



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112119328 A

(43) 申请公布日 2020. 12. 22

(21) 申请号 201880093159.9

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2018.05.23

G01S 13/34 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2020.11.04

G01S 7/02 (2006.01)

G01S 7/35 (2006.01)

G01S 7/36 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/JP2018/019861 2018.05.23

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02019/224950 JA 2019.11.28

(71) 申请人 三菱电机株式会社  
地址 日本东京

(72) 发明人 橘川雄亮 三本雅 高桥彻

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所  
有限公司 11038

代理人 李今子

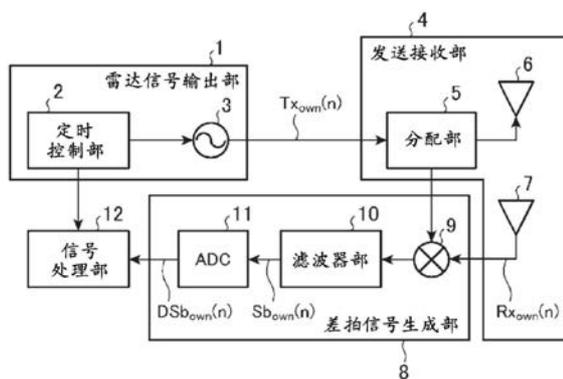
权利要求书1页 说明书14页 附图7页

(54) 发明名称

雷达装置

(57) 摘要

以具备以不均匀的反复周期反复输出伴随时间的经过而频率变化的雷达信号的雷达信号输出部(1)的方式构成雷达装置。



1. 一种雷达装置,具备:

雷达信号输出部,以不均匀的反复周期反复输出伴随时间的经过而频率变化的雷达信号;

发送接收部,朝向观测对象发送从所述雷达信号输出部输出的各个雷达信号,接收被所述观测对象反射的各个雷达信号作为反射波;

差拍信号生成部,生成具有从所述雷达信号输出部输出的各个雷达信号的频率与由所述发送接收部接收的各个反射波的频率的差分频率的差拍信号;以及

信号处理部,根据由所述差拍信号生成部生成的多个差拍信号计算多普勒频率,根据所述多普勒频率计算与所述观测对象的相对速度。

2. 根据权利要求1所述的雷达装置,其特征在于,

所述信号处理部计算由所述差拍信号生成部生成的各个差拍信号的频率,根据所述差拍信号的频率计算到所述观测对象的距离。

3. 根据权利要求2所述的雷达装置,其特征在于,

所述信号处理部具备:

第1谱计算部,通过在距离方向上对由所述差拍信号生成部生成的各个差拍信号进行傅里叶变换来计算第1频谱;

第2谱计算部,通过在多普勒方向上对由所述第1谱计算部计算的第1频谱进行傅里叶变换来计算第2频谱;以及

距离速度计算处理部,根据与由所述第1谱计算部计算的第1频谱中的谱值的峰值对应的频率,计算到所述观测对象的距离,根据与由所述第2谱计算部计算的第2频谱中的谱值的峰值对应的频率,计算与所述观测对象的相对速度。

4. 根据权利要求1所述的雷达装置,其特征在于,

所述雷达信号输出部根据以不均匀的反复周期反复输出的雷达信号的相位变动量和所述雷达信号的频率与由所述发送接收部接收的来自其它雷达装置的雷达信号的频率的差分频率,决定所述反复周期的变化范围,以在决定的变化范围内不均匀地变化的反复周期,反复输出雷达信号。

5. 根据权利要求1所述的雷达装置,其特征在于,

所述雷达信号输出部根据以不均匀的反复周期反复输出的雷达信号的相位变动量和在以均匀的反复周期反复输出雷达信号时得到的与观测对象的相对速度,决定所述反复周期的变化范围,以在决定的变化范围内不均匀地变化的反复周期,反复输出雷达信号。

6. 根据权利要求3所述的雷达装置,其特征在于,

所述第2谱计算部根据在从所述雷达信号输出部以均匀的反复周期反复输出雷达信号时得到的与观测对象的相对速度,补偿由所述第1谱计算部计算的第1频谱的相位变动,并在多普勒方向上对变动补偿后的第1频谱进行傅里叶变换,从而计算第2频谱。

## 雷达装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及计算与观测对象的相对速度的雷达装置。

### 背景技术

[0002] FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave, 调频连续波) 方式的雷达装置朝向观测对象反复发送伴随时间的经过而频率变化的传送线性调频脉冲信号 (transmission chirp signal)。

[0003] FMCW方式的雷达装置通过将被观测对象反射的传送线性调频脉冲信号的反射波作为接收线性调频脉冲信号反复接收, 并将各个传送线性调频脉冲信号和各个接收线性调频脉冲信号的频率混合, 分别生成差拍信号 (beat signal)。

[0004] FMCW方式的雷达装置通过在距离方向上对各个差拍信号进行傅里叶变换, 从而计算出观测对象的距离。

[0005] 另外, FMCW方式的雷达装置通过多普勒方向上对多个差拍信号进行傅里叶变换, 从而计算出与观测对象的相对速度。

[0006] 但是, FMCW方式的雷达装置在从其它雷达装置发送来与传送线性调频脉冲信号同样的线性调频脉冲信号的情况下, 有时将来自其它雷达装置的线性调频脉冲信号作为干扰信号接收。

[0007] FMCW方式的雷达装置在接收到干扰信号时, 将传送线性调频脉冲信号和干扰信号的频率混合来生成差拍信号, 根据差拍信号计算出与其它雷达装置的相对速度。

[0008] 因此, 有时将与其它雷达装置的相对速度误检测为与观测对象的相对速度。

[0009] 在以下的专利文献1中, 公开了防止误检测的雷达系统。

[0010] 专利文献1公开的雷达系统具备多个雷达传感器。

[0011] 多个雷达传感器设定有相互不同的代码序列。

[0012] 以下, 着眼于多个雷达传感器中的任意1个雷达传感器, 说明雷达传感器的动作。

[0013] 雷达传感器依照在本雷达传感器中设定的代码序列, 对反复发送的各个传送线性调频脉冲信号的相位进行调制, 向空间放射相位调制后的各个传送线性调频脉冲信号。

[0014] 雷达传感器将被观测对象反射的传送线性调频脉冲信号的反射波作为接收线性调频脉冲信号反复接收。

[0015] 雷达传感器依照在本雷达传感器中设定的代码序列, 对反复接收的各个接收线性调频脉冲信号进行解调。

[0016] 雷达传感器将实施相位调制前的各个传送线性调频脉冲信号和解调的各个接收线性调频脉冲信号的频率混合, 分别生成差拍信号。

[0017] 雷达传感器通过多普勒方向上对多个差拍信号进行傅里叶变换, 计算频谱。

[0018] 在此, 雷达传感器在接收线性调频脉冲信号的解调中使用的代码序列与在自身发送的传送线性调频脉冲信号的相位调制中使用的代码序列相同。

[0019] 另外, 雷达传感器在接收线性调频脉冲信号的解调中使用的代码序列与其它雷达

传感器在传送线性调频脉冲信号的相位调制中使用的代码序列不同。

[0020] 因此,雷达传感器当通过反复接收与自身发送的传送线性调频脉冲信号对应的接收线性调频脉冲信号来计算多个频谱时,在和与观测对象的相对速度对应的多普勒频率上累计谱值。

[0021] 雷达传感器即使通过反复接收来自其它雷达传感器的传送线性调频脉冲信号而计算多个频谱,也不会在相同的频率上累计谱值。

[0022] 因此,在雷达传感器中,和与其它雷达传感器的相对速度对应的多普勒频率的谱值小于和与观测对象的相对速度对应的多普勒频率的谱值,所以能够防止误检测。

[0023] 现有技术文献

[0024] 专利文献

[0025] 专利文献1:国际公开第2014/195046号

## 发明内容

[0026] 在专利文献1公开的雷达系统中,本雷达传感器即使接收来自其它雷达传感器的传送线性调频脉冲信号来计算多个频谱,也不会在相同的频率上累计谱值。

[0027] 但是,有如下情况,即,本雷达传感器在接收到与自身发送的传送线性调频脉冲信号对应的接收线性调频脉冲信号的情况下得到的拍频(Beat frequency)和在接收到来自其它雷达传感器的传送线性调频脉冲信号的情况下得到的拍频相同或者接近。例如,如果本雷达传感器和其它雷达传感器中的传送线性调频脉冲信号的发送定时相同,则在从本雷达传感器至观测对象的距离是从本雷达传感器至其它雷达传感器的距离的二分之一的情况下,双方的拍频相同。

[0028] 在双方的拍频相同或者接近的情况下,通过反复接收来自其它雷达传感器的传送线性调频脉冲信号而计算的多个频谱的谱值相对和与观测对象的相对速度对应的多普勒频率的谱值成为底噪(floor noise)。

[0029] 雷达传感器在底噪变大的状况下,难以从频谱中检测与和观测对象相关的多普勒频率对应的谱值,存在有无法计算与观测对象的相对速度这样的课题。

[0030] 本发明是为了解决如上述的课题而完成的,其目的在于得到一种能够避免底噪变大的状况,计算与观测对象的相对速度的雷达装置。

[0031] 本发明所涉及的雷达装置具备:雷达信号输出部,以不均匀的反复周期反复输出伴随时间的经过而频率变化的雷达信号;发送接收部,朝向观测对象发送从雷达信号输出部输出的各个雷达信号,接收被观测对象反射的各个雷达信号作为反射波;差拍信号生成部,生成具有从雷达信号输出部输出的各个雷达信号的频率与由发送接收部接收的各个反射波的频率的差分频率的差拍信号;以及信号处理部,根据由差拍信号生成部生成的多个差拍信号计算多普勒频率,根据多普勒频率计算与观测对象的相对速度。

[0032] 根据本发明,以具备以不均匀的反复周期反复输出伴随时间的经过而频率变化的雷达信号的雷达信号输出部的方式构成雷达装置。因此,本发明所涉及的雷达装置能够避免底噪变大的状况,计算与观测对象的相对速度。

