

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2024 年 1 月 4 日 (04.01.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/001076 A1

- (51) 国际专利分类号:
H04W 4/02 (2018.01) *H01Q 21/00* (2006.01)
H01Q 1/36 (2006.01) *H01Q 1/24* (2006.01)
H01Q 3/26 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2022/139745
- (22) 国际申请日: 2022 年 12 月 16 日 (16.12.2022)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202210736182.3 2022年6月27日 (27.06.2022) CN
- (71) 申请人: **OPPO** 广东移动通信有限公司 (**GUANGDONG OPPO MOBILE TELECOMMUNICATIONS CORP., LTD.**) [CN/CN]; 中国广东省东莞市长安镇乌沙海滨路 18 号, Guangdong 523860 (CN)。
- (72) 发明人: 雍征东 (**YONG, Zhengdong**); 中国广东省东莞市长安镇乌沙海滨路 18 号, Guangdong 523860 (CN)。
- (74) 代理人: 广州三环专利商标代理有限公司 (**SCIHEAD IP LAW FIRM**); 中国广东省广州市

越秀区先烈中路 80 号汇华商贸大厦 1508 室, Guangdong 510070 (CN)。

- (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

(54) **Title:** TERMINAL DEVICE AND COMMUNICATION SYSTEM

(54) 发明名称: 终端设备及通信系统

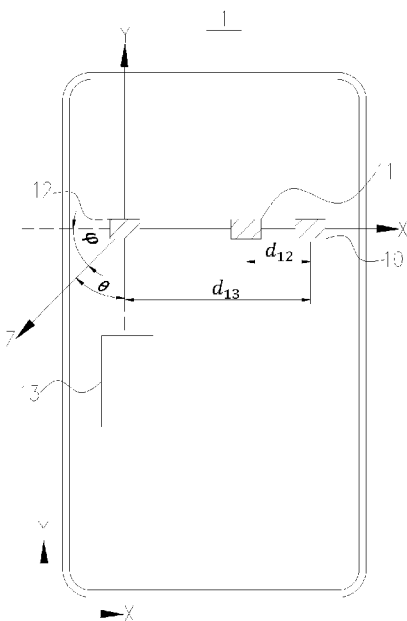


图 4

(57) **Abstract:** Provided in the present application are a terminal device and a communication system. The terminal device comprises a first antenna radiation body, a second antenna radiation body, a third antenna radiation body and a processor. Both the second antenna radiation body and the third antenna radiation body are arranged in a first target direction with the first antenna radiation body. At least one of a second distance between the phase center of the third antenna radiation body and the phase center of the first antenna radiation body and a first distance between the phase center of the second antenna radiation body and the phase center of the first antenna radiation body is greater than half the wavelength of a first electromagnetic wave signal. The processor determines an angle of arrival of the first electromagnetic wave signal according to a first phase difference between the first antenna radiation body and the second antenna radiation body for receiving the first electromagnetic wave signal, a second phase difference of the third antenna radiation body and the first antenna radiation body for receiving the first electromagnetic wave signal, the first distance and the second distance. In the terminal device and the communication system, the arrangement degree of freedom of antenna radiation bodies, and the precision of an angle of arrival are relatively high.



本国际公布：
— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 本申请提供一种终端设备及通信系统。终端设备包括第一天线辐射体、第二天线辐射体、第三天线辐射体及处理器。第二天线辐射体、第三天线辐射体皆与第一天线辐射体沿第一目标方向排列。第三天线辐射体的相位中心与第一天线辐射体的相位中心之间的第二间距与第二天线辐射体的相位中心与第一天线辐射体的相位中心之间第一间距中的至少一者大于第一电磁波信号的半波长。处理器根据第一天线辐射体与第二天线辐射体之间接收第一电磁波信号的第一相位差、第三天线辐射体与第一天线辐射体之间接收第一电磁波信号的第二相位差、第一间距、第二间距确定第一电磁波信号的到达角。终端设备及通信系统的天线辐射体排布自由度、到达角的精度较高。

终端设备及通信系统

本申请要求于 2022 年 06 月 27 日提交至中国专利局，申请号为 202210736182.3，申请名称为“终端设备及通信系统”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请涉及定位技术领域，具体涉及一种终端设备及通信系统。

背景技术

基于终端设备的天线辐射体接收电磁波信号的相位差可确定到达角，实现定位。其中，天线辐射体接收电磁波信号的相位差与天线辐射体的相位中心之间的间距相关。相关技术中，天线辐射体的排布要求较高，所确定的到达角的精度较低。

发明内容

本申请提供了一种能够提高到达角精度的终端设备及通信系统。

一方面，本申请提供了一种终端设备，包括：

第一天线辐射体，用于接收待测设备发射的第一电磁波信号；

第二天线辐射体，与所述第一天线辐射体沿第一目标方向排列，并用于接收所述第一电磁波信号，所述第二天线辐射体的相位中心与所述第一天线辐射体的相位中心之间的间距为第一间距；

第三天线辐射体，与所述第一天线辐射体沿所述第一目标方向排列，并用于接收所述第一电磁波信号，所述第三天线辐射体的相位中心与所述第一天线辐射体的相位中心之间的间距为第二间距，其中，所述第二间距与所述第一间距中的至少一者大于所述第一电磁波信号的半波长；

处理器，用于获取所述第一天线辐射体与所述第二天线辐射体之间接收所述第一电磁波信号的第一相位差，以及获取所述第三天线辐射体与所述第一天线辐射体之间接收所述第一电磁波信号的第二相位差，并用于根据所述第一相位差、所述第二相位差、所述第一间距、所述第二间距确定所述第一电磁波信号的到达角。

另一方面，本申请还提供了一种通信系统，包括待测设备及所述的终端设备，所述待测设备用于向所述终端设备发射所述第一电磁波信号。

本申请提供的终端设备通过设置第一天线辐射体、第二天线辐射体、第三天线辐射体及处理器，使第一天线辐射体、第二天线辐射体及第三天线辐射体皆用于接收第一电磁波信号，由于第二天线辐射体与第一天线辐射体沿第一目标方向排列，第三天线辐射体与第一天线辐射体沿第一目标方向排列，且第二天线辐射体的相位中心与第一天线辐射体的相位中心之间的间距为第一间距，第三天线辐射体的相位中心与第一天线辐射体的相位中心之间的间距为第二间距，第二间距与第一间距中的至少一者大于第一电磁波信号的半波长，因此可使第一天线辐射体与第二天线辐射体，第一天线辐射体与第三天线辐射体中的至少一者摆脱相位中心之间的间距小于或等于电磁波信号的半波长的限制，提高天线辐射体的排布自由度，便于终端设备的布局。处理器根据第一天线辐射体与第二天线辐射体之间接收第一电磁波信号的第一相位差、第三天线辐射体与第一天线辐射体之间接收第一电磁波信号的第二相位差、第一间距、第二间距确定第一电磁波信号的到达角，可用于实现待测设备的定位。而第二间距与第一间距中的至少一者大于第一电磁波信号的半波长，可提高所确定的到达角的精度。本申请提供的通信系统因具有上述终端设备，因此定位精度较高。

附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例的技术方案，下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍。

图 1 为本申请实施例提供的一种通信系统的示意图；

图 2 为终端设备的两个天线辐射体确定到达角的原理示意图；

图 3 为图 2 所示终端设备的天线辐射体接收第一电磁波信号的信号相位差与到达角的一种关系示意图；

图 4 为图 1 所示通信系统中终端设备的一种结构示意图，其中，第一天线辐射体、第二天线辐射体及第三天线辐射体依次排列；

图 5 为图 2 所示终端设备的天线辐射体接收第一电磁波信号的信号相位差与到达角的另一种关系示意图；

图 6 为图 4 所示终端设备的第一天线辐射体可以位于第二天线辐射体及第三天线辐射体之间的结构示意图；

图 7 为图 1 所示通信系统中终端设备的另一种结构示意图，其中，第一天线辐射体、第二天线辐射体及第三天线辐射体依次排列；

图 8 为图 7 所示终端设备的第一天线辐射体可以位于第二天线辐射体与第三天线辐射体之间的结构示

意图；

图 9 为图 1 所示通信系统中终端设备的再一种结构示意图，其中，第一天线辐射体位于第二天线辐射体与第三天线辐射体之间；

图 10 为图 9 所示终端设备的第一天线辐射体、第二天线辐射体及第三天线辐射体可以依次排列的结构示意图；

图 11 为图 4 所示终端设备还包括三个第一信号接收单元的电路框图；

图 12 为图 4 所示终端设备包括一个信号发射单元、两个第一信号接收单元和切换开关的电路框图；

图 13 为图 4 所示终端设备还包括第四天线辐射体的结构示意图，其中，第四天线辐射体与第一天线辐射体沿第二目标方向排列，第二目标方向与第一目标方向垂直；

图 14 为图 13 所示终端设备的第四天线辐射体与第一天线辐射体沿第二目标方向排列，且第二目标方向与第一目标方向可以不垂直的结构示意图；

图 15 为图 13 所示终端设备的第四天线辐射体和第二天线辐射体共用同一第一信号接收单元的电路框图；

图 16 为图 13 所示终端设备还包括第五天线辐射体的一种结构示意图，其中，第一天线辐射体、第四天线辐射体及第五天线辐射体依次排列的结构示意图；

图 17 为图 16 所示终端设备的第一天线辐射体可以位于第四天线辐射体与第五天线辐射体之间的结构示意图；

图 18 为图 16 所示终端设备还包括第五天线辐射体的另一种结构示意图，其中，第一天线辐射体、第四天线辐射体及第五天线辐射体依次排列；

图 19 为图 18 所示终端设备的第一天线辐射体可以位于第四天线辐射体及第五天线辐射体之间的结构示意图；

图 20 为图 16 所示终端设备还包括第五天线辐射体的再一种结构示意图，其中，第一天线辐射体位于第四天线辐射体与第五天线辐射体之间；

图 21 为图 20 所示终端设备的第一天线辐射体、第四天线辐射体及第五天线辐射体可以依次排列的结构示意图。

具体实施方式

下面将结合附图，对本申请的技术方案进行清楚、完整地描述。显然，本申请所描述的实施例仅仅是一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请提供的实施例，本领域普通技术人员在没有付出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例，都属于本申请的保护范围。在本申请中提及“实施例”意味着，结合实施例所描述的特定特征、结构或特性可以包含在本申请的至少一个实施例中。在说明书的各个位置出现该短语并不一定均是指相同的实施例，也不是与其它实施例互斥的、独立的或备选的实施。本领域技术人员可以显式地和隐式地理解的是，本申请所描述的实施例可以与其它实施例相结合。本申请的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别不同对象，而不是用于描述特定顺序。此外，术语“包括”和“具有”以及它们任何变形，意图在于覆盖不排他的包含。例如：包含了一个或多个零部件的组件或设备没有限定于已列出的一个或多个零部件，而是可选地还包括没有列出的但所示例的产品固有的一个或多个零部件，或者基于所说明的功能其应具有的一个或多个零部件。

如图 1 所示，图 1 为本申请实施例提供的一种通信系统 100 的示意图。通信系统 100 包括待测设备 2 和终端设备 1。其中，待测设备 2 用于向终端设备 1 发射第一电磁波信号。可以理解的，待测设备 2 包括能够发射第一电磁波信号的天线辐射体 21。待测设备 2 可以是但不限于：笔记本电脑、平板电脑、移动设备(例如，移动电话(手机)、便携式音乐播放器、个人数字助理、专用消息设备、便携式游戏设备、车载设备以及可穿戴设备)等；还可以是佩戴在人、宠物、物等上的标签设备、智能家居等。终端设备 1 包括多个天线辐射体组成的阵列。终端设备 1 的天线辐射体能够接收待测设备 2 的天线辐射体 21 发射的第一电磁波信号。终端设备 1 可以是但不限于：笔记本电脑、平板电脑、移动设备(例如，移动电话(手机)、便携式音乐播放器、个人数字助理、专用消息设备、便携式游戏设备、车载设备以及可穿戴设备)等。本申请实施例中待测设备 2、终端设备 1 皆以手机为例。

其中，待测设备 2 向终端设备 1 发射的第一电磁波信号包括但不限于为超宽带(Ultra Wide Band, UWB)信号、蓝牙信号、全球定位系统(Global Positioning System, GPS)信号等。本申请实施例以 UWB 信号为例进行说明。UWB 是一种短距离的无线通信方式，其传输距离通常在 10m 以内，使用 1GHz 以上带宽。UWB 不采用载波，而是利用纳秒至微秒级的非正弦波窄脉冲传输数据，因此，其所占的频谱范围很宽，适用于高速、近距离的无线个人通信。FCC 规定，UWB 的工作频段范围从 3.1GHz 到 10.6GHz，最小工作频宽为 500MHz。目前主流的 UWB 频段的中心频率为 6.5GHz 和 8GHz，带宽要求 500MHz 以上。

通信系统 100 实现到达角(Angle of Arrival, AOA)测量的基本原理可以理解为：待测设备 2 通过天线辐射体 21 发射第一电磁波信号。由于终端设备 1 的多个天线辐射体与待测设备 2 的天线辐射体之间的距

离不同,因此待测设备2发射的第一电磁波信号到达终端设备1的多个天线辐射体的路径不同,即引入了额外的路径差,从而第一电磁波信号到达多个天线辐射体形成额外的时间差,额外的时间差使得终端设备1接收的第一电磁波信号产生信号相位PDOA差(Phase Difference of Arrival, PDOA)。其中,信号相位差PDOA与第一电磁波信号的波长、多个天线辐射体之间的相位中心的间距以及到达角AOA相关。因此,在第一电磁波信号的波长已知时,通过终端设备1的多个天线辐射体接收第一电磁波信号的信号相位差PDOA、多个天线辐射体之间的相位中心的间距可以确定到达角AOA。

如图2所示,图2为二维坐标系中终端设备1的两个天线辐射体确定到达角AOA的原理示意图。其中, D 远远大于 λ ,因此, $\theta_1 \approx \theta_2 \approx \theta$ 。 λ 为第一电磁波信号的波长。终端设备1的两个天线辐射体之间额外的路径差为 d_1 , $d_1 = d \cos \theta = d \sin \alpha$ 。 d 为终端设备1的两个天线辐射体的相位中心之间的间距。终端设备1的两个天线辐射体之间额外的时间差为 t_1 , $t_1 = \frac{d \sin \alpha}{c}$ 。 c 为波速。信号相位差PDOA为 $\Delta\varphi$, $\Delta\varphi = \text{PDOA} = \frac{360^\circ}{\lambda} d \sin \alpha$ 。到达角AOA为 α , $\alpha = \text{AOA} = \text{asin} \frac{\lambda \Delta\varphi}{360^\circ \cdot d}$ 。

如图3所示,图3为图2所示终端设备1的天线辐射体接收第一电磁波信号的信号相位差PDOA与到达角AOA的曲线关系图。基于第一电磁波信号的中心频率为6.5GHz和8GHz,可以得到第一电磁波信号的波长 λ 为36.4mm~48mm。半波长 $\lambda/2$ 为18.2mm~24mm。以下实施例中在未明确说明的情况下以第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 为18mm为例。图3中(a)、(b)、(c)分别给出了两个天线辐射体的相位中心之间的间距为5mm、10mm、15mm以及两个天线辐射体的相位中心之间的间距为半波长 $\lambda/2$ 时的信号相位差PDOA曲线,从图3中可以看出当两个天线辐射体的相位中心之间的间距小于半波长 $\lambda/2$ 时,信号相位差PDOA曲线的斜率减小,所确定的到达角AOA的精度较低。为此,本申请提出了一种终端设备1,有利于提高到达角AOA的测量精度,且天线辐射体的排布自由度较高。

