(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 116736228 A
(43)申请公布日 2023.09.12

(21)申请号 202310216847.2

(22)申请日 2023.03.08

(30)优先权数据
22161061.1 2022.03.09 EP

(71)申请人 维萨拉公司
地址 芬兰赫尔辛基

(72)发明人 R·凯拉南 M·贝格 T·托维南

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所 11256
专利代理师 李兴斌

(51)Int.Cl.
G01S 7/02(2006.01)
H01Q 1/22(2006.01)
H01Q 15/08(2006.01)
G01S 13/95(2006.01)

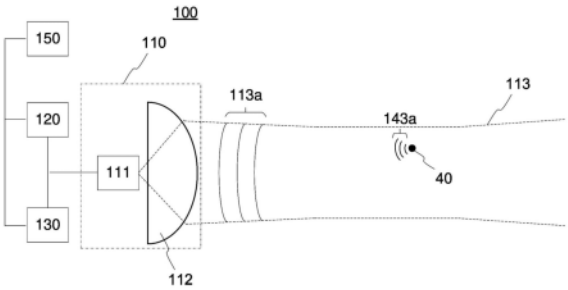
权利要求书2页 说明书10页 附图5页

(54)发明名称

用于雷达装置的天线

(57)摘要

本公开涉及用于雷达装置的天线。根据示例实施例,提供了一种用于雷达装置(100)的天线组件(110),天线组件(110)包括:被布置为辐射表示提供给馈电天线(111)的发射的RF信号的出站无线电波并且捕获表示在馈电天线(111)处接收的入站无线电波的接收的RF信号的馈电天线(111);以及被布置为将出站无线电波准直成发射器波束(113)以用于朝向监测方向的传输并且聚焦在聚焦元件(112)处从监测方向接收的接收器波束的入站无线电波以用于在馈电天线(111)处的接收的聚焦元件(112),其中馈电天线(111)和聚焦元件(112)的布置被配置为将发射器波束(113)作为基本上凹形无线电波序列(113a)发射并且将接收器波束作为基本上凸形无线电波序列接收。



CN 116736228 A

1.一种雷达装置(100),包括:

天线组件(110),所述天线组件(110)包括:

馈电天线(111),被布置为辐射表示被提供给所述馈电天线(111)的发射的射频RF信号的出站无线电波,并且捕获表示在所述馈电天线(111)处接收的入站无线电波的接收的RF信号;以及

单个聚焦元件(112),相对于所述馈电天线(111)被定位,使得所述馈电天线(111)被设置为与所述聚焦元件(112)的相位中心(114)相比更远离天线孔径,并且使得所述馈电天线(111)被定位在沿着所述聚焦元件(112)的中心轴(A)从所述相位中心(114)偏移预定义距离(L)的平面上,从而被布置为将来自所述馈电天线(111)的所述出站无线电波准直成发射器波束(113)的相应凹形无线电波以用于朝向监测方向的传输,并且聚焦在所述聚焦元件(112)处从所述监测方向接收的接收器波束的凸形入站无线电波以用于在所述馈电天线(111)处的接收;

被布置为向所述馈电天线(111)提供所述发射的RF信号的发射器(120)和被布置为接收在所述馈电天线(111)处捕获的所述接收的RF信号的接收器(130);以及

处理单元(150),被布置为在考虑到所述发射的RF信号的情况下、基于所述接收的RF信号来确定在所述监测方向上与所述天线组件(110)相距一定距离的一个或多个目标(40)的相应特性,其中所述特性包括以下中的至少一项:

所述一个或多个目标(40)的相应位置,

所述一个或多个目标(40)的相应速度,

所述一个或多个目标(40)的相应尺寸,

所述一个或多个目标(40)的相应形状。

2.根据权利要求1所述的雷达装置(100),其中所述馈电天线(111)和所述聚焦元件(112)的所述布置被配置用于在比夫琅禾费限制更近的距离处的测量,所述夫琅禾费限制被定义为

$RF=2d^2/\lambda$,

其中d表示所述天线组件(110)的所述天线孔径的直径,并且其中λ表示应用于所述发射的RF信号的载波波长。

3.根据权利要求1所述的雷达装置(100),其中所述聚焦元件(112)包括基本上轴向对称的元件。

4.根据权利要求1所述的雷达装置(100),其中所述预定义距离(L)被定义为所述聚焦元件(112)的横截面的直径的预定义非零部分。

5.根据权利要求1所述的雷达装置(100),其中所述聚焦元件(112)包括以下中的一项:

由介电材料制成的透镜元件(112a,112b),被布置用于折射所述出站无线电波和所述入站无线电波,

反射器元件,被布置用于反射所述出站无线电波和所述入站无线电波。

6.根据权利要求1至4中任一项所述的雷达装置(100),其中所述聚焦元件(112)包括由介电材料制成的透镜元件(112a,112b),所述透镜元件(112a,112b)被布置用于折射所述出站无线电波和所述入站无线电波,

其中所述透镜元件(112,112b)具有基本上圆形的横截面和凸形前端,所述凸形前端具

有基本上椭圆形形状，

其中所述前端或所述前端的一部分充当所述天线组件(110)的所述天线孔径。

7.根据权利要求6所述的雷达装置(100)，其中所述馈电天线(111)包括单个天线元件，所述天线元件被布置用于传输和接收，并且被设置在所述透镜元件(112a，112b)的所述中心轴(A)处的所述平面上。

8.根据权利要求6所述的雷达装置(100)，其中所述馈电天线(111)包括设置在所述平面上的被布置用于传输的第一天线元件和被布置用于接收的第二天线元件，使得所述第一天线元件和所述第二天线元件中的至少一者从所述透镜元件(112a，112b)的所述中心轴(A)偏移。

9.根据权利要求1所述的雷达装置(100)，被布置用于气象和/或大气研究中的操作。

10.根据权利要求1所述的雷达装置(100)，其中所述发射器(120)和所述接收器(130)被布置为应用以下中的一项：

调频连续波FMCW传输和接收，

脉冲传输和接收。

11.根据权利要求10所述的雷达装置(100)，其中所述发射器(120)和所述接收器(130)被提供为多普勒收发器，所述多普勒收发器被布置为应用所述FMCW传输和接收。

用于雷达装置的天线

技术领域

[0001] 本发明的示例和非限制性实施例涉及一种用于雷达装置的天线组件和/或一种采用该天线组件的雷达装置。

背景技术

[0002] 通常，雷达是一种检测系统，其应用射频(RF)波以用于经由使用发射器发射无线电波、使用接收器从远程目标接收发射的无线电波的反射、并且使用处理系统基于接收的无线电波确定远程目标的特性(诸如其位置和速度)来检测远程位置处的目标。从远程目标反射的无线电波也可以称为反向散射无线电波或反向散射RF信号。雷达可以用于各种不同应用，包括监测不同物体(诸如公路车辆、飞机、船舶)的位置和移动、以及观察大气和气象参数的演变。

