

(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 12 月 19 日 (19.12.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/254984 A1

(51) 国际专利分类号:
H01Q 1/36 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2023/114643

(22) 国际申请日: 2023 年 8 月 24 日 (24.08.2023)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202310700441.1 2023年6月14日 (14.06.2023) CN

(71) 申请人: 南京邮电大学 (NANJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS) [CN/CN]; 中国江苏省南京市栖霞区文苑路9号, Jiangsu 210023 (CN)。

(72) 发明人: 李波 (LI, Bo); 中国江苏省南京市栖霞区文苑路9号, Jiangsu 210023 (CN)。徐衍昕 (XU, Yanxin); 中国江苏省南京市栖霞区文苑路9号, Jiangsu 210023 (CN)。常玉梅 (CHANG, Yumei); 中国江苏省南京市栖霞区文苑路9号, Jiangsu 210023 (CN)。韩叶 (HAN, Ye); 中国江苏省南京市栖霞区文苑路9号, Jiangsu 210023 (CN)。祝雷 (ZHU, Lei); 中国江苏省南京市栖霞区文苑路9号, Jiangsu 210023 (CN)。

(74) 代理人: 南京经纬专利商标代理有限公司 (NANJING JINGWEI PATENT & TRADEMARK AGENCY CO., LTD); 中国江苏省南京市鼓楼区中山路179号12楼B座, Jiangsu 210005 (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,

(54) **Title:** DUAL-CIRCULARLY POLARIZED REFLECTARRAY ANTENNA AND RADIATION BEAM INDEPENDENT CONTROL METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 双圆极化反射阵天线及其辐射波束独立控制方法

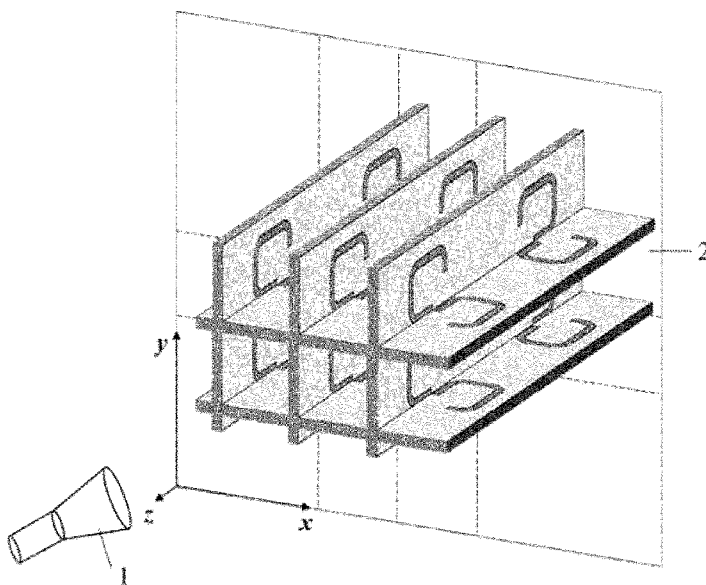


图 1

(57) **Abstract:** Disclosed in the present invention are a dual-circularly polarized reflectarray antenna and a radiation beam independent control method therefor. The antenna comprises a circularly polarized antenna feed source and a double "S"-printed metal strip reflectarray; the circularly polarized antenna feed source faces the double "S"-printed metal strip reflectarray; the circularly polarized antenna feed source is located at a phase shift focus of the double "S"-printed metal strip reflectarray; the circularly polarized antenna feed source emits spherical electromagnetic waves, and the double "S"-printed metal strip reflectarray receives the spherical electromagnetic waves and reflects same as plane waves. The dual-circularly polarized reflectarray antenna provided by the present invention can simultaneously reflect left-handed circularly polarized waves and right-handed circularly polarized waves, and implements, while



WO 2024/254984 A1

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, MU, 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)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

ensuring high-gain radiation, the characteristic that left-handed circularly polarized wave beams and right-handed circularly polarized wave radiation beams are independently controllable.

(57) 摘要: 本发明公开了一种双圆极化反射阵天线及其辐射波束独立控制方法, 该天线包括圆极化天线馈源和双"S"型印刷金属条带反射阵列, 所述圆极化天线馈源朝向双"S"型印刷金属条带反射阵列, 所述圆极化天线馈源位于双"S"型印刷金属条带反射阵列的移相焦点; 圆极化天线馈源发射球面电磁波, 双"S"型印刷金属条带反射阵列接收球面电磁波并反射为平面波。本发明提供的双圆极化反射阵天线, 可同时反射左旋圆极化波和右旋圆极化波, 在保证高增益辐射的前提下, 实现了左旋圆极化波波束和右旋圆极化波辐射波束独立可控的特性。

双圆极化反射阵天线及其辐射波束独立控制方法

技术领域

本发明属于雷达通信技术领域，尤其涉及双圆极化反射阵天线及其辐射波束独立控制方法。

背景技术

随着现代卫星通信技术的快速发展，具有多波束有效载荷的高通量卫星得到了广泛的发展。设计、开发和发射此类卫星的关键挑战之一是处理任务所需的大量天线，这类卫星通常使用四色频率/极化复用方案，因此设计在同一频率下的双圆极化反射阵天线可以有效缩减卫星所需天线的个数。

天线是现代武器装备、雷达探测系统中的重要组成部分，并且往往要求天线具有高增益的特点。其中，反射阵天线由喇叭馈源和反射阵列组成，具有高增益、无需复杂馈电网络的优点，具有巨大的研究价值。其工作机理是：具有移相功能的反射阵列将来自馈源的球面波转化为平面波向外辐射出去，即可实现具有高增益的辐射性能。

现有的双圆极化反射阵天线，常采用线-圆极化转换器和线极化反射阵天线组合实现，如 M. -A. Joyal, R. El Hani, M. Riel, Y. Demers and J. -J. Laurin, "A Reflectarray-Based Dual-Surface Reflector Working in Circular Polarization," in IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 63, no. 4, pp. 1306-1313, April 2015.中，将输入的圆极化波转化为水平线极化波和垂直线极化波，通过一层反射水平线极化波、透射垂直线极化波的反射阵列和一块抛物面反射器，分别对水平线极化波和垂直线极化波进行反射，再将反射的两种线极化波，通过线-圆极化转换器转换为圆极化波输出，但是为了实现对左旋圆极化波和右旋圆极化波的不同角度的输出，各个组件间需要搭建不同的角度，对加工实现有很大的难度。中国专利一种双频双圆极化折叠反射阵天线”（申请号：CN 202111341584.5，公开号：CN 114069256A）提出了一种双频双圆极化折叠反射阵天线，包括主反射镜、副透射镜、支撑结构和馈源，主反射镜包括中心镂空的第一介质基板，该介质基板的上表面印制有周期性排布的方环形金属贴片，下表面印制有金属地板；副透射镜包括上下层叠的第二介质基板和第三介质基板，第二介质基板的下表面印制有带漏波缝隙的金属地板，第二介质基板的上表面和第三介质基板的下表面均印制有两种不同规格的圆形金属贴片，并通过穿过漏波缝隙的金属化过孔连接。这种方法的缺点是需要多层结构、结构复杂，且不能在同一频率下同时反射左旋圆极化波和右旋圆极化波。

此外, S. Mener, R. Gillard, R. Sauleau, A. Bellion and P. Potier, "Dual Circularly Polarized Reflectarray With Independent Control of Polarizations," in IEEE Transactions on Antennas and Propagation. 中采用圆极化选择表面和半波片反射单元, 通过第一功能层的圆极化选择作用, 实现两种圆极化的分离和独立控制, 但该方法的单元难以小型化, 斜入射性能差, 同时同样由多层平面结构组成, 单元剖面高, 结构复杂, 对加工实现的要求同样较高。因此, 需要研究一种辐射波束独立可控的双圆极化反射阵天线。

发明内容

本发明所要解决的技术问题是: 提供辐射波束独立可控的双圆极化反射阵天线, 通过两块介质基板与两组“S”型印刷金属条带构成反射单元, 再组成反射阵列, 形成双圆极化反射阵天线, 结构简单, 且在保证天线良好的辐射性能的前提下, 同时反射左旋圆极化波和右旋圆极化波, 并可分别独立控制其辐射波束。

本发明为解决上述技术问题采用以下技术方案:

双圆极化反射阵天线, 包括用于发射球面电磁波的圆极化天线馈源以及用于接收球面电磁波并将其反射为平面波的双“S”型印刷金属条带反射阵列; 所述双“S”型印刷金属条带反射阵列由若干双“S”型印刷金属条带反射单元阵列排布构成。

