

(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
2019年2月7日 (07.02.2019)



(10) 国际公布号
WO 2019/024354 A1

- (51) 国际专利分类号:
H01Q 15/00 (2006.01) H01P 7/08 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2017/114051
- (22) 国际申请日: 2017年11月30日 (30.11.2017)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201710662442.6 2017年8月4日 (04.08.2017) CN
- (71) 申请人: 深圳市景程信息科技有限公司 (X-TRIP INFORMATION TECHNOLOGIES CO.,LTD) [CN/CN]; 中国广东省深圳南山区粤海街道高新南七道数字技术园B1栋4楼B区梁艳妮, Guangdong 518057 (CN)。

(72) 发明人: 李庆娅(LI, Qingya); 中国广东省深圳市南山区科技园南区高新南七道数字技术园B1栋3B梁艳妮, Guangdong 518057 (CN)。 邓力(DENG, Li); 中国广东省深圳市南山区科技园南区高新南七道数字技术园B1栋3B梁艳妮, Guangdong 518057 (CN)。 李书芳(LI, Shufang); 中国广东省深圳市南山区科技园南区高新南七道数字技术园B1栋3B梁艳妮, Guangdong 518057 (CN)。 张贯京(ZHANG, Guanjing); 中国广东省深圳市南山区科技园南区高新南七道数字技术园B1栋3B梁艳妮, Guangdong 518057 (CN)。 葛新科(GE, Xinke); 中国广东省深圳市南山区科技园南区高新南七道数字技术园B1栋3B梁艳妮, Guangdong 518057 (CN)。 张红治(ZHANG, Hongzhi); 中国广东省深圳市南山区科技园南区高新南七道数字技术园B1栋3B梁艳妮, Guangdong 518057 (CN)。

(54) Title: FREQUENCY SELECTIVE SURFACE STRUCTURE

(54) 发明名称: 频率选择表面结构

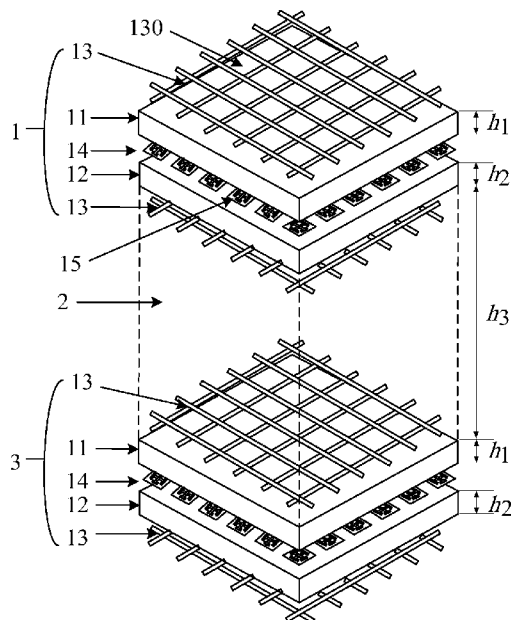


图 1

(57) Abstract: Disclosed is a frequency selective surface structure, comprising an upper dielectric layer, an air dielectric layer, and a lower dielectric layer. The upper dielectric layer comprises a first dielectric slab and a second dielectric slab; non-resonant inductive metal wire gratings are etched on the upper surface of the first dielectric slab and the lower surface of the second dielectric slab, a resonant layer is etched on the upper surface of the second dielectric slab, and the first dielectric slab and the second dielectric slab are cascaded by means of the resonant layer. The resonant layer comprises multiple hybrid resonators; each hybrid resonator comprises a



WO 2019/024354 A1

(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, 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))。

metal sheet and a Jerusalem cross unit; the Jerusalem cross unit comprises a cross hollowed slot etched in the metal sheet and eight spiral slit structure units; the left and right sides of each tail end of the cross hollowed slot are separately and vertically communicated with a spiral slit structure unit; the structure of the lower dielectric layer is the same as that of the upper dielectric layer, the upper dielectric layer is cascaded with the lower dielectric layer by means of the air dielectric layer. The frequency selective surface structure provided by the present invention has good resonance performance and polarization stability.

(57) 摘要: 本发明公开一种频率选择表面结构, 包括上介质层、空气介质层和下介质层。上介质层包括第一介质板和第二介质板, 第一介质板的上表面和第二介质板的下表面刻蚀有非谐振电感性的金属线栅, 第二介质板的上表面刻蚀有谐振层, 第一介质板与第二介质板通过谐振层级联。谐振层包括多个混合谐振器, 每一个混合谐振器包括金属片和耶路撒冷十字单元, 耶路撒冷十字单元包括一个刻蚀在金属片上的十字镂空槽和八个螺旋缝隙结构单元, 十字镂空槽的每一末端左右两侧分别垂直连通一个螺旋缝隙结构单元; 下介质层的结构与上介质层相同, 上介质层通过空气介质层与下介质层级联。本发明提供的频率选择表面结构具有良好的谐振性能以及极化稳定性。

频率选择表面结构

技术领域

[0001] 本发明涉及电磁场与微波通信的技术领域，尤其涉及一种采用非谐振单元与谐振单元结合方式构成的频率选择表面结构。

背景技术

[0002] 频率选择表面(Frequency Selective Surfaces, 简称FSS), 是一种二维周期结构, 由介质表面上周期排列的金属贴片或者金属屏上周期排布的缝隙单元构成, 对通过该结构的电磁波具有带通(贴片)或者带阻(缝隙)的作用, 相当空域滤波器, 具有频率选择性良好, 制作实现简单等优良性能。常用于制作天线罩以达到航空航天中的雷达天线屏蔽与隐身, 可用作天线的副反射面, 也可以用作卫星通信的极化选择器和极化分离器等。然而, 传统的频率选择表面是电容性的金属导体贴片或者电感性的金属导体屏上的缝隙图案周期结构, 采用简单的谐振结构, 极化稳定性较差, 不利于空间滤波。