[0003] 典型地，例如意图用于大气和/或气象应用的雷达旨在观察在距雷达相对较长的距离处的多个相对较小的目标，并且随后以准确和可靠的方式估计其特性。本文中，所考虑的目标的特性可以包括其相应形状和尺寸、其与雷达的相应距离、以及其相对于雷达的相应运动。此外，雷达可以旨在估计分布在大气中的距离可以从几米例如直到几百公里的大量目标的这样的目标特性。

[0004] 作为这样的雷达设计的一个示例，图1A示出了雷达装置的一些组件的框图，同时也示意性地示出了该雷达装置的操作的一些方面。图1A的雷达装置包括天线组件10，该天线组件10包括馈电天线11和透镜元件12(或另一聚焦元件)，其中透镜元件12用于将从馈电天线11发射(TX)的无线电波准直成从天线组件10发射的RF波束13，并且将在天线组件10处接收(RX)的无线电波聚焦到馈电天线11。馈电天线11被耦合到发射器20以经由馈电天线11提供RF信号以作为无线电波进行传输，并且被耦合到接收器30以从馈电天线11接收RF信号。发射器20和接收器30被耦合到处理单元50，处理单元50被布置为控制发射器20和发射器30的相应操作并且基于发射的RF信号和接收的RF信号来导出检测到的目标的特性。

[0005] 透镜元件12被布置为将来自馈电天线11的无线电波准直为相应平面波，因此从天线组件10发射的RF波束13作为平面波序列13a进行传播。当在距天线组件10一定距离处与目标40相遇时，平面波系列13a产生具有基本上球形形状的对应反向散射(或反射、回射)波系列43a。然而，尽管它们的总体形状基本上是球形的，但在天线10与目标40之间的相对较长的距离处，与透镜元件12相遇的球形反向散射波43a的相应部分基本上近似于平面波(由于在目标40的视角下的透镜元件12的前端的小立体角)。在这点上，透镜元件12的前端的可用于无线电波的传输和接收的部分可以称为(机械)天线孔径，而天线孔径的实际应用于无线电波的传输和接收的(机械)的部分可以称为有效天线孔径。(机械)天线孔径和有效天线孔径的尺寸可以例如经由其投影的直径(例如，其横截面)来定义。

[0006] 因此，对于相对远离天线10的目标40，从目标40反射回来并且在接收的RF信号中被捕获的反向散射波43a在接收器30处被建设性地相加，并且随后，处理单元50可以将在接收的RF信号中传送的波形与发射的RF信号的波形相匹配，以便解析目标40的范围(即，距

离)以及反向散射过程的幅度和相位,从而使得处理单元50能够以准确的方式确定目标40的特性。因此,上述天线组件10适合于观察相对远离天线组件10的目标40,即位于远场中的目标。相反,相对靠近天线组件10的目标可以被认为是位于近场中的目标。在这点上,天线组件10的夫琅禾费(Fraunhofer)限制R_F导出为

[0007] $RF=2d^2/\lambda$,

[0008] 其中d表示(机械)天线孔径的直径,并且λ表示由馈电天线11应用的载波波长,其通常被认为是近场与远场之间的边界。在这点上,与夫琅禾费限制R_F相比更接近天线组件10的距离范围可以称为菲涅耳区。

[0009] 尽管利用天线组件10的雷达的性能被调谐以在远场中实现可靠和准确的操作,但其在近场(例如,在菲涅耳区)中的性能通常至少在某种程度上受到损害。在这点上,作为一个示例,图1B图示了示出图1A中已经示出的雷达装置的一些组件(同时为了提高图形清晰度而省略了一些元件)的框图,并且示意性地示出了驻留在近场中的目标40的雷达装置的操作的一些方面。特别地,在目标40相对靠近天线组件10的情况下,来自目标40的球面反向散射波43a的满足天线孔径的相应部分仍然表现出显著的曲率。由于与平面波的这种偏差,反向散射波43a在接收器30处不进行建设性地相加,这可能导致接收的信号功率的损失和其相位图的失真。因此,目标40的测量特性的准确性和可靠性可能受到损害,目标40可能被完全错过,或者接收的RF信号的异常频谱特征可能被误认为实际上不存在的目标。

[0010] 在所有雷达应用中,对于可靠的检测和准确的测量,需要相对于无所不在的背景噪声具有足够高的信号功率。当观察反向散射信号随着其尺寸而急剧减少的目标(诸如小的大气成分)时,对相对较高的信噪比(SNR)的要求变得非常迫切。如本领域已知的,反向散射信号的功率随着到目标的距离的减小而快速增加,这表明,近场(例如,在菲涅耳区内)内的测量可以提供用于改善SNR的直接手段,而在这点上,其他替代方案包括应用增加的发射器功率(这通常是用于提高性能的昂贵方法)和/或改进的接收器设计性能(这通常已经相对接近基本的自然极限)。

[0011] 在同时检测和测量多个目标时,光谱分辨率(或保真度)方面出现了一个特殊的挑战:当考虑来自远距离的回波时,可分辨测量体积的尺寸变大,这取决于发射的RF波束13的横向尺寸的持续增长以及降低距离分辨率的技术限制。因此,远场雷达回波由目标的贡献组成,由于其广泛的空间分布,这些目标往往具有越来越不同的特性。这导致了已知的光谱展宽现象,这通常以不可逆的方式恶化测量质量。

发明内容

[0012] 本发明的一个目的是提供一种用于雷达装置的天线组件,以促进检测和区分距天线组件不同距离处的多个不同尺寸的目标,以使得能够以高分辨率和高精度导出检测到的目标的一个或多个特性,而本发明的另一目的是提供一种雷达装置,该雷达装置利用这样的天线组件以便以高分辨率和高精度导出在距天线组件不同距离处的多个不同尺寸的目标的一个或多个特性。

[0013] 根据示例实施例,提供了一种用于雷达装置的天线组件,该天线组件包括:被布置为辐射表示被提供给馈电天线的发射的RF信号的出站无线电波并且捕获表示在馈电天线处接收的入站无线电波的接收的RF信号的馈电天线;以及被布置为将出站无线电波准直成

发射器波束以用于朝向监测方向的传输并且聚焦在聚焦元件处从监测方向接收的接收器波束的入站无线电波以用于在馈电天线处的接收的聚焦元件，其中馈电天线和聚焦元件的布置被配置为将发射器波束作为基本上凹形无线电波序列进行发送并且将接收器波束作为基本上凸形无线电波序列进行接收。

[0014] 根据另一示例实施例，提供了一种雷达装置，该雷达装置包括根据前述示例实施例的天线组件、被布置为向馈电天线提供发射的RF信号的发射器和被布置为接收在馈电天线处捕获的接收的RF信号的接收器、以及被布置为在考虑到发射的RF信号的情况下基于接收的RF信号来确定在监测方向上与天线组件(110)相距一定距离的一个或多个目标(40)的相应特性的处理单元(150)，其中该特性包括以下中的至少一项：一个或多个目标的相应位置、一个或多个目标的相应速度、一个或多个目标的相应尺寸、一个或多个目标相应形状。

