



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112740071 B

(45) 授权公告日 2024. 07. 30

(21) 申请号 201980062247.7

(22) 申请日 2019.09.24

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112740071 A

(43) 申请公布日 2021.04.30

(30) 优先权数据
102018124503.3 2018.10.04 DE

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2021.03.23

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2019/075717 2019.09.24

(87) PCT国际申请的公布数据
W02020/069921 DE 2020.04.09

(73) 专利权人 海拉有限双合股份公司
地址 德国利普施塔特

(72) 发明人 M·S·阿勒卡迪 T·布雷德曼

R·法霍德 费泰 C·格林姆
E·瓦西茨

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所
有限公司 11038
专利代理师 刘盈

(51) Int.Cl.
G01S 13/931 (2020.01)
G01S 13/42 (2006.01)
G01S 13/00 (2006.01)
H01Q 21/22 (2006.01)
H01Q 3/24 (2006.01)
H01Q 1/32 (2006.01)
G01S 7/03 (2006.01)

(56) 对比文件
US 2017307744 A1, 2017.10.26
W0 2017179515 A1, 2017.10.19

审查员 李宏英

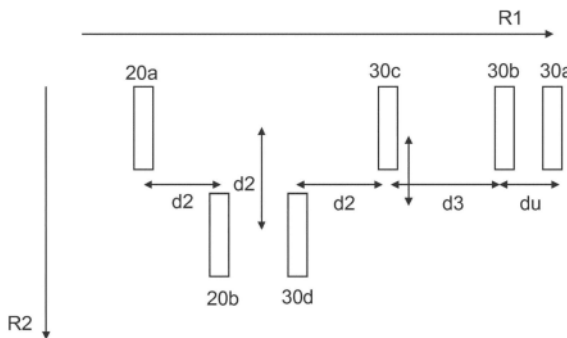
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

用于车辆的雷达系统

(57) 摘要

本发明涉及一种用于车辆的雷达系统,所述雷达系统包括:-至少两个发送天线(20),分别用于向车辆的周围环境发出发送信号,-至少四个接收天线(30),分别用于检测检测信号,以用于探测所述车辆的周围环境中的目标,-用于视角确定的处理装置,用于将检测信号中的相位信息分配给用于相应探测到的目标的至少一个视角,使得所述接收天线(30)在第一方向(R1)上的非单义最小距离(du)特定为,使得所述分配对于多于一个视角多义地实现,其中,所有所述接收天线(30)在第一方向(R1)上以不同的距离相对于彼此布置,从而所述距离中的仅一个距离对应于所述非单义最小距离(du),所述非单义最小距离(du)取决于对于雷达系统特定的波长。



1. 一种用于车辆(1)的雷达系统(10),所述雷达系统包括:

- 至少两个发送天线(20),分别用于向车辆(1)的周围环境(2)发出发送信号(103),
- 至少四个接收天线(30),分别用于检测检测信号(101),以用于探测在车辆(1)的周围环境(2)中的目标,
- 用于视角确定的处理装置(15),以便将在检测信号(101)中的相位信息分配给用于相应探测到的目标的至少一个视角,从而接收天线(30)的在第一方向(R1)上的非单义最小距离(d_u)设定为,使得所述分配对于多于一个视角多义地实现,

其中,所有所述接收天线(30)在第一方向(R1)上以不同的距离相对于彼此布置,从而所述距离中的仅一个距离对应于所述非单义最小距离(d_u),所述非单义最小距离(d_u)取决于对于雷达系统特定的波长,

其中,所述至少两个发送天线(20)在第二方向(R2)上以第二距离相对于彼此布置,并且所述至少四个接收天线(30)中的至少一个接收天线在第二方向(R2)上以相同的第二距离相对于所述至少四个接收天线(30)中的另外的接收天线布置,其中,第一方向(R1)和第二方向(R2)彼此正交。

2. 根据权利要求1所述的雷达系统(10),其特征在于,所述第一方向(R1)被实施为方位角方向,从而接收天线(30)在方位角方向上的所有距离彼此不同。

3. 根据权利要求1或2所述的雷达系统(10),其特征在于,所述接收天线(30)的在第一方向(R1)上的不同距离中的一个距离对应于非单义最小距离(d_u),并且所述接收天线(30)的在第一方向(R1)上的不同距离中的另外的距离分别对应于非单义最小距离(d_u)的多倍。

4. 根据权利要求1或2所述的雷达系统(10),其特征在于,各所述发送天线(20)在第一方向(R1)和/或在第二方向(R2)上以如下距离相对于彼此布置,所述距离对应于非单义最小距离(d_u)的多倍。

