



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110352362 B

(45) 授权公告日 2023. 01. 13

(21) 申请号 201780086836.X
 (22) 申请日 2017.02.24
 (65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 110352362 A
 (43) 申请公布日 2019.10.18
 (85) PCT国际申请进入国家阶段日
 2019.08.19
 (86) PCT国际申请的申请数据
 PCT/JP2017/007106 2017.02.24
 (87) PCT国际申请的公布数据
 W02018/154710 JA 2018.08.30
 (73) 专利权人 三菱电机株式会社
 地址 日本东京
 (72) 发明人 三本雅 高桥徹
 (74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司
 31100
 专利代理师 胡秋瑾 张鑫

(51) Int.Cl.
 G01S 13/34 (2006.01)
 (56) 对比文件
 CN 103576139 A, 2014.02.12
 CN 105190350 A, 2015.12.23
 CN 103323834 A, 2013.09.25
 CN 1984607 A, 2007.06.20
 CN 105182301 A, 2015.12.23
 JP H11133144 A, 1999.05.21
 JP 2016003873 A, 2016.01.12
 CN 102004244 A, 2011.04.06
 冯力方. 汽车防撞雷达信号处理研究及系统设计.《中国优秀硕士学位论文全文数据库 工程技术II辑》.2017, (第2期), 7-17.
 秦勒. 一种针对雷达多普勒测速系统全面干扰的方法.《火控雷达技术》.2005, 第34卷65-68.

审查员 吴燕

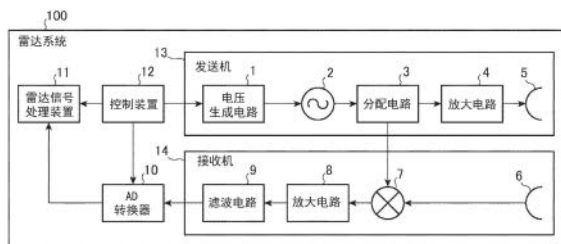
权利要求书2页 说明书16页 附图18页

(54) 发明名称

雷达信号处理装置及雷达系统

(57) 摘要

第1电压数据 ($V1_1 \sim V1_n$) 与第2电压数据 ($V2_1 \sim V2_n$) 分别对应于同一发送信号 ($T_1 \sim T_n$) 中的调制中心频率互不相同的范围。速度计算部 (50) 计算参照用速度 (S_{ref})，并将多个速度候补 ($Scand$ [m]) 与参照用速度 (S_{ref}) 进行比较来计算电波反射物体的移动速度，其中，上述参照用速度 (S_{ref}) 基于发送信号 ($T_1 \sim T_n$) 中与第1电压数据 ($V1_1 \sim V1_n$) 相对应的范围的调制中心频率 (Fc_1) 和发送信号 ($T_1 \sim T_n$) 中与第2电压数据 ($V2_1 \sim V2_n$) 相对应的范围的调制中心频率 (Fc_2) 之间的差分值。



1. 一种雷达信号处理装置，

使用将线性调频信号的发送信号、和与所述发送信号相对应的电波的反射波所对应的接收信号混合而得到的电压数据来测量反射了所述电波的物体的移动速度，所述雷达信号处理装置的特征在于，包括：

第1频率分析部，该第1频率分析部针对所述电压数据中的第1电压数据执行频率分析；

第2频率分析部，该第2频率分析部针对所述电压数据中的第2电压数据执行频率分析；

以及

速度计算部，该速度计算部使用所述第1频率分析部所得出的所述频率分析的结果与所述第2频率分析部所得出的所述频率分析的结果来计算所述物体的移动速度，

所述第1电压数据与所述第2电压数据分别对应于所述发送信号中的调制中心频率互不相同的范围，

所述速度计算部计算参照用速度，并将多个速度候补与所述参照用速度进行比较来计算所述物体的移动速度，其中，所述参照用速度基于与所述第1电压数据相对应的所述范围中的所述调制中心频率和与所述第2电压数据相对应的所述范围中的所述调制中心频率之间的差分。

2. 如权利要求1所述的雷达信号处理装置，其特征在于，

所述速度计算部选择多个所述速度候补中的与其它速度候补相比更接近所述参照用速度的速度候补，以作为所述物体的移动速度。

3. 如权利要求2所述的雷达信号处理装置，其特征在于，

所述速度计算部选择多个所述速度候补中的最接近所述参照用速度的速度候补，以作为所述物体的移动速度。

4. 如权利要求1所述的雷达信号处理装置，其特征在于，

所述第1频率分析部和所述第2频率分析部各自所进行的所述频率分析包含将所述电压数据转换为频率复频谱的距离方向频率分析、以及将所述频率复频谱转换为二维频率功率频谱的速度方向频率分析，

所述速度方向频率分析中，对成为转换对象的数据的后端部附加零值的数据，并针对该附加后的数据执行频率分析。

5. 如权利要求1所述的雷达信号处理装置，其特征在于，

所述第1电压数据是所述发送信号中的对应于各周期的相当于1周期的所述电压数据，

所述第2电压数据是所述发送信号中的对应于各周期的相当于前二分之一周期的所述电压数据。

6. 如权利要求1所述的雷达信号处理装置，其特征在于，

所述第1电压数据是所述发送信号中的对应于各周期的相当于1周期的所述电压数据，

所述第2电压数据是所述发送信号中的对应于各周期的相当于后二分之一周期的所述电压数据。

7. 如权利要求1所述的雷达信号处理装置，其特征在于，

所述第1电压数据是所述发送信号中的对应于各周期的相当于前二分之一周期的所述电压数据，

所述第2电压数据是所述发送信号中的对应于各周期的相当于后二分之一周期的所述

电压数据。

8. 一种雷达系统,包括:

发送机,该发送机生成线性调频信号的发送信号,并辐射与所述发送信号对应的电波;
接收机,该接收机接收所述电波的反射波;以及雷达信号处理装置,该雷达信号处理装置使用将所述发送信号与对应于所述反射波的接收信号混合而得到的电压数据来测量反射了所述电波的物体的移动速度,所述雷达系统的特征在于,

所述雷达信号处理装置包括:

第1频率分析部,该第1频率分析部针对所述电压数据中的第1电压数据执行频率分析;

第2频率分析部,该第2频率分析部针对所述电压数据中的第2电压数据执行频率分析;

以及

速度计算部,该速度计算部使用所述第1频率分析部所得出的所述频率分析的结果与所述第2频率分析部所得出的所述频率分析的结果来计算所述物体的移动速度,

所述第1电压数据与所述第2电压数据分别对应于所述发送信号中的调制中心频率互不相同的范围,

所述速度计算部计算参照用速度,并将多个速度候补与所述参照用速度进行比较来计算所述物体的移动速度,其中,所述参照用速度基于与所述第1电压数据相对应的所述范围中的所述调制中心频率和与所述第2电压数据相对应的所述范围中的所述调制中心频率之间的差分值。

雷达信号处理装置及雷达系统

技术领域

[0001] 本发明涉及雷达信号处理装置及雷达系统。

背景技术

[0002] 以往,开发了如下雷达系统:将频率相对于时间线性地上升或下降的信号(所谓的“线性调频信号”)用于发送信号,来测量到物体为止的距离(以下,有时简称为“距离”)及该物体的相对移动速度(以下,有时简称为“物体的移动速度”或“速度”)。该雷达系统将发送信号与接收信号混合来生成差拍信号,利用针对距离方向的频率分析将差拍信号转换成频率复频谱,利用针对速度方向的频率分析将频率复频谱转换成二维频率功率频谱,检测二维频率功率频谱中的峰值,根据与该峰值对应的距离方向的频率来计算距离,并根据与该峰值对应的速度方向的频率计算速度。

[0003] 在将线性调频信号用于发送信号的雷达系统中,线性调频信号的重复周期越短,则对应于速度方向的频率的折返频率变得越高,因此,消除了模糊性(ambiguity),能进行测量的速度范围变广。然而,在因发送系统的限制、特别是所发送的电波的频带中的高频电路特性等的限制而导致无法缩短重复周期的情况下,若物体的移动速度变大,则在与速度方向对应的频率下发生折返,因此,在速度的测量中产生模糊性。

[0004] 与此相对,专利文献1的雷达系统具有利用精度较高但产生模糊性的方法来测量速度的单元(第1处理单元)、以及利用精度较低但不产生模糊性的方法来测量速度的单元(第2处理单元)。专利文献1的雷达系统通过组合上述方法来排除模糊性。

[0005] 此外,专利文献2的雷达系统生成频率范围稍有不同的2种线性调频信号,并交替发送与各线性调频信号相对应的电波。专利文献2的雷达系统使用从上述电波的观测结果所得到的相位差的信息,来排除速度的测量中的模糊性。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献1:

[0009] 日本专利特开2016-3873号公报

[0010] 专利文献2:

[0011] 国际公开第2013/156012号公报

发明内容

[0012] 发明所要解决的技术问题

[0013] 专利文献1的雷达系统利用互不相同的2种方法来测量速度。因此,要求收发与各方法对应的电波,并执行与各方法对应的频率分析等。因此,存在如下问题:到得到最终的测量结果之前较花费时间。

[0014] 专利文献2的雷达系统使用频率范围稍有不同的2种线性调频信号。因此,从确保与各线性调频信号对应的电波的频率范围的精度的观点出发,存在如下问题:需要追加高

频用的频率补偿电路等。

[0015] 本发明是为了解决上述问题而完成的,其目的在于提供一种雷达信号处理装置及雷达系统,避免了速度的测量所花费的时间增加,此外,无需频率补偿电路等追加的电路,并能排除速度的测量中的模糊性。

[0016] 解决技术问题所采用的技术方案

[0017] 本发明的雷达信号处理装置是使用将线性调频信号的发送信号、与对应于发送信号的电波的反射波相对应的接收信号混合而得到的电压数据来测量反射了电波的物体的移动速度的雷达信号处理装置,其包括:第1频率分析部,该第1频率分析部执行针对电压数据中的第1电压数据的频率分析;第2频率分析部,该第2频率分析部执行针对电压数据中的第2电压数据的频率分析;以及速度计算部,该速度计算部使用第1频率分析部所得出的频率分析的结果与第2频率分析部所得出的频率分析的结果来计算物体的移动速度,第1电压数据与第2电压数据分别对应于发送信号中的调制中心频率互不相同的范围,速度计算部计算参照用速度,并将多个速度候补与参照用速度进行比较来计算物体的移动速度,其中,上述参照用速度基于与第1电压数据相对应的范围中的调制中心频率和与第2电压数据相对应的范围中的调制中心频率之间的差分。

[0018] 发明效果

[0019] 根据本发明,构成为如上所述那样,因此,避免了速度的测量所花费的时间增加,此外,无需频率补偿电路等追加的电路,并能排除速度的测量中的模糊性。

附图说明

[0020] 图1是示出本发明实施方式1所涉及的雷达系统的主要部分的系统结构图。

[0021] 图2中,图2A是示出本发明实施方式1所涉及的雷达信号处理装置的主要部分的硬件结构图。图2B是示出本发明实施方式1所涉及的雷达信号处理装置的主要部分的其它硬件结构图。

[0022] 图3是示出本发明实施方式1所涉及的雷达信号处理装置的主要部分的功能框图。

[0023] 图4是示出本发明实施方式1所涉及的雷达信号处理装置的动作的流程图。

[0024] 图5中,图5A是示出本发明实施方式1所涉及的发送信号的波形、接收信号的波形及第1电压数据的说明图。图5B是示出从图5A所示的第1电压数据转换得到的复频谱的说明图。图5C是示出从图5B所示的复频谱转换得到的功率频谱的说明图。

[0025] 图6中,图6A是示出本发明实施方式1所涉及的发送信号的波形、接收信号的波形及第2电压数据的说明图。图6B是示出从图6A所示的第2电压数据转换得到的复频谱的说明图。图6C是示出从图6B所示的复频谱转换得到的功率频谱的说明图。

[0026] 图7是示出本发明实施方式1所涉及的速度计算部的动作的流程图。

[0027] 图8是示出本发明实施方式2所涉及的雷达系统的主要部分的系统结构图。

[0028] 图9中,图9A是示出本发明实施方式2所涉及的雷达信号处理装置的主要部分的硬件结构图。图9B是示出本发明实施方式2所涉及的雷达信号处理装置的主要部分的其它硬件结构图。

[0029] 图10是示出本发明实施方式2所涉及的雷达信号处理装置的主要部分的功能框图。

[0030] 图11中,图11A是示出本发明实施方式2所涉及的发送信号的波形、接收信号的波形及第1电压数据的说明图。图11B是示出从图11A所示的第1电压数据转换得到的复频谱的说明图。图11C是示出从图11B所示的复频谱转换得到的功率频谱的说明图。

[0031] 图12中,图12A是示出本发明实施方式2所涉及的发送信号的波形、接收信号的波形及第2电压数据的说明图。图12B是示出从图12A所示的第2电压数据转换得到的复频谱的说明图。图12C是示出从图12B所示的复频谱转换得到的功率频谱的说明图。

[0032] 图13是示出本发明实施方式2所涉及的速度计算部的动作的流程图。

[0033] 图14是示出本发明实施方式3所涉及的雷达系统的主要部分的系统结构图。

[0034] 图15中,图15A是示出本发明实施方式3所涉及的雷达信号处理装置的主要部分的硬件结构图。图15B是示出本发明实施方式3所涉及的雷达信号处理装置的主要部分的其它硬件结构图。

[0035] 图16是示出本发明实施方式3所涉及的雷达信号处理装置的主要部分的功能框图。

[0036] 图17中,图17A是示出本发明实施方式3所涉及的发送信号的波形、接收信号的波形及第1电压数据的说明图。图17B是示出从图17A所示的第1电压数据转换得到的复频谱的说明图。图17C是示出从图17B所示的复频谱转换得到的功率频谱的说明图。

[0037] 图18中,图18A是示出本发明实施方式3所涉及的发送信号的波形、接收信号的波形及第2电压数据的说明图。图18B是示出从图18A所示的第2电压数据转换得到的复频谱的说明图。图18C是示出从图18B所示的复频谱转换得到的功率频谱的说明图。

具体实施方式

[0038] 下面,为了对本发明进行更加详细的说明,根据附图对用于实施本发明的方式进行说明。

[0039] 实施方式1.

