

(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
2020 年 6 月 4 日 (04.06.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/107374 A1

(51) 国际专利分类号:
G01S 7/40 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2018/118423

(22) 国际申请日: 2018 年 11 月 30 日 (30.11.2018)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(71) 申请人: 深圳市大疆创新科技有限公司 (SZ DJI TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区高新南区粤兴一道9号香港科大深圳产学研大楼6楼, Guangdong 518057 (CN)。

(72) 发明人: 陆新飞 (LU, Xinfei); 中国广东省深圳市南山区高新南区粤兴一道9号香港科大深圳产学研大楼6楼, Guangdong 518057 (CN)。 李怡强 (LI, Yiqiang); 中国广东省深圳市南山区高新南区粤兴一道9号香港科大深圳产学研大楼6楼, Guangdong

518057 (CN)。 王凯 (WANG, Kai); 中国广东省深圳市南山区高新南区粤兴一道9号香港科大深圳产学研大楼6楼, Guangdong 518057 (CN)。

(74) 代理人: 北京市磐华律师事务所 (P. C. & ASSOCIATES); 中国北京市朝阳区建国门外大街22号赛特大厦901-902室, Beijing 100022 (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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, 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,

(54) Title: METHOD AND SYSTEM FOR TESTING PERFORMANCE OF RADAR

(54) 发明名称: 一种雷达性能的测试方法及系统

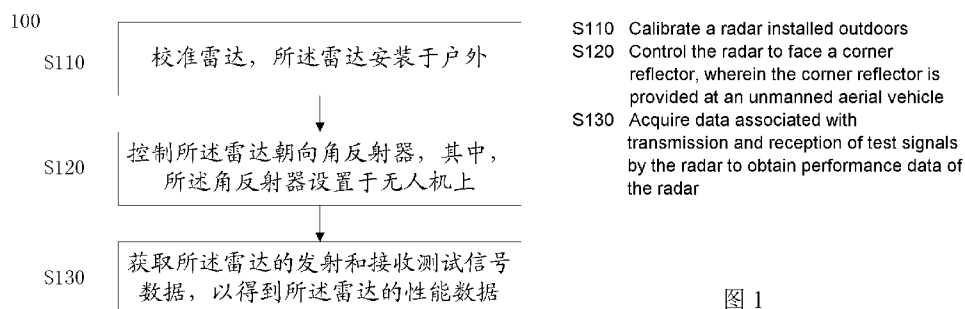


图 1

(57) Abstract: A method (100) and system (200) for testing performance of a radar (210). The method (100) comprises: calibrating a radar (210) installed outdoors (S110); controlling the radar (210) to face a corner reflector (220), wherein the corner reflector (220) is provided at an unmanned aerial vehicle (230) (S120); and acquiring data associated with transmission and reception of test signals by the radar (210) to obtain performance data of the radar (210) (S130). The method (100) and system (200) for testing performance of a radar (210) eliminate the need to construct a complex microwave anechoic chamber at high costs, thereby greatly reducing costs and difficulties of testing a radar (210), and providing a highly reliable testing result.

(57) 摘要: 一种雷达 (210) 性能的测试方法 (100) 及系统 (200), 方法 (100) 包括: 校准雷达 (210), 雷达 (210) 安装于户外 (S110); 控制雷达 (210) 朝向角反射器 (220), 其中, 角反射器 (220) 设置于无人机 (230) 上 (S120); 获取雷达 (210) 的发射和接收测试信号数据, 以得到雷达 (210) 的性能数据 (S130)。雷达 (210) 性能的测试方法 (100) 及系统 (200), 避免了耗费巨资搭建复杂的微波暗室环境, 极大地缩减了雷达 (210) 测试成本及测试难度, 而且测试结果可靠性高。

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, 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, 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)。

本国际公布：

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

一种雷达性能的测试方法及系统

技术领域

本发明涉及雷达技术领域，尤其涉及雷达性能的测试方法及系统。

5 背景技术

近年来自动驾驶领域发展迅速，毫米波雷达作为重要传感器也随之快速发展。现阶段毫米波雷达主要采用 77GHz 频段，较高的频段给测试带来一定的难度。搭建毫米波雷达测试微波暗室难度较大且成本较高，而复杂的测试环境又将导致测试结果失效。目前，毫米波雷达制造厂商主要通过自行搭建或租赁微波暗室用于系统测试，搭建高频微波暗室所需吸波材料价格昂贵，搭建一个微波暗室往往需要千万甚至上亿资金，并且高频段信号对暗室设计要求很高，否则吸波效果极差，租赁微波暗室测试则耗时较长，不利于多次反复测试。

