高频信号的脉冲进行调幅；

接收器单元，其具有门控单元，该门控单元用于根据第二控制脉冲信号来导通和截止接收的高频信号的输入；以及

控制单元，用于控制所述发送器单元和所述接收器单元，并且用于在第一操作模式和第二操作模式之间进行切换，所述第一操作模式用于使所述设备用作调频—连续波雷达，所述第二操作模式用于使所述设备用作脉冲雷达；

在所述第一操作模式中，所述控制单元如下地使所述设备用作调频—连续波雷达：切换到用于将所述传输高频信号输出为连续波的调频—连续波调制模式，并使所述发送器单元的第一控制脉冲信号和所述接收器单元的第二控制脉冲信号相反地进行操作，以交替地进行对发送器高频信号的发送和对接收器高频信号的接收，其中通过将三角波输入到所述高频振荡单元来进行调频，以及

在所述第二操作模式中，所述控制单元如下地使得所述设备用作脉冲雷达：从所述第一控制脉冲信号产生短宽度脉冲并且驱动所述脉冲调幅单元，并以距离所述第一控制脉冲信号预定的延迟时间间隔来滑动所述接收器单元的第二控制脉冲信号，以对所述接收的高频信号进行门控。

2. 根据权利要求1所述的雷达设备，其中：

所述接收器单元包括接收信号处理电路，该接收信号处理电路具有：第一频率转换器，用于根据所述高频振荡单元的输出对通过所述门控单元的所述接收高频信号进行频率转换；第一带通滤波器，其设置在所述第一频率转换器的输出侧；第二频率转换器，用于根据所述第一控制脉冲信号对所述第一带通滤波器的输出进行频率转换；以及第二带通滤波器，其设置在所述第二频率转换器的输出侧。

3. 根据权利要求2所述的雷达设备, 其中:

所述接收信号处理电路包括: 与所述第二带通滤波器并联设置且其通频带不同的第三带通滤波器; 以及用于对所述第二带通滤波器或者所述第三带通滤波器的输出进行选择的开关; 并且

当所述设备用作调频—连续波雷达时, 所述控制单元具有如下功能: 选择所述接收信号处理电路的第二带通滤波器, 并将所述第二带通滤波器的频带设置为差频的最大频率, 所述差频是所述传输高频信号和所述接收高频信号的频率之间的差, 以及

当所述设备用作脉冲雷达时, 所述控制单元具有如下功能: 对所述传输高频信号进行调频, 并切换到所述接收信号处理电路中的所述第三带通滤波器, 所述第三带通滤波器的中心频率是差频, 并且其通频带被设置为与目标的相对速度对应的多普勒频率的频带宽度。

4. 根据权利要求2所述的雷达设备, 其中

当所述设备用作脉冲雷达时, 所述控制单元具有如下功能: 根据所述门控单元的延迟时间来改变对所述传输高频信号的调频的调制频率和调制宽度, 以使得通过将所述传输高频信号和所述接收高频信号进行混频而获得的差频信号的频率变为恒定。

5. 根据权利要求2所述的雷达设备, 其中

所述控制单元具有如下功能: 在快速傅立叶变换和时间段的求和计算之间进行切换, 以使得在对差频信号进行 A/D 转换之后进行快速傅立叶变换, 所述差频信号是通过将所述传输高频信号和所述接收高频信号混频而获得的, 并且, 当所述设备用作调频—连续波雷达时, 根据快速傅立叶变换的峰值的频率来计算到目标的距离, 或者当所述设备用作脉冲雷达时, 通过使用使得绝对值之和或平方值之和呈现峰值处的滑动延迟时间来计算到目标的距离, 所述绝对值之和或平方值之和是在对差频信号进行模数转换后获得的。

6. 根据权利要求2所述的雷达设备, 其中

当所述设备用作脉冲雷达时, 所述控制单元具有通过如下操作根据

一次测量的数据来快速检测目标的相对速度的功能：在计算与多个预设时间段的均值的差的绝对值之和或者平方值之和的同时进行快速傅立叶变换，并计算多普勒频率。

7. 一种雷达设备的控制方法，所述雷达设备用于通过检测从目标反射的由发送器单元发射的传输高频波来在接收器单元中检测所述目标，该方法包括如下步骤：

在所述发送器单元中以周期性时间间隔对第一操作模式和第二操作模式进行切换来检测所述目标，所述第一操作模式用于调频并发出所述传输高频波，所述第二操作模式用于调幅并发出所述传输高频波；

在所述第一操作模式中，使得所述设备用作调频一连续波雷达，用于根据对作为两个频率之间的差值的差频信号的快速傅立叶变换来检测目标的距离和相对速度；所述两个频率之一是连续发射的发送器高频信号，所述发送器高频信号在所述发送器单元中由作为振荡频率控制信号的三角波进行了调频；另一个频率是来自所述目标的反射波；所述差频信号是通过对这两个信号进行混频而获得的；通过检测分别与所述三角波的上升段和下降段对应的差频信号的两个频率，检测出所述目标的距离和速度；以及

在所述第二操作模式中，使得所述设备用作脉冲雷达，用于通过如下操作来根据使反射波的信号电平变为最大的延迟时间来检测到所述目标的距离：在所述发送器单元中，间断地发出由第一控制脉冲信号进行了调幅的传输高频波；在所述接收器单元中，根据第二控制脉冲信号来执行用于控制反射波输入与否的门控；以及通过在距离所述第一控制脉冲信号一个预设延迟时间间隔时滑动所述第二控制脉冲信号，对反射波进行门控。

8. 根据权利要求7所述的雷达设备控制方法，所述方法还包括以下步骤：

在所述第二操作模式中，在通过使用三角波作为振荡频率控制信号对所述传输高频波进行调频之后进行所述调幅；

在所述设备用作调频一连续波雷达的所述第一操作模式时，根据对

将反射波和发送器高频进行混频而获得的差频信号进行模数转换之后的快速傅立叶变换的峰值的频率来计算到目标的距离；以及

在所述设备用作脉冲雷达的所述第二操作模式时，在快速傅立叶变换与时间段求和计算之间进行切换，以使得可以通过使用滑动的延迟时间来计算到目标的距离，在所述滑动延迟时间，与预设时间段的均值的差的绝对值之和或者平方之和表现为峰值，所述绝对值之和或者平方之和是根据对差频信号进行模数转换之后的值而获得的。

9. 根据权利要求 7 所述的雷达设备控制方法，所述方法还包括以下步骤：

在所述设备用作脉冲雷达的所述第二操作模式时，在通过使用三角波作为振荡频率控制信号对所述传输高频波进行调频之后，对所述传输高频波进行调幅；以及

通过在计算与预设时间段的均值的差的绝对值之和或者绝对值平方之和的同时进行快速傅立叶变换、并通过测量多普勒频率，来根据一次测量的数据快速检测目标的相对速度和距离。

雷达设备和雷达设备控制方法

技术领域

本发明涉及一种雷达技术，更具体地，涉及一种适用于检测位于从远程到近程的大范围内的目标的有效技术。

背景技术

使用雷达来操作管理汽车时，旨在观察例如道路上的障碍物和交通状况的毫米波雷达技术已受到关注。

常规的 FM-CW（调频—连续波）雷达系统可以检测从几米到一百几十米的距离范围内的目标，但是难以以同样的精度来检测极近程（例如大约 10 厘米）内的目标。同时，超短脉冲雷达系统可以以高精度检测从大约 10 厘米到十几米的距离范围内的目标，但是难以检测 100 米或以上距离范围内的目标。

如上所述，FM-CW 雷达和超短脉冲雷达是完全不同的雷达系统。因此，常规上需要两种不同的雷达以包括远程和近程的检测功能。

在图 1 中例示了其中组合了两种雷达设备的远近期雷达 300，作为本发明的参考技术。图 1 表示如下的示例：其中，远程雷达 302 是常规技术的 FM-CW 雷达，近程雷达 303 是使用 UWB（超宽频带）技术的脉冲雷达，由集成单元 301 组合来自这两个雷达的检测信号，并且向外输出覆盖了从远程到近程的检测结果。

作为远程检测雷达，FM-CW 雷达最为常用。非专利文献 1 公开了一种 76 GHz 频带的 RF 频率的雷达，检测距离范围为 4 至 120 米。

近程雷达主要在欧洲和美国得到了发展。例如，非专利文件文献 2 提出了一种 RF 频率为 24GHz 频带且距离为大约 0.1 至 20 米的 UWB 系统。

上面的图 1 描述了通过简单地使用根据这些现有技术的这两种雷达

来构成的覆盖了近程至远程的检测系统。这种系统的缺点在于，与以一个装置来实现检测系统的情况相比，其结构复杂，并且其成本昂贵。

同时，专利文献 1 公开了一种雷达发送器/接收器，该雷达发送器/接收器用于利用 FM 脉冲雷达系统来检测远程目标，且用于利用 FM-CW 雷达系统来检测近程目标。

然而，如上述非专利文献 1 和 2 所述，FM-CW 雷达系统对于 3 至 100 米的远程是有效的，而脉冲雷达系统对于 0.1 至 20 米的近程是有效的。因此，专利文献 1 中公开的雷达发送器/接收器与本领域技术常识不一致。即，对于 FM-CW 雷达，如果检测距离很短（例如 1 米或更短），则从发送和接收信号获得的差频（beat frequency）变得很低，从而难以精确地计算该频率。此外，难以区分在几十厘米的范围内接近的两个目标。例如，如果 20 厘米是需要区分的距离，那么调频偏差（frequency modulation deviation）大约为 750MHz。然而，很难制造对 750MHz 的频率偏差具有低调制失真的线性 FM 调制器，并且用于实现该 FM 调制的 FM 振荡器非常昂贵。此外，难以实现专利文献 1 所要求保护的、以短脉冲进行高速 FM 切换的 FM 调制器，并且其雷达系统和结构与根据本发明的能够以调幅来实现脉冲雷达模式的系统不同。