5. 根据权利要求1或2所述的雷达系统(10),其特征在于,设有恰好两个发送天线(20)和恰好四个接收天线(30)。

6. 根据权利要求1或2所述的雷达系统(10),其特征在于,各所述发送天线(20)和接收天线(30)的布置根据MIMO配置来实施。

7. 根据权利要求1或2所述的雷达系统(10),其特征在于,所述处理装置(15)被实施用于,为了在远场中探测目标而使用与为了在近场中探测目标不同的由发送天线(20)和接收天线(30)构成的天线组合。

8. 根据权利要求1或2所述的雷达系统(10),其特征在于,所述接收天线(30)的第一接收天线(30a)和第二接收天线(30b)在第二方向(R2)上布置在相同的位置上,并且所述接收天线(30)的第四接收天线(30d)和/或所述发送天线(20)的第二发送天线(20b)与所述位置错开地布置。

9. 根据权利要求8所述的雷达系统(10),其特征在于,所述接收天线(30)的第一接收天线(30a)和第二接收天线(30b)和第三接收天线(30c)在第二方向(R2)上布置在相同的位置上。

10. 根据权利要求8所述的雷达系统(10),其特征在于,所述接收天线(30)的第一接收天线(30a)和第二接收天线(30b)和发送天线(20)的第一发送天线(20a)在第二方向(R2)上布置在相同的位置上。

11. 根据权利要求8所述的雷达系统(10), 其特征在于, 所述接收天线(30)的第四接收天线(30d)和所述发送天线(20)的第二发送天线(20b)在第二方向(R2)上布置在相同的位置上。

12. 根据权利要求1或2所述的雷达系统(10), 其特征在于, 所述处理装置(15)被实施用于, 为了视角确定而执行波束成形方法。

用于车辆的雷达系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于车辆的雷达系统。

背景技术

[0002] 在汽车工业中,雷达传感器的应用范围越来越大。可以支持远范围功能(例如具有长达200m有效距离的高速公路驾驶)和近范围应用(例如自动泊车)。

[0003] 这不仅对目标的距离和速度的测量能力,而且对关于目标的角度测量能力提出了高要求。在此,在远场应用中,重点是方位角测量能力。因此,可能要求在150m至200m的范围内也实现单义的车道分配。此外,即使对象是在不同车道上行驶的车辆,也应当有利地还在较大距离上能够实现分辨具有相同的距离和速度的这些对象。

[0004] 在近范围应用中,对方位角测量能力的要求可能较低,因为在短距离内的角度误差不会以相同的方式产生影响。然而,在此对仰角测量能力提出明显更高的要求,以便能够在可以在下方驶过对象和在上方驶过对象方面对对象进行分类。

[0005] 传统的解决方案部分地仅不充分地满足这些要求。尤其是,这样的解决方案可能在技术上是耗费的并且是复杂的,并且因此也与较高的成本相关联。

发明内容

[0006] 因此,本发明的任务是至少部分地消除上述缺点。尤其是,一个任务是提出一种改进的天线装置,以便满足所述要求。

[0007] 上述任务通过根据本发明的用于车辆的雷达系统来解决。

[0008] 所述任务尤其是通过一种用于车辆的雷达系统来解决,该雷达系统具有以下组件中的至少一个组件:

[0009] -至少一个或至少两个或恰好两个发送天线,分别用于将发送信号发出到车辆的周围环境中,

[0010] -至少一个或者至少四个或者恰好四个接收天线,分别用于检测检测信号,以用于尤其根据在这些目标上反射的发送信号(反射)来探测车辆的周围环境中的目标,

[0011] -用于视角确定的(尤其是电子的)处理装置,以便优选将(检测的)检测信号中的相位信息分配给用于相应的探测的目标的至少一个视角,从而尤其所述接收天线的在第一方向上的非单义最小距离特定为使得所述分配对于多于一个视角多义地实现。所述非单义最小距离取决于对于雷达系统特定的波长。

[0012] 在此,尤其是规定,所有接收天线在第一方向上以不同的距离相对于彼此布置,从而优选地,这些距离中的仅一个距离对应于非单义最小距离。这具有的优点是,可以改进地实现针对不同目标的分配和由此视角的确定。尤其是,由发送天线和接收天线组成的天线装置使得可以将多义性分布到更多的视角上。

[0013] 有利地,非单义最小距离可以取决于对于雷达系统特定的波长。该波长尤其与雷达系统的规格并且优选频率相关,并且尤其与发送和/或检测信号相关。例如,可以借助对

至少两个接收天线的检测信号针对目标(即,来自该目标的反射的发送信号)的不同视角(即,入射角)进行相位评估来确定波长,因为相位信息(诸如检测信号的相位差)或相位信息与视角的相关性与波长相关,并且尤其还与接收天线的距离彼此相关。