如图4所示,图4为本申请提供的终端设备1的结构示意图。终端设备1包括第一天线辐射体10、第二天线辐射体11、第三天线辐射体12及处理器13。

第一天线辐射体10可以为形状规则(例如:三角形、矩形、方形、圆形、其他多边形、球形等)的天线辐射体,也可以为异形(例如:F形、E形等)的天线辐射体。第一天线辐射体10的材质可以为金属、合金、碳纤维、复合高分子等导电材质。以终端设备1为手机为例,第一天线辐射体10可以位于终端设备1的显示屏内、显示屏与后盖之间、后盖上等。本申请对于第一天线辐射体10在终端设备1内的位置及尺寸不作具体的限定。第一天线辐射体10的相位中心为第一天线辐射体10电磁辐射的等效点源的位置。当第一天线辐射体10为形状规则的天线辐射体时,第一天线辐射体10的相位中心可以理解第一天线辐射体10的几何中心,允许存在少许的偏差。当第一天线辐射体10为异形天线辐射体时,第一天线辐射体10的相位中心可能位于第一天线辐射体10的几何中心,也可能位于第一天线辐射体10在任一方向(例如:第一目标方向、第二目标方向等)的中心,还可能位于第一天线辐射体10的其他位置。以下实施例中,在未明确说明的情况下以第一天线辐射体10的相位中心即第一天线辐射体10的几何中心为例。第一天线辐射体10用于接收第一电磁波信号。

第二天线辐射体11可以为形状规则(例如:三角形、矩形、方形、圆形、其他多边形、球形等)的天线辐射体,也可以为异形(例如:F形、E形等)的天线辐射体。第二天线辐射体11的材质可以为金属、合金、碳纤维、复合高分子等导电材质。以终端设备1为手机为例,第二天线辐射体11可以位于终端设备1的显示屏内、显示屏与后盖之间、后盖上等。本申请对于第二天线辐射体11在终端设备1内的位置及尺寸不作具体的限定。第二天线辐射体11的相位中心为第二天线辐射体11电磁辐射的等效点源的位置。当第二天线辐射体11为形状规则的天线辐射体时,第二天线辐射体11的相位中心可以理解第二天线辐射体11的几何中心,允许存在少许的偏差。当第二天线辐射体11为异形天线辐射体时,第二天线辐射体11的相位中心可能位于第二天线辐射体11的几何中心,也可能位于第二天线辐射体11在任一方向(例如:第一目标方向、第二目标方向等)的中心,还可能位于第二天线辐射体11的其他位置。以下实施例中,在未明确说明的情况下以第二天线辐射体11的相位中心即第二天线辐射体11的几何中心为例。第二天线辐射体11的形状、材质、尺寸可以与第一天线辐射体10的形状、材质、尺寸相同也可以不同。第二天线辐射体11用于接收第一电磁波信号。第二天线辐射体11与第一天线辐射体10沿第一目标方向排列。第一目标方向可以是水平方向、垂直方向或其他方向。其中,水平方向可以理解为终端设备1的宽度方向,可参照附图中的X轴方向;垂直方向可以理解为终端设备1的长度方向,可参照附图中的Y轴方向。以下实施例中以第一目标方向为水平方向为例。第二天线辐射体11的相位中心与第一天线辐射体10的相位中心之间的间距为第一间距 d_{12} 。本申请实施例中,第一间距 d_{12} 即第二天线辐射体11的几何中心与第一天线辐射体10的几何中心之间的间距,可参照附图中的 d_{12} 。

第三天线辐射体12可以为形状规则(例如:三角形、矩形、方形、圆形、其他多边形、球形等)的天线辐射体,也可以为异形(例如:F形、E形等)的天线辐射体。第三天线辐射体12的材质可以为金属、合金、碳纤维、复合高分子等导电材质。以终端设备1为手机为例,第三天线辐射体12可以位于终端设备1的显示屏内、显示屏与后盖之间、后盖上等。本申请对于第三天线辐射体12在终端设备1内的位置

及尺寸不作具体的限定。第三天线辐射体 12 的相位中心为第三天线辐射体 12 电磁辐射的等效点源的位置。当第三天线辐射体 12 为形状规则的天线辐射体时, 第三天线辐射体 12 的相位中心可以理解为第三天线辐射体 12 的几何中心, 允许存在少许的偏差。当第三天线辐射体 12 为异形天线辐射体时, 第三天线辐射体 12 的相位中心可能位于第三天线辐射体 12 的几何中心, 也可能位于第三天线辐射体 12 在任一方向(例如: 第一目标方向、第二目标方向等)的中心, 还可能位于第三天线辐射体 12 的其他位置。以下实施例中, 在未明确说明的情况下以第三天线辐射体 12 的相位中心即第三天线辐射体 12 的几何中心为例。第三天线辐射体 12 的形状、材质、尺寸可以与第一天线辐射体 10 的形状、材质、尺寸相同也可以不同。第三天线辐射体 12 的形状、材质、尺寸可以与第二天线辐射体 11 的形状、材质、尺寸相同也可以不同。第三天线辐射体 12 用于接收第一电磁波信号。第三天线辐射体 12 与第一天线辐射体 10 沿第一目标方向排列。可以理解的, 第一天线辐射体 10、第二天线辐射体 11 及第三天线辐射体 12 依次沿第一目标方向排列; 或者, 第二天线辐射体 11、第一天线辐射体 10 及第三天线辐射体 12 依次沿第一目标方向排列。第三天线辐射体 12 的相位中心与第一天线辐射体 10 的相位中心之间的间距为第二间距 d_{13} 。本申请实施例中, 第二间距 d_{13} 即第三天线辐射体 12 的几何中心与第一天线辐射体 10 的几何中心之间的间距, 可参照附图中的 d_{13} 。

其中, 第二间距 d_{13} 与第一间距 d_{12} 中的至少一者大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 。可选的, 第一间距 d_{12} 大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$, 第二间距 d_{13} 小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$; 或者, 第一间距 d_{12} 小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$, 第二间距 d_{13} 大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$; 又或者, 第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 。

如图 5 所示, 图 5 为图 2 所示终端设备 1 的天线辐射体接收第一电磁波信号的信号相位差 PDOA 与到达角 AOA 的曲线关系图。图 5 中(d)、(e)、(f)分别给出了两个天线辐射体的相位中心之间的间距为 20mm、30mm、40mm 以及两个天线辐射体的相位中心之间的间距为半波长 $\lambda/2$ 时的信号相位差 PDOA 曲线, 从图 5 中可以看出当两个天线辐射体的相位中心之间的间距大于半波长 $\lambda/2$ 时, 信号相位差 PDOA 曲线的斜率增加, 使得所确定的到达角 AOA 的精度提高。可以理解的, 当第一间距 d_{12} 大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$, 第二间距 d_{13} 小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 时, 第一相位差 PDOA₁₂ 曲线的斜率增加, 可提高到达角 AOA 的精度; 当第一间距 d_{12} 小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$, 第二间距 d_{13} 大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 时, 第二相位差 PDOA₁₃ 曲线的斜率增加, 可提高到达角 AOA 的精度; 当第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 时, 第一相位差 PDOA₁₂ 曲线的斜率增加, 第二相位差 PDOA₁₃ 曲线的斜率增加, 可提高到达角 AOA 的精度。换言之, 由于第一电磁波信号的波长一定, 因此第一间距 d_{12} 和/或第二间距 d_{13} 越大, 终端设备 1 的测角精度越高。但是, 当第一间距 d_{12} 和/或第二间距 d_{13} 增大到一定值时, 会导致终端设备 1 进行测角时出现相位模糊, 所确定的到达角 AOA 不唯一, 相关问题在后续的实施例中进一步解决。

处理器 13 用于获取第一天线辐射体 10 与第二天线辐射体 11 之间接收第一电磁波信号的第一相位差 PDOA₁₂, 以及获取第三天线辐射体 12 与第一天线辐射体 10 之间接收第一电磁波信号的第二相位差 PDOA₁₃, 并用于根据第一相位差 PDOA₁₂、第二相位差 PDOA₁₃、第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 及第一电磁波信号的波长确定第一电磁波信号的到达角 AOA。其中, 处理器 13 可以是终端设备 1 的中央处理器 CPU、也可以是由 CPU 控制的处理器或者独立于 CPU 的处理器等。第一相位差 PDOA₁₂与第一间距 d_{12} 、第一电磁波信号的波长、第一电磁波信号的到达角 AOA 相关。第二相位差 PDOA₁₃与第二间距 d_{13} 、第一电磁波信号的波长、第一电磁波信号的到达角 AOA 相关。在三维空间中, 第一电磁波信号的到达角 AOA 包括第一角度和第二角度, 第一角度与第二角度中的一者为方位角, 第一角度与第二角度中的另一者为俯仰角。以下实施例中, 建立如图 4 所述的三维坐标系, 分别标记为 X 轴、Y 轴和 Z 轴。本申请实施例中, X 轴方向为第一目标方向。图 4 中, 第一角度记为 θ , 可以理解为方位角; 第二角度记为 φ , 可以理解为俯仰角。基于如图 4 所述的三维坐标系, 可以得到三维空间中波矢量为 $(k \sin \theta, k \cos \theta \sin \varphi, k \cos \theta \cos \varphi)$ 。 $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ 。换言之, 通过确定第一电磁波信号的到达角 AOA, 可以实现待测设备 2 的二维或三维定位。

本申请提供的终端设备 1 通过设置第一天线辐射体 10、第二天线辐射体 11、第三天线辐射体 12 及处理器 13, 使第一天线辐射体 10、第二天线辐射体 11 及第三天线辐射体 12 皆用于接收第一电磁波信号, 由于第二天线辐射体 11 与第一天线辐射体 10 沿第一目标方向排列, 第三天线辐射体 12 与第一天线辐射体 10 沿第一目标方向排列, 且第二天线辐射体 11 的相位中心与第一天线辐射体 10 的相位中心之间的间距为第一间距 d_{12} , 第三天线辐射体 12 的相位中心与第一天线辐射体 10 的相位中心之间的间距为第二间距 d_{13} , 第二间距 d_{13} 与第一间距 d_{12} 中的至少一者大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$, 因此可使第一天线辐射体 10 与第二天线辐射体 11、第一天线辐射体 10 与第三天线辐射体 12 中的至少一者摆脱相位中心之间的间距小于或等于电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 的限制, 提高天线辐射体的排布自由度, 便于终端设备 1 的布局。处理器 13 根据第一天线辐射体 10 与第二天线辐射体 11 之间接收第一电磁波信号的第一相位差 PDOA₁₂、第三天线辐射体 12 与第一天线辐射体 10 之间接收第一电磁波信号的第二相位差 PDOA₁₃、第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 确定第一电磁波信号的到达角 AOA, 可用于实现待测设备 2 的定位。而第二间距 d_{13} 与第一间距 d_{12} 中的至少一者大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$, 可提高所确定的到达角 AOA 的精度。本申请提供

的通信系统 100 因具有上述终端设备 1，因此定位精度较高。

从图 5 (e)、(f) 中可以看出当终端设备 1 的两个天线辐射体的相位中心之间的间距大于半波长 $\lambda/2$ 时，两个天线辐射体之间接收第一电磁波信号的信号相位差 PDOA 与到达角 AOA 在一些范围内未一一对应。换言之，当终端设备 1 的两个天线辐射体的相位中心之间的间距大于半波长 $\lambda/2$ 时，基于两个天线辐射体之间接收第一电磁波信号的信号相位差 PDOA 所确定的到达角 AOA 不唯一，以下称之为相位模糊。为此，本申请进一步对终端设备 1 进行了改进，可在提高到达角 AOA 测量精度的同时避免相位模糊，即使得信号相位差 PDOA 与到达角 AOA 一一对应。

其中，第一间距 d_{12} 与第二间距 d_{13} 不同。可选的，第一间距 d_{12} 大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，第二间距 d_{13} 小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ；或者，第一间距 d_{12} 小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，第二间距 d_{13} 大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ；又或者，第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，且第一间距 d_{12} 与第二间距 d_{13} 不相等。换言之，当第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，第一间距 d_{12} 可以小于或大于第二间距 d_{13} 。

一实施例中，请参照图 4 和图 6，第一间距 d_{12} 与第二间距 d_{13} 中的一者小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，第一间距 d_{12} 与第二间距 d_{13} 中的另一者大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 。换言之，第一间距 d_{12} 大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，第二间距 d_{13} 小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ；或者，第一间距 d_{12} 小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，第二间距 d_{13} 大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 。以下实施例中以第一间距 d_{12} 小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，第二间距 d_{13} 大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 为例。可以理解的，第二间距 d_{13} 大于第一间距 d_{12} 。换言之，第一间距 d_{12} 小于第二间距 d_{13} 。

一实施方式中，如图 4 所示，第一天线辐射体 10、第二天线辐射体 11 及第三天线辐射体 12 依次排列。本实施方式中，由于第三天线辐射体 12 的相位中心与第一天线辐射体 10 的相位中心之间的第二间距 d_{13} 大于第二天线辐射体 11 的相位中心与第一天线辐射体 10 的相位中心之间的第一间距 d_{12} ，因此使第一天线辐射体 10、第二天线辐射体 11 及第三天线辐射体 12 依次排列可减少第一天线辐射体 10、第二天线辐射体 11 及第三天线辐射体 12 在第一目标方向上所占据的空间，缩减终端设备 1 沿第一目标方向的尺寸，有利于终端设备 1 的小型化。当然，在其他实施方式中，如图 6 所示，第一天线辐射体 10 可以位于第二天线辐射体 11 及第三天线辐射体 12 之间。换言之，第二天线辐射体 11、第一天线辐射体 10 及第三天线辐射体 12 可以依次排列。

其中， $\text{PDOA}_{12} = kd_{12} \sin \theta$ (1)； $\text{PDOA}_{13}' = kd_{13} \sin \theta$ (2)； $\text{PDOA}_{13}' = \text{PDOA}_{13} + 2\pi N_1$ (3)；

式 (1)、(2)、(3) 中， θ 为到达角 AOA 的第一角度； PDOA_{12} 为第一天线辐射体 10 与第二天线辐射体 11 之间接收第一电磁波信号的第一相位差，处理器 13 可直接获取； PDOA_{13} 为第三天线辐射体 12 与第一天线辐射体 10 之间接收第一电磁波信号的第二相位差 PDOA_{13} ，处理器 13 可直接获取； $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ ； d_{12} 为第二天线辐射体 11 的相位中心与第一天线辐射体 10 的相位中心之间的第一间距 d_{12} ，可测量得到，并记录于终端设备 1 中； d_{13} 为第三天线辐射体 12 的相位中心与第一天线辐射体 10 的相位中心之间的第二间距 d_{13} ，可测量得到，并记录于终端设备 1 中。由于 PDOA_{12} 、 PDOA_{13} 可直接获取， d_{12} 、 d_{13} 可测量得到，第一电磁波信号的波长已知，故基于上述 (1)、(2) (3) 可以确定唯一的 N_1 和 θ 。其中，不考虑误差影响时， N_1 可选为整数。可以理解的，由于所确定的 θ 唯一，因此本实施例提供的方案可解决第一电磁波信号的到达角 AOA 的第一角度 θ 相位模糊的问题。

$$\text{具体的， } N_1 = \frac{\frac{d_{13} \times \text{PDOA}_{12} - \text{PDOA}_{13}}{d_{12}}}{2\pi} ; \theta = \sin^{-1} \left(\frac{\text{PDOA}_{13} + 2\pi N_1}{kd_{13}} \right) ;$$

换言之，上述实施例提供了一种可以实现高精度检测到达角 AOA 的终端设备 1 中天线辐射体的排布方案，采用多基线检测到达角的方法，即在第一目标方向（方位方向）上设置不同间隔排布的三个天线辐射体，其中，第一天线辐射体 10 与第二天线辐射体 11 之间的第一间距 d_{12} 较短，小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，可以保证终端设备 1 在大的视场角（Field of view, FOV）范围内无相位模糊，第一天线辐射体 10 与第三天线辐射体 12 之间的第二间距 d_{13} 较长，大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，可以保证终端设备 1 检测到达角 AOA 的精度较高，提升用户体验；或者，第一天线辐射体 10 与第二天线辐射体 11 之间的第一间距 d_{12} 较长，大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，可以保证终端设备 1 检测到达角 AOA 的精度较高，提升用户体验，第一天线辐射体 10 与第三天线辐射体 12 之间的第二间距 d_{13} 较短，小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，可以保证终端设备 1 在大的视场角 FOV 范围内无相位模糊。