技术问题

[0003] 为克服上述技术缺陷, 本发明提供一种采用非谐振单元与谐振单元结合方式构成的频率选择表面结构, 旨在解决现有的频率选择表面极化稳定性较差的问题。

问题的解决方案

技术解决方案

[0004] 为实现上述目的, 本发明提供了一种频率选择表面结构, 包括上介质层、空气介质层以及下介质层, 所述上介质层包括第一介质板和第二介质板, 第一介质板的上表面和第二介质板的下表面分别刻蚀有非谐振电感性的金属线栅, 第二介质板的上表面刻蚀有谐振层, 所述第一介质板与第二介质板之间通过所述谐振层级联, 其中:

[0005] 所述非谐振电感性的金属线栅包括多个线栅单元, 每一个线栅单元相互交织成非谐振电感性的金属线栅;

- [0006] 所述谐振层包括多个混合谐振器，每一个混合谐振器均匀分布在所述谐振层上；
- [0007] 所述混合谐振器包括金属片以及耶路撒冷十字单元，所述耶路撒冷十字单元包括一个刻蚀在金属片上的十字镂空槽和八个螺旋缝隙结构单元，该十字镂空槽的每一末端左右两侧分别垂直连通一个螺旋缝隙结构单元；
- [0008] 所述下介质层的结构与上介质层的结构完全相同，所述上介质层通过所述空气介质层与下介质层级联。
- [0009] 优选的，所述螺旋缝隙结构单元包括第一缝隙、第二缝隙、第三缝隙、第四缝隙、第五缝隙和第六缝隙。
- [0010] 优选的，所述第一缝隙、第二缝隙、第三缝隙、第四缝隙、第五缝隙和第六缝隙由外向内垂直连通并弯折形成螺旋结构。
- [0011] 优选的，所述第一缝隙的一端垂直连通至十字镂空槽的末端，第一缝隙的另一端垂直连通至第二缝隙的一端，第二缝隙的另一端垂直连通至第三缝隙的一端，第三缝隙的另一端垂直连通至第四缝隙的一端，第四缝隙的另一端垂直连通至第五缝隙的一端，第五缝隙的另一端垂直连通至第六缝隙上。
- [0012] 优选的，所述第一缝隙、第二缝隙、第三缝隙、第四缝隙、第五缝隙和第六缝隙均为刻蚀在金属片上的细小镂空缝隙，且宽度相同；所述第一缝隙和第二缝隙的长度相同，第三缝隙和第四缝隙的长度相同，第五缝隙和第六缝隙的长度相同。
- [0013] 优选的，所述线栅单元包括第一金属条和第二金属条，所述第一金属条和第二金属条为金属铜条且相互垂直正交。
- [0014] 优选的，所述第一金属条和第二金属条的宽度相同，所述第一金属条和第二金属条的长度相同。
- [0015] 优选的，所述金属片为正方形的金属铜片。
- [0016] 优选的，所述十字镂空槽由两根相互正交的镂空缝隙组成，两根镂空缝隙的长度和宽度均相同。
- [0017] 优选的，所述第一介质板和第二介质板的介电常数和磁导率均分别为： $\epsilon_r=3.48$ ， $m_r=1$ ；第一介质板和第二介质板的板厚均为0.762mm。

发明的有益效果

有益效果

[0018] 相较于现有技术，本发明提出的频率选择表面结构采用非谐振电感性的金属线栅与耶路撒冷螺旋缝隙结构，上介质层和下介质层的外表面均镶嵌有非谐振电感性的金属线栅，上介质层和下介质层的第一介质板和第二介质板之间均镶嵌有包括混合谐振器，每个混合谐振器由镶嵌在金属片上的耶路撒冷螺旋缝隙结构组成，由于频率选择表面结构的金属线栅结构和耶路撒冷螺旋缝隙结构都是对称结构，从而保证了良好的极化稳定性，提高了空间滤波性能。本发明所述频率选择表面结构采用非谐振的金属线栅和镶嵌在谐振层上的耶路撒冷螺旋缝隙结构，从而达到谐振目的，而且上介质层和下介质层之间通过空气介质级联，此结构合理利用了空气介质，更符合实际应用。

对附图的简要说明

附图说明

- [0019] 图1是本发明频率选择表面结构优选实施例的立体结构图；
- [0020] 图2是本发明频率选择表面结构优选实施例的截面图；
- [0021] 图3是非谐振电感性的金属线栅的一个线栅单元的平面结构图；
- [0022] 图4是本发明频率选择表面结构的谐振层中混合谐振器的平面结构图；
- [0023] 图5是混合谐振器中的螺旋缝隙结构单元的放大结构示意图；
- [0024] 图6是本发明频率选择表面结构的传输系数和反射系数的结果曲线图；
- [0025] 图7是TE极化时不同入射角度时频率选择表面结构的传输系数曲线图；
- [0026] 图8是TM极化时不同入射角度时频率选择表面结构的传输系数曲线图。
- [0027] 本发明目的实现、功能特点及优点将结合实施例，将在具体实施方式部分一并参照附图做进一步说明。

实施该发明的最佳实施例

本发明的最佳实施方式

[0028] 为更进一步阐述本发明为达成上述目的所采取的技术手段及功效，以下结合附图及较佳实施例，对本发明的具体实施方式、结构、特征及其功效进行详细说

明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

[0029] 参照图1和图2所示，图1是本发明频率选择表面结构优选实施例的立体结构图；图2是本发明频率选择表面结构优选实施例的截面图。在本实施例中，所述的频率选择表面结构包括上介质层1、空气介质层2以及下介质层3，上介质层1通过空气介质层2与下介质层3级联。所述上介质层1包括第一介质板11和第二介质板12，所述第一介质板11位于第二介质板12上。第一介质板11的上表面刻蚀有非谐振电感性的金属线栅13，第二介质板12的下表面也刻蚀有非谐振电感性的金属线栅13，第二介质板12的上表面刻蚀有谐振层14。所述非谐振电感性的金属线栅13包括多个线栅单元130，每一个线栅单元130相互交织成非谐振电感性的金属线栅13。所述谐振层14包括多个混合谐振器15，每一个混合谐振器15均匀分布在谐振层14上。第一介质板11与第二介质板12通过谐振层14级联。