[0040] 图1是示出本发明实施方式1所涉及的雷达系统的主要部分的系统结构图。参照图1,对实施方式1的雷达系统100进行说明。

[0041] 电压生成电路1生成规定的电压,并将该生成的电压输出至电压控制振荡器2。电压控制振荡器2生成与从电压生成电路1输入的电压相对应的频率的信号,并将该生成的信号(以下称为“发送信号”)输出至分配电路3。这里,电压生成电路1的输出电压相对于时间变化,由此,发送信号的频率相对于时间线性地上升或下降。即,电压生成电路1及电压控制振荡器2对发送信号进行调制,由此,将发送信号设为线性调制信号。

[0042] 分配电路3将从电压控制振荡器2输入的发送信号分配并输出至放大电路4及混合器7。放大电路4对从分配电路3输入的发送信号进行放大,并将该放大后的发送信号输出至天线5。天线5将与从放大电路4输入的发送信号对应的电波辐射到雷达系统100的外部。

[0043] 利用天线5辐射出的电波被雷达系统100的外部所存在的物体进行反射或散射(以下,总称为“反射”)。反射后的电波中的返回到雷达系统100的电波(以下称为“反射波”)被天线6所接收。天线6将与所接收到的反射波对应的信号(以下称为“接收信号”)输出至混合器7。

[0044] 混合器7将从分配电路3输入的发送信号与从天线6输入的接收信号混合,并将该

混合后的信号(以下称为“混合信号”)输出至放大电路8。放大电路8对从混合器7输入的混合信号进行放大,并将该放大后的混合信号输出至滤波电路9。滤波电路9对从放大电路8输入的混合信号中的不需要的频率分量进行压制,将该压制后的信号(以下称为“观测信号”)输出至模数转换器10。

[0045] 模数转换器(以下称为“AD转换器”)10将从滤波电路9输入的观测信号转换成数字的电压数据。AD转换器10将转换得到的电压数据输出至雷达信号处理装置11。

[0046] 雷达信号处理装置11使用从AD转换器10输入的电压数据,对反射了上述电波的物体(以下称为“电波反射物体”)相对于雷达系统100的相对移动速度进行测量。以下,将电波反射物体相对于雷达系统100的相对移动速度简称为“电波反射物体的移动速度”或“速度”。此外,将从雷达系统100到电波反射物体为止的距离简称为“距离”。关于雷达信号处理装置11的详细情况,参照图2和图3在后文中进行阐述。

[0047] 控制装置12对电压生成电路1、AD转换器10及雷达信号处理装置11的动作定时等进行控制。即,控制装置12对图3所示的第1频率分析部30、第2频率分析部40及速度计算部50的各部分的动作定时等进行控制。

[0048] 由电压生成电路1、电压控制振荡器2、分配电路3、放大电路4及天线5构成发送机13。由天线6、混合器7、放大电路8及滤波电路9构成接收机14。由AD转换器10、雷达信号处理装置11、控制装置12、发送机13及接收机14构成雷达系统100。

[0049] 图2A是示出本发明实施方式1所涉及的雷达信号处理装置的主要部分的硬件结构图。图2B是示出本发明实施方式1所涉及的雷达信号处理装置的主要部分的其它硬件结构图。图3是示出本发明实施方式1所涉及的雷达信号处理装置的主要部分的功能框图。参照图2和图3,对雷达信号处理装置11进行说明。

[0050] 如图2A所示,雷达信号处理装置11由计算机构成,具有处理器21及存储器22、23。存储器22存储有用于使该计算机起到图3所示的第1频率分析部30、第2频率分析部40及速度计算部50的功能的程序。通过由处理器21读取存储于存储器22的程序并执行,从而实现第1频率分析部30、第2频率分析部40及速度计算部50的功能。

[0051] 存储器23对从AD转换器10输入的电压数据进行存储。此外,存储器23对雷达信号处理装置11的各处理所涉及的各种数据进行存储。

[0052] 处理器21例如由CPU(Central Processing Unit:中央处理器)、DSP(Digital Signal Processor:数字信号处理器)、微控制器或微处理器等构成。存储器22例如由RAM(Random Access Memory:随机存取存储器)、ROM(Read Only Memory:只读存储器)、闪存、EPROM(Erasable Programmable Read Only Memory:可擦可编程只读存储器)或EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory:电可擦可编程只读存储器)等半导体存储器构成。存储器23例如由RAM等半导体存储器构成。

[0053] 另外,如图2B所示,第1频率分析部30、第2频率分析部40及速度计算部50的功能也可以由专用的处理电路24来实现。处理电路24例如是ASIC(Application Specific Integrated Circuit:专用集成电路)、FPGA(Field-Programmable Gate Array:现场可编程门阵列)、PLD(Programmable Logic Device:可编程逻辑设备)、或者系统LSI(Large-Scale Integration:大规模集成电路)或它们的组合。

[0054] 此外,第1频率分析部30、第2频率分析部40及速度计算部50的各部分的功能可以

分别由处理电路24来实现,也可以将各部分的功能汇总并由处理电路24来实现。此外,第1频率分析部30、第2频率分析部40及速度计算部50中的一部分的功能可以由处理器21和存储器22来实现,剩余的功能由处理电路24来实现。

[0055] 第1频率分析部30和第2频率分析部40分别从存储器23获取电压数据,并执行与该获取到的电压数据对应的频率分析等。速度计算部50使用第1频率分析部30所进行的频率分析等的结果、以及第2频率分析部40所进行的频率分析等的结果,来计算电波反射物体的移动速度。

[0056] 这里,成为第1频率分析部30所进行的频率分析等的对象的电压数据(以下称为“第1电压数据”)以及成为第2频率分析部40所进行的频率分析等的对象的电压数据(以下称为“第2电压数据”)分别对应于同一发送信号中的调制中心频率互不相同的范围。

[0057] 即,在实施方式1中,第1频率分析部30获取存储器23所存储的电压数据中、对应于发送信号中的各周期的大致相当于1周期的电压数据。第2频率分析部40获取存储器23所存储的电压数据中、对应于发送信号中的各周期的大致相当于前二分之一周期的电压数据。由此,在同一发送信号中,对应于第1电压数据的范围的调制中心频率与对应于第2电压数据的范围的调制中心频率成为互不相同的值。

[0058] 第1频率分析部30由第1距离方向频率分析部31、第1速度方向频率分析部32、第1峰值检测部33及第1峰值数据生成部34构成。第2频率分析部40由第2距离方向频率分析部41、第2速度方向频率分析部42、第2峰值检测部43及第2峰值数据生成部44构成。关于上述各部分所进行的处理的详细情况,参照图4~图6在后文中进行阐述。

[0059] 此外,速度计算部50计算参照用速度,并将多个速度候补与参照用速度进行比较,由此来计算电波反射物体的移动速度,上述参照用速度基于发送信号中的与第1电压数据相对应的范围的调制中心频率和发送信号中的与第2电压数据相对应的范围的调制中心频率之间的差分值。更具体而言,速度计算部50将多个速度候补中的最接近参照用速度的速度候补选择为电波反射物体的移动速度。关于速度计算部50所进行的处理的详细内容,参照图7在后文中进行阐述。

[0060] 由第1频率分析部30、第2频率分析部40及速度计算部50构成雷达信号处理装置11。

[0061] 接着,参照图4~图6,对雷达信号处理装置11的动作进行说明。

[0062] 在图5A和图6A中, $T_1 \sim T_n$ (n 为2以上的整数)表示相当于 n 周期的发送信号的波形, $R_1 \sim R_n$ 表示与各周期的发送信号对应的接收信号的波形。即,图5A所示的发送信号 $T_1 \sim T_n$ 与图6A所示的发送信号 $T_1 \sim T_n$ 是同一信号,图5A所示的接收信号 $R_1 \sim R_n$ 与图6A所示的接收信号 $R_1 \sim R_n$ 是同一信号。如图5A和图6A所示,各周期中的发送信号 $T_1 \sim T_n$ 的频率相对于时间线性地上升,接收信号 $R_1 \sim R_n$ 的频率与发送信号 $T_1 \sim T_n$ 的频率同样地变化。

[0063] 在视为所有的发送已完成且接收已完成的时刻,在存储器23中预先存储有将发送信号 $T_1 \sim T_n$ 与接收信号 $R_1 \sim R_n$ 混合而得到的电压数据。雷达信号处理装置11在控制装置12的控制下,执行图4所示的步骤ST1~ST9的处理。

[0064] 首先,在步骤ST1中,第1距离方向频率分析部31获取存储器23所存储的电压数据中的第1电压数据 $V1_1 \sim V1_n$ 。如图5A所示,第1电压数据 $V1_1 \sim V1_n$ 是对应于发送信号 $T_1 \sim T_n$ 中的各周期的大致相当于1周期的电压数据。第1距离方向频率分析部31对第1电压数据 $V1_1 \sim$

V_{1n} 分别执行快速傅里叶变换(Fast Fourier Transform,以下称为“FFT”)等频率分析,由此,将第1电压数据 $V_{1_1} \sim V_{1_n}$ 转换为复频谱 $C_{1_1} \sim C_{1_n}$ 。第1距离方向频率分析部31使存储器23存储复频谱 $C_{1_1} \sim C_{1_n}$ 。

[0065] 这里,各复频谱 $C_{1_1} \sim C_{1_n}$ 的离散频率与距离相对应(参照图5B),各复频谱 $C_{1_1} \sim C_{1_n}$ 是与距离方向相对应的频率复频谱。即,第1距离方向频率分析部31进行针对距离方向的频率分析(以下称为“距离方向频率分析”),由此,将电压数据转换为频率复频谱。

[0066] 接着,在步骤ST2中,第1速度方向频率分析部32从存储器23获取相当于整个周期(在图5所示的示例中相当于n周期)的复频谱 $C_{1_1} \sim C_{1_n}$ 。第1速度方向频率分析部32对复频谱 $C_{1_1} \sim C_{1_n}$ 中的离散频率彼此相同的距离所对应的各部位执行FFT等频率分析,由此,将复频谱 $C_{1_1} \sim C_{1_n}$ 转换为功率频率 $P_{1_1} \sim P_{1_m}$ (m为2以上的整数)。第1速度方向频率分析部32将功率频谱 $P_{1_1} \sim P_{1_m}$ 作为二维功率频谱存储于存储器23。

[0067] 这里,各功率频谱 $P_{1_1} \sim P_{1_m}$ 的离散频率与速度相对应(参照图5C),基于功率频谱 $P_{1_1} \sim P_{1_m}$ 的二维功率频谱是与距离方向和速度方向相对应的二维频率功率频谱。即,第1速度方向频率分析部32进行针对速度方向的频率分析(以下称为“速度方向频率分析”),由此,将频率复频谱转换为二维频率功率频谱。

[0068] 此外,当执行速度方向频率分析时,第1速度方向频率分析部32在成为转换对象的数据(即,表示与复频谱 $C_{1_1} \sim C_{1_n}$ 中的离散频率彼此相同的距离相对应的各部位的数据)的后端部附加零值的数据,并对该附加后的数据进行FFT等频率分析。由此,能使与速度相对应的离散频率的频率分辨率变小。

[0069] 接着,在步骤ST3中,第1峰值检测部33从存储器23获取基于功率频谱 $P_{1_1} \sim P_{1_m}$ 的二维频率功率频谱,并检测该获取到的二维频率功率频谱中的峰值。更具体而言,第1峰值检测部33将二维功率频率的功率与阈值进行比较。该阈值可以根据二维功率频谱的功率逐次计算出,或者,也可以预先设定。第1峰值检测部33将二维功率频率中、功率比阈值要大且功率为极大的部位检测为峰值。

[0070] 第1峰值检测部33将对应于所检测出的峰值的距离方向的离散频率(以下称为“距离方向离散频率”)与对应于所检测出的峰值的速度方向的离散频率(以下称为“速度方向离散频率”)输出至第1峰值数据生成部34。这里,将所检测出的峰值的个数设为 N_1 。

[0071] 接着,在步骤ST4中,第1峰值数据生成部34使用从第1峰值检测部33输入的距离方向离散频率 $F_1[k_1] \{k_1=1 \sim N_1\}$,基于FMCW(Frequency Modulated Continuous Wave:调频连续波)雷达的原理式,利用以下式(1)来计算距离 $Dst_1[k_1] \{k_1=1 \sim N_1\}$ 。

$$[0072] \quad Dst_1[k_1] = (C \times T_1 \times F_1[k_1]) / (2 \times B_1) \{k_1=1 \sim N_1\} \quad (1)$$

[0073] 这里,C表示电波的速度。 T_1 表示发送信号中的与第1电压数据相对应的范围的调制时间宽度、即对应于各周期的大致相当于1周期的调制时间宽度。 B_1 表示发送信号中的与第1电压数据相对应的范围的调制频宽、即对应于各周期的大致相当于1周期的调制频宽。

[0074] 第1峰值数据生成部34生成数据(以下称为“第1峰值数据”),该数据表示所计算出的距离 $Dst_1[k_1] \{k_1=1 \sim N_1\}$ 与从第1峰值检测部33输入的速度方向离散频率 $Fv_1[k_1] \{k_1=1 \sim N_1\}$ 。第1峰值数据生成部34使存储器23存储第1峰值数据。

[0075] 此外,在步骤ST5中,第2距离方向频率分析部41获取存储器23所存储的电压数据

中的第2电压数据 $V_{2_1} \sim V_{2_n}$ 。如图6A所示,第2电压数据 $V_{2_1} \sim V_{2_n}$ 是对应于发送信号 $T_1 \sim T_n$ 中的各周期的大致相当于前二分之一周期的电压数据。第2距离方向频率分析部41对第2电压数据 $V_{2_1} \sim V_{2_n}$ 分别执行快速傅里叶变换等频率分析,由此,将第2电压数据 $V_{2_1} \sim V_{2_n}$ 转换为复频谱 $C_{2_1} \sim C_{2_n}$ 。第2距离方向频率分析部41使存储器23存储复频谱 $C_{2_1} \sim C_{2_n}$ 。

[0076] 这里,各复频谱 $C_{2_1} \sim C_{2_n}$ 的离散频率与距离相对应(参照图6B),各复频谱 $C_{2_1} \sim C_{2_n}$ 是与距离方向相对应的频率复频谱。即,第2距离方向频率分析部41利用距离方向频率分析将电压数据转换为频率复频谱。

[0077] 接着,在步骤ST6中,第2速度方向频率分析部42从存储器23获取相当于整个周期(在图6所示的示例中相当于n周期)的复频谱 $C_{2_1} \sim C_{2_n}$ 。第2速度方向频率分析部42对复频谱 $C_{2_1} \sim C_{2_n}$ 中的与离散频率彼此相同的距离相对应的各部位执行FFT等频率分析,由此,将复频谱 $C_{2_1} \sim C_{2_n}$ 转换为功率频谱 $P_{2_1} \sim P_{2_m}$ 。第2速度方向频率分析部42将功率频谱 $P_{2_1} \sim P_{2_m}$ 作为二维功率频谱存储于存储器23。

[0078] 这里,各功率频谱 $P_{2_1} \sim P_{2_m}$ 的离散频率与速度相对应(参照图6C),基于功率频谱 $P_{2_1} \sim P_{2_m}$ 的二维功率频谱是与距离方向和速度方向相对应的二维频率功率频谱。即,第2速度方向频率分析部42利用速度方向频率分析将频率复频谱转换为二维频率功率频谱。

[0079] 此外,当执行速度方向频率分析时,第2速度方向频率分析部42在成为转换对象的数据(即,表示复频谱 $C_{2_1} \sim C_{2_n}$ 中的与离散频率彼此相同的距离相对应的各部位的数据)的后端部附加零值的数据,并对该附加后的数据进行FFT等频率分析。由此,能使与速度相对应的离散频率的频率分辨率变小。

[0080] 接着,在步骤ST7中,第2峰值检测部43从存储器23获取基于功率频谱 $P_{2_1} \sim P_{2_m}$ 的二维频率功率频谱,并检测该获取到的二维频率功率频谱中的峰值。更具体而言,第2峰值检测部43利用与第1峰值检测部33同样的方法来检测峰值。第2峰值检测部43将与所检测出的峰值相对应的距离方向离散频率、以及与所检测出的峰值相对应的速度方向离散频率输出至第2峰值数据生成部44。这里,将所检测出的峰值的个数设为 N_2 。

[0081] 接着,在步骤ST8中,第2峰值数据生成部44使用从第2峰值检测部43输入的距离方向离散频率 $F_{2[k_2]} \{k_2=1 \sim N_2\}$,基于FMCW雷达的原理式,利用以下式(2)来计算距离 $D_{2[k_2]} \{k_2=1 \sim N_2\}$ 。

$$D_{2[k_2]} = (C \times T_2 \times F_{2[k_2]}) / (2 \times B_2) \{k_2=1 \sim N_2\} \quad (2)$$