[0014] 此外,在本发明的范围内可以规定,在远场中对目标进行探测时,使用所有发送和/或接收天线,并且在近场中对目标进行探测时,仅使用发送和/或接收天线的一部分。例如,在目标距雷达系统的距离小于30米或小于50米或小于100米处存在近场。尤其是在大于100m或大于120m或大于150m的距离的情况下存在远场。

[0015] 术语“视角”尤其涉及入射角,目标的反射(即尤其是从目标反射的发送信号)以该入射角到达接收天线。由于接收天线彼此间隔开距离地布置,因此根据该视角对于不同接收天线的不同检测信号可能出现不同的运行时间和因此出现不同的相位。相位信息对于这些不同的运行时间和/或检测信号的相位差可以是特定的。备选地或附加地,相位信息可以是特定的或通过如从现有技术中基本上已知的波束成形方法来获得。

[0016] 尤其是,在本发明的范围内,天线的不同距离也被视为相同,如果这些距离仅略微彼此不同的话。例如,这在距离的差是在波长的最大1/10的范围中或者最大0.1cm或非单义最小距离的最大1/10或者最大1/5时是所述情况。

[0017] 角度的测量能力、即视角确定可以强烈地取决于天线装置的所使用的天线布局,因为目标的角度的测量通过评估接收天线之间的运行时间差来进行。运行时间差导致接收天线的相位差。

[0018] 视角确定例如可以通过以下等式实现:

$$[0019] \quad \Phi = \arcsin\left(\frac{\Delta s_{01}}{d_{01}}\right) = \arcsin\left(\frac{\Delta \varphi_{01}}{kd_{01}}\right)$$

[0020] 在此,k表示波数,d表示距离,并且 $\Delta \varphi$ 表示两个接收天线之间的相位差。

[0021] 在附加地考虑接收幅度的情况下,例如也可以借助数字波束成形根据MSE标准(最小二乘法误差)实现最优估计器。因此,所谓的数字波束成形可以以已知的方式作用于视角确定的角度估计方法。在波束成形中,例如这样执行检测信号的相位适配,使得对于不同的相位适配(作为可能的视角)计算接收功率。尤其是,当接收功率最大时,可能的视角对应于所寻找的视角。

[0022] 尤其是孔径(即两个天线之间的最大距离)可以对天线布局的测量品质具有显著影响,因为噪声干扰由于以天线距离d为刻度而不太明显。

[0023] 然而,此外已知的是,距离 $d > \frac{\lambda}{2}$ 导致非单义的角度测量,即,同一相位(和/或相位信息)导致至少两个可能的角度(视角)。因此,不能实现单义的角度测量(即视角确定)。这显然借助波束成形频谱(用于不同相位适配或输入的可能视角的接收功率)关于不同视角来实现。例如,这可以借助于这样的频谱在四个接收天线的情况下在1.5倍波长 λ 的距离中对于0°情况下的目标来描述。在这种情况下,在视角+/-40°和0°时可能出现三个相同高度的峰,使得不能单义确定针对该目标的视角。

[0024] 对该问题的一种常规解决方案是使用统一线性阵列(Uniform-Linear Arrays,

ULA), 在所述统一线性阵列中两个接收天线之间的距离等于或小于 $\frac{\lambda}{2}$ 。然而, 由此可能影响孔径并且因此影响测量能力。

[0025] 接收天线(Rx天线)的方位角的距离可以有利地根据本发明被确定成, 使得在两个任意的接收天线之间的距离不是双重地出现。由此, 非单义性分布在最大数量的角度上, 由此视角估计的鲁棒性增加。与具有四个接收天线的ULA不同, 在该天线装置中孔径例如从 1.5λ 增大到 3λ 。较大的孔径可以在频谱中导致较窄的主瓣并且由此导致更好的角度估计。旁瓣可以被实施为高于ULA的情况, 然而在角度范围上均匀分布。

[0026] 此外, 可以规定接收天线中的一个接收天线在仰角方向上的移动。接收天线中的一个接收天线在仰角上的这种移动必要时对于远范围应用可以被忽略, 因为所有目标由于目标对象的有限高度而近似地处于传感器平面中。然而, 该移动对于近范围应用而言是必要的, 因为该移动允许确定仰角。因此, 对于近范围应用, 在根据本发明的天线布局中, 可以可选地仅使用另外三个接收天线来确定方位角。

[0027] 为了方位角确定, 必要时既可以在近范围中也可以在远范围中使用发送天线中的第一发送天线。此外, 在仰角上, 必要时可以借助在仰角上被移动的第二发送天线来扩大有效孔径。这可以优选地通过已知的MIMO概念来执行。换句话说, 为了评估目标和/或视角, 可以在方位角方向上使用天线的不同于仰角方向上的组合。