[非专利文献 1] “Fujimoto and Ida, “Millimeter Wave Car-Mounted Radar System”, NEC Technical Journal Vol. 54, No.7/2001”, July, 25, 2001

[非专利文献 2] Andre zander VolkswagenAG et al., “A Multifunctional Automotive Short Range Radar System”, [online][2004 年 7 月 2 日搜索], <URL:

http://www.smart-microwave-sensors.de/GRS_2000_Multifunctional_Short_Range_Systems.pdf>

[专利文献 1]日本专利申请特开 No. 11-258340

发明内容

本发明的一个目的是提供一种雷达设备，该雷达设备能够以低成本用一个装置来检测从远程到近程的大范围内的目标。

本发明的第一方面提供了一种雷达设备，其包括：发送器单元，其具有高频振荡单元和脉冲调幅单元，所述高频振荡单元的振荡频率是可变的，所述脉冲调幅单元用于根据第一控制脉冲信号对从所述高频振荡单元输出的传输高频信号的脉冲进行调幅；接收器单元，其具有门控单元，该门控单元用于根据第二控制脉冲信号来导通和截止接收的高频信号的输入；以及控制单元，其用于控制所述发送器单元和所述接收器单元，并且用于在第一操作模式和第二操作模式之间进行切换，所述第一操作模式用于使得所述设备用作 FM-CW 雷达，所述第二操作模式用于使得所述设备用作脉冲雷达，在所述第一操作模式中，所述控制单元如下地使所述设备用作调频—连续波雷达：切换到用于将所述传输高频信号输出为连续波的调频—连续波调制模式，并使所述发送器单元的第一控制脉冲信号和所述接收器单元的第二控制脉冲信号相反地进行操作，以交替地进行对发送器高频信号的发送和对接收器高频信号的接收，其中通过将三角波输入到所述高频振荡单元来进行调频，以及在所述第二操作模式中，所述控制单元如下地使得所述设备用作脉冲雷达：从所述第一控制脉冲信号产生短宽度脉冲并且驱动所述脉冲调幅单元，并以距离所述第一控制脉冲信号预定的延迟时间间隔来滑动所述接收器单元的第二控制脉冲信号，以对所述接收的高频信号进行门控。

本发明的第二方面提供了一种雷达设备的控制方法，所述雷达设备用于通过检测从目标反射的由发送器单元发射的传输高频波来检测目标，该方法包括如下步骤：在第一操作模式和第二操作模式之间进行切换来检测目标，所述第一操作模式用于调频并发射所述传输高频波，所述第二操作模式用于调幅并发射所述传输高频波，在所述第一操作模式中，使得所述设备用作调频—连续波雷达，用于根据对作为两个频率之间的差值的差频信号的快速傅立叶变换来检测目标的距离和相对速度；所述两个频率之一是连续发射的发送器高频信号，所述发送器高频信号在所述发送器单元中由作为振荡频率控制信号的三角波进行了调频；另一个频率是来自所述目标的反射波；所述差频信号是通过对这两个信号进行混频而获得的；通过检测分别与所述三角波的上升段和下降段对应

的差频信号的两个频率，检测出所述目标的距离和速度；以及在所述第二操作模式中，使得所述设备用作脉冲雷达，用于通过如下操作来根据使反射波的信号电平变为最大的延迟时间来检测到所述目标的距离：在所述发送器单元中，间断地发出由第一控制脉冲信号进行了调幅的传输高频波；在所述接收器单元中，根据第二控制脉冲信号来执行用于控制反射波输入与否的门控；以及通过在距离所述第一控制脉冲信号一个预设延迟时间间隔时滑动所述第二控制脉冲信号，对反射波进行门控。

根据本发明，可以仅以一个雷达来实现常规上需要远程雷达和近程雷达两个雷达的远近程雷达。因此，与使用三个装置的结构（远程雷达和近程雷达，它们由一个或更多个集成装置来管理）相比，尺寸和成本减小为三分之一。结果，可以提供低成本的能够检测从远程到近程的大范围内的目标的雷达设备，并且具有显著拓宽雷达设备的使用范围的效果。

附图说明

图 1 是表示作为本发明参考技术的远近程雷达设备的结构的框图；

图 2 是例示根据本发明优选实施例的雷达设备的结构的框图；

图 3 是例示根据本发明优选实施例的雷达设备的发送器单元在 FM-CW 雷达模式中的操作的图；

图 4 是例示根据本发明优选实施例的雷达设备的接收器单元在 FM-CW 雷达模式中的操作的图；

图 5 是例示根据本发明优选实施例的雷达设备的发送器单元在脉冲

雷达模式中的操作的图；

图 6 是例示根据本发明优选实施例的雷达设备的接收器单元在脉冲雷达模式中的操作的图；

图 7 是例示根据本发明优选实施例的雷达设备的变型例的框图；

图 8 是例示根据本发明优选实施例的雷达设备的发送器单元和接收器单元在脉冲雷达模式中的操作的变型例的图；

图 9 是例示根据本发明优选实施例的雷达设备的接收器单元在脉冲雷达模式中的操作的变型例的图；

图 10 是例示安装在根据本发明优选实施例的雷达设备中的信号处理软件的结构框图；

图 11 是例示安装在根据本发明优选实施例的雷达设备中的控制软件的结构框图的另一变型例的框图；

图 12 是例示根据本发明优选实施例的雷达设备的变型例的原理示意图；

图 13 是例示根据本发明优选实施例的雷达设备的变型例的原理示意图；以及

图 14 是例示用于对根据本发明优选实施例的雷达设备中的操作模式进行切换的时分方法的原理示意图。

具体实施方式

以下参照附图对根据本发明的优选实施例进行详细说明。

图 2 是例示了根据本发明优选实施例的雷达设备的结构的框图。图 3 至 6 是例示该雷达设备的操作的示意图。

根据本优选实施例的雷达设备包括：发送器单元，其具有发送器高频 FM 调制振荡器 13、发送器高频 ASK 切换电路 14、短脉冲发生电路 12、以及发送器天线 15；接收器单元，其具有接收天线 16、接收器高频门控电路 17、第一混频器（mixer）18（第一频率转换器）、短脉冲发生电路 19、可编程延迟电路 20、带通滤波器 21（第一带通滤波器）、第二混频器 22（第二频率转换器）、以及差频带带通滤波器 23（第二带通滤

波器)；以及控制和信号处理单元 11，用于控制整个设备。

发送器单元的发送器高频 FM 调制振荡器 13 例如由其振荡频率从频率 f_0 随输入控制电压而变化的 VCO（压控振荡器）等构成，用于调频以输出其频率随着从控制和信号处理单元 11 输入的 FM 波形信号 11b（例如三角波等）的电压波形而变化的发送器高频信号 13a。

发送器高频 ASK 切换电路 14 通过接通和断开从发送器高频 FM 调制振荡器 13 输出并输出到发送器天线 15 的发送器高频信号 13a，来进行调幅。即，短脉冲发生电路 12 发出控制脉冲 12a（第一控制脉冲信号）并将产生的脉冲送到发送器高频 ASK 切换电路 14，从而对发送器高频 ASK 切换电路 14 所进行的调幅的脉冲宽度进行控制。该控制脉冲 12a 具有与从控制和信号处理单元 11 输入的脉冲信号 11a 相同的周期，并且所设计的导通对截止脉冲宽度比（占空比）由该脉冲信号 11a 进行了同步。

同时，接收器单元的接收器高频门控电路 17 控制导通/截止操作（门控）以捕捉从接收天线 16 输入的接收高频波。从可编程延迟电路 20 和短脉冲发生电路 19 提供门控脉冲 19a（第二控制脉冲信号）。即，可编程延迟电路 20 受来自控制和信号处理单元 11 的延迟控制信号 11c 的控制，将脉冲信号 11a 延迟为 20a，并将经延迟的信号提供给短脉冲发生电路 19 和第二混频器 22。短脉冲发生电路 19 产生门控脉冲 19a，该门控脉冲 19a 具有与从可编程延迟电路 20 输出的矩形波信号 20a 相同的周期，以及不同的导通对截止的脉冲宽度比（占空比），并且短脉冲发生电路 19 控制接收器高频门控电路 17 的门控操作。

第一混频器 18 对经门控的接收高频信号和发送器高频信号 13a 进行混频，后者是发送器高频 FM 调制振荡器 13 的输出。于是第一混频器 18 产生 IF（中波）信号 18a。

带通滤波器 21 选择性地使来自 IF 信号 18a 的 IF 频带的信号通过，并将通过的信号输入到位于后继级的第二混频器 22。第二混频器 22 对 IF 信号 18a 和矩形波信号 20a 进行混频，并且产生差频信号的信号分量 22a，其包括诸如目标与雷达设备之间的相对速度和距离的信息。根据这种结构，即使由于接收器门控的滑动而使得 IF 信号的相位发生变化，也可以

使 IF 信号和矩形波信号 20a 的频率和相位始终同步, 并且可以始终将第二混频器的输出保持为差频信号的最大值。这是因为 IF 信号 18a 和矩形波信号 20a 的频率和相位是同步的。即, 仅使用第二混频器的输出的 I 和 Q 分量中的 I 分量就可以获得差频信号的最大值。带通滤波器 23 选择性地使信号分量 22a 的频带通过, 并将通过的分量输出给控制和信号处理单元 11。