[0030] 在本实施例中，所述第一介质板11和第二介质板12的板材类型为Rogers RT/Duroid 4350B的介质板，其介电常数和磁导率均分别为： $\epsilon_r=3.48$ ， $m_r=1$ 。第一介质板11和第二介质板12的板厚均为0.762mm，即 $h_1=h_2=0.762\text{mm}$ 。所述金属线栅13优选为金属铜线构成的网格化结构。所述频率选择表面结构的厚度为 $h=2 \times h_1+2 \times h_2+h_3=9.048\text{mm}$ ，其中 $h_1=h_2$ ， h_3 为空气介质层2的厚度， $h_3=6\text{mm}$ 。所述上介质层1的厚度为 $h_1+h_2=1.524\text{mm}$ ，所述下介质层3的厚度为 $h_1+h_2=1.524\text{mm}$ 。在本实施例中，所述下介质层3的构造和尺寸大小与上介质层1完全相同。

[0031] 参考图3所示，图3是非谐振电感性的金属线栅的一个线栅单元的平面结构图。在本实施例中，非谐振电感性的金属线栅13包括多个线栅单元130，每一个线栅单元130相互交织成非谐振电感性的金属线栅13，每一个线栅单元130包括第一金属条131和第二金属条132，第一金属条131和第二金属条132相互垂直正交，第一金属条131和第二金属条132的宽度相同，均为 $W=0.2\text{mm}$ ，第一金属条131的长度为 $D_x=6\text{mm}$ ，第二金属条132的长度为 $D_y=6\text{mm}$ 。由于上介质层1和下介质层3的第一介质板11的上表面、第二介质板12的下表面都刻蚀有非谐振电感性的金属线栅13，因此使得本发明频率选择表面结构具有电感性的波阻抗性能。

[0032] 参考图4所示, 图4是本发明频率选择表面结构的谐振层中的一个混合谐振器的平面结构图。在本实施例中, 所述谐振层14包括多个混合谐振器15, 所述多个混合谐振器15均匀分布在谐振层14上, 混合谐振器15呈正方形结构, 长度为 $D_x=6\text{mm}$, 宽度为 $D_y=6\text{mm}$ 。每一个混合谐振器15包括金属片150以及耶路撒冷十字单元151, 所述耶路撒冷十字单元151包括一个刻蚀在金属片150上的十字镂空槽151以及八个螺旋缝隙结构单元152, 十字镂空槽151的每一末端左右两侧分别垂直连通一个螺旋缝隙结构单元152。如图4所示, 黑色部分为金属片150, 被黑色部分包围的内部空白部分为十字镂空槽151和八个螺旋缝隙结构单元152。在本实施例中, 所述金属片150为正方形的金属铜片, 边长为 $D_1=3.6\text{mm}$ 。十字镂空槽151由两根相互正交的镂空缝隙组成十字型结构, 每一根镂空缝隙的宽度均为 $W_1=0.5\text{mm}$, 每一根镂空缝隙的长度均为 $L_1=2.8\text{mm}$; 由于十字镂空槽151左右两侧分别垂直连通一个螺旋缝隙结构单元152, 因此, 每一个耶路撒冷十字单元151包括八个螺旋缝隙结构单元152。十字镂空槽151的一个末端与两个连接的螺旋缝隙结构单元152的宽度为 $L_2=1.5\text{mm}$ 。由于上介质层1和下介质层3的第一介质板11的下表面与第二介质板12的上表面之间镶嵌有谐振层14, 该谐振层14包括多个刻蚀在金属片150上的耶路撒冷螺旋缝隙结构组成的混合谐振器15, 因此使得本实用新型频率选择表面天线罩01具有良好的谐振性能。由于频率选择表面结构10的金属线栅结构和耶路撒冷螺旋缝隙结构都是对称结构, 从而保证了频率选择表面天线罩01具有良好的极化稳定性。

[0033] 参考图5所示, 图5是混合谐振器15中的螺旋缝隙结构单元152的放大结构示意图。在本实施例中, 每一个螺旋缝隙结构单元152由第一缝隙1521、第二缝隙1522、第三缝隙1523、第四缝隙1524、第五缝隙1525和第六缝隙1526构成。第一缝隙1521、第二缝隙1522、第三缝隙1523、第四缝隙1524、第五缝隙1525和第六缝隙1526由外向内垂直连通并弯折形成螺旋结构。具体地, 第一缝隙1521的一端垂直连通至十字镂空槽151的末端, 第一缝隙1521的另一端垂直连通至第二缝隙1522的一端, 第二缝隙1522的另一端垂直连通至第三缝隙1523的一端, 第三缝隙1523的另一端垂直连通至第四缝隙1524的一端, 第四缝隙1524的另一端垂直连通至第五缝隙1525的一端, 第五缝隙1525的另一端垂直连通至第六缝隙1

526。

[0034] 在本实施例中，第一缝隙1521、第二缝隙1522、第三缝隙1523、第四缝隙1524、第五缝隙1525和第六缝隙1526均为刻蚀在金属片150上的细小镂空缝隙，且宽度相同；第一缝隙1521和第二缝隙1522的长度相同，第三缝隙1523和第四缝隙1524的长度相同，第五缝隙1525和第六缝隙1526的长度相同。作为优选实施例，第一缝隙1521、第二缝隙1522、第三缝隙1523、第四缝隙1524、第五缝隙1525和第六缝隙1526的宽度均为 $W_2=0.1\text{mm}$ ，第一缝隙1521和第二缝隙1522的长度为 $(L_2-W_1)/2=0.5\text{mm}$ ；第三缝隙1523和第四缝隙1524的长度均为 $(L_2-W_1)/2-W_2=0.4\text{mm}$ ；第五缝隙1525和第六缝隙1526的长度均为 $(L_2-W_1)/2-2\times W_2=0.3\text{mm}$ 。

