



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113253220 A

(43) 申请公布日 2021.08.13

(21) 申请号 202110754430.2

(22) 申请日 2021.07.05

(71) 申请人 中国人民解放军国防科技大学  
地址 410073 湖南省长沙市开福区德雅路  
109号

(72) 发明人 殷加鹏 冯德军 庞晨 黄建开  
李永祯 王雪松

(74) 专利代理机构 长沙国科天河知识产权代理  
有限公司 43225

代理人 周达

(51) Int.Cl.  
G01S 7/40 (2006.01)

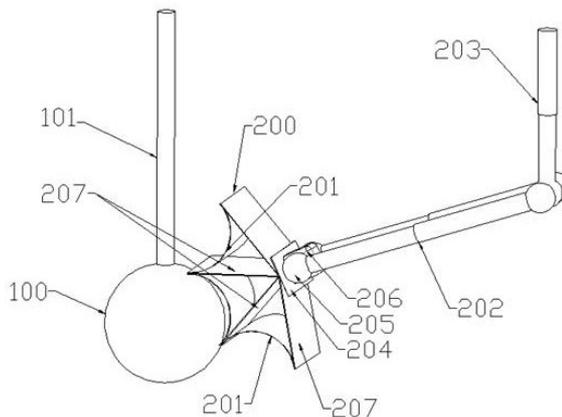
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

极化可变且姿态不敏感的雷达无源校准器

(57) 摘要

本发明提出一种极化可变且姿态不敏感的雷达无源校准器,包括龙波透镜以及设置在龙波透镜一侧的反射板单元,所述反射板单元包括多个反射板和反射板切换机构;各反射板的曲率与龙波透镜的曲率相匹配,能够与龙波透镜贴合;反射板切换机构与各反射板连接,能够切换不同的反射板贴近龙波透镜。反射板切换机构可以切换不同的反射板,贴着龙波透镜,反射板和龙波透镜的曲率相匹配,两者组合可以实现校准器极化可变且姿态不敏感,以及较大雷达散射截面积。



1. 一种极化可变且姿态不敏感的雷达无源校准器,其特征在于,包括龙波透镜以及设置在龙波透镜一侧的反射板单元,所述反射板单元包括多个反射板和反射板切换机构;各反射板的曲率与龙波透镜的曲率相匹配,能够与龙波透镜贴合;反射板切换机构与各反射板连接,能够切换不同的反射板贴近龙波透镜。

2. 根据权利要求1所述的极化可变且姿态不敏感的雷达无源校准器,其特征在于,龙波透镜和反射板单元均搭载在空中机动平台上,利用空中机动平台实现控制雷达无源校准器处于雷达远场位置。

3. 根据权利要求2所述的极化可变且姿态不敏感的雷达无源校准器,其特征在于,所述龙波透镜连接有龙波透镜支撑机构,通过龙波透镜支撑机构将龙波透镜安装到空中机动平台上。

4. 根据权利要求3所述的极化可变且姿态不敏感的雷达无源校准器,其特征在于,所述龙波透镜支撑机构为龙波透镜支撑杆。

5. 根据权利要求2至4中任一项所述的极化可变且姿态不敏感的雷达无源校准器,其特征在于,所述反射板单元连接有反射板单元支撑机构,通过反射板单元支撑机构将反射板单元安装到空中机动平台上。

6. 根据权利要求5所述的极化可变且姿态不敏感的雷达无源校准器,其特征在于,所述反射板单元支撑机构为连杆支撑机构,连杆支撑机构由一根以上的连杆通过中间关节彼此连接而成,其中与空中机动平台直接连接的连杆以及与反射板单元直接连接的连杆设为可伸缩连杆,通过可伸缩连杆带动反射板单元远离或者贴近龙波透镜。

7. 根据权利要求6所述的极化可变且姿态不敏感的雷达无源校准器,其特征在于,连杆支撑机构包括第一连杆和第二连杆,第一连杆和第二连杆均为可伸缩连杆,第一连杆和第二连杆通过中间关节连接在一起,第一连杆用于连接反射板单元,第二连杆用于连接空中机动平台。

