



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 99805538.7

[45] 授权公告日 2005 年 6 月 15 日

[11] 授权公告号 CN 1206544C

[22] 申请日 1999.3.24 [21] 申请号 99805538.7

[30] 优先权

[32] 1998.4.28 [33] JP [31] 118584/1998

[86] 国际申请 PCT/JP1999/001484 1999.3.24

[87] 国际公布 WO1999/056147 日 1999.11.4

[85] 进入国家阶段日期 2000.10.27

[71] 专利权人 丰田自动车株式会社

地址 日本爱知县

[72] 发明人 山田幸则

审查员 陈玉华

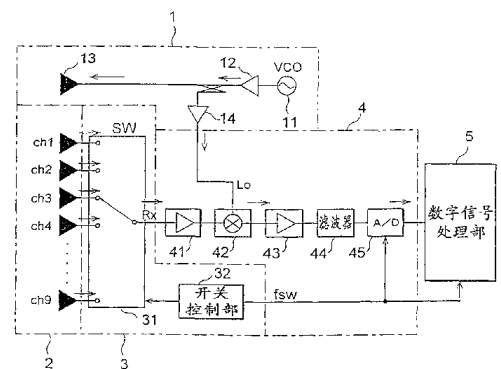
[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所
代理人 季向冈

权利要求书 1 页 说明书 12 页 附图 7 页

[54] 发明名称 频率调制连续波雷达装置

[57] 摘要

一种 FM - CW 雷达装置，具有将频率调制的连续波作为发送波而发送的发送部；通过由多个振子天线排列而成的接收天线将发送波由目标物反射的电波作为接收波而接收，然后对各振子天线频道生成作为发送波与接收波之差的差拍信号并将该差拍信号进行 A/D 变换从而变换为数字差拍信号的接收部；和对数字差拍信号进行数字射束形成处理并根据该处理的结果进行目标物的检测的信号处理部，其特征在于：接收部具有选择振子天线中的某一个与生成差拍信号的电路连接的切换单元，切换单元在频率调制的反复周期的一周期中选择多个振子天线的一部分，在所选择的振子天线之间反复进行连接切换，在多个周期内使振子天线的选择组合不同，从而选择所有振子天线，同时将振子天线的某一个作为基准振子天线，在频率调制的反复周期的各周期中进行选择。



1. 一种 FM-CW 雷达装置，具有将频率调制的连续波作为发送波而发送的发送部；通过由多个振子天线排列而成的接收天线将上述发送波由目标物反射的电波作为接收波而接收，然后对各振子天线频道生成作为发送波与接收波之差的差拍信号并将该差拍信号进行 A/D 变换从而变换为数字差拍信号的接收部；和对上述数字差拍信号进行数字射束形成处理并根据该处理的结果进行上述目标物的检测的信号处理部，其特征在于：上述接收部具有选择上述振子天线中的某一个与生成上述差拍信号的电路连接的切换单元，上述切换单元在上述频率调制的反复周期的一周期中选择上述多个振子天线的一部分，在所选择的振子天线之间反复进行连接切换，在多个周期内使振子天线的选择组合不同，从而选择所有上述振子天线，同时将上述振子天线的的一个作为基准振子天线，在上述频率调制的反复周期的各周期中进行选择。

2. 按权利要求 1 所述的 FM-CW 雷达装置，其特征在于：上述信号处理部根据在上述频率调制的反复周期的各周期中基准振子天线接收的接收波的相位差修正基准振子天线以外的振子天线接收的接收波的相位。

频率调制连续波雷达装置

技术领域

本发明涉及将调频的连续波作为发送波使用的频率调制连续波（frequency modulation-continuous wave,以下简称 FM-CW）雷达装置，特别是利用数字式射束形成（DBF）实现射束扫描的 FM-CW 雷达装置。

背景技术

作为 DBF 型的雷达装置,有日本特开平 6-88869 号所记载的雷达装置。在该先有的雷达装置中, RF 放大器、混频器、滤波器、A/D 变换器与构成天线阵的各振子天线连接, 从各 A/D 变换器输出的数字信号输入数字式射束形成处理器, 进行数字式射束形成处理。

通常, 在雷达装置中, 是使用微波或毫米波这样的高频电磁波, 但是, 用这种高频波工作的模拟设备 (RF 放大器或混频器等) 是非常昂贵的。

在上述先有的雷达装置中, 对各振子天线都设置这些模拟设备, 所以, 需要大量的模拟设备, 不得不花费高的制造成本。特别是作为用于提高性能的一个手段, 就是增加振子天线的数量, 振子天线的增加, 随之而来的就是高频波模拟设备的增加, 从而将增加成本。因此, 振子天线的增加是困难的。另外, 模拟设备的增加也将引起雷达装置的大型化。

发明内容

本发明的目的旨在提供与振子天线束无关的可以将模拟设备抑制到最小限度的 FM-CW 雷达装置。

本发明的 FM-CW 雷达装置, 具有将频率调制的连续波作为发

送波而发送的发送部；通过由多个振子天线排列而成的接收天线将上述发送波由目标物反射的电波作为接收波而接收，然后对各振子天线频道生成作为发送波与接收波之差的差拍信号并将该差拍信号进行 A/D 变换从而变换为数字差拍信号的接收部；和对上述数字差拍信号进行数字射束形成处理并根据该处理的结果进行上述目标物的检测的信号处理部，其特征在于：上述接收部具有选择上述振子天线中的某一个与生成上述差拍信号的电路连接的切换单元，上述切换单元在上述频率调制的反复周期的一周期中选择上述多个振子天线的一部分，在所选择的振子天线之间反复进行连接切换，在多个周期内使振子天线的选择组合不同，从而选择所有上述振子天线，同时将上述振子天线的某一个作为基准振子天线，在上述频率调制的反复周期的各周期中进行选择。