[0083] 这里,C表示电波的速度。 T_2 表示发送信号中的与第2电压数据相对应的范围的调制时间宽度、即对应于各周期的大致相当于前二分之一周期的调制时间宽度。 B_2 表示发送信号中的与第2电压数据相对应的范围的调制频宽、即对应于各周期的大致相当于前二分之一周期的调制频宽。

[0084] 第2峰值数据生成部44生成数据(以下称为“第2峰值数据”),该数据表示所计算出的距离 $D_{2[k_2]} \{k_2=1 \sim N_2\}$ 与从第2峰值检测部43输入的速度方向离散频率 $F_{v_2[k_2]} \{k_2=1 \sim N_2\}$ 。第2峰值数据生成部44使存储器23存储第2峰值数据。

[0085] 接着,在步骤ST9中,速度计算部50从存储器23获取在步骤ST4中生成的第1峰值数据、以及在步骤ST8中生成的第2峰值数据。速度计算部50使用所获取到的第1峰值数据和第2峰值数据来计算电波反射物体的移动速度。

[0086] 接着,参照图7的流程图,对速度计算部50所进行的步骤ST9的处理进行详细说明。

[0087] 在步骤ST11中,速度计算部50将与第1峰值数据中的峰值相对应的计数器k_1的值初始化为1。接着,速度计算部50前进至步骤ST12。

[0088] 在步骤ST12中,速度计算部50将与第2峰值数据中的峰值相对应的计数器k_2的值初始化为1。接着,速度计算部50前进至步骤ST13。

[0089] 在步骤ST13中,速度计算部50利用以下式(3),计算与第1峰值数据中的第k_1个峰值相对应的距离Dst_1[k_1]、和与第2峰值数据中的第k_2个峰值相对应的距离Dst_2[k_2]之间的差分值的绝对值dD。计算出绝对值的dD之后,速度计算部50前进至步骤ST14。

$$[0090] \quad dD = |Dst_1[k_1] - Dst_2[k_2]| \quad (3)$$

[0091] 在步骤ST14中,速度计算部50利用以下式(4)来计算距离差Dw。该距离差Dw产生的原因在于,发送信号中的与第1电压数据相对应的范围的调制频宽B_1和发送信号中的与第2电压数据相对应的范围的调制频宽B_2互不相同。

$$[0092] \quad Dw = C / (2 \times B_2) \quad (4)$$

[0093] 速度计算部50对绝对值dD与距离差Dw进行比较。在绝对值dD为距离差Dw以下的值的情况下(步骤ST14“是”),速度计算部50前进至步骤ST15。另一方面,在绝对值dD为比距离差Dw要大的值的情况下(步骤ST14“否”),速度计算部50前进至步骤ST27。

[0094] 在步骤ST15中,速度计算部50利用在对应于速度方向的频率下不产生折返的方法来计算参照用速度Sref。即,速度计算部50如下述那样计算参照用速度Sref。

[0095] 关于第1峰值数据所示的速度方向离散频率Fv_1[k_1],若将电波反射物体的移动速度设为Spd_1[k_1],将发送信号中的与第1电压数据相对应的范围的调制中心频率设为Fc_1,则利用多普勒效应的原理式,以下式(5)成立。

$$[0096] \quad Fv_1[k_1] = 2 \times Fc_1 \times Spd_1[k_1] / C \quad (5)$$

[0097] 关于第2峰值数据所示的速度方向离散频率Fv_2[k_2],若将电波反射物体的移动速度设为Spd_2[k_2],将发送信号中的与第2电压数据相对应的范围的调制中心频率设为Fc_2,则利用多普勒效应的原理式,以下式(6)成立。

$$[0098] \quad Fv_2[k_2] = 2 \times Fc_2 \times Spd_2[k_2] / C \quad (6)$$

[0099] 在式(5)所涉及的电波反射物体与式(6)所涉及的电波反射物体为同一物体的情况下,Spd_1[k_1] = Spd_2[k_2]。这里,若设为Spd_1[k_1] = Spd_2[k_2] = Spd,则通过对式(5)进行变形,得到以下式(7)。此外,通过对式(6)进行变形,得到以下式(8)。

$$[0100] \quad Fv_1[k_1] = 2 \times Fc_1 \times Spd / C \quad (7)$$

$$[0101] \quad Fv_2[k_2] = 2 \times Fc_2 \times Spd / C \quad (8)$$

[0102] 此时,式(7)的左边和式(8)的左边之差以及式(7)的右边和式(8)的右边之差由以下式(9)来表示。

$$[0103] \quad Fv_1[k_1] - Fv_2[k_2] = 2 \times (Fc_1 - Fc_2) \times Spd / C \quad (9)$$

[0104] 式(9)表示如下状态:在以比Fc_1或Fc_2要低的频率(Fc_1 - Fc_2)发送了电波的情况下,多普勒频移频率为(Fv_1[k_1] - Fv_2[k_2])。这里,(Fv_1[k_1] - Fv_2[k_2])为频率差,因此值较小,为不产生折返的值。这里,速度计算部50利用对式(9)进行变形而得到的以下式(10)来计算参照用速度Sref。

$$[0105] \quad Sref = C \times (Fv_1[k_1] - Fv_2[k_2]) / (2 \times (Fc_1 - Fc_2)) \quad (10)$$

[0106] 另外,在利用式(10)计算参照用速度Sref的情况下,虽然在对应于速度方向的频

率下不产生折返,但由于与发送信号的频率较低的状态等效,因此速度的测量精度较低。因此,如上所述,分别利用第1速度方向频率分析部32和第2速度方向频率分析部42对成为转换对象的数据附加零值的数据,然后执行FFT等频率分析。由此,能使与速度相对应的离散频率的频率分辨率变小,因此能提高速度的测量精度。

[0107] 计算出参照用速度 S_{ref} 之后,速度计算部50前进至步骤ST16。

[0108] 在步骤ST16中,速度计算部50使用第1峰值数据所示的速度方向离散频率 $Fv_1[k_1]$ $\{k_1=1\sim N_1\}$,利用多普勒效应的原理式来计算多个速度候补 $Scand[m]$ $\{m=0\sim M\}$,以设为因线性调频信号的重复周期而产生的折返最大能产生M次。

[0109] 此时,速度计算部50根据步骤ST15中所计算出的参照用速度 S_{ref} 的值来切换速度候补的计算方法。在参照用速度 S_{ref} 为0以上的值的情况下($S_{ref}\geq 0$),速度计算部50利用以下式(11)来计算速度候补 $Scand[m]$ 。另一方面,在参照用速度 S_{ref} 为小于0的的情况下($S_{ref}< 0$),速度计算部50利用以下式(12)来计算速度候补 $Scand[m]$ 。这里,Trpt表示线性调频信号的重复周期。

$$[0110] \quad Scand[m] = C \times (Fv_1[k_1] + m/Trpt) / (2 \times Fc_1) \quad \{m=0\sim M\} \quad (11)$$

$$[0111] \quad Scand[m] = C \times (Fv_1[k_1] - m/Trpt) / (2 \times Fc_1) \quad \{m=0\sim M\} \quad (12)$$

[0112] 计算出速度候补 $Scand[m]$ 之后,速度计算部50前进至步骤ST17。

[0113] 在步骤ST17中,速度计算部50将与速度候补 $Scand[m]$ 相对应的计数器m的值初始化为0。接着,速度计算部50前进至步骤ST18。

[0114] 在步骤ST18中,速度计算部50将最小速度差 S_{min} 的初始值设定为与在成为测量对象的范围内绝对值最大的速度 S_{init} 相同的值。接着,速度计算部50前进至步骤ST19。

[0115] 在步骤ST19中,速度计算部50将选择编号 $Ms1ct$ 初始化为-1。接着,速度计算部50前进至步骤ST20。

[0116] 在步骤ST20中,速度计算部50计算第m个速度候补 $Scand[m]$ 与参照用速度 S_{ref} 的差分值的绝对值dS。接着,速度计算部50前进至步骤ST21。

[0117] 步骤ST21中,速度计算部50对绝对值dS与最小速度差 S_{min} 进行比较。在绝对值dS为比最小速度差 S_{min} 要小的值的情况下(步骤ST21“是”),速度计算部50前进至步骤ST22。另一方面,在绝对值dS为最小速度差 S_{min} 以上的值的情况下(步骤ST21“否”),速度计算部50前进至步骤ST24。

[0118] 在步骤ST22中,速度计算部50将最小速度差 S_{min} 更新为与绝对值dS相同的值。接着,速度计算部50前进至步骤ST23。

[0119] 在步骤ST23中,速度计算部50将选择编号 $Ms1ct$ 更新为与计数器m相同的值。接着,速度计算部50前进至步骤ST24。

[0120] 在步骤ST24中,速度计算部50使计数器m的值递增。接着,速度计算部50前进至步骤ST25。

[0121] 在步骤ST25中,速度计算部50将计数器m的值与 N_m 进行比较。在计数器m表示比 N_m 要大的值的情况下(步骤ST25“是”),速度计算部50前进至步骤ST26。另一方面,在计数器m表示 N_m 以下的值的情况下(步骤ST25“否”),速度计算部50返回步骤ST20。

[0122] 在步骤ST26中,速度计算部50选择速度候补 $Scand[Ms1ct]$,以作为第1峰值数据中的与第 k_1 个峰值相对应的速度、即电波反射物体的移动速度。接着,速度计算部50前进至

步骤ST27。

[0123] 在步骤ST27中,速度计算部50使计数器k_2的值递增。接着,速度计算部50前进至步骤ST28。

[0124] 在步骤ST28中,速度计算部50将计数器k_2的值与N_2相比较。在计数器k_2表示比N_2要大的值的情况下(步骤ST28“是”),速度计算部50前进至步骤ST29。另一方面,在计数器k_2表示N_2以下的值的情况下(步骤ST28“否”),速度计算部50返回步骤ST13。

[0125] 在步骤ST29中,速度计算部50使计数器k_1的值递增。接着,速度计算部50前进至步骤ST30。

[0126] 在步骤ST30中,速度计算部50将计数器k_1的值与N_1相比较。在计数器k_1表示比N_1要大的值的情况下(步骤ST30“是”),速度计算部50结束处理。另一方面,在计数器k_1表示N_1以下的值的情况下(步骤ST30“否”),速度计算部50返回步骤ST12。

[0127] 由此,速度计算部50计算参照用速度Sref(步骤ST15),将多个速度候补Scand[m]与参照用速度Sref进行比较(步骤ST16~ST25),并选择多个速度候补Scand[m]中的最接近参照用速度Sref的速度候补Scand[Mslct],以作为电波反射物体的移动速度(步骤ST26),其中,上述参照用速度Sref基于发送信号中的与第1电压数据相对应的范围的调制中心频率Fc_1和发送信号中的与第2电压数据相对应的范围的调制中心频率Fc_2之间的差分(Fc_1-Fc_2)。如式(10)所示,能利用在与速度方向对应的频率下不产生折返的方法来计算参照用速度Sref,因此,能排除速度的测量中的模糊性。

[0128] 此外,第1频率分析部30所进行的频率分析与第2频率分析部40所进行的频率分析等是关于同一发送信号的处理,能并行地执行。因此,与专利文献1的雷达系统相比,能避免速度的测量所花费的时间增加。

[0129] 此外,第1频率分析部30所进行的频率分析与第2频率分析部40所进行的频率分析等是关于同一发送信号的处理,无需切换发送信号所对应的电波的频率范围。因此,与专利文献2的雷达系统相比,无需频率补偿电路等追加的电路。

[0130] 此外,雷达信号处理装置11除了测量电波反射物体的移动速度,也可以测量从雷达系统100到电波反射物体的距离。即,雷达信号处理装置11可以具有距离计算部(未图示),该距离计算部使用第1峰值数据所示的距离Dst_1[k_1]{k_1=1~N_1}与第2峰值数据所示的距离Dst_2[k_2]{k_2=1~N_2}来计算从雷达系统100到电波反射物体的距离。

[0131] 此外,控制装置12可以与雷达信号处理装置11构成为一体。即,用于实现控制装置12的功能的程序可以存储于存储器22,并且可以通过由处理器21读取存储于存储器22的程序并加以执行,从而实现控制装置12的功能。或者,也可以利用专用的处理电路24来实现控制装置12的功能。

[0132] 此外,存储器23可以设置在雷达信号处理装置11的外部。即,雷达信号处理装置11可以由处理器21和存储器22构成。或者,雷达信号处理装置11也可以由处理电路24构成。

[0133] 此外,第1电压数据与第2电压数据只要分别对应于同一发送信号中的调制中心频率互不相同的范围即可。即,第1电压数据并不局限于对应于发送信号中的各周期的大致相当于1周期的电压数据。第2电压数据并不局限于对应于发送信号中的各周期的大致相当于前二分之一周期的电压数据。

[0134] 此外,本申请的权利要求书所记载的“相当于1周期”这一用语的意义并不局限于

相当于完整的1周期,也包含如图5A所示那样的大致相当于1周期。此外,本申请的权利要求书所记载的“相当于前二分之一周期”这一用语的意义并不局限于相当于完整的前二分之一周期,也包含如图6A所示那样的大致相当于前二分之一周期。

[0135] 如上所述,实施方式1的雷达信号处理装置11是使用将线性调频信号的发送信号 $T_1 \sim T_n$ 、和与发送信号 $T_1 \sim T_n$ 相对应的电波的反射波所对应的接收信号 $R_1 \sim R_n$ 混合而得到的电压数据,来测量反射了电波的物体的移动速度的雷达信号处理装置11,该雷达信号处理装置11包括:第1频率分析部30,该第1频率分析部30针对电压数据中的第1电压数据 $V_{1_1} \sim V_{1_n}$ 执行频率分析;第2频率分析部40,该第2频率分析部40针对电压数据中的第2电压数据 $V_{2_1} \sim V_{2_n}$ 执行频率分析;以及速度计算部50,该速度计算部50使用第1频率分析部30所得出的频率分析的结果与第2频率分析部40所得出的频率分析的结果来计算物体的移动速度,第1电压数据 $V_{1_1} \sim V_{1_n}$ 与第2电压数据 $V_{2_1} \sim V_{2_n}$ 分别对应于发送信号 $T_1 \sim T_n$ 中的调制中心频率互不相同的范围,速度计算部50计算参照用速度 S_{ref} ,并将多个速度候补 $S_{cand}[m]$ 与参照用速度 S_{ref} 进行比较来计算物体的移动速度,其中,上述参照用速度 S_{ref} 基于与第1电压数据 $V_{1_1} \sim V_{1_n}$ 相对应的范围中的调制中心频率 F_{c_1} 和与第2电压数据 $V_{2_1} \sim V_{2_n}$ 相对应的范围中的调制中心频率 F_{c_2} 之间的差分值。如式(10)所示,能利用在与速度方向对应的频率下不产生折返的方法来计算参照用速度 S_{ref} ,因此,能排除速度的测量中的模糊性。此外,能避免速度的测量所花费的时间增加的情况,并且能省去频率补偿电路等追加电路。

[0136] 此外,第1频率分析部30和第2频率分析部40各自所进行的频率分析包含将电压数据转换为频率复频谱的距离方向频率分析、以及将频率复频谱转换为二维频率功率频谱的速度方向频率分析,速度方向频率分析中,对成为转换对象的数据的后端部附加零值的数据,并针对该附加后的数据执行频率分析。由此,能使与速度相对应的离散频率的频率分辨率变小。其结果是,能提高雷达信号处理装置11的速度的测量精度。

[0137] 此外,第1电压数据 $V_{1_1} \sim V_{1_n}$ 是发送信号 $T_1 \sim T_n$ 中的对应于各周期的相当于1周期的电压数据,第2电压数据 $V_{2_1} \sim V_{2_n}$ 是发送信号 $T_1 \sim T_n$ 中的对应于各周期的相当于前二分之一周期的电压数据。由此,在同一发送信号 $T_1 \sim T_n$ 中,能将调制中心频率 F_{c_1} 与调制中心频率 F_{c_2} 设为互不相同的值。

[0138] 实施方式2.

