

(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 3 月 5 日 (05.03.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/042363 A1

(51) 国际专利分类号:
H01Q 21/00 (2006.01) *G01S 13/89* (2006.01)

乔灵博 (QIAO, Lingbo); 中国北京市海淀区清华园1号, Beijing 100084 (CN)。

(21) 国际申请号: PCT/CN2018/114520

(74) 代理人: 北京华进京联知识产权代理有限公司 (ACIP LAW OFFICES); 中国北京市海淀区知春路7号致真大厦A1403, Beijing 100191 (CN)。

(22) 国际申请日: 2018 年 11 月 8 日 (08.11.2018)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201811004650.8 2018年8月30日 (30.08.2018) 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(71) 申请人: 清华大学(TSINGHUA UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国北京市海淀区清华园1号, Beijing 100084 (CN)。

(72) 发明人: 郑小平(ZHENG, Xiaoping); 中国北京市海淀区清华园1号, Beijing 100084 (CN)。赵自然(ZHAO, Ziran); 中国北京市海淀区清华园1号, Beijing 100084 (CN)。于洋(YU, Yang); 中国北京市海淀区清华园1号, Beijing 100084 (CN)。

(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,

(54) Title: MULTIPLE-INPUT AND MULTIPLE-OUTPUT ANTENNA ARRAY, MULTIPLE-INPUT AND MULTIPLE-OUTPUT ARRAY ANTENNA, AND SECURITY INSPECTION SYSTEM

(54) 发明名称: 多收多发天线阵列、多收多发阵列天线及安检系统

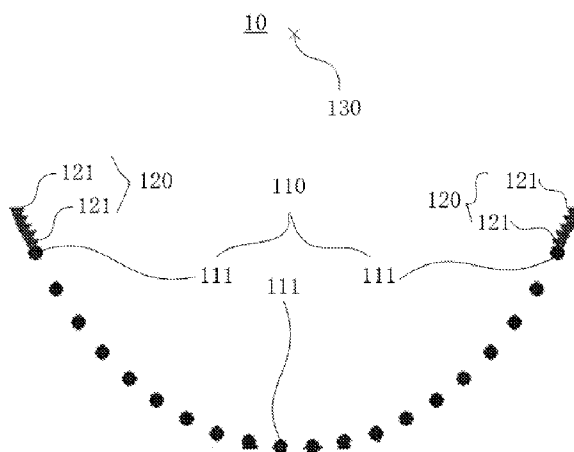


图 1

(57) Abstract: Disclosed are a multiple-input and multiple-output antenna array, a multiple-input and multiple-output array antenna, and a security inspection system. A receiving antenna and a plurality of transmitting antennas are disposed on the same arc, such that the distance from the receiving antenna to the center is equal to the distance from the plurality of transmitting antennas to the center.

(57) 摘要: 本申请公开一种多收多发天线阵列、多收多发阵列天线及安检系统。接收天线与多个发射天线设置于同一条圆弧上, 可以使得所述接收天线与多个所述发射天线到圆心的距离相等。

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))。

多收多发天线阵列、多收多发阵列天线及安检系统

相关申请

本申请要求 2018 年 08 月 30 日申请的，申请号为 201811004650.8，名称为“多收多发天线阵列、多收多发阵列天线及安检系统”的中国专利申请的优先权，在此将其全文引入作为参考。

技术领域

本申请涉及安检领域，特别是涉及一种面向太赫兹近场成像的多收多发天线阵列、多收多发阵列天线及安检系统。

背景技术

太赫兹成像技术是利用频率波段为 0.1THz-10THz 的高频电磁波来成像的技术，相比于传统的 X 光成像技术、红外成像技术、微波成像技术而言，太赫兹成像具有安全性好、穿透性强、图像质量高以及一定物质识别能力等优势，因此受到了越来越多的关注。多输入多输出（多收多发）（Multiple-Input Multiple-Output, MIMO）成像雷达是一种利用收发天线单元的多重组合来实现以较少的天线数目生成图像的雷达，具备成本及复杂程度低，数据获取速率快等特点。而基于多收多发的太赫兹成像技术融合了太赫兹成像和多收多发成像雷达的优点，在人体安检、医疗诊断、军事侦察等领域具有重要的应用价值，尤其是在针对违禁物品检查的人体安检领域有着天然的优势。

其中，阵列设计是成像系统中一个非常关键的问题，它对成像质量、参数估计、目标检测等都有直接或间接的影响。合理的阵列排布不仅能够获得良好的成像质量，而且可以减少阵元数目、简化系统的复杂度。等效相位中心原理在近场条件下，不能忽略近似误差，并且随着信号频率的提高，到太赫兹频段，由时延误差引起的相位误差将进一步加大。因此，目前基于等效相位中心原理设计的直线形 MIMO 天线阵列在近场成像中存在着严重旁栅伪影的问题，影响了成像质量。

申请内容

有鉴于此，本申请公开一种面向太赫兹近场成像具有较小旁栅伪影的多收多发天线阵列、多收多发阵列天线及安检系统。

本申请提供一种多收多发天线阵列，包括接收天线子阵以及多个发射天线子阵。所述多个发射天线子阵设置于所述接收天线子阵的两端，且所述接收天线子阵与所述多个发射天线子阵设置于同一条圆弧上。

在其中一个实施例中，所述接收天线子阵包括多个接收天线，所述多个接收天线设置于同一条圆弧上，且相邻所述接收天线之间的间距相等。

在其中一个实施例中，每个所述发射天线子阵包括多个发射天线。所述多个发射天线，设置于多个所述接收天线的两端，相邻所述发射天线之间的间距相等，且所述多个发射天线与多个所述接收天线设置于同一条圆弧上。

在其中一个实施例中，所述多个接收天线与所述多个发射天线形成的等效阵列天线之间的圆弧长度小于等于二分之一中心波长。

在其中一个实施例中，所述多收多发天线阵列包括 2 个所述发射天线子阵，2 个所述发射天线子阵设置于所述接收天线子阵的两端。

在其中一个实施例中，每个所述发射天线子阵包括 5 个发射天线。

在其中一个实施例中，所述接收天线子阵包括 20 个接收天线，20 个所述接收天线的两端分别设置有 5 个所述发射天线。

在其中一个实施例中，所述接收天线子阵的工作频段与所述多个发射天线子阵的工作频段至少部分相同。

在其中一个实施例中，一种多收多发阵列天线包括收发器、电子开关与多收多发天线阵列，所述收发器与所述多收多发天线阵列电连接，所述收发器设置为产生发射信号，所述电子开关设置为切换所述多个发射天线和所述多个接收天线的开关。