所以，现有技术中存在雷达性能测试的测试环境成本昂贵，且不能满足测试的要求，不利于多次测试，同时测试结果可靠性低的问题。

15

发明内容

第一方面，本发明实施例提供了一种雷达性能的测试方法方法，所述方法至少包括：

校准雷达，所述雷达安装于户外；

20 控制所述雷达朝向角反射器，其中，所述角反射器设置于无人机上；

获取所述雷达的发射和接收测试信号数据，以得到所述雷达的性能数据。

示例性地，所述户外包括所述雷达朝向的预设型区域，所述预设型区域内没有遮挡物。

示例性地，所述预设型区域包括所述无人机所在的天空区域。

25 示例性地，所述雷达安装于转台上方。

示例性地，校准所述转台和所述雷达以使所述转台和所述雷达的法线方向一致。

示例性地，所述转台为两轴转台，用于调整水平方向和/或垂直方向的角度。

示例性地，所述角反射器设置于所述无人机的下方。

示例性地，所述无人机下方还设置有吸波材料。

示例性地，所述吸波材料的面积大于或等于所述无人机的截面面积。

示例性地，控制所述无人机位于所述雷达正上方的预设高度。

5 示例性地，所述雷达的性能数据包括底噪数据、天线方向图、威力图中的至少一个。

示例性地，得到雷达的天线方向图包括：根据预设测试角度控制所述转台旋转，获取所述预设测试角度下所述雷达的数据，以得到雷达的天线方向图。

10 示例性地，得到所述雷达的天线方向图包括：根据预设单位测试角度控制所述转台旋转，遍历 360 度下所述雷达的数据，以得到雷达的全向天线方向图。

第二方面，本发明还提供了一种用于雷达性能测试的无人机，至少包括：机体；

动力装置，安装于所述机体上，用于为所述无人机提供动力；

15 吸波材料，用于吸收雷达发射的信号；

角反射器装置，用于反射所述雷达发射的信号；

示例性地，所述吸波材料安装于所述无人机的下方。

示例性地，所述吸波材料的至少覆盖所述机体。

示例性地，所述吸波材料的吸波频段覆盖所述雷达的测试频段。

20 示例性地，所述吸波材料包括泡棉角锥或树脂基微波吸收材料。

示例性地，所述角反射器装置包括至少一个角反射器。

示例性地，所述角反射器装置包括角反射器阵列。

示例性地，所述角反射器装置安装于所述吸波材料的下方。

示例性地，所述角反射器装置内嵌安装于所述吸波材料中。

25 示例性地，所述吸波材料和/或所述角反射器安装于云台上。

示例性地，所述云台用于使所述吸波材料和/或所述角反射器装置朝向雷达测试方向。

第三方面，本发明还提供了一种用于雷达性能测试的电控转台，至少包括：

固定装置，用于固定负载；

驱动装置，用于驱动所述固定装置运动；

控制装置，用于控制所述驱动装置的运动方向。

示例性地，所述驱动装置包括两轴驱动装置，用于调整水平方向和/或垂直方向的角度。

示例性地，所述驱动装置包括多轴驱动装置，用于调整多个方向的角度。

示例性地，所述电控转台包括升降装置，用于调整所述固定装置的高度。

示例性地，所述控制装置根据所述雷达的位置控制所述驱动装置将所述固定装置朝向所述雷达。

10 示例性地，所述雷达位于无人机上，所述控制装置根据所述无人机的位置控制所述驱动装置调整所述固定装置朝向。

示例性地，所述控制装置获取所述无人机的位置，并计算相对方向；根据所述相对方向控制所述驱动装置。

15 第四方面，本发明还提供了一种雷达性能测试系统，至少包括：

雷达，用于发射和接收测试信号；

角反射器，用于接收所述雷达的发射信号并反射至所述雷达，其中，所述角反射器设置于无人机上；

20 上位机，用于获取所述雷达的发射和接收测试信号以得到所述雷达的性能数据。

示例性地，所述雷达安装于转台上方。

示例性地，所述转台包括两轴转台，用于调整水平方向和/或垂直方向的角度。

25 示例性地，所述角反射器设置于所述无人机的下方。

示例性地，所述无人机下方还设置有吸波材料。

示例性地，所述吸波材料的面积大于或等于所述无人机的截面面积。

示例性地，所述雷达的性能数据包括底噪数据、天线方向图、威力图中的至少一个。

30 示例性地，所述上位机基于获取的所述雷达的发射和接收测试信号数据，

离线计算得到所述雷达的性能数据。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 是本发明实施例提供的一种雷达性能测试方法的示意性流程图；

图 2 是本发明实施例提供的一种雷达性能测试系统的示意性框图；

图 3 是本发明实施例提供的一种雷达性能测试系统的具体示例的示意性框图；

图 4 是本发明实施例提供的天线方向图的示例；

图 5 是本发明实施例提供的一种用于雷达性能测试的无人机的示意性框图；

图 6 是本发明实施例提供的角反射器的示例；

图 7 是本发明实施例中的无人机的示例的示意性原理图；

图 8 是本发明实施例提供的一种用于雷达性能测试的电控转台的示意性框图。

具体实施方式

下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

请参阅图 1，图 1 是本发明实施例提供的一种雷达性能测试方法的示意性流程图。如图 1 所述，一种雷达性能测试方法，所述方法 100 包括：

首先，在步骤 S110 中，校准雷达，所述雷达安装于户外；

在步骤 S120，控制所述雷达朝向角反射器，其中，所述角反射器设置于无人机上；

最后，在步骤 330，获取所述雷达的发射和接收测试信号数据，以得到所述雷达的性能数据。

根据本发明实施例，步骤 S110 可以进一步包括：所述户外包括所述雷达朝向的预设型区域，所述预设型区域内没有遮挡物。

示例性地，所述预设型区域包括所述无人机所在的天空区域。其中，利用天空作为天然暗室，不存在任何目标反射，相比于传统微波暗室环境杂波更少，有利于提高测试结果的准确度。

根据本发明实施例，步骤 S120 可以进一步包括：所述控制所述雷达朝向角反射器包括：所述雷达安装于转台上方，通过控制转台来调整所述雷达的朝向。

示例性地，所述控制所述雷达朝向角反射器之前还包括：校准所述转台和所述雷达以使所述转台和所述雷达的法线方向一致。具体包括使得雷达法线指向与转台水平指向 0 度和俯仰 0 度指向一致。这样通过转动转台，可以精确标定雷达指向。通过校准可以使转台和雷达保持相同的朝向和旋转角度，减小了转台的旋转角度和雷达的旋转角度之间的误差，以提高测试的准确度。

在一个实施例中，所述转台为两轴转台，用于调整水平方向和/或垂直方向的角度。其中，所述两轴转台包括 pitch 轴和 roll 轴，控制 pitch 轴旋转以调整垂直方向的角度，控制 roll 轴旋转以调整水平方向的角度；从而可以通过旋转转台的两个轴，实现雷达在水平方向和垂直方向的角度调整。

示例性地，所述转台还可以是多轴转台，例如三轴转台，所述三轴转台包括 pitch 轴、roll 轴以及 yaw 轴；多轴转台可以实现转台在任意方向上的角度调整。

根据本发明实施例，步骤 S120 可以进一步包括：所述角反射器设置于所述无人机的下方。

示例性地，控制所述无人机位于所述雷达正上方的预设高度。其中所述预

设高度可以根据测试参数的不同而不同，具体根据实际情况和设计需要进行设置。

由于无人机在空中位置精确可控，且无人机空中漂移造成的测量误差微乎其微，对整体测量性能来说几乎没有任何影响，采用无人机将所述角反射器的位置固定在测试需要的位置，可以实现在不对测试过程造成影响的同时，在空中构建目标，且根据测试需要任意改变角反射器的位置，极大提高了性能测试的可行性以及测试效率。