[0015] 根据另一示例实施例，提供了一种方法，该方法包括提供天线组件，该天线组件包括：被布置为辐射表示被提供给馈电天线的发射的RF信号的出站无线电波并且捕获表示在馈电天线处接收的入站无线电波的接收的RF信号的馈电天线；以及被布置为将出站无线电波准直成发射器波束以用于朝向监测方向的传输并且聚焦在聚焦元件处从监测方向接收的接收器波束的入站无线电波以用于在馈电天线处的接收的聚焦元件，其中该方法包括操作天线组件以将发射器波束作为基本上凹形波序列进行发送并且将接收器波束作为基本上凸形无线电波序列进行接收。

[0016] 本专利申请中提出的本发明的示例性实施例不应当被解释为对所附权利要求的适用性构成限制。动词“包括”及其派生词在本专利申请中用作公开限制，其不排除也存在未引用的特征。除非另有明确说明，否则下文描述的特征可以相互自由组合。

[0017] 本发明的一些特征在所附权利要求中阐述。然而，当结合附图阅读时，从以下对一些示例实施例的描述中，将能够最好地理解本发明的关于其构造和操作方法以及其附加目的和优点的方面。

附图说明

[0018] 本发明的实施例在附图中以示例的方式而非限制的方式示出，在附图中：

[0019] 图1A和图1B示出了雷达装置的一些组件的框图，并且示意性地示出了本领域已知的雷达装置的操作的一些方面；

[0020] 图2示出了雷达装置的一些组件的框图以及根据示例的雷达装置的一些组件的框图；

[0021] 图3A示意性地示出了根据示例的天线组件的一些方面；

[0022] 图3B示意性地示出了根据示例的天线组件的一些方面；

[0023] 图4和图5示出了经由使用根据示例的天线组件可获取的操作和性能的一些方面；以及

[0024] 图6示出了根据示例的装置的一些组件的框图。

具体实施方式

[0025] 图2示出了根据示例的雷达装置100，包括天线组件110的一些组件的示意图以及雷达装置100的一些(其他)组件的框图。雷达装置100在图2的示例中示出为具有天线组件

110、发射器120、接收器130和处理单元150。雷达装置100可以用于需要同时检测和跟踪多个目标的应用，诸如用于气象和/或大气研究。在这点上，图2提供了雷达装置100的简化图示，仅示出了描述根据本公开的雷达装置100和/或天线组件110的操作和各种有利特性所必需的组件，而雷达装置100和/或天线组件110可以包括图2的图示中未包括的一个或多个组件，而不脱离本公开的范围。

[0026] 天线组件110包括馈电天线111和聚焦元件112，其中馈电天线111可以被布置为发射表示发射的RF信号的出站无线电波，并且其中聚焦元件112可以被布置为将源自馈电天线111的出站无线电波准直或会聚成发射器波束113。聚焦元件112还可以被布置为聚焦(从相反方向)到达聚焦元件112的接收器波束的入站无线电波，以用于在馈电天线111处的接收，以使得能够捕获其中的接收的RF信号。在其操作过程中，雷达装置100被定位为使得从天线组件110发出的发射器波束113被引导到感兴趣的监测方向，而在监测方向上从一个或多个目标回射(或反射、反向散射)的无线电波在天线组件110处在接收器波束中被接收并且被捕获在接收的RF信号中，接收的RF信号描述一个或多个目标的相应特性。

[0027] 因此，馈电天线111包括既适用于发射出站无线电波又适用于接收入站无线电波的天线布置。在这点上，作为示例，天线布置可以包括用于发射出站无线电波和用于接收入站无线电波的单个天线元件，而在另一示例中，天线布置可以包括用于发射出站无线电波的第一天线元件和用于接收入站无线电波的第二天线元件。

[0028] 馈电天线111可以被耦合到发射器120和接收器130。虽然发射器120和接收器130是相应独立逻辑实体，但是包括发射器120和发射器130的实体可以称为收发器。发射器120可以向馈电天线111提供(待)发射的RF信号，而接收器130可以从馈电天线111获取接收的RF信号。发射器120和接收器130中的每个可以被耦合到处理单元150，处理单元150可以被布置为控制发射器120和发射器130的相应操作。处理单元150还可以被布置为实现一个或多个RF处理步骤，诸如基带与所应用的载波频率之间的转换，并且在考虑到发射的RF信号的情况下基于接收的RF信号来导出一个或多个目标的一个或多个特性。在这点上，处理单元150可以应用本领域中已知的并且通常应用于雷达信号处理的信号处理技术，以考虑到发射的RF信号基于接收的RF信号(例如，基于接收的RF信号的频谱特性)来导出例如一个或多个目标的相应一个或多个特性。本文中，为一个或多个目标中的每个而导出的一个或多个特性可以包括以下中的一项或多项：

[0029] -相应目标的位置，

[0030] -相应目标的尺寸，

[0031] -相应目标的形状，以及

[0032] -相应目标的运动(例如，速度)。

[0033] 因此，在一个示例中，雷达装置100可以使得能够同时检测和区分远程位置处的多个目标，并且在距雷达装置100的宽距离范围上导出其相应位置、速度和一个或多个其他特性(诸如其形状和/或尺寸)。在(多个)目标位于近场内(例如，在菲涅耳区内)的情况下也能够实现这样的雷达性能的天线组件110的结构和操作的各个方面在下文中提供的非限制性示例中描述。

[0034] 本公开的意义上的聚焦元件112可以包括能够将出站无线电波准直(或会聚)成发射器波束113并且聚焦接收器波束的入站无线电波以在馈电天线111处进行接收的任何元

件。这样的聚焦元件的示例包括：

[0035] -由介电材料制成的透镜元件，其对由发射器120和接收器130应用的波长下的出站无线电波和入站无线电波是透明的或基本上透明的，并且用于以期望的方式折射出站无线电波和入站无线

[0036] 电波；

[0037] -反射器元件，其用于将出站无线电波反射(例如，准直或会聚)成RF波束113并且用于反射(例如，聚焦)入站无线电波以便以期望的方式在馈电天线111处进行接收，诸如抛物面反射器。

[0038] 聚焦元件112可以相对于馈电天线111定位，使得其用于将出站无线电波准直成发射器波束113并且聚焦接收器波束的入站无线电波以用于在馈送天线111处的接收。特别地，聚焦元件112可以被布置为将源于馈电天线111的出站无线电波准直成发射器波束113的相应凹形波，并且聚焦从一个或多个目标反向散射(或反射、回射)的接收器波束的凸形入站无线电波以在馈电天线111处进行接收。换言之，天线组件110可以被布置为发出呈现凹形相位图的出站无线电波序列并且接收呈现凸形相位图的入站无线电波序列。因此，发射器波束113的出站无线电波可以作为凹形发射波序列113a进行传播，而接收器波束的入站无线电波可以作为凸形接收波序列进行传播。