另一实施例中，请参照图 7 至图 10，第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 。由于第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，第一相位差 PDOA_{12} 曲线的斜率增加，第二相位差 PDOA_{13} 可曲线的斜率增加，因此可以提高到达角 AOA 的精度。此外，本实施例中由于第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，使得第一天线辐射体 10 与第二天线辐射体 11 之间的隔离度增加，第三天线辐射体 12 与第一天线辐射体 10 之间的隔离度增加，可降低第一天线辐射体 10、第二天线辐射体 11、第三天线辐射体 12 接收第一电磁波信号的干扰，进一步地提高到达角 AOA 的检测精度。

一实施方式中, 请参照图 7 和图 8, 第一间距 d_{12} 等于 $m \times x$, 第二间距 d_{13} 等于 $n \times x$, 其中, m 与 n 互为质数。举例而言, $m=3$; $n=5$; $x=8\text{mm}$, 即第一间距 d_{12} 等于 24mm; 第二间距 d_{13} 等于 40mm, 第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$; 或者, $m=5$; $n=7$; $x=6\text{mm}$, 即第一间距 d_{12} 等于 30mm; 第二间距 d_{13} 等于 42mm, 第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$; 又或者, $m=7$; $n=11$; $x=4\text{mm}$, 即第一间距 d_{12} 等于 28mm; 第二间距 d_{13} 等于 44mm, 第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$; 再或者, $m=7$; $n=11$; $x=5\text{mm}$, 即第一间距 d_{12} 等于 35mm; 第二间距 d_{13} 等于 55mm, 第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 等等。

可选的, 如图 7 所示, m 小于 n 。换言之, 第一间距 d_{12} 小于第二间距 d_{13} 。第一天线辐射体 10、第二天线辐射体 11 及第三天线辐射体 12 依次排列。本实施方式中, 由于第二天线辐射体 11 的相位中心与第一天线辐射体 10 的相位中心之间的第一间距 d_{12} 小于第三天线辐射体 12 的相位中心与第一天线辐射体 10 的相位中心之间的第二间距 d_{13} , 因此使第一天线辐射体 10、第二天线辐射体 11 及第三天线辐射体 12 依次排列可减少第一天线辐射体 10、第二天线辐射体 11 及第三天线辐射体 12 在第一目标方向上所占据的空间, 缩减终端设备 1 沿第一目标方向的尺寸, 有利于终端设备 1 的小型化。当然, 在其他实施例中, 如图 8 所示, 第一天线辐射体 10 可以位于第二天线辐射体 11 与第三天线辐射体 12 之间。

其中, $kd_{12} \sin \theta = 2\pi N_2 + \text{PDOA}_{12}$ (4); $kd_{13} \sin \theta = 2\pi N_3 + \text{PDOA}_{13}$ (5);

由上述 (4)、(5) 以及 $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ 、 $d_{12} = m \times x$ 、 $d_{13} = n \times x$ 可以得到:

$$\frac{mnx \sin \theta}{\lambda} = nN_2 + \frac{n \times \text{PDOA}_{12}}{2\pi} \quad (6); \quad \frac{mnx \sin \theta}{\lambda} = mN_3 + \frac{m \times \text{PDOA}_{13}}{2\pi} \quad (7);$$

式 (6)、(7) 中, θ 为到达角 AOA 的第一角度; PDOA_{12} 为第一天线辐射体 10 与第二天线辐射体 11 之间接收第一电磁波信号的第一相位差, 处理器 13 可直接获取; PDOA_{13} 为第三天线辐射体 12 与第一天线辐射体 10 之间接收第一电磁波信号的第二相位差, 处理器 13 可直接获取; $m \times x$ 为第二天线辐射体 11 的相位中心与第一天线辐射体 10 的相位中心之间的第一间距 d_{12} ; $n \times x$ 为第三天线辐射体 12 的相位中心与第一天线辐射体 10 的相位中心之间的第二间距 d_{13} 。由于第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 可测量得到, 并存储于终端设备 1 内, 故可基于第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 确定 m 、 n 、 x , PDOA_{12} , PDOA_{13} 处理器 13 可直接获取, 第一电磁波信号的波长已知, 故可基于上述 (6)、(7) 以及 m 与 n 互为质数的关系确定 N_2 和 N_3 之间的关系, 基于 N_2 和 N_3 之间的关系以及上述 (6)、(7) 可确定唯一的 θ 。其中, 不考虑误差影响时, N_2 和 N_3 可选为整数。可以理解的, 由于 θ 唯一, 因此当第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$, 若第一间距 d_{12} 等于 $m \times x$, 第二间距 d_{13} 等于 $n \times x$, m 与 n 互为质数, 则同样可解决第一电磁波信号的到达角 AOA 的第一角度 θ 相位模糊的问题。

换言之, 上述实施方式提供了另一种实现高精度检测到达角 AOA 的终端设备 1 中天线辐射体的排布方案, 采用参差基线测角方法, 即在第一目标方向 (方位方向) 上设置特定间隔排布的三个天线辐射体, 其中, 第一天线辐射体 10 与第二天线辐射体 11 之间的第一间距 $d_{12} = m \times x$, 大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$, 第一天线辐射体 10 与第三天线辐射体 12 之间的第二间距 $d_{13} = n \times x$, 也大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$, 且 m 与 n 互为质数, 通过上述三个天线辐射体的排布方式, 摆脱了检测到达角时天线辐射体之间的间距需要小于或等于电磁波信号的半波长的限制, 增加了第一天线辐射体 10、第二天线辐射体 11 及第三天线辐射体 12 排布的灵活度, 且增加了第一天线辐射体 10、第二天线辐射体 11 及第三天线辐射体 12 之间的隔离度, 同时由于第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$, 可以提升终端设备 1 检测到达角 AOA 的精度, 提升用户体验。

另一实施方式中, 请参照图 9 和图 10, 第一间距 d_{12} 与第二间距 d_{13} 之间的差值的绝对值小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 。

可选的, 第一间距 d_{12} 小于第二间距 d_{13} 。例如: 第一间距 d_{12} 为 25mm; 第二间距 d_{13} 为 30mm, 其中, 第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$, 第一间距 d_{12} 与第二间距 d_{13} 之间的差值的绝对值为 5mm, 小于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$; 或者, 第一间距 d_{12} 为 25mm, 第二间距 d_{13} 为 35mm, 其中, 第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$, 第一间距 d_{12} 与第二间距 d_{13} 之间的差值的绝对值为 10mm, 小于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$; 又或者, 第一间距 d_{12} 为 20mm, 第二间距 d_{13} 为 35mm, 其中, 第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$, 第一间距 d_{12} 与第二间距 d_{13} 之间的差值的绝对值为 15mm, 小于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$; 再或者, 第一间距 d_{12} 为 20mm, 第二间距 d_{13} 为 38mm, 其中, 第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$, 第一间距 d_{12} 与第二间距 d_{13} 之间的差值的绝对值为 18mm, 等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 等等。

当然, 在其他实施方式中, 第一间距 d_{12} 可以大于第二间距 d_{13} ; 例如: 第一间距 d_{12} 为 32mm, 第二间距 d_{13} 为 27mm, 其中, 第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$, 第一间距 d_{12} 与第二间距 d_{13} 之间的差值的绝对值为 5mm, 小于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$; 或者, 第一间距 d_{12} 为 34mm, 第二间距 d_{13} 为 24mm, 其中, 第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$, 第一间距 d_{12} 与第二间距 d_{13} 之间的差值的绝对值为 10mm, 小于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$; 又或者, 第一间距 d_{12} 为

33mm；第二间距 d_{13} 为23mm；其中，第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，第一间距 d_{12} 与第二间距 d_{13} 之间的差值的绝对值为15mm，小于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ；再或者，第一间距 d_{12} 为38mm，第二间距 d_{13} 为20mm，其中，第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，第一间距 d_{12} 与第二间距 d_{13} 之间的差值的绝对值为18mm，等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 等等。

可选的，如图9所示，第一天线辐射体10位于第二天线辐射体11与第三天线辐射体12之间。本实施方式中，由于第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 皆大于第一电磁波信号的半波长，因此使第一天线辐射体10位于第二天线辐射体11与第三天线辐射体12之间可增加第一天线辐射体10、第二天线辐射体11及第三天线辐射体12的隔离度，降低第一天线辐射体10、第二天线辐射体11、第三天线辐射体12接收第一电磁波信号的干扰，提高到达角AOA的精度。当然，在其他实施方式中，如图10所示，第一天线辐射体10、第二天线辐射体11及第三天线辐射体12可以依次排列。

其中， $kd_{12} \sin \theta = 2\pi N_4 + \text{PDOA}_{12}$ (8)； $kd_{13} \sin \theta = 2\pi N_5 + \text{PDOA}_{13}$ (9)；

基于(8)、(9)以及 $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ 可以得到：

$$\frac{2\pi(d_{13}-d_{12})\sin\theta}{\lambda} = \text{PDOA}_{13} - \text{PDOA}_{12} + 2\pi(N_5 - N_4) \quad (10)；$$

式(10)中， θ 为到达角AOA的第一角度； PDOA_{12} 为第一天线辐射体10与第二天线辐射体11之间接收第一电磁波信号的第一相位差，处理器13可直接获取； PDOA_{13} 为第三天线辐射体12与第一天线辐射体10之间接收第一电磁波信号的第二相位差，处理器13可直接获取； d_{12} 为第二天线辐射体11的相位中心与第一天线辐射体10的相位中心之间的第一间距 d_{12} ，可测量得到，并记录于终端设备1内； d_{13} 为第三天线辐射体12的相位中心与第一天线辐射体10的相位中心之间的第二间距 d_{13} ，可测量得到，并记录于终端设备1内。由于 $|d_{13} - d_{12}| \leq \frac{\lambda}{2}$ ，故式(10)中 $\text{PDOA}_{13} - \text{PDOA}_{12} + 2\pi(N_5 - N_4) \in [-180^\circ, 180^\circ]$ 。此外，由于 PDOA_{12} 、 PDOA_{13} 处理器13可直接获取， d_{12} 、 d_{13} 可测量得到，不考虑误差影响时， N_4 、 N_5 可选为整数。第一电磁波信号的波长已知，故基于上述(10)可确定唯一的 θ 。可以理解的，由于 θ 唯一，因此当第一间距 d_{12} 与第二间距 d_{13} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，若第一间距 d_{12} 与第二间距 d_{13} 之间的差值的绝对值小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，同样可解决第一电磁波信号的到达角AOA的第一角度 θ 相位模糊的问题。

换言之，上述实施方式提供了又一种实现高精度检测到达角AOA的终端设备1中天线辐射体的排布方案，采用虚拟基线测角方法，即在第一目标方向（方位方向）上设置特定间隔排布的三个天线辐射体，其中，第一天线辐射体10与第二天线辐射体11之间的第一间距 d_{12} 大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，第一天线辐射体10与第三天线辐射体12之间的第二间距 d_{13} 也大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，而第一间距 d_{12} 与第二间距 d_{13} 之间的差值的绝对值 $|d_{13} - d_{12}|$ 小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，通过上述三个天线辐射体的排布方式，摆脱了检测到达角时天线辐射体之间的间距需要小于或等于电磁波信号的半波长的限制，增加了第一天线辐射体10、第二天线辐射体11及第三天线辐射体12排布的灵活度，且增加了第一天线辐射体10、第二天线辐射体11及第三天线辐射体12之间的隔离度，同时由于第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，可以提升终端设备1检测到达角AOA的精度，提升用户体验。

进一步地，如图11所示，终端设备1还包括至少一个第一信号接收单元140。本申请对于第一信号接收单元140的数量不作具体的限定。举例而言，第一信号接收单元140的数量可以为一个、两个、三个等。第一信号接收单元140与第一天线辐射体10之间的通路、第一信号接收单元140与第二天线辐射体11之间的通路、第一信号接收单元140与第三天线辐射体12之间的通路皆可以包括低噪声放大器、滤波器等。第一天线辐射体10、第二天线辐射体11及第三天线辐射体12用于将接收到的第一电磁波信号传输至第一信号接收单元140。至少一个第一信号接收单元140电连接第一天线辐射体10、第二天线辐射体11、第三天线辐射体12。举例而言，终端设备1还包括三个第一信号接收单元140。一个第一信号接收单元140电连接第一天线辐射体10，用于激励第一天线辐射体10接收第一电磁波信号，另一个第一信号接收单元140电连接第二天线辐射体11，用于激励第二天线辐射体11接收第一电磁波信号，再一个第一信号接收单元140电连接第三天线辐射体12，用于激励第三天线辐射体12接收第一电磁波信号；或者，终端设备1还包括一个第一信号接收单元140，第一信号接收单元140分别电连接第一天线辐射体10、第二天线辐射体11和第三天线辐射体12，用于激励第一天线辐射体10、第二天线辐射体11和第三天线辐射体12接收第一电磁波信号。其中，至少一个第一信号接收单元140电连接第一天线辐射体10、第二天线辐射体11、第三天线辐射体12的方式可以包括直接电连接、间接电连接、耦合馈电等。第一信号接收单元140电连接处理器13，可以将第一天线辐射体10、第二天线辐射体11、第三天线辐射体12接收第一电磁波信号的信息传递至处理器13。换言之，处理器13可以从至少一个第一信号接收单元140处获取第一天线辐射体10与第二天线辐射体11之间接收第一电磁波信号的第一相位差 PDOA_{12} ，以及第三天线辐射体12与第一天线辐射体10之间接收第一电磁波信号的第二相位差 PDOA_{13} 。

如图12所示，终端设备1还包括至少一个信号发射单元15。信号发射单元15用于产生射频信号，并

传输至第一天线辐射体 10、第二天线辐射体 11 及第三天线辐射体 12 中的至少一者,以使第一天线辐射体 10、第二天线辐射体 11 及第三天线辐射体 12 中的至少一者发射第二电磁波信号。本申请对于信号发射单元 15 的数量不作具体的限定。举例而言,信号发射单元 15 的数量可以为一个、两个、三个等。信号发射单元 15 与第一天线辐射体 10、第二天线辐射体 11 及第三天线辐射体 12 中的至少一者之间的通路可以包括功率放大器、滤波器等。信号发射单元 15 电连接第一天线辐射体 10、第二天线辐射体 11、第三天线辐射体 12 中的至少一者,用于激励第一天线辐射体 10、第二天线辐射体 11、第三天线辐射体 12 中的至少一者发射第二电磁波信号。举例而言,终端设备 1 还包括三个信号发射单元 15。一个信号发射单元 15 电连接第一天线辐射体 10,用于激励第一天线辐射体 10 发射第二电磁波信号,另一个信号发射单元 15 电连接第二天线辐射体 11,用于激励第二天线辐射体 11 发射第二电磁波信号,再一个信号发射单元 15 电连接第三天线辐射体 12,用于激励第三天线辐射体 12 发射第二电磁波信号;或者,终端设备 1 还包括一个信号发射单元 15,信号发射单元 15 分别电连接第一天线辐射体 10、第二天线辐射体 11 和第三天线辐射体 12,用于激励第一天线辐射体 10、第二天线辐射体 11 和第三天线辐射体 12 中的至少一者发射第二电磁波信号。其中,信号发射单元 15 电连接第一天线辐射体 10、第二天线辐射体 11、第三天线辐射体 12 中的至少一者的方式可以包括直接电连接、间接电连接、耦合馈电等。

通过设置信号发射单元 15,可使第一天线辐射体 10、第二天线辐射体 11 及第三天线辐射体 12 中的至少一者在信号发射单元 15 的激励下发射第二电磁波信号,从而可使得本申请提供的终端设备 1 在其他应用场景中可以作为待测设备 2 使用,实现终端设备 1 的定位。