8. 根据权利要求7所述的极化可变且姿态不敏感的雷达无源校准器,其特征在于,所述反射板切换机构包括安装板、旋转关节以及多块径向支撑板,所述旋转关节安装在第一连杆的端头,安装板安装在旋转关节上,所述旋转关节带有旋转电机,通过旋转电机驱动旋转关节转动,安装板上径向连接有多块径向支撑板,且相邻径向支撑板之间的角度相等,相邻径向支撑板的自由端之间支撑一块反射板,旋转电机通过旋转关节带动安装板旋转进而实现切换不同反射板贴近龙波透镜。

9. 根据权利要求1所述的极化可变且姿态不敏感的雷达无源校准器,其特征在于,所述龙波透镜呈球状,由内至外包含多层介质层,且相对介电常数依次变小。

10. 根据权利要求1所述的极化可变且姿态不敏感的雷达无源校准器,其特征在于,每个反射板包含若干呈阵列分布的有源频率选择表面反射单元。

## 极化可变且姿态不敏感的雷达无源校准器

### 技术领域

[0001] 本发明属于雷达测量技术领域,涉及一种极化可变且姿态不敏感的雷达无源校准器。

### 背景技术

[0002] 极化是除幅度、相位和频率外电磁波的另一个重要物理参量,表征了电磁波的矢量特性。利用极化信息可以反演目标的姿态、尺寸、结构和材料等微物理属性信息,对目标的检测、识别与分类具有质的改善作用。极化雷达能够获取目标散射在电磁学意义上的完备信息,是当前国际上的研究热点。随着一系列高性能极化雷达的出现以及极化信息的广泛应用,极化雷达迈入“精密测量”阶段。为了满足雷达极化精密测量的需求,需要对雷达进行极化精密校准。

[0003] 雷达极化校准是指对雷达系统硬件设备误差的校准,具体而言是指通过测量极化散射特性已知的定标体或向雷达系统注入定标信号等手段来标定雷达系统未知的误差参数,并利用相应的极化校准算法加以校正和补偿的技术。极化雷达的反射回波称为极化散射矩阵,为 $2 \times 2$ 大小的复数矩阵,可以表征同极化和交叉极化分量。

[0004] 雷达校准器根据是否有源,可分成有源校准器和无源校准器。相比于有源校准器,无源校准器具有小型化、轻巧便携、可灵活布置等优点,适用于更多的雷达校准场景。RCS (Radar Cross Section, 雷达散射截面积) 是衡量雷达校准器反射回波水平的基本参数,其值越大,校准器可适用的场景越广。极化可变且姿态不敏感也是极化雷达校准器的基本要求,否则,若校准器的极化对姿态过于敏感将导致极化态不可精确测量,无法实现雷达极化校准。如何实现大雷达散射截面积、极化可变且姿态不敏感一直以来都是极化校准器设计的一个难题。典型的无源校准器包括金属球,角反射器、龙波透镜等,其中金属球和龙波透镜的交叉极化分量为零,角反射器对于姿态过于敏感,一般都难以直接用于极化校准。

### 发明内容

[0005] 为了解决现有雷达校准器极化不可变,或者极化可变但姿态敏感,雷达校准方法不适用于较大远场条件,操作不够灵活等问题,本发明提出一种极化可变且姿态不敏感的雷达无源校准器,具有极化可变且姿态不敏感。相比于已有的雷达校准器,具有适用范围广、灵活机动的优点。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明提出的技术方案为:

一种极化可变且姿态不敏感的雷达无源校准器,包括龙波透镜以及设置在龙波透镜一侧的反射板单元,所述反射板单元包括多个反射板和反射板切换机构;各反射板的曲率与龙波透镜的曲率相匹配,能够与龙波透镜贴合;反射板切换机构与各反射板连接,能够切换不同的反射板贴近龙波透镜。反射板切换机构可以切换不同的反射板贴着龙波透镜,反射板和龙波透镜的曲率相匹配,两者组合可以实现校准器极化可变且姿态不敏感,以及较大雷达散射截面积。