[0139] 图8是示出本发明实施方式2所涉及的雷达系统的主要部分的系统结构图。图9A是示出本发明实施方式2所涉及的雷达信号处理装置的主要部分的硬件结构图。图9B是示出本发明实施方式2所涉及的雷达信号处理装置的主要部分的其它硬件结构图。图10是示出本发明实施方式2所涉及的雷达信号处理装置的主要部分的功能框图。参照图8~图10,对实施方式2的雷达系统100a及雷达信号处理装置11a进行说明。

[0140] 另外,在图8中,对与图1所示的实施方式1的系统结构图相同的模块等标注相同标号,并省略说明。在图9中,对与图2所示的实施方式1的硬件结构图相同的模块等标注相同标号,并省略说明。在图10中,对与图3所示的实施方式1的功能框图相同的模块等标注相同标号,并省略说明。

[0141] 在实施方式2中,第1距离方向频率分析部31获取存储器23所存储的电压数据中、对应于发送信号中的各周期的大致相当于前二分之一周期的电压数据。第2距离方向频率分析部41获取存储器23所存储的电压数据中、对应于发送信号中的各周期的大致相当于后

二分之一周期的电压数据。由此,在同一发送信号中,与第1电压数据相对应的范围的调制中心频率和与第2电压数据相对应的范围的调制中心频率成为互不相同的值。

[0142] 由第1距离方向频率分析部31、第1速度方向频率分析部32、第1峰值检测部33及第1峰值数据生成部34构成第1频率分析部30。由第2距离方向频率分析部41、第2速度方向频率分析部42、第2峰值检测部43及第2峰值数据生成部44构成第2频率分析部40。由第1频率分析部30、第2频率分析部40及速度计算部50构成雷达信号处理装置11a。由AD转换器10、雷达信号处理装置11a、控制装置12、发送机13及接收机14构成雷达系统100a。

[0143] 接着,参照图11和图12,对雷达信号处理装置11a的动作进行说明。另外,流程图与图4相同,因此省略图示。

[0144] 首先,第1距离方向频率分析部31获取存储器23所存储的电压数据中的第1电压数据 $V_{1_1}' \sim V_{1_n}'$ 。如图11A所示,第1电压数据 $V_{1_1}' \sim V_{1_n}'$ 是对应于发送信号 $T_1 \sim T_n$ 中的各周期的大致相当于前二分之一周期的电压数据。第1距离方向频率分析部31利用距离方向频率分析,将第1电压数据 $V_{1_1}' \sim V_{1_n}'$ 转换为复频谱 $C_{1_1}' \sim C_{1_n}'$ 。

[0145] 接着,第1速度方向频率分析部32利用速度方向频率分析,将复频谱 $C_{1_1}' \sim C_{1_n}'$ 转换为功率频谱 $P_{1_1}' \sim P_{1_m}'$ 。第1速度方向频率分析部32将功率频谱 $P_{1_1}' \sim P_{1_m}'$ 作为二维功率频谱存储于存储器23。

[0146] 接着,第1峰值检测部33从存储器23获取基于功率频谱 $P_{1_1}' \sim P_{1_m}'$ 的二维频率功率频谱,并检测该获取到的二维频率功率频谱中的峰值。第1峰值检测部33将与所检测出的峰值相对应的距离方向离散频率、以及与所检测出的峰值相对应的速度方向离散频率输出至第1峰值数据生成部34。这里,将所检测出的峰值的个数设为 N_1 。

[0147] 接着,第1峰值数据生成部34使用从第1峰值检测部33输入的距离方向离散频率 $F_{1[k_1]} \{k_1=1 \sim N_1\}$,利用与实施方式1相同的式(1)来计算距离 $D_{st_1[k_1]} \{k_1=1 \sim N_1\}$ 。然而,在实施方式2中, T_1 表示对应于发送信号中的各周期的大致相当于前二分之一周期的调制时间宽度, B_1 表示对应于发送信号中的各周期的大致相当于前二分之一周期的调制频宽。

[0148] 第1峰值数据生成部34生成第1峰值数据,该第1峰值数据表示所计算出的距离 $D_{st_1[k_1]} \{k_1=1 \sim N_1\}$ 与从第1峰值检测部33输入的速度方向离散频率 $F_{v_1[k_1]} \{k_1=1 \sim N_1\}$ 。第1峰值数据生成部34使存储器23存储第1峰值数据。

[0149] 此外,第2距离方向频率分析部41获取存储器23所存储的电压数据中的第2电压数据 $V_{2_1}' \sim V_{2_n}'$ 。如图12A所示,第2电压数据 $V_{2_1}' \sim V_{2_n}'$ 是对应于发送信号 $T_1 \sim T_n$ 中的各周期的大致相当于后二分之一周期的电压数据。第2距离方向频率分析部41利用距离方向频率分析,将第2电压数据 $V_{2_1}' \sim V_{2_n}'$ 转换为复频谱 $C_{2_1}' \sim C_{2_n}'$ 。

[0150] 接着,第2速度方向频率分析部42利用速度方向频率分析,将复频谱 $C_{2_1}' \sim C_{2_n}'$ 转换为功率频谱 $P_{2_1}' \sim P_{2_m}'$ 。第2速度方向频率分析部42将功率频谱 $P_{2_1}' \sim P_{2_m}'$ 作为二维功率频谱存储于存储器23。

[0151] 接着,第2峰值检测部43从存储器23获取基于功率频谱 $P_{2_1}' \sim P_{2_m}'$ 的二维频率功率频谱,并检测该获取到的二维频率功率频谱中的峰值。第2峰值检测部43将与所检测出的峰值相对应的距离方向离散频率、以及与所检测出的峰值相对应的速度方向离散频率输出至第2峰值数据生成部44。这里,将所检测出的峰值的个数设为 N_2 。

[0152] 接着,第2峰值数据生成部44使用从第2峰值检测部43输入的距离方向离散频率 $F_{2[k_2]}$ ($k_2=1\sim N_2$),利用与实施方式1相同的式(2)来计算距离 $Dst_2[k_2]$ ($k_2=1\sim N_2$)。然而,在实施方式2中, T_2 表示对应于发送信号中的各周期的大致相当于后二分之一周期的调制时间宽度, B_1 表示对应于发送信号中的各周期的大致相当于后二分之一周期的调制频宽。

[0153] 第2峰值数据生成部44生成第2峰值数据,该第2峰值数据表示所计算出的距离 $Dst_2[k_2]$ ($k_2=1\sim N_2$)与从第2峰值检测部43输入的速度方向离散频率 $Fv_2[k_2]$ ($k_2=1\sim N_2$)。第2峰值数据生成部44使存储器23存储第2峰值数据。

[0154] 接着,速度计算部50从存储器23获取第1峰值数据和第2峰值数据。速度计算部50使用所获取到的第1峰值数据和第2峰值数据来计算电波反射物体的移动速度。

[0155] 接着,参照图13的流程图,对速度计算部50所进行的处理进行详细说明。此外,图13中,对与图7所示的实施方式1的流程图相同的步骤标注同一标号并省略说明。

[0156] 首先,速度计算部50将计数器 k_1 的值初始化为1(步骤ST11),将计数器 k_2 的值初始化为1(步骤ST12),并计算距离 $Dst_1[k_1]$ 与距离 $Dst_2[k_2]$ 之间的差分值的绝对值 dD (步骤ST13)。接着,速度计算部50前进至步骤ST14a。

[0157] 在步骤ST14a中,速度计算部50将绝对值 dD 与0进行比较。在绝对值 dD 为0情况下(步骤ST14a“是”),速度计算部50前进至步骤ST15a。另一方面,在绝对值 dD 为比0要大的值或比0要小的值的情况下(步骤ST14a“否”),速度计算部50前进至步骤ST27。

[0158] 在步骤ST15a中,速度计算部50利用以下式(10a)来计算参照用速度 $Sref$ 。接着,速度计算部50前进至步骤ST16。

$$Sref = C \times (Fv_2[k_2] - Fv_1[k_1]) / (2 \times (Fc_2 - Fc_1)) \quad (10a)$$

[0160] 以下,步骤ST16~ST30中的处理的内容与实施方式1中参照图7进行了说明的内容相同,因此省略说明。

[0161] 另外,雷达系统100a可以采用与实施方式1所涉及的雷达系统100相同的各种变形例。即,雷达信号处理装置11a可以具有距离计算部(未图示),该距离计算部计算从雷达系统100a到电波反射物体的距离。控制装置12可以与雷达信号处理装置11a构成为一体。存储器23可以设置在雷达信号处理装置11a的外部。

[0162] 此外,本申请的权利要求书所记载的“相当于前二分之一周期”这一用语的意义并不局限于相当于完整的前二分之一周期,也包含如图11A所示那样的大致相当于前二分之一周期。本申请的权利要求书所记载的“相当于后二分之一周期”这一用语的意义并不局限于相当于完整的后二分之一周期,也包含如图12A所示那样的大致相当于后二分之一周期。

[0163] 如上所述,在实施方式2中,第1电压数据 $V1'_1 \sim V1'_n$ 是发送信号 $T_1 \sim T_n$ 中的对应于各周期的相当于前二分之一周期的电压数据,第2电压数据 $V2'_1 \sim V2'_n$ 是发送信号 $T_1 \sim T_n$ 中的对应于各周期的相当于后二分之一周期的电压数据。由此,在同一发送信号 $T_1 \sim T_n$ 中,能将调制中心频率 Fc_1 与调制中心频率 Fc_2 设为互不相同的值。

[0164] 实施方式3.

[0165] 图14是示出本发明实施方式3所涉及的雷达系统的主要部分的系统结构图。图15A是示出本发明实施方式3所涉及的雷达信号处理装置的主要部分的硬件结构图。图15B是示出本发明实施方式3所涉及的雷达信号处理装置的主要部分的其它硬件结构图。图16是示

出本发明实施方式3所涉及的雷达信号处理装置的主要部分的功能框图。参照图14~图16,对实施方式3的雷达系统100b及雷达信号处理装置11b进行说明。

[0166] 另外,在图14中,对与图1所示的实施方式1的系统结构图相同的模块等标注相同标号,并省略说明。在图15中,对与图2所示的实施方式1的硬件结构图相同的模块等标注相同标号,并省略说明。在图16中,对与图3所示的实施方式1的功能框图相同的模块等标注相同标号,并省略说明。

[0167] 在实施方式3中,第1距离方向频率分析部31获取存储器23所存储的电压数据中、对应于发送信号中的各周期的大致相当于1周期的电压数据。第2距离方向频率分析部41获取存储器23所存储的电压数据中、对应于发送信号中的各周期的大致相当于后二分之一周期的电压数据。由此,在同一发送信号中,对应于第1电压数据的范围的调制中心频率与对应于第2电压数据的范围的调制中心频率成为互不相同的值。

[0168] 由第1距离方向频率分析部31、第1速度方向频率分析部32、第1峰值检测部33及第1峰值数据生成部34构成第1频率分析部30。由第2距离方向频率分析部41、第2速度方向频率分析部42、第2峰值检测部43及第2峰值数据生成部44构成第2频率分析部40。由第1频率分析部30、第2频率分析部40及速度计算部50构成雷达信号处理装置11b。由AD转换器10、雷达信号处理装置11b、控制装置12、发送机13及接收机14构成雷达系统100b。

[0169] 接着,参照图17和图18,对雷达信号处理装置11b的动作进行说明。另外,流程图与图4相同,因此省略图示。

[0170] 首先,第1距离方向频率分析部31获取存储器23所存储的电压数据中的第1电压数据 $V_{1_1}'' \sim V_{1_n}''$ 。如图17A所示,第1电压数据 $V_{1_1}'' \sim V_{1_n}''$ 是对应于发送信号 $T_1 \sim T_n$ 中的各周期的大致相当于1周期的电压数据。第1距离方向频率分析部31利用距离方向频率分析,将第1电压数据 $V_{1_1}'' \sim V_{1_n}''$ 转换为复频谱 $C_{1_1}'' \sim C_{1_n}''$ 。

[0171] 接着,第1速度方向频率分析部32利用速度方向频率分析,将复频谱 $C_{1_1}'' \sim C_{1_n}''$ 转换为功率频谱 $P_{1_1}'' \sim P_{1_m}''$ 。第1速度方向频率分析部32将功率频谱 $P_{1_1}'' \sim P_{1_m}''$ 作为二维功率频谱存储于存储器23。

[0172] 接着,第1峰值检测部33从存储器23获取基于功率频谱 $P_{1_1}'' \sim P_{1_m}''$ 的二维频率功率频谱,并检测该获取到的二维频率功率频谱中的峰值。第1峰值检测部33将与所检测出的峰值相对应的距离方向离散频率、以及与所检测出的峰值相对应的速度方向离散频率输出至第1峰值数据生成部34。这里,将所检测出的峰值的个数设为 N_1 。

[0173] 接着,第1峰值数据生成部34使用从第1峰值检测部33输入的距离方向离散频率 $F_{1[k_1]} \{k_1=1 \sim N_1\}$,利用与实施方式1相同的式(1)来计算距离 $D_{st_1[k_1]} \{k_1=1 \sim N_1\}$ 。然而,在实施方式3中, T_1 表示对应于发送信号中的各周期的大致相当于1周期的调制时间宽度, B_1 表示对应于发送信号中的各周期的大致相当于1周期的调制频宽。

[0174] 第1峰值数据生成部34生成第1峰值数据,该第1峰值数据表示所计算出的距离 $D_{st_1[k_1]} \{k_1=1 \sim N_1\}$ 与从第1峰值检测部33输入的速度方向离散频率 $F_{v_1[k_1]} \{k_1=1 \sim N_1\}$ 。第1峰值数据生成部34使存储器23存储第1峰值数据。

[0175] 此外,第2距离方向频率分析部41获取存储器23所存储的电压数据中的第2电压数据 $V_{2_1}'' \sim V_{2_n}''$ 。如图18A所示,第2电压数据 $V_{2_1}'' \sim V_{2_n}''$ 是对应于发送信号 $T_1 \sim T_n$ 中的各周期的大致相当于后二分之一周期的电压数据。第2距离方向频率分析部41利用距离方向频率

分析,将第2电压数据 $V_{2_1}'' \sim V_{2_n}''$ 转换为复频谱 $C_{2_1}'' \sim C_{2_n}''$ 。

[0176] 接着,第2速度方向频率分析部42利用速度方向频率分析,将复频谱 $C_{2_1}'' \sim C_{2_n}''$ 转换为功率频谱 $P_{2_1}'' \sim P_{2_m}''$ 。第2速度方向频率分析部42将功率频谱 $P_{2_1}'' \sim P_{2_m}''$ 作为二维功率频谱存储于存储器23。