[0035] 参考图6所示，图6是本发明频率选择表面结构的传输系数和反射系数的结果曲线图。在本实施例中，利用仿真软件CST对频率选择表面结构进行仿真，得到所述频率选择表面结构的传输系数和反射系数的仿真结果。由图6可知，本发明所述频率选择表面呈现出二阶带通频率响应性能，其工作频率在10GHz附近，相对带宽为18.7%，具有较好的频率选择特性。

[0036] 参考图7和图8所示，图7是仿真得到的横电波（TE）极化时不同入射角度时频率选择表面结构的传输系数曲线图；图8是仿真得到的横磁波（TM）极化时不同入射角度时频率选择表面结构的传输系数曲线图。如图7和图8所示，是在TE和TM极化时不同入射角度时，仿真得到的频率选择表面结构的传输系数。其中，“theta”表示入射波的传播矢量和表面法向量之间的角度。由图7和图8可知，所提出的频率选择表面结构分别在TE和TM极化时，其在 0° 到 45° 的范围内表现出了相对稳定的频率响应。

[0037] 本发明提出的频率选择表面结构主要由三部分组成：上介质层1、空气介质层2以及下介质层3，上介质层1通过空气介质层2与下介质层3级联，且上介质层1和下介质层3相同。上介质层1和下介质层3外表面镶嵌有非谐振电感性的金属线栅13，上介质层1和下介质层3的第一介质板11和第二介质板12之间均镶嵌有包括多个混合谐振器15组成的谐振层，每个混合谐振器15由镶嵌在金属片150上的耶路撒冷螺旋缝隙结构组成，由于频率选择表面结构10的金属线栅结构和耶路撒冷

螺旋缝隙结构都是对称结构，从而保证了良好的极化稳定性。本发明所述频率选择表面结构采用非谐振电感性的金属线栅结构和耶路撒冷螺旋缝隙结构，从而达到谐振目的，而且此结构合理利用了空气介质，更符合实际应用。

[0038] 以上仅为本发明的优选实施例，并非因此限制本发明的专利范围，凡是利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构或等效功能变换，或直接或间接运用在其他相关的技术领域，均同理包括在本发明的专利保护范围内。

工业实用性

[0039] 相较于现有技术，本发明提出的频率选择表面结构采用非谐振电感性的金属线栅与耶路撒冷螺旋缝隙结构，上介质层和下介质层的外表面均镶嵌有非谐振电感性的金属线栅，上介质层和下介质层的第一介质板和第二介质板之间均镶嵌有包括混合谐振器，每个混合谐振器由镶嵌在金属片上的耶路撒冷螺旋缝隙结构组成，由于频率选择表面结构的金属线栅结构和耶路撒冷螺旋缝隙结构都是对称结构，从而保证了良好的极化稳定性，提高了空间滤波性能。本发明所述频率选择表面结构采用非谐振的金属线栅和镶嵌在谐振层上的耶路撒冷螺旋缝隙结构，从而达到谐振目的，而且上介质层和下介质层之间通过空气介质级联，此结构合理利用了空气介质，更符合实际应用。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种频率选择表面结构，包括上介质层、空气介质层以及下介质层，其特征在于，所述上介质层包括第一介质板和第二介质板，第一介质板的上表面和第二介质板的下表面分别刻蚀有非谐振电感性的金属线栅，第二介质板的上表面刻蚀有谐振层，所述第一介质板与第二介质板之间通过所述谐振层级联，其中：所述非谐振电感性的金属线栅包括多个线栅单元，每一个线栅单元相互交织成非谐振电感性的金属线栅；所述谐振层包括多个混合谐振器，每一个混合谐振器均匀分布在所述谐振层上；所述混合谐振器包括金属片以及耶路撒冷十字单元，所述耶路撒冷十字单元包括一个刻蚀在金属片上的十字镂空槽和八个螺旋缝隙结构单元，该十字镂空槽的每一末端左右两侧分别垂直连通一个螺旋缝隙结构单元；所述下介质层的结构与上介质层的结构完全相同，所述上介质层通过所述空气介质层与下介质层级联。
- [权利要求 2] 如权利要求1所述的频率选择表面结构，其特征在于，所述螺旋缝隙结构单元包括第一缝隙、第二缝隙、第三缝隙、第四缝隙、第五缝隙和第六缝隙。
- [权利要求 3] 如权利要求2所述的频率选择表面结构，其特征在于，所述第一缝隙、第二缝隙、第三缝隙、第四缝隙、第五缝隙和第六缝隙由外向内垂直连通并弯折形成螺旋结构。
- [权利要求 4] 如权利要求3所述的频率选择表面结构，其特征在于，所述第一缝隙的一端垂直连通至十字镂空槽的末端，第一缝隙的另一端垂直连通至第二缝隙的一端，第二缝隙的另一端垂直连通至第三缝隙的一端，第三缝隙的另一端垂直连通至第四缝隙的一端，第四缝隙的另一端垂直连通至第五缝隙的一端，第五缝隙的另一端垂直连通至第六缝隙上。
- [权利要求 5] 如权利要求2所述的频率选择表面结构，其特征在于，所述第一缝隙、第二缝隙、第三缝隙、第四缝隙、第五缝隙和第六缝隙均为刻蚀在金属片上的细小镂空缝隙，且宽度相同；所述第一缝隙和第二缝隙的长度相同，第三缝隙和第四缝隙的长度相同，第五缝隙和第六缝隙的