所述圆极化天线馈源沿-z方向朝向双“S”型印刷金属条带反射阵列, 并位于双“S”型印刷金属条带反射阵列的移相焦点。

进一步的, 所述双“S”型印刷金属条带反射单元包括两块垂直正交的介质基板, 每块介质基板上均设置有两条呈对称形式的半S型印刷金属条带; 两块介质基板通过插接形式组装, 形成两组级联的“S”型印刷金属条带。

进一步的, 所述双“S”型印刷金属条带反射单元中, 第一组“S”型印刷金属条带与第二组“S”型印刷金属条带尺寸相同, 为工作中心频率波长。

所述第一组“S”型印刷金属条带反射左旋圆极化波, 位于靠近圆极化天线馈源一端, 第二组“S”型印刷金属条带反射右旋圆极化波, 位于远离圆极化天线馈源一端。

进一步的, 每个双“S”型印刷金属条带反射单元中两组“S”型印刷金属条带在介质基板上所在位置均不相同, 以满足左旋圆极化波和右旋圆极化波所需要的不同补偿相位。具体位置的计算内容为:

步骤1、计算反射相位, 具体公式为:

$$\varphi_i = k(R_i - \vec{r}_i \cdot \vec{r}_0) + \varphi_0;$$

其中, φ_i 是第 i 个双“S”型印刷金属条带反射单元的反射相位, i 的取值从 1 至 $M \times N$; k 是自由空间中的传播常数; R_i 是圆极化天线馈源 1 到第 i 个双“S”型印刷金属条带反射单元的距离; $\vec{r}_i$ 是第 i 个双“S”型印刷金属条带反射单元的位置矢量; $\vec{r}_0$ 是天线辐射主波束的方向; φ_0 是一个相位常数, 表示双“S”型印刷金属条带反射阵列所需的移相值。

步骤 2、“S”型印刷金属条带在介质基板上所在位置与反射相位之间的关系为:

$$dz = -0.03797 \times \varphi_i + 21.17 ;$$

$$dz_1 = -0.0376 \times \varphi_i + 42 ;$$

其中, dz 和 dz_1 表示两组“S”型印刷金属条带在介质基板上的相对位置。

进一步的, 将所述双“S”型印刷金属条带反射单元进行阵列排布, 具体排布方式包括: 沿 x 方向依次平行排布若干双“S”型印刷金属条带反射单元, 沿 y 方向依次堆叠若干双“S”型印刷金属条带反射单元。

进一步的, 所述“S”型印刷金属条带在 x 方向平行排布的相邻双“S”型印刷金属条带反射单元之间的“S”型印刷金属条带之间的距离记为第一距离。

所述“S”型印刷金属条带在 y 方向堆叠的相邻双“S”型印刷金属条带反射单元之间的“S”型印刷金属条带之间的距离记为第二距离。

所述第一距离等于第二距离。

进一步的, 本发明还提出了双圆极化反射阵天线的辐射波束独立控制方法, 针对第一组“S”型印刷金属条带, 当入射电磁波为左旋圆极化波时, 电场矢量 $\vec{E}$ 逆时针旋转; 电场矢量方向朝 $+x$ 方向时, 在“S”型印刷金属条带上产生电流 i_1 ; 电场矢量方向朝 $+y$ 方向时, 在“S”型印刷金属条带上产生与电流方向 i_1 相反的电流 i_2 ; i_2 相比 i_1 会有 90° 的相位延迟, 由于 x 方向上的介质基板与 y 方向上的介质基板相连接处的印刷金属条带总电长度为 $\lambda/4$, 则 i_1 相比 i_2 会有 90° 的相位延迟, 因此两者相位延迟相互抵消, 在“S”型印刷金属条带上激励起等幅反向的电流, 整体表现出一个波长谐振, 左旋圆极化波被反射; 其中 λ 是工作中心频率的波长。

当入射电磁波为右旋圆极化波时, 电场矢量 $\vec{E}$ 顺时针旋转; 电场矢量方向朝 $+y$ 方向时,

在“S”型印刷金属条带上产生电流 i_1 ；电场矢量方向朝+x方向时，在“S”型印刷金属条带上产生与电流方向 i_1 相反的电流 i_2 ， i_2 相比 i_1 会有 90° 的相位延迟，由于 x 方向上的介质基板与 y 方向上的介质基板相连接处的印刷金属条带总电长度为 $\lambda/4$ ，则 i_2 相比 i_1 会有 90° 的相位延迟，因此 i_2 相比 i_1 一共会有 180° 的相位延迟， i_2 和 i_1 方向相同，两者电流互相抵消，整个结构表现为非谐振的透射状态。

进一步的，针对第二组“S”型印刷金属条带，当入射电磁波为左旋圆极化波或右旋圆极化波时，与在第一组“S”型印刷金属条带上产生的电流情况相反；其中，当入射电磁波为左旋圆极化波时，第二组“S”型印刷金属条带上的电流被相互抵消，整个结构表现为非谐振的透射状态；当入射电磁波为右旋圆极化波时，第二组“S”型印刷金属条带上会激励起等幅反向的电流，整体表现出一个波长谐振，右旋圆极化波被反射。

本发明采用以上技术方案与现有技术相比，具有以下技术效果：

本发明提出的基于双“S”型印刷金属条带的双圆极化反射阵天线，可以同时反射左旋圆极化波和右旋圆极化波，在保证高增益辐射的前提下实现了左旋圆极化波和右旋圆极化波辐射波束独立可控的特性。同时，本发明提出的双“S”型印刷金属条带的反射单元结构简单性能优秀，便于加工和实现。

附图说明

图 1 是本发明双圆极化反射阵天线的三维结构示意图。

图 2 是本发明双“S”型印刷金属条带反射单元的三维结构示意图。

图 3 是本发明双“S”型印刷金属条带反射单元的介质基板及“S”型印刷金属条带平面结构示意图。

图 4 是本发明实施例中反射阵天线的口径效率随 F/D 的变化趋势图。

图 5 是本发明实施例中反射阵天线左旋圆极化波和右旋圆极化波在辐射中心频率 10GHz 处增益与轴比随 F/D 变化图。

图 6 是本发明实施例中所需要的反射相位，其中图 6 的(a)是反射阵天线每个双“S”型印刷金属条带反射单元在左旋圆极化波入射时所需要的反射相位，图 6 的(b)是反射阵天线每个双“S”型印刷金属条带反射单元右旋圆极化波入射时所需要的反射相位。

图 7 是本发明实施例中双“S”型印刷金属条带反射单元在天线辐射中心频率 10GHz 处，第一组“S”型印刷金属条带在介质基板上的相对位置与其反射相位与反射幅度的关系图。

图 8 是本发明实施例中双“S”型印刷金属条带反射单元在天线辐射中心频率 10GHz 处，第二组“S”型印刷金属条带在介质基板上的相对位置与其反射相位与反射幅度的关系图。

图 9 是本发明实施例中反射阵天线左旋圆极化波与右旋圆极化波在 9GHz 至 11GHz 的频带范围内增益与轴比随频率变化图。

图 10 是本发明实施例中反射阵天线在辐射中心频率 10GHz 处左旋圆极化波与右旋圆极化波的远场方向图。

具体实施方式

下面基于附图对本发明作进一步描述。以下实施例仅用于更加清楚地说明本发明的技术方案，而不能以此来限制本发明的保护范围。

下面结合附图对本发明做进一步详细说明。

本发明提出了辐射波束独立可控的双圆极化反射阵天线，三维结构如图 1 所示，包括圆极化天线馈源 1 和双“S”型印刷金属条带反射阵列 2。圆极化天线馈源 1 沿-z 方向朝向双“S”型印刷金属条带反射阵列 2，并位于双“S”型印刷金属条带反射阵列 2 的正前方，处在双“S”型印刷金属条带反射阵列 2 的移相焦点，使得圆极化天线馈源 1 辐射出的球面电磁波经反射后变为均匀平面波。圆极化天线馈源 1 的相位中心与双“S”型印刷金属条带反射阵列 2 的反射阵面的距离为 217mm。