控制和信号处理单元 11 包括 A/D (模数) 转换器、DSP (数字信号处理器)、和微计算机等, 并且具有执行计算 (例如信号分量 22a 的 IQ 检测、FFT (快速傅立叶变换)、预定时间段中的绝对值求和、求平方和等) 和向较高级的计算机系统输出检测结果信息 26 (例如目标的距离、相对速度等) 的信号处理结果等功能。

以下说明根据此优选实施例的雷达设备的操作的一个示例。

在图 2 所示雷达设备中, 在用于远程检测的 FM-CW 雷达模式中, 从控制和信号处理单元 11 向发送器高频 FM 调制振荡器 13 (VCO) 提供三角波作为 FM 波形信号 11b, 并选择 FM-CW 调制模式。输入到发送器高频 ASK 切换电路 14 (ASK) 的控制脉冲 12a 的所有脉冲都被置为 1, 从而发送连续波。

即, 如图 3 所示, 从控制和信号处理单元 11 向短脉冲发生电路 12 输入其脉冲全部为 1 的脉冲信号 11a, 并且从短脉冲发生电路 12 向发送器高频 ASK 切换电路 14 输入连续为 ON 的控制脉冲 12a。因此, 从发送器高频 ASK 切换电路 14 向发送器天线 15 连续输出由位于前级的发送器高频 FM 调制振荡器 13 调频了的发送器高频信号 13a。

同时, 接收器高频门控电路 17 (Rgate) 根据 50% 占空比的门控脉冲 19a 在导通和截止之间进行切换, 以捕获接收器高频波, 所述门控脉冲 19a 是通过可编程延迟电路 20 和短脉冲发生电路 19 从矩形波信号 20a 中产生的。

在由第一混频器 18 对从接收器高频门控电路 17 捕获的接收器高频信号和从位于发送器单元侧的发送器高频 FM 调制振荡器 13 输出的发送器高频信号 13a 进行混频后, 接收器高频信号被转换为中波波段的 IF 信

号 18a。IF 信号 18a 通过可使该信号通过的带通滤波器 21，由第二混频器 22 将其与通过可编程延迟电路 20 的矩形波信号 20a 进行混频，并作为差频信号输入控制和信号处理单元 11。在 FM-CW 雷达模式中，可编程延迟电路 20 的延迟时间在时间上是固定的，不需要改变。

在控制和信号处理单元 11 中，由 A/D（模数转换器）将差频信号转换为数字数据，并且如图 4 所示，通过进行 FFT（快速傅立叶变换）来确定峰值频率，并计算与目标的距离。

即，假定 R 是到目标的距离， V 是目标与雷达的相对速度， c 是光速， Δf 是调频的调制宽度（modulation width）， f_m 是调频的调制周期， f_{bu} 是差频信号的三角波的上升段的频率， f_{bd} 是差频信号的三角波的下降段的频率， f_d 是多普勒频率， f_R 是差频，则 f_R 、 f_d 、 f_{bu} 和 f_{bd} 之间的关系由以下方程（1）和（2）表示。

$$f_{bu} = f_R - f_d \quad \dots\dots (1)$$

$$f_{bd} = f_R + f_d \quad \dots\dots (2)$$

f_R 和 f_d 分别由以下方程（3）和（4）表示：

$$f_R = \frac{4\Delta f \cdot f_m R}{c} \quad \dots\dots(3)$$

$$f_d = \frac{2f_o V}{c} \quad \dots\dots(4)$$

对于 R 解方程（3），如方程（5）所示，从而可以获得目标的距离。

$$R = \frac{cf_R}{4\Delta f \cdot f_m} \quad \dots\dots(5)$$

此外，对于 V 解方程（4），从而可以获得目标的相对速度 V 。在方程（4）中， f_o 是 CW 模式的传输频率。距离 R 和相对速度 V 的信息作为检测结果信息 26 输出。

下面是由上述的接收器高频门控电路 17 对接收器高频信号进行开关的原因。即，如果由第一混频器 18 直接提取差频信号，则由于 RF 电路（例如第一混频器 18 和 FM 调制振荡器 13 等）的 $1/f$ 噪声而使得近程的 S/N 比（信噪比）劣化，但是一旦第一混频器 18 的输出变为其中中心频率等于接收器高频门控电路 17 的开关频率的中频，则其包括 $1/f$ 噪声的

低频就被带通滤波器 21 所截止, 最终可以由 I/Q 检测器 (第二混频器 22) 检测到不含 $1/f$ 噪声的差频信号 22a。之后, 由控制和信号处理单元 11 对该差频信号进行 A/D 转换, 如图 4 所示, 执行 FFT 以确定峰值频率, 并计算到目标的距离。

在用于近程检测的脉冲雷达模式中, 如图 5 所示, 从控制和信号处理单元 11 向发送器高频 FM 调制振荡器 13 (VCO) 提供具有恒定 DC 值的 FM 波形信号 11b, 并且该信号被保持为未经调制的连续波 (CW)。输入短脉冲发生电路 12 的脉冲信号 11a 的多个脉冲被实现为 “1010” 的重复脉冲, 并且由电路 12 将该信号变为具有短脉冲宽度 (短 ON 持续时间 T_2) 的矩形波。而其短脉冲用于驱动发送器高频 ASK 切换电路 14 (ASK)。结果, 向发送器天线 15 输出在 T_0 时段中的 T_2 持续时间内具有恒定频率的发送器高频信号 13a。

在接收器单元的接收器高频门控电路 17 (Rgate) 中, 根据具有与发送器的脉冲宽度几乎相等的短脉冲 (ON 持续时间 T_2) 的门控脉冲 19a 来对信号进行门控。此外, 由可编程延迟电路 20 根据来自控制和信号处理单元 11 的指令来滑动门控脉冲 19a 的定时, 并且仅当门控脉冲 19a 与发送器高频信号到目标的传播延迟时间相一致时, 接收器高频信号才通过门控电路 17。然后该信号通过第一混频器 18、带通滤波器 21、第二混频器 22、以及带通滤波器 23, 并由控制和信号处理单元 11 进行 A/D 转换。接着, 如图 6 所示, 获得其间接收器信号连续的时间段 (ON 持续时间 T_2) 中的信号电平的绝对值之和, 通过使用延迟时间 τ_R 根据方程 (6) 来计算到目标的距离, 并且将其结果作为检测结果信息 26 输出, 其中所述和值在所述延迟时间 τ_R 达到峰值。

$$\tau_R = \frac{2R}{c} \quad \dots\dots(6)$$

在图 2 所示的结构中, 在 FM-CW 雷达模式中, 可以将发送到发送器单元的发送器高频 ASK 切换电路 14 的控制脉冲 12a 实现为占空比为 50% (ON 持续时间 T_1 /周期 $T_0 \times 100\% = 50\%$) 的脉冲, 12a 和驱动接收器高频门控电路 17 (Rgate) 的 19a 脉冲极性相反。

结果, 当接收器单元接通时, 发送器单元断开。因此, 可以防止发送器高频信号从发送器单元通过雷达设备和天线的内部或者容纳该雷达设备的任意物体而传输到接收器单元。图 7 例示了根据该优选实施例的雷达设备的变型例。图 7 所示结构与图 2 所示结构的不同点在于, 其还包括: 与带通滤波器 23 (BPF2) 并联设置的带通滤波器 24 (BPF3) (第三带通滤波器), 该带通滤波器 24 对应于与带通滤波器 23 不同的差频带; 以及开关 25, 用于在带通滤波器 23 和 24 的输出之间进行切换, 并且用于将所述输出输入到控制和信号处理单元 11。

在操作时, 在用于远程检测的 FM-CW 雷达模式中, 开关 25 与带通滤波器 23 (BPF2) 相连, 该带通滤波器 23 的高端截止频率是差频的最大值。以与上述图 4 中相似的方式来执行从接收器高频信号检测目标距离的过程。

与 FM-CW 雷达模式不同, 通过如下方式构成用于近程检测的脉冲雷达模式中的发送器: 对由如图 8 所示的周期为 $T_m (=1/f_m)$ 的三角波构成的 FM 波形信号 11b 进行调频 (FM), 并由发送器高频 AKS 切换电路 14 根据周期为 T_0 并且 ON 持续时间为 T_2 的控制脉冲 12a 对该信号进行调幅。作为发送波, 进行 FM 和 AM 复合调制。对于 FM, 根据检测距离来控制 FM 调制频率和调制宽度, 不考虑检测距离地使得接收器侧的差频恒定。从发送器天线 15 发射这种复合调制波。

同时, 在脉冲雷达模式中进行接收时, 由可编程延迟电路 20 根据来自控制和信号处理单元 11 的指令对门控脉冲 19a 的定时进行滑动控制, 并且, 仅当门控脉冲 19a 与发送器高频信号到目标的传播延迟时间相一致时, 接收器高频信号才通过接收器高频门控电路 17。第一混频器 18 的输出变为从图 8 底部算起的第二个波形, 并且通过 IF 滤波器 21 和第二混频器 22 的信号变为图 8 最底下的波形。该信号的信号频谱集中在包括差频 f_b 和多普勒频移的频率上。因此, 由开关 25 使得该信号通过带通滤波器 24 (BPF3), 从而截止了不希望的频谱 (例如在信号频带之外的热噪声和无用的噪声) 并且仅选择信号频谱并将其输出到控制和信号处理单元 11。