按照这样构成的本发明的 FM-CW 雷达装置，通过利用切换单元选择振子天线中的某一个与生成差拍信号的电路连接，可以将各振子天线的接收波分时地输入生成差拍信号的电路。因此，就不必对每个振子天线准备利用接收波与发送波的合成而生成差拍信号所需要的高频设备即接收波的降频变频用的混频电路等，只要有一组就足够了。

而且，切换单元在调频的反复周期的一周期中仅将多个振子天线的一部分与差拍信号生成电路连接，所以，与在调频的反复周期的一周期中将所有的振子天线与差拍信号生成电路连接的情况相比，可以降低切换频率。

另外，如果考虑每次连接切换时对差拍信号进行采样并进行 A/D 变换的情况，如果切换频率降低了，A/D 变换速度也可以降低。

切换单元在调频的反复周期的各周期中，最好将振子天线中的一个选择作为基准振子天线，信号处理部在调频的反复周期的各周期中，最好根据基准振子天线接收的接收波的相位差修正基准振子天线以外的振子天线接收的接收波的相位。

调频的反复周期的周期区间不同时，在该期间与目标物的距离会

发生变化，这时，接收波的相位将发生变化。即，不能充分确保各振子天线的接收的同时性。对此，只要检测了各周期中基准振子天线的信号的相位差并根据该相位差修正基准振子天线以外的振子天线的信号相位，就可以进行与在同一周期内输入全部振子天线的信号时同等的 DBF 合成。

附图说明

图 1 是表示本发明的一个实施例的 FM - CW 雷达装置的结构图。

图 2A 是用于说明 FM - CW 雷达的探测原理的曲线图。

图 2B 是用于说明 FM - CW 雷达的探测原理的曲线图。

图 3A 是用于说明 FM - CW 雷达的探测原理的曲线图。

图 3B 是用于说明 FM - CW 雷达的探测原理的曲线图。

图 4 是表示图 1 的 FM - CW 雷达装置的动作的流程图。

图 5 是表示图 1 的 FM - CW 雷达装置的切换开关部 3 的连接时刻的时序图。

图 6 是表示 DBF 合成的处理顺序的流程图。

图 7 是表示本发明实施例 2 的 FM - CW 雷达装置的结构图。

图 8 是表示频率变换的情况的频谱图。

具体实施方式

图 1 是表示本发明的一个实施例的雷达装置的结构图。该雷达装置是使用对连续波 (CW) 进行调频 (FM) 的发送信号的 FM - CW 雷达装置，并且是进行数字式射束形成处理的 DBF 雷达装置。

在说明本实施例的具体的结构和动作之前，先说明 FM - CW 雷达装置的探测原理。

图 2A、2B、3A 和 3B 分别是表示 FM - CW 雷达的探测原理的波形图。

图 2A 是表示发送信号频率的变化和从位于距离 R 的位置而相对

速度为 0 的目标物再发射的接收信号频率的变化的曲线图，纵轴表示频率，横轴表示时间。实线表示发送信号频率，虚线表示接收信号频率。

由曲线图可知，发送信号使用对连续波进行三角状的调频的调制信号。调制波的中心频率为 f_0 、频率偏移幅度为 Δ

F、三角波的反复频率为 f_m 。

另外，图 3A 是表示发送信号频率的变化和目标物的相对速度是不为 0 的速度 V 时的接收信号频率的变化的曲线图，实线表示发送信号频率，虚线表示接收信号频率。发送信号和坐标轴的意义和图 2A 时相同。

如图 2A 所示，在目标物的相对速度为 0 时，接收信号相对于发送信号受到与距离相应的时间延迟 T ($T = 2R/C$: C 为光的速度)。

另外，如图 3A 所示，在目标物的相对速度是 0 以外的值 V 时，接收信号相对于发送信号受到与距离相应的时间延迟 T 和与相对速度相当的频率偏移 D 。图 3A 所示的例子是接收信号频率在同一曲线图上向上方偏移，表示目标物接近的情况。

对于这样的接收信号，如果将发送信号的一部分进行混频，可以得到差拍信号。图 2B 和图 3B 分别是表示目标物的相对速度为 0 时和 V ($V \neq 0$) 时的差拍频率的曲线图，时间轴（横轴）分别使时刻与图 2A 和图 3A 一致。

现在，设相对速度为 0 时的差拍频率为 f_r 、与相对速度对应的多普勒频率为 f_d 、频率增加的区间（上升区间）的差拍频率为 f_{b1} 、频率减小的区间（下降区间）的差拍频率为 f_{b2} 时，则

$$f_{b1} = f_r - f_d \quad \dots (1)$$

$$f_{b2} = f_r + f_d \quad \dots (2)$$

成立。

因此，只要分别测量了调制周期的上升区间和下降区间的差拍频

率 f_{b1} 和 f_{b2} ，就可以根据以下式 (3) 和式 (4) 求出 f_r 和 f_d 。

$$f_r = (f_{b1} + f_{b2}) / 2 \quad \dots (3)$$

$$f_d = (f_{b2} - f_{b1}) / 2 \quad \dots (4)$$

只要求出了 f_r 和 f_d ，就可以根据以下式 (5) 和式 (6) 求出目标物的距离 R 和速度 V 。

$$R = (C / (4 \cdot \Delta F \cdot f_m)) \cdot f_r \quad \dots (5)$$

$$V = (C / (2 \cdot f_0)) \cdot f_d \quad \dots (6)$$

其中， C 是光的速度。

这样，就可以对任意的射束方向求目标物的距离 R 和速度 V ，所以，只要顺序进行射束扫描并计算距离 R 和速度 V ，就可以测知目标物的方位、距离和速度。这就是 FM-CW 雷达的原理。