一实施例中,如图 12 所示,终端设备 1 包括一个信号发射单元 15、两个第一信号接收单元 140 和切换开关 16。切换开关 16 的一端电连接信号发射单元 15 和一个第一信号接收单元 140,切换开关 16 的另一端电连接第一天线辐射体 10 和第三天线辐射体 12。切换开关 16 用于使第一天线辐射体 10、第三天线辐射体 12 中的一者与第一信号接收单元 140 导通,和/或,用于使第一天线辐射体 10、第三天线辐射体 12 中的另一者与信号发射单元 15 导通。另一个第一信号接收单元 140 电连接第二天线辐射体 11。其中,切换开关 16 可以包括单刀单掷开关、单刀双掷开关、单刀多掷开关、双刀双掷开关等中的一种或多种。本实施例中,第一天线辐射体 10 和第三天线辐射体 12 共用同一信号发射单元 15 和第一信号接收单元 140,可充分利用空间资源,通过多个天线辐射体实现多发多收,在不增加频谱资源和天线辐射体发射功率的情况下,可以成倍的提高系统信道容量。

进一步地,终端设备 1 还包括第一匹配网络,第一匹配网络的一端电连接至少一个所述第一信号接收单元 140,第一匹配网络的另一端分别电连接第一天线辐射体 10、第二天线辐射体 11 及第三天线辐射体 12。其中,第一匹配网络与第一信号接收单元 140 之间的电连接方式包括直接电连接、间接电连接、耦合馈电等。第一匹配网络与第一天线辐射体 10,第一匹配网络与第二天线辐射体 11,第一匹配网络与第三天线辐射体 12 之间的电连接方式包括直接电连接、间接电连接、耦合馈电等。处理器 13 还用于控制第一匹配网络,以控制第一天线辐射体 10、第二天线辐射体 11 接收第一电磁波信号的频率,调节第一相位差 $PDOA_{12}$;和/或,控制第一匹配网络,以控制第一天线辐射体 10、第三天线辐射体 12 接收第一电磁波信号的频率,调节第二相位差 $PDOA_{13}$ 。

一实施例中,第一匹配网络包括第一匹配电路、第二匹配电路和第三匹配电路。第一匹配电路电连接于一个第一信号接收单元 140 与第一天线辐射体 10 之间,第二匹配电路电连接于另一个第一信号接收单元 140 与第二天线辐射体 11 之间,第三匹配电路电连接于再一个第一信号接收单元 140 与第三天线辐射体 12 之间。处理器 13 用于控制第一匹配电路和/或第二匹配电路,以控制第一天线辐射体 10、第二天线辐射体 11 接收第一电磁波信号的频率,调节第一相位差 $PDOA_{12}$ 。处理器 13 用于控制第一匹配电路和/或第三匹配电路,以控制第一天线辐射体 10、第三天线辐射体 12 接收第一电磁波信号的频率,调节第二相位差 $PDOA_{13}$ 。由于 $k = \frac{2\pi}{\lambda}$,因此基于上述(1)(2),或者(4)、(5),或者(8)、(9)可以看出当 d_{12} 、 d_{13} 一定时, λ 与信号相位差 $PDOA$ 曲线的斜率成反比,因此 λ 越小测量到达角 AOA 的精度越大, λ 越大无模糊测量到达角 AOA 的范围越大,故本实施例通过设置第一匹配电路、第二匹配电路和第三匹配电路可以切换不同的频率以调节 λ ,提高第一角度 θ 的精度和解决第一角度 θ 相位模糊的问题。

进一步地,如图 13 所示,终端设备 1 还包括第四天线辐射体 18。第四天线辐射体 18 可以为形状规则(例如:三角形、矩形、方形、圆形、其他多边形、球形等)的天线辐射体,也可以为异形(例如:F 形、E 形等)的天线辐射体。第四天线辐射体 18 的材质可以为金属、合金、碳纤维、复合高分子等导电材质。以终端设备 1 为手机为例,第四天线辐射体 18 可以位于终端设备 1 的显示屏内、显示屏与后盖之间、后盖上等。本申请对于第四天线辐射体 18 在终端设备 1 内的位置及尺寸不作具体的限定。第四天线辐射体 18 的相位中心为第四天线辐射体 18 电磁辐射的等效点源的位置。当第四天线辐射体 18 为形状规则的天线辐射体时,第四天线辐射体 18 的相位中心可以理解为第四天线辐射体 18 的几何中心,允许存在少许的偏差。当第四天线辐射体 18 为异形天线辐射体时,第四天线辐射体 18 的相位中心可能位于第四天线辐射体 18 的几何中心,也可能位于第四天线辐射体 18 在任一方向(例如:第一目标方向、第二目标方向等)的中心,还可能位于第四天线辐射体 18 的其他位置。以下实施例中,在未明确说明的情况下以第四天线辐

射体 18 的相位中心即第四天线辐射体 18 的几何中心为例。第四天线辐射体 18 的形状、材质、尺寸可以与第一天线辐射体 10 的形状、材质、尺寸相同也可以不同。第四天线辐射体 18 的形状、材质、尺寸可以与第二天线辐射体 11 的形状、材质、尺寸相同也可以不同。第四天线辐射体 18 的形状、材质、尺寸可以与第三天线辐射体 12 的形状、材质、尺寸相同也可以不同。第四天线辐射体 18 与目标天线辐射体沿第二目标方向排列。其中,第二目标方向与第一目标方向相交,目标天线辐射体为第一天线辐射体 10、第二天线辐射体 11 及第三天线辐射体 12 中的一者。可以理解的,第二目标方向与第一目标方向垂直,或者,第二目标方向与第一目标方向相交且不垂直。本申请实施例中,目标辐射体以第一天线辐射体 10 为例。当然,在其他实施例中,目标辐射体可以是第二天线辐射体 11 或者第三天线辐射体 12。第四天线辐射体 18 的相位中心与目标天线辐射体的相位中心之间的间距为第三间距 d_{14} 。本申请实施例中,第三间距 d_{14} 即第四天线辐射体 18 的几何中心与第一天线辐射体 10 的几何中心之间的间距,可参照附图中 d_{14} 。第四天线辐射体 18 用于接收第一电磁波信号。处理器 13 还用于获取第四天线辐射体 18 与目标天线辐射体之间接收第一电磁波信号的第三相位差 $PDOA_{14}$,并用于根据第三相位差 $PDOA_{14}$ 、第二相位差 $PDOA_{13}$ 及第一相位差 $PDOA_{12}$ 、第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 及第三间距 d_{14} 确定第一电磁波信号的到达角 AOA。

一实施例中,如图 13 所示,第二目标方向与第一目标方向垂直。换言之,在本申请实施例中,第二目标方向即垂直方向,可参照附图中的 Y 轴方向。处理器 13 可以根据第二相位差 $PDOA_{13}$ 、第一相位差 $PDOA_{12}$ 、第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 确定第一电磁波信号的到达角 AOA 中的第一角度 θ ,并根据第三相位差 $PDOA_{14}$ 、第三间距 d_{14} 与第一角度 θ 确定到达角 AOA 的第二角度 φ 。

具体的, $PDOA_{14} = kd_{14} \cos \theta \sin \varphi$ (11);

式(11)中, θ 为到达角 AOA 的第一角度; φ 为到达角 AOA 的第二角度; $PDOA_{14}$ 为第四天线辐射体 18 与目标天线辐射体之间接收第一电磁波信号的第三相位差,处理器 13 可直接获取; $k = \frac{2\pi}{\lambda}$; d_{14} 为第四天线辐射体 18 的相位中心与目标天线辐射体的相位中心之间的间距,可测量得到,并存储于终端设备 1 内;由于 $PDOA_{14}$ 处理器 13 可直接获取, d_{14} 可测量得到,第一电磁波信号的波长已知, θ 可基于第一相位差 $PDOA_{12}$ 、第二相位差 $PDOA_{13}$ 确定,因此结合式(11)可确定到达角 AOA 的第二角度 φ ,从而实现待测设备 2 的三维定位。

另一实施例中,如图 14 所示,第二目标方向与第一目标方向不垂直。例如:第二目标方向与第一目标方向之间的夹角为 30° ;或者,第二目标方向与第一目标方向之间的夹角为 45° ;又或者,第二目标方向与第一目标方向之间的夹角为 60° ;再或者,第二目标方向与第一目标方向之间的夹角为 70° 等。本实施例中,第二目标方向可参照附图中的 P 方向。

本实施例中, $PDOA_{14} = ka_{14} \sin \theta + kb_{14} \cos \theta \sin \varphi$ (12);

式(12)中, θ 为到达角 AOA 的第一角度; φ 为到达角 AOA 的第二角度; $PDOA_{14}$ 为第四天线辐射体 18 与目标天线辐射体之间接收第一电磁波信号的第三相位差,处理器 13 可直接获取; $k = \frac{2\pi}{\lambda}$; a_{14} 为第四天线辐射体 18 的相位中心与目标天线辐射体的相位中心之间在 X 轴方向上的间距,可测量得到,并存储于终端设备 1 内。 b_{14} 为第四天线辐射体 18 的相位中心与目标天线辐射体的相位中心之间在 Y 轴方向上的间距,可测量得到,并存储于终端设备 1 内。由于 $PDOA_{14}$ 处理器 13 可直接获取, a_{14} 、 b_{14} 可测量得到,第一电磁波信号的波长已知, θ 可基于第一相位差 $PDOA_{12}$ 、第二相位差 $PDOA_{13}$ 、第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 及第一电磁波信号的波长确定,因此结合式(12)可确定到达角 AOA 的第二角度 φ ,从而实现待测设备 2 的三维定位。

本实施例中,由于第二目标方向与第一目标方向不垂直,因此,第一天线辐射体 10、第二天线辐射体 11、第三天线辐射体 12 及第四天线辐射体 18 可以摆脱 L 型排布的限制,实现任意不规则天线辐射体在各种终端设备 1 中的排布,便于提高终端设备 1 的应用。

其中,如图 15 所示,第四天线辐射体 18 与第一天线辐射体 10、第二天线辐射体 11 及第三天线辐射体 12 中的一者可以共用同一第一信号接收单元 140。一实施例中,终端设备 1 包括一个信号发射单元 15、两个第一信号接收单元 140、第一切换开关 160 和第二切换开关 161。第一切换开关 160 的一端电连接信号发射单元 15 和一个第一信号接收单元 140,第一切换开关 160 的另一端电连接第一天线辐射体 10 和第三天线辐射体 12。第一切换开关 160 用于使第一天线辐射体 10、第三天线辐射体 12 中的一者与第一信号接收单元 140 导通,和/或,用于使第一天线辐射体 10、第三天线辐射体 12 中的另一者与信号发射单元 15 导通。第二切换开关 16 的一端电连接另一个第一信号接收单元 140,第二切换开关 161 的另一端电连接第二天线辐射体 11 和第四天线辐射体 18。第二切换开关 161 用于使第二天线辐射体 11、第四天线辐射体 18 中的至少一者与第一信号接收单元 140 导通。第一切换开关 160 可以包括单刀单掷开关、单刀双掷开关、单刀多掷开关、双刀双掷开关等中的一种或多种。第二切换开关 161 可以包括单刀单掷开关、单刀双掷开关、单刀多掷开关、双刀双掷开关等中的一种或多种。当然,在其他实施例中,还可以设置独立的第二信号接收单元电连接第四天线辐射体 18,以激励第四天线辐射体 18 接收第一电磁波信号。本实施例中,第四天线辐射体 18 和第二天线辐射体 11 共用同一第一信号接收单元 140,可充分利用空间资源,通过多个

天线辐射体实现多发多收,在不增加频谱资源和天线辐射体发射功率的情况下,可以成倍的提高系统信道容量。

进一步地,如图16所示,终端设备1还包括第五天线辐射体19。第五天线辐射体19可以为形状规则(例如:三角形、矩形、方形、圆形、其他多边形、球形等)的天线辐射体,也可以为异形(例如:F形、E形等)的天线辐射体。第五天线辐射体19的材质可以为金属、合金、碳纤维、复合高分子等导电材质。以终端设备1为手机为例,第五天线辐射体19可以位于终端设备1的显示屏内、显示屏与后盖之间、后盖上等。本申请对于第五天线辐射体19在终端设备1内的位置及尺寸不作具体的限定。第五天线辐射体19的相位中心为第五天线辐射体19电磁辐射的等效点源的位置。当第五天线辐射体19为形状规则的天线辐射体时,第五天线辐射体19的相位中心可以理解为第四天线辐射体18的几何中心,允许存在少许的偏差。当第五天线辐射体19为异形天线辐射体时,第五天线辐射体19的相位中心可能位于第五天线辐射体19的几何中心,也可能位于第五天线辐射体19在任一方向(例如:第一目标方向、第二目标方向等)的中心,还可能位于第五天线辐射体19的其他位置。以下实施例中,在未明确说明的情况下以第五天线辐射体19的相位中心即第五天线辐射体19的几何中心为例。第五天线辐射体19的形状、材质、尺寸可以与第一天线辐射体10的形状、材质、尺寸相同也可以不同。第五天线辐射体19的形状、材质、尺寸可以与第二天线辐射体11的形状、材质、尺寸相同也可以不同。第五天线辐射体19的形状、材质、尺寸可以与第三天线辐射体12的形状、材质、尺寸相同也可以不同。第五天线辐射体19的形状、材质、尺寸可以与第四天线辐射体18的形状、材质、尺寸相同也可以不同。第五天线辐射体19与目标天线辐射体沿第二目标方向排列。可以理解的,目标天线辐射体、第四天线辐射体18及第五天线辐射体19依次沿第二目标方向排列;或者,第四天线辐射体18、目标天线辐射体及第五天线辐射体19依次沿第二目标方向排列。第五天线辐射体19的相位中心与目标天线辐射体的相位中心之间的间距为第四间距 d_{15} 。本申请实施例中,第四间距 d_{15} 即第五天线辐射体19的几何中心与第一天线辐射体10的几何中心之间的间距,可参照附图中 d_{15} 。第五天线辐射体19用于接收第一电磁波信号。处理器13还用于获取第五天线辐射体19与目标天线辐射体之间接收第一电磁波信号的第四相位差 $PD OA_{15}$,并用于根据第四相位差 $PD OA_{15}$ 、第二相位差 $PD OA_{13}$ 、第一相位差 $PD OA_{12}$ 、第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 及第四间距 d_{15} 确定第一电磁波信号的到达角AOA。

具体的, $PD OA_{15} = ka_{15} \sin \theta + kb_{15} \cos \theta \sin \varphi$ (13);

式(13)中, θ 为到达角AOA的第一角度; φ 为到达角AOA的第二角度; $PD OA_{15}$ 为第五天线辐射体19与目标天线辐射体之间接收第一电磁波信号的第四相位差,处理器13可直接获取; $k = \frac{2\pi}{\lambda}$; a_{15} 为第五天线辐射体19的相位中心与目标天线辐射体的相位中心之间在X轴方向上的间距,可测量得到,并存储于终端设备1内。 b_{15} 为第五天线辐射体19的相位中心与目标天线辐射体的相位中心之间在Y轴方向上的间距,可测量得到,并存储于终端设备1内。由于 $PD OA_{15}$ 处理器13可直接获取, a_{15} 、 b_{15} 可测量得到,第一电磁波信号的波长已知, θ 可基于第一相位差 $PD OA_{12}$ 、第二相位差 $PD OA_{13}$ 、第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 及第一电磁波信号的波长确定,因此结合式(13)可确定到达角AOA的第二角度 φ ,从而实现待测设备2的三维定位。当然,在其他实施例中,还可以结合式(12)和式(13)确定到达角AOA的第二角度 φ 。

同样的,第五天线辐射体19与第一天线辐射体10、第二天线辐射体11、第三天线辐射体12中的一者可以共用同一第一信号接收单元140;或者,第五天线辐射体19与第四天线辐射体18可以共用同一信号接收单元;又或者,可以设置独立的信号接收单元电连接第五天线辐射体19,以激励第五天线辐射体19接收第一电磁波信号。

