



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110313137 B

(45) 授权公告日 2022.06.14

(21) 申请号 201880012888.7

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

(22) 申请日 2018.02.19

公司 11021

(65) 同一申请的已公布的文献号

专利代理人 孙纪泉

申请公布号 CN 110313137 A

(51) Int.CI.

(43) 申请公布日 2019.10.08

H04B 7/145 (2006.01)

(30) 优先权数据

H01P 1/18 (2006.01)

62/461,537 2017.02.21 US

(56) 对比文件

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

US 8217847 B2, 2012.07.10

2019.08.20

CN 101427486 A, 2009.05.06

(86) PCT国际申请的申请数据

CN 101218761 A, 2008.07.09

PCT/US2018/018584 2018.02.19

CN 101218762 A, 2008.07.09

(87) PCT国际申请的公布数据

CN 1561014 A, 2005.01.05

W02018/156445 EN 2018.08.30

EP 0897199 A1, 1999.02.17

(73) 专利权人 3M创新有限公司

US 9537216 B1, 2017.01.03

地址 美国明尼苏达州

US 5617103 A, 1997.04.01

(72) 发明人 康斯坦德·E·耶梅隆

Duo Wang, etc..A 60GHz passive
repeater array with endfire radiation
based on metal groove unit-cells.《2015
9th European Conference on Antennas and
Propagation (EuCAP)》.2015,

斯蒂芬·保罗·勒布朗

审查员 杨玖

斯蒂芬·C·金

权利要求书2页 说明书13页 附图15页

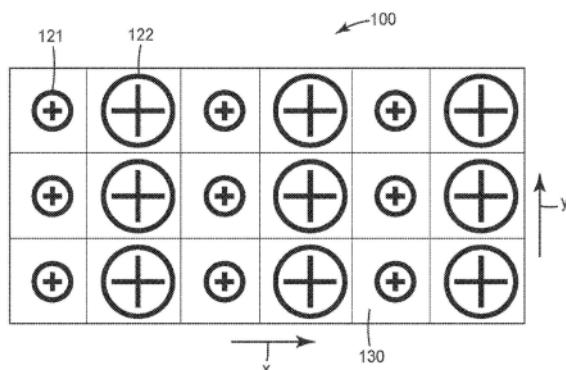
(54) 发明名称

无源中继器设备、微波网络及设计中继器设备的方法

(57) 摘要

CN 110313137 B

本发明公开一种中继器设备，该中继器设备包括交替金属移相元件的周期性阵列，该阵列在至少一个轴上是周期性的、形成于电介质基底的第一表面上，其中电介质基底的相反表面具有形成于其上的接地平面，其中每个移相元件在微波频率范围内提供0°至360°的相移。中继器设备可用于微波网络。



1.一种中继器设备,所述中继器设备包括:

交替金属移相元件的周期性阵列,所述阵列在至少两个轴上是周期性的、形成于电介质基底的第一表面上,其中所述电介质基底的相反表面具有形成于其上的接地平面,其中每个移相元件在微波频率范围内提供0°至360°的相移,

其中第一移相元件包括第一二维几何结构,并且第二移相元件包括第二二维几何结构,其中所述第一二维几何结构和所述第二二维几何结构各自具有类似的形状,并且其中所述第一二维几何结构具有与所述第二二维几何结构不同的尺寸;

其中所述第一二维几何结构和所述第二二维几何结构各自包括金属环,所述金属环具有设置在其中心区域中的加号形状。

2.根据权利要求1所述的中继器设备,其中所述周期性阵列包括以重复图案设置的各自具有类似的形状和不同的尺寸的至少P个移相元件,其中P包括大于2的整数。

3.根据权利要求1所述的中继器设备,其中所述接地平面包括金属材料,并且所述移相元件各自包括具有二维几何结构的金属贴片。

4.根据权利要求1所述的中继器设备,其中所述电介质基底包括多层结构,所述多层结构包括可拉伸材料。

5.根据权利要求4所述的中继器设备,其中所述可拉伸材料包括导电织物。

6.根据权利要求1所述的中继器设备,所述中继器设备还包括隐藏层,所述隐藏层设置在所述移相元件的阵列上。

7.根据权利要求1所述的中继器设备,其中所述移相元件和所述接地平面形成于透明导体上,并且所述电介质基底包括透明电介质材料。

8.一种中继器设备,所述中继器设备包括:

交替金属移相元件的周期性阵列,所述阵列在至少一个轴上是周期性的、形成于电介质基底的第一表面上,其中所述电介质基底的相反表面具有形成于其上的接地平面,其中每个移相元件在微波频率范围内提供0°至360°的相移,

其中所述周期性阵列包括在至少一个轴上重复的三个一组的移相元件的阵列,其中三个一组的移相元件包括具有第一二维几何结构的第一移相元件、具有第二二维几何结构的第二移相元件、以及具有第三二维几何结构的第三移相元件,其中所述第一二维几何结构、所述第二二维几何结构和所述第三二维几何结构各自具有类似的形状,并且其中所述第一二维几何结构具有与所述第二二维几何结构不同的尺寸,并且所述第三二维几何结构具有与所述第一二维几何结构和所述第二二维几何结构不同的尺寸。

9.根据权利要求8所述的中继器设备,其中所述接地平面包括金属材料,并且所述移相元件各自包括具有二维几何结构的金属贴片。

10.根据权利要求8所述的中继器设备,其中所述第一二维几何结构和所述第二二维几何结构各自包括金属环,所述金属环具有设置在其中心区域中的加号形状。

11.根据权利要求8所述的中继器设备,其中所述第一二维几何结构和所述第二二维几何结构各自包括三角形。

12.根据权利要求8所述的中继器设备,其中所述电介质基底包括多层结构,所述多层结构包括可拉伸材料。

13.根据权利要求12所述的中继器设备,其中所述可拉伸材料包括导电织物。

14. 根据权利要求8所述的中继器设备,所述中继器设备还包括隐藏层,所述隐藏层设置在所述移相元件的阵列上。

15. 根据权利要求8所述的中继器设备,其中所述移相元件和所述接地平面形成于透明导体上,并且所述电介质基底包括透明电介质材料。

16. 一种微波网络,所述微波网络包括根据权利要求1至7中任一项所述的中继器设备中的一个或多个。

17. 根据权利要求16所述的微波网络,其中一个或多个中继器设备设置在蜂窝网络的接入部分中。

18. 根据权利要求16所述的微波网络,其中所述一个或多个中继器设备设置在蜂窝网络的回程部分中。

19. 根据权利要求16所述的微波网络,其中至少一个或多个中继器设备齐平安装到建筑物的外墙。

20. 一种微波网络,所述微波网络包括根据权利要求8至15中任一项所述的中继器设备中的一个或多个。

21. 一种形成用于改变波束或微波辐射的方向的中继器设备的方法,所述方法包括:

选择所述中继器设备的多个操作参数的值,所述操作参数包括所述中继器设备的操作频率、输入角(θ_i, ϕ_i)、输出角(θ_o, ϕ_o)以及尺寸N*dx乘M*dy;

提供具有尺寸dx和dy的移相元件,其中dx和dy小于或等于操作频率的波长的一半,其中当所述移相元件的几何参数变化时,所述移相元件还提供从0到至少 2π 变化的反射相移;以及

将N乘M个移相元件的阵列放置在基底上以形成所述中继器设备,其中由所述阵列中的给定位置处的相应移相元件提供的相移被选择成使得所述阵列将微波辐射波束从输入角(θ_i, ϕ_i)重定向至输出角(θ_o, ϕ_o),

其中移相元件包括第一二维几何形状和不同于所述第一二维几何形状的第二二维几何形状;

其中所述二维几何形状包括金属环,所述金属环具有设置在其中心区域中的加号形状。

22. 根据权利要求21所述的方法,其中每个中继器设备包括接地平面,所述接地平面包括金属材料,并且其中每个移相元件包括具有二维几何形状的金属贴片。

无源中继器设备、微波网络及设计中继器设备的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及可用于微波网络的无源中继器设备，该无源中继器设备包括移相元件的周期性阵列。

背景技术

[0002] 现代蜂窝网络包括称宏小区的无线信号覆盖的地理区域。在宏小区内，基站使得蜂窝用户能够连接至核心网络并与其他用户通信或访问远程服务器上的信息。由于智能电话和便携式计算机的可用性和低成本，在未来数年内，无线网络上的移动数据流量的量预计将继续增加。除了普通老式语音通信之外，移动数据流量的增加还由带宽密集型高分辨率视频应用和服务诸如视频内容站点、游戏和数据驱动。

[0003] 当通过无线信道传输数据、且特别是视频时，所接收视频的质量将取决于无线信道带宽、小区中的噪声和干扰、基站和移动设备之间的距离以及移动设备的速度。当这些缺陷中的一者或者影响无线信道时，可能出现一个或多个问题（例如，视频质量劣化、视频定格、用户想要访问的互联网页面加载失败、以及网络缓慢）。这各种问题导致用户不满和流动。

[0004] 为了避免这些问题，蜂窝服务提供商正在部署小小区。小小区的物理面积比宏小区小。许多小小区可驻留在一个微小区内。小小区可部署在当前和未来的无线网络中，以提供局部无线覆盖、改进的通信能力和服务质量。小小区可用于增强基站信号弱的位置处的无线网络质量。

[0005] 小小区可安装在街面的灯柱上、建筑物的屋顶上、电话线杆上或建筑物的墙壁上。小小区需要一种建立与核心网络的连接的方法。此连接称为小小区回程。小小区回程使用若干有线或无线接入技术。有线接入技术可以是基于铜缆的，诸如DSL或DOCSIS，或基于光纤的，诸如光纤到路边或光纤到节点。

[0006] 当光纤和铜缆不可用于使小小区回程时，可使用无线回程。无线回程可部署在小于6GHz（次6GHz）的频带中或部署在频率在6GHz至100GHz范围内的微波频带中。可用于小小区回程的次6GHz频带具有窄带宽，并且可能无法实现大于1Gbps的小小区回程数据速率。

[0007] 由于5G回程将需要例如大于1Gbps的较高的数据速率，已确认针对小小区回程和无线接入使用在6GHz至100GHz频谱区域内的较高频率无线电波（迄今为止称为微波或毫米波或mmWave）。例如，60GHz左右的频谱提供高于5GHz的在全球范围内可用的免许可频谱，并且可以支持大于1Gbps的无线接入数据速率。提供10GHz轻度许可频谱的70/80GHz内的频谱（所谓的E频带）也可支持大于1Gbps的无线接入数据速率。

[0008] 应当理解，在无线通信链路设计中，接收信号强度随着发射天线与接收天线之间的距离以及信号的频率而减小。这种物理现象称为自由空间路径损耗。作为对比，在所有其它值相等的情况下，60GHz链路将具有比6GHz链路弱100倍的接收信号强度。因此，微波链路需要增益大于40dBi的高增益天线，以产生波束宽度小于1度或2度的准直窄波束，以补偿自由空间路径损耗。这些类型的链路称为视线微波链路。这些链路需要仔细对准发射天线和

接收天线以确保良好的信号强度。

[0009] 如上所述,小小区需要与核心网络的连接。连接可通过光缆或铜缆来建立。然而在一些情况下,光纤在一些特定地点可能不可用,并且城市法令可能禁止挖沟以将光纤拉设到小小区地点。微波回程具有吸引力,因为它提供更大的带宽以适应1Gbps数据速率。然而还有,在小小区回程天线和远程基站天线之间可能无法获得清晰的视线。当小小区安装在密集的城市区域中而在小小区天线与宏站点天线之间的视线中存在高层建筑物或其它障碍物时,可能发生这种情况。

[0010] 因此,需要提供一种改变窄微波波束的方向以便避免障碍物并在小小区与宏站点之间建立微波回程连接的方法。

[0011] 如上所述,在可预见的未来,移动设备所消耗和生成的无线数据将继续快速增长。在新兴移动宽带应用(诸如流高清晰度内容)中,称为5G的下一代蜂窝网络预计将向移动设备递送多Gbps数据速率。与这些称为物联网(IoT)的新无线网络连接的设备的数量也预计将增长若干数量级。

[0012] 毫米波(mmWave),即高于6GHz至100GHz的频率,被认为是这些5G网络的使能者,因为在这些更高频率中可用的最大带宽可用于实现多Gbps数据速率。其它高数据速率的使能者是密集的小小区,以及具有更高bps/Hz的新调制技术。遗憾的是,更高频率经受:增大的传播路径损耗;由于例如建筑阻挡物、树木和其他障碍物造成的高遮蔽路径损耗;以及更高的氧和水吸收。此外,新调制技术将需要高信噪比(SNR)以便递送高bps/Hz。由于这些缺陷,网络接入部分中的mmWave链路,即移动设备与蜂窝基站之间的连接,将需要使用视线(LOS)链路,其中具有高增益的高方向性天线直接向移动用户提供聚焦波束。该LOS连接用于补偿在mmWave频率下的增加的路径损耗和信号劣化。LOS链路还增强链路的SNR以递送高bps/Hz。