[0039] 当在与天线组件110相距一定距离处遇到目标40时，凹形波系列113a产生对应反向散射(或反射、回射)波系列143a，该反向散射(或反射、回射)波系列143a具有基本上球形的总体形状，在天线组件110的视角下，其构成凸形形状。特别是在目标40位于近场中的情况下，满足(相对较大)天线孔径的球形反向散射波143a的相应部分仍然表现出与凹形发射波113a的相应形状基本匹配的程度的曲率。因此，在接收的RF信号中捕获的反向散射凸形波143a在接收器130处建设性地相加，并且处理单元150可以将在接收的RF中捕获的波形与发射的RF信号的波形匹配，以便定义目标40的位置以及反向散射过程的幅度和相位，从而能够准确可靠地确定也在近场中的目标40的各种特性。

[0040] 作为示例，雷达装置100在检测和区分目标方面与先前已知的解决方案相比提供显著改进的近场可以被认为覆盖菲涅耳区内的距离范围，即，在距天线组件110的夫琅禾费限制R_F内(例如，更接近)的距离范围。此外，改进的性能还可以扩展到远场的至少一部分，而在距天线组件110更远的距离处的性能可以基本上类似于前面参考图1A和图1B概述的先前已知方法所提供的性能。

[0041] 在各种示例中，从天线组件110发射的发射器波束113的凹形波113a的确切形状和/或曲率范围可以例如取决于馈电天线111、聚焦元件112和/或发射的RF信号的相应特性、以及馈电天线111相对于聚焦元件112的定位。在这点上，作为非限制性示例，凹形波113a可以具有球形或椭球形形状，而在其他示例中，凹形波113a可以呈现出基本上不遵循任何特定几何形状的凹形形状。

[0042] 不管其确切形状如何，如上所述，发射器波束113的凹形波113a可以被应用以提供检测和区分近场(例如，菲涅耳区)中的目标的能力的改进，同时在远场中也保持良好的性能。凹形波113a的曲率范围可能对雷达装置100和/或天线组件110的最佳操作范围产生影响：作为一般规则，可以应用更明显的曲率以将最佳操作范围转向距天线组件110较短的距离，而可以应用不太明显的曲率以将最佳操作范围转向较长的距离。相反，雷达装置100的

最合适的操作范围可以取决于应用于从天线组件110发出的凹形波的曲率范围。在这点上，在一些示例中，雷达装置100可以主要被设计用于在有限的测量范围内进行测量，例如在仅覆盖近场或其一部分的范围内，或者在覆盖近场(或其一部分)的范围内以及与近场紧邻的远场的一部分。在这样的设计中，天线组件110可以被布置为发出曲率范围相对较高的凹形波113a，以优化近场中的检测性能。在其他示例中，雷达装置100可以被设计用于在近场和远场两者中进行测量，因此，天线组件110可以被布置为发出曲率范围相对较低的凹形波113a，以确保在近场中和远场两者中的良好检测性能。

[0043] 图3A示意性地示出了根据示例的天线组件110的一些元件的截面图，其中聚焦元件112包括用作会聚透镜的透镜元件112a。在这点上，透镜元件112a可以包括合适形状的介电材料片，该介电材料片对由发射器120和接收器130应用的波长下的从馈电天线111发射的出站无线电波和在馈电天线111处接收的入站无线电波是透明的或基本上透明的。在这点上，作为示例，透镜元件112a可以包括具有凸形前端的基本上圆形的横截面，其中前端的表面可以具有基本上椭圆形形状，因此透镜元件112a的前端跟随或接近截头长椭球的表面或截头扁椭球的表面。在非限制性示例中，透镜元件112a可以由诸如高密度聚乙烯(HDPE)等聚乙烯(PE)制成。在另一示例中，透镜元件112a可以由交联聚苯乙烯制成，而在其他示例中，透镜元件112a可以由诸如尼龙、氮化硼或石英等材料制成。

[0044] 透镜元件112a的前端或其一部分可以用作天线组件110的天线孔径。馈电天线111可以沿着透镜元件112a的中心轴(在图3A的图示中示出为水平线A)设置在透镜元件112a的相位中心114后面的预定义距离L处。本文中，表述“相位中心114后面的预定义距离L”是指与相位中心114相比更远离天线孔径的空间位置，使得馈电天线111在透镜元件112a的中心轴方向上偏离相位中心114预定义距离L。换言之，馈电天线111可以布置在垂直于透镜元件112a的中心轴并且沿着透镜元件112a的中心轴从相位中心114偏移距离L的(概念)平面上。

[0045] 沿着前面描述的思路，馈电天线111可以包括例如包括单个天线元件(其应用于TX和RX两者)的天线布置，或者包括两个天线元件(其中一个应用于TX，另一个应用于RX)的天线布置。考虑到包括单个天线元件的天线布置，在一个示例中，天线布置可以相对于透镜元件112a设置，使得单个天线元件位于透镜元件112a的中心轴处，而在另一示例中，天线布置可以相对于透镜元件112a设置，使得单个天线元件偏离透镜元件112a的中心轴。考虑到包括两个天线元件的天线布置，在一个示例中，天线布置可以相对于透镜元件112a设置，使得两个天线元件中的一个天线元件位于透镜元件112a的中心轴处，而在另一示例中，天线布置可以相对于透镜元件112a设置，使得两个天线元件都偏离透镜元件112a的中心轴。

[0046] 虽然图3A的示例(也)用于说明馈电天线111的位置偏离透镜元件112a的相位中心的概念，但也可以认为它表示在透镜元件112a的后端与馈电天线111之间存在空的空间(例如，气隙)的布置。图3B示意性地示出了根据另一示例的天线组件110的一些元件的截面图，其中透镜元件112a在概念上包括前部112b(其对应于图3A的透镜元件112a)和后部112c，后部112c填充馈电天线111与前部112b之间的空间，使得馈电天线111在紧靠后部112c(其后端)定位时从相位中心114偏移距离L。换言之，当馈电天线111紧靠后部112c定位时，后部112c的厚度可以导致将馈电天线111布置在距相位中心114的距离L处。后部112c可以具有基本上圆柱形的形状，并且它可以具有与前部112b的后端(即，透镜元件112b的与其前端相对的一侧)的横截面基本上相同的横截面。后部112c可以由与前部112b相同的材料制成，并

且前部112b和后部112c可以被提供为用作透镜元件112a的单件实体。

[0047] 图3A和图3B的示意图将透镜元件112a描绘为平凸透镜，而在各种示例中，透镜元件112a可以包括任何类型的会聚透镜元件，例如平凸透镜或双凸透镜。在一个示例中，透镜元件112a包括轴向对称的透镜，其中透镜元件112a的中心轴也用作其对称轴，而在另一示例中，透镜元件112a可以包括轴向不对称的透镜元件。

[0048] 尽管上面参考图3A和图3B中示意性示出的透镜元件112a进行了描述，但是关于馈电天线111相对于用作聚焦元件112的透镜元件112a的相位中心114的位置的上述描述也适用于聚焦元件112被提供为反射器元件的情况(经过必要的修改)。