[0028] 通过所述两个发送天线可以有利地展开虚拟天线阵列, 虚拟天线阵列总共具有2倍波长的孔径。

[0029] 此外有利的是, 在本发明的范围内, 发送天线在第一和/或第二方向上以第一距离和/或第二距离相对于彼此布置, 并且接收天线中的至少一个接收天线在第二方向上以与接收天线中的另外的接收天线相同的第二距离布置。第二距离尤其对应于非单义最小距离的两倍。发送天线可以在第一方向和第二方向上以第二距离彼此错开地布置。

[0030] 有利地, 第一方向和第二方向彼此正交。第一方向尤其实施为雷达系统的方位角方向并且第二方向实施为雷达系统的仰角方向。

[0031] 也可以可选地设想, 第一方向实施为方位角的方向, 从而接收天线(即尤其是分别在两个相邻的接收天线之间)的在方位角方向上的所有距离彼此不同。换言之, 可以这样确定接收天线的方位角距离, 使得在两个任意的接收天线之间不会双重地出现方位角距离。由此, 非单义性分布在最大数量的角度上, 由此作为视角估计的视角确定的鲁棒性提高。

[0032] 优选可以规定, (尤其是恰好或唯一地) 接收天线的在第一方向上的不同距离中的一个距离对应于非单义最小距离, 和/或接收天线的在第一方向上的不同距离中的另外的距离分别对应于非单义最小距离的多倍, 其中, 优选地, 非单义最小距离至少对应于半个波长, 其中, 波长对于所述发送和/或检测信号的波长或所述雷达系统的波长是特定的。波长可以是对电距离的说明, 因为实际的空间距离可能由于雷达系统的基板的折射率和/或其它影响而与之有偏差。

[0033] 在另一种可能性中可以规定, 发送天线在第一方向 and/或第二方向上以一定距离相对于彼此布置, 该距离对应于非单义最小距离的多倍。由此, 发送天线可以优化地与接收天线适配。

[0034] 此外可以考虑, 设置恰好两个发送天线和恰好四个接收天线。由此可以提供用于

可靠地探测目标的成本有利的天线布局。

[0035] 在另一种可能性中可以规定,发送和接收天线的布置(即天线布局)根据MIMO配置来实施。MIMO在此表示多输入多输出,从而以这种方式,雷达系统可以作为MIMO雷达系统被提供。这能实现在雷达系统中使用增大的虚拟孔径。

[0036] 根据另一种可能性可以规定,处理装置被实施为用于,为了在远场中探测目标而使用与为了在近场中探测目标不同的由发送和接收天线组成的天线组合。因此,例如可以根据用于近场中的仰角的第一组合来使用第一和第二发送天线以及第三和第四接收天线。例如,根据用于方位远场的第二组合,可以使用第一发送天线和第一至第四接收天线。例如,对于方位近场的第三组合,可以使用第一发送天线和第一至第三接收天线。由此可以为目标的不同距离和/或方向提供优化的探测。

[0037] 在本发明中可以有利地规定,接收天线中的第一接收天线和第二接收天线并且尤其是第三接收天线并且优选所述发送天线中的第一发送天线在第二方向上布置在相同的位置上,并且所述接收天线中的第四接收天线和/或所述发送天线中的第二发送天线与所述位置错开地布置,并且尤其所述接收天线中的第四接收天线和所述发送天线中的第二发送天线在第二方向上布置在相同的位置上。由此,特别有利地也可以提供MIMO雷达技术。

[0038] 有利地,在本发明的范围内可以规定,处理装置被实施用于,为了视角确定而执行波束成形方法。这能实现特别有效和快速地确定视角。

[0039] 雷达系统例如被实施为24GHz或77GHz雷达系统。备选地或附加地,雷达系统被构造为连续波雷达、尤其是构造为FMCW(英语:Frequency Modulated Continuous Wave Radar,调频连续波雷达),所述连续波雷达可以执行距离测量和/或速度测量和/或视角确定。此外,与天线的距离相关的波长(例如用于发送信号)可以被确定为雷达系统的规格。

[0040] 此外,车辆可以是机动车和/或乘用车辆和/或自主车辆和/或电动车辆和/或类似车辆。(可能处理的)检测信息和/或确定的视角例如通过车辆的辅助系统和/或控制器来使用,所述控制器提供车辆的至少部分自主的行驶和/或自动的泊车。

附图说明

[0041] 本发明的其它优点、特征和细节由以下说明得出,在该说明中参考附图详细地描述了本发明的实施例。在此,在权利要求书和说明书中提到的特征可以分别单独地或以任意组合对于本发明是重要的。在此,分别示意地示出:

[0042] 图1分别以侧视图示出具有根据本发明的雷达系统的车辆以及另外的在前行驶的车辆的示意图,

[0043] 图2示出根据本发明的雷达系统的组件的示意电路图,

[0044] 图3示出根据本发明的雷达系统的探测的示意图,

[0045] 图4示出根据本发明的雷达系统的天线装置的示意图。

具体实施方式

[0046] 在以下附图中,对于不同实施例的相同技术特征也使用相同的附图标记。

[0047] 在图1中示意地示出具有根据本发明的雷达系统10的车辆1。箭头在此象征性表示车辆1的运动方向。此外,示出另外的在前行驶的车辆形式的运动的对象6以及在车辆1的周

围环境2中的静态的对象7。所述运动的和静态的对象分别是处于雷达系统10的至少一个检测场14中的对象5。在此,在图1中示例性地示出用于至少一个接收天线30的不同位置的检测场14,这些检测场可以备选地或组合地设置。因此,雷达系统10可以至少部分地布置在外后视镜中或保险杠中等。在此,雷达传感器11可以作为探测器11根据车辆1的位置通过至少一个接收天线30接收这些对象5的反射并且根据这些反射来探测对象5和/或重建周围环境2。为此,检测检测信号101并且通过处理装置15执行对检测信号101的信号处理,其中,检测信号101可以被所述至少一个接收天线30接收。

[0048] 在图2中借助根据本发明的雷达系统10的示意电路图更详细示出具有另外的细节的所描述的检测。示例性地设置至少一个发送天线20以及至少一个第一接收天线30a、第二接收天线30b以及第三接收天线30c。在此,首先通过发送处理单元21生成发送信号103,该发送信号通过所述至少一个发送天线20发射到车辆1的周围环境2中。例如在图3中更详细示出这种发送信号103。雷达系统例如涉及连续波雷达和/或FMCW雷达(英语:frequency modulated continous wave radar调频连续波雷达),其提供尤其是距离测量和/或速度测量,优选借助于多普勒效应来提供。在此,例如可以涉及24GHz或77GHz雷达系统。为了检测在车辆1的周围环境2中的对象5的参数、例如距离或速度或角度,可以例如在频率f方面对发送信号103进行调制。有利地,为了检测,可以在持续时间T1内以变化的频率f经由至少一个发送天线20输出顺序N个频率啁啾作为发送信号103。在这种啁啾中,频率f可以在时间上在带宽B的范围内改变。相应的啁啾的持续时间于是为 $T1/N$,如在图3中也通过双箭头示意示出的那样。例如可以使用线性频率调制,在该线性频率调制中在相应的啁啾中频率f线性地在带宽B内改变。在持续时间T1之后,可以在时间段T2-T1内对接收信号101(也或者:检测信号101)进行评估。因此,整个测量周期具有持续时间T2。

[0049] 根据图2,为了接收至少一个检测信号101,接收天线30可以以预定的距离等距地布置。所发出的发送信号103可以被检测场14中的每个对象5反射和/或反向散射并且因此到达所述接收天线30中的至少一个接收天线。由此接收的检测信号101随后可以尤其是通过所示的解调器33或向下混频器33被解调和/或向下混频。随后,检测信号101可以由接收处理单元31的模数转换器转换成数字检测信息102。直至持续时间T1结束,由此确定的数据可以存储在 $M \times N$ 矩阵中,其中,N个啁啾并且每个啁啾M个采样。根据该矩阵,随后可以通过矩阵(即检测信息102)的傅里叶变换确定频谱110,所述频谱对于周围环境2中的对象5(也就是:目标5)的在检测场14中的相对速度和/或距离是特定的。在此,尤其是二维频谱110(对应于根据检测信息102的二维矩阵),从而不同的坐标表示不同的参数(诸如距离和相对速度)。

[0050] 为了在检测时也能够确定检测信号101的相位,可能的可以是,通过向下混频器33的向下混频中的至少一个向下混频被实施成双重的。在向下混频时,为此使用的参考频率104然后通过移相器32被移相并且因此被转换为经移相的参考频率105。以这种方式,例如可以提供I&Q方法(同相和正交方法)。

[0051] 在图4中示意示出根据本发明的雷达系统的天线装置的示图。雷达系统10可以具有以下组件:

[0052] -至少两个发送天线20,分别用于向所述车辆1的周围环境2发出发送信号103,

[0053] -至少四个接收天线30,分别用于检测检测信号101,以用于探测所述车辆1的周围

环境2中的目标5,

[0054] -用于视角确定的处理装置15,用于将检测信号101中的相位信息分配给相应探测到的目标5的至少一个视角,使得所述接收天线30的在第一方向R1上的非单义最小距离 d_u 特定为,使得所述分配对于多于一个视角多义地实现,

[0055] 其中,所有所述接收天线30在第一方向R1上以彼此不同的距离 d_u 、 d_2 、 d_3 来布置,从而所述距离中的仅一个距离对应于所述非单义最小距离 d_u 。

