



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111819459 A

(43) 申请公布日 2020.10.23

(21) 申请号 201980017132.6

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所  
有限公司 11038

(22) 申请日 2019.02.06

代理人 俞海舟

(30) 优先权数据

102018203333.1 2018.03.06 DE

(51) Int.Cl.

G01S 7/03 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

G01S 7/35 (2006.01)

2020.09.04

G01S 13/34 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

G01S 13/58 (2006.01)

PCT/EP2019/052827 2019.02.06

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2019/170347 DE 2019.09.12

(71) 申请人 腓特烈斯港齿轮工厂股份公司

地址 德国腓特烈斯港

(72) 发明人 B·西克 S·策纳 M·瓦尔特

K·辛格兰特

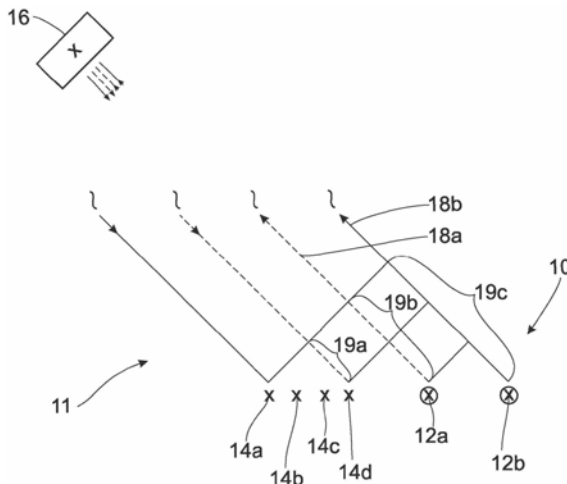
权利要求书1页 说明书8页 附图6页

(54) 发明名称

用于在雷达测量系统上单义地确定物体速度的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种用于在雷达测量系统上确定统一的速度的方法,其中两个分别由发射天线和接收天线构成的天线对映射在虚拟的天线布置系统中的同一位置上。



1. 一种用于在雷达测量系统(10)上单义地确定物体(16)的速度的方法，  
测量系统(10)具有至少两个发射天线(12)和至少两个接收天线(14)，  
包含第一发射天线(12a)和第一接收天线(14d)的第一天线对(22d)在虚拟的天线布置系统(20)上映射到第一位置上，并且  
包含第二发射天线(12b)和第二接收天线(14a)的第二天线对(24a)在虚拟的天线布置系统(20)上映射到第二位置上，  
第一位置和第二位置是相同的，  
发射天线(12)发射频率调制的区段(30)形式的雷达波，  
第一发射天线(12a)的依次相继的各区段(30a)具有第一时间间隔( $t_1$ )，并且第二发射天线(12b)的依次相继的各区段(30b)具有与第一时间间隔 $t_1$ 相同的第二时间间隔( $t_2$ )，  
第一发射天线(12a)的区段(30a)相对于第二发射天线(12b)的区段(30b)具有第三时间间隔( $t_3$ )，  
借助于第一天线对(22d)和第二天线对(24a)检测物体(16)，  
通过第一天线对(22d)确定物体(16)的距离和多义的第一速度值，并且通过第二天线对(24a)确定该物体的距离和多义的第二速度值，  
多义的第一速度值具有第一相位( $\varphi_1$ )，并且多义的第二速度值具有第二相位( $\varphi_2$ )，  
借助第三时间间隔( $t_3$ )为速度值的可能的速度确定第三相位( $\varphi_3$ )，  
最接近第一相位( $\varphi_1$ )和第二相位( $\varphi_2$ )之差的第三相位( $\varphi_3$ )的速度对应于实际速度。
2. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，两个发射天线(12)依次发射。
3. 根据权利要求1或2所述的方法，其特征在于，所述第一时间间隔( $t_1$ )或所述第二时间间隔( $t_2$ )不是所述第三时间间隔( $t_3$ )的整数倍。
4. 根据权利要求1、2或3所述的方法，其特征在于，所述第一区段(30a)彼此相同、所述第二区段(30b)彼此相同和/或所述第一区段(30a)和相关联的第二区段(30b)相同。
5. 根据权利要求1至4中任一项所述的方法，其特征在于，在区段(30)中发射具有均匀且线性地增加的频率的斜坡。
6. 一种雷达测量系统(10)，其使用根据权利要求1至5中任一项所述的方法。

## 用于在雷达测量系统上单义地确定物体速度的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于在雷达测量系统上单义地(即单值地)确定物体速度的方法。

### 背景技术

[0002] DE102014212280A1阐述一种能够单义地确定速度的方法。那里公开了一种具有天线对的雷达测量系统,该天线对包括发射天线和接收天线。根据FMCW方法,发射天线发射具有多个相同的第一斜坡的雷达波,所述斜坡具有线性的频率增加。这些第一斜坡具有彼此之间的第一时间间隔,该第一时间间隔对于所有依次相继的第一斜坡都是相同的。另外,由发射天线再次发射相同的斜坡作为第二斜坡,第二斜坡也具有线性的频率增加。第二斜坡也被设计为彼此相同的,并且相应地具有相同的彼此之间的第二时间间隔,该第二时间间隔被设计为与第一时间间隔相同。第二斜坡以相对于第一斜坡错开的第三时间间隔被发射。在这个意义上,相应一个第一斜坡和一个第二斜坡形成一个斜坡对。