长度相同。

- [权利要求 6] 如权利要求1所述的频率选择表面结构，其特征在于，所述线栅单元包括第一金属条和第二金属条，所述第一金属条和第二金属条为金属铜条且相互垂直正交。
- [权利要求 7] 如权利要求6所述的频率选择表面结构，其特征在于，所述第一金属条和第二金属条的宽度相同，所述第一金属条和第二金属条的长度相同。
- [权利要求 8] 如权利要求1所述的频率选择表面结构，其特征在于，所述金属片为正方形的金属铜片。
- [权利要求 9] 如权利要求1所述的频率选择表面结构，其特征在于，所述十字镂空槽由两根相互正交的镂空缝隙组成，两根镂空缝隙的长度和宽度均相同。
- [权利要求 10] 如权利要求1至9任一项所述的频率选择表面结构，其特征在于，所述第一介质板和第二介质板的介电常数和磁导率均分别为： $\epsilon_r=3.48$ ， $\mu_r=1$ ；第一介质板和第二介质板的板厚均为0.762mm。

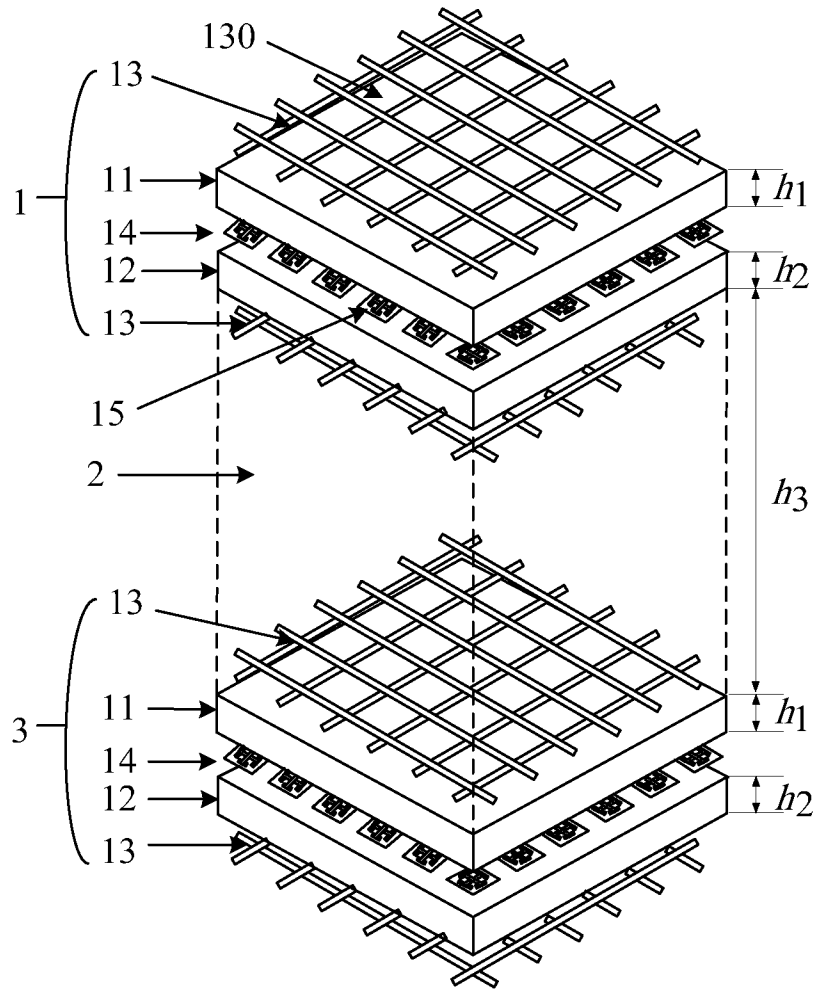


图 1

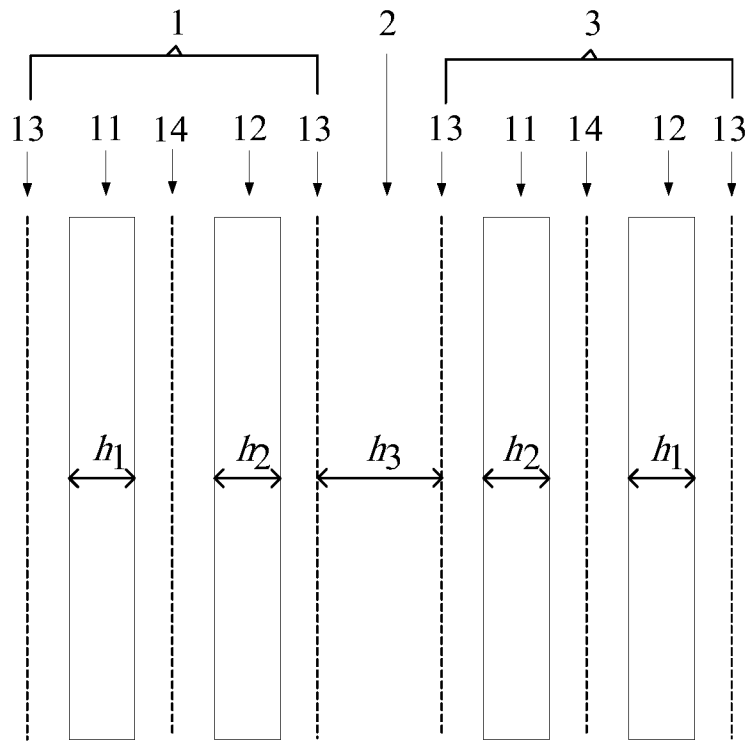


图 2

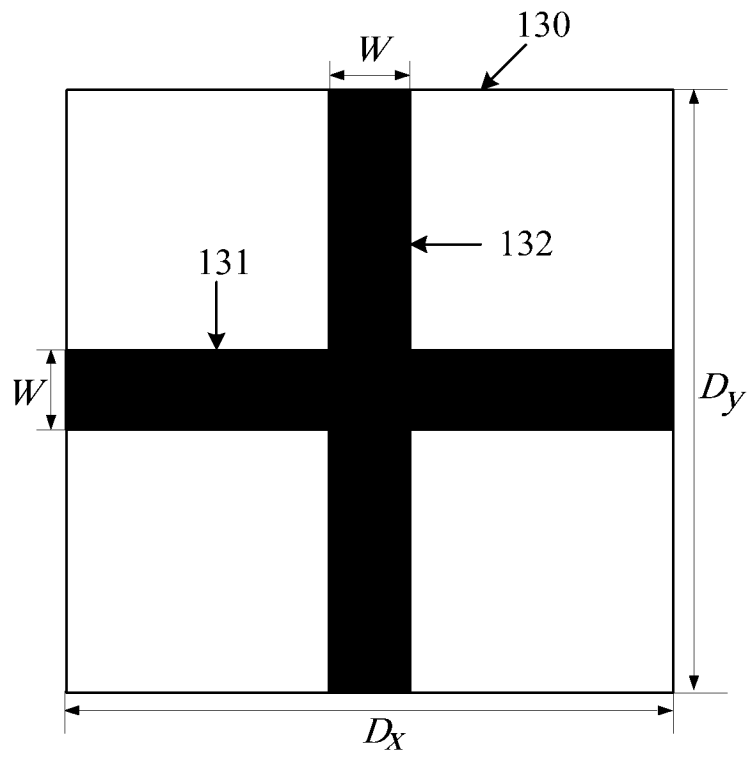


图 3

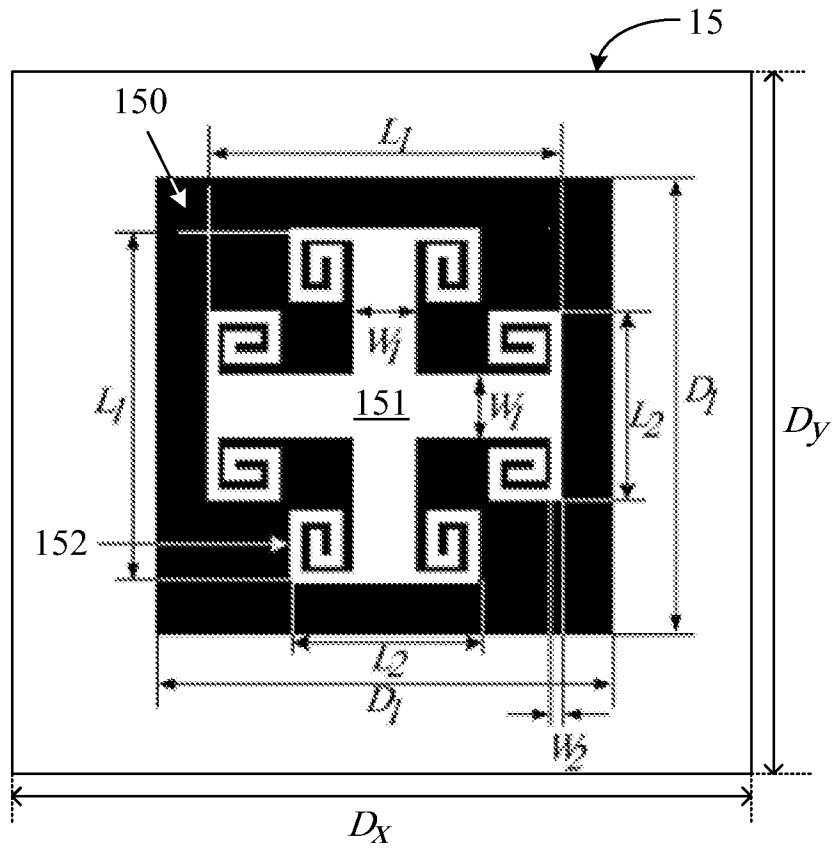


图 4

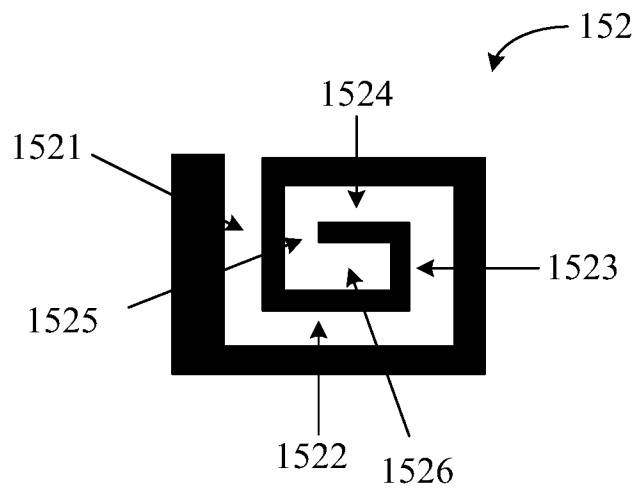


图 5