示例性地，所述无人机下方还设置有吸波材料。

示例性地，所述吸波材料的面积大于或等于所述无人机的截面面积。其中，由于吸波材料能吸收或者大幅减弱投射到它表面的电磁波能量，从而减少电磁波的干扰，采用吸波材料可以减少无人机本身对雷达发送的测试信号的反射，所以至少需覆盖雷达测试频段，即需要覆盖所述无人机的强反射点，可以进一步提高测试的准确度。在实际应用中，吸波材料不仅在较宽频带内对电磁波具有高的吸收率，还具有质量轻、耐温、耐湿、抗腐蚀等性能。

示例性地，吸波材料包括：碳系吸波材料（如石墨烯、石墨、炭黑、碳纤维、碳纳米管），或铁系吸波材料（如铁氧体，磁性铁纳米材料），或陶瓷系吸波材料（如碳化硅），或其他类型的材料（如导电聚合物、手性材料（左手材料）、等离子材料）。优选地，所述吸波材料包括：泡棉角锥或树脂基微波吸波材料。

示例性地，吸波材料的形状包括：角锥形，或单层平板形，或单层平板形，或涂层形，或结构形。

示例性地，所述吸波材料可以板形包覆在所述无人机表面，也可以是涂层的形式涂覆在所述无人机表面。

根据本发明实施例，步骤 S130 可以进一步包括：所述雷达的性能数据包括底噪数据、天线方向图、威力图中的至少一个。

其中，天线方向图是表征天线辐射特性（场强振幅、相位、极化）与空间角度关系的图形，包括极坐标方向图或直角坐标方向图。

示例性地，得到所述雷达的天线方向图包括：根据预设测试角度控制所述转台旋转，获取所述预设测试角度下所述雷达的数据，以得到雷达的天线方向图。

示例性地，得到所述雷达的天线方向图包括：根据预设单位测试角度控制所述转台旋转，遍历 360 度下所述雷达的数据，以得到雷达的全向天线方向图。

在一个实施例中，预设单位测试角度为 1° ，那么控制转台每一次旋转 1° ，遍历 360° ，即可获取 360 组数据，从而得到全向天线方向图。

示例性地，步骤 S130 可以进一步包括：根据获取的雷达发送和接收的测试信号数据，离线计算所述雷达的性能数据。

10 示例性地，所述离线计算所述雷达的底噪数据包括：

根据获取所述雷达的发射和接收测试信号数据，进行距离-多普勒二维 FFT 计算；

通过搜索峰值获取角反射器对应的距离-多普勒单元；

15 去除角反射器预定范围的距离-多普勒单元，将剩余距离-多普勒单元的能量取平均，得到所述低噪数据。

示例性地，所述离线计算所述雷达的天线方向图包括：

根据获取所述雷达的发射和接收测试信号数据，进行距离-多普勒二维 FFT 计算；

通过搜索峰值获取角反射器对应距的离-多普勒单元以及其能量强度；

20 根据角度和/或所述能量强度结果，得到角度-能量的天线方向图。

请参阅图 2，图 2 是本发明实施例提供的一种雷达性能测试系统的示意性框图。如图 2 所示，所述雷达性能测试系统 200，包括：

雷达 210，用于发射和接收测试信号；

25 角反射器 220，用于接收所述雷达 210 的发射信号并反射至所述雷达 210，其中，所述角反射器 220 设置于无人机 230 上；

上位机 240，用于获取所述雷达 210 的发射和接收测试信号以得到所述雷达 210 的性能数据。

其中，雷达 210 安装于户外，并将所述雷达朝向角反射器 220，雷达 210

发送测试信号至角反射器 220，角反射器 220 再将所述测试信号反射至雷达 210，上位机 240 获取雷达 210 的发射和接收测试信号，并计算得到雷达 210 的性能数据。

5 示例性地，所述系统 200 还包括转台（图中未示出），所述雷达 210 安装于转台上方。所述转台可以精确调整雷达的朝向，确保雷达与角反射器相对，以准确地获取发射和接收测试信号。而为了进一步提高测试的精度，在测试前需校准所述转台和所述雷达以使所述转台和所述雷达的法线方向一致。

示例性地，所述转台包括两轴转台，用于调整水平方向和/或垂直方向的角度。

10 示例性地，所述转台还可以是多轴转台，例如三轴转台，所述三轴转台包括 pitch 轴、roll 轴以及 yaw 轴；多轴转台可以实现转台在任意方向上的角度调整。

示例性地，所述转台包括电控转台或电气-液压转台（或液压转台）。

15 在一个实施例中，所述转台为两轴转台，用于调整水平方向和/或垂直方向的角度。其中，所述两轴转台包括 pitch 轴和 roll 轴，控制 pitch 轴旋转以调整垂直方向的角度，控制 roll 轴旋转以调整水平方向的角度。

示例性地，所述角反射器 220 设置于所述无人机 230 的下方。

示例性地，所述无人机 230 下方还设置有吸波材料（图中未示出）。

20 示例性地，所述吸波材料的面积大于或等于所述无人机的截面面积。其中，吸波材料需覆盖雷达测试频段，使用泡绵角锥或树脂基微波吸收材料均可，吸波材料需覆盖无人机主要强反射点处。

基于无人机的精确定位功能，将角反射器设置于无人机下方，可以使得角反射器可以位于空中，进而利用不存在任何目标反射的天空作为天然暗室，得到更准确的测试数据。例如控制所述无人机位于所述雷达正上方的预设高度。

25 示例性地，所述雷达的性能数据包括底噪数据、天线方向图、威力图中的至少一个。

示例性地，所述上位机 240 基于获取的所述雷达 210 的发射和接收测试信号数据，离线计算得到所述雷达 210 的性能数据。

下面在一个实施例中，参见附图 3，以本发明实施例的雷达性能测试系统为例说明本发明实施例的雷达性能测试方法，具体如下：

在户外选取空旷场地，将雷达安装于两维电控转台上；校准雷达和两维电控转台的法线方向，为测试做好准确；将角反射器和尖劈形的吸波材料安装于无人机的下方，并控制无人机飞升至雷达的正上方，根据测试不同的性能测试改变无人机于雷达的距离；上位机发送转台控制命令至所述两维电控转台，控制所述两维电控转台在水平方向或垂直方向的旋转，以调整所述雷达在水平方向或垂直方向的角度。