双“S”型印刷金属条带反射阵列 2 由 31×31 个结构相同、两组“S”型印刷金属条带在介质基板上的相对位置不同的双“S”型印刷金属条带反射单元 3 周期排布构成，将双“S”型印刷金属条带反射单元 3 沿 y 轴周期延拓，再沿 x 轴以一定间隔周期堆叠，其中 p_x 为双“S”型印刷金属条带反射单元 3 沿 x 方向依次平行排布的周期大小， p_y 为双“S”型印刷金属条带反射单元 3 沿 y 方向依次堆叠的周期大小。双“S”型印刷金属条带反射单元 3 的三维结构如图 2 所示，包括两块垂直正交的介质基板和设置于介质基板上的两条呈“对称”形式的印刷金属条带。选用的是 RO4003C 介质基板，厚度为 0.406mm，相对介电常数为 3.55，损耗角正切为 0.0027。印刷金属条带选用铜，厚度为 0.017mm。双“S”型印刷金属条带反射单元 3 的两块介质基板通过插接形式组装，形成了两组级联的“S”型印刷金属条带，“S”型印刷金属条带的两部分通过焊接连接。

双“S”型印刷金属条带反射单元 3 的单元周期大小与斜入射性能有关，单元周期越小，斜入射性能越好。本实例中仿真了不同单元周期大小的情况，当单元周期比 7mm 大时反射斜入射性能会恶化的比较厉害；当单元周期比 7mm 小时，由于单元周期已经比较小了，再小对反射性能并没有太大优化，但是在相同口径大小的情况下，会增加单元数。因此选取的 7mm 为本实例的单元周期大小。

双“S”型印刷金属条带反射单元 3 的平面结构如图 3 所示，每一个双“S”型印刷金属

条带反射单元 3 中的第一组“S”型印刷金属条带 4 与第二组“S”型印刷金属条带 5 尺寸相同, 均为 $l_1 + l_2 + l_3 + l_4$ 的总长度, 即为 1 个工作中心频率波长。 p_z 为双“S”型印刷金属条带反射单元 3 在 z 方向的长度, l_1 、 l_2 、 l_3 、 l_4 为“S”型印刷金属条带的长度, r 为“S”型印刷金属条带的弧度, w 为“S”型印刷金属条带的宽度, dz 和 dz_1 为两组“S”型印刷金属条带在介质基板上的相对位置。

本实例中的物理参数分别为: $p_x = 7 \text{ mm}$, $p_y = 7 \text{ mm}$, $p_z = 50 \text{ mm}$, $l_1 = 2.625 \text{ mm}$, $l_2 = 3.41 \text{ mm}$, $l_3 = 4.5 \text{ mm}$, $l_4 = 1.9 \text{ mm}$, $r = 1 \text{ mm}$, $w = 0.15 \text{ mm}$ 。

所述第一组“S”型印刷金属条带 4 反射左旋圆极化波, 位于靠近圆极化天线馈源 1 一端, 即坐标为 dz , 第二组“S”型印刷金属条带 5 反射右旋圆极化波, 位于远离圆极化天线馈源 1 一端, 即坐标为 dz_1 。双“S”型印刷金属条带反射阵列 2 通过分别改变第一组“S”型印刷金属条带 4 和第二组“S”型印刷金属条带 5 在介质基板上的所在位置, 来实现左旋圆极化波和右旋圆极化波反射相位的调节。为了使双“S”型印刷金属条带反射阵列 2 受圆极化天线馈源 1 照射后二次辐射/散射的能量具有高增益的特点, 每个双“S”型印刷金属条带反射单元 3 中两组“S”型印刷金属条带在介质基板上的位置均不相同。

工作原理为:

步骤 1、确定双“S”型印刷金属条带反射阵列 2 的大小 D 和合适的焦径比 F/D , 其中 F 为圆极化天线馈源 1 与双“S”型印刷金属条带反射阵列 2 之间的距离。 F/D 值的确定, 取决于口径效率, 而影响口径效率的主要因素是锥削效率和溢出效率, 具体计算公式为:

$$\eta_{taper} = \frac{1}{A} \frac{\left| \iint_A I(A') \cdot dA' \right|^2}{\iint_A |I(A')|^2 \cdot dA'};$$

$$\eta_{spillover} = \frac{\iint_A \mathbf{P} \cdot d\mathbf{S}}{\iint_{Sphere} \mathbf{P} \cdot d\mathbf{S}};$$

其中, η_{taper} 为锥削效率; $\eta_{spillover}$ 为溢出效率; A 为口径面面积; $\mathbf{P}$ 是圆极化天线馈源辐射电磁波的坡印廷矢量, 可由余弦函数模型近似计算; I 表示每个阵元受到的激励。

基于上式可以得出反射阵天线的口径效率随 F/D 的变化趋势图, 如图 4 所示, 随着焦径

比增加,圆极化天线馈源会逐渐远离反射阵面,这使溢出阵面辐射能量更多,同时照射在阵面上的能量也会更加均匀,溢出效率随焦径比增加而降低,而锥削效率随焦径比增加而上升,理论上,最佳口径效率对应的 F/D 约为 0.9。但是通过如图 5 所示的仿真图,验证不同 F/D 情况下反射阵天线的性能,图中的横坐标为频率,单位为 GHz;纵坐标为增益和轴比,单位是 dB。分别展示了左旋圆极化波与右旋圆极化波在辐射中心频率 10GHz 处增益与轴比随 F/D 变化关系,可以发现 $F/D=1$ 时,性能最优,是因为当 $F/D=0.9$ 时,圆极化天线馈源到阵面边缘的入射角度变大,而大角度斜入射会影响双“S”型印刷金属条带反射单元 3 的响应,最终反映到反射阵天线的性能上就是增益下降与轴比恶化。

因此本实施例中,选定 F/D 的大小为 1。

步骤 2、根据步骤 1 中 F/D 的值和左、右旋圆极化波分别需要的反射角度 -15° 、 $+15^\circ$,确定双“S”型印刷金属条带反射单元 3 在左旋圆极化波和右旋圆极化波入射时所需要的反射相位,具体内容为:

(1) 计算反射相位,具体公式为:

$$\varphi_i = k(R_i - \vec{r}_i \cdot \hat{r}_0) + \varphi_0;$$

其中, φ_i 是第 i 个双“S”型印刷金属条带反射单元 3 的反射相位, i 的取值从 1 至 961 (即 31×31); k 是自由空间中的传播常数; R_i 是圆极化天线馈源 1 到第 i 个双“S”型印刷金属条带反射单元 3 的距离; $\vec{r}_i$ 是第 i 个双“S”型印刷金属条带反射单元 3 的位置矢量; $\hat{r}_0$ 是天线辐射主波束的方向; φ_0 是一个相位常数,表示双“S”型印刷金属条带反射阵列 2 所需的移相值是相对相位值而不是绝对相位值。

(2) “S”型印刷金属条带在介质基板上所在位置与反射相位之间的关系为:

$$dz = -0.03797 \times \varphi_i + 21.17;$$

$$dz_1 = -0.0376 \times \varphi_i + 42;$$

其中, dz 和 dz_1 表示两组“S”型印刷金属条带在介质基板上的相对位置。

由于介质基板在 z 方向的长度 p_z 为 50mm,基于上述公式确定每个单元可以实现的左旋圆极化波与右旋圆极化波反射相位 φ_i 的范围,将超出范围的 φ_i 值进行折叠,减去 360° 相位

值。如图 6 所示，图中的横坐标与纵坐标表示 x 方向与 y 方向的单元数，一共有 31×31 格，每一格颜色的深浅代表处在那个位置的双“S”型印刷金属条带反射单元 3 所需要的不同的反射相位值。图 6 的(a)代表左旋圆极化波入射时，每个双“S”型印刷金属条带反射单元 3 所需要的反射相位，图 6 的(b)代表右旋圆极化波入射时，每个双“S”型印刷金属条带反射单元 3 所需要的反射相位。

步骤 3、根据双“S”型印刷金属条带反射单元 3 所需的反射相位和两组“S”型印刷金属条带在介质基板上的所在位置与左旋圆极化波和右旋圆极化波反射相位的关系，确定每个单元两组“S”型印刷金属条带在介质基板上的所在位置，从而确定整个双“S”型印刷金属条带反射阵列 2 的最终结构。

步骤 4、将圆极化天线馈源 1 和双“S”型印刷金属条带反射阵列 2 按照图 1 所示的位置关系进行放置，圆极化天线馈源 1 和双“S”型印刷金属条带反射阵列 2 的距离由步骤 1 所确定的 F 决定。此时整个双圆极化反射阵天线搭建完成。