此时,如图9所示,计算第 m 个滑动段(时间长度 τ_s)和第 $(m+1)$ 个滑动段(时间长度 τ_s)中的信号电平绝对值之和,所述第 m 个滑动段和第 $(m+1)$ 个滑动段分别与利用 FM 波形信号 11b 的三角波进行调频的接收器差频信号的波形的上升段和下降段在时间上同步,并可以通过使用绝对值之和的峰值位置处的延迟时间 τ_R , 根据上面提供的方程(6)来获得目标的距离 R 。

此外,为图9的段 $T_m/2$ ($=1/2f_m$) 获得 f_{bu} 、 f_{bd} 和 f_d , 从而可以如上述图4地根据方程(4)和(5)获得目标的距离 R 和相对速度 V 。

即,可以根据对应于一对频率的上升段和下降段的一对(一次测量)差频信号来获得目标的距离 R 和相对速度 V 。

上述的说明涉及时间长度 τ_s (该时间长度 τ_s 是进行1次滑动来计算信号电平的时间)与 $T_m/2$ 的时间相等的情况。然而,这二者的定时是同步的,它们可以具有整数倍数或者整数因数的关系。

此外,在该优选实施例中,在执行脉冲雷达模式的操作时预先根据滑动的延迟时间来控制检测距离。因此,即使目标的检测距离发生变化,也如下地将差频控制为恒定。

假设 f_m 是 FM 调制频率, Δf 是 FM 调制的调制宽度, c 是光速,在通过使用三角波进行的 FM 波形信号 11b 的 FM 调制中,距离 R 和差频 f_b 之间的关系如下。

$$f_b = \frac{4f_m \cdot \Delta f R}{c} \quad \dots\dots(7)$$

在该优选实施例的脉冲雷达模式中,根据来自控制和信号处理单元 11 的延迟控制信号 11c, 通过可编程延迟电路 20 对接收门控导通的时间进行延迟控制。因此,可以进行检测时的距离 R 与该延迟时间形成一一对应关系,并且顺序地控制距离 R 。这里,假定即使距离变化时也希望使其恒定的差频为 f_{b0} ,

$$f_m \Delta f = \frac{f_{b0} c}{4R} \quad \dots\dots(8)$$

此外,检测距离 R 和接收器高频门控电路 17 中的接收器高频信号的门控的延迟时间 τ 之间的关系如下:

$$\tau = \frac{2R}{c} \quad \dots\dots(9)$$

如果将方程 (9) 中的 R 代入方程 (8), 则获得如下方程。

$$f_m \Delta f = \frac{f_{b0} c}{4R} = \frac{f_{b0}}{2\tau} \quad \dots\dots(10)$$

最终, 如果 $f_m \Delta f$ 根据用于对接收器高频信号进行门控的延迟时间 τ 的变化而随着方程 (10) 所示的关系而变化, 则差频变为恒定值 f_{b0} 。此外, 用于对接收器高频信号进行门控的延迟时间 τ 是从发送器高频信号的脉冲发出的时刻到接收器高频门控电路 17 的门控导通的时刻之间的时间差。

图 10 是例示该优选实施例中安装在控制和信号处理单元 11 中的信号处理软件 48 的构成的框图。

在用于近程检测的脉冲雷达模式中, 该信号处理软件 48 在信号处理例程 42 中将差频信号切换到脉冲模式的信号处理系统, 并进入段绝对值求和例程 43, 其中差频信号在控制和信号处理单元 11 中被 AD 转换单元 41 进行了 A/D 转换。由峰值确定例程 45 来确定各个滑动时间的绝对值和电平的局部最大值。然后, 在距离/速度/检测电平计算例程 47 中, 计算根据当时滑动的延迟时间计算出的到目标的距离 R、距离对时间变化的相对速度 V、以及作为检测电平的通过将绝对值和电平除以段时间而获得的值, 并将它们作为检测结果信息 26 向外部输出。

在用于远程检测的 FM-CW 雷达模式中, 在信号处理例程 42 中将由 AD 转换单元 41 进行了 A/D 转换的差频信号切换到 FM-CW 模式中的信号处理系统, 并且软件进入段 FFT 例程 44。在峰值确定/配对例程 46 中, 根据对 FM 波形信号 11b 的三角波的各个上升段和下降段进行 FFT 而获得的各频率的电平值来获得差频信号的局部最大值, 确定 (配对) 要配对的两个差频信号, 并通过距离/速度/检测电平计算例程 47 向外输出到目标的距离 R、相对速度 V、以及接收信号电平作为检测结果信息 26。

图 11 是例示该优选实施例中安装在控制和信号处理单元 11 中的信号处理软件的构成的变型例的框图。

图 11 中所示的信号处理软件 58 与上述图 10 所示的信号处理软件 48

的不同点在于，在用于近距检测的脉冲雷达模式中，在信号电平计算例程 53 中对每个滑动都进行段绝对值求和（图 9 所示的过程）以及 FFT（图 4 所示的过程），并且在峰值确定/配对例程 55 中进行对应于三角波的上升段和下降段的峰值确定和差频信号配对。

之后，在距离/速度/检测电平计算例程 57 中，根据表示段绝对值和的局部最大值的滑动延迟时间（ τ_R ）获得目标距离，根据从局部最大值滑动时对上升段和下降段进行 FFT 所得到的频率对的频率差的 1/2 来获得多普勒频率 f_d ，从而可以计算目标的相对速度 V 。

即，利用与一对频率的上升段和下降段对应的该对（一次测量）接收器信号（差频信号），可以快速获得目标的距离 R 和相对速度 V 。

用于远程检测的 FM-CW 雷达模式的操作和上述图 10 的操作相同。

图 12 是例示该优选实施例的变型例的原理示意图。在图 12 所示的变型例示例中，提供了具有不同特性的多种类型的天线，对其进行切换，将其用作发送器天线 61 和 62 以及接收器天线 63 和 64，并且将其与雷达设备 10 的发送器单元和接收器单元相连接。

即，在用于近程检测的脉冲雷达模式中，通过开关 65 将从发送器单元输出的发送器信号输出连接到宽波束天线（wide beam antenna）61（第二天线），宽波束天线 61 具有宽波束和低增益特性，而通过开关 66 将接收器信号输出连接到具有宽波束和低增益特性的宽波束天线 63（第二天线）。

同时，在用于远程检测的 FM-CW 雷达模式中，通过开关 65 将发送器信号输出连接到具有窄波束和高增益特性的窄波束天线（narrow beam antenna）62（第一天线），而通过开关 66 将接收器信号输出连接到具有窄波束和高增益特性的窄波束天线 64（第一天线）。

通过这种天线连接的切换操作，在用于检测近程目标的脉冲雷达模式中，可以通过对发送器和接收器使用宽波束天线 61 和宽波束天线 63 来检测宽且近的范围。或者，在用于检测远程目标的 FM-CW 雷达模式中，可以通过对发送器和接收器使用窄波束天线 62 和窄波束天线 64 来检测远、窄且受限范围内的目标。

上述的远程检测和近程检测、以及宽波束天线和窄波束天线的组合可以与上述示例相反。或者，可以将固定于发送器或者接收器侧上的天线与另一仅进行切换的天线进行组合。即，可以将天线组合设置为根据由雷达设备中包括的控制和信号处理单元 11 中安装的控制软件的使用而变化。

图 13 是例示该优选实施例的变型例的原理示意图。在图 13 所示的该变型例示例中，整个雷达设备 10 例如安装在水平方向的扫描设备 70 中，所述水平方向扫描设备 70 例如由用于在水平面上的预定角度的范围内摆动（扫描）的电机构成，并且在扫描设备 70 进行摆动（扫描）的操作中，与雷达波束 71、72 和 73 一样，将使用雷达设备 10 的雷达波束的检测范围控制为在水平方向随时间变化。由雷达设备 10 的控制和信号处理单元 11 来控制水平方向扫描设备 70 的操作。

结果，如以上在前述变形例中所述，雷达设备 10 能够针对各摆动角度来检测目标的距离、速度、以及检测电平。因此，目标的水平方向角度由表示摆动角度的局部检测电平的最大值的扫描角度来确定，并可以将目标的距离、速度、水平方向角度、以及检测电平输出为检测结果信息 26。

图 14 是例示用于对操作模式进行切换的时间变化方法的原理示意图。

在该图中，操作时间域 81 是在 FM-CW 雷达模式进行远程检测的时间段。在进行该远程检测操作时，通过使用位于发送器侧和接收器侧的窄波束天线 62 和 64 使由天线发送/接收的波束变窄，使水平方向扫描设备 70 执行水平方向的扫描操作，还高精度地检测水平方向中的角度。由于扫描在此时进行，所以一个周期中的检测时间受到扫描时间的限制。

操作时间域 82 是在脉冲雷达模式进行近程检测的时间段。在进行该近程操作时，通过使用位于发送器侧和接收器侧的宽波束天线 61 和 63 使得由天线发送/接收的波束加宽，不进行在水平方向的扫描，在进行远程操作时不采用 FFT，仅采用信号幅度求和。结果，可以快速检测到波束内的目标的距离。

操作时间域 81 和 82 的和例如为几十到几百毫秒，并且可以以该周期反复地切换时间域。

例如，如果通过将根据本优选实施例的雷达设备 10 安装在汽车等的前部来构成前向监视，则可以以 FM-CW 雷达模式中的远程监视来辅助 ACC（自动巡航控制），并可以用脉冲雷达模式中的近程监视来辅助在交通堵塞时极低速缓行/停止时对停止和前进的控制，或者恰在将要碰撞之前的控制。