[0007] 作为本发明的优选方案,龙波透镜和反射板单元均搭载在空中机动平台上。利用空中机动平台可以实现控制雷达无源校准器处于雷达远场位置。所述空中机动平台如无人机。

[0008] 作为本发明的优选方案,所述龙波透镜连接有龙波透镜支撑机构,通过龙波透镜支撑机构将龙波透镜安装到空中机动平台上。

[0009] 作为本发明的优选方案,所述龙波透镜支撑机构为龙波透镜支撑杆。进一步地,也可将龙波透镜支撑杆设为可伸缩杆。或者龙波透镜支撑杆由一根以上的连杆通过中间关节彼此连接而成,其中部分连杆设为可伸缩连杆。

[0010] 作为本发明的优选方案,所述反射板单元连接有反射板单元支撑机构,通过反射板单元支撑机构将反射板单元安装到空中机动平台上。

[0011] 作为本发明的优选方案,所述反射板单元支撑机构为连杆支撑机构,连杆支撑机构由一根以上的连杆通过中间关节彼此连接而成,其中与空中机动平台直接连接的连杆以及与反射板单元直接连接的连杆设为可伸缩连杆,通过可伸缩连杆带动反射板单元远离或者贴近龙波透镜。具体地,连杆支撑机构包括第一连杆和第二连杆,第一连杆和第二连杆均为可伸缩连杆,第一连杆和第二连杆通过中间关节连接在一起。第一连杆用于连接反射板单元,第二连杆用于连接空中机动平台。

[0012] 作为本发明的优选方案,所述反射板切换机构包括安装板、旋转关节以及多块径向支撑板,所述旋转关节安装在第一连杆的端头,安装板安装在旋转关节上,所述旋转关节带有旋转电机,通过旋转电机驱动旋转关节转动,安装板上径向连接有多块径向支撑板,且相邻径向支撑板之间的角度相等,相邻径向支撑板的自由端之间支撑一块反射板,旋转电机通过旋转关节带动安装板旋转进而实现切换不同反射板贴近龙波透镜。

[0013] 作为本发明的优选方案,所述龙波透镜呈球状,由内至外包含多层介质层,且相对介电常数依次变小。

[0014] 作为本发明的优选方案,每个反射板包含若干呈阵列分布的有源频率选择表面反射单元。各反射板上采用的有源频率选择表面反射单元以及分布情况可以互不相同,通过切换不同的反射板可以实现雷达散射截面调整,而且还可以实现极化可变。

[0015] 与现有技术相比,本发明的优点在于:

本发明提出一种极化可变且姿态不敏感的雷达无源校准器。通过龙波透镜和反射板单元的组合形成极化雷达无源校准器。其中龙波透镜不仅可以实现较大雷达散射截面,而且在较宽入射角情况下雷达散射截面变化不大,即姿态不敏感。反射板单元通过切换不同的反射板贴着龙波透镜,反射板上采用的AFSS反射单元具有透射和反射功能并且能够切换从而实现雷达散射截面调整,而且还可以实现极化可变。用空中机动平台搭载上述雷达无源校准器,使得雷达无源校准器位置信息精确可知,而不受地杂波干扰。

[0016] 本发明提供的雷达无源校准器因为具有极化可变且姿态不敏感,并且由空中机动平台搭载,提高了系统集成度,具有高精度、小型化、易操作等优点,可以灵活运用于极化雷达校准中。

## 附图说明

[0017] 为了更清楚地说明本发明实施例中或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或

现有技术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它的附图。

[0018] 图1 是本发明一实施例的结构示意图;

图2是本发明一实施例中提供的无人机搭载极化雷达无源校准器的结构示意图。

[0019] 图中标号:

100、龙波透镜;101、龙波透镜支撑机构;200、反射板单元;201、反射板;202、第一连杆;203、第二连杆;204、安装板;205、旋转关节;206、旋转电机;207、径向支撑板;300、空中机动平台。