在其中一个实施例中，所述收发器为毫米波收发器。

在其中一个实施例中，所述收发器为太赫兹收发器。

在其中一个实施例中，一种安检系统包括多个安检模块。每个所述安检模块包括至少一个多收多发阵列天线。

在其中一个实施例中，所述安检系统还包括处理模块，所述处理模块与所述多个安检模块的输出端电连接，设置为处理所述多个安检模块检测到数据。

在其中一个实施例中，每个所述安检模块包括圆弧结构，至少一个所述多收多发阵列天线嵌套于所述圆弧结构中。

在其中一个实施例中，所述多收多发阵列天线与所述圆弧结构滑动连接，用以实现对检测物体的上下扫描。

在其中一个实施例中，所述安检系统包括两个所述安检模块，两个所述安检模块相对

设置，且检测物体设置于两个所述安检模块之间。

在其中一个实施例中，所述多收多发阵列天线采用线阵阵列。

在其中一个实施例中，所述多收多发阵列天线采用面阵阵列。

在其中一个实施例中，所述多收多发阵列天线为柱面形状的阵列天线。

在其中一个实施例中，所述多收多发阵列天线为圆弧形阵列天线。

本申请提供一种面向太赫兹近场成像的 MIMO 天线阵列、MIMO 阵列天线及安检系统，所述多个发射天线基于发射信号发射检测信号，所述接收天线接收反射信号，并将反射信号反馈至收发器。所述接收天线与所述多个发射天线设置于同一条圆弧上，并且均匀分布。所述接收天线与所述多个发射天线设置于同一条圆弧上，可以使得所述接收天线与所述多个发射天线到圆心的距离相等。

依照等效相位中心原理，任意一对发射天线与接收天线的组合都可以用位于两者中心的一个收发同置的天线来代替。只有在远场条件下，等效相位中心原理才能成立，近场条件下近似误差将不能忽略。并且随着信号频率的提高，到太赫兹频段，由时延误差引起的相位误差将进一步加大。所述 MIMO 天线阵列利用圆上任意一点到圆心的距离相等的特性，对基于等效相位中心原理设计直线形 MIMO 天线阵列的方法进行了修正，解决了现有基于等效相位中心原理的直线形 MIMO 阵列在近场成像中存在严重旁栅伪影的问题，提高了成像质量。

附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例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申请的实施例，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，还可以根据公开的附图获得其他的附图。

图 1 为本申请提供的 MIMO 天线阵列结构示意图；

图 2 为本申请提供的发射天线与接收天线形成等效单收单发天线示意图；

图 3 为直线形 MIMO 天线阵列及其等效单收单发阵列结构示意图；

图 4 为本申请提供的一个实施例中 MIMO 天线阵列结构示意图；

图 5 为本申请提供的一个实施例中 MIMO 天线阵列的等效阵列结构示意图；

图 6 为本申请提供的一个实施例中 MIMO 天线阵列以及其等效阵列结构参数；

图 7 为本申请提供的一个实施例中 MIMO 天线阵列以及其等效阵列结构在太赫兹波段内的仿真参数；

图 8 为本申请提供的一个实施例中 MIMO 天线阵列以及其等效阵列结构在 330GHz ~ 350GHz 中 MIMO 天线阵列及其等效阵列的点扩散函数;

图 9 为本申请提供的一个实施例中 MIMO 天线阵列与直线形 MIMO 阵列在 330GHz ~ 350GHz 中的点扩散函数;

图 10 为本申请提供的一个实施例中 MIMO 天线阵列与直线形 MIMO 阵列在毫米波段仿真参数;

图 11 为本申请提供的一个实施例中 MIMO 天线阵列与直线形 MIMO 阵列在 25GHz ~ 35GHz 中的点扩散函数;

图 12 为本申请提供的一个实施例中 MIMO 天线阵列与直线形 MIMO 阵列在 120GHz ~ 150GHz 中的点扩散函数;

图 13 为本申请提供的安检系统的结构示意图。

具体实施方式

下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中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申请一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，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，都属于本申请保护的范围。

为了使本申请的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下通过实施例，并结合附图，对本申请进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅用以解释本申请，并不用于限定本申请。

请参见图 1，本申请提供一种多收多发天线阵列（MIMO 天线阵列）10 包括接收天线子阵 110 以及多个发射天线子阵 120。所述多个发射天线子阵 120 设置于所述接收天线子阵 110 的两端，且所述接收天线子阵 110 与所述多个发射天线子阵 120 设置于同一条圆弧上。

所述多个发射天线子阵 120 基于发射信号发射检测信号，所述接收天线子阵 110 接收反射信号，并将反射信号反馈至收发器。所述接收天线子阵 110 与所述多个发射天线子阵 120 设置于同一条圆弧上，并且均匀分布。所述接收天线子阵 110 与所述多个发射天线子阵 120 设置于同一条圆弧上，可以使得所述接收天线子阵 110 与所述多个发射天线子阵 120 到圆心 130 的距离相等。

依照等效相位中心原理，任意一对发射天线与接收天线的组合都可以用一个位于两者中心的收发同置的天线来代替。只有在远场条件下，等效相位中心原理才能成立，近场条

件下近似误差将不能忽略。并且随着信号频率的提高,到太赫兹频段,由时延误差引起的相位误差将进一步加大。所述 MIMO 天线阵列 10 利用圆上任意一点到圆心 130 的距离相等的特性,对基于等效相位中心原理设计直线形 MIMO 天线阵列的方法进行了修正,解决了现有基于等效相位中心原理的直线形 MIMO 阵列在近场成像中存在严重旁栅伪影的问题,提高了成像质量。

在一个实施例中,所述接收天线子阵 110 包括多个接收天线 111,所述多个接收天线 111 设置于同一条圆弧上,且相邻所述接收天线 111 之间的间距相等。

在一个实施例中,每个所述发射天线子阵 120 包括多个发射天线 121。所述多个发射天线 121 设置于所述多个接收天线 111 的两端,相邻所述发射天线 121 之间的间距相等,且所述多个发射天线 121 与所述多个接收天线 111 设置于同一条圆弧上。

相邻所述接收天线 111、相邻所述发射天线 121 以及相邻的所述接收天线 111 与所述发射天线 121 之间的圆弧间距,需要满足由所述多个接收天线 111 与所述多个发射天线 121 形成的等效阵列天线之间的圆弧长度小于等于二分之一中心波长 λ_c 。其中,中心波长 λ_c 为发射的宽带电磁波中心频率对应的波长。