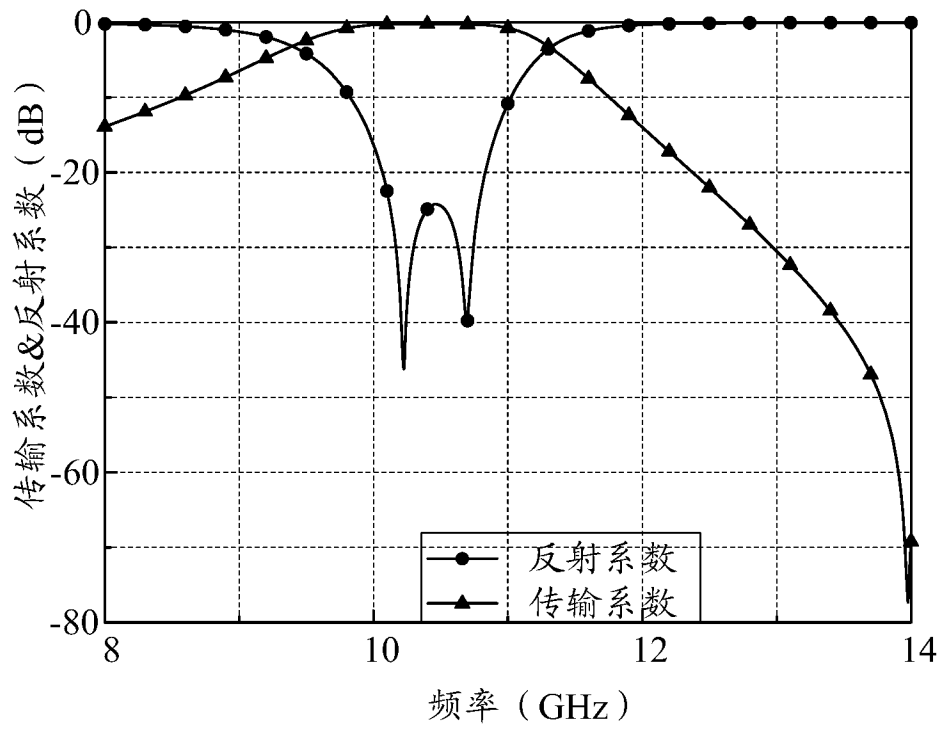


图 6

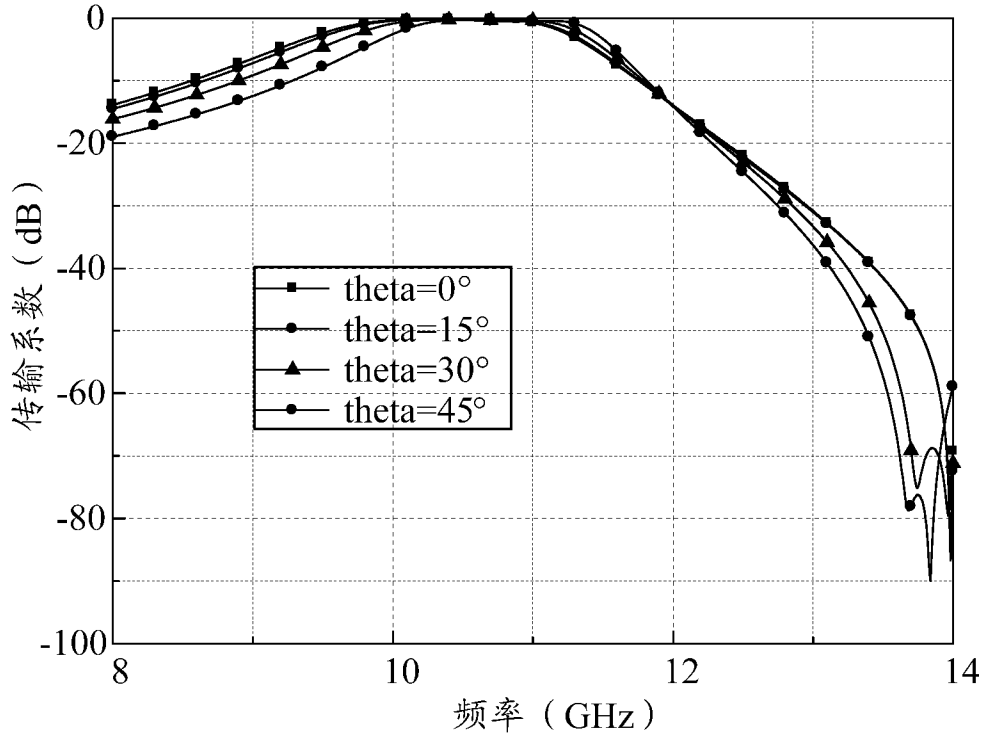


图 7

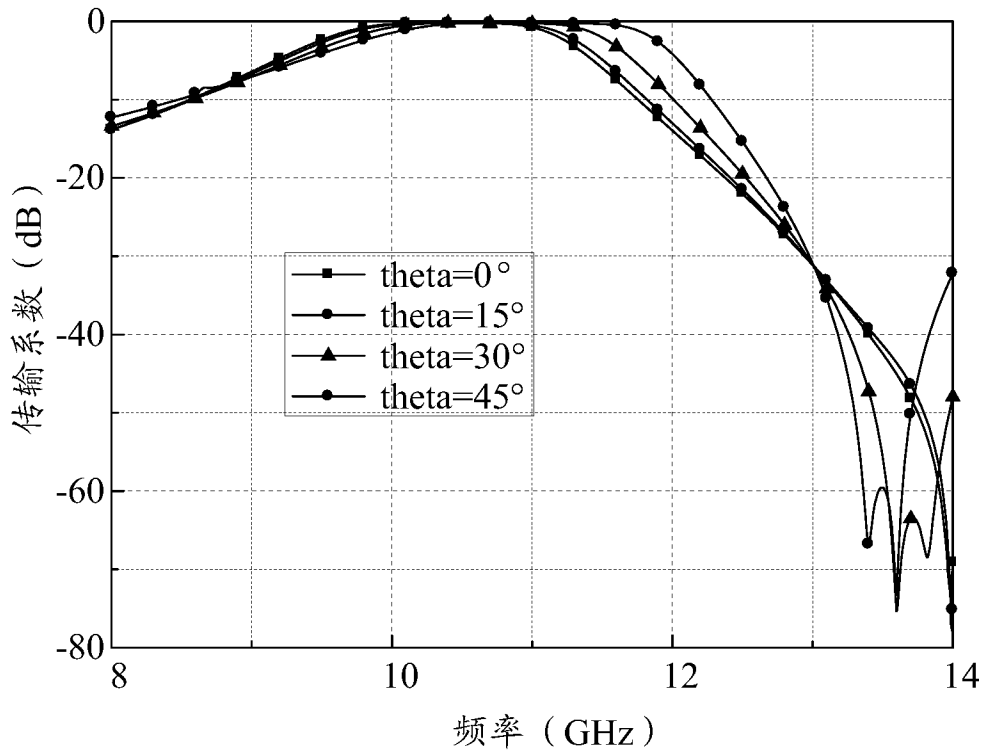


图 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2017/114051

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01Q 15/00 (2006.01) i; H01P 7/08 (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)