一实施例中,处理器13还用于获取第四天线辐射体18与目标天线辐射体之间接收第一电磁波信号的第三相位差 $PD OA_{14}$,获取第五天线辐射体19与目标天线辐射体之间接收第一电磁波信号的第四相位差 $PD OA_{15}$,并用于根据第四相位差 $PD OA_{15}$ 、第三相位差 $PD OA_{14}$ 、第二相位差 $PD OA_{13}$ 、第一相位差 $PD OA_{12}$ 、第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 、第三间距 d_{14} 及第四间距 d_{15} 确定第一电磁波信号的到达角AOA。

其中,第三间距 d_{14} 与第四间距 d_{15} 中的至少一者大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 。可选的,第三间距 d_{14} 大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,第四间距 d_{15} 小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$;或者,第三间距 d_{14} 小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,第四间距 d_{15} 大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$;又或者,第三间距 d_{14} 、第四间距 d_{15} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 。

与上述第二间距 d_{13} 与第一间距 d_{12} 中的至少一者大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 同理,本实施例中,当第三间距 d_{14} 大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,第四间距 d_{15} 小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 时,第三相位差 $PD OA_{14}$ 曲线的斜率增加,可提高到达角AOA的精度;当第三间距 d_{14} 小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,第四间距 d_{15} 大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 时,第四相位差 $PD OA_{15}$ 曲线的斜率增加,可提高到达角AOA的精度;当第三间距 d_{14} 、第四间距 d_{15} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 时,第三相位差 $PD OA_{14}$ 曲线的斜率增加,第四相位差 $PD OA_{15}$ 曲线的斜率增加,可提高到达角AOA的精度。

其中,第三间距 d_{14} 与第四间距 d_{15} 不同。可选的,第三间距 d_{14} 大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,第四间距 d_{15} 小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$;或者,第三间距 d_{14} 小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,第四间距 d_{15} 大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$;又或者,第三间距 d_{14} 、第四间距 d_{15} 皆大于第

一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,且第三间距 d_{14} 与第四间距 d_{15} 不相等。换言之,当第三间距 d_{14} 、第四间距 d_{15} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,第三间距 d_{14} 可以小于或大于第四间距 d_{15} 。

一实施例中,请参照图 16 和图 17,第三间距 d_{14} 与第四间距 d_{15} 中的一者小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,第三间距 d_{14} 与第四间距 d_{15} 中的另一者大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 。换言之,第三间距 d_{14} 大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,第四间距 d_{15} 小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$;或者,第三间距 d_{14} 小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,第四间距 d_{15} 大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 。以下实施例中以第三间距 d_{14} 小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,第四间距 d_{15} 大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 为例。可以理解的,第四间距 d_{15} 大于第三间距 d_{14} 。换言之,第三间距 d_{14} 小于第四间距 d_{15} 。

一实施方式中,如图 16 所示,目标天线辐射体、第四天线辐射体 18 及第五天线辐射体 19 依次排列。本申请实施例中即第一天线辐射体 10、第四天线辐射体 18 及第五天线辐射体 19 依次排列。由于第五天线辐射体 19 的相位中心与第一天线辐射体 10 的相位中心之间的第四间距 d_{15} 大于第四天线辐射体 18 的相位中心与第一天线辐射体 10 的相位中心之间的第三间距 d_{14} ,因此使第一天线辐射体 10、第四天线辐射体 18 及第五天线辐射体 19 依次排列可减少第一天线辐射体 10、第四天线辐射体 18 及第五天线辐射体 19 在第二目标方向上所占据的空间,缩减终端设备 1 沿第二目标方向的尺寸,有利于终端设备 1 的小型化。当然,在其他实施方式中,如图 17 所示,第一天线辐射体 10 可以位于第四天线辐射体 18 及第五天线辐射体 19 之间。换言之,第四天线辐射体 18、第一天线辐射体 10 及第五天线辐射体 19 可以依次排列。

其中, $PD OA_{14} = kd_{14} \cos \theta \sin \varphi$ (14); $PD OA_{15}' = kd_{15} \cos \theta \sin \varphi$ (15); $PD OA_{15}' = PD OA_{15} + 2\pi N_6$ (16);

式 (14)、(15)、(16) 中, θ 为到达角 AOA 的第一角度; φ 为到达角 AOA 的第二角度; $PD OA_{14}$ 为第四天线辐射体 18 与目标天线辐射体之间接收第一电磁波信号的第三相位差 $PD OA_{14}$,处理器 13 可直接获取; $PD OA_{15}$ 为第五天线辐射体 19 与目标天线辐射体之间接收第一电磁波信号的第四相位差 $PD OA_{15}$,处理器 13 可直接获取; $k = \frac{2\pi}{\lambda}$; d_{14} 为第四天线辐射体 18 的相位中心与目标天线辐射体的相位中心之间的间距,可测量得到,并存储于终端设备 1 内; d_{15} 为第五天线辐射体 19 的相位中心与目标天线辐射体的相位中心之间的间距,可测量得到,并存储于终端设备 1 内。由于 $PD OA_{14}$, $PD OA_{15}$ 可直接获取, d_{14} 、 d_{15} 可测量得到,第一电磁波信号的波长已知,故基于上述 (14)、(15)、(16) 以及上述任一实施例中确定的 θ ,可以确定唯一的 N_6 和 φ 。其中, N_6 可选为整数。可以理解的,由于所确定的 φ 唯一,因此本实施例提供的方案可解决第一电磁波信号的到达角 AOA 的第二角度 φ 的相位模糊问题。

换言之,上述实施例提供了一种可以实现高精度检测到达角 AOA 的终端设备 1 中天线辐射体的排布方案,采用多基线检测到达角的方法,即在第二目标方向(俯仰方向)上设置不同间隔排布的三个天线辐射体,其中,第一天线辐射体 10 与第四天线辐射体 18 之间的第三间距 d_{14} 较短,小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,可以保证终端设备 1 在大的视场角(Field of view, FOV)范围内无相位模糊,第一天线辐射体 10 与第五天线辐射体 19 之间的第四间距 d_{15} 较长,大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,可以保证终端设备 1 检测到达角 AOA 的精度较高,提升用户体验;或者,第一天线辐射体 10 与第四天线辐射体 18 之间的第三间距 d_{14} 较长,大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,可以保证终端设备 1 检测到达角 AOA 的精度较高,提升用户体验,第一天线辐射体 10 与第五天线辐射体 19 之间的第四间距 d_{15} 较短,小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,可以保证终端设备 1 在大的视场角 FOV 范围内无相位模糊。

需要说明的是,本实施例第三间距 d_{14} 与第四间距 d_{15} 中的一者小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,第三间距 d_{14} 与第四间距 d_{15} 中的另一者大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 可以与上述第一间距 d_{12} 与第二间距 d_{13} 中的一者小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,第一间距 d_{12} 与第二间距 d_{13} 中的另一者大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$;第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,第一间距 d_{12} 等于 $m \cdot x$,第二间距 d_{13} 等于 $n \cdot x$,其中, m 与 n 互为质数;第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,第一间距 d_{12} 与第二间距 d_{13} 之间的差值的绝对值小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 的三种实施例中的任意一种结合。

另一实施例中,请参照图 18 至图 21,第三间距 d_{14} 、第四间距 d_{15} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 。由于第三间距 d_{14} 、第四间距 d_{15} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,第三相位差 $PD OA_{14}$ 曲线的斜率增加,第四相位差 $PD OA_{15}$ 曲线的斜率增加,因此可以提高到达角 AOA 的精度。此外,本实施例中由于第三间距 d_{14} 、第四间距 d_{15} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,使得第四天线辐射体 18 与第一天线辐射体 10 之间的隔离度增加,第五天线辐射体 19 与第一天线辐射体 10 之间的隔离度增加,可降低第一天线辐射体 10、第四天线辐射体 18、第五天线辐射体 19 接收第一电磁波信号的干扰,进一步地提高到达角 AOA 的精度。

一实施方式中,请参照图 18 和图 19,第三间距 d_{14} 等于 $a \cdot y$,第四间距 d_{15} 等于 $b \cdot y$,其中, a 与 b 互为质数。举例而言, $a=3$; $b=7$; $y=7\text{mm}$,即第三间距 d_{14} 等于 21mm ;第四间距 d_{15} 等于 49mm ,第三间距 d_{14} 、第四间距 d_{15} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$;或者, $a=5$; $b=7$; $y=6\text{mm}$,即第三间距 d_{14} 等于 30mm ;第四间距 d_{15} 等于 42mm ,第三间距 d_{14} 、第四间距 d_{15} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$;又或者, $a=4$; $b=5$; $y=7\text{mm}$,即第三间距 d_{14} 等于 28mm ;第四间距 d_{15} 等于 35mm ,第三间距 d_{14} 、第四间距

d_{15} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ；再或者， $a=5$ ； $b=7$ ； $y=8\text{mm}$ ，即第三间距 d_{14} 等于 40mm ；第四间距 d_{15} 等于 56mm ，第三间距 d_{14} 、第四间距 d_{15} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 等等。

可选的，如图 18 所示， a 小于 b 。换言之，第三间距 d_{14} 小于第四间距 d_{15} 。目标天线辐射体、第四天线辐射体 18 及第五天线辐射体 19 依次排列。本实施方式中即第一天线辐射体 10、第四天线辐射体 18 及第五天线辐射体 19 依次排列。本实施方式中，由于第四天线辐射体 18 的相位中心与第一天线辐射体 10 的相位中心之间的第三间距 d_{14} 小于第五天线辐射体 19 的相位中心与第一天线辐射体 10 的相位中心之间的第四间距 d_{15} ，因此使第一天线辐射体 10、第四天线辐射体 18 及第五天线辐射体 19 依次排列可减少第一天线辐射体 10、第四天线辐射体 18 及第五天线辐射体 19 在第二目标方向上所占据的空间，缩减终端设备 1 沿第二目标方向的尺寸，有利于终端设备 1 的小型化。当然，在其他实施例中，如图 19 所示，第一天线辐射体 10 可以位于第四天线辐射体 18 及第五天线辐射体 19 之间。

其中， $kd_{14} \cos \theta \sin \varphi = 2\pi N_7 + \text{PDOA}_{14}$ (17)； $kd_{15} \cos \theta \sin \varphi = 2\pi N_8 + \text{PDOA}_{15}$ (18)；

由上述 (17)、(18) 以及 $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ 、 $d_{14} = a * y$ 、 $d_{15} = b * y$ 可以得到：

$$\frac{aby \cos \theta \sin \varphi}{\lambda} = bN_7 + \frac{b * \text{PDOA}_{14}}{2\pi} \quad (19)； \quad \frac{aby \cos \theta \sin \varphi}{\lambda} = aN_8 + \frac{a * \text{PDOA}_{15}}{2\pi} \quad (20)；$$

式 (19)、(20) 中， θ 为到达角 AOA 的第一角度； φ 为到达角 AOA 的第二角度； PDOA_{14} 为第四天线辐射体 18 与第一天线辐射体 10 之间接收第一电磁波信号的第三相位差 PDOA_{14} ，处理器 13 可直接获取； PDOA_{15} 为第五天线辐射体 19 与第一天线辐射体 10 之间接收第一电磁波信号的第四相位差 PDOA_{15} ，处理器 13 可直接获取； $a * y$ 为第四天线辐射体 18 的相位中心与第一天线辐射体 10 的相位中心之间的第三间距 d_{14} ，可测量得到； $b * y$ 为第五天线辐射体 19 的相位中心与第一天线辐射体 10 的相位中心之间的第四间距 d_{15} ，可测量得到。由于第三间距 d_{14} 、第四间距 d_{15} 可测量得到，故可基于第三间距 d_{14} 、第四间距 d_{15} 确定 a 、 b 、 y ，并存储于终端设备 1 内， PDOA_{14} 、 PDOA_{15} 处理器 13 可检测得到，第一电磁波信号的波长已知，故可基于上述 (19)、(20) 以及 a 与 b 互为质数的关系确定 N_7 和 N_8 之间的关系， θ 可基于第一相位差 PDOA_{12} 、第二相位差 PDOA_{13} 、第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 及第一电磁波信号的波长确定，因此基于 N_7 和 N_8 之间的关系以及 θ 、上述 (19)、(20) 可确定唯一的 φ 。其中， N_7 和 N_8 可选为整数。可以理解的，由于 φ 唯一，因此当第三间距 d_{14} 、第四间距 d_{15} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，若第三间距 d_{14} 等于 $a * y$ ，第四间距 d_{15} 等于 $b * y$ ， a 与 b 互为质数，则同样可解决第一电磁波信号的到达角 AOA 的第二角度 φ 的相位模糊问题。

换言之，上述实施方式提供了另一种实现高精度检测到达角 AOA 的终端设备 1 中天线辐射体的排布方案，采用参差基线测角方法，即在第二目标方向（俯仰方向）上设置特定间隔排布的三个天线辐射体，其中，第一天线辐射体 10 与第四天线辐射体 18 之间的第三间距 $d_{14} = a * y$ ，大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，第一天线辐射体 10 与第五天线辐射体 19 之间的第四间距 $d_{15} = b * y$ ，也大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，且 a 与 b 互为质数，通过上述三个天线辐射体的排布方式，摆脱了检测到达角时天线辐射体之间的间距需要小于或等于电磁波信号的半波长的限制，增加了第一天线辐射体 10、第四天线辐射体 18 及第五天线辐射体 19 排布的灵活性，且增加了第一天线辐射体 10、第四天线辐射体 18 及第五天线辐射体 19 之间的隔离度，同时由于第三间距 d_{14} 、第四间距 d_{15} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，可以提升终端设备 1 检测到达角 AOA 的精度，提升用户体验。

需要说明的是，本实施例第三间距 d_{14} 、第四间距 d_{15} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，第三间距 d_{14} 等于 $a * y$ ，第四间距 d_{15} 等于 $b * y$ ，其中， a 与 b 互为质数可以与上述第一间距 d_{12} 与第二间距 d_{13} 中的一者小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，第一间距 d_{12} 与第二间距 d_{13} 中的另一者大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ；第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，第一间距 d_{12} 等于 $m * x$ ，第二间距 d_{13} 等于 $n * x$ ，其中， m 与 n 互为质数；第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，第一间距 d_{12} 与第二间距 d_{13} 之间的差值的绝对值小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 的三种实施例中的任意一种结合。

另一实施方式中，请参照图 20 和图 21，第三间距 d_{14} 与第四间距 d_{15} 之间的差值的绝对值小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 。

可选的，第三间距 d_{14} 小于第四间距 d_{15} 。例如：第三间距 d_{14} 为 25mm ，第四间距 d_{15} 为 30mm ，其中，第三间距 d_{14} 、第四间距 d_{15} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，第三间距 d_{14} 与第四间距 d_{15} 之间的差值的绝对值为 5mm ，小于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ；或者，第三间距 d_{14} 为 25mm ，第四间距 d_{15} 为 35mm ，其中，第三间距 d_{14} 、第四间距 d_{15} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，第三间距 d_{14} 与第四间距 d_{15} 之间的差值的绝对值为 10mm ，小于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ；又或者，第三间距 d_{14} 为 20mm ，第四间距 d_{15} 为 35mm ，其中，第三间距 d_{14} 、第四间距 d_{15} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，第三间距 d_{14} 与第四间距 d_{15} 之间的差值的绝对值为 15mm ，小于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ；再或者，第三间距 d_{14} 为 20mm ，第四间距 d_{15} 为 38mm ，其中，第三间距 d_{14} 、第四间距 d_{15} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，第三间距 d_{14} 与第四间距 d_{15} 之间的差值的绝对值为 18mm ，等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 等等。