[0049] 在这点上，将馈电天线111定位在聚焦元件112的相位中心114后面导致将发射器波束113作为由凹形波序列组成的波束进行发射，而考虑到发射的RF信号、馈电天线111和聚焦元件112的相应特性适当选择距离L，馈电天线111相对于聚焦元件112的这样的定位导致其中凹形传输波113a具有期望的曲率范围的发射器波束113。在这点上，增加距离L导致凹形波113a的曲率增加，而相反，减小距离L导致凹形波113a的曲率减小。此外，将距离L减小到零(即，L＝0)导致从天线组件110传输平面波而不是凹形波113a，从而提供与经由使用前面参考图1A和图1B概述的先前已知方法可获取的性能基本上相似的性能。距离L可以考虑到聚焦元件112的形状和尺寸根据凹形发射波113a的期望曲率范围来选择。在这点上，作为示例，距离L可以被定义为聚焦元件112的横截面的直径的预定义部分，例如定义为(机械)天线孔径的直径的预定义部分，其中该预定义部分可以是从0到10％的范围中选择的非零值(例如，3％)。因此，在使用图3A和图3B的示例的透镜元件112a作为聚焦元件112的情况下，这对应于透镜元件112a的基本上圆形横截面的直径的0％至10％的范围(例如，3％)。

[0050] 在一个示例中，雷达装置100可以依赖于调频连续波(FMCW)传输和接收。在这点上，作为示例，发射器120和接收器130可以被实现为多普勒收发器，该多普勒收发器被布置为应用调频连续波(FMCW)传输和接收，其可以称为FMCW多普勒收发器。在另一示例中，代替应用FMCW方法，雷达装置100可以依赖于脉冲传输(和接收)，该脉冲传输(和接收)涉及交替的用于发射凹形波系列113a(即，传输脉冲)的传输时段和用于接收对应反向散射波143a的接收时段。在这种方法中，所应用的传输时段优选地相对较短，因为反向散射波143a的接收在传输时段期间基本上被阻断，因此使用相对较短的传输脉冲允许检测和跟踪(也)驻留在近场内的目标。

[0051] 虽然根据本公开的天线组件110可以应用于RF波长，但在非限制性示例中，可以应用从一毫米以下到几十毫米(例如，5毫米)范围内的载波波长。这样的载波波长使得能够使用几百MHz的范围内或甚至几GHz的范围内(取决于所应用的载波波长)的RF带宽，这进而实现了相对较高的空间分辨率，例如，在气象或大气应用中，例如对于检测降水颗粒、云颗粒和/或环境空气的其他成分、以及对于检测雷达环境中的其他物体，这可能是有利的。

[0052] 图4和图5示出了当测量在近场内(例如，在菲涅耳区内)的目标时，经由建模和测量而确定的与根据前面参考图1A和图1B概述的先前已知方法的天线组件10的操作和特性相比根据本公开的天线组件110的操作和性能的一些方面。在这点上，图4的图示(A)描绘了经由使用天线组件10(其表示先前已知的天线布置)而发射(上图)和接收(下图)的无线电波的相应相位图，而图4的图示(B)描绘了使用根据本公开的天线组件110而发射(上图)和接收(下图)的无线电波的相应相位图。在这点上，图(A)所示的相位图是经由将馈电天线11

定位在透镜元件11的相位中心处而获取的，而图(B)所示的相位图是经由将馈电天线111布置在在透镜元件112的中心轴的方向上偏离透镜元件112的相位中心114大约为聚焦元件112的横截面的3％的位置处而获取的。如图(A)所示，在天线组件10的情况下，相应发射和接收相位图在发射器波束113和接收器波束的主要(或中心)部分中基本上是平面的，而在天线组件110的情况下，发射和接收相位图在发射器波束113和接收器波束的主要(或中心)部分中呈现出基本上凹形的形状。

[0053] 此外，在这点上，图5示出了针对在近场内(例如，在菲涅耳区内)的目标经由使用天线组件10和天线组件110可获取的近场内的特定距离处的示例性目标的接收的RF信号的相应强度(作为目标方向的函数)：图5的图示(A)示出了经由使用天线组件10可获取的接收的RF信号的信噪比(SNR)(作为目标方向(表示为目标方向与透镜元件12的中心轴之间的角度)的函数)，而图5的图示(B)描绘了经由使用天线组件110可获取的接收的RF信号的SNR(作为目标方向(表示为目标方向与透镜元件112a的中心轴之间的角度)的函数)。如相应图(A)和(B)所示，与天线组件10相比，天线组件110的使用在接收器波束的主要(例如，中心)部分内提供大约6dB的SNR改善(即，大约改善四倍)，由此表明在检测和/或跟踪近场(例如，在菲涅耳区)中的小目标方面具有显著优势。此外，与在经由使用天线组件10可获取的接收的RF信号中相比，在经由使用天线组件110可获取的接收的RF信号中，接收器波束的主要(例如，中心)部分(例如，主瓣)和接收器波束的侧部(例如，旁瓣)中的相应信号电平的比率明显较大，这同样表明，经由增加从位于感兴趣的监测方向上的目标反向散射的信号分量(由主瓣表示)与从位于感兴趣的监测方向周围的目标随机反向散射的信号分量(由旁瓣表示)之间的裕度，可以提供实质性的优点。

[0054] 本公开中描述的雷达装置100和天线组件110经由在包括落入菲涅耳区内的距离在内的短距离内实现操作，使得能够提高检测表示相应小目标的弱信号的灵敏度：因为反向散射信号随着距天线组件110的距离的增加而强烈衰减，所公开的能够(也)在近场中进行测量的天线设计显著提高了检测感兴趣的小目标的能力。通过考虑来自包括菲涅耳区在内的最短可行范围的反向散射RF信号，可以高精度地确定表示来自多个目标的回波的捕获的RF信号的光谱特征，因为

[0055] -回波通常来自较少数目的目标，从而能够经由处理单元150的操作对其进行更详细和准确的分析，以及

[0056] -由于目标的接近(空间)，回波可以与目标的同质集合相关联。

[0057] 在气象应用中，这可以实现对目标的检测，诸如空气中的小成分、毛毛雨、雾滴、大型气溶胶颗粒等。此外，尽管发射器波束113的横向尺寸无论如何在近场中是最小的，但是凹形波113a可能导致发射器波束113在近场内(例如，在菲涅耳区内)进一步准直。因此，与先前已知的解决方案相比，近场内的测量体积较小，这与所公开的天线组件110所实现的相对较高的空间分辨率一起有利于同时检测可以例如在其尺寸和速度方面具有变化的特性的多个目标。此外，当优化或甚至限制近场测量时，杂波管理与先前已知的解决方案相比变得更加直接。

[0058] 在上文中，通过参考使用天线组件110的雷达装置100的操作和/或特性来描述天线组件110中的各种特性和操作以及由其使用产生的优点。虽然雷达装置100中的使用可以构成重要的应用场景，但所公开的天线组件110同样适用于涉及RF信号的传输和接收的其