图 1 所示的本实施例的 FM-CW 雷达装置也是 DBF 雷达装置。即，在该 FM-CW 雷达装置中，将由多个振子天线构成的天线阵作为接收天线使用，将由各振子天线接收的信号数字化后，在后级的信号处理部中将其相位和振幅进行变换，此外，通过将全部振子天线频道的信号合成，形成接收天线的指向性。因此，只要对一旦输入的信号适当地改变相位和振幅的变换量进行变换，就可以进行所希望的射束扫描。

该雷达装置具有发送部 1、天线阵 2、切换开关部 3、接收电路部 4 和数字信号处理部 5，由天线阵 2、切换开关部 3 和接收电路部 4 构成接收部。

发送部 1 具有中心频率为 f_0 (例如 76GHz) 的电压控制型振荡器 11、缓冲放大器 12、发送天线 13 和 RF 放大器 14。振荡器 11 根据从省略图示的调制用的直流电源输出的控制电压而输出 $f_0 \pm \Delta$

$F/2$ 的被调制波 (发送信号)。被调制波由缓冲放大器 12 进行放大，并从发送天线 13 以电磁波的形式发射出去。发送信号的一部

分由 RF 放大器 14 进行放大，并作为降频变频用的本地振荡信号而输出。

接收用天线阵 2 具有与从第 1 频道 (CH1) 到第 9 频道 (CH9) 的各频道对应的 9 个振子天线。切换开关部 3 具有开关主体 31 和开关控制部 32。开关主体 31 具有 9 个输入端子和 1 个输出端子，天线阵 2 的各振子天线逐个与各输入端子连接。输出端子与输入端子中的某一个连接，由开关控制部 32 的切换信号适当地切换该连接。连接切换是在电路上通过电信号进行的，至于按什么样的顺序进行切换，后面进行说明。

接收电路部 4 具有 RF 放大器 41、混频器 42、放大器 43、滤波器 44 和 A/D 变换器 45。从开关主体 31 的输出端子输出的信号即由天线阵 2 的某一个振子天线接收的信号由 RF 放大器 41 进行放大，由混频器 42 与 RF 放大器 14 的发送信号的一部分进行混频。通过混频，接收信号被降频变频，生成作为发送信号与接收信号的差信号的差拍信号。差拍信号通过放大器 43 和低通滤波器 44 输入 A/D 变换器 45，在开关控制部 32 的信号即用于进行开关主体 31 的连接切换的时钟信号 f_{sw} 的时刻变换为数字信号。

数字信号处理部 5 对 A/D 变换器 45 的数字差拍信号进行数字式射束形成 (DBF) 处理，根据该结果进行目标物的检测。

下面，说明这样构成的 FM-CW 雷达装置的动作。

图 4 是表示该 FM-CW 雷达装置的动作的流程图，图 5 是表示切换开关部 3 的切换时刻的时序图。

在图 4 的流程图中， i 表示各振子天线的频道的号码， j 表示三角波调制的上升区间和下降区间的接收波的采样号码， k 表示三角波调制的周期号码。在本实施例中， i 取 1~9 的值， j 取 1~N (例如 128) 的值， k 取 1~4 的值。

首先，在步骤 S41，将 i 、 j 、 k 分别设定为作为初始值的「1」。然后，在步骤 S42，判断是否为采样时钟信号的取入区间。在本实施例中，将三角波调制的上升区间和下降区间各自的中央部定为取入

区间。这是因为，与从三角波调制的上升区间向下降区间或从下降区间向上升区间的变化点附近比较，各区间的中央部可以确保高的线性。

如果是时钟信号取入区间，就经过步骤 S43 转移到步骤 S44，在检测到时钟信号的边界的时刻，转移到步骤 S45，进行开关主体 31 的切换。现在，如果 $i=1$ ，通过该切换，第 1 个振子天线 ch1 就与开关主体 31 连接。

通过该开关切换，由第 1 振子天线 ch1 接收的信号由混频器 42 进行降频变频，并且该差拍信号输入 A/D 变换器 45。

其次，在步骤 S46 进行时钟周期 ($1/f_{sw}$) 的 $1/2$ 延迟后，在步骤 S47 由 A/D 变换器 45 进行差拍信号的 A/D 变换，并将该数字差拍信号取入数字信号处理部 5 的缓冲器中。步骤 S46 的延迟，是为了在 1 次振子天线连接期间的中央时刻进行 A/D 变换处理，这样，便可在连接的稳定时进行 A/D 变换。另外，数字差拍信号向缓冲器的取入，是为了在后面的处理而按照 i 、 j 、 k 的区别进行，并且按照上升或下降的区间的区别进行。

在 1 次的 A/D 变换结束时，就转移到步骤 S48。从现在开始说明的步骤 S48 到步骤 S57 的处理，是由切换开关部 3 决定与接收电路部 4 连接的振子天线的顺序的流程。在本实施例中，使用 4 次调频的反复周期，完成全部振子天线频道的选择。

图 5 是表示振子天线频道的选择顺序的时序图，横轴表示时间。CH. 1~CH. 9 表示从第 1 到第 9 的各振子天线频道的连接时刻，高电平表示连接。另外，波形 51 表示三角波调制的时刻。为了容易看图，在与波形 51 的关系中，将各频道的连接时间（高电平期间）比实际的连接时间大幅度地延长表示。