当进行所述雷达的底噪测试时，控制无人机升高到雷达正上方 15m 的位置，并保持不动；上位机发送转台控制命令对转台的角度进行调整，使得雷达朝向角反射器；雷达发射第一测试信号，经过无人机下方的角反射器反射后返回至雷达，雷达接收所述第一测试信号的返回信号，上位机获取所述第一测试信号和所述第一测试信号的返回信号并进行存储，然后离线计算雷达的底噪水平。

当进行所述雷达的天线方向图测试时，控制无人机升高到雷达正上方 15m 的位置，并保持不动；预设测试角度为 $A1-A_n$ ， n 为自然数，根据预设测试角度上位机发送转台控制命令对转台的角度进行调整；首先，上位机发送转台控制命令至所述转台，控制所述雷达旋转至角度 $A1$ ，雷达发射第二测试信号以及接收经过角反射器反射后的第二测试信号的返回，上位机获取 $A1$ 角度下所述第二测试信号和所述第二测试信号的返回信号并保存为第一组测试数据；然后，上位机发送转台控制命令至所述转台，控制所述雷达旋转至角度 $A2$ ，雷达发射第二测试信号以及接收经过角反射器反射后的第二测试信号的返回，上位机获取 $A2$ 角度下所述第二测试信号和所述第二测试信号的返回信号并保存为第二组测试数据；以此类推，上位机可以获取 $A1-A_n$ 角度下的 n 组测试数据，基于所述 n 组测试数据；

最后，根据所述测试数据离线计算天线方向图。根据获取所述雷达的发射和接收测试数据，进行距离-多普勒两维 FFT 计算；通过搜索峰值获取角反射器对应距的离-多普勒单元以及其能量强度；根据角度和/或所述能量强度结

果，得到角度-能量的天线方向图，如图 4 所示。

请参阅图 5，图 5 是本发明实施例提供的一种用于雷达性能测试的无人机的示意性框图。如图 5 所示，所述无人机 500，包括：

5 机体 510；

动力装置 520，安装于所述机体 510 上，用于为所述无人机 500 提供动力；

角反射器装置 530，用于反射所述雷达发射的信号。

所述无人机 500 在空中位置精确可控，而在空中漂移造成的测量误差微乎其微，对整体测量性能来说几乎没有任何影响，采用无人机将所述角反射器的位置固定在测试需要的位置，可以根据测试需要任意改变角反射器的位置，极大提高了性能测试的可行性以及测试效率。例如，可以控制所述无人机位于所述雷达正上方的预设高度。其中所述预设高度可以根据测试参数的不同而不同，具体根据实际情况和设计需要进行设置。

示例性地，所述角反射器装置 530 包括至少一个角反射器，如图 6 所示。
15 在一个实施例中，所述角反射器装置 530 包括角反射器阵列。

示例性地，所述无人机 500 还包括吸波材料 540，用于吸收雷达发射的信号。吸波材料需覆盖雷达测试频段，即无人机主要强反射点处，至少覆盖所述机体 510；可以采用泡绵角锥或树脂基微波等吸收材料。

20 示例性地，所述吸波材料安装于所述无人机的下方。

示例性地，所述角反射器装置安装于所述吸波材料的下方。进一步地，所述角反射器装置内嵌安装于所述吸波材料中。

示例性地，所述无人机还包括：云台，用于使所述吸波材料和/或所述角
25 反射器装置朝向雷达测试方向。

示例性地，所述吸波材料和/或所述角反射器安装于云台上。

因为雷达的性能测试中，角反射器不一定一直处于雷达的上方，也有可能是其它方向；为了减少由于位置关系带来的噪声，将吸波材料和/或所述角反射器设置在云台上，云台设置于无人机上，通过云台调整吸波材料和/或所述

角反射器的角度，以保证所述吸波材料和/或所述角反射器装置朝向雷达的方向。

参见附图 7，图 7 示出了根据本发明实施例中的无人机的示例的示意性原理图。无人机 700 包括机体 710、动力装置 720、吸波材料 730、角反射装置 740、云台 750，所述云台 750 设置在机体 710 上，吸波材料 730 和角反射器 740 安装在所述云台 750 上；当无人机 700 位于雷达的右上方时，转台通过获取所述无人机 700 的位置，计算转动方向和角度后控制雷达朝向所述无人机 700；所述无人机 700 获取雷达的位置后，同样经过计算得到云台的转动方向和角度，控制云台旋转以使吸波材料 730 和角反射器朝向所述雷达。

请参阅图 8，图 8 是本发明实施例提供的一种用于雷达性能测试的电控转台的示意性框图。如图 8 所示，所述电控转台 800 包括：

- 固定装置 810，用于固定负载；
- 15 驱动装置 820，用于驱动所述固定装置运动；
- 控制装置 830，用于控制所述驱动装置的运动方向。

示例性地，所述驱动装置 820 包括两轴驱动装置，用于调整水平方向和/或垂直方向的角度。其中，两轴驱动装置包括 pitch 轴和 roll 轴，控制 pitch 轴旋转以调整垂直方向的角度，控制 roll 轴旋转以调整水平方向的角度。

- 20 示例性地，所述驱动装置包括多轴驱动装置，用于调整多个方向的角度。例如，三轴多轴驱动装置，所述三轴转台包括 pitch 轴、roll 轴以及 yaw 轴；多轴转台可以实现转台在任意方向上的角度调整。