[0013] 但是,在密集的城市环境中,蜂窝屋顶站点所定位于的屋顶接入点与街面上的移动用户之间的路径可能被另一建筑物或其他障碍物阻挡,其方式为使得屋顶天线与移动用户之间不存在直接视线。在这些情况下,mmWave链路数据速率将严重劣化。因此,需要以建立类LOS链路的方式增强蜂窝接入基站与移动用户之间的链路。

发明内容

[0014] 根据本发明的一个实施方案,一种中继器设备包括交替金属移相元件的周期性阵列,该阵列在至少一个轴上是周期性的、形成于电介质基底的第一表面上,其中该电介质基底的相反表面具有形成于其上的接地平面,其中每个移相元件在微波频率范围内提供0°至360°(2π)的相移。

[0015] 在另一方面,第一移相元件包括第一二维几何结构,并且第二移相元件包括第二二维几何结构,其中第一二维几何结构和第二二维几何结构各自具有类似形状,并且其中第一二维几何结构具有与第二二维几何结构不同的大小。

[0016] 在另一方面,周期性阵列包括在至少一个轴上重复的三个一组的移相元件的阵列,其中三个一组的移相元件包括具有第一二维几何结构的第一移相元件、具有第二二维几何结构的第二移相元件、以及具有第三二维几何结构的第三移相元件,其中第一二维几何结构、第二二维几何结构和第三二维几何结构各自具有类似形状,并且其中第一二维

几何结构具有与第二二维几何结构不同的大小，并且第三二维几何结构具有与第一二维几何结构和第二二维几何结构不同的大小。

[0017] 在另一方面，周期性阵列包括以重复图案提供的各自具有类似形状和不同大小的至少P个移相元件，其中P包括大于2的整数。

[0018] 根据本发明的另一个实施方案，一种微波网络包括上述中继器设备中的一个或多个。

[0019] 根据本发明的另一个实施方案，一种形成用于改变波束或微波辐射的方向的无源中继器设备的方法包括：选择该中继器设备的多个操作参数的值，这些操作参数包括该中继器设备的操作频率、输入角(θ_i, ϕ_i)、输出角(θ_o, ϕ_o)以及大小N*dx乘M*dy。提供具有尺寸dx和dy的移相元件，其中dx和dy小于或等于操作频率的波长的一半，其中当移相元件的几何参数变化时，该移相元件还提供从0到至少 2π 变化的反射相移。形成阵列，其中将N乘M个移相元件的阵列放置在基底上以形成该中继器设备，其中由该阵列中的给定位置处的相应移相元件提供的相移被选择成使得该阵列将微波辐射波束从输入角(θ_i, ϕ_i)重定向至输出角(θ_o, ϕ_o)。

[0020] 本发明的上面的概述不旨在描述本发明的每个示出的实施方案或每个具体实施。图及其后的详细描述更特别地举例说明这些实施方案。

附图说明

[0021] 将参考附图进一步描述本发明，其中：

[0022] 图1A为根据本发明的实施方案的中继器设备的示意图。

[0023] 图1B为根据本发明的实施方案的示例性移相元件的近距离视图。

[0024] 图1C为根据本发明的实施方案的中继器设备的示意性侧视图。

[0025] 图1D为根据本发明的实施方案的另一示例性移相元件的近距离视图。

[0026] 图2A为移相元件的二维阵列在(x,y)平面中的基本表示，其中每个移相元件由点表示。

[0027] 图2B为位于入射平面中的重定向波束的简化图示。

[0028] 图3A为示出了示例性二维移相结构的反射相位响应的曲线图。

[0029] 图3B为示出了另选的二维移相结构的反射相位响应的曲线图。

[0030] 图4A为示出了针对73度入射角的示例性二元阵列的反射图案的曲线图。

[0031] 图4B为示出了在条件 $\beta_o = \pi$ 下、针对示例性二元阵列的各种元件间距的角度轨迹的曲线图。

[0032] 图5为根据本发明的另一个实施方案的中继器设备的示意图。

[0033] 图6为示出了针对18度入射角的示例性二元阵列的反射图案的曲线图。

[0034] 图7示出了在 $\beta_{01} = \pi/3$ 且 $\beta_{10} = \pi/2$ 的情况下、二维无源中继器阵列的相位网格的示例，其中阵列元件在x轴和y轴上均具有周期性。

[0035] 图8为示出了针对具有 $2\pi/3$ 增量相移的第一类型三元阵列的各种元件间距的角度轨迹的曲线图。

[0036] 图9为示出了针对具有 $-2\pi/3$ 增量相移的另选类型三元阵列的各种元件间距的角度轨迹的曲线图。

[0037] 图10A为无线回程网络的示意图,该无线回程网络包括移动用户、小小区以及将小小区连接到屋顶天线/小区站点的中继器设备。

[0038] 图10B为没有小小区的无线回程网络的一部分的示意图,其示出了多个次级波束的使用。

[0039] 图11为示例性入射波束和由中继器设备重定向的处于不同角度的若干波束的示意图。

[0040] 图12A为根据本发明的另一个实施方案的可拉伸中继器设备的示意性侧视图。

[0041] 图12B为根据本发明的另一个实施方案的可拉伸中继器设备的示意性侧视图。

[0042] 图13为具有根据本发明的另一个实施方案的具有隐藏层的中继器设备的示意性侧视图。

[0043] 虽然本发明可修正为各种修改形式和另选形式,但其具体形式已在附图中以举例的方式示出,并且将被详细描述。然而,应当理解,本发明不将本发明限制于所描述的特定实施方案。正相反,本发明覆盖落入如由所附权利要求书所限定的本发明的范围内的所有修改、等同物和另选方案。

具体实施方式

[0044] 在以下具体实施方式中,参考了作为本文组成部分的附图,并且在附图中以举例说明的方式示出了其中可实践本发明的具体实施方案。就这一点而言,方向性术语,诸如“顶部”、“底部”、“前部”、“后部”、“在前面的”、“向前”和“尾部”等参考所描述的(多个)附图的取向来使用。因为本发明的实施方案的部件可定位成多个不同取向,所以方向性术语用于说明的目的,并且绝不是限制性的。应当理解,在不脱离本发明范围的情况下,可利用其它实施方案,并且可进行结构性或逻辑性的改变。

[0045] 本文所述的实施方案涉及一种可以单跳或多跳将小小区连接到宏站点的无源中继器设备或设备网络。此外,公开了一种开发用于改变入射辐射波束方向的无源设备的方法。此外,本说明书提供用于开发新的蜂窝网络规划技术和部署架构,其中无源中继器设备被合理地安装在网络中以提供覆盖和容量,特别是在基站接入点与移动用户之间没有LOS (NLOS) 的情况下。

[0046] 图1A-1C示出了本发明的第一实施方案:中继器设备100。中继器设备100包括交替的移相元件121和122的周期性阵列,该周期性阵列在诸如x轴的至少一个轴上是周期性的。在该实施方案中,中继器设备100包括交替的移相元件的二元阵列,其中移相元件沿阵列在x轴方向上的每一行交替。这两个移相元件可被选择成使得由第一元件辐射的场的反射相位与由第二移相元件辐射的场异相(例如,在这种情况下,相移为180度或 π 弧度)。

[0047] 尽管中继器设备100的实施方案被设计成与微波通信一起使用,但中继器设备的频率范围可为在大气中可发生电磁辐射的任何频率。因此,中继器设备的各种实施方案可被设计成在包括无线电波(微波是其一部分)、但也包括可见光频率和一些红外频率的频率下操作。

[0048] 在这种情况下,每个移相元件包括各自在至少两个维度(诸如x和y维度)上具有基本上类似的特征的二维几何结构,在这里为第一二维结构121和第二二维结构122。移相元件由设置在电介质基底130的第一表面131上的金属形成。电介质基底130可由柔性膜或刚

性基底形成。此外，第一二维几何结构和第二二维几何结构各自具有相同或至少基本上相似的形状(在该实施方案中，在环的中心形成的加号)，但具有不同的大小。如图1A所示，第一二维几何结构121具有与第二二维几何结构122不同(更小)的大小。这对结构沿x轴重复一定次数(N次)，这取决于中继器设备100的大小。较小的移相元件121提供基准相位或0°，并且较大的移相元件122提供180°的相移。

[0049] 在该示例中，二维几何结构121、122中的每一者包括设置在具有半径r的环122a的中心区域中的“十字”或“加号”形结构，诸如结构122b(二维结构122更详细地示于图1B中)。如本文进一步所解释，环部分122a的半径r为用于调节由移相元件改变的反射相位的参数。

[0050] 当然，在另选的实施方案中，可使用其它二维形状，诸如图1D所示的三角形状126。在该另选的示例中，三角边各自具有相同的长度l。改变长度l以引起如先前所讨论的由元件反射的场的相移的变化。周期性阵列可由用于提供基准相位或0°的较小的移相元件和用于提供180°的相移的较大的移相元件制成。

[0051] 如图1C所示，金属移相元件形成于电介质(绝缘)基底130的第一表面131上。电介质基底130的相反表面132具有形成于其上的接地平面140。接地平面140可由合适的金属形成。电介质层130可具有0.25mm至1.25mm的厚度。接地平面140以及移相元件121和122可具有5微米至35微米的厚度。移相元件可使用常规的光刻、化学蚀刻和/或层压工艺在基底上形成，如给出本发明的领域的技术人员将会理解的。

[0052] 在一个示例性具体实施中，中继器设备100可在源天线定位于距中继器设备的远距离处、可能约50m至约150m的距离处(即中继器设备位于发射天线的远场)的情况下使用。此外，本文所述的中继器设备可在源天线具有高增益或相当于源天线辐射窄波束(小于2度波束宽度)的情况下使用。在这些假设下，入射在中继器设备上的波可被认为是平面波，其中平面波是固定相的表面为通常笛卡尔三维空间中的平面的波。这样，中继器设备100可作为提供微波信号的基本非镜面反射的无源平面波中继器设备运转。

[0053] 此外，根据一个实施方案，中继器设备100被设计成用作无源设备，而无需在操作期间使用电力。然而，在另选的实施方案中，中继器设备可包括可调谐电介质材料以产生特性可调节的移相元件。在该另选的方面，电池或其它电源可联接到中继器设备，由此可用功率(例如，电池电压)的变化来改变中继器设备响应。

[0054] 在另一个另选的方面，中继器设备可用对可见光基本上透明的材料形成，使得设备可放置在窗户上。移相器元件和接地位置可由合适的透明导体诸如精炼金属网导体或透明导电氧化物诸如氧化铟锡(ITO)形成。移相器元件与接地平面之间的电介质材料可由像PET、聚碳酸酯或聚甲基丙烯酸甲酯的透明电介质材料制成，并且整个透明构造可使用例如光学透明粘合剂附着到窗户。

[0055] 在另一个另选的方面，中继器设备可在诸如橡胶基材料的可拉伸电介质基底上形成。可拉伸是指材料可被拉伸以将其长度和/或宽度改变例如30%、或10%、或5%、或1%。例如，图12A示出了中继器设备600，中继器设备600具有在电介质(绝缘)基底630的第一表面631上形成的金属移相元件620。在该方面，电介质基底630包括多层结构，该多层结构包括可拉伸介电材料633，该可拉伸介电材料633通过粘合剂层634施加到由诸如PET材料的材料形成的更大刚性基底层635。在使用中，可调节可拉伸电介质以改变反射波束的输出角。这样，移相元件可由施加到可拉伸电介质材料633上的金属材料形成。可拉伸层633可在施

加到更大刚性基底层635之前被拉伸至所期望的长度和/或宽度。接地平面640可通过第二粘合剂层636附着到基底630的相反表面。接地平面640可由合适的金属形成。电介质层630可具有0.25mm至1.25mm的厚度。接地平面640和移相元件620可具有5微米至35微米的厚度。

[0056] 在另一个另选的方面，诸如图12B所示，具有移相元件620的中继器设备600'可在诸如橡胶基材料的可拉伸电介质基底633上形成，但不需要辅助的更大刚性的基底层。接地平面640'可例如通过粘合剂或层压形成到可拉伸基底633的相反表面上。在该另选的方面，移相元件和接地层两者均可由可拉伸的、导电的布料或织物材料形成。示例性可拉伸布料包括涂覆有银的织物（例如，购自Statex.de的MedTex 130）。中继器设备600'可放置到外框架上，该外框架可安装到安装结构，诸如建筑物墙壁、杆或其它合适的结构。

[0057] 可选地，在另一个另选的方面，本文所述的中继器设备还可包括隐藏层以改进所观察到的设备的美观/外观。例如，图13示出了中继器设备700，该中继器设备700具有设置在诸如上述中继器设备100的中继器设备的外表面上的隐藏层735。隐藏层可包括具有低耗散性和低介电常数的非导电材料。隐藏层735可包括诸如PET层压件或其它聚酯膜（诸如购自3M公司的3M 1080包装膜或3M隐藏膜）的材料。隐藏层可允许中继器设备更好地融入其周围环境，而基本上不降低入射和反射微波波束的强度。

[0058] 在基本操作中，中继器设备100由入射波照射。波在移相元件上诱导出电流。尽管在设计的相移下，每个移相元件也再辐射次级波。基于波前相位操纵在给定方向上产生相长干涉的特性，源自每个移相元件的次级波将干涉以产生指向中继器设计方向的初级波束。