[0003] 接收天线检测发射和反射的雷达波,并根据常规方法为第一和第二斜坡创建距离多普勒图。此距离多普勒图给物体分配与雷达测量系统的距离以及径向速度。径向速度在此由第一相位和第二相位产生。第一相位和第二相位在此是不同的,因为物体在第三时间间隔的持续时间内略有移动。关于两个距离多普勒图的每一个,径向速度都是多义的(即一对多),因为相移 $2\pi$ 的每个倍数都是可能的。因此,例如在 $-10\text{m/s}$ 到 $+10\text{m/s}$ 的速度分辨率时,确定的 $5\text{m/s}$ 的速度也可以对应于 $-15\text{m/s}$ 、 $25\text{m/s}$ 、 $45\text{m/s}$ 等的速度。

[0004] 现在使用第三时间间隔,并且为每个实际可能的速度计算相位差,该相位差将基于该速度和在接收天线处产生的位置偏移而产生。该相位差也称为第三相位。在正确的速度时,第三相位基本上对应于第一相位和第二相位之差。因此,这样的速度是正确的速度,其第三相位与第一相位和第二相位之差的距离最小。

[0005] 然而,通常在雷达测量系统上不是仅通过一个发射天线发射,而是通过多个发射天线发射。发射天线通常一个接一个地发射。如果现在速度根据以上说明被单义地确定,则一个发射天线必须分别双重地发射,这增加了测量过程的持续时间。

### 发明内容

[0006] 因此,任务是提供一种方法,通过该方法可以单义地确定速度并且同时保持测量过程的持续时间尽可能短。

[0007] 该任务通过根据独立权利要求1的方法解决。该方法的有利变型在从属权利要求中说明。

[0008] 该方法特别适用于优选安装在机动车辆上的雷达测量系统。该测量系统具有至少两个发射天线和至少两个接收天线。发射天线可以发射雷达波,该雷达波可以在物体上发射。然后,接收天线可以检测到反射的雷达波。有利地,雷达测量系统设计成作为调频连续波雷达(FMCW)运行。

[0009] 测量系统具有第一天线对,其包括测量系统的第一发射天线和第一接收天线。另

外,测量系统具有第二天线对,其包括测量系统的第二发射天线和第二接收天线。原则上,每个发射天线都发射雷达波,每个接收天线都会检测到该发射的雷达波的反射。但是,对于进一步考虑而言,仅这两个天线对是相关的。第一发射天线和第二发射天线在测量系统的硬件方面分别由自己的天线形成。接收天线也是如此。除了这两个天线对的天线之外,测量系统还可以具有其它的发射天线和其它的接收天线。

[0010] 测量系统的每个可能的天线对都映射到虚拟的天线布置系统上。如何产生这种虚拟的天线布置系统是众所周知的。当使用2个发射天线和4个接收天线时,该虚拟的天线布置系统包括8个虚拟天线。第一天线对映射到虚拟的天线布置系统内的第一位置上作为第一虚拟天线。第二天线对映射到虚拟的天线布置系统内的第二位置上作为第二虚拟天线。其它可能的天线对映射到其它虚拟天线上。在以下描述的方法的应用中,第一虚拟天线和第二虚拟天线的位置在雷达测量系统上相同。因此,第一天线对和第二天线对映射到虚拟的天线布置系统内的相同位置上。

[0011] 虚拟的天线布置系统中两个虚拟天线的相同位置意味着,对于两个天线对而言,每个雷达波从发射至检测始终走过相同的路径,而与反射物体的位置无关。这意味着雷达波从第一发射天线到第一接收天线的路径长度与雷达波从第二发射天线到第二接收天线的路径长度相同。

[0012] 该虚拟的天线布置系统基于以下假设:物体与天线之间的距离远大于天线之间的距离。一个物体被隔开几米数量级,各天线具有在毫米范围内的距离。这相当于约1000的系数。

[0013] 例如,如果同时由第一发射天线和第二发射天线发射相同的雷达波,则在第一接收天线和第二接收天线处针对相关的第一雷达波和第二雷达波检测到相同的信号,即具有相同的频率和相同的相位。因此,第一天线对和第二天线对的行为相同。

[0014] 发射天线在测量过程中发射雷达波,其中雷达波在物体上反射的分量被接收天线检测到。在FMCW方法中,对于每个发射天线而言发射呈现多个区段形式的雷达波。在这样的距离内调制雷达波的频率。该调制例如经过该区段的时间线性增加。具有线性增加的频率的这种区段也称为斜坡。

[0015] 反射和检测到的区段或斜坡的频率与相同斜坡的当前频率混合,并经过低通滤波。以已知的方式,可以使用第一傅立叶变换来确定物体的距离,并且可以使用第二傅立叶变换来确定物体的速度。这将为每个天线对生成一个距离多普勒图。

[0016] 第一发射天线的依次相继的第一区段具有第一时间间隔。对于所有依次相继的第一区段,该第一时间间隔都是相同的。该时间间隔确定从一个第一区段的开始到随后的第一区段的开始的时间间隔。

[0017] 特别地,依次相继的第一区段本身是相同的,即它们的持续时间、开始频率、结束频率、开始时的相位和频率变化等是相同的。第一发射天线在测量过程中发射多个第一区段、特别是256个区段。

[0018] 第一发射天线的依次相继的第二区段具有第二时间间隔。对于所有依次相继的第二区段,此第二时间间隔均相同。该时间间隔确定从一个第二区段的开始到下一个第二区段的开始的时间间隔。

[0019] 特别地,依次相继的第二区段本身是相同的,即它们的持续时间、开始频率、结束

频率、开始时的相位和频率变化等是相同的。第二发射天线在测量过程中发射多个第二区段,尤其是256个区段。

[0020] 第一时间间隔和第二时间间隔优选地也彼此相同。因此,优选地由第一和第二发射天线发射的所有区段彼此相同。例如,第一和第二区段设计为斜坡。斜坡是这样的区段,其在起始频率时开始并且经过其持续时间过渡为结束频率。通过增加或减少频率,特别是通过线性增加频率,实现过渡。