示例性地，所述驱动装置 820 还用于调整所述固定装置的高度。

- 25 示例性地，所述控制装置 830 根据所述雷达的位置控制所述驱动装置 820 将所述固定装置 810 朝向所述雷达。

示例性地，所述雷达位于无人机上，所述控制装置 830 还用于：根据所述无人机的位置控制所述驱动装置 820 调整所述固定装置朝向。

示例性地，所述控制装置 830 还用于：获取所述无人机的位置，并计算相对方向；根据所述相对方向控制所述驱动装置。

需要说明的是，本发明实施例中的用于雷达性能测试的电控转台、用于雷达性能测试的无人机均可以用于本发明实施例中的雷达性能测试系统，同样也可以用于其它的雷达性能测试系统；而本发明实施例中的雷达性能测试方法可以用于本发明的实施例中的雷达性能测试系统，也可以用于其它的雷达性能测试系统。

本发明实施例中所使用的技术术语仅用于说明特定实施例而并不旨在限定本发明。在本文中，单数形式“一”、“该”及“所述”用于同时包括复数形式，除非上下文中明确另行说明。进一步地，在说明书中所使用的用于“包括”和/或“包含”是指存在所述特征、整体、步骤、操作、元件和/或构件，但是并不排除存在或增加一个或多个其它特征、整体、步骤、操作、元件和/或构件。

在所附权利要求中对应结构、材料、动作以及所有装置或者步骤以及功能元件的等同形式（如果存在的话）旨在包括结合其他明确要求的元件用于执行该功能的任何结构、材料或动作。本发明的描述出于实施例和描述的目的被给出，但并不旨在是穷举的或者将被发明限制在所公开的形式。在不偏离本发明的范围和精神的情况下，多种修改和变形对于本领域的一般技术人员而言是显而易见的。本发明中所描述的实施例能够更好地揭示本发明的原理与实际应用，并使本领域的一般技术人员可了解本发明。

本发明中所描述的流程图仅仅为一个实施例，在不偏离本发明的精神的情况下对此图示或者本发明中的步骤可以有多种修改变化。比如，可以不同次序的执行这些步骤，或者可以增加、删除或者修改某些步骤。本领域的一般技术人员可以理解实现上述实施例的全部或部分流程，并依本发明权利要求所作的等同变化，仍属于发明所涵盖的范围。

权利要求

- 1、一种雷达性能的测试方法，其特征在于，所述方法包括：
 - 5 校准雷达，所述雷达安装于户外；
控制所述雷达朝向角反射器，其中，所述角反射器设置于无人机上；
获取所述雷达的发射和接收测试信号数据，以得到所述雷达的性能数据。
 - 2、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述户外包括所述雷达朝向的预设型区域，所述预设型区域内没有遮挡物。
10
 - 3、如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述预设型区域包括所述无人机所在的天空区域。
 - 15 4、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述雷达安装于转台上方。
 - 5、如权利要求 4 所述的方法，其特征在于，校准所述转台和所述雷达以使所述转台和所述雷达的法线方向一致。
 - 20 6、如权利要求 4 所述的方法，其特征在于，所述转台为两轴转台，用于调整水平方向和/或垂直方向的角度。
 - 7、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述角反射器设置于所述无人机的下方。
25
 - 8、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述无人机下方还设置有吸波材料。
 - 9、如权利要求 8 所述的方法，其特征在于，所述吸波材料的面积大于或等于

所述无人机的截面面积。

10、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，控制所述无人机位于所述雷达正上方的预设高度。

5

11、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述雷达的性能数据包括底噪数据、天线方向图、威力图中的至少一个。

12、如权利要求 3 所述的方法，其特征在于，得到雷达的天线方向图包括：根据预设测试角度控制所述转台旋转，获取所述预设测试角度下所述雷达的数据，以得到雷达的天线方向图。

13、如权利要求 3 所述的方法，其特征在于，得到所述雷达的天线方向图包括：根据预设单位测试角度控制所述转台旋转，遍历 360 度下所述雷达的数据，以得到雷达的全向天线方向图。

14、一种用于雷达性能测试的无人机，其特征在于，包括：
机体；
动力装置，安装于所述机体上，用于为所述无人机提供动力；
20 吸波材料，用于吸收雷达发射的信号；
角反射器装置，用于反射所述雷达发射的信号。

15、如权利要求 14 所述的无人机，其特征在于，所述吸波材料安装于所述无人机的下方。

25

16、如权利要求 15 所述的无人机，其特征在于，所述吸波材料的至少覆盖所述机体。

17、如权利要求 14-16 任一项所述的无人机，其特征在于，所述吸波材料的吸波频段覆盖所述雷达的测试频段。

30

18、如权利要求 17 所述的无人机，其特征在于，所述吸波材料包括泡棉角锥或树脂基微波吸收材料。

5 19、如权利要求 14 所述的无人机，其特征在于，所述角反射器装置包括至少一个角反射器。

20、如权利要求 19 所述的无人机，其特征在于，所述角反射器装置包括角反射器阵列。

10

21、如权利要求 14 所述的无人机，其特征在于，所述角反射器装置安装于所述吸波材料的下方。

15 22、如权利要求 14 所述的无人机，其特征在于，所述角反射器装置内嵌安装于所述吸波材料中。

23、如权利要求 14 所述的无人机，其特征在于，所述吸波材料和/或所述角反射器安装于云台上。

20 24、如权利要求 23 所述的无人机，其特征在于，所述云台用于使所述吸波材料和/或所述角反射器装置朝向雷达测试方向。

25、一种用于雷达性能测试的电控转台，其特征在于，包括：
固定装置，用于固定负载；

25 驱动装置，用于驱动所述固定装置运动；
控制装置，用于控制所述驱动装置的运动方向。

26、如权利要求 25 所述的电控转台，其特征在于，所述驱动装置包括两轴驱动装置，用于调整水平方向和/或垂直方向的角度。

30

27、如权利要求 25 所述的电控转台，其特征在于，所述驱动装置包括多轴驱动装置，用于调整多个方向的角度。

28、如权利要求 25 所述的电控转台，其特征在于，所述驱动装置还用于调整
5 所述固定装置的高度。

29、如权利要求 25 所述的电控转台，其特征在于，所述控制装置根据所述雷达的位置控制所述驱动装置将所述固定装置朝向所述雷达。

10 30、如权利要求 29 所述的电控转台，其特征在于，所述雷达位于无人机上，
所述控制装置根据所述无人机的位置控制所述驱动装置调整所述固定装置朝
向。

15 31、如权利要求 30 所述的电控转台，其特征在于，所述控制装置获取所述无
人机的位置，并计算相对方向；根据所述相对方向控制所述驱动装置。

32、一种雷达性能测试系统，其特征在于，所述系统包括：
雷达，用于发射和接收测试信号；
角反射器，用于接收所述雷达的发射信号并反射至所述雷达，其中，所述角反
射器设置于无人机上；
20 上位机，用于获取所述雷达的发射和接收测试信号以得到所述雷达的性能数
据。