## 附图说明

- [0033] 图1是示出实施方式1所涉及的雷达装置的结构图。
- [0034] 图2是示出信号处理部12的内部的结构图。
- [0035] 图3是示出信号处理部12的硬件的硬件结构图。
- [0036] 图4是示出信号处理部12用软件或者固件等实现的情况的计算机的硬件结构图。
- [0037] 图5是示出信号处理部12用软件或者固件等实现的情况的处理过程的流程图。
- [0038] 图6是示出由专利文献1公开的雷达系统计算的多普勒频率和拍频的二维谱的一个例子的说明图。
- [0039] 图7是示出从信号源3输出的传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n)$ 的一个例子的说明图。
- [0040] 图8是示出传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n)$ 以及接收线性调频脉冲信号 $R_{X_{own}}(n)$ 的一个例子的说明图。
- [0041] 图9是示出差拍信号 $S_{b_{own}}(n)$ 的一个例子的说明图。
- [0042] 图10是示出信号处理部12中的信号处理的概要的说明图。
- [0043] 图11是示出由第1谱计算部21计算的多普勒频率和由第2谱计算部22计算的拍频的二维谱的一个例子的说明图。
- [0044] 图12是示出从其它雷达装置发送的传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{ext}}(n)$ 的一个例子的说明图。
- [0045] 图13是示出从本雷达装置发送的传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n)$ 以及本雷达装置接收到来自其它雷达装置的传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{ext}}(n)$ 的情况的接收信号即接收线性调频脉冲信号 $R_{X_{ext}}(n)$ 的一个例子的说明图。
- [0046] 图14是示出通过将传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n)$ 和接收线性调频脉冲信号 $R_{X_{ext}}(n)$ 的频率混合而生成的差拍信号 $S_{b_{ext}}(n)$ 的一个例子的说明图。
- [0047] 图15是示出实施方式3所涉及的雷达装置的结构图。
- [0048] 图16是示出实施方式4所涉及的雷达装置的结构图。
- [0049] 图17是示出信号处理部61的内部的结构图。
- [0050] (符号说明)
- [0051] 1:雷达信号输出部;2:定时控制部;3:信号源;4:发送接收部;5:分配部;6:发送天线;7:接收天线;8:差拍信号生成部;9:频率混合部;10:滤波器部;11:ADC;12:信号处理部;21:第1谱计算部;22:第2谱计算部;23:距离速度计算处理部;31:谱计算电路;32:谱计算电路;33:距离速度计算处理电路;41:存储器;42:处理器;51:雷达信号输出部;52:定时控制部;61:信号处理部;62:第2谱计算部。

## 具体实施方式

- [0052] 以下,为了更详细地说明本发明,依照添附的附图,说明具体实施方式。
- [0053] 实施方式1.
- [0054] 图1是示出实施方式1所涉及的雷达装置的结构图。
- [0055] 在图1中,雷达信号输出部1具备定时控制部2以及信号源3。
- [0056] 雷达信号输出部1以不均匀的反复周期,向分配部5反复输出伴随时间的经过而频

率变化的雷达信号(以下称为“传送线性调频脉冲信号”)。

[0057] 定时控制部2将表示传送线性调频脉冲信号的发送定时的控制信号输出给信号源3以及信号处理部12的各个。

[0058] 从定时控制部2输出的控制信号表示的发送定时的反复周期不均匀。

[0059] 信号源3针对从定时控制部2输出的控制信号表示的每个发送定时,将传送线性调频脉冲信号 $T_{x_{own}}(n)$  ( $n=1,2,\dots,k$ ) 输出给分配部5。 $k$ 是发送反复次数。

[0060] 发送接收部4具备分配部5、发送天线6以及接收天线7。

[0061] 发送接收部4朝向观测对象发送从信号源3输出的传送线性调频脉冲信号 $T_{x_{own}}(n)$ ,接收被观测对象反射的传送线性调频脉冲信号 $T_{x_{own}}(n)$ 作为反射波。

[0062] 分配部5将从信号源3输出的传送线性调频脉冲信号 $T_{x_{own}}(n)$ 分配为2个,将分配后的一方的传送线性调频脉冲信号 $T_{x_{own}}(n)$ 输出给发送天线6,将分配后的另一方的传送线性调频脉冲信号 $T_{x_{own}}(n)$ 输出给频率混合部9。

[0063] 发送天线6将从分配部5输出的传送线性调频脉冲信号 $T_{x_{own}}(n)$ 作为电磁波向空间放射。

[0064] 接收天线7接收被观测对象反射的电磁波作为反射波,将接收的反射波作为接收线性调频脉冲信号 $R_{x_{own}}(n)$ 输出给频率混合部9。

[0065] 差拍信号生成部8具备频率混合部9、滤波器部10以及模拟数字变换器(ADC: Analogto Digital Converter)11。

[0066] 差拍信号生成部8生成具有从分配部5输出的传送线性调频脉冲信号 $T_{x_{own}}(n)$ 的频率与从接收天线7输出的接收线性调频脉冲信号 $R_{x_{own}}(n)$ 的频率的差分的频率的差拍信号 $S_{b_{own}}(n)$ 。

[0067] 差拍信号生成部8将差拍信号 $S_{b_{own}}(n)$ 的数字数据 $DS_{b_{own}}(n)$ 输出给信号处理部12。

[0068] 频率混合部9通过将分配部5输出的传送线性调频脉冲信号 $T_{x_{own}}(n)$ 和从接收天线7输出的接收线性调频脉冲信号 $R_{x_{own}}(n)$ 的频率混合,生成差拍信号 $S'_{b_{own}}(n)$ 。

[0069] 频率混合部9将差拍信号 $S'_{b_{own}}(n)$ 输出给滤波器部10。

[0070] 滤波器部10抑制包含于从频率混合部9输出的差拍信号 $S'_{b_{own}}(n)$ 的噪声等不需要的分量,将不需要分量被抑制后的差拍信号 $S_{b_{own}}(n)$ 输出给ADC11。

[0071] ADC11将从滤波器部10输出的差拍信号 $S_{b_{own}}(n)$ 变换为数字数据 $DS_{b_{own}}(n)$ ,将数字数据 $DS_{b_{own}}(n)$ 输出给信号处理部12。

[0072] 信号处理部12具备第1谱计算部21、第2谱计算部22以及距离速度计算处理部23。

[0073] 信号处理部12实施与从定时控制部2输出的控制信号表示的发送定时同步地计算到观测对象的距离的处理。

[0074] 即,信号处理部12与控制信号表示的发送定时同步地,从ADC11获取与1个周期内的传送线性调频脉冲信号 $T_{x_{own}}(n)$ 对应的数字数据 $DS_{b_{own}}(n)$ 。

[0075] 信号处理部12实施如下处理,即,通过在距离方向上对获取的数字数据 $DS_{b_{own}}(n)$ 进行傅里叶变换,计算第1频谱,根据第1频谱计算到观测对象的距离。

[0076] 另外,信号处理部12实施如下处理,即,通过在多普勒方向上对第1频谱进行傅里叶变换,计算第2频谱,根据第2频谱计算与观测对象的相对速度。

[0077] 图1所示的雷达装置安装有放大器,但例如也可以在发送天线6的输入侧或者接收

天线7的输出侧安装放大器。

[0078] 图2是示出信号处理部12的内部的结构图。

[0079] 图3是示出信号处理部12的硬件的硬件结构图。

[0080] 在图2中,第1谱计算部21例如通过图3所示的谱计算电路31实现。

[0081] 第1谱计算部21与从定时控制部2输出的控制信号表示的发送定时同步地,从ADC11获取与1个周期内的传送线性调频脉冲信号 $T_{x_{own}}(n)$ 对应的数字数据 $DS_{b_{own}}(n)$ 。

[0082] 第1谱计算部21实施如下处理,即,通过在距离方向上对获取的数字数据 $DS_{b_{own}}(n)$ 进行傅里叶变换,计算第1频谱,将第1频谱输出给第2谱计算部22。

[0083] 第2谱计算部22例如通过图3所示的谱计算电路32实现。

[0084] 第2谱计算部22通过在多普勒方向上对从第1谱计算部21输出的 $k$ 个第1频谱进行傅里叶变换,计算第2频谱。

[0085] 第2谱计算部22实施将第1频谱以及第2频谱输出给距离速度计算处理部23的处理。

[0086] 距离速度计算处理部23例如通过图3所示的距离速度计算处理电路33实现。

[0087] 距离速度计算处理部23实施根据从第2谱计算部22输出的第1频谱计算到观测对象的距离的处理。

[0088] 距离速度计算处理部23实施根据从第2谱计算部22输出的第2频谱计算与观测对象的相对速度的处理。

[0089] 在图2中,设想作为信号处理部12的构成要素的第1谱计算部21、第2谱计算部22以及距离速度计算处理部23分别用如图3所示的专用的硬件实现。即,设想信号处理部12用谱计算电路31、谱计算电路32以及距离速度计算处理电路33实现。

[0090] 在此,谱计算电路31、谱计算电路32以及距离速度计算处理电路33的各个例如是单一电路、复合电路、程序化的处理器、并程序化的处理器、ASIC(Application Specific Integrated Circuit,专用集成电路)、FPGA(Field-Programmable Gate Array,现场可编程门阵列)、或者、组合它们的电路。

[0091] 信号处理部12的构成要素不限于用专用的硬件实现,信号处理部12也可以用软件、固件、或者、软件和固件的组合实现。

[0092] 将软件或者固件作为程序保存到计算机的存储器。计算机意味着执行程序硬件,例如是CPU(Central Processing Unit,中央处理单元)、中央处理装置、处理装置、运算装置、微型处理器、微型计算机、处理器、或者、DSP(Digital Signal Processor,数字信号处理器)。