[0177] 接着,第2峰值检测部43从存储器23获取基于功率频谱 $P_{2_1}'' \sim P_{2_m}''$ 的二维频率功率频谱,并检测该获取到的二维频率功率频谱中的峰值。第2峰值检测部43将与所检测出的峰值相对应的距离方向离散频率、以及与所检测出的峰值相对应的速度方向离散频率输出至第2峰值数据生成部44。这里,将所检测出的峰值的个数设为 N_2 。

[0178] 接着,第2峰值数据生成部44使用从第2峰值检测部43输入的距离方向离散频率 $F_{2[k_2]} \{k_2=1 \sim N_2\}$,利用与实施方式1相同的式(2)来计算距离 $D_{st_2[k_2]} \{k_2=1 \sim N_2\}$ 。然而,在实施方式3中, T_2 表示对应于发送信号中的各周期的大致相当于后二分之一周期的调制时间宽度, B_1 表示对应于发送信号中的各周期的大致相当于后二分之一周期的调制频宽。

[0179] 第2峰值数据生成部44生成第2峰值数据,该第2峰值数据表示所计算出的距离 $D_{st_2[k_2]} \{k_2=1 \sim N_2\}$ 与从第2峰值检测部43输入的速度方向离散频率 $F_{v_2[k_2]} \{k_2=1 \sim N_2\}$ 。第2峰值数据生成部44使存储器23存储第2峰值数据。

[0180] 接着,速度计算部50从存储器23获取第1峰值数据和第2峰值数据。速度计算部50使用所获取到的第1峰值数据和第2峰值数据来计算电波反射物体的移动速度。

[0181] 速度处理部50所进行的处理的详细内容与实施方式1中参照图7进行了说明的内容相同,因此省略图示及说明。其中,在步骤ST15中,速度计算部50利用以下式(10b)来计算参照用速度 S_{ref} 。

$$[0182] \quad S_{ref} = C \times (F_{v_2[k_2]} - F_{v_1[k_1]}) / (2 \times (F_{c_2} - F_{c_1})) \quad (10b)$$

[0183] 另外,雷达系统100b可以采用与实施方式1所涉及的雷达系统100相同的各种变形例。即,雷达信号处理装置11b可以具有距离计算部(未图示),该距离计算部计算从雷达系统100b到电波反射物体的距离。控制装置12可以与雷达信号处理装置11b构成为一体。存储器23可以设置在雷达信号处理装置11b的外部。

[0184] 此外,本申请的权利要求书所记载的“相当于1周期”这一用语的意义并不局限于相当于完整的1周期,也包含如图17A所示那样的大致相当于1周期。本申请的权利要求书所记载的“相当于后二分之一周期”这一用语的意义并不局限于相当于完整的后二分之一周期,也包含如图18A所示那样的大致相当于后二分之一周期。

[0185] 如上所述,在实施方式3中,第1电压数据 $V_{1_1}'' \sim V_{1_n}''$ 是发送信号 $T_1 \sim T_n$ 中的对应于各周期的相当于1周期的电压数据,第2电压数据 $V_{2_1}'' \sim V_{2_n}''$ 是发送信号 $T_1 \sim T_n$ 中的对应于各周期的相当于后二分之一周期的电压数据。由此,在同一发送信号 $T_1 \sim T_n$ 中,能将调制中心频率 F_{c_1} 与调制中心频率 F_{c_2} 设为互不相同的值。

[0186] 另外,本发明申请在其发明的范围内可对各实施方式进行自由组合,或者对各实施方式的任意的结构要素进行变形,或在各实施方式中省略任意的结构要素。

[0187] 工业上的实用性

[0188] 本发明的雷达信号处理装置例如可以用于海上用、陆上用或车载用的雷达等。

[0189] 标号说明

- [0190] 1电压生成电路，
- [0191] 2电压控制振荡器，
- [0192] 3分配电路，
- [0193] 4放大电路，
- [0194] 5天线，
- [0195] 6天线，
- [0196] 7混合器，
- [0197] 8放大电路，
- [0198] 9滤波电路，
- [0199] 10模数转换器(AD转换器)，
- [0200] 11、11a、11b雷达信号处理装置，
- [0201] 12控制装置，
- [0202] 13发送机，
- [0203] 14接收机，
- [0204] 21处理器，
- [0205] 22、23存储器，
- [0206] 24处理电路，
- [0207] 30第1频率分析部，
- [0208] 31第1距离方向频率分析部，
- [0209] 32第1速度方向频率分析部，
- [0210] 33第1峰值检测部，
- [0211] 34第1峰值数据生成部，
- [0212] 40第2频率分析部，
- [0213] 41第2距离方向频率分析部，
- [0214] 42第2速度方向频率分析部，
- [0215] 43第2峰值检测部，
- [0216] 44第2峰值数据生成部，
- [0217] 50速度计算部，
- [0218] 100、100a、100b雷达系统。