当然,在其他实施方式中,第三间距 d_{14} 可以大于第四间距 d_{15} 。例如:第三间距 d_{14} 为32mm,第四间距 d_{15} 为27mm,其中,第三间距 d_{14} 、第四间距 d_{15} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,第三间距 d_{14} 与第四间距 d_{15} 之间的差值的绝对值为5mm,小于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$;或者,第三间距 d_{14} 为34mm,第四间距 d_{15} 为24mm,其中,第三间距 d_{14} 、第四间距 d_{15} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,第三间距 d_{14} 与第四间距 d_{15} 之间的差值的绝对值为10mm,小于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$;又或者,第三间距 d_{14} 为33mm,第四间距 d_{15} 为23mm,其中,第三间距 d_{14} 、第四间距 d_{15} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,第三间距 d_{14} 与第四间距 d_{15} 之间的差值的绝对值为15mm,小于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$;再或者,第三间距 d_{14} 为38mm,第四间距 d_{15} 为20mm,其中,第三间距 d_{14} 、第四间距 d_{15} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,第三间距 d_{14} 与第四间距 d_{15} 之间的差值的绝对值为18mm,等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 等等。

可选的,如图20所示,目标天线辐射体位于第四天线辐射体18与第五天线辐射体19之间。本申请实施方式中即第一天线辐射体10位于第四天线辐射体18与第五天线辐射体19之间。由于第三间距 d_{14} 、第四间距 d_{15} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,因此使第一天线辐射体10位于第四天线辐射体18与第五天线辐射体19之间可增加第一天线辐射体10、第四天线辐射体18及第五天线辐射体19的隔离度,降低第一天线辐射体10、第四线辐射体、第五天线辐射体19接收第一电磁波信号的干扰,提高到达角AOA的精度。当然,在其他实施方式中,如图21所示,第一天线辐射体10、第四天线辐射体18及第五天线辐射体19可以依次排列。

其中, $kd_{14} \cos \theta \sin \varphi = 2\pi N_9 + \text{PDOA}_{14}$ (21); $kd_{15} \cos \theta \sin \varphi = 2\pi N_{10} + \text{PDOA}_{15}$ (22);

基于(21)、(22)以及 $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ 可以得到:

$$\frac{2\pi(d_{15}-d_{14})\cos\theta\sin\varphi}{\lambda} = \text{PDOA}_{15} - \text{PDOA}_{14} + 2\pi(N_{10} - N_9) \quad (23);$$

式(23)中, θ 为到达角AOA的第一角度; φ 为到达角AOA的第二角度; PDOA_{14} 为第四天线辐射体18与第一天线辐射体10之间接收第一电磁波信号的第三相位差 PDOA_{14} ,处理器13可直接获取; PDOA_{15} 为第五天线辐射体19与第一天线辐射体10之间接收第一电磁波信号的第四相位差,处理器13可直接获取; d_{14} 为第四天线辐射体18的相位中心与第一天线辐射体10的相位中心之间的第三间距 d_{14} ,可测量得到,并存储于终端设备1内; d_{15} 为第五天线辐射体19的相位中心与第一天线辐射体10的相位中心之间的第四间距 d_{15} ,可测量得到,并存储于终端设备1内。由于 $|d_{15} - d_{14}| \leq \frac{\lambda}{2}$,故式(23)中 $\text{PDOA}_{15} - \text{PDOA}_{14} + 2\pi(N_{10} - N_9) \in [-180^\circ, 180^\circ]$ 。此外,由于 PDOA_{15} , PDOA_{14} 可直接获取, d_{14} 、 d_{15} 可测量得到,第一电磁波信号的波长已知, θ 可基于第一相位差 PDOA_{12} 、第二相位差 PDOA_{13} 、第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 及第一电磁波信号的波长确定,结合上述(23)可确定唯一的 φ 。可以理解的,由于 φ 唯一,因此当第三间距 d_{14} 与第四间距 d_{15} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,若第三间距 d_{14} 与第四间距 d_{15} 之间的差值的绝对值小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,同样可解决第一电磁波信号的到达角AOA的第二角度 φ 相位模糊问题。

换言之,上述实施方式提供了又一种实现高精度检测到达角AOA的终端设备1中天线辐射体的排布方案,采用虚拟基线测角方法,即在第二目标方向(俯仰方向)上设置特定间隔排布的三个天线辐射体,其中,第一天线辐射体10与第四天线辐射体18之间的第三间距 d_{14} 大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,第一天线辐射体10与第五天线辐射体19之间的第四间距 d_{15} 也大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,而第三间距 d_{14} 与第四间距 d_{15} 之间的差值的绝对值 $|d_{15} - d_{14}|$ 小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,通过上述三个天线辐射体的排布方式,摆脱了检测到达角时天线辐射体之间的间距需要小于或等于电磁波信号的半波长的限制,增加了第一天线辐射体10、第四天线辐射体18及第五天线辐射体19排布的灵活性,且增加了第一天线辐射体10、第四天线辐射体18及第五天线辐射体19之间的隔离度,同时由于第三间距 d_{14} 、第四间距 d_{15} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,可以提升终端设备1检测到达角AOA的精度,提升用户体验。

需要说明的是,本实施例第三间距 d_{14} 、第四间距 d_{15} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,第三间距 d_{14} 与第四间距 d_{15} 之间的差值的绝对值小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 可以与上述第一间距 d_{12} 与第二间距 d_{13} 中的一者小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,第一间距 d_{12} 与第二间距 d_{13} 中的另一者大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$;第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,第一间距 d_{12} 等于 $m \cdot x$,第二间距 d_{13} 等于 $n \cdot x$,其中, m 与 n 互为质数;第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 皆大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$,第一间距 d_{12} 与第二间距 d_{13} 之间的差值的绝对值小于或等于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 的三种实施例中的任意一种结合。

进一步地,终端设备1还包括至少一个第二信号接收单元。本申请对于第二信号接收单元的数量不作具体的限定。举例而言,第二信号接收单元的数量可以为一个、两个等。第二信号接收单元与第四天线辐射体18之间的通路、第二信号接收单元与第五天线辐射体19之间的通路皆可以包括低噪声放大器、滤波器等。第四天线辐射体18、第五天线辐射体19用于将接收到的第一电磁波信号传输至第二信号接收单元。举例而言,终端设备1还包括两个第二信号接收单元。一个第二信号接收单元电连接第四天线辐射体18,用于激励第四天线辐射体18接收第一电磁波信号,另一个第二信号接收单元电连接第五天线辐射体19,

用于激励第五天线辐射体 19 接收第一电磁波信号；或者，终端设备 1 还包括一个第二信号接收单元，第二信号接收单元电连接第四天线辐射体 18 和第五天线辐射体 19，第四天线辐射体 18、第五天线辐射体 19 用于将接收到的第一电磁波信号传输至第二信号接收单元。其中，至少一个第二信号接收单元电连接第四天线辐射体 18、第五天线辐射体 19 的方式可以包括直接电连接、间接电连接、耦合馈电等。第二信号接收单元电连接处理器 13，可以将第四天线辐射体 18、第五天线辐射体 19 接收第一电磁波信号的信息传递至处理器 13。换言之，处理器 13 可以从第二信号接收单元和第一接收单元处获取第四天线辐射体 18 与第一天线辐射体 10 之间接收第一电磁波信号的第三相位差，以及第五天线辐射体 19 与第一天线辐射体 10 之间接收第一电磁波信号的第四相位差。

进一步地，终端设备 1 还包括第二匹配网络，第二匹配网络的一端电连接至少一个所述第二信号接收单元，第二匹配网络的另一端分别电连接目标天线辐射体、第四天线辐射体 18 及第五天线辐射体 19。其中，第二匹配网络与第二信号接收单元之间的电连接方式包括直接电连接、间接电连接、耦合馈电等。第二匹配网络与第一天线辐射体 10，第二匹配网络与第四天线辐射体 18，第二匹配网络与第五天线辐射体 19 之间的电连接方式包括直接电连接、间接电连接、耦合馈电等。处理器 13 还用于控制第二匹配网络，以控制目标天线辐射体、第四天线辐射体 18 接收第一电磁波信号的频率，调节第三相位差 $PDOA_{14}$ ；和/或，控制第二匹配网络，以控制目标天线辐射体、第五天线辐射体 19 接收第一电磁波信号的频率，调节第四相位差 $PDOA_{15}$ 。

一实施例中，第二匹配网络包括第四匹配电路和第五匹配电路。第四匹配电路电连接于第二信号接收单元与第四天线辐射体 18 之间，第五匹配电路电连接于第二信号接收单元与第五天线辐射体 19 之间。处理器 13 用于控制第一匹配电路和/或第四匹配电路，以控制第四天线辐射体 18、第五天线辐射体 19 接收第一电磁波信号的频率，调节第三相位差 $PDOA_{14}$ 。处理器 13 用于控制第一匹配电路和/或第五匹配电路，以控制第一天线辐射体 10、第五天线辐射体 19 接收第一电磁波信号的频率，调节第四相位差 $PDOA_{15}$ 。由于 $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ ，因此基于上述 (14) (15)，或者 (17)、(18)，或者 (21)、(22) 可以看出当 d_{14} 、 d_{15} 一定时， λ 与信号相位差 $PDOA$ 曲线的斜率成反比，因此 λ 越小测角精度越大， λ 越大无模糊测角范围越大，故本实施例通过设置第四匹配电路、第五匹配电路可以切换不同的频率以调节 λ ，提高第二角度的精度和解决第二角度 φ 相位模糊的问题。

本申请提供的终端设备 1 通过设置第一天线辐射体 10、第二天线辐射体 11、第三天线辐射体 12、第四天线辐射体 18 及第五天线辐射体 19 及处理器 13，使第一天线辐射体 10、第二天线辐射体 11、第三天线辐射体 12、第四天线辐射体 18 及第五天线辐射体 19 皆用于接收第一电磁波信号，由于第二天线辐射体 11 与第一天线辐射体 10 沿第一目标方向排列，第三天线辐射体 12 与第一天线辐射体 10 沿第一目标方向排列，且第二天线辐射体 11 的相位中心与第一天线辐射体 10 的相位中心之间的间距为第一间距 d_{12} ，第三天线辐射体 12 的相位中心与第一天线辐射体 10 的相位中心之间的间距为第二间距 d_{13} ，第二间距 d_{13} 与第一间距 d_{12} 中的至少一者大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，因此可使第一天线辐射体 10 与第二天线辐射体 11，第一天线辐射体 10 与第三天线辐射体 12 中的至少一者摆脱相位中心之间的间距小于或等于电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 的限制；第四天线辐射体 18 与第一天线辐射体 10 沿第二目标方向排列，第五天线辐射体 19 与第一天线辐射体 10 沿第二目标方向排列，且第四天线辐射体 18 的相位中心与第一天线辐射体 10 的相位中心之间的间距为第三间距 d_{14} ，第五天线辐射体 19 的相位中心与第一天线辐射体 10 的相位中心之间的间距为第四间距 d_{15} ，第三间距 d_{14} 与第四间距 d_{15} 中的至少一者大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，因此可使第一天线辐射体 10 与第四天线辐射体 18，第一天线辐射体 10 与第五天线辐射体 19 中的至少一者摆脱相位中心之间的间距小于或等于电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ 的限制，提高天线辐射体的排布自由度，便于终端设备 1 的布局。处理器 13 根据第一天线辐射体 10 与第二天线辐射体 11 之间接收第一电磁波信号的第一相位差 $PDOA_{12}$ 、第三天线辐射体 12 与第一天线辐射体 10 之间接收第一电磁波信号的第二相位差 $PDOA_{13}$ 、第一间距 d_{12} 、第二间距 d_{13} 确定第一电磁波信号的到达角 AOA 的第一角度 θ ；根据第一天线辐射体 10 与第四天线辐射体 18 之间接收第一电磁波信号的第三相位差 $PDOA_{14}$ ，和/或，第五天线辐射体 19 与第一天线辐射体 10 之间接收第一电磁波信号的第四相位差 $PDOA_{15}$ 、第三间距 d_{14} 、第四间距 d_{15} 以及第一角度 θ 确定第一电磁波信号的到达角 AOA 的第二角度 φ ，可实现待测设备 2 的三维定位。而第二间距 d_{13} 与第一间距 d_{12} 中的至少一者大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，第三间距 d_{14} 与第四间距 d_{15} 中的至少一者大于第一电磁波信号的半波长 $\lambda/2$ ，可提高所确定的到达角 AOA 的精度。

上述在说明书、权利要求书以及附图中提及的特征，只要在本申请的范围内是有意义的，均可以任意相互组合。针对终端设备 1 所说明的优点和特征以相应的方式适用于通信系统 100。尽管上面已经示出和描述了本申请的实施例，可以理解的是，上述实施例是示例性的，不能理解为对本申请的限制，本领域的普通技术人员在本申请的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型，这些改进和润饰也视为本申请的保护范围。

权 利 要 求 书

1、一种终端设备，包括：

第一天线辐射体，用于接收待测设备发射的第一电磁波信号；

第二天线辐射体，与所述第一天线辐射体沿第一目标方向排列，并用于接收所述第一电磁波信号，所述第二天线辐射体的相位中心与所述第一天线辐射体的相位中心之间的间距为第一间距；

第三天线辐射体，与所述第一天线辐射体沿所述第一目标方向排列，并用于接收所述第一电磁波信号，所述第三天线辐射体的相位中心与所述第一天线辐射体的相位中心之间的间距为第二间距，其中，所述第二间距与所述第一间距中的至少一者大于所述第一电磁波信号的半波长；

处理器，用于获取所述第一天线辐射体与所述第二天线辐射体之间接收所述第一电磁波信号的第一相位差，以及获取所述第三天线辐射体与所述第一天线辐射体之间接收所述第一电磁波信号的第二相位差，并用于根据所述第一相位差、所述第二相位差、所述第一间距、所述第二间距及所述第一电磁波信号的波长确定所述第一电磁波信号的到达角。

2、根据权利要求1所述的终端设备，所述第一天线辐射体、所述第二天线辐射体及所述第三天线辐射体依次排列。

3、根据权利要求1所述的终端设备，所述第一间距与所述第二间距不同。

4、根据权利要求2或3所述的终端设备，所述第一间距小于或等于所述第一电磁波信号的半波长，所述第二间距大于所述第一电磁波信号的半波长。

5、根据权利要求4所述的终端设备，

$$N_1 = \frac{d_{13}}{d_{12}} \times \text{PDOA}_{12} - \text{PDOA}_{13}$$

$$\theta = \sin^{-1} \left(\frac{2\pi}{kd_{13}} (\text{PDOA}_{13} + 2\pi N_1) \right)$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

其中，所述第一电磁波信号的到达角包括 θ ； PDOA_{12} 为所述第一相位差； PDOA_{13} 为所述第二相位差； d_{12} 为所述第一间距； d_{13} 为所述第二间距； λ 为所述第一电磁波信号的波长； N_1 为整数。

6、根据权利要求3所述的终端设备，所述第一间距、所述第二间距皆大于所述第一电磁波信号的半波长。

7、根据权利要求2或6所述的终端设备，所述第一间距等于 $m \times x$ ，所述第二间距等于 $n \times x$ ，其中， m 与 n 互为质数，且 m 小于 n 。

8、根据权利要求7所述的终端设备，

$$\frac{mnx \sin \theta}{\lambda} = nN_2 + \frac{n \times \text{PDOA}_{12}}{2\pi}$$

$$\frac{mnx \sin \theta}{\lambda} = mN_3 + \frac{m \times \text{PDOA}_{13}}{2\pi}$$

其中，所述第一电磁波信号的到达角包括 θ ； PDOA_{12} 为所述第一相位差； PDOA_{13} 为所述第二相位差； λ 为所述第一电磁波信号的波长； N_2 、 N_3 皆为整数。

9、根据权利要求6所述的终端设备，所述第一间距与所述第二间距之间的差值的绝对值小于或等于所述第一电磁波信号的半波长。

10、根据权利要求6或9所述的终端设备，所述第一天线辐射体位于所述第二天线辐射体与所述第三天线辐射体之间。

11、根据权利要求10所述的终端设备，

$$\frac{2\pi(d_{13} - d_{12}) \sin \theta}{\lambda} = \text{PDOA}_{13} - \text{PDOA}_{12} + 2\pi(N_5 - N_4)$$