[0093] 图4是信号处理部12用软件或者固件等实现的情况的计算机的硬件结构图。

[0094] 在信号处理部12用软件或者固件等实现的情况下,用于使计算机执行第1谱计算部21、第2谱计算部22以及距离速度计算处理部23的处理过程的程序被保存在存储器41。然后,计算机的处理器42执行保存于存储器41的程序。

[0095] 图5是示出信号处理部12用软件或者固件等实现的情况的处理过程的流程图。

[0096] 另外,在图3中,示出信号处理部12的构成要素的各个用专用的硬件实现的例子,在图4中,示出信号处理部12用软件或者固件等实现的例子,但也可以信号处理部12中的一部分的构成要素用专用的硬件实现,剩余的构成要素用软件或者固件等实现。

[0097] 接下来,说明图1所示的雷达装置。

[0098] 最初,为了使图1所示的雷达装置的作用明确,说明由专利文献1公开的雷达系统计算的多普勒频率和拍频的关系。

[0099] 图6是示出由专利文献1公开的雷达系统计算的多普勒频率和拍频的二维谱的一个例子的说明图。

[0100] 图6所示的二维谱是从雷达传感器至观测对象的距离为从雷达传感器至其它雷达传感器的距离的二分之一的状况下的二维谱。

[0101] 在实施方式1中,为便于说明,设想雷达传感器中的传送线性调频脉冲信号的发送定时和其它雷达传感器中的传送线性调频脉冲信号的发送定时相同。

[0102] 在图6中,涂黑的频率是和与观测对象的相对速度对应的多普勒频率。

[0103] 被加上斜线的频率是与雷达传感器通过反复接收来自其它雷达传感器的传送线性调频脉冲信号而计算的多个频谱相关的频率。

[0104] 在多个雷达传感器中设定有相互不同的代码序列。因此,即使雷达传感器通过反复接收来自其它雷达传感器的传送线性调频脉冲信号而计算多个频谱,谱值也不在相同的频率上累计而被扩散。

[0105] 但是,从雷达传感器至观测对象的距离是从雷达传感器至其它雷达传感器的距离的二分之一,所以与观测对象相关的拍频和与其它雷达传感器相关的拍频相同。

[0106] 因此,通过反复接收来自其它雷达传感器的传送线性调频脉冲信号而计算的多个频谱的谱值相对和与观测对象的相对速度对应的多普勒频率的谱值成为底噪。

[0107] 定时控制部2将表示传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n)$  ( $n=1,2,\dots,k$ )的发送定时的控制信号输出给信号源3以及信号处理部12的各个。 $k$ 是发送反复次数。

[0108] 从定时控制部2输出的控制信号表示的发送定时的反复周期 $T_{r_{own}}(n)$ 不均匀。

[0109] 信号源3在从定时控制部2接受到控制信号时,针对控制信号表示的每个发送定时,将传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n)$ 输出给分配部5。

[0110] 图7是示出从信号源3输出的传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n)$ 的一个例子的说明图。

[0111] 在图7中, $T$ 是传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n)$ 的扫描时间,扫描时间 $T$ 均匀。

[0112]  $BW$ 是传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n)$ 的频率偏移幅度。

[0113] 延迟量 $\tau_{d_{own}}(n)$ 是从信号源3输出传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n)$ 至输出接下来的传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n+1)$ 为止的延迟时间,延迟量 $\tau_{d_{own}}(n)$ 不均匀。

[0114] 反复周期 $T_{r_{own}}(n)$ 是扫描时间 $T$ 与延迟量 $\tau_{d_{own}}(n)$ 之和的时间,反复周期 $T_{r_{own}}(n)$ 不均匀。

[0115] 分配部5每当从信号源3接受到传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n)$ 时,将传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n)$ 分配为2个。

[0116] 分配部5将分配后的一方的传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n)$ 输出给发送天线6,将分配后的另一方的传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n)$ 输出给频率混合部9。

[0117] 发送天线6将从分配部5输出的传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n)$ 作为电磁波向空间放射。

[0118] 从发送天线6放射的电磁波被观测对象反射。

[0119] 接收天线7接收被观测对象反射的电磁波作为反射波,将接收的反射波作为接收线性调频脉冲信号 $R_{X_{own}}(n)$ 输出给频率混合部9。

[0120] 图8是示出传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n)$ 以及接收线性调频脉冲信号 $R_{X_{own}}(n)$ 的一个例子的说明图。

[0121] 接收线性调频脉冲信号 $R_{X_{own}}(n)$ 相对传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n)$ 产生用以下的式(1)表示的时间 $\tau_{ref}(n)$ 的延迟。时间 $\tau_{ref}(n)$ 与从雷达装置至观测对象的距离成正比例。

$$[0122] \quad \tau_{ref}(n) = \frac{2(R_{ref} + v_{ref}t)}{c} \quad (1)$$

[0123] 在式(1)中, $R_{ref}$ 表示到观测对象的距离的初始值, $v_{ref}$ 表示与观测对象的相对速度, $c$ 表示电波速度, $t$ 表示时刻。

[0124] 频率混合部9通过将分配部5输出的传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n)$ 和从接收天线7输出的接收线性调频脉冲信号 $R_{X_{own}}(n)$ 的频率混合,生成差拍信号 $S'_{b_{own}}(n)$ 。

[0125] 差拍信号 $S'_{b_{own}}(n)$ 的频率 $F_{sb\_own}(n)$ 用以下的式(2)表示。

$$[0126] \quad F_{sb\_own}(n) = \frac{BW}{T} \tau_{ref}(n) \quad (2)$$

[0127] 在此,信号源3缩短传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n)$ 的扫描时间 $T$ ,从而时刻 $t$ 变小。时刻 $t$ 例如是 $\mu s$ 级的时刻。

[0128] 在时刻 $t$ 变小时,式(1)中的“ $v_{ref} \cdot t$ ”比“ $R_{ref}$ ”充分小,所以可以忽略。

[0129] 因此,式(2)能够如以下的式(3)近似,差拍信号 $S'_{b_{own}}(n)$ 的频率 $F_{sb\_own}(n)$ 成为恒定。

$$[0130] \quad F_{sb\_own}(n) \cong \frac{2BW \cdot R_{ref}}{c \cdot T} \quad (3)$$

[0131] 频率混合部9将差拍信号 $S'_{b_{own}}(n)$ 输出给滤波器部10。

[0132] 滤波器部10在从频率混合部9接受到差拍信号 $S'_{b_{own}}(n)$ 时,抑制包含于差拍信号 $S'_{b_{own}}(n)$ 的噪声等不需要的分量。

[0133] 滤波器部10如图9所示,将不需要分量被抑制后的差拍信号 $S_{b_{own}}(n)$ 输出给ADC11。

[0134] 图9是示出差拍信号 $S_{b_{own}}(n)$ 的一个例子的说明图。

[0135] ADC11在从滤波器部10接受到差拍信号 $S_{b_{own}}(n)$ 时,将差拍信号 $S_{b_{own}}(n)$ 变换为数字数据 $DS_{b_{own}}(n)$ ,将数字数据 $DS_{b_{own}}(n)$ 输出给信号处理部12。

[0136] 信号处理部12在从ADC11接受到数字数据 $DS_{b_{own}}(n)$ 时,与从定时控制部2输出的控制信号表示的发送定时同步地,根据数字数据 $DS_{b_{own}}(n)$ 计算到观测对象的距离。

[0137] 另外,信号处理部12根据数字数据 $DS_{b_{own}}(n)$ 计算与观测对象的相对速度。

[0138] 图10是示出信号处理部12中的信号处理的概要的说明图。

[0139] 图11是示出由第1谱计算部21计算的拍频和由第2谱计算部22计算的多普勒频率的二维谱的一个例子的说明图。

[0140] 以下,参照图10以及图11,具体地说明信号处理部12的信号处理。

[0141] 第1谱计算部21针对从定时控制部2输出的控制信号表示的每个发送定时,从ADC11获取与1个周期内的传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n)$ 对应的数字数据 $DS_{b_{own}}(n)$ 。

[0142] 控制信号表示的发送定时与第1谱计算部21的信号处理定时对应。

[0143] 然后,第1谱计算部21如图10所示,通过在距离方向上对与1个周期内的传送线性

调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n)$ 对应的数字数据 $DS_{b_{own}}(n)$ 进行傅里叶变换,计算第1频谱(图5的步骤ST1)。在图10中,FFT表示傅里叶变换。

[0144] 在 $k$ 次的信号处理定时,如果到观测对象的距离没有变化,则如图11所示,在关于第1频谱的频率的观测范围中,在与到观测对象的距离对应的频率上累计谱值。

[0145] 第1谱计算部21将第1频谱输出给第2谱计算部22。

[0146] 第2谱计算部22每当从第1谱计算部21接受到 $k$ 个第1频谱时,如图10所示,通过在多普勒方向上对 $k$ 个第1频谱进行傅里叶变换,计算第2频谱(图5的步骤ST2)。

[0147] 第2谱计算部22如果从第1谱计算部21接受到 $m$ 次 $k$ 个第1频谱,则计算 $m$ 个第2频谱。 $m$ 是1以上的整数。

[0148] 在 $(k \times m)$ 次的信号处理定时,如果与观测对象的相对速度没有变化,则如图11所示,在关于第2频谱的频率的观测范围中,在和与观测对象的相对速度对应的频率上累计谱值。

[0149] 第2谱计算部22将第1频谱以及第2频谱输出给距离速度计算处理部23。

[0150] 距离速度计算处理部23在从第2谱计算部22接受到第1频谱时,检测第1频谱中的谱值的峰值。

[0151] 距离速度计算处理部23将与峰值对应的频率作为拍频,根据拍频计算到观测对象的距离(图5的步骤ST3)。

[0152] 拍频相当于式(3)表示的频率 $F_{sb\_own}(n)$ 。根据拍频计算到观测对象的距离的处理本身是公知的技术,所以省略详细的说明。

[0153] 距离速度计算处理部23在从第2谱计算部22接受到第2频谱时,检测第2频谱中的谱值的峰值。

[0154] 距离速度计算处理部23将与峰值对应的频率作为多普勒频率 $F_{v\_own}$ ,根据多普勒频率 $F_{v\_own}$ 计算与观测对象的相对速度(图5的步骤ST3)。