请参见图 2,依照等效相位中心原理,任意一对发射天线与接收天线的组合都可以用位于两者中心的一个收发同置的天线来代替。利用圆上任意一点到圆心 130 的距离相等的特性,对基于等效相位中心原理设计直线形 MIMO 天线阵列的方法进行了修正。在极坐标系中 (r, θ_T) 处的所述发射天线 121 与 (r, θ_R) 处的所述接收天线 111 的组合可以用位于 $(r, (\theta_T + \theta_R)/2)$ 处的收发同置的等效天线 50 来替代,而由于圆上任意一点到圆心 130 的距离相等,时延 $\tau_{TR} = (r_T + r_R)/c = 2rv/c$ 将恒成立。可通过设计满足成像要求的圆弧形等效单收单发天线阵列,继而分解得到相应的 MIMO 阵列。

因此,所述 MIMO 天线阵列 10 不存在近似误差,在近场中和等效的单收单发天线阵列具有相近的旁栅水平,对基于等效相位中心原理设计直线形 MIMO 天线阵列的方法进行了修正,解决了现有基于等效相位中心原理的直线形 MIMO 阵列在近场成像中存在严重旁栅伪影的问题,提高了成像质量。

在一个实施例中,所述 MIMO 天线阵列 10 包括 2 个所述发射天线子阵 120。2 个所述发射天线子阵 120 设置于所述接收天线子阵 110 的两端。

在一个实施例中,每个所述发射天线子阵 120 包括 5 个发射天线 121,所述接收天线子阵 110 包括 20 个接收天线 111。

2 个所述发射天线子阵 120 分别设置于所述接收天线子阵 110 的两端,且每个所述发射天线子阵 120 包括 5 个所述发射天线 121,所述接收天线子阵 110 包括 20 个所述接收天

线 111。也就是说 5 个所述发射天线 121 设置于 20 个所述接收天线 111 的一端，5 个所述发射天线 121 设置于 20 个所述接收天线 111 的另一端。

请参见图 3-5，在一个实施例中，辐射源选择在太赫兹波段。首先对基于等效相位原理设计的直线形 MIMO 阵列，以及所述 MIMO 天线阵列 10 进行了仿真测试，同时采用两种十发二十收 MIMO 阵列。十发二十收 MIMO 阵列指 10 个所述发射天线 121 和 20 个所述接收天线 111，且每 5 个所述发射天线 121 分别设置于 20 个所述接收天线 111 的两端。

请参见图 6 为十发二十收 MIMO 天线阵列以及其等效阵列结构参数，图 7 为十发二十收 MIMO 天线阵列以及其等效阵列结构在太赫兹波段内的仿真参数。

请参见图 8，为十发二十收 MIMO 天线阵列以及其等效阵列结构在 330GHz ~ 350GHz 中 MIMO 天线阵列及其等效阵列的点扩散函数。其中方位向采样范围 d 为 $(-8\lambda_c, 8\lambda_c)$ ， λ_c 为中心波长。从图 8 所示的仿真结果显示，在成像距离为 0.1m 的近场成像中，本申请所述 MIMO 天线阵列 10 与其等效阵列的点扩散函数（point spread function, PSF）几乎重合，验证了在近场条件下本申请所述 MIMO 天线阵列 10 与其等效阵列成像性能的一致性。

请参见图 9，为十发二十收 MIMO 天线阵列与直线形 MIMO 阵列在 330GHz ~ 350GHz 中的点扩散函数。从图 9 可知在近场条件下，本申请提供的所述 MIMO 天线阵列 10 的旁栅水平明显低于基于等效相位原理设计的直线形 MIMO 阵列，仿真实验验证了本申请的有效性。

请参见图 10-12，在一个实施例中，参数设置如图 10 所示，在 25GHz-35GHz 和 120GHz-150GHz 的毫米波波段对本申请所述 MIMO 天线阵列 10 与直线形 MIMO 天线阵列进行了仿真测试。从图 11 与图 12 可以看出，在毫米波波段，本申请所述 MIMO 天线阵列 10 的旁栅水平同样明显低于基于等效相位原理设计的直线形 MIMO 阵列。因此，本申请所述 MIMO 天线阵列 10 在毫米波波段具有有效性，同样可以适用于其他电磁波段。

在一个实施例中，所述接收天线子阵 110 的工作频段与所述多个发射天线子阵 120 的工作频段至少部分相同。

在一个实施例中，一种多收多发阵列天线（MIMO 阵列天线）20 包括收发器、电子开关和上述任一实施例所述的 MIMO 天线阵列 10，所述收发器与所述 MIMO 天线阵列 10 电连接，所述收发器用以产生发射信号，所述电子开关用以切换所述多个发射天线和所述多个接收天线的开关。

所述收发器用于实现电磁波信号和电信号的相互转换，所述收发器根据发射信号的频率例如可以为毫米波收发器或太赫兹收发器等。所述 MIMO 天线阵列 10 中发射天线基于发射信号发射检测信号，接收天线用以接收反射信号，并将反射信号反馈至所述收发器。

在一个实施例中，一种安检系统 30 包括多个安检模块 310 以及处理模块 320。每个所述安检模块 310 包括至少一个如上述实施例所述的 MIMO 阵列天线 20。所述处理模块 320 与所述多个安检模块 310 的输出端电连接，用以处理所述多个安检模块 310 检测到数据。

每个所述安检模块 310 包括至少一个如上述实施例所述的 MIMO 阵列天线 20，用于将所述收发器发射的电磁波信号进行传播，以传播至所述检测物体 40，实现对所述检测物体 40 的检测扫描。其中，所述 MIMO 阵列天线 20 可以采用线阵阵列或面阵阵列。

所述处理模块 320 可以是各种具有处理计算功能的终端设备，例如服务器、平板个人计算机、台式计算机、膝上型 PC、上网本计算机或者智能手机等。所述 MIMO 阵列天线 20 中的所述发射天线 121 发射的电磁波经由所述检测物体 40 反射得到反射信号，反射信号由所述接收天线 111 接收后转换为电信号，收发信号经混频及解调后传给所述处理模块 320。所述处理模块 320 基于解调后的数据即可处理得到所述检测物体 40 的切面扫描图，从而实现对所述检测物体 40 的检测。