[0059] 有了这种设计，中继器设备100可用于微波网络，并且可提供微波信号的非镜面反射以用于通信的接入和回程应用。例如，中继器设备100可提供以与镜面角不同的角度反射微波辐射的设备（换句话讲，中继器设备为非镜面反射器）。此外，中继器设备100可用于期望在小小区回程的安装或构造期间具有将反射波束的方向调谐至期望角度的能力的应用。另外，中继器设备100可用于将期望在制造之后具有以使得中继器设备可提供由顾客提供的重定向角的方式定制中继器设备的能力的应用。如本文将解释的，中继器设备100可被设计成实现用于任意数量的特定应用的微波通信。

[0060] 例如，如上所述，在无线行业中，小小区被认为是未来5G网络的关键使能技术。小小区将用于补充宏小区覆盖，以实现超过千兆位比特每秒的数据速率的无线容量。尽管光纤接入是所接受的回程方法，但很大部分的小小区将需要小小区回程天线与宏站点基站接入节点之间的无线“视线”（LOS）连接。在许多其它情况下，小小区回程天线与接入节点之间的视线之间将存在障碍物。当小小区与接入节点之间没有视线时，本文提供的中继器设备解决方案可实现微波回程。

[0061] 当视线受阻时，常规金属镜也用于中继器设备。这些金属镜中继器设备重定向窄波束并且可建立到小小区的无线回程。用作微波中续器/中继器的这些金属镜的缺点在于：入射角等于反射角。因此，常规微波无源中继器不太适用于入射角需要与反射角不同的情况。

[0062] 重新参考图1B，在一个示例中，二维结构122可包括具有 $dx = 2.5\text{mm}$ 和 $dy = 2.5\text{mm}$ 或在60GHz的操作频率下的半波长的维度的正方形。具有约 $100\mu\text{m}$ 的宽度的金属迹线印刷在电介质基底130的顶层131上。金属迹线可具有约5微米至约35微米的厚度。电介质基底可包含

具有约3的介电常数的材料,诸如可从罗杰斯公司(Rogers Corporation)商购获得的R03003或R05350。底层(相反层)140包括实心金属接地平面。相移的变化通过改变大小参数r来实现,该大小参数r是环122a的内半径。在该示例中,环122a与十字122b之间的距离为约50 μm 至约125 μm 。

[0063] 图3A示出了示例性二维结构122的反射相位响应,并且图3B示出了另选的二维结构126的反射相位响应。中继器设备100的设计的一个方面在于:当移相元件的大小特性改变时,移相元件的反射相位响应在0至最小 2π 的范围内变化。当满足该要求时,可合成在给定的操作频率下将会将入射波束从第一入射角重定向并且使其以给定的第二反射角离开的无源中继器。另一个值得注意的特性在于:相位响应将随频率变化,其结果是当输入频率不同于给定的操作频率时,重定向的反射角将漂移一定量。还应当注意的是,当使用损耗角正切为0.003的低损耗电介质基底诸如R03003时,介电损耗可忽略不计。

[0064] 如图1A所示,中继器设备100可表示为(x,y)平面中的移相元件121、122的二维阵列。图2A示出了更基本的表示,其中每个移相元件可由点表示。这个坐标系中的原点为标示为1的第一移相元件。该阵列具有N行和M列,总计N×M个移相元件。移相元件在x方向上间隔 d_x 单位长度并且在y方向上间隔 d_y 单位长度。具有索引nm的移相元件具有坐标(n.d_x,m.d_y)。在该空间中的方向或入射角为一对角(θ, ϕ),如图2A所限定。

[0065] 在以下描述中,符号 λ 表示入射在中继器设备上的波的波长。已知波长由光速除以中继器设备的波入射的频率给出。沿方向(θ, ϕ)传播的平面波可由波矢量k和描述波的电场的矢量 E_0 来表征;其中k给出为:

$$[0066] k = \frac{2\pi}{\lambda}(\sin\theta\cos\phi \cdot x + \sin\theta\sin\phi \cdot y + \cos\theta \cdot z) \quad (\text{方程 } 1)$$

[0067] 其中x、y和z为笛卡尔坐标中的轴矢量。然后,该波在位置r处的电场由以下给出:

$$[0068] E(r) = E_0 e^{jk \cdot r} \quad (\text{方程 } 2)$$

[0069] 其中j是假想的复数。

[0070] 入射在中继器设备上的平面波将具有由(θ_i, ϕ_i)标示的方向或入射角;并且反射波将具有方向(θ_o, ϕ_o)。入射在中继器设备上的电场给出为 E_{inc} ,并且入射在位于坐标(n.d_x,m.d_y)的位置r_{nm}处的移相元件nm上的电场给出为:

$$[0071] E_{inc}(r_{nm}) = E_0 e^{\frac{2\pi}{\lambda} j(\sin\theta_i \cos\phi_i \cdot nd_x + \sin\theta_i \sin\phi_i \cdot md_y)} \quad (\text{方程 } 3)$$

[0072] 该入射场由移相元件反射;并且在进行该反射时,移相元件将相移 β_{nm} 的变化和振幅的变化同时强加到电场上。该元件可被设计成使得电场的反射振幅的变化可忽略不计,因为移相元件被形成于其上的电介质材料具有低损耗。因此,由坐标(n.d_x,m.d_y)的位置r_{nm}处的移相元件反射的场E_{ref}通过修改方程3以包括相移项 β_{nm} 获得:

$$[0073] E_{ref}(r_{nm}) = E_0 e^{\frac{2\pi}{\lambda} j(\sin\theta_i \cos\phi_i \cdot nd_x + \sin\theta_i \sin\phi_i \cdot md_y) + j\beta_{nm}} \quad (\text{方程 } 4)$$

[0074] 方程4限定紧接在反射之后的中继器设备的表面上的电场。对该分析进行的简化在于:除移相元件定所位于的那些点之外,中继器设备表面的所有其它点处的电场均为0。

[0075] 可确定具有远离中继器设备的在方向(θ_o, ϕ_o)上的波矢量k的电场。在相控阵列理论中已知在方向(θ_o, ϕ_o)上辐射的电场为来自移相元件的电场的总和,其中应用了相位项以将移相元件的位置差异考虑在内。

[0076] 标示为 $E(\theta_o, \phi_o)$ 的沿方向 (θ_o, ϕ_o) 的电场给出为:

[0077] $E(\theta, \phi) = \sum_{nm} E_{ref}(r_{nm}) e^{-jkr_{nm}}$ (方程 5)

[0078] 将方程1和方程4代入方程5得到

[0079]
$$E(\theta_o, \phi_o) = \sum_{nm} E_0 e^{\frac{2\pi}{\lambda} j (\sin\theta_i \cos\phi_i \cdot nd_x + \sin\theta_i \sin\phi_i \cdot md_y - \sin\theta_o \cos\phi_o \cdot nd_x - \sin\theta_o \sin\phi_o \cdot md_y) + j\beta_{nm}}$$
 (方程 6)

[0080] 使方向 (θ_o, ϕ_o) 上的场最大化的条件是:方程6中指数的自变量为0或 2π 的整数倍。因此,定位在 $(n.d_x, m.d_y)$ 处的移相元件nm处的所需相位为:

[0081]
$$\beta_{nm} = \frac{2\pi}{\lambda} (\sin\theta_o \cos\phi_o \cdot nd_x + \sin\theta_o \sin\phi_o \cdot md_y - \sin\theta_i \cos\phi_i \cdot nd_x - \sin\theta_i \sin\phi_i \cdot md_y)$$
 (方程 7)

[0082] 一旦提供相移 β_{nm} ,就可使用图3的反射相移曲线来确定匹配的环半径。因此,可合成将入射平面波的方向从方向 (θ_i, ϕ_i) 改变为方向 (θ_o, ϕ_o) 的中继器设备阵列。最后,为了最小化次级波瓣, d_x 和 d_y 均可小于在所关注频率下的波长的一半。

[0083] 回看图1A,其示出了:沿x方向,相同元件在2步之后重复;即,沿x方向,阵列具有周期为2的周期性。回看图1A,其示出了:沿y方向,相同元件重复;即,沿y方向,阵列具有周期为1的周期性。我们将该阵列称为(2,1)周期性阵列或(2,1)阶周期性阵列;其中第一数字“2”为阵列沿x方向的周期性,并且第二数字“1”为沿第二y方向的周期性。

[0084] (p,q)阶周期性阵列为移相元件的平面阵列,使得p为沿x方向的周期性,并且q为沿y方向的周期性;其中p和q为自然数(正整数)。沿x方向的相位增量、或相位变化、或相位步进为 $2\pi/p$;并且沿y方向的相位增量、或相位变化、或相位步进为 $2\pi/q$ 。

[0085] 作为另一例示,对于这些示例并且为了简单起见,可将此限制到如图2B所示的重定向波束位于入射面中的情况,然后限制到一般化的2D情况。在该示例中,入射面250是由入射波矢量252和中继器设备260的法线253形成的平面(在本文中,术语“无源中继器”、“反射器”、“周期性反射器”、“微波中继器”、“中继器阵列”和“周期性阵列”可与“中继器设备”互换使用)。当反射波束254位于入射平面内时,入射方向和重定向方向给出为: $(\theta_o, \phi_o) = (\theta_o, 180)$ 和 $(\theta_i, \phi_i) = (\theta_i, 0)$ 。在这种情况下,阵列的元件跨x方向变化,并且元件沿y方向保持相同。图1A的中继器设备是(2,1)阶周期性阵列:沿x方向从第一移相元件到第二相邻移相元件的相位增量、或相位变化、或相位步进为 $\beta_0 = 2\pi/2 = \pi$ 弧度,并且相移沿y方向为 2π 或0弧度。对于(p,1)阵列,沿x方向从一个元件到下一个元件的相位变化为 $\beta_0 = 2\pi/p$,并且根据方程7:

[0086]
$$\beta_0 = \frac{2\pi d}{\lambda} (\sin\theta_o + \sin\theta_i)$$
 (方程 8)

[0087] 其中 $dx=dy=d$ 。

[0088] 在方程8中将 β_0 替换为 $2\pi/p$ 得到:

[0089]
$$\frac{\lambda}{pd} = \sin\theta_o + \sin\theta_i$$
 (方程 8.1)

[0090] (2,1)周期性阵列(诸如图1A所示)具有 $\beta_0 = \pi$,并且该阵列在2个元件之后重复(其中图1A所示的阵列在本文中也称为二元周期性阵列)。

[0091] 在另一个实施方案中,图5示出了三元阵列,其中 $\beta_0=2\pi/3$,并且该阵列沿x方向在3个元件之后重复。对于四元阵列, $\beta_0=\pi/4$,并且阵列沿x方向在4个元件之后重复。当, $\beta_0=2\pi/5$,并且阵列在5个元件之后重复。

[0092] 再次参考方程8,一旦连同操作频率的波长选择了 β_0 和d,就存在满足方程8的多对输入角和输出角。因此,单个无源中继器可在多对输入角和输出角下使用。

[0093] 重新参考图1A,中继器设备100包括两个交替移相元件的二进制阵列。这两个移相元件被选择成使得由第一元件辐射的场的反射相位与由第二元件辐射的场的相位异相(相移为 π 弧度)。在该二元中继器设备中,针对移相元件之间的给定距离d,存在二元中继器设备将合成的输入角和输出角的族。重新参考方程8.1,对于该二元阵列,输入角 θ_i 和输出角 θ_o 满足方程:

$$[0094] \frac{\lambda}{2d} = \sin\theta_o + \sin\theta_i \quad (\text{方程 9})$$

[0095] 该特征在图4B中示出,图4B示出了针对二进制阵列的各种元件间距的角度轨迹。例如,如果元件间距d等于2.5mm,并且到中继器设备阵列上的输入角或入射角为40°,则在2.5mm曲线上找到反射角或输出角为21°。

[0096] 图5示出了本发明的另一个实施方案:中继器设备300。该中继器设备300包括移相元件的周期性阵列,该周期性阵列在至少一个轴(诸如x轴)上是周期性的。在该实施方案中,中继器设备300包括三个一组的不同移相元件321、322、323的三元阵列,其中该三个一组的移相元件沿阵列在x轴方向上的每一行重复。单独的移相元件中的每一个包括二维结构,其中每个二维结构在至少两个维度(例如x和y维度)上具有实质性特征。类似于图1C所示的构造,移相元件由设置在电介质基底330的第一表面上的金属形成,其中接地平面衬在基底330背面。此外,三个不同的二维几何结构各自具有相同或至少基本上相似的形状(在该实施方案中,在环的中心形成的加号),但具有不同的大小。如图5所示,第一二维几何结构321具有与第二二维几何结构322不同(更小)的大小,该第二二维几何结构322具有与第三二维几何结构323不同(更大的大小),该第三二维几何结构323自身大于第一二维几何结构321。在该示例性三元阵列结构中,操作频率可为60GHz,其中移相元件321、322、323具有0.315mm、0.685mm和0.645mm的相应环半径。