[0056] 此外,还示出第二方向R2,在该第二方向上例如第一发送天线20a和第二发送天线20b可以以距离 d_2 彼此错开地布置。此外,第一接收天线30a可以以非单义最小距离 d_u 与第二接收天线30b错开地布置。第二接收天线30b又可以以距离 d_3 、尤其是以三倍的非单义最小距离 d_u 相对于第三接收天线30c布置。第三接收天线30c可以在第一方向R1和第二方向R2上以距离 d_2 、尤其以两倍的非单义最小距离 d_u 与第四接收天线30d错开地布置。

[0057] 实施方式的前述阐述仅在示例的范围内描述了本发明。当然,只要技术上有意义,这些实施方式的各个特征可以自由地彼此组合,而不开本发明的范围。

[0058] 附图标记列表

- [0059] 1 车辆
- [0060] 2 周围环境
- [0061] 5 对象
- [0062] 6 运动的对象
- [0063] 7 静态的对象
- [0064] 10 雷达系统
- [0065] 11 雷达传感器,探测器
- [0066] 14 检测场,检测区域
- [0067] 15 处理装置
- [0068] 20 发送天线
- [0069] 20a 第一发送天线
- [0070] 20b 第二发送天线
- [0071] 21 发送处理单元
- [0072] 30 接收天线
- [0073] 30d 第四接收天线
- [0074] 30a 第一接收天线
- [0075] 30b 第二接收天线
- [0076] 30c 第三接收天线
- [0077] 31 接收处理单元
- [0078] 32 移相器, 90°
- [0079] 33 向下混频器
- [0080] 101 检测信号,接收信号
- [0081] 102 检测信息
- [0082] 103 发送信号
- [0083] 104 参考信号,同相参考频率

- [0084] 105 移相的参考频率
- [0085] 110 频谱
- [0086] du 非单义最小距离,半波长
- [0087] d2 两倍的非单义最小距离,全波长
- [0088] d3 三倍的非单义最小距离,1.5倍波长
- [0089] f 频率
- [0090] B 传输带宽
- [0091] N 频率啁啾的数量
- [0092] R1 第一方向,方位角方向
- [0093] R2 第二方向,仰角方向
- [0094] T1 第一持续时间
- [0095] T2 第二持续时间