此外，如果通过将根据本优选实施例的雷达设备 10 安装在汽车的后部来构成后向监视，则可以通过使用脉冲雷达模式中的近程监视来以所谓的 BUA（倒退辅助）辅助汽车进入停车场的停车操作。

如上所述，一个雷达设备 10 可以用于多种汽车控制。

注意，本发明不限于在上述优选实施例中例示的结构。本发明当然可以在不脱离本发明的要旨的范围内进行多种变化。

根据本发明，可以提供作为低成本的一个设备的能够检测从远程到近程的宽范围内的目标的雷达设备。

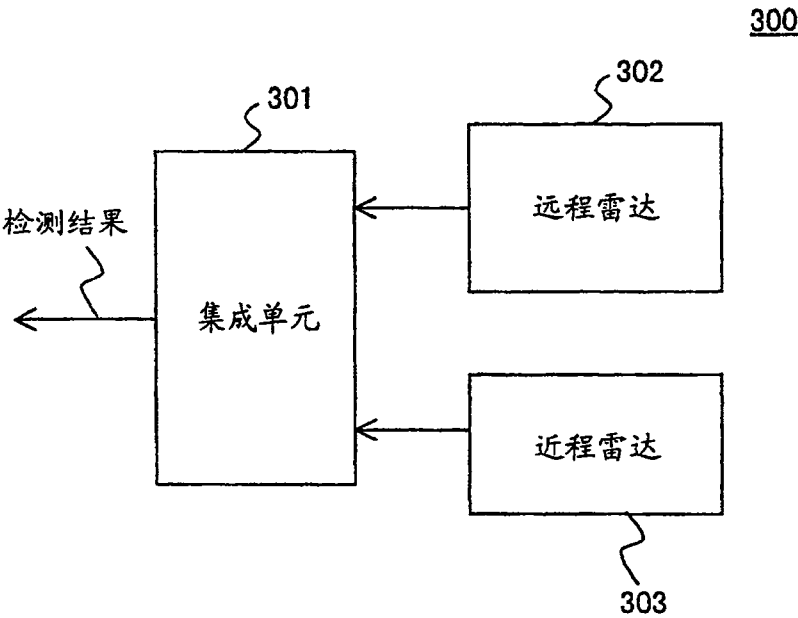


图 1

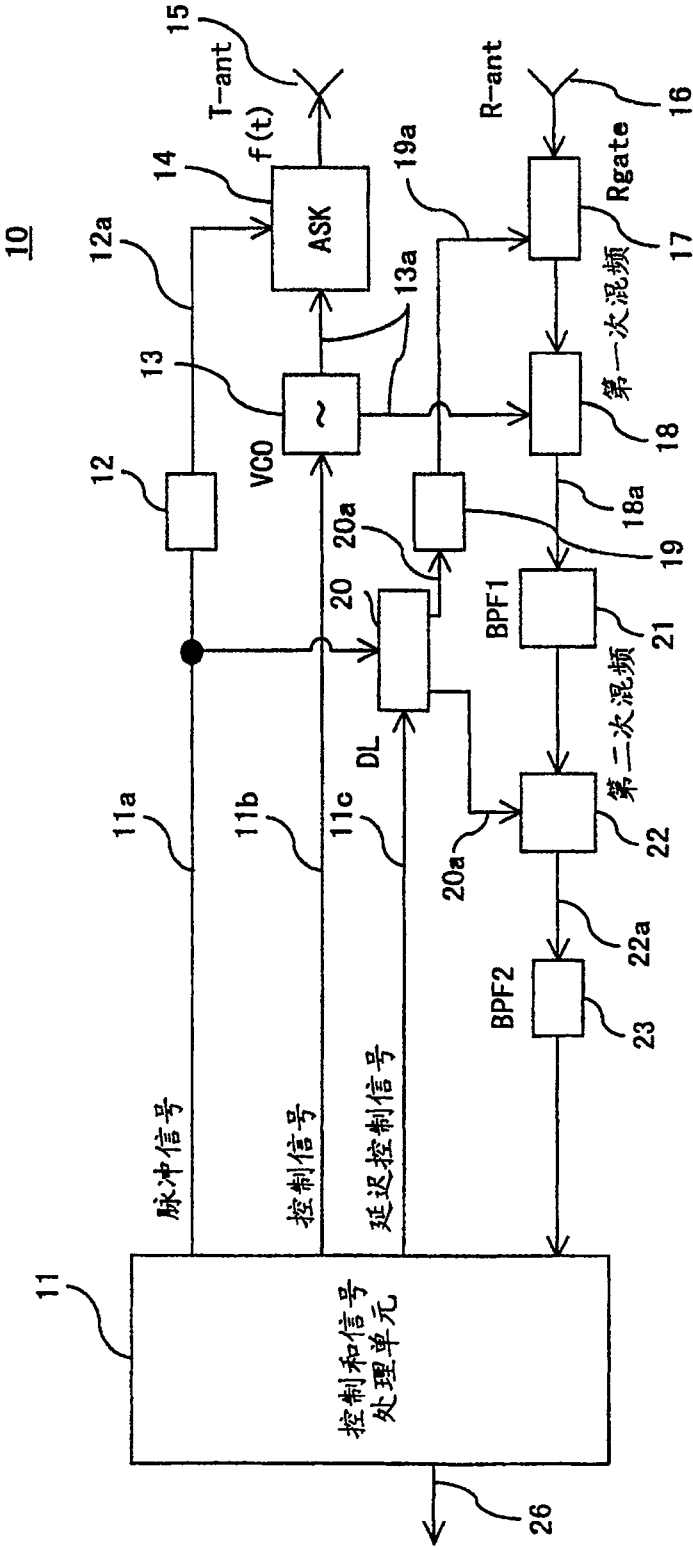


图 2

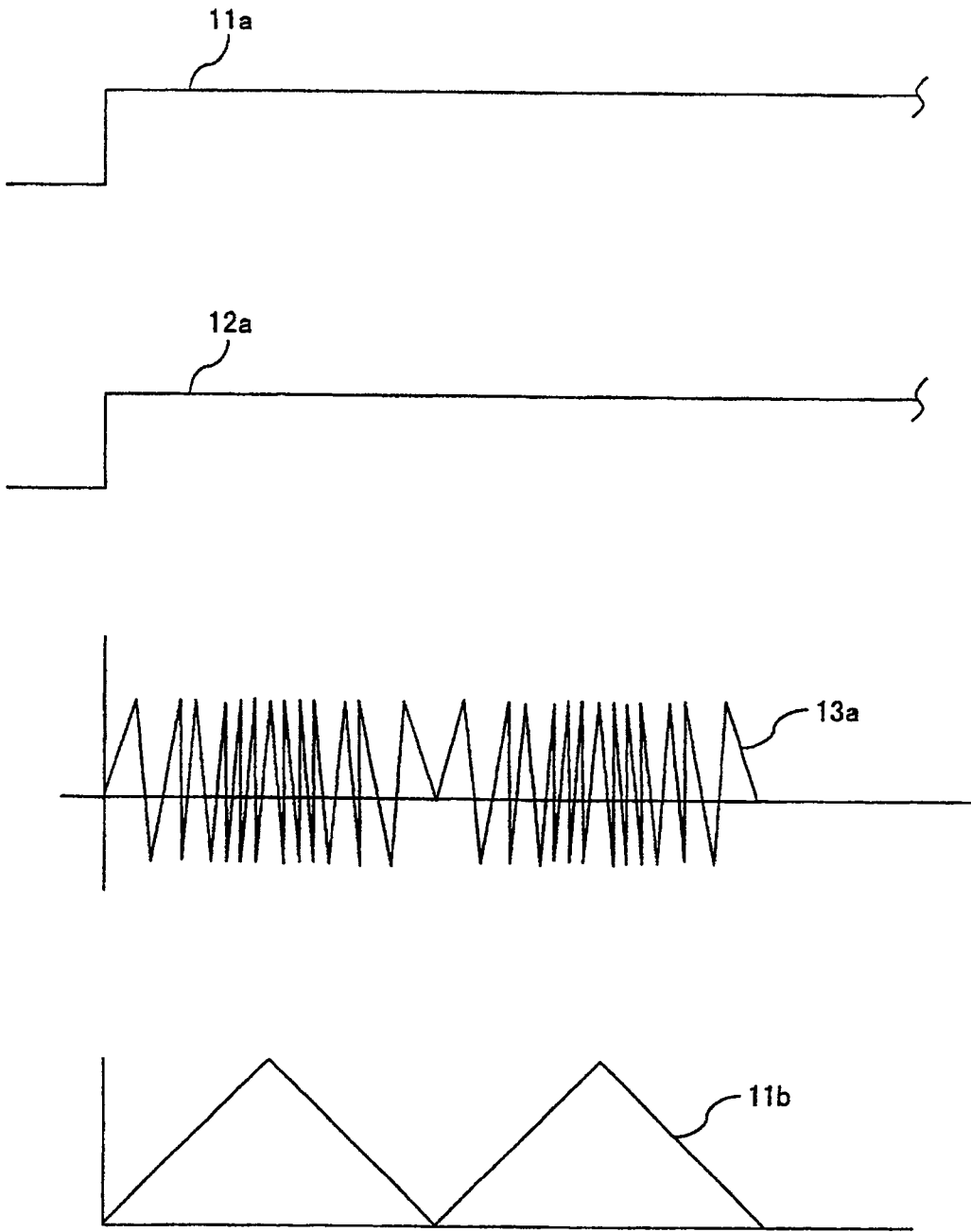


图 3

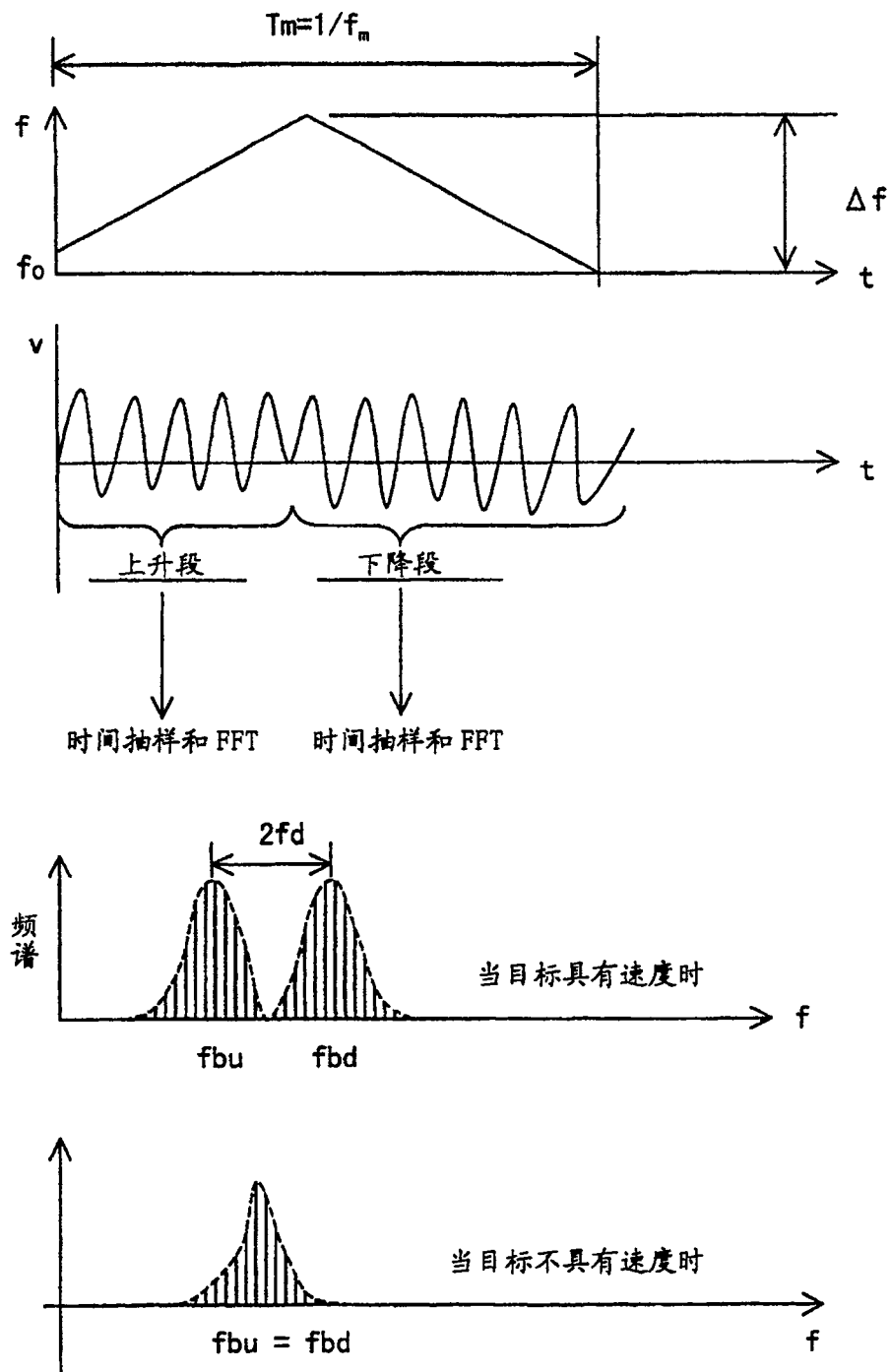


图 4

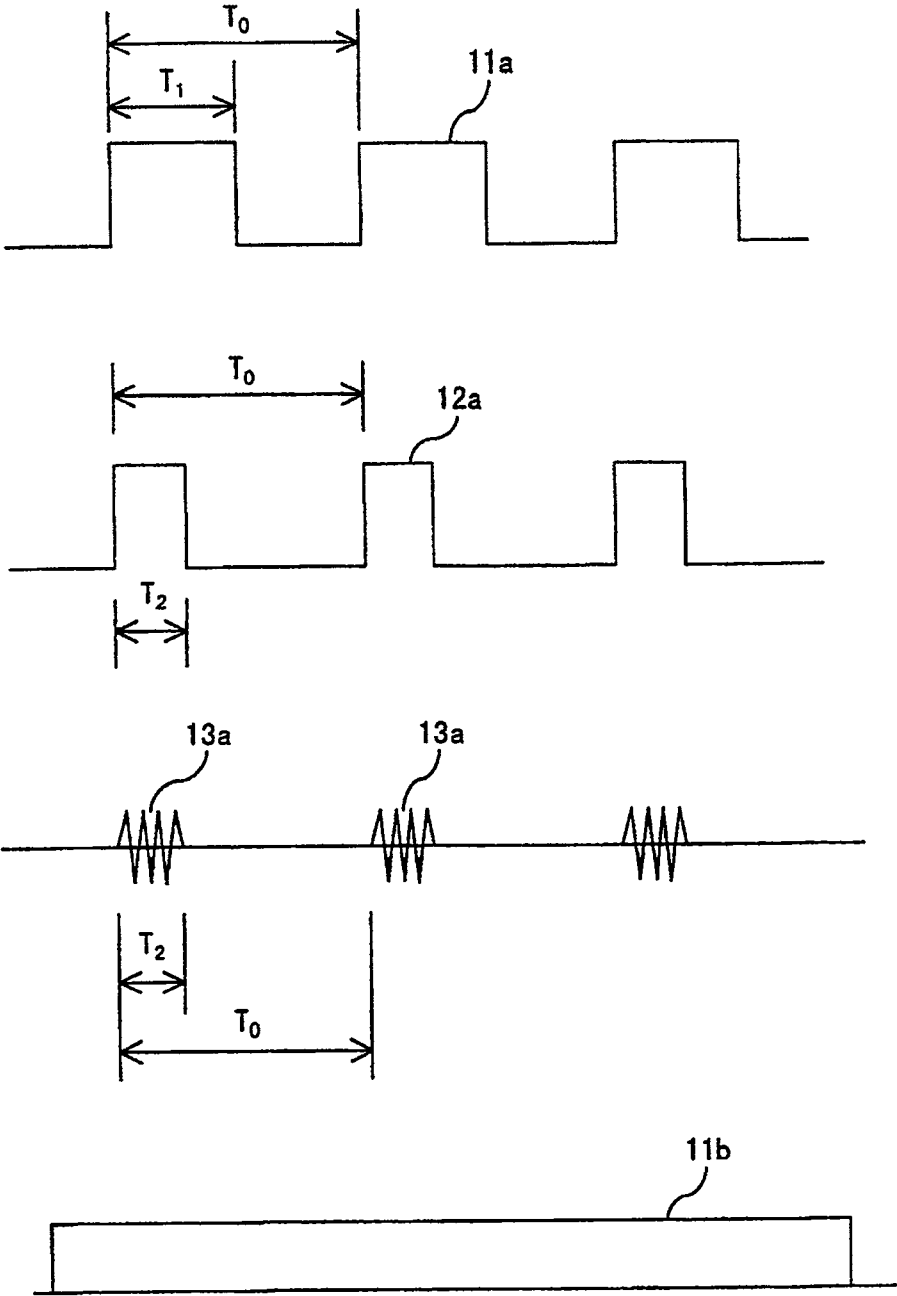