通过所述安检系统 30 可以用于对检测物体 40 进行安检。所述安检模块 310 的个数可以为 1 个或多个。多个所述安检模块 310 围绕所述检测物体 40 设置，用以从不同方位对所述检测物体 40 进行检测。太赫兹波具有独特的指纹谱、宽频带、穿透性、高分辨率和无危害性的特点，可以进行无损检测、安全检查等，提高了人们出行的安全性。

在一个实施例中，所述 MIMO 阵列天线 20 可以为柱面形状的阵列天线，全方位实现对所述检测物体 40 进行扫描，更大范围的获得所述检测物体 40 的信息。

在一个实施例中，所述安检系统 30 包括两个所述安检模块 310，且两个所述安检模块 310 相对设置，所述检测物体 40 设置于所述两个所述安检模块 310 之间，可以用来检测。

在一个实施例中，每个所述安检模块 310 还包括圆弧结构 311，至少一个所述 MIMO 阵列天线 20 嵌套于所述圆弧结构 311 中。

所述 MIMO 阵列天线 20 可以为圆弧形阵列天线，安装于所述圆弧结构 311，形成一个以所述检测物体 40 为圆心的圆弧，从而可以从各个方向实现对所述检测物体 40 的扫描，确保了人们出行的安全性。

在一个实施例中，每个所述安检模块 310 可以包括多个所述 MIMO 阵列天线 20，所述多个 MIMO 阵列天线 20 可以固定嵌套于所述圆弧结构 311 中，形成面阵阵列，使多个所述 MIMO 阵列天线 20 无需滑动也可实现对所述检测物体 40 的全方位扫描，节省了所述安检系统 30 检测的时间，提高了所述安检系统 30 的效率，更方便了人们出行。

在一个实施例中，所述 MIMO 阵列天线 20 与所述圆弧结构 311 滑动连接，用以实现对检测物体的上下扫描。

通过在所述圆弧结构 311 与所述 MIMO 阵列天线 20 之间安装一个滑轮，且在所述圆弧结构 311 内设置一个滑动槽，可以实现所述 MIMO 阵列天线 20 在所述圆弧结构 311 内上下滑动，沿着高度方向进行扫描，从而可以对所述检测物体 40 全方位进行扫描，更大范围的获得所述检测物体 40 的信息，避免人们出行时携带有危险物品，危害社会安全。

在一个实施例中，所述安检模块 310 还包括混频单元与解调单元。所述混频单元连接于所述收发器，基于发射信号和本振信号混频得到参考信号，以及基于反射信号和本振信号混频得到测量信号。其中，本征信号由所述收发器产生，所述解调单元用以解调参考信号与测量信号得到检测数据。

以上所述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。

以上所述实施例仅表达了本申请的几种实施方式，其描述较为具体和详细，但并不能因此而理解为对本申请专利范围的限制。应当指出的是，对于本领域的普通技术人员来说，在不脱离本申请构思的前提下，还可以做出若干变形和改进，这些都属于本申请的保护范围。因此，本申请专利的保护范围应以所附权利要求为准。

最后，还需要说明的是，在本文中，诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来，而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个……”限定的要素，并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

本说明书中各个实施例采用递进的方式描述，每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处，各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。

对所公开的实施例的上述说明，使本领域专业技术人员能够实现或使用本申请。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的，本文中所定义的一般原理可以在不脱离本申请的精神或范围的情况下，在其它实施例中实现。因此，本申请将不会被限制于本文所示的这些实施例，而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

权利要求

- 1、一种多收多发天线阵列，其特征在于，包括：
接收天线子阵；以及
多个发射天线子阵，设置于所述接收天线子阵的两端，且所述接收天线子阵与所述多个发射天线子阵设置于同一条圆弧上。
- 2、如权利要求 1 所述的多收多发天线阵列，其特征在于，所述接收天线子阵包括：
多个接收天线，设置于同一条圆弧上，且相邻所述接收天线之间的间距相等。
- 3、如权利要求 2 所述的多收多发天线阵列，其特征在于，每个所述发射天线子阵包括：
多个发射天线，设置于多个所述接收天线的两端，相邻所述发射天线之间的间距相等，且所述多个发射天线与多个所述接收天线设置于同一条圆弧上。
- 4、如权利要求 3 所述的多收多发天线阵列，其特征在于，所述多个接收天线与所述多个发射天线形成的等效阵列天线之间的圆弧长度小于等于二分之一中心波长。
- 5、如权利要求 1 所述的多收多发天线阵列，其特征在于，所述多收多发天线阵列包括 2 个所述发射天线子阵，2 个所述发射天线子阵设置于所述接收天线子阵的两端。
- 6、如权利要求 5 所述的多收多发天线阵列，其特征在于，每个所述发射天线子阵包括 5 个发射天线。
- 7、如权利要求 6 所述的多收多发天线阵列，其特征在于，所述接收天线子阵包括 20 个接收天线，20 个所述接收天线的两端分别设置有 5 个所述发射天线。
- 8、如权利要求 1 所述的多收多发天线阵列，其特征在于，所述接收天线子阵的工作频段与所述多个发射天线子阵的工作频段至少部分相同。
- 9、一种多收多发阵列天线，其特征在于，包括收发器、电子开关与多收多发天线阵列，所述收发器与所述多收多发天线阵列电连接，所述收发器设置为产生发射信号，所述电子开关设置为切换所述多个发射天线和所述多个接收天线的开关。
- 10、如权利要求 9 所述的多收多发阵列天线，其特征在于，所述收发器为毫米波收发器。
- 11、如权利要求 9 所述的多收多发阵列天线，其特征在于，所述收发器为太赫兹收发器。
- 12、一种安检系统，其特征在于，包括：
多个安检模块，每个所述安检模块包括至少一个多收多发阵列天线。

- 13、如权利要求 12 所述的安检系统，其特征在于，所述安检系统还包括：
处理模块，与所述多个安检模块的输出端电连接，设置为处理所述多个安检模块检测到数据。
- 14、如权利要求 12 所述的安检系统，其特征在于，每个所述安检模块包括：
圆弧结构，至少一个所述多收多发阵列天线嵌套于所述圆弧结构中。
- 15、如权利要求 14 所述的安检系统，其特征在于，所述多收多发阵列天线与所述圆弧结构滑动连接。
- 16、如权利要求 12 所述的安检系统，其特征在于，所述安检系统包括两个所述安检模块，两个所述安检模块相对设置，且检测物体设置于两个所述安检模块之间。
- 17、如权利要求 12 所述的安检系统，其特征在于，所述多收多发阵列天线采用线阵阵列。
- 18、如权利要求 12 所述的安检系统，其特征在于，所述多收多发阵列天线采用面阵阵列。
- 19、如权利要求 12 所述的安检系统，其特征在于，所述多收多发阵列天线为柱面形状的阵列天线。
- 20、如权利要求 12 所述的安检系统，其特征在于，所述多收多发阵列天线为圆弧形阵列天线。