步骤 5、以其中一个双“S”型印刷金属条带反射单元 3 为例，针对第一组“S”型印刷金属条带 4，当入射电磁波为左旋圆极化波时，电场矢量 $\vec{E}$ 逆时针旋转。电场矢量方向朝 $+x$ 方向时，在“S”型印刷金属条带上产生电流 i_1 ，电场矢量方向朝 $+y$ 方向时，在“S”型印刷金属条带上产生与电流方向 i_1 相反的电流 i_2 。虽然 i_2 相比 i_1 会有 90° 的相位延迟，但是由于 x 方向上的介质基板与 y 方向上的介质基板相连接处的印刷金属条带总电长度为 $\lambda/4$ ，则 i_1 相比 i_2 会有 90° 的相位延迟，因此两者相位延迟相互抵消。在“S”型印刷金属条带上激励起等幅反向的电流，整体表现出一个波长谐振，左旋圆极化波被反射。

当入射电磁波为右旋圆极化波时，电场矢量 $\vec{E}$ 顺时针旋转。电场矢量方向朝 $+y$ 方向时，在“S”型印刷金属条带上产生电流 i_1 ；电场矢量方向朝 $+x$ 方向时，在“S”型印刷金属条带上产生与电流方向 i_1 相反的电流 i_2 ， i_2 相比 i_1 会有 90° 的相位延迟，由于 x 方向上的介质基板与 y 方向上的介质基板相连接处的印刷金属条带总电长度为 $\lambda/4$ ，则 i_2 相比 i_1 会有 90° 的相位延迟，因此 i_2 相比 i_1 一共会有 180° 的相位延迟，则 i_2 和 i_1 方向相同，电流互相抵消，整个结构表现为非谐振的透射状态。

同理，针对第二组“S”型印刷金属条带 5，当入射电磁波为左旋圆极化波时，电场矢量 $\vec{E}$ 逆时针旋转。电场矢量方向朝 $+x$ 方向时，在“S”型印刷金属条带上产生电流 i_1 ，电场矢量方向朝 $+y$ 方向时，在“S”型印刷金属条带上产生与电流方向 i_1 相反的电流 i_2 ， i_2 相比 i_1 会有 90° 的相位延迟。同时由于 x 方向上的介质基板与 y 方向上的介质基板相连接处的印刷

金属条带总电长度为 $\lambda/4$, 则 i_2 相比 i_1 还会有 90° 的相位延迟, 所以 i_2 相比 i_1 一共会有 180° 的相位延迟, 则 i_1 和 i_2 方向相同, 电流互相抵消, 整个结构表现为非谐振的透射状态。

当入射电磁波为右旋圆极化波时, 电场矢量 $\vec{E}$ 顺时针旋转。电场矢量方向朝+y 方向时, 在“S”型印刷金属条带上产生电流 i_1 ; 电场矢量方向朝+x 方向时, 在“S”型印刷金属条带上产生与电流方向 i_1 相反的电流 i_2 , i_2 相比 i_1 会有 90° 的相位延迟, 由于 x 方向上的介质基板与 y 方向上的介质基板相连接处的印刷金属条带总电长度为 $\lambda/4$, 则 i_1 相比 i_2 也会有 90° 的相位延迟, 因此两者相对的相位延迟相互抵消, 在“S”型印刷金属条带上激励起等幅反向的电流, 整体表现出一个波长谐振, 右旋圆极化波被反射。

图 7 表示在天线辐射中心频率 10GHz 处, 双“S”型印刷金属条带反射单元 3 中第一组“S”型印刷金属条带 4 在介质基板上的所在位置与左旋圆极化波和右旋圆极化波反射相位的关系图。图中横坐标为双“S”型印刷金属条带在介质基板上的所在位置, 单位为毫米 (mm), 图中纵坐标为相位和反射幅度, 单位分别为度 (deg) 和 dB。从图中可以看出, 改变 dz , 会改变左旋圆极化波的反射相位, 但是对右旋圆极化波的反射相位、左旋圆极化波和右旋圆极化波的反射幅度基本没影响, 所以可以通过改变 dz , 来满足对每个双“S”型印刷金属条带反射单元 3 左旋圆极化波反射相位的要求。

图 8 表示在天线辐射中心频率 10GHz 处, 双“S”型印刷金属条带反射单元 3 中第二组“S”型印刷金属条带 5 在介质基板上的所在位置与左旋圆极化波和右旋圆极化波反射相位的关系图。从图中可以看出, 改变 dz_1 , 会改变右旋圆极化波的反射相位, 但是对左旋圆极化波的反射相位、左旋圆极化波和右旋圆极化波的反射幅度基本没影响, 所以可以通过改变 dz_1 , 来满足对每个双“S”型印刷金属条带反射单元 3 右旋圆极化波反射相位的要求。

双“S”型印刷金属条带反射单元 3 中两组“S”型印刷金属条带前后移动基本互不干扰, 双“S”型印刷金属条带反射单元 3 的反射相位可由两组“S”型印刷金属条带在介质基板上的所在位置唯一确定。

图 9 给出了反射阵天线左旋圆极化波和右旋圆极化波的增益与轴比随频率的变化曲线。图中的横坐标为频率, 单位为 GHz; 纵坐标为增益和轴比, 单位是 dB。反射阵天线在天线辐射中心频率 10GHz 实现了左旋圆极化波 24.2dB 和右旋圆极化波 23.5dB 的高增益特性, 增益降低 1dB 的范围分别为 9.49GHz-10.15GHz 和 9.53GHz-10.17GHz, 绝对带宽分别为 0.66GHz 和 0.64GHz, 相对带宽分别约为 6.7%和 6.5%, 3dB 轴比的范围分别为 8.02-10.57GHz 和 9.06-10.86GHz, 绝对带宽分别为 2.55GHz 和 1.8GHz, 相对带宽分别约为 27.6%和 18.1%。

图 10 给出了反射阵天线在辐射中心频率左旋圆极化波和右旋圆极化波的归一化远场方向图，图中的横坐标为角度，单位为度 deg。图中纵坐标为增益，单位是 dB。由图中可以看出，此高增益反射阵天线实现了较窄的波束，且在其他角度的波瓣电平都比较低，左旋圆极化波最高的副瓣电平仅约为-16dB，右旋圆极化波最高的副瓣电平仅约为-13.6dB。同时，该高增益反射阵天线具有良好的交叉极化隔离度，左旋圆极化波和右旋圆极化波的交叉极化均低于-20dB。

综合以上的实验结果可以看出，本发明提出的天线实现了较好的高增益辐射效果，可同时反射左旋圆极化波和右旋圆极化波，在保证高增益辐射的前提下实现了左旋圆极化波波束和右旋圆极化波辐射波束独立可控的特性。除此之外，此基于双“S”型印刷金属条带的双圆极化反射阵天线制作简便，性能优，在雷达通信应用领域具有较好的应用前景。

以上所述仅是本发明的优选实施方式，应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明技术原理的前提下，还可以做出若干改进和变形，这些改进和变形也应视为本发明的保护范围。

权利要求书

1. 双圆极化反射阵天线，包括用于发射球面电磁波的圆极化天线馈源（1），以及用于接收球面电磁波并将其反射为平面波的双“S”型印刷金属条带反射阵列（2）；其特征在于，所述双“S”型印刷金属条带反射阵列（2）由若干双“S”型印刷金属条带反射单元（3）阵列排布构成；

所述圆极化天线馈源（1）沿-z方向朝向双“S”型印刷金属条带反射阵列（2），并位于双“S”型印刷金属条带反射阵列（2）的移相焦点。

2. 根据权利要求1所述的双圆极化反射阵天线，其特征在于，所述双“S”型印刷金属条带反射单元（3）包括两块垂直正交的介质基板，每块介质基板上均设置有两条呈对称形式的半S型印刷金属条带；两块介质基板通过插接形式组装，形成两组级联的“S”型印刷金属条带。

3. 根据权利要求1所述的双圆极化反射阵天线，其特征在于，所述双“S”型印刷金属条带反射单元（3）中，第一组“S”型印刷金属条带（4）与第二组“S”型印刷金属条带（5）尺寸相同，为工作中心频率波长；

所述第一组“S”型印刷金属条带（4）反射左旋圆极化波，位于靠近圆极化天线馈源一端，第二组“S”型印刷金属条带（5）反射右旋圆极化波，位于远离圆极化天线馈源一端。

4. 根据权利要求3所述的双圆极化反射阵天线，其特征在于，每个双“S”型印刷金属条带反射单元（3）中两组“S”型印刷金属条带在介质基板上的位置均不相同，具体位置的计算步骤为：