[0021] 第一区段和第二区段具有第三时间间隔。该第三时间间隔描述从第一区段的开始到第二区段的开始的间隔。例如,每个第一区段分配一个在时间上偏移了第三时间间隔的第二区段。

[0022] 由于第一天线对和第二天线对的行为相同,并且第一时间间隔和第二时间间隔也相同,因此评估结果也相同。由于第三时间间隔,如果物体执行相对运动,则该物体已在依次相继的区段的情况下从一个区段到下一个区段时发生移动。这种空间上的位置变化例如从第一区段到第二区段实现,反之亦然。由于该时间差,第一天线对的雷达波的第一相位与第二天线对的雷达波的第二相位不同。当为每个天线对创建距离多普勒图时,将保留此相位信息。第一天线对的距离多普勒图包括相对于物体的第一相位,并且第二天线对的距离多普勒图包括相对于物体的第二相位。

[0023] 然后借助第一天线对和第二天线对检测物体。

[0024] 由第一天线对的测量数据使用上述傅立叶变换创建第一距离多普勒图。由第二天线对的测量数据使用上述傅立叶变换创建第二距离多普勒图。如已经提到的,这些距离多普勒图包含不同的相位信息。第一相位和第二相位之间的相位差与第三时间间隔相关。

[0025] 第一距离多普勒图和第二距离多普勒图为物体提供了多义(一对多)的速度值。该值对应于测量系统的可检测的速度范围内的速度。速度值是多义的,因为对应于 $2\pi$ 相移的速度也是可能的。在 $-10\text{m/s}$ 到 $+10\text{m/s}$ 的速度分辨率时,确定的 $5\text{m/s}$ 速度也可以对应于 $-15\text{m/s}$ 、 $25\text{m/s}$ 、 $45\text{m/s}$ 等的速度。速度 $-15\text{m/s}$ 、 $25\text{m/s}$ 、 $45\text{m/s}$ 等对应于 $2\pi$ 的倍数。

[0026] 在使用已知的第三时间间隔的情况下,可以为速度值的每个可能速度确定一个对应于相位差的第三相位。该相位差对应于由于物体的位置从第一区段到随后的第二区段、即从第一速度值到第二速度值的改变而引起的相位改变。

[0027] 因此,从多义的第一速度值或多义的第二速度值的可能速度的集合中,恰好是这样的速度是正确的速度,在该正确的速度时第三相位等于第一相位和第二相位之间的差。在实际测试设置和实际测量中,第三相位几乎与第一相位和第二相位之差相同。因此,在第三相位到第一相位和第二相位之间的差的距离最小时的速度是正确的。

[0028] 可能的速度可以一方面是所有倍数,或者是限于实际可能出现的速度。在用于汽车的雷达测量系统的情况下,例如,该速度范围可以限制为 $\pm 400\text{km/h}$ 。

[0029] 替代地,可以针对没有 $2\pi$ 相移的可能的速度计算第三相位,然后验证在第三相位与第一相位和第二相位之间的差之间的相位距离是否足够小。然后计算并验证具有 $2\pi$ 相移的下一个可能的速度。然后利用 $-2\pi$ 、 $4\pi$ 、 $-4\pi$ 等,直到确定正确的速度。由此仅执行最少数量的计算运行。因此,在确定第三相位之后立即进行验证。为此,可以提供第三相位可以最大偏离的区域。然后依次确定一种可能的速度,直到验证正确的速度为止。

[0030] 前面的陈述也适用于设计为斜坡的区段。

[0031] 另外,可以在测量系统上形成另外的发射和接收天线,以便能够精确地检测物体、特别是距离和速度。然后可以通过所说明的方法将单义的速度分配给物体。优选地,所述另外的天线布置系统在虚拟的天线布置系统内布置在相应自己的位置处。

[0032] 除了第一和第二天线对之外,有利地还有在虚拟的天线布置系统内映射到相同位置的另外的天线对或天线对组。由此,可以通过多个相互独立的虚拟天线对来实施该方法。所确定的单义的速度因此可以通过两个独立的测量再次相互验证。

[0033] 下面说明该方法的有利的变型实施例。

[0034] 建议两个发射天线依次地发射。

[0035] 两个或更多个发射天线的发射意味着在一个时间范围内、例如在一个区段的时间范围内,只有一个发射天线发射,然后是另一个发射天线发射。在两个发射天线的依次相继发射之间可能会有短暂的发射暂停,在该暂停时间内,没有一个发射天线发射雷达波。例如,当使用四个发射天线时,可以例如首先是第一发射天线,然后是第二发射天线,然后是第三发射天线,然后是第四发射天线,发射一个区段。该发射序列可以例如在测量过程中重复多次、特别是256次。

[0036] 第一时间间隔和/或第二时间间隔有利地不是第三时间间隔或第二时间间隔的整数倍。

[0037] 第一区段有利地彼此相同。第二区段也有利地彼此相同。进一步建议,第一区段与相关的第二区段相同。

[0038] 相同可以尤其在于持续时间、开始频率、结束频率和/或频率增加。有利地,两个依次相继的区段(特别是两个依次相继的第一区段、两个依次相继的第二区段或跟随第一区段的第二区段)以相同的相位开始。在该区段开始时的相位相同也称为各区段的相位同步性。

[0039] 在另一种实施方式中,发射的区段作为具有均匀且线性地增加的频率的斜坡发射。

[0040] 这是用于FMCW雷达的众所周知的调制方法。另外,当在机动车辆中使用雷达测量系统时,该方法特别有利。

[0041] 还提出了一种雷达测量系统,其使用或执行根据上述方案中的至少一个或根据权利要求1至6中任一项所述的方法。

## 附图说明

[0042] 在下文中借助于多个附图详细地和示例地说明该方法和雷达测量系统。其中:

[0043] 图1a示出雷达测量系统的局部;

[0044] 图1b示出图1a的雷达测量系统的虚拟的天线布置系统;


[0045] 图1c示出针对虚拟的天线布置系统的假设;

[0046] 图2示出了发射的雷达波的序列;

[0047] 图3示出距离多普勒图;

[0048] 图4示出速度确定方法的流程图。

## 具体实施方式

[0049] 图1a中部分地示出雷达测量系统10。尤其示出了雷达测量系统10的天线布置系统11。雷达测量系统10还包括用于控制和评估各个部件的电子装置,这些部件包括两个发射天线12a和12b以及四个接收天线14a、14b、14c和14d。发射天线12发射可以在物体16上被反射的雷达波。反射的雷达波可以由接收天线14a、14b、14c和14d接收。为了便于说明,雷达波以虚线18a和实线18b示出。雷达波18以及在天线与天线之间的距离与在天线和物体之间的距离的比例不是比例精确的。特别地,物体16和测量系统10之间的距离比天线之间的距离大很多倍,从而对于所有被检测的物体而言,远场假设是合理的。该远场假设在图1a中用“”表示。

[0050] 因此,每个发射天线12映射到每个接收天线14上。这种天线布置系统11也可以表示为虚拟的天线布置系统20,其在图1b中示出。每个发射天线12a、12b与每个接收天线14a、14b、14c和14d一起映射到虚拟的天线布置系统20内部的一个位置上。发射天线与接收天线一起形成天线对22、24。

[0051] 发射天线12a与接收天线14提供天线对22,发射天线12b与接收天线14提供天线对24。在图1b中,虚拟天线的位置在天线对的附图标记的下方示出。虚拟天线22的位置显示为虚线十字,虚拟天线24的位置显示为实心十字。

[0052] 发射天线12a与接收天线14a映射到位置22a上,与接收天线14b映射到位置22b上,与接收天线14c映射到位置22c上并且与接收天线14d映射到位置22d上。同样,发射天线12b与接收天线14a映射到位置24a上,与接收天线14b映射到位置24b上,与接收天线14c映射到位置24c上并且与接收天线14d映射到位置24d上。

[0053] 基于远场假设,如图1c所示,可以将传出和传入的雷达波视为波阵面。发射和接收的雷达波18沿着平行路径传播。在物体16上的雷达波示意图用于说明入射在物体上一点的雷达波的反射。特别地,从发射天线12a到接收天线14d的路径和从发射天线12b到接收天线14a的路径具有相同的长度。路径差19a和19b的总和对应于路径差19c,使得当通过发射天线12a和12b同时发射雷达波时具有相同相位的雷达波抵达接收天线14a和14d。

[0054] 在虚拟的天线布置系统20中,位置22d和位置24a相同。该相同位置意味着,在发射天线12a和12b同时发射时带有其所属的虚拟天线22d和24a的天线对22d和24a的确定的相位总是相同的,而与物体10在雷达测量系统10的测量空间中的位置无关。这两个天线对22d和24a因此提供相同的信息。

[0055] 如已经提到的,虚拟的天线布置系统基于远场假设,这借助于图1c进行更详细的解释。图1c基本上对应于图1a,雷达波不再由线表示,而是由波阵面表示。虚拟的天线布置系统的原理是基于天线彼此之间和天线与物体之间的不同间距比。在此天线12、14仅相隔几毫米。相反,从天线12、14到物体16的距离至少相当于几米。该大的距离差异大约相当于1000倍,在图中由带40表示。

[0056] 雷达波通常作为基波传播,如借助于图1c的上部所示。波阵面42球形地传播。如果距离很大,则基波的这个球面波阵面可以看作是直线波阵面44。各波阵面44在此彼此平行。示出的波阵面44在传播方向48上传播,该传播方向相对于雷达测量系统10的观察方向46形成角度 $\alpha$ 。在角度 $\alpha=0$ 时,所有接收天线14检测相同的相位。

[0057] 发射天线12a也称为第一发射天线,并且发射天线12b也称为第二发射天线,接收

天线14d也称为第一接收天线,并且接收天线14a也称为第二接收天线。第一天线对22d对应于第一虚拟天线,并且天线对24a对应于第二虚拟天线。

[0058] 在图2中,示出了雷达波的发射的时间进程。在此该示图限于天线对22d和24a的雷达波18a和18b。在X轴26上绘制时间,在Y轴28上绘制频率。

[0059] 根据FMCW方法,由每个发射天线12a和12b发射多个区段30。这些区段30由斜坡实现。第一发射天线12a发射第一斜坡30a,第二发射天线第二斜坡30b。第一斜坡30a与第一天线对相关地以实线示出,第二斜坡30b与第二天线对相关地以虚线示出。

[0060] 斜坡的发射区段在最小频率时开始,该频率经过发射持续时间 $\Delta t$ 线性增加到最大频率。此外,发射的斜坡都以相同的开始相位开始。

[0061] 发射的斜坡30在物体16上至少部分地反射,并且然后由接收天线14d和14a检测到。对于第一天线对22d而言,第一斜坡30a被检测为第一信号32a,并且对于第二天线对24a而言,第二斜坡30b被检测为第二信号32b。所接收的信号32基本上与相关联的斜坡30相同,但是在时间上错开雷达波的传播时间。所接收的信号32由相应的较细的线表示,而所发射的斜坡30以粗线表示。

[0062] 第一斜坡30a是彼此相同的。另外,第二斜坡30b也是彼此相同的。此外,第一斜坡30a和第二斜坡30b是彼此相同的。

[0063] 第一斜坡30a以均匀的第一时间间隔 $t_1$ 发射。第二斜坡30b以均匀的第二时间间隔 $t_2$ 发射。作为示例,在图2中示出了四个斜坡30,在这种情况下对每个发射天线12而言发射256个斜坡。