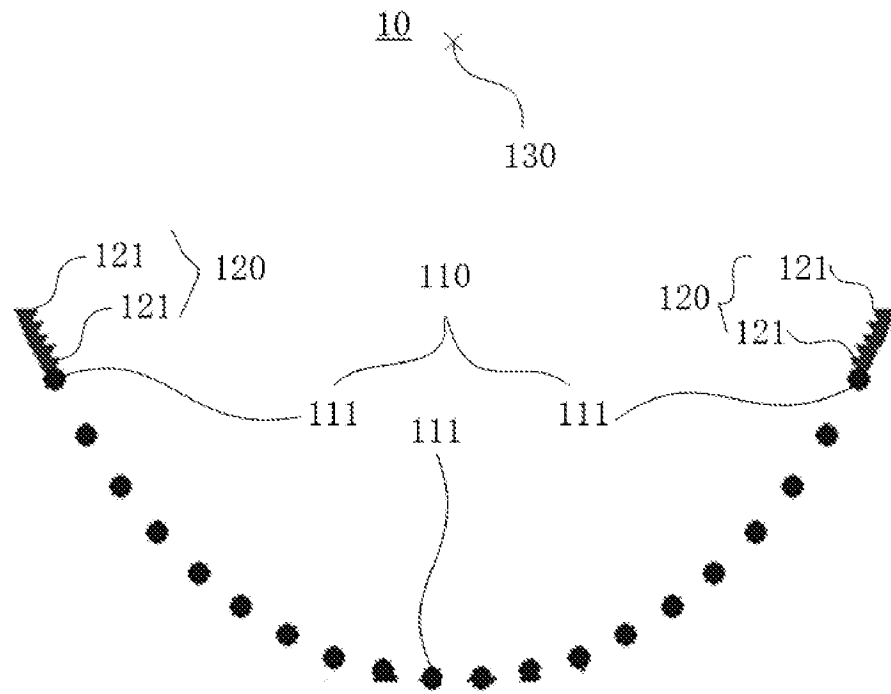


图 1

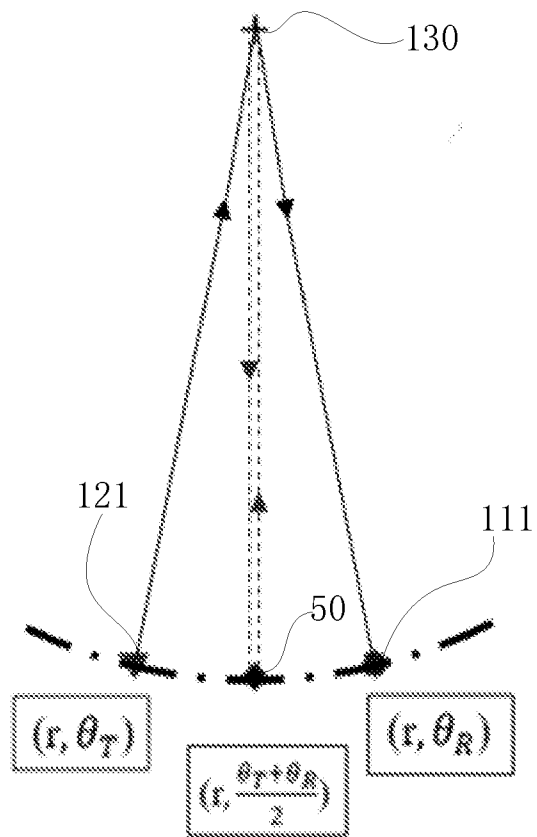


图 2

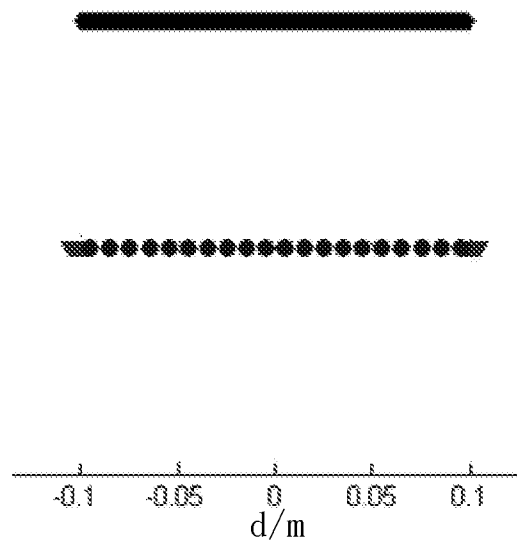


图 3

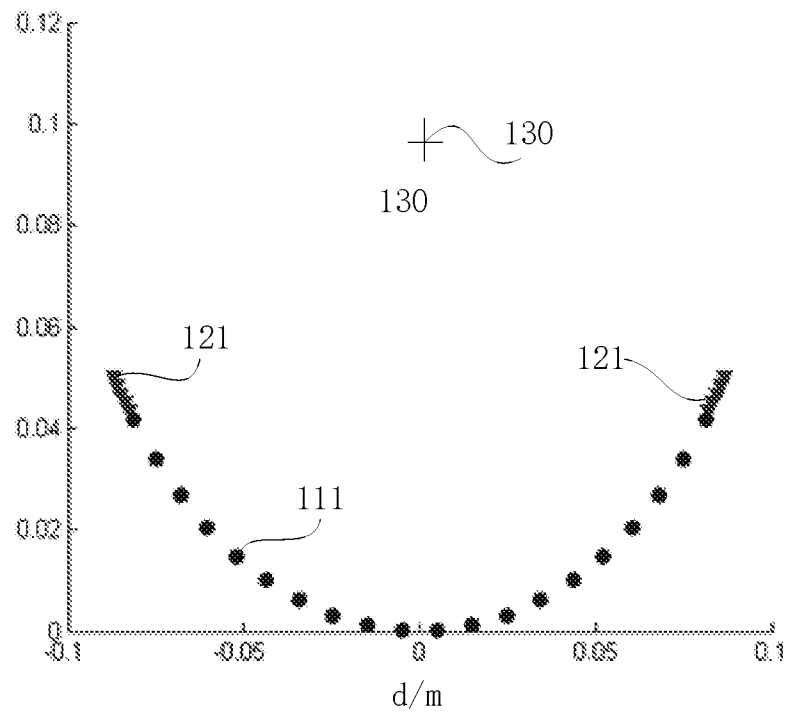


图 4

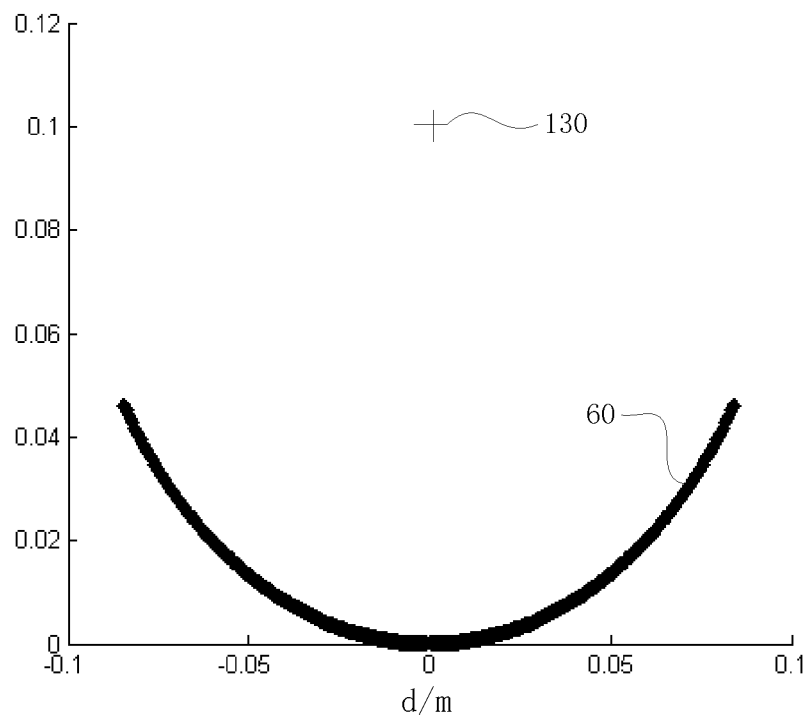


图 5

参数	直线形 MIMO	直线形等效	本申请 MIMO 天线阵列	本申请 MIMO 天线阵列等效
天线数目	30 (10 发 20 收)	200	30(10 发 20 收)	200
发射阵列间隔 (m)	0.002 (距离 d)	0.001	0.002 (弧长)	0.001 (弧长)
接收阵列间隔 (m)	0.01 (距离 d)	0.001	0.01 (弧长)	0.001 (弧长)
长度 (m)	0.21 (距离 d)	0.2	0.21 (弧长)	0.2 (弧长)

图 6

参数	数值
中心频率	330GHz
带宽	20GHz
频率采样间隔	0.1GHz
空间采样点数	201
方位向采样范围 d	$(-8\lambda_c, 8\lambda_c)$
阵列长度	0.2m
成像距离	0.1m