步骤S1、计算反射相位，具体公式为：

$$\varphi_i = k(R_i - \vec{r}_i \cdot \hat{r}_0) + \varphi_0;$$

其中， φ_i 是第*i*个双“S”型印刷金属条带反射单元（3）的反射相位，*i*的取值从1至M×N；*k*是自由空间中的传播常数； R_i 是圆极化天线馈源1到第*i*个双“S”型印刷金属条带反射单元（3）的距离； $\vec{r}_i$ 是第*i*个双“S”型印刷金属条带反射单元（3）的位置矢量； $\hat{r}_0$ 是天线辐射主波束的方向； φ_0 是一个相位常数，表示双“S”型印刷金属条带反射阵列（2）所需的移相值；

步骤 S2、“S”型印刷金属条带在介质基板上所在位置与反射相位之间的关系为：

$$dz = -0.03797 \times \varphi_i + 21.17 ;$$

$$dz_1 = -0.0376 \times \varphi_i + 42 ;$$

其中， dz 和 dz_1 表示两组“S”型印刷金属条带在介质基板上的相对位置。

5. 根据权利要求 1 所述的双圆极化反射阵天线，其特征在于，将所述双“S”型印刷金属条带反射单元（3）进行阵列排布，具体排布方式包括：沿 x 方向依次平行排布若干双“S”型印刷金属条带反射单元（3），沿 y 方向依次堆叠若干双“S”型印刷金属条带反射单元（3）。

6. 根据权利要求 5 所述的双圆极化反射阵天线，其特征在于，所述“S”型印刷金属条带在 x 方向平行排布的相邻双“S”型印刷金属条带反射单元（3）之间的“S”型印刷金属条带之间的距离记为第一距离；

所述“S”型印刷金属条带在 y 方向堆叠的相邻双“S”型印刷金属条带反射单元（3）之间的“S”型印刷金属条带之间的距离记为第二距离；

所述第一距离等于第二距离。

7. 双圆极化反射阵天线的辐射波束独立控制方法，其特征在于，针对第一组“S”型印刷金属条带（4），当入射电磁波为左旋圆极化波时，电场矢量 $\vec{E}$ 逆时针旋转；电场矢量方向朝 $+x$ 方向时，在“S”型印刷金属条带上产生电流 i_1 ；电场矢量方向朝 $+y$ 方向时，在“S”型印刷金属条带上产生与电流方向 i_1 相反的电流 i_2 ，两者相位延迟相互抵消，在“S”型印刷金属条带上激励起等幅反向的电流，整体表现出一个波长谐振，左旋圆极化波被反射；其中 λ 是工作中心频率的波长；

当入射电磁波为右旋圆极化波时，电场矢量 $\vec{E}$ 顺时针旋转；电场矢量方向朝 $+y$ 方向时，在“S”型印刷金属条带上产生电流 i_1 ；电场矢量方向朝 $+x$ 方向时，在“S”型印刷金属条带上产生与电流方向 i_1 相反的电流 i_2 ，两者电流互相抵消，整个结构表现为非谐振的透射状态。

8. 根据权利要求 7 所述的双圆极化反射阵天线的辐射波束独立控制方法，其特征在于，针对第二组“S”型印刷金属条带（5），当入射电磁波为左旋圆极化波或右旋圆极化波时，与在第一组“S”型印刷金属条带（4）上产生的电流情况相反；其中