图 5

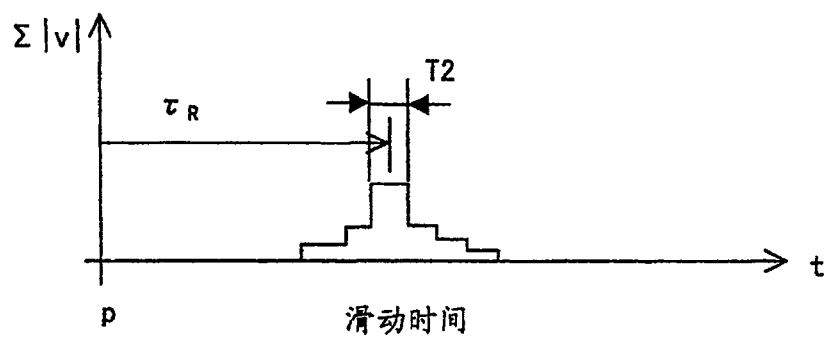


图 6

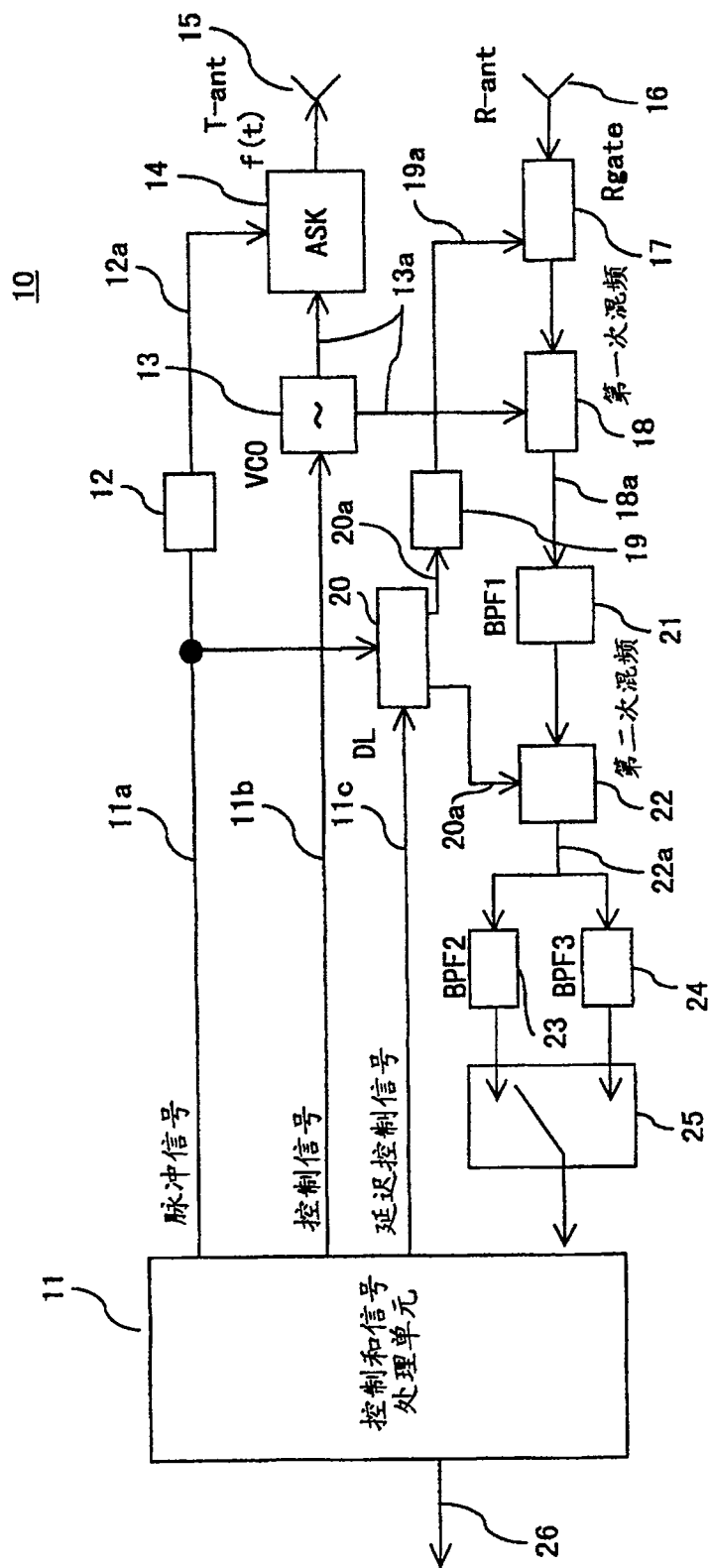


图 7

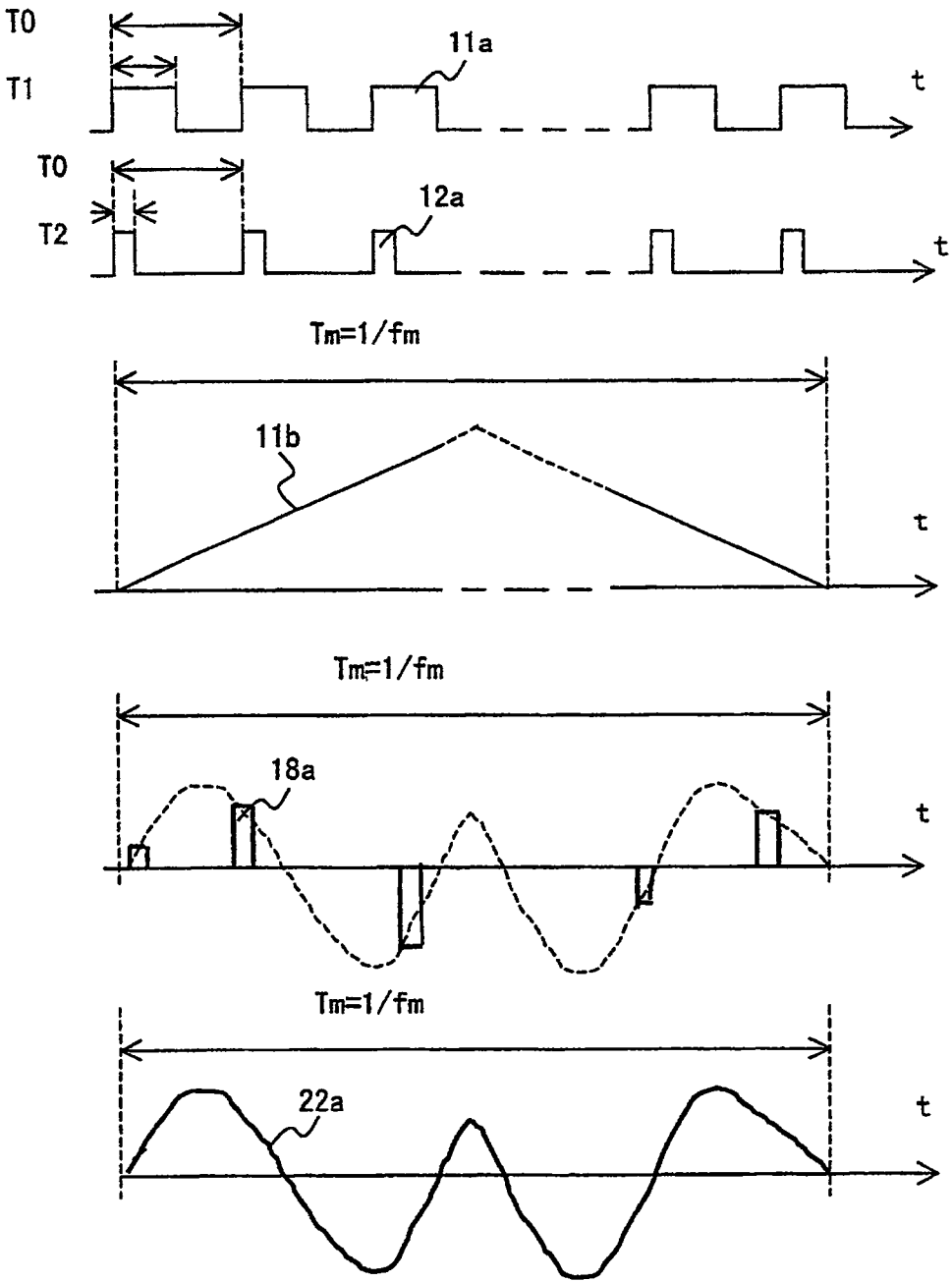


图 8

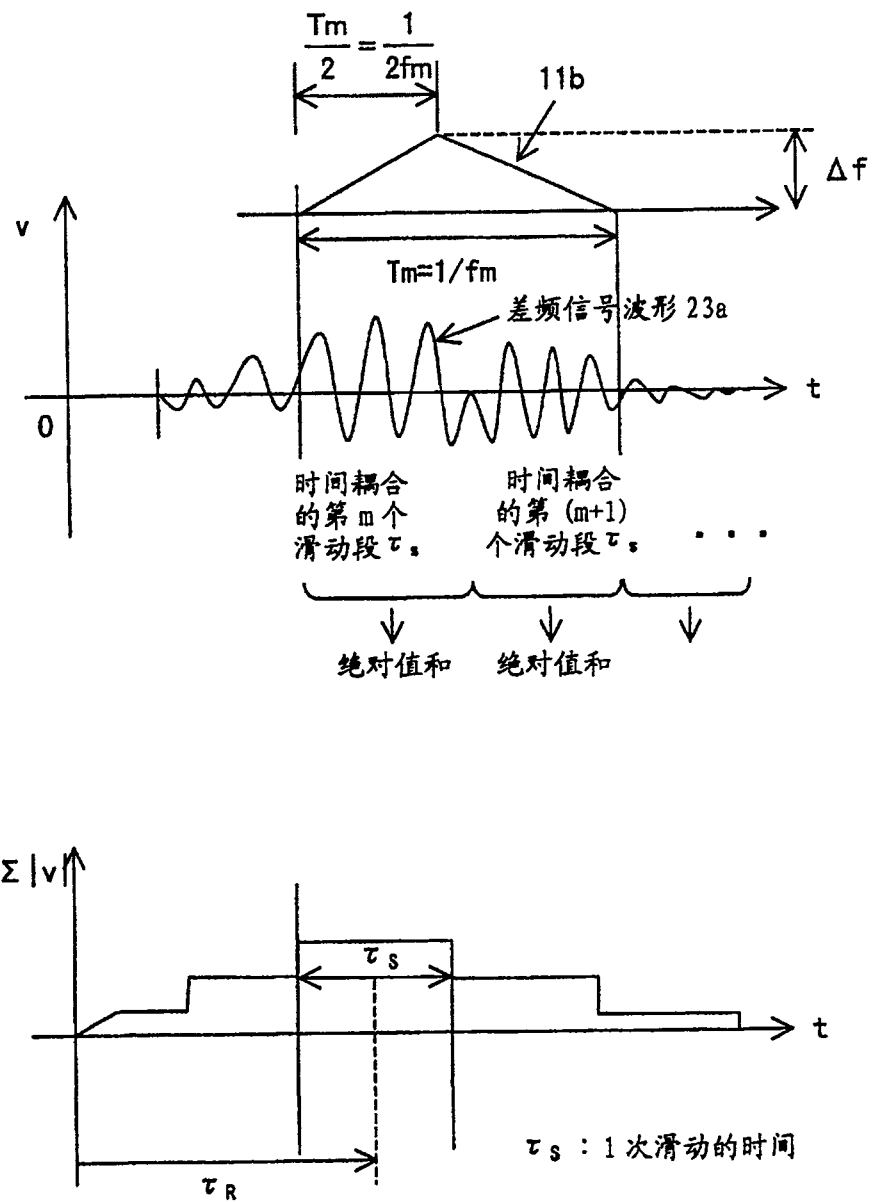


图 9