他应用。在这点上，天线组件110的使用可以概括为方法的形式，该方法包括：

[0059] -提供天线组件110，该天线组件110包括馈电天线111和聚焦元件112，馈电天线111被布置为辐射表示被提供给馈电天线111的发射的RF信号的出站无线电波并且捕获表示在馈电天线111处接收的入站无线电波的接收的RF信号，聚焦元件112被布置为将出站无线电波准直成发射器波束113以用于朝向监测方向的传输并且聚焦在聚焦元件112处从监测方向接收的接收器波束的

[0060] 入站无线电波以用于在馈电天线111处的接收；以及

[0061] -操作天线组件110以将发射器波束113作为基本上凹形波序列113a进行发射并且将接收器波束作为基本上凸形无线电波序列进行接收。

[0062] 上述方法可以以多种方式实现、改变和/或补充，例如，如上文和/或下文中参考雷达装置100和/或天线组件110所述。

[0063] 图6示出了装置200的一些组件的框图，该装置200可以用于实现前面参考处理单元150描述的操作。装置200包括处理器210和存储器220。存储器220可以存储数据和计算机程序代码225。装置200还可以包括用于与其他装置进行有线或无线通信的通信部件230。通信部件230可以实现与作为雷达装置100的一部分而提供的装置和/或与雷达装置100外部的装置的通信。作为前者的示例，通信部件230可以实现与发射器120和/或接收器130的通信。该装置还可以包括用户I/O(输入/输出)组件240，用户I/O组件240可以与处理器210和计算机程序代码225的一部分一起被布置为提供用于从用户接收输入和/或向用户提供输出的用户接口。具体地，用户I/O组件可以包括用户输入部件，诸如一个或多个键或按钮、键盘、触摸屏或触摸板等。用户I/O组件可以包括输出部件，诸如显示器或触摸屏。装置200的组件经由总线250彼此通信耦合，总线250使得能够在组件之间传输数据和控制信息。

[0064] 存储器220和存储在其中的计算机程序代码225的一部分可以与处理器210一起进一步被布置为引起装置200执行前面描述的处理单元150的操作的至少一些方面。处理器210被配置为从存储器220读取和向存储器220写入。尽管处理器210被描绘为相应单个组件，但是它可以被实现为相应一个或多个单独的处理组件。类似地，尽管存储器220被描绘为相应单个组件，但是它可以被实现为相应一个或多个单独的组件，其中的一些或全部组件可以是集成的/可移除的和/或可以提供永久/半永久/动态/高速缓存的存储。

[0065] 计算机程序代码225可以包括当加载到处理器210中时实现上述处理单元150的操作的至少一些方面的计算机可执行指令。作为示例，计算机程序代码225可以包括由一个或多个指令的一个或多个序列组成的计算机程序。处理器210能够通过从存储器220读取其中包括的一个或多个指令的一个或者多个序列来加载和执行计算机程序。一个或多个指令的一个或多个序列可以被配置为在由处理器210执行时引起装置200执行上述处理单元150的操作的至少一些方面。因此，装置200可以包括至少一个处理器210和至少一个存储器220，该存储器220包括用于一个或多个程序的计算机程序代码225，至少一个存储器220和计算机程序代码225被配置为与至少一个处理器210一起引起装置200执行上述处理单元150的操作的至少一些方面。

[0066] 可以提供计算机程序代码225，例如，计算机程序产品包括至少一个计算机可读非暂态介质，该介质上存储有计算机程序代码225，该计算机程序码225在由处理器210执行时引起装置200执行上述处理单元150的操作的至少一些方面。计算机可读非暂态介质可以包

括存储器设备或记录介质,诸如CD-ROM、DVD、蓝光光盘、或有形地体现计算机程序的另一制品。作为另一示例,计算机程序可以被提供为被配置为可靠地传输计算机程序的信号。

[0067] 本文中对处理器的(多个)引用不应当理解为仅包括可编程处理器,还包括专用电路,诸如现场可编程门阵列(FPGA)、专用电路(ASIC)、信号处理器等。在前面的描述中描述的特征可以用于除明确描述的组合之外的组合。