[0064] 分别一个第一斜坡30a和一个第二斜坡30b是彼此配属的,其方式为:在第一斜坡30a的发射与第二斜坡30b的发射之间存在第三时间段 $t_3$ 。第三时间间隔 $t_3$ 选择成,使得雷达波的发射在时间上不重叠。

[0065] 由确定的信号32a和32b,可以为第一天线对22d和第二天线对24a分别通过两个傅里叶变换来确定图3中所示的距离多普勒图34(range-doppler-map)。对于两个天线对22d、24a而言,距离多普勒图34基本相同。因此,对于两个天线对22d、24a仅示出了一个距离多普勒图34。差异在下面还要阐述。

[0066] 在距离多普勒图34中将物体16示出为具有其距离和速度的数据点36。该具有一个数据点36的示图是示例性地选择的,因为通常会在物体上的几个点处反射雷达波,其然后出现在距离多普勒图34中。在距离多普勒图34上在X轴34a上绘制速度,并且在Y轴34b上绘制物体到雷达测量系统10的距离。

[0067] 对于 $2\pi$ 的相位差而言,物体16的速度是不唯一的(非单义或非单值的)。例如映射到速度5m/s的物体16在检测宽度为-10m/s至10m/s的情况下也可以对应于-15m/s、25m/s、45m/s等的速度。对于速度25m/s,示例地一个数据点36a在距离多普勒图34的一个被扩展相位 $2\pi$ 的部分中示出。距离多普勒图34的该扩展部分以虚线示出。

[0068] 因此,数据点36a根据箭头38a映射到5m/s。25m/s的速度在距离多普勒图34内显示为5m/s。另外,还示出了另外的箭头38b,其将相应多倍的 $2\pi$ 相位差映射到数据点36。

[0069] 更确切地说,数据点36的速度是包括多个速度的速度值。

[0070] 第一天线对22d的距离多普勒图34的数据点36具有第一相位 $\varphi_1$ ,而第二天线对24a的距离多普勒图34的数据点36具有第二相位 $\varphi_2$ 。第一相位 $\varphi_1$ 和第二相位 $\varphi_2$ 是不同



的,因为物体在第三时间间隔 $t_3$ 内已经稍微运动。

[0071] 现在为速度值的每个可能的速度确定第三相位 $\varphi_3$ 。在多个可能的速度时在具有时间间隔 $t_3$ 的两个依次相继的斜坡30的情况下,该第三相位 $\varphi_3$ 对应于期望的相位差。然后将每个确定的第三相位 $\varphi_3$ 与第一相位 $\varphi_1$ 和第二相位 $\varphi_2$ 之间的差进行比较。最接近第一相位 $\varphi_1$ 和第二相位 $\varphi_2$ 之间的差的第三相位 $\varphi_3$ 对应于正确的速度。

[0072] 因此适用 $\varphi_3 \approx \varphi_1 - \varphi_2$ 。因此,可以使用所述方法单义地确定物体的速度。适用于 $\varphi_3 \neq \varphi_1 - \varphi_2$ 的其它速度为不正确的,不予采纳。

[0073] 速度和相位之间的关系也由以下公式描述:

$$[0074] \quad \varphi_3 = 2\pi \frac{2vt_3}{\lambda}$$

$$[0075] \quad \text{其中, } \lambda = \frac{c}{f}$$

[0076]  $v$ 对应于物体的速度,其中 $t_3$ 是第三时间间隔, $c$ 代表光速, $f$ 代表雷达波的载波频率。在这种情况下,载波例如对应于77GHz。

[0077] 图4以流程图示出了该方法的步骤。

[0078] 在第一步骤100中,由发射天线发射雷达波,并且反射分量由接收天线接收。

[0079] 在随后的步骤102中,使用所解释的傅里叶变换来评估所接收的雷达波,并且至少对于第一天线对和第二天线对创建距离多普勒图。

[0080] 下一步骤104包括从距离多普勒图确定速度值。速度值包含关于可能的速度 $v$ 的信息,所述速度也在步骤104或子步骤中确定。

[0081] 在接下来的步骤106中,由时间间隔 $t_3$ 和所述可能的速度 $v$ 确定相关的第三相位 $\varphi_3$ 。有利地针对在合理的框架条件内的速度 $v$ 确定第三相位 $\varphi_3$ 。

[0082] 在随后的步骤108中,确定第一相位 $\varphi_1$ 和第二相位 $\varphi_2$ 之间的相位差。步骤106和108也可以交换其顺序或可以同时进行。

[0083] 在随后的步骤110中,通过 $\varphi_3 \approx \varphi_1 - \varphi_2$ 来验证速度值的多个速度中的正确速度。

[0084] 附图标记清单

[0085] 10 雷达测量系统

[0086] 11 天线布置系统

[0087] 12a、12b 发射天线

[0088] 14a、14b、14c、14d 接收天线

[0089] 16 物体

[0090] 18a、18b 雷达波

[0091] 19、19a-c 路程差

[0092] 20 虚拟的天线布置系统

[0093] 22 天线对/虚拟天线

[0094] 24 天线对/虚拟天线

[0095] 26 X轴

- [0096] 28 Y轴
- [0097] 30、30a、30b 区段/斜坡
- [0098] 32、32a、32b 信号
- [0099] 34 距离多普勒图
- [0100] 34a X轴
- [0101] 34b Y轴
- [0102] 36、36a 数据点
- [0103] 38、38a、38b、38c 箭头
- [0104] 40 带
- [0105] 42 波阵面
- [0106] 44 波阵面
- [0107] 46 观察方向
- [0108] 48 传播方向
- [0109] 100 步骤
- [0110] 102 步骤
- [0111] 104 步骤
- [0112] 106 步骤
- [0113] 108 步骤
- [0114] 110 步骤
- [0115]  $t_1$  时间间隔
- [0116]  $t_2$  时间间隔
- [0117]  $t_3$  时间间隔
- [0118]  $\Delta t$  发射的持续时间
- [0119]  $\alpha$  角度
- [0120]  $\varphi_1$ 、 $\varphi_2$ 、 $\varphi_3$  相位