当入射电磁波为左旋圆极化波时，第二组“S”型印刷金属条带（5）上的电流被相互抵消，整个结构表现为非谐振的透射状态；

当入射电磁波为右旋圆极化波时，第二组“S”型印刷金属条带（5）上会激励起等幅反向的电流，整体表现出一个波长谐振，右旋圆极化波被反射。

说明书附图

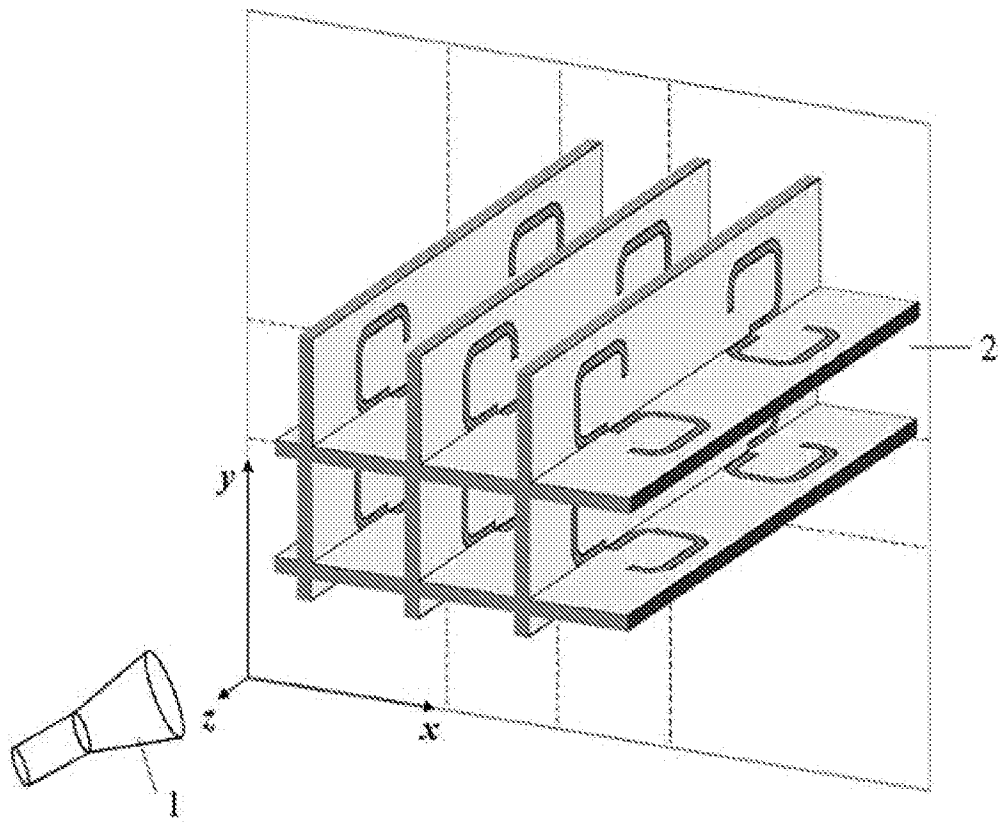


图 1

说明书附图

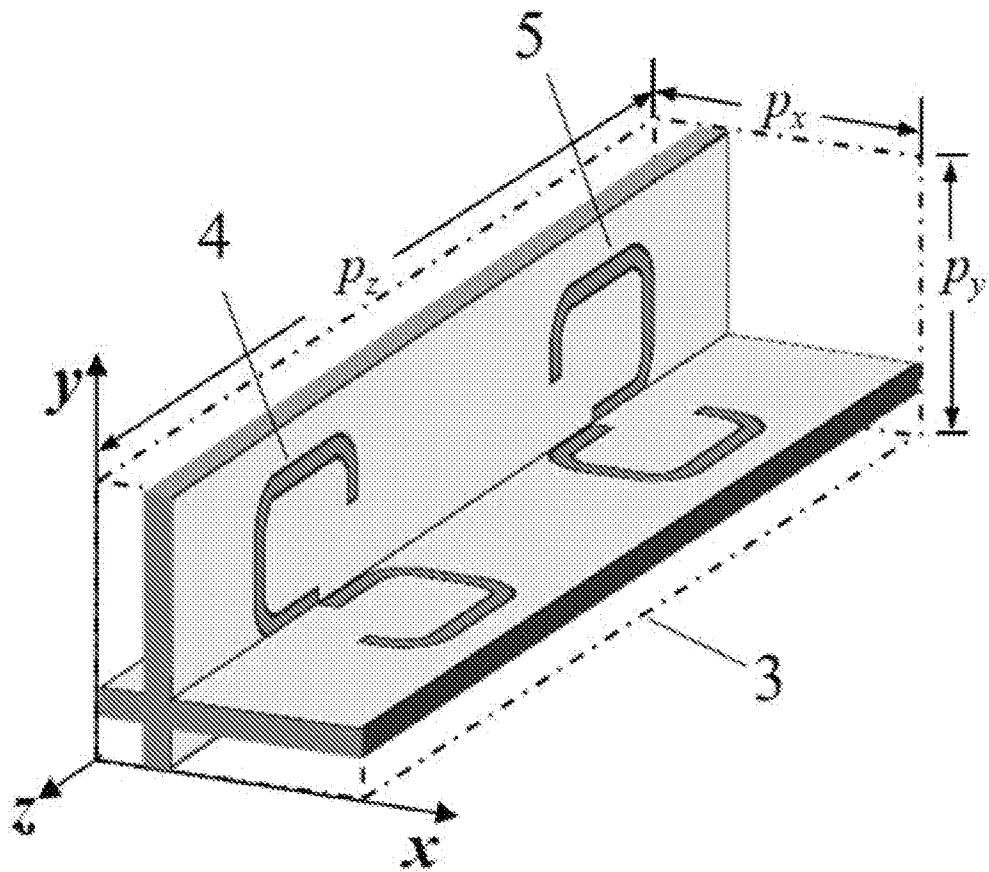


图 2

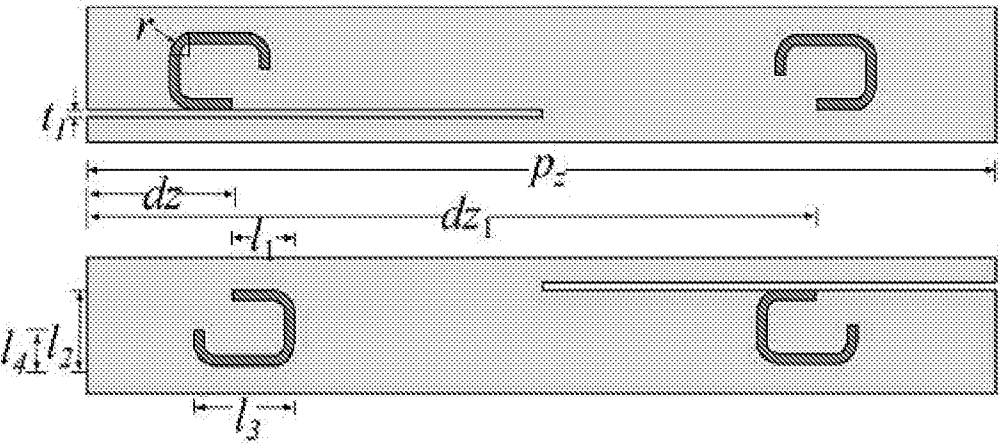


图 3

说明书附图

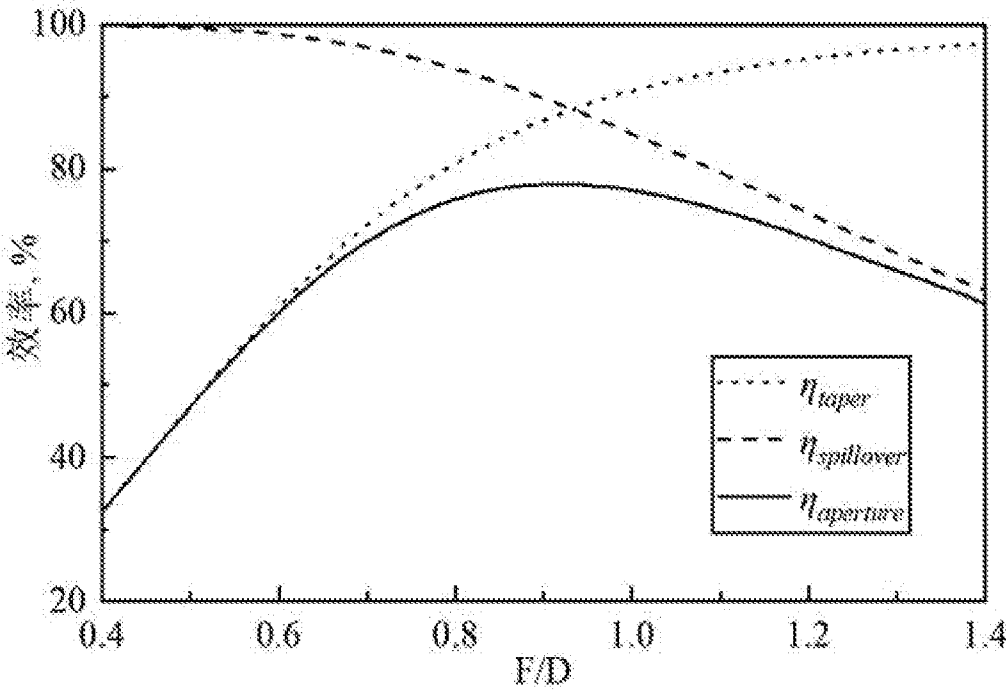


图 4

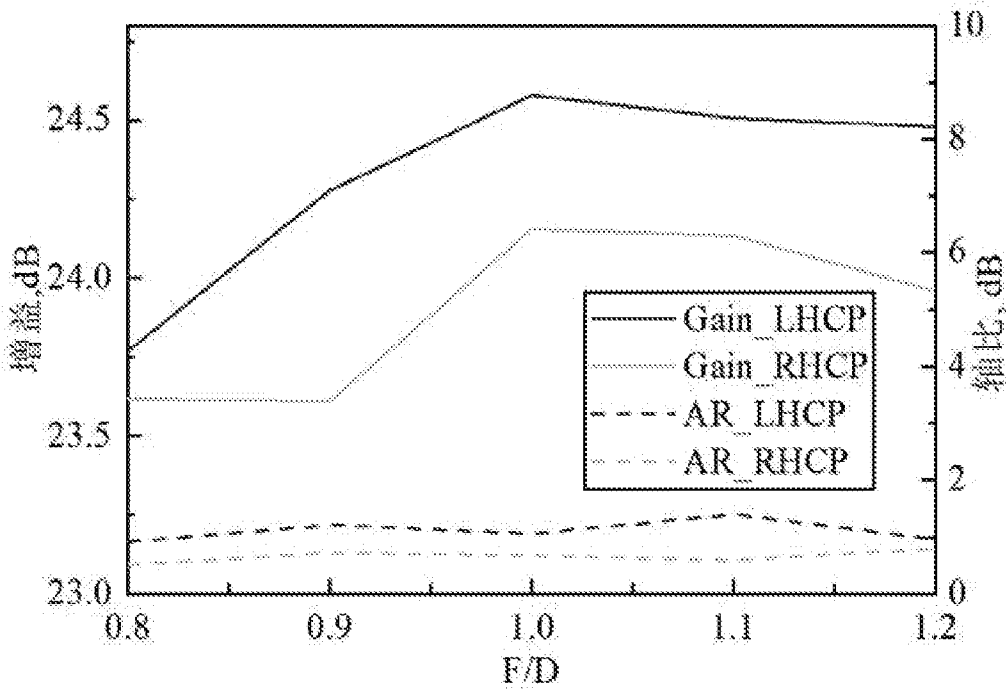
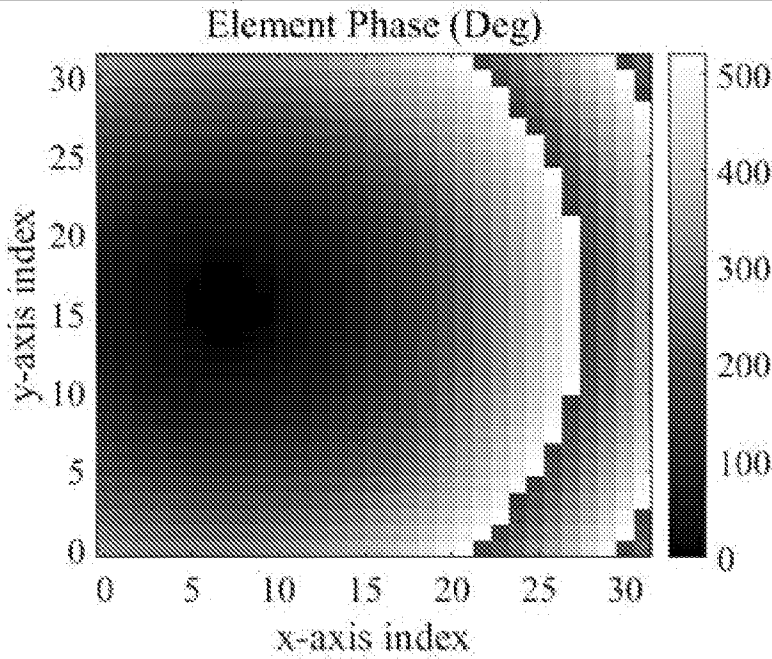
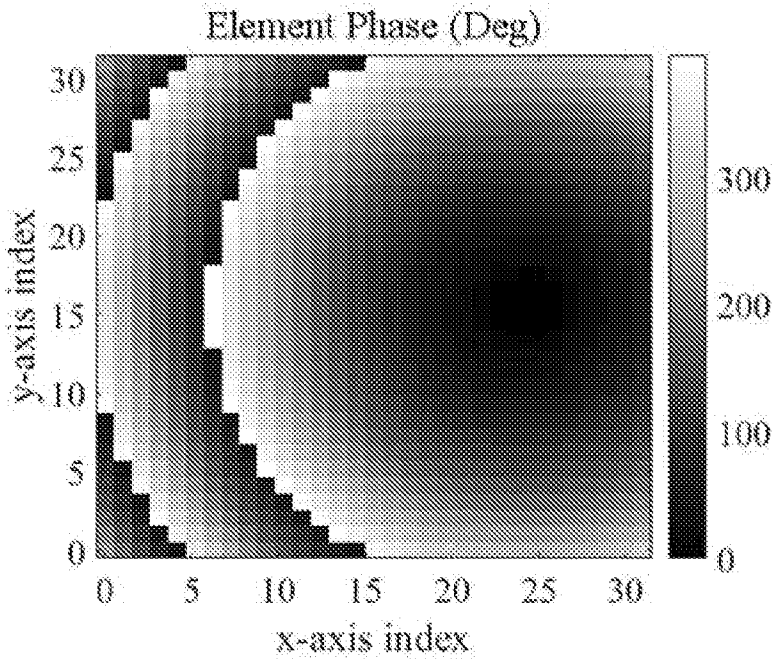