25 33、如权利要求 32 所述的系统，其特征在于，所述雷达安装于转台上方。

34、如权利要求 33 所述的系统，其特征在于，所述转台包括两轴转台，用于
调整水平方向和/或垂直方向的角度。

30 35、如权利要求 32 所述的系统，其特征在于，所述角反射器设置于所述无人
机的下方。

36、如权利要求 35 所述的系统，其特征在于，所述无人机下方还设置有吸波材料。

5 37、如权利要求 36 所述的系统，其特征在于，所述吸波材料的面积大于或等于所述无人机的截面面积。

38、如权利要求 32 所述的系统，其特征在于，所述雷达的性能数据包括底噪数据、天线方向图、威力图中的至少一个。

10

39、如权利要求 32 所述的系统，其特征在于，所述上位机基于获取的所述雷达的发射和接收测试信号数据，离线计算得到所述雷达的性能数据。

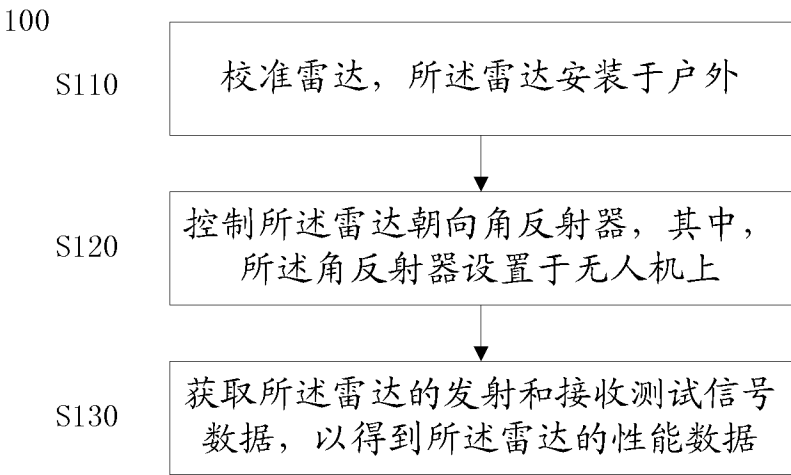


图 1

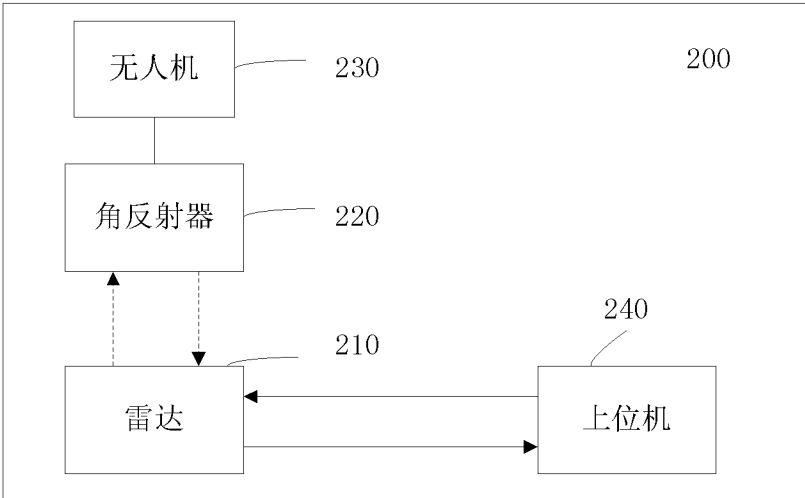