由图可知，在第 1 区间中，选择第 1、第 2、第 3 振子天线，顺序反复将它们连接。在第 2 区间中，选择第 1、第 4、第 5 振子天线，顺序反复将它们连接。在第 3 区间中，选择第 1、第 6、第 7 振子天线，顺序反复将它们连接。在第 4 区间中，选择第 1、第 8、第 9 振

子天线，顺序反复将它们连接。

第 1 振子天线作为基准振子天线在第 1~第 4 区间中总是要选择，第 2~第 9 振子天线分为各 2 个分别分配给第 1~第 4 区间。由第 1 振子天线接收的信号的差拍信号作为后面所述的 DBF 合成时的相位修正的基准信号使用。

用于进行这样的振子天线的切换连接的步骤 S48 到步骤 S57 的处理，如以下所述。

在步骤 S48，判断是否 $i=1$ ，如果是 $i=1$ ，就进入步骤 S49，将 i 置换为 $(i+(2k-1))$ ，如果不是 $i=1$ ，就进入步骤 S50，将 i 置换为 $(i+1)$ 。然后，在步骤 S51，判断 i 是否大于 $(2+(2k-1))$ 。

现在，由于是 $i=k=1$ ，所以，就进入步骤 S49，令 $i=2$ ，经过步骤 S51 的判断，返回到步骤 S42，通过步骤 S42~S47 的处理，将由第 2 振子天线接收的信号的数字差拍信号取入缓冲器。在该时刻，由于是 $i=2$ ，所以从步骤 S48 转移到步骤 S50，成为 $i=3$ ，再次从步骤 S51 返回到步骤 S42，通过步骤 S42~S47 的处理，将由第 3 振子天线接收的信号的数字差拍信号取入缓冲器。

接着，从步骤 S48 转移到步骤 S50，在成为 $i=4$ 时，在步骤 S51 就进行肯定判断，并转移到步骤 S52，在设定 $i=1$ 的同时，设定 $j=2$ 。

然后，转移到步骤 S53，将 j 与 N 进行比较。值 N 是上升区间和下降期间的取决于振子天线频道的采样数，这里，例如设定为 $N=128$ 。现在，由于 $j=2$ ，所以，在 $i=1$ 、 $j=2$ 的状态下，返回到步骤 S42。然后，在步骤 S52，顺序取入第 1~第 3 振子天线频道的数字差拍信号，直至成为 $j=3$ 。

以后，同样顺序取入第 1~第 3 振子天线频道的数字差拍信号，如果各频道取入了 N 个数字差拍信号，在步骤 S53 的判断中，就转移到步骤 S54，使 j 的值回到作为初始值的「1」。

在步骤 S55，判断此前的数字差拍信号的取入处理是在上升区间进行的还是在下降区间进行的。现在，由于上升区间的取入已结束

了，所以，在步骤 S55 的判断中，是否定的，并返回到步骤 S42。以后，在第 1 区间的下降区间，对第 1~第 3 振子天线频道的数字差拍信号顺序分别各进行 128 采样并取入。

在第 1 区间的下降区间的数字差拍信号的取入结束时，从步骤 S55 转移到步骤 S56，并将 k 替换为 $(k+1)$ 。现在，由于 $k=1$ ，所以，这里成为 $k=2$ ，经过步骤 S57 的判断，返回到步骤 S42。

以后，通过反复进行步骤 S42 到步骤 S55 的处理，如图 5 所示，在第 2 区间的上升区间和下降区间中分别顺序选择第 1、第 4、第 5 振子天线，反复取入其数字差拍信号。

在步骤 S56，成为 $k=3$ 时，如图 5 所示，在第 3 区间的上升区间和下降区间中分别顺序选择第 1、第 6、第 7 振子天线，反复取入其数字差拍信号。此外，在成为 $k=4$ 时，在第 4 区间的上升区间和下降区间中，分别顺序选择第 1、第 8、第 9 振子天线，反复取入其数字差拍信号。

在以上的处理结束时，由全部振子天线频道接收的信号的数字差拍信号就全部取入到了数字信号处理部 5 的缓冲器中。这时， k 的值在步骤 S56 成为 $k=5$ ，在步骤 S57 的判断中是肯定的，并转移到步骤 S58。

在步骤 S58，按频道进行复数 FFT 处理、DBF 合成和根据其结果的目标物体的识别处理。在步骤 S58 之后，返回到步骤 S41，进行此前所说明的处理，以后，反复进行该处理。

下面，使用图 6 的流程图说明数字信号处理部 5 的 DBF 合成的程序。

在步骤 S60，作为 DBF 合成的前处理，按各频道对数字差拍信号进行复数 FFT 处理，在步骤 S61，读入该各个频道的 FFT 数据。通过该 FFT 处理，各频道可以得到与目标物相应的频率的峰值。DBF 合成仅对频率峰值有选择地进行就足够了，所以，在步骤 S62，抽出进行 DBF 合成的频率点。

关于在步骤 S62 抽出的频率点，通过步骤 S63 到步骤 S67 的处

理，对各频道进行相位和振幅的变换和修正。在步骤 S63，判断是否为频率调制的第 1~第 4 周期区间中的第 1 周期区间。是第 2 周期区间~第 4 周期区间的情况时，就转移到步骤 S65，进行以第 1 振子天线频道为基准的区间间的相位修正。