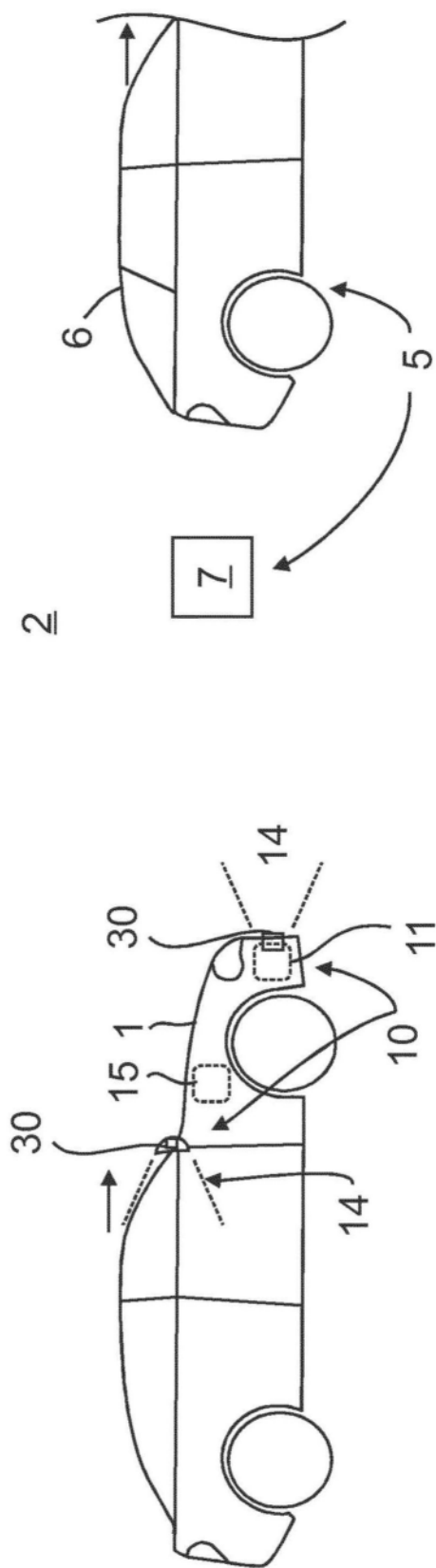


图1

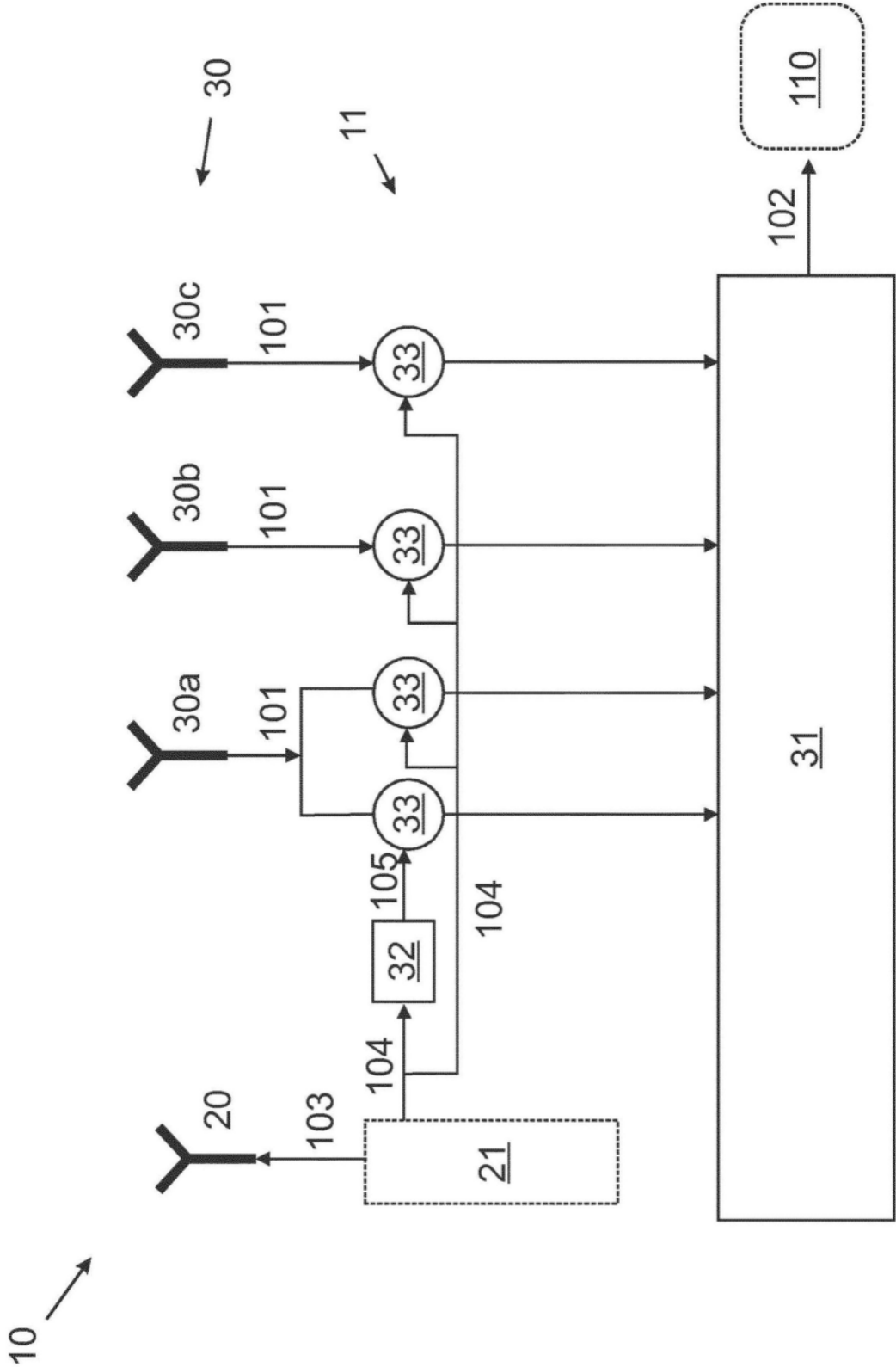


图2