[0155] 多普勒频率 $F_{v\_own}$ 用以下的式(4)表示。

$$[0156] \quad F_{v\_own} = \frac{2f_{own} \cdot v_{ref}}{c} \quad (4)$$

[0157] 在式(4)中, $F_{own}$ 是传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n)$ 的中心频率。

[0158] 根据多普勒频率 $F_{v\_own}$ 计算与观测对象的相对速度的处理本身是公知的技术,所以省略详细的说明。

[0159] 在此,说明与图1所示的雷达装置不同的雷达装置发送与传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n)$ 类似的传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{ext}}(n)$ 作为干扰波的情况的动作。

[0160] 以下,将图1所示的雷达装置称为本雷达装置,将与图1所示的雷达装置不同的雷达装置称为其它雷达装置。

[0161] 图12是示出从其它雷达装置发送的传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{ext}}(n)$ 的一个例子的说明图。

[0162] 在图12中,传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{ext}}(n)$ 的扫描时间 $T$ 与本雷达装置中的传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n)$ 的扫描时间 $T$ 相同。

[0163] 传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{ext}}(n)$ 的频率偏移幅度 $BW$ 与本雷达装置中的传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n)$ 的频率偏移幅度 $BW$ 相同。

[0164] 延迟量 $\tau_{d_{ext}}(n)$ 是从其它雷达装置发送传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{ext}}(n)$ 至发送接下来的传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{ext}}(n+1)$ 为止的延迟时间,延迟量 $\tau_{d_{ext}}(n)$ 不均匀。

[0165] 延迟量 $\tau_{d_{ext}}(n)$ 与本雷达装置中的延迟量 $\tau_{d_{own}}(n)$ 不同。

[0166] 反复周期 $Tr_{ext}(n)$ 是扫描时间 $T$ 与延迟量 $\tau_{d_{ext}}(n)$ 之和的时间,反复周期 $Tr_{ext}(n)$ 不均匀。

[0167] 反复周期 $Tr_{ext}(n)$ 与本雷达装置中的反复周期 $Tr_{own}(n)$ 不同。

[0168] 图13是示出从本雷达装置发送的传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n)$ 以及本雷达装置接收到来自其它雷达装置的传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{ext}}(n)$ 的情况下的接收信号即接收线性调频脉冲信号 $R_{X_{ext}}(n)$ 的一个例子的说明图。

[0169] 接收线性调频脉冲信号 $R_{X_{ext}}(n)$ 相对传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n)$ 产生用以下的式(5)表示的时间 $\tau_{ext}(n)$ 的延迟。

$$[0170] \quad \tau_{ext}(n) = \begin{cases} \frac{R_{ext} + v_{ext} \cdot t}{c} & n = 1 \\ \frac{R_{ext} + v_{ext} \cdot t}{c} + \{\tau_{d_{own}}(n-1) - \tau_{d_{ext}}(n-1)\} & n = 2, 3, \dots, k \end{cases} \quad (5)$$

[0171] 在式(5)中, $R_{ext}$ 是从本雷达装置至其它雷达装置的距离的初始值, $v_{ext}$ 表示本雷达装置和其它雷达装置的相对速度。

[0172] 图14是示出通过将传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n)$ 和接收线性调频脉冲信号 $R_{X_{ext}}(n)$ 的频率混合而生成的差拍信号 $S_{b_{ext}}(n)$ 的一个例子的说明图。

[0173] 差拍信号 $S_{b_{ext}}(n)$ 的频率 $F_{sb_{ext}}(n)$ 用以下的式(6)表示。

$$[0174] \quad F_{sb_{ext}}(n) = \frac{BW}{T} \tau_{ext}(n) \quad (6)$$

[0175] 在从其它雷达装置发送的传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{ext}}(n)$ 的扫描时间 $T$ 变小时,时刻 $t$ 变小。

[0176] 在时刻 $t$ 变小时,式(5)中的“ $v_{ext} \cdot t$ ”比“ $R_{ext}$ ”充分小,所以可以忽略。

[0177] 因此,式(6)能够如以下的式(7)近似。

$$[0178] \quad F_{sb_{ext}}(n) \doteq \begin{cases} \frac{2BW \cdot R_{ext}}{c \cdot T} & n = 1 \\ \frac{2BW \cdot R_{ext}}{c \cdot T} + \frac{\{\tau_{d_{own}}(n-1) - \tau_{d_{ext}}(n-1)\} BW}{c \cdot T} & n = 2, 3, \dots, k \end{cases} \quad (7)$$

[0179] 本雷达装置中的反复周期 $Tr_{own}(n)$ 和其它雷达装置中的反复周期 $Tr_{ext}(n)$ 不同,所以差拍信号 $S_{b_{ext}}(n)$ 的频率 $F_{sb_{ext}}(n)$ 针对每个反复周期不同。

[0180] 因此,即使第1谱计算部21在 $k$ 次的信号处理定时计算第1频谱,也不在与到其它雷达装置的距离对应的频率上累计谱值。

[0181] 另外,即使第2谱计算部22计算 $m$ 个第2频谱,也不在和与其它雷达装置的相对速度对应的频率上累计谱值。

[0182] 因此,即使到观测对象的距离是到其它雷达装置的距离的二分之一,第2频谱中的谱值也不会相对和与观测对象的相对速度对应的多普勒频率的谱值成为大的底噪。

[0183] 在以上的实施方式1中,以具备以不均匀的反复周期反复输出伴随时间的经过而频率变化的雷达信号的雷达信号输出部1的方式构成了雷达装置。因此,雷达装置能够避免底噪变大的状况,计算与观测对象的相对速度。

[0184] 实施方式2.

[0185] 在实施方式1的雷达装置中,雷达信号输出部1将作为雷达信号的传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n)$ 以不均匀的反复周期 $Tr_{own}(n)$ 反复输出给发送接收部4。

[0186] 在实施方式2中,说明雷达信号输出部1决定反复周期 $Tr_{own}(n)$ 的变化范围,以在决定的变化范围内不均匀地变化的反复周期 $Tr_{own}(n)$ ,将传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n)$ 反复输出给发送接收部4的雷达装置。

[0187] 实施方式2的雷达装置的结构图与实施方式1的雷达装置同样地是图1。

[0188] 如果从雷达信号输出部1反复输出的传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n)$ 的相位变动量 $P_{v\_own}$ 是例如0.1 (radRMS) 以下,则第2谱计算部22计算 $m$ 个第2频谱时的相位噪声的影响可忽略。

[0189] 如果传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{own}}(n)$ 的相位变动量 $P_{v\_own}$ 是例如0.1 (radRMS) 以下,则在相同的频率上累计 $m$ 个第2频谱中的谱值的峰值,所以能够忽略相位噪声的影响。如果相位噪声的影响小,则与相位噪声相伴的损耗被降低。

[0190] 相位变动量 $P_{v\_own}$ 能够用以下的式(8)表示。

$$[0191] \quad P_{v\_own} = \frac{2f_{own} v_{ref} \tau_{down\_rms}}{c} \quad (8)$$

[0192] 在式(8)中, $\tau_{down\_rms}$ 是延迟量 $\tau_{down}(n)$ 的平方均方根(root mean square)。

[0193] 雷达信号输出部1的定时控制部2为了使相位噪声的影响可忽略,使用式(8),计算相位变动量 $P_{v\_own}$ 成为例如0.1 (radRMS) 以下的延迟量 $\tau_{down}(n)$ 的平方均方根 $\tau_{down\_rms}$ 。

[0194] 然后,定时控制部2根据平方均方根 $\tau_{down\_rms}$ 计算延迟量 $\tau_{down}(n)$ ,并将延迟量 $\tau_{down}(n)$ 和扫描时间 $T$ 相加,从而计算反复周期 $Tr_{own}(n)$ 。

[0195] 定时控制部2将计算出的反复周期 $Tr_{own}(n)$ 决定为反复周期 $Tr_{own}(n)$ 的变化范围的上限值 $Tr_{max}$ 。

[0196] 在此,定时控制部2计算相位变动量 $P_{v\_own}$ 成为0.1 (radRMS) 以下的延迟量 $\tau_{down}(n)$ 的平方均方根 $\tau_{down\_rms}$ 。相位变动量 $P_{v\_own}$ 是可以大致忽略相位噪声的影响的相位变动量即可。因此,定时控制部2也可以计算相位变动量 $P_{v\_own}$ 例如成为0.12 (radRMS) 的延迟量 $\tau_{down}(n)$ 的平方均方根 $\tau_{down\_rms}$ 。

[0197] 本雷达装置接收从其它雷达装置发送的传送线性调频脉冲信号 $T_{X_{ext}}(n)$ 作为接收线性调频脉冲信号 $R_{X_{ext}}(n)$ ,生成差拍信号 $S_{b_{ext}}(n)$ 。此时,如果差拍信号 $S_{b_{ext}}(n)$ 的频率 $F_{sb\_ext}(n)$ 的最大值例如是采样频率以上,则在计算第2频谱时谱值被累计的频率扩散到关于第2频谱的频率的观测范围的整体。

[0198] 谱值被累计的频率扩散到频率的观测范围的整体,从而与观测对象相关的多普勒频率以外的频率的谱值变小,所以和与观测对象相关的多普勒频率对应的峰值的检测精度提高。因此,相比于实施方式1的雷达装置,与观测对象的相对速度的计算精度提高。

[0199] 定时控制部2为了使谱值被累计的频率扩散到频率的观测范围的整体,计算频率 $F_{sb\_ext}(n)$ 的最大值例如成为采样频率以上的延迟量 $\tau_{down}(n)$ 。