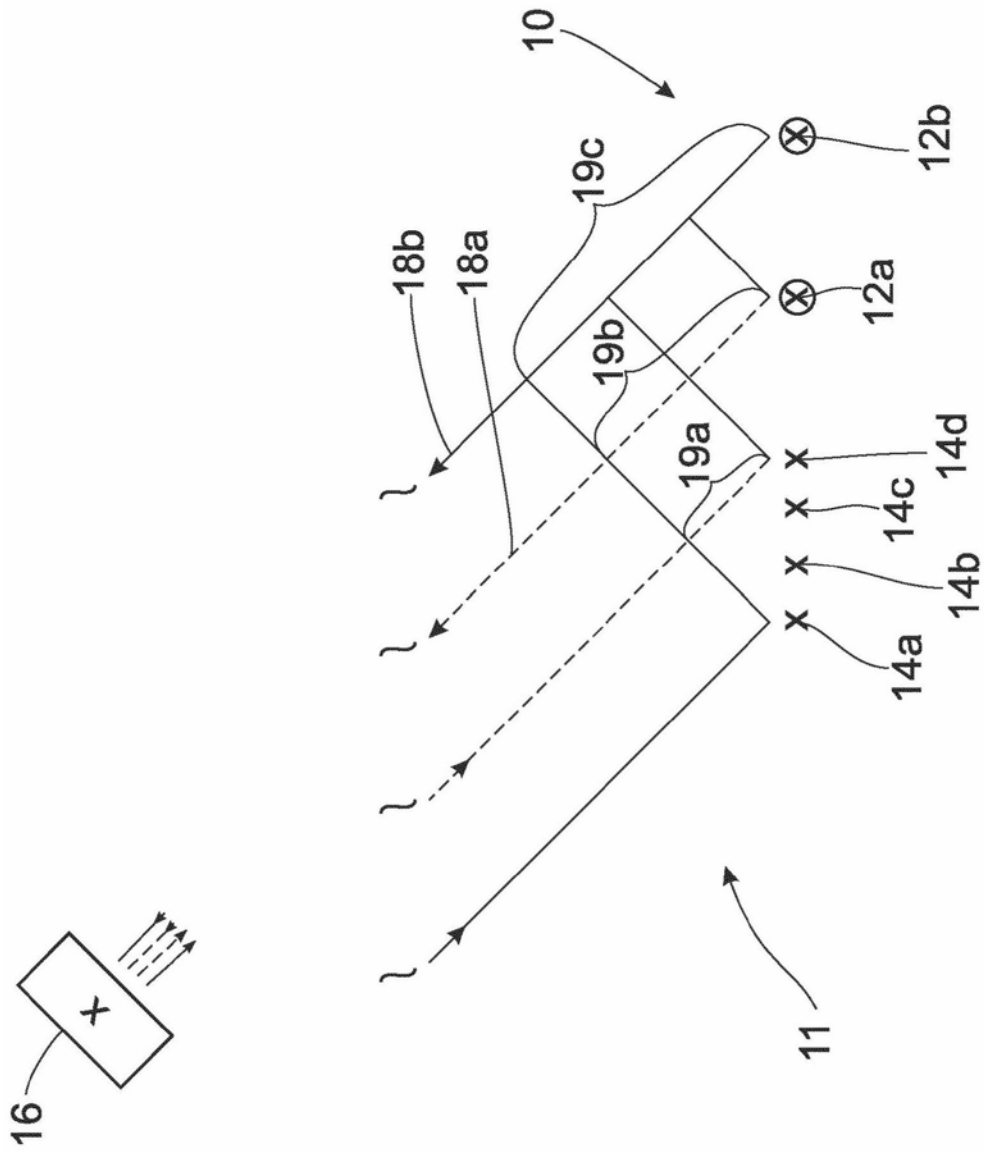


图1a

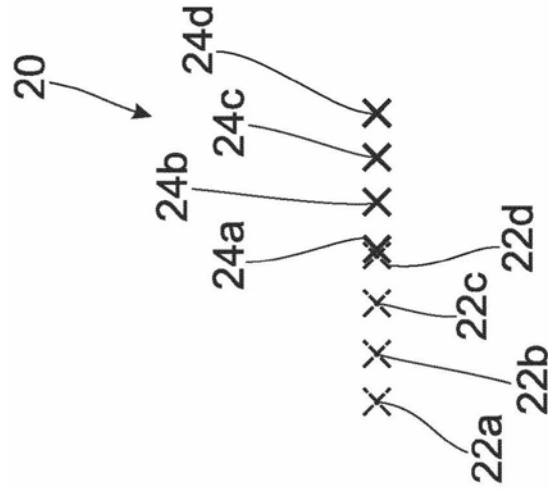


图1b