如果取入数字差拍信号的频率调制的周期区间不同，则认为在该期间与目标物的距离发生了变化，所以，在各周期区间中，将发生接收信号相位差。

因此，在本实施例中，将第 1 振子天线作为基准振子天线，在所有的周期区间将由第 1 振子天线接收的信号的数字差拍信号取入，使用该区间间的相位差修正其他振子天线的数字差拍信号的相位。这里所说的相位是原信号的相位，在降频变频后的差拍信号中也保存该相位，所以，可以检测相位差。

在第 2 周期区间，取入第 1、第 4、第 5 振子天线的接收信号（数字差拍信号），所以，求从该第 1 振子天线的数字差拍信号得到的相位与从在第 1 周期区间取入的第 1 振子天线的数字差拍信号得到的相位的相位差。并且，通过使第 4 和第 5 振子天线的接收信号的相位仅反向旋转该相位差，便可与在第 1 周期区间取入的进行等同的处理。

通过在第 3 和第 4 周期区间进行同样的修正，便可将所有的振子天线的接收信号作为在第 1 周期区间取入的信号进行处理。

在步骤 S64，对不同频道进行在 DBF 合成中通常所进行的装置固有的初始相位修正、初始振幅修正和振幅分布控制。

然后，在步骤 S66，根据现在所选择的指向角进行相位旋转和频道间的矢量合成。另外，利用切换开关所进行的相位延迟修正也在此处进行。

对全部振子天线频道，如果完成了矢量合成，就转移到步骤 S68，抽出关于合成的峰值频率的信息。

在步骤 S69，判断关于该合成的峰值频率的信息的抽出对在步骤 S62 抽出的应进行 DBF 合成的所有频率是否已结束。如果对应进行

DBF 合成的所有的频率已完成了信息抽出,就转移到步骤 S70,使指向角度偏移 0.5 度,再次进行步骤 S63~步骤 S69 的处理。在 -10 度~+10 度的范围内通过以 0.5 度的刻度进行 41 次这样的处理,便可以 0.5 度的解像度达到 DBF 合成的扫描。

图 6 所示的 FFT 处理和 DBF 合成,分别对上升区间和下降区间进行。然后,进行上升区间和下降区间的频率峰值的配对,并根据该结果得到关于目标物体的速度、距离和方位的信息。

下面,说明本发明的其他实施例。图 7 是表示作为本发明实施例 2 的 FM-CW 雷达装置的结构图,与实施例 1 的 FM-CW 雷达装置进行零差检波相反,本实施例的雷达装置通过进行外差检波来实现噪声的降低。

在图 7 中,对于和图 1 相同的元素标以相同的符号,并省略其详细的说明。切换开关部 6 和图 1 的切换开关部 3 一样,具有开关主体部 61 和开关控制部 62。开关主体 61 具有 9 个输入端子和 1 个输出端子,输出端子与输入端子中的某一个连接,根据开关控制部 62 的切换信号周期地切换该连接。与实施例 1 的开关主体 31 的不同点在于,利用外部输入的断续信号使输入端子与输出端子的连接断续地进行。开关控制部 62 和实施例 1 的开关控制部 32 相同。

接收电路部 7 是在图 1 的接收电路部 4 的混频器 42 与放大器 43 之间串联地插入 IF 放大器 71 和第 2 混频器 72 而构成。此外,具有输出频率为切换信号 f_{sw} 的数十倍的断续信号 f_{IF} 的振荡器 73。若示出各信号频率的一例时,则是例如发送信号频率 f_0 为 76GHz、作为中频频带的断续信号频率 f_{IF} 为 100MHz、切换信号频率为 5MHz、差拍信号频率为 DC~100KHz。

图 8 是表示本实施例的信号处理过程中的频率变换的情况的频谱图。在本实施例的 FM-CW 雷达装置中,将接收信号 130 置换为根据切换开关部 6 的断续信号而通/断的信号 131 和 132 后,由混频器 42 降频变频为中频信号 133,接着,由第 2 混频器 72 降频变频为差拍信号 134。

在图 8 中，曲线 135 表示混频器 42 的噪声本底，曲线 136 表示混频器 72 的噪声本底。由图可知，在混频器 42 中，进行降频变频到其噪声的影响降低的 IF 频带的处理，接着，在低频区的噪声比混频器 42 低的第 2 混频器 72 中，进行降频变频到差拍信号的处理。因此，与零差检波方式相比，可以大幅度地扩大噪声容限。

混频器 42 的频带非常宽，所以，通常大多输出低频区的 $1/f$ 噪声和 FM-CW 方式产生的 FM-AM 变换噪声，但是，由于第 2 混频器 72 的频带窄，所以，将降低噪声本底。在本实施例中，利用这样的作用达到噪声容限的扩大。

如果使第 2 混频器 72 的前级的 IF 放大器 71 实现窄频带化，就可以将在低频区发生的 FM-AM 变换噪声与 IF 信号分离，所以，可以进一步降低低频区噪声。

在实施例 1 和实施例 2 中，振子天线的频道数为 9 个频道，但是，如果增加频道数，可以进一步提高检测精度。

工业上的可利用性

如上所述，按照本发明的 FM-CW 雷达装置，可以将降频变频所需要的昂贵的设备例如 RF 放大器及高频区的混频器等与振子天线的数无关地只设置 1 组。因此，可以廉价地构成装置全体，从而可以实现小型化。

而且，切换单元仅将频率调制的反复周期的一周期中多个振子天线的一部分与差拍信号生成电路连接，所以，与在一周期中将所有的振子天线与差拍信号生成电路连接的情况相比，可以降低切换频率。另外，考虑到每次连接切换多对差拍信号进行采样，若切换频率降低，也可以降低 A/D 变换速度。这样，就可以使开关元件和 A/D 变换器更为廉价。