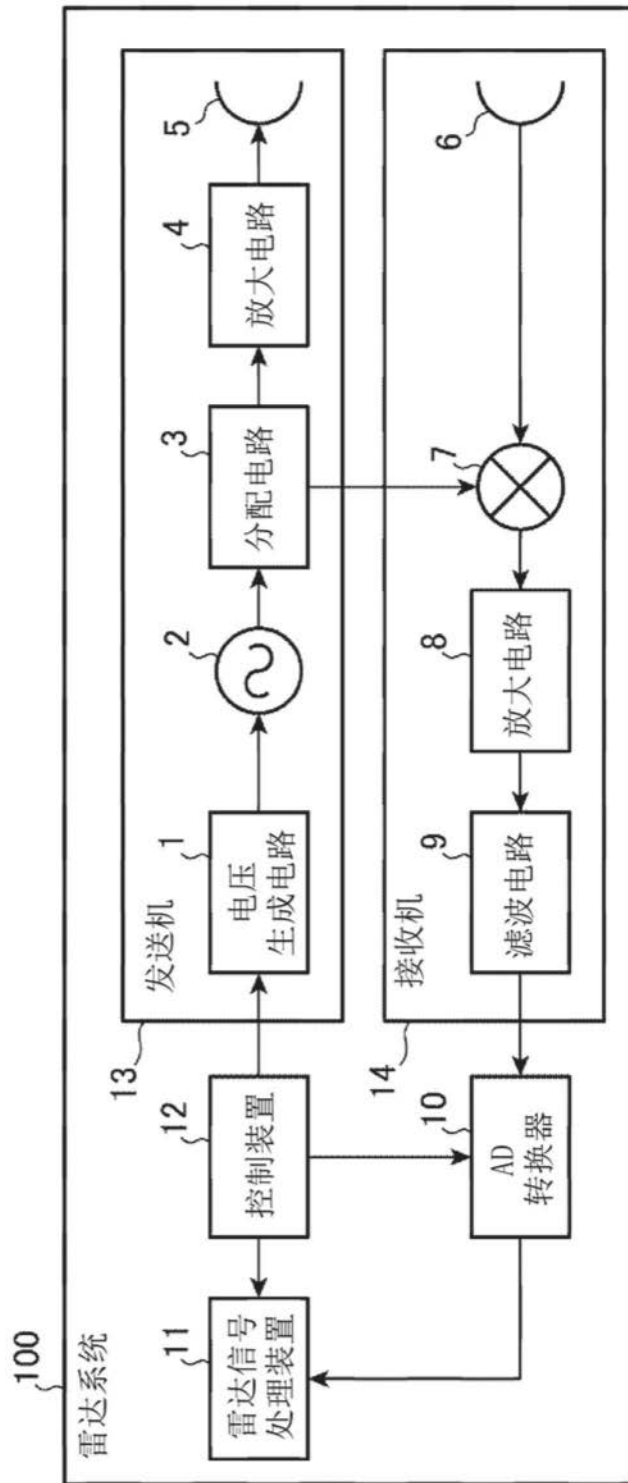


图1

图2A

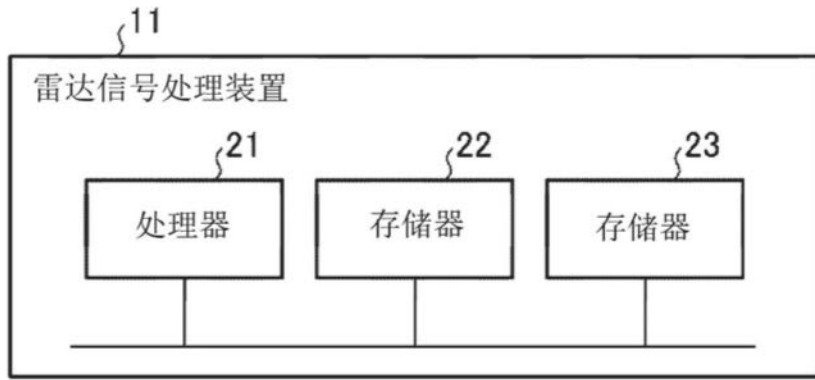


图2B

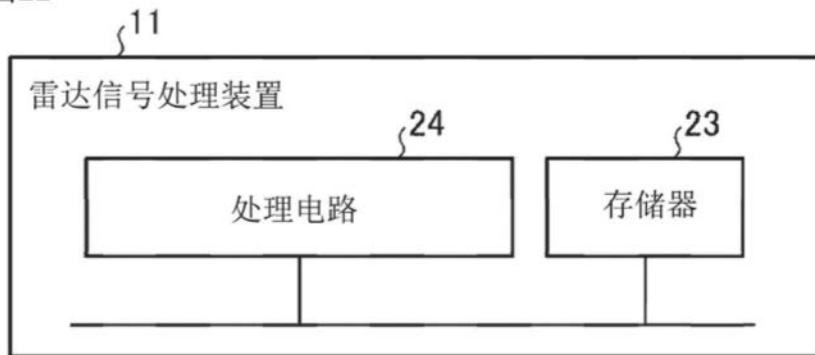


图2

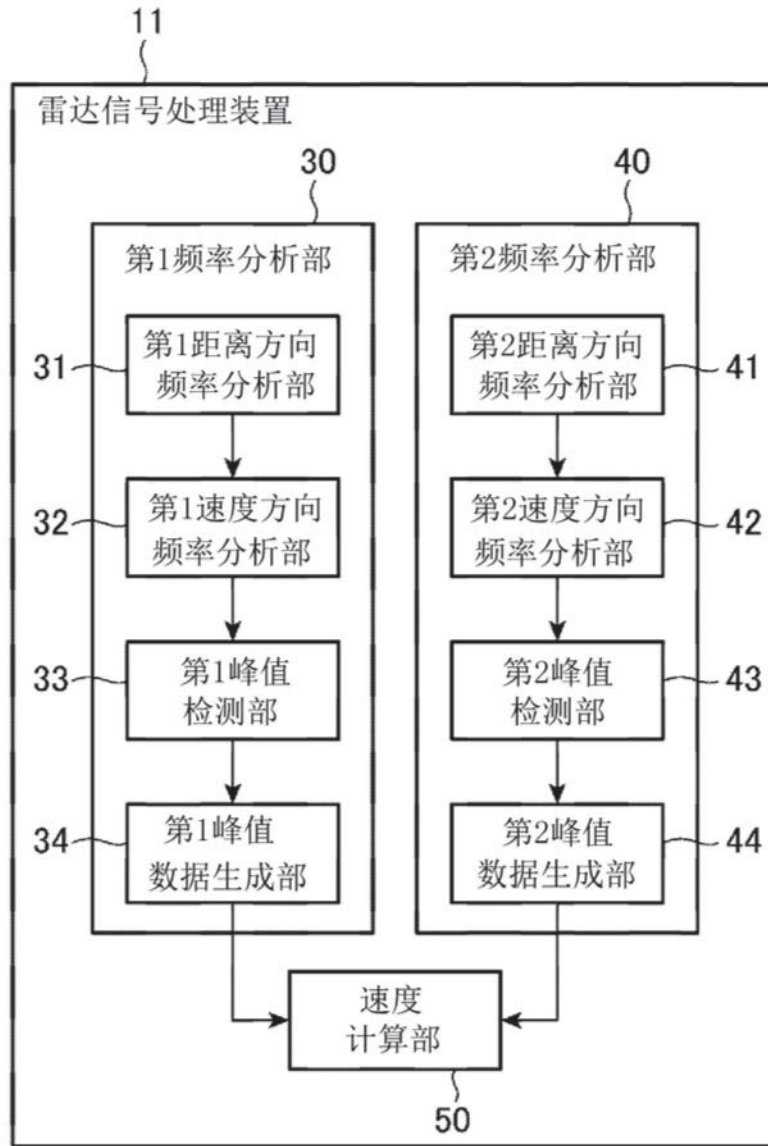


图3

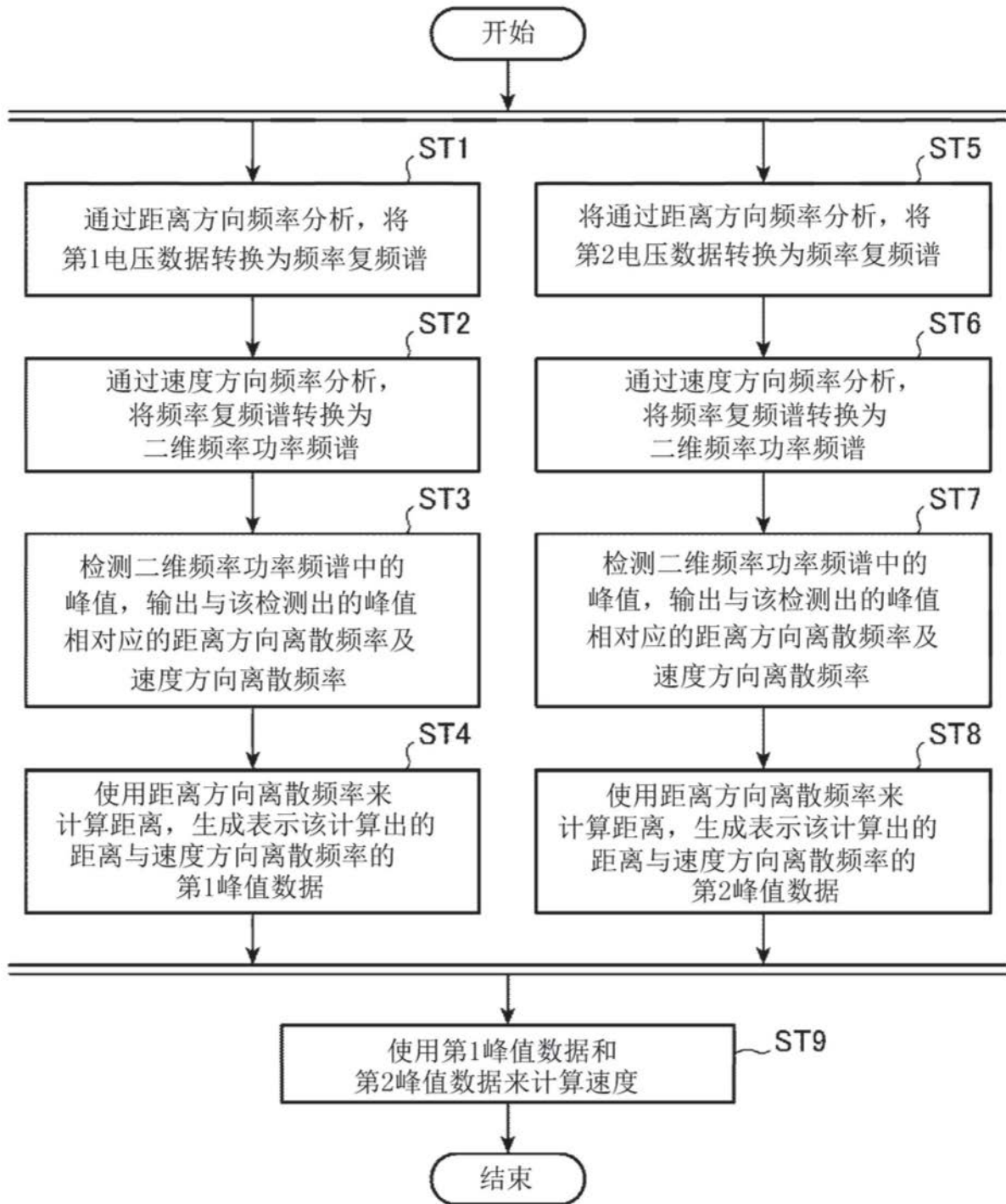


图4

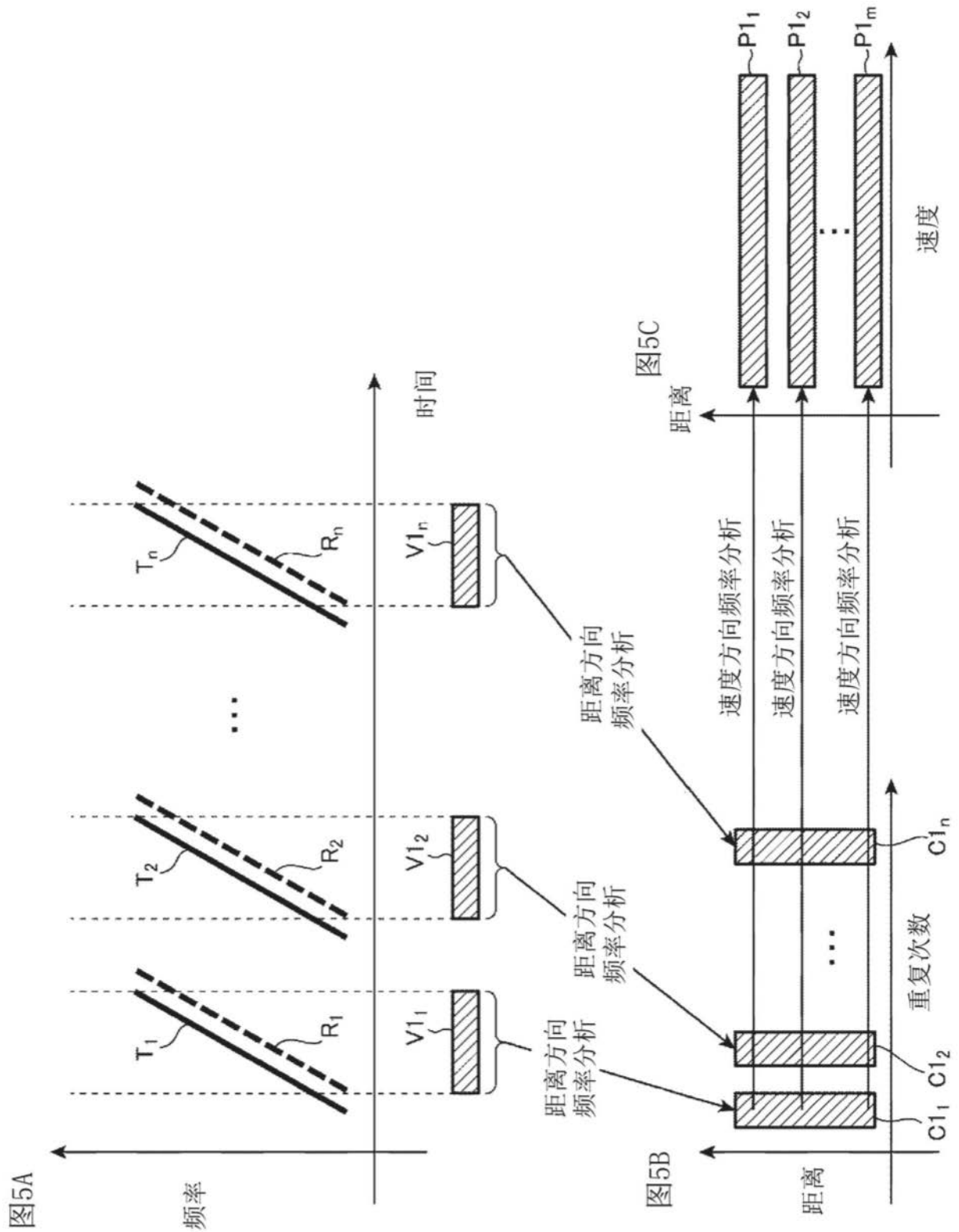


图5

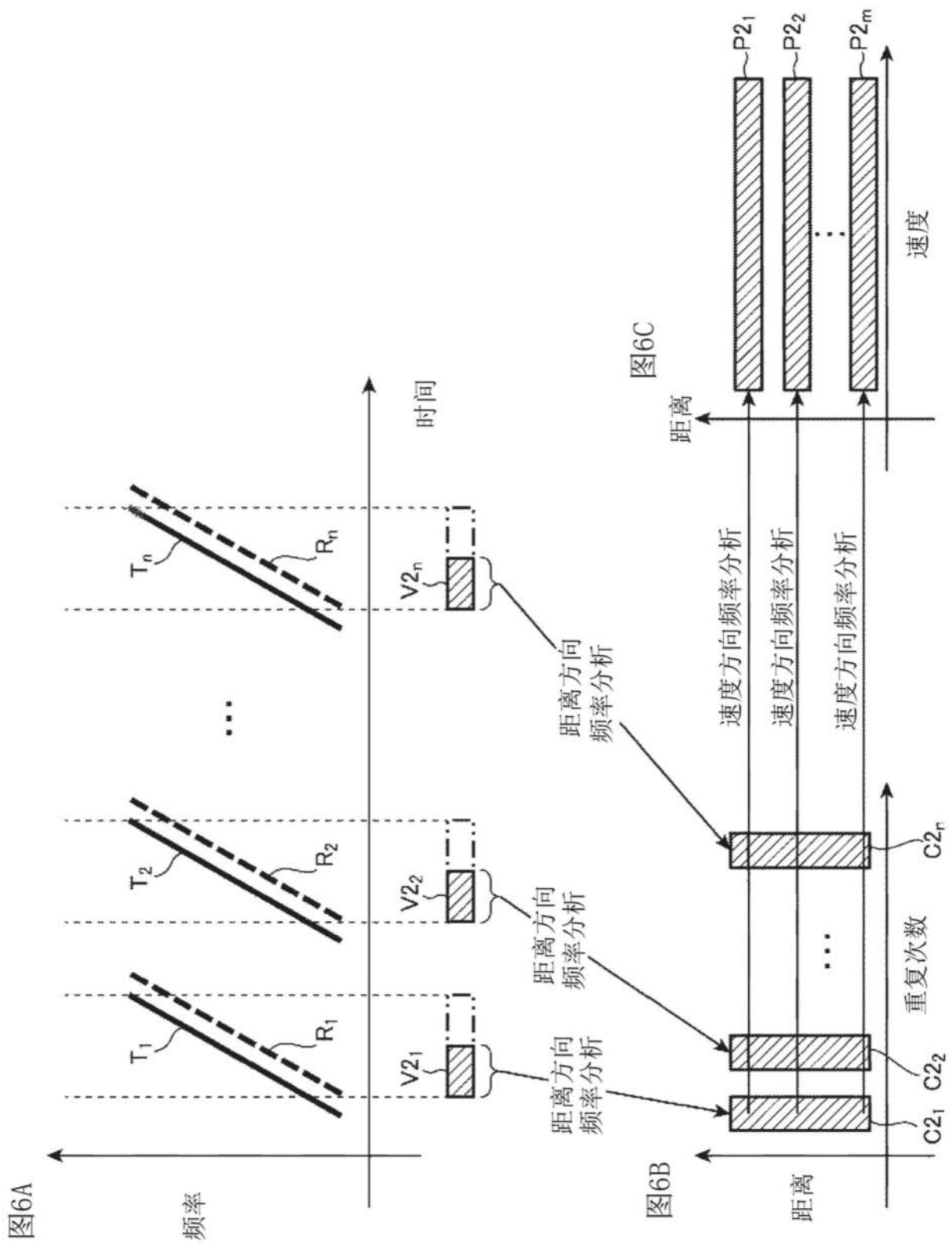


图6