[0200] 即,定时控制部2搜索式(7)所示的频率 $F_{sb\_ext}(n)$ 的最大值成为采样频率以上的延迟量 $\tau_{down}(n)$ 。

[0201] 然后,定时控制部2通过将计算出的延迟量 $\tau_{down}(n)$ 和扫描时间 $T$ 相加,计算反复周期 $Tr_{own}(n)$ 。

[0202] 定时控制部2将计算出的反复周期 $Tr_{own}(n)$ 决定为反复周期 $Tr_{own}(n)$ 的变化范围的

下限值 $Tr_{min}$ 。

[0203] 在此,定时控制部2计算频率 $F_{sb\_ext}(n)$ 的最大值成为采样频率以上的延迟量 $\tau_{down}(n)$ 。谱值被累计的频率扩散到大致频率的观测范围的整体即可。因此,定时控制部2也可以计算频率 $F_{sb\_ext}(n)$ 的最大值成为比采样频率小几个百分比的频率以上的延迟量 $\tau_{down}(n)$ 。

[0204] 定时控制部2将从下限值 $Tr_{min}$ 到上限值 $Tr_{max}$ 的范围决定为反复周期 $Tr_{own}(n)$ 的变化范围。

[0205] 定时控制部2将表示在决定的反复周期 $Tr_{own}(n)$ 的变化范围内变化的发送定时的控制信号输出给信号源3以及信号处理部12的各个。

[0206] 在以上的实施方式2中,雷达信号输出部1根据以不均匀的反复周期反复输出的雷达信号的相位变动量和雷达信号的频率与由发送接收部4接收的来自其它雷达装置的雷达信号的频率的差分的频率,决定反复周期的变化范围。然后,雷达信号输出部1以按照在决定的变化范围内不均匀地变化的反复周期反复输出雷达信号的方式构成了雷达装置。因此,雷达装置相比于实施方式1的雷达装置,能够降低相位噪声的影响,并且与观测对象的相对速度的计算精度提高。

[0207] 实施方式3。

[0208] 在实施方式3中,说明雷达信号输出部1根据以不均匀的反复周期反复输出的雷达信号的相位变动量和在以均匀的反复周期反复输出雷达信号时得到的与观测对象的相对速度,决定反复周期的变化范围的雷达装置。

[0209] 图15是示出实施方式3所涉及的雷达装置的结构图。

[0210] 在图15中,与图1相同的符号表示同一或者相当部分,所以省略说明。

[0211] 雷达信号输出部51具备定时控制部52以及信号源3。

[0212] 雷达信号输出部51与图1所示的雷达信号输出部1同样地,将传送线性调频脉冲信号 $Tx_{own}(n)$ 以不均匀的反复周期 $Tr_{own}(n)$ 反复输出给分配部5。

[0213] 雷达信号输出部51根据传送线性调频脉冲信号 $Tx_{own}(n)$ 的相位变动量 $P_{v\_own}$ 和在以均匀的反复周期反复输出传送线性调频脉冲信号 $Tx_{own}(n)$ 时得到的与观测对象的相对速度,决定反复周期 $Tr_{own}(n)$ 的变化范围。

[0214] 定时控制部52在将传送线性调频脉冲信号 $Tx_{own}(n)$ 以均匀的反复周期反复输出给信号源3时,获取由距离速度计算处理部23计算的与观测对象的相对速度。

[0215] 定时控制部52根据传送线性调频脉冲信号 $Tx_{own}(n)$ 的相位变动量 $P_{v\_own}$ 和获取的相对速度,决定反复周期 $Tr_{own}(n)$ 的变化范围。

[0216] 定时控制部52将表示在决定的反复周期 $Tr_{own}(n)$ 的变化范围内变化的发送定时的控制信号输出给信号源3以及信号处理部12的各个。

[0217] 接下来,说明图15所示的雷达装置的动作。

[0218] 在图15所示的雷达装置中,在开始与图1所示的雷达装置同样的动作之前,雷达信号输出部51将雷达信号以均匀的反复周期 $Tr_{own}(n)$ 反复输出给发送接收部4,从而得到与观测对象的相对速度。

[0219] 即,定时控制部52设定均匀的反复周期 $Tr_{own}(n)$ ,以均匀的反复周期 $Tr_{own}(n)$ 将表示传送线性调频脉冲信号的发送定时的控制信号输出给信号源3以及信号处理部12的各个。

- [0220] 信号源3在从定时控制部52接受到控制信号时,针对控制信号表示的每个发送定时,将传送线性调频脉冲信号 $T_{x_{own}}(n)$ 输出给分配部5。
- [0221] 发送接收部4以及差拍信号生成部8的动作在反复周期 $Tr_{own}(n)$ 均匀的情况和反复周期 $Tr_{own}(n)$ 不均匀的情况下没有变化,所以省略详细的说明。
- [0222] 第2谱计算部22与实施方式1同样地,每当从第1谱计算部21接受到 $k$ 个第1频谱时,通过在多普勒方向上对 $k$ 个第1频谱进行傅里叶变换,计算第2频谱。
- [0223] 第2谱计算部22如果从第1谱计算部21接受到 $m$ 次 $k$ 个第1频谱,则计算 $m$ 个第2频谱。
- [0224] 第2谱计算部22将第1频谱以及第2频谱输出给距离速度计算处理部23。
- [0225] 距离速度计算处理部23在从第2谱计算部22接受到第2频谱时,与实施方式1同样地,检测第2频谱中的谱值的峰值。
- [0226] 距离速度计算处理部23将与峰值对应的频率作为多普勒频率,根据多普勒频率计算与观测对象的相对速度,将相对速度输出给定时控制部52。
- [0227] 定时控制部52在从距离速度计算处理部23接受到与观测对象的相对速度时,将相对速度设定为式(8)所示的“ $(F_{own} \cdot v_{ref})/c$ ”。
- [0228] 然后,定时控制部52为了使相位噪声的影响可忽略,与实施方式2的定时控制部2同样地,使用式(8)计算延迟量 $\tau_{d_{own}}(n)$ 的平方均方根 $\tau_{d_{own\_rms}}$ 。
- [0229] 然后,定时控制部52根据平方均方根 $\tau_{d_{own\_rms}}$ 计算延迟量 $\tau_{d_{own}}(n)$ ,并将延迟量 $\tau_{d_{own}}(n)$ 和扫描时间 $T$ 相加,计算反复周期 $Tr_{own}(n)$ 。
- [0230] 定时控制部52将计算的反复周期 $Tr_{own}(n)$ 决定为反复周期 $Tr_{own}(n)$ 的变化范围的上限值 $Tr_{max}$ 。
- [0231] 另外,定时控制部52用与实施方式2的定时控制部2同样的方法,决定反复周期 $Tr_{own}(n)$ 的变化范围的下限值 $Tr_{min}$ 。
- [0232] 定时控制部52与实施方式2的定时控制部2同样地,将从下限值 $Tr_{min}$ 到上限值 $Tr_{max}$ 的范围决定为反复周期 $Tr_{own}(n)$ 的变化范围。
- [0233] 定时控制部52将表示在决定的反复周期 $Tr_{own}(n)$ 的变化范围内变化的发送定时的控制信号输出给信号源3以及信号处理部12的各个。
- [0234] 以后的雷达装置的动作与图1所示的雷达装置的动作相同,所以省略说明。
- [0235] 在以上的实施方式3中,雷达信号输出部51根据以不均匀的反复周期反复输出的雷达信号的相位变动量和在以均匀的反复周期反复输出雷达信号时得到的与观测对象的相对速度,决定反复周期的变化范围的。然后,雷达信号输出部51以按照在决定的变化范围内不均匀地变化的反复周期反复输出雷达信号的方式构成雷达装置。因此,雷达装置相比于实施方式1的雷达装置,能够降低相位噪声的影响,并且与观测对象的相对速度的计算精度提高。
- [0236] 实施方式4.
- [0237] 在实施方式4中,说明第2谱计算部62补偿从第1谱计算部21输出的 $k$ 个第1频谱的相位变动,在多普勒方向上对变动补偿后的 $k$ 个第1频谱进行傅里叶变换的雷达装置。
- [0238] 图16是示出实施方式4所涉及的雷达装置的结构图。
- [0239] 在图16中,与图1以及图15相同的符号表示同一或者相当部分,所以省略说明。
- [0240] 信号处理部61具备第1谱计算部21、第2谱计算部62以及距离速度计算处理部23。