图 7

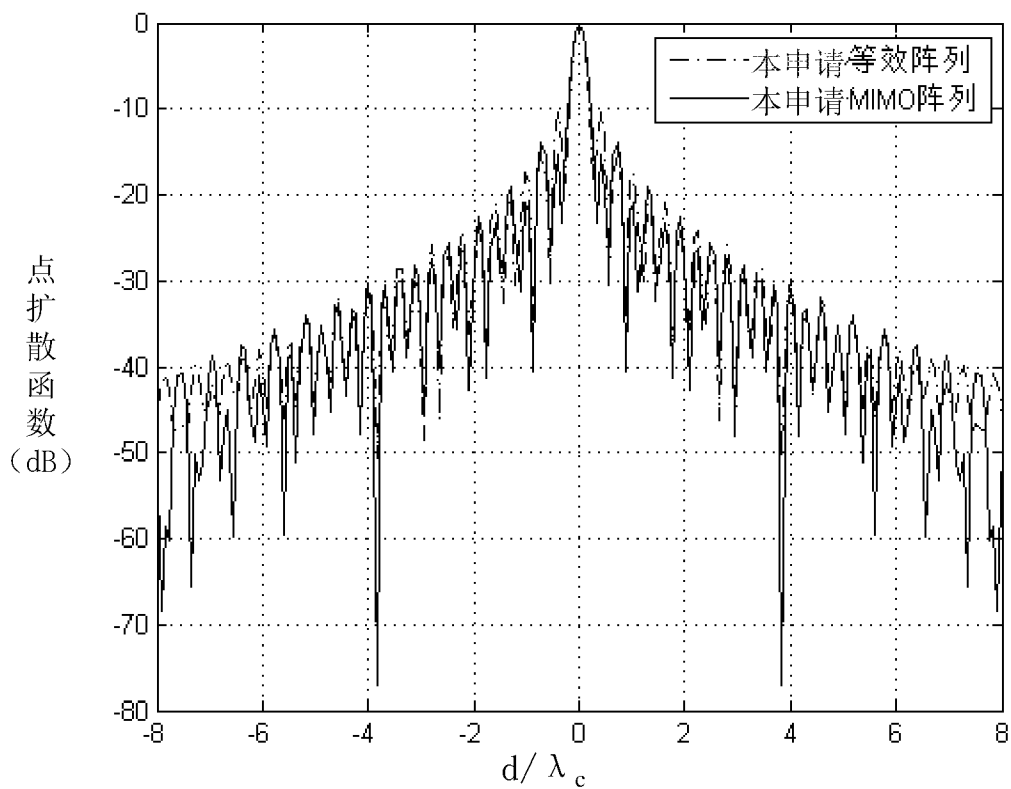


图 8

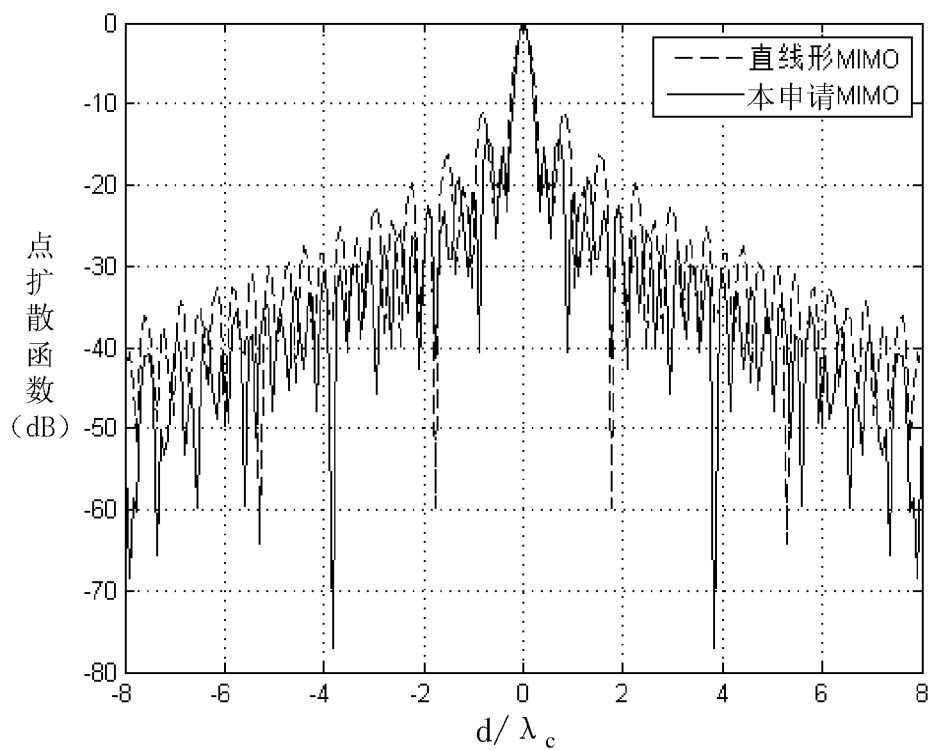


图 9

参数	数值
中心频率	30GHz / 135GHz
带宽	20GHz / 30GHz
频率采样间隔	0.1GHz
空间采样点数	201
方位向采样范围 d	$(-8\lambda_c, 8\lambda_c)$
阵列长度	0.2m
成像距离	0.1m