图 2

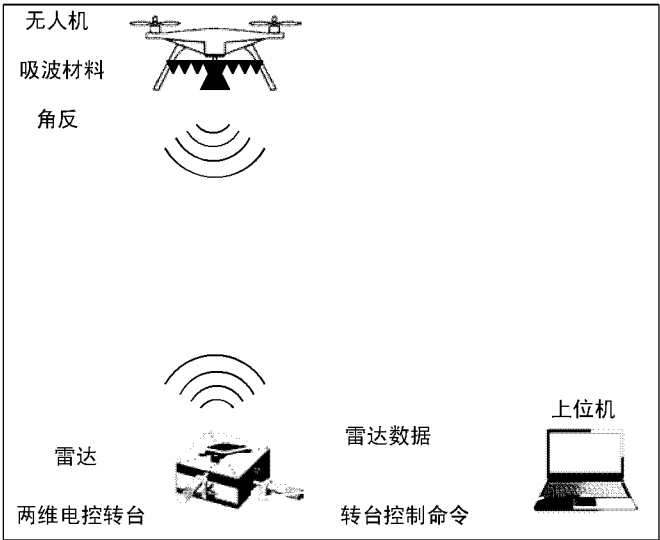
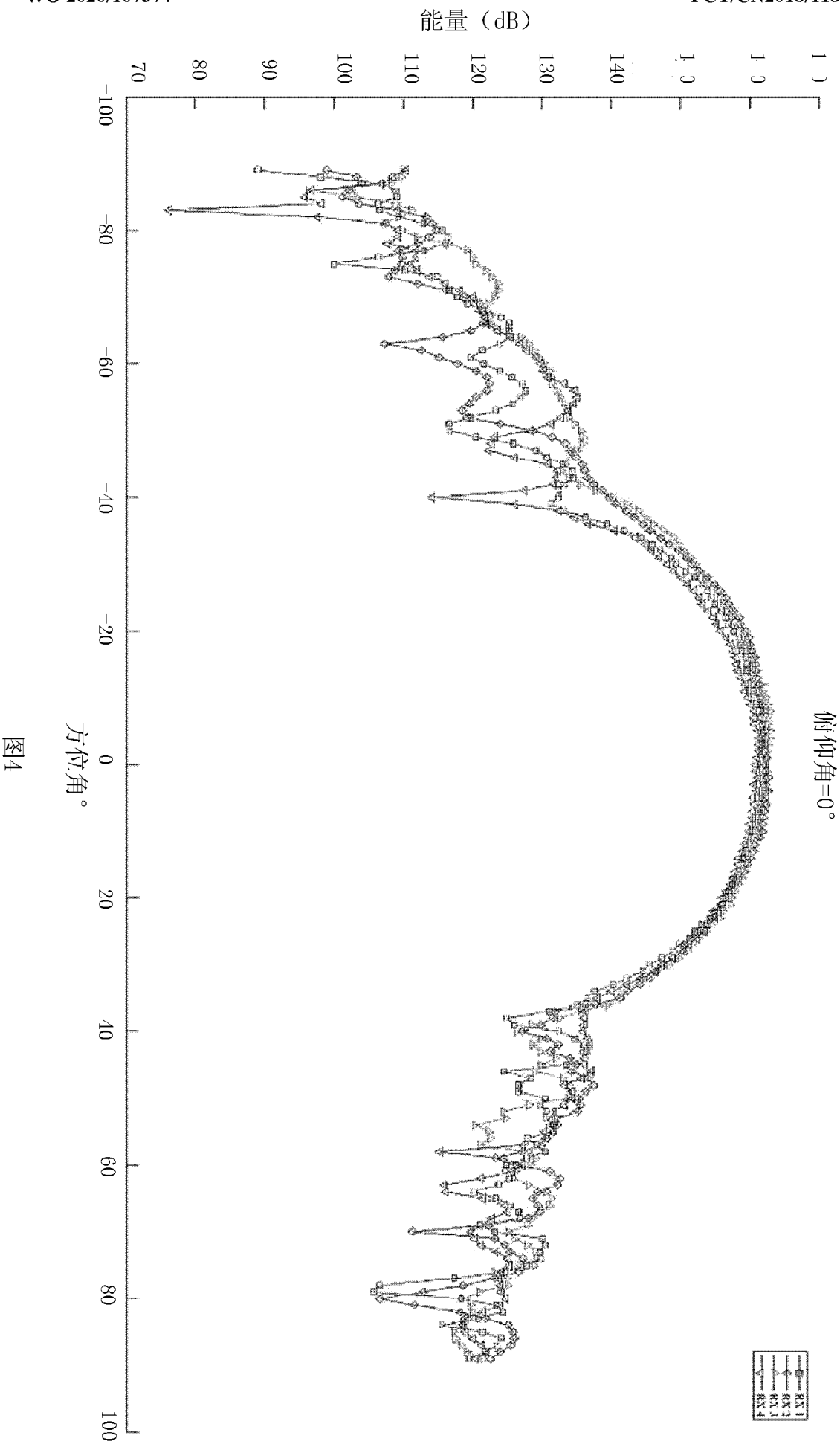


图 3



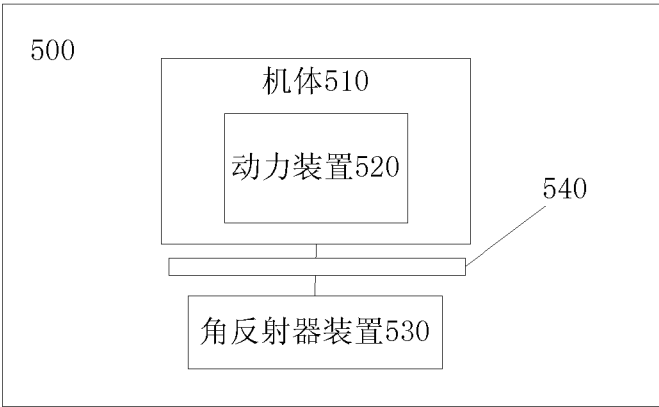


图 5

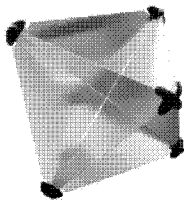


图 6

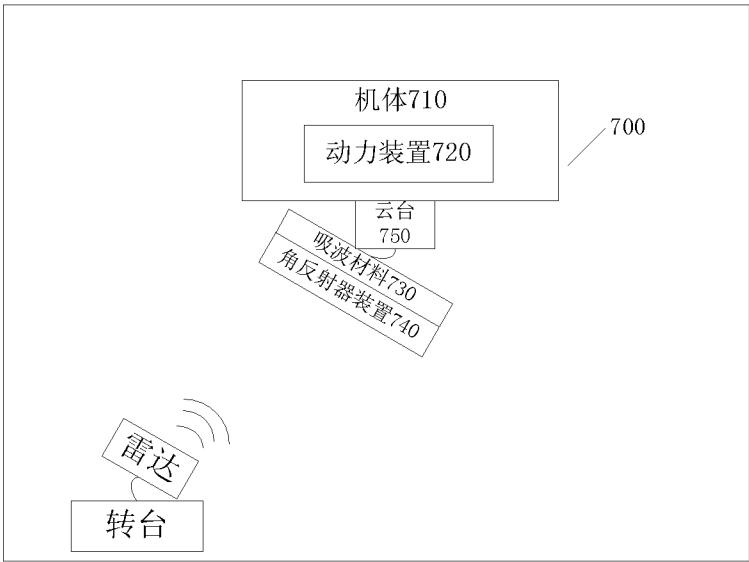


图 7

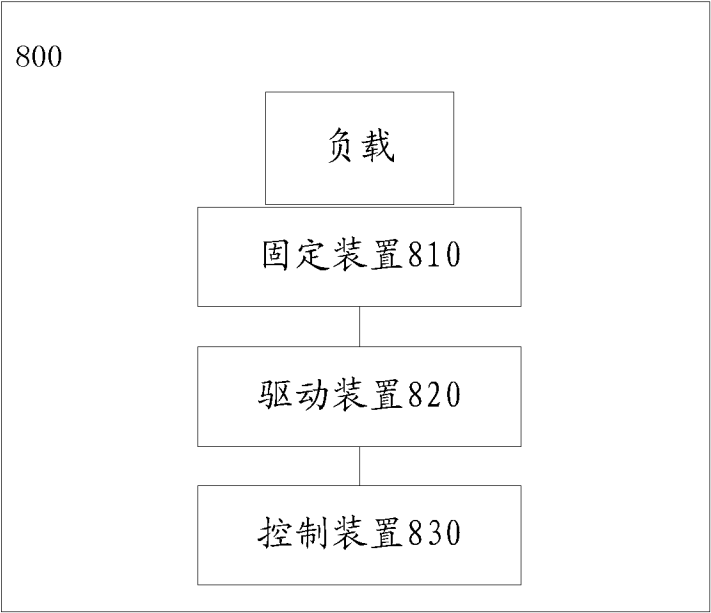


图 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/118423

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S 7/40(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)