[0097] 在一个实施方案中,这三个移相元件被选择成使得第一元件提供为0的反射相移,第二元件引入 $2\pi/3$ 的相移(即, $\beta_0=2\pi/3$),并且第三元引入 $4\pi/3$ 。在三元中继器设备的另一个实施方案中,第一元件可提供为0的标称相移,第二元件引入 $4\pi/3$ 的相移(即, $\beta_0=2\pi/3$),并且第三元件引入 $2\pi/3$ 的相移。在三元中继器设备中,就像在上述二元中继器设备中一样,针对移相元件之间的给定距离d,存在三元中继器设备将合成的输入角和输出角的族。对于上述另选的三元中继器,该属性在图8和图9中示出。

[0098] 例如,图8示出了针对具有 $2\pi/3$ 的增量相移的第一类型三元阵列的各种元件间距的角度轨迹的曲线图。在该示例中,如果输入角为50度并且元件之间的距离为d=1.5mm,则该三元阵列的输出角将为20度。在另一示例中,图9示出了针对具有 $4\pi/3$ 的增量相移的另选类型三元阵列的各种元件间距的角度轨迹的曲线图。在该另选的示例中,如果输入角为70度并且元件间距离为d=2.3mm,则输出角将为30度。

[0099] 使用高阶阵列的一个益处在于:随着中继器设备的阶数的增大,输出角随着频率

的变化而变动的程度更小。考虑p阶无源阵列,该p阶无源阵列被设计成从频率f(波长 $\lambda=c/f$,其中c为光速)和入射角 θ_i 的平面波产生输出角 θ_o 。方程8.1给出中继器设备的参数之间的关系。通过对方程8.1求导,那么输出角变动 $\Delta\theta_o$ 与频率百分比变化($\Delta f/f$)通过以下相关:

$$[0100] \quad \Delta\theta_o = -\frac{1}{\cos\theta_o} \frac{\lambda}{pd} \frac{\Delta f}{f} \quad (\text{方程 } 10)$$

[0101] 方程10显示:相对于频率百分比变化的输出角变动越小,中继器阵列的阶数越高。

[0102] 图11为示出了本文使用的角惯例的示意性横截面。中继器设备500的平面的法线502用于限定基准角,即0角。在基准角左侧的角度为负角,而在基准角右侧的角度为正角。图11示出了以角度 θ_i 入射在阵列平面500上的波束。中继器设备产生具有相应角 θ_{o1} 和 θ_{o2} 的两个输出波束592和593;并且通过角惯例, θ_{o1} 为负角且 θ_{o2} 为正角。

[0103] 图4A示出了示例性二进制阵列的模拟反射图案。在模拟中, $dx=dy=2.5\text{mm}$,60GHz的平面波以40度的角度入射在二元阵列上。重定向波束在图4A中的峰中的一个处以-21度的输出角出现。镜面分量(图4A上的另一个峰)如所预期那样以40度的输出角出现。值得注意的是,处于-21度的重定向分量至少与镜面分量一样强。因此,该中继器设备将具有至少50%的重定向效率。重定向中继器设备效率(为在非镜面期望方向上重定向的能量的百分比)可通过将dx和dy选择成小于2.5mm来进一步改进。

[0104] 图6示出了相位步进为 $2\pi/3$ 度或120度的类型的示例性三元阵列的模拟反射图案。在模拟中, $dx=dy=2.5\text{mm}$,60GHz的平面波以30度的角度入射在三元阵列上。所期望的重定向波束在图6中的峰中的一个处以-10度的输出角出现。另外,三元阵列引入处于-54度的角的信号。该第二信号称为次级弗罗奎特模。弗罗奎特模为源自周期性电磁结构的平面波。在阵列设计领域中已知可通过将dx和dy选择成小于2.5mm或在设计频率下的波长的一半来使弗罗奎特模最小化。镜面分量被显著地抑制,并且比所期望的信号小10dB以上。因此,该三元微波阵列中继器将具有主要因弗罗奎特模劣化的重定向效率。重定向中继器设备效率(为在非镜面期望方向上重定向的能量的百分比)可通过最小化弗罗奎特模来进一步改进。在本领域中已知通过将dx和dy选择成小于2.5mm来实现这一点。

[0105] 在以上的二元和三元阵列实施方案中,移相元件的阵列沿单个维度(例如,沿x轴)交替。在本发明的另一个实施方案中,无源阵列可在两个维度上交替。一般化的二维中继器设备阵列可遵循上述相同的方法来设计。阵列将具有沿x轴的增量相移 β_{10} ,并且阵列还将具有沿y轴的增量相移 β_{01} 。此外, $2\pi/\beta_{10}$ 和 $2\pi/\beta_{01}$ 分别为沿x轴和y轴的周期性。

[0106] 重新参考方程7,显然:

$$[0107] \quad \beta_{10} = \frac{2\pi \cdot d_x}{\lambda} (\sin\theta_o \cos\phi_o - \sin\theta_i \cos\phi_i)$$

$$[0108] \quad \beta_{01} = \frac{2\pi \cdot d_y}{\lambda} (\sin\theta_o \sin\phi_o - \sin\theta_i \sin\phi_i)$$

方程 9

[0109] 使来自方向 (θ_i, ϕ_i) 上的入射场的方向 (θ_o, ϕ_o) 上的出射场最大化的条件是:在位置nm处的元件处,所需相移给出为:

$$[0110] \quad \beta_{nm} = n \cdot \beta_{10} + m \cdot \beta_{01} \quad \text{方程 } 10$$

[0111] 在选择了 β_{01} 和 β_{10} , dx 、 dy 以及 λ 之后,存在满足方程9的许多对输入角 (θ_i, ϕ_i) 和输

出角(θ_o , ϕ_o)。因此,可从单个无源中继器阵列获得类似于图4B的曲线的表面以用作多对输入角和输出角。

[0112] 例如,对于二维无源中继器阵列,考虑 $\beta_{10}=\pi/2$ 和 $\beta_{01}=\pi/3$ 的情况。对于该二维阵列,图7中示出了阵列的相位网格,即每个移相元件处的相移的二维分布。该阵列将具有沿x轴的周期性“4”和沿y轴的周期性“6”,如图7所示。该示例为(4,6)周期性阵列。一旦已知相移,就可如先前所讨论地从相移曲线合成阵列元件。

[0113] 上述中继器设备可用于通信网络。例如,图10A示出了部署在典型城市环境中的示例性网络401,其中屋顶天线470被部署为位于建筑物480a上的屋顶小区站点(或基站)。此外,多个小小区475a-475c部署在该城市部分中以向多个移动用户490提供足够的覆盖。为了帮助提供对该城市部分的整个区域的覆盖,在该城市部分的各种建筑物上安装一系列中继器设备400a-400d。中继器设备400a-400d可以类似于如上所述的中继器设备100、600、600'、700的方式构造。此外,上述中继器设备结构允许将中继器设备放置成与建筑物(例如,建筑物480a、480b和480d)的外墙齐平,而不需要另外的机械结构来相对于建筑物的外表面以特定角度保持中继器设备和使其倾斜。如此,可保持建筑美观。

[0114] 如上所述,中继器设备可被设计成以不同于入射角的角度提供波束反射。如此,这在于限制区域内定位中继器设备和小小区方面提供更大的灵活性。例如,如图10A所示,定位在建筑物480e上的小小区475a可通过定位在建筑物480d的侧面上的中继器设备400a从屋顶天线470接收单跳NLOS回程信号441。在另一个示例中,定位在建筑物480c上的小小区475b(否则将无法从屋顶天线470接入)可通过分别定位在不同建筑物480d、480a和480b的侧面上的中继器设备400b-400d从屋顶天线470接收多跳回程NLOS信号443。这样,多个移动用户490就可在许多不同位置处接收强网络信号。

[0115] 在图10B中示意性示出的另一个示例性网络具体实施中,网络401'包括可(如上所述)被设计成提供多个次级反射波束441a、441b的一个或多个中继器设备,诸如中继器设备400a,从而进一步增大限制区域中的网络覆盖。从图10B可以看出,该mmWave网络中的中继器设备可被部署成至少在网络的该部分中完全消除对小小区的需要。

[0116] 屋顶基站天线470可包括波束形成和波束转向能力,使得该天线可选择性地将其波束朝向其视场内的特定方向定向。基站天线470还可在其操作软件内包括在其视场内的中继器设备的位置信息以及这些中继器设备的反射特性(输入角和输出角以及操作频率)。在网络调试的规划和部署阶段期间,可选择性地将中继器设备定位在建筑物上的一定位置处,以便提供对由该基站服务的区域的全面覆盖。

[0117] 请求服务的移动设备可通过使用不被障碍物阻挡的传统低频蜂窝频率诸如700MHz至3GHz向基站天线请求服务来实现这一点。在该服务请求内,移动设备/用户可就移动设备在基站天线470所服务的区域内的位置通知基站天线470。移动用户的位置信息当前广泛地可从构建到移动设备上的GPS接收器获得。在移动用户正在请求带宽密集型传输服务的情况下,基站天线随后可选择使用其中可获得宽泛带宽的mmWave频率来服务移动用户。

[0118] 知道了移动用户的位置,基站天线可确定哪个中继器设备处于移动用户的直接视野内。在图10B的示例中,基站天线470确定中继器设备400a在请求带宽密集型服务的移动用户的直接视野内。然后基站天线将其mmWave波束朝向400a转向。中继器400a将该波束分

成反射波束441b和441a，以向移动用户提供高带宽服务。如本文所述的这种技术可消除在靠近移动用户的街道上部署小小区的需要，可进一步增强用户体验，并且还可降低网络部署成本。

[0119] 因此，本说明书为网络设计者提供了根据操作环境创建一个或多个的、或一系列的专门定制的无源中继器设备的能力。具体地，形成用于改变微波辐射波束的方向的无源中继器设备的方法包括选择中继器设备的多个操作参数的值。如上所述，这些操作参数可包括中继器的操作频率、输入角(θ_i, ϕ_i)、输出角(θ_o, ϕ_o)以及大小N*dx乘M*dy。可设计交替移相元件的周期性阵列，其中移相元件可具有维度dx和dy，其中dx和dy小于或等于操作频率的波长的一半。当移相元件的几何参数变化时，移相元件还提供从0到至少 2π 变化的反射相移。可通过将N乘M个移相元件放置在基底上来形成中继器设备，其中由该阵列中的给定位置处的相应移相元件提供的相移被选择成使得该阵列将微波辐射波束从输入角(θ_i, ϕ_i)重定向至输出角(θ_o, ϕ_o)。

[0120] 实施方案

[0121] 本发明提供了各种实施方案。

[0122] 实施方案1A为一种中继器设备，该中继器设备包括交替金属移相元件的周期性阵列，该阵列在至少一个轴上是周期性的、形成于电介质基底的第一表面上，其中该电介质基底的相反表面具有形成于其上的接地平面，其中每个移相元件在微波频率范围内提供0°至360°的相移。

[0123] 实施方案2A为根据实施方案1A所述的中继器设备，其中第一移相元件包括第一二维几何结构，并且第二移相元件包括第二二维几何结构，其中该第一二维几何结构和该第二二维几何结构各自具有类似的形状，并且其中该第一二维几何结构具有与该第二二维几何结构不同的大小。

[0124] 实施方案3A为根据实施方案1A所述的中继器设备，其中该周期性阵列包括在至少一个轴上重复的三个一组的移相元件的阵列，其中三个一组的移相元件包括具有第一二维几何结构的第一移相元件、具有第二二维几何结构的第二移相元件、以及具有第三二维几何结构的第三移相元件，其中该第一二维几何结构、该第二二维几何结构和该第三二维几何结构各自具有类似的形状，并且其中该第一二维几何结构具有与该第二二维几何结构不同的大小，并且该第三二维几何结构具有与该第一二维几何结构和该第二二维几何结构不同的大小。

[0125] 实施方案4A为根据实施方案1A所述的中继器设备，其中该周期性阵列包括以重复图案提供的各自具有类似的形状和不同的大小的至少P个移相元件，其中P包括大于2的整数。

[0126] 实施方案5A为根据前述实施方案中任一项所述的中继器设备，其中该接地平面包括金属材料，并且这些移相元件各自包括具有二维几何结构的金属贴片。

[0127] 实施方案6A为根据实施方案2A所述的中继器设备，其中该第一二维几何结构和该第二二维几何结构各自包括金属环，该金属环具有设置在其中心区域中的加号形状。