图1

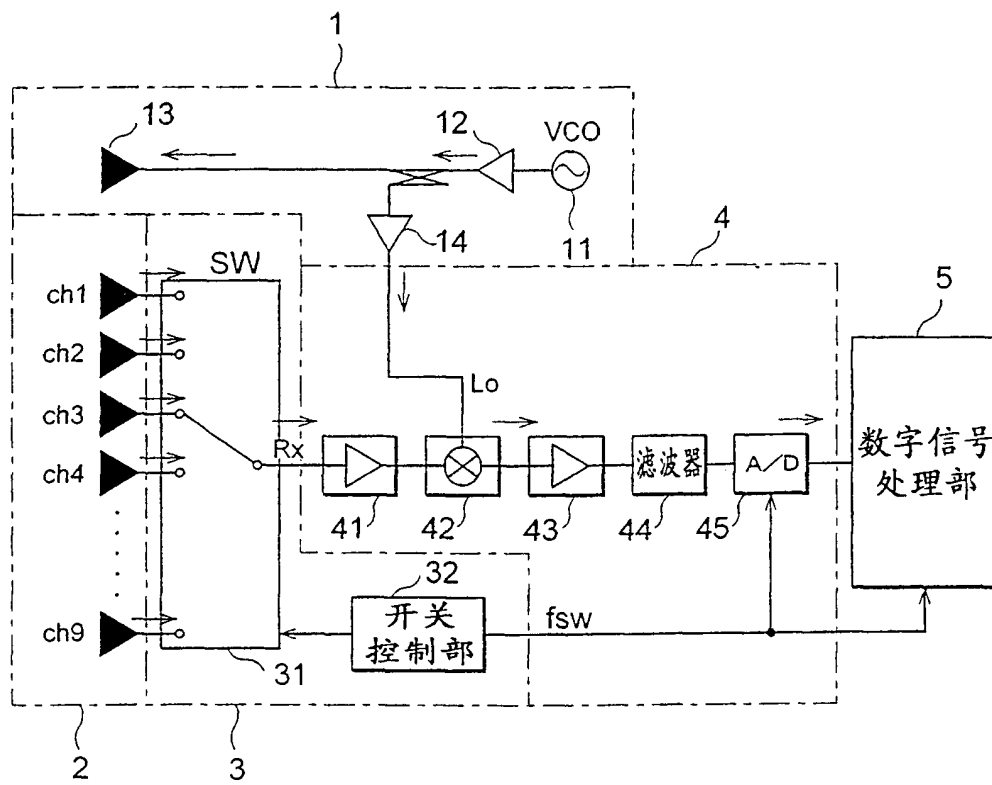


图 2A

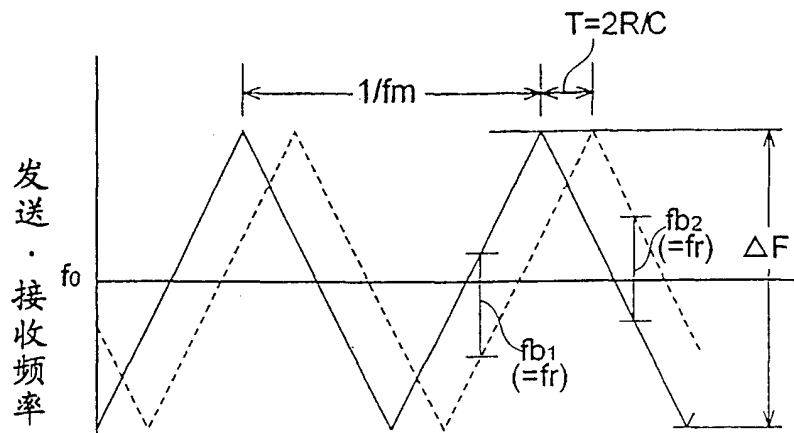


图 2B

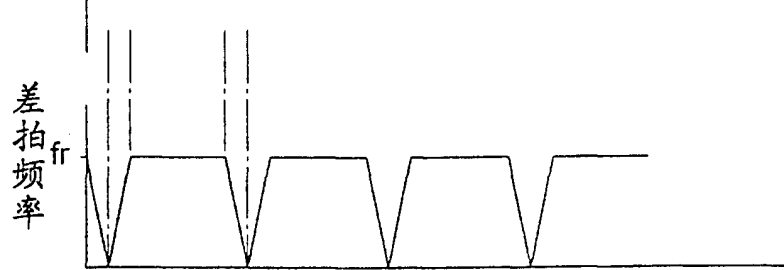


图 3A

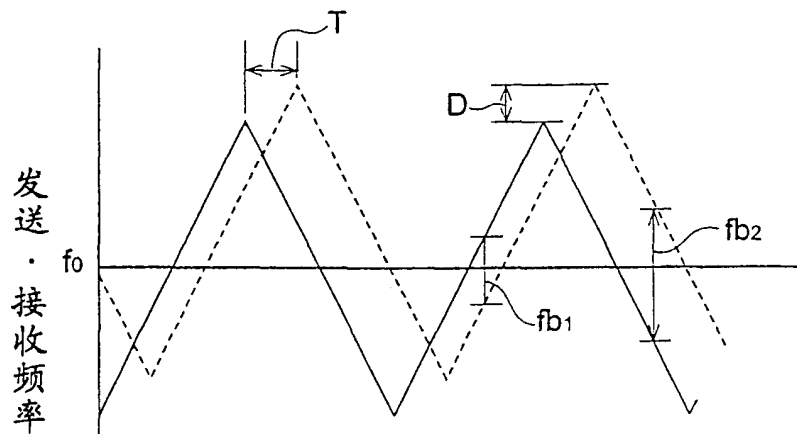
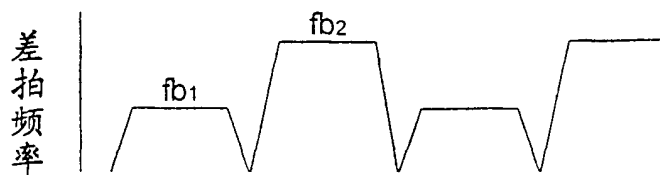