H01Q; H01P

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)

CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC: 频率选择表面, 十字, 介质, 金属, 耶路撒冷, 谐振, FSS, frequency, selective, surface, across, metal, resonance

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 104092010 A (SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 08 October 2014 (08.10.2014), description, paragraphs [0020]-[0031], and figures 1-5	1-10
A	CN 105206904 A (AIR FORCE ENGINEERING UNIVERSITY) 30 December 2015 (30.12.2015), entire document	1-10
A	CN 102610925 A (HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 25 July 2012 (25.07.2012), entire document	1-10
A	CN 103700951 A (CHANGCHUN INSTITUTE OF OPTICS, FINE MECHANICS AND PHYSICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 02 April 2014 (02.04.2014), entire document	1-10
A	US 2009125254 A1 (BATTELLE ENERGY ALLIANCE LLC.) 14 May 2009 (14.05.2009), entire document	1-10

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>
---	---

<p>Date of the actual completion of the international search</p> <p style="text-align: center;">05 March 2018</p>	<p>Date of mailing of the international search report</p> <p style="text-align: center;">04 April 2018</p>
<p>Name and mailing address of the ISA</p> <p>State Intellectual Property Office of the P. R. China</p> <p>No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao</p> <p>Haidian District, Beijing 100088, China</p> <p>Facsimile No. (86-10) 62019451</p>	<p>Authorized officer</p> <p style="text-align: center;">RAN, Jianguo</p> <p>Telephone No. (86-10) 53961729</p>

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/114051

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 104092010 A	08 October 2014	None	
CN 105206904 A	30 December 2015	None	
CN 102610925 A	25 July 2012	None	
CN 103700951 A	02 April 2014	CN 103700951 B	02 December 2015
US 2009125254 A1	14 May 2009	WO 2009064735 A1	22 May 2009

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/114051

<p>A. 主题的分类</p> <p>H01Q 15/00(2006.01)i; H01P 7/08(2006.01)i</p> <p>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</p>																				
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>H01Q; H01P</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>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))</p> <p>CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC:频率选择表面, 十字, 介质, 金属, 耶路撒冷, 谐振, FSS, frequency, selective, surface, across, metal, resonance</p>																				
<p>C. 相关文件</p> <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>A</td> <td>CN 104092010 A (华南理工大学) 2014年 10月 8日 (2014 - 10 - 08) 说明书第[0020]-[0031]段, 附图1-5</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 105206904 A (中国人民解放军空军工程大学) 2015年 12月 30日 (2015 - 12 - 30) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102610925 A (哈尔滨工业大学) 2012年 7月 25日 (2012 - 07 - 25) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103700951 A (中国科学院长春光学精密机械与物理研究所) 2014年 4月 2日 (2014 - 04 - 02) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2009125254 A1 (BATTELLE ENERGY ALLIANCE LLC) 2009年 5月 14日 (2009 - 05 - 14) 全文</td> <td>1-10</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	A	CN 104092010 A (华南理工大学) 2014年 10月 8日 (2014 - 10 - 08) 说明书第[0020]-[0031]段, 附图1-5	1-10	A	CN 105206904 A (中国人民解放军空军工程大学) 2015年 12月 30日 (2015 - 12 - 30) 全文	1-10	A	CN 102610925 A (哈尔滨工业大学) 2012年 7月 25日 (2012 - 07 - 25) 全文	1-10	A	CN 103700951 A (中国科学院长春光学精密机械与物理研究所) 2014年 4月 2日 (2014 - 04 - 02) 全文	1-10	A	US 2009125254 A1 (BATTELLE ENERGY ALLIANCE LLC) 2009年 5月 14日 (2009 - 05 - 14) 全文	1-10
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
A	CN 104092010 A (华南理工大学) 2014年 10月 8日 (2014 - 10 - 08) 说明书第[0020]-[0031]段, 附图1-5	1-10																		
A	CN 105206904 A (中国人民解放军空军工程大学) 2015年 12月 30日 (2015 - 12 - 30) 全文	1-10																		
A	CN 102610925 A (哈尔滨工业大学) 2012年 7月 25日 (2012 - 07 - 25) 全文	1-10																		
A	CN 103700951 A (中国科学院长春光学精密机械与物理研究所) 2014年 4月 2日 (2014 - 04 - 02) 全文	1-10																		
A	US 2009125254 A1 (BATTELLE ENERGY ALLIANCE LLC) 2009年 5月 14日 (2009 - 05 - 14) 全文	1-10																		
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																				
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“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)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” 同族专利的文件</p>																				
国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期																			
2018年 3月 5日	2018年 4月 4日																			
ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员																			
中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	冉建国																			
传真号 (86-10)62019451	电话号码 (86-10)53961729																			

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/114051

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	104092010	A	2014年 10月 8日	无			
CN	105206904	A	2015年 12月 30日	无			
CN	102610925	A	2012年 7月 25日	无			
CN	103700951	A	2014年 4月 2日	CN	103700951	B	2015年 12月 2日
US	2009125254	A1	2009年 5月 14日	WO	2009064735	A1	2009年 5月 22日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)