[0128] 实施方案7A为根据实施方案2A所述的中继器设备，其中该第一二维几何结构和该第二二维几何结构各自包括三角形。

[0129] 实施方案8A为根据实施方案1A所述的中继器设备，其中该电介质基底包括可拉伸

材料。

[0130] 实施方案9A为根据实施方案8A所述的中继器设备,其中该电介质基底包括多层结构,该多层结构包括该可拉伸材料。

[0131] 实施方案10A为根据实施方案8A所述的中继器设备,其中该可拉伸材料包括导电织物。

[0132] 实施方案11A为根据实施方案1A所述的中继器设备,该中继器设备还包括隐藏层,该隐藏层设置在该移相元件的阵列上。

[0133] 实施方案12A为根据实施方案1A所述的中继器设备,其中这些移相元件和该接地平面由透明导体形成,并且该电介质基底由透明材料形成。

[0134] 实施方案1B为一种微波网络,该微波网络包括根据实施方案2A所述的中继器设备中的一个或多个。

[0135] 实施方案2B为一种微波网络,该微波网络包括根据实施方案3A所述的中继器设备中的一个或多个。

[0136] 实施方案3B为根据实施方案1B所述的微波网络,其中一个或多个中继器设备设置在蜂窝网络的接入部分中。

[0137] 实施方案4B为根据实施方案1B所述的微波网络,其中该一个或多个中继器设备设置在蜂窝网络的回程部分中。

[0138] 实施方案5B为根据实施方案1B所述的微波网络,其中至少一个或多个中继器设备齐平安装到建筑物的外墙。

[0139] 实施方案1C为一种形成用于改变波束或微波辐射的方向的中继器设备的方法,该方法包括:选择该中继器设备的多个操作参数的值,这些操作参数包括该中继器设备的操作频率、输入角(θ_i, ϕ_i)、输出角(θ_o, ϕ_o)以及大小N*dx乘M*dy;提供具有尺寸dx和dy的移相元件,其中dx和dy小于或等于操作频率的波长的一半,其中当该移相元件的几何参数变化时,该移相元件还提供从0到至少 2π 变化的反射相移;以及将N乘M个移相元件的阵列放置在基底上以形成该中继器设备,其中由该阵列中的给定位置处的相应移相元件提供的相移被选择成使得该阵列将微波辐射波束从输入角(θ_i, ϕ_i)重定向至输出角(θ_o, ϕ_o)。

[0140] 实施方案2C为根据实施方案1C所述的方法,其中每个中继器设备包括接地平面,该接地平面包括金属材料,并且其中每个移相元件包括具有二维几何形状的金属贴片。