其中，所述第一电磁波信号的到达角包括 θ ； PDOA_{12} 为所述第一相位差； PDOA_{13} 为所述第二相位差； d_{12} 为所述第一间距； d_{13} 为所述第二间距； λ 为所述第一电磁波信号的波长； N_4 、 N_5 皆为整数。

12、根据权利要求1至3任意一项所述的终端设备，所述终端设备还包括至少一个第一信号接收单元和至少一个信号发射单元，所述第一天线辐射体、所述第二天线辐射体及所述第三天线辐射体用于将接收到的所述第一电磁波信号传输至所述第一信号接收单元，所述信号发射单元用于产生射频信号，并传输至所述第一天线辐射体、所述第二天线辐射体及所述第三天线辐射体中的至少一者，以使所述第一天线辐射体、所述第二天线辐射体及所述第三天线辐射体中的至少一者发射第二电磁波信号。

13、根据权利要求12所述的终端设备，所述终端设备还包括第一匹配网络，所述第一匹配网络的一端电连接至少一个所述第一信号接收单元，所述第一匹配网络的另一端分别电连接所述第一天线辐射体、

所述第二天线辐射体及所述第三天线辐射体,所述处理器还用于控制所述第一匹配网络,以控制所述第一天线辐射体、所述第二天线辐射体接收所述第一电磁波信号的频率,调节所述第一相位差;和/或,控制所述第一匹配网络,以控制所述第一天线辐射体、所述第三天线辐射体接收所述第一电磁波信号的频率,调节所述第二相位差。

14、根据权利要求1至3任意一项所述的终端设备,所述终端设备还包括第四天线辐射体,所述第四天线辐射体与目标天线辐射体沿第二目标方向排列,其中,所述第二目标方向与所述第一目标方向相交,所述目标天线辐射体为所述第一天线辐射体、所述第二天线辐射体及所述第三天线辐射体中的一者,所述第四天线辐射体用于接收所述第一电磁波信号,所述第四天线辐射体的相位中心与所述目标天线辐射体的相位中心之间的间距为第三间距,所述处理器还用于获取所述第四天线辐射体与所述目标天线辐射体之间接收所述第一电磁波信号的第三相位差,并用于根据所述第三相位差、所述第二相位差、所述第一相位差、所述第一间距、所述第二间距及所述第三间距确定所述第一电磁波信号的到达角。

15、根据权利要求14所述的终端设备,所述第二目标方向与所述第一目标方向不垂直。

16、根据权利要求14所述的终端设备,所述终端设备还包括第五天线辐射体,所述第五天线辐射体与所述目标天线辐射体沿所述第二目标方向排列,所述第五天线辐射体用于接收所述第一电磁波信号,所述第五天线辐射体的相位中心与所述目标天线辐射体的相位中心之间的间距为第四间距,所述处理器还用于获取所述第五天线辐射体与所述目标天线辐射体之间接收所述第一电磁波信号的第四相位差,并用于根据所述第四相位差、所述第三相位差、所述第二相位差、所述第一相位差、所述第一间距、所述第二间距、所述第三间距及所述第四间距确定所述第一电磁波信号的到达角。

17、根据权利要求16所述的终端设备,所述第三间距与所述第四间距中的至少一者大于所述第一电磁波信号的半波长。

18、根据权利要求17所述的终端设备,所述第三间距与所述第四间距不同。

19、根据权利要求18所述的终端设备,所述第三间距与所述第四间距中的一者小于或等于所述第一电磁波信号的半波长,所述第三间距与所述第四间距中的另一者大于所述第一电磁波信号的半波长。

20、根据权利要求19所述的终端设备,所述第四间距大于所述第三间距,所述目标天线辐射体、所述第四天线辐射体及所述第五天线辐射体依次排列。

21、根据权利要求18所述的终端设备,所述第三间距、所述第四间距皆大于所述第一电磁波信号的半波长。

22、根据权利要求21所述的终端设备,所述第三间距等于 $a \times y$,所述第四间距等于 $b \times y$,其中, a 与 b 互为质数。

23、根据权利要求22所述的终端设备,其中, a 小于 b ,所述目标天线辐射体、所述第四天线辐射体及所述第五天线辐射体依次排列。

24、根据权利要求21所述的终端设备,所述第三间距与所述第四间距之间的差值的绝对值小于或等于所述第一电磁波信号的半波长。

25、根据权利要求24所述的终端设备,所述目标天线辐射体位于所述第四天线辐射体与所述第五天线辐射体之间。

26、根据权利要求16所述的终端设备,所述终端设备还包括至少一个第二信号接收单元,所述第四天线辐射体、所述第五天线辐射体用于将接收到的所述第一电磁波信号传输至所述第二信号接收单元。

27、根据权利要求26所述的终端设备,所述终端设备还包括第二匹配网络,所述第二匹配网络的一端电连接所述第二信号接收单元,所述第二匹配网络的另一端分别电连接所述目标天线辐射体、所述第四天线辐射体及所述第五天线辐射体,所述处理器还用于控制所述第二匹配网络,以控制所述目标天线辐射体、所述第四天线辐射体接收所述第一电磁波信号的频率,调节所述第三相位差;和/或,控制所述第二匹配网络,以控制所述目标天线辐射体、所述第五天线辐射体接收所述第一电磁波信号的频率,调节所述第四相位差。