图 3B



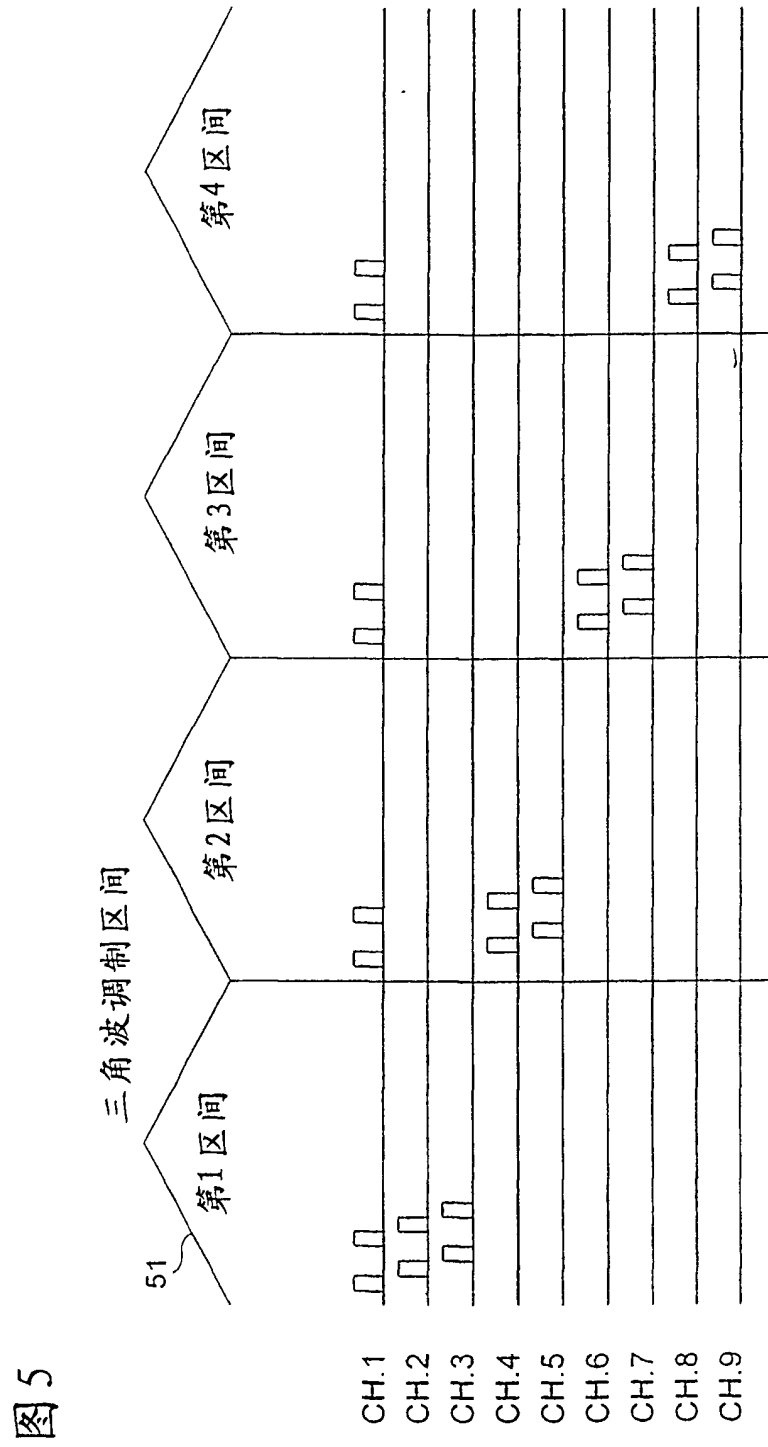
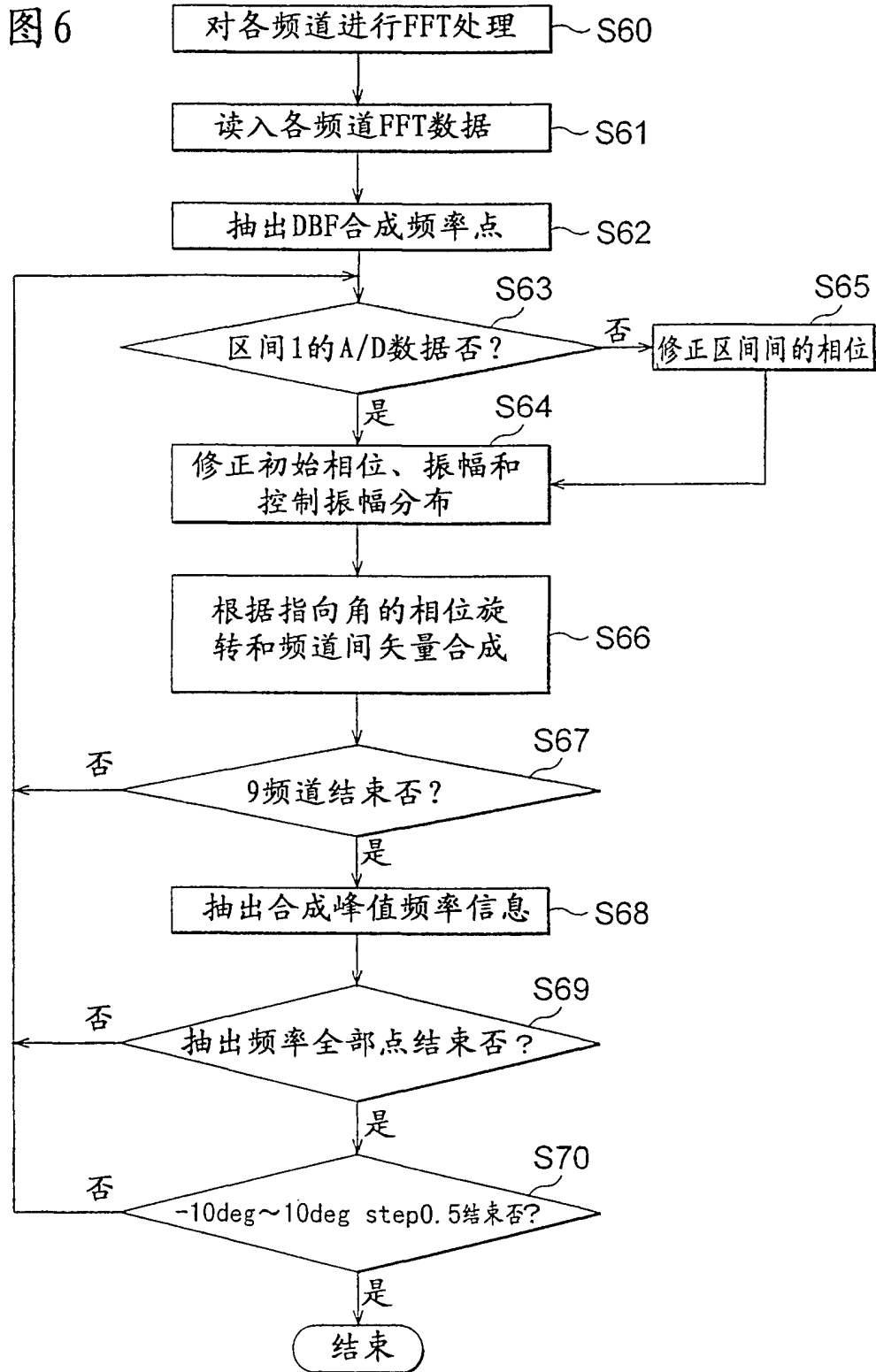