- [0241] 信号处理部61与图1以及图15所示的信号处理部12同样地,实施与从定时控制部52输出的控制信号表示的发送定时同步地计算到观测对象的距离的处理。
- [0242] 信号处理部61补偿从第1谱计算部21输出的k个第1频谱的相位变动。
- [0243] 信号处理部61实施如下处理,即,通过在多普勒方向上对变动补偿后的k个第1频谱进行傅里叶变换,计算第2频谱,根据第2频谱计算与观测对象的相对速度。
- [0244] 图17是示出信号处理部61的内部的结构图。
- [0245] 在图17中,与图2相同的符号表示同一或者相当部分,所以省略说明。
- [0246] 第2谱计算部62例如通过图3所示的谱计算电路32实现。
- [0247] 第2谱计算部62在从雷达信号输出部51以均匀的反复周期反复输出传送线性调频脉冲信号 $T_{x_{own}}(n)$ 时,获取由距离速度计算处理部23计算的相对速度。
- [0248] 第2谱计算部62根据获取的相对速度,补偿从第1谱计算部21输出的k个第1频谱的相位变动。
- [0249] 第2谱计算部62实施如下处理,即,通过在多普勒方向上对变动补偿后的k个第1频谱进行傅里叶变换,计算第2频谱,将第2频谱输出给距离速度计算处理部23。
- [0250] 接下来,说明图16所示的雷达装置。
- [0251] 在图16所示的雷达装置中,在开始与图1所示的雷达装置同样的动作之前,雷达信号输出部51将雷达信号以均匀的反复周期 $T_{r_{own}}(n)$ 反复输出给发送接收部4,从而得到与观测对象的相对速度。
- [0252] 即,定时控制部52设定均匀的反复周期 $T_{r_{own}}(n)$ ,以均匀的反复周期 $T_{r_{own}}(n)$ 将表示传送线性调频脉冲信号的发送定时的控制信号输出给信号源3以及信号处理部61的各个。
- [0253] 信号源3在从定时控制部52接收到控制信号时,针对控制信号表示的每个发送定时,将传送线性调频脉冲信号 $T_{x_{own}}(n)$ 输出给分配部5。
- [0254] 发送接收部4以及差拍信号生成部8的动作在反复周期 $T_{r_{own}}(n)$ 均匀的情况和反复周期 $T_{r_{own}}(n)$ 不均匀的情况下没有变化,所以省略详细的说明。
- [0255] 第2谱计算部62每当从第1谱计算部21接受到k个第1频谱时,通过在多普勒方向上对k个第1频谱进行傅里叶变换,计算第2频谱。
- [0256] 第2谱计算部62如果从第1谱计算部21接受到m次k个第1频谱,则计算m个第2频谱。
- [0257] 第2谱计算部62将m个第2频谱输出给距离速度计算处理部23。
- [0258] 距离速度计算处理部23在从第2谱计算部62接受到第2频谱时,与实施方式1同样地,检测第2频谱中的谱值的峰值。
- [0259] 距离速度计算处理部23将与峰值对应的频率作为多普勒频率,根据多普勒频率计算与观测对象的相对速度,将相对速度输出给定时控制部52以及第2谱计算部62的各个。
- [0260] 定时控制部52在从距离速度计算处理部23接受到与观测对象的相对速度时,与实施方式3同样地,决定反复周期 $T_{r_{own}}(n)$ 的变化范围。
- [0261] 定时控制部52将表示在决定的反复周期 $T_{r_{own}}(n)$ 的变化范围内变化的发送定时的控制信号输出给信号源3以及信号处理部61的各个。
- [0262] 信号源3在从定时控制部52接收到控制信号时,针对控制信号表示的每个发送定时,将传送线性调频脉冲信号 $T_{x_{own}}(n)$ 输出给分配部5。

[0263] 以后,发送接收部4、差拍信号生成部8、第1谱计算部21以及距离速度计算处理部23的动作与实施方式1相同,所以省略详细的说明。

[0264] 第2谱计算部62在从雷达信号输出部51以均匀的反复周期反复输出传送线性调频脉冲信号 $T_{x_{\text{down}}}(n)$ 时,获取由距离速度计算处理部23计算的相对速度。

[0265] 第2谱计算部62每当从第1谱计算部21接受到 $k$ 个第1频谱时,根据获取的相对速度,补偿从第1谱计算部21输出的 $k$ 个第1频谱的相位变动。

[0266] 以下,具体地说明第2谱计算部62中的相位变动的补偿处理。

[0267] 第2谱计算部62根据获取的相对速度,计算从第1谱计算部21输出第1频谱的时间 $T_D(n)$ 。

[0268] 然后,第2谱计算部62通过将输出第1频谱的时间 $T_D(n)$ 和延迟量 $\tau_{\text{down}}(n)$ 相加,检测第1频谱的开头的定时。

[0269] 第2谱计算部62以使从第1谱计算部21输出的第1频谱的开头与检测到的开头的定时一致的方式,补偿第1频谱的相位变动。

[0270] 第2谱计算部62通过在多普勒方向上对变动补偿后的 $k$ 个第1频谱进行傅里叶变换,计算第2频谱。

[0271] 第2谱计算部62如果从第1谱计算部21接受到 $m$ 次 $k$ 个第1频谱,则计算 $m$ 个第2频谱。

[0272] 第2谱计算部62将第2频谱输出给距离速度计算处理部23。

[0273] 距离速度计算处理部23在从第2谱计算部62接受到第2频谱时,与实施方式1同样地,检测第2频谱中的谱值的峰值。

[0274] 距离速度计算处理部23将与峰值对应的频率作为多普勒频率,根据多普勒频率计算与观测对象的相对速度。

[0275] 在以上的实施方式4中,雷达装置构成为,第2谱计算部62根据在从雷达信号输出部51以均匀的反复周期反复输出雷达信号时得到的相对速度,补偿由第1谱计算部21计算的第1频谱的相位变动。然后,第2谱计算部62在多普勒方向上对变动补偿后的第1频谱进行傅里叶变换,从而计算第2频谱。因此,雷达装置能够降低与由第1谱计算部21计算的第1频谱的相位变动相伴的第2频谱的累计误差。