[0141] 实施方案3C为根据实施方案2C所述的方法,其中该二维几何形状包括金属环,该金属环具有设置在其中心区域中的加号形状。

[0142] 实施方案4C为根据实施方案3C所述的方法,其中移相元件包括第一二维几何形状和不同于所述第一二维几何形状的第二二维几何形状。

[0143] 在阅览本发明的说明书之后,本发明可适用的各种修改、等效工艺以及多种结构将对本发明所属领域的技术人员是显而易见的。

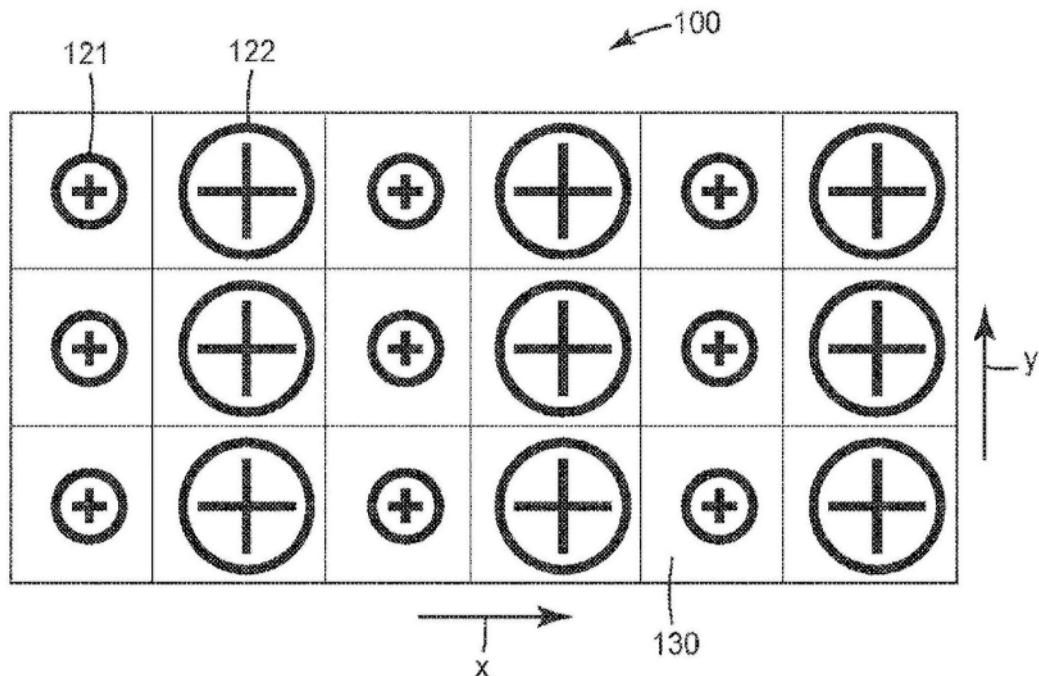


图1A

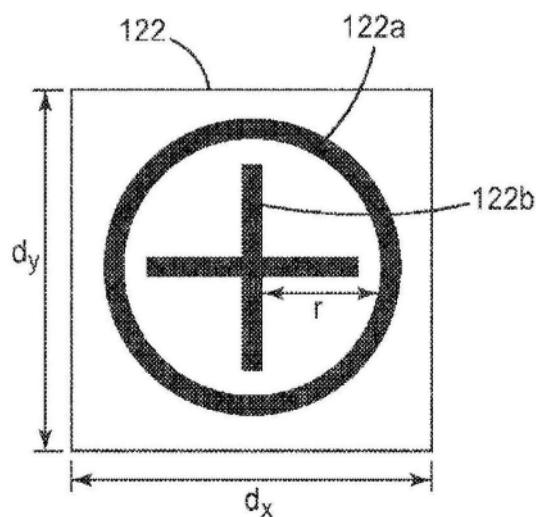


图1B

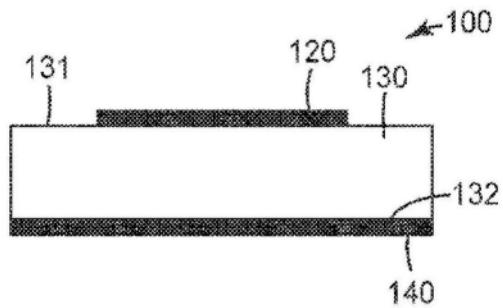


图1C

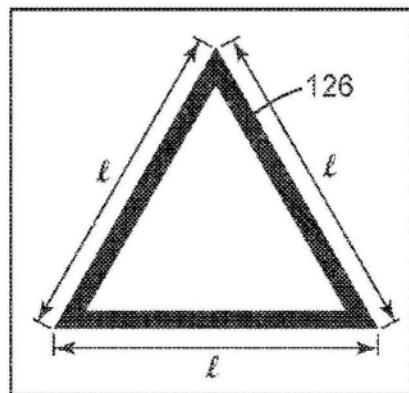


图1D

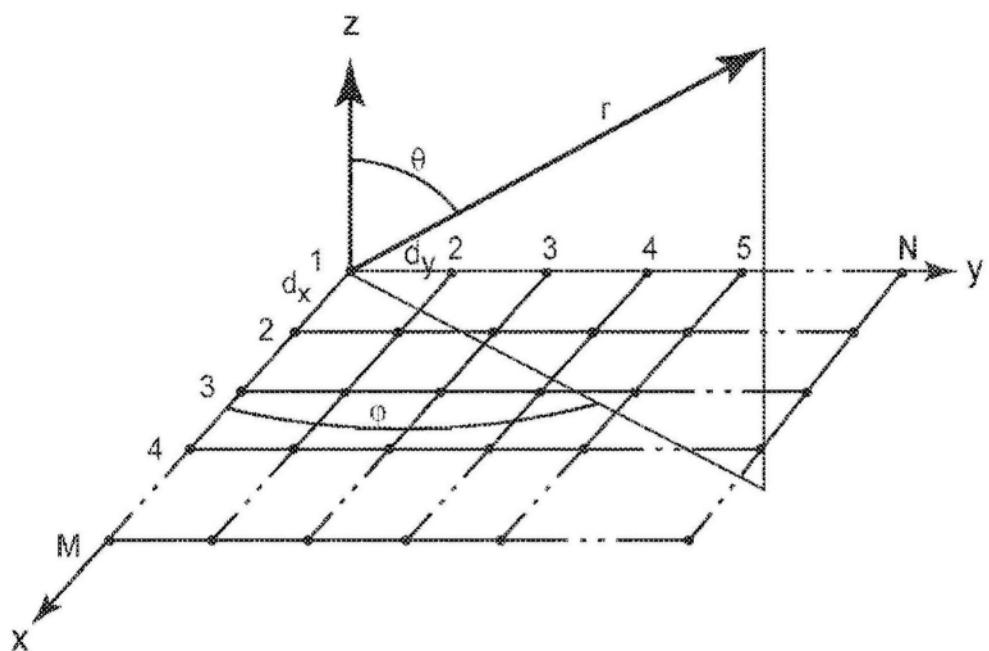


图2A

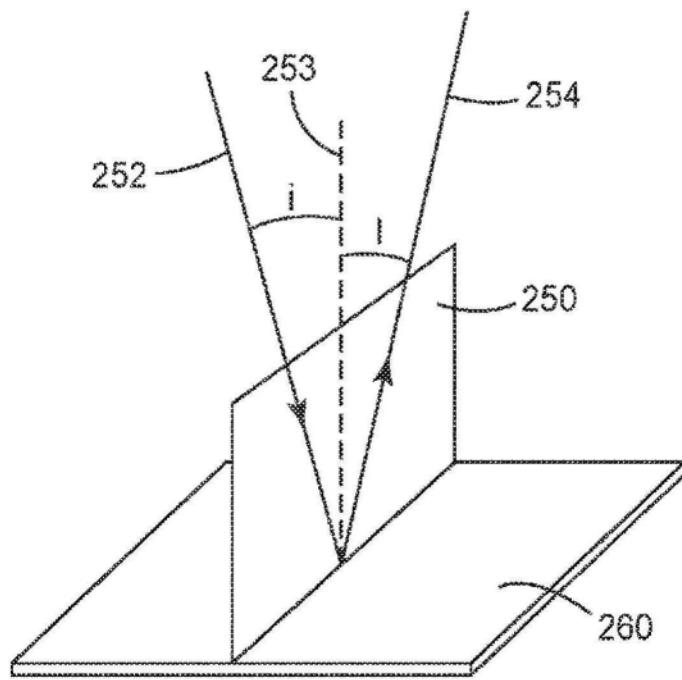


图2B

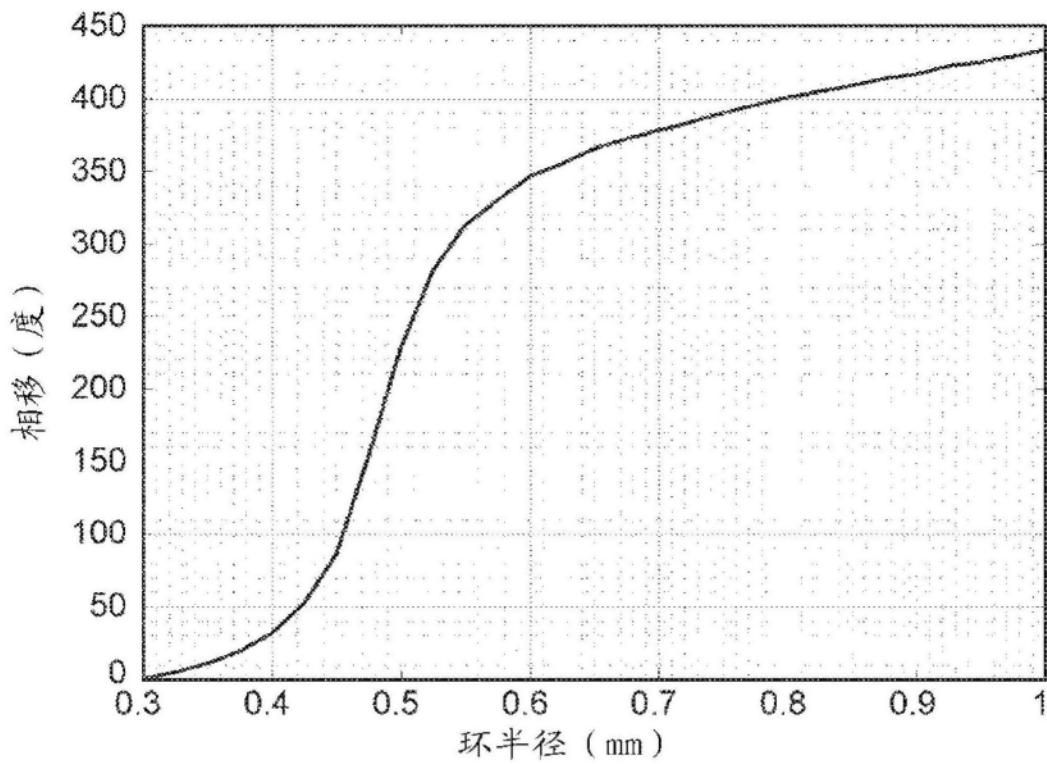


图3A

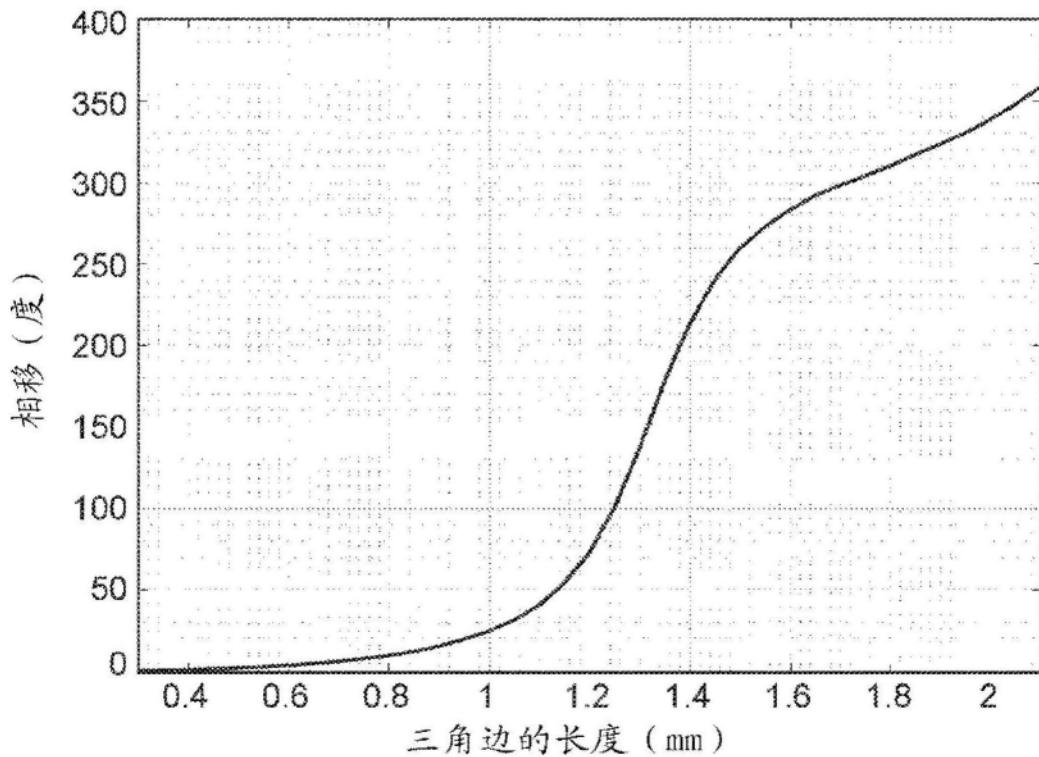


图3B

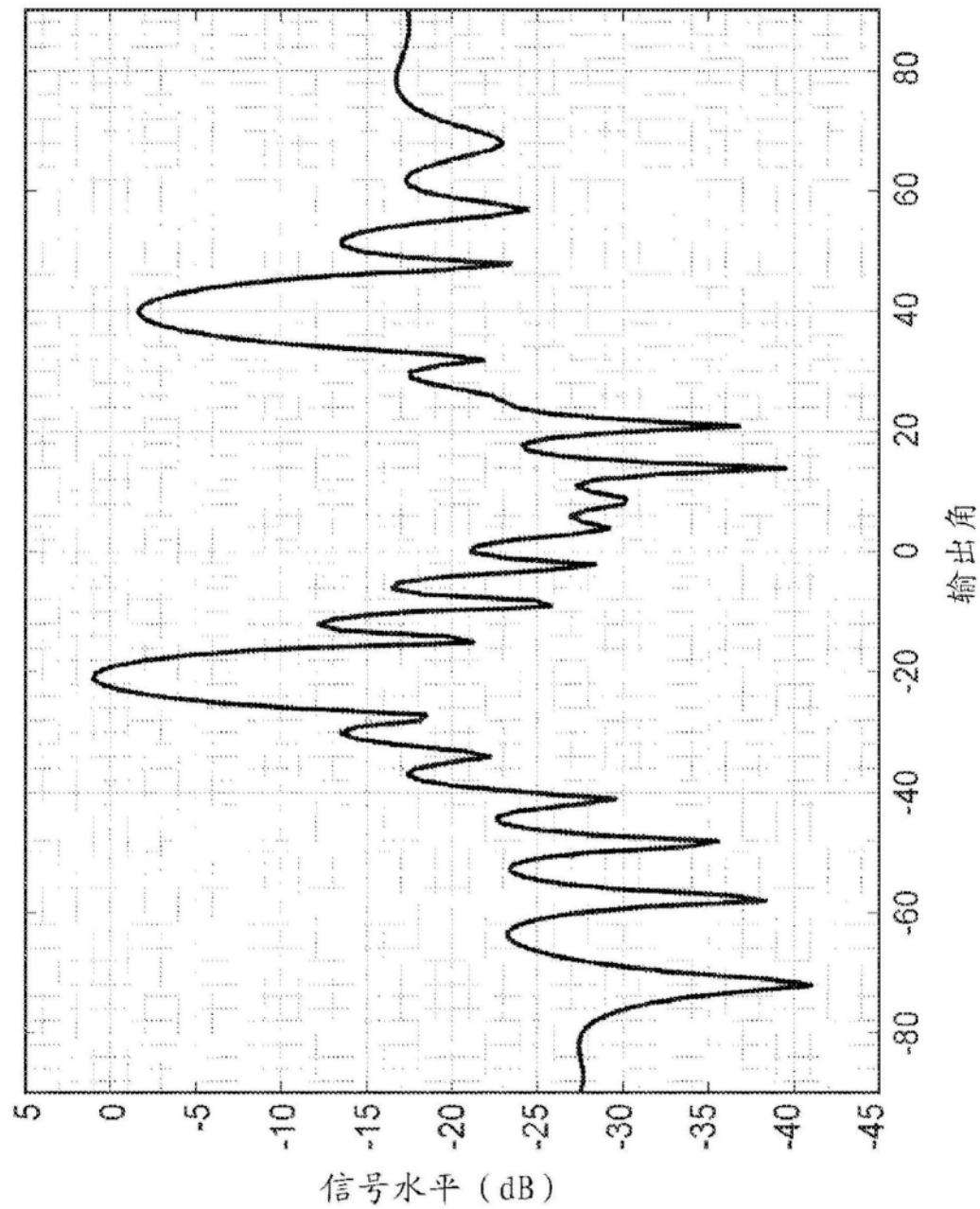


图4A

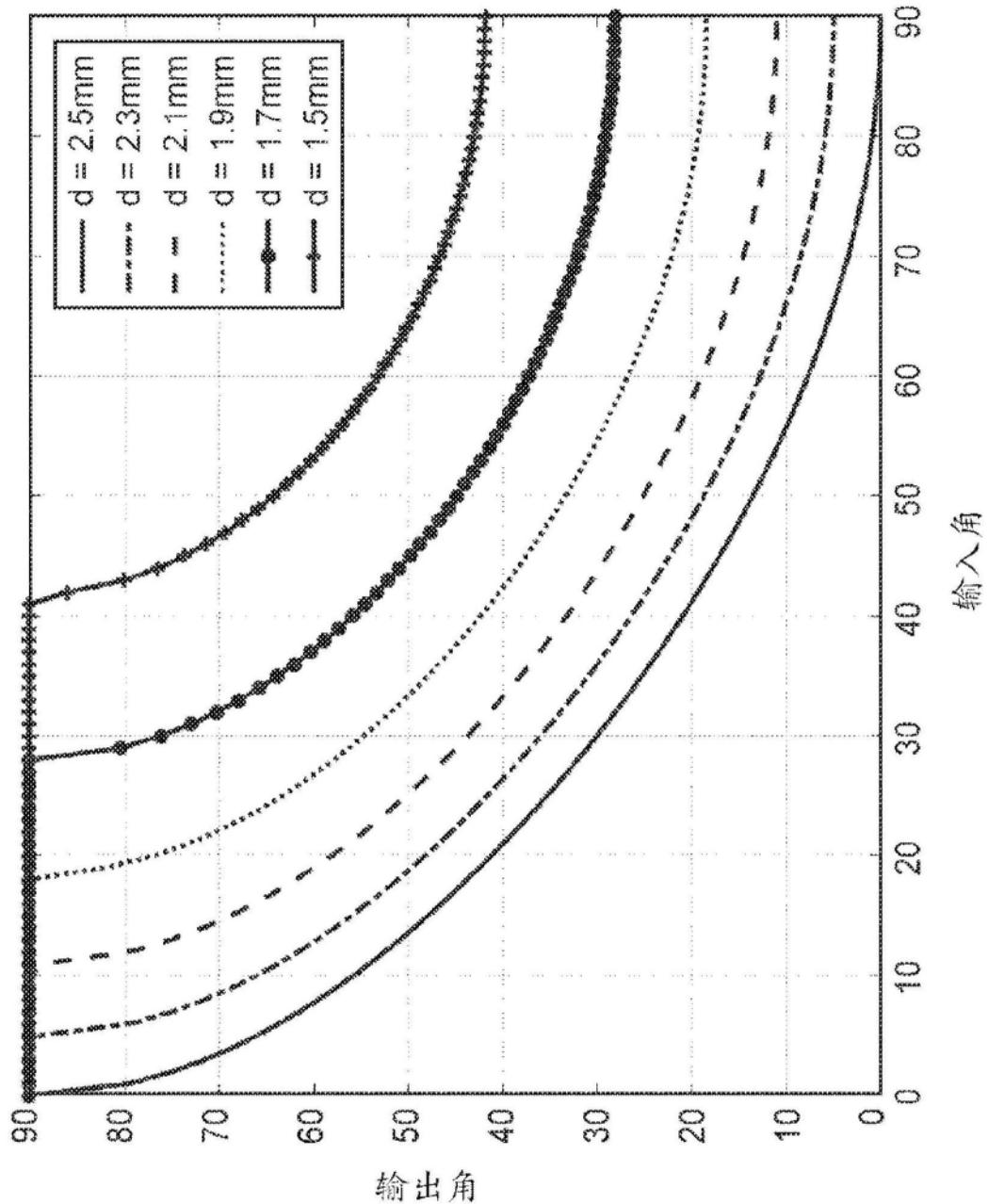


图4B

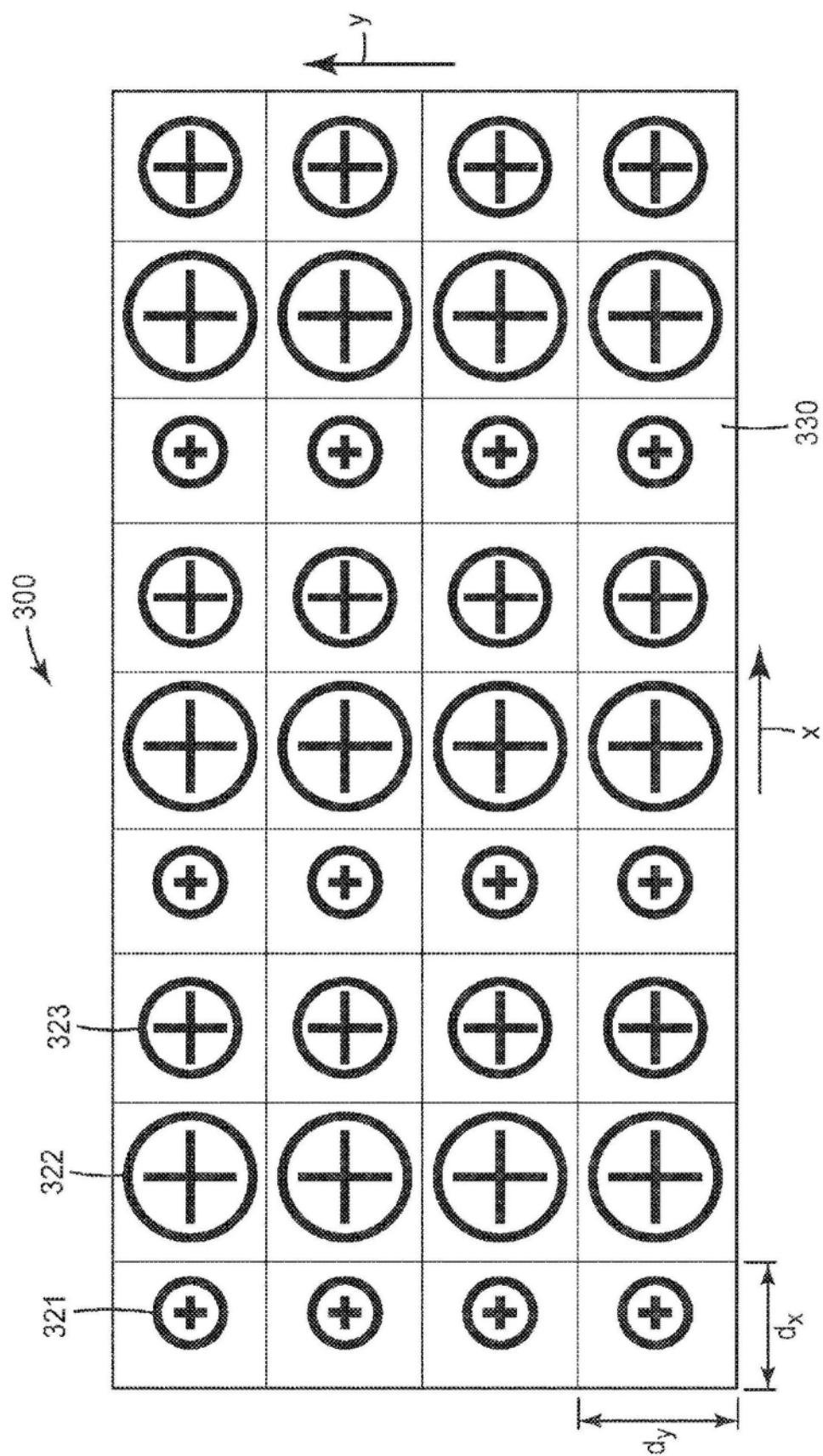


图5

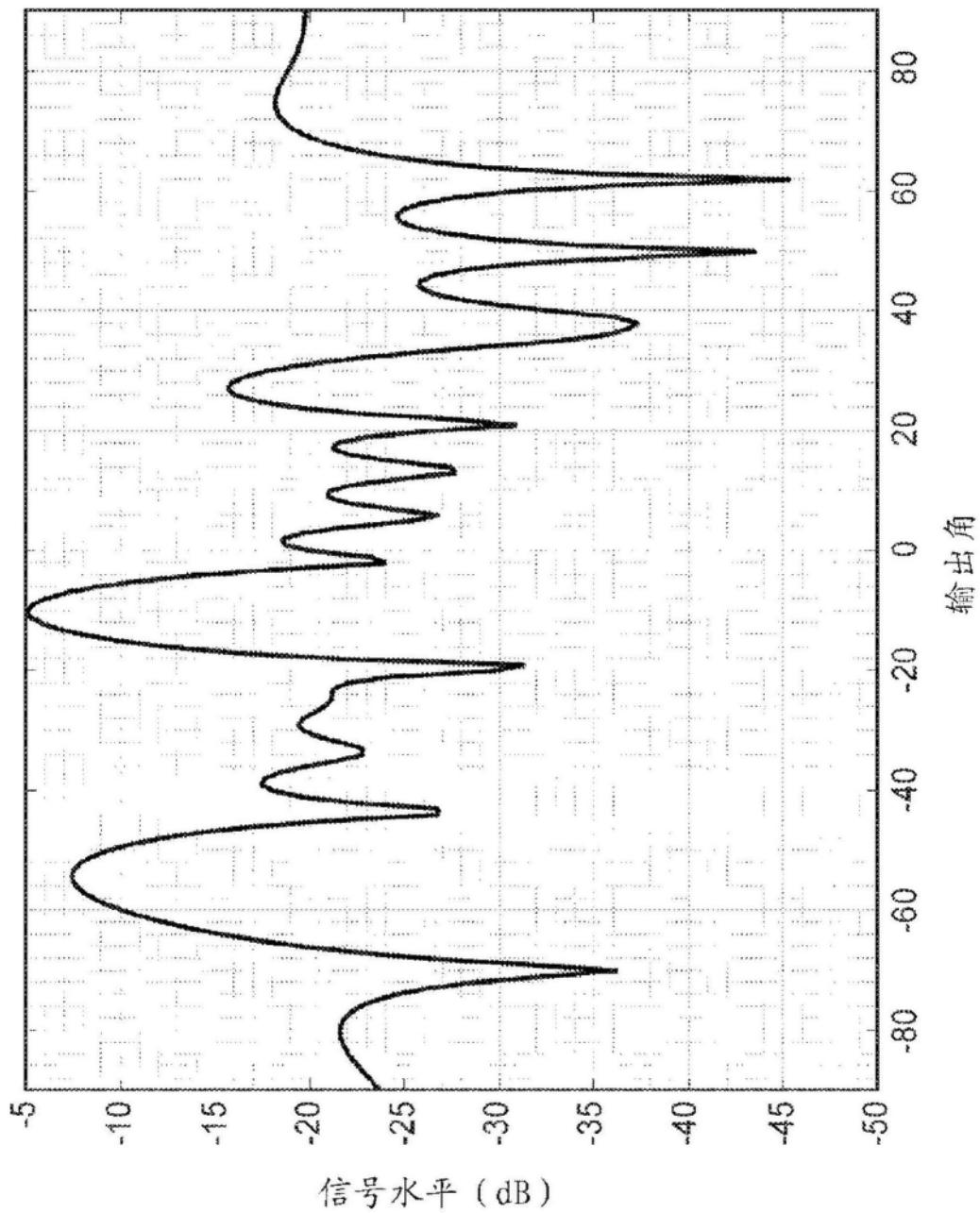


图6

0	90	180	270	0	90	180	270	0
60	150	240	330	60	150	240	330	60
120	210	300	30	120	210	300	30	120
180	270	0	90	180	270	0	90	180
240	330	60	150	240	330	60	150	240
300	30	120	210	300	30	120	210	300
0	90	180	270	0	90	180	270	0
60	150	240	330	60	150	240	330	60
120	210	300	30	120	210	300	30	120
180	270	0	90	180	270	0	90	180
240	330	60	150	240	330	60	150	240
300	30	120	210	300	30	120	210	300
0	90	180	270	0	90	180	270	0
60	150	240	330	60	150	240	330	60
120	210	300	30	120	210	300	30	120
180	270	0	90	180	270	0	90	180
240	330	60	150	240	330	60	150	240
300	30	120	210	300	30	120	210	300
0	90	180	270	0	90	180	270	0
60	150	240	330	60	150	240	330	60
120	210	300	30	120	210	300	30	120
180	270	0	90	180	270	0	90	180
240	330	60	150	240	330	60	150	240
300	30	120	210	300	30	120	210	300
0	90	180	270	0	90	180	270	0