G01S

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, WPI, EPODOC: 深圳市大疆创新科技有限公司, 陆新飞, 李怡强, 王凯, 雷达, 无人机, 角反射, 测试, 性能, 可靠性, 吸波, 转台, 控制, rotat+, radar, unpilot+, test+, capability, performance, control+, angle, echo, reflect+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 106526551 A (XI'AN KUN LAN ELECTRONIC TECHNOLOGY CO., LTD.) 22 March 2017 (2017-03-22) description, paragraphs [0005]-[0049], and figures 1-7	1-39
A	CN 105548982 A (92941 PEOPLE'S LIBERATION ARMY) 04 May 2016 (2016-05-04) entire document	1-39
A	CN 207937609 U (NANJING UNIVERSITY OF INFORMATION SCIENCE & TECHNOLOGY) 02 October 2018 (2018-10-02) entire document	1-39
A	CN 107688177 A (CHENGDU CEC JINJIANG INFO INDUSTRIAL CO., LTD.) 13 February 2018 (2018-02-13) entire document	1-39
A	CN 203941286 U (PLA DALIAN NAVAL ACADEMY) 12 November 2014 (2014-11-12) entire document	1-39
A	US 2011007157 A1 (SCHLEIMER, S. et al.) 13 January 2011 (2011-01-13) entire document	1-39



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

"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

08 July 2019

Date of mailing of the international search report

25 July 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

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

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/118423

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	106526551	A	22 March 2017	CN	106526551	B	11 January 2019
CN	105548982	A	04 May 2016	CN	105548982	B	03 April 2018
CN	207937609	U	02 October 2018	None			
CN	107688177	A	13 February 2018	None			
CN	203941286	U	12 November 2014	None			
US	2011007157	A1	13 January 2011	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/118423

A. 主题的分类 G01S 7/40 (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) G01S 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, WPI, EP0D0C: 深圳市大疆创新科技有限公司, 陆新飞, 李怡强, 王凯, 雷达, 无人机, 角反射, 测试, 性能, 可靠性, 吸波, 转台, 控制, rotat+, radar, unpilot+, test+, capability, performance, control+, angle, echo, reflect+																							
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 106526551 A (西安坤蓝电子有限公司) 2017年 3月 22日 (2017 - 03 - 22) 说明书第[0005]-[0049]段, 附图1-7</td> <td>1-39</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 105548982 A (中国人民解放军92941部队) 2016年 5月 4日 (2016 - 05 - 04) 全文</td> <td>1-39</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 207937609 U (南京信息工程大学) 2018年 10月 2日 (2018 - 10 - 02) 全文</td> <td>1-39</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107688177 A (成都中电锦江信息产业有限公司) 2018年 2月 13日 (2018 - 02 - 13) 全文</td> <td>1-39</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 203941286 U (海军大连舰艇学院) 2014年 11月 12日 (2014 - 11 - 12) 全文</td> <td>1-39</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2011007157 A1 (SEKELSKY, STEPHEN 等) 2011年 1月 13日 (2011 - 01 - 13) 全文</td> <td>1-39</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 106526551 A (西安坤蓝电子有限公司) 2017年 3月 22日 (2017 - 03 - 22) 说明书第[0005]-[0049]段, 附图1-7	1-39	A	CN 105548982 A (中国人民解放军92941部队) 2016年 5月 4日 (2016 - 05 - 04) 全文	1-39	A	CN 207937609 U (南京信息工程大学) 2018年 10月 2日 (2018 - 10 - 02) 全文	1-39	A	CN 107688177 A (成都中电锦江信息产业有限公司) 2018年 2月 13日 (2018 - 02 - 13) 全文	1-39	A	CN 203941286 U (海军大连舰艇学院) 2014年 11月 12日 (2014 - 11 - 12) 全文	1-39	A	US 2011007157 A1 (SEKELSKY, STEPHEN 等) 2011年 1月 13日 (2011 - 01 - 13) 全文	1-39
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
X	CN 106526551 A (西安坤蓝电子有限公司) 2017年 3月 22日 (2017 - 03 - 22) 说明书第[0005]-[0049]段, 附图1-7	1-39																					
A	CN 105548982 A (中国人民解放军92941部队) 2016年 5月 4日 (2016 - 05 - 04) 全文	1-39																					
A	CN 207937609 U (南京信息工程大学) 2018年 10月 2日 (2018 - 10 - 02) 全文	1-39																					
A	CN 107688177 A (成都中电锦江信息产业有限公司) 2018年 2月 13日 (2018 - 02 - 13) 全文	1-39																					
A	CN 203941286 U (海军大连舰艇学院) 2014年 11月 12日 (2014 - 11 - 12) 全文	1-39																					
A	US 2011007157 A1 (SEKELSKY, STEPHEN 等) 2011年 1月 13日 (2011 - 01 - 13) 全文	1-39																					
☐ 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 “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 2019年 7月 8日		国际检索报告邮寄日期 2019年 7月 25日																					
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 (ISA/CN) 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 郭军宏 电话号码 86-(10)-53962554																					

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/118423

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	106526551	A	2017年 3月 22日	CN 106526551 B	2019年 1月 11日
CN	105548982	A	2016年 5月 4日	CN 105548982 B	2018年 4月 3日
CN	207937609	U	2018年 10月 2日	无	
CN	107688177	A	2018年 2月 13日	无	
CN	203941286	U	2014年 11月 12日	无	
US	2011007157	A1	2011年 1月 13日	无	