[0276] 此外,本申请发明能够在该发明的范围内,实现各实施方式的自由的组合、或者各实施方式的任意的构成要素的变形、或者各实施方式中的任意的构成要素的省略。

[0277] 产业上的可利用性

[0278] 本发明适合于计算与观测对象的相对速度的雷达装置。

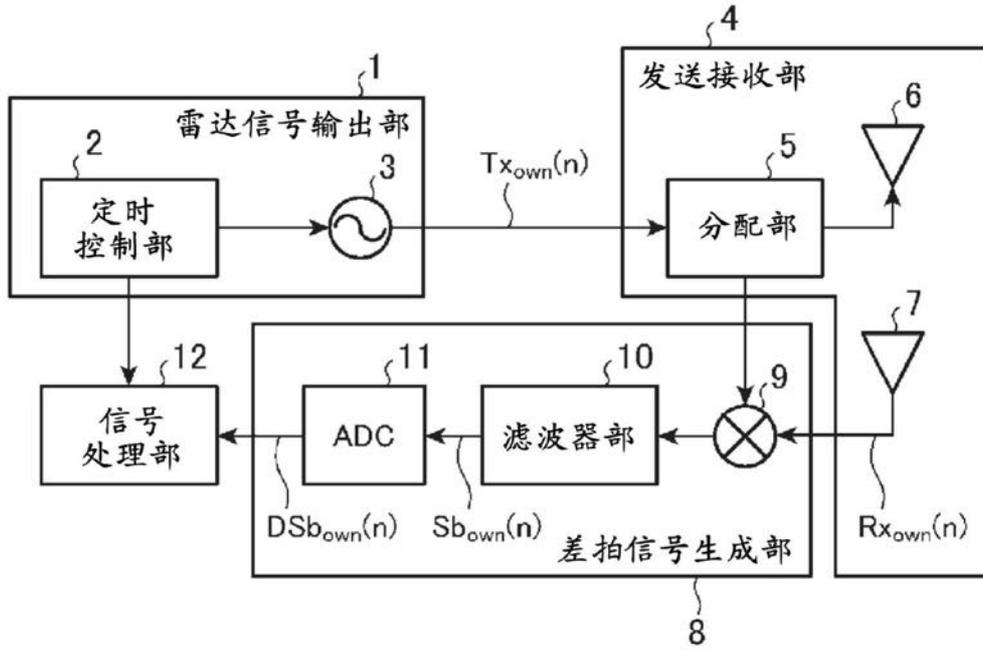


图1

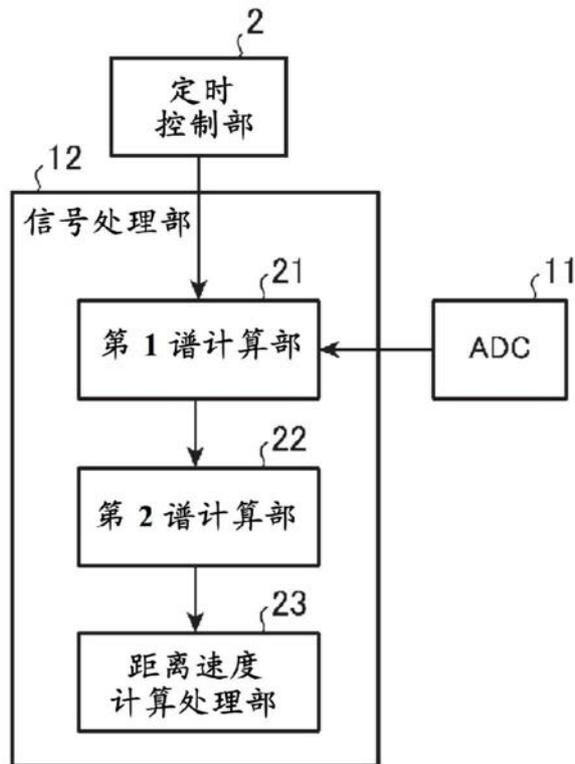


图2

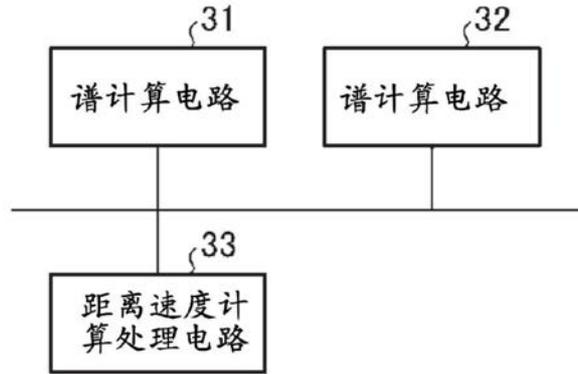


图3

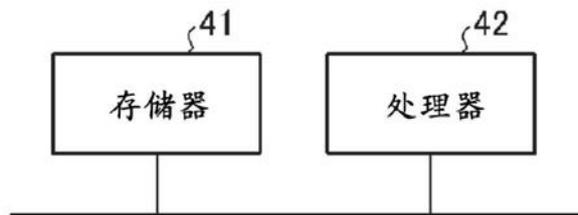


图4

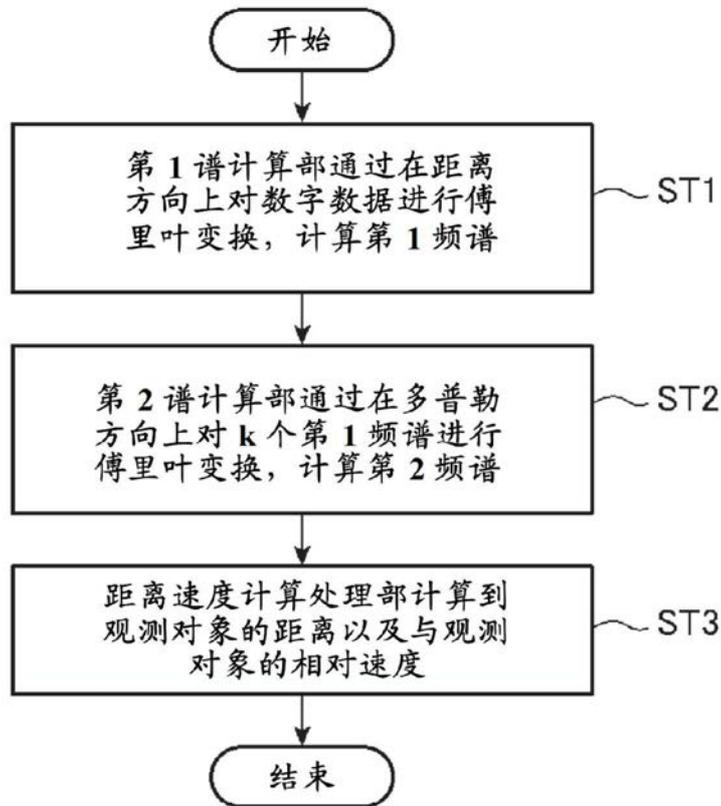


图5

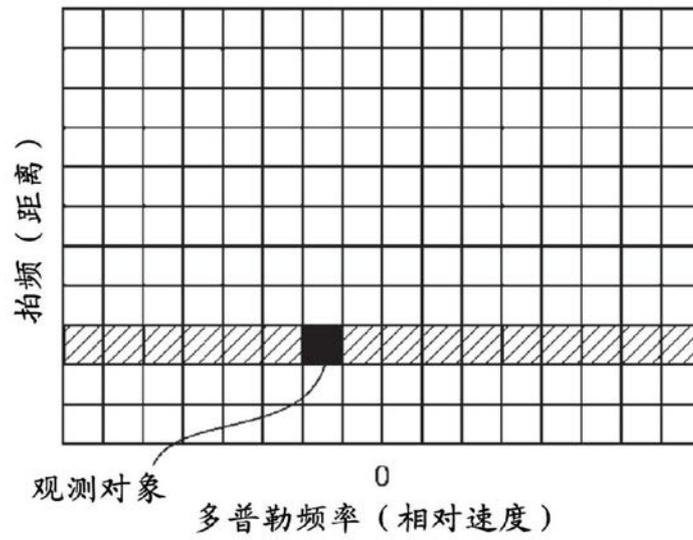


图6

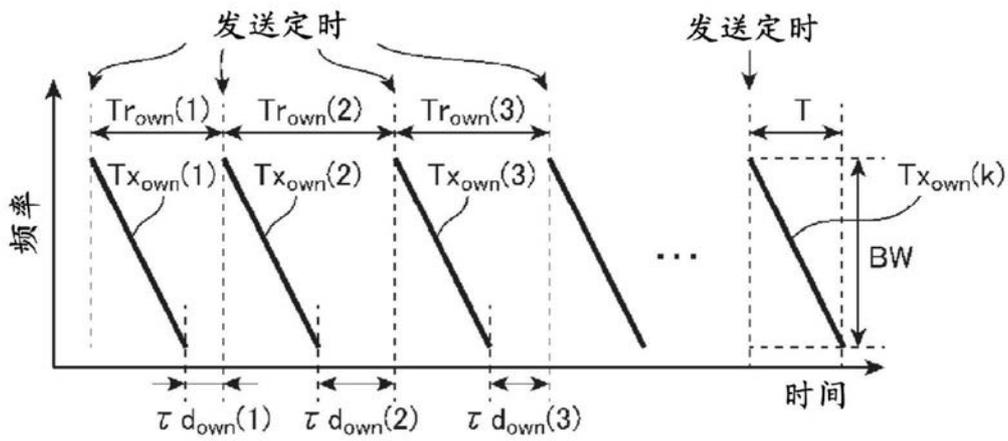


图7