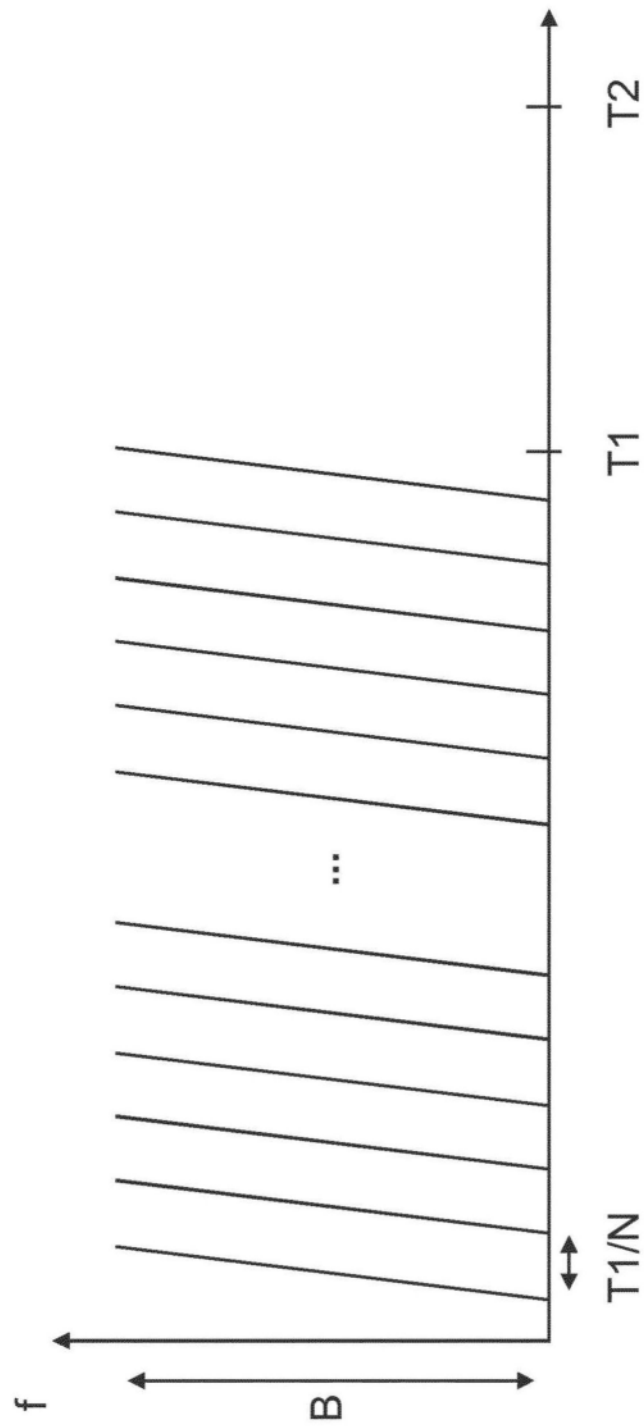


图3

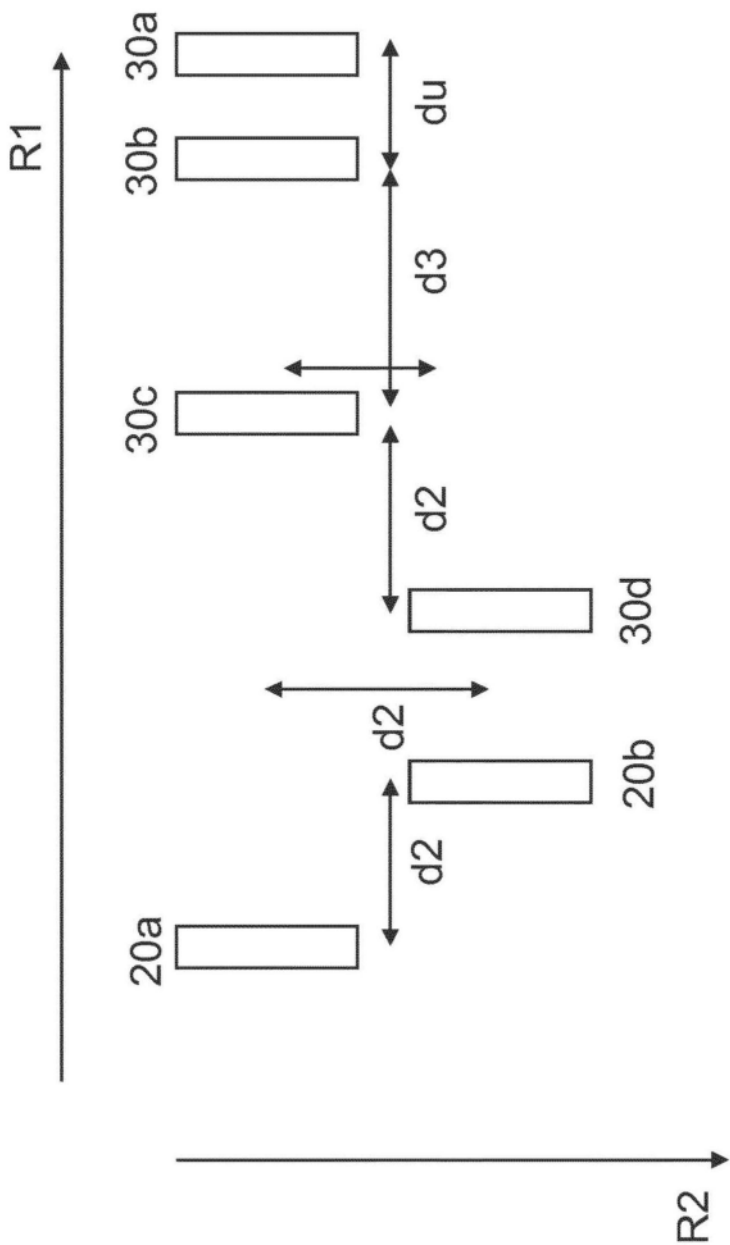


图4