图 10

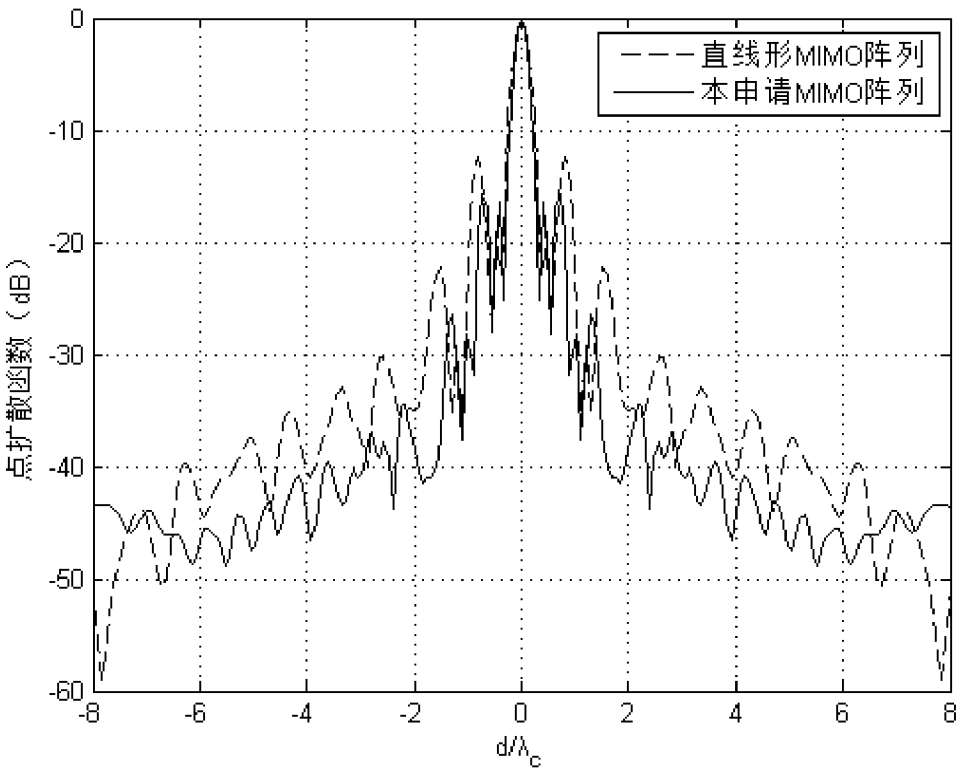


图 11

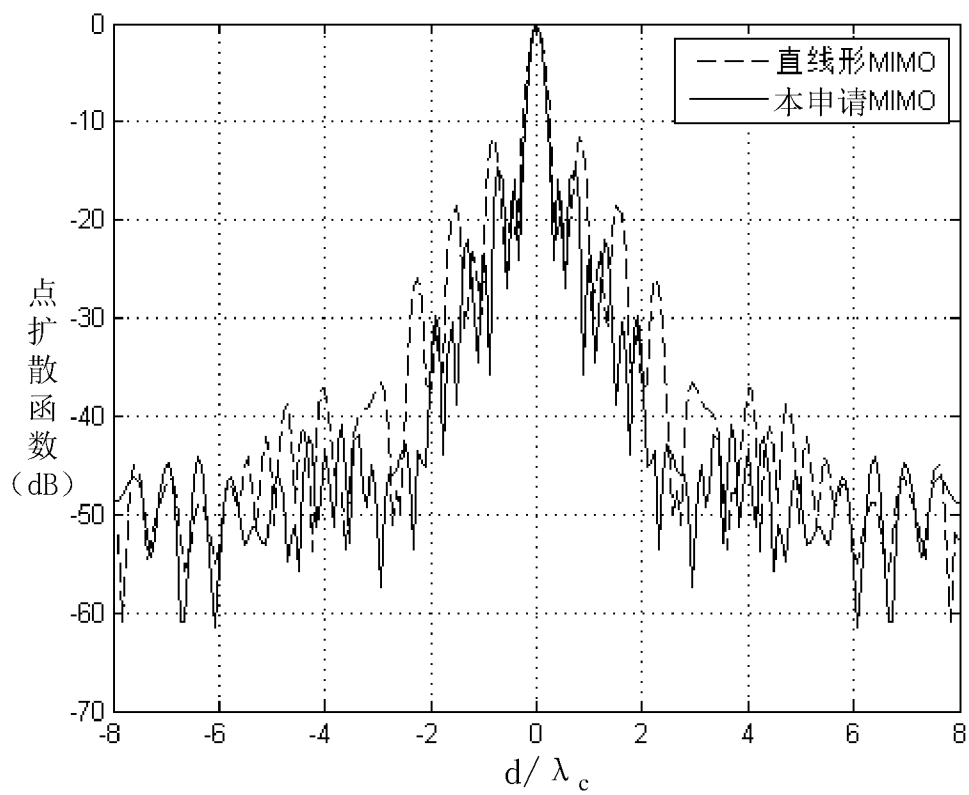


图 12

30

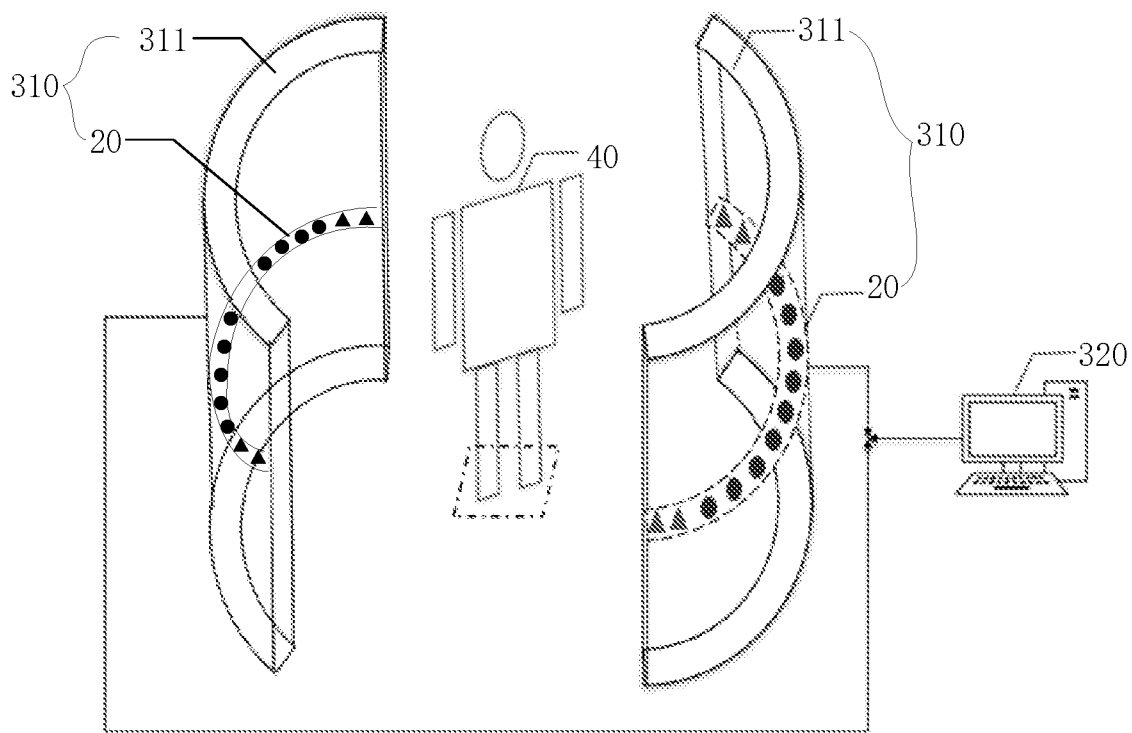


图 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/114520

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01Q 21/00(2006.01)i; G01S 13/89(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; G01S; G01V; H04Q; H04B

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, WPI, EPODOC, CNKI: 多输入多输出, 多发多收, 多收多发, 圆弧, 弧形, 半圆, 弧, 弧型, 园弧, 圆周, 子阵, 阵列, 天线, 开关, 毫米波, 太赫兹, 安检, MIMO, circular, curv+, arc, arcuate, arciform, camber, semicircle, array, subarray, antenna, switch, millimeter, wave, THz, safety, inspection, check

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	吴世有 等 (WU, Shiyu et al.). "太赫兹MIMO弧形阵列方位向成像算法研究 (Research on MIMO THz Azimuth Imaging Algorithm Based on Arc Antenna Array)" <i>电子与信息学报 (Journal of Electronics & Information Technology)</i> , Vol. 40, No. 4, 30 April 2018 (2018-04-30), sections 2.2 and 4, and figures 2 and 3	1-8
X	CN 106546981 A (FUDAN UNIVERSITY) 29 March 2017 (2017-03-29) description, paragraphs [0009]-[0039], and figures 1-6	9-20
A	CN 101335910 A (CHINA MOBILE COMMUNICATIONS CORPORATION) 31 December 2008 (2008-12-31) entire document	1-20
A	WO 2016036270 A1 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 10 March 2016 (2016-03-10) entire document	1-20



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

13 May 2019

Date of mailing of the international search report

30 May 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (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/CN2018/114520