图7

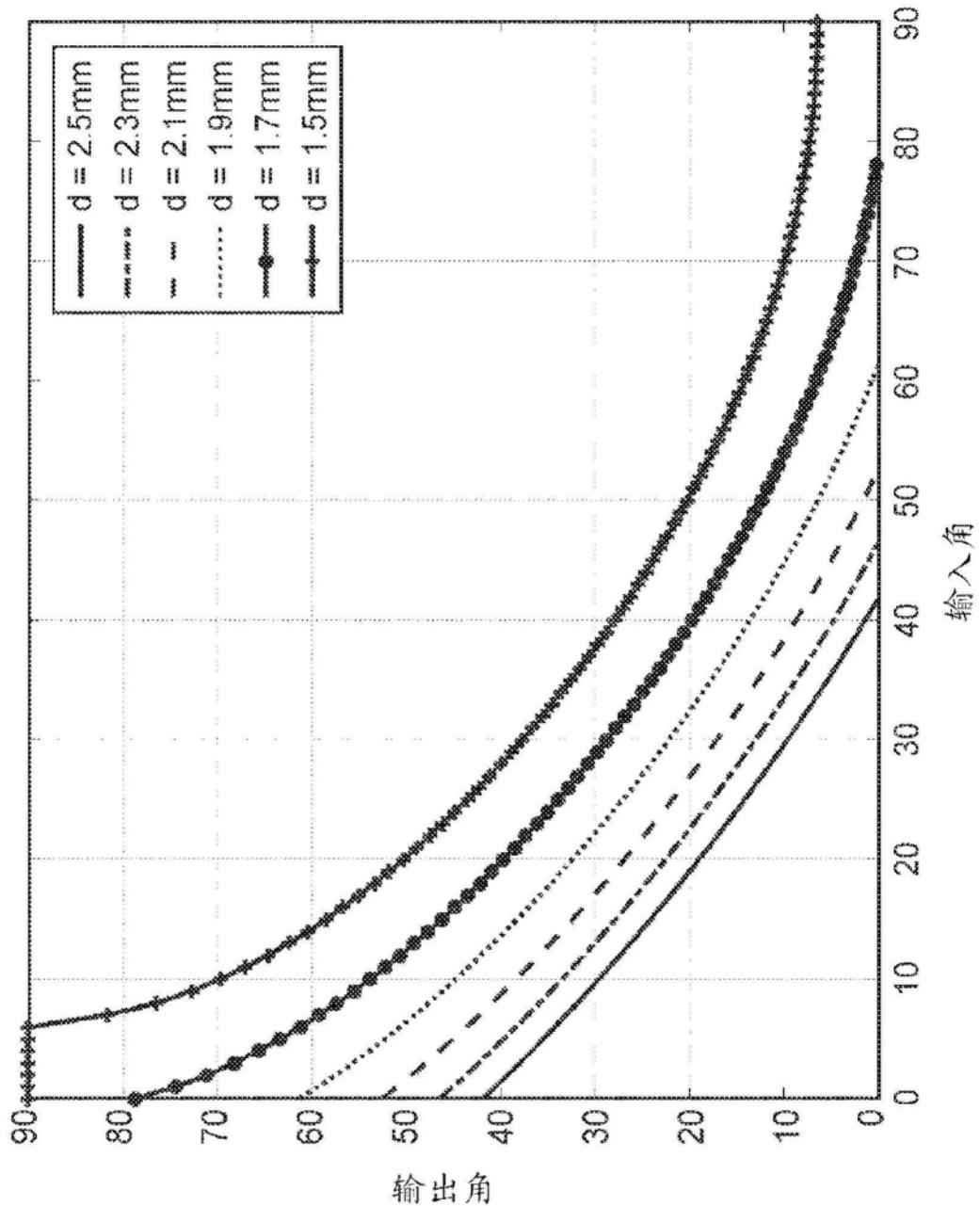


图8

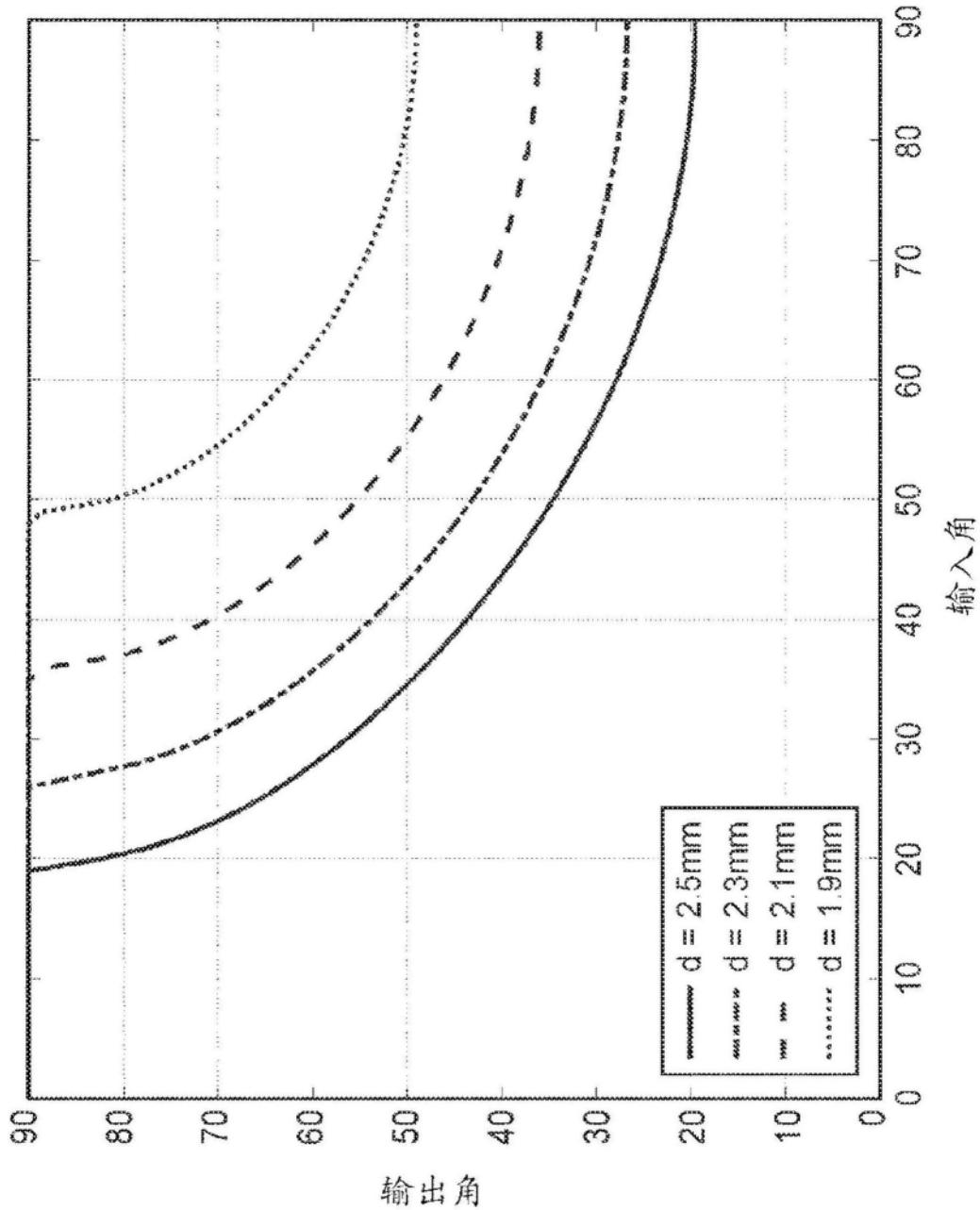


图9

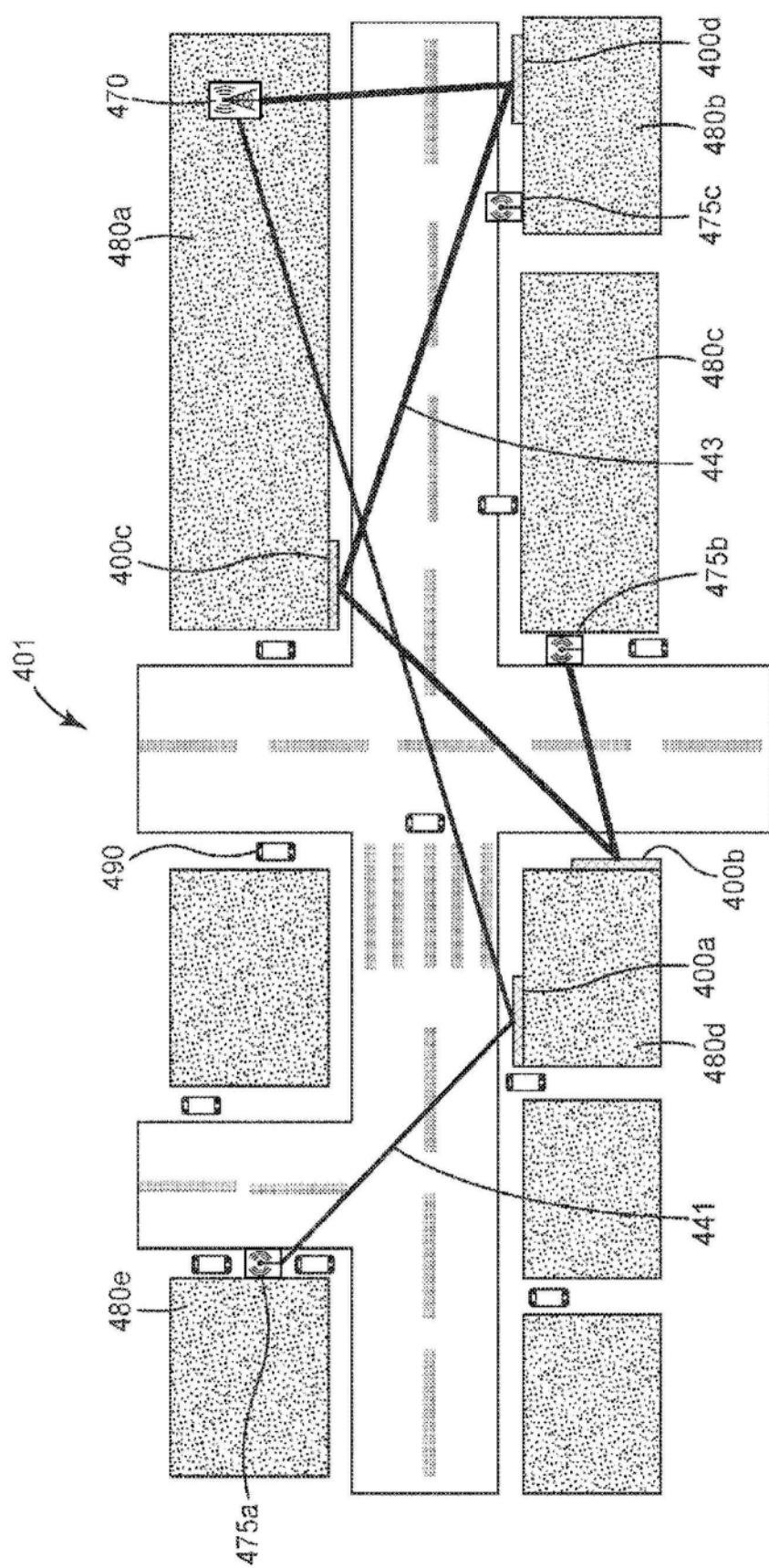


图10A

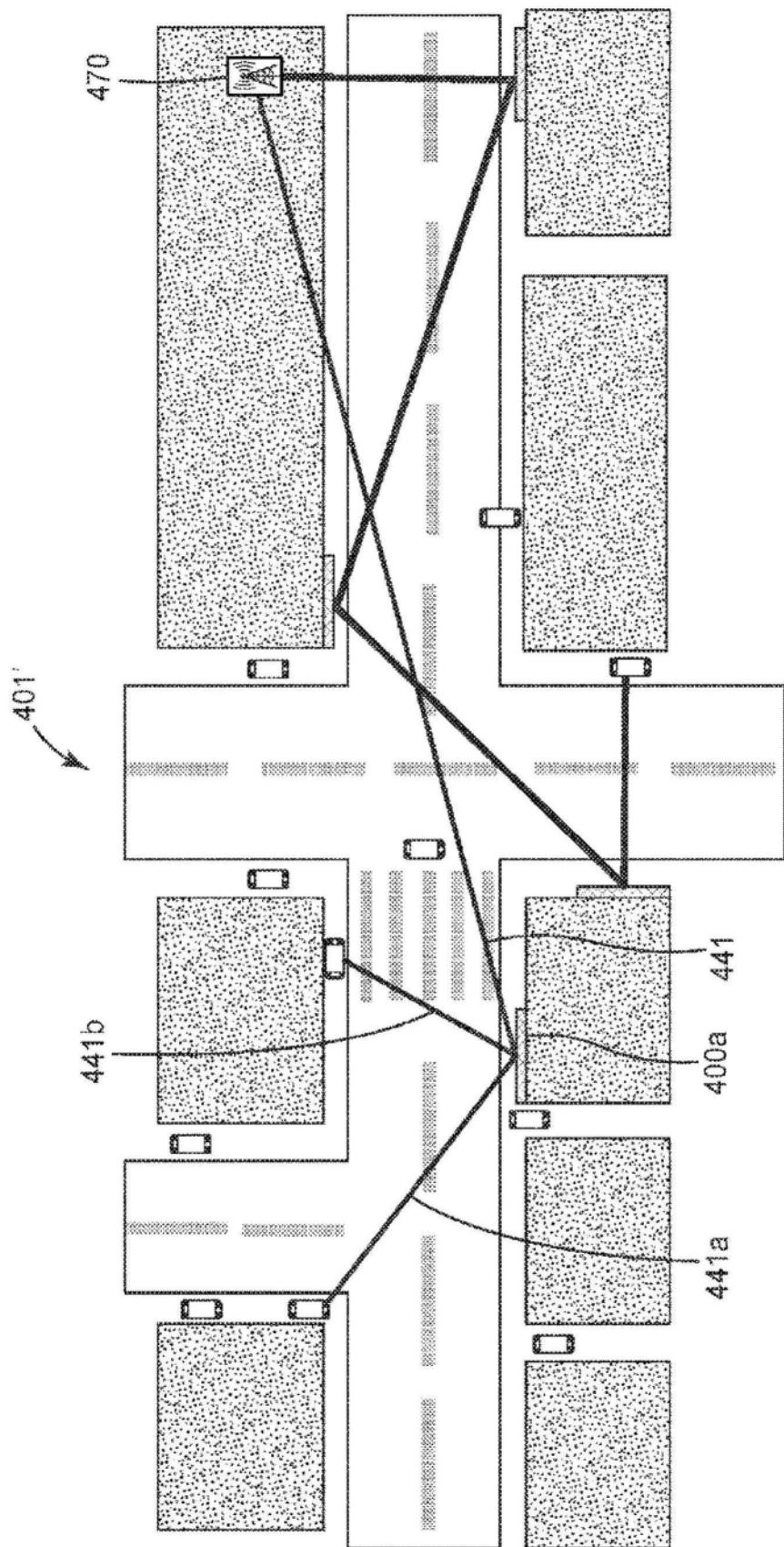


图10B

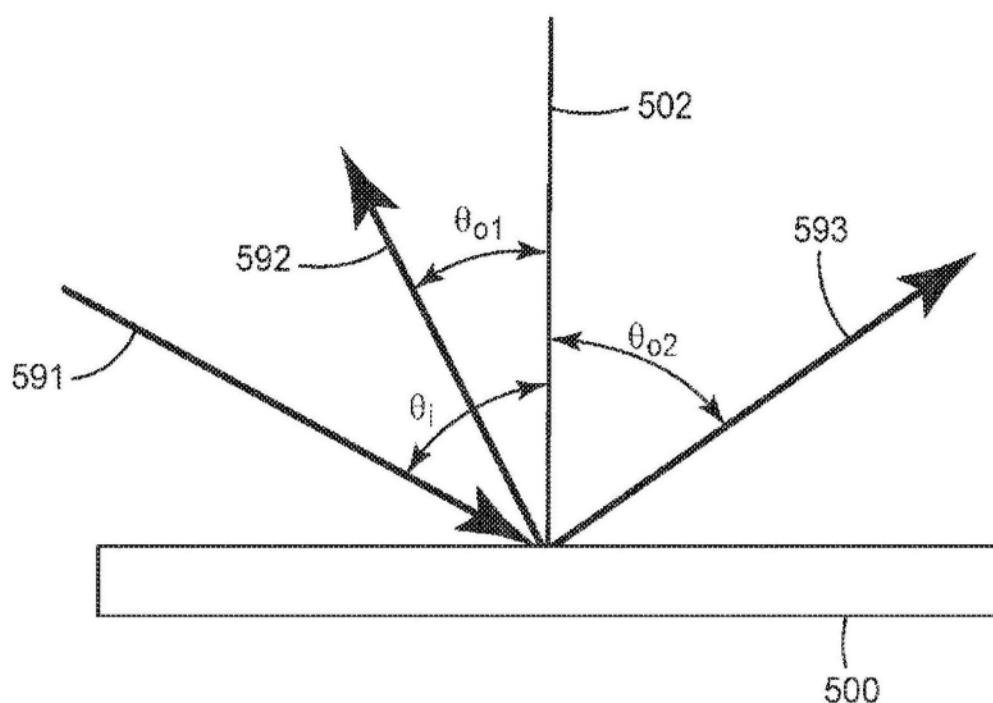


图11

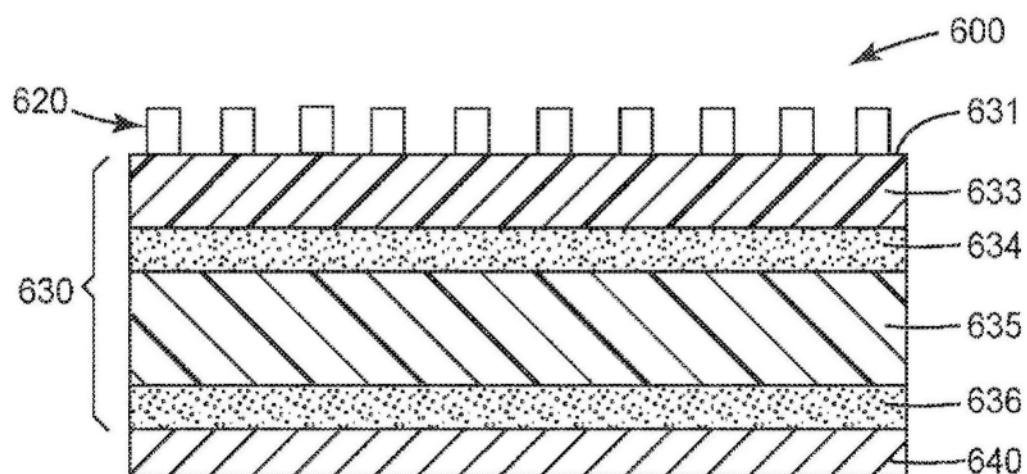


图12A

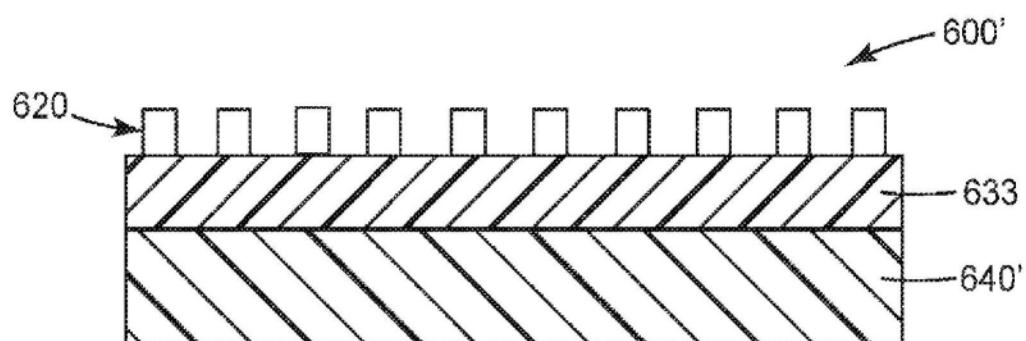


图12B

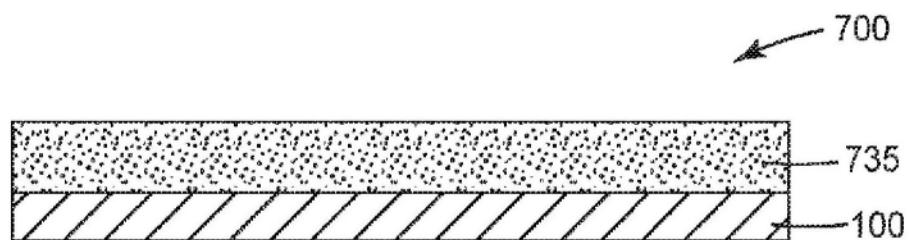


图13