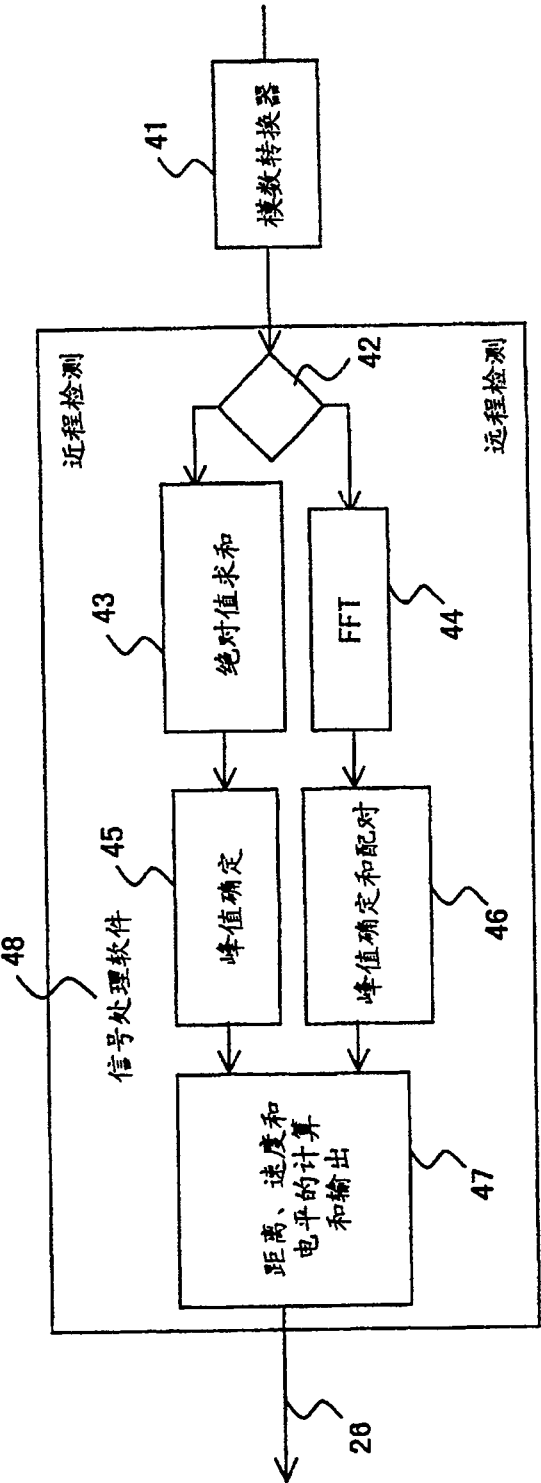


图 10

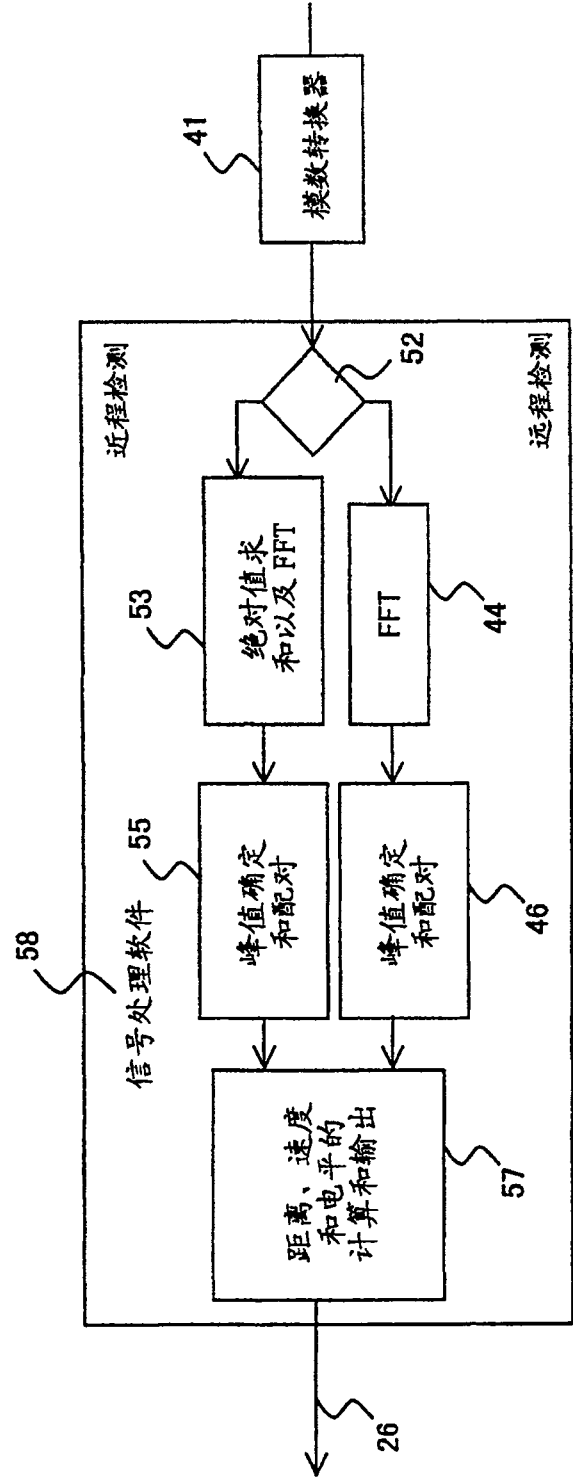


图 11

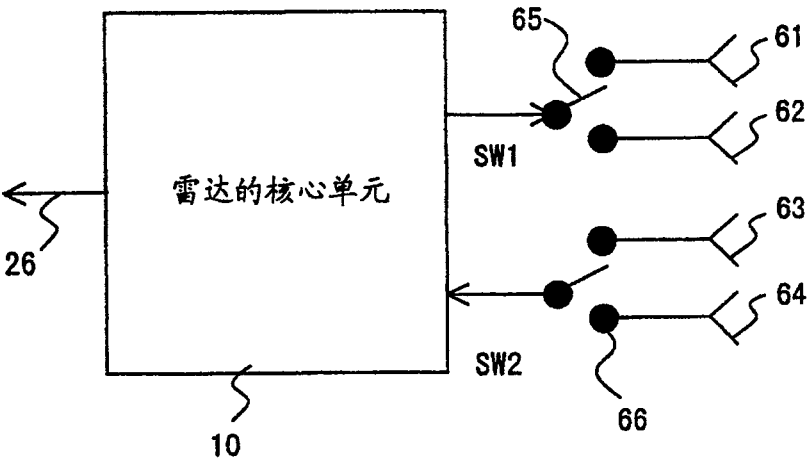


图 12

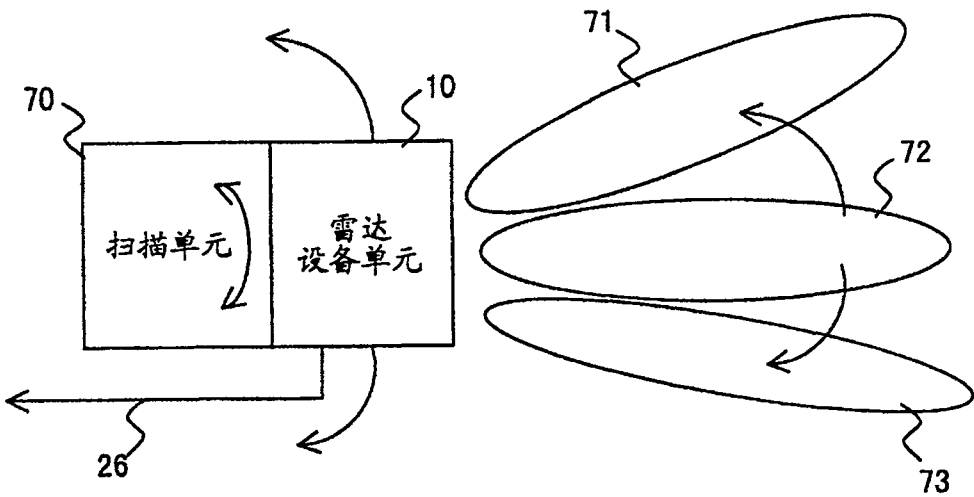


图 13

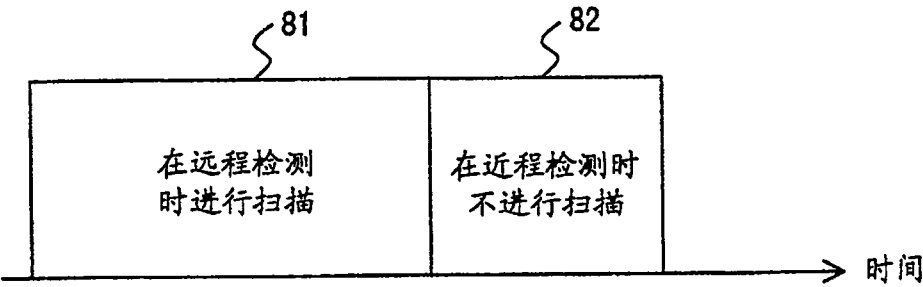


图 14