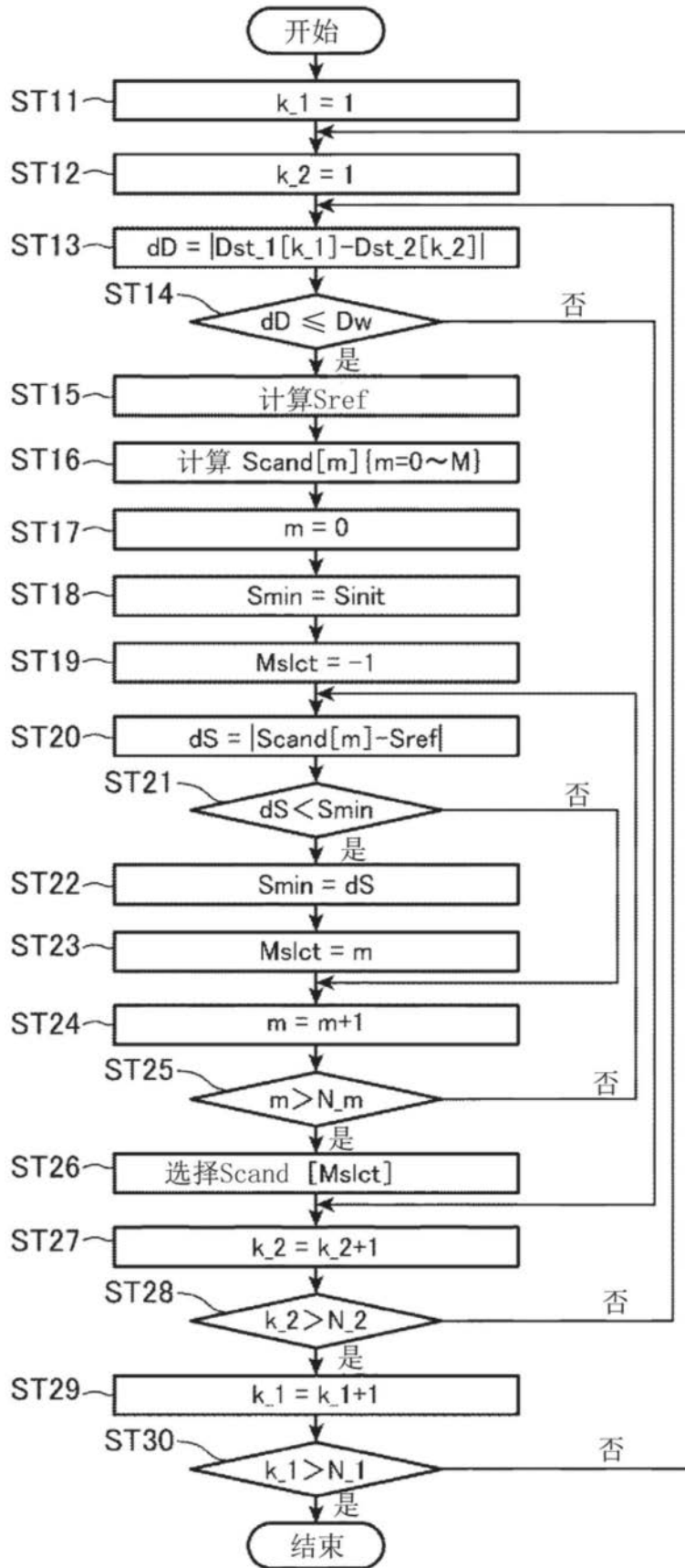


图7

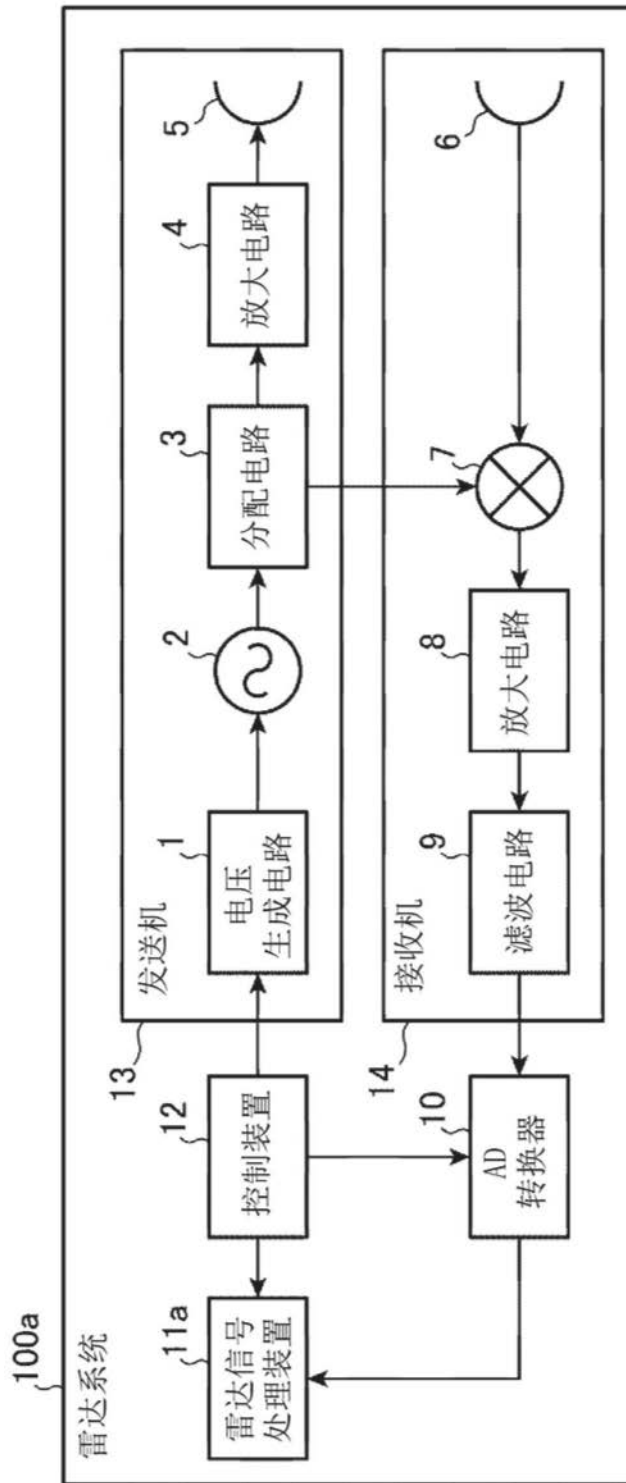


图8

图9A

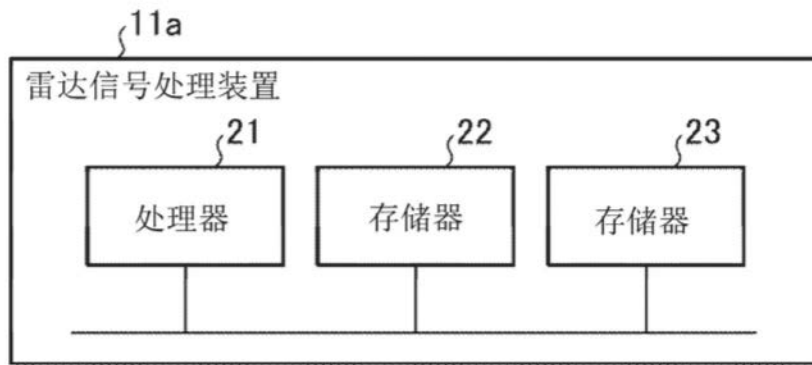


图9B

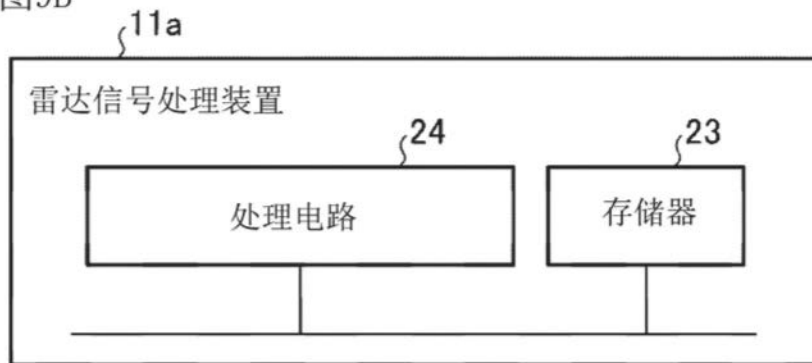


图9

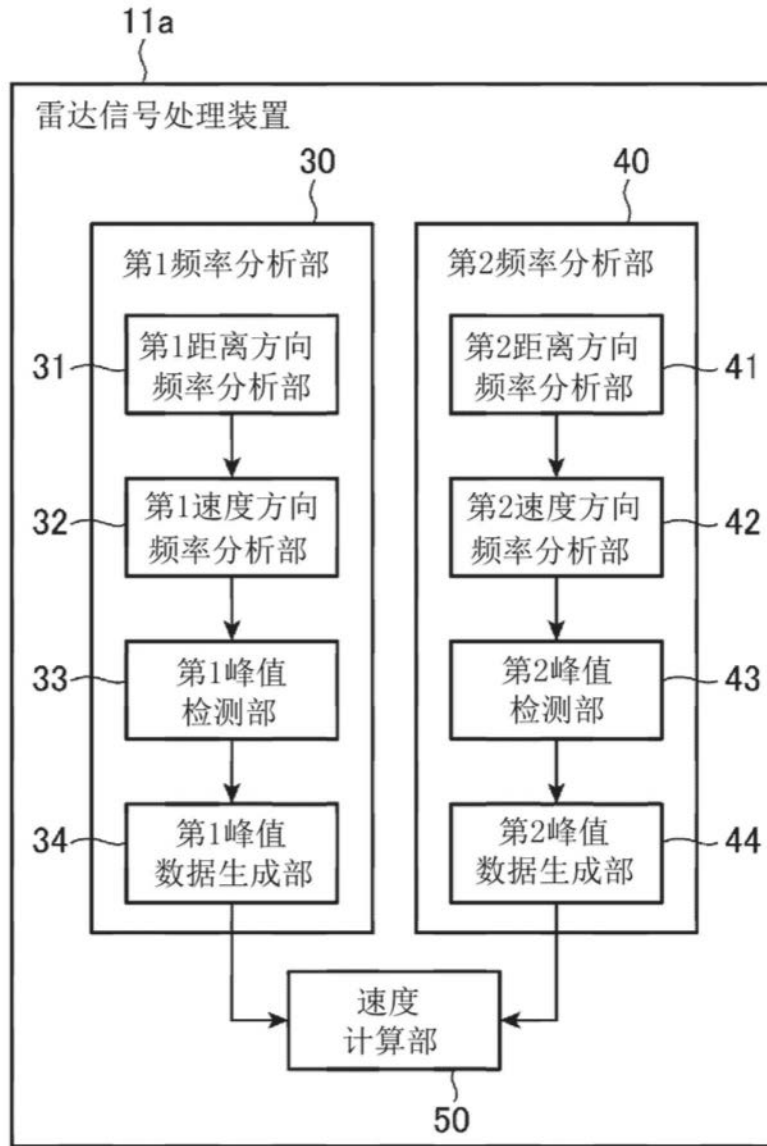


图10

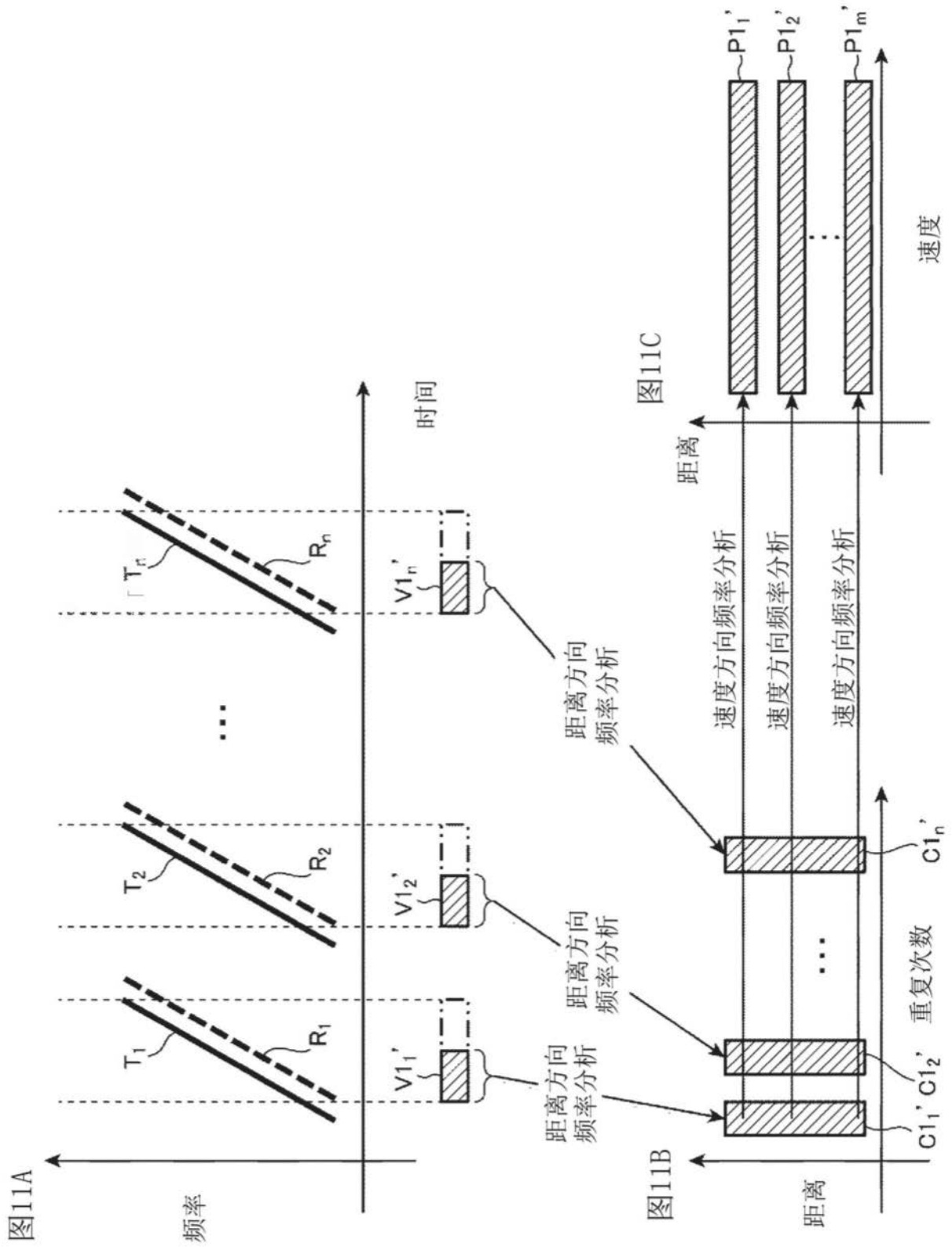


图11

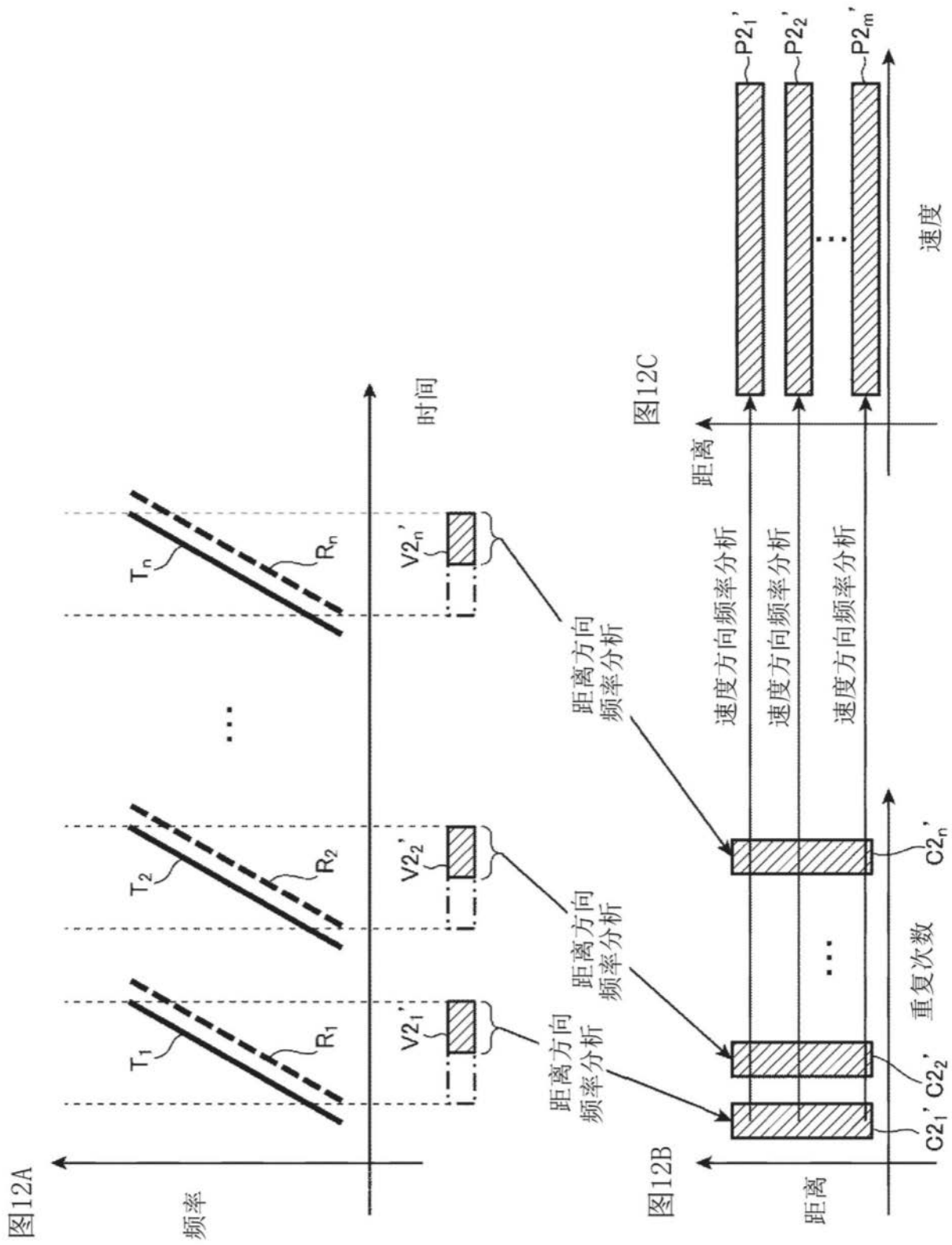


图12