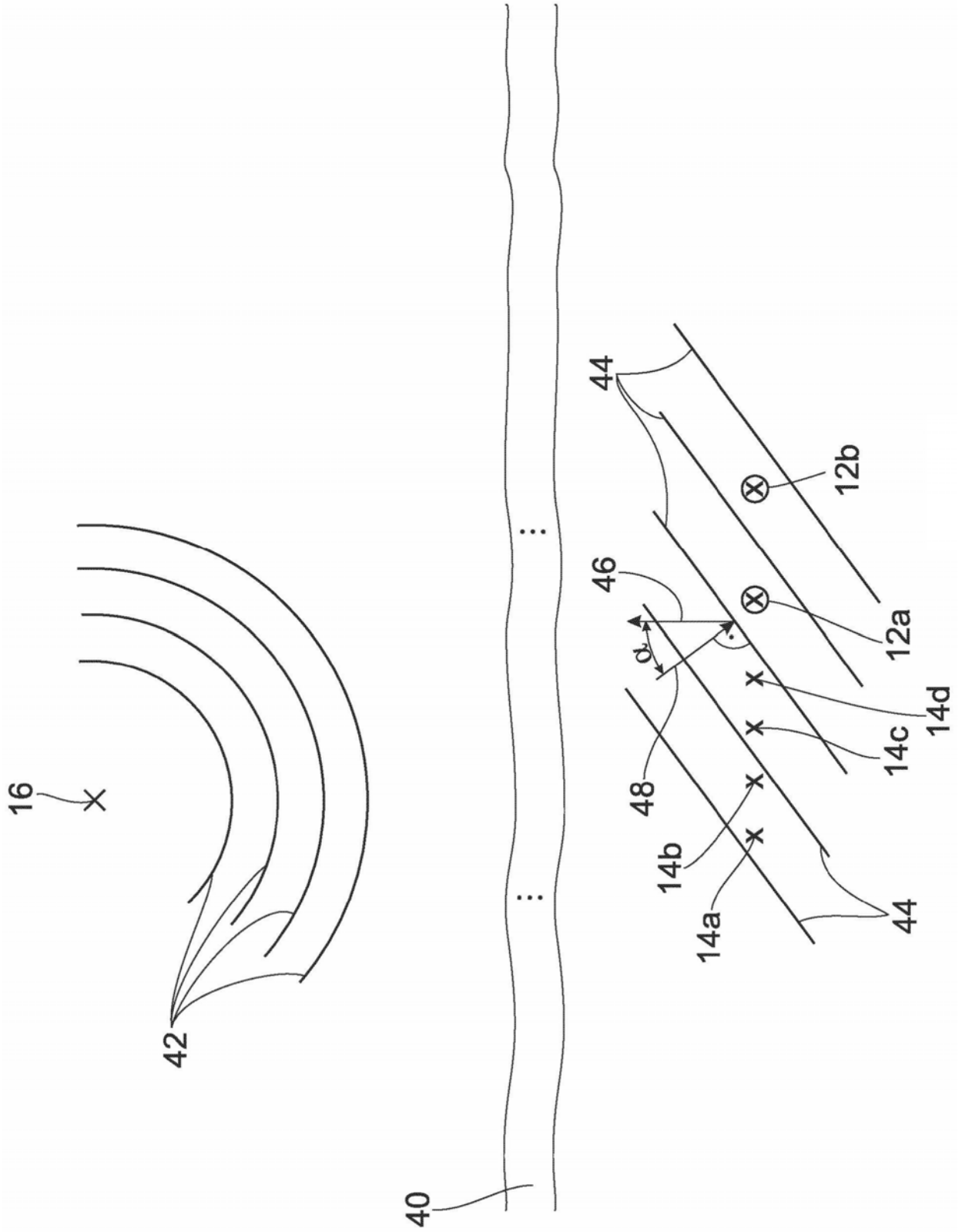


图1c

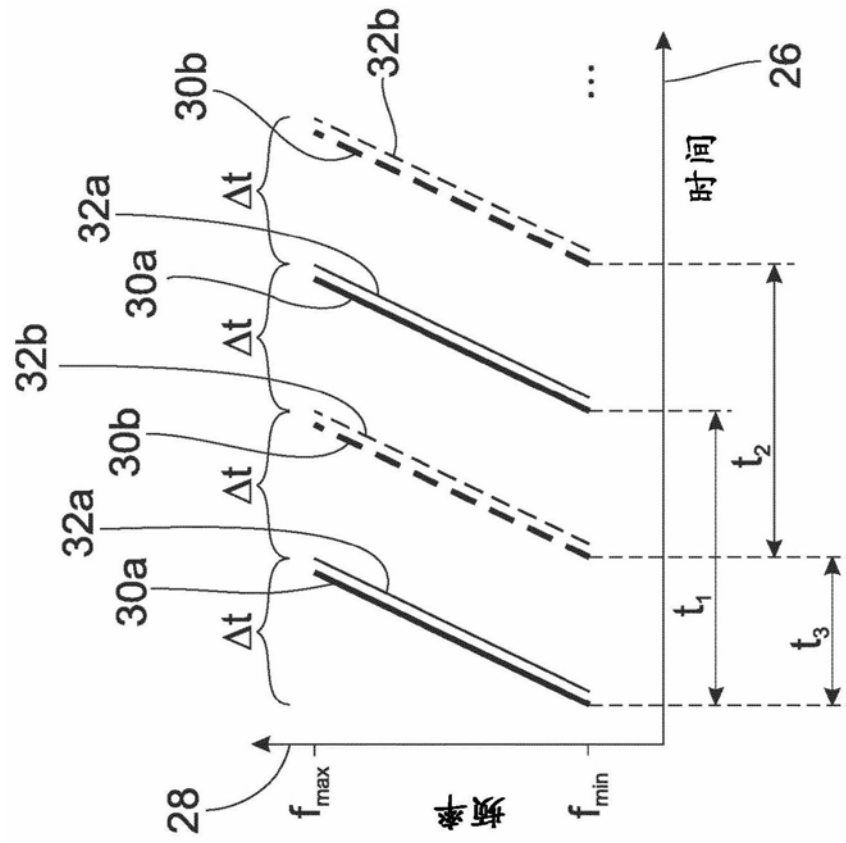