[0020] 本发明目的的实现、功能特点及优点将结合实施例,参照附图做进一步的说明。

### 具体实施方式

[0021] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚明白,下面将以附图及详细叙述清楚说明本发明所揭示内容的精神,任何所属技术领域技术人员在了解本发明内容的实施例后,当可由本发明内容所教导的技术,加以改变及修饰,其并不脱离本发明内容的精神与范围。本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,但并不作为对本发明的限定。

[0022] 参照图1,本实施例提供一种极化可变且姿态不敏感的雷达无源校准器,包括龙波透镜100以及设置在龙波透镜100一侧的反射板单元200,龙波透镜100和反射板单元200均搭载在空中机动平台300上。参照图2,利用空中机动平台300可以实现控制雷达无源校准器处于雷达远场位置。

[0023] 所述反射板单元200包括多个反射板201和反射板切换机构;各反射板201的曲率与龙波透镜100的曲率相匹配,能够与龙波透镜100贴合;反射板切换机构与各反射板201连接,能够切换不同的反射板201贴近龙波透镜100。龙波透镜100可以将入射的特定波长的电磁波汇聚,汇聚到球面上的某一个点。同样的,它也可以将电磁波沿着原方向反射回去,因此其雷达散射截面比其物理截面要大很多。所述龙波透镜100呈球状,由内至外包含多层介质层,且相对介电常数依次变小。龙波透镜100不仅可以实现较大雷达散射截面,而且在较宽入射角情况下雷达散射截面变化不大,即姿态不敏感。反射板切换机构可以切换不同的反射板201,贴着龙波透镜100,反射板201和龙波透镜100的曲率相匹配,两者组合可以实现校准器极化可变且姿态不敏感,以及较大雷达散射截面。

[0024] 每个反射板201包含若干呈阵列分布的有源频率选择表面(AFSS)反射单元。这些反射单元不仅具有透射和反射功能并且能够切换从而实现雷达散射截面调整,而且还可以实现极化可变。

[0025] 所述龙波透镜100连接有龙波透镜支撑机构101,通过龙波透镜支撑机构101将龙波透镜100安装到空中机动平台300上。图1所示实施例中的所述龙波透镜支撑机构101为龙波透镜支撑杆。进一步地,也可将龙波透镜支撑杆设为可伸缩杆。

[0026] 本实施例中,所述反射板单元200连接有反射板单元支撑机构,通过反射板单元支撑机构将反射板单元200安装到空中机动平台300上。所述反射板单元支撑机构为连杆支撑机构,连杆支撑机构包括第一连杆202和第二连杆203,第一连杆202和第二连杆203均为可伸缩连杆,第一连杆202和第二连杆203通过中间关节连接在一起。第一连杆202用于连接反

射板单元,第二连杆203用于连接空中机动平台。

[0027] 所述反射板切换机构包括安装板204、旋转关节205以及多块径向支撑板207,所述旋转关节205安装在第一连杆203的端头,安装板204安装在旋转关节205上,所述旋转关节205带有旋转电机206,通过旋转电机206驱动旋转关节205转动,旋转电机206通过旋转关节205带动安装板204旋转。安装板204上径向连接有多块径向支撑板207,且相邻径向支撑板207之间的角度相等,相邻径向支撑板207的自由端之间支撑一块反射板201。旋转电机206通过旋转关节205带动安装板204旋转,进而实现切换不同反射板201贴近龙波透镜100,实现不同反射板与龙波透镜100的组合切换。

[0028] 当每次需要切换反射板201时,首先缩短第一连杆202使反射板单元200远离龙波透镜100,然后旋转反射板单元200实现反射板单元上反射板201的切换,最后伸长第一连杆202使对应的反射板201贴合龙波透镜100。由于龙波透镜100和反射板201的不同组合,所设计的雷达校准器可以实现回波极化可变且姿态不敏感的功能。

[0029] 为了提高雷达校准器的精度,本发明的器材尽量不选用金属,选用类似碳纤维等雷达散射截面较小且材质较轻的材料。

[0030] 为了更清楚的说明,图2示出本发明提供的空中机动平台300搭载极化雷达无源校准器结构示意图。用无人机作为本发明提出的极化雷达校准器的空中机动平台300,使得极化雷达校准器在进行雷达校准时不受地杂波干扰,从而提高雷达校准的精度。该方案还具备小型化、灵活性高、易操作等优点。

[0031] 根据雷达波长与校准器尺寸的相对关系,可分成三个区域来描述目标的雷达散射截面。一般校准器尺寸较大,相对于雷达波长,校准器都工作于雷达散射光学区。雷达

散射光学区需满足  $2\pi \frac{a}{\lambda} \geq 10$ , 其中  $a$  是龙波透镜的半径,  $\lambda$  是雷达波长。与龙波透

镜同等大小的金属球的雷达散射截面为  $\pi a^2$ , 龙波透镜的雷达散射截面为  $2\pi \frac{a^4}{\lambda^2}$ 。

那么对于X波段雷达( $\lambda=3\text{cm}$ )而言,那么只需  $a \geq 5\text{cm}$ 。不妨取  $a=10\text{cm}$ ,那么金属球的雷达散射截面为 $0.0314\text{m}^2$ ,而龙波透镜的雷达散射截面为 $0.6981\text{m}^2$ ,是金属球的22.2倍。由此可以证明龙波透镜的雷达散射截面比其物理截面要大很多。随着校准器尺寸的增大,龙波透镜相对于金属球的雷达散射截面增加的倍数更大。此外,龙波透镜的半功率角度大于 $120^\circ$ ,由此可知龙波透镜在较宽入射角情况下雷达散射截面变化不大,即姿态不敏感。

[0032] 本发明一实施例中提供1个关于龙波透镜设计实例,如下:龙波透镜100是一种多层分层介质球,其外层的相对介电常数与空气相同或接近,越向球心介电常数越大。龙波透镜根据不同的工作频段和用途可以设计不同的层数和各层的介电常数。本实施例中的该龙波透镜由3层介质和外层空气组成,从内到外,3层介质反射率和厚度分别为1.4、1.34、1.22和3.40cm、1.83cm和2.01cm。

[0033] 以上实施例的各技术特征可以进行任意的组合,为使描述简洁,未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述,然而,只要这些技术特征的组合不存在矛

盾,都应当认为是本说明书记载的范围。

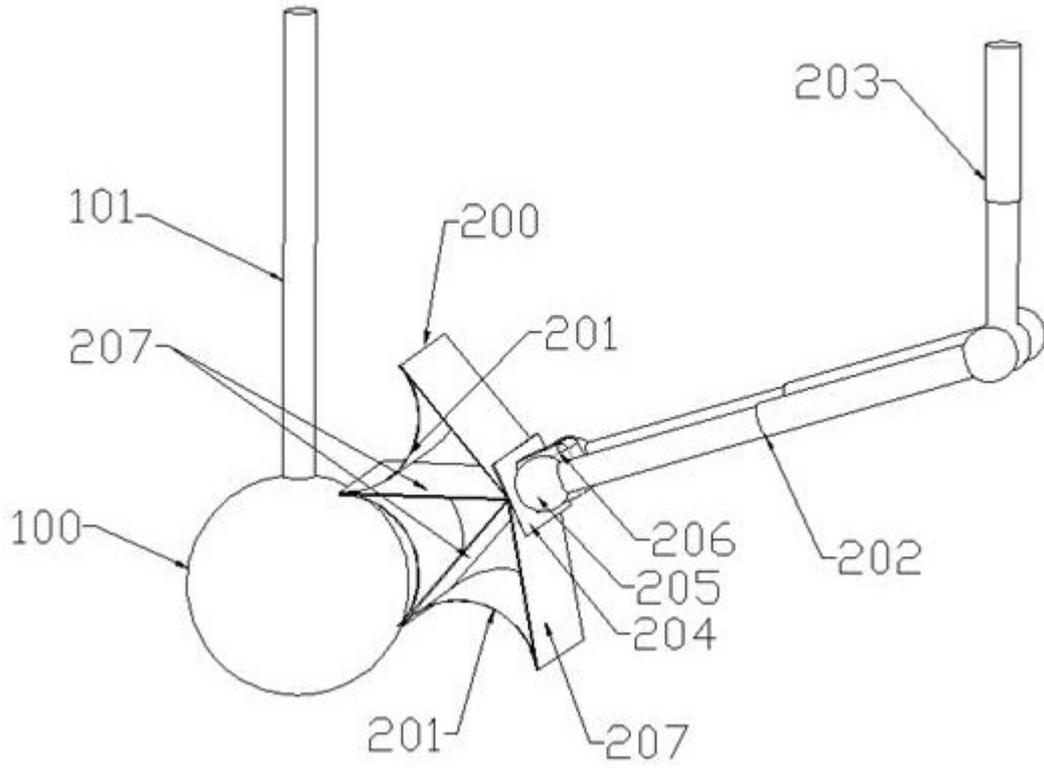


图1

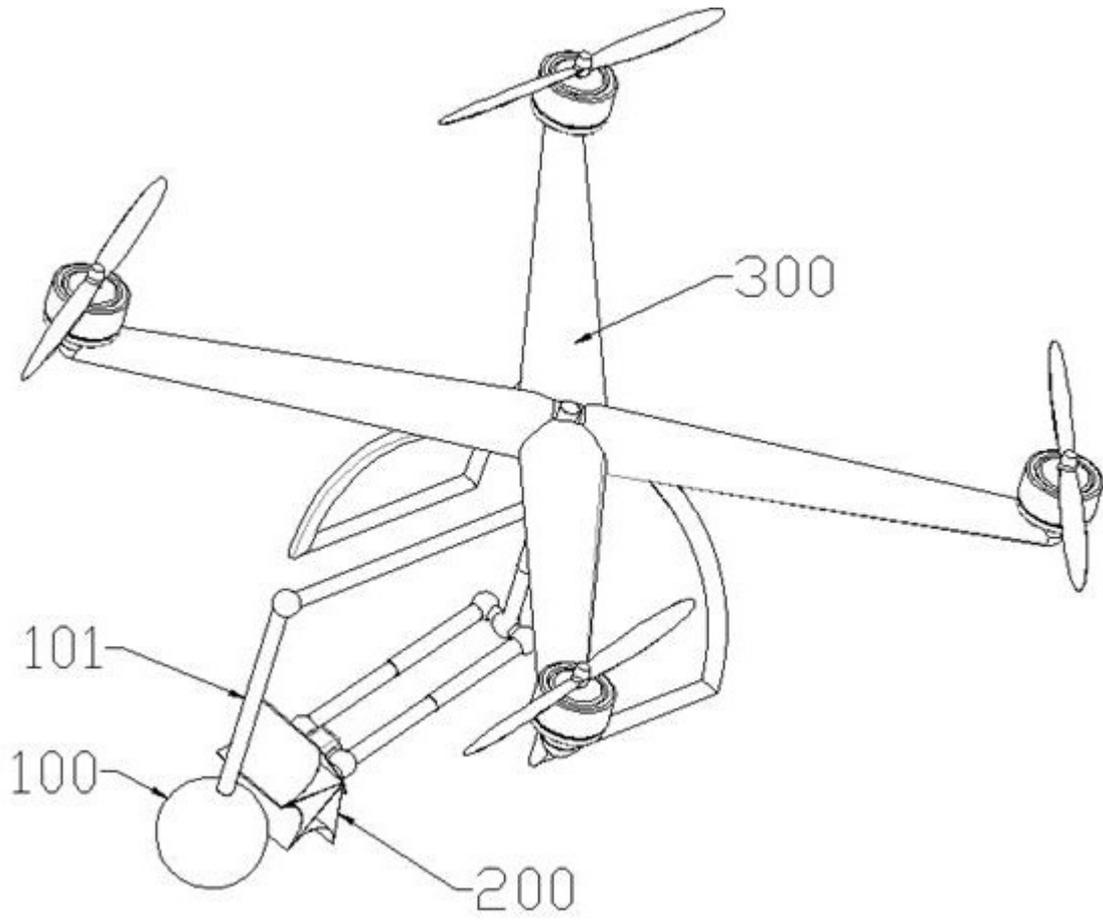


图2