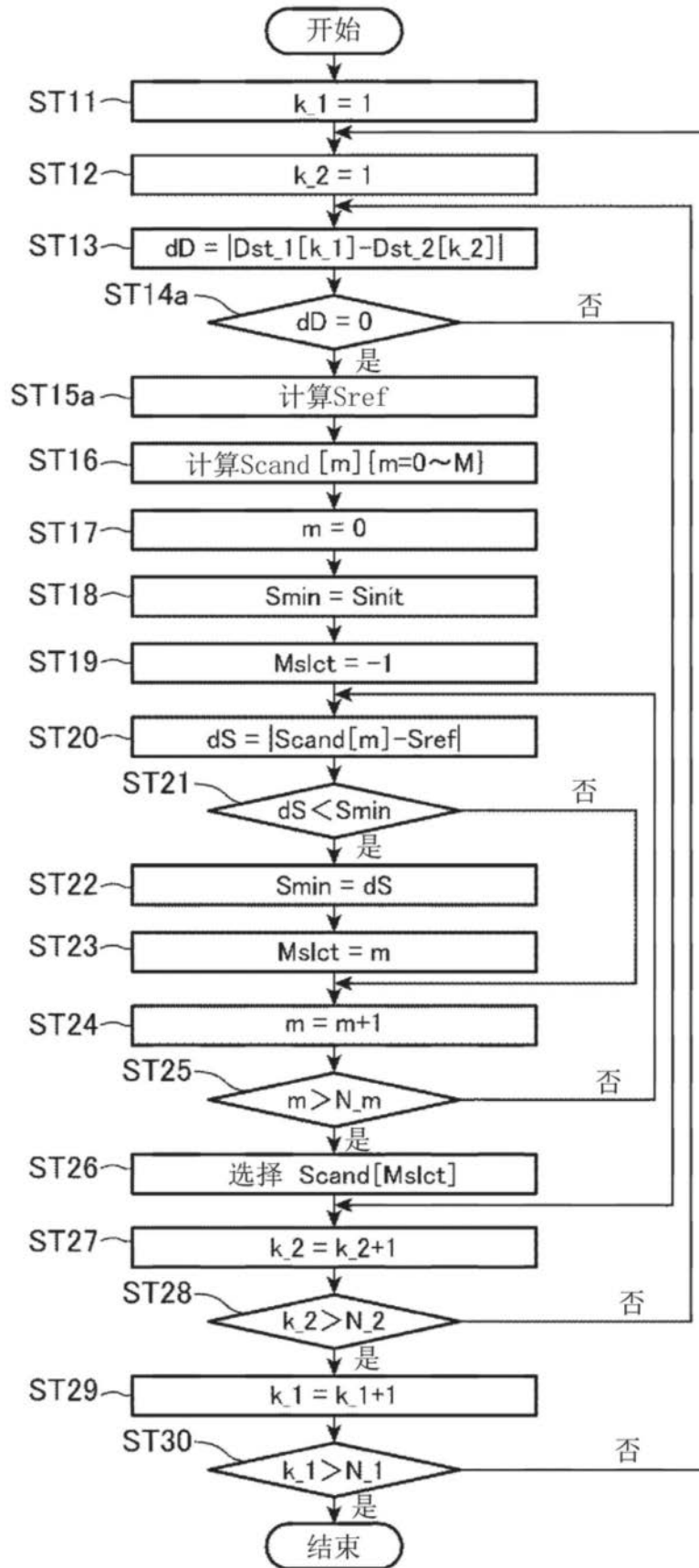


图13

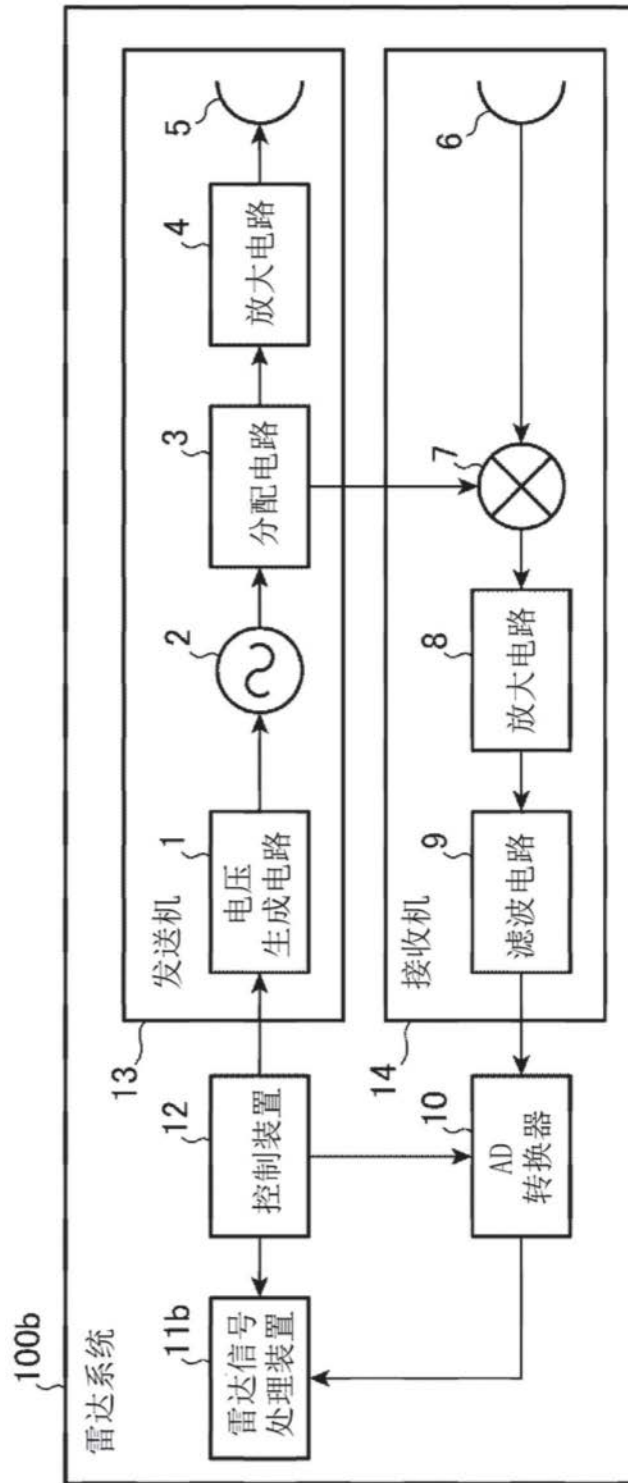


图14

图15A

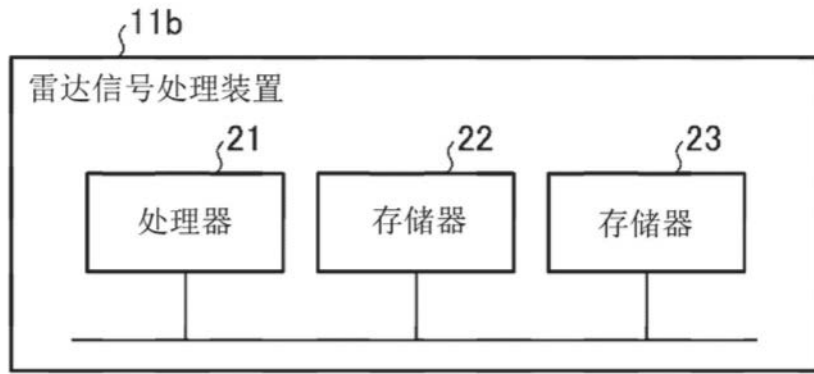


图15B

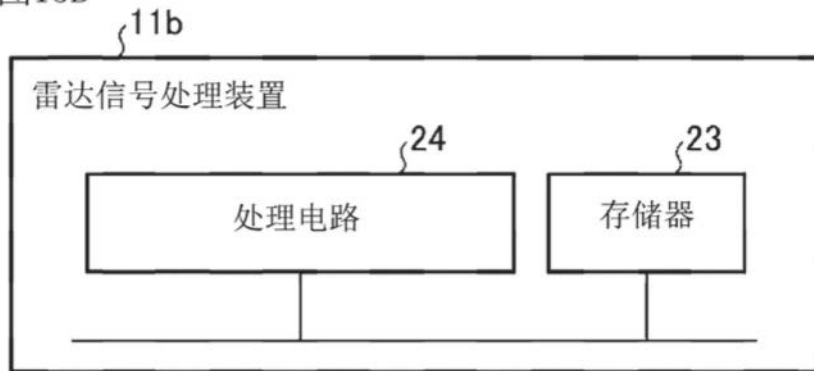


图15

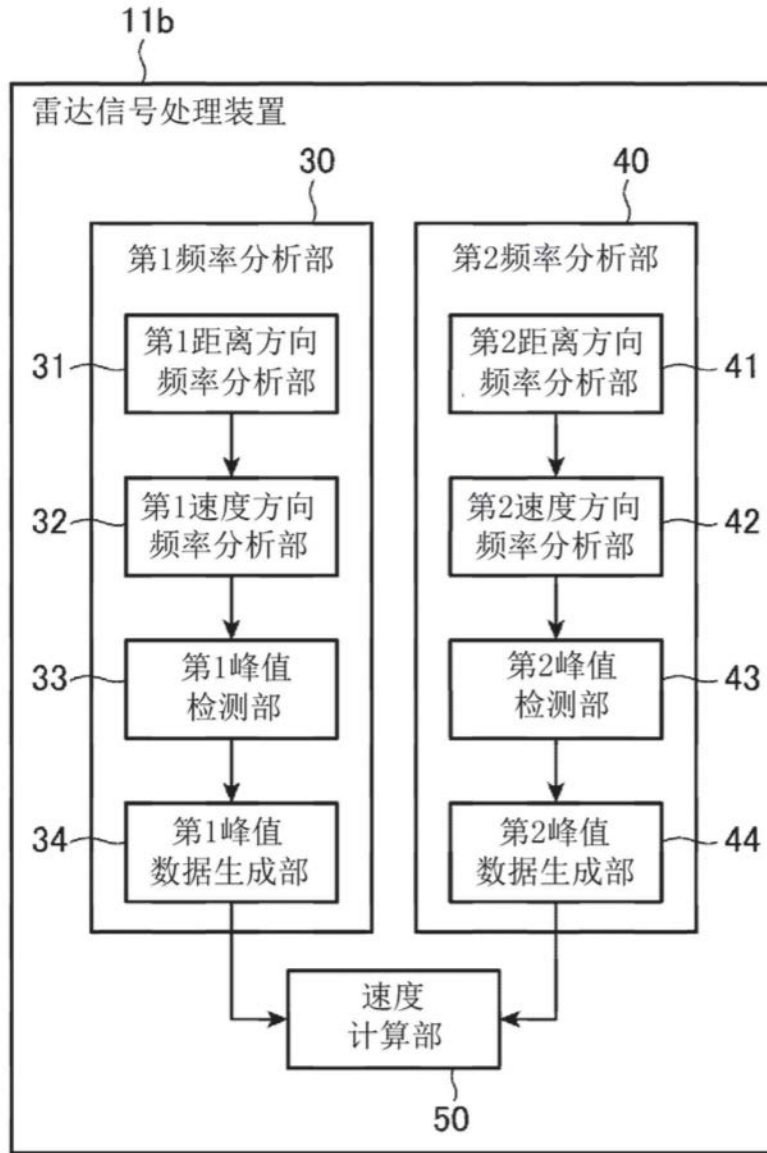


图16

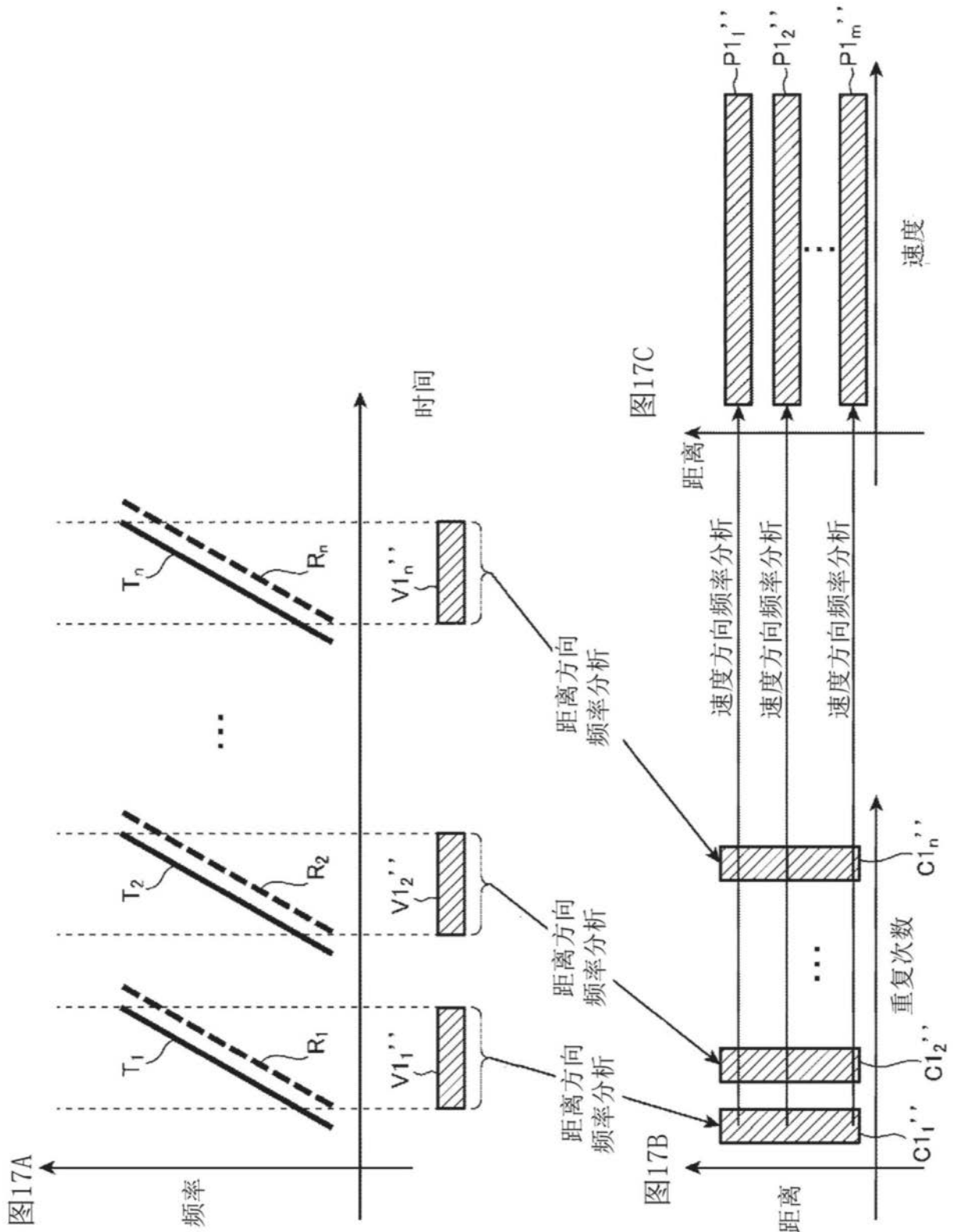


图17

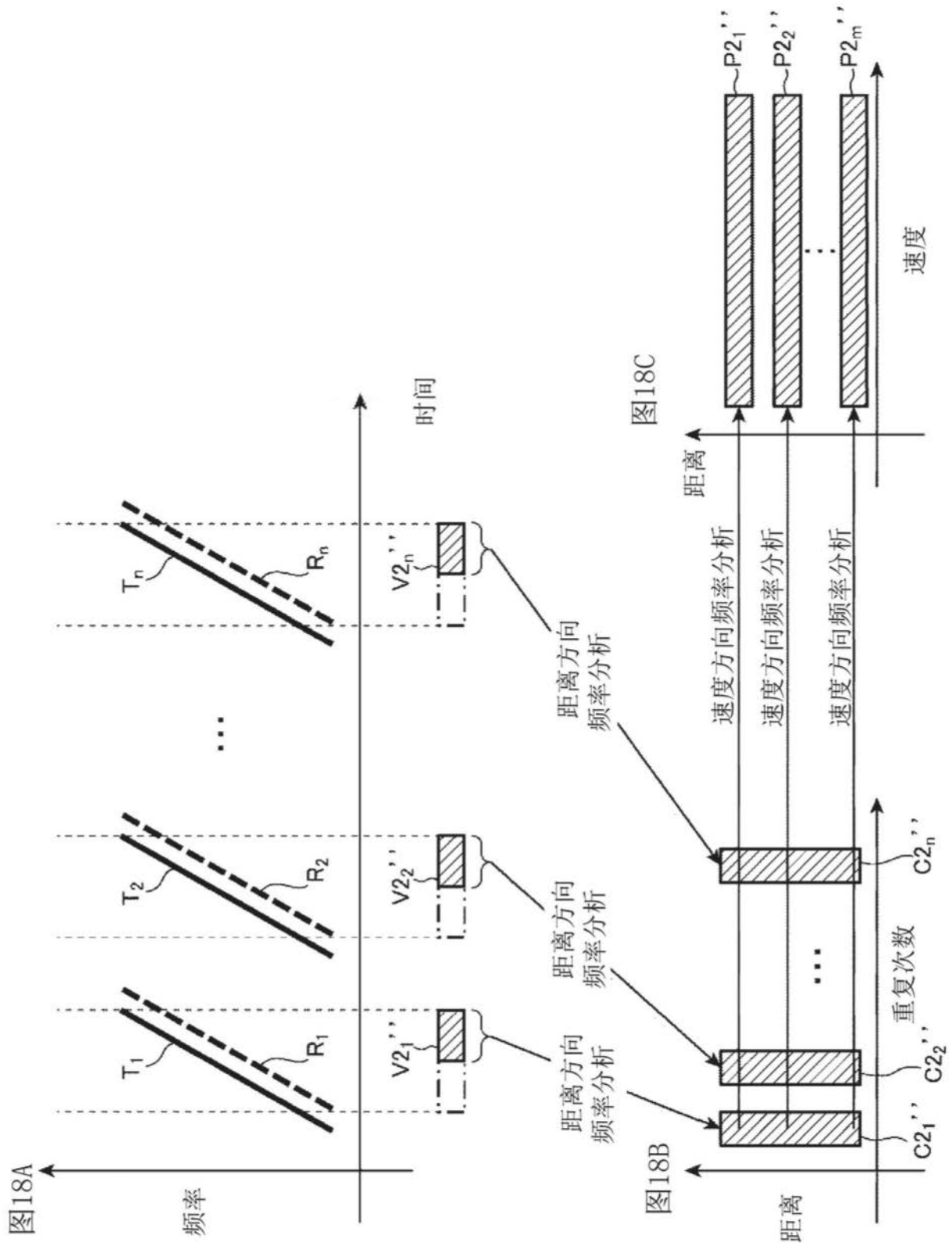


图18