图5



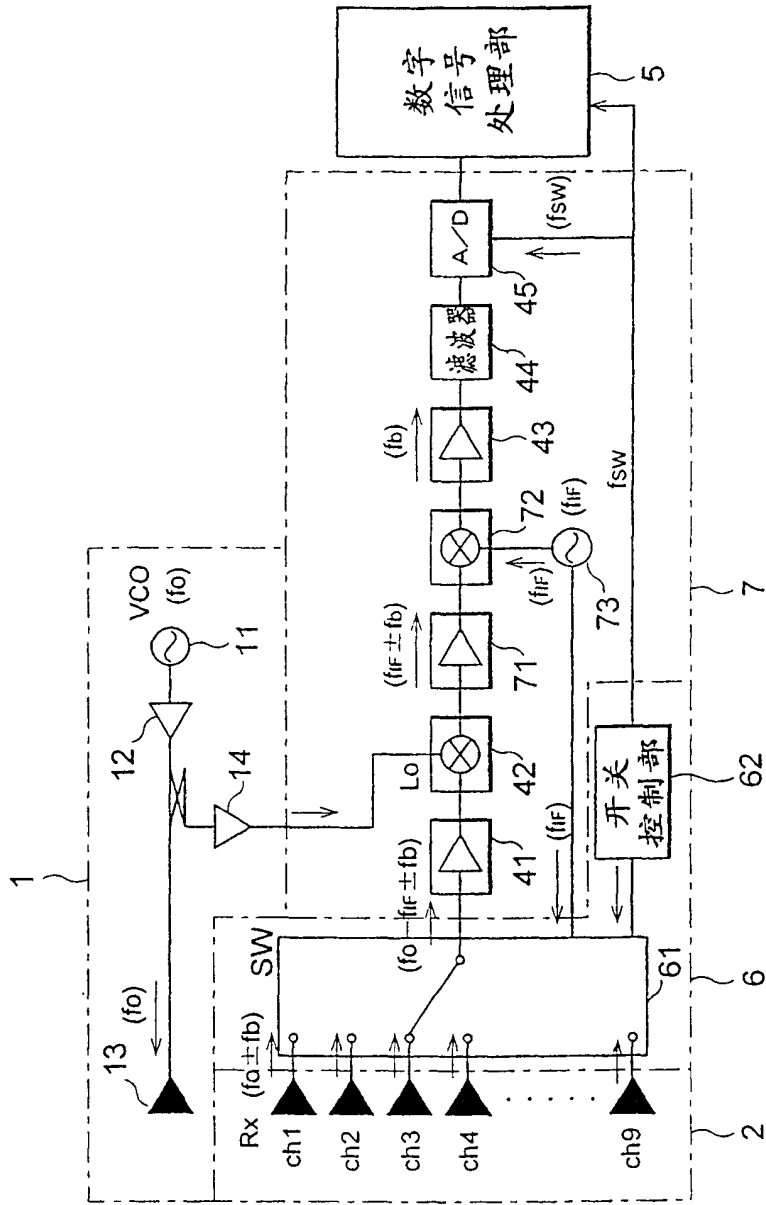


图7

图8