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	106546981	A	29 March 2017	None			
CN	101335910	A	31 December 2008	US	2010135420	A1	03 June 2010
				WO	2009003363	A1	08 January 2009
WO	2016036270	A1	10 March 2016	CN	106537689	A	22 March 2017

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/114520

A. 主题的分类

H01Q 21/00(2006.01)i; G01S 13/89(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)

H01Q; G01S; G01V; H04Q; H04B

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, WPI, EPDOC, CNKI: 多输入多输出, 多发多收, 多收多发, 圆弧, 弧形, 半圆, 弧, 弧型, 园弧, 圆周, 子阵, 阵列, 天线, 开关, 毫米波, 太赫兹, 安检, MIMO, circular, curv+, arc, arcuate, arciform, camber, semicircle, array, subarray, antenna, switch, millimeter, wave, THz, safety, inspection, check

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	吴世有 等. “太赫兹MIMO弧形阵列方位向成像算法研究” 电子与信息学报, 第40卷, 第4期, 2018年 4月 30日 (2018 - 04 - 30), 第2.2、4节, 图2-3	1-8
X	CN 106546981 A (复旦大学) 2017年 3月 29日 (2017 - 03 - 29) 说明书第[0009]-[0039]段, 图1-6	9-20
A	CN 101335910 A (中国移动通信集团公司) 2008年 12月 31日 (2008 - 12 - 31) 全文	1-20
A	WO 2016036270 A1 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 2016年 3月 10日 (2016 - 03 - 10) 全文	1-20

☐ 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 5月 13日

国际检索报告邮寄日期

2019年 5月 30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

受权官员

郭海波

电话号码 86-(10)-53961730

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/114520

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	106546981	A	2017年 3月 29日	无			
CN	101335910	A	2008年 12月 31日	US	2010135420	A1	2010年 6月 3日
				WO	2009003363	A1	2009年 1月 8日
WO	2016036270	A1	2016年 3月 10日	CN	106537689	A	2017年 3月 22日