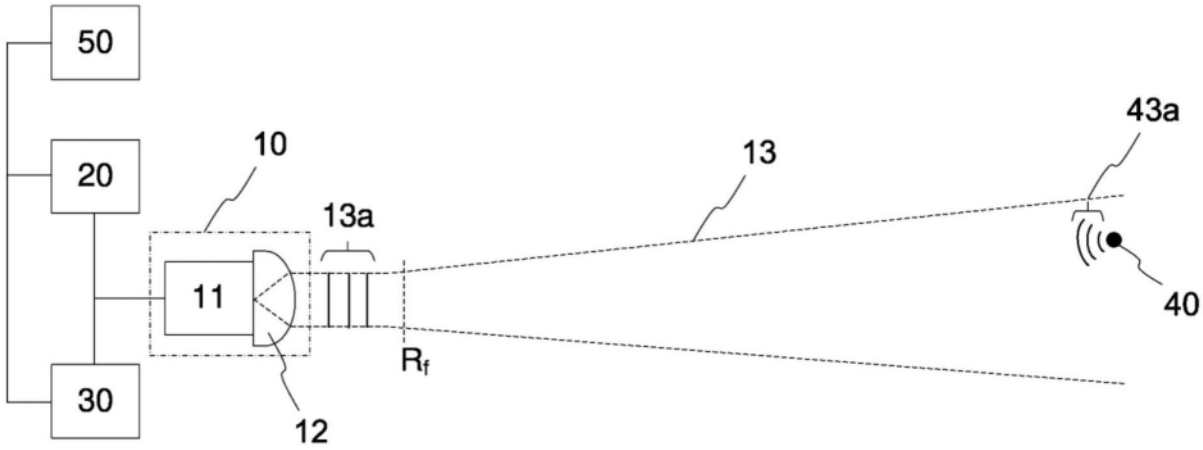


图1A

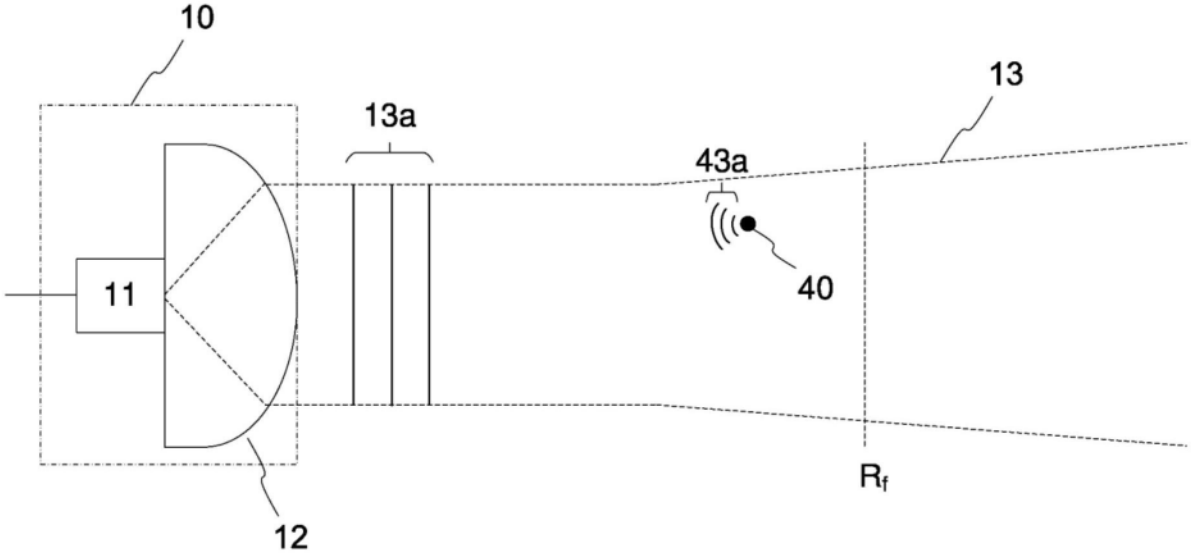


图1B

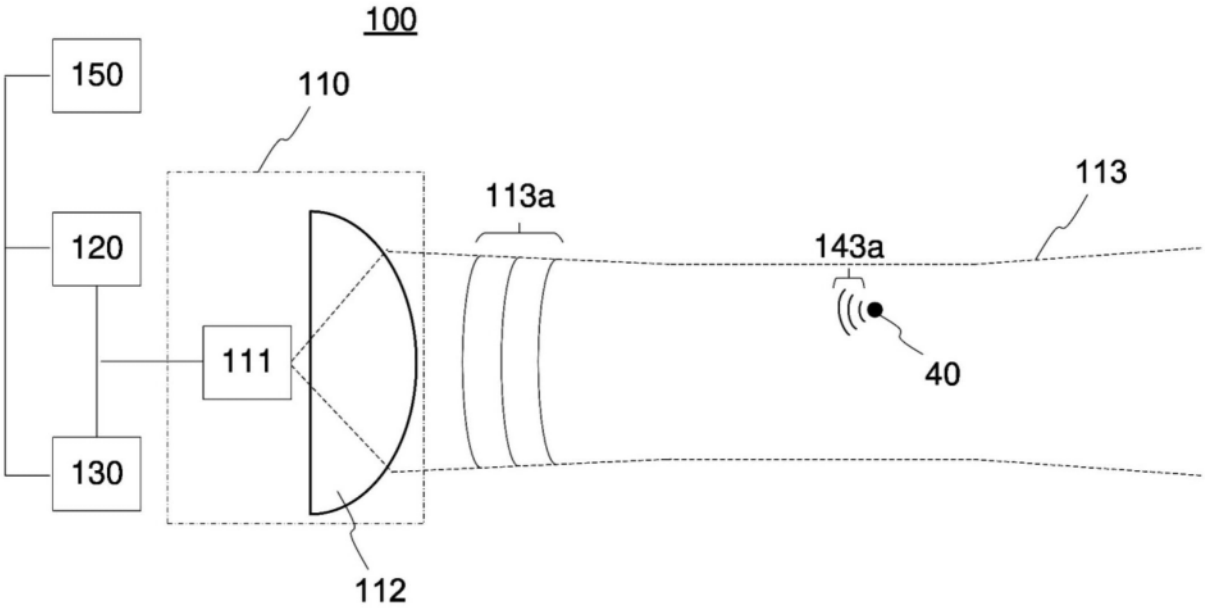

100
150
110
113a
113
120
143a
111
40
130
112

图2

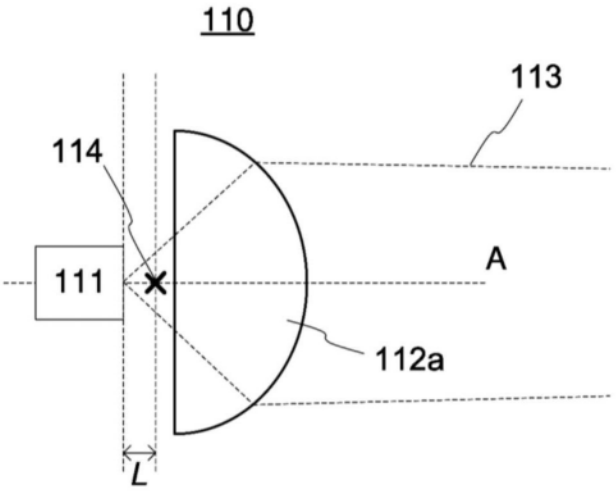

110
113
114
A
111
112a
L

图3A

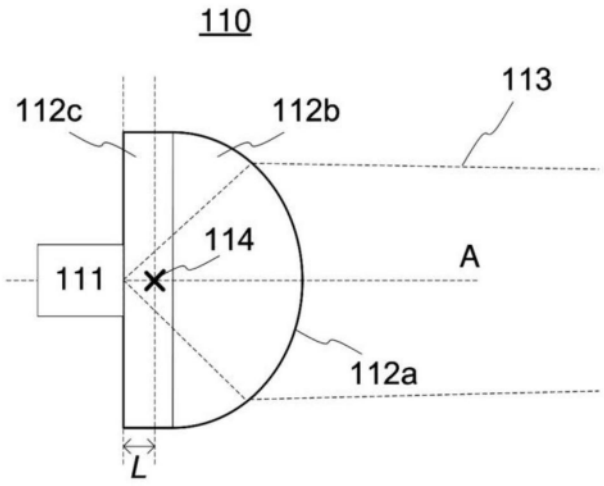


图3B