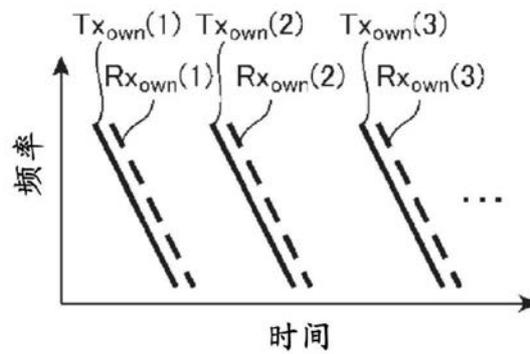


图8

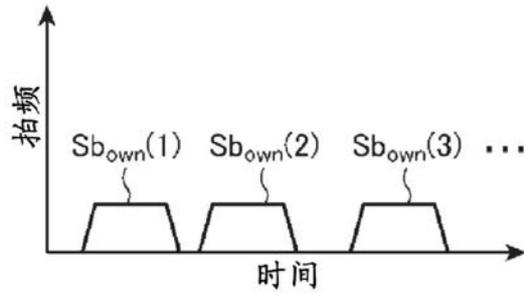


图9

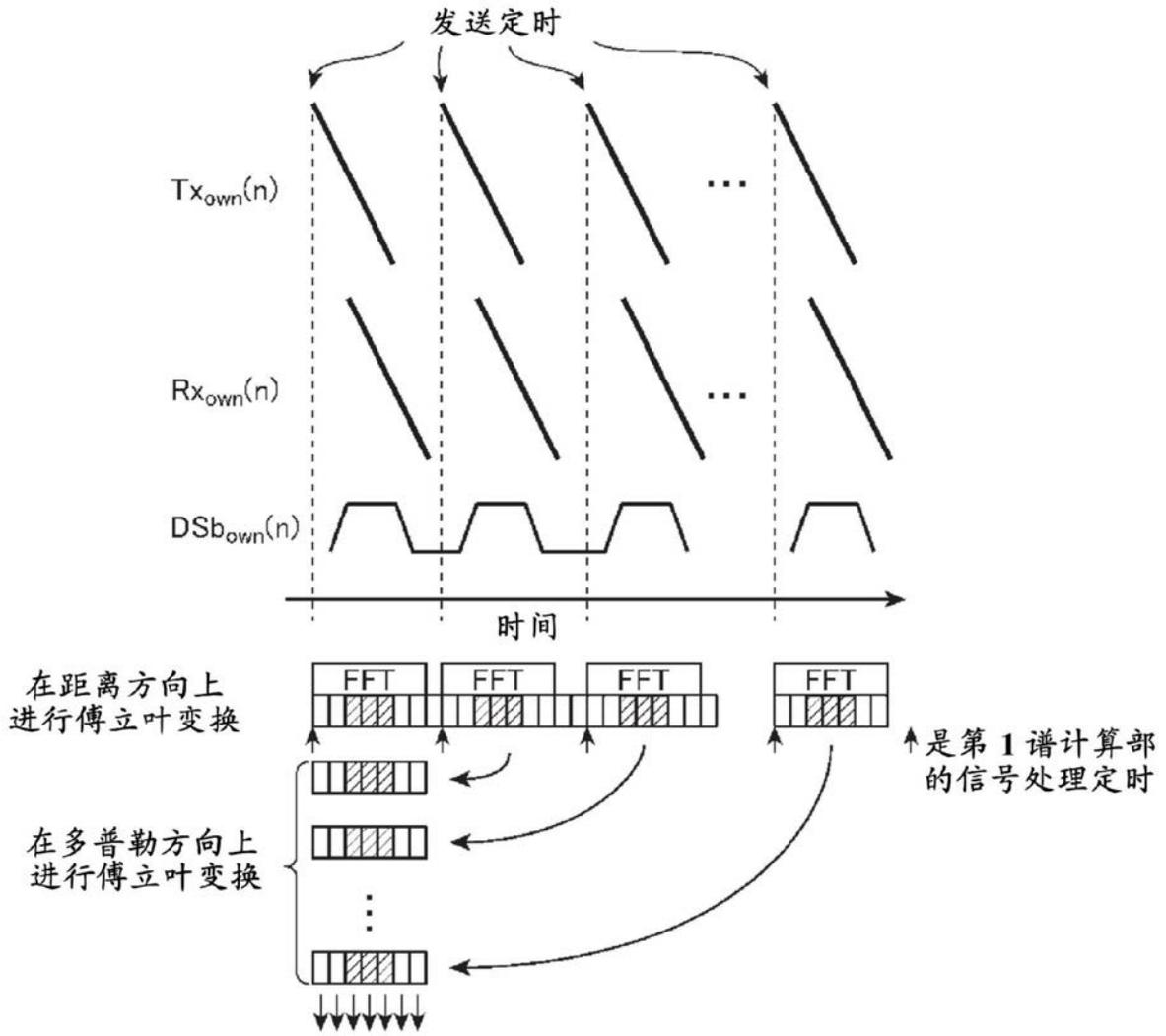


图10

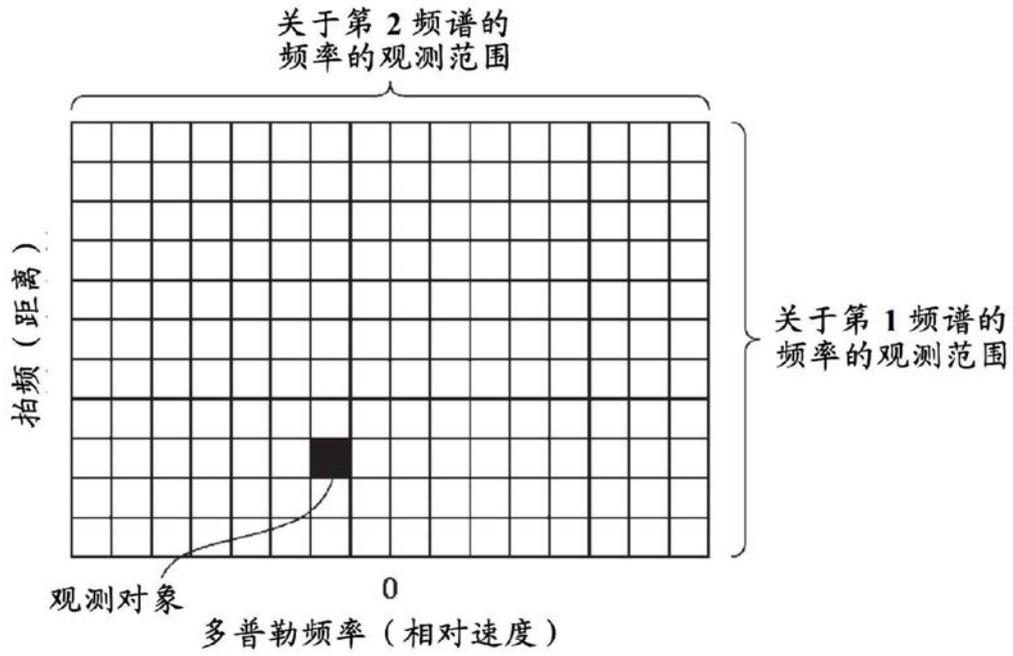


图11

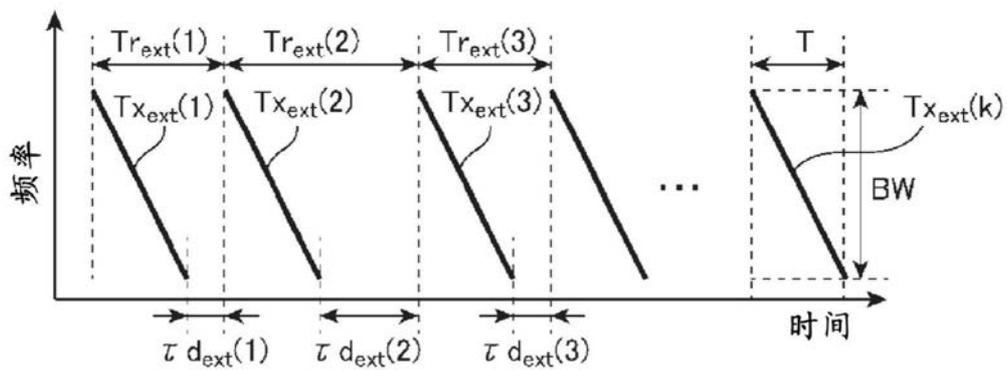


图12

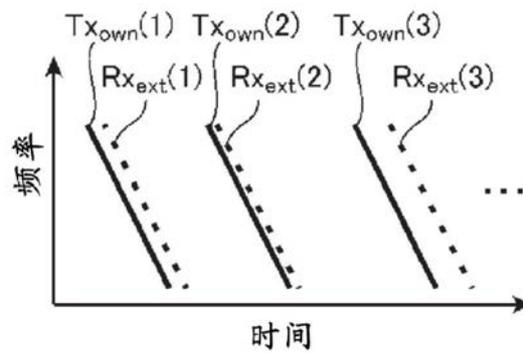


图13

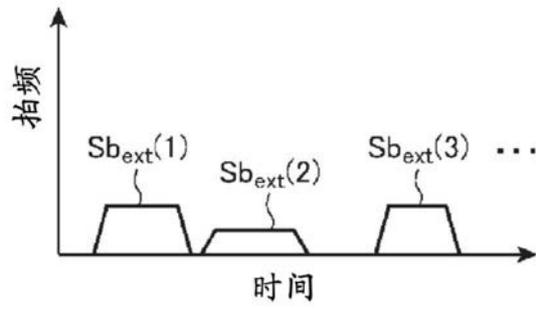


图14

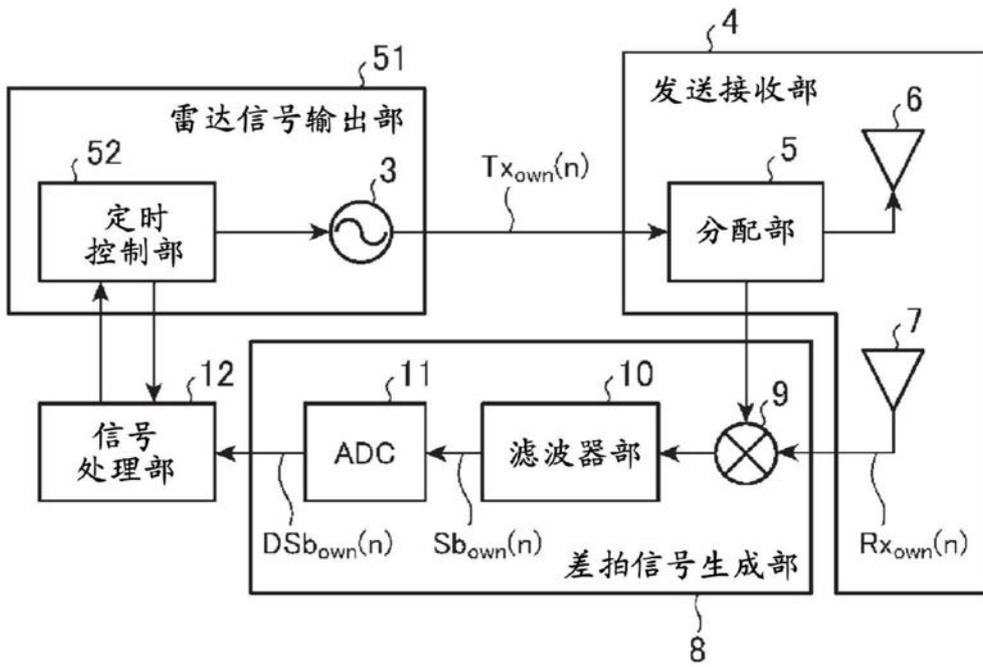


图15

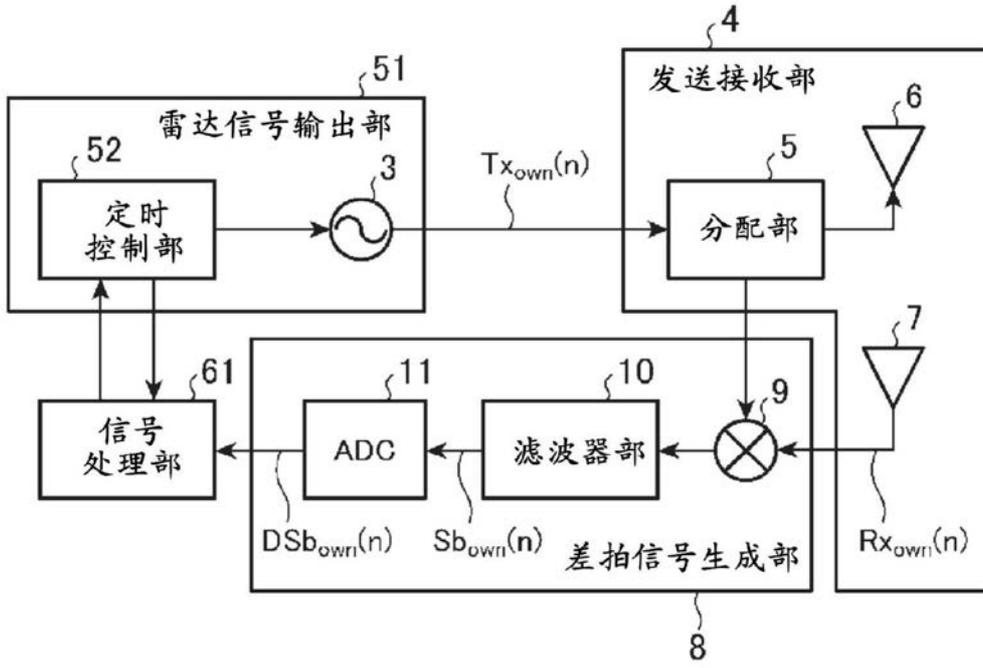


图16

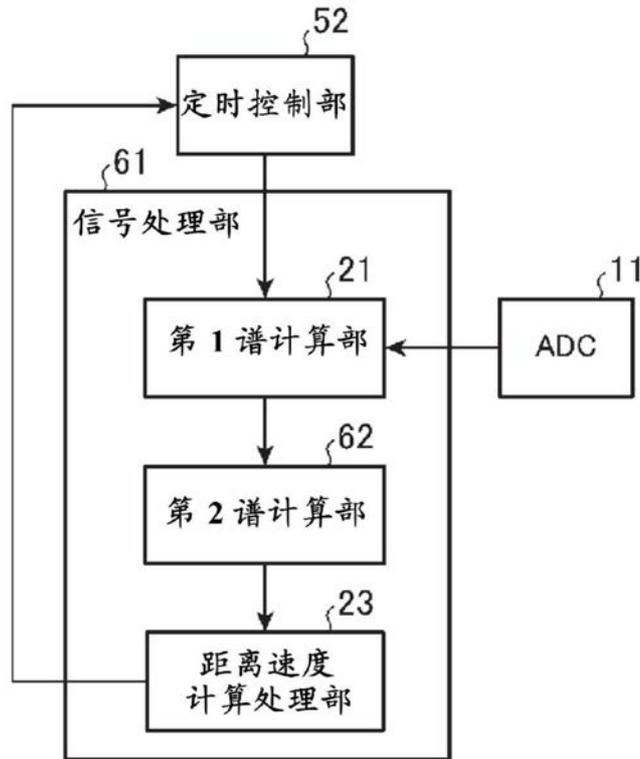


图17