28、一种通信系统,包括待测设备及如权利要求1至27任意一项所述的终端设备,所述待测设备用于向所述终端设备发射所述第一电磁波信号。

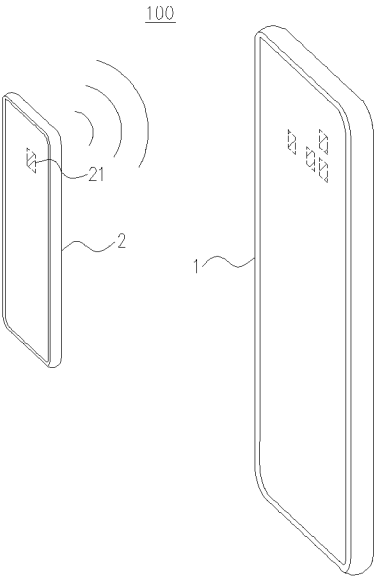


图 1

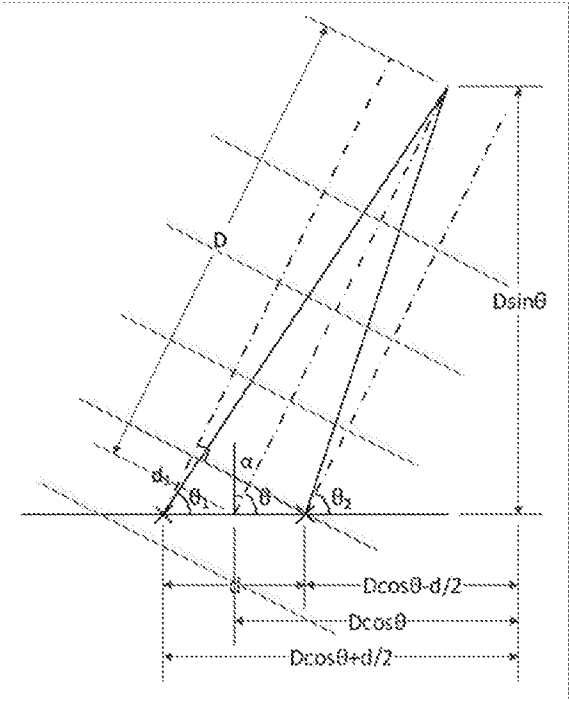


图 2

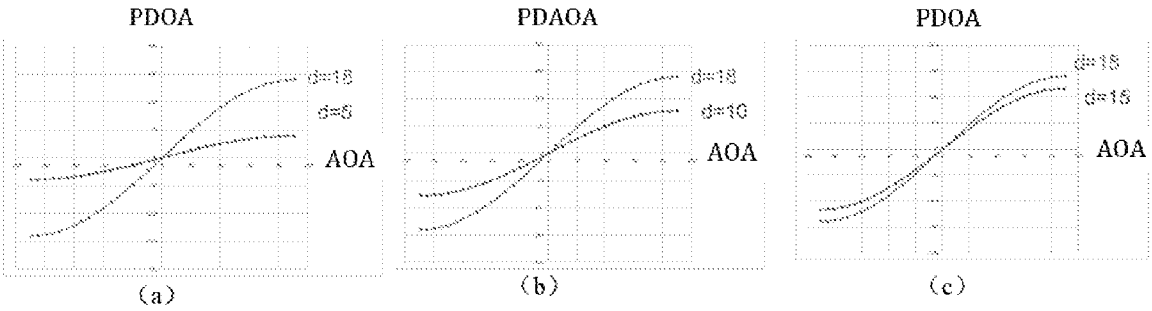


图 3

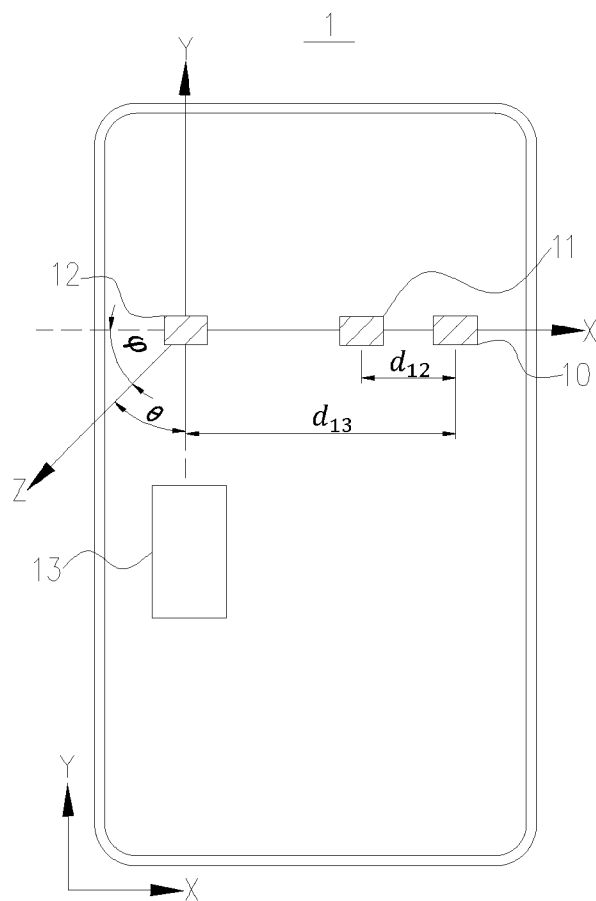


图 4

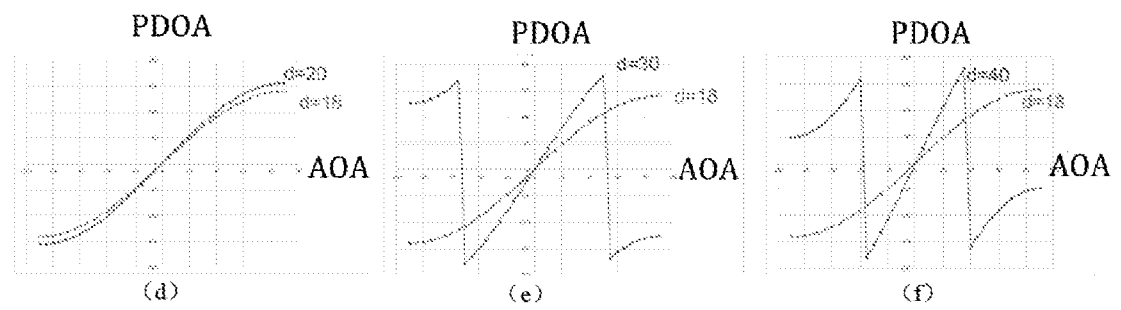


图 5

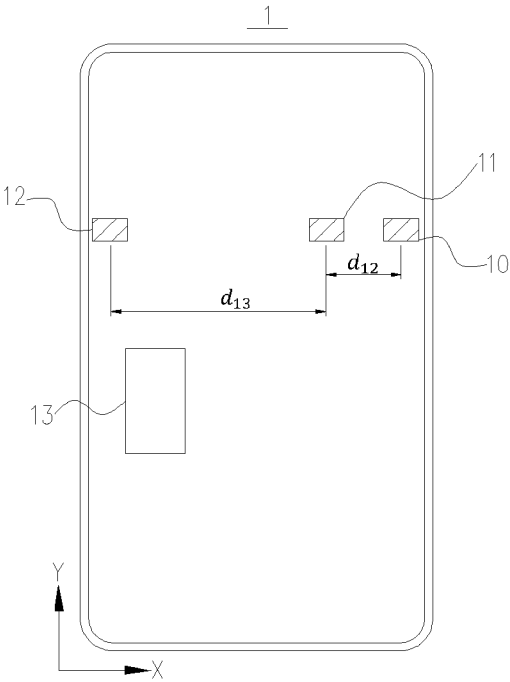


图 6

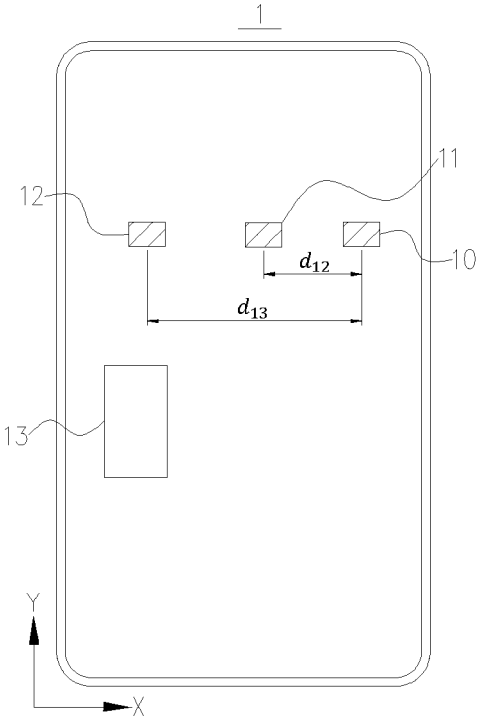


图 7

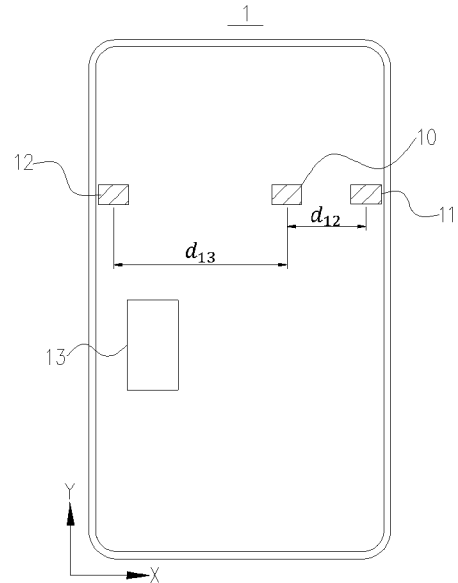


图 8

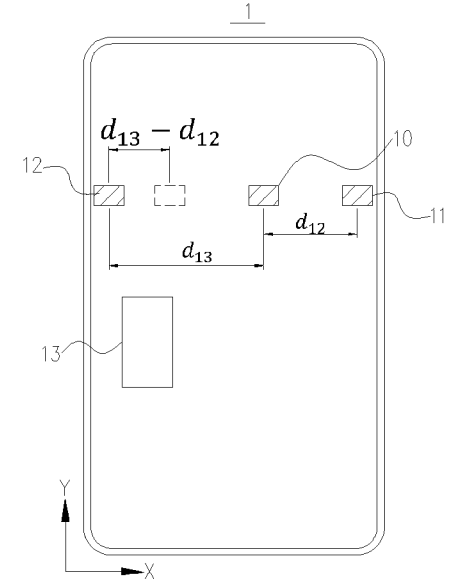


图 9

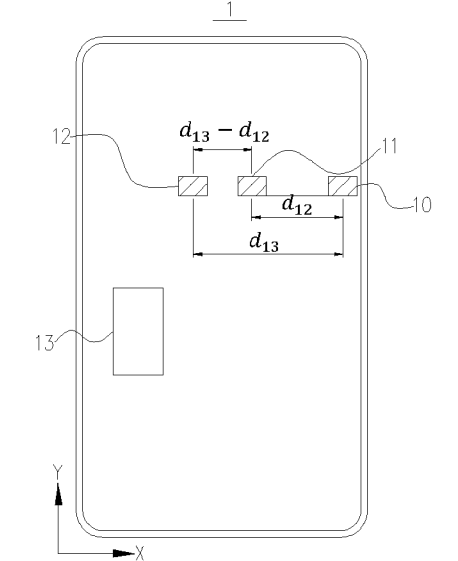


图 10

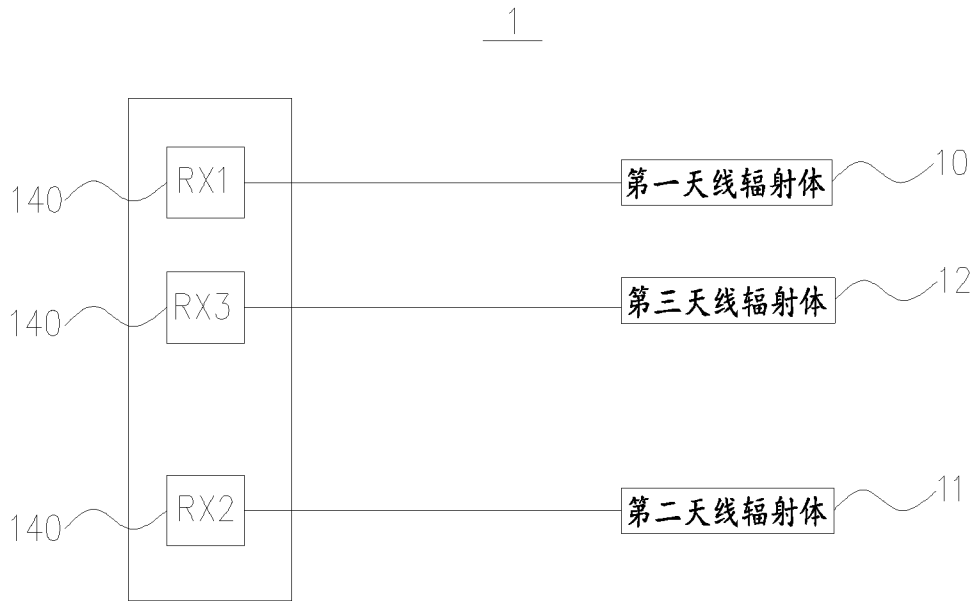


图 11

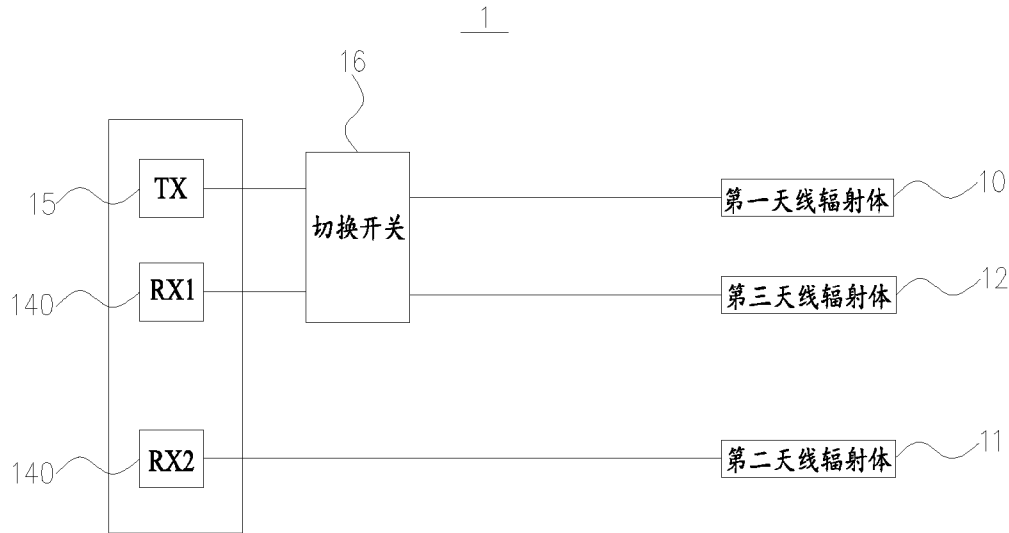


图 12

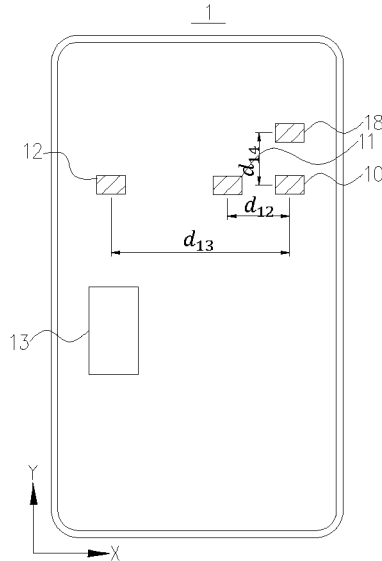


图 13

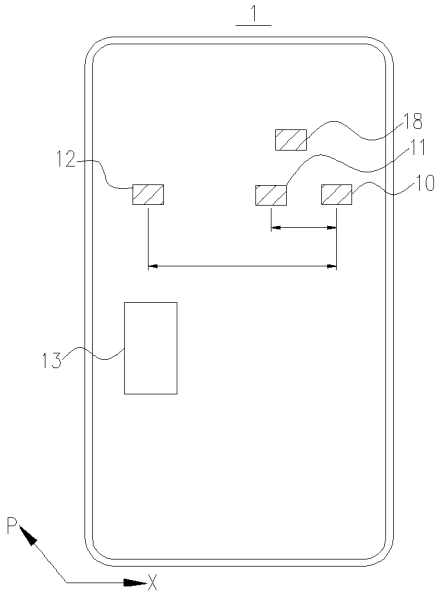


图 14

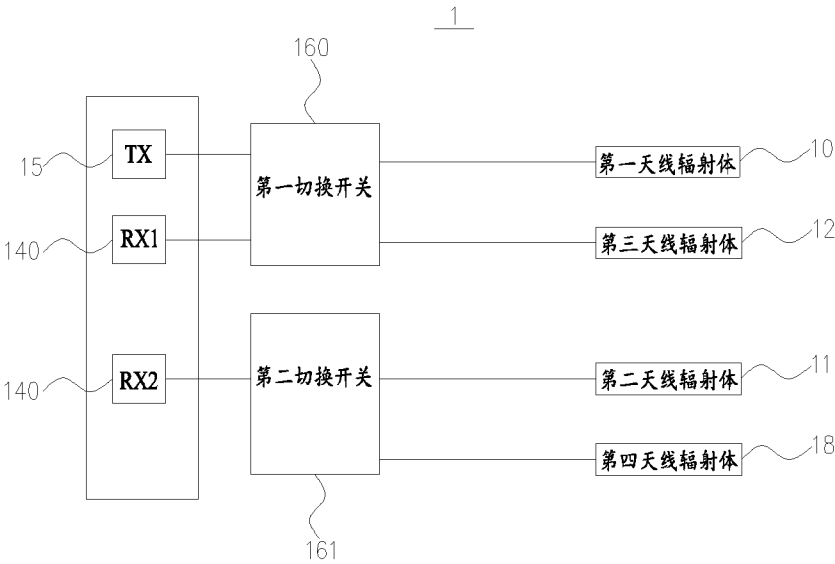


图 15

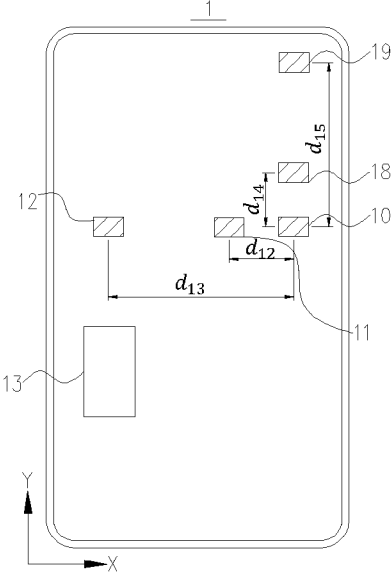


图 16

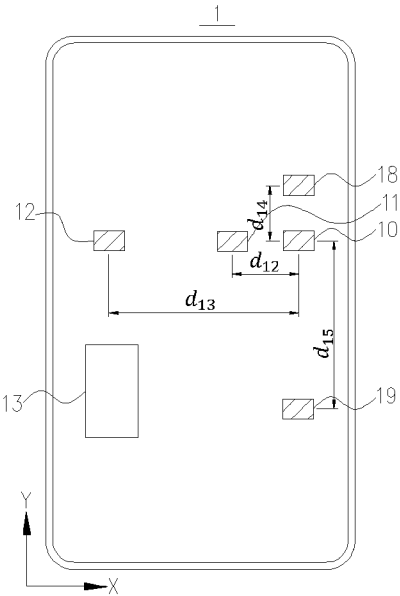


图 17

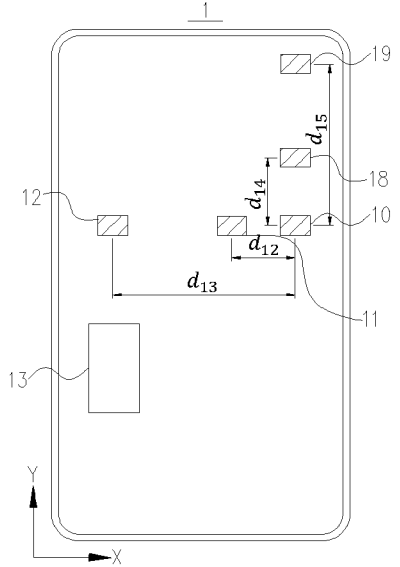


图 18

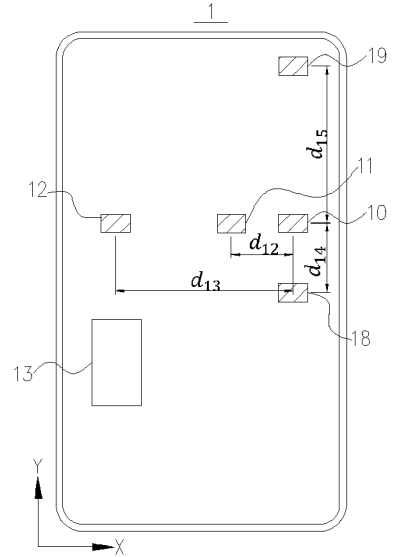


图 19

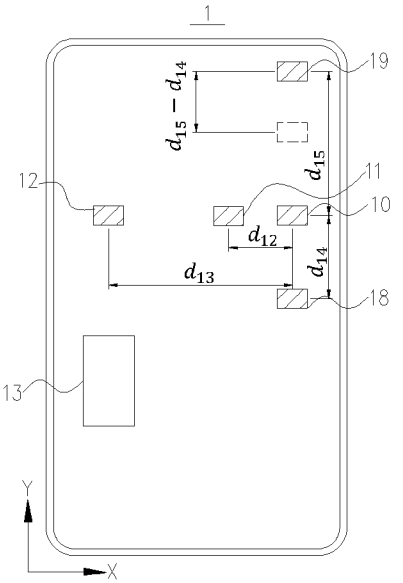


图 20

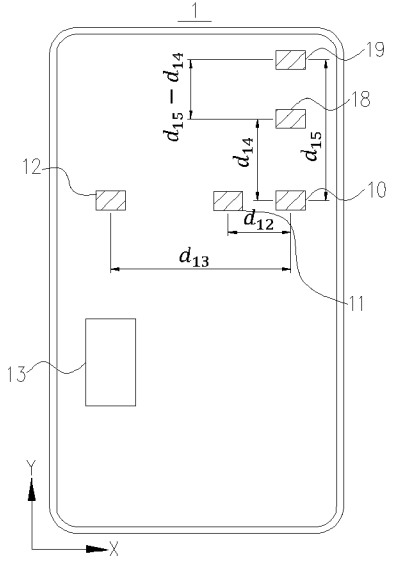


图 21

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/139745

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04W4/02(2018.01)i;H01Q1/36(2006.01)i;H01Q3/26(2006.01)i;H01Q21/00(2006.01)i;H01Q1/24(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: H04W, H01Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, EPODOC, WPI, 3GPP: 天线, 辐射体, 间距, 距离, 大于, 半, 二分之一, 波长, 相位差, 到达角, antenna, radiator, pitch, distance, greater than, bigger than, half, 1/2, $\lambda/2$, wavelength, λ , phase difference, PDOA, angle of arrival, AOA**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 112437399 A (GUANGDONG OPPO MOBILE TELECOMMUNICATIONS CORP., LTD.) 02 March 2021 (2021-03-02) description, paragraphs 0006-0022 and 0048-0108	1-28
A	CN 108054522 A (SHENZHEN SHIKONG NAVIGATION TECHNOLOGY CO., LTD.) 18 May 2018 (2018-05-18) entire document	1-28
A	WO 2022022309 A1 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 03 February 2022 (2022-02-03) entire document	1-28
A	CN 114577171 A (GUANGDONG OPPO MOBILE TELECOMMUNICATIONS CORP., LTD.) 03 June 2022 (2022-06-03) entire document	1-28
A	US 2013271323 A1 (ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE) 17 October 2013 (2013-10-17) entire document	1-28



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“D” document cited by the applicant in the international application

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 February 2023

Date of mailing of the international search report

20 February 2023

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District,
Beijing 100088

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2022/139745

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	112437399	A	02 March 2021	None			
CN	108054522	A	18 May 2018	None			
WO	2022022309	A1	03 February 2022	CN	114002677	A	01 February 2022
CN	114577171	A	03 June 2022	None			
US	2013271323	A1	17 October 2013	KR	20130117664	A	28 October 2013

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2022/139745

A. 主题的分类 H04W4/02 (2018.01) i; H01Q1/36 (2006.01) i; H01Q3/26 (2006.01) i; H01Q21/00 (2006.01) i; H01Q1/24 (2006.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) IPC: H04W, H01Q 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) CNPAT, CNKI, EPDOC, WPI, 3GPP; 天线, 辐射体, 间距, 距离, 大于, 半, 二分之一, 波长, 相位差, 到达角, antenna, radiator, pitch, distance, greater than, bigger than, half, 1/2, $\lambda/2$, wavelength, λ , phase difference, PD0A, angle of arrival, A0A		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 112437399 A (OPPO广东移动通信有限公司) 2021年3月2日 (2021 - 03 - 02) 说明书第0006-0022、0048-0108段	1-28
A	CN 108054522 A (深圳市时空导航科技有限公司) 2018年5月18日 (2018 - 05 - 18) 全文	1-28
A	W0 2022022309 A1 (华为技术有限公司) 2022年2月3日 (2022 - 02 - 03) 全文	1-28
A	CN 114577171 A (OPPO广东移动通信有限公司) 2022年6月3日 (2022 - 06 - 03) 全文	1-28
A	US 2013271323 A1 (ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE) 2013年10月17日 (2013 - 10 - 17) 全文	1-28
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “D” 申请人在国际申请中引证的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期 2023年2月13日		国际检索报告邮寄日期 2023年2月20日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 刘寒艳 电话号码 (+86) 010-53961659

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/139745

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	112437399	A	2021年3月2日	无	
CN	108054522	A	2018年5月18日	无	
WO	2022022309	A1	2022年2月3日	CN 114002677 A	2022年2月1日
CN	114577171	A	2022年6月3日	无	
US	2013271323	A1	2013年10月17日	KR 20130117664 A	2013年10月28日