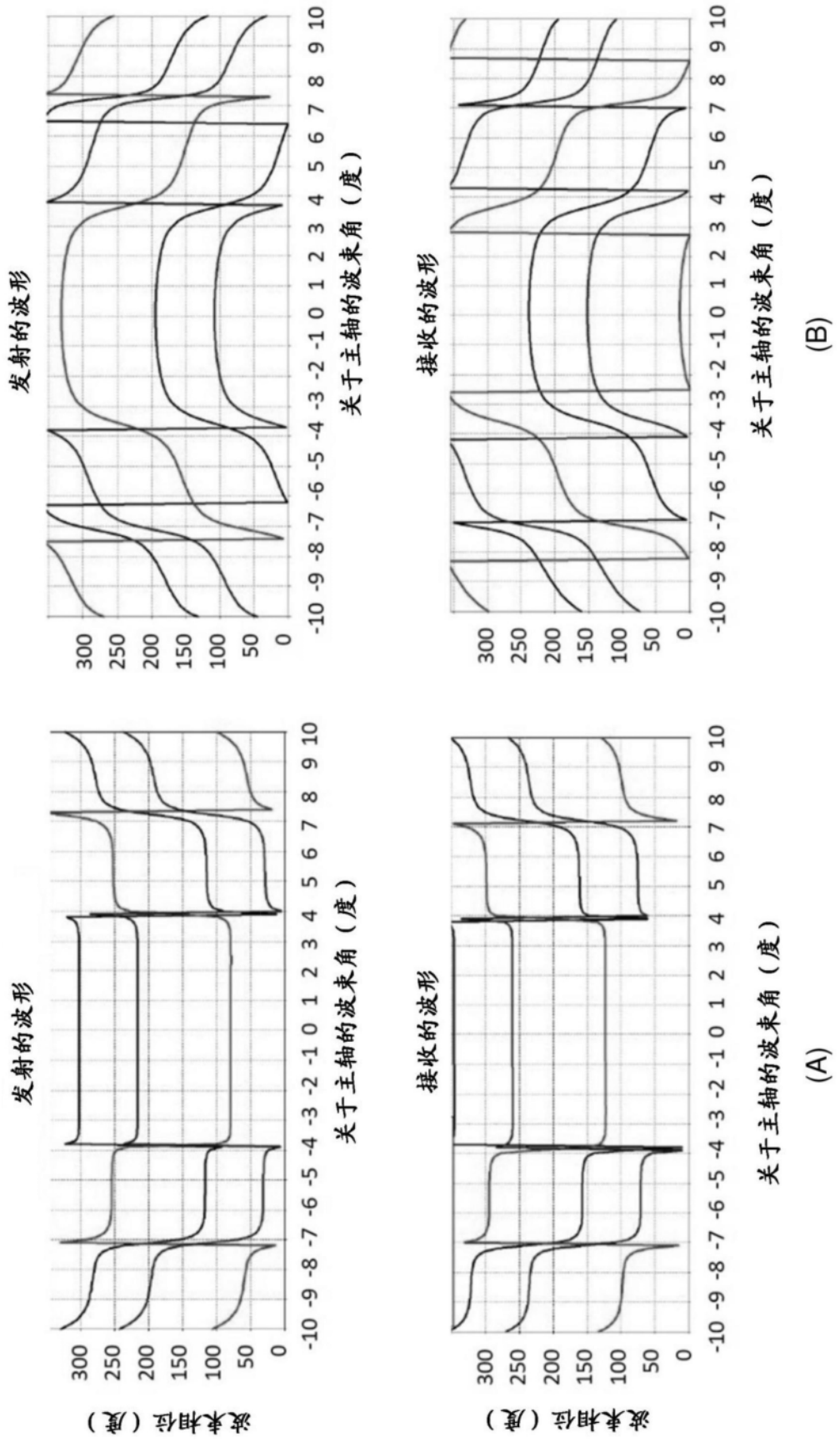


图4

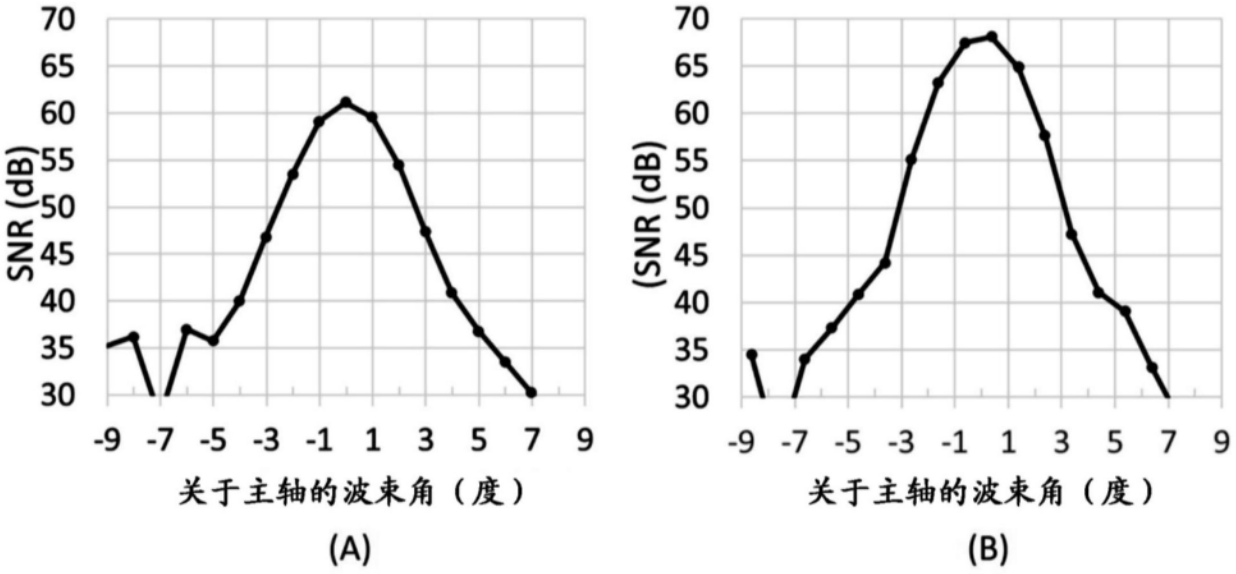

70
65
60
55
50
45
40
35
30
SNR (dB)
-9 -7 -5 -3 -1 1 3 5 7 9
关于主轴的波束角（度）
(A)
70
65
60
55
50
45
40
35
30
(SNR (dB)
-9 -7 -5 -3 -1 1 3 5 7 9
关于主轴的波束角（度）
(B)

图5

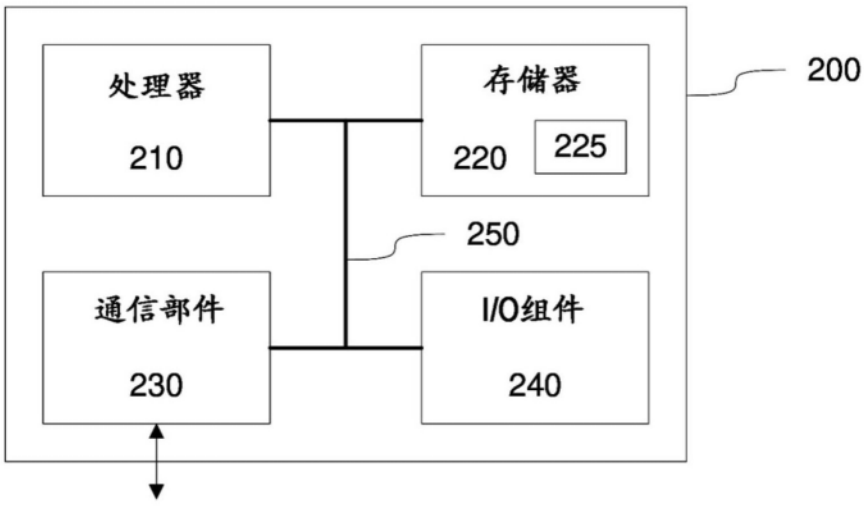

处理器
210
存储器
220
225
200
250
通信部件
230
I/O组件
240

图6