图2

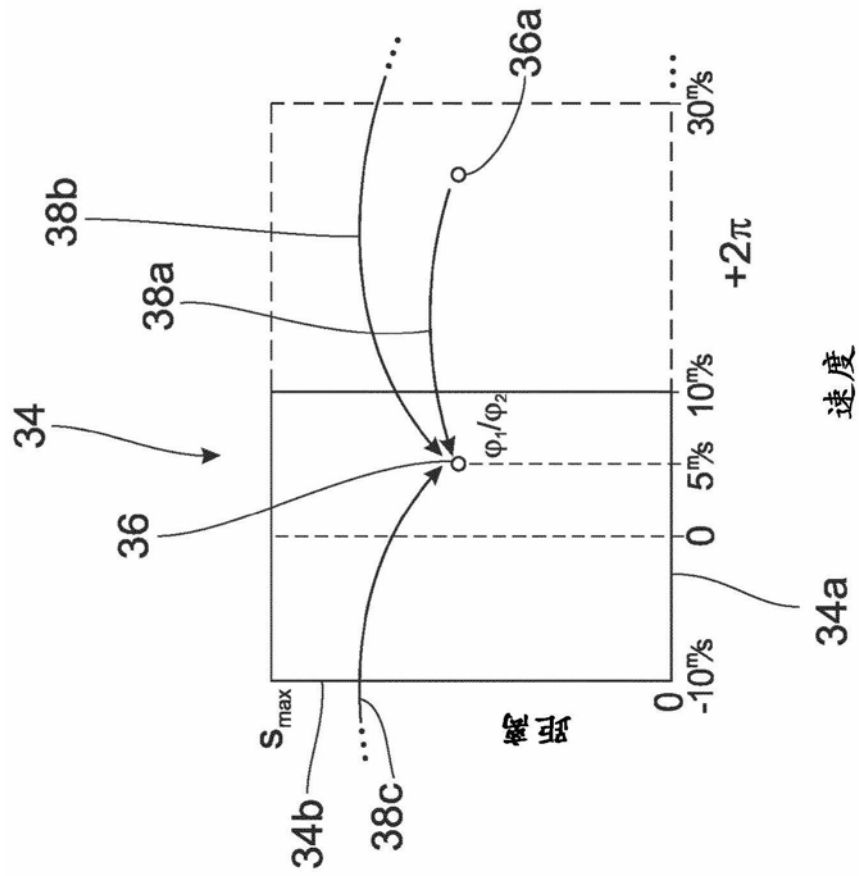


图3

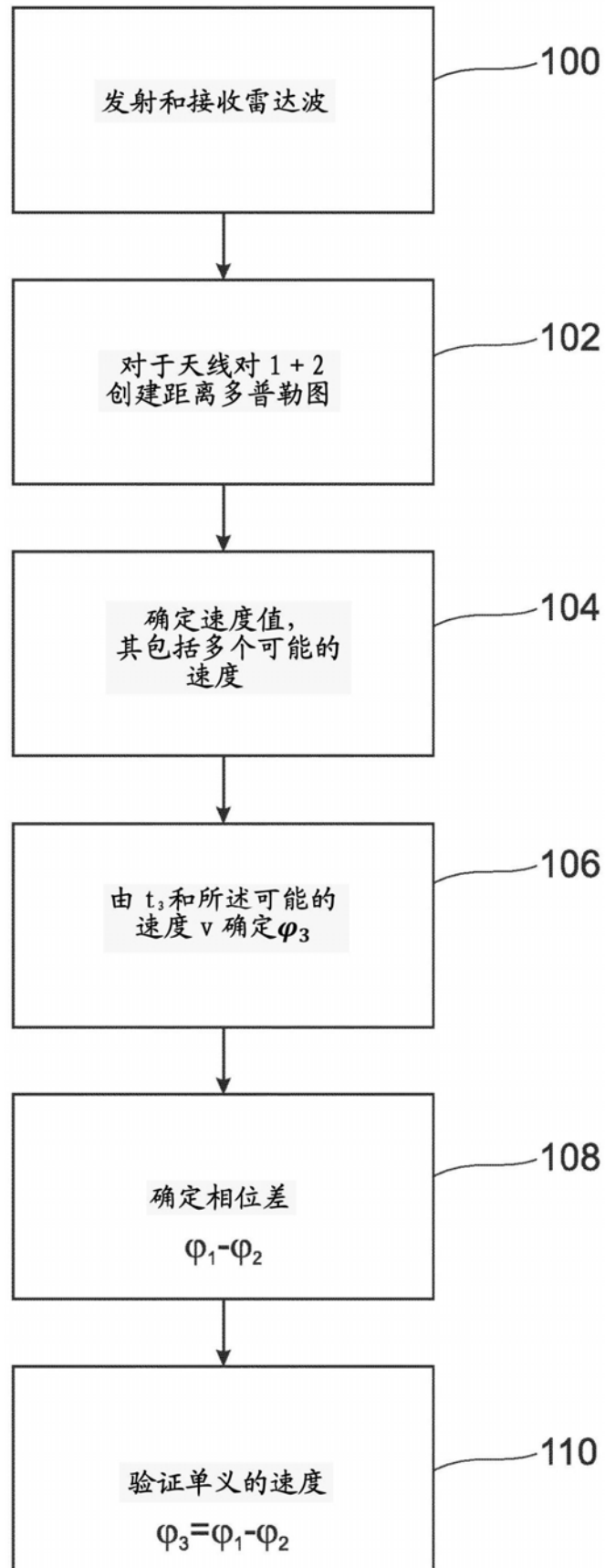


图4