图 5

说明书附图



(a)



(b)

图 6

说明书附图

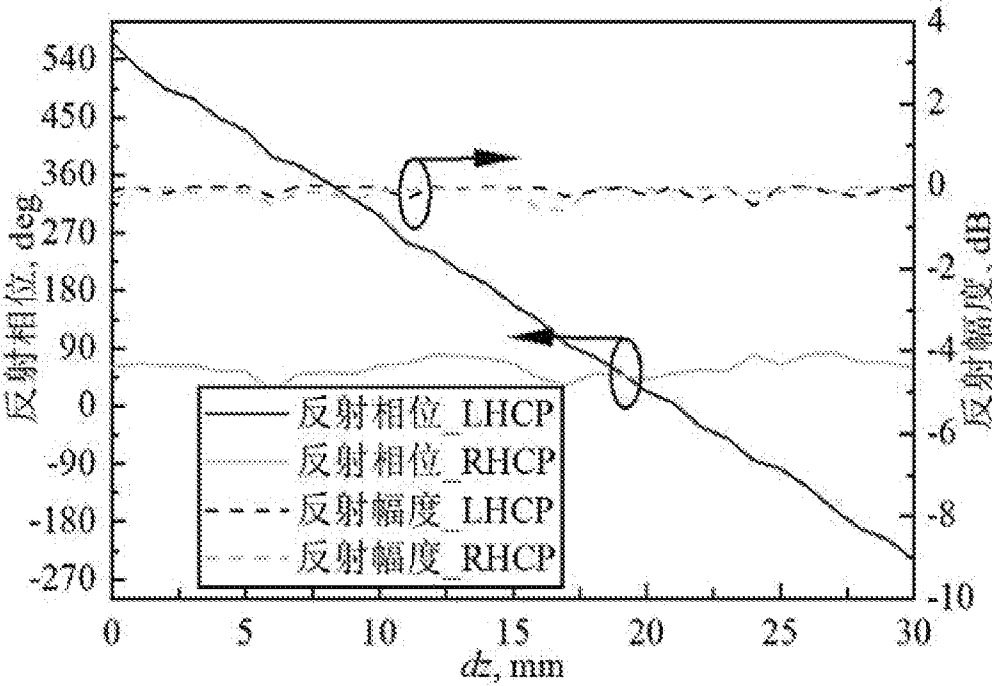


图 7

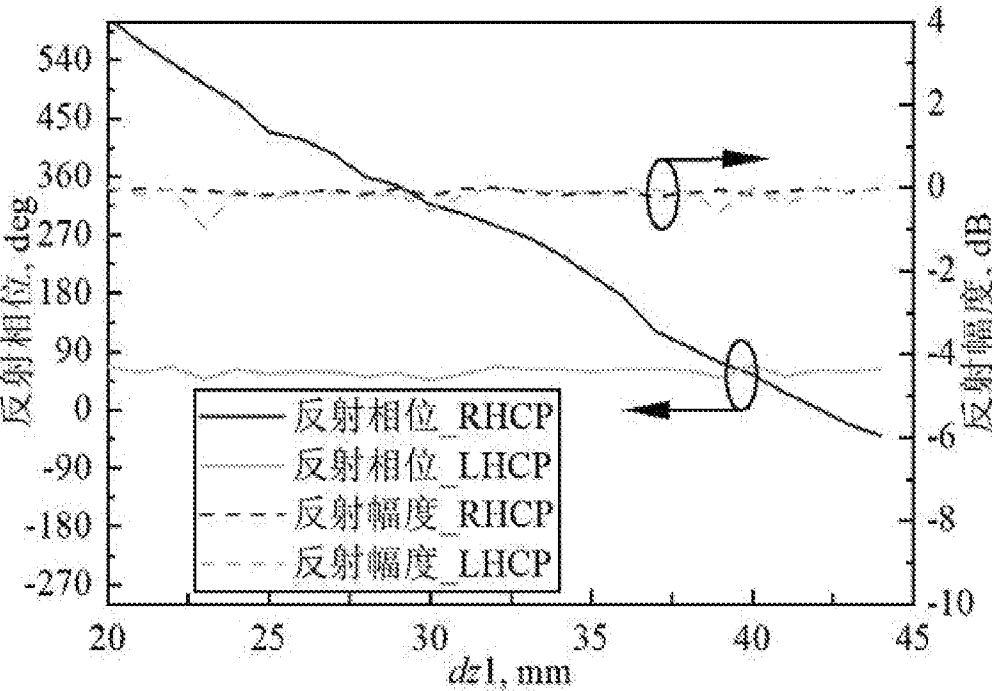


图 8

说明书附图

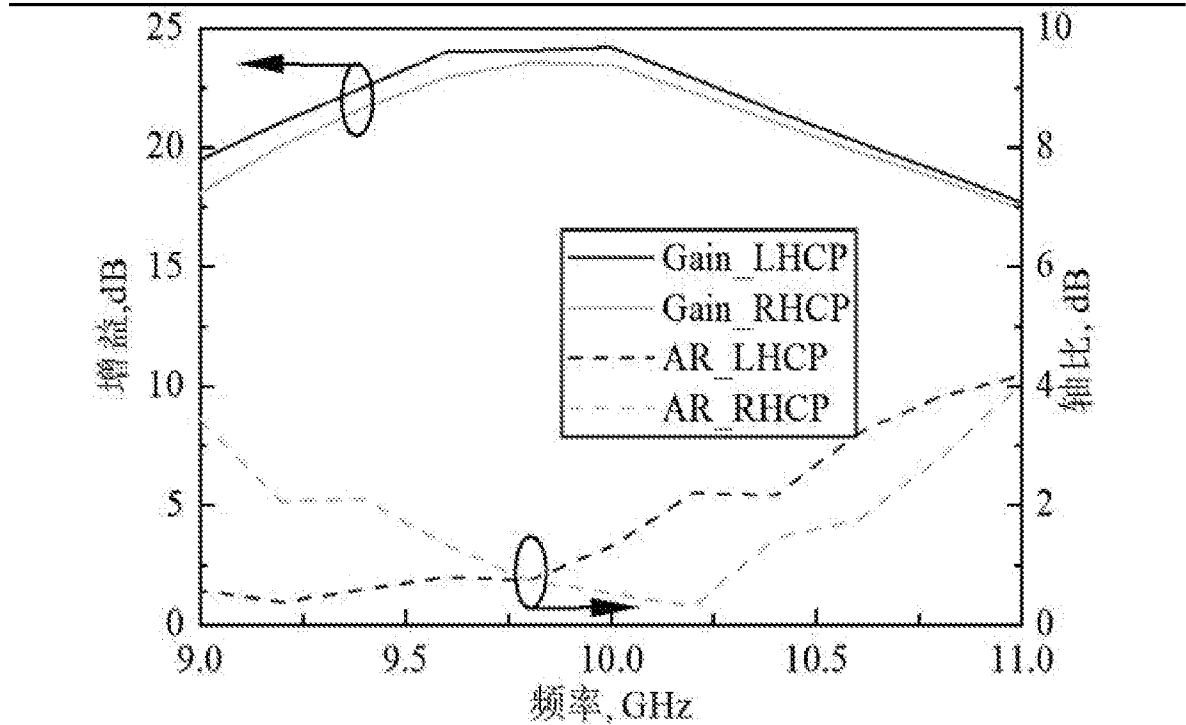


图 9

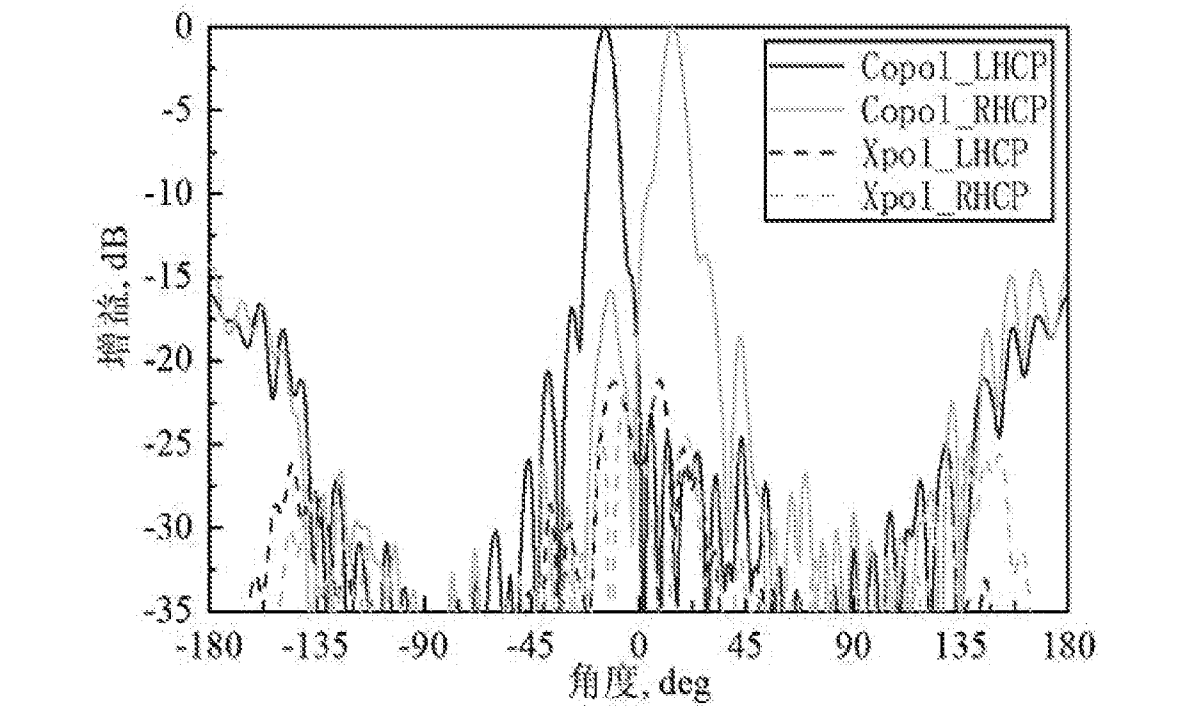


图 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/114643

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01Q1/36(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: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)

CJFD, CNTXT, ENTXTC, ENTXT, VEN, CNKI, IEEE: 双, 圆极化, 左旋圆极化, 右旋圆极化, 反射阵, S, 弯折, 金属, 条, 带, 正交, 插接, dual, circular, polarization, polarisation, left, right, hand, LHCP, RHCP, CPSS, Circular Polarization Selection Surface, reflectarray, reflect, antenna, pierrot

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 116435761 A (NANJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS) 14 July 2023 (2023-07-14) claims 1-8	1-8
X	吴文杰 (WU, Wenjie). "圆极化选择表面分析, 设计及应用研究 (Non-official translation: Analysis, Design and Application Research of Circular Polarization Selective Surface)" 中国优秀硕士学位论文全文数据库信息科技辑 (Information Science & Technology, China Master's Theses Full-text Database), 15 March 2022 (2022-03-15), pages 9-50	1-8
A	CN 108461926 A (NANJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS) 28 August 2018 (2018-08-28) entire document	1-8
A	CN 114447589 A (ZHUHAI HAIMI SOFTWARE TECHNOLOGY CO., LTD.) 06 May 2022 (2022-05-06) entire document	1-8



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

04 March 2024

Date of mailing of the international search report

04 March 2024

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/114643

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 116111359 A (NANJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS) 12 May 2023 (2023-05-12) entire document	1-8
A	US 2014009365 A1 (ROY JASMIN) 09 January 2014 (2014-01-09) entire document	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/114643

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	116435761	A	14 July 2023	None			
CN	108461926	A	28 August 2018	None			
CN	114447589	A	06 May 2022	None			
CN	116111359	A	12 May 2023	None			
US	2014009365	A1	09 January 2014	CA	2820158	A1	09 January 2014
				CA	2820158	C	28 November 2017
				US	9391374	B2	12 July 2016

A. 主题的分类 H01Q1/36(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: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)) CJFD,CNXTXT,ENTXTC,ENTXT,VEN,CNKI,IEEE:双,圆极化,左旋圆极化,右旋圆极化,反射阵,S,弯折,金属,条,带,正交,插接,dual,circular,polarization,polarisation,left,right,hand,LHCP,RHCP,CPSS,Circular Polarization Selection Surface,reflector-ray,reflect,antenna,pierrot																									
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>PX</td> <td>CN 116435761 A (南京邮电大学) 2023年7月14日 (2023 - 07 - 14) 权利要求1-8</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>吴文杰. "圆极化选择表面分析、设计及应用研究" 《中国优秀硕士学位论文全文数据库信息科技辑》, 2022年3月15日 (2022 - 03 - 15), 第9-50 页</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 108461926 A (南京邮电大学) 2018年8月28日 (2018 - 08 - 28) 全文</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 114447589 A (珠海市海米软件技术有限公司) 2022年5月6日 (2022 - 05 - 06) 全文</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 116111359 A (南京邮电大学) 2023年5月12日 (2023 - 05 - 12) 全文</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2014009365 A1 (ROY JASMIN) 2014年1月9日 (2014 - 01 - 09) 全文</td> <td>1-8</td> </tr> </tbody> </table> ☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。 <table border="0"> <tr> <td> ★ 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 </td> <td> “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 </td> </tr> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 116435761 A (南京邮电大学) 2023年7月14日 (2023 - 07 - 14) 权利要求1-8	1-8	X	吴文杰. "圆极化选择表面分析、设计及应用研究" 《中国优秀硕士学位论文全文数据库信息科技辑》, 2022年3月15日 (2022 - 03 - 15), 第9-50 页	1-8	A	CN 108461926 A (南京邮电大学) 2018年8月28日 (2018 - 08 - 28) 全文	1-8	A	CN 114447589 A (珠海市海米软件技术有限公司) 2022年5月6日 (2022 - 05 - 06) 全文	1-8	A	CN 116111359 A (南京邮电大学) 2023年5月12日 (2023 - 05 - 12) 全文	1-8	A	US 2014009365 A1 (ROY JASMIN) 2014年1月9日 (2014 - 01 - 09) 全文	1-8	★ 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
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																							
PX	CN 116435761 A (南京邮电大学) 2023年7月14日 (2023 - 07 - 14) 权利要求1-8	1-8																							
X	吴文杰. "圆极化选择表面分析、设计及应用研究" 《中国优秀硕士学位论文全文数据库信息科技辑》, 2022年3月15日 (2022 - 03 - 15), 第9-50 页	1-8																							
A	CN 108461926 A (南京邮电大学) 2018年8月28日 (2018 - 08 - 28) 全文	1-8																							
A	CN 114447589 A (珠海市海米软件技术有限公司) 2022年5月6日 (2022 - 05 - 06) 全文	1-8																							
A	CN 116111359 A (南京邮电大学) 2023年5月12日 (2023 - 05 - 12) 全文	1-8																							
A	US 2014009365 A1 (ROY JASMIN) 2014年1月9日 (2014 - 01 - 09) 全文	1-8																							
★ 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 2024年3月4日		国际检索报告邮寄日期 2024年3月4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		授权官员 马菁 电话号码 (+86) 010-62412156																							

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2023/114643

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	116435761	A	2023年7月14日	无			
CN	108461926	A	2018年8月28日	无			
CN	114447589	A	2022年5月6日	无			
CN	116111359	A	2023年5月12日	无			
US	2014009365	A1	2014年1月9日	CA	2820158	A1	2014年1月9日
				CA	2820158	C	2017年11月28日
				US	9391